

## 撓性浮防波堤の消波効果について

加藤 重一\* ・ 薦田 廣章\*  
田中 庸介\*\*

## Damping Effect of Flexible Floating Breakwater.

by

Juichi KATŌ\*, Hiroaki KOMODA\*  
and Yōsuke TANAKA\*\*

Many studies on the damping effect of flexible floating breakwater have been done based on inside experiment and field investigation, but next two points have not yet sufficiently been clarified.

1. general nature.
2. precise similarity.

For point 1, the defects of past studies are that the value  $L/\ell$  to  $\ell$  does not cover all values of  $L/\ell$ , where,  $\ell$  is length of flexible floating breakwater and  $L$  is wave length. For point 2, it has not almost been investigated.

This study makes these points at issue clear. Authors hope that flexible floating breakwater would be used to consider these points in future.

## 1. まえがき

浮防波堤を形式的に大別すると、剛 (Rigid) 構造の浮体のものと撓み性 (Flexible) のある浮体のものに分けることが出来る。Rigid のものについては浮防波堤として開発しうる可能性のある形状は、Pontoon-Barrier Type のものが示唆される<sup>1)</sup>。Flexible な浮体についてはまだその消波特性が十分明らかにされていないので、浮体形状の合理的なものが少ない。その理由はつぎの2点に要約されよう。

(1) 案出される浮体の形状や規模は、無数にあるので、撓性浮体の消波効果に関する一般的性質が、ある一つの形式系に限っても、網羅的に考察されることが少なかったこと。

(2) 多種多様の材質や密度変化をもつ浮体が考察されるので、模型実験に際しての相似率が明らかでないこと。

つぎに消波機構については、浮体は剛性、撓性のいかにかわからず、一般に Passive Devices のものと Active Devices のものとにわけられる。浮防波堤はそのいずれの Devices としても単独には開発は他の条件 (係留, 材質, 管理等) に徴してむづかしく、概して、“浮体は Active Devices としてまず設計し、見掛けは Passive Devices となる様に工夫すること”であるとされる<sup>2)</sup>。

撓性浮体については剛性浮体ほど明確ではないが、入射波の周期と浮体のもつ固有振動周期との位相をず

平成2年4月28日受理

\*土木工学科 (Department of Civil Engineering)

\*\*株式会社浅沼組 (Asanumagumi Co., Ltd., Osaka-city, Osaka)

らせ、摩擦・反射ともに入射波エネルギーの減殺に効果あらしめるよう検討しなければならないことかわりはない。

以上のことから容易にわかるように、浮防波堤として開発しうる浮体は、複合浮体とならざるをえず、Rigid Simple PrizmとかSheetとか、単一の浮体では開発が困難となる。したがって、このようなComplexな浮体の入射波による運動や流体力は複雑で、一般に非線形状態になるので、基礎方程式をたて難く、もっぱら実験により、実用範囲内における傾向について考察しなければならないわけである。

本報は矩形断面をもつ Small Simple Prizm を多列にワイヤーで連結し、全体として撓性となる浮体を作りあげ、この種の浮体の浮防波堤としての実用開発を目的とし、この形式の浮体形状および規模を種々に変

化させて入射波による消波特性を求めようとするものである。

2. 実験の方法

2.1 実験装置

- 1) 造波水槽：多目的2次元水槽 (20m×1.30m×1.30m)
  - 2) 造波機：プランジャー型造波機
  - 3) 測器具：容量式波高計
- これらの概要を図-1に示す。

2.2 模型波

水深を1mとし、周期：0.6~1.2秒の範囲で、Steepness：0.02~0.05(一般強風時の入射波の規模)の波をもって模型波とした (cf. 表1~3)。

なお縮尺については、後述4. 実験結果の考察にお

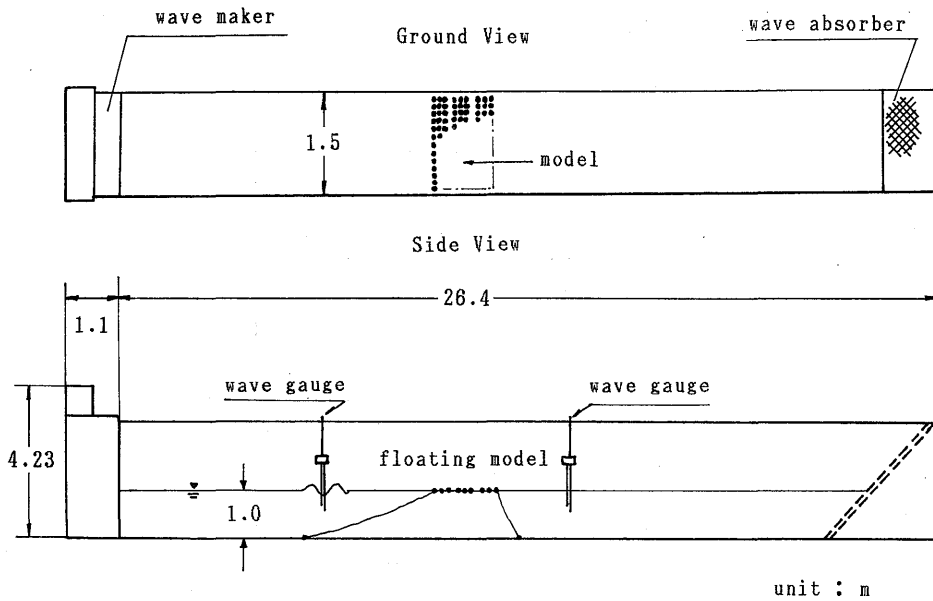


Fig. 1 Wave tank with wave maker and wave absorber.

Table 1-1 The results of observation for three-series floating model (steepness 0.02).

Steepness ( $H_i/L$ )		0.02			
Length of floating model ( $\ell$ ) 198 cm					
$L$ (cm)	62.5	105.2	166.0	230.0	
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2	
$H_i$ (cm)	1.1	1.8	3.0	4.7	
$H_r$ (cm)	0.5	1.3	2.5	4.5	
$H_i/L$	0.018	0.017	0.018	0.020	
$H_r/H_i$	0.45	0.72	0.83	0.96	
$L/\ell$	0.32	0.55	0.86	1.16	

Table 1-2 The results of observation for three-series floating model (steepness 0.03).

Steepness ( $H_i/L$ )		0.03			
Length of floating model ( $\ell$ ) 198 cm					
$L$ (cm)	62.5	105.2	166.0	230.0	
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2	
$H_i$ (cm)	2.3	3.0	5.2	7.3	
$H_r$ (cm)	0.9	2.3	4.5	7.2	
$H_i/L$	0.033	0.029	0.031	0.032	
$H_r/H_i$	0.39	0.77	0.86	0.99	
$L/\ell$	0.32	0.55	0.86	1.16	

Table 1-3 The results of observation for three-series floating model (steepness 0.04).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.04				
Length of floating model ( $\ell$ ) 198 cm				
$L$ (cm)	62.5	105.2	166.0	230.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	2.6	4.2	6.9	9.7
$H_r$ (cm)	1.0	3.8	6.5	9.7
$H_i/L$	0.042	0.040	0.042	0.042
$H_r/H_i$	0.38	0.90	0.94	1.00
$L/\ell$	0.32	0.55	0.86	1.16

Table 2-1 The results of observation for two-series floating model (steepness 0.02).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.02				
Length of floating model ( $\ell$ ) 121 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	230.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	1.2	1.8	2.7	4.6
$H_r$ (cm)	0.7	1.5	2.5	4.8
$H_i/L$	0.020	0.017	0.017	0.020
$H_r/H_i$	0.58	0.83	0.93	1.04
$L/\ell$	0.50	0.87	1.29	1.90

Table 2-3 The results of observation for two-series floating model (steepness 0.04).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.04				
Length of floating model ( $\ell$ ) 121 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	230.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	2.8	4.3	6.7	9.4
$H_r$ (cm)	1.5	3.8	6.5	9.5
$H_i/L$	0.044	0.044	0.043	0.041
$H_r/H_i$	0.54	0.88	0.97	1.01
$L/\ell$	0.50	0.87	1.29	1.90

Table 3-1 The results of observation for one-series floating model (steepness 0.02).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.02				
Length of floating model ( $\ell$ ) 43 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	225.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	1.2	1.6	2.7	4.8
$H_r$ (cm)	1.0	1.6	2.6	4.7
$H_i/L$	0.020	0.017	0.017	0.021
$H_r/H_i$	0.83	1.10	0.96	0.98
$L/\ell$	1.39	2.45	3.63	5.23

Table 1-4 The results of observation for three-series floating model (steepness 0.05).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.05				
Length of floating model ( $\ell$ ) 198 cm				
$L$ (cm)	62.5	105.2	166.0	230.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	3.0	5.8	8.5	11.8
$H_r$ (cm)	1.2	4.7	7.2	11.5
$H_i/L$	0.048	0.052	0.051	0.051
$H_r/H_i$	0.40	0.81	0.84	0.97
$L/\ell$	0.32	0.55	0.86	1.16

Table 2-2 The results of observation for two-series floating model (steepness 0.03).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.03				
Length of floating model ( $\ell$ ) 121 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	230.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	2.3	3.3	5.2	7.5
$H_r$ (cm)	1.4	2.7	4.6	7.2
$H_i/L$	0.034	0.031	0.033	0.033
$H_r/H_i$	0.61	0.82	0.88	0.96
$L/\ell$	0.50	0.87	1.29	1.90

Table 2-4 The results of observation for two-series floating model (steepness 0.05).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.05				
Length of floating model ( $\ell$ ) 121 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	230.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	3.5	5.5	8.5	11.9
$H_r$ (cm)	1.8	4.7	7.6	11.4
$H_i/L$	0.052	0.052	0.054	0.052
$H_r/H_i$	0.51	0.85	0.89	0.96
$L/\ell$	0.50	0.87	1.29	1.90

Table 3-2 The results of observation for one-series floating model (steepness 0.03).

Steepness ( $H_i/L$ ) 0.03				
Length of floating model ( $\ell$ ) 43 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	225.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_i$ (cm)	1.9	3.3	5.0	7.1
$H_r$ (cm)	1.6	3.0	4.5	6.9
$H_i/L$	0.031	0.031	0.032	0.032
$H_r/H_i$	0.84	0.90	0.90	0.97
$L/\ell$	1.39	2.45	3.63	5.23

Table 3-3 The results of observation for one-series floating model (steepness 0.04).

Steepness ( $H_I/L$ ) 0.04				
Length of floating model ( $\ell$ ) 43 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	225.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_I$ (cm)	2.5	4.4	6.7	9.6
$H_T$ (cm)	2.1	3.8	6.5	9.4
$H_I/L$	0.042	0.042	0.043	0.043
$H_T/H_I$	0.84	0.86	0.97	0.98
$L/\ell$	1.39	2.45	3.63	5.23

いて述べる。

2. 3 模型浮体

発泡スチロールをプラスチック板でパッキングした矩形断面をもつ既与ユニット浮体を、釣具テグスで連結し、ユニット浮体3列をもって一組となし、3組、2組および1組でそれぞれ構成した撓性浮体を用いた。

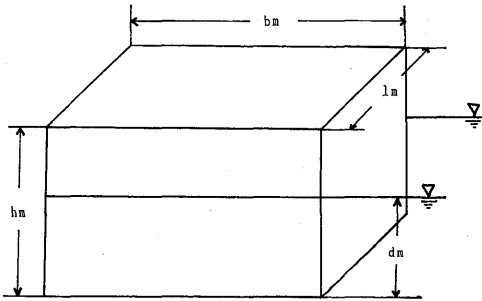


Fig. 2 Unit model (symbols as in Table 4).

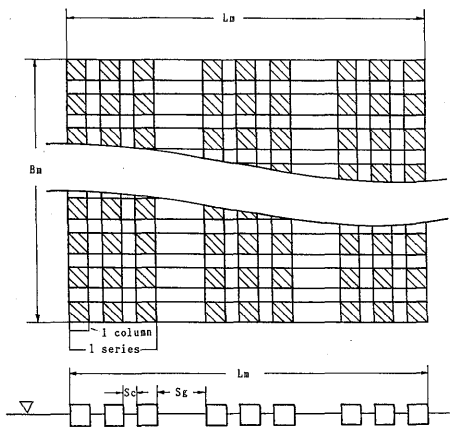


Fig. 3 Float composed of unit models (dimensions as in Table 5).

Table 3-4 The results of observation for one-series floating model (steepness 0.05).

Steepness ( $H_I/L$ ) 0.05				
Length of floating model ( $\ell$ ) 43 cm				
$L$ (cm)	60.0	105.2	156.0	225.0
$T$ (s)	0.6	0.8	1.0	1.2
$H_I$ (cm)	3.4	5.8	8.4	11.8
$H_T$ (cm)	2.6	5.4	7.8	11.3
$H_I/L$	0.054	0.054	0.053	0.052
$H_T/H_I$	0.76	0.93	0.93	0.96
$L/\ell$	1.39	2.45	3.63	5.23

その概要を図-2および図-3に示す。その配置等は図-4に示す。

3. 実験結果

本研究はこの種複合撓性浮体の入射波による一般的消波特性を知る目的で実施した。すなわち、実際の強

Table 4 Dimensions of unit model.

Breadth (bm)	7.5 (cm)
Length (lm)	5.0 (cm)
Height (hm)	5.0 (cm)
Weight (wm)	145 (gf)
Draft (dm)	3.9 (cm)

Table 5 Dimensions of floating model.

	3 series float	2 series float	1 series float
Bm (cm)	150.0	150.0	150.0
Sl (cm)	2.0	2.0	2.0
bm (cm)	7.5	7.5	7.5
Lm (cm)	198.0	121.0	43.0
Sc (cm)	15.0	15.0	15.0
Sg (cm)	30.0	30.0	30.0
lm (cm)	5.0	5.0	5.0
hm (cm)	5.0	5.0	5.0
dm (cm)	3.9	3.9	3.9
Unit models of one column	16	16	16
Total unit models	144	96	48
Total weight (kgf)	20.88	13.92	6.96

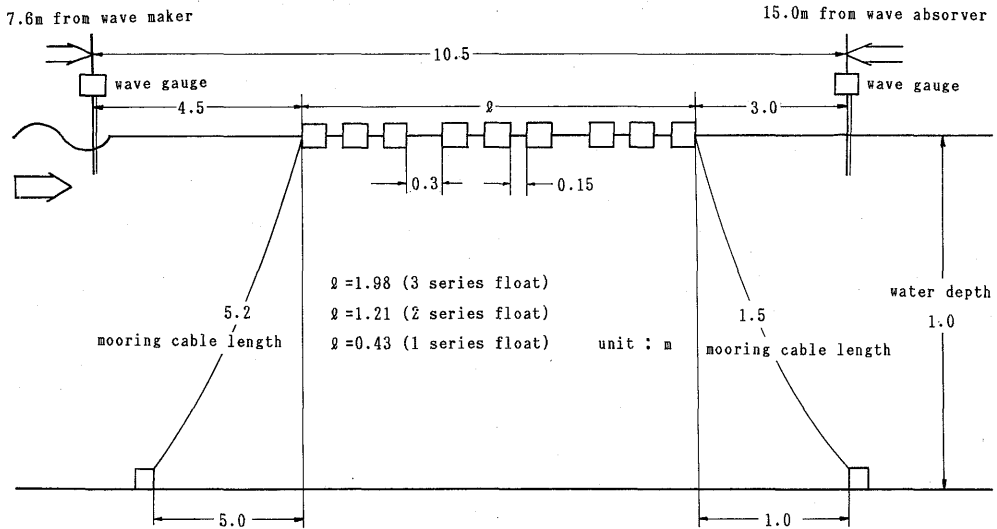


Fig. 4 Arrangement of float.

風時の風浪に相当する入射波の周期および波高を種々組合せた多くの Steepness について、実用上、考える浮体形状および規模の種々なる浮体模型を供試体とした。換言すれば、この種浮体系について網羅的に実験した。

本研究はそのため、事前に西日本流体研究所において、筆者の一人加藤の指導の下に、この浮体の形状について、種々なる入射波の模型規模ともに、入念な予備実験を実施した。

本実験と併せて多くのデータをえた<sup>3)</sup>が、案外に結果がかなり明かな傾向を示したので、代表的なデータのみをとりあげて示すと、表 1-1~3-4 のようである。

4. 実験結果の考察

縦軸に消波率(通過波高,  $H_T$ /入射波高,  $H_I$ ), 横軸に浮体長比(入射波長,  $L$ /浮体長,  $l$ )をとり、実験結果を一つのグラフに示すと図-5 のようである。

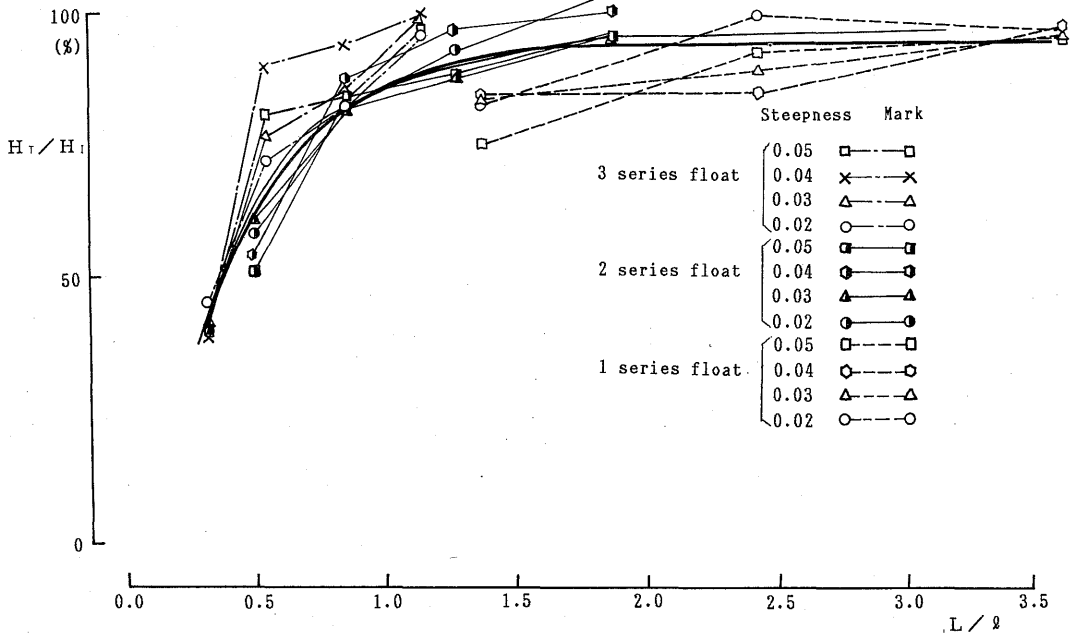


Fig. 5 Transmission coefficients to specific ratio of float length.

グラフは3連浮体、2連浮体および1連浮体の各場合の  $H_T/H_I$  の値を併記したものである。厳密に言えば各連浮体については、 $l$  が一定であるから、横軸に関して網羅的でない。ゆえに同一グラフに併記することによって、何らかの傾向がえられる可能性がある。従来の研究ではこの点が不十分であった。一般にこれを示すには、各連のユニット間の間隔および各連の間隔をそれぞれ種々変化させ、かつ種々組合せ、さらに材質、構造および施工等の要素を加えると、浮体は無数に作製されなければならない。しかも相似率についてみようとすればかなりの時間と経費を要する。

ひるがえって、図-5をみると、ある程度のバラツキはあるものの、同図に示す平均線で、これを一応消波特性としてさほど大きい誤差はないといえよう。

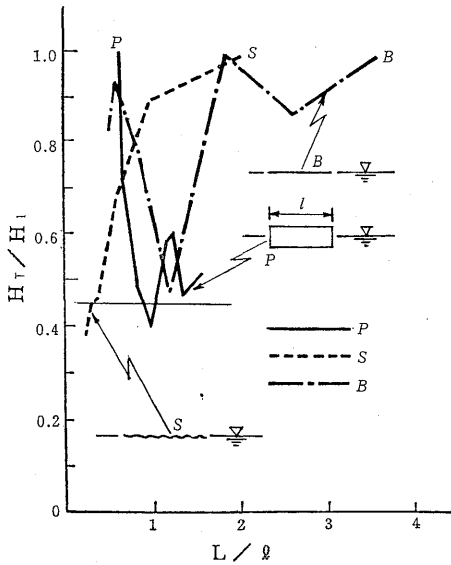


Fig. 6-1 Damping effect of fundamental floating body (symbols as in table 6).

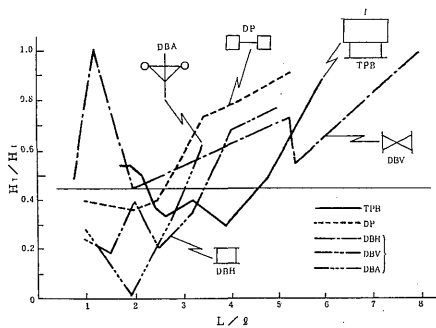


Fig. 6-2 Damping effect of typical rigid floating body complex (symbols as in table 6).

そうして、実用開発という見地からすれば、浮体の規模は  $L/l$  の値が1より小であることを要する。

以上のことに関し、筆者の以前に実施した撓性浮体のいくつかの実験データを示すと図6-1<sup>4)</sup>のようである。図6-3に示せる消波率の浮体は、古タイヤの種々連結したもの、グリッド状のユニットやテザード浮体である。材料、構造および施工等（つまり密度）

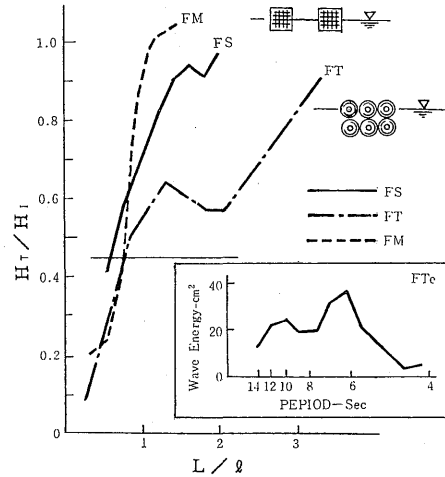


Fig. 6-3 Damping effect of practical flexible floating body complex (symbols as in table 6).

Table 6 Classification and type of floating body.

Classification	symbol	type
fundamental floating body mono	P	Pontoon
	B	Board
	S	Sheet
rigid floating body complex	DP	Double pontoon
	DBH	Horizontal double bulkhead
	DBV	Vertical double bulkhead
	DBA	A-frame bulkhead
	TPB	A kind of pontoon-barrier
flexible floating body complex	FM	Mattress unit
	FT	Aggregate unit of used tire
	FS	Stereo-grid unit
	ETe	Theathered unit

は本研究のものと全く異なる。換言すれば、一般に撓性浮体の消波率は  $L/\ell > 1$  の範囲では殆ど 0 に近い。しかし、実用上は  $L/\ell$  の値は 1 以下であることを要する。もっとも厳密に検討すると同一浮体系において、それぞれに明瞭な消波特性を示しているが、実用という見地より概括的にまとめると、図-5 の平均線でもって、撓性浮体の消波特性として支障がないように思われる。

また、相似率についても各浮体ごとに異なるわけであるがまた実用の範囲内ということに限ると現地実験の結果から勘案し図-5 または図 6-3 の平均線をもってすれば、大きいエラーは少ないと思われる。この想定は本実験を実施し、これまでの多くの実験結果をえたことによってはじめていえることがらであろう。参考のため剛性浮体に関する消波特性を図 6-2 に示す。明かに剛性浮体では平均線を引くということは困難であるということがわかる。

#### 5. あとがき

これまで多くの撓性浮体についてこの種研究が行われてきたが、まえがきで述べた 2 点について不明瞭な点があった。そのため十分開発しえなかつたきらいがある。本研究はその基礎段階の報告として撓性浮防波堤としての可能性を示唆しうるものと思われる。米国ではすでに錯誤的に実用段階に入って久しい<sup>5)</sup>が、わ

が国においても早急に開発が期待される。

本実験にあたっては、一ノ瀬和雄技官を煩わせた。附記して感謝の意を表す。

#### 引用文献

- 1) 加藤重一：浮防波堤開発・研究経過と成果，土木学会誌，Vol. 67, No. 12, 1982. 12, pp. 29~38
- 2) 加藤重一：浮防波堤の開発研究—その開発現状と将来，土木学会誌，Vol. 63. No. 3, 1978. 3, pp. 58~63
- 3) 西日本流体研究所：撓性浮体の消波効果について，1985. 5
- 4) KATŌ, J and TSUCHIYA, S.: Basic Study Concerning the Development of Floating Breakwater I & IV, On wave damping effect of combined flexible type, Jour. of The Tokyo Univ. of Fisheries, Vol. 66, No. 2, March 1980, pp. 125~132 & Vol. 67, No. 2, March 1981, pp. 81~87
- 5) Kamel, A. M. and Davidson, D. D.: Hydraulic Characteristic of Mobile Breakwaters Composed of Tires or Spheres, Army Engineering Waterway Experiment Station, Technical Reports, No. H-68-2, June 1968, (AD835673L)