

港 湾 技 研 資 料



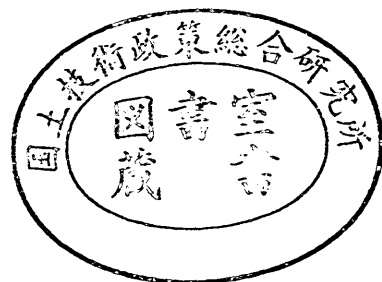
TECHNICAL NOTE OF
PORT AND HARBOUR RESEARCH INSTITUTE
MINISTRY OF TRANSPORT, JAPAN

No. 32 June, 1967

- 衝撃碎波圧に関する一実験…………… 合田良実・原中祐人
- デジタル波高計の試作について…………… 原中祐人・鐘水幸雄
- 名古屋港における波浪観測…………… 川上善久・広本文泰
—容量型波高計の現地への適用— 阿部淑輝・須藤 茂
- 鉛直振動流型造波装置の設計と
その造波特性について…………… 広本文泰・阿部淑輝・
須藤 茂

昭和 42 年 6 月

運輸省港湾技術研究所



総 目 次

衝撃砕波圧に関する一実験	合田良実・原中祐人.....	1
デジタル波高計の試作について	原中祐人・鎌水幸雄.....	19
名古屋港における波浪観測	川上善久 広本文泰	55
—容量型波高計の現地への適用—	阿部淑輝 須藤 茂	
鉛直振動流型造波装置の設計とその造波特性について 広本文泰・阿部淑輝	83
 須藤 茂	

鉛直振動流型造波装置の設計とその 造波特性について

目 次

概 要	
1. は し が き	83
2. 設 計 条 件 の 決 定	83
3. 設 計	85
3-1 造波装置の構成	85
3-2 造波板および水槽の各部に働く圧力	85
3-3 クランク軸のトルク	87
3-4 フライホイール	87
3-5 サイクロ減速機, 電磁クラッチ, バイエル無段変速機および電動機	88
3-6 造 波 部	88
3-7 導波装置および消波装置	88
3-8 その他の設備	88
3-9 装置の配置	90
4. 特 性 試 験	90
4-1 反 射 率	90
4-2 発 生 波 高	91
4-3 二次波峰の発生限界	95
5. 結 語	96

**ON THE DESIGN OF VERTICALLY OSCILLATING FLOW
TYPE WAVE GENERATOR**

Fumiyasu HIROMOTO,*

Yoshiki ABE*

and Shigeru SUDO*

Synopsis

The wave generators which have been used so far, such as flap-type-generator etc., have an inconvenience that the waves reflected by a model structure are reflected again by the wave paddle and disturb the incident waves. In this note, the design of a wave-generator of vertically oscillating flow type which is capable of removing the above inconvenience is discussed with the results of its characteristic tests.

The wave generator was attached to a wind wave channel of 60 cm wide and 22 m. long. The wave paddle is a level rectangular plate moving up and down in a vertical hole (588×400mm) opened at the channel bottom. The period of generated waves is 0.6~6.6sec., the wave height is 10~12cm at the maximum and the reflection coefficient is 7~8 per cent on the average; the wave reflection at the wave maker is very small. Hence the wave profiles recorded for several minutes show little variation both in profiles and wave heights with lapse of time. The generated wave heights are in good agreement with the theoretical values given by Goda except those near the points of wave breaking. The appearance limit of the secondary wave crests are almost the same with that of flap-type-generator.

* Member of Wave Laboratory. Hydraulics Division.

鉛直振動流型造波装置の設計とその 造波特性について

広 本 文 泰 *
阿 部 淑 輝 *
須 藤 茂 *

概 要

フラップ型等の従来用いられた造波装置では、模型からの反射波が造波板で再反射されて波を歪める欠点がある。本資料は、こうした欠点を取り除く鉛直振動流型造波装置の設計例とその特性試験結果について報告するものである。

造波装置は幅 60cm の風洞付 22m 水路に取り付け、水路床に切った縦溝孔 (588×400mm) の中で水平の矩形板を 0~300mm の振幅で上下させる構造である。発生波の周期は 0.6~6.6sec、波高は最大 10~12cm で、反射率は平均 7~8% であり、造波部の反射が極めて小さい。従って、数分間測定を継続した波形記録にも、波形および波高の歪みは認められなかった。波高は砕波の波高に近いところで効率よく得られない点を除き、合田の理論式にほぼ則した波高が得られた。また、2 次波峰の発生はフラップ型の造波機による発生限界に近いことが知られる。

1. は し が き

海岸堤防における波の遡上とか、越波などを対象とする実験においては、造波水路内に模型構造物を設置しなくてはならない。その際、造波装置として、フラップ型やピストン型のように水路内を造波板が運動するような形式のものをを用いたのでは、模型による反射波が造波板で再び反射されて、実験波を歪めてしまうことになる。このため、従来のこの種の実験においては、造波板による反射波が模型に到達する前に、測定を中断するなどの方法をとらざるをえなかった。

この不便を除くためには、造波部分からの反射をできるだけ軽減すればよい。その一方法として、水路の底部からピストン装置によって鉛直振動流を流し入れ、これによって波を発生させる方式が考案され、既に1960年に、この方式による造波機が京都大学防災研究所に設置されて、越波などの実験¹⁾に使用されている。

その後、合田²⁾³⁾が本方式による造波現象について、理論的な考察を行ない、その速度ポテンシャルを求めたほか、造波特性や造波力などの検討を行なった。その結果、本方式による造波装置は、浅海性の波の発生に適していることを見出したほか、小規模の実験によって造波部からの反射がかなり小さいことを明らかにして、十分実用に供しうることを示唆した。

筆者らは、主として浅海における波の変形、ならびに海岸堤防に対する波の作用等に関する実験に使用する目的で、既設の風洞付22m水路に、新たに本方式による造波装置を設置したので、その設計の概要を報告することにした。また、本造波装置についての特性試験の結果を示して、合田の理論との比較など若干の検討を行なってみることにする。

2. 設計条件の決定

できるだけ整った波を発生させるためには、造波部分の構造をどうとるのが非常に重要である。

* 水工部 波浪研究室

図-1のような方法によれば、所要馬力はかなり小さくてすむであろう。しかし、整った波、換言

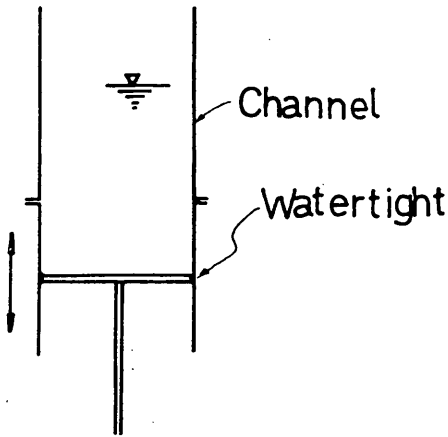


図-1

すれば、水路幅方向の流速分布が一樣であるような振動流を得るためには、造波板は矩形であることが望ましいが、こうした場合造波板と縦溝孔壁面との間の水漏れを防ぐことは非常に困難である。矩形の代りに、円形もしくは楕円形の造波板を用いれば、水漏れは防いでも、造波板と水路底までの流路の断面変化の影響により水路幅方向に一樣流速の水流は得られず、たとえこの部分に整流板を設けた場合でも完全な整流効果は期待できない。

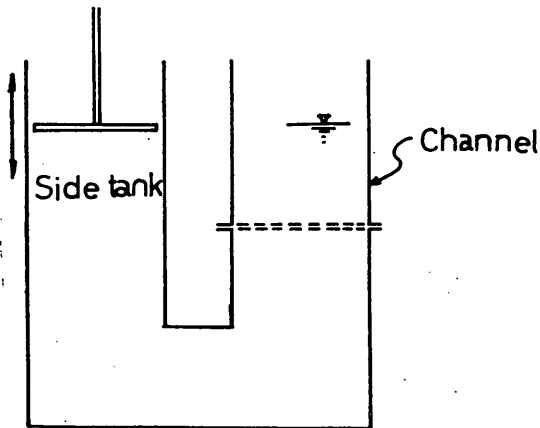


図-2

京大防災研究所の製作例では、図-2に示すように、分岐管を通して円形の水槽と接続し、この水槽の中で造波板を運動させる方法をとっている

が、この方法でも、やはり整流という点では多少の難点が残るであろう。

筆者らは、上述の難点をできるだけ避ける意味において、図-3に示すように、水路底直下で矩

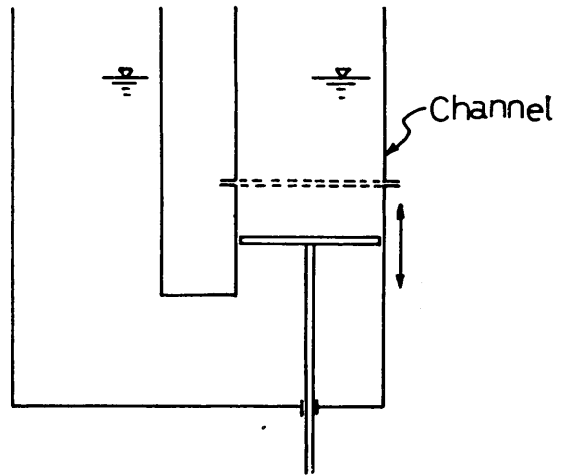


図-3

形の造波板を運動させる方法を採用することにした。この方法によれば、整流装置を設けなくても、水路幅方向にはほぼ一樣の流れを発生させ得るであろうし、また造波板とその周囲の縦溝孔との間の多少の漏洩は実用上差支えないはずである。

本方式の造波装置を設置する水路の大きさは、長さ22m、幅60cm、深さ55cmであるから、実験に使える水深は0~40cm程度の範囲である。いま実験波の周期を0.6~6.6secにとることにして、この範囲で効率のよい発生波高を得よう縦溝孔の幅 $2b$ 、および造波板のストローク $2e$ をつぎのように定めた(図-4参照)。

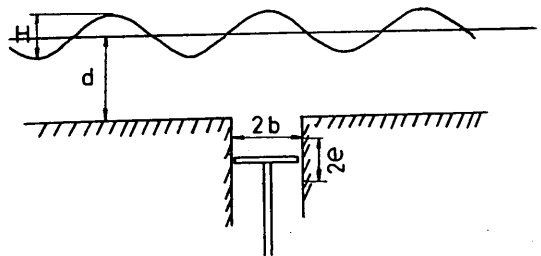


図-4

合田の理論によれば、造波効率 $H/2e$ は

$$\frac{H}{2e} = \frac{4 \sinh kd}{\sinh 2kd + 2kd} \sin kb, \quad k = 2\pi/L \quad \dots(1)$$

で表わされて、これを図示すると図-5のようになる。この図から、水深 20cm~40cm, 実験波の

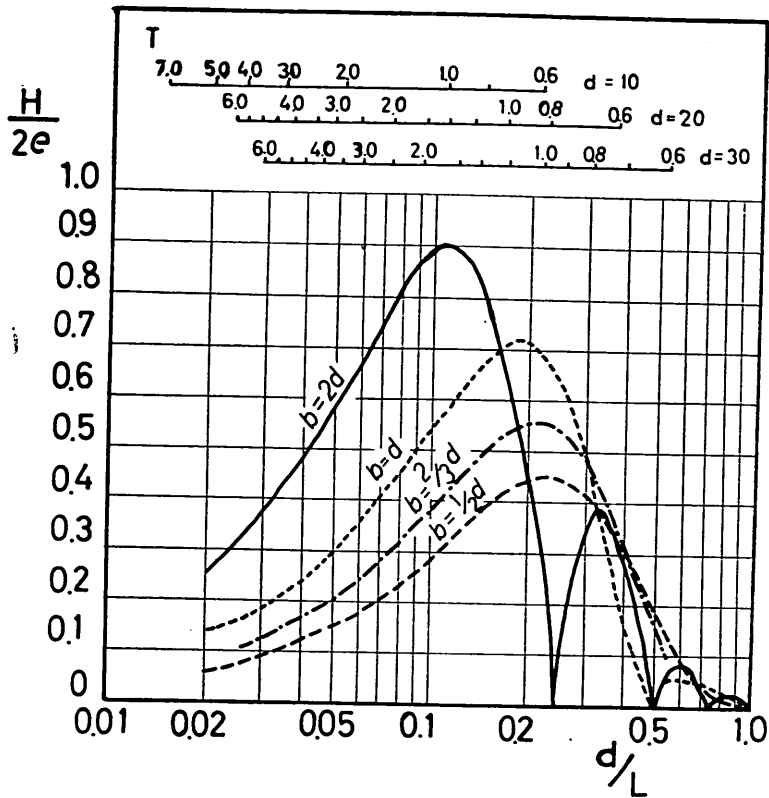


図-5

周期 0.6~3.0sec では、 $b=20\text{cm}$ 程度にとれば最も高い造波効率を期待できることがわかる。つぎに、造波板の運動振幅 $2e$ は、大きければ大きいほど波高を大にすることができるはずであるが、ある限界を越えると波は砕けてしまうであろう。水深 20cm~30cm の場合だと、 $2e=30\text{cm}$ にすれば、すくなくとも周期 $T \approx 1.5\text{sec}$ 以下の波は砕波するものと判断した。

以上のような観点から、設計の条件として、造波板往復運動周期 0.6~6.6sec, 縦溝孔の断面 $600 \times 400\text{mm}$ (実際は製作取付上の都合から $588 \times 400\text{mm}$ とした), 造波板のストローク 0~300mm を採用した。

図-5 から、たとえば水深 30cm の場合、多少のエネルギー損失を見込んで、 $T=0.6\sim 3\text{sec}$ の範囲で波高 7cm 以上を出せるはずであるから、

かりに模型縮尺を $1/25$ に選べば、現地波の周期 3~15sec で波高 1.75m までの模型実験を行なえるであろう。また、模型縮尺を $1/100$ にとれば、周期 6~30sec の間で、波高 7m 程度以上の現地波に対しても模型実験を遂行できるものと予想した。

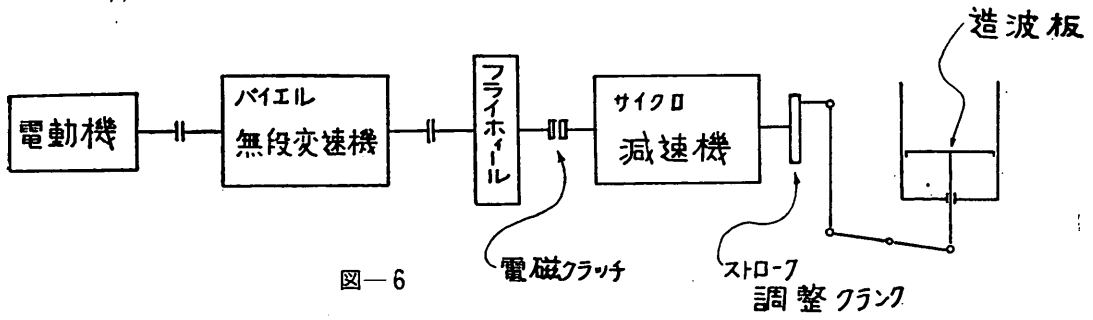
3. 設 計

3-1 造波装置の構成

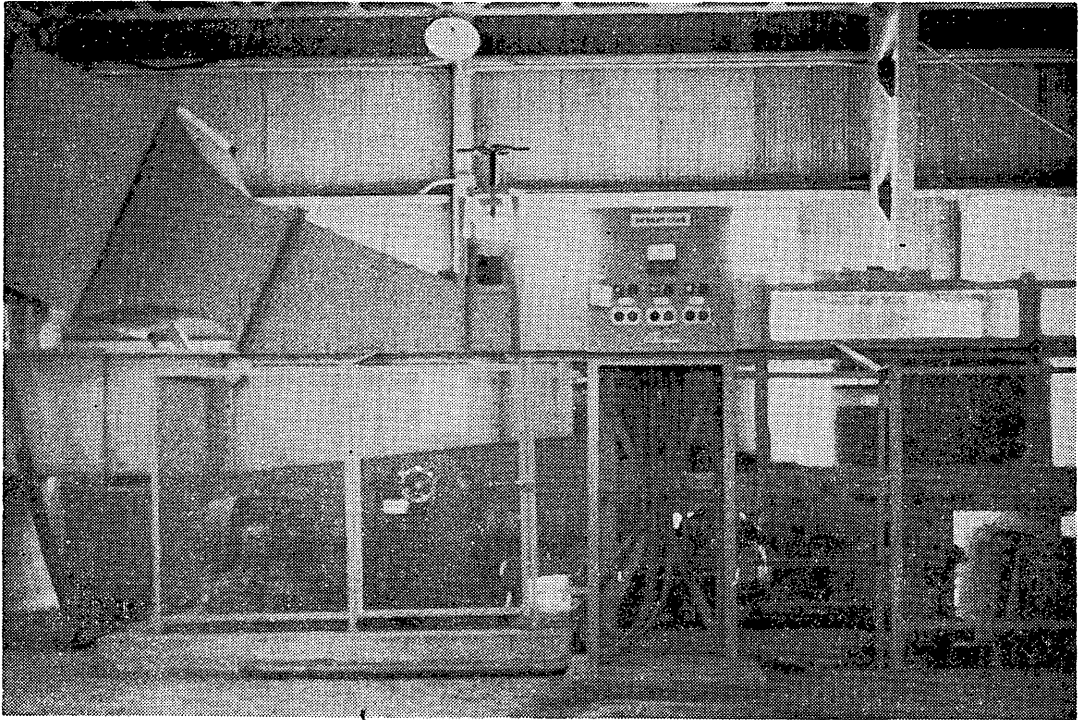
装置の構成は図-6 に示すようにとり、波の周期および波高は、それぞれバイエル無段変速機およびストローク調整クランクによって連続的に変化できるようにした(写真-1 参照)。

3-2 造波板および水槽の各部に働らく圧力

電動機や減速機の所要馬力を求めるためには、造波板に働らく力を求めておく必要があ



図—6



写真—1

り、また水槽の断面決定のためには水槽の各部に働く圧力を求めておかなければならない。

図—7において

ω : クランク軸回転速度(rad/sec)

S : 造波板の面積 (m^2)

$2e$: 造波板往復運動振幅 (m)

γ : 流体の比重量 (kg/m^3)

P_0, P_1, P_2, P_3, P_4 : A,B,C,D,E各点の圧力 (kg/m^2)

M_1, M_2, M_3, M_4 : A~B, B~C, C~D, E~F 間の流体の質量

($kg \cdot sec^2/m$)

S_1, S_2, S_3, S_4 : 水槽各部の断面積

(m^2)

$2e_1, 2e_2, 2e_3, 2e_4$: 水槽各部の流体のストローク (m)

(m)

とおく。造波板と縦溝孔壁面との間隙を1mmと極めて小さくとることにして、水槽の各断面を

$$S_1 = S_3 = S_4 \approx S$$

$$S = 0.6m \times 0.4m = 0.24m^2$$

$$S_2 = 0.4m \times 0.4m = 0.16m^2$$

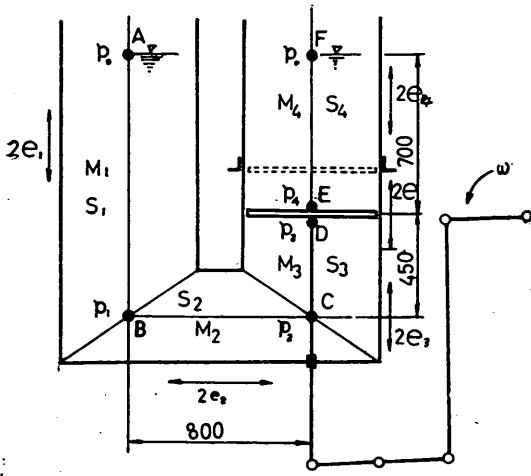


図-7

にとれば

$$\begin{aligned} M_1 &\approx M_3 + M_4 \\ M_1 &= 28.2 \text{ kg. sec}^2/\text{m} \\ M_2 &= 13.1 \text{ kg. sec}^2/\text{m} \\ e_1 &= e_3 = e_4 \approx e \\ e_2 &= \frac{3}{2} e \end{aligned}$$

である。

いま、簡単のため、水槽を造波水路から切り離して水槽 (U字管) 内だけの水の運動を考えることにする。水槽の A~B, B~C, C~D, E~F の各部の流体について運動方程式を立てて、B, C, D, E 各点の圧力を求めるとつぎのようになる (ただし、流体のエネルギー損失は無視する)。

$$\left. \begin{aligned} \text{造波板運動速度} \quad v &= e\omega \cos \omega t \\ \text{造波板運動加速度} \quad \alpha &= -e\omega^2 \sin \omega t \end{aligned} \right\} (2)$$

$$\begin{aligned} P_1 - P_0 &= \frac{eM_1}{S} \omega^2 \sin \omega t + \frac{\gamma e^2}{g} \omega^2 \\ &\quad \cos^2 \omega t + \frac{M_1}{S} g \\ P_2 - P_0 &= \left(\frac{M_1}{S} + \frac{3}{2} \frac{M_2}{S_2} \right) e \omega^2 \sin \omega t \\ &\quad + \frac{\gamma e^2}{g} \omega^2 \cos^2 \omega t + \frac{M_1}{S} g \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} P_3 - P_0 &= \left\{ \frac{e}{S} (M_1 + M_3) + \frac{e_2 M_2}{S_2} \right\} \\ &\quad \omega^2 \sin \omega t + \frac{M_4}{S} g \end{aligned} \quad (5)$$

$$P_1 - P_0 = -\frac{eM_1}{S} \omega^2 \sin \omega t + \frac{M_4}{S} g \quad (6)$$

$$P_3 - P_1 = \left(\frac{2eM_1}{S} + \frac{e_2 M_2}{S_2} \right) \omega^2 \sin \omega t \quad (7)$$

このうち、造波板に作用する力についてのみ、数値計算の結果を示すと、 $2e = 0.3 \text{ m (max)}$ 、 $T = 0.6 \text{ sec}$ に対応して $\omega = 10.5 \text{ rad/sec}$ (max) とおくと

$$F = S(P_3 - P_1) = 1430 \sin \omega t \text{ (kg)} \quad (8)$$

となる。この計算では、単にU字管内の水の運動として取扱ったが、実際に造波板に作用する力としては、水路内に生じた波動にとりもなう動水圧をも考慮して算定すべきであるが、いまの場合無視してもさほど差異は生じないであろう。

3-3 クランク軸のトルク

クランク軸のトルク T_r は

$$\begin{aligned} T_r &= -\frac{F_u}{\omega} = -\frac{Se}{2} \left(\frac{2eM_1}{S} + \frac{e_2 M_2}{S_2} \right) \\ &\quad \omega^2 \sin 2\omega t = -107 \sin 2\omega t \text{ (kg. m)} \end{aligned} \quad (9)$$

となって、馬力 E は

$$E = \frac{T_r \omega}{75} = -15 \sin 2\omega t \quad (10)$$

また、 ΔE は (図-8 参照)

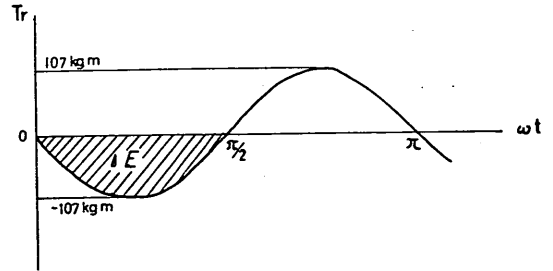


図-8

$$\Delta E = \int_0^{\pi/2} T_r \, d(\omega t) = -107 \text{ kg. m} \quad (11)$$

3-4 フライホイール

フライホイールの慣性モーメント J は

$$J = \frac{\Delta E}{\omega_1^2 \delta} = \frac{107}{126^2 \times \frac{1}{150}} = 1.01 \text{ kg. m} \text{ sec}^2 \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \text{ここに} \quad \omega_1 &= \frac{2\pi N}{60} = \frac{2\pi \times 1200}{60} = 126 \text{ rad/sec} \\ \delta &= 1/150 \quad (\text{速度変動度}) \end{aligned}$$

したがって、必要とする GD^2 は

$$GD^2 = 4gJ = 4 \times 9.8 \times 1.01 \approx 40 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (13)$$

3-5 サイクロ減速機, 電磁クラッチ, バイエル無段変速機および電動機

流体の摩擦損失 E_l は, 係数 $\varphi = 3.0$ にとれば

$$E_l = \frac{\varphi \gamma S e^3 \omega^3}{2g} = 143 \text{ kg} \cdot \text{m}/\text{sec} \approx 1.9 \text{ PS} \quad (14)$$

機械効率 $\eta_m = 0.9$ とすると, サイクロ減速機の伝達馬力 E_s は

$$E_s = \frac{E + E_l}{\eta_m} = \frac{15 + 1.9}{0.9} \approx 19 \text{ PS} \quad (15)$$

電磁クラッチの伝達馬力 E_k は, サイクロ減速機の効率 $\eta_s = 0.9$ として

$$E_k = \frac{19}{0.9} \approx 20 \text{ PS} \quad (16)$$

バイエル無段変速機の馬力 E_B は, リンク機構での損失が $(E + E_l)(1 - \eta_m)$, サイクロ減速機での損失が $\frac{E + E_l}{\eta_m}(1 - \eta_s)$ であるから,

これに流体損失 E_l を加えて

$$E_B = E_l + (E + E_l) \left\{ (1 - \eta_m) + \frac{1 - \eta_s}{\eta_m} \right\} = 5.5 \text{ PS} \quad (17)$$

となる。

よって電動機の所要馬力 E_M は, 変速機の効率 $\eta_B = 0.8$ として

$$E_M = E_B / \eta_B = 6.9 \text{ PS} \quad (18)$$

となる。

以上の計算にもとづいて, 変速機および減速機をつぎのように選定した。

○バイエル無段変速機

型式 10-10FEM, 原動機直結型

変速範囲 0.067~0.8, 変速比12

原動側標準回転数1500rpm

電動機 7.5KW×4P 全閉外扇特殊カゴ型三相誘導電動機 (200W, 50c/s用)

○サイクロ減速機

型式 EH 30-60

減速比 11

容量 22KW

この両者を用いれば

$$\left. \begin{aligned} 60 \text{ sec} \div \frac{1450 \text{ rpm} \times 0.067}{11} &= 6.8 \text{ sec} \\ 60 \div \frac{1450 \times 0.8}{11} &= 0.057 \text{ sec} \end{aligned} \right\} (19)$$

となって, 造波板往復運動の所要の周期 0.6~6.6 sec を得ることができる。

また電磁クラッチは

ワナークラッチ SFC-1225/IMS

を採用した。

3-6 造波部

造波板と縦溝孔との間隙は, あまり大きいと水路幅両端の流速を減じることになるし, かといってあまり小さくすると両者が接触して造波板の正規の運動が阻害されるおそれがある。そこで, 造波板の運動に伴う漏洩量が吐出量に対してはほぼ 0.5% 程度以下におさえることを一応の目標にして, それに製作上の都合をも勘案して, 両者の間隙を前述のように 1mm と定めた。

造波板上部の溝孔壁面の影響や, 造波板の水平誤差などのために, 水路幅方向の流速分布の一樣性がそなわれる事態の生ずる可能性も考えられる。それに対処するために, 造波板には, $\phi 8 \text{ mm}$, ピッチ 30mm の孔を 216 個 (12×18) あけて, これを真鍮の皿ビスで塞いでおくことにした。水面上昇の不整のときは, この皿ビスを抜いて, 流速分布の調整ができるわけである。

水槽の使用材質は SS41 としたが, 造波板および縦溝孔の造波板が往復運動をする部分のみは SUS52 を使って錆つき防止を図った。

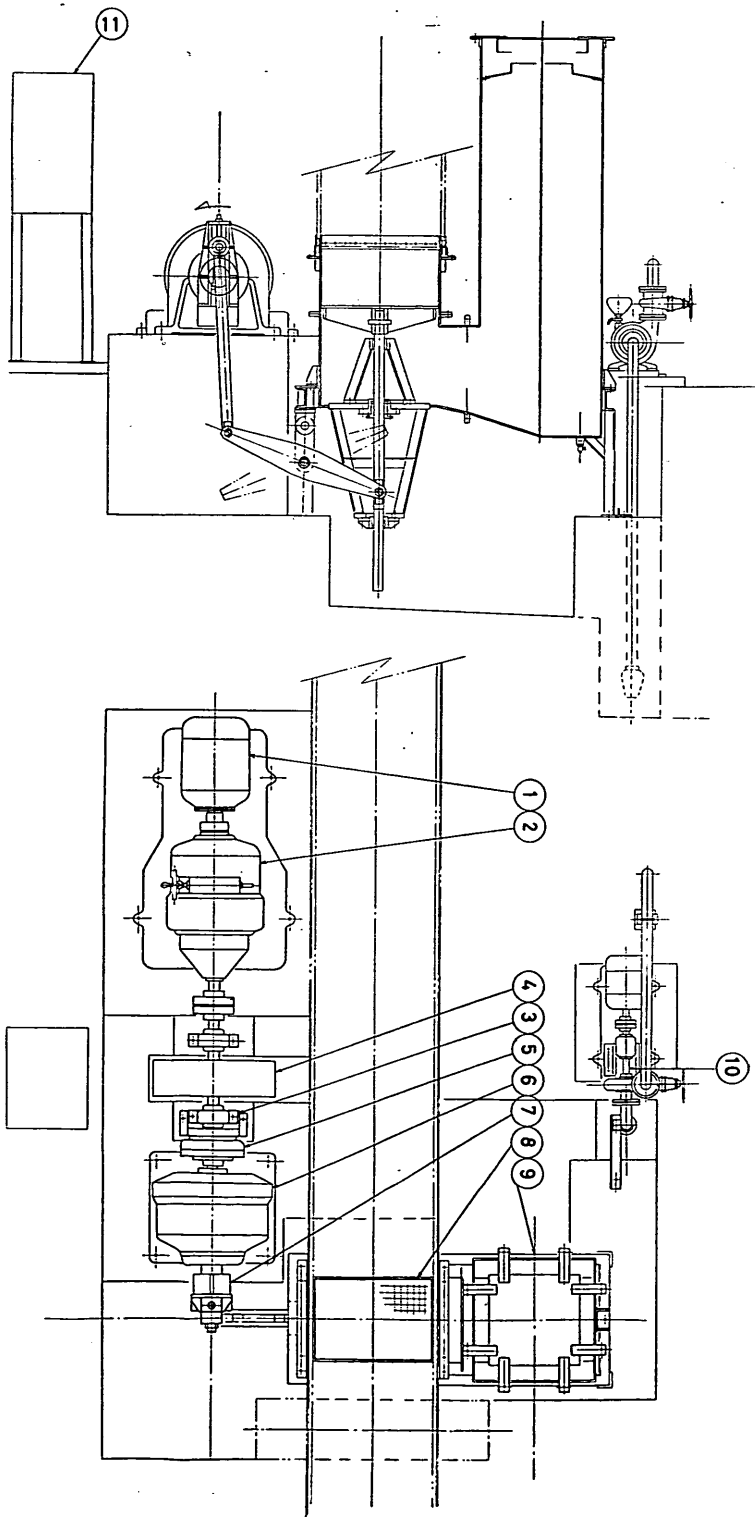
3-7 導波装置および消波装置

水路の造波部およびその近傍において, 水路幅方向の流れや波の発生を防止するために, 導波装置を縦溝孔の直上部と造波部から 2.3 m の位置とに各 1 個を置くことにした。導波板相互の間隔は 10cm 長さは 1 m である。

消波装置としては, ステンレス切削屑を使った $1/10$ 勾配のものを作り, 水路の両端におくことにした。

3-8 その他の設備

本造波装置の付帯設備として, 交流電流計を備えた制御盤, それに水槽内の水を排除す



图—9

るための 0.4KW片吸込渦巻ポンプなどを取付けた。

3-9 装置の配置

造波部は、水路の1端から 4.7mの位置にとった。装置全体の組立配置図を図-9に示す。この図で① 7.5KW 電動機、②バイエル無段変速機、③ピローブロック、④フライホイール、⑤電磁クラッチ、⑥サイクロ減速機、⑦クランク、⑧造波板、⑨水槽（サイドタンク）、⑩排水ポンプ、⑪制御盤である。既設の床コンクリートのハツリを少なくすること、ならびに動力部になるべく湿気があたらないようにという配慮から、変速機などの動

力部はすべて、リンク機構を通じて床面上に配置することにした。

4. 特性試験

今後この造波装置を使って各種の実験を行なうためには、本造波装置および、水路の特性を十分に把握しておく必要がある。本装置について行なった特性試験の結果を示して、発生波高等について若干の検討を行なってみる。

4-1 反射率

図-10は、波の進行方向の波高分布の1例を示したものであって、X原点は消波装置の先端にとっている。こうした波高分布から H_{max} と

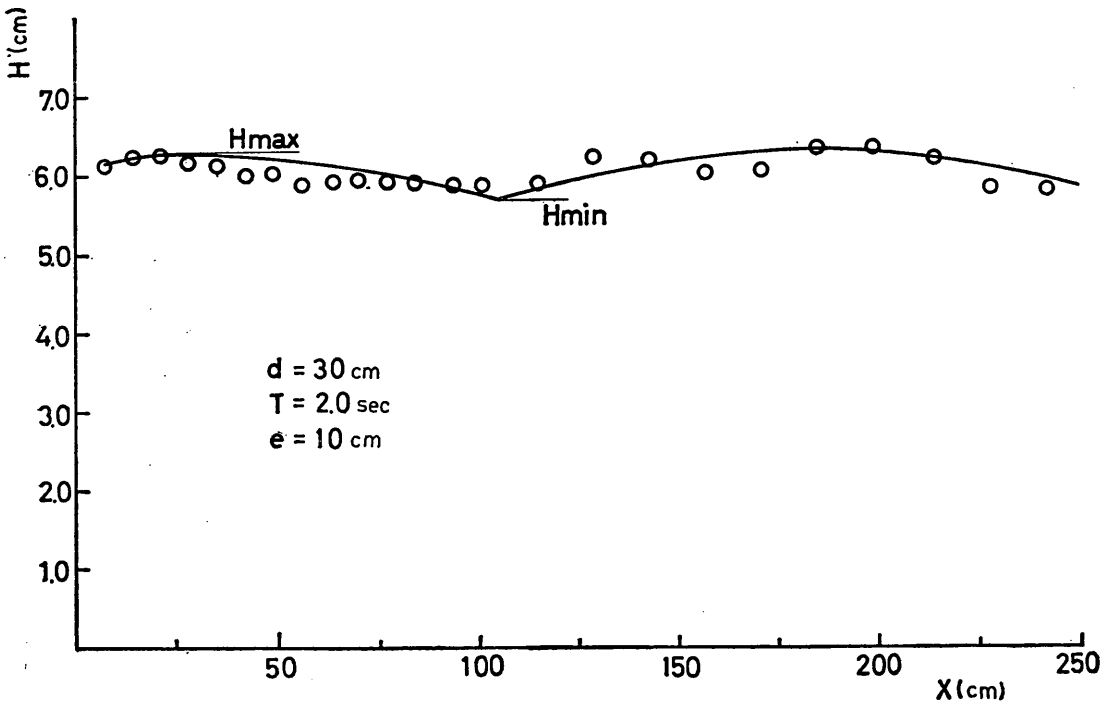


図-10

H_{min} を読みとって、Healy の方法⁴⁾ で求めた反射率 r の数例を表-1に示す。おおむね 5~12%の間にあつて、平均7~8%である。Wire meshを使った従来の測定例 (Straub-Bowers-Herbich による⁵⁾) では、勾配 $1/10$ のときに $r=2\sim4\%$ となっているので、上述の反射率の中には、造波部分による再反射などの影響がかなり含まれているものと思われる。ステンレス

切削屑の斜面の上に碎石を一層に並べた場合の反射率も測定したが、ステンレスのみの場合の反射率とほとんど差はなかった。

図-11は、造波装置を駆動しはじめた直後と、反射波の十分重畳されたと思われる数分後との波形記録を並べて示したものであるが、両者を比較しても波高および波形に大きな差異は認められないので、反射波が波形を顕著に歪めてし

d/L	H/L	r %
0.072	0.0118	7.3
0.169	0.051	9.8
0.107	0.025	10.1
0.218	0.068	5.2
0.092	0.0186	5.4

表-1

まうということはないものと思われる。

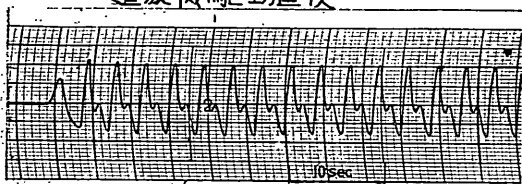
4-2 発生波高

図-12, 13, 14 は, それぞれ水深 $d=20\text{cm}$, 30cm , および 40cm のときの発生波高を, ある一点 (造波部の中心から 10.1m の点) において, 抵抗線式波高計を使って測定した結果を示している。実線は, 合田の理論式 (1) を図示したもので, 測定値は理論曲線にほぼ則した傾向を示している。ただ, かなりバラツキが認

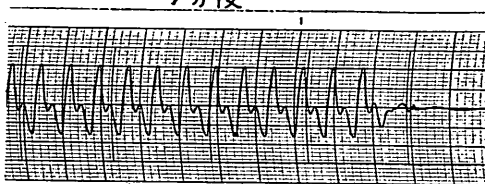
$d = 30\text{cm}$, $e = 10\text{cm}$

$T = 3.0\text{sec}$

造波機駆動直後

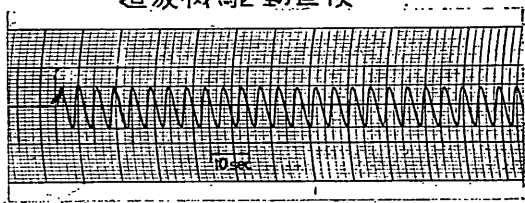


7分後



$T = 4.7\text{sec}$

造波機駆動直後



6.5分後

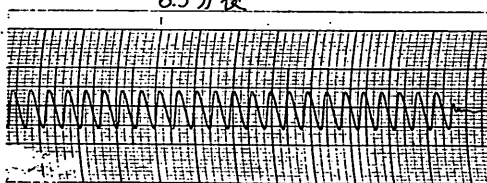


図-11

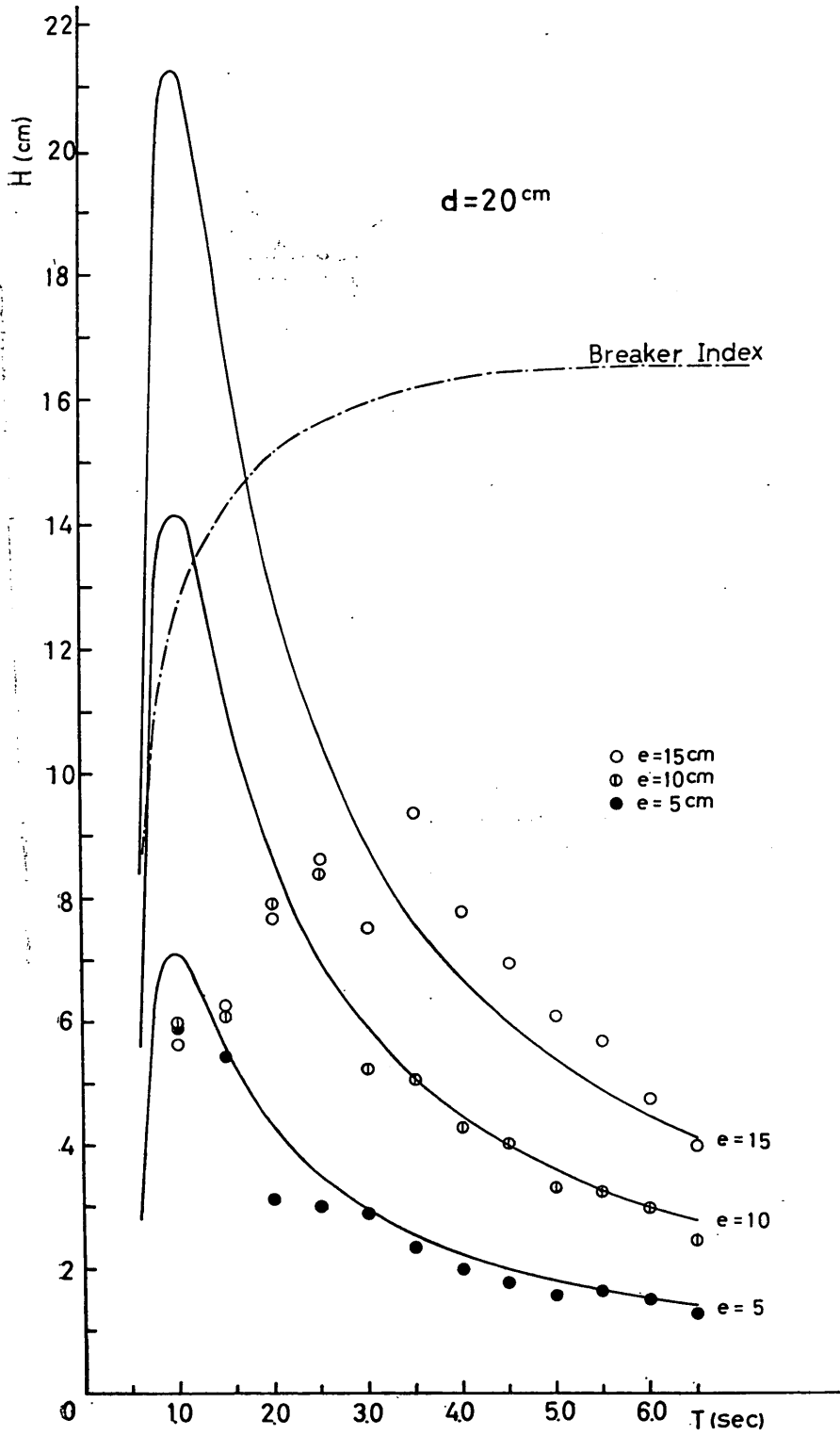


图-12

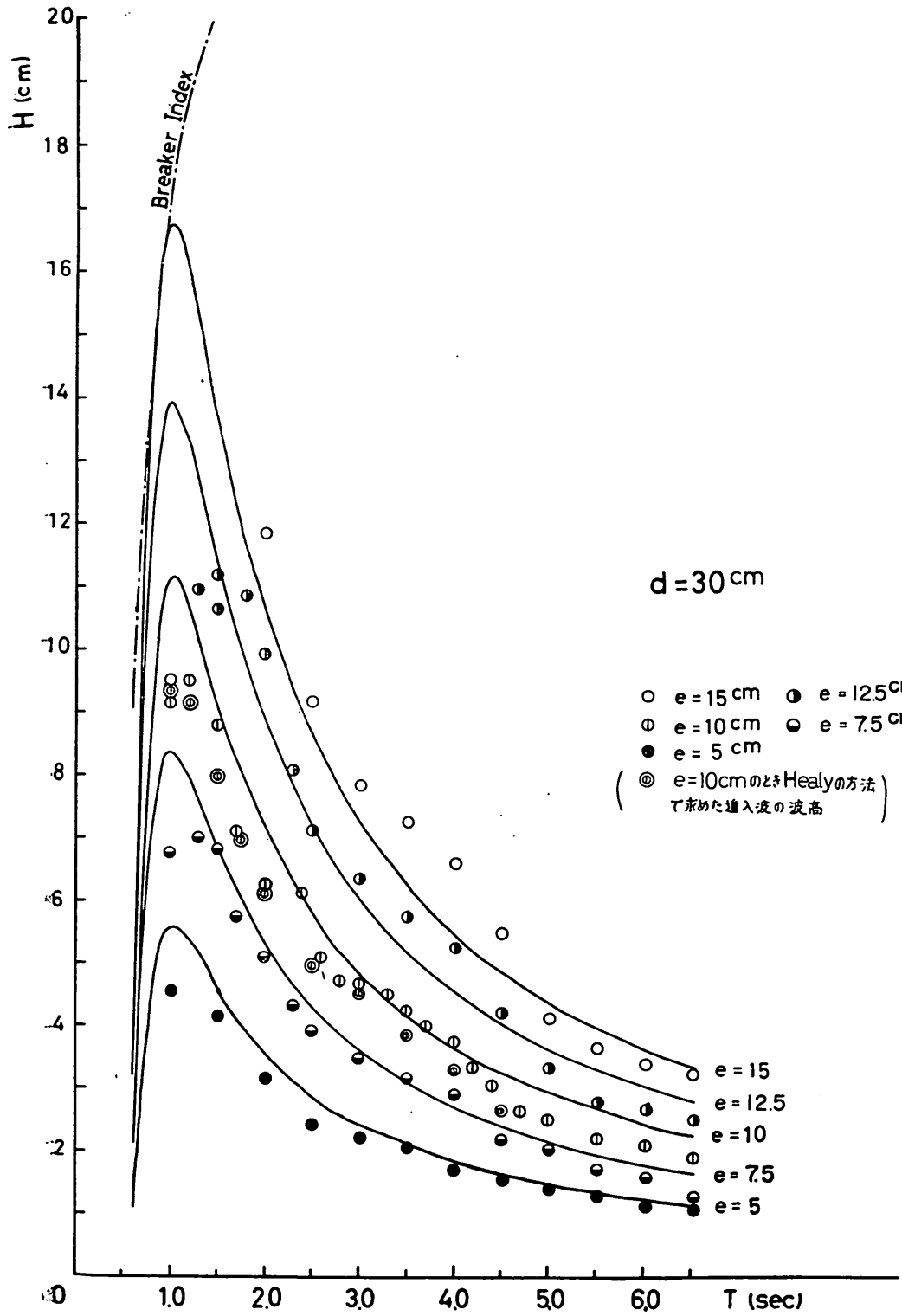


図-13

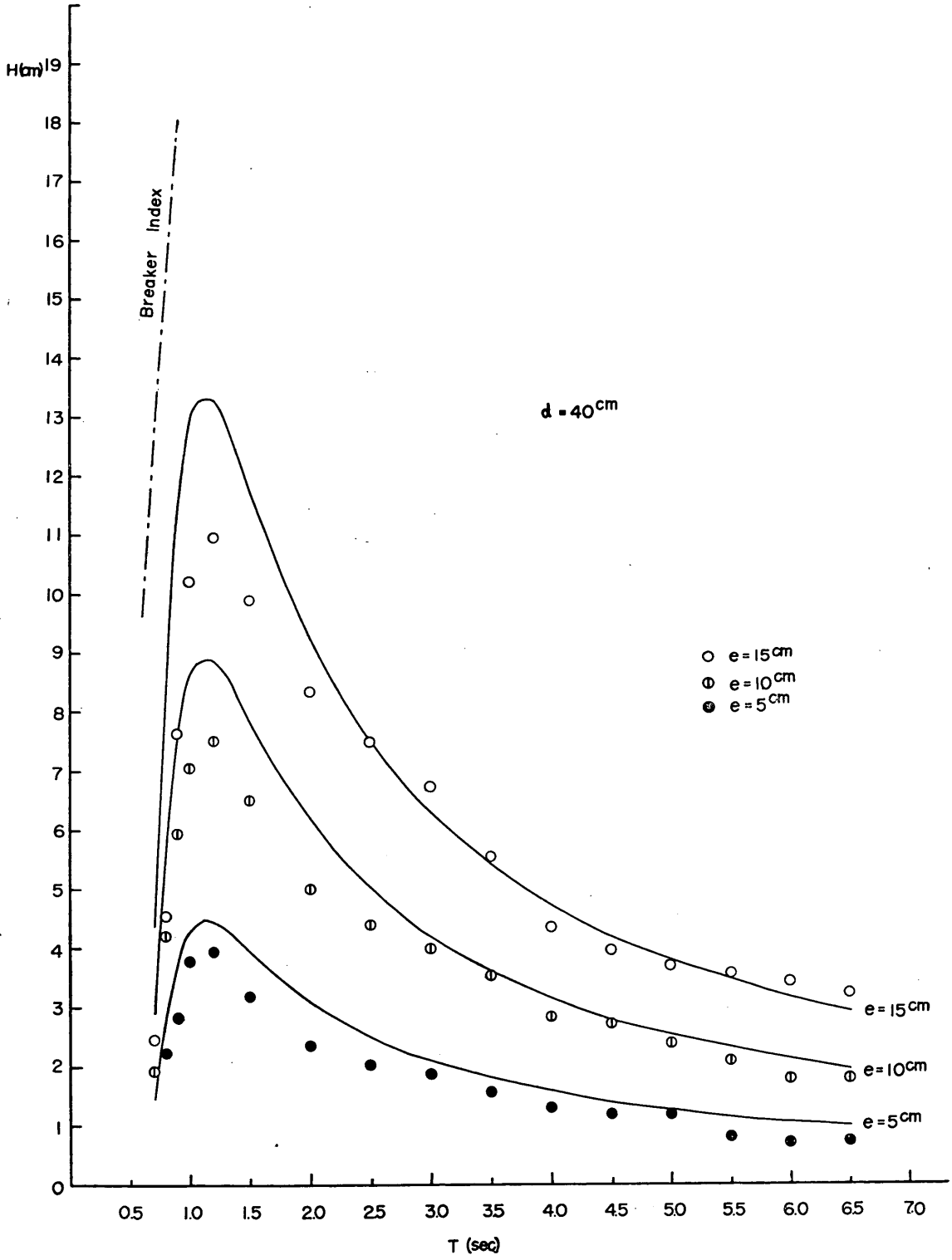


图-14

められるけれども、これは図-13に二重丸印で示した Healy の方法で求めた進行波の波高が理論曲線に沿ってほぼ滑らかに変化している事実からみて、反射波の影響によるものであろう。

図の一点鎖線は、進行波の碎波限界を表わしたものであるが、水深が 20~30cm と浅い場合に $2e$ を大きくすると T の小さいところでは、理論上は碎波の波高に近い発生波高を期待できるにもかかわらず実際の発生波高は碎波限界の波高よりかなり小さくなっている。これは、このような場合、造波部において段波状の現象

を呈するためにエネルギーが大きく失われて波高が小さくなるものと思われる。

よって速度ポテンシャルの存在を仮定した合田の理論はこの場合には適用できない。したがって本方式のような造波装置で短周期の場合に、効率のよい発生波高もしくは波形勾配 H/L の大きい波を得るためには、段波が生じないように造波部分の水深を大きくするなど、なんらかの方策を構じる必要があるであろう。(写真-2, 発生波の一例)。

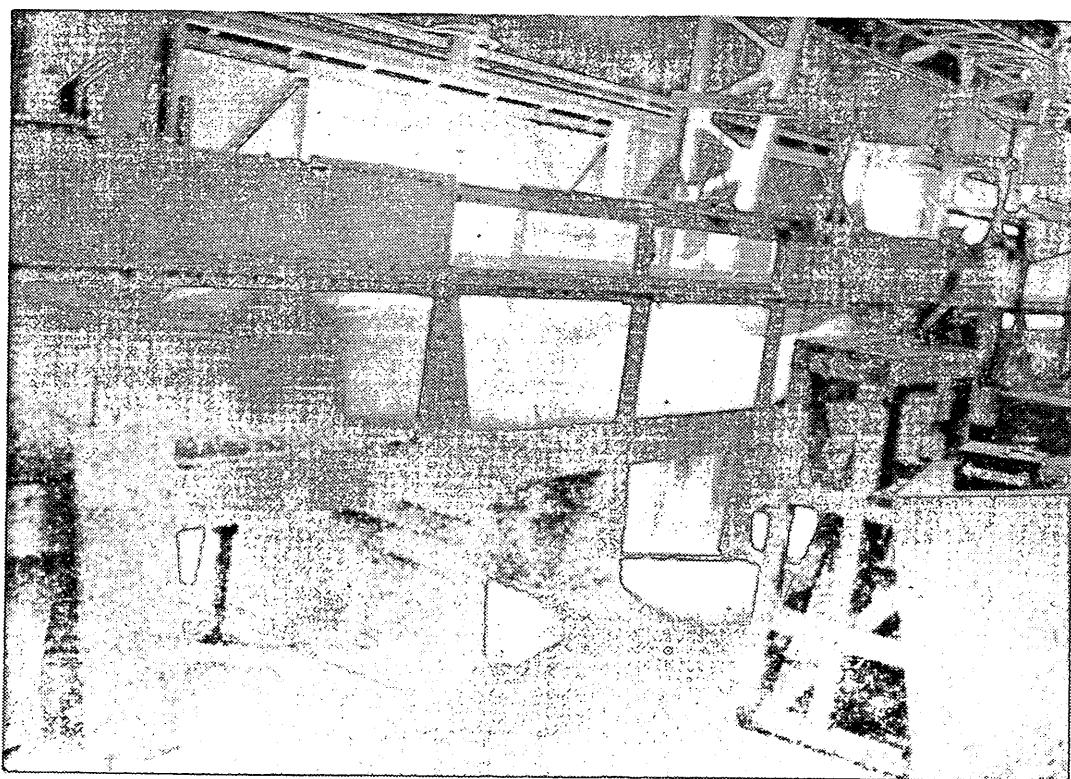
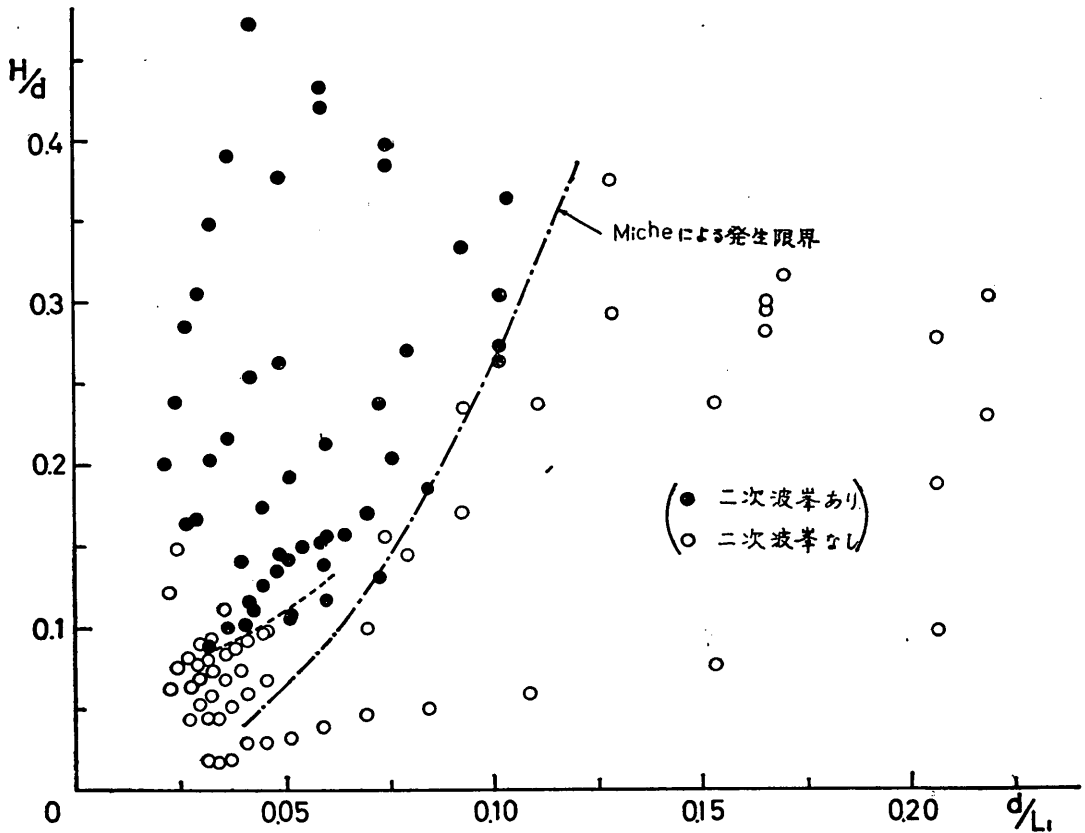


写真-2

4-3 二次波峰の発生限界

実験の種類によっては、二次波峰の存在が実験の精度を阻害する要因となることもある。二次波峰の発生限界は造波方式によりいくらか違いがあるものと思われるので、本方式の造波装置の場合も、その発生の限界を明らかにしておく必要がある。図-15は、水路内の一点(造波部から10.1mの点)で測定、記録した波形をも

とに二次波峰の存在の有無をプロットしたものである。(図-11に二次波峰のある場合の波形記録の一例を示した。)二次波峰の伝播速度は主峰の伝播速度よりかなり小さいため、測定地点によっては、主峰と二次波峰とが重なって記録された波形の上に二次波峰が現れない場合もあり得るので、図-15は必ずしも発生限界を的確に示すものではない。同図には参考のため



図—15

に Miche による発生限界⁷⁾も示した。(二次波峰の伝播速度は主峰よりかなり遅いという観測結果から見て、二次波峰の現われる原因は、主峰より小さな波長を持つ free wave の伝播現象にあるとみてよい。したがって、Miche が進行波の二次近似式における二倍周波数成分の効果を評価して得た発生限界曲線を適用することは、理論上妥当とは言えない。しかしフラップ型の造波機による発生波についての従来の測定結果は、Miche の発生限界に非常によく適合することが指摘されている^{8,9)}。) これを本造波装置の場合と比較してみると、測定値はほぼこの曲線に則した傾向をみせているが、 d/L の小さいところではいづらか発生しにくい傾向がうかがえる。ただ前述したように判定の方法に多少の問題があることなどのためにはっきりしたことはいえない。

5. 結 語

造波特性についてのこれまでの検討の結果から、つぎのことが言えるであろう。造波部分からの反射は、フラップ型などの従来の方式の造波機にくらべるとはるかに小さいものであるから、水路内に海岸堤防などの模型を設置した実験においても、かなり長時間にわたって連続測定しても、さほど大きな障害は生じないものと予想される。段波の発生のために効率のよい発生波高が得られず、したがって波形勾配の大きな波をつくれないうといった点に関しては、造波部分の形状・構造などに何らかの工夫を要する問題であり、今後の課題といえよう。

終りに当って、本装置の設計に際して有益な御助言をいただいた浜田水理研究室長、柴山主任研究官、合田模型試験課長、ならびに終始御指導いただいた川上波浪研究室長に深甚の謝意を表する。

参 考 文 献

- 1) 岩垣雄一, 土屋義人, 井上雅夫: 風洞水槽を用いた海岸堤防の越波に関する研究(1) — 風洞水槽の特性と鉛直堤の越波に関する二, 三の実験, 第9回海岸工学講演会講演集, 1962年11月 pp 153~158.
- 2) 合田良実: 鉛直振動流による造波の理論について, 第11回海岸工学講演会講演集, 1964年11月 pp 69~73,
- 3) Y. Goda, and T. Kikuya : The Generation of Water Waves with a Vertically Oscillating Flow at a Channel Bottom, Report of Port and HarbourTech. Res. Inst, No. 9, Aug. 1964.
- 4) 岩垣雄一: 海岸堤防論, 土木学会水理委員会, 1964年7月
- 5) 同上
- 6) Y. Goda : Wave Forces on a Vertical Circular Cylinder : Experiments and a Proposed Method of Wave Force Computation, Report of Port and Harbour Tech. Res. Inst., No.8, Aug. 1964.
- 7) K. Horikawa : Secondary Wave Crest Formation, 土木学会論文集, No. 66, 1960年1月, pp 50~58
- 8) 同上
- 9) 合田良実: 造波水路内における二次波峰の移動現象について, 運輸技術研究所防波堤研究室資料, No. 8, 1961年8月

(昭和42年4月8日受付)

港 湾 技 研 資 料 No. 32

1967年6月

編集兼発行人 運輸省港湾技術研究所

発 行 所 運輸省港湾技術研究所
横須賀市長瀬3丁目1番1号

印 刷 所 株式会社 白 泉 社
東京都港区西麻布1丁目4