九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

津屋崎分室平面水槽について

篠原，謹爾

池田，茂

遠藤，治郎

https://doi.org/10.15017/4743402

出版情報：應用力學研究所所報. 18, pp.1-18, 1961. 九州大学応用力学研究所
バージョン：
権利関係：

KYUSHU UNIVERSITY

津屋崎分室平面水槽について

篠原謹爾
池田茂
遠藤治郎

1 前がき

「海岸附近の波浪による災害防止に関する研究」に対し，昭和34年度から3ヶ年にわたつて文部省より特殊研究費を支給され，これにより，九州大学応用力学研究所津屋崎分室に平面水槽が設置せられることになつた．この中，昭和36年度分については目下工事中で同年度中に完了の見込みである．

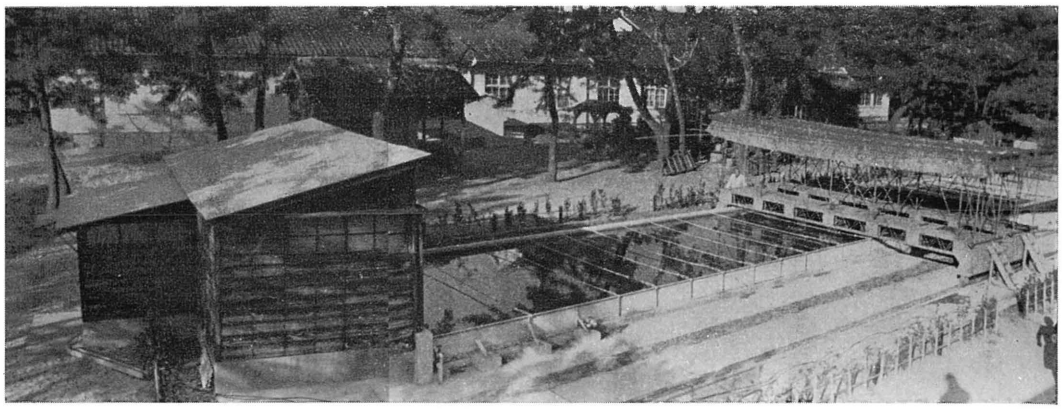
この水槽は海浜における波の変形，海岸変形，砕波や漂砂の問題，或いは防波堤，海岸堤防等に及ぼす波の影響，波の遮蔽効果などを模型実験的に調べるために利用せられるものである．

2 平面水槽及び附属設備

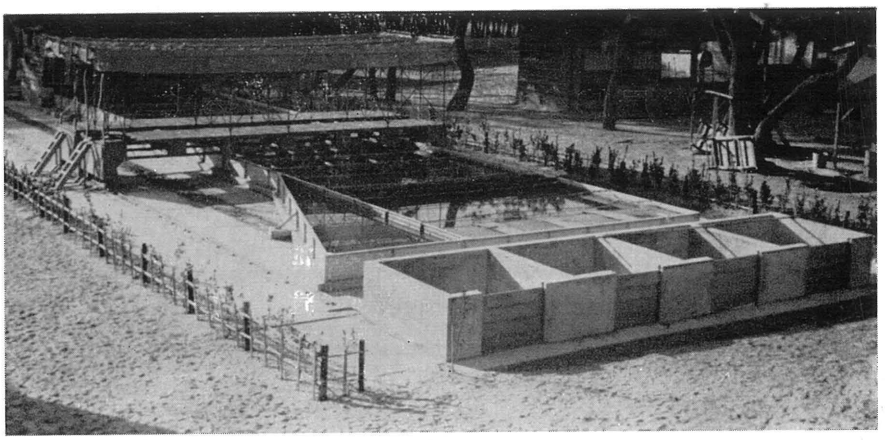
平面水槽の概観は写真-1のようである．また平面水槽の平面図及び断面図は第1図に示すようである．つぎに，主な設備の概要を説明する．

(1) 平面水槽

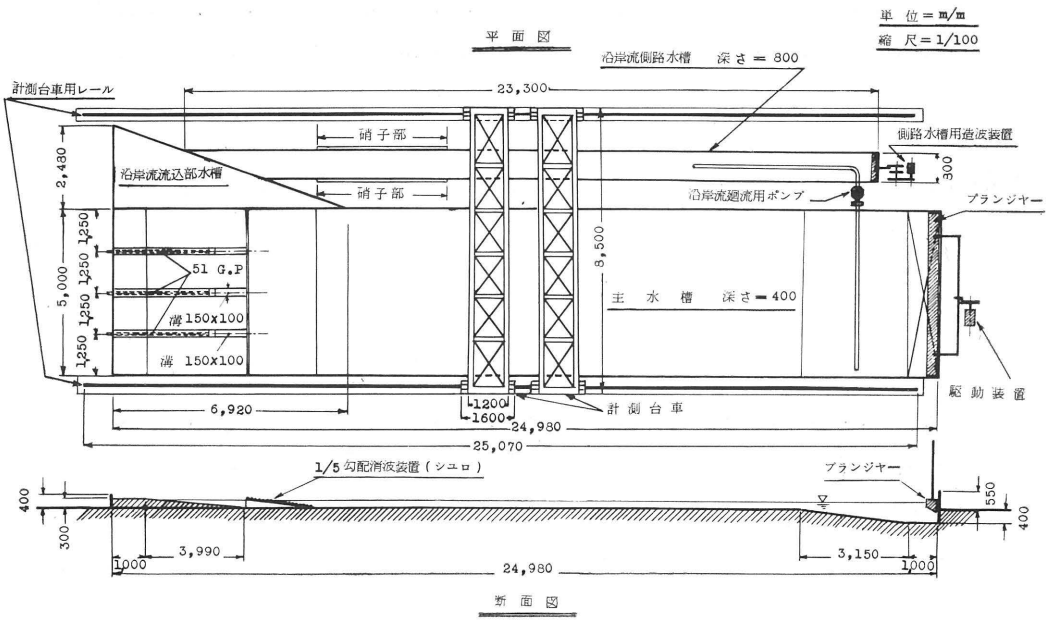
水槽の諸元



写真－1a



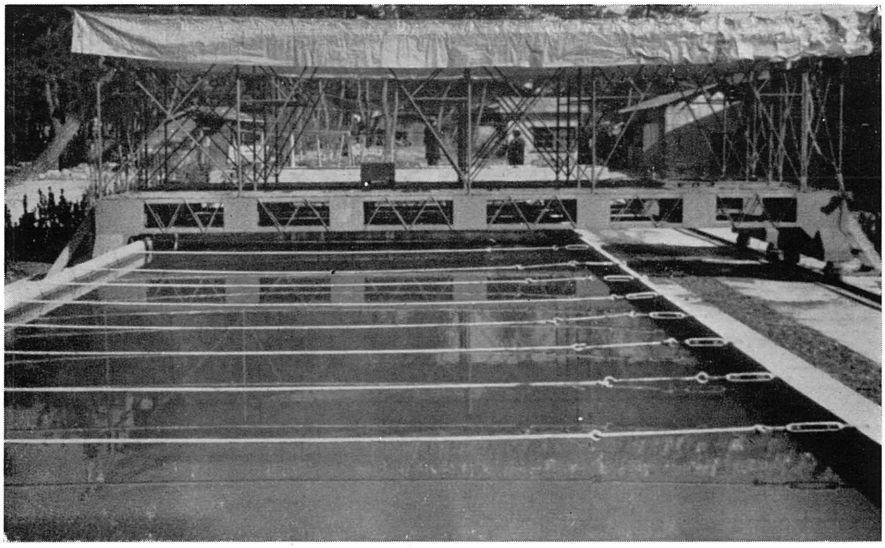
写 真 - 1 b



第　　1　　図

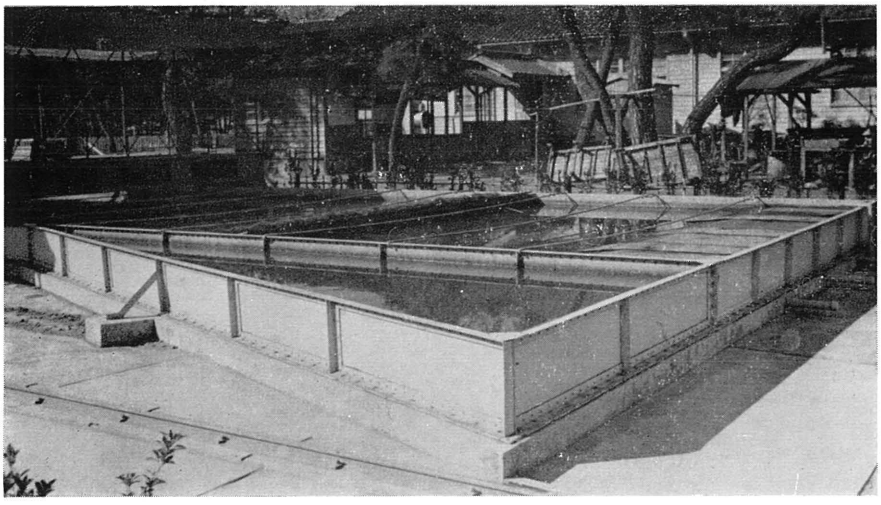
長　　さ	24.98 m
幅	5　m
高　　さ	0.4　m
最大使用水深	約 0.3　m

水槽は鋼製でコンクリート基礎の上に設置してある．一端に Plunger 型造波装置が設けられており，他端は勾配 1/13.3 のコンクリート製固定床とし，それにつづいて長さ 1 m の水平部がある（第 1 図参照）．また，コンクリート固定斜面にそうて沿岸流流出のため最

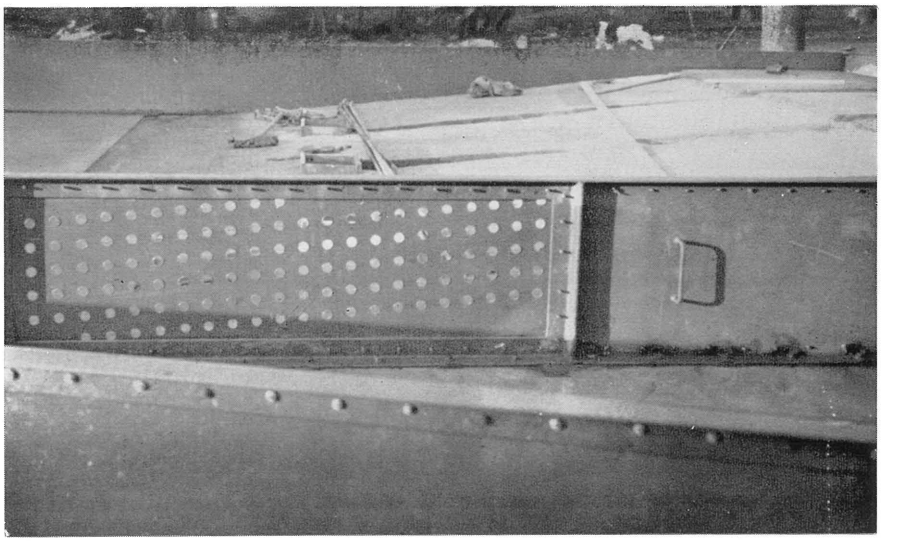


写　真　－　2

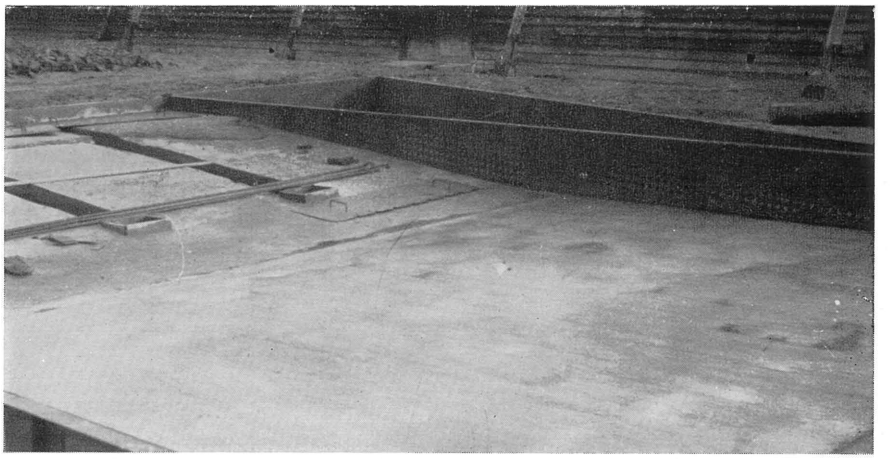
大幅 2.48m の三角形水槽が附属しており（写真－3 参照），この水槽へ流出した水を廻流させるため，平面水槽に平行して 0.8×0.8m，長さ 23m の側路水槽が設けられている（この部分は昭和 36 年度工事である）．側路水槽はまた．単独に小型水槽として波の実験に使用出来るように，他端に Flutter 型造波装置を設け，水槽の一部をガラス張りとして観測に便利なようにした．（第 2 図）．



写　真　－　3 a



写 真 - 3 b

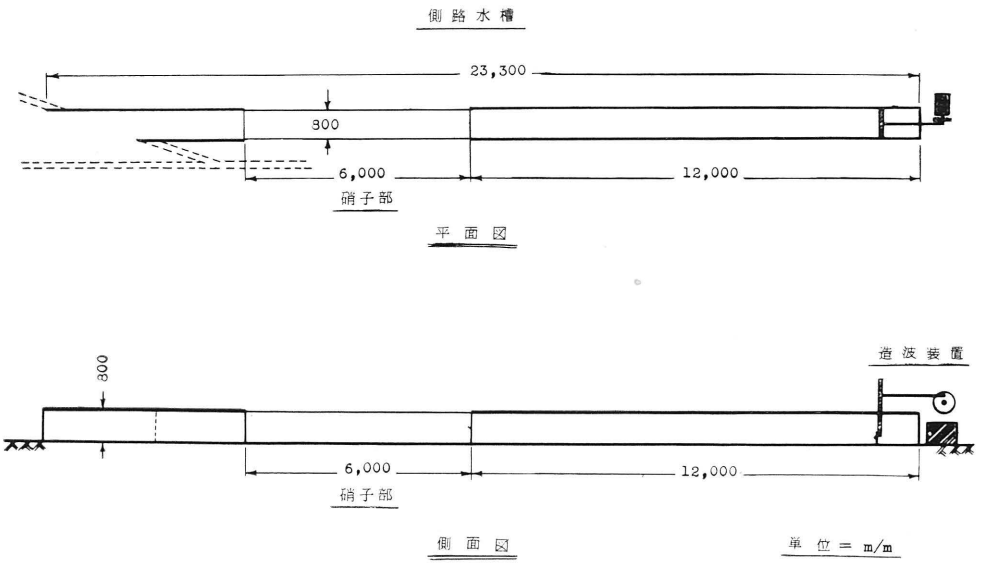


写 真 - 3 c

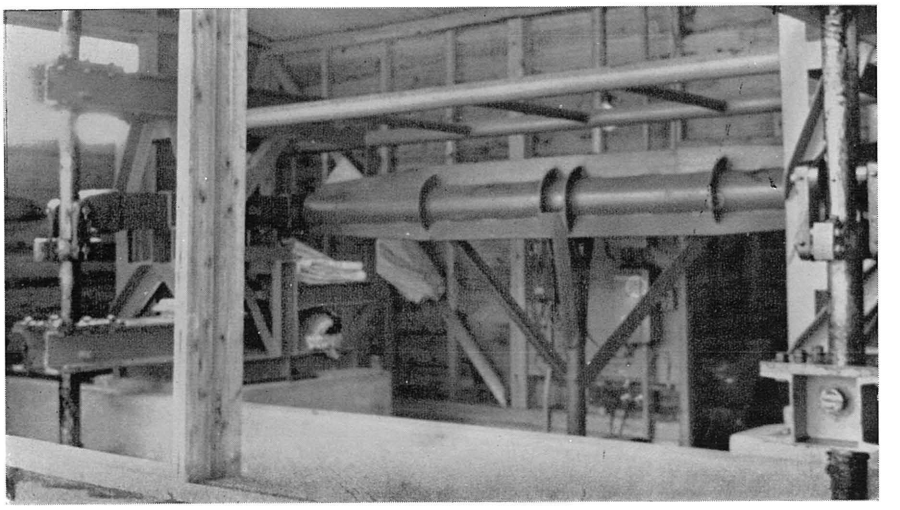
(2) Plunger 型造波装置（写真 — 4 a, b, c）

Plunger の諸元

全　　長	5　m（水槽巾）
幅　　（B）	0.3　m
高　　さ	0.4　m
作動吃水（d）	0.215 m
排水容積	0.223635 m^3
断面積（A）	0.04473　m^2



第　2　図

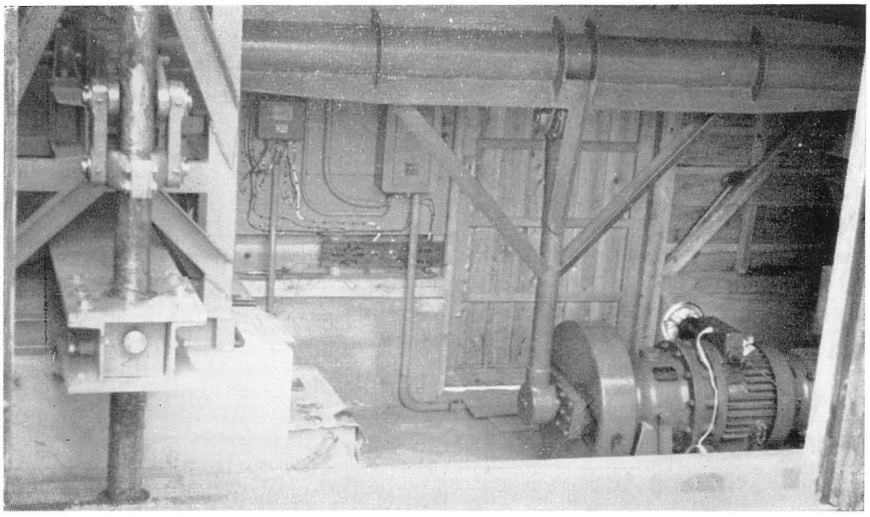


写真－4a

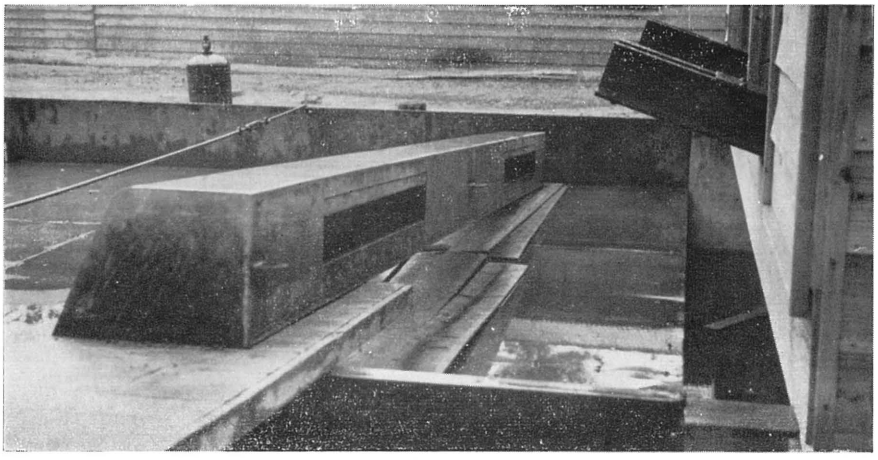
断面積比（A/Bd）　0.6934

断面形状は全熔接による製作が容易であるようにすべて直線形とし，彎曲部は円形となるようにした（第3図）．

駆動用電動機は特種外扇二重かご型交流電動機で3相，10馬力，4極，220ボルト，60サイクル，1800 r.p.m. 無段変速装置付である．出力軸回転数は 20～80 r.p.m.（波の周期としては，3～0.75秒）



写　真　－　4 b



写　真　－　4 c

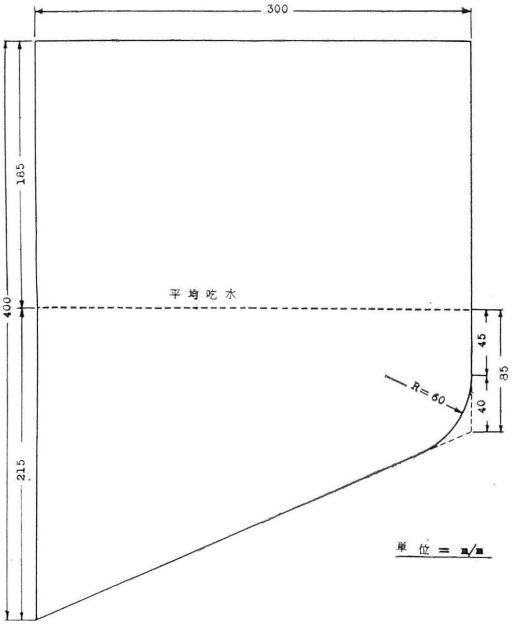
実験中観測場所で波の周期を任意にかえうるように遠隔操作方式を備えている．これはまた，電圧が変動する場合に，周期や波高の変動を出来るだけ少なくし，目的値に一定に保つようにするために役立つ．この方式によつて実験生成波の周期は 0.75～3 秒を連続的に調整出来る．

(3)　計 測 用 台 車

平面水槽内で計測点を任意に移動できるように，四輪付台車 2 台を設けている．造波装置のある場所に仮小屋を設けた外は水槽が野外にあるため，この計測用台車にはそれぞれ晴雨兼用の折たたみ式テトロン天幕を取付けている．台車の寸法は，スパン 8.5m，幅 1.3m である（写真－5）．

(4)　漂砂採集装置

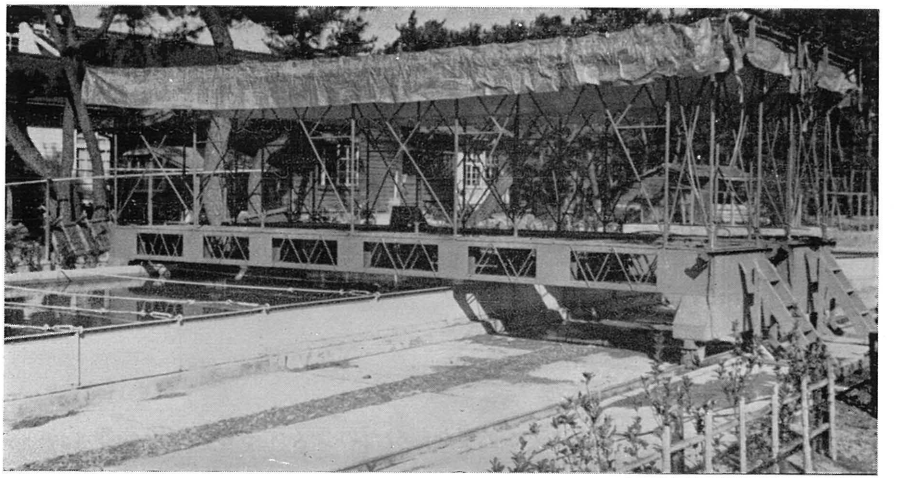
コンクリート固定床部分に水槽中心線上およびその左右1.25mの部分合計3ヶ所に幅 15cm，深さ 10cm の矩形断面の溝を設け，底部の移動砂を捕そくできるようにしてある．この部分にたまつた砂は直径 51mm の円管によつて水槽外部へみちびき出せるようになつている．



第　3　図

3　Plunger 型造波装置について

水槽で波をおこす方法としては，Flutter type, Plunger type, Pneumatic type, Piston type 等の造波装置が用いられているが，海岸工学的な研究には Flutter type のものを用いていることが多い．本水槽の造波装置の計画にあたつては，国内の主な海岸工学実験用水槽について，造波機の型式，原動機，変速装置，およびそれらの機能，設置後の状況等の調査を行つた．その結果は第1表に示すようである．



写　真　－　5

この表から知られるように Plunger type を用いているのは京都大学防災研究所宇治川水理実験所だけである．ここでは，海浜実験用扇形水槽および港湾模型実験水槽に採用している．前者は Plunger の幅 25cm，高さ 50cm で，断面形は大体においてパラボラで，

第 1 表　国内海岸工学実験室の造波装置調

	電源	造波機の種類及び電動機との結合方式	電圧変動及びその処理法	生成波の周期 T_w 秒	周期の変換法	備考
東京大学工学部土木工学教室	交流	フラッター型ベルトプーリー式	約±5％対策なし	0.7～2.5	機械的無段変速	
京都大学防災研究所 宇治川水理実験所	交流	プランジャー型 直結式	回転数の変動約2.5％なるべく実験を短時間にすます	0.3～1.8	機械的無段変速	T_w＝0.9～1.3秒位は波がきれいであるがこれより大きい場合も小さい場合も波が割れて実験が困難である
大阪市立大学工学部土木工学教室	交流	フラッター型ベルトプーリー式	専用配線のため電圧変動なし	1.0～2.5	機械的無段変速	
運輸技術研究所久里浜分室	交流	フラッター型チェーンドライブ式	考慮していない	1.0～4.0	機械的無段変速	
建設省土木研究所赤羽分室	交流	フラッター型ベルト・プーリー式	約±5％手動にて常に周期を合わせる	約0.5～2.0	機械的無段変速	

長さ 3.5m のものを 2 組連結し全長 7 m で使用している．後者は Plunger の幅 18cm，高さ 18cm で，断面形は 45° の傾斜をもつ直線形で，長さ 10m のものを 2 組全長 20m で使用している．波の周期が 0.9～1.3 秒程度であればきれいな波形がえられるが，この範囲外の周期では波がわれる傾向があり，特に水深が浅くなると完全に波がわれてしまうとのことである．

さて，本水槽の計画，設計においては，造波機の型式として次の理由で Plunger 型を採用することにした．

（i）Flutter type では造波板の前後動によりつくられた波が，板の前面および背面の両方向に進行するので，背面から出た波をできるだけ消波しなければ，その擾乱によつて造波板の運動が一様でなくなる．Plunger type では造波体の背面は垂直で，固定壁に接しているから背面への波の進行はない．

（ii）Flutter type では，スパンが大きくなれば，造波板の撓みによつて一様な平面波がえがたい．

(iii) 造波用原動機の馬力が小さくてすむ．

（iv）水槽の有効長さが消波装置に必要な部分だけ長くすることができる．

本研究所の田才福造博士[1]は Plunger の設計上の注意として次のことを指摘している．

(1) 断面形の選定について

実験範囲の波長に対して，常用振幅で規定の波高がえられるような断面形であることが

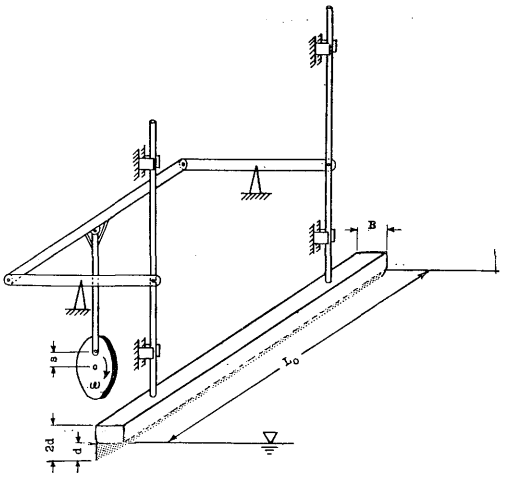
[1] 田才福造：Plunger type 造波機の特性，応用力学研究所所報，第 15 号，昭和 35 年

のぞましい.

(2)　駆動馬力について

造波機の馬力は生成波のエネルギーで計算されるが，このほかに変動抵抗や駆動機構による諸損失を考慮に入れて駆動馬力を決定する.

本水槽の設計に際しては，その断面形状，寸法の決定等について，田才博士の「船体の強制上下動によつて生ずる波に関する研究」[2] の結果を利用することにした.



第　4　図

いま，

L_0　Plunger の長さ

d　Plunger の平均吃水

B　Plunger の平均吃水における幅

σ　Plunger の断面の面積係数＝断面積/$B\cdot d$

$H_0 = B/d$

S　Plunger の振幅

ω　角速度

$H_w = 2\eta$ 生成波の波高

T_w　生成波の周期

$\overline{A} = \eta/S$ 振幅比

$\xi_0 = \dfrac{\omega^2}{g}B = \dfrac{2\pi B}{L_w}$　　Plunger の上下動のパラメーター

h　実験水深

まず，Plunger の断面形状であるが，田才博士の研究結果から

(1)　波高が小さいときには，吃水附近の断面は鉛直な側面をもつようにするときれいな波が生成される.

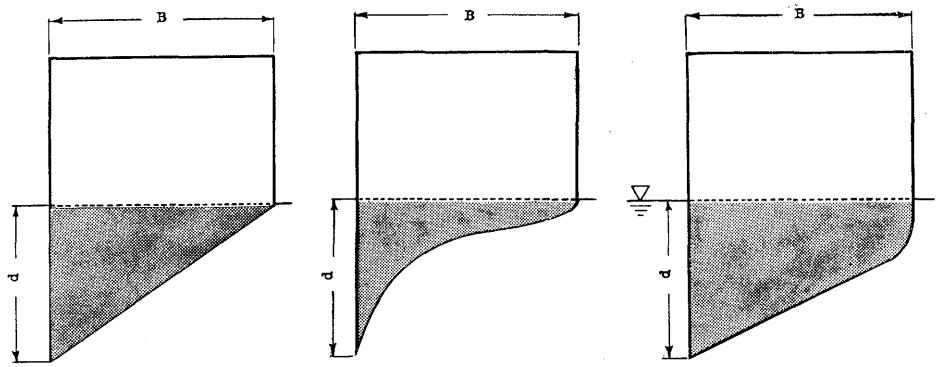
(2)　水深の浅いところでは底面が水平に近い形状はよくない.

(3)　σ を小さくする程，同じ周期に対し大きな波高の波がえられる.

等が知られるので，Plunger の断面形状としては Plunger の上下動の振幅の範囲内では

(2) F. Tasai: On the Damping Force and Added Mass of Ships Heaving and Pitching, Reports of Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu Univ., Vol. VII, No. 26, 1959

側面が鉛直であることがのぞましく，それ以下の部分は σ がなるべく小となるようなものがよい．$\sigma=0.5$ というのは第 5 (a) 図に示す形で，$\sigma<0.5$ とするには第 5 (b) 図の形としなければならない．又，Plunger が上下動する範囲は側面が鉛直であることがのぞましいことと，製作の簡易という点からできるだけ直線の組合せによる形としたいとの要求から結局第 5 (c) 図の形状を用いることにした．



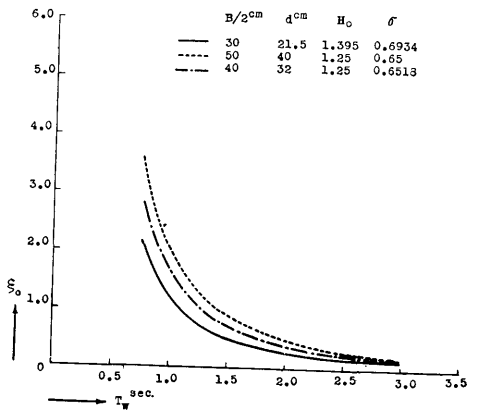
(a) $\sigma=0.5$　　(b) $\sigma<0.5$　　(c) $\sigma>0.5$

第　5　図

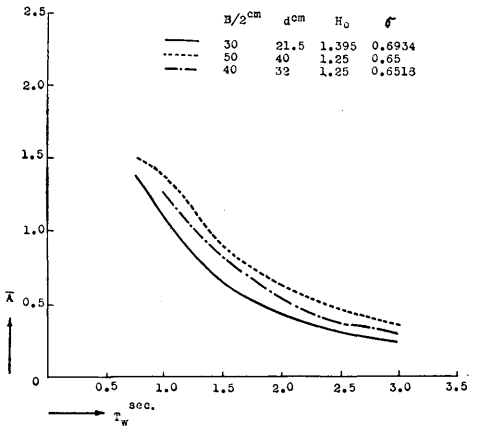
つぎに寸法であるが，平均吃水 d は水槽の水深から限定され，本水槽では最大水深が 40 cm であるから，$d\leqq 40$cm となる．波高については，当初最大 30cm を想定していたが，きれいな波形を得るには最大 10cm 位であることがわかつたので $2\eta\leqq 10$cm を目標とした．

田才博士の実験によると，普通の形の Plunger では $\xi_0=\dfrac{2\pi B}{L_w}$ が 0.3～1.3 の範囲で，$\overline{A}$ の値が，田才博士の理論による計算値と実験値がよく合つているので，ξ_0 がこの範囲におさまるように B を定めるのがのぞましい．また同じ B に対し周期の小さいところでは，(ξ_0 が大きいところになる)，$\overline{A}$ があまり変化しない方が便利である．このようなことを考慮に入れると，本水槽では，$H_0=B/d=1.25\sim1.5$，$\sigma=0.65\sim0.70$ のものが適当であることがわかつたので，$B=30$cm，$d=21.5$cm ($H_0=1.395$，$\sigma=0.6934$)；$B=40$cm，$d=32$cm ($H_0=1.25$，$\sigma=0.6518$)；及び $B=50$cm，$d=40$cm ($H_0=1.25$，$\sigma=0.65$) の 3 種の寸法の Plunger を考え，これらについて，田才博士の研究結果を利用して，ξ_0—T_w 及び $\overline{A}$—T_w 曲線をかくと第 6 図及び第 7 図がえられる．図から本造波装置で使用しうる周期の範囲 0.75～3 秒を考えると $B=30$cm，$d=21.5$cm の寸法のもので十分であることが知られる．

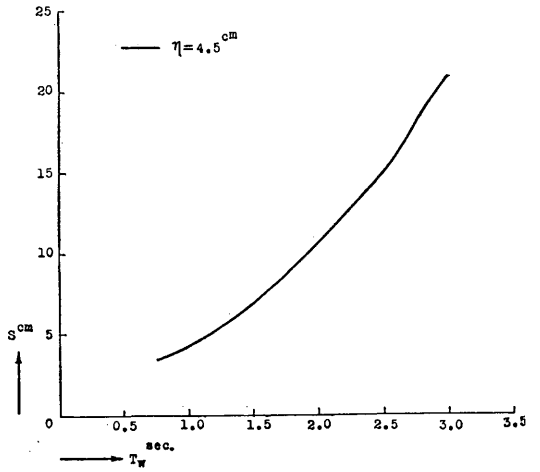
第 8 図には $\eta=4.5$cm (波高 9cm) をおこすに必要な Plunger の振幅 S と周期 T_w と



第　6　図

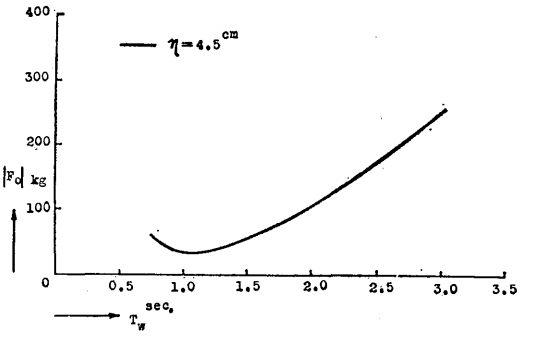


第　7　図

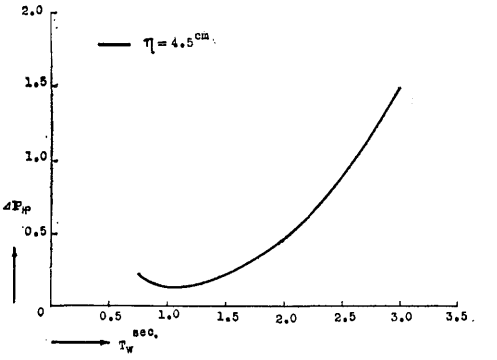


第　8　図

の関係が示されている．更に Plunger の変動抵抗 $|F_0|$ と T_w との関係及び，変動馬力 ΔP と T_w との関係を田才博士の理論から求めると夫々第9図，第 10 図のようである．



第　9　図



第　10　図

なお，以上の田才博士による理論計算では，本水槽の Plunger の断面形状を用いず，B=30cm，d=21.5cm，H_0=1.395，σ = 0.6934 なる Lewis form について計算しているので，推定される波高，抵抗，馬力等は実際のものと若干の差異があるものと思われる．第 11 図に本水槽に使用した Plunger と同一の B, d, H_0, σ を有する Lewis form を示している．

(参考)　Lewis form

$$x_0=\frac{B}{1+a_1+a_3}[(1+a_1)\sin\theta-a_3\sin3\theta]$$

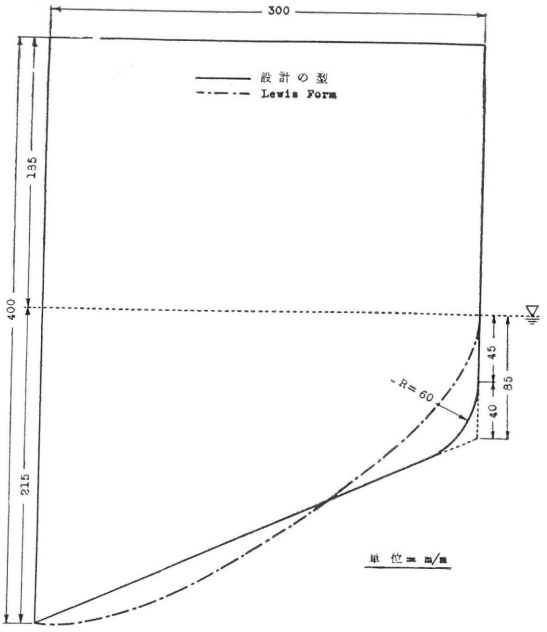
$$y_0=\frac{B}{1+a_1+a_3}[(1-a_1)\cos\theta+a_3\cos3\theta]$$

但し，$\dfrac{1+a_1+a_3}{1-a_1+a_3}=H_0$

$$\frac{1-a_1^2-3a_3^2}{(1+a_1+a_3)^2}H_0\frac{\pi}{4}=\sigma$$

今の場合　$H_0=1.395$,　　$\sigma=0.6934$

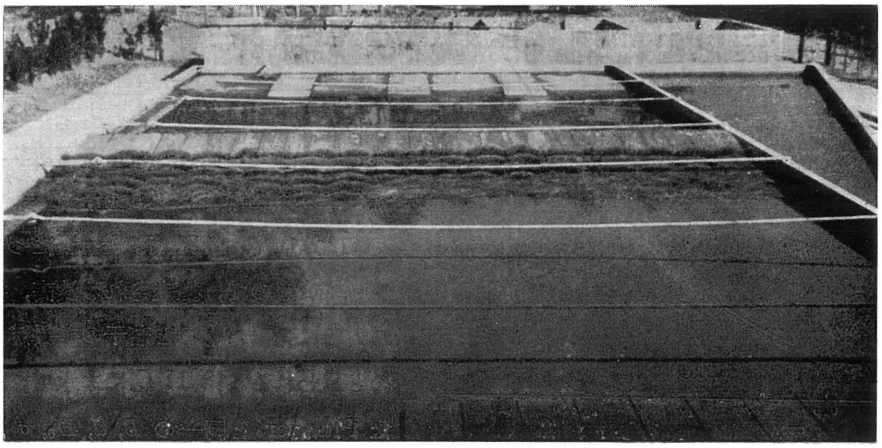
$a_1=0.1744$,　　$a_3=0.05717$



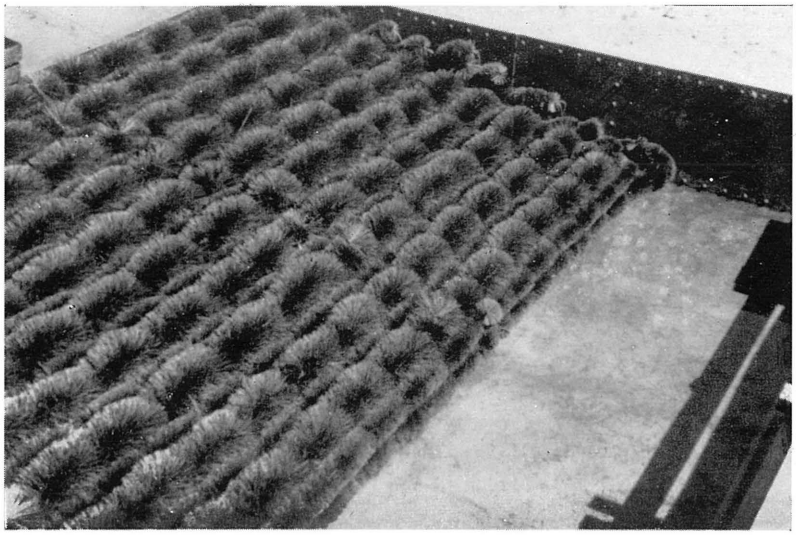
第　11　図

4　生成波について

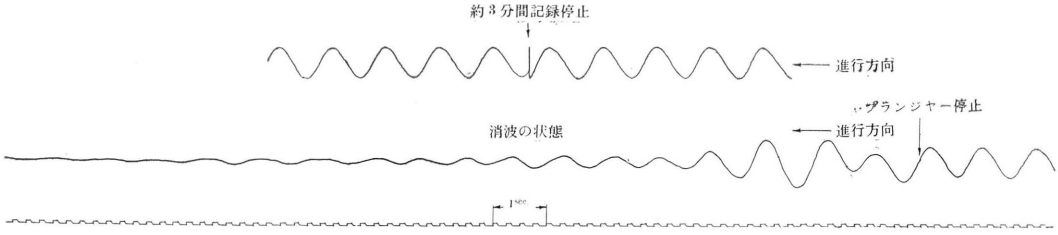
生成波の波形をしらべるために，水槽の傾斜固定床の前面に勾配 1/5 でその上に直径約 12cm 及び 8 cm の円形の棕梠束を交互にならべた波消し斜面を設置した（写真－6）．この波消し装置は波形記録からわかるように非常に有効であつた（第 12 図，写真－7）．波形の記録をとるためにはフロートを用い，これをペン書き装置に連結した（写真－8）．使用したフロートは第 13 図に示すようなA，Bの 2 種で，Aフロートは 20 × 20 mm の正方形断面をもつ長さ 150 mm のものでセルロイド製 重量 17g である．このフロートを使用した場合，波の周期が 1.2 秒位より小さくなると波頂，波底部分でフロートが水をかぶるようになり，波高の記録に若干の狂いを生ずるのではないかと思われたので，断面形を扁平としたのがBフロート



写　真　－　6 a

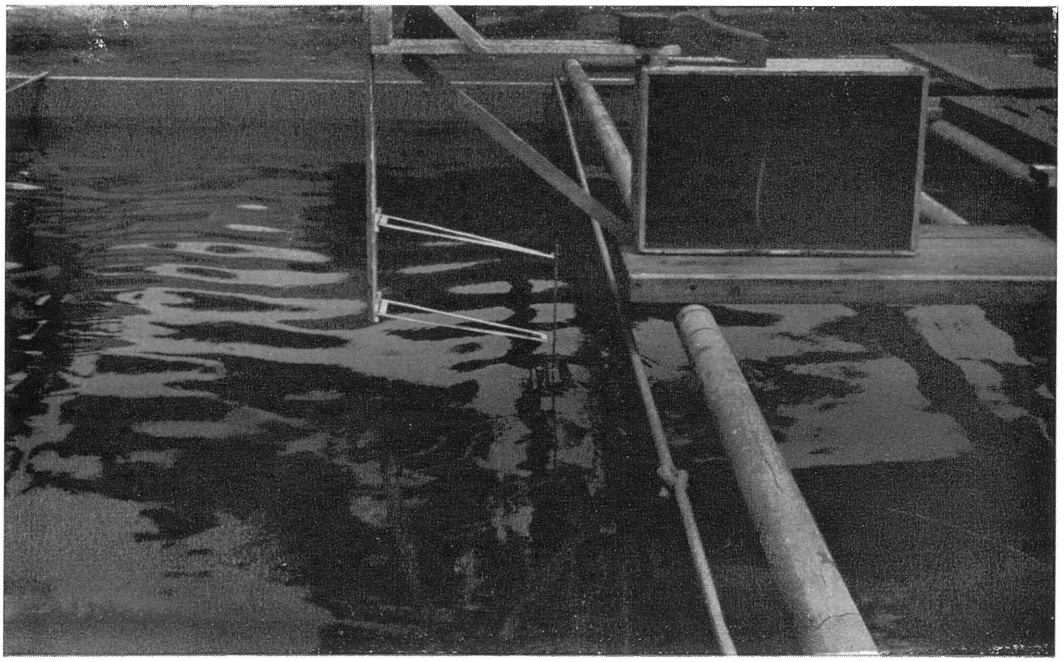


写　真　－　6 b



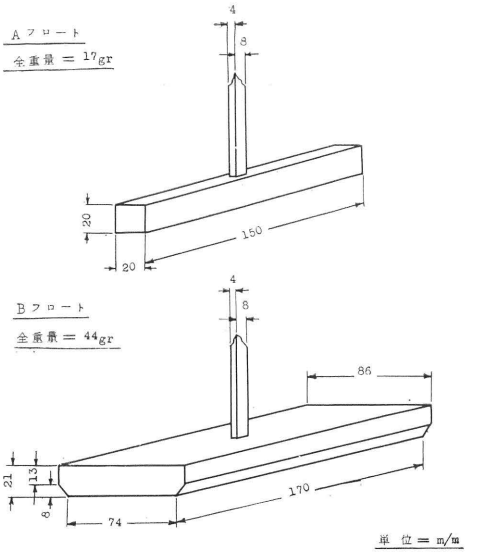
第　　12　　図

写　真　－　7

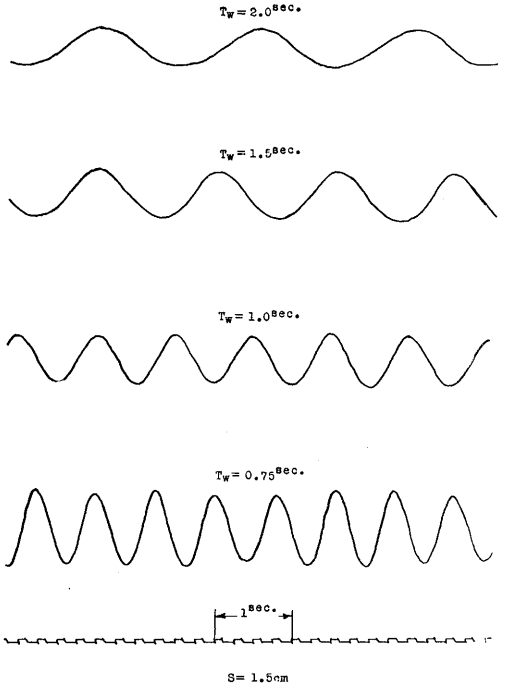


写 真 － 8

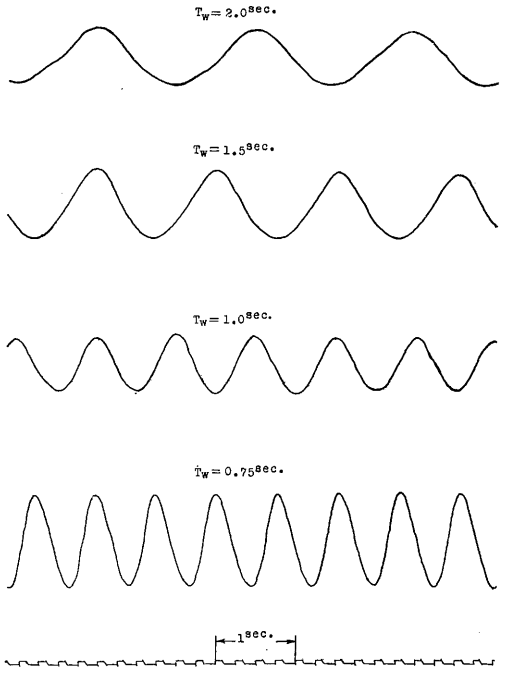
である．これは幅 86mm，厚さ 21 mm，長さ 170mm ポリエチレン製 44g である．このフロートを用いても波形はともかく波高の計測には十分でないように思われた．水槽の水深を 25c m とし，Plunger の振幅 S を 1.5，2，3，4.5cm の 4 種にかえて生成した波の記録の一部を示すと第 14 図～第 17 図及び写真－9 のようである．図からみられるように，S が 2 cm 位まではすべての周期を通じきれいな波形がえられているが，3cm 位からやや波形がひずみはじめ，4.5cm では波頂付近と波底付近の波形にかなりのちがいがみられる．つぎに，生成された波の波高 H_w と周期 T_w との関係を図示すると第 18 図のようである．これから使用したフロートA，Bによつて波高の値に若干の差のあることがわかる．従つて，波高のみの測定の場合にはポイントゲージを使用する方が正確である．



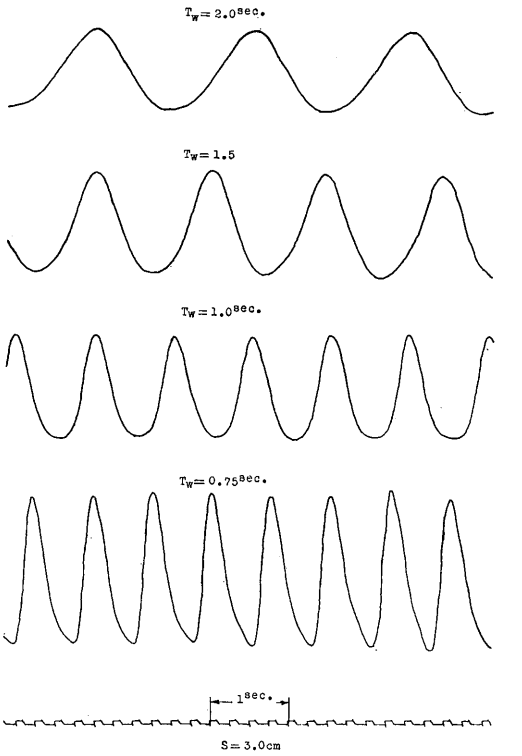
第　13　図



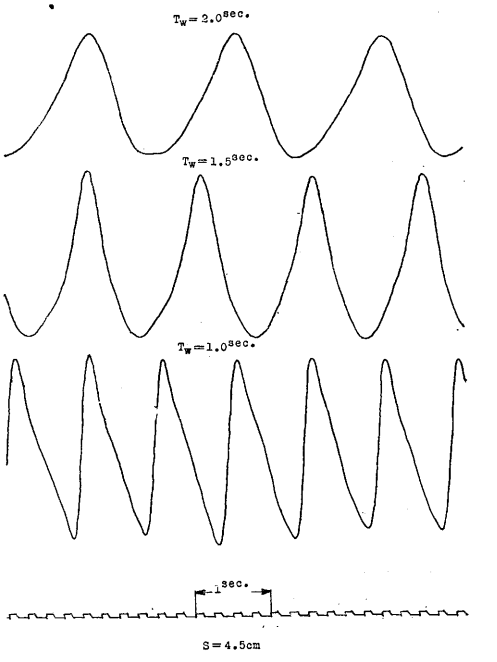
第　14　図



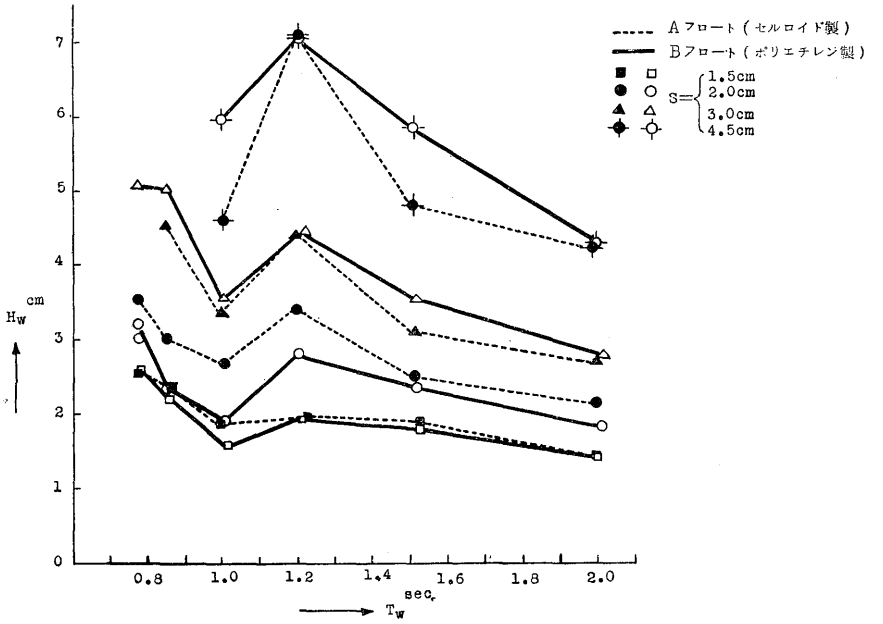
第　15　図



第　16　図

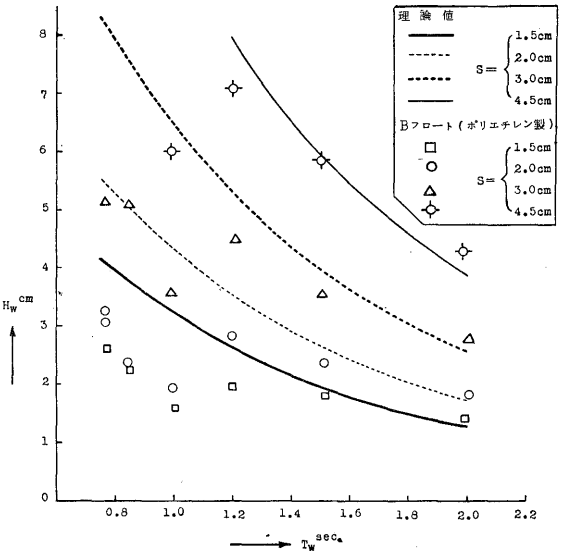


第　17　図



第　18　図

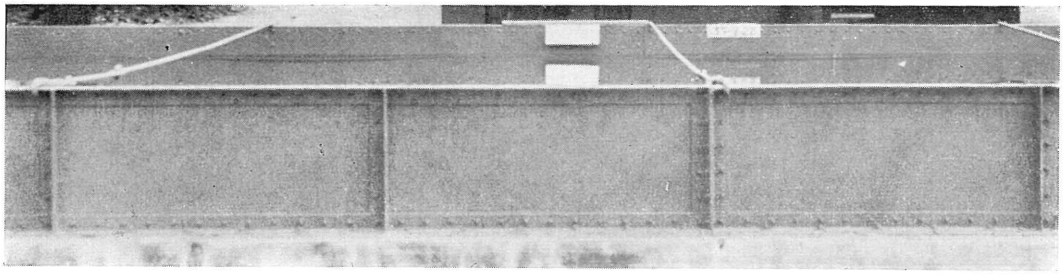
さらに，田才博士の研究結果を利用して，それぞれの振幅に対する波高と周期との関係を求め実測と比較すると周期の小さいところでかなりのちがいがみられた（第19図）．その原因として，(1) Plunger の断面形状が Lewis form と若干ちがつていること（田才博士による波高～周期の関係は前述のように断面形状を Lewis form と仮定している），(2) Plunger の運動により生ずる波は有限振幅波であること（田才博士の理論では微小振幅波としている），(3) 水槽水深が浅く，いわゆる浅水波となつていること（田才博士の理論では深水波と仮定している），(4) 生成波の減衰及び反射の影響などが考えられるが，これについては更に研究を要する．



第　19　図

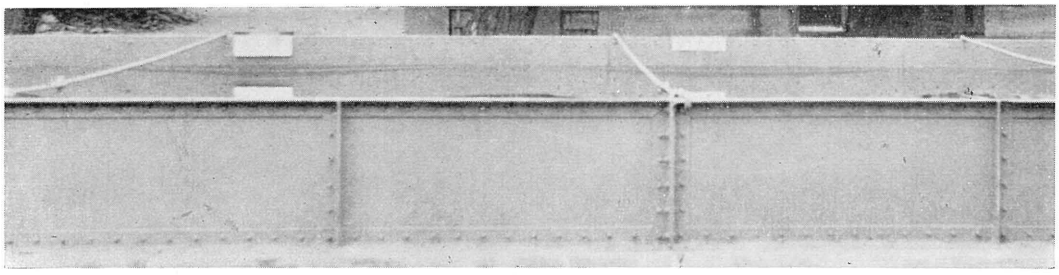
（昭和 37 年 2 月 23 日受理）

$S = 1.5$ cm $T_w = 1.5$ sec.



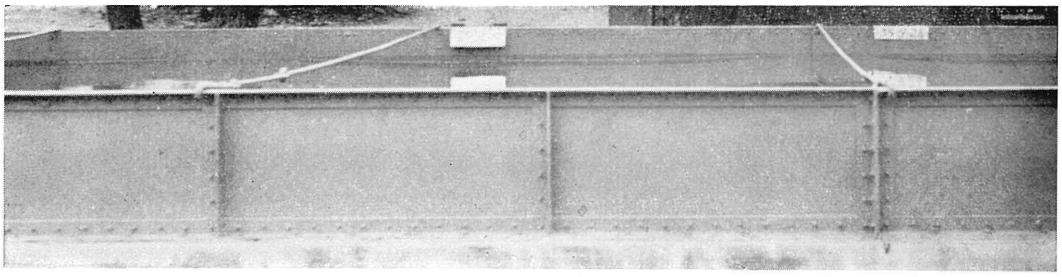
写 真 - 9 a

$S = 2.0$ cm $T_w = 1.5$ sec.

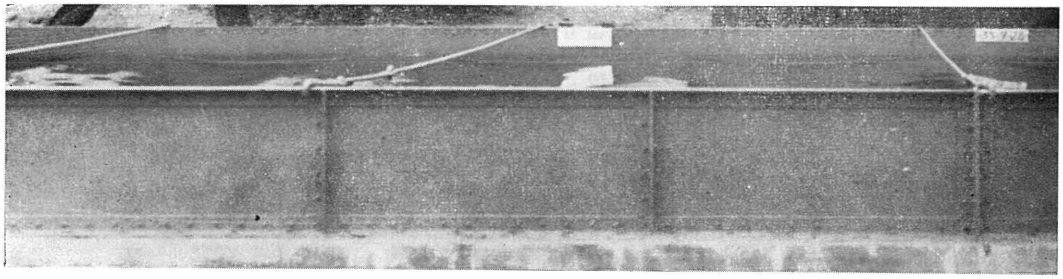


写 真 - 9 b

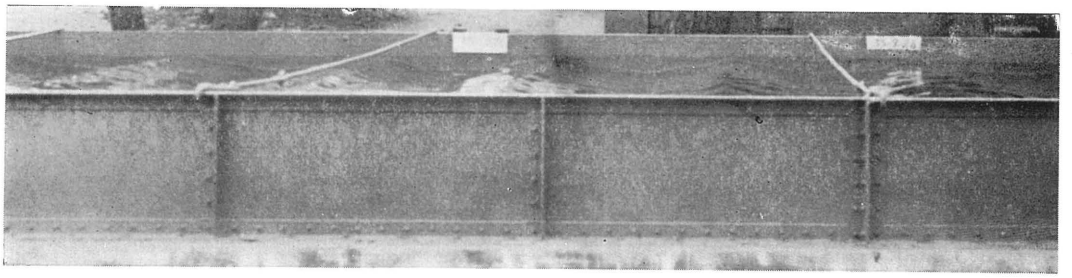
$S = 3.0$ cm $T_w = 2.0$ sec.



$T_w = 1.0$ sec.

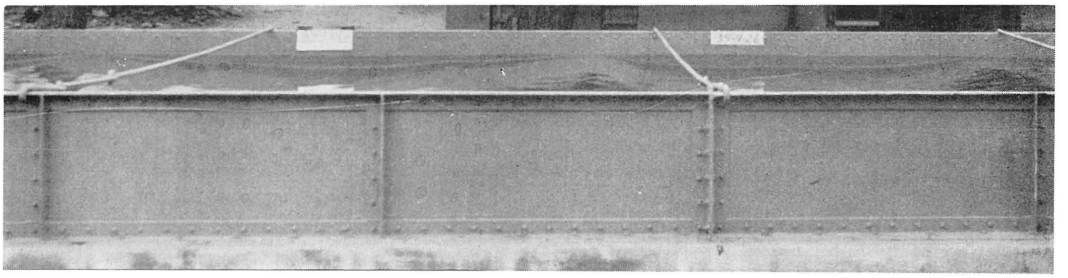


$T_w = 0.76$ sec.

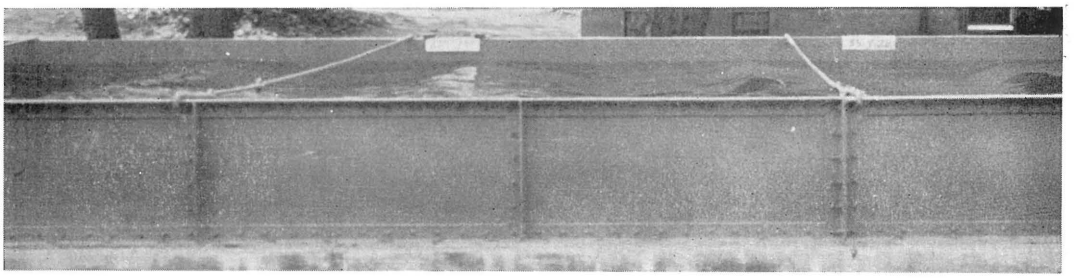


写 真 9 - c

$S = 4.5$ cm $T_w = 1.5$ sec.



$T_w = 1.0$ sec.



写 真 9 - d