

浮消波堤の消波効果に関する実験的研究

——重連ポンツーンの運動状態と消波効果の関連について——

加 藤 重 一*・土 屋 達**

1. はじめに

浮消波堤は、係留された浮体によって強風時の波浪エネルギーを減殺させようとする海洋構造物¹⁾であり、主に漁場用消波施設として開発されようとしている。その開発状況は、すでに各地で実地試験が行なわれているにもかかわらず、浮体形状や安全な係留方法等が、まだ確立されていないことから見て、現在、テクノロジーアセスメントを必要とする段階にあるといえよう。こうした現状の中で、浮消波堤の開発研究を行なう際には、まずその研究方向、すなわち、理想的な浮消波堤はどのようなものであるか、ということを含め、それに沿った方法で研究を進めることが必要であろう。

そこで第一に、漁場用の消波施設に求められる性質を考えると、その消波特性は、対象海域内の波浪条件を、操業や魚介類の成育に支障がない程度に規制できれば充分であるといえる。つぎに、浮消波堤の工学的な問題を考えると、入射波長が長くなると消波効果が悪くなること、良好な消波効果が得られる波長域が狭いこと、および、浮体の運動状態によっては、係留張力が衝撃的なものとなり、係留索が破断する恐れがあること等が挙げられる。

従来の研究^{2),3),4)}によれば、浮体の消波効果は、その時の浮体運動と密接な関係にあり、浮体の固有振動周期(T_f)と波周期(T_w)が一致して共振現象が生起するような場合に最大となるといわれている。また、波長が長く、 $T_w \gg T_f$ となるような時には、浮体運動は波に追従するものとなり、消波効果がほとんどなくなることも知られている。

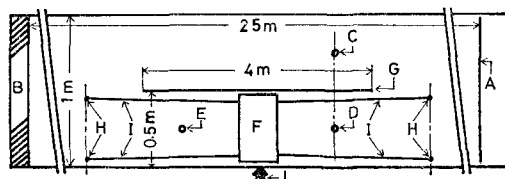
以上のことから、本研究では、最大消波効果が若干低くとも、広い波長域にわたって平均的に消波効果を発揮しうな浮体が、漁場用消波施設として実用的であると考え、浮消波堤としての開発が有望視されている浮体⁵⁾の中から、“重連ポンツーン”を例にとって、その浮体運動を抑制するのにも有効であると思われる水平板の効果を含め、実用範囲内で、実験的に調べることにした。

なお、本研究では、前記の $T_w \approx T_f$ なる所を Active⁶⁾

な、 $T_w \gg T_f$ なる所を Passive⁶⁾ な領域と呼ぶことにする。

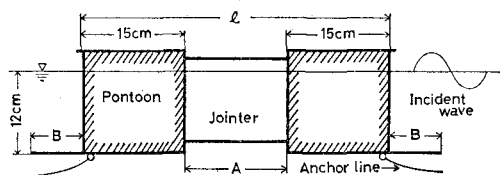
2. 実験方法

実験は、有効長 25m、幅 1m、高さ 1.5m、両側面強化ガラス張りの 2 次元波浪水槽（東京水産大学付属水理模型実験棟内）と容量式波高計 3 基を使用して行なった（図—1 参照）。図—1 の英字は、それぞれ、A；ピストン型造波装置、B；アブソーバ型消波装置、C、D、E；容量式波高計、F；模型浮体、G；分離壁、H；係留基点、I；係留索、J；観察位置などを表わす。分離壁はアクリル製で、入射波形を分離・保存し、入射波高および入射波と浮体運動の位相差（以後、単に位相差という）等を、正確に把握するための装置である。



図—1 水槽平面図

模型浮体は、図—2 のような断面形状の重連ポンツーンで、浮体間隔（図中 A；7.5, 15.0, 22.5, 30.0cm）と水平板長（同 B；0.0, 3.0, 5.0, 7.5cm）それぞれ 4 種を組み合わせた 16 形状のものである。両ポンツーンの断面形状は、最も基本的なものの一つであると思われる正方形を選んだ。



図—2 模型浮体断面図

模型波は、造波装置の性能、および、入射波が重力波の性質を保持すること等を考慮し、波形勾配 0.03~0.06、波長 60~240cm の範囲で、29 波を設定した。この波形

* 正会員 農博 東京水産大学教授 水産学部海洋環境工学科

** 学生会員 東京水産大学大学院 海洋環境工学科

勾配は、台風時の波浪に相当している。なお、実験水深は 80 cm である。

また、浮体は、浮体自身の運動に影響がないような、細く軽い係留索(テトロン製組索, 70 Lbs. test, 約 4 m) で4点係留されている。ただし、それぞれの係留索の浮体寄りの所には、衝撃力観測用のシンカー(約 2 g) が取り付けられている。

3. 実験結果および考察

上記の装置を用いて、入射波高 (H_i) と透過波高 (H_t) の測定、および、浮体の運動状態、位相差、係留索の衝撃等の目視観測を行なった。図-3~6に、16種の浮体の消波特性と運動状態を、浮体間隔ごとにまとめて示す。

各図のたて軸は、透過率 (H_t/H_i)、横軸は、入射波長 (L) と浮体長 (l) の比を表わし、MOTION は、浮体の運動に占める各運動成分の割合を模式的に表現したものである。ここで記号は、Pi.; ピッチング, He.; ヒーピング, Su.; サージング等を表わす。また、短波長側で浮体運動が極めて小さくなる現象が観察されたので、静止成分を意味する Re. をもってこれを示した。図中の各プロットは実測値であり、消波特性曲線は、各波長における透過率の平均値を結んだものである。

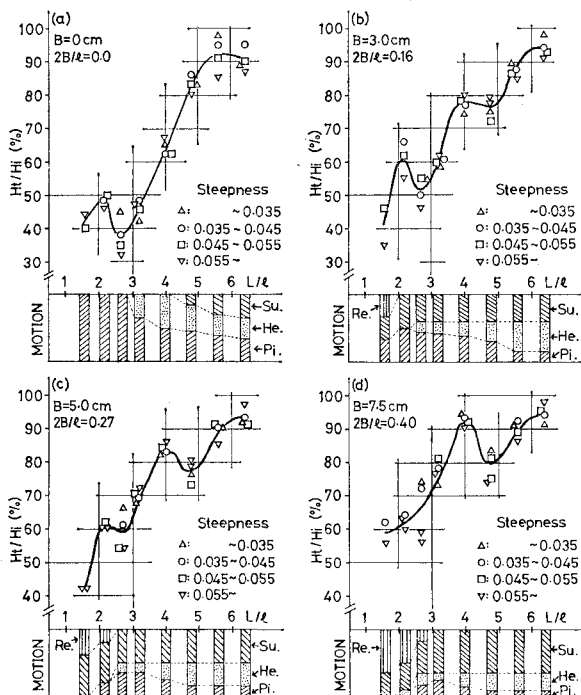


図-3 $A=7.5$ cm の浮体の消波特性

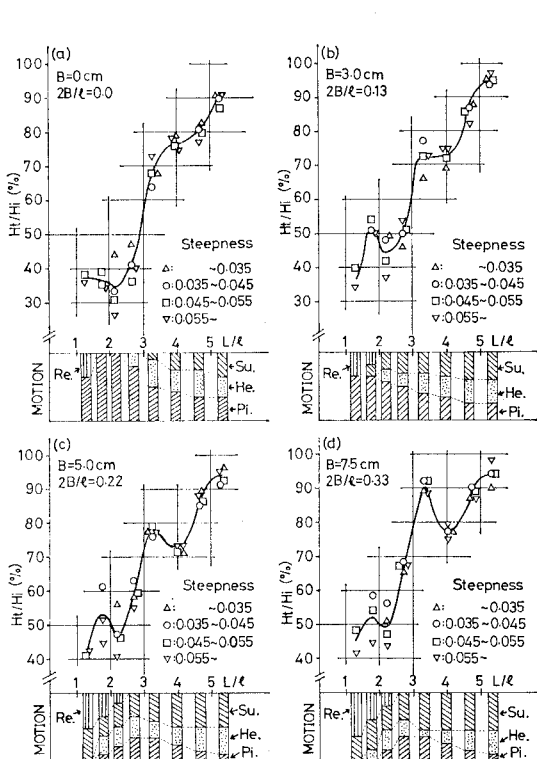


図-4 $A=15$ cm の浮体の消波特性

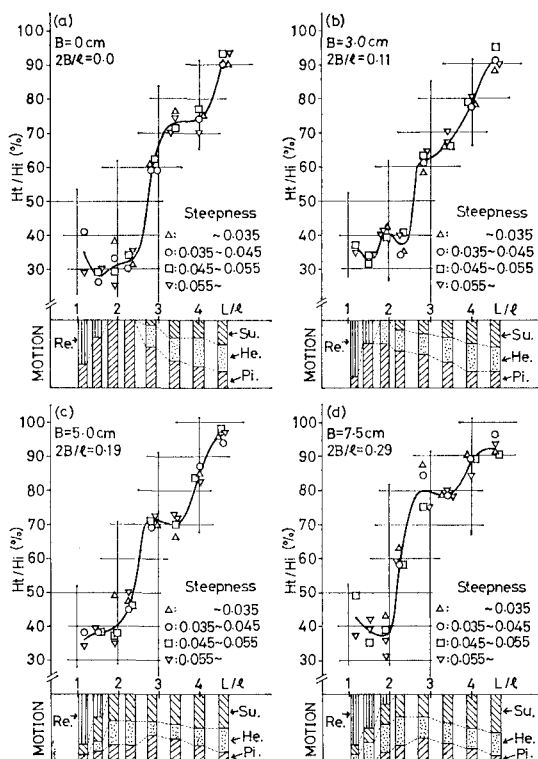
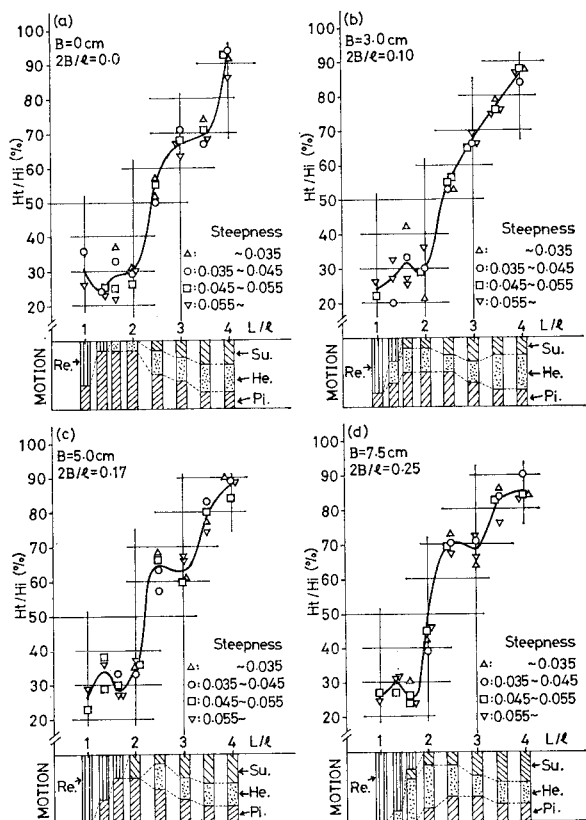


図-5 $A=22.5$ cm の浮体の消波特性

図-6 $A=30$ cmの浮体の消波特性

まず、図-3~6において、 $2B/l$ (浮体長に対する水平板長の割合を表わすパラメータ、図-2 参照)の値と浮体の運動状態を比較すると、 $2B/l$ が大きい浮体の運動状態は、サージング成分が多く、ピッチング・ヒービング成分が少ないものとなっているのがわかる。特に、 $2B/l$ が0.16以上の浮体では、ほぼ全波長域にわたって、サージングが観察されている。このことは、水平板が、浮体運動の鉛直成分を抑制し、一方では、波力を受けて浮体が水平方向にずれようとする運動を助長するという効果を有することを示している。

つぎに、各浮体の消波特性の形状と $2B/l$ の値を比較すると、やはり $2B/l$ が0.16以上の場合には、中程度の波長域において、消波特性が極大となっていることに気づく。これに対して、 $2B/l$ が0.13以下の場合には、同域での消波特性の盛り上がりは見られるものの、極大点は存在していない。このことは、浮体長に比して水平板が大きくなるにつれて、前述した水平板の効果が顕著になり、浮体運動が Passive な状態に近づいていくことを示している。また、短波長域において、水平板を有する浮体の消波特性は、いづれも、水平板のない浮体のものよりも高い値を示している。これは、水平板が、浮体のピッチング運動を抑えたための効果であると思われ、ピッ

チング運動が消波に有効であることを連想させるものである。

ここまでの結果は、浮体長に比して大きすぎる水平板が、かえって、消波効果に悪影響をおよぼすことを示している。そこで、水平板が比較的短い浮体 (図-4~6 の小図 (b)) の消波特性の形状に着目すると、短波長域から、中程度の波長域にかけての立ち上がり小さく、短波長域での値も、比較的に良好な消波効果を示している。このことは、重連ポンツーンの消波特性を、本研究の冒頭で述べた実用的な浮消波堤の性質に近づけようということを暗示するものである。また、水平板のない浮体の消波特性に着目すると、図-4~6 の小図 (a) では、互によく似た形状となっているが、図-3 の小図 (a) は、これらと異なり、むしろ、従来知られている単純な浮体 (逆台形ポンツーン等) の傾向に近いといえる。このことは、浮体が、重連ポンツーンとしての特性を発揮するためには、片側のポンツーンの大きさと同程度以上の浮体間隔を必要とすることを示している。さらに、図-3~6 で、横軸のスケールが異なり、各浮体の消波可能範囲 (ここでは、透過率60% 以下となる範囲を指す) が異なっているが、これは、各浮体の高さとの比が一樣でなく、模型浮体が、相互に相似形でないことによるものである。図-3 の方が L/l の値の大きいものとなっている

ことを考えると、浮体長が等しければ、浮体高の高いものの方が、消波可能範囲が広いといえよう。

係留索の衝撃力は、全体の傾向として、浮体が、サージングの卓越する運動状態にある時に強く、ピッチングの卓越する状態では弱いというものであった。このことは、本実験の係留方法が、浮体の鉛直方向の運動を規制しないように考慮したものであったことに起因するものと思われる。また、当然のことながら、浮体運動が小さい場合には、衝撃力が発生することはなかった。

位相差は、各浮体ともに短波長側で π (波の峰に浮体の前面が衝突する状態)、長波長側で 0 (浮体が、波に追従して運動する状態) となることが観察された。ただし、水平板を有する浮体では、位相差が $\pi/2$ (波峰の前面中腹に、浮体前面が衝突する状態) となる波長域が広いことを確認している。

4. まとめ

前節で述べたことを総合的に考察すると、適当な大きさの水平板を有する重連ポンツーンは、水平板のないものに比して、実用性の高い浮消波堤として将来期待し得るものといえよう。本研究で調べたような形状の浮体では、 $2B/l$ の値が0.10~0.13となる範囲に、その水平板

の最適長が存在するものと思われる。また、実際の浮消波堤の構造的な問題を考えれば、重連ポンツーンの浮体間隔は、両側のポンツーンと同程度の規模とするのが最良であろう。さらに、浮体の吃水については、消波可能波長域を広げるために、波による浮体の転倒が起こらない範囲で深くすることが有効であると思われる。

本研究は、以上の 3 点をもって、重連ポンツーンを浮消波堤として開発する際の方向を示した。しかし、浮遊構造物については、模型と実物の間の完全な相似性が成立しないので、この点注意しなければならない。したがって、重連ポンツーンを浮消波堤として設計するためには、より大型の模型実験を行なうことなどが更に必要であろう。

本研究実施にあたっては、昨年度卒業された、浅岡力氏、横山隆二氏の助力におうところが多大である。ここに記して、深謝の意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 浮消波堤研究協議会：浮消波堤評価基準，日本水産資源保護協会，78 p.，1979.
- 2) 加藤重一：浮消波堤の開発研究，土木学会誌，第 63 巻，pp. 58~63，1978.
- 3) Katoh, J. and S. Tsuchiya: Basic study concerning the development of floating breakwater—I, Jour. of Tokyo Univ. of Fish., Vol. 66, No. 2, pp. 125~135, 1980.
- 4) Katoh, J. and Y. Sawaji: Basic study concerning the development of floating breakwater—II, Jour. of Tokyo Univ. of Fish., Vol. 66, No. 2, pp. 137~152, 1980.
- 5) 前出 2)
- 6) Bowley, W. W.: A wave barrier concept, 1974 floating breakwaters conference papers, pp. 91~112, 1974.
- 7) 浅海開発研究委員会：水産土木事例と動向 (I)，日本水産資源保護協会，128 p.，1971.
- 8) Djounkovski, N. N. and P. K. Bolitch: La Houle et son Action sur les Cotes et les Ouvrages Cotiers, Eyrolles and Gauthiers-Villars, Paris, 1959.
- 9) 永井莊七郎・久保弘一：浮防波堤に関する研究，第 17 回土木学会年次学術講演会講演概要，pp. 139~140，1962.