

表—5 (b) 使用水温の変化と水和熱との関係

使用セメント	初期減量	使用水温	練上温度	水和熱 Cal/gr			養生温度
				1	3	7	
浅野セメント (入荷後 半月以内)	0.53	20	203	296(100)	524(100)	76.8	20
		40	391	348(115)	534(102)	81.9	25
		60	423	489(147)	648(123)	83.6	30
		80	520	525(153)	727(134)	77.0	35
浅野 (入荷後 3ヶ月)	1.67	20	227	305(100)	607(100)	81.0	20
		40	322	396(100)	655(108)	81.8	25
		60	428	526(131)	720(117)	82.1	30
		80	528	532(125)	780(125)	82.3	35
磐城セメント (入荷後 半月以内)	0.50	20	227	277(100)	409(100)	74.2	20
		40	348	316(130)	528(127)	75.0	25
		60	440	396(140)	624(143)	76.8	30
		80	490	554(134)	734(137)	82.5	35
小野田セメント (入荷後 5ヶ月)	1.32	20	219	273(100)	464(100)	59.7	20
		40	307	372(110)	524(113)	69.1	25
		60	440	384*	571(123)	72.4	30
		80	545	472(121)	632(127)	75.7	35

() 内は 20°C に対する比
* オノ BBM 温度調節装置の故障による 10°C 前後に冷却したものと推定

日及び3日の早期水和熱発生だけがいちぢるしく促進され、その程度はセメントの種類及び練上温度その他の条件によつて異なるが、少くとも 10~30%、多いときは 50~130% にも達した。

3. 結 論

以上述べたところを要約すれば次のごとくである。

- (1) 使用水温 80°C 以内で練上温度 53°C 以内の範囲ではフラッシュ セットの様な悪現象は起らない。
- (2) w/c を一定の場合、使用水温が 60~80°C に上昇するとペーストは漸次硬練りとなり、軟度は増大し、ペースト容器に空隙なく詰めることが困難なほどになる。
- (3) その軟度の増加割合は、本例では練上温度 10°C の上昇により早強及び中庸熱セメントで約 6 mm 増、普通セメントで約 25 mm となつた。とく

に後者では練上温度 25°C 付近で急に軟度が増加する傾向を示した。しかし以上の傾向は w/c がすこし増加すればいちぢるしく減少する。

- (4) w/c が一定の場合、練上温度が上昇すれば凝結始発時間は短縮され、その関係はほぼ直線的で、10°C につき普通セメントで 20~30%、早強セメントでは 20%、中庸熱セメントでは 18% くらいである。
- (5) 練上温度が一定のとき w/c を増加させると凝結の始発及び終結時間は遅くなる。
- (6) いづれの場合も凝結に要する全時間にはいちぢるしい変化をきたさない。
- (7) 普通及び中庸熱セメントにおいては使用水温の上昇及びこねまぜ順序の相違がモルタル圧縮強さ及び曲げ強さに及ぼす影響は僅少である。
- (8) 高温水は早強セメントに対し、早期強度を増大させる。しかし 28 日強度にはほとんど影響がない。また早期強度の増加は練上温度の上昇と直線に近い関係があり、10°C につき 3 日強度で 35%、7 日強度では 15% の増加を示した。
- (9) 使用水温の上昇は、セメントの水和熱の早期発生を促進し、寒中コンクリートなどの養生にとつて有利である。すなわち水温 40~80°C、練上温度 30~50°C の場合、水温 20°C の場合に比し、1~3 日の水和熱発生量は少くとも 10~30%、多いと 50% 以上も増加する。しかし 7 日以後にはほとんど影響がない。

最後に本研究は文部省科学試験研究費の補助を受けたものであることを付記し、また岡田郁生君及び木屋路豊君両工学士の補助の勞を多とするものである。

(昭29.6.16)

防波潜堤の形状に関する実験的考察

正員 久 宝 保*
准員 山 本 俊 之**

AN EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE SECTION OF SUBMERGED BARRIER FOR PROTECTION OF BEACH EROSION

(JSCE Oct. 1954)

Tamotsu Kubo, C.E. Member, Toshiyuki Yamamoto, C.E. Assoc. Member

Synopsis Quality submerged barriers which are constructed for the protection of beach erosion, must be dominated by the character of damping action concerning a wave height.

Authors perform the model tests regarding barrier sections of several kinds, to research the section of the barrier which are effective for damping action of wave height. In consequence, it seems that a barrier which has a wave deflector is specially effective for high steepness waves.

* 徳島大学工学部土木教室
** 同 上

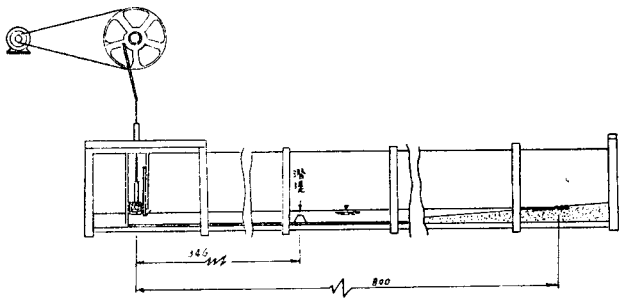
要旨 海岸浸食防止のための潜堤の良否は、その波高減衰性能の優劣によつて左右される。ここに著者等は波高の減衰に良好な結果を与える潜堤の形状を知る目的で、各種の断面のものについて模型実験をなし、波返しを有する潜堤が特に峻度の大きい波浪に対して良結果であると思われた。

1. 緒言

本実験の内容を次の3段階に分けることとする。すなわち、

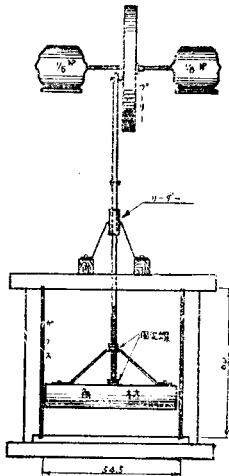
- a) 比較的峻度の大きい波浪 ($\delta_0=0.050$) に関する、潜堤7群 16種類の実験
 - b) 比較的峻度の小さい波浪 ($\delta_0=0.028$) に関する、a) によつて選択された潜堤9種類の実験
 - c) 峻度を変えた場合の波返し型潜堤に関する実験
- ここに実験に用いた設備の概要を示すと次のとおりである。すなわち、

図-1 水槽
Fig.1 Water tank



水槽——図-1 に示すような長さ約 11m、巾 54.5cm、両側 60cm 高総ガラス張り、檜底のもの。

図-2 造波機
Fig.2 Wave generator



造波機——図-2 に示すように、1/8 HP、100 V 单相モーター 2 台で駆動し、周期は 0.425 及び 0.624 sec とし、水平角材をピストン式に上下動せしめて波を発生させる(写真-1参照)。

海底——水路底に豊浦標準砂を 4cm 厚に敷き均し造波機より大体 7m は水平、それより 3m は 1/25 勾配の海岸をつくり、波打際には豆砂利を敷いて反射波を吸収せしめた。

写真-1 実験設備
Photo-1 Equipment



潜堤——潜堤は造波機から海岸方向へ 3.46 m の位置に、波峯に平行に設け、水深は常に一定で 7 cm とした。また潜堤の上下方向の位置は、天端が静水面以下 0.5、1.0、1.5、2.0、2.5cm となるようにおいた。潜堤の模型は高さ 5 cm で、杉材の上にブリキ板を張つたものを主とし、その傾斜の勾配は垂直、1:2, 1:1

の 3 種を組合せた。図-3 はその断面を示したもので、添字は天端巾 (cm) を表わし、写真-2 はその模型を示す。

波高計——20極の楕型電極を用い、ネオン球に連結し、150 V 交流によつて波高を測定する。なおこの電極は波高の大小に応ずることができる。波高の測定位置は、無堤の時には潜堤の位置から沖側へ 2.0 m (-)、浜側へ 2.5 m (+) 間を 25 cm ごとに区切つた点におき、潜堤設置の時には +1.25 ~ +2.25 m の間の 5 カ所の平均を取つた。

各測点での観測はほぼ 5 番目の波約 20 回について

図-3 潜堤の模型
Fig.3 Models of submerged barrier

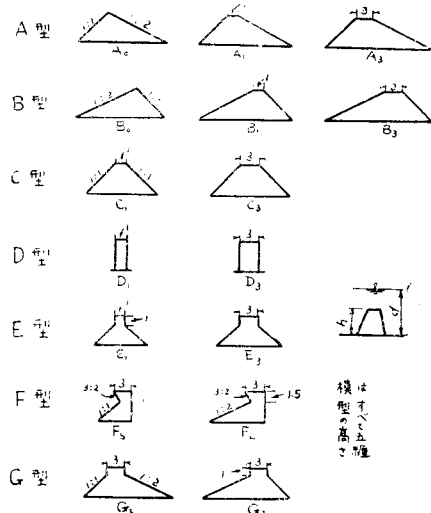


写真-2 潜堤群
Photo-2. Group of submerged barriers



波高を求め平均した。+0.0~+1.0 m 間での波高の測定は、潜堤による波の「あおり」の影響でかなりの乱れを生ずるので、この間の観測は行わないこととした。このようにしてえた潜堤通過後の平均波高 H_i を無堤の時の平均波高 H_0 で除した比 (H_i/H_0) の百分率を減衰率とよぶこととし、その減衰率が小さければ潜堤としての性能が良好であるとした。これらについて、J.W. Johnson, R.A. Fuch, J.R. Morison 氏等¹⁾はこの H_i/H_0 が沖波波高/沖波波長、潜堤天端巾/沖波波長、潜堤高さ/水深、水深/沖波波長等を変数とする函数であるとしていることから、模型潜堤ではその高さよりも巾の広い矩形断面のものについて実験をしているが、ここに著者等の実験では同じくその断面積のなるべく小さい経済的なものを選ぶ目的から、主として高さに比して巾の狭い断面形を対象とした。

2. $\delta_0 = 0.050$ の波浪による実験

この実験では、峻度の比較的大きい波浪に対して、どのような傾向の形状の潜堤が有効であるかを知るために、7群 16種類の模型潜堤について行つた予備実験である。ここに用いた波浪の諸元は、無堤時平均波高 $H_0 = 1.33$ cm, 波長 $\lambda = 26.30$ cm, 沖波峻度 $\delta_0 = 0.050$, 周期 $T = 0.425$ sec である。いま仮に縦横ともに縮尺 1/100 の模型とすれば、実際には $T = 4.25$

sec の通常存在するやや急峻な波浪に相当する。いま潜堤高さ \times 水深との比 (h/d) を横軸にとり、 H_i/H_0 を縦軸にとつて、実験結果を示すと 図-4(a)~4(g) のようになる。またこれらの図から各形の潜堤の効果の優劣を比較すると、表-1 のとおりになる。ただし表中○のついた側のものが×のついた側のものより効果的であつて、減衰率曲線が低いことを示している。また表中の ① G_L は C_3 よりよし、 $C_3 \approx G_3$, ② D_3 は G_L と G_3 との中間、③ $E_3 \approx G_3$, ④ $E_2 \approx C_3$, ⑤ $A_3 \approx B_3$ を示す。

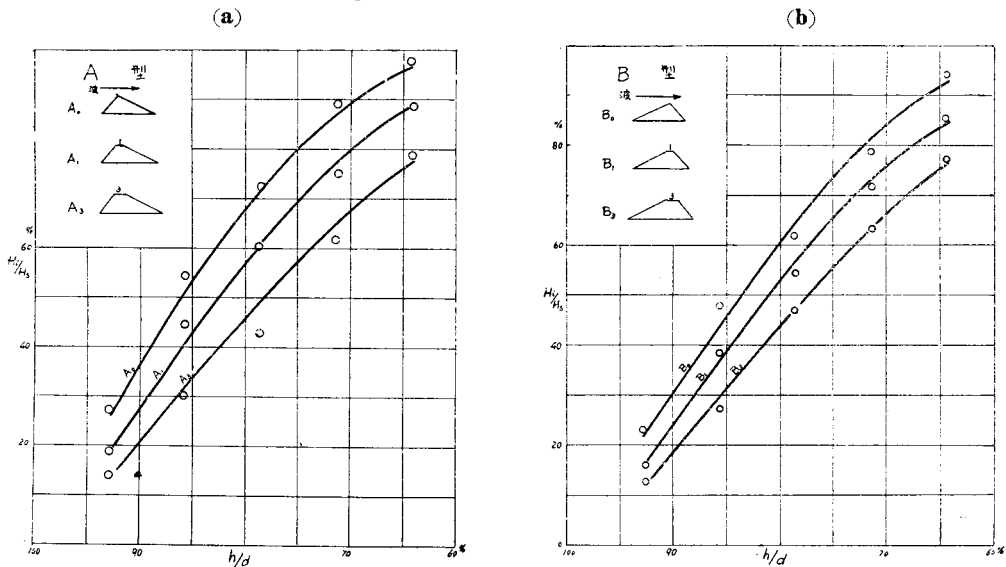
表-1 峻度大なる場合

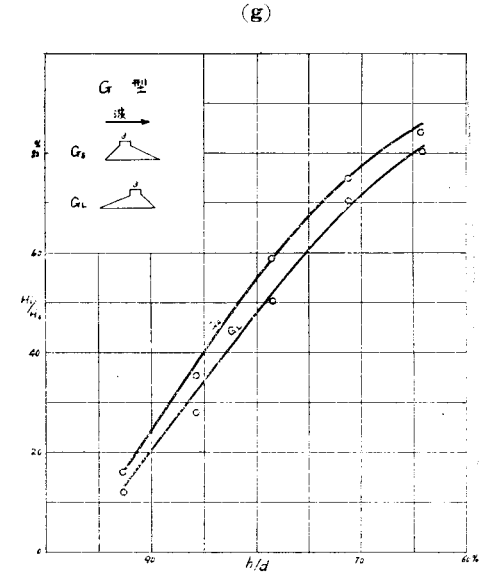
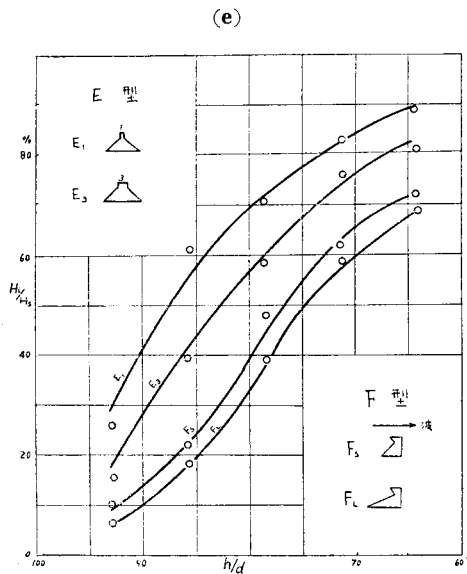
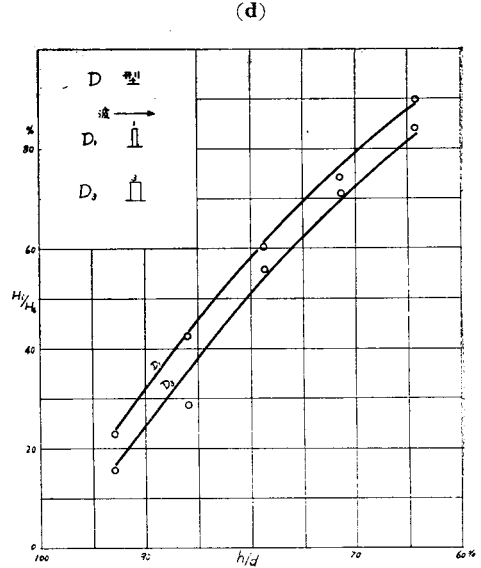
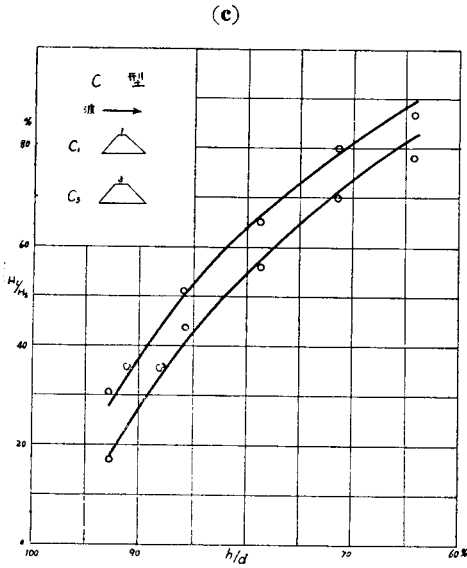
	G	F	E	D	C	B
A	○	×	○	×	×	○
B	○	×	○	×	×	○
C	①	×	○	×	×	○
D	②	×	○	×	×	○
E	×	○	×	×	×	○
F	○	×	○	×	×	○

これらの図または表から明らかに、F,B,A 型の潜堤は比較的良好で、E 型はあまりよくなく、D,G,C 型はその中間に属するといふことができる。また本実験範囲では次のような傾向を見出すことができる。すなわち、

a) 各群ともに天端を広くすると減衰効果が大きくなる。ただしここには記載しなかつたが、両辺 1:1

図-4 峻度大なる場合
Fig.4 In a Case of High Steepness





の等辺三角形断面のものでは、大体 C_2 と同曲線となつた。これについてアメリカの Beach Erosion Board における三角形断面の潜堤と比較できるが、本実験目的と相違するので省略する。

b) 天端巾ならびに沖側勾配が等しいものでは、その岸側勾配の緩な断面のものが減衰効果大きい。

c) 同様に天端巾ならびに岸側勾配が等しいものでは、その沖側勾配の緩なものが効果的である。

d) 上の2つを比較すると、同形の断面では、沖側の勾配を緩にする方が、岸側を緩にするよりも効果的である。

e) E, G 型のように天端の突出した形状の潜堤で

は、天端巾ならびに前後斜面がそれと等しい梯形断面のものより効果が少い。しかし天端を広くするか、 h/d の大きい場合で沖側勾配を緩にすると効果があり、これは a), b) の傾向を裏書きしている。

f) 鉛直壁面のは、D, G 型よりは効果的であるが梯形のものに劣る。これは反射波が高くなり沖側に重複波のようなものを生じ、潜堤をこえる波も高くなるためと思われる。

g) F 型のは最も効果的である。

ここに波返しを有する F 型潜堤が較度の大きい波に対して良好な結果を示すことが明白であると思われた。

このような潜堤が従来のものより秀れているのは、後者が単に波の伝達のエネルギーの一部を遮ぎることを主目的としたのに対し、前者はさらに一歩進めて波の進行エネルギーの一部を反射せしめそれによつて波のエネルギーを削減しようとする積極的工法の点に意義があると思われる。とくにこの波返し潜堤は、本実験の範囲では、 h/d が大きければ減衰率が小さく、その変化も少いので、潮汐による水位の変化の小さい海では比較的安定した減衰率を与えるものといえる。

3. $\delta_0 = 0.028$ の波浪による実験

本実験においては単に天端巾 3 cm の潜堤のみにつ

いて行つた。ここで取扱つた波浪の諸元は、無堤時平均波高 $H_s = 0.73$ cm, 波長 $\lambda = 26.30$ cm, 沖波峻度 $\delta_0 = 0.028$, 周期 $T = 0.425$ sec である。その実験の結果から H_i/H_s と h/d との関係を図示すると、図-5(a)~(d) のようになり、各種断面の潜堤の優劣を前表同様に比較すると表-2 のとおりである。表中 \equiv は両者がほぼ等しいものであり、① C_3 は F_2 よりよいが F_L にほぼ等しく、② $G_2 \equiv G_L \equiv F_S$ で、 F_L は G よりよい、

また前記 $\delta_0 = 0.050$ とこの $\delta_0 = 0.028$ の実験とを比較すると、表-3 のようになり、 δ_0 が小さくなると

図-5 峻度小なる場合
In a Case of Low Steepness

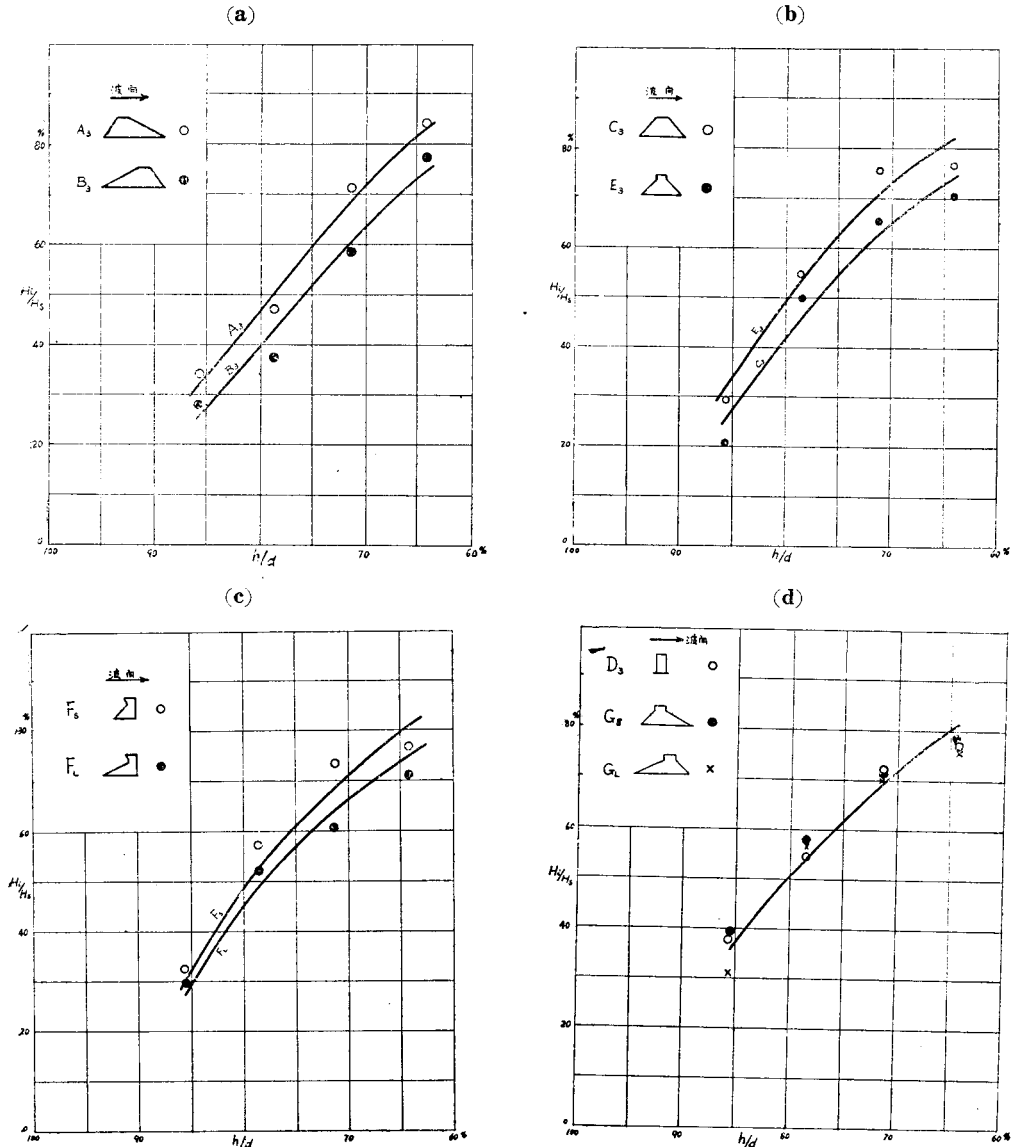


表-2 峻度小なる場合

	G	F	E	D	C	B
A	≡	≡	≡	≡	×	×
B	○	×	×	×	×	×
C	○	×	×	×	×	×
D	≡	≡	≡			
E	≡	×	○			
F	②					

表-3 峻度と減衰率

峻度	A	B	C	D	E	F	G
$\delta_0 = 0.050$	○	×	×	≡	×	○	≡
$\delta_0 = 0.028$	×	○	○	≡	○	×	≡

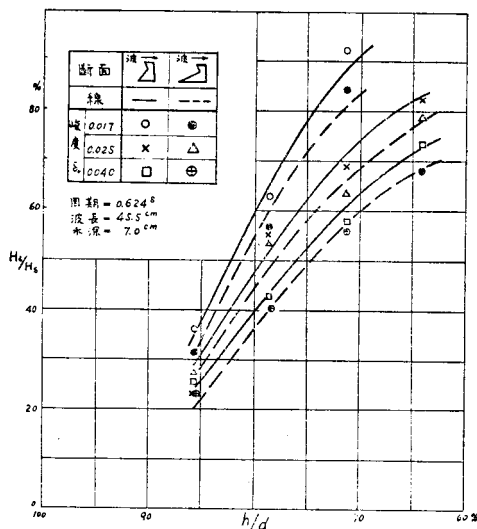
梯形の潜堤が目立つて有効となり、中でもB型が最も良好で、C、A型がこれに次ぎ、F型がやや劣ることは前述の δ_0 が大きい場合と全く違った結果となつてゐる。しかし峻度の大小にかかわらず潜堤の沖側勾配を緩にすれば良好な結果がえられる。これらは峻度が小さければF型が秀れず、台形の天端巾の大きいものが良好であることは、F型のような波返しの効果よりもその斜面及び天端における摩擦による波のエネルギーの吸収が効果的であること示していると思われる。このような梯形潜堤に関しては、前記の Beach Erosion Board の結果とよく一致している。ゆえに δ_0 の小さい波浪に関しては、波返し潜堤はあまり優秀でないが、D、G型のものゝ峻度のいかにかわらず好ましい結果がえられないようである。

4. 波返し型潜堤と峻度との関係

波返し型潜堤と波浪の峻度との関係については、上述の実験のみからでも予想されるが、さらに周期を大きくして波長を大にした場合でも同様の傾向を示すかどうかを検査するために、水深は前と同じく7cmとし、 $T=0.624$ sec ($\lambda=45.5$ cm) の波浪により、その波高を変えて実験を行つた。その結果は 図-6 のようになった。それによると、波返し潜堤は、

- a) 峻度が大きくなるほど減衰傾向が大きい。
- b) 波返しの基部の傾斜が緩な方が減衰傾向が大、
- c) 峻度小なる波ほど減衰率と h/d との曲線の勾配が大、という傾向を示し、前記の 2. 及び 3. の実験結果と同様になつた。いいかえれば波返し型潜堤と矩形潜堤とは台形のものより峻度の大きい波浪には好適

図-6 周期の大きい場合
Fig.6 In a case of long period



であるといふことができる。

本実験に用いた波返し型の潜堤の上部は 3:2 として一定とした部分で波を返すこととした。また $\delta_0 = 0.040$ の波浪の天端水深 0.5~1.5 cm の実験では、海岸側の滞水が目立ち、沖側底部ではかなりの海底の浸食があり、それだけ効果的に波浪のエネルギーを阻止したものとみられる。

5. 結 び

以上の結果を要約すると、この実験範囲においては、峻度の大きい波に対しては波返し型潜堤を、峻度の小さい波浪に対しては台形のものを用い、いずれもその沖側の勾配をゆるくした断面であると波高の減衰に良好な結果を与えるものと思われる。

なお将来の問題として、波返し型潜堤の上部の形、その他潜堤の安全な経済的断面の選定、海底の浸食防止等の未解決のものが残されている。しかし、このような潜堤によつて速かに浅海波を碎波にするという意味では、かなり十分に浅海波の理論が応用されて、前記問題の解決の手段となるものと思われる。

終りに本研究のために多大なる協力を尽された徳島県土木部河川課(課長近藤愛知氏)の各位に対し感謝の意を表する。

引用文献

1) J.W. Johnson, R.A. Fuchs & J.R. Morison, "The damping action of submerged breakwaters," Am. Ges. Union, Vol.32, No.5 Oct. 1951

(昭.29.6.21)