



N^o

Schrank

Fach

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300856

III. 18830/88.

F. ca. 112

WATERBOUWKUNDE.



WATERBOUWKUNDE

DOOR

N. H. HENKET, Ch. M. SCHOLS en J. M. TELDERS,

HOOGLEERAREN AAN DE POLYTECHNISCHE SCHOOL TE DELFT.

MET MEDEWERKING VAN

verschillende ingenieurs.

DERDE DEEL. (1e GEDEELTE.)

AFD. XIV. — BRUGGEN.

BEWERKT DOOR

N. H. HENKET.

Met 55 Platen.

17433.

'S-GRAVENHAGE,
DE GEBROEDERS VAN CLEEF.

1885.



XX
249



III 18 ~~242~~



11-352306

Bm-3-224/2018
Ak. Nr. 255 ~~152~~

INHOUD VAN DEN TEKST.

INLEIDING.

	Bladz.
§ 1. Doel van den aanleg van bruggen	3
§ 2. Onderscheiding van onderbouw en bovenbouw	3
§ 3. Benaming der landhoofden, jukken en pijlers	3
§ 4. Benaming der bruggen	4
§ 5. Benaming der voornaamste te gebruiken bouwstoffen	5

ONDERBOUW.

HOOFDSTUK I.

Landhoofden.

ALGEMEENE MEDEDEELINGEN.

§ 6. Korte omschrijving der landhoofden	8
§ 7. Vormen der landhoofden in 't algemeen	8
§ 8. Landhoofden in verband met toegangswegen, andere wegen, jaagpaden en slooten	10
§ 9. Lengte en hoogte der fronten en der vleugels	12
§ 10. Bouwput der landhoofden	14

Landhoofden van balk- en plankhout.

§ 11. Algemeene omschrijving der fronten, vleugels en verankering	16
§ 12. Palen	17
§ 13. Sloven	20
§ 14. Beschoeiingsplanken	21
§ 15. Dam- en steekplanken	23
§ 16. Verbinding der fronten met de vleugels	23
§ 17. Uitstek der fronten buiten de brug	24
§ 18. Constructie der verankering	24
§ 19. Watergebinten	27

Landhoofden geheel of gedeeltelijk van rijshout.

§ 20. Constructie	28
§ 21. Teren der beschreven landhoofden	30
§ 22. Aanaarding der beschreven landhoofden	30

Steenen landhoofden.

§ 23. Algemeene mededeelingen	31
§ 24. Fundeeringen	31
§ 25. Omheiningen (opgeklampte planken schotten, steek- of damplanken, dampalen).	31

	Blz.
§ 26. Fundeering op staal	34
§ 27. Betonfundeering zonder en met heipalen	36
§ 28. Roosterwerken	42
§ 29. Paalfundeering	44
§ 30. Fundeering op grint- of zandlaag en op zandpalen	51
§ 31. Fundeering met gemetselde pilaren of met putten	52
§ 32. Gekoppelde en doorgaande fundeeringen	56
§ 33. Diepte van den onderkant der fundeeringen	61
§ 34. Hoogte van den bovenkant der fundeeringen	62
§ 35. Breedte der fundeeringen	64
§ 36. Dikte der muren	65
§ 37. Voorziening der hoeken, bekleeding der wanden, opbouw der muren	71
§ 38. Spaarwelfen. Opmetselen der vleugels; contreforten en gewelven; trottoirs langs de vleugels	80
§ 39. Afdekking en afwerking	83
§ 40. Aanaarding	87
§ 41. Korte behandeling van geheele landhoofden	88

Landhoofden van hout en steen, van ijzer en steen.

§ 42. Korte aanwijzing	100
§ 43. Fundeering	100
§ 44. Opbouw	102
§ 45. Verankering	105
§ 46. Afwerking	106
§ 47. Uitgevoerde constructies	106

Aansluiting van de taluds aan de landhoofden.

§ 48. Korte aanwijzing	108
§ 49. Taludvoorzieningen.	108

HOOFDSTUK II.

Jukken en pijlers.

§ 50. Algemeene omschrijving	111
§ 51. Onderscheiding der jukken	112
§ 52. Eenvoudige houten jukken	112
§ 53. Samengestelde houten jukken	113
§ 54. Houten jukken op houten fundeering	114
§ 55. Houten jukken op steenen fundeering	115
§ 56. Afmetingen en andere opgaven betreffende houten jukken	115
§ 57. IJzeren jukken	116
§ 58. IJzeren jukken op houten of steenen fundeering	117
§ 59. Afmetingen in 't algemeen	120
§ 60. Schroefpaaljukken	121
§ 61. Verschillende uitgevoerde schroefpaaljukken	123
§ 62. Jukken van ijzeren palen met breede grondplaat	129

	<i>Pijlers.</i>	Blz.
§ 63.	Vormen der pijlers in 't algemeen	133
§ 64.	Hoogte der pijlers in 't algemeen	138
§ 65.	Onderscheiding der pijlers	138
	<i>Houten pijlers.</i>	
§ 66.	Toepassing en constructie	138
	<i>Steenen pijlers.</i>	
§ 67.	Wijze van fundeeren	139
§ 68.	Middelen tot verkrijging of vorming van den bouwput	140
§ 69.	Gebruik van dammen. <i>a.</i> Aarden dammen	141
	<i>b.</i> Kistdammen	142
	<i>c.</i> Uitgevoerde kistdam voor de fundeering der brug van Neuilly	144
§ 70.	Fundeering op staal	144
§ 71.	Fundeeringen met houten koffers, gewoonlijk betonfundeeringen.	145
	a—d koffers van planken schotten, steek- of damplanken, dampalen	145
	I. Fundeering der brug te Taraseon	146
	II. Fundeering der brug te Plessis bij Tours	147
	III. Fundeering der brug over de Lek te Kuilenburg	148
	1 ^o . Openingen der brug	144
	2 ^o . Afmetingen van de fundeering der pijlers	149
	3 ^o . Het heiwerk	151
	4 ^o . Het gebruikte beton	153
	IV. Betonfundeering van de pijlers der brug over het Hollandsch diep	154
	1 ^o . Algemeene omschrijving van den onderbouw	154
	2 ^o . Gegevens en afmetingen der betonfundeeringen	154
	V. Fundeering van pijler II der spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam	156
	1 ^o . Openingen van de brug	156
	2 ^o . Gegevens en afmetingen van pijler II	156
	e. Koffers van palen en schermen	157
	I. Toepassing en beschrijving der koffers	157
	II. Fundeering van een pijler der brug over de Maas te Roermond.	159
	III. Betonkoffers van de pijlers der brug over de Maas te Venloo	160
	f. Koffers van stijlen en gordingen met verticale planken en waterdichte schotten	161
	Fundeering der brug St. Michel	162
	g. Koffers van stijlen, gordingen, schoren en horizontale planken. — Brug over de Creuse	163
§ 72.	Fundeering met houten zinkbakken	165
	Brug te Sèvres	165
§ 73.	Fundeeringen met ijzeren koffers	167
	<i>a.</i> Constructie	167
	<i>b.</i> Fundeering van den stroompijler van den viaduct te Nogent over de Marne.	170

	Blz.
<i>c.</i> Spoorwegbrug over de Weser te Bremen	171
<i>d.</i> Brug over de Tay	174
<i>e.</i> Fundeering der Chelseabrug	183
§ 74. Fundeering met ijzeren zinkbakken	184
§ 75. Fundeering met koffers van ijzer en steen	187
<i>a.</i> Fundeering der Nieuwe Westminsterbrug	187
<i>b.</i> Fundeering der hoofden en kaden der Alberthaven te Greenock. 188	
§ 76. Fundeering met roosterwerk	189
§ 77. Paalfundeering	189
I. Pijlers van den spoorweg door Rotterdam	189
II. Verschillende pijlers	191
§ 78. Fundeering met grint- of zandlagen en met zandpalen	192
§ 79. Fundeering met gemetselde pilaren of putten	193
I. Fundeering der brug over de rivier Jumna bij Allahabad	193
II. Fundeering der brug over de Saale bij Weissenfels	194
III. Fundeering van bruggen in het Memeldal	194
§ 80. Fundeering met palen en sparren	195
§ 81. Diepte van den onderkant, hoogte van den bovenkant der fundeeringen 196	
§ 82. Stroomschermen	196
§ 83. Afzagen van palen onder water	198
§ 84. Betonstorting	202
§ 85. Bovenvlak der betonfundeering. Inrichting voor het begin van den opbouw	206
§ 86. Steigers	208
§ 87. Vorm van het dwarsprofiel der pijlers	211
§ 88. Bekleeding der steenen pijlers. — Opbouw	212
§ 89. Afdekken en afwerken	217
§ 90. Afmetingen in 't algemeen	218

IJzeren pijlers.

§ 91. Korte aanwijzing	223
§ 92. Stroomschermen. — Steigers.	223
§ 93. Buitenwand van massieve pijlers.	
<i>a.</i> Algemeene mededeelingen.	223
<i>b.</i> Het zinken van den wand	224
§ 94. Het verwijderen der stoffen uit de binnenruimte	225
<i>a.</i> Baggerbeugels	226
<i>b.</i> Baggerschoppen of baggerlepels	226
<i>c.</i> Tangen of scharen	227
<i>d.</i> Baggermachines	228
<i>e.</i> Excavators	229
<i>f.</i> Pompen werkend met water- of luchtdruk	230
§ 95. Diepte der baggering	234
§ 96. Opbouw van den buitenwand	235
§ 97. Onderlinge koppeling van twee of meer cilinders	235

	Blz.
§ 98. Invulling der binnenruimte	237
§ 99. Afwerking	238
§ 100. Afmetingen in 't algemeen	239
§ 101. Uitgevoerde pijlers I. Brug te Westervoort	240
Afmetingen en gegevens	240
Constructie der pijlers	241
Het zinken en verwijderen der stoffen uit de binnenruimte	242
Invulling	244
II. Draaibruggen over het Noord-Hollandsche Kanaal in den spoorweg van Nieuwe Diep naar Amsterdam	245
§ 102. Pijlers bestaande uit afzonderlijke cilinders of stijlen.	
I. Charing-Crossbrug te Londen	250
II. Brug over de Solway-Firth	253
III. Brug over de Kediri-rivier	254
IV. Viaduct in den spoorweg van Guaira naar Caracas	255
<i>Pijlers met steenen onderdeel en met houten of ijzeren bovendeel.</i>	
§ 103. Algemeene opmerkingen	257
§ 104. Pijler met steenen onderdeel en met houten bovendeel	258
§ 105. Pijlers met steenen onderdeel en met ijzeren bovendeel.	
a. Pijlers van den viaduct in den spoorweg van Guaira naar Caracas	259
b. Pijler van den spoorweg-viaduct door Rotterdam	259
c. Pijler van den „Lyse” dal viaduct	261
d. Pijler van den viaduct over de rivier de Bouble	262
e. Pijler van de „Beelah” en „Deepdale” viaducten	263
f. Pijlers van den Crumlin viaduct	264
g. Viaduct over de Saane bij Freiburg	266
h. Viaduct over de Gravine bij Castellanetta	267
i. Brug in de Vallei van de Thouet bij Thouars	269
j. Brug over de Sitter bij St. Gallen in Zwitserland	270
k. Draaibrug tegenover de Oosterdoksuis te Amsterdam	271
<i>Fundeering met behulp van samengeperste lucht.</i>	
§ 106. Algemeene mededeelingen	273
§ 107. Korte omschrijving van het stelsel met werkkamer	276
§ 108. Behandeling van de verschillende deelen van het stelsel	278
A. Werkkamer en mantel	278
B. Schachten	282
C. Luchtsluizen	282
D. Luchtbuizen	284
E. Luchtpompen	284
F. Stoomwerktuigen	284
G. Waterbuizen	284
H. Perspompen	285
I. Accumulateur	285

	Blz.
K. Hydraulisch toestel	285
L. Benedensteiger	287
M. Vloer	287
N. Bovensteiger	287
O. Vloer om de luchtsluizen	288
§ 109. Nadere gegevens van pijler IV der spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam	288
§ 110. Pneumatische fundeering van pijlers der brug over het Hollandsch diep aan den Moerdijk	292
§ 111. Pneumatische fundeering der brug voor gewoon verkeer over de Nieuwe Maas te Rotterdam.	
Algemeene mededeelingen	294
Ongeval bij den bouw van pijler IV	296
Het wederoprichten van pijler IV	296
§ 112. Fundeering van twee pijlers van den viaduct over de Scorf	305
§ 113. Brug over de Inn bij Simbach	309
§ 114. Bruggen bij Kaufring, bij Gross-Prüfening en bij Rain	311
§ 115. Brug over de Duna bij Riga	315
§ 116. Brug bij la Voulte	317
§ 117. Brug over de Mississipi te St. Louis	318
Algemeene mededeelingen	318
Oostelijke pijler	319
Westelijke pijler	323
Oostelijk landhoofd	324
§ 118. Brug over de „East-River” tusschen New-York en Brooklyn	326
Algemeene mededeelingen	326
Pijler aan de zijde van Brooklyn	327
Pijler aan de zijde van New-York	333
§ 119. Brug over den Rijn te Kehl	337
§ 120. Brug over de rivier de Tay	340
§ 121. Brug over de Elbe bij Lauenburg	343
§ 122. Liteini brug	344
§ 123. Opmerkingen betreffende het tubulair systeem	345
§ 124. Brug over de Seine bij Argenteuil	346
§ 125. Brug over de Niemen bij Kowno	348
§ 126. Brug over de Garonne te Bordeaux	350
§ 127. Brug over de Yonne te Sens	352
§ 128. Brug te Omaha	354
§ 129. Brug over de Theiss te Szegedin	355
§ 130. Brug te Saltash	357
§ 131. Brug over de Parnitz bij Stettin	358
§ 132. Brug over de rivier de Tet te Perpignan	361
§ 133. Brug over de Medway bij Rochester	365
§ 134. Opmerkingen betreffende het Kloksysteem	365
§ 135. Eenvoudige Klok	366

	Blz.
§ 136. Klok met schacht, gebruikt bij een basculebrug te Kopenhagen	367
§ 137. Klok met beweegbare schacht bij dokken in Pola gebrakht	370
§ 138. Invloed van samengeperste lucht op de arbeiders	371
§ 139. Verlichting der werkkamer	374
§ 140. Temperatuur in de werkkamer en luchtsluizen.	376
§ 141. Duur van elke schutting	377
§ 142. Duur van den werktijd in de werkkamer	378
§ 143. Voorzorgen in het belang der arbeiders.	380
§ 144. Luchtbehoefte en luchtverlies.	380
§ 145. Verwerkte grond	388
§ 146. Zakking der werkkamer per etmaal	388
§ 147. Tijd van opstellen en zinken.	389
Pijler IV der Staatsspoorwegbrug	389
Pijler III der Staatsspoorwegbrug	390
Pijler III der Willemsbrug	391
§ 148. Wrijvingsweerstand van de wanden langs den grond	393
§ 149. Gewichtsverhouding van ijzeren werkkamers	393
§ 150. Enkele opgaven betreffende kosten van pneumatische fundeeringen	400
§ 151. De duikerinrichting, Algemeene omschrijving	404
Helm	405
Duikerpak	406
Pomp	406
Duikertoestellen in Frankrijk.	407
Toepassing in Nederland	410
Toepassing in Nederlandsch Oost-Indië	411

Fundeeringen met behulp van luchtverdunning.

§ 152. Algemeene omschrijving	412
---	-----

HOOFDSTUK III.

Voorzieningen tegen outgronding en ijsgevaar.

§ 153. Toe te passen middelen	415
a. Omsluitingen	415
b. Steenstortingen	416
c. Zinkstukken en bleslagen	418
d. Strekdammen in aansluiting met de landhoofden en pijlers.	419
e. Regulariseeren der rivier.	421
f. Ijsbrekers	423
1°. Houten ijsbrekers	423
2°. IJzeren ijsbrekers	426
3°. Steenen ijsbrekers	427

HOOFDSTUK IV.		Blz.
<i>Bepaling van afmetingen der voornaamste samenstellende deelen van landhoofden, jukken en pijlers.</i>		
§ 154.	Houten landhoofden	428
§ 155.	Steenen landhoofden en pijlers. I. Toe te laten druk op den ondergrond.	428
	<i>a.</i> Fundeeringen op staal of beton	429
	<i>b.</i> Diepe fundeeringen zoo als pneumatische	430
	II. Toe te laten belasting op de fundeeringsdeelen. <i>a.</i> Heipalen	432
	<i>b.</i> Kesp en vloer	445
	<i>c.</i> Beton	452
	<i>d.</i> Metselwerk	454
	<i>e.</i> Hardsteen	454
	<i>f.</i> Overzicht der toe te laten belastingen, die in Nederland kunnen in toepassing gebracht worden	458
	<i>g.</i> Overzicht der toe te laten belastingen voor uitrekking, samendrukking en afschuiving, in gebruik bij de Bouw-Afdeeling te Berlijn	459
	III. Wijze van bepaling der afmetingen van de deelen van steenen landhoofden. <i>a.</i> Landhoofden voor balkbruggen	460
	<i>b.</i> Landhoofden voor kettingbruggen	461
	<i>c.</i> Landhoofden voor schoor-, boog- of scharnierbrug	463
	IV. Wijze van bepaling der afmetingen voor steenen pijlers.	
	<i>a.</i> Steenen stroompijler voor een balkbrug	464
	<i>b.</i> Steenen pijler eener kettingbrug	471
	<i>c.</i> Steenen pijler eener scharnierbrug	473
§ 156.	Berekening van houten en ijzeren jukken.	
	I. Juk bestaande enkel uit palen of stijlen	477
	II. Juk met diagonalen.	
	<i>a.</i> Omschrijving en belasting van een juk	482
	<i>b.</i> Berekening der spanningen	484
	<i>c.</i> Bepaling van afmetingen	488
	<i>d.</i> Berekening der spanningen in de deelen van een tweede juk.	488
	<i>e.</i> Berekening der spanningen in de deelen van een derde juk	489
	<i>f.</i> Samengestelde constructies	491
§ 157.	Ijzeren etage-pijlers.	
	<i>a.</i> Omschrijving	491
	<i>b.</i> Verticale belasting	492
	<i>c.</i> Ontbinding der verticale belasting in de knooppunten	493
	<i>d.</i> Nadere aanduiding der krachten werkende op den pijler	496
	<i>e.</i> Berekening der spanningen in de samenstellende deelen des pijlers	500
	1 ^o . Zijwand A B	501
	2 ^o . Frontwand A C	502
	3 ^o . Overige wanden	503
	<i>f.</i> Bepaling van de grootte der krachten-Afmetingen	503
	<i>g.</i> Samengestelde constructies	506

HOOFDSTUK V.

Blz.

*Stabiliteit der werkkamer voor fundeeringen met behulp van
samengeperste lucht.*

§ 158. Stabiliteit der werkkamer 507

HOOFDZAKELIJKE INHOUD DER PLATEN.

- Plaat 1. Vormen der landhoofden.
 " 2. Landhoofden in verband met toegangswegen, andere wegen, jaagpaden en slooten.
 " 3. Houten landhoofden.
 " 4. Houten landhoofden, steekplanken, dampplanken, dampalen.
 " 5. Fundeeringen van steenen landhoofden.
 " 6. Fundeeringen van steenen landhoofden, gekoppelde fundeering.
 " 7. Gekoppelde en doorgaande fundeeringen.
 " 8. Doorgaande fundeering. — Opbouw der steenen landhoofden.
 " 9. Opbouw der steenen landhoofden.
 " 10. Steenen landhoofden.
 " 11. Steenen landhoofden. — Landhoofden van hout en steen, van ijzer en steen.
 " 12. Houten en ijzeren jukken.
 " 13. IJzeren juk. — Schroefpaaljukken.
 " 14. Schroefpaaljukken en jukken van palen met breede grondplaat.
 " 15. Vormen van steenen en ijzeren pijlers. — Dammen.
 " 16. Houten pijlers. — Fundeering en opbouw van steenen pijlers.
 " 17.)
 " 18.) Fundeering en opbouw van steenen pijlers.
 " 19.)
 " 20.)
 " 21.)
 " 22. Fundeering en opbouw van steenen pijlers. — Afzagen van palen onder water.
 " 23. Fundeering en opbouw van steenen pijlers. — Afzagen van palen onder water. — Betonstorting.
 " 24. Opbouw van steenen pijlers. — Steigers.
 " 25. Opbouw van steenen pijlers.
 " 26. Opbouw van steenen pijlers. — IJzeren pijlers
 " 27. IJzeren pijlers.
 " 28.)
 " 29.) IJzeren pijlers. — Middelen tot het verwijderen der stoffen uit de
 " 30.) binnenruimte.

- Plaat 31. IJzeren pijlers, bestaande uit twee of meer afzonderlijke cylinders.
- " 32. IJzeren pijlers, bestaande uit afzonderlijke stijlen, en pijlers met steenen onderdeel en met houten of ijzeren bovendeel.
- " 33. }
- " 34. } Pijlers met steenen onderdeel en met ijzeren bovendeel.
- " 35. }
- " 36. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht; overzicht der inrichting voor de fundeering der Staatsspoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam.
- " 37. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht. Werkkamer der Staatsspoorwegbrug te Rotterdam.
- " 38. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht. Luchtsluis der Staatsspoorwegbrug te Rotterdam.
- " 39. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht. — Luchtsluis en details van den accumulateur en van het hydraulisch toestel.
- " 40. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht. — Overzicht van de inrichting voor de fundeering der brug aan den Moerdijk.
- " 41. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht; spoorwegbrug Moerdijk; brug voor gewoon verkeer te Rotterdam; viaduct over de Scorf.
- " 42. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht van de bruggen: over de Inn bij Simbach, over de Lech bij Kaufring, over de Donau bij Gross—Prüfening, over de Lech bij Rain, over de Duna bij Riga, over de Rhône bij la Voulte, over de Mississippi te St. Louis.
- " 43. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht van de bruggen: over de „East-River” bij New-York, over den Rijn bij Kehl, over de Elbe bij Lauenburg, over de Seine bij Argenteuil.
- " 44. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht van de bruggen: over de Seine bij Argenteuil, over de Niemen bij Kowno, over de Garonne te Bordeaux, over de Yonne te Sens.
- " 45. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht van de bruggen: over de Yonne te Sens, over de Missouri te Omaha, over de Theiss te Szegedin, over de Tamar bij Saltash, over de Parnitz bij Stettin, over de Tet te Perpignan.
- " 46. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht; eenvoudige duikerklok; duikerklok, bij de „Nye Knippelbro” te Kopenhagen gebruikt; duikerklok, gebruikt bij een droogdok in Pola.
- " 47. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht. — Duikerinrichtingen.
- " 48. Fundeeringen met behulp van samengeperste lucht. — Duikerinrichtingen. — Situatie der spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg.
- " 49. Voorzieningen tegen ontgronding en ijsgevaar. — Situatie teekeningen der spoorwegbruggen over de Waal te Bommel, over de Maas te Hedel, over het Hollandsch Diep nabij Moerdijk.
- " 50. Voorzieningen tegen ontgronding en ijsgevaar. — Rivierwerken, uitgevoerd in verband met den bouw van de brug over den Rijn nabij Arnhem in den Staatsspoorweg van Arnhem naar Nijmegen.
- " 51. Voorzieningen tegen ontgronding en ijsgevaar. — Rivierwerken, uitge-

- voerd in verband met den bouw van de brug over de Waal te Nijmegen in den Staatsspoorweg van Arnhem naar Nijmegen.
- Plaat 52. Voorzieningen tegen ontgroning en ijsgevaar. — Ijsbrekers.
- " 53. Bepaling van afmetingen van landhoofden jukken en pijlers. — Draagvermogen van heipalen. — Proeven met hout. — Stabiliteit van landhoofden.
- " 54. Bepaling van afmetingen van landhoofden, jukken en pijlers. Steenen pijlers; jukken.
- " 55. Bepaling van afmetingen van landhoofden, jukken en pijlers-Stabiliteit der werkkamer voor fundeeringen met behulp van samengeperste lucht.
-

ERRATA.

1°. TEKST.

Bladz.

36 Regel 7 van boven staat: Fig. 1a en 4b lees: Fig. 1b en 4a.

36 " 9 " " " Fig. 4a " Fig. 4b.

69 in het staatje staat:

Onderdekte	Bovendikte		Onderdikte	Bovendikte	Onderdikte	Bovendikte
		lees:				

Bladz.

77 regel 5 van boven staat: kalk lees: Kalk

89 " 1 " " " 1864 " 1883

112 boven § 51 moet als hoofd staan: JUKKEN.

140 regel 15 van boven staat: na de ijzeren pijlers lees: in § 106 en volgende.

185 " 16 " " " 0,0019 M. " 0,019 M.

222 " 26 " " " 0,80 + 0,12 h' + 0,25 W' lees: 0,80 + 0,12 h' + 0,025 W'.

275 " 1 " onder " gewoonlijk is, lees: somtijds was

276 " 1 en 2 van boven staat: hoewel dit ook zou kunnen geschieden lees: soms was die scheiding wel aanwezig

288 " 12 van boven staat: kan de, lees: kan, met aftrek van het verminderd gewicht door de waterverplaatsing, de

294 " 9 " onder " rechterlandhoofd 36.50 lees: linkerlandhoofd 34.60

294 " 8 " " " 1 zijopening, ondersteund door een juk, wijd lees: 1 zijopening, wijd

294 " 7 " " " linkerlandhoofd 36.00 lees: rechterlandhoofd 22.00

294 " 6 " " " 342.50 " 326.60

305 " 9 " onder " Fig. 13 lees: Fig. 12

314 " 11 " boven " zonder sluiting lees: zonder nadere sluiting

345 " 14 " onder " alzijd " altijd

348 " 21 " boven " Morandiére " Morandiére

432 " 10 " onder " 540 " 740

2°. PLATEN.

Plaat 17. Er staat boven de schaal 1—14, 16—19, 21 $\frac{1}{100}$ lees: $\frac{1}{200}$.

" 35 op Fig. 10 „as der pijlers" hooger plaatsen.

" 37 op Fig. 12 staat doorsnede over X V, lees doorsnede over X Y.

" 46 van boven links staat bij „Nye Knippelbro" te Kopenhagen Fig. 7, lees Fig. 1—7.

AFDEELING XIV.

—
BRUGGEN.

INLEIDING.

§ 1. Doel van den aanleg van bruggen. Het doel van den aanleg van bruggen is, in 't algemeen, het maken eener nieuwe, het herstellen eener afgesneden of het onderhouden eener bestaande gemeenschap over rivieren, kanalen, zeearmen en andere wateren, alsmede over wegen, ravijnen en laagten. — Die gemeenschap kan dienstig zijn voor menschen en vee, voor voertuigen en andere transportmiddelen, voor scheepvaart en tot leiding van water.

§ 2. Onderscheiding van onderbouw en bovenbouw. Men onderscheidt aan de meeste bruggen twee hoofddeelen, namelijk: den *onderbouw* en den *bovenbouw*.

Al die *onderdeelen* eener brug, welke dienen tot grondslag van het bouwwerk, tot ondersteuning van den bovenbouw en tot aansluiting aan den weg of het kanaal, behooren tot den *onderbouw*, zooals: de landhoofden, jukken en pijlers.

Tot den *bovenbouw* rangschikt men die *onderdeelen* eener brug, welke den druk van de overtrekkende belasting ontvangen en op den onderbouw overbrengen.

De bovenbouw bestaat, bij vele bruggen, hoofdzakelijk uit: de hoofdliggers, dwarsliggers, langsliggers, dekken, enz.

Bij geheel steenen bruggen kan men de gewelven, den rijweg met toebehooren als *bovenbouw* beschouwen.

§ 3. Benaming der landhoofden, jukken en pijlers. Met het oog op de gebruikte materialen wordt de onderschei-

ding gemaakt van houten, steenen en ijzeren landhoofden, jukken en pijlers.

De grenslijnen geven aan of de landhoofden zijn rechte of schieve.

§ 4. Benaming der bruggen. De bruggen verkrijgen verschillende benamingen afhankelijk van de *gebruikte bouwstoffen*, het *stelsel*, het *vervoer*, enz.

Zoo heeft men ten opzichte van de *bouwstoffen*: houten bruggen, gesmeed- en gietijzeren bruggen, stalen bruggen, steenen bruggen, bruggen bewerkt van verschillende materialen.

Gewoonlijk leidt men van de voornaamste gebruikte bouwstoffen aan de hoofddeelen van den bovenbouw de benaming der brug af.

Wil men meer bepaald spreken, zoo verkrijgen de bruggen benamingen naar onder- en bovenbouw.

Ten opzichte van het *stelsel* onderscheidt men :

1°. met het oog op de overbrenging der krachten op de steunpunten : balkbruggen, schoorbruggen, boogbruggen, scharnierbruggen, hang- of kettingbruggen;

2°. met het oog op de constructie der hoofdliggers en de werking der krachten in de deelen daarvan : bruggen met liggers met volle wanden, bruggen met versterkte liggers, kokerbruggen, traliebruggen, hangwerkbruggen, vakwerkbruggen, enz.

Verder heeft men samengestelde bruggen van twee of meer stelsels.

Naar het *vervoer* dat over de bruggen plaats heeft, verkrijgt men de benaming : spoorwegbrug, brug voor gewoon verkeer, loopbrug of brug voor voetgangers, brug tot algemeen verkeer; zijn de bruggen bestemd tot het leiden van een rivier of een kanaal ergens over heen, dan worden ze aqueducten of brugkanalen genoemd.

Met het oog op den vorm der *grenslijnen* heeft men : rechte bruggen, gebogen bruggen, schieve bruggen.

Ten opzichte van den *vasten* of *veranderlijken stand* van den *bovenbouw* tot den *onderbouw* onderscheidt men : vaste bruggen, waarbij de stand van den bovenbouw tot den onderbouw standvastig kan genoemd worden; beweegbare bruggen, waarbij de stand van den bovenbouw tot den onderbouw veranderlijk is.

Met het oog op de *inrichting der brug in verband met de beweging* heeft men: draaibruggen, wip- of bascule-bruggen, ophaalbruggen, rolbruggen, kraanbruggen, vijzelbruggen, enz.; verder: ponten, vlotbruggen, gierponten, gierbruggen, schipbruggen en samengestelde beweegbare bruggen.

Viaducten noemt men bruggen, die gebouwd worden over ravijnen, dalen, laagten, enz., ter vervanging van aarden dammen, en die bestemd zijn om den weg, waarover de gemeenschap plaats heeft, in den regel tot aanzienlijke hoogte boven den bestaanden grondslag te laten loopen.

Doorlaatbruggen zijn bruggen, die alleen water doorlaten bij doorbraken, bij werking van overlaten of bij zeer hooge waterstanden. Zij worden gebouwd in wegen, die door streken of over uiterwaarden loopen, welke aan overstrooming zijn blootgesteld.

Aan den vorm, aan bijzondere inrichtingen of eigenschappen, aan den uitvinder of constructeur, ontleenen de bruggen somtijds benamingen, die later zullen worden medegedeeld.

Uit vorenstaande verkrijgt men een globaal overzicht van eenige benamingen bij de bruggen in gebruik; waar dit nuttig voorkomt zullen later verklaringen van deze en meer benamingen gegeven worden.

§ 5. Benaming der voornaamste te gebruiken bouwstoffen. De voornaamste bouwstoffen, welke men tot den bouw van bruggen gebruikt, zijn: hout, steen met zijne verbindingsmiddelen, ijzer, staal, metaal en verfstoffen. Verder vinden graszoden, stroo, riet en rijshout hunne toepassing.

Voor tijdelijk werk kan alle hout gebruikt worden, dat in voldoende afmetingen te verkrijgen is, geschiktheid heeft om te worden verwerkt en daarbij sterkte genoeg bezit om te kunnen dienen zoolang het tijdelijk werk noodig is. Meestal wordt daartoe in vele landen verwerkt dennenhout, soms ook grenen- en ander hout, in Indië djattihout, ook wel, zoogenaamd wild hout, alsmede hout van klapperboomen en bamboe.

Voor blijvend werk boven water wordt, hier te lande, veelal eiken- en grenenhout gebruikt; dennenhout wordt daartoe ook

wel genomen, maar over 't algemeen toch meest voor tijdelijk werk. Gecreosoteerd kan dat hout ook voor verschillend blijvend werk boven water goede diensten bewijzen. Onder water wordt meestal dennenhout verwerkt, zooals in den regel het fundeeringshout. —

In andere landen wordt dennen- en grenenhout boven water meer gebruikt; in Amerika vindt men 't veel toegepast.

In Nederlandsch Indië is djattihout voor blijvend werk het gebruikelijke. Voor omvangrijke werken kan natuurlijk ook hout uit andere landen daarheen gevoerd worden, b. v. uit Amerika, zooals dit thans reeds geschiedt voor de haven van Batavia.

Waar 't niet anders vermeld staat, hebben de in 't vervolg genoemde houtsoorten, verbindingen en bewerkingen betrekking op blijvend werk.

De steen is natuurlijke of kunstmatig gevormde.

Alle steenen, die genoegzaam regelmatigigen vorm hebben, om behoorlijk te worden verwerkt, daarbij voldoende hardheid bezitten en niet verweeren, kunnen tot den bouw van bruggen gebruikt worden. In de fundeeringen komt 't zelfs op groote regelmatigheid en het verweeren dikwijls niet bijzonder veel aan en somtijds wordt, voor de *binnendeelen* der muren, daarop ook niet bijzonder veel gelet, wanneer namelijk aan de voorzijden van deze muren goed regelmatig en tegen verweering bestand zijnde stukken verwerkt worden.

De meest in toepassing zijnde natuurlijke steen is hier te lande bij den opbouw van muren: harde kalksteen, genaamd hardsteen, Escauzijnsche steen, gehouwen steen en »petit granit de l'Ourthe», verder: zuilenbasalt en zandsteen; tot voorziening van glooiingen, fundeeringen enz.: verschillende basalt, Vilvoordsche steen, Doorniksche steen, Drentsche steen of Noordsche steen; somtijds wordt mergelsteen in de omstreken van Maastricht gebruikt.

De in toepassing zijnde kunstmatig gevormde steen, is hoofdzakelijk gebakken steen.

Van de gebakken steen worden bij het bouwen van bruggen in den regel alleen de tamelijk harde soorten gebruikt, hier te lande meestal bekend als: klinkers, ondervoets klinkers, hardgrauw, boerengrauw en soms best rood; alle goede steenen der

verschillende vormen worden verwerkt, die van den Waalvorm evenwel het meest. Ook worden soms tegels verwerkt tot afdekking van aanrasseringen.

Andere kunstmatig gevormde steenen, als betonblokken, worden nog weinig gebruikt, hoewel ze zeer goed tot den bouw van bruggen kunnen aangewend worden.

In Nederlandsch Indië kan de gebakken steen ook als het hoofdmateriaal voor de uitvoering van de muurwerken der bruggen worden aangemerkt, maar men maakt ook gebruik van natuurlijk steen, behakt en onbehakt.

Het ijzer en staal wordt gebruikt: gesmeed, getrokken, gewalst en gegoten.

De verbindingsmiddelen bestaan hoofdzakelijk uit: kalk, cementen en zand.

De kalk is steenkalk of schulpkalk, hydraulisch of niet hydraulisch.

De cementen zijn tras, portland-cement en cement van Boulogne; enkele malen wordt er gebruik gemaakt van Pouzzolaan-aarde en Medina-cement.

In Nederlandsch Indië brandt men veeltijds ballen of andere vormen van kalkhoudende klei; deze ballen worden daarna tot poeder gestampt, waardoor men een tamelijk goed cement verkrijgt. Ook hier te lande wordt soms poeder van briksteen gebruikt.

Het beton is hier niet als afzonderlijke bouwstof opgegeven, omdat het niet anders dan een soort metselwerk is.

De keuze der bouwstoffen regelt zich soms, voor een groot deel, naar de bouwstoffen, die in de landstreek waar men bouwt, aanwezig zijn of met niet te groote kosten op het werk kunnen aangevoerd worden; verder naar datgene wat noodig is, om, naar de inzichten van den ontwerper, de werken in overeenstemming te brengen met de eischen van sterkte, doelmatigheid, beschikbaren tijd, sierlijkheid, enz., die voor den bouw gesteld moeten worden.

ONDERBOUW.

HOOFDSTUK I.

LANDHOOFDEN.

ALGEMEENE MEDEDEELINGEN.

§ 6. **Korte omschrijving der landhoofden.** Iedere brug heeft twee landhoofden. Een landhoofd bestaat in den regel uit een frontwand en twee vleugelwanden; in 't vervolg zal meestal de frontwand kortweg *front* en de vleugelwand *vleugel* genoemd worden. De afstand tusschen de fronten bepaalt de breedte der brug; de vleugels loopen somtijds in het verlengde der fronten en somtijds maakt hunne richting een zekeren hoek daarmede. Tegen de fronten en vleugels geschiedt de aanaarding om de aansluiting van den weg te verkrijgen. Somtijds zijn de vleugels afwezig, namelijk dán wanneer de fronten zoover zijn teruggetrokken, dat ze niet meer behoeven te dienen tot steun der aanaarding maar alleen tot ondersteuning der brug.

§ 7. **Vormen der landhoofden in 't algemeen.** De fronten der landhoofden dienen hoofdzakelijk tot steun van de brug en van de aanaarding. De vleugels steunen ook de aanaarding en bevorderen tevens den geleidelijken overgang van de fronten tot de aansluitende aardewerken of kruinen der wegen; zij voorkomen afschuivingen van taluds en bij ontgrondingen verzekeren de vleugels soms het behoud van den weg in de onmiddellijke nabijheid der brug.

Op plaat 1 zijn de voornaamste voorkomende vormen voor de landhoofden in hoofdtrekken aangegeven.

Die vormen onderscheiden zich hoofdzakelijk door den vorm der vleugels en de wijze van aansluiting der aangrenzende taluds. Men kan daarbij onderscheiden :

- a. de vleugels zijn recht, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 27, 28.
- b. » » zijn gebogen, fig. 6, 7, 8, 12, 13, 14, 16, 25.
- c. » » bestaan ieder uit twee rechte deelen, fig. 15, 26.
- d. » » staan loodrecht op de fronten, fig. 1, 2, 18, 19, 20, 21, 27, 28.
- e. » » staan niet loodrecht op de fronten, fig. 3, 4, 5, 9, 10, 11, 15, 22, 23, 24.
- f. » » loopen nagenoeg in dezelfde richting als de fronten, fig. 9, 10.
- g. » » zijn zoo lang dat de aangrenzende taluds zonder bijzondere maatregelen kunnen aansluiten, fig. 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 23, 24, 25, 26, 27, 28.
- h. » » zijn kort, zoödat de aansluiting der aangrenzende taluds door andere middelen moet geholpen worden, als:
 door goeden grond tot aansluiting van de vleugels te gebruiken, fig. 1, 3, 10.
 » lage houten vleugels, fig. 19.
 » pakbermen, » 20.
 » steenglooingen, » 21, 22.
- i. » » zijn geheel afwezig, als wanneer de taluds *langs* en *voor* de fronten doorgaan, fig. 17.
- k. » » zijn van boven horizontaal of weinig hellend, fig. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 27, 28.
- l. » » hebben eene sterke helling van boven tot op zekere hoogte in het talud, fig. 15, 16.
- m. » » hebben eene sterke helling van boven tot den voet des taluds, fig. 9, 10, 11, 12, 13, 14.

- n. De landhoofden zijn recht, fig. 1 tot en met 22, 27, 28.
 o. » » » scheef, fig. 23, 24, 25, 26.

§ 8. Landhoofden in verband met toegangswegen, andere wegen, jaagpaden en slooten. De toegangswegen naar de bruggen kunnen in verschillende richtingen worden uitgevoerd.

De eenvoudigste toestand komt voor wanneer slechts één gemeenschapsweg aanwezig is, die in rechte lijn over de brug moet gaan, zooals dit voor den spoorweg over de brug bij Kuilenburg, rechter landhoofd, is toegepast en op Pl. 2 fig. 1 is aangegeven.

De toestand wordt iets samengestelder indien tevens een gewone weg aanwezig is, die onder den spoorweg doorgaat, zooals op Pl. 1 fig. 27, of een jaagpad, zooals op Pl. 1 fig. 28 is aangegeven.

Op Pl. 2 fig. 2 is het linker landhoofd der brug over de Lek te Kuilenburg voorgesteld, waarbij de spoorweg als hoofdgemeenschap over de brug gaat en een gewone weg benevens een jaagpad onder den spoorweg doorgaan.

Op Pl. 2 fig. 3 is een toestand aangegeven, waarbij een gewone weg in de richting der brug gaat en aan weerszijden langs het kanaal een gewone weg aanwezig is, benevens een jaagpad, dat onder de brug door moet.

Op Pl. 2 fig. 4 vindt men den platten grond en opstand der brug over de Seine te Ivry, nabij de samenvloeiing met de Marne. Een rechte weg gaat over de brug; aan weerszijden gaan afritten naar de rivier, die op een weg, welke langs de rivier en onder de brug bestaat, uitloopen.

Op Pl. 2 fig. 5 treft men een verbinding voor spoorweg- en gewoon verkeer over een rivier aan. — Het spoorwegverkeer heeft aan den bovenkant der brug plaats, terwijl de rijweg voor het gewoon verkeer nabij den onderkant der brug is aangebracht; bovendien loopt onder de brug een jaagpad door.

Op Pl. 2 fig. 6 is een samenvoeging van verschillende toestanden aangegeven. Een gewone rechte weg gaat over de brug. Aan de eene zijde zijn kleine afwateringssloten, die in de waterleiding uitwateren door middel van buizen.

Aan de andere zijde links is een afwateringssloot, waarvan de bodem 1,50 M. boven den bodem der waterleiding ligt, welke

bodems onder een helling van 10 op 1 zijn vereenigd, terwijl de afwateringssloot hare bodembreedte behoudt tot bij de afrondingen. Deze inrichting is gekozen om te beletten dat bij betrekkelijk aanzienlijken waterafvoer, de grond nabij de brug zoude wegspoelen. De taluds der afwateringssloot zijn 1 op 1; die der waterleiding $1\frac{1}{2}$ op 1; zij zijn geleidelijk met elkander vereenigd. Verder is aan diezelfde zijde rechts een uitweg, die zich met den weg, welke over de brug gaat, vereenigt. Langs dezen weg en den uitweg is tevens een afwateringssloot, die in de figuur niet in gemeenschap staat met de waterleiding.

De vereeniging van de verschillende taluds, hetzij met of zonder behoud der bermen, is genoegzaam uit fig. 6 te zien.

Op Pl. 2 fig. 7 is een aqueduc of brugkanaal geschetst met een jaagpad aan weerszijden; de toegang van den waterweg is duidelijk uit de schets op te maken.

Veeltijds heeft men voor het gewoon verkeer opritten naar de bruggen. In de bergstreken van Java zijn de toegangen naar de bruggen dikwijls afritten, zoodat dus de bruggen lager dan de weg liggen; deze inrichting is niet aan te prijzen.

De op- en afritten moeten niet te steil zijn, en vooral niet steiler dan de overige steile hellingen, die in den weg voorkomen. Het is ondoenlijk hiervoor een algemeenen regel te stellen; veel is afhankelijk van plaatselijke omstandigheden, van de lengte die de helling moet bekomen, van de drukte van het vervoer, enz.; maar het zal toch zaak zijn om te trachten in de kunstwegen in *vlakke* streken geen steilere helling dan $\frac{1}{30}$ tot $\frac{1}{50}$ aan te nemen, hoewel veel hellingen van $\frac{1}{30}$ à $\frac{1}{20}$ en steiler zijn uitgevoerd.

De steenen brug over de Maas tot verbinding van Maastricht met Wijk had vroeger een oprit aan de zijde van Maastricht van $\frac{1}{25}$ over 30 M. lengte en van $\frac{1}{2}$ over 40 M. lengte en verder flauwer; deze oprit was zeer lastig voor de zwaar geladen voertuigen; bij de in uitvoering zijnde verbredening der Brugstraat heeft men gelegenheid gevonden de helling van $\frac{1}{25}$ tot $\frac{1}{65}$ te brengen. Aan de zijde van Wijk is de oprit $\frac{1}{30}$ over 40 M. lengte en verder flauwer.

Te Delft zijn de sterke opritten naar de bruggen, gerekend over 25 M. lengte, gemidd. van $\frac{1}{15}$ tot $\frac{1}{25}$ en over minder lengte

steiler. Waar dit kan wordt bij gelegenheid het noodige gedaan om de steile hellingen flauwer te maken.

Te Amsterdam waren vóór 1875 de steile op- en afritten der bruggen $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{25}$. Bij de verbeteringen, die in den laatsten tijd hierbij plaats hebben, heeft men de helling van eenige opritten verminderd of doen vervallen en wordt thans bij veranderingen of nieuwe werken de helling zoo flauw doenlijk gemaakt, maar die van $\frac{1}{40}$ liefst niet overschreden.

De oprit naar de brug voor gewoon verkeer over de Maas te Rotterdam bekomt een helling van ongeveer $\frac{1}{75}$.

In den grooten militairen weg op Java komen vele afritten voor van $\frac{1}{2}$ en zelfs nog steiler en dan nog soms in gebogen richting; het behoeft niet gezegd te worden, dat zulke steile hellingen zooveel doenlijk moeten vermeden worden; maar hiermede gaan in sommige gevallen aanzienlijke kosten gepaard en in andere gevallen kan 't voorkomen dat de weg of brug, zonder toepassing der steile hellingen, niet uit te voeren zoude zijn. Het spreekt van zelf, dat waar de toestand van het terrein of de zeer hooge aanlegkosten, als 't ware, tot steile op- of afritten dwingen, de andere beschouwingen voor een goed deel vervallen.

De opritten bij spoorwegbruggen zullen in den regel overeenkomen met de steile hellingen, die men overigens in den spoorweg toelaat. Bij uitzondering zal men voor betrekkelijk korte hellingen steilere opritten toelaten. In Nederland zullen die hellingen niet steiler dan $\frac{1}{100}$ behoeven te zijn. Bij de spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg is de oprit naar het rechterlandhoofd $\frac{1}{100}$ en naar het linkerlandhoofd $\frac{1}{25}$. In bergstreken zullen veel steilere hellingen moeten toegelaten worden om de kosten, aan de opritten of afritten of aan den bouw der bruggen verbonden, niet al te hoog op te voeren.

§ 9. Lengte en hoogte der fronten en der vleugels.

De lengte der fronten is in hoofdzaak afhankelijk :

1°. van de breedte der brug, die voor loopbruggen somtijds 1 Meter en voor eenvoudige rijbruggen hier te lande veelal 4, 5 à 6 M., maar overigens voor ruimere bruggen ook 10 tot 20 M. en meer kan bedragen ;

2°. van de breedte van den weg, dien men vlak voor de brug wenschte te hebben. Soms tijds beperkt men de lengte van de fronten der landhoofden tot iets grooter dan de breedte der brug, doch wanneer het noodig is, laat men de fronten buiten de breedte der brug aan weerszijden nog 1 à 2 Meter of meer uitsteken.

De bovenkant van de fronten der landhoofden is, zonder de borstweringen, over 't algemeen, ongeveer gelijk te stellen met de hoogte van den bovenkant van het rijvlak.

De bepaling van de hoogte van het rijvlak is een zaak van het grootste gewicht. In hoofdstuk XXI, Afd. XIV, wordt dat punt uitgebreider behandeld; hier kan alleen meêgedeeld worden, dat bij die bepaling in den regel gelet moet worden:

1°. dat de onderkant van den bovenbouw genoegzaam boven de hooge waterstanden kome te liggen, om buiten het bereik van het water of het ijs te blijven;

2°. dat de scheepvaart zoo weinig doenlijk belemmerd worde;

3°. dat de toeleidingswegen, hetzij verkregen door ophooging of door ingraving, onder behoorlijke hellingen kunnen gemaakt worden, door besteding van kosten evenredig met het nut, dat men er van zal hebben;

4°. dat de ijzeren bruggen, die over zeearmen gebouwd worden, hoog genoeg liggen, niet alleen boven de golven, maar ook dat het zoutwater niet te vernielend op het ijzer werke.

Zooals reeds blijkt uit de gegeven vormen voor de landhoofden op Pl. 1 zijn de bovenkanten der vleugels horizontaal of geheel of ten deele onder een helling. Wanneer ze horizontaal zijn, dan reiken ze omstreeks tot dezelfde hoogte als de frontmuren. Bij ieder werk wordt beoordeeld, welke vorm het best kan worden toegepast, en dan blijkt, na eenig overleg, al spoedig welke hoogte voor de vleugels het doelmatigst zal zijn.

De lengte en richting der vleugels moet in 't algemeen zoodanig zijn, dat de glooiingen hetzij van den weg, van de waterleiding, van de rivier of van het kanaal er behoorlijk tegen kunnen aansluiten. Zooals uit de voorstelling der vormen blijkt, kan zoodanige aansluiting op verschillende wijzen plaats hebben.

Hierbij valt op te merken dat de gewone vleugels, loodrecht op de fronten staande, ook wel genoemd retourmuren, in vele ge-

vallen niet zijn aan te bevelen, vooral wanneer ze lang zijn, wanneer de ondergrond slecht is of een sterke stroom langs de landhoofden loopt. Deze vleugels bevorderen het geleidelijk doorstromen van het water niet, maar werken die meer of min tegen, zoodat veeltijds bij de bovenstreams gelegen hoeken eerst versnelling van het water ontstaat en zich daarna warrelingen of draaikolken vormen; een en ander kan aanleiding geven bij sterken stroom tot aanval van den bodem, dus tot ontgroning. Vleugels, die een stomp hoek met de fronten vormen, zijn beter tot geleidelijken afvoer van het water.

Verder is het bij vele uitgevoerde werken der Staatsspoorwegen gebleken, dat de vleugels, vooral die loodrecht op de fronten staan, dikwijls van de fronten afscheuren; dit kan evenwel in verreweg de meeste gevallen voorkomen worden, door constructies te volgen, zooals op Pl. 9 fig. 5 en 6 voorgesteld en in § 38 omschreven zijn.

In 't algemeen den besten vorm voor de landhoofden te bepalen, is niet doenlijk; in ieder bijzonder geval wordt de aan te nemen vorm beoordeeld en vastgesteld, waarbij dan hoofdzakelijk in aanmerking komen:

- het doel der brug;
- de constructie van haar bovenbouw;
- de sterkte van den stroom;
- de richting van den stroom of der communicatie onder de brug met betrekking tot de richting van de lengte-as der brug;
- het dwarsprofiel van den weg;
- de taluds van de waterleiding of rivier;
- de verkrijgbare bouwstoffen;
- de kosten van aanleg en onderhoud;
- de sterkte;
- de sierlijkheid.

§ 10. Bouwput der landhoofden. De bouwput of de funderingsput moet zoo ruim gemaakt worden, dat het te verrichten werk behoorlijk kan worden uitgevoerd.

Het verwijderen der overtollige specie geschiedt in gewone grondsoorten door ontgraven of baggeren; in harde gronden, b. v.

in vaste steenlagen, rots, ijzerertslagen, zeer vaste aarde, kan het noodig zijn den grond eerst los te maken, hetzij met wiggen en hamers, met pikhouweelen of op andere wijze door het laten springen met kruit of dynamiet.

In 't algemeen behooeren de taluds in losse of weeke gronden flauw bewerkt (2 à 3½ op 1) of gesteund te worden, zoodat geen afschuivingen of afstortingten van beteekenis plaats vinden.

Veeltijds moeten, hetzij geheel of ten deele, om de plaats van ontgraving of den bouwput, aarden of kistdammen worden aangelegd, ten einde het water te kunnen verwijderen of verwijderd te houden, om de fundeering tot genoegzame diepte te kunnen aanleggen. 1)

Werkt men in moerasachtigen grond, dan wordt de bouwplaats afgedamd en een deel der bouwplaats, van waar de uitwatering het best kan geschieden, wordt door ontgraven of baggeren verdiept; daarheen wordt het water dan geleid en daaruit wordt het opgemalen, om de bouwplaats zooveel mogelijk droog te maken en den bouwput door uitgraving te kunnen verkrijgen. Is de grond, waar de bouwput gemaakt moet worden, te slap voor deze wijze van werken, dan wordt de bouwput verkregen door den grond uit te baggeren.

Werkt men in het water, dan wordt ter plaatse waar het landhoofd moet gebouwd worden, de verdieping van den bodem ook wel door ontgraving, maar veelal door baggering verkregen, en liefst zoo diep, dat later bij het fundeeren geene verdieping meer noodig is, en zo ruim, dat de vermoedelijke verzanding of toestrooming nog voldoende ruimte laat, om de na te melden steenstortingten of andere voorzieningen zonder nadere verdiepingen te kunnen doen. De verruiming zal dus op de bovenrivieren, met het oog op verzanding, stroomopwaarts aanzienlijker moeten zijn dan stroomafwaarts. Binnen het gebied van eb en vloed, zal de verruiming, in den regel, ook het meest aan de bovenzijde moeten geschieden.

De uitgewerkte grondspecie verkregen door graving, wordt in den regel zijdelings geborgen; gewoonlijk dient een deel van die specie weder voor latere anaarding. Aarde, verkregen door baggering, wordt ergens — zoo mogelijk in de nabijheid — gelost.

1) Deze dammen worden in Hoofdstak II bij de fundeering der pijlers behandeld.

LANDHOOFDEN VAN BALK- EN PLANKHOUT.

§ 11. Algemeene omschrijving der fronten, vleugels en verankering. De te behandelen hoofddeelen zijn :

- de fronten ;
- de vleugels ;
- de verankering.

De vorm van de fronten en vleugels komt gewoonlijk overeen met een der vormen op Pl. 1 door de fig. 1, 2, 3, 4, 5, 10, 11, 15, 17, 18, 19, 20, 21, 23, 24, 26 aangegeven. De fronten en vleugels verkrijgen dan een rechte of flauw gebogen richting.

De constructie voor de fronten en de vleugels is nagenoeg dezelfde. Zij bestaat voornamelijk uit in den grond geheide palen, waartegen aan de achterzijde beschoeiingsplanken zijn aangebracht, zóó diep als met het oog op de aanaarding en mogelijke ontgronding noodig, en zóó hoog als nuttig is voor de aanaarding en soms ook tot beveiliging van de nader te vermelden sloof. Wanneer de beschoeiingsplanken echter niet tot de noodige diepte kunnen worden gebracht, is op zekere hoogte een gording of zandstrook tegen de palen bevestigd, waarachter damplanken of steekplanken tot de noodige diepte zijn geslagen; boven die gording zijn dan beschoeiingsplanken tegen de palen bevestigd.

Indien de palen te lang worden om uit één stuk te worden verkregen, maakt men de beschoeiing uit twee deelen. Men heit dan palen in den grond, en op de hoogte, liefst van den laagsten waterstand, wordt een watersloof, ook wel grondsloof genoemd, over deze palen gewerkt; op deze sloof wordt de tweede of bovenste rij palen gesteld. Tot steun van den grond onder den bovenkant der watersloof worden dam- of steekplanken geheid; boven dien bovenkant worden beschoeiingsplanken aangebracht.

Somtijds werkt men de bovenste rij palen in eene afzonderlijke sloof, die op de grondsloof wordt bevestigd, zooals dit nader in § 19 bladz. 28 wordt aangegeven.

Het front is afgedekt met eene sloof van bezaagd hout, waarop

de liggers der brug dragen. Op die sloof, of soms over de uiteinden der liggers gekeept, komt de stootbalk.

De vleugels zijn met sloven, dienende tevens tot onderling verband der palen, of met dekplanken afgedekt.

De verankering is aanwezig of niet; zij dient om de fronten en vleugels in hun bepaalden stand te houden en alzoo het vooruitschuiven te beletten, en om, zoo noodig, de palen te steunen of te versterken tegen den druk der aanaarding, indien de afmetingen der palen wat te gering mochten zijn.

De verankering bestaat gewoonlijk uit ankers en hunne bevestigingsmiddelen met of zonder ankerpalen.

§ 12. **Palen.** De palen zijn veelal hier te lande van eiken-, in Indië van djattihout. Grenen- en dennenhout wordt hier te lande ook wel gebruikt, maar weinig voor blijvend, meest voor tijdelijk werk.

De lengte- en dwarsafmetingen der palen zijn natuurlijk afhankelijk van den weêrstand, dien ze te bieden hebben, van de hoedanigheid van het hout, van den grond waarin ze geheid worden, van de wijze van verankering, van de kans van ontgronding en tevens, wat de fronten van bruggen betreft, of de brug een vaste of een beweegbare is. Een vaste brug geeft steun aan de fronten, een beweegbare niet.

Als een globale praktische regel wordt aangenomen, dat de frontpalen zoodanige lengte moeten hebben, dat zij nagenoeg zoo diep in den grond komen te staan, als zij er boven uitsteken; bij vasten ondergrond en goede aanvullingsaarde kan die lengte verminderd, bij onvasten ondergrond en minder goede aanvullingsaarde moet ze vermeerderd worden.

De vleugelpalen krijgen nabij de aansluiting der vleugels aan de fronten dezelfde lengte en dezelfde dwarsafmetingen als de frontpalen. Verder naar de einden laat men soms de vleugelpalen in lengte- en dwarsafmetingen verminderen, Pl. 3 fig. 1.

De lengte der ankerpalen kan, wanneer zij nagenoeg geheel in den vasten grond staan, omstreeks $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{4}$ minder genomen worden dan die van de fronten. Wanneer de ankerpalen evenwel ten deele in losse aarde komen, en ook bij landhoofden voor

beweegbare bruggen, is het zaak aan de ankerpalen nagenoeg gelijke afmetingen als aan de palen der fronten te geven.

De dwars-, ook wel genoemd »zwaarte» afmetingen der palen, zijn eenigszins evenredig aan de lengte.

Op 1 Meter van den kop of het dikke einde kunnen de dwarsafmetingen van de palen zijn:

bij	3	Meter	lengte	voor	de	palen,	ongeveer	0,20	M.	en	0,20	M.
»	5	»	»	»	»	»	»	0,25	»	»	0,25	»
»	7	»	»	»	»	»	»	0,30	»	»	0,30	»
»	9 à 10	»	»	»	»	»	»	0,35	»	»	0,35	»
»	10 » 12	»	»	»	»	»	»	0,35	»	»	0,40	»

Op 1 Meter van de punt laat men afmetingen toe voor lichte en zware palen van 0,15 à 0,20 Meter.

De front- en vleugelpalen zijn meest vierkant beslagen, ook wel, doch zeldzaam, vierkant bezaagd, hetzij over de geheele lengte of alleen voor het deel dat buiten den grond steekt, terwijl ze dan in den grond minder vlak, namelijk boschkant beslagen zijn, of geheel rond worden gelaten.

De ankerpalen zijn in den regel óf geheel óf alleen nabij het boveinde boschkant beslagen en verder rond gelaten.

De palen worden onder schuin afgewerkt »aangepunt»; de lengte van de punt is gewoonlijk gelijk aan of iets meer dan de lengte van een zijde der dwarsdoorsnede; de punt is onder niet geheel spits, maar heeft daar een vlak van 4, 5 en meer centimeter zijde; in slappe gronden wordt het vlak groot gelaten, in harde gronden minder groot; somtijds is 't noodig in deze gronden de punt te voorzien van gesmeed ijzeren schoenen, Pl. 3 fig. 4.

De punt wordt zoodanig gemaakt, dat de rechte lijn, die door het midden van punt en kop getrokken wordt, zooveel doenlijk door het midden van alle doorsneden gaat, Pl. 3 fig. 5.

De kop wordt voor het inheien loodrecht op die lijn afgezaagd en de kanten van het verkregen vlak worden afgeschuind; bij vasten ondergrond kan het noodig zijn de koppen der palen van gesmeed ijzeren banden te voorzien, om tijdens het heien niet stuk geslagen te worden of te splijten.

De palen der fronten, vleugels en verankering worden geheid

verticaal, of met eene helling van de punt naar buiten; de palen der fronten krijgen meermalen een helling alleen in het vlak van het front en zóó dat de palen links van de lengte-as der brug met hun punt naar links, en die rechts van deze as met hun punt naar rechts uitwijken; de uiterste palen hellen het meest, ongeveer $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ der hoogte, die welke meer nabij de lengte-as staan hellen achterevolgens minder; de paal in het midden heeft dan noch linksche noch rechtsche helling.

De afstand, waarop de palen van elkander geplaatst worden, is in de fronten boven veelal omstreeks 1 M., nabij den bodem bij verticalen stand der palen ook 1 M. en bij hellenden stand in het vlak van het front wordt die afstand ten gevolge van de helling der palen 1,25 à 1,50 tot 1,75 M. Soms wordt de afstand boven zoodanig genomen, dat hij juist gelijk is aan dien, waarop de liggers der brug uit elkander liggen, zoodat dan ook de liggers juist boven de palen op de sloven komen te dragen, Pl. 3 fig. 3. — Deze inrichting maakt, dat de sloven den verticalen druk van bovenbouw en belasting direct op de palen overbrengen, maar de sloof wordt dan in dezelfde verticaal verzwakt door het pengat en tevens door de inkeping van de liggers, terwijl de bevestiging der liggers, zoo dit noodig is, op de sloven met omgaande beugels en schroefbouten moet geschieden, Pl. 3 fig. 3, 6, 7. Laat men de liggers op de sloof tusschen de palen dragen, dan moet de sloof, als balk, de verticale krachten opnemen en op de palen overbrengen. De bevestiging der liggers op de sloven kan dan eenvoudig met doorgaanden schroefbout geschieden en de sloof wordt in dezelfde verticaal minder verzwakt. Hoewel de laatst medegedeelde constructie de verkieslijkste schijnt, vindt toch de eerstgenoemde de meeste toepassing.

De onderlinge afstand der vleugelpalen is gelijk of ongelijk. Veeltijds staat de eerste paal dicht bij het front, Pl. 3 fig. 8, en staan de palen verder allen op gelijke afstanden van b. v. 1 à 1,20 M. Soms worden de afstanden grooter naarmate de vleugels meer in den grond komen, Pl. 3 fig. 1, 2, 9, dat ook rationeel is. Plaatst men den eersten vleugelpaal verder van het front b. v. 0,50 à 1 M., dan wordt de steun van de beschoeiingsplanken der vleugels verzekerd door een rib van omstreeks 0,15 M.

bij 0,07 M., Pl. 3 fig. 1, 2, 9, stevig tegen de frontbeschoeiing te spijkeren.

De palen worden zoo juist mogelijk op de bestemde plaats en in de bepaalde richting geheid. Wat aan de richting na het heien ontbreekt, wordt zoo veel doenlijk hersteld met behulp van dommekracht, stutten, enz. Daarna worden de pennen der palen afgeschreven en gemaakt. Zij verkrijgen een dikte van ongeveer $\frac{1}{3}$ van de dikte der palen en kunnen verder zijn als volgt :

Pl. 3 fig. 11 met schuine borsten aan de vier zijden der palen; fig. 12 met schuine borsten aan twee zijden der palen; fig. 13 met horizontale borsten en sloof om de palen gekeept. Fig. 11 komt het doelmatigst voor.

§ 13. Sloven. Nadat de sloven van gat en inkepingen voorzien en de bovenzvlakken, Pl. 3 fig. 10, zooveel noodig afgeschuind zijn, worden zij op de palen gewerkt. Ieder der pennen wordt opgesloten door een of twee houten nagels.

De bevestiging van de sloven op de palen kan bovendien geschieden :

Pl. 3 fig. 14 met omgaande gesmeed ijzeren beugels en doorgaande schroefbouten; de beugels zwaar 1 bij 5 à $1\frac{1}{2}$ bij 7 centimeter; de schroefbouten zwaar $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ centimeter middellijn.

Pl. 3 fig. 15 met gesmeed ijzeren veerbouten en doorgaande schroefbouten; de veer zwaar 1 bij 5 à $1\frac{1}{2}$ bij 7; de bouten ruim $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ centimeter middellijn.

Pl. 3 fig. 16 met gesmeed ijzeren roosbouten en krammen zwaar als de veerbouten.

Pl. 3 fig. 6 met gesmeed of gegoten hoekijzers en schroefbouten; de gesmede hoekijzers en bouten zwaar als het voorgaand ijzer, het gegoten ijzer $1\frac{1}{2}$ maal de dwarsafmetingen van het gesmeed ijzer.

Deze ijzeren verbindingsmiddelen worden hoofdzakelijk bij die constructies aangebracht, welke aan opdrijvende of oplichtende krachten of aan belangrijke trillingen zijn blootgesteld en zijn daar ook zeer aan te bevelen.

De sloven zijn gewoonlijk van hetzelfde soort hout als de

palen; zij zijn in den regel vierkant bezaagd. Hunne breedte is gelijk aan of breeder dan de palen. Pl. 3 fig. 17, 18; de hoogte is gewoonlijk voor niet zwaar werk 0,18 à 0,20 M.; voor middelmatig werk 0,23 à 0,25 M.; voor zwaar werk 0,30 à 0,35 M.

Hebben de bovenzvlakken der kleine houten balkbruggen een tonronde over de breedte, dan worden de bovenzvlakken der sloven somtijds rond afgewerkt, zoodat men met liggers van gelijke hoogte, en voor allen met gelijke inkeping in de sloven, de tonronde kan verkrijgen.

De sloven der fronten steken gewoonlijk 0,25 à 0,30 M. buiten de palen uit.

De sloven der vleugels steken aan het landeinde 0,20 à 0,25 M. buiten de uiterste palen, terwijl zij op het andere einde zoo ver doorgaan, dat zij op de sloven der fronten kunnen worden gewerkt; deze sloven zijn met een ezelsrug, Pl. 3 fig. 19, of naar één zijde afwaterend bewerkt, fig. 20. Zooals reeds vroeger is opgemerkt, dient de sloof der vleugels tot onderling verband der palen, namelijk om te beletten, dat de palen afgescheiden van elkander door den druk der aanaarding zouden vooruitschuiven, tevens ook tot verband der vleugels met de fronten. Voorziet men hierin door het lager aanbrengen van een gording langs de palen, dan heeft de afdekking der vleugels soms alleen door een dekplank plaats, Pl. 3 fig. 21. Ook wordt er wel een dekplank op de sloof gelegd, om deze te beveiligen tegen scheuren en inwateren en tot afdekking der beschoeiingsplanken van de vleugels, Pl. 3 fig. 22.

§ 14. **Beschoeiingsplanken.** Deze planken zijn breed 0,25 à 0,32 M., veelal uit één lengte en buiten de uiterste palen omstreeks 0,10 à 0,15 M. uitstekende. De smalle zijden der planken worden geschaafd.

De planken worden goed sluitende achter tegen de palen gesteld, nadat deze daartoe, waar dit noodig blijkt, nader met den dissel zijn gevlaakt; daarna worden ze dicht op elkander gedreven, plank voor plank, en ieder, op elken paal met twee of drie taaie spijkers, die een lengte hebben van minstens tweemaal de dikte der te hechten plank, bevestigd. Op de naden

worden tengels gespijkerd, Pl. 3 fig. 1 en 24, ter breedte van 7 à 10 en ter dikte van 1 à 2½ centimeter. Deze tengels worden alleen aan de plank boven den naad bevestigd. Boven gaan de beschoeiingsplanken door, hetzij tot den onderkant der sloven, Pl. 3 fig. 19, hetzij tot den bovenkant der sloven, Pl. 3 fig. 18, 22, of ook wel bij het front tot den onderkant van het boven- of onderdek der brug, Pl. 3 fig. 17, 23.

Waar grond tegen het hout komt, is het zaak de houten, die moeilijk te vernieuwen of duur zijn, zooveel mogelijk door minder moeilijk te vernieuwen of goedkooper deelen te beveiligen, zoodat met het oog hierop de constructies, Pl. 3 fig. 17, 21, 22, 23, de voorkeur verdienen.

Gewoonlijk zijn de beschoeiingsplanken van hetzelfde soort hout als de palen, hier te lande dus meest eikenhout; het is duidelijk dat men voor die planken, welke altijd onder water blijven, vuren of dennen houten planken nemen kan.

De dikte der planken moet afhankelijk gesteld worden van den druk, dien de aanaarding er op uitoefent en tevens van den afstand der palen en de hoedanigheid der planken.

Nabij den bodem der waterleiding, der rivier of van het kanaal is de druk het grootst, daar moeten de planken dus het dikst zijn. Voor de gewone toestanden zal men veelal kunnen volstaan met de volgende onderdikten:

bij 4 à 5 M. hoogte der aanaarding	6	centimeter
» 3,5 » » » » »	5	»
» 2,5 » » » » »	4	»
en boven altijd	4	»

De beschoeiingsplanken der vleugels reiken nabij de fronten even diep als die der fronten; zijn de vleugels zoodanig dat ze in taluds komen waar weinig of geen grondafspoeling te vreezen is, dan vermindert de diepte der beschoeiing trapsgewijze naar de landzijde. Men zorgt dan dat de onderkant der beschoeiingsplanken op zijn minst 0,30 à 0,75 M. in den grond komt, Pl. 3 fig. 1.

Kunnen de beschoeiingsplanken niet diep genoeg worden aangebracht op de gewone wijze, plank voor plank, dan klampt men drie, vier tot vijf planken aan elkander, waardoor men een schot verkrijgt, dat men achter de palen drijft en waarvan men het

bovendeel goed vastspijkert, Pl. 3 fig. 24. Moet het schot zeer sterk zijn, dan komen de klampen zeer kort bij of tegen elkander te staan. Is het noodig in de lengte twee schotten te gebruiken, dan laat men den naad achter een paal vallen en slaat achter den naad een klamp- of steekplank, Pl. 3 fig. 26.

§ 15. **Dam- en steekplanken.** Is de vorige wijze van werken onvoldoende wegens te hoogen waterstand of om andere redenen, dan werkt men met dam- of steekplanken. Er wordt dan een gording of zandstrook van dennen, soms ook van eikenhout, zwaar ongeveer 0,15 M. bij 0,15 à 0,20 M., achter tegen de palen met loeven gewerkt en met schroefbouten van 2 centimeter middellijn bevestigd, liefst zoo laag dat zij steeds onder water blijft of anders dat zij slechts zelden daarboven komt, Pl. 3 fig. 25; hierachter worden de genoemde planken geheid en elk met drie taaie spijkers bevestigd; de planken worden gewoonlijk van dennen hout genomen. Zij zijn breed 0,25 à 0,32 M. meestal omstreeks 0,30 M. en kunnen dik zijn:

bij 1 M. lengte	0,05 ^s	M. in harde,	0,05	M. in weeke	gronden;
» 2 » »	0,06 à 0,07	» » »	0,05	» » »	»
» 3 » »	0,08 » 0,09	» » »	0,06	» » »	»
» 4 à 6 » »	0,10 » 0,12	» » »	0,06 à 0,08	» » »	»

De dikke steek- of damplanken worden met messing en groef en de dunne meestal met vischbekken in elkander gewerkt; de voegen moeten goed *grondicht* zijn.

Somtijds neemt men de dam- of steekplanken zoo lang, dat ze tot den bovenkant der vleugels reiken; daar en ook lager steunen ze tegen gordingen, die tegen de palen zijn bevestigd, Pl. 4 fig. 1.

Deze constructie is over 't algemeen niet aan te raden, omdat het bovendeel dezer planken spoediger verrot dan het lager deel, dat onder water blijft.

§ 16. **Verbinding der fronten met de vleugels.** Deze verbinding geschiedt:

1°. door de sloven of dekplanken der vleugels te verbinden met de sloven of stootbalken der fronten. Het verband der sloven

onderling of van de vleugelsloof met den stootbalk, Pl. 4 fig. 2, 3, 4 geschiedt veeltijds met bedekten zwaluwstaart en bovendien met schroef-, veer- of roosbout. Ook worden ze wel, indien de vleugels in dezelfde of nagenoeg in dezelfde richting loopen als de fronten, met tand en pen in elkander gewerkt, Pl. 4 fig. 5, of op elkander gelascht, Pl. 4 fig. 6. De dekplanken worden somtijds op de sloven, op de stootbalken en ook wel op de liggers, Pl. 4 fig. 7, of op het onderdek gespijkerd;

2°. door de eindpalen der fronten met ijzeren ankers te verbinden aan de daarnaast staande palen der vleugels, Pl. 4 fig. 8;

3°. somtijds door gordingen buiten tegen de palen der fronten en vleugels aan te brengen en dan de gordingen aan de palen en onderling te verbinden, Pl. 4 fig. 9;

4°. in enkele gevallen, waar weinig afwijking van de fronten en vleugels te vreezen is, door de gordingen, die aan de palen bevestigd zijn en waartegen de steek- of damplanken geheid zijn, met inkeping en schroefbouten onderling te verbinden.

§ 17. **Uitstek der fronten buiten de brug.** Het is duidelijk dat dit uitstek minstens zoo groot moet zijn, dat de sloven, Pl. 4 fig. 2, 3, of de dekplanken der vleugels, fig. 7, goed kunnen worden bevestigd. Tevens dient gerekend te worden op een doelmatige plaatsing der nader te vermelden leuning, die van de brug naar en langs de vleugels wordt aangebracht. Verder regelt zich het uitstek naar de breedte van den weg, dien men vlak voor de brug wenschte te hebben, zoo als in § 9 sub 2 is opgemerkt. Moeten daartoe de fronten der brug aan weerszijden doorgetrokken worden, dan wordt de aansluiting der vleugels aan de fronten daartoe genoegzaam naar buiten gebracht, Pl. 4 fig. 10.

§ 18. **Constructie der verankering.** De verankering kan in hoofdzaak op de volgende wijzen geschieden:

1°. met behulp van ankerpalen, Pl. 4 fig. 11, 12 en 22;

2°. door directe verankering van de vleugels onderling, alzoo zonder hulp van ankerpalen, Pl. 3 fig. 1, 2 links;

3°. door schoorpalen en schoren aan de dagzijde, Pl. 4 fig. 14, 15;

4°. door combinatie der voorgaande.

Wanneer men werkt met ankerpalen, komt 't er op aan deze palen goed in den vasten grond te slaan, ten einde vaste steunpunten te verkrijgen tot bevestiging der ankers. Bij het slaan van twee of meer ankerpalen worden deze gewoonlijk gekoppeld. Bij vaste bruggen is 't veelal voldoende alleen de vleugels te verankeren; bij beweegbare bruggen moeten tevens de fronten zeer goed verankerd worden.

De constructie kan op verschillende wijzen plaats hebben :

a. voor iederen vleugel afzonderlijk, ankerpalen met koppelingen, Pl. 4 fig. 12^a;

b. de ankerpalen voor de beide vleugels onderling gekoppeld, zoodat zij te zamen een geheel vormen, Pl. 4 fig. 11;

c. de vleugel-verankering in verband met de verankering der fronten te maken, Pl. 4 fig. 13.

d. de ankerpalen zoodanig te heien, dat daarop de ankers met pen en gat en opsluitwig kunnen worden gewerkt en dus jukken vormen, waaraan weer andere ankers kunnen worden bevestigd, Pl. 4 fig. 22.

De tegenstand der ankerpalen kan met behulp van planken schotten, welke men voor deze palen of voor de koppelhouten aanbrengt, zeer vermeerderd worden, Pl. 4 fig. 12^b. Hierdoor verkrijgt men een grooter vlak, dat door den grond zou moeten getrokken worden bij vooruitschuiving der verankerde deelen.

Wanneer de vleugels loodrecht op de fronten staan of niet veel van den loodrechten stand afwijken, dan heeft de verankering gewoonlijk direct plaats van den eenen vleugel met den anderen. Kan de aanaarding merkelyk nazakken onder die ankers, dan is 't zaak deze directe ankers door een of twee lichte paaltjes te ondersteunen, ten einde de doorbuiging te beletten en dus de spanning, die door de doorbuiging zou worden opgewekt, te voorkomen, Pl. 3 fig. 2.

Overeenkomstig Pl. 4 fig. 14, worden de palen der vleugels en ook wel die der fronten, somtijds aan de dagzijde met schoorpalen gesteund; deze worden met een tand in de te steunen palen gewerkt en daartegen bevestigd met een doorgaanden schroefbout van $2\frac{1}{2}$ centimeter middellijn.

Ook heit men wel palen aan de dagzijde en worden de vleugel-

en frontpalen met schoren gesteund, die met inkepingen en doorgaande schroefbouten van 2 centimeter middellijn aan de palen worden bevestigd, Pl. 4 fig. 15.

Wil men den weerstand der schoorpalen vermeerderen, dan kan daartoe een plank of schot tegen deze palen worden verbonden, of wel, wanneer de waterleiding of het kanaal niet breed en geen waterbezwaar aanwezig is, kan men koppelhouten laten gaan, liggende gelijk met den bodem, naar de schoorpalen van de tegenoverstaande zijden. De schoren kunnen veelal onder een hoek van 30 à 35° met de horizontaal aangebracht worden.

De gordingen langs de buitenzijden der vleugelpalen dienen hoofdzakelijk om aan de niet geankerde palen het uitwijken te beletten.

Al het ankerhout is, boven water, gewoonlijk van hetzelfde soort hout als de palen; dat in den grond komt is hoofdzakelijk boschkant beslagen, wat er buiten komt is vierkant bezaagd.

De ankers worden zwaar genomen 0,15 bij 0,15 M. à 0,20 bij 0,20 M. tot omstreeks 0,26 à 0,26 M.

In gewone gevallen zal men kunnen volstaan bij landhoofden ter hoogte van: 2,5 à 3 M. met de lichte afmetingen

4	»	»	»	»	»
			middelmatige		
5 à 6	»	»	»	»	»
			zware		

Bij slechten ondergrond en zwaren, weinig samenhangenden aanaardingsgrond, zal men door het aanbrengen van meer ankers de noodige sterkte trachten te verkrijgen.

Er worden ook gesmeed ijzeren ankers gebruikt van 2,5 à 3,5 centimeter middellijn, die, hetzij door middel van oog- of schroefbouten, hetzij door de ankers van schroefdraden en moeren te voorzien, aan het front of vleugel en ankerhout worden verbonden, Pl. 4 fig. 16 en 22.

Het is nuttig deze ankers te voorzien van spanmoeren, Pl. 4 fig. 16, 17, ten einde ze behoorlijk te kunnen spannen.

De kruis- of koppelhouten der ankerpalen, benevens de gordingen der vleugel- of frontpalen verkrijgen in den regel afmetingen gelijk aan of iets zwaarder dan die der ankers.

De verbinding van de koppelhouten aan de ankerpalen geschiedt door inkeping der koppelhouten en palen; de verbinding van de

gordingen aan de front- en vleugelpalen heeft plaats met inkepingen en voorloeven, terwijl men wel tegen de palen, door middel van tanden en bouten, houten klossen bevestigt, waarop de gordingen rusten.

Indien de ankers onmiddellijk aan de palen bevestigd worden, geschiedt dit gewoonlijk met inkeping en voorloeven. In den regel worden de ankers om de koppelhouten alleen gekeept. De verbinding der ankers aan de gordingen geschiedt met inkeping, ook wel met gewonen of bedekten zwaluwstaart. De inkepingen zijn gewoonlijk diep bij lichte constructies $2\frac{1}{2}$ à 3 centimeter; bij zware constructies 5 à 6 centimeter. De koppelhouten en ankers moeten omstreeks 0,20 à 0,25 M. uitsteken buiten de deelen waaraan zij bevestigd zijn, uitgenomen bij de bewerking met zwaluwstaart. Door alle de genoemde verbindingen gaan doorgaande schroefbouten, zwaar $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ tot 3 centimeter middellijn.

De hoogte waarop de ankers komen, is boven de halve hoogte van het landhoofd of der vleugels, en beneden den onderkant der sloven; de ankers worden *boven* of geheel *onder* den meest voorkomenden waterstand aangebracht, en het is zeer ondoelmatig ze gelijk met den meest voorkomenden waterstand te brengen. Als gewonen regel stelt men, wanneer de gewone waterstand het niet belet, dat de ankers op ruim $\frac{2}{3}$ der hoogte van het landhoofd kunnen worden aangebracht. Bij dezelfde brug komen de koppen der ankers *in den dag* op dezelfde hoogte. Het is niet noodig dat de ankers in den grond geheel horizontaal zijn; ze moeten evenwel ook niet te veel helling bekomen, indien dit niet om goede redenen noodig is. Voor zeer hooge landhoofden kan 't nuttig zijn dubbele verankering aan te brengen.

§ 19. Watergebinten. Het werken met watergebinten, Pl. 4 fig. 18, 19, 20, wordt bij de landhoofden weinig in toepassing gebracht. Is het watergebint zoo laag gesteld, dat het geheel onder den laagsten waterstand blijft, of dat dit water slechts zelden onder den bovenkant der sloof komt, dan kunnen de palen, damplanken en sloof van dennenhout genomen worden, zoo ook de benedenste ankers, wanneer die niet of slechts zelden boven

den waterstand komen. Komt de dennensloof laag nabij den bodem, dan kunnen de onderste ankers in vaste gronden vervallen.

Pl. 4 fig. 18 stelt voor een watergebint met *één* watersloof, waarin de bovenstijlen met pen en schuine borst zijn gesteld.

Pl. 4 fig. 19 geeft een inrichting met *twee* watersloven, die met een ezelsrug in elkander grijpen en met bouten op elkander zijn bevestigd. In de onderste sloof worden de palen van het onderjuk, in de bovenste sloof worden de stijlen van het bovenjuk gewerkt. Deze stijlen zijn bovendien met hoekijzers en schroefbouten op de sloof bevestigd. Het is duidelijk dat deze inrichting, over 't algemeen, sterker is dan die in fig. 18 aangegeven, maar ze komt ook hooger in aanlegkosten.

Pl. 4 fig. 20 heeft dubbele ankers aan het onderjuk en deze ankers dienen tevens tot ontvangst der stijlen van het bovenjuk. De pen der stijlen is zwaluwstaartvormig, zoodat de stijlen niet naar buiten gedrongen kunnen worden, terwijl hoekijzers en bouten de verbinding versterken.

LANDHOOFDEN GEHEEL OF GEDEELTELIJK VAN RIJSHOUT.

§ 20. **Constructie.** Deze landhoofden kunnen gemaakt worden:

- a. Geheel van rijshout.
- b. Gedeeltelijk van rijshout met palen en sloven.

Zulke landhoofden bestaan uit rijzen pakbermen, tot behoorlijke diepte aangelegd en tot genoegzame hoogte opgetrokken, hebbende een der vormen op pag. 16, § 11 aangegeven. Is het landhoofd geheel van rijshout, dan wordt de pakberm opgetrokken gelijk met de hoogte, waarop men den weg bij de aansluiting met de brug wenschte te hebben. Deze landhoofden worden zelden gebruikt; somtijds bij bruggen over kanalen en voor passages in aarden wegen met ponten of vlotbruggen.

Is het landhoofd gedeeltelijk van rijshout, dan wordt de rijshouten pakberm tot die hoogte opgetrokken, dat het rijshout den meesten tijd onder water blijft.

Er komen hoofdzakelijk twee constructies in toepassing:

1°. Ingevolge Pl. 4 fig. 21, namelijk met palen door het rijshout geslagen, en met beschoeiingsplanken boven het rijshout en puinstorting daarachter bij *a*; de beschoeiing is bestemd om daartegen de aanaarding te laten sluiten, de puin om, bij zakking van het rijshout, den grond niet onder de beschoeiingsplanken door te laten schieten. De rijshouten berm zakt, waardoor men nog al dikwijls eenige ophooging te doen heeft van den weg bij de brug. In kunstwegen zou dit bezwaar van groot belang kunnen zijn, daar worden die landhoofden ook volstrekt niet uitgevoerd.

In aarden wegen is dit bezwaar veel minder en dan kunnen, op die plaatsen waar het rijshout billijk en het plank- en zwaar paalhout hoog in prijs zijn, zulke landhoofden wel gerechtvaardigd zijn.

2°. Ingevolge Pl. 4 fig. 22, namelijk een houten landhoofd, gesteund door een pakberm.

De pakberm is hier meer vóór het paalhout, sluitende tegen de damplanken, aangebracht en dient tot steun der palen en tevens om de ontgroning tegen te gaan. Het rijshout wordt opgetrokken tot — of wat lager dan — den gewonen waterstand. Op de hoogte van den bovenkant van den pakberm zijn twee gordingen aan de palen bevestigd; de achterste dient om daarachter de damplanken te slaan, de voorste is bestemd om daaraan de ankers te bevestigen; boven deze gordingen zijn achter de palen de beschoeiingsplanken aangebracht. De verankering kan plaats hebben door het vormen van ankerjukken, zooals Pl. 4 fig. 22 aangeeft, of zooals de verankering op Pl. 4 fig. 12 is voorgesteld.

Behalve de houten ankers aan de gordingen, zijn ook nog ijzeren ankers aan de sloven aangebracht om de bovenenden der fronten en vleugels tegen vooroverbuigen te vrijwaren, Pl. 4 fig. 22 en 23.

Zulke landhoofden worden somtijds gemaakt langs rivieren voor schipbruggen.

Men ziet dat de aanaarding niet drukt op den pakberm maar

op den ondergrond achter de damplanken, zoodat men hier alleen te doen heeft met de gewone inklinking van den grond.

§ 21. **Teren der beschreven landhoofden.** In den regel worden alle houtverbindingen en vlakken van houtwerken die op elkander sluiten, voor zij in- of op elkander worden gewerkt, behoorlijk geteerd. Alle houtwerken, die in den dag komen, worden tweemaal geteerd, en wel, gerekend van boven tot den gewonen waterstand, of 0,50 M. lager, zoo dit tijdens de bewerking kan verkregen worden. Is tijdens de bewerking een zeer lage waterstand aanwezig, zooals die dikwerf bij kanalen kan voorkomen, en blijven de houtwerken een geruimen tijd aan de lucht blootgesteld, dan worden zij soms zoo ver geteerd als de waterstand of grond dit toelaat. Alle vlakken, die geteerd worden, moeten droog en goed zuiver zijn.

Gewoonlijk wordt het ankerhout en het overige hout, dat in den grond komt, niet geteerd. Aanbeveling verdient 't dit hout wel te teren.

Veelal wordt voorgeschreven dat de teer moet zijn Moscovische; goede koolteer is ook wel te gebruiken.

§ 22. **Aanaarding der beschreven landhoofden.** Nadat de tijdelijk gediend hebbende houtwerken, het afval van timmerhout enz. zijn verwijderd, geschiedt de aanaarding, liefst met goed samenhangenden grond, in regelmatige lagen van 0,30 à 0,50 M. hoogte, iedere laag wordt met houten stampers behoorlijk vast aangestampt; de meest samenhangende specie wordt het dichtst bij de beschoeiing gewerkt. Veeltijds heeft de kruin van den weg bij de uiteinden der vleugels of op 3 à 5 of meer Meter uit de fronten der landhoofden, eene tonrondte en bij de aansluiting aan de brug is zij meestal zonder tonrondte. Die overgang moet geleidelijk verkregen worden.

Moet de weg tegen de vleugelsloven aansluiten en zijn de bovenzakken der sloven wat lager dan de kant van den weg, dan heeft de aansluiting plaats door een klein steil talud nabij de brug, dat verder nabij de uiteinden der vleugels gewoonlijk te niet kan loopen.

STEENEN LANDHOOFDEN.

§ 23. **Algemeene mededeelingen.** De landhoofden, waarvan de muren uit natuurlijke of kunstmatig gevormden steen worden vervaardigd, noemt men steenen landhoofden.

Alle vormen op bladz. 9 en 10 vermeld en op Pl. 1 aangegeven, kunnen voor de steenen landhoofden in toepassing worden gebracht.

Steenen landhoofden zijn wegens de duurzaamheid verreweg te verkiezen boven houten landhoofden; de aanlegkosten der steenen landhoofden zijn evenwel in den regel beduidend hooger dan die voor houten.

Daar waar met betrekkelijk geringe aanlegkosten veel werk moet geleverd worden, worden veeltijds de houten boven de steenen landhoofden verkozen.

Waar de meerdere aanlegkosten geen zeer aanzienlijk bezwaar opleveren en een duurzaam werk wordt verlangd, zullen in den regel de steenen landhoofden te verkiezen zijn.

§ 24. **Fundeeringen.** Voor de landhoofden worden het meeste uitgevoerd:

1°. Fundeeringen zoogenaamd op staal.

2°. Betonfundeeringen zonder en met draagpalen.

3°. Fundeeringen met roosterwerken.

4°. Paalfundeeringen met kespens, kloosterhouten, schuifhouten.

Verder heeft men nog andere wijzen van fundeering dan de gemelde, namelijk, fundeeringen:

5°. Met grint- of zandlagen en met zandpalen.

6°. Met gemetselde steunpunten of pilaren en met putten.

Al de bovengenoemde fundeeringen worden uitgevoerd zonder of met omheiningen of omsluitingen, afhankelijk natuurlijk van de omstandigheden, waarin de werken verkeerden.

§ 25. **Omheiningen.** De omheiningen of omsluitingen zijn

wanden van hout, somtijds van ijzer, ook wel van ijzer en steen, en zijn in hoofdzaak voor de landhoofden de volgende:

a. Opgeklampte planken schotten, dik 3 à 5 centimeter, steunende en zooveel doenlijk gespijkerd tegen ingeheide palen. Deze worden toegepast voor geringe diepten b. v. van 0,25 à 1,50 M.

b. Steek- of damplanken, dik en bewerkt als in § 15 is opgegeven en geheid langs een gording of langs een sloof op palen gewerkt. De steekplanken worden tot geringe diepte gebruikt en verkrijgen een lengte van 1 à 2 M. De damplanken worden voor geringe en grootere diepten gebruikt en worden lang genomen 1,50 M. tot 4 à 5 M. en meer.

c. Dampalen; deze worden voor het fundeeren op groote diepte gebruikt, namelijk van 2 tot 8 M. en meer diepte; de palen bekomen dan een lengte van 5 tot 14 à 15 M., een dikte, afhankelijk van de lengte, in harde gronden van 0,13 à 0,35 M., in slappe of weeke gronden van 0,13 à 0,25 M. en een breedte van 0,25 à 0,40 veelal 0,30 M.; de hoekpalen zijn somtijds ongeveer 0,10 M. dikker en breeder. De dampalen worden veelal *wel* maar soms ook *niet* met messing en groef bewerkt.

Hier te lande is het hout tot de omheiningen of omsluitingen meestal dennen, soms grenen. Aan de spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg waren grenen dampalen in het bestek bepaald, maar het is bij de uitvoering gebleken, dat dennen dampalen even goed konden ingeheid worden.

De verschillende constructies worden, waar ze te pas komen, voor zoo veel nodig nader aangewezen.

De omheiningen kunnen dienen:

1°. Om den grond onder de fundeering tegen uitschuren te beveiligen of om het onderloopsch worden der fundeering te voorkomen.

2°. Om de fundeering geheel of ten deele te kunnen maken zonder groote kosten aan droogmaking te besteden.

3°. Om de fundeeringssleuf te beperken door te beletten dat de grond zijdelings toeschiete.

4°. Om de fundeeringstoffen, als: beton, enz. het zijdelingsch uitschuiven te beletten.

5°. Om in zeer slechte fundeeringgronden, als: veen, modder,

derrie, enz. te beletten, dat de aanvullingsaarde achter de muren de aarde onder de fundeering wegperse, waardoor dan voorkomen wordt, dat ombuigingen der fundeeringpalen plaats hebben en dat de grond in den dag zich verzet en omhoog rijst.

Bij de bepaling van de omheining, die voor een gegeven geval het meest dienstig is, zal men goed doen de uitvoering van andere werken, ongeveer in dezelfde omstandigheden verkeerende, te raadplegen.

Voor de nadere bewerking van de steek- en damplanken, welke laatste ook baard- en schermplanken genoemd worden, alsmede van de dampalen kan het volgende dienen:

Het aanpunten der steek- en damplanken, benevens der dampalen, geschiedt over de dikte aan weerszijden, van onder scherp of zóó dat daar ongeveer $\frac{1}{5}$ der geheele dikte overblijft; gewoonlijk worden ze ook over de breedte aangepunt, Pl. 4 fig. 24; dit aanpunten over de breedte geschiedt meestal aan de zijde van den vischbek of de messing, en dient om tijdens het heien het aansluiten der te heien planken of palen te bevorderen; aan de andere zijde over de breedte wordt in den regel weinig weggehakt. In niet te vaste gronden en bij korte planken, wordt het aanpunten over de breedte soms geheel weggelaten. De dampalen worden ook wel aan de vier zijden aangepunt, vooral die, welke tusschen damplanken komen te staan en langer dan deze zijn.

De vooruitstekende hoek van den vischbek is nagenoeg recht. De messingen passen juist of met een kleine speelruimte in de groeven, die een diepte bekomen bij damplanken van $2\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{2}$, bij dampalen van $3\frac{1}{2}$ tot 6 centimeter en een breedte van ongeveer $\frac{1}{3}$ van de dikte der planken of palen, Pl. 4 fig. 25. Soms worden de messingen en groeven slechts tot 1 à 2 M. onder het ondervlak der fundeering gemaakt, om palen van minder doorgaand zware afmetingen te kunnen gebruiken. Ook worden de palen zonder eenig verband »koud" tegen elkander geheid; daar, waar de omheining als blijvend werk moet beschouwd worden en sterke stroom erlangs kan komen, zijn beide constructies niet aan te raden.

De koppen van de planken en palen worden van een vellingkant voorzien. In harde gronden voorziet men de punten met ijzeren

schoenen en de koppen tijdens het heien met ijzeren beugels. De steek- of damplanken en palen worden in den regel met de messing vooruit geheid, omdat, bij het vooruit heien der groef, deze vol klei, zand of andere stoffen zoude geraken.

Er zijn nog andere wijzen van het in elkander werken der planken en palen, namelijk Pl 4 fig. 26 met zwaluwstaart, sponningen, hol en bol, enz., die evenwel zelden gevolgd worden.

De genoemde planken en palen moeten te lood en in de juiste richting, goed sluitende, geheid worden; wanneer ze scheuren, niet genoegzaam sluiten, of uit de richting raken, moeten ze uitgetrokken, door andere vervangen of op nieuw ingeheid worden.

Behoort de gording, sloof of kesp waarlangs geheid wordt tot het blijvend werk, dan moet iedere plank met drie taaie spijkers, hebbende de lengte van ruim tweemaal de dikte der plank, daartegen worden bevestigd, waartoe de spijkers eenigszins scheef worden ingeslagen.

De heipalen in 't algemeen, worden aan vier zijden aangepunt, overeenkomstig het beschrevene voor de palen der houten landhoofden, § 12 bladz. 18; de hoogte der aanpunting bedraagt 1 à $1\frac{1}{2}$ tot 2 maal de middellijn van den paal nabij de punt; waar het noodig is voorziet men, even als boven gemeld is voor de damplanken en palen, de koppen met ijzeren beugels en de punten met gesmeed of gegoten ijzeren schoenen; de palen worden langs de steek- of damplanken meestal onder een helling geheid, met de punt van de planken afwijkende, om deze bij het heien niet te hinderen en tevens meer stabiliteit aan de omheijing te geven. Soms worden de palen aan den kant waar de planken komen vlak afgehakt. In elk geval worden zij ontdaan van uitstekende noesten.

Ook worden soms de wanden van omheiningen tijdelijk versterkt, of voorzien van gordingen en door ankers aan het beton- of metselwerk blijvend verbonden, om het zijdelingsch uitwijken te voorkomen.

§ 26. **Fundeering op staal.** Het »fundeeren op staal» is het aanleggen van fundamenteën in de fundamentssleuf, dadelijk op de aarde, dus zonder het aanwenden van bijzondere middelen, waardoor de druk van het gebouw op den grond wordt over-

gebracht. Het is alzoo noodzakelijk, dat de ondergrond voldoende vast zij om het gewicht der landhoofden en de zwaarst mogelijke belasting, die daarop kan komen, zonder merkbare zakking, te kunnen dragen. Vaste gronden geschikt tot het bouwen op staal, zijn:

Rots of vaste steenlagen, grint, zand en ijzerertslagen. Het is duidelijk dat niet de grond aan de oppervlakte beslist, maar dat vooral de dieper gelegen lagen in aanmerking moeten komen. Er moet dus een onderzoek plaats hebben ter beoordeeling van den aard en het draagvermogen van den ondergrond. Het gebeurt dikwijls dat de vaste onderlagen overdekt zijn met onvaste stoffen als: veen, modder, derrie, zachte klei, enz. en dat betrekkelijk niet diep daaronder de vaste lagen aanwezig zijn.

Op Pl. 5 stellen de figuren 1, 2, 3, 4, dwarsdoorsneden voor van fundeeringen op staal voor landhoofden en wel: fig. 1 van regelmatig gevormde of behakte steenen, als: gebakken steen, beton-blokken, basalt, hardsteen, zandsteen en voldoende harde mergelsteen; fig. 2, 3, 4 van onregelmatige steenen, als: rivier- of kaliesteen, breuksteen, basaltstukken, koraalsteen, stukken gebakken steen en beton.

De regelmatige steenen worden in de fundaments sleuven op de gewone wijze in verband gemetseld.

De onregelmatige steenen worden als volgt verwerkt: nadat de fundaments sleuven behoorlijk zijn afgewerkt, wordt daarin een laag van dien steen met de hand gevlijd, zorgende dat door invulling met kleine stukken geen groote holten overblijven. Over deze gevlijde lagen wordt een eenigszins vloeibare laag metsel-specie gespreid of gegoten. Deze specie loopt in de openingen tusschen de steenen en wordt er tevens ingestreken. Nu wordt er een tweede laag minder vloeibare metsel-specie over de steenen gespreid, waarin een tweede laag steenen wordt gedrukt en gevlijd; deze wordt weer overgoten enz. Op deze wijze verkrijgt men een metselwerk bestaande uit stukken steen en specie. Het is duidelijk, dat hier moet gezorgd worden, dat het gemaakte werk niet zijdelings kan uitwijken, dat de steenen zuiver zijn en met zorg gevlijd worden en dat de specie goed in alle voegen dringt.

Het uitstek van de fundeering buiten de opgaande muren kan

bedragen van 0,20 tot 1 à 2,50 M. en meer; de hoogte van de fundeering wisselt af van 0,30 tot 4 M. en meer, veelal bedraagt zij tusschen 1 en 3 M.; de fundeering moet in elk geval zoo hoog zijn, dat zij niet doorbreekt.

Op plaat 5 zijn langs de »fundeeringen op staal” afheingen voorgesteld en wel in:

Fig. 1^a en 4^b een afheing met damplanken, waarlangs een gording is bevestigd.

Fig. 4^a een afheing met damplanken steunende tegen een kesp op palen.

§ 27. **Betonfundeering zonder en met heipalen.** De betonfundeeringen zijn tegenwoordig van een zeer uitgestrekt gebruik.

Het beton wordt als fundeeringmateriaal hoofdzakelijk onder water gestort, zoodat men het afdammen kan achterwege laten. Dit geeft juist aan beton een hooge waarde voor fundeeringen bij den bruggenbouw. Ook wordt het beton in 't droge gebruikt. Meer bepaald komt de toepassing ervan in aanmerking:

onder water, wanneer het droogmaken of drooghouden van den put aanzienlijke uitgaven of veel tijd zou vorderen;

in het droge, wanneer de betonmaterialen geschikter of goedkoper te verkrijgen zijn dan metselmaterialen, dus tot bevordering van den goedkoopsten aanleg en tevens van een spoedige uitvoering.

In ieder geval moet gezorgd worden dat zijdelingsch uitwijken of uitschuiven van het beton volstrekt niet kan plaats hebben. De middelen daartoe soms aanwezig, of de maatregelen daartoe te nemen door omheingen of omsluitingen, zijn natuurlijk van het meeste nut zoolang het beton niet verhard is. De omheing of omsluiting om het beton noemt men betonkist; ze reikt 1 tot 6 M. onder het ondervlak van het beton en moet gesteund worden in den regel door steenstorting, wanneer het beton hooger gestort wordt dan de bodem om de betonkist.

Is de bouwgrond voldoende hard, dan bestaat de betonfundeering eenvoudig uit een laag beton, Pl. 5 fig. 2, 3, 4, 5, 6, en wel dikker naarmate: 1°. de harde grond, waarop het beton moet dragen, dieper wordt aangetroffen: 2°. de fundeering, zonder nadere

middelen, meer tegen onderloopsch worden moet verzekerd zijn; 3°. het noodig is dat de betonlaag den druk van de gezamenlijke belasting over een grooter oppervlak verdeele; is dit oppervlak groot, dan steekt het beton merkelyk b. v. 0.50 à 2 tot 2.50 M. buiten de opgaande muren uit en nu is het duidelyk, dat ook hier de betonlaag zoo dik moet zijn, dat die uitstekende deelen niet afbreken.

Is de bouwgrond niet voldoende hard, dan worden palen in den grond geheid, op onderlingen afstand van 0,70 à 1,20 M. tot 1,35 M., veelal van ongeveer 0,90 à 1 M.; zij moeten een voldoende draagvermogen bezitten om aan de gezamenlijke belasting met genoegzame zekerheid te kunnen weerstand bieden. Hierbij onderscheidt men de volgende constructies:

1°. Men laat de betonlaag op de palen dragen en tevens om de koppen van de palen grijpen ter hoogte van 0,40 à 1 M. tot 1,50 M.; Pl. 5 fig. 7, 8; de geringe hoogte is toepasselyk bij een betrekkelijke geringe hoogte der betonlaag b. v. 1 à 1,50 M.; de grootere hoogte komt in aanwending bij eene grootere hoogte der betonlaag b. v. 7 à 8 M. en meer, terwijl de gemiddelde hoogte van 0,70 à 0,80 M. bij een betonlaag van 3 à 4 M. dikte gebruikelijk is.

2°. Men laat de betonlaag op de palen rusten en de palen *niet* in het beton steken; en

3°. men brengt de betonlaag tusschen de palen aan, zoodat zij door de *geheele betonlaag* gaan en tot den bovenkant daarvan reiken.

De wijze sub 1 wordt als de beste constructie beschouwd en is over 't algemeen hier te lande het meest gevolgd; immers bij de constructie sub 2 aangeduid, is geen voldoende verband tusschen de palen en het beton, terwijl bij de derde constructie de zekerheid volstrekt niet bestaat, dat de ruimte tusschen de palen behoorlyk met beton gevuld wordt, althans niet zoo, dat het beton vast op elkander zit.

De heipalen worden zoo zuiver mogelijk te lood en in regelmatige rijen, die veelal loodrecht op elkander staan, tot de gevorderde diepte ingeheid; de koppen ervan worden ook hier tijdens het heien met ijzeren beugels of mutsen voorzien en zoo noodig verkrijgt de punt een ijzeren schoen. Soms laat men de palen

van twee opvolgende rijen in verband verspringen, waarin evenwel geen bepaald voordeel schijnt gelegen te zijn. Gescheurde heipalen of die welke uit de richting geweken zijn of niet te lood staan moeten ook hier, even als reeds gemeld is nabij het eind van § 25 voor de damplanken en dampalen, uitgetrokken, door andere vervangen of op nieuw ingeheid worden. Is het uittrekken van een paal zeer bezwaarlijk, dan heit men soms een anderen er naast; bij scheef staande palen is dit evenwel niet aan te raden, omdat het beton daarbij niet goed aaneensluit.

Gewoonlijk worden de palen zoo lang genomen, dat zij — na met de punt tot voldoende diepte in den grond te zijn geheid — met de koppen nog reiken tot eenigszins boven den waterstand welken men tijdens het werken vermoedelijk zal hebben. Zij worden daarna tot de gevorderde diepte onder water afgezaagd. Ook worden somtijds de palen tot nagenoeg de gevorderde diepte ingeslagen door middel van een opzetstuk, dat voorzien is van een dubbele ijzeren mof, waarvan de onderste om den paal past, Pl. 5 fig. 11.

Hoewel deze laatste wijze van werken minder lange palen vordert, wordt zij toch veel minder in toepassing gebracht dan de eerste, wegens de bezwaren daaraan verbonden; deze zijn:

1°. Het minder gemakkelijk en zeker besturen der palen tijdens het inheien met het opzetstuk.

2°. De mindere zekerheid betreffende den stuit waarop de palen geheid zijn.

3°. De eenigszins meerdere moeilijkheid verbonden aan het afzagen van palen onder water, waarvan de koppen gewoonlijk op onregelmatige hoogte staan en niet tot boven het water reiken.

De diepte, waarop men het beton onder water gebruikt, wisselt ook hier af van eenige decimeters tot 7 à 9 zelfs tot 12 Meter. Het komt er hoofdzakelijk op aan, het beton zoodanig gestort te krijgen, dat de verbindingsspecie en de vaste deelen zich niet scheiden en dat de massa goed op elkander pakt. In groote diepte is het storten natuurlijk moeilijker dan op geringe. De diepte, waarop men nog goed werk door de betonstorting verkrijgt, benevens de middelen voor de zijwanden en de lengte der te gebruiken heipalen, zoo die noodig zijn, zijn de factoren, die

in aanmerking komen bij het bepalen der grootste diepte, waarop het beton is aan te wenden.

Voor verreweg de meeste beton-fundeeringen voor hetzelfde landhoofd, is de onderkant van het beton overal even diep. Men heeft ook werken waar de diepte, tot besparing van kosten, ongelijk is, hoewel in 't algemeen wegens ongelijke zakking niet aan te raden, tenzij de deelen, welke op verschillende diepte gefundeerd zijn, zoodanig met een kas of groef in elkander sluiten, dat de ongelijke zakking geen scheuren kan doen ontstaan en onschadelijk is; deze wijze van werken is gevolgd bij het linker landhoofd der spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg; Zie § 41.

Soms wordt de losse grond van den bodem tot zekere diepte b. v. 1 à 4 M. uitgebaggerd en de ontstane ruimte weder met grint of zand aangevuld, waarin heipalen geslagen worden; nadat die palen tot de gevorderde diepte zijn afgezaagd, wordt op de grint of het zand alsmede om en op de heipalen beton gestort, waarop het landhoofd kan worden opgetrokken. Belangrijke voorbeelden van deze wijze van fundeeren vindt men:

a. bij den viaduct ten behoeve van den Staatsspoorweg in de Houttuinen te Amsterdam; de dikte der aangevulde zandlaag is 1 tot 3 M., die der betonlaag 1,20 M., hierin steken de heipalen 0,50 M.;

b. bij de spoorwegbrug over de Waal te Bommel; de dikte der aangevulde zandlaag is voor het rechter landhoofd en voor de landpijlers 2 M., die der betonlaag is 3 M., waarin de koppen van zware heipalen 0,75 M. steken.

De fundeering van het rechter landhoofd der brug voor gewoon verkeer over de Maas te Rotterdam, is verdeeld in een vóórdeel breed ruim 5 M. en een achterdeel breed bijna 4 M. De bodem vroeger 3.00 à 3.50 — AP, is voor de fundeering van het voorgedeelte uitgebaggerd tot 6.50 — AP; de bodem voor het achtergedeelte kwam daardoor onder een talud van ongeveer $\frac{2}{3}$ op 1 en had een diepte beneden van 6.50 — AP en boven van ongeveer 3.00 M. — AP.

Het vóórdeel is een beton-fundeering op heipalen; daarvan is de onderkant van het beton 6.50 — AP, de bovenkant gelijk met AP; het achterdeel heeft ook heipalen en is van het vóór-

deel door een verticaal houten schot gescheiden; de bodem is aangevuld tot 2.50 — AP met zand en hierop is beton gestort tot gelijk met AP.

De punten der dampalen reiken tot	12.50 — AP
De bovenkant der dampalen was gedurende de uitvoering	1.50 + AP
De dampalen zijn afgezaagd op	AP
De punten der heipalen reiken:	
Voor het vóórgedeelte tot ongeveer	20.00 — AP
» » achtergedeelte ten deele tot	19 — AP
ten deele tot	17.00 — AP
De koppen der heipalen zijn afgezaagd:	
Voor het vóórgedeelte op	5.00 — AP
» » achter » »	1.00 — AP

De bodemdiepte der Maas in de onmiddellijke nabijheid van het landhoofd, was 4 à 5 M. — AP en wat verder rivierwaarts 5 à 5.50 M. — AP.

Bij de beschrijving van de fundeering der steenen pijlers wordt de *betonstorting* behandeld.

Langs de betonfundeering is op Pl. 5 fig. 6 een zogenaamde Fransche afheijng voorgesteld bestaande uit dampalen en dampplanken, waartegen een gording, veelal van dennenhout, bevestigd is, terwijl fig. 8 van een wand van dampalen is voorzien. In de figuren 9 en 10 op dezelfde plaat zijn de richtingen der afheijningen van geheele landhoofden voorgesteld en wel in fig. 9 voor het geval de afheijng de algemeene richting van den aanleg der muren volgt, zooals dit veeltijds gedaan wordt in niet zeer slappe gronden, indien daarmede kosten kunnen gespaard worden.

Is de bouwgrond slap, dan is voor de afheijng de richting van fig. 10 te verkiezen.

Men kan zich de vraag stellen: wat is beter eerst de heipalen te heien en later de dampalen of omgekeerd?

Heit men eerst de heipalen en later de dampplanken of dampalen van de betonkist, dan zullen de heipalen beter tot groote diepte kunnen geslagen worden, dan wanneer men eerst de betonkist heit. — Door het eerst heien der betonkist, wordt de grond

daarbinnen opgesloten en alzoo bij het inheien der heipalen steeds vaster; hierdoor zullen dan deze palen moeilijker tot groote diepte kunnen worden ingeheid; bovendien zal het kunnen gebeuren, dat door de zijdelingsche persing van den binnengrond de wanden der betonkist niet zoo dicht blijven. Wanneer men eerst de damplanken of dampalen voor de betonkist heit, zal het zaak zijn om daarna het eerst de heipalen langs de wanden der betonkist te heien, en vervolgens de palen meer binnenwaarts. Men zal dan vermoedelijk met kortere heipalen hetzelfde draagvermogen verkrijgen, maar de betonkist loopt eenig gevaar niet zoo dicht en wellicht eenigszins onregelmatiger te zijn dan bij de eerstgenoemde wijze van werken. Daar waar veel stroom of beweging in het water is, onmiddellijk langs de fundeering, moet men veel waarde hechten aan den goeden en dichten toestand der betonkist, zoodat daar eerst de draag- of heipalen en daarna de dampalen dienen geheid te worden. — Waar geen stroom langs de fundeering gaat, kunnen eerst de palen der betonkist en later de heipalen geheid worden.

Al het hout voor de betonkist en de palen is in den regel dennen, ook wel grenen; de heipalen of heimasten worden hier te lande bijna altijd rond gebruikt; in andere landen rond en vierkant, de lengte kan bedragen van enkele meters tot 22 M. De middellijn der palen zonder de schors, voor dezelfde lengte bij onderscheidene werken zeer verschillend, kan zijn voor palen ter lengte van:

	Op 1 M. van den kop.	Aan de punt.
5 M.	0,20 à 0,22 tot 0,25 M.	0,09 à 0,13 tot 0,15 M.
7,5 »	0,22 » 0,24 » 0,27 »	0,10 » 0,16 M.
10 »	0,22 » 0,25 » 0,30 »	0,10 » 0,16 »
12,5 »	0,25 » 0,26 » 0,35 »	0,12 » 0,18 tot 0,20 M.
15 »	0,25 » 0,29 » 0,40 »	0,13 » 0,20 M.
	in het midden der lengte.	
17,5 »	0,25 à 0,31 tot 0,35 M.	0,15 à 0,22 »
20 »	0,30 » 0,32 » 0,37 »	0,20 » 0,25 »
22 »	0,32 » 0,38 »	0,23 »

In Nederlandsch Indië gebruikt men bij gewone werken djati-

hout, meest vierkant beslagen, doch bij aanzienlijke werken kan daartoe het Amerikaansch Pitch Pine-hout dienen, dat voor de haven van Batavia bezaagd geleverd wordt in lengten van 14 à 18 M. zwaar 0,30 à 0,50 M. vierkant.

§ 28. **Roosterwerken.** Is de grond, waarop men bouwen zal, wel over het algemeen tamelijk vast, maar niet overal hetzelfde en zóó, dat men eenige zakking voorziet, dan worden somtijds roosterwerken als fundeering aangelegd; zij dienen dan om de zakking gelijkmatig te doen plaats hebben en tevens om, door de groote oppervlakte, die men aan de roosterwerken geeft, den druk op een grooter vlak over te brengen en daardoor de zakking te verminderen.

De roosterwerken bestaan in 't algemeen uit slikhouten of kespen, waarover met voorloeven, diep en breed 3 à 5 centimeter, zandstrooken of kloosterhouten gewerkt zijn, Pl. 5 fig. 12, 13, 14, 15. Somtijds zijn de kespen en zandstrooken half en half over elkander gekeept, Pl. 5 fig. 13, maar meestal is dit niet het geval, Pl. 5 fig. 12, 14, 15. Deze laatste constructie komt met het oog op de mindere verzwakking van kespen en zandstrooken doelmatiger voor.

Om het indrukken van de einden der kespen in den grond tegen te gaan, is het zaak bij niet zeer vaste gronden, onder die einden aan de dagzijde der muren, platen te leggen dik 0,10 à 0,12 M. breed 0,30 à 0,40 M., Pl. 5 fig. 14.

De afstand midden op midden der kespen is 0,80 à 1 M. en die der zandstrooken ook zoo of grooter. Het gebeurt ook, dat er slechts een of twee zandstrooken aanwezig zijn. De vakken tusschen de kespen en zandstrooken worden, na behoorlijk te zijn gezuiverd van spaanders, lossen grond, enz. goed vast aangevuld; dit geschiedt met allerlei stoffen, als met: goede vaste klei, zand, grint, riviersteen, breuksteen, beton en metselwerk. Het kan zeer nuttig zijn de grint, riviersteen en breuksteen in sterke specie te werken, waardoor meer samenhang verkregen wordt. Somtijds wordt over de kespen een houten vloer dik 0,06, 0,08 à 0,10 M., Pl. 5 fig. 15, bevestigd; ook wordt die vloer achterwege gelaten. De invulling en vloer geven stijfheid aan het roosterwerk en werken het doorbuigen daarvan tegen.

Men heeft alzoo voor de roosterwerken de volgende constructies te onderscheiden.

1°. Roosterwerken bestaande uit kespen en zandstrooken op onderlinge afstanden midden op midden van omstreeks 0,80 à 1,00 M.; de vakken zijn gevuld met een der bovengenoemde stoffen, Pl. 5 fig. 13 en 14. Deze roosterwerken zijn de meest gebruikelijke.

2°. Idem, en over de kespen een vloer, Pl. 5 fig. 15.

3°. Kespen, waarover slechts een enkele of twee zandstrooken zijn bevestigd en over de kespen een vloer, Pl. 5 fig. 12.

De lengte der kespen komt meestal te liggen in de richting van de dikte der frontmuren; onder de vleugelmuren komen de kespen of in de richting van de dikte der muren of in de richting van de lengte der muren te liggen.

De afmetingen der kespen en zandstrooken zijn zwaarder of lichter naarmate de ondergrond onvast of vaster is en de belasting, die de roosterwerken te dragen hebben, aanzienlijk of minder aanzienlijk is. Veeltijds zal men kunnen volstaan met de volgende afmetingen voor:

	kespen en zandstrooken	vloer
bij lichte constructies	0,20 bij 0,20 M.	0,06 M.
» middelmatige constructies	0,20 » 0,25 M.	0,08 »
» zware constructies	0,30 » 0,35 M.	0,10 »

De einden der kespen en zandstrooken steken minstens 0,25 à 0,30 M. buiten het metselwerk.

Het is zaak de kespen en ook de zandstrooken uit één stuk te nemen. Kan dit niet, dan worden ze met haaklasschen gelascht ter lengte van omstreeks driemaal de hoogte van het te lasschen hout; door deze lasschen worden twee doorgaande schroefbouten dik 2 à 3 centimeter aangebracht en bovendien drie droge eiken- of grenenhouten treknagels dik 3 centimeters. Ook door elk der kruisvlakken van de kespen en zandstrooken wordt een stevige grenen- of eikenhouten treknagel dik in het midden $2\frac{1}{2}$ à 3 centimeter geslagen en bovendien wordt, hetzij door ieder kruisvlak, hetzij alleen door die aan de zijden, een schroefbout van 2 à 3 centimeter middellijn aangebracht.

Het hout is hier te lande gewoonlijk bezaagd dennenhout; men kan evenwel ook alleen de boven- en ondervlakken der kespen en zandstrooken zagen en de zijvlakken onbezaagd laten.

Zelfs kan zeer goed werk geleverd worden met beslagen boven- en ondervlakken. Er wordt voor de roosterwerken ook ander hout gebruikt, zooals grenen, eiken, djatti enz. in hoofdzaak afhankelijk van de landstreek waar men bouwt en van het gebouw dat door de fundeering moet gedragen worden.

De afheelingen mogen de gelijkmatige zetting of zakking van het roosterwerk niet beletten.

§ 29. **Paalfundeering.** Wanneer de bouwgrond, wat zijn draagvermogen betreft, niet te vertrouwen is, of wanneer hij slap is, en daarbij de afdamming, droogmaking en drooghouding niet te bezwaarlijk zijn, dan maakt men nog al dikwijls paalfundeeringen, Pl. 5 fig. 16—18; 21—26.

De paalfundeeringen bestaan in 't algemeen uit in den grond geheide palen, waarover met pen en gat op goed vlak dragende borsten kespen gewerkt zijn; de ruimte tusschen de kespen wordt, na gezuiverd te zijn van stukken hout, lossen grond enz., met klei of zand vast aangevuld; over de kespen worden vervolgens de kloosterhouten met voorloeven, en waar dit kan, met eiken- of grenenhouten treknagels, dik 3 centimeter, of met schroefbouten van 2 à 3 centimeter middellijn bevestigd; iedere plank van den vloer wordt op elke kesp met twee houten treknagels, dik 2 centimeter, en twee taaie spijkers bevestigd, na goed tegen de naast liggende plank of een kloosterhout te zijn aangedreven. Gewoonlijk steken de einden der kespen 0,25 à 0,30 M. buiten de palen, en de kloosterhouten 0,20 à 0,25 M. buiten de kespen of andere kloosterhouten; de vloer steekt 0,10 M. buiten de kespen.

De onderlinge afstand der palen bedraagt van 0,70 tot 1.20 M., meestal omstreeks 0,90 à 1 M. Nabij de voorzijden der muren worden de palen in den regel korter bij elkander geplaatst dan meer achterwaarts, omdat daar gewoonlijk de grootste druk plaats heeft. Ook bij deze fundeering worden geen gescheurde of te veel uit de richting geweken palen toegelaten. Wel laat men zulk een paal, even als die welke blijken te kort te zijn, soms staan en heit er een anderen naast. De borsten der palen worden horizontaal gewerkt; om deze, zoo noodig, allen juist op dezelfde waterpas-hoogte te krijgen, laat men veelal het water in den fundeeringsput

stijgen tot zekere hoogte, dikwijls tot die, waarop de borsten der palen moeten komen en maakt dan op iederen paal, ter hoogte van het water, twee inkepingen, waarna het afschrijven der pennen en borsten, alsmede het verdere afwerken kan geschieden.

Gewoonlijk legt men de kespen op hare breede zijde, vooral wanneer ze lang zijn, om ze toch nog goed op de borsten der palen te laten dragen, wanneer deze eenigszins uit de bepaalde richting geheid zijn. De gaten voor de pennen zijn boven ongeveer $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{6}$ langer dan onder. De pennen verkrijgen de dikte van ongeveer $\frac{1}{3}$ der breedte van de kesp en de lengte van ongeveer $\frac{3}{4}$ van de middellijn des paals; boven wordt in de pen een eiken- of grenen wig geslagen, om het gat te vullen, en alzoo de pen zwaluwstaartvormig in het gat te laten sluiten, Pl. 5 fig. 19.

Somtijds worden aan de palen slechts zeer korte pennen, 3 à 4 centimeter hoog, met omgaande borsten gemaakt en hierover worden dan de kespen goed dragende gelegd, Pl. 5 fig. 20.

Ook worden de palen slechts horizontaal afgezaagd, daarover de kespen gelegd, en er op bevestigd door middel van een hakkelhout van $2\frac{1}{2}$ à 3 centimeter middellijn. De palen zijn dan ook somtijds tegen het splijten met blijvende ijzeren beugels voorzien, zulke draagpalen worden wel doode palen genoemd. Wij geven evenwel aan de constructie met doorgaande pen en gat, in 't algemeen, de voorkeur, omdat palen en kespen dan beter een geheel vormen en dus beter bestand zijn tegen mogelijke verzetting.

De palen en de kespen vormen jukken, waarvan de lengte gewoonlijk in de richting van de dikte der muren komt te staan, Pl. 5 fig. 16, 17, 18. Dit is de beste inrichting met het oog op de sterkte van de pennen en op het verzetten der jukken, omdat daarbij de lengten der pennen en der jukken in de richting der vooruitwerkende krachten staan. De kloosterhouten dienen, om de jukken in hunnen verticalen stand te houden, alzoo tot onderling verband der jukken. Twee kloosterhouten zijn dikwijls voldoende; wanneer echter de fundeering zeer breed of in zeer slappen grond gelegen is, wordt het zaak meer kloosterhouten aan te brengen.

De muur moet vast op de fundeering staan; er moet dus geen sprake zijn dat hij op den vloer vooruitschuive. Om het schuiven geheel te voorkomen, dienen de schuifhouten.

Met uitzondering nu van het achterste der kloosterhouten belletten de overige het mogelijk schuiven van den muur over den vloer. Zij doen dus tevens den dienst van schuifhouten. Wanneer de grond betrekkelijk zeer vast is, dan laat men de kloosterhouten soms weg; de vastheid van den grond en de vloerplaten geven dan voldoende waarborg voor het behoud van den verticalen stand der jukken. In dit geval wordt onder den muur, hetzij op de helft der dikte, of beter meer nabij de voorzijde van den muur, een schuifhout met inkepingen en voorloeven gewerkt, dat dan toch ook nog den dienst van kloosterhout verricht. Soms wordt het schuifhout van lichte afmetingen genomen en als schuifplaat op den dennenvloer behoorlijk gespijkerd en met treknagels bevestigd; we geven evenwel zeer bepaald de voorkeur aan de constructie, waarbij het schuifhout met inkepingen en voorloeven op de kespen is gewerkt.

De vloer- en kloosterhouten ontvangen den druk der bovenbelasting en van het gewicht des muurs, die direct wordt overgebracht door den vloer en de kloosterhouten op de kespen en ten deele op de doorgaande pennen van de palen. De kespen brengen den ontvangen druk verder over op de borsten der palen.

Het is duidelijk, dat in hoofdzaak de palen zoodanig onder het gebouw moeten geplaatst worden, dat de gezamenlijke belasting gelijkmatig er over verdeeld wordt en dat zooveel palen onder het gebouw moeten geheid worden, dat zij met voldoende zekerheid de gezamenlijke belasting kunnen dragen.

Om de fundeering tegen het vooruitschuiven en vooroverbuigen te behoeden heeft men de volgende middelen:

Het ter steek heien van alle of van eenige der fundeerings-palen.

Het aanbrengen van opzettelijke schoorpalen.

Het maken van afheiningen.

Het koppelen der fundeering.

Het maken van doorgaande fundeering.

Het verbreedten der fundeering.

Het ter steek heien van *alle* palen, Pl. 5, fig. 21, wordt zeer zelden gedaan, vooral in slappe gronden, omdat in die gronden ter steek geheide palen minder verticaal draagvermogen hebben dan te lood staande palen, wegens de grootere neiging tot knikken; in den regel heit men alleen de voorste palen ter

steek en de overige te lood, Pl. 5, fig. 16, 17, 18; wanneer hierdoor geen voldoende zekerheid verkregen wordt tegen het vooruitschuiven of vooroverbuigen der fundeering, dan brengt men een voldoende aantal sterke schoorpalen aan, zoo na mogelijk in de richting der resultante van de krachten die op het vooruitschuiven der fundeering werken, Pl. 5, fig. 22—26. Deze palen kunnen dikwijls onder een hoek van 30 à 35 graden worden geheid, en moeten zoo lang zijn, dat zij voldoende in den vasten grond reiken. In 't algemeen moet men met het aanbrengen van schoorpalen, vooral in slappe of veenachtige gronden, niet te zuinig zijn, en is 't zaak zeer opmerkzaam te zijn en sterke verbindingen te maken bij het fundeeren in slechte gronden, ten einde de fundeering te behouden in den stand waarin ze uitgevoerd is.

De afheijingen met damplanken langs de fundeeringen werken ook het vooruitschuiven en vooroverbuigen der fundeering tegen, omdat zij een groot aaneengesloten vlak vormen, dat vooruit geperst zou moeten worden. In den regel worden ze evenwel bij landhoofden hoofdzakelijk tegen ontgronding aangebracht.

De overige genoemde middelen om aan de fundeering het vooruitschuiven te beletten, als: het koppelen der fundeeringen, het maken van doorgaande fundeeringen en het verbreedten, zijn in de paragrafen 32 en 35 meer opzettelijk behandeld.

De verbinding van de frontfundeering met die der vleugels, kan op verschillende wijzen plaats hebben, zooals dit op Pl. 5, fig. 22—26 en op Pl. 6, fig. 1—3 is aangegeven.

In fig. 22 staan de vleugels loodrecht op de fronten en de jukken van de fundeering der fronten en vleugels loodrecht op de voorvlakken, zoodat juist dezelfde fundeering voor de fronten als voor de vleugels gemaakt wordt. De fundeering van de vleugels ligt evenwel iets hooger dan die van het front en wel juist zooveel, dat het achterste kloosterhout van het front kan dienen als kesp voor de vleugels, zoodat daarop de vloerplaten der vleugels bevestigd zijn.

De kloosterhouten aan de voor- en achterzijde der vleugels gaan onder het front door en worden met inkepingen en voorloeven over de kloosterhouten der frontmuren gewerkt.

In fig. 23, staan de vleugels wederom loodrecht op de fronten

en staan de jukken van de fundeering der fronten en der vleugels beiden loodrecht op het voorvlak van den frontmuur. De geheele fundeering komt hier op dezelfde hoogte, de vloerplaten en kloosterhouten loopen allen in dezelfde richting. Is er een afheijng noodig, dan komt gewoonlijk langs het front een sloof op de voorste rij palen of een gording tegen deze rij, waarlangs de damplanken geheid worden. Langs de vleugels kan de uiterste kesp als sloof dienen. De damplanken worden $2\frac{1}{2}$ à $3\frac{1}{2}$ centimeter in den vloer gekroost of gaan door den vloer tot den bovenkant van het schuifhout; in beide gevallen worden ze goed gespijkerd tegen de sloof of gording en in het laatste geval ook tegen het schuifhout. Het is niet bepaald noodig dat onder het front een sloof of gording komt, waarlangs de damplanken geheid worden; men kan ook tijdelijk een paar lange houten leggen, waartusschen de damplanken worden geslagen; deze planken worden dan alleen stevig tegen het schuifhout gespijkerd.

Aan de voorzijde komt langs de vleugels een schuifhout te liggen, dat met inkepingen en voorloeven over de kloosterhouten der vleugels en fronten gewerkt, en bovendien met schroefbouten, die door de onderliggende kesp gaan en van boven- en benedenmoer zijn voorzien, op den vloer bevestigd wordt.

In fig. 24 en 25 maken de vleugels een stompen hoek met de fronten. De jukken, gevormd door de palen en kespen, staan zooveel doenlijk loodrecht op de richting der voorvlakken van fronten en vleugels. Op de hoeken, die het front met de vleugels maakt, zijn de jukken in het verstek geplaatst en deze bestaan uit meer palen en bredere kespen dan de overige; van hiër gaat de richting der jukken geleidelijk in de richting loodrecht op de voorvlakken over.

In fig. 24 liggen de bovenkanten van alle kespen even hoog. De richting der vloerplaten is evenwijdig aan de voorvlakken van het front en de vleugels. Op de in het verstek gelegen kespen sluiten de vloerplaten ook in verstek tegen elkander. Aan de voor- en achterzijde der fundeering zijn kloosterhouten aangebracht. Tot meer verband op de hoeken gaan de achterste kloosterhouten over de vloeren door, namelijk: het achterkloosterhout van het front gaat door over de vloeren van de vleugels, waartoe het aan de onderzijde, voor zoover het op de vloeren sluit, moet worden

afgenomen; de achterkloosterhouten van de vleugels gaan op dezelfde wijze door over den vloer van het front. De kloosterhouten der vleugels zijn 5 centimeter hooger dan die der fronten en worden over deze laatste ter diepte van 10 centimeter gekeept.

In fig. 25 zijn de kespen van de vleugels hooger geplaatst dan die van het front ten bedrage van de dikte des vloers, zoodat de vloerplaten der vleugels op die der fronten kunnen dragen, zooals fig. 25 dit aangeeft, of, verder over elkander. De achterkloosterhouten der vleugels verkrijgen dezelfde afmetingen als die van het front en gaan door over den vloer en over de kloosterhouten van het front op dezelfde wijze als bij de vorige figuur is omschreven. Het achterkloosterhout van het front gaat met een lip over de vloeren der vleugels ter lengte van ongeveer 0,30 à 0,40 M.

In fig. 26 maakt de richting van het front met de richting der vleugels een stompen hoek. De richting der kespen is voor het front zooveel doenlijk loodrecht op het voorvlak. Geleidelijk gaat die richting over in eene evenwijdig aan de voorvlakken der vleugels. De bovenkanten van al de kespen liggen in hetzelfde vlak. De vloerplaten en kloosterhouten kunnen als volgt worden aangebracht.

1°. Allen evenwijdig aan het voorvlak van den frontmuur.

2°. Voor den frontmuur, evenwijdig aan zijn voorvlak, en voor de vleugels, van de richting evenwijdig aan het voorvlak van den frontmuur geleidelijk overgaande tot de richting loodrecht op het voorvlak der vleugels, zooals in fig. 26.

3°. Voor den frontmuur, evenwijdig aan zijn voorvlak en voor de vleugels, loodrecht op hun voorvlak.

Op Pl. 6 fig. 1, maken de vleugels eerst een rechten hoek met den frontmuur en zijn daarna gebogen. De fundeering kan ingericht worden zooals in fig. 1^a waar al de fundeeringsjukken zooveel doenlijk loodrecht staan op de voorvlakken van den frontmuur en der vleugels. De inrichting kan ook zijn volgens fig. 1^b; hier staan de jukken van den frontmuur evenwijdig aan zijn voorvlak, terwijl verder de jukken loodrecht staan op de voorvlakken der vleugels; voor beide fundeeringen kan hetzelfde aantal kloosterhouten hetzij een, twee of zoo noodig meer worden aangebracht.

Op Pl. 6 fig. 2, loopen de vleugels in het verlengde van

den frontmuur. De fundeering is dan zeer eenvoudig zooals de figuur aangeeft.

Op Pl. 6 fig. 3, zijn fundeeringen voorgesteld, die voor front- en vleugelmuren meer een aaneengesloten geheel uitmaken.

In fig. 3^a gaan daartoe de kespen om de andere door van voorzijde tot achterzijde der fundeering en zijn zij slechts bevoerd voor zoover dit noodig is tot dracht van de muren.

In fig. 3^b gaan alle kespen door en is tevens de geheele paalfundeering bevoerd. Zulke fundeeringen worden in zeer slappe gronden gemaakt.

Al het in deze § genoemde hout is in den regel, hier te lande, dennen; de heipalen worden rond gelaten; het andere hout is meestal vierkant bezaagd; de kespen worden ook wel aan de zijden onbezaagd gelaten. In Indië is al dat hout voor de gewone werken behakt djattihout en kan voor groote werken ook Pitch Pine-hout tegen matigen prijs uit Amerika worden aangevoerd.

Voor die gedeelten der werken, welke een zeer zware belasting op de palen overbrengen, worden hier te lande ook somtijds eikenhouten kespen gebruikt, om, door hare meerdere vastheid tegen indrukking loodrecht op de richting der vezels te beletten, dat de borsten der palen in de kespen dringen. Ook worden somtijds op de borsten der palen gegoten ijzeren platen gelegd, die den druk der palen tegen de kespen op grooter oppervlak verdeelen.

De afmetingen van het fundeeringshout loopen bij de verschillende uitgevoerde werken zeer uit elkander. Gewone afmetingen kunnen als volgt gesteld worden voor:

	Kespen.		Klooster- en schuifhouten.	Schuif- platen.	Vloer.
	Hoogte.	Breedte.			
Lichte constructies .	0.14 à 0.16M.	0.23 à 0.25M.	0.15 bij 0.15 M.	0.06 bij 0.20 M.	0.06 M.
Middelmatige » .	0.18 à 0.20 »	0.25 à 0.28 »	0.20 bij 0.20 »	0.06 bij 0.25 »	0.08 à 0.10
Zware » .	0.20 à 0.25 »	0.30 à 0.35 »	0.20 bij 0.25 »	0.06 bij 0.30 »	0.10 à 0.12

De kespen worden liefst uit één stuk genomen; zij zijn te verkrijgen tot lengten van 16 à 18 M. en soms nog langer. Moeten ze gelascht worden, dan geschiedt dit boven een paal met een haaklasch ter lengte van ruim driemaal de hoogte van de

kesp; door deze lasch worden twee schroefbouten dik $2\frac{1}{2}$ centimeter aangebracht, en drie eiken- of grenenhouten treknagels dik 3 centimeter geslagen.

De afmetingen der palen kunnen aangenomen worden, overeenkomstig die in § 27 opgegeven.

§ 30. Fundeering op grint- of zandlaag en op zandpalen.

Het fundeeren op aangehoogde grint is weinig gebruikelijk; toch kunnen er gevallen zijn, waarbij zoodanige fundeering goed toepasselijk is. Daarbij moet vooral gezorgd worden, dat de grint niet zijdelings kan uitwijken en zoo men dit niet kan verkrijgen door de zijdelingsche vaste taluds der aardlaag, dan kan de uitwijking belet worden:

1°. Door de grintlaag breed te maken, zooals op Pl. 6 fig. 4 wordt aangegeven.

2°. Door de grintlaag met behulp van zijdelingsche houten wanden in te sluiten, zooals dit bij de betonfundeering ook reeds is beschreven. Op Pl. 6 fig. 5 is die wijze van fundeeren voorgesteld. Tusschen de houten wanden wordt de ruimte ter hoogte van ongeveer 1 à 3 M. regelmatig met grint, ook wel met zand gevuld; daarover is een laag beton gestort ter hoogte van 0,50 à 1,5 M. en hierover is het muurwerk opgetrokken. Het is duidelijk, dat men moet trachten de laag grint of zand zoo vast mogelijk te krijgen; een tijdelijke belasting ervan, voor men de muren optrekt, is zeer aan te bevelen.

Waar stroom langs het landhoofd plaats heeft of verwacht wordt, mag het zand zonder voorziening niet boven den bodem van de rivier of het kanaal komen.

Op Pl. 6 fig. 6 is een denkbeeld van een fundeering op zandpalen gegeven. In de fundamentssleuf, diep 1 à 2 M. of meer, worden houten palen, lang 3 à 6 M. dik gem. 0,25 à 0,35 M., geheid, die men bij het heien nu en dan ronddraait, ten einde ze later te kunnen uittrekken; de gaten van de uitgetrokken palen worden zorgvuldig met zand gevuld en de gleuf wordt verder met zand aangehoogd; een en ander wordt door stampen of met water zoo vast mogelijk in elkander gewerkt. Het is nuttig de zandpalen en de zandlaag goed met melkwater

van hydraulische kalk te begieten en te laten doortrekken, om samenhang aan het zand te geven. Op de zandaanvulling komt de opmetseling der muren. Hoewel men met deze wijze van fundeeren somtijds goede resultaten heeft verkregen, is toch de toepassing er van bij landhoofden niet aan te raden.

§ 31 Fundeering met gemetselde pilaren of met putten.

Het fundeeren met gemetselde pilaren of met putten heeft men bij verschillende werken toegepast. Er worden, na verwijdering der aarde, pilaren of penanten opgebouwd of er worden putten gezonken in zoodanig getal en in zoodanige richting ten opzichte van elkander, dat van den eenen pilaar of put naar den anderen, gewelven kunnen geslagen worden, waarop verder gebouwd wordt. Men onderscheidt daarbij in hoofdzaak drie werkwijzen:

1°. Door verwijdering van den grond zonder toepassing van bijzondere middelen tot behoud der aarden wanden; daarna de pilaren op te metselen.

2°. Door uitgraving van den grond en inbouw van hout tot steun der aarden wanden met droogmaking en dan de pilaren tot de gevorderde hoogte opbouwen, hetzij ten deele met beton ten deele met metselwerk, of geheel met beton of met metselwerk.

3°. Door het uitgraven of uitbaggeren der aarde, het laten zinken van hol gemetselde cilinders of prisma's en het verder opmetselen dezer cilinders of prisma's en de binnenruimte aanvullen.

Het bouwen met pilaren of putten geschiedt gewoonlijk slechts dan wanneer de ondergrond zoodanig is dat daarop, zonder toepassing van bijzondere middelen tot vergrooting van het draagvermogen, kan worden gebouwd.

De eerste werkwijze komt in aanmerking, wanneer de pilaren niet tot aanzienlijke diepte doorgaan, of weinig waterbezwaar aanwezig is. De op te bouwen pilaren met breeden voet zijn voorgesteld op Pl. 6 fig. 7; ook zijn zulke voeten, ter verkrijging van grooter oppervlak, soms met elkander vereenigd, zoodat daardoor een doorgaand voetstuk verkregen wordt, Pl. 5 fig. 8.

Is de grond niet zoo bijzonder vast, dan moet gezorgd worden dat het grondvlak, waarop de fundeering drukt, vergroot wordt; het is dan zaak het metselwerk der voeten doorgaande aan

elkander te verbinden, Pl. 6 fig. 9, en bovendien van onderen tusschen de opgaande pilaren omgekeerde gewelven te slaan, ten einde den druk, voor zooveel doenlijk, gelijkmatig op het grondvlak over te brengen en den voet tegen afscheuren te beveiligen.

Boven worden de pilaren met segmentbogen of beter met tongewelven vereenigd, waarop het landhoofd verder gemetseld wordt. Het spreekt vanzelf, dat de fronten en vleugels op dezelfde wijze kunnen bewerkt worden.

In 't algemeen kan de dikte der pilaren gesteld worden gelijk aan $\frac{1}{5}$ à $\frac{2}{5}$ hunner hoogte, terwijl de opening tusschen de pilaren 2 tot 5 maal hunne dikte kan bedragen. De breedte der pilaren kan aangenomen worden gelijk aan of iets grooter dan de aanleg der opgaande muren. De voeten verkrijgen ook hier, even als bij de fundeering op staal, zoodanig een oppervlakte en hoogte dat voldoende zekerheid tegen het zakken en doorbreken bestaat. Tot bepaling van dit oppervlak moet dus ook het draagvermogen van den ondergrond onderzocht worden.

Waar geen sprake is van ontgronding en tevens goede aanvullingsgrond gebezigd wordt, kunnen de bovenbogen met den top der binnenwelflijn 0,30 à 0,40 M. onder den bodem van het kanaal of de waterleiding komen en wordt de ruimte tusschen de pilaren geheel met aarde aangevuld; waar wél ontgronding te vreezen is, is het wenschelijk dat de bovenbogen met den top der binnenwelflijn, 0,75 à 1,00 M., onder den bodem der waterleiding blijven en dat tusschen de pilaren aan de achterzijde een sluitmuur wordt gemetseld.

De tweede werkwijze is gevolgd bij den bouw van het rechterlandhoofd eener brug over de Vilaine te Redon in Frankrijk, Pl. 6 fig. 10—15. Men vindt daarvan de beschrijving in een memorie, voorkomende in de Annales des ponts et chaussées van 1864, door Croizette Desnoyers, toen Hoofd-ingenieur der bruggen en wegen in Frankrijk; een vertaling van die memorie is in de uittreksels van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1865/1866 opgenomen.

Tot fundeering van dat landhoofd zijn vijf putten gemaakt, Pl. 6 fig. 11. Hiertoe zou men voor put N^o. 1 de aarde uitgraven en de wanden van deze uitgraving steunen door horizontale ramen op 1,50 tot 2 M. verticalen afstand van elkander; deze ramen werden verbonden

met verticale stijlen, doch tijdens het werken was, op een diepte van omstreeks 4 à 6 Meter, de druk van de aarde zoo sterk en ongelijk, dat er aanzienlijke verzettingen plaats vonden en deze namen zoodanig toe, dat na plaatsing van het zesde raam de put geheel misvormd was en de arbeid gestaakt werd. Daarna heeft men tot steun der aarden wanden een wijze van werken met aaneengesloten palen gevolgd.

Voor de overige putten echter heeft men eerst, op onderlinge afstanden van ongeveer 1,20 à 1,25 M., palen in den grond geheid om de plaats waar de put moest gebouwd worden. Tegen deze palen werden na voldoende uitgraving achterevolgens horizontale en goed geschoorde ramen aangebracht en achter deze ramen de verticale planken.

Toen men met dit werk gevorderd was tot 8 M. onder den beganen grond, was de zijdelingsche aandrang zoo groot, dat de slib in den put omhoog kwam en bleek 't, dat met de tot nu gevolgde werkwijze de uitdieping niet kon worden voortgezet. Toen heeft men in den ontgraven put een aaneengesloten wand van dampalen, lang 6 à 7 M. geheid, die het indringen van zijdelingsch komende aarde beletten. Daarna is men met het uitgraven en achterevolgens aanbrengen van goed bewerkte en geschoorde horizontale ramen tot steun der dampalen kunnen voortgaan, tot men de gevorderde diepte verkregen had. Het onderste deel der putten, reikende tot den bovenkant der dampalanken, is vervolgens ter hoogte van 4,60 M. à 7,00 M. met beton gevuld en daarboven is de muur of pilaar in gewoon metselwerk opgetrokken. Tusschen het metselwerk en de horizontale ramen bleef eenige ruimte, die met zand is aangevuld. De inrichting van het geheel is verder voldoende uit fig. 10—15 te zien.

Pl. 6 fig. 16, stelt eene fundeering van een kleine brug voor over het Seeve-kanaal bij Harburg, gebouwd door den Ingenieur von Kaven. De bouwput is met aaneengesloten dampalanken afgeheid en de grond tot genoegzame diepte er uit verwijderd. De bodem bestond uit welzand en verkeerde, door het graven en het verblijf der werklieden, in een weeken toestand. Eerst was men van plan geweest een betonfundeering te maken ter dikte van 0,58 M., maar nu besloot men, omdat geen gehouwen of veldsteen aanwezig was, blokken van gebakken steen met

romeinsch cement te metselen en te laten verharden en op den bodem goed sluitende te laten zinken; de staande voegen werden met romeinsch cement volgegoten en daarna werd op de blokken verder voortgemetseld. Het laten zinken der blokken is voldoende uit de figuur te zien.

De derde werkwijze is reeds lang toegepast bij den bouw van bruggen.

In den regel wordt de ontgraving vooreerst zoover gedaan als men kan en wordt voor ieder te zinken put een sterke cilindervormige rand gemaakt, hetzij van hout of van ijzer; deze wordt op den bodem van de ontgraving gelegd en dient tot aanleg van den op te bouwen cilinder of put. Wanneer op dien rand eenige hoogte metselwerk aangebracht is, gaat men aanhoudend voort met de aarde te verwijderen uit den cilinder en onder den rand, waardoor de cilinder zakt, die door opmetseling steeds met den bovenkant ongeveer op dezelfde hoogte gehouden wordt. Het verwijderen der aarde geschiedt zoolang doenlijk door ontgraving en dieper soms door baggering, waartoe in beide gevallen het toestroomend water wordt verwijderd. Vooral is dit noodig voor het graafwerk; voor het baggerwerk is het ook goed, om den arbeid in den cilinder van betrekkelijk geringe middellijn regelmatig te kunnen verrichten. Het uitmalen van het water geschiedt tegenwoordig meestal met centrifugaalpomp, in werking gebracht door locomobielen.

Is de cilinder tot genoegzame diepte gezonken, dan wordt de binnenruimte gevuld met beton en van boven, ongeveer gelijk met den waterspiegel, met metselwerk afgedekt; soms wordt in plaats van beton puin of breuksteen tot vulling gebruikt, althans dit is geschied bij den bouw van putten tot fundeering eener brug gelegen ongeveer 70 Eng. mijlen van Madras in den Madras spoorweg over de rivier de Poiney. Het vullen met beton is te verkiezen.

In plaats van den cirkel voor de doorsnede van de te zinken putten kan ook een rechthoek of een samenvoeging van cirkel, worden toegepast. De enkelvoudige cirkel is, met het oog op het zinken, het doelmatigst.

Het fundeeren door middel van gemetselde welputten is in Nederland bij den bouw van bruggen weinig toegepast.

In den Staatsspoorweg van het Hollandsch Diep naar Breda is in 1868 nabij het Hollandsch diep een brug met welputten gefundeerd, Pl. 6 fig. 17—19, onder de leiding van den toenmaligen eerstaanwezenden Ingenieur, thans Hoofdingenieur, J. G. van den Bergh. De brug heeft twee openingen elk wijd in den dag 10 M. Zooals uit fig. 19 te zien is, is de fundeeringsrand gemaakt van plaat- en hoekijzer. De cilinders of putten reiken met den onderkant van den rand tot 8,00 M. — AP; zij hebben een middellijn, buitenwerks van 2,75 M., binnenwerks van 1,43 M.; de twee landhoofden en de pijler hebben allen denzelfden grondvorm en zijn op dezelfde wijze, ieder met twee gemetselde cilinders of putten, gefundeerd. De cilinders zijn met beton gevuld; de landhoofden tot 0,77 M. — AP., de pijler tot 2,50 M. — AP. Op het beton is de fundeering verhoogd met 1 M. metselwerk, waardoor de bovenkant der fundeering van de landhoofden komt op 0,23 M. + AP. en dien van den pijler op 1,50 M. — AP. Bij den pijler is het metselwerk op iederen cilinder verder verhoogd tot 0,23 M. + AP. Op deze hoogte is bij de landhoofden en den pijler de geboorte van een gothisch gewelf, dat van den eenen cilinder tot den anderen geslagen is. Van de fundeering tot de hoogte van 4,73 + AP. zijn de landhoofden en de pijler in metselwerk opgetrokken ter dikte van 1,70 M.; de breedte hiervan is voor de landhoofden 5 M. en dit is ook het geval voor den pijler, doch met een verbreedten voet aan weerszijden van twee yersnijdingen, dus te zamen 0,44 M. De figuren geven verder de geheele inrichting genoegzaam aan.

§ 32. **Gekoppelde- en doorgaande fundeeringen.** Wanneer de bouwgrond zóó slap is, dat men bij toepassing van de gewone constructies stellig verschuiving of verzetting van de fundeering der landhoofden of pijlers vreest, dan neemt men veeltijds bijzondere maatregelen, waaronder ook behoort het koppelen der fundeeringen. Heeft de brug slechts één opening, dan worden de fundeeringen der landhoofden aan elkander verbonden; heeft zij méér openingen, dan worden veeltijds al de fundeeringen onderling met elkander vereenigd.

Het *koppelen* bestaat in het laten doorgaan van eenige of alle kespen of het aanbrengen van andere koppelhouten van de eene

fundeering naar de andere. Zijn de openingen van eenige betee-
kenis, dan is het zaak die koppelhouten door ingeheide palen, om
de 2 à 4 M., te ondersteunen, hoewel ook voorbeelden bestaan
van gekoppelde fundeeringen zonder ondersteuning der doorgaande
kespen over 8 M., zooals bij de brug in den Hollandschen spoor-
weg over het Spaarne te Haarlem.

Op Pl. 6 fig. 20^a, is een zeer eenvoudige gekoppelde fundee-
ring voorgesteld, gebouwd in 1846 en 1847, onder leiding van den
toenmaligen Ingenieur-Directeur F. W. Conrad, voor de kraanbrug
in den Hollandschen spoorweg over de Schiedamsche Schie. Bij deze
fundeering, die omstreeks 8 M. op den bodem wijd is, heeft men
in het midden der opening palen geheid om de doorgaande kespen te
ondersteunen en het zijdelingsch uitwijken ervan te beletten; de
fundeeringen der vleugels zijn niet door koppelhouten verzekerd. De
richting dezer vleugels is nagenoeg in het verlengde van de
frontmuren; de bovenkanten der vleugels zijn dalende bewerkt,
zoodat zij bij de einden lager zijn dan bij de aansluiting aan de
frontmuren; de vleugels hebben dus per M^t aan minder gronddruk
weerstand te bieden dan de frontmuren, en de fundeeringen
ervan hebben daardoor minder kans van vooruit te schuiven.

Het steunen der vleugelfundeering wordt dikwijls achterwege
gelaten. Wij zijn evenwel van meening dat het zaak is en aan-
beveling verdient, de fundeeringen van de vleugels welke in slappe
gronden nagenoeg in dezelfde richting van de frontmuren loopen,
ook te koppelen, zooals in fig. 20^b is aangegeven, omdat reeds
door een kleine verzetting der vleugels scheuren ontstaan.

In de op bladz. 53 genoemde memorie geeft de hoofd-ingenieur
Croizette Desnoyers een beschrijving en tekening van de fun-
deering der brug over de Oust in den spoorweg van Nantes
naar Brest. De brug is gebouwd in gebakken steen en heeft
drie openingen, namelijk twee zijopeningen ieder van 15,16
M. en een middenopening van 18,20 M. Pl. 7 fig. 1—3. Men
heeft bij de fundeering, vooral bij de landhoofden, groote moeie-
lijkheden ondervonden door het vooruitschuiven der fundeering.
Om dit te beletten heeft men voor de zijopeningen één juk en
voor de middenopeningen twee jukken in den bodem gebouwd;
ieder juk bestaat uit palen, dik 0,30 M., waartegen vier gordin-

gen van 0,20 bij 0,30 M. bevestigd zijn. Tegen de landhoofd- en pijlerpalen zijn ook dito gordingen aangebracht. Tusschen de landhoofden, pijlers en jukken zijn verder ramen van hout zwaar 0,25 bij 0,25 M. bevestigd, in verticalen en horizontalen zin voorzien van kruishouten, zoodat zij, verticaal en horizontaal, vakwerken vormen, die hun steun vinden tegen de landhoofden en pijlers. Bovendien is de geheele ruimte tusschen deze vakwerken, over ongeveer 8,80 M. breedte, ter hoogte van 2,50 en ter lengte van de openingen, met beton gevuld. Na deze koppeling en voorziening is, volgens de daarvan bestaande mededeelingen, geen verzetting der landhoofden of pijlers waargenomen.

De wijze van aanbrengen der kesp en het gebruik eener omgaande sloof, zooals dit in fig. 2 te zien is, wordt hier te lande niet toegepast en is ook niet aan te raden.

De *doorgaande* fundeeringen maken een geheel uit met de fundeeringen der landhoofden of pijlers. Zij zijn dus te onderscheiden van voorzieningen des rivierbodems, die soms ten deele hetzelfde doel beoogen.

Doorgaande fundeeringen kunnen tot doel hebben :

- 1°. Aan het gebouw een meer vasten stand te geven.
- 2°. Den bodem in de opening tegen ontgronding te vrijwaren.
- 3°. Het oppersen of het zich verheffen van den bodem in de opening te beletten.

Het kan zijn dat de fundeering aan één, aan twee of aan alle drie der gestelde punten moet voldoen. De constructie is natuurlijk ingericht naar het doel dat men wenscht te bereiken.

De middelen, welke ons ten dienste staan voor het koppelen, zijn reeds beschreven; om den bodem in de opening tegen ontgronding te vrijwaren gebruikt men:

a. aan de beneden- en bovenzijde der fundeering een afheijng met damplanken of dampalen, in den regel aan de benedenzijde langer dan aan de bovenzijde; tusschen die damplanken komen de overige deelen der doorgaande fundeering hetzij van steen, van beton of van hout.

b. In plaats van alleen damplanken te heien, kan men ook somtijds koffers maken van beton of van metselwerk, verder de vloer als sub. *a.*

Het beletten van het oppersen of het zich verheffen van den bodem in de opening kan geschieden :

1°. door een fundeering bestaande uit palen, kespen, kloosterhouten en vloer; hetzij met of zonder zwalpen, bemetseling en bovenvloer.

2°. Door metselwerk, boven al of niet, als omgekeerd gewelf bewerkt.

3°. Door beton al of niet afgedekt met een omgekeerd gewelf.

Bij de drie wijzen van bewerken is 't noodig de zijdelingsche verwijdering van den grond tegen te gaan, hetzij door damplanken, dampalen of koffers. Om het bovenstaande, zooveel noodig, toe te lichten geven wij als overzicht op plaat 7 :

In fig. 4 een schets van een doorgaande fundeering van metselwerk dik in 't midden 1 M. en wel fig. 4^a met een horizontale afdekking, fig. 4^b met een omgekeerd gewelf; de afdekkingen kunnen zijn van harden natuurlijken steen, die te verkiezen is wegens zijn duurzaamheid, of van harden kunstmatig gevormden steen.

In fig. 5 een teekening van een doorgaande betonfundeering afgedekt met harden natuurlijken steen. Deze fundeering, dik aan de bovenzijde 3,00 M., in het midden 1,50 en aan de benedenzijde 4,00 M., behoort tot de brug van »Guétin», gebouwd even boven het brugkanaal in de volgende figuur voorgesteld, over de rivier »Allier» voor den spoorweg »du Centre» in Frankrijk.

In beide voorgaande fundeeringen bestaan de afheijningen uit damplanken.

In fig. 6 een teekening van een doorgaande betonfundeering, dik 1,65 M. aan de boven- en benedenzijde voorzien van een betonkoffer, breed 2, diep 3,5 M., besloten tusschen twee rijen damplanken met daartusschen geheide dampalen. Deze fundeering behoort tot het brugkanaal van Guétin, gebouwd in 1829 door den Ingenieur Jullien over de rivier »Allier» ter lengte van ongeveer 500 Meter.

In fig. 7 een teekening van een doorgaande betonfundeering op palen, van de vaste brug in den Staatsspoorweg over het kanaal bezuiden de Nieuwe Vaart te Amsterdam, uitgevoerd in 1877 door den Hoofdingenieur van Prehn en den bouw- en werktuigkundige 2^{de} klasse J. van Asperen. De brug is scheef en heeft drie openingen ieder wijd, loodrecht gemeten, 11 M. D onderkant der zandstorting

is 5,35 M. — AP; die van het beton 5,10 M. — AP; de heipalen zijn geheid met den kop tot 0,40 M. — AP en de dampalen tot AP; de heipalen in de openingen zijn afgezaagd op 4,85 — AP, die der landhoofden en pijlers op 4,60 M. — AP; de bovenkant van het beton ligt in de openingen 4.10 M. — AP, onder de landhoofden en pijlers 2,50 — AP. De gewone waterstand zal vermoedelijk 0,50 M. — AP zijn; de hoogte is van den bovenkant der pijlers en draagvlakken der landhoofden 1,15 + AP, van den bovenkant der landhoofden 2,35 + AP.

Voor de fundeering zijn gebruikt dennen- of grenen heimasten op onderlinge afstanden onder de landhoofden, ongeveer van 0,97 en 1 M., onder de pijlers gem. van 0,70 en 1 M., onder de openingen ongeveer van 1,15 en 1,35 M.; zij zijn lang 15 M., dik zonder de schors op 1 M., van den kop 0,27 M. en aan de punt 0,12 á 0,13 M.

De dampalen op de hoeken zijn lang 11 M., waarvan 12 stuks zwaar 0,30 bij 0,30 M. en vier stuks zwaar 0,48 bij 0,30 M.; die voor de omsluiting der landhoofden en pijlers zijn lang 9 M., dik 0,15 M., breed omstreeks 0,30 M.; de dampalen tot omsluiting van het beton in de openingen zijn ook lang 9 M., dik 0,10, breed ongeveer 0,30 M. Al de dampalen zijn van vierkant bezaagd dennenhout en over 6 M. lengte met messing en groef diep 4 cM. bewerkt.

In fig. 8 een teekening van een doorgaande fundeering van een roosterwerk met een invulling met steen ter dikte van 0,50 M.

Op Pl. 8 fig. 1 is een teekening gegeven van de doorgaande fundeering der kleine draaibrug gebouwd in den Staatsspoorweg over de Oude Maas te Dordrecht in 1866 en 1867, onder de leiding van den eerstaanwezend Ingenieur, thans Directeur van de spoorwegen N. T. Michaëlis en onder toezicht van den sectie-Ingenieur A. Simons.

De brug heeft twee openingen, wijd in den dag op de diepte van 2,05 M. — AP naar boven 11 M. en meer, naar beneden 10,87 M. en op de diepte van 4,67 M. — AP, zijnde de bovenkant van den vloer 9 M. De bodemdiepte der Oude Maas naast de brug is ongeveer gelijk met de diepte van den vloer. De brug heeft een midden-penant en twee pijlers, zoodat de fundeering

ervan eigenlijk bij de pijlers behoort; maar deze doorgaande fundeering is een van den jongsten tijd en nog al diep gelegen, daarom is de keuze erop gevallen en zij is hier behandeld, om bij de pijlers niet weder in het bijzonder op doorgaande fundeeringen te moeten terugkomen, terwijl dito fundeeringen ook voor bruggen met landhoofden toepasselijk zijn. Om de geheele fundeering is een afheijng met damplanken aangebracht; deze planken zijn lang 4,00, dik 0,10, breed elk 0,28 M. De heipalen zijn lang 14,00 M., dik op 1 M. van den kop 0,30, aan de punt 0,15 M.; de punt reikt tot ruim 18,50 M. — AP. De kespen zijn zwaar 0,30 bij 0,25 M.; de kloosterhouten 0,22 bij 0,18 M., de vloer is dik 0,08 M.

De gewone ebbe is 0,40 M. — AP; de gewone vloed heeft de hoogte van 1,22 M + AP.

§ 33. Diepte van den onderkant der fundeering. De bepaling van de diepte van den onderkant der fundeering is een zaak van belang; in ieder geval moet gezorgd worden dat de fundeering zoodanig is, dat zakking en ontgronding voorkomen worden.

Men heeft alzoo fundeeringen *zonder* en *met* bijzondere middelen tegen het *zakken* en tegen het *ontgronden* te onderscheiden.

Bij de bepaling der diepte ten opzichte van het *zakken* kan in 't algemeen het volgende opgemerkt worden:

Fundeeringen op staal moeten in ieder geval den vasten ondergrond bereiken.

Betonfundeeringen zonder draagpalen reiken ook steeds tot den vasten ondergrond, terwijl het beton bij het gebruik van draagpalen niet zoo diep doordringt.

Fundeeringen met roosterwerken zullen ook in den regel den vasten ondergrond moeten naderen.

De heipalen moeten in elk geval, zoowel bij beton- als paalfundeeringen, in den genoegzaam vasten grond dringen.

Overigens geeft men aan paalfundeeringen allerlei diepten van aanleg; somtijds 0,50 à 1 M. en meer onder den naastbijzijnden bodem van de rivier of het kanaal, somtijds aanmerkelijk daarboven verheven.

Voor de bepaling van de diepte der fundeering *zonder middelen tegen ontgronding* valt hoofdzakelijk het volgende mede te deelen:

Langs wateren met zeer geringen stroom, zooals op vele scheepvaartkanalen, kan een diepte van 0,30 à 0,40 M. onder den bodem voldoende zijn, maar langs sterker stroomende wateren moet de diepte toenemen met de vermeerdering der stroomsnelheid, indien namelijk de grond vatbaar is om door den stroom aangetast te worden. De diepte kan dan bedragen onder den bodem 1 à 3 tot 5 M. en meer, maar het zal dan gewoonlijk nuttig zijn doelmatige voorzieningen langs de fundeering aan te brengen.

Waar *genoegzame middelen tegen ontgronding* worden aangewend, wordt de onderkant der fundeering in overigens gelijken toestand gewoonlijk hooger bepaald dan zonder deze middelen.

De omheiningen gaan door tot de diepte van 1,50 M. tot 6 à 7 M. en meer onder den nabijzijnden *bodem*, gemiddeld bij niet zeer sterken stroom tot omstreeks 3 à 4,50 M. De omheiningen van den onderbouw der bruggen in de uiterwaarden langs groote rivieren reiken tot 3 à 6,5 M. onder den *begane grond*, veelal tot ruim 5 M.

In hoofdstuk XXI wordt de bepaling van de diepte der fundeeringen uit een algemeen oogpunt behandeld.

§ 34. Hoogte van den bovenkant der fundeeringen.

Fundeeringen op staal zonder omheiningen zal men gewoonlijk laten omhoog gaan tot enkele decimeters onder den bodem van het kanaal, van de rivier of een ander water en in ravijnen tot nabij den *begane grond*. In uiterwaarden zal de bovenkant kunnen reiken tot omstreeks 0,50 M. onder het maaiveld.

Bij fundeeringen waar hout gebruikt is, is 't een vaste regel dat de fundeeringen zoodanig moeten ingericht zijn dat het hout onder de lage waterstanden blijft en aan de vernieling van den paalworm onttrokken of ertegen verzekerd is; komt het hout altijd boven water of nu en dan gedurende een tijdvak van eenige weken, dan gaat 't spoedig tot verrotting over. Bij werken die onder het bereik van dagelijksche regelmatige eb en vloed liggen, wordt het hout liefst niet hooger dan tot het lage water toegelaten.

De roosterwerken, de bovenkanten van paalfundeeringen, alsmede afheiningen, die als deel der fundeering blijvend in stand dienen gehouden te worden, moeten dus onder water blijven, of minstens in zeer natte aarde. De bovenkant der omheiningen en der

betonfundeeringen van den onderbouw in uiterwaarden, wordt veelal bepaald ongeveer gelijk met middelbaren rivierstand.

In kanalen en ook zelfs langs rivieren maakt men soms fundeeringen, die met hun bovenkant aanmerkelijk boven den bodem des kanaals of der rivier liggen. Dikwijls zijn het betonfundeeringen, waarbij men den bovenkant der omheijing tot boven den waterstand laat reiken, dien men tijdens de uitvoering heeft; de betonstorting geschiedt tot den lagen waterspiegel of enkele decimeters daaronder; op de betonlaag wordt het metselwerk opgetrokken en daarna de omheijing gelijk met het lage water afgezaagd. Hierop komen wij bij de behandeling der pijlers nader terug.

De paalfundeeringen laat men soms ook 1 à 3 M. of meer boven den bodem uitsteken tot besparing van metselwerk. Het is duidelijk dat zulke fundeeringen in slappe gronden van zeer stevige en goed geheide schoorpalen moeten voorzien zijn of wel zeer ruim van breedte moeten gemaakt worden, ten einde voldoende stabiliteit te verkrijgen, terwijl ze tevens een afheijing met dampplanken moeten bekomen, om den grond onder of achter de fundeering te behouden; die zeer hoog gelegen paalfundeeringen zijn voor landhoofden niet aan te raden. Fundeeringen, welke met den bovenkant hoog liggen, vooral die van beton, kunnen dikwijls zonder droogmaking van den put of althans met zeer geringe hieraan te besteden kosten worden uitgevoerd. Uit dit oogpunt zijn ze voordeelig; bovendien zal men in den regel bij de uitvoering slechts weinig belemmering behoeven te geven aan den loop van het water en aan de scheepvaart.

Niet altijd, vooral niet bij stilstaande of weinig stroomende wateren ligt het bovenvlak der fundeering van de front- en vleugelmuren in hetzelfde vlak. Soms tijds legt men dan de fundeering van den frontmuur eenige decimeters onder den bodem van het kanaal of de rivier en laat de fundeering der vleugels — ter besparing van kosten — trapsgewijze verhoogden, Pl. 8 fig. 2. Met deze wijze van werken moet men zeer voorzichtig zijn, want het is meermalen bij uitgevoerde werken gebleken dat, juist bij de plaatsen van verhooging der fundeeringen, de muren scheuren.

§ 35. **Breedte der fundeeringen.** De breedte der fundeeringen wordt in hoofdzaak bepaald:

1°. Door de breedte van den noodigen aanleg der muren.

2°. Door den eisch dat — de druk zooveel doenlijk gelijkmatig over de oppervlakte verdeeld zijnde — ondergrond, palen, kespens, beton, of andere bouwstoffen niet overmatig belast worden.

3°. Door de voorzorg die genomen moet worden om de fundeering te beschermen tegen vooroverbuigen of verschuiven, en tevens, om te beletten dat de aanvullingsaarde onder de fundeering doordrukke, waardoor verzetting van het gebouw zou kunnen plaats hebben.

Het is duidelijk dat men aan het sub 1 gestelde voldoet, wanneer men de fundeering zoo breed maakt als de noodige aanleg des muurs bedraagt; er zijn evenwel gevallen waar dit niet voldoende is, om aan het sub 2 gestelde tegemoet te komen. Wanneer men op 't staal fundeert, dan moet natuurlijk de fundeering of de voet van het metselwerk of van het beton zoo breed zijn, dat de gezamenlijke belasting geen indrukking van belang in den ondergrond teweeg brengt. Zoo is het ook met fundeeringen door middel van roosterwerken; bij paalfundeeringen zal men in den regel — alleen voor den verticalen druk — geen groote verbredening behoeven te maken, maar wel kan een aanzienlijke verbredening der paalfundeeringen vereischt worden ter voldoening aan het derde punt.

Werkt men in slappe gronden en kan men geen gekoppelde of doorgaande fundeeringen maken, hetzij om de kosten, of om andere redenen, dan worden ter voldoening aan het 3^{de} punt de fundeeringen achterwaarts verbreed en soms zeer aanmerkelijk. Veeltijds wordt dan de geheele oppervlakte achter de vleugels en de frontmuren van fundeering voorzien, hetzij dit is een paalfundeering, Pl. 6 fig. 3, of een betonfundeering op palen zoo als Pl. 5 fig. 10 kan voorstellen. Loopen de vleugels nagenoeg in dezelfde richting als de frontmuren, dan heeft er een regelmatige verbredening van de fundeering aan de achterzijde plaats. Zoodanige fundeering kan dan een breedte verkrijgen die $1\frac{1}{2}$ tot 3 maal de breedte bedraagt, welke strikt noodig zou zijn om de muren op te bouwen. Door zoodanige verbredingen verkrijgt de

fundeering meer stabiliteit, de aanvullingsaarde drukt voor een groot deel op de fundeering, waardoor de grond er onder in rust wordt gelaten.

De bepaling van de breedte der fundeering is een zaak van het grootste belang; en niettegenstaande men veel voorzorgen neemt, ontbreekt 't toch niet aan voorbeelden, waarbij de landhoofden vooroverbogen of scheurden, tengevolge van verzetting der fundeering.

Het linkerlandhoofd der spoorwegbrug over de Oude Maas te Dordrecht is gefundeerd op de wijze als fig. 3^b op Pl. 6, aangeeft, maar de kespen loopen evenwijdig aan het voorvlak van den frontmuur en de kloosterhouten hebben een richting loodrecht op dat vlak. Daarbij komt dat er een diepte in de opening der brug aanwezig is van omstreeks 3,50 M. onder den bovenkant der fundeering. Toen dat landhoofd werd aangeaard is het eenige centimeters vooruitgebogen; de aanvulling werd weggenomen en daarna hernam het landhoofd nagenoeg zijn vorigen stand. Om dezen te behouden is later de aanaarding hoofdzakelijk achterwege gebleven en de fundeering achterwaarts verankerd en tusschen het landhoofd en de brug over den weg van Dordrecht naar 's-Gravendeel een kleine viaduct gebouwd.

§ 36. **Dikte der muren.** Het is duidelijk dat de muren zoodanige afmetingen moeten verkrijgen, dat ze kunnen weerstand bieden aan de daarop werkende krachten.

Het is de bedoeling hier vooreerst eenige practische mededeelingen te doen, die op de bepaling van de dikte der muren invloed kunnen hebben. Hierbij heeft men in aanmerking te nemen:

1°. Voor welk verkeer de brug zal dienen en dus welke belastingen over de brug zullen vervoerd worden, met welke snelheid en of de zeer zware belastingen dagelijks of slechts zelden over de brug vervoerd worden.

2°. Of de brug aan de landhoofden steun geeft of niet.

3°. Het specifiek gewicht en de hoedanigheid van den steen en de metselspecie, waarmede de muren gebouwd zijn.

4°. Hoe de vorm der muren is.

5°. Waar de druk van de brug plaats heeft.

6°. Den invloed van de zijdelings werkende krachten.

7°. Hoe de uitvoering en tevens het onderhoud zal zijn.

8°. Hoe de aanvullingsgrond is en hoe de aanvulling gedaan wordt.

1. Over het algemeen genomen, zullen de landhoofden voor spoorwegbruggen en vooral voor die der groote bruggen, wegens zwaarder belastingen, sterker trillingen, steviger moeten gebouwd worden, dan die voor gewoon verkeer.

2. De landhoofden voor vaste balkbruggen, voor schoor- en boogbruggen zullen in den regel tegen het voorover kantelen minder verzekerd behoeven te zijn, dan die voor kettingbruggen en beweegbare bruggen.

3. Harde, zware en regelmatige steenen, waarvan de oppervlakken zeer geschikt zijn tot een goede verbinding met de specie, vorderen minder zware muren, dan steenen, die zacht, licht, onregelmatig zijn, of waarvan de oppervlakken weinig geschiktheid hebben om zich met de metselspecie te vereenigen. Het spreekt vanzelf, dat goede metselspecie een zeer gunstigen invloed heeft op de sterkte der muren. Over het algemeen kan men ook nog stellen, dat het gebruik van blokken natuurlijken steen in gewoon metselwerk, den samenhang van dit metselwerk vermindert.

4. De vorm van de dwarsdoorsnede der muren heeft aanzienlijken invloed op de sterkte.

In de eerste plaats komt in aanmerking de bepaling van het beloop van het buitenvlak. Dit kan zijn, Pl. 8 :

a. te lood, fig. 3;

b. geheel onder een helling van $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{20}$, fig. 4;

c. gedeeltelijk onder een helling van $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{10}$, namelijk het gedeelte dat onder water blijft en het hooger gedeelte geringer helling b. v. $\frac{1}{20}$ of te lood, fig. 5;

d. geheel gebogen, fig. 6 en 7.

Het achtervlak loopt bij muren, van metselsteen en van regelmatig behakte hardsteenstukken gebouwd, gewoonlijk evenwijdig met het voorvlak. De opvolgende verminderingen in dikte dezer muren worden verkregen door versnijdingen ter breedte van 10 à 12 centimeter en meer. Muren gebouwd van basaltsteen of van beton, worden bewerkt met versnijdingen of verminderen in dikte volgens het beloop van een rechte of gebogen lijn.

Het is zaak de versnijdingen, waar ze onder den grond komen, voor een goed deel aan de *voorzijde* der muren te maken.

Tot bevordering der stabiliteit en ook welstandshalve is het doelmatig de muren onder een achterwaartsche helling op te trekken. Te lood staande muren geven het optisch bedrog alsof ze voorover hellen. In ieder geval moet in 't bijzonder beoordeeld worden, welke helling aan de muren zal gegeven worden.

Men kan als regel stellen:

Dat bij onbepleisterd metselwerk van gebakken steen boven water de helling geringer moet zijn dan bij metselwerk van hardsteen.

Wanneer men namelijk aan muren van gebakken steen, waarvan men de buitenvlakken onbepleisterd laat, groote achterwaartsche helling geeft b.v. $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{5}$, dan wordt daardoor de inwatering benevens de aangroei van plantjes en het stuk vriezen bevorderd. Het onderhoud wordt dus vergroot.

Bij muren van hardsteen gebouwd, zijn die invloeden veel minder sterk en daardoor vervallen de meerdere kosten aan onderhoud; terwijl voor muren, waarvan de muurvlakken onder water blijven, de genoemde invloeden geen nadeel veroorzaken.

Voor onbepleisterd metselwerk in gebakken steen boven water, wordt gewoonlijk een helling van $\frac{1}{10}$ in toepassing gebracht, terwijl men liefst niet meer dan $\frac{1}{5}$ helling toelaat. — Voor muren in hardsteen en basalt kunnen hellingen van $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{5}$ worden toegelaten.

Voor goed bepleisterd metselwerk in gebakken steen en voor bepleisterde betonmuren kunnen hellingen boven water van $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{5}$ zonder nadeel worden uitgevoerd.

5. Daar in 't algemeen het moment tegen het kantelen vergroot wordt door het draagvlak der brug van het voorvlak des muurs te verwijderen, zoo is 't zaak dit draagvlak, met het oog op de sterkte des muurs, niet te kort bij het voorvlak te bepalen.

6. De werking der zijdelingsche krachten naar voren is de gevaarlijkste; bij balkbruggen wordt de zijdelingsche kracht veroorzaakt, naar voren, door inkrimping, naar achteren, door uitzetting der brug; maar de opleggingen worden zoodanig ingericht, dat de invloed dezer zijdelingsche werking weinig in aanmerking komt; bij kettingbruggen is de werking naar voren

van groote beteekenis, daarbij worden ook bijzondere constructies toegepast om er weerstand aan te bieden. De werking der krachten naar achter komt in aanmerking bij schoor- en boogbruggen en bij gemetselde bruggen.

7. De uitvoering heeft natuurlijk grooten invloed op de sterkte der muren. Alleen dan wanneer men verzekerd is dat de uitvoering in alle opzichten goed zal zijn, kunnen de afmetingen der muren tot de alleen noodige bepaald worden. Ook het onderhoud moet in aanmerking genomen worden. Vreest men voor slecht onderhoud, dan is betrekkelijk licht bouwen niet aan te raden.

8. Het is duidelijk dat de aanvullingsgrond en de wijze van aanvulling een beduidenden invloed heeft op de stabiliteit der muren. Goede samenhangende grond in regelmatige, nagenoeg horizontale lagen van 0,30 à 0,50 M. opgewerkt en vast aangestampt, zal wegens de steile helling, waarmede die grond zou blijven staan, wanneer de muur weg was, geen bijzonder grooten druk op het muurwerk uitoefenen. Een aanvulling met glibberige modder daarentegen zal wegens haren geringen samenhang, zoolang zij niet opgedroogd is, een zeer beduidenden druk op de muren overbrengen. Het is dus zaak, waar dit kan, de aanvulling achter de muren met droge samenhangende aarde te doen en die aarde goed vast in elkander te werken. Is die niet te krijgen of zouden de kosten te hoog loopen, dan moet bij het bepalen van de afmetingen der muren daarop gerekend worden, door de muren grootere breedte, vooral in aanleg, te geven.

Wanneer men het vraagstuk betreffende de dikte der muren practisch volledig wilde behandelen, zou men de verschillende gevallen die zich kunnen voordoen, moeten opstellen en nagaan of die reeds in de practijk toepassing hebben gevonden, en zoo ja, welke dikte men daar aan de muren gegeven heeft en hoe zij zich gehouden hebben, om uit plaats gehad hebbende feiten te kunnen besluiten of de dikte der muren voldoende is geweest en, zoo mogelijk, tot eene empirische uitdrukking te komen, aangevende voor ieder geval de noodige dikte der muren.

Die arbeid, hoe belangrijk ook, zou hier te veel plaats innemen. Wij zullen ons daarom thans bepalen tot het geven van ge-

bruikelijke afmetingen voor eenige der meest voorkomende gevallen en wel de onder- en bovendikte uitgedrukt in de hoogte of h. voor muren, waarvan de voorvlakken onder eene helling van $\frac{1}{20}$ zijn opgetrokken.

AANVULLINGSGROND.	VOOR SPOORWEGBRUGGEN.			
	Goed metselwerk van gebakken steen.		Metselwerk van onregelmatige stukken.	
	onderdikte.		bovendikte.	
Samenhangende klei, goede tuinaarde	0,37 h	0,22 h	0,40 h	0,25 h
Minder samenhangende grond, als:				
zanderige aarde	0,40 h	0,27 h	0,44 h	0,30 h
Weinig samenhangende grond, week modder enz.	0,45 h	0,31 h	0,48 h	0,33 h

Voor bruggen met gewoon verkeer, die niet aan sterke trillingen zijn blootgesteld, kan de dikte omstreeks 0,02 h. minder worden bepaald. Die afmetingen gelden voor de muren der landhoofden zonder contreforten, welke aan de voorzijde boven de fundeering weinig of geen tegendruk ondervinden. Voor vleugelmuren, die ten deele aan weerszijden door grond zijn ingesloten, kunnen de opgegeven afmetingen nabij de uiteinden der vleugels aanmerkelijk verminderen; hier kan men in den regel volstaan met de dikte *van onder* 0,28 h. *van boven* 0,16 h. aan te nemen. Bij de aansluiting aan de frontmuren, tot 1 à 2 M. daarvan verwijderd, verkrijgen de vleugels gewoonlijk zeer nabij de dikte der frontmuren. Het verschil van deze dikte met die aan de uiteinden der vleugels laat men geleidelijk verlopen, waarop nog nader bij het opmetselen der vleugels zal gewezen worden.

Kan men aan de voorvlakken der muren een sterke helling geven, dan kan de dikte aanmerkelijk verminderd worden.

Wanneer men van eenige bruggen bij den aanleg der Staatspoorwegen de landhoofden met horizontale vleugels nagaat, dan vindt men dat vele der voorvlakken onder een helling van $\frac{1}{20}$ zijn opgetrokken en dat de afmetingen van de muren zijn, als volgt:

		onder.	boven.
Van eenige der groote bruggen, dikte gem.	der frontmuren	0,45 h	0,31 h
	der vleugels bij de frontmuren	0,43 h	0,28 h
	der vleugels bij hun uiteinden	0,29 h	0,14 h
Gem. dikte getrokken uit 25 bruggen	der frontmuren	0,40 h	0,27 h
	der vleugels bij de frontmuren	0,39 h	0,27 h
	der vleugels bij hun uiteinden	0,27 h	0,17 h
Gem. dikte van de frontmuren getrokken uit de 6 lichtste der 25 bruggen.		0,35 h	0,22 h
Lichtste afmetingen (niet van dezelfde brug)	der frontmuren	0,33 h	0,21 h
	der vleugels bij de frontmuren	0,27 h	0,16 h
	der vleugels bij hun uiteinden	0,23 h	0,10 h

Bij den bouw van den spoorweg van Samarang naar de Vorstenlanden, hebben de muren van ruwen natuurlijken steen, waarvan de buitenvlakken onder een helling van $\frac{1}{10}$ zijn ingetrokken, een gemiddelde dikte van $\frac{1}{3}$ der hoogte.

In elk geval moet de bovendikte der frontmuren ter plaatse waar de liggers dragen, zóó zijn, dat door den druk van de brug en de belasting, de bouwstoffen niet te zwaar belast worden; welke afmetingen daartoe aan de bovendikte zijn te geven, blijkt nader uit de bepaling van de grootte der opleggingen.

Er zijn Ingenieurs, die aan de muren steeds een constante bovendikte geven en den aanleg evenredig maken aan de hoogte. Ook zijn werken uitgevoerd waarvan de muur een dikte heeft van $0,44 h_1$, $0,44 h_2$, $0,44 h_3$, waarbij de h_1 , h_2 , h_3 gerekend zijn van boven tot daar waar men de dikte van den muur wil bepalen; de practische of noodige bovendikte neemt men dan vooraf aan, en laat die doorgaan zoo laag tot zij overeenkomt met $0,44 h_1$. Moet die dikte voor een bepaald geval $0,88 M$. bedragen, dan zou ze over $2 M$. hoogte doorgaan; de muurdikte zou dan verder worden:

op $3 M$. van boven . . . $0,44 \times 3 = 1,32 M$.

» 4 » » » . . . $0,44 \times 4 = 1,76$ » enz.

Men raadplege verder betreffende de bepaling van de afmetingen der landhoofden Hoofdstuk IV.

§ 37. Voorziening der hoeken, bekleeding der wanden, opbouw der muren.

De hoeken der landhoofden verkrijgen in den regel een voorziening of versterking: 1°. om den stoot of het langs schuren van drijvende lichamen beter te weerstaan, en 2°. om een netter en sterker aanzien aan het werk te geven. De middelen daartoe zijn:

- a. Eenvoudige afronding van het metselwerk.
- b. Hoekblokken van natuurlijke steen of beton.
- c. IJzeren bekleedsels.

De eenvoudige afronding is meestal het goedkoopste; veelal worden die afrondingen met kleinen straal, 0,40 à 0,75 M., beschreven en de metselsteenen daartoe gehakt. Men verkrijgt dan geen zeer sterk werk, want de minder harde binnenzijde van den steen komt buiten. Beter zou 't zijn steenen te verwerken, die opzettelijk gebakken zijn voor het metselen van afgeronde hoeken of van bogen met een bepaalden straal beschreven. Deze werkwijze is evenwel weinig gebruikelijk, omdat gewoonlijk het aantal benoodigde steenen zeer gering is, en men 't niet de moeite waard rekent, daartoe opzettelijk steenen te vervaardigen.

Er blijft dan over den straal van afronding zoo groot te nemen, dat het metselen met de gewone steenen kan geschieden zonder gehakte zijden in het buitenvlak te brengen.

De afrondingen zonder hoekblokken worden alleen bij zuinige uitvoeringen en bij werken van niet zeer grooten omvang toegepast.

De hoekblokken zijn hier te lande meestal van hardsteen, enkele malen van Bentheimer steen en van beton.

Men kan als algemeenen regel stellen dat dáár waar men te doen heeft met werken aan zee, aan eenigszins groote rivieren of groote kanalen en dáár waar de stroom aanhoudend sterk is, al is dit op kleine rivieren, de hoekblokken van harden natuurlijke steen algemeene toepassing vinden. Ook brengt men ze soms welstandshalve aan.

Den hoek laat men soms recht of stomp, doch meestal wordt hij afgerond en dat is ook het verkieslijkst. Zulke afrondingen worden met kleinen of grooten straal beschreven. Zijn ze met kleinen straal beschreven, dan behoeven de hoekblokken ook niet bijzonder groot te zijn; de opvolgende lagen verspringen in het

verband Pl. 8 fig. 8—12; zulke blokken zijn gewoonlijk van sponningen voorzien ter breedte en diepte van ruim een halven gebakken steen tot meerder verband met het metselwerk.

Om op de snijding der achtervlakken van fig. 8, 10 en 11 geen doorgaande verticale voeg te verkrijgen, kan men beurteelings twee steenen met, en twee steenen zonder sponningen verwerken.

Onderling worden de blokken door ijzeren doken vereenigd, die met lood, zwavel en zand of met portland cement vastgegoten worden. Bovendien bevestigt men ze met ankers en schieters, dik $2\frac{1}{2}$ centimeter, in het muurwerk.

Zijn de afrondingen met grooten straal beschreven, dan zouden de stukken te groot worden, indien men, zooals in de figuren 8—12, in iedere opvolgende laag slechts één blok wilde plaatsen. Men volgt dan de inrichting, Pl. 8 fig. 13, waar in dezelfde laag meer stukken naast elkander zijn gewerkt. Deze stukken worden onderling door ijzeren doken gem. lang 0,35, breed 0,08, dik 0,025 M. aan elkander gehecht en in iedere laag bevestigt men twee of meer stukken met ankers en schieters stevig in het metselwerk.

De hoekblokken kan men onderscheiden in kleine, middelmatige en groote; de kleine of groote worden gebruikt naarmate de hoeken minder of meer blootgesteld zijn aan de werking van ijs, enz. De afmetingen kunnen zijn in meters voor:

	Breedte in het metselwerk.	Lengte in den dag.	Hoogte.
Kleine hoekblokken	0,30 à 0,50	0,50 à 0,70	0,20 à 0,25
Middelmatige »	0,50 » 0,70	0,70 » 1,20	0,30 » 0,45
Groote »	0,90 » 1,20	1,20 » 2,30	0,45 » 0,65

De ijzeren bekleedsels zijn gewoonlijk van gegoten ijzer, dik 1,5 à 2,5 centimeter, voorzien van oogen om de verankering behoorlijk te kunnen doen, Pl. 8 fig. 14.

De ijzeren bekleedsels hebben het voordeel dat zij zeer gemakkelijk te stellen zijn en bovendien het metselwerk meer een volledig geheel laten dan hoekblokken.

Behalve de hoeken worden soms de voorvlakken der frontmuren en ook wel die der vleugels met natuurlijke steen voorzien:

1°. Wanneer die voorvlakken zeer blootgesteld zijn aan de

werking van drijvende lichamen of aanhoudend zeer sterken stroom.

2°. Wanneer men het binnenwerk der muren geheel of hoofdzakelijk in natuurlijke steen opbouwt.

3°. Wanneer men aan den bouw een zeer stevig aanzien wil geven.

Men begint soms met de voorziening der hoeken en voorvlakken der muren op de fundeering, al is daar ook aanzienlijke steenstorting aangebracht. Zie doorsnede van het linkerlandhoofd der spoorwegbrug te Kuilenburg, Pl. 11 fig. 1. Het gebeurt evenwel ook, dat men aanmerkelijk hooger begint, soms slechts enkele decimeters onder den lagen waterstand. In elk geval moet men minstens 0,30 à 1 M. lager beginnen dan de hoogte, waarop de hoeken en voorvlakken voorziening vorderen.

In Nederland is hardsteen de gebruikelijke voorziening van de voorvlakken der front- en vleugelmuren, maar bijna uitsluitend voor groote werken. In België, Frankrijk, Duitschland en Engeland gaat men veel spoediger tot een ruimer toepassing van natuurlijke steen over, ten eerste, omdat de natuurlijke steen daar in 't algemeen goedkoper is dan in Nederland, en ten tweede, omdat de gebakken steen daar minder goed is.

Op Pl. 8 fig. 15—21 zijn eenige constructies van bekleding met hardsteen voorgesteld, die allen in de practijk toepassing hebben gevonden. Gewoonlijk volgt men daarbij het halve steens of het Vlaamsch verband. De verschillende stukken worden in den regel met doken onderling vereenigd; bovendien worden de steenen nog om den andere met ankers en schieters in het metselwerk vastgemaakt. Van al deze constructies komen ons de eenvoudigste in de meeste gevallen het verkieslijkst voor, en wij zouden daarom de voorkeur geven aan die voorgesteld op Pl. 8 fig. 15, 16, 18, 19.

De hoekblokken en bekledingssteenen kunnen in den dag op verschillende wijzen bewerkt worden, hetzij eenvoudig *gefrijnd*, bewerkt *en bossage rustique*, *gebouchardeerd* of op andere wijze, zooals op Pl. 8 fig. 8—13 en 15—21 is aangegeven.

Het is duidelijk dat de keuze der bewerking van de voorvlakken der steenen moet gedaan worden met het oog op het ge-

bouw, en tevens op de omgeving of de plaats waar gebouwd wordt. Een ruwe bewerking als Pl. 8 fig. 20, geeft een krachtig voorkomen, terwijl Pl. 8 fig. 17 een rustig aanzien geeft. Over het algemeen worden, bij de boven- en ondervlakken, de steenen aan de dagzijde min of meer vlak bewerkt, ten einde bij den opbouw, de steenen beter volgens den voorgeschreven eisch te kunnen aanbrengen. — De boven- en benedenvlakken zelve en de verticale zijvlakken, waarmede de steenen tegen elkander sluiten, worden daartoe ook vlak bewerkt; de achterzijden blijven geheel ruw. De hoekblokken en de steenen tot voorziening van de voorvlakken der front- en vleugelmuren moeten zoo hoog genomen worden, dat deze hoogte overeenkomt met een zeker aantal lagen metselwerk, zoo dit achter of naast de steenen wordt verwerkt. Wanneer dat metselwerk van gebakken steen is, dan moet er op gelet worden, dat de hoogte overeenstemt met een zeker aantal lagen van den zachtsten steen, die daarbij verwerkt wordt, omdat deze steen dikker is dan hardere.

Al de hardsteenen worden steeds op hun groeffleger geplaatst.

De bekleedingssteenen verkrijgen afmetingen, die soms afhankelijk zijn van de meerdere of mindere sterkte van den stroom, den ijsgang of de kracht van drijvende lichamen en van den meerderen of minderen omvang van het werk.

Daarbij wordt natuurlijk in aanmerking genomen de streek of plaats waar men werkt, en welke afmetingen geschikt te verkrijgen zijn. Men kan de steenen onderscheiden, even als de hoekblokken, in kleine, middelmatige en groote.

De afmetingen kunnen zijn in meters:

SOORT.	HALVE STEENS VERBAND.			VLAAMSCH VERBAND.				
	Lengte in den dag.	Breedte in het metselw.	Hoogte.	STREKKEN.		KOPPEN.		Hoogte.
				Lengte in den dag.	Breedte in het metselw.	Lengte in den dag.	Breedte in het metselw.	
Kleine steenen	0,50	0,30 à 0,40	0,20 à 0,25	0,60	0,30 à 0,40	0,30	0,50 à 0,60	0,20 à 0,25
Middelm. »	1,00	0,40 » 0,80	0,30 » 0,45	1 à 1,20	0,40 » 0,80	0,50 à 0,60	0,70 » 1,10	0,30 » 0,45
Groote »	1 à 1,50	0,80 » 1,30	0,45 » 0,65	1,20 » 2,30	0,60 » 0,90	0,60 » 1,40	0,80 » 1,20	0,45 » 0,65

Het is duidelijk, dat men door de mededeeling van de voorafgaande afmetingen, slechts een aanwijzing wil geven. De verhoudingen van lengte, breedte en hoogte zijn bij de uitgevoerde werken zeer verschillend, zoodat een eenigszins algemeen geldende doorgaande verhouding niet te geven is.

Werkt men met onbehakten natuurlijken steen, als breuksteen, riviersteen, enz., dan gebruikt men stukken van allerlei afmetingen, b. v. aan de voorzijde stukken ter lengte van 0,15 tot 0,50 M. en ter hoogte van 0,06 tot 0,30 M. en meer, ter breedte van 0,10 tot 0,50 M.; met de lange zijde worden ze dan gewoonlijk gelegd in de richting van de dikte der muren. In het binnenste der muren worden soms veel kleinere stukken, dan die van de gegeven afmetingen verwerkt. Van basalt gebruikt men aan de voorzijde stukken ter lengte van 0,50 à 1 M. en op den kop, over kruis gemeten 0,20 à 0,30 M.; daarachter werkt men dito of kleinere stukken basalt of anderen steen.

Wanneer er verschil in de grootte der steenen is, dan worden in den regel de grootste in de lagen nabij den voet geplaatst en hooger de kleinere.

De muren worden opgemetseld volgens de bepaalde afmetingen; hier te lande komt het volgende in toepassing. De muren van gebakken steen worden gemetseld in kruisverband; aan de dagzijde worden zij ter dikte van 1, $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ steen meestal van klinkers of de beste steenen gemetseld, daarachter wordt veeltijds hardgrauw of boerengrauw gebruikt, waardoor men zeer goed werk bekomt; ook brengt men soms in dikke muren *vóór* klinkers, *achter* boerengrauw en in 't *midden* goede roode steenen aan, dat ook goed werk geeft.

De metselspecie varieert nog al; somtijds gebruikt men voor al het muurwerk sterk tras, sterk bastaard tras, bastaard tras of slap bastaard tras; ook wordt wel onder water tot 0,50 M. daarboven sterke trasspecie en hooger minder sterke specie en zelfs kalkmortel verwerkt, zooals dit aan het kanaal van Maastricht naar Luik is geschied. Ook wordt wel aan de dagzijde ter dikte van 1 à $2\frac{1}{2}$ steen sterke specie en verder naar achter minder sterke gebruikt.

Tegenwoordig voegt men soms bij de metselspecie, aan de dag-

zijde te gebruiken, eenig portland cement, om het spoediger hard worden te bevorderen. Werkt men laat in het najaar, dan metselt men wel de geheele muren in portland cementmortel van 1 deel cement en 1 deel zand, dat vooral aan te raden is voor werken, die spoedig in gebruik moeten komen.

Rollagen en vlechtingen worden altijd met zeer goede specie gemetseld; meermalen wordt thans daartoe portland cementmortel gebruikt.

De specie moet natuurlijk beter zijn, naarmate het werk meer te lijden heeft. Die deelen van werken, welke alzoo aan aanhoudend snellen stroom, aan sterken golfslag of aan de zee zijn blootgesteld, moeten, althans aan de dagzijde, met zeer goede specie, b. v. sterk tras of portland cementmortel gemetseld worden. Die deelen, welke in minder stroomend of stilstaand water komen, kunnen met minder goede b. v. met sterk bastaard-tras opgetrokken worden; zoo ook die deelen welke steeds in het droge blijven b. v. met bastaard of slap bastaard tras. Het is evenwel zaak, met het oog op soliditeit en onderhoud bij den bruggenbouw, met de bepaling van de hoedanigheid der specie niet te zuinig te wezen. Eenige Ingenieurs zijn tegen het gebruik van specie van verschillende kwaliteit aan de dagzijde en meer naar achter, omdat de contrôle moeielijk is. Het gebruik van verschillende specie op verschillende hoogten levert, met goed opzicht, geen bezwaar op. De achterzijden der muren worden beraapt in den regel met dezelfde soort specie als voor het metselen gebruikt is. De voor- of dagzijden der muren worden veelal gevoegd met platte voegen, en ook gewoonlijk met dezelfde soort specie, als waarmede men aan de dagzijde metselde. Ook wordt het opvoegen gedaan met portland cement, nadat de voegen $1\frac{1}{2}$ à 2 centimeter diep zijn uitgekrabt. Sterk bastaard tras en bastaard tras schijnen niet goed te zijn voor voegspecie; met goed gevolg wordt gebruikt zeer stijf bereide mortel van steenkalk, zand en portland cement.

In Nederlandsch-Indië gebruikt men ook veel tras en portland cement voor metselwerken, doch meer aan de kusten dan in de binnenlanden. Het cement is daar, in § 5 reeds gemeld, veeltijds gebakken kalk houdende klei, tot poeder gemalen of gestampt.

Over het algemeen genomen zijn de steenen, welke op Java gebakken worden, niet hard; het metselen laat soms ook nog al te wenschen over. Gewoonlijk wordt het metselwerk daar ook niet aan de dagzijde gevoegd, maar goed gepleisterd en gewit.

kalk is er uitmuntend en de pleisterspecie van goede hoedanigheid, zoodat de bruggen, wanneer ze goed zijn afgewerkt, weinig aan onderhoud kosten.

Zijn de muren aan de voorvlakken voorzien van regelmatig behakten natuurlijke steen, dan wordt daarachter metselwerk aangebracht van gebakken of van natuurlijke steen, hetzij regelmatig of minder regelmatig behakt en soms van betonblokken. De natuurlijke steen wordt hier te lande tegenwoordig veel in portland cement gewerkt; vroeger en ook thans nog wel in sterk tras of in de specie, waarmede gemetseld wordt.

Op Java bij de brug over de Begaloe in de residentie Bagelen, gebouwd in 1862—1866, zijn door den toenmaligen Ingenieur G. A. Pet, die met de uitvoering van het werk belast was, uit de nabijheid der bouwplaats rolsteenen verzameld, die op het werk werden behakt door steenhouwers daartoe plaatselijk gevormd. De steensoort is een zeer harde fijn korrelige dichte trachiet. De landhoofden en de pijler zijn aan de dagzijde met deze steenen bekleed. De lagen bij afwisseling hoog 0,30, 0,40 en 0,50 M. zijn beurtelings breed 0,30 à 0,50 M. en bestaan uit steenblokken lang 0,40 à 1,00 M., die niet in zeer regelmatig verband zijn geplaatst, om daardoor de steenen zonder bepaalde sorteering te kunnen aanwenden. Achter die blokken is metselwerk van gebakken steen in bastaard tras uitgevoerd, maar daarin heeft men ter besparing ruwe rolsteenen van ongeveer 0,50 M. middellijn zeer onregelmatig verwerkt, op onderlingen afstand van een metselsteenslengte en tevens op minstens dien afstand van de dagzijde der muren. Zulke rolsteenen verbreken echter het verband van het metselwerk, zoodat het gebruik ervan met bedachtzaamheid moet geschieden.

Men vindt een beschrijving van die brug in de Verhandelingen van het K. I. v. Ingen. 1867—1868, eerste aflevering, pag. 13.

Op Midden-Java zijn (1864—1870) voor de spoorwegen onder leiding van den toenmaligen Ingenieur-Directeur J. P. de Bordes,

veel bruggen en duikers aangelegd, waarvan de landhoofden geheel met verschillenden min of meer regelmatigen platten natuurlijke steen zijn opgebouwd. De steenen moesten, wegens hun vorm met dikke voegen gemetseld worden. De specie bestond daarbij in den regel uit één deel kalk en twee deelen zand en cement van gestampte gebakken kleiaarde. Deze metselwerken werden van buiten beraapt, wanneer de steenen niet vlak waren. Anders werden ze zoo mogelijk, met breede voegen opgevoegd, waardoor dit metselwerk een ruw en zwaar aanzien verkreeg.

In de Notulen der vergadering van 11 April 1871 van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, vindt men belangrijke mededeelingen van den heer J. P. de Bordes over de uitvoering der werken van den spoorweg Samarang-Vorstenlanden.

Eenige Ingenieurs zijn tegen de toepassing van behakte steenen aan de dagzijde, en daarachter minder regelmatige steenen, omdat dan de onderlinge verbinding niet goed wordt, en daardoor de steenen van elkander afwijken en dus scheuren in het metselwerk ontstaan. Dit neemt niet weg, dat er vele werken *op deze wijze* zijn uitgevoerd, die zich zeer goed houden. Toch is het zaak de mogelijkheid van afwijking niet gering te schatten, en bij de uitvoering voor een goed verband en goede vereeniging van de steenen aan de dagzijde en de overige te zorgen. Een goede verankering der steenen onderling en tevens in het achterwaarts gelegen metselwerk, is dan zeer aan te raden.

Het metselen van het buitenwerk der landhoofden en pijlers met vlak behakten steen en het binnenwerk met ruwen steen, wordt opgegeven als een der oorzaken, waarom een der grootste overwelfde viaducten van den Great-India-Peninsular-Spoorweg is ingestort.

Ook worden muren gebouwd, waarvan de voorzijden van gebakken steen ter dikte van $1\frac{1}{2}$ à 3 steen gemetseld worden en waarachter onbehakte natuurlijke steen van min of meer regelmatigen vorm is gewerkt. Het spreekt vanzelf dat hierbij ook voor een goede vereeniging van het buiten- en binnenwerk moet gezorgd worden: 1. door goede metselspecie; 2. door ankers en schieters.

Tot overzicht zijn op Pl. 8 voorgesteld:

In fig. 22 een muur, waarvan de voorzijde met regelmatig

behakten steen is bekleed, en daarachter gebakken steenen zijn gemetseld.

In fig. 23 een muur, waarvan de voorzijde met regelmatig behakten steen is voorzien, en waarachter kleinere regelmatig behakte steenen van ongelijke lengte gemetseld zijn.

In fig. 24 een muur, waarvan de voorzijde met regelmatig behakten steen is opgezet, en waarachter onregelmatige steenstukken verwerkt zijn.

In fig. 24^a een muur, aan de voorzijde gemetseld van gebakken steen en daarachter van onbehakten natuurlijken steen.

In fig. 25 een muur, die vóór met min of meer regelmatige natuurlijke steenstukken is opgewerkt, achter ook, doch met kleinere; daartusschen zijn onregelmatige natuurlijke steenstukken gemetseld of is beton aangebracht.

Het opmetselen van landhoofden in basalt geschiedt op de wijze als op Pl. 8 fig. 26, is voorgesteld. De stukken worden zoo goed mogelijk in verband en sluitend in specie verwerkt; alle holten worden met kleine steenstukken, hetzij steenslag of harde puin en metselspecie aangevuld. Het opmetselen geschiedt in meer of minder sterke trasspecie en ook in portland cementmortel, van 1 deel cement en 4 deel zand. De voegen aan de dagzijde worden gelijk gestreken. Soms doet men in de specie voor de buitenzijde zooveel zwartsel, dat hare kleur eenigszins overeenstemt met die van het basalt. Zijn de hoeken, die de fronten met de vleugels maken niet of weinig afgerond, dan moeten op die hoeken behakte natuurlijke steenen worden aangebracht.

De landhoofden van kunstmatig gevormde steenen, zooals betonblokken, kunnen gemetseld worden als op Pl. 8 fig. 27 is aangegeven. Men kan ze ook uit één stuk maken.

Daartoe worden houten wanden geplaatst op zoodanigen afstand, als de ontworpen dikte der muren bedraagt en tevens in de ontworpen richting der muren Pl. 8 fig. 28. De ruimte tusschen deze wanden wordt met beton gelijkmatig aangevuld, gestampt en opgewerkt tot de bepaalde hoogte. Het is zaak portland cement bij de verbindingsspecie te voegen, ten einde de spoedige verharding te bevorderen. Wanneer het beton genoegzaam verhard is, worden de houten wanden weggenomen.

§ 38. Spaarwewen; opmetselen der vleugels; contreforten en gewewen; trottoirs langs de vleugels. De spaarwewen hebben tot doel besparing van kosten. We hebben in § 31 gezien, dat men bij het fundeeren gebruik maakt van pilaren, die van boven en soms nog van onder door gewewen vereenigd zijn; maar behalve deze gewewen worden nog wel andere gemaakt. Wanneer namelijk boven de fundeering de grond aan de buitenzijde der muren hoog wordt aangeaard en deze daarbij een beduidende lengte verkrijgen, dan worden in die muren openingen gespaard en overwelfd. Zij kunnen zijn doorgaande over de geheele dikte van den muur of over een gedeelte van deze dikte. Spaarwewen vinden dus hunne toepassing bij lange vleugelmuren, die eenigszins diep gefundeerd zijn en nog al ver in de aansluitende taluds reiken. De gewewen worden dan veel op ongelijke hoogte geslagen, en zóó, dat na de aanaarding daarvan niets te zien is. Op Pl. 8 fig. 29 zijn zulke spaarwewen aangegeven. De wijfde bedraagt gewoonlijk 1,5 à 3,5 M.

Men moet niet al te spoedig bij het projecteeren tot den aanleg van spaarwewen besluiten; daarbij dient men verzekerd te zijn dat goede aanaardingsgrond gebruikt wordt, terwijl de ondergrond niet slap mag zijn; waar vrees bestaat voor beweging in den ondergrond, is het maken van de gewone doorgaande spaarwewen in de muren der landhoofden te ontraden. Verder moet door het opmaken van goed vergelijkbare begrootingen van het werk *met* en *zonder* spaarwewen nagegaan worden, of door de toepassing daarvan werkelijk bespaard wordt.

In § 36 is meegedeeld, dat de vleugels bij de uiteinden gewoonlijk minder dik zijn dan daar, waar zij aan de frontmuren sluiten, en dat het verschil in dikte geleidelijk wordt bijgewerkt. Dit kan op verschillende wijzen plaats hebben, welke op Pl. 8 fig. 30 en 31 en Pl. 9 fig. 1, 2 en 3 zijn voorgesteld.

Fig. 30 stelt een vleugel voor, waarvan de aanleg naar het uiteinde in dikte vermindert, en waarvan de bovendikte overal gelijk is. Dat verminderen in dikte heeft achtereenvolgens plaats, hetzij ieder keer met een halven, hetzij met een heelen steen; het aantal versnijdingen vermindert dus ook opvolgend met een of twee.

Men verkrijgt daardoor achterevolgens muurvakken van verschillende dikte. In deze figuur loopen de versnijdingen van het front op dezelfde hoogte langs de vleugels door, zoolang de dikte der vleugels dat toelaat.

In fig. 31 zijn de versnijdingen van de verschillende muurvakken op zoodanige hoogte aangebracht, dat zij onder de constante bovendikte, de hoogte van ieder vak in zooveel gelijke deelen verdeelen als er versnijdingen zijn.

Op Pl. 9 fig. 1 zijn de versnijdingen der vleugels in aantal gelijk aan die der frontmuren; iedere versnijding van den frontmuur loopt op dezelfde hoogte door langs de vleugels. De dikte nabij den bovenkant vermindert naar het uiteinde der vleugels, terwijl de dekzerk overal even breed is.

In fig. 2 is dezelfde toestand als in fig. 1, doch de dekzerk neemt in breedte af naar de uiteinden der vleugels.

In fig. 3 is de vermindering van de dikte der vleugels naar de uiteinden in rechte lijn uitgevoerd, alzoo zonder versnijdingen, en tevens is het verschil der onder- en bovendikte zonder versnijdingen onder een hellend beloop verkregen.

Het gebeurt soms dat de vleugels voorzien zijn van contreforten, zooals Pl. 9 fig. 4 aangeeft. Deze constructie is in 't algemeen, vooral voor hooge vleugels zeer aan te raden.

Ook worden soms de vleugels door muren vereenigd, waarover gewelven worden geslagen, zie Pl. 9 fig. 5; hierdoor wordt de zijdelingsche druk, veroorzaakt door de aanaarding en bovenbelasting, verminderd of geheel opgeheven, terwijl bovendien de vleugels door de vereenigingsmuren aan elkander verbonden zijn; door deze muren legt men soms gesmeed ijzeren ankers, dik 3 à 4 centimeter, waardoor de vleugels aan elkander gehecht zijn en dus betrekkelijk zeer licht kunnen gebouwd worden. De gewelven worden aangeraseerd en het water wordt door buizen of goten zijdelings afgevoerd.

Somtijds gaan de gewelven door de vleugels heen en zijn boven de taluds zichtbaar; zij bekomen in dit geval spanwijdten van 3 à 5 M. zelfs tot 8 à 10 M.; de landhoofden zijn dan evenwel als een deel eener steenen brug te beschouwen.

Verder heeft men nog een inrichting, als op Pl. 9 fig. 6;

achter het midden van het front is een muur opgetrokken; loodrecht daarop staan andere muren, die evenwijdig aan het front loopen; de ruimte tusschen deze muren is overwelfd, en daarop komt de aanaarding, die zijdelings aansluit, tegen muurtjes, welke op de gewelven zijn opgetrokken. Ook deze inrichting heeft ten doel den zijdelingschen druk op de vleugels, veroorzaakt door de aanaarding en de boven-belasting, zoo mogelijk op te heffen.

De dikte der tusschenmuren, waarop de gewelven dragen, zal voor de constructies in fig. 5 en 6 voorgesteld, in den regel kunnen zijn $\frac{1}{3}$ à $\frac{2}{3}$ der hoogte; de eindmuren worden $1\frac{1}{2}$ à 2 maal zoo dik bepaald, terwijl de spanwijdten 1,5 tot 4 à 5 M. bedragen.

Het is in vele gevallen zeer raadzaam bij bruggen voor gewoon verkeer, vooral in steden en dorpen, langs de vleugels, trottoirs of verhoogde voetpaden tot veiligheid der voetgangers aan te leggen. Zulke voetpaden verkrijgen elk een breedte, afhankelijk van de belangrijkheid van het verkeer, van 1 à 4 M. en meer; zij worden soms ten deele op de muurdikte, en ten deele op de aanaarding gemaakt, Pl. 9 fig. 7; maar wanneer de aanaarding niet zeer vast is, dan verzakt het gedeelte dat daarop rust, en moet dus weder opgebroken en aangehoogd worden. In slappe gronden zou dit meermalen moeten geschieden. Om die zakking te voorkomen wordt het trottoir, voor zoover het niet op den vleugelmuur rust, ook wel ondersteund door gemetselde bogen, welke veelal een spanwijdte van 1 à 3 M. bekomen en op contreforten dragen van 0,44 à 0,77 M. dikte; op de bogen wordt langs den kant van den rijweg een steunmuurtje gebouwd en afgedekt met een hardsteenen zerk, dik 0,15 à 0,20 M., breed 0,20 à 0,30 M. Nadat de bogen behoorlijk zijn aangearseerd, wordt de ruimte tusschen het muurtje en den vleugelmuur met zand aangevuld, waarop de bestrating van de trottoirs komt te rusten. Pl. 9 fig. 8.

Ook wordt die ruimte wel met beton aangevuld en de bestrating daarover gemetseld. Over het beton wordt somtijds een laag asphalt of portland-cementmortel, ter dikte van 3 à 5 centimeter, gelegd tot verharding van de trottoirs.

Voor de bestrating worden in hoofdzaak gebruikt: klinkers van

den gewonen vorm en ook klinkers met vierkant oppervlak en ten deele afgeschuinde zijden of vlakke straatkeien.

Somtjids geschiedt de geheele afdekking der trottoirs met hardsteenen zerken, dik 0,10 à 0,15 M.; deze komen dan direct op het steunmuurtje en op den vleugelmuur te dragen. Al deze afdekkingen leveren bij goede uitvoering goed werk op; het is duidelijk dat de vlakke straatkeien of hardsteenen zerken het duurzaamste zijn.

Meer bijzondere gevallen van: uitsparingen, versterkingen door contreforten en steunbogen, alsmede eigenaardige inrichtingen voorkomende bij kettingbruggen, steenen bruggen, beweegbare bruggen, enz., worden waar ze te pas komen, nader aangegeven.

§ 39. **Afdekking en afwerking.** De muren moeten van boven afgedekt worden tot beveiliging tegen inwatering. In 't algemeen geschiedt de afdekking met dekzerken van steen, met platen van gietijzer, met rollagen of met vlechtingen en daarachter met aanraseeringen. De dekzerken bekomen een dikte van 0,15 à 0,40 tot zelfs 1,00 M., voor gewoon en eenvoudig werk veelal 0,15 à 0,30 M.; hierbij verkrijgen de dekzerken in den regel slechts van boven een schuinen kant, en worden niet nader geprofileerd; zij worden aan de voorzijde gelijk gewerkt met het voorvlak der muren of steken daarbuiten 3 tot 5 centimeter uit. Voor netter werk bekomen de dekzerken profielen; zij vormen dan een lijst, in den regel met bijvoeging van kleinere stukken hardsteen of consoles; zulke lijsten moeten een degelijk en krachtig aanzien verkrijgen; de te scherpe hoeken moeten zooveel doenlijk vermeden worden om beschadiging te voorkomen. Tot overzicht zijn op Pl. 9 fig. 9, eenige dekzerken zonder en met lijsten voorgesteld.

De breedte der dekzerken wisselt af van 0,30 tot 1,20 M. en meer; veeltijds bedraagt zij 0,50 à 1,00 M.

De dekzerken worden, of koud tegen elkander gelegd, of in elkander gewerkt, hetzij met vischbekken, hetzij met hol en bol, Pl. 9 fig. 10; de voegen worden met sterk tras of met portland-cement volgewerkt; de dekzerken worden goed in de specie gelegd of ondermetseld en soms met doken, lang 0,25 à 0,40 M., aan elkander en veeltijds met ijzeren ankers en schieters aan het

metselwerk verbonden, dat zeer raadzaam is. Het is zaak de doken te vertinnen of wel ze zóó diep in den hardsteen te laten zinken, dat men ze met een laagje gietlood kan overdekken, dat daarna gefrijnd of bewerkt kan worden als het bovenvlak van de dekzerk.

Komen de dekzerken te liggen op muren, waarvan het bovenvlak helt, dan worden die muren tot de afdekking afgewerkt met horizontale vakken, of wel, onder het beloop der bepaalde helling; deze wordt verkregen door de metselsteenen schuin bij te hakken en ook door een rollaag of een vlechting. In het eerste geval verkrijgen de dekzerken een horizontaal ondervlak en een hellend bovenvlak; zij zijn dus niet overal even hoog, Pl. 9 fig. 11; in het tweede geval zijn ze overal even hoog. Pl. 9 fig. 12.

De borstweringen die, tot veiligheid of ook wel tot versiering, op de landhoofden worden aangebracht, alsmede andere versieringen, portieken, enz. worden in Hoofdstuk XI behandeld.

De gietijzeren platen verkrijgen een dikte van $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ centimeter, en zijn aan de voorzijde van een verticaal deel van dezelfde dikte voorzien, ter hoogte van 0,10 à 0,30 M.; van onder heeft de plaat ruggen om haar de noodige stevigheid te geven, en tevens tot verzekering van het verticaal deel tegen afbreken.

Het is zaak de ruggen niet loodrecht op het voorvlak te maken, maar onder een schieve richting, dan vormen de opvolgende ruggen zwaluwstaarten, die, wanneer ze goed zijn aangemetseld, het verschuiven der platen op het metselwerk tegengaan, Pl. 9 fig. 13. De vaste ligging der platen op het muurwerk wordt bovendien bevorderd door ankers en schieters, dik 2 à $2\frac{1}{2}$ centimeter. De dekplaten zijn soms aan de voorzijde geprofileerd; veel toepassing hebben zij tot afdekking van steenen landhoofden niet gevonden.

Wanneer steenen dekzerken behoorlijk te verkrijgen zijn, dan komen deze in 't algemeen veel verkieslijker voor dan ijzeren platen.

Bij zuinig uitgevoerde werken geschiedt de afdekking wel met rollagen, Pl. 9 fig. 14, wanneer de bovenvlakken der muren horizontaal of slechts weinig hellend zijn, en met vlechtingen, Pl. 9 fig. 15, wanneer die helling sterk begint te worden; op de hoeken komen hardsteenen blokken, of wel, de rollagen en vlechtingen worden op de hoeken rond bewerkt.

Tegenwoordig worden de rollagen nog al dikwijls van boven

en op zijde afgedekt met portland-cement, ter dikte van 1 à 2 centimeter; aan zulke afdekkingen geeft men dan het aanzien van natuurlijken steen.

Over het bovenvlak der vlechtingen komt ook somtijds een laagje portland-cement, van ongeveer 1 centimeter dikte, om het inwateren tegen te gaan.

Voor zoover de bovenvlakken der muren niet op de hiervoor beschreven wijze afgedekt zijn, moet er een aanraseering worden aangebracht; daartoe wordt het muurvlak hellend afgewerkt en goed gedekt met een of twee lagen metselspecie, veelal sterk tras of portland-cement, elke laag dik ruim een halve centimeter; somtijds wordt de laatste met koolteer tweemaal overstreken. Ook geschiedt de afdekking der aanraseering met verglaasde tegels in sterk tras of portland-cement gewerkt; verder maakt men de afdekking wel met asphalt, dik ongeveer 2 centimeter. Ieder der genoemde wijzen van afdekking der aanraseering is goed; zij vorderen allen een zeer zorgvuldige behandeling.

De afwerking der landhoofden moet geschieden in verband met de oplegging en inrichting van den bovenbouw der brug en met de aansluiting aan de wegen. Daarbij komt dus in aanmerking, op welke wijze de bovenbouw op de landhoofden draagt en hoe de aanvullingsgrond nabij den bovenkant der frontmuren wordt tegengehouden, hetzij door: houten stoot- of sluitplaat, houten balk, ijzeren plaat of steenen muur. Het is duidelijk dat de afwerking hier niet in zijn geheel of in zijne bijzonderheden kan behandeld worden; daartoe is de kennis van den bovenbouw en van de belastingen der bruggen noodig. Hier worden slechts enkele eenvoudige gevallen voorgesteld.

Op Pl. 9 fig. 16—19, zijn eenige der constructies gegeven voor kleine eenvoudige balkbruggen voor *gewoon verkeer*. In fig. 16 bestaat de oplegging uit gegoten ijzeren plaatjes, dik 2 à 2½ centimeter, die op een rollaag zijn aangebracht. Er kan ook een doorgaande gegoten ijzeren plaat op de rollaag worden bevestigd tot dracht der liggers; deze constructie is beter dan met plaatjes, maar duurder.

In fig. 17 bestaat de oplegging uit steenen neuten, hoog 0,22 M., breed 0,55 M., lang 0,35 M., daartusschen is een rollaag ge-

metseld, die afwaterend bewerkt is; de neuten worden met ankers bevestigd.

In fig. 18 en 19 zijn hardsteenene zerken, dik 0,20 à 0,25 M., breed 0,60 M., tot dracht der liggers aangebracht; deze zerken worden afwaterend bewerkt en met ankers in en op het metselwerk bevestigd. Ook wordt soms de sluitmuur aan de voorzijde met hardsteen voorzien, als in fig. 19.

De sluitplaten, stootbalken en muren, waartegen de aanaarding steunt, zijn duidelijk in de figuren te zien, zoo ook de afdekking van die platen en balken met de dekken der brug en van den muur met een hardsteen zerk, dik 0,20 à 0,25 M., breed voor licht werk 0,40 M., voor zwaar werk 1,00 M. Deze zerk wordt voor gewoon verkeer tegen het stukrijden met een gesmeed of gegoten stootijzer voorzien. Indien het gesmeed is, Pl. 9 fig. 20, dan bestaat 't uit ijzeren bovenstaven, dik $1\frac{1}{2}$ à 2 centimeter, breed 5 à 8 centimeter, geklonken op ijzeren dwarsstaven van trapeziumvormige doorsnede, breed van onder 7,5, van boven 5,5 centimeter, dik 4 à 5 centimeter. De bovenstaven liggen op onderlinge afstanden van 4 à 6 en de onderste van ongeveer 60 centimeter. Het stootijzer verkrijgt daardoor den vorm van een rooster; de dwarsstaven worden tot aan hun bovenkant in de dekzerk ingelaten en daarin met lood vastgegoten, terwijl de bovenstaven op de zerken dragen. Bovendien worden de stootijzers somtijds nog met dooschroefbouten, gaande door de dwarsijzers, op de dekzerken bevestigd, fig. 20.

Wanneer het stootijzer gegoten is, dan is 't een plaat dik 2 à $2\frac{1}{2}$ centimeter ter breedte van de dekzerk; aan de bovenzijde is de plaat voorzien van groefjes of ribben; aan de onderzijde zijn dwarsijzers vastgegoten, op afstanden van ongeveer 0,60 M. en van dezelfde afmetingen, als bij de gesmede stootijzers is opgegeven; de dwarsijzers worden evenals die der gesmede stootijzers, in de dekzerken ingelaten en vastgegoten.

Op Pl. 9 zijn in de fig. 21—23 eenige der eenvoudige constructies voor de oplegging van zeer kleine balkbruggen voor *spoorwegverkeer* voorgesteld.

Fig. 21 heeft als oplegging een houten dwarsligger zwaar 0,15 bij 0,25 M., bevestigd op rollaag of hardsteen.

Fig. 22 heeft tot oplegging een ijzeren kussen of stoel en heeft een sluit- of stootplaat, aan de liggers met hoekijzers verbonden.

Bij grootere bruggen vorderen de opleggingen voor den bovenbouw bijzondere inrichtingen, welke geschikt moeten zijn, om den druk zooveel doenlijk gelijkmatig op het metselwerk of in 't algemeen op de stof, die den druk moet ontvangen, over te brengen; daartoe behooren:

1°. de hardsteenen kussenblokken, die op het metselwerk of op de hardsteenen onderlagen rusten;

2°. de ijzeren of stalen onder- en bovenkussens of stoelen, met de ijzeren of stalen rollen en assen, alsmede de ijzeren of stalen onderplaten; de onderkussens en platen laat men op hardsteenen kussenblokken dragen, maar soms ook op ijzer of hout.

De kussenblokken moeten minstens 0,15 à 0,30 M. buiten de onderkussens of platen uitsteken, terwijl de onderlagen aan alle zijden 0,20 à 0,75 breeder zijn dan de kussenblokken. De hoogte van deze blokken bedraagt van 0,40 tot 0,80 à 1,00 M.; die der onderlagen 0,40 à 0,75 M.

Voor vele balkbruggen worden de landhoofden afgewerkt als op Pl. 9 fig. 23 is voorgesteld en wel zooals in deze figuur, ingeval het rijvlak nabij den onderkant der hoofdliggers komt, terwijl de sluitmuur hooger en breeder moet zijn, ingeval het rijvlak nabij den bovenkant der hoofdliggers is aangebracht; bij de meer bijzondere behandeling van de opleggingen en den bovenbouw der bruggen, zullen de inrichtingen der landhoofden in verband met de opleggingen, alsmede de onderlagen en kussenblokken, nader ter sprake komen.

Van de schoor-, boog-, scharnier-, hang- of kettingbruggen, alsmede van de steenen bruggen, beweegbare, drijvende bruggen, enz., wordt de inrichting der landhoofden, in verband met den bovenbouw, bij de behandeling van die bruggen aangegeven.

§ 40. **Aanaarding.** Het is zaak de aanaarding der gemetselde landhoofden niet te spoedig na de opmetseling te doen plaats hebben, ten einde aan de landhoofden zoo lang mogelijk tijd te geven om te versteenen. Nadat de stukken hout, puin, enz., achter de muren zijn opgeruimd en de grond daar eenigszins

horizontaal of in horizontale deelen is afgewerkt, geschiedt de aanaarding, even als voor de houten landhoofden is aangegeven, in regelmatige lagen; zij worden eenigszins achterwaarts afwaterend en niet te spoedig op elkander aangebracht, daarbij ook zorgende dat de meest samenhangende aarde het dichtst bij de muren komt en dat iedere laag worde aangestampt.

Modderachtigen grond moet men vóór het gebruik voldoende laten uitdrogen, of anders moet hij, wanneer betere grond tegen dragelijke kosten te verkrijgen is, worden geweerd. Soms wordt, om den druk tegen de landhoofden te verminderen, rijshout of turf achter de landhoofden gewerkt. Deze stoffen zijn tot aanvulling achter de frontmuren, wegens de aanhoudende zakking, niet aan te raden.

De ruimte tusschen de spaar- en andere gewelven wordt, hetzij geheel of zoo ver de wederzijdsche taluds het toelaten, vast aangevuld.

De aanaarding moet verder zoodanig geschieden, dat de wegen geleidelijk aan de landhoofden kunnen sluiten.

De verharding der gewone wegen wordt geregeld doorgevoerd tot aan de brug; somtijds wordt het geheele vlak tusschen de afdekking der vleugels verhard; zijn er trottoirs aanwezig, dan is 't regel, dat het geheele vlak daartusschen verhard wordt.

§ 41. Korte behandeling van geheele landhoofden.

Het komt ons dienstig voor thans nog enkele geheele steenen landhoofden in hoofdtrekken te beschrijven. Daartoe zijn voorgesteld:

Op Pl. 9 fig. 24, een landhoofd van een eenvoudige brug voor gewoon verkeer.

Op Pl. 10 fig. 1—8, het noordelijk landhoofd van de spoorwegbrug over het Hollandsch Diep, gebouwd in 1870 en 1871 door de heeren J. G. van den Bergh als eerstaanwezend Ingenieur en S. J. Vermaes als sectie-Ingenieur. 1)

Op Pl. 10 fig. 9—17 en op Pl. 11 fig. 1 het linkerlandhoofd der spoorwegbrug over de Lek bij Kuilenburg, gebouwd in

1) De constructie en afmetingen van het noordelijk en zuidelijk landhoofd zijn gelijk. In de voorzieningen tegen ontgronding en in de aansluitingen aan de spoorwegdammen is verschil.

1864—1868, door de heeren G. van Diesen, als eerstaanwezend Ingenieur en J. D. Evers, als sectie-Ingenieur.

Op Pl. 11 fig. 2 een scheef landhoofd.

De gegevens voor den bouw van het landhoofd, in fig. 24 voorgesteld, zijn in hoofdzaak de volgende:

De grond nabij den bodem van het kanaal is volstrekt niet zoo vast dat daarop, met voldoende zekerheid tegen zakken, het landhoofd zou kunnen gebouwd worden, hetzij op verbreedend voet van metselwerk, van beton of op een roosterwerk. Het voldoende diep uitgraven of baggeren van de fundamentssleuf, om daardoor den vasten ondergrond te bereiken, is hier aan bezwaren onderhevig; de vastere ondergrond begint 3,5 M. onder den bodem van het kanaal, doch de vastheid neemt niet zeer toe.

Voor ontgronding behoeft weinig vrees te bestaan, omdat de stroom langs het landhoofd zeer gering is en daar ook geen sterke stroom te verwachten is.

Ook is de ondergrond niet zóó slecht dat bijzondere middelen, als: verbreding der fundeering, afheijing met damplanken, gekoppelde of doorgaande fundeeringen, moeten aangewend worden, om verzet van het landhoofd of het in beweging komen van den ondergrond door de aanaarding te voorkomen; wel was de toestand van dien aard, dat een stevige koppeling der fundeeringsjukken zeer gewenscht voorkwam.

De boring toonde aan, dat de ondergrond tot aanmerkelijke diepte bestond uit zand en klei. Het heien der proefpalen gaf een gelijkmatige zakking der palen aan, te beginnen van 5 M. onder den bodem tot meer dan 15 M.

Lange palen waren evenwel zeer moeielijk en met veel tijdverlies te verkrijgen, terwijl palen van 7,5 à 9 M. zeer gemakkelijk te bekomen waren, zoodat tot een paalfundeering besloten werd, waarbij de palen niet staan op den meer gewonen onderlingen afstand van ongeveer 1 M., maar op 0,75 M., om de palen ter lengte van 7,5 à 9 M. te kunnen gebruiken.

De gewone waterstand is 2,65 M. boven den bodem, terwijl de lage waterstand tot 1,50 M. en de hooge tot 3,50 M. boven den bodem kan komen.

De bovenkant van het rijvlak der brug is 5,00 M. boven den

bodem; de brug is breed 7 M. en wijd ongeveer 12 M. Een weg loopt recht door over de brug, terwijl links, zijwegen eenigszins hellende bij de brug aansluiten.

De afmetingen zijn:

Lengte der heipalen voor de fronten	9,00 M.
» » » » » vleugels	7,50 »
Middellijn der heipalen op 1 M. van den kop	0,25 »
» » » » 1 » » de punt	0,14 »
Zwaarte der kespen	0,16 bij 0,25 »
» » kloosterhouten	0,15 » 0,20 »
Dikte van den vloer	0,07 »

De zwaarst belaste palen moeten ongeveer 5000 kilogr. dragen.

De dikte der muren is:

Voor den aanleg der frontmuren	0,44 h of 2,20 M.
» de bovendikte der frontmuren ruim	0,25 h » 1,32 »
verdeeld in 0,66 M. voor de oplegging der brug en	0,66 »
voor den sluitmuur.	

De vleugels hebben bij de aansluiting aan de frontmuren dezelfde afmetingen als deze:

De dikte der vleugels is op de einden:

aanleg	0,33 h of 1,65 M.
boven	0,15 h » 0,77 »

De muren zijn gemetseld in steenen van den Waalvorm, aan de dagzijde van $1\frac{1}{2}$ à 2 steen met ondervoetsklinkers, en het binnenwerk met boerengrauw. Van de fundeering, tot 2 M. erboven, is sterk tras en hooger bastaardtras gebruikt. De hardsteenen hoekblokken zijn lang in den dag 1,00 M., breed in het metselwerk 0,60 M., hoog 0,35 M. De dekzerken bestaan uit stukken ter lengte van ongeveer 2 M.; zij zijn breed 0,66 à 0,75 M., dik 0,20 M. De opleggingen bestaan uit hardsteen, te zamen lang 7,40 M., breed 0,80 M., dik 0,30 M.

De aanvullingsaarde was slechts weinig samenhangend.

Het kanaal was tijdelijk verlegd om de landhoofden te bouwen.

De taluds van het kanaal zijn bij de aansluiting aan het landhoofd eenigszins steil, namelijk 1 op 1; de voet ervan komt nagenoeg overeen met den voorkant van het landhoofd.

De onderstaande opgaven betreffende het noorder landhoofd van de brug over het Hollandsch Diep, zijn ontleend aan het bestek N^o. 411 der Staatsspoorwegen.

Dit landhoofd is geheel in het water gebouwd en heeft een betonfundeering op heipalen.

Het grondvlak der fundeering is een rechthoek; de betonkist bestaat uit aaneengesloten dampalen. Het landhoofd is in gebakken steen opgemetseld en aan de voorvlakken met hardsteen voorzien. Op de boven- en benedeneinden zijn steenen wachtershuisjes gebouwd. De gegevens betreffende waterstanden, enz. zijn:

Hoogst bekende waterstand	3,50 M. + AP. 1)
Gewoon hoog water	1,28 » + »
» laag »	0,72 » + »

De diepte van den bodem vóór het bouwen was, ter plaatse waar het landhoofd moest gemaakt worden, onregelmatig en wisselde af van 6,30 tot 3,40 M. — AP.

De voornaamste hoogten en diepten zijn:

Ondervlak der betonfundeering	7,00 M. — AP.
Koppen der draag- of heipalen	6,25 » — »
Punt » » » »	16,00 » — »
Bovenvlak der betonfundeering	1,00 » — »
Bovenkant der omheijing met dampalen, blijvend.	1,00 » — »
Punt der dampalen	12,00 » — »
Bovenkant der versnijdingen	0,25 » — »
» » omheijing met dampalen tijdelijk of tijdens de uitvoering der betonstorting en de opmetseling van het landhoofd tot ruim 2,00 M. + AP.	2,00 M. + AP.
Benedenvlak van den kordonband	4,75 » + »
Bovenvlak » » »	5,25 » + »
Bovenvlak der kussenblokken	5,95 » + »
Benedenkant der lijst	6,25 » + »
Bovenkant » »	6,85 » + »
Vloer v. d. beganen grond der wachtershuisjes	7,62 » + »
Bovenkant hardsteenen voet	idem . 8,49 » + »
» der kroonlijst	idem . 14,72 » + »

1) Hoogste waterstand te Willemsdorp 30—31 Januari 1877 3,40 M. + AP.

De voornaamste lengten en breedten zijn de volgende:

Lengte der betonkist inwendig	26,70 M.
Breedte » » »	13,50 »

METSSELWERK.	Het rechthoekig gedeelte.		VOORSPRONG.		
	lang	breed	Rechtgedeelte.		Straal der afrondingen.
			lang	breed	
	M.	M.	M.	M.	M.
Op het beton.	21,70	6,35	9,00	2,50	3,00
Ter hoogte van de versnijding	21,19	5,99	9,00	2,50	2,75
Ter hoogte van 4,75 M. + AP.	20,69	5,49	9,00	2,50	2,50
» » » 6,85 » + »	20,54	5,34	—	—	—

Aan de achterzijde is een ruimte gespaard, zooals de teekening aangeeft, lang 7,40 M.

De wachtershuisjes zijn buitenwerks in aanleg, lang en breed 4,80 M.

» » » » boven de versnijding 4,50 »

» » » binnenwerks lang en breed . . 3,84 »

De heipalen, elk lang 18 M., konden van grenen- of dennenhout geleverd worden; middellijn in het midden ten minste 0,32 M. aan de punt 0,23 »

Het aantal heipalen bedraagt 351 stuks; elke paal kan ruim 15000 kilogr. als maximum belasting te dragen hebben.

De dampalen, van vierkant bezaagd grenen- of dennenhout en van messing en groef voorzien, zijn elk lang . . . 14,00 M.

zwaar 0,30 bij 0,30 »

Het metselwerk is van ondervoetsklinters:

In sterk tras van 2 deelen steenkalk en 1 deel tras tot 1,75 M.+ AP.

» » bastaard-trasmortel van 5 deelen steenkalk,

2 deelen zand en 2 deelen tras tot 3,75 » + »

In bastaard-trasmortel van 5 deelen steenkalk,

3 deelen zand en 2 deelen tras tot 6,85 » + »

De metselsteenen zijn van den Waalvorm.

De hardsteen is »petit granit de l'Ourthe''; deze steen is in

dezelfde specie verwerkt als voor het achtermetselwerk is gebruikt, terwijl de voegen van den hardsteen met cementmortel zijn volgewerkt. De meeste der bekleedingssteenen hebben de lengte van gem. omstreeks 1,00 M.; zij steken om de andere laag ongeveer 1,20 of 0,75 M. in het metselwerk en zijn hoog 0,50 M.

De gesmeed ijzeren steenkrammen of doken zijn gegalvaniseerd en vastgegoten tot de hoogte van 3,75 M. + AP. met zuiver portland-cement, daarboven met lood.

Het metselwerk voor de wachtershuisjes is van vlakke klinkers in portland-cementmortel van 1 deel cement en 2 deelen zand.

De steenkalk is waterkalk van Doornik, 3^{de} soort, of van Chaudfontaine, Quinquempoix of Beckum.


De samenstellende deelen van het beton zijn:

- 6 deelen gebluschte waterkalk,
- 5 » zand,
- 7 » tras,
- 18 » stukken, van hard doorbakken steen en van hardsteen, niet grooter dan een hoenderei en niet kleiner dan een duivenei.

Tegen het achtervlak van het landhoofd sluit de spoorwegdam aan; langs het voorvlak en de zijvlakken is een rijzen dwarsdam aangebracht, rustende op een grondstuk. Deze dam sluit met den binnenvoet tegen het landhoofd aan, en is opgetrokken met taluds, aan de binnen- of landhoofdzijden van 1 op 1, aan de rivierzijde van 1½ op 1; de ruimte tusschen het landhoofd en de binnenglooiing van den rijzendam is met steen volgestort.

De volgende mededeelingen betreffende het linkerlandhoofd der spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg, zijn ontleend aan de beschrijving van die brug door de heeren G. van Diesen, J. D. Evers, J. Ruppe van der Voort en J. M. Giesbers, te vinden in het Tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1871—1872.

Het landhoofd bestaat uit een voorgedeelte, dat bestemd is om den bovenbouw te dragen en een achtergedeelte, dat met een kas in en tegen het voorgedeelte is gewerkt, en tot aansluiting dient van het voorgedeelte met de aardebaan.

De grondvorm van het geheele landhoofd is een .

Boven de fundeering, tot 10 M. + AP., is het voorgedeelte stroom op- en afwaarts van spitsbogen voorzien, en aan de dagzijden, onder hellingen van $\frac{1}{20}$ opgetrokken, met hardsteen bekleed. Op die hoogte zijn de spitsbogen ten deele afgedekt, en is het vóórdeel verder te lood opgemetseld, aan de voorzijde recht en op de einden stroom op- en afwaarts volgens eenen halven achthoek. Het achtergedeelte wordt in de beschrijving der brug genoemd »de viaduct», omdat daarin een doorgang gemaakt is; deze doorgang is wijd 4,20 M. en bestemd voor gewoon verkeer ten behoeve der belendende eigendommen; behalve dezen doorgang bevat het achtergedeelte nog twee spaarwelfen, ieder ook ter wijdte van 4,20 M.

De voornaamste gegevens betreffende waterstanden enz., zijn de volgende:

Hoogst bekende waterstand bij ijsgang op 5 Mrt. 1855 7,46 M. + AP.

Hoogste waterstand bij open rivier op 4 April 1845 7,18 » + » 1)

Middelbare rivierstand 3,34 » + »

Laagst bekende waterstand op 1 Februari 1858 1,04 » + »

Diepte van den aanwezigen bodem nabij de plaats

waar het landhoofd moest gebouwd worden, inge-

volge de peilingen van 1862 omstreeks . . . 1,65 » + »

Diepte van de geul daarbij ongeveer 0,65 » + »

De ondergrond is door boringen onderzocht en bevonden gunstig te zijn voor het draagvermogen. Op de diepten van 1 tot 3 Meter beneden het maaiveld, werd bijna overal zeer vast zand geboord, dat op sommige plaatsen min of meer vermengd was met leem. Nergens vond men weeke of slappe gronden.

Ten gevolge van dit gunstig resultaat, zijn de landhoofden en ook de pijlers der brug onmiddellijk op het zand gefundeerd met beton, omsloten door dampalen.

Het voorgedeelte evenwel van het linkerlandhoofd is dieper gefundeerd dan het achtergedeelte, want het eerste heeft meer belasting te dragen, en kan ook meer blootgesteld komen aan mogelijke ontgronding. Tot voorkoming van het nadeel van ongelijke zetting, die gewoonlijk plaats heeft bij muren welke op

1) Hoogste waterstand in 1876 (16 en 17 Maart zonder ijs) 7,06 M. + AP.

ongelijke hoogten gefundeerd zijn, heeft men de twee deelen nagenoeg geheel onafhankelijk van elkander opgetrokken; deze voorzorg is gebleken nuttig te zijn geweest, want al spoedig na het in exploitatie stellen van den spoorweg, is het achtergedeelte 1 à 1½ millimeter gezakt. Hoewel dit deel volgens gedane berekeningen slechts een druk van 2,08 kilogr. per vierk. centimeter op den bodem uitoefent, heeft het toch meer indrukking teweeg gebracht dan het voorgedeelte, waarvan de druk per vierkanten centimeter volgens berekening 3,10 kilogr. moet bedragen. Dit is vermoedelijk gelegen in de mindere vastheid van den zandbodem, waarop het beton van het achtergedeelte is gestort.

Eenige der voornaamste afmetingen zijn de volgende:

a. van het voorgedeelte.

Diepte van de punt der dampalen	9,16 M. — AP.
» » den onderkant der betonlaag	5,16 » — »
Hoogte » » bovenkant » »	1,34 » + »
» » » » van het plint	3,80 » + »
» » » » der hardsteenbolronde lijst, dik 0.70 M.	10,00 » + »
» » » » der hardsteen dekljist dik 1,00 M.	15,47 » + »
» » » » van de spoorstaven bij dit landhoofd	17,30 » + »
» » » » van de borstwering	18,55 » + »
Lengte van de betonlaag langs de voorzijde van punt tot punt.	38,20 M.
Breedte » » » over een lengte van 12,30 M. in de kas, waar de viaduct of het achtergedeelte aan het voorgedeelte sluit	9,80 »
Breedte van de betonlaag aan weerszijden van de kas	14,00 »
» van het metselwerk in de kas:	
in aanleg	6,81 »
op het plint	5,58 »
» 8,85 M. + AP.	5,075 »
» den voorkant van de dekljist	5,44 »

Over de uitgespaarde kas is boven het plint, evenwijdig met den voorkant van het voorste gedeelte van het landhoofd, een

half cirkelvormig gewelf geslagen, ter breedte van 1 M., beschreven met een straal van 6,15 M. Boven dit gewelf is het metselwerk opgetrokken, zoodat het achtervlak aldaar aan het penant van den viaduct grenst.

b. van het achterste gedeelte.

Diepte van de punt der damplanken	1,50 M. — AP.
» » den onderkant der betonlaag	1,00 » + »
Hoogte » » bovenkant » »	3,50 » + »
» » » » » damplanken.	3,50 » + »
Bovenkant van de hardsteenen deklíjst	15,47 » + »
» » » borstwering	18,55 » + »
Lengte van de betonlaag.	24,95 M.
Breedte » » » in de kas	11,60 »
» » » » buiten de kas.	13,40 »
Lengte van de drie voorste penanten voor den door- gang en de spaarwelden, ter hoogte van 4,50 M.	
+ AP	11,40 »
Lengte van het achterste penant, ter hoogte van 4,50 M. + AP.	12,06 »
Breedte, ter hoogte van 5,50 M. tot 10,50 M. + AP.	
van het voorste penant	3,40 »
Breedte van de twee middelpenanten elk	2,00 »
» » het achterste penant.	3,40 »
De dampalen zijn lang 14,00 M., zwaar 0,35 bij 0,35 » en de damplanken » » 5,00 » » 0,10 » 0,30 »	

Beiden zijn voorzien van messing en groef.

De diepte van den rivierbodem in de geul was ontworpen op 1,60 M. — AP, zoodat de punt der dampalen 7,56 M. en de onderkant der betonlaag van het voorste gedeelte van het landhoofd 3,56 M. dieper zijn bepaald dan die bodem. Ingevolge de peilingen van 1865, 1868, 1870 heeft de geul aan de zijde van het landhoofd een diepte bereikt van 1,93 tot 2,33 M. — AP.

Het landhoofd is verzekerd tegen ontgronding:

1°. door zijn diepe fundeering;

2°. door het jaagpad dat er voor langs gaat en dat door een steenglooing en steenstorting verdedigd is.

Het beton bestaat uit:

	LANDHOOFD.	
	Voorgedeelte	Viaduct
	Deelen.	
Doorniksche waterkalk 3 ^{de} soort	6	10
Dortsch tras van Bröhl en Plaidt	7	3
Zand	5	6
Brikstukkenafkomstig van hardgrauw en klinkers	17	12
Gewassen fijn grint	0	6

Het beton van het voorgedeelte moest geheel onder water worden gestort, terwijl dat voor den viaduct in het droge kon worden verwerkt.

Het voorgedeelte van het landhoofd is bekleed met hardsteen, »petit granit de l'Ourthe», van het bovenvlak der betonlaag of 1,34 M. + AP tot 10,00 M. + AP. De steenen in dezelfde laag zijn beurtelings strekken en koppen, zóó dat van buiten het Vlaamsch verband aanwezig is. De afmetingen der steenen zijn:

	Breedte in het metselwerk.	Lengte.	Hoogte.
van de strekken	0,70 M.	1,70 tot 2,28 M.	0,635 M.
» » koppen of patytsche	1,20 tot 1,40 M.	0,85 tot 1,12 »	0,635 »

De patytsche steenen hebben den vorm van een dubbelen zwaluwstaart. De uitstekende boven- en benedeneinden zijn tot 10,75 M. + AP met hardsteen afgedekt. Overigens is het voorgedeelte en nagenoeg de geheele viaduct tot 14,47 M. + AP in gewoon metselwerk opgetrokken, waarover een deklijst ter hoogte van 1 M. en ter breedte van 1,40 tot 1,50 M. is gelegd; de stukken daarvan zijn lang 1,40 tot 1,75 M.

De hardsteen voor iedere oplegging bestaat uit drie blokken, elk lang 3,50 M., dik 1 M., breed 1,07 M.; deze zijn van Escauzijnschen steen geleverd, omdat het ondoenlijk scheen zulke stukken van petit granit de l'Ourthe te kunnen bekomen.

De hardsteen is op zijn groef-leger geplaatst; over 't algemeen zijn de afmetingen van den hardsteen aanzienlijk. Al de metselsteenen zijn van den Waalvorm; er zijn gebruikt:

vlakke klinkers tot het metselen der muren in den dag ter dikte van $1\frac{1}{2}$ à 2 steen, alsmede voor de rollagen;

ondervoetsklinkers voor het binnenwerk van het voorgedeelte van het landhoofd en de borstweringen;

miskleurig hardgrauw voor het binnenwerk van den viaduct.

De metselspecie is:

sterk bastaardtras voor metselwerk beneden 5 M. + AP en voor de rollagen;

bastaardtras boven de hoogte van 5 M. + AP.

Bezijden de dekljst is het landhoofd afgedekt met een rollaag dik 1 steen; daarover zijn gewerkt twee lagen portland-cement-mortel, de onderste dik 1,5 centimeter van 1 deel cement en 2 deelen zand, de bovenste dik 1 centimeter van 1 deel cement en 1 deel zand.

De hellende vlakken of aanraseeringen boven de gewelven zijn afgedekt met een halvesteens rollaag in sterke specie, waarover een laag verglaasde tegels in portland-cement is gemetseld. Tusschen deze vlakken zijn hardsteenen goten aangebracht, waarin zijdelings afwaterende draineerbuizen liggen omringd door grof kiezel.

De metselspecie bestaat uit de volgende deelen:

	Bastaardtras.	Sterk bastaardtras.
Doorniksche waterkalk	5	5
Tras	2	2
Zand	3	2

De voegspecie is zeer stijf bereide mortel, bestaande uit gelijke deelen vette steenkalk, zand en portland-cement; zij is met zeer goed gevolg gebruikt, nadat men ook hier de ondervinding had opgedaan, dat bastaard- of sterk bastaardtras tot voegspecie weinig geschikt is.

Verdere bijzonderheden zijn op Pl. 10 fig. 9—17 en Pl. 11 fig. 1, voldoende duidelijk aangegeven.

Op Pl. 11 fig. 2 is een scheef landhoofd in platten grond en opstand voorgesteld.

De as van den weg maakt een hoek van 60 graden met de richting der waterleiding.

De ontgraving tot nabij den bodem leverde grond van zeer geringen samenhang op; dieper werd de grond vaster, zoodat

op 3 M. onder den bodem door boring goede vaste grond gevonden werd. Bij het opmaken van vergelijkbare begrotingen voor een beton- en paalfundeering naar daarvan gemaakte schetsen, bleken de kosten voor de laatste het geringste te zijn. Daar er eenige stroom langs het landhoofd zal voorkomen, werd aangenomen dat de bovenkant van den fundeeringsvloer 0,40 M. onder den bodem zou liggen, en dat langs de fundeering een lichte voorziening met steen zou worden aangebracht. De afstand van de twee voorste paalrijen onder het front is midden op midden 0,80 M.; overigens is de onderlinge afstand voor de palen ongeveer 1 M.

De jukken der paalfundeering loopen allen evenwijdig aan de as van den weg, terwijl de kloosterhouten en de vloerplaten evenwijdig aan het voorvlak van den frontmuur zijn gelegd.

De afmetingen van het fundeeringshout zijn de volgende:

Lengte der heipalen	6,00 M.
Middellijn der heipalen op 1 M. van den kop, onder het front.	0,25 »
» » » » 1 » » » » de vleugels	0,22 »
» » » » 1 » aan de punt . .	0,13 à 0,15 »
Dwarsafmetingen van de kespen	0,20 bij 0,25 »
» » » vloerplaten	0,07 » 0,30 »
» » » kloosterhouten	0,16 » 0,20 »

De maximum-belasting van een paal onder het front kan 8000 kilogr. bedragen.

De dikte der muren is eenigszins zwaar bepaald, omdat de aanvullingsgrond niet samenhangend was.

Aanleg van den frontmuur en der vleugels nabij

het front	0,44 h of 2,09 M.
Bovendikte van idem	0,30 » » 1,44 »
Aanleg der vleugels nabij hun einden	0,32 » » 1,54 »
Bovendikte van idem	0,16 » » 0,77 »

De hoeken zijn voorzien van hardsteenen blokken, elk hoog 0,36 M., terwijl de frontmuren en de vleugels met hardsteenen zerken, dik 0,15 M., zijn afgedekt.

Het metselwerk bestaat aan de dagzijde ter dikte van $1\frac{1}{2}$ à 2 steen uit ondervoetsklinkers, waarachter boerengrauw gewerkt is, terwijl de metselspecie bestaat uit sterk bastaardtras tot

0,50 M. boven zomerpeil of 2,30 M. boven den vloer, en daar boven uit bastaardtras.

De hardsteen is in portland-cement gewerkt.

De bovenkant van het front is 4,75 M. en die van de einden der vleugels 3,00 M. boven den vloer of gelijk met het maai-veld; de taluds der waterleiding zijn 2 op 1; hun voet ligt 0,60 M. achter dien van het front.

De verdere inrichting is voldoende uit de figuur te zien.

LANDHOOFDEN VAN HOUT EN STEEN, VAN IJZER EN STEEN.

§ 42. **Korte aanwijzing.** De landhoofden van hout en steen onderscheiden zich in hoofdzaak van de houten landhoofden, doordat in plaats van beschoeiingsplanken aan te brengen, waartegen de anaarding drukt, steenen gewelven of steenen muren worden gemetseld, die hun steun tegen de houten palen of stijlen vinden.

Bij de landhoofden van ijzer en steen zijn de stijlen of palen van ijzer, waartegen gemetselde gewelven of muren steunen; de fundeering is hierbij in den regel hoofdzakelijk van hout, hoewel men die ook van ijzer kan maken. Bij beiden is de verankering ten deele hout, ten deele ijzer.

§ 43. **Fundeering.** Op Pl. 11 zijn in de figuren 3—11, 18—21 verschillende fundeeringen voorgesteld, waarvan die in fig. 3—7, 18—21 met dam- of steekplanken voorzien zijn.

In fig. 3 zijn tegen de ingeheide palen breede sloven aangebracht; zij zijn daartegen met inkepingen en voorloeven gewerkt en met schroefbouten dik $2\frac{1}{2}$ centimeter bevestigd; tevens worden ze met houtschroeven dik $2\frac{1}{2}$, lang ongeveer 40 centimeter op eiken klossen gewerkt, die daartoe tegen de palen met tanden diep 7 en schroefbouten dik 3 centimeter zijn aangebracht.

Liggen de sloven der vleugels in hetzelfde vlak als die der fronten, dan zijn zij op de hoeken half en half over elkander geklept. Beter is 't de sloven der vleugels 6 à 12 centimeter hooger te leggen dan die der fronten, dan worden, bij het over elkander kepen, de sloven niet zoo veel verzwakt.

In fig. 4 is tot fundeering een sloof met pen en gat op palen bevestigd en gesteund door schoorpalen, die met borst en lip en doorgaande schroefbouten, dik $2\frac{1}{2}$ centimeter, tegen de sloof worden gewerkt.

In fig. 5 is dezelfde wijze van fundeeren voorgesteld als in fig. 4, met dit verschil, dat de palen waarop de sloof gewerkt is en de stijlen van het opgaande werk, in dezelfde verticaal geplaatst zijn; op de sloof zijn gegoten ijzeren stijlen gesteld met platten voet, al of niet voorzien van verticale zijstukken, die, tot het verkrijgen van een stevigen stand der stijlen, om de sloof vatten. Deze is hier smaller dan in fig. 4, maar moet toch in ieder geval met de dikte der steekplanken de noodige breedte hebben, om daarop de gewelven te laten dragen. Het is duidelijk, dat men in fig. 4 en 5 ook twee sloven met ezelsrug over elkander kan leggen, en met schroefbouten op elkander bevestigen, zooals dit voor de houten landhoofden is aangegeven op Pl. 4 fig. 19.

De fundeering in fig. 6 voorgesteld bestaat uit in den grond geheide palen, die van boven zuiver rond afgewerkt zijn; de gietijzeren stijlen passen juist met een mof om de palen, en gaan dan dadelijk tot den \perp of anderen vorm over. Tegen de zijwanden der ijzeren stijlen, rustende op het overgangsvlak van de mof tot den \perp of anderen vorm, zijn met schroefbouten, dik $2\frac{1}{2}$ centimeter, gegoten ijzeren platen bevestigd. Tot goed verband zijn de platen van zijflenzen voorzien, terwijl ze aan de onderzijde tot vergroo-ting van het draagvermogen met ruggen zijn versterkt, fig. 6^b. De platen, flenzen en ruggen zijn dik $2\frac{1}{2}$ centimeter. De hoogte bedraagt voor de flenzen boven de plaat 20 centimeter, voor de ruggen 10 centimeter. Bij deze constructie dient nauwkeurig gewerkt te worden, om de platen tamelijk zuiver passend tusschen de stijlen te verkrijgen. Op de platen worden de gewelven opgetrokken.

In fig. 7 zijn tot fundeering, palen in den grond geheid, waarover een gegoten ijzeren sloof, breed 35, dik 2 centimeter, is gelegd en bevestigd met schroefbouten, dik $2\frac{1}{2}$ centimeter. Deze sloof bestaat uit een horizontale plaat, aan de onderzijde van opstaande zijwanden voorzien, die de palen omvatten ter hoogte van 15 centimeter; aan de voorzijde steekt de zijwand boven de plaat $7\frac{1}{2}$ centimeter uit tot steun der stijlen. De sloven der vleugels en der fronten worden aan elkander gelascht tusschen twee palen, op de wijze als in fig. 8 is aangegeven.

In fig. 9, 10 en 11 zijn paalfundeeringen voorgesteld, die, vroeger behandeld, hier geene nadere verduidelijking behoeven.

Het is duidelijk dat de afmetingen van het hout en de overige deelen der fundeering voor elk geval in het bijzonder bepaald moeten worden. — De palen kunnen een lengte bekomen van 3,5 à 4 M. tot 14 à 15 M. en meer, en dwarsafmetingen afhankelijk van de lengte op 1 M. van den kop, van 0,23 tot 0,40 M. en aan de punt 0,12 à 0,20 M.; de houten sloven moeten in elk geval zoo hoog zijn, dat daarin de fundeeringpalen en waar het noodig is, de stijlen met zware pennen en schuine borsten kunnen worden gewerkt; de breedte der sloven moet minstens zóó zijn, dat het gewelf of de opgaande muren op de sloof en de steek- of damplanken kunnen dragen.

In gewone gevallen zal men dikwijls kunnen volstaan met palen van 5 à 7 M., dik op 1 M. van den kop 0,25 à 0,30 M. en met sloven ter breedte van 0,28 à 0,32 M. en ter hoogte van 0,18 à 0,25 M.

Het hout voor de palen, sloven, enz. kan dennen of grenen zijn, waar het altijd onder water blijft; komt het hout nu en dan boven water, zoodat men voor spoedige verrotting vreest, dan moet 't gecreosoteerd of, wat meer regel is, eikenhout gebruikt worden. Het fundeerings-paalhout is rond, of vierkant beslagen. De sloven zouden ook vierkant beslagen kunnen worden verwerkt; maar dit heeft zelden plaats; zij zijn bijna altijd vierkant bezaagd.

§ 44. **Opbouw.** De opbouw bestaat voor al de constructies, zooals reeds is gebleken, uit palen of stijlen, en metselwerk

dat den zijdelingschen druk van de aanaarding op de stijlen overbrengt.

De opgaande palen en houten stijlen zijn hier te lande soms van gecreosoteerd dennen- of grenen-, maar meestal van eikenhout. In Indië zou voor dit hout en voor dat in de vorige § genoemd voor gewone werken djattihout genomen worden. De palen en stijlen kunnen zijn vierkant beslagen of bezaagd. IJzeren stijlen zijn meestal gegoten; zij kunnen de doorsnede hebben in fig. 12, 13, 14, 18 en 20 op Pl. 11 voorgesteld; die van fig. 12 komt vol of hol in de provincie Groningen het meeste voor; fig. 14 kan als de beste vorm worden beschouwd; tot verband der opgaande beenen, zijn horizontale ruggen dik 2 centimeter op onderlingen afstand van 0,60 à 0,80 M. aangebracht; het versterken met zulke ruggen is ook doelmatig bij den \perp en den kruisvorm. De hoekstijlen worden gewoonlijk sterker gemaakt dan de tusschenstijlen, en kunnen een doorsnede hebben als op Pl. 11, in de fig. 6^a, 7 en 9 is voorgesteld. De stijlen, zonder ruggen, kunnen ook van gewalst ijzer zijn.

In fig. 3, Pl. 11, gaan de houten palen in één stuk door tot aan de bovensloof.

Op Pl. 11 zijn in fig. 4 de bovenpalen of stijlen, die in verband met de onderpalen verspringen, met pen en gat in de sloof gewerkt, terwijl ze in fig. 10 en 11 met vol hout en een schuine lip in de sloof worden gesteld, welke tevens den dienst van klooster- en schuifhout verricht. De houten palen of stijlen worden afgedekt met houten sloven, die bij een opbouw met gewelven zoo breed zijn, dat ze van boven genoegzaam over het muurwerk reiken, om een behoorlijke afsluiting voor de aanaarding te kunnen verkrijgen. Op deze sloof komen de liggers, alsmede de sluitplaat of stootbalk te dragen.

De stijlen met moffen voor den opbouw, op Pl. 11 fig. 6, aangegeven, zijn reeds in de voorgaande § bij de fundeering behandeld.

In den regel echter hebben de gegoten ijzeren stijlen *van onder* een platten voet, Pl. 11 fig. 5, waarmede ze op de fundeering rusten en waardoor ze met schroefbouten daaraan bevestigd worden. Gewoonlijk steunen de stijlen met den voet tegen

een opstaanden rand of tegen een schuifhout, Pl. 11 fig. 7, 8 en 9. Van boven zijn de stijlen ook van een plat gedeelte voorzien, waarop een doorgaande gesmede of gegoten ijzeren plaat, tot koppeling der stijlen, met schroefbouten wordt verbonden; hierop komen de liggers te rusten, Pl. 11 fig. 15; de plaat steekt somtijds voldoende buiten de stijlen uit, om langs de voorzijde hiervan een hoekijzer te laten gaan, dat aan de stijlen, de plaat en de liggers is vastgeklonken of geschroefd, Pl. 11 fig. 16. Ook legt men, tot dracht der liggers, op de stijlen een gegoten ijzeren sloof van den Γ vorm, die door schroefbouten aan de stijlen wordt verbonden, Pl. 11 fig. 18, 19, 20.

Langs de koppen der liggers gaat een sluitplaat, die daaraan met hoekijzers door schroef- of klinkbouten verbonden is.

In plaats van een gesmede horizontale plaat en dito sluitplaat, kan ook een gegoten ijzeren plaat over de stijlen bevestigd worden, hebbende de doorsnede van een groot hoekijzer of

Γ ijzer, versterkt met ruggen, Pl. 11 fig. 17.

De stijlen moeten zoo sterk bepaald worden, dat zij slechts zeer weinig kunnen doorbuigen. Hun onderlinge afstand varieert gewoonlijk van 1 tot 1,50 M.; enkele malen is hij 2,00 M. Voor hoogten van 3 à 4 M. en gewonen aanaardingsgrond, zullen de stijlen, op onderlingen afstand van 1,50 M. geplaatst, ongeveer de afmetingen kunnen bekomen, welke in de fig. 3—7 en 10—14 zijn voorgesteld. De stijlen moeten een zeer vasten stand verkrijgen, waartoe de na te melden verankering dienst doet.

Bij den opbouw met metselwerk onderscheidt men twee constructies, namelijk: bogen of gewelven en lichte muren, beiden van gebakken steen.

De gewelven vinden, hier te lande, de meeste toepassing, stijlen en lichte muren vindt men hier voor bruggenbouw zeer zeldzaam. Bij beiden is de dikte van het metselwerk afhankelijk van den afstand der steunpunten of stijlen, de hoogte van de aanaarding en van den aanaardingsgrond, en bij de gewelven nog van den pijl, dien men er aan geeft en die meestal $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ der koorde bedraagt.

Voor gewonen goeden aanvullingsgrond, bij een onderlingen afstand der steunpunten van 1,5 à 1 M. en hoogten van 1 à 2,5 M., behoeft de dikte der gewelven slechts een halve steen te zijn. Voor grootere hoogte of slechten aanvullingsgrond kan men van *onder* tot zekere hoogte gewelven van 1 tot $1\frac{1}{2}$ steen nemen en van *boven* van mindere dikte.

Voor gewelven ter dikte van $\frac{1}{2}$ steen bezigt men het halvesteens verband. Voor gewelven van 1 steen dikte kan men de lengte der steenen in de richting van de dikte der muren plaatsen, zoodat men in de dagzijden alle koppen ziet, die in verband verspringen; ook kan voor deze gewelven en nog dikkere het kruisverband gevolgd worden.

Wanneer men in plaats van gewelven lichte rechte muren bouwt, dan verkrijgen deze — bij een afstand der stijlen van 1 M., een hoogte van 2 à 4 M. en gewoon goeden aanvullingsgrond — een onderdikte van ongeveer $\frac{1}{3}$ der hoogte en een bovendikte van minstens 1 steen. De muur is gewoonlijk wat teruggetrokken, zoodat de stijlen eenige centimeters buiten de dagzijden der muren steken.

Het kruisverband kan voor deze muren worden toegepast.

Het is zaak het metselwerk achter de palen of stijlen te laten doorgaan, ten einde deze tegen bederf ten gevolge van de aanaarding, te beveiligen. — Het metselwerk wordt in den regel aan de achterzijde goed beraapt. De steenen kunnen zijn klinkers of ondervoetsklinkers; de metselspecie zal veelal sterk bastaardtras kunnen zijn.

Het is duidelijk dat, in plaats van de gewelven en de lichte muren, cementsteen kan worden gebruikt.

§ 45. Verankering. Hier is van toepassing het verhandelde betreffende de verankering van de houten landhoofden met de opmerking evenwel, dat hier de stijlen of palen nog vaster moeten staan, dus minder kans moeten toelaten van verzetting dan bij de houten landhoofden, zoodat de verankering en de middelen die verzetting en doorbuiging der stijlen tegengaan, eenigszins op ruime schaal moeten worden aangebracht. In den regel gebruikt men bij deze constructie gesmeed ijzeren ankers

van omstreeks 3 centimeter middellijn. Door de figuren 3, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14 en 21, Pl. 11, in verband met het vroeger gezegde, betreffende de verankering is deze genoegzaam toegelicht.

§ 46. **Afwerking.** Bij den opbouw, § 44, is reeds aangegeven, op welke wijze het front van boven wordt afgewerkt, tot ontvangst der liggers en tevens, hoe daar door middel van stootbalk of sluitplaat, de aanaarding wordt tegengehouden. Het is duidelijk dat de vleugels zoodanig moeten zijn ingericht, dat de aansluiting van de taluds of boorden der waterleiding, van het kanaal, enz., alsmede die der wegen doelmatig kan geschieden. De opgegeven vormen der landhoofden, Pl. 1, geven daartoe alle gelegenheid.

De afdekking van ieder der vleugels kan geschieden bij houten stijlen, door middel van een houten of gegoten ijzeren sloof; en bij ijzeren stijlen wordt altijd een gegoten ijzeren sloof gebruikt, die met schroefbouten aan de stijlen wordt bevestigd. De fig. 3, 9 en 21, Pl. 11, geven van die afdekking voldoende aanwijzing. Het hoofdzakelijke der constructie behoeft geen aanmerkelijke wijziging te ondergaan, wanneer de bovenkant der vleugels sterk helt, zoodat dit geval niet nader behoeft behandeld te worden.

§ 47. **Uitgevoerde constructies.** Op Pl. 11 fig. 21, is een constructie voorgesteld, die in de provincie Groningen, somtijds met eenige wijziging, een tamelijk uitgebreide toepassing vindt.

De afmetingen zijn ongeveer de volgende:

Dikte der verticale- en schoorpalen op 1 M. van den kop	0,24 à 0,28 M.
Idem aan de punt	0,12 » 0,16 »
Lengte dezer palen	4,00 » 5,00 »
Onderlinge afstand dezer palen	1,25 » 1,50 »
Dikte der ankerpalen op 1 M. van den kop	0,25 »
Lengte dezer palen	4,00 »
Dikte der steek- of damplanken	0,05 » 0,07 »
Lengte » » » »	2,50 » 3,00 »
Dwarsafmetingen der koppel- of kruishouten	0,20 bij 0,20 »

Dwarsafmetingen der watersloven van de fronten	0,20bij0,30 M.
» » » » vleugels	0,15 » 0,30 »
Grootste dwarsafmeting der gegoten ijzeren stijlen	0,15 à 0,20 »
IJzerdikte der holle » » »	0,02 » 0,025 »
» » gegoten ijzeren plaat tot dekking der stijlen	0,015»0,02 »
IJzerdikte der gegoten ijzeren sluitplaat	0,015»0,02 »
Dikte der gewelven, een halve steen of	0,11 »
Dikte der ankers.	0.03 »

Op Pl. 11 fig. 18—20, is de brug voorgesteld, gebouwd in 1864, over den mond der spoorweghaven te Alkmaar.

Dwarsafmetingen der vierkant beslagen eiken palen van de fronten op 1 M. van den kop	0,34bij0,34 M.
idem idem idem aan de punt	0,16 » 0,16 »
Lengte dezer palen	8,00 »
Dwarsafmetingen der vierkant beslagen eiken schoor- palen van de fronten gemiddeld	0,22 »
Lengte dezer palen	8,00 »
Dwarsafmetingen der vierkant beslagen eiken palen van de vleugels tot op 3 M. van den kop	0,25» 0,20 »
idem idem idem aan de punt	0,16» 0,10 »
Lengte dezer palen	10,00 »
Dwarsafmetingen der vierkant beslagen eiken palen geheid tot veiligheid tegen het aanvaren gemidd.	0,22» 0,22 »
Lengte dezer palen	10,00 »
Dwarsafmetingen der meskant bezaagde eiken sloven van de vleugels	0,25 » 0,25 »
Eiken beschoeiingsplanken dik	0,05 »
Bezaagde grenen steekplanken elk	0,30 » 0,05 »
» » » » lang	4,00 »
» » gording	0,20 » 0,15 »
Beslagen eiken koppelhouten of ankerkruisen en ankerpalen	0,18 » 0,16 »
IJzerdikte der gegoten stijlen	0,03 »
Middellijn der gesmeed ijzeren ankers	0,025»
Dikte van het metselwerk van vlakke IJsel-klinkers	

in sterk tras, bestaande uit twee rollagen
 en een klamplaag, tusschen de gegoten ijzeren
 stijlen aangebracht 0,20 M. 1)

AANSLUITING VAN DE TALUDS AAN DE LANDHOOFDEN.

§ 48. **Korte aanwijzing.** De aansluiting van de taluds der omgeving, hetzij kanaal, weg, of iets anders aan de landhoofden moet zoodanig geschieden, dat de taluds niet afschuiven, door den stroom niet uitschuren of op andere wijze niet belangrijk worden benadeeld.

De taluds verkrijgen in den regel bekleedingen of voorzieningen, om bestand te zijn tegen de daarop werkende krachten en andere invloeden, en om tevens daardoor somtijds de vleugels te kunnen bekorten tot vermindering der aanlegkosten. De voorzieningen worden belangrijker, naarmate de taluds steiler zijn, de grond minder samenhang heeft en de vermoedelijke aanval van stroom, ijs, enz. sterker zal zijn.

§ 49. **Talud voorzieningen.** De voorzieningen, die men het meest toepast, zijn: bezoding, rijsbeslag, steenbezetting op rijsbeslag, steenbekleedingen, pakbermen en vleugelbeschoeiingen.

a. *Bezoding.* In zeer gewone gevallen, wanneer de taluds niet steiler dan $1\frac{1}{2}$ à 1 op 1 en daarbij weinig blootgesteld zijn, wordt de gewone bezoding toegepast. Somtijds gebruikt men wel eens blokzoden tot het opzetten van steile taluds over geringe lengte.

b. *Rijsbeslag* op de gewone wijze geconstrueerd met een aanvulling tusschen de tuinen van goeden kleigrond, van puin, grint of steenstukken; het geheele rijsbeslag met de aanvulling tusschen de tuinen, hoog 0,25 à 0,35 M.

c. *Steenbezetting op rijsbeslag.* Op het rijsbeslag kan zware steen gezet worden, hetzij tusschen de tuinen, hetzij over de

1) Voor meer bijzonderheden zie men Bestek n^o. 90 der Staatsspoorwegen.

tuinen heen. Alle holten worden behoorlijk met kleine en groote steenen aangevuld, ter hoogte van 0,20 à 0,40 M.

d. *Steenbekleding*. Deze kan bestaan uit gebakken steen, kunststeen of natuurlijken steen; somtijds worden aan den voet van de glooing of het talud, op onderlinge afstanden van 1 à 2 M., paaltjes geheid van 1,5 à 2 M. lengte, waarachter een plank of een schot wordt gespijkerd; hiertegen steunende wordt de steenbekleding gewerkt op het talud van 2 à $1\frac{1}{2}$ op 1 en wel:

1°. Met gebakken steen in half steens verband, regelmatig en goed sluitende met of zonder platte onderlagen, doch zonder metselspecie;

2°. Met gebakken steen met of zonder platte onderlagen, doch behoorlijk gemetseld in slap bastaardtras of andere trasspecie; daarbij kan het talud 2 à 1 op 1 zijn.

3°. Met platen, kunst- of cementsteen, dik 10 centimeter goed sluitend en de naden gedicht met portland cementspecie, op een laag goede klei of puin, talud 2 à 1 op 1.

4°. Met basaltsteen of anderen natuurlijken steen, als: Vilverdsche, Noordsche, Drentsche, Doorniksche, Escauzijsche, enz. ter hoogte van 0,20 à 0,30 tot 0,50 M., met onderlagen van briksteen en puin dik 0,12 à 0,20 M. op een laag goede klei, al of niet voorzien van krammat. Bij de aanwending van zulken steen kan men bijna iedere helling aan het talud geven. Men moet daarbij toch voorzichtig zijn en de helling der taluds eer aan de flauwe, dan aan de steile zijde bepalen. Veelal maakt men de taluds niet steiler dan 1 à $\frac{1}{2}$ op 1; hoewel men door goede zorgvuldige uitvoering veel steiler taluds kan maken, maar dan gaan de voorzieningen over in bekleedingsmuren of steunmuren. Bij een en ander moet steeds gezorgd worden dat de voet tegen ontgroning en verschuiving verzekerd is.

e. *Pakbermen*. Deze worden in den regel gemaakt tot bekorting van de houten of gemetselde vleugels; zij worden gewoonlijk, waar zij tegen de vleugels sluiten, steil opgezet en verder van de vleugels verwijderd, komen ze onder flauwer talud om de aarden glooingen er tegen te laten aansluiten. Voor zoover de pakbermen steeds onder water blijven, waar geen paalworm aanwēzig is en waar het op waterdichtheid langs de muren niet

aankomt, bestaat tegen de aanwending geen bijzonder bezwaar; zij geven dan een genoegzaam sterke taludvoorziening tegen billijken prijs. Waar paalworm aanwezig is, moeten ze geheel achterwege blijven. Maken de landhoofden der brug een deel eener waterkeering uit, dan moet men ook zeer voorzichtig zijn met het gebruik maken van pakbermen, wegens de noodige dichtheid langs de muren. Boven water zijn de pakbermen bij bruggen veelal niet zeer aan te raden, ten eerste, omdat ze boven water meestal niet lang duren, en ten tweede, omdat ze nog al dikwijls aan het werk een onsierlijk voorkomen geven.

Voor meer bijzonderheden betreffende de constructie der taludvoorzieningen, raadplege men Afdeling VIII. *Rijswerken, Steenglooingen, Paalwerken.*

f. *Vleugelbeschoeiingen.* Deze worden even als de pakbermen toegepast tot bekorting der vleugels. Men kan ze nagenoeg in iedere richting aanbrengeu. Het gebruik van houten beschoeiingen *boven* water is bij steenen landhoofden niet zeer aan te bevelen, omdat ze veel spoediger moeten vernieuwd worden dan deze, en omdat de samenvoeging van metselwerk en houten beschoeiingen niet wel staat. Maar houten vleugelbeschoeiingen, die steeds *onder* water blijven, zijn tegen matigen prijs zeer geschikt te maken tot verkorting van gemetselde vleugels. De palen worden zeer ter steek geheid b. v. onder $\frac{1}{3}$ op 1; daarachter komen de beschoeiingsplanken en over de koppen der palen wordt een houten plaat of sloof gewerkt. Dikwijls zal dan de beschoeiing zonder ankers kunnen bestaan; of het raadzaam is wél ankers aan te brengen, zal in elk bijzonder geval moeten beoordeeld worden. Ook worden bij deze vleugelbeschoeiingen wel schoren aan de dagzijde tegen de palen aangebracht, zooals op Pl. 4 fig. 14 en 15 is voorgesteld.

HOOFDSTUK II.

JUKKEN EN PIJLERS.

§ 50. **Algemeene omschrijving.** Behalve de landhoofden dienen de jukken en pijlers tot ondersteuning van den bovenbouw der brug. Zij worden gebouwd om de brug goedkooper of soms mogelijk te maken, wanneer een enkele overspanning of opening te groot zou worden.

De jukken zijn van hout of van ijzer; zij bestaan gewoonlijk uit eenige afzonderlijke palen of stijlen, die, in rechte lijn geplaatst, hun steun in den grond of op een daartoe gemaakte houten of steenen fundeering vinden; van boven zijn de palen of stijlen aan elkander verbonden of afgedekt met een balk of sloof, waarop gewoonlijk de bovenbouw komt te dragen.

De jukken worden in den regel gebouwd voor bruggen met betrekkelijk kleine openingen, b. v. van 4 tot ongeveer 10 M.; zij kunnen evenwel ook voor bruggen met veel grooter openingen gebouwd worden; veelal gebruikt men voor bruggen met houten liggers houten jukken, voor bruggen met ijzeren liggers ijzeren jukken.

De pijlers vormen dikwijls een massief geheel van metselwerk of van metselwerk en beton, waarbij de buitenzijden veelal door natuurlijke steen of door ijzer tegen beschadiging verzekerd zijn; ook worden er evenwel veel pijlers gebouwd, die uit twee of meer lichtere pijlers of uit cilinders of kokers bestaan, welke tot het vormen van een *geheel* behoorlijk aan elkander gekoppeld zijn. Soms rusten die cilinders of kokers op een gemeenschappelijk steenen voetstuk.

Voor viaducten en hooge bruggen bouwt men somtijds pijlers, bestaande uit stijlen, kruisen en gordingen, somtijds van hout, doch meer van gegoten of gesmeed ijzer; deze pijlers zijn niet massief maar open gewerkt. Zij rusten gewoonlijk op een voetstuk van metselwerk of van metselwerk en beton, dat van geringe maar ook van aanzienlijke hoogte kan zijn.

§ 51. **Onderscheiding der jukken.** De jukken kunnen, naar de bouwstoffen en inrichting, als volgt onderscheiden worden:

- 1°. Eenvoudige houten jukken.
- 2°. Samengestelde houten jukken.
- 3°. Houten jukken op houten fundeering.
- 4°. Houten jukken op steenen fundeering.
- 5°. IJzeren jukken.
- 6°. IJzeren jukken op houten fundeering.
- 7°. IJzeren jukken op steenen fundeering.
- 8°. Schroefpaaljukken.
- 9°. IJzeren jukken van palen met breede voetplaat.

§ 52. **Eenvoudige houten jukken.** Deze bestaan uit in den grond geheide palen, waarover met pen en gat en schuine borsten de sloof is gewerkt. De palen zijn al of niet onderling gekoppeld door middel van gordingen en al of niet tegen schranken verzekerd door kruishouten. De palen worden gewoonlijk ter steek geheid, namelijk de uiterste onder een helling van $\frac{1}{3}$ à $\frac{1}{5}$ op 1, en naar het midden achtervolgens steiler. Het aantal palen wisselt af van twee voor jukken gewoonlijk van smalle bruggen, tot zeven of acht en meer voor jukken van tamelijk breede bruggen. Veeltijds zal men met vijf of zes palen in een juk kunnen volstaan. Het is duidelijk dat het aantal palen in hoofdzaak afhankelijk is van de belasting, die de jukken te dragen hebben, en van den weerstand dien elken paal kan bieden, zoodat voor ieder geval, na kennis van den ondergrond, het aantal palen en de afmetingen ervan worden vastgesteld.

Op Pl. 12 stellen de figuren 1, 2, 3, 4 eenvoudige jukken voor, waaruit de inrichting in 't algemeen voldoende blijkt. De gordingen en kruishouten worden alleen om de palen gekeept of met voorloeven en inkepingen om de palen gewerkt. In den regel zijn ze bovendien met doorgaande schroefbouten van $1\frac{1}{2}$ a $2\frac{1}{2}$ centimeter middellijn aan de palen bevestigd. De constructie met voorloeven zonder of met geringe inkeping van de palen komt, in 't algemeen, het verkieslijkst voor. Soms zijn de kruishouten aan de sloof op dezelfde wijze als aan de palen verbonden, maar ook worden ze wel met een tand in en verder

met een lip tegen de sloof gewerkt en daaraan bevestigd met doorgaande schroefbouten.

Zijn de jukken aan de werking van ijs blootgesteld, dan worden ze veeltijds van laagwater tot de hoogte, waarop de werking van het ijs kan plaats hebben, met planken bespijkerd; de planken blijven enkele centimeters van elkander verwijderd, of sluiten op elkander, Pl. 12 fig. 3, 4.

Kunnen opwaarts werkende krachten of betrekkelijk aanzienlijke trillingen op de brug werken, dan is het zaak de sloven, behalve met pen en gat, nog met ijzeren beugels en schroefbouten of op andere wijze, op de palen te bevestigen, zooals dat reeds bij de landhoofden, § 13, bladz. 20, is omschreven en in de figuren 6 en 14—16, op Pl. 3, is aangegeven.

Tot verzekering van den vasten stand worden ook wel twee jukken naast elkander geplaatst, voorzien van gordingen, waartusschen damplanken zijn geslagen. Eerst heit men de palen van een juk en voorziet dit op laagwater, of zoo weinig mogelijk daarboven, met een gording; hierlangs slaat men damplanken, die stevig tegen de gording worden gespijkerd en met den bovenkant gelijk met den bovenkant der gording komen. Tegen de damplanken brengt men een tweede gording aan in hoogte gelijk met de eerste, zoodat de koppen der planken tusschen de twee gordingen zijn begrepen. Langs de tweede gording worden de palen van het tweede juk geheid en met horizontale beugels, zwaar $1\frac{1}{2}$ bij 6 centimeter, alsmede met schroefbouten, aan de gordingen bevestigd. Bovendien gaan door de jukpalen, gordingen en damplanken, schroefbouten van $2\frac{1}{2}$ centimeter middellijn, die de beide jukken nader aan elkander verbinden, Pl. 12 fig. 5. Van boven is ieder juk met een sloof afgedekt, waarop koppelhouten zijn gewerkt tot oplegging der liggers.

§ 53. Samengestelde houten jukken. Deze bestaan uit twee of meer jukken, die op elkander gesteld en onderling verbonden zijn. Zij worden toegepast ingeval de eenvoudige jukken niet toereikend zijn, en ook wel, om het onderste juk steeds onder water te kunnen houden, waardoor het weinig aan verrotting blootgesteld en veel duurzamer is dan de deelen, die

afwisselend in en uit het water komen en ook duurzamer dan die welke steeds boven water blijven.

Op Pl. 12 stelt fig. 6 een samengesteld juk voor; het onderjuk is afgedekt met een sloof en daarop komt een tweede sloof, waarin de stijlen van het bovenjuk zijn ingelaten. De twee sloven zijn met een ezelsrug op elkander gewerkt, bovendien zijn blokjes hout of sleutelstukken tusschen de twee sloven ingelaten en de sloven met doorgaande schroefbouten aan elkander verbonden.

Op Pl. 12 stellen de figuren 7, 8 en 9 deelen van samengestelde jukken voor, en wel:

Fig. 7 met twee sloven ten deele als gordingen aangebracht, vattende om de zware pennen der onderste palen. De palen van het bovenjuk staan ten deele met vol hout en verder met een zware pen tusschen de genoemde sloven en verspringen met de onderste palen.

Fig. 8 met een sloof over de palen van het onderjuk, waarop ook de palen van het bovenjuk zijn gesteld en daaraan nader verbonden met omgaande gesmeed ijzeren beugels.

Fig. 9 met een sloof, die met pen en gat en bovendien met hoekijzers en schroefbouten over de onderste palen is gewerkt; op die sloof zijn gegoten ijzeren schoenen met schroefbouten bevestigd, waarin de palen of stijlen van het bovenjuk zijn geplaatst. Het is duidelijk, dat, zoo noodig, het verband der onder- en bovenpalen met de sloven overal met gegoten ijzeren schoenen kan worden verkregen of versterkt, zooals fig. 10 op Pl. 12 aangeeft.

Welke der hierboven genoemde constructies te verkiezen is, moet voor elk geval in het bijzonder beoordeeld worden. Uit een oogpunt van sterkte is het gebruik van twee sloven aan te bevelen, hoewel toch ook zeer sterk werk kan gemaakt worden met één sloof en de noodige ijzervoorziening.

§ 54. **Houten jukken op houten fundeering.** De fundeering kan zijn enkel een houten sloof, of wel een sloof ondersteund door palen en dus een juk; in dit laatste geval verkrijgt men alzoo een samengesteld juk, waarvan het onderste deel alleen dient tot fundeering van het bovenste.

De fig. 11—15 Pl. 12 stellen zulke jukken voor. In Amerika zijn bij den spoorwegbouw veel van deze jukken uitgevoerd, voornamelijk, zooals in fig. 14 en 15 zijn aangegeven.

§ 55. **Houten jukken op steenen fundeering.** Soms worden houten jukken op steenen fundeeringen geplaatst met het doel, de fundeering duurzamer te maken. Zulke fundeeringen zijn voetingen van beton of wel muren, waarop de jukken gesteld worden, hetzij met behulp van gesmeed ijzeren doken of beter van gegoten ijzeren schoenen, die met schroefbouten, voorzien van doken, op de dekzerken of op het metselwerk bevestigd worden, Pl. 12 fig. 16.

§ 56. **Afmetingen en andere opgaven betreffende houten jukken.** De hoogte der jukken boven den bodem der rivier of den grond, is afhankelijk van de hoogte, waarop de brug komt te liggen.

Eenvoudige jukken zijn veelal hoog boven den grond 2 tot 6 M., maar zij kunnen ook 10 M. bedragen en nog meer.

Samengestelde jukken verkrijgen meermalen een hoogte boven den grond van 6 tot 12 M., maar kunnen ook 15 tot 18 M. en zelfs nog hooger zijn.

Jukken op houten of steenen fundeeringen bouwt men van enkele Meters tot 20 M. hoogte.

Die zeer hoge jukken komen in den regel alleen in bergstreken voor en voornamelijk in Amerika. In den Central Pacific, in den Philadelphia en Reading, in den Louisville, Cincinnati & Lexington spoorweg en meer andere Amerikaansche spoorwegen vindt men merkwaardige voorbeelden van hooge en zuinig gebouwde houten jukken; tot behoud van hunnen verticalen stand, moeten ze, behalve door de liggers der bruggen, nog onderling om de 3 à 5 M. hoogte gekoppeld worden met koppelhouten of gordingen. Ook brengt men soms van het eene tot het andere juk kruishouten aan. Het is duidelijk, dat deze gordingen en kruishouten buiten het gebied van het afstroomend water moeten blijven. Die zeer hoge jukken worden evenwel in den regel gebouwd tot het overbruggen van laagten

of ravijnen, alzoo tot het maken van viaducten, waar het afstroomend water slechts tot betrekkelijk geringe hoogte stijgt en daar is dus de voorwaarde, om met de gordingen of kruishouten boven dat water te blijven zonder bezwaar.

De afmetingen der palen voor de eenvoudige jukken en veeltijds ook der palen en stijlen van de samengestelde jukken, zijn overeenkomstig de palen bij de houten landhoofden beschreven. Men neemt de stijlen evenwel van boven ook iets lichter.

Voor de jukken op houten fundeering zijn de fundeeringspalen bijna altijd van rond hout of boschkant beslagen, terwijl de stijlen der jukken, vierkant beslagen of bezaagd, meermalen in verhouding der lengte lichter zijn, dan de vroeger bij de houten landhoofden opgegeven afmetingen der palen.

De afmetingen der sloven kunnen gelijk zijn aan die bij de landhoofden beschreven of opgegeven.

Gewoonlijk is het hout der palen en sloven van de jukken van dezelfde soort, als dat wat voor de landhoofden gebruikt wordt. De gordingen en kruishouten zijn veelal vierkant bezaagd, soms ook vierkant beslagen en van gelijksoortig hout als dat der palen. De planken worden genomen van eiken-, ook wel van grenen- of dennenhout.

Bij het vaststellen der afmetingen van de palen of stijlen en sloven, heeft men natuurlijk te letten op de krachten, die op de samenstellende deelen werken, en te zorgen dat de materialen niet te veel voor hun rekening krijgen, en dat de stijlen niet zijdelings uitbuigen. De gordingen verkrijgen dwarsafmetingen:

voor licht werk van 10 à 12 bij 15 à 18 centimeter.

» middelmatig » » 12 » 15 » 20 » 25 »

» zwaar » » 15 » 18 » 25 » 30 »

De kruishouten hebben veeltijds in dwarsdoorsnede de volgende afmetingen:

voor licht werk van 8 à 10 bij 15 à 18 centimeter.

» middelmatig » » 10 » 15 » 20 » 25 »

» zwaar » » 15 » 20 » 25 » 30 »

§ 57. IJzeren jukken. De dwarsdoorsneden, die men aan de palen of stijlen der ijzeren jukken geeft, zijn in de fig. 17—25 Pl. 12 voorgesteld.

De meeste ijzeren jukken zijn van gietijzer; aan hun palen of stijlen kunnen al de voorgestelde doorsneden gegeven worden; de stijlen, die de doorsnede van fig. 20—23 en 25 hebben, verkrijgen op iedere 0,60 à 0,80 M. hoogte, horizontale ruggen tot onderling verband der zijden.

Voor de gesmeed ijzeren stijlen komen veelal alleen in aanmerking de dwarsdoorsneden in fig. 17, 20—23 aangegeven.

Wanneer de gegoten stijlen niet lang zijn, b. v. 4 à 6 M., dan kunnen ze uit één stuk genomen worden, hoewel men ze dan ook wel uit twee of drie stukken laat bestaan. Zijn de stijlen langer, dan construeert men ze uit twee of meer stukken en verbindt deze aan elkander. De verbinding geschiedt gewoonlijk met flenzen en schroefbouten; de gesmeed ijzeren bestaan soms uit stukken, ter lengte van ongeveer 4 tot 7 à 8 M.; deze worden aan elkander verbonden, al naar dat de dwarsdoorsnede is, hetzij met hoekijzers en bouten, hetzij met schroeven en moeren, of wel met laschplaten en klinkbouten.

In fig. 26 en 27 Pl. 12, zijn verbindingen van een gegoten cilindrischen stijl en een stijl van gewalst dubbel T ijzer aangegeven. Op Pl. 14 fig. 1, 19 en 21—23 zijn meer verbindingen voorgesteld; in den regel zijn de palen of stijlen van boven gekoppeld door ijzeren sloven of bogen, waarop de liggers komen te dragen; bovendien zijn de stijlen gewoonlijk nog door ijzeren gordingen en kruisen in hun stand verzekerd. Als regel kan men aannemen, dat de gewone ijzeren jukken op een fundeering van hout of steen staan.

§ 58. IJzeren jukken op houten of steenen fundeering.

De constructie is voldoende uit de fig. 28—33 op Pl. 12 te zien. In fig. 28^a wordt een gietijzeren juk voorgesteld, rustende op een houten juk als fundeering; de ijzeren stijlen hebben een kruis tot dwarsdoorsnede en zijn van een platten voet voorzien, die met schroefbouten op de houten sloof bevestigd is; van boven hebben de stijlen eveneens een plat gedeelte, waarop een ijzeren balk als sloof is bevestigd. Op deze sloof komen de liggers te dragen, die in hun stand verzekerd worden als op de details, fig. 28^b, is aangegeven. Op de helft van de hoogte der stijlen is een horizontale

gording aangebracht, terwijl verder soms een of meer schoren aanwezig zijn. In fig. 28^a zijn twee schoren, hoofdzakelijk tot weerstand tegen stootende lichamen of aanvarende schepen.

Fig. 29 geeft een juk aan met gietijzeren stijlen, waarvan de doorsneden weder den kruisvorm hebben; deze stijlen zijn ook met platten voet en schroefbouten op de houten fundeering bevestigd. Aan de stijlen zijn van boven aan weerszijden armen gegoten, die met flenzen tegen elkander sluiten en met schroefbouten bevestigd worden. De liggers komen daarbij juist boven de stijlen te dragen. Er zijn meer stijlen noodig dan bij de voorgaande constructie, maar iedere stijl kan lichter zijn.

Fig. 30 stelt voor een ijzeren juk met achtkante stijlen, waarover een houten sloof is bevestigd tot dracht der liggers; dit juk is op een houten juk als fundeering geplaatst.

Het is duidelijk, dat de voeten der stijlen in fig. 28—30 en 33 aangegeven, zeer vast moeten staan. Tot verzekering van den vasten stand doen de bouten, die door de voetplaten gaan goeden dienst, maar bovendien is het zaak het ondervlak van dezen voet van een stevige rib te voorzien, die in de fundeering wordt ingelaten.

Fig. 31 geeft een gietijzeren juk aan van de brug in den toegangsweg van het Damrak naar het Centraal-station te Amsterdam. De stijlen van het juk rusten op houten palen, die in rechte lijn zijn ingeslagen en met hun kop reiken tot 0,53 M. — AP, alzoo iets lager dan de waterstand van het afgesloten IJ, die op 0,50 M. — AP is aangenomen. Deze palen zijn van eikenhout, dik 0,40 M., lang 15 M. De twee uiterste stijlen rusten elk op *een* paal; de zeven daartusschen gelegen stijlen dragen elk op *twee* palen; het onderste stuk der stijlen is zoodanig gegoten, dat het met moffen om de koppen der palen sluit; die moffen hebben aan weerszijden flenzen, en hiertusschen zijn T stukken van gietijzer, hoog 0,35, dik 0,03 M., eveneens van flenzen voorzien, met bouten vastgeschroefd, zoodat daardoor een doorgaande gietijzeren gording is gevormd, liggende met den bovenkant op 0,53 M. — AP. De opgaande schacht der stijlen is een holle gietijzeren kolom die met flenzen en schroeven aan het onderste stuk bevestigd is. Buitenwerks is die kolom dik van

onder 0,46, van boven 0,36 M. De stijlen zijn van boven verbonden door een gietijzeren sloof, waarop de liggers rusten; deze sloof heeft in doorsnede den Γ vorm en is hoog 0,35, dik 0,03 à 0,035 M. De hoogte van het ijzeren juk boven de houten palen is 4,03 M.; de verdere bijzonderheden zijn genoegzaam uit fig. 31 Pl. 12 en daarbij behoorende details op te maken.

Tot beter overzicht is in fig. 32 op Pl. 12 een gedeelte der brug aangegeven; zij bestaat uit 5 openingen, waarvan de uiterste elk 6,46 M., en de drie overige elk 7,16 M. bedragen. De breedte der brug is 20 M., waarvan 12 M. voor den rijweg en 8 M. voor de twee wederzijdsche trottoirs.

De brug is in 1876 gebouwd onder de leiding van den Hoofdingenieur van Prehn, en onder toezicht van den bouw- en werktuigkundige J. van Asperen.

In fig. 33 Pl. 12 is een gietijzeren juk, bestaande uit ijzeren kolommen, rustende op een steenen voetstuk, voorgesteld. Op de sloof, die met schroefbouten op de kolommen is bevestigd, dragen de liggers. Ook stelt men soms gietijzeren jukken op hardsteenen neuten.

Op Pl. 13 fig. 1 zijn de jukken gegeven van den viaduct in den Baltimore-Ohio-Spoorweg, voltooid in 1852 door den Ingenieur A. Fink, over de Tray-run. De stijlen der jukken bestaan uit achtkante hol gegoten buizen, die op gemetselde voetstukken rusten; er zijn stijlen met een buitenwerksche middellijn, aan den voet van 0,203 en van 0,178 M., aan den kop van 0,19 en van 0,165 M.; de ijzerdikte is gem. 0,02 M. Op de helft van de hoogte zijn de buizen met flenzen en bouten aan elkander bevestigd; daar zijn tevens gordingen in de richting van de lengte en ook in die der breedte aangebracht. De voeten der stijlen zijn ook door gordingen in de richting der lengte aan elkander verbonden. Over de breedte zijn twee stel gesmeed ijzeren kruisstangen en van boven sterke koppelstangen aangebracht. De koppen der stijlen zijn in de breedte en in de lengte vereenigd door gegoten ijzeren bogen. Over die in de breedte, welke als consoles buiten de stijlen uitsteken, dragen de houten liggers voor den spoorweg, en zes liggers van de

zijpaden; de bogen in de lengte dienen tot koppeling der stijlen onderling. De jukken zijn hoog, gerekend van het muurwerk, waarop zij staan tot den bovenkant der rails 15,85 M.; het muurwerk, waarin de noodige doorlaten gemaakt zijn, verheft zich 30,48 M. boven den dalbodem. De viaduct is lang 135,64 M., verdeeld over 34 openingen, gem. ruim 3,97 M. De opgaven der hoogte van de jukken, die men bij verschillende schrijvers vindt in den tekst en op de teekeningen, sluiten niet geheel met elkander. De viaduct ligt in een helling van $\frac{1}{50}$ en over 64,31 M. lengte in een boog van 243,84 M. straal. Voor de nadere inrichting zie men de figuren 1—4 Pl. 13.

§ 59. **Afmetingen in 't algemeen.** De hoogte der ijzeren jukken boven den grond of hun fundeering, is veeltijds 3 tot 6 M. Er zijn evenwel ook zeer hoge jukken, zooals die zoo even beschreven van den Baltimore-Ohio-Spoorweg.

De ijzerdikte valt meestal voor de gietijzeren stijlen tusschen $1\frac{1}{2}$ à 3 centimeter, voor de gesmeed of gewalst ijzeren stijlen, wanneer ze hol zijn tusschen 1 à 2 centimeter. Het aantal en de afmetingen der stijlen moeten voor elk geval speciaal bepaald worden, om deze met voldoende zekerheid bestand te doen zijn tegen de daarop werkende krachten. Aan de cilindrische gegoten ijzeren stijlen geeft men verschillende middellijn b. v. van 10 tot 50 centimeter en meer. De holle cilindrische stijlen van gesmeed ijzer, bekomen dikwijls een middellijn van 0,15 à 0,25 M.; van gewalst ijzer geconstrueerd dik ongeveer 1 centimeter, kan men ze alle verlangde afmetingen of elke middellijn geven. Zijn de gesmeed ijzeren stijlen massief, dan hebben ze veelal een middellijn van 0,127 M. Aan gegoten ijzeren stijlen wordt soms de voorkeur gegeven als minder onderhevig aan roesten.

De gegoten ijzeren gordingen en schoren of kruisen hebben veelal in doorsnede den kruis- of \perp vorm; de ijzerdikte bedraagt 1 à 2 centimeter, terwijl de zijden van die vormen 10 tot 15 centimeter breed zijn. De gesmeed ijzeren gordingen en schoren of kruisen, hebben gewoonlijk den \perp of \lrcorner vorm, met een ijzerdikte van 1 à $1\frac{1}{2}$ en een breedte der zijden of beenen van 7,5 à 15 centimeter; ook zijn de kruisen en koppelstangen soms van gesmeed rond staafijzer, dik 3 à 5 centimeter.

§ 60. **Schroefpaaljukken.** *De paal.* Deze kan zijn van hout, van gesmeed of van gegoten ijzer. De houten paal wordt evenwel voor dit werk niet veel toegepast. De jukken der bruggen of steigers, die men aanvankelijk op het strand gebruikte tot aanvoer van betonblokken voor den bouw der Noordzeehoofden van het Amsterdamsch Noordzee-Kanaal, hadden houten palen met gegoten ijzeren schroeven voorzien. In den regel zijn de palen van gesmeed of gegoten ijzer, en dan in doorsnede cilindrisch; de gesmeed ijzeren zijn veelal massief en de gegoten hol.

Daar waar de jukken geen zeer zware belasting te dragen hebben, en tevens weinig beletsel mogen geven aan den stroom of de werking van golfslag, worden veeltijds massief gesmeed ijzeren palen aangewend, zooals voor de aanleghoofden, aan de kusten van Wexford in Ierland en te Makasser op Celebes. Deze palen hebben veelal een middellijn van 0,127 M., en bestaan uit stukken lang 7 à 8 M. en korter, maar er zijn ook holle van plaatijzer geconstrueerd, hebbende een middellijn van 0,75 M. en zoo noodig kan de middellijn veel grooter bepaald worden; de gietijzeren bekomen een middellijn van 0,15 à 1,22 M., en bestaan uit stukken ter lengte van 2 M. of meer, waarvan de ijzerdikte afwisselt van $1\frac{1}{2}$ bij geringe, tot 2,8 centimeter bij groote middellijn. De verschillende stukken worden aan elkander bevestigd, zooals op Pl. 13 fig. 14, 16, 28, 30, 31 en op Pl. 14 fig. 1, 19 en 21—23 is aangegeven.

De schroef. De toepassing der schroef, aan palen verbonden ten gebruike van fundeeringen, is het eerst voorgesteld door den Engelschen Ingenieur Mitchell in 1834. Schroefpalen zijn het eerst gebruikt bij den bouw van den lichttoren voor het »Maplin Sand» in 1838. De schroef kan zijn van gesmeed ijzer of van gietijzer; voor verreweg de meeste constructies wordt gietijzer verkozen. De vorm van de schroef is afhankelijk van de grondsoort, waarin de paal moet geplaatst worden. Zeer harde gronden vorderen puntig toeloopende schroeven, zooals op Pl. 13 in de figuren 5—10 zijn voorgesteld, waarvan evenwel die van fig. 7—10 de gebruikelijke zijn; in zachte gronden daarentegen bestaat de schroef slechts uit $1\frac{1}{2}$ à 2 schroefgangen, en is de paal van onderen nagenoeg of geheel horizontaal, Pl. 13 fig. 11, 12, 13, 14, 22,

28 en Pl. 14 fig. 1. De grootte van de middellijn der schroef wordt bepaald naar de belasting, die elke paal te dragen zal hebben en den weerstand van den grond; in harde gronden zal in 't algemeen de middellijn van de schroef kleiner genomen worden, dan in zachte; de grootte van den diameter der schroef valt tusschen 0,30 en 0,91 à 1,22 M. in harde gronden, en gaat tot 1,83 M. in zachtere bodems.

Gewoonlijk wordt eerst een proefpaal ingeschroefd voorzien van een kleine schroef, en deze paal wordt belast, om tot de kennis van het draagvermogen per vierkante eenheid van den ondergrond te geraken. Wanneer men dan weet, hoeveel iedere paal later te dragen zal hebben, dan is de horizontale projectie van de schroefbladen gemakkelijk te bepalen, want deze projectie en het grondvlak van den paal, geven de grootte van het vlak aan dat op den ondergrond drukt. De dikte der schroefbladen is nabij de cilinders grooter dan nabij den omtrek der bladen; zij wisselt af nabij de cilinders van 2,5 tot 5 centimeter, nabij den omtrek der bladen van 1,5 tot 3 centimeter. Bij gegoten ijzeren palen worden de schroefbladen in den regel aan het onderste stuk vastgegoten, maar ook is soms de schroef een afzonderlijk stuk, dat aan den paal is bevestigd, Pl. 13 fig. 12.

Het bevestigen van de gegoten ijzeren schroef aan een houten of ijzeren paal, geschiedt door den paal met nagenoeg volle dikte in het schroefhuis te laten gaan, en met een horizontalen bout op te sluiten. Is het schroefhuis rond, dan moeten er nog een of twee spieën ingeslagen worden, sluitende ten deele in de stof van den paal en ten deele in de stof van het schroefhuis, om daardoor het ronddraaien van den paal, zonder het medenemen der schroef te beletten.

Vulling der palen. Palen van geringer diameter dan 0,30 M., worden in den regel niet gevuld. Holle cilinders van groote middellijn, b. v. van 0,75 à 1,25 M., worden na te zijn ingeschroefd en de zachte stof zooveel doenlijk te hebben verwijderd, geheel met beton aangevuld, terwijl holle cilinders van middelmatige middellijn met beton aangevuld worden, doch ook onaangevuld worden gelaten. Het spreekt vanzelf dat het draagvermogen en de vaste stand der jukken, door de invulling der cilinders met

beton, aanmerkelijk vergroot worden, zoodat de aanvulling zeer is aan te raden. Soms zou men ook kunnen volstaan met het onderste gedeelte ter hoogte van omstreeks 2 à 3 M. of meer, met beton te vullen.

Onderling verband der palen. De palen dienen onderling verbonden te worden; daartoe worden oogen of oogplaten aan de palen gegoten, of ringen met oogen aan de palen bevestigd. Het onderling verband wordt verkregen door horizontale ijzeren gordingen, en tevens door middel van kruisijzers in verticalen zin aangebracht. De gordingen en kruisijzers zijn van L of van T ijzer of ze hebben in doorsnede den kruisvorm; ook worden ze wel van staafijzer gebruikt, vooral bij gesmeed ijzeren schroefpalen. Het onderling verband is op Pl. 13 fig. 14—26 en Pl. 14 fig. 1, 12, 14—18 voldoende duidelijk aangegeven.

Afdekking. Over de palen van geringer middellijn dan 0,30 M., kan een ijzeren of houten sloof worden gelegd tot koppeling der palen en tot dracht der brugliggers, Pl. 14 fig. 18; over de palen van aanzienlijker middellijn kan ook een ijzeren sloof worden bevestigd, maar deze palen worden veelal met gegoten ijzeren kappen afgedekt, waarop in den regel de inrichtingen zijn gemaakt om de hoofdliggers te laten dragen, Pl. 13 fig. 26, Pl. 14 fig. 1, 2, 3, 4, 9.

§ 61. *Verschillende uitgevoerde schroefpaaljukken.* Op Pl. 13 is in fig. 14—22 een schroefpaaljuk voorgesteld van de brug over de Bormida bij Rivalta in Piëmont, gebouwd door den Ingenieur Bella. De brug heeft 7 openingen elk van 14,286 M. van midden tot midden der jukken. Twee steenen landhoofden en 6 ijzeren schroefpaaljukken dienen tot steunpunten der brug. Zij is voor gewoon verkeer en heeft een breedte tusschen de twee hoofdliggers van 5 M.; de breedte van den rijweg is 4 M.; zij heeft gekost 283 gulden per M¹. De teekeningen met beschrijving zijn te vinden in de »Nouvelles Annales de la construction» van 1874, door C. A. Oppermann.

Elk juk bestaat uit vijf gietijzeren palen, waarvan drie lange en twee korte; zij hebben een middellijn buitenwerks van 25 centimeter. Twee der lange palen zijn onmiddellijk onder de

hoofdliggers geplaatst, terwijl de derde tusschen die twee instaat; de kortere palen zijn de uiterste. Over de drie lange palen gaat een gesmeed ijzeren dwarsligger of sloof, waarop de hoofdliggers dragen. De verschillende palen zijn op twee hoogten onderling gekoppeld door middel van horizontale T ijzers, waarvan de breede plaat 14, de rug 7 en de ijzerdikte 1 centimeter is. Tusschen de drie lange palen zijn kruisen van dito T ijzer aangebracht. Van de koppen der lange palen gaan schoren van hetzelfde soort T ijzer naar de kortere palen.

De palen staan ongeveer 2,50 M. in den grond, waarvan 1,50 à 2,00 M. in den vasten bodem. De hoogte der jukken boven den gewonen waterstand is 5,80 M.; de geheele hoogte der jukken, gerekend van den onderkant der palen, kan op 9,50 M. gesteld worden. De waterdiepte is ongeveer 1 M., en de minder vaste bodemgrond heeft ook een hoogte van ongeveer 1 M.

De drie middelste palen staan 2,70 M. midden op midden uit elkander, terwijl de uiterste 9,40 M. uit elkander staan.

De schroef is aan de palen vastgegoten en bestaat uit ruim twee en een halven schroefgang.

In fig. 23—25 Pl. 13 zijn drie typen aangegeven van schroefpaaljukken, gebouwd voor de bruggen in den Bombay, Baroda en Britsch-Indischen Centraal-spoorweg. Allen hebben drie verticale draagpalen, terwijl fig. 23 twee schoorpalen, fig. 24 een schoorpaal heeft en fig. 25 zonder schoorpalen is.

In fig. 26—31 Pl. 13 is een juk met de details van den Taptee Viaduct voorgesteld, in hoofdtrekken overeenkomende met de type in fig. 24 aangegeven.

De Taptee Viaduct, ontworpen door den Ingenieur Luit. Kol. Kennedy, is gebouwd in 1859—1860, in één jaar tijd met inbegrip van 3 maanden natten moesson, onder de leiding van den Ingenieur J. Burns; de viaduct is voor dubbel spoor; hij is lang 576 M. en heeft 30 spanningen, alzoo is de gemiddelde opening 19,20 M.; de kosten hebben ongeveer voor de geheele brug 500,000 gulden, voor een juk 9,400 gulden bedragen.

De palen, alsook de schoor der jukken, zijn van gegoten ijzer en hebben een middellijn buitenwerks van 0,76 M., binnenwerks van 0,71 M.; zij bestaan uit stukken van 2,74 M. lengte, die,

inwendig van flenzen voorzien, met schroefbouten aan elkander verbonden zijn. Het horizontaal verband is verkregen door vijf gordingen van Γ ijzer en het verticaal verband door kruisen van hoekijzers, die door middel van ijzeren keggen in de oogen, daartoe aan de palen gegoten, opgesloten zijn.

De drie draagpalen staan onmiddellijk onder de hoofdliggers; daar de bovenbouw van den viaduct bestaat uit twee bruggen naast elkander, ieder voor enkel spoor, zoo liggen op den middelsten der drie palen twee hoofdliggers. De hoogte van het juk is, gerekend van den onderkant der palen, 16,44 M. De drie draagpalen staan 4,26 M. midden op midden uit elkander. De kop der palen reikt tot 6,25 M. boven den gewonen waterstand.

In de beschrijving en teekening van den viaduct, voorkomende in het werk over bruggen van William Humber, London 1870, is niet opgegeven of de palen met beton gevuld zijn; ook is in de begrooting van kosten geen beton opgenomen.

Op Pl. 14 fig. 1—9 is het juk voorgesteld der brug over de Nesbor in den Bucharest en Giurgevo spoorweg in Walachije. De brug heeft twee openingen elk van 20 M.; de bovenbouw is aanvankelijk uitgevoerd voor enkel spoor. De rivierbodem bestaat voor 3,64 M. tot 4,25 M. uit weeke modder en leem, bedekt met blauwe klei, terwijl de diepte van het water bij de cilinders ongeveer 3 M. was.

Het juk bestaat uit twee gegoten ijzeren cilinders, waaraan schroefbladen gegoten zijn. De cilinders hebben niet dezelfde middellijn; van een bedraagt zij 0,915 M., van den anderen 1,22 M. buitenwerks. Aan den grooten cilinder heeft men zoodanige middellijn gegeven, dat hij in staat is nog een hoofdligger voor het tweede spoor te dragen. De middellijn der schroefbladen is voor den kleinen cilinder 1,525 M., voor den grooten 1,83 M.

De cilinders bestaan hoofdzakelijk uit stukken van 1,83 M. hoogte, die inwendig van flenzen voorzien, door schroefbouten aan elkander zijn bevestigd. De ijzerdikte der cilinders is van het onderste stuk 0,028 M., van de overige stukken 0,0254 M.; de ijzerdikte der schroefbladen is nabij de cilinders 0,048 M. en nabij den omtrek 0,029 M.

Op de teekening Pl. 14 fig. 1, overgenomen uit »The

Engineer" van Juli 1870, is de hoogte van elken cilinder tot aan de kap 6,555 M., maar op de kleinere teekening, Pl. 14 fig. 9, eveneens overgenomen uit »The Engineer" van Juli 1870, is die hoogte omstreeks 8,40 M.; wellicht moeten de cilinders van fig. 1 met 1,83 M. verhoogd worden, als wanneer de hoogte zou sluiten met die van fig. 9. Ingevolge deze figuur staan de cilinders omstreeks 4,25 M. in den grond.

Tot het verkrijgen der noodige inrichting voor het inschroeven der palen, waren rondom elken cilinder vier geleipalen geheid, zoodanig dat ze de schroefbladen vrij lieten; deze palen waren sterk gekoppeld aan andere palen, ten dienste van het steigerwerk, buiten de eerste geslagen. Op de hoogte van den waterstand en nabij den kop der geleipalen, waren tusschen deze palen ramen aangebracht, die zoodanig met beweegbare ijzeren platen voorzien werden, dat zij juist een opening vrij hielden gelijk aan de buitenwerksche middellijn der cilinders, en alzoo konden dienen om deze bij het zakken in de juiste richting te houden. Op den steiger was een kraan opgericht; een cilinder bestaande uit twee of meer stukken werd hiermede ter juister plaatse gesteld; daarna liet men dien cilinder langzaam door de modder zakken, tot hij zijn eigen gewicht droeg; de geleiplaten werden dan op de juiste plaats gesteld.

Een kaapstander, daartoe opzettelijk vervaardigd, Pl. 14 fig. 7 en 8, werd dan boven den cilinder gebracht en daarmede in verband gesteld, door middel eener holle gegoten ijzeren buis. Onmiddellijk daarna begon men met het inschroeven van den cilinder, die achterevolgens door het opzetten van stukken verlengd werd.

Wanneer de cilinder tot de behoorlijke diepte was ingeschroefd, en de modder en weeke klei zooveel doenlijk waren weggeruimd, werd hij met beton gevuld, waarna de kap goed sluitende op het beton met de kraan werd gesteld.

De cilinders zijn door horizontale ijzers en verticale kruisen aan elkander verbonden, zooals op Pl. 14 fig. 1 duidelijk te zien is.

Op Pl. 14 is in de fig. 12—16 een gedeelte der jukken voorgesteld van het los- en laadhoofd van Courtown-Wexford in

Ierland. De verlenging van dat hoofd door middel van schroefpaaljukken enz., is uitgevoerd in 1847. De kust is hier tamelijk ongedekt, zoodat er in zee een hevige branding kan zijn. De bodem bestond tot 2,45 M. diepte uit zand en grint, waaronder vaste blauwe klei was. Wegens de hevige branding kon hier niet met behulp van een vlot, waarop de arbeiders werken, het inschroeven der palen geschieden, maar heeft deze bewerking plaats gehad van het hoofd zelve. De wijze waarop dit geschiedde, is voorgesteld Pl. 14, fig. 12, 13.

Nadat de schroefpaal was aangevoerd, werd hij met behulp van een takel, in de figuren niet voorgesteld, opgenomen en verder ter juister plaatse gesteld en in dien stand gehouden, door een geleiding aan een steiger of raamwerk gemaakt, dat vooruitgeschoven en op het reeds ten deele gereed zijnde hoofd tijdelijk bevestigd was. Tot het inschroeven der palen was een rad vervaardigd met lange spaken, op de einden voorzien van gaffels, die verbonden waren om den onderlingen stand der spaken te behouden. Door de gaffels ging verder een touw zonder eind zoodaals in de fig. 12, 13 te zien is. Zoodra het rad om den in te schroeven paal was gebracht en deze door een tweede lagere geleiding in den verticalen stand was verzekerd, liet men drie of vier arbeiders aan het touw zonder eind trekken, terwijl een ander arbeider zorgde voor den goeden gang van het touw bij het intreden in de gaffels. Dit werk werd zoo voortgezet tot de paal zijne diepte verkregen had. Op dezelfde wijze werd de andere paal van het juk ingeschroefd, waarna de verdere bewerking, als: aanbrenge van kruisen, opleggen der liggers, enz. volgde. Op deze wijze werd het werk zeer regelmatig en betrekkelijk snel uitgevoerd, want, niettegenstaande het ruwe weder, werd toch iederen dag een gedeelte van het hoofd ter lengte van 5,31 M. gereed gemaakt.

De lengte van het gedeelte nieuw hoofd is 79 M., de breedte bedraagt 5,64 M.; hierop bevinden zich twee sporen, waartusschen een looppad is. Op het eind is een dwarsbrug, staande loodrecht op de richting van het hoofd, lang 16,46 M., breed 10,97 M., met aan weerszijden een beweegbare klep, die ten gerieve der schepen kan opgetrokken of neergelaten worden.

De kosten hebben bedragen, met inbegrip van draaischijven en spoorwegbanen 49,800 gulden of 630 gulden per M¹.

Men vindt van die inrichting beschrijving en teekeningen in de »Allgemeine Bauzeitung» van 1850.

In de verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 1864—1865, is een beschrijving met teekeningen gegeven van het los- en laadhoofd, gebouwd te Makasser op Celebes in 1863. Op Pl. 14 fig. 17—19 is een gedeelte daarvan voorgesteld.

Het bestaat uit een steenen hoofd, lang 32 M. uit den oever gemeten, breed tusschen de borstweringen 3,75 M., en verder uit een brug ter lengte van 60 M., met schroefpaaljukken als onderbouw en houten sloven, liggers en dek voor den bovenbouw; de buitenwerksche breedte bedraagt over de eerste 42 M. lengte 4 M., over de volgende 7 M. lengte 5 M.; daarna verkrijgt het hoofd een trechtersvormige verbreding van 5 tot 10 M. over 5 M. lengte, en vervolgens gaat het over in een dwarsbrug, waarvan de afmeting in de richting van de lengte van het hoofd 5 M., en die loodrecht hierop 20 M. bedraagt. De eerste 7 jukken, gerekend van de oeverzijde, staan 7 M. uit elkander en hebben ieder 2 palen; de drie volgende, zijnde die van de dwarsbrug, staan 2,50 M. uit elkander en hebben ieder 5 palen.

De schroefpalen zijn massief en van gesmeed ijzer; de middel-lijn er van bedraagt 0,127 M., en de grootste middellijn van de schroef is 0,61 M. Dertien palen ter lengte van 8 M. zijn uit één lengte, terwijl de achttien overige en langere palen elk uit twee stukken bestaan, die tot onderlinge verbinding van schroefdraad zijn voorzien, en in een gemeenschappelijke hooge moer zijn geschroefd, Pl. 14 fig. 19.

De palen zijn ingeschroefd van een vlot, bestaande uit twee prauwen of schuiten, ieder ongeveer lang 11 M., breed 2,5 M., die op een afstand van 3,75 M. aan elkander verbonden waren door liggers, waarop ten deele een planken vloer of dek was gespijkerd; midden in dat dek was een cirkelvormige opening gespaard van 2,75 M. middellijn, waarin de paal moest geplaatst worden, terwijl tevens van deze opening tot aan den buitenkant

van het dek, een gleuf kon gemaakt worden van 0,65 M. breedte, om het vlot na het inschroeven van den paal te kunnen wegvaren.

Nadat de paal gesteld was, werd er omheen een toestel aangebracht, dat tot zijn geleiding diende en waarin spaken konden gestoken worden ter verkrijging van de ronddraaiende beweging.

Er zijn 54 dagen besteed aan al de werkzaamheden, om de 31 palen te stellen en op de diepte te brengen, waarvan men rekent 32 voor het eigenlijk inschroeven der palen. Gewoonlijk waren 16 inlandsche arbeiders werkzaam aan de spaken; dit was evenwel dikwijls te veel, één paal is met 8 man ingeschroefd.

Tusschen de palen zijn boven de laagwaterlijn in de richting der lengte en in die der breedte van het hoofd, kruisstangen aangebracht, die van spanschroeven en moeren zijn voorzien. Op de koppen der palen zijn kappen of stoelen gewerkt, waarop de houten sloof is bevestigd tot boven-koppeling der jukpalen en tot dracht der liggers van het hoofd.

Tot beveiliging van de dwarsbrug, zijn op 3 M. afstand er voor, houten dukdalven geplaatst, bestaande ieder uit een verticalen paal en twee schoorpalen.

§ 62. Jukken van ijzeren palen met breede grondplaat. De Ingenieur C. A. Oppermann, heeft in de »Nouvelles Annales de la construction" van 1871, een systeem van fundeeren voor jukken aangegeven, dat hij noemt: »Fondations instantanées". Dat systeem is voorgesteld op Pl. 14 fig. 10, 11.

Voor brugopeningen van 20 M., waarvan de rijweg ongeveer 8 M. boven den rivierbodem gelegen is en de brugbreedte 7,00 M. bedraagt, heeft het juk drie palen. Elke paal bestaat uit twee deelen: 1°. een inwendigen gesmeed ijzeren centrepaal, die een zeer scherpe punt heeft en 2°. een gegoten ijzeren koker, voorzien van breede grondplaat.

Daar waar een juk moet komen te staan, wordt de bodem ter diepte van 1 M. of meer, of in 't algemeen tot den tamelijk vasten bodem uitgebaggerd. De gesmeed ijzeren paal wordt ter juiste plaatse in den grond geheid, en daarom wordt de koker gezonken totdat de breede grondplaat op den uitgebaggerden

bodem komt te dragen. Deze kokers zijn van ooren of flenzen voorzien, ten einde ze onderling te kunnen koppelen door kruisen en zoo noodig door gordingen.

Op de kokers komt de geheele belasting der brug te dragen. De ingeheide centrepaal dient hoofdzakelijk als geleider, alzoo tot gemak der constructie, maar heeft eigenlijk niets te dragen.

Wanneer de deelen van het juk onderling voldoende aan elkander gekoppeld zijn, dan wordt, om ontgronding te voorkomen en den vasten stand te bevorderen, de uitgebaggerde ruimte met steenstukken aangevuld.

Het komt ons voor dat het onderling verband der paaljukken, in fig. 10 aangegeven, in vele gevallen nog met horizontale gordingen moet versterkt worden.

Daar waar de jukken aan ijsgang zijn blootgesteld, moet de constructie natuurlijk daarop ingericht zijn, hetzij door versterking met stevige schoorpalen of door het aanbrengen van ijsbrekers.

Het zal in vele gevallen mogelijk zijn den centrepaal van hout te nemen, zoo noodig kan hij in dit geval van een stevigen ijzeren schoen voorzien worden. Ook zijn wij van meening dat voor vele toestanden de centrepaal achterwege kan blijven, en dat dus het spitse stuk onmiddellijk aan den koker vastgegoten kan worden. Het is duidelijk dat men een ondergrond moet hebben van vaste klei, vast zand of van niet al te grof grint. Grond waarin tamelijk groote rolsteenen voorkomen, geeft geen zekerheid dat de palen ter juiste plaatse kunnen geheid worden; in vasten grond, die diep genoeg kan uitgegraven of uitgebaggerd worden, zou het spitse deel van den paal kunnen vervallen.

De grootte van de voetplaten is natuurlijk afhankelijk van de belasting, die elke paal te dragen heeft, en van den weerstand dien de grond biedt. De weerstand moet veelal voor onbekende grondtoestanden door proefpalen worden onderzocht.

De Kent- en Levenviaducten in den Ulverstone-Lancaster spoorweg, uitgevoerd door den Ingenieur Brunlees, zijn een belangrijk voorbeeld van het bouwen van jukken, waarvan de palen een breede grondplaat hebben. De beide viaducten zijn in constructie en ligging gelijk.

De bodem bestaat uit drijfzand ter diepte van 22 M.

Men heeft proeven genomen betreffende het zakken, met palen van verschillende voetinrichting; die, voorgesteld op Pl. 14 fig. 25, voldeed het best en is uitgevoerd.

De proefpalen zijn van 4,9 tot 7 M. in het zand gezonken, en daarbij werd de indrukking waargenomen voor elke twee ton vermeerdering van belasting tot 20 ton.

Uit de gemiddelde resultaten der proefpalen bleek dat het zand kon dragen ruim 5,4 kilogr. per vierkanten centimeter. Daar iedere paal ongeveer 20 ton te dragen kon hebben, heeft men de grondplaat 0,76 M. diameter gegeven, waardoor het draagvermogen ruim 24 ton bedraagt.

De gezonken palen zijn hol; de breede grondplaat heeft in het midden een cilindrische opening van 7,6 centim. De wijze van zinken der palen was als volgt: waar de paal moest gezonken worden was een ponton gelegd, waarin een stoommachine van ongeveer 6 paardekracht met perspomp geplaatst was. De palen werden juist gesteld waar ze moesten gezonken worden en in hun stand gehouden door een gelei-inrichting. In den hollen paal werd een tijdelijke gesmeed ijzeren pijp of buis van 5 centim. diameter geplaatst en het boveinde daarvan door middel van een buigzame slang in verbinding gebracht met de perspomp; de ijzeren pijp stak 0,60 M. onder de grondplaat door in het zand. Met de perspomp werd water met groote snelheid door de gesmeed ijzeren buis gevoerd, waardoor het zand onder de grondplaat zich verwijderde en de paal zonk. De zakking ging vlug tot 2,10 à 2,70 M. diepte, maar dieper in de vastere stoffen, vorderde het zakken slechts langzaam. Om hieraan te gemoet te komen werd de grondplaat van den paal van onderen met ijzeren ribben voorzien zooals Fig. 26 op Pl. 14 aangeeft. Door het heen en weer draaien van den paal werden de stoffen onder de grondplaat door de ribben losgemaakt en daarna door het ingeperste water verwijderd.

Deze wijze van werken voldeed zoo goed dat gedurende de ebbe van het getij twee palen van elke ponton werden gezonken.

Om het zand na het zinken van den paal onder de grondplaat samen te drukken werd elke paal door een heiblok met groote

valhoogte nog 5 centimeter ingeslagen. De grondplaat reikt gemiddeld tot 6,00 M. onder laag water.

Na het eerste getij was het zand om den paal weder gelijk gespoeld en stond de paal vast.

Tot verzekering van den vasten stand en tot voorziening van den bodem is tusschen de palen van ieder juk breuksteen gestort tot omstreeks 0,60 M. onder laag water.

Elk gewoon juk van de vaste brug bestaat om het andere uit 4 of 5 palen, waarop stijlen zijn gesteld; Pl. 14 fig. 20.

Deze stijlen staan in moffen, die aan de palen zijn gegoten en worden door schroefbouten aan de moffen en dus aan de palen verbonden; Pl. 14 fig. 22.

Ieder paal en stijl bestaat uit twee stukken, die door flenzen en schroefbouten aan elkander zijn bevestigd; Pl. 14, fig. 23.

De schoorpaal, welke nu tegen het juk staat, zal vervangen worden door een stijl, zoodra het juk ingericht wordt om er een tweede brug op te leggen, zooals door de stippellijnen wordt aangegeven.

De palen hebben een middellijn buitenwerks van 0,254 M. binnenwerks van 0,216 M.

De Levenviaduct gebouwd in 1856 en 1857 heeft 48 openingen elk van ruim 9,14 M. wijdte van midden tot midden der jukken en een opening van 10,97 M. tusschen de jukken gemeten, welke door een rolbrug overspannen is. De geheele lengte van den viaduct is ruim 476 M.; de rails liggen 7,925 M. boven laag water.

De Kentviaduct, ook in 1856 en 1857 gebouwd, heeft 50 openingen ieder van ruim 9,14 M. wijdte en een opening voor de rolbrug van 10,97 M. in den dag. De geheele lengte van den viaduct is ruim 477 M. De hoogte der rails is 7,01 M. boven laag water. Sedert Augustus 1857 is de spoorweg regelmatig bereden met passagiers- en zware goederentreinen zonder letsel en met slechts weinig trilling.

Bij de opening van elk der rolbruggen staan 36 geleipalen van 0,35⁵ bij 0,35⁵ M.; zij zijn van onderen voorzien van gegoten ijzeren schoenen met grondplaat van 0,76 M. middellijn; Pl. 14, fig. 24. Deze palen zijn op dezelfde wijze gezonken als de gegoten ijzeren palen; de gesmeed ijzeren buis waardoor het water werd geperst ging langs een der zijden van de palen.

PIJLERS.

§ 63. Vormen der pijlers in 't algemeen. De pijlers behooren in den regel tot werken van groot belang; zij worden gebouwd in het droge en ook in plassen, kanalen, rivieren en zeearmen, alzoo in stilstaande en stroomende wateren; de pijlers, die altijd of veelal in het droge staan, noemt men landpijlers en die gewoonlijk door stroomend water omgeven zijn stroompijlers. Staat een pijler aan den oever, dan wordt hij oeverpijler genoemd. — De keuze van den vorm moet in hoofdzaak afhankelijk gesteld worden van de te gebruiken bouwstoffen, van de omstandigheden waarin de pijlers zullen verkeerden en van de landstreek of plaats waar men bouwt. Er dient gezorgd te worden dat de pijlers aan het afstroomend water weinig hinder toebrengen, dat zij tegen de werking van het afstroomend ijs en andere voorwerpen bestand zijn en het breken van het ijs bevorderen.

Daar waar de pijlers buiten het gebied van stroomende wateren blijven, is men in het bepalen van den vorm hunner boven- en beneden uiteinden of hunner koppen geheel vrij, maar dit is niet zoo bij pijlers, die in stroomend water komen. In het eerste geval kan men de koppen rechthoekig, met afgeronde hoeken, met halfcirkelvormige afronding of op andere wijze bouwen. In het tweede geval dienen de koppen, voor zoover zij in het water kunnen komen, de halfcirkelvormige afronding, den spitsboogvorm, een elliptische afronding te verkrijgen of meer of min puntig te worden bewerkt.

Men noemt ook wel de koppen der pijlers stroomopwaarts: avant-becs en ijsbrekers en die stroomafwaarts: arrière-becs.

Morandière geeft in zijn werk «*Traité de la construction des ponts et viaducs*» van de beweging van het water langs pijlers eenige schetsen, die op Pl. 15, fig. 1—6 zijn voorgesteld. Deze schetsen zijn gemaakt naar de proeven door Gauthey genomen en meegedeeld in zijn «*Traité de la construction des ponts*, publié par M. Navier 1809.»

Gauthey heeft die proeven gedaan in een houten kanaal met

rechthoekige doorsnede ter breedte van 0,50 M., waarin pijlers geplaatst werden van 0,15 M. dikte en waarin het water ter diepte van 0,04 M. stroomde, met een snelheid van 3,90 M. per seconde, ongeveer overeenkomende met die van de groote rivieren in Frankrijk bij groote rijzing van het water.

Het is duidelijk dat de resultaten slechts een betrekkelijke waarde hebben, maar daaruit blijkt toch dat van de gebruikelijke vormen voor de koppen van pijlers de menigvuldig toegepaste spitsboogvorm beschreven met stralen ongeveer ter lengte van de dikte der pijlers, een zeer regelmatigen afvoer van het water verzekert, en dat de rechthoekige vorm den onregelmatigsten toestand in het leven roept; daartusschen valt de puntvorm verkregen door rechte lijnen alsmede de halfcirkelvormige afronding. Is de hoek bij de punt, gevormd door rechte lijnen, ongeveer recht, dan is hij voor den afvoer van het water niet gunstig; wordt de hoek scherper, dan verbetert de toestand; wanneer de hoek 60 graden bedraagt en de kop gevormd wordt door een gelijkzijdigen driehoek, waarvan de lengte der zijden gelijk aan de dikte des pijlers is, dan is dit nagenoeg even goed voor den waterafvoer als de spitsboogvorm.

Ook de half ellipsvormige kop, waarvan de kleine as gelijk is aan ongeveer de helft der groote as, geeft een zeer regelmatigen waterafvoer.

De halfcirkelvormige afronding geeft een middelmatig gunstigen afvoer. — Toch wordt, wegens de eenvoudige en ook sterke constructie, deze afronding dikwijls aangenomen; daar, waar sterke stroom of het belang van ijsbreken overwegend is, zal veeltijds de spitsboog verkozen worden. Hierbij dient men evenwel bedacht te zijn de punt niet te spits te maken. De steenen brug te Maastricht, door pater Roman of Romain in 1683 gebouwd, had pijlers, waarvan de doorsnede der koppen stroomopwaarts bestonden uit een gelijkbeenigen driehoek; de basis was gelijk aan de dikte der pijlers en elk been had zeer nabij de lengte van $1\frac{1}{2}$ maal de basis. Die punt is voor hardsteen gebleken te spits te zijn geweest, en is door de daartegen drijvende lichamen gebroken, zoodat men in het begin dezer eeuw de koppen ongeveer $\frac{1}{3}$ heeft ingekort en toen afgerond.

Uit een oogpunt van sterkte is het niet raadzaam den hoek aan de punt kleiner dan 60 graden te maken.

Waar scheepvaart plaats heeft, wordt in Frankrijk de *afronding* der pijlers aanbevolen, omdat deze voor de daartegen drijvende schepen minder gevaarlijk is dan de punt.

Bij de Nederlandsche Staatsspoorwegbruggen is voor de groote bruggen te Rotterdam, te Moerdijk, en ten deele voor die te Nijmegen en Arnhem de halfcirkelvormige afronding uitgevoerd, terwijl voor die te Dordrecht, Kuilenburg, Bommel, Crevecoeur, Zutfen, Venlo en voor de drie stroompijlers der brug te Nijmegen de spitsboog is gevolgd.

Waar eb en vloed is, worden de koppen der pijlers aan beide einden geheel gelijk afgewerkt. Op de rivieren buiten het gebied van eb en vloed wordt dit ook veel gedaan zooals het geval is bij de bruggen op onze groote rivieren, maar soms wordt daarin ook, om de kosten te verminderen, verschil gemaakt door het eind stroomafwaarts minder scherp, met halfcirkelvormige afronding, of slechts, in niet sterk stroomende wateren, met afgeronde hoeken te bewerken.

Op Pl. 15 zijn in fig. 7—36 eenige vormen van pijlers voorgesteld.

Fig. 7—9 stellen pijlers voor in het droge of in stilstaand water gebouwd en wel: fig. 7 met zuiver rechthoekige doorsnede, fig. 8 met rechthoekige doorsnede en afgeronde hoeken en fig. 9 met dito doorsnede, doch met koppen ten deele halfcirkelvormig afgerond en ten deele met rechte hoeken.

Fig. 10 heeft koppen met halfcirkelvormige afronding.

Fig. 11 heeft, voor het gedeelte dat met water kan in aanraking komen, koppen met halfcirkelvormige afronding en daarboven is de pijler minder lang en de koppen daarvan zijn een gedeelte van een achthoek.

Fig. 12 heeft, voor zoover de pijler in het water kan komen, koppen volgens een gedeelte van een zeshoek afgewerkt; daarboven is hij rechthoekig en minder lang.

Fig. 13 heeft koppen, gevormd door rechte lijnen, die bij de punt een rechten hoek met elkander maken; het bovengedeelte van den pijler is minder lang, maar heeft overigens gelijksoortige

koppen als het benedengedeelte; tot besparing van metselwerk zijn daarin twee openingen overwelfd.

Fig. 14 geeft een pijler aan, waarvan het onderste gedeelte koppen met ellipsvormige afronding heeft; daarvan is de kleine as gelijk aan de breedte des pijlers en de groote as gelijk aan $1\frac{3}{4}$ maal de breedte des pijlers; het bovenste deel, dat minder lang is, heeft koppen volgens een gedeelte van een achthoek bewerkt.

Fig. 15 stelt een pijler voor, waarvan de koppen voor het onderste deel den spitsboogvorm hebben, beschreven met een straal ongeveer gelijk aan de dikte des pijlers, en waarvan het bovenste deel in hoofdzaak rechthoekig is met eenigszins afgeronde hoeken.

Fig. 16 heeft voor het benedengedeelte koppen, hebbende stroomopwaarts den spitsboogvorm en stroomafwaarts de halfcirkelvormige afronding; het bovengedeelte, dat minder lengte heeft, is op beide einden volgens een gedeelte van een achthoek bewerkt.

Fig. 17 heeft stroomopwaarts den puntvorm verkregen door rechte lijnen; nabij de punt is de helling sterker dan voor het overige deel des pijlers is aangenomen; stroomafwaarts is de halfcirkelvormige afronding toegepast; het bovendeel, minder lang dan het onderste, is aan beide einden volgens een gedeelte van een zeshoek afgewerkt.

Fig. 18 heeft stroomopwaarts een vorm verkregen door rechte lijnen, die met een boog vereenigd zijn; de helling is bij de punt veel grooter dan die van de zijvlakken des pijlers, stroomafwaarts is de halfcirkelvormige afronding toegepast, terwijl het bovenste deel in hoofdzaak rechthoekig is bewerkt.

Fig. 19 stelt een pijler voor bestaande uit drie achthoekige kolommen, welke met twee bogen vereenigd zijn.

Fig. 20 geeft de voorstelling van een pijler als fig. 19, doch heeft slechts twee achthoekige kolommen.

Fig. 21 is een pijler, waarvan de kop van het benedengedeelte stroomopwaarts den spitsboogvorm heeft en stroomafwaarts rechthoekig is met afgeronde hoeken. Het bovendeel is zeer hoog en bestaat uit een rechthoekig middelstuk, waartegen aan weerszijden hellende contreforten aansluiten; in het

middelstuk worden soms openingen in meerdere verdiepingen boven elkander gespaard.

Fig. 22 stelt een pijler voor hebbende in doorsnede een cirkel; hij kan zijn een geheel gemetselde of wel een pijler met ijzeren buitenwand.

Fig. 23 geeft een pijler aan, waarvan de doorsnede van het onderste deel begrensd is door twee cirkelbogen en het bovenste deel door een cirkel.

Fig. 24 heeft hetzelfde ondergedeelte als fig. 23, doch daarop is een bovendeel gesteld van den rechthoekigen vorm met afgeronde hoeken.

Fig. 25 en 26 stellen pijlers voor, waarvan de dwarsdoorsnede begrensd is door cirkelbogen; de koppen hebben in fig. 25 een halfcirkelvormige afronding, en in fig. 26 spitsbogen.

De pijlers van fig. 23—26 kunnen geheel gemetseld zijn, doch hebben gewoonlijk een ijzeren buitenwand.

Fig. 27 stelt een pijler voor van ijzeren wanden voorzien, bestaande uit twee cilinders, die door een massief deel, eveneens met ijzeren wanden, aan elkander verbonden zijn.

Fig. 28 stelt een pijler voor, bestaande uit vier ijzeren cilinders tot dracht der brug, terwijl de twee andere met de driehoekige afdekking als ijsbrekers dienen.

Fig. 29 geeft een voorstelling van een pijler, bestaande uit twee cilinders met ijzeren wand, door zware ijzeren koppelingen aan elkander verbonden.

Fig. 30 stelt een pijler voor bestaande uit drie cilinders met ijzeren wanden, waarvan de middelste cilinder tot dracht der twee hoofdliggers de grootste middellijn heeft; de cilinders zijn onderling door zware koppelingen vereenigd.

Fig. 31 geeft de voorstelling van een pijler, die uit acht aan elkander gekoppelde cilinders bestaat.

Fig. 32 stelt een pijler voor bestaande uit twee gegoten ijzeren cilinders, die door een gegoten ijzeren boog vereenigd zijn; de cilinders staan op een voetstuk van metselwerk.

Fig. 33—35 geven pijlers aan, waarvan het onderste deel van metselwerk is en het bovenste deel van ijzeren stijlen, die door gordingen en kruisen onderling verbonden zijn.

Fig. 36 stelt een pijler voor, waarvan het onderdeel van metselwerk is en het bovendeel uit gegoten ijzeren ramen bestaat, door schroefbouten aan elkander bevestigd.

Hier is van toepassing een gelijksoortige opmerking als op pag. 14 voor de landhoofden gedaan is, namelijk, dat het niet doenlijk is in 't algemeen den besten vorm voor de pijlers te bepalen, maar dat in elk bijzonder geval de aan te nemen vorm beoordeeld en vastgesteld moet worden, waarbij dan ook in aanmerking komen de punten bij het slot van § 9 voor de landhoofden vermeld.

§ 64. Hoogte der pijlers in 't algemeen. De hoogte van den bovenkant der pijlers wordt in hoofdzaak bepaald door dezelfde voorwaarden, die in § 9, op bladz. 13, voor de bepaling van de hoogte der landhoofden zijn aangegeven.

§ 65. Onderscheiding der pijlers. De pijlers kunnen onderscheiden worden in:

- 1°. Houten pijlers.
- 2°. Steenen pijlers.
- 3°. IJzeren pijlers.
- 4°. Pijlers van steen en hout.
- 5°. Pijlers van steen en ijzer.

HOUTEN PIJLERS.

§ 66. Toepassing en constructie. De houten pijlers worden voor blijvend werk slechts zelden gebruikt; alleen in die streken waar het hout goedkoop is, waar men met betrekkelijk geringe sommen omvangrijke werken moet uitvoeren, komen de houten pijlers voor blijvend werk nog in toepassing. Voor tijdelijk werk en voor steigerwerken is het gebruik van houten pijlers nog van belang. Het komt ons onnoodig voor, over deze pijlers, die toch slechts bestaan uit houten jukken, welke behoorlijk aan elkander verbonden zijn, uit te weiden.

Op Pl. 16 fig. 1 is een houten pijler voorgesteld; deze bestaat in hoofdzaak uit twee rijen palen, alsmede aan den

boven- en beneden kop een paal, te zamen 14 stuks; al deze palen zijn ter steek in den grond geheid met behulp van vloten of beter van twee gekoppelde vaartuigen, waarop de heistelling is geplaatst. De palen zijn onderling vereenigd door twee omgaande gordingen, die daarin met voorloeven gewerkt en daartegen met schroefbouten bevestigd zijn; aan ieder der zijden zijn twee en aan iederen kop vier schrankschoren tegen en om de palen aangebracht. Van binnen is de pijler van horizontale koppelhouten en verticale kruisen voorzien, terwijl van buiten een beplanking stevig tegen de palen is gespijkerd. Van boven zijn om de koppen der zijpalen ook koppelhouten bevestigd, waarover vijf strekhouten zijn gewerkt, waarop de brug komt te dragen.

Op Pl. 16 fig. 2 vindt men een tweeden houten pijler. Hij bestaat uit drie jukken, welke ieder 14 palen, alzo te zamen 42 palen, hebben; alle zijn verticaal in den grond geheid; 18 dezer palen dienen meer bepaald als draagpalen; de overigen zijn bestemd om het schranken van den pijler te voorkomen en tevens om gelegenheid te hebben, den pijler eenigszins als ijsbreker te kunnen inrichten.

In de richting van de lengte en breedte zijn de palen door vier stel gordingen onderling vereenigd, waar tusschen schrankschoren zijn aangebracht.

De hoofdafmetingen en verdere bijzonderheden zijn voldoende op de figuren te zien of te meten.

Het hout tot die pijlers te gebruiken kan zijn eikenhout, maar is ook grenen en dennen vooral bij tijdelijk werk; het is zaak voornamelijk deze laatste houtsoorten voor blijvend werk met een bederfwerend middel te laten doortrekken.

STEENEN PIJLERS.

§ 67. Wijze van fundeeren. De verschillende fundeeringen, die bij den bouw van steenen pijlers voorkomen, zijn:

A. Even als die, welke reeds bij de landhoofden in de §§ 26—31 beschreven zijn:

1°. Fundeeringen op staal.

2°. Betonfundeeringen zonder en met hei- of draagpalen.

- 3°. Fundeeringen met roosterwerken.
 - 4°. Paalfundeeringen met kespen, kloosterhouten, schuifhouten.
 - 5°. Fundeeringen met grint- of zandlagen en met zandpalen.
 - 6°. Fundeeringen met gemetselde steunpunten of pilaren en met putten; en verder:
 - 7°. Fundeeringen op heipalen waartusschen sparren, dicht aan elkander sluitende, zijn ingeheid.
- B. 8°. Fundeeringen, uitgevoerd met behulp van samengeperste lucht.
- 9°. Fundeeringen. uitgevoerd met behulp van luchtverdunning.

Eigenlijk worden dezelfde wijzen van fundeeren, zoowel voor den bouw der *landhoofden* als voor dien der *pijlers* toegepast, ingeval de landhoofden worden uitgevoerd in omstandigheden, overeenkomende met die der pijlers.

De fundeeringen, onder B genoemd, worden afzonderlijk behandeld na de ijzeren pijlers.

§ 68. **Middelen tot verkrijging of vorming van den bouwput.** Het beschrevene voor den bouwput der landhoofden in § 10 is ook hier van toepassing; alleen valt daarbij op te merken, dat de pijlers meermalen onder bezwarender omstandigheden moeten gebouwd worden dan de landhoofden.

De middelen, welke bij de in § 67 onder A genoemde fundeeringen in toepassing komen, zijn:

Aarden dammen.

Kistdammen.

Houten koffers.

Houten zinkbakken.

IJzeren koffers.

IJzeren zinkbakken.

Koffers van ijzer en steen.

Hoewel die middelen reeds ten deele bij de behandeling der landhoofden zijn aangeduid, willen wij toch in de volgende §§ het overzicht ervan eenigszins volledig geven en daarvan, alsmede van eenige der onder A genoemde fundeeringen voor pijlers, meestal uitgevoerde constructies mededeelen.

§ 69. Gebruik van dammen. a. Aarden dammen. We hebben in § 10 bij de behandeling van den bouwput der landhoofden reeds gezien, dat, wanneer men in moerassigen grond bouwt, de bouwplaats dikwijls afgedamd moet worden, om deze zooveel doenlijk droog te maken. Bouwt men in het water, dan gebeurt 't dikwijls, dat de fundeering toch geheel in het droge wordt uitgevoerd; daartoe dient de bouwput weder behoorlijk afgedamd te worden.

Daar waar geen of weinig stroom aanwezig is, kunnen de dammen veeltijds geheel van aarde gemaakt worden, Pl. 15 fig. 37, mits de overblijvende ruimte voor de scheepvaart, welke op dit water plaats heeft, voldoende is. Het gebeurt evenwel ook dat men eerst — veelal aan de buitenzijde — een wand van hout maakt en daartegen de aarde stort, om hierdoor met minder aarde den dam te kunnen maken, hem gelijktijdig tegen den stroom te beveiligen en minder ruimte van het profiel van het water, waarin men bouwt, in te nemen. Deze wand kan veelal bestaan: 1°. uit steek- of damplanken, gesteund door gordingen of sloven, welke op schoorpalen gewerkt zijn, Pl. 15 fig. 38 en 39; 2°. uit schotten, die in hun stand verzekerd zijn door daartoe ingeheidde palen; 3°. uit horizontaal op elkander gestapelde houten, die op dezelfde wijze als de schotten gesteund worden, Pl. 15 fig. 40.

De dammen worden liefst van samenhangende aarde gemaakt; moet zand gebruikt worden, dan is 't zaak op het talud aan de waterzijde een laag samenhangende aarde als klei of vette tuinaarde, dik 0,25 à 0,40 M. aan te brengen. De wederzijdsche taluds der dammen zijn $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ tot 3 op 1; zoo noodig worden ze tegen golfslag of stroom met rijsbeslag, puin en steenstorting of met andere middelen beveiligd. De breedte van de kruin is minstens 1 M. doch veelal 2 M. en meer; moet de kruin dienen tot het opstapelen van materialen, dan wordt zij daartoe veel breder gemaakt. In zeer slappe gronden zal men zelden hooge dammen maken. Voor waterkeeringen van meer dan 3,5 à 4 M. hoogte, zal het gebruik van aarden dammen langs fundeeringssputten in 't algemeen weinig plaats vinden.

b. Kistdammen. Deze bestaan in den regel uit een houten binnen- en buitenwand, waarvan de tusschenruimte met vette modder of deegachtige klei of samenhangenden grond goed is aangevuld.

Op Pl. 15 fig. 41—47 zijn eenige kistdammen voorgesteld.

In fig. 41 bestaan de wanden uit tegen elkander geheide planken, waarlangs binnen en buiten gordingen gespijkerd zijn, die door koppelhouten verbonden worden; beter werk verkrijgt men door steekplanken, voorzien van vischbekken of damplanken met messing en groef voor deze wanden te gebruiken.

In fig. 42 en 43 bestaan de wanden uit steek- of damplanken, gesteund door gordingen of sloven op ingeheide palen gewerkt.

In fig. 44 zijn de wanden verkregen door palen, waartegen plankenschotten van de noodige klampen voorzien steunen.

In fig. 45 bestaan de wanden uit damplanken tusschen palen geheid, waartegen gordingen zijn aangebracht, die door dwars-houten gekoppeld worden.

In fig. 46 zijn de wanden verkregen door het inheien van dampalen, die in de buitenrij van messing en groef voorzien zijn en in de binnenrij ook, of koud tegen elkander geheid zijn. Langs de koppen der palen gaan gordingen, die met koppel-houten vereenigd zijn.

In fig. 47 is een meer samengestelde dam aangegeven; hij bestaat uit drie deelen, het buitendeel is geconstrueerd, evenals fig. 46, maar bovendien zijn op de hoogte van den gewonen waterstand nog twee gordingen aangebracht; het middel- en binnendeel zijn verkregen door het binnenwaarts aanbrengen van houten wanden, bestaande uit palen, schotten of steekplanken en gordingen. Deze twee wanden zijn onderling en aan het buitendeel verbonden door schoren.

Het is duidelijk dat de constructie en de afmetingen vastgesteld moeten worden in verband met de omstandigheden, waarin de dammen verkeerden. In stilstaande of zeer weinig stroomende wateren, en waar het te keeren verschil van binnen- en buitenwater niet groot is, b. v. 0,50 à 1,25 M., wordt veel gebruik gemaakt van de dammen, voorgesteld in fig. 41 en 42. Is er stroom en het watersverschil grooter, b. v. 1,50 à 2,50 M.,

dan kan men overgaan tot het gebruiken van dammen als in fig. 43—45 zijn voorgesteld. Wordt het verschil van binnen- en buitenwater nog grooter, dan zijn de dammen van fig. 46 en 47 toe te passen; die in fig. 47 aangegeven, kan een waterverschil van ruim 5 à 6 M. keeren.

In hoeverre het gebruik van kistdammen, vooral bij groote diepten, nog aanbeveling verdient, moet in elk geval in het bijzonder beoordeeld worden.

De aarden en kistdammen moeten zoo hoog zijn, dat zij voldoende b. v. 0,50 à 0,75 M. boven den hoogen waterstand en golfslag blijven, die vermoedelijk bij den bouw zullen voorkomen. Voor werken die des zomers worden uitgevoerd, zal deze hoogte wellicht kunnen bedragen langs de bovenrivieren 1,00 à 1,50 M. boven den middelbaren rivierstand, langs de rivieren in het gebied van eb en vloed 1,00 à 2,00 M. boven dagelijksch hoogwater. Natuurlijk zal men voor werken, waarvan de fundeeringssput des winters droog moet blijven, de hoogte moeten regelen naar de hoogst voorkomende waterstanden of den hoogsten golfslag.

De dammen moeten een bouwput omvatten, zoo ruim, dat daarin het werk ongehinderd kan gebouwd worden. Wanneer de dam behoorlijk gereed is, dan wordt de put drooggemalen en drooggehouden, de overtollige aarde eruit gewerkt, om daarna de fundeering te kunnen maken. De fundeering van het te bouwen werk kan zijn: op staal, een roosterwerk, een paalfundeering en zoo men wil een beton- of iedere andere fundeering. In den regel worden evenwel alleen die fundeeringen met behulp van aarden of kistdammen uitgevoerd, welke een droogmaking van den bouwput vorderen, zooals de fundeeringen op staal, de roosterwerken en de paalfundeeringen.

De aarden dammen worden, zoodra de opbouw der pijlers tot de hoogte van hun bovenkant gevorderd is, weggeruimd. — Dit geschiedt ook veeltijds met de kistdammen, maar deze worden soms ook slechts tot zekere diepte opgeruimd, terwijl het overige als voorziening tegen ontgroning blijft. Daarbij kunnen de beide wanden van den kistdam als voorziening gebruikt worden

of slechts *één*, meestal de binnenwand, Pl. 16 fig. 7 en 8. In het eerste geval wordt de aanvulling tusschen de wanden tot de noodige diepte weggewerkt en weder tot zekere hoogte met steen aangevuld, waarna de wanden iets hooger dan de bovenkant dezer laatste aanvulling worden afgezaagd. In beide gevallen wordt erop gerekend, dat de blijvende wand zoo dicht mogelijk tegen de fundeering aansluit.

De kistdammen, welke soms op het bovenvlak van betonfundeeringen worden gemaakt, om den voet van het metselwerk diep genoeg en in het droge te kunnen aanleggen, zooals op Pl. 16 fig. 6 en 11 is aangegeven, worden waar ze te pas komen, behandeld.

c. Uitgevoerde kistdam voor de fundeering der brug van Neuilly.

In fig. 3 Pl. 16 is de kistdam van een pijler der brug van Neuilly te Parijs over de Seine voorgesteld; deze fundeering is in het droge gebouwd, waartoe de bouwput gevormd werd door een rechthoekigen kistdam en het water uit den put verwijderd is door een waterrad, dat op de teekening is aangegeven. De kistdam was gebouwd zooals ze tegenwoordig ook nog gemaakt worden, en bestond uit twee rijen damplanken voorzien van gordingen, die onderling gekoppeld zijn, en gesteund door heipalen. Tusschen de damplanken was een goede aanvulling van aarde. Ingevolge de mededeeling van Gauthey (1809), is de fundeering op 2,30 M. onder de laagste waterstanden gelegd. De brug is gebouwd in 1768—1774 onder het toezicht van Chezy naar het ontwerp van Perronet.

§ 70, Fundeering op staal. Het behandelde in § 26 betreffende het »fundeeren op staal” voor de landhoofden, is ook hier van toepassing, terwijl in § 69 de middelen zijn aangegeven, die daartoe tot verkrijging van den bouwput gewoonlijk worden toegepast. Het is duidelijk dat de vorm van de fundeering zich in hoofdzaak regelt naar den aanleg van het bouwwerk.

§ 71. **Fundeeringen met houten koffers, gewoonlijk betonfundeeringen.** Houten koffers kunnen bestaan uit:

- a. Opgeklampte planken schotten, steunende en zooveel doenlijk gespijkerd tegen ingeheide palen.
- b. Steek- of damplanken geheid langs een gording of een sloof op palen gewerkt.
- c. Damplanken geheid tusschen dampalen.
- d. Ingeheide dampalen al of niet voorzien van gordingen.
- e. Ingeheide palen, waartusschen houten schermen zijn aangebracht.
- f. Ramen van stijlen en gordingen, waartusschen planken zijn geslagen en waarbij voor het bovendeel waterdichte schotten zijn aangebracht.
- g. Ramen van gordingen, schoren en stijlen, waartegen aan de buitenzijde horizontale planken gespijkerd zijn.

De wanden der koffers maken een gesloten geheel uit, waarin de fundeering wordt gemaakt. De grondvormen van deze koffers, op Pl. 16 fig. 19—23 voorgesteld, kunnen in hoofdzaak zijn:

rechthoekig fig. 19; met een punt naar boven en naar beneden fig. 20; met afgesneden punten fig. 21; met afgeronde einden fig. 22; geheel rond fig. 23.

Het oppervlak van den bodem der koffers regelt zich natuurlijk naar de grootte van het oppervlak dat voor het grondvlak der fundeering noodig is, en dit wordt bepaald door de meer of minder vastheid van den ondergrond, het draagvermogen der gebruikte fundeeringstoffen en de belasting.

a—d. Koffers van planken schotten, steek- of damplanken, dampalen.

De koffers sub a—d worden bewerkt overeenkomstig de omheiningen in § 25 omschreven; ook de afmetingen van planken en palen kunnen bepaald worden naar de daarbij verstrekte opgaven, terwijl de gemaakte opmerkingen betreffende de gebruikelijke houtsoorten en het doel der omheiningen, enz., ook hier van toepassing zijn. Zij behoeven alzoo voor de constructie geen nadere verklaring; de fundeering bestaat daarbij, zooals gemeld is, meestal uit beton, en wordt in den regel zonder of slechts met gedeeltelijke droogmaking uitgevoerd, maar in die

koffers kunnen bij voldoende droogmaking ook fundeeringen op staal, alsmede roosterwerken, paalfundeeringen, enz. worden aangelegd, Pl. 16 fig. 4—8. Bij eenigszins diep gelegen fundeeringen zullen de enkele houten wanden evenwel, zonder nadere voorziening, in den regel geen dichtheid genoeg bezitten, om de droogmaling met matige kosten en voldoende zekerheid te kunnen doen. De koffers sub a—c, veelal van rechthoekigen vorm, worden gewoonlijk voor geen zeer groote diepten gebruikt, en dáár waar geen of slechts weinig stroom langs de fundeering gaat. De betonvulling verkrijgt daarbij een hoogte veelal van 1 à 2.50 M.; somtijds van 3.50 M., zooals fig. 9 op Pl. 16 aangeeft. Bij diepten van meer dan 2 M. en vooral dáár waar sterke stroom is, gaat men al spoedig tot koffers van aaneengesloten dampalen over. Zij worden bij de pijlers, even als bij de landhoofden, tot 8 M. en meer diepte toegepast en zijn met zeer goed gevolg uitgevoerd bij den bouw van de groote bruggen der Nederlandsche Staatsspoorwegen. — Ook in Frankrijk en Duitschland heeft deze wijze van fundeeren ruime toepassing verkregen. De brug te Chalonnès over de Loire in den spoorweg van Angers naar Niort heeft zoodanige fundeering en daarbij reikt het beton tot 9 M. onder den laagsten waterstand.

Wij zullen thans eenige mededeelingen doen betreffende uitgevoerde fundeeringen voor brugpijlers met behulp van de genoemde houten koffers.

I. Fundeering der brug te Tarascon, Pl. 16 fig. 10. Deze brug is in 1851 gebouwd over de Rhône voor den spoorweg van Tarascon naar Nîmes. — De rivierbodembodem bestaat uit grint- en zandlagen, waarin diepten voorkomen van 14 M. Elk der zes pijlers heeft een betonfundeering ter breedte van 12 en ter lengte van 24 M. De diepte van den bodem was onder den laagsten waterstand ongeveer 4 M. De grond was zoo vast dat men het voor ondoenlijk hield, daar aaneengesloten dampalen in te slaan, men heide toen met een zware hei, palen op 1,25 M. onderlingen afstand; deze palen vormden twee open omheiningen op 3,10 M. uit elkander; na hiertusschen den grond tot omstreeks 5 M. onder den laagsten waterstand uitgebaggerd te hebben, maakte men

elk der omheeringen sluitend door het inslaan van damplanken tusschen de reeds geheide palen of door het aanbrengen van planken schotten tegen deze palen, dik 0,05 à 0,08 M.

Tusschen de omsluitingen werden zeer zorgvuldig 3 of 4 lagen min of meer regelmatig behakte steenen, lang 3 M., breed 1,20 M., hoog 0,70 M., aangebracht. Voor elken pijler zijn 180 zulke blokken gebruikt; daar boven en tegen de buitenste omsluiting heeft men de steenstorting voortgezet met brokken steen. Vervolgens ging men over tot het uitbaggeren van den grond tusschen de binnenste omsluiting, door middel van een stoombaggermachine. Zoodra de diepte tot ruim 8,50 M. onder den laagsten waterstand verkregen was, begon men met de betonstorting met bakken van 1,30 M.³ inhoud; men werkte dag en nacht, zoodat in 24 uren 200 M.³ en in 12 dagen al het beton voor een pijler gestort werd.

Het grondvlak van het beton is 257 M.²; de belasting daarop kan ongeveer 13000 ton zijn, zoodat de ondergrond per vierk. centimeter met ruim 5 kilogr. belast kan zijn.

De binnenste omsluiting is gelijk met den laagsten waterstand afgezaagd en de buitenste ongeveer 0,50 M. lager. Beide omsluitingen zijn met de steenstortingen als middel tegen de ontgronding blijven zitten.

De fundeering is volkomen geslaagd maar heeft zeer groote kosten gevorderd.

II. Fundeering der brug van Plessis bij Tours. Deze brug is gebouwd over de Loire, even beneden Tours, voor den spoorweg van Tours naar Mans. De veertien pijlers en twee landhoofden zijn in het werkseizoen van 1855 gefundeerd. De diepte van de betonstorting onder den laagsten waterstand, verschilt voor de pijlers van 4 tot 7 M. De betonkoffers zijn gevormd door dampaalwanden. Fig. 11 Pl. 16 stelt de fundeering voor van een pijler van gemiddelde diepte. De voornaamste gegevens en afmetingen zijn:

Normale diepte van den rivierbodem onder den laagsten waterstand 2,00 M.

Diepte van den uitgebaggerden bodem onder den laagsten waterstand 5,00 »

Lengte van den betonkoffer van en tot het midden der dampalen gemeten 14,00 M.

Breedte van den betonkoffer van en tot het midden der dampalen gemeten 6,00 »

Diepte van de punt der hoekdampalen in den uitgebaggerden bodem, ongeveer 1,80 »

Diepte van de punt der tusschen-dampalen in den uitgebaggerden bodem, ongeveer 0,80 »

Lengte der hoekdampalen 8,50 »

Lengte der tusschen-dampalen. 7,50 »

Hoogte van den kop der palen boven den waterstand bij de uitvoering 1,70 »

Dwarsafmetingen der hoekpalen op den kop 0,30 bij 0,30 »

De tusschen-palen zijn niet allen gelijk van afmeting; om den 5^{den} is een dikkere paal geslagen.

Dwarsafmetingen der zware tusschen-palen op den kop 0,25 bij 0,25 M.

Dwarsafmetingen der gewone tusschenpalen op den kop $\left\{ \begin{array}{l} 0,22 \text{ » } 0,18 \text{ »} \\ 0,20 \text{ » } 0,20 \text{ »} \end{array} \right.$

Dwarsafmetingen der binnen- en buiten gordingen, aangebracht gelijk met den laagsten waterstand en bij de koppen der palen . . . 0,20 » 0,20 »

Hoogte der betonlaag, ongeveer 4,80 »

Binnen den wand van dampalen is een kistdam van beton aangebracht, om de hoogere waterstanden tijdens de uitvoering van den pijler te keeren.

Breedte van dezen kistdam, ongeveer $\left\{ \begin{array}{l} \text{van onder} . 0,60 \text{ M.} \\ \text{» boven} . 0,40 \text{ »} \end{array} \right.$

Hoogte » » » » 1,40 »

Na opruiming van den kistdam zijn de dampalen 0,60 M. onder water afgezaagd. Gelijktijdig met de betonstorting zijn de dampalen aan de buitenzijde gesteund door steenstorting, welke tevens een krachtige verdediging tégen ontgroning is.

III. Fundeering der brug over de Lek te Kuilenburg. Het

onderstaande is overgenomen uit de beschrijving der brug, gemeld in § 41, pag. 93.

1°. *Openingen der brug.* De brug over de Lek te Kuilenburg is gebouwd in de jaren 1863—1868, ten dienste van den spoorweg van Utrecht naar Boxtel; de onderbouw is, zooals reeds in § 41 voor het linkerlandhoofd werd gemeld, uitgevoerd onder leiding en toezicht van den heer G. van Diesen als eerst-aanwezend en J. D. Evers als sectie-ingenieur. De brug heeft negen openingen; de wijdden daarvan, gemeten tusschen de acht-kanten van de landhoofden en pijlers, bedragen voor zeven, elk 57 M., 399,00 M.
 een 80,00 »
 een 150,00 »

De dikte der pijlers, gemeten onder de kroonlijst, is als volgt:

Van de landpijlers I—VI, staande op de uiterwaarden of op den rechteroever, 4 M. dus voor 6 pijlers 24,00 »
 Van den oeverpijler of pijler VII, staande langs den rechteroever 5,00 »
 Van den stroompijler of pijler VIII, staande in het rivierbed 7,00 »
 Totale lengte der brug tusschen de landhoofden . 665,00 M.

De brug is gebouwd voor dubbel spoor.

Eenige gegevens betreffende waterstanden en onderzoek van den grond, zijn in § 41, bladz. 94, meegedeeld.

2°. *Afmetingen van de fundeering der pijlers.* Op Pl. 16 is in de figuren 12—15 de stroompijler en in de figuren 16—18 de oeverpijler voorgesteld. Wat de wijze van fundeeren betreft, deze is voor alle pijlers gelijk; de fundeeringen bestaan uit beton zonder heipalen; de betonkoffers zijn gevormd door aaneengesloten dampalen; de fundeeringen verschillen evenwel in afmetingen.

In den achterstaanden staat zijn de afmetingen van de fundeering der pijlers in meters opgegeven.

O M S C H R I J V I N G.	LANDPIJLERS.						Oever- pijler.	Stroom- pijler.
	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.		
Punt der dampalen	1.30—	1.66—	1.30—	1.30—	1.30—	1.30—	3.66—	9.15—(*)
Onderkant van de betonlaag	0.70+	0.00+	0.70+	0.70+	0.36+	0.70+	1.00—	5.16—(*)
Bovenkant der dampalen gelijk met den bovenkant der betonlaag	3.70+	3.34+	3.70+	3.70+	3.70+	3.70+		
Bovenkant der dampalen tijdens de uitvoering							3.34+	4.84+(*)
Bovenkant der afgezaagde dampalen gelijk met den bovenkant der betonlaag							3.00+	1.34+(*)
Lengte van de betonlaag gemeten tot het einde van het achtkant van den dampalenwand	21.85	21.85	21.85	21.85	21.85	21.85	25.40	34.25
Grootste breedte van de betonlaag tusschen de rechte gedeelten van den dampalenwand	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00	9.55	14.00
Kleinste breedte aan het uiteinde van den dampalenwand gemeten binnenwerks	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	2.10	3.00
Lengte van den aanleg der pijlers op de betonlaag tusschen de uiterste punten van de koppen der pijlers	19.495	19.997	19.495	14.495	19.495	19.495	22.36	31.344
Breedte van den aanleg der pijlers op de betonlaag	4.80	5.25	4.80	4.80	4.80	4.80	6.44	10.70
Dwarsafmetingen der dampalen	0.15 bij 0.30	0.15 bij 0.30	0.15 bij 0.30	0.15 bij 0.30	0.15 bij 0.30	0.15 bij 0.30	0.25 bij 0.30	0.35 à 0.35
Lengte der dampalen bij het inheien	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	7.00	14.00
Hoogte der uiterwaarden bij de pijlers ongeveer	3.90+	4.10+	4.10+	4.10+	4.10+	4.10+	(*)	
Grootste diepte van den rivierbodem in 1868—1870 omstreeks								2.33(*) à 1.97(*)
Druk op den zandbodem in kilogr. per vierk. centimeter	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.45	2.43	3.19
Druk van het metselwerk op het beton in kilogr. per vierk. centimeter	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	2.82	2.76

Om de pijlers is stortsteen tegen ontgronding aangebracht.

De dampalen voor de pijlers I—VII zijn van meskant bezaagd grenenhout zonder messing en groef, alzoo koud tegen elkander ingehheid. Tot bevordering der goede aansluiting zijn ze aan ééne zijde afgesnoten.

De dampalen voor den stroompijler bestaan uit meskant bezaagde grenen- en dennen palen, en zijn van messing en groef

(*) De diepten en hoogten zijn in meters betrekkelijk AP. aangegeven.

voorzien; de messingen zijn lang 5 en breed 15 centimeter; de groeven 6 bij 16 centimeter. Het aanpunten van de palen geschiedde over 50 centimeter hoogte; in de richting van den dampalenwand slechts aan één zijde en zóó, dat de punt 20 centimeter breedte behield; loodrecht op den dampalenwand, heeft het aanpunten aan beide zijden gelijk plaats gehad, tot op een dikte aan de punt van 10 centimeter.

3°. *Het heiwerk.* Het heien van het rechterlandhoofd en van de pijlers I—VI heeft geen bijzondere moeite gekost; men had het terrein afgegraven ongeveer 0,50 tot 1 M. beneden den bovenkant der fundeering. Met 1 tot 4 Hollandsche trekheien zijn, van den 18^{den} Juni tot den 3^{den} October 1863, 1186 stuks dampalen ingeheid. Het grootst aantal palen, dat met 4 heistellingen op een dag is ingeheid, bedroeg 43 stuks. Per heistelling en per dag heeft men gemiddeld ingeslagen 6 stuks en was het grootste aantal ingeheide palen 16 stuks. De heiblokken wogen 400 tot 515 kilogr.; de valhoogte van het blok was gem. 1,30 M., de zakking bedroeg gemid. per 100 slagen 0.742 M.

Het heien van den oeverpijler leverde meer moeielijkheden op. Er moesten 206 stuks dampalen ingeheid worden. Men had geen noemenswaardige uitdieping of voorbaggering gedaan, zoodat de palen over 6,60 M. door het vaste zand moesten worden ingeslagen. Men beproefde het inheien met de Hollandsche trekheide te doen, doch men kon hiermee van 9 tot 21 Sept. 1863 niet meer dan gem. 1 paal per dag en per heistelling inslaan. Nadat 18 palen geheid waren zag men, dat het werk zoo langzaam vooruitging en de kosten zoo hoog liepen, dat men besloot een stoomheide te gebruiken, waarmee dan ook de overige palen van 20 October tot 17 Dec. 1863 zijn ingeheid. Het heiblok had een gewicht van 1200 kilogr. en de valhoogte bedroeg 0,60 M.; men werkte met bijna 1 slag per seconde. Per dag bedroeg het grootst aantal ingeheide palen 9 stuks, het gemiddeld aantal 4,6 stuks. De gem. zakking per slag was, wanneer de palen 6,60 M. door het zand waren geheid, 0,002 M.

Voor den stroompijler moesten 258 stuks zware dampalen ingeheid worden. Voor het linkerlandhoofd had men 333 dito palen ingeheid, en daar had het heien met twee stoomheiden,

doch zonder voldoende voorbaggering, ontzaglijke bezwaren opgeleverd. Het heien was zoo moeilijk dat soms de koppen der palen in brand vlogen; op één paal werden tot het indrijven der laatste 2 M. 23142 slagen gedaan; het bleek later bij het uithalen dat deze en meer andere palen verbrijzeld en de houtvezels geheel van elkander gescheurd waren. Sommige onder-einden waren zoodanig verbrand dat men er stukken houtskool kon uitlichten. Het is duidelijk dat onder deze omstandigheid de messingen niet in de groeven bleven, en dat een dicht aaneengesloten dampalenwand niet kon verkregen worden.

Het gebruik van ijzeren schoenen maakte het heien niet gemakkelijker, maar werkte veelal nadeelig, daar de veeren der schoenen werden stukgewrongen en dan de spijkers het scheuren der palen bevorderden.

Den 27 Mei 1864 staakte de aannemer de werkzaamheden, maar zij werden later door de borgen voortgezet. Men begon weder te heien den 3^{den} November 1864; nu werd er evenwel een krachtige voorbaggering gedaan, zoodat de 14 M. lange palen niet dieper dan 5,25 M. door het zand behoeften geheid te worden. Met uitzondering van beletsel door hoog water had het afheien van den dampalenwand nu geen bijzonder bezwaar meer. Per dag en per stoomhei werden gemiddeld bijna 3 palen ingeheid. Voor de laatste 2 M. bedroeg de zakking per slag 6,5 tot 0,2 millim.

Met deze ervaring bij het linkerlandhoofd opgedaan, besloot men met het heien van den dampalenwand voor den stroompijler niet te beginnen, voor dat een aanzienlijke verdieping door baggering was verkregen. En om te zorgen dat deze verdieping niet weder dichtspoelde en tevens om het heien in stil water en daardoor in gunstigen toestand te kunnen doen, maakte men op 30 M. boven den te heien dampalenwand, een stroomafleidend scherm. Met de twee stoomheien op twee gekoppelde vaartuigen geplaatst en bij het linkerlandhoofd ook gebruikt, werden de dampalen tot de bepaalde diepte geslagen. Per dag en per hei was het grootst aantal ingeslagen palen 8 stuks en het gemiddeld aantal 3,6 stuks.

Het inheien der dampalen voor den betonkoffer van den viaduct van het linkerlandhoofd heeft geen bezwaren opgeleverd. Met een heiblok van 370 kilogr. en valhoogte van 1,20 M., werden

de 5 M. lange damplanken, zwaar 10 bij 30 centimeter, voorzien van messing en groef, ter diepte van 3,50 M. goed sluitende door het zand geheid.

Uit het bovenstaande betreffende het heiwerk van het linkerlandhoofd en den stroompijler blijkt ten duidelijkste, hoe nuttig het is, een krachtige voorbaggering te doen, waar men in vaste gronden met dragelijke kosten goede damwanden wil heien.

4°. *Het gebruikte beton.* Het tot de fundeeringen gebruikte beton, is in de meer genoemde beschrijving van de brug onderscheiden in beton 1^e soort en beton 2^e soort. Het beton 1^e soort is gebruikt voor de fundeeringen, waartoe het grootendeels in het droge kon gestort worden, zooals voor het rechterlandhoofd, de zes landpijlers en den viaduct van het linkerlandhoofd; het beton van deze fundeeringen komt niet dikwijls geheel onder water. Het beton 2^e soort is gebruikt voor die fundeeringen, waartoe het in het water moest gestort worden, zooals voor den oeverpijler, den stroompijler en het voorgedeelte van het linkerlandhoofd. In § 41, bladz. 97 zijn de bestanddeelen opgegeven van het beton voor het linkerlandhoofd; alzoo zijn de opgaven bij den viaduct voor beton 1^e soort en bij het voorgedeelte van het landhoofd voor beton 2^e soort.

Het beton is gestort:

voor het rechterlandhoofd en de landpijlers ter hoogte van 3 M. in één laag;

voor den oeverpijler ter hoogte van 4 M. in twee lagen elk dik 2 M.;

voor den stroompijler ter hoogte van 6,50 M. in drie lagen, de onderste ter hoogte van 2,50 M. en de twee overige elk van 2 M.

De kub. M. beton heeft gekost:

1 ^e soort:	in den viaduct verwerkt . . .	f	9,47
2 ^e »	{ in het linkerlandhoofd verwerkt.	»	11,32
		{ in den stroompijler	»	11,50

In al de prijzen zijn de betonstoffen, arbeidsloonen, hulpmiddelen en 10 % winst voor den aannemer begrepen.

IV. Betonfundeering van de pijlers der brug over het Hollandsch Diep.

1°. *Algemeene omschrijving van den onderbouw.* De brug is gebouwd over het Hollandsche Diep ten dienste van den spoorweg van Rotterdam naar Breda. De vaste brug bestaat uit 14 openingen elk van 100 M. wijdte in den dag, alzoo tezamen 1400 M.

De 13 pijlers zijn elk van boven dik 5 M., dus voor

13 pijlers 65 »

Zoodat de vaste brug een lengte heeft tusschen de landhoofden van 1465 M.

Aan den Noord-Brabantschen oever is ten behoeve der scheepvaart een draaibrug gebouwd, die door een dam van de vaste brug is gescheiden; gerekend van dezen dam waren de pijlers bij de uitvoering bekend onder N°. I—XIII.

De onderbouw der vaste brug is uitgevoerd in de jaren 1868 tot 1871, onder leiding en toezicht van den eerstaanwezend Ingenieur J. G. van den Bergh voor het geheele werk, van den sectie-ingenieur C. Bake voor het zuidelijk landhoofd en de pijlers I, II en III, en van den sectie-ingenieur S. J. Vermaes voor de pijlers IV—XIII. De pijlers I, II en III zijn met behulp van samengeperste lucht gefundeerd; de pijlers IV—XIII hebben fundeeringen van beton en heipalen, omgeven door een koffer van aaneengesloten dampalen, Pl. 17, fig. 1—9.

2°. *Gegevens en afmetingen der betonfundeeringen.* De voornaamste gegevens en afmetingen der fundeeringen voor de pijlers IV—XIII zijn in meters:

Diepte van den verdiepten rivierbodem	7,00 M. — AP
Punt der dennen heipalen minstens	16,00 » — »
» » » dampalen »	11,85 » — »
Ondervlak der betonlaag	7,00 » — »
Bovenkant der afgezaagde heipalen	6,25 » — »
» » » dampalen gelijk met het bovenvlak van het beton	1,35 » — »
Bovenkant der dampalen vóór het afzagen, dus als waterkeering tijdens de uitvoering	2,15 » + »
Onderlinge afstand der heipalen	1,00 bij 0,944 M.
Lengte der heipalen vóór het afzagen	18,00 »

Middellijn der heipalen op den kop gem. ongeveer .	0,41 M.
Lengte der dampalen vóór het inheien	14,00 »
Dwarsafmetingen der gewone dampalen .	0,25 bij 0,25 »
» » hoekdampalen . .	0,35 » 0,35 »
Binnenwerksche breedte van den betonkoffer . . .	10,00 »
» lengte » » » . . .	19,50 »
Aanleg van den pijler over de breedte	6,00 »
» » » » » » lengte	15,00 »

Grootste belasting, die elk der heipalen kan te dragen hebben, ongeveer 18000 kilogr.

Ter plaatse waar de pijler moest gebouwd worden, is de bodem tot de opgegeven diepte van 7,00 M. — AP uitgebaggerd over de breedte van 25,25 M. aan weerszijden der lengte-as van den pijler, en over 30 M. lengte aan weerszijden van de lengte-as der overbrugging. Deze vérdieping werd onder een talud van 2 op 1 met den hoogerem bodem vereenigd.

Rondom de pijlers zijn sterke rijshouten zinkstukken, hebbende voor elken pijler een oppervlak van 2800 M.², tegen ontgroning aangebracht; daarop zijn steenen gestort, die tegen de betonkoffers aansluiten tot de hoogte van 2,50 M. — AP; op deze hoogte is de steenstorting breed omstreeks 1,25 M., en gaat dan onder een talud van ongeveer 1 $\frac{1}{3}$ op 1 naar beneden, tot omstreeks 5,80 M. — AP, welke hoogte de bovenkant der steenstorting op het stortebed verder behoudt.

De waterstanden zijn in § 41, bladz. 91 vermeld, en zijn ook op de figuren 1 en 3 Pl. 17 aangegeven.

De pijlers van de brug over het Hollandsch Diep zijn onder ongunstige omstandigheden gebouwd, wegens:

- 1°. de veranderlijkheid van het rivierbed en den stroom;
- 2°. den sterken stroom en den golfslag;
- 3°. de breedte van de rivier.

Daarbij zijn geen stroomschermen gebruikt en ook geen steigers. De heistellingen heeft men op gekoppelde schepen geplaatst, om de verschillende palen te kunnen inheien.

De uitvoering der pijlers ging zeer regelmatig en daarbij hebben geen bijzonder nadeelige gebeurtenissen plaats gehad.

Het gebruikte beton is van dezelfde samenstelling als in § 41,

bladz. 93 voor het noordelijk landhoofd der brug is opgegeven. De dikte der opvolgende gestorte lagen heeft van: 2 M. tot 3 M. bedragen.

V. Fundeering van pijler II der spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam.

1°. *Openingen der brug.* De onderbouw dezer brug is uitgevoerd in de jaren 1870—1872, ten dienste van den spoorweg van Rotterdam naar Breda, onder de leiding en het toezicht van den eerstaanwezend ingenieur N. T. Michaëlis en den sectie-ingenieur A. K. P. F. R. van Hasselt.

Zij heeft vijf openingen, namelijk:

2 uiterste elk van 62 M. in den dag van boven dadelijk onder de kroonlijst gemeten	124,00 M.
3 elk van 85 M. in den dag gemeten als boven.	255,00 »
4 pijlers dik 5 M. gemeten als boven	20,00 »
Te zamen voor de geheele overspanning der brug . 399,00 M.	

De pijlers zijn bij de uitvoering genummerd van I tot en met IV, gerekend van den linkeroever.

Pijler I en II zijn op dezelfde wijze gefundeerd, namelijk met heipalen en beton, omgeven door een dampalenwand.

De pijlers III en IV zijn met behulp van samengeperste lucht gefundeerd.

2°. *Gegevens en afmetingen van pijler II.* De voornaamste gegevens en afmetingen van dezen pijler, voorgesteld op pl. 17 fig. 10—15, zijn:

Gemiddelde vloed	0,91 M. + AP
Gemiddelde eb	0,36 » — »
Hoogste water bij stormvloed, Januari 1855.	3,18 » + »
Zeer laag water met ijs 2 Januari 1875	1,17 » — »
Normale diepte van den rivierbodem om den pijler in 1870, ongeveer	2,70 » — »
Diepte van den uitgebaggerden bodem	4,00 » — »
Punt der dampalen	10,00 » — »
Ondervlak van de betonlaag	4,00 » — »
Bovenkant der afgezaagde heipalen	3,30 » — »
Bovenvlak van de betonlaag	0,50 » — »

Onderlinge afstand der heipalen	{ 0,75 bij 0,74 M.
	} 0,81 » 0,74 »
Lengte der heipalen vóór het afzagen gem.: . . .	18,00 »
» » » na » » »	13,00 »
Middellijn der heipalen op den kop gem.: ongeveer	0,41 »
Bovenkant der afgezaagde dampalen gelijk met den	
bovenkant van het beton	0,50 M. — AP
Bovenkant der dampalen vóór het afzagen, dus	
als waterkeering tijdens de uitvoering ongeveer.	3,00 » + »
Dwarsafmetingen der dampalen	0,25 bij 0,30 M.
Dwarsafmetingen der hoekdampalen.	0,35 » 0,40 »
Lengte der dampalen vóór het inheien	13,00 »
Binnenwerksche breedte van den betonkoffer . . .	10,70 »
Binnenwerksche lengte van den betonkoffer:	
zoover de evenwijdige wanden gaan	19,44 »
van punt tot punt ongeveer	30,00 »
Aanleg van den pijler over de breedte	6,80 »
» » » » » » lengte	21,80 »

De zinkstukken, welke om den pijler zijn aangebracht, Pl. 17 fig. 15, steken aan weerszijden buiten de lengte-as van den pijler uit 25,60 M., en buiten de lengte-as der brug 35,30 M.

Op het zinkstuk en tegen den dampalenwand is om de pijlers een steenstorting gedaan, reikende met den bovenkant tot nabij de hoogte van dagelijksche ebbe of 0,36 M. — AP, zooals op Pl. 17 fig. 10 te zien is.

Het gebruikte beton is van dezelfde samenstelling, als in § 41, bladz. 93 is opgegeven.

e. Koffers van palen en schermen.

I. Toepassing en beschrijving der koffers. Deze koffers zijn gebruikt:

In 1855 bij den bouw der brug over de Maas te Maastricht in den spoorweg van Maastricht naar Hasselt.

Bij den bouw der brug voor gewoon verkeer over de Maas te Roermond. Pl. 17 fig. 16—20.

Bij den bouw der brug over de Maas te Venlo voor den spoorweg van Venlo naar Breda. Pl. 17 fig. 21—27 en Pl. 18 fig. 1—3.

Het bed der Maas bestaat bij genoemde plaatsen uit grof en fijn grint door elkander. Hoewel de stroom aanzienlijk kan zijn, is toch het gevaar voor ontgroning niet bijzonder groot, wanneer aan de brug de noodige wijdte wordt gegeven, want de bodem is over 't algemeen zeer vast. Het zeer diep laten doorgaan van een aaneengesloten rij dampalen levert daar bezwaar op, terwijl het ook niet bepaald noodig is. Men heit dan slechts eenige palen 2,50 à 4,00 M. in den verdiepten rivierbodem op afstanden van 1,00 à 2,00 M., die de buitengrenslijn der betonkist aangeven; tegen de palen steunen de schermen en opdat deze in hun verticalen stand zouden kunnen gehouden worden, wordt om den andere of bij elke der zoeven bedoelde palen nog een paal geheid. De schermen komen daardoor tusschen twee paalrijen te staan. De palen en schermen kunnen van dennenhout zijn, hoewel het beter is in zulke vaste gronden eiken palen te gebruiken; de palen worden van ijzeren schoenen voorzien. De schermen worden ook wel van eikenhout gemaakt; zij bestaan uit ramen voorzien van kruisen, waarop verticale planken gespijkerd zijn. Zij kunnen in de hoogte uit een scherm of uit twee schermen bestaan; zijn er twee boven elkander, dan komt de voeg gelijk met of iets beneden het laagste water, en dan wordt de inrichting zoo gemaakt, dat het bovenscherm kan worden weggenomen. De naden der schermen kunnen, voor zoo ver noodig, tot bevordering der dichtheid gebreeuwd en gepikt worden. In de lengte bestaan de wanden van den betonkoffer uit schermen van 2 tot 4 à 5 M. Tijdens de uitvoering reiken de koppen der palen ongeveer tot middelbaren rivierstand of iets hooger en de schermen tot den hoogsten waterstand, dien men tijdens den bouw verwacht. Wanneer de kistdam genoegzaam gereed is en de bodem daarvan tot de gewenschte diepte — 1,50 à 3,00 M. onder den rivierbodem — is gebracht, dat gewoonlijk reeds vóór het heien door baggeren plaats heeft, dan gaat men tot de betonstorting over en gelijktijdig met eenige steenstorting buiten de betonkist. Gewoonlijk worden de wanden der betonkist aan elkander geankerd. — Is de pijler tot de hoogte der schermen opgetrokken, dan worden deze, wanneer ze uit één stuk bestaan, met de palen tot gelijk met of iets lager dan den laagsten waterstand afgezaagd; zijn twee schermen boven elkander geplaatst, dan wordt het bovenste weggenomen en het uitstekend eind der palen afgezaagd.

II. Fundeering van een pijler der brug over de Maas te Roermond.

Deze brug is in 1866 en 1867 voor rekening der gemeente onder de leiding van den ingenieur P. Schmick gebouwd: zij is voor gewoon verkeer en heeft 3 openingen, die elk in den dag een wijdte van 59 M. hebben; de dikte van elk der pijlers is van boven 3 M., zoodat de brug tusschen de landhoofden onder de kroonlijst gemeten wijd is 183 M.

De voornaamste gegevens en afmetingen van een der pijlers, op Pl. 17 fig. 16—20 voorgesteld, zijn:

Laagste waterstand September 1859	14,70 M. + AP
Middelbare rivierstand ongeveer	15,20 » + »
Hoogste waterstand ongeveer	21,00 » + »
Normale hoogte van den rivierbodem in 1878	
ongeveer	12,90 » + »
Onderkant der betonlaag	11,75 » + »
Bovenkant » » gelijk met de afge-	
zaagde palen en schermen	14,25 » + »
Bovenkant der schermen tijdens de uitvoering.	16,75 » + »
Breedte van de betonkist binnenwerks	6,00 M.
Lengte » » » van punt tot punt	21,30 »
Breedte van den pijler op het beton	4,00 »
Lengte » » » » » van punt tot punt	17,90 »
Onderlinge afstand der palen van den betonkoffer .	2 tot 4 »
Dwarsafmetingen der palen op den kop	0,30 bij 0,30 »
Hoogte der schermen na het afzagen	2,50 »
Lengte van elk der schermen ongeveer	4,00 »
Dwarsafmetingen van het raamhout en der kruis-	
houten	0,20 bij 0,20 »
Dikte der beplanking	0,06 »

De evenwijdige zijwanden zijn met ankers, vattende in beugels welke om de palen zijn aangebracht, aan elkander verbonden.

De verdieping bij de betonkist sluit zich met taluds van ongeveer 2 op 1 met den verderen bodem der rivier weder aan.

Om de pijlers gaande tot over de betonlaag is een steenstorting tegen ontgronding aangebracht.

III. Betonkoffers van de pijlers der brug over de Maas te Venlo.

De brug is in de jaren 1861—1862 in den Staats-spoorweg van Venlo naar Eindhoven gebouwd, en is thans ingericht voor spoorweg- en tevens voor gewoon verkeer. Zij heeft 4 openingen elk van 53.50 M. in den dag en 3 pijlers elk van 4.35 bovendikte. Zoodat de brug wijd is onder de kroonlijst en tusschen de landhoofden gemeten ruim 227 M. De uitvoering heeft plaats gehad onder leiding van den eerstaanwezend ingenieur J. A. Kool en den sectie-ingenieur N. H. Nierstrasz.

De fig. 21—27 Pl. 17 stellen den betonkoffer voor met eenige details van de fundeering voor een der pijlers. Nadat de bodem door baggering tot genoegzame diepte gebracht was, zijn palen voorzien van ijzeren schoenen in den grond geheid op onderlingen afstand van 1.87 à 2.85 M.; zij geven de grenslijnen der fundeering aan. Tegen die palen steunen de schotten of schermen; langs de twee zijden zijn de schermen 4.90 M. lang en aan de punten 3.30 M. en zijn 3.10 M. hoog; op de aansluiting van twee schermen komen altijd twee palen een buiten en een binnen te staan. Er zijn gesmede beugels aangebracht tot verbinding der binnen- en buitenpalen onderling en met de schermen, en dito beugels tot verbinding der alleenstaande buitenpalen met de schermen; aan eenige van de opsluitijzers dezer beugels zijn oogen, waarin ankers vatten, om zoodoende de houten wanden tegen het zijdelingsch uitwijken te verankeren. Ieder scherm bestaat uit een raam voorzien van een kruis, tegen dit raam zijn verticale planken gespijkerd. De bijzonderheden betreffende de constructie zijn voldoende uit de figuren te zien.

De voornaamste gegevens en afmetingen zijn:

Hoogst bekende waterstand in 1643	19,62 M. + AP
» » » » 1850	18,14 » + »
Middelbare rivierstand	9,90 » + »
Laagste waterstand ongeveer	8,13 » + »
Geprojecteerd rivierbed in 1861	6,90 » + »
Rivierbed volgens de peiling in het najaar van 1874	6,60 à 8,00 » + »
Onderkant van de schermen	5,38 » + »
Ondervlak van het beton	5,68 » + »

Bovenvlak van het beton gelijk met de afgezaagde palen en schermen	8,48 M. + AP
Binnenwerksche lengte van den betonkoffer van punt tot punt	30,00 M.
Binnenwerksche lengte voor zoover de evenwijdige zijvlakken strekken	19,00 »
Binnenwerksche breedte van den koffer	7,74 »
Buitenwerksche » » » »	8,30 »
Aanleg van den pijler over de lengte van punt tot punt	24,00 »
Aanleg van den pijler over de breedte	5,74 »
Dwarsafmetingen van de binnen- en buitenpalen nabij den kop	0,35 bij 0,35 »
Lengte der palen	8,00 »
Dwarsafmetingen van de gordingen of boven- en benedenregels der schermen	0,20 » 0,20 »
Dwarsafmetingen van de stijlen	0,20 » 0,20 »
» » » kruisen	0,20 » 0,20 »
Dikte der verticale aaneengesloten planken	0,08
Dwarsafmetingen der ijzeren beugels.	0,04 » 0,04 »
» » » ankers	0,03 » 0,03 »

f. Koffers van stijlen en gordingen met verticale planken en waterdichte schotten.

Op Pl. 18 fig. 4 en 5 is een betonfundeering voorgesteld met hellende houten wanden, welk systeem gebruikt is bij den bouw van verschillende bruggen in Frankrijk en reeds in 1845 en 1846 voor de bruggen over de rivieren de »Cher» en de »Vienne» in den spoorweg van Tours naar Poitiers. Deze koffers en die onder g bedoeld zijn beschreven in de Annales des Ponts et Chaussées 1849 2^e Serie door den toenmaligen hoofdingenieur Desnoyers.

De ingenieur J. Foy geeft aan het systeem f den naam van Système Beaudemoulin, omdat die koffers het eerst naar de ontwerpen en onder toezicht van den hoofdingenieur Beaudemoulin zijn toegepast in den genoemden spoorweg Tours—Poitiers. Later zijn meer bruggen met behulp van zulke koffers gefundeerd, zooals onder anderen te Parijs de »Pont St. Michel»

1857, »Pont de Solferino” 1858, »Pont au Change” 1859, »Pont Louis Philippe” 1860—1861 en de nieuwe brug van Bercy, verder de viaduct van »Point au jour” te Parijs en de viaduct van »Port Launey” over de rivier Châteaulin.

De vier wanden van den koffer hellen binnenwaarts $\frac{1}{5}$ à $\frac{1}{10}$ der hoogte; zij bestaan uit stijlen en drie dubbele gordingen, stevig aan de stijlen verbonden, alsmede uit damplanken en schotten; tusschen deze gordingen is ruimte tot het aanbrengen der damplanken, die met eenige tusschenruimte, of beter, dicht aan elkander geheid zijn en slechts zeer weinig in den verdiepten grondslag reiken. Terwijl van buiten de steenstorting wordt aangebracht tegen ontgroning en tot steun der zijwanden wordt de binnenruimte gevuld met beton tot de hoogte van den laagsten waterstand; juist op deze hoogte is een dubbele gording, daarop worden aan de binnenzijde der damplanken, andere wanden van hout, namelijk dicht gekalfate schotten, waarvan de planken horizontaal loopen; op de gordingen wel sluitende, aangebracht. Is dit geschied, dan wordt weder beton gestort ter hoogte van 0,40 à 0,60 M. en soms langs de houten schotten nog wat hooger. Daardoor verkrijgt men dan een bak bestaande uit een bodem van beton en zijwanden van dicht gekalfate schotten. Deze bak wordt drooggemalen en, na het schoonmaken en egaliseeren door aanvulling der ongelijkheden van het beton, kan men tot den opbouw der pijlers overgaan.

Is de pijler tot den bovenkant van den koffer opgebouwd, dan kan het gedeelte van den koffer, dat boven het beton uitsteekt, worden opgeruimd.

Fundeering der brug St. Michel.

De ingenieur Vaudrey heeft de beschreven koffers voor de brug St. Michel, Pl. 18 fig. 4 en 5, toegepast. De voornaamste gegevens en afmetingen daarvan zijn:

Waterdiepte tot den bodem onder den laagsten waterstand	2,90 à 3 M.
Waterdiepte tot den verdiepten bodem onder den laagsten waterstand	3,60 M.
Hoogte der betonlaag.	3,10 »

Hoogte van den houten koffer	4,80 M.
Onderbreedte van den houten koffer	6,22 »
Bovenbreedte » » » »	4,34 »
Onderlengte » » » »	38,22 »
Bovenlengte » » » »	36,40 »
Normale afstand der stijlen midden op midden	2,00 »
Onderkant der eerste gording van de lange zijden boven den verdiepten bodem	0,60 »
Onderkant der tweede gording van de lange zijden boven den verdiepten bodem.	2,40 »
Onderkant der derde gording van de lange zijden boven den verdiepten bodem.	4,60 »
De twee onderste rijen gordingen zijn van eiken- de bovenste van dennenhout.	
Dwarsafmetingen der gordingen	0,20 bij 0,25 M.
» » eiken stijlen	0,16 » 0,16 »
» » dennen damplanken.	0,08 » 0,22 »
Lengte der damplanken ongeveer	5,60 à 5,70 »
Dikte der schotten.	0,03 »
» » tengels op de naden der planken van deze schotten	0,018 »

g. Koffers van stijlen, gordingen, schoren en horizontale planken. — Brug over de Creuse.

Op Pl. 18 stelt fig. 6—8 den koffer voor, welke gebruikt is voor de brug over de Creuse in den spoorweg van Tours naar Poitiers te Port-de-Piles. Deze koffer was bestemd en ingericht om den put te kunnen droogmaken.

De wanden bestaan uit zware grondslouven, waarin stijlen gesteld zijn, die door gordingen en schoren onderling vereenigd en in hun stand verzekerd zijn. Tegen de buitenzijden der stijlen, zijn horizontale planken gespijkerd en waterdicht gekalfaat. De koffer heeft een grondvlak binnenwerks lang 18 M. breed 9,64 M. en een hoogte van 4,10 M.

Het bed der rivier bestaat uit een laag zand en grint, die een aanzienlijke bank van zeer vaste klei bijna kleischiefer bedekte, maar waarvan het bovengedeelte wat samendrukbaar was.

De ingenieur Beaudemoulin wilde de fundeering 2 M. in de vaste klei laten. Hij liet den bovengenoemden koffer bouwen en het zand en grint uitbaggeren; daarna werd de koffer ter juiste plaatse op de kleilaag gezonken nadat deze zoo gelijk mogelijk was gemaakt.

Alle openingen onder de grondsluif werden zoo goed mogelijk gedicht door middel van linnen zakken gevuld met goede deegachtige klei, die dan een diameter van 0,30 M. hadden; vervolgens werd hierop een laag klei vermengd met mest aangebracht, en daarop natuurlijke steen gestort.

De droogmaking van den put was gemakkelijk; de noodige uitgravingen konden gedaan worden en de metselwerken werden in het droge zonder eenigen tegenspoed uitgevoerd.

Zoodra de pijler tot voldoende hoogte boven den waterspiegel was opgetrokken, werd de koffer weggenomen, alleen de grondsluif bleven zitten.

Het is duidelijk, dat de verdieping onder den onderkant van den koffer alleen in zeer vaste gronden en de droogmaking in waterdichte gronden kan plaats hebben. — Toch kunnen zulke koffers ook in lossere gronden gebruikt worden; men zou dan den grond kunnen uitbaggeren en den koffer zoodanig construeeren, dat hij uit twee waterdichte deelen bestaat, die op elkander geplaatst zijn. Nadat de koffer ter juiste plaatse gesteld is, kan de binnenuimte tot nabij de hoogte van den bovenkant van het beneden-gedeelte van den koffer met beton gevuld worden, waarna de droogmaking en vervolgens het opmetselen kan geschieden en zoodra de pijler tot genoegzame hoogte boven water is opgetrokken, zou het bovendeel van den koffer kunnen worden weggenomen.

De ingenieur Beaudemoulin is van oordeel, dat de sub **f** en **g** beschreven koffers niet alleen tot diepten van 5 à 6 M. maar tot nog grootere diepte toe te passen zijn.

Voor zoo ver uit de beschrijving van die koffers in verschillende werken is op te maken, mag men aannemen dat zij bij de uitvoering goed hebben voldaan. Zij worden gebruikt in rivieren met vasten bodem.

§ 72. **Fundeering met houten zinkbakken.** Verschillende bruggen zijn met behulp van houten zinkbakken gefundeerd, namelijk in Engeland de oude Westminsterbrug, in Frankrijk de brug te Ivry, te Sèvres, te Rouaan, te Bouchemaine en veel andere. De bak bestaat in 't algemeen uit een waterdichte vloer, waarop waterdichte zijstukken worden gesteld, die weggenomen kunnen worden, zoodra de pijler opgemetseld is tot de hoogte van den bovenkant des baks. De bak wordt ter juiste plaatse gebracht en daar gehouden met behulp van palen, die langs de zijden ingeheid zijn en waartegen zoo noodig geleistukken worden gewerkt. In dien bak wordt het metselwerk voor den pijler opgetrokken, waardoor de bak met het metselwerk langzaam zinkt, hetzij tot op den uitgediepten en gelijk gemaakten bodem, of tot op de palen, die daar tot dracht van den pijler ingeheid en in een horizontaal vlak afgezaagd zijn. Vóór dat de bak op den grond of op de koppen der palen komt te rusten moet men zich goed verzekeren, dat hij juist op zijn plaats te recht komt.

Ook is 't zaak het metselwerk met kracht voort te zetten, om de zijstukken van den bak niet langer dan noodig is aan den druk van het water bloot te stellen en ook om minder gevaar te loopen, dat zich soms drijvende voorwerpen op den grond of op de palen vastzetten, waardoor de bak niet gelijk zou komen te dragen. Tegen dit laatste kan men waken door het aanbrengen van een stroomscherm boven de bouwplaats. Het snel zinken wordt somtijds verkregen, door den bak voorloopig op zijn plaats te laten zinken door invulling met steen, die, bij het inbrengen van het metselwerk, successivelijk wordt weggenomen.

De bakken verkrijgen een binnenwerksche breedte en lengte van 1 tot 4 M. grooter dan de breedte en lengte van den aanleg der pijlers. De hoogte is afhankelijk van de diepte waarop men onder den gewonen waterstand fundeert en van den waterstand die tijdens het bouwen vermoedelijk zal aanwezig zijn. De bak voor de brug te Rouaan is omstreeks 6 M. hoog.

Brug te Sèvres. De bak van deze brug, Pl. 18 fig. 9—11, is buitenwerks hoog 1.94 M. De vloer bestaat uit aaneengesloten

balken die in een zwaar omgaand raamwerk met een lip steunen en tevens aan het raamwerk door horizontale ankerbouten zijn bevestigd; loodrecht over deze balken zijn zwalpen gelegd, terwijl de bovennaden der balken met tengels zijn beslagen. De zijwanden bestaan uit stijlen 2,20 à 2,35 M. uit elkander gesteld, waartusschen horizontale planken sluiten, waarvan de naden aan de binnenzijde van tengels zijn voorzien. De stijlen zijn aan den buitenkant zijdelings geschoord, terwijl de zijwanden door koppelhouten, die den dienst doen van stutten, onderling verbonden zijn. Deze houten zijn door verticale oogbouten met de omgaande ramen van den vloer vereenigd, waartoe eenige der ankerbouten ter bevestiging van de ramen en vloerbalken een uitstekenden haak hebben. Over de koppelhouten zijn eenige kruisen aangebracht. Het is duidelijk dat de naden der vloerbalken en die der planken voor de zijstukken van breeuwnaad voorzien en waterdicht gekalfaat worden.

De gegevens en verdere afmetingen zijn in hoofdzaak de volgende:

De diepte van den bodem onder den laagsten waterstand is slechts 1,35 M., maar de bodem is voor de fundeering verdiept tot 3 M., waarin palen zijn geheid, die met den punt 6,64 M. en met den afgezaagden kop 1,14 M. onder den laagsten waterspiegel staan; de verdiepte bodem is tusschen de palen tot gelijk met den kop met stortsteen aangevuld; op die palen en op den stortsteen rust de bodem van den fundeeringsbak, die nu den vloer der fundeering uitmaakt. De dwarsafmetingen zijn:

Van de vloerbalken	0.22 M. bij	0.25 M.
» het raamhout	0.34 » »	0.35 »
» de zwalpen	0.12 » »	0.35 »
» » stijlen ongeveer	0.28 » »	0.35 »
» » planken	0.06 » »	0.30 »
» » schoren ongeveer	0.08 » »	0.15 »
» » koppelhouten »	0.15 » »	0.15 »
» » kruisen »	0.12 » »	0.12 »

Soms heeft men zulke fundeeringen merklijk boven den rivierbodem laten uitsteken; dit is over 't algemeen niet aan te bevelen en de toepassing ervan moet worden ontraden, tenzij met zeer ruime steenstorting van zware steenen.

§ 73. Fundeeringen met ijzeren koffers. a. Constructie.

De fundeeringen met ijzeren koffers of caissons en beton zijn bij verschillende bruggen in toepassing gebracht. De koffers kunnen bestaan uit gesmeed of gegoten ijzer of ten deele uit gesmeed en ten deele uit gegoten ijzer; zij zijn in platten grond cirkelvormig of langwerpig met halfcirkelvormige afronding, met elliptische afronding of met spitsbogen.

De *gesmeed* ijzeren koffers bestaan uit gewalste platen, veelal dik 6 à 10 millim.; de lengte van iedere plaat bedraagt gewoonlijk 2 à 3 M. maar kan ook grooter zijn; de platen zijn hoog soms 0,50 M., veelal 0,75 à 1,00 M. De dikke platen komen bij den onderkant en de dunne nabij den bovenkant der koffers.

De verbinding der platen geschiedt in hoofdzaak op twee wijzen:

1°. De platen worden juist sluitende op elkander gesteld veelal zoodanig dat de verticale voegen in verband verspringen; op de horizontale voegen, hetzij aan de buiten- of binnenzijde komen \perp of $\perp\perp$ ijzers, die door klinkbouten aan de platen worden verbonden, de \perp ijzers worden bovendien onderling aaneengeklonken, Pl. 18, fig. 14, 15, 16. Ook op de verticale naden komen zulke \perp of $\perp\perp$ ijzers welke tegen de buitenzijde der wanden kunnen worden aangebracht voor de gedeelten der koffers, die boven den uitgebaggerden bodem blijven en tevens met steenstorting bedekt worden; van de gedeelten der koffers die in den grond moeten zinken of die boven de steenstorting uitsteken, worden de beide wanden glad bewerkt en daar komen dus de \perp of $\perp\perp$ ijzers aan de binnenzijde der wanden. Ook brengt men wel *alle* \perp of $\perp\perp$ ijzers aan de binnenzijde der koffers aan.

2°. De platen worden bij de horizontale voegen 6 à 10 centimeter over elkander gelegd en aan elkander geklonken, Pl. 18 fig. 12, 13. Voor die gedeelten der wanden, welke in den grond zinken, worden veeltijds bij de horizontale verbindingen de bovenplaten binnen de benedenplaten gesteld, ten einde het zakken van den koffer niet tegen te werken. Boven den grond kunnen de platen gewerkt worden, als die, welke in den grond komen, of, zij kunnen om de andere binnen en buiten gesteld worden,

Pl. 18 fig. 12, 13. Op de horizontale verbindingen, of er tus-
schen, moeten, tot verkrijging van voldoende stijfheid in het
tweede geval toch \perp of \perp ijzers aangebracht worden, die veelal
afmeting bekomen van $0.076 \times 0.076 \times 0.011$ à 0.127×0.127
 $\times 0.015$ M.

De verbindingen der verticale naden kunnen als de horizontale
worden behandeld.

De verbindingen worden bijna altijd met enkele klinking be-
werkt, Pl. 18 fig. 12—16, maar somtijds verkrijgt de verticale
verbinding dubbele klinking, waartoe bij het over elkander lappen
der platen op de wijze als in fig. 12 en 13 *twee* rijen bouten
gebruikt worden, en wanneer de platen aan elkander worden
gewerkt, als Pl. 18 fig. 14—16 aangeeft, dan komen *twee* rijen
bouten aan *weerszijden* der voeg. De klinkbouten verkrijgen veelal
een middellijn van omstreeks tweemaal de dikte der te verbinden
platen en worden op onderlinge afstanden van $2\frac{1}{2}$ à 3 maal de
dikte der middellijn geplaatst.

De lange zijden der ijzeren koffers worden veeltijds met ijzeren
ankers aan elkander verbonden. Deze ankers zijn \perp of \perp ijzers
of staven van rechthoekige, vierkante of cirkelvormige doorsnede.
Zij worden aan de horizontale \perp of \perp ijzers van de wanden met
klinkbouten verbonden en zoo deze ijzers aan de buitenzijde der
wanden zijn aangebracht, worden tot bevestiging der ankers
plaatselijk afzonderlijke \perp ijzers aan de wanden geklonken. Som-
tijds worden tusschen de ankers nog horizontale kruisijzers ge-
werkt. De ankers en kruisen dienen om aan de koffers genoeg-
zame sterkte te geven tijdens het transport en het zinken en
verder dienen de ankers om het uitbuigen der wanden tegen te
gaan, bij het betonstorten vóór dat de steenstorting tot voldoende
hoogte is gekomen. De sterkte der verankering wordt zeer onge-
lijk bepaald. De onderlinge afstanden der ankers bedragen wel
in de lengte van den betonkoffer 3 tot 6 M. en in de hoogte
1 M. De ankerstaven bekomen een dwarsdoorsnede van 10 tot
20 vierk. centimeter.

De hoofdafmetingen der koffers regelen zich naar de noodige
oppervlakte en diepte der fundeeringen; zij kunnen zijn: lang
15 à 25 M., breed 5 à 12 M., hoog 5 à 10 M. De groote

afmetingen kunnen, zoo noodig, nog wel vergroot worden, terwijl de kleinere naar behoefte kunnen verminderen. Aan de wanden wordt in den regel een binnenwaartsche helling gegeven van $\frac{1}{10}$ à $\frac{1}{15}$ der hoogte.

Ook heeft men soms twee of meer koffers naast elkander gezonken, die met beton gevuld, te zamen de fundeering uitmaken; voor de fundeering der Blackfriarsbrug te Londen heeft men vier koffers of caissons gebruikt.

De *gegoten* ijzeren koffers bestaan uit platen van ongeveer de volgende afmetingen, dikte $2\frac{1}{2}$ centimeter, hoogte 1.50 à 3 M. en breedte 1 à 1.25 M. De platen zijn tot onderlinge verbinding van flenzen met versterkingsruggen voorzien; deze flenzen, die in den regel 3 à 8 millimeter dikker zijn dan de platen, worden met gesmeed ijzeren schroefbouten dik $2\frac{1}{2}$ centim. aan elkander bevestigd, Pl 18 fig. 17. De wijze van verbinding is voor de horizontale en verticale voegen gelijk. De verticale voegen verspringen bij de opvolgende lagen in verband.

De wanden dezer koffers zijn te lood of met horizontale versnijdingen opgewerkt.

Bij het zinken der koffers dieper dan de vooraf uitgebaggerde bodem of in rivieren gebeurt 't dat zij door het steigerwerk of wel door het aanbrengen van stutten, wiggen, enz. moeten rechtgezet of gehouden worden. Het gegoten ijzer is dan minder bestand tegen de daarop werkende krachten, zoodat men daarom wel het onderste deel der koffers van *gesmeed* ijzer maakt, terwijl men het hoogere van *gegoten* ijzer neemt, als zijnde beter bestand tegen het roesten. De overgang van gesmeed tot gegoten ijzer geschiedt dan zooals fig. 18 op Pl. 18 aangeeft.

De betonkoffers van gegoten ijzer kunnen ook als volgt gemaakt worden: nadat de bodem door baggeren tot de gevorderde diepte gebracht is, worden op afstanden van 1.50 à 2.50 M. gegoten ijzeren palen goed te lood in den grond geheid. Daartusschen zijn gegoten ijzeren platen, voorzien van verticale en horizontale versterkingsruggen, gewerkt; een en ander zooals op Pl. 21 fig. 5—7 en 12 is aangegeven. Deze constructie vordert een zeer zuivere in elkander sluiting der deelen, die, vooral in grint of andere harde gronden, moeilijk te verkrijgen

is; in 't algemeen kan deze wijze van werken niet worden aan-geraden. Ook kan men tot vorming van betonkoffers gegoten ijzeren damplaten met messing en groef in elkander heien, zooals een gedeelte van den ijzeren wand van de pijlers der spoorwegbrug te Westervoort is uitgevoerd.

b. Fundeering van den stroompijler van den viaduct te Nogent over de Marne.

Op Pl. 18 fig. 19—22 is de fundeering voorgesteld van den stroompijler van den viaduct te Nogent over de Marne, uitge-voerd in 1855 door den ingenieur Pluyette.

De bodem der rivier was daar gelegen ongeveer 3 M. onder den laagsten waterstand, terwijl de vaste grintlaag nog 3,5 M. dieper werd aangetroffen.

De ingenieur Pluyette besloot tot het maken van een gesmeed ijzeren koffer of caisson, zonder bodem en met waterdichte zij-wanden; deze koffer werd na het uitbaggeren van de onvaste stoffen tot op de grintlaag gezonken; hij had de hoogte van 9 M. zoodat hij nog ongeveer 2,5 M. boven den laagsten waterstand uitstak. Zijn grootste lengte was van onder 23,21 M., van boven 21,75 M.; zijn grootste breedte van onder 11,46 M., van boven 10 M. Aan de binnenzijde van den koffer zijn verticale \perp ijzers op afstanden van 3,917 M. geklonken, waaraan de na te melden horizontale stangen als ankers zijn bevestigd, Pl. 18 fig. 22. De ijzeren wand was zeer dun bepaald; van het onderste gedeelte ter hoogte van 3 M. is de ijzerdikte van den wand voor de rechte platen 0,0045 M. en voor de gebogen platen 0,004 M.; aan de buitenzijde daarvan zijn horizontale \perp ijzers van $0,06 \times 0,06 \times 0,008$ M. geklonken op onderlinge afstanden van 1 M. Pl. 18 fig. 21; de horizontale gesmeed ijzeren ankers op 3,917 M. onderlingen afstand, in dit gedeelte aangebracht, om het zijdelingsch uitwijken der wanden te beletten, zijn van vierkant ijzer van 0,03 M.

Het middelgedeelte, ter hoogte van 3,50 M., reikende tot 0,50 M. onder den laagsten waterstand is sterker gebouwd, want hier-van is de ijzerdikte der rechte wanden 0,01 M. en der gebogen wanden 0,008 M. en zijn de horizontale \perp ijzers aan de buiten-

zijde op 0,50 M. afstand aangebracht; deze ijzers zijn ook veel zwaarder, want zij hebben de volgende afmetingen $0,10 \times 0,20 \times 0,015$ M.; de ankers in dit gedeelte, ook op onderlingen afstand van 3,917 M., zijn op elkander geklonken \perp ijzers van $0,14 \times 0,08 \times 0,01$ M., Pl. 18 fig. 22.

Het bovenste gedeelte ter hoogte van 2,50 M. bestaat uit platen, dik voor de rechte wanden 0,0045 M., voor de gebogen wanden 0,0035 M.; de horizontale gordingen zijn van dubbel hoekijzer van $0,06 \times 0,06 \times 0,008$ M.; van dit gedeelte zijn de verbindingen met schroefbouten verkregen, om na voldoende opbouw der pijlers te kunnen worden weggenomen.

Nadat de koffer ter juiste plaats was gezonken, werd het onderste gedeelte ter hoogte van 3 M. met beton gevuld; na voldoende verharding van het beton is de ruimte leeggemalen, waarbij het noodig was de zijwanden van den koffer van binnen door houten ribben te stutten, die evenwel zoodanig waren aangebracht dat zij bij het opmetzelen van den pijler, dat van den bovenkant van het beton plaats had, achterevolgens konden weggenomen worden.

Gelijktijdig met het betonstorten en vervolgens met het opmetzelen had de steenstorting om den koffer ingevolge de teekening plaats.

c. Spoorwegbrug over de Weser te Bremen.

De brug heeft in den dag op de hoogte der opleggingen:

3 vaste openingen elk van 45.57 M.	136.71 M.
2 beweegbare openingen door de draaibrug overspannen te zamen	37.22 »
1 vaste opening van	18.24 »
Te zamen.	<u>192.17 M.</u>

De brug heeft vijf pijlers, die de volgende dikte hebben op de hoogte der opleggingen:

2 stroompijlers elk 3.05 M.	6.10 M.
2 » » 3.57 »	7.14 »
1 middelpijler voor de draaibrug	<u>10.92 »</u>
Te zamen	24.16 M.

Alzoo is de geheele lengte der brug tusschen de landhoofden op de hoogte der opleggingen 216.33 M.

De hoogte der pijlers is tot een minimum bepaald; de onderkant van den ijzeren bovenbouw ligt:

boven den hoogsten waterstand.	0.434 M.
» het hoogst bekende ijs	1.302 »
» den gemiddelden waterstand.	4.075 »
» den laagsten »	6.100 »

De nul van het vergelijkingsvlak of het peil ligt 1.275 M. onder middelbaren rivierstand en 0.75 M. boven den laagsten waterstand.

De geheele brug is gebouwd onder de leiding van den »Baudirector» Berg voor dubbel spoor in den spoorweg van Bremen naar Oldenburg, in de jaren 1865—1867.

De fundeering van al de pijlers is op gelijke wijze uitgevoerd; zij is verkregen door voor elken pijler een gesmeed ijzeren koffer in een uitgebaggerden put te laten zinken tot op den vasten ondergrond, die ongeveer 1.20 M. onder den bodem der rivier aanwezig was en dezen koffer vervolgens met beton te vullen tot de hoogte van 0.73 M. onder peil of tot ongeveer gelijk met den laagsten waterstand.

Op Pl. 19 zijn in fig. 1—2 de noodige inrichtingen tot het zinken van den koffer voorgesteld, terwijl in fig. 3—5 de gezonken koffer, de inrichtingen tot betonstorten en de steenstorting om den pijler zijn aangegeven.

De koffer is lang van onder 21.41 M., op de hoogte van het peil of 3.47 M. boven den onderkant 20.83 M., hij is breed van onder 5.065 M., op de hoogte van het peil 4.485 M. De geheele hoogte bedraagt 4.627 M. waarvan het onderste deel ter hoogte van 3.47 M. de blijvende betonkoffer is.

De koffer bestaat beneden peil uit platen dik 0.01 M., welke 0.06 M. over elkander liggen en met bouten van 0.018 M. op onderlingen afstand van 0.06 M., waterdicht aan elkander geklonken zijn. Van den onderkant tot het peil is de hoogte door 3 platen verkregen; zij zijn door vijf horizontale gordingen van Γ ijzer van $0.076 \times 0.076 \times 0.011$ M. aan de buitenzijde versterkt. Bovendien zijn de wanden door horizontale ankers van \perp ijzer, die op ongeveer 4.50 M. onderlingen afstand zijn aangebracht, alsmede door kruisen en schoren tegen vervorming verzekerd.

Onder een der ijzeren gordingen, die op 0,29 M. boven den onderkant van den koffer is vastgebout, zijn eikenhouten klossen $0,29 \times 0,58 \times 0,15$ M. op onderlinge afstanden van 0,87 M. bevestigd; deze klossen waren bestemd om het ongelijkmatig indringen van den scherpen kant des koffers in den ondergrond te voorkomen en daardoor tevens ongelijkmatige zetting tegen te gaan.

Boven peil bestond de koffer uit plaatijzer ter dikte van 0,006 M., die door twee horizontale gordingen van hoekijzers, één direct op peil en één aan den bovenkant van den koffer zijn versterkt. Deze verhooging werd waterdicht op het ondergelegen deel met schroefbouten bevestigd en was te beschouwen als een tijdelijke waterkeering, die bij voldoende lagen waterstand weggenomen werd zoodra de pijler tot den bovenkant daarvan was opgemetfeld.

Het gewicht van den geheelen koffer bedroeg :

Voor elk der stroompijlers.	27153	kilogr.
» » » » naast de draaibrug	27478	»
» den middelpijler der draaibrug . . .	40078	»

In den tijd van 65 dagen waren alle deze koffers gezonken en werd na zinking van elken koffer verder met het maken der fundamenteen voortgegaan.

De kosten voor het zinken hebben bedragen met inbegrip van alle uitgaven voor steigers en schepen 4880 gulden.

De aannemingssom voor de koffers bedroeg . 31830 »

Te zamen voor de 5 koffers 36710 gulden.

Voor het betonstorten heeft men gebruik gemaakt van ijzeren kيبakken, zooals zij op Pl. 19 fig. 3 en 4 zijn aangegeven.

De mortel voor het beton bestond uit 1 deel tras, 1 deel geleschte kalk en 1 deel zand, terwijl het beton verkregen werd door de samenvoeging van 5 deelen mortel en 8 deelen steenslag van vasten zandsteen met scherpe kanten; de bereiding had degelijk en langdurig plaats zonder toevoeging van water. Het beton was uitmuntend. Met het betonstorten ving men aan den 10^{den} April 1866 en de vulling van de 5 koffers was reeds den 14^{den} Juli 1866 geëindigd, in welk tijdvak 52 dagen gewerkt is. Er zijn 1754 M³. beton gestort, zoodat per werkdag $33\frac{3}{4}$ M³. zijn verwerkt.

Na het storten liet men het beton 84 dagen rusten om te verharden, waarna het leegpompen geschiedde ten einde den pijler verder te kunnen opmetselen. Geene wellen hebben zich bij het droogmalen vertoond.

De grootste druk welken het beton te verduren heeft, is slechts 1.8 kilogr. per vierk. centimeter.

Om elk der pijlers heeft een ruime steenstorting plaats gehad, om het onderloopsch worden tegen te gaan.

Een uitgebreide beschrijving met teekeningen der brug, door den »Baudirector» Berg bewerkt, vindt men in het Zeitschrift des Architekten- und Ingenieur-Vereins zu Hannover, Band XV 1869.

Fundeeringen als die der brug te Nogent over de Marne en te Bremen over de Weser zijn goed toe te passen, wanneer de onderkant niet al te diep onder den waterspiegel moet komen; zij zijn in de uitvoering zeer goed geslaagd.

d. Brug over de rivier de Tay.

De brug over de rivier de Tay bij Dundee in Schotland, is gebouwd van 1871—1878. De brug heeft van het zuidelijk landhoofd, gelegen op den rechter oever, tot den noordelijken oever 85 openingen en dan volgen op dezen oever nog 3 openingen, zoodat men kan aannemen dat de eigenlijke brug over de Tay uit 85, maar de geheele overbrugging van landhoofd tot landhoofd uit 89 openingen bestaat.

In een boekje, getiteld: »The Tay Bridge, its history and construction,» met een inleiding en teekeningen door Albert Grothe, te Dundee in 1878 bij John Leng en C^o. verschenen, worden vele bijzonderheden betreffende den bouw der brug vermeld; de wijdde der openingen, uit dit boekje en de teekeningen overgenomen, kunnen als volgt worden opgegeven.

Volgens den tekst gerangschikt naar de grootte der openingen.					Volgens de teekening en gerekend van het zuidelijk landhoofd.				
Aantal openingen.	Wijde van		Wijde van		Aantal openingen.	Wijde van		Wijde van	
	elke opening.	het gezamenlijk aantal openingen.	elke opening.	het gezamenlijk aantal openingen.		elke opening.	het gezamenlijk aantal openingen.	elke opening.	het gezamenlijk aantal openingen.
11	245	2695	74.68	821.48	3	67	201	20.42	61.26
2	227	454	69.19	138.38	2	88	176	26.82	53.64
1	166	166	50.60	50.60	10	130	1300	39.62	396.20
1	162—10	162—10	49.63	49.63	13	145	1885	44.20	574.60
13	145	1885	44.20	574.60	5	245	1225	74.68	373.40
10	129—3	1292—6	39.39	393.90	1	227	227	69.19	69.19
11	129	1419	39.32	432.52	2	245	490	74.68	149.36
2	87	174	26.52	53.04	1	227	227	69.19	69.19
24	67—6	1620	20.57	493.68	4	245	980	74.68	298.72
3	67	201	20.42	61.26	1	162	162	49.38	49.38
1	66—8	66—8	20.31	20.31	11	130	1430	39.62	435.82
6	28—11	173—6	8.81	52.86	25	67	1675	20.42	510.50
					en 7*)	6	42	1.83	12.81
					1	170	170	51.82	51.82
					6	30	180	9.14	54.84
85		10309—6		3142.26	85		10370		3160.73
					verder	nog			
					3	30	90	9.14	27.42
					1	104	104	31.70	31.70
									3219.85

De brug heeft alzoo een lengte van ongeveer 3142 à 3161 M. van oever tot oever en een geheele lengte van ongeveer 3201 à 3220 M.

Deze opgaven stemmen niet geheel met elkander overeen. De wijde der opgegeven openingen in »The Engineer», in »Engineering» en andere werken verschillen ook.

De brug is gebouwd ten dienste van de »North-British-Railway-

*) Dit zijn kleine overspanningen op eenige pijlers.

Company" en geheel, zoowel de onder- als de bovenbouw, voor enkelspoor.

Het ontwerp der overbrugging is gemaakt door den ingenieur Thomas Bouch; de toezichhoudende ingenieur was de heer William Paterson. Eerst was de firma de Bergue en Co. aannemer en had tot uitvoerende ingenieurs tevens representanten der firma de HH. Albert Grothe en Edward R. Austin, doch na het overlijden van den heer C. de Bergue in 1873 is het werk bij contract uitgevoerd door Hopkins, Gilkes en Co, waarvan de uitvoerende ingenieur tevens de representant was de heer Albert Grothe. De brug heeft slechts *f* 4200000 gekost; zij is in het midden recht en heeft op beide einden gebogen richtingen; de stralen daarvan zijn 402,3 M.; bij het zuidelijk eind gaat de boog tot pijler 5 en ligt het middelpunt naar het westen; bij het noordelijk eind begint de boog bij pijler 53 en gaat tot pijler 88, daarvan ligt het middelpunt naar het oosten. Aan de zuidzijde stijgen de rails over de drie eerste openingen ter gezamenlijke lengte van 61,26 M. onder een helling van 1 : 100 en zijn daarna over twee openingen of 53,64 M. horizontaal; vervolgens is de stijging tot pijler 28 over een lengte van 970,8 M. 1 : 365 waarop een horizontaal gedeelte volgt tot pijler 36 ter lengte van 591,95 M., dat ten dienste der scheepvaart een vrije hoogte aanbiedt tusschen hoogwater en den onderkant der liggers van 88 voet of 26,82 M.; hierna dalen de rails naar het noordelijk landhoofd onder een helling van 1 : 73.

Waar de brug gebouwd is, is de Tay onderhevig aan vloed en eb; het verschil van hoog en laag water bedraagt in den regel 4,42 M. à 4,57 M., doch wisselt af van 3,65 M. tot 5,18 M. De gem. stroomsnelheid bedraagt ongeveer 1,75 M. per seconde. De grootste diepte wordt tusschen de pijlers 21 en 23 aange troffen en bedraagt ongeveer 6,5 M. onder laagwater. De bodem der rivier is zeer ongelijk en bestaat dicht nabij de oevers uit rots en verder uit klei, zand, waaronder grint en weeken grond.

De fundeeringen der pijlers zijn zeer verschillend; ook de opbouw.

Men heeft er in hoofdzaak :

Steenen pijlers met fundeering op staal.

Pijlers met steenen onderdeel gefundeerd op beton in ijzeren koffers en met ijzeren kolommen als bovendeele.

Pijlers met steenen onderdeel gefundeerd op palen en beton in ijzeren koffers en met ijzeren kolommen als bovendeele.

Steenen pijlers gefundeerd met behulp van samengeperste lucht.

Pijlers van ijzeren kolommen omgeven met metselwerk en gefundeerd op beton in gezonken cilinders gestort.


Ijzeren jukken.

Op Pl. 20 fig. 13 is een der pijlers 16—20, gerekend van de zuidzijde. voorgesteld; de gesmeed ijzeren koffer is lang 7 M. over de groote as gemeten, breed 4.88 M. en hoog 3.05 M. De einden zijn volgens het beloop van een halven cirkel afgerond. De koffer is langs de binnenzijden der wanden met 0.25 M. metselwerk bekleed. Ter plaatse waar de pijler moest gebouwd worden zijn 40 palen geheid, elk ter lengte van 18.30 M., zij zijn 4.57 à 6.10 M. in den grond geslagen en op 0.91 M. boven den grond afgezaagd. Nadat de koffer gezonken was is hij vervolgens tot den bovenkant met beton gevuld. Hierop is een prisma metselwerk, dat in het midden hol was, neergelaten. De koffer en het prisma metselwerk zijn beiden gezonken met behulp van hydraulische persen op vaartuigen geplaatst. De verticale stand van dit metselwerk werd verzekerd door aanvulling der ongelijkheden tusschen het beton en het metselwerk met Portland-cement in zakken en met beton door een duiker. Na het zinken reikte het metselwerk tot omstreeks 1.20 M. boven laagwater; de holte van het prisma werd daarna zorgvuldig met beton gevuld en vervolgens werd de pijler met gebakken metselsteen in Portland-cement opgetrokken tot gelijk met hoogwater, waarna de pijler verder tot 1.52 M. boven hoogwater met hardsteen werd opgemetseld. De verdere opbouw geschiedde met gegoten ijzeren kolommen.

De pijlers 21—27 zijn gefundeerd zooals fig. 12 op Pl. 20 aangeeft; beneden laagwater bestaan zij uit twee afzonderlijke deelen; tot de fundeering van elk deel heeft men een ijzeren koffer, waarvan het benedenste gedeelte van gesmeed en het hogere gedeelte van gegoten ijzer is, laten zinken tot den vasten ondergrond. Het zinken geschiedde ook hier met behulp van

vaartuigen en hydraulische persen; de grond werd verwijderd door een zandpomp en een duiker.

Ieder koffer is van boven van een rondgaande horizontale plaat voorzien, die van uit den zijwand door ijzeren hoeken gesteund is; daarop is een schacht van metselwerk gezonken, reikende na het zinken tot ongeveer 1.20 M. boven laagwater. Door de schachten is beton gestort, waardoor de koffers en de schachten gevuld werden. Daarna is hierop een massief stuk metselwerk opgetrokken, tot hoogwater met gebakken metselsteen in Portland-cement en tot 1.52 M. boven hoogwater met natuurlijke steen.

De fundeering van de pijlers 28—41 bestaat uit een ijzeren cilinder of koffer van 9,45 M. middellijn en ter hoogte, afhankelijk van de diepte van den vasten ondergrond, van 5,50 à 6,10 M.; de ijzerdikte van dezen cilinder is 0,01 M., de platen zijn hoog 1,22 M., breed ongeveer 1,37 M. Op de horizontale voegen alzoo op 1,22 M. onderlingen afstand zijn aan de binnenzijde rondgaande horizontale versterkingen van geconstrueerde  ijzers aangebracht, bestaande uit twee hoekijzers van $0.076 \times 0.076 \times 0.0126$ M., welke tegen den ijzeren wand zijn gebout, een middenrib van 0.376 bij 0,0126 M. en twee hoekijzers van $0.076 \times 0.052 \times 0.0126$ M. Op de halve hoogte tusschen deze versterkingen zijn nog rondgaande \perp ijzers tegen de binnenzijde van den wand bevestigd, van $0.126 \times 0.076 \times 0.0126$ M. Op de verticale naden zijn de verbindingen met hoekijzers verkregen van $0.076 \times 0.076 \times 0.0126$ M. Van onder is de voet ingericht als op Pl. 20 fig. 7 is voorgesteld.

De cilinder is aan de binnenzijde met een voering van metselwerk voorzien, dik 0.356 M.; hij is door het zand gezonken tot den vasten ondergrond; zijn bovenkant kwam dan nog omstreeks 0.60 M. of meer boven den rivierbodem. De cilinder werd daarna met beton, bestaande uit 1 deel Portland-cement, 1 deel zand en 3 deelen stuk geslagen of gebroken steenen gevuld tot de hoogte van den rivierbodem. Vervolgens werd hierop, na behoorlijke vereffening van de betonoppervlakte gezonken een hol prisma van gewoon metselwerk in Portland-cement gewerkt, hebbende tot grondvlak een zeshoek over de grootste lengte 8.23 M., en over de grootste breedte 4.88 M. De wanden van dat prisma

hebben een dikte van 1.067 M.; na het zinken kwam dit metselwerk nog ongeveer 1.22 M. boven den lagen waterstand; de overgebleven holten tusschen het beton en het metselwerk werden zorgvuldig met beton en Portland-cement door een duiker aangevuld; de ruimte tusschen het prisma en den wand des cilinders, werd met beton volgestort tot den bovenkant van den cilinder. De holte van het prisma werd daarna geheel met beton gevuld en vervolgens de pijler opgetrokken met gebakken steen tot hoog water en tot 1.52 M. boven hoog water met natuurlijke steen; beiden in Portland-cement gemetseld.

Op dezen steenen pijler kwam verder de verhooging met ijzeren kolommen.

De werkzaamheden, die het zinken van den koffer en het metselwerk voorafgingen en die, tot het zinken zelve behoorend, zijn zeer belangrijk.

Op een plaats aan den oever, die met laag water droog kwam, was een vloer van steenen en beton gemaakt, waarop de koffer of cilinder van 9.45 M. in elkander kon gezet worden; daar ontving hij ook zijn voering van metselwerk. Deze cilinder werd genoemd de permanente; om behoorlijke houvast te houden bij het zinken en ook om de betonstorting in stil water te kunnen doen, werd op dezen cilinder een tweede cilinder gesteld, ter hoogte afhankelijk van de waterdiepte van 6.10 à 7,315 M., die dan voldoende boven den waterstand bij en na het zinken bleef uitsteken. De verschillende stukken van elk der cilinders waren ten deele aan elkander geklonken, en ten deele met schroefbouten verbonden; onderling waren de onderste of permanente en de bovenste of tijdelijke cilinder aan elkander bevestigd door horizontale randen en schroefbouten, zoodat de bovenste gemakkelijk van den ondersten afgenomen kon worden als hij zijn dienst gedaan had. De voegen waren niet waterdicht, omdat het even hoog houden van den waterspiegel binnen en buiten de cilinders hoogst wenschelijk was.

Op 4 plaatsen langs den omtrek waren \perp ijzers verticaal tegen den tijdelijken cilinder aangeklonken, en hierin waren op 0,305 M. afstand gaten gemaakt van 0.082 M. middellijn.

Op Pl. 20 fig. 8—11 zijn de inrichtingen voorgesteld, die bij

het zinken zijn toegepast. Zoodra men den eersten cilinder in elkander en de voering van metselwerk erin gewerkt had, werd een stel dragers of liggers bij hoog water er omheen gevlot; deze dragers werden dikwijls gelijktijdig met den bovensten cilinder aangebracht. AB en AB, Pl. 20 fig. 9, zijn de hoofddragers; CD en CD zijn de tusschengelegen dragers, terwijl in de hoeken korbeels E, E, E, E, zijn bevestigd; hierop staan bij F, F, F, F hydraulische toestellen, die bij C, C, D, D aan de hoofddragers verbonden zijn.

De pers staat op een horizontale as H, Pl. 20 fig. 11; daarop kan zij zich eenigszins bewegen; op den dompelaar G ligt de hefboom I, dien men verticaal en ook eenigszins horizontaal kan bewegen.

Een soortgelijke hefboom K is onder aan de korbeels en aan de hoofdliggers verbonden; hij kan verticaal en horizontaal ook wat bewegen, om door de kleine onregelmatigheden van den cilinder niet in zijne functiën belemmerd te worden.

Bij rijzend water werden twee pontons onder de einden der hoofddragers AB en AB gebracht, en op de gewenschte hoogte een stalen pen L, Pl. 20 fig. 11 in de gaten van de vier \perp ijzers gestoken; na genoegzame rijzing komt de hefboom I te drukken tegen deze pennen, en door de nog voortgaande rijzing van het water worden de cilinders der pontons voldoende van hun vloer gelicht, om door een stoomboot naar de plaats van bestemming te worden gesleept. Daar aangekomen begint al spoedig het neerlaten. Veronderstelt men dat de dompelaar der hydraulische pers in zijn hoogten stand is en dat de pennen M in de gaten der \perp ijzers zijn gestoken, dan kan men door het openen der kranen van de hydraulische persen de cilinders laten zinken totdat de pennen M op den onderste hefboom K rusten; na voldoende zakking van den dompelaar G komen de bovenste pennen L vrij. Deze worden nu een gat hooger gestoken en de dompelaar wordt na sluiting der kranen, opgepompt tot dat de hefboom I weder voldoende tegen de pennen L drukt; hierdoor komen de onderste pennen M vrij en worden een gat hooger gestoken. Nu opent men weder de kranen van de persen om de cilinders te laten zakken, tot dat de pennen M en daarmede de cilinders weder op den onderste hefboom komen te dragen. Door deze bewerkingen zijn de cilinders nu reeds 2×0.305 M. gezakt. De bovenste pennen L zijn weder

vrij gekomen; men steekt die weer een gat of 0,305 M. hooger, en doet de verder zoo even beschreven handelingen, om de cilinders weder 0,305 M. te laten zinken, en zoo ging men voort tot dat de onderkant van den cilinder bijna den bodem bereikt had. Dan moest de juiste plaats van den cilinder bepaald worden.

Dit geschiedde met behulp van een theodoliet op een anderen pijler geplaatst en een stalen meetdraad. Daarna ging het zinken voort totdat de cilinder op den bodem kwam, waarna dadelijk alle pinnen uitgetrokken werden; de opkomende vloed lichtte de dragers weer over den top en de cilinders of caissons bleven staan. Nu begon het zinken verder, door het zand van binnen weg te pompen, waarbij men gebruik gemaakt heeft van een pomp, uitgedacht door den heer Reeves. Ging de cilinder een weinig uit het lood, dan pompte men wat meer aan de tegenovergestelde zijde. Kwam zeer ruw weder, dan wierp men de touwen los en stoomde weg. Ongeveer in 8 dagen werkens zonk de cilinder tot op den vasten grond. Zooals boven gemeld is, werd nu de cilinder tot op 0.60 M. van het boven-eind van het permanent gedeelte met beton gevuld; dit geschiedde met bakken die zich openen wanneer ze beneden kwamen, en daar de tijdelijke cilinder den stroom weerde, kwam het beton goed ter plaatse en werd zeer hard.

Daarna maakten duikers de schroefbouten, die de beide cilinders verbonden, los en de bovenste cilinder werd dan door middel van de genoemde dragers en pontons weggehaald en deze werden gezamenlijk gevaren naar de plaats aan den oever, om weer den beschreven dienst te doen bij eenen nieuwen ondersten cilinder voor een volgenden pijler.

Het zinken van het zeshoekig prisma metselwerk was een stout werk. Op een vlakke fundeering aan het strand werden twee dubbele **1** liggers gelegd, zooals op Pl. 20 fig. 4 en 5 zijn geschetst. Het metselwerk werd op en om de liggers gebouwd $1\frac{1}{2}$ à 3 maanden voor het gebruik. De einden der liggers staken buiten het metselwerk uit, en daaraan waren verticale ijzers verbonden, waarin gaten gemaakt waren. Op twee pontons lag dan weer een stel dragers en op deze stonden de hydraulische persen. Het

uitbrengen en neerlaten ging op overeenkomstige wijze als bij de cilinders is geschied.

De oppervlakte van het beton in den cilinder werd natuurlijk zoo vlak en horizontaal mogelijk gemaakt, vóórdat het zeshoekig prisma metselwerk erop kwam. De holte van het prisma werd daarna tot den onderkant, zijnde ongeveer 1.20 M. boven laag water, met beton gevuld en de pijler werd vervolgens opgebouwd, tot 1.52 M. boven H.W. zooals dat vroeger is meegedeeld.

Elke pijler vereischte gemiddeld ongeveer 4 maanden om geheel gereed te komen en daar er altijd zoo wat 4 onderhanden waren kwam ongeveer iedere maand een klaar. De eerste werd den 26 Augustus 1875, uitgebracht en de veertiende of laatste den 26 December 1876.

Zij zijn gebouwd zonder mislukkingen van beteekenis.

Op Pl. 21 fig. 1—3, zijn de ijzeren verhoogstukken voorgesteld, welke op eenige pijlers geplaatst zijn.

Op dezelfde plaat geeft fig. 4 de inrichting aan, die tot het verwijderen van het zand uit de betonkoffers of cilinders is gebruikt; zij bestaat uit een luchtpomp, die door een stoomwerktuig, dat in een ponton geplaatst is, in beweging wordt gebracht; deze pomp kan de lucht uit twee stel ijzeren cilinders of vaten werken, en kan ook van elk stel worden afgesloten; van deze cilinders gaan twee slangen tot den zandbodem en worden daar achtereenvolgens bestuurd door een duiker. Beurtelings wordt met behulp van kranen een stel van twee luchtledige vaten van de pomp afgesloten en met een slang in verbinding gesteld, waardoor zand en water door de slang opstijgen en in de vaten gestort worden; zijn deze gevuld, dan wordt het tweede stel van twee vaten van de pomp afgesloten en met een slang in verbinding gebracht. Tusschentijds is uit het eerste stel vaten het water en het zand gelost, de lucht er weder uitgepompt en de slang ermede in verbinding gesteld, terwijl het tweede stel vaten geleedigd en de lucht eruit gepompt wordt. Alzoo wordt steeds lucht gepompt en ontlast zich water en zand in de luchtledige vaten en daarna in de buitenruimte. Het werken op deze wijze heeft zeer goede resultaten opgeleverd.

De bouw van vele pijlers der Taybrug wijkt af van hetgeen

tot dusver bij den bouw van pijlers in gebruik was; men moet erkennen dat daar op oorspronkelijke en tevens stoute wijze gewerkt is.

De fundeering der pijlers 21—27 met twee schachten elk op een afzonderlijken betonkoffer rustende komt niet doelmatig voor.

De fundeering der pijlers 16—20 is veel beter; zij is eenvoudig en vormt met den opbouw een goed geheel; de onderkant van den koffer zou evenwel, waar stroom is, dieper in den bodem der rivier moeten zinken dan bij de pijlers 16—20 plaats heeft.

De fundeering der pijlers 28—41 verdient zeer de aandacht, wegens de goedkoope wijze van bouwen en de snelle uitvoering, terwijl toch bij zorgvuldige behandeling goed werk kan verkregen worden. Het opmetselen van de koppen der pijlers, geheel uit gebakken steen, is wellicht wat al te zuinig. Wel is waar heeft het aanbrengen van hardsteen ook zijn bezwaren, want daardoor wordt de samenhang van het metselwerk verbroken en zou, om dat bezwaar onschadelijk te maken, het muurwerk grooter afmetingen moeten verkregen hebben, waardoor het te zinken gewicht aanmerkelijk zou vergroot en tevens de kosten zouden verhoogd zijn. Het omkleeden der koppen met gegoten ijzeren platen had wellicht in aanmerking kunnen komen.

De geheele brug is zeer zuinig gebouwd, waardoor het mogelijk is geworden haar voor het genoemde betrekkelijk gering bedrag uit te voeren.

Verschillende Nederlandsche technici zijn bij de uitvoering der brug werkzaam geweest, namelijk de Heeren: A. Grothe, J. C. de Bruijn, G. W. Kamphuis, Th. F. A. Delprat en W. Delprat. De gegevens voor de vorenstaande mededeelingen zijn hoofdzakelijk verstrekt door den heer A. Grothe en aangevuld door den heer Th. F. A. Delprat.

Fundeering der Chelseabrug. De Chelseabrug over de Theems te Londen is gebouwd onder de leiding van den ingenieur Thomas Page. Het is een hangbrug; zij heeft een middelopening van 101.5 M. wijde en twee zijopeningen elk van 50.75 M.; de brug heeft een breedte van 14.3 M. De pijlers hebben een lengte

van 26.8 M. en een dikte van 5.79 M. De fundeering der brug is begonnen in 1851; die der pijlers was in 1853 afgewerkt, maar tengevolge van moeilijkheden met den aannemer heeft de verdere opbouw vertraging ondervonden.

De fundeering der pijlers bestaat uit houtenpalen, dik in het vierkant 0.33 M. op onderlinge afstanden van 0.915 M. in den grond geheid, en onder laag water afgezaagd; daar omheen is een gegoten ijzeren koffer gemaakt, bestaande uit hol gegoten ijzeren geleipalen van 0.305 M. buitenwerksche dikte, op onderlingen afstand van 2.75 M. midden op midden ingeheid; deze palen zijn 8.23 M. lang en reiken met de punt tot de diepte van 6.10 M. onder laag water; tusschen die palen zijn gegoten ijzeren platen, dik 0.025 M. en met versterkingsruggen voorzien, ingeslagen, zoodat de gegoten ijzeren koffer de houten draagpalen geheel omsluit. Op Pl. 21 fig. 5—7 zijn de ijzeren palen en platen van den ijzeren koffer voorgesteld.

De ruimte in den koffer werd tot de grintlaag uitgebaggerd en met beton, bestaande uit 5 deelen grint en 1 deel Liaskalk aangevuld, terwijl het geheel met ijzeren ankers verzekerd werd. Op de draagpalen was een vloer van natuurlijken steen, rustende tevens op het beton, gelegd en het gedeelte van den koffer boven laag water was van een voering van gewoon metselwerk voorzien, dat met dwarsmuren en ijzeren trekstangen versterkt was.

Al het ijzer beneden laag water was, heet zijnde, met een laag bederfwerende stof bedekt.

§ 74. **Fundeering met ijzeren zinkbakken.** De ijzeren *waterdichte* zinkbakken zijn voor den bouw van pijlers niet veel in gebruik gekomen, wellicht omdat toen het ijzer meer in toepassing bij het fundeeren kwam, de wijze van fundeeren met waterdichte bakken verdrongen is door betonfundeeringen met ijzeren en houten wanden.

Op Pl. 21 fig. 8—10, is de fundeering van het middelpenant of den middelpijler der Koningsbrug over de Oude Haven te Rotterdam voorgesteld. Men vindt van deze brug teekeningen en beschrijving in de eerste aflevering der Verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 1861—1862. De brug

heeft vier openingen, waarvan twee door een draaibrug overspannen worden. Het middelpenant der draaibrug is achtkant en is over de achthoekzijde gemeten ongeveer 7.00 M. dik; aan weerszijde zijn twee openingen elk wijd 14.50 M., waarna aan weerszijde een pijler volgt, dik 3.50 M.; van deze pijlers tot de landhoofden zijn twee vaste bruggen wijd 8.62 M.

De brug is ontworpen en uitgevoerd in 1859 door den heer W. A. Scholten in overleg met den heer W. N. Rose, destijds, de eerste directeur en de tweede, ingenieur en adviseur voor de gemeente-werken te Rotterdam.

De bodem der haven lag ongeveer 3.50 M. onder Rottepeil of 3.84 M. — AP.

De vaste grondslag voor den ijzeren bak en de pijlers is verkregen door het aaneensluitend inheien van 24 eiken palen lang 16 M. en 48 grenen palen lang 18 M., die een wand vormen en met drie ijzeren banden van 0.0019 M. dikte en 0.127 M. breedte omringd zijn; binnen dien wand zijn op onderlingen afstand van ongeveer 0,80 M., 57 grenen palen geheid ter lengte van 18 M. en hiertusschen is de ruimte volgeslagen, met slieten 0.10 M. dik, lang 4 à 6 M.; de palen en slieten van den middelpijler zijn 1.26 M. onder Rottepeil afgezaagd; de twee andere pijlers zijn nagenoeg op dezelfde wijze gefundeerd, evenwel zonder invulling met slieten; de palen daarvan zijn op 0,76 M. onder Rottepeil afgezaagd.

De bodem van elken bak bestaat uit een dennen vloer van drie platen kruiselings over elkander gewerkt; de onder- en bovenplaten zijn dik 8 en de middelplaten dik 10 centimeter, dus te zamen dik 0.26 M. Op den vloer zijn gegoten ijzeren zijwanden gesteld, hoog voor den middelpijler 1 M., voor de overige pijlers 0.50 M. De zijwanden bestaan uit platen dik 0.026 M., met verticale versterkingsribben en horizontale onder- en bovenflenzen voorzien, breed 0.095 M. De onderflens is 1 centimeter in den dennen vloer ingelaten en is daarop met bouten bevestigd. Waar de gegoten ijzeren platen aan elkander sluiten, zijn ze ook van flenzen voorzien en tot onderling verband met schroefbouten vereenigd. De vereeniging van de flenzen en platen is door ruggen versterkt. Van den dennen vloer gaan trekankers naar de bovendeelen der zijwanden, om het buitenwaartsch uitbuigen te beletten.

De bak moest op de palen en slieten gezonken worden, waardoor de bovenkant van den vloer kwam te liggen voor den middelpijler op 1 M. onder Rottepeil en voor de overige pijlers op 0.50 M. onder Rottepeil. De bovenkant der bakken kwam dus gelijk met Rottepeil, dat des zomers bijna dagelijks voorkomt. Het water daalt soms wel tot 0.50 M. onder Rottepeil en lager, doch om zeker te kunnen voortwerken zijn de fundeeringen zoodanig ingericht, dat op dien lagen waterstand niet behoefde gerekend te worden.

Het ter juiste plaatse laten zinken van deze bakken was natuurlijk een zaak van belang. Daartoe heeft men voor den middelpijler vier en voor de overige pijlers drie heipalen der fundeering zoo hoog laten staan, dat zij boven den waterstand uitstaken. Zoo juist mogelijk werd de fundeering opgemeten en de stand der palen erop aangegeven. Deze palen moesten dienen als geleiders, om den bak nauwkeurig op zijn plaats te krijgen, waartoe juist ter plaatse waar de uitstekende palen waren, door den vloer gaten werden gemaakt 4 à 5 centimeter wijder dan de dikte van de koppen der palen. Met hoog water werd elke bak — op dennen houten drijvend — boven de ingeheide palen gebracht, met vallend water zakte de bak; en wanneer de uitstekende palen in de gaten waren, werden de dennen houten onder den bak verwijderd, waarna die voor den middelpijler aan schuiten is moeten opgehangen worden om hem nog drijvend te houden, en vervolgens ter juiste plaatse te laten zinken; voor de overige pijlers was het ophangen aan schuiten niet noodig omdat de bakken van deze pijlers, na het wegnemen der dennen houten, nog drijvend bleven en alzoo onmiddellijk tot het zinken kon worden overgegaan.

Toen de bakken op hunne plaats waren werden ze met beton gevuld; men begon evenwel met dit werk niet, voor dat de bovenkant der wanden boven water was gekomen. De betonstorting in elken bak ving aan op één punt en daar stortte men zooveel beton tot het boven water kwam; nu werd verder voortgewerkt, zorgende dat het beton boven water gestort en dan zacht met de schop vooruitgeschoven werd, zonder roering in het water te maken, waardoor de vaste deelen van het beton goed met specie omgeven bleven. Het gebruikte beton bestond uit een

deel gegoten Luiksche steenkalk, een deel Dortsch tras en twee deelen stukken van gebakken steen ter grootte van een duiven- tot die van een hoenderei. Na veertien dagen was het beton zoo verhard, dat daarop met het stellen van hardsteen kon begónnen worden.

De werkzaamheden zijn zeer goed geslaagd.

Het is duidelijk dat de beschreven werkwijze ook voor diepere fundeeringen en ook met geheel waterdichte bakken mogelijk is; in het laatste geval zouden de gaten, waardoor de genoemde uitstekende palen gaan, met waterdichte kokers moeten omgeven zijn, of zou de geleiding door palen buiten den bak moeten verkregen worden; deze palen zouden dan tevens het verschuiven der fundeering moeten tegenwerken.

§ 75. Fundeering met koffers van ijzer en steen.

a. Fundeering der nieuwe Westminsterbrug, Pl. 21 fig. 11—14.

Deze brug is gebouwd over de Theems te Londen; zij is een ijzeren boogbrug en heeft zeven openingen van 28.87 M. tot 36.58 M. wijdte; de geheele lengte der brug bedraagt 353.65 M., hare breedte is 25.90 M. De brug is gehouwd in 1854 en volgende jaren, onder de leiding van den ingenieur Thomas Page. De fundeering bestaat uit in den grond geheide olmen palen ten getale van 145 stuks voor elken pijler; zij hebben een middellijn van 0.35⁵ M. en een lengte van 9.75 M.; zij zijn 7.32 M. in den bodem der rivier geheid en reiken met de punt tot 5.80 M. in de vaste Londen-klei. Om de draagpalen is een gegoten ijzeren koffer gemaakt, bestaande uit 44 hol gegoten ijzeren palen van 7.62 M. lengte, 0.381 M. middellijn en met een ijzerdikte van 0.0254 M.; deze palen zijn op onderlinge afstanden van 1.575 M. ingeheid, en reiken met de punt tot 6.94 M. onder laagwater. Tusschen deze palen, welke van sponningen voorzien zijn, zijn gegoten ijzeren platen ingeslagen tot bijna gelijke diepte als de hol gegoten ijzeren palen; deze platen zijn lang 4.11 M., breed 1.22 M., aan de binnenzijde van verticale versterkingsribben en van boven van een horizontale flens voorzien; de tegen elkander over staande platen der zijwanden zijn met twee doorgaande gesmeed ijzeren ankers aan elkander verbonden, terwijl de platen

van de koppen der pijlers met ankers aan de draagpalen zijn bevestigd. Tusschen de draagpalen is de grond tot de harde grintlaag uitgebaggerd, waarna de ruimte met beton aangevuld is.

De bovenkant der ijzeren platen reikt tot 1.83 M. onder laag water; tusschen de gegoten ijzeren palen zijn granietblokken ter dikte van 0.46 à 0.51 M. neergelaten, die op de horizontale flenzen der platen en op het beton dragen, en met doorgaande gesmeed ijzeren ankers aan elkander verbonden zijn. Op de koppen der houten draagpalen zijn blokken natuurlijken steen gesteld, komende met hun bovenkant gelijk met den bovenkant der granietblokken, die in den wand zijn aangebracht; de overblijvende ruimte is met beton aangevuld.

Verder is de pijler met granietblokken en metselwerk opgetrokken. De granietblokken zijn voor de zijwanden tot 1.83 M. onder laag water door den ingenieur Page in toepassing gebracht, omdat gegoten ijzeren platen te spoedig zouden breken bij het aanvaren.

Deze wijze van fundeeren heeft verder weinig toepassing gevonden.

De teekeningen der fundeering van de nieuwe Westminsterbrug, voorkomende in het werk van W. Humber en in het »Zeitschrift für Bauwesen 1857», stemmen niet geheel met elkander overeen.

b. Fundeering der hoofden en kaden der Alberthaven te Greenock. De hoofdingenieurs D. Miller en Bell hebben voor de hoofden en kaden der Alberthaven te Greenock voorgesteld en uitgevoerd muren, waarvan het voorvlak bestaat uit stijlen van gegoten ijzer en granietblokken, Pl. 21 fig. 15. De stijlen — behoorlijk verankerd — zijn slechts een dubbele T fig. 15^b of twee dubbele T fig. 15^a en 15^c. De voorste dubbele T dient tot het vormen der groeven waarin de granietblokken worden neergelaten, die met hun bovenkant boven laag water uitsteken; achter dien voorwand wordt beton gestort, tot zoodanige breedte dat de muur voldoende sterkte bekomt. Is het nuttig dat de fundeering dieper reikt dan de bestaande bodem, dan wordt deze uitgebaggerd en met beton gevuld, tot de hoogte waarop men met de steenen platen wenscht te beginnen, zie de doorsnede fig. 15. Deze constructie is volgens den heer Page gekozen, om

zonder droog te malen in diepe wateren te kunnen fundeeren, met duurzaam materiaal. Het ijzer komt daarbij evenwel gedeeltelijk aan de buitenzijde, dat niet wenschelijk wordt geacht en daarom waren de bovengenoemde ingenieurs later van meening, dat het ijzer geheel moet worden omvat door den steen, zooals in fig. 15^b is aangegeven.

Het komt ons voor dat al deze constructies den hardsteen voorwand te veel op zich zelf laten; hij heeft nagenoeg geen verband met het beton. Op zoodanig verband zou toch in ieder geval moeten gelet worden ter verkrijging van duurzaam werk.

De steenen om den anderen met zwaluwstaarten te bewerken en met ankers te voorzien, zou reeds een behoorlijke verbinding met het beton vormen. Bij de constructie van deze soort muren, zal men ook alle deelen van den voorwand zeer zuiver moeten bewerken en stellen, om voldoende goed werk te bekomen.

§ 76. **Fundeering met roosterwerk.** Het behandelde in § 28 betreffende de fundeering der landhoofden, is hier van toepassing, terwijl § 69 de noodige aanwijzing tot vorming van den bouwput geeft. De vorm in plattegrond van het roosterwerk, regelt zich natuurlijk naar den vorm des pijlers, terwijl de grootte afhankelijk is van de belasting en den weerstand van den fundeeringsgrond.

§ 77. **Paalfundeering.** De constructie der paalfundeeringen, in § 29 voor de landhoofden omschreven, wordt ook bij de pijlers gevolgd. Het is duidelijk dat ook hier de vorm der fundeering in plattegrond in hoofdzaak door den vorm van den pijler bepaald wordt.

I. Pijlers van den spoorweg door Rotterdam. Op Pl. 24 fig. 17 is een steenen pijler met paalfundeering, staande tusschen de Wijnhaven en de Wijnstraat, van den spoorweg door Rotterdam voorgesteld.

De kespen loopen in de richting van de dikte der pijlers, terwijl loodrecht daarop twee kloosterhouten en de vloer zijn aangebracht; aan de einden zijn vier schuingelegene schuifhouten

op den vloer bevestigd; een afheiging is niet aanwezig, omdat daar geen sprake van ontgroning kan zijn.

De verdere gegevens en afmetingen der fundeering zijn:

Hoogte van den bovenkant van den vloer	= AP.
Lengte der palen ongeveer	22 M.
Middellijn der palen	{ op 1 M. van den kop 0.30 »
	{ aan de punt 0.20 »
Lengte der kespen van	2.80 tot 4.80 »
Dwarsafmetingen der kespen	0.25 bij 0.30 »
Lengte der kloosterhouten	11.30 »
Dwarsafmetingen der kloosterhouten	0.25 bij 0.30 »
Dikte van de vloerplaten	0.08 »
Lengte der schuifhouten	2.30 »
Dwarsmetingen der schuifhouten	0.25 bij 0.30 »
Aanleg van den pijler	{ in de lengte. 10.20 »
	{ in de breedte 4.80 »

Op Pl. 22 fig. 1—3 is een pijler van den spoorweg door Rotterdam, staande aan de Geldersche Kade, aangegeven. De vloer ligt op 1.33^s M. — AP; van deze fundeering gaan eenige kespen door naar den naaststaanden pijler, om de fundeeringen aan elkander te koppelen, ten einde daardoor zooveel doenlijk het buigen der palen te beletten, want zij staan slechts een betrekkelijk geringe diepte in den vasten grond, terwijl zij voor het grootste gedeelte der lengte met grond van weinig weerstand omgeven zijn; de constructie van de fundeering is voldoende uit de teekening op te maken. De derde kolom des pijlers is in fig. 1—3 niet aangegeven; zij is van eenigszins geringer afmetingen dan de twee voorgestelde, omdat zij dient tot ondersteuning van het trottoir langs het station en niet tot dracht van den spoorweg; zij staat met haar midden op 7.46 M. uit het midden der rechtsche kolom voorgesteld in fig. 1 en 2.

De voornaamste afmetingen van het fundeeringshout zijn:

Lengte der heipalen ongeveer	21.00 M.
Middellijn der palen op	{ 1 M. van den kop 0.35 »
	{ aan de punt 0.20 »
Dwarsafmetingen der kespen.	0.25 bij 0.30 »
Dwarsafmetingen der kloosterhouten	0.22 » 0.23 »

Vloerplaten, dik 0.08 M.

In Hoofdstuk VI wordt een algemeen overzicht van den spoorweg door Rotterdam gegeven.

II. Verschillende pijlers. Op Pl. 22 fig. 4—6 is een stroompijler met paalfundeering voorgesteld. De bovenkant van den vloer ligt 1 M. onder den bodem der rivier, die hoofdzakelijk uit grofzand en klei bestaat; de grootste stroomsnelheid bedraagt 1.50 M. per seconde. De kespen loopen in de richting van de dikte des pijlers; de klooster houten en vloerplaten zijn loodrecht daarop aangebracht; de fundeering is van een afheijing voorzien om ontgroning te voorkomen; tot hetzelfde doel is de fundeering met een zware steentorting omgeven.

De verdere gegevens en afmetingen zijn:

Lengte der palen	12.00 M.
Middellijn der palen	{ op 1 M. van den kop . . . 0.32 » aan de punt 0.16 »
Afstand der palen onderling . . . . .		1.00 bij 0.84 »
Lengte der damplanken	5.00 »
Dikte » »	0.12 »
Lengte der sloven (gelascht)	25.10 »
Dwarsafmetingen der sloven	0.20 bij 0.30 »
Lengte der kespen	7.60 »
Dwarsafmetingen der kespen	0.20 bij 0.30 »
Lengte der kloosterhouten (gelascht)	25.10 »
Dwarsafmetingen der kloosterhouten	0.20 bij 0.25 »
Dikte der vloerplaten	0.08 »
Aanleg van den pijler	{ in de lengte. 24.50 » in de breedte 7.00 »

Gewicht van den stortsteen per stuk gem.:

voor de ondersteenen	50 kilogr.
» » bovensteenen	150 »

De damplanken zijn $2\frac{1}{2}$ centimeter in den vloer ingekroosd, en tegen de aansluitende sloven of kespen stevig gespijkerd; de kespen en sloven zijn van eiken-, de overige deelen van dennenhout.

Op Pl. 22 stelt fig. 7 de dwarsdoorsnede van een paalfundeering van een stroompijler voor; daarbij loopen de kespen in de richting

van de lengte des pijlers; dit is evenwel minder gebruikelijk, dan het aanbrengen der kespen in de richting van de dikte des pijlers. De afheing sluit niet tegen de fundeering aan, terwijl tusschen de kespen en daarbuiten tot tegen en boven de afheing steenen zijn gewerkt tegen ontgronding. Over het algemeen is deze constructie tegen ontgronding minder goed, dan die van fig. 4—6 en is 't zaak haar alleen daar toe te passen, waar de rivierbodem weinig veranderlijk is.

In fig. 8 en 9, Pl. 22, is een paalfundeering aangegeven, die merkkelijk boven den rivierbodem verheven is; fig. 8 is van afheing voorzien en fig. 9 niet. Tusschen de heipalen is de bodem 1 M. verdiept en de ruimte met steen volgestort, welke steenstorting tot den bovenkant van den vloer reikt, en zich verder aan den rivierbodem aansluit; wegens de weinige zekerheid evenwel van dicht werk te behouden door het zakken der steenen onder de kespen en den vloer, is deze wijze van werken niet aan te raden waar aanzienlijke stroom aanwezig en de ondergrond niet voldoende hard is.

In 't algemeen worden de paalfundeeringen wegens de menigvuldige toepassing van beton, tegenwoordig voor pijlers van aanzienlijke afmetingen minder gebruikt dan vroeger.

§ 78. **Fundeering met grint of zandlagen en met zandpalen.** In § 30 zijn deze fundeeringen voor de landhoofden behandeld; de daarbij gemaakte opmerkingen en de gegeven teekeningen zijn ook hier voor de pijlers in hoofdzaak geldig. Daarbij kan gevoegd worden dat het gebruik van zandpalen voor pijlers uiterst zeldzaam is.

Op Pl. 22 fig. 10 is de dwarsdoorsnede voorgesteld van de doorgaande fundeering van den viaduct langs de Houttuinen te Amsterdam, namelijk van het gedeelte van de Oranjebrug, tot de brug over de Eenhoornsluis. De fundeering is eigenlijk een betonfundeering, en daarop is ook reeds in § 27, bladz. 39 gewezen; maar de aanvulling met zand en de belangrijkheid der fundeering, wegens den zeer slechten grond waarin ze gebouwd is, deden besluiten hier bij de pijlers een doorsnede der fundeering te geven.

Er is een gleuf tot de diepte van 5 M. — AP uitgebaggerd; deze is vol zand gestort tot de hoogte van 2.85 M. à 2.70 M. — AP; daarna zijn de palen, damplanken en schermen geslagen en is de fundeering afgewerkt met betonkoffers, breed 1.40 M. tot de diepte van 5 M. — AP, en met beton, dat op de zandlaag en op de koppen der palen draagt. De heipalen waren lang 16 M., dik op 1 M. van den kop 0.28 M. en nabij de punt 0.13 M.; de damplanken hadden een lengte van 6 M. en een dikte van 0.12 M., terwijl de schermplanken bij 4 M. lengte op 0.07 M. dikte bepaald waren. De heipalen zijn afgezaagd op 2.35 M. — AP; de onderkant van het beton is tusschen de palen 2.85 — AP, terwijl de bovenkant 1.65 M. — AP is.

De gewone waterstand wordt aangenomen te zijn 0.50 M. — AP, doch zal in den regel wel hooger zijn.

De lengte van den gemetselden viaduct bedraagt, met inbegrip van het westelijk landhoofd tot aan de vaste brug bij de draaibrug tegenover de Korte Prinsengracht, 541.13 M., en heeft 75 openingen veelal van 6 M. Voor meer bijzonderheden zie men het bestek N^o. 430 der Staatsspoorwegen.

De viaduct is gebouwd in de jaren 1870—1873, onder de leiding van A. J. van Prehn, als eerstaanwezend ingenieur en A. L. van Gendt als bouw- en werktuigkundige.

In Hoofdstuk IX wordt een algemeen overzicht van den viaduct gegeven.

§ 79. Fundeering met gemetselde pilaren of putten.

Voor deze wijze van fundeeren kan verwezen worden naar het behandelde bij de landhoofden in § 31.

Op Pl. 22 fig. 11—19, zijn echter nog eenige fundeeringen met-putten van pijlers voorgesteld.

I. Fundeering der brug over de rivier Jumna bij Allahabad. Fig. 11—13 geeft de wijze van fundeeren aan der brug over de rivier Jumna, bij Allahabad, in Britsch Oost-Indië; elke pijler heeft tot fundament 10 putten van 4.24 M. middellijn, welke op slechts ongeveer 0.47 M. van elkander gesteld zijn. Elke put rust op een gegoten ijzeren ring, en werd in de rivier gezonken

op een zooveel mogelijk geëffenden bodem. Door een baggerschop werd de grond in den put losgemaakt en opgehaald, waardoor de put achtereenvolgens zakte; deze werkwijze werd voortgezet, totdat elke put tot den vasten ondergrond en tot genoegzame diepte gezonken was, waarna de ruimte in den put tot de hoogte van ongeveer 5 M. met beton gevuld is geworden; vervolgens ging men over tot het droogmaken der overgebleven ruimte, om deze te vullen met metselwerk van stukken natuurlijken steen. Boven de putten is de pijler met natuurlijken steen opgewerkt. De dikte van het muurwerk van elken put bedroeg op den gegoten ijzeren rand 0.78 M. en hooger 1.06 M. De rand is behoorlijk met het metselwerk door verticale ankers verbonden.

De brug heeft vijftien openingen elk van 62.48 M. en 14 pijlers dik 4.42 M.; zij is gebouwd door den ingenieur J. M. Rendel.

II. Fundeering der brug over de Saale bij Weissenfels. Op Pl. 22 is in fig. 14—17 de fundeering voorgesteld van een pijler der brug voor voetgangers over de Saale bij Weissenfels. De pijler is gefundeerd op twee gemetselde putten, die elk op een rand van eikenhout, omgeven met een ijzeren band, rusten; de rand heeft een lengte van 3,50 M. en een breedte van 2.95 M. buitenwerks gemeten; de inwendige ruimte der putten is lang 2.30 M., breed 1.75 M.; de dikte der muren bedraagt op den rand ruim 0.40 M. en hooger ongeveer 0.50 M.; zij zijn van klinkers gemetseld. Eerst heeft men de binnenruimte drooggemalen om den grond te verwijderen, doch de aandrang van water werd zoo groot, dat men tot het gebruik van een baggerschop is overgegaan; hiermede werden soms steenen van $0.50 \times 0.50 \times 0.30$ M. opgehaald. Een eikenstam, die dwars onder den put lag, is door middel van een stalen beitel die aan een stang bevestigd was, stukgestooten en vervolgens stuksgewijze verwijderd. De brug heeft een middelopening van 70 M. en twee zijopeningen, waarvan een 8 en de andere 15 M. wijd is; zij is in 1876 gebouwd door den »Bauinspector» Heidelberg.

III. Fundeering van bruggen in het Memeldal. Op Pl. 22 fig. 18, 19 is een pijler voorgesteld van de Uszenkis en Kurmers-

zeris bruggen, gebouwd in het Memeldal ten dienste van den spoorweg van Tilsit naar Memel. Het Memeldal is overspannen met drie bruggen, genaamd:

de Memelbrug, in 7 openingen 13.45 M. tot 94.11 M. te zamen
 wijd van landhoofd tot landhoofd 531.3 M.

de Uszlenkisbrug, in 6 openingen elk wijd 68 M.,
 met pijlers ter dikte van 4 M.; de geheele lengte dezer
 brug is alzoo van landhoofd tot landhoofd 428.0 »

De Kurmerszerisbrug, in 5 openingen elk wijd 68 M.,
 met pijlers ter dikte van 4 M.; de geheele lengte der
 brug is dus van landhoofd tot landhoofd 356,0 »

Gezamenlijke brugwijdte en pijlerdikte 1315.3 M.

De twee laatste bruggen zijn eigenlijk doorlaatbruggen voor het
 hooge water.

De fundeering der pijlers van Uszlenkisbrug en van de land-
 hoofden en pijlers der Kurmerszerisbrug bestaat uit gemetselde
 putten. Voor de pijlers zijn ze uitgevoerd zooals fig. 18, 19
 aangeeft. De grond bestaat uit veen ter diepte van ongeveer 8 M.,
 waaronder zich tot groote diepte grof zand bevindt. De ijzeren
 ring, waarop het metselwerk draagt, bestaat uit hoek- en plaat-
 ijzer en is door ijzeren ankers met het metselwerk verbonden.
 Het zinken tot ongeveer 8.60 M. onder het afgegraven terrein,
 heeft geen bijzondere moeielijkheden opgeleverd. De putten heb-
 ben een muurdikte van nagenoeg 0.70 M.; de binnenruimte is
 2.00 à 2.50 M. hoog met beton gevuld en hooger is ze volge-
 metseld; de vereeniging der drie putten is verkregen met dek-
 platen van graniet; boven het afgegraven terrein is de buitenwand
 der pijlers met graniet en het inwendige met hard gebakken
 steen opgemetseld.

De fundeering met putten is uitgevoerd in navolging van de
 brug over de Weichsel bij Thorn, waarvan 10 pijlers op den
 linkeroever met putten gefundeerd zijn. Beide bruggen zijn be-
 schreven in »Zeitschrift für Bauwesen»; die over de Weichsel
 in 1876 en die over de Memel in 1878.

§ 80. Fundeering met palen en sparren. In § 74 is
 de fundeering der Koningsbrug te Rotterdam behandeld, voor-

namelijk met het oog op den gebruikten ijzeren zinkbak, Pl. 24 fig. 8—10. Het is evenwel duidelijk, dat zoodanige fundeering ook zonder ijzeren zinkbak goed uit te voeren is, vooral daar, waar de put tot aan het laagste water met geringe kosten droog te maken is. De omheijing kan bestaan uit ronde palen, zooals bij de Koningsbrug, doch beter zou 't zijn bezaagde palen te gebruiken en deze met hol en bol of met messing en groef in elkander te heien; het voorzien der omheijingen met ijzeren ringen voor rondon, of met houten gordingen voor rechthoekigen vorm der fundeering is, waar de fundeering boven den bodem uitsteekt, in elk geval zeer wenschelijk.

Men zal evenwel alleen in bijzondere omstandigheden van zulke fundeeringen gebruik maken.

§ 81. Diepte van den onderkant, hoogte van den bovenkant der fundeeringen. Het behandelde in § 33 en § 34 voor de landhoofden is ook van toepassing voor de pijlers; hierbij dient echter nader te worden opgemerkt, dat men vooral voorzichtig moet zijn met de bepaling van de diepte van den onderkant der fundeering, en van de diepte van den onderkant der omheijing waar de bodem aan aanzienlijke verandering is blootgesteld en dáár, waar de invloed van den bouw der brug op den rivierbodem nogal onzeker is. In zulke gevallen is het zaak de fundeering en omheijing ruim aan de diepte te houden.

§ 82. Stroomschermen. Een stroomscherm, of stroomafleidend scherm, bestaat veelal uit een rij aaneengesloten damplanken of dampalen, behoorlijk door gordingen en schoorpalen gesteund en dient om den stroom of drijvende lichamen, als: boomstammen, vloten, schepen, enz., van de plaats waar de pijler gebouwd moet worden af te wenden. Het scherm verkrijgt een punt of boog stroomopwaarts gekeerd en is zoo lang dat het zijdelings buiten de fundeering des pijlers uitsteekt; daarmee verkrijgt men dan de gelegenheid om een diepe voorbaggering in de bouwplaats te doen, tevens de verzanding daarvan of het stroomen van zand tusschen de heipalen der pijlers te voorkomen en ook om de palen in stilwater en alzoo

met minder bezwaar te kunnen inheien. De sterkte van den stroom en de toestand van den bodem zijn de factoren, die in aanmerking komen bij de beoordeeling of het nuttig is al of niet met stroomschermen te werken. Vooral daar waar de stoffen van den rivierbodem beweeglijk zijn en dus de rivierbodem veranderlijk is, is het gebruik van stroomschermen zeer aan te raden. Zij worden op 20 à 30 M. boven de bouwplaats aangebracht. De palen of planken reiken tot boven den waterstand, dien men vermoedt dat bij den bouw van de fundeering zal kunnen plaats hebben; de dikte der palen en planken is weder afhankelijk van hunne lengte en de meer of minder vastheid van den ondergrond; men kan zich hiervoor houden aan de verstrekte opgaven in § 15 en § 25. De palen of planken moeten goed geheid worden maar behoeven niet volkomen waterdicht te zijn; van boven zijn ze voorzien van twee gordingen, die met schroefbouten onderling aan de palen of planken bevestigd zijn. Soms is lager nog een gording tegen de palen aangebracht. Tegen de onderste en ook wel tegen de bovenste gording en tegen de palen, komen de schoorpalen te steunen. Wanneer de bouw van den pijler zoo ver gevorderd is, dat het stroomscherm geen dienst meer doet, dan wordt het opgeruimd.

Het scherm bij den stroompijler der spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg gebruikt, bestond uit dennen palen lang 6,00 à 8,00 M. op onderlingen afstand van 2,00 M. ingeheid, en om den ander van een schoorpaal voorzien. Tegen de palen waren twee gordingen, een van boven en de andere zoo laag mogelijk boven den waterstand aangebracht; hiertegen waren planken dik 0,05 M., lang 5,00 M. ingeheid en bevestigd; het scherm vormde een puntdam op 30 M. afstand van de te heien betonkist.

Bij meer bruggen over onze hoofdrievieren zijn bij den bouw der pijlers stroomschermen gebruikt; onder anderen bij de bruggen te Dordrecht, Bommel en Nijmegen.

Bij den bouw van pijler III der brug over de Oude Maas te Dordrecht, heeft men veel moeite gehad tengevolge van den sterken stroom en veranderlijken bodem. Toen men slechts eenige palen van de betonkist geheid had zonder stroomscherm, ontstond er een verdieping langs den wand van 5 M., waardoor de

dampalen van 16 M. lengte ontgrondde. Men ging daarna over tot het maken van een stroomscherm, dat door bestorting met steen tegen ontgroning verzekerd werd. De stroom kon daar zoo sterk zijn, bij eb en afluigen wind, dat op de lengte van 10 M. een verval van ongeveer 0,41 M. langs den pijler waargenomen werd.

§ 83. Afzagen van palen onder water. Het afzagen kan geschieden:

- a. door een ronde zaag die boven water door middel van een boom of stang heen en weer bewogen wordt, en die tevens steeds tegen den paal aangedrukt of aangetrokken wordt, Pl. 22 fig. 20—24;
- b. door een cirkelvormige zaag, die met behulp van een windwerk steeds rondgedraaid en daarbij tegen den paal aangedrukt of aangetrokken wordt, Pl. 23 fig. 1—9;
- c. door een lintzaag die door een kruk boven water aangebracht heen en weer bewogen en tegen den paal aangedrukt wordt, Pl. 23 fig. 10—14;
- d. door een rechte zaag die aan een raam bevestigd heen en weer bewogen en met een touw tegen den paal aangetrokken wordt, Pl. 23 fig. 15—17;
- e. door een rechte zaag bewogen door duikers.

In fig. 1—9 is de zaag voorgesteld, door den aannemer F. Kool verbeterd, waarmede palen op 7 à 8 M. diepte zijn afgezaagd, aan het stoomgemaal bij den Drielschen voormolen te Aalst en in den sluisput te St. Andries, waar 4 man 20 tot 26 palen daags op de juiste maat konden afzagen. Zie Bouwkundige bijdragen 1856 van de Maatschappij tot bevordering der Bouwkunst.

De zaag is ook gebruikt bij de fundeering der stoomwerktuigen in den Bommelerwaard boven den Meidijk; hier werden in 't geheel 133 palen op 6,70 M. diepte onder water afgezaagd en op een dag van 12 uur werkens gemiddeld 20; daartoe had men evenwel 9 man per dag noodig, zoodat voor de kosten van het afzagen van twee palen het gemiddeld dagloon van een arbeider geschat werd. Deze mededeeling en de teekeningen van

de zaag, zijn overgenomen uit de Verhandelingen van het Kon. Inst. van Ingenieurs 1854—1855.

Het toestel bestaat uit een ronde zaag van nagenoeg een halven cirkel, waarvan de middellijn 0,70 M. bedraagt; de uiteinden zijn vereenigd door een middelstaaf; door het middelpunt van den cirkel der zaag gaat een verticale stang tot boven water en is daar voorzien van een kruk, waarmee de stang en de zaag heen en weer kan worden gedraaid. Langs die stang is een houten geleider, die van onder zijn steun vindt op en tevens bevestigd is aan een houten plaat; hieraan zijn twee ijzeren oogen, waardoor puntige staven zijn gestoken, gaande tot in den bodem van den put of tot in het beton; aan deze staven zijn boomen bevestigd, reikende tot boven water; zij worden onder een achterwaartsche helling gesteld en dienen tot het drukken der zaag tegen den paal; bovendien gaat van boven water nog een touw naar het ondereind der boomen, om deze aan te trekken. Aan de houten plaat is een beugel bevestigd, die met eenige speelruimte om den paal gaat. Met een boom, waaraan van onder een ijzeren trechter is gehecht, worden de palen, die met den kop onder water staan, opgezocht.

Het toestel van de cirkelvormige zaag, Pl. 23 fig. 1—9, heeft een verticale as **e**, fig. 1, aan wier ondereinde de zaag is bevestigd; om deze as is een beugel **dd**, fig. 1 en 7, van waar drie schoren **f**, fig. 1, uitgaan naar het beweegbaar ijzeren raam **k**, fig. 1 en 8, tot het verzekeren van den verticalen stand der as **e**; deze as gaat door het ijzeren raam **k** en is nabij het bovineind van een horizontaal conisch rad voorzien; op het raam staan steunders voor de horizontale assen van twee verticaal geplaatste conische raderen, welke op het horizontaal conisch rad werken. De as **e** heeft beugels **aa**, fig. 1 en 3 en **bb**, fig. 1 en 4; door den beugel **bb** en door de as **e** is een bout gestoken; een schijf met bus **cc** is door middel van klem-schroeven **h**, fig. 5a, om de as bevestigd; deze schijf rust op 3 rollen, fig. 1 en 6, die hun steun vinden op een ijzeren plaat van het raam **k**. Door nu aan de krukken **l** der horizontale assen te draaien, brengt men de conische raderen, alsmede de verticale as **e** en daarmee de cirkelvormige zaag in beweging.

Een horizontale stelschroef **i**, die haar steun vindt in een stoel, welke op een vast houten raam geplaatst is, kan het raam **k** vooruit en achteruit bewegen, waardoor de zaag tegen den af te zagen paal gedrukt en weer teruggehaald kan worden. Wil men de as **e** omhoog of omlaag brengen, dan worden de bout **g** uitgehaald, de klemschroeven **h** teruggedraaid en het horizontaal conisch rad losgemaakt, als wanneer de as **e** vrij kan bewegen; nadat zij haren juisten stand verkregen heeft, worden weder de bout **g** gesteld, de klemschroeven **h** aangedraaid en het horizontaal conisch rad vastgezet. Kleine verticale bewegingen kunnen, wanneer de klemschroeven **h** niet te vast zijn aangehaald, worden verkregen, door de verticale stelschroeven, welke door **aa**, **bb** en **cc** gaan, omdat de bout **g** in verticalen zin eenige speelruimte heeft. Het houten raam moet op een horizontalen steiger rusten, om de palen horizontaal te kunnen afzagen.

Op Pl. 23 fig. 10—14 is de zaag voorgesteld, welke de ingenieurs gebroeders Perdriel hebben toegepast bij den herbouw van de brug te Nantes genaamd »Pont de la Bourse.» — Men vindt een beschrijving er van met teekeningen in de Annales Industrielles en in »Engineering» van Juni 1870, waaraan de onderstaande beschrijving is ontleend.

Het toestel heeft een horizontalen balk B, waaraan twee verticale stijlen AA door middel van bouten en vier schoren **bb** bevestigd zijn; van onder zijn de stijlen AA met een beugel C, fig. 12—14 vereenigd; deze beugel is ingericht om de assen te ontvangen van de schijven D, fig. 10—14; onderom de schijven, die van één flens voorzien zijn, gaat een lintzaag SS tot **dd**, waar zij aan verticale staven FF is vastgemaakt; de stelschroeven KK verbinden deze staven aan den hefboom G. De trekstangen LL dienen om heen- en weergaande bewegingen van den beugel C en der stijlen AA te voorkomen. De horizontale balk B ligt op de twee balken M, die op een steiger of op schepen gelegd zijn. Wanneer men nu den hefboom G door middel van twee of vier man werkend aan de krukken **g** in beweging stelt, zooals door de gestippelde lijnen is aangegeven, dan zal de lintzaag een heen- en weergaande beweging maken en dus in staat zijn

een paal door te zagen, wanneer zij genoegzaam daartegen aangedrukt wordt; hiertoe is een dwarsliggende as **mm'**, gesteund door de schoren **mm**, aangebracht en heeft men den balk B van onder afgerond; wanneer men nu op de as **mm'** een hefboom N legt en deze onder den balk B door laat gaan, dan kan men door op het rechtereinde van dien hefboom N, fig. 12, te drukken of het te belasten, het toestel van onder links uitbuigen en dus tegen den paal aandrukken; om den druk behoorlijk te regelen is de as Q aangebracht; zij ligt in tappannen welke langs de geleiders O beweegbaar zijn; de as heeft op elk eind een rondsel, dat op een heugel werkt, fig. 12; zij wordt rondgedraaid met behulp van twee conische raderen, waarvan een op de as zit en een aan een verticale stang, die van boven door een handrad bewogen wordt; het is duidelijk dat met deze inrichting de druk van de zaag tegen den paal naar believen kan gematigd worden. Bij de brug van Nantes zijn met zulk een toestel 263 palen, elk zwaar 0,38 M. in 't vierkant op verschillende diepten bij eb en vloed afgezaagd ten bedrage van gem. 40 stuks per dag. De tijd voor het afzagen van een paal was gewoonlijk slechts 3 à 4 minuten, maar er was veel tijd noodig om de zaag te stellen, vooral om eenige palen af te zagen in de nabijheid van het oude metselwerk der brug. Zes werklieden zijn bij het toestel gebruikt, namelijk een timmerman, vier zagers en een werkman om de afgezaagde einden der palen op te halen en bijeen te brengen. Het is gebleken dat onder gunstige omstandigheden twee zagers voldoende zijn, zoodat het toestel dan met 4 man zou kunnen bediend worden. Een lintzaag kon 't een dag uithouden zonder gescherpt te worden, doch men had steeds een reserve-zaag beschikbaar.

Op Pl. 23 fig. 15—17 is een gewijzigde zaag van den heer Vallée voorgesteld. Twee verticale stijlen zijn van boven door twee horizontale gordingen verbonden, terwijl twee kruishouten dit verband en den onderlingen stand der stijlen verzekeren; nabij het ondereind is een ijzeren beugel tot vereeniging der stijlen aangebracht; de zaag is recht en aan het raam zijn van onder twee touwen vastgemaakt, waarmede men de zaag tegen den

paal aantrekt. Aan de horizontale gordingen zijn 4 wieltjes, die op horizontale balken kunnen loopen; bij het zagen wordt het toestel heen- en weer bewogen, terwijl de zaag tegen den paal aangetrokken wordt; dit toestel is eenvoudig en goed voor het afzagen van palen op geringe diepte, maar is moeielijk te gebruiken bij palen die diep onder water moeten worden afgezaagd.

Het afzagen met duikers wordt tegenwoordig ook veel gedaan; daartoe gaan twee duikers naar beneden met een kleine trekzaag, en zagen de palen op de bepaalde diepte af.

§ 84. **Betonstorting.** Wanneer de grond in de betonkoffers tot de bepaalde diepte door graven of baggeren gebracht en behoorlijk geëffend is, en men zich daarvan soms door waterpassen doch meestal door peilen verzekerd heeft, begint de betonstorting; dit is een zaak van het grootste belang. Er moet gezorgd worden dat het beton rustig op zijn plaats komt, zoo dat de vaste stukken niet van de verbindingsstoffen gescheiden worden; aan deze voorwaarde moet in elk geval voldaan worden; is dit niet het geval dan wordt slecht werk geleverd.

Zoogenaamde kalkmelk en slib van verbindingspecie, moeten dus zoo weinig mogelijk gemaakt worden.

Het beton moet regelmatig worden opgewerkt in lagen van omstreeks 1 à 3 M., en van den bovenkant van iedere laag moet de gemaakte slib voorzichtig worden verwijderd, opdat de lagen zich goed met elkander kunnen vereenigen.

Met de betonstorting mag niet worden aangevangen voordat alle materialen, werktuigen, arbeiders, enz. op het werk aanwezig en gereed zijn om onafgebroken en geregeld de storting van een fundeering af te werken; de storting moet dus zooveel mogelijk aanhoudend dag en nacht plaats hebben, en in elk geval zonder langer oponthoud dan 5 à 8 uur.

Somtijds wordt het beton onmiddellijk na het storten met ijzeren stampers vast aangestampt; dit is goed, wanneer de betonlaag niet dik is en ook voor de bovenste laag van elke betonstorting.

Er moet op gelet worden dat de waterstand binnen en buiten de betonkist ongeveer gelijk is tijdens het storten; in geen geval

mag de waterstand binnen den betonkoffer lager zijn dan er buiten; het verschil in druk werkt in elk geval nadeelig op de dichtheid van het beton.

Het is een zaak van groote beteekenis te zorgen, dat door de wanden van de betonkist het water zich niet heen en weer kan bewegen, hetzij bij sterken stroom, bij eb en vloed, hetzij vooral door het langs varen van vele stoom- en andere schepen. Door dat heen en weer spoelen van het water wordt de verbindingsspecie meegenomen of verplaatst, waardoor aan het beton de gelegenheid wordt benomen behoorlijk te versteenen. Ondichtheid en minder goed soms slecht werk is daarvan het gevolg. Het goed dicht bewerken der betonkist is alzoo in de genoemde toestanden van stroom enz., zeer aan te bevelen. Waar die dichtheid te wenschen overlaat, of daar waar men zich geheel wil verzekeren, wordt gebruik gemaakt van zeildoek, dat aan den binnenkant tegen de wanden van den koffer wordt aangebracht, van den bovenkant der wanden tot nabij den onderkant der betonfundeering, waar het soms ongeveer 0.50 M. horizontaal wordt omgeslagen.

Het zeildoek wordt tegen de wanden vastgespijkerd, waartoe onder water duikers gebruikt worden. Wanneer de onderkant van het beton nog al diep onder den bodem der rivier komt te liggen, laat men somtijds het zeildoek slechts tot den bodem der rivier gaan of nog minder diep; het kan in zulke gevallen wel voldoende zijn, het zeil door middel van houten ribben, die hun steun in den bodem der rivier of in het reeds gestorte beton vinden, tegen de wanden van den betonkoffer aan te drukken, en dan de ribben zoover de waterstand toelaat, goed aan de wanden te bevestigen.

Het zeildoek heeft dikwijls ook ten doel boven het beton de koffers behoorlijk waterdicht te maken, ten einde het water uit dezen koffer te kunnen pompen, om den pijler op het gestorte beton te kunnen opmetselen.

Het zeildoek moet nieuw, zoögenaamd best Russisch doek 1^{ste} kwaliteit, zijn.

Tot het storten maakt men gebruik van kيبak en verticalen koker. De kيبak dient soms alleen om het beton in den koker tot

boven water te storten; hij is van hout of van ijzer en heeft van onder een beweegbare klep, die geopend wordt zoodra de gevulde kipbak op of nabij den grond of op het reeds gestorte beton komt, Pl. 23 fig. 20, 21, 22, 24; het beton glijdt dan geleidelijk uit den kipbak, die daarna weder wordt opgehaald om opnieuw gevuld en neergelaten te worden. Om het neerlaten en ophalen gemakkelijk te kunnen doen, wordt de kipbak aan een schijf of takel opgehangen, fig. 21, 22. Zoodra door deze wijze van storten het beton in den koker voldoende boven water komt, wordt het beton verder direct in den koker, alzoo in het droge, gestort. De koker reikt zoo diep dat zijn onderkant gelijk komt met den bovenkant der laag beton, die men storten wil.

Het beton neemt door den druk van zijn eigen gewicht ook bezijden den koker een zekere ruimte in; zoodra het beton in den koker niet meer zakt, dan wordt de koker wat verplaatst, door het wagentje waaraan hij hangt in de richting der hulpbrug vooruit te werken; daartoe is de hulpbrug voorzien van rails, Pl. 23 fig. 18, 19, 22, 25—27. Op het wagentje is een gebint gesteld, waaraan een schijf is opgehangen; met een touw, over de schijf loopende, kan de koker op elke hoogte gesteld worden. De hulpbrug ligt gewoonlijk over het smalle gedeelte der betonstorting, alzoo bij de pijlers in de richting van hare dikte. Heeft men nu met den koffer in de richting van de breedte der betonstorting een gang gedaan, dan wordt de hulpbrug in de richting van de lengte der betonstorting verplaatst, om met den tweeden gang sluitende aan den eersten te kunnen beginnen. Door alzoo den koker over de hulpbrug in de richting der breedte en de hulpbrug met den daaropgestelden koker in de richting der lengte van de betonstorting te verplaatsen, kan men elk punt der betonfundeering bereiken.

Het gebeurt ook dat men al het beton met den kipbak stort, zooals dit te zien is op Pl. 19 fig. 4 en 5, voor de spoorwegbrug over de Weser te Bremen; de kipbak hangt daar aan een windas, staande op een raam dat van wielen voorzien op een brug kan voortbewegen in de richting van de dikte des pijlers; deze brug heeft ook wielen, welke over spoorstaven loopen, daartoe op een vasten steiger in de richting van de lengte des

pijlers gelegd; de kيبak kan alzoo op elk punt der betonfundeering komen; met het windas wordt de gevulde bak neergelaten en na lediging opgehaald.

Ook bij de brug te Westervoort is de betonstorting alleen met den kيبak gedaan, Pl. 27 fig. 3; de inrichting, Pl. 23 fig. 21, 22 is daartoe ook geschikt, terwijl zoodanige kيبak gebruikt is bij de betonstorting der fundeeringen voor de draai-bruggen in den Staatsspoorweg over het Noord-Hollandsch Kanaal.

Wanneer de fundeering geen groot oppervlak heeft, bijvoorbeeld slechts een diameter van 1 à 4 M., dan is het storten met den koffer onnoodig of bezwaarlijk, en dan wordt veeltijds alleen de kيبak gebruikt.

Het is duidelijk dat het opzichthoudend personeel daarbij zeer goed moet opletten dat de bak niet geledigd wordt, voor hij nabij den bodem of het reeds gestorte beton komt. De kيبak volgens aanwijzing van den ingenieur D. A. Wittop Koning bij de Stadsbrug over de Maas te Rotterdam gebruikt, Pl. 23 fig. 20, geeft zekerheid, dat het te vroeg openen der klep niet geschiedt, want zij is voorzien van een sluitwerk, waaraan van onder een voetplaat is bevestigd en de klep kan zich niet openen, voor dat de voetplaat op den bodem of op het reeds gestorte beton komt te dragen, want een andere inrichting om de klep te openen zooals een touw of ketting, waaraan door de arbeiders kon getrokken worden, was daarbij niet aanwezig.

De grootte van den kيبak is zeer verschillend; wanneer men hem alleen gebruikt om het beton in den koker te storten tot boven water, dan is zijn inhoud slechts 0,100, à 0,200 M.³ Zulk een kيبak is zeer gemakkelijk te behandelen, en daar de hoeveelheid daarmede te storten beton niet groot is, komt het tijdverlies weinig in aanmerking. — Wanneer men al het beton met den kيبak stort, dan wordt soms toch de kleine bak maar in den regel een grootere gebruikt, hebbende een inhoud van 0,500 tot 1,500 M.³ meestal 0,750 à 1,000 M.³

De constructie der kيبakken is ook zeer verschillend; op Pl. 23 fig. 20, 21, 22, 24 en Pl. 27 fig. 6 zijn eenige kيبakken voorgesteld, die alle in de praktijk in toepassing zijn geweest; daaruit blijkt de constructie voldoende.

De dwarsdoorsnede der betonkokers is lang en breed 0,75 à 1,00 M. binnenwerks; de hoogte is afhankelijk van de diepte, waartoe het beton moet gestort worden en kan alzoo van enkele meters tot 6 à 8 M. en meer bedragen. De planken bekomen een dikte van $3\frac{1}{2}$ à $5\frac{1}{2}$ centimeter; zij zijn meestal verticaal, maar ook wel horizontaal geplaatst en moeten een stevig geheel vormen.

§ 85. Bovenvlak der betonfundeering. Inrichting voor het begin van den opbouw. Zooals in § 34 is meegedeeld, moet het hout dat een werkelijk deel der fundeering uitmaakt onder water blijven. Het is duidelijk dat in dit geval gewoonlijk het beton niet hooger kan opgaan, dan tot de hoogte waarop de omheiiing wordt afgezaagd. In den regel is 't zaak reeds 0,15 à 0,25 M. lager dan die hoogte met het opmetselen des pijlers te beginnen, om later langs den pijler nog 0,15 à 0,25 M. hoogte beton te kunnen storten, zoodat de voet der opmetseling met beton omgeven is. Somtjids wordt de omheiiing nog 0,10 M. boven het nagestorte beton afgezaagd, om met de zaag vrij van het beton te blijven en ook om aan de steenen, die op het beton worden gestort, steun te geven.

Ook wordt wel het beton dat buiten het opgaande werk uitsteekt, met een gemetselde laag van natuurlijken steen of met een rollaag afgedekt, als wanneer de palen boven deze afdekking moeten afgezaagd worden.

De hoogte, waarop het afzagen plaats heeft, is op de bovenrivieren gelijk met den laagsten waterstand of 0,30 M. hooger, zooals bij de brug over de Lek te Kuilenburg is geschied, en op de benedenrivieren 0,15 tot 0,75 M. onder het dagelijksch laag water, zooals dit ongeveer bij de spoorwegbruggen over de Nieuwe Maas te Rotterdam en over het Hollandsch Diep te Moerdijk is gedaan.

Het afzagen evenwel heeft eerst plaats, wanneer de pijler tot voldoende hoogte is opgemetseld.

Om bij den opbouw des pijlers niet te worden belemmerd, moet het water uit den betonkoffer gemalen worden en daartoe moeten zijne wanden voldoende waterdicht zijn, of moet een

tijdelijke kistdam worden gemaakt. Het waterdicht maken van de omheijing geschiedt door zorgvuldige bewerking, en door het aanbrengen van zeildoek, zooals in § 84 bij de betonstorting is meegedeeld. Tegen een omheijing van palen voorzien van zeildoek, is met goed gevolg 2 M. hoogte water gekeerd. Het maken van een kistdam kan geschieden aan de binnenzijde der omheijing; alzoo op het beton Pl. 16 fig. 6 en 11, of aan de buitenzijde der omheijing, dus op den rivierbodem, zooals op Pl. 16, aan de linkerzijde van fig. 7 en 8 is aangegeven.

Maakt men den kistdam op het beton, dan worden in het beton, wanneer dit nog versch is, lichte dennen palen op 0.30 à 1 M. van den voet des pijlers geslagen, ter diepte van 0.30 à 0.40 M., op onderlingen afstand van 1.00 à 1.50 M.; tegen deze palen, die van boven door een of twee gordingen vereenigd zijn, worden planken schotten van 3 à 5 centimeter dikte gesteld. Langs den bovenkant der omheijing komt ook een gording of er worden twee gordingen aangebracht en dan worden de beide wanden door koppelhouten verbonden; de aanvulling tusschen de wanden geschiedt met goede deegachtige klei of stijve modder, soms ook wel met beton, dat evenwel niet noodig is. Wanneer men de hoogte van den kistdam gelijk h stelt, dan kan binnenwerks de onderbreedte $0.5 h$ en de bovenbreedte $0.3 h$ zijn. Het is duidelijk dat de houten binnenwand van den kistdam ook met palen en verticale planken kan gemaakt worden. — Wordt de kistdam op den rivierbodem aangelegd, dan wordt daartoe buiten de omheijing op 0.75 à 1.50 M. afstand een tweede houten wand gemaakt en aan de omheijing gekoppeld; tusschen de twee wanden wordt de ruimte met aarde dicht aangevuld.

Na opmetseling der pijlers tot gelijk met de dammen, wordt de grond alsmede de tijdelijke wand opgeruimd, waarna men met het afzagen der omheijing kan beginnen.

Op de benedenrivieren gebeurt 't wel, dat men behalve de omheijing geen nadere voorziening voor de droogmaking maakt, maar dat men het beton tot nabij de hoogte van laagwater stort en dan tijdens laagwater, krachtig en snel voortwerkt om langs den aanleg des pijlers een rand van hardsteen te verkrijgen, die dan tevens zoo spoedig mogelijk aangemetseld wordt. In eenige dagen is

men zoo ver met het metselwerk boven het gewoon hoogwater gevorderd, dat men regelmatig kan voortwerken.

§ 86. **Steigers.** De steigers tot den bouw van steenen pijlers kunnen in 't algemeen ingericht zijn:

- 1°. Om gelegenheid te verkrijgen tot het plaatsen van arbeiders en werktuigen voor het heien, droogmaken van den bouwput, enz.;
- 2°. tot het plaatsen van materialen nabij den te bouwen pijler;
- 3°. tot aanvoer van materialen en metselspecie;
- 4°. om aan de werklieden en het overige personeel gelegenheid te geven zich om den pijler te bewegen.

Somtijds worden de heistellingen op houten vloten of schepen geplaatst, als wanneer andere daartoe dienstige steigers achterwege blijven. Bij het maken der steigers dient erop gelet te worden, of de aanvoer van materialen alleen van de landzijde, alleen van de waterzijde, of van beiden zal komen; komt de aanvoer van de landzijde dan moet de steiger aan de landwegen aansluiten en dan gebeurt 't meermalen dat, als steiger, langs de verschillende pijlers een tijdelijke houten brug gemaakt wordt; komt de aanvoer alleen van de waterzijde, dan kan voor elken pijler een afzonderlijke steiger gemaakt worden; daarbij moet gezorgd worden dat de transportschepen goede gelegenheid vinden tot het naderen der steigers, en tevens een goede ligplaats verkrijgen.

De pijlers worden somtijds zoo hoog mogelijk opgetrokken zonder steiger, vooral wanneer men met lichte materialen werkt.

In 't algemeen bestaan de steigers uit in den grond geheide palen of uit houten stijlen, die in hun stand verzekerd worden door gordingen, kruisen en schoren; de stijlen vinden hun steun hetzij in den grond, hetzij op de reeds gemaakte steigers, op de omheiningen of dammen om de pijlers.

De gordingen worden ingekeept en soms met touwen of bouten aan de stijlen verbonden; de kruishouten worden ingekeept en vastgespijkerd of met bouten bevestigd; op de gordingen liggen dwarshouten waarover een planken vloer gelegd wordt, waarop

de arbeiders zich bewegen. Deze vloer met wat daartoe behoort, wordt achtereenvolgens hooger gelegd naar dat de vordering van den opbouw plaats heeft. De materialen worden soms naar de plaats van verwerken door menschen gedragen of met kruiwagens getransporteerd, waartoe veeltijds een hellende steiger noodig is. Ook worden de materialen, die per voertuig of per schip zijn aangevoerd, met een kraan of windas opgeheschen.

Op Pl. 24 fig. 7, 8, is de aanvoer te water en worden de materialen in fig. 8 met een stoomkraan en in fig. 7 met een stoomwindas omhoog gebracht. In fig. 9 is een horizontale steiger langs den pijler, waarop de materialen met handenarbeid kunnen gewerkt worden.

Wanneer men hardsteenblokken van aanzienlijke afmetingen te verwerken heeft, dan wordt dikwijls de steiger zoodanig ingericht, dat een deel daarvan reikt tot 1 à 3 M. boven den bovenkant des pijlers, Pl. 24 fig. 5 en 6. Over de stijlen zijn sloven gewerkt, waarop rails zijn bevestigd en over deze rails loopt een wagen in de richting van de lengte des pijlers. Deze wagen heeft vier wielen, elk paar van een korte as voorzien. Op deze assen rusten draagstoelen, die met hun bovenkant tot boven de wielen reiken; op de draagstoelen zijn zware balken aangebracht loodrecht op de richting van beweging, alzoo in de richting van de breedte des pijlers, en op de balken zijn dwarshouten gelegd; daarover zijn weder rails bevestigd, en hierover loopt een lier of windas. De wagen met het windas erop — doorgaans »*traveller*» genoemd — kan zich bewegen in de richting van de lengte, terwijl het windas alleen zich kan bewegen in de richting van de breedte des pijlers. Maakt men den steiger en het windas zoo sterk dat de materialen kunnen opgehaald worden, dan kunnen deze op elk punt des pijlers ter verwerking worden gebracht. In fig. 5 en 6 ziet men nog een afzonderlijken aanvoersteiger, die zich soms, zooals vroeger reeds opgemerkt werd, langs al de pijlers uitstrekt; daarover is een spoor gelegd om de materialen per wagen te kunnen aanvoeren.

Op Pl. 24 fig. 2—4 is een soortgelijke inrichting als in fig. 5 en 6 voorgesteld. Het windas loopt in fig. 2—4 evenwel in de richting van de lengte der pijlers, zoodat de balken, waarover

het windas loopt, een veel grootere spanwijdte hebben dan in fig. 5 en 6. De aanvoer van materialen kan geschieden per vaartuig, want de wagen met het windas er op kan zich in fig. 2 genoeg naar de linkerzijde verplaatsen om de materialen uit een vaartuig, dat tusschen den steiger gelegen is, op te nemen.

Niet altijd is de inrichting geheel als die hierboven beschreven. Soms heeft men aan weerszijden van den pijler een lagen steiger met een rail voorzien. Over de twee rails kan zich een verplaatsbare steiger of loopkraan bewegen, die zoo hoog is, dat hij met zijn bovenkant 1 tot 3 M. boven den pijler uitsteekt. Op den verplaatsbaren steiger loopt een windas loodrecht op de richting zijner beweging; het is duidelijk dat men ook met zoodanige inrichting, welke, wat de beweging betreft, overeenstemt met die in fig. 2—4 of met die van 5—6, de materialen op elk punt van den pijler kan brengen. Er zijn nog inrichtingen met kabels en windwerken om de op te hijschen materialen in de richting van de lengte des loopkraans te bewegen.

Op Pl. 24 fig. 1 is een hooge steiger met twee verdiepingen voorgesteld. De materialen worden van onder per wagen aangevoerd en opgehaald met behulp van een touw die van boven over een schijf loopt en van onder door een windas wordt aangehaald. Van boven worden de materialen weer op een wagen gelost, en per spoor boven den pijler gebracht, waar ze door middel van een loopkraan met windas op de bestemde plaats kunnen worden nedergelaten.

De eerste verdieping heeft gediend tot aanvoer der materialen voor het gedeelte des pijlers, dat lager dan de eerste verdieping gelegen is; de tweede verdieping doet dienst tot aanvoer van materialen voor het gedeelte des pijlers gelegen tusschen de eerste en tweede verdieping, en zoo kan men, wanneer het noodig is, steigers met drie zelfs met vier en meer verdiepingen maken.

Men heeft nog veel meer inrichtingen bij de uitvoering in toepassing gebracht, maar die op Pl. 24 voorgesteld of zulke, welke daarmede ongeveer overeenstemmen, worden veelvuldig gebruikt.

Over 't algemeen wordt dennenhout voor de steigers aangewend. In Indië wordt voor de voornaamste deelen wel djattihout ge-

nomen, voor de minder belangrijke stukken allerlei wildhout en veel bamboe. Het is duidelijk dat men het hout liefst zoo weinig mogelijk benadeeld, zoodat sommige verbindingen wel geschieden met touwen, andere met lichte inkeeringen en doorgaande schroefbouten. De vloerplanken worden in den regel niet vastgespijkerd. Alles wordt erop ingericht dat de steiger gemakkelijk verhoogd kan worden. De inrichting, alsmede de afmeting van den steiger en de onderdeelen ervan moeten voor elk werk afzonderlijk beoordeeld worden. In 't algemeen is 't zaak bij belangrijke werken ruime en stevige steigers te maken. Het komt onnoodig voor hier meer bijzonderheden te behandelen, daar toch nog verschillende steigers bij uitgevoerde werken worden voorgesteld.

§ 87. Vorm van het dwarsprofiel der pijlers. Op Pl. 24 fig. 10—17 zijn eenige vormen van het dwarsprofiel voorgesteld.

Fig. 10 heeft te lood staande buitenvlakken.

Fig. 11 heeft buitenvlakken met een helling; deze wisselt af van $\frac{1}{10}$ tot $\frac{2}{10}$ maar wordt veelal op $\frac{1}{10}$ bepaald, zooals in de fig. is aangenomen.

Fig. 12 heeft van onder gebogen buitenvlakken tot de hoogte van laagwater of iets hooger en gaat dan met loodrechte of hellende vlakken omhoog.

Fig. 13 heeft van onder zeer sterk hellende zijvlakken b. v. $\frac{1}{3}$ en is hooger te lood.

Fig. 14 heeft van onder zeer sterk hellende- en hooger minder hellende zijvlakken.

Fig. 15 heeft een breed voetstuk; de pijler is daarop te lood opgetrokken, maar heeft boven het hoogste water en boven het bereik van het ijs een lijst, zoodat de pijler, als 't ware, uit een beneden- en een bovendeel bestaat.

Fig. 16 is overeenkomstig fig. 15 maar met hellende zijvlakken.

Fig. 17 heeft gebogen zijvlakken van de fundeering tot nabij de lijst; hierop is het bovenstuk, hetzij met loodrechte, hetzij met hellende zijvlakken opgetrokken.

Het beneden gedeelte is nagenoeg altijd massief gewerkt; het bovengedeelte is ook meestal volgemaakt, maar heeft ook wel uitsparingen, zooals fig. 13 Pl. 15, of bestaat soms uit twee

afzonderlijke pijlers, waarop de hoofdliggers rusten, al of niet met een boog verbonden. Bij zeer hooge pijlers heeft men soms verschillende uitsparingen in verdiepingen boven elkander, zooals reeds op bladz. 136—137 bij fig. 21 van Pl. 15 opgemerkt is. De voorgestelde pijlers, Pl. 15 fig. 19, 20, zijn bij den spoorweg door Rotterdam uitgevoerd en hebben geen doorgaand dwarsprofiel, maar bestaan boven den grond uit achthoekige kolommen vereenigd door een boog.

De meest gebruikelijke dwarsprofillen zijn, als fig. 11 Pl. 24, voor pijlers van matige hoogte en, als fig. 16 Pl. 24, voor pijlers van betrekkelijk groote hoogte, al of niet met voetstuk. Aan het onderstuk wordt bij dit profiel soms een eenigszins grootere helling gegeven dan aan het bovenstuk, bij voorbeeld aan het onderstuk $\frac{1}{5}$ en aan het bovenstuk $\frac{1}{10}$.

§ 88. Bekleeding der steenen pijlers.—Opbouw. De bekleeding der steenen pijlers heeft tot doel het buitenvlak, dat meer dan het inwendige der pijlers blootgesteld is, sterker en duurzamer te maken, soms ook om een beter aanzien aan de pijlers te geven.

De bekleeding kan bestaan uit:

a. Kunstmatig gevormden steen, als: harden gebakken steen, betonblokken of Portland-cement steen.

b. Natuurlijken steen, die in Nederland gewoonlijk hardsteen is, maar die ook basalt of andere steen zijn kan. In Nederlandsch-Indië worden soms steenen gebruikt, welke men uit rivieren en uit bosschen bij elkander zoekt, of uit bestaande of te openen groeven haalt en die behakt maar ook onbehakt verwerkt worden. In andere landen wordt gewoonlijk die natuurlijke steen gebruikt welke, bij voldoende hoedanigheid, plaatselijk het geschiktst of het billijkst te bekomen is.

c. IJzeren platen.

Het opmetselen van de buitenzijden der pijlers met harden gebakken steen geschiedt alleen daar, waar geen of geen sterke stroom aanwezig is. — De hoeken worden dan toch nog dikwijls met hardsteen blokken voorzien, zooals bij de landhoofden in § 37 is meegedeeld. Is de stroom en de afvoer van ijs langs

de pijlers wel van beteekenis, maar niet zoo bijzonder belangrijk, dan worden soms alleen de koppen der pijlers van hardsteen of anderen natuurlijken steen voorzien. Wordt de pijler met onregelmatigen steen opgemetseld, dan zullen de hoeken of de koppen toch veelal met behakten steen worden opgetrokken. Zijn de pijlers zeer blootgesteld aan de werking van sterken stroom en ijs, dan worden veelal de buitenvlakken met natuurlijken steen opgetrokken van de fundeering of van 1 à 2 M onder den bodem der rivier tot 1 à 2 M boven den hoogsten waterstand.

Wil men zeer duurzaam werk maken, dan worden de buitenzijden der pijlers geheel met natuurlijken steen opgemetseld.

Het metselverband en de metselspecie, bij de pijlers in gebruik, is gelijk aan het reeds in § 37 meegedeelde voor de landhoofden; ook geschiedt de verbinding der verschillende deelen onderling in 't algemeen als in § 37 is aangegeven. Toch kwam het nuttig voor hier een kort overzicht te geven van het verschillend gebruik der materialen, alsmede van de verbinding van den hardsteen bij de koppen der pijlers. Dat overzicht vindt men op Pl. 24 fig. 18—33 en Pl. 25 fig. 1—10.

In fig. 18 zijn de buitenzijden ter dikte van $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ steen, van harden gebakken steen, terwijl het inwendige van minder harden metselsteen is opgetrokken.

In fig. 19 zijn de buitenzijden ter dikte van 0.80 à 1.00 M. van harden gebakken steen opgemetseld, terwijl het inwendige met beton of breuksteen en specie gevuld is.

In fig. 20 zijn de buitenwanden ter dikte van 0.60 à 1.20 M. van harden gebakken steen gemetseld; het inwendige is van beton of met onbehakten natuurlijken steen volgemetseld.

In fig. 21 zijn de buitenzijden van betonblokken; het inwendige is beton of metselwerk van min of meer regelmatigen natuurlijken steen.

Men kan ook den geheelen pijler uit een stuk beton maken of met betonblokken opmetselen.

Fig. 22 heeft buitenzijden van basalt, de binnenruimte is met beton aangevuld of met basalt volgemetseld.

Fig. 23 heeft buitenwanden van onbehakten natuurlijken steen;

het inwendige is met beton of met min of meer regelmatige natuurlijke steenstukken volgemetseld.

Fig. 24 heeft buitenzijden van behakten natuurlijken steen, hetzij tamelijk groote stukken, hetzij kleinere stukken »moëllons”, die voor veel geringer prijs te bekomen zijn; het inwendige is gevuld met gewoon metselwerk of met beton.

Fig. 25 heeft buitenwanden van behakten natuurlijken steen, het inwendige is volgemetseld met onregelmatigen, met min of meer regelmatigen of met behakten natuurlijken steen.

De hoeken en koppen van pijlers kunnen natuurlijk ook met gegoten ijzeren platen dik 2 à 3 centimeter tegen de werking van stroom of drijvende lichamen beveiligd worden. Deze platen moeten met gesmeed ijzeren ankers en schieters dik $2\frac{1}{2}$ à 3 centimeter aan het metselwerk verbonden worden.

In Nederland wordt het inwendige der steenen pijlers in den regel met gebakken steen volgemetseld. In België, Frankrijk en Duitschland wordt het inwendige ook dikwijls met beton aangevuld of wel met breuksteen, met min of meer regelmatigen, of met behakten natuurlijken steen volgemetseld.

De verbindingen in fig. 26—33 Pl. 24 en fig. 1—6 Pl. 25, zijn voldoende uit de figuren op te maken. Hierbij valt ook weer op te merken, even als bij de landhoofden, dat de eenvoudigste inrichtingen van fig. 26—33 te verkiezen zijn boven de meer samengestelde van fig. 1—6. In fig. 7 en 8 Pl. 25 zijn constructies aangegeven van pijlers, die uit hardsteenen platen zijn opgetrokken. Fig. 9 Pl. 25 stelt het metselwerk voor van een pijler, die nagenoeg geheel uit behakten natuurlijken steen, doch met stukken van zeer ongelijke grootte is opgemetseld. In het midden des pijlers is nog wat gewoon metselwerk aangebracht, dat voorkomt niet doelmatig te zijn.

In fig. 10 Pl. 25, is aangegeven hoe de steenen worden opgemetseld indien de koppen zeer sterk en de zijvlakken minder hellen.

Even als bij de landhoofden moeten ook bij de pijlers de steenen met doken aan elkander worden gehecht; ook worden de steenen om den anderen of alle met gesmeed ijzeren ankers en schieters dik $2\frac{1}{2}$ centimeter aan het metselwerk verbonden. Som-

tijds worden eenige steenen met doorgaande ankers dik 3 centimeter, gaande van de eene lange zijde des pijlers naar de andere, aan elkander gehecht. Vooral moet goede zorg besteed worden aan het aan elkander hechten der kopsteen en aan hunne verankering in het metselwerk.

Somtijds laat men bij pijlers, waarvan het inwendige uit gewoon metselwerk bestaat, om de $1\frac{1}{2}$ à 2 M. hoogte, doorgaande lagen hardsteen gaan; hier te lande is dit niet gebruikelijk en komt ook voor onnut te zijn.

Wat in § 37 gezegd is betreffende de bewerking der steenen, van hunne afmetingen, hunne ligging op het groefleger, enz. is ook bij de pijlers van toepassing.

Bij het gebruik van »moëllons piqués” tot bekleeding der landhoofden en pijlers heeft men hardsteenstukken voorgeschreven hoog 0.25 M., lang 0.30 à 0.50 M. breed gemiddeld 0.38 M.; in den regel verstaat men door moëllon kleinere bloksteen.

Het is aan te bevelen in de buitenvlakken der pijlers, zoover de waterstanden reiken, ringen of haalijzers aan te brengen, Pl. 20 fig. 1. Deze geven gelegenheid om een vaartuig vast te leggen, dat bij het onderhoud van waarde is. Ook kunnen zij bij ongelukken van dienst zijn.

Wanneer de buitenwanden der pijlers van gebakken steen bestaan en de pijlers hoog zijn, dan metselt men op elken meter hoogte 4 à 6 lagen gebakken steen, of een laag natuurlijken steen van andere meestal blauw- of geelachtige kleur, om daardoor, als 't ware, banden te verkrijgen, die aan de pijlers een sterker en tevens een mooier aanzien geven.

Komt de brug hoog boven het hoogste water te liggen, dan worden de pijlers soms beschouwd als te bestaan uit twee hoofddeelen:

1o. het onderste deel, dat blootgesteld is aan de werking van water en drijvende lichamen.

2o. het bovenste deel, dat alleen dient om den pijler de noodige hoogte te doen verkrijgen, ten einde de brug op de gewensche hoogte te kunnen leggen, Pl. 15 fig. 11—18, Pl. 25 fig. 10—34 en verschillende fig. op Pl. 26.

De twee deelen zijn veeltijds gescheiden door een omgaande zware lijst van natuurlijken steen. Het benedenste deel moet in

't algemeen een sterkere bekleeding verkrijgen dan het bovenste, zoodat als het onderste met natuurlijken steen voorzien is, het bovenste soms geheel met uitzondering van de hoeken, uit metselwerk van gebakken steen bestaat. Het bovenste deel is ook — althans gewoonlijk — niet over de aventbees of koppen doorgetrokken, maar korter dan het onderste. Het moet zoo lang zijn dat de brug behoorlijk er op kan liggen en dat onder de drukvlakken naar alle zijden genoegzame afmeting is, om den druk der brug op het metselwerk gelijkmatig te kunnen verdeelen.

De einden daarvan zijn rechthoekig of maken een deel van een zes- of achthoek uit. Wordt het bovendeel in gewoon metselwerk opgetrokken, dan komen op de hoeken toch veelal kleine hardsteenen blokken, Pl. 25 fig. 12—15.

Het deel van de koppen der pijlers dat buiten het bovendeel uitsteekt, wordt met natuurlijken steen, die gewoonlijk afwaterend bewerkt is, afgedekt, zie de laatst hierboven aangehaalde figuren. Voor dat afwaterend oppervlak kiest men nog al dikwijls twee kegelvlakken, waarvan de toppen liggen boven het middelpunt der cirkels, waarmede de koppen zijn afgerond. Is de afronding een halve cirkel, dan wordt dus het afwaterend vlak één kegelvlak.

Soms worden de afdekkingen horizontaal gelaten, dat niet aan te raden is; ook heeft de afdekking wel een bolvormig bovenvlak of bestaat het uit aaneensluitende afwaterende platte vlakken, die in een gemeenschappelijken top te zamen komen, zoodat het bovenvlak der afdekking een deel van een piramide uitmaakt.

De steenen moeten zoodanig verdeeld worden, dat men zooveel doenlijk stukken van regelmatigen vorm verkrijgt; zij bekomen een oppervlak van 0.75 à $2 M^2$; de steenen van den buitenrand maken deel der lijst uit, terwijl die, welke aan het hooge deel des pijlers sluiten, in den regel ook behooren tot het plint dat als de voet van het hooge deel mag beschouwd worden. Pl. 25 fig. 12, 14.

Al komt de brug hoog boven het hoogste water te liggen, dan wordt de pijler toch niet *altijd* door een lijst in tweeën gedeeld. Soms gaan de zijwanden eenvoudig omhoog van den voet tot nabij den bovenkant der pijlers. Pl. 15 fig. 7—10.

Men raadplege verder voor den opbouw en de afdekking van

de koppen der pijlers, de platen 16, 17, 18, waar de pijlers der bruggen over de Lek bij Kuilenburg, over het Hollandsch Diep te Moerdijk, over de Nieuwe Maas te Rotterdam, over de Maas te Roermond en Venlo zijn voorgesteld, alsmede de platen 20, 21, 22, 24, 25, 26, waar verschillende pijlers zijn aangegeven.

§ 89. **Afdekken en afwerken.** Het afdekken en het afwerken der pijlers nabij het bovineind moet natuurlijk in verband geband gebracht worden met de oplegging of den steun der liggers en de inrichting der brug; ook dient daarbij in 't algemeen gezorgd te worden, dat het inwateren voorkomen en een behoorlijk aanzien aan de pijlers gegeven worde.

Het afdekken der pijlers geschiedt in den regel met platen van natuurlijken steen, maar kan ook bestaan uit gegoten ijzeren platen, uit rollagen van gebakken steen, asphalt, Portland-cement. In hoofdzaak is het hierover meegedeelde, alsmede dat over de opleggingen, bij de landhoofden in § 39, ook voor de pijlers van toepassing.

Betreffende het afwerken kan hier niet in bijzonderheden getreden worden; deze moeten in verband met den bovenbouw worden aangegeven. Op Pl. 25 zijn slechts enkele gevallen van afwerken in verband met de oplegging voorgesteld.

In fig. 30 bestaat de oplegging uit een dekzerk dik 0,25 M. ter breedte van ruim de dikte van den pijler; zij is onder de liggers horizontaal en tusschen de liggers afwaterend bewerkt; de liggers der brug sluiten nagenoeg aan elkander en de dekken zijn doorgaande.

In fig. 31 zijn de opleggingen ook dekzerken, dik 0.25 M. elk breed 0.75 M.; de pijler is tusschen de liggers opgetrokken en afgedekt met een zerk dik 0.20 M., waarop een roosterijzer is bevestigd.

Beide inrichtingen zijn voor gewoon verkeer; de eerste is in 't algemeen te verkiezen.

In fig. 32 wordt een eenvoudige inrichting gegeven van de vaste oplegging van een spoorweg balkbrug. De kussenblokken hoog 0.60M., breed 0.75 M. en lang 1.50 M. zijn in het metselwerk ingelaten

en komen met hun bovenkant gelijk met het hoogste gedeelte der dekzerken.

In fig. 33 is een gelijksoortige inrichting, maar tusschen de opleggingen is een stoot- of steunmuur dik 1.50 M. opgetrokken en met hardsteen afgedekt, waarop de houten dwarsliggers worden bevestigd.

In fig. 26, 28, 29 zijn de opleggingen voorgesteld voor de hoofdliggers van een balkbrug voor dubbel spoor, alsmede de opleggingen der tusschengelegen langsliggers.

In fig. 17, 18—20 zijn kussenblokken met hardsteen on-derlagen aangegeven.

Men zie verder de platen 16—18, 20—22, 24—26, waar voor verschillende bruggen de wijze van afdekken en afwerken is voorgesteld.

De pijlers verkrijgen van boven een lijst, die soms geheel om de pijlers loopt, maar ook slechts om de koppen gaat en tot even onder de brug reikt. Deze lijsten zijn meestal van hardsteen; het profiel is gewoonlijk eenvoudig en krachtig, Pl. 9 fig. 9. Ook treft men meer versieringen aan als hardsteen consoles, borstweringen van gebakken steen, van hardsteen of van ijzer. Ook worden de pijlers ten deele, of de borstwering, hooger opgetrokken, hetzij tot den bovenkant van de uiteinden der liggers, Pl. 26, fig. 3, 9, 10, 11, 13, 15, of nog hooger, Pl. 26 fig. 14, om de geheele brug een sierlijker aanzien te geven.

§ 90. Afmetingen in 't algemeen. De afmetingen der pijlers moeten in 't algemeen zoodanig zijn, dat:

1°. de brugliggers er op kunnen dragen of steunen en de druk door de liggers uitgeoefend zich over genoegzaam oppervlak, zooveel doenlijk gelijkmatig kan verdeelen.

2°. de pijler sterkte genoeg heeft om weerstand te bieden aan de zijdelings werkende en trillende krachten.

3°. het grondvlak groot genoeg is om den druk te ontvangen zonder dat zakking of verzet plaats heeft.

4°. de vorm des pijlers geschikt is tot het goed doorlaten van water en zoo noodig breken van het ijs.

Om aan het eerste vereischte te voldoen, zal bekend moeten zijn:

a. de onderlinge afstand der liggers.

b. het eigengewicht der brug, alsmede de grootste mobile belasting, de sneeuwbelasting en de druk, die tengevolge van wind gelijktijdig met de grootste belasting zal kunnen aanwezig zijn.

c. in welke richting de druk, tengevolge van het eigen gewicht, van de belasting, enz., op de pijlers plaats heeft.

d. de weerstand der stof, waarop de druk overgebracht wordt.

Om het sub *a b c* genoemde te kennen moet de inrichting en de constructie van den bovenbouw bepaald zijn. De stof van den pijler, die den druk het eerst ontvangt, is gewoonlijk hardsteen; deze wordt belast met 15 tot 30 kilogr., veelal met ongeveer 20 kilogr. per vierkante centimeter; het daaronder liggend metselwerk van gebakken steen wordt veelal slechts met 7 à 10 kilogr. per vierkante centimeter belast; de hardsteen, die op het metselwerk drukt, moet dus een ondervlak hebben zóó groot dat de opgegeven belasting van 7 à 10 kilogr. per vierkante centimeter niet overschreden wordt, terwijl de stoel of het kussen dat den druk van de brug ontvangt en op het hardsteen ligt, zoedanig grondvlak moet hebben dat de hardsteen met niet meer dan 15 à 30 kilogr. per vierkanten centimeter belast worde.

Is dus de druk, die op de kussenblokken door de brug wordt uitgeoefend en de richting daarvan bekend, dan kunnen ook de grondvlakken der kussenblokken of die der hardsteen onderlagen bepaald worden, welke noodig zijn om den druk te kunnen ontvangen en op het metselwerk over te brengen.

De noodige lengte der kussenblokken of der hardsteen onderlagen voor de twee tegenover elkander gelegen opleggingen, bepaalt alzoo de *minimum* bovendikte des pijlers. De afstand der uiterste liggers midden op midden, vermeerderd aan weerszijde met de halve noodige breedte hunner kussenblokken of onderlagen, bepaalt de *minimum* bovenlengte des pijlers. Veelal wordt de dikte omstreeks 0.50 M. en de lengte 1 à 2 M. grooter genomen dan het minimum bedraagt. Men kan als grondvlak der kussenblokken of der onderlagen zeer goed een vierkant nemen, meestal is dit evenwel een rechthoek waarvan de lange zijden van ruim een- tot tweemaal de lengte der korte zijden bedragen en veelal in de richting van de dikte der pijlers worden geplaatst.

Ter voldoening aan het tweede vereischte is de grootste zijdelingsche druk veroorzaakt door het bruggewicht, de mobile belasting en sneeuw genoegzaam te bepalen, maar de zijdelingsche werking ten gevolge van wind, temperatuur verandering, alsmede van ijs en water bij ijsverstoppingen is onzeker.

Bij schoor- boog- en hangbruggen kan de werking van den zijdelingschen druk zeer aanzienlijk zijn. Bij gelijke openingen en andere gelijke omstandigheden, houden zich echter de zijdelingsche drukkingen, tengevolge van het eigen gewicht der brug, in evenwicht. Soms wordt dat evenwicht bij de bepaling van de dikte voor al de pijlers in aanmerking genomen, men noemt deze dan lichte pijlers. Dikwijls evenwel wordt bij bruggen met veel openingen de tweede of meestal de derde pijler zoo dik bepaald dat hij bestaanbaar is zonder den invloed van het genoemde evenwicht; zulke pijlers noemt men dikke pijlers. Men verdeelt zodoende de geheele brug in vakken van twee, drie of meer openingen, die bestaanbaar zijn met en zonder den tegendruk van het naastgelegen vak. Het behoeft niet gezegd te worden, dat deze verdeeling van het grootste gewicht is, om een gedeelte der brug te behouden wanneer een of meer der pijlers mochten worden vernield.

Het derde vereischte vordert in hoofdzaak de kennis van den grootsten verticalen druk, die op het grondvlak kan worden overgebracht, den weerstand der bouwstoffen waaruit het grondvlak der pijlers bestaat, alsmede het grootste moment dat den pijler tracht te verzetten en dat hem tracht in evenwicht te houden. De grootste verticale druk, de weerstand der bouwstoffen en het grootste moment dat den pijler tracht te behouden, zijn veelal genoegzaam zeker te bepalen, terwijl het grootste moment dat den pijler tracht te verzetten dikwijls onzeker blijft.

Omaan het vierde punt te voldoen heeft men te zorgen voor een doelmatigen vorm van de koppen der pijlers.

Er bestaat tot nu geen voldoende beschouwing waaruit met nauwkeurigheid de dikte der pijlers is aan te geven en deze is wellicht ook niet te leveren.

De heer M. Becker hoogleeraar aan de Polytechnische school te Carlsruhe geeft in zijn »Brückenbau" bij de behandeling der

houten bruggen, de empirische formule van Röder, namelijk voor een hoogte h in meters des pijlers:

$$\text{Bovendikte} = 0.54 + 0.2 h. \text{ Meters.}$$

Prof. Becker merkt op, dat deze formule de wijdte van de opening der brug niet in aanmerking neemt en dus gebrekkig is; hij geeft daarna de volgende formule op ondervinding gegrond:

$$\text{Bovendikte} = 0,762 + 0.147 h \sqrt{\frac{w}{h}}, \text{ waarin de maat in}$$

meters, h de hoogte, w de wijdte der brug gerekend van midden tot midden der pijlers is; er is niet opgegeven hoe de hoogte moet genomen worden, ook niet, welke steen voor den opbouw der pijlers gebruikt is, voor welk verkeer de brug bestemd zal zijn en hoe de liggers over den pijler verdeeld zijn.

Bij de spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg is een soortgelijke formule als die van Becker bij de berekening van de dikte der pijlers toegepast; men heeft evenwel in plaats van 0.762 M. gesteld 1.512 M., terwijl de hoogte genomen is van den onderkant der fundeering tot 2 M. boven den hoogsten waterstand; met deze aanname verkreeg men geringer afmetingen dan die, welke ten gevolge van den verticalen druk door berekening gevonden werden.

Men vindt daarvan de volgende opgave:

Aanwijzing van de plaats der pijlers.	Bovendikte van de pijlers in meters.			Grootte der kussenblokken van elk steunpunt volgens de uitvoering.
	Volgens de aangenomen formule.	Volgens den verticalen druk.	Volgens de uitvoering.	
Tusschen de openingen van 150 en 80 M.	gem.: 5.517	7.206	7.00	Voor de opening van 150 M. 3.50 M. bij 3,23M. » » » » 80 » 2.50 » » 2.23 »
Tusschen de opening van 80 en 57 M.	gem.: 4.407	4.699	5.00	» » » » 80 » 2.50 » » 2.23 » » » » » 57 » 2.50 » » 1.23 »
Tusschen twee openingen van 57 M.	4.104	4.144	4.00	» » » » 57 » 2.50 » » 1,23 »

De eerstgenoemde afmeting van de kussenblokken is in de richting van de dikte des pijlers geplaatst.

Uit een onderzoek betreffende de bovendikte der pijlers van 25 groote, middelmatige en kleine balkbruggen der Staatsspoorwegen blijkt, dat in 't algemeen de formule van Becker bij groote openingen voor de bovendikten der pijlers geringer waarden geeft, dan de uitgevoerden, dat zij goed met de uitvoering overeenstemmende dikten geeft bij bruggen met middelmatig groote openingen en te groote dikten bij kleine bruggen, wanneer men voor h stelt de hoogte van den bovenkant der fundeering tot den bovenkant der kussenblokken. De volgende formule geeft een waarde, welke zeer nabij komt aan die welke bij vele der pijlers voor de Nederlandsche Staatsspoorwegen bestaat:

$$\text{Bovendikte} = 0.80 + 0.15 h^1 + 0.03 w^1,$$

waarin h^1 de hoogte van den bovenkant der betonlaag of der fundeering tot den bovenkant der kussenblokken, w^1 de breedte der opening tusschen de pijlers is; alle maten zijn meters. Over 't algemeen zijn de afmetingen van de pijlers der Staatsspoorwegbruggen nog al zwaar. De invloed van enkel of dubbel spoor bleek niet uit de onderlinge vergelijking van de bovendikten voor nagenoeg dezelfde breedte. De bouwstoffen, welke bij de Staatsspoorwegen gebruikt zijn, zijn hardsteenen kussenblokken met of zonder hardsteenen onderlagen, en daaronder gewoon goed metselwerk.

Door vergelijking van de dikte van vele bruggen in het buitenland, komt men tot het resultaat dat voor pijlers van goed metselwerk voor spoorwegbalkbruggen, wel kan gesteld worden in meters, waar geen zeer sterken ijsgang is.

$$\text{Bovendikte} = 0.80 + 0.12 h^1 + 0.25 w^1,$$

waarin h^1 en w^1 dezelfde beteekenis als in de onmiddellijke voorafgaande formule hebben. Voor bruggen met gewoon verkeer zal de bovendikte wel met $\frac{1}{10}$ kunnen verminderd worden.

In vele gevallen zal de dikte des pijlers op de fundeering voldoende zijn door de bovenvlakte te vermeerderen met de zijdelingsche helling van $\frac{1}{20}$ à $\frac{1}{10}$. Is dit niet het geval dan verkrijgt de pijler een verbreed voetstuk, waarmede hij op de fundeering rust.

In hoofdstuk IV wordt nader op de bepaling van de afmetingen der pijlers teruggekomen.

IJZEREN PIJLERS.

§ 91. **Korte aanwijzing.** Men geeft aan de pijlers den naam van ijzeren pijlers, wanneer zij geheel van ijzer vervaardigd zijn, en ook wanneer alleen de buitenwand van ijzer is, terwijl het inwendige uit beton of metselwerk bestaat. Zij worden onderscheiden in:

Gegoten ijzeren pijlers.

Gesmeed ijzeren pijlers.

Pijlers van gegoten en gesmeed ijzer.

Zij kunnen in hoofdzaak bestaan uit:

1°. een massief geheel van ijzer, beton en metselwerk, Pl. 15 fig. 22—26.

2°. twee of meer cilinders of kolommen onderling verbonden en al of niet met een invulling van beton of metselwerk, Pl. 15 fig. 27—32.

3°. Stijlen van gesmeed of gegoten ijzer en onderling verbonden door gordingen en kruisen. Pl. 15 fig. 33—35.

4°. Ramen die op elkander gebout zijn. Pl. 15 fig. 36.

§ 92. **Stroomschermen. — Steigers.** Het gebruik van stroomschermen kan bij de ijzeren pijlers even nuttig zijn als bij de steenen pijlers.

De steigers worden in hoofdzaak op dezelfde wijze geconstrueerd als bij de steenen pijlers; bovendien worden ze dikwijls dienstig gemaakt tot het laten zinken en in verticalen stand houden van den ijzeren wand, waartoe de steigers van stevige schoorpalen moeten voorzien zijn, vooral dáár waar de stroom aanzienlijk kan zijn.

§ 93. **Buitenwand van massieye pijlers, a. Algemeene mededeelingen.** De algemeene vorm van den buitenwand is door den gekozen vorm der pijlers bepaald, Pl. 15 fig. 22—27; de buitenwand wordt geheel van gegoten of gesmeed ijzer gemaakt of ten deele van gesmeed en ten deele van gegoten ijzer. Hierbij zijn dezelfde opmerkingen geldig, betreffende het aanbrengen van

gesmeed en gegoten ijzer als op bladz. 169 bij de fundeering met ijzeren koffers gemaakt zijn. Verreweg de meeste ijzeren pijlers hebben een buitenwand van gegoten ijzer, omdat dit ijzer goedkooper en beter bestand is tegen roesten, hoewel over 't algemeen het gesmeed ijzer meer zekerheid tegen het breken geeft bij den bouw; het breken van gegoten ijzeren wanden is gelukkig niet dikwijls voorgekomen, maar de hoofdingenieur van Prehn heeft toch een belangrijk geval in de verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 1868—1869, medegedeeld van het breken tijdens het zinken van een buitenwand van een pijler der draaibrug over het Noord-Hollandsch Kanaal te Alkmaar.

Voor de constructie en de ijzerdikte raadplege men het meegeedeelde in § 73, bladz. 167, bij de fundeeringen met ijzeren koffers.

De wand wordt soms op een scheepshelling of stijger nabij het werk voor een goed deel gereed gemaakt en dan te water gelaten en tusschen twee gekoppelde pontons veelal met behulp van een sleepboot naar de bouwplaats gevoerd; ook worden de afzonderlijke deelen van den wand naar de bouwplaats gebracht en daar in elkander gesteld.

b. Het zinken van den wand. Het zinken van den wand geschiedt gewoonlijk tot op den bodem der bouwplaats, die tijdens het zinken aanwezig is:

- 1°. door middel van verticale schroeven
- 2°. met behulp van takels
- 3°. met hydraulische persen.

Vooraf wordt de wand zoo hoog gereed gemaakt, dat zijn bovenkant na het zinken nog eenige decimeters boven den waterstand, die tijdens het bouwen aanwezig is, verheven blijft. Verder geschiedt het zinken geleidelijk door zijn eigen gewicht, en soms met opzettelijk daartoe aangebrachte belasting, ten gevolge van het verwijderen der stoffen uit de binnenruimte; het is soms noodig geoordeeld zijdelings met een hout krachtig tegen den wand te stooten, om het zakken te bevorderen.

Het gebruik van verticale schroeven is bij verschillende werken toegepast onder anderen bij den bouw der pijlers van de brug te Westervoort Pl. 27 fig. 4, 5, 7—9 en van de draai-

bruggen in den Staatsspoorweg over het Noord-Hollandsch Kanaal, Pl. 27 fig. 11, 12 en Pl. 28 fig. 1 en 2. De buitenwand wordt aan eenige schroeven, veeltijds acht, die regelmatig langs den omtrek verdeeld zijn, opgehangen; bij elke schroef zijn de noodige manschappen aanwezig, welke de moeren door spaken omdraaien, om de schroeven en daarmee den wand te laten zakken; het is duidelijk dat de kettingen of haken, waarmee de wand aan de schroeven hangt, goed aan den wand moeten verbonden worden en tevens zóó dat ze verstelbaar zijn, wanneer de wand een zekere zakking ondergaan heeft. Dat werk moet met overleg en voorzichtigheid geschieden. Wanneer de wand gezakt is tot den bodem der bouwplaats en deze nog verdiept moet worden, dan blijft de wand gewoonlijk aan de schroeven hangen, ten einde plotselinge zakkingen te beletten en uitwijkingen van den verticalen stand te herstellen of te voorkomen, waartoe ook eenige stevige geleipalen of stijlen langs den wand worden aangebracht, zooals op Pl. 28 in fig. 1^a, 1^b, 2 is aangegeven.

Het laten zinken met behulp van takels en windassen geschiedt soms wanneer de wand tusschen pontons of gekoppelde schepen wordt aangevoerd, zooals op Pl. 19 fig. 1—4 voor de brug over de Weser te Bremen te zien is. In de schepen staan daartoe stijlen, welke door schoren gesteund en door zware versterkte balken gekoppeld zijn; hieraan zijn takels bevestigd waaraan de wand met kettingen is opgehangen en waarmee hij met behulp van windassen wordt neergelaten.

Het gebruik van hydraulische persen geschiedt op de wijze zooals reeds beschreven is voor den bouw der pijlers van de brug over de Tay te Dundee, in § 73, bladz. 179.

§ 94. Het verwijderen der stoffen uit de binnenruimte.

Over 't algemeen is 't zaak vóór het laten zinken van den ijzeren wand zoo mogelijk een krachtige voorbaggering te doen. Dikwijls kan evenwel geen voldoende diepte met matige kosten verkregen worden, hetzij wegens de beweeglijkheid van den bodem, hetzij wegens de groote diepte, waartoe de onderkant van den ijzeren wand moet gezonken worden. Het kan dan goed-

kooper en ook veiliger zijn, de bouwplaats vooraf slechts weinig of in het geheel niet te verdiepen.

Het verwijderen der stoffen kan in 't algemeen geschieden door :

- a. baggerbeugels;
- b. baggerschoppen of baggerlepels;
- c. tangen of scharen;
- d. baggermachines;
- e. excavators;
- f. pompen.

a. Baggerbeugels. De baggerbeugel wordt gewoonlijk gebruikt wanneer de stoffen niet zeer vast zijn, de diepte waaruit gebaggerd moet worden niet aanzienlijk is, en de te verwijderen hoeveelheid grond niet zeer groot is. Bovendien moet er voldoende ruimte aanwezig zijn om den beugel scheppend genoeg te kunnen voorttrekken. De binnenruimte van den middelpijler der draaibrug te Westervoort is op die wijze verdiept, Pl. 27 fig. 9.

Ook wordt de baggerbeugel wel gebruikt met behulp van een duiker en een windas; de baggerbeugel wordt neergelaten en van boven door een houten boom neergedrukt; hij wordt vooruitgetrokken door de kracht welke met het windas, dat op het steiger staat, wordt uitgeoefend. Om den beugel bij het voortbewegen de verlangde richting te geven, is aan den ijzeren wand een katrolschijf aangebracht, waarom het touw is geslagen dat van den baggerbeugel naar het windas gaat; de duiker dient daarbij om den baggerbeugel ter juiste plaatse te doen werken en tevens om het touw in en uit de katrolschijf te doen of de katrolschijf van den ijzeren wand los te maken. Is de baggerbeugel gevuld of bij het eind van zijn weg gekomen, dan wordt hij — nadat het touw uit de katrol is genomen — door de werking van het windas tot boven water opgehaald, waar de stoffen in een bak worden gestort.

b. Baggerschoppen of baggerlepels. Op Pl. 28 fig. 6, 7 is een baggerschop voorgesteld, welke gebruikt is bij den bouw der pijlers over de Saale bij Weissenfels. Zoodanige schop wordt aangewend, wanneer de grond te hard is voor den gewonen baggerbeugel of wanneer de ruimte te beperkt is. De inrichting is zeer eenvoudig; aan een houten boom is van onder door

middel van een beugel een gesmeed ijzeren schop aangebracht, welke om een scharnier beweegbaar is; de schop is voorzien van een uitstekend ijzeren raam, waaraan een touw is vastgemaakt tot het omhalen der schop. Een haak houdt de schop bij het neerdalen en het stellen in het verlengde van den boom. Is de schop tot ontgraven of baggeren gesteld, dan wordt zij neergedrukt, de haak losgetrokken, waarna de schop wordt omgehaald tot zij horizontaal komt, om vervolgens met den boom en het touw te worden opgehaald; de zich op de schop bevindende stoffen worden gelost en de schop wordt weder opnieuw neergelaten om te werken.

Op Pl. 28 fig. 8—10 is een dubbele baggerschop voorgesteld, door de H.H. Morris en Cumings uitgevonden en toegepast bij den bouw van den pijler te Brooklyn voor de hangbrug over de »East River'' te New-York.

De baggerschop hangt aan de ketting **e f**, wordt tot op den grond neergelaten en kan dan door twee boomen worden neergedrukt; in dien toestand is zij open; wanneer men nu aan de ketting **i k** trekt, die om de middelschijf van de as **a b** is geslagen, dan wordt deze as rondgedraaid; hierdoor worden de kettingen **g h** en **g' h'** op de buitenschijven der as **a b** gewonden, waardoor de as **c d** daalt en de baggerschop gesloten wordt door den druk der armen, welke van die as naar de schop gaan. Wanneer men nu voortgaat aan de ketting **i k** te trekken, dan licht men de geheele baggerschop met wat er in is op, en kan de inhoud gelost worden door de ketting **i k** los te laten en de ketting **e f** aan te trekken. De beneden wanden der schop zijn van onder verdund en voorzien van scherpe haken, om het indringen in den grond te bevorderen.

c. Tangen of scharen. Wanneer steenen van betrekkelijk aanzienlijke afmetingen moeten opgehaald worden, dan bedient men zich wel van een soortgelijke inrichting als de laatstbeschrevene, doch in plaats van schoppen of lepels is het baggerwerktuig voorzien van beweegbare klauwen, die tangen of scharen vormen, welke de steenen geheel of gedeeltelijk omvatten en daarna worden opgehaald, Pl. 28 fig. 11.

Ook heeft men eenvoudige tangen of scharen, zooals er een op Pl. 28 fig. 12 is aangegeven.

d. Baggermachines. Op Pl. 27 fig. 11, 12 is een baggermachine voorgesteld, die bij den bouw der draaibruggen over het Noord-Hollandsch Kanaal is gebruikt, terwijl op Pl. 28 fig. 3—5 de inrichting van de verschillende deelen op groote schaal is aangegeven. In hoofdzaak bestaat dit werktuig uit een onderen een bovenwals of trommel, waarom een ketting zonder eind is geslagen, waaraan emmers zijn bevestigd; verder uit vier ijzeren stijlen of staven, die van onder door een beugel vereenigd zijn, waarin de as van de onderste trommel haar steun vindt en uit een windwerk om de walsen en daarmede de kettingen zonder eind met de emmers in beweging te stellen. De onderste trommel reikt tot nabij den grond, de emmers die onder deze trommel door moeten getrokken worden, nemen den grond, dien zij ontmoeten mede en voeren hem naar boven, waar zich de emmers ontladen zoodra zij over de bovenste trommel zijn getrokken. Het baggerwerktuig kan zich door middel van loopwagens, waaraan het is opgehangen over de geheele oppervlakte van den pijler bewegen. Naarmate de diepte van baggeren toeneemt, moet zich de benedentrommel verder van de boventrommel verwijderen; hiertoe laat men de vier stijlen of staven met de onderste trommel zakken, terwijl de bovenste steeds op dezelfde hoogte blijft; hierbij moet de ketting zonder eind verlengd worden.

Bij den bouw der bovengenoemde draaibruggen is met dit werktuig per dag 6 à 8 M³ grond uit de ijzeren koffers gebaggerd; daar is gewerkt tot 12.35 M—AP. of tot een diepte van ongeveer 14.60 M. onder den bovenkant des steigers, waarover de onderste loopwagen zich beweegt.

Op Pl. 29 fig. 1 is het baggerwerktuig voorgesteld, dat bij den bouw der brug over de rivier de Ruhr bij Düssern is gebruikt. De koffer bestond hier uit ingeheide aaneengesloten palen. Dit werktuig, waarmede 100 à 120 M³ grond per dag zijn gebaggerd, kan ook bij den bouw van ijzeren pijlers met tamelijk groot grondvlak zeer goed worden toegepast.

In hoofdzaak is de baggerinrichting gelijk aan de voorgaande; de beweging geschiedt echter door een stoomwerktuig, dat op den loopwagen gesteld is, waaraan de baggerinrichting is opgehangen. Het stoomwerktuig heeft een verticaal staanden ketel

waartegen de cilinder is bevestigd; de zuigerstang brengt door middel van drijfstang en kruk een horizontale as in beweging, waarop een schijf is aangebracht; op de as van het rondsel des windwerks van het baggerwerktuig is mede een schijf. De overbrenging van beweging van de eerste op de tweede schijf geschiedt door een riem zonder eind. Met dit werktuig kan tot 7.0 à 7.5 M. diepte onder den bovenkant van den steiger worden gebaggerd, maar het kan ook ingericht worden tot veel diepere baggering.

e. Excavators. Pl. 29 fig. 2, 3. Pl. 30 fig. 1. Zulk een baggerwerktuig is in het jaar 1867, door den uitvinder den heer John Milroy het eerst in toepassing gebracht bij den bouw der brug over de Clyde in den verbindingspoorweg te Glasgow. — Het heeft een groot achtkantig ijzeren raam van 1.52⁵ M. over het midden gemeten, waaraan acht schoppen zijn aangebracht, die om scharnieren beweegbaar zijn. In het midden van dit groot raam is een klein raam, dat door **T** ijzers aan het groot verbonden is. Wanneer de excavator neergelaten wordt, hangt hij aan de ketting **a** en door tusschenkomst van den haak **b** aan den ring **c** en verder aan de kettingen **d**, die aan het groot raam bevestigd zijn. Men laat den excavator door zijn eigen gewicht zoo verzakken als hij kan; hij wordt dieper gedrongen door de kettingen **e** aan te halen, die van onder om schijven of rollen gaan, Pl. 30 fig. 1, welke nabij het ondereind van den te zinken cilinder zijn aangebracht en van boven over schijven of rollen loopen, welke nabij het bovineind van den cilinder zijn gesteld; daar zijn deze kettingen verder met een windwerk in verbinding gebracht. Is de excavator nu diep genoeg ingedrongen, dan wordt aan het touw **f** getrokken en daardoor de haak **b** uit het oog gelicht; nu valt de ring **c** naar beneden en daarmee zijn de kettingen **d** buiten werking gesteld. Wanneer nu de ketting **a** aangetrokken en de kegel **g** omhoog gehaald wordt en daarmee de kettingen **h**, welke aan den kegel **g** en aan de schoppen **i** verbonden zijn, dan worden de schoppen ook opgetrokken en nemen de stoffen mede, die zij op hun weg ontmoeten; zij sluiten, opgehaald zijnde, tegen het klein raam en vormen daarmee den bodem, waarop de stoffen liggen. — Door het verder aanhalen der ketting **a**, wordt de excavator

omhoog gebracht tot boven den cilinder, waar de gebaggerde stoffen worden gelost.

Volgens de »Deutsche Bauzeitung» van 1868, bladz. 470, is de onderkant der pijlers tot 19.80 M. onder den bodem der rivier de Clyde gezonken; per dag zou de grootste zakking 7.62 M. en de gemiddelde 4.88 M. geweest zijn.

In de 3^{de} uitgave van het Werk over brugconstructies van W. Humber, bladz. 178 en 179, vindt men het volgende: de cilinders zijn door een zandbed van 24.38 M. dikte gezonken; terwijl de fundeering tot 30 M. onder den werksteiger reikt. In 6 uur 44 min. had men 119 lichtingen met den excavator gedaan, waarbij de gemid. diepte van lichting 17.83 M. tot 23.15 M. bedroeg; er werden ruim $53\frac{1}{2}$ M³ grond opgehaald. De zakking was zeer groot en bedroeg 7.62 M. of gem. 1.13 M. per uur. Elke pijler bestaat uit twee gegoten ijzeren cilinders van 2.54 M. diameter.

Uit het vorenstaande blijkt, dat men met den excavator en ijzeren cilinders tot aanzienlijke diepte kan fundeeren. In den grond moeten evenwel geen boomstammen of groote steenen voorkomen; zandgrond laat zich zeer goed verwerken.

f. Pompen werkend met water of luchtdruk. Het gebruik van water en luchtdruk tot het verwijderen der stoffen uit de binnenuimte van ijzeren cilinders is bij den bouw van eenige pijlers der Taybrug te Dundee toegepast. Op Pl. 30 fig. 2, is de cilinder van boven gesloten met een deksel, waardoor een buis goed dicht is gewerkt; door deze buis wordt met een pomp water in den cilinder geperst, die van onder met een conisch stuk gesloten is, waarin in het midden een cilindrische opening gespaard is. Door deze opening verwijdt zich het ingeperste water en neemt de stoffen van onder den cilinder mede, waardoor de zakking van den cilinder volgt. Bij de Taybrug heeft men hierbij evenwel bezwaren ontmoet, wegens de vele harde bestanddeelen, die in het zand voorkwamen. Men is daarna overgegaan tot de verwijdering der stoffen met behulp van luchtdruk. Daartoe werd de cilinder van boven door een deksel volmaakt dicht gesloten, Pl. 30 fig. 3. In dien deksel werd een buis gesteld tot aanvoer van lucht in den cilinder. Een tweede

buis ging door den deksel en verder door den cilinder tot op den zandbodem waar zij van een krabber voorzien was; deze buis kon rondgedraaid worden, waardoor de krabber het zand losmaakte, dat daarna door de buis omhoog steeg, om zich boven den cilinder te ontlasten.

Het uitpompen van zand heeft op groote schaal plaats gehad bij den bouw van verschillende pijlers der Taybrug met de pomp van Reeves, zooals op bladz. 182 is beschreven.

Bij de fundeering der brug te St. Louis over de Mississipi heeft de heer Eads de pomp gebruikt, welke op Pl. 30 fig. 4 en 5 is voorgesteld. **A** is de aanvoerbuis van water dat door een nauwe opening onder een druk van omstreeks 10 atmosferen in de stijgbuis **B** ontwijkt, zooals de pijltjes aangeven. Onder en in het verlengde der stijgbuis is een andere buis **C**, die met haar boven-eind in de zuigbuis sluit en met haar onder-eind tot in het fijn en los zand reikt, dat de arbeiders er omheen werken. De waterstroom zuigt het zand op en neemt het met zich mede tot dat het water en het zand zich te zamen boven de stijgbuis ontlasten. De afmetingen zijn in fig. 4 aangegeven.

Met zoodanige pomp, die 88 millim. middellijn had en waarbij het water onder een druk van 10 atmosferen werd aangevoerd, zijn, naar men beweert, per uur 15 M³ zand opgevoerd.

Op Pl. 30 fig. 6 is een schets van de pomp voorgesteld door J. Robertson te Glasgow uitgedacht, waarbij het zand ook door middel van water wordt opgevoerd. In de buis **A** wordt het water door een perspomp aangevoerd en moet met groote snelheid door de nauwe opening bij **D** gaan; het zand bij **C** wordt daardoor medegenomen en door de buis **B** opgevoerd.

Op Pl. 30 fig. 7—9 is een zandpomp voorgesteld, welke gebruikt is in 1867 bij het maken der brug over de Jumnarivier in den spoorweg van Calcutta naar Delhi tot een diepte van 22 M. en in 1870 bij het maken van een put voor de Berlijnsche waterleiding ter diepte van 16.95 M. Zij is beschreven in de »Deutsche Bauzeitung» 1871, bladz. 110.

De pomp is als volgt ingericht: Op het deksel van een cilindrischen ijzeren bak **A** is een cilinder **B** geplaatst, waarin

zich een zware zuiger **C** op en neer kan bewegen; in het deksel van den bak zijn kleppen **D**, die wèl het water *uit-* maar niet *inlaten*; door den bodem van den bak is een ijzeren buis **E** gestoken en bevestigd, gaande tot 0.105 M. beneden het deksel. Aan den bak zijn vier verticale stijve ijzers **F** bevestigd, die van boven van ringen voorzien zijn. Aan deze ringen zijn vier kettingen **G** gehecht, die in een gemeenschappelijken ring **H** uitkomen, tot het laten zinken en ophalen der pomp. De bodem is niet aan den bak vastgeklonken, maar wordt daartegen aangehouden door vier haken **I**, waarvan het horizontaal deel onder den bodem reikt en het verticaal deel door het horizontaal gedeelte der stijve ijzers gaat, waar het met een wig is opgesloten; door dus de wiggen uit te drijven en de haken een kwartslag om te slaan, kan de bodem met de buis er in weggenomen worden.

Het gebruik der pomp komt op het volgende neer. Aan een bok of driepoot zijn twee katrolschijven **K**, **L**, boven elkander opgehangen; over de bovenste of eerste schijf **K** is de ketting **M** geslagen, waaraan de pomp is opgehangen; deze ketting loopt zijdelings naar beneden over een derde schijf **N** en verder naar een windas. Over de tweede schijf **L** loopt de ketting **O**, welke aan de zuigerstang **P** is verbonden; deze ketting gaat ook zijdelings naar beneden en staat daar in verbinding met een hefboom **Q**, die aan het eene eind bij den steiger een steunen draaipunt **R** heeft; aan het ander eind is een haak en ring **S**, waaraan tuitouwen **T** zijn gehangen. Moet de pomp in werking gesteld worden, dan laat men ze met de ketting **M** door het vieren van het windas tot op den bodem van den put dalen; hierna beginnen 9 werklieden aan de tuitouwen **T** te trekken, waardoor de zuiger **C** omhoog gaat; daardoor zal water en zand door de buis **E** opstijgen; het zand slaat grootendeels in den bak neer; de zuiger, dien men vervolgens door zijn eigen gewicht laat dalen, perst het water, dat zich in den bak bevindt door de dekselkleppen **D** naar buiten. Door nu den zuiger beurtelings op te halen en te laten zakken zal aanhoudend water en zand in den bak komen, het zand bezinken en het water worden uitgedreven. In 100 tot 150 slagen zal de bak, die ongeveer 0.5 M³ inhoudt,

met zand worden gevuld; na de vulling, brengt men de windas in werking; het touw **III** wordt aangehaald, waarmede de pomp zoo hoog wordt opgetrokken, dat daaronder een wagentje **U**, dat op rails loopt, kan gebracht worden; de bodem wordt van den bak ontdaan en het zand valt in het wagentje **U**, dat daarna vooruitgeduwd wordt; een tweede wagentje volgt; waarop een tweede bodem met stijgbuis ligt, deze bodem wordt onder den bak gehecht, het wagentje achteruit geschoven, als wanneer de pomp weder gereed is, om in den put te dalen en het pompen opnieuw te laten beginnen. Gemiddeld heeft men bij den put voor de waterleiding te Berlijn per dag van 10 uur werkens $22\frac{1}{2}$ M³ zand omhoog gehaald. Het windas werd met een stoomwerktuig in beweging gebracht.

Het werk vorderde beter in fijn dan in grof zand, dat natuurlijk is, omdat het fijn zand gemakkelijker met het water zal stijgen dan het grove.

In het geheel had men in het werk 9 arbeiders als trekkers, 1 machinist en 2 arbeiders op den steiger.

Waarom men de 9 arbeiders niet door stoomkracht vervangen heeft, wordt niet vermeld; het kan wel bijna voor zeker gehouden worden dat zulks met voordeel kan geschieden, indien het werk van eenigen duur is.

Ook worden wel centrifugaalpompen gebruikt tot het oppompen van zand.

Welke der beschreven inrichtingen voor een bepaald geval in toepassing moet worden gebracht is moeilijk aan te geven. Over 't algemeen zal men bij matige diepte veel gebruik kunnen maken van den baggerbeugel, terwijl men voor matige en ook voor groote diepten tot 15 à 16 M., wanneer eenigszins aanzienlijke hoeveelheden grond weg te baggeren zijn, het best de baggermachines zal kunnen bezigen.

Overigens zullen verschillende factoren er toe bijdragen om de keuze te bepalen van het werktuig dat men bezigen wil, zooals: de aard van den grond, de te baggeren hoeveelheid, de beschikbare geldmiddelen, de tijd en het seizoen waarin het werk moet uitgevoerd worden, de meerdere of mindere moeite tot het ver-

krijgen van de werktuigen, de beschikbare middelen tot herstel indien het werktuig in het ongereede raakt, de ligging der bouwplaats. — In 't algemeen kan men zeggen dat eenvoudige werktuigen, en die weinig herstel behoeven, voor afgelegene streken veeltijds te verkiezen zijn boven samengestelde werktuigen.

Bij het opmaken der vermoedelijk te verrichten hoeveelheid werk per dag, is 't zaak deze niet te gunstig aan te nemen, omdat zich steeds gevallen voordoen, waarop vooruit niet kan gerekend worden.

§ 95. **Diepte der baggering.** De diepte waaruit de grond moet worden verwijderd, regelt zich bij *onvaste* bodemgronden naar de diepte, waarop de vaste grond gelegen is. In *vaste* gronden heeft men ook te zorgen dat de pijlers in den bodem komen te staan. Hoeveel meters dit moet bedragen is afhankelijk van de mate van vastheid van den grond, van de meerdere of mindere snelheid van den stroom en van de meerdere of mindere regelmatigheid der rivier. In goed samenhangende rotsgronden zal men veeltijds slechts een verdieping van 1 M. behoeven te maken, en hierbij is 't noodig de verdieping te doen vóór het zinken van den wand. Zulke verdiepingen zal men veelal met behulp van geoefende duikers moeten verkrijgen, die de rots met pikhouweelen loswerken; de rots wordt zijdelings verwijderd of met bakken omhoog gehaald. Het kan daarbij noodig zijn gebruik te maken van kruit of van dynamiet om de rots te doen springen. Het is duidelijk dat zulke verdieping ruimer zal gemaakt worden dan het grondvlak des pijlers. Wanneer de wand gezonken is, wordt de verdiepte ruimte daarbuiten met beton of met steen goed sluitende aangevuld.

In zeer vast grint zal, wanneer op het te overbruggen water geen of slechts weinig stroom is, de diepte van 1 M. ook voldoende zijn. Is er stroom van beteekenis, dan zal de diepte moeten toenemen tot 2 à 3 M. Ook in deze gronden is 't zaak de verdieping te doen vóór de ijzeren wand gezonken wordt. In de meeste vaste grintgronden kan men met sterke baggerwerktuigen het grint verwijderen.

Waar weinig of geen stroom aanwezig is, zal men in harde zandgronden ook niet meer noodig hebben dan een verdieping van 1 à $1\frac{1}{2}$ M. Waar de stroom van belang wordt zal de diepte moeten toenemen tot 4 à 6 M. en meer.

In onvaste bodemgronden zal, waar de stroom sterk is, de diepte al spoedig moeten bedragen 5 à 8 M. en meer.

Over 't algemeen is, bij eenigszins sterken stroom een voorziening van den bodem om den pijler zeer wenschelijk, maar vooral is dit noodig bij beweeglijke zandbodems en andere onvaste gronden.

Is de vaste grond zeer diep gelegen en bestaat hij niet uit rots, maar uit grond waarin geheid kan worden, dan is 't niet altijd noodig om de baggering tot den geheel vasten grond voort te zetten. Men kan dan ook, voor de fundeering van ijzeren pijlers van eenigszins aanzienlijke afmetingen heipalen slaan die onder water worden afgezaagd, waarna dan de ijzeren wand gezonken wordt; het in te vullen beton komt op de palen en op den grond tusschen de palen te dragen. De onderlinge afstand der palen, het steken der palen in het beton kan geregeld worden zooals bij de betonfundeeringen voor de steenen landhoofden is aangegeven op bladz. 37.

§ 96. **Opbouw van den buitenwand.** Indien 't aan geen bijzondere bezwaren onderhevig is, dan maakt men den ijzeren buitenwand vóór het zinken geheel gereed. Wordt hierdoor evenwel de wand te hoog of te zwaar, zoodat hij moeilijk te behandelen is, dan wordt hij voor een gedeelte van de hoogte des pijlers gereed gemaakt en gezonken, zoodat de bovenkant 1 à 2 M. boven den waterstand uitsteekt; de opbouw geschiedt dan achterevoigens, naarmate de wand dieper zakt, door het aanbrengen van de daartoe bestemde ijzeren platen, die, bij gesmeed ijzeren pijlers aan elkander geklonken en bij gegoten ijzeren pijlers door schroefbouten aan elkander bevestigd worden, steeds zorgende dat de bovenkant van den wand 1.5 à 2 M. boven den aanwezigen waterstand verheven blijft.

§ 97. **Onderlinge koppeling van twee of meer cilinders.** Bestaat de pijler uit twee of meer cilinders, dan is 't noodig

dat deze onderling aan elkander gekoppeld worden, zoodat de een niet zonder den ander kan uitwijken. Dit werk moet met veel zorg worden uitgevoerd.

Het koppelen kan in 't algemeen geschieden:

a. door een of twee koppelbalken aan of op de verschillende cilinders te bevestigen, Pl. 31 fig. 1, 2 en fig. 12, 13;

b. door ramen en kruisen van gegoten ijzer tusschen de cilinders aan te brengen en daaraan te bevestigen, Pl. 31 fig. 5, 6;

c. door kruisen en ramen van gesmeed ijzer tusschen de cilinders in verticalen en horizontalen zin aan te brengen, Pl. 31, fig. 7—9;

d. door een koppelbalk en kruisen als sub *b* en *c*.

De koppelbalken kunnen zijn van gesmeed of gegoten ijzer, hebbende in dwarsdoorsnede een **I** ijzer, hetzij met volle middelrib of met vakwerk. Aan of op elk der cilinders wordt een plaat gebout, waarop de koppelbalken door schroefbouten worden bevestigd, Pl. 31 fig. 1, 2 en fig. 12, 13.

Somtijds dienen de koppelbalken tot dracht van de liggers der brug, zooals dit in fig. 2 plaats heeft.

De afmetingen der koppelbalken zijn slechts globaal op te geven. In den regel zal een hoogte van 0.30 à 0.60 M. voldoende zijn; de gegoten ijzeren bekomen veelal boven- en onderflenzen van 0.15 à 0.25 M. breedte, terwijl de ijzerdikte van middelrib en flenzen $1\frac{1}{2}$ à $2\frac{1}{2}$ centimeter kan zijn; de gesmeed ijzeren bekomen een middelrib van 1 centimeter dikte; van boven en van onder zijn hoekijzers van $7.5 \times 7.5 \times 1$ centimeter geklonken, waarop of waartegen een ijzeren plaat van 1 centimeter dikte en 15 à 25 centimeter breedte is bevestigd. Zoowel de gegoten als de gesmeed ijzeren koppelbalken worden van de noodige verstijvingen voorzien, de gegoten ijzeren door het aangieten van verticale ruggen, de gesmeed ijzeren door het aanklinken van **L** of **T** ijzer.

De ramen van gegoten ijzer sluiten met flenzen tegen de cilinders en worden daaraan met schroefbouten verbonden, Pl. 31 fig. 5. Ook worden wel verticale platen of ooren aan de cilinders gegoten, waartegen aan weerszijden gegoten kruisen met schroefbouten worden bevestigd. Beter is 't evenwel aan de

cilinders over zekere hoogte verticale doorgaande platen te gieten en de koppeling te laten bestaan uit ramen met kruisen; in elk der stijlen van de ramen kan dan een gleuf worden gespaard, waarin de verticale plaat van den cilinder past; de verbinding van de platen en de ramen geschiedt dan verder met schroefbouten. De deelen van de ramen hebben hoofdzakelijk in dwarsdoorsnede een Γ ijzer van $15 \times 15 \times 2\frac{1}{2}$ centimeter. De kruisen hebben, wanneer ze alleen worden aangebracht, ook wel dien vorm, doch wanneer ze met de ramen verbonden zijn, dan hebben ze den vorm van een $\frac{+}{+}$ of Γ ijzer breed en hoog 15 dik $2\frac{1}{2}$ centimeter. De schroefbouten hebben een middellijn van $2\frac{1}{2}$ à 3 centimeter.

Een degelijke koppeling van gesmeed ijzer, sub *c* reeds vermeld, is voorgesteld op Pl. 34 fig. 7—9. Hoofdzakelijk is zij samengesteld van hoek- en plaatijzer. Het hoekijzer kan zijn van $7.5 \times 7.5 \times 1$ à $10 \times 10 \times 1.2$ centimeter, terwijl het plaatijzer 0.8 à 1 centimeter dik is. De constructie is overigens duidelijk genoeg uit de figuur te zien.

§ 98. Invulling der binnenruimte. Wanneer de stoffen tot den vasten bodem en tot voldoende diepte zijn verwijderd en de grond genoegzaam is geëffend, dan gaat men over tot de invulling. Deze geschiedt in den regel met beton of met beton en metselwerk. Het gebeurt soms dat de geheele binnenruimte, tot de hoogte waarop de kussenblokken moeten geplaatst worden, met beton gevuld wordt, of dat de invulling met beton gedaan wordt tot 1 à 2 M. onder den bovenkant des pijlers en het overige met goed metselwerk, hetgeen als zeer doelmatig wordt aangemerkt. Ook wordt soms alleen het onderste gedeelte tot de hoogte van den bodem der rivier of ter hoogte van 2 tot 4 of meer meter met beton gevuld, dan het water uit de binnenruimte gemalen en de overige hoogte met metselwerk opgetrokken, waarbij men langs den buitenwand klinkers of hardgrauw en binnen boërengrauw in sterk tras of in sterk bastaard tras verwerkt. Verder heeft men nog een toepassing waarbij men het onderste gedeelte ter hoogte van 2 tot 4 of meer meter met beton vult en hooger langs den binnen-

wand een cilinder met klinkers metselt ter dikte van omstreeks 1 M. en de overgebleven ruimte met beton aanvult. Nabij den bovenkant des pijlers geschiedt dan weder de geheele invulling met goed metselwerk, om den druk op het onderliggend materiaal zooveel doenlijk gelijkmatig over te brengen.

Voor die pijlers, welke aan geen stroom zijn blootgesteld en waarbij de omliggende bodem niet te week is, zoodat men voor zijdelingsche werkingen weinig of niets behoeft te vreezen, zou ter besparing van kosten de onderste ruimte tot nabij den bodem met zand of beter met grint kunnen aangevuld worden, waarop, nadat het zand of grint een tijd tot bezinken en zetten was gegeven, het beton zou kunnen gestort.

Welk der beschreven invullingen de voorkeur verdient is niet te zeggen. Wanneer goed beton gebruikt wordt, dan wordt de geheele invulling mettertijd één massa, even als goed metselwerk. Al de beschreven invullingen hebben dan ook in de praktijk toepassing gevonden. Wegens het krimpen van het beton wordt door eenige ingenieurs, boven water of boven den bodem, aan metselwerk de voorkeur gegeven, hoewel bij de meest uitgevoerde pijlers het beton tot nabij hun bovenkant is gestort.

Men heeft ook pijlers uitgevoerd, waarbij de invulling slechts gedaan is tot boven het hoogste water en waarbij hooger de invulling achterwege is gelaten. Bij pijlers bestaande uit verschillende stijlen van geringe afmetingen is 't regel, dat geen invulling in de stijlen komt.

§ 99. **Afwerking.** Wanneer de pijler tot genoegzame hoogte is opgebouwd moet hij afgewerkt worden, waarbij natuurlijk gelet wordt op de inrichting en het doel der brug.

In de eerste plaats moet gezorgd worden voor het aanbrengen van behoorlijke steunvlakken voor de hoofdliggers, zoodat de druk op het onderliggend materiaal gelijkmatig wordt overgebracht. Er moeten dus hardsteenen neuten of kussenblokken gesteld en ingemetseld worden. Vervolgens moet de pijler met de meeste zorg afgedekt worden om geheel tegen inwatering beveiligd te zijn. Dit afdekken geschiedt met hardsteenen zerken goed in portlandcementspecie gewerkt of met een gemetselde rollaag, waarover

dan nog twee lagen portlandcementspecie van 1 deel cement en 1 deel zand worden aangebracht; elke laag ter dikte van ongeveer $\frac{3}{4}$ à 1 centimeter. Gaat het beton tot nabij den bovenkant des pijlers, zoodat de kussenblokken op het beton zijn gelegd en daarmee omsloten zijn, dan komt de afdekking met portlandcement-specie of met asphalt, dik 4 à 5 centimeter onmiddellijk op het beton.

Gewoonlijk is het bovenste deel van den ijzeren wand voorzien van een rondgaande lijst, die meestal als kroonlijst buiten den wand uitsteekt, maar die bij enkele pijlers ook wel naar binnen teruggetrokken is.

§ 100. **Afmetingen in 't algemeen.** Dezelfde eischen zullen hier voor het bepalen der afmetingen moeten gesteld worden, die in § 90 voor de steenen pijlers zijn aangegeven. Wanneer aan den cilinder of aan de cilinders zoodanige afmetingen zijn gegeven dat daarop de bovenbouw behoorlijk kan steunen, dan zal de bovendikte in hoofdzaak zoodanig bepaald worden, dat men voldoende weerstandsoppervlak bekomt om de daarop komende belasting met genoegzame zekerheid te dragen, terwijl de onderdikte afhankelijk zal zijn van den druk op het grondvlak en het weerstandsvermogen van den ondergrond. Men kan aannemen, dat wanneer de pijler uit één ingevulden cilinder bestaat, deze een middellijn kan bekomen van 4 tot 10 M. Wanneer de pijler twee of meer gevulde cilinders heeft, dan kunnen de middellijnen bedragen van 1 tot 5 M. Hebben de cilinders slechts een middellijn van 3 M. of minder, dan is het zeer aan te raden om het gedeelte dat in den grond komt ongeveer 0.5 M. à 1 M. grooter middellijn te geven tot het bekomen van grooter grondvlak en tot bevordering van den vasten stand. Op de cilinders met kleine middellijn zijn soms horizontale verzwaringen van 1 centimeter dikte en 20 centimeter hoogte gegoten, die van buiten zichtbaar zijn en het effect geven alsof de cilinder met horizontale banden omgeven is.

Pijlers met ovaal grondvlak bekomen een dikte van 3 tot 4 á 5 M. en in de richting van den stroom een lengte afhankelijk van de breedte en inrichting der brug van 6 M. tot 14 M. en zoo noodig meer.

De hoogte der ijzeren ingevulde pijlers wisselt af van enkele meters tot 20 meters en meer.

De ijzerdikte is voor *gegoten* ijzer dikwijls ongeveer $2\frac{1}{2}$ centimeter, maar verschilt van 2.2 à $3\frac{1}{2}$ tot 4 à 5 centimeter; voor *gesmeed* ijzer van 0.6 à 1.0 centimeter tot 1.2 à 1.5 centimeter; de dikste platen komen in den regel beneden en de dunnere boven. Ook worden soms de dikkere platen aangebracht op de hoogte van de werking van het ijs.

§ 101. **Uitgevoerde pijlers. I. Brug te Westervoort.** Op Pl. 26 fig. 16—31 en Pl. 27 fig. 1—10, zijn de pijlers voorgesteld der spoorwegbrug over den IJsel te Westervoort. Het ontwerp der brug is opgemaakt door den Engelschen ingenieur Edwin Clark; met de uitvoering is in den zomer van 1853 een begin gemaakt; in September begon men met het bouwen der steenen landhoofden, met de ijzeren pijlers en ijsbrekers. In 1854 kwamen deze werken nagenoeg gereed. In October 1855 had de eerste proefrit plaats. In Januari 1856 werd de brug officieel beproefd en 12 Februari werd zij geopend. Het werk is door Engelsche aannemers uitgevoerd, onder toezicht van den Ingenieur-Directeur baron Reede van Oudshoorn en van den opzichter C. B. van der Tak, later Directeur der gemeentewerken te Rotterdam.

Afmetingen en gegevens.

De brug heeft zes openingen, waarvan :

vier door vaste bruggen overspannen worden, elk wijd	
tusschen de pijlers 50 M.	200.00 M.
twee door een draaibrug in het midden der rivier,	
elk wijd 15.24 M.	30.48 »
De vier tusschenpijlers zijn dik elk 4.57 M.	18.28 »
De middelpijler is dik	8.54 »
Gezamenlijke breedte van landhoofd tot landhoofd	257.30 M.

Twee pijlers staan op de oevers en de drie overige in de rivier.

De onderkant der fundeering van de stroompijlers is	1.49 M. + AP.
» » » » » » oever » »	4.00 » » »
De diepte van den rivierbodem was	7.30 » » »
De hoogte van de afgegraven uiter- (rechteroever	10.00 » » »
waarden was (linkeroever	11.50 » » »

De middelbare waterstand is ongeveer.	9.49 M. + AP.
De hoogste waterstand (1855)	13.80 » » »
De bovenkant der pijlers is	16.22 » » »

De ondergrond bestaat bij de stroompijlers uit grint en zand, terwijl bij de oeverpijlers grint en zand, en ook klei en veen aanwezig is.

De pijlers zijn van steenstortingen voorzien.

Constructie der pijlers. De *middelpijler* heeft een middellijn van 8.54 M. en een hoogte van 14.73 M.; over 3.05 M. hoogte van onder bestaat de wand uit gesmeed ijzeren platen, elke plaat van zoodanige lengte en hoogte, dat 11 platen in den omtrek en 4 in de hoogte gaan; zij zijn dik 1 centimeter; daarboven zijn gegoten ijzeren platen aangebracht, elk zoo lang en hoog dat in elke rij 22 platen in den omtrek en dat er 5 in de hoogte komen; de dikte bedraagt $2\frac{1}{2}$ centimeter. Tot verbinding der gesmeed ijzeren platen zijn \perp ijzers op de naden gelegd, en aan de wederzijdsche platen vastgeklonken met bouten van 2 centimeter dikte, Pl. 26 fig. 23 en 30. De verbinding der gesmeed ijzeren- met de gegoten platen is verkregen door aan de gesmeed ijzeren platen hoekijzers vast te klinken, en deze door schroefbouten met de flenzen der daarop gestelde gegoten platen te vereenigen, Pl. 26 fig. 28. De onderlinge verbinding der gegoten platen is geschied door flenzen en schroefbouten, Pl. 26 fig. 27. De bovenste platen hebben zoodanig profiel dat zij te zamen een lijst vormen.

Van de *tusschenpijlers* is de constructie als volgt: de stroompijlers zijn 14.73 M. en de oeverpijlers 12.20 M. hoog; zij hebben allen een lengte in de richting van den stroom van 13.10 M., en bestaan elk uit twee cilinders van 4.57 M. middellijn. De vier onderste rijen platen der cilinders zijn van gesmeed ijzer ter gezamenlijke hoogte van 3.05 M.; de platen hiervan zijn dik 1 centimeter en zoo lang dat er 6 in den omtrek van elke rij gaan. Boven dat plaatijzer zijn gegoten ijzeren platen aangebracht; de dikte daarvan is $2\frac{1}{2}$ centimeter en er gaan 12 platen in den omtrek van elke rij; de stroompijlers hebben 5 en de oeverpijlers 4 rijen in de hoogte; van onder is de ruimte tusschen de twee

cilinders gesloten door twee rijen damplaten van gegoten ijzer, Pl. 26 fig. 16—21. Al de damplaten hebben een dikte van $2\frac{1}{2}$ centimeter, een breedte van 0.30 M. en een lengte van 5.50 M. Zij zijn ingeheid, nadat eerst de cilinders op hunne diepte gezonken waren, met een heistelling met houten heiblok en met behulp van houten geleidingen en steigers; ieder vak damplaten werd in zijn geheel gesteld; tegen beschadiging waren de koppen der damplaten met leder voorzien. Boven de damplaten zijn gegoten ijzeren cilinderstukken dik $2\frac{1}{2}$ centimeter gesteld.

De verbindingen zijn geschied: van de damplaten onderling met messing en groef, Pl. 26 fig. 24; van de damplaten met de daarop aangebrachte gegoten ijzeren cilinderstukken door flenzen en schroefbouten en bovendien door een gesmeed ijzeren plaat van buiten aan te brengen en aan de damplaten en de cilinderstukken vast te klinken, fig. 25; van die gegoten ijzeren cilinderstukken met de cilinders door het aanbrengen van hoekijzers en deze aan de te verbinden stukken vast te klinken, fig. 26; verder van de plaatijzeren stukken onderling en van deze met de daarop gestelde gegoten cilinderplaten, alsmede van deze cilinderplaten onderling zooals bij den middelpijler is beschreven.

Van boven vormen de platen een lijst even als dat bij den middelpijler het geval is.

Het zinken en verwijderen der stoffen uit de binnenruimte. De *middelpijler* heeft het meeste bezwaar opgeleverd; het zinken daarvan geschiedde als volgt: Eerst werd een steiger gemaakt, Pl. 27 fig. 7—9, bestaande uit 12 buiten- en 8 binnenpalen, die zoo lang waren dat zij met de punt reikten tot beneden de diepte, waartoe de onderkant des cilinders moest komen. De buitenpalen werden met gordingen en korbeels behoorlijk aan elkander gekoppeld. Toen deze steiger gereed en een tijdelijke vloer daarop aangebracht was, werd het onderste of plaatijzer-gedeelte op dien vloer in elkander geklonken en aan kettingen en stelschroeven, Pl. 27 fig. 5, opgehangen, waarna om den rand des cilinders 8 eiken geleiders, nagenoeg tegen den buitenwand des cilinders sluitende, loodrecht werden gesteld; daartoe waren zij met behulp van klossen aan de korbeels bevestigd. Hierna

liet men den cilinder zakken door het vieren der stelschroeven eerst tot nabij den bodem, die daardoor gem. 0.40 M. verdiepte en vervolgens tot op den bodem, na, zoodra dit noodig was, den cilinder achterevolgens met gegoten ijzeren cilinderplaten verhoogd te hebben.

Het uitbaggeren van den grond geschiedde — op bladz. 226 reeds gemeld — met groote lederen baggerbeugels, die neergehouden werden door den stok of steel met omgeslagen touw stevig vast te houden; zij werden vooruitgetrokken en opgehaald met behulp van windassen, die op den steiger in den pijler geplaatst waren, Pl. 27 fig. 9. Het baggeren langs den wand en tusschen de palen werd gedaan met kleinere of gewone baggerbeugels. Naarmate de bodem verdiepte, liet men de cilinders zakken met behulp der stelschroeven totdat de gewenschte diepte verkregen was.

Het is gebleken dat de steiger te zwak was. Door den stroom werd de cilinder tegen de geleiders stroomafwaarts gedrukt; de druk nam zoo sterk toe, dat de steiger achteroverhelde en uit zijn verband werd gewerkt. Het aanbrengen van schoren hielp niet meer, zoodat men besloot de houten geleiders, die hinderden, los te maken en den cilinder eenigszins uit het lood staande te doen zakken. Daarbij liet men de stelschroeven stroomopwaarts vieren en die stroomafwaarts hield men goed gespannen. Het zinken werd op deze wijze met voorzichtigheid voortgezet, waarbij men trachtte den loodrechten stand weder terug te krijgen, dat nagenoeg gelukt is door het opladen van ballast.

Tot behoud van den cilindrischen vorm waren houten balken kruiselings en juist passende in den cilinder geplaatst.

Uit bovenstaande ziet men hoe noodig het is, wanneer men op stroomende wateren werkt, om de steigers stroomafwaarts van stevige schoorpalen te voorzien; ook zijdelings is dit dan zeer aan te raden.

Elke cilinder van de *tusschenpijl*ers is afzonderlijk gezonken, maar de twee cilinders van elken pijler hadden een gemeenschappelijken steiger.

Het zinken der *stroompijl*ers ging op overeenkomstige wijze als bij den middelpijler; de steigerpalen in de cilinders waren hier niet noodig en zijn achterwege gelaten; de steigers waren

betrekkelijk veel sterker dan bij den middelpijler en daar de middellijn kleiner was, zoo had de stroom niet zoo veel invloed, waardoor het zinken zonder buitengewone bezwaren heeft plaats gehad. De grond bij de *oeverpijlers* bestond, zooals reeds vermeld is, niet alleen uit zand en grint, maar ook uit klei en veen. Daar deze stoffen gemakkelijker met de spade dan met den baggerbeugel konden verwijderd worden, zoo is elke cilinder drooggemalen, hoofdzakelijk met een centrifugaal pomp. Soms kwam er vertraging in het zinken, omdat er hout in den grond zat waarop de cilinder stuitte.

De cilinder geraakte hierdoor soms uit den verticalen stand en tusschen de geleiders beklemd, hetgeen verholpen werd door het stooten met een hout van buiten tegen den cilinder; de daardoor veroorzaakte trilling werkte gunstig op het zakken, dat ook nu en dan bevorderd werd door het aanbrengen van belasting op den cilinder.

De oeverpijlers hebben het meeste te dragen, terwijl ze, zooals vroeger is meegedeeld, slechts tot 4.00 M. + AP. en de stroompijlers tot 1.49 M. + AP. in den bodem reiken. Om te beproeven of de oeverpijlers voldoende draagvermogen hadden, werden ze, na tot de gewenschte diepte gezonken te zijn, met beton gevuld ter hoogte van 2 M. Na twee weken werd de cilinder tot boven met zand gevuld en toen een belasting van 300000 kilogr. op elken cilinder geplaatst, alzoo per pijler 600000 kilogr. Deze belasting deed den pijler nog wat zakken, maar later is geen zakkig meer waargenomen.

Invulling. De *middelpijler* is met beton gevuld ter hoogte van 6 M., alzoo tot ongeveer de hoogte van den bodem der rivier, Pl. 26 fig. 22; het beton heeft men 10 dagen laten verharderen, waarna het genoeg versteend was om het water uit den cilinder te kunnen pompen. Ondichte naden der cilinderplaten werden dichtgemaakt. De slib, die zich tijdens het storten gevormd had, werd van het beton afgenomen, waarna met het bemetselen een aanvang werd gemaakt. De bemetseling bestaat uit een ringmuur langs den wand van 1 M. dikte, terwijl de binnenruimte met beton is volgestort. Op ongeveer 2,40 M. van den bovenkant

des pijlers is een kruismuur gemetseld en de ruimte tusschen dezen muur en den ringmuur is weder met beton gevuld; het geheel is afgedekt met een rollaag van metselwerk. Daar is tevens ten behoeve der draaibrug een hardsteenen neut geplaatst, terwijl op een eikenhouten bedding een spilkoker is gesteld en een rolring gelegd.

Van de *tusschenpijlers* zijn de cilinders en ook het gedeelte tusschen de damplaten ten deele met beton gevuld, terwijl ook ringmuren zijn gemetseld, zoodat de aanvulling op gelijksoortige wijze als bij den middelpijler is gedaan, Pl. 26 fig. 16—21.

Boven in de oeverpijlers zijn eenige houten balken ingelaten, waarop door tusschenkomst van gegoten ijzeren stoelen een zogenoemde »Sandwich» ligger is gelegd, bestaande uit aaneengebouwte planken en plaatijzer, ter hoogte van 1.48 M. en breedte van 0.37 M. om den druk der hoofdliggers zooveel doenlijk gelijkmatig over te brengen.

Houten beddingen en Sandwich liggers worden tegenwoordig weinig meer gebruikt.

In de verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 1856—1857, vindt men van de brug te Westervoort een degelijke beschrijving door den Ingenieur W. C. P. van Reede van Oudshoorn, met veel teekeningen van den heer C. B. van der Tak. Daaraan zijn vorenstaande mededeelingen ontleend.

II. Draaibruggen over het Noord-Hollandsch Kanaal in den spoorweg van Nieuwe Diep naar Amsterdam.

Over het Noord-Hollandsch Kanaal zijn in het Koegras op ongeveer een uur afstand van het Nieuwe Diep en bij Alkmaar in den spoorweg van Nieuwe Diep naar Amsterdam draaibruggen gebouwd. Elke draaibrug heeft twee openingen van 20 M. tusschen de pijlers, waarvan een voor de scheepvaart is bestemd; aan één zijde is nog een vaste brug van 10 M. wijdte. De onderbouw bestaat dus uit een middelpenant, een tusschenpenant en twee landhoofden. De buitenwand van het middelpenant is geheel van ijzer, die van het tusschenpenant tot 0.04 M. + AP, daar boven is de wand van hardsteen; de deelen van beide wanden zijn op gelijke wijze onderling verbonden. Het tusschenpenant is voorge-

steld op Pl. 27 fig. 11—14 en Pl. 28 fig. 1, 2; het is lang in de richting der doorvaart 7 M., breed in het midden, tot ongeveer 2.00 M. — AP, 3.50 M.; hier werd de verbredening in het midden of de zeeg van 0.25 M. aan weerszijden wegge- laten, waardoor het penant boven 2.00 M. — AP de breedte van 3 M. heeft. De ijzeren wand bestaat uit gegoten ijzeren platen dik 2.54 centimeter, elke plaat hoog ongeveer 1.55 M. en zoo lang dat er 8 in den omtrek kwamen; zij zijn langs de kanten van flenzen voorzien, in verband geplaatst en met schroefbouten aan elkander bevestigd. Nadat de kanaalbodem genoegzaam waterpas was gebaggerd en de steiger met de geleiders voor den wand om de plaats, waar de ijzeren wand moest gezonken worden, gebouwd was, werd de eerste ring platen in elkander gesteld, en aan 8 stelschroeven gehangen; op dien ring werden meer ringen bevestigd en de verkregen wand voorzichtig door het gelijktijdig vieren der schroeven gezonken tot op den kanaalbodem, als wanneer de bovenkant voldoende boven het water reikte, om den vijfden ring te kunnen aanbrengen. Daarna ging men over tot het uitbaggeren van den grond met een verticaal baggerwerktuig, zooals op Pl. 27 fig. 11, 12 is aangegeven en waarvan de details op Pl. 28 fig. 3—5 voorkomen. In het Koe gras was het meestal zaak slechts in het midden te baggeren, want wanneer kort langs den wand werd gebaggerd, schoot dikwijls zand van buiten den wand toe en verhief zich van binnen; daardoor ontstonden ver- diepingen buiten den wand, die zoo goed mogelijk met klei moesten worden aangevuld.

De wand van het tusschen- en van het middelpenant zijn in het Koe gras tot de vastgestelde diepte van 12.35 M. — AP. ge- zonken, waartoe elke wand evenwel met 36 ton moest belast wor- den. Binnen de wanden van beide penanten werd beton gestort tot 6 M. — AP., om na genoegzame verharding het water te kunnen uitpompen en de penanten te kunnen opmetselen. Bij het droogmaken werden de wanden van binnen zooveel doenlijk met houten stutten gestempeld, om beter bestand te zijn tegen den druk van het buitenwater; niettegenstaande deze voorzorg bleek het toch, dat een der platen van het tusschenpenant boven het beton gescheurd was en daardoor water naar binnen drong. Na

het behoorlijk steunen dezer plaat en het wegnemen van de gemaakte kalkslib tijdens het storten van het beton, werd nog beton aangebracht ter hoogte van 1 M. om het werk te bespoedigen, waarna dadelijk het volmetselen begonnen en krachtig voortgezet werd. Het aanbrengen van het metselwerk in het middelpunt ging zonder bezwaar.

Bij de brug te Alkmaar had de uitvoering der werkzaamheden met groote bezwaren te kampen. De zandlagen waren zoo vast, dat zij moesten doorboord of dat de grond met stootijzers moest losgewerkt worden. Het baggeren kon niet alleen in het midden, maar moest ook langs den wand geschieden, en in dien grond was het verkrijgen van regelmatige verdiepingen niet doenlijk. Er ontstonden dan ook zakkingen, die met schokken gepaard gingen; vandaar scheeve stand en verschuiving. Eenmaal was de kuip op zijde geschoven en 11 centimeter uit het waterpas geraakt, tengevolge van het toeschieten van zand, dat meermalen plaats had, onder den rand door van buiten naar binnen. Met behulp van baggeren aan den buitenkant van den wand, is hij weder op zijn plaats gewerkt; door van binnen te baggeren aan de hooge zijde en door belasting met 80 ton, werd de loodrechte stand ook weder verkregen, waarna het baggerwerk regelmatig geschiedde tot de diepte van 9.92 M. — AP., en een nieuwe ring van platen op den wand werd gesteld. Hierna werd het baggerwerk weder begonnen en voortgezet met de belasting op den wand van 80 ton, maar op eens steeg het water plotseling binnen den wand tot zoodanige hoogte, dat het over den bovenkant van den wand stroomde, die toen 1.50 M. boven den kanaalwaterstand verheven was. Ingevolge de mededeeling van de daarbij geweest zijnde personen kan dat overstromen ongeveer vijf minuten aangehouden hebben, waarna de wand met een fellen slag barstte. Aan het eene kopeinde was een verticale scheur ontstaan van 35 centimeter wijdte, terwijl aan het andere eind een zeer fijne scheur aanwezig was, Pl. 27 fig. 13, 14. Door dit voorval waren de geleipalen achterover gedrukt, maar de wand was toch in de stelschroeven blijven hangen. Een aanzienlijke hoeveelheid zand was met het instroomende water medegekomen, zoodat het binnen den wand van ongeveer 10.00 M. — AP. tot 6.00 M. — AP. was

gestegen, terwijl het talud van het kanaal achter den wand aanmerkelijk was verzakt; de onderkant van den wand bevond zich na het voorval op 10.05 M. — AP. De hoofdingenieur van Prehn zegt van de oorzaak het volgende:

»Het ongeval is vermoedelijk veroorzaakt, doordien een zeer »harde waterkeerende zandlaag was doorgebaggerd; daardoor »drong het water van onder die laag, dat met hooger gelegen »water in gemeenschap moet hebben gestaan, aanvankelijk in »geringer hoeveelheid in de kuip omhoog en eerst daarna is vermoedelijk, door die werking, de geheele laag plotseling door»gebroken en heeft dit de snellere toeschieting van water en »toegevoerd zand in de kuip veroorzaakt.»

Na uitbaggering van het ingekomen zand en na onderzoek bleek 't dat de groote scheur tot 5.15 M. — AP. verticaal doorging en dan als fijne scheur in den achterwand eenigszins hellend voortliep tot 6.35 M. — AP. De achteruitgedreven wand is zoo goed mogelijk bijgebracht en aangesloten zoodat de scheur, die aanvankelijk 35 centimeter wijd was, tot op 1 centimeter werd teruggebracht. Voorloopig werd een ketting onder water om den wand geslagen en sterk aangehaald; later is die ketting door een stevigen ijzeren band vervangen.

Hoewel de wand nog niet tot de bepaalde diepte gezonken was, werd toch besloten hem in den verkregen stand te laten, omdat het bijna een onmogelijk werk zou geweest zijn de kuip door een andere te vervangen en ook, omdat voor nazakken geen vrees bestond, wyl tijdens de bewerking de buitengewone vastheid van den ondergrond gebleken was.

Men heeft toen den grond tot 9.20 M. — AP. binnen den wand uitgebaggerd en de ruimte aangevuld met beton tot 3 M. — AP., waardoor de hellende scheur ruim gedekt was. De wand is daarna op de vereischte hoogte afgeboord en langs zijn bovenkant is aan de binnenzijde een stevig hoekijzer vastgeklonken. Na omsluiting van den wand met een linnen zak en na het ledig pompen der binnenruimte werd deze volgemetseld. — Verder is om den wand een gleuf gebaggerd van gemiddeld 4 M² doorsnede, die tot betere verzekering van den stand des pijlers met beton gevuld is.

Het middelpenant heeft ook groote moeilijkheden opgeleverd bij het zinken. Onder anderen is de wand, toen hij reeds 3 M. in den kanaalbodem was gezonken, belangrijk van zijn plaats verschoven; hij is met behulp van diep baggeren buiten de kuip aan de tegenovergestelde zijde, weder op zijn plaats kunnen gesteld worden. Dieper dan 9,66 M. — AP kon de wand niet gezonken worden; het eigen-gewicht van den wand bedroeg 80 ton en deze werd bovendien nog belast met 80 ton, terwijl in het midden over 4 M. middellijn nog een verdieping door baggering werd verkregen tot 10.30 M. — AP., maar niettegenstaande dit alles bleef de wand staan en zakte niet. Er werd nu ook van verdere poging tot dieper zinken afgezien en besloten om met de invulling van beton te beginnen, welke voortgezet is tot 6.08 M. — AP.

Ten bewijze hoe de grond is toegeschoten kan de mededeeling dienen, dat de hoeveelheid zand, die gebaggerd is uit het gedeelte van den wand dat zich onder den kanaalbodem bevindt, het vijfvoudige is van den inhoud van dat deel.

Om het middelpenant is basaltsteen gestort van 5.50 M. — AP. tot 3.80 M. — AP.

Het leegpompen en het aanbrengen van het metselwerk op het beton heeft geen buitengewone bezwaren opgeleverd.

Uit bovenstaande mededeelingen, welke ontleend zijn aan de verhandelingen van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1868—1869 bladz. 24, blijkt hoe noodig het is om door grondboringen de soort en de meerdere of mindere hardheid van den ondergrond te onderzoeken. Ook blijkt daaruit, dat, hoewel de gegoten ijzeren wanden voor zulke pijlers het meest in toepassing zijn gebracht, toch gesmeed ijzeren wanden beter op hun plaats zijn, waar groote moeilijkheden te wachten zijn. Het is duidelijk dat, waar zulke belangrijke belastingen moeten aangewend worden om de noodige zakking te bekomen, de gesmeed ijzeren wanden niet alleen van horizontale, maar ook van behoorlijk verticale verstijvingen moeten voorzien zijn, om den druk van buiten naar binnen en den verticalen druk te kunnen weerstaan.

§ 102. Pijlers bestaande uit afzonderlijke cilinders of stijlen. I. Charing-Cross brug te Londen. Deze brug is in 1860—1863 over de Theems te Londen gebouwd; zij dient tot spoorwegverkeer en voor voetgangers heeft de brug aan weerszijden voetpaden. Zij ligt op dezelfde plaats waar de door den ingenieur J. K. Brunel gebouwde Hungerford-hangbrug gelegen heeft.

De brug heeft 9 openingen, namelijk:

4 elk van 46.94 M. tusschen de twee pijlers der vroegere hangbrug	187.76 M.
2, elk van 46.94 M. tusschen den zuidelijken pijler der vroegere hangbrug en het zuiderlandhoofd . .	93.88 »
3 elk van 30.48 M. tusschen den noordelijken pijler der vroegere hangbrug en het noorderlandhoofd	91.44 »
De geheele breedte der rivier bedraagt.	411.48 »
Onder laagwater bij springtij is:	
de grootste diepte tusschen de pijlers der vroegere hangbrug	3.96 »
de gemiddelde diepte.	3.05 »

De springvloed kan rijzen 5,33 M. De onderkant van den bovenbouw ligt boven Trinity-hoogwaterpeil 7.62 M., welke hoogte noodig was om aan de eischen der admiraliteit en der commissie van toezicht op de rivier de Theems te voldoen.

De bovenbouw van de drie laatste openingen is van den genoemden noordelijken pijler naar het noorderlandhoofd waaiersgewijze verbreed, omdat daarop de verlenging van het stations-emplacement Charing-Cross ten deele moest plaats hebben.

De brug is ontworpen door den ingenieur John Hawkshaw en onder zijn leiding en het onmiddellijk toezicht van den ingenieur John H. Stanton gebouwd.

Behalve de landhoofden en de pijlers der vroegere hangbrug, die men zooveel doenlijk behouden, doch voor de spoorwegbrug veranderd, bijgewerkt en geschikt gemaakt heeft, bestaat de onderbouw uit ijzeren pijlers; voor de openingen van 46.94 M. bestaan deze elk uit twee cilinders, die een middellijn hebben van 4.267 M. onder en van 3.048 M. boven den rivierbodem; waartusschen een conisch gedeelte gevoegd is. De twee cilinders

staan 15,037 midden op midden uit elkander, Pl. 30 fig. 11. De buitenwand is van gegoten ijzer; in den omtrek van den ondersten cilinder gaan 7, in dien van het verbindingsstuk 5 en in dien van den bovensten cilinder ook 5 segmenten, allen 2,743 M. hoog. De ijzerdikte der onderste cilinders bedraagt 3.81 centimeter, die der overige stukken 2.86 centimeter. De verschillende stukken zijn van flenzen voorzien en met schroefbouts ter dikte van 2.86 centimeter aan elkander verbonden; tot betere sluiting zijn de vlakken, die op of tegen elkander komen, geschaafd; tusschen de flenzen is eenige ruimte gelaten, die met ijzercement is gevuld om de naden goed waterdicht te krijgen.

Voor onder- en bovenbouw was een doorgaande steiger gebouwd, latende tusschen twee opvolgende pijlers openingen voor de scheepvaart van 13.72 M.

De bodem bestaat uit modder en kiezel en daaronder Londen-klei.

Nadat de cilinders op hun plaats gesteld waren, werd de eerste ontgraving uit de binnenruimte, door duikers voorzien van helmen, gedaan, totdat de cilinders door de modder en het kiezel heendrongen en eenige weinige voeten van 0.305 M. in de Londen-klei stonden; daarbij waren zij zooveel noodig belast. — Hierna werd het water uit de cilinders gepompt en konden deze zonder veel moeite droog gehouden worden. De verdere zakking werd nu verkregen door ontgraving in het droge en door belasting met ongeveer 150 ton. De Londen-klei was hard donkerblauw van kleur en reikte tot groote diepte onder den bodem der cilinders. De cilinders zijn gezonken tot de volgende diepten, onder Trinity-hoogwaterpeil:

die tusschen het zuidelijk landhoofd en den zuidelijken pijler der vroegere hangbrug tot	15.85 M.
die tusschen de twee pijlers der vroegere hangbrug	18.90 »

waarbij evenwel op te merken valt, dat de stroomopwaarts gelegen cilinder van den middelsten pijler, nog 3.05 M. dieper is gezonken, dus tot . . . 21.95 » omdat de grondslag onder dien cilinder minder vast was dan onder de overige.

De cilinders zijn gevuld van onder tot de hoogte van den

rivierbodem met beton en hooger met metselwerk tot aan de draagblokken van graniet; het beton bestond uit 1 deel goed Portland-cement en 7 deelen fijn kiezel of kiezelzand uit de Theems; het metselwerk bestond uit beste klinkers en specie van 1 deel cement en $2\frac{1}{2}$ deel zand.

Men heeft de voorzorg genomen, alvorens het deel boven water op te bouwen, elken cilinder, na met beton en metselwerk te zijn gevuld, te belasten met 450 ton spoorstaven. Elk der cilinders van den zuidelijksten pijler werd echter tot 700 ton belast of met nagenoeg het gewicht, dat elke cilinder te dragen zal hebben, wanneer de brug met locomotieven belast is. Men nam een zakking waar van 0.10 M. van de pijlers, die het zwaarst belast waren en van gem. 0.075 M. van de overige. Na het wegnemen der spoorstaven ging men verder met opbouwen voort.

De draagblokken van graniet steken $2\frac{1}{2}$ centimeter boven het ijzer uit, om zeker te zijn dat de liggers niet op den ijzeren wand komen te dragen.

De twee cilinders zijn door een hollen balk van gesmeed ijzer hoog 1.22 M. aan elkander gekoppeld, Pl. 31 fig. 1; deze balk dient tevens tot dracht van de langsliggers van het rijvlak. Wanneer de vier spoorbanen met locomotieven belast zijn, dan bedraagt de drukking per vierkanten centimeter, afgezien van de wrijving der cilinders langs den grond, op het grondvlak van een pijler ongeveer 8.5 kilogr. en op het metselwerk, waar de cilinder 3.048 middellijn heeft, ongeveer 9.6 kilogr.

De twee pijlers onder het waaivormig gedeelte der brug bestaan uit meer cilinders; de noordelijkste heeft 9 en de andere 7 cilinders van gegoten ijzer, Pl. 31 fig. 1, 2. In deze pijlers hebben de uiterste cilinders 3.048 M. middellijn onder en 2.464 M. boven den bodem; van de overige cilinders is de middellijn 3.048 M. onder en 1.848 M. boven den bodem, de overgang van de groote tot de mindere middellijn geschiedt weder met een conisch tusschengedeelte.

De cilinders van 3.048 M. middellijn zijn gevormd door segmenten, die onderling aan elkander bevestigd zijn als de bovengedeelten van de pijlers voor de openingen van 46.94 M., welke ook 3.048 M. middellijn hebben. De cilinders van 2.464 M.

en 1.848 M. bestaan uit verschillende cilinders ter hoogte van 1.524 M., welke van flenzen voorzien, door schroefbouten van 2.88 centimeter dikte aan elkander zijn bevestigd. Ook hier is tusschen de flenzen tot bevordering van de waterdichtheid ijzer-cement aangebracht; de cilinders zijn gezonken op gelijke wijze als die bij de openingen van 46.94 M., tot de diepte van 12.19 M. onder Trinity-hoogwaterpeil. Bij den pijler van 7 cilinders waren sommige cilinders onregelmatig gezakt of uit den loodrechten stand geweken; daarom is ter hoogte van den bodem der rivier over al de cilinders een horizontale plaat vastgebout, waarop de bovenstukken bevestigd zijn. Het is duidelijk dat dit met groote zorg moet geschied zijn, om verzetting der verschillende deelen te voorkomen.

De aanvulling van de binnenruimte is tot 1.524 M. boven Trinity-hoogwaterpeil met beton gedaan; het werd niet noodig geacht hooger eenige invulling te doen. Natuurlijk moet dan gezorgd worden dat de pijler van boven goed waterdicht worde afgedekt en bovendien moet, nabij het bovenvlak van het beton, door eenige gaten in den buitenwand gelegenheid gegeven worden, om het toch wellicht ingedrongen water te laten wegvloeien. Ophooping van water in den cilinder zou bij bevrozen het barsten van den cilinder ten gevolge kunnen hebben. Tot dracht der liggers is over de cilinders een draagplaat bevestigd, welke dus ook den dienst van koppelplaat doet.

II. Brug over de Solway-Firth. De spoorweg, waarin deze brug gelegen is, begint bij het station Brayton van den spoorweg van Maryport naar Carlisle; hij gaat over de Solway nagenoeg in een rechte lijn tot het station »Kirtlebridge» op den Caledonian spoorweg, ongeveer 27 kilometer ten noorden van Carlisle. Op het punt waar de Solway-Firth gesneden wordt, is deze van oever tot oever breed 2326 M., waarvan 1783 M. overbrugd zijn; de hoogte van de rails tot den bodem der rivier is gemiddeld 10.36 M. De openingen zijn slechts 9.13 M. De onderbouw bestaat uit jukken en pijlers. Een der pijlers is voorgesteld op Pl. 31 fig. 14—16. Ieder pijler bestaat uit 10 hol gegoten ijzeren palen van 0,305 M. middellijn en 2.2 centi-

meter ijzer dikte; de palen bestaan uit onder- en bovenstukken. Tot onder laag water zijn de onderstukken in den grond geheid, waartoe ze elk voorzien zijn van een gegoten ijzeren punt, fig. 16. Op de onderstukken zijn de bovenstukken gesteld, die van onderen met een mof voorzien waren, waarmede ze om de onderste stukken pasten. Onder deze mof zijn de onderstukken met goringen aan elkander gekoppeld; de bovenstukken hebben flenzen, die afgedraaid zijn, om goed op elkander te sluiten en zijn met 8 bouten aan elkander bevestigd. De bovenstukken zijn in horizontalen en verticalen zin door gesmede \perp ijzers aan elkander verbonden.

Voor het heien heeft men een houten blok gebruikt; het indrijven ter diepte van 5.20 M. à 5.50 M. in den grond, heeft geen bezwaren opgeleverd. Het heien geschiedde met behulp van schuiten, daartoe opzettelijk gemaakt. Het verschil van dagelijksch hoog en laag water bedraagt 6.10 M.; de onderkant der liggers is slechts ongeveer 2.44 M. boven hoog water gelegen, dat in 't algemeen als zeer weinig moet worden aangemerkt.

Met steenstortingen is het bed der Solway Firth tegen ontgronding verzekerd.

De kosten hebben bedragen voor den onder- en bovenbouw en de twee dammen te zamen ter lengte van 543 M., dus voor het geheele werk ongeveer 1200000 gulden.

Het werk is ontworpen door den ingenieur J. Brunlees en uitgevoerd onder het toezicht van den ingenieur A. M'Kënon.

Het is duidelijk dat daar, waar eenigszins zware ijsgang bestaat, constructies als de hierboven beschrevene niet zijn aan te raden; trouwens daar zou men ook niet zulke kleine openingen, als hier zijn toegepast, mogen uitvoeren.

III. Brug over de Kediri-rivier. Op Pl. 32 fig. 1—5 is een der pijlers van de brug voor gewoon verkeer over de Kediri-rivier in de residentie Kediri op Java voorgesteld. Tusschen de fronten der landhoofden is de brug wijd 160 M., welke wijdte door zes pijlers in zeven openingen verdeeld wordt, waarvan:

2 zijopeningen elk wijd 19 M.	38 M.
5 openingen » » 21,4 M.	107 »
verder 6 pijlers elk van 2.50 M.	15 »
Te zamen	160 M.

Elke pijler bestaat uit 14 gesmeed ijzeren schroefpalen dik 0.127 M.; de gegoten ijzeren schroeven hebben een middellijn van 0.914 M. De geheele lengte der palen bedraagt voor de twee linksche pijlers 10 en voor de 4 rechtsche 8 M. De palen staan ongeveer 4 à 4.5 M. in den bodem; zij bestaan uit een onderstuk van 8 M. of 6 M. en een bovenstuk van 2 M. De onder- en bovenstukken zijn aan elkander verbonden door cilindrische moffen, bestaande uit twee deelen, welke met bouten aan elkander geschroefd zijn. In de richting van den stroom staan de 12 draagpalen in twee rijen op 1.20 M. uit elkander, zijnde de onderlinge afstand der 6 liggers van de brug. In de richting van de lengte der brug staan de palen 2.50 M. met hun buitenkanten uit elkander en zóó, dat twee palen onder één ligger komen. De twee uiterste palen staan in de lengte-as van den pijler; hun afstand van midden tot midden is 8.50 M. Boven de verbindingsmoffen zijn de palen in horizontalen zin gekoppeld met gesmeed ijzeren staven van 0.032 M. middellijn; deze staven zijn voorzien van spanschroeven en vastgebout aan cirkelvormige platen van gesmeed ijzer, waarvan de dikte 0.025 M. en de middellijn 0.42 M. bedraagt. Op en om het bovineind der palen is een gegoten ijzeren muts gesteld, waarvan de geheele hoogte 0.18 M. is; elk dezer mutsen bestaat uit een cilinder van 0.20 M. middellijn, die om den paal past en die voorzien is van ribben en van een bovenplaat, die lang en breed is 0.51 M.; hierop zijn stoelen met schroefbouten bevestigd, waaraan de gesmede T ijzers van $15.2 \times 11,5 \times 1,27$ centimeter tot onderlinge koppeling der stoelen zijn bevestigd. Op deze T ijzers zijn rolplaten met 4 schroefbouten aan elke T bevestigd. Ter hoogte van de stoelen zijn de uiterste palen aan de naastbijstaande palen verbonden door een gesmeed ijzeren koppelplaat, breed 7,5 dik 2.5 centimeter.

De bodem der rivier bestaat uit zand en klei en is beweeglijk.

In Maart 1872 steeg het water tot de hoogte van 0.38 M. onder den onderkant der liggers en op den 30 Januari 1875 rees de moddervloed tot 0.36 M. onder den onderkant der liggers, zoodat deze wel wat laag liggen. Hierbij voerde de rivier veel ontwortelde boomstammen, drijf hout, stukken van

weggeslagen bruggen af en niettegenstaande de stooten hevig waren, hadden de pijlers geen noemenswaardige schade bekomen; een trekstang was gebroken, enkele andere waren gebogen. Een verband met T of L ijzers is evenwel bij zulke constructies, tot bevordering der stijfheid, aan te raden, boven het gebruik van trekstangen.

De kosten der brug hebben bedragen ruim f 225000. Aan den aannemer was geschreven om den 18^{den} September 1865 met het werk te beginnen dat in twee jaar had moeten gereed zijn. Wegens vertraging was de onderbouw eerst den 8^{sten} November 1867 voor de opname gereed, terwijl de beproeving van den bovenbouw op den 11^{den} Maart 1869 en de opening voor het verkeer op den 18^{den} van die maand plaats had.

Het ontwerp is van den hoofdingenieur S. Westerbaan Muurling, onder wiens leiding ook de uitvoering tot stand kwam.

Een beschrijving, waaraan bovenstaande is ontleend, alsmede teekeningen der brug, vindt men in het tijdschrift van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs, afdeling Nederlandsch Indië 1877—1878 blad. 65, Pl. VIII en IX.

IV. Viaduct in den spoorweg van Guaira naar Caracas. Op Pl. 32 fig. 6—10 zijn pijlers voorgesteld van den viaduct in den spoorweg van de havenplaats Guaira naar Caracas de hoofdstad van Venezuela. De viaduct is gebouwd onder de leiding van den hoofdingenieur Paul Levy en den ingenieur Rafaël—Henrique y Diaz; zij heeft 51 openingen en is lang tusschen de landhoofden 510 M. De openingen zijn 10 M. van midden tot midden der pijlers; op den viaduct ligt de spoorweg onder een helling van $\frac{1}{35}$ à $\frac{1}{34}$. De viaduct is ten deele recht en voor het overige deel is hij gelegen in bogen beschreven met stralen van 600 M. 370 M. en 170 M. De spoorwijdte is 0.914 M. en de viaduct is voor enkel spoor gebouwd. Zeven en dertig pijlers zijn geheel van ijzer terwijl dertien een voetstuk van metselwerk hebben, waarop ijzeren pijlers gesteld zijn. De geheel *ijzeren* pijlers zijn gefundeerd op schroefpalen lang 4 à 6 M. en dik 0.12 M. in middellijn; de schroeven zijn van staal en hebben een uiterste middellijn van 0.70 M. en zijn hoog 0.43 M. Om de koppen der palen zijn ge-

goten steunijzers of mutsen aangebracht en door keggen opgesloten; rondgaande gordingen, aan deze steunijzers bevestigd, geven aan de schroefpalen en dus aan de fundeering een vasten stand. Op de steunders staan de 8 opgaande gesmeed ijzeren stijlen van den \perp vorm met gemiddelde afmetingen van $0.12 \times 0.08 \times 0.011$ M.; bovendien zijn er twee kopstijlen als schoren van $0.15 \times 0.09 \times 0.012$ M.; al de stijlen zijn onderling door middel van gordingen en kruisen in hun stand verzekerd. Van boven zijn de stijlen met balken vereenigd, waarop door tusschenkomst van een gegoten ijzeren plaat de bovenbouw van de brug komt te dragen. Voor zoo ver de pijlers met de branding der zee in aanraking komen, zijn ze van steenstorting voorzien. Bovenstaande omschrijving is ontleend aan de Nouvelles Annales de la Construction van 1877.

PIJLERS MET STEENEN ONDERDEEL EN MET HOUTEN OF
IJZEREN BOVENDEEL.

§ 103. *Algemeene opmerkingen.* Het onderdeel kan zijn een voetstuk van metselwerk of van metselwerk en beton al of niet omgeven met een houten of ijzeren omkleedsel of koffer. De vorm van het voetstuk kan in 't algemeen gelijk zijn aan dien, welke voor het onderste gedeelte van de pijlers is aangegeven op Pl. 15 fig. 11—24 en fig. 33—36. Het bovenstuk kan zijn van hout of van ijzer, waarbij het ijzer kan bestaan uit ijzeren cilinders of buizen of uit andere vormen van ijzer, zooals **I**, **T**, **L** \perp ijzers, enz. De algemeene typen dezer pijlers zijn op Pl. 15 fig. 32—36 voorgesteld.

Waar men met geen water te doen heeft, is het voetstuk in den regel alleen als fundeering te beschouwen, waarop het houten of ijzeren bovenstuk draagt; de bovenkant komt dan gelijk met, of iets hooger dan de begane grond; dat voetstuk kan gefundeerd zijn op den vasten ondergrond, op een roosterwerk, op een paal- of andere fundeering.

Staat de pijler in het water, dan zal men gewoonlijk, waar geen stroom is, de bovenkant van het massief voetstuk tot den gewonen waterstand optrekken; waar wel stroom is, laat men het

massief voetstuk doorgaan tot een hoogen of den hoogsten waterstand.

Is daarbij de werking van ijs te vreezen, dan wordt het massief voetstuk zoover opgetrokken dat het bovenstuk niets van het ijs te lijden heeft.

De constructie van het voetstuk is overeenkomstig de reeds behandelde voor de steenen en ijzeren pijlers, zoodat deze hier niet nader behoeft aangegeven te worden.

Voornamelijk met het oog op de samenstelling van het bovenstuk zal hier de beschrijving van enkele uitgevoerde pijlers met afzonderlijke stijlen van hout of ijzer, met massief onderdeel, in het kort volgen.

§ 104. Pijler met steenen onderdeel en met houten bovendeeel. Op Pl. 32 fig. 11—14 is zoodanige pijler, voorkomende in het album van de typen der houten bruggen voor den spoorweg in het zuiden van Oostenrijk, voorgesteld. Het steenen onderstuk gaat tot ongeveer 5 à 6 M. boven den bodem; de afmetingen daarvan zijn van boven zoodanig, dat daarop een houten bovendeeel kan gesteld worden in aanleg breed 9 M., lang 15 M., waarvan de hoogte 60 M. bedraagt; dat bovendeeel is van boven breed 3 M. en lang ongeveer 6 M. en bestaat uit 12 stijlen, die in horizontalen en verticalen zin door kruisen aan elkander verbonden zijn; bovendien zijn horizontale doorgaande bouten en gordingen aangebracht, om de verschillende deelen goed met elkander te vereenigen. Elke stijl bestaat uit 4 tegen elkander gewerkte balken; van onderen is elke stijl nog versterkt door twee balken ter hoogte van 5 à 6 M., die van boven door een bijzondere gording vereenigd zijn. De versterkingsbalken en gordingen zijn met bouten aan de stijlen verbonden. De stijlen rusten op gegoten ijzeren platen, die in het steenen onderstuk zijn ingelaten. Nagenoeg verticaal staande bouten gaan door de gording, door de versterkingsbalken, door de gegoten ijzeren platen en verder tot ongeveer 4 M. in het metselwerk, waar openingen zijn gespaard en de verticale bouten worden opgesloten.

Het goed verzekeren van het houten bovendeeel door verticale

bouten op het onderliggend metselwerk is een zaak van het grootste belang, zoodat dit met veel zorg moet gedaan worden. Hoewel zulke houten constructies zeer sterk zijn, en de toepassing ervan zuinigheidshalve zeer wel gerechtvaardigd kan zijn, wordt toch in den regel, waar zulks niet om de kosten moet gelaten worden, aan het maken van ijzeren bovenstukken wegens de meerdere duurzaamheid de voorkeur gegeven.

§ 105. Pijlers met steenen onderdeel en met ijzeren bovendeel. a. Pijlers van den viaduct in den spoorweg van Guaïra naar Caracas. Op Pl. 32 fig. 7^a en 8 is een der pijlers voorgesteld met *steenen* voetstuk van genoemden viaduct. Het onderstuk bestaat uit een prisma metselwerk ter hoogte van ruim 2 M. rustende op een laag beton, waarvan de hoogte voor de verschillende pijlers ongelijk is. Door dit onderstuk gaan zware ijzeren staven, die van onderen met sleutelstukken zijn opgesloten en die van boven buiten het metselwerk uitsteken; om het uitstekend stuk sluiten de gegoten steunijzers, waarop de stijlen van het bovenstuk rusten en bevestigd zijn, zooals dit op bladz. 256 en 257 beschreven en op Pl. 32 fig. 9 te zien is.

b. Pijler van den spoorweg-viaduct door Rotterdam. Pl. 32 fig. 15—20. Deze viaduct, welke voor een groot gedeelte door de gedempte Binnenrotte is aangelegd, heeft tot onderbouw ten deele hardsteenen pijlers en ten deele ijzeren pijlers met gemetseld onderstuk. De ondergrond was zeer slecht, zoodat, om aan den grond eenige vastheid te geven, de Binnenrotte eerst met zand is gevuld geworden, waarin later een gleuf gegraven is om de fundeering te maken. Onder den voorgestelden pijler staan 48 palen elk lang 20 à 22 M., dik op 1 M. van den kop 0.32 à 0.35 M., aan de punt ongeveer 0.20 M.; zij reiken 5 à 7 M. in den vasten grond; bovendien zijn er nog palen ingehaid tot dracht der buitenrechtstanden van de wederzijdsche riolen. De kespen zijn 0.25 M. bij 0.30 M.; door kloosterhouten van 0.25 M. bij 0.30 M., die ook op heipalen gewerkt zijn en op een onderlingen afstand van ruim 2.20 M. liggen, zijn de fundeeringen der pijlers aan elkander gekoppeld. Waar de

kloosterhouten moesten gelast worden, liggen hunne einden koud tegen elkander; de lasch is verkregen door tegen de zijvlakken der kloosterhouten twee gesmeed ijzeren platen aan te brengen, lang 1 M. hoog 0.25 M. dik 0.015 M., en deze met 6 doorgaande schroefbouten, lang 0.40 M. dik 0.035 M., onderling en aan de houten te verbinden; de vloer is dik 0.08 M. en ligt met den bovenkant 2.34 M. — AP; op die fundeering is een blok metselwerk opgetrokken, dik van onder 2.42 M., van boven 1.76 M., dat met hardsteen is afgedekt; onder de ijzeren kolommen der pijlers zijn de dekzerken dik 0.50 M., daartusschen 0.20 M.; de bovenkant der zerken ligt 0.91 M. + AP.

De ijzeren pijler bestaat uit twee kolommen van gegoten ijzer, waartusschen een boog en een koppelbalk, beiden ook hoofdzakelijk van gegoten ijzer, zijn aangebracht. De kolommen hebben een achtkante dwarsdoorsnede, dik rechthoekig over de zijde gemeten 0.90 M. en een ijzerdikte van $2\frac{1}{2}$ centimeter. Van onder zijn de kolommen van plint en achtkante voetplaat voorzien dik $4\frac{1}{2}$ centimeter, waarmede ze op een fundatieplaat staan, die op de hardsteenen dekzerken ligt. De voetplaat is met 8 schroefbouten aan de fundatieplaat verbonden, terwijl de fundatieplaat dik 6 à $4\frac{1}{2}$ centimeter met 4 schroefbouten op de dekzerken is bevestigd; deze 4 bouten gaan door de dekzerken tot in het metselwerk, waarin zij met schieters zijn opgesloten. Van boven hebben de kolommen een binnenrand, waarop een radvormig stuk gegoten ijzer is gelegd, dat aan zijn omtrek sponningen heeft, waarmede het sluit om messingen, die aan de ijzeren kolom zijn vastgegoten. Op dit radvormig stuk ligt een reepje lood en daarop staat het gesmeed ijzeren kussen of de plaat tot dracht van den bovenbouw.

De koppelbalk is van gegoten ijzer en heeft in dwarsdoorsnede den **I** vorm; de ijzerdikte is 3.5 centimeter; hij bestaat in de lengte uit twee stukken, die in het midden van boven door een gesmeed ijzeren horizontale plaat dik 1.2 à 2.6 centimeter en op zijde door twee dito verticale platen dik 1.9 centimeter, met schroefbouten van 2.3 à 1.9 centimeter dikte aan elkander gelascht zijn.

De boog is slechts een versiering en is in sponningen van de

kolommen en van den koppelbalk ingelaten en rust op consoles, daartoe tegen de kolommen aangebracht. De boog bestaat uit twee gelijke stukken, die in den top met verticale gesmeed ijzeren platen aan elkander zijn gelascht; de laschplaten komen aan weerszijden voor en zijn dik elk 1 centimeter. De ijzerdikte van den boog en zijne ribben bedraagt $2\frac{1}{2}$ centimeter. De kolommen zijn van kapiteel voorzien dat langs den koppelbalk over den boog doorgaat. — De bovenbouw van den viaduct is van onder door ijzeren platen waterdicht bewerkt; het water daarvan wordt door de ijzeren kolommen en verder door het metselwerk naar het riool afgevoerd. Zulke inrichting, die zoo gemakkelijk gelegenheid geeft tot verstopping, en waarbij lekken niet spoedig zichtbaar zijn en bezwaarlijk kunnen worden gedicht, is niet tot navolging aan te prijzen. Beter is 't de afwatering door een afzonderlijke pijp van buiten langs de kolom, zoo noodig in een sponning aangebracht, te laten plaats hebben. De boog heeft wellicht te veel het karakter van te moeten dragen. Consoles kennelijk aangebracht om den koppelbalk te ondersteunen, zouden hier vermoedelijk beter op haar plaats geweest zijn. Overigens voldoet de viaduct, wat stabiliteit betreft, geheel aan de goede verwachting.

c. Pijler van den „Lyse-dal” viaduct. Deze viaduct is gelegen in den spoorweg gaande van Christiania over Frederikshald naar Zweden en meer bepaald tusschen Frederikshald en de Zweedsche grens; hij ligt in een helling van $\frac{1}{100}$; zijn geheele lengte bedraagt 182.92 M. en de hoogte der rails boven het water is 30 M. De viaduct heeft 13 openingen, namelijk 2 van 10 M., 6 van 12 M., 2 van 16 M. en 3 van 20 M. De viaduct is voor enkel spoor; hij is ontworpen en gebouwd door den ingenieur Petersson van Christiania, onder de leiding van den hoofdingenieur Pihl. Het onderstuk der pijlers is van steen, het bovenstuk van gesmeed ijzer. Het eigenaardige van deze pijlers is, dat ze zoowel van onderen als van boven om scharnieren beweegbaar zijn, waardoor ze tengevolge van de inkrimping en uitrekking van den bovenbouw bij verandering van temperatuur nagenoeg niet te lijden hebben. Hierbij dient zorg gedragen te worden tegen te groote uitwijking der pijlers in de richting van de lengte der brug.

De hoogte der pijlers verschilt van 11.16 M. tot 28.268 M., omdat de diepte van het dal onder de rails nogal veel verschil oplevert. Op pl. 33 fig. 1—5 is een der hoogste pijlers voorgesteld.

Elk bovenstuk van een pijler bestaat uit twee stijlen van gesmeed ijzer, die behoorlijk door gordingen en kruisen aan elkander gekoppeld zijn, ieder stijl is een vakwerk hebbende in dwarsdoorsnede een $1-1$. Daar waar horizontale verbanden van den eenen stijl naar den anderen zijn aangebracht, bestaat het binnengedeelte van elken stijl uit een volle plaat dik 2 centimeter; overigens zijn tusschen de randen staven van 10 bij 2 centimeter aangebracht; de randen bestaan elk uit twee platen, breed 30 centimeter, te zamen dik 3 à 2,5 centimeter en hoekijzers van $12 \times 12 \times 1.5$ centimeter. De breedte van elken stijl is van onder 0.60 M., op 11.17 M. hooger 1.06 M. en van boven 0.444 M. Het horizontaal verband van twee stijlen bestaat van boven uit twee dwarsliggers, elk met een volle middelrib dik 1.5 centimeter en een boven en onder hoekijzer van $7 \times 7 \times 0.8$ centimeter; deze dwarsliggers zijn ongeveer hoog nabij de stijlen 0.75 M. in het midden 0.50 M.; van onder is het horizontaal verband verkregen door 4 hoekijzers van $10 \times 7.5 \times 1$ centimeter, terwijl de 3 tusschengelegen horizontale verbanden elk bestaan uit 4 hoekijzers van $7 \times 7 \times 0.8$ centimeter. De 4 hoekijzers van elk der onder- en tusschenverbanden zijn onderling vereenigd door staven driehoeksgewijze aangebracht van 7.5×1 centimeter. De verticale kruisen bestaan uit staven, van boven gerekend, in het eerste vak van 15×1.3 centimeter, in het tweede vak van 12.5×1.3 centimeter, in het derde vak van 10×1.3 centimeter, in het vierde vak van 7.5×1.3 centimeter.

d. Pijler van den viaduct over de rivier de Doube. Op Pl. 33 fig. 6—11, is een der pijlers voorgesteld van den viaduct in het dal der rivier de Doube in den spoorweg van Commentry naar Gannat tusschen Bordeaux en Lyon. Het gedeelte in ijzer van dezen viaduct heeft 6 openingen elk van 50 M. van midden tot midden der pijlers; behalve dit gedeelte zijn aan weerszijden nog eenige openingen van 10 M. en kleiner in metselwerk uitgevoerd; de viaduct is voor enkel spoor gebouwd in

1868 en 1869 onder de leiding van den heer W. Nordling, hoofdgenieur van den Orleansspoorweg. De bovenbedoelde pijler bestaat uit een gemetseld onderstuk en een ijzeren bovenstuk. Uit de teekening is vorm en constructie genoegzaam te zien.

Het ijzeren bovenstuk bestaat uit 4 gegoten ijzeren kolommen, waarvan de verschillende stukken een hoogte hebben van 5 M., die met flenzen en bouten op elkander verbonden zijn. Om voor het bovenstuk van den pijler meer stabiliteit in de richting loodrecht op de lengte der brug te bekomen, zijn de kolommen of stijlen voorzien van schoren, die hun steun op het gemetseld voetstuk vinden; bovendien is er nog een kolom in het midden van minder afmetingen. Verder zijn de kolommen onderling verbonden door koppelijzers in horizontalen en kruisen in verticalen zin aangebracht.

De geheele hoogte van het ijzeren bovenstuk is tot aan den onderkant der hoofdliggers van den bovenbouw ongeveer 57.50 M., terwijl de bovenkant der rails 62 M. boven het steenen voetstuk ligt. Een trap geeft gelegenheid om bij de verschillende deelen van het ijzeren bovenstuk te kunnen komen.

e. Pijler van de „Beelah” en „Deepdale” viaducten. De Beelah viaduct is gebouwd ongeveer $6\frac{1}{2}$ kilometer van de stad Brough in Westmoreland in den »South Durham en Lancashire” verbindingsspoorweg. De pijlers zijn gebouwd naar die van den Crumlin viaduct, welke op de volgende bladzijde beschreven zijn, maar zijn niet geheel nagevolgd. De Beelah viaduct heeft openingen van 18.29 M. en 15 pijlers van verschillende hoogten, waarvan een der hoogsten voorgesteld is op Pl. 33 fig. 12—16.

De pijler heeft 6 stijlen of cilindrische holle kolommen van gegoten ijzer, die op elke 4.572 M. hoogte met gegoten ijzeren horizontale gordingen en bovendien met horizontale en verticale kruisen van gesmeed ijzer aan elkander gekoppeld zijn.

De stijlen hebben een buitenwerksche middellijn van 0.305 M. met een ijzerdikte, verschillend van 3.2 tot 2.2 centimeter. Zij zijn op het steenen onderstuk geplaatst; de uiterste staan van onder 15.13 M. en van boven 6.76 M. midden op midden uit elkander. Met uitzondering van het voetstuk en het boveineind zijn de stukken van elken stijl 4.572 M. lang, behalve het ge-

deelte dat ze in elkander grijpen. De onderlinge verbinding geschiedt met flenzen, terwijl bij elke verbinding het bovenste stuk ter diepte van 1.6 centimeter als een mof in het onderste gaat. De flenzen en moffen zijn, ter bekoming van juiste sluitingen afgedraaid, terwijl de boutgaten geboord zijn. Ook dat gedeelte der stijlen, waar de gordingen zijn aangebracht, is afgedraaid. De voetstukken staan met een cirkelvormige plaat op het steenen onderdeel en zijn daarop met bouten bevestigd. Van boven zijn de stijlen met gegoten I ijzers, waarop de bovenbouw komt te dragen, aan elkander gekoppeld. Deze I ijzers zijn op de stijlen en onderling met schroefbouten bevestigd. Het opstellen der pijlers is met behulp van een kraan met langen arm zonder steiger gedaan. Bij het oprichten van den eersten pijler stond de kraan op het landhoofd aan de zijde van Brough; de kraan was voorzien van een verschuifbaren gewichtbak, zoodat elk door de kraan op te nemen stuk door tegenwicht in evenwicht kon gehouden worden, en door de kraan op zijn plaats kon worden gesteld. Zoodra de eerste pijler opgericht was, werden twee balken van de landhoofden tot den pijler gelegd en werd een ligger, die op twee kleine wagens geplaatst was daarover gereden; elke ligger werd daarna met behulp van de kraan op zijn plaats gebracht, door, bij het vooruitwerken van den ligger, een einde met de kraan op te houden en daarna op zijn plaats te laten dalen.

De »Deepdale» viaduct is in een boog gebouwd; overigens is hij van gelijke constructie als de Beelah viaduct.

De ingenieur van het werk was de heer Thomas Bouch. Beschrijving en gedetailleerde teekeningen vindt men in het werk van W. Humber, 3^{de} uitgave, bladz. 224, Plaat 50—55.

f. Pijlers van den Crumlin viaduct. Deze viaduct is gelegen bij Crumlin in den spoorweg van New-Port naar Hereford in Zuid-Wales; hij is ingericht voor dubbel spoor. Ter plaatse waar de viaduct gebouwd is, is het Ebbw-dal in tweeën gesplitst, waardoor de viaduct ook uit twee deelen bestaat; het eene deel heeft drie, het andere zeven openingen, welke door een rug van 48.8 M. breedte van elkander gescheiden zijn. De lengte met inbegrip van den rug bedraagt 498.4 M. De openingen zijn, van

midden tot midden der pijlers, wijd 45.72 M. De pijlers bestaan uit een fundament van metselwerk en een bovenstuk van ijzer; de hoogte der pijlers is zeer verschillend, de hoogste is van het steenen fundament tot den bovenkant der rails 61.9 M.; voor dezen pijler is het fundament 3.05 M. diep. Het muurwerk bestaat uit vol metselwerk met sterke blokken in horizontale lagen en in goed verband op de rots opgetrokken. Het ijzeren bovenstuk heeft 14 stijlen van gegoten ijzer, die in drie evenwijdige rijen geplaatst zijn, namelijk 4 in elke buitenrij en 6, waarvan 2 kopstijlen, in de middelrij, zoodat het grondvlak bestaat uit een rechthoek, waartegen aan weerszijden gelijkbeenige driehoeken sluiten. Al de buitenstijlen staan onder een helling, welke ongeveer voor de kopstijlen $\frac{1}{3.7}$ en voor de overigen $\frac{1}{2.5}$ à $\frac{1}{3.5}$ bedraagt. Nabij den onderkant der liggers vormen de buitenstijlen nagenoeg een rechthoek lang 8.53 M., breed 4.88 M. De stijlen zijn hol gegoten ijzeren cilinders bestaande, behalve de plint, uit stukken van 5.18 M. hoogte, welke van flenzen voorzien zijn van 0.37 M. middellijn, dik 0.038 M.; de verbinding der flenzen geschiedt bij elke voeg met 4 schroefbouten dik 0.025 M.; de middellijn der stijlen bedraagt 0.305 M., de ijzerdikte is voor de onderste stukken 0.025 M. en voor de bovenste 0.022 M. De hoogte der plinten voor de pijlers verschilt van 0.76 M. tot 1.52 M. De plinten zijn hol gegoten en van buiten achtkant; de ijzerdikte is 0.025 M.; zij hebben een vierkante voetplaat van 0.91 M. zijde; 4 ribben dik 0.025 M. gaan van het achtkant naar de hoeken der voetplaat, die met acht schroefbouten op de onderliggende blokken bevestigd is. Van boven is elk der plinten voorzien van versterkingsribben en een flens, die met 8 bouten aan de flens van het daarop staande stuk der stijlen bevestigd is. Alle flenzen zijn afgedraaid en er is gezorgd dat de verbindingen juist passen.

Nabij de onderlinge verbinding der stukken van de stijlen zijn horizontale gegoten ijzeren koppelbalken aangebracht, hoog nabij de plinten 0.445 M., nabij de overige stukken 0.305 M. De dwarsdoorsnede is een **I** ijzer, waarvan de boven- en onderrand 0.127 M. breed is; de ijzerdikte is 0.019 M.

De staven van de kruisverbindingen in de verticale velden tusschen de horizontale koppelbalken zijn van gesmeed ijzer,

breed 0.10 M., dik 0.019 M. De staven der kruisverbindingen in de horizontale velden zijn van gesmeed rond ijzer dik 0.051 M.

Van boven hebben de pijlers in verticale dwarsdoorsneden den vorm van een driehoek, die gekozen is in verband met de aansluiting en de oplegging van den bovenbouw van den viaduct.

De beproeving van den viaduct heeft bestaan, ingevolge de Uittreksels uit vreemde tijdschriften voor het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1859—1860 bladz. 71, in het plaatsen van zes locomotieven met tenders en wagens te zamen 380 ton wegende, boven een opening van 45.72 M. en op twee sporen, alzoo op elk spoor 190 ton of ruim 4000 kilogr. per M¹ en per spoor. De grootste belasting voor een opening op beide sporen is, volgens het »Zeitschrift für Bauwesen» 1858 bladz. 29, slechts 300 ton geweest.

Het ontwerp van den viaduct is opgemaakt door de HH. Liddell en Gordon. Met de uitvoering is men in 1853 begonnen.

De voorgaande mededeelingen zijn hoofdzakelijk ontleend aan het »Zeitschrift für Bauwesen» 1858 Bladz. 18 en volgende; de opgaven in dit Tijdschrift en die in de genoemde Uittreksels komen niet in allen deele met elkander overeen.

g. Viaduct over de Saane bij Freiburg. Deze viaduct, ook wel Grandfey-viaduct genoemd, is gebouwd in den spoorweg van Lausanne naar Freiburg en Bern; hij heeft met inbegrip van de landhoofden een lengte van 382.64 M. en is hoog 78.73 M. boven het diepste gedeelte van den bodem der rivier. Hij heeft 7 openingen, waarvan 2 eindopeningen elk 44.92 M. en de 5 middelopeningen elk 48.8 M. wijd zijn. De viaduct is voor dubbel spoor. De pijlers bestaan uit een gemetseld onderdeel en een ijzeren bovendeel. De hoogte der gemetselde onderdeelen verschilt van 21.11 tot 32.13 M., de bovenzakken ervan liggen in een horizontaal vlak. Het bovendeel der pijlers, dat tot den onderkant der liggers 43.06 M. hoogte heeft, is geheel van ijzer gebouwd en bestaat uit 12 hol gegoten ijzeren stijlen, die in horizontalen en verticalen zin gekoppeld zijn; de stijlen hebben een middellijn van 24 centimeter en de ijzerdikte ervan bedraagt 32 millimeter; de uiterste stijlen vormen een rechthoek van onder lang 10 M.,


breed 6.2 M. van boven lang 6.27 M. breed 4.28 M. en staan onder een helling van $\frac{1}{23}$ tot $\frac{1}{13}$.



De viaduct is gebouwd in de jaren 1857—1862. Nadere bijzonderheden vindt men betreffende dezen viaduct in het »Zeitschrift für Bauwesen» 1863 bladz. 170 en in de Uittreksels uit vreemde tijdschriften van het Kon. Inst. van Ingenieurs 1862—1863 bladz. 43.







h. Viaduct over de Gravine bij Castellanetta. Op Pl. 34 fig. 1—12 is een pijler voorgesteld, die gebouwd is voor den viaduct over de Gravine bij Castellanetta in de lijn Bari-Taranto, van de Italiaansche Zuiderspoorwegen. De viaduct heeft, behalve een gemetselde opening van 9.94 M. bij elk der landhoofden, twee eindopeningen elk van 47 M. en twee middelopeningen elk van 54 M., welke door tralieliggers overspannen worden, fig. 1; de viaduct is voor enkel spoor. De pijlers bestaan uit een onderdeel van metselwerk, fig. 6—8, en een bovendeel van ijzer. Boven de plint is het onderdeel 7.15 M. hoog, terwijl de plint ongeveer 5.0 M. hoogte heeft; daaronder is nog een blok metselwerk als fundeering, dat 0.30 à 0.50 M. buiten de plint uitsteekt; de plint heeft een aanleg van ongeveer 17.50 M. lengte bij 10 M. breedte; van boven is het gemetseld onderdeel lang 15 M., breed 8.10 M. De horizontale doorsnede is een rechthoek; op de hoeken zijn behakte blokken van natuurlijken steen; van binnen is metselwerk dat van spaarwelfen voorzien is; van boven is een kroonijst en een afdekking van natuurlijken steen.

Het ijzeren bovendeel, fig. 3—5 en fig. 9—12, is hoog van de steenen afdekking tot den bovenkant der rails 53.196 M. en heeft vier gegoten ijzeren stijlen, geplaatst in de hoekpunten van een rechthoek, van onder lang 12.543 M., breed 6,581 M.; de stijlen hellen, zoodat de rechthoek van boven lang 4.50 M. en breed 2.543 M. is van midden tot midden der stijlen. De stijlen zijn holle cilinders, die van 4 verticale ruggen voorzien zijn, namelijk twee kleine van 5 centimeter en twee groote van 15 centimeter breedte; zij bestaan uit stukken van verschillende hoogten; de stukken boven de plint zijn 2,958 M. hoog; vervolgens zijn ze 5.566 M. hoog en daarboven verminderen ze in hoogte tot 2,17 M. bij den bovenkant der pijlers; de middellijn

der stijlen is buitenwerks 35, binnenwerks 29 centimeter. De verschillende stukken zijn van flenzen voorzien, die door 4 schroefbouten aan elkander verbonden zijn.

De plinten zijn ook holle cilinders hoog 1 M., hebbende 4 verticale ruggen en een horizontale cilindrische voetplaat, fig. 9; twee van deze ruggen zijn van flenzen voorzien, waaraan de gegoten ijzeren koppelbalken zijn bevestigd, die tusschen de plinten op het metselwerk dragend zijn aangebracht. De dwarsdoorsnede van dezen balk is ; hij heeft bovendien 5 verticale ribben, waar tusschen zich, van de middelrib uitgaande, kruisribben bevinden.

Van boven is de verbinding der 4 stijlen verkregen, fig. 11—12: in de *breedte* der brug door een gegoten ijzeren balk, hebbende in dwarsdoorsnede , in welks middelrib vier rechthoekige gaten gespaard zijn; in de *lengte* der brug door een gesmeed ijzeren balk met een dwarsdoorsnede ; onder tegen dezen balk is een gegoten ijzeren stuk aangebracht, dat ook tot verbinding van de stijlen der pijlers dient.

De onderlinge verbinding van de stijlen tusschen de beneden en bovenverbinding, geschiedt in de verticale vlakken door gesmede  ijzers, als traliewerk, tegen de groote verticale ribben der stijlen en tegen de uitstekende ribben van de boven- en beneden koppelbalken vast te bouten. De horizontale verbinding is verkregen door beneden elke voeg of flens der stijlstukken horizontale kruisen aan te brengen, fig. 10; deze kruisen hebben den  vorm; op de einden zijn schroefbouten met platte veeren gebout; deze bouten gaan door de stijlen heen en zijn aan de buitenzijden met moeren opgesloten. Bij elk zoodanig kruis is een doorgaande dwarsverbinding ook van den  vorm tusschen de  ijzers van het traliewerk der verticale vlakken gemaakt. Daartoe zijn op elk eind van het  ijzer schroefbouten met veeren geklonken, welke bouten door de  ijzers gaan en met moeren opgesloten zijn. De kruisen en de doorgaande dwarsverbinding liggen in hetzelfde vlak en zijn op het kruispunt op een gemeenschappe-

lijke plaat gebout. De kruisijzers zijn afgebroken en de verbinding tusschen de T ijzers gaat door.

Over 't algemeen is de constructie van het ijzeren bovendeel eenvoudig en sterk.

De drie pijlers vorderden 108604 kilogr. gesmeed ijzer en 274723 kilogr. gegoten ijzer, dat over de drie pijlers als volgt verdeeld is:

Aanwijzing van de deelen.	Pijler I.		Pijler II.		Pijler III.	
	Gesmeed ijzer kilogr.	Gegoten ijzer kilogr.	Gesmeed ijzer kilogr.	Gegoten ijzer kilogr.	Gesmeed ijzer kilogr.	Gegoten ijzer kilogr.
Kop	4327	2218	4327	2218	4327	2218
Opgaand werk. . .	35082	86317	35082	86317	22999	59312
Voet	130	12041	130	12041	130	12041
Verankering	690		690		690	
Te zamen voorieder pijler	40229	100576	40229	100576	28146	73571

Een korte beschrijving met teekeningen van de brug vindt men in »Die Brücken der Gegenwart von Dr. F. Heinzerling 1874' eerste afdeeling blad. 36, terwijl meer opgaven voorkomen in het origineel werk van »Cottrau, Album des dessins d'exécutions de 36 ponts métalliques du réseau des Chemins de fer Meridionaux Italiens, 1868."

i. Brug in de vallei van de Thouet bij Thouars. Op Pl. 35 fig. 1—6 is een pijler voorgesteld van den viaduct gebouwd op 2 kilometer afstand van Thouars, ten dienste van den spoorweg van Bressuire naar Tours in de vallei van de Thouet, door den ingenieur Tyndall. Het gedeelte van den viaduct in ijzer heeft 190.08 M. lengte, terwijl nog 71 M. lengte in metselwerk is uitgevoerd, zoodat de geheele lengte 261.08 M. bedraagt; het gedeelte in ijzer heeft twee openingen, elk wijd van midden tot

midden der pijlers 51.48 M. en twee zijopeningen elk wijd 43.56 M. De rails zijn op 38.56 M. boven den laagsten waterstand der rivier gelegen.

Het onderstuk bestaat uit metselwerk en is boven den beganen grond hoog 5 M., breed gem. ongeveer 6.25 M. en heeft een lengte op den beganen grond van 14.82 M. Het heeft een voorziening van hardsteen en is met hardsteen zerken, die in een kroonlijst overgaan, afgedekt. Op het onderstuk staat het ijzeren bovenstuk, bestaande uit 6 gegoten ijzeren stijlen, waarvan de stukken lang zijn van onder 4.90 M. van boven 3.90 M. en daartusschen 4.40 M. De ijzerdikte wisselt af van 0.045 M. voor de onderste tot 0.03 M. voor de bovenste stukken. De stijlen hebben een middellijn van 0.45 M. en zijn met flenzen, die behoorlijk afgedraaid zijn, en met schroefbouten op elkander verbonden; onder elk van deze verbindingen is een oorplaat aan de stijlen met schroefbouten bevestigd, waaraan horizontale koppelijzers van den T vorm en kruisijzers van den L vorm, in verticale vlakken geplaatst, zijn gebout, Pl. 35 fig. 5. Van boven zijn de stijlen onderling vereenigd en ingesloten door middel van gesmede dubbele I ijzers, die van plaat- en L ijzer zijn samengesteld, waarop door tusschenkomst van draagbalken de kussens tot dracht van den bovenbouw zijn geplaatst.

De 6 ijzeren stijlen staan in twee rijen op een afstand, in de richting van de lengte der brug, van 4.27 M. aan de basis en 3 M. aan den top; loodrecht op de lengte der brug staan de uiterste stijlen uit elkander aan de basis 10.816 M. aan den top 7.10 M., zoodat de bovenbouw, thans voor enkel spoor en in het midden des pijlers geplaatst, Pl. 35 fig. 1, 2, voor dubbel spoor kan worden ingericht, Pl. 35 fig. 3. De geheele hoogte van het ijzeren bovenstuk is tot aan den bovenkant van de I ijzers 27.60 M. en tot den onderkant der hoofdliggers van den bovenbouw 28.60 M. Er is een ijzeren ladder aangebracht om gemakkelijk bij de verschillende deelen van dit ijzeren bovenstuk te kunnen komen.

j. Brug over de Sitter bij St. Gallen in Zwitserland. Deze brug is gebouwd in de jaren 1853—1856 door den ingenieur Etzel in den St. Gallenschen spoorweg; de pijlers en de brug zijn

voor enkel spoor; de opening, die de rivier overspant is van boven 38.4 M. wijd.

Het onderstuk der pijlers is achtkant en van steen; het bovenstuk bestaat in 't algemeen uit gegoten ijzeren ramen met open paneelen, Pl. 35 fig. 7—11. Het inwendige des pijlers is eigenlijk een rechthoek, waartegen in de richting der lengte en breedte schoren steunen, om zijdelingsche uitwijking te voorkomen; de ramen zijn hoog 1.80 M. met schroefbouten aan elkander bevestigd en van horizontale kruisen voorzien; zij rusten op een fundatieplaat van gegoten ijzer; deze plaat is met zware bouten op het steenen onderstuk bevestigd. Het ijzeren bovendeel van de hoogste pijlers der Sitterbrug is 47.19 M. hoog, terwijl de hoogte van den gemiddelden waterstand tot de rails 62.43 M. bedraagt. Op de details, fig. 9—11, zijn meer afmetingen gegeven.

k. Draaibrug tegenover de Oosterdoksuis te Amsterdam. Op Pl. 35 fig. 12—15 is de tusschenpijler voorgesteld der draaibrug gelegen tegenover de Oosterdoksuis te Amsterdam; de brug bestaat uit een draaibrug en twee vaste zijopeningen; de openingen zijn: van de draaibrug 2×21 M. 42 M.
van de twee vaste zijopeningen 2×27 M. 54 »
de gezamenlijke dikte der tusschenpijlers bedraagt 2×4.50 M. 9 »
de dikte van den middelpijler is 5 »
Te zamen wijdte van landhoofd tot landhoofd. . . . 110 M.

De bodem was gelegen bij een tusschenpijler van AP tot 1.85 M — AP; bij den anderen tusschenpijler van 3.35 M. tot 4.60 M. — AP; bij den middelpijler van 4.45 M. tot 5.80 M. — AP. De gewone waterspiegel wordt aangenomen te zijn 0.50 M. — AP.

Al de pijlers bestaan uit een steenen onderstuk, waarin op 4 M. — AP een gegoten ijzeren wand staat, welke van binnen is volgemetseld. Bij den middelpijler gaat die wand tot de volle hoogte des pijlers, zijnde 2.00 M. + AP en bij de tusschenpijlers gaat hij slechts tot 1.70 M. + AP; daarboven zijn deze pijlers met hardsteen en metselwerk tot 5.35 M. + AP opgetrokken. De pijlers hebben betonfundeeringen op heipalen omsloten met dampalen. De hoofdafmetingen zijn:

Buitenwerksche lengte van den betonkoffer van den middelpijler	9.60 M.
Buitenwerksche breedte van idem	7.00 »
Buitenwerksche lengte van den betonkoffer van de tusschenpijlers	15.90 »
Buitenwerksche breedte van idem	6.50 »
Buitenwerksche lengte van den ijzeren koffer van den middelpijler	6.50 »
Buitenwerksche breedte van idem	5.00 »
Buitenwerksche lengte van den ijzeren koffer der tusschenpijlers	13.38 »
Buitenwerksche breedte van idem	4.50 »

De ijzeren koffers zijn in het midden recht en aan de-koppen halfcirkelvormig afgerond.

Diepte van de punt der heipalen ongeveer 19,5 à 20 M. — AP.	
» » » » » tusschendampalen	12 » — »
» » » » » hoek »	14 » — »
Onderkant van het beton	8.50 » — »
Koppen der afgezaagde heipalen	7.50 » — »
Diepte, waartoe de koppen der palen ge- heid zijn	4.00 » — »
Koppen der afgezaagde dampalen	3.00 » — »
Diepte, waartoe de koppen der dampalen ge- heid zijn	0.00 » — »
Bovenkant van het beton	3.00 à 2.80 » — »

Verdere afmetingen :

Omtrek der heipalen op 1 M. van den kop	0.85 M.
» » » » » aan de punt nagenoeg	0.40 »
Dwarsafmetingen der tusschendampalen	0.25 bij 0.29 »
» » » » » hoek »	0.35 » 0.35 »

De dampalen zijn van messing en groef diep 4 centimeter voorzien. Het gebruikte beton bestaat uit 3 deelen Portland-cement, 8 deelen zand en 10 deelen stukgeslagen hard gebakken steen, waarvan de stukken niet grooter dan een hoenderei.

Voor de tusschenpijlers bestaat het metselwerk van 3 M. — AP tot 1.70 M + AP uit hardgrauw, en daarboven tot de volle hoogte aan de dagzijde ten deele uit hardsteen en ten deele uit vlakke

klinkers, inwendig ook uit hardgrauw; de afdekking is geschied met hardsteen en rollaag. De middelpijler bestaat uit hardgrauw, afgedekt met een rollaag van vlakke klinkers.

De metselspecie bestaat uit 1 deel Portland-cement en 3 deelen grof rivierzand.

Het beton en de metselspecie moesten binnen 2 uur na bereiding verwerkt zijn, anders werden ze afgekeurd. De hardsteen is op zijn groefleger geplaatst, de blokken zijn uitwendig gebouchardeerd en hebben een rand frijnslag van 5 centim. breedte; de ankers, doken enz. zijn met een mengsel van zwavel en fijn zuiver zand vastgegoten.

De dikte der gegoten ijzeren koffers is 2.6 centimeter; de platen zijn van flenzen voorzien en met schroefbouten aan elkander bevestigd.

Bovenstaande beschrijving en mededeelingen zijn overgenomen uit Bestek N^o. 535 der Staatsspoorwegen; de onderbouw der brug is gebouwd in de jaren 1873—1875, onder leiding en toezicht van den hoofdingenieur van Prehn en onder toezicht van den heer A. L. van Gendt als sectie-ingenieur en den heer J. van Asperen als bouw- en werktuigkundige.

FUNDEERINGEN MET BEHULP VAN SAMENGEPERSTE LUCHT.

§ 106. *Algemeene mededeelingen.* Het gebruik van samengeperste lucht bij fundeeringen heeft ten doel het water uit een ruimte te verwijderen, om de werklieden gelegenheid te geven daar ontgravingen te doen en later de materialen aan te voeren en te verwerken, die tot de fundeering van het te maken werk noodig zijn.

In een memorie over fundeeringen met samengeperste lucht van den Ingenieur Malézieux, voorkomende in de «Annales des Ponts et Chaussées» van 1874 wordt gezegd, dat Denys Papin, in 1647 te Blois geboren, reeds het denkbeeld geopperd had om samengeperste lucht te gebruiken tot het bouwen onder water in een ingedompelde klok, waarin lucht aanhoudend zou vernieuwd worden.

In 1778 stelde Coulomb een soort duikerklok voor, waarin

lucht zou worden geperst en die in het midden van een schip geplaatst was, tot verwijdering der rotsen uit het Seinebed bij Quilleboeuf; deze inrichting werd door Coulomb «bateau à air» genoemd en is door de «Académie des sciences» in 1779 goedgekeurd geworden, maar schijnt, ingevolge een memorie van den ingenieur de la Gournerie over de verwijdering der rotsen van de haven van Croisic in het Departement der Loire, niet te zijn uitgevoerd; deze memorie is opgenomen in de 2^{de} Serie van de «Annales des Ponts et Chaussées» van Mei en Juni 1848. In 1839 werd een wet aangenomen waarbij vastgesteld was, dat uit de haven van Croisic ongeveer 2200 M³ rots moesten verwijderd worden. Daartoe ontwierp de ingenieur de la Gournerie een soortgelijke inrichting als Coulomb, doch zeer gewijzigd; zij werd uitgevoerd en in 1846 werden daarmede, met behulp van samengeperste lucht verwijderd 200 M³ rots gelegen op 4 M. onder den gemiddelden waterstand der haven.

Volgens Morandièrre werd de heer Triger in 1839 belast met het maken van een put op een eiland in de Loire voor de mijnen nabij Chalennes; de hoogte der waterhoudende zandlagen, die de rots bedekten bedroeg 20 M. Triger gebruikte daartoe in 1840 of 1841 een cilinder van plaatijzer van 1.03 M. middellijn; de arbeiders werden in de gelegenheid gesteld om de ontgravingen in het droge te doen, omdat het water door samengeperste lucht uit den cilinder verwijderd werd; de cilinder werd op die wijze tot de rots gezonken. Een opstel betreffende de wijze van werken werd in 1841 aan de «Académie des sciences» aangeboden. In 1845 gaf de heer Triger aan de Academie verslag over het zinken van een cilinder van 1.80 M. middellijn en toonde daarbij aan dat het werken met samengeperste lucht ook bij den bouw van brugpijlers zeer goed toe te passen zou zijn. Van dat denkbeeld werd voor fundeeringen van bruggen in 1851 door de ingenieurs Hughes en Cubitt het eerst gebruik gemaakt bij de brug over de Medway te Rochester, 44 kilometer ten oosten van Londen gelegen. Na dien tijd zijn een tal van bruggen in verschillende landen met behulp van samengeperste lucht, min of meer volledig toegepast, gefundeerd, onder andere tot 1860 de volgende:

in 1850—52 de brug over de rivier de Wye te Chepstow;

in 1854—1855 de «Royal Albert bridge» over de rivier de Tamar te Saltash, beiden door den ingenieur Brunel;

in 1855 de brug over de rivier «Great Pee Dee» in Zuid-Carolina in den spoorweg van Wilmington naar Columbia en Augusta;

in 1855 de brug over de Saône te Mâcon;

in 1857 de brug over de Theiss te Szegedin door den ingenieur Cézanne;

in 1857—1858 de brug bij Moulins en in 1858—1859 de brug bij St. Germain des fossés, beiden over de Allier;

in 1859 de brug over de Garonne te Bordeaux;

in 1859 de brug over de Niemen bij Kowno door Cézanne;

in 1859 de brug over den Rijn bij Kehl door den ingenieur Fleur Saint-Denis en den aannemer Castor, met raadgevingen van den hoofdingenieur Vuigner en den inspecteur-generaal Mary;

in 1859—1860 de brug over de rivier Santee, in zuidelijk Carolina, in den «North Eastern railway»;

in 1859—1860 de brug over de rivier Savannah in den spoorweg van Charleston naar Savannah, door generaal Smith.

Na 1859 of na de uitvoering der brug te Kehl, waarbij het werken met behulp van samengeperste lucht grootere volmaaktheid verkreeg, is het bouwen met behulp van samengeperste lucht in vele landen van Europa zeer uitgebreid.

De wijze van werken heeft bij onderscheidene bruggen achtervolgens eenige verandering en verbetering ondergaan.

Er zijn hoofdzakelijk drie systemen te onderscheiden:

1°. Het systeem met werkkamer.

2°. Het tubulair systeem.

3°. Het kloksysteem.

Het eerste systeem is het jongste, tevens het meest volmaakte en is in de laatste jaren menigvuldig toegepast; daarbij vormt de werkkamer in den regel den geheelen grondslag des pijlers; zij is almede het voornamelijk deel om de fundeering te kunnen maken en blijft er onafscheidelijk mede verbonden.

Het tweede systeem is langer in gebruik; hierbij bestaat de pijler uit een, twee of meer cilinders, die gezonken worden; gewoonlijk is in de binnenruimte geen opzettelijke scheiding

aangebracht tot verkrijging eener afzonderlijke werkkamer, hoewel dit ook zou kunnen geschieden.

Het derde systeem is wellicht het oudste voor het werken onder water. Met behulp der klok kan een pijler opgebouwd worden en wanneer hij tot boven water is opgewerkt, kan dezelfde klok weder tot het bouwen van een anderen pijler dienst doen.

Fundeeringen, welke met behulp van samengeperste lucht zijn uitgevoerd, worden ook wel in 't algemeen *pneumatische fundeeringen* genoemd.

§ 107. Korte omschrijving van het stelsel met werkkamer. Op Pl. 36 fig. 1—9 is de inrichting voorgesteld van den bouw der pijlers met samengeperste lucht van de spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam; deze inrichting geeft een tamelijk volledig algemeen overzicht van hetgeen bij het stelsel met werkkamer te pas komt. Zij bestaat uit:

- A. Werkkamer met mantel.
- B. Schachten en ladders.
- C. Luchtsluizen.
- D. Luchtbuizen of luchtleidingen.
- E. Luchtpompen.
- F. Stoomwerktuig.
- G. Waterbuizen of waterleidingen.
- H. Perspompen.
- I. Accumulateur.
- K. Hydraulisch toestel en raderwerk met kettingen, emmers, enz.
- L. Benedensteiger.
- M. Plankenvloer op den benedensteiger.
- N. Bovensteiger.
- O. Vloer om de luchtsluizen.

Ter plaatse waar de pijler gebouwd moet worden, laat men de werkkamer — meestal reeds ten deele voorzien van mantel — met de schachten, die aan de werkkamer verbonden zijn, zinken.

In de werkkamer wordt lucht aangevoerd; daartoe brengt het stoomwerktuig de luchtpompen in beweging, die de lucht door de luchtbuizen in de luchtsluizen persen, vanwaar de lucht door de schachten in de werkkamer komt; daardoor verwijdert zich het

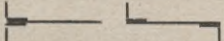
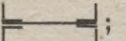
aanwezige water, zoodat de grond tamelijk droog komt; door den opwaartschen druk van de lucht wordt het te diep doorzakken der werkkamer gematigd of tegengegaan. Het zakken der werkkamer geschiedt veelal met behulp van takels en kabels of met staven schroeven en moeren. Wordt de werkkamer te water tusschen twee schepen aangevoerd, dan is er soms reeds lucht ingeperst, om ze gemakkelijk drijvend te houden; in dit laatste geval laat men bij het zinken de lucht ten deele af, maar dan is het toch meestal noodig dat de werkkamer opgehangen is, om ze te besturen en ze dus ter juister plaats te laten zinken; daar waar men, niettegenstaande den tegendruk der lucht, toch voor te diep of onregelmatig zakken vreest, wordt de werkkamer aan kettingen en schroeven in moeren opgehangen gehouden, tot zij tot zekere diepte in den bodem gezonken is.

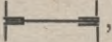
De meest volmaakte luchtsluizen zijn tegenwoordig veelal voorzien van voorportaal en twee deuren; het voorportaal kan in gemeenschap zijn met de buitenlucht, terwijl in de luchtsluis samengeperste lucht aanwezig is. De arbeiders gaan dan in het voorportaal en sluiten de buitendeur; door een kraan kan samengeperste lucht langzaam in het voorportaal worden toegelaten, totdat de druk hierin en in de luchtsluis gelijk is; hierna kan de deur tusschen het voorportaal en de luchtsluis geopend worden en kunnen de arbeiders zich met ladders of trappen, die in de schachten geplaatst zijn, in de werkkamer begeven, of wel de arbeiders worden in bakken neergelaten. Zij graven den grond uit, die daarna wordt verwijderd om de werkkamer met water op is te laten zakken. Tijdens het zakken wordt boven de werkkamer de pijler met beton of metselwerk opgewerkt, terwijl de mantel steeds verhoogd wordt, om voldoende boven water te blijven uitsteken. Is de werkkamer tot genoegzame diepte gekomen, dan wordt de grond geëffend, de werkkamer geheel met beton gevuld en de schachten worden daarmee ook gevuld tot de hoogte, waarop het metselwerk dan is opgetrokken. Verder wordt de mantel zoo laag mogelijk onder water afgebroken, de pijler opgemetseld en afgewerkt.

§ 108. **Behandeling van de verschillende deelen van het stelsel.** Thans zal overgegaan worden tot de behandeling van de verschillende deelen, waarbij in hoofdzaak de hier te lande gevolgde wijze van werken tot grondslag zal worden genomen, en tot begrip der zaak veeltijds naar de inrichting der fundeering met samengeperste lucht van de spoorwegbrug over de Maas te Rotterdam zal worden verwezen.

A. **Werkkamer en mantel.** Op Pl. 37 fig. 1—15 is de werkkamer met mantel der spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam voorgesteld. De werkkamer is tegenwoordig gewoonlijk een gesmeed ijzeren koffer, langwerpig van vorm met halfcirkelvormige afrondingen. De binnenwerksche hoogten der werkkamers in 't algemeen verschillen van 2 M. tot ongeveer 5 M.; veelal is de hoogte ongeveer 3 M., de grootte van het grondvlak der kamer regelt zich naar den druk, die door de brug en den pijler op den ondergrond kan worden uitgeoefend en naar den weerstand, dien de ondergrond biedt; daarbij moet gezorgd worden voor de noodige stabiliteit van het fundament des pijlers; van boven is de werkkamer gesloten, terwijl zij van onder open is. De werkkamer moet in staat zijn haar eigen gewicht, dat der luchtkamers en schachten, alsmede het metselwerk of het beton te dragen, dat tijdens het zinken er op wordt aangebracht; hierbij kan de werkkamer soms merkelyk van den verticalen stand afwijken; tevens moet zij instaat zijn den zijdelingschen druk te weerstaan, die door het water of den grond erop wordt uitgeoefend, waarbij valt op te merken dat wel is waar de werkkamer van binnen met samengeperste lucht is gevuld, die het gewicht van het metselwerk of het beton, alsmede den zijdelingschen druk van den grond tegenwerkt; maar dat hierop niet mag gerekend worden, omdat het licht kan gebeuren, dat door het een of ander toeval de luchtdruk moet ophouden, zoodat zich dan de werkkamer met water vult. De zijwanden en de zolder moeten dus stevig geconstrueerd worden om geen vervorming van eenig belang te ondergaan. De constructie wordt verkregen door plaat-, hoek- en \perp ijzer.

De verbindingen van de platen der zijwanden geschieden zooals voor de ijzeren koffers § 73 bladz. 167 is meegedeeld, maar

de verticale en horizontale versterkingen moeten veel belangrijker voor de werkkamers dan voor de koffers zijn. De platen der zijwanden verschillen in dikte van onder van 0.8 à 1.5 centimeter, van boven van 0.6 à 1.3 centimeter, maar zijn veelal dik van onder 1 à 1.3 centimeter, van boven 0.8 à 1.2 centimeter en hoog veelal ongeveer 0.75 à 1.10 M. Van onder zijn gewoonlijk eenige platen op elkander geklonken om een verbreed en stijven rand te vormen. De verticale versterkingen hebben soms tot dwarsnede  of ; zij bestaan in dat geval uit een middelrib dik 0.6 à 1.2 centimeter, die aan een einde door hoekijzers van ongeveer $7.6 \times 7.6 \times 0.8$ centimeter à $10 \times 10 \times 1$ centimeter aan den verticalen wand bevestigd zijn, terwijl aan het andere eind tot verstijving soms ook nog zulke hoekijzers zijn aangebracht. Deze verticalen staan in de afrondingen gewoonlijk op 0.50 tot 0.80 M., maar soms ook verder uit elkander en hebben daar veelal een middelrib van 0.40 à 0.70 M. breedte; in de rechte gedeelten is hun onderlinge afstand ongeveer 0.60 tot 0.90 M. en kan de breedte der middelrib veelal 0.50 tot 0.90 M. zijn. Zij kunnen van onder tot boven in één stuk doorgaan, maar kunnen ook door de horizontale versterkingen worden afgebroken; zulke versterkingen zijn horizontale hoepels en hebben soortgelijke dwarsdoorsneden als de verticalen; zij zijn ook dikwijls op onderlinge afstanden van ongeveer 0.75 à 1.10 M. geplaatst, met hoekijzers aan den buitenwand en aan de verticalen verbonden; de dikte der middelribben en de afmetingen der hoekijzers kunnen ongeveer gelijk zijn aan die der verticalen.

De zolder bestaat in hoofdzaak uit dwarsliggers, langsliggers en top- of zolderplaten. De dwarsliggers hebben een dwarsdoorsnede van , liggen altijd boven een verticaal op ongeveer 1.50 à 2.00 M. onderlingen afstand en zijn hoog veelal 0.40 à 1.00 M.; de middelrib is dik 0.8 à 1.2 centimeter, terwijl de hoekijzers afmetingen van $7 \times 7 \times 1$ à $10 \times 10 \times 1$ centimeter bekomen. De zolderplaten, veelal 0.8 à 1.2 centimeter, worden soms boven over de dwarsliggers en soms onder tegen de dwarsliggers bevestigd. In het eerste geval gaan de langsliggers meestal over

de zolderplaten en worden met bouten, die door deze platen gaan, met de onderliggende dwarsliggers verbonden. In het tweede geval liggen de langsliggers tusschen de dwarsliggers en zijn aan deze door hoekijzers en bouten bevestigd; hun ondervlak komt gelijk met dat der dwarsliggers en daartegen worden de zolderplaten ook vastgebout; in het eerste geval verkrijgt men rechthoekige cellen boven in de werkkamer, welke groot bezwaar veroorzaken voor het regelmatig goed vullen der werkkamer met beton; dit bezwaar vervalt bij het aanbrengen der zolderplaten onder tegen de dwarsliggers, zoodat deze wijze van werken het verkieslijkst is voor de dichtheid en tevens voor de goede vulling der werkkamer; waar de platen niet op de dwars- of langsliggers worden gelascht, komen op de voegen laschplaten of strippen te liggen ter breedte van ongeveer 12 centimeter, die aan de te lasschen platen worden vastgeklonken. Ook worden wel op de randen van de dwarsliggers \perp ijzers bevestigd, die als tusschenliggers dienen, waarop de zolderplaten tot hun steun geklonken zijn.

Tot ondersteuning der dwarsliggers worden schoren — een of twee stel — van de dwarsliggers naar de verticalen der zijwanden aangebracht, hebbende gewoonlijk tot dwarsdoorsnede



, bestaande uit platen dik 0.8 à 1.2 centimeter

en hoekijzers van ongeveer $7.6 \times 7.6 \times 1$ à $10 \times 10 \times 1$ centimeter. Het onderste stel schoren wordt van ankers voorzien, hebbende een soortgelijke dwarsdoorsnede en ook van ongeveer gelijke afmetingen als die der schoren, zoodat hierdoor de zijwanden tegen uit elkander wijken of elkander naderen, worden gevrijwaard. Ook heeft men wel houten ankers gebruikt, welke met behulp van beugels aan de verstijvingen bevestigd waren.

Veeltijds worden de werkkamers langs de zijwanden van een gemetselde voering voorzien van ondervoetklinkers of hardgrauw in Portlant-cement-mortel of sterk tras ter dikte van 1 tot 3 steen, waartoe de horizontale versterkingen goede gelegenheid geven; deze gemetselde voering steunt den buitenwand en brengt het zwaartepunt van werkkamer en mantel lager, dat voor de stabiliteit gewenscht is.

De mantel is, als 't ware, een verhooging van de zijwanden der werkkamer boven den zolder en wordt zoo hoog gehouden, dat hij steeds tijdens het zinken der werkkamer boven water blijft, want tijdens de werkkamer zinkt, wordt de pijler daarboven en dus binnen den mantel opgebouwd en dit geschiedt veelal in het droge; bij een aanvankelijk grootere waterdiepte dan de hoogte der werkkamer of later bij plotseling diepzakken der werkkamer zou het kunnen gebeuren dat het beton of het metselwerk onder water geraakte, indien er geen mantel ware, en om dat te voorkomen dient de mantel. Hij is dus hoofdzakelijk een veiligheidsmiddel. Wanneer de werkkamer tot voldoende diepte gezonken en aangevuld is, wordt de mantel boven water afgebroken en ook onder water, zoo ver men dit redelijk kan, en het metselwerk of het beton niet tegen den mantel aansluit; die aansluiting is afhankelijk van de bestaande diepte en van de breedten, die men aan den pijler op verschillende hoogten wenscht te geven. Over 't algemeen is een hooge aansluiting aan te bevelen. Niet overal evenwel is de mantel zoodanig toegepast; somtijds strekt hij alleen om het beton of het metselwerk na het zinken der werkkamer boven water te brengen en dan wordt het metselwerk zelve steeds boven water gehouden, hoewel dit laatste in 't algemeen minder veilig is, heeft men er toch zeer goede resultaten mede bekomen. In zoodanige gevallen is 't zeer aan te raden mantel en werkkamer aan schroeven op te hangen, totdat de gewenschte stand zooveel doenlijk verzekerd is.

De mantel bestaat uit platen en hoekijzers. De wandplaten, veelal dik 0.5 à 1.0 centimeter, zijn ongeveer hoog 1 M. en worden veeltijds over elkander geklonken, soms ook wel met laschplaten en bouten aan elkander bevestigd; van binnen zijn bij of op de horizontale naden, horizontale hoekijzers aangebracht van $7 \times 7 \times 1$ à $10 \times 10 \times 1$ centimeter. De mantel kan slechts een geringen waterdruk van buiten naar binnen verdragen, tot versterking worden de evenwijdige wanden met tijdelijke koppelhouten of ankers, welke van ijzeren haken voorzien zijn, aan elkander verbonden, ook worden de koppen van den mantel tegen indrukken met zulke houten verzekerd; de

houten worden, bij het opwerken der pijlers met metselwerk of beton, achtereenvolgens weggenomen; zoo noodig wordt dan de mantel tegen het metselwerk met houten stempels gestut.

B. Schachten. Op Pl. 36 fig. 1, 4, 6—8 en Pl. 38 fig. 2, zijn de schachten te zien van de fundeering der spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam. De schachten zijn in 't algemeen cilinders hoofdzakelijk van plaatijzer, de inwendige middellijn is 0,80 à 1,05 M., maar veelal 0,90 à 1,00 M.; de platen hebben een hoogte van ruim 1 M. en een dikte van 5 à 8 millimeter; ze worden veelal over elkander geklonken om de andere een binnen en een buiten; ongeveer op elke 5 M. hoogte is de cilinder voorzien van een kraag van twee hoekijzers; de schachten worden met rondgaande hoekijzers op de zolderplaten goed dicht geklonken. Het aantal schachten is gewoonlijk voor elke werkkamer 2 of 4; zij staan in de lengte as en wanneer er 4 zijn, zooals bij de beste inrichtingen zijn toegepast, dan staan ze twee aan twee bij elkander. De schachten dienen om de lucht van de luchtsluizen toegang te geven naar de werkkamer, voor de communicatie van de arbeiders, voor het naar boven brengen van uitgewerkte stoffen en voor het naar beneden brengen van beton of andere bouwmaterialen.

C. Luchtsluizen. De luchtsluizen, Pl. 38 fig. 1, 2 en Pl. 39 fig. 1, worden op de schachten bevestigd, die na 5 à 10 M. gezakt te zijn, verhoogd worden, om de luchtsluizen steeds boven water te houden. Zij dienen om menschen en andere voorwerpen gelegenheid te geven om van de buitenlucht in de samengeperste lucht te komen en omgekeerd. Gewoonlijk bestaan de luchtsluizen hoofdzakelijk uit gesmeed ijzer, dat te verkiezen is boven gegoten ijzer, waarvan ze ook wel gemaakt zijn. De meest volmaakte luchtsluizen bestaan, zooals reeds gemeld is, uit een voorportaal of schutkamer tot het in- en uitlaten van menschen, uit een middelkamer, waaraan twee verticale zijkokers verbonden zijn tot het inlaten van bouwstoffen en uit een hellenden of uitlaatkoker tot het uitlaten van uit de werkkamer opgehaalde stoffen. De middelkamer staat op de schachten en is aan deze stevig verbonden.

De schutkamer, nagenoeg cilindrisch van 1.4 M. middellijn, bestaat uit platen, die over elkander geklonken en versterkt zijn door 4

ringen van hoekijzers; van boven en van onder is de schutkamer door horizontale top- en bodemplaten gesloten, die door 6 hoekijzers, 3 binnen en 3 buiten, kruiselings over elkander geklonken, verzekerd zijn; op de binnenhoekijzers van den bodem ligt een houten vloer.

De schutkamer is voorzien van twee deuren **a** en **b**, waarvan de een toegang geeft tot de buitenlucht en de ander tot de middelkamer; deze deuren zijn van gegoten ijzer en van caoutchouc sluiting voorzien; zij zijn afgehangen aan hengsels, die draaibaar zijn om bouten, daartoe aan de wanden van het voorportaal of van de middelkamer aangebracht en tevens om bouten, welke zich aan het midden der deuren zelve bevinden; om deze laatste bouten kan de deur een kleine beweging maken onafhankelijk van die om de bouten bij de wanden; hierdoor kan de deur vlak tegen de aanslagen sluiten, waardoor eene ongelijke slijting van de caoutchouc aanslagen voorkomen wordt. De schutkamer is van glazen ramen **c** voorzien, om het noodige licht door te laten en over deze glazen ramen zijn kruisijzers aangebracht om het breken te voorkomen.

De middelkamer is ook nagenoeg cilindrisch en heeft ongeveer 2.20 M. middellijn; de wanden zijn in hoofdzaak op dezelfde wijze geconstrueerd als die van de schutkamer; van boven is zij ten deele horizontaal en ten deele met een kap afgedekt; hoekijzers versterken beiden. De bodem der middelkamer bestaat uit horizontale platen, bevestigd op hoekijzers en stevige liggers. In de bodemplaten komt, behalve de reeds gemelde schachten, ook de hellende of uitlaatkoker uit. Tot het bekomen van licht is de middelkamer van lichtramen **g** voorzien. De betonkokers, wijd 0.50 bij 0.60 M., zijn buiten tegen de middelkamer met hoekijzers bevestigd; van onder zijn ze door een plaat gesloten, die op een kraag van hoekijzer bevestigd is; bij den zijwand van de middelkamer is voor elken betonkoker een deur **u** aangebracht, om gemeenschap tusschen de betonkokers en de middelkamer te bekomen. Van boven is de betonkoker ook van een ijzeren kraag en een deur **t** voorzien. De deuren der betonkokers zijn op soortgelijke wijze afgehangen als die van de schutkamers en hebben ook caoutchouc sluitingen. De uitlaatkoker, wijd 0.50 M., is cilindrisch en van gegoten ijzer; hij

rust met een flens op den bodem der middelkamer; van boven komt hij uit in het midden der middelkamer en kan daar gesloten worden met een verticaal draaiende deur of klep **K** van gegoten ijzer; van onder komt hij uit onder den bodem der middelkamer en gaat door tot onder den zijwand daarvan, waar hij met een verticaal draaiende deur **L** kan gesloten worden; de bovenste deur wordt door de samengeperste lucht dicht gedrukt; de onderste kan door deze lucht worden opgedrukt; hare sluiting heeft daarom met een schroef plaats. Nabij het bovineind des uitlaatkokers is een kraan **O**, die een afvoerbuis **P** tot buiten de middelkamer heeft; door het openen van deze kraan kan de samengeperste lucht na sluiting der bovendeur, worden afgetapt. Op de bovenste deur bevindt zich een kraan **Q**, waardoor de samengeperste lucht, na sluiting der onderste deur, in den uitlaatkoker kan worden toegelaten. De bovenste deur wordt, in zekeren stand geopend zijnde, door een gewicht **m** tegengehouden, dat aan een touw of ketting bevestigd is, die over een rad of schijf loopt, welke boven in de middelkamer is aangebracht.

D. Luchtbuizen. De luchtbuizen of leidingen tot aanvoer der lucht van de pompen naar de schutsluizen zijn op Pl. 36 fig. 1, 2, 4, aangegeven. Zij zijn van geledingen voorzien, om het dalen der luchtsluizen te kunnen volgen; deze buizen zijn van getrokken ijzer en hebben een binnenwerksche middellijn van 0.075 M.

E. Luchtpompen. De luchtpompen, Pl. 36 fig. 2, zijn in bakken geplaatst, die met koud water worden gevuld gehouden, om de samengeperste lucht af te koelen. Het water voor die bakken, werd te Rotterdam met een afzonderlijke gewone pomp, die door de locomobile in beweging werd gebracht, eerst in een reservoir gepompt, van waar het naar de bakken afliep.

F. Stoomwerktuigen. Veelal gebruikt men hiertoe twee locomobiles, alzoo stoomwerktuigen van hooge drukking; zij dienen om de lucht- en perspompen in beweging te stellen en moeten eigenlijk zoo krachtig zijn, dat zij elk afzonderlijk het maximum van het te verrichten werk kunnen doen.

G. Waterbuizen. De waterbuizen of leidingen dienen om het water van de pompen naar den accumulateur en verder naar het

hydraulisch toestel te voeren. Zij zijn verder overeenkomstig de luchtbuizen.

H. **Perspomp**. Deze dienen om het water, dat van de koudwaterbakken der luchtpompen afvloeit, te persen naar den accumulator.

I. **Accumulateur**. Pl. 36 fig. 2 en Pl. 39 fig. 2—6. Deze dient om den waterdruk steeds ongeveer constant te houden; hij bestaat uit een vaste verticale buis **b** van boven open, waarom waterdicht sluitend gehangen is een andere beweegbare buis **E** van boven gesloten; aan deze laatste is een houten bak **d** opgehangen en bezwaard met een gewicht dat te Rotterdam 10000 kilogr. bedroeg. Deze buis met bak kan rijzen en dalen en om hierbij juist in het verlengde der onderste buis te blijven, heeft de bak tot geleiders vier houten stijlen, die van onder op een houten raam staan en van boven door bintbalken vereenigd zijn.

Wanneer meer water opgepompt, dan verbruikt wordt, rijst de bovenste buis met bak; wordt minder water opgepompt dan verbruikt wordt, dan daalt die buis met bak. Te Rotterdam hield de accumulator het water onder een druk van ongeveer 20 atmosfeer. Om het te hoog stijgen der bovenste buis te beletten is beneden aan de waterleiding een kraan **k** gesteld voorzien van een verticale stang **f**, waarop een bus **g** is geschroefd; een oog **e** aan den bak bevestigd, grijpt om de stang; wanneer nu de bak met de bovenste buis te hoog wil stijgen dan stoot de oog van den bak tegen de bus, die aan de stang is geschroefd; hierdoor wordt de stang omhoog getrokken en de kraan geopend, om het water te laten uitstroomen inplaats van de buis met bak te doen rijzen.

K. **Hydraulisch toestel, raderwerk met kettingen, emmers enz.** Het hydraulisch toestel, Pl. 39 fig. 7—13, is een inrichting om het raderwerk in beweging te stellen, dat, met behulp van kettingen en emmers, tot het ophalen van uitgegraven stoffen uit de werkkamer gebruikt wordt. De geheele inrichting bestaat uit een vasten zuiger **h** of horizontale schijf met vaste holle zuigerstang **e**; om de schijf en de stang kan zich een cilinder **g** bewegen, waaraan twee heugels **i** zijn bevestigd, die op twee rondsels **k** werken, welke op een gemeenschappelijke as **l** zijn ge-

steld. Op deze as is een rad **m** aangebracht dat van boven op een rondsel **n** werkt; de as **o** van dit laatste rondsel gaat luchtdicht door de wanden der middelkamer, zij is in deze kamer opgehangen en daar van een rad **h**, Pl. 38 fig. 1, 2, voorzien, waarover een ketting **i** loopt; aan beide einden der ketting zijn emmers **j** opgehangen, die in de werkkamer tot den grond kunnen dalen. — De cilinder en stang zijn in een plaatijzeren kast geplaatst, Pl. 39 fig. 9, die aan den wand der middelkamer bevestigd is; aan de zijde der heugels is de kast ten deele open. Het in beweging stellen van den cilinder geschiedt door waterdruk. Daartoe is de zuigerstang hol, boven en beneden den zuiger zijn in die stang openingen gemaakt, Pl. 39 fig. 12, 13. Van boven en van onder zijn de waterleidingsbuizen **b** en **c** op de stang geschroefd, Pl. 39, fig. 7, 8. Nabij den onderkant der plaatijzeren kast is een waterschuif en kast **a** aangebracht, waarvan drie buizen uitgaan, een **b** naar het bovineind een **c** naar het ondereind der zuigerstang en een **d** in de vrije lucht, Pl. 39 fig. 9; bovendien staat de schuifkast in verband met de wateraanvoerbuis.

De stang der schuif gaat door den wand der middelkamer en is in deze kamer, Pl. 38 fig. 1, van een hefboom met handvat **r** voorzien; hierdoor kan aan de schuif de verlangde stand gegeven worden; drukt men het handvat naar de linkerzijde en is de kraan der wateraanvoerbuis geopend, dan stijgt het water tot boven den zuiger en daar deze vast staat, zal de cilinder door de drukking van het water tegen het deksel **f** Pl. 39 fig. 10, omhoog gaan; het water dat zich beneden den zuiger bevindt, wordt door de opening, die onmiddelijk onder den zuiger in de zuigerstang aanwezig is, afgevoerd naar buis **c** en verder tot achter de waterschuif **a**, Pl. 39 fig. 7—9, waar het in verbinding komt met de middelste opening, waardoor het kan afstroomen in de buis **d**, die in de buitenlucht uitkomt. Drukt men het handvat van links naar rechts, dan komt de waterdruk in verbinding met den cilinder beneden den zuiger, die door den druk van het water op zijn bodem naar beneden zal gaan; het water dat zich boven den zuiger bevindt, zal zich door de zuigerstang en de buis **b** verwijderen tot achter de waterschuif waar het verder in verbinding komt met de buis die in de buitenlucht uitkomt. Op deze wijze kan

men dus een op- en oergaande beweging van den cilinder en van de daarmede verbonden heugels verkrijgen. De heugels **i** glijden langs de geleiders **p** en draaien — zooals vroeger meege- deeld is — de rondsels **k** om en daarmede het rad **m** dat op het rondsel **n** werkt, op welks as het groote rad **h**, Pl. 38, is gesteld; door de werking van dit rad zal het ééne eind der ketting met emmer omhoog en het andere eind met emmer omlaag gaan. De omhooggaande emmers zijn gevuld met uitge- graven stoffen. Wanneer de emmer bovengekomen is, dan wordt hij tegengehouden; hiertoe is de onderste dwarsstaaf der ketting verlengd en wordt gegrepen door een dubbele haak **n**, die om zijn boven-eind draaibaar is; de richting van beweging wordt dan bij het verder ophalen van den emmer zoo veranderd, dat hij bij het omkippen zijn inhoud in den uitlaatkoker stort.

L. **Benedensteiger**. Om de plaats, waar de pijler moet ge- bouwd worden, wordt een houten steiger gemaakt, Pl. 36 fig. 1—4, zoo ruim, dat daarop de stoomwerktuigen met pomp, accumuleur enz. kunnen staan en dat dan nog ruimte overblijft voor de beweging van werkvolk, enz. Zulk een steiger kan be- staan uit palen lang 16 à 22 M., die op ongeveer 3 M. uit elkanderd zijn geheid; onderling zijn ze met kruishouten van ongeveer 10 bij 20 à 25 centimeter aan elkander bevestigd. Om de koppen zijn streksche koppelhouten van 30 bij 20 cen- timeter aangebracht, waarover balklagen zijn gewerkt van 15 bij 25 centimeter.

M. **Vloer**. Op den benedensteiger is een vloer gelegd dik 8 à 10 centimeter. Deze vloer is zeer dienstig tot vrije gemeenschap zoo noodig tot plaatsen van materialen, het maken van beton enz.

N. **Bovensteiger**. Op den ondersteiger zijn twee bovensteigers geplaatst, Pl. 36 fig. 1, 2, 4, bestaande uit verticale stijlen van ongeveer 40 bij 40 centimeter; over deze stijlen, die be- hoorlijk geschoord en van boven gekoppeld zijn, zijn balken verbonden, gaande dwars over de werkkamer ter plaatse waar de luchtsluizen op de luchtkokers moeten gesteld worden. Over deze balken zijn rails gelegd, waarop een rolwagen loopen kan. Aan den middelbalk van den rolwagen kan de luchtsluis worden opgeschen, om ze op de kokers te kunnen plaatsen. Wan-

neer de luchtsluizen afgenomen en buiten gebruik gesteld zijn, kunnen deze steiger en rolwagen dienst doen tot het ophijschen van materialen en het aanvoeren daarvan naar den pijler.

O. **Vloer om de luchtsluizen.** Om elk der luchtsluizen is op balklagen een vloer met trap aangebracht, opdat men zich om de luchtsluizen zou kunnen bewegen, Pl. 36 fig. 1, 2, 4.

§ 109. Nadere gegevens van pijler IV der spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam. — De werkkamer is hoog 4.70 M. en van boven lang 24 M., breed 9 M.; van onder is zij nog wat langer en breeder, zoodat zij daar een oppervlakte heeft van ongeveer 200 M². Afgezien van de wrijving langs de wanden kan de grootste druk op den ondergrond ongeveer 3.75 kilogr. per vierkante centim. bedragen. De onderkant van de werkkamer is gezonken tot 20.475 M—AP, zoodat haar bovenkant op 15.775 M—AP gelegen is.

De werkkamer, op Pl. 37 fig. 1—15 voorgesteld, is vangesmeed ijzer; van bevoegde zijde is verzekerd, dat zij ingevolge het bestek N^o. 413 der Staatsspoorwegen, zonder noemenswaardige wijziging is uitgevoerd. In dat bestek vindt men de opgave der afmetingen van de bouwstoffen als volgt:

Aantal.	Overschrijving der deelen	Lengte.	Breedte.	Dikte.
		in centimeters.		
1	Plaat	5878.1	58	1.0
1	"	5871.8	50	1.3
1	"	5871.8	90	1.3
1	"	5865.1	101	1.3
1	"	5855.5	101	1.3
1	"	5847.4	101	1.2
1	"	5839.8	72.6	1.2
	Versterking aan den onderrand:	ontwik.	gem.	
3	platen	5857.4	15	1.0
2	T ijzer			1.
	Zolder:			
	oppervlak aan ijzer 237.34 M ²			2 × 0.8
1	rondgaand hoekijzer	5839.8	10 bij 10	1.2
11	Dwarsliggers, bestaande in hoofdzaak elk uit:			
1	verticale plaat	902	60	1.2

Aantal.	Omschrijving der deelen.	Lengte.	Breedte.	Dikte.
		in centimeter.		
4	hoekijzers	900	10 bij 10	1.2
2	"	716	10 bij 10	1.2
20	"	58	10 bij 10	1.2
	Hierbij valt op te merken dat bij de uitvoering — tot goede vulling der werkkamer — 8 dezer dwarsliggers in het midden hunner lengte over ongeveer 0.80 M. zijn afgebroken. Over deze openingen zijn versterkingsstukken gelegd, die aan weerszijden over ongeveer 1.12 M. lengte op de dwarsliggers zijn vastgekloaken.			
2	Lange schoren, voor elk:			
4	hoekijzers	500	10 bij 10	1.2
1	plaat	500	40	1.2
1	driehoekige plaat	62	gem. 31	1.2
2	Korte schoren, voor elk:			
4	hoekijzers	244	10 bij 10	1.2
1	driehoekige plaat	110	gem. 55	1.2
1	Dwarskoppeling, samengesteld uit:			
4	hoekijzers	910	7 bij 7	1.0
1	plaat	664	25	1.2
2	platen	718	7	1.0
2	Verticale verstijvingen, tevens bevestiging van den dwarsligger aan de wanden, voor elk.			
1	driehoekige plaat	62	gem. 30	1.2
1	verticale plaat	gem. 290	gem. 94	1.2
2	verticale hoekijzers	395	10 bij 10	1.2
36	Verticale verstijvingen, voor elk:			
1	driehoekige plaat	114.5	gem. 48	1.0
1	verticale plaat	340.5	929	1.0
2	" hoekijzers	455	10 bij 10	1.0
32	Verticale verstijvingen, voor elk:			
1	driehoekige plaat	114.5	gem. 32.9	1.0
1	verticale plaat	340.5	62.7	1.0
2	" hoekijzers	455		1.0
4	verticale verstijvingen, voor elk:			
1	driehoekige plaat	114.5	43	1.0
1	verticale plaat	340.5	83	1.0
2	" hoekijzers	455	10 bij 10	1.0
4	banketten, waartoe langs het rechte gedeelte elke horizontale plaat van bevestigd is aan de verticale verstijvingen met 4 horizontale hoekijzers van	59	gem. 92.9	1.0
	en aan den wand met een hoekijzer van	59	gem. 74	1.0
	de breedte van de banketten vermindert van het rechte gedeelte naar het midden van de afronding, waar de platen zijn	59	10 bij 10	1.0
8	rondgaande hoekijzers langs de banketten	54.7	10 bij 10	1.0
4	langsliggers, waarvan:			
2	"	23.8		

Aantal.	Omschrijving der deelen.	Lengte.	Breedte.	Dikte.
		in centimeter.		
2	langsliggers	22.2		
	Voor elk:			
1	Verticale plaat		60	1.0
4	hoekijzers		7 bij 7	1.0
26	T-ijzers als verstijvingen	58	12.2 bij 6.5	1.0
4	langsliggers	292	60	
	Voor ieder:			
1	verticale plaat		60	1.0
6	hoekijzers		7 bij 7	1.0
2	T-ijzers	58	12.2 bij 6.5	1.0
1	Schoor	200		
	waartoe:			
4	hoekijzers		10 bij 10	1.0
1	plaat		21	1.0
2	platen		10	1.0

Voorts de noodige lasch- en vulplaten, alsmede de klinkbouten.

Voor elke werkkamer bedroeg de berekende hoeveelheid te verwerken ijzer 207500 kilogr.

De constructie is voldoende uit de teekeningen na te gaan. Voor de klinkbouten was bepaald: $d = 4 + 1.5 \delta$; $b = 1.5 d$, waarin: d de middellijn van den bout en δ de plaatdikte; b de afstand van het midden van een bout tot den kant der plaat of tot den kant van een been van hoek- of T ijzer voorstelt; verder moest de onderlinge afstand a of a van het midden der bouten zijn:

$$\text{bij enkele boutrijen} \quad a = 10 + 2 d;$$

$$\text{bij dubbele boutrijen of kettingrijen} \quad a = 20 + 3 d.$$

Alle afmetingen zijn daarbij in millimeters uitgedrukt.

De klinkbouten zijn op Pl. 37 fig. 14, 15, voorgesteld; fig. 14 is met verzonken kop fig. 15 met bolvormigen kop.

De werkkamer is in 't algemeen van zwaar ijzer geconstrueerd; ook is de hoogte van 4.70 M. wel wat ruim en meer dan in den regel daarvoor bepaald wordt; maar in zulke onvaste gronden als te Rotterdam is het zaak sterke werkkamers te gebruiken, en is een betrekkelijk aanzienlijke hoogte daarvan wel eenigszins aan te bevelen, om bij een plotselinge verzakking nog geen nadeelige gevolgen te ondervinden.

De plaatijzeren mantel moest dik zijn gerekend van de werkkamer tot de hoogte van 11 M. onder AP. 10 millim. en van 11 M. onder AP tot 5 M. onder AP 8 millim. Beneden 5 M. onder AP is de mantel aan de binnenzijde versterkt met 12 rondgaande hoekijzers wegende 10.14 kilog. per M¹; hierboven tot boven den vloed is de minste dikte 5 millim., en is aan de binnenzijde op 2.78 M. — AP nog een rondgaand hoekijzer aangebracht, terwijl boven deze hoogte de hoekijzers aan de buitenzijde moesten worden vastgeklonken, om aan de hardsteenen bekleeding der pijlers niet hinderlijk te zijn; de mantel is later tot 0.50 M. — AP afgebroken.

Het aantal schachten is voor elken pijler vier, hebbende een binnenwerksche middellijn van 0.90 M. en een plaatdikte van 6 millim.; de platen zijn met lappen over elkander geklonken en vormen zóó ringen van 1 M. hoogte; om de 5 M. zijn bovendien twee rondgaande hoekijzers vastgeklonken. De schachten zijn met hoekijzers van 10.4 kilogr. gewicht per M. en bouten aan den zolder der werkkamer bevestigd.

Tot versterking der wanden is reeds vóór het zinken tusschen de banketten, Pl. 36 fig. 7 en 8, een voering gemetseld van ondervoetklinkers in Portland-cementmortel, terwijl later de werkkamer tot 19.075 M. — AP en de schachten tot ongeveer 0.50 M. — AP zijn volgewerkt met beton bestaande uit 1 deel Portland-cement, 2 deelen zand en 4 deelen stukgeslagen harden baksteen. Boven de werkkamer is de pijler opgetrokken met metselwerk dat tegen den ijzeren mantel aansluit tot 2.78 M — AP. Op deze hoogte begint de hardsteenen omkleeding en is de opmetseling verder zooals op Pl. 36 fig. 5—8 te zien is. Het metselwerk bestaat tot 1.50 M. boven de werkkamer uit ondervoetklinkers in Portland-cementspecie en hooger uit ondervoetklinkers en kleurige klinkers in sterk bastaard tras van kalk 5, zand 2 en tras 2 deelen.

De afmetingen van den pijler zijn:

Grootste lengte	op 15.775 M. — AP	. .	24.00	M.
» breedte	» 15.775	» . .	9.00	»
» lengte	» 0.956	» . . .	} 23.79	»

Grootste breedte op	0.956 M. — AP . .	}	8.79 M.
			7.40 »
» lengte »	0.50 » . .	}	22.40 »
			21.80 »
» breedte »	0.50 » . .	}	7.40 »
			6.80 »
» lengte »	7.873 M. + AP .		17.556 »
» breedte »	7.873 » . .		5.00 »

Daarboven komt de lijst, waarvan de bovenkant op 8.614 M. + AP gelegen is.

Door zinkstukken en steenstorting, Pl. 36 fig. 6 en 9, zijn de pijlers tegen ontgroning verzekerd.

Het rijshout moest zijn: Hollandsch, Brabantsch of Geldersch; tot ballast- of stortsteen kon gebruikt worden Noordsche- en Vilvoordsche steen, basalt, en steen van de Ruhr, Maas of Ourthe. Verder moest zijn: de steenkalk waterkalk van Doornik (steenkalk 3^{de} soort) of van Chaud-fontaine, Quinquempoix of Beckum; het cement engelsch Portland-cement; de metselsteen van den waalvorm; de gehouwen steen petit granit de l'Ourthe, of steen, die daarmede overeenkomt.

In het bestek was tevens bepaald:

1^o. dat de aannemer moest zorgen, dat bij de fundeeringswerken van de pijlers een duiker of duikelaar beschikbaar was met een geheele duikeruitrusting als: helm, kleederen, lucht-pompen, enz.

2^o. dat bij ieder werk in de rivier steeds minstens twee reddingboeien met de noodige lijnen voorhanden en in bruikbaren staat moesten zijn.

3^o. dat de noodige middelen, met voorschriften omtrent de behandeling, tot het bijbrengen van drenkelingen in een keet nabij den oever steeds in gereedheid moesten zijn.

De onderbouw van den spoorwegbrug over de Maas is uitgevoerd voor dubbel spoor. Men zie de mededeelingen betreffende deze brug op bladz. 156.

§ 110. Pneumatische fundeering van pijlers der brug over het Hollandsche Diep aan den Moerdijk. Zooals reeds,

in § 71 op bladz. 154, in de algemeene omschrijving van den onderbouw, is meegedeeld, zijn de pijlers I, II en III met behulp van samengeperste lucht gefundeerd; deze pijlers zijn de eerste geweest, welke in Nederland op die wijze gefundeerd zijn. De onderbouw der brug is voor enkel spoor uitgevoerd. Op Pl. 40 is de algemeene inrichting tot het maken der fundeering voorgesteld; fig. 1 geeft een duidelijk overzicht van de hulpmiddelen zooals steigers, kranen, luchtsluizen enz. welke daarbij zijn gebruikt; in fig. 2—4 vindt men nader de constructie der steigers, de plaats der werkkamer, den loop der buizen tot aanvoer van water en samengeperste lucht, de plaats van den acumuleur, van de perspompen, van de locomobiles enz.

De diepte van den bodem bij de plaats der pijlers was 13.50 M. — AP. De punten der palen van den beneden steiger reiken tot 19.00 M. — AP. De bovenkant van den vloer dezer steigers is 2.50 M. + AP, alzoo 1.22 M. boven dagelijksch hoogwater en 1 M. onder den hoogst bekenden waterstand.

De onderkant van de werkkamer is gezonken van pijler I tot 22.74 M.—AP, van pijler II tot 22.60 M.—AP of 24.02 M. en 23.88 M. onder dagelijksch hoogwater. De mantel reikte tot ongeveer 1.60 M. boven dagelijksch hoogwater. De werkkamer is lang 16 M., breed 7 M. en binnenwerks hoog 3 M.; aan de koppen is zij met half cirkelvormige afrondingen bewerkt. De oppervlakte is ongeveer 102 M²; de grootste druk op den ondergrond kan ook, zooals te Rotterdam, op ongeveer 3.75 kilogr. per vierkante centim. gesteld worden namelijk zonder de wrijving langs de wanden in aanmerking te nemen.

In het bestek No. 332 der Staatsspoorwegen is het gewicht der werkkamer — zonder den mantel — opgegeven te bedragen ongeveer 75000 kilogr.

De werkkamers te Rotterdam en hier zijn op gelijksoortige wijze geconstrueerd. Het hoofdzakelijk verschil bestaat in het overlkander klinken van den wand der werkkamer en in het aantal langsliggers, dat te Moerdijk betrekkelijk veel grooter is; de langsliggers hebben een onderlingen afstand te Rotterdam van 1.80 M. en te Moerdijk van 0.72 M.

Op Pl. 41 fig. 1—4 is de afgewerkte pijler II voorgesteld. De

werkkamer is ook voorzien van een voering met metselwerk en overigens is zij met beton gevuld; tot 1.50 M. boven de werkkamer heeft de opbouw plaats gehad met metselwerk, en over de daaropvolgende 5.65 M. hoogte of tot 12.45 M. + AP is een bekleeding langs den mantel ter dikte van 1.00 M. à 0.68 M. gemetseld, welke met drie dwarsmuren van 0.90 M. à 1.00 M. vereenigd zijn; de overige ruimte is met beton aangevuld. Van 7.15 M. boven den zolder der werkkamer tot ongeveer 8.35 M.—AP is de opbouw geheel met metselwerk geschied, dat tot hier tegen den mantel aansluit. Verder is de pijler van buiten met hardsteen en van binnen met metselwerk opgetrokken.

De afmetingen van den pijler zijn:

	Lengte.	Dikte.
op de werkkamer.	16	7
op ongeveer 8.35 M. — AP.	{ 16 15.8	{ 7 6.80
op 1.35 M. — AP.	{ 15.8 15.0	{ 6.80 6.00
op ongeveer 0.95 M. — AP.	{ 15.0 14.52	{ 6.00 5.52
Boven	14.00	5.00

§ 111. Pneumatische fundeering der brug voor gewoon verkeer over de Nieuwe Maas te Rotterdam.

Algemeene mededeelingen. De brug bestaat uit 5 openingen, nam:

3 middelopeningen elk wijd van midden tot midden der pijlers 90 M.	270 M.
1 zijopening, ondersteund door een juk, wijd van het midden des pijlers tot den dag van het rechterlandhoofd	36.50 »
1 zijopening, ondersteund door een juk, wijd van het midden des pijlers tot den dag van het linkerlandhoofd	36.00 »
<hr/>	
Te zamen van landhoofd tot landhoofd.	342.50 M.

Zij is gelegen beneden de Staatsspoorwegbrug. De Gemeentebrug en de Staatsspoorwegbrug liggen midden op midden uit elkander nabij het rechterlandhoofd 42 M., nabij het linkerlandhoofd 69 M. De pijlers der twee bruggen liggen ongeveer in elkanders verlengde.

Pijler I en II, van het linkerlandhoofd gerekend, hebben een betonfundeering op palen, terwijl de pijlers III en IV met behulp van samengeperste lucht zijn gefundeerd.

De hoofdafmetingen der werkkamers zijn:

grootste lengte voor pijler III en IV van boven	25.80 M.
beiden met halfcirkelvormige afrondingen:	
grootste breedte voor pijler III van boven	9.00 »
» » » » IV » »	7.50 »
hoogte voor pijler III en IV tot aan den onderkant van	
den zolder	4.62 »
van boven is alzoo het oppervlak voor pijler III	214.8 M ² .
voor pijler IV	181.4 »

Op Pl. 41 fig. 7 is een halve dwarsdoorsnede met eenige details van de werkkamer van pijler III voorgesteld.

De werkkamers zijn op gelijksoortige wijze geconstrueerd als die voor de Staatsspoorwegbrug te Rotterdam. De zolder is evenwel *onder* de dwarsliggers en langsliggers, waarvan de onderkanten in hetzelfde vlak liggen, aangebracht, zoodat dit voor de vulling der werkkamer met beton beter is dan bij de Staatsspoorwegbrug. Elke werkkamer heeft 12 dwarsliggers, die van zijwand tot zijwand doorgaan, en 4 langsliggers, die dus bij de dwarsliggers zijn onderbroken. De klinkbouten zijn aan de buitenzijde van den wand met verzonken koppen gewerkt, tot vermindering der wrijving bij het zinken. Over 't algemeen zijn de dwarsafmetingen der onderdeelen iets lichter dan bij de Staatsspoorwegbrug. De gebruikte hoeveelheid ijzer zal ongeveer bedragen hebben als volgt:

Werkkamer voor pijler III	193000 kilogr.
» » » IV	183000 »
Mantel » » III	84500 »
» » » IV	82000 »
8 schachten	17500 »
te zamen	<u>560000 kilogr.</u>

Het ijzer van den mantel boven 0.85 M. — AP. en het ijzer der schachten boven 1.05 M. — AP. moest afgebroken worden en verbleef aan den aannemer, zoodat dit niet in het opgegeven gewicht begrepen is.

De onderkant der werkkamer is gezonken tot 20.70 M. — AP.
 de onderkant van het beton in de werkkamer is 19.90 M. — AP.
 de bovenkant der werkkamer ligt . . . 16.10 M. — AP.

Het fundeeren van pijler III heeft in 1875 met het beste gevolg plaats gehad; maar het tegendeel was het geval met pijler IV, zooals hieronder blijkt.

Ongeval bij den bouw van pijler IV. Tijdens de bewerking, om den pijler tot de noodige diepte te fundeeren, is op den 1 Juni 1875 de werkkamer met mantel en met gedeeltelijke invulling van metselwerk en beton boven de werkkamer omgevallen, zoodat het zijvlak van den pijler ongeveer onder een hoek van 45° met de verticaal kwam te liggen; daarbij reikte de onderkant der werkkamer onder den bodem der rivier aan de lage of zuidzijde ongeveer 6 M. en aan de noordzijde slechts ongeveer 0.50 M. Als hoofdoorzaak van het ongeval wordt gemeld de aanwezigheid van een zinkstuk bedekt met stortsteen, dat om pijler IV der Staatsbrug was aangebracht en dat zich uitstrekte tot de plaats, die door den oostenlijken kop van de werkkamer moest worden ingenomen.

Het wederoprichten van pijler IV. Het geheele gewicht van den omgevallen pijler bedroeg ongeveer . . . 1278000 kilogr.

Wegens de onder water gedompelde hoeveelheid ijzer, metselwerk en beton kon men een gewichtsvermindering aannemen van . . . 628000 »

Zoodat het totale gewicht, dat in het zwaartepunt aangreep kon gesteld worden op 650000 kilogr.

De aannemer van het werk was de firma Verwaaijen en Kooij; reeds den 5den Juni 1875 vergaderden de leden dezer firma, om een plan te vormen tot het weder oprichten van den pijler; het ontworpen plan bestond in hoofdzaak hierin dat men met kettingen en kabels aan den pijler verbonden en met lieren of kaapstanders op den vasten wal geplaatst, de pijler zou recht trachten te trekken. Bij de mededeeling van het ongeval en van het bestaan van het plan om den pijler weder op te richten, in de vergadering van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs van 10 Juni 1875, wees de ingenieur D. A. Wittop Koning, die van wege de gemeente Rotterdam met de uitvoering van

het werk belast was, op de verschillende bezwaren aan dat plan verbonden, welke aan den aannemer niet onbekend waren gebleven. Deze bezwaren hadden den ingenieur Wittop Koning naar andere middelen doen uitzien om den pijler weder op te richten, en hij was daardoor op het denkbeeld gekomen, om den mantel van den omgevallen pijler met een zooveel doenlijk waterdichten houten wand of bekuiping te voorzien, welke boven het water zoude uitsteken. Men zou dan het water binnen den mantel kunnen wegmalen en samengeperste lucht in de werk-kamer voeren om een aanzienlijke lichtkracht voor te brengen. Dat denkbeeld werd door de aannemers aangenomen en op 9 Juni werd tot de uitvoering er van besloten. Voor men evenwel met de uitvoering van dit plan een aanvang maakte en ook nog tijdens de uitvoering, ontbrak 't niet aan verschillende andere ontwerpen, welke voor het oprichten des pijlers aan de hand werden gedaan.

Op 15 Juni kreeg het plan een begin van uitvoering door het aanvoeren van het hout voor de bekuiping; deze bestond uit dampalen dik 0.25 M., breed gem. 0.30 M., lang voor het rechte 12 M. en voor de koppen verschillend van lengte, allen voorzien van messing en groef. Op Pl. 41 fig. 5, 6 is de bekuiping aangegeven. De palen moesten gesteld worden met behulp van duikers. In de palen moesten groeven gemaakt worden om de hoekijzers in te laten, die van binnen tegen den wand van den ijzeren mantel geklonken waren. Dat inlaten was noodig om de bekuiping zoo dicht mogelijk tegen den ijzeren mantel te doen sluiten, maar hoofdzakelijk om een hecht verband te krijgen van mantel en bekuiping tegen opwaartschen druk. Den 17 Juni is men begonnen met aanbrenge van den eersten paal en dit was de uiterste paal van den oostelijken kop. Al dadelijk ondervond men teleurstelling, omdat de afstand van het metselwerk tot het eerste hoekijzer erboven niet goed was genomen en daardoor waren al de groeven, om de hoekijzers in te laten, verkeerd. Aanvankelijk bracht men paal voor paal aan en zoo werden op 18 Juni 3, op 19 Juni 4, op 21 Juni 4, op 22 Juni 2, op 23 Juni 4, op 24 Juni 2 en op 25 Juni 1 paal aangebracht, welke laatste echter den volgenden dag beter moest

gesteld worden. De palen grepen met messing en groef in elkander en werden van onder in een gleuf geplaatst, daartoe in het metselwerk door den duiker gehakt. Om de palen een vasten stand te verzekeren tegen den stroom of andere daarop werkende krachten, werden door de gaten van de bovenste klinknagelrij van den ijzeren mantel en door de palen eenige schroefbouten aangebracht, terwijl door de overige gaten van die klinknagelrij hakkelbouten van 0.10 à 0.15 M. lengte in de palen werden geslagen; onderling werden de palen door krammen vereenigd, terwijl strooken ijzer, gaande over eenige palen, daaraan werden vastgebout. Eerst werkte men slechts met 1 duiker, doch spoedig kwamen er 2 bij, zoodat het werk met gem. 3 duikers is voortgezet, die elk per dag 8 uur moesten werken, maar er was een gezelschap van 4 duikers, die twee aan twee elk slechts 4 uur werkten, zoodat die 4 den dienst van 2 duikers deden.

Over 't algemeen ging het stellen der palen met veel moeijelikheden gepaard, zoodat men eerst na 6 weken werkens de kuip langs den oostelijken kop tot aan het recht gedeelte gereed had. Later heeft men niet meer paal voor paal, maar 4 palen te gelijk als schot vereenigd, geplaatst. De 4 palen werden met messing en groef in elkander gesteld en, nadat men tusschen de naden werk had aangebracht, met dommekrachten sterk tegen elkander gedrukt; aan de zijde van den mantel waren de noodige groeven om de hoekijzers van den mantel in te laten; aan de binnenzijde waren twee gordingen bevestigd, hetzij de eerste en de derde of de tweede en de vierde, die oostwaarts zoo ver buiten het schot uitstaken, dat zij geheel over het voorgaande schot reikten, waarop de tweede of de vierde, of wel de eerste of de tweede gording op overeenkomstige wijze waren aangebracht. De gordingen werden op het schot, waartoe zij direct behoorden, met doorgaande schroefbouten en op het daarnaast oostwaarts gelegen schot met hakkelbouten bevestigd.

Tot het stellen werd het schot van boven opgehangen, terwijl nabij zijn onderkant twee touwen bevestigd waren, die door voetblokken werden gestoken daartoe door den duiker aangebracht aan weerszijden van de plaats, waar het schot moest komen;

op 1 meter boven zijn onderkant werd aan het schot een baggeremmer met de vlakke zijde tegen het schot gehangen, zoo noodig werd daarbij nog gewicht gevoegd tot dat het schot reeds aanmerkelijk was ingedompeld. Om nu het opdrijven te voorkomen en het zakken te bevorderen werd tot in den baggeremmer een ketting neergelaten, die men vierde naarmate het schot dieper zonk. Van onder moest het goed stellen van de messing in de groef aan den duiker worden overgelaten, van boven werd zulks door de daar aanwezige werklieden gedaan; de duiker had een dommekracht bij zich om de schotten goed tegen elkander te werken zóó dat nagenoeg geen naad meer te zien was. Geregeld werd elken dag een schot van 4 palen ter breedte van 1.20 M. gesteld. Op de gordingen waren klossen gespijkerd tot aanwijzing waar de 14 rijen schoren of stempels moesten aangebracht worden. Elke rij bestond uit 4 stempels. Om voor dat schoren of stempelen van onder goeden steun te verkrijgen, zijn twee sloven 1 en 2, fig. 5, aan de noordzijde van den pijler geplaatst; de eerste sloof is gelegd in een verdieping van 0.10 M. daartoe in het metselwerk gemaakt; de tweede sloof was hooger gelegd langs den wand van den mantel en steunde op een houten plaat, die over de horizontale stempels tot verstijving van den mantel, vóór het ongeval plaats had, was gelegd; beide sloven kregen steun door daartoe aangebrachte blokjes hout, de eerste tegen zijdelingsche uitwijking en de tweede tegen verticale zakking. Het aanbrengen der eerste sloof, die geheel van hout was, ging met zeer groote moeilijkheden gepaard; het bezwaren der sloof, om haar het drijfvermogen te ontnemen, moest er bovenop en ten deele langs de zijwanden geschieden, omdat de onderkant vrij moest blijven, om in de verdieping te worden geplaatst; daardoor had de sloof aanhoudende neiging tot kantelen. De tweede sloof is een koker van 4 planken, stevig aan elkander bevestigd, waarin een rail is opgesloten; deze sloof kon gemakkelijk op hare plaats worden gebracht.

De sloven bestonden in de lengte elk uit 3 stukken, welke zoo stevig doenlijk aan elkander verbonden werden. Op de sloven waren ook klossen gespijkerd tot aanduiding van de plaats der

stempels. Het stempelen geschiedde zoodra mogelijk, naarmate het stellen der schotten vorderde.

Ook werden al spoedig de beide hooger gelegen sloven of gordingen 3 en 4, fig. 5, langs den noordelijken wand van den mantel aangebracht; de onderste daarvan diende alleen tót steun van den wand; de bovenste diende tevens tot steun van de bovenste stempels; beide gordingen zijn tegen den mantel bevestigd, ter plaatse waar een hoekijzer van den mantel aanwezig was; hiertoe waren de gordingen van groeven voorzien, waarmede zij om de hoekijzers konden sluiten. De schoren of stempels waren onderling vereenigd door koppelhouten evenwijdig aan de wanden van den mantel en door kruishouten, welke op Pl. 41 fig. 5 zijn aangeduid; verder zijn nog eenige stutten aangebracht, die ook hoofdzakelijk in fig. 5 te zien zijn. Bovendien waren nog twee rijen ijzeren trekstangen aangebracht, de bovenste rij gaande van de bovengording van den noordelijken ijzeren wand naar de bovengording der bekuiping, de benedenste rij gaande van de eerstgenoemde bovengording naar punten der bekuiping gelegen op 1 en 2 M. boven hare onderste gording. De trekstangen hadden ten doel, ten eerste, om een aanklemming te bekomen van de wanden tegen de gordingen en van deze tegen de stempels, waardoor dus verzettingen werden tegengewerkt, ten tweede, om door de bovenste trekstangen te verhinderen dat de kuip zich omhoog werkte zonder den ijzeren wand mede te nemen, en om door de onderste te bewerken dat de kracht, die door de bovenste stempels op den noordelijken wand werd uitgeoefend, zoo noodig kon worden overgebracht op de onderste stempels, en zodoende op de eerste sloof en daardoor op het metselwerk langs den noordelijken wand.

De schachten zijn zoo veel noodig verhoogd geworden, en voor alle zekerheid met een deksel waterdicht gesloten.

Men heeft getracht de dichtheid zoo veel doenlijk te bevorderen door het storten van beton, aan den voet der bekuiping en door het aanbrengen van zeildoek van buiten om de bekuiping, maar dat werd op verschillende plaatsen gescheurd door uitstekende schroefkoppen, enz. Vooral werd het scheuren bevorderd door het aflaten van een ketting rondom den pijler

tot de diepte van ongeveer den bovenkant van het metselwerk.

Op den 24^{sten} September, alzoo ruim 3 maanden na het inzetten van den eersten paal der bekuiping besloot men een eerste proefmaling te doen met 2 locomobielen, werkende op 2 centrifugaalpompn met aanvoerbuizen de een van 17 à 18 centimeter en de andere van 12 centimeter.

Hiermede kon slechts een verschil tusschen binnen- en buitenwater van 0.08 M. worden verkregen. Een onderzoek betreffende de ondichtheid gaf aan dat aan den oostelijken kop zeer veel water naar binnen kwam, door de afwijking der bekuiping van den ijzeren wand. Door verschillende middelen heeft men getracht de ondichtheid te verminderen, zooals door het beter aanbrengen van het zeil, door scheuren met lappen te bedekken, door tengels en planken met mospapier beslagen op de naden te slaan, door oude zakken in de afwijking bij den oostelijken kop te stoppen, door het aanbrengen van klei in deze afwijking.

Daarbij waren de bemalingswerktuigen zeer uitgebreid maar het slechte weder werkte zeer tegen, zoodat men eerst op 7 October met 5 locomobielen en centrifugaalpompn een verschil tusschen binnen en buitenwater van 1.32 M. verkreeg, waardoor een eerste merkbare rijzing ten bedrage van 6 centimeter werd waargenomen.

Veel moeite en ook vertraging is ondervonden door dat de pompbuizen aanvankelijk zonder genoegzaam buigbare deelen waren; men besloot eindelijk gutta percha pompbuizen aan te schaffen, doch die waren in de afmetingen, die men noodig had niet in den handel aanwezig en moesten in het buitenland besteld worden; de eerste bezending kwam den 23^{sten} October toen de pijler reeds onder een hoek van 24° met de verticaal stond. Tot den 28^{sten} October is men steeds met het uitmalen van het water voortgegaan en behaalde de pijler een stand van 22° 25'; het grootste verschil van binnen- en buitenwater heeft 4.95 M. bedragen.

Met dezen dag eindigt de eerste periode van bewerking, waarin de pijler van 45° tot 22° 25' is opgericht, en begint de tweede met het aanwenden van mechanische kracht. Zooals vroeger gemeld is, bestond primitief het plan om met kettingen en kabels

en met lieren den pijler weder verticaal te trekken; dat plan was niet geheel opgegeven, zoodat de voorbereidselen waren voortgezet en voltooid. En nu besloot men de lieren in werking te stellen, om daarmede zooveel mogelijk het beoogde doel te bevorderen. Op 1 November, als wanneer de pijler een stand van $16^{\circ} 45'$ bereikte, brak de westelijke ketting, bestaande uit schalmen van $2\frac{1}{2}$ centimeter ijzerdikte; na herstel en versterking werkte men voort en toen de pijler een hoek van $15^{\circ} 50'$ met de verticaal maakte sprong de oostelijke ketting, bestaande uit schalmen van $3,4$ centimeter ijzerdikte; hiermede was de tweede periode gesloten en ging men over tot de derde periode, waarin samengeperste lucht binnen de werkkamer werd gevoerd. Daartoe werden kranen in de deksels der schachten en geledebuizen aangebracht, zoodat men op 3 November met het aanvoeren van samengeperste lucht in de werkkamer begon; de werking was zeer gunstig, want onmiddellijk nam men rijzing des pijlers waar en verbeterde de hoek dien de pijler met de verticaal maakte. Ook ging men dien dag over tot het broksgewijze verwijderen van het beton dat langs den voet der bekuiping was gestort en dit door goed metselwerk te vervangen; hierdoor werd men de lekken voor een groot gedeelte meester, terwijl de overige gelocaliseerd en door omkokeren nagenoeg schadeloos gemaakt werden; bovendien werd dien dag een begin gemaakt met de herstelling en versterking van den steiger aan de zuidzijde, waartoe zware palen lang 22 M. werden geheid.

Het oprichten van den pijler ging aanvankelijk naar wensch, zoodat hij op 10 November onder een hoek van 9° stond, zijnde de stand op Pl. 41 fig. 5 voorgesteld. Ondertusschen waren reeds door veel regen en hoog water de werkzaamheden zeer bemoeilijkt en vertraagd; men besloot nu, omdat wegens het slechte weer het voorzetten der werken met goed' gevolg onmogelijk was, alles aan te wenden, zooals fig. 5 aangeeft, om den pijler in den verkregen stand te houden, om, zoodra het weder zulks toeliet, de werkzaamheden voor het oprichten weder op te vatten en zodoende tot de vierde periode van werken over te gaan.

De voornaamste werkzaamheden, die tot deze periode be-

hooren, zijn het opvijzelen van den pijler aan de zuidzijde, terwijl het doel was, den pijler recht te stellen en hem naar zijn plaats te voeren; daartoe waren op het zuidelijk gedeelte van den steiger vijzels geplaatst, werkend op 4 versterkte vijzelbalken; deze balken rustten met hun noordelijk eind op den mantel en waren daar tevens door een stut ondersteund; het zuidelijk eind, waartegen de vijzels moesten werken, was door den houten wand gestoken en ging door tot boven den steiger; om het omhoog doorbuigen van dit eind tegen te gaan waren er schoren aangebracht, die van boven hun steun vonden in de bekuijing. Ook waren tot hetzelfde doel kettingen aangebracht gaande van de vijzelbalken naar de bekuijing. Bovendien waren vier bokken gesteld, waarvan de bovineinden met takels aan den steiger en met kettingen aan de vijzelbalken verbonden waren.

Bij het aanzetten der vijzels werden de vijzelbalken en daarmee ook de pijler aan die zijde omhoog gelicht; daarbij kon het punt der vijzelbalken, dat met de bovineinden der bokken verbonden was, slechts omhoog gaan ongeveer in een boog, beschreven uit het bovineinde der bokken als middelpunt. De pijler kon alzoo bij het rijzen aan de zuidzijde niet of hoogst moeilijk noordwaarts uitwijken; het gevolg daarvan was, dat het ondergedeelte van den pijler zuidwaarts uitweek en dus naar zijn plaats terug schoof. Reeds bij de eerste periode had men, om zoodanige beweging te bevorderen, aan de noordzijde van buiten tegen den pijler stortsteen aangebracht, en nu had men, tot hetzelfde doel, dit stortsteen profiel met 1000 lasten of 2 millioen kilogr. steen verzwaard.

Gedurende het ongunstige weder heeft men de stijgers voltooid en tegen ijsgang beschermd, de loopkranen gesteld, den ijzeren mantel opgebouwd tot keering der hooge waterstanden, het metselwerk voortgezet, de oostelijke luchtsluis op de schachten gesteld enz.

In de werkkamer werd de grond, vooral aan de zuidzijde, ontgraven, om bij opvijzelen den weerstand te verminderen. Op den 27 Januari 1876 kon eerst met het opvijzelen begonnen worden, maar de werkkamer zat zoo vast dat men niets won. Toen de grond evenwel op ruimer schaal uit de werkkamer

verwijderd was, begon men door opvijzelen te winnen en deze winst ging geregeld voort, zoodat op 9 Februari de zuidzijde gemiddeld 0.50 M. was omhoog gekomen en de pijler onder een hoek van $3^{\circ} 50'$ met de verticaal stond. Nu staakte men het opvijzelen en liet men lucht uit de werkkamer ontsnappen, terwijl de pijler aan de zuidzijde door de vijzels ondersteund werd; bij het aflaten van lucht zou aanhoudend meer druk op de vijzels aan de zuidzijde zijn gekomen, maar om dit te verhelpen draaide men de vijzels telkens eenigszins af, zoodat men ze eindelijk kon verwijderen. Om te voorkomen dat de pijler weer grooter helling zoude aannemen, werden aanvankelijk de kettingen naar den wal door de lieren en takels gespannen gehouden.

Eindelijk kwam de vijfde periode van werken, die hierin bestond, dat in de werkkamer voldoende luchtdruk gehouden werd om de ontgraving regelmatig uit te voeren en dat de opmetseiling des pijlers ook regelmatig werd voortgezet, waarbij zoodanig werd gewerkt, dat het rechtstellen en het naar de plaats voeren bevorderd werd. De hooge waterstanden veroorzaakten veel oponthoud bij de uitvoering, zoodat eerst op 24 Mei 1876 de pijler tot de vereischte diepte van 20.70 M. — AP. gezonken was.

Het resultaat heeft de verwachting van velen overtroffen, want de pijler is opgericht en nagenoeg geheel op zijn plaats gesteld. Door het ongeval was de pijler noordwaarts van zijn plaats geweken, aan de oostzijde 2.10 M., aan de westzijde 2.55 M.; op het eind van de derde periode was de uitwijking aan de oostzijde 1.70 M. en aan de westzijde 2.30 M., terwijl die op het eind van de vijfde periode was aan de oostzijde slechts 0.50 M., aan de westzijde 1.50 M. Zooals de werkkamer en het daarboven aangebrachte metselwerk is te recht gekomen, was de gelegenheid verkregen, om het bovengedeelte des pijlers op de juiste plaats en in de zuivere richting op te bouwen, zoodat aan den bovenbouw der brug volstrekt geen wijziging behoefde aangebracht te worden.

Het oprichten van den pijler is waarlijk een van de belangrijkste werken, welke in den laatsten tijd op waterbouwkundig gebied is voorgekomen. Aan den ingenieur D. A. Wittop Ko-

ning komt de eer en hulde toe het plan, dat tot het gewenschte doel zoude leiden, gegeven en aanhoudend bepleit te hebben, terwijl zijne raadgevingen bij de uitvoering veel tot welslagen hebben bijgedragen, en aan de firma Verwaaijen en Kooij moet lof gebracht worden voor het vertrouwen dat ze in het gegeven plan gesteld hebben, en vooral, voor de taaie volharding, het groote geduld en de kosten, waarmede zij het werk tot een zoo goed einde gebracht hebben.

§ 112. **Fundeering van twee pijlers van den viaduct over de Scorff.** De viaduct is gebouwd te Lorient in den den spoorweg van Nantes naar Lorient en naar Brest. Op Pl. 41 fig. 8—18 is de wijze van fundeeren van twee pijlers voorgesteld. Het bed der rivier bestaat uit slib, waaronder zich de vaste rots bevindt; bij den rechterpijler was de rots 21 M. onder volzee en was de hoogte der sliblaag 14 M.; bij den linkerpijler trof men de rots op 15 M. onder volzee aan, terwijl hier de dikte der sliblaag 7 tot 8 M. bedroeg. De slib had zeer weinig vastheid, de rots was zeer ongelijk van hoogte en het verschil van waterstand kon aanmerkelijk zijn. Het laagste water wordt gesteld 2.67 M. onder gemiddeld zeepeil en het hoogste water komt tot 3.05 M. boven dit peil.

De **werkkamer**, fig. 8—12, is van onder lang 12.10 M., breed 3.50 M., terwijl de hoogte binnenwerks 3.04 M. bedraagt; haar grondvlak is 39.70 M²; van boven is de lengte 12.05 M. en de breedte 3.45 M. De wand bestaat uit 3 rijen platen, achterevolgens dik, van onder beginnende, 13, 10 en 8 millimeter; de onderste rij is versterkt met platen van 12 en 13 millimeter dikte, zooals fig. 13 aangeeft. Tegen elken zijwand zijn 4 verticale stijlen aangebracht; daar tusschen en bij de koppen zijn 30 verticale hoekijzers gesteld. Deze hoekijzers worden geschoord door horizontale gebogen versterkingen, die hun steun tegen de verticale stijlen vinden; tusschen de tegenover elkander staande stijlen zijn gegoten koppelijzers bevestigd, die het zijdelings wijken dezer stijlen tegengaan.

De zolder der werkkamer is eenigszins naar boven gebogen; hij bestaat uit 4 dwarsliggers van 0.70 M. hoogte, uit 4 lange

en 2 korte langsliggers van 0.20 M. hoogte en uit plaatijzer van 10 millimeter dikte, dat van onder tegen de dwarsen langsliggers geklonken is. De gebogen vorm van den zolder is van weinig nut; overigens is de werkkamer zuinig en toch stevig bewerkt.

Er zijn 4 schachten, die elk 0.70 M. inwendige middellijn hebben. De gesmeed ijzeren werkkamer met schachten woog 27600 kilogr. met inbegrip der gegoten koppelijzers. De mantel bestond uit plaatijzer ter dikte van 5, 4 en 3 millimeter; maar het is gebleken dat hij te zwak was geconstrueerd. Het gewicht van den mantel bedroeg 15400 kilogr., zoodat het totaal gewicht der ijzeren deelen van werkkamer, schachten en mantel voor een pijler 43000 kilogr. was, dat al zeer weinig is.

De luchtsluizen waren nog lang niet zoo volmaakt ingericht als die aan den Moerdijk of te Rotterdam gebruikt. Ze zijn in hoofdzaak voorgesteld in fig. 13, 17, 18, en bestonden elk uit een cilinder van 2.50 M. middellijn en 3 M. hoogte, geplaatst op de schachten, waardoor ze in gemeenschap met de werkkamer waren. In elke luchtsluis waren twee schutkamers, waardoor men van de buitenlucht tot in de samengeperste lucht of tot in de middelkamer kon komen.

a waren de kleppen, waardoor men van de buitenlucht in de schutkamer kwam;

b waren de deuren, tusschen de schutkamer en de middelkamer.

c was de opening der pijp, waardoor de samengeperste lucht werd aangevoerd; deze pijp was voorzien van een klep, die gesloten werd in geval de luchtpompen niet werkten.

Elke schutkamer had vier kranen, namelijk:

d te openen van de binnenzijde der schutkamer, om hierin samengeperste lucht aan te voeren;

e te openen van de binnenzijde der schutkamer, om uit deze kamer samengeperste lucht naar buiten af te voeren;

f te openen van de buitenzijde der schutkamer, om hierin samengeperste lucht aan te voeren;

g te openen van de buitenzijde der schutkamer, om uit deze kamer samengeperste lucht naar buiten af te voeren.

Met behulp der kleppen, deuren en kranen konden alzoo

personen en ook andere voorwerpen van buiten naar binnen en omgekeerd geschut worden, zooals onder anderen de manden, waarin de ontgraven stoffen door de werklieden met behulp van een windas, werden opgehaald.

In fig. 14—16 is de steiger aangegeven, die gemaakt was ter plaatse waar de pijler moest gebouwd worden. De palen werden na het inheien in de richting van de lengte des pijlers behoorlijk gekoppeld, zoodat men in deze richting twee groote ramen bekwam, waartusschen de werkkamer met mantel voorzien, moest worden geplaatst en gezonken. Op een helling op den oever had men de werkkamer geheel in elkander gezet en daarop den mantel aangebracht, voor zoo ver dat noodig was, om het samenstel drijvend te houden. Men heeft de werkkamer daarna van de helling gelaten en met den vloed juist op haar plaats gebracht en in de volgende eb doen zinken. Daarna zijn de steigers voltooid door nadere koppeling en het aanbrengen van een vloer. Hierop was een kraan geplaatst, tot het hijschen van zware stukken en een windas tot het ophalen van gewone stukken; verder waren op den vloer gesteld stoomwerktuigen met pompen en wat er verder bij behoort, tot het samenpersen der lucht, alsmede een loods tot bereiding van metselspecie.

De pijler op den rechteroever is het eerst uitgevoerd; de diepte was hier het grootst; de oppervlakte van den rivierbodem was 4 M. onder gemid. zeepeil. Door haar eigen gewicht en de reeds daarop aangebrachte lagen metselwerk, was de werkkamer 0.80 M. in den bodem gezakt. Men moest de grootste voorzorgen gebruiken om, wegens den smallen en langen vorm van de werkkamer, de weinige vastheid der gronden en den invloed der getijstroomen, het kantelen te voorkomen.

Om van de zakking behoorlijk meester te blijven moet, in zulke weeke gronden wanneer de kamer niet is opgehangen, de werkkamer met wat daarop is door den inwendigen druk steeds in evenwicht gehouden worden, maar wanneer dit evenwicht bestaat bij eb, dan is 't natuurlijk verbroken bij vloed, en zal in dit geval de werkkamer neiging krijgen om te rijzen en zich te verplaatsen in slib, die zijdelings zoo weinig weerstand biedt. Wanneer het evenwicht bij vloed aanwezig is, dan zal bij eb

een sterke neiging tot dalen plaats hebben, en indien zoodanige zakking plotseling intreedt, zoo kan dit voor de stabiliteit zeer gevaarlijk zijn. Door den druk bij eb wat te vermeerderen en bij vloed zoodanig te verminderen, als de toevloed van het water, zonder de werkzaamheden bepaald hinderlijk te zijn, toelaat, zal men de gevaarlijke toestanden wel verzwakken, maar niet geheel opheffen.

Het goed optrekken van het metselwerk binnen den mantel heeft veel moeite gekost, omdat de mantel te zwak was.

Na de rots in de werkkamer van den rechterpijler te hebben geëffend, is de invulling met cementbeton gedaan ter hoogte van 2.30 M.; de overblijvende hoogte tot den zolder is met metselwerk volgewerkt, dat vast tegen den ijzeren wand en met wiggen tegen den zolder sloot. Men heeft voor de bovenste invulling metselwerk genomen, omdat men vreesde dat zoodanige invulling met beton zou krimpen en dus geen volkomen aansluiting tegen den zolder zou plaats vinden, en die aansluiting is noodig, om den druk van het gewicht van den pijler, van den bovenbouw en van de belasting op het beton in de werkkamer behoorlijk te kunnen overbrengen.

De linkerpijler, hoewel hij minder diep moest gezonken worden dan de rechter, heeft toch de meeste moeijelikheden opgeleverd, vooral wegens de mindere vastheid van de slib. Ook de rots was ongelijker dan bij den rechterpijler; over de lengte der werkkamer was 1.50 M. verschil in hoogte, terwijl dit over de breedte 1.15 M. tot 1.30 M. bedroeg. De rots zoodanig te bewerken dat de wand van de werkkamer over zijne geheele lengte erop kwam te dragen, zou het werk zeer vertraagd hebben; men besloot toen langs den omtrek der werkkamer de rots zooveel doenlijk effen te maken; hierdoor kwam $\frac{4}{5}$ van de lengte van den wand horizontaal op de rots te dragen, terwijl een gedeelte van de werkkamer stroomopwaarts nog 0.90 M. boven de rots bleef uitsteken. Daar heeft men verticale damplanken aangebracht en een soort kistdam gevormd. Vervolgens is de rots met in- en uitspringende hoeken bewerkt om afglijdingsvlakken weg te nemen en, na volkomen reiniging, is men overgegaan tot het storten van beton; daarbij zijn verder al die voorzorgen geno-

men, welke bij den rechterpijler in toepassing zijn gebracht. De pijlers zijn in 1862 gebouwd. Aan den rechterpijler zijn besteed drie maanden tot het ineenzetten en op de plaats stellen van de werkkamer met mantel, weder drie maanden namelijk van 8 Februari tot 9 Mei 1862 voor de zinking en het effen maken van de rots, veertien dagen voor de vulling van de werkkamer en de voleinding van den fundeeringsarbeid; dus zijn in 't geheel besteed zes en een halve maand, waarvan drie en een halve maand voor het laten zinken van de werkkamer en den opbouw des pijlers. Het zakken van den linkerpijler begon 1 April; den 5 Augustus was hij gereed.

Men moet uit het vorenstaande niet de dagelijksche zakking van den pijler willen afleiden, omgekeerd mag men niet besluiten uit eenige waargenomen zakkingen tot den tijd, die noodig is om een fundeering tot zekere diepte gereed te maken. Wel is in 't algemeen de wijze van fundeeren met behulp van samengeperste lucht zeer zeker, maar er komen toch veelal eenige onvoorziene toestanden bij, welke in den regel het werk vertragen.

De twee pijlers te zamen hebben *f* 99225 gekost.

De heeren aannemers Gouin en Comp. hebben de ontwerpen voor de verschillende deelen tot het bouwen der pijlers gemaakt en het werk uitgevoerd onder leiding en toezicht van den hoofd-ingenieur Croizette Desnoyers en den ingenieur Dubreil.

Bovenstaande is ontleend aan een »Memoire sur l'établissement des travaux dans les terrains vaseux de Bretagne,» door Croizette Desnoyers, hoofd-ingenieur der bruggen en wegen, voorkomend in de Annales des Ponts et Chaussées, 4 Série 1864, bladz. 273; een vertaling van die Memorie vindt men in de Uittreksels uit vreemde tijdschriften van het Koninklijk Instituut van Ingenieurs 1865—1866, bladz. 16.

§ 113. Brug over de Inn bij Simbach. Deze brug is gebouwd in den spoorweg van München naar Braunau; zij heeft 6 openingen elk van 55,38 M. wijdte haaksgemeten tusschen de pijlers; de as der brug maakt met de richting der rivier een hoek van $60^{\circ}30'$. De drie pijlers, gerekend van den linkeroever, zijn met behulp van dampalen en beton gefun-

deerd; de vierde en vijfde pijler zijn met behulp van samengeperste lucht gebouwd, hoewel de kwartslaag bij deze pijlers reeds op 8.50 M. onder het laagste water wordt aangetroffen. De groote snelheid van den stroom en het snel opkomend hoogwater, waarbij meermalen bodemverdiepingen van 3 en 4 M. voorkomen, heeft doen besluiten tot het omheien der bouwplaats van den vierden en vijfden pijler met een wand van dampalen en damplanken, welke ook ten deele tot steun van den steiger diende, Pl. 42 fig. 1. De dikte der dampalen is 0.25 M. en der damplanken 0.125 M. Zij zijn tot ongeveer 6 M. diepte in den bodem geheid en stonden met den kop 2.5 M. boven het laagste water; later zijn ze op ongeveer 0.60 à 0.70 M. boven den bodem der rivier afgezaagd, om met een aangebrachte steenstorting de voorziening tegen ontgronding te vormen.

De werkkamer, geheel van gesmeed ijzer, is hoog binnenwerks 2.2 M. buitenwerks 2.86 M., breed 5.84 M. en lang 15.46 M. De wand is 7 millimeter dik en op afstanden van 1.1 à 1.6 M., in verband met de dwarsliggers van den zolder, met verticale verstijvingen voorzien, die tevens tot ondersteuning van de dwarsliggers dienen; verder is de wand versterkt op de halve hoogte door een horizontaal hoekijzer en van onder door een randverzwaring en door een horizontale ijzeren gording. De dwarsliggers van den zolder zijn hoog 0.58 M. en liggen op onderlinge afstanden van 1.1 M. Ook zijn 4 langsliggers aangebracht. De zolderplaten, die van onder tegen de dwars- en langsliggers geklonken zijn, zijn dik 10 millimeter. Op de werkkamer waren twee schachten gesteld elk van 1.04 M. middellijn, die naarmate de werkkamer dieper zonk, van boven verhoogd werden. De op deze wijze ingerichte werkkamer woog 40500 kilogr. Nadat de driehoekige ruimte tusschen de verticale verstijvingen en de ruimte tusschen de dwars- en langsliggers met goeden gebakken steen waren volgemetseld, is de werkkamer, aan 12 kettingen, schroeven en moeren opgehangen. Deze kettingen waren paarsgewijze aan den buitenwand vastgemaakt en waren zoo sterk dat 6 kettingen de werkkamer konden dragen, zoodat wanneer één stel van 6 kettingen gebruikt werd tot het aflaten der werkkamer, aan het andere schalmen konden inge-

lascht worden, om het nederlaten voort te zetten. Zoodra de werkkamer eenigszins door de schroeven gelicht was, werd de vloer, waarop zij gesteld was, weggenomen en begon de nederlating; gelijktijdig hiermee werd op de werkkamer gemetseld en wel zoo hoog dat het bovenvlak van dat metselwerk steeds boven water bleef. Om de wrijving van het ruwe metselwerk langs den grond te verminderen, had men boven de werkkamer ter hoogte van ruim 3 M. een ijzeren mantel aangebracht waartegen het metselwerk sloot. Deze mantel is evenwel bij de volgende fundeering weggelaten. Zoodra de werkkamer zoo diep in het grint was gedrongen, dat zij door haar eigen- en het daarop gebrachte gewicht niet meer zakken kon, moest de ontgraving in de werkkamer beginnen, waartoe door het inbrengen van samengeperste lucht het water verwijderd werd.

De op de schachten gestelde luchtsluizen waren zeer eenvoudig; zij bestonden uit twee schutkamers en een middelkamer, die in onmiddellijk verband stond met de schacht. De schutkamers waren elk voorzien van twee deuren en diende tot het in- en uitschutten der arbeiders, alsmede tot het uitschutten der ontgraven stoffen en tot het inschutten van beton.

Zoodra de werkkamer 1.5 M. in het grint was gezonken konden de kettingen losgelaten worden, en werd de ontgraving zoodanig geregeld dat de pijler gelijkmatig zakte, zoodat na 40 dagen, gerekend van het begin der nederlating, de werkkamer tot op het kwarts of tot 8.5 M. onder het lage water was gezonken. In de werkkamer waren in den regel 8 arbeiders werkzaam; de arbeidstijd voor een ploeg duurde 4 uur, waarna een andere ploeg het werk voortzette.

De vijfde pijler, waar de kwartslaag slechts 5.2 M. onder laag water gelegen was, is ook op dezelfde wijze gefundeerd en opgemetseld als de vierde.

Van deze fundeeringen vindt men een beschrijving in het »Zeitschrift des Bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins 1872'', bladz. 78.

§ 114. Bruggen bij Kaufring, bij Gross-Prüfening en bij Rain. Van December 1871 tot Juni 1873 werden in de

Beijersche Staatsspoorwegen met behulp van samengeperste lucht een pijler van de brug over de Lech bij Kaufring, twee pijlers van de brug over den Donau bij Gross-Prüfening en twee pijlers van de brug over de Lech bij Rain, gebouwd. De diepten waartoe de onderkanten van de werkkamers moesten reiken, waren onder het laagste water bij Kaufring 6.35 M., bij Gross-Prüfening 5.834 à 10.48 M., bij Rain 9.249 à 10.5 M.; die diepten waren dus over 't algemeen zeer gering voor pneumatische fundeeringen. Boven laag water was te:

Kaufring de middelb. waterst.	0.73 M.;	het hoogste water	4.222 M.
Gross-Prüfening id.	1.12 M.;	id.	6.40 M.
Rain id.	1.35 à 1.40 M.;	id.	2.478 M.

De algemeene inrichting was dezelfde als die bij de brug over de Inn te Simbach. De breedte van de werkkamer is voor al de pijlers binnenwerks van boven 4.58 M., van onder 4.608 M., buitenwerks van boven 4.592 M., van onder 4.64 M. De lengten bedragen 14.59 M., 16.57 M. en 15.58 M. De hoogten zijn buitenwerks 2.70 M. en binnenwerks 2.22 M. Op elk der werkkamers waren twee schachten en op elke schacht een luchtsluis. Om het verlengen van de schachten, zooals het zakken van de werkkamer dit vordert, goed te kunnen uitvoeren zonder oponthoud, waren op de aansluiting van de schachten en den zolder der werkkamer deuren aangebracht; bij sluiting dezer deuren konden de op de schacht gestelde luchtsluizen afgenomen worden zonder den arbeid door de andere schacht te storen. De platen van den wand der kamers zijn over de halve hoogte dik van onder 8 millimeter, van boven 6 millimeter. De zolderplaten, tegen de dwars- en langsliggers geklonken, hebben de dikte van 10 millimeter. De wand is voorzien van de noodige verstijvingen, terwijl schoren zijn aangebracht tot ondersteuning der dwarsliggers en ankers, die zijdelingsche wijkingen van de twee langswanden tegenwerkten.

Op Pl. 42 fig. 2 is een dwarsdoorsnede van de werkkamer en den opbouw van een pijler bij Kaufring voorgesteld.

Bij het zakken der werkkamers bij Kaufring en Gross-Prüfening waren zij in hoofdzaak opgehangen, zooals dat voor de brug over de Inn bij Simbach is voorgesteld. Op Pl. 42 fig. 4

is de detail van de verbinding der stangen aan de werkkamer van de brug bij Gross-Prüfening gegeven; van onder waren twee platen met een zwaren bout aan de stangen bevestigd; deze platen vereenigden zich lager en waren met behulp van korte schroefbouten aan de werkkamer verbonden. Deze bouten werden, wanneer de werkkamer tot voldoende diepte gezonken was, met een sleutel van uit de werkkamer teruggeschroefd, als wanneer de stangen vrij kwamen en door de schroeven werden opgehaald.

Te **Kaufring** geraakte de werkkamer op een stuk rots, waardoor zij een verschuiving onderging en een scheeven stand aannam. Na verwijdering van het stuk rots is de werkkamer weder op hare plaats gebracht. Naarmate de werkkamer dieper in de klei drong, nam de wrijving zoodanig toe, dat, om meer zakking te verkrijgen, lucht uit de werkkamer moest worden afgelaten; dit had ten gevolge dat water in de kamer drong; men trachtte dit tegen te gaan door het storten van grond aan de buitenzijde, maar er bleef toch aanvoer van water, dat men met behulp van een siphon verwijderde, zooals op de doorsnede te zien is, en daar het verwijderen van het water nogal tijd vorderde en die bewerking meermalen moest herhaald worden, was men genoodzaakt den wateropvoer van den siphon tot een maximum te brengen. Door den druk van de lucht op het water in de werkkamer, zal het water in den siphon tot de hoogte van het buitenwater stijgen; is nu de uitmonding van den siphon hooger gelegen, dan zal op zekere hoogte b. v. bij **a** samengeperste lucht in de stijgbuis kunnen toegevoegd worden, waardoor het daar aanwezige water op nieuw opgeheven wordt. Dit heeft men te **Kaufring** gedaan en het resultaat daarvan was dat een bijna gesloten waterstraal opgevoerd werd, terwijl vroeger grootendeels lucht met weinig water uitgeblazen werd. Te **Kaufring** heeft men ook ondervonden, dat, tot verwijdering van het water uit de werkkamer, de luchtdruk soms merkkelijk hooger moest zijn dan het verschil der waterstanden aangaf, omdat er bronnen waren die gevoed werden uit de naast gelegene hooge oevers. Het doorbreken van de kwarts geschiedde met wig en hamer, maar eindelijk was de wrijving langs de wanden zoo groot, dat door uitlating van lucht geen zakking

meer kon verkregen worden; men ging daarna over tot de vul-
ling der werkkamer met beton.

Te **Gross-Prüfening** kwamen de twee pijlers op Jurakalk te staan, die zeer ongelijk van hoogte lag. De te verwijderen rotsen zijn met behulp van dynamiet verbrokkeld; hiertoe werden boorgaten van 0.6 à 0.7 M. diepte gemaakt en met 2 of 3 patronen gevuld. Men gaf aan dynamiet de voorkeur boven buskruit, omdat bij gebruik van buskruit de patronen waterdicht moeten zijn en het boorgat moet gesloten worden, terwijl voor het dynamiet de patronen niet waterdicht behoeven te zijn en in het met water gevulde gat kunnen gestoken worden zondersluiting. Natuurlijk moet aanhoudend voor een goede ventilatie gezorgd worden. Bij pijler II won men in 7 dagen 0.48 M. en bij pijler I, die daarna gezonken werd, in denzelfden tijd 0.943 M.; in 't geheel werden voor de beide pijlers 40 kilogram dynamiet verbruikt.

Daar waar de werkkamer bij pijler II niet op de rots droeg, heeft men damplanken zeer schuin ingeslagen tot zij op de rots kwamen; het hierdoor binnengesloten grint werd vervolgens verwijderd en de ruimte met beton, dat in de werkkamer bereid werd, gevuld; later werden de damplanken weggenomen en de ontstane opening zoo veel doenlijk met beton volgewerkt. Bij pijler I kon de verwijdering van het grint slechts in korte vakken geschieden en werd de verkregen ruimte dadelijk met beton gevuld.

Het zinken van de pijlers te **Rain**, waarvan de platte grond der werkkamer op Pl. 42 fig. 3 en de doorsnede van de pijlers op Pl. 42 fig. 5 zijn voorgesteld, heeft niets merkwaardigs opgeleverd. De brug werd gebouwd in een later te maken af-snijding der rivier de Lech, zoodat de werkkamer direct op den grond kon geplaatst worden.

De pijler te **Kaufring** is in $4\frac{2}{3}$ maand afgewerkt, daaronder is de tijd voor transport, opstellen enz. der machines begrepen; het zinken door den grond ter diepte van 5.65 M. heeft 25 dagen geduurd en voor de invulling der werkkamer met beton zijn 7 dagen noodig geweest.

De twee pijlers te **Gross-Prüfening** hebben te zamen $6\frac{1}{2}$ maand voor hun afwerken gekost, daaronder waren noodig bij den

eersten pijler 11 dagen tot het zinken door een grintdiepte van 5.4 M., 13 dagen voor het zoo veel doenlijk effenen der rotsen, 13 dagen voor het zijdelingsch dichten en het inbrengen van beton, terwijl bij den tweeden pijler noodig waren 24 dagen voor het zinken door een hoogte van 9 M. grint, 7 dagen voor het effenen der rots, 20 dagen voor het zijdelingsch dichten en het inbrengen van beton.

De twee pijlers te Rain zijn in 7 maanden afgewerkt, waaronder bij den eersten pijler voor het zinken door een hoogte van 8.75 M. grint 19 dagen, en door een hoogte van 2.7 M. klei 14 dagen, alsmede voor het inbrengen van beton 5 dagen, terwijl men bij den tweeden pijler noodig had 21 dagen om door een hoogte van 7.3 M. hoogte grint te zinken, 11 dagen om door 2.25 M. klei te zinken en 4 dagen voor het inwerken van het beton.

In den onderstaanden staat zijn nog eenige gegevens betreffende die pijlers meegedeeld.

Benaming.	Kaufring.	Gross-Prüfung.		Rain.	
	Pijler.	Pijler I.	Pijler II.	Pijler I.	Pijler II.
Werkkamer inhoud in M ³ .	166.6	190.9	190.9	178.7	178.7
„ Bodemvlakte M ² .	63.5	72.5	72.5	67.9	67.9
„ Zoldervlakte M ² .	62.5	71.6	71.6	67.0	67.0
„ Gewicht in kilogr.	31300	35900	35900	30300	30300
Grootst mogelijke druk per M ² . zoldervlakte in kilogr.	11600	15500	26400	19300	17800

Van deze fundeeringen vindt men nog veel belangrijke opgaven betreffende de gebruikte stoomwerktuigen, luchtanalysen enz. in het »Zeitschrift des Bayerischen Architekten- und Ingenieur-Vereins» 1874, blad. 1 en 19.

§ 115. Brug over de Duna bij Riga. Deze brug heeft 8 openingen elk van 83 M. in den dag en van 86.31 M. van

midden tot midden der pijlers. Zij heeft bovendien op den rechteroever of aan de stadszijde een draaibrug met twee openingen elk van 20 M., waarvan een voor de passage der schepen is, terwijl onder de andere het vervoer te land naar de beneden haven plaats heeft. De fundeering der pijlers is met behulp van samengeperste lucht geschied. Op Pl. 42 fig. 6 is de lengtedoorsnede der werkkamer aangegeven; de lengte bedraagt 19.59 M.; de breedte 4.877 M., de hoogte binnenwerks 2.61 M. en buitenwerks 3.10 M.; de wandplaten der werkkamer zijn slechts $7\frac{1}{2}$ millimeter dik en hebben van onder een versterking, waarvan de platen 10 millimeter dik waren. De mantelplaten, elk hoog 1.05 M., hadden een dikte van 5 millimeter. De 17 dwarsliggers liggen op een gemiddelden onderlingen afstand van 1.05 M., uitgenomen die waartusschen de schachten staan; deze liggen op 1.245 M. onderlingen afstand. Tusschen de dwarsliggers zijn gewelven geslagen, waarop de verdere opbouw heeft plaats gehad. De werkkamer heeft vier langsliggers. Er waren slechts twee schachten aangebracht elk van 1 M. middellijn. Door middel van driehoekige schoren bestaande uit middelribben en hoekijzers steunen de schachten op de dwars- en langsliggers.

De diepte waartoe de werkkamers gezonken zijn bedraagt 19.82 M. onder den waterstand.

Het gewicht van een werkkamer bedroeg . . .	46494 kilogr.
en voor 6 ringen van den mantel, ter gezamenlijke hoogte van ongeveer 6 M.	7544 »

Te zamen voor werkkamer en mantel slechts 54038 kilogr.

De gebruikte bouten hadden een middellijn van 18 millim. voor de verbinding der platen van 7.5 millim. dikte, van 12 millim. voor de verbinding der platen van 5 millim. en van 22 millim. voor de verbinding der platen van 10 millimeter.

De op de werkkamer opgemetselde pijlers hebben een breedte van 4.87 M. aan de basis en 3 M. van boven, van onder is de lengte 19.59 M. Zij zijn stroomopwaarts als ijsbrekers bewerkt, die met gehouwen steen bekleed zijn, bestaande in hard graniet van Stockholm en Karlskrona. Op Pl. 25 fig. 11 is het bovenst gedeelte van een der pijlers voorgesteld.

De bouw der brug is begonnen den 10 Mei 1871 en was

gereed den 15^{en} October 1872, niettegenstaande de werken vertraging hebben ondervonden door ijsgang.

Het schijnt dat de mantel hier niet steeds tot boven water is opgetrokken, omdat slechts 6 ringen voor den mantel ter gezamenlijke hoogte van ongeveer 6 M. in rekening zijn gebracht en de mantel ook slechts tot die hoogte is geteekend in de *Annales de la Construction* van 1875, waaraan bovenstaande beschrijving is ontleend. De leiding van de uitvoering der werkzaamheden voor de fundeering der brug was hoofdzakelijk toevertrouwd aan de ingenieurs gebroeders von Struve, H. Singlé, C. Maréchal en B. Barrault.

De pijlers der bruggen gelegen over de groote rivieren in het noorden van Rusland zijn aan zwaren ijsgang blootgesteld. Om de werkzaamheden in den winter niet te staken, had men om elken pijler in uitvoering een soort houten loods gebouwd met dubbele wanden, waarvan de tusschenruimte, breed 0.40 M., met mos gevuld was; bovendien werd de loods verwarmd met afgewerkten stoom der machines.

§ 116. Brug bij la Voulte. Deze brug is van Maart 1860 tot October 1861 over de Rhône gebouwd voor den spoorweg naar Parnas; zij heeft 5 openingen elk van 55.60 M. De 4 pijlers zijn pneumatisch gefundeerd. Pl. 42 fig. 7, 8. De werkkamer heeft in platten grond den gewonen langwerpigen vorm met halfcirkelvormige afrondingen; de grootste lengte bedraagt 12 M., de breedte 5 M. en de hoogte onder de dwarsliggers ongeveer 2.50 M.; hare wandplaten zijn dik 10 millim.; van binnen is zij gesteund door metselwerk, waarvan het streksch gewelf weinig doelmatig voorkomt, en door verticale ijzeren verstijvingen, waarvan de middelribben dik 8 millim. en de hoekijzers $70 \times 70 \times 10$ millim. zijn. De werkkamer heeft 2 langs- en 8 dwarsliggers, waarover de zolderplaten geklonken zijn. De platen van den mantel zijn dik 4 millim.; hij is opgetrokken tot 2.50 M. boven den laagsten waterstand, om bij het opmetselen der pijlers beveiligd te zijn tegen oponthoud bij eenigen was van het water; het is gebleken dat de mantel te zwak was geconstrueerd, want hij is tijdens de uitvoering door de daarop werkende krachten ver-

vormd geworden. Het gewicht van de werkkamer en van den mantel was slechts 39000 kilogr. De werkkamer was opgehangen aan 8 zware schroeven; de diepte, waartoe zij is gezonken, bedroeg 10 M. onder den laagsten waterstand.

Het verwijderen der stoffen uit de binnenruimte heeft volgens een andere werkwijze dan bij de tot nu beschrevene pneumatische fundeeringen plaats gehad. Op de werkkamer waren drie schachten gesteld, twee van 1 M. middellijn, elk met hun midden op 2.50 M. uit de einden der werkkamer en een grootte van 2 M. middellijn in het midden der werkkamer. Op elk der twee eerste was een luchtsluis geplaatst en deze luchtsluizen dienden dus tot gemeenschap voor de arbeiders van de buitenlucht met de werkkamer en omgekeerd; de luchtsluizen hadden 2 M. middellijn en een hoogte van 2.66 M.; de derde schacht was van boven en van onder geheel open en van onder verlengd tot ongeveer 0.10 M. onder den onderkant der werkkamer; het water steeg erin tot gelijk met het buitenwater; in deze schacht was een noria of baggermachine geplaatst, fig. 8; de arbeiders werkten den grond, die uit de werkkamer te baggeren was, tot bij de baggermachine, die hem dan opnam en omhoog voerde.

Steeds moest gezorgd worden dat de waterstand, die in de werkkamer was, hooger bleef dan de onderkant der groote schacht, en tevens, dat de waterkolom in de schacht evenwicht maakte met den druk der lucht in de werkkamer, want ware dit niet het geval geweest, dan had de samengeperste lucht door de groote schacht kunnen ontsnappen, dat bij verschillende werken heeft plaats gehad.

De op de werkkamer opgemetselde pijler was in aanleg 4 M. bij 11 M.

§ 117. Brug over de Mississipi te St. Louis. **Algemeene mededeelingen.** Deze brug is een der belangrijkste bruggen, zoowel wat den onderbouw als den bovenbouw betreft; zij heeft twee zijopeningen elk van 152.4 M. en een middelopening van 158.5 M. De brug heeft twee rijvlakken boven elkander; het onderste is voor spoorwegverkeer en het bovenste voor gewoon verkeer; de uiterste breedte van den bovenbouw is 16.46 M.

In den top is de onderkant der bogen 30.5 M. boven het laagste en 18.3 M. boven het hoogste water verheven; die hoogte werd voor de scheepvaart vereischt; de pijl der bogen is ongeveer 13 à 15 M.; de opritten van den spoorweg hebben een helling van $\frac{1}{67}$.

Het bed der rivier bestaat uit zeer fijn zand, waaronder zich, op zeer ongelijke diepte, kalkrots bevindt. Deze diepte bedraagt onder den laagsten waterstand :

bij het westelijk landhoofd gelegen aan de zijde van St. Louis	ongeveer	3.97 M.
bij den westelijken pijler ongeveer	. . . . .	26.00 »
bij den oostelijken pijler ongeveer.	. . . . .	26.23 »
bij het oostelijk landhoofd ongeveer	. . . . .	28.67 »

De gemiddelde waterstand is ongeveer 4.80 M. en het hoogste water 12.80 M. boven den laagsten.

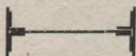
De ijsgang kan er zeer sterk zijn; het ijs bekomt dikwijls een dikte van 0.25 à 0.30 M.; het bedekt dan de geheele breedte van den waterspiegel der rivier en beweegt zich met een snelheid van 1.35 à 1.60 M. per seconde. In den bodem der rivier kunnen uitschuringen voorkomen, waarvan de diepten niet juist bekend zijn, maar men vermoedt dat die, te oordeelen naar de verschillende stoffen, welke men bij den bouw der pijlers gevonden heeft, meer dan 25 M. kunnen bedragen.

De fundeeringen gaan door tot op de rots en zijn op pneumatische wijze uitgevoerd.

Oostelijke pijler. Deze is het eerst uitgevoerd; daarmede werd den 25^{sten} October 1869 begonnen, op den 28^{sten} Februari 1870 werd de rots, gelegen 39.03 M. onder hoogwater, bereikt en op den 27^{sten} Mei 1870 was de invulling der werkkamer met beton geëindigd. Op Pl. 42 fig. 9—10 stellen voor: A werkkamer, B luchtsluizen, C houten wanden, D zandpompen, E uitloop van de zandpompen, F centrale schacht, G schachten, H ijzeren wand, I zolder, J ijzeren dwarsliggers, K consoles of driehoekige verstijvingen, L mantel.

De werkkamer heeft in platten grond een zeshoekigen vorm; zij is breed ongeveer 18.50 M., hoog 2.75 M., lang van punt tot punt 25 M. en langs de zijvlakken 16 M.; haar grondvlakte

bedraagt 372 M^2 en haar inhoud 1023 M^3 . Over de breedte is de werkkamer door twee houten wanden in drie vakken gedeeld; zij is overigens van ijzer; de zolder bestaat uit plaatijzeren balken

van den  vorm, hoog 1.52 M. en geplaatst op 1.676

M. onderlingen afstand in de richting van de breedte der werkkamer; tegen die balken zijn van onder gesmeed ijzeren platen dik $12\frac{1}{2}$ millimeter geklonken; de zijwanden bestaan uit ijzeren platen dik 19 millimeter, welke door driehoekige verticale verstijvingen, die tevens het verband van den zolder met de zijwanden uitmaken, zijn verzekerd; van onder is de ijzeren wand door op elkander klinken van ijzeren platen versterkt. De houten wanden zijn verkregen door houten balken op elkander te leggen; in de breedte van den wand liggen van onder 3 en hoger 2 balken naast elkander, terwijl de hoogte uit 7 lagen bestaat; driehoekige verticale verstijvingen vormen het verband tusschen deze houten wanden en den zolder. Op de werkkamer waren 7 schachten gesteld, namelijk: 1 centrale schacht van 3.05 M. middellijn en 6 andere van 1.45 M. middellijn; in de centrale-schacht was een wenteltrap geplaatst; elke schacht was van een luchtsluis voorzien, hebbende een middellijn voor de centrale schacht van 1.83 M. en voor de andere van 1.45 M.

De plaatsing der luchtsluizen wijkt geheel af van die, welke bij de tot nu beschreven fundeeringen gevolgd is, want, in stede de luchtsluizen boven water en op de schachten te plaatsen en, naarmate de werkkamer dieper zinkt, de schachten te verlengen om daarbij de luchtsluizen weder op voldoende hoogte te kunnen stellen, heeft men de luchtsluizen *in* de werkkamer geplaatst; daaraan zijn voor- en nadeelen verbonden.

De voordeelen zijn:

a. dat de luchtsluizen niet verplaatst behoeven te worden bij het dieper zinken der pijlers;

b. dat de arbeiders in de gewone dampkringslucht in de schachten kunnen op- en neergaan, waartoe hier de centrale schacht diende;

c. dat de ruimte met samengeperste lucht te vullen tot een minimum gebracht wordt.

Zeer waarschijnlijk is het sub *a* genoemde ook te verkrijgen door uitschuifschachten te maken, zooals dit geschied is bij een duikerklok voor den bouw der droogdokken in Pola, Pl. 46 fig. 8, waardoor de luchtsluizen tijdens het zinken niet behoeven verplaatst te worden. Het spreekt van zelf dat deze schachten bij het zinken vrij zouden moeten blijven van het metselwerk of het beton, en dat dus op een kleinen afstand daaromheen zou moeten gewerkt worden.

Het op- en neergaan der arbeiders in de samengeperste lucht heeft geen beteekenend bezwaar, wanneer dit geschiedt in bakken, welke aan kettingen hangen en met behulp van een hydraulisch toestel of op andere veilige wijze omhoog gehaald of neergelaten worden.

De nadeelen zijn :

1°. dat, bij een ongeluk, hetzij het vol water loopen der werkkamer, hetzij het onder water loopen der luchtsluis, de arbeiders zeer moeielijk of niet uit de werkkamer kunnen gaan;

2°. dat het regelmatig aanvullen der werkkamer soms bezwaarlijk is.

Het eerste nadeel is van zeer ernstigen aard en maakt 't wenschelijk dat bij zulke inrichtingen in elk geval een schacht aanwezig zij, welke van een luchtsluis voorzien is, die steeds boven water gehouden wordt.

Tot het verwijderen van het zand uit de werkkamer hebben 7 pompen, zooals er een in § 94 op bladz. 231 beschreven is, dienst gedaan.

Het zinken der werkkamer geschiedde in den beginne langs een steiger tusschen geleipalen; daarbij was de werkkamer aan stangen en schroeven in moeren opgehangen, maar deze schijnen verwijderd te zijn geworden, zoodra de werkkamer een genoegzaam vasten stand in het zand had verkregen.

De bovenkant van den mantel werd steeds boven water gehouden en ook zooveel mogelijk die van het metselwerk, maar de leveranciers van het graniet, dat tot de buitenbekleding dienen moest, bleven in gebreke op den bepaalden tijd te leveren. Het water was wassend en toen de onderkant van de werkkamer nog 1.83 M. boven de rots reikte, steeg het water in de

rivier tot gelijk met den bovenkant van het metselwerk, dat toen ruim 3 M. boven het laagste water verheven was. Het zinken te staken tot het graniet geleverd was, werd onraadzaam geacht. Men ging dus voort met zinken en toen de werkkamer op de rots kwam te dragen, was het water reeds ongeveer 1.83 M. boven het metselwerk gestegen en toen men met de aanvulling der werkkamer bezig was, bekwam, terwijl het water door snellen was reeds tot 5.94 M. boven het metselwerk gerezen was, de mantel diep onder water een niet te stoppen lek. Daarna werd het bovenste gedeelte van den mantel afgebroken en met veel moeite vervangen door een houten damwand, die boven het water uitstak en van onder tot de vierde voeg van het metselwerk doorging en daartegen aansloeg. Vervolgens werd het water uitgepompt en kon men met het opmetselen des pijlers en met het aanvullen der werkkamer voortgaan.

De tijd aan het zinken besteed, heeft 126 dagen bedragen. De rots was tamelijk waterpas, want, toen de werkkamer aan den zuidwestelijken hoek op de rots kwam te rusten, was deze slechts onder de werkkamer aan den noordwestelijken hoek 0.20 M., aan den noordoostelijken hoek 0.40 M. en aan den zuidwestelijken hoek 0.20 M.

Toen men bij het zinken der werkkamer de diepte van 20 M. bereikt had, heeft men een telegrafische verbinding gemaakt van de werkkamer naar het bureau van den ingenieur bij het werk en naar dat van den hoofdgenieur in de stad St. Louis; daardoor kon men buiten aanhoudend weten hoe het in de werkkamer gesteld was, terwijl het bewustzijn, dat men van in de werkkamer met de buitenwereld steeds in directe gemeenschap was, aan de arbeiders groote gerustheid gaf.

Het beton tot vulling der werkkamer is in de werkkamer zelve gemaakt op 31.39 à 33.68 M. onder den waterstand der rivier; waarom juist het beton daar bereid is, wordt niet vermeld. In den regel wordt dat buiten de werkkamer in de gewone dampkringslucht gedaan, en dan wordt het bereide beton naar binnen geschut, hetgeen veel verkieslijker voorkomt, dan de bereiding van het beton in de werkkamer. Het vullen geschiedde in lagen van slechts 0.25 M. hoogte; zoodra de werk-

kamer vol was, werden ook de luchtsluizen en daarna de schachten met beton gevuld; de ijzeren mantel werd verder zoo diep doenlijk afgebroken.

Westelijke pijler. Het zinken van den westelijken pijler begon den 15^{den} Januari 1869, dus twaalf weken na den oost. pijler; de mantel van den oost. pijler had veel oponthoud, last en kosten veroorzaakt; voor den west. pijler besloot de hoofd-ingenieur James B. Eads een wijziging te maken; de mantel liet hij slechts opgaan tot 6.10 M. boven de werkkamer en verder zou het metselwerk bij het optrekken steeds boven water gehouden worden. Toen bij den oost. pijler de diepte van 12.19 à 15.24 M. bereikt was, filtreerde het water door de schachten niettegenstaande het metselwerk met zorg in hydraulische specie was uitgevoerd. Om dit te beletten werden de schachten van den west. pijler met duigen van dennenhout voorzien ter dikte van 0.076 M. voor de centrale schacht van 3.05 M. middellijn, en van 0.064 M. voor de schachten van 1.45 M. middellijn; daar de onderste duigen te zwak waren om den druk van het hooge water te weerstaan, werden tegen deze duigen in de schachten ijzeren banden aangebracht van 2.5 bij 7.6 centimeter.

Het werken zonder hoog opgaanden mantel zou zeer goed gegaan zijn, indien de aannemers van het graniet niet in gebreke waren gebleven op tijd te leveren. Toen het graniet noodig was, reikte het metselwerk tot 1.83 à 2.44 M. boven water en was de onderkant der werkkamer nog 5.50 à 6.10 M. boven de rots. Evenals bij den oost. pijler werd het ook hier onraadzaam geacht het werk te staken toen het water hooger rees. Daar de ijzeren mantel ontbrak, was men genoodzaakt — om het opbouwen des pijlers te kunnen voortzetten — een houten dam om den pijler te maken, zoodanig dat het water van den pijler werd afgesloten. Het werk ging goed tot dat de onderkant der werkkamer nog 0.23 M. boven de rots was; maar daarna zijn veel moeielijkheden ondervonden, omdat het zand zich langs een deel van den dam opgehoogd had, de damwand ten deele een grooter wrijving ondervond en daardoor voor dat deel verhinderd werd met den pijler te zakken, hetgeen het

loswerken van metselwerk, waaraan de wand verbonden was, ten gevolge had. Na het zand weggepompt en een gedeelte houten dam vernieuwd te hebben, reikende tot beneden het losgeraakte metselwerk, kon, zoodra het graniet geleverd was, het water uitgepompt en het werk voltooid worden.

De schade, die de Maatschappij gehad heeft, ten gevolge der te late levering van het graniet voor de beide pijlers, wordt door den hoofdgenieur Eads geschat op ten minste 125000 gulden.

Oostelijk landhoofd. Het oost. landhoofd zou eerst op palen gefundeerd worden, die met de punt ruim 15 M. onder laagwater zouden reiken. De goede uitslag, welken men met de pneumatische fundeering bij de twee pijlers verkregen had, deed de directie der Spoorwegmaatschappij besluiten ook het oostelijk landhoofd op de rots te fundeeren. Door de gedane boringen had men bevonden, dat de rots hier ongeveer 2.44 M. lager was dan bij den oost. pijler en 41.47 M. onder hoogwater of 28.67 M. onder laagste water. De werkkamer, Pl. 42 fig. 12, 13, is, hoofdzakelijk van goed eikenhout, juist sluitend geconstrueerd; de zolder heeft een houtdikte van 1.47 M.; de zijwanden hebben een dikte van 2.59 M. nabij den zolder en van 0.455 M. nabij den bodem; zij zijn van balken gemaakt, waarvan de uiterste verticaal, de inwendige onder een hoek van 45° en de binnengelegene horizontaal geplaatst zijn; de werkkamer is weer in drie deelen gedeeld door twee liggers, elk lang ongeveer 22.25 M., hoog 2.75 M., breed nabij den zolder 3.05 M. en nabij den bodem 1.06 M. Tot gemeenschap der drie compartimenten zijn in elken ligger twee openingen gemaakt. De verschillende balken der werkkamer zijn met zware ijzeren bouten en bovendien met eikenhouten nagels aan elkander bevestigd. De werkkamer is van drie schachten voorzien, een centrale wijd 3.05 M. en 2 andere elk wijd 1.22 M. De centrale schacht heeft in de werkkamer twee luchtsluizen, elk wijd 2.44 M. en de twee overige schachten hebben elk een luchtsluis ook van 2.44 M. middellijn. De luchtsluizen waren nu zoo groot, dat elk al de arbeiders kon opnemen, die te gelijkertijd in de werkkamer waren.

De centrale schacht werd alleen gebruikt door de werklieden; de twee overige dienden hoofdzakelijk voor de veiligheid, ingeval

het een of ander ongemak aan de centrale schacht of hare luchtsluizen voorkwam. De centrale schacht was, behalve van een wenteltrap, ook nog van een elevator voorzien, om de arbeiders omhoog te lichten. Dit is een zeer goede inrichting en de toepassing ervan is zeer aan te raden, om de arbeiders niet meer te vermoeien dan noodig is, want wanneer men onder een druk van 2 à 3 tot nabij $3\frac{1}{2}$ atmosfeer boven den gewonen dampkringsdruk gewerkt heeft, dan is een klimming van 20 tot ruim 30 M. een zeer vermosienden en bovendien nutteloozen arbeid.

De buitenromp der werkkamer is van plaatijzer dik hoofdzakelijk 1 centimeter; van onder hebben de ijzeren zijwanden een dikte van 7.6 centim., welke verkregen is door 4 platen van 1.9 centim. op elkander te bouten; die verdikking gaat door tot 0.25 M. onder de houten zijwanden. Op onderlingen afstand van 0.61 M. zijn de ijzeren wanden versterkt door verticale T ijzers van 7.6×17.5 centim. met de platte zijde tegen de buitenzijde van den ijzeren wand te bouten. Door deze T ijzers gaan horizontale bouten van 3.8 centimeter dikte tot onderlinge bevestiging van den ijzeren en den houten wand. De zolder is ook van plaatijzer dik 1 centim. De mantel, welke ook van plaatijzer en 1 centim. dik is, reikt slechts tot 3.66 M. boven den ijzeren zolder, zoodat hooger het metselwerk zonder eenigen mantel is opgetrokken.

Het grondvlak van het landhoofd is ongeveer 464.5 M^2 . Het hierop te dragen gewicht kan, zonder de wrijving der wanden in rekening te brengen, ruim 9 kilogr. per vierk. centimeter bedragen.

Het grondvlak van den houten onderkant met dat van den onderkant der twee liggers en van de luchtsluizen is ongeveer 116 M^2 , wanneer men dit alleen in rekening brengt zou de druk per vierk. centim. ruim 36.3 kilogr. bedragen. Het zinken ging zeer regelmatig; meermalen vorderde men per dag 0.48 à 0.66 M. in diepte en werden in denzelfden tijd 76 M^3 metselwerk uitgevoerd. De vulling van de werkkamer is op de volgende wijze geschied: zoodra haar ijzeren onderkant op de rots rustte, werd de ruimte tusschen de rots en de houten wanden

zorgvuldig met beton aangevuld, terwijl het zand onder de twee liggers onaangeroerd bleef; daartoe waren ongeveer 85 M³. beton noodig, waarmede men een muur verkreeg van gem. 1.06 M. breedte en 0.76 M. hoogte; hierna liet men de werkkamer vol water komen, en werd zij verder met zand aangevuld, dat door de verschillende pijpen, welke vroeger voor de zandpompen enz. gediend hadden, werd gestort; er waren 19 van zulke pijpen dik 0.10 à 0.15 M. aanwezig. Door peilen onderzocht men hoe hoog het zand in de werkkamer stond, en wanneer het tot dicht bij den zolder was aangehoogd, werd weder lucht in de werkkamer geperst en werden arbeiders naar beneden gezonden, om het zand te effenen; dit werd twee of drie malen herhaald, en daarna de ruimte tusschen het zand en den zolder zorgvuldig met beton aangestampt.

In de werkkamer van den oost. pijler waren tot vulling noodig 1024 M³. en voor de werkkamer van het oost. landhoofd, waarvan de inhoud $\frac{1}{4}$ grooter is, slechts ongeveer 153 M³. beton.

Hoewel het zand tegen zijdelingsche uitwijking beveiligd is, zou toch een vulling der werkkamer geheel met beton een dege-lijker werk opgeleverd hebben, terwijl de hoogere kosten voor het beton niet zoo beduidend zouden geweest zijn, dat men daarom bij zulk een groot werk, dat ongeveer 12 $\frac{1}{2}$ millioen gulden gekost heeft, van het gebruik van beton had moeten afzien.

Bovenstaande is hoofdzakelijk ontleend aan een beschrijving van de fundeering der brug te St. Louis door den hoofdingenieur Eads, voorkomende in »Engineering, December 1870'' bladz. 465 en 486, aan het Rapport over de publieke werken in Amerika van den hoofdingenieur Malezieux, bladz. 81 en aan het »Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur Vereins 1874'' bladz. 75. De vele beschrijvingen van dat werk strooken niet geheel met elkander in de onderdeelen, zoodat het mogelijk is dat bovenstaande beschrijving niet voor *alle* deelen het uitgevoerde werk juist aangeeft. Het werk is uitgevoerd onder de leiding van de hoofd-ingenieurs James B. Eads en Henry Flad.

§ 118. Brug over de „East-River'' tusschen New-York en Brooklyn. **Algemeene mededeelingen.** De brug over de rivier

bestaat uit drie openingen waarvan de middelste 487.7 M. en de beide uiterste elk 283.7 M. bedragen, welke door een kettingbrug overspannen zijn; de totale lengte der brug met inbegrip van een viaduct aan weerszijden als oprid bedraagt 1825.4 M.; de helling der opritten bedraagt $\frac{1}{30}$, de breedte van het rijvlak is 25.93 M. en is in 5 vakken afgedeeld; de twee uiterste vakken bevatten elk twee sporen voor tramway verkeer en een gewonen rijweg; de daarnaast gelegen vakken hebben elk een spoorweg tot vervoer van waggons getrokken met behulp van kabels, terwijl het middelste vak, dat hooger gelegen is dan de rijwegen en 4.572 M. breed is, voor voetgangers dient.

De onderkant van den bovenbouw is 41.1 M. boven gewoon hoogwater of 42.7 M. boven gewoon laagwater verheven.

De pijlers reiken tot meer dan 80 M. boven het water en hebben een totale hoogte boven de fundamente van 107.8 M., de pijler aan de zijde van New-York is dik aan de basis 23.47 M. op de hoogte van het water 17.98 M.; zijne lengte bedraagt aan de basis 47.85 M., op de hoogte van het water 42.98 M. De pijlers bestaan uit metselwerk van kalksteen en graniet, die aan de zijde van New-York bevat 33600 M³. De fundeering der pijlers is met behulp van samengeperste lucht uitgevoerd; de totale druk op de werkkamer van elken pijler door het gewicht van den pijler, door den bovenbouw en de belasting uitgeoefend, wordt berekend op ruim 94000 ton, de druk per vierkante centimeter bedraagt op het grondvlak der fundeering 7.0 à 7.1 kilogr., op de werkkamer 10.7 à 10.9 kilogr., op het muurwerk op de hoogte van het water 14.0 à 14.7 kilogr.

Het landhoofd aan de zijde van Brooklyn is op een houten roosterwerk gefundeerd en dat aan de zijde van New-York heeft een paalfundeering; elk landhoofd bevat meer dan 40000 M³. metselwerk.

De kosten der brug, aanvankelijk geraamd beneden de 10 miljoen gulden, hebben meer dan 31 miljoen gulden bedragen.

Pijler aan de zijde van Brooklyn. De hoofdingenieur Roebling, die met den bouw dezer brug belast was, besloot tot de toepassing van een houten werkkamer.

Het gebruikte hout is hoofdzakelijk een soort grenenhout,

»Jellow-pine», afkomstig van de Staten Florida en Georgië en was gemakkelijk in afmetingen te verkrijgen van 30 à 40 centimeter zijde bij 15 en meer M. lengte; het weegt, nat zijnde, gem. 776 kilogr. per M^3 , terwijl het in sterkte weinig van eikenhout verschilt.

De werkkamer Pl. 43 fig. 1—3 is hoog binnenwerks 2,90 M. en breed buitenwerks 31.11 M., lang 51.24 M en heeft alzoo een grondvlak van $1594 M^2$, de zijwanden hebben $\frac{1}{10}$ helling. De balken werden in horizontale lagen, loodrecht over elkander gelegd en op de kruispunten aan elkander verbonden door gesmeed ijzeren bouten, waarvan een groot aantal een lengte van 0.80 M. en 22 millim. middellijn hebben, doch waarvan er ook vele zijn, die 2.13 M. lang en 38 millim. dik zijn; het geboorde gat was 3 millim. kleiner dan de dikte van den bout, om de dichte sluiting te bevorderen. De houten zijwanden zijn breed nabij den zolder 2.52 M. Zij worden van onder veel smaller en sluiten daar op een gegoten ijzeren schoen ongeveer breed 0.20 M., welke met plaatijzer omgeven is, dat zich aan weerszijden langs de wanden 0.90 M. verheft en daaraan is vastgebout. De zolder bestond uit 5 lagen hout goedsluitende ter dikte van 1.52 M.; de voegen werden met teer gevuld en tot een diepte van 0.10 M. gekalfaat, en, om den doortocht der lucht af te snijden werd, tusschen de vierde en vijfde laag balken, een aaneengesloten blad ijzerblik tusschen twee bladen geteerd papier gelegd; bovendien werd de binnenzijde der werkkamer met vernis overstreken.

Door vijf wanden tot ondersteuning van den zolder is de werkkamer in 6 vertrekken van 7.6 tot 9 M. breedte en ongeveer 31 M. lengte verdeeld, welke door openingen met elkander in verbinding staan.

Later is de zolder verhoogd tot 6.15 M. door er 15 lagen balken op te brengen, welke lagen ook loodrecht op elkander geplaatst zijn; de balken liggen evenwel met eenige tusschenruimte, die met beton is aangevuld. De werkkamer was zonder mantel.

Op de werkkamer zijn 6 schachten, A, A, B, B, C, C, alle in de richting der lengteas van den pijler aangebracht. De

schachten A A, hadden 1.06 M. middellijn en waren elk voorzien van een luchtsluis, die op de hoogte van den bovenkant des zolders geplaatst was; de luchtsluizen behoeften bij het zinken dus niet versteld te worden; die schachten dienden voor het verkeer der arbeiders. De schachten B B hadden slechts 0.53 M. middellijn en waren bestemd tot aanvoer van bouwstoffen. Zij reikten tot 0.60 M. onder den onderkant van den zolder. De schachten C C hadden een rechthoekige dwarsdoorsnede ter lengte van 2.13 M. en ter breedte van 2.00 M.; zij waren van plaatijzer dik 1 centimeter dat met hoekijzers aan elkander was gebout, en daalden tot 0.50 M. onder den onderkant der werkkamer; van boven kwamen ze in de gewone dampkringslucht uit en moesten daar altijd tot boven de hoogste waterstanden der rivier gehouden worden; zij dienden om de stoffen uit de werkkamer te verwijderen.

Er waren 6 luchtdrukmachines opgesteld, elk van 20 paardekracht met twee enkelwerkende luchtcilinders van 0.37 M. middellijn, hebbende een zuigerslag van 0.35 M.; elke machine had haar eigen ketel.

Den 10^{den} Mei 1870 was de werkkamer op hare plaats gezonken en ging men voor de eerste maal er in; men had gezorgd vóór het zinken, de noodige gereedschappen, als kruiwagens, schoppen enz. er in te doen, welke men dacht noodig te hebben. Door boren wist men dat de grond zeer ongelijksoortig was, en dat hij bestond ten deele uit weeke modder en ten deele uit verschillende soorten van steenblokken; dit bevestigde zich toen de werkkamer gezonken en droog was. Vele weken gingen voorbij met de verwijdering van steenblokken; vooreerst werkte men slechts met laagwater, want met hoogwater werd de werkkamer omhoog geheven, omdat zij van boven nog niet met metselwerk voorzien was en zijdelings nog geen wrijving van den grond ondervond. Zoodra men drie lagen metselwerk elk ter hoogte van 0.60 à 0.70 M. aangebracht had, hield alle opheffing op. Over het algemeen heeft het verwijderen der blokken zeer veel moeite gekost. De vijf wanden tot ondersteuning van den zolder en de stutten, die men na 15 November erin bracht tot gelijk doel, waren natuurlijk zeer hinderlijk bij het opruimen der steenblokken en

het doen der ontgravingen. Het stellen der stutten werd voor de veiligheid gedaan, omdat de draagvlakken van het hout op den grond een te grooten druk, 44 kilogr. per vierk. centim., ondervonden.

Voor het werken in de werkkamer had men 3 ploegen arbeiders, bestaande elk uit 1 chef, 6 helpers en 112 arbeiders; zoolang de diepte, waarop zij onder water werkten, niet meer dan 10 à 15 M. bedroeg, bleef elke ploeg 8 uur in de werkkamer en gebruikte daarvan 1 uur om te schaften, de nacht- en daguren werden wekelijks door de ploegen afgewisseld.

De privaten in de werkkamer waren zoodanig ingericht, dat hun inhoud in de vrije lucht kon ontlast worden.

Het verwijderen van den grond geschiedde met de dubbele baggerschop van Morris en Cummings, beschreven in § 94 op bladz. 227 en voorgesteld op Pl. 28 fig. 8—10; de steenblokken werden met de tangen van Morris en Cummings, voorgesteld op Pl. 28 fig. 11, opgehaald.

Het verdient opmerking dat hier de verwijdering der stoffen uit de werkkamer geschiedde door schachten, welke van boven in de vrije lucht uitkwamen; deze wijze van werken, in § 116 op bladz. 317 reeds gemeld, is bij den bouw van eenige bruggen gebruikt van 1859 tot 1872, maar heeft daarna weinig of geen navolging meer gevonden. Te zorgen dat de tegendruk in de schacht steeds gelijk is aan den luchtdruk in de werkkamer en dat de onderkant der schacht steeds in het water blijft, vordert aanhoudende oplettendheid, en wanneer dien tegendruk te gering wordt, of dat het water bij de schacht te laag wordt, kan zulks de schromelijkste gevolgen hebben door het ontsnappen der lucht. Op den 25^{sten} Sept. 1870 heeft zulk een uitstrooming van lucht plaats gehad, medevoerende een dichte kolom water, modder en steenen. Gelukkig was er — omdat 't zondag was — geen mensch in de werkkamer. Door de plotselinge opheffing van den tegendruk der lucht was de werkkamer 0.25 M. gezakt. — De zijwand was door de samendrukking 0.05 M. in hoogte verminderd. Belangrijke nadeelen heeft men evenwel bij dit ongeval niet gehad; de druk op de draagvlakken van het hout had bedragen ongeveer 90 kilogr. per vierk.

centim. zonder in aanmerking te nemen de vermeerdering van druk veroorzaakt door de plotselinge zakking. Uit een veiligheids-oogpunt moet de wijze van werken met open schachten geheel worden ontraden.

Het gevaar voor brand was in de werkkamer nog al groot; meermalen is dan ook tijdens het zinken een begin van brand geweest, die bijna altijd gemakkelijk gebluscht werd; tweemaal heeft men evenwel de kamer moeten vol water zetten; de eerste maal ging dit zonder bezwaar, omdat het water van onder in de werkkamer trad, naarmate de lucht van boven uitstroomde, maar toen de grond het water niet meer doorliet werd het moeilijker den brand te blusschen en in dit geval verkeerde men op 2 Dec.; men liet er op uitstroomen, naar gezegd wordt, koolzuur, dat onder een druk van 15 atmosfeer in twee groote cilinders aanwezig was, doch zonder voldoende resultaat. Met twee waterstralen bluschte men het vuur zoover het te zien was, en daarna spoot men met stoom van 6 atmosfeer gedurende een half uur; door het boren van gaten van 0.60 M. en zelfs van 0.90 M. ontdekte men geen vuur meer, eindelijk boorde men tot 1.20 M. en daardoor kwam men tot de wetenschap dat het vuur de vierde laag balken aantastte. — Toen werd besloten de werkkamer onder water te zetten, waartoe alle verkrijgbare brandspuiten werden in het werk gesteld; om 10 uur 's morgens begon men daarmede te werken en om half vier 's namiddags was de kamer gevuld, waartoe meer dan 4000 M³ — ook opgegeven 6075 M³ — water noodig waren. Gedurende 2½ dag werden de kamer en de schachten gevuld gehouden tot 3 M. onder het rivierwater. Men had weder 6 uur noodig om het water te verwijderen.

Toen de werkkamer nog 0.90 M. moest gezonken worden, werden, als maatregel van voorzichtigheid, 72 pilaren gemetseld van gebakken steen tot ondersteuning van den zolder; zij hadden elk een grondvlak van nagenoeg 2 M² en konden de geheele belasting dragen, indien weder door eenig ongeval de lucht mocht komen te ontsnappen. De pilaren waren in 3 weken gereed en vorderden 250000 metselsteenen. De grond in de werkkamer bleef 1 M. hooger dan de diepte waartoe de onderkant der zijwanden van de werkkamer gezonken was.

Werkelijk heeft een tweede ontsnapping van lucht plaats gehad in Januari 1871 door een der schachten bestemd tot aanvoer van bouwstoffen; deze schachten waren voorzien van boven van een klep, van onder van een klep en twee klinken, welke door hefboomen bewogen werden. Was nu de schacht van boven open en van onder gesloten, dan werd daarin een bepaalde hoeveelheid beton gedaan; daarna werd de klep van boven gesloten en samengeperste lucht in de schacht met behulp van pijp en kraan toegelaten; vervolgens werden de klep en de klinken van onder geopend, waardoor het beton in de werkkamer viel. Het was voorgeschreven, dat door de werklieden van boven gepeild moest worden of telken male al het beton uit de schacht was verdwenen. Dit werd eenmaal achterwege gelaten, en toen was juist het beton niet doorgezakt; hierop werd een tweede hoeveelheid beton gestort en, als overmaat van verzuim of onverschilligheid, werd aan de personen in de werkkamer sein tot het openen der benedenkleppen gegeven, vóór dat de bovenkleppen gesloten waren en vóór zelfs de kraan tot aanvoer van samengeperste lucht geopend was. Door het groote gewicht van het beton konden de benedenkleppen en klinken geopend worden en de lucht ontsnapte met groote snelheid medevoerende steenen en grint.

Door het trekken aan een touw hadden de arbeiders van boven de klep gemakkelijk kunnen dicht halen, maar die vluchtten. De hoofdgenieur Roebing bevond zich juist in de werkkamer en het mocht hem met de opzichters door groote inspanning gelukken de benedenklep dicht te maken. Door dit ongeval was de luchtdruk in de werkkamer in weinige minuten aanmerkelijk gedaald en was een belasting op de gemetselde pilaren gekomen van 10 à 12 kilogr. per vierk. centimeter, zonder dat zich een had begeben. Behalve de veroorzaakte ontsteltenis had het ongeval geen bijzonder nadeelige gevolgen; het aanvullen met beton werd voortgezet; 75 M³ werden daartoe per dag van 16 uur verbruikt. De vulling geschiedde door muren van beton te maken, telkens langs den omtrek dik ongeveer 1 M. en hoog van den grond tot den zolder; daartoe moest het beton door verticale planken schotten tegengehouden worden; de bovenste laag werd goed dicht, onder het bijzonder toezicht der opzichters tegen den zolder gewerkt.

Het metselwerk der pilaren en het beton bedroeg te zamen 3000 M³.

Toen men den stand van den pijler verifieerde, bevond men dat de werkkamer zich verplaatst had naar een zijde 0.30 M. en naar de andere zijde 0.22 M., welke verplaatsing als zeer gering is te beschouwen, wanneer men de moeilijkheden en de ongevallen bij het zinken ondervonden, in aanmerking neemt.

Het opmetselen van den pijler was bij het zinken voortgezet in lagen gehouwen steen van 0.60 à 0.70 M. Daarbij was — zooals vroeger meegedeeld is — geen mantel boven de werkkamer aanwezig.

Den 10^{den} December 1870 was het metselwerk tot de hoogte van de hooge waterstanden opgetrokken; men staakte toen den verderen opbouw, wegens het vriezend weder. Waar de schachten aanwezig waren, werden bij het opmetselen rechthoekige ruimten uitgespaard, welke elk tegen mogelijke filtratie door het metselwerk met een goed ineengevoegde planken bekleding voorzien waren; de voorziening werd, na de vulling der werkkamer, uitbroken en de rechthoekige ruimten met beton volgestort.

Daar de pijler kort bij den oever moest gebouwd worden en de waterdiepte daar niet groot was, had men weinig last gehad met het maken der steigers, den aanvoer der bouwstoffen, het opstellen der machines, het opheffen der bouwstoffen enz.

Pijler aan de zijde van New-York. De werkkamer is voor dezen pijler ook van hout en op gelijksoortige wijze geconstrueerd als voor dien bij Brooklyn; zij is buitenwerks lang 52.46 M., breed 31.11 M. en binnenwerks hoog 2.90 M., het grondvlak bedraagt dus 1632 M². De zolder heeft 7 balklagen meer dan de werkkamer van den pijler bij Brooklyn. De vijf wanden, welke de kamer in 6 vertrekken deelen, zijn volle in plaats van opengeverkte wanden; hun dikte is 1.22 M. Bovendien zijn nog twee wanden in de richting van de lengte der werkkamer aangebracht; door een en ander verkreeg men nu 18 percent van het grondvlak der werkkamer als draagvlak. Van binnen is de werkkamer tegen brand en tot bevordering der dichtheid met dun plaatijzer voorzien, dat wit geverfd werd, om de verlichting te bevorderen.

De twee schachten tot het verkeer der arbeiders, Pl. 43 fig. 5 en 6,

hadden 2.60 M. middellijn; van onder waren zij elk van *twee* luchtsluizen voorzien, die 1.98 M. middellijn en 2.44 M. hoogte hadden. Men zegt dat de vier luchtsluizen — zoo noodig — te zamen 120 arbeiders konden bevatten; de luchtsluizen waren voor de helft der hoogte in den zolder der werkkamer geplaatst; elke luchtsluis kon met stoom verwarmd worden, dat als zeer doelmatig wordt aangemerkt, om de afkoeling te voorkomen, welke door de plotselinge ontsnapping van de samengeperste lucht ontstaat. Deze kamer was van buiten voorzien van een houten mantel, bestaande uit verticale balken dik 0.15 M. en gebout tegen gordingen van 0.30 bij 0.30 M., die op 1.22 M. onderlingen afstand geplaatst waren; men was daartoe overgegaan, om in staat te zijn met het zinken voort te gaan gedurende den winter, als wanneer het opmetselen des pijlers moest gestaakt worden.

Het aantal schachten tot aanvoer van bouwstoffen werd op 4 gebracht, van 0.61 M. middellijn, Pl. 43 fig. 4.

De schachten tot het verwijderen der stoffen uit de werkkamer verkregen een middellijn van 2.56 M.; zij kwamen van boven in de open lucht uit; hoewel op 15 M. van de rivier geplaatst, mocht men er niet op rekenen dat de waterkolom er in door den luchtdruk steeds op voldoende hoogte gehouden werd.

Op de plaats, waar de werkkamer moest gezonken worden, werden eerst 6000 M³. grond met de baggerschop van Morris en Cummings uitgebaggerd, om het bed der rivier tot 11.28 M. onder de hooge waterstanden te effenen. De grond was dan verder als volgt:

zwarte modder ter diepte van	3.66	M.
grof zand » » »	1.83	»
grint » » »	1.83	»
drijfzand gemengd met steenen	4.57 à 6.10	»
	<u>11.89 à 13.42</u>	M.

De totale diepte onder de hoogwaterstanden bedroeg dus 23.17 à 24.70 M.

De stroom kan in de »East-River» soms 1.80 M. per seconde zijn; de ingenieur Roebing meende dat de druk in de richting van den stroom op de werkkamer had kunnen bedragen 90 ton. Om

dit te voorkomen, bouwde men eerst langs drie zijden een damwand en toen de werkkamer op hare plaats was ook langs de andere zijde, zoodat de werkkamer door een houten koffer omsloten was, bestaande uit palen van grenenhout, lang 15 M., dik 0.15 M.; daardoor had het zinken in stil water plaats.

Den 11^{den} September 1871 werd de werkkamer op hare plaats gebracht; tot 20.74 M. onder de hooge waterstanden ging alles naar wensch en zakte de werkkamer soms 0.30 M. per dag, maar bij de laatste 3 M. diepte was de daling slechts 0.30 à 0.60 M. per week.

Hoofdzakelijk werd de grond met behulp van de baggerschop uitgewerkt; een gedeelte fijn zand heeft men evenwel met behulp van samengeperste lucht en buizen verwijderd; daartoe waren 58 buizen van 0.09 M. door den zolder aangebracht, waarvan er slechts drie te gelijker tijd gewerkt hebben. Op een diepte van 18 M. werd door een buis 0.37 M³. per minuut opgevoerd. De toevoer naar de buis had als volgt plaats: een plaatijzeren pijp van een kraan voorzien was verticaal geplaatst, zoodanig dat zij bij het plafond aan een der 58 buizen aansloot en van onder ging zij door tot 0.30 M. boven den bodem; veertien arbeiders werkten het zand van uit de werkkamer naar de pijp en er om in den vorm van een kegel en wanneer een arbeider de kraan opende dan vloog lucht met zand met buitengewone snelheid omhoog; grint en steenen werden soms tot 30 M. boven de uitmonding geworpen. Naarmate de druk vergrootte werd de middellijn van de inloopbuis verkleind en gebracht op 7.6 à 5.1 centimeter; dezelfde hoeveelheid zand werd dan opgevoerd met minder luchtverlies. De uitloopbuis was voorzien van een elleboog opdat de stoffen niet te ver zouden geworpen worden; het bleek evenwel dat geen metaal bestand was tegen de slijtage. Eindelijk verving men de metalen ellebogen door zware platen van graniet en deze hielden het beter uit.

De zijdelingsche wrijving van de wanden tegen den grond schijnt zeer groot te zijn geweest; naar het oordeel van den heer Roebing bedroeg zij 2700 tot 3000 kilogr. per M².; op 23 M. diepte onder de hooge waterstanden stond zij gelijk met 6000 ton, terwijl de werkkamer met alles wat er op was 53000 ton woog.

Afgezien van de zijdelingsche wrijving was het overwicht op den tegenstand der samengeperste lucht gemiddeld en bij laagwater 10000 à 12000 tot 15000 ton.

Het zinken van de werkkamer heeft geduurd van 12 December 1871 tot 18 Mei 1872; men heeft er uitgewerkt ongeveer 20000 M³. grond, onder een overdruk van 1.16 à 2.45 atmosfeer.

Al het gebruikte beton tot vulling der werkkamer en der schachten is in de vrije lucht bereid; den 20^{sten} Juli 1872 waren de schachten ongeveer gevuld tot den bovenkant van den zolder, daarna werd de samengeperste lucht afgelaten en werden de luchtsluizen weggenomen. Reeds vroeger had men getracht bij het vullen der werkkamer in de vrije lucht te werken, maar het water kwam op zoodra de luchtdruk minder dan 2 atmosfeer was, zoodat men tot het laatste 5 luchtpompen in dienst heeft moeten houden; wel konden de schachten boven den zolder en de bekuijing van de twee groote uitsparingen uitbroken en de ruimte met beton aangevuld worden.

De pijler werd gebouwd op 137 M. uit het normaal alignement der kade te New-York; de ruimte gelegen tusschen den pijler en de kade is verdeeld door hoofden rechthoekig op den oever en bestemd tot ligplaats voor schepen; de gronden op den oever waren buitengewoon duur, zoodat men tot het plaatsen van machines enz. een steiger heeft gebouwd van 55 bij 137 M., waartoe 2000 palen zijn gebruikt van gemiddeld 15 M. lengte. De stoffen tot het opmetselen van den pijler werden met verschillende kranen opgeheven, die daartoe ten deele op den steiger en ten deele op den pijler zelve geplaatst waren.

Uit de meer uitvoerige mededeelingen van het zinken van den pijler bij Brooklyn blijkt, dat men zeer groote bezwaren bij het zinken gehad heeft, en dat het gebruik van hout daaraan voor een goed deel heeft bijgedragen. De voorziening van de binnenzijde van de werkkamer voor den pijler bij New-York was uit een oogpunt van brandgevaar een belangrijke verbetering.

In Europa is het gebruik van hout niet in toepassing gekomen. Alleen daar waar goed hout in aanzienlijke afmetingen en tegen betrekkelijk geringen prijs te bekomen is, zal van het gebruik van hout voor werkkamers sprake zijn. In 't algemeen

zal wel aan het gebruik van ijzer de voorkeur gegeven worden, wegens de meerdere dichtheid, die door de ijzerconstructie zal verkregen worden en de grootere zekerheid, die men heeft dat de ijzerconstructie in allen deele voldoende weerstandsvermogen zal hebben. Het draagvermogen van een groot aantal op elkander gestapelde balken, die met bouten onderling verbonden zijn, is onzeker; vandaar een groot aantal ondersteuning van den zolder, die een grooten hinder moeten zijn bij de opruiming der te verwijderen stoffen uit de werkkamer. Wel zou men voor zulke groote werkkamers bij het gebruik van ijzer ook er toe komen eenige wanden tot ondersteuning van den zolder te maken, maar dat zeer groot aantal wanden en gemetselde pilaren zou toch in elk geval niet noodig zijn.

In verschillende geschriften vindt men min of meer uitgebreide beschrijvingen over de fundeering der brug over de »East-River'', die evenwel niet geheel met elkander stroken. Bovenstaande is *in hoofdzaak* getrokken uit de Memorie van den hoofdingenieur Malezieux (Annales des Ponts et Chaussées 5 série 1874 1^{er} semestre page 352).

Ontegenzeggelijk is de brug over de »East-River'', zoowel wat onder- als bovenbouw betreft, het meest grootsche werk dat ooit op dit gebied is uitgevoerd. Alleen het groote belang van twee steden als New-York en Brooklyn met te zamen 2 millioen inwoners, samengaande met den practischen zin, de stoutheid en de kennis van de ingenieurs, alsmede met het vertrouwen der belanghebbenden, kan zoodanig werk tot stand brengen.

De werkkamers van de brug over de »East-River'' worden in grootte overtroffen door die van het droogdok te Toulon dat op pneumatische wijze in uitvoering is; de werkkamer van dit dok is lang 144 M., breed 41 M., hoog binnenwerks 1.90 M.

§ 119. Brug over den Rijn te Kehl. De brug te Kehl is de eerste, welke volgens het systeem met werkkamer is uitgevoerd en ook verbond zij het eerst de fransche met de duit-sche spoorwegen. De bouw is ondernomen in den aanvang van 1859 en de brug werd in Mei 1861 voor het verkeer openge-steld. Zij heeft drie middelopeningen elk van 56 M. wijtde door

vaste bruggen overspannen en op elken oever een beweegbare brug van 32 M. lengte.

Het bed der rivier bestaat uit een zeer dikke laag grint, die soms tot 6 à 10 M. ja zelfs tot 15 à 17 M. diepte ontgrondde; bij sterken stroom was het grint beweeglijk, zoodat hooge banken met groote diepten afwisselden. Deze toestand maakte het zeer diep fundeeren raadzaam, zoodat men besloot de fundeering te laten doorgaan tot 20 M. onder het laagwater. De onderbouw is door fransche ingenieurs en de bovenbouw door badensche ingenieurs uitgevoerd. De werkkamer, Pl. 43 fig. 7 en 8, bestaat niet uit één stuk, omdat men het toen nog niet waagde zulk een groote werkkamer in één stuk te laten zinken, maar uit eenige kasten of caissons naast elkander, die volgens de opgaven van Morandière elk buitenwerks breed 7 M., lang 5.80 M. en hoog 3.67 M. zijn. De opgegeven afmetingen bij andere schrijvers verschillen ten deele met de opgaven van Morandière en ook onderling. Voor elk der uiterste pijlers waren vier caissons te zamen lang 23.20 M. aangebracht, terwijl voor elk der twee middelste pijlers 3 stuks ter lengte van 17.40 M. zijn gebruikt. De zolderplaten zijn 1.2 en de zijwanden 0.8 centimeter dik. Het gewicht van elk der caissons bedroeg ongeveer 34000 kilogr.

Eerst vreesde men zeer dat de caissons niet gelijktijdig regelmatig zouden zakken, maar dit ging bij den eersten pijler zoo goed, dat men reeds bij den tweeden de verschillende caissons aan elkander boutte.

Elk caisson was voorzien van 3 schachten; op elk der twee uiterste schachten van 1 M. middellijn was een luchtsluis van 2 M. middellijn en van 3 of 2.50 M. nuttige hoogte geplaatst, terwijl de middelste schacht van onder en van boven open was en omlaag ging tot 0.30 M. onder den onderkant der werkkamer; in deze schacht was een baggermachine geplaatst, om de te verwijderen stoffen uit de caissons naar boven te voeren. De baggermachine werd met behulp van stoomkracht in beweging gebracht. — Het gebruik van dit werktuig bij pneumatische fundeeringen was hier het eerst in toepassing.

De luchtsluisen waren in hoofdzaak eenvoudige cilinders en hadden in den bovendvloer of het dek en in den benedenvloer een

klep, om gelegenheid te verkrijgen met behulp van ladders in de luchtsluis en verder door de schachten in de werkkamer te komen; hare wanden bestonden uit platen van 1.2 centim., terwijl het gewicht van elke sluis 6000 kilogr. bedroeg; de beweging der kleppen geschiedde met windwerken, daartoe in de luchtsluizen aangebracht.

De werkkamer, wegende bij het zinken ongeveer 145 ton, was aan schroeven elk lang 2.5 M., dik 0.08 M., opgehangen; steeds waren 2 schroeven dicht bij elkander, opdat, wanneer een tot haar eind uitgeschroefd was, de ernaast staande den last kon overnemen om de eerste weder te kunnen uitschroeven, en door het invoegen van een staaf te kunnen gereed maken, om verder dienst te doen. De moeren waren van tombak; zij waren van onder bolvormig afgedraaid en rustten in uitgeholde gegoten ijzeren platen, waarin zij zich konden bewegen. Om de moeren gelijkmatig om te draaien, was elke moer met tanden als die van een palrad voorzien, waarop een pal, aan een hefboom bevestigd, kon werken; aan elke zijde van de werkkamer waren 8 schroeven en 8 zulke hefboomen; deze hefboomen waren onderling verbonden door een stang, zoodat door het trekken aan de stang de omdraaiing van al de schroeven juist even groot was, en omdat de toestand aan weerszijden gelijk was, verkreeg men een zeer gelijkmatig zakken der werkkamer; zoodra deze voor een goed deel in den bodem was gedrongen, dienden de schroeven alleen om de dalende beweging wat te regelen; eindelijk had men aanzienlijke kracht noodig om de zinking te verkrijgen. Voor den uitersten pijler, aan den franschen oever gelegen, bedroeg, toen de werkkamer 20 M. diep gezonken was, de opwaartsche druk in de vier caissons 3440000 kilog., terwijl het gewicht van het ijzer- en metselwerk 6075000 kilogram bereikte.

Bij den eersten pijler had men — hoofdzakelijk als veiligheidsmaatregel — aan de werkkamer een houten mantel aangebracht, welke verhoogd werd om genoegzaam boven water te blijven uitsteken; binnen dezen mantel was een betonstorting gedaan, waarop het metselwerk opgetrokken werd, dat men steeds boven water verhoogde naarmate de werkkamer dieper

zonk. Bij de volgende pijlers schijnt het metselwerk onmiddellijk op de werkkamers te zijn begonnen en steeds boven water te zijn opgetrokken zonder mantel.

Het uitgebaggerde zand en grint bedroeg 1.63 maal de inwendige ruimte der werkkamers.

De steigers en werktuigen waren op groote schaal ingericht; een breede dienstbrug was over de geheele breedte der rivier gebouwd; terwijl een ruime steiger, voorzien van aaneengesloten vloer, om elken pijler gemaakt was. Boven elken pijler was een dak gebouwd, zoodat de werkzaamheden bij slecht weder niet behoefden gestaakt te worden. De werken werden met snelheid en regelmatigheid uitgevoerd, maar de kosten waren zeer hoog.

§ 120. Brug over de rivier de Tay. Zooals in § 73 op bladz. 177 is meegedeeld, zijn eenige pijlers met behulp van samengeperste lucht gefundeerd. De constructie van die pijlers is niet voor alle dezelfde. De pijlers bestaan uit twee cilinders, 3.65 M. midden op midden uit elkander en dik van onder 3.19 M., van boven 2.90 M., die aanvankelijk elk afzonderlijk gezonken werden; zij hebben een gegoten ijzeren wand dik 0.026 M.; bij het zinken had men bijzondere moeite om deze cilinders behoorlijk verticaal te houden, zelfs is 't voorgekomen, dat twee zulke cilinders zijn omgevallen en door andere zijn vervangen. Later heeft men twee cilinders op een gemeenschappelijke werkkamer gesteld, welke uit gegoten- en gesmeed ijzer was vervaardigd. Deze werkkamer werd in een haven aan den oever van Dundee in elkander gewerkt; het boven- en grootste deel harer wanden was van gegoten ijzer, dik 0.026 M., maar bleek te zwak te zijn, zoodat de werkkamer op allerlei lastige wijzen moest versterkt worden. Op dien oever werd ook een ringmuur van metselwerk in de ijzeren cilinders aangebracht, latende in elken cilinder een ruimte als schacht van 1.4 M. middellijn, terwijl tevens een vereenigingsmuur tusschen de cilinders, dik 0.76 M., gemetseld werd. Bij het zakken is een der gegoten ijzeren cilinders bij de waterlijn gebarsten, waarschijnlijk door aanvaring met een transportschip; het water drong daarna in de werkkamer, waardoor 6 arbeiders het leven verloren. Bij

de volgende pijlers heeft men de gegoten cilinders of omkleeding weggelaten en op de werkkamer twee gesmeed ijzeren schachten gesteld, waarom de ringvormige muren, rustend op de werkkamer, opgetrokken en door een verbindingsmuur onderling vereenigd werden. Dat geheele samenstel, aanvankelijk *met* later *zonder* gegoten ijzeren omkleeding, werd tusschen twee pontons gehangen en met een stoomboot naar de plaats der te bouwen pijlers gesleept, om daar gezonken te worden; dit zinken had tot op den rivierbodem plaats met behulp van hydraulische persen op de wijze als in § 73 bladz. 180 beschreven is voor de pijlers der Taybrug, die met behulp van ijzeren koffers gefundeerd zijn.

De aangebrachte schoren tot behoud van den verticalen stand der cilinders hebben afwisselend verandering ondergaan; de laatste toepassing waarvan de inrichting door den ingenieur A. Grothe is meegedeeld, was zeer eigenaardig. Elk der schoren bestond uit twee gesmeed ijzeren buizen, waarvan de bovenste juist passend in de onderste schoof, die 0.20 M. middellijn had. De bovenste buis had aan haar bovineinde een pijp tot aanvoer en uitlaat van water, terwijl de onderste buis van onder geheel gesloten was. Als de pijlers verscheept werden hingen de schoren er te lood langs. Zoodra een pijler op zijn bestemmingsplaats was neergelaten, werd elk der 4 schoren door middel van een ketting, die aan het ondereinde bevestigd was onder een hoek met den pijler gebracht, en dan water in de aanvoerpijp gepompt, zoodat zich de schoor als een telescoop verlengde tot de voet vasten grond in de rivier gevonden had. Dan werd de aanvoerpijp door middel van een kraan gesloten en zoo gelaten tot het eigenlijke zinken door den grond begon, als wanneer de 4 kranen een beetje geopend werden. Zoolang de pijler verticaal zakte, kwam het water langzaam en gelijkmatig naar buiten loopen, maar zoodra de pijler naar de eene of andere zijde overhelde, spoot het water aan die zijde met meer kracht naar buiten, en dit was het sein voor de werklieden, om de kraan aan die zijde geheel te sluiten en dus van het toestel een werkelijke schoor te maken.

Wanneer de pijler tot den *kleibodem* der rivier gezonken en

daarbij zijdelings voldoende geschoord was, werd hij hoog genoeg opgetrokken om erop de 2 luchtsluizen, stoommachine met 2 luchtpompen en een vloer aan te brengen, alsmede het toestel om de emmers met klei van den bodem op te halen; dat toestel had een cilinder en een zuiger die door samengeperste lucht bewogen werd. Het zinken geschiedde dan door samengeperste lucht in de werkkamer te voeren en de ontgraving door arbeiders te laten verrichten.

Dáár evenwel, waar de bodem uit *zand* bestond, werd de met de pontons aangevoerde pijler tot op het zand gezonken en dan werd de verwijdering van het zand eerst verkregen met behulp van een india rubber zuigbuis, die op den bodem bestuurd werd door een duiker en waarop van boven een centrifugaalpomp werkte; later werd de centrifugaalpomp achterwege gelaten en de buis van boven met luchtledige vaten in verbinding gebracht op soortgelijke wijze als in § 73 op bladz. 182 is beschreven. Naarmate de pijler zakte werd hij van boven verhoogd. Wanneer dan de pijler ongeveer 4 à 5 M. in het zand gezonken was, werd hij zoodanig verhoogd, dat de bovenkant nog boven hoogwater bleef, wanneer de pijler tot de bepaalde diepte gezonken was. Na die verhooging werden dan de 2 luchtsluizen, de vloer en de stoommachine met hare 2 luchtpompen op den pijler aangebracht. Nu werd samengeperste lucht in de werkkamer gevoerd, waardoor zich het water verwijderde en de arbeiders daalden in de werkkamer; de grond werd echter niet uitgegraven, maar van den bodem gaande door den top der luchtsluis werd een ijzeren buis van 0.05 M. diameter gebracht, waarvan het eind op den bodem met zand door de arbeiders bedekt werd gehouden; lucht met zand, vermengd met grint stegen door de buis, verwijderden zich in de buitenlucht en werden soms op groote afstanden geworpen. De heer A. Grothe kan deze methode evenwel niet ter navolging aanbevelen en zou de voorkeur geven aan het verwijderen der stoffen door ontgraving en opvoer in emmers.

Zoodra de pijler tot voldoende diepte gekomen en de grond geëffend was, werd de werkkamer met beton gevuld en tot zekere hoogte ook de gesmeed ijzeren schachten. De overblij-

vende hoogten der schachten werd vervolgens verwijderd en de ruimte met beton gevuld.

§ 121. Brug over de Elbe bij Lauenburg. Twee stroompijlers dezer brug, gebouwd in 1876—1877, bestaan uit twee gemetselde afzonderlijk gezonken cilinders, die door bogen, onder water, met elkander vereenigd zijn. Waarom die bogen juist onder en niet boven water aangebracht zijn, staat niet vermeld. De werkkamer was een koepelvormige ruimte door overmetselen verkregen; op deze kamer werd de gesmeed ijzeren schacht met luchtsluis geplaatst. Daar het slaan der bogen een zeer lastig werk was, heeft men de overige pijlers één aaneengesloten grondvlak gegeven, hebbende tot vorm twee zich snijdende ellipsen, met een groote as van 10.10 M. en een kleine as van 6.95 M., Pl. 43 fig. 9, 10. Bij al de pijlers rust de gemetselde werkkamer op een rand van ijzer hoog 0.40 M., breed 0.29 M., waarop drie platen roodbeukenhout zijn gelegd elk dik 0.08 M., Pl. 43 fig. 11.

Waar de twee ellipsen tegen elkander sluiten, is een dwarsligger van ijzer en drie houten platen, tevens dienstdoende als koppelbalk, aangebracht, waarop een verbindingsmuur opgetrokken is, Pl. 43 fig. 9, 10, 12. Door een opening in dezen muur is de gemeenschap van de beide deelen der werkkamer verkregen. Het grondvlak der geheele werkkamer is 94.3 M^2 , terwijl hare grootste lengte 16.10 M. en hare grootste breedte 6.95 M. bedraagt.

De grootste waterdiepte was 9 à 10 M.; terwijl de grootste diepte, waartoe de pijlers gefundeerd zijn, 14 à 16 M. onder den middelbaren waterstand bedraagt.

De stroompijlers waren bij het bouwen door een steiger met drie verdiepingen omgeven; de onderste verdieping was voor de opname der bouwstoffen; de tweede was ingericht tot het aanbrengen der schroeven en moeren, waaraan de pijler met kettingen was opgehangen tot hij den bodem der rivier bereikte; de bovenste verdieping was bestemd voor de loopkraan, waarmede de bouwstoffen werden opgeheschen en geplaatst.

Elke luchtsluis was voorzien van twee kamers, waarvan de eene met opgevoerde stoffen gevuld werd, terwijl de andere

ledig kwam. Op deze wijze werden dagelijks 24 M³. grond door twee kamers uitgeschut.

Bovenstaande is ontleend aan het »Handbuch der Ingenieurwissenschaften von Edmund Heusinger von Waldegg, Erster Band 1879» bladz. 794 en aan de »Deutsche Bauzeitung 1877» bladz. 299.

Het is duidelijk dat het metselwerk van zeer goede kwaliteit en met veel zorg moet uitgevoerd worden, om voldoende luchtdicht te zijn. De beschreven fundeering zal wel heel wat goedkoper zijn dan een met volledige werkkamer van ijzer of hout en is als goedkope constructie zeer opmerkenswaard. Men moet evenwel er ook op bedacht zijn, dat zulke constructies alleen daar met voldoende zekerheid toe te passen zijn, waar de vaste ondergrond niet bijzonder diep onder den waterstand gelegen is.

§ 122. *Liteini brug*. Deze brug is over de Newa te St. Petersburg gebouwd in 1875—1878. De geheele lengte der brug is 452.3 M., bestaande in een opening wijd 74.7 M., twee openingen elk van 65.1 M., twee openingen elk van 59.7 M., twee openingen elk van 53.3 M. en een opening met een draaibrug overspannen van 21.3 M. De pijlers werden op pneumatische wijze gefundeerd. De »caissons» of koffers, de werkkamers bevattende, hebben voor de 7 stroompijlers een ovaal grondvlak lang 26.7 M., breed 6.3 M.; de oeverpijler op den rechteroever voor de draaibrug bestemd had de aanzienlijke afmetingen van 37.3 M. lengte en 16 M. breedte. Boven de caissons waren plaatijzeren cilinders aangebracht van 6 millim. ijzerdikte en deze cilinders werden stevig aan elkander gekoppeld. De caissons moesten tot 12.8 M. diep onder den rivierbodem gezonken worden, terwijl de diepte van den bodem ook 12.8 M. onder den gemiddelden rivierstand was. Op den 23 September 1877 heeft tijdens het fundeeren van pijler N^o. 4 een ontploffing plaats gehad, toen de plaatijzeren cilinder met caisson de hoogte bereikt had van 27.7 M. en de arbeiders onder een druk van nagenoeg 4 atmosfeer, of 3 atmosfeer overdruk, werkzaam waren. Men zegt dat zich tijdens het ongeluk niet minder dan 50 arbeiders deels in, deels boven den

»caisson” bevonden hebben. De 10 arbeiders, welke zich juist in de luchtsluis bevonden om naar buiten te schutten, werden door den uiteengesprongen zolder van den caisson naar alle zijden geslingerd en waren op een na, die nog teeken van leven gaf, allen dood; de menschen die zich in de werkkamer bevonden zijn allen verdronken.

De oorzaak van het ongeval was onbekend.

Bovenstaande mededeelingen zijn ontleend aan de »Deutsche Bauzeitung 1875” bladz. 416 en 1877 bladz. 402.

Welke ook de eigenlijke oorzaak van het ongeluk is geweest, het feit blijft verschrikkelijk en wijst erop dat de grootste zorg moet besteed worden aan een doelmatige constructie, aan de keuring der bouwstoffen, tevens, dat de verschillende afmetingen der onderdeelen met voldoende zekerheid moeten bepaald en de uitvoering met aanhoudende zorg moet bestuurd worden.

§ 123. Opmerkingen betreffende het tubulair systeem.

Dit stelsel berust in 't algemeen op hetzelfde grondbeginsel, wat betreft het gebruik van luchtdruk, als het stelsel met werkkamer. Zooals op bladz. 275 meegedeeld is, bestaat de pijler bij dit stelsel uit een, twee of meer cilinders; veelal had elke pijler twee cilinders, maar al waren er ook meerdere, dan werd toch elke cilinder bijna alzijds afzonderlijk gezonken; de pijler had daarbij niet een aaneengesloten draag- of grondvlak, maar zooveel grondvlakken als er cilinders waren.

Bij het zinken van een cilinder naast een die reeds gezonken was, gebeurde het somtijds dat deze laatste min of meer uit zijn stand geraakte. De zekerheid, de snelheid van uitvoering waren bij dit stelsel in den regel niet grooter maar veelal geringer dan bij dat met aaneengesloten werkkamer, terwijl de kosten van het tubulair stelsel niet minder waren. De oorzaak evenwel, waarom het tubulair stelsel in de laatste 20 jaar minder toepassing gevonden heeft dan dat met aaneengesloten werkkamer, is vooral gelegen in het degelijke werk, dat met een aaneengesloten grondvlak voor de fundeering verkregen wordt, waardoor de druk zich gelijkmatig verdeelt en de mogelijke zetting van het werk geheel regelmatig is.

Bij het zinken van cilinders heeft men, om het zakken te bevorderen, meer bepaald stelselmatig gebruik gemaakt van het plotseling aflaten der samengeperste lucht dan bij het stelsel met aaneengesloten werkkamer, zooals heeft plaats gehad bij de spoorwegbruggen over de Allier te Moulins, over de Theiss te Szegedin, over de Garonne te Bordeaux en bij meer andere bruggen. Gelijktijdig met het dieper zinken steeg dan water en grond in den cilinder omhoog; het water werd daarna door het inpersen van lucht verwijderd en de grond ontgraven en omhoog gevoerd; wanneer men zoover gekomen was dat de cilinder niet meer zakte dan werd het aflaten van lucht herhaald.

Daar de cilinders veelal geen genoegzaam gewicht hadden om aan den opwaartschen druk weerstand te bieden, werden zij somtijds belast en soms ook met schroeven en stangen, die aan steigers bevestigd waren, tegen oppersing verzekerd.

De verschillende deelen, welke bij het tubulair stelsel te pas kwamen, zijn: cilinders al of niet met afgeschoten ruimte als werkkamer; al of niet schachten; inrichtingen tot het verwijderen der stoffen uit de binnenruimte; luchtsluizen, luchtleidingen, luchtpompen en stoomwerktuigen; steigers; belasting; schroeven en stangen tot bevordering van het zakken of het tegengaan van den opwaartschen druk door de samengeperste lucht. Voor zoo veel noodig worden die deelen bij de hier volgende beschrijvingen van uitgevoerde fundeeringen vermeld of toegelicht.

§ 124. Brug over de Seine bij Argenteuil. De brug is gebouwd in den spoorweg van Parijs over Pontoise naar Dieppe in 1861 onder de directie van den ingenieur Jullien; zij is lang 180 M. en heeft 5 openingen. Elk der pijlers bestaat uit twee gegoten ijzeren cilinders, die boven water door gesmeede koppelijzers aan elkander verbonden zijn. De cilinders voor de verschillende pijlers zijn gezonken tot de diepte van 13.50 à 18.50 M. onder den laagsten waterstand; zij hebben een middellijn onder water van 3.60 M. en boven water van 3.20 M. Zij bestaan uit ringen hoog 1 M., van binnen voorzien van flenzen, die met 40 schroefbouten aan elkander zijn bevestigd, Pl. 43, fig. 13, 14; tusschen de flenzen is een ring van caoutchouc, dik 0.015 M. om een hermetische

sluiting te verkrijgen. De onderste ringen van al de pijlers zijn dik 0.055 M.; de ringen van den stroomopwaarts gelegen cilinder, aan schokken blootgesteld, zijn dik 0.05 M.; al de overigen hebben een dikte van 0.038 M. Tot verkrijging der werkkamer zijn op den onderste ring gegoten ijzeren ribben, kegelvormig gesteld, waarom op de halve hoogte een ring en van boven een kegelvormige kap van gegoten ijzer is aangebracht. Op deze ribben zijn blokken van natuurlijke steen met Portlandcementmortel gemetseld. Op deze steenblokken is beton, sluitend tegen de cilinders gestort. De op de kap gestelde schacht, binnenwerks wijd 1.40 M. en met wanden dik 0.06 M., waartegen het beton aansloot, was van hout. De pijlers waren bij het zinken, aan vier schroeven en kettingen, waarvan de staven 0.06 M. middellijn hadden, opgehangen. Naarmate de zakking plaats had, werden de cilinders met beton gevuld.

De luchtsluis, Pl. 44 fig. 1, 2, was van plaatijzer, dik 7 millimeter en bestond uit twee concentrische cilinders, de binnenste van 1.40 M. middellijn en 2.30 M. hoogte; de buitenste van 3.16 M. middellijn en van 2 M. hoogte. De ringvormige ruimte was met twee dwarswanden in twee vertrekken gedeeld; de vier gemeenschapsdeuren hadden 0.55 M. breedte bij 0.65 M. hoogte; de luchtsluis was voorzien van manometer en veiligheidsklep van 0.10 M. middellijn; zij woog 6000 kilogr.

Op het deksel was een stoommachine van 1 paardekracht geplaatst, die de werkas in beweging bracht der schijven waarom een touw geslagen was tot het ophalen der uitgegraven specie; die werkas ging met pakkingbussen luchtdicht door den wand der luchtsluis.

De grondlagen waren zeer dicht en lieten het water, dat uit den cilinder moest gedreven worden niet door; om het water kwijt te raken was een verticale buis aangebracht van 0.08 M. middellijn, waardoor het water zich door den druk der lucht verwijderde; hiermede heeft men meermalen een kolom water van 16 M. hoogte in 2 uur opgevoerd.

De arbeiders werkten in den cilinder in ploegen van 5 man gedurende 4 uur en hadden dan 8 uur rust. De uitgegraven

grond had een inhoud van bijna 1.5 maal de ingenomen ruimte der cilinders.

De zakking heeft soms bedragen 0.27 M. tot 1.40 M. per dag.

Zoodra een cilinder tot de bepaalde diepte gedaald was, werd de grond behoorlijk geëffend en vervolgens werden aangebracht:

een laag beton bewerkt met Portland-cement dik . . .	0.25 M.
» » Portland-cementmortel . . . » . . .	0.15 »
» » beton bewerkt met Portland-cement » . . .	0.25 »
» » Portland-cementmortel . . . » . . .	0.10 »
» » beton bewerkt met Portland-cement » . . .	0.25 »
Te zamen	1.00 M.

Vervolgens heeft men de geheele werkkamer met beton, bewerkt met Portland-cement, volgestort; na 24 uur kon men beginnen met de luchtsluis en de houten schacht weg te nemen, waarna de ruimte van de schacht met beton gevuld werd.

De werkzaamheden voor de fundeering der vier pijlers zijn begonnen in Augustus 1861; zij zijn gestaakt geworden wegens het ijs gedurende twee wintermaanden en waren geëindigd in Mei 1862.

De bouw der pijlers is ten volle geslaagd.

Bovenstaande is getrokken uit het werk van Morandière, bladz. 93; meer bijzonderheden zijn te vinden in het werk »Sur les travaux de navigation et de chemins de fer» van den ingenieur en aannemer Castor, die met de leiding van de uitvoering der pijlers belast was.

§ 125. Brug over de Niemen bij Kowno. Deze brug is gebouwd onder toezicht van den ingenieur Cézanne in 1859—1862 in den spoorweg van Eydtkuhnen over Kowno, Wilna naar Dünaburg; zij is ingericht voor dubbel spoor en maakt een hoek van $68^{\circ} 41'$ met de richting der rivier; zij overbrugt 335.35 M. met 6 overspanningen; de twee uitersten, wijd in den dag 11 M., dienen tot het onderdoorvoeren van gewone wegen; van de vier overigen zijn de overspanningen bij de oevers wijd in den dag 67.35 M. en die in het midden der rivier 75.36 M.

De pijlers, Pl. 44 fig. 3—6, bestaan uit gegoten ijzeren

cilinders opgevuld met beton; de cilinders hebben een buiten middellijn van onder van 3,505 M. en van boven van 3,175 M.; ze zijn gemiddeld tot 10,05 M. onder den gemiddelden waterstand gezonken en verheffen zich tot 11,15 M. boven dien waterstand.

De cilinders bestaan uit ringen van 1,46 M., 0,86 M. en 0,47 M. hoogte en elke ring heeft 4 cilinderstukken; de verschillende stukken zijn van flenzen voorzien en met schroefbouten aan elkander bevestigd.

In het onderste gedeelte van den cilinder was een gesmeed ijzeren zolder hermetisch sluitend aangebracht, waardoor dat onderst gedeelte tot werkkamer diende. Op dien zolder stonden twee schachten en daarop was de luchtsluis voorzien van twee schutkamers geplaatst.

Tot samenpersing der lucht bediende men zich van een luchtpomp, die door een locomobile van 6 paardekracht in beweging gesteld werd; de samengeperste lucht ging door de luchtbuizen, die met vloten ondersteund werden, naar de luchtsluizen; de luchtbuizen waren van koper, terwijl op de buigpunten caoutchouc buizen waren aangebracht.

De uitgegraven grond werd in emmers met kettingen en windwerken door arbeiders opgehaald en in een der schutkamers geplaatst; met behulp van een windas, welke in de buitenlucht boven de schutkamer gesteld was, werden die emmers uit de schutkamers gelicht. De grond bestond hoofdzakelijk uit grint en grof zand; de zakking van elken cilinder heeft 0,47 à 0,78 M. per dag bedragen.

Om het zakken te bevorderen en den opwaartschen druk tegen te werken werd de cilinder boven den zolder tot boven den waterspiegel der rivier vol water gepompt.

Zoodra de cilinder zoo ver gezakt was, dat zijn bovenkant den waterstand der Niemen naderde, werd de luchtsluis afgenomen, de cilinder verhoogd, de luchtsluis er weder opgeplaatst, waarna het verder zinken volgde. De inrichting was zoodanig dat het afnemen der luchtsluis slechts eenmaal voor elken cilinder behoefde te geschieden. Zoodra een cilinder tot de vereischte diepte gezonken en de grond geëffend was, werd de werkkamer

met beton gevuld, bestaande uit: 1 deel Portland-cement, 2 deelen gezift grint en 3 deelen stukgeslagen graniet.

De cilinders van elken pijler zijn met sterke gesmeed ijzeren ramen aan elkander gekoppeld.

De drie stroompijlers zijn, elk voorzien van een ijsbreker, die op twee gegoten ijzeren cilinders rust. Deze cilinders zijn ook op pneumatische wijze gezonken en op dezelfde wijze geconstrueerd als de cilinders der pijlers; ze zijn met beton gevuld en van boven gedekt met hardsteen ter dikte van 0.52 M.

De ijsbrekers bestaan uit gegoten ijzeren platen, die, voorzien van versterkingsribben en flenzen met schroefbouten aan elkander verbonden zijn; zij zijn op de steenen dekstukken der cilinders met sterke bouten bevestigd en sluiten tegen den stroomopwaarts staanden cilinder van den pijler, waaraan ze tevens vast gebout zijn. Omdat de hier beschreven ijsbrekers niet allen tijdig genoeg gereed konden zijn, was men genoodzaakt voor het jaar 1861 tijdelijk sterke ijsbrekers van hout te bouwen.

§ 126. Brug over de Garonne te Bordeaux. Deze brug is gebouwd voor dubbel spoor in 1859, onder leiding van den ingenieur M. Regnaud; zij overbrugt tusschen de landhoofden een wijdte van 500 M. in 7 openingen waarvan 5 middelopeningen elk wijd 77.056 M. en 2 zijopeningen elk wijd 57.36 M. De grond bestaat uit fijn zand met slik vermengd, rustend op afwisselende lagen van klei, fijn grint en fijn zand; op 15 M. onder den gemiddelden waterstand der rivier treft men vast en zuiver grint aan. De pijlers zijn gezonken tot 15 M. onder den gewonen dagelijkschen ebbestand, en reiken dan ongeveer tot 2 M. in het vast grint. Zij bestaan elk uit twee gegoten ijzeren cilinders, welke na het zinken met beton gevuld zijn; de cilinders hebben 3.60 M. middellijn en zijn van as tot as 8.184 M. uit elkander geplaatst, Pl. 44 fig. 7; zij bestaan uit ringen van 1.045 M. hoogte, die, van flenzen voorzien, met bouten aan elkander worden geschroefd; tot bevordering der dichtheid zijn de op elkander komende ijzerdeelen geschaafd en is in de voegen een koord van caoutchouc geplaatst. De ijzerdikte is voor den eersten ring van onder 0.055 M. en voor de hoogere ringen 0.04 M. De vloed verhief zich tot

3.60 M. boven en de eb daalde tot 2.60 M. onder den middelbaren waterstand. Daar alzoo het verschil van eb en vloed 6.20 M. bedroeg, zoo moest de drukking der lucht dagelijks zeer verschillend zijn. Daardoor ontstonden eigenaardige bezwaren om de belasting der cilinders zoodanig te regelen, dat zij steeds ruim genoeg opwoog tegen den opwaartschen druk en dat zij ook niet te veel overwicht verkreeg, om te beletten dat het zakken door de weeke lagen plotseling zoude plaats hebben. Men heeft die bezwaren overwonnen door het gebruik van hydraulische persen, waarvan de zuigerstangen van boven tegen een ijzeren balk steunden, die over den cilinder gelegd was; een en ander was zoodanig geregeld dat men den druk op den cilinder door belasting kon vergrooten of verkleinen, naar de hoogte van het water, zonder de belasting, die op den steiger rustte, te verplaatsen. De vier hydraulische persen konden te zamen een gewicht van 300000 kilogr. lichten; de hoogte van hare cilinders was 3.92 M.; de inwendige middellijn was 0.309 M. en de ijzerdikte bedroeg 0.12 M. De stangen hadden een middellijn van 0.138 M. en een lengte van 5.85 M. De luchtsluis maakte deel uit van den gegoten ijzeren cilinder; daarin was namelijk door twee plaatijzeren vloeren een ruimte afgesloten van 3.52 M. middellijn en van 4.18 M. hoogte, en in die vloeren waren in- en uitlaatdeuren aangebracht. De luchtsluis op deze wijze ingericht, behoefde niet verplaatst te worden, omdat de verhooging der cilinders boven de luchtsluis ongehinderd kon plaats hebben. Het zakken der cilinders werd afwisselend bevorderd door de drukking der lucht erin te verminderen en de belasting op de cilinders te laten werken; wanneer de cilinder dan een zekere zakking bekomen had, werd het water er weder uitgedrukt en de grond omhoog gewerkt. Bij den eerst gezonken pijler — zijnde pijler n^o. 3 — konden de hydraulische persen niet gebruikt worden, omdat ze nog niet aangevoerd waren; de pijler was tot de vereischte diepte gezonken, men had reeds eenig beton gestort, dat evenwel moest verwijderd worden, omdat het niet aan de gestelde voorwaarden voldeed. Terwijl men hiermee den 17 Februari 1859 bezig was, braken te gelijk de vier stangen, elk van 50

millim. middellijn, die men aangebracht had om de opheffing der cilinders te beletten en de cilinder verhief zich 4 M. hoog; door dat ongeval ontstond in den cilinder een grondverhooging van 5.30 M. Nadat deze grond verwijderd en de cilinder weder tot de vereischte diepte gezakt was, is hij met beton gevuld zonder verder eenig bezwaar te ontmoeten; de tweede cilinder van pijler 3 werd zonder hindernis gezonken. Bij het zinken van den tweeden cilinder van pijler 4 ging alles zeer geregeld, totdat in den morgen van den 12 December 1859 een ontploffing plaats had, waardoor 4 cilinderplaten van de luchtsluis barstten; de bodem der luchtsluis viel naar beneden en doodde 2 arbeiders. De oorzaak van dit ongeluk bleef onbekend. De grond steeg in den cilinder 4.60 M.; den 4^{den} Januari 1860 werd de arbeid eerst hervat en de pijler zonder ongeluk gezonken.

De zakking der cilinders, gerekend over de werkdagen, ging zeer voordeelig; deze bedroeg per 24 uur 0.33 à 1.32 M. De kosten per pijler van twee cilinders zijn gemiddeld geweest ongeveer 45500 gulden.

De grootste druk op het grondvlak van een cilinder bedraagt ongeveer 957000 kilogr. of 9.40 kilogr. per vierk. centimeter.

Het is in 't algemeen zaak te zorgen door het aanbrengen van goed beton, en door zorgvuldige behandeling de dichtheid zooveel doenlijk te bevorderen, want bij de uitvoering van dit werk is gebleken, dat het water door een hoogte van 10 M. beton heendrong, toen men den druk der samengeperste lucht in den cilinder liet ophouden. Het beton bestond uit zand, stukgeslagen steen en hydraulische kalk van Echoisy. Het verschil van het buitenwater en den bovenkant van het beton kon ongeveer 11 M. bedragen hebben. Nadere bijzonderheden over de uitvoering van dat werk vindt men in »*Traité de la construction des Ponts et Viaducs métalliques par M. Regnaud, 1870,*” bladz. 181 en 224.

§ 127. Brug over de Yonne te Sens. Deze brug, beschreven in de »*Annales de la Construction 1876*”, is gebouwd in den spoorweg van Orleans naar Châlons, door den hoofd-ingenieur Boutillier en den ingenieur Cholet.

Zij heeft vier openingen waarvan :

de twee zijopeningen wijd in den dag 2×48	96	M.
» » middel » » » » 2×58	116	»
de drie pijlers zijn dik 3×2	6	»
Lengte der brug tusschen de landhoofden	218	M.
Onderkant van den bovenbouw boven het hoogste water	3.50	»
Verschil van den hoogsten waterstand en den waterstand, waarbij de scheepvaart ophoudt	2.17	»
Verschil van hoogsten en laagsten waterstand	4.37	»
Diepste gedeelte van den bodem onder laagsten waterstand	2.00	»
Diepte van den onderkant der fundeeringen onder den laagsten waterstand volgens de teekening ongeveer	7.25 à 9.00	»

Volgens den tekst zijn de pijlers gefundeerd tot een maximum diepte van 11 M. onder den gemiddelden waterstand en van 10 M. onder den bodem der rivier.

De pijlers en landhoofden hebben nagenoeg gelijken vorm en zijn op dezelfde wijze gefundeerd. De buitenwand bestaat voor elk uit twee gegoten ijzeren cilinders, waarvan de middellijn voor de pijlers van onder 2.50 M. en van boven 2.00 M. is, terwijl voor de landhoofden de middellijn doorgaans 2.00 M. bedraagt; de ijzerdikte is 2.5 centimeter; de cilinders bestaan uit ringen van 1 M. hoogte van flenzen voorzien en met schroefbouten aan elkander bevestigd. Het zinken der cilinders heeft op pneumatische wijze plaats gehad. Men heeft twee stoommachines gebruikt tot het samenpersen der lucht; een stond op den rechter-, de ander op den linkeroever. In de cilinders was geen afzonderlijke scheiding aanwezig tot vorming der werk-kamer, en de gesmeed ijzeren luchtsluis van 2 M. middellijn stond onmiddellijk op den te zinken cilinder. Tijdens het zinken was geen metselwerk of beton in den cilinder aangebracht. Van de luchtsluis gingen schroeven en kettingen naar het beneden gedeelte van den steiger, die daar belast was; de schroeven en kettingen dienden om den opwaartschen druk tegen te werken; bij het dieper zakken werden de kettingen natuurlijk aangeschroefd. Men heeft vooreerst een luchtsluis gebruikt, zooals op

Pl. 45 fig. 1, 2 aangegeven is, en later is, voor de overige pijlers, daaraan toegevoegd de gelegenheid om de opgehaalde gronden gemakkelijker naar buiten te schutten, Pl. 44 fig. 9, 10. Voor beide werd de grond in emmers hangende aan een ketting, die om een schijf geslagen was, met behulp van arbeiders opgehaald; die emmers konden dan zijdelings gedraaid en in de luchtsluis geplaatst worden. Bij de eerste inrichting moest de lucht in de luchtsluis worden afgelaten om de emmers door de bovenste klep, welke in den top was aangebracht naar buiten te hijschen, waartoe boven de luchtsluis aan een verticaal draaibare as een schijf was gehangen, waarover de kettingen van de emmers waren geslagen. Bij de tweede inrichting was het aflaten der lucht uit de luchtsluis niet noodig; aan het onderste gedeelte van de luchtsluis was een rechthoekige vaste koker bevestigd, hebbende in het bovenvlak drie cirkelvormige openingen, de middelste in de luchtsluis en de twee uiterste buiten de luchtsluis. In dezen koker kon een bak, rustende op 3 rollen, heen en weer bewogen worden; de aansluitingen van den bak en den koker waren geschaafd om goed te sluiten en dus weinig lucht door te laten; de rollen vormden een rolwagentje, waartoe de assen in een gesmeed ijzeren raam waren opgenomen. In den bak waren twee ruimten bestemd om de volle en ledige emmers te ontvangen.

De bak was op de twee einden van heugelijzers voorzien; door windwerken kon aan den bak de heen- en weergaande beweging gegeven worden, en kon alzoo beurtelings de gevulde emmer ter rechter- of ter linkerszijde tot buiten de luchtsluis gebracht worden, dus tot onder een der cirkelvormige openingen van den vasten koker, terwijl de ledige bak naar binnen geschut werd.

§ 128. Brug te Omaha. De brug over de Missouri tusschen Council-Bluffs en Omaha is in 1870 en 1871 gebouwd tot vereeniging der spoorwegen komende van Chicago, van Kansas—City en St. Louis met den «Union pacific railway»; zij heeft 11 openingen elk van 76.20 M. en is voor enkelspoor; de waterstanden verschillen van 8 tot 9 M.; men treft op 19 tot 23 M. onder den laagsten waterstand de rots aan, die met

een laag fijn en beweegbaar zand overdekt is. De uitschuringen bereiken zeer zeker een diepte van 15 M. onder den lagen waterstand. De stroom is er sterk, terwijl de ijsgang ook van belang kan zijn.

Op Pl. 45 fig. 3, is een der pijlers voorgesteld. De twee kolommen, die tot dracht der brug dienen hebben 2.59 M. middellijn en staan op een afstand van 5.49 M. midden op midden; de omtrek van elke kolom is een gegoten ijzeren cilinder bestaande uit ringen hoog 3.05 M. dik 3.8 centimeter. De cilinders zijn gevuld met metselwerk, waarin een schacht was gespaard van 0.91 M. middellijn, waarop de luchtsluis, bij eenige der eerst gezonken pijlers, geplaatst was.

Het zinken zelve ging zeer geregeld en voorspoedig, maar er was veel tijd noodig om de luchtsluis achtereenvolgens te verplaatsen, zoodat men veertien dagen noodig had om een kolom van 20 M. hoogte te zinken. De hoofdingenieur Sickels besloot voor de volgende pijlers de luchtsluis op den zolder der werk-kamer te plaatsen; die zolder was op den ondersten ring van 3 M. hoogte aangebracht; de luchtsluis behoefde dan niet meer verplaatst te worden, terwijl het metselwerk, waarin de schacht gespaard was, van boven aanhoudend kon worden opgetrokken.

In het etmaal gebruikte men 3 ploegen arbeiders, zoodat elke ploeg 8 uur werkzaam bleef.

Stroomopwaarts der twee gemelde kolommen is een derde kolom gezonken, die tot steun voor een ijsbreker dient, zooals de fig. aangeeft.

§ 129. Brug over de Theiss te Szegedin. Deze brug is gebouwd in den Oostenrijkschen Zuid-Ooster spoorweg; zij heeft 8 openingen elk van 41.48 M.; elk der 7 pijlers Pl. 45, fig. 4, bestaat uit twee cilinders geplaatst op een afstand van midden tot midden van 4.00 M.; zij hebben een buitenwand van gegoten ijzer, dik 3.5 centimeter en een middellijn van 3.00 M. tot boven het hoogste water; daarboven gaat de cirkelvormige doorsnede in een rechthoekige over en is de buitenwand van gesmeed ijzer; de gegoten cilinders bestaan uit ringen van 1.82 M. hoogte voorzien van flenzen en zijn met 48 schroefbouten van

5 centim. middellijn aan elkander bevestigd; omdat toen nog niet de caoutchouckoorden of banden voor de dichte sluiting in toepassing waren, zijn de voegen met ijzercement aangevuld, bestaande uit:

1000 gewichtsdeelen draaisel van gegoten ijzer,
 10 » chloor-ammonium,
 2 » zwavelbloem, te zamen gemengd met wat water. In den zomer waren 2 en in den winter 8 dagen noodig ter verkrijging van de noodige verharding van het cement.

De twee cilinders zijn aan elkander gekoppeld. De luchtsluizen van 3.00 M. middellijn waren van gesmeed ijzer, luchtdicht op de cilinders bevestigd; de schutkamers hadden van boven een klep en in den zijwand een deur. Op een schip, gelegen naast de te zinken cilinders, stond de luchtpomp; de aanvoer van lucht had plaats door gutta-percha buizen; het water werd weggeperst ten deele onder de cilinderwanden en ten deele door een stijgbuis voorzien van afsluitkranen.

De grond bestond tot groote diepte uit klei, vermengd met fijn zand; daar elke cilinder bij de beproeving een druk van 520000 kilogr. op den grond moest overbrengen, waardoor deze met bijna 7.5 kilogr. per vierk. centim. zoude belast worden, besloot men in elken cilinder 12 dennen palen van 0.30 M. zijde en 8 M. lengte te heien; hoogst zelden is het gebruik van heipalen in cilinders bij pneumatische fundeeringen toegepast.

De onderkanten van de ijzeren cilinders reiken tot 20 M. onder hoogwater en tot 12 M. onder het laagste water; de kop der palen gaat tot 10.18 M. en de punt tot 18.18 M. onder het laagste water.

Van ongeveer 0.10 M. onder de koppen der palen tot even boven hoogwater bestaat de invulling der ijzeren cilinders uit beton, daarboven tot nabij den onderkant van de geboorte der bogen van den bovenbouw der brug is de invulling van steen en hooger is geen invulling aanwezig. Om den grond bij den pijler tegen uitschuring te verzekeren, is om den pijler een damwand geheid waarvan de palen van het laagste water tot 12 M. daaronder reiken. De ruimte tusschen den bodem, de cilinders

en den damwand waarvan de geringste breedte 0.825 M. bedraagt, is met beton aangevuld, terwijl buiten den damwand een steenstorting is aangebracht.

Bij het beproeven der pijlers werd een opening met 8000 kilogr. per strekkenden meter belast, terwijl de overige openingen onbelast bleven. De twee pijlers naast de belaste openingen weken bij de geboorte der bogen elk 4 milim. uit, de twee pijlers op een afstand van een opening gelegen bogen nog $1\frac{1}{2}$ milim., terwijl verder de pijlers van boven ook nog eenigszins merkbaar uitweken.

Met het oog op den zijdelingschen druk is de dikte van 3,5 centimeter aan de gegoten ijzeren cilinders gegeven en is de onderlinge verbinding van twee ringen met 48 bouten, dik 5 centimeter bepaald; wanneer de pijlers alleen aan verticale krachten blootgesteld waren, had de ijzerdikte der cilinders, het aantal en de dikte der bouten wel minder kunnen zijn. De pijlers zijn door eikenhouten ijsbrekers beschermd.

§ 130. Brug te Saltash. Deze brug, genaamd de »Royal Albert Bridge», heeft 19 openingen, waarvan twee elk van 138.68 M. De pijler tusschen die twee groote openingen moest tot een diepte van ongeveer 25 M. onder volzee gezonken worden, waar een hellende rots aangetroffen werd, die met een laag slijk van 5 à 6 M. hoogte overdekt was; tot fundeering van dien pijler werd een plaatijzeren cilinder gebruikt, Pl. 45 fig. 5, waarvan de middellijn was voor het onderst gedeelte ter hoogte van ruim 9 M. 10.67 M. voor het middelgedeelte ter hoogte van omstreeks 1.75 M., van onder 10.67, van boven 11.58 M. en voor het bovenste gedeelte ter hoogte van ruim 15 M., 11.58 M. Het bovenste gedeelte was zoodanig ingericht dat het kon worden weggenomen, zoodra de pijler van 10.36 M. middellijn was opgemetseld. De cilinder bevatte van onder een tweeden ijzeren wand op 1.22 M. van den cilinderwand verwijderd, en was met een naar boven gebogen deksel gaande tot den cilinderwand afgesloten; de twee wanden zijn door ijzeren schotten, in de richting der straal aangebracht, met elkander verbonden. De ringvormige ruimte tusschen de beide wanden stond in verbinding met een schacht

van 1.83 M. middellijn, die geplaatst was in een grootere van 3.05 M. middellijn, welke van onder op het deksel stond en van onder en van boven open was; de schacht van 1.83 M. was van boven voorzien van een luchtsluis.

De cilinder met wat daarbij behoort had een totaal gewicht van ongeveer 294 ton, waarvan het blijvend gedeelte 170 ton woog; hij was op den oever in elkander gesteld, naar de bouwplaats drijvend gesleept, daar zoo goed doenlijk verticaal gesteld en gezonken tusschen twee pontons. De hellende rots was vooraf door boren juist bepaald en daarnaar was de onderkant van den cilinder afgewerkt.

Door samengeperste lucht werd het water uit de ringvormige ruimte gedreven, vervolgens werd de slik verwijderd en die ruimte gevuld ter hoogte van 1.50 à 2.00 M. met metselwerk in Portland-cement gewerkt. Daarna wilde men met het werken met samengeperste lucht ophouden, het water uit de binnenruimte pompen en de slik verwijderen, om vervolgens de pijler op te metselen; het bleek evenwel dat het metselwerk onvoldoende was, zoodat men het werk met samengeperste lucht moest hervatten om het metselwerk te herstellen en het onderste gedeelte hecht en duurzaam te maken. De ondervonden moeilijkheden waren zeer groot en de kosten voor het droogmaken van het middelgedeelte met pompen zeer belangrijk; eenige ondichte plaatsen, moesten door daarop gestelde buizen waarin het water kon opstijgen, afgezonderd gehouden worden; het metselwerk was eerst opgetrokken tot het deksel, dat daarna werd weggenomen om het metselwerk verder tot boven water op te werken. Vervolgens werd de mantel ter hoogte van ruim 15 M. weggenomen.

Met deze werkwijze had men ten doel de met samengeperste lucht te vullen ruimte en den arbeid daarin tot een minimum te brengen.

§ 131. Brug over de Parnitz bij Stettin. De pijlers dezer brug zijn in den zomer van 1866 pneumatisch gefundeerd; de brug heeft twee openingen elk van 12.56 M. dagwijdte door een draaibrug overspannen en 2 openingen elk van 37.68 M.

Het middelpenant der draaibrug heeft een middellijn van onder van 8.165 M. van boven van 7.85 M.; de beide andere pijlers bestaan elk uit twee cilinders van 5.65 M. middellijn, die van midden tot midden 8.085 M. uit elkander staan; boven den middelbaren waterstand zijn deze cilinders door een verankerd vlak gewelf van 3.22 M. spanning verbonden en daarboven hebben de pijlers een dikte van 3.77 M. en een lengte van 11.85 M. met afgeronden avant-becs.

Daar de wijze van fundeeren voor al de pijlers dezelfde was, wordt hier alleen de beschrijving van het middelpenant gegeven.

De onderkant der werkkamer is tot 12.25 M. onder water gezonken. Om de plaats waar de pijler moest gezonken worden, werd een steiger gebouwd, geschikt om den pijler aan 32 kettingen, paarsgewijze aangebracht, op te hangen, Pl. 45 fig. 6; daartoe zijn 16 palen, alsmede de noodige kruisen en schoren gebruikt; de steiger had twee vloeren, de eene 0.94 M. en de andere 3.77 M. boven den middelbaren rivierstand verheven. Op 6.28 M. boven den bovensten vloer bevond zich een kraan van 7500 kilogr. licht vermogen, beweegbaar over den geheelen steiger. De steiger was met den oever door een loopbrug, breed 1.88 M., verbonden.

Het onderste gedeelte der werkkamer is van ijzer en bestaat uit een krans hebbende een driehoekige dwarsdoorsnede; de krans heeft tot buitenwand een plaat van 1.455 M. hoogte en 5 millimeter dikte, waarlangs aan de binnenzijde van onder en van boven hoekijzers geklonken waren; bovendien was die wand van onder nog versterkt door een ijzeren plaat, hoog 0.185 M. dik 0.013 M.; van boven is tegen het bovenste hoekijzer een dekplaat aangebracht breed 0.94 M., waarop nog twee hoekijzers, de krans volgend, zijn bevestigd; de dekplaat is door 48 driehoekige consoles ondersteund. Op dien krans is het metselwerk opgetrokken in aanleg 0.94 M. breed, van buiten te lood, en naar binnen hellend, zoodat de werkkamer een kegelvormige binnenruimte van ijzer en metselwerk verkreeg van onder van 8.165 M. middellijn, van boven van 2.83 M. middellijn en ter hoogte van 3.77 M.; op die hoogte was de werkkamer door een versterkte ijzeren plaat afgedekt, voorzien van twee openingen,

waarboven de 2 schachten van 0.94 M. middellijn werden gesteld, die op de ijzeren plaat bevestigd werden. Op elk der schachten was een cilindrische luchtsluis geplaatst van boven en van onder van een klep voorzien.

Aan de bovengemelde 32 kettingen was de krans, met wat erop was, opgehangen. Bij elk der aangrijpingspunten van de kettingen is de krans versterkt door twee ijzeren platen die er buiten tegen aan zijn gebout, waarvan een over de geheele en de andere tot nagenoeg de halve hoogte doorgaat; deze twee platen vormden een gaffel, waartusschen het oog van de ketting door een bout dik 0,078 M. werd opgesloten. Zestien kettingen waren in staat om het pijlengewicht te dragen; het paarsgewijze aanbrengen van 32 kettingen had tot doel 16 kettingen, zoo noodig, te verlengen terwijl de pijler aan de 16 andere kettingen bleef hangen. De kettingschalen of staven waren lang 1.88, dik 0.039 M. Zoolang de pijler nog niet het rivierbed bereikte, geschiedde het zinken evenredig aan het optrekken van het metselwerk waarvan de bovenkant steeds 0.94 M. tot 1.25 M. boven het water gehouden werd. Van binnen was het metselwerk opgetrokken boven het deksel der werkkamer eerst te lood en dan hellend naar buiten en vervolgens weer te lood waar dan de inwendige holle ruimte een middellijn van ongeveer 4.70 M. had.

De rivierbodem bestond uit zand met slijk vermengd en uit lagen van hout en leem tot 5.34 M. onder het rivierbed. Na verwijdering van het water door samengeperste lucht geschiedde de ontgraving in de werkkamer door arbeiders en werd de grond in emmers omhoog gewonden door 3 arbeiders met behulp van een kraan, die in de luchtsluis geplaatst was. De kosten van den grond bedroegen gemeten in verwerkten toestand ongeveer 2.70 gulden en in onverwerkten toestand ongeveer 3.60 gulden per M^3 ; de arbeiders werkten bij aanneming en verdienden in 8 uur, waarvan 4 uur dag- en 4 uur nachtwerk, 3.60 gulden. Nadat de werkkamer met den onderkant tot 7.22 M. onder den bodem der rivier — 12.25 M. onder den waterstand — gezonken was en daardoor den vasten bouwgrond bereikt had, werd de inwendige ruimte tot aan het deksel voor den ijzeren krans met twee lagen beton gevuld elk ter dikte van 0.70 M. Na het storten der eerste laag

werden de kettingen losgelaten en werd de bout, die de onderste schakel aan den krans hechtte van uit de werkkamer zoover teruggetrokken, dat de ketting vrij kwam en dus opgehaald kon worden waarna de bout weder snel werd ingestoken. Boven het beton werd de kamer, na de binnenzijde van de bepleistering ontdaan te hebben, regelmatig met metselwerk gevuld. Zoodra dit gedaan was hield men op met den aanvoer van samengeperste lucht; de luchtsluizen en de schachten werden verwijderd, waarna de binnenruimte des pijlers in de vrije lucht werd volgemetseld. Het tot den pijler gebruikte metselwerk bestaat uit hard gebakken steen goed in verband in mortel van Portland-cement van Stettin gelegd. Blijkens het «Wochenblatt des Architekten Vereins zu Berlin» 1867, bladz. 162, waren voor het zinken van den beschreven pijler drie weken noodig, terwijl het zinken van elk der twee stroompijlers slechts 14 dagen vorderde.

Volgens het «Handbuch der Ingenieurwissenschaften von Edmund Heusinger von Waldegg», bladz. 793, is de duur van de werkzaamheden aan de fundeering geweest voor den middelpijler 61 dagen en voor de beide stroompijlers 36 en 40 dagen.

Men heeft nog al veel tijd gebruikt voor het afnemen der luchtsluizen, het verlengen der schachten en het weder daarop plaatsen der luchtsluizen. Elke keer moest de arbeid in de werkkamer daartoe 12 uur gestaakt worden.


§ 132. Brug over de rivier de Tet te Perpignan.

Deze brug is gebouwd in den spoorweg van Narbonne naar Perpignan; zij heeft 5 openingen elk van 25 M. De Tet is bij Perpignan 120 M. breed en haar bed is ten gevolge der bevoeiingen gedurende ongeveer 8 maanden van het jaar nagenoeg droog; het verhang is zeer sterk, zoodat een zware regenbui op de bergen het water in de rivier soms 5 à 6 M. doet wassen en met 8 M. snelheid per seconde doet afstroomen, waardoor zelfs de verdedigde oevers worden aangetast. Wanneer de regen ophoudt, dan valt het water ook weer spoedig weg, de snelheid wordt matig, en de breedte der rivier komt op 15 à 20 M., maar nu is gewoonlijk het bed der rivier veranderd en zijn wellicht verscheidene hectaren grond door de rivier weggespoeld.

Eerst dacht men de fundeering te verkrijgen door het laten zinken van putten in de vrije lucht; de boringen hadden evenwel aangetoond dat in den grond harde graniet en kwartsachtige rolsteenen waren van 0.30 à 0.35 M. middellijn en zeer dicht op elkander gepakt; reeds dadelijk bracht men de dikte van de muren der putten op 1 M.; deze muren werden met natuurlijke steen uit de bedding van de Tet genomen en met uitmuntend spaansch cement gemetseld. Zij rusten op een rand bestaande uit een plaatijzeren bak, waarvan de buitenwand verticaal en de binnenwand onder een hoek van 25° staat; de ijzerdikte is slechts 3 millim., op de verbindingen zijn de platen 3 centim. over elkander gebout; aan de bovenzijde van den binnenwand was een hoekijzer geklonken van 5 centim. beenlengte, terwijl de scherpe hoek versterkt was door een ijzeren strip er tegen te klinken van 5 bij 1.5 centimeter dwarsdoorsnede; de binnenruimte van den bak was goed sluitend met eikenhout opgevuld, terwijl de ijzeren bovenkant van den bak door 8 ankers van 1.5 centim. dikte aan elkander verbonden waren. Het metselwerk was van binnen loodrecht en van buiten onder een helling van $\frac{1}{100}$ opgetrokken; de buitenwerksche middellijn van elken put was 4 M.; voor elken pijler moesten 3 putten in een rij loodrecht staande op de lengteas der brug gezonken worden; elk landhoofd had 9 putten als fundeering.

Het zinken in de vrije lucht, door middel van uitbaggering van den grond uit den gemetselden put is beproefd, maar kon, wegens de gesteldheid van den grond, niet uitgevoerd worden. Het droogmalen van elken put kon evenmin geschieden, terwijl het graven van een bouwput met wederzijdsche taluds en omsluiting door middel van een dam is mislukt ten gevolge van een sterken was van het water, waardoor de dam bezweek en de gegraven put weder volspoelde.

Op voorstel van den heer Lair, opzichter bij de werken, zou men samengeperste lucht gebruiken; wel was men bevreesd dat het metselwerk de lucht zou doorlaten maar het voorstel werd toch aangenomen. Op Pl. 45 fig. 7, 8 is de inrichting voor het zinken van een pijler aangegeven. Men liet de putten door ontgraving in de vrije lucht zoo diep zakken als mogelijk was; op ongeveer

4 M. boven den grond werd dan de put afgedekt door een bolvormig plaatijzeren deksel, langs zijn omtrek voorzien van een bandijzer en bevestigd op een  ring van gegoten ijzer, die gebout was op 8 ankers van gesmeed ijzer van 5 bij 1.5 centimeter dwarsdoorsnede, de ankers zijn met schieters, voorzien van hakkels, verbonden in het metselwerk. Tot bevordering der dichtheid was het bovenvlak van de muren met mortel van zuiver cement goed sluitende tegen den ring afgedekt, en was tusschen den ijzeren ring en de dekplaat een ring van caoutchouc gelegd dik 0.5 centimeter. Op het deksel werd een kleine luchtsluis in horizontale doorsnede van elliptischen vorm geplaatst; deze luchtsluis was lang 1 M. breed 0.80 M, hoog 1 M.; de openingen, waardoor de menschen in en uit moesten schutten en waardoor later het beton werd ingevoerd waren slechts lang 0.40, breed 0.30 M. en werden met kleppen en caoutchouc aanslagen gesloten; deze inrichting was zeer bekrompen.

De aanvoer van samengeperste lucht geschiedde door een buis wijd binnenwerks 0.20 M.; het gedeelte dat op het deksel gebout was, bestond uit gegoten ijzer en verder was de buis van dicht geklonken plaatijzer in stukken van 1 M. lengte; de verbinding der verschillende buisstukken was verkregen door caoutchouc moffen lang 0.3 M., dik 0.01 M.; om de einden van zoodanige mof wond men strak een stuk wollen zelfkant en daarom heen waren veerkrachtige stalen ringen aangebracht. Op 1.65 M. onder het deksel was een vloer waarop de arbeider stond, die bij het doorschutten van gereedschappen, materialen en grond dienst deed. Een ladder van touw diende voor het afdalen in den put, terwijl voor het ophijschen van den grond van boven een schijf was opgehangen waarover een touw liep, die aan de manden met grond gevuld, was vastgebonden. Bij het zinken had men met verschillende bezwaren te kampen. Het metselwerk, hoewel met veel zorg uitgevoerd, liet de lucht zeer sterk door; beraping met cement hielp daartegen, maar een stootende beweging der putten veroorzaakte daarin kleine barsten, die de lucht weder doorliet; soms was het zeer moeielijk de barsten te vinden, totdat men het middel toepaste, om gedurende een korte poos een fakkel te laten branden, die veel rook gaf; de rook

ging met de lucht door de barsten en teekende den loop der barsten zeer juist op het cement af. In de eerste dagen had men ook een luchtontsnapping gehad, men had namelijk verzuimd, de perspompen goed vast te sjoeren; door de drukking in de perspomp bij geopende persbuis werd de perspomp ongemerkt achteruitgedreven, totdat de caoutchouc mof, die twee buiseinden verbond, losraakte en de samengeperste lucht plotseling in de atmosfeer ontsnapte. Ongelukken van ernstigen aard hadden daarbij niet plaats; men had integendeel ermede geleerd en opgemerkt dat de put 0.10 M. gezakt was, zoodat men later opzettelijk doch met voorzichtigheid plotselinge lucht-aftapping uit den put toepaste om de zakking te bevorderen.

Voor elken pijler werden de twee uiterste putten het eerst en tegelijk gezonken, waarbij de middelste tot steun voor de luchtpompen diende.

De pompen werden in beweging gebracht met behulp van riem en schijf door een locomobile van 6 paardekracht; de tappannen voor de as der schijf werden gedragen door twee houten schragen; op de as waren — aan elk einde een — twee krukken gesteld, die de beweging door tusschenkomst der drijfstan-gen op de pompstangen overbracht; de persbuizen voerden de lucht gelijktijdig naar de beide te zinken putten. Zoodra de putten tot de vereischte diepte, ongeveer 8 M., gezonken waren, begon men dadelijk de vulling met beton van steen en spaansch cement; dat beton verhardde zeer spoedig en moest daarom snel verwerkt worden. Toen de betondikte 2 M. bedroeg, was de put waterdicht, zoodat de luchtsluis met deksel kon worden afgenomen, waarna de verdere vulling met metselwerk, bestaande uit groote keien en cement in de open lucht plaats had.

Bovenstaande is ontleend aan een beschrijving van de fundeering dezer brug voorkomende in het Kon. Inst. van Ingenieurs 1869—1870 bladz. 329. In die beschrijving worden begrootingen gegeven voor een put geheel van metselwerk en beton en voor een put met ijzeren kuip en betonvulling beiden van 8 M. hoogte; de begrooting bedraagt voor den eersten put 4033.80 gulden en voor de tweeden 8413.60 gulden.

Tot matige diepten gaat het maken van zulke fundeeringen

met gemetselde putten en beton zeer goed, wanneer eene gelijkmatige zakking te verwachten is. Voor fundeeringen die tot groote diepten moeten reiken, zou het verkrijgen van de noodige dichtheid van het metselwerk ernstige bezwaren kunnen opleveren.

§ 133. Brug over de Medway bij Rochester. De brug is gebouwd tusschen Rochester en Strood en was ontworpen door den ingenieur William Cubitt; zij bestaat uit een vaste brug van drie openingen, waarvan de middelste 54.25 M. en de twee uiterste elk 42.67 M. wijdte in den dag hebben; bovendien is naast die vaste brug nog een draaibrug aanwezig wijd in den dag 14.02 M. Als fundeering voor de pijlers en het landhoofd der vaste brug zijn gegoten ijzeren cilinders gebruikt, die, tot genoegzame diepten gezonken, met beton en metselwerk gevuld werden. Tot elk der twee stroompijlers zijn 14, tot den pijler aan de zijde van Strood 30, en tot het landhoofd aan de zijde van Rochester 12 cilinders aangewend. De cilinders hebben 2.13 M. middellijn en bestaan uit ringen van 2.74 M. hoogte. Zij zijn geplaatst midden op midden in de lengte der pijlers op een afstand van 2.74 M. en in de breedte der pijlers op een afstand van 3.05 M. Het plan was deze cilinders te doen zinken met behulp van luchtverduunning naar het na te melden systeem van dr. Potts, maar door verschillende bezwaren, veroorzaakt door het aanwezig zijn van dicht aaneengesloten rots en steen, kwam men op het denkbeeld dat systeem te verlaten, de cilinders van boven van luchtsluis te voorzien, samengeperste lucht er in te voeren en den grond in het droge er uit te werken; men paste alzoo het systeem van Triger toe bij het zinken der cilinders; in Engeland is die werkwijze bekend onder den naam van «Hughes' method.» Zooals in § 106 op bladz. 274 is meegedeeld, is de brug over de Medway te Rochester de eerste welke met behulp van samengeperste lucht werd gefundeerd. De gezonken cilinders zijn met gegoten ijzeren dekplaten onderling verbonden en daarop zijn steenen pijlers gemetseld.

§ 134. Opmerkingen betreffende het Kloksysteem. Uit § 406 bladz. 276 blijkt reeds dat bij dit systeem de klok geen

deel der fundeering blijft uitmaken; wel is zij de werkkamer, waarin het werk hoofdzakelijk verricht wordt.

Tot de eenvoudigste inrichtingen is noodig een klok met luchtpomp, meestal met steiger of met schepen om de klok op te hangen ten einde ze te kunnen laten zakken en weder op te halen; deze klok is alleen toegankelijk wanneer ze boven water is.

Bij meer volmaakte inrichtingen zijn op de klok een of twee schachten gesteld voorzien van luchtsluizen, om de klok ten allen tijde toegankelijk te maken.

De verschillende deelen, waaruit het kloksysteem bestaat, zullen uit de volgende beschrijvingen voldoende blijken.

§ 135. Eenvoudige klok. De eenvoudigste klok is voorgesteld op Pl. 46 fig. 9; zij is van gegoten ijzer, lang 1.85 à 1.90 M., breed 1.40 M., hoog 1.70 M.; op de hoeken is zij met versterkingen voorzien, in den top zijn vier lichtramen, alsmede twee oogen, om er kettingen te kunnen aanbrengen, waaraan de klok wordt opgehangen; ook is in den top de luchtpijp aangebracht, waardoor de lucht in de klok wordt aangevoerd. Van binnen zijn gewoonlijk vier horizontale planken als banken, waarop de werklieden, gewoonlijk twee in aantal, kunnen plaats nemen en waarop zij ook gereedschappen en materialen kunnen bergen; de seingemeenschap van de werklieden in de klok met die op den steiger bestaat in een touw gaande van de klok tot den steiger, waar ze voorzien is van een bel.

Het spreekt van zelf dat zoodanige klok ook van gesmeed ijzeren platen en hoekijzers kan geklonken worden.

De klok hangt in een takel, waarvan het eene eind door een windas kan worden ingehaald of gevierd. Het takel kan aan een loopkraan of «traveller» hangen, waardoor men de klok — zoo noodig — ook in horizontalen zin kan verplaatsen.

De luchtpomp is dubbelwerkend en wordt door twee man bediend.

Zoo dikwijls de arbeiders verwisselen of dat opgegraven stoffen naar boven moeten verwijderd worden, of dat bouwstoffen noodig

zijn, moet de klok opgehaald en dus de lucht afgelaten worden; de tijd van werken is, wanneer de klok niet te diep onder water wordt gelaten, 4 tot soms 6 uur.

In sterken stroom is het werken met zoodanige inrichting als hier beschreven is, wegens de moeilijkheid eener solide verankering, bezwaarlijk.

§ 136. Klok met schacht gebruikt bij een basculebrug te Kopenhagen. Op Pl. 46 fig. 1—7, is de klokinrichting voorgesteld, welke bij den bouw der basculebrug genaamd de «Nije Knippelsbro», gelegen over de haven te Kopenhagen, gebruikt is. Deze brug heeft drie openingen; de twee zijopeningen zijn met vaste bruggen en de middelopening is met een beweegbare brug overspannen. De twee zijopeningen zijn ongeveer wijd van den voorkant der lijst tot het midden van de pijlers 2×31.54 63.08 M.

De middelopening is wijd van midden tot midden der pijlers	22.96 »
Te zamen	86.04 M.

De doorvaartopening is 17.26 M.; de dikte der pijlers onder de lijst bedraagt tusschen het ruwe oppervlak der bekleedingssteen 5.13 M. en tusschen het gefrijnde deel der steenen 5.02 M.

De brug heeft een rijvlak van 5.65 M. en trottoirs aan weerszijden van 1.88 M. breedte; zij is ontworpen en gebouwd in 1868 en 1869 door de firma Burmeister en Wain te Kopenhagen onder toezicht van den ingenieur W. Lüders.

Elke pijler bestaat uit twee steenen cilinders staande op ongeveer 10.05 M. midden op midden uit elkander; daartusschen is een gegoten ijzeren bak aangebracht, waarin het achtergedeelte der basculebrug draait.

De klok is achterevolgens gebruikt tot den bouw der vier cilinders. De geheele inrichting bestond uit: een steiger, een kraan, een stoomwerktuig met luchtpompen en luchtleidingen, een klok met schroeven en takels. De steiger was aan de zijde van Kopenhagen tegen de straat aangesloten en voorzien van een vloer, zoodat men zich vrij erop kon bewegen; daarop

was het stoomwerktuig met pompen tot aanvoer van lucht in een loodsje geplaatst. Ook de kraan was op den steiger gesteld; hij diende tot het ophalen van de ontgraven aarde en tot het laten zakken van materialen. De luchtleidingen gingen van de luchtpompen onder den vloer tot nabij de klok en vandaar omhoog, om door middel van een kraan, die in het deksel der klok was aangebracht de lucht in de klok te brengen.

De klok bestond uit twee cilinders, de bovenste of de schacht was hoog ongeveer 6.75 M. en had 3.14 M. middellijn; de onderste of de eigenlijke werkkamer was hoog 2.51 M. en had 5.65 M. middellijn. De cilinders bestonden uit gesmeed ijzeren platen, die met hoekijzers en bouten aan elkander verbonden waren; de werkkamer had van binnen tot versterking 8 driehoekige schoren, bestaande uit volle platen en hoekijzers. In den zolder der werkkamer waren twee vierkante openingen, waardoor de gemeenschap van de schacht met de werkkamer plaats had. Om tot den bodem der bouwplaats te komen, waren twee ladders in de werkkamer gesteld. Ook was een ladder in de schacht geplaatst, gaande van den zolder der werkkamer tot de luchtsluis, welke in het bovenste gedeelte der schacht was opgenomen. Daartoe was op ongeveer 2 M. van den bovenkant der schacht een ijzeren vloer aangebracht en twee ijzeren wanden op ongeveer 0.95 M. afstand gaande van dien vloer tot den bovenkant der schacht, waardoor op den vloer een ruimte werd afgesloten van 2.51 M. lengte, 2.00 M. hoogte en 0.94 M. breedte, welke als schutkamer diende. In den vloer was tusschen de wanden een vierkante opening, welke met een valluik kon gesloten worden; op het deksel der schacht stond een koker, die van boven ook met een valluik voorzien was; deze twee valluiken gaven dan de gelegenheid voorwerpen door de schutkamer naar binnen of naar buiten te brengen. In elk der zijwanden was bovendien een deur, welke bij openingen uitkwamen, die in den bovengemelden ijzeren vloer aanwezig waren; hierdoor werden hoofdzakelijk de uitgegraven stoffen tot in de schutkamer opgehaald en werden de bouwstoffen van uit de schutkamer neergelaten. In het deksel der schacht waren 8 en in den ijzeren vloer 4 lichtramen aangebracht.

De klok woog omstreeks 32000 kilogr.; om het mogelijk rijzen der klok te beletten, was op de werkkamer een cilindrische verhooging gemaakt ten bedrage van ongeveer 2.83 M., welke op 1.66 M. der hoogte met een waterdicht deksel gesloten was. Op dit deksel konden ijzeren ballaststukken gelegd worden tot een maximum gewicht van 100000 kilogr., terwijl daaronder een ringvormige ruimte aanwezig was, waarin water tot nagenoeg 26000 kilogr. kon toegelaten en ook weer verwijderd worden. Deze hoeveelheid water vormde een soort reguleur. Naarmate de klok steeg werd de opwaartsche druk minder en moest dus de belasting van water en ballast verminderd worden.

Bij de hoogte van gewoon water was de gemiddelde diepte van den bodem ongeveer 7.00 M.; de pijlers zinken daarin ongeveer 2.20 à 2.25 M.

Zoodra de bodem tot de diepte van ongeveer 9.25 M. onder gewoon water ontgraven en gelijk gemaakt was, werd daarop een laag beton aangebracht ter hoogte van 0.95 M.; dit beton bestaat uit een deel cement, twee deelen zand en vier deelen stukgeslagen steen; hierna werd het middelpunt van den op te metselen cilinder zeer juist bepaald en daarna met het opmetselen begonnen; van onder tot 0.94 M. onder dagelijksch water is de buitenbekleding van graniet en het binnenste van hardgebakken steen gemetseld met mortel van 1 deel cement en 2 deelen zand, terwijl daarboven elke cilinder geheel met granietblokken opgemetseld is.

Met het opwerken der cilinders werd achterevolgens de klok omhoog gehaald tot dat de cilinder boven water was, als wanneer de klok vervoerd werd om voor den bouw van een ander cilinder dienst te doen. Bij dat vervoer behoefde de klok niet van den steiger te worden afgenomen, maar werd het bovenst gedeelte des steigers waaraan de klok hing, met behulp van takels en lieren over sloven verschoven, tot dat de klok boven de plaats van den te bouwen cilinder kwam.

Het is duidelijk, dat men met zulke klokken, alleen in die gronden, waarvan de taluds tamelijk steil blijven staan en waarin geen verschuivingen van grond plaats hebben, tot eenige diepte van beteekenis den bodem kan uitgraven.

§ 137. Klok met beweegbare schacht bij dokken in Pola gebruikt. Op Pl. 46 fig. 9 is een duikerklok voorgesteld, welke voor den bouw der droge dokken in Pola gemaakt is door den heer E. von Heider. Deze klok was aan een schip opgehangen, doch niet zooals bij andere inrichtingen van dien aard bij het midden van het schip, maar aan een eind daarvan, om ongehinderd de klok te kunnen laten zinken ter plaatse waar gewerkt moest worden.

De geheele inrichting bestond in hoofdzaak uit een werkkamer met schacht, waarop een luchtsluis gesteld was, en uit een stoomwerktuig met luchtpompen geplaatst in een schip. De werkkamer was lang 6 M., breed 3 M., hoog 3.7 M. De schacht was uit twee stukken geconstrueerd, die als een telescoop in elkander konden schuiven, waardoor de schacht verlengd kon worden van ongeveer 10 tot 15 M., zoodat diepten van 4 tot ongeveer 12 M. konden bereikt worden. De binnenwerksche wijdte der schacht was van het onderdeel 1 M., van het boven-deel van onder 1.4 M., van boven 1.6 M.

Onder de luchtsluis was een ringvormige ruimte, waarin de uitgegraven en opgehaalde stoffen werden geborgen, om ze daarna naar buiten te schutten en door een koker in een schip te doen storten. De bouwstoffen konden door de luchtsluis naar binnen geschut worden.

Het houten schip, lang 26.1 M., diep 5.2 M., breed 9.5 M. had, wanneer de inrichting in werking was, een gemiddelden diepgang van 2.1 M. en bevatte aan beide einden 2 waterbakken, die gevuld en geledigd konden worden; om het schip tijdens het werken tegen oprijzen te vrijwaren, werden de bakken nabij het eind, waar de klok opgehangen was, geheel of ten deele gevuld, naarmate de diepte waarop gewerkt werd. Het schip was verder voorzien van een stoomwindas tot het ophijschen van het onderste deel der schacht en daarmede de klok, van een stoomwerktuig met luchtpomp tot het samenpersen der lucht, van een stoomwerktuig tot het in werking stellen der inrichting voor het opbrengen der uitgegraven stoffen en tot het laten dalen der bouwstoffen, van een stoomkaapstander tot het verhalen van het schip, van een kajuit en van een verblijf voor

de arbeiders. Het schip was afgedekt, zoodat alles wat er in was zich in het droge bevond.

De geheele inrichting heeft zeer goed voldaan; men heeft er bijna aanhoudend mede gewerkt gedurende 560 etmalen; men verwijderde er mede 3000 M₃. slik, 2900 M³. steen en men voerde naar binnen 400 M₃. cement, dat in de werkkamer verbruikt is.

Klokken met schachten zijn hoofdzakelijk daar te gebruiken, waar een betrekkelijk aanzienlijk werk aanhoudend en regelmatig moet voortgezet worden, of daar, waar door den stroom de gewone klok zeer bezwaarlijk in toepassing kan komen.

§ 138. Invloed van samengeperste lucht op de arbeiders. Wanneer men voor het eerst in samengeperste lucht ademt, ontwaart men in den aanvang tamelijk algemeen, hoewel er ook personen zijn die dat niet hebben, een suizing in de ooren en een pijnlijk gevoel op de oorvliezen en even onder het oor achter de kaken; een ruime ademhaling door neus en mond is dan aanbevelenswaardig; de hoofdingenieur Malezieux zegt met goed resultaat, op raad van een arbeider, toen hij naar de werkkamer van den pijler bij Brooklyn wilde afdalen, het volgende gedaan te hebben: de neusgaten werden met duim en wijsvinger goed dicht gehouden en dan de wangen opgezet, waardoor de Eustachische buis, zijnde de verbindingsbuis tusschen de trommelholte van het oor en de keel zich uitzet en dus de toetreding van lucht naar de oorholte bevorderd wordt; dit moet verschillende malen na elkander herhaald worden.

Wanneer de vliezen zijn ontstoken ten gevolge van verkoudheid dan helpt dat middel niet; beter is 't dat de arbeiders, in dien toestand verkeerend, niet onder een hoogen druk gebracht worden.

Wanneer men voor de eerste maal in de samengeperste lucht moet komen, is 't vooral zaak den luchtdruk niet te snel te laten toenemen.

De heer J. Schotel, die meermalen het opzicht in de werkkamer bij de Staatsspoorwegbruggen te Moerdijk en te Rotter-

dam heeft gehouden, deelt in hoofdzaak het volgende mede: «De invloed van de samengeperste lucht op de arbeiders was zeer verschillend; in 't algemeen heeft men opgemerkt dat zij, die misbruik maakten van sterken drank het eerst de nadeelige gevolgen van de samengeperste lucht ondervonden, als hevige pijn in de gewrichten, voornamelijk van de armen en beenen; volbloedige gestellen — onder de arbeiders trouwens zeldzaam — zijn totaal ongeschikt; veerkrachtige gestellen van 20 tot 40 jaar oud hadden weinig last. Het meerendeel der arbeiders had evenwel bij het samenpersen der lucht last van oorpijn; zelf heb ik daarvan nimmer last gehad, doch waarschijnlijk ten gevolge van koude vatten bij het uitschutten ben ik eenige dagen lijdende geweest aan rheumatische hoofd- en aangezichtspijn. Bij een zeer goed geconserveerd sterk gestel ontstond pneumonie met doodelijken afloop.»

De ingenieur D. A. Wittop Koning constateerde, dat bij de brug voor gewoon verkeer — de Willemsbrug — te Rotterdam de arbeiders zeer klaagden over pijn in de armen; eenigen kregen blazen op de armen, die later evenwel weer verdwenen; de levenswijze der arbeiders, die in de werkkamer werkten, liet gewoonlijk nog al te wenschen over. Het in- en uitschutten, dat door de arbeiders zelve geregeld en verricht werd, geschiedde steeds in den kortst mogelijken tijd, zonder te letten of zulks ook nadeelige gevolgen voor hen zou hebben.

Toen men bij de brug van St. Louis met de werkkamer tot de diepte van 18 M. onder water was gekomen, verkregen eenige arbeiders verlamming in de spieren van de onderste leden; gewoonlijk ging zij niet vergezeld van pijn en hield zij ook na een of twee dagen op. Naarmate men evenwel dieper kwam was de verlamming moeilijker te genezen en breidde zij zich uit tot de armen en inwendige deelen; de gewrichten werden in zekere gevallen zeer erg getroffen; negen van de tien werklieden herstelden betrekkelijk spoedig en gingen weer aan den arbeid. De werktijd in de werkkamer werd achtereenvolgens met de toename der diepte verminderd van vier op drie uur, daarna op twee en eindelijk op één uur.

Naar het oordeel van den ingenieur op het werk, van de chefs

der werkplaatsen en der arbeiders, was het gebruik van galvanische kettingen of banden een machtig middel tegen de verlamming; allen werden er mede voorzien. Deze banden bestonden uit afwisselende stukken van zink en zilver, men droeg ze om de handgewrichten (polsen), de armen, de enkels, het bovenlijf en zelfs tegen de voetzolen. Het geloof aan de kracht dezer voorwerpen was zoo algemeen dat ook de hoofdingenieur Eads een werkelijke waarde er aan toeschreef. Het aantal personen in de werkkamer gebruikt, heeft 352 bedragen. Dertig werden ernstig ziek, twaalf stierven; de meesten daarvan waren menschen niet aan den arbeid gewoon, velen hadden slechts 2 uur gewerkt. Daarentegen werkte de helft der personen van het begin tot het einde zonder hinder te bekomen. Nadat de werktijd tot een uur gebracht was, heeft zich geen ernstig ziektegeval meer bij de arbeiders voorgedaan; een menigte personen, waaronder veel dames zijn een korten tijd in de werkkamer geweest, zonder letsel te ondervinden, terwijl de eerste geneesheer, na op een dag $2\frac{3}{4}$ uur op een diepte van 28 M. in de werkkamer gebleven te zijn, door een ernstige ziekte aangetast werd toen hij naar huis ging. Hoewel eenige geneesheeren het gevaar toeschrijven aan te snelle toename, andere aan te snelle afneming van den luchtdruk, meent de heer Eads dat het gevaar gelegen is in een te lang verblijf in de samengeperste lucht.

Bij de brug over de East-River hebben, tot de diepte van 24 M. onder water, de waarnemingen van den invloed der samengeperste lucht op de werklieden niet veel nieuws opgeleverd. De heer Roebing merkte evenwel op dat de werking der longen zich onwillekeurig wijzigt in de samengeperste lucht; het aantal ademhalingen vermindert met 30 à 50 percent, hetgeen zou aantoonen dat het organisme zich verzet tegen den aanvoer van zuurstof in hoeveelheden twee of drie maal grooter dan in de gewone atmosfeer, dit wijst er ook weer op dat het raadzaam is den werktijd te verkorten naarmate de druk toeneemt.

De «Bauinspector» Gust. Meijer ondervond bij het snel inlaten van samengeperste lucht bij het bezoek der Stettiner Partnitz-brug een pijnlijk steken in de ooren; het verblijf in de werkkamer had voor hem niets onaangenaams, terwijl bij het snel

aflaten der samengeperste lucht een klein bloedvaatje sprong, dat een korte bloedstorting en 14 dagen suizen in de ooren ten gevolge had.

De brug over de Lymfjord in Noordelijk Jutland werd bij 10 M. waterdiepte tot een diepte van 36 M. pneumatisch gefundeerd; daarbij had men met veel zwaarigheden te kampen, terwijl in 1875 op een diepte van 33 M. meerdere personen omkwamen, waaronder de controleerende ingenieur van de Deensche regeering. Ook zijn in 1876, ten gevolge van den luchtdruk, buizen gesprongen, waardoor 3 menschen het leven verloren.

Naar de berichten, die daarvan bestaan zouden bij den bouw der brug over de Duna 9 menschen bezweken zijn meest aan beroerte, die veelal 6 uur na volbrachten arbeid voorviel.

Bij de brug te Szegedin heeft men opgemerkt, dat bij het gaan uit de schutkamer zich somtijds bloed door de neus en de keel ontlastte; sommige personen ondervonden voor een korte poos hevige zenuwpijnen; andere hielden verscheidene dagen hoofden kiespijn. Maar in de meeste gevallen voelde men bij het gaan uit de werkkamer slechts een kouden luchtstroom en later eenige spanning in de ooren. In de luchtsluis was de lucht zeer vochtig en warm; de thermometer wees er soms 60⁰ Celsius aan; nadat men lager kwam, had men er zuiverder en minder heete lucht. De passage door de schutkamer was er zeer onaangenaam. Bij een en ander moet vermeld worden dat de schutkamers zeer klein waren. Hier heeft men ook ondervonden dat de ademhaling in de samengeperste lucht sneller plaats heeft dan gewoonlijk, even als bij een versnelden pas.

§ 139. Verlichting der werkkamer. De verlichting kan geschieden met: kaarsen, olielampen, gaz, electricch licht en soms met zonlicht.

De kaarsen geven bijzonder veel walm, zij verbranden snel maar onvolledig; men heeft dit ondervonden bij de brug over de Mississippi te St. Louis en bij die over de «East-River» aan den pijler bij Brooklyn. Te Rain verbrandde men in 4 uur, 8 stearine kaarsen elk van 60 grammen. Bij de bruggen van den Staat en der Gemeente te Rotterdam had de verlichting

plaats met stearine kaarsen ongeveer dik 4 en lang 15 centimeter, zulk een kaars brandde ongeveer 5 uur in de samengeperste- en 10 uur in de buitenlucht. De walm is zeer nadeelig voor de arbeiders en het opzichthoudend personeel; men kan elkander in de werkkamer soms op 2 M. afstand met een kaars in de hand niet zien door walm en nevel. De met walm bezwangerde lucht maakt de neusgaten zwart en het zwart treedt tot in de longen, zoodat men, volgens mededeeling van Cézanne, na lang verblijf in de werkkamer van de brug te Szégedin, zwart snoot en spuwde nog dagen nadat men de werkkamer verlaten had; dit ondervond men ook te Rotterdam, vooral toen men in de kleilaag werkte en ook bij het betonstorten, als wanneer de lucht weinig of niet onder de werkkamer ontsnapte. Bij den pijler der Staatsspoorwegbrug aan de zijde der Boompjes was men verplicht gaten door de klei te boren tot in het zand, om de lucht doortocht te verschaffen en zodoende te ventileren; ook werd in de schafttijden de lucht door de eene luchtsluis in- en door de andere uitgelaten, dat tot zuivering der lucht zeer veel heeft geholpen.

De genoemde nadelen van bederf der lucht zijn nog erger met olielampen dan met kaarsen.

Te St. Louis heeft men den walm buiten gehouden door elk der kaarsen te laten branden in een zeer sterke glazen stolp, die met het dicht eind in de werkkamer hing en met haar open eind, naar boven gekeerd, aan een buis hermetisch sloot; de buis, die als schoorsteen werkte en in de buitenlucht uitkwam, kon van onder gesloten worden, als wanneer de stolp kon worden afgenomen.

Bij de brug te New-York is men overgegaan tot verlichting der werkkamer met gaz; eerst had men 14 branders met kalklicht twee in elk compartiment en een bij elke schacht waar de grond moest omhoog gewerkt worden, maar de zuurstof, die door een Maatschappij moest geleverd worden, kwam onregelmatig en was ook niet altijd van goede hoedanigheid.

Eindelijk besloot men 60 bekken met gewoon gaz te branden; het gewone gazlicht kostte slechts $\frac{1}{5}$ van het kalklicht en $\frac{1}{3}$ ongeveer van kaarslicht; het gaz had het tweeledig nadeel, name-

lijk, de temperatuur te verhoogen en de lucht te verontreinigen.

Bij Argenteuil zijn 6 glazen lenzen gebruikt tot gedeeltelijke verlichting van de met samengeperste lucht gevulde ruimte. De verlichting der inwendige ruimte met zonlicht is reeds door generaal W^m. Sooij Smith in 1859—1860 in toepassing gebracht bij den bouw der brug over de Savannah.

Bij de klok van de brug te Kopenhagen werd de schacht ook door 4 glazen verlicht.

Glazen ramen tot verlichting der luchtsluizen zijn zeer doelmatig, maar verder is de toetreding van het daglicht bezwaarlijk.

Electrisch licht is in 1878 en 1879 gebruikt in de werkkamers voor de fundeering der Glasgowbrug over de Missouri rivier door Generaal W^m. Sooij Smith.

§ 140. Temperatuur in de werkkamer en luchtsluizen.

Het is zaak om te trachten hooge temperatuur in de werkkamer en in de luchtsluizen tegen te gaan. In den winter, bij koud weder, heeft de afkoeling van de samengeperste lucht in de toevoerbuizen plaats en dan zal daardoor, wanneer bij matige diepte gewerkt wordt, b. v. tot 10 à 12 M. onder water de temperatuur in de werkkamer kunnen bedragen 12° tot 17° C. en in de luchtsluizen 18° tot 30° C.

Wordt op grooter diepte gewerkt en dus de lucht meer samengeperst dan verhoogt de temperatuur.

In den zomer moet de samengeperste lucht afgekoeld worden door de toevoerbuizen door koel water te laten gaan, of de groote verhooging van temperatuur moet tegengegaan worden door de luchtpompen in waterbakken te plaatsen waarin het water aanhoudend ververscht wordt. Beide afkoelingen had men te Rotterdam.

Bij de Staatsspoorwegbrug te Rotterdam heeft men de luchtsluizen van buiten soms met water bespoten; bij de Willemsbrug waren de luchtsluizen van buiten gewit, een en ander om de verhooging van de temperatuur in de luchtsluizen tegen te werken.

In de klok gebruikt bij de dokken te Pola werd op heete zomerdagen de luchtleiding door een buis gevoerd, waarin koel

zeewater circuleerde en daardoor was het mogelijk de temperatuur in de luchtsluis op 32° Celsius en in de werkkamer op 28° C. te houden; de diepte van werken bedroeg daar 15 M. onder water.

Bij de Rijnbrug te Hamm bij Dusseldorf, werd de lucht door een afkoeler geleid, waarvan de wanden ongeveer 7 M² oppervlak hadden, en die per minuut met 35 liter water uit den Rijn gevoed werd; bij geringe diepte had men noodig 1 luchtpomp, bij groote diepte tot 15.4 M. gebruikte men 2 luchtpompen elk bediend door een locomobile van 16 paardekracht; een derde machine was er tot reserve. De samengeperste lucht had een temperatuur bij 1 atmosfeer overdruk van 48° C., bij 2 atmosfeer overdruk van 70° tot 80° C. en werd door den afkoeler gebracht op 12° tot 15° C.

§ 141. Duur van elke schutting. In den regel geven de arbeiders niet veel acht op den tijd, die noodig is om de lucht in de schutkamer samen te persen of om de samengeperste lucht af te laten. Toch moet die tijd, ingevolge het oordeel van geneeskundigen, van invloed zijn op de gezondheid der arbeiders. De hoofdingenieur Eads meende evenwel dat die invloed van geen betekenis was en grondde zijn oordeel daarop dat de arbeiders, die bij de brug over de Mississippi te St. Louis met het werk in de luchtsluizen belast waren en die er niet van leden, in 5 minuten en menig keer in den loop van 2 uur van den eenen staat in den anderen overgingen.

Aan dezelfde brug heeft men echter ook opgemerkt, dat men 15 minuten gebruikt heeft om personen voor de eerste maal in te schutten, die later bijna zonder hinder in 5 minuten konden ingaan.

Dr. Hermann Friedberg is van oordeel dat de arbeiders in geen hooger druk mogen werken dan van 3 atmosfeer, en dat $\frac{1}{4}$ uur voor het inschutten en minstens even zooveel tijd voor het uitschutten moet besteed worden.

Dr. Magnus stelt dat minstens 6 minuten per atmosfeer en bovendien een kleine pauze bij elke halve atmosfeer vermeerdering van luchtdruk noodig is.

Dit schijnt evenwel overdreven voorzichtig te zijn.

Bij de brug van St. Louis werd de lucht soms zoo spoedig afgelaten dat de temperatuur tot 32° F. daalde. Meermalen heeft de heer Schotel bij de brug aan de Moerdijk opgemerkt, dat terwijl de temperatuur in de luchtsluis 95° F. was er zich bij het aflaten der lucht, ijskristallen vormden in de afblaaskraan.

Aan de Willemsbrug over de Maas te Rotterdam rekent men dat de beampten ongeveer 3 minuten per atmosfeer gebruikten voor het in- of uitschutten, maar de arbeiders deden een en ander zoo snel dat de tijd minder dan één minuut per atmosfeer bedragen heeft.

Over 't algemeen is men van gedachte dat het uitschutten gevaarlijker is voor de gezondheid dan het inschutten, vooral wegens de aanzienlijke afkoeling die in de schutkamer bij het uitschutten plaats heeft.

Het is niet tegen te spreken, dat een verandering van luchtdruk en van temperatuur zoo aanzienlijk als dit veeltijds in de schutkamers bij den bouw van fundamenten voor bruggen plaats heeft voor het menschelijk lichaam geheel abnormaal is, en nu schijnt 't toch in elk geval voorzichtig dien abnormalen toestand niet al te plotselijk te bewerken, zoodat wellicht de geschikte minimumtijd voor het in- of uitschutten per atmosfeer op 2 minuten mag gesteld worden.

§ 142. Duur van den werktijd in de werkkamer. Deze is bij de verschillende uitgevoerde werken nog al ongelijk.

Bij de brug over de «East-River» bleef elke ploeg arbeiders 8 uur achter elkander in de werkkamer, bij een diepte tot 15 M. onder water; met deze 8 uur was de werktijd in het etmaal voor den ploeg afgeloopen. Dieper bleven de werklieden 4 uur en eindelijk slechts 2 uur in de werkkamer.

Bij de brug te Omaha bleef elke ploeg 8 uur in de werkkamer. De arbeiders hebben tot een diepte onder den waterstand gewerkt van wellicht 6 tot omstreeks 28 M., elke ploeg werkte 8 uur in het etmaal; bij de groote diepte zal de werktijd zeer waarschijnlijk wel wat gewijzigd zijn geworden.

Aan de Gemeenteburg — Willemsbrug — te Rotterdam was de

werktijd 10 uur per 24 uur in twee tijdvakken elk van 5 uur. Elke ploeg bestond in de werkkamer gewoonlijk uit 12 man en 2 werklieden waren in de luchtsluizen. De werkwijze heeft zoo plaats gehad van het begin tot het einde van het werk; de arbeiders hebben daarbij gewerkt van ongeveer 10 tot nabij 22 M. onder dagelijksch hoogwater, en wanneer de werkkamers tot voldoende diepte gezonken waren dan was het verschil in waterdruk soms nog hooger.

Bij de brug over de Inn te Simbach, werd slechts 4 uur achter elkander gewerkt op 8.5 M. onder laagwater; elke ploeg bestond uit 8 man.

Aan de brug over de Parnitz bij Stettin was de werktijd 4 uur des daags, 4 uur des nachts tot 12.25 M. onder den waterstand.

Aan de brug te Argenteuil werkte men 4 uur en had dan 8 uur rust; de werktijd was 8 uur per etmaal in twee tijdvakken bij een diepte wellicht van 5 tot 15 en tot 20 M. onder den waterstand.

Bij de brug over de Mississippi te St. Louis was het verblijf in de werkkamer afhankelijk van de diepte; het bedroeg eerst 4 uur en is achtereenvolgens geweest 3, 2 en eindelijk 1 uur, op de grootste diepte van ongeveer 33 à 35 M. onder den waterstand.

In 't algemeen houdt men voor nadeelig om bij groote diepte langen tijd in de werkkamer te blijven. Het was vooral de hoofdingenieur Eads, die er op wees dat een kort verblijf in de werkkamer bij groote diepte wenschelijk is, en zulks ook in toepassing bracht en daardoor volgens zijne verklaring goede resultaten bekomen heeft. Zoover dit thans kan beoordeeld worden, mag het maximum verblijf in de werkkamer niet langer gesteld worden dan

1	uur	bij	een	overdruk	van	3.0	tot	3.5	atmosfeer
2	»	»	»	»	»	2.8	»	3.0	»
3	»	»	»	»	»	2.6	»	2.8	»
4	»	»	»	»	»	2.4	»	2.6	»
5	»	»	»	»	»	2.2	»	2.4	»
6	»	»	»	»	»	2.0	»	2.2	»
7	»	»	»	»	»	1.7	»	2.0	»
8	»	»	»	»	»	1.4	»	1.7	» en minder.

§ 143. Voorzorgen in het belang der arbeiders. De voornaamste voorzorgen zijn de volgende:

Het maken van ruime luchtsluizen met gemakkelijke schutkamers.

De samengeperste lucht zooveel doenlijk afkoelen.

De toetreding en aflating der lucht zoodanig regelen, dat elke 2 minuten de lucht hoogstens 1 atmosfeer hooger of lager wordt.

Bij aflating der lucht de schutkamer door toelating van warme lucht verwarmen.

Zorgen voor goede ventilatie en voor verlichting die zoo weinig mogelijk walm geeft. De luchtsluis van veiligheidsklep en manometer voorzien ter plaatse waar zij steeds met de werkkamer in gemeenschap is.

Het verblijf in de werkkamer, naarmate de diepte toeneemt verkorten. Bij het verlaten der schutkamer de arbeiders bij koud weder met warme kleeren dekken.

In de nabijheid van het werk een vertrek beschikbaar hebben, dat zoo noodig verwarmd is, waar den arbeiders eenige versching kan worden toegediend, en waar ze nog eenigszins in beweging kunnen blijven, voor ze goed gaan rusten.

Gezonde arbeiders gebruiken, zoo mogelijk tusschen de 20 en 40 jaar oud en zoo 't kan van geregelde levenswijjs.

In de nabijheid van het werk een lokaal beschikbaar hebben met de noodige geneesmiddelen om ingeval van een ongeluk de eerste hulp te kunnen verleen.

§ 144. Luchtbehoefte en luchtverlies. Bij pneumatische fundeeringen is 't noodig een voldoende hoeveelheid lucht in de schachten en in de werkkamer aan te voeren om het water te doen wijken met inbegrip van het verlies dat door lekkage van de luchtleidingen, luchtsluizen, schachten, werkkamer enz. plaats heeft. Het luchtverlies wordt grooter zoodra de lucht onder den onderkant der werkkamer kan ontsnappen. Het is duidelijk, dat, zoodra de arbeiders in de werkkamer werken, lucht verloren gaat door het schutten, en dat tevens gezorgd moet worden voor de noodige ventilatie.

Het is zaak genoegzame zorg te besteden aan het behoorlijk

dichtklinken van de luchtsluizen, schachten en de werkkamer; bij den aanvoer van samengeperste lucht in de werkkamer van pijler IV der Staatsspoorwegbrug te Rotterdam in Augustus 1870, bleek 't dat de meeste lekken, welke de lucht doorlieten zich in den zolder bevonden, waarna men besloot, ten einde de lekken zooveel mogelijk te dichten, om het bovenvlak van den zolder goed te bestrijken met een laag Portland-cement en daarover te metselen twee lagen klinkers in Portland-cementspecie, hetgeen een zeer goed middel bleek te zijn. Het bedekken van den zolder met een laag Portland-cement ter dikte van 4 à 5 centimeter is bij meerdere bruggen en steeds met goed gevolg toegepast.

De zolder van elk der werkkamers van de pijlers der Willemsbrug is luchtdicht bewerkt door tusschen de naden der op elkander te klinken platen gemenied linnen of zeildoek aan te brengen dat zeer goede resultaten heeft opgeleverd. De zijwanden winnen in dichtheid door het aanbrengen van metselwerk langs hunne binnenzijde.

In het «Zeitschrift des Oesterreichischen Ingenieur- und Architekten-Vereins» van 1877 komt op bladz. 196 een belangrijk artikel voor over luchtgebruik en luchtverlies bij pneumatische fundeeringen van den ingenieur en aannemer Adolph Schmoll v. Eisenwerth. De daarin medegedeelde resultaten zijn verkregen door proeven welke door den heer A. S. v. E. genomen zijn.

In die verhandeling komen twee tabellen voor; de eerste bevat de resultaten van luchtbehoefte en luchtverlies gedurende de verwijdering des waters en vóór het zinken van de werkkamer in den grond; de tweede geeft de resultaten van luchtverbruik en luchtverlies gedurende het zinken door den grond van gesmeedijzeren caissons, waaruit het water reeds verwijderd was.

TABEL I. Resultaten der proeven over luchtbehoefte en luchtverlies werkkamer in den grond.

Datum.	Pijler.	ONDERKANT DER WERKKAMER.			AFMETINGEN DER WERKKAMER.				Inhoud der luchtleiding, sluzen en schachten tot op het binnenwater vóór het uitdrijven van dit water.
		Onder nul peilschaal	Onder waterstand.	In het terrein.	Omtrek.	Hoogte binnenwerks.	Omtreks oppervlak.	Bodem oppervlak.	
		Meter			Meter	M ²	M ²	M ³	
1872.	A.	Spoorwegbrug over de Rijn bij St. Margarethen in Zwitserland.							
27 Maart	IV	2.10	2.00	0.80	23.36	2.20	51.39	33.00	20.67
15 April	III	+0.10	0.30	0.60	"	"	"	"	61.86
19 "	"	3.30	3.55	4.00	"	"	"	"	19.45
1872.	B.	Kroonprins Rudolph-brug in den Rijksstraatweg over de Donau							
7 Oct.	IX	6.91	6.23	7.61	63.43	2.20	139.55	223.60	368.57
10 Nov.	VIII	4.70	3.70	2.50	48.22	2.20	106.80	111.70	22.18
1876.	C.	Stedelijke Podskal-Smichover Moldaubrug te Praag.							
29 Oct.	II	6.71	6.89	5.21	45.82	2.20	100.80	118.05	17.71
15 Nov.	I	4.32	4.47	2.82	"	"	"	"	18.88

Gedurende het uitdrijven van het water of droogmaken der werkkamers bij de pijlers sub A werkte slechts één luchtpomp van F. A. Klusemann, Maagdenburg.

De werkkamer van pijler IX is voor de waarneming onmiddellijk door geheel aflaten der lucht gezonken; bij het weder in werking stellen der 3 luchtpompen (2 van F. A. Klusemann en 1 van P. Claparède & Cie. St. Denis) stond de inwendige waterstand 0.50 M. boven den onderkant der werkkamer of 5.73 M. onder den rivier-waterstand.

gedurende het uitdrijven van het water vóór het begin van het inzinken der

Inhoud van de schachten en van de werkkamer onder het binnenwater vóór het uitdrijven v. dit water	Benoodigde tijd tot het uitdrijven van het water.	Hoogste stand van den manometer, gedurende het uitdrijven van het water; overdruk in atmos.	Benoodigde lucht tot vulling der holle ruimte boven water en tot het uitdrijven van het water, blijkens:			Luchtverlies per uur en per M ² , omtreks oppervlak der werkkam., blijkens:		SOORT VAN GROND.
			de holle ruimte en de waterkolom.	den manometer en de holle ruimte.	de door de luchtpompen aangevoerde hoeveelheid.	de holle ruimte en de waterkolom.	den manometer en de holle ruimte.	
M ³	U.—min.		M ³		M ³			
69.96	0—23	0.25	87.52	92.62	144.90	2.913	2.614	Licht grint en zand.
9.50	0—10	0.05	11.57	13.07	42.00	3.553	3.378	Grint en zand.
56.63	0—30	0.60	82.77	103.27	147.00	2.500	1.702	idem.
afsnijding te Weenen.								
107.70	0—30	0.68	394.93	431.58	622.76	3.265	2.746	Geel scherp zand; op circa de halve bodemvlakte is de vaste klei bereikt.
199.13	0—30	0.31	278.38	267.93	351.00	1.360	1.549	Gewoonriviergrint.
223.21	2—30	0.90	372.09	440.04	1890.00	6.023	5.754	Grof zand.
211.46	1—10	0.54	288.78	335.84	882.00	5.095	4.644	Zand.

Bij pijler VIII sub B werkten 2 luchtpompen 1 van F. A. Klusemann en 1 van P. Claparède & Cie.

Bij de pijlers sub C waren 2 luchtpompen werkzaam van F. A. Klusemann.

De werkkamers der pijlers sub A en B zijn in de werkplaatsen der firma Gebr. Klein, A. Schmoll & E. Gaertner in Weenen gemaakt, terwijl de werkkamers voor de pijlers sub C in eene andere fabriek bewerkt zijn. Al de werkkamers zijn door de genoemde firma gezonken.

TABEL II. Resultaten der proeven over luchtverbruik en luchtverlies het water reeds uitgedreven was.

Datum der waarneming.	Pijler.	ONDERKANT DER WERKKAMER.			AFMETINGEN DER WERKKAMER.				Ledigingen per 24 uur.		Stand van den manometerop deluchtsluizen.	Overdruk in atmosph.
		Onder nul der peilschaal.	Onder waterspiegel.	In den grond.	Omtrek.	Binnenw. hoogte.	Omtreks oppervlak.	Grondvlak.	Inhoud der werkkamer (ledige ruimte).	Van de schuikam. der bouwstoffen.			Van de schuikam. der sluis.
		M ¹	M ¹	M ¹	M ¹	M ²	M ²	M ³				

A. Spoorwegbrug over den Rijn bij

1872													
3 April	IV	4.35	5.25	2.25	23.36	2.20	51.39	33.00	54.10	26	50	11	0.45
7 "	"	8.05	8.25	5.95	23.36	2.20	51.39	33.00	54.10	32	9	6	0.9-1.0
8 "	"	8.40	8.65	6.30	23.36	2.20	51.39	33.00	54.10	14	7	6	0.9-1.3
7 Juni	I	+0.20	0.90	2.20	23.36	2.20	51.39	33.00	54.10	12	6	7	0.10
12 "	"	-3.40	4.90	5.80	23.36	2.20	51.39	33.00	54.10	31	6	7	0.50
13 "	"	4.40	5.90	6.80	23.36	2.20	51.39	33.00	54.10	65	10	7	0.60

B. Kroonprins-Rudolph-brug in den Rijksweg

1872													
24 Sept.	IX	3.21	2.87	3.91	63.43	2.20	139.55	223.60	423.98	204	20	24	0.310
7 Oct.	"	6.91	6.23	7.61	63.43	2.20	139.55	223.60	423.98	195	19	24	0.820
17 "	"	8.67	7.97	9.31	63.43	2.20	139.55	223.60	423.98	128	19	24	0.860
20 Nov.	VIII	5.25	4.40	3.05	48.22	2.20	106.08	111.70	195.36	105	13	16	0.410
4 Dec.	"	9.05	8.15	6.85	48.22	2.20	106.08	111.70	195.36	105	13	16	0.820

C. Stedelijke Podskal-Smichover

1876													
30 Oct.	II	6.71	6.89	5.21	45.82	2.20	100.80	118.05	211.39	62	50	16	0.64
5 Nov.	"	7.63	7.81	6.13	45.82	2.20	100.80	118.05	211.39	13	100	16	0.73
19 "	I	4.80	5.05	3.30	45.82	2.20	100.80	118.05	211.39	102	50	12	0.44
23 "	"	5.52	5.82	4.02	45.82	2.20	100.80	118.05	211.39	50	60	16	0.53

1) Men zie den platten grond der pijlers op Pl. 47 Fig. 1-5.

durende het zinken van gesmeed ijeren caissons of werkkamers, waar

Stand van den thermometer.	Hoeveelheid lucht per uur in de werkkamer gepompt.	Verbruik van atmosferische lucht per werkuur.					Zinkperiode N ^o .	Luchtverlies per werkuur en			SOORT VAN GROND.	Aantal luchtpompen in werking van
		Tot doorschutten der aarde.	Tot doorschutten der arbeiders.	Tot aanvulling van luchtdruk door toename der diepte.	Totaal.	per M ² grondvlak der werkkamer.		per M ¹ omtrek der werkkamer.	per M ² omtreksvlak der werkkamer.			
Reaumur.	M ³	M ³	M ³	M ³	M ³	M ³	M ³	M ³	M ³	M ³	F. A. Klusemann.	P. Claparède & Cie.

St. Margarethen, Zwitserland 1).

10.0	+11.0	252.00	0.74	2.10	0.32	3.16	2	7.541	10.652	4.842	Fijn grint en zand. Leem.	1
15.0	9.5	235.00	1.57	0.61	0.28	2.46	2	7.046	9.955	4.525		
18.0	9.5	235.00	0.72	0.50	0.28	1.50	2	7.076	10.000	4.543	Grofgrint en zand.	1
16.0	12.0	252.00	0.06	0.05	1.18	1.29	1	7.567	10.732	4.878		
14.0	12.0	273.00	0.82	0.25	0.35	1.42	2	8.229	11.626	5.285	" " " "	1
16.0	12.0	273.00	2.09	0.49	0.38	2.96	2	8.183	11.560	5.255		

over de Donauafsnijding te Weenen 1).

9.7	17.5	512.40	3.43	0.48	0.61	4.52	1	2.271	8.009	3.639	Vrij vast grint.	1
5.0	14.0	707.74	7.32	0.99	0.92	9.23	2	3.124	10.997	5.006	Geelscherpzand, op ongeveer de halve bodemvlakte is de klei bereikt.	1
12.0	17.0	436.80	6.15	1.28	0.00	7.43	2	1.921	6.769	3.007	Vaste blauwe klei.	1
1.0	6.0	504.00	2.26	0.48	0.87	3.61	1	4.480	10.377	4.717	Fijn grint en weinig zand.	1
5.0	10.0	453.00	5.32	0.90	0.30	6.52	2	4.002	9.272	4.214	Grauw blauw zand en klei.	1

Moldaubrug te Praag 1).

5.0	14.0	756.00	2.39	2.95	0.54	5.88	3	6.354	16.371	7.441	Grof zand.	2
3.0	15.0	581.28	0.54	4.31	0.14	4.99	3	4.885	12.577	5.717	Grint en zand.	1
5.0	11.0	588.00	2.54	1.30	0.27	4.11	3	4.946	12.743	5.376	" " " "	2
4.0	10.0	672.00	1.50	2.75	0.30	4.55	3	5.654	14.566	6.621	" " " "	2

2) Dit resultaat is niet juist omdat het later bleek dat de luchtpomp van P. Claparède & Cie. in slechten toestand was, waardoor haar vermogen snel afnam.

Datum der waarneming.	Pijler.	ONDERKANT DER WERKKAMER.			AFMETINGEN DER WERKKAMER.				Ledigingen per 24 uur.	Aantal arbeiders in de samen-geperste lucht.	Stand van den manometer of de luchtdruk in Over-
		Onder nul der peilzchaal.	Onder water-spiegel.	In den grond.	Omtrek.	Binnenw. hoogte.	Omtreks oppervlak.	Grondvlak.				Inhoud der werkkamer (ledige ruimte).
		M ¹			M ¹	M ²	M ³			atmosph.	

D. Brug over de Salzach in den Rijksweg in de stad Salzburg.

1876													
10 Juni	II	1.20	3.08	+ 1.35	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	18	12	4	0.25
15 "	"	2.80	3.95	- 0.25	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	12	9	12	0.35
18 "	"	3.90	5.10	1.35	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	26	13	12	0.45
2 Juli	"	7.30	8.85	5.20	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	29	8	12	0.83
4 "	"	8.12	9.32	6.02	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	54	11	12	0.90
6 "	"	8.75	9.90	6.75	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	24	10	12	0.95
7 "	"	9.00	10.25	7.00	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	19	9	12	0.98
23 "	III	1.35	2.28	+ 0.55	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	19	8	10	0.18
26 "	"	2.20	3.70	- 0.70	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	14	7	12	0.30
30 "	"	4.15	5.30	2.65	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	62	11	12	0.48
4 Aug.	"	6.40	7.43	5.00	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	57	12	13	0.70
7 "	"	7.45	8.90	6.05	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	25	15	13	0.85
12 "	"	9.00	9.65	7.60	39.28	1.60	62.85	61.68	74.72	28	6	12	0.95

Gedurende alle waarnemingen werden de zuigerslagen der luchtpompen geteld.

Het is duidelijk dat het verlies bij verschillende pijlers niet tot hetzelfde resultaat leidt. Uitgezonderd voor de werkkamers der brug te Praag kan men ongeveer aannemen dat per M² der omtreksvlakte en per uur het luchtverlies bij de overige werkkamers in vast grint, leem en klei, bij zinkingsdiepten van 2.87 M. tot 8.25 M. onder water, tusschen 3.007 en 4.54 M³ varieert, en bij een gemiddelde diepte van 7.18 M. onder den waterspiegel gem. 3.985 M³ bedraagt; dat het verlies in lichter grint en zandlagen met en zonder leem bij zinkingsdiepten van 3.70 tot 10.25 M. onder water tusschen 3.866 en 5.285 M³ valt en bij een gemiddelde diepte van 6.85 M. onder den waterspiegel gem. 4.373 M³ bereikt.

Bij werkkamers van minder dan 50 M² omtreksvlakte zijn die hoeveelheden in den regel niet geldig, omdat de veeltijds

Stand van den Thermometer.	Verbruik van atmosferische lucht per werkuur.	Luchtverlies per werkuur en	SOORT VAN GROND.	Aantal luchtpompen in werking van				
					In de buitenlucht.	In de werkkamer.	Hoeveelheid lucht per uur in de werkkamer gepompt.	Zinkperiode N ^o .
Réaumur.	M ³	M ³						

in de stad Salzburg.

17.0	226.80	0.17	0.26	0.22	0.65	1	3.668	5.757	3.598	Kopp. v. oude heip. Zand m. wein. grint
13.0	243.60	0.24	0.27	0.08	0.59	1	3.941	6.186	3.866	
12.0	252.00	0.66	0.51	0.01	1.18	1	4.066	6.385	3.991	Leem. zand m. weinig maar grofgrint Idem.
11.0	260.00	1.36	0.58	0.27	2.21	2	4.186	6.573	4.108	
14.5	268.00	2.75	0.86	0.00	3.61	2	4.299	6.751	4.219	Zand m. wein grint
16.5	273.00	1.29	0.82	0.13	2.24	2	4.389	6.893	4.308	
16.0	277.00	1.06	0.76	0.14	1.96	2	4.459	7.030	4.395	" " " " Oude boomstamm.
15.5	226.80	0.00	0.13	0.14	0.27	1	3.672	5.767	3.604	
15.5	243.60	0.24	0.18	0.10	0.52	1	3.941	6.188	3.867	Zand m. grof grint Leemige grint.
19.0	252.00	1.69	0.46	0.34	2.48	1	4.045	6.352	3.970	
19.5	256.20	2.26	0.73	0.22	3.21	1	4.101	6.441	4.025	Leem. zand m. grint
17.0	277.20	1.20	1.11	0.45	2.76	2	4.449	6.987	4.366	
18.0	277.20	1.48	0.48	0.13	2.09	2	4.460	7.004	4.377	" " " "

gebruikte luchtpompen bij een minimum werking reeds meer lucht in de werkkamer voeren dan noodig zal zijn en dan is de luchtuitstrooming onder den onderkant der werkkamer meer dan gewoon. Moet men twee kleine werkkamers elk van 25 à 30 M² omtreksvlakte laten zinken, dan doet men zulks wel gelijktijdig en door één luchtpomp van ruim voldoende vermogen op de twee te laten werken; ook dan, wanneer zij zich reeds bij het begin in verschillende diepte onder den waterspiegel bevinden en een veranderlijk diepteverschil tot het einde der zinking bestaat. Van de aanvoerbuis der lucht gaan dan naar de te zinken werkkamers twee takken elk voorzien van een afsluitkraan, waardoor de luchtaanvoer naar elk der te zinken werkkamers kan geregeld worden overeenkomstig de diepte. Op deze wijze hebben de ingenieurs A. Schmoll v. Eisenwerth en Conradin Zschokke voor rekening van den ingenieur en aannemer Castor in 1867 45 caissons, elk van 10.45 M² grondvlak, voor de

pijlers van een kaaimuur lang ongeveer 572 M. te Bôna (Afrika) gebouwd.

Uit tabel II valt op te merken dat in gelijksoortige grondlagen het luchtverlies met de zinkingsdiepte onder water toeneemt.

De toename van het luchtverlies voor de caissons der brug bij St. Margarethen en der brug te Salzburg bedraagt in een uur per M² omtreksvlakte en per M. waterdiepte gemiddeld 0.1075 M³ atmosferische lucht.

§ 145. **Verwerkte grond.** De hoeveelheid grond, die uit de werkkamer moet gewerkt worden, bedraagt meer dan de kubiek, die door den inhoud van den caisson wordt voorgesteld, wegens het meer of min zijdelingsch toeschieten van den grond. Veelal heeft men ondervonden dat, in gewone omstandigheden, de gemeten uitgewerkten grond 1.50 à 1.75 maal den inhoud bedroeg, die door den caisson werd ingenomen. Zoo was de verhouding van den kub. inhoud van den uitgewerkten grond tot den inhoud door den caisson ingenomen bij de brug

te Kehl	als: 1.63 : 1
te Argenteuil.	» 1.50 : 1
te Rotterdam Staatsspoorweg pijler III	» 1.49 : 1.

Wanneer zich ongunstige omstandigheden voordoen, dan kan die verhouding aanmerkelijk stijgen en zelfs worden als 5 : 1.

§ 146. **Zakking der werkkamer per etmaal.** Het spreekt van zelf dat die zakking van zeer verschillende zaken afhankelijk en zeer ongelijk is; bij hetzelfde werk bekomt men heden soms geheel andere resultaten dan men gister gehad heeft. Zoo was de zakking per etmaal bij de brug over de Seine te Argenteuil 0.27 M. tot 1.40 M., over de Garonne te Bordeaux 0.33 M. tot 1.32 M., over het Hollandsch Diep te Moerdijk Pijler II 0 tot 1.00 M.; idem Pijler III 0 tot 0.80 M.

Als gemiddelde zakkingen per etmaal, wanneer alles gereed is en tamelijk geregeld kan worden voortgewerkt, kunnen de volgende opgegeven worden:

rivierbodem waterpas te maken is klei en puin aan de diepe zijde gestort.

31 Augustus, de 9^{de} rij platen van den mantel werd opgesteld; de stand van den onderkant der werkkamer was bij hoogwater: Noordzijde 8.82 M. — AP., Oostzijde 8.82 M. — AP., Zuidzijde 8.95 M. — AP., Westzijde 8.95 M. — AP. en bij laagwater: Noordzijde 8.82 M. — AP., Oostzijde 9.00 M. — AP., Zuidzijde 9.25 M. — AP., Westzijde 9.13 M. — AP.

De volgende dagen zijn de werkzaamheden voortgezet.

1 October, stand van den onderkant van de werkkamer, 's avonds: bovenkop 13.60 M. — AP., benedenkop 13.20 M. — AP., Noordzijde 13.50 M. — AP., Zuidzijde 13.37 M. — AP.; overdruk in de werkkamer 1.50 atmosfeer.

De volgende dagen zijn de werkzaamheden voortgezet.

1 November. De 19^{de} rij platen van den mantel werd geklonken; onderkant der werkkamer: bovenkop 18.65 M. — AP., benedenkop 18.35 M. — AP., Noordzijde 18.40 M. — AP., Zuidzijde 18.60 M. — AP., overdruk in de werkkamer 1.9 atmosfeer.

3 November, de onderkant van den caisson was gemiddeld: 19.06 M. — AP., bij een overdruk van 2 atmosfeer; door het aflaten van den druk tot 1,4 atmosfeer kwam de onderkant gem. tot 19.84 M. — AP.

Den volgenden dag werd voortgewerkt.

5 November. De stand van den caisson onveranderd gebleven bij een overdruk van 2 atmosfeer; daarna werd de lucht tot 1.25 atmosfeer afgelaten waarna de onderkant kwam tot gem. 20.47⁵ M. — AP.

Na het ontgraven van nog eenigen grond, begon men den 8^{sten} met de betonstorting.

Het werk was zoover gevorderd, dat den 21^{sten} November de eene en den 23^{sten} Nov. 1870 de andere luchtsluis kon worden afgenomen en met het opruimen van den steiger een begin werd gemaakt.

b. Pijler III der staatsspoorwegbrug:

1 April 1871. Begonnen met het opbouwen der werkkamer op de werf.

14 Juni. De werkkamer is tusschen den steiger gebracht.

Nadat men een paar dagen op de werkkamer gemetseld had, heeft men de luchtsluizen op de schachten geplaatst en is men begonnen met het inpersen der lucht.

3 Juli. Begonnen met het halen van grond uit de werkkamer door beide luchtsluizen; onderkant werkkamer 9.40 M. — AP.

Voortgegaan met het opzetten van mantelplaten, metselen en uithalen van grond.

17 Juli. Onderkant van de werkkamer: bovenkop 13.93 M. — AP., benedenkop 13.99 M. — AP., Noordzijde 13.89 M. — AP., Zuidzijde 13.96 M. — AP., verder zijn de aantekeningen betreffende het zakken niet bekend.

11 Augustus. De werkkamer is tot de verlangde diepte gekomen.

12 » Met betonstorting is een aanvang gemaakt die den 17 Augustus 1871 schijnt te zijn afgeloopen geweest.

c. Pijler III der Willemsbrug.

7 April 1874. Begin gemaakt met het opstellen der jukken op de sleephelling, daarmede was men den 11^{den} April gereed. Den 13^{den} is men begonnen met het opbouwen van de werkkamer op de sleephelling, daaraan is geregeld doorgewerkt, zoodat de werkkamer met 2 rijen mantelplaten gereed was op den 6^{den} Juni. Daarna heeft men den wagen der sleephelling er onder gebracht, de banketten in de werkkamer ten deele volgemetseld en nog twee rijen mantelplaten er op geklonken; op den 12^{den} is de werkkamer te water gelaten, die toen met de mantelplaten en het metselwerk 346000 kilogr. woog; bij hoogwater was haar onderkant 4 M. onder water. Den 15^{den} Juni begon men, bij nagenoeg hoogwater, lucht in de werkkamer te pompen, die, nadat $3\frac{3}{4}$ uur gepompt was vlot werd. Met behulp van een sleepboot werd de werkkamer verder te water gebracht, maar kon wegens den sterken wind dien dag niet binnen den steiger gehaald worden; men heeft toen de lucht afgelaten en de werkkamer laten zinken; den 16^{den} werd de werkkamer des morgens tusschen den steiger gebracht met een diepgang van 5.94 M. Den 17^{den} is men begonnen met de 5^{de} rij mantelplaten aan te brengen en met de betonstorting tusschen de

liggers op den zolder. De volgende dagen is gewerkt aan het verhoogen van den mantel, aan het verhoogen van de schachten, aan het aanbrengen van versterkingen en stempels binnen den mantel, aan het betonstorten en vervolgens aan het opmetselen van een ringmuur binnen den mantel, dik 1.10 M., alsmede aan het storten van grond en puin, om den rivierbodem, die van 8.25 M. — AP. tot 10.25 M. — AP. in diepte verschilde, horizontaal te maken; op den 25^{sten} Juni raakte de werkkamer bij laagwater en bij een diepgang van 8.50 M. aan den grond.

Den 29^{sten} Juni werden de luchtsluizen op de schachten gesteld, diepgang der werkkamer 9.40 M.

De volgende dagen is men geregeld voortgegaan met het opmetselen van den ringmuur op de werkkamer.

Den 6^{den} Juli besloot men de halfronde koppen geheel vol te metselen, overigens den ringmuur over 2 M. breedte op te trekken en in het midden een verbindingsmuur te maken; daardoor liep men minder gevaar te veel waterdruk tegen den mantel te krijgen, zoodat men den mantel ook minder behoefde te stempelen.

Den 7^{den} is men begonnen met grond ophalen door eene luchtsluis en den 8^{sten} door de tweede sluis.

Den 9^{den} was de onderkant van de werkkamer als volgt: bovenkop 9.85 M. — AP., benedenkop 9.95 M. — AP., rechts 9.90 M. — AP., links 9.95 M. — AP.; de overdruk in de werkkamer was 1 atmosfeer. De volgende dagen werd geregeld voortgegaan met het verhoogen van den mantel, het ophalen van grond en het opmetselen van den ringmuur tot den 16^{den} Juli, als wanneer men een begin heeft gemaakt met de binnenruimte van den mantel geheel vol te metselen; de onderkant van de werkkamer was: bovenkop 12.15 M. — AP., benedenkop 12.05 M. — AP., rechts 12.08 M. — AP., links 12.08 M. — AP., overdruk 1.2 atmosfeer.

De overige werkzaamheden werden voortgezet tot den 8^{sten} Augustus, als wanneer de onderkant der werkkamer tot 20.60 à 20.70 M. — AP. was gezonken. Toen werd het grondophalen gestaakt en begon men het hout enz. uit de werkkamer te ruimen en alles gereed te maken tot de betonstorting. Het

metselwerk binnen den mantel was toen opgetrokken tot 1.53 M. — AP.

De voorloopige werkzaamheden tot het opstellen en het transporteren der werkkamers naar de bouwplaats hebben geduurd :

Voor pijler IV der Staatsspoorwegbrug	75 dagen.
» » III » »	106 »
» » III » Willemsbrug	77 »

De tijd aan het eigenlijk zinken besteed bedroeg voor:

Pijler IV der Staatsspoorwegbrug	85 dagen
» III » »	58 »
» III » Willemsbrug	53 »

§ 148. Wrijvingsweerstand van de wanden langs den grond. In het «Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure» 1877, bladz. 433 is een verhandeling opgenomen van den ingenieur Adolph Schmoll v. Eisenwerth te Weenen, waarin belangrijke gegevens betreffende de wrijving voorkomen; de onderstaande staat is uit die gegevens getrokken. De gegevens zijn verkregen, bij de bruggen in den Staat vermeld, door proeven gedaan door den heer Schmoll v. E. van No. 1 tot en met 25 en de overige door andere ingenieurs.

Volgnummer der proef.	Jaar, maand en datum.						Wrijvingsweerstand		
		Onderkant van de werkkamer in den grond gezonken.	Onderkant van de werkkamer onder den waterspiegel gezonken.	Hoogte van het metselwerk boven den zolder der werkkamer.	Totaal gewicht van den pijler aan ijzer, beton, metselwerk enz. tijdens de proef.	Gewicht van den pijler na aftrek van den opwaartschen druk tijdens de proef.	Oppervlak van den wand des pijlers in den grond.	per M ² van het oppervlak des pijlers in den grond.	per str. M. van den omtrek des pijlers in den grond.
		Meter.	Meter.	Meter.	Kilogr.	Kilogr.	M ²		

A. Viaduct over de Seine bij Orival in den spoorweg van Serquigny naar Rouaan.

a. Pijler V, cilinder stroomopwaarts.

	1863								
1	2 Juni	7.75	11.20	6.91	222231	116572	87.65	1329.97	10307
2	2 »	8.08	11.53	6.91	222231	124631	91.38	1363.87	11020
3	2 »	8.41	11.86	6.91	222231	123584	95.12	1299.24	10927

Volnummer der proef.	Jaar, maand en datum.	Onderkant van de werkkamer in den grond gezonken.		Onderkant van de werk- kamer onder den waterspiegel gezonken.		Hoogte van het metsel- werk boven den zolder der werkkamer.		Totaal gewicht van den pijler aan ijzer, beton, metselwerk enz. tijdens de proef.		Gewicht van den pijler na attrek van den opwaartschen druk tijdens de proef.		Oppervlak van den wand des pijlers in den grond.		Wrijvingsweerstand	
		Meter.	Meter.	Meter.	Meter.	Kilogr.	Kilogr.	M ²	per M ² van het oppervlak des pijlers in den grond.	per str. M. van den onttrek des pijlers in den grond.					

b. Pijler V, cilinder stroomafwaarts.

4	5 Juni	7.94	10.30	7.00	222231	121958	89.80	1358.11	10783
5	5 »	8.79	11.19	7.00	222231	131734	99.41	1325.26	11649
6	22 »	12.20	14.30	7.00	246348	126098	137.98	913.88	11149
7	23 »	13.15	15.15	7.00	246348	118255	148.73	795.09	10455

c. Rechterlandpijler cilinder stroomafwaarts.

8	3 Sept.	16.45	16.75	9.50	300176	157315	186.05	845.55	13909
9	3 »	16.67	17.53	9.50	300176	158906	188.54	842.82	14050
10	4 »	16.86	17.66	9.50	300176	168753	190.69	884.96	14921

d. Rechterlandpijler cilinder stroomopwaarts.

11	17 Sept.	15.10	16.00	5.82	226563	127991	170.78	749.45	11317
12	18 »	15.80	16.45	5.82	226563	107909	178.70	603.86	9541
13	18 »	15.95	17.35	5.82	226563	107403	180.39	595.39	9497
14	21 »	16.58	17.40	10.12	312837	176085	187.52	939.02	15569

Elke pijler bestaat uit twee cilinders waarvan de buitenwerksche middellijn is onder de 0 der peilschaal 3.60 M. en boven de 0 en boven den grond 3,20 M.

Het resultaat van No. 14 is niet aannemelijk omdat de werkkamer door enkele groote steenen opgehouden werd.

De grond waardoor de pijlers gezonken zijn, bestond, van boven gerekend, hoofdzakelijk uit leem met steentjes, steentjes met zand en krijtachtig mergel.

B. Weener-Stadlauer-Donaubrug.

a. Voorste caisson van den achterlandpijler.

		1868							
15	5 Nov.	5.53	4.91	4.95	781860	583659	203.34	2870.36	15873
16	12 »	6.62	5.98	5.53	927130	662061	243.12	2719.83	18005
17	13 »	7.05	6.46	5.53	945431	650757	259.33	2509.34	17691
18	14 »	7.30	6.73	5.53	945431	634094	268.42	2365.32	17267
19	16 »	7.45	7.10	5.53	929120	589614	273.94	2152.35	16035

Volgnummer der proef.	Jaar, maand en datum.	Onderkant van de werkkamer in den grond gezonken.	Onderkant van de werk- kamer onder den waterspiegel gezonken.	Hoogte van het metsel- werk boven den zolder der werkkamer.	Totaal gewicht van den pijler aan ijzer, beton, metselwerk enz. tijdens de proef.	Gewicht van den pijler na attrek van den opwaartschen druk tijdens de proef.	Oppervlak van den wand des pijlers in den grond.	Wrijvingsweerstand	
		Meter.	Meter.	Meter.	Kilogr.	Kilogr.	M ²	per M ² van het oppervlak des pijlers in den grond.	per str. M. van den omtrek des pijlers in den grond.

b. Stroomopwaartsche hoekcaisson van den rechter-landpijler.

20	1869 7 Maart	7.44	7.17	5.05	196281	128697	100.96	1274.73	9484
----	-----------------	------	------	------	--------	--------	--------	---------	------

c. Stroomafwaartsche hoekcaisson van den rechter-landpijler.

21	10 Maart	7.40	7.07	5.05	204299	137859	100.42	1372.82	10159
----	----------	------	------	------	--------	--------	--------	---------	-------

d. Stroompijler-caisson No. 1.

22	1868 28 Dec.	3.62	8.62	5.68	1077794	538994	138.95	3879.05	14042
23	31 »	4.31	9.19	6.55	1168023	607259	165.25	3674.79	15838
24	1869 2 Jan.	4.47	9.17	6.72	1194415	558883	171.38	3261.07	14576
25	4 »	5.72	9.48	7.56	1326132	690600	219.36	3148.70	18010

Ten opzichte der proeven No. 23, 24 en 25 is op te merken, dat, tijdens de samengeperste lucht ten deele afgelaten werd om een begin van zinken van den pijler te verkrijgen, geen grondwater in de werkkamer drong, omdat de caisson zich in een dikke kleilaag bevond; deze was aan hare oppervlakte week en plastisch; met de diepte nam zij echter in hardheid zoodanig toe, dat ze bezwaarlijk kon losgemaakt worden. Wellicht is in de rotsachtige geaardheid der laag, welke het vrije zakken van den pijler benadeelde, de gedeeltelijke oorzaak te zoeken van den grooten wrijvingsweerstand. Daar de klei bij het afgraven loodrecht staan bleef, kon hij op den pijler naar het voorkomt, slechts weinig druk en ook weinig wrijving uitoefenen. Ook kan tusschen den pijler en de vaste klei kleverige klei gezakt zijn, die de aankleving verhoogde. De grond bestond in hoofd-

zaak bij de werken sub *a*, *b* en *c* uit steentjes met zand en zeer vaste steenlagen en bij het werk sub *d* uit grove steen en zand; fijne steen en zand; steen, zand en leem; zeer vaste blauwe klei en zeer vaste grauwe klei.

Volnummer der proef.	Jaar, maand en datum.	Onderkant van de werkkamer in den grond gezonken.	Onderkant van de werk- kamer onder den waterspiegel gezonken.	Hoogte van het metsel- werk boven den zolder- der werkkamer.	Totaal gewicht van den pijler aan ijzer, beton, metselwerk enz. tijdens de proef.	Gewicht van den pijler na atrek van den opwaartschen druk tijdens de proef.	Oppervlak van den wand des pijlers in den grond.	Wrijvingsweerstand	
		Meter.	Meter.	Meter.	Kilogr.	Kilogr.	M ₂	per M ² van het oppervlak des pijlers in den grond.	per str. M. van den ontrek des pijlers in den grond.

C. Donaubrug bij Steijeregg in den spoorweg van Linz naar Budweis.

a. Rechterpijler (in een dooden arm).

26	1870 29 Juni	5.82	6.12	5.90	457130	336404	127.63	2635.77	15340
27	6 Juli	9.18	9.16	8.00	590384	391976	201.32	1947.02	17874

b. Middelpijler No. V op den rechter berm.

28	4 Aug.	3.53	3.35	2.00	356900	222875	108.19	2060.03	7272
29	27 »	10.35	10.55	7.25	1106000	625522	317.23	1971.82	20408

c. Stroompijler No. II in een zandbank in het stroombed.

30	1871 8 April	11.96	12.04	$\left\{ \begin{array}{l} 7.80 \\ 1.50 \\ \text{water} \end{array} \right.$	1195000	638760	366.57	1742.53	20841
----	-----------------	-------	-------	---	---------	--------	--------	---------	-------

De grond bestond hoofdzakelijk bij de pijlers sub *a* en *b* uit kleine steenen met zand; zand met kleine en groote steenen, vaste blauwe zandsteen of vaste mergel, terwijl bij den pijler sub *c* de grond bestond uit kleine steen met zand, kleine steen, zand en grove steen, zeer vaste mergel.

Volgnummer der proef.	Jaar, maand en datum.	Onderkant van de werkkamer in den grond gezonken.	Onderkant van de werk- kamer onder den waterspiegel gezonken.	Hoogte van het metsel- werk boven den zolder der werkkamer.	Totaal gewicht van den pijler aan ijzer, beton, metselwerk enz. tijdens de proef.	Gewicht van den pijler na atrek van den opwaartschen druk tijdens de proef.	Oppervlak van den wand des pijlers in den grond.	Wrijvingsweerstand	
		Meter.	Meter.	Meter.	Kilogr.	Kilogr.	M ²	per M ² van het oppervlak des pijlers in den grond.	per str. M. van den omtrek des pijlers in den grond.

D. Donaubrugg bij Weenen, in den Oostenrijkschen Noord-
wester spoorweg.

Rechter landpijler.

1870.											
31	14 Nov.	4.85	8.44	6.20	1053400	500794	184.54	2713.74	13162		
33	16 »	5.33	8.65	6.45	1094600	560854	202.81	2765.91	14742		
36	20 »	7.25	9.70	7.15	1206900	624604	275.86	2264.21	16446		
38	22 »	7.67	10.17	7.60	1278000	668546	291.84	2290.79	17570		
40	24 »	7.80	10.83	8.25	1380700	718250	296.79	2420.06	18876		
42	26 »	8.30	11.57	8.50	1422000	721626	315.81	2284.99	18965		
45	28 »	9.25	12.46	8.70	1455300	693997	351.96	1971.79	18239		
46	29 »	9.51	12.51	9.00	1502700	724780	361.85	2002.98	19048		
49	1 Dec.	10.10	13.04	9.50	1581700	751425	384.30	1955.31	19749		
51	2 »	10.51	13.36	9.70	1613300	760896	399.90	1902.72	19998		
52	3 »	10.54	13.34	9.90	1644900	793797	401.05	1979.29	20872		
55	9 »	12.04	14.46	10.70	1774700	855033	458.12	1866.40	22714		

De grond bestond uit kleine steen met zand, grove steen met zand, zeer vaste steen en zand, blauwe klei.

E. Kroonprins Rudolph brug in de Rijkstraatweg over den
Donau te Weenen.

Stroompijler No. VIII.

1872.									
56	4 Dec.	6.85	8.15	5.58	1523774	737639	330.31	2233.17	15297

De grond bestond uit slik, kleine steen met zand, grove steen, blauwe zandige middelmatig vaste klei, grauw zand.

Uit bovenstaande resultaten blijkt dat in gelijksoortige aardlagen bij toenemende diepte, de wrijvingsweerstand per M² afneemt, waaruit het besluit getrokken wordt, dat bij toenemende diepte de vastheid of de samenhang der aardlagen in 't algemeen

toeneemt en daardoor een kleineren normaaldruk op de wanden van den pijler uitoefenen.

De wrijvingsweerstand is natuurlijk afhankelijk van de aardheid der door te dringen gronden en van het oppervlak dat met die gronden in aanraking komt, maar de heer Schmoll v. E. meent, dat ook de vorm van het te zinken lichaam van wezelijken invloed op den wrijvingsweerstand is. Ingevolge zijne ondervinding is de wrijvingsweerstand bij pijlers met cilindrische of vierkante horizontale doorsnede merkkelijk geringer dan van een pijler met langwerpige horizontale doorsnede.

§ 149. Gewichtsverhouding van ijzeren werkkamers.

Het gewicht eener werkkamer is afhankelijk van hare lengte, hoogte en breedte en tevens van de afmetingen die aan de verschillende onderdeelen moeten gegeven worden om bestand te zijn tegen den verticalen en den zijdelingschen druk tijdens het zinken; hierbij laat de eene constructeur grooter spanning in het ijzer toe dan de andere, zoodat uit een en ander volgt dat het gewicht der werkkamers zeer uit elkander loopt. Het is moeielijk, wellicht onmogelijk een praktischen maatstaf te vinden tot onderlinge vergelijking van het gewicht der verschillende werkkamers; men vergelijkt soms wel het gewicht der werkkamers per M^2 van hare bovenoppervlakken of van hare omtreksvlakken of wel per M^3 van de inwendige ruimte. Al deze vergelijkingen zijn slechts zeer globaal. Het spreekt van zelf dat alleen dan van eenigszins juiste vergelijking sprake kan zijn, wanneer de werkkamers in gelijke omstandigheden verkeeren ten opzichte van den verticalen en zijdelingschen druk.

In den volgenden *staat* zijn eenige gewichtsverhoudingen medegedeeld waarbij tot vergelijking is genomen de grootte van het bovenvlak en der zijvlakken.

A A N D U I D I N G der P I J L E R S.	Grootste diepte van den onderkant der werkamer onder den waterstand. Meter	Grootste druk p. M ² op het bovenvlak zonder aftrek voor wrijving of eenigen anderen tegendruk vóór de vulling der werkamer. Kilogr.	Hoofdafmetingen.			Grootte van het bovenvlak en der zijvlakken. M ² .	Gewicht der werkamer. Kilogr.	Gewicht per M ² van de grootte van het bovenvlak en der zijvlakken. Kilogr.
			Lengte.		Hoogte buitenwerks. M.			
			M.	M.				
Pijler IV der Staats- spoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam	ongeveer: 22.00	ongeveer: 28400	24	9	5.3	509	207500	408
Pijler I der Staats- spoorwegbrug te Moerdijk . .	25.00	38800	16	7	3.6	246	75000	305
Pijler III der Willems- brug over de Nieuwe Maas te Rotterdam	22.00	28400	25.8	9	5.20	525	193000	368
Pijler IV der Willems- brug over de Nieuwe Maas te Rotterdam	22.00	28400	25.8	7.5	5.20	482	183000	380
Rechter pijler van den viaduct over de Scoorff te Lorient	18.00	35000	12.05	3.45	3.74	144	27600	192
Vierde pijler der brug over de Inn bij Simbach	10.00	24000	15.46	5.84	2.86	190	40500	213
Een pijler der brug over de Lech bij Kaufring . .	8.00	10000	14.59	4.59	2.70	155	31300	202
Pijler I der brug over de Donau bij Gross-Prü- fening	8.00	10000	16.57	4.59	2.70	175	35900	205
Pijler II der brug over de Donau bij Gross-Prü- fening	13.00	22000	16.57	4.59	2.70	175	35900	205
Pijler I der brug over de Lech bij Rain	11.00	17600	15.58	4.59	2.70	165	30300	183
Pijler II der brug over de Lech bij Rain	12.00	17600	15.58	4.59	2.70	165	30300	183
Pijlers van de brug over de Duna te Riga	20.00	32000	19.59	4.877	3.10	229	46494	203
Pijlers der brug over de Rhône bij la Voulte .			12	5.00	3.00	144	39000 †)	271 †)

†) Met inbegrip van mantel, die te licht was.

§ 150. Enkele opgaven betreffende kosten van pneumatische fundeeringen. In onderstaanden staat zijn de kosten van eenige fundeeringen van bruggen gegeven; deze staat is overgenomen uit het «Zeitschrift des Oesterr. Ingenieur- und Architekten Vereins 1879, blad. 53.»

Tijd van uitvoering.	Aanwijzing.	Aannemers.	Aantal pijlers.	Fundeeringsdiepten onder nul.	Kubieke inhoud der fundamente onder nul.	Gemiddelde prijs per M ³	Opmerkingen.
				Meter.	M ³	gulden	
1857/58	Theissbrug te Szegedin	Gouin & Cie.	7	4.10—13.50	910.61	34.42	Betreft alleen de kosten van het pneumatisch laten zinken, zonder bijlevring van machines en bouwstoffen.
1868/70	Donaubrug, Stadlau	Castor & Cie.	16	8.00—14.02	8943.17	86.20	Gemid. ½ zilver, ½ pap., Agio 17%
1869/70	Theissbrug, Algyo	"	2	15.30—17.20	1825.92	115.30	Twee landhoofd. afgelegene streek
1869/71	Donaubrug, Linz	"	6	11.00	5349.08	84.47	Zonderink. rechten voor h. ijzer.
1869/71	Donaubrug, Mauthausen	Klein, Schmoll & Gaertner.	8	5.12—13.34	4413.01	108.30	Rotsachtige ondergrond.
1869/71	Donaubrug, Steyeregg	"	7	9.75—14.12	4748.20	90.14	Gewone ondergrond.
1870/72	Donaubrug, Nussdorf	"	19	6.50—15.49	9714.83	80.87	
1871/72	Rijnbrug, Buchs	"	4	8.24—12.66	1240.82	88.78	
1871/73	Donaubr. Nordb. (Weenen)	"	5	14.16—16.74	6336.44	92.39	
1872	Rijnbrug, St. Margar.	"	5	7.22—12.98	1466.78	90.27	
1872/75	Donaubr. Pest (Marg.)	Gorun & Cie.	7	8.06— 9.96	14688.51	118.63	Benaderde gemiddelde.
1872/73	Donaukanaal Nussdorf (Sperrschiff.)	Castor & Cie.	2	9.48	1099.01	102.64	Twee landhoofd.
1872/75	Donaubrug, Pest, Verbindingsbaan	Cail & Filleul	5	8.00—10.09	6019	55.87	Algemeen bekend dat Cail & Filleul aanzienl. verliezen geleden hebben
1872/75	Donaubrug, Tulln	Cie de Fives-Lille	6	10.00—12.70	8148.56	78.71	
1872/75	Donaubrug, Frans Jozef (Weenen)	Castor & Cie.	5	10.06—14.00	3890.91	81.07	
1872/76	Donaubrug, Kroonprins Rudolf, Weenen	Klein, Schmoll & Gaertner	5	8.99—16.43	9246.94	62.88	De fund. in Juni 1873 afgewerkt.
1872/73	Elbebrug, Aussig	"	2	5.57— 9.09	661.99	108.20	Rotsa. ondergr.
1873/74	Elbebrug, Tetschen	"	3	7.29—12.74	3565.62	69.97	Gewone ondergr.
1873	Donaubrug, Pressburg	"	5	13.00	3804.05	82.86	Gemiddeld voor spoorwb. alleen
1875/77	Salzbachbrug, Aerar, Salzburg.	"	4	8.00— 9.90	5734.60	101.37	Gemiddeld voor spoorwegbr. en brug voor gewoon verkeer.
1876/78	Moldaubr., stad Praag	"	6	6.83— 9.18	1724.07	68.79	
1878	Salzbachbrug, „Salzburger Actiensteg“.	"	2	14.75—16.00	5161.14	71.26	
					134.19	180.26	2 stroompijlerfundam. best. elk uit een gem. ijzer. volgemets. cilind. van 2.40 M. middellijn

In het meergenoemde werk van Morandière vindt men op bladz. 92 de volgende opgaven :

Aanduiding der bruggen.	Diepte van de fundeer- ring onder den waterstand	Geheele lengte van den caisson.	Breedte in het midden van den caisson.	Dwars- doorsnede.	Kosten van den geheelen pijler.
	Meter	Meter	Meter	M ²	Gulden
Brug over de Scorff bij Lorient . . .	18.00 onder den gemiddelden waterstand	12.10	3.50	39.70	56700
Brug bij la Voulte	10.00 onder den laagsten waterstand	12.00	5.00	54.60	37800
Brug te Kehl over den Rijn . . .	20.00 onder den laagsten waterstand	17.40	7.50	130.50	236250
		Aantal cilinders per pijler.	Middellijn van de cilinders.	Dwars- doorsnede der cilinders te zam.	
Brug te Bordeaux over de Garonne.	17.55 Onder den gemiddelden waterstand	2	Meter 3.60	M ² 20.40	54810
Brug te Argenteuil over de Seine .	17.36 Onder den laagsten waterstand	2	3.60	20.40	38272

In het bedrag voor den pijler der brug over de Garonne zijn begrepen de kosten van het bovenste gedeelte dat zich tot 8.80 M. boven den waterstand verheft.

De kosten van den pijler voor de brug te Argenteuil zijn berekend alleen tot de hoogte van den waterstand.

De kosten van de in Nederland uitgevoerde pneumatische fundeeringen zijn in den volgenden staat begrepen.

A A N D U I D I N G der B R U G P I J L E R S .	Diepte van de fun- deering onder den lagen waterstand.	Geheele lengte van den caisson.	Breedte van den caisson in het midden.	Inhoud van den pijler tot den lagen waterstand.	Kosten van den pijler tot den lagen waterstand.	Kosten per M ³ van den inh. des pijlers tot den 1. waterst.
	M ¹	M ³	M ¹	M ¹	(3) gulden	(3) gulden
	(1)					
Moerdijkbr. : pijler I	22.02	16.00	7.00	2231.—	159014.38 ⁵	71.27 ⁵
" " II	21.88	16.00	7.00	2217.8	156211.54	70.43 ⁵
" " III	17.28	16.00	7.00	1753.9	137420.64 ⁵	78.35
Staatsbr. Nieuwe Maas Rotterdam volgens aannemer Reijmer.	(2)			ongeveer	ongeveer	ongeveer
pijler III	20.11 ⁵	24.00	9.00	3770	212500.—	56.36
" IV	19.32 ⁵	24.00	9.00	3920	214000.—	54.59
Willemsbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam.	(2)					
pijler III	20.24 à 20.34	25.80	9.00	4240	211000.—	49.76

Omtrent de brug over de Garonne te Bordeaux worden door Regnaud de volgende bijzonderheden opgegeven :

A a n d u i d i n g v a n h e t w e r k .	Te zamen voor de zes pijlers.	Voor een kolom of een cilinder
	gulden.	gulden.
Het eigenlijke zinken	42645	3554
Geg. ijzer voor de cilinders à bijna f0.18 per kilogr.	170702	14225
Schroefbouten à ruim f0.42 ⁵	5536	461
Caoutchouk ringen	2339	195
Beton à f11.81 per M ³	28683	2390
Metselwerk van boven	10236	853
Gegoten ijzeren kussens à f0.33	28706	2392
Gegoten ijzeren kapiteel	25560	2130
Bevestiging der cilinders onderling en ver- schillende zaken	13832	1153
	328239	27353

(1) De bedoelde lage waterstand is gerekend te zijn 0.72 M.—AP.

(2) " " " " " " " " " " 0.36 M.—AP.

(3) Daaronder zijn niet begrepen de kosten van zinkstukken en steenstortingen.

De kosten van een pijler bedragen alzoo de ronde som van 2×27350 of $f 54700$.

Van de bruggen, die te Rotterdam op pneumatische wijze gefundeerd zijn, worden eenige detailprijzen, als volgt opgegeven:

Het opstellen van een werkkamer met inbegrip van de huur der werf en het overbrengen der werkkamer naar de bouwplaats gemiddeld $f 3855$.

Voor huur van de werf per werkkamer $f 1870$.

Voor een steiger, die de werkkamer omsluit, en die geschikt is tot plaatsing van locomobilen enz. ongeveer $f 8000$.

Voor loodsen en keten ongeveer $f 2000$.

Voor een kilogram ijzer der werkkamer, schachten en van den mantel afhankelijk van de ijzerprijzen $f 0.20$ à $f 0.25$.

Verstijving van den mantel tijdens den opbouw des pijlers ongeveer $f 1500$.

Voor elke luchtsluis met schutkamers, aan- en uitvoerkokers, hydraulisch toestel, wegende te zamen ongeveer 13000 kilogr. omstreeks $f 7000$.

Voor elk der twee locomobilen ongeveer $f 9000$.

Voor 2 luchtpompen, 2 dubbele waterperspompen, accumulateur, buisleidingen ongeveer $f 13000$.

Voor den kub. M. grond, gerekend volgens het profiel door den pijler ingenomen bij pijler III der Staatsbrug, met inbegrip van ophalen en uitschutten, alsmede de kosten voor steenkolen, olie, vet, zonder de kosten voor slijtage en winst enz. $f 4.41$.

Voor den kub. M. grond, gerekend naar de hoeveelheid die uitgewerkt is, gemeten in de bakken bij dien pijler . $f 3.37^5$.

Bij de Willemsbrug:

Voor den kub. M. grond, gerekend volgens het profiel door den pijler ingenomen bij pijler III (voordeelig werk, veel zand) $f 2.93$.

Metselwerk in portland-cement langs de wanden der werkkamer per M^3 (zeer veel arbeidsloon) $f 40.00$.

Beton op de werkkamer tusschen de dwars- en langsliggers bestaande uit 1 portland-cement, 2 zand, 4 stukgeslagen brik of steen per M^3 $f 20.00$.

Metselwerk daarop ter hoogte van 0.90 M. in ondervoet klinkers in portland-cement per M^3 $f 19.00$.

Metselwerk daarboven van ondervoetklinkers in sterk bastert tras tot de volle hoogte per M³ f 16.20.

Beton in portland-cement zand en brikstukken in de werk-kamers van pijler III der Staatsbrug per M³ f 17.78.

Hardsteen voor bekleeding enz., per M³ f 60.00.

Het is duidelijk dat wanneer het te verrichten werk volgens deze prijzen berekend wordt, daarbij nog aanzienlijke sommen gevoegd moeten worden voor verschillende bijkomende en onvoorziene werkzaamheden, voor winst van den aannemer en voor risico. Die sommen kunnen beloopen, gerekend van het reeds verkregen bedrag:

5 % voor verschillende bijkomende en onvoorziene werkzaamheden.

15 % voor winst van de aannemers, kosten van zijn personeel, reiskosten en keten.

7½ % voor risico.

§ 151. De duikerinrichting. **Algemeene omschrijving.** Deze heeft ten doel een arbeider (duiker) onder water te laten gaan, en daar werk te verrichten: ten dienste van fundeeringen, tot het nazien van schepen, het verwijderen van stoffen enz. Pl. 47 Fig. 11.

Het duiken onder water om daar werk te verrichten schijnt reeds sedert vele eeuwen te zijn toegepast.

Op de wereldtentoonstelling te Londen in 1851 was een doelmatig duikerpak aanwezig, dat in hoofdzaak thans nog in gebruik is.

De gewone inrichting bestaat uit: de helm, het duikerkleed of duikerpak, de schoenen, de pompen met luchtaanvoerslangen.

De helm wordt om het hoofd van den duiker geplaatst en rust op de schouders; aan den helm is het duikerpak, dat den duiker met uitzondering van het hoofd en de handen geheel omgeeft, luchtdicht verbonden. Het kleed zelf is ook luchtdicht en sluit met caoutchouc manchetten om de polsen van den duiker; het kleed is tamelijk wijd; de ruimte in den helm en in 't kleed is in den regel de luchtreservoir, waaruit en waarin de duiker ademt.

De wijze van werken is als volgt: De duiker voorzien van

duikerpak, schoenen en helm waaraan de luchtaanvoerslang is verbonden, gaat, tijdens met de pomp lucht wordt aangevoerd, onder water; naarmate de duiker dieper gaat, moet lucht onder hooger druk worden aangevoerd, zoodat de luchtdruk in het duikerpak iets hooger is dan door de kolom water plus den druk der buitenlucht zoude aangegeven worden. De duiker kan nu verschillend werk tot zekere diepte onder water verrichten, als zagen, metselen, metselwerk of iets anders wegbreken, bouten slaan, enz.

De diepte, tot welke de duiker kan werken, vindt men wel opgegeven 50 M. Wanneer men evenwel de gebeurtenissen nagaat welke in de werkkamers bij hoogen druk plaats hebben, dan is 't hoogst raadzaam, de maximum diepte op omstreeks 35 M. aan te nemen.

Helm. De helm Pl. 47 Fig. 6—9 en 10, is hoofdzakelijk van vertind rood koper; hij bestaat uit twee voornamen deelen; het onderste, dat op de schouders van den duiker rust, reikt tot den hals en het bovenste, dat om het hoofd gaat en door middel van een bajonetsluiting of met horizontaal vlak en verticale schroefbouten op het onderste is gesteld.

De firma A. BIKKERS en ZONN te Rotterdam, heeft welwillend een helm ter leen verstrekt, waarnaar de teekening Pl. 47 Fig. 6—9 is gemaakt. De volgende beschrijving heeft op dien helm betrekking.

Waar de helm op de schouders draagt, is een kussenvormige holle verbreding van ijzerblik aangebracht; de duikers zijn tegen het aanbrengen van het kussen, omdat hiermede de helm niet vast op de schouders staat. Eenigszins onder den hals bevindt zich een schuifje — soms fontein genoemd — dat geopend of gesloten kan worden om, zoo noodig, lucht te behouden of te laten ontsnappen; op de teekening is dit schuifje in het midden juist onder het lichtraam aangebracht; beter is 't het schuifje wat meer zijdelings te plaatsen, omdat bij het ontsnappen van lucht, het opborrelen van het water het duidelijk zien hindert. Als zoom is langs het onderdeel van den helm een gegoten koperen ring, bestaande uit 4 stukken, gehecht. Tusschen dien ring en den helm wordt een caoutchouc kraag, die aan het duikerkleed

vastzit gestoken en aangekneld door 8 schroeven, welke door den gegoten koperen ring, den caoutchouc kraag en tot in het onderste gedeelte van den helm gaan. Het bovenste gedeelte van den helm heeft drie lichtramen, waartegen, om het breken te voorkomen, kruisroeden aangebracht zijn. Het voorste lichtraam heeft van onder een scharnier en van boven een schroef, zoodat 't kan geopend en gesloten worden; de ringen, waarin de glazen bevat zijn, zijn van zwaar koper. Aan het achtereind van het bovengedeelte is een koperen buis aan den helm geschroefd waarop de caoutchouc slang, gaande naar de pomp, geschroefd wordt; in deze koperen buis is een klep met spiraalveer, die het uitstroomen van de samengeperste lucht belet, indien eenig gebrek aan de toevoerslang mocht ontstaan.

Het gewicht van den helm bedraagt ongeveer 18 kilogr.

Duikerpak. Het duikerpak, Pl. 47 Fig. 12 en 13, is van gekeperdlinnen, dat dubbel is met zeer dun caoutchouc er tusschen; de bovengenoemde kraag is breed 12, dik 0,8 centimeter; aan de polsen zijn caoutchouc manchetten breed 23, wijd 5 centimeter; overigens is het kleed met de pijpen en de voetomsluiting uit één stuk en weegt ongeveer 5,6 kilogr.; de schoenen zijn afzonderlijk; tegen de zolen zijn looden platen aangebracht, zoodat elke schoen ongeveer 8,6 kilogr. weegt.

Bovendien krijgt de duiker nog belasting van lood op de borst en op den rug, die zwaarder moet genomen worden, naarmate de diepte, waarop gewerkt wordt, toeneemt.

Pomp. De pomp met drie of twee cilinders, Pl. 48 Fig. 1—3, staat in een schip, op een steiger of soms op den vasten wal; van daar gaat naar den duiker de slang tot aanvoer der lucht; in deze slang bevindt zich een spiraalveer, die het mogelijk dichtknijpen der slang tegenwerkt. Soms is de slang omwonden met sterk linnen, om beschadiging te voorkomen. Verder gaat van de pomp naar den duiker een signaallijn, die aan een riem is gehecht welken de duiker om zijn midden heeft; deze lijn kan ook dienst doen wanneer het noodig is den duiker bij ongemak als anderszins op te halen. Soms staat de duiker met den arbeider boven water in verbinding door een spreekbuis. Hier te lande wordt deze buis niet of zeldzaam toegepast.

Duikertoestellen in Frankrijk. In Frankrijk is 't de Société anonyme des spécialités mécaniques réunies, rue Chauchat 9 te Parijs, welke zich in 't bijzonder met duikertoestellen bezig houdt.

Zij onderscheidt hare toestellen, als volgt:

Type N^o. 1, voor waterwerken in havens en rivieren.

» » 2, voor de marine en werk in diep water.

» » 3, bestemd voor werken in donker water van mijnputten.

» » 4, om zonder kleeren of met gewone kleding te worden gebruikt.

Op Pl. 47 Fig. 14 is het eerste type voorgesteld; de deelen, die voor dat type geleverd worden, zijn: 1 luchtpomp, 2 stel sleutels, 1 paar stukken leer voor de zuigers der pomp, 2 buiseinden van 1,50 M. lengte met verbinding, 1 luchtreservoir, 1 manometer, 3 leeren ringen voor de naden van den manometer; 1 complete helm met akustieke inrichting en met wisselstukken als: 2 veeren voor de intrede der lucht, 2 veeren voor den uitgang der lucht, 2 caoutchouc ringen voor de glazen, 1 frontglas, 1 zijglas, 1 bout, 2 moeren, 1 duikerkleed, 12 caoutchouc manchetten, 2 wollen mutsen, 2 tricots, 2 onderbroeken, 2 paar sokken, 1 paar looden gewichten met koorden en haken, 1 paar schoenen met looden zolen en bronzen punten, 1 schouderkussen gevuld met paardenhaar, 1 ponjaard en scheede, 1 lederen gordel, 1 ring tot steun der buizen, 20 Meter buis in twee deelen van 10 M. met moeren, 2 dubbele schroeven voor de samenvoeging der buizen, 1 veiligheidskoord, 1 geleide koord, 1 kilogr. vloeibare caoutchouc, 1 Meter bereid linnen, 1 blad geplette caoutchouc, 1 kist voor den helm, het duikerkleed, de wollen kleeren, enz.; en 1 kist voor de wissel- of reserve stukken. De prijs van al die stukken met inpakken bedraagt te Parijs f1051. De akustieke buizen worden afzonderlijk verkocht bij stukken van 5 en 10 Meter tegen f4.75 per M.

Bij de pomp is een luchtreservoir geplaatst, hij is van staal van binnen vertind; daardoor is de aanvoer van lucht naar den duiker constanter, dan wanneer die dadelijk van de pompen plaats heeft. Men beweert, dat doofheid van vele duikers ontstaan is,

door onafgebroken aanvoer van lucht met verschillenden druk. De reservoir is van een klep voorzien, die het terugvloeien der lucht belet, zoodat, wanneer eenig letsel aan de pomp komt, nog een hoeveelheid lucht voor den duiker beschikbaar is.

De bajonetsluiting, ter verbinding van het bovenste deel van den helm op het onderste, is verlaten en vervangen door een sluiting met 3 of ook wel 12 verticale schroeven; men beweert hierdoor een zekerder sluiting te bekomen en te behouden.

De helm is van een akustieke inrichting voorzien; deze heeft tot grondslag, dat metalen platen in trilling komen onder den invloed van geluidgolven, die tegen een der oppervlakken aanstooten en deze trillingen met dezelfde intensiteit terugkaatsen naar de tegenovergestelde zijde van het oppervlak, dat de stoot der geluidgolven ontvangen had. Van dat beginsel uitgaande, is een plaat van gepaste afmetingen van binnen en boven tegen den helm gebout en gesoldeerd, zoodat de helm daar een dubbelen wand heeft. In de bovenste of buitenste plaat van den helm wordt een opening gemaakt, waarin een buis gesteld wordt, die met het eene uiteinde naar binnen tot nabij de inwendige metalen plaat gaat en met het andere uiteinde buiten den helm uitsteekt, hierop kan een slang geschroefd worden, gaande bij het gebruik der inrichting tot boven water. De geluidgolven door de stem van den duiker veroorzaakt, zullen naar buiten worden teruggekaatst en boven water kunnen verstaan worden, terwijl omgekeerd gelijke gemeenschap van bovenwater met den duiker kan onderhouden worden.

Op de plaatsen waar het duikerpak, Pl. 47 Fig. 13, het meest te lijden heeft, is het dubbel, zooals: op de knieën, de ellebogen, tusschen de beenen, onder de schouders en aan de voeten.

Het leder der schoenen, Pl. 48 Fig. 8, 9, is zeer lenig en zeer sterk; van voren zijn de schoenen met bronzen belegstukken voorzien om het spoedig slijten te voorkomen.

Het tweede type is aangegeven op Pl. 47 Fig. 15.

De pomp is daarbij van grooter vermogen; zij bestaat uit 3 pompbuizen, ongeveer zooals die op Pl. 48 Fig. 1, 2 voorgesteld; verder wordt alles ruimer geleverd dan bij het tweede type, om tot de grootste diepte te kunnen werken.

De prijs van dit type met emballage is te Parijs f.1875.

In de hierboven beschreven inrichtingen is het duikerpak ook de luchtreservoir, waaruit de duiker de lucht inademt, en waarin hij de gebruikte lucht weer uitademt. Het is duidelijk, dat zulke lucht niet geheel zuiver is, omdat het steeds een mengsel van aangevoerde en gebruikte lucht is. Bovendien is de voorraad lucht klein, zoodat, wanneer bij eenige diepte een ongemak aan de aanvoerbuis komt, de duiker betrekkelijk spoedig van den toestand van samengeperste tot dien van de gewone dampkringslucht moet overgaan. Is de duiker op groote diepte werkzaam, dan is dat niet geheel zonder bezwaar.

De heer DENAYROUSE heeft aan de reeds beschrevene inrichting, die hier de *eerste* genoemd wordt, een »reservoir regulateur” Pl. 48 Fig. 6—7 toegevoegd, welke de duiker als een ransel met riemen op den rug draagt. De »reservoir regulateur” bestaat uit twee hoofddeelen, de luchtreservoir en de luchtkamer. De cilindrische luchtreservoir is van staal of van zeer sterk ijzer; de lucht wordt er ingevoerd door een caoutchouc slang. Op dezen reservoir staat de luchtkamer, waaruit de duiker zijn lucht tot inademen ontvangt door een slang die van deze kamer binnen den helm tot den mond des duikers gaat. De gemeenschap van den reservoir en de kamer bestaat in een kegelvormige klep. De luchtkamer is van boven met caoutchouc plaat gesloten; door het ademen van den duiker verdunt de lucht in de kamer; het water drukt dan de caoutchouc plaat omlaag; nu is in het midden van deze plaat een verticale stang verbonden, gaande tot in den reservoir en nabij het onder eind bevindt zich de kegelvormige klep. Door het neerdrücken der caoutchouc plaat gaat de verticale stang en daarmee de klep omlaag, zoodat dan de lucht uit den reservoir naar de kamer kan vloeien; zoodra de luchtdruk in de kamer overeenkomt met den druk des waters, is de kegelvormige klep gesloten. — Door deze inrichting bekomt de duiker op dezelfde diepte steeds lucht van nagenoeg gelijke spanning; bij voorkomend ongemak aan de aanvoerbuis, is in den reservoir een hoeveelheid lucht aanwezig, die door den duiker kan gebruikt worden, zoodat het omhoog stijgen niet zoo haastig behoeft gedaan te worden als wanneer geen reservoir aanwezig is. Aan de inademingsslang is

ook de slang voor de uitademing verbonden; in deze slang is een ventil of klep, die door den druk van het water gesloten wordt gehouden en door de uitademing zich moet kunnen openen. Bij deze inrichting is dus de helm en het duikerkleed alleen een beschutting voor het hoofd en tegen nat worden, daar de samen-geperste lucht aangevoerd en verbruikt wordt zonder met het duikerpak in aanraking te komen. Het inademen van zuivere lucht is het voordeel dat aan de tweede inrichting verbonden is. Het in-en uitademen is evenwel, in aanzienlijke diepte, veel bezwaarlijker dan bij de eerste inrichting; in deze ademt men in samengeperste lucht op gewone wijze, terwijl bij de tweede inrichting het inademen door een krachtigen stroom plaats heeft en het uitademen tegen den druk van het water moet geschieden, waarbij de neus door een knijper wordt dicht gehouden. De eerste inrichting laat beter het onbelemmerd werken toe en wordt hier te lande algemeen toegepast. Nederlandsche duikers, die met beide inrichtingen gewerkt hebben en over de doelmatigheid geraadpleegd zijn, verkiezen de eerste en keuren de tweede inrichting af.

Het derde type is aangegeven op Pl. 48 Fig. 4. — Voor zoover de verkregen inlichtingen strekken, moet, om het licht aan te houden, het gebruik der lamp met groote voorzichtigheid plaats hebben.

De prijs van het derde type is te Parijs met lamp en verpakking *f* 1455, zonder lamp *f* 1230. De fabriek levert groote en kleine lampen, die in de figuur is het klein model.

Het vierde type is voorgesteld op Pl. 48 Fig. 5. Men ziet, dat daarbij de reservoir reguleur gebruikt wordt zonder duikerpak; de neus wordt met een knijper gesloten. — In warme landen kan zoodanige inrichting, na voldoende oefening van den duiker, zeer geschikt tot matige diepten, b.v. tot 6 à 10 M., gebruikt worden. De prijs met verpakking van dat type is te Parijs *f* 875.

Ook wordt zoodanige inrichting wel gebruikt om te werken in lucht, waarvan de inademing voor de gezondheid nadeelig zoude zijn.

Toepassing in Nederland. De duiker, voorzien van duikerpak zooals de firma A. Bickers en zoon levert, wordt hier te lande

veelal gebruikt bij verschillende fundeeringswerken, bij het maken en herstellen van zinkers voor waterleidingen door de grachten der steden, en verder bij onderzoek van onderzeesche oevers.

Tot het opmaken van het ontwerp voor de verdediging van het gedeelte schaaldijk van den Oudlandschen zeedijk aan de zuidzijde van het eiland Goedereede, had een volledige peiling van den onderzeeschen oever plaats. Daarbij werden groote onregelmatigheden aangetroffen als zeer steile hellingen en kuilen, die niet overeen te brengen waren met den uitslag der grondboringen. Deze onregelmatige punten werden door een duiker onderzocht; de steile kanten bleken meest te bestaan langs oude zinkstukken of langs puin en steenstortingen.

Zoodra de bezinking van de vast te leggen punten des dijks uitgevoerd is en nadat de steenbestorting op de rijzen zinkstukken is aangebracht, wordt geregeld door den duiker nagegaan of dat regelmatig heeft plaats gehad. Worden gedeelten aangetroffen, die onvoldoende bestort zijn, dan wordt een nastorting gedaan. Het is nog al moeilijk die punten juist te verkennen. De duiker wordt daartoe langs een lijn, waaraan een zeer zwaar gewicht dat vooraf zuiver in een bekende raai is gezonken, neergelaten; hij bevestigt zich dan met een kort lijntje van bekende lengte aan dit gewicht, zoodat hij niet meer dan den cirkelomtrek met dat lijntje als straal kan doorloopen. De diepte, waarop de duiker gewoonlijk werkt, wisselt af van 10 tot 25 M.

De toestand der steenstorting om de landhoofden en pijlers der bruggen kan op dezelfde wijze onderzocht worden.

Het zien in water, zooals b.v. in dat der Maas bij en beneden Rotterdam begint voor eenige duikers reeds op 10 M. diepte zeer bezwaarlijk te worden; andere verklaren dat zij op 10 M. diepte nog wel gewone courantendruk zouden kunnen lezen. Om voorwerpen onder water goed te zien is overleg en oefening noodig. Bij diepten van 15 M. wordt het zien voor elken duiker zeer bezwaarlijk, terwijl bij 20 M. diepte het zien ongeveer geheel ophoudt en dus het onderzoek meer op het gevoel moet plaats hebben. In zeewater, meent men, dat het zien betrekkelijk iets beter gaat, dan in zoetwater.

Toepassing in Nederlandsch Oost-Indië. Bij de brug over de

Tjidani, gebouwd in 1876—1877, in den postweg van Batavia naar Bantam is het vierde type met zeer goeden uitslag in toepassing gebracht tot het uitgraven van den grond uit de ijzeren cilinders, welke als pijlerwanden moesten dienen, de diepte, waartoe gewerkt werd bedroeg 4 à 5 M. De arbeiders bleven slechts een half à een uur onder water en werden daarna afgelost.

Ook zijn met zeer goed gevolg uit een gezonken stoomboot postpakketten en belangrijke geldswaarden met behulp van het vierde type gehaald.

Het gewone duikerpak of eerste type is zeer warm en daarom in Indië lastig te gebruiken.

FUNDEERINGEN MET BEHULP VAN LUCHTVERDUNNING.

§ 152. **Algemeene omschrijving.** Omstreeks 1845 werd door Lawrence Holker Potts — in Duitschland Dr. Pott genaamd — voorgesteld, om, in plaats van het inheien van palen deze in te drijven met behulp van luchtverdunning. Daartoe moesten de palen hol zijn en werden daarvoor gegoten ijzeren holle cilinders gebruikt, waarvan de ijzerdikte 3 à 5 centimeter bedroeg.

Deze palen, ter plaatse gesteld, waren van een deksel voorzien, waarin een luchtbuis was aangebracht, die in verbinding stond met een dubbelwerkende luchtpomp; deze pomp werkte om de lucht *in* de palen zooveel doenlijk te verdunnen, ten einde door den druk van de buitenlucht op het deksel en door de uitschuring van grond, ten gevolge van de toetreding van het water onder in den paal, deze te doen zakken.

Later bracht men de pomp in gemeenschap met een ijzeren reservoir, waaruit men de lucht pompte, om daarna de lucht in den paal met den reservoir in verbinding te stellen en daardoor een meer plotselijke luchtverdunning in den paal te verkrijgen, alzoo het snel opkomen van water en grond in den paal te bevorderen.

Wanneer dan de paal ten deele met grond en water gevuld was, werd het deksel afgenomen, de inhoud eruit gewerkt, het deksel er weder opgebracht om het werk met de luchtverdunning te hervatten.

Eenige bruggen zijn volgens het systeem Potts uitgevoerd; men verkreeg goede resultaten in zand en in niet zeer vasten

kleigrond; dáár evenwel waar de grond met steenen of hout vermengd was, stuitte dat systeem op belangrijke bezwaren en deze waren bij de brug over de Medway bij Rochester van dien aard dat men — zooals op bladz. 365 vermeld is — daar het systeem liet varen en de fundeering voltooide met behulp van samengeperste lucht.

De bruggen, welke men veeltijds vindt aangegeven bij de beschrijving van het systeem Potts zijn: de brug bij Chester in den Chester-Holyhead-spoorweg op het eiland Anglesea, de brug in den «Great Northern Railway» over de Ouse te Huntingdon en de brug over de Great-Pee-Dee rivier in Noord-Amerika.

Tot de eerstgenoemde brug zijn 19 gegoten ijzeren buizen van ongeveer 4.87 M. lengte, 0.305 M. middellijn en 3.75 centim. ijzerdikte, ter diepte van 3.96 M. in den bodem gedreven; deze was op 1.2 M. onder gewone eb gelegen en bestond uit zand en kiezel; men zegt dat de zakking per minuut tot 0.68 M. bedragen heeft; de buizen werden dan ten deele geleidigd en met beton aangevuld.

De grootste diepte, waartoe men met het systeem Potts buizen van 0.3 tot 0.76 M. middellijn ingedreven heeft, wordt opgegeven te bedragen 9.14 M. in zand en 6.10 M. in klei. Dikwijls bestonden de buizen uit stukken van 2.5 à 3 M. lengte, die van flenzen voorzien en met schroefbouten op elkander bevestigd waren.

Bij de brug over de «Great-Pee-Dee rivier» bestonden de pijlers uit 3 of 4 gegoten ijzeren cilinders van 1.83 M. buitenwerksche en 1.727 M. binnenwerksche middellijn; elke cilinder bestond uit stukken lang 2.75 M. met flenzen en schroefbouten aan elkander bevestigd. De werktuigen bij het zinken gebruikt waren: een stoommachine van hooge drukking van 8 paardekracht, 2 luchtpompen van 0.305 M. zuigerslag met lederen kleppen van 0.51 M. middellijn, een klok of recipient voor de luchtverdunning, een zuigbuis om de klok door het deksel met een cilinder in gemeenschap te stellen. Al deze zaken waren geplaatst op twee stevig met elkander verbonden schepen van 15.85 M. lengte, 9.75 M. breedte en 1.5 M. diepgang. Zoodra dan een cilinder ter juiste plaatse was opgesteld, werd het deksel erop gezet, de luchtbuis aangeschroefd en in verbinding gebracht met

de klok zoodra hierin de lucht genoegzaam was verdund, zoodat dan in den cilinder luchtverdunning plaats had en ten gevolge daarvan grond en water erin traden en gelijktijdig zinking van den cilinder plaats vond.

Om den inhoud van de lucht in de cilinders te verminderen en het gewicht te vermeederen, heeft men de cilinders soms ten deele met steen gevuld.

Bij de brug over de Great-Pee-Dee rivier zakte de eerste cilinder aanvankelijk goed, maar daarna werd de zinking gering en hield vervolgens geheel op. Men kwam tot de overtuiging dat de cilinder op een boomstam stond, en deze kon alleen door zagen of afkappen verwijderd worden, de grond moest alzoo uit den cilinder verwijderd worden. Dit had, na het afnemen van het deksel en het uitpompen van het water in vele gevallen in de gewone dampkringslucht kunnen geschieden; dit schijnt evenwel zeer bezwaarlijk te zijn geweest, want men is genoodzaakt geweest om het water te verwijderen met behulp van samengeperste lucht, zoodat de luchtzuigpomp door een luchtperspomp vervangen werd; op den cilinder werd een luchtsluis gesteld en het water door een hevelbuis verwijderd. De arbeiders gingen daarna in den cilinder en verwijderden den grond, waarna de samengeperste lucht weder afgelaten werd; maar hierbij merkte men op dat de cilinder meer zakte dan men van zijn gewicht verwachten mocht.

De ingenieur Fleming besloot hiervan partij te trekken.

Wanneer door luchtverdunning het zand tot een hoogte van ongeveer 1.9 M. in den cilinder gestegen was en de zinking des cilinders ophield, werd de lucht in den cilinder weder samengeperst en vervolgens plotseling afgelaten, waardoor een verdere zinking plaats had.

Men kan alzoo zeggen dat de pijlers van de brug over de «Great-Pee-Dee rivier» met behulp van luchtverdunning en tevens met behulp van samengeperste lucht zijn gebouwd.

Het systeem met luchtverdunning is door dat met samengeperste lucht geheel vervangen, omdat dit laatste zekerder is in zijne toepassing in nagenoeg alle grondsoorten en tot veel grootere diepte dan het eerste kan aangewend worden.

HOOFDSTUK III.

VOORZIENINGEN TEGEN ONTGRONDING EN IJSGEVAAR BIJ LANDHOOFDEN, JUKKEN EN PIJLERS.

§ 153. **Toe te passen middelen.** Behalve het diep fundeeren en het maken van genoegzaam wijde brugopeningen is 't in vele gevallen zaak nog andere middelen toe te passen, om het gevaar, dat door ontgronding en door ijs kan ontstaan, af te weren. Vooral in rivieren met beweeglijke bodemgronden en aanzienlijke stroomsnelheid, in rivieren met onregelmatige beddingen en richtingen kan het gevaar van een en ander zeer groot zijn. Met de grootste zorg moeten dan ook de meest doeltreffende middelen opgespoord, op voldoende schaal toegepast en onderhouden worden, om nadeelige gevolgen te voorkomen. Die middelen kunnen onderscheiden worden in:

- a. Omsluitingen in 't algemeen, meestal omheiningen;
- b. Steenstortingen;
- c. Zinkstukken;
- d. Streckdammen in aansluiting met de landhoofden;
- e. Regulariseering der rivier;
- f. Ijsbrekers.

a. **Omsluitingen.** Deze kunnen een werkelijk deel der fundeering uitmaken; dikwijls is dit het geval, zooals gebleken is bij de behandeling der verschillende fundeeringen, namelijk: bij paalfundeeringen met afheiningen, bij betonfundeeringen met houten koffers van planken schotten, steekplanken, damplanken, dam-

palen, palen en schermen, en met koffers of caissons van ijzer. De omsluitingen kunnen evenwel ook, 1°. vlak naast de fundeering of 2°. op zekeren afstand ervan, aangebracht worden. In den regel zijn dan zulke omsluitingen damplanken of dampalen, die, in het eerste geval, langs fundeeringen op staal, langs roosterwerken, of ook wel langs paalfundeeringen geheid zijn; de regelmatige zetting van de fundeering wordt dan niet belet, Pl. 5 fig. 1*b*, 4, 13; Pl. 16 fig. 7, 8; Pl. 22 fig. 7; in het tweede geval kan 't ook een enkele afheiging zijn, Pl. 22, fig. 8, maar veelal, en dat is ook beter, vormen zulke afheigingen met de omsluitingen vlak langs de fundeeringen, een koffer, waarin beton of steen gestort wordt, zoodat dan de fundeering behalve de damplanken of dampalen nog door een koffer van beton of steen omgeven is, Pl. 7 fig. 6; Pl. 16 fig. 10.

De geringste diepte, waartoe de omheiningen moeten doorgaan om voldoende zekerheid tegen ontgronding te geven, is niet met juistheid te bepalen. De diepten der kolken in den rivierbodem boven en beneden de behandelde brug kunnen tot maatstaf dienen, geheele zekerheid bieden zij niet. Men vergelijkte verder het gezegde betreffende de omheiningen in § 25 bladz. 31—34, dat ten opzichte van de diepte van den onderkant der fundeering in § 33 bladz. 61—62 en § 81 bladz. 196.

b. Steenstortingen. Het storten van steen langs de landhoofden en pijlers is een algemeen en krachtig middel tegen ontgronding. Gewoonlijk wordt de bodem vooraf langs de te verzekeren fundeering verdiept, hoewel die verdieping ook wel achterwege wordt gelaten, en wordt op den bodem en tegen de fundeering een prisma van steen gestort, Pl. 16 fig. 7—15; Pl. 17 fig. 18; Pl. 18 fig. 1—8, 19, 20; Pl. 19 fig. 3, 4; Pl. 20 fig. 12, 13; Pl. 22 fig. 4—9. In vele gevallen is de verdieping van den bodem zeer wenschelijk en nagenoeg overal is zij doelmatig. Die verdieping bedraagt veelal tusschen 1 en 2.5 M.

Is de onderkant der fundeering ook slechts tot de diepte van 1 à 2.50 M. onder den bodem gelegen, dan gaat de steenstorting nogal dikwijls tot die diepte door, hoewel ook steenstortingen tot den onderkant der fundeering zijn aangebracht, gaande tot omstreeks

4 M. onder den bodem der rivier, b. v. bij de brug over de Marne te Nogent, Pl. 18 fig. 19 en 20.

Dikwijls komt de bovenkant der steenstorting omstreeks gelijk met den bovenkant der fundeering; bij groote diepte blijft ze evenwel aanmerkelijk lager, terwijl ze bij geringe diepte dikwijls tot boven het bovenvlak der fundeering reikt; het talud der steenstorting vormt zich gewoonlijk onder een beloop van 1 à 2 op 1.

Het is duidelijk dat de steen zwaarder genomen wordt, naarmate de stroom sterker is. De steen, welke tot steenstorting gebezigd wordt, is: puin, afval van de hardsteengroeven, basaltstukken, Vilvoordsche steen, Doorniksche steen en Noordsche steen.

Daar waar de stroom van weinig beteekenis is kan de steenstorting met puin geschieden; waar de stroom van meer belang wordt, moet zwaardere steen gebruikt worden. Daarbij zorgen men dat de kleine stukken eerst worden gestort en later door de groote stukken, die het meest aan den stroom weerstand kunnen bieden, overdekt worden. Tot steenstorting bij vele der groote bruggen op de Nederlandsche rivieren zijn basaltstukken geleverd, die elk gemiddeld een gewicht hebben van 50 à 100 kilogr.

In het tijdschrift van het Koninklijk instituut van ingenieurs 1876—1877 komt een vertaald stuk voor van den heer Rotival, hoofdconducteur der bruggen en wegen in Frankrijk, waaruit blijkt dat omheiningen met palen en planken, voorzien van steenstorting, niet altijd een geheel voldoende middel tegen ontgronding opleveren. Dit is gebleken in 1866 bij de bruggen over de Arroux te Digoin, gebouwd in 1845—1847, over de Saône te Gué-Moucault, gebouwd in 1855 en bij meer andere.

Bij de eerste brug had de omheining met damplanken een diepte van ongeveer 3 à 3.5 M. onder den bodem. De bodem bestond uit kiezel en steenachtig zand rustende op tufsteen.

»De vernielde pijler is tot op den tufsteen, op 3 M. onder den laagsten waterstand gelegen, ontgrond, niettegenstaande de damwand weinig geleden heeft.»

De fundeeringen der tweede brug waren ook voorzien van

damwanden, doch de grond was hier een zware niet samenhangende zandlaag; de diepte van den damwand is daarbij niet aangegeven. De pijlers zakten binnen den damwand, het linker landhoofd werd ondermijnd en de brug is verwoest zonder dat de bestorting door den stroom medegevoerd is of de damwanden geleden hebben.

De meer of mindere toereikendheid van damwanden tegen ontgroning is natuurlijk van verschillende zaken afhankelijk, als: richting en sterkte van den stroom, diepte en mate van sluiting der damwanden, de grondsoort, de diepte waartoe het beton of in 't algemeen de onderkant der eigenlijke fundeering binnen den damwand doorgaat, de soort en belangrijkheid der steenstorting, de zorg waarmede de uitvoering heeft plaats gehad en het werk onderhouden wordt.

Gewoonlijk werkt de sterke stroom als een kanker om het zand te verwijderen; is er eenmaal toegang tot het zand dan wordt het kwaad spoedig erger. Vooral wordt opgespoeld zand licht door den stroom medegenomen.

Het bovenstaande is alzoo een aanwijzing om de middelen tegen ontgroning met ernst en zorg te ontwerpen, toe te passen en te onderhouden.

c. Zinkstukken en bleeslagen. Daar waar de bodem der rivier beweeglijk of in 't algemeen weinig vast is en de stroom sterk kan wezen, of daar waar men vreest dat zich neeren kunnen vormen, wordt, voordat de steenstorting plaats heeft, hier te lande de bodem met rijshouten zinkstukken gedekt. Soms wordt dan vooraf langs het te voorziene werk eenig baggerwerk verricht, opdat het zinkstuk en de steen in het geheel niet of niet te veel boven den bodem zouden uitsteken. Pijlers worden door zinkstukken aan alle zijden ingesloten, landhoofden alleen aan de rivierzijde voor zoo ver de ontgroning te vreezen is. Ook gebruikt men bij de landhoofden bleeslagen. Op de zinkstukken en bleeslagen wordt genoegzaam grint en steen gestort, om ze met voldoende zekerheid op den bodem te doen zinken en te houden, waartoe per M² ongeveer 600 tot 1200 kilogr. grint en steen gebruikt wordt. Langs de pijlers en landhoofden wordt dan bovendien een

prisma van steenen gestort, zooals hierboven is meegedeeld, om de zekerheid tegen ontgroning te vergrooten.

Het is moeilijk te zeggen hoever de voorziening met zinkstukken buiten de pijlers moet reiken; dit is geheel afhankelijk van den aard van den bodem en van de sterkte van den stroom.

Soms steken de zinkstukken 10 tot 15 M. buiten de fundeering der pijlers uit, zooals bij de brug over den Rijn beneden Arnhem in den Staatsspoorweg van Arnhem naar Nijmegen Pl. 50, maar ook dikwijls 20 M. en nog meer tot 40 M. en zelfs tot 75 M. Daar waar men zeer sterken aanval van den bodem vreest, wordt soms de geheele bodem tusschen de pijlers en aansluitende aan de verdediging der landhoofden met zinkstukken belegd en met steenen bestort, zooals bij de spoorwegbrug over de Waal te Nijmegen. Pl. 51.

Bij de pijlers der brug over het Hollandsch Diep, en bij die der Staatsspoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam welke niet op pneumatische wijze gefundeerd zijn, is de bodem naar alle zijden met zinkstukken voorzien tot ongeveer 20 M. buiten den buitenwand der fundeering, zooals Pl. 17 fig. 15 aangeeft. Bij de pijlers, die op pneumatische wijze gefundeerd zijn, is de voorziening nog belangrijker; voor pijler IV der Staatsspoorwegbrug over de Nieuwe Maas is zij voorgesteld op Pl. 36 fig. 9.

Zooals uit beide figuren te zien is, verkrijgen de zinkstukken verschillende afmetingen; de kleinste zijn 10 bij 25 M. en de grootste 20 bij 60 M. De dikte bedraagt van den onderkant der onderste wiepen tot den bovenkant der bovenste wiepen ongeveer 0.70 M.

De landhoofden worden ook wel tegen ontgroning voorzien door er voor en zoo noodig ook op zijde een dam of berm van zinkstukken tegen te werken, zooals dat is voorgesteld op Pl. 4 fig. 22 en uitgevoerd bij de brug over het Hollandsch Diep Pl. 10 fig. 5—7.

d. Strekdammen in aansluiting met de landhoofden of pijlers.

Wanneer een brug in een breed riviervak wordt gebouwd, waar men niet de geheele breedte der rivier behoeft te overbruggen, zoodat de landhoofden in de rivier vooruitspringen, dan is 't be-

kend, dat men middelen moet aanwenden om de ontgroning der landhoofden te voorkomen. Is daarbij de bodem van beweeglijken aard, dan moet men uiterst voorzichtig zijn.

Ook bij oeverpijlers kan het nuttig zijn stroomleidende werken aan te leggen.

De middelen die men aanwendt kunnen bestaan in:

Het maken van een dijk tot boven hoog water, om het landhoofd met den oever te verbinden, zoodanig, dat het water als 't ware trechtersvormig geleid wordt en de stroom bij het landhoofd evenwijdig met het front loopt.

Het maken van strekdammen boven en beneden de landhoofden of pijlers.

Het maken van genoemde hooge dijken geschiedt in hooge streken, waar geen uiterwaarden aanwezig zijn. Daar evenwel wordt het sterk vooruitspringen der landhoofden veeltijds vermeden.

Hier te lande gebeurt 't dikwijls, dat een gedeelte van de breedte der rivier tusschen de dijken, namelijk op de uiterwaarden, door een dam wordt ingenomen, dat de uiterwaarden verder met bruggen overspannen worden van middelmatig groote openingen, terwijl het rivierbed met groote openingen wordt overbrugd.

In zulke gevallen worden strekdammen aangelegd sluitende aan het landhoofd, dat nabij de normaallijn staat en dus sterk aan den stroom kan zijn blootgesteld; ook worden zulke dammen gemaakt aansluitende aan den pijler staande in of ten naastenbij in de normaallijn Pl. 49 fig. 1.

In elk geval moet ook hier gezorgd worden, dat het water geleidelijk door de brugopeningen stroomt en dat bij de landhoofden en pijlers geene aanzienlijke neeren kunnen ontstaan, welke de ontgroning veroorzaken.

Nog meer van belang is het aanleggen van strekdammen daar, waar een gedeelte van het gewone rivierprofiel wordt ingenomen en waar de stroomlijn der rivier ten deele veranderd wordt, zooals bij de brug over het Hollandsch Diep nabij den Moerdijk. Pl. 49 fig. 3.

In zulke toestanden komen al de middelen tegen ontgroning te pas, welke hiervoor zijn aangegeven, waarbij men dan nog bijzondere zorg voor het onderhoud daarvan moet hebben.

e. **Regulariseeren der rivier.** Het spreekt van zelf, dat men de plaats, waar de brug moet gebouwd worden, in een regelmatig riviervak kiest indien geen overwegende redenen tot de keuze eener andere bouwplaats doen besluiten. Moet evenwel de brug gebouwd worden in een onregelmatig riviervak, dan is het zaak, aan de rivier tot zekeren afstand boven en beneden de brug een regelmatigen loop te geven; kan die loop vóór den bouw der brug verkregen worden, dan is dit zeker zeer raadzaam. Daartoe worden te smalle gedeelten door afgraven verbreed en te breede vakken door den aanleg van kribben of van dammen versmald; banken of ondiepten tracht men door de werking van den stroom of door baggering te verwijderen; uiterwaarden, die te hoog zijn, worden tot voldoende diepte afgegraven; zomerkaden moeten soms ook afgegraven of verlegd worden; door een en ander wordt gezorgd, dat het afstroomend water en ijs geen bijzondere beletselen ontmoeten en dat ook geen verlamming in den stroom plaats vinde. Daar waar men vóór den bouw voor ijsstoppingen bij de bruggen vreesde, is soms met het regulariseeren der rivier gelijktijdig een verhooging der wederzijdsche dijken boven de brug uitgevoerd. Bij den bouw der brug te Kuilenburg zijn de Noorder- en Zuiderlekdijken boven de brug nabij de spoorwegdammen 1 M. verhoogd en toen gebracht op 8.70 M. + AP, welke hoogte stroomopwaarts over 10000 M. waterpas werd aangehouden. Thans zijn de dijken, afgescheiden van den invloed der brug, boven en beneden de brug nader verhoogd. Wanneer de te bouwen brug, even als de rivier, aan den Staat behoort, dan wordt de bouw der brug soms de aanleiding tot aanzienlijke riviervverbetering. Ook wordt dan wel de onderbouw in een te maken afsnijding gebouwd, die uitgevoerd wordt, zoodra de onderbouw gereed is. Dit is namelijk geschied met de spoorwegbrug te Hedel. Pl. 49 fig. 2.

Men vindt de werken, die uitgevoerd zijn voor de spoorwegbrug over:

de Lek te Kuilenburg	op Pl. 48 fig. 10
de Waal te Bommel	» » 49 » 1
het Hollandsch Diep te Moerdijk	» » 49 » 3
den Rijn beneden Arnhem	» » 50

de Waal te Nijmegen op Pl. 51.

Het komt er dus vooral op aan bij werken, die gelegen zijn in snelstroomende rivieren, in rivieren met sterk verhang die onderhevig zijn aan zeer lage en plotseling stijgende waterstanden, zooals in Indië, in rivieren, waarvan het te wachten is dat de bedding na den bouw der brug belangrijke verandering zal ondergaan, de middelen tegen ontgronding niet te gering of te zuinig te bepalen.

Vele bruggen zijn in Indie en in andere landen ten gevolge van onvoldoende voorziening tegen ontgronding bezweken. Hierbij dient opgemerkt te worden, dat het veeltijds niet voldoende is alleen de middelen tegen ontgronding bij den aanleg aan te wenden, maar dat later meermalen, vooral kort na den aanleg, nastortingen gedaan moeten worden. Van tijd tot tijd zullen, in 't bijzonder na hooge waterstanden en na stormvloed, de voorzieningen moeten onderzocht worden, ten einde bij tijds de noodige maatregelen te nemen, die meestal bestaan in het storten van steenen, om gevaar te voorkomen. Zoo heeft men vroeger en worden nu nog aanzienlijke nastortingen van steen gedaan om de landhoofden en pijlers der spoorwegbrug over het Hollandsch Diep te Moerdijk.

In 1861 was in den postweg van Oenarang naar Ambarawa over een sterk stroomende rivier een steenen brug, waarvan een der landhoofden zoover was ondermijnd, dat men er bij zeer lagen waterstand onder kon zien ter breedte van ongeveer 1 M. De landhoofden waren betrekkelijk hoog gefundeerd en bij lagen waterstand richtte zich de stroom meer bepaald op de fundeering van dat landhoofd en nam het grint, dat tusschen de rolsteenen zat, mede. Ware langs de landhoofden een steenbezetting aangebracht en de rivier regelmatig gemaakt, zoodat bij lagen waterstand het water in het midden der opening moest stroomen dan zoude, bij behoorlijk onderhoud, de ondermijning van het landhoofd onmogelijk zijn geweest. In 1861—1862 werd in den postweg van Ambarawa naar Magalang een steenen brug bestaande uit 3 openingen elk wijd 6 M. gebouwd; zij was gereed om voor het vervoer opengesteld te worden doch stortte voor de openstelling in; de oorzaak was ontgronding der pijlers. Het

is niet noodig het aantal voorbeelden van ingestorte bruggen, ten gevolge van slechte voorziening tegen ontgronding of ten gevolge van slecht onderhoud te vergrooten. Een enkel feit kan dienstig zijn om aan het belang der voorziening en ook aan het belang van goed onderhoud, dat in Indie — vooral daar waar gebrek aan goed technisch personeel is — veel te wenschen overlaat, meer waarde te doen hechten.

f. Ijsbrekers. Het doel der ijsbrekers is in 't algemeen de jukken of pijlers tegen de werking van ijs te beveiligen, en daarbij zoo mogelijk het ijs te breken, om 't zonder stoornis van beteekenis door de openingen der brug te laten drijven.

De ijsbrekers moeten betrekkelijk stevig geconstrueerd zijn om zelf niet onder de werking van het ijs te bezwijken. Naarmate de ijsschotsen grooter zijn en de stroom sterker is, moeten de ijsbrekers ook sterker gebouwd worden.

De ijsbrekers kunnen hoofdzakelijk onderscheiden worden in:

1°. houten ijsbrekers.

2°. ijzeren »

3°. steenen »

1°. Houten ijsbrekers. Op kleine rivieren of daar waar de werking van het ijs gering of niet sterk is, zijn ze veeltijds met het te beschutten werk vereenigd. Ook treft men die vereeniging soms aan, waar de ijsgang zeer krachtig kan zijn; maar in het laatste geval vindt men zulke ijsbrekers in den regel bij aanzienlijke werken geheel afgescheiden van het werk geplaatst, zooals dit op groote schaal geschied is bij de spoorwegbrug over den IJssel te Westervoort.

Op Pl. 52 fig. 1—12 zijn verschillende houten ijsbrekers voorgesteld.

In fig. 1 bestaat de ijsbreker uit een paal zwaar 35 bij 30 centim. beslagen met een gesmeed ijzeren plaat dik 1 centim.; van boven steunt hij tegen de sloof, waaraan hij ook met ijzeren winkelhaken van 8 bij 2 centim. en schroefbouten van 2½ centim. middellijn verbonden is; lager wordt hij gesteund door 6 gordingen aan weerszijden van het juk aangebracht.

In fig. 2 is een ijsbreker voorgesteld, bestaande in een juk van palen zwaar 23 bij 23 centim. voorzien van schoorpalen

zwaar 25 bij 25 centim. over de palen is een sloof gewerkt van 30 bij 35 centim.; aan weerszijde der palen is een gording van 25 bij 15 centim. hooger zijn tegen de zijden planken gespijkerd van 25 bij 6 centim. Over de sloof en de beplanking gaan ijzeren beugels van $1\frac{1}{2}$ bij 8 centim., die met schroefbouten gaande door de sloof, de planken en de palen, bevestigd zijn.

In fig. 3 is de ijsbreker een juk, dat voor het te beschutten juk geplaatst en daarmee verbonden is. Het heeft vier palen, waarvan de koppaal 30 bij 35 en de overige 25 bij 25 centim. zwaar zijn; onderling zijn de palen verbonden door twee gordingen van 25 bij 15 centim.; over de koppen der palen is een sloof 25 bij 30 centim. met pen en gat gewerkt. Deze sloof is van boven met een ezelsrug bewerkt en met een gesmeed ijzeren beslag dik $1\frac{1}{2}$ centim. afgedekt, dat aan de sloof met bouten met verzonken koppen is bevestigd; 3 schoren van 20 bij 25 centim. steunen de sloof; tot verbinding der sloof met de palen en schoren zijn omgaande ijzeren beugels van 7 bij $1\frac{1}{2}$ centimeter aangebracht en met schroefbouten van 2 centim. middellijn bevestigd; dito winkelhaken en schroefbouten verbinden de sloof aan het te beschutten juk en de ondereinden der schoren aan de palen.

De helling, die aan de sloof gegeven wordt, is omstreeks 3 op 1. Het is duidelijk, dat, wanneer minder verschil in waterstand is, de ijsbreker korter en dan wellicht slechts drie of twee palen behoeft te hebben; is daarentegen het verschil in waterstand grooter, dan zal de ijsbreker langer worden en meer palen behoeven.

In fig. 7 is voorgesteld de plaatsing der ijsbrekers van de brug in den Rijnspoorweg over den IJsel te Westervoort; onmiddelijk boven elk der 4 tusschenpijlers staan twee ijsbrekers, Pl. 52 fig. 8—12, en boven den middelpijler staat een zeer groote ijsbreker; bovendien zijn nog ongeveer 120 M. boven de brug een ijsbreker op elken oever, Pl. 52 fig. 8—12, en een groote ijsbreker midden in de rivier geplaatst. Deze laatste ijsbrekers dienen om de afdrijvende groote ijsschotsen te breken, en die welke onmiddelijk boven de pijlers staan, om de ijsschotsen nader te breken en van de pijlers af te weren. Aanvankelijk waren de ijsbrekers niet bekleed; tot de bekleeding werd eerst overgegaan na de ijsgangen van Maart 1855; bij deze bleek 't, dat vele kleine ijsschotsen

zich tusschen het hout vastzetten; daarbij werden ook eenige ijsbrekers beschadigd. Eene geheele bekleding waarover en langs de ijsschotsen kunnen heenschuiven, is zeer aan te raden.

Aan den grooten ijsbreker in het midden der rivier geplaatst, is verwerkt:

Beslagen eikenhout:

42 palen. . . van $0,32 \times 0,32$ M., te zamen lang 354,65 M. . . 36,316 M³.

Bezaagd eikenhout:

5 kapsloven . van $0,30 \times 0,32$ M., te zamen lang 109,00 M. . . 10,464 M³.
 6 » . » $0,15 \times 0,30$ » » » » 56,60 » . . 2,547 »
 16 koppelbalken » $0,25 \times 0,30$ » » » » 84,80 » . . 6,360 »
 20 stijlen . . » $0,25 \times 0,25$ » » » » 30,40 » . . 1,900 »
 22 gordingen . » $0,15 \times 0,30$ » » » » 319,00 » . . 14,355 »
 128,21 M² kapbekleding van 0,12 M. dikte 15,385 »
 Te zamen bezaagd eikenhout. 51,011 »

Gegoten ijzer:

22,5 M. rug op het midden der kap. 900 kilogr.

Gesmeed ijzer:

2 staven van $0,015 \times 0,10 \times 21,50$ M., langs de zijden der kap . 503 kilogr.
 38 stuks 3 centim. schroefankers met veeren van $0,02 \times 0,05$ M. . 322 »
 343 » 3 » schroefbouten met moeren en ringen . . 939 »
 908 » 1;5 » hakkelbouten 321 »
 1100 » 1,2 » » 319 »
 Te zamen aan gemeed ijzer 2404 kilogr.

Aan een kleinen ijsbreker in de rivier geplaatst, Pl. 52 fig. 8--12, is verwerkt:

Beslagen eikenhout:

25 palen. . . van $0,32 \times 0,32$ M., te zamen lang 215,9 M. . . 22,108 M³.

Bezaagd eikenhout:

3 kapsloven . van $0,30 \times 0,32$ M., te zamen lang 48,00 M. . . 4,608 M³.
 4 » . » $0,15 \times 0,30$ » » » » 17,60 » . . 0,792 »
 12 koppelbalken » $0,25 \times 0,30$ » » » » 35,40 » . . 2,655 »
 8 stijlen . . » $0,25 \times 0,25$ » » » » 7,60 » . . 0,475 »
 20 gordingen . » $0,15 \times 0,30$ » » » » 196,34 » . . 8,835 »
 41 M² kapbekleding van 0,12 » dikte 4,920 »
 Te zamen aan bezaagd eikenhout 22,285 M³.

Gegoten ijzer:

17 M. rug op het midden der kap 680 kilogr.

Gesmeed ijzer:

4	staven van $0,02 \times 0,05 \times 16$ M., langs de zijden en in het midden van de kap	466 kilogr.
21	stuks 3 centim. schroefbouten met veeren van $0,02 \times 0,05$ M.	178 »
211	» 3 » schroefbouten met moeren en ringen.	605 »
456	» 1,5 » hakkelbouten	175 »
600	» 1,2 » »	174 »
Te zamen aan gesmeed ijzer.		1598 kilogr.

In fig. 4—6 is nog een ijsbreker voorgesteld. De palen zijn zwaar van 25 bij 25 centim. tot 35 bij 35 centim. en reiken tot 5 M. in den bodem; de zijbeplanking, hoofdzakelijk schoorsgewijze aangebracht, is dik 5 centim.; langs de palen zijn de buitengordingen 30 bij 12 centim. en de binnengordingen 30 bij 10 centim. zwaar. De koppelbalken zijn 15 bij 15 centim. en de kruishouten 17 bij 17. De kapgordingen en schoren zijn 12 bij 12 centim.

Bij de zware steenen pijlers zijn geen afzonderlijke ijsbrekers tot beveiliging gebouwd.

2°. **Ijzeren ijsbrekers.** Het is duidelijk, dat men ook ijzeren ijsbrekers kan bouwen van den vorm der houten ijsbrekers.

De meest toegepaste ijzeren ijsbrekers evenwel zijn gegoten ijzeren kolommen, gevuld met beton en door ijzeren platen met de kolommen der pijlers verbonden. Pl. 44 fig. 4—6; Pl. 45 fig. 3.

De platen reiken van onder tot middelbaren rivierstand of nog wat lager en van boven tot hoogwater of nog hooger, in 't algemeen tot die hoogte, dat afdrijvende lichamen door de ijsbrekers kunnen afgeweerd worden zonder de kolommen der pijlers te bereiken. De onder een helling van 1 op 1 of flauwer oplopende platen, waartegen het ijs het eerst aanstoot en opschuift, moeten het sterkst zijn.

Al de platen kunnen van gegoten ijzer zijn dik voor de zijden 2.5 en voor den rug 3 centim. van binnen van flenzen voorzien en met schroefbouten aan elkander gewerkt, of zij kunnen van plaatijzer zijn dik voor de zijden 1 centim. en voor de ruggen 1,5 centimeter over elkander of met laschplaten aan elkander geklonken. De gegoten ijzeren platen komen het meest in toepassing. Men kan aannemen, dat zulke ijsbrekers alleen daar worden toe-

gepast, waar de pijlers uit ijzeren cilinders bestaan en de ijsgang zeer sterk kan zijn. In de meeste gevallen waar de ijsgang van minder beteekenis is, moeten die pijlers zelve de dienst van ijsbrekers doen.

3°. **Steenen ijsbrekers.** De bovenkoppen der steenen pijlers, zijn — zooals vroeger is opgegeven — zoodanig bewerkt, dat zij als ijsbrekers dienen. Op Plaat 15 fig. 11 en fig. 13—18 zijn de verschillende typen voorgesteld; zij komen op de Platen 16, 17, 18, 19, 20 en 25 meer gedetailleerd voor.

HOOFDSTUK IV.

BEPALING VAN AFMETINGEN DER VOORNAAMSTE SAMENSTELLEDE DEELEN VAN LANDHOOF- DEN, JUKKEN EN PIJLERS.

§ 154. **Houten landhoofden.** De afmetingen van de samenstellende deelen der houten landhoofden worden in den regel bepaald naar de praktische gegevens in de §§ 11—19 vermeld. De constructie van de deelen dezer landhoofden, zooals de fronten en de vleugels met de verankering is in hoofdzaak gelijk aan die der beschoeiingen, zoodat uit dit oogpunt de theorie der beschoeiingen toe te passen zoude zijn; maar de samenvoeging en onderlinge verbinding der deelen tot landhoofden maken de zuivere toepassing dier theorie zeer moeielijk, zoodat men zich meestal van de bovengenoemde gegevens zal bedienen.

§ 155. **Steenen landhoofden en pijlers. I. Toe te laten druk op den ondergrond.** De soort van grond waarop men bouwen zal, wordt, wanneer die niet aan de oppervlakte te zien is of door graafwerk ontdekt kan worden, in den regel onderzocht door boren; het is altijd zaak, de bouwgronden tot genoegzame diepte en over voldoende oppervlakte te onderzoeken, ten einde te weten of onder den goeden bouwgrond lagen veen, onvaste klei of andere onvaste stoffen aanwezig zijn, en ook om te beoordeelen in hoeverre aan de gronden een gelijk of ongelijk draagvermogen kan of moet worden toegekend. Het boren moet met zorg geschieden, om zekerheid te verkrijgen dat de beoordeelde grond

op de geboorde diepte aanwezig is; ook moet er op gelet worden dat afzonderlijk gelegen steenen niet als doorgaande rots worden aangemerkt. Bijna altijd is het zaak minstens zoo diep te fundeeren dat de verwering, de vorst en het doorweken van den grond niet nadeelig op den bouwgrond werken.

De diepte, waartoe het onderzoek moet geschieden, is zeer verschillend; soms bedraagt zij 25 tot 30 M. en enkele malen nog meer. In streken, waar mijnen zijn, is 't zaak te onderzoeken, of het draagvermogen van den bouwgrond door ondermijning is verminderd. In bergstreken kan de ondergrond, waterstroomen, kloven of holten bezitten, die de draagkracht verminderen. Het draagvermogen van den grond kan bepaald worden, voor fundeeringen zonder heipalen, door directe belasting; indien zulks goed gedaan wordt, bezit men daarin een zekeren maatstaf; dikwijls echter wordt zulks achterwege gelaten en neemt men tot grondslag voor het draagvermogen de ondervinding bij andere werken opgedaan. Daarbij dient men te weten 1°. of de bouwgrond een genoegzaam groot oppervlak heeft om zijdelingsche uitwijking van den grond onder de fundeering te voorkomen; 2°. of de bouwgrond door damwanden of op andere wijze omsloten wordt, want daardoor wordt het zijdelingsch uitwijken van den grond belet en bovendien zal in vele gevallen een merkelijke wrijving van den grond of van de fundeering langs de damwanden plaats hebben.

a. Fundeering op staal of beton. Aan modder, veen en weeke kleilagen, wordt voor bouwwerken geen direct draagvermogen van eenige beteekenis toegekend.

Vaste kleilagen rustende op vaste onderlagen van zand of grint, mergel of rots, kunnen per M² 10000 tot 20000 kilogr. dragen. In de fabriek van den heer van Marken te Delft, zijn op een kleilaag fundamenteen gemaakt van 1,35 M. bij 1,35 M. grondvlak, waarop kolommen gesteld zijn, die 30000 kilogr. kunnen te dragen hebben; de belasting per M² grondvlak, is dan ruim 16460 kilogr.

Vast zand, dat bezwaarlijk kan uitwijken en op vaste onderlagen rust, kan per M² 30000 tot 50000 kilogr. en meer dragen; blijkens de belasting, die de brug te Kuilenburg op den

ondergrond uitoefent, is het draagvermogen van het zand per M^2 onder het linkerlandhoofd, voorgedeelte. . . . 31000 kilogr.

» » » achtergedeelte dat hooger	
gefundeerd is dan het voorgedeelte	20800 »
onder den stroompijler (pijler VIII)	31900 »
» » oeverpijler (pijler VII)	24300 »
» de pijlers op de uiterwaarden (I—VI)	24500 »

Daarbij is buiten rekening gelaten de wrijving die de betonfundeering tegen de dampalen uitoefent, terwijl reeds op bladz. 95 opgemerkt is, dat het achtergedeelte wat gezakt is. Overigens heeft zich het werk goed gehouden, zoodat men onder die omstandigheden het draagvermogen voor zandgronden op 15000 tot 32000 kilogr. per M^2 in rekening kan brengen.

In Berlijn laat men vaste zandbodems 26000 à 52000 kilogr. per M^2 dragen.

Met het toekennen van het draagvermogen van ingewaterd of aangeplempt zand zal men steeds zeer voorzichtig moeten zijn. De weerstand van den grond waarop het zand rust en de dikte der zandlaag komt daarbij in aanmerking. Voor goed werk zal men wellicht op een belasting van 5000 à 8000 kilogr. per M^2 mogen rekenen. Zeer aan te raden is 't zandstortingen eerst goed te belasten voor het gebouw opgetrokken wordt.

Op grintlagen zooals te Venlo, Roermond, Maastricht en op die van vele der Oost-Indische rivieren, waar men zeker is, dat zich daaronder geen slappe lagen bevinden, kan veilig op een draagvermogen van 30000 tot zelfs 70000 kilogr. per M^2 gerekend worden.

Goed aaneengesloten mergel kan zeer veilig 30000 tot 50000 kilogr. per M^2 dragen.

Op harden natuurlijken aaneengesloten steen, niet voor verwerking vorst of doorweking vatbaar of niet daaraan blootgesteld, kan de toe te laten belasting op 80000 tot 200000 kilogr. per M^2 gesteld worden.

b. Diepe fundeeringen, zooals pneumatische. — Wanneer men den druk nagaat, welke pneumatische fundeeringen op den ondergrond uitoefenen, zonder daarbij den wrijvingsweerstand van de wanden langs den grond in rekening te brengen, dan komt

men tot hooger en druk dan in den regel, voor fundeeringen op staal, wordt toegelaten.

Men vindt wel vermeld, dat volgens ondervinding het draagvermogen van den grond in 't algemeen en in het bijzonder van zuiver zand in vierkante reden van de diepte vermeerderd. Hoewel zulke opgave niet als geheel juist mag worden aangenomen, zoo zullen toch in den regel de dieper gelegen grondlagen meer draagvermogen bezitten dan de hooger gelegene.

Het volgende staatje geeft een overzicht van toegelaten drukkingen, zonder den genoemden wrijvingsweerstand in aanmerking te nemen.

AANWIJZING DER BRUG.	Soort van ondergrond.	Grootste druk per M ² op den ondergrond.	
		a	b
Staatsspoorwegbrug over de Nieuwe Maas te Rotterdam	grof zand	53000	35000 à 37500 ⁽¹⁾
Staatsspoorwegbrug over het Hollandsch Diep te Moerdijk	zand	60000	à 37500 ⁽²⁾ à 39000
Middelpijler der brug over de «East River» staande aan de zijde van Brooklyn	zeer vaste klei en rotsblokken	65000	
Middelpijler staande aan de zijde van New-York	rots	71000	
Brug te Nantes over de Scorff	zand	83200	68600
Brug te St.-Louis over de Mississippi (Oostelijk landhoofd)	rots	90000	
Brug te Bordeaux over de Garonne	grint op vaste tufsteen	94000	
Brug over de Tamar te Saltash	hellende rots	110000	

In kolom **a** is niets in rekening gebracht voor het gewicht der verplaatste hoeveelheid water door den pijler; in **b** is een waterkolom van den onderkant des pijlers tot den zeer lagen waterstand als tegendruk aangenomen.

(¹) Op bladz. 288, (²) op bladz. 293 reeds opgegeven.

II. Toe te laten belasting op de fundeeringsdeelen. a. Heipalen.

Het draagvermogen van een paal is afhankelijk van den weerstand dien de paal in den grond tegen zakken ondervindt en tevens van de sterkte des paals. Bij de beoordeeling van het toe te laten draagvermogen komt ook de stof in aanmerking, die de belasting op den paal overbrengt. De toe te laten belasting en de afmetingen van den paal zullen dus zoodanig moeten geregeld worden, dat de paal voldoende zekerheid blijft bieden tegen zakken, zijdelings buigen en tegen samendrukken, terwijl de stof, die onmiddellijk op den paal komt te dragen, ook voldoende veiligheid tegen indrukken of verbrijzelen moet bezitten.

Wanneer men een werk van beteekenis op onbekenden, onvasten of niet te vertrouwen grond moet bouwen, worden, behalve de boringen, in den regel nog proefpalen geheid. De kennis van het draagvermogen dezer palen door den weerstand van den grond, kan verkregen worden door directe belasting; het aanbrengen evenwel van gewichten, bestaande uit rails, andere ijzeren staven, of zware bouwstoffen tot een bedrag van 10,000 à 30,000 kilogr. of nog meer is een eenigszins lastige bewerking, waartoe men slechts zelden, ja te zelden overgaat.

Door den ingenieur H. W. Mees is het volgende meegedeeld betreffende de proefbelasting van palen op Fijenoord.

1°. Den 21^{sten} Juni 1874 werd een paal belast, die geheid was in de entrepôthaven en waarvan het volgende was geconstateerd: Lengte 19,70 M., omtrek aan den kop 1,15 M., in het midden 0,90 M.; aan de punt 0,60 M.; gewicht van den paal 540 kilogr.; gewicht van het blok der Boef-hei 645 kilogr.; valhoogte van het heiblok 3 M.; zakking van den paal gedurende de laatste 20 slagen 0,05 M. of gemiddeld 0,0025 M. per slag, welke zakking ook voor den laatsten slag kan worden aangenomen omdat gedurende de drie laatste tochten de zakking zeer regelmatig was; stand van de punt beneden den havenbodem 15.87 M., beneden AP 19.87 M.

Om de belasting te kunnen aanbrengen werd op den kop van den paal een houten kruis ingelaten, waarvan de armen door korbeels tegen den paal geschoord waren; een vierkant raam

werd op dit kruis vastgebout en daarop de belasting van spoorstaven gelegd. Door waterpassing werd geconstateerd dat bij een belasting van 12152 kilogr. de zakking bedroeg $6\frac{1}{2}$ mM. Nadat vervolgens een belasting van 22134 kilogr. op den paal gedurende 24 uur gebleven was, werd geen meerdere zakking waargenomen, evenmin toen de belasting tot 32984 kilogr. was opgevoerd en gedurende 5 dagen op den paal gedrukt had. Na het wegnemen der belasting werd bevonden dat de kop van den paal weder tot zijn oorspronkelijke hoogte was opgekomen, zoodat de zakking van $6\frac{1}{2}$ mM. vermoedelijk het gevolg is geweest van samendrukking van het hout of den grond of van eenige doorbuiging van den paal.

2°. Den 11^{den} Juli 1874 werd dezelfde proef herhaald met een paal lang 16 M. zwaar op 1 M. van den kop 0,30 M. aan de punt 0,15 M.; de paal woog 382 kilogr.; het blok der hei woog 645 kilogr.; de valhoogte was 3 M. en de zakking van den paal in de laatste 30 slagen 0,595 M. of gem. bijna 0,02 M. per slag. De belasting met 32550 kilogr. veroorzaakte een zakking van 0,011 M. welke den 15^{den} Juli niet was toegenomen, en den 16^{den} Juli na ontlasting van den paal geheel verdween. Vermoedelijk is ook deze zakking een gevolg van samendrukking of buiging des paals.

3°. Belasting van twee palen der beheiding van loods n°. 2 aan de spoorweghaven op Fijenoord in Maart 1878.

De afmetingen der heipalen zijn van:

n°. 471 lengte 15,40 M., middellijn aan den kop 0,29 M., aan de punt 0,16 M.;

n°. 472 lengte 16,60 M., middellijn aan den kop 0,29 M., aan de punt 0,16 M.

Beide palen zijn geslagen op den 27^{sten} November 1877; het blok woog 648 kilogr.; de valhoogte bedroeg 3 M.; de zakking bij de twee laatste tochten van 30 slagen was van

paal 471	3,90 en 1,95 M.
» 472	3,80 » 2,00 »

Belasting		Datum Maart.	Zakking in millimeters.		OPMERKINGEN.
Aantal rails.	Kilo- grammen		Volgnummer der palen op het heiplan.		
				471	472
0	0	4	0	0	
44	15213	5	2,8	2,1	
66	22819	6	4,8	3,6	
88	30426	6	7,3	5,1	
88	30426	7	8,3	5,9	24 uur na de waarneming op 6 Maart.
88	30426	9	10,5	7,1	48 » » » » » 7 »
88	30426	12	11,8	8,0	72 » » » » » 9 »
44	15213	12	9,2	6,4	Onmiddellijk na de verwijdering der halve belasting.
44	15213	13	9,2	6,4	18 uur na de verwijdering der halve belasting.
0	0	14	6,1	3,9	13 uur naar de verwijdering der geheele belasting.

Het gewicht van paal 471 was 372 kilogr., dat van 472 was 401 kilogr. Van paal 471 stond de punt 11,05 M. — AP, de kop 4.35 M. + AP, terwijl van paal 472 de punt tot 12.25 M. — AP reikte en de kop op 4.35 M. + AP gelegen was. Het terrein lag ongeveer ter hoogte van 2 M. + AP, zoodat paal 471 ongeveer 13 M., paal 472 ongeveer 14,25 M. in den grond geslagen was. Door een grafische voorstelling, waarbij de zakkingen als ordinaten, het slagental als abscissen genomen zijn, is men tot de conclusie gekomen dat de zakking bij den laatsten slag der beheiding van paal 471: 5,7 cM. en van paal 472: 6.3 c.M bedragen heeft, dat zeer veel is.

Als toe te laten maximum belasting is, door de technische directie van de werken der Handelsvereniging op Fijenoord, in 't algemeen voor een paal 10000 kilogr. aangenomen.

Morandière 1) geeft op bladz. 78 het volgende staatje, aange-

1) *Traité de la construction des ponts et viaducs par M. R. Morandière.*

vende de dwarsdoorsnede en de belasting, die in den regel volgens dien schrijver toegelaten wordt.

Zijde of middellijn des paals in cM.	Vierkante palen.		Ronde palen.	
	Doorsnede in cM ²	Toe te laten belasting in Kilogram.	Doorsnede in cM ²	Toe te laten belasting in Kilogram.
35	1225	37000	962	29000
32	1024	30000	804	24000
30	900	27000	706	21000
25	625	19000	490	15000
20	400	12000	314	9000

De toe te laten belasting veroorzaakt daarbij een druk op den kop des paals van ongeveer 30 kilogram per cM².

Aan de brug van Ivry, waar de palen 28 cM. zijde hadden, droegen zij 16000 kilogr. of ruim 20 kilogr. per cM². De palen van de brug van Neuilly hebben 32,5 cM. zijde en dragen 52000 kilogr. of ruim 49 kilogr. per c.M².

Volgens William Humber zouden de palen der Wesminsterbrug 15240 kilogr. en die der Londen-brug de buitengewone belasting van 81280 kilogr. dragen. Deze laatste opgave komt onwaarschijnlijk voor.

In Frankrijk, Duitschland en Engeland worden de palen veelal in grond geheid, die grooteren weerstand biedt tegen zakken en ook tegen zijdelingsche uitwijking dan hier te lande.

Hier te lande is in de laag gelegen deelen des Rijks de toe te laten belasting per paal bij bruggen dikwijls tusschen 5000 en 18000 kilogr.; zij daalt soms tot 4000 à 3000 kilogr. en lager, doch klimt ook tot 20000 en zelfs bij het gebruik van zeer zware palen tot 25000 kilogr.

Aan de spoorwegbrug over het Hollandsch diep kan de belasting per paal — zooals vroeger gemeld is — bedragen bij het noorderlandhoofd 15000 kilogr., en bij eenige der pijlers 18000 kilogr.; deze palen zijn, zooals bekend is, zwaar.

Bij een en ander dient wel opgemerkt te worden, dat hier

alleen gesproken is over hetgeen palen dragen of met veiligheid kunnen dragen en dat het draagvermogen der stof die onmiddellijk op den paal komt te liggen, hier buiten beschouwing gebleven is.

De heer W. Lorenz 1) heeft in 1870 en 1871 de kracht nagegaan die noodig was om eenige palen van den steiger in de rivier de Maas, staande om pijler IV van de Staatsspoorwegbrug te Rotterdam, uit te trekken. Daarbij is tevens aantekening gehouden van den stand van de punt van elk der palen onder AP, van de geheele lengte der palen, van de lengte, die de palen in den grond staken, van den omtrek der palen aan de punt en van den omtrek op de hoogte van den rivierbodem. Er zijn 27 palen getrokken.

Bij de grondboring en later bij de ontgraving in de werkkamer is gebleken, dat de grond bestond uit klei tot 13,75 M. — AP., uit veen met weinig klei van 13,75 M. — AP. tot 14,75 M. — AP., uit zand en klei van 14,75 tot 15,75 M. — AP. en daaronder trof men alleen zand aan, dat met de diepte grover werd.

Uit den nevenstaanden **staat**, waarin de uitkomsten zijn opgenomen, blijkt dat bij één paal de minste kracht per M^2 paaloppervlak 721 kilogram was, doch dat reeds de daaropvolgende 1257 kilogr. behaalde en de grootste kracht 2803 kilogr. heeft bedragen, terwijl de gemiddelde kracht bedroeg van alle waarnemingen 1857 en van de 10 geringste 1427 kilogr. Blijkens uitgeschroefde palen van steigerwerken te Bommel bedroeg de weerstand door wrijving gemid. ongeveer 1850 kilogr. per M^2 paaloppervlak.

1) Bouwkundige Bijdragen 1875, Bladz. 183.

Datum van trekken.	Nummer van den paal.	Stand van de punt onder AP.	Afmeting van de palen.				Oppervlakte van den paal in den grond.	Grootste kracht bij het trekken.	Kracht per M ² oppervlakte van den paal.
			Geheele lengte.	Lengte in den grond.	Omtrek aan de punt.	Omtrek op de hoogte v. d. rivierbodem.			
1870.		M.	M.	M.	M.	M.	M ² .	Kilogr.	Kilogr.
16 Dec.	1	15,00	18,00	11,00	0,40	0,70	6,05	9868	1631
17 "	2	15,00	18,00	11,00	0,46	0,82	7,04	11304	1606
17 "	3	12,00	15,00	7,80	0,48	0,76	4,836	7074	1463
17 "	4	13,50	16,50	9,10	0,70	0,94	7,462	12020	1611
17 "	5	13,50	16,50	9,40	0,69	0,84	7,191	11304	1572
19 "	6	15,00	18,00	11,00	0,36	0,72	5,94	7895	1329
19 "	7	12,00	15,00	8,00	0,62	0,78	5,60	9509	1698
19 "	8	15,00	18,00	11,00	0,36	0,64	5,50	8971	1631
19 "	9	11,60	14,60	6,50	0,60	0,84	4,68	5383	1257
20 "	10	14,00	17,00	9,40	0,40	0,66	4,982	3590	721
21 "	11	15,00	18,00	11,00	0,39	0,66	5,775	12200	2113
21 "	12	15,00	18,00	11,50	0,33	0,60	5,348	8074	1510
22 "	13	15,00	18,00	11,30	0,45	0,78	6,949	17404	2504
23 "	14	15,00	18,00	12,50	0,39	0,90	8,062	15430	1914
23 "	15	14,00	17,00	11,70	0,36	0,90	7,371	14354	1947
23 "	16	14,00	17,00	10,50	0,24	0,60	4,41	9509	2156
24 "	17	14,00	17,00	9,00	0,30	0,54	3,78	8075	2136
1871.									
8 Febr.	18	15,00	18,00	10,60	0,39	0,69	5,724	8971	1567
10 "	19	15,00	18,00	10,70	0,30	0,60	4,815	11124	2310
14 "	20	15,00	18,00	10,80	0,36	0,66	5,508	10765	1954
15 "	21	15,00	18,00	11,80	0,24	0,60	4,956	10586	2136
15 "	22	15,00	18,00	11,40	0,33	0,60	5,301	8971	1692
16 "	23	15,00	18,00	12,00	0,24	0,63	5,22	10765	2062
17 "	24	15,00	18,00	12,30	0,33	0,66	6,089	14354	2354
17 "	25	14,40	17,40	11,50	0,39	0,60	5,692	12919	2369
18 "	26	14,00	17,00	11,00	0,27	0,66	5,115	11124	2175
18 "	27	14,00	17,00	10,20	0,48	0,75	6,273	17584	2803

Veeltijds wordt het draagvermogen der palen door berekening gevonden, waartoe hier te lande dikwijls de formule van Eytelwijn gebruikt wordt:

$$W = \frac{h G_1^3}{s (G_1 + G_2)} \dots \dots \dots (1.)$$

In Duitschland schijnt men meer de formule van BRIX toe te passen:

$$W = \frac{h G_1^2 G_2}{s (G_1 + G_2)^2} \dots \dots \dots (2.)$$

In beide formules is:

W = draagvermogen in kilogrammen uitgedrukt.

G_1 = gewicht heiblok » » »

G_2 = » paal » » »

h = valhoogte van het heiblok in cM.

s = zakking van den paal in cM. door den laatsten slag van het heiblok bij h valhoogte; daarbij moet de paal zoo stevig zijn, dat hij onder het heien niet zwiëpt, want anders zou men een foutieve zakking noteeren; ook moet er op gelet worden, dat het heiblok ongehinderd verticaal en centraal op den verticalen staanden paal valt, dat de kop van den paal gaaf en dus niet stuk geslagen is. Van dat berekend draagvermogen wordt slechts een gedeelte genomen als toe te laten belasting gewoonlijk hier te lande $\frac{1}{6}$ en in Duitschland $\frac{1}{4}$, zoodat dan wordt:

Toe te laten belasting:

$$W = \frac{h G_1^2}{6 s (G_1 + G_2)}$$

$$\text{of } W = \frac{h G_1^2 G_2}{4 s (G_1 + G_2)^2}$$

Die formules geven zeer afwijkende resultaten.

Zijn de bouwwerken aan sterke trillingen of schokken onderhevig, zooals die bij bruggen kunnen voorkomen, dan is het zaak voor n grooter waarde dan 6, b.v. 8 à 10 aan te nemen.

Ook is n niet voor alle heitoestellen gelijk te stellen, maar moet grooter genomen worden naarmate het blok meer tegenstand bij het vallen ondervindt; heiblokken, die met menschen opgetrokken worden, ondervinden in den regel den grootsten tegenstand bij het vallen; bij stoomheien kan, wanneer niet goed gelet wordt op toe- en uitlating van stoom, ook aanmerkelijke tegenstand bij het vallen van het blok plaats hebben.

Vele ingenieurs zijn van meening, dat die theoretische formules zeer weinig vertrouwen verdienen, omdat de arbeid om het blok op te halen door verschillende omstandigheden slechts ten deele voor het inheien van den paal gebezigd wordt; zoo verliest men arbeid door het niet geheel verticaal en centraal vallen van het heiblok op den kop des paals, door het gedeeltelijk splijten, en verbrijzelen van den kop des paals, waardoor men soms, als 't ware op een

kussen heit, door de wrijving van het blok langs de leiders, door den tegenstand der reep enz.; van verschillende zijden is er op gewezen, dat de gebruikelijke formules resultaten geven, die soms weinig met de werkelijkheid overeenkomen.

Profr. Ch. M. Schols heeft in het eerste deel der »Waterbouwkunde» op bladz. 232 en volgende aangetoond dat de hiervoor opgegeven form. 1:

$$W = \frac{h G_1^2}{s (G_1 + G_2)}$$

geldig is zoolang de zakking per slag niet beneden zekere grenswaarde daalt; zoodra de zakking kleiner wordt dan deze grenswaarde moet de volgende formule worden toegepast:

$$W = \frac{H_1 H_2}{H_1 + H_2} \left[\sqrt{2 h G_1 \frac{H_1 + H_2}{H_1 H_2} + s^2} - s \right]. \quad (3.)$$

waarin: $H_1 = \frac{E_1 F_1}{l_1}$ en $H_2 = \frac{E_2 F_2}{l_2}$; hierin stelt voor:

E_1 de elasticiteits coëfficiënt voor de stof van het blok, aan te nemen per cm^2 : voor gegoten ijzer 1000000 kilogr., voor hout 120000 kilogr.

F_1 de dwarsdoorsnede van het blok in cm^2 .

l_1 de lengte van het blok in cm .

E_2 de elasticiteits coëfficiënt voor de stof van den paal, aangenomen op 120000 kilogr. per cm^2 .

F_2 de gemid. dwarsdoorsnede van den paal in cm^2 .

l_2 de lengte van den paal in cm .

De bovenbedoelde grenswaarde wordt gevonden door:

$$r = \frac{G_1}{G_2} \sqrt{\frac{1}{2} h \cdot \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2} \frac{H_1 + H_2}{H_1 H_2}} \quad \dots (4.)$$

De grenswaarden, alsmede het draagvermogen zijn naar de formules 4, 1 en 3 voor verschillende palen berekend en wel:

1°. voor palen geheid met een gegoten ijzeren heiblok, zwaar 600 kilogr., in dwarsdoorsnede 400 cm^2 , lang 200 cm . met een valhoogte van 200 cm . en

2°. voor palen geheid met een eiken heiblok van onder beslagen met ijzer, zwaar 300 kilogr., in dwarsdoorsnede 1600 cm^2 , lang 120 cm . met een valhoogte van 120 cm .

Het specifiek gewicht der palen is op 0.6 gesteld.

Lengte der palen in M.	6	8	10	12	16	20
Middellijn van den kop des paals in cM.	25	27	28	29	32	36
Middellijn bij de punt » » » »	15	15	15	15	15	15
Gemiddelde middellijn » » » »	20	21	21,5	22	23,5	25,5
Gewicht van den paal in kilogram . .	113	166	218	274	416	613
Gemidd. waarde van F_2 in cM^2 . . .	314	346,4	363	380	433,7	510,7
Dwarsdoorsn. van den kop des paals in cM^2	491	573	616	661	804	1018

Zakking der palen in den laatsten slag in cM.	Draagvermogen der palen in kilogram: A volgens de formule 1 of 3, B met zesvoudige zekerheid.											
	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B	A	B

I. Heiblok, zwaar 600 kilogram, valhoogte 200 cM.

0,	120887	20148	110249	18375	101151	16858	94603	15767	87647	14608	85108	14185
0,2	109318	18220	100584	16764	92982	15497	87438	14573	81480	13580	79285	13214
0,4	98955	16492	91837	15306	85525	14254	80854	13475	75774	12629	73887	12314
0,6	89751	14958	83973	13995	78756	13126	74838	12473	70521	11753	68905	11484
0,8	81620	13603	76943	12824	72668	12111	69361	11560	65704	10951	64322	10720
0,981 grenswaarde volgens form. 4 .											60506	10084
1,00	74466	12411	70681	11780	67135	11189	64395	10732	61301	10217	59357	9893
1,20	68182	11364	65113	10852	62194	10366	59904	9984	57285	9547	49464	8244
1,262 grenswaarde volgens form. 4 .									56154	9359		
1,40	62672	10445	60177	10030	57762	9627	55843	9140	50619	8436	42398	7066
1,547 grenswaarde volgens form. 4 .							53250	8875				
1,60	57831	9638	55789	9298	53790	8965	51488	8584	44291	7382	37098	6183
1,688 grenswaarde volgens form. 4 .					52203	8700						
1,80	53565	8927	51895	8649	48955	8159	45767	7628	39370	6562	32976	5496
1,8265 grenswaarde volgens form. 4 .			51462	8577								
2,00	49812	8302	46997	7833	44060	7343	41190	6865	35433	5905	29678	4946
2,097 grenswaarde volgens form. 4 .	48153	8025										
3,00	33661	5610	31332	5222	29373	4897	27460	4577	23622	3937	19786	3298
4,00	25245	4207	23499	3916	22030	3672	20595	3432	17716	2953	14839	2473

Lengte der palen in M.	6	8	10	12	16	20
Middellijn van den kop des paals in cM.	25	27	28	29	32	36
Middellijn bij de punt » » » »	15	15	15	15	15	15
Gemiddelde middellijn » » » »	20	21	21,5	22	23,5	25,5
Gewicht van den paal in kilogram . .	113	166	218	274	416	613
Gemidd. waarde van F_2 in cM^2 . . .	314	346,4	363	380	433,7	510,7
Dwarsdoorsn. van den kop des paals in cM^2	491	573	616	661	804	1018

Zakking der palen in den laatsten slag in cM.	Draagvermogen der palen in kilogram: A volgens de formule 1 of 3, B met zesvoudige zekerheid.							
	A	B	A	B	A	B	A	B

II. Heiblok, zwaar 300 kilogram, valhoogte 120 cM.

0	65921	10987	60195	16032	55537	9256	51694	8616	47911	7985	46524	7754
0,1	60156	10026	55373	9229	51174	8529	48116	8019	44829	7471	43138	7190
0,2	54351	9058	50966	8494	47418	7903	44802	7467	41957	6993	40899	6813
0,3	50240	8373	46964	7827	43974	7329	41743	6957	39291	6549	38372	6395
0,31 grenswaarde volgens form. 4 .											38160	6360
0,4	46040	7673	43342	7224	40836	6806	38937	6489	36827	6138	29572	4929
0,41 grenswaarde volgens form. 4 .									36790	6132		
0,5	42300	7050	40080	6680	37981	6330	36354	6059	30168	5028	23658	3943
0,53 grenswaarde volgens form. 4 .							35500	5917				
0,58 id. volgens form. 4 .					35948	5991						
0,6	38972	6495	37140	6190	34750	5792	31358	5226	25140	4190	19715	3286
0,64 grenswaarde volgens form. 4 .			36212	6035								
0,7	36051	6008	33108	5518	29786	4964	26878	4480	21548	3591	16898	2813
0,76 grenswaarde volgens form. 4 .	34408	5735										
0,8	32687	5448	28970	4825	26062	4344	23519	3920	18855	3142	14786	2464
0,9	29055	4842	25751	4292	23167	3861	20905	3484	16760	2793	13143	2190
1,0	26150	4358	23176	3863	20850	3475	18845	3156	15084	2514	11829	1971
1,1	23773	3962	21069	3511	18955	3159	17105	2851	13712	2285	10753	1792
1,2	21792	3632	19313	3219	17375	2896	15680	2613	12570	2095	9857	1643
1,3	20115	3352	17828	2971	16038	2673	14473	2412	11603	1934	9099	1516
1,4	18679	3113	16554	2759	14892	2482	13439	2240	10774	1796	8450	1408
1,5	17433	2905	15451	2576	13900	2317	12543	2090	10056	1676	7886	1314

444 Bepaling van afmetingen van de voornaamste

Uit I en II blijkt dat r of de grenswaarde der formules grooter is — voor hetzelfde blok en dezelfde valhoogte — bij lichte dan bij zware palen; bij vergelijking van I en II en van de form. 1 en 3 onderling ziet men dat met een zwaar blok de grenswaarde grooter is dan met een licht blok.

Het toe te laten draagvermogen der in den staat voorkomende palen zou bedragen in kilogr. — wanneer alleen gelet wordt op de dwarsdoorsnede van den kop des paals en de stof die onmiddellijk daarop drukt — als volgt:

voor palen ter lengte						
in M. van. . . .	6	8	10	12	16	20
wanneer op de palen	5900	6900	7400	7900	9600	12200
dennen kespen dragen	à	à	à	à	à	à
	7400	8600	9200	9900	12100	15300
wanneer op de palen						
grenen kespen dragen	id	id.	id.	id.	id.	id.
wanneer op de palen						
eiken kespen dragen	9800	11500	12300	13200	16100	20400
wanneer op de palen	9800	11500	12300	13200	16100	20400
beton draagt. . .	à	à	à	à	a	à
	12300	15400	15400	16500	20100	25500

Waarbij dan een druk per vierk. centim. op den kop des paals plaats heeft: voor dennen en grenen hout 12 à 15 kilogr., van eiken hout 20 kilogr., van beton 20 à 25 kilogr.

Op Pl. 53 fig. 1 is het berekend draagvermogen van palen met de noodige gegevens van inheien grafisch voorgesteld.

Er moet opgemerkt worden dat een paal in den regel in een aaneengesloten tijdvak ingeheid wordt; de zakking, die in de formules gesteld wordt, is die, welke men bij een der laatste slagen bekomt. Een paal evenwel die geslagen is en die men 24 uur laat stilstaan en daarna verder inheit, zakt meestal in de eerste slagen slechts de helft of een derde van het bedrag der vorige slagen en lange palen soms nog veel minder.

Daartegen staat dat in de meeste werken gezegd wordt dat

een zesvoudige zekerheid bij het gebruik der formules kan worden aangenomen doch dat dikwijls bij den bruggenbouw — vooral bij dunne palen — een grootere zekerheid gewenscht is.

De belasting der palen mag ook veeltijds om andere redenen niet zoo aanzienlijk zijn als de weerstand, volgens de formules, tegen *zakken* met voldoende zekerheid zou toelaten. Zoo heeft men erop te letten in welken toestand de palen geplaatst zijn en wat er onmiddellijk op draagt. Staan zij over de geheele lengte in zoodanigen grond dat de paal tegen zijdelingsch uitwijken stellig behoed wordt, dan zal de erop te brengen belasting 25 à 35 kilogr. per cm^2 der dwarsdoorsnede van den kop des paals kunnen bedragen. Deze belasting laat, althans wat de *sterkte des paals* betreft tegen samendrukking in de richting der vezels, meer dan voldoende veiligheid toe. Is daarentegen de paal over groote diepte in slap veen, moerassigen grond of andere weinig tegenstand biedende specie geplaatst, dan moeten de palen lijvig zijn en mag de belasting niet hooger opgevoerd worden dan 10 à 15 kilogr. per cm^2 der dwarsdoorsnede. Rusten op de palen kespen of beton, dan moet — zooals nader blijken zal — rekening gehouden worden met de reactie der palen tegen de kespen of het beton.

b. **Kespen en vloer.** De kespen moeten, om behoorlijk weerstand te bieden aan den verticalen druk, 1°. met zulk een groot grondvlak op de palen dragen, dat door den druk op de palen de vezels der kespen niet belangrijk benadeeld worden, zoodat geene gevaarlijke indrukking dezer vezels kan plaats hebben en 2°. zoodanige afmetingen bekomen dat zij door hare belasting niet te veel doorbuigen.

In de »Elementary principles of carpentry», bladz. 40, van Thomas Tredgold vindt men de volgende opgaven voor de indrukken van hout loodrecht op de richting der vezels:

Soort van hout.	Verbreking van den samenhang der vezels loodrecht op de richting harer lengte-as door be- lasting per:		Proefnemer.
	vierk. Engel- schen duim.	per vierk. centimeter.	
Eiken. . . .	2316	163	Tredgold.
Populier. . . .	1782	125	idem.
Lorken	970—1700	68—120	idem.
Memels dennen.	540—840	38—59	Bevan.
Schotsch dennen	562	40	idem.

In de Bouwkundige Bijdragen van 1854, bladz. 257, wordt door den heer van Hooff, destijds 1^{ste} luitenant-ingenieur, opgegeven dat men bij een hoogte der kespren van 26 centimeter een inknijping of ineendrukking der houtvezelen van een cM. waargenomen heeft met een belasting loodrecht op de richting van de lengte der houtvezels, zooals de kespren op de palen dragen:

bij dennenhout van 10 kilogr. per cM².

» grenenhout » 13 » » »

» eikenhout » 54 » » »

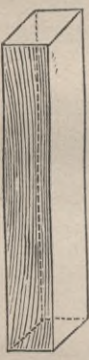
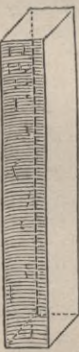
De heer van Hooff besluit daaruit dat de toe te laten belasting zou mogen zijn voor dennenhout 4 à 5 kilogr., voor grenenhout 6 à 7, voor eikenhout 25 à 27 kilogr. per cM².

Te Rotterdam zijn, onder de leiding van den Ingenieur Dr. T. J. Stieltjes, proeven met indrukken van hout genomen ten einde met eenige zekerheid te kunnen nagaan met welke belasting een kesp op een paal mag drukken. De blokjes, welke samengedrukt werden, waren van nat Noordsch dennenhout, hadden een vierkante dwarsdoorsnede van 3 cM. zijden en waren 20 cM. hoog, zijnde de gemiddelde hoogte eener kesp. De richting der vezels was, zooveel doenlijk loodrecht op de lengte-as der blokjes. Bij de twee eerste proeven waren de blokjes uit

een buitenkant van den balk gezaagd, zoodat de jaarkringen min of meer evenwijdig aan de lengte-as van de blokjes liepen; bij de derde, vierde en vijfde proef waren de blokjes straalsgewijze uit den balk gezaagd, zoodat de jaarkringen nagenoeg loodrecht op de lengte-as der blokjes stonden. In de fundeering, waar een geheele kesp gedrukt wordt, komt de vereeniging dezer beide gevallen voor.

De belasting is onmiddellijk — dus zonder hefboom — aangebracht.

Overzicht der proeven.

Belaste blokjes.	Belasting in kilogr.	Samendrukking in millim.	Belasting per vierk. centim. kilogram.	Duur der belasting.	Opmerkingen.
	1 ^{ste} proef.				
	68,5	2,0	7,61	} In den loop van een dag	
	134,6	5,5	14,95		
	171,4	9,0	19,04		
	206,1	15,0	22,90		
	239,3	18,5	26,59		
	269,2	45,0	29,91	2 dagen	
	2 ^{de} proef.				
	68,5	3,0	7,61	} 1 dag	
	134,6	5,5	14,95		
206,1	16,0	22,90			
273,7	24,0	30,41			
3 ^{de} proef (mislukt).					
	4 ^{de} proef.				
	68,5	2,0	7,61	1 dag	
	139,7	5,0	15,52	1 »	
	207,2	13,0	23,02	1 »	
	263,7	32,5	29,30	2 dagen	
	5 ^{de} proef.				
	69,1	2,0	7,68	1 dag	
	136,8	7,0	15,20	1 »	
	199,7	17,0	22,19	2 dagen	
	257,2	27,	28,58	2 »	

Het blokje was bij de grootste belasting van boven een weinig geknikt; het had na de belasting een lengte van 18,8 cM. en dus een blijvende indrukking van 1,2 cM.

Het blokje was ook bij de grootste belasting een weinig doorgeknikt aan het bovineinde; het had na de proef een lengte van 19 cM., zoodat 't een blijvende indrukking had van 1 cM.

Aan den bovenkant van het blokje weder eenige vervorming. Na de proef was de lengte 19,4 cM. en dus blijvende indrukking 0,6 cM.

Van dit blokje was het hout zeer warrig; de bovenkant was weder eenigszins misvormd; na de proef was de lengte 18,9 cM., alzoo blijvende indrukking 1,1 cM.

Bij bovenstaande proeven is alzoo alleen samendrukking van het hout waargenomen; de afscheuring of afsnijding der vezels van de kespen door de reactie der palen is hier buiten aanmerking gebleven.

Op Pl. 53 fig. 2^a—2^d zijn de verkregen uitkomsten grafisch voorgesteld. Uit deze figuren blijkt dat tot 15 à 16 kilogr. per cM² de samendrukking evenredig is met de belasting.

Het eenigszins onregelmatig beloop der lijn van samendrukking bij proef 1 kan toegeschreven worden aan den korten duur der proef; daarbij zijn de 5 eerste belastingen in den loop van één dag gedaan en de samendrukkingen genoteerd.

Ook zijn twee proeven genomen voor de samendrukking van nat eikenhout door belasting loodrecht op de richting der vezels.

Belasting in kilogr.	Belasting per vierk. centim. kilogr.	Samen- drukking in millim.	Duur der belasting.	Opmerkingen.
1 ^{ste} proef.				
69,1	7,67	1,0	1 dag	Het staafje was bij deze proef lang 20 cM. en had een dwarsdoorsnede van 3 cM. zijde of van 9 cM ² .
136,8	15,20	2,5	1 »	
199,7	22,19	3,5	2 dagen	
269,7	29,07	4,5	2 »	
2 ^{de} proef.				
69,1	12	1,5	2 dagen	Het staafje had een lengte van 18,6 cM. en een dwarsdoorsnede van 2,4 × 2,4 of 5,76 cM ² .
136,8	23,75	2,0	4 »	

Op Pl. 53 fig. 3^a—3^b zijn ook de resultaten van deze proeven grafisch voorgesteld; uit de eerste blijkt dat zoover de proefbelasting gaat de samendrukkingen evenredig zijn aan de belasting.

Bijzonder groote indrukkingen van de palen in de kespen heeft men gevonden bij het afbreken van de keersluis en van de zee-doksluis op het marine-etablisement Willemsoord te Nieuwe Diep.

De heer I. Strootman deelt daaromtrent mede — zie Not. verg. K. Inst. v. Ing^{rs}. 13 Juni 1861 — dat de grootste indrukking bedroeg van 6 tot 8 cM. aan de buitenvleugels der zeedoksluis. De kespen van dennenhout, dik 27, breed 30 cM., droegen elk op 3 palen, die een gemiddelde dwarsdoorsnede van 298,45 cM² of ongeveer 19½ cM. middellijn hadden. De kesp, waarbij de indrukking van 6 tot 8 cM. plaats had, kon beschouwd worden te dragen 31,336 M³ metselwerk of 56400 kilogr. Elke paal kreeg ongeveer een belasting van 18800 kilogr., zoodat elke cM² van den kop des paals met 63 kilogr. gedrukt werd.

Meer voorbeelden zijn aan te halen betreffende het indrukken van kespen door de reactie der palen.

Uit een en ander blijkt dat men met het belasten van hout loodrecht op de richting der vezels zeer voorzichtig moet zijn.

Wil men de samendrukking der 20 cM. hooge dennen kespen tot ruim $\frac{1}{10}$ harer hoogte of 5 tot 7 mM. toelaten, dan mag blijkens de proeven te Rotterdam genomen, per cM² draagvlak op den paal niet meer dan 15 à 16 kilogr. in rekening gebracht worden. Die samendrukking kan evenwel nog ruim groot zijn, zoodat 't in vele gevallen raadzaam is den druk tot 10 kilogr. per cM² te beperken.

Bij het gebruik van eikenhouten kespen vervalt het bezwaar grootendeels, omdat bij een belasting van 15 tot 30 kilogr. per cM² draagvlak, de samendrukking van kespen hoog 20 cM. slechts 2 à 4,5 mM. zal zijn, zoodat bij het gebruik van eikenhouten kespen de belasting per cM² draagvlak stellig op 20 à 25 kilogr. kan worden aangenomen.

Djatihouten kespen kan men, blijkens de daarvan bestaande proeven, zeer goed met eikenhout gelijk stellen.

Om evenwel bij het gebruik van minder harde, zooals van dennen kespen, tegemoet te komen aan te gering draagvlak, worden de palen zeer dik en de kespen breed genomen, of er worden soms op de borsten der palen gegoten ijzeren platen, dik 1½ à 2½ cM. gelegd, waarop de kespen komen te dragen; deze platen hebben dan een oppervlakte zoo groot, dat het draagvlak der kesp slechts met 7 à 10 kilogr. per cM² gedrukt wordt, Gegoten platen zijn gebruikt in 1876—1877 bij fundeeringen van

kaaimuren voor rekening der handelsvereeniging op Fijenoord en in 1878 bij den bouw van het 2^{de} stoomgemaal van den polder Mastenbroek.

Ook legt men soms eikenplaten van 0,06 M. dikte op de palen om daarop de dennen kesp en te laten drukken.

De benoedigde afmetingen der kesp en tegen verticale doorbuiging ten gevolge van verticale belasting behoeven niet groot te zijn. Het grootste gewicht P kilogr. dat op een kesp van hart paal tot hart paal draagt, wordt in den regel, als gelijkmatig verdeeld over de lengte aangenomen. In de veronderstelling dat de kesp en op het hart der palen slechts steunen en niet als doorgaande balken worden beschouwd, is:

$$P = \frac{8 wT}{eL}, \dots \dots \dots (5)$$

beschouwt men de kesp en bevestigd op de palen, dan is:

$$P = \frac{12 wT}{eL}, \dots \dots \dots (6)$$

waarin w traagheidsmoment, T toe te laten grootste spanning tegen uitrekking of samendrukking in de uiterste vezels, waarvoor men per cM² 60 à 70 kilogr. stellen kan, e gelijk aan den afstand van de uiterste tot de neutrale vezel en L gelijk aan den afstand der palen hart op hart.

Meermalen wordt voor P gesteld de belasting, die door elk der palen moet worden gedragen en dan kan men voor de hoogte der kesp en door berekening afmetingen bekomen, die in de practijk worden toegelaten, want stelt men P = 16000 kilogr., T = 65 kilogr., de breedte der kesp 30 cM. en L = 100 cM., dan is bij ondersteuning:

$$P = \frac{8 \times \frac{1}{12} bh^3 \times 65}{\frac{1}{2} h \times 100}$$

$$16000 = 26 h^2$$

$$h = \sqrt{\frac{16000}{26}} = 24,8 \text{ cM.}$$

en bij bevestiging:

$$h = 20,2 \text{ cM.}$$

Maar deze belasting is voor de kesp blijkbaar veel te groot, want wanneer men een muur opgemetseld heeft en men breekt

daarna het gedeelte, ingevolge de aanduiding door arceering op Pl. 53 fig. 4, boven de opening tusschen twee palen weg, dan zal die muur niet inzakken, ook niet, wanneer daarop verder gemetseld wordt. Daaruit blijkt, dat de kesp als drager om het gewicht van het metselwerk op de palen over te brengen, geen grooten dienst te doen heeft en dat de groote hoogte van 30 à 35 cM., welke men soms aan de kespen geeft, bij uitsluitend verticale belasting overvloedig en onnoodig en in vele gevallen, wegens het samendrukken van het hout, nadeelig is.

Het hoofddoel der groote hoogte van de kespen moet in vele gevallen gezocht worden in de goede koppeling der palen, ten einde den onderlingen stand van deze te verzekeren en de fundeering tegen vervorming bestand te doen zijn; daartoe is vooral een goed verband tusschen paal en kesp noodig; het maken van stevige pennen en dito opsluiting is dan ook zeer aan te raden.

Deze laatste beschouwing sluit in zich dat nog andere krachten dan verticale op de fundeering kunnen werken; tot beoordeeling der zaak in zulk geval wordt verwezen naar het **Eerste Deel**, *bladz.* 240.

Ook de vloerplaten worden meestal berekend alsof ze de hoeveelheid metselwerk, welke op haar staat, met de belasting die op dat metselwerk kan komen, hebben te dragen. Die veronderstelling is ook zeer bezwaarlijk voor de vloerplaten, want het is duidelijk, dat de overbrenging der belasting naar de palen in hoofdzaak door het metselwerk zelve kan plaats hebben.

De vloerplaat wordt gewoonlijk beschouwd als op de kespen steunend. Stelt men de hoogte van het metselwerk, dat *aanvankelijk* door de vloerplaten moet gedragen worden 2 M., den afstand der kespen hart op hart 1 M., de breedte der kespen 30 cM., het gewicht van het natte metselwerk rond 2000 kilogr. per M³, dan zal elk gedeelte vloerplaat, *gelegen boven de opening tusschen twee kespen*, over de breedte van 1 cM. belast worden met 28 kilogr. Door het gebruik der formule:

$$P = \frac{8 wT}{eL} \text{ bekomt men:}$$

$$28 = \frac{8 \times \frac{1}{2} bh^3 T}{\frac{1}{2} hL} = \frac{4}{3} \cdot \frac{bh^2 T}{L};$$

voor $b = 1$, $T = 65$, $L = 100$, wordt:

$$h = \sqrt[3]{\frac{3 \times 28 \times 70}{4 \times 1 \times 65}} = 4,8 \text{ cM.}$$

Neemt men het gewicht dat op de fundeering drukt 16000 kilogr. per M², dan drukt op 1 cM. vloerbreedte tusschen de kespen 112 kilogr., dus: $112 = \frac{4}{3} \cdot \frac{bh^2 T}{L}$

en
$$h = \sqrt[3]{\frac{3 \times 112 \times 70}{4 \times 1 \times 65}} = 9,5 \text{ cM.}$$

In zeer veel gevallen zal men bij brugfundeeringen, waar het niet op waterdichtheid van den vloer aankomt, met vloerplaten van 7 cM. kunnen volstaan, hoewel meer gebruikelijk is 8 à 10 cM.

c. **Beton.** Bij de spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg heeft men proeven genomen om den weerstand tegen verbrijzeling door samendrukken en den weerstand tegen uitrekken te bepalen.

De betonblokken, waarmede de proeven bij samendrukken genomen zijn, waren kuben van 2 decimeter zijde; de drukking is geschied tusschen twee gegoten ijzeren platen. De betonblokken, waarvan de uitrekking beproefd is, waren 0,20 M. hoog, 0,20 M. breed en 0,50 M. lang.

In verschillende werken vindt men min of meer volledige proeven en opgaven betreffende het draagvermogen van beton. Onderstaande proeven zijn voor ons de belangrijkste en meer bepaald die van verbrijzeling.

In vele geschriften vindt men opgegeven dat in de practijk beton, metselwerk en natuurlijke steen $\frac{1}{10}$ van het verbrijzelingsgewicht veilig kunnen dragen; dat zou dan zijn voor goed beton, oud 1 à 2 jaar, ingevolge onderstaanden staat, 6 à ruim 8 kilogr. per cM². Daartegen kan, uit een oogpunt van sterkte van het beton, zeer zeker geen bezwaar bestaan. Bij fundeeringen, waar het beton onmiddellijk op den ondergrond rust, zal de reactie van dien grond op het beton in den regel nog minder zijn dan 6 à 8 kilogr. per cM². Ook zal de druk op het bovenzvlak van betonfundeeringen veelal beneden de waarde van 6 à 8 kilogr. per cM² blijven; bij de spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg is die waarde slechts 2,76 à 3,05 kilogr.

STAAT houdende uitkomsten van proeven betreffende den weerstand tegen verbrijzeling en den samenhang, overgenomen uit het Tijdschrift Kon. Inst. van Ingenieurs 1871/1872 blz. 388.

Volgnummer.	Gemiddelde ouderdom van het beton, verhard.			Gemiddelde coëfficiënt van verbrijzeling per cM ² kilogr.	Gemiddelde coëfficiënt van samenhang per cM ² verkregen door directe afscheuring kilogr.
	In de lucht.	Gedeeltelijk in de lucht en onder water.	Onder water.		
Beton eerste soort, bestaande uit deelen: kalk 10, tras 3, zand 6, brikstukken 12, grint 6.					
1	6½ maand	. . .	. . .	39,00	
2	8½—10 »	. . .	. . .	57,00	3,22
3	13—14 »	. . .	. . .	60,00	
4	21—22 »	. . .	. . .	66,00	3,03
5	25 »	. . .	. . .	66,00	
6	. . .	13½ maand	. . .	62,00	
7	. . .	22—23 »	. . .	65,00	3,53
8	. . .	26—27½ »	. . .	71,50	
Beton tweede soort, bestaande uit deelen: kalk 6, tras 7, zand 5, brikstukken 17.					
9	7—9 maand	. . .	. . .	63,00	5,28
10	9—10 »	. . .	. . .	70,00	4,11
11	. . .	8—9½ maand	. . .	58,00	4,00
12	. . .	13—14 »	. . .	76,00	
13	. . .	22—24 »	. . .	81,00	5,23
14	. . .	. . .	20 maand	84,00	5,85

Beton, dat niet zijdelings kan uitwijken, kan veilig, wanneer dit noodig is, met veel grooter gewicht dan 6 à 8 kilogr. per cM. belast worden, want gaat men de reactie na, die de draag-

of heipalen in fundeeringen op het beton uitoefenen, van werken die zich reeds sedert jaren goed houden, dan vindt men daarvoor dikwijls 15 tot 25 kilogr. per cm^2 en soms nog belangrijk meer. Dat een paal van 32 cM. middellijn op den kop ruim 16000 kilogr. moet dragen, komt meermalen voor, zoodat voor dit geval in de practijk reeds 20 kilogr. per cm^2 wordt toegelaten.

d. **Metselwerk.** Omtrent den toe te laten druk op metselwerk loopen de meeningen ook nog al uiteen; de onderstaande opgaven kunnen zeer veilig als gemiddelden worden aangemerkt:

Toe te laten druk per cm^2 .

Voor metselwerk in boerengrauw . . .	5 à 6.
» » » hardgraauw . . .	6 à 9.
» » » klinkers . . .	9 à 14.

Bij de spoorwegbrug over de Lek te Kuilenburg heeft men vooreerst aangenomen dat de druk door de kussenblokken op het metselwerk over te brengen, zoude bedragen 10 kilogr. per cm^2 ; in werkelijkheid bedraagt hij 7,3 kilogr.

In de gist- en spiritusfabriek te Delft zijn neuten gemetseld van klinkers in portlandcement, die van boven een oppervlak hebben van 25 bij 25 cM.; daarop staan gegoten ijzeren standvinken met ijzeren voetplaat eveneens van 25 bij 25 cM., welke op het metselwerk 30000 kilogr. kunnen overbrengen, waardoor het bovenvlak van het metselwerk met 48 kilogr. per cm^2 kan belast zijn; hoewel dit werk zich zeer goed houdt en dus genoemd kan worden, zou het toch onvoorzichtig zijn, die belasting als maatstaf aan te nemen bij bruggen, waar behalve den druk ook gelet moet worden op trillingen, die door de mobiele belasting worden uitgeoefend. Maar daaruit blijkt wel voldoende dat de aanneme voor de toe te laten belasting, die men dikwijls op 7 à 10 kilogr. per cm^2 stelt, zeer matig is en stellig voor goed metselwerk tot 14 à 15 kilogr. kan worden verhoogd.

e. **Hardsteen.** Bij de spoorwegbrug te Kuilenburg zijn proeven genomen, waarvan de resultaten, door directe verbrijzeling verkregen, in het volgende **staatje** zijn opgegeven. Zie Tijdschrift Koninkl. Inst. v. Ingenieurs, 1871—72, bladz. 339.

Nummer der proef.	Soort van steen.	Afmetingen van den steen in decimeter.				Gewicht waarbij de verbrijzeling heeft plaats gehad. Kilogr.	Verbrijzelings- weerstand in kilogram.	
		Dikte.	Breedte.	Lengte.	Gedrukt oppervlak in vierk. decimeter.		per vierkante decimeter.	per vierkante centimeter.
1	Petit granit de l'Ourthe	0,30	0,50	0,80	0,40	8906	22265	222,65
2	id.	0,30	0,36	0,80	0,288	6888	23916	239,16
3	id.	1,00	0,70	0,80	0,56	13507	24120	241,20
4	id.	1,00	0,70	0,80	0,56	14313	25559	255,59
5	id.	1,00	0,68	0,80	0,544	19138	35180	351,80

Betreffende deze proeven is nog het volgende vermeld :

»De steenen lagen op hun groefleger.

»Proef n^o. 1. Hierbij zijn verbrijzeld twee stukjes hardsteen »van gelijke afmetingen, dicht tegen elkander in het midden van »de drukplaten gelegd, tusschen twee stukjes lood.

»Proef n^o. 2. Evenals bij proef n^o. 1 twee stukjes hardsteen »van gelijke afmetingen op een afstand van 16 cM. symmetriek »onder de drukplaat gelegd, zonder oplegging of ondersteuning »met lood.

»Proef n^o. 3. Een stuk, zonder bekleeding met lood. Bij 13380 »kilogram per vierkanten decimeter belasting ontstonden fijne »scheuren en eenige afbrokkeling.

»Proef n^o. 4. Één stuk steen. Er ontstond een verticale scheur »bij een belasting van 16000 kilogrammen per vierkanten decimeter.

»Proef n^o. 5. Één stuk steen. Is verbrijzeld zonder vooraf »te scheuren.

»De steenen bij de proeven n^o. 4 en 5 lagen in een bed fijn zand, dik 5 cM., en waren gedekt met lood.»

In het Tijdschrift v. h. Koninkl. Inst. v. Ing. 1873—1874, bladz. 347, komt een stuk voor, betreffende proeven over den weerstand der bouwstoffen tegen verbrijzeling in Frankrijk; daaruit is het volgende uittreksel genomen.

Men onderscheidt *harde kalksteen*en, *halfharde* en *zachte*.

De kalksteen

en, die den meesten weerstand bieden, zijn geschikt om gepolijst te worden; zij zijn zeer dicht met zeer fijne kristalachtige korrel, zooals het marmer van België en van het Noorden van Frankrijk, het schelpmarmer van de Ain en uit Savoye en de steenen uit Provence; deze bouwstoffen wegen zelden minder dan 2700 kilogr. per M³ en dragen tot 900 en soms meer kilogr. per cM².

De kalksteen

en uit Bourgogne en Franche-Comté en die van Château-Landon en van Gannat wegen 2600 tot 2700 kilogr. per M³ en de weerstand bedraagt 700 tot 900 kilogr. per cM².

In den regel bieden de specifiek zwaardere steenen van dezelfde soort meer weerstand dan de lichtere, maar het eigenlijke marmer, dat voor versieringen en standbeelden gezocht is, heeft bij grooter specifiek gewicht minder weerstand; zoo draagt het zeer witte marmer van Saint-Béat van 2741 kilogr. specif. gewicht slechts 641 kilogr. en het bonte marmer van Tantarel van 2668 kilogr. specif. gewicht slechts 552 kilogr. per cM².

De harde kalksteen

en, welke minder of niet geschikt zijn om gepolijst te worden, bieden in den regel minder weerstand dan de reeds genoemde; men noemt daarvan drie klassen. Tot de eerste klasse, waarvan het specifiek gewicht 2400 à 2600 kilogr. en de weerstand 600 à 800 kilogr. bedraagt, behoort in de eerste plaats de werkelijke lias, zijnde zeer gelijkslachtige fijnkorrelige kalksteen

en, geschikt voor bevoering, zooals die van Lézennes, bij Tonnerre (Yonne), van Manninghen (Pas de Calais) en van Chandolin (Sarthe) en verder de minder dichte kalksteen

en, zooals de fraaie witte steen van Echaillon bij Grenoble, de steen van Vendôme en die van Saint-Dizier bij Belfort.

Tot de tweede klasse behooren hoofdzakelijk de grijze gesteenten van Bourgogne, de hardere banken van Lotharingen, Poitou en

de omstreken van Bordeaux en de meeste der kalksteen van la Beauce; zij dragen 350 tot 600 kilogr. per cM^2 . en wegen 2200 tot 2500 kilogr. per M^3 .

Tot de derde klasse behooren de gewone banken der groeven van Euville en Lérouville (Maas), van Ravières (Yonne) en van Chauvigny (Vienne) en de harde soorten uit de molassen van het Zuiden.

De halfharde steenen — bancs royals genoemd — als ze fijnkorrelig zijn, wegen 1000 tot 2200 kilogr. per M^3 en dragen 100 tot 220 kilogr. per cM^2 . De meest bekende zijn de »bancs royals» van Tonnerre, Savonnières-en-Perthois, Allemagne bij Caen en les Lourdines. Het gebruik daarvan gaat tot Parijs en verder.

De eigenlijke zachte steenen hebben een draagvermogen van 20 tot 100 kilogr. per cM^2 en wegen gewoonlijk tusschen 1400 en 1800 kilogr. per M^3 .

Door vrij talrijke proefnemingen is gebleken, dat bij gelijkslachtige steenen, waarbij het groefleger moeielijk te ontdekken is, geen merkbaar onderscheid in hunne draagkracht bestaat of de steenen al of niet op hun groefleger geplaatst zijn, maar in het geval het groefleger gemakkelijk blijkt, is het draagvermogen van den steen minder, wanneer hij niet op het groefleger geplaatst is, doch niet zooveel minder als men gewoonlijk meent. De steen van een kolom van het groote opera-gebouw te Parijs, die almede het grootste verschil opleverde, werd verbrijzeld op zijn groefleger geplaatst met 319 kilogr. en op zijn kant gesteld met 254 kilogr. per cM^2 .

Ook is door proeven bewezen dat in 't algemeen vochtige steen minder draagvermogen heeft dan droge, dat het verschil evenwel grooter is naarmate van den meer poreusen aard van het gesteente. Zoo draagt de steen (banc royal) van Eragny bij Pontoise, terwijl hij het groefwater nog bevat, slechts 42 kilogr. en droog 102 kilogr. per cM^2 . Het is dus zaak vooral voorzichtig te zijn in het bepalen van de belasting, die men op poreusen steen en sterk aan vocht blootgestelde werken zal aanbrengen. Aan alle zijden ingemetselde steenen zullen in den regel meer weerstand tegen het ontstaan van scheuren bezitten, dan vrij liggende steenen.

Veel van den in Nederland gebruikt wordenden hardsteen is van dezelfde of iets minder vastheid dan het petit granit de l'Ourthe.

Neemt men voor de toe te laten belasting $\frac{1}{10}$ van het draagvermogen, dat uit de proeven te Kuilenburg gebleken is, dan vindt men daarvoor 22 à 35 kilogr. per cM^2 . In den regel is de toegelaten belasting minder dan 20 kilogr. per cM^2 , maar voor ingemetselde steenen is wel 20 à 25 en — zoo noodig — 35 kilogr. druk per cM^2 toe te laten.

f. **Overzicht der toe te laten belastingen, die in Nederland kunnen in toepassing gebracht worden.**

A A N D U I D I N G.	Toe te laten belasting per M^2 in kilogr.												
I. Voor gewone fundeeringen op staal.													
Op vasten kleigrond	10000 à 20000												
» » zandgrond, die niet kan uit- wijken	15000 à 50000												
» gewaterd zand » » »	5000 à 8000												
» vast grint	30000 à 70000												
» mergel, goed aaneengesloten . . .	30000 à 50000												
» rots	80000 à 200000												
II. Voor zeer diepe fundeeringen.													
Op vast zand.	53000 à 83000												
» » grint	94000												
» rots	80000 à 200000												
III. Op fundeeringsdeelen, als:													
Fundeeringspalen van 0,20 diameter op 1 M. van den kop	3000 à 6000												
» » 0,30 » » »	7000 à 14000												
» » 0,40 » » »	12500 à 25000												
Het vlak der kespén dat op de palen draagt per cM^2 voor	<table style="display: inline-table; vertical-align: middle;"> <tr> <td style="font-size: 2em; vertical-align: middle;">}</td> <td>dennenhout.</td> <td>7 à</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td></td> <td>grenenhout.</td> <td>10 à</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td></td> <td>eikenhout.</td> <td>15 à</td> <td>20</td> </tr> </table>	}	dennenhout.	7 à	12		grenenhout.	10 à	15		eikenhout.	15 à	20
}	dennenhout.	7 à	12										
	grenenhout.	10 à	15										
	eikenhout.	15 à	20										
Het ingesloten vlak van beton dat op hei- palen drukt.	15 à 25												

A A N D U I D I N G.	Toe te laten belasting in kilogr.
Beton minstens $\frac{1}{2}$ jaar oud, niet volledig opgesloten tegen zijdelingsche uitwijking per cM^2 .	6 à 8
Idem minstens $\frac{1}{2}$ jaar oud, doch zoodanig dat zijdelingsche uitwijking onmogelijk is per cM^2 .	15 à 25
Metselwerk, boerengrauw per cM^2	5 à 6
» gardgrauw » »	6 à 9
» klinkers » »	10 à 15
Hardsteen, de gebruikelijke goede soort	15 à 25

g. Overzicht der toe te laten belasting voor uitrekking, samendrukking en afschuiving, in gebruik bij de Bouw-afdeeling te Berlijn.

A A N D U I D I N G.	Toe te laten belasting per cM^2 voor		
	uitrekking.	druk.	afschuiving.
Goede bouwgrond . . . . .	. . .	2,5	
Steenen van cement, slakken en scherp zand . . . . .	. . .	12,0	
Marmer . . . . .	. . .	24,0	
Tufsteen uit het »Brohlthal» . . . . .	. . .	6,0	
Gewelfsteenen, poreuse zwakgebakken . . . . .	. . .	3,0	
» » hardgebakken . . . . .	. . .	6,0	
Gewoon metselwerk in kalkmortel . . . . .	. . .	7,0	
Goed » » cement . . . . .	. . .	11,0	
Best » » » . . . . .	. . .	14,0	
Nehraer zandsteen, roode . . . . .	. . .	16,0	
idem » heldere . . . . .	. . .	32,0	
Rüdersdorfer kalksteen . . . . .	. . .	25,0	
Graniet . . . . .	. . .	45,0	
Basalt . . . . .	. . .	75,0	
Glas . . . . .	. . .	75,0	
Dennenhout in de richting der vezels	60	50,0	
Grenen	80	60	
Eikenhout	120	66	
Gegoten ijzer	250	500	190
Gesmeed »	750	750	525

III. **Wijze van bepaling der afmetingen van de deelen van steenen landhoofden.** *a. Landhoofden voor balkbruggen.* Het gedeelte van het geheele gewicht van den bovenbouw en van de mobiele belasting der brug, dat op de landhoofden draagt, kan als bekend aangenomen worden; dat gedeelte drukt in den regel op de frontmuren.

Nadat de vorm der landhoofden, zie **Derde deel eerste gedeelte bladz. 9**, en de soort van fundeering zijn vastgesteld, gaat men over tot het bepalen van de afmetingen der muren. Dit geschiedt gewoonlijk naar empirische verhoudingen, op bladz. 69 en 70 van het **Derde deel eerste gedeelte** meegedeeld; zijn de landhoofden in richting en vorm te beschouwen als bekleedingsmuren dan kan bij het bepalen der afmetingen gebruik gemaakt worden van hetgeen voorkomt in het **Eerste deel** hoofdstuk VI bladz. 186 en volgende. De bovendikte wordt in elk geval ingericht met het oog op de oplegging der bruggen en — zoo noodig — in verband met den aanleg van trottoirs, borstweringen of leuningen. Het is duidelijk dat de lengte der fronten gelijk is aan de breedte der brug buitenwerks plus aan weerszijden nog een zeker uitstek, dat van 0.50 tot 2.00 M. verschillen kan. De lengte en richting der vleugels regelt zich naar de aansluiting aan het te maken of bestaande werk en moet in elk geval zoo zijn dat die aansluiting behoorlijk kan geschieden.

Wordt het gewicht van de muren en van den grond berekend, dat op de fundeering drukt, dan wordt, na bijvoeging van het gewicht door de mobiele belasting en den bovenbouw der brug op de frontmuren overgebracht, de geheele belasting bekend, die de fundeering onder de frontmuren zal te dragen hebben. De fundeering der vleugelmuren wordt in den regel alleen met metselwerk en grond belast; daarbij komt soms nog bovenbelasting, wanneer de vleugels als trottoirs gebruikt worden en ook wanneer de landhoofden smal zijn, of wanneer de fundeering der vleugels zich ten deele onder den rijweg uitstrekt.

Is de fundeering op staal en bestaat zij uit een blok metselwerk of beton, dan komt natuurlijk het gewicht hiervan nog bij de reeds gevonden belasting om den totalen druk op den fundeeringgrond te bekomen. Het ondervlak der fundeering van de

frontmuren en dat van de vleugels moet nu zoo groot bepaald worden, dat op den bouwgrond per vierk^{te}. eenheid een druk uitgeoefend wordt, dien de bouwgrond met volkomen veiligheid kan dragen; hetzelfde is het geval wanneer de muren op een roosterwerk dragen. Is de fundeering van heipalen voorzien dan wordt de toe te laten belasting voor een paal vastgesteld en daarna het aantal palen dat onder de frontmuren en onder de vleugels moet geheid worden; daarbij wordt aangenomen dat de geheele belasting door de palen wordt opgenomen.

Het ondervlak van elk der deelen van de fundeering wordt nu minstens zoo groot dat de heipalen op geen kleineren afstand dan van 0.70 à 0.80 M. hart op hart doch liefst op ruimeren afstand b. v. 1 M. komen te staan.

Het al of niet noodig hebben van afheijingen met damplanken of dampalen, van schoorpalen, van verbreedingen der fundeering enz., kan slechts voor elk bijzonder geval beoordeeld worden, terwijl de afmetingen aan de meeste dezer deelen te geven veelal op empirische wijze worden vastgesteld.

b. Landhoofden voor kettingbruggen. Dienen de landhoofden tot het bevestigen van de kettingen eener hangbrug, dan is natuurlijk behalve met den gronddruk rekening te houden met de werking van de spanning in de ketting op het landhoofd.

Is S Pl. 53 fig. 5 de spanning in de ketting, α_1 de hoek die de ketting met de horizontaal maakt, A de voorkant van het landhoofd op de fundeering, AB de lijn die uit A rechthoekig op de richting der ketting valt dan zal zijn:

$$\overline{AB} = \overline{AC} \sin \alpha_1.$$

Zij verder G het gewicht van het muurwerk, zekerheidshalve slechts gerekend tot FF_1 , \overline{AD} de horizontale afstand van A tot G, zoo zal voor het evenwicht moeten zijn:

$$G \times \overline{AD} \geq S \times \overline{AB} = S \times \overline{AC} \sin \alpha_1 \quad . \quad (7a).$$

Neemt men daarbij tegen het omkantelen een m_1 -voudige zekerheid aan dan bekomt men:

$$G \times \overline{AD} \geq m_1 S \times \overline{AC} \sin \alpha_1; \quad . \quad (7b).$$

voor m_1 is minstens 2 aan te nemen.

Ook mag het landhoofd niet vooruit schuiven; de spanning S

veroorzaakt een horizontale kracht van $S \cos \alpha_1$ en een verticaal naar boven werkende kracht van $S \sin \alpha_1$. Wanneer f de wrijvingscoëfficiënt is van het metselwerk op de fundeering of het vlak, waarover men meent dat het muurwerk zal schuiven dan zal voor het evenwicht moeten zijn :

$$f (G - S \sin \alpha_1) \geq S \cos \alpha_1 (8a).$$

Stelt men tegen het verschuiven een m_2 -voudige zekerheid, dan zal zijn :

$$f (G - S \sin \alpha_1) \geq m_2 S \cos \alpha_1 (8b).$$

In de practijk zal m_2 minstens gelijk 2 moeten gesteld worden.

Tot bepaling van de dikte der ankerplaat bij een afstand a van midden tot midden der steunvlakken en bij een breedte b der plaat heeft men, wanneer T de toe te laten spanning in het ijzer is Pl. 53 fig. 5.

$$\frac{S}{2} \times \frac{a}{2} = \frac{WT}{e}$$

waarin $W = \frac{1}{12} b \delta^3$ en $e = \frac{1}{2} \delta$

dus $\frac{Sa}{4} = \frac{1}{6} b \delta^2 T$

of $\delta = \sqrt{\frac{3Sa}{2bT}} (9a).$

Ook zal moeten worden nagegaan of de ankerplaat tegen afschuiving bestand is en dus zal moeten zijn :

$$S = 2\delta bT_1$$

$$\delta = \frac{S}{2bT_1} (9b).$$

waarin T_1 de toe te laten spanning tegen afschuiving.

Wanneer de ankerplaat tegen hardsteen aansluit over de breedte van b cM. en ter hoogte van $2c$ cM., dan zal — wanneer men den druk op den niet aan alle zijden ingesloten hardsteen stelt op slechts 10 kilogr. per cM² — moeten zijn :

$$b \times 2c \times 10 = S$$

$$c = \frac{S}{20b} (10).$$

Ook valt er op te letten dat door de werking der ankerplaat

op het metselwerk niet een prisma metselwerk als b. v. F I K L Pl. 53 fig. 5 en 6 uit het landhoofd gescheurd worde.

Is de ketting in E gesteund, Pl. 53 fig. 6 om daar van richting te veranderen, dan zal tegen het omkantelen om het punt A moeten zijn :

$$G \times \overline{AD} \underset{>}{=} m_1 S \times \overline{AB}_1. \quad . \quad . \quad . \quad (11).$$

Ter bepaling van de noodige afmetingen aan het steunpunt E te geven, zal de resultante in E moeten worden bepaald; is daar een stoel op rollen geplaatst en neemt men aan, dat men de wrijving van den stoel over de rollen kan verwaarloozen, dan is $S = S_1$ en de resultante deelt den hoek, die de twee deelen der ketting in E met elkander maken, midden door. De helft van dezen hoek gelijk γ stellende, heeft men :

$$R = 2 S \cos \gamma. \quad . \quad . \quad . \quad (12).$$

Wanneer S in E een hoek α_2 met den horizon maakt, dan is de verticale kracht V, die door S op het landhoofd wordt uitgeoefend :

$$V = S. \sin \alpha_2.$$

Deze is naar boven werkend, wanneer S een opwaartsche richting heeft; zij is naar beneden werkend wanneer S een neerwaartsche richting heeft.

De horizontale kracht H door S in E opgewekt is :

$$H = S. \cos \alpha_2.$$

Tegen horizontaal verschuiven van het landhoofd zal nu moeten zijn :

$$f (G \mp \sin \alpha_2) \underset{>}{=} m_2 S \cos \alpha_2 \quad . \quad . \quad . \quad (13).$$

c. **Landhoofden voor schoor-, boog- of scharnierbrug.** Men zal ten allen tijde voldoende zekerheid bekomen, indien men de landhoofden sterk genoeg maakt tegen den grondruk evenals bij een balkbrug, zonder dat de bovenbouw aanwezig en eveneens sterk genoeg tegen den druk van den bovenbouw en de belasting zonder dat het landhoofd aangeaard is.

Stel, Pl. 53 fig. 7, den zijdelingschen druk op het landhoofd uitgeoefend, tengevolge van den bovenbouw en de belasting gelijk Z, dan kan die ontbonden worden in den verticalen druk V_1 en den horizontalen druk H.

Brengt de bovenbouw en de belasting bovendien nog een ver-

ticalen druk V_2 op het landhoofd, zoo zal voor het evenwicht moeten zijn :

$$G \times \overline{A_1D} + V_1 \times \overline{A_1d_1} + V_2 \times \overline{A_1d_2} = m_1 H \times \overline{AB}, \quad (14).$$

terwijl tegen verschuiven geldt :

$$f (G + V_1 + V_2) = m_2 H. \quad (15).$$

IV. Wijze van bepaling der afmetingen voor steenen pijlers.

a. **Steenen stroompijler voor een balkbrug.** Tot voorbeeld wordt genomen een stroompijler te ontwerpen voor een brug met openingen, gerekend van het midden tot midden der oplegging, van 100 M. voor dubbel spoor met twee hoofdliggers die van oplegging tot oplegging reiken en niet doorgaan. De gegevens zijn Pl. 54 fig. 1:

Vaste ondergrond	10.00 M.	—	peil
Bodem der rivier	3.50	»	— »
Zeer lage waterstand	1.30	»	— »
Middelbare	0.00	»	= »
Vermoedelijke hooge waterstand tijdens den bouw	1.50	»	+ »
Hoogste water met ijs, enz.	5.00	»	+ »
Hoogte van den bovenkant der hardsteen-			
kussenblokken	12.50	»	+ »

Het gewicht van den bovenbouw van een opening der brug kan aangenomen worden op $(800 + 35 L) L \times 2 = 4300 \times 200$ 860000 kilogr.

De mobiele belasting kan gesteld worden te bedragen $100 \times 3500 \times 2 =$ 700000 »
 Samen 1560000 »

Een vierde daarvan drukt op een bovenstoel dus $P =$ 390000 kilogr.

Daar komt bij het gewicht eener oplegging:

Voor een bovenstoel	1650 kilogr.	
» » onderstoel	3400	»
» » as dik 25 cM.	600	»
» tien rollen hoog 25 cM.	3600	»
	<u>9254 kilogr.</u>	<u>390000 kilogr.</u>

	9250 kilogr.	390 000 kilogr.
Voor een onderplaat dik 6 cM.	1200	»
» raamijzers, tapbouten enz.	250	»
Te zamen $p =$	10 700	»
	$P + p =$	400 700

De toe te laten druk op hardsteen 20 kilogr. per cM² aannemend, dan moet de onderplaat, die op den hardsteen rust, minstens een ondervlak bekomen van:

$$O = \frac{P + p}{20} = 20035 \text{ cM}^2.$$

Wordt de draaglengte der rollen op 1.30 M. of gelijk aan de breedte van den onderrand der hoofdliggers bepaald, dan zou de onderplaat kunnen zijn breed 1.30, lang 1.54 M. Het is nuttig de lengte iets ruimer aan te nemen. Het blok hardsteen, waarop de plaat rust, steekt aan alle kanten omstreeks 0.15 M. buiten de plaat en zal daardoor een bovenvlak van 1.60×1.80 bekomen, doch het ondervlak zal, wanneer het onmiddellijk op het metselwerk draagt en wanneer men 10 kilogr. druk per cM² daarop toelaat, ruim 4 M² groot moeten zijn, hetgeen voor één steen, die zonder gebreken en ongeveer 0.80 M. hoog moet zijn, een zeer groote maat is.

Men kan zulk blok uit 2 stukken nemen, die dan met de meeste zorg ondermetseld dienen te worden; hier te lande zal men dat in den regel niet doen maar een veel betere constructie volgen, namelijk door hardsteen onderlagen van 2 of 3 stukken goed op het metselwerk te laten dragen en daarop het eigenlijk kussenblok van 1.60×1.80 te leggen; de hoogte van 0.70 M. is dan voor het kussenblok zeer voldoende, terwijl de onderlagen de hoogte van 0.55 M. kunnen bekomen. De onderlagen mogen niet te dun genomen worden, om den druk op het metselwerk gelijkmatig over te brengen; een juiste aanwijzing voor de hoogte is niet te geven, omdat de toe te laten spanning in hardsteen bij buiging of afschuiving te onzeker is. Een hoogte gelijk aan $2\frac{1}{2}$ maal het grootste uitstek aan een zijde buiten het kussenblok is, gelet op de bestaande constructies van dien aard, voldoende.

Het gewicht van zulk kussenblok is	5300 kilogr.
Het gewicht der onderlagen wordt gesteld op	6000
Te zamen	11300

	Te zamen	11 300 kilogr.
	Voegt men daarbij $P + p$ of	<u>400 700</u> »
	Dan verkrijgt men voor den druk op het metselwerk onmiddellijk onder de onderlagen,	
	$P + p_1 =$	412 000 »
	Voor het ondervlak der onderlagen vindt men dus:	

$$O_1 = \frac{P + p_1}{10} = 41200 \text{ cM}^2,$$

waarvan de afmetingen kunnen zijn 1.90 bij 2.20 M.

De steenen voor de onderlagen kunnen in twee stukken geleverd worden van 1.90 bij 1.10 M. De afmeting van 2×1.10 of 2.20 M. moet in de richting van de dikte des pijlers komen, zoodat wanneer de onderlagen van twee steunpunten tegen elkander sluiten, de pijler een dikte bekomt van **4.40** M. hetgeen dan de noodige *kleinste* bovendikte is. Beter is 't evenwel, de dikte wat grooter te nemen, omdat men den vollen druk niet gaarne nabij de dagzijde des pijlers op het metselwerk wenscht te laten werken, wegens eenige mogelijke verwerking ervan.

Empirisch is de bovendikte $= 0.80 + 0.12 h + 0.025 W$, zie **Derde deel eerste gedeelte bladz. 222**, waarin voor h de hoogte moet gesteld worden van den bovenkant der fundeering, tot den bovenkant van de hardsteenen kussenblokken of in het aanwezig geval 14 M. en $W = 100$ min de dikte des pijlers of ongeveer $= 95.6$ M.

Alzoo bovendikte $= 0.80 + 1.68 + 2.39 =$ **4.87** M.

Voor de bovendikte des pijlers wordt hier aangenomen rond **5.00** M.

De zijvlakken des pijlers worden met $\frac{1}{20}$ helling opgetrokken alzoo is de dikte op 5.50 M. + peil of op 0.50 M. boven hoogste water 5.70 M.

Van onderen zijn rondom aan alle zijden een paar versnijdingen elk breed 0.25, hoog 0.50 M. De pijler wordt dan breed:

Op 1.00 M. boven de fundeering of op 0.50 M. — peil	$\left\{ \begin{array}{l} 6.30 \text{ M.} \\ 6.80 \text{ »} \end{array} \right.$
» 0.50 » » »	
» de fundeering of op 1.50 M. — peil	$\left\{ \begin{array}{l} 6.85 \text{ »} \\ 7.35 \text{ »} \\ \underline{7.40 \text{ »}} \end{array} \right.$

De kleinste bovenlengte des pijlers is gelijk aan :

1°. de breedte tusschen de hoofdliggers = 8.50 M.

2°. de halve breedte van een der hoofdliggers tweemaal genomen . . . = 0.60 »

3°. de breedte van het hart des hoofdliggers tot den buitenkant der hardsteen onderlagen tweemaal genomen = 1.90 »

Samen. 11.00 M.

Daar wordt gewoonlijk aan weerszijden nog iets bijgevoegd, b. v. 0.50 à 1.50 M. en soms meer; neemt men 1.00 M. dan is de *aan te nemen bovenlengte* zonder overstek der lijst

13.00 »

De einden of koppen van het bovendeel des pijlers kan men nu rechthoekig of op een andere wijze afwerken. Van boven af gerekend bekomen de einden ook een helling van $\frac{1}{20}$ tot b. v. 5.50 + peil, alzoo over 7.00 M. hoogte zoodat daar de lengte wordt

13.70 »

Onder die hoogte wordt de pijler langer, namelijk zooveel als noodig is voor de ijsbrekers of ter geleiding van ijs en water; daarvoor kunnen verschillende vormen dienen; hier zijn als grenslijnen daarvan aangenomen cirkelbogen beschreven met stralen uit twee middelpunten, die links en rechts gelegen zijn, zoodat de pijler aan weerseinden in een punt uitloopt; op de hoogte van 5.50 M. + peil zijn de stralen lang 5.70 M., waardoor daar de vermeerdering van de lengte des pijlers 2×4.95 M. en de geheele lengte $13.70 + 2 \times 4.95$ bedraagt of . . .

23.60 »

Verder is de totale lengte des pijlers :

Op 1.00 M. boven de fundeering of op 0.50 M. — peil { 24.38 »
24.88 »

Op 0.50 M. boven de fundeering of op 1.00 M. — peil { 24.94 »
25.44 »

Op de fundeering of op 1.50 M. — peil 25.50 »

Thans moet de kubieke inhoud en het gewicht des pijlers berekend worden. Uit die berekening blijkt, dat verwerkt moet worden:

Metselwerk in gebakken steen	982 M ³
» » gehouwen »	448 »
Te zamen.	<u>1430</u> »

Daarbij is op te merken dat de hardsteen-bekleding hier plaats heeft: van het bovenvlak der fundeering tot 5.50 M. + peil, dat verder de hoeken met hardsteen zijn voorzien en de afdekking des pijlers met hardsteen geschiedt. De breedte, die de hardsteen in het metselwerk inneemt, is 0.80 M. en 1.20 M. of gem. 1.00 M. De pijler is van boven van een hardsteen lijst voorzien.

Het gewicht, dat op de fundeering drukt, is nu:

Gewicht van den bovenbouw.	860 000 kilogr.
Mobiele belasting	700 000 »
IJzeren of stalen opleggingsdeelen als: stoelen, assen, rollen, raamijzer, onderplaten, 10700 × 4 =	42 800 »
Metselwerk 982 × 1800	1767 600 »
Hardsteen 448 × 2700	1209 600 »
Samen	<u>4580 000</u> »

Er wordt hier aangenomen, dat de fundeering uit beton op heipalen bestaat. De onderkant van het beton laat men reiken tot 2.00 M. onder den bodem of tot 5.50 M. — en opgaan tot 1.50 — peil, zoodat de beton-hoogte wordt 4.00 M.

Hier is aan te nemen dat de dampalenvand en de grond niet dicht zijn en dat dus water onder het beton aanwezig is.

Stelt men nu 1°. dat het beton, na aftrek van den tegen-druk des waters gerekend van den laagsten waterstand tot den onderkant van het beton of ter hoogte van 4 M., met vol-gewicht op de palen drukt en niets op den grond; 2°. dat elk der palen omstreeks 17000 kilogr. zal dragen; 3°. dat de palen ongeveer 0.90 M. 1) hart op hart uit elkander zullen staan en 4°. dat de binnenkant der dampalen-rij op 0.60 M. uit het hart der uiterste heipalen wordt gesteld, dan heeft elke paal te dragen aan beton van 1.8 specifiek gewicht minstens $4 \times 0.90 \times 0.90$

1) De afstand van 0.90 M. is voldoende; voor *zeer zware* palen is 't evenwel beter dien op 1 à 1.20 M. te stellen.

(1800—1000) of 2592 kilogr. en aan hetgeen zich boven de fundeering bevindt hoogstens 17000—2592 of 14408 kilogr.; het aantal palen zal dus moeten zijn minstens:

$$\frac{4580000}{14408} = 318.$$

Tot het plaatsen dezer palen is een grondvlak noodig *minstens* van
 $0.90 \times 0.90 \times 318 = 258 \text{ M}^2.$

Het grondvlak van het metselwerk op de fundeering is slechts 164 M^2 ; er komen dus *minstens* te kort 94 M^2 , zoodat de fundeering buiten het metselwerk moet verbreed worden, waardoor tevens de stabiliteit vergroot wordt.

De omtrek van den aanleg van het metselwerk op de fundeering is lang 57 M.; alzoo is de noodige verbredening tot bekoming van 258 M^2 bij benadering 94 gedeeld door 57 of... 1.65 M.

Daarbij is te voegen ongeveer 2 (0.60—0.45) voor meerdere breedte tot aan den binnenkant der dampalen 0.30 »

De geheele verbredening kan dus bij benadering bedragen 1.95 »

Daar de aanleg van het metselwerk op het beton breed is 7.40 M. zoo zal de breedte tusschen de dampalen globaal kunnen zijn:

$$7.40 + 2 \times 1.95 = 11.30 \text{ M.}$$

Stellen we in de breedte der fundeering 12 paalrijen op den afstand van 0.90 M., dan is daartoe noodig tusschen de middelpunten der uiterste palen. 9.90 M.

Waarbij te voegen is tot aan den binnenkant der dampalenrij 2×0.60 1.20 »

Waardoor de geheele breedte wordt 11.10 »

De verbredening buiten den aanleg van het metselwerk zal nu werkelijk bedragen $11.10 - 7.40 = 3.70 \text{ M.}$ dus aan weerszijden 1.85 M. Minstens deze verbredening rondom den pijler aannemende dan kunnen geschikt geplaatst worden 322 palen, terwijl het vlak tusschen de dampalen vergroot is tot 285 M^2 .

Het door de palen te dragen gewicht zal nu zijn:

1°. Aan beton $285 \times 4 \times 800$ 912 000 kilogr.

2°. » hetgeen zich boven de fundeering

bevindt $4\ 580\ 000$ »

Samen $5\ 492\ 000$ »

470 Bepaling van afmetingen van de voornaamste

zoodat elke paal zal te dragen hebben:

$$\frac{5492000}{322} = 17056 \text{ kilogr.}$$

Een paal, houdende 33 cM. middellijn in het vlak van den onderkant der fundeering zal dan in dit vlak gedrukt worden met 20 kilogr. per cM²; de vermindering van het op dit vlak drukkend gewicht door het verschil van specifiek gewicht van een stuk paal in plaats van beton ter hoogte van 0.75 M. kan hier buiten beschouwing blijven, zoo ook de wrijving van het beton langs de dampalen en de vermeerdering van druk door eenigen ballaststeen, die op het beton gestort wordt.

De punt der heipalen reikt tot 14.00 M. — peil of tot 10.50 M. onder den bodem; bij de uitvoering kan men het boveineind, wanneer niet met opzetstukken geheid wordt, slechts tot 0.50 à 1.00 M. + peil inheien; de palen moeten dus besteld worden op 15 M. lengte terwijl ze onder water worden afgezaagd op 4.75 M. — peil en dus een lengte behouden van 9.25 M.

De dampalen reiken tot 7.50 M. onder den bodem of tot 11.00 M. — peil en staan bij de uitvoering van de fundeering met het boveineind op 0.50 M. boven den vermoedelijke hoogen waterstand tijdens den bouw of op 2.00 M. +. Hunne totale lengte moet dus bedragen 13.00 M. Ze worden later afgezaagd op 0.10 M. onder den zeer lagen waterstand of op 1.40 M. — peil, zoodat de behouden lengte 11.60 M. blijft; de dwarsafmetingen zijn 0.25 en 0.30 M.; de afmeting van 0.30 komt in de richting van de lengte des pijlers te staan.

Zijdelingsche druk ten gevolge van de uitzetting of inkrimping van den bovenbouw der brug wordt bij gelijke openingen, onder gelijke omstandigheden verkeerende, opgeheven. Bij ongelijke openingen of nog erger, wanneer de bovenbouw van een opening niet aanwezig is, kan de zijdelingsche druk wellicht in aanmerking komen bij de beoordeeling van de stabiliteit des pijlers. Stel P Pl. 54 fig. 3 het gewicht dat op de rollen drukt en f_1 de wrijvingscoëfficiënt aan den omtrek der rollen bij een middellijn gelijk aan de eenheid en K de kracht die de rollen doet bewegen, dan is, bij een diameter d der rollen, te stellen:

$$K = \frac{f_1 P}{d}$$

De coëfficiënt f_1 is niet bekend; hij zou wel groot kunnen zijn indien de rollen door roest of anderszins in slechten toestand verkeerden. — Een der nadeeligste gevallen zou zich voordoen indien de rollen niet bewegen en de bovenbouw over de rollen glijdt; in dit geval heeft men met glijdende wrijving te doen, waarvoor de formule $k = f P$ geldt; stelt men voor zulk een ongunstig geval $f = 0.20$ dan is

$$K = 0.20 P.$$

Is h de hoogte gerekend van de fundeering tot den bovenkant der rollen, a_1 de horizontale afstand van den voet der loodlijn gaande door het midden der oplegging van P tot het kantelingspunt A des pijlers op de fundeering, a_2 de horizontale afstand van het zwaartepunt van het gedeelte des pijlers dat zich boven het kantelingspunt bevindt en G het gewicht van dit gedeelte dan zal voor een zeer nadeelig geval moeten zijn:

$$0.20 P \times h \leq P \times a_1 + G \times a_2$$

$$\text{of} \quad (0.20 h - a_1) P \leq G \times a_2 \dots \dots \dots (16).$$

Zoolang $a_1 \geq 0.20 h$ is, heeft de kracht K geen invloed op de kanteling des pijlers zelfs onafhankelijk van het gewicht des pijlers. Voor den hierboven besproken pijler is $h = 14.25$ M. of $0.20 h = 2.85$ en $a_1 = 2.30$ M. minstens, zoodat de kracht K wel eenigen invloed op het omkantelen van dien pijler zou kunnen hebben.

Zijdelingsche druk ten gevolge van de werking van ijssdammen, kan niet bepaald worden. Eenigszins voldoende gegevens daartoe ontbreken. De gebruikte empirische formule afgeleid uit een tal van pijlers, die met ijsgang te doen hebben, houdt daarmede rekening.

b. Steenen pijler eener kettingbrug. Zijn de kettingen op den pijler bevestigd zooals op Pl. 54, fig. 4 en zijn S en S_1 de spanningen in de kettingen rechts en links, α en β de hoeken, die de kettingen met de horizontaal maken, H en H_1 de horizontaal ontbondenen, V en V_1 de verticaal ontbondenen, dan zal zijn:

$$H = S \cos \alpha \text{ en } H_1 = S_1 \cos \beta$$

$$\text{en dus} \quad H - H_1 = H_2 = S \cos \alpha - S_1 \cos \beta$$

$$V = S \sin \alpha \text{ en } V_1 = S_1 \sin \beta$$

$$\text{alzo:} \quad V + V_1 = S \sin \alpha + S_1 \sin \beta.$$

Is G het gewicht des pijlers boven het kantelingspunt A , h de hoogte van A tot het aangrijpingspunt der horizontale krachten, a_1 de horizontale afstand van $V + V_1$ tot A en a de horizontale afstand van het zwaartepunt des pijlers tot A , dan zal voor de stabiliteit des pijlers moeten zijn:

$$H_2 \times h \leq (V + V_1) \times a_1 + G \times a \quad . \quad . \quad (17).$$

Het is zaak voor H_2 de grootste waarde in te voeren; deze bekomt men door de overspanning der brug, die de grootste horizontale kracht opwekt, bv. in fig. 4 de rechtsche, geheel te belasten en de linksche geheel te ontlasten. Gaat de ketting over rollen van een diameter gelijk d die op een vlak steunen, dan is rollende wrijving aanwezig; is f_1 voor een middellijn der rollen gelijk aan de eenheid, de wrijvingscoëfficiënt, dan is bij benadering, voor de rollende wrijving W , te stellen

$$W = \frac{f_1}{d} (V + V_1)$$

Deze wrijving is bij groote goed gestelde en vooral goed onderhouden rollen, liggende op een plat afgeschaafd vlak niet groot; wanneer men ze verwaarloost, is voor het hier besproken geval evenals bij de landhoofden $S = S_1$.

In 't algemeen is 't zeer wenschelijk, wanneer een pijler dient tot dracht der kettingen of kabels eener hangbrug, als *voorwaarde* te stellen, dat de inrichting der oplegging zoodanig zij dat, hoe de belasting ook op de brug is aangebracht, alleen verticale druk op den pijler werkt, indien men namelijk de wrijving buiten rekening laat, en dit laatste zal alleen dan zonder grove fout geschieden wanneer de opleggingen zijn ingericht als volgt:

1°. Op den pijler zijn de noodige afgedraaide rollen van voldoende middellijn aanwezig:

α . om aan het deel der oplegging, waarop de ketting of kabel draagt gelegenheid te geven zich vrij over en met de

rollen te kunnen verplaatsen in de richting van de lengte der brug, Pl. 54, fig. 5, of wel:

b. om de kabel zelve gelegenheid te geven zich ongehinderd over de rollen in de lengte-richting te kunnen bewegen, Pl. 54, fig. 6.

De inrichting sub *a* is het meest verkieslijk.

2°. De ketting of kabel hangt aan een verticalen slinger, die van boven vrij over een horizontaal vlak kan bewegen, Pl. 54, fig. 7.

3°. De ketting of kabel draagt op een slinger, die van boven vrij is en van onder op een plat vlak steunt, Pl. 54, fig. 8.

c. **Steenen pijler eener scharnierbrug.** Wanneer de pijler dient tot steun eener scharnierbrug Pl. 54, fig. 9*a*, dan zal voor het evenwicht het moment der krachten, opgewekt door den bovenbouw en de mobiele belasting, ten opzichte van D gelijk moeten zijn aan het moment van den pijler ten opzichte van D. Zij de spanwijdte der brug *L* Meter, en de pijl $CK = \frac{L}{n}$; zij *A* het

linker, *C* het middel en *B* het rechter scharnier. Als men nu wil onderzoeken of de pijler om het punt *D* zal kantelen, kan men beginnen met na te gaan waar een gewicht op de brug kan geplaatst worden dat geen invloed op het omkantelen des pijlers zal hebben. Daartoe trekt men de lijnen *DB* en *AC* en verlengt die tot ze elkander snijden in *E*. Een gewicht aangebracht in het verticaal vlak *EF*, dat door het punt *E* gaat, en loodrecht gesteld is op de lengte-richting der brug, zal geen invloed op het omkantelen uitoefenen, omdat de richting der componenten *EB* door het punt *D* gaat; van een gewicht links van het vlak *EF* geplaatst zal de componenten rechts van *D* vallen en alzoo het omstorten des pijlers bevorderen, daarentegen zal een gewicht rechts van *EF* aangebracht het omvallen des pijlers tegenwerken. Noemen we *c* den horizontalen afstand van het scharnier *B* tot het verticaal vlak *EF*, *h* de hoogte van *B* boven het kantelingspunt *D*, *a*₁ den horizontalen afstand van *B* tot *D*, dan blijkt uit fig. 9*a*:

$$EF: c = h: a_1 \text{ dus } EF = \frac{ch}{a_1}; \text{ verder:}$$

$$EF: \frac{L}{n} = L - c : \frac{L}{2} \text{ of } EF = \frac{2}{n} (L - c).$$

$$\text{Alzoo} \quad \frac{ch}{a_1} = \frac{2}{n} (L - c)$$

$$\text{of} \quad c = L \frac{2a_1}{nh + 2a_1} \dots \dots \dots (18).$$

Stellen we nu per M^1 brug voor het eigengewicht q , voor de mobiele belasting p en noemen we de verticaal en horizontaal werkende krachten V en H in het scharnier C bij een belasting der brug links van het vlak EF , dan heeft men ter bepaling van V en H :

$$\text{fig. 9b } 0 = -H \frac{L}{n} - V \frac{L}{2} + q \cdot \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} + p \frac{L}{2} + \frac{L}{4}$$

$$\text{fig. 9c } 0 = +H \frac{L}{n} - V \cdot \frac{L}{2} - q \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} - p \left(\frac{L}{2} - c \right) \left(\frac{L}{4} + \frac{c}{2} \right).$$

Men bekomt door deze twee vergelijkingen:

$$\text{op te tellen: } 0 = -V \cdot L + p \frac{L}{2} \cdot \frac{L}{4} - p \left(\frac{L}{2} - c \right) \left(\frac{L}{4} + \frac{c}{2} \right)$$

$$0 = -V \cdot L + \frac{pc^2}{2}$$

$$V = \frac{pc^2}{2L} \dots \dots \dots (19).$$

$$\text{af te trekken: } 0 = -2H \frac{L}{n} + qL \cdot \frac{L}{4} + 2p \frac{L^2}{8} - \frac{pc^2}{2}$$

$$0 = -2H \frac{L}{n} + q \frac{L^2}{4} - \frac{pL^2}{2} - \frac{pc^2}{2}$$

$$H = \frac{nL}{8} (q + p) - \frac{npc^2}{4L} \dots \dots \dots (20).$$

Daar de resultante van V , H , den bovenbouw en de mobiele belasting noodzakelijk door B moet gaan, zoo kan het moment der krachten, opgewekt door den bovenbouw en de belasting, (of M_{BB}) ten opzichte van het punt D als volgt geschreven worden:

$$\begin{aligned} M_{BB} &= Hh - \left[V + \frac{1}{2} Lq + \left(\frac{1}{2} L - c \right) p \right] a_1 = \\ &= Hh - \left[V + \frac{1}{2} L (q + p) - pc \right] a_1 \dots \dots (21). \end{aligned}$$

Het moment van den pijler ten opzichte van D is

$$G \times \frac{a_2}{2} = M. \text{ pijler} \dots \dots \dots (22).$$

Alzoo voor het evenwicht:

$M_{BB} \leq M. \text{ pijler}$ en bij m_1 -voudige zekerheid tegen het kantelen:

$$M_{BB} \leq \frac{1}{m_1} M. \text{ pijler} \dots \dots \dots (23).$$

Is daarbij een sterke wind in de richting van de lengte der brug b. v. van k_1 kilogr. per M^2 en is het vlak aan den wind blootgesteld en rechthoekig staande op de richting des winds F M^2 groot, waarvan het zwaartepunt gelegen is op h_2 M. boven het punt D, dan zal de wind een kracht van $k_1 F$ kilogr. op den pijler uitoefenen, die hem tracht te doen kantelen, terwijl het moment wordt:

$$k_1 F h_2 = M. \text{ wind} \dots \dots \dots (24).$$

Voor dat geval zal dan moeten zijn bij m_1 -voudige zekerheid tegen het kantelen.

$$M_B + M. \text{ wind} \leq \frac{1}{m_1} M. \text{ pijler} \dots \dots \dots (25).$$

Mag men aannemen dat de pijler door een tweede brug wijd L_1 Meter gesteund is, dan zal deze brug een minimum steun geven ten opzichte van het punt D wanneer zij onbelast is.

Ter bepaling van V_1 en H_1 of de verticaal en horizontaal werkende krachten in het middelscharnier der tweede brug heeft men bij onbelaste brug te stellen

$$p = 0, L = L_1, n = n_1, q = q_1, H = H_1$$

dan is $V_1 = 0 \dots \dots \dots (26).$

$$H_1 = \frac{n_1 L_1 q_1}{8} \dots \dots \dots (27).$$

Het moment van den bovenbouw der rechterbrug ten opzichte van D wordt dan:

$$H_1 h_1 + e_1 \frac{L_1 q_1}{2} = \frac{1}{2} L_1 q_1 \left(\frac{n_1 h_1}{4} + e_1 \right) \dots \dots \dots (28).$$

Men zal dus voor het evenwicht met m_1 -voudige zekerheid tegen het omkantelen moeten hebben:

$$M_{BB} \leq \frac{1}{m_1} \text{ maal (M. pijler + Mom. bovenbouw rechter brug)}. \quad (29).$$

Nemen we thans een voorbeeld voor een brug, waarvan de spanwijdte 60 M., de pijl $\frac{60}{6} = 10$ M., de hoogte van het scharnier B boven de fundeering 15 M. bedraagt; de brug is voor dubbel spoor en kan belast worden met 8700 kilogr. mobiel gewicht, terwijl het eigen gewicht op 5800 kilogr. per M^1 wordt gesteld. Nemen we verder $a_1 = 6,75$ M.

De waarden substitueerende in:

$$c = L \frac{2a_1}{nh + 2a_1}$$

$$V = \frac{p c^2}{2L}$$

$$H = \frac{nL}{8} (q + p) - \frac{n c^2 p}{4L}$$

bekomt men $c = 7.83$ M.; $V = 4445$ kilogr.; $H = 639165$ kilogr.

Verder de waarden stellende in:

$$Hh - \left[V + \frac{1}{2} L (q + p) - pc \right] a_1 \leq G \frac{a_2}{2}$$

$$\text{verkrijgt men: } 7081038 \leq G \frac{a_2}{2}$$

De afmetingen van den pijler zijn: lengte 10 M., dikte van boven 5 M., op 0.50 M. onder de scharnieren B 6.75 M. en in aanleg op de fundeering 8.00 M.; de inhoud is dan $1603 M^3$. Het specif. gewicht van het metselwerk van baksteen en hardsteen op gem. 2.2 stellende dan is het gewicht van den pijler 3526600 kilogr. en het moment $G \frac{a_2}{2} = 14206400$, zoodat dan ruim een tweevoudige zekerheid bestaat.

Neemt men veiligheidshalve aan dat de wind op den pijler en op den trein gelijktijdig met 150 kilogr. druk per M^2 werkt en rekent men het aan den wind blootgesteld vlak van den pijler $10 \times 25 = 250 M^2$. en van den trein $15 M^2$. te zamen $265 M^2$. en is het zwaartepunt op ongeveer 13.2 M. boven het punt D gelegen, dan is het moment van den winddruk

$$k_1 F h_2 = 150 \times 265 \times 13.2 = 524700.$$

Daar nu moet zijn:

$M_{BB} + \text{Mom. wind} \stackrel{=}{\leq} \text{Mom. pijler}$, zoo heeft men:

$$7081038 + 524700 \stackrel{=}{\leq} 14206400$$

$$\text{of } 7605738 \stackrel{=}{\leq} 14206400$$

waarbij een 1.87 voudige zekerheid blijft:

Neemt men aan dat rechts een brug bestaat van gelijke spanwijdte als de linkerbrug doch onbelast dan zal zijn:

$$H_1 = \frac{n L_1 q_1}{8} = 261000 \text{ kilogr.}$$

De waarden stellende in $H_1 h_1 + e_1 \frac{L_1 q_1}{2} = \text{Mom. bovenbouw rechter brug}$, dan bekomt men $4132500 = \text{Mom. bovenbouw rechter brug}$.

Voor den evenwichtstoestand heeft men nu:

$M_{BB} + \text{Mom. wind} \stackrel{=}{\leq} \text{M. pijler} + \text{Mom. bovenb. recht. brug}$

$$\text{of } 7081038 + 524700 \stackrel{=}{\leq} 14206400 + 4132500$$

$$\text{of } 7605738 \stackrel{=}{\leq} 18338900$$

waardoor men 2.4 voudige zekerheid bekomt.

§ 156. Berekening van houten en ijzeren jukken. —

I. Juk bestaande enkel uit palen of stijlen. — Zij gegeven een juk van eenige palen en dat op elken paal een verticale belasting P wordt overgebracht. — Pl. 54 fig. 10. Staan de palen onder zekere helling, b. v. hebben ze op h hoogte $\frac{h}{m}$ horizontale afwijking, dan is de horizontale druk

$$H = \frac{1}{m} P \dots \dots \dots (30).$$

en de druk R in de richting van de lengte-as des paals

$$R = \sqrt{(P^2 + H^2)} = P \sqrt{\left(1 + \frac{1}{m^2}\right)}. \quad (31).$$

Staan de palen te lood dan is $H = O$ en $R = P$.

Betreffende het draagvermogen van betrekkelijk lange stijlen of staven, in de richting der lengte gelijkmatig op de doorsnede gedrukt, bestaat twijfel; noch de theorie, noch de practische opgaven heffen dien twijfel voldoende op.

Algemeen worden vier toestanden aangenomen: Pl. 54 fig. 11^a—11^d: 1°. de staaf is met een eind vastgeklemd of bevestigd, het andere eind is vrij fig. 11^a; 2°. beide einden zijn vrij fig. 11^b, doch worden in de aangegeven richting gehouden; 3°. het bovineinde in de richting ab gehouden het andereinde vastgeklemd fig. 11^c; 4°. beide einden a en b vastgeklemd en in de richting ab gehouden fig. 11^d. Voor die toestanden wordt dikwijls, voor het draagvermogen R , gebruikt:

$$1^\circ. R = \frac{\pi^3 EW}{4 L^2} \times \frac{1}{c} \dots \dots (32).$$

$$2^\circ. R = \frac{\pi^3 EW}{L^2} \times \frac{1}{c} \dots \dots (33).$$

$$3^\circ. R = \frac{2\pi^2 EW}{L^2} \times \frac{1}{c} \dots \dots (34).$$

$$4^\circ. R = \frac{4\pi^2 EW}{L^2} \times \frac{1}{c} \dots \dots (35).$$

waarin E de elasticiteits-coëfficiënt voor gesmeed ijzer 1800000 à 2000000, gegoten ijzer 1000000, hout 100000 à 140000 per cm^2 ; W kleinste traagheidsmoment der dwarsdoorsnede van den staaf in cm^4 ; L de lengte in cm .; c een zekerheids-coëfficiënt, die veeltijds op 10 gesteld wordt.

Ook worden de volgende uitdrukkingen gebruikt voor:

$$1^\circ. T_d = \frac{R}{F} \left(1 + C \frac{(2L)^2 F}{W} \right) \text{ of } R = \frac{T_d F}{1 + C \frac{(2L)^2 F}{W}} \quad (37a).$$

$$T_u = \frac{R}{F} \left(-1 + C \frac{(2L)^2 F}{W} \right) \text{ of } R = \frac{T_u F}{-1 + C \frac{(2L)^2 F}{W}} \quad (37b).$$

$$2^\circ. T_d = \frac{R}{F} \left(1 + C \frac{L^2 F}{W} \right) \text{ of } R = \frac{T_d F}{1 + C \frac{L^2 F}{W}} \quad (38).$$

$$3^{\circ}. T_d = \frac{R}{F} \left(1 + C \frac{(0.7 L)^2 F}{W} \right) \text{ of } R = \frac{T_d F}{1 + C \frac{(0.7 L)^2 F}{W}} \quad (39).$$

$$4^{\circ}. T_d = \frac{R}{F} \left(1 + C \frac{(0.5 L)^2 F}{W} \right) \text{ of } R = \frac{T_d F}{1 + C \frac{(0.5 L)^2 F}{W}} \quad (40).$$

waarin: T_d de grootste toe te laten drukspanning in eenige dwarsdoorsnede van den stijl, waarvoor te stellen is per cm^2 voor gesmeed- en gegoten ijzer 600 kilogr., hout 60 kilogr.; T_u de grootste toe te laten rekspanning in eenige dwarsdoorsnede, waarvoor te stellen is voor gesmeed ijzer 600 kilogr. en gegoten ijzer 200 kilogr., hout 60 kilogr.; R de totale kracht werkende in de richting der lengte; F de dwarsdoorsnede; L de lengte; W kleinste traagheidsmoment; C een coëfficiënt te stellen voor gesmeed ijzer $\frac{1}{10660}$, voor gegoten ijzer $\frac{1}{5330}$, voor hout $\frac{1}{4440}$.

Staan de palen in den grond dan is 't moeilijk na te gaan, waar zij als vast ingeklemd kunnen beschouwd worden; dit blijft voor elk geval in 't bijzonder te beoordeelen en vast te stellen.

Nemen we aan, dat dit op 2 M. onder den grond plaats heeft, dan is de vrijstaande lengte des paals te rekenen van de sloof tot 2 M. in den grond. Passen we hier toe het nadeeligst geval voor het draagvermogen des paals, namelijk van boven vrij en van onder ingeklemd dan kunnen we dus stellen:

$$R = \frac{\pi^2}{4} \frac{E W}{L^2} \times \frac{1}{c}.$$

E is te nemen per cm^2 voor dennen-, grenen- en eikenhout gem. 120000.

Voor het geval dat $P = 3000$ kilogr., $\frac{1}{m} = \frac{1}{5}$, de vrijstaande lengte of $L = 6.00$ M. en $c = 10$ is, wordt:

$$H = \frac{1}{5} \times 3000 = 600 \text{ kilogr. en } R = 3000 \sqrt{(1 + 0.04)} = 3059$$

$$\text{dus} \quad 3059 = \frac{\pi^3}{4} \cdot \frac{EW}{L^2} \times \frac{1}{10}.$$

Voor hout en rechthoekige doorsnede is:

$$3059 = 2.476 \frac{120000 \times \frac{1}{12} b h^3}{360000} \times \frac{1}{10}, \text{ stelt men } b = h$$

$$\text{dan wordt} \quad h = \sqrt[4]{\frac{36 \times 30590}{2.476}} = 25.8 \text{ cM.}$$

Voor een hol gegoten ijzeren paal, waarvan de middellijn buitenwerks D en binnenwerks d is, is:

$$3059 = \frac{\pi^3}{4} \frac{1000000 \times \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)}{360000} \times \frac{1}{10}, \text{ waaruit}$$

$D^4 - d^4 = 30770$; neemt men $D = 22$ dan moet zijn $d = 19.4$ cM. en dus de ijzerdikte 1.3 cM.

Voor het geval men kan aannemen dat zowel het onder- als het bovineinde vrij doch in de verticaal gehouden is, wordt

$$R = \pi^3 \frac{EW}{L^2} \times \frac{1}{10}.$$

Hoewel nu bovenstaande voorbeelden aantoonen, dat men met toepassing der gebruikte formules tot afmetingen kan komen, die in de practijk kunnen aangewend worden, zoo moet er toch voor gewaarschuwd worden, dat men met de toepassing der formules zeer voorzichtig moet zijn en de uitkomsten steeds, zoo mogelijk, moet vergelijken met de afmetingen der deelen bij bestaande goede werken van dien aard.

In het werk van den generaal Arthur Morin 1) vindt men op blad. 69, practische formules voor het draagvermogen van stijlen of standvinken (met 10voudige zekerheid)

1) Résistance des matériaux par Arthur Morin deuxième édition. Paris 1857.

SOORT VAN HOUT.	Dwarsdoorsnede der stijlen.	
	vierkant.	rechthoekig.
Sterk eikenhout	$P = 25650 \frac{b^4}{l^2}$	$P = 25650 \frac{ab^3}{l^2}$
Zwak eikenhout	$P = 18000 \frac{b^4}{l^2}$	$P = 18000 \frac{ab^3}{l^2}$
Sterk grenen en dennen hout en harsrijke pijnboomen.	$P = 21420 \frac{b^4}{l^2}$	$P = 21420 \frac{ab^3}{l^2}$
Zwak dennenhout	$P = 16000 \frac{b^4}{l^2}$	$P = 16000 \frac{ab^3}{l^2}$

In deze formule is : P het draagvermogen in kilogr., a de grootste, b de kleinste dwarsafmeting in cM. bij rechthoekige dwarsdoorsnede en $a = b$ bij vierkante dwarsdoorsnede, l de lengte in cM.

De heer Morin merkt op bladz. 71 op, dat hij in het belang der sterkte en stabiliteit der constructies niet genoeg kan aandringen op de toepassing van goede en onveranderlijke verbindingen der verschillende deelen. Met het oog op die opmerking zal men om de resultaten van de zoo even gegeven formules met die op bladz. 478 te kunnen vergelijken daár het geval 3 moeten nemen. Dit is ook toepasselijk op het hieronder volgende betreffende *ijzeren* kolommen.

In het genoemde werk van A. Morin vindt men op bladz. 104 en volgende practische formules ter bepaling van het draagvermogen van staande ijzeren kolommen, welke, evenals die voor de houten stijlen, tot grondslag hebben de proeven daaromtrent genomen door E. Hodgkinson. Deze formules, opgesteld door den ingenieur Love, zijn voor massieve kolommen van:

$$\text{gegoten ijzer } P_1 = \frac{R_1 A}{1,45 + 0,00337 \frac{L^2}{D^2}}, \quad (41.)$$

$$\text{gesmeed ijzer } P_2 = \frac{R_2 A}{1,55 + 0,0005 \frac{L^2}{D^2}}, \quad (42.)$$

waarin P_1, P_2 het gewicht of de belasting in kilogr. in de richting der lengte, waarbij de kolom breekt; R_1, R_2 de belasting per cm^2 van de dwarsdoorsnede, waardoor verbrijzeling plaats heeft, A de dwarsdoorsnede der kolom in cm^2 , L de hoogte en D de diameter der kolom in cm .

Er is volgens Morin aan te nemen $R_1 = 7500, R_2 = 2500$ kilogr.; hij stelt voor gegoten ijzer vijfvoudige en voor gesmeed ijzer ongeveer viervoudige zekerheid, zoodat dan wordt $R'_1 = 1250, R'_2 = 600$ kilogr. Wij stellen $R_1 = 7000, R_2 = 3000$ kilogr. en nemen de zekerheid, met het oog op voorkomende trillingen, voor gegoten ijzer tienvoudig, voor gesmeed ijzer zesvoudig, waardoor men bekomt $R'_1 = 700$ en $R'_2 = 500$ kilogr. en dus:

$$P'_1 = \frac{700 \cdot A}{1,45 + 0,00337 \frac{L^2}{D^2}}$$

$$P'_2 = \frac{500 \cdot A}{1,55 + 0,0005 \frac{L^2}{D^2}}$$

Stelt men $\frac{D^2}{1,273}$ in plaats van A dan bekomt men:

$$P'_1 = \frac{700 D^4}{1,85 D^2 + 0,0043 L^2} \quad \dots \quad (43.)$$

$$P'_2 = \frac{500 D^4}{1,97 D^2 + 0,00064 L^2} \quad \dots \quad (44.)$$

Voor het draagvermogen van *holle* ijzeren kolommen, waarvan de uitwendige diameter D en de inwendige diameter d is, neemt Morin het *verschil* van het draagvermogen van twee volle of massieve kolommen van den diameter D en d .

II. Jukken met diagonalen. a. Omschrijving en belasting van een juk.

Het juk, Pl. 54 fig. 12a, heeft twee stijlen, die elk een uitwijking van $\frac{1}{m}$ der hoogte hebben; het bestaat uit verschillende etages, die van boven af genummerd zijn 1, 2 enz. De verticale druk, ten gevolge van de mobiele belasting P_1 en P_2 en van den bovenbouw Q_1 en Q_2 voor twee halve spanningen, is $P_1 + Q_1$ links en $P_2 + Q_2$ rechts, Pl. 54 fig. 12b en 12c. De zijdelingse druk H , ten gevolge van den wind, tegen den bovenbouw

van twee halve overspanningen met trein erop, werkt op h Meter boven AB en de zijdelingsche druk H_1 tegen het juk over de halve hoogte der eerste etage wordt verondersteld te werken in A; de zijdelingsche druk H_2 op de helft van de eerste en op de helft van de tweede etage wordt gerekend in C te werken. Het gewicht van de bovenste helft der eerste etage is $s_1 + t_1$, het gewicht van de onderste helft der eerste en van de bovenste helft der tweede etage $s_2 + t_2$ en zóó dat s_1, s_2, s_3 , enz. op den linker en t_1, t_2, t_3 , enz. op den rechter stijl drukken.

Het is duidelijk, dat de verbinding AB of X_1 zoo sterk moet zijn, dat zij de belastingen $P_1 + Q_1$ en $P_2 + Q_2$ naar de stijlen kan overbrengen. Beschouwt men de verbinding als een balk in A en B ondersteund, dan zal de reactie, ten gevolge van de belastingen en van het *gelijkmatig* verdeeld eigengewicht van X_1 , dat $a_1 u$ bedraagt, zijn in:

$$A. . . . (P_1 + Q_1) \frac{a_1 - i}{a_1} + (P_2 + Q_2) \frac{n}{a_1} + \frac{a_1 u}{2} = R_A \quad (45.)$$

$$B. . . . (P_1 + Q_1) \frac{i}{a_1} + (P_2 + Q_2) \frac{a_1 - n}{a_1} + \frac{a_1 u}{2} = R_B \quad (46.)$$

Daar het gewicht van de verbinding X_1 in vergelijking met dat der belasting gering is, mag men, ter bepaling bij benadering van de gevaarlijke doorsnede dezer verbinding $u = 0$ stellen en dan wordt, voor elk punt tusschen A en $P_1 + Q_1$, de afstand der gevaarlijke doorsnede uit A

$$x = \frac{WT}{e R_A} (47.)$$

en tusschen $P_1 + Q_1$ en $P_2 + Q_2$

$$x = \left\{ \frac{WT}{e} - (P_1 + Q_1) i \right\} \frac{1}{R_A - (P_1 + Q_1)}; \quad (48.)$$

in welke vergelijkingen is: W het traagheidsmoment der dwarsdoorsnede van X_1 , T de toe te laten spanning per vierk. eenheid, e de afstand van de neutrale as tot de uiterste meest gerekte of meest gedrukte vezels.

Is $P_1 + Q_1 = P_2 + Q_2$ en $i = n$ dan is $R_A = P_1 + Q_1$. Het weerstandsmoment wordt dan: voor $x = i$

$$\frac{WT}{e} = (P_1 + Q_1) i = (P_1 + Q_1) x. . . (49.)$$

welke waarde constant blijft tot $x = a_1 - n$; brengt men hierbij het eigen gewicht in rekening dan wordt het weerstandsmoment het grootst voor $x = \frac{1}{2} a_1$ en wel:

$$\frac{WT}{e} = (P_1 + Q_1) i + \frac{a_1^3 u}{8} \dots \dots (50.)$$

Daar de afstanden i en n in den regel klein zijn in vergelijking met a_1 zoo zal het nuttig zijn na te gaan of de verbinding bestand is tegen de afschuivende krachten R_A en R_B .

b. Berekening der spanningen. Ter berekening van de spanning in AC, AD en BD snijden we het juk fig. 12b in m_1 m_1 door en stellen in de richting AC, AD en BD krachten R_1 S_1 en U_1 die den weerstand van het deel des pijlers — onder de doorsnêe gelegen — vervangen, dan heeft men ter berekening van R_1 ten opzichte van het draaipunt D :

$$\begin{aligned} 0 = & - R_1 y_1 - s_1 \left(a_1 + \frac{1}{m} h_1 \right) - (P_1 + Q_1) \left(a_1 - i + \frac{1}{m} h_1 \right) - \\ & - (P_2 + Q_2) \left(n + \frac{1}{m} h_1 \right) - \frac{1}{m} t_1 h_1 + H_1 h_1 + H (h_1 + h), \\ \text{dus } R_1 = & \frac{1}{y_1} \left\{ - s_1 \left(a_1 + \frac{1}{m} h_1 \right) - (P_1 + Q_1) \left(a_1 - i + \frac{1}{m} h_1 \right) - \right. \\ & \left. - (P_2 + Q_2) \left(n + \frac{1}{m} h_1 \right) - \frac{1}{m} t_1 h_1 + H_1 h_1 + H (h_1 + h) \right\} \quad (51.) \end{aligned}$$

Ter berekening van S_1 , ten opzichte van het draaipunt M, is:

$$\begin{aligned} 0 = & - S_1 z_1 - s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) + (P_2 + Q_2) \times \\ & \times \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H (h_0 - h); \\ \text{of } S_1 = & \frac{1}{z_1} \left\{ - s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) + (P_2 + Q_2) \times \right. \\ & \left. \times \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \right\} \quad (52.) \end{aligned}$$

Ter berekening van U_1 , ten opzichte van het draaipunt A, zal zijn :

$$0 = + U_1 y_0 + (P_1 + Q_1) i + (P_2 + Q_2) (a_1 - n) + t_1 a_1 + H h;$$

$$\text{of } -U_1 = \frac{1}{y_0} \{ (P_1 + Q_1) i + (P_2 + Q_2) (a_1 - n) + t_1 a_1 + H h. \} \quad (53.)$$

Ter berekening van X_2 wordt de doorsnêe $n_1 n_2$ aangebracht en dan is ten opzichte van het draaipunt M:

$$\begin{aligned} 0 &= + X_2 (h_1 + h_0) + (P_2 + Q_2) \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - \\ &- s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \\ \text{of } -X_2 &= \frac{1}{h_1 + h_0} \left\{ (P_2 + Q_2) \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - \right. \\ &- s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \left. \right\}. \quad (54.) \end{aligned}$$

Op overeenkomstige wijze kunnen berekend worden de krachten R_2, S_2 en U_2 werkende in de deelen der tweede étage, waartoe het juk door $m_2 m_2$ doorgesneden wordt. Ter berekening van X_3 wordt de doorsnêe $n_2 n_3$ aangebracht. Ook kunnen op die wijze de krachten berekend worden in de deelen van de lagere étages.

Brengt men de schoren in tegenovergestelde richting aan, namelijk in plaats van AD en CF enz. fig. 12b, BC en DE enz. fig. 12c, dan zal de berekening der krachten ook op overeenkomstige wijze kunnen geschieden. X_1 zal dan behalve de verticale krachten nog de horizontale H en H_1 hebben op te nemen. Ter berekening van R_1, S_1 en U_1 brengt men de doorsnêe $m_1 m_1$ aan; men heeft nu voor de berekening van R_1 ten opzichte van het draaipunt B:

$$\begin{aligned} 0 &= -R_1 y_0 - s_1 a_1 - (P_1 + Q_1) (a_1 - i) - (P_2 + Q_2) n + H h; \\ \text{dus } R_1 &= \frac{1}{y_0} \left\{ -s_1 a_1 - (P_1 + Q_1) (a_1 - i) - (P_2 + Q_2) n + H h \right\} \quad (55.) \end{aligned}$$

Ter berekening van S_1 , ten opzichte van het draaipunt M, is:

$$\begin{aligned} 0 &= + S_1 z_1 - s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) + \\ &+ (P_2 + Q_2) \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \end{aligned}$$

$$\text{dus } S_1 = -\frac{1}{z_1} \left\{ -s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) + \right. \\ \left. + (P_2 + Q_2) \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H(h_0 - h) \right\}, \quad (56.)$$

waaruit blijkt dat S_1 en S'_1 gelijke waarde bekomen doch met tegengesteld teeken.

Ter berekening van U'_1 heeft men, ten opzichte van draaipunt C:

$$0 = +y_1 U'_1 + s_1 \frac{1}{m} h_1 + (P_1 + Q_1) \left(\frac{1}{m} h_1 + i \right) + (P_2 + Q_2) \times \\ \times \left(\frac{1}{m} h_1 + a_1 - n \right) + t_1 \left(\frac{1}{m} h_1 + a_1 \right) + H_1 h_1 + H(h_1 + h); \\ \text{of } -U'_1 = \frac{1}{y_1} \left\{ s_1 \frac{1}{m} h_1 + (P_1 + Q_1) \left(\frac{1}{m} h_1 + i \right) + (P_2 + Q_2) \times \right. \\ \left. \times \left(\frac{1}{m} h_1 + a_1 - n \right) + t_1 \left(\frac{1}{m} h_1 + a_1 \right) + H_1 h_1 + H(h_1 + h) \right\} \quad (57.)$$

Ter berekening van X'_2 brengt men de doorsnèe n_2 n_1 aan en dan heeft men ten opzichte van het draaipunt M:

$$0 = -X'_2 (h_1 + h_0) - s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) + \\ + (P_2 + Q_2) \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - H_2 (h_1 + h_0) - H_1 h_0 - H(h_0 - h); \\ \text{dus } X'_2 = \frac{1}{h_1 + h_0} \left\{ -s_1 \frac{a_1}{2} - (P_1 + Q_1) \left(\frac{a_1}{2} - i \right) + \right. \\ \left. + (P_2 + Q_2) \left(\frac{a_1}{2} - n \right) + t_1 \frac{a_1}{2} - H_2 (h_1 + h_0) - H_1 h_0 - H(h_0 - h) \right\} \quad (58)$$

De spanningen in de overige deelen kunnen op overeenkomstige wijze berekend worden.

De deelen van elk der jukken 12b en 12c zijn berekend bij een zijdelingschen druk van links naar rechts; deze druk, veroorzaakt door den wind, kan natuurlijk ook van rechts naar links plaats hebben, en voor dit geval moeten de spanningen eveneens berekend worden. Indien $P_1 + Q_1 = P_2 + Q_2$, $s = t$, $i = n$ in de berekening voor 12b en 12c, is opgenomen, zijn ook bij dien toestand de spanningen bekend als de wind van rechts naar links waait.

Wanneer *niet* is $P_1 + Q_1 = P_2 + Q_2$, $s = t$ en $i = n$ dan is niet onmiddellijk te zeggen of de diagonalen gedrukt of getrokken worden. In verre weg de meeste gevallen echter zal werkelijk zijn $P_1 + Q_1 = P_2 + Q_2$, $s = t$ en $i = n$ en voor zulke gevallen zal het stel diagonalen, hetgeen met den kop naar den wind toegekeerd is, gedrukt en dat met den kop van den wind afgekeerd, getrokken worden; dit kan ook plaats hebben wanneer de zoeven aan elkander gelijk gestelde grootheden niet zeer veel van elkander verschillen. Voor een juk als fig. 12a en waarbij $P_1 + Q_1 = P_2 + Q_2$, $s = t$ en $i = n$ is zal elk stel diagonalen al naar gelang de wind waait kunnen getrokken of gedrukt worden.

In den regel evenwel construeert men bij houten jukken met gekruiste diagonalen zóó, dat elk der beide stellen de drukspanning kan weerstaan; is één in werking, dan rekent men dat het andere, hetgeen gelijktijdig rekspanning ondervindt, geen dienst behoeft te doen.

Bij ijzer is het omgekeerd; daarbij construeert men in den regel zoo dat elk der twee stellen diagonalen de rekspanning kan weerstaan; wordt dus een stel door rekspanning aangegrepen dan behoeft het ander geen drukspanning over te brengen.

Men kan natuurlijk ook de diagonalen zoo construeeren dat beide stellen geschikt zijn tot het opnemen van druk- en rekspanning; in zulk geval doen ze het werk te zamen en behoeft van de oorspronkelijke berekende maximum spanningen in elk der diagonalen slechts de helft in rekening gebracht te worden; dit wordt evenwel zeldzaam gevolgd.

Ook zou men in een juk slechts één stel diagonalen kunnen aanbrenge dat aan druk- en rekspanning weerstand moest kunnen bieden; deze constructie wordt echter niet of hoogst zeldzaam toegepast.

Het is ondoenlijk al dadelijk het juiste eigengewicht van het juk in de berekening op te nemen. Men kan beginnen een berekening te maken voor de spanningen der eerste etage *zonder* eigengewicht van het juk, daarvan de afmetingen en het gewicht bepalen dat dan wat te ruim moet genomen worden; vervolgens is de berekening te herhalen met invoering van het gevonden

eigengewicht en daarna kunnen de afmetingen en het gewicht op nieuw bepaald worden om te zien in hoeverre dit gewicht met het reeds aangenomene strookt; men beoordeelt dan of de overeenstemming voldoende is of dat nog een nadere berekening met nauwkeuriger eigengewicht uitgevoerd moet worden. Eveneens kan men handelen met de tweede en volgende etages. Ook kan men een juk construeeren en het gewicht daarvan in de berekening opnemen; zijn daarna de spanningen in de samenstellende deelen bekend dan kan men de afmetingen van de deelen bepalen en zien hoe het verkregen gewicht sluit met het in de berekening opgenomene. Is het verschil van beteekenis dan moet een correctie in het gewicht en een nieuwe berekening met invoering van het gecorrigeerde gewicht gemaakt worden.

c. Bepaling van afmetingen. Wanneer in eenig deel dat getrokken wordt, of in eenig deel dat gedrukt wordt en slechts kort is, de kracht K werkt, dan wordt de dwarsdoorsnede $F = \frac{K}{T}$ waarin T de toe te laten spanning per vierkante eenheid.

Heeft het deel dat gedrukt wordt een beteekenende lengte dan moeten de afmetingen door toepassing der formules tegen zijdelingsche uitbuiging berekend of gecontroleerd worden. Ook is acht te slaan op staven, die een betrekkelijk aanzienlijke lengte bekomen, en vooral op die, welke daarbij gedrukt worden en een min of meer horizontale richting hebben. — Door eigen gewicht worden dan spanningen opgewekt, die bij de bepaling der afmetingen van de staven in aanmerking komen.

d. Berekening der spanningen in de deelen van een tweede juk. Soms worden onmiddellijk onder de hoofdliggers van de brug verticale stijlen aangebracht Pl. 54 fig. 13, die de verticale belasting van het eigengewicht van den bovenbouw der brug en de mobiele belasting opnemen. Wij nemen eenvoudigheidshalve aan dat van het eigengewicht van het juk s en t niets door deze verticale stijlen wordt opgenomen.

De druk in het bovenste deel van een stijl is dan gelijk te stellen aan $P_1 + Q_1$ of $P_2 + Q_2$. Lager wordt de druk vermeerderd met het gewicht van den stijl. De schoren en diagonalen

hebben dan alleen weerstand te bieden aan de verticale krachten door eigen gewicht van het juk en aan de horizontaal werkende krachten.

Met weglating der termen, waarin $P_1 + Q_1$ en $P_2 + Q_2$ voorkomen, bekomt men :

$$\text{Uit form (51)} \quad R_1 = \frac{1}{y_1} \left\{ -s_1 \left(a_1 + \frac{1}{m} h_1 \right) - t_1 \frac{1}{m} h_1 + H_1 h_1 + H (h_1 + h) \right\} \dots \dots \dots (59.)$$

$$\gg \gg (52) \quad S_1 = \frac{1}{z} \left\{ -s_1 \frac{a_1}{2} + t_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \right\} (60.)$$

$$\gg \gg (53) \quad -U_1 = \frac{1}{y_1} \left\{ t_1 a_1 + H h \right\} \dots \dots \dots (61.)$$

$$\gg \gg (54) \quad -X_2 = \frac{1}{h_1 + h_0} \left\{ t_1 \frac{a_1}{2} - s_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \right\} (62.)$$

$$\gg \gg (55) \quad R_1 = \frac{1}{y_0} \left\{ -s_1 a_1 + H h \right\} \dots \dots \dots (63.)$$

$$\gg \gg (56) \quad -S_1 = \frac{1}{z_1} \left\{ -s_1 \frac{a_1}{2} + t_1 \frac{a_1}{2} - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \right\} (64.)$$

$$\gg \gg (57) \quad -U_1 = \frac{1}{y_1} \left\{ s_1 \frac{1}{m} h_1 + t_1 \left(\frac{1}{m} h_1 + a_1 \right) + H_1 h_1 + H (h_1 + h) \right\} (65.)$$

$$\gg \gg (58) \quad X_2 = \frac{1}{h_1 + h_0} \left\{ -s_1 \frac{a_1}{2} + t_1 \frac{a_1}{2} - H_2 (h_1 + h_0) - H_1 h_0 - H (h_0 - h) \right\} \dots \dots \dots (66.)$$

Bij het vaststellen der afmetingen uit de spanningen geldt natuurlijk weer, wat zoo even ten dezen opzichte gezegd is:

e. Berekening der spanningen in de deelen van een derde juk.

Heeft men een juk als Pl. 54 fig. 14a, bestaande uit verticale stijlen, diagonalen en horizontale verbindingen alsmede twee schoren, dan kan de berekening als volgt geschieden.

1°. Voor het geval dat de wind van links naar rechts waait fig. 14a.

De reactie der schoren, werkende in A en B is respectievelijk K_1 en K_2 ; deze kunnen ontbonden worden: in het punt A in de horizontale kracht H_{A1} en in de vertikale benedenwaarts werkende

kracht V_{k1} , in het punt B in de horizontale kracht H_{k2} en in de verticale opwaarts werkende kracht V_{k2} ; V_{k1} werkt op samendrukking van den linkerstijl en V_{k2} op uitrekking van den rechterstijl; $H_{k1} + H_{k2}$ maakt evenwicht in A en B met de werking der horizontale krachten H, H_1 , H_2 , enz. Men kan wel bij benadering aannemen dat $H_{k1} = H_{k2}$. Uit de fig. blijkt dan dat:

$$H_{k1} = \frac{1}{2(h_1 + h_2 + h_3 + h_4)} \left\{ H(h + h_1 + h_2 + h_3 + h_4) + H_1(h_1 + h_2 + h_3 + h_4) + H_2(h_2 + h_3 + h_4) + H_3(h_3 + h_4) + H_4 h_4 \right\}, \quad (67)$$

De helling der schoren weder $\frac{1}{m} h$ nemende, wordt:

$$V_{k1} = -mH_{k1}; \quad V_{k2} = +mH_{k2} \quad . \quad . \quad . \quad (68.)$$

$$K_1 = -H_{k1} \sqrt{1 + m^2}; \quad K_2 = H_{k2} \sqrt{1 + m^2} \quad . \quad (69.)$$

Daardoor is nu de spanning in de schoren en stijlen, door de werking der horizontale krachten opgewekt, bekend.

2°. Voor het geval de wind van rechts naar links waait be-
komen V_{k1} , V_{k2} , K_1 en K_2 dezelfde waarden als in het vorig
geval, doch met omgekeerd teeken.

Wensch men, Pl. 54 fig. 14c, de spanningen in de stijlen, in de diagonalen en in de horizontale verbindingen te berekenen, dan moet op het juk aangebracht worden de belasting van het eigengewicht en mobiel gewicht der brug $P_1 + Q_1$ en $P_2 + Q_2$ alsmede het eigengewicht van het juk s_1 , s_2 en t_1 , t_2 enz. in de knooppunten, terwijl de horizontale krachten H, H_1 , H_2 enz. en H_{k1} , H_{k2} alsmede de vertikale krachten V_{k1} en V_{k2} werkzaam blijven. — De berekening der spanningen kan dan in hoofdzaak plaats hebben op overeenkomstige wijze als zulks voor Pl. 54 fig. 12c is geschied. Wordt namelijk het juk in $m_2 m_2$ doorsneden en stellen we weder krachten in de richting van de stijlen R_2 en U_2 en van de diagonaal S_2 , dan zal men hebben ter berekening van:

R_2 , draaipunt D,

$$R_2 = \frac{1}{a_1} \left\{ H(h + h_1) + H_1 h_1 - V_{k1} a_1 - (H_{k1} + H_{k2}) h_1 - s a_1 - (P_1 + Q_1)(a_1 - i) - (P_2 + Q_2) n \right\} \quad . \quad . \quad . \quad (70.)$$

U_2 , draaipunt E,

$$-U_2 = \frac{1}{a_1} \left\{ H(h+h_1+h_2) + H_1(h_1+h_2) + H_2 h_2 - (H_{k1}+H_{k2}) \times \right. \\ \left. \times (h_1+h_2) + (P_1+Q_1) i + (P_2+Q_2) a_1 - n + t_1 a_1 - V_{k2} a_1 \right\}. \quad (71.)$$

Brengt men nu de doorsnede n_2 n_1 aan, dan heeft men ter berekening van X_2 , omdat de verticale krachten geen invloed op X_2 uitoefenen, alleen de horizontale krachten in aanmerking te nemen en zal zijn:

$$X_2 = -H - H_1 - H_2 + H_{k1} + H_{k2} . . . \quad (72.)$$

Terwijl men zal hebben:

$$S_2 = -\frac{X_2}{\sin \varphi} \quad (73.)$$

f. Samengestelde constructies. Men kan ook nog samengestelder constructies ontwerpen dan de tot nu behandelde; in den regel zijn die evenwel niet aan te raden, omdat de berekening omslachtig en de uitkomst ervan minder zeker wordt. Heeft men b.v. een juk als op Pl. 54 fig. 15*a* is voorgesteld, dan is dat voor de berekening te ontbinden in fig. 15*b*, 15*c*, 15*e* en 15*d*.

§ 157. IJzeren etage-pijlers. *a. Omschrijving.* Voor eenigszins groote overspanningen worden, in plaats van jukken, etage-pijlers gebruikt Pl. 55 fig. 1; deze kunnen bestaan uit twee jukken, die, op eenigen afstand uit elkander geplaatst, door horizontale en diagonale verbindingen met elkander vereenigd zijn. De afstand van boven is zoo te bepalen dat de opleggingen voor de hoofdliggers behoorlijk kunnen worden aangebracht. De pijler bekomt dan vier wanden; de twee evenwijdig aan de lengte-richting der brug geplaatst zullen de frontwanden, de andere de zijwanden genoemd worden. De zijwanden zouden in vele gevallen evenwijdig aan elkander kunnen geplaatst worden, doch in den regel staat elk der vier wanden onder een helling, die aangenomen wordt

voor de frontwanden gelijk $\frac{1}{m_1}$ der hoogte en voor de zijwanden gelijk $\frac{1}{m_2}$ der hoogte; voor m_1 kan 8 à 16 veelal 12 en voor m_2 4 à 6 aangenomen worden.

Men kan ook verschillende andere constructies ontwerpen en uitvoeren, waarvan enkele later zullen besproken worden.

Thans nemen we tot voorbeeld voor de berekening den pijler Pl. 55 fig. 1a, b, c, d, e.

b. **Verticale belasting.** De pijler wordt verticaal belast met de mobiele belasting der brug P_1, P_2, P_3 en P_4 en met het eigen gewicht der brug Q_1, Q_2, Q_3 en Q_4 en wel links met $P_1 + Q_1$ en $P_3 + Q_3$ en rechts met $P_2 + Q_2$ en $P_4 + Q_4$ op afstanden uit de hoeken, zooals in fig. 1d is aangegeven. Die belastingen zullen naar de punten A, B, C, D worden overgebracht. De verticale druk op A_1, B_1, C_1 en D_1 achterevolgens $D_{A1}, D_{B1}, D_{C1}, D_{D1}$ noemende, heeft men:

$$D_{A1} = (P_1 + Q_1) \frac{b_1 - d}{b_1} + (P_3 + Q_3) \frac{c}{b_1} \quad . \quad . \quad (74.)$$

$$D_{B1} = (P_2 + Q_2) \frac{b_1 - d}{b_1} + (P_4 + Q_4) \frac{c}{b_1} \quad . \quad . \quad (75.)$$

$$D_{C1} = (P_1 + Q_1) \frac{d}{b_1} + (P_3 + Q_3) \frac{b_1 - c}{b_1} \quad . \quad . \quad (76.)$$

$$D_{D1} = (P_2 + Q_2) \frac{d}{b_1} + (P_4 + Q_4) \frac{b_1 - c}{b_1} \quad . \quad . \quad (77.)$$

De verticale druk, op de hoekpunten A, B, C, D overgebracht, D_A, D_B, D_C, D_D noemende, zal men hebben in:

$$A \dots D_A = D_{A1} \frac{a_1 - e}{a_1} + D_{B1} \frac{f}{a_1} \quad . \quad . \quad (78.)$$

$$B \dots D_B = D_{A1} \frac{e}{a_1} + D_{B1} \frac{a_1 - f}{a_1} \quad . \quad . \quad (79.)$$

$$C \dots D_C = D_{C1} \frac{a_1 - e}{a_1} + D_{D1} \frac{f}{a_1} \quad . \quad . \quad (80.)$$

$$D \dots D_D = D_{C1} \frac{e}{a_1} + D_{D1} \frac{a_1 - f}{a_1} \quad . \quad . \quad (81.)$$

Daarbij hangt nog in elk knooppunt het eigengewicht van de bovenste helft der eerste etage, namelijk in:

knooppunt A	. . . . .	s_1
» B	. . . . .	t_1
» C	. . . . .	s_1
» D	. . . . .	t_1

Deze drukkingen en gewichten zullen eerst later in aanmerking komen, want voor we overgaan tot het berekenen der spanningen in de verschillende staven, deelen we eerst de hier volgende beschouwing mee over de ontbinding van den verticalen druk in de knooppunten.

c. **Ontbinding der verticale belasting in de knooppunten.** Indien eenig staven- of stangen-stelsel, waarvan de samenstellende deelen al of niet in een zelfde vlak liggen, door gegeven uitwendige krachten en daarmede evenwicht makende reactiën in de verbindings- of knooppunten wordt aangedaan en indien het stelsel van dien aard is dat, *zonder de vormverandering daarvan in aanmerking te nemen*, ter berekening van de spanningen in de verschillende deelen evenveel evenwichtsvoorwaarden kunnen worden opgemaakt als het aantal dezer deelen bedraagt, zoodat deze spanningen door de uitwendige krachten en reactiën volkomen bepaald worden, dan zullen, juist op grond van deze bepaaldheid, voor die spanningen steeds dezelfde waarden gevonden worden onverschillig of men de berekening rechtstreeks toepast op de uitwendige krachten en reactiën zelve dan wel op de ontbondenen, waardoor men ze in de knooppunten op een of andere wijze kan vervangen, mits in dit laatste geval voor iedere staaf nemende de algebraïsche som der daarin te vinden gedeeltelijke spanningen.

Uitgaande van deze algemeene opmerking, kan men dus naar omstandigheden de bedoelde ontbindingen telkens zoodanig verichten, dat zich daardoor de spanningen zoo gemakkelijk mogelijk laten bepalen en het vraagstuk van drie afmetingen, waarmede men hier te doen heeft, als 't ware door eenige vraagstukken in het platte vlak vervangen wordt.

Op Pl. 55 fig. 2 is het eenvoudig stelsel voorgesteld, waarvoor de juistheid der gemaakte opmerking wordt aangetoond en waarvoor een notatie aangenomen is, die in geen opzicht in betrekking staat met de voorgaande.

Zijn P_1 , P_2 , P_3 en P_4 de vertikale krachten, die in de bovenknooppunten van de daar geteekende enkele etage aangrijpen en laat hierin niet meer dan het strikt noodige aantal staven aan-

wezig zijn. Zijn verder $2a$ en $2b$ de zijden van het bovenvlak, $2a'$ en $2b'$ de zijden van het grondvlak, r r' de diagonalen en c de hoogte van het samenstel. De $4 \times 3 = 12$ evenwichtsvoorwaarden voor de vier bovenknooppunten zijn blijkbaar voldoende om de daarin optredende 12 onbekende spanningen $A_{1, 2, 3, 4}$, $R_{1, 2, 3, 4}$ en $T_{1, 2, 3, 4}$ te berekenen. Voor het eerste knooppunt heeft men de drie voorwaarden :

$$A_1 + R_1 \frac{a' + a}{r} - T_1 \frac{a' - a}{t} = 0,$$

$$A_2 - R_1 \frac{b' - b}{r} - T_1 \frac{b' - b}{t} = 0,$$

en
$$R_1 \frac{c}{r} + T_1 \frac{c}{t} = P_1.$$

De tweede en derde dezer vergelijkingen geven :

$$A_2 = P_1 \frac{b' - b}{c}.$$

Door letterverwisseling volgt onmiddellijk voor het evenwicht in het vierde knooppunt :

$$A_1 = P_4 \frac{a' - a}{c},$$

waardoor dan verder de eerste en de derde vergelijking geven :

$$P_4 \frac{a' - a}{c} + R_1 \frac{2a'}{r} = P_1 \frac{a' - a}{c} \quad \text{of} \quad R_1 = \frac{(P_1 - P_4)(a' - a)r}{2a'c}$$

$$\text{en} \quad P_4 \frac{a' - a}{c} - T_1 \frac{2a'}{t} = -P_1 \frac{a' + a}{c} \quad \text{of} \quad T_1 = \frac{P_1(a' + a) + P_4(a' - a)t}{2a'c}$$

Door letterverwisseling zijn dus nu ook de overige onbekende spanningen alle neer te schrijven.

Denken we ons thans P_1 gesplitst in twee willekeurige verticale deelen p_1 en p'_1 , zoodat $p_1 + p'_1 = P_1$. Ontbinden we nu

p_1 in $p_1 \frac{c'}{c}$, werkende in het zijvlak evenwijdig aan c' en in

$p_1 \frac{b' - b}{c}$, werkende in het rechterfrontvlak volgens A_2 . Zij p'_1 evenzoo

ontbonden in $p'_1 \frac{c''}{c}$ werkende in dit frontvlak evenwijdig aan c''

en in $p'_1 \frac{a' - a}{c}$ in het zijvlak volgens A_1 , Pl. 55 fig. 3.

Op P_2, P_3 en P_4 passen we nu dezelfde bewerking toe. Dan heeft men in het zijvlak in totaal als uitwendige krachten, Pl. 55 fig. 4: in het knooppunt $P_1 \dots p_1 \frac{c'}{c}$ loodrecht op en $p'_1 \frac{a' - a}{c}$ langs A_1 , en in het knooppunt $P_4 \dots p'_4 \frac{c'}{c}$ loodrecht op en $p_4 \frac{a' - a}{c}$ langs A_1 ; en om de hierdoor in de vier staven van het zijvlak op zich zelf, afgescheiden van het verdere samenstel, opgewekte spanningen A_1, R_1, t_1 en t'_4 te berekenen, heeft men dus deze vier onbekenden te laten voldoen aan de twee paren evenwichtsvoorwaarden in P_1 en P_4 , namelijk:

$$A_1 + R_1 \frac{a' + a}{r} - t_1 \frac{a' - a}{t} = p'_1 \frac{a' - a}{c},$$

$$R_1 \frac{c'}{r} + t_1 \frac{c'}{t} = p_1 \frac{c'}{c},$$

$$A_1 - t'_4 \frac{a' - a}{t} = p_4 \frac{a' - a}{c},$$

$$t'_4 \frac{c'}{t} - p'_4 \frac{c'}{c}.$$

De beide laatste geven onmiddellijk $t'_4 = p'_4 \frac{t}{c}$

en dus $A_1 = p'_4 \frac{a' - a}{c} + p_4 \frac{a' - a}{c} = P_4 \frac{a' - a}{c}.$

Dit is voor A_1 , dezelfde waarde als boven gevonden.

Uit de beide eerste vergelijkingen volgt door eliminatie van t_1 :

$$A_1 + R_1 \frac{2a'}{r} = (p'_1 + p_1) \frac{a' - a}{c} \text{ of wel}$$

$$R_1 = \frac{(P_1 - P_4)(a' - a)r}{2a'c},$$

ook dezelfde waarde van vroeger.

Eindelijk volgt uit de tweede vergelijking

$$t_1 = \left(\frac{p_1}{c} - \frac{R_1}{r} \right) t = \frac{p_1 2a' - (P_1 - P_4)(a' - a)}{2a'c}.$$

Neemt men nu in aanmerking, dat in de staaf T_1 , als behoorende tot het rechterfrontvlak, bovendien een spanning wordt opgewekt waarvoor uit de juist gevonden t'_4 dadelijk door letterverwisseling wordt afgeschreven $t'_1 = p'_1 \frac{t}{c}$ dan blijkt de totale spanning in deze staaf te bedragen:

$$\begin{aligned} t_1 + t'_1 &= \frac{(p_1 + p'_1) 2a' - (P_1 - P_4) (a' - a)}{2a'c} t = \\ &= \frac{P_1 (a' + a) + P_4 (a' - a)}{2a'c} t. \end{aligned}$$

Dit is ook juist T_1 der voorgaande berekening en wel onafhankelijk van de wijze waarop de kracht P_1 in twee deelen p_1 en p'_1 was gesplitst. Een dezer deelen kan dus ook gelijk nul worden genomen en de ontbinding direct worden toegepast op de onverdeelde krachten P .

d. Nadere aanduiding der krachten werkende op den pijler.

Vooraf zij opgemerkt dat in den pijler geen meetkunstig overbodige staven voorkomen, Pl. 55 fig. 1a—1e.

Stelt δ den hoek voor, die de zijwand maakt met het verticale vlak, dat door de lijn AB gaat, dan is het duidelijk, dat we in het knooppunt A en in dat verticale vlak den verticalen druk D_A kunnen ontbinden in een kracht $\frac{D_A}{\cos \delta}$, werkende in den zijwand, en een kracht $D_A \operatorname{tg} \delta$, werkende horizontaal in den frontwand 1). Op D_B , D_C en D_D passen we nu dezelfde bewerking toe. De ontbinding van het eigengewicht van de bovenste helft der eerste etage, als s_1 , t_1 , s_I en t_I , dat wij veronderstelden aan te grijpen in A, B, C en D kan op dezelfde wijze geschieden. Ook kan de ontbinding van het eigengewicht in de lagere

1) Noemende γ den hoek tusschen den frontwand en het verticale vlak, gaande door AC, dan zal blijkens de bovenstaande beschouwing blz. 493—496, het in rekening brengen der componenten $D_A \operatorname{tg} \gamma$, werkende horizontaal in den zijwand en $\frac{D_A}{\cos \gamma}$, werkende in den frontwand, voor de algebraïsche som der te vinden spanningen dezelfde uitkomst moeten geven.

knooppunten op overeenkomstige wijze plaats hebben; het wordt aangenomen te bedragen successievelijk in: E, J, O ... s_2, s_3, s_4 ; in G, L, V ... s_{II}, s_{III}, s_{IV} ; in F, K, T ... t_2, t_3, t_4 ; in I, N, W ... t_{II}, t_{III}, t_{IV} . Als ontbondenen bekomen we nu in:

$$A \dots \frac{D_A}{\cos \delta} \text{ in zijvlak AB en de horiz. } D_A \operatorname{tg} \delta = H_{A1} \text{ in frontvlak AC}$$

$$A \dots \frac{s_1}{\cos \delta} \text{ » » » » » } s_1 \operatorname{tg} \delta = H'_{A1} \text{ » » »}$$

$$E \dots \frac{s_2}{\cos \delta} \text{ » » » » » } s_2 \operatorname{tg} \delta = H'_{A2} \text{ » » »}$$

enz.

$$B \dots \frac{D_B}{\cos \delta} \text{ in zijvlak AB en de horiz. } D_B \operatorname{tg} \delta = H_{B1} \text{ » » BD}$$

$$B \dots \frac{t_1}{\cos \delta} \text{ » » » » » } t_1 \operatorname{tg} \delta = H'_{B1} \text{ » » »}$$

$$F \dots \frac{t_2}{\cos \delta} \text{ » » » » » } t_2 \operatorname{tg} \delta = H'_{B2} \text{ » » »}$$

enz.

$$C \dots \frac{D_C}{\cos \delta} \text{ in zijvlak CD en de horiz. } D_C \operatorname{tg} \delta = H_{C1} \text{ » » AC}$$

$$C \dots \frac{s_I}{\cos \delta} \text{ » » » » » } s_I \operatorname{tg} \delta = H'_{C1} \text{ » » »}$$

$$G \dots \frac{s_{II}}{\cos \delta} \text{ » » » » » } s_{II} \operatorname{tg} \delta = H'_{C2} \text{ » » »}$$

enz.

$$D \dots \frac{D_D}{\cos \delta} \text{ in zijvlak CD en de horiz. } D_D \operatorname{tg} \delta = H_{D1} \text{ » » BD}$$

$$D \dots \frac{t_I}{\cos \delta} \text{ » » » » » } t_I \operatorname{tg} \delta = H'_{D1} \text{ » » »}$$

$$I \dots \frac{t_{II}}{\cos \delta} \text{ » » » » » } t_{II} \operatorname{tg} \delta = H'_{D2} \text{ » » »}$$

Ook de *horizontale* krachten, welke op den bovenbouw, op de mobiele belasting en onmiddellijk op den pijler werken, zullen op de verschillende punten A, B, C, D worden overgebracht.

Deze krachten vinden hun oorzaak: 1°. in de werking van den winddruk; 2°. in de werking van den trein op de brug en soms in de uitzetting of inkrimping der brug.

De winddruk welke *zijdelings* op den *bovenbouw* en de *mobiele belasting* der brug werkt, stellen we aan te grijpen boven het midden der oplegging en ter hoogte van h' boven den bovenkant des pijlers; de waarde daarvan is H^I en H^{II} , zie fig. 1d; de winddruk op de halve bovenetage van den frontwand wordt H_1 gesteld.

De horizontale druk zal dan kunnen zijn:

1°. wanneer de wind van A naar B waait 1).

$$\text{Op } h' \text{ boven A... } H^{II} \frac{c}{b_1} + H^I \frac{b_1 - d}{b_1} = H^{AI} \dots (82.)$$

$$\text{Op } h' \text{ » C... } H^I \frac{d}{b_1} + H^{II} \frac{b_1 - c}{b_1} = H^{CI} \dots (83.)$$

2°. wanneer de wind van B naar A waait 1).

$$\text{Op } h' \text{ boven B... } H^{II} \frac{c}{b_1} + H^I \frac{b_1 - d}{b_1} = H^{AI} = H^{BI} \dots (84.)$$

$$\text{Op } h' \text{ » D... } H^I \frac{d}{b_1} + H^{II} \frac{b_1 - c}{b_1} = H^{CI} = H^{DI} \dots (85.)$$

Voor den winddruk, die zijdelings tegen de *zijwanden* ter hoogte van elk punt A, B, C, D kan werken, wordt gesteld $\frac{1}{2} H_1$ en voor den winddruk op elk der knooppunten der lagere etages $\frac{1}{2} H_2$, $\frac{1}{2} H_3$ enz.

Stelt nu Pl. 55 fig. 5 het vlak van den *zijwand* AB voor, zooals het *werkelijk* is, en denkt men 't zich te lood staande, dan werkt in dat vlak:

in A	de verticale druk.	. . .	$\frac{D_A}{\cos \delta}$	en	$\frac{s_1}{\cos \delta}$
en lager in E	»	»	. . . . .		$\frac{s_2}{\cos \delta}$
in J	»	»	. . . . .		$\frac{s_3}{\cos \delta}$
in B	»	»	. . . . .	en	$\frac{t_1}{\cos \delta}$

1) Eenvoudigheidshalve is hier aangenomen dat de wind slechts op één frontwand werkt, namelijk op AC, met andere woorden: er wordt verwaarloosd dat de wind *doorwaait*.

en lager in F de verticale druk.	$\frac{t_2}{\cos \delta}$
in K » » »	$\frac{t_3}{\cos \delta}$
terwijl zijdelings als horizontale krachten werken	
op h' boven A	$H^{\Delta I}$
op de hoogte van A.	$\frac{H_1}{2}$
beneden A bij E	$\frac{H_2}{2}$
» » » J	$\frac{H_3}{2}$

De horizontale krachten, welke in de *lengte richting* op den *bovenbouw* en de *mobiele belasting* der brug kunnen werken, stellen we aan te grijpen boven het midden der opleggingen en wel die van den wind op de hoogte h'' en de overigen, ontstaande door uitzetting of inkrimping van den bovenbouw der brug alsmede door de werking van den trein op de hoogte h''' boven den bovenkant des pijlers; de waarde wordt gesteld, Pl. 55 fig. 1e: voor de kracht door den wind werkende boven den zijwand AB... H^{III}

» » » » CD... H^{V}
 en voor de overige krachten » » » » AB... H^{IV}
 » » » » CD... H^{VI}

Die horizontale windkrachten in de punten A, B, C en D overgebracht, zullen nu zijn: wanneer de wind van A naar C waait:

op h'' boven hoekpunt A $\frac{1}{2} H^{\text{III}} \frac{a_1 - e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{\text{III}} \frac{f}{a_1} = H^{\Delta \text{II}}$. (86.)

» h'' » » » B $\frac{1}{2} H^{\text{III}} \frac{e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{\text{III}} \frac{a_1 - f}{a_1} = H^{\text{BII}}$. (87.)

wanneer de wind van C naar A waait:

op h'' boven hoekpunt C $\frac{1}{2} H^{\text{V}} \frac{a_1 - e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{\text{V}} \frac{f}{a_1} = H^{\text{CI}}$. (88.)

» h'' » » » D $\frac{1}{2} H^{\text{V}} \frac{e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{\text{V}} \frac{a_1 - f}{a_1} = H^{\text{DII}}$. (89.)

De winddruk, die onmiddellijk ter hoogte van elk hoekpunt A, B, C, D tegen de zijwanden wordt aangenomen te werken,

wordt gesteld $\frac{1}{2} H_1^I$ en voor dien op elk der knooppunten van de lagere etages $\frac{1}{2} H_2^I$, $\frac{1}{2} H_3^I$, enz.

De horizontale krachten die door de uitzetting en inkrumping der brug alsmede door de werking van den trein ontstaan, zullen, op de hoekpunten A, B, C, D overgebracht, zijn:

$$\text{op } h''' \text{ boven het hoekpunt A } \frac{1}{2} H^{IV} \frac{a_1 - e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{IV} \frac{f}{a_1} = H^{AIII}. \quad (90.)$$

$$\text{» } h''' \text{ » » » B } \frac{1}{2} H^{IV} \frac{e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{IV} \frac{a_1 - f}{a_1} = H^{BIII}. \quad (91.)$$

$$\text{» } h''' \text{ » » » C } \frac{1}{2} H^{VI} \frac{a_1 - e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{VI} \frac{f}{a_1} = H^{CIII}. \quad (92.)$$

$$\text{» } h''' \text{ » » » D } \frac{1}{2} H^{VI} \frac{e}{a_1} + \frac{1}{2} H^{VI} \frac{a_1 - f}{a_1} = H^{DIII}. \quad (93.)$$

Deze krachten kunnen, zoowel naar den pijler toe als van den pijler af, werkzaam zijn.

In het bovenstaande zijn nu al de krachten voorgesteld, die hoofdzakelijk te pas komen bij het berekenen van de spanningen in de deelen des pijlers. De pijler bekomt diagonalen, die *uitsluitend* aan rekspanning kunnen weerstand bieden.

Op Pl. 55 fig. 7 is de *frontwand* voorgesteld, zooals hij werkelijk is met de daarop zijdelings werkende krachten.

e. Berekening der spanningen in de samenstellende deelen des pijlers. Ter verkrijging van de spanning in eenig deel heeft men acht te geven op de *grootte* en *richting* van de krachten, die gelijktijdig kunnen of moeten werken om de spanning in dat deel te vergrooten of soms te verkleinen. Men ziet dan dat gelijktijdig kunnen werken ter bepaling van de maximum spanningen in de deelen van den:

Zijwand AB, en wel in:

den stijl	AO	de krachten voorgesteld in fig.	6a	en	6c
»	»	BT	»	»	» 6b » 6d
de diagonalen	EB, JF, OK	»	»	»	» 6b
»	»	AF, EK, JT	»	»	» 6a
de horizontale verbindingen	{ EF, JK, OT	»	»	»	» 6b

Frontwand CA:

de diagonalen GA, LE, VJ de krachten voorgesteld in fig. 8a

» » CE, GJ, LO » » » » 8b

de horizontale { GE, LJ, VO » » » » 8a
 verbindingen

Men heeft voor de maximum spanning in eenig deel de algebraïsche som te nemen van de berekende maximum spanningen uit de hierboven bij dat deel genoemde figuren.

1°. **Zijwand AB.** Ter berekening van de spanningen in de deelen van de 3^{de} etage van den **zijwand** AB maken we in de figⁿ. 6a—6d de doorsneê $m_3 m_3$ en dan hebben we ten opzichte van het:

draaipunt T fig. 6a:

$$\begin{aligned} \underline{JO}_{-1} = & -\frac{1}{y_3} \left[\frac{D_B + t_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_4 - a_1}{2} + \frac{t_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_4 - a_2}{2} + \frac{t_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_4 - a_3}{2} + \right. \\ & + \frac{D_A + s_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_1 + a_4}{2} + \frac{s_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_2 + a_4}{2} + \frac{s_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_3 + a_4}{2} + \\ & + H^{BI} (h' + h_1 + h_2 + h_3) + \frac{H_1}{2} (h_1 + h_2 + h_3) + \frac{H_2}{2} (h_2 + h_3) + \\ & \left. + \frac{H_3}{2} h_3 \right] \dots \dots \dots (94a.) \end{aligned}$$

draaipunt V fig. 6c:

$$\begin{aligned} \underline{JO}_{-2} = & -\frac{1}{y'_3} \left[(H^{CIII} + H^{AIII}) (h''' + h_1 + h_2 + h_3) + \right. \\ & + (H_{C1} + H'_{C1} - H_{A1} - H'_{A1}) (h_1 + h_2 + h_3) + \\ & \left. + (H'_{C2} - H'_{A2}) (h_2 + h_3) + (H'_{C3} - H'_{A3}) h_3 \right] \dots (94b.) \end{aligned}$$

Alzoo: $\underline{JO}_{-1} + \underline{JO}_{-2} = R_3 \dots \dots \dots (94c.)$

draaipunt O, Fig. 6b:

$$\begin{aligned} \underline{KT}_{-1} = & -\frac{1}{y_3} \left[\frac{D_A + s_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_4 - a_1}{2} + \frac{s_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_4 - a_2}{2} + \right. \\ & + \frac{s_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_4 - a_3}{2} + \frac{D_B + t_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_1 + a_4}{2} + \frac{t_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_2 + a_4}{2} + \\ & + \frac{t_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_3 + a_4}{2} + H^{AI} (h' + h_1 + h_2 + h_3) + \frac{H_1}{2} (h_1 + h_2 + h_3) + \\ & \left. + \frac{H_2}{2} (h_2 + h_3) + \frac{H_3}{2} h_3 \right] \dots \dots \dots (95a.) \end{aligned}$$

draaipunt W, Fig. 6d:

$$\begin{aligned} \underline{KT}_2 = -\frac{1}{y_3} & \left[(H^{DIII} + H^{BIII}) (h''' + h_1 + h_2 + h_3) + (H_{D1} + \right. \\ & + H'_{D1} - H_B^1 - H'_{B1}) (h_1 + h_2 + h_3) + (H'_{D2} - H'_{B2}) (h_2 + h_3) + \\ & \left. + (H'_{D3} - H'_{B3}) h_3 \right] \dots \dots (95b.) \end{aligned}$$

$$\text{Alzoo:} \quad \underline{KT}_1 + \underline{KT}_2 = U_3 \dots \dots (95c.)$$

draaipunt M Fig. 6b:

$$\begin{aligned} \text{OK} = S_3 = -\frac{1}{z_3} & \left[\frac{D_B + t_1 - D_A' - s_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_1}{2} + \frac{t_2 - s_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_2}{2} + \right. \\ & + \frac{t_3 - s_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_3}{2} - H^{A1} (h_0 - h') - \frac{H_1}{2} \cdot h_0 - \\ & \left. - \frac{H_2}{2} (h_0 + h_1) - \frac{H_3}{2} (h_0 + h_1 + h_2) \right] \dots (96.) \end{aligned}$$

draaipunt M, Fig. 6a.

$$\begin{aligned} \text{JT} = S_3' = -\frac{1}{z_3} & \left[\frac{D_A + s_1 - D_B - t_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_1}{2} + \frac{s_2 - t_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_2}{2} + \right. \\ & + \frac{s_3 - t_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_3}{2} - H^{B1} (h_0 - h') - \frac{H_1}{2} \cdot h_0 - \frac{H_2}{2} (h_0 + h_1) - \\ & \left. - \frac{H_3}{2} (h_0 + h_1 + h_2) \right] \dots \dots (97.) \end{aligned}$$

Ter berekening van de horizontale verbinding JK maken we in Fig. 6b de doorsnèe $n_3 n_2$, dan hebben we ten opzichte van het draaipunt M:

$$\begin{aligned} \text{JK} = X_3 = \frac{1}{h_0 + h_1 + h_2} & \left[\frac{D_B + t_1 - D_A - s_1}{\cos \delta} \cdot \frac{a_1}{2} + \right. \\ & + \frac{t_2 - s_2}{\cos \delta} \cdot \frac{a_2}{2} - \frac{s_3}{\cos \delta} \cdot \frac{a_3}{2} - H^{A1} (h_0 - h') - \\ & \left. - \frac{H_1}{2} h_0 - \frac{H_2}{2} (h_0 + h_1) - \frac{H_3}{2} (h_0 + h_1 + h_2) \right] \dots (98.) \end{aligned}$$

2°. **Frontwand AC.** Ter berekening van de spanningen der deelen van de 3^{de} etage van den **frontwand AC** maken we in de figⁿ. 8a en 8b de doorsnèe $m'_3 m'_3$ en dan hebben we ten opzichte van het draaipunt M fig. 8a:

$$VJ = S_{III} = -\frac{1}{z'_3} \left[- (H^{CIII} + H^{AIII}) (h_0 - h''') - H^{CII} (h_0 - h'') - \left(\frac{H^I_1}{2} + H_{C1} + H'_{C1} - H_{A1} - H'_{A1} \right) h_0 - \left(\frac{H^I_2}{2} + H'_{C2} - H'_{A2} \right) \times \right. \\ \left. \times (h_0 + h_1) - \left(\frac{H^I_3}{3} + H'_{C3} - H'_{A3} \right) (h_0 + h_1 + h_2) \right]. \quad (99.)$$

draaipunt M, Fig. 8b:

$$OL = S'_{III} = -\frac{1}{z'_3} \left[- (H^{AIII} + H^{CIII}) (h_0 - h''') - H^{AII} (h_0 - h'') - \left(\frac{H^I_1}{2} + H_{A1} + H'_{A1} - H_{C1} - H'_{C1} \right) h_0 - \left(\frac{H^I_2}{2} + H'_{A2} - H'_{C2} \right) (h_0 + h_1) - \right. \\ \left. - \left(\frac{H^I_3}{3} + H'_{A3} - H'_{C3} \right) (h_0 + h_1 + h_2) \right]. \quad (100.)$$

Ter berekening van de spanningen in de horizontale verbinding LJ maken we de doorsnêe $n'_3 n'_2$ in Fig. 8a en bekomen dan ten opzichte van het draaipunt M:

$$LJ = X_3 = \frac{1}{h_0 + h_1 + h_2} \left[- (H^{CIII} + H^{AIII}) (h_0 - h''') - H^{CII} (h_0 - h'') - \left(\frac{H^I_1}{2} + H_{C1} + H'_{C1} - H_{A1} - H'_{A1} \right) h_0 - \right. \\ \left. - \left(\frac{H^I_2}{2} + H'_{C2} - H'_{A2} \right) (h_0 + h_1) - \left(\frac{H^I_3}{2} + H'_{C3} \right) (h_0 + h_1 + h_2) \right] \quad (101.)$$

3°. **Overige wanden.** Op overeenkomstige wijze kunnen de spanningen in den zijwand CDGI enz. alsmede in den frontwand BDEF enz. berekend worden voor het geval, dat de belastingen $P_1 + Q_1$ niet gelijk $P_2 + Q_2$, $P_3 + Q_3$ niet gelijk $P_4 + Q_4$ en $H^{III} + H^{IV}$ niet gelijk $H^V + H^{VI}$ zijn.

Is $P_1 + Q_1 = P_2 + Q_2$; $P_3 + Q_3 = P_4 + Q_4$ en $H^{III} + H^{IV} = H^V + H^{VI}$ dan zijn de spanningen in de gelijkstandige deelen van de twee zijwanden aan elkander gelijk en die van de twee frontwanden zijn ook aan elkander gelijk.

f. **Bepaling van de grootte der krachten, afmetingen, enz.** Ter bepaling van de aan te nemen windkracht en van de verticale belasting bij spoorwegbruggen wordt verwezen naar § 53, bladz. 153 en § 16, bladz. 270 van **het Derde deel, tweede gedeelte**; terwijl

die belasting bij bruggen voor gewoon verkeer in elk geval in 't bijzonder moet bepaald worden.

De uitwerking van de uitzetting en inkrimping der brug kan bij ongelijke openingen aan weerszijden des pijlers als volgt ongeveer bepaald worden: Stel de grootste opening W_1 ; de kleinste W_2 ; de grootste drukkingen, die op de beweegbare opleggingen plaats hebben, op de steunpunten buiten den pijler respectievelijk D_1 en D_2 ; de wrijvingscoëfficiënt voor rollende wrijving bij deze opleggingen f'_1 ; de opleggingen op den pijler vast, dan bekomt men voor den zijdelingschen druk door de uitzetting of inkrimping der brug:

Grootste opening $f'_1 D_1$; kleinste opening $f'_1 D_2$, terwijl de gezamenlijke druk is: $f'_1 (D_1 - D_2) \dots \dots \dots (102.)$

De werking van den trein op de brug is bij benadering als volgt te bepalen: Stel het grootste gewicht van den trein G kilogr. zich bewegende met een snelheid v per seconde. Remt men nu tijdens de trein op de brug is zóó dat de rollende wrijving in glijdende overgaat en stelt men de coëfficiënt voor deze laatste wrijving $\frac{1}{7}$, dan is $\frac{G}{7}$ de horizontaal tegenwerkende kracht om de trein te doen stilstaan. — De levende kracht van den trein met de snelheid v was $\frac{Gv^2}{2g}$; de weg, waarin de trein zal stilstaan bedraagt dan bij benadering

$$\frac{Gv^2}{2g} : \frac{G}{7} = \frac{7v^2}{2g}.$$

Ingeval dubbelspoor aanwezig is, zullen twee treinen kunnen remmen op dezelfde overspanning, of wel: de eene trein wegende G_1 op de linker-, de andere trein van G_2 gewicht op de rechteroverspanning, terwijl zij zich in dezelfde richting bewegen.

Men heeft nu tengevolge van het bovenstaande, wanneer links de grootste en rechts de kleinste opening is en tijdens het remmen de drukkingen op de steunpunten buiten den pijler zijn links D'_1 en rechts D'_2 ,

1°. zonder remmen $H^{IV} = f'_1 D_1$ en $H^{VI} = f'_1 D_2$ doch in tegen-gestelde richting werkende van H^{IV} .

2°. met remmen. *a.* Wanneer de brug gelijktijdig onder den invloed van *uitzetting* of *inkrimping* verkeert.

$$H^{IV} = \frac{G_1}{7} \pm f'_1 D'_1 \quad (103.)$$

$$H^{VI} = \frac{G_1}{7} \mp f'_1 D'_2 \quad (104.)$$

b. Wanneer de brug niet onder den invloed van *uitzetting* of *inkrimping* is doch door de zijdelingsche kracht in de richting van de lengte der brug een begin van ombuiging des pijlers veroorzaakt van links naar rechts.

$$H^{IV} = \frac{G_1}{7} - f'_1 D'_1 \quad (105.)$$

$$H^{VI} = \frac{G_2}{7} - f'_1 D'_2 \quad (106.)$$

De waarde van k''' zal veeltijds ongeveer zijn:

1°. Wanneer de invloed van remmen niet in rekening wordt gebracht de hoogte gerekend van bovenkantpijler tot het zwaartepunt van den rand der brug, waaronder de oplegging plaats heeft.

2°. Wanneer de bedoelde invloed sub 1 wel in rekening wordt gebracht de hoogte gerekend van bovenkant-pijler tot de resultante der krachten door de werking van *uitzetting* of *inkrimping* en door het remmen veroorzaakt.

In de verschillende deelen kunnen spanningen toegelaten worden, in Kilogr. per cm^2 der dwarsdoorsnede als volgt:

	Getrokken deelen.	Gedrukte korte deelen.
voor hout	30 à 60	30 à 60
» gegoten ijzer	150 à 200	500 à 700
» gesmeed ijzer	500 à 650	500 à 650

Verder zie men *c* bladz. 488 hiervoor.

Behalve de samenstellende deelen, die bij de gedane berekening reeds in aanmerking kwamen, worden nog horizontale diagonalen aangebracht nabij het boveineind en bij de knooppunten van elke etage des pijlers; deze dienen om de rechtehoeken A B C D enz. tegen schranken te beveiligen.

g. Samengestelde constructies. Vele der uitgevoerde bruggen, waarbij ijzeren pijlers als de besprokene zijn toegepast, zijn voor enkel spoor of hebben geen groote breedte en dan kan de pijler zeer goed met vier hoekstijlen volstaan, die tevens den dienst van schoren verrichtten. Men kan natuurlijk ook de vier stijlen, die het verticaal gewicht moeten dragen geheel of nagenoeg verticaal stellen en afzonderlijke schoren aanbrengen tegen den zijdeling-schen druk Pl. 55 fig. 9.

Zijn de bruggen breeder b. v. voor dubbel spoor met vier hoofdliggers, dan kunnen ze nog wel met vier hoekstijlen ge-construeerd worden; ook heeft men dan soms twee middelstijlen, die de verticale belasting opnemen, welke door de twee middel-hoofdliggers overgebracht worden Pl. 55 fig. 10. Het is duidelijk dat dan ook acht stijlen kunnen gebruikt worden namelijk voor elk paar liggers vier. Pl. 55 fig. 11.

Hier geldt ook weer wat reeds vroeger gezegd is, dat de eenvoudige constructies, die geschikt voor berekening vatbaar zijn, verkozen moeten worden boven de samengestelde, waarin de werking der verschillende krachten meer aan twijfel onder-hevig is.

Wanneer de bovenbouw niet bestaat uit balkbruggen maar uit kettingbruggen Pl. 55 fig. 12 of uit scharnier- of boogbruggen Pl. 55 fig. 13 of schoorbruggen, dan kan, wanneer de verticale en horizontale krachten bepaald zijn, de berekening van de spanningen in de verschillende deelen op overeenkomstige wijze, als die in de ijzeren etage-pijlers voor de balkbruggen, bere-kend worden. Het is duidelijk dat ook hier in de berekening voor de spanningen in elk deel, die krachten worden opgeno-men, welke de maximum spanningen in dat deel opwekken.

HOOFDSTUK V.

STABILITEIT DER WERKKAMER VOOR FUNDEERINGEN MET BEHULP VAN SAMENGEPERSTE LUCHT.

§ 158. **Stabiliteit der werkkamer.** Het is duidelijk, dat bij het fundeeren met behulp van een werkkamer en samengeperste lucht gezorgd moet worden dat de werkkamer met water op is, bij de uitvoering voldoende stabiliteit bezit en dus niet omslaat. Kettingen touwen met katrollen, die men soms gebruikt, mogen stellig als middel tot meer zekerheid worden aangewend, doch daarop mag 't niet geheel aankomen; de stabiliteit moet eigenlijk voldoende zijn zonder die hulpmiddelen.

Wanneer een bak, waarvan we de dwarsdoorsnede over de geheele lengte gelijk aan ABDE Pl. 55 fig. 14 aannemen en waarin F'H het vlak van symmetrie voorstelt, geen andere krachten hoegenaamd dan de zwaartekracht en de waterdruk werken, dan zal die bak zoodanig drijven, dat F'H verticaal is. Het zwaartepunt van den bak ligt in C, dat van de verplaatste vloeistof door den bak in Z. In C werkt het gewicht van den bak G naar beneden, in Z werkt het opdrijvend vermogen van het ingedompelde deel V naar boven; het evenwicht vordert:

$$G = V. \quad (1.)$$

Omdat aangenomen wordt dat de bak over de geheele lengte dezelfde dwarsdoorsnede heeft en homogeen is, zoo kan een vak des baks van één lengte-eenheid, gelegen tusschen twee verticale vlakken, die loodrecht staan op de lengte-richting des baks, beschouwd worden. Men kan stellen het gewicht van dat vak gelijk G; het opdrijvend vermogen daarvan zal gelijk zijn aan

de dwarsdoorsnede van het ingedompelde deel vermenigvuldigd met één en met het specifiek gewicht γ van de vloeistof.

De zijwanden en de bodem van den bak zijn te beschouwen als de mantel en de zolder of het plafond der werkkamer. Verlengt men den mantel tot in D_1 , en E_1 , Pl. 55 fig. 15, dan bekomt men onder den bak een ruimte, die de werkkamer vormt. Wegens bijkomend gewicht verandert natuurlijk G , alsmede de hoogte C en Z van het geheele drijvend voorwerp, dat de werkkamer, den mantel en wat daarin, is uitmaakt.

Raakt het drijvende voorwerp in een schuinen stand, zoodat $F'H$ een hoek α met de verticaal maakt, Pl. 55 fig. 16, dan verplaatst zich het zwaartepunt Z van de vroeger verplaatste vloeistof naar Z_1 . Is V_1 het opdrijvend vermogen in dezen toestand dan is blijkbaar $V_1 = V = G$. Nu wordt het drijvend voorwerp in evenwicht gehouden door het opdrijvend vermogen V_1 en door het gewicht des voorwerps, vormende een koppel waarvan het draaiingsmoment is $M_t = G \times CK = CM \sin \alpha$ (2.)

Het is dit koppel, hetgeen belet dat het lichaam nog schuiner gaat staan, en er naar streeft om het voorwerp van den schuinen in den eersten stand terug te brengen. Dit kan alleen dan geschieden wanneer de verticaal gaande door Z_1 rechts van C en dus het snijpunt M van deze met de as van symmetrie boven C valt.

Het punt M wordt het **metacenter** genoemd. Het draaiingsmoment M_t , bij zekeren hoek α , is dus evenredig aan CM .

De stabiliteit van het drijvend lichaam is alzoo grooter naarmate het metacenter hooger boven het zwaartepunt van het voorwerp gelegen is.

Door den schuinen stand is de vorm van de dwarsdoorsnede van de verplaatste vloeistof veranderd en is links een driehoek boven water en rechts een driehoek onder water geraakt Pl. 55 Fig. 17; deze driehoeken zijn aan elkander gelijk, zoodat het gewicht ervan $v = v_1$ is; zij kunnen, omdat α zeer klein is als gelijkbeenige driehoeken aangenomen worden, waarvan de basis $\frac{1}{2} b \alpha$ en de hoogte $\frac{1}{2} b$ bedraagt, indien door b de breedte van den bak voorgesteld wordt. In dit geval zal zijn:

$$v_1 = v = \frac{1}{2} \times \frac{1}{2} b \alpha \times \frac{1}{2} b \gamma = \frac{1}{8} b^2 \alpha \gamma. \quad . . . (3.)$$

en de afstand der zwaartepunten van v en v_1 .

$$b - 2 \times \frac{1}{3} \times \frac{1}{2} b = \frac{2}{3} b.$$

v en v_1 vormen een koppel, waarvan het moment

$$m = v_1 \times \frac{2}{3} b; \quad (4.)$$

V_1 is te beschouwen als de resultante van V , v_1 en v ; de som der statische momenten dezer drie laatste krachten moet dus gelijk zijn aan het moment van V_1 ten opzichte van elk punt, dus ook ten opzichte van Z ; het moment van V wordt dan nul en men bekomt $V_1 \times \overline{LM} = v_1 \times \frac{2}{3} b. \quad (5.)$

Daar $LM = \overline{ZM} \sin \alpha = (\overline{ZC} + \overline{CM}) \sin \alpha$ is en ook weder in aanmerking nemende dat α zeer klein is, zoo kan men stellen:

$$\begin{aligned} V(\overline{ZC} + \overline{CM}) \alpha &= v_1 + \frac{2}{3} b \\ \text{of } V(\overline{ZC} + \overline{CM}) \alpha &= \frac{1}{8} b^2 \alpha \gamma \times \frac{2}{3} b \\ \text{waaruit } \overline{CM} &= \frac{b^3 \gamma}{12 V} - \overline{ZC}. \quad (6.) \end{aligned}$$

Men noemt den evenwichtstoestand in 't algemeen *stabiël*, wanneer het metacenter *boven* het zwaartepunt van het voorwerp ligt, dus wanneer \overline{CM} grooter dan nul is; aan deze voorwaarde is altijd voldaan, zoolang \overline{ZC} negatief is; de evenwichtstoestand is dus *in elk geval* *stabiël* wanneer het zwaartepunt van het voorwerp lager ligt dan het zwaartepunt van de verplaatste vloeistof. De evenwichtstoestand is *labiël* wanneer \overline{CM} negatief is en dus het metacenter *onder* het zwaartepunt van het voorwerp ligt en *indifferent* wanneer het metacenter *in* het zwaartepunt van het voorwerp ligt dus voor $\overline{CM} = 0$ of $\overline{ZC} = \frac{b^3 \gamma}{12 V}$.

Bij het voorgaande is de werkkamer gevuld met water. Vervangt men een gedeelte van het water in de werkkamer door samengeperste lucht dan zal het drijvend voorwerp en dus ook zijn zwaartepunt zekere hoogte rijzen, terwijl dit niet in gelijke mate het geval is met het zwaartepunt der verplaatste vloeistof; de vervanging van water door lucht heeft dus op de indompeling en de stabiliteit zekeren invloed.

De hoogte van het zwaartepunt der verplaatste vloeistof en van het metacenter van het drijvend voorwerp, ten opzichte van het snijpunt F der as van symmetrie met den onderkant van den plafond der werkkamer, kan, vóór en na de rijzing, voor

de toestanden in de figuren 18—20 Pl. 55 voorgesteld, op de volgende wijze bepaald worden.

Stel dat het drijvend voorwerp is ingedompeld tot $A_1 B_1$ zonder aanwending van samengeperste lucht, Pl. 55, fig. 18, dan is:

$$G = V = \gamma (bi + 2 dc) \text{ en}$$

$$\begin{aligned} \overline{FZ} \cdot V &= \gamma \left(\frac{1}{2} bi^2 - \frac{1}{2} c \cdot 2 dc \right) = \gamma \left(\frac{1}{2} bi^2 - dc^2 \right) \\ &= \gamma \left[\frac{1}{2} bi^2 + dci - dc(c+i) \right] \\ &= \gamma \left[\frac{1}{2} i (bi + 2 dc) - dc(c+i) \right] = \frac{1}{2} i V - \gamma dc(c+i) \end{aligned}$$

$$\text{dus:} \quad \overline{FZ} = \frac{1}{2} i - \frac{\gamma dc(i+c)}{V} \dots \dots \dots (7.)$$

Uit vergelijking (6.) heeft men:

$$\overline{ZM} = \frac{\gamma b^3}{12 V}$$

$$\text{Alzoo:} \quad \overline{FM} = \overline{FZ} + \overline{ZM} = \frac{1}{2} i - \frac{\gamma dc(i+c)}{V} + \frac{\gamma b^3}{12 V}$$

Perst men nu, Pl. 55 fig. 19, lucht in de werkkamer ter hoogte van e en noemt men de rijzing van het drijvend voorwerp e' , dan zal zijn:

$$\begin{aligned} G = V &= \gamma [b(i - e' + e) + 2d(c - e)] \\ &= \gamma [bi + 2dc - e'b + eb - 2dc] \\ &= V - \gamma [be' - e(b - 2d)] \end{aligned}$$

$$\text{dus:} \quad be' = e(b - 2d)$$

$$\text{en de rijzing:} \quad e' = e \frac{b - 2d}{b} \dots \dots \dots (8.)$$

Ter bepaling van \overline{FZ}' heeft men:

$$\begin{aligned} \overline{FZ}' \cdot V &= \gamma \left[\frac{1}{2} b (i - e')^2 - \frac{1}{2} be'^2 - d(c - e)(c + e) \right] \\ &= \gamma \left[\frac{1}{2} b (i - e' + e)(i - e' - e) - d(c - e)(c + e) \right] \\ &= \gamma \left[\frac{1}{2} \{ b (i - e' + e) + 2d(c - e) \} (i - e' - e) - d(c - e)(c + e) \right] \\ &= \frac{1}{2} (i - e' - e) V - \gamma d(c - e)(i - e' + e) \end{aligned}$$

$$\text{dus:} \quad \overline{FZ}' = \frac{1}{2} (i - e' - e) - \frac{\gamma d(c - e)(i - e' + e)}{V} \dots \dots \dots (9.)$$

Het verschil in hoogte van het zwaartepunt Z en Z' voor en na het oppersen is dus:

$$\overline{FZ} - \overline{FZ}' \dots \dots \dots (10a.)$$

Dit verschil kan ook direct worden opgemaakt, want door het inpersen van lucht is de verplaatste waterhoeveelheid verminderd met $A_1 B_1 A_2 B_2 = be'$ en vermeerderd met $D_3 E_3 D_2 E_2$; men heeft dus voor de momenten ten opzichte van DE:

$$\overline{FZ} \cdot V = \overline{FZ} \cdot V - \gamma be' (i - \frac{1}{2} e') - \gamma (b - 2d) e \cdot \frac{1}{2} e \text{ en daar } (b - 2d)e = be' \text{ is, zoo zal zijn:}$$

$$\overline{FZ}' \cdot V = \overline{FZ} \cdot V - \gamma be' (i - \frac{1}{2} e' + \frac{1}{2} e)$$

$$\text{of: } \overline{FZ}' = \overline{FZ} - \gamma \frac{be' (i - \frac{1}{2} e' + \frac{1}{2} e)}{V} = \overline{FZ} - \gamma \frac{be' i + \frac{1}{2} b (e - e') e}{V}$$

en omdat uit $be' = (b - 2d)e$ volgt:

$$\frac{1}{2} b (e - e') = de$$

$$\text{Zoo is: } \overline{FZ}' = \overline{FZ} - \gamma \frac{be' i + dee'}{V}$$

$$\text{of: } \overline{FZ} - \overline{FZ}' = \gamma \frac{(bi + de) e'}{V} = e' \frac{bi + de}{bi + 2de} \quad (10b)$$

Door het inpersen der lucht is dus het zwaartepunt Z van de vroeger verplaatste waterhoeveelheid dichter bij den onderkant van den plafonds der werkkamer gekomen.

Raakt het drijvend voorwerp in een schuinen stand, zoodat weder F'H een hoek α met de verticaal maakt, Pl. 55 fig. 20, dan wordt weder de vorm der dwarsdoorsnede van de verplaatste waterhoeveelheid veranderd, waardoor weder rekening moet gehouden worden links met een driehoekige ruimte waarvan het gewicht v boven, rechts een dito waarvan het gewicht v_1 onder water; de gewichten $v = v_1 = \frac{1}{8} \gamma b^2 \alpha$ vormen weder een koppel, waarvan het moment

$$m = \frac{2}{3} bv = \frac{1}{12} \gamma b^3 \alpha.$$

Met de gewichten der ontstane driehoekige ruimten in de werkkamer links v_1 en rechts v is ook vooral rekening te houden; het linker werkt omhoog en het rechter omlaag; de gewichten zijn:

$$v = v_1 = \frac{1}{2} \gamma (\frac{1}{2} b - d) (\frac{1}{2} b - d) \alpha = \frac{1}{8} \gamma (b - 2d)^2 \alpha. \quad (11)$$

Zij vormen een koppel waarvan de hefboomsarm $= \frac{2}{3} (b - 2d)$ en het moment $m' = \frac{2}{3} (b - 2d) v = \frac{1}{12} \gamma (b - 2d)^3 \alpha$; (12) dit moment werkt tegengesteld aan het moment m en in het nadeel der stabiliteit.

Het evenwicht vordert verder :

$$V \cdot \overline{Z'Z}_1 = V \cdot \overline{Z'M'} \cdot \alpha = \gamma \frac{1}{2} b^3 \alpha - \gamma \frac{1}{2} \gamma (b - 2d)^3 \alpha ;$$

$$\text{dus } \overline{Z'M'} = \gamma \frac{b^3 - (b - 2d)^3}{12V} \dots \dots \dots (13.)$$

Uit deze formule blijkt dat het metacenter in dit geval slechts weinig boven het zwaartepunt van de verplaatste watermassa gelegen is, en aangezien, zooals we boven gevonden hebben, dit zwaartepunt door het inpersen der lucht dichter bij den onderkant van den plafond der werkkamer of bij het punt F gekomen is, zoo zal het metacenter thans veel dichter bij het punt F liggen dan vroeger. De afstand tot F wordt hier :

$$\overline{FM'} = \overline{FZ'} + \overline{Z'M'} = \frac{i - e' - e}{2} - \frac{\gamma d (c - e) (i - e' + c)}{V} +$$

$$+ \gamma \frac{b^3 - (b - 2d)^3}{12V} \dots \dots \dots (14.)$$

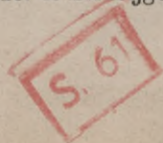
welke afstand voor de stabiliteit grooter zal moeten zijn dan de afstand van het zwaartepunt van het drijvend voorwerp tot het punt F, of;

$$\overline{FM'} > \overline{FC}.$$

Met het zinken van het voorwerp wordt de mantel steeds verhoogd om boven water te blijven en het metselwerk op de werkkamer opgetrokken; de hoogte van het zwaartepunt van het voorwerp en dat van het ingedompeld deel verandert dus aanhoudend, waarmede natuurlijk rekening moet gehouden worden.

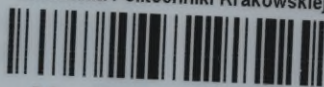
Komt de werkkamer op den bodem der rivier dan wordt lucht in de werkkamer geperst om het water te verwijderen en de werklieden gelegenheid te geven de ontgraving te beginnen.

Raakt door de ontgraving de werkkamer in den bodem der rivier dan zal daardoor de stabiliteit vergroot worden indien namelijk de gronddruk rondom de werkkamer gelijk is. Zaak is 't daarvoor te zorgen, door vooraf een ongelijken rivierbodem over voldoende oppervlakte waterpas te maken, hetzij door verhevenheden weg te baggeren of gaten aan te vullen. Is de gronddruk of de grondweerstand ongelijk dan zal veeltijds het drijvend voorwerp een hellenden stand aannemen en dan moet met overleg en omzichtigheid gewerkt worden, door opmetseling aan de hooge zijde, om den verticalen stand weder te verkrijgen.



WYDZIAŁY POLITECHNICZNE KRAKÓW

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



II-352306

Druk. U. J. Zam. 356. 10.000.

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000300856