

多胴船型浮消波堤の開発 (第2報)

Development of Multi Hull Type Floating Breakwater (2nd Report)

木下 健*・西條 憲一*

Takeshi KINOSHITA and Kenichi SAIZYÔ

1. はじめに

前報において、本A型浮消波堤の消波性能が従来型に比べて優れたものであることを示したが、実際に浮消波堤を設置することを考えた場合、係留の問題も重要である。そこで、漂流力の小さなことが望まれるが、そのためには漂流力と密接な関係にある反射波が小さなものでなければならない。その反射波を得るため前報の消波実験時に模型の前方に2本の波高計を接近させて設置し波高計測したが、その計測記録より反射波を解析したので、その結果を前報と同様、等価半円柱の場合と比較してみた。また、透過波と反射波が求められたので、本消波堤による散逸エネルギーを求めた。さらに、漂流力の実験を行い、漂流力を計測し、反射波より求めたもの、等価半円柱のものとの比較を行った。

2. 反射波の解析

問題を2次元とし、座標系を図1のようにとる。この時、入射波 η_i と反射波 η_r は、

$$\begin{aligned} \eta_i &= \text{Re}\{Ae^{i\epsilon_A} e^{i(\omega t - Kx)}\} \\ \eta_r &= \text{Re}\{Be^{i\epsilon_B} e^{i(\omega t + Kx)}\}, \quad K = \omega^2/g \end{aligned} \quad (1)$$

と表される。ただし、 Re は実数部を示す。ここで、 $A \cdot B$ は入射波・反射波の振幅、 $\epsilon_A \cdot \epsilon_B$ は入射波・反射波の位相、 ω は角速度、 K は波数である。

波高計1に原点を置き、 x の正方向に S 進んだ点に波高計2を置く。そこで、波高計1より記録された波振幅を η_0 、波高計2のものを η_s とすると、

$$\begin{aligned} \eta_0 &= \text{Re}\{(Ae^{i\epsilon_A} + Be^{i\epsilon_B})e^{i\omega t}\} \\ \eta_s &= \text{Re}\{(Ae^{i(\epsilon_A - KS)} + Be^{i(\epsilon_B + KS)})e^{i\omega t}\} \end{aligned} \quad (2)$$

となる。この2本の波高計の記録を同時刻にA-D変換し、これをFourier解析することにより基本周波数の振幅を得ることができる。ここで、

$$\begin{aligned} \zeta_0 &= Ae^{i\epsilon_A} + Be^{i\epsilon_B} \\ \zeta_s &= Ae^{i\epsilon_A} e^{-iKS} + Be^{i\epsilon_B} e^{iKS} \\ \zeta_K &= e^{iKS} \end{aligned} \quad (3)$$

* 東京大学生産技術研究所 第2部

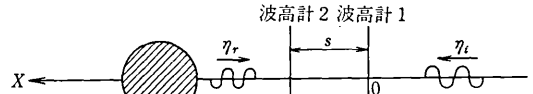


図1 座標系

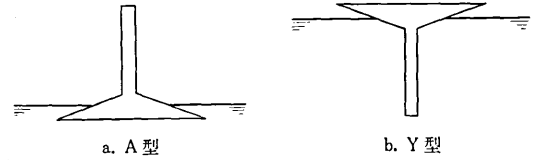


図2 断面形状

とおくと、

$$\begin{aligned} Ae^{i\epsilon_A} &= (\zeta_0 - \zeta_s \cdot \zeta_K) / (1 - \zeta_K^2) \\ Be^{i\epsilon_B} &= (\zeta_0 \cdot \zeta_K^2 - \zeta_s \cdot \zeta_K) / (\zeta_K^2 - 1) \end{aligned} \quad (4)$$

となり、入射波振幅 A 、反射波振幅 B 、入射波と反射波の位相差 $(\epsilon_A - \epsilon_B)$ が求まる。

反射波係数を図3-a~dに示す。反射波係数は、反射波高 $H_r (= 2B)$ を入射波高 $H_i (= 2A)$ で除したもので表す。

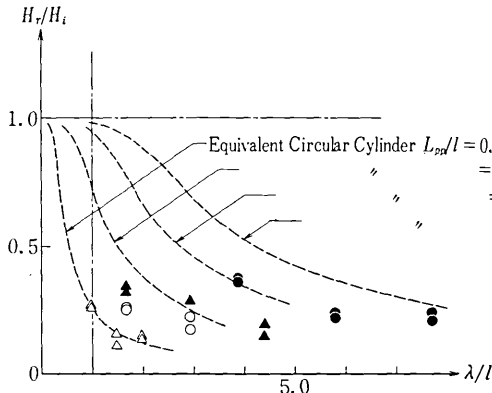
反射波係数と共に前報の透過波係数を用いて、本消波堤による散逸エネルギーを図4-a~dに示す。

共に横軸は入射波長 λ を細長体間の距離 l で無次元化したものであり、図中の L_{pb} は模型の垂線間長さを表し、破線は横方向の単位長さ当たり同じ排水容積を持つ半円柱の理論反射波係数を示す。

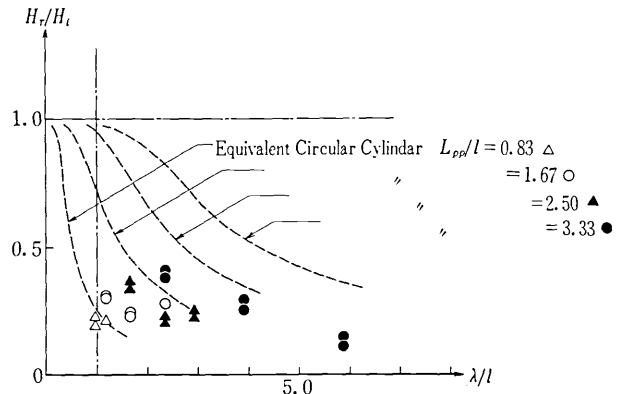
3. 漂流力の実験

千葉実験場内の航海性能試験水槽(長さ50m、幅30m、深さ2.5m)において、規則波を入射波として漂流力実験を行った。

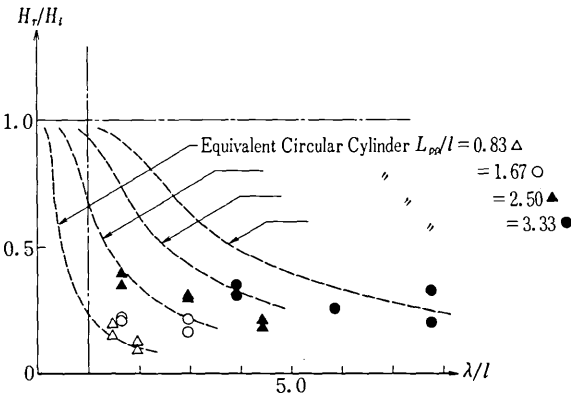
供試模型、実験状態は前報の消波実験と同様であるが、前報の実験は狭い長水槽で行い、壁面の鏡像効果を考えると、模型が等間隔に無限に並んだ状態であったが、今回はそれとは異なり幅の広い角水槽で行っている。力の計測には、容量2kgの三分力計測用ブロックゲージを用



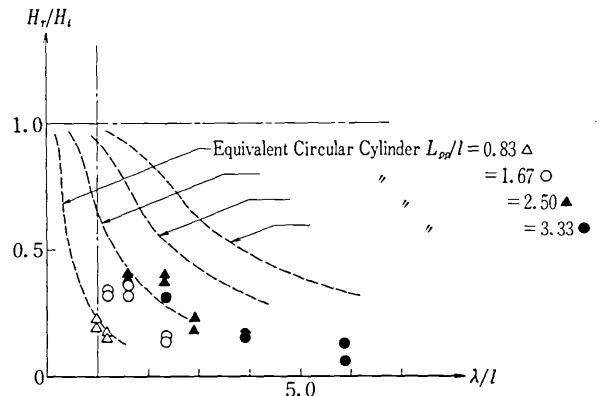
a. A型模型 固定状態



b. A型模型 上下揺・縦揺状態

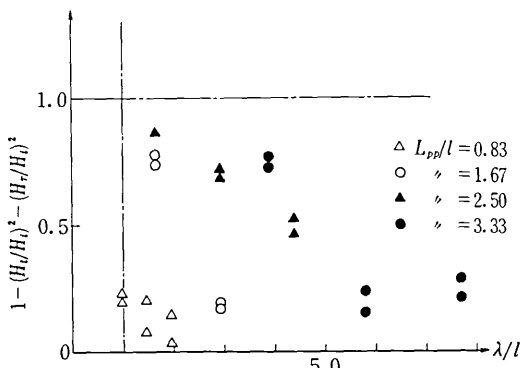


c. Y型模型 固定状態

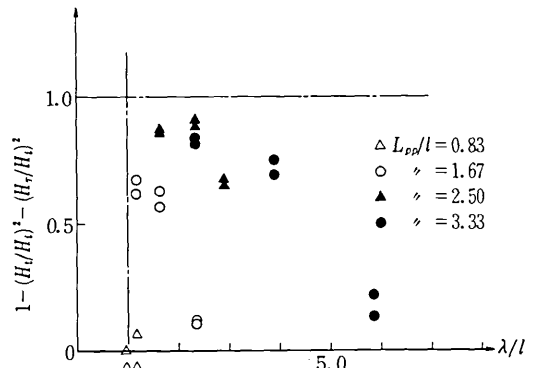


d. Y型模型 上下揺・縦揺状態

図3 反射波係数



a. A型模型 固定状態



b. A型模型 上下揺・縦揺状態

図4 散逸エネルギー

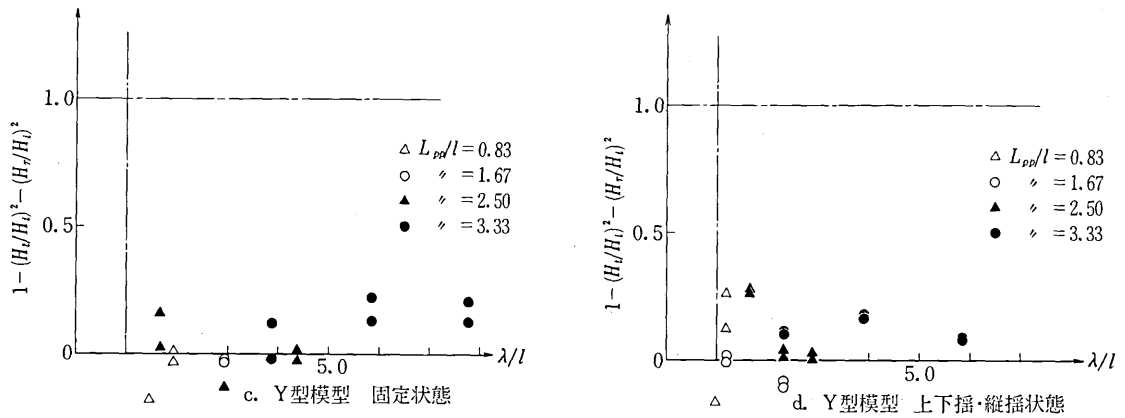


図4 散逸エネルギー

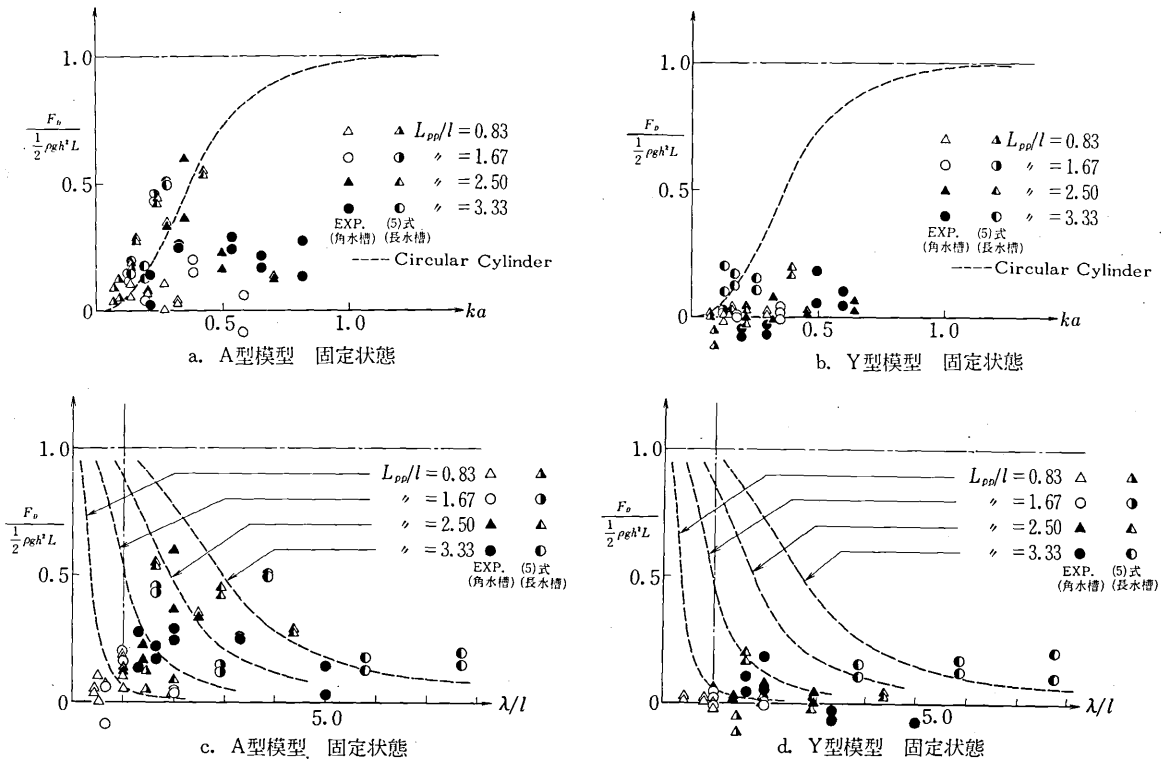


図5 漂流力係数

いた。得られたデータをA-D変換し、台形公式によって数値積分を行った。これから極大値の平均増大率と極小値の平均増大率の平均値を求め、直流成分としての漂流力を得た¹⁾。

図5-a~dに漂流力係数を示す。ここで、 h は入射波振幅、 L は代表長さであるが、本実験では長水槽での実験との比較の意味で長水槽の幅である1.8mとした。横軸は、波数 K を無次元化したもので、 a は等価半円柱(横

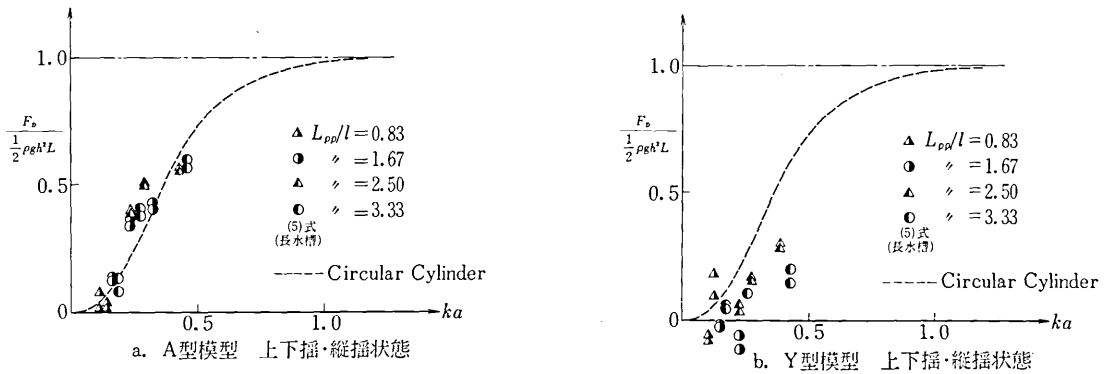


図6 漂流力係数

方向の単位長さ当たり同じ排水容積を持つ半円柱)の半径である。破線は固定半円柱の理論漂流力係数である。

また、2次元問題では漂流力係数は次式で表せるので、

$$F_D / \frac{1}{2} \rho g h^2 L = (H_r / H_i)^2 + \frac{1}{2} \{ 1 - (H_r / H_i)^2 - (H_r / H_i)^2 \} \quad (5)$$

長水槽での実験による反射波係数、散逸エネルギーの値を(5)式に代入して求めた漂流力係数も示している。

図6-a, bは上下揺、縦揺状態での(5)式を用いた漂流力係数である。

4. 結果と考察

図3-a~dより反射波係数は、前報の透過波係数ほどA型とY型に違いはなく、細長体間の距離の減少と共に、反射波係数は大きくなっている。等価半円柱の理論曲線と比較して、大部分の実験点は小さい。細長体間の距離が大きくなると反射波係数は、等価半円柱の理論値に近い値となっている。さらに、固定状態の場合と上下揺・縦揺状態の場合を比較すると、上下揺・縦揺状態の方が値が少し小さいことが判る。λ/lが1.0以下では、透過波係数と同様に、水槽の幅方向の波(節波)²⁾によって解析値が異常なものとなったが、これらの図においては、このような実験点は省略している。

図4-a~dより散逸エネルギーは、A型とY型では様子が大幅に異なっていることが判る。Y型では入射波のエネルギーは大部分が反射波と透過波のエネルギーに分かれている。しかし、A型では、細長体間の距離が小さくなるにつれて、入射波のエネルギーの多くが散逸されていることが判る。

図5-a~dより角水槽での実験より得られた漂流力係数は、A型とY型ではA型の方が大きいことが判る。それは、反射波係数にはあまり違いがないが、散逸エネルギーが大きく異なるためである。A型は各々の実験状態においてピークを有し、その近傍において半円柱の理論漂流力係数とはほぼ同程度の値をとるが、その他の実験点ではそれより大幅に小さい。また、このピークはほぼ最大消波効果を示すところであり、そこでは散逸エネルギーが大きくなる。(5)式を用いて求めた長水槽における漂流力係数は、角水槽での実験値より若干大きく、半円柱の理論漂流力係数をやや上まわる。長水槽における漂流力係数と角水槽での実験値とに違いが生じたのは長水槽の壁面による鏡像効果のためと考えられるが、両者の傾向は良く似ている。

図6-a, bより上下揺・縦揺を許した場合も漂流力係数は図5の固定状態とあまり変化しない事が判る。

5. まとめ

前報と合わせて、本A型浮消波提は従来の浮消波提に比べ優れた消波性能を有し、かつ漂流力は固定半円柱と同程度の優秀な浮体であることが明らかとなった。理論解析については以降に報告する予定である。

(1979年8月7日受理)

参考文献

- 1) 工藤：波による漂流力の基礎的研究，東京大学大学院修士論文，1976.
- 2) 一色：日本造船学会論文集，第137号，1975，p.p. 36~47.