

越流拡散型浮消波堤に関する研究

Study On Overtopping-Diffusion Type Floating Breakwaters

重光 世洋¹⁾
Seiyo SHIGEMITSU

宮島 昌弘²⁾
Masahiro MIYAJIMA

In recent years, harbour, fishery port and coastal area facilities are getting improved corresponding to the growing needs of coastal water front use and development. Under this situation, the floating breakwaters are watched for the various conveniences.

Authors have investigated and ascertained by use of hydraulic model tests for unique and special breakwaters, named "Overtopping-Diffusion Type Floating Breakwater", having a simple and light structure characteristics.

This paper mainly shows their excellent performances of wave energy dissipation mechanism, and extracts one of dimensionless parameters for hydraulic dynamical force on the mooring systems.

1. 諸言

近年沿岸海域やウォーターフロントの開発に対する社会的ニーズが、ますます増大してきている。

このため、この沿岸海域での諸施設構築に必要な仮設工事や、海上作業における静穏度保持支援、水産養殖空間の創出などに対して、浮消波堤を利用する機運が高まってきている。

筆者らは、これまでこの浮消波堤の開発に種々検討を重ねてきた。^{1), 2), 3), 4)}

その結果優れた形式のものは、構造が比較的単純かつ軽量なたとえば Fig. 1 に示すようなもので、断面の基本形状が複数の [ハ] 型 (黒傾斜部分) の組合せから成るものであること、つまりこの形式が安定した消波効果を有し、係留力の軽減に対しても非常に有効であることが一連の研究により判明した。

本研究は、上述の浮消波堤型式の実用化に向けての基礎資料収集の一環として、実物規模を想定して製作した2種類の1/30縮尺模型 (Photo. 1, Photo. 2) を用いて、水理模型実験の手法により、それらの消波効果および係留力特性について検討することを主な目的としている。

2. 実験装置と条件

2.1 浮消波堤模型

浮消波堤模型は、実物を想定して、Fig. 1 に示す規模を持つ TYPE-1 と TYPE-2 (Photo. 1, Photo. 2) で、TYPE-2 は TYPE-1 の斜めプレート部高さを 2/3 に縮

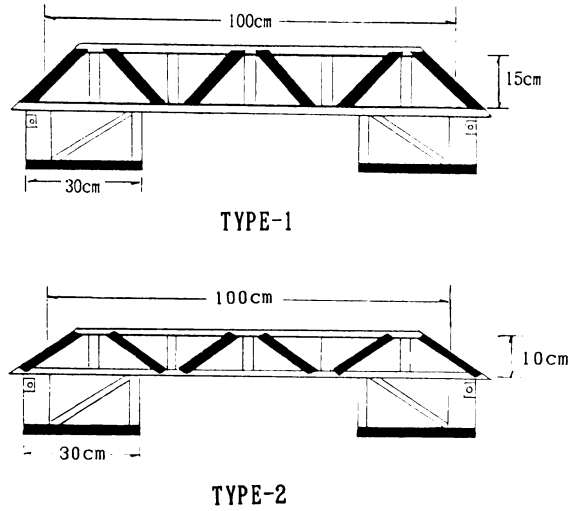


Fig. 1 Cross section of Models (TYPE-1, TYPE-2)

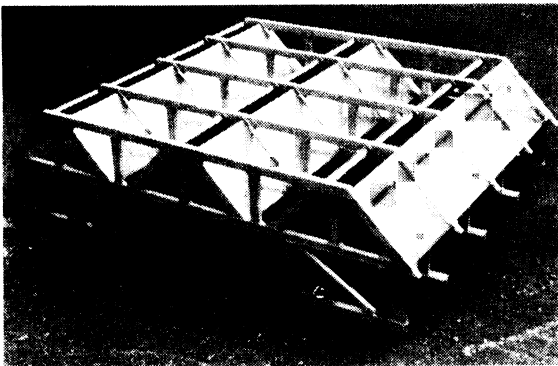


Photo. 1 View of Overtopping-Diffusion Type Floating Breakwater(TYPE-1)

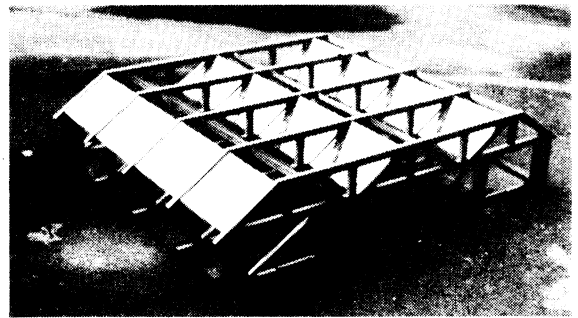


Photo. 2 View of Overtopping-Diffusion Type Floating Breakwater(TYPE-2)

小したものである。模型重量は TYPE-1 で約25kgf, TYPE-2 で約20kgfである。模型材料は市販の塩化ビニール板製で厚さ3mmのものを用いた。また、それぞれプレート中空部は浮力を持たせると同時に、注水が可能のため喫水をコントロールできる構造になっている。これで喫水深が TYPE-1 で 7.5cm, TYPE-2 で 5cmになるよう調整した。

2.2 係留索

係留索には直径 1.5mm のステンレスワイヤーと直径 5mm 程度で重さ約 0.5kgf/m のスチール製チェーンの 2 種類を使用した。チェーンの場合ではさらにチェーン長を 2 種類変化させた (120cm と 360cm)。またそれぞれの係留は自由係留とし、係留索は本体それぞれの両端に 1 本ずつ計 4 本を対称に係留した。

2.3 実験水槽

実験に用いた造波水槽は全長 49m、幅 1.0m、高さ 1.0m、片面ガラス張り、床は水平で鋼製のものであり、ピストン型の規則波の造波機と他端には消波装置が設置されている。

波高は、容量式波高計を使用し、係留力は、張力計(三栄測器, 9E01-L31-50K 及び 9E01-L31-100K) を水底のアンカー部に設けて測定した。

2.4 実験条件

実験波高は、5 cm ~ 20cm 程度とし、周期は 0.9sec から 1.6sec まで 8 種類変化させた。なお水深は 70cm 一定とした。

3. 透過率の実験結果及び考察

3.1 波高透過率の理論算定

波高透過率については、長方形断面固定浮体に対して次式に示すような伊藤⁵⁾が導いた近似理論式がある。(Fig. 2 参照)

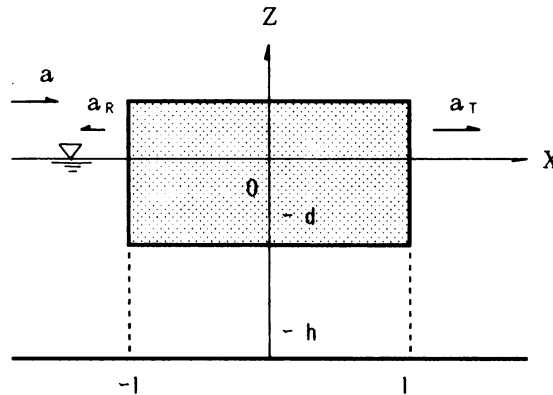


Fig. 2 Ito's Coordinates and symbols

$$\left| \frac{a_T}{a} \right| = \frac{y_B}{\sqrt{1 + y_B^2}} \quad \dots\dots\dots(1)$$

ここに、

$$y_B = \frac{g}{\sigma^2 l} \frac{k(h-d)f_B^2}{n} \quad \dots\dots\dots(2)$$

$$f_B = \frac{1}{h-d} \int_{-h}^{-d} \frac{\cosh k(h+z)}{\cosh kh} dz = \frac{\sinh k(h-d)}{k(h-d) \cosh kh} \dots\dots\dots(3)$$

$\sigma = 2\pi/T$, $k = 2\pi/L$, d : 喫水深, h : 水深, $n = C_g/C$, C_g : 波の群速度, C : 波の波速, g : 重力加速度, l : 浮体幅の1/2, a : 入射半波高, a_T : 透過半波高, Z : 鉛直上向き座標である。

本文では、本研究対象の浮体による消波機構が、越流拡散といったきわめて複雑な現象からなるものであるため、理論的にアプローチすることは容易ではない。したがってここではとりあえず、この近似理論式との比較において、透過率をもってその消波効果についての考察をしていくことにする。

以下に示す透過率については、縦軸に波高の透過率 $KT = H_T/H_I$, 横軸に浮体幅 B (1 m) と入射波の波長 L との比 B/L の関係を示した図を用いて整理している。

ここに、 H_I : 入射波高, H_T : 透過波高である。

また、参考のために、本研究に使用した模型 (TYPE-1) と同規模のポンツーン (直方体模型) のワイヤー係留についての透過率実験結果²⁾を Fig. 3 に示す。これは、長方形固定

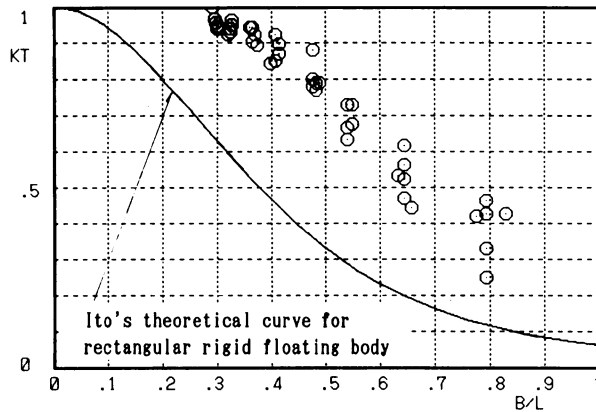


Fig. 3 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for Pontoon model

浮体に対して自由係留した長方形浮体の効果の低さを端的に示している例である。

3.2 透過率の実験結果

TYPE-1 の場合のワイヤー、チェーン (120cm), 及びチェーン (360cm) 係留によるそれぞれの結果を Fig. 4 ~ Fig. 6 に示す。これらより相対的には、ワイヤー係留の不安定さと消波効果の悪さが現れていることが判る。これとは反対に、チェーン係留では安定した消波効果が見られ、チェーンの長さの影響は顕著ではないが、長い方が優れている傾向にある。

TYPE-2 の場合の上述それぞれに対応する係留索を用いた結果を Fig. 7 ~ Fig. 9 に示す。

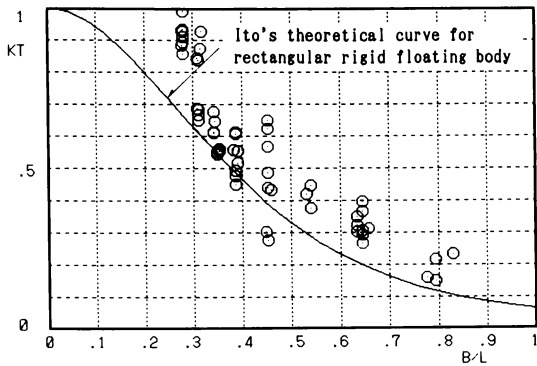


Fig. 4 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for TYPE-1 (wire rope mooring)

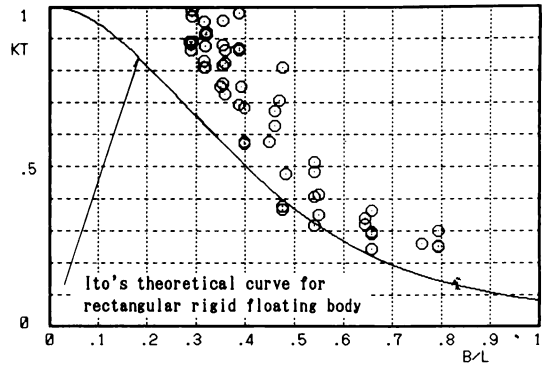


Fig. 7 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for TYPE-2 (wire rope mooring)

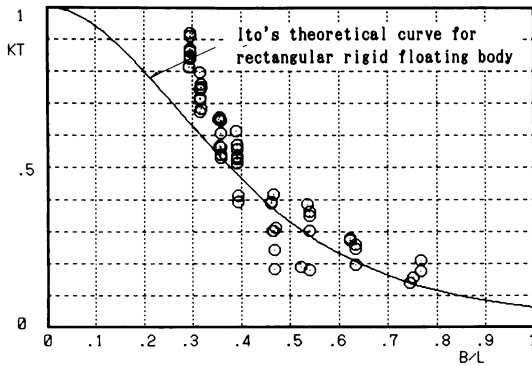


Fig. 5 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for TYPE-1 (120cm chain mooring)

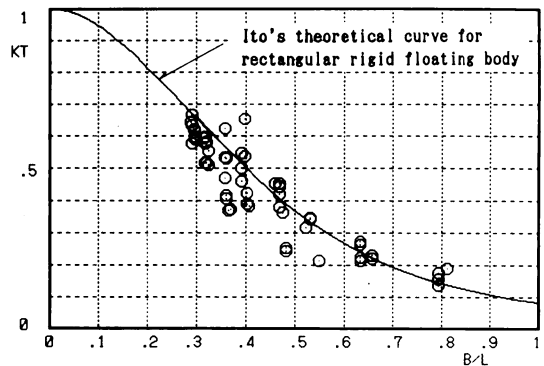


Fig. 8 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for TYPE-2 (120cm chain mooring)

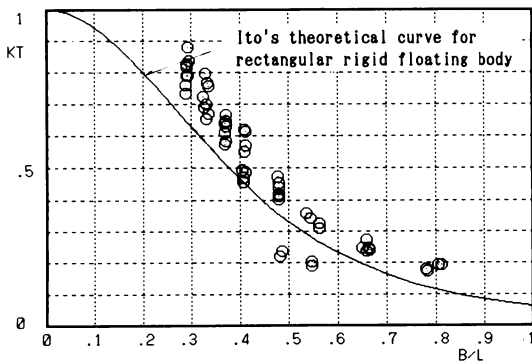


Fig. 6 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for TYPE-1 (360cm chain mooring)

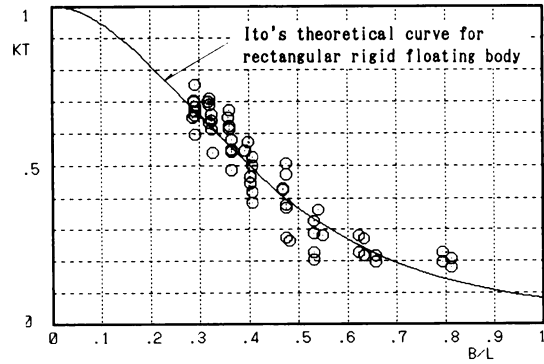


Fig. 9 Relation between transmission coefficient KT and relative body width B/L for TYPE-2 (360cm chain mooring)

この場合も TYPE-1 と同様チェーン係留の安定した消波効果が顕著に現れている。この場合、チェーン長の短い係留索の方がより有効な消波効果を実現しているようである。これは現象的には、入射波の越流拡散が促進された結果であり、要因として係留系と模型の動的応答の効果が考えられる。

Fig. 4 ~ Fig. 9 を通して、これらの実験結果は、チェーン係留索の消波効果に及ぼす影響の大きさを示しており、また TYPE-2 モデル程度の規模であっても消波機能の有効性が十分であることを示しているものと考えられる。

4. 係留力の実験結果と考察

4.1 係留力の整理

係留力データは、チェーン係留の場合比較的小さな波高では、アンカー部係留力が0 ないしは非常に小さな値となるため、統一的な整理のため、ここではすべての実験波高で12cm を越えるものに対してデータ整理をおこなった。

係留力については、縦軸に沖側係留索2 本当りの平均張力 P_m と、砕波波圧式（広井公式）で与えられる $P (=1.5 \times A \times w \times H_1)$ との比 (kgf 換算) を、横軸には相対浮体幅 B/L で整理した一例を Fig.10 に示す。

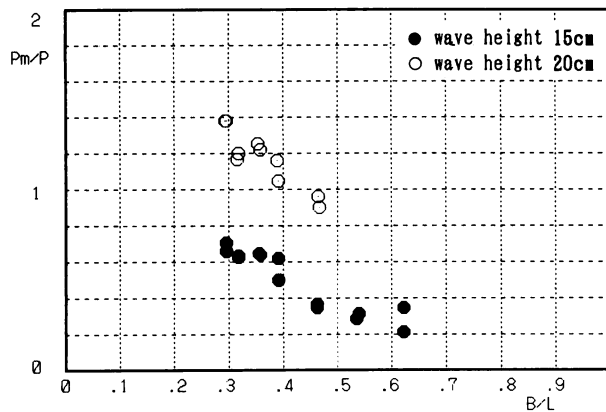


Fig.10 Relation between dimensionless mooring force and relative body width B/L for TYPE-1 (120cm chain mooring)

ここに、 A は係留索2 本当りに相当する模型全面プレートの入射方向に垂直な投影面積、 w は水の単位体積重量である。

Fig.10では、 B/L の増大に伴って、 P_m/P の比較的明確な減少傾向がみられるが、相対浮体幅 B/L の整理では、 P_m/P に関して波高の影響を除去できない。これは、越流拡散型浮消波堤の越流効果に関する重要な幾何学パラメータを考慮していないためと考えられる。そこで、越流場を最も単純に規定するであろう無次元変数として、静水面より上の模型高さ D と入射波高 H_1 の比 D/H_1 を、さらにこれと B/L の相乗効果が P_m/P を規定する大きな要素であると仮定して、これらの積を考える。つまり、 $B D/LH_1$ の導入である。これはいわば、波長に対する浮体の長さ規模 B/L の一次元変数に対して、浮体単位

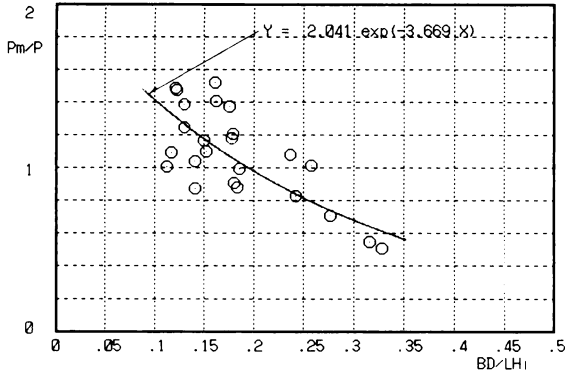


Fig.11 Relation between dimensionless mooring force and relative body area BD/LH_1 for TYPE-1 (wire rope mooring)

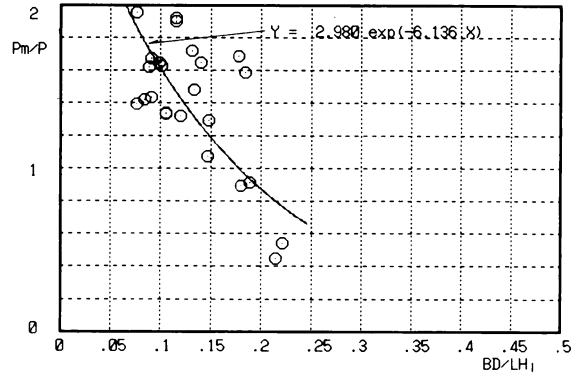


Fig.14 Relation between dimensionless mooring force and relative body area BD/LH_1 for TYPE-2 (wire rope mooring)

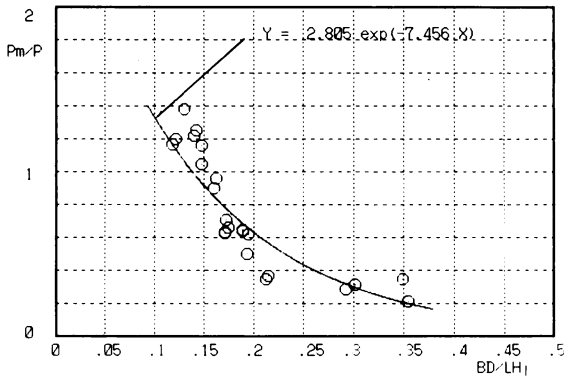


Fig.12 Relation between dimensionless mooring force and relative body area BD/LH_1 for TYPE-1 (120cm chain mooring)

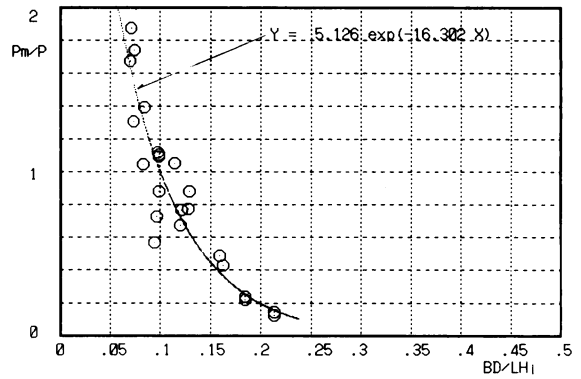


Fig.15 Relation between dimensionless mooring force and relative body area BD/LH_1 for TYPE-2 (120cm chain mooring)

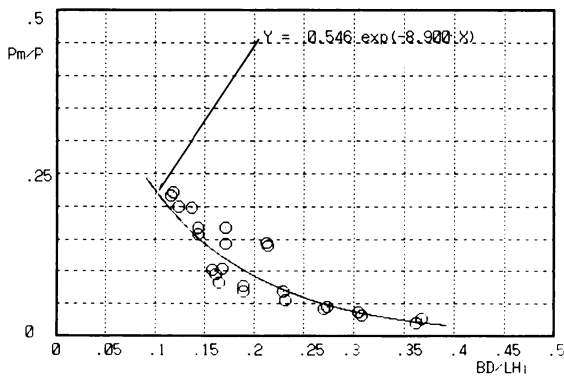


Fig.13 Relation between dimensionless mooring force and relative body area BD/LH_1 for TYPE-1 (360cm chain mooring)

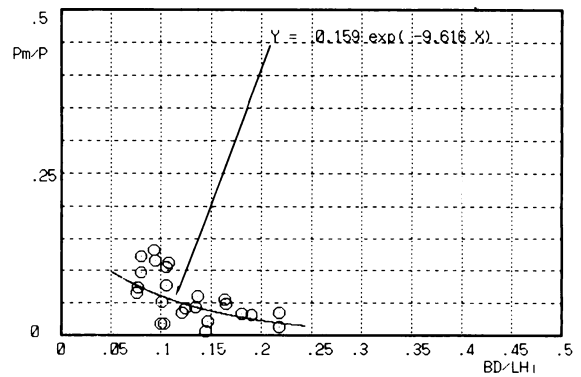


Fig.16 Relation between dimensionless mooring force and relative body area BD/LH_1 for TYPE-2 (360cm chain mooring)

長さ当りの入射波浪エネルギーの相対的逸散比に相当するというふうに考えることもできる。入射方向波浪断面積に対する浮体の入射方向断面積規模といった二次元変数の導入である。

以下では、この変数を用いて整理した結果を示す。

4.2 係留力実験結果と考察

Fig. 11～Fig. 13にそれぞれ TYPE-1 のワイヤー、チェーン (120cm)、チェーン (360cm) 係留による結果を示す。ワイヤー係留についてはばらつきが多いものの、チェーンについてはともに P_m/P が BD/LH_1 の従属変数として、比較的うまく表現できているものと思われる。Fig. 12, Fig. 13で注目すべき点は、チェーンの長さが係留力に多大の影響を有する事実であろう。TYPE-1 ではチェーン長が3倍で係留力が1/6程度まで軽減されている。尚、図中にはとりあえず指数式回帰曲線をいれてある。ここに、 $Y=P_m/P$ 、 $X=BD/LH_1$ である。

Fig. 14～Fig. 16には、同じく TYPE-2 のそれぞれの結果を示す。ここでも TYPE-1 と同様の結果、つまり、 P_m/P がほぼ BD/LH_1 の一価関数として示され、チェーン長がアンカー部係留力に重大な効果を及ぼしていることである。しかし TYPE-2 の係留力低減効果は、TYPE-1 に比べて、相当大きなものとなっている。

チェーンを比較的長くとれば、TYPE-2 の優位性は明白である。これは、TYPE-2 の越流拡散機能が TYPE-1 に比べて卓越していることと、浮体自重の軽さによる慣性力の相対的低減によるものと考えられる。

5. 結 語

本研究では、実物規模を想定した、2種類の越流拡散型浮消波模型を用いてこれらの消波効果及び係留力の特性について実験的に検討を行った。

その結果、この形式による消波および係留力について、Fig. 4～9 および Fig. 11～16に示されるような概略的な特性を把握することができた。そして、本消波堤に対する消波効果の有効性の確認と、これらのタイプの係留力を規定する動的要因の一つである無次元変数 BD/LH_1 を抽出した。また TYPE-1 に較べて規模も重量も小さい TYPE-2 の優位性も示された。

しかしながら消波機能の詳細及び係留力と消波効果の関係、あるいは係留力とエネルギーの関係など興味ある問題には、今回とくに立ち入らなかった。改めて今後の課題としたい。

(参考文献)

- 1) 重光世洋：越流拡散型浮消波堤に関する研究開発，大阪産業大学論集（自然科学編），72号，1985
- 2) 重光・宮島・鈴木：越流拡散型浮消波堤に関する実験的研究(3)，S. 61. 第41回土木学会年次学術講演会

- 3) 重光・宮島・鈴木：越流拡散型浮消波堤に関する実験的研究(4), S. 62. 第42回土木学会年次学術講演会
- 4) 重光・宮島・鈴木：越流拡散型浮消波堤に関する実験的研究(5), S. 63. 第43回土木学会年次学術講演会
- 5) 伊藤喜行：海洋構造物の諸問題, 水工学シリーズ、B-8, 1972