

Kazimierz Gdański

Statystyczna ocena bezpieczeństwa
niektórych typów ścisłanych skupów żelbetowych.

Załączniki.

PRACA DOKTORSKA

Promotor

Doc.dr inż. Janusz Murzewski

KRAKÓW, czerwiec 1965 r.

Zawartość T.II. "Załączniki"

1. Oznaczenia
2. Rysunki do rozdz.2
3. Rysunki i tablice do rozdz.3
4. Tablice i wzory rozkładów statystycznych parametrów projektowych - do rozdz.4
5. Analizy statystyczne do weryfikacji teorii głębia nie-Clepeyronowskiego - do rozdz.5
6. Załączniki do rozdz.6



1. Oznaczenia

1.1. Symbole matematyczne.

$$\exp x = e^x$$

funkcja wykładnicza

$$\operatorname{erf} x = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^x e^{-x^2} dx$$

funkcja błędu Laplace'a

$$\Psi(x)$$

funkcja odwrotna do funkcji Laplace'a

$$P(A)$$

prawdopodobieństwo zdarzenia A

$$\frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}$$

rozkład normalny /Gaussea/

$$\frac{1}{\nu_x \times \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-\ln^2 x/\bar{x}}{2\nu_x^2}$$

rozkład logarytm-normalny

$$G(y) = y(1-y)^{-(1+1/k)}$$

funkcja wyboczenia

$$P_k \leftrightarrow e_k \equiv F(P_k, e_k) = 0$$

krzywa interakcji P_k, e_k

$$\{P_{\max}\}$$

ciąg sił P_{\max}

\bar{x}	wartość średnia, /oczekiwana/ zmiennej losowej x
$\sigma_x^2, \lambda_{x,y}$	wariancja zmiennej x i kowarian- cja zmiennych x, y
σ_x	odchylenie standardowe
\tilde{X}	mediana zmiennej x
ν_x	logarytmiczny wskaźnik zmien- ności
$V_x = \sigma_x / \bar{x}$	zwykły wskaźnik zmienności

1.2 Bezpieczeństwo.

$\sigma_{bdop}, \sigma_{adop}, P_{dop}$	dopuszczalne naprężenia w be- tonie, w armaturze i dopusz- czalne obciążenie w świetle metody N.D.
s	globalny współczynnik bezpie- czeństwa do obciążeń w świe- tle metody $\odot N$
n, k, m	współczynniki: przeciążenia, braków materiałów i pracy konstrukcji /warunków pracy/ w świetle metody S.G.
P, C, N	3 parametry bezpieczeństwa: obciążenie budowli, błąd oceny, nośność charaktery- styczna w świetle metody pro- babilistycznej J. Murzewskiego
P^g, C^g, N^g	wartości graniczne parametrów bezpieczeństwa P, C, N .
S, Ω	prawdopodobieństwo bezpiec- zeństwa, oraz kres dolny tego prawdopodobieństwa jako wskaźnik bezpieczeństwa, miara ^{nie} bezpieczeństwa,
$\omega = 1 - \Omega$	prawdopodobieństwa, że param- etry P, C, N nie przekroczą war- tości granicznych P^g, C^g, N^g
S_P, S_C, S_N	kresy dolne prawdopodobień- stw S_P, S_C, S_N
$\Omega_P, \Omega_C, \Omega_N$	gwarancja bezpieczeństwa w świetle probabilistycznej teorii Streleckiego
Γ	ściśle prawdopodobieństwa nie- zniszczenia i zniszczenia
$p, q = 1 - p$	

$F_P(P), F_C(C), F_N(N)$	dystrybuanty parametrów bezpieczeństwa,
$\lambda_P, \lambda_C, \lambda_N$	standaryzowane odchylenia graniczne,
ν_P, ν_C, ν_N	logarytmiczne wskaźniki zmienności parametrów bezpieczeństwa,
C_I	losowy współczynnik korekcyjny wyrażający błąd obliczeń jako I składowa błędu oceny C,
C_W	losowy współczynnik korekcyjny wyrażający błąd określenia konwencjonalnej długości wolnej słuza na wyboczenie jako II składowa błędu oceny C,
C_t	losowy błąd teorii wyboczenia jako III składowa błędu oceny C,
s, s_P, s_C, s_N	globalny i częściowe współczynniki bezpieczeństwa w świetle metody probabilistycznej,
$\alpha = s_P^{-1}$ $\gamma = s_C^{-1}$ $\beta = s_N^{-1}$	współczynniki: przeciążenia, warunków pracy i redukcji nośności charakterystycznej per analog. metody S.G.

1.3.3. Reprezentacja matematyczna stanu stereomechanicznego.

$\bar{\sigma}_b, \bar{\sigma}_a, \bar{\sigma}$	naprężenie w betonie, naprężenie w armaturze i zastępcze naprężenie w żelazobetonie,
$\bar{\sigma}_{bk}, \bar{\sigma}_k$	krytyczne naprężenie w betonie i zastępcze krytyczne w żelazobetonie,
$\bar{\sigma}_{kE}$	Eulerowska wartość naprężenia krytycznego /słup doskonale sprężysty/
$\bar{\epsilon}_b, \bar{\epsilon}_a, \bar{\epsilon}$	odkształcenie w betonie, odkształcenie w armaturze i odkształcenie w żelazobetonie
$\bar{\epsilon}_{bk}, \bar{\epsilon}_k$	krytyczne odkształcenia w betonie i żelazobetonie
$\bar{\epsilon}_{bgr}, \bar{\epsilon}_{gr}$	graniczne odkształcenia w betonie i żelazobetonie
x, y	współrzędne linii wygięcia słuza
ξ, η	zredukowane współrzędne linii wygięcia słuza

f	wygięcie słupa w miejscu krytycznym w procesie obciążenia siłą P
f_k	krytyczna wartość wygięcia f
f_n	niszcząca wartość wygięcia f
α	krzywizna przekroju o współrzędnych x, y
α_k	krytyczna wartość krzywizny w przekroju krytycznym
α_n	niszcząca wartość krzywizny w przekroju krytycznym
x, x_1 (lub ξ_h, ξ_1, h)	położenie osi obojętnej zginania przekroju krytycznego od skrajnego włókna strefy wklęsłej
$P = \sum P_i$	obciążenie "osiowe" na słupie
P_g, P_n	części; stała i użyteczna obciążenia P
$P_{norm} \equiv \bar{P}$	normatywne /nominalne/ ^{obciążenie,} uśrednione ze średnim obciążeniem słupa
e_0	nielosowy mimośród przyłożenia siły P_k /przewidywany w projekcie/
e_1	losowy mimośród wyrażający wykrzywienie wstępne osi słupa /nie-dokładność wykonania/
e_2	losowy mimośród związany z odchyleniem osi słupa od pionu /nie-dokładność wykonania/
e_3	losowy mimośród przyłożenia siły P_k wyrażający niejednorodność materiału i pozostałe wady wykonania
B_1, B_2	współczynniki linearyzujące mimośrody e_2, e_3
$e_{ozast} = \sum B_n e_n$	losowy, zastępczy mimośród przyłożenia siły P_k , wyrażający wpływ wszystkich niedokładności wykonania łącznie z e_0
e	mimośród siły P w miejscu krytycznym
e_k	krytyczna wartość mimośrodu e
$\eta_T = e_{ozast} / e_k$	mimośrodowość statystyczna
$P_k = N_k$	obciążenie krytyczne i charakterystyczna nośność krytyczna słupa

P_n

obciążenie niszczące w świetle metody 0 N

 P_{kE}

eulerowska wartość siły krytycznej dla zastępczego słupa doskonale sprężystego

 N

nośność słupa sztywnego na osiowe ściskanie

$$\gamma = P_k / N$$

współczynnik wybożenia

 γ_E

eulerowska wartość współczynnika wybożenia /słupa doskonale sprężystego/

$$M = P_e$$

moment zginający w miejscu krytycznym w procesie obciążenia siłą "osiową" P

 M_k

krytyczna wartość momentu M

$$K_k(x, y, P_k)$$

krytyczna sztywność przekroju o współrzędnych x, y w procesie obciążenia siłą krytyczną P_k K_{ok} krytyczna sztywność przekroju w miejscu przyłożenia siły P_k /sztywność początkowa/ K_{plk}

krytyczna sztywność przekroju w miejscu krytycznym

$$\nu = K_{plk} / K_{ok}$$

wskaźnik giętnego doplastycznienia przekroju krytycznego

 θ

współczynnik stateczności słupa

 m drugi parametr /obok wskaźnika ν w funkcji sztywności K_k α współczynnik charakteryzujący plastyczny wskaźnik wytrzymałości przekroju $W_{pl} = b h^2 \alpha$

$$m_1 = \frac{\epsilon_{br} - \epsilon_{bk}}{\epsilon_{bpl} - \epsilon_{bk}} \quad m_2 = \frac{\epsilon_{br} \epsilon_p}{\epsilon_{bpl}}$$

wskaźniki: charakteryzujący przyrost odkształceń granicznych wskutek zginania i wartość nieprzekraczalna.

 $\omega, \omega_1, \omega_{gr}$

współczynnik wypełnienia ścisanej bryły naprężeń w betonie

 η, η_1

położenie środka ciężkości bryły naprężeń ścisających

$$\psi = (1 - \eta_1) / \omega_1$$

losowy współczynnik związany z funkcjonalem bryły naprężeń w betonie.

 A_b, A_h, A_{Rb}, \dots

współczynniki zlinearyzowanego wzoru na nośność krytyczną, /w sensie Leviego/

 ν_{Nk}, ν_c, ν_p

logarytmiczna zmienność: krytycznej nośności słupa, błędów obliczeń, obciążenia

1.4. Empiryczne cechy materiałów i pochodne.

$R_{\phi 16}$	normatywna wytrzymałość betonu na walcach $\phi 16.30$ /wg norm polskich/
$R_{\phi 20}$	normatywna wytrzymałość betonu na kostkach $20.20.20$ /wg norm radzieckich/
R_{bn}	ogólne oznaczenie na normatywną wytrzymałość betonu na ciałach próbnych
R_{bs}	wytrzymałość słupowa betonu
R_{bzg}	wytrzymałość betonu na ściskanie przy zginaniu
R_b	rzeczywista wytrzymałość betonu na osiowe ściskanie /bez wybożenia/
$\beta = R_b / R_{bn}$	błąd systematyczny metody badań wytrzymałości R_b na elemencie normowym
$\beta_1 = R_{bn \text{ rzecz}} / R_{bn \text{ proj.}}$	systematyczny błąd wykonawstwa
σ_{rd}	granica plastyczności stali na ściskanie
E_{bo}	początkowy moduł sprężystości betonu
$E_b = d\sigma_b / d\epsilon_b$	moduł styczny betonu przy naprężeniu σ_b
E_{ao}	początkowy moduł sprężystości armatury
$E_a = d\sigma_a / d\epsilon_a$	moduł styczny armatury przy naprężeniu σ_a
R	wytrzymałość żelazobetonu
$\eta_R = R / R_b$	współczynnik mocy armatury
E_o	początkowy moduł sprężystości żelazobetonu
$\eta_E = E_o / E_{bo}$	stosunek modułów
$E = d\sigma / d\epsilon$	moduł styczny żelazobetonu /model quasi-jednorodny/ przy naprężeniu σ
E_k	krytyczna wartość modułu E
E_w	moduł wybożenia przekroju żelazobetonowego
$\eta_j = E_w / E_k$	współczynnik lokalności armatury

$\beta_{rz} = Q_{ra} / R_b - 1 = \beta_r - 1$	zredukowany stosunek wytrzymałości
$n_z = E_{ao} / E_{bo} - 1 = n - 1$	zredukowany stosunek początkowych modułów sprężystości
$k_b = E_{bo} \cdot \epsilon_{bpl} / R_b$	parametr potęgowy charakterystyki $\sigma_b - \epsilon_b$ / parabola k -tego stopnia /
ϵ_{bpl}	odkształcenia graniczne w betonie na progu płynięcia
$k = E_o \cdot \epsilon_{pl} / R_o$ $\chi_k = 1 - 1/k$	parametr potęgowy charakterystyki $\sigma - \epsilon$ żelazobetonu / model quasi-jednorodny / i jego pochodna
$\epsilon_{pl} (\approx \epsilon_{bpl})$	odkształcenie graniczne w żelazobetonie na progu płynięcia
k_E, χ_E	empiryczny współczynnik i wykładnik we wzorze na E
$k_\epsilon, \chi_\epsilon$	empiryczny współczynnik i wykładnik we wzorze na ϵ_{pl}
k_σ, χ_σ	empiryczny współczynnik i wykładnik we wzorze aproksymacyjnym na współczynnik stateczności σ

1.5. Parametry charakteryzujące słupek.

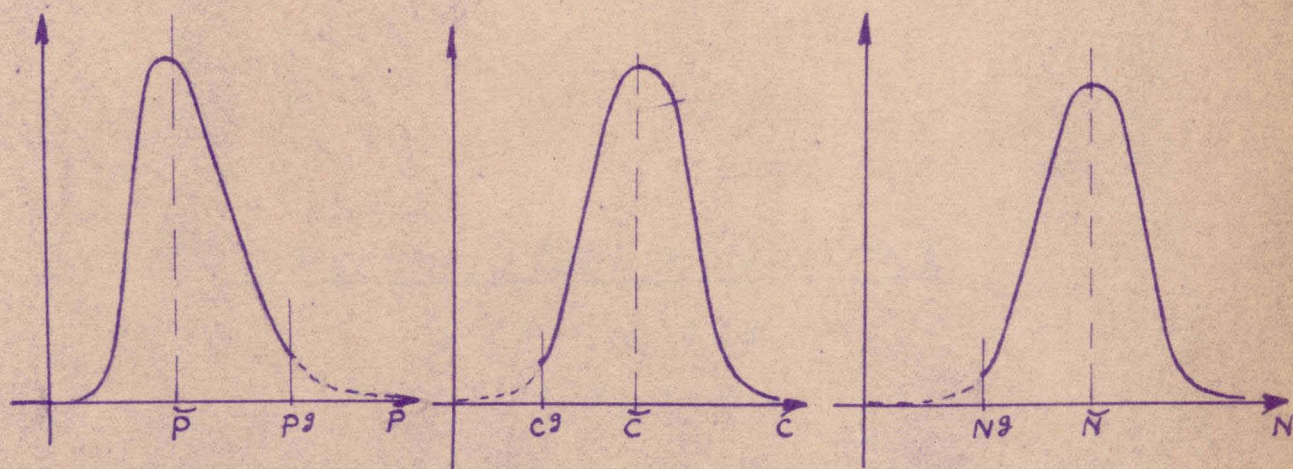
b	wymiar przekroju poprzecznego słupka w kierunku prostopadłym dla kierunku zginania
h	wymiar przekroju poprzecznego słupka w kierunku równoległym do kierunku zginania
L	długość słupka
L_{wk}	konwencjonalna / zredukowana / długość wolna słupka na wybozczenie
$\lambda_s = L_{wk} / h$	konwencjonalna wyniosłość słupka
$a = a'$	najbliższa odległość osi armatury F_a od krawędzi przekroju
$\delta = a / h$	parametr charakteryzujący położenie armatury
F_b	powierzchnia przekroju poprzecznego słupka
$J_b = bh^3 / 12$	moment bezwładności przekroju poprzecznego
$\lambda = L_{wk} / i_b$	smukłość słupka

$i_b^2 = J_b / F_b$ $\Sigma F_a = 2F_a$ $100.2\mu = 100.2F_a / F_b$	<p>kwadrat promienia bezwładności przekroju</p> <p>całkowita powierzchnia przekroju armatury /uzbrojenie symetryczne/</p> <p>procent uzbrojenia przekroju poprzecznego</p>
1.3.6. Uwagi	
<p>[.....]</p> <p>(.....) lub /...../</p>	<p>liczby w nawiasach kwadratowych w tekście oznaczają pozycje wykazu literatury</p> <p>liczby w nawiasach okrągłych (skośnych) w tekście oraz na lewym marginesie oznaczają numery wzorów matematycznych.</p>

* * *

Rys. 2.1

obcięte rozkłady parametrów bezpieczeństwa

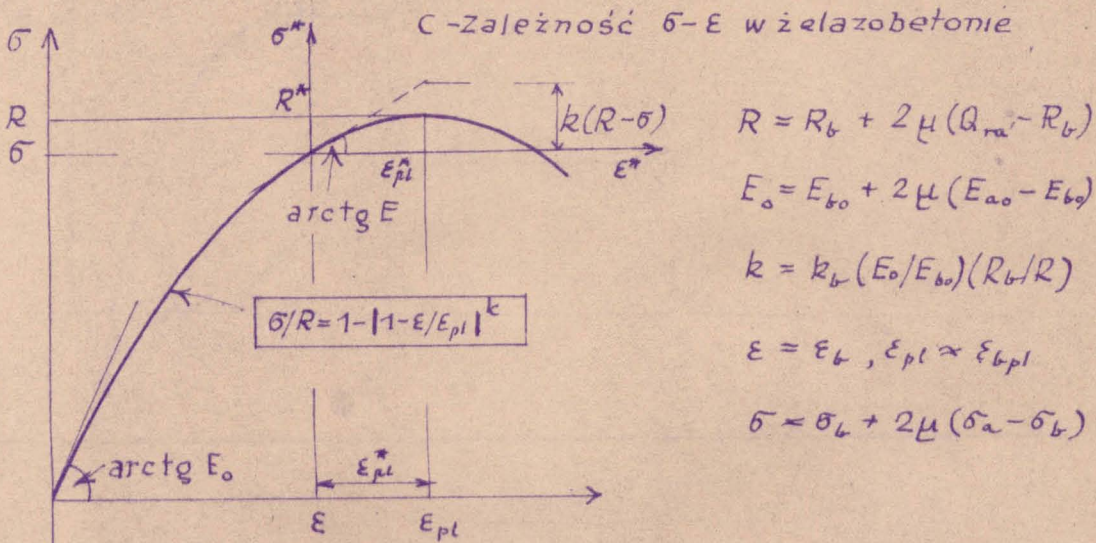
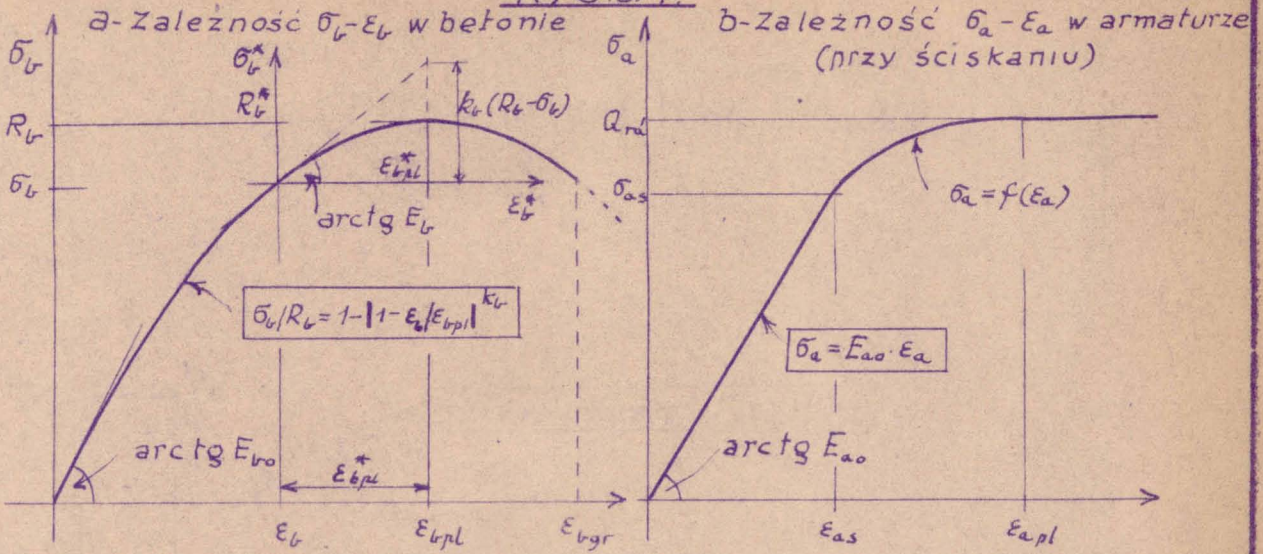


3. Rysunki i tablice do rozdz. 3

rys. 3.1 do 3.23

tabl. 3-III, 3-IV

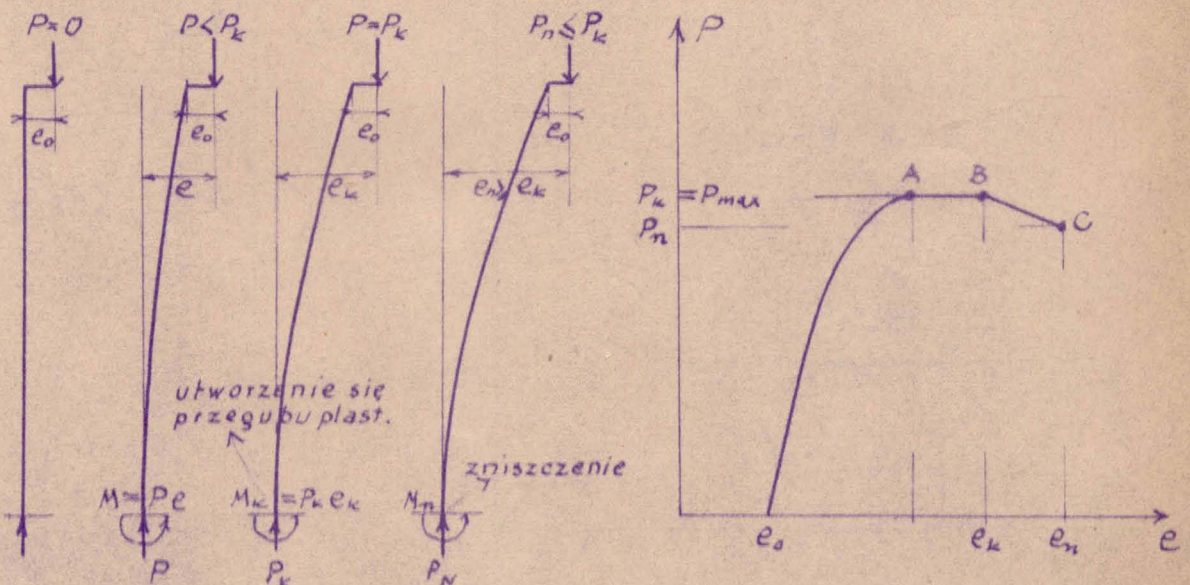
Rys.3.1.

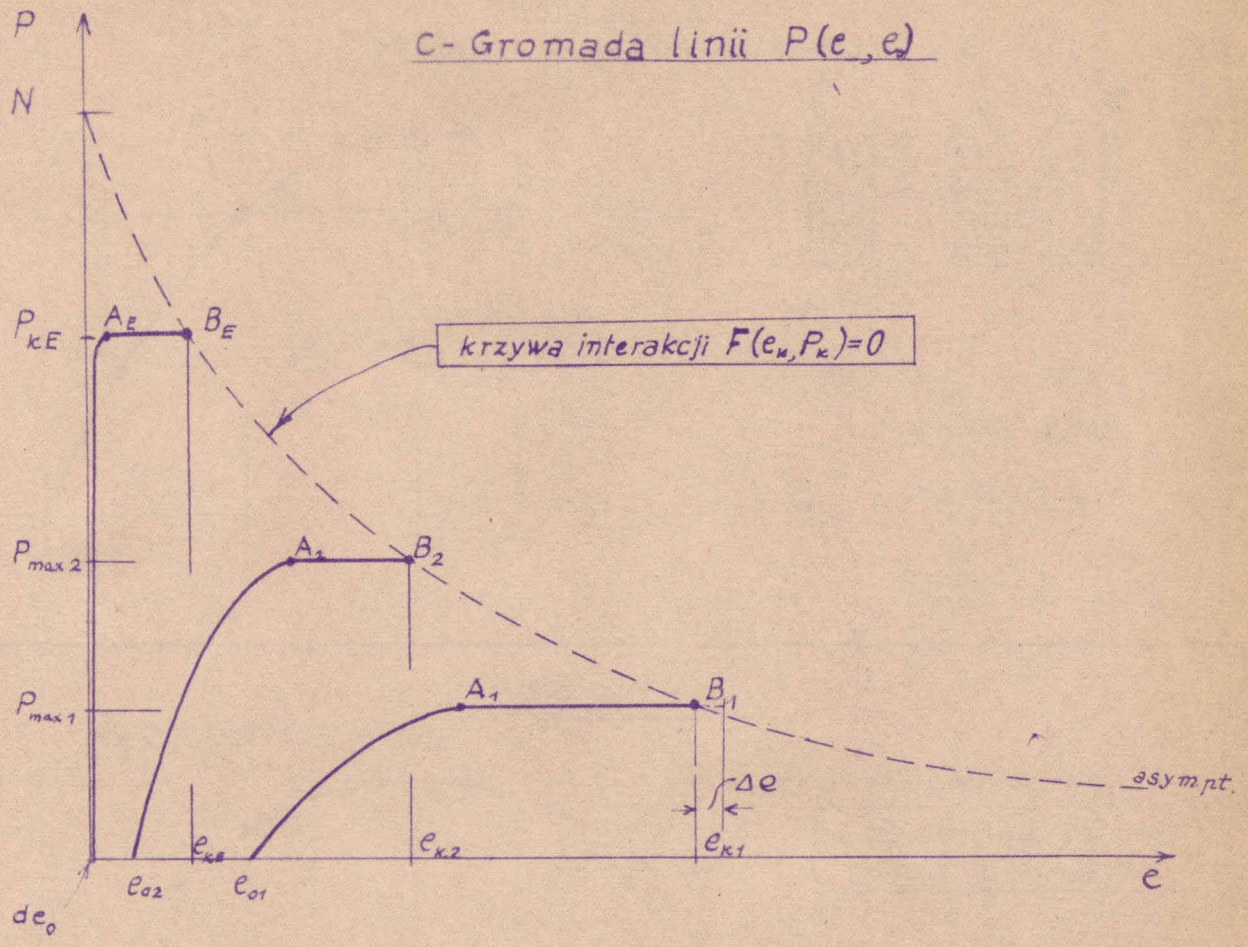


Rys.3.2.

a- Fazy obciążania stupa

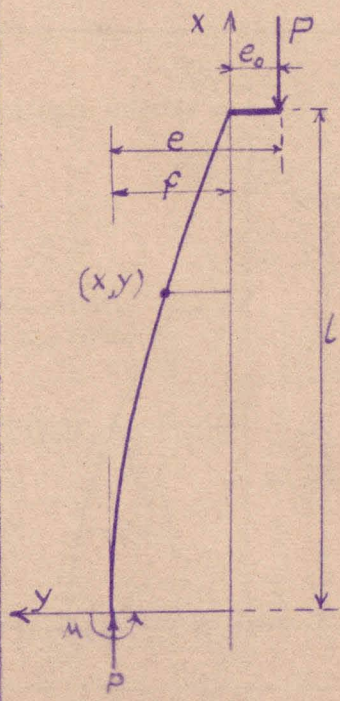
b- Związek $P(e, e_0)$



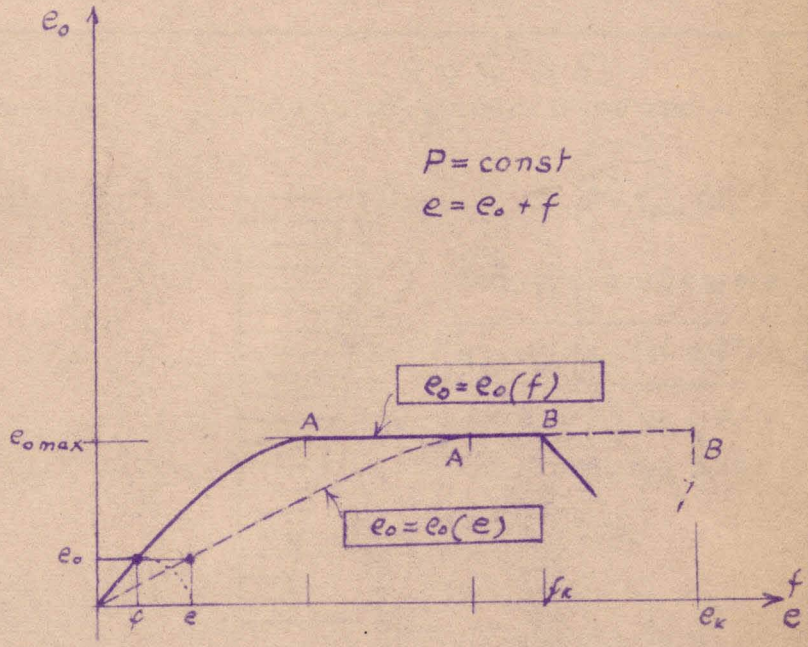


Rys. 3.3.

a - Układ współrzęd.

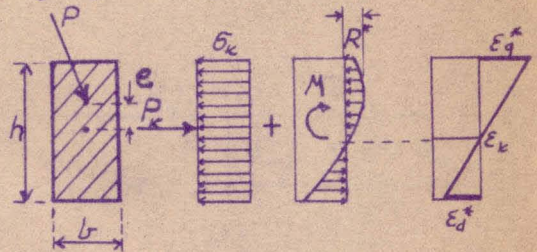
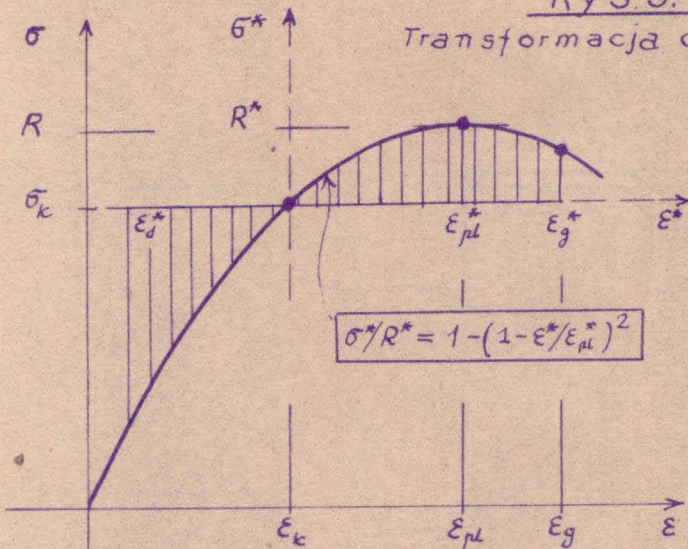


b - Związek $e_0(f, P=const)$



Rys. 3.4-a

Transformacja charakterystyki σ - ϵ

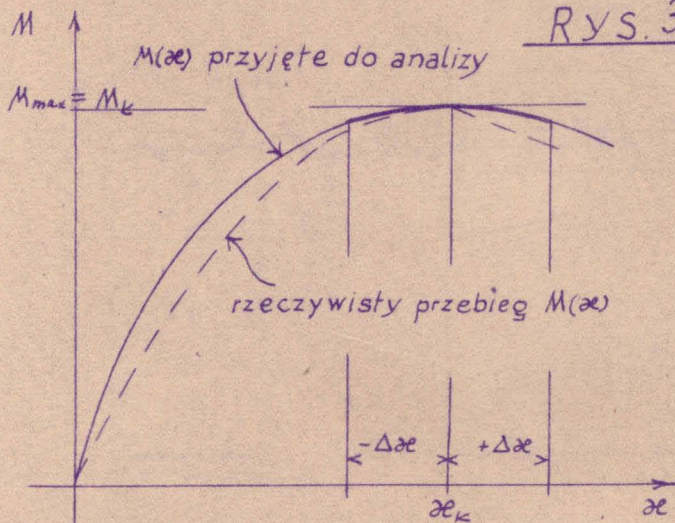


$\sigma^* = \sigma - \sigma_k \quad \epsilon^* = \epsilon - \epsilon_k$

$\alpha e = (\epsilon_g^* - \epsilon_d^*)/h$

$M \leq M_k = P_k e_k$

Rys. 3.4-b

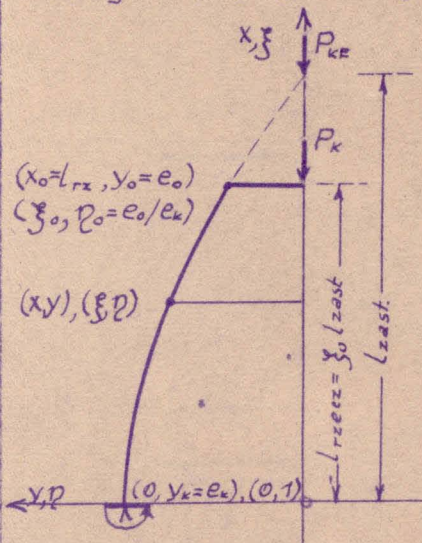


Kryterium krzywej interakcji $F(\epsilon_k, P_k) = 0$

$M = P_k e = M(\alpha, P_k = \text{const})$
 $dM/d\alpha = 0 \rightarrow \max M$

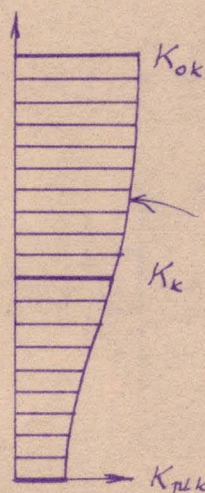
Rys. 3.5

Analogia między wybocz. a gięciem nie-Clap.



Rys. 3.6.

Zmiana sztywności słupa wzdł. długości



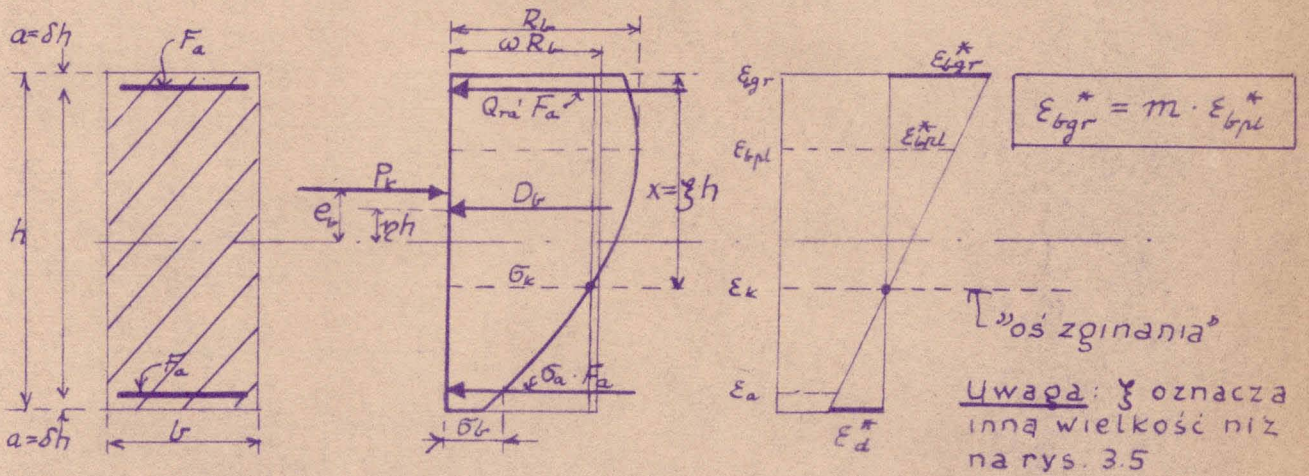
$\vartheta = K_{plk}/K_{0k}$

Przyjęta aproksymacja

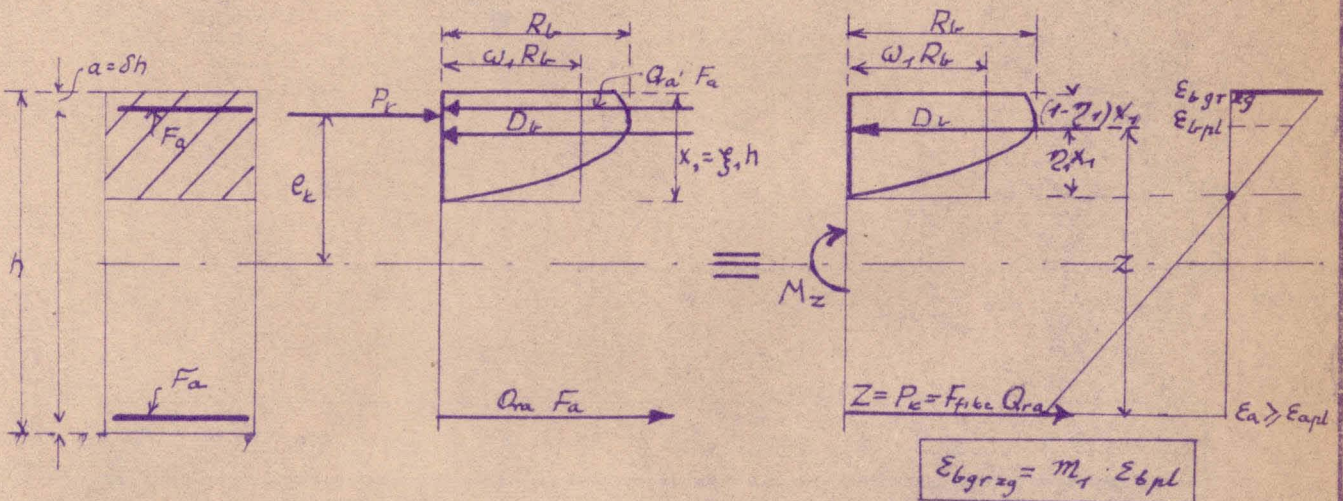
$K_k = K_{0k} [1 - (1 - \vartheta)^{|M/M_k|^m}]$

$M = P_k \cdot y, \quad M_k = P_k e_k$
 (por. z rys. 3.14)

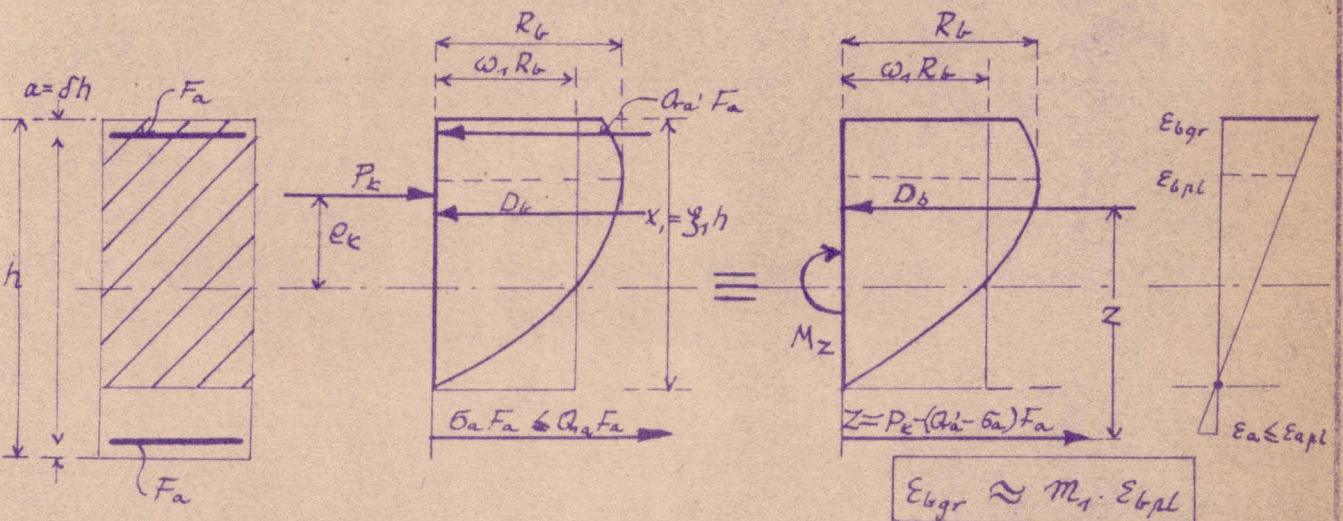
Rys. 3.7.
I przypadek wytrzymałościowy



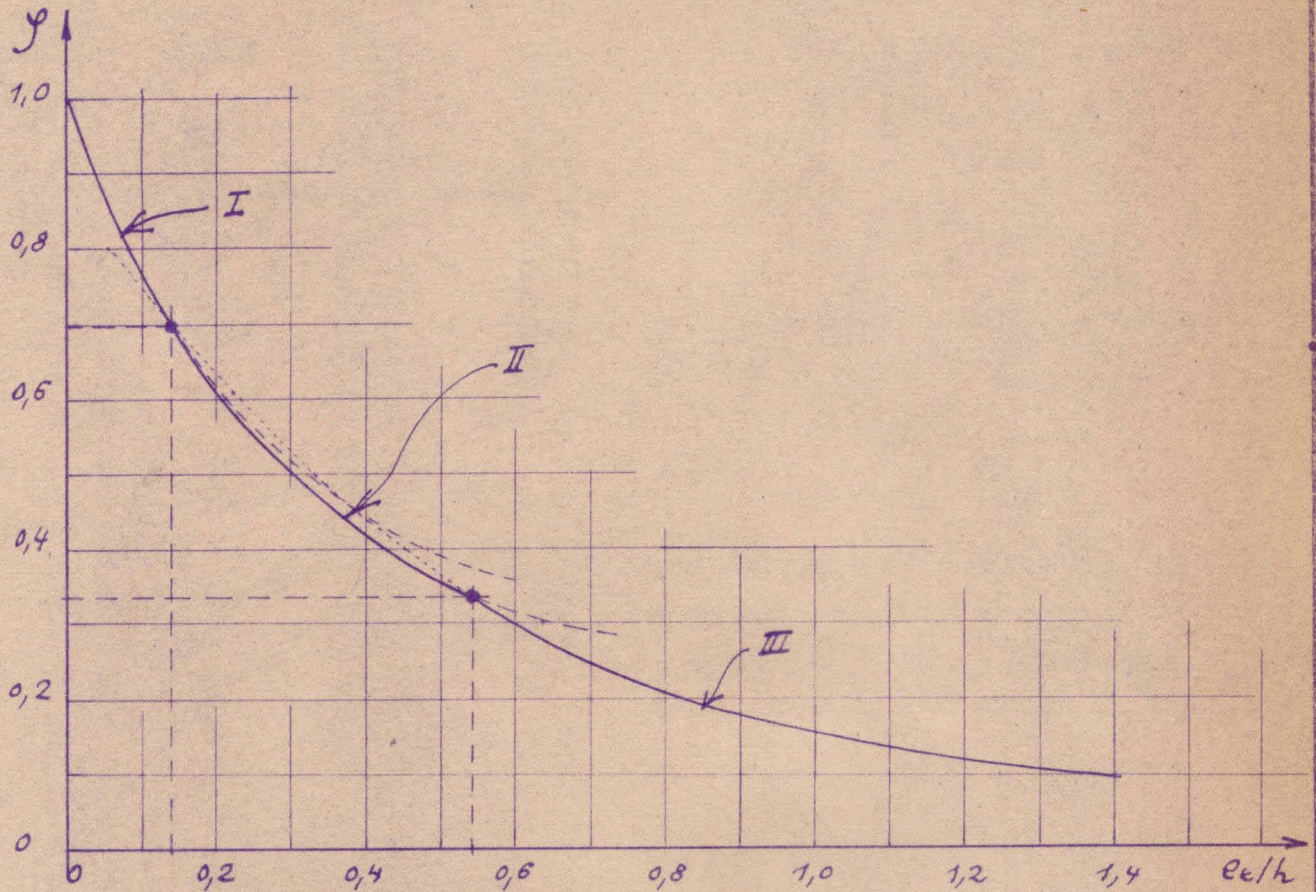
Rys. 3.8.
III przypadek wytrzymałościowy



Rys. 3.9.
II przypadek wytrzymałościowy



Rys. 3.10
teoretyczne wartości współrzędnych
krzywej interakcji $\psi \leftrightarrow e_u/h$



$\psi \backslash e_u/h$	1	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0
I	0	0,036	0,081	0,138	0,215	0,323	0,483				
II				0,138	0,210	0,300	0,425	0,637			
III			0,055	0,142	0,234	0,335	0,451	0,598	0,822	1,353	∞

W przykłdzie : $\eta_R = 1,3$; $\delta = 0,10$

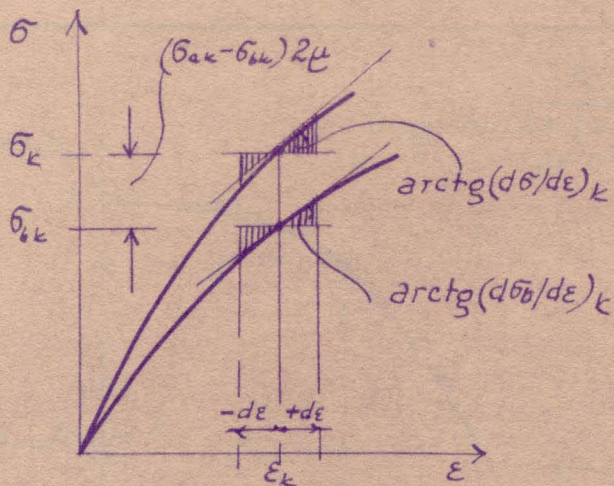
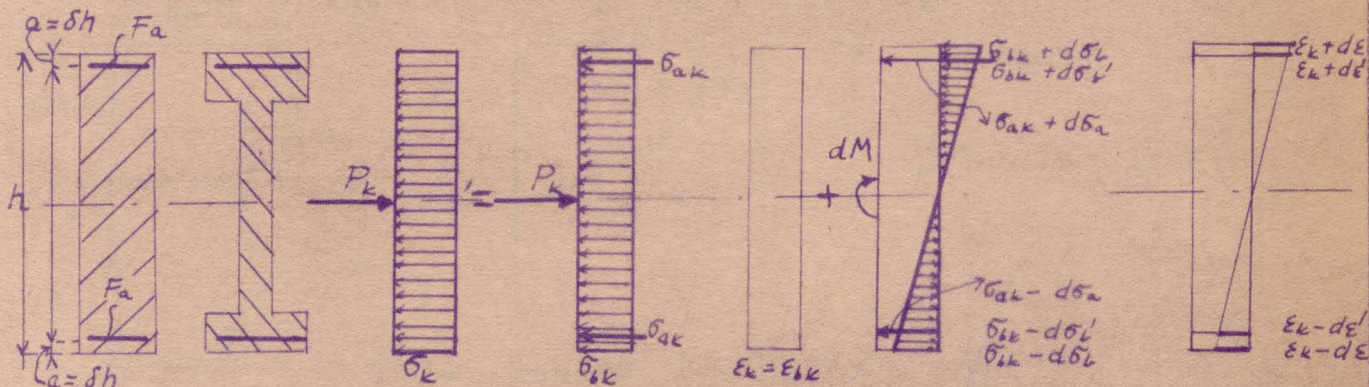
przyjęto teoretyczne wartości : $\varepsilon_{0pl} = 2,5\%$; $\varepsilon_{spl} = 3000/2100 = 1,43\%$

rozkład naprężeń w betonie wg paraboli, 2^o : $\omega = 0,732$; $\psi = 0,538$

$m_T = 1,268$; $\alpha_L = 0,29$; $\eta_\alpha = 7,112$

Rys. 3.11

Schemat idealowy wyznaczenia sztywności początkowej K_{0k}



$$dM = K_{0k} \cdot 2d\epsilon/h$$

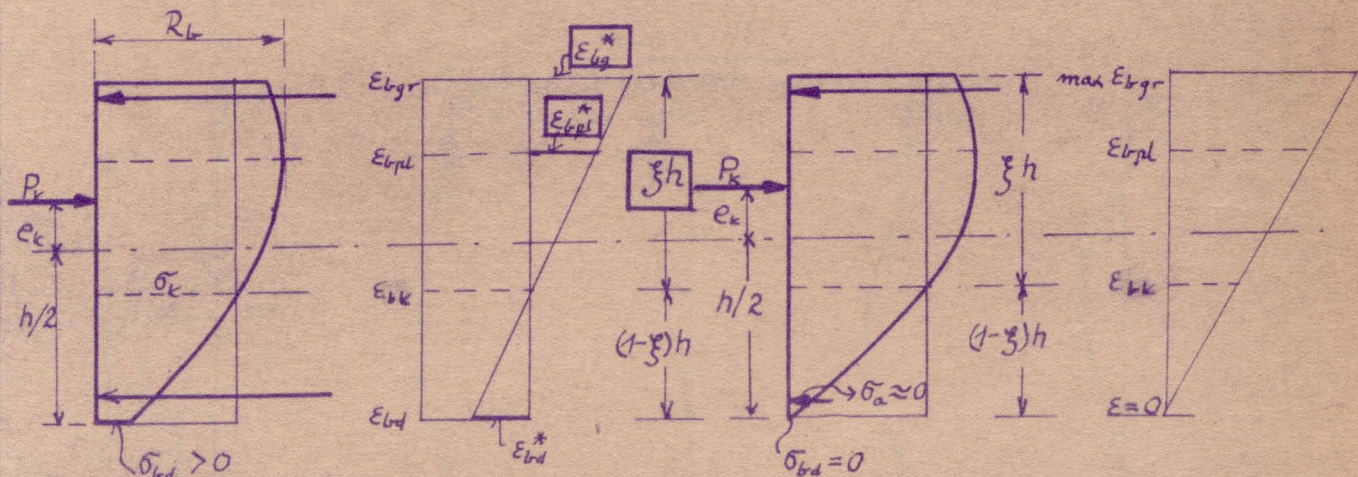
$$dM = J_k \cdot 2d\sigma_a/h + E_a(1-2\delta)h(d\sigma_a - d\sigma_b)$$

$$K_{0k} = J_k \left\{ E_k + \left[\frac{h}{l_k} \right]^2 (0,5 - \delta)^2 - 1 \right\} (E_k - E_{kk})$$

Rys. 3.12

a - Hipoteza robocza: $\xi = \text{const}$, $E_{bg}^*/E_{bpl}^* = \text{const}$

b - Schemat wyznaczenia $\max E_{bgr}$

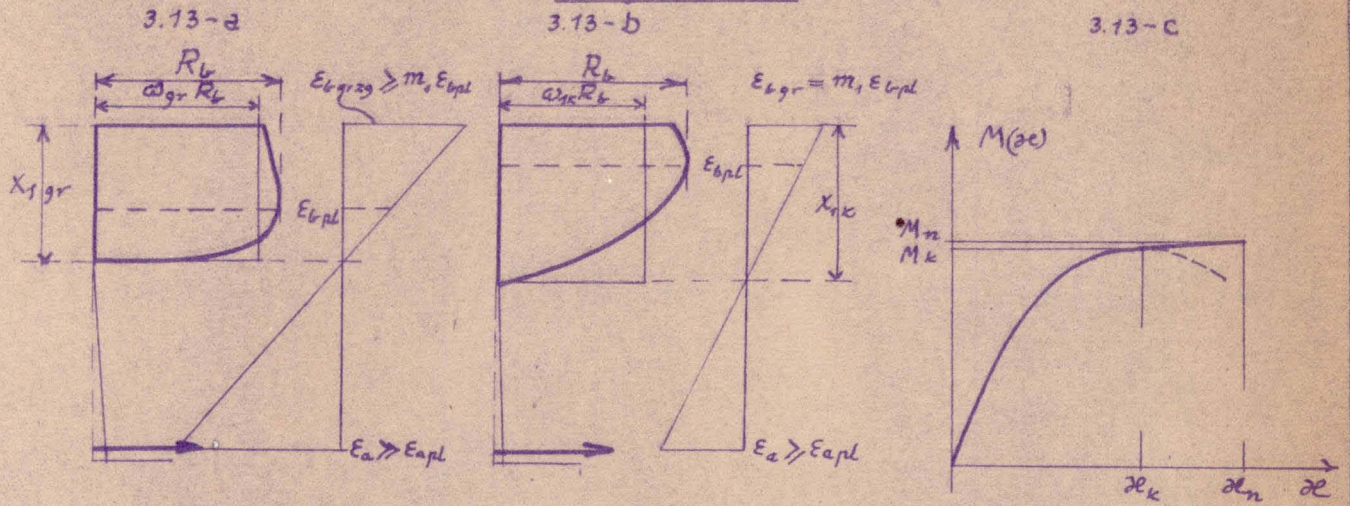


Uwaga:

ξ oznacza inną współrzędną niż na rys 3.5

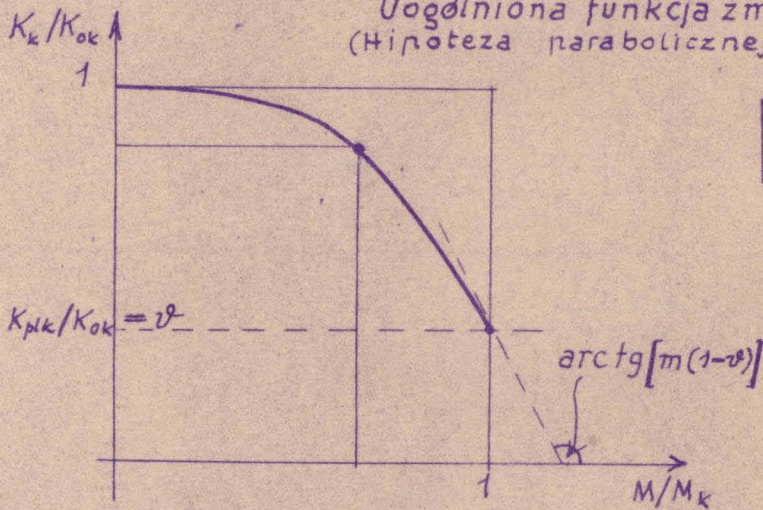


Rys. 3.13



Rys. 3.14

Uogólniona funkcja zmiany sztywności
(Hipoteza parabolicznej zm. sztywności)

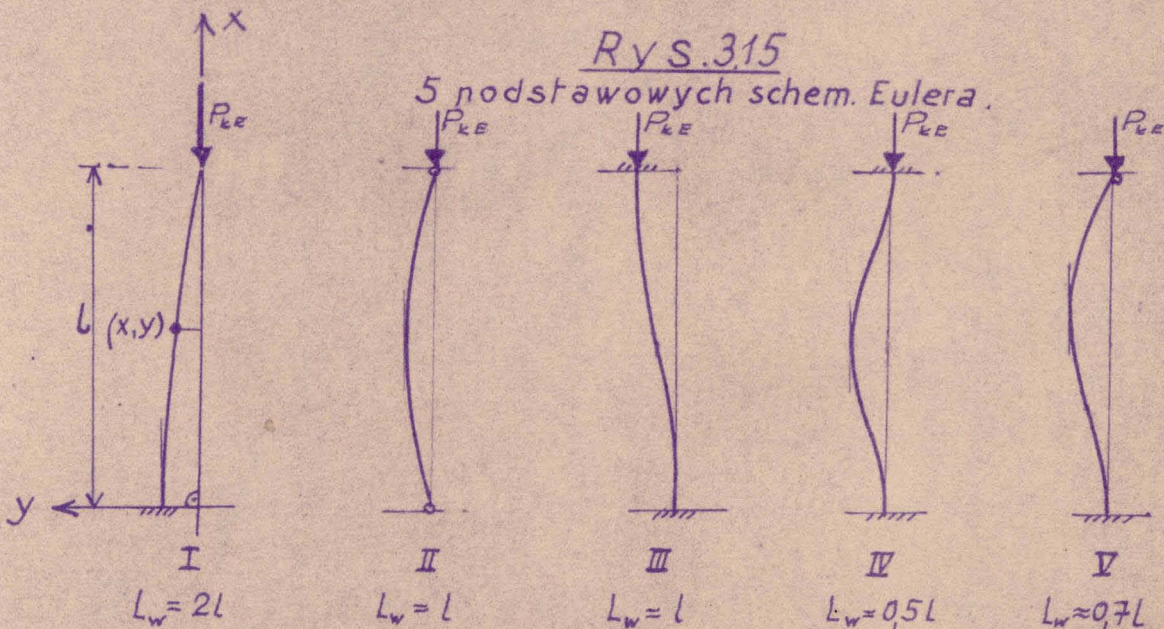


$$K_k/K_{ok} = 1 - (1-\varphi) |M/M_k|^{m \geq 2}$$

$$\varphi = K_{pk}/K_{ok}$$

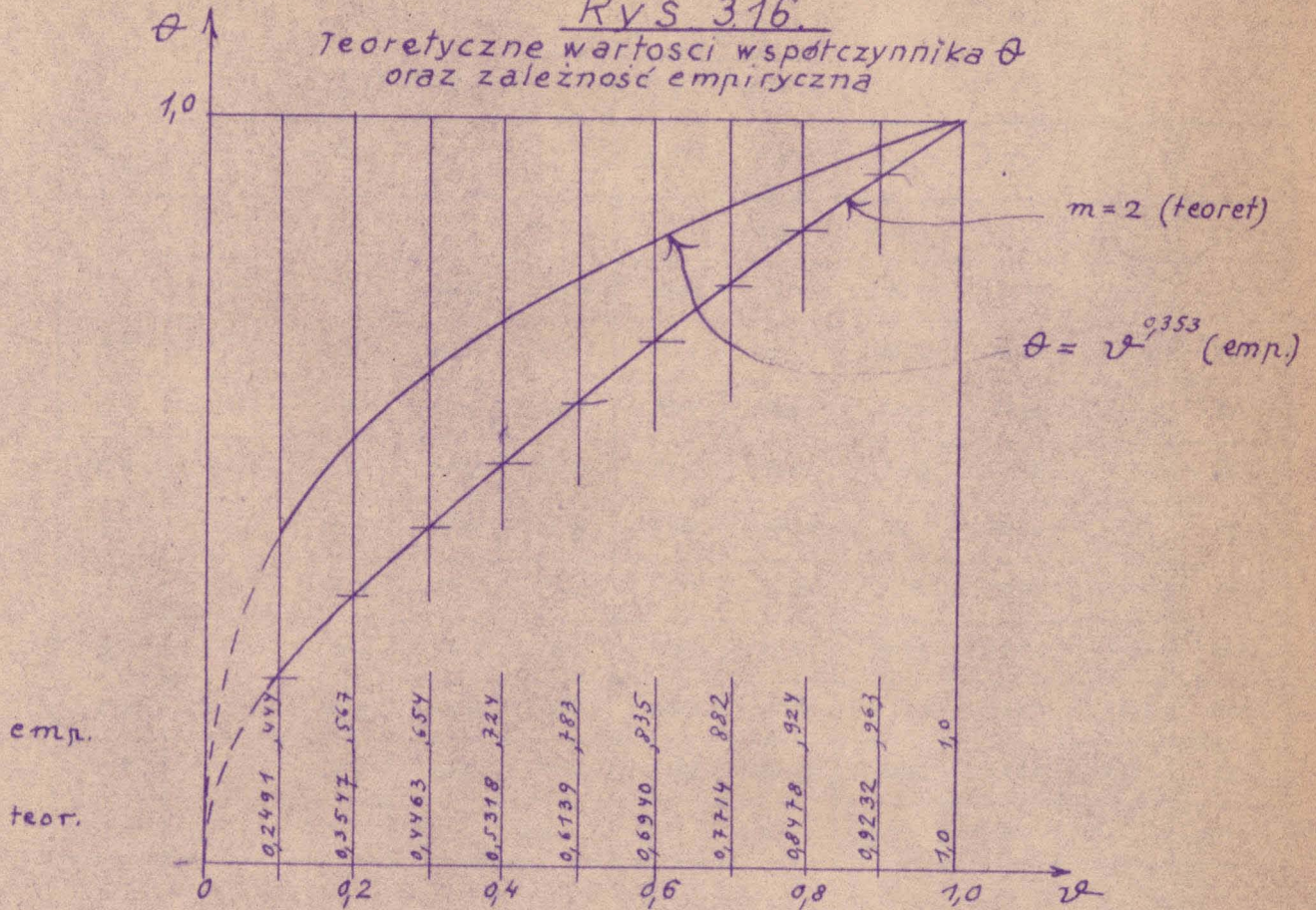
Rys. 3.15

5 podstawowych schem. Eulera.



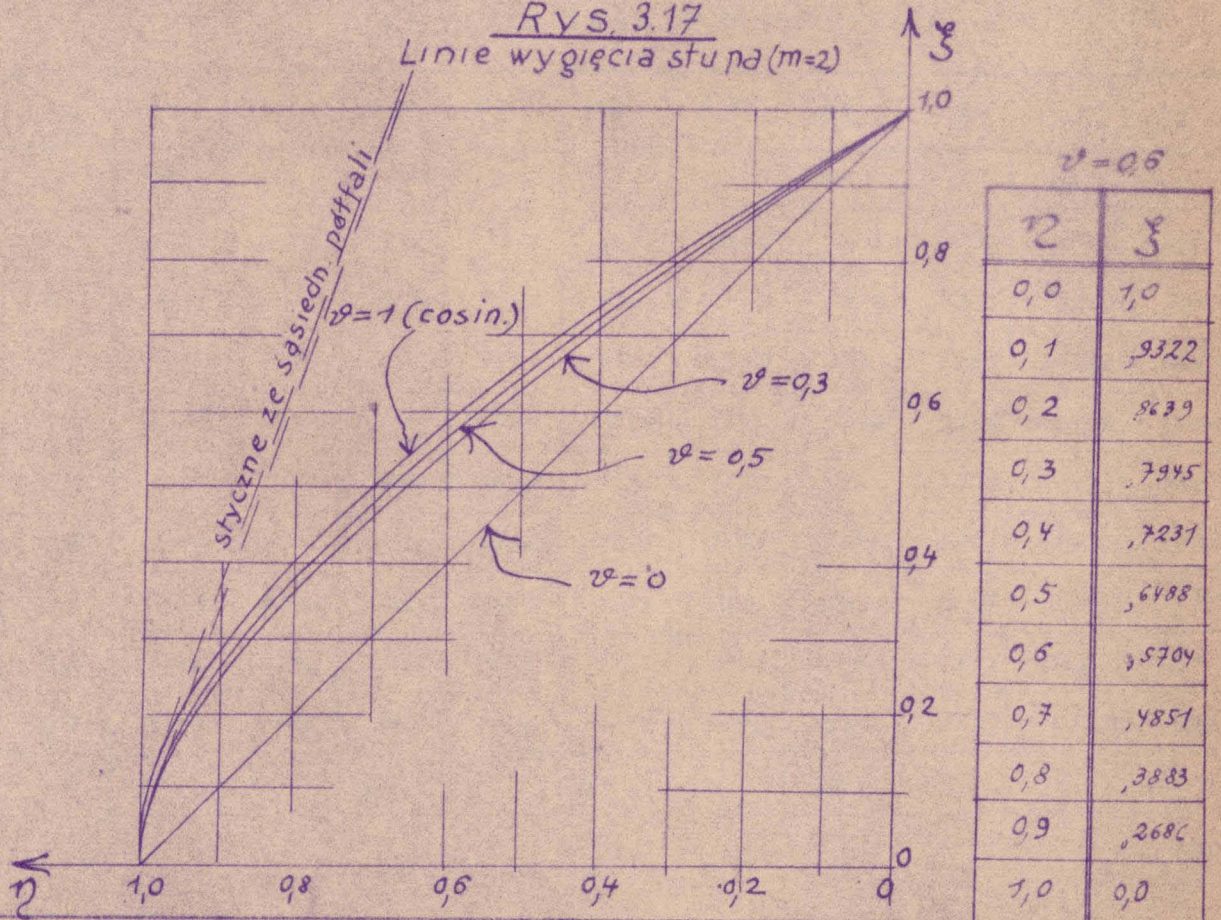
Rys 316.

Teoretyczne wartości współczynnika θ oraz zależność empiryczna



Rys. 3.17

Linie wygięcia stupa ($m=2$)



Tabl. 3-III

§, p-Rzędne linii wygięcia stupa.

$\frac{p}{2}$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	,9362	,9353	,9344	,9334	,9322	,9309	,9292	,9272	,9245	,9202
0,2	8717	8700	8682	8662	8639	8612	8580	8540	8487	8400
0,3	8058	8033	8007	7977	7945	7905	7858	7799	7720	7592
0,4	7377	7345	7312	7273	7231	7180	7119	7043	6941	6773
0,5	6663	6623	6585	6539	6488	6428	6355	6264	6141	5937
0,6	5897	5853	5810	5760	5704	5636	5553	5450	5310	5077
0,7	5054	5007	4963	4910	4851	4780	4693	4583	4433	4178
0,8	4077	4032	3990	3940	3883	3814	3730	3622	3473	3235
0,9	2893	2805	2771	2731	2686	2631	2562	2473	2349	2150
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

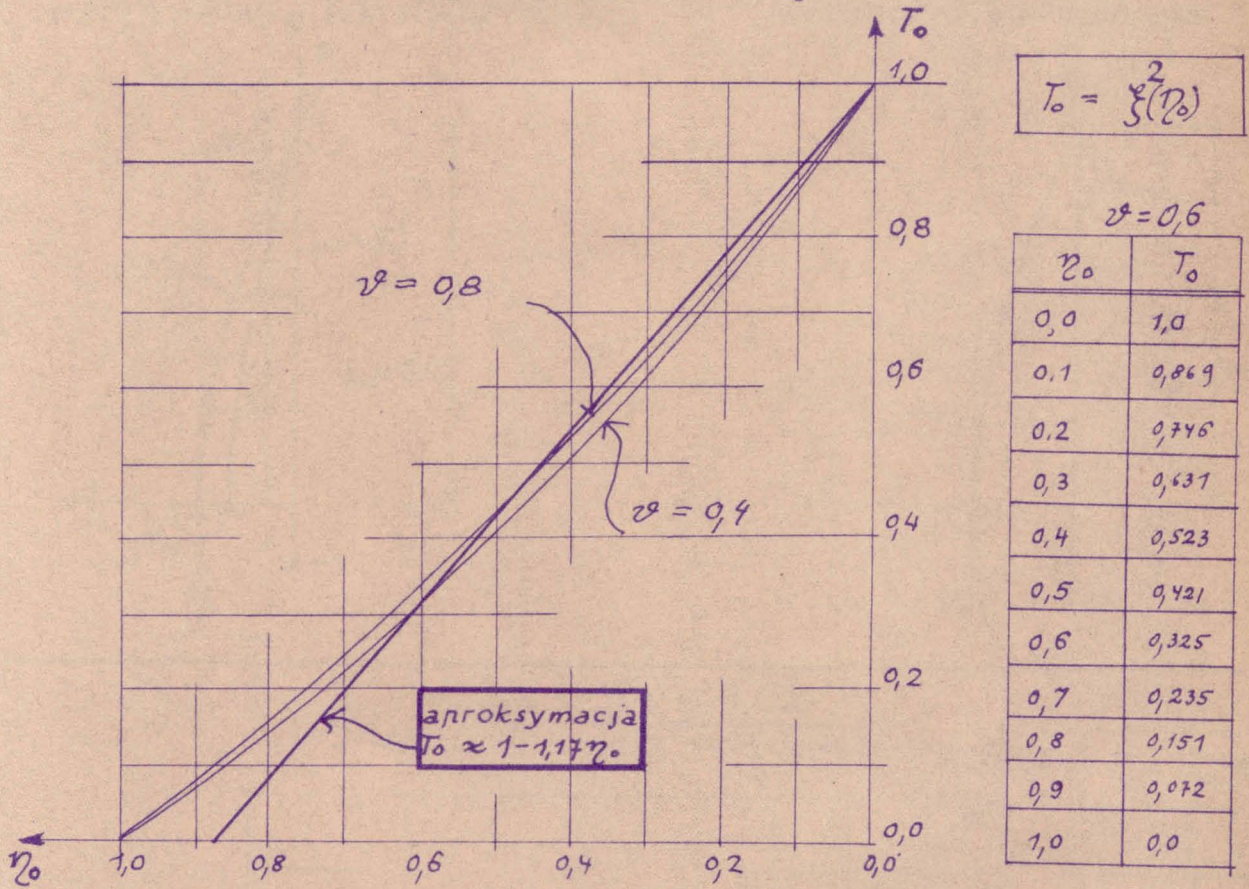
Tabl. 3-IV

T₀-wptyw początkowego mimośrodru e.

$\frac{p}{2}$	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,1	,8764	,8748	,8731	,8712	,8691	,8665	,8635	,8598	,8548	,8467
0,2	,7599	,7569	,7537	,7502	,7464	,7417	,7362	,7294	,7203	,7057
0,3	6494	6453	6411	6363	6312	6249	6174	6082	5960	5764
0,4	5443	5394	5346	5290	5229	5155	5068	4960	4817	4587
0,5	4439	4387	4336	4276	4210	4132	4039	3923	3771	3525
0,6	3478	3428	3376	3318	3253	3176	3084	2971	2820	2577
0,7	2554	2507	2463	2411	2354	2285	2202	2100	1965	1745
0,8	1663	1626	1592	1552	1508	1455	1391	1312	1206	1046
0,9	0808	0787	0768	0746	0722	0692	0656	0612	0552	0462
1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

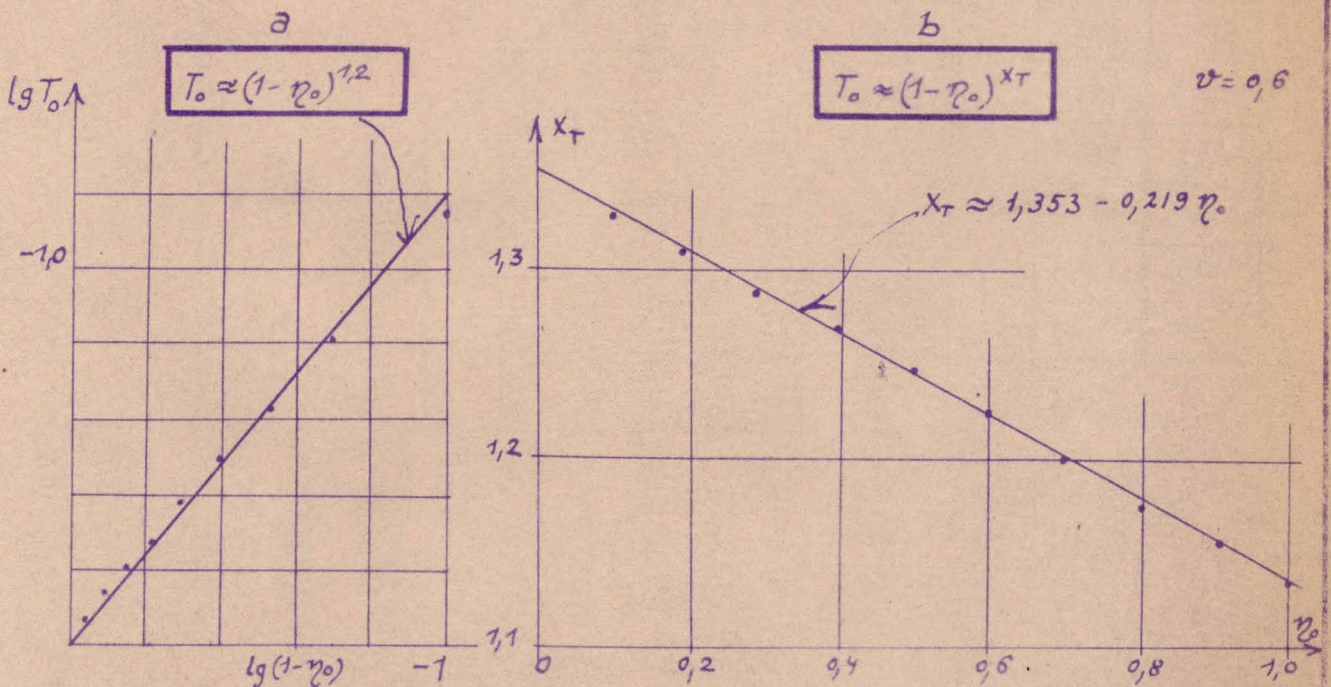
Rys. 3.18

Czynnik T_0 - wpływ początkowego mimosrodu e .



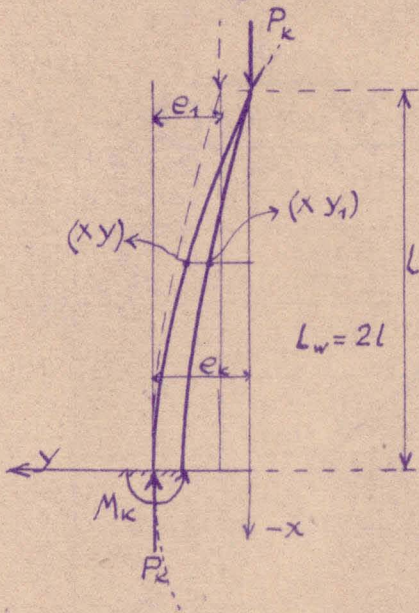
Rys. 3.19.

aproxymacje związku $T_0(\eta_0)$.



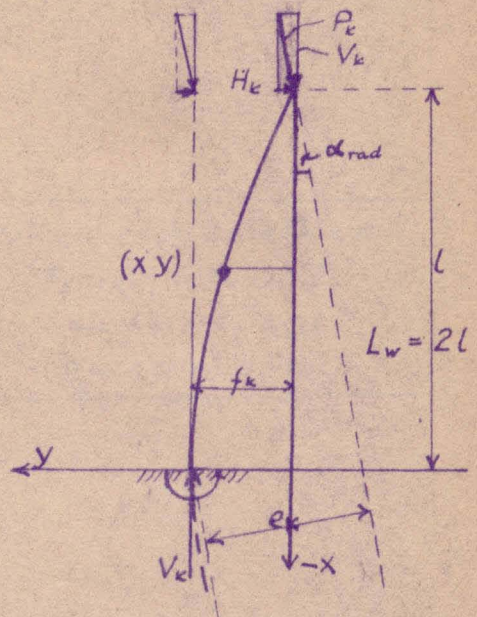
Rys. 3.20

wstępne wygięcie stupa



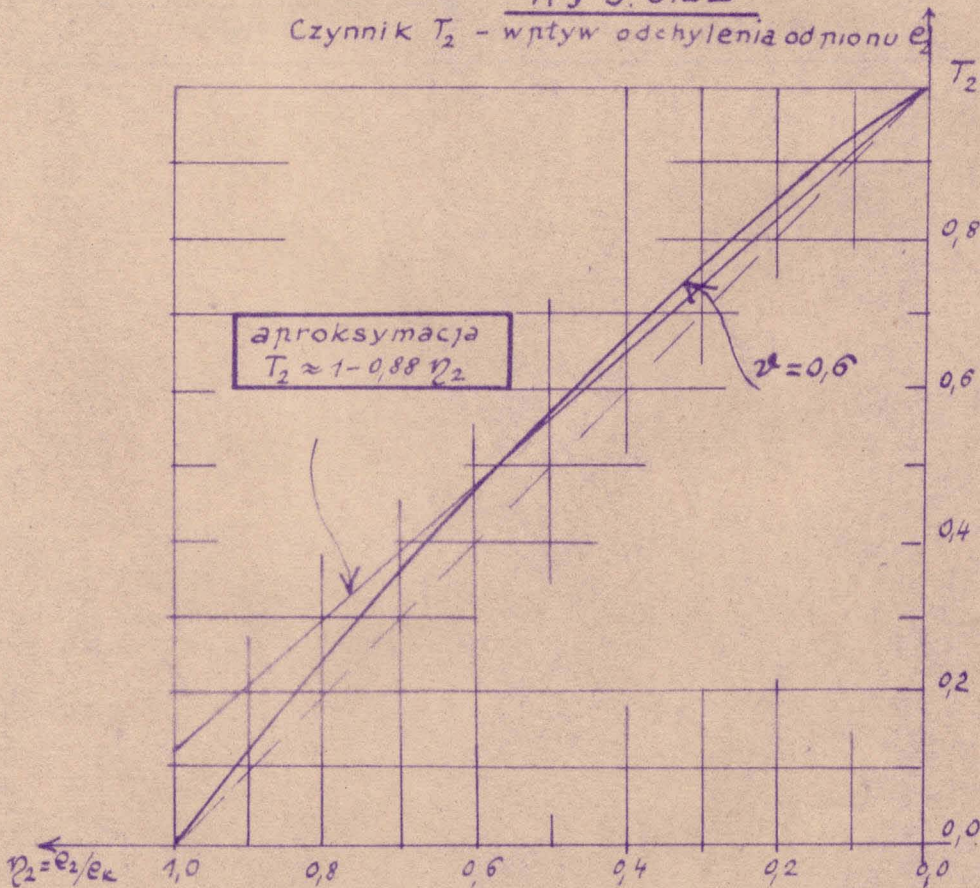
Rys. 3.21.

Nieznaczne odchylenie od pionu



Rys. 3.22

Czynnik T_2 - wpływ odchylenia od pionu e_2



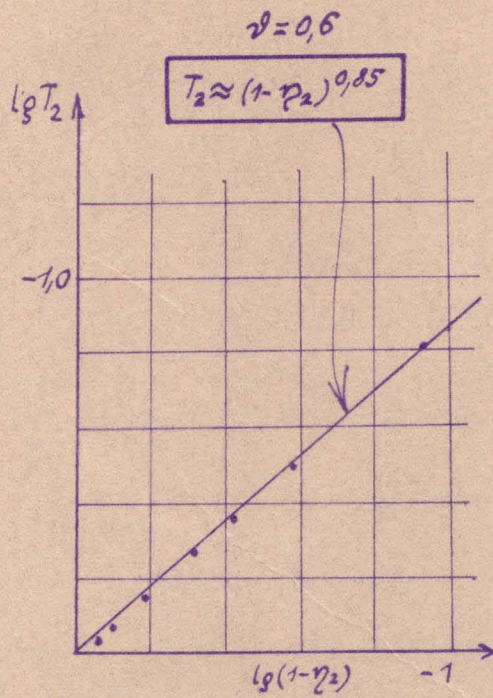
aproxymacja
 $T_2 \approx 1 - 0,88 \eta_2$

$$T_2 = T_2(\eta_2)$$

$\nu = 0,6$

η_2	T_2
0,0	1,0
0,126	0,923
0,209	0,847
0,351	0,720
0,523	0,533
0,622	0,452
0,747	0,321
0,881	0,151
1,0	0,0

Rys. 3.23.
 aproksymacja związku $T_2(\eta_2)$



Aproksymacja związkiem :

$$T_2 \approx (1 - B_2 e_2 / e_4)^{X_T}$$

$$X_T = 1,353 - 0,219 \eta_2$$

$$B_2 \approx 0,88 / 1,17 \approx 0,75$$

4. Tablice i wzory rozkładów statystycznych parametrów projektowych - do rozdz. 4.

- ad 4.2. Odchytki w wymiarach przekroju poprzecznego b, h
- ad.4.3. Odchytki w powierzchni armatury ΣF_a i w ułożeniu armatury δ
- ad 4.4. Rozrzuty wytrzymałości betonu R_b
- ad 4.5. Rozkład statyst. granicy plast. stali σ_{ra}
- ad.4.7. Nieznaczące wykrzywienie osi stupa e_1
- ad.4.8. Odchylenie stupa od pionu e_2
- ad.4.9. Niejednorodność materiałów oraz pozostałe wady wykonania e_3
- ad.4.10. Rozkłady statystyczne obciążeń P_i
- ad.4.11. Błąd oceny C (C_1, C_w, C_t)

ad. 4.2

Odchytki w wymiarach przekroju poprzecznego
wyroby prefabrykowane.

Tablica odchyień stand. σ i wskaźn. zmienności V .

Wymiar teoret. mm	Grubość [mm]			Szerokość [mm]		
	Formy			Formy		
	drewn.	matryce	stędy	drewn.	matryce	stędy
200	3,4 0,017	1,9	3,4 0,017	1,5	1,0	
300	4,1 0,015	2,3	4,1 0,015	2,1	1,4	
400	4,8 0,012	2,6	4,8 0,012	2,4	1,6	
500	5,5 0,011	2,9	5,5 0,011	2,7	1,8	1,9
600	6,3 0,011	3,3	6,3 0,011	3,0	1,9	2,1
700	7,1 0,010	3,7	7,1 0,010	3,2	1,9	2,3
800				3,4		2,4
1000				3,6		2,6

Wykonawstwo tradycyjne.

$$V_b = V_h = 0,02$$

ad. 4.3.

Odchytki w powierzchni armatury ΣF_a

$$\bar{\Sigma F}_a \approx 0,97 \Sigma F_{a \text{ nomin.}}, \quad V_{\Sigma F_a} \approx 0,04$$

Odchytki w utożeniu armatury δ

(odniesione do $0,5 - \delta$)

$$\overline{0,5 - \delta} = 0,4; \quad \sigma_{0,5 - \delta} \approx 0,017; \quad V_{0,5 - \delta} \approx 0,04$$

ad. 4.4.

Rozrzuty wytrzymałości betonu R_b

Systematyczny błąd badań laborator.

$$\beta = \bar{R}_b / \bar{R}_{bn}$$

$\beta = 1,00$ - w przypadku określenia R_{bn} metodami wykrywającymi pęknięcia

$\beta = 1,10$ - R_{bn} wyznaczone w zwykły maszynach probierczych przy zastosowaniu centrowania

$\beta = 1,15$ } - R_{bn} wyznaczone bez zastosowania centrowania
1,20 }

ad. 4.4
c.d.Systematyczny błąd wykonawstwa

$$\beta_1 = \bar{R}_{bn\ rzecza} / \bar{R}_{bn\ proj}$$

$$\min \beta_1 \approx 1,1$$

Wskaźnik zmienności V_{R_L} Tablica V_{R_L}

0,20 ÷ 0,25	- betony niskich marek, produkowane bez nadzoru
0,15 ÷ 0,25	- betony średnich marek, produkowane pod statym nadzorem
0,08 ÷ 0,15	- betony produkowane przy starannym nadzorze
0,05 ÷ 0,10	- betony produkowane w zakładach prefabr.

ad 4.5.

Rozkład statyst. granicy plast. stali Q_{re}

Tablica wart. średnich i standartów.

Stal	Ilość wytopów	Badana cecha	Średnia kg/cm^2	Odchylenie kg/cm^2	Wskaźnik zmienn.
X	500	Q_{re}	2700	290	0,107
St0012	500	"	2700	-	-
St3	492	"	3250	250	0,077
St3S	186	"	3400	270	0,079
St37S	205	"	3040	300	0,099
St5	246	"	3670	320	0,088
St50B	122	"	3940	270	0,069
USA	-	Q_{re} Q_{rmin}	3357 2810	338	0,100
ZSRB CT3	-	"	2815 2400	238	0,083
CT5 ($\phi \leq 40$)	-	"	3646 2800	233	0,065
CT5 ($\phi > 40$)	-	"	3229 2700	258	0,080

Słupy prefabrykowane.

Mogą zachodzić w ogólności 2 przypadki :

- a/ Grupy pomiarowe posiadają dobre przyrządy oraz opanowaną technikę montażu tak, iż weryfikacja pionowania przez geodetów nie jest konieczna.
- b/ Montaż weryfikowany jest przez geodetów przed zabetonowaniem /ustabilizowaniem słupa/ i odchyłki jakie mogą pozostać związane są z niedoskonałością przyrządów mierniczych i metod weryfikacji oraz z dalszymi operacjami.

Dla orientacji przytaczamy dane zaczerpnięte z pracy [51.] .

- Przy ustawieniu słupa za pomocą dźwigni w układzie X Y Z wartość średnia $\bar{e}_2 = 0$ zaś odchylenia standardowe wynoszą :

$\sigma_{e_2} = 3 \text{ mm /m.wys.słupa}$ - przy użyciu pionu budowlanego ulepszanego typu K B 3 i stalowych odciągaczy. Przy dobrze opanowanej technice montażu i sumienności pracowników błąd ten może spaść do $\sigma_{e_2} = 1,5 \text{ mm/m wys.słupa}$, przy czym interwencja geodetów mogłaby być niepotrzebna.

$\sigma_{e_2} = 1 \text{ mm/m wys.słupa}$ - przy użyciu teodolitu i odciągaczy stalowych.

$\sigma_{e_2} = 0,5 \text{ mm/m wys.słupa}$ - przy użyciu dokładnych przyrządów mierniczych i przesuwaniu elementu specjalnym urządzeniem.

- Błędy po zabetonowaniu dolnego końca słupa w stopie fundamentowej lub po przyspawaniu do podstawy. Usztywnienie słupa nastąpiło przez podparcie lub za pomocą lin i jarzm .

Wartość średnia $\bar{e}_2 = 0$ zaś odchylenie standardowe.

$\sigma_{e_2} = 1 \text{ mm/m.wys.słupa}$

- Dodatkowe błędy na skutek montażu następnych elementów na uprzednio zamontowanym słupie, przy użyciu urządzeń

ad. 4.8
c.d

wywotujących działania dynamiczne, np. dźwigi - wartość średnia $\bar{e}_2 = 0$, zaś odchylenie standardowe

$$\sigma_{e2} = 3 \text{ mm/m wys. stupa}$$

Stupy wykonywane tradycyjnie

Na podstawie tolerancji określonych przepisami odbioru

$$\max e_2 / l_{st} = \pm 0,5 \text{ cm/m wys}$$

Wg reguły trzysigmowej

$$\bar{e}_2 = 0 \quad \sigma_{e2} = l/600$$

ad 4.7.

Nieznaczne wykrzywienie osi stupa e_1

$$\max e_1 \approx \pm L_w/500$$

Wg reguły trzysigmowej

$$\bar{e}_1 = 0, \quad \sigma_{e1} = L_w/1500$$

ad. 4.9.

Niejednorodność materiału oraz pozostałe wady wykonania.

$$\bar{e}_3 = 0, \quad \sigma_{e3} = h/120$$

ad. 4.11.

Błąd oceny C.

Współczynnik korekcyjny C_1 jako mnożnik do obliczeniowej wartości N_{kobl} . Na razie brak podstaw do określenia.

Szacunkowo:

$$\bar{C}_1 \approx 1,05 \quad \nu_{c1} \approx 0,03$$

Współczynnik korekcyjny C_w jako mnożnik do N_{kobl} .

Dla 5-ciu podstawowych przypadków zamocowania:

$$\bar{C}_w = 1 \quad \nu_{c_w} = 0$$

Współczynnik korekcyjny C_t jako mnożnik do N_{kobl} .

$$\bar{C}_t = 1; \quad \nu_{c_t} = A_{kt} \cdot \nu_{k_t}; \quad \nu_{k_t} \approx 0,134$$

Wpływ A_{kt} na obliczeniową wartość N_k (wynadkowy współczynnik korekc. C) określa tabl. 6-V w Żat. do rozdz. 6

Tablica wskaźników zmienności obciążeń P_g i P_p

Lp.	Rodzaj obciążenia	wartość normat. (średnia) kg/m ²	współcz. przeciąż. <n>	wskazn zmienn v
1.	Obciążenie stałe i hydrostat.	-	1,1	0,033
2.	Przykrycie poddasza bez obciążenia maszyn.	75	1,4	0,133
3.	Zwykłe sale, wykusze, sale dla masowych zebrań.	150	1,4	0,133
4.	Korytarze, schody, cechy	200	1,4	0,133
5.	Korytarze w zwykłych budynkach, stołówki restauracje, audytoria	300	1,3	0,1
6.	Sale i korytarze kin, teatrów, klubów, szkół, muzea, składy	400	1,2	0,067
7.	Wstybule, balkony	400	1,4	0,133
8.	Archiwa	500	1,2	0,067
9.	Obc.od kranów /suwnic/ pionowe i poziome	-	1,3	0,1
10.	Obc.wiatrem	-	1,2	0,067
11.	" śniegiem	-	1,15	0,05
12.	" montażowe i transportowe	-	1,1	0,033
13.	parcie ziemi i materiałów sypkich	-	1,2	0,067
14.	Wpływ zmian temperatur.	-	1,1	0,033

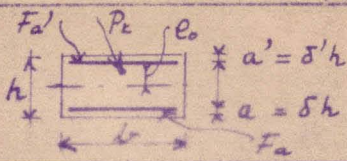
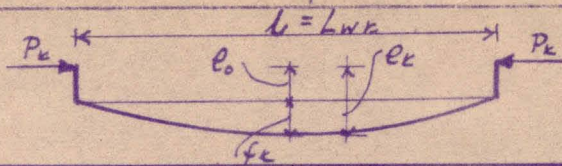
5. Analizy statystyczne do weryfikacji
teorii głęcia nie - Clapeyronowskiego
do rozdz. 5.

- 5.1. Wyjściowe dane do analiz statystycznych.
- 5.2. Obliczenie wielkości pomocniczych.
- 5.3. I etap analizy statystycznej.
- 5.4. II etap analizy statystycznej.
- 5.5. III etap analizy statystycznej.

5.1 Wyjściowe dane do analizy statystycznej
wg badań K.E. Tala - E.A. Czistiakowa w CNIPS 1951/52.

Przypadek Eulera

Nr kol.	Oznaczenie stupa	$l=L_{wk}$ cm	l cm	F_e cm	F_e' cm	α cm	α' cm	R_{Gs} kg/cm ²	Q_m kg/cm ²	Q_{ra}' kg/cm	e_0 cm	f_k cm	e_k cm	R_k T
1	KG-VIII-2	420	24	1,48	1,48	2,79	2,79	141	3080	3020	2	3,8	5,8	12
2	-3	376	23,5	1,46	1,46	2,58	2,73	148	3140	3140	2	3,48	5,48	14
3	-4	376	24	1,48	1,48	2,80	3,30	141	3040	3040	2	3	5	16
4	-5	376	24,2	1,50	1,50	2,69	2,74	155	3150	3150	2	3,43	5,43	14,1
5	-6	376	24,5	1,48	1,48	2,55	2,93	132	3220	3220	1,8	3,7	5,5	15,3
6	KG-VIII-1	460	24,1	0,94	0,92	1,39	1,58	220	3535	3650	2,1	3,8	5,9	32
7	-2	"	24,1	0,92	0,93	1,38	1,43	220	3425	3640	2,5	3,5	6	29
8	-3	"	24	0,93	0,93	1,38	1,38	220	3650	3633	2,4	3,5	5,9	29
9	-4	"	24	1,06	1,07	2,30	2,20	220	2830	2550	2,5	4,92	7,42	47
10	-5	"	24,2	1,09	1,04	2,20	2,10	220	2710	3025	2,5	5,32	7,82	41
11	-6	"	24,1	1,09	1,09	2,20	2,20	220	2880	2930	2,5	5,02	7,52	43
12	KG-X-1	465	24	1,70	1,63	2,05	2,04	124	2830	2710	7,5	5,9	13,4	19
13	-2	"	24	1,63	1,63	1,99	2,04	125	2860	2850	7,5	6	13,5	18
14	-3	"	24	1,66	1,66	2,05	2,05	123	2800	2680	7,5	5,54	13,04	18
15	-4	"	24	0,97	0,97	1,64	1,49	120	3190	3200	7,5	3,68	11,18	6,6
16	-5	"	24	0,98	0,98	1,49	1,40	122	3180	3110	7,5	3,86	11,86	7



Nr oznacz kol stupa	l=L _{wk}	b	h	F _a	F _{a'}	a	a'	R ₆₅	Q _m	Q _{m'}	e ₀	f _k	e _k	P _k
	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	cm	cm	cm	T
17 KG-V-6	465	23,8	15	0,97	0,98	1,49	1,44	123	3230	3190	7,5	3,61	11,11	6,86
18 KG-VI-1	465	24	15	0,95	0,95	1,44	1,44	125	3340	3290	5	4,16	9,16	10,5
19	"	24	15	0,96	0,95	1,44	1,44	125	3280	3280	5	3,97	8,97	10
20	"	24	15	0,95	0,95	1,44	1,44	125	3310	3310	5	4,43	9,43	9,2
21	"	24	15	5,62	5,63	1,95	2	124	2735	2735	11,5	5,5	17	13
22	"	24	15	5,66	5,62	2,1	2,05	124	2540	2620	11,5	6	17,5	12
23	"	24	15	5,63	5,62	1,95	2,05	124	2800	2760	11,5	5,53	17,03	13
24 KG-VII-2	460	24,1	15	2,21	2,13	1,77	1,77	126	3740	3760	2,5	5,78	8,28	20
25	"	24,2	15	2,15	2,23	1,77	1,77	126	3860	3650	2,5	5,5	8	22,1
26	465	23,8	15	2,16	2,20	1,67	1,77	127	3780	3730	7,5	6,05	13,55	11
27	"	23,8	15	2,20	2,18	1,77	1,77	128	3880	3860	7,5	6,68	14,18	10,8
28 KG-VIII-5	"	24	15	5,64	5,67	1,95	2,05	123	2500	2540	5	5,38	10,38	21,8
29	"	24	15	5,55	5,73	2	2	123	2430	2670	5	5,5	10,5	20
30 KG-IX-1	460	23,7	15	3,13	3,13	1,7	1,7	310	3190	3320	2,2	4,98	7,18	44
31	465	23,6	15	3,10	3,10	1,9	1,7	315	3300	3300	5	5,58	10,58	24,14
32	460	24	14,9	3,13	3,12	1,7	1,7	310	3275	3270	2,5	5,2	7,7	38,6

Nr kol. stupa	Oznaczenie	$l=L_{we}$ cm	b cm	h cm	F_a cm	F_a' cm	a cm	a' cm	R_{bs} kg/cm ²	Q_{ra} kg/cm ²	Q_{ra}' kg/cm	e_0 cm	f_k cm	e_k cm	P_k T
33	KG-IV-4	465	24	15	3,07	3,11	1,7	1,9	330	3260	3240	7,5	5,2	12,7	17,8
34	-5	"	24,1	14,9	3,10	3,12	1,7	1,7	320	3300	3220	7,7	5,38	13,08	17,6
35	-6	"	24,1	15	3,13	3,15	1,7	1,7	335	3245	3220	5	5,12	10,12	25,4
36	KG-VII-3	"	24	15,1	0,96	0,98	1,4	1,5	310	3460	3260	5	3,64	9,64	17
37	-5	"	24	15,1	0,97	0,94	2,09	2,05	315	2540	2510	5	5,5	10,5	32,9
38	-6	"	24	15,1	0,95	0,93	2,23	1,93	315	2710	2660	5,2	5,6	10,8	30,1
39	KG-VIII-1	460	24,2	15	0,94	0,96	2,24	2,04	315	2620	2770	2,5	6,08	8,58	44,4
40	-2	"	24	15	0,93	0,92	2,14	2,04	315	2355	2600	2,65	4,85	7,5	44,4
41	-4	465	24	15	1,05	0,97	1,41	1,41	315	3170	3300	7,7	3,37	11,07	8
42	-5	460	24,2	15	0,94	0,99	1,8	1,7	315	3550	3480	2,85	3,8	6,65	28
43	-6	"	24,1	14,9	0,95	1,06	1,58	1,51	315	3230	3300	2,65	3,93	6,58	29,8
44	KG-IX-1	310	24,3	15,1	0,98	0,98	1,3	1,5	400	4650	4650	2,5	3	5,5	65
45	-2	"	24,1	15	0,98	0,98	1,4	1,5	400	4750	4750	2,5	3,1	5,6	61,7
46	-3	315	24,6	15,1	1	1	1,6	1,3	400	4600	4600	7,5	2,55	19,05	15,7
47	-4	"	24,6	15,1	0,97	0,97	1,5	1,5	400	4950	4950	7,5	2,6	10,1	17

5.2 Obliczenie wielkości pomocniczych

$$R_b = \beta R_{bs} \approx 1,1 R_{bs}$$

$$N_b = b h R_b$$

$$2\mu\% = (\Sigma F_a / b h) 100\%$$

$$Q_{ra'z} = Q_{ra'} - R_b$$

$$2N_a = \Sigma F_a Q_{ra'z}$$

$$N = N_b + 2N_a$$

$$R = N / b h$$

$$\eta_R = R / R_b$$

$$\varphi = P_k / N$$

$$E_{b0} \approx 19250 \sqrt{R_{\phi 20}}$$

$$R_{\phi 20} \approx 1,25 R_{bs}$$

$$E_0 = E_{b0} + 2\mu(E_{a0} - E_{b0})$$

$$E_{a0} = 2100000 \text{ kg/cm}^2$$

$$\eta_s = 1 + [3(1 - \delta - \delta')^2 - 1](1 - E_{b0}/E_0)$$

$$\eta_{0 \text{ do sw}} = e_0 / e_{k \text{ do sw}}$$

$$\chi_{T \text{ do sw}} = 1,3527 - 0,2188 \eta_{0 \text{ do sw}}$$

Nr kol.	R_c kg/cm ²	N_c T	Z_c %	Q_{cz} kg/cm ³	$2N_a$ T	N T	R kg/cm ²	D_R	γ	E_{0-3} kg/cm ²	E_{0-3} 10 ⁻³ kg/cm ²	D_0	$(P_c/h)_{dos}$	D_0 dos.	X_T dos.	1- D_0
1	155	44,64	1,028	2925	8,66	53,3	185	1,2398	0,2251	255	274	0,99	0,4833	0,345	1,2772	.655
2	103	45,59	1,044	2977	8,69	54,28	194	1,1906	0,2579	262	281	0,995	0,4605	0,365	1,2729	.635
3	155	46,87	0,979	2985	8,84	55,71	184	1,1886	0,2872	255	273	0,987	0,3968	0,4	1,2652	.6
4	171	49,25	1,042	2979	8,94	58,19	202	1,1815	0,2423	268	287	0,992	0,4563	0,368	1,2721	.632
5	145	42,28	1,015	3075	9,10	51,38	176	1,2152	0,2978	247	266	0,991	,4622	0,327	1,2841	.673
6	242	87,48	0,515	3408	6,34	93,82	259	1,0725	0,3411	319	328	1,025	,3933	0,356	1,2748	.644
7	242	87,48	0,512	3398	6,29	93,77	263	1,0719	0,3093	319	328	1,026	,4	0,417	1,2615	.583
8	242	87,12	0,517	3391	6,31	93,43	259	1,0724	0,3104	319	328	1,027	,3933	0,407	1,2635	.593
9	242	87,12	2,814	2308	23,38	110,5	307	1,2684	0,371	319	369	1,064	,4947	0,337	1,2789	.663
10	242	89,01	2,754	2783	28,19	117,2	319	1,3167	0,3498	319	368	1,071	,5115	0,32	1,2825	.68
11	242	87,48	2,816	2688	27,36	114,84	318	1,3128	0,3744	319	369	1,068	,5013	0,333	1,2799	.667
12	136	48,96	3,147	2574	29,16	78,12	217	1,5956	0,2432	239	298	1,117	,8933	0,56	1,2301	.44
13	137	49,32	3,128	2713	30,55	79,87	222	1,6194	0,2254	240	298	1,116	,9	0,555	1,2312	.445
14	135	48,92	3,124	2545	28,81	77,43	215	1,5889	0,2316	239	298	1,117	,8636	0,575	1,2269	.425
15	132	47,52	0,539	3068	5,95	53,47	149	1,7202	0,1234	236	246	1,036	,7453	0,671	1,2059	.329
16	134	48,24	0,544	2946	5,83	54,07	150	1,7209	0,1295	237	247	1,039	,7573	0,661	1,2081	.339

Nr kol.	R_L kg/cm ²	N_L Ton	$2L$ %	$Q_{a/2}$ kg/cm ²	$2N_a$ Ton	N Ton	R kg/cm ²	D_R	y	$E_{60} \cdot 10^{-3}$ kg/cm ²	E_{10-3} kg/cm ²	D_1	$(\sigma_p/h)_{d_{0.5}}$	D_0 doswiad.	X_T doswiad.	1-20
17	135	48,2	0,546	3055	5,96	54,16	152	1,1237	0,1267	239	249	1,038	0,7407	0,675	1,2050	325
18	138	49,68	0,528	3152	5,99	55,67	155	1,1206	0,1886	241	251	1,038	0,6107	0,546	1,2332	454
19	138	49,68	0,531	3142	6,0	55,68	155	1,1208	0,1796	241	251	1,038	0,598	0,557	1,2307	443
20	138	49,68	0,528	3172	6,03	55,71	155	1,1214	0,1651	241	251	1,037	0,6287	0,53	1,2367	47
21	136	49,68	3,125	2599	29,24	78,92	219	1,5886	0,1647	239	297	1,123	1,1333	0,677	1,2045	323
22	136	49,68	3,133	2484	28,02	74,7	217	1,5640	0,1544	239	297	1,111	1,1557	0,657	1,2089	343
23	136	49,68	3,125	2624	29,52	79,2	220	1,5942	0,1641	239	297	1,121	1,1353	0,675	1,2050	325
24	139	50,25	1,201	3621	15,72	65,97	182	1,3128	0,3032	241	263	1,062	0,52	0,302	1,2865	698
25	139	50,46	1,207	3511	15,38	65,84	181	1,3048	0,3357	241	263	1,062	0,5333	0,313	1,2842	687
26	140	49,98	1,221	3590	15,65	65,63	184	1,3131	0,1646	242	264	1,065	0,9033	0,553	1,2374	447
27	141	50,34	1,227	3719	16,29	66,63	187	1,3236	0,1621	243	266	1,065	0,9453	0,528	1,2369	472
28	135	48,6	3,142	2405	24,20	75,8	211	1,5597	0,2876	239	298	1,121	0,692	0,482	1,2424	578
29	135	48,6	3,133	2535	28,59	77,19	215	1,5883	0,2591	239	297	1,121	0,7	0,476	1,2486	524
30	341	121,23	1,761	2979	18,65	139,88	393	1,1538	0,3746	379	409	1,058	0,4787	0,292	1,2887	708
31	347	122,84	1,751	2953	18,31	141,15	399	1,1491	0,171	382	412	1,053	0,7053	0,472	1,2442	528
32	341	121,94	1,748	2929	18,31	140,25	392	1,1502	0,2472	379	409	1,058	0,5168	0,325	1,2815	675

Nr kol.	R_L kg/cm ²	N_L Ton	2μ %	$Q_{m/z}$ kg/cm ²	$2N_m$ Ton	N Ton	R kg/cm ²	$2R$	y	E_{60-3} kg/cm ²	E_{0-3} kg/cm ²	2σ	$(\sigma_y/h)_{dos}$	2σ dos.	X_T dos.	1- 2σ
33	363	130,68	1,717	2877	17,78	148,46	413	0,8467	0,1199	390	419	1,045	0,8467	0,591	1,2233	409
34	352	126,4	1,732	2868	17,84	144,28	402	8779	122	385	415	1,053	8779	0,588	1,2239	472
35	369	133,39	1,737	2851	19,9	151,29	417	6747	1679	394	424	1,057	6747	0,594	1,2445	506
36	341	123,58	0,535	2919	5,66	129,24	357	5722	1315	379	388	1,022	5722	0,578	1,2261	422
37	347	125,75	3,066	2163	24,03	149,78	413	6954	2197	382	435	1,071	6954	0,476	1,2484	524
38	347	125,75	3,044	2313	25,51	151,26	418	7152	199	382	434	1,069	7152	0,482	1,2472	578
39	347	125,96	3,03	2423	26,65	152,61	421	5720	2309	382	434	1,064	5720	0,491	1,2890	709
40	347	124,92	3,069	2253	24,9	149,82	417	5	2964	382	435	1,069	5	0,353	1,2754	647
41	347	124,92	0,561	2953	5,97	130,89	364	738	0,611	382	392	1,024	738	0,696	1,2003	304
42	347	125,96	0,532	3135	6,05	132,01	364	4433	2121	382	391	1,018	4433	0,428	1,2550	572
43	347	124,61	0,56	2953	5,94	130,55	364	4416	2283	382	392	1,015	4416	0,403	1,2644	597
44	440	161,44	0,534	4210	8,25	169,69	462	3642	3831	430	439	1,021	3642	0,454	1,2534	546
45	440	159,06	0,542	4370	8,45	167,55	463	3733	3682	430	439	1,02	3733	0,447	1,2547	553
46	440	163,46	0,538	4160	8,32	171,78	463	665	0,914	430	439	1,02	665	0,477	1,1891	253
47	440	163,46	0,522	4510	8,75	172,21	463	689	0,987	430	439	1,019	689	0,443	1,1899	257

5.3.

I etap analizy statystycznej1^o Pierwsza analiza regresji przy założeniu $x_k \neq 0$

Równanie hiperpłaszczyzny regresji

$$Y_1 = Y_0 + X_R Y_2 + X_\theta Y_3' + X_k Y_4$$

$$Y_1 = \ln(\varphi \cdot \lambda_s^2 \cdot \eta_j^{-1} T_{dosw}^{-1}) \quad Y_2 = \ln(R/100)$$

$$Y_3' = \ln[(e_k/h)_{dosw} \cdot \varphi \cdot \eta_j^{-1}] \quad Y_4 = \ln(1-\varphi)$$

$$X_k' = X_k - X_\theta$$

$$\lambda_s = L_{wk}/h \quad ; \quad T_{dosw} = (1-\eta_0)^{X_{T_{dosw}}}$$

2^o Druga analiza regresji przy założeniu $x_k = 0 \rightarrow x_k' = -X_\theta$

Równanie hiperpłaszczyzny regresji

$$Y_1 = Y_0 + X_R Y_2 + X_\theta Y_3$$

$$Y_1 = \ln[\varphi \lambda_s^2 \eta_j^{-1} T_{dosw}^{-1}] \quad Y_2 = \ln(R/100)$$

$$Y_3 = \ln[(e_k/h)_{dosw} \cdot \varphi \cdot \eta_j^{-1} (1-\varphi)^{-1}] = Y_3' - Y_4$$

$$(\text{czyli: } Y_3 = \ln[\alpha_{dosw} \cdot \eta_j^{-1}] - \text{por. wzór (5.5)})$$

3^o Rozkład statystyczny współczynnika regresji $Y_0^* = (\ln k_k)^*$

1^o Pierwsza analiza regresji przy założeniu $X_k \neq 0$ Wartości średnie
 $n = 47$

$$\Sigma Y_1 = 284,233493 \rightarrow \bar{Y}_1 = 6,047521; \quad \Sigma Y_2 = 45,968014 \rightarrow \bar{Y}_2 = 0,978043$$

$$\Sigma Y_3' = -99,722833 \rightarrow \bar{Y}_3' = -2,121762; \quad \Sigma Y_4 = -12,926163 \rightarrow \bar{Y}_4 = -0,275025$$

Współczynniki równań regresji

$$\Sigma (Y_1 - \bar{Y}_1)^2 = 2,622178 \quad \Sigma (Y_2 - \bar{Y}_2)^2 = 6,882575 \quad \Sigma (Y_3' - \bar{Y}_3')^2 = 4,687703$$

$$\Sigma (Y_4 - \bar{Y}_4)^2 = 0,835414 \quad \Sigma (Y_1 - \bar{Y}_1)(Y_2 - \bar{Y}_2) = -2,239931 \quad \Sigma (Y_1 - \bar{Y}_1)(Y_3' - \bar{Y}_3') = 2,245724$$

$$\Sigma (Y_1 - \bar{Y}_1)(Y_4 - \bar{Y}_4) = -0,559547 \quad \Sigma (Y_2 - \bar{Y}_2)(Y_3' - \bar{Y}_3') = -1,213023$$

$$\Sigma (Y_2 - \bar{Y}_2)(Y_4 - \bar{Y}_4) = -0,116682 \quad \Sigma (Y_3' - \bar{Y}_3')(Y_4 - \bar{Y}_4) = -0,793697$$

* * *

$$-2,239931 = 6,882575 X_R^* - 1,213023 X_0^* - 0,116682 X_k^{*'}$$

$$2,245724 = -1,213023 X_R^* + 4,687703 X_0^* - 0,793697 X_k^{*'}$$

$$-0,559547 = -0,116682 X_R^* - 0,793697 X_0^* - 0,835414 X_k^{*'}$$

* * *

$$X_k^{*'} = -0,339973 \quad X_0^* = 0,351844 \quad X_R^* = -0,269203$$

$$X_k^* = X_k^{*'} + X_0^* = 0,011871 \approx 0$$

Wariancja reszty $Y_1 - (Y_0^* + X_R^* Y_2 + X_0^* Y_3' + X_k^* Y_4)$

$$\sigma_1^2 = \Sigma \Delta Y_1^2 / (n-1) = 0,057004 \quad \lambda_{12} = \Sigma \Delta Y_1 \Delta Y_2 / 46 = 0,048694$$

$$\lambda_{13'} = \Sigma \Delta Y_1 \Delta Y_3' / 46 = 0,048820 \quad \lambda_{14} = \Sigma \Delta Y_1 \Delta Y_4 / 46 = -0,012164$$

$$\sigma^{*2} = \sigma_1^2 - \lambda_{12} X_R^* - \lambda_{13'} X_0^* - \lambda_{14} X_k^{*'} = 0,022583$$

Log wskaźnik zmienności współczynnika k_+

$$V_{k_+} = \sigma^{*2} = 0,150$$

* * *

2^o Druga analiza regresji przy założeniu $X_k = 0 \rightarrow X_k^* = -X_0^*$

$$\lambda_{12} = \sigma_2^2 X_R + \lambda_{23'} X_0 + \lambda_{24} (X_k^* = -X_0^*)$$

$$\lambda_{13'} = \lambda_{3'2} X_R + \sigma_{3'}^2 X_0 + \lambda_{3'4} (X_k^* = -X_0^*)$$

$$\lambda_{14} = \lambda_{42} X_R + \lambda_{43'} X_0 + \sigma_4^2 (X_k^* = -X_0^*)$$

$$\lambda_{12} = \sigma_2^2 X_R + (\lambda_{23}' - \lambda_{24}) X_\theta$$

$$\lambda_{13}' = \lambda_{23}' X_R + (\sigma_3'^2 - \lambda_{3'4}') X_\theta$$

$$\lambda_{14} = \lambda_{24} X_R + (\lambda_{3'4}' - \sigma_4'^2) X_\theta$$

Równania współczynników

$$\lambda_{12} = \sigma_2^2 X_R + (\lambda_{23}' - \lambda_{24}) X_\theta$$

$$\lambda_{13}' - \lambda_{14} = (\lambda_{23}' - \lambda_{24}) X_R + (\sigma_3'^2 + \sigma_4'^2 - 2\lambda_{3'4}') X_\theta$$

Oznaczenia

$$\lambda_{23}' - \lambda_{24} = \lambda_{23} \quad , \quad \lambda_{13}' - \lambda_{14} = \lambda_{13} \quad , \quad \sigma_3'^2 + \sigma_4'^2 - 2\lambda_{3'4}' = \sigma_3^2$$

$$\Sigma \Delta Y_2 \Delta Y_3 = -1,096341 \quad \Sigma \Delta Y_1 \Delta Y_3 = 2,805271 \quad \Sigma \Delta Y_3^2 = 7,110511$$

$$-2,239931 = 6,882575 X_R^* - 1,096341 X_\theta^*$$

$$2,805271 = -1,096341 X_R^* + 7,110511 X_\theta^*$$

* + *

$$X_\theta^* = 0,353015 \quad X_R^* = -0,269218$$

3^o Rozkład statystyczny współczynnika regresji $Y_0^* = (\ln k_1)^*$
 Długość klas $d = 0,08$; Przesunięcie układu o 2,02

Przedział	Środek	Δz $Y_0 - 7,02$	liczebność n_i	$u_i = \Delta z/d$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
6,58 - 6,66	6,62	-0,40	1	-5	-5	25	
6,66 - 6,74	6,70	-0,32	4	-4	-16	64	
6,74 - 6,82	6,78	-0,24	3	-3	-9	27	
6,82 - 6,90	6,86	-0,16	1	-2	-2	4	
6,90 - 6,98	6,94	-0,08	12	-1	-12	12	
6,98 - 7,06	7,02	0	15	0	0	0	
7,06 - 7,14	7,10	+0,08	8	+1	8	8	
7,14 - 7,22	7,18	+0,16	2	+2	4	4	
7,22 - 7,30	7,26	+0,24	0	+3	0	0	
7,30 - 7,38	7,34	+0,32	0	+4	0	0	
7,38 - 7,46	7,42	+0,40	1	+5	5	25	

$$\ln k_1 = 6,974 \quad \sigma^* = 0,146$$

$$\bar{x} = \Sigma x/n = 0,575 \quad ; \quad \bar{y}_0 = 7,02 = 0,575 \cdot 0,08 = 6,094 \quad ; \quad \bar{y} = 7,23/16 = 4,52 \quad ; \quad \sigma^2 = (2,26 - 0,17)^2 - 0,08^2 = 0,0444/12 = 0,0037 \quad ; \quad \sigma^* = 0,196 \quad (\text{Poprawka Shepparda } 8^{2/12})$$

Nr kol	$\ln \lambda_s^2$	$\ln(e_{y/k})_{\text{obs}}$	$\ln \eta_7$	$\ln T_{\text{obs}}$	$\ln y$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	$\ln k_{\text{L}} \equiv$ $\equiv Y_6$
1	6.710 696	- .727 049	- .010 051	- .540 073	-1.490605	6.170165	.615186	-2.207653	- .254 697	-1.952898	7.025207
2	6.906 102	- .975 433	- .005 013	- .577 990	-1.354123	6.134522	.662688	-2.125003	- .297 286	-1.827717	6.958142
3	6.791 784	- .924 259	- .013 086	- .646 297	-1.246343	6.204824	.609766	-2.157516	- .327 577	-1.819939	7.011450
4	6.906 102	- .784 599	- .008 031	- .584 376	-1.447229	6.081280	.703098	-2.193797	- .276 939	-1.916858	6.947247
5	6.906 102	- .771 790	- .009 040	- .507 847	-1.210087	6.212902	.565314	-1.972837	- .354 645	-1.621192	6.937400
6	6.846 354	- .933 098	.024 693	- .560 850	-1.073600	6.308911	.951658	-2.031391	- .415 430	-1.615961	7.135572
7	6.846 354	- .916 291	.025 667	- .679 943	-1.187368	6.313264	.966984	-2.129324	- .383 356	-1.745968	7.189946
8	6.846 354	- .933 098	.026 641	- .659 786	-1.167882	6.311617	.951658	-2.127621	- .370 062	-1.757559	7.188265
9	6.846 354	- .703 871	.062 036	- .525 462	- .991622	6.318158	1.121678	-1.757529	- .463 842	-1.293657	7.076814
10	6.819 684	- .664 610	.068 534	- .494 034	-1.051509	6.193795	1.160021	-1.784713	- .431 719	-1.352994	6.983721
11	6.846 354	- .690 484	.065 787	- .517 254	- .983353	6.314468	1.156881	-2.739624	- .470 673	-2.268954	7.426895
12	6.867 974	- .112 795	.110 646	- .109 055	-1.413807	6.352576	.774727	-1.637248	- .279 011	-1.358237	7.040624
13	6.867 974	- .105 360	.109 750	- .998418	-1.490654	6.265988	.747107	-1.705764	- .255 501	-1.450263	6.972656
14	6.854 684	- .146 673	.110 646	- .1050260	-1.465260	6.329028	.765468	-1.722579	- .266 297	-1.456282	6.995367
15	6.867 974	- .293 924	.035 368	- .134012	-2.095225	6.077393	.398716	-2.424577	- .134 280	-2.290237	6.993239
16	6.867 974	- .277 952	.038 260	- .1304067	-2.043074	6.090701	.405465	-2.359286	- .136 704	-2.222577	6.984462

Nr kol.	$\ln \lambda_5^2$	$\ln(e_4/b)$ doś	$\ln \eta_5$	$\ln T_{\text{dosa}}$	$\ln \gamma$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	$\ln k_{\text{ef}} = Y_0$
17	6.867074	-300.204	.037295	-1.354586	-2.062340	6.122025	.418711	-2.309839	-1.37344	-2.262492	7.034344
18	6.867074	-493.204	.037295	-0.73403	-1.670309	6.133683	.438255	-2.200898	-2.210679	-1.990219	6.954216
19	6.867074	-574.164	.037295	-1.003168	-1.719189	6.114658	.438255	-2.270648	-1.09679	-2.070969	6.963727
20	6.867074	-464.156	.036332	-0.934322	-1.802570	5.963394	.438255	-2.303058	-1.82319	-2.120739	6.830033
21	6.867074	-125.163	.116004	-1.359236	-1.802471	6.308735	.783902	-1.793312	-1.79286	-1.614026	7.089551
22	6.867074	-157.159	.105260	-1.294057	-1.873339	6.183432	.724717	-1.824448	-1.73151	-1.651294	6.974935
23	6.867074	-126.926	.114222	-1.355370	-1.807027	6.202095	.788458	-1.794323	-1.79292	-1.615037	6.984492
24	6.846354	-594.207	.060157	-4.62418	-1.190781	6.057836	.598837	-1.845133	-3.57869	-1.487264	6.744081
25	6.846354	-628.608	.060155	-4.81182	-1.089570	6.177811	.593324	-1.778333	-4.07800	-1.370533	6.821361
26	6.867074	-101.663	.062976	-2.92914	-1.787021	6.010891	.609766	-1.951660	-1.84882	-1.766778	6.798750
27	6.867074	-0.56217	.062976	-2.31033	-1.821574	5.914487	.625939	-1.940737	-1.79315	-1.761422	6.704809
28	6.867074	-568.169	.114222	-8.19783	-1.648243	5.925492	.746688	-2.130634	-7.73168	-1.357466	6.605720
29	6.867074	-356.675	.114222	-8.07378	-1.353200	6.207930	.765468	-1.824097	-3.02378	-1.521719	6.951198
30	6.867074	-736.751	.056381	-4.77195	-1.155395	6.127693	1.368640	-1.748527	-3.76275	-1.572252	7.051185
31	6.867074	-349.085	.051642	-7.99208	-1.768288	5.847252	1.383797	-2.169015	-1.88328	-1.980687	6.919005
32	6.859732	-660.141	.056381	-5.03067	-1.289167	6.024993	1.366092	-2.006189	-3.21874	-1.684312	6.987357

Nr koi.	$\ln \lambda_3^2$	$\ln(\lambda/k)$ dosi	$\ln \eta_3$	$\ln T_{dosi}$	$\ln y$	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6
33	6.867074	-168448	.044016	-1.092337	-2.122544	5.703751	1.418218	-2.333008	-1.28838	-2.204170	6.953682
34	6.881352	-130277	.051642	-1.087308	-2.104371	5.812647	1.397282	-2.286290	-1.130445	-2.155845	6.948257
35	6.867074	-393536	.055435	-847953	-1.780848	5.879644	1.427916	-2.229819	-1.180108	-2.049744	6.987644
36	6.854684	-578292	.021762	-1.059864	-2.029576	5.863270	1.272566	-2.609570	-1.424445	-2.467125	7.076800
37	6.854684	-363320	.068594	-807249	-1.514967	6.078372	1.418278	-1.946881	-2.247127	-1.699754	7.060237
38	6.854684	-363320	.066724	-784000	-1.615950	5.956070	1.430371	-2.045994	-2.23030	-1.822964	6.984609
39	6.846354	-578616	.062036	-443969	-1.236046	5.992241	1.437463	-1.856698	-3.45296	-1.541402	6.972780
40	6.846354	-693147	.066724	-559777	-1.218146	6.117461	1.427916	-1.978017	-3.53616	-1.624401	7.075320
41	6.867074	-303811	.023717	-1.424548	-2.790007	5.481798	1.285984	-3.117535	-0.58074	-3.059461	6.908044
42	6.846354	-813433	.017840	-704077	-1.551597	5.984474	1.291984	-2.382870	-2.39407	-2.143463	7.085974
43	6.859732	-817326	.014889	-651667	-1.478467	6.018043	1.291984	-2.310682	-2.59837	-2.050845	7.089847
44	6.043754	-1009947	.020483	-759737	-2.978796	5.824106	1.530395	-1.989326	-4.81886	-1.507440	6.768265
45	6.057044	-985283	.019802	-741986	-2.997949	5.781279	1.532577	-2.003034	-4.57739	-1.545295	6.739383
46	6.075756	-407122	.019802	-1.630827	-2.393752	5.293029	1.532577	-2.820676	-0.96918	-2.723758	6.667148
47	6.075756	-402160	.018821	-1.674723	-2.314199	5.357459	1.532577	-2.735180	-1.02698	-2.632482	6.699357

5.4.

II etap analizy statystycznej1° Weryfikacja wzoru dla trzeciego przypadku wytrzym.

$$\psi_{dosw} = [0,5 + (1 - \eta \bar{r}') (0,5 - \delta_{kr}) \psi^{-1} - (e_k/h)_{dosw}] \psi^{-1} \eta e^{-1}$$

2° Rozkład statystyczny wspótez. korekc. $C_e = e_{k,dosw} / e_{k,obl.}$

$$(e_k/h)_{obl} = 0,5 + (1 - \eta \bar{r}') (0,5 - \delta_{kr}) \psi^{-1} - \bar{\psi} \psi \eta R$$

$$\bar{\psi} = 0,57 \text{ (autor)}$$

3° Rozkład statystyczny C_e - metoda Tala - Czistiakowa

$$e_{k,obl} = e_0 + f_{p,obl.}, \quad f_{p,obl.} \text{ wyciągnięte z publ. [119]}$$

4° Rozkład statystyczny C_e - metoda normowa SNiP II-w-1-62

$$e_n/h = 0,5 + \frac{F_a \sigma_a (1 - \delta - \delta')}{P_N} - 0,5 \frac{P_N}{b \cdot h \cdot R_{bzg}}$$

przyjęto:

$$P_N = P_k, \quad R_{bzg} = 1,25 R_{bs}$$

5° Rozkład statystyczny wspótez. korekcyjnego C_e skorygowanej met. autora $(e_k/h)_{obl}$ jak pod 2° z tym, że $\bar{\psi}$ w p.wzoru

$$\bar{\psi} = 0,5 \cdot \psi^{-0,34} \cdot (R/100)^{-0,26}$$

1^o Rozkład statyst. wspótcz. Ψ .długość klasy $d=0,10$; przesunięcie układu o $0,5$

Przedział	Środek	$\Delta_i = \psi_i - 0,5$	liczeb. n_i	$u_i = \Delta_i/d$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
0,05 - 0,15	0,10	-0,40	1	-4	-4	16	
0,15 - 0,25	0,20	-0,30	1	-3	-3	9	
0,25 - 0,35	0,30	-0,20	1	-2	-2	4	
0,35 - 0,45	0,40	-0,10	6	-1	-6	7	
0,45 - 0,55	0,50	0	14	0	0	0	
0,55 - 0,65	0,60	+0,10	10	+1	10	10	
0,65 - 0,75	0,70	+0,20	7	+2	14	28	
0,75 - 0,85	0,80	+0,30	5	+3	15	45	
0,85 - 0,95	0,90	0,40	1	+4	4	16	
0,95 - 1,05	1,00	+0,50	1	+5	5	25	
			47		33	160	

$$\bar{u} = 33/47 = 0,702 ; \bar{\psi} = 0,50 + 0,1 \cdot 0,702 = 0,5702 ; \bar{u}^2 = 160/46 = 3,48 ; \sigma^2 = (3,48 - 0,702^2) \cdot 0,1^2 - 0,7^2/12 = 0,02155 ; \sigma^* = 0,1468 ; V_{\psi} = 0,1468/0,5702 = 0,2575$$

2^o Rozkład statyst. wspótcz. korekc. C_e (met. autora)długość klasy $d=0,04$; przesunięcie układu o $1,0$

Przedział	Środek	$\Delta_i = C_e - 1,0$	liczeb. n_i	$u_i = \Delta_i/d$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
1,18 - 1,14	1,16	0,16	1	4	4	16	
1,14 - 1,10	1,12	0,12	5	3	15	45	
1,10 - 1,06	1,08	0,08	5	2	10	20	
1,06 - 1,02	1,04	0,04	7	1	7	7	
1,02 - 0,98	1,00	0	13	0	0	0	
0,98 - 0,94	0,96	-0,04	11	-1	-11	11	
0,94 - 0,90	0,92	-0,08	1	-2	-2	4	
0,90 - 0,86	0,88	-0,12	3	-3	-9	27	
0,86 - 0,82	0,84	-0,16	1	-4	-4	16	
			47		10	146	

$$\bar{u} = 10/47 = 0,213 ; \bar{C}_e = 1,0 + 0,04 \cdot 0,213 = 1,0085 ; \bar{u}^2 = 146/46 = 3,175 ; \sigma^2 = (3,175 - 0,213^2) \cdot 0,04^2 - 0,04^2/12 = 0,00489 ; \sigma^* = 0,0699 ; V_{C_e} = 0,0699/1,0085 = 0,0695$$

3^o Współcz. korekc. \bar{c}_e (met. Tala - Czistiakowa)długość klasy $d=0,03$; przesunięcie o 1,01

Przedział	Środek	$\frac{\Delta_i}{\bar{c}_e - 1,01}$	Liczba n_i	$u_i = \frac{\Delta_i}{d}$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
1,115 - 1,115	1,13	0,12	1	4	4	16	
1,115 - 1,085	1,10	0,09	0	3	0	0	
1,085 - 1,055	1,07	0,06	6	2	12	24	
1,055 - 1,025	1,04	0,03	13	1	13	13	
1,025 - 0,995	1,01	0	15	0	0	0	
0,995 - 0,965	0,98	-0,03	8	-1	-8	8	
0,965 - 0,935	0,95	-0,06	1	-2	-2	4	
0,935 - 0,905	0,92	-0,09	3	-3	-9	27	
			47	+10	92		

$$\bar{u} = 10/47 = 0,213; \bar{c}_e = 1,01 + 0,03 \cdot 0,213 = 1,0164; \bar{u}^2 = 92/46 = 2,0; \sigma^{*2} = (2,0 - 0,213^2 - 1/12) \cdot 0,03^2 = 0,00168; \sigma^* = 0,041; V_{ce} = 0,041/1,0164 = 0,0403$$

4^o Współcz. korekc. \bar{c}_e (met. normowa SN: P II - W - 1-62)długość klasy $d=0,03$; przesunięcie o 0,92

Przedział	Środek	$\frac{\Delta_i}{\bar{c}_e - 0,92}$	Liczba n_i	$u_i = \frac{\Delta_i}{d}$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
0,785 - 0,815	0,80	-1,2	1	-4	-4	16	
0,815 - 0,845	0,83	-0,9	3	-3	-9	27	
0,845 - 0,875	0,86	-0,6	2	-2	-4	8	
0,875 - 0,905	0,89	-0,3	9	-1	-9	9	
0,905 - 0,935	0,92	0	12	0	0	0	
0,935 - 0,965	0,95	+0,3	14	+1	14	14	
0,965 - 0,995	0,98	+0,6	4	+2	8	16	
0,995 - 1,025	1,01	+0,9	2	+3	6	18	
			47	2	108		

$$\bar{u} = 2/47 = 0,043; \bar{c}_e = 0,92 + 0,03 \cdot 0,043 = 0,9213; \bar{u}^2 = 108/46 = 2,3478; \sigma^{*2} = (2,3478 - 0,043^2 - 1/12) \cdot 0,03^2 = 0,0020364; \sigma^* = 0,0451$$

$$V_{ce} = 0,0451/0,9213 = 0,049$$

$$(e_n/e_c) = 1/\bar{c}_e = 1,085$$

5^e Współcz. korekc. \bar{c}_e (skorygowana met. autora)długość klasy $d=0,02$; przesunięcie układu o 1,00

Przedział	środek	$\frac{\Delta_i}{c_e - 1,0}$	liczeb. n_i	$\frac{u_i}{d}$	$u_i n_i$	$u_i^2 n_i$	Histogram
1,09 - 1,07	1,08	0,08	1	4	4	16	
1,07 - 1,05	1,06	0,06	3	3	9	27	$\bar{c}_e \approx 1,0$ $V_{ee} = 0,037$
1,05 - 1,03	1,04	0,04	7	2	14	28	
1,03 - 1,01	1,02	0,02	7	1	7	7	
1,01 - .99	1,00	0	11	0	0	0	
.99 - .97	.98	-0,02	6	-1	-6	6	
.97 - .95	.96	-0,04	8	-2	-16	32	
.95 - .93	.94	-0,06	3	-3	-9	27	
.93 - .91	.92	-0,08	1	-4	-4	16	
			47	-1	153		

$$\bar{u} = -1/47 = -0,0213 ; \bar{c}_e = 1,0 - 0,0213 \cdot 0,02 = 0,9996 \approx 1,0 ; \bar{u}^2 = 153/46 = 3,4587$$

$$\sigma^{*2} = (3,4587 - 0,0213^2 - 0,0233) \cdot 0,02^2 = 0,00135 ; \sigma^* = 0,0368$$

$$V_{ee} = 0,0368 / 0,9996 = 0,037$$

Nr Kol.	ν_R	$0,5 \cdot \delta_{sr}$	γ	$(e_k/h)_{dos}$	ψ_{dosw}	$(e_k/h)_{dos}$ autor	$C_e = \frac{e_{k,dosw}}{e_{k,obl.}}$	$e_{k,obl}$ T-Cz cm	$C_e = \frac{e_{k,dosw}}{e_{k,obl.}}$	$(R_n/h)_{obl}$ norm.	$\psi_e = \frac{e_{k,dosw}}{e_{k,obl.}}$	$(e_k/h)_{obl}$ autor skorye.	$C_e = \frac{e_{k,dosw}}{e_{k,obl.}}$
1	1,2388	.268	.2251	.4833	.8828	.5708	.8467	5,93	.979	.586	.825	.502	.964
2	1,1906	.277	.2579	.4605	.6884	.4971	.9264	5,57	.985	.577	.842	.477	.965
3	1,1886	.258	.2872	.3968	.7197	.4482	.8853	5,47	.915	.495	.802	.423	.938
4	1,1815	.272	.2423	.4563	.7548	.5095	.8956	5,59	.972	.556	.820	.489	.932
5	1,2152	.270	.2978	.4622	.5479	.4545	1,0169	5,54	.903	.509	.918	.433	1,067
6	1,0725	.401	.3411	.3933	.5020	.3713	1,0593	6,04	.907	.412	.953	.377	1,043
7	1,0719	.407	.3093	.4	.5680	.3996	1,0010	6,45	.93	.451	.888	.404	.991
8	1,0724	.409	.3704	.3933	.5879	.3995	.9845	6,36	.927	.449	.877	.402	.978
9	1,2684	.350	.3410	.4947	.4354	.4318	1,1457	7,76	.957	.538	.918	.497	.995
10	1,3167	.359	.3498	.5145	.5043	.4847	1,0615	7,62	1,025	.538	.956	.479	1,073
11	1,3128	.354	.3744	.5013	.4557	.4456	1,1250	7,57	.993	.526	.953	.486	1,032
12	1,5956	.364	.2432	.8933	.4265	.8380	1,0660	13,42	.998	.957	.933	.875	1,021
13	1,6194	.366	.2254	.9	.6058	.9134	.9853	12,97	1,04	.995	.905	.909	.990
14	1,5889	.364	.2316	.8636	.5448	.8731	.9891	13,14	.993	.981	.881	.893	.967
15	1,1252	.396	.1234	.7453	.9062	.7782	.9577	11,13	1,007	.810	.922	.745	1,000
16	1,1209	.404	.1295	.7573	.5448	.7538	1,0046	11,12	1,022	.796	.952	.730	1,087

Nr kol.	n_R	$0.5 \cdot d_{sr}$	g	$(P_e/h)_{dosw}$	ψ_{dosw}	$(P_e/h)_{aut}$	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,obl}}$	$P_{e,obl}$ T-cz. 0mm	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,obl}}$	$(P_e/h)_{obl}$ norm.	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,obl}}$	$(P_e/h)_{obl}$ autor skoryg.	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,obl}}$
17	1,1237	.404	.1267	.7407	.7746	.7700	.9619	11,14	.907	.809	.915	.790	1.001
18	1,1206	.404	.1886	.6107	.5674	.6103	1.0007	8.96	1.023	.650	.938	.579	1.055
19	1,1208	.404	.1726	.5980	.4173	.6278	.9525	9.03	.903	.664	.901	.594	1.006
20	1,1214	.401	.1651	.6287	.7256	.6577	.9559	9.	1.047	.693	.908	.616	1.027
21	1,5886	.368	.1647	1.1333	.7443	1.1791	.9612	16.92	1.005	1.255	.903	1.172	.967
22	1,5640	.362	.1544	1.1667	.7400	1.2080	.9658	16.7	1.048	1.256	.928	1.178	.991
23	1,5942	.367	.1641	1.1353	.7580	1.1847	.9583	17.1	.907	1.272	.893	1.101	.953
24	1,3128	.382	.3032	.520	.6236	.5737	.9622	8.04	1.030	.634	.871	.560	.985
25	1,3048	.382	.3357	.5333	.5308	.5765	1.0325	8.06	.993	.598	.892	.515	1.036
26	1,3171	.386	.1676	.9033	.6624	.9238	.9778	12.97	1.050	.980	.922	.901	1.003
27	1,3236	.382	.1621	.9453	.6090	.9539	.9910	13.09	1.084	1.012	.935	.935	1.011
28	1,5597	.367	.2876	.6920	.5927	.7026	.9849	10.47	.998	.799	.865	.759	.912
29	1,5883	.367	.2591	.7	.7891	.7905	.8855	10.29	1.020	.823	.850	.728	.967
30	1,1538	.387	.3146	.4787	.5105	.4574	1.0466	7.52	1.010	.597	.942	.486	.985
31	1,1491	.380	.1410	.7053	.4224	.6765	1.0426	9.88	1.070	.741	.952	.697	1.012
32	1,1502	.386	.2752	.5768	.5258	.5037	1.0272	7.57	1.026	.563	.918	.532	.971

Nr kol.	D_R	$0,5 \cdot \delta_{sr}$	y	(P_e/h) dosw.	ψ_{dosw}	$(P_e/h)_{dow}$	$C_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,dow}}$	$P_{e,dow}$ T-Cz. eml	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,dow}}$	$(P_e/h)_{norm}$	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,dow}}$	$(P_e/h)_{dow}$ d. l. for skorys.	$P_e = \frac{P_{e,dosw}}{P_{e,dow}}$
33	1,1361	.370	.1199	.8467	.1689	.7922	1.0688	12,12	1.048	.877	.965	.819	1.034
34	1,1415	.380	.1220	.8779	.0581	.8067	1.0883	12,43	1.052	.871	1.008	.843	1.042
35	1,1812	.387	.1679	.6747	.5152	.6644	1.0155	9,87	1.046	.719	.938	.689	.979
36	1,0458	.404	.1315	.5722	.4538	.5563	1.0286	8,27	1.045	.598	.957	.559	1.023
37	1,1911	.363	.2197	.6954	.2663	.6162	1.1285	9,75	1.078	.696	1.000	.660	1.053
38	1,2029	.363	.1920	.7152	.3860	.6774	1.0652	10,14	1.065	.756	.947	.716	1.000
39	1,2416	.358	.2909	.5720	.4054	.5743	1.1122	7,64	1.124	.578	.988	.548	1.044
40	1,1993	.367	.2964	.5	.5693	.5007	.9998	7,43	1.010	.554	.902	.525	.952
41	1,0478	.406	.0674	.7380	1.0188	.7668	.9624	10,75	1.030	.797	.927	.749	.948
42	1,0480	.390	.2121	.4433	.6338	.4577	.9685	6,49	1.024	.497	.892	.458	.968
43	1,0477	.364	.2283	.4416	.5477	.4365	1.0117	6,19	1.063	.774	.933	.433	1.020
44	1,0511	.408	.3831	.3642	.4659	.3226	1.1220	5,28	1.042	.380	.958	.368	.989
45	1,0534	.404	.3682	.3733	.4700	.3448	1.1150	5,28	1.060	.391	.954	.377	.991
46	1,0509	.404	.0974	.6655	.5047	.6593	1.0094	9,89	1.017	.695	.957	.664	1.002
47	1,0535	.401	.0987	.6689	.3596	.6471	1.0337	9,97	1.020	.680	.985	.650	1.029

5.5.

III etap analizy statystycznej.1° Rozkład statystyczny współczynnika $(\ln k_t)^*$

$$\ln k_t = Y_1 - x_R Y_2 - x_e Y_3$$

$$Y_1 = \ln(\varphi \lambda_s^2 \eta_j^{-1} T_{obl}^{-1}) \quad Y_2 = \ln(R/100)$$

$$Y_3 = \ln[(e_k/h)_{obl} \cdot \varphi \eta_j^{-1} (1-\varphi)^{-1}]$$

$$x_R = -0,269218 \quad x_e = 0,353015$$

 $(e_k/h)_{obl}$ wg obliczeń II etapu

$$T_{obl} = (1 - e_0/e_{kobl})^{x_{Tobl}}$$

$$x_{Tobl} = 1,3527 - 0,2188 \cdot e_0/e_{kobl}$$

2° Rozkład statyst. współcz. korekc. $C_t = P_{kdosu}/P_{kobl}$.a) metoda autora.

$$C_t = 1,0$$

log. wskazn. zm.

$$\text{wg tabl. } 6-\bar{V} \quad Y_{ct} = A_{kt} \cdot V_{ct}$$

b) metoda Tala-Czistiakowa.

wartości wyciągn. z publ. [119]

c) metoda normowa SNiP II-w-1-62.

$$e_n/e_0 = \frac{1}{1 - \frac{P_n}{c b h \cdot R_{bzg}} \cdot \lambda_s^2}$$

$$e_n/h = 0,5 + \frac{F_a \cdot G_{ra}(1-\delta-\delta')}{P_n} - 0,5 \frac{P_n}{b h \cdot R_{bzg}}$$

$$c = \frac{66000}{R_{\#20} + 350} \cdot \left[\frac{1}{e_0/h + 0,16} + 200 \frac{F_a}{b h} + 1 \right]$$

wobec braku danych przyjęto

$$R_{bzg} = R_{bs} / 0,8$$

$$R_{\#20} \approx R_{bzg}$$

1. Rozkład statyst. wspótcz. $(\ln k_t)^*$
 długość klasy $d=0,06$ przesunięcie układu 6,96

Przedział	Środek	$\Delta u_i = \frac{u_i - u_0}{d}$	Liczeb. n_i	$\Delta i/d$	$u_i n_i$	$u_i^2 n_i$	Histogram
6,51-6,57	6,54		X				$\ln k_t = 6,97305$; $V_{kt} = 0,134$ nieuwzględniamy
6,57-6,63	6,60	-0,24	0				
6,63-6,69	6,66	-0	0				
6,69-6,75	6,72	-0,24	3	-4	-12	48	
6,75-6,81	6,78	-0,18	4	-3	-12	36	
6,81-6,87	6,84	-0,12	4	-2	-8	16	
6,87-6,93	6,90	-0,06	6	-1	-6	6	
6,93-6,99	6,96	0	9	0	0	0	
6,99-7,05	7,02	+0,06	6	+1	6	6	
7,05-7,11	7,08	+0,12	5	+2	10	20	
7,11-7,17	7,14	+0,18	5	+3	15	45	
7,17-7,23	7,20	+0,24	3	+4	12	48	
7,23-7,29	7,26	+0,30	1	+5	5	25	
			47		10	250	
			46				

$\bar{u} = 10/46 = 0,217$; $\overline{\ln k_t} = 6,96 + 0,06 \cdot 0,217 = 6,97305$; $\bar{u}^2 = 250/46 = 5,5556$
 $\sigma^2 = (5,5556 - 0,217^2) \cdot 0,06^2 - 0,06^2/12 = 0,018$; $V_{kt} = 0,134$; $\bar{k}_t = 1067,5$

2a) Rozkład statystyczny $C_k = P_{kdoj}/P_{kobl.}$
 wg metody autora

Wg tabl. 6-V wspótcz $A_{kt} = 0,088 \div 0,941$ dla zakresów parametrów: $\bar{y} = 9,1 \div 0,5$; $\bar{y}_R = 12 \div 1,6$; $\bar{y}_T = 92 \div 9,8$
 A stąd przy $V_{kt} = 0,134$ jest:

$V_{ce} = (0,088 - 0,941) \cdot 0,134 = 0,012 \div 0,126$

średnia $V_{ce} \approx 0,07$

$C_k = 1,0$

20) Rozkład statystyczny $C_t = P_{\text{dosw}} / P_{\text{teor}}$
wg metody Tala-Czistiakowa

długość klasy $d = 0,06$

przesunięcie układu 1,1

Przedział	Środek	$\Delta_i = C_t - 1,1$	Liczba n_i	$u_i = \Delta_i / d$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
1,37-1,31	1,34	+0,24	3	+4	12	48	
1,31-1,25	1,28	+0,18	3	+3	9	27	
1,25-1,19	1,22	+0,12	2	+2	4	8	
1,19-1,13	1,16	+0,06	5	+1	5	5	
1,13-1,07	1,10	0	9	0	0	0	
1,07-1,01	1,04	-0,06	5	-1	-5	5	
1,01-0,95	0,98	-0,12	7	-2	-14	28	
0,95-0,89	0,92	-0,18	7	-3	-21	63	
0,89-0,83	0,86	-0,24	2	-4	-8	32	
			43		-18	216	

$$\bar{u} = -18/43 = -0,418; \bar{C}_t = 1,10 - 0,06 \cdot 0,418 = 1,075; \bar{u}^2 = 216/42 = 5,143$$

$$s^2 = (5,143 - 0,418^2 - 0,083) \cdot 0,06^2 = 0,0176; s = 0,133; V_{C_t} = 0,124$$

2c) Rozkład statystyczny $C_t = P_{\text{dosw}} / P_{\text{teor}}$
wg metody normowej SNiP II-W-1-62

długość klasy $d = 0,06$; przesunięcie układu 0,76

Przedział	Środek	$\Delta_i = C_t - 0,76$	Liczba n_i	$u_i = \Delta_i / d$	$u_i \cdot n_i$	$u_i^2 \cdot n_i$	Histogram
0,91-0,97	0,94	0,18	2	3	6	18	
0,85-0,91	0,88	0,12	3	2	6	12	
0,79-0,85	0,82	0,06	11	1	11	11	
0,73-0,79	0,76	0	9	0	0	0	
0,67-0,73	0,70	-0,06	14	-1	-14	14	
0,61-0,67	0,64	-0,12	7	-2	-14	28	
0,55-0,61	0,58	-0,18	1	-3	-3	9	
			47		-8	92	

$$\bar{u} = -8/47 = -0,17; \bar{C}_t = 0,76 - 0,06 \cdot 0,17 = 0,75; \bar{u}^2 = 92/46 = 2,0$$

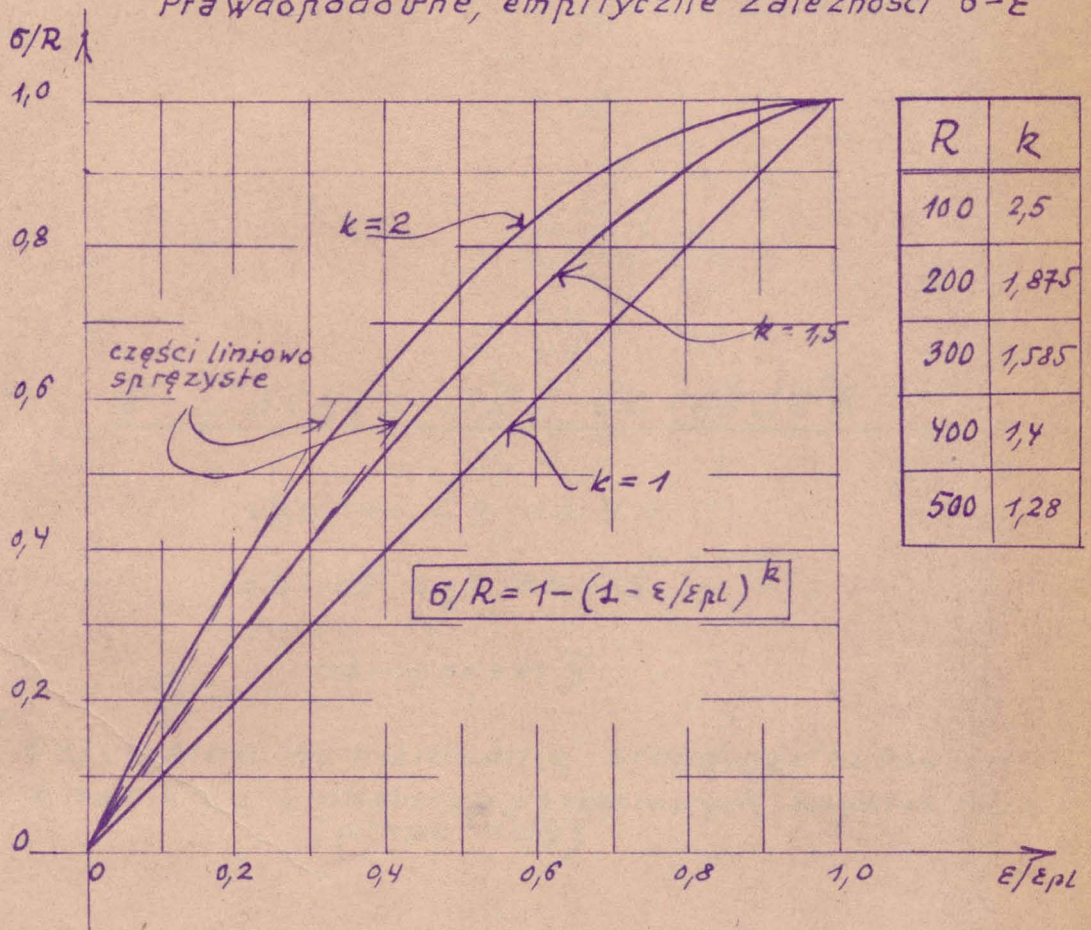
$$s^2 = (2,0 - 0,17^2 - 0,083) \cdot 0,06^2 = 0,0068; s = 0,083; V_{C_t} = 0,110$$

Nr kol.	$\eta_{T\text{ obt.}}$	$X_{T\text{ obt.}}$	$\ln T_{\text{obt}}$	$\ln(\frac{e_4}{h})_{\text{obt}}$	$\ln \alpha_{\text{obc}}$	Y_1	Y_2	Y_3	$\ln k_6$	$P_{\text{obc}} T\text{-Cz. Ton}$	$P_{\text{obc}} / P_{\text{obc}} \text{ norm. Ton}$	$P_{\text{obc}} / P_{\text{obc}}$
1	2920	1.289	-445107	-243716	-1.796674	6.075199	.615186	-1.788623	6.871523	12,8	0,94	18,2 0,660
2	3381	1.279	-527769	-698964	-1.756267	6.084301	.662688	-1.751248	6.880206	14,9	0,94	19,97 0,701
3	3542	1.275	-557514	-802515	-1.771281	6.116041	.609766	-1.698195	6.879689	16,6	0,965	22,6 0,708
4	3299	1.281	-512819	-674326	-1.814616	6.009723	.703098	-1.806585	6.836762	15	0,95	21,13 0,667
5	3328	1.280	-517972	-788557	-1.646999	6.223027	.565314	-1.637959	6.953444	14,9	1,025	20,46 0,748
6	3741	1.270	-601180	-990745	-1.648915	6.349241	.951658	-1.673608	7.196253	24,6	1,3	35,02 0,914
7	4171	1.262	-681152	-917290	-1.721300	6.314473	.966984	-1.746967	7.191508	22,5	1,288	39,4 0,957
8	4005	1.265	-647250	-917541	-1.715361	6.298081	.951658	-1.742002	7.169237	22,8	1,27	32,5 0,892
9	3860	1.268	-618481	-839792	-1.567542	6.411177	-1.121678	-1.429578	7.217815	38,1	1,075	49,3 0,832
10	3393	1.279	-530089	-724225	-1.344015	6.229850	-1.160027	-1.442609	7.040827	38,4	1,068	51,2 0,802
11	3740	1.271	-595344	-724225	-1.236905	6.392578	-1.156881	-1.302692	7.163881	42,3	1,018	49,8 0,863
12	5967	1.222	-1.109668	-776737	-1.311533	6.453189	.774727	-1.422179	7.163810	20,9	0,97	21,9 0,869
13	5474	1.233	-977456	-990871	-1.325734	6.245026	.797507	-1.435784	6.966436	18,5	0,983	21,8 0,825
14	5689	1.228	-1.033258	-135705	-1.334768	6.312836	.765468	-1.445414	6.974523	19,2	0,938	27,7 0,830
15	6425	1.212	-1.246687	-250772	-2.211717	5.984068	.398776	-2.247085	6.884681	6,12	1,075	8,97 0,737
16	6633	1.208	-1.314984	-282699	-2.188994	6.101624	.405465	-2.227254	6.997066	6,28	1,112	9,15 0,765

Nr Kol.	Dz. obl.	Xz. obl.	lnz. Totz	lnz(24/k. obl.)	lnz. d. obl.	Y ₁	Y ₂	Y ₃	ln. k. z.	Realt. T-Cz. Ton	Realt. / Realt. Ton	Realt. norm. Ton	Realt. / Realt. / Realt. Ton
17	6494	1.211	-1.269260	-2.261364	-2.186357	6.037039	418711	-2.223652	6.935307	9,3	1,09	9,2	0,745
18	5462	1.233	-074191	-493805	-1.953525	6.124471	438255	-1.990820	6.955246	9,33	1,125	13,7	0,767
19	5310	1.237	-936597	-465534	-1.985044	6.048087	438255	-2.022539	6.879989	9,02	1,11	19,9	0,718
20	5068	1.242	-877897	-419006	-2.039257	5.906099	438255	-2.075189	6.757669	9,06	1,015	13,6	0,677
21	6502	1.210	-1.240976	+1.64752	-1.458433	6.220475	783902	-1.574437	6.987316	13,33	0,976	15,5	0,838
22	6347	1.214	-1.222572	+1.88966	-1.511222	6.111917	747727	-1.616482	6.891129	12,4	0,967	14,5	0,827
23	6471	1.211	-1.261341	+1.69489	-1.458246	6.108066	788458	-1.572468	6.875438	13,45	0,967	15,7	0,828
24	2905	1.289	-442380	-555648	-1.388560	6.037798	598837	-1.448715	6.710434	23,8	0,842	27,2	0,737
25	3227	1.282	-499520	-660681	-1.342451	6.198449	593327	-1.402606	6.851021	23,9	0,925	27,5	0,805
26	5412	1.234	-961461	-079260	-1.681399	5.979438	609766	-1.744375	6.759389	11,4	0,965	14,6	0,753
27	5242	1.238	-919536	-047196	-1.689425	5.902090	625939	-1.752401	6.690128	11,5	0,94	14,9	0,725
28	4744	1.249	-803377	-352968	-1.019558	5.908886	746688	-1.133780	6.510149	23,3	0,936	26,0	0,838
29	4217	1.260	-690055	-235089	-1.285911	6.090607	765468	-1.400133	6.790953	22,9	0,873	25,8	0,776
30	3207	1.283	-496126	-782197	-1.561317	6.152324	1.368640	-1.617698	7.097859	36,5	1,205	58,1	0,758
31	4927	1.245	-844922	-390822	-1.970782	5.892966	1.383791	-2.022424	6.979453	21,4	1,125	37,4	0,646
32	3935	1.280	-519315	-686967	-1.657757	6.041241	1.366092	-1.711138	7.013075	33,2	1,162	57,3	0,698

Nr kol.	γ_T obl.	X_T obl.	lnz Totz	lnz (Pz/lnz)	lnz dote	Y_1	Y_2	Y_3	lnz kzt	P. odd T-Cz. Ton	Pedosa / P. odd Ton	P. odd / P. odd Ton
33	.6312	1,215	-1,211964	-2,222941	-2,226677	5,913378	1,418278	-2,270663	7,096782	15	1,185	26,8 0,665
34	.6406	1,212	-1,240263	-2,214804	-2,188730	5,965602	1,091282	-2,240372	7,137045	15	1,172	24,6 0,717
35	.5017	1,243	-865815	-408870	-2,009610	5,897566	1,427916	-2,065045	7,010919	22,2	1,143	37,8 0,672
36	.5952	1,222	-1,105129	-586448	-2,473519	5,908535	1,272566	-2,495281	7,132005	12,9	1,318	26,1 0,652
37	.5374	1,235	-952052	-484183	-1,752023	6,223175	1,418278	-1,820617	7,247706	27,5	1,105	45,7 0,720
38	.5129	1,240	-891915	-398391	-1,791311	6,063925	1,430311	-1,858035	7,104904	27,4	1,098	45,1 0,668
39	.3241	1,282	-502174	-664947	-1,555697	6,050446	1,434463	-1,617733	7,008521	40,2	1,1	66,7 0,666
40	.3533	1,275	-505737	-692047	-1,557477	6,117221	1,427916	-1,624201	7,075009	38,2	1,135	64,1 0,693
41	.6694	1,206	-1,334856	-265530	-2,997463	5,389106	1,285984	-3,021180	6,801838	7,51	1,065	17,1 0,567
42	.4151	1,262	-676828	-781541	-2,093737	5,953745	1,291984	-2,111571	7,046986	21,3	1,312	41,7 0,672
43	.4074	1,264	-661369	-828067	-2,047597	6,027745	1,291984	-2,062486	7,103658	22	1,355	42,9 0,694
44	.5132	1,241	-803307	-1,731343	-1,608053	5,957772	1,530395	-1,628836	6,944786	-	-	77,95 0,834
45	.4978	1,244	-833897	-1,094223	-1,634433	5,873180	1,532557	-1,654235	6,869742	-	-	76,37 0,809
46	.7534	1,188	-1,663186	-416577	-2,713411	5,325388	1,532557	-2,733213	6,702845	-	-	23,2 0,677
47	.7676	1,185	-1,729266	-435255	-2,646756	5,472002	1,532557	-2,665577	6,825583	-	-	23,5 0,723

Rys. 5.1.

Prawdopodobne, empiryczne zależności σ - ϵ 

6. Załączniki do rozdz 6.

rysunki 6.1. do 6.4.

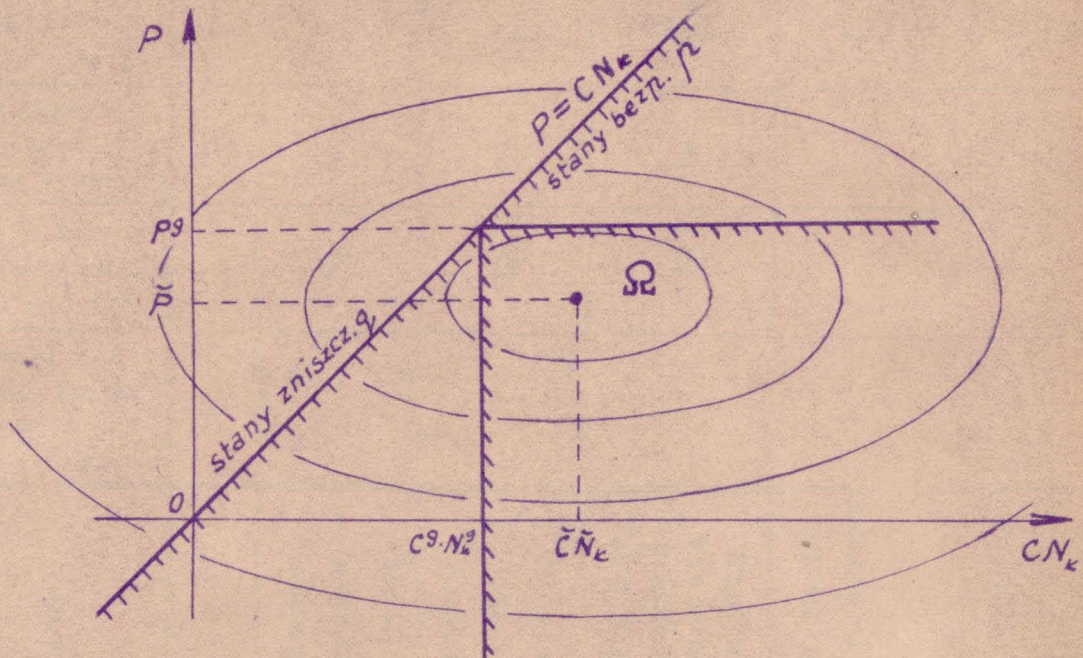
tablice 6-I do 6-V.

nomogram $\bar{\Psi}$

Optymalne wymiarowanie słupów żelbetowych
w manierze globalnego i częściowych współcz. bezp.
(przykłady)

Rys. 6.1

Plaszczyzna obciążeń i nośności z zaznaczeniem stanów bezpiecznych.



Tabl. 6-I Klasy bezpieczeństwa

Wskaźnik kosztów katastrofy	k	1	10	100	1000	10000	
Wskaźnik klasy bezpieczeństwa	æ	0	1	2	3	4	
Nr klasy wg projektu normy ISO		V	IV	III	II	I	
Wskaźnik niebezpiecz. wg ISO od - do	∞	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶
Nieobowiązujące zaklasyfikowanie obiektów		drugorzędne elementy budowli należących do innych klas bezp.	magazyny, schrony, rusztowania, konstr. wsporcze linii energ.	domy mieszkalne, bud. przemysłowe z wyjątk. tych, które wymagają specjalnego zabezp.	mosty kolejowe i drogowe, dworce, teatry, audytoria, itd.	Zapory wodne oraz ob- jekty, których awaria mogłaby spowodować nie- zwykłe poważne szkody.	

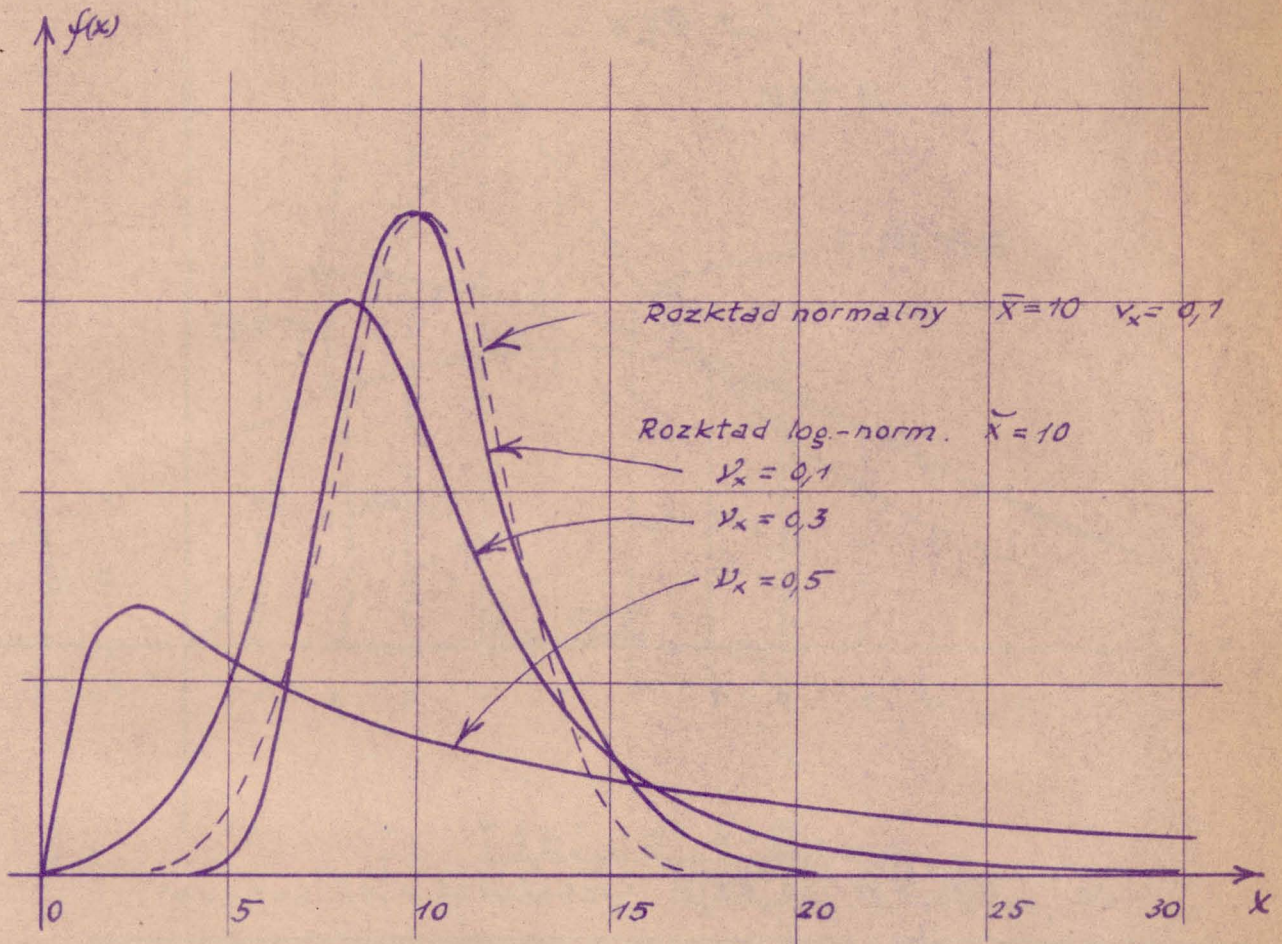
Tabl. 6-II

Optymalne wartości częściowych współczynników bezpiecz. $S_{...}$ dla rozkładów log-norm i optymalne wartości wskaźników $w_{...}$

Klasa bezp.		$\nu_{...} = 0,05$	$\nu_{...} = 0,10$	$\nu_{...} = 0,15$	$\nu_{...} = 0,20$
æ	Nr				
4	I	1,26 $1,0 \cdot 10^{-6}$	1,58 $2,1 \cdot 10^{-6}$	1,95 $3,2 \cdot 10^{-6}$	2,43 $4,3 \cdot 10^{-6}$
3	II	1,23 $1,1 \cdot 10^{-5}$	1,49 $2,3 \cdot 10^{-5}$	1,82 $3,6 \cdot 10^{-5}$	2,16 $4,8 \cdot 10^{-5}$
2	III	1,20 $1,3 \cdot 10^{-4}$	1,40 $2,7 \cdot 10^{-4}$	1,65 $4,2 \cdot 10^{-4}$	1,91 $5,7 \cdot 10^{-4}$
1	IV	1,15 $1,5 \cdot 10^{-3}$	1,31 $3,3 \cdot 10^{-3}$	1,46 $5,2 \cdot 10^{-3}$	1,62 $7,3 \cdot 10^{-3}$
0	V	1,10 $2,1 \cdot 10^{-2}$	1,17 $4,8 \cdot 10^{-2}$	1,22 $9,0 \cdot 10^{-2}$	1,25 $13,0 \cdot 10^{-2}$

Rys. 6.2.

Funkcje rozkładu prawdopodobieństw.

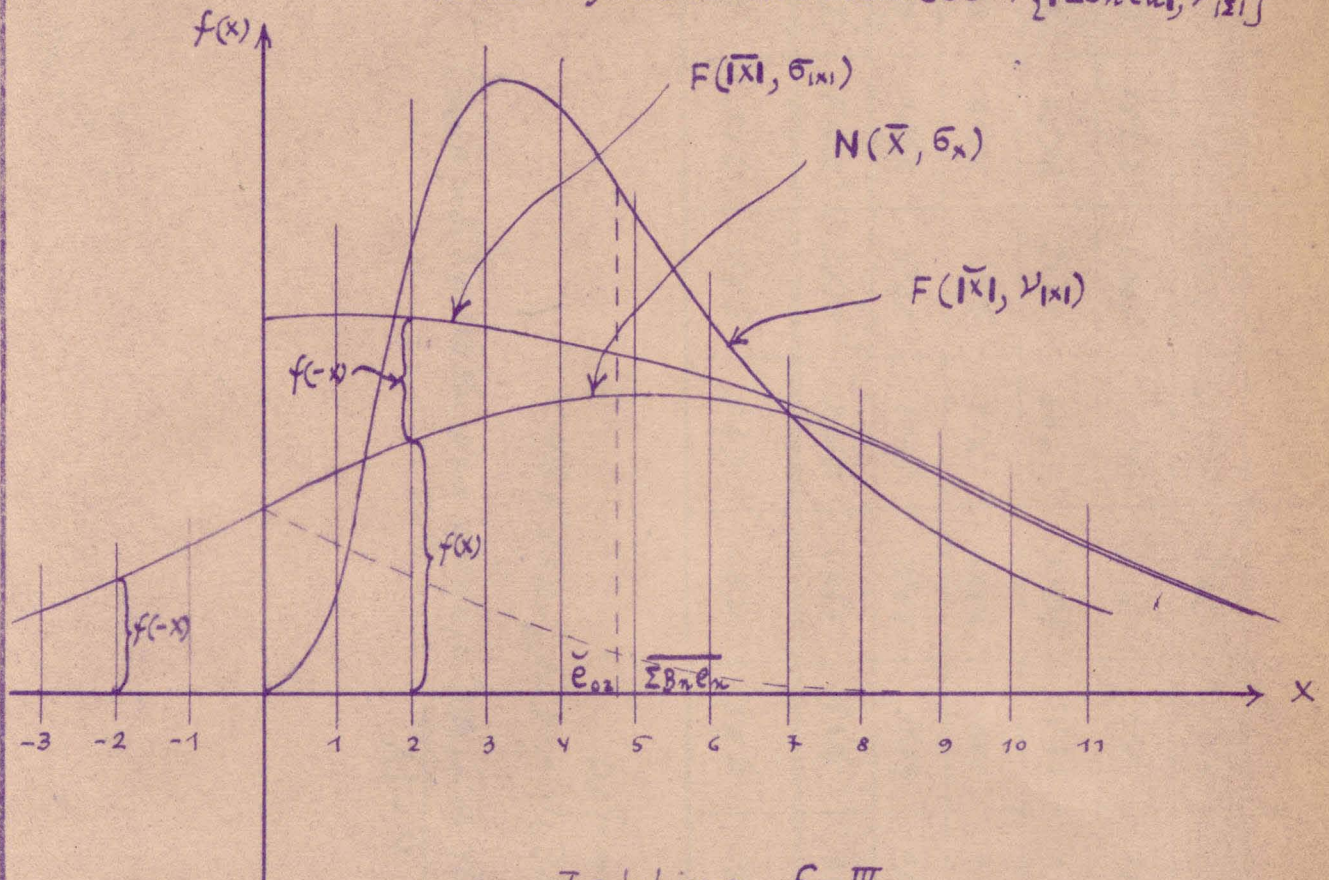


rozkłady normalne $f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}$

rozkłady log-norm. $f(x) = \frac{1}{\nu_x x \sqrt{2\pi}} \exp \frac{-\ln^2 x/\bar{x}}{2\nu_x^2}$

wzory przeliczeniowe $\nu_x^2 = \ln(1 + v_x^2)$
 $\tilde{x} = \bar{x} / \sqrt{1 + v_x^2}, \quad v_x = \sigma_x / \bar{x}$

Rys. 6.3.
Schemat wyznaczenia rozkładu $F\{\overline{\Sigma B_n e_n}, \nu_{\Sigma I}\}$



Tablica 6-III

równoważnych rozkładów $N(\overline{\Sigma B_n e_n}, \sigma_{\Sigma})$ i $F\{\tilde{e}_{0z}, \nu_{e_{0z}}\}$

$\overline{\Sigma B_n e_n} / \sigma_{\Sigma}$	0	0,5	1	2	3	5	> 5
ν_{Σ}	∞	2	1	0,5	0,3	0,2	< 0,2
$\tilde{e}_{0z} / \sigma_{\Sigma}$	0,638	0,718	0,957	1,82	2,86	4,9	$\overline{\Sigma B_n e_n} / \sigma_{\Sigma}$
$\nu_{e_{0z}}$	0,703	0,660	0,619	0,453	0,323	0,2	ν_{Σ}

Metoda obliczenia por. [26]

$$f(x) = 0 \text{ dla } x < 0 ; f(x) = \frac{1}{\sigma_x \sqrt{2\pi}} \left[\exp\left(-\frac{(x-\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}\right) + \exp\left(-\frac{(x+\bar{x})^2}{2\sigma_x^2}\right) \right] \text{ dla } x > 0$$

$$E_x = \int_{-\infty}^{+\infty} x g(x) dx = \bar{x} \Phi(\bar{x}/\sigma_x) + \frac{2\sigma_x}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{\bar{x}^2}{2\sigma_x^2}\right) = |\bar{x}|$$

$$E_x^2 = \sigma_x^2 + \bar{x}^2$$

$$\sigma_{|x|}^2 = E_x^2 - [E_x]^2 \left. \begin{array}{l} \\ \\ \end{array} \right\} \rightarrow \nu_{|x|} = \sqrt{\ln(1 + \nu_{|x|}^2)}, \quad |\bar{x}| = E_x / \sqrt{1 + \nu_{|x|}^2}$$

$$\nu_{|x|} = \sigma_{|x|} / E_x$$

Tablica 6-IV.Funkcja interakcji $F(e_k/h \leftrightarrow y)$ dla niskich wsp. wybocz ($y < 0,60$)

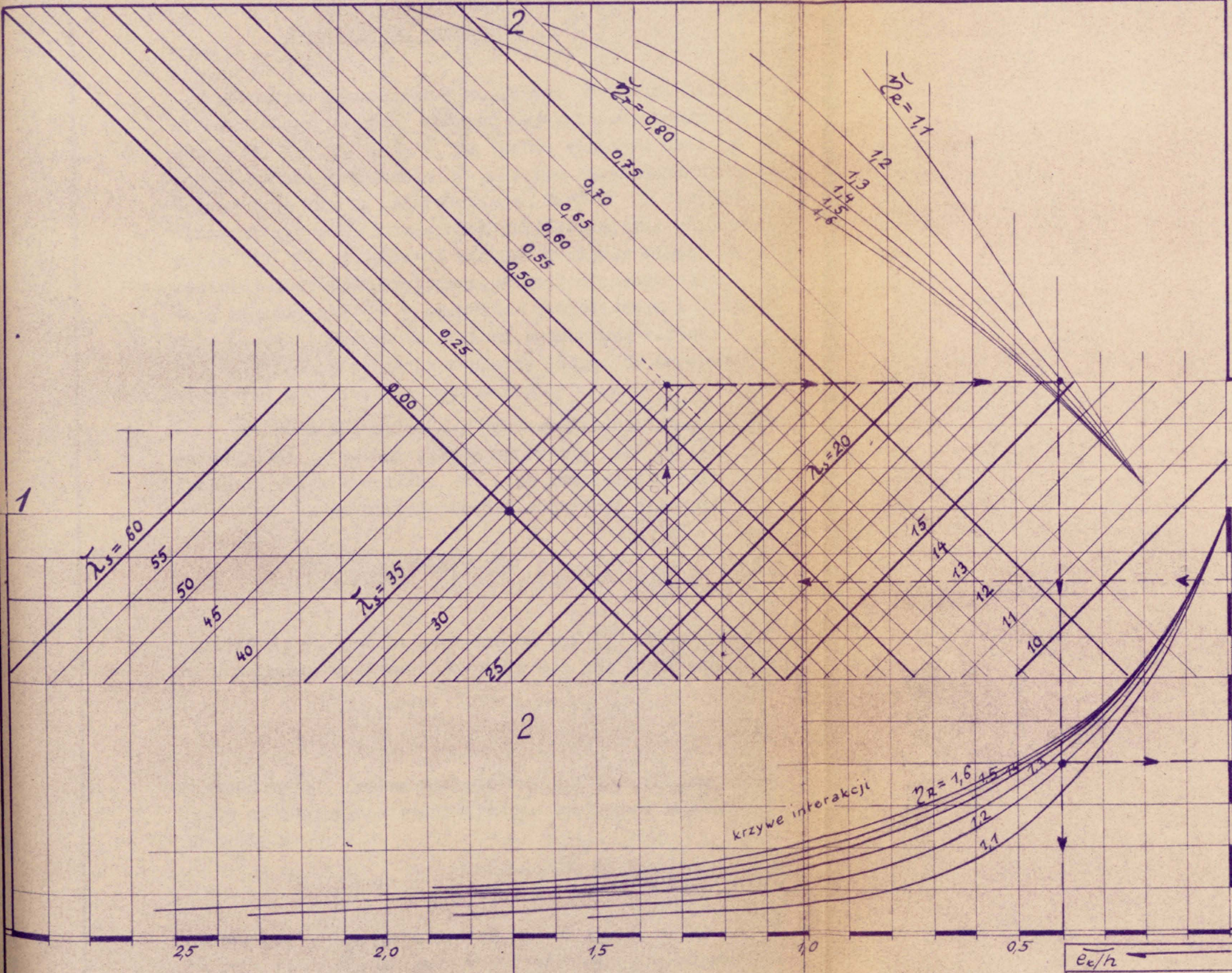
$$e_k/h = 0,5 + (1 - 2R) (0,5 - \delta) y^{-1} - 0,57 y 2R$$

$$\delta = 0,10$$

$y =$ $2R$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60
1,1	1,1959	.8010	.6483	.5564	.4887	.4331	.3844	.3401	.2986	.2592	.2213	.1844
1,2	1,7991	1,0983	.8418	.6965	.5957	.5170	.4511	.3931	.3403	.2913	.2450	.2007
1,3	2,3091	1,3490	1,0043	.8134	.6840	.5854	.5044	.4344	.3717	.3141	.2604	.2092
1,4	2,7458	1,5631	1,1422	.9118	.7576	.6416	.5472	.4665	.3949	.3296	.2689	.2117
1,5	3,1239	1,7478	1,2606	.9958	.8195	.6879	.5817	.4913	.4115	.3392	.2721	.2092
1,6	3,4544	1,9088	1,3632	1,0676	.8720	.7254	.6084	.5092	.4219	.3430	.2802	.2018

Nomogram do obliczenia mediany współczynnika wyboczenia $\tilde{\gamma}$

$$[\tilde{\gamma}(1-\tilde{\gamma})^{0,546} (e_w/h)^{-0,546}] [10^{4,6807} \tilde{\lambda}_s^{-3,0913}] [\tilde{\eta}_3 (\tilde{R}/100)^{-0,4151}] [1-\tilde{\eta}_T]^{2,0912-0,4158 \tilde{\eta}_T} ; \tilde{e}_w/h = 0,5 + \frac{(\tilde{\eta}_R - 1)(0,5 - \delta)}{\tilde{\eta}_R \tilde{\gamma}} - 0,57 \tilde{\gamma} \cdot \tilde{\eta}_R$$



$$2\tilde{\mu} = \frac{2\tilde{F}_a}{\tilde{G}h} \quad \beta_{rz} = \frac{\tilde{Q}_{rw} - \tilde{R}_k}{\tilde{R}_k}$$

$$\tilde{\eta}_R = 1 + 2\tilde{\mu} \beta_{rz} \quad \tilde{R} = \tilde{R}_k \cdot \tilde{\eta}_R$$

$$\tilde{E}_{bo} \approx 19250 \sqrt{\tilde{R} \cdot \delta} \quad \tilde{n}_z = \frac{\tilde{E}_{ao} - \tilde{E}_{bo}}{\tilde{E}_h}$$

$$\tilde{\eta}_3 = 1 + 0,92 \frac{2\tilde{\mu} \tilde{n}_z}{1 + 2\tilde{\mu} \cdot \tilde{n}_z}$$

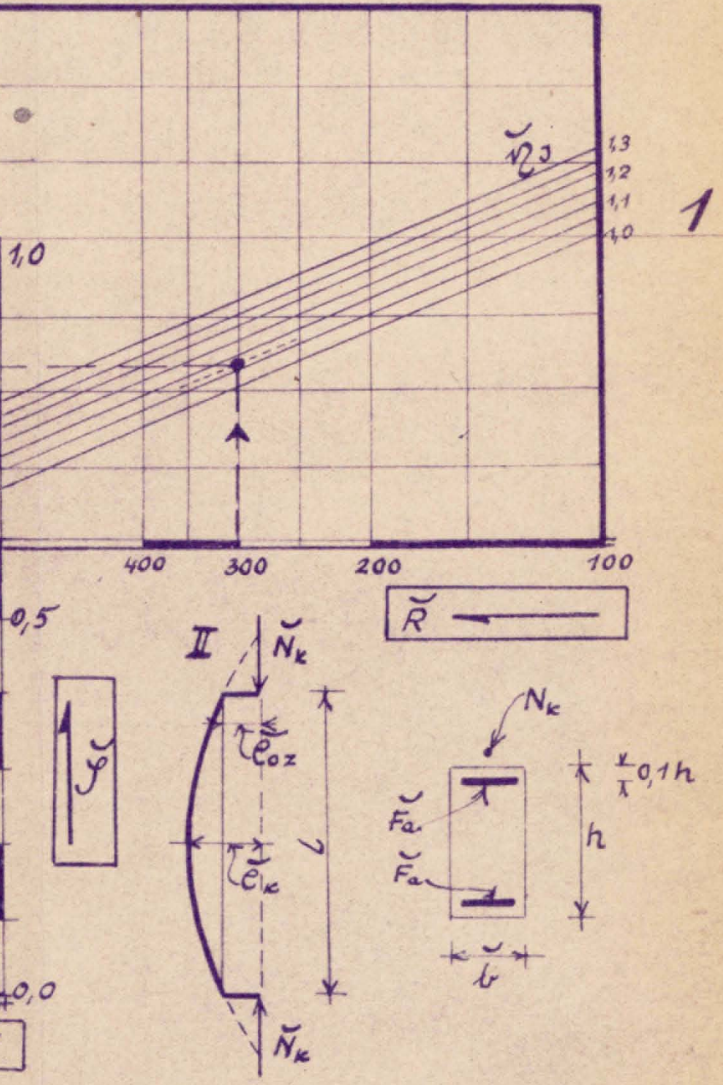
$$\tilde{\eta}_T = \tilde{e}_{oz} / \tilde{e}_k \quad \tilde{\lambda}_s = \tilde{L}_{wk} / h$$

Przyrządek Eulera.

	I	II	III	IV	V
\tilde{L}_{wk}	2L	L	L	0,5L	0,7L

$$\tilde{N}_k = \tilde{G}h \tilde{R} \tilde{\gamma}$$

$\tilde{\eta}_T$ oblicza się przez próby aż do zgodności przyjętego i wyznaczonego \tilde{e}_k



Konstrukcja nomogramu

Nomogram zamieszczony na końcu 6. rozdz. jest tak skonstruowany, że przy znanych bezwymiarowych parametrach słupa \tilde{R} , $\tilde{\eta}_3$, $\tilde{\eta}_e$, $\tilde{\lambda}_s$, $\tilde{\eta}_T$ można obliczyć medianę współczynnika wybooczenia \tilde{y} . Na tym samym nomogramie podana jest krzywa interakcji $|\tilde{e}_k/\tilde{h}| \leftrightarrow \tilde{y}$. Wartość \tilde{y} wyznacza się metodą kolejnych przybliżeń, przy użyciu parametru $\tilde{\eta}_T$. Ponieważ wartość wygięcia słupa /ściśle-j-mimośrodu krytycznego/ jest nieznana wobec tego zakłada się $\tilde{\eta}_T$ w pierwszym przybliżeniu i wyznacza \tilde{e}_k/\tilde{h} . Następnie oblicza poprawioną wartość $\tilde{\eta}_T = \tilde{e}_{0z}/\tilde{e}_k$ i ponownie rachunek itd., aż do zgodności przyjętej i obliczonej wartości \tilde{e}_k/\tilde{h} .

Nomogram skonstruowany jest w układzie zlogarytmowanym [58]. Ośiami układu są proste ① i ②. Wychodzi się z podziałki \tilde{R} i na pomocniczym nomogramie siatkowym $\tilde{\eta}_3$ /z prawej strony/ odczytuje się wynik mnożenia:

$$\tilde{\eta}_3 (\tilde{R}/100)^{-0,4161} = F_1$$

Wartość $\lg F_1$ można odczytać na osi ②. Następnie na nomogramie siatkowym $\tilde{\lambda}_s$ otrzymuje się wynik mnożenia:

$$F_1 (10^{4,6807} \cdot \tilde{\lambda}_s^{-3,0913}) = F_2$$

Wartość $\lg F_2$ można odczytać na osi ①. W następnym kroku na nomogramie siatkowym $\tilde{\eta}_T$ otrzymuje się wynik mnożenia:

$$F_2 (1 - \tilde{\eta}_T)^{2,0912 - 0,4158 \tilde{\eta}_T} = F_3$$

Wartości $\lg F_3$ można odczytać na osi ②. Funkcja F_3 sprzężona jest z wartościami \tilde{e}_k/\tilde{h} za pośrednictwem krzywej interakcji /podanej w tabl. 6-IV/. Przy

pomocy tej tablicy skonstruowano na drodze numerycznej gromadę linii $\bar{\eta}_R$ w siatce półlogarytmicznej F_3 , \bar{e}_k/\bar{h} . Odczytów \bar{e}_k/\bar{h} dokonuje się na pomocniczej skali normalnej na dole nomogramu.

Po zakończeniu operacji kolejnych przybliżeń /wartości przybliżonych $\bar{\gamma}$ wcale nie potrzeba odczytywać/ oblicza się właściwą wartość $\bar{\gamma}$ z krzywych interakcji $[\bar{e}_k/\bar{h} \leftrightarrow \bar{\gamma}]$, narysowanych w dolnej części nomogramu^w zwykłej podziałce.

Zakres ważności nomogramu :

$$\bar{\gamma} = 0,05 \div 0,5 / 0,6/$$

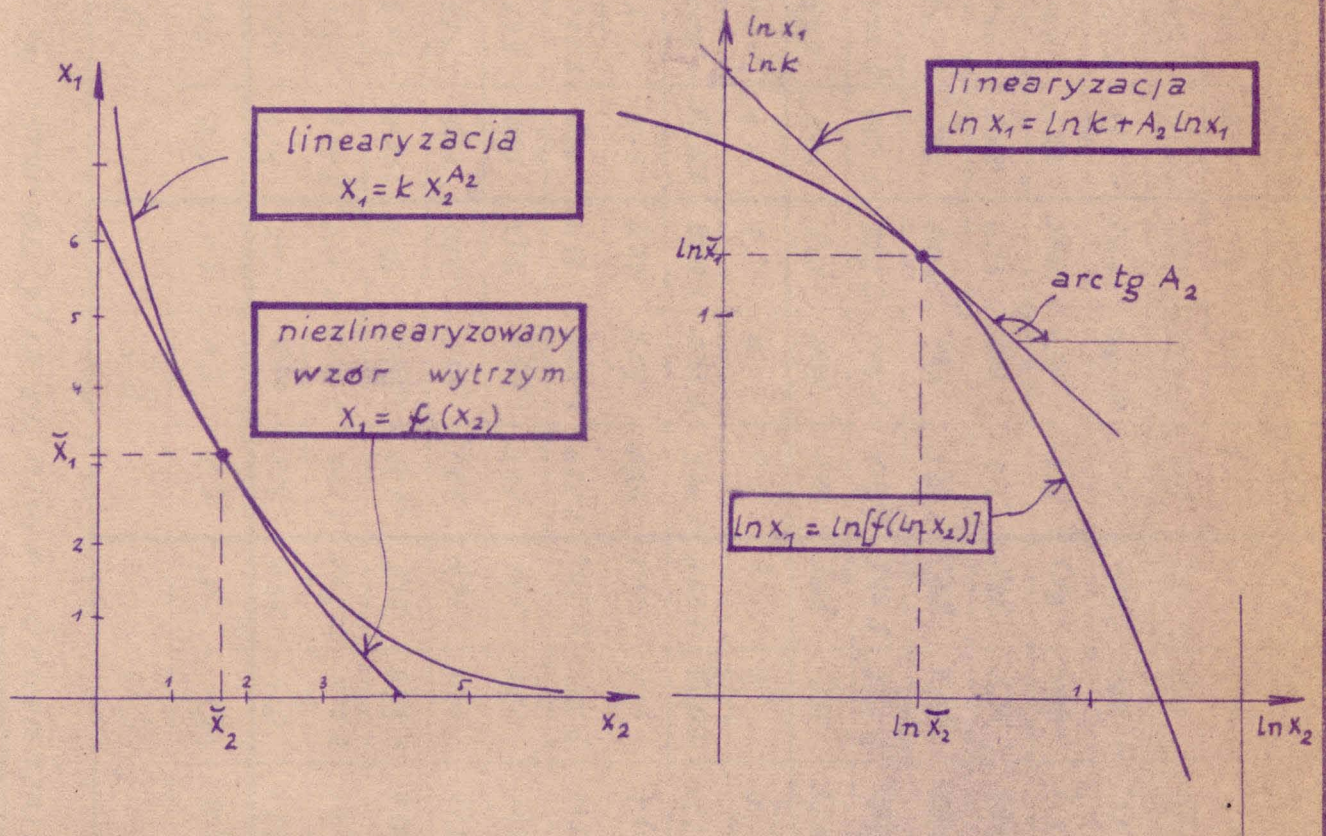
Dla $\bar{\gamma} > 0,5$ nomogram nie jest opracowany odnośnie przebiegu krzywych $\bar{\eta}_R$ gdyż funkcja F_3 dana jest wyrażeniem :

$$F_3 = \bar{\gamma} (1 - \bar{\gamma})^{0,546} \cdot (\bar{e}_k/\bar{h})^{-0,546}$$

wyprowadzonym przy założeniu liniowo sprężystych własności żelazobetonu. Dopiero po statystycznym sprawdzeniu teorii dla $\bar{\gamma} > 0,6$ można będzie uzupełnić nomogram dla tych wartości.

Rys. 6.4.

Linearyzacja warunku wytrzymałości do oblicz. log. zmienności funkcji x_1 na przykładzie funkcji 2zm.



Współczynniki A... do zlinearyzowanego wzoru na kryt. nośność N_k
Tablica 6-V

$\bar{y} =$	0,1			0,2			0,3			0,4			0,5		
	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6
$\bar{z}_R =$															
\bar{z}_T															
A_L	.638	.542	.468	.883	.582	.514	.715	.614	.549	.705	.648	.637	.770	.688	.702
A_h	3.005	2.802	2.693	3.200	2.945	2.825	3.261	3.000	2.848	3.535	2.950	2.800	3.088	2.750	2.578
A_{RL}	.560	.294	.254	.389	.323	.278	.417	.353	.315	.373	.396	.415	.498	.463	.579
A_{Fa}	.392	.481	.537	.349	.442	.503	.317	.409	.468	.331	.375	.380	.259	.333	.315
A_{aRa}	.327	.402	.478	.273	.359	.412	.241	.325	.377	.245	.294	.293	.190	.261	.239
A_{Lw}	2.370	2.262	2.213	2.515	2.364	2.310	2.546	2.386	2.296	2.834	2.296	2.164	2.316	2.060	1.876
$A_{0,5-d}$	.491	.688	.807	.464	.674	.707	.442	.668	.797	.495	.650	.722	.417	.614	.653
A_{kt}	1.185	1.132	1.107	1.258	1.182	1.155	1.273	1.193	1.148	1.417	1.148	1.082	1.158	1.030	.938
A_{eoz}	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
A_L	.526	.434	.381	.598	.493	.435	.655	.502	.494	.705	.608	.558	.748	.668	.627
A_h	2.770	2.479	2.355	2.890	2.590	2.460	2.860	2.565	2.405	2.700	2.400	2.222	2.420	2.168	1.928
A_{RL}	.306	.243	.208	.367	.295	.257	.433	.363	.327	.505	.440	.408	.582	.532	.512
A_{Fa}	.498	.584	.628	.427	.524	.578	.369	.465	.518	.317	.407	.453	.268	.346	.381
A_{aRa}	.442	.522	.562	.367	.462	.508	.312	.404	.453	.267	.353	.395	.225	.301	.336
A_{Lw}	1.882	1.754	1.696	1.970	1.810	1.740	1.896	1.730	1.640	1.714	1.544	1.432	1.436	1.254	1.120
$A_{0,5-d}$	.575	.745	.835	.517	.702	.807	.465	.653	.752	.417	.592	.699	.366	.517	.583
A_{RL}	.947	.877	.848	.985	.905	.870	.948	.865	.820	.857	.772	.716	.718	.627	.560
A_{eoz}	.308	.288	.278	.323	.296	.285	.310	.283	.268	.281	.252	.235	.235	.205	.183

d.c. tabl. 6-V.

$\bar{y} =$	0,1			0,2			0,3			0,4			0,5		
	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6
$\bar{y}_r =$	.419	.338	.294	.518	.418	.369	.598	.502	.451	.615	.581	.535	.738	.655	.618
A_L	2.427	2.168	2.054	2.590	2.280	2.134	2.508	2.210	2.050	2.462	2.015	1.852	2.005	1.748	1.585
A_{Lk}	.253	.196	.167	.347	.275	.241	.440	.369	.335	.540	.480	.440	.633	.572	.547
A_{Fa}	.597	.675	.716	.409	.593	.641	.413	.512	.558	.340	.429	.472	.273	.352	.387
A_{qa}	.555	.630	.667	.456	.547	.591	.372	.468	.513	.305	.394	.434	.246	.325	.360
A_{Lw}	1.420	1.296	1.246	1.470	1.316	1.250	1.354	1.210	1.132	1.156	1.018	.932	.898	.774	.686
A_{q5-d}	.657	.793	.867	.568	.723	.805	.482	.643	.720	.472	.552	.619	.334	.457	.572
A_{Kk}	.710	.648	.623	.735	.658	.625	.677	.605	.566	.407	.509	.466	.449	.387	.343
A_{eoz}	.598	.547	.525	.820	.755	.727	.569	.510	.478	.487	.428	.393	.379	.326	.289
A_b	.319	.246	.210	.443	.350	.307	.579	.459	.415	.655	.562	.519	.730	.648	.612
A_h	2.130	1.900	1.788	2.318	2.005	1.866	2.230	1.926	1.775	2.002	1.740	1.590	1.732	1.508	1.368
A_{RL}	.206	.151	.126	.327	.255	.223	.457	.375	.342	.572	.494	.462	.668	.590	.572
A_{Fa}	.693	.763	.788	.569	.660	.701	.452	.524	.592	.353	.446	.486	.277	.357	.392
A_{qra}	.665	.733	.755	.539	.629	.667	.426	.522	.563	.392	.424	.463	.261	.341	.376
A_{Lw}	.966	.864	.823	.988	.866	.814	.874	.768	.710	.702	.616	.560	.524	.448	.394
A_{q5-d}	.733	.842	.888	.615	.745	.807	.496	.632	.692	.294	.520	.574	.313	.418	.463
A_{Kk}	.483	.432	.412	.494	.433	.407	.437	.383	.355	.351	.308	.280	.262	.224	.197
A_{eoz}	.885	.792	.753	.905	.792	.744	.800	.700	.648	.642	.563	.511	.479	.408	.361

0,4

0,6

d.c. tabl. 6-V

$\tilde{y} =$	0,1			0,2			0,3			0,4			0,5		
	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6	1,2	1,4	1,6
\tilde{z}_T															
\tilde{z}_R															
A_L	.207	.156	.130	.368	.299	.250	.578	.422	.382	.637	.513	.421	.723	.640	.607
A_h	1.888	1.628	1.465	2.065	1.718	1.598	1.960	.166	1.528	1.745	1.502	1.960	1.515	1.310	1.195
A_{RL}	.148	.108	.090	.309	.253	.209	.468	.381	.348	.598	.512	.683	.696	.618	.588
A_{Fa}	.799	.848	.832	.642	.705	.752	.487	.572	.621	.367	.460	.712	.279	.360	.396
A_{Goz}	.785	.833	.817	.627	.690	.737	.473	.569	.607	.357	.451	.697	.272	.344	.389
A_{LW}	.500	.438	.398	.576	.422	.402	.430	.370	.340	.330	.286	.368	.236	.200	.176
A_S	.820	.890	.882	.664	.746	.803	.508	.623	.668	.386	.494	.570	.296	.388	.417
A_{K6}	.250	.219	.199	.253	.211	.201	.215	.185	.170	.165	.143	.184	.118	.100	.088
A_{Eoz}	1.178	1.028	.832	1.187	.995	.943	1.012	.872	.800	.777	.672	.867	.557	.468	.412

0,8

Logarytm. zmienność nośności krytycznej

$$\nu_{NE} = \sqrt{(A_G \cdot \nu_G)^2 + (A_h \cdot \nu_h)^2 + (A_{RL} \cdot \nu_{RL})^2 + (A_{Fa} \cdot \nu_{Fa})^2 + (A_{Goz} \cdot \nu_{Goz})^2 + (A_{LW} \cdot \nu_{LW})^2 + (A_S \cdot \nu_S)^2 + (A_{K6} \cdot \nu_{K6})^2 + (A_{Eoz} \cdot \nu_{Eoz})^2}$$

Logarytm. zmienność błędu obliczeń.

$$\nu_c = \sqrt{\nu_{G1}^2 + (A_{LW} \cdot \nu_{LW})^2 + (A_{K6} \cdot \nu_{K6})^2}$$

Wskaźnik zmienności obciążenia

$$\nu_P = \sqrt{\sum_i (\nu_{Pi} \cdot R_i / \Sigma P)^2} \approx \nu_P$$

Optymalne wymiarowanie szupów żelbetowych
w manierze globalnego i częściowych współ-
czynników bezpieczeństwa.

Przykłady

Przy wymiarowaniu mogą zachodzić różne przypadki w zależności od tego co jest dane a co szukane. W niektórych przypadkach poszczególne wskaźniki zmienności mogą zniknąć tzn. jeśli dany parametr nie jest przewidywany à priori lecz konkretnie pomierzony - wtedy wartość tego parametru potraktowana jest jako bezbłędna. Najogólniejszym przypadkiem jest ten, który związany jest z projektowaniem nowej konstrukcji. Ale i tu mogą występować pewne ograniczenia związane z narzuconymi z góry minimum /np. minimum brakarskie wytrzymałości lub nośności/.

W niektórych przykładach przeprowadzono równocześnie porównawcze obliczenia normowe dla wykazania różnic i korzyści wynikających z nowego sposobu obliczania.

Przykład 1

Szup obciążony "osiowo" siłą ΣP . Schemat wg I przypadku Eulera. Wysokość szupa 3,30 m. Spodziewana wartość mimośrodowość siły ΣP wyrażająca różne niedokładności wykonania :

$$\check{e}_{oz} = 0,22 \check{h}.$$

Konwencjonalna smukłość szupa $\check{\lambda}_s = 2.3,3/0,3 = 22$

Średnia wartość procentu uzbrojenia $2\check{\epsilon} = 0,016$

Średnia wartość granicy plastyczności stali $\check{\sigma}_{ra} = 3400$

Średnia wartość rzeczywistej wytrzymałości $\check{R}_b = 250$

Średnia wartość obciążenia ruchomego jest 2,5 razy większa od średniej wartości obciążenia stałego

Stąd :

$$\bar{G} = 0,286 \bar{\Sigma P} ; \quad \bar{P} = 0,714 \bar{\Sigma P}$$

Mediana błędu oceny $\check{C} = 1,0$

Współczynniki zmienności poszczególnych zmiennych losowych są następujące :

V_G	= 0,033	dla obciążenia stałego	G
V_P	= 0,067	dla obciążenia ruchomego	P
V_{Rb}	= 0,150	dla wytrzymałości betonu	Rb
$V_{\sigma_{ra}'}$	= 0,100	dla granicy plastyczności stali	
$V_{b,h}$	= $V_h = 0,02$	dla wymiarów słupa	b, h
V_{F_a}	= 0,02	dla przekroju armatury	
$V_{0,5-5}$	= 0,04	dla ułożenia armatury w przekroju	
V_{σ_0z}	= 0,08	dla losowego mimośrodowi siły	
V_{LW}	= 0	dla metody wyznaczenia konwencjonalnej długości słupa	
V_{kt}	= 0,134	dla błęd. teorii nośności krytycznej	N_k
V_{c_1}	= 0,03	dla pomyłek i przeoczeń projektanta	σ_1

Zamiast $V_{\sigma_{ra}'}$ wprowadzamy $V_{\sigma_{ra}}$ zast. tj. dla zredukowanej granicy plastyczności stali o wytrzymałość betonu :

$$\begin{aligned} \sigma_{ra} &= 0,10 \cdot 3400 = 340 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{Rb} &= 0,15 \cdot 250 = 38 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{raz} &= 340^2 + 38^2 = 342 \text{ kg/cm}^2 \\ \bar{\sigma}_{raz} &= 3400 - 250 = 3150 \text{ kg/cm}^2 \\ V_{\sigma_{raz}} &= \frac{342}{3150} = 0,108 \end{aligned}$$

Obliczenie przeprowadzamy na stan graniczny.

Pytamy się : ile wynosi optymalny współczynnik bezpieczeństwa globalny przy log-norm. rozkładach prawdopodobieństw parametrów bezpieczeństwa dla I - V klasy bezpieczeństwa ?

Obliczamy :

$$\bar{\eta}_R = 1 + 0,016 \cdot \frac{3150}{250} = 1,20$$

$$\bar{E}_{b0} = 320\,000 \text{ kg/cm}^2 \text{ /w przybliżeniu wg wzoru L. Hermita/}$$

$$\bar{n}-1 = 2100/320 - 1 = 5,57$$

$$\bar{\eta}_D = 1 + 0,92 \frac{0,016 \cdot 5,57}{1 + 0,16 \cdot 5,57} = 1,075$$

$$\bar{R} = 1,2 \cdot 250 = 300 \text{ kg/cm}^2 ; \quad \bar{R}/100 = 3$$

Przy użyciu nomogramu i tablicy 6-IV podanych w rozdz.6 otrzymano (por str. 153 ÷ 156)

$$\check{\eta} = 0,40 \quad \check{\eta}_T = 0,56 \quad \check{e}_k/\check{h} = 0,393$$

$$A_{Rb} = 0,566 \quad A_{araz} = 0,327 \quad A_b = 0,659$$

$$A_h = 2,094 \quad A_{Fa} = 0,35 \quad A_{\delta, \delta} = 0,409$$

$$A_{eoz} = 0,611 \quad A_{bt} = 0,452$$

Wskaźnik zmienności obciążenia obliczamy jak dla rozkładów normalnych (por. wzór (6.45) str 149)

$$V_{SP}^2 = /0,714 \cdot 0,067/2 + /0,286 \cdot 0,033/2 = 0,0024$$

$V_{SP} = 0,049$, a stąd częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla użytkownika i zarazem współczynnik przeciążenia /wg tabl.6-II Str. 157)

Klasa bezpiecz.	I	II	III	IV	V
$s_p = \alpha$	1,26	1,23	1,20	1,15	1,10

Wskaźnik zmienności współczynnika korekcyjnego :
(wzór 6.46) str. 149)

$$v_c^2 = 10,03/2^2 + 0,452 \cdot 0,134/2^2 = 0,0046$$

$v_c = 0,068$, a stąd współczynnik bezpieczeństwa dla projektanta /i odwrotność jako współczynnik warunków pracy μ /

Klasa bezpiecz.	I	II	III	IV	V
$s_c =$	1,38	1,31	1,26	1,20	1,12
$\mu =$	0,73	0,76	0,79	0,83	0,89

Wskaźnik zmienności nośności krytycznej (wzór 6.47) str. 149)

$$v_{NE}^2 = (0,566 \cdot 0,15)^2 + (0,327 \cdot 0,108)^2 + (0,659 \cdot 0,02)^2 + (2,094 \cdot 0,02)^2 + (0,350 \cdot 0,02)^2 + (0,409 \cdot 0,04)^2 + (0,611 \cdot 0,08)^2 =$$

$$v_{NE}^2 = 0,01447$$

$v_{NE} = 0,120$, a stąd częściowy współczynnik bezpieczeństwa dla wykonawcy /odwrotność przedstawia współczynnik redukcji nośności β /.

Klasa bezp.	I	II	III	IV	V
$s_{NK} =$	1,73	1,62	1,50	1,37	1,19
$\beta =$	0,58	0,62	0,67	0,73	0,84

Globalny współczynnik bezpieczeństwa jako iloczyn $S = S_p \cdot S_c \cdot S_{NK}$

Klasa bezp.	I	II	III	IV	V
$S =$	3,01	2,61	2,27	1,89	1,47

Wymiarowanie przebiega wg wzoru :

$$\alpha \bar{\Sigma P} \leq (\gamma \check{C})(\beta \check{N}_k)$$

względnie :

$$\bar{\Sigma P} \leq \check{C} \check{N}_k / s$$

Np. dla słupa ϕ wymiarach $\check{b} \cdot \check{h} = 30.30$
 $\pm 2 \check{e} = 0,016$; $\check{\lambda}_s = 22,0$ (jak w przykładzie)
 jest :

$$\check{N}_k = \check{b} \cdot \check{h} \cdot \check{R} \cdot \check{\gamma} = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 3000 \cdot 0,4 = 108,0 \text{ T}$$

Wobec tego wartość nominalnego obciążenia oraz poszczególne wartości graniczne wynoszą :

Klasa bezpiecz.	I	II	III	IV	V
$\bar{\Sigma P} \leq$	39,4 T	44,3 T	49,8 T	59,3 T	75,0 T
$P^g =$	49,6 T	54,5 T	59,8 T	68,3 T	82,6 T
$C^g =$	0,73	0,76	0,79	0,83	0,89
$N_k^g =$	62,4 T	66,6 T	72,0 T	78,8 T	90,7 T

Obliczenie porównawcze

wg PN-56/B-03260

Obliczenie wg metody ON tj. przy użyciu jednego współczynnika bezpieczeństwa, odniesionego do obciążeń :

dla $G/P > 2$ $s = 2,00$

Porównawcza marka betonu R_{p16}

$$R_{p16} \approx R_k / 1,1 = 250 / 1,1 = 227 \text{ kg/cm}^2$$

Obliczeniowa wartość wytrzymałości $R_m = 200 \text{ kg/cm}^2$

Obliczeniowa wartość granicy plastyczności $R_c = 2700 \text{ kg/cm}^2$

Mimośród siły $e_0/h = 0,25$

Na podstawie wzorów /19/ i /20/ w normie PN-56/B-03260 przy uwzględnieniu zwiększenia mimośrodów e_0 o udział wygięcia słupa /por.wzór /27/ w w.w.normie/

Obliczono, że nośność krytyczna /przy zniszczeniu/

$N_k = 75,7 \text{ T co}$, przy współczynniku bezpieczeństwa

$S = 2,00$ daje warunek, że obciążenie na słup:

$$\Sigma P_{nom} \leq 37,8 \text{ T}$$

Z porównania wyników wnosimy, że metoda normowa daje znaczne zniżenie dopuszczalnych wartości obciążeń w porównaniu do metody probabilistycznej. Różnice te wynikają nie tylko z metod wymiarowania ale i określenia wytrzymałości materiałów i zastosowanych teorii wybożenia.

+ + +

Obliczenie porównawcze

wg normy radzieckiej.

SN: P II-w-1-62

Obliczenie wg metody SG przy użyciu trzech niezależnych współczynników. Wartości graniczne poszczególnych parametrów są zdeterminowane w przybliżeniu wg reguły trzysigmowej.

1,10 - współczynnik przeciążenia dla obciążeń stałych

1,20 - współczynnik przeciążenia dla obciążeń użytecznych

Wypadkowy współczynnik przeciążenia ΣP

$$1,1 \cdot 0,286 + 1,2 \cdot 0,714 = 1,17$$

Współczynnik pracy 1,0

Porównawcza marka betonu wg norm radzieckich :

$$R_{\phi 20} \approx 1,17 R_{\phi 16} = 1,17 \cdot 227 = 266 \text{ kg/cm}^2$$

Obliczeniowa /graniczna/ wytrzymałość betonu przy zginaniu około $R_{b \text{ z g o b l.}} = 140 \text{ kg/cm}^2$.

Obliczeniowa wytrzymałość stali z uwzględnieniem rozrzutów ~~powierzchni~~ armatury :

$$Q_{ra \text{ obl.}} = 3400 (1 - 3 \cdot 0,1) \cdot 0,9 = 2100 \text{ kg/cm}^2$$

Graniczna wartość mimośrodów :

$$e_{ogr} = 0,22 (1 + 3 \cdot 0,08) h = 0,273 h$$

Zwiększenie mimośrodu wskutek wygięcia słupa obliczono wg wzoru zmodyfikowanego (2.2)' dowzoru (2.2) w trzeciej pozycji

$$C = \frac{66000}{R_{\phi 20} + 350} \left[\frac{1}{e_{ogr}/h + 0,16} + 200\rho + 1 \right] = 526$$

Przy założeniu prostokątnego rozkładu naprężeń w ścis-
kanej strefie betonu (wzory / 19 / / 20 / w normie
PN-56/B) wypada dolna /graniczna/ wartość nośności
krytycznej $N_k^g = 68,3 T$

Przy wypadkowym współczynniku przeciążenia 1,17 daje
nominalne obciążenie na słup :

$$\Sigma P_{nom} \leq 49,8 T$$

A zatem wartość odpowiadająca III klasie bezpieczeństwa

Przykład 2

Założenia. - Słup żelbetowy prefabrykowany jak w przykładzie 1 z tym, że nośność krytyczna $\tilde{N}_k = 108 T$ ma gwarantowane minimum:

$$N_k^* = 70 T \quad \text{przy } \nu_{Nk} = 0,117$$

Współczynniki zmienności obciążenia $\nu_{\Sigma P} = 0,049$ i oraz błędu obliczeniowego $\nu_c = 0,052$.

Pytanie: Ile wynoszą częściowe współczynniki bezpieczeństwa w poszczególnych klasach.

Aktualne standaryzowane odchylenie graniczne dla nośności krytycznej elementu wynosi :

$$\lambda_{Nk}^* = (\tilde{N}_k - N_k^*) / \nu_{Nk} \tilde{N}_k = (108,0 - 70,0) / 0,117 \cdot 108 = 3,00$$

Stąd:

$$\omega_{Nk}^* = 1/2 - 1/2 \operatorname{erf}(\lambda_{Nk}^* / \sqrt{2}) = 1,35 \cdot 10^{-3}$$

Obliczenie przeprowadzamy tabelarycznie (por. wzory str.138)

$\omega = \omega_p + \omega_c + \omega_{Nk}$ - optymalny wskaźnik niebezpieczeństwa w poszczególnych klasach. $\omega - \omega_{Nk}^*$ = różnice pozostawione do swobodnego rozdziału.

$\omega_p + \omega_c$ - optymalna suma prawdopodobieństw

$\omega_p^* ; \omega_c^*$ - powiększone proporcjonalnie prawdopodobieństwa ω_p, ω_c

$\lambda_i^* = \Psi(\Omega_i^*)$ - standaryzowane odchylenia graniczne

/ Ψ - funkcja odwrotna do funkcji Laplacea/

(na podstawie [118])

$S_i = \exp(\lambda_i^* \nu_i)$ = częściowe współczynniki bezpieczeństwa (tabl.zamieszcz. w [118])

Klasa bezpiecz.	I	II	III	IV	V
$\omega =$	$4,52 \cdot 10^{-6}$	$4,99 \cdot 10^{-5}$	$5,87 \cdot 10^{-4}$	$7,02 \cdot 10^{-3}$	$10,62 \cdot 10^{-2}$
$\omega - \omega_{NK}^* =$	< 0	< 0	< 0	$5,67 \cdot 10^{-3}$	$10,48 \cdot 10^{-2}$
$\omega_p + \omega_c =$				$3,07 \cdot 10^{-3}$	$4,39 \cdot 10^{-2}$
$\omega_p^* =$				$2,77 \cdot 10^{-3}$	$5,02 \cdot 10^{-2}$
$\omega_c^* =$				$2,90 \cdot 10^{-3}$	$5,46 \cdot 10^{-2}$
$\lambda_p^* =$				2,77	1,64
$\lambda_c^* =$				2,76	1,60
$S_p =$				1,15	1,08
$S_c =$				1,15	1,09
$S_N =$				1,42	1,42
$S =$				1,88	1,67
$\tilde{\Sigma}P =$				57,5 T	64,7 T
$P^g =$				66,1 T	69,8 T
$C^g =$				0,87	0,92
$N_e^g =$				76,1 T	76,1 T

stun nie moze miec zastosowania
w tych klasach bezpieczenstwa

Przykład 3

Obliczenie parametrów rozkładu log-norm. zastępczego mimośrodu siły P_k

Założenie

Skup prefabrykowany 30/30 o długości 3,3 m jak w przykładzie 1. Założony mimośród w projekcie $\bar{e}_0 = 6,6$ cm

a/ Przewidywane błędy ułożenia przegubu.

$$\text{Tolerancja } T_{0L} = 1,5 \text{ cm}$$

$$\text{Odchylenie standartowe } \sigma_0 \approx \frac{1,5}{6} = 0,250 \text{ cm}$$

b/ Wstępne wygięcie skupa, wg wzoru / 4.7. Zał/ oraz tabl 3-VII str. 152.

$$\bar{e}_{12} = 0 ; \sigma_{e12} = \frac{2 \cdot 330}{1500} \cdot 0,85 \approx 0,367 \text{ cm}$$

c/ Odchylenie skupa od pionu wg Załącz. 4.8.

Przy ustawieniu skupa przy pomocy dokładnych przyrządów i przesuwaniu elementu specjalnym urządzeniem

$$\sigma_{e2} = 0,5 \text{ mm/m wys.}$$

$$\bar{e}_2 = 0 ; \sigma_{e2} = 0,05 \cdot 3,3 = 0,165 \text{ cm}$$

Zastępczy mimośród wg tabl. 3-VII str. 152

$$\bar{e}_{22} = 0 ; \sigma_{e22} = 0,165 \cdot 0,75 = 0,124 \text{ cm}$$

d/ Niejednorodność materiału i inne wady wykonania wg wzoru 4.9 Załączn. :

$$\bar{e}_3 = 0 ; \sigma_{e3} \approx 30/120 = 0,250 \text{ cm}$$

Obliczenie rozkładu $\{ \overline{|\Sigma B_n e_n|}, \nu_{|\Sigma|} \} = \{ \bar{e}_{02}, \nu_{e02} \}$.

$$\Sigma B_n e_n = 6,6 \text{ cm}$$

$$\sigma_{\Sigma}^2 = 0,25^2 + 0,367^2 + 0,124^2 + 0,250^2 = 0,279 \text{ cm}^2$$

$$\sigma_{\Sigma} = 0,528 \text{ cm} \rightarrow \nu_{\Sigma} = 0,528/6,6 = 0,08$$

Wg tabl 6-III Załączn. lub str. 152, otrzymujemy :

$$\bar{e}_{02} = 6,6 \text{ cm} \quad \nu_{e02} = 0,08$$

Przykład 4.

Założenia. Istniejący słupek żelbetowy o wymiarach $b/h = 30/30$. Długość słupa $L = 3,30$ m.

Uzbrojenie $2\mu = 0,016$. Obciążenie siłą ΣP na minośrodku $e_o = 6,6$ cm.

Oś słupa prosta. Pomierzone odchylenie osi od pionu $2,5$ cm.

Pomierzona wytrzymałość betonu $\overline{R_b} = 250$ kg/cm²

Srednia wartość granicy plastyczności $\overline{Q_{ra}} = 3400$ kg/cm²

Srednia wartość obciążenia

$$\overline{G} = 0,286 \overline{\Sigma P} \quad \overline{P} = 0,714 \overline{\Sigma P}$$

Mediana błędu oceny $\check{C} = \check{C}_1 = 1,05$

Zamocowanie końców słupa wg I schematu Eulera

Współczynniki zmienności wynoszą :

$$V_G = 0,033 ; \quad V_P = 0,067 ; \quad V_{RL} = 0,150 \text{ /wg}$$

badań istniejącej konstrukcji/ ; $V_{Q_{ra}} = 0,10$

$$V_G = V_h = 0 ; \quad V_{Fa} = 0 ; \quad V_{0,5-\delta} = 0$$

$$V_{Lw} = 0 ; \quad V_{kt} = 0,134 ; \quad V_{c1} = 0,03$$

Wartości zastępcze Q_{raz}

$$V_{Q_{raz}} = 0,108 ; \quad \overline{Q_{raz}} = 3150 \text{ /wg przykładu 1/}$$

Wartość zastępcza e_{oz}

$$\Sigma B_n e_n = 6,6 + 0,75 \cdot 2,5 = 8,47 \text{ cm}$$

$$\overline{b}_\Sigma = 0,25 \text{ cm} ; \quad V_\Sigma = 0,03$$

Według tabl. 6-III jest (str.152)

$$\check{e}_{oz} = 8,47 \text{ cm} ; \quad V_{eoz} = 0,03$$

Zadanie . Sprawdzić czy na skup można dopuścić obciążenie średnie $\bar{\Sigma P} = 50 \text{ T}$ w III klasie bezpieczeństwa.

Obliczamy /por. przykład 1/

$$\bar{\eta}_R = 1,20 \quad \bar{\eta}_J = 1,075 \quad \bar{R} = 300$$

Według nomogramu otrzymujemy (str. 153)

$$\bar{\eta}_T = 0,61 ; \quad (\overline{e_k/h}) = 0,46 ; \quad \bar{Y} = 0,43$$

Zaś wg tabl. 6-IV (str 154 ÷ 156)

$$A_{RL} = 0,603 ; \quad A_{\text{max}} = 0,312 ; \quad A_{kt} = 0,315 ; \\ A_{eoz} = 0,599$$

Logarytmiczne zmienności parametrów bezpieczeństwa oraz częściowe współczynniki bezpieczeństwa wynoszą wg tabl. 6-II (str. 157)

$$V_{\Sigma P} = 0,049 \text{ /jak w przykładzie 1/} \rightarrow S_p = 1,20$$

$$V_c^2 = 0,03^2 + (0,315 \cdot 0,134)^2 = 0,0027 ; \quad V_c = 0,052 \rightarrow S_c = 1,24$$

$$V_{NK}^2 = (0,603 \cdot 0,15)^2 + (0,312 \cdot 0,108)^2 + (0,599 \cdot 0,03)^2 = 0,0096$$

$$V_{NK} = 0,098 \rightarrow S_{NK} = 1,48$$

Globalny współczynnik bezpieczeństwa :

$$S = 1,20 \cdot 1,24 \cdot 1,48 = 2,21$$

Mediana nośności krytycznej :

$$\bar{N}_k = 0,3 \cdot 0,3 \cdot 3000 \cdot 0,43 = 116,2 \text{ T}$$

$$\bar{c} = 1,05$$

A stąd

$$\bar{c} \cdot \bar{N}_k / S = 55,2 \text{ T} > 50 \text{ T}$$

Skup może mieć zastosowanie w III klasie bezp.

H Kraków, VI 1965 *Kydausk*