

INTERNATIONALER STÄNDIGER VERBAND
DER
SCHIFFFAHRTS-KONGRESSE

XI. Kongress - St.-Petersburg - 1908

I. Abteilung : Binnenschifffahrt
1. Mitteilung

VERWENDUNG
VON
EISENBETON BEI WASSERBAUTEN

BERICHT
VON
P. VOSNESSENSKI
Ingenieur der Wasserwege

NAVIGARE



NECESSE

BRÜSSEL
BUCHDRUCKEREI DER ÖFFENTLICHEN ARBEITEN (GES. M. B. H.)
169, rue de Flandre, 169



T-354162

Biblioteka Politechniki Krakowskiej



100000316763

BPX-13-10/2019

Verwendung von Eisenbeton bei Wasserbauten.

Die Möglichkeit, für Wasserbauten die günstigste Ausführungsart bezüglich des Profils und der Wirtschaftlichkeit aufzufinden, besteht in der Verwendung von Eisenbeton. In dieser Hinsicht eröffnet uns der Anfang des 20. Jahrhunderts eine neue Aera in der Geschichte des Wasserbaues an der See wie im Binnenlande. Der Eisenbeton erlaubt es, meines Erachtens, für das Ausführungsprofil eine zweckmässigere Form zu wählen, als mit den bisher verwendeten Baustoffen, sowohl hinsichtlich der Kraftverteilung, als auch vom wirtschaftlichen Gesichtspunkte aus, bezüglich der Kosten und der schnellen Herstellung.

In Russland ist Eisenbeton im Süsswasser verwendet bei Nikolajew am Bug, wo die Kais nach dem Entwurf des Ingenieurs Justus wiederhergestellt wurden; sowohl die ins Flusswasser tauchenden Teile der Kaimauern, wie die der Luft ausgesetzten bestehen aus Eisenbeton. In der Nähe von Nikolajew am Rande desselben Flusses hat man einen 36 m hohen Leuchtturm (Fig. 12) gleichfalls aus Eisenbeton erbaut. In Novorossiisk an der See hat man eine Ladebühne auf Eisenbeton-Pfählen hergestellt. Endlich arbeitet man gegenwärtig in Touapsé am schwarzen Meer an einem Wellenbrecher aus Senkkasten in Eisenbeton, die auf eine Steinschüttung aufgesetzt werden; die Senkkasten haben 4 verschiedene Grössen. Bei einer normalen Länge von 8 Saschehn (= 17,0 m) und einer Breite von 3 Saschehn (6,37 m) betragen die Höhen 6, 12, 19 und 22 engl. Fuss (= 1,83; 3,66; 5,77; 6,70 m); das Gewicht des grössten Kastens beträgt leer 268 Tonnen, ausgefüllt 1 600 Tonnen. Die Füllung der äusseren Zellen besteht aus magerem Beton, der inneren Zellen aus Trockenmauerwerk (Fig. 4). Der Entwurf sieht einen gemauerten Oberbau vor mit steinerner Brüstung von 12 Fuss (= 3.66 m) Höhe. Versuchsweise soll diese Brüstung an einigen Stellen in Eisenbeton hergestellt werden.

Die Länge des Wellenbrechers beträgt 200 Saschehn (= 425 m), der Kostenanschlag schliesst ab mit 408 000 Rubel (= 881 000 M.); die Arbeitsdauer ist auf 10 Jahre geschätzt.

Die Verwendung von Eisenbeton befindet sich in den russischen Gewässern überhaupt noch in den Anfangsstadien, daher wird es von grösstem Interesse sein, die Verwendungsweise des Eisenbetons im Wasserbau zu studieren, wie sie sich ergeben hat, sowohl aus anderweitigen Ausführungen, wie aus theoretischen Untersuchungen. Ausserdem dürfte es nicht ohne Interesse sein, den Bau eines Wellenbrechers in einem russischen Hafen, beispielsweise im Schwarzen Meer, zu studieren, wo die Wellen eine grosse Kraft erreichen und diese Ausführung mit anderen zu vergleichen. Nach den mir zur Verfügung stehenden Angaben haben die Wellen in Potti eine Kraft von 22 Puds pro Quadratfuss (= 3,9 t/qm) erreicht; in Odessa 31, das macht etwa 5-6 t/qm. Um aber bei dem Nachweis der Standfestigkeit einen Sicherheitsgrad zu haben, nehmen wir in den weiteren Berechnungen an, dass der Druck der Wellen gleichmässig 74 Puds pro Quadratfuss oder 13 t/qm beträgt. Dieser Wert, welcher aus der Formel von Dubois erhalten wurde, ist für das Schwarze Meer zu gross, da die gegenwärtig bestehenden Molen in Novorossiisk, Odessa und Touapsé solchem Druck nicht würden widerstehen können; die gewählte Tiefe beträgt 35 Fuss (= 10,67 m). Die dargestellte Grundform (Fig. 5) besteht aus einzelnen Senkkasten aus Eisenbeton auf einer Steinschüttung mit einem gegenseitigen Abstände von 13 m. Die Senkkasten sind oben 3 . 3 Saschehn (= 6,37 . 6,37 m), unten 5,5 . 7 Saschehn (= 11,70 . 14,90 m) gross. Sie sind mit Falzen versehen, welche so weit unter den Meeresspiegel reichen, wie die schädliche Wirkung der Wogen geht — 19 Fuss (= 5,77 m). Eisenbetonbalken von 1 . 1 m legen sich in die Falze; man beabsichtigt den obersten Balken an Ort und Stelle zu fertigen und ihn mit Auskragungen zu versehen zur Aufnahme einer Plattform für den Verkehr der Wärter. Der Entwurf sieht eine Brüstung aus Eisenbeton vor. Die Senkkasten, die keinen Boden haben, sollen auf dieselbe Art an ihren Platz gebracht werden, die für den Hafen von Valparaiso und bei Stolpmünde zur Ausführung gelangte : mittels eiserner Pontons, die an den Seiten der Senkkasten angebracht werden. Die Fortlassung des Bodens hat den Zweck, die Dicke der Eisenbetonwände zu verringern, andernfalls hätte man den Druck einer Wassersäule von 28 Fuss (= 8,5 m) in Rechnung ziehen müssen. Nach dem Entwurf beträgt die Dicke der Aussenwände 0,20 m, die der Schei-

dewände, welche den Senkkasten in 9 Zellen teilen 0,12 m. Die äusseren Zellen sollen mit magerem Beton, die inneren mit Steinen oder Kies verfüllt werden.

Die Bemessung der Aussenwandstärke auf 0,2 m und der Scheidewände auf 0,12 m ist aus rein praktischen Gründen erfolgt, da ja die Wände eines Kastens ohne Boden keinerlei Druck auszuhalten haben. Das Eisengerippe der Aussenwände und der Scheidewände ist gleichmässig ausgebildet. Es besteht aus Rundeseisen von $3/8''$ ($= 0,010$ m), von denen 5 aufs laufende m kommen. Gleiche Eisen sind in derselben Anzahl senkrecht zu den ersten angeordnet. Die Balkenhöhe ist berechnet nach der Formel von Weiss und Freitag $h = 0,0517 \cdot \sqrt{M}$, und der erforderliche Eisenquerschnitt nach $\omega = 0,0266 \sqrt{M}$.

Wenn man als grössten Druck des Wassers gleichfalls 13 t/qm (d. i. 74 Puds auf einen Quadratfuss) annimmt, so erhält man unter der Voraussetzung, dass der Balken auf den Stützen frei auflagert $h = 0,262$ m, ω gleich 15,72 qcm.

Aus praktischen Gründen geben wir dem Balken eine Stärke von 1 m. Die Anzahl der Rundeseisen ist bestimmt durch die Formel $x \cdot \frac{d^2 \pi}{4} = 15,72$ qcm : die Stärke der Eisen beträgt $3/4'' = 0,019$ m, daher $x = 6$. Wir bilden die Einlage entsprechend aus mit 8 Stangen auf jeder Seite.

Das Gesamtgewicht des vollen Kastens wird 156 965 Puds ($= 2$ 570 t) betragen.

Die Balken reichen auf eine Tiefe von 19 Fuss $= 5,77$ m unter den Wasserspiegel herab und gehen ausserhalb des Wassers hinauf bis zur Oberfläche der Kasten, 2,13 m über den Wasserspiegel. Ihre Gesamthöhe wird also 7,90 m betragen bei einer Dicke von 1 m.

Ihr Gewicht wird 13 959 Puds ($= 228$ t) betragen.

Die umstürzende Kraft ergibt sich aus der Kraft auf die ganze Vorderfläche der Mole bis zur Tiefe der Wellenwirkung, wobei wir den ungünstigen Fall eines plötzlichen Wellenstosses an der Molenoberkante, 2,13 m über dem Wasserspiegel, annehmen.

Wir erhalten als die dem Wogenangriff ausgesetzte Fläche des Kastens 66,08 qm.

Unter diesen Annahmen beträgt das Kippmoment M bezogen auf die Unterkante des Kastens 2 800 000 Fuss — Puds (14 000 mt). Das Standmoment beträgt 4 190 000 Fuss — Puds (21 000 mt). Der Sicherheits-Koeffizient $k = 1,5$ m.

Bei den soeben beschriebenen Wellenbrechern muss die Steinschüttung um die Senkkasten herum durch Eisenbetonplatten geschützt werden.

Unter der Annahme, dass die Platte auf 2 Stützen frei auflagert, erhalten wir bei einer Länge $l = 24$ Fuss oder 7,31 m, die Plattenstärke zu $h = 0,0517 \sqrt{M} = 0,1512$ m, wir machen sie aber gleich, mässig 0,40 m stark.

Der Kostenanschlag für eine Mole der beschriebenen Art (Fig. 5) setzt sich für die laufende Saschehn folgendermassen zusammen :

	Rubel :
1. Steinschüttung 18,70 Kubik-Saschehn (1 Kubik-Saschehn = 9,71 cbm) zu 35 R	654,50
2. Abgleichung der Steinschüttung 10,43 Quadrat-Saschehn (1 Quadrat Saschehn = 4,55 qm) zu 4,50 R.	46,94
3. Senkkasten aus Eisenbeton und Balkensatz mit Rundeisen von 3/8" für die Senkkasten und 3/4" für die Balken, die Betonmischung 0,4 cbm Sand, 0,8 cbm Kies und 600 kg Zement auf 1 cbm	1 167,19
4. Zuwasserbringen und Versetzen der Senkkasten	100,00
5. Verfüllung der Kasten mit 106,22 cbm Magerbeton zu 7 R	743,54
6. Verfüllung mit Trockenmaterial 5,37 cbm, 1 cbm zu 2 R	10,74
7. Eisenbetonplatten 11,17 cbm	298,76
8. Einbringen der Eisenbetonplatten	20,00
9. Brüstung aus Eisenbeton.	100,00
Insgesamt. Rubel	3 147,67
10. Nebenkosten 3 %	94,23
Summe im Ganzen. Rubel	3 235,90
	= 3 270 M. pro lfd. m.

Wenn man die projektierte Mole mit anderen bestehenden steinernen Molen vergleicht z. B. der in Fig. 1 dargestellten, Mole aus geschichteten Blöcken, deren Kosten für die laufende Saschehn 4 260 Rubel (= 4 300 M./lfd. m) betragen, oder Fig. 2, Mole aus Blöcken und Steinschüttung mit 4 320 Rubel (= 4 360 M./lfd. m) Fig. 3, unregelmässig gelagerte Blöcke mit 5 300 Rubel (5 350 M. p. lfd. m) Fig. 4, Mole aus Eisenbetonkasten in der Ausführung von Tonapsé mit 3 560 Rubel (3 590 M./lfd. m) so verursacht diese doch die geringsten Kosten.

Wenn wir übergehen zu den Eisenbetonbauten an den Flüssen

oder allgemein an den Binnengewässern mit Salz- oder Süßwasser, wo die Wellen nicht so zerstörende Wirkung haben, so ist es klar, dass die Abmessungen ihrer einzelnen Teile geringer sein können, als die der Molen an der See, und dass ihre Herstellung noch erheblich rascher vor sich gehen wird. In dieser Hinsicht müssen wir auf den Entwurf des Ingenieurs Tchékhovitch (Fig. 6) aufmerksam machen. Er bezieht sich auf die Anlage von Molen im Hafen von Odessa, bestimmt für die Aufstellung von Kornfördereinrichtungen zwischen den Elevatoren und den Schiffen und für die Verlegung der Decauville-Gleise zum Ziehen kleiner Lasten und endlich für die Ueberführung der Reisenden auf die Bahn. Die Hafentiefe beträgt an dieser Stelle 28 Fuss (= 8,5 m). Der Baugrund besteht aus einer Schicht von feinem Sand und Muscheln von 3 Saschehn (= 6,37 m) Stärke; unter derselben befindet sich sandiger Ton.

Tchékhovitch plant Abgrabungen vorzunehmen und eine Schicht Faschinen einzubringen. Auf dieser soll dann ein Senkkasten aus Eisenbeton stehen von 11,40 . 7,24 m Grundriss, der mit Kalkstein und Mauerwerksblöcken aus Bruchstein oder Ziegel gefüllt wird.

Der Molenentwurf besteht aus einzelnen Pfeilern, die aus Eisenbetonkassen gebildet sind und einen gegenseitigen Abstand von 15 m haben. Oben tragen sie Brückengewölbe aus Eisenbeton. Tchékhovitch sieht in einer solchen Pier-Anordnung folgende Vorzüge: falls es später nötig werden würde, die Bassins zwischen den Piers zu vergrößern oder letztere zu verlängern, kann man sie rasch abbrechen und an eine andere Stelle transportieren oder durch mehr Joche verlängern.

Tchékhovitch berechnet, dass die Kosten eines solchen Piers für eine Plattformbreite von 12,25 m 2 000 Rubel pro lfd. Saschehn (= 2 020 M./lfd. m) betragen, während die Kosten eines gleich breiten Piers aus Mauerwerksblöcken geschichtet, bei denen die Hohlräume mit Steinen oder Boden ausgefüllt werden, 3 627 Rubel (= 3 663 M./lfd. m) sein würden.

Indem ich mich auf die angeführten Beispiele beschränke, welche die Verwendung des Eisenbetons bei Molen im Binnenlande zeigen, will ich noch erwähnen, dass es wohl möglich sein dürfte, die steinernen Brüstungen der Molen allgemein durch solche aus Eisenbeton zu ersetzen, welche sich dank ihrer Anpassungsfähigkeit den Umrissen der Mole besser anschmiegen. Als Muster solcher Brüstung möge diejenige des im Bau begriffenen Wellenbrechers in Touapsé (fig. 41) angeführt werden.

Man hat bereits eine Brüstung dieser Art erbaut, aber von

kleineren Abmessungen (1 m Höhe), um die vorhandene Brüstung auf der Seemole von Touapsé zu erhöhen. Die heftigen Stürme dieses Jahres haben dieser Brüstung keinen Schaden zugefügt.

Ebenso vorteilhaft wie am Meere dürften an den Binnengewässern die Kais aus Eisenbeton zu erbauen sein; in der Tat gestattet der Eisenbeton einerseits dem Querschnitt der Kais genau die Form zu geben, welche den zu übertragenden Kräften entspricht und andererseits gibt er die Möglichkeit von den stets kostspieligen Unterwasserarbeiten freizukommen.

In Russland ist ein Entwurf solcher Kaimauer nach meinem Vorschlage vom Ingenieur Piatnitsky für den Hafen von Noworossiisk (fig. 7) mit 35 Fuss (= 10,67 m) Tiefe aufgestellt worden; der unter Wasser befindliche Teil besteht aus schwimmenden Eisenbetonkasten, welche im Trockenen auf besonderen Gerüsten angefertigt werden. Im Querschnitt sind die Kasten trapezförmig, ihre Länge beträgt 10 m. Jeder Kasten wird durch Scheidewände in mehrere wasserdichte Zellen geteilt. Die Stärke der Aussenwände beträgt oben 0,10 m, unten 0,15 m, der Scheidewände 0,08 m und des Bodens 0,20 m. Vorn und hinten sind die Kasten durch Rippen versteift.

Die Betonmischung ist folgende: Auf 1 cbm Beton 0,6 cbm Kies, 0,6 cbm Sand und 700 kg Zement. Wenn die Kasten richtig versetzt sind, werden sie mit magerem Beton gefüllt. Oben auf dem Kasten will man eine Futtermauer in Zementmörtel herstellen.

Nach diesem Entwurf kommt der Preis für die laufende Sascheln auf 2 000 Rubel (= 2 020 M./lfd. m).

Als Variante dieses Entwurfs schlägt Piatnitsky die Herstellung eines Kais auf Eisenbetonpfählen (fig. 8) vor. Der Kai wird auf 4 Pfahlreihen errichtet, von denen die vorderste Reihe unter 1 : 12 geneigt, die anderen lotrecht stehen. Die Pfähle haben einen Querschnitt von 0,35 . 0,35 m mit einer Einlage von 8 Stück zölligen Rundeisen. Der Preis für eine laufende Sascheln dieses Kais beträgt bei einer Tiefe von 35 Fuss (= 10,67 m) 1 400 Rubel (= 1 410 M./lfd. m).

Der Preis eines Kais aus Mauerwerksblöcken, sonst unter gleichen Verhältnissen, beträgt für den Hafen von Noworossiisk 1 600 Rubel pro lfd. Sascheln (= 1 620 M./lfd. m).

Eisenbeton an Kais in Süßwasser gelangte in den Jahren 1905 und 1906 zur Anwendung durch den Ingenieur Justus gelegentlich der Wiederherstellung hölzerner Kais in Nikolajew. Der alte Kai der Handelsmole bestehend aus einem Bohlwerk auf Pfahlrost,

