

浮消波堤に関する実験的研究

吉田 常松*・磯崎 総一郎*

1. ま え が き

沿岸海域の有効利用のために、主に養殖漁業の分野を中心として、浮消波堤に対する関心が高まっている。本研究は、そのような背景の中で、より小型の断面で効果的な消波性能を発揮しうる浮消波堤を考案し、実験的に検証したものである。

実験では、まず、断面寸法を一定とし、その断面を構成する部材の取付位置、及び相互の寸法比が、消波性能にどのような影響を与えるかを調べた。そして、その結果から最適断面形状を求めて、消波特性、運動特性を、系統的に変化させた入射波条件の下で検討した。それによって、本浮消波堤が、所期の性能を十分満たすものであることを確認することができた。

2. 本浮消波堤の消波機構について

波による浮体の運動に、適当な制御を加えれば、その浮体の運動によって発生する散乱波、発散波と入射波とが都合よく干渉合って、消波される状態が現出するであろうことは、理論的な検討を待つまでもなく、ごく直感的に予想される消波原理の1つである。その場合、制御を、外部の力学系にたよることなく、浮体自体の運動機構によって行なえることが望ましい。そして、それを実現する方法の一つとして、浮体内部に、外部から流体を導き、その流体の運動を利用することが考えられる。

本浮消波堤は、そのような発想、原理から生まれたものであり、簡単な予備実験を経て、図-1に示すような基本形状が決められた。これは、波による浮体の運動の各モードのうちで、特に Heaving と Rolling に着目し、

それらが、周期の広い範囲にわたって、入射波との間に位相差を生ずるよう考案されている。即ち、

- ① Heaving については、水線面積を小さく、かつ没水体積を大きくして、固有周期を長くする。
- ② Rolling については、上部端板 1、水平板 2、及び中央板 3 とで囲まれた空間 ① に、スリット ⑥ を通して流体を入り出させるが、そのスリットの幅を調節して流出入速度を制御し、入射波との間に位相差を生ずるようにする。

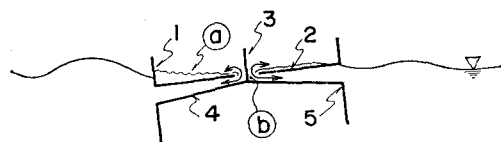
というものである。さらに、スリットを流体が入り出する際のエネルギー損失も、消波に寄与するよう期待している。

3. 最適断面形状の検討

図-1に示した基本断面形について、それを構成する部材の取付位置、相互の寸法比が、消波性能にどう影響するかを調べ、最適断面形状を決めるためのデータを得ることを目的として、実験を行なった。

(1) 実験装置及び方法

実験は、当研究所の小型造波水路(全長 12 m, 幅 0.5 m, 高さ 0.5 m の鋼製片側 1 部ガラス張り水路で、1 端にフラップ式造波板、他端にビーチ型の消波装置が取付けられている)を用いて行なった。模型は図-2に示す通りで、幅 $B (=24 \text{ cm})$ 、吃水 $d (=16 \text{ cm})$ を一定とし、水平板を 3 種類 (①~③)、中央板高さを 5 種類 (I~V)、傾斜板の勾配を、中央板への取付位置に応じて 3~7 種類 (①~⑦) 変え、それぞれを組合わせて、計 25 種類の断面形状について消波特性を調べた。なお、模型は塩ビ製の 2 次元模型で、両端にフローターを取付けて、



1. 上部端板 2. 水平板 3. 中央板 4. 傾斜板
5. 下部端板

図-1 本浮消波堤の基本断面形状

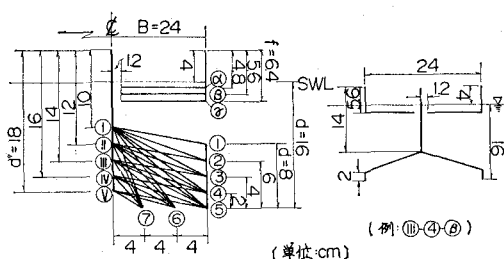


図-2 最適断面形状について検討するための模型断面

所定の吃水を保持し、チェーンカタナリー方式で係留した。また、入射波条件は、入射波高 $H_I=2.8\text{ cm}$ で一定、周期は、 $T=0.7\text{ sec}$ ($L/B=2.2$, L : 波長), $T=1.0\text{ sec}$ ($L/B=6.1$) の2種類、水深 $h=40\text{ cm}$ である。周期をこの2種類に決めたのは、この間で消波特性が大きく変わることが、予備実験によって見出された為と、実験を効率的にすすめる為である。さらに、その予備実験で、水平板と中央板との間の距離を l ($=B/2$) としたとき、スリット幅 (l') は $l'/l=0.1$ 前後が良いことが分かったので、本実験では、全てのケースについて $l'/l=0.1$ ($l'=1.2\text{ cm}$) とした。そして、模型中央から後方 1.5 m の位置に、容量式波高計をセットして、透過波高 H_T を測定した。

(2) 実験結果及び考察

実験で得られた結果を図-3 に示す。図中で、 K_T は

透過率 (H_T/H_I) である。多少の変動はあるものの、全体を通して見た場合、次のような定性的傾向を見出すことができる。即ち、『それぞれ他の条件を一定にした場合、

- ・水平板の位置を下げる、
- ・傾斜板の勾配を大きくする、
- ・傾斜板の、中央板への取付位置を下げる、

ことは、消波特性に対して同様の効果をもつ。つまり、周期が短いときには K_T を小さくし、逆に、周期が長いときには K_T を大きくする。』ということである。

一般に、消波効果の有無は、 $K_T=0.5$ を基準にして論じられるが²⁾、「できる限り広い周期の範囲にわたって $K_T \leq 0.5$ を維持する」という方針をたてた場合、この結果から、「水平板は水面付近に、傾斜板の勾配は小さく、かつ、その中央板への取付位置は水面近くにする」こと

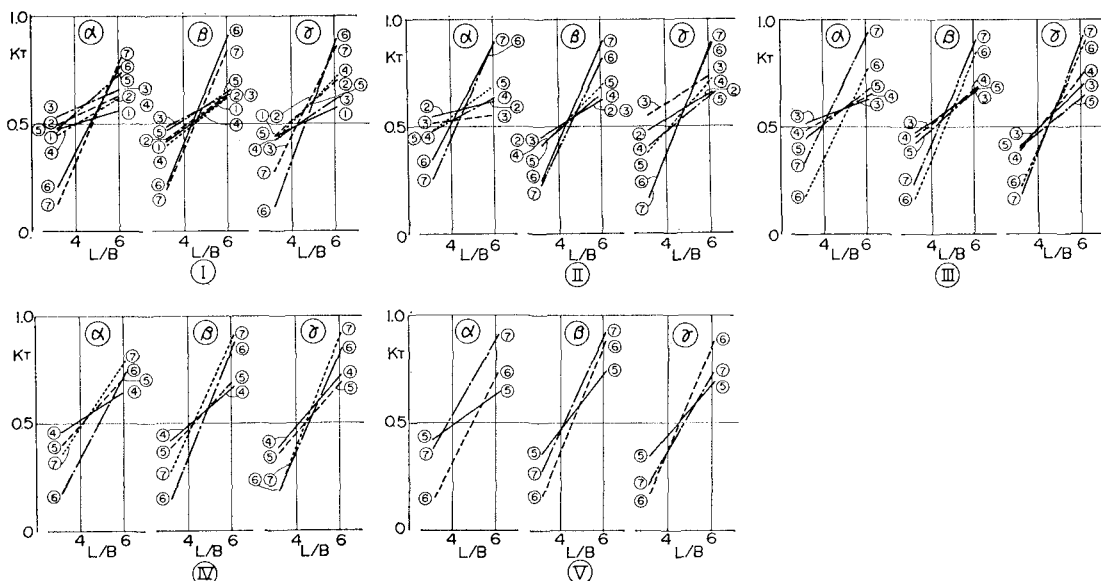


図-3 部材位置及び寸法比の消波特性に及ぼす影響

にすればよいことが分る。そして、その方針の下に、実際の構造物として考えた場合の工作上的問題等を考慮し、さらに、できるだけ小さい断面でそれが達成できるよう、最適断面形状を検討した。

4. 消波特性及び運動特性について

3. で得られた結果をもとにして決められた最適断面形状に対して、それがどのような消波特性、運動特性を有するかを、系統的に変化させた入射波条件の下で、実験的に検討した。同時に、吃水の影響についても調べた。

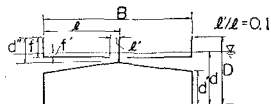
(1) 実験装置及び方法

実験は、当研究所の大型造波水路(全長 60 m , 幅 3 m , 高さ 2 m の鋼製片側1部ガラス張り水路で、1 端にピス

トン型造波板、他端にビーチ型の消波装置が取付けられている)を用いて行なった。模型は表-1 に示す3種類で、下部端板の長さ (d') を3種類変え、他の部材の寸法を全て同一にしたものである。つまり、下部端板長さ

表-1 最適断面形状模型の諸元

	①	②	③	
D (cm)	17.7	23.6	29.5	① $B/d=4.25$, $d/d'=2.0$
d (cm)	11.8	17.7	23.6	② $B/d=2.83$, $d/d'=1.5$
d' (cm)	5.9	11.8	17.7	③ $B/d=2.13$, $d/d'=1.3$
B (cm)	50.0			
d'' (cm)	8.9			
l' (cm)	2.5			
f (cm)	7.1			
f' (cm)	1.2			

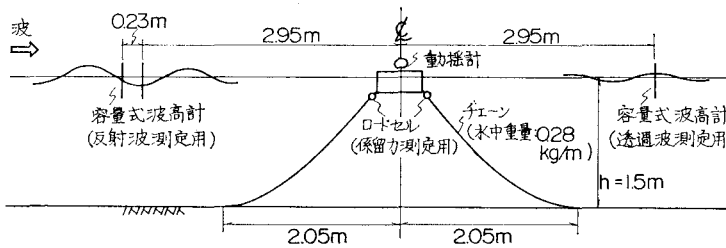


によって、3種類の吃水 (d) が設定されていることになる。模型は、3. と同じく塩ビ製の2次元模型で、長さ方向に所定の間隔でフロッターを入れる形にして浮力を与え、吃水を保持した。また、保留も、チェーンカタナリー方式で行なっている。入射波条件は、表—2 に示す

表—2 入射波条件

入射波高 H_I (cm)	5.9, 11.8, 23.6
周 期 T (sec)	0.80~1.73
水 深 h (m)	1.5

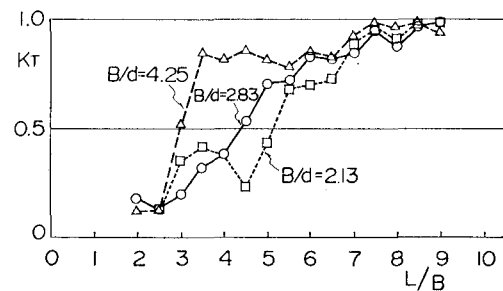
如く、入射波高 H_I が3種類で、周期 T は 0.80~1.73 sec の範囲から、各波高に対して造波可能な領域を選んで、約 0.15 sec ごとに設定した。測定は、反射波高、透過波高、運動 (Swaying, Heaving, Rolling), 及び係留力について行なった。ここで、波高は容量式波高計、運動はポテンシオメーターによって構成された6成分動揺計、係留力はリングに歪ゲージをはり、ブリッジ回路を組んだロードセルを用いて測定した。図—4 に実験装置の概略を示す。測定されるデータは、全てアナログデータレコーダーに収録した後、A/D 変換して処理した。



図—4 実験装置の概略

(2) 実験結果及び考察

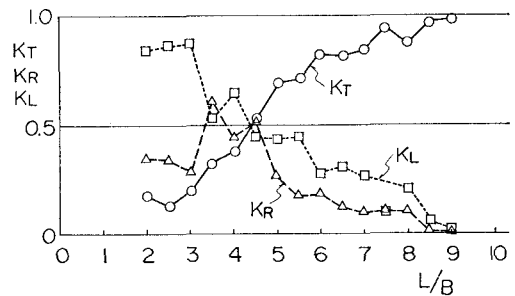
ここでは、 $H_I=5.9$ cm の実験結果を示す。それ以外の波高についても、結果は基本的に変わらない。さて、図—5 は消波特性に及ぼす吃水の影響を示している。これによると、吃水が深くなるほど、 $K_T \leq 0.5$ の L/B 、即ち周期の範囲が長くなり、また、 L/B に対する特性も吃水によって変わることが分る。後者については、本浮消



図—5 吃水の影響 ($H_I=5.9$ cm)

波堤に特徴的な傾向と思われる。これは、下部端板の長さによって、Rolling に対する付加慣性モーメントの大きさ、及び周波数依存特性が変化し、それが水平板上の流体の運動、Heaving の位相と絡んで、このような特性を示すのであろう。この結果、吃水を大きくすれば、消波性能は向上することが分ったが、断面もそれに従って大きくなるわけであり、吃水を決めるにあたっては、経済性も含めて、総合的に検討する必要がある。ここでは、 $B/d=2.83$ のケースについて述べることにする。

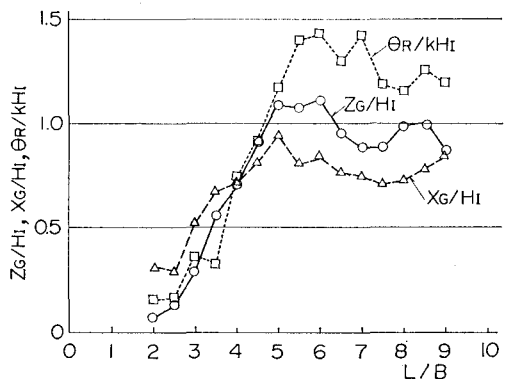
図—6 は、透過率の他に、反射率 $K_R (=H_R/H_I, H_R$:



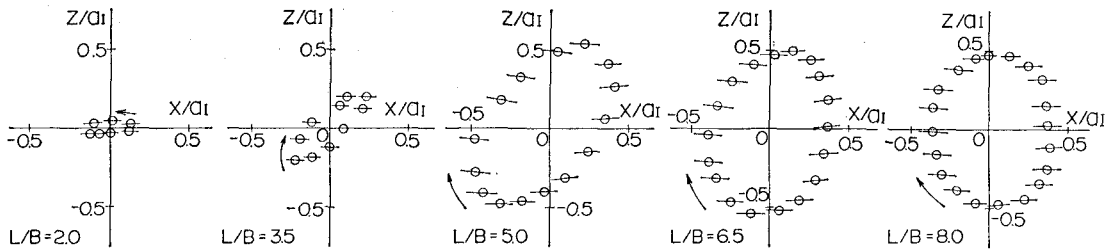
図—6 透過率 (K_T), 反射率 (K_R), エネルギー損失率 (K_L) の特性 ($H_I=5.9$ cm)

反射波高), エネルギー損失率 K_L を同時に示している。 K_R は、合田の方法³⁾によって、 H_I, H_R を分離して計算し、 K_L は、エネルギー保存則より成立する式: $1 = K_T^2 + K_R^2 + K_L$ から計算して求めた。また、図—7 は、浮体重心の、波による Swaying, Heaving, Roll-

ing の特性を示している (X_G : Swaying 変動量, Z_G : Heaving 変動量, θ_R : Rolling 変動量)。さらに、図—8 は、浮体重心の運動軌跡であり (x : 運動中心からの水平方向変位, z : 運動中心からの上下方向変位, $a_I = H_I/2$)、同時に、Rolling の角度も線分で示している。



図—7 運動特性 ($H_I=5.9$ cm)

図—8 重心の運動軌跡及び Rolling 角度 ($H_I=5.9\text{ cm}$)

これらの図から、本浮消波堤の消波機構について、以下の事が分る。即ち、 L/B が小さいとき ($L/B \approx 3$)、浮体はほとんど動かず、また、 K_R が小さく、 K_L が大きいことから、浮体内部でエネルギーが、かなりの部分消費され、それが消波に寄与していると推察される。実験時の観察によっても、スリットを流出入する流体の運動がかなり激しく、この部分でのエネルギー損失が大きいことが予想された。また、それよりも少し L/B が大きくなると ($L/B \approx 3 \sim 5$)、 K_R は大きく、逆に K_L は小さくなり、また、運動は大きくなることから、浮体の、波に対する位相差をもった運動によって、入射波が反射され、消波効果が維持されるのであろう。以上の事から、本浮消波堤の消波機構に、浮体自身の形状に基因する運動が、大きく関与することが分る。

なお、本実験で、係留力についても同時に測定したが、

これについては、また別の機会に報告したい。

5. あとがき

本研究により、浮体自身の運動を利用した、新たな浮消波堤について、その性能、運動の特性を把握することができた。なお、係留システムとの関係、腐食疲労強度、その他、実海域でのテストを含めて実用化のための諸研究を進めており、追って報告したいと考えている。

参考文献

- 1) 例えば、加藤直三、他：消波装置の基礎的研究、造船学会論文集、第136号、pp. 93~106, 1974.
- 2) (社)日本水産資源保護協会：浮消波堤評価基準、p. 78, 1979.
- 3) 合田良実：港湾構造物の耐波設計、鹿島出版会、pp. 221~224.