

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFAHRTS-CONGRESSE

X. CONGRESS-MAILAND-1905

II. Abteilung : Seeschifffahrt
4. Frage

Bauart der äusseren Molen der Häfen

MIT

Rücksicht auf die Gewalt der Wellen,
DENEN SIE WIDERSTEHEN MÜSSEN.

SCHÄTZUNG DIESER KRAFT

BERICHT

VON

William DYCE CAY

M. Inst. C. E., F. R. S. E.

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL

BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
18, Rue des Trois-Têtes, 18

1905



II-354261

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316869

BPA-13-15/2019

DIE KONSTRUKTION VON WELLENBRECHERN BEI SEEHÄFEN

mit Rücksicht auf den Wellenschlag, dem sie zu widerstehen haben.

ERMITTLUNG DER KRAFT DES WELLENSCHLAGES.

BERICHT

VON

William Dyce CAY

M. Inst. C. E., F. R. S. E.

Der Verfasser beabsichtigt zunächst die Kraft des Wellenschlages zu besprechen und alsdann einige Bemerkungen zu machen über die verschiedenen Konstruktionen von Wellenbrechern, die dem Angriffe des Meeres mit Erfolg widerstanden haben.

Er ist der Ansicht, dass, ganz unabhängig von der inneren Bewegung der Wasserteilchen, vom praktischen Gesichtspunkte aus betrachtet, sich der Angriff einer Welle auf ein Bauwerk dadurch äussert, dass eine bestimmte Wassermasse mit einer gewissen Geschwindigkeit gegen dasselbe geschleudert wird. Der hierbei erzeugte Druck ist gleich der Bewegungsgrösse, welche in der Zeiteinheit aufgebraucht wird, d. h.

$$P = m \cdot v.$$

Hierin bedeutet :

P = den Druck, den eine Wassermasse auf eine Ebene mit der Oberfläche A in normaler Richtung ausübt in Fuss (in Meter (1)),

v = die Geschwindigkeit des Wassers in Fuss in der Sekunde (m pro s),

(1) Die eingeklammerten Angaben beziehen sich auf das metrische System.
(Der Uebersetzer.)

m = die Wassermasse, die in der Sekunde die Fläche trifft,
Gewicht des Wassers pro Sekunde,
Beschleunigung durch die Schwere,

$$= \frac{w \cdot A \cdot v}{g}$$

wenn

w = Gewicht des Cubikfusses (cbm) Wasser ,

A = Querschnitt des Wasserstromes bezw. der Fläche, die getroffen wird,

g = Beschleunigung durch die Schwere.

Wird der Wert von m in die obige Gleichung eingesetzt, so folgt :

$$P = \frac{w \cdot A \cdot v^2}{g} \quad (\alpha)$$

und wenn die Höhe, die erforderlich wird, um dem Wasser die Geschwindigkeit v zu erteilen, $h = \frac{v^2}{2g}$, eingesetzt wird, so erhalten wir

$$P = 2 \cdot w \cdot A \cdot h \quad (\beta)$$

Dieses einfache Ergebnis, nämlich, dass der Druck gleich ist dem Gewicht des Wasserfadens multipliziert mit der doppelten Geschwindigkeitshöhe ist für Wasserstrahlen und Wasserströme die eine Fläche treffen schon lange von hervorragenden Gelehrten bekannt gegeben worden (1).

In seiner Besprechung der Gleichung (β) ersetzt Bidone die 2 durch den Buchstaben m und er schreibt :

$$P = m \cdot w \cdot A \cdot h$$

Den Wert m bestimmte er durch Versuche zu 1,563 bis 2,2296.

Er giebt auch den vollen Wert von m an, wobei er die Geschwindigkeit und die Richtung in Rechnung setzt, mit der das Wasser von der Fläche, die es bespült hat, wieder abfließt und er erhält nach Bernoulli und Euler :

$$m = 2 \left(1 - \frac{\sqrt{h_1}}{\sqrt{h}} \cos \varphi \right)$$

worin h_1 , die Geschwindigkeitshöhe des abfließenden Wassers ist, und φ der Winkel, den der abfließende Wasserstrahl mit dem ankommenden bildet.

(1) BIDONE in seiner : *Memorie della Reale Accademia della Scienze di Torino*, Band 40, 1^{re} series, 1836.

Er zeigte auch, dass für den Fall, dass die Fläche abstehende Ränder hat, so dass das Wasser nach dem Stoss umzukehren gezwungen ist, die Kraft des Stosses ihr Maximum erreicht und m nahezu 4 werden kann. Diese Tatsache ist interessant, weil sie die Grösse der Kraft erläutert, die eine Welle besitzt, wenn sie in ein Loch oder eine Aushöhlung eines Bauwerks gerät, und auch deren Fähigkeit zum aushöhlen.

Ferner stellte er auch fest, dass der erste Anprall viel stärker sei, d. h. 1 1/2 und sogar 2 mal stärker als der dauernde Wasserstoss; der Verfasser ist jedoch der Ansicht, dass dies eine Folge der Anordnung des Versuches war, wobei der Wasserstrahl, wenn der Hahn geöffnet wurde, eine grössere Geschwindigkeit erhielt, als sie bei dauerndem Ausfluss sich einstellte, wo die Reibung vermindernd eintrat.

Für schrägen Aufschlag multiplizierte er die Gleichung (β) mit $\sin \alpha$, wobei unter α der spitzeste Einfallswinkel zu verstehen ist. Den Normaldruck erhält er alsdann zu

$$P = m \cdot v \cdot A \cdot h \cdot \sin \alpha$$

wobei jedoch Voraussetzung ist, dass das Wasser über die Fläche abfließt also kein Rücklaufen eintritt. Durch Versuche fand er, dass m gewöhnlich grösser als 2 ist, z. B. für $\alpha = 30^\circ$ ist $m = 3,1145, 2,7280$ und $2,4184$ je nach der Grösse des Wasserstrahles.

Der Verfasser ist hingegen der Ansicht, dass die Wirkung des Wellenschlages mehr dem Stoss des fliessenden Wassers auf eine eingetauchte Platte gleicht, als dem Stosse eines Wasserstrahles. Um dies zu verfolgen, multiplizieren wir Zähler und Nenner der Gleichung (α) mit 2; wir erhalten

$$P = \frac{2 \cdot w \cdot A \cdot v^2}{2 \cdot g}$$

und wenn die 2 im Zähler durch m ersetzt wird

$$P = \frac{m \cdot w \cdot A \cdot v^2}{2 \cdot g} \quad (\delta)$$

bei ruhiger Oberfläche ist:

nach Du Buat und Thibault $m = 1,85$; nach Mariotte $m = 1,21$; nach Gaillard $m = 1,31$.

In seinem neuen, sehr interessanten, Buche (1) über den Wel-

(1) *Wave Action in relation to Engineer Structures*, by D.-D. GAILLARD, Captain, Corps of Engineers U. S. Army, 1904.

lenschlag giebt Kapitain Gaillard als Ergebnis seiner Untersuchungen, die sowohl mit Feder- als mit Flächendynamometer durchgeführt wurden, an, dass der grösste Angriff auf Seebauten hervorgerufen wird durch eine grosse Wassermasse, die während einer messbaren Zeit gegen die Bauten flutet, und dass hierbei ein Druck hervorgerufen wird, der gleich demjenigen ist, der sich nach den allgemein anerkannten hydrostatischen Gesetzen für eine in einen fliessenden Strom eingetauchte Platte berechnet.

Er ersetzt in (2) die Geschwindigkeit v durch $v + v''$ und erhält:

$$P = \frac{m \cdot v \cdot A \cdot (v + v'')^2}{2 \cdot g}$$

unter v'' versteht er die zusätzliche Geschwindigkeit, die der Kamm der Welle erhält, wenn die Welle gebrochen ist, also die Erhöhung der Geschwindigkeit gegenüber der ursprünglichen.

Nach den Tabellen, die er giebt, ist v'' ungefähr $\frac{1}{3} v$ und es wird seine Gleichung:

$$P = \frac{m \cdot v \cdot A \cdot \left(\frac{4}{3} v\right)^2}{2 \cdot g} \quad (2)$$

Der Verfasser legt dieser Gleichung viel Wert bei, für den Fall, dass die Welle durch ein Bauwerk gebrochen wird und auf dieses zusammenstürzt.

Kapitain Gaillard gibt auch eine interessante Tabelle über den Gesamtwert der kinetischen sowie der potenziellen Energie einer Welle, von welcher die folgenden Ausführungen von besonderem Interesse sind:

Es sei:

das Verhältnis zwischen Höhe und Länge einer Welle, 0,06
und die Länge der Welle 200 Fuss (60,8 m);

so ist die Energie pro lfd. Fuss (lfd. m) Wellenscheitel,
113,1 Fusstonnen (115215 mkg).

für eine Welle von 250 Fuss (76,0 m) Länge erhalten wir eine
Energie von 221,0 Fusstonnen (225132,7 mkg).

Dies zeigt, welche Grösse die Energie einer Welle besitzt um Gegenstände fortzurollen oder zu schieben, wenn das Moment gross genug ist sie von ihrer Lage abzuheben.

Andere Formeln, die den Normaldruck auf die Vorderfläche

einer eingetauchten Platte angeben, die mit dem Wasserlauf den Winkel α bildet, sind für eine bewegte Platte :

$$P_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot \sin \alpha \cdot w \cdot A \cdot v^2}{4 + \pi \cdot \sin \alpha \cdot 2 \cdot g} \quad \text{Lord Rayleigh } (\zeta)$$

$$P_1 = \frac{1,622 \cdot \sin \alpha \cdot w \cdot A \cdot v^2}{(0,39 + 0,61 \cdot \sin \alpha) 2 \cdot g} \quad \text{Joessel.}$$

Näherungsweise ist der Druck in der Richtung der Bewegung

$$P_1 = P \cdot \sin^2 \alpha \quad \text{Gaillard. } (\eta)$$

Für $\alpha = 0$ wird in der Formel von Lord Rayleigh $m = 1,96$
von Joessel. . . . $m = 1,62$

Gaillards Wert für m und derjenige nach anderen Formeln ist bereits oben angeführt.

Ein Beispiel: Eine Meerwasserwelle bewege sich mit einer Geschwindigkeit von 20 Meilen (32,18 km) in der Stunde, oder mit 30 Fuss (9,12 m) in der Sekunde und habe eine Höhe von 10 Fuss (3,04 m) und 200 Fuss (60,8 m) Länge. Wird in Gleichung (δ) $m = 1,85$ gesetzt, so wird $P = 1654$ Pfund pro Quadratfuss (8085 kg pro qm), der Normaldruck in der Richtung des Stromes.

Bis jetzt sind noch keine Versuche durchgeführt worden, um den Druck zu ermitteln, den ein und dieselbe Welle in verschiedener Höhe auf ein Bauwerk ausübt. Solange diese nicht gemacht sind, kann die Wirkung des Wellenschlages nur roh geschätzt werden nach den angeführten Formeln und Koeffizienten in Verbindung mit praktischer Erfahrung.

Um den Kräften des Wellenschlages zu begegnen, sind verschiedene Konstruktionen von Wellenbrechern eronnen worden.

Der Verfasser war bei der Errichtung des südlichen Wellenbrechers und bei der Verlängerung des nördlichen Hafendamms in Aberdeen, die von 1870 bis 1877 durchgeführt wurden, Konstrukteur und Ingenieur.

Beim ersten Bauwerke (vergl. Fig. 1) das dem heftigsten Wellenschlage ausgesetzt ist, erhebt sich die Welle bei Sturm, nachdem sie sich an dem Bauwerke gebrochen hat, bis zu einer Höhe von 24 Fuss (7,3 m) über dem ruhigen Wasserspiegel und gewaltige Massen von Spritzwasser sind bis zu 90 Fuss (27,4 m) in die Höhe geschleudert worden.

Der Verfasser schätzte die Länge dieser Wellen zu 220 Fuss (66,9 m) und ihre Höhe zu 12 Fuss (3,65 m), woaus sich ihre

Geschwindigkeit bei einem Einfallswinkel α von 60° zu 33 Fuss (10,0 m) in der Sekunde ergibt. Wird der Druck normal auf die nahezu senkrechte Vorderfläche des Wellenbrechers nach Gleichung (ζ) berechnet, so erhalten wir 2116 Pfund für den Quadratfuss (10326 kg für das qm) und nach Gleichung (ε) multipliziert mit $\sin \alpha$ zu 2183 Pfund pro Quadratfuss (10653 kg pro qm).

Die ganze Anlage ist eingehend vom Verfasser beschrieben in « Proceedings of the Institution of Civil Engineers » London (Band 39, 1874-75) und er hat es deshalb nicht notwendig an dieser Stelle viele Einzelheiten zu bringen. Der Wellenbrecher hat senkrechte Wände und er läuft vor bis zu einer Tiefe von 22 Fuss (6,7 m) bei Ebbe, die bei Flut bis 13 Fuss (3,95 m) mehr anwächst. Bei 230 Yards (210,2 m) ist die Tiefe bei Ebbe 30 Fuss (9,1 m). Das Ausholen des Meeres beträgt nahezu 300 Seemeilen (555,9 km (Fig. 2).

Der Baugrund besteht aus Letten. Er wurde durch in Kästen versenkten Beton ausgeglichen, von denen jeder 5 bis 16 t enthielt. Hierauf wurde der Wellenbrecher errichtet aus prismatischen Betonblöcken von $10 \frac{1}{2}$ bis 24 tons (10,7 Tonnen bis 24,4 Tonnen) Gewicht; diese wurden in regelmässigen Schichten bis zu 1 Fuss (0,3 m) über den Wasserspiegel bei ruhigem Wasser errichtet. Von hier ab bis zu 10 Fuss (3,04 m) und an den äusseren Enden bis zu 11 Fuss (3,35 m) über dem Flutwasserspiegel oder 18 bis 19 Fuss (5,50 bis 5,80 m) insgesamt wurde das Bauwerk in Stampfbeton hergestellt in grossen dicht aneinander schliessenden Abteilungen von im Mittel $37 \frac{1}{4}$ Fuss (11,4 m) Länge, 18 Fuss (5,50 m) Höhe und einer Breite, in der Längenausdehnung des Wellenbrechers gemessen, zwischen 8 und 31 Fuss (2,4 bis 9,4 m), sodass das Gewicht der einzelnen Betonkörper zwischen 335 und 1300 Tons (340,4 und 1320,8 Tonnen) schwankte.

Der Wellenbrecher ist in der Krone 35 Fuss (10,6 m) breit und hat auf beiden Seiten einen Anlauf von 1 : 8.

Auf der Meeresseite ist das Bauwerk auf seiner ganzen Länge durch Betonhaufen geschützt die in Kästen, zu je 100 Tonnen vom Hafendamm aus durch eine entsprechende Vorrichtung versenkt wurden. Diese Massnahme hat sich sehr gut bewährt und der einzige Schaden, den das Bauwerk erlitt, ist dadurch entstanden, dass diese 100 Tonnen schwere Betonhaufen auf etwa 90 Fuss (27,4 m) an der Uferseite, nahe an den Felsen, fehlten. Hier hat das Meer das Bauwerk unterwaschen und die kleinen Betonblöcke von 10 bis 20 Tonnen Gewicht weggespült

so dass der darüber lagernde Stampfbeton allein stehen blieb und das entstandene Loch wie eine Brücke überspannte.

Hieraus ist auch zu ersehen, dass die Standfestigkeit des Bauwerkes, ein sicheres Fundament vorausgesetzt, von den grossen Massen des Stampfbetons abhängt, die die Krone bilden. Würden die kleinen, unten liegenden Blöcke nicht durch das Gewicht des darüberliegenden Betons festgehalten, so würden sie fortgespült werden. Hier waren sie 4 Fuss (1,20 m) hoch, 6 Fuss (1,82 m) breit und bei einem 20 Tonnen schweren Block war die Länge 13 Fuss und 4 Zoll (4,05 m). Die Vorderfläche war also 24 Quadratfuss (2,22 qm) gross und wenn ein Wellenschlag von 1 Tonne auf den Quadratfuss angenommen wird (10,936 Tonnen pro qm) so war der Druck auf den Block 24 Tons (24,4 Tonnen); er war also grösser als das Gewicht des Blockes ausserhalb des Wassers.

Der zweite erwähnte Bau, die Verlängerung des nördlichen Hafendamms in Aberdeen, ist seewärts in östlicher Richtung ausgeführt worden, parallel zum Laufe des Deeflusses; er ist also nur am Meeresende der Strömung des Meeres ausgesetzt. Auch wirkt auf ihn kein Seitendruck, mit Ausnahme des Druckes der etwa durch ein Höhenunterschied der beiderseitigen Wasserspiegel hervorgerufen wird. Der Hauptangriff, dem zu begegnen war, geschah durch das Scheuern der Wellen, die an beiden Seiten mit einer Geschwindigkeit von 20 Meilen in der Stunde oder 30 Fuss (9,1 m) in der Sekunde vorbeirauschten, mit einer Höhe bei Sturm von 10 Fuss (3,04 m) und einer Länge von 200 Fuss (60,8 m).

Der Druck einer solchen Welle ist oben zu 1654 Pfund auf den Quadratfuss (8085 kg pro qm) berechnet worden. Von dieser Kraft konnte sich der Verfasser durch eine praktische Erfahrung eine Vorstellung machen, indem ein Betonblock, der einen Teil der Abdeckung bildete und 70 Tons wog mit einer Ausdehnung von 13 1/2 Fuss auf 13 1/2 Fuss auf 6 Fuss (4,1 m auf 4,1 m auf 1,82 m) von seiner Lagerstätte losgerissen wurde, und 100 bis 200 Yards (91,4 bis 182,8 m) weiter in den Kanal hineingespült wurde.

Um hier dieser Kraft zu begegnen, erweiterte der Verfasser das System der Betonhaufen, das er beim Wellenbrecher angewandt hatte. Beim nördlichen Hafendamm versenkte er die Kästen durch einen Schacht in einer Barke. Dieses, vom Verfasser erfundene System, ist seit dieser Zeit bei anderen Bauten vielfach in Anwendung gewesen, so in Fraserburgh und Sunderland, wo die erste von ihm entworfene Barke Anwendung

fand, in Newhaven Sussex, in Bilbao, in einigen Häfen von New-Seeland und an anderen Orten. Fig. 4 zeigt einen Schnitt durch diese Barke und Fig. 3 einen Schnitt durch den nörlichen Hafendamm. Bei letzterem war die Grösse der verwendeten Betonlagen 50 Tons und die Kästen in welchen sie gefüllt wurden, waren 24 Fuss lang auf 6 Fuss auf 5 Fuss 7 Zoll (7,30 m \times 1,82 m \times 1,40 m). Diese Kästen wurden zunächst der Länge nach auf die Fundamentsohle entleert, nachdem vorher der Sand vorsichtig weggebaggert worden war. Ueber die Fundamentlage wurden sie quer gelegt bis zu 2 oder 3 Fuss über dem Wasserspiegel bei Ebbe; von hier aus wurde das Bauwerk bis zur Krone des Fahrweges in Stampfbeton hergestellt. Es ist von Interesse mitzuteilen, dass die Strömung des Meeres gegen die Vorköpfe so stark war, dass die Formen in welche der Stampfbeton eingebracht wurde als Wasserschneider ausgebildet werden mussten und dass also die fertige Form des Bauwerkes auch diese Gestalt hat (1).

Diese beiden Anlagen sind Beispiele von vielen Bauten bei denen der Wellenanschlag durch Anwendung von Stampfbetonbauten gebrochen wird.

Das beim südlichen Wellenbrecher zur Anwendung gekommene monolithische System ist seit dieser Zeit oft in Schotland angewandt worden. Es ist sogar unter dem Wasserspiegel der Ebbe angewandt worden in diesem Falle ist jedoch das Mischungs-Verhältnis ein besseres gewesen: 1 Volumteil Zement ist mit 1 Teil Sand und 2 Teilen Kies gemischt und hierzu Steinschlag und Felsbrocken bis zu 15 v. H. der Masse genommen worden.

Eine andere Art den Stampfbeton zu verwenden, ist das System der schwimmenden Kasten oder Formen mit sehr grossem Inhalte. Fig. 5 zeigt jene, die in Bilbao angewandt wurden; sie hatten 42 Fuss 7 Zoll auf 23 Fuss auf 23 Fuss (12,95 m auf 7 m auf 7 m). In Zeebrugge waren solche in Anwendung von 82 Fuss auf 29,5 Fuss auf 28 Fuss 9 Zoll (24,93 m auf 8,97 m auf 8,74 m); hiervon haben einige wenn sie gefüllt waren 4500 t gewogen. Die Caissons werden am Ufer aus Stahlplatten oder aus Eisenbeton zusammengesetzt und dann zur Baustelle hinausgeschifft wo sie auf das vorbereitete Fundament versenkt werden.

Die Seitenwände sind so hoch, dass diese noch 3 Fuss (0,91 m)

(1) Eine Beschreibung dieser Bauten ist in Band XXXIX, Seite 156, 1874-75 der Proceedings.

über das Niedrigwasser hervorsteht. Alsdann werden die Kästen mit Beton gefüllt. Was dieses System anlangt, so ist der Verfasser der Ansicht, dass es für bestimmte Fälle, z. B. für die Vorköpfe und Enden der Wellenbrecher oder für die Fundation von Leuchttürmen gut geeignet ist, dass es aber zu viel Sorgfalt und Vorsicht erfordert beim Bau und soviel Rücksichtnahme auf den Wasserstand des Meeres und die Strömungen und ferner soviel Risiko wegen der Gefahr des Auffahrens und strandens, dass es für den gewöhnlichen Bau von Wellenbrechern zu schwerfällig und deshalb ungeeignet wird. Ferner hegt er Bedenken, ob das Einfüllen des Beton in richtiger Weise erfolgen kann, selbst wenn starke Pumpen angewendet werden um die Kasten jedesmal vor Beginn der Arbeit zu entleeren und er befürchtet dass die dünne Wand der Kasten bei hohem Seegang gebrochen werden, wenn dieselben an exponierten Lagen sich befinden.

Ein anderes System ist das, wobei die festen Blöcke durch Kästen transportiert werden; dieses System ist oft beschrieben worden.

Um die einzelnen Betonkörper miteinander zu verbinden, so dass sie alsdann in ihrer Wirkung gegen den Wellenschlag wie ein einziger Körper wirken, ist unter Wasser oft der Versatz in Anwendung gekommen; über Wasser geschieht die Verbindung durch Mörtel.

Dieses System ist seit langer Zeit beim Bau von Leuchttürmen im Gebrauch. Der Verfasser wandte es beim Bau der runden Vorköpfe des südlichen Wellenbrechers in Aberdeen an, wo an einem Blocke ein halbzylindrischer Vorsprung angebracht wurde, der in eine entsprechende Aussparung des Nachbarblockes passte. Das System wird jetzt allgemein angewendet bei Stampfbeton, wo die Fugen offen bleiben und bei den vor erwähnten Betonbalken, wo Löcher und Zellen auf den Berührungsebenen zweier Blöcke angebracht werden. Die Bauweise ist sehr wertvoll, aber sie kann trotzdem die Festigkeit eines in einem Stück ausgeführten Betonkörpers nicht ersetzen. Sie kann bei starkem Wellenschlag nachgeben oder sich verbiegen, wie auch bei schlechter Fundation Risse entstehen können. Es sind auch schwalbenschwanzförmige Verbindungen im Gebrauch.

Vor einiger Zeit hat der Verfasser ein britisches Patent erhalten auf eine neue Konstruktion. Diese besteht aus gewaltigen Betonzylindern die an Ort und Stelle gerollt werden. (Fig. 6, 7, 8.)

Da dieses System jedoch noch nicht zur Ausführung gekom-

men ist, so will er hier keinen Raum beanspruchen, um es zu beschreiben; er hofft, dass er dem Kongresse die Arbeiten in einem Modelle vorführen kann.

Zum Schlusse möchte er nochmals seine Ansicht dahin aussprechen, dass den Kräften des anstürmenden Meeres am besten durch grosse Massen begegnet wird; dies folgt aus den angeführten praktischen Erfahrungen. Er fügt noch hinzu, dass vieles dadurch erreicht werden kann, dass man geeignete Formen anwendet, um den Sturm zu brechen und ihm zu begegnen; so ersetzte er zum Beispiel den oben erwähnten Block von 70 t durch einen 50 t schweren Betonbalken von langer Gestalt, der der Länge nach ins Meer gelegt wurde und in der Tat dem Wellenschlage Stand hielt. Er erinnert auch daran, dass man nie vergessen darf, dass das Gewicht der Bauten über Wasser eine viel grössere Wirkung hat um dem Wellenschlage zu widerstehen, als die gleiche Masse unter Wasser da hier 64 Pfund pro Kubikfuss (1 t pro cbm) infolge des Auftriebes verloren gehen. Durch eine Vergrösserung der Höhe wird also die Standfestigkeit bedeutend vergrössert.

Edinburgh, 1905.

W. D. CAY.

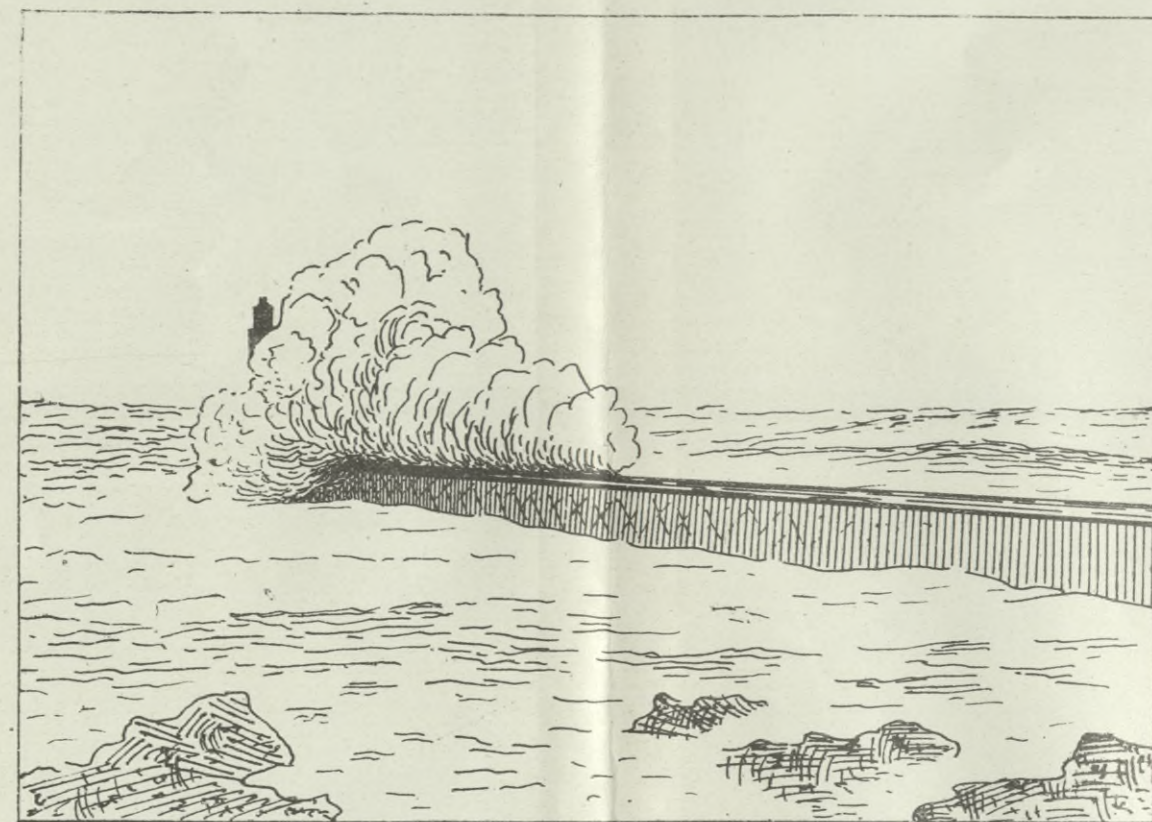


Fig. 1. - South breakwater. Aberdeen.

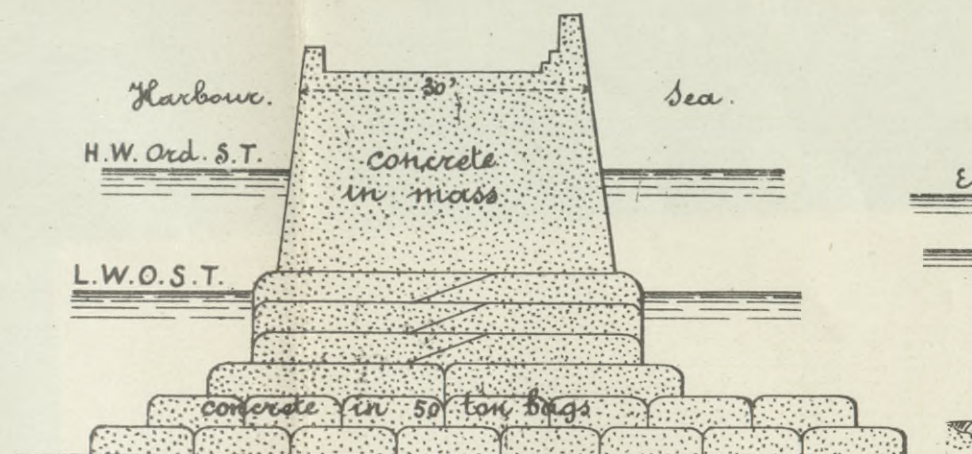


Fig. 3. - C.S. of North Pier Extension. Aberdeen.

Scale. 10 5 0 10 20 30 40 50 feet.

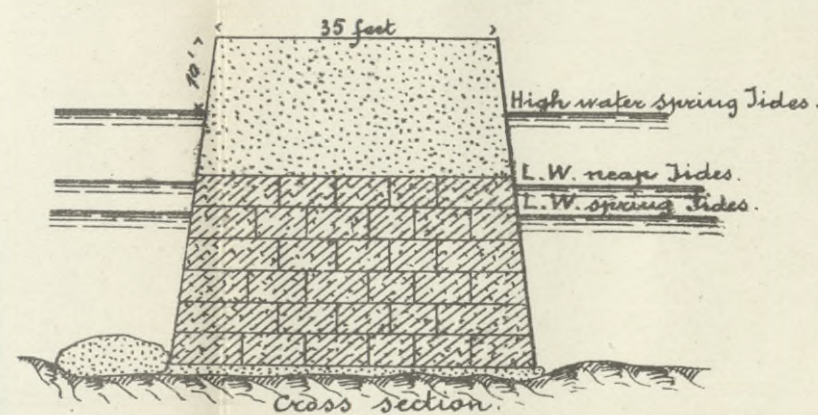


Fig. 2. - South breakwater. - Aberdeen.

Scale. 10 5 0 10 20 30 40 50 60 feet.

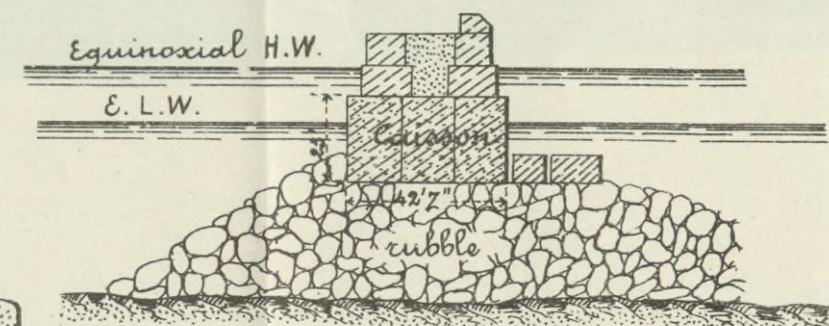


Fig. 5. - Caisson at Bilbao breakwater.

Scale. 10 50 100 150 feet.

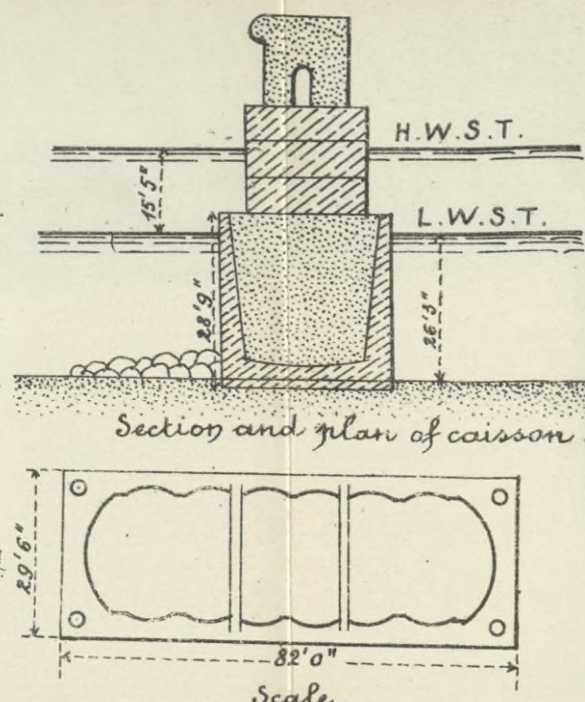


Fig. 5. - Zeebrugge.

Scale. 10 50 100 feet.

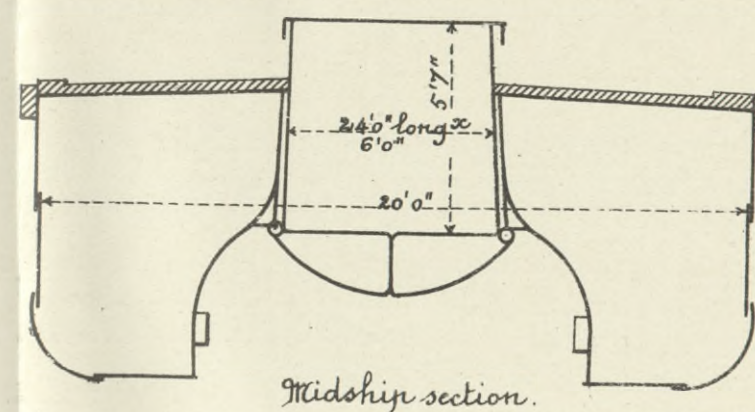


Fig. 4. - Hopper barge for depositing 50 ton bags.

Scale. 10 15 20 25 feet.

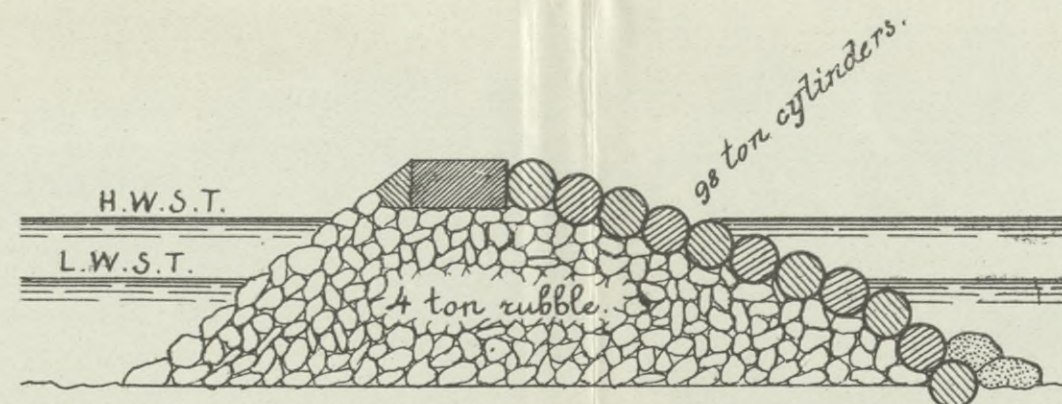


Fig. 6. - Cross section of a rubble breakwater.

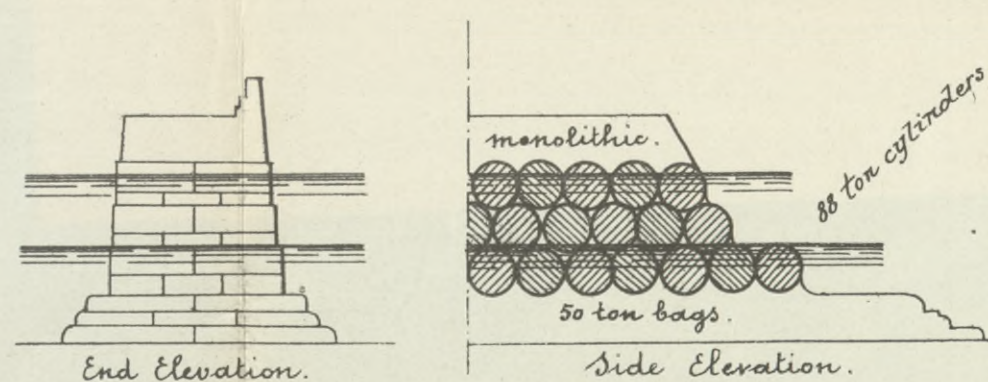


Fig. 7. - A vertical wall breakwater.

Scale. 10 20 30 40 50 100 feet.

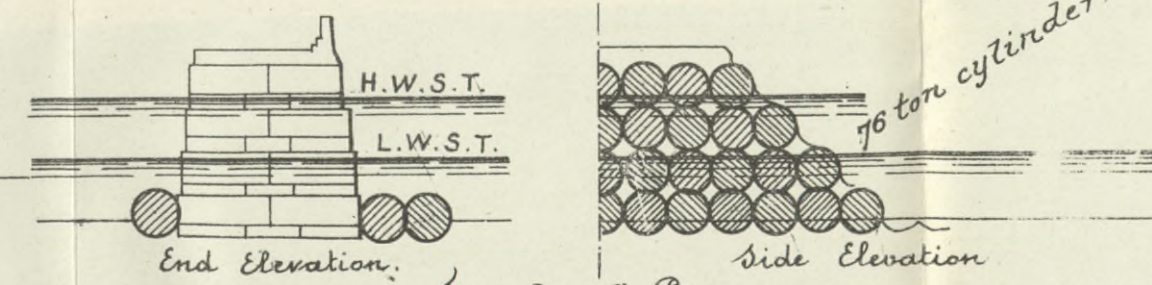


Fig. 8. - A Pier.

