

離岸堤による波高減衰について

建設省土木研究所 細 井 正 延
同 上 富 永 正 照

1. ま え が き

離岸堤は海岸防護などを目的として一般に海浜から離れてほぼ海岸線に平行に設けられる構造物であるが、最近その効果の大きいことが認められて各地で築造されるようになった。

離岸堤の設計には、目的に応じた高さ、巾、位置、構造などの選定、または沈下の防止など種々のむずかしい問題がふくまれているが、これらは現在まで、いずれもよく研究されていない。離岸堤は一般に延長が長くなるので合理的な設計によって単価が多少でも下がればきわめて経済的となる。

われわれは離岸堤を合理的に設計する基礎資料をうるために種々の角度から研究を進めているが、ここでは離岸堤による波高の減衰について、これまでに得られた実験結果を報告して一般の御批判を仰ぎたいと思う。

2. 実験装置および実験方法

実験は長さ 17 m、巾 0.6 m、深さ 0.6 m の造波水槽の一端に 図—1 に示すような模型をつくって行った。この模型では離岸堤の設置水深を小さくするために、離岸堤の設置場所の前面に 1 : 10 の勾配をつけた。造波部の水深は 32 cm および 27 cm で、実験に使用した波および離岸堤の諸元は 表—1 および 表—2 に示すとおりである。

表—1

周 期	波高(深海波)	波長(深海波)	波 形 勾 配
$T(\text{sec})$	$H_0(\text{cm})$	$L_0(\text{cm})$	H_0/L_0
1.2	6.6	224	0.03
1.2	8.8	224	0.04
1.2	10.9	224	0.05

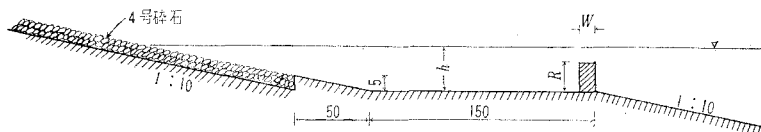
表—2 (a) 設置水深 $h=15\text{ cm}$ $h/L_0=0.067$

高 さ	巾	R/h	W/L_0	高 さ	巾	R/h	W/L_0
$R(\text{cm})$	$W(\text{cm})$			$R(\text{cm})$	$W(\text{cm})$		
7.5	5	0.5	0.022	12.5	5	0.83	0.022
"	10	"	0.045	"	10	"	0.045
"	15	"	0.067	"	15	"	0.067
"	20	"	0.089	"	20	"	0.089
"	25	"	0.110	"	25	"	0.110
10.0	5	0.67	0.022	15.0	5	1.0	0.022
"	10	"	0.045	"	10	"	0.045
"	15	"	0.067	"	15	"	0.067
"	20	"	0.089	"	20	"	0.089
"	25	"	0.110	"	25	"	0.110

表—2 (b) 設置水深 $h=10\text{ cm}$ $h/L_0=0.045$

高 さ	巾	R/h	W/L_0	高 さ	巾	R/h	W/L_0
$R(\text{cm})$	$W(\text{cm})$			$R(\text{cm})$	$W(\text{cm})$		
7.5	10	0.5	0.045	12.5	10	0.83	0.045
"	15	"	0.067	"	15	"	0.067
"	20	"	0.089	"	20	"	0.089
10.0	10	0.67	0.045	15.0	10	1.0	0.045
"	15	"	0.067	"	15	"	0.067
"	20	"	0.089	"	20	"	0.089

図-1



実験はまず離岸堤の設置場所において無堤時の波高を測定し、ついで離岸堤を設置して堤内の波高を求めた。堤内の波高は水平部の3カ所において測定し、それらの平均波高を採用した。また波高測定にはネオン管式波高計を使用した。

3. 実験結果およびその検討

離岸堤による波高減衰に影響する要素として、離岸堤の高さ、巾、波の性質、設置水深などが考えられるが、実験の結果からこれらの点を調べてみよう。図-2は横軸に離岸堤の高さ(R)と設置水深(h)との比をとり、縦軸に離岸堤通過後の波高(H_r)と設置水深における無堤時の波高(H)との比をとって実験結果を示したものである。図-2(a)は波形勾配が0.03、図-2(b)は0.04、図-2(c)は0.05の場合である。また各図はそれぞれ離岸堤の巾と波長との比をパラメーターにとっている。

図-2(a)

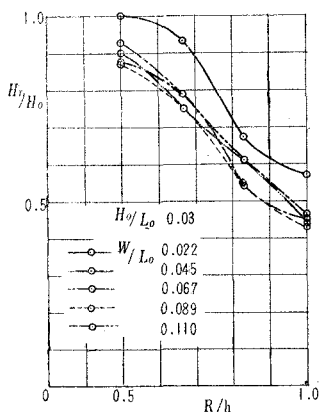


図-2(b)

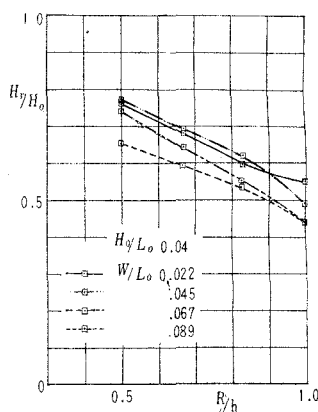


図-2(c)

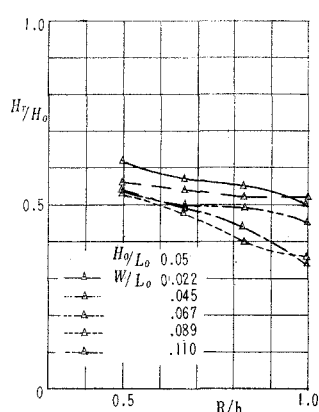


図-2(a)をみると $R/h=0.5$ すなわち離岸堤の天端が水深の $1/2$ のところにある場合では、波高の減少は非常に小さく、約 10% 程度しか減少しない。しかし天端が高くなるにつれて堤内の波高は急激に減少し、天端が静水面と一致する場合には約 50% 減少する。これに対し 図-2(c) をみると、まず H_r/H と R/h との関係を示す曲線の勾配がかなりゆるくなっていることが目につく。すなわち $R/h=0.5$ の場合にすでに 40% 程度波高が小さくなるが、 $R/h=1.0$ となっても波高の減少は約 60% にすぎない。図-2(b) の場合は $R/h=0.5$ に対し約 30%, $R/h=1.0$ に対し約 50% の波高減衰を示し、上の両者の中間的傾向をとっている。

このように波高の減衰量は離岸堤の高さとともに波形勾配によってかなり異なる。天端の低い場合には、波形勾配の小さい波は減衰が小さく、大きい波は減衰が大きい。しかし天端が高くなると波形勾配に無関係にほとんど同程度の減衰量となる。このような現象は一見理解しにくいようであるが、同一条件のもとでは $(h-R)/H$ すなわち離岸堤の天端と静水面との距離と波高との比が小さくなることを考慮すれば、常識的な結果であることが理解される。 $R/h=0.5$ の場合について、各波形勾配に相当する $(h-R)/H$ を計算するとつぎのようになる。

H_0/L_0	$(h-R)/H$
0.03	1.12
0.04	0.82
0.05	0.63

$H_0/L_0=0.03$ の場合と 0.05 の場合の $(h-R)/H$ を比較すると、後者は前者の約 $1/2$ で波の通過しにくい条件となっていることがわかる。また R/h が 1.0 に接近するにつれて H_0/L_0 の差による $(h-R)/H$ の差は小さくなり、したがって減衰量も同程度になるものと考えられる。

つぎに巾の影響をしらべてみよう。図-2をみると多少の不規則性はみられるが、巾が大きくなるにつれて波高の減衰も大きくなっている。図-2(c)において $R/h=1.0$ のところをみると、巾の変化のために H_r/H は

0.53 から 0.34 まで変化している。これに対して巾の変化は W/L_0 で 0.022 から 0.11 までである。この場合 L_0 は一定であるから、後者は前者の 5 倍の巾をもっており、5 倍の巾をもたせても波高は約 30% 小さくなるにすぎない。 W/L_0 をさらに大きくすれば減衰量も大きくなるが、実際には離岸堤を設計する場合には、離岸堤の巾は大きくても 4~5 m 程度で比較的狭い範囲にかぎられる。したがって周期が短かく、波長が 50~60 m であれば、一応巾の選択も問題となろうが、周期が長くなって波長が 100 m をこすようになれば、波高減衰の面から巾の選択はほとんど問題とならないと考えられる。

図-3

図-3 は設置水深の影響を示したものである。図-2 と同様、横軸には R/h 、縦軸には H_r/H がとっている。波形勾配と巾は大体同条件とし、設置水深のみが変化させてある。

上の二つの曲線はアメリカの Johnson, Fuchs, Morison の行った実験¹⁾からとったもので、下の 4 つの曲線がわれわれの実験結果である。したがって両者の間では波形勾配も相対巾も多少異なっている。アメリカの実験では H/L は 0.052 と 0.055 であるが、これらはそれぞれ $h/L=0.311$, 0.126 に対するもので、 H_0/L_0 に換算すれば大体 0.04 と 0.05 の中間に入るものと考えられる。また W/L も同様であって、 L を L_0 に換算すればかなり近い値になるものと考えられる。

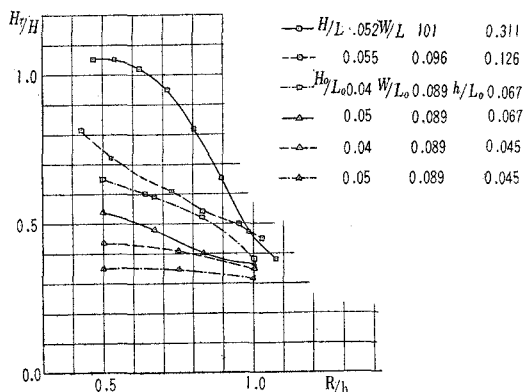


図-3 の結果をみると、 R/h が小さいほど設置水深の影響は大きく、 R/h が 0.5 の場合には、 $h/L=0.311$ に対し $H_r/H=1.1$ 、 $h/L=0.045$ に対しては $H_r/H=0.4$ となっている。これに対し離岸堤の天端が高くなって静水面と一致するようになると、設置水深の影響は急激に小さくなるのがみられる。

このような現象は他の条件を同一にして設置水深を小さくすると $(h-R)/H$ が小さくなることによるもので波形勾配の場合と同様である。 $R/h=0.5$ の場合 $H=9$ cm, $L_0=224$ cm と仮定し、各相対水深に対する $(h-R)/H$ の大体の値を計算するとつぎのとおりである。

h/L_0	$(h-R)/H$
0.311	3.8
0.126	1.5
0.067	0.82
0.045	0.55

h/L が 0.311 の場合には離岸堤の天端と静水面との距離が波高の 4 倍もあるが、 $h/L=0.045$ の場合には波高の約 1/2 でやはり波が通過しにくい状態となっている。 R/h が 1.0 に近づくにつれて h/L に対する $(h-R)/H$ の差が小さくなることは波形勾配の場合と全く同様である。離岸堤の位置の選定は漂砂の処理、砕波点に対する考慮など非常にむずかしい問題をふくんでいるが、上述の実験結果はその選定に非常に有用な参考資料となろう。

4. 結 言

以上離岸堤の高さ、巾、波の性質、設置水深などと波高減衰との関係をしらべ、波高減衰の一般的性質をかなり明らかにすることができた。しかし定量的な面ではなお不十分で、さらに詳細な実験が必要である。

Johnson, Fuchs, Morison¹⁾は離岸堤を通過するエネルギーを考慮することによって H_r/H を計算する理論式を求めたが、 $R/h=1.0$ で $H_r/H=0$ となる欠点などがあり、不十分なものである。

これまでは離岸堤を矩形断面で、不透過性と考えていたが、実際に利用されるものはテトラポッド、捨石などを利用した透過性のものもあり、また不透過性でも天端の高さを一様にせず、一定間かくごとに天端を低くするようなこともある。断面も矩形は少なく全体として台形が多い。このような複雑な断面になると理論的な取扱いはいきわめて困難であり、やはり実験的に研究してゆかねばならない。

われわれは簡単な矩形断面のものについて理論的な検討を進めるとともに、その他の断面についてもさらに実験的な研究を進めたいと考えている。またここにもべた実験結果の scale effect の問題を検討するため、スケールを大きくした実験を行う考えである。

参 考 文 献

- 1) Johnson-Fuchs-Morison: Damping action of submerged breakwaters, Trans. A.G.U. Vol. 32, No. 5.