

論 說 報 告

土木學會誌 第十七卷第一號 昭和六年一月

波 力 に 就 て (續)

會 工學博士 井 上 範

On Wave Forces (No. 2)

By Han Inoue, Dr. Eng., Member.

内 容 梗 概

著者は昭和4年5月本會誌第十五卷第五號に“波力に就て”を載せ、主として水底より或る高さにある垂直面に働く波力を論じたが、本論は其の續編として、基礎堤の上に又は水底より立てる垂直壁の側面の受くる波力に就き、水槽内實驗に依つて得た結果を説明したものである。

目 次

| | |
|----------------------|---|
| 1. 緒 論..... | 1 |
| 2. 實驗の方法..... | 2 |
| 3. 實驗の結果..... | 4 |
| 4. 本實驗の結果の應用に就て..... | 5 |
| 5. 波力計算の例..... | 6 |

±
17
E
No. 6.

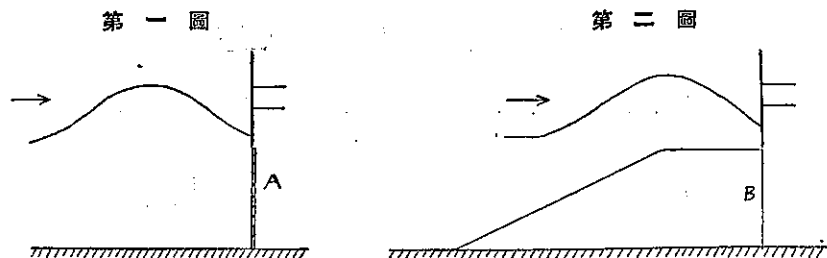
1. 緒 論

著者は波力の實驗を行ふに當り、先づ水底より或る高さに垂直板を置き、色々の水位に於て波が板に働く力を實驗し、

$$\text{波力 } p = \frac{K \gamma h^2}{D}$$

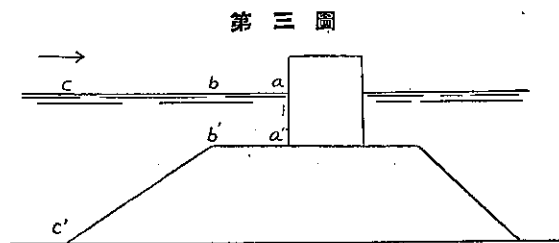
但し K : 係數, γ : 水の重さ, h : 波の高さ, D : 波頂より水底迄の深さ

の式を用ひ K の値を求め、其の結果を本會誌第十五卷第五號(昭和4年5月發行)に發表した。該論は垂直板が單獨に水中に立つて居て、板と水底との間には障害物が無く、水は板の下を通り得る場合に、板が受くる波力を論じたもので、水底から直立した防波堤或は基礎堤の上に載つて居る壁の垂直側面が受くる波力は別の實驗に依つて調べねばならぬ。此の目的にて水槽内に於て受波板の下に垂直板 A を(第一圖)、又は基礎堤に準ずる型 B を(第二圖)水底に固定して實驗する事にした。其の方法及び結果を本文に於て述べやうと思ふ。



2. 実験の方法

実験に就て述ぶる前に、基礎堤が波にどんな變化を起すかを極く概略に述べやうと思ふ。基礎堤には色々の構造があるが、茲には普通の捨石堤で、其の断面形が第三圖の如き場合だけを考へる。其の他の特種の場合は後日の研究に譲る。第三圖に示す防波堤に向つて矢の方向に波が來て捨石の法にかゝると、波高が増し、時として b の前後で波の峯が碎ける事がある。此の様な場合に壁面 $a'a'$ に及ぼす波力に就ては故廣井博士が詳しく論ぜられたから(大學紀要第十冊第一號或は本會誌第六卷第二號参照)、茲には波が碎けずに $a'a'$ 側面にあたる場



合を考へる。

寄波が來た時に法の外では其の力が ea' 間に分布されて居るが、捨石の上にかゝると一部の水分子は法に沿ふて上がるから、 bb' の邊では波力の強さが ea' に於けるより増すに相違ない。而して其の波力の増加の度は、法の緩急、其の他によつて違ふであらう。振動波は法にかゝると、水深が減るので波高を増し、且進行性を有するやうになる。

水槽内の實驗に於て振動波を起す事は寄波を起す程容易でない爲、此の實驗では寄波を起して其の力を測つた。 $a'a'$ 面に働く振動波の力は同高の寄波の力より小であるから、寄波の力を明かにし、夫れを用ひて設計をなしたならば、安全なものを得らるゝであらう。

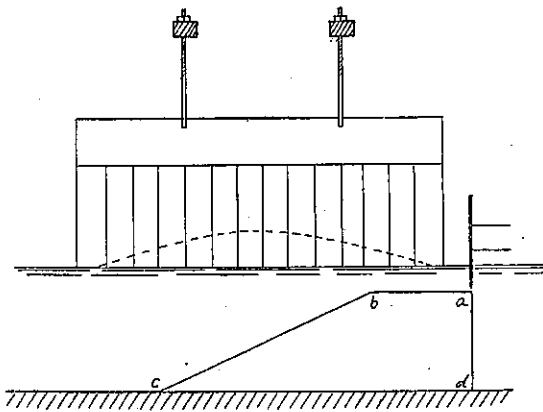
波の高さは e より b に進むに従つて増すが、基礎堤上にある壁の垂直面に働く波力を計算するに當りて、何れの邊の波高を以てするが良いであらうか。著者は基礎堤の爲にまだ變化を受けないと思はるゝ點の波高を用ゐるが良いと考へた。即ち波高は法先より離れた點で測るべきであるが、然し實驗に使用した水槽の底は $1/100$ の勾配を有して居る爲、波高は法先に來る間に段々高くなるので、實驗の際には法先附近の波高を測り、夫れと波力との關係を調べる事にした。

波長が ea の長さに比して甚だ小さい場合には、法先外の波高を探る代りに、 ab 間で波高

を調べ、夫れを採用する事も出来るであらう。然し實際に防波堤を破壊するやうな大波にありては、波長は ae に比べて大きなものであるから、法先外の波高を採る方が良いと思はる。何故なれば第一には防波堤を設計する時に、何物も無い海面の波高を測定して、夫れを用ひて波力を計算するのである。第二には堤の築造以前に ab 間の波高を知るには計算か、推定に依らねばならぬ。第三には水底から離れた單獨の垂直面の受くる波力と比較する上に都合が良いからである。後日法にかゝつてから生ずる波高の變化に就て充分の研究を遂げ、法先外の波高から法にかゝつた後の波高を知る事が出来たならば、法にかゝる前の波高と波力との關係式から、法にかゝつた後の波高と波力との關係式をも知る事が出来るであらう。

東京帝國大學工學部にある幅 4 尺、長さ約 50 尺の水槽の底に木にて基礎堤の形を設け、

第四圖



其の縦断面は第四圖に示す通りとした。

ab と ad を各 20 糎とし、 bc 傾斜は初め 1:5 とし、 b に蝶番を取付け、 c 端を切り、傾斜を 1:3, 1:2, 1:1.5, 1:1 に變へ得るやうにした。此の基礎堤の横幅は約 40 糎で、兩側に板を立て、波が堤の上に来て高くなつた時兩側へ崩れぬやうにした。

受波板は a の上に置いた場合が最も多く、 b の上及び ab の中間に置いた

場合もある。板の大きさは 20 糎平方で、内徑 5 糎、長さ 10 糎の圓筒に嵌込んだピストンの外端に取付け、圓筒内に油を充たし、板の受けた力にてピストンを押し油を壓縮する装置とし、其の力を水銀マノメーターにて測る。此の装置は本會誌第十五卷第五號に説明したと同じものである。

波を起すには水槽の一端で水槽を塞ぐ程の板を急に横に動かした。

波の高さを測るには第四圖に示す如く、薄き亜鉛鍍鐵板を垂直に 2 本の丸棒にて釣り下げ、丸棒に螺旋を切り、水槽の兩縁に架渡した支木の孔に通し、ナットにて支へさせ、ナットを廻はす時は板を上下し得るやうにし、板の下端を水面と接する位置に止めた。但し水位が b より低い時には板の下端を ab に接しさせて置いた。板には紙を糊にて張付け、紙上に水に溶け易い色素を以て 5 糎の間隔に垂直線を引き、波が來て紙の下部が水中に没した時水に觸れた部分だけにとむやうにした。其のにじんだ高さは其の點に於ける波高を表はすから、基礎堤の上並に其の前方に於ける波高を 5 糎毎に測る事が出来る。水面が b より低い場合には

波の上部だけが紙に觸れる事となるが、 b から水面迄の距離を紙上に印された高さに加へれば波高となる。色素は new cocine と稱するものを用ひた。

3. 實 験 の 結 果

實験の結果は附表第一乃至附表第十六に示してある通りで、昭和 5 年 7 月に行つたものである。

基礎堤の法は 1:1, 1:1.5, 1:2, 1:3, 1:5 の 5 種とし、受波板の位置は三つの場合、即ち

附表第一乃至附表第五は受波板が法肩より 20 糎離れた場合

附表第七乃至附表第十一は同じく 10 糎離れた場合

附表第十二乃至附表第十六は受波板が法肩の上にある場合とした。外に附表第六に基礎堤のなき直立壁の場合を示した。

受波板の大きさは 20 糎平方にて、之れに働く波力 P を 400 にて除したものを p とし

$$p = \frac{K \gamma h^2}{h+d}$$

但し h : 波高 (糎), γ : 水の重さ (瓦), d : 水深 (糎)

に依り K を出した。

受波板の位置と波との關係を示すには $(1 - \frac{M}{h})$ を以てした、 M は波の峯より受波板の中心に至る高差、即ち底から波の峯迄の高さ $(h+d)$ より、底から受波板の中心迄の高さを減じたもので、 $(1 - \frac{M}{h})$ の値が 0 の時は板の中心が波谷と一致した時、1 の時は中心が波の峯と一致した時、又 (+) の時は中心が波の谷より上にある時、(-) の時は中心が波の谷より下にある時である (本會誌第十五卷第五號 374 乃至 377 頁参照)。

附表第一以下附表第六に至る各表の $(1 - \frac{M}{h})$ を x , K を y とし、圖上に點を置き曲線を畫くと、附圖第一乃至附圖第六となり、是等の曲線を纏めると附圖第七となる。附圖第七を見ると大體に $(1 - \frac{M}{h})$ が $-0.1 \sim -0.3$ の場合に K が最大である。即ち受波板の中心が波の谷より少し下にある時に波力が最大で、 K の値は 4 以上に達するものがある。

受波板が水底より或る高さにおいて、基礎堤などの無い場合に K の値は次の如く多くは 2 以下であつた。

| | K の 値 |
|------------------|--------------------------|
| 大正 15 年夏の實験 | 0.79~1.35 |
| 昭和 2 年 " | 1.01~1.82 |
| 受波板を 3 段に取付けたる實験 | 0.80~1.66 |
| 水槽内の實験 | 0.91~2.21 (本會誌第十五卷第五號参照) |

即ち基礎堤があるか、又は水底から直立した壁であると、 K の最大値は2倍か夫れ以上に増すのである。

附表第七以下各表に就ても $(1 - \frac{M}{h})$ と K の曲線を畫き、附表第八及び附表第九に示した。是等の圖に示す曲線を附圖第一乃至附圖第七の曲線と重合はすと大差は無い。即ち受波板が法肩にある場合も、10 糎奥にある場合も、20 糎奥にある場合と K の値は大差が無いと認めらる。尤も前二つの場合の實驗は其の數少く $(1 - \frac{M}{h})$ が (+) の場合のみで、20 糎奥にある場合ほど澤山の實驗を行つて居ないので充分では無いが、0 及び (-) の場合も K の値は 20 糎奥にある場合のと多少の差はあつても略同様では無いかと想はる。

受波板の位置が法肩より甚だしく隔る場合には、法の部分で變化を受けた波が水深の淺くなつた處を進んで來てあたると考へる事が出来る。此の場合に波力は距離が少ない場合より弱い事は明かである。然らば受波板が如何なる位置に於て最大波力を受け、其の位置より離れるに従つて弱くなる程度はどんなであるか。此の事を實驗的に調べる事は他日に譲り度い。

4. 本實驗の結果の應用に就て

本實驗は小さな模型で行つたもので、實際のものに比べると如何にも小さい。此の様な實驗で得た結果を實際に應用しても大きな間違は無いであらうか。此の疑を明かにするには、もつと實際に近い寸法のもので試験をせねばならぬ。然し其の様な實驗は經費が多い上に、可成りの困難が伴ふので容易でない。房州の海岸にて極く小さな波に對して、基礎堤の無い場合の實驗を行つて得た結果を水槽内で行つて得た結果に比べると、前者の波力の方が弱い。此の理由の一つは水槽内では完全な寄波であるのに、實際の場合には混つた波である爲と思はれる。此の様な事から推して考へると、本實驗から得た結果を用ふる計算は安全な方ではないかと思はれる。

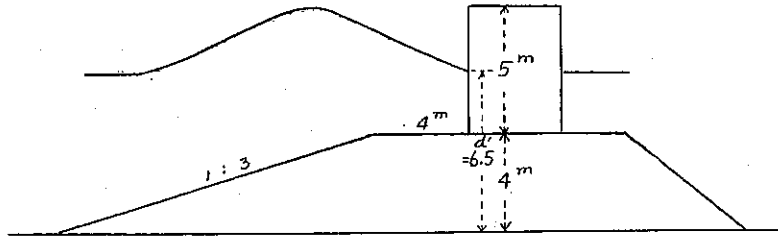
次に本實驗の受波板の大きさは 20 糎×20 糎で、7~15 糎の波高に對して相當大きなものである。而して凡ての場合に波力を 20×20 即ち 400 で除して毎平方糎に對する波力を出してあるが、是は單に平均の波力を出したものであつて、決して實際に一樣の波力が働くのでは無い。言ひ換へれば全面に働く波力の合成力は面の中心を通ると決まつて居ない。實驗の際殆んど凡ての場合に受波板全面に水がかゝるが、水位の低い場合には板の上部は飛沫のみがかゝる時があつた。

尚實際の防波堤の側面は垂直で無く色々の傾斜をなし、又其の前に方塊などの置かれたものもある。此の様な異なる形に對して、波力は如何であるかに就ては追つて論ずる積りである。

5. 波力計算の例

第五圖に示す假想の断面に就て波力を計算すれば次の如くなる。

第五圖



基礎堤の傾斜 1:3 であるから、附圖第三の曲線を見ると、最大波力は $1 - \frac{M}{h} = -0.3$ の邊で起つて居る。此の式で $h=3$ 米とすれば、 $M=3.9$ となる。然るに $M=h+d-d'$ であるから、 $d=M-h+d'=3.9-3+6.5=7.4$ となる。即ち水深が 7.4 米の時に波力が最大となる。

$$p = \frac{K \gamma h^2}{h+d}$$

の式を用ひ、 $K=4$ 、 $\gamma=1000 \text{ kg/m}^3$ 、 $h=3$ 、 $d=7.4$ として p を出すと、

$$p = \frac{4 \times 3^2 \times 1000}{3+7.4} = 3500 \text{ kg/m}^2$$

となり、之れを側面長さ 1 米に對する面積 5 平方米に乗ずれば、壁にあたる總波力 P は

$$P = 5 \times 3500 = 17.5 \text{ 噸}$$

となる。

大學紀要第十冊第一號の中に故廣井博士は各所の防波堤に就て波力を計算せられてあるが(其の譯文は本會誌第六卷第二號にあり)、夫れ等の例の中にて波高の判つて居るものを探り、著者の式を以て概略の計算を試みると次の如くである。

1. Colombo 防波堤

幅員 24 呎、高さ 23 呎の断面を有する部分が波の爲に 15 呎移動した。波力を受けた面積は延長 1 呎に付き 18 平方呎であつたから、

$$\text{每平方呎當り波力} = 24 \times 23 \times 80 \times 0.7 \times \frac{1}{18} = 1717 \text{ lbs.}$$

以上となる。當時の水深 25 呎、波高 15 呎、波の方向と防波堤となす角度 58° と言はれて居る。著者の式で計算すると、

$$p = K \frac{\gamma h^2}{h+d} \sin^2 58^\circ = 4 \times \frac{64 \times 15^2}{15+25} \times 0.848^2 = 1035 \text{ lbs/sq.ft}$$

波高 15 呎は過小のやうに見えるが故博士は言はれたが、若し之れが 20 呎であつたら、
 $p=1635$ 封度となり、21 呎であつたら、 $p=1763$ 封度となる。

2. 米國 Milwaukee にて 1891 年に幅 24 呎、高さ 22.5 呎の防波堤が波の爲に倒れたが、
 波力を計算すると、1100 封度/平方呎となる。観測された最高波は 12 呎と言はれ、水深は
 32 呎であつた。依つて

$$p=4 \times \frac{62 \times 12^2}{12+32} = 811 \text{ lbs/sq.ft}$$

若し波高が 14 呎であつたなら、

$$p=4 \times \frac{62 \times 14^2}{14+32} = 1056 \text{ lbs/sq.ft}$$

となる。

3. 米國 Buffalo の防波堤が 1899 年に波の爲に崩れたが、波力は 1145~1718 封度/平方
 呎と算定された。水深 25 呎、波高 20 呎とすると、

$$p=4 \times \frac{62 \times 20^2}{20+25} = 2204 \text{ lbs/sq.ft}$$

となる。

附表第一 (α'β'=20cm, β'δ' 法=1:1)

昭和5年7月29日

| No | 波高 h cm | 水深 d cm | αα'' cm | 波力 P gf/cm ² | 全 P gf/cm ² | K | 1- $\frac{M}{\lambda}$ |
|----|------------|------------|------------|----------------------------|---------------------------|------|------------------------|
| 1 | 15.2 | 15.4 | 15.0 | 1440 | 3.60 | .48 | .98 |
| 2 | 14.4 | " | " | 1320 | 3.30 | .44 | 1.04 |
| 3 | 14.8 | " | " | 1480 | 3.70 | .54 | 1.01 |
| 4 | 15.0 | 17.9 | 17.5 | 2330 | 5.83 | .85 | .83 |
| 5 | 15.0 | " | " | 2580 | 6.45 | .94 | .83 |
| 6 | 14.7 | " | " | 2080 | 5.20 | .78 | .85 |
| 7 | 14.0 | 20.4 | 20.0 | 2840 | 7.10 | 1.24 | .71 |
| 8 | 13.6 | " | " | 2500 | 6.25 | 1.14 | .73 |
| 9 | 14.7 | " | " | 2860 | 7.15 | 1.16 | .68 |
| 10 | 12.8 | 22.9 | 22.5 | 3040 | 7.60 | 1.65 | .58 |
| 11 | 13.0 | " | " | 3100 | 7.75 | 1.64 | .58 |
| 12 | 13.2 | " | " | 3200 | 8.00 | 1.65 | .57 |
| 13 | 11.2 | 25.4 | 25.0 | 2770 | 6.93 | 2.04 | .44 |
| 14 | 13.1 | " | " | 3680 | 9.20 | 2.06 | .38 |
| 15 | 11.1 | " | " | 2960 | 7.40 | 2.13 | .49 |
| 16 | 9.9 | 27.9 | 27.5 | 2800 | 7.00 | 2.69 | .25 |
| 17 | 11.4 | " | " | 3750 | 9.38 | 2.83 | .22 |
| 18 | 9.7 | " | " | 2910 | 7.28 | 2.91 | .25 |
| 19 | 9.3 | 30.4 | 30.0 | 2850 | 7.13 | 3.20 | 0 |
| 20 | 10.7 | " | " | 3500 | 8.75 | 3.15 | 0 |
| 21 | 10.1 | " | " | 3150 | 7.88 | 3.10 | 0 |
| 22 | 11.0 | 32.9 | 32.5 | 3320 | 8.05 | 2.91 | -1.22 |
| 23 | 9.0 | " | " | 3680 | 9.20 | 4.75 | -1.27 |
| 24 | 10.8 | " | " | 4210 | 10.50 | 3.92 | -1.23 |
| 25 | 9.8 | 35.4 | 35.0 | 2750 | 6.88 | 3.25 | -1.51 |
| 26 | 10.1 | " | " | 2910 | 7.28 | 3.25 | -1.49 |
| 27 | 9.5 | " | " | 2220 | 5.55 | 2.76 | -1.52 |

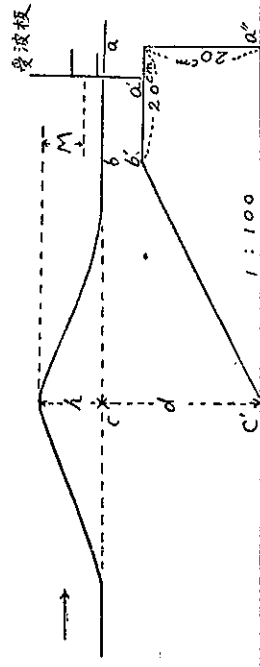
表中符號說明

波力 P 受波板に働く全波力

$$\text{同 } P = \frac{P}{400}$$

$$K = \frac{K \cdot h^2}{h + d} \text{ 中の } K \text{ なり}$$

其の他圖に示す通りなり



附表第二 (a'b'=20cm, b'c' 法=1:1.5)

昭和5年7月28日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 P gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{K}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 11.3 | 15.5 | 15.0 | 820 | 2.05 | .43 | 1.32 |
| 2 | 12.6 | " | " | 990 | 2.48 | .43 | 1.19 |
| 3 | 13.0 | " | " | 1130 | 2.82 | .47 | 1.15 |
| 4 | 11.8 | 18.0 | 17.5 | 1510 | 3.78 | .81 | 1.06 |
| 5 | 11.4 | " | " | 1430 | 3.58 | .81 | 1.09 |
| 6 | 11.7 | " | " | 1260 | 3.15 | .68 | 1.07 |
| 7 | 10.5 | 20.5 | 20.0 | 2450 | 6.13 | 1.73 | .95 |
| 8 | 10.7 | " | " | 1540 | 3.86 | 1.05 | .93 |
| 9 | 10.6 | " | " | 1400 | 3.50 | .97 | .94 |
| 10 | 8.9 | 23.0 | 22.5 | 1350 | 3.38 | 1.36 | .84 |
| 11 | 9.9 | " | " | 1620 | 4.05 | 1.36 | .75 |
| 12 | 10.8 | " | " | 2030 | 5.08 | 1.47 | .69 |
| 13 | 9.8 | 25.5 | 25.0 | 1920 | 4.80 | 1.77 | .51 |
| 14 | 10.2 | " | " | 2060 | 5.15 | 1.76 | .49 |
| 15 | 9.4 | " | " | 1100 | 2.75 | 1.65 | .67 |
| 16 | 9.4 | 28.0 | 27.5 | 2170 | 5.43 | 2.30 | .26 |
| 17 | 9.9 | " | " | 2330 | 5.83 | 2.27 | .25 |
| 18 | 7.8 | " | " | 1790 | 4.48 | 2.63 | .32 |
| 19 | 9.0 | 30.5 | 30.0 | 2330 | 5.83 | 2.84 | 0 |
| 20 | 8.4 | " | " | 2060 | 5.15 | 2.83 | 0 |
| 21 | 9.2 | " | " | 2310 | 5.78 | 2.70 | 0 |
| 22 | 7.8 | 31.0 | 32.5 | 2570 | 6.43 | 4.23 | -.32 |
| 23 | 8.9 | " | " | 3320 | 8.30 | 4.39 | -.28 |
| 24 | 8.9 | " | " | 3400 | 8.50 | 4.50 | -.28 |
| 25 | 8.7 | 35.5 | 35.0 | 2280 | 5.70 | 3.30 | -.57 |
| 26 | 8.3 | " | " | 2000 | 5.00 | 3.14 | -.60 |
| 27 | 7.2 | " | " | 2140 | 5.35 | 4.35 | -.69 |

(主 体 全 部 第 十 七 卷 第 四 章 附 表 二)

附表第三 (a'b'=20cm, b'c' 法=1:2)

昭和5年7月22日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 P gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{K}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 13.3 | 15.6 | 15.0 | 1350 | 3.38 | .55 | 1.13 |
| 2 | 14.3 | " | " | 1520 | 4.05 | .59 | 1.05 |
| 3 | 17.5 | " | " | 1310 | 3.28 | .35 | .85 |
| 4 | 12.6 | 18.1 | 17.5 | 2040 | 5.10 | .98 | .92 |
| 5 | 13.2 | " | " | 2220 | 5.55 | 1.00 | .94 |
| 6 | 12.8 | " | " | 1950 | 4.88 | .92 | .90 |
| 7 | 8.5 | 20.6 | 20.0 | 1130 | 2.82 | 1.13 | 1.17 |
| 8 | 11.4 | " | " | 2140 | 5.35 | 1.36 | .87 |
| 9 | 12.3 | " | " | 2580 | 6.45 | 1.40 | .81 |
| 10 | 11.0 | 23.1 | 22.5 | 2580 | 6.45 | 1.81 | .68 |
| 11 | 12.4 | " | " | 3200 | 8.00 | 1.85 | .60 |
| 12 | 12.5 | " | " | 3260 | 8.15 | 1.85 | .60 |
| 13 | 10.8 | 25.6 | 25.0 | 2750 | 6.88 | 2.15 | .46 |
| 14 | 11.7 | " | " | 3140 | 7.85 | 2.14 | .42 |
| 15 | 11.2 | " | " | 2820 | 7.05 | 2.07 | .44 |
| 16 | 10.3 | 28.1 | 27.5 | 2910 | 7.28 | 2.62 | .24 |
| 17 | 10.8 | " | " | 3180 | 7.95 | 2.65 | .23 |
| 18 | 9.0 | " | " | 2360 | 5.90 | 2.71 | .27 |
| 19 | 10.0 | 30.6 | 30.0 | 3070 | 7.68 | 3.12 | 0 |
| 20 | 10.3 | " | " | 3670 | 9.18 | 3.54 | 0 |
| 21 | 10.0 | " | " | 3840 | 9.60 | 3.90 | 0 |
| 22 | 9.6 | 33.1 | 32.5 | 3340 | 8.35 | 3.86 | -.26 |
| 23 | 10.4 | " | " | 3440 | 8.60 | 3.45 | -.24 |
| 24 | 9.3 | " | " | 3400 | 8.50 | 4.16 | -.26 |
| 25 | 9.4 | 35.6 | 35.0 | 2750 | 6.88 | 3.50 | -.53 |
| 26 | 8.3 | " | " | 2480 | 6.20 | 3.95 | -.60 |
| 27 | 9.9 | " | " | 2490 | 6.75 | 3.14 | -.50 |

附表第四 (d'/l'=20cm, b'/c' 法=1:3)

昭和5年7月21日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 P 97/cm ² | K | 1-M K |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|----------|
| 1 | 13.3 | 15.8 | 15.0 | 770 | 7.93 | .32 | 1.13 |
| 2 | 10.7 | " | " | 830 | 2.08 | .48 | 1.40 |
| 3 | 10.1 | " | " | 720 | 1.80 | .45 | 1.49 |
| 4 | 11.7 | 18.3 | 17.5 | 1,560 | 3.90 | .85 | 1.07 |
| 5 | 12.8 | " | " | 1,860 | 4.65 | .88 | .98 |
| 6 | 10.9 | " | " | 1,350 | 3.38 | .83 | 1.15 |
| 7 | 10.3 | 20.8 | 20.0 | 1,780 | 4.45 | 1.31 | .97 |
| 8 | 13.3 | " | " | 3,070 | 7.68 | 1.48 | .75 |
| 9 | 11.6 | " | " | 2,150 | 5.38 | 1.29 | .86 |
| 10 | 11.0 | 23.3 | 22.5 | 2,520 | 6.30 | 1.79 | .68 |
| 11 | 11.5 | " | " | 2,750 | 6.88 | 1.81 | .65 |
| 12 | 8.9 | " | " | 1,810 | 4.53 | 1.85 | .84 |
| 13 | 10.5 | 25.8 | 25.0 | 2,520 | 6.30 | 2.07 | .47 |
| 14 | 8.0 | " | " | 1,700 | 4.25 | 2.25 | .62 |
| 15 | 12.2 | " | " | 3,480 | 8.70 | 2.55 | .41 |
| 16 | 9.9 | 28.3 | 27.5 | 2,690 | 6.73 | 2.62 | .25 |
| 17 | 10.1 | " | " | 2,960 | 7.40 | 2.79 | .24 |
| 18 | 10.5 | " | " | 3,180 | 7.95 | 2.81 | .23 |
| 19 | 9.0 | 30.8 | 30.0 | 2,850 | 7.13 | 3.49 | 0 |
| 20 | 10.8 | " | " | 4,440 | 11.10 | 3.94 | 0 |
| 21 | 11.0 | " | " | 4,380 | 10.95 | 3.77 | 0 |
| 22 | 10.2 | 33.3 | 32.5 | 3,450 | 8.63 | 4.02 | -.24 |
| 23 | 10.0 | " | " | 3,750 | 9.38 | 4.06 | -.24 |
| 24 | 9.8 | " | " | 2,960 | 7.40 | 3.34 | -.25 |
| 25 | 8.8 | 35.8 | 35.0 | 2,960 | 7.40 | 4.27 | -.57 |
| 26 | 9.4 | " | " | 2,600 | 6.50 | 3.32 | -.53 |
| 27 | 10.3 | " | " | 2,690 | 6.73 | 2.92 | -.48 |

(北多摩郡第十七卷 陸防部)

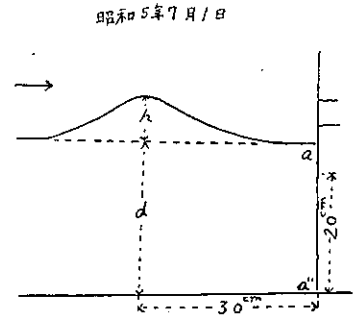
附表第五 (d'/l'=20cm, b'/c' 法=1:5)

昭和5年7月8日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 P 97/cm ² | K | 1-M K |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|----------|
| 1 | 10.2 | 16.2 | 15.0 | 390 | .97 | .25 | 1.47 |
| 2 | 10.9 | " | " | 740 | 1.85 | .43 | 1.38 |
| 3 | 9.4 | " | " | 550 | 1.37 | .39 | 1.60 |
| 4 | 8.5 | 18.7 | 17.5 | 720 | 1.80 | .68 | 1.47 |
| 5 | 10.0 | " | " | 820 | 2.05 | .59 | 1.25 |
| 6 | 11.4 | " | " | 1,045 | 2.61 | .60 | 1.10 |
| 7 | 8.9 | 21.2 | 20.0 | 870 | 2.17 | .83 | 1.12 |
| 8 | 10.6 | " | " | 3,500 | 8.75 | 2.41 | .94 |
| 9 | 9.8 | " | " | 2,180 | 5.45 | 1.76 | 1.02 |
| 10 | 10.0 | 23.7 | 22.5 | 1,920 | 4.80 | 1.62 | .75 |
| 11 | 10.7 | " | " | 2,880 | 7.20 | 2.16 | .70 |
| 12 | 9.5 | " | " | 1,860 | 4.65 | 1.71 | .79 |
| 13 | 10.7 | 26.2 | 25.0 | 3,370 | 8.42 | 2.71 | .47 |
| 14 | 11.2 | " | " | 3,920 | 9.80 | 2.93 | .45 |
| 15 | 8.4 | " | " | 2,440 | 6.10 | 2.99 | .59 |
| 16 | 9.0 | 28.7 | 27.5 | 3,070 | 7.67 | 3.56 | .27 |
| 17 | 9.2 | " | " | 3,150 | 7.87 | 3.50 | .27 |
| 18 | 9.7 | " | " | 3,540 | 8.85 | 3.61 | .25 |
| 19 | 7.8 | 31.2 | 30.0 | 3,640 | 9.10 | 3.90 | 0 |
| 20 | 7.9 | " | " | 2,820 | 7.05 | 4.40 | 0 |
| 21 | 10.0 | " | " | 3,560 | 8.90 | 3.66 | 0 |
| 22 | 9.7 | 33.7 | 32.5 | 3,320 | 8.30 | 3.83 | -.25 |
| 23 | 8.8 | " | " | 2,850 | 7.12 | 3.91 | -.28 |
| 24 | 9.4 | " | " | 2,850 | 7.12 | 3.50 | -.26 |
| 25 | 8.8 | 36.2 | 35.0 | 2,660 | 6.65 | 3.87 | -.57 |
| 26 | 8.4 | " | " | 2,640 | 6.60 | 4.18 | -.59 |
| 27 | 9.5 | " | " | 2,740 | 6.85 | 3.46 | -.52 |

附表第六 高さ 20cm の板を垂直に固定し其の上に受波板を置いた場合

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa'' cm | 波力 P g | 左 P g/cm ² | K | $1 - \frac{M}{h}$ |
|-----|--------------|--------------|--------------|---------------------|----------------------------|------|-------------------|
| 1 | 12.0 | 12.8 | 12.5 | 1,240 ³⁷ | 3.10 | .53 | 1.43 |
| 2 | 10.0 | " | " | 1,180 | 2.95 | .67 | 1.72 |
| 3 | 9.0 | " | " | 250 | .62 | .16 | 1.91 |
| 4 | 12.2 | 15.3 | 15.0 | 1,130 | 2.82 | .52 | 1.20 |
| 5 | 14.0 | " | " | 1,270 | 3.17 | .48 | 1.05 |
| 6 | 10.6 | " | " | 1,500 | 3.75 | .87 | 1.39 |
| 7 | 12.2 | 17.8 | 17.5 | 2,280 | 5.70 | 1.16 | 1.00 |
| 8 | 12.1 | " | " | 2,470 | 6.17 | 1.26 | 1.00 |
| 9 | 12.2 | " | " | 2,110 | 5.27 | 1.07 | 1.00 |
| 10 | 13.0 | 20.3 | 20.0 | 2,110 | 5.27 | 1.05 | .75 |
| 11 | 12.5 | " | " | 3,040 | 7.60 | 1.62 | .77 |
| 12 | 12.9 | " | " | 3,530 | 8.82 | 1.76 | .75 |
| 13 | 12.6 | 22.8 | 22.5 | 3,500 | 8.75 | 1.99 | .57 |
| 14 | 13.4 | " | " | 4,210 | 10.52 | 2.09 | .54 |
| 15 | 11.6 | " | " | 3,500 | 8.75 | 2.24 | .62 |
| 16 | 11.2 | 25.3 | 25.0 | 3,420 | 8.55 | 2.52 | .42 |
| 17 | 11.7 | " | " | 3,810 | 9.52 | 2.57 | .40 |
| 18 | 12.0 | " | " | 4,140 | 10.35 | 2.72 | .39 |
| 19 | 9.1 | 27.8 | 27.5 | 2,500 | 6.25 | 2.96 | .24 |
| 20 | 10.8 | " | " | 3,530 | 8.82 | 2.91 | .20 |
| 21 | 10.2 | " | " | 3,180 | 7.95 | 2.95 | .21 |
| 22 | 8.8 | 30.3 | 30.0 | 2,520 | 6.30 | 3.17 | -.03 |
| 23 | 11.9 | " | " | 4,500 | 11.25 | 3.41 | -.02 |
| 24 | 10.0 | " | " | 3,560 | 8.90 | 3.70 | -.03 |
| 25 | 7.9 | 32.8 | 32.5 | 2,080 | 5.20 | 3.06 | -.35 |
| 26 | 10.6 | " | " | 3,100 | 7.75 | 2.97 | -.26 |
| 27 | 9.8 | " | " | 3,260 | 8.15 | 3.70 | -.28 |
| 28 | 9.1 | 35.3 | 35.0 | 2,410 | 6.02 | 3.35 | -.58 |
| 29 | 8.9 | " | " | 2,520 | 6.30 | 3.50 | -.59 |
| 30 | 9.0 | " | " | 2,330 | 5.82 | 3.23 | -.59 |
| 31 | 8.6 | 37.8 | 37.5 | 1,760 | 4.40 | 2.75 | -.91 |
| 32 | 9.1 | " | " | 2,390 | 5.97 | 3.50 | -.86 |
| 33 | 9.7 | " | " | 2,660 | 6.65 | 3.32 | -.81 |
| 34 | 9.5 | 40.3 | 40.0 | 2,300 | 5.75 | 3.20 | -1.08 |
| 35 | 10.8 | " | " | 2,820 | 7.05 | 3.21 | -.95 |
| 36 | 10.4 | " | " | 2,600 | 6.50 | 3.10 | -.99 |



2-4

附表第七 ($\alpha'U'=10\text{cm}$, $U'c'$ 法=1:1)

昭和5年7月20日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa' cm | 波力 P gr | 全 P gr/cm ² | K | $1-\frac{M}{K}$ |
|-----|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|------|-----------------|
| 1 | 13.0 | 15.4 | 15.0 | 1,590 | 3.98 | .66 | 1.15 |
| 2 | 12.4 | " | " | 1,460 | 3.67 | .56 | 1.21 |
| 3 | 13.8 | " | " | 1,180 | 2.95 | .45 | 1.08 |
| 4 | 13.5 | 20.4 | 20.0 | 2,910 | 7.28 | 1.35 | .74 |
| 5 | 15.5 | " | " | 3,920 | 9.80 | 1.47 | .65 |
| 6 | 11.7 | " | " | 1,980 | 4.95 | 1.16 | .85 |
| 7 | 10.8 | 25.4 | 25.0 | 3,010 | 7.53 | 2.35 | .46 |
| 8 | 11.7 | " | " | 3,230 | 8.08 | 2.20 | .42 |
| 9 | 12.0 | " | " | 3,320 | 8.30 | 2.15 | .41 |

附表第八 ($\alpha'U'=10\text{cm}$, $U'c'$ 法=1:1.5)

昭和5年7月28日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa' cm | 波力 P gr | 全 P gr/cm ² | K | $1-\frac{M}{K}$ |
|-----|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|------|-----------------|
| 1 | 11.5 | 15.5 | 15.0 | 1,100 | 2.75 | .56 | 1.30 |
| 2 | 10.2 | " | " | 880 | 2.20 | .54 | 1.47 |
| 3 | 11.0 | " | " | 1,180 | 2.95 | .64 | 1.36 |
| 4 | 9.4 | 20.5 | 20.0 | 1,130 | 2.82 | .93 | 1.06 |
| 5 | 9.9 | " | " | 1,580 | 3.95 | 1.22 | 1.01 |
| 6 | 10.0 | " | " | 1,320 | 3.30 | 1.01 | 1.00 |
| 7 | 8.1 | 25.5 | 25.0 | 1,320 | 3.30 | 1.69 | .61 |
| 8 | 8.7 | " | " | 1,760 | 4.40 | 1.99 | .57 |
| 9 | 9.3 | " | " | 2,200 | 5.50 | 2.21 | .53 |

附表第九 ($\alpha'U'=10\text{cm}$, $U'c'$ 法=1:2)

昭和5年7月22日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa' cm | 波力 P gr | 全 P gr/cm ² | K | $1-\frac{M}{K}$ |
|-----|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|------|-----------------|
| 1 | 13.8 | 15.6 | 15.0 | 1,730 | 4.33 | .67 | 1.09 |
| 2 | 8.1 | " | " | 500 | 1.25 | .70 | 1.85 |
| 3 | 14.9 | " | " | 1,810 | 4.53 | .62 | 1.00 |
| 4 | 11.0 | 20.6 | 20.0 | 2,170 | 5.44 | 1.94 | .91 |
| 5 | 10.9 | " | " | 2,220 | 5.55 | 1.47 | .91 |
| 6 | 11.7 | " | " | 2,080 | 5.20 | 1.23 | .85 |
| 7 | 10.7 | 25.6 | 25.0 | 3,180 | 7.95 | 2.52 | .46 |
| 8 | 10.7 | " | " | 3,040 | 7.60 | 2.40 | .46 |
| 9 | 10.8 | " | " | 3,130 | 7.84 | 2.45 | .46 |

附表第十 ($\alpha'U'=10\text{cm}$, $U'c'$ 法=1:3)

昭和5年7月21日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa' cm | 波力 P gr | 全 P gr/cm ² | K | $1-\frac{M}{K}$ |
|-----|--------------|--------------|-------------|--------------|-----------------------------|------|-----------------|
| 1 | 14.6 | 15.8 | 15.0 | 1,540 | 3.86 | .55 | 1.02 |
| 2 | 12.5 | " | " | 1,160 | 2.90 | .52 | 1.20 |
| 3 | 12.4 | " | " | 1,210 | 3.02 | .55 | 1.21 |
| 4 | 12.1 | 20.8 | 20.0 | 2,710 | 6.78 | 1.63 | .82 |
| 5 | 10.8 | " | " | 2,080 | 5.20 | 1.43 | .92 |
| 6 | 13.1 | " | " | 3,320 | 8.30 | 1.64 | .76 |
| 7 | 8.8 | 25.8 | 25.0 | 2,520 | 6.30 | 2.82 | .57 |
| 8 | 10.7 | " | " | 2,770 | 6.93 | 2.22 | .47 |
| 9 | 11.3 | " | " | 3,700 | 9.25 | 2.70 | .41 |

附表第十一 (a'b'=10cm, b'c'法=1:5)

昭和5年7月8日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 p gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{h}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 10.7 | 16.2 | 15.0 | 520 | 1.30 | .31 | 1.38 |
| 2 | 11.3 | " | " | 610 | 1.52 | .33 | 1.33 |
| 3 | 12.0 | " | " | 660 | 1.62 | .33 | 1.25 |
| 4 | 11.5 | 21.2 | 20.0 | 2,660 | 6.65 | 1.64 | .87 |
| 5 | 11.4 | " | " | 1,980 | 4.95 | 1.25 | .88 |
| 6 | 10.9 | " | " | 2,660 | 6.65 | 1.80 | .92 |
| 7 | 7.7 | 26.2 | 25.0 | 2,410 | 6.02 | 3.40 | .65 |
| 8 | 11.0 | " | " | 4,120 | 10.30 | 3.17 | .45 |
| 9 | 10.8 | " | " | 4,280 | 10.20 | 3.23 | .46 |

附表第十三 (受波板 b' にあり, b'c' 法=1:1.5)

昭和5年7月28日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 p gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{h}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 11.2 | 15.5 | 15.0 | 990 | 2.48 | .52 | 1.33 |
| 2 | 12.2 | " | " | 1,100 | 2.75 | .51 | 1.23 |
| 3 | 10.0 | " | " | 800 | 2.00 | .51 | 1.50 |
| 4 | 10.0 | 20.5 | 20.0 | 1,460 | 3.65 | 1.11 | 1.00 |
| 5 | 10.9 | " | " | 1,540 | 3.85 | 1.01 | .91 |
| 6 | 10.0 | " | " | 1,370 | 3.43 | 1.04 | 1.00 |
| 7 | 9.2 | 25.5 | 25.0 | 1,740 | 4.35 | 1.79 | .54 |
| 8 | 8.9 | " | " | 1,680 | 4.20 | 1.82 | .56 |
| 9 | 9.4 | " | " | 2,030 | 5.08 | 2.00 | .53 |

附表第十五 (受波板 b' にあり, b'c' 法=1:3)

昭和5年7月21日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 p gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{h}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 10.9 | 15.8 | 15.0 | 830 | 2.08 | .47 | 1.38 |
| 2 | 13.4 | " | " | 1,350 | 3.38 | .55 | 1.12 |
| 3 | 13.7 | " | " | 1,540 | 3.85 | .60 | 1.10 |
| 4 | 10.3 | 20.8 | 20.0 | 1,650 | 4.13 | 1.27 | .97 |
| 5 | 10.7 | " | " | 1,780 | 4.45 | 1.08 | .93 |
| 6 | 11.7 | " | " | 2,300 | 5.75 | 1.37 | .85 |
| 7 | 10.6 | 25.8 | 25.0 | 2,880 | 7.20 | 2.33 | .47 |
| 8 | 11.2 | " | " | 3,400 | 8.50 | 2.50 | .44 |
| 9 | 9.7 | " | " | 2,650 | 6.63 | 2.50 | .51 |

附表第十二 (受波板 b' にあり, b'c' 法=1:1)

昭和5年7月29日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 p gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{h}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 11.1 | 15.4 | 15.0 | 2,440 | 6.10 | 1.31 | 1.35 |
| 2 | 12.4 | " | " | 850 | 2.12 | .38 | 1.21 |
| 3 | 10.7 | " | " | 1,070 | 2.68 | .59 | 1.40 |
| 4 | 11.0 | 20.4 | 20.0 | 2,710 | 6.78 | 1.76 | .91 |
| 5 | 11.2 | " | " | 1,840 | 4.60 | 1.16 | .89 |
| 6 | 12.0 | " | " | 1,760 | 4.40 | .99 | .83 |
| 7 | 12.2 | 25.4 | 25.0 | 2,000 | 5.00 | 1.26 | .41 |
| 8 | 11.7 | " | " | 3,370 | 8.43 | 2.30 | .42 |
| 9 | 10.5 | " | " | 3,320 | 8.30 | 2.70 | .47 |

附表第十四 (受波板 b' にあり, b'c' 法=1:2)

昭和5年7月22日

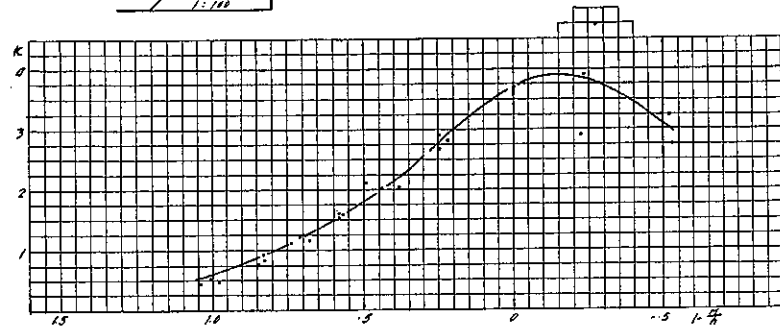
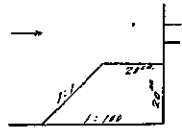
| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 p gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{h}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 13.5 | 15.6 | 15.0 | 1,620 | 4.05 | .64 | 1.10 |
| 2 | 13.9 | " | " | 1,540 | 3.86 | .59 | 1.04 |
| 3 | 15.6 | " | " | 1,890 | 4.72 | .60 | .96 |
| 4 | 12.0 | 20.6 | 20.0 | 2,000 | 5.00 | 1.13 | .83 |
| 5 | 11.8 | " | " | 2,030 | 5.08 | 1.18 | .84 |
| 6 | 11.4 | " | " | 2,000 | 5.00 | 1.23 | .89 |
| 7 | 10.5 | 25.6 | 25.0 | 2,580 | 6.45 | 2.11 | .47 |
| 8 | 11.0 | " | " | 2,910 | 7.28 | 2.20 | .45 |
| 9 | 10.8 | " | " | 2,960 | 7.40 | 2.31 | .46 |

附表第十六 (受波板 b' にあり, b'c' 法=1:5)

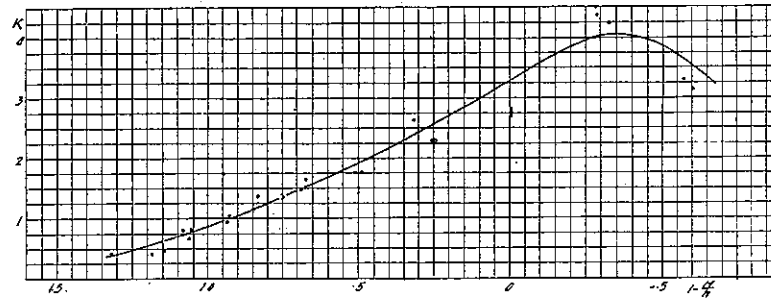
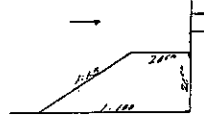
昭和5年7月8日

| No. | 波高 h cm | 水深 d cm | aa" cm | 波力 P gr | 全 p gr/cm ² | K | 1 - $\frac{M}{h}$ |
|-----|------------|------------|-----------|------------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 13.0 | 16.2 | 15.0 | 820 | 2.05 | .35 | 1.15 |
| 2 | 11.7 | " | " | 630 | 1.57 | .34 | 1.28 |
| 3 | 9.5 | " | " | 520 | 1.30 | .37 | 1.57 |
| 4 | 9.3 | 21.2 | 20.0 | 1,240 | 3.10 | 1.09 | 1.08 |
| 5 | 9.4 | " | " | 1,210 | 3.02 | 1.05 | 1.06 |
| 6 | 9.7 | " | " | 1,290 | 3.22 | 1.05 | 1.03 |
| 7 | 10.2 | 26.2 | 25.0 | 2,530 | 6.32 | 2.20 | .49 |
| 8 | 11.6 | " | " | 4,130 | 10.32 | 2.90 | .43 |
| 9 | 13.3 | " | " | 4,820 | 12.05 | 2.72 | .37 |

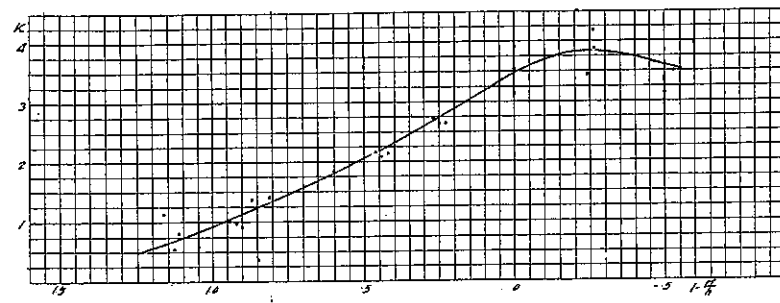
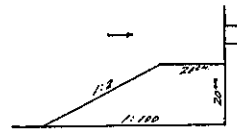
附圖第一



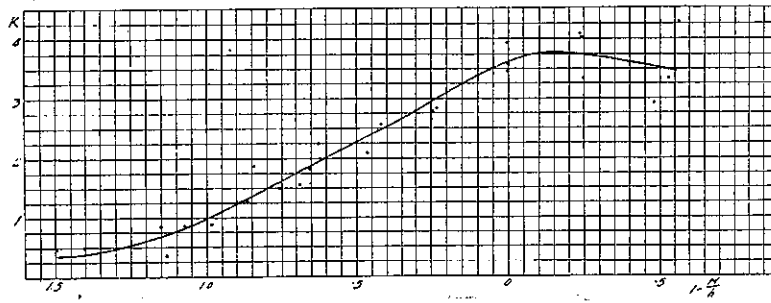
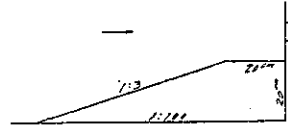
附圖第二



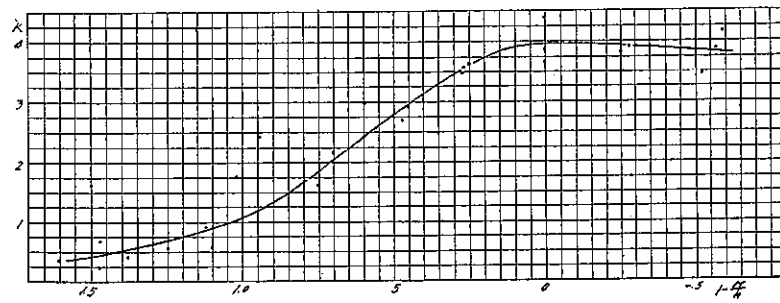
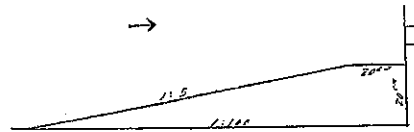
附圖第三



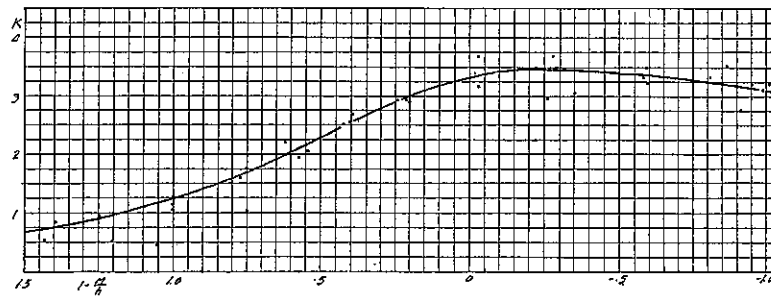
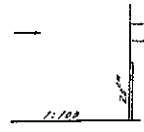
附圖第四



附圖第五

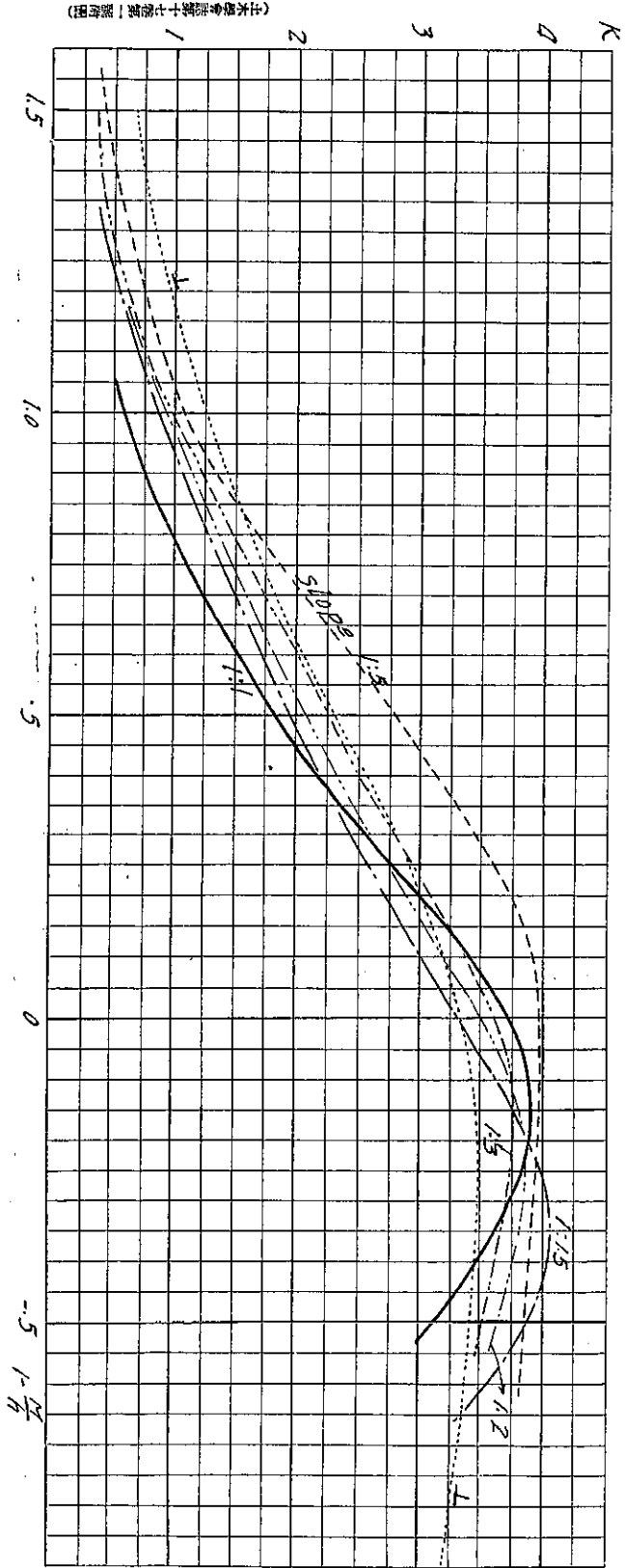
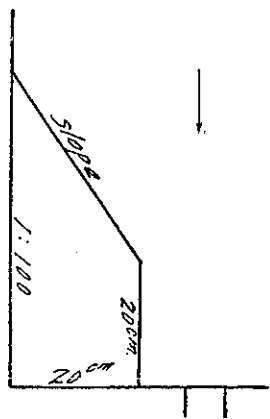


附圖第六



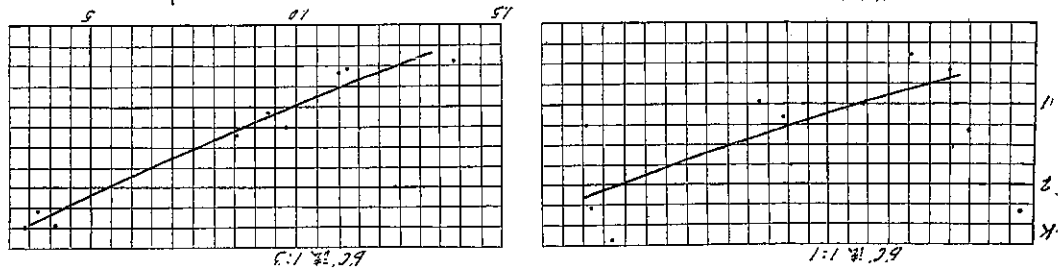
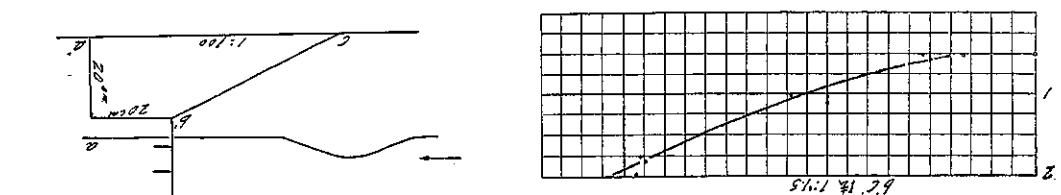
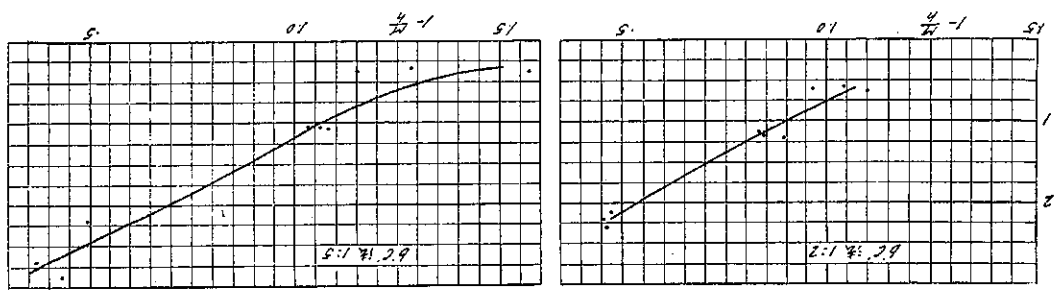
(土木學會誌第十七卷第一號附圖)

附圖第七

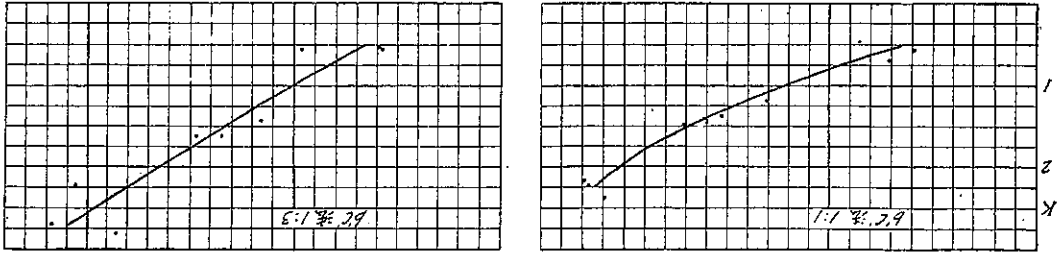
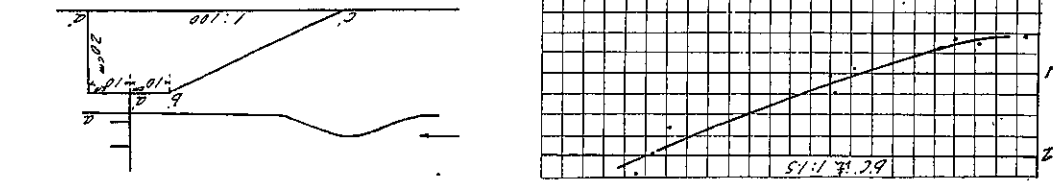
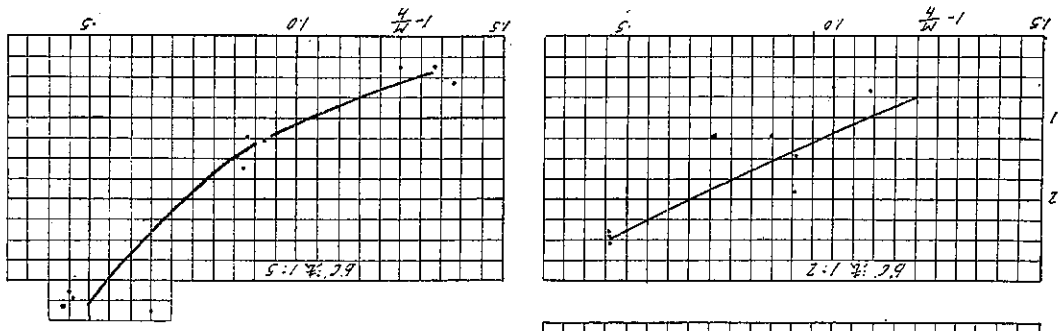


(此圖係根據十七號圖)

(圖中第一、二、三、四、五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十五、十六、十七、十八、十九、二十、二十一、二十二、二十三、二十四、二十五、二十六、二十七、二十八、二十九、三十、三十一、三十二、三十三、三十四、三十五、三十六、三十七、三十八、三十九、四十、四十一、四十二、四十三、四十四、四十五、四十六、四十七、四十八、四十九、五十)



附圖第九



附圖第八