

斜め入射波に対する直立消波構造物の消波特性について (その 2)——水理模型実験——

中野 拓治*・岩上 淳一**・溝内 俊一***・吉川 信彦****

1. はじめに

近年の港湾構造物の機能に対する要請の多様化により新しい構造タイプの開発が各種機関で行われている。

防波機能及び消波機能を兼ね備えた直立消波構造物はこのような要請に応えるために考案されたもので、昭和40年代後半になって防波堤、岸壁あるいは護岸として全国各地に多数建設され、とくに50年代に入ってからそれが活発化している¹⁾²⁾。

しかし、これまで実施されてきた調査研究の多くは構造物法線に対して入射波が直角に作用する場合を対象としており、斜めから波が進入してくる場合はその事例が殆どない。

一方、今後、直立消波構造物は斜め入射波となる地点にも多く建設されることが予想されることから、斜め入射波に対する水理特性についての検討も早急に実施する必要があると生じている。

このような状況に鑑み、運輸省第四港湾建設局では昭和55年度に、斜め入射波に対する直立消波構造物の消波特性を把握する目的で、各種スリットタイプについて反射率を測定する実験を行った³⁾。対象としたスリットタイプは、縦スリット型(角柱、円柱、変形)、横スリット型及び格子スリット型である。この結果、横スリットタイプが消波特性においてとくに優れていることが明らかとなった。しかしそこでは、スリット部の開口比、遊水部の相対深さ等、構造を規定するパラメータと消波特性との関係については未検討であった。

このため本実験では、下関調査設計事務所所有の平面水槽を用い、横スリットタイプについて、開口比及び遊水部の相対深さ等の構造条件が反射率に及ぼす影響を把握することを目的に行った。本文は、入射波の周期及び波向と反射率の関係の検討結果を報告するものである。

2. 実験条件及び方法

2.1 実験条件

実験は、縦31m、横26m、高さ1.2mの平面水槽内にベンジュラム式規則波造波装置を設置して行った。表-1に示す実験ケースについて反射率を測定した。

表-1 実験ケース一覧表

実験 区分	水 理 条 件				構 造 条 件		
	水深	波高	周期	波向	開口比	水深に対する遊水部の相対深さ	隔壁長
A	52.7	4	1.0	30°	0.2	0.25	25
			1.4	45°	0.3	0.50	
			1.8	60°	0.4	0.75	
				90°			
B	52.7	4	1.4	30	0.3	0.25	50
				45			75
				60			

水深、波高及び周期については、唐津港岸壁をケーススタディとして実施した55年度実験におけるものと同値とした。

構造条件の設定は以下のように行った。まず、遊泳部の相対深さ q については、55年度別途実施の実験結果³⁾より有効壁タイプについてのいわゆる柵式が、反射率の観点から全面スリット式に比し相対遊水長比 B/L を小さくでき、ひいては断面を小さくすることができるため $q=0.5$ を中心に3ケースとした。

同様に、開口比 ϵ は0.3を中心に3ケースとし、壁厚 W_0 及び遊水長比 B/L も $T=1.4$ 秒でほぼ最小反射率を示すものを選んだ。

また、隔壁長については、斜め重複波は堤体にそって波の山があらわれ、その発生は波長、波向によって異なるため、代表周期 $T=1.4$ 秒における隔壁長 $l=25$ cmを基本として3ケースとした。

表中の実験(A)は、各周期と波向に対する開口比 ϵ 及び遊水部の相対深さ q (図-2参照)と反射率との関係を把握するための一連の実験であり、各条件の組合せ108ケースについて行った。一方、表中の実験(B)は

* 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所長
 ** 正会員 (前) 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所次長
 (現: 同志志港工事事務所長)
 *** 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所調査課長
 **** 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所

各波向に対する隔壁長 L と反射率との関係を把握するための実験であり、実験 (A) の実験ケースのうち最小の反射率を与える開口比 ε 及び遊水部の相対深さ q を実験条件とした。

なお、実験は規則波を対象に 1 ケースについて 3 回行い、その平均値を測定値とした。

実験に使用した模型堤体は、図-1 及び 2 に示すとおりである。図中の記号は h : 水深、 L : 波長、 W_0 : 壁厚、 B : 遊水長、 l : 隔壁長、 q : 水深に対する遊水部の相対深さ、 θ : 波向

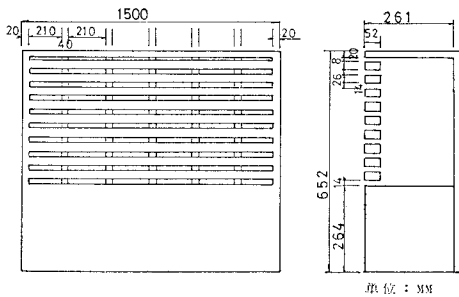


図-1 堤体構造図〔開口比 $\varepsilon=0.3$ 、遊水部の相対深さ $q=0.5$ 、隔壁長 $l=25$ cm の場合〕

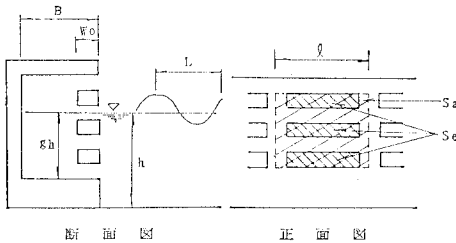


図-2 模型名称図

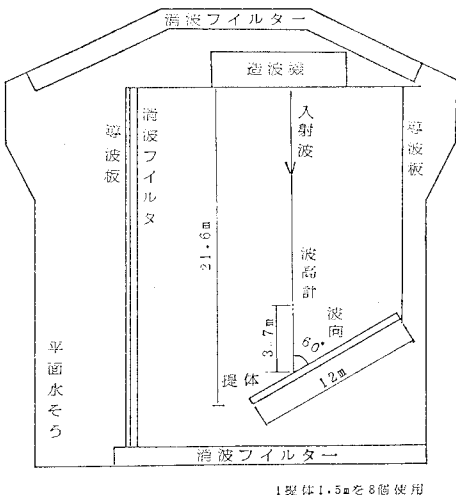


図-3 模型堤体及び波高計設置位置図〔波向 60° の場合〕

開口比 ε は次式で定義した。

$$\varepsilon = \frac{S_e}{S_a}$$

ここで、 S_a : 図-2 に示す領域の面積

S_e : 図-2 に示す領域の空隙部分の面積

また、実験における模型堤体は図-3 に示すように設置し、波向は構造物法線に対する角度とした。水槽の両側には造波板で発生させた波のエネルギーの分散を防止するための導波板を、また、導波板及び水槽後壁には波の反射を防止するための消波フィルターを設置した。

2.2 反射率の測定及び解析方法

反射率の解析方法は、2 台の波高計より得られた波形記録を高速フーリエ変換法 (Fast Fourier Transform method) を用いた入・反射波の分離推定法 (以下「FFT 法」と言う) により行った⁴⁾。この 2 本の波高計設置位置にあたっては、模型堤体の両端における波の変形の影響及びスリット前面における波の著しい乱れの影響を受けないようにする必要がある。そこで実験に先立ち、模型堤体を島堤と考え、島堤前面の波高分布の数値計算を実施し、堤体両端における波の変形の影響を受けない地域を選定した。さらに文献 4) の検討結果を参考にして波高計の設置位置を設定した。

なお、FFT 法解析におけるデータのサンプリングタイムは $1/60$ 秒、データ個数は 2 048 個とした。

3. 実験結果

① 開口比 ε と反射率 K_R との関係 (実験区分 A)

開口比と反射率との関係を波向と周期別にとりまとめた結果を図-4 に示した。

図からわかるとおり周期 $T=1.8$ および 1.4 秒の場合、あまり波向に関係なく、遊水部の相対深さ $q=0.25$ では、開口比 $\varepsilon=0.3\sim 0.4$ 前後で最小の反射率となっている。一方、遊水部の相対深さ $q=0.5$ および 0.75 では、開口比が小さくなると反射率は小さくなる傾向がある。ただし、波向 $\theta=30^\circ$ 、周期 $T=1.4$ 秒の場合では、反射率の変化の傾向はあまりみられない。

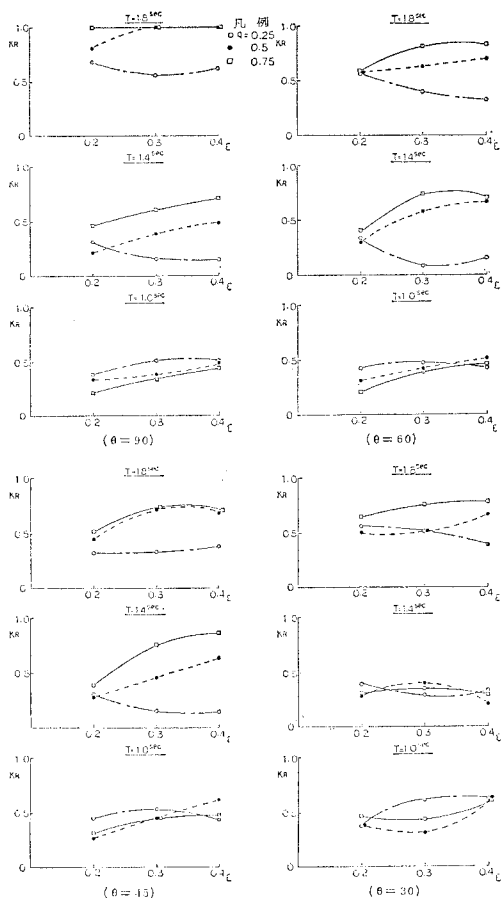
また、周期 $T=1.0$ 秒の場合、遊水部の相対深さに関係なく、開口比が小さくなると全体的に反射率は小さくなる傾向がある。

以上の実験結果をまとめると、開口比と反射率の関係は、波向による傾向の違いはあまりみられず、波の周期によりその傾向が異なることが言える。

② 遊水部の相対深さ q と反射率 K_R との関係 (実験区分 A)

遊水部の相対深さと反射率との関係を波向と周期別にとりまとめた結果を図-5 に示した。

周期 $T=1.8$ および 1.4 秒の場合、あまり波向に関係なく、遊水部の相対深さが小さくなると反射率は全体的

図-4 開口比 ε と反射率 K_R との関係

に小さくなる傾向がある。この反射率の低減の割合は開口比 $\varepsilon=0.4$, 0.3 のときが顕著である。ただし、波向 $\theta=30^\circ$ 、周期 $T=1.4$ 秒の場合では、反射率の変化の傾向はあまりみられなかった。

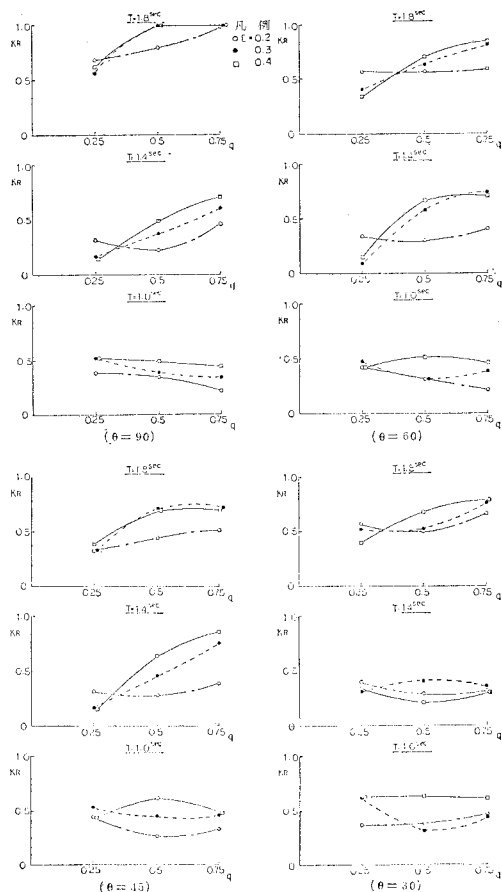
一方、周期 $T=1.0$ 秒の場合、一部を除いて波向に關係なく、遊水部の相対深さの違いによる反射率の変化はあまりみられなかった。

以上の実験結果をまとめると、開口比と同様、遊水部の相対深さと反射率との関係は、波向による傾向の違いはあまりみられず、波の周期によりその傾向が異なることが言える。

③ 相対遊水長比 B/L と反射率 K_R との関係 (実験区分A)

相対遊水長比と反射率との関係を波向と遊水部の相対深さ別にとりまとめた結果を図-6に示した。

波向 $\theta=30^\circ$ の場合を除くと波向、開口比に關係なく遊水部の相対深さ $q=0.25$ の場合、相対遊水長比 $B/L=0.1$ 前後で最小の反射率を示し、遊水部の相対深さ $q=0.5$ の場合、相対遊水長比 $B/L=0.1\sim0.17$ の間で最小の反射率を示した。

図-5 遊水部の相対深さ q と反射率 K_R との関係

また、遊水部の相対深さ $q=0.75$ の場合、一部を除いて相対遊水長比が大きくなると反射率は小さくなる傾向がある。

なお、波向 $\theta=30^\circ$ の場合、遊水部の相対深さ及び開口比に關係なく、全体的な傾向として相対遊水長比 $B/L=0.1$ 前後で最小の反射率を示した。

④ 隔壁長 l と反射率 K_R との関係 (実験区分B)

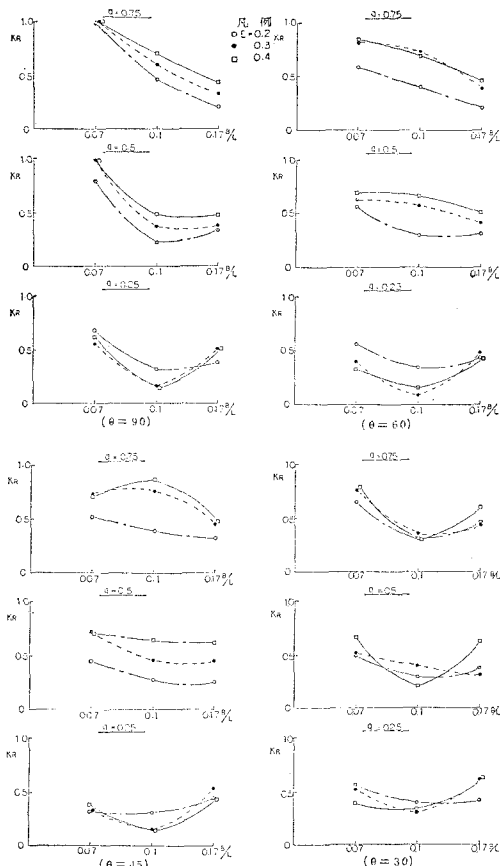
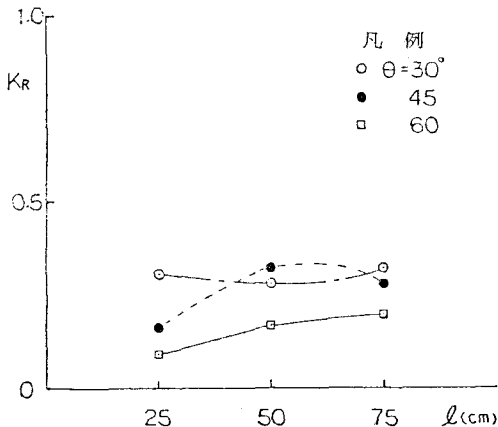
以上の実験結果のうち、最小の反射率となった開口比 $\varepsilon=0.3$ 、遊水部の相対深さ $q=0.25$ の構造条件における隔壁長と反射率との関係を取りまとめた結果を図-7に示した。

波向 $\theta=30^\circ$ では、隔壁長の相違による反射率の影響はほとんどみられず、反射率の値は一定となっているが波向 $\theta=60^\circ$ では、隔壁長が大きくなるに従って反射率は大きくなっている。

また、波向 $\theta=45^\circ$ では、隔壁長 $l=50$ cm で反射率は最も大きくなっている。

4. ま と め

今回の実験より得られた斜め入射波に対する横スリッ


 図-6 相対遊水長比 B/L と反射率 K_R との関係

 図-7 隔壁長 l と反射率 K_R との関係

トタイプの構造条件についての消波特性に関する傾向を簡単にとりまとめると以下のとおりである。

開口比及び遊水部の相対深さと反射率との関係については、一部のケースを除いて波向にあまり影響を受けないことがわかった。隔壁長と反射率との関係については、隔壁長は経済性に大きな影響を及ぼす重要な要素であるが、ケース数を限定したこともあり明確な傾向はつかめなかった。したがって、隔壁長についても現実問題への適用にあたっては、更に豊富なデータが必要となる。

また、開口比、遊水部の相対深さ及び隔壁長の大小が個々に反射率に対してどのように影響を与えるかについても一般的な傾向を見出すことはできなかった。

このようにこれら各諸元の大きさが個別に意味をもってくるため、設計等の利用にあたっては十分な留意する必要があるといえる。

5. おわりに

以上、斜め入射波に対する横スリットタイプの構造条件について、消波特性に関する反射率の関係を検討してきた。わが国で殆ど用いられていないにも拘わらず、反射率において優れた特性をもつ横スリットタイプが今後広範に利用されることを想定すると、本稿の成果は、設計において貴重な資料を提供したといえる。しかしながら、十分利用に耐える汎用性の高いものにするためには実験成果を更に集積し、また理論計算も実施して反射率算定図表の作成を行う必要があろう。

また、反射特性の把握にとどまらず残された水理特性即ち、波圧特性、越波特性についても十分な調査、研究を行う必要があることから、今後これらを引続き実施する予定である。

参考文献

- 1) 柳生忠彦・湯坐美幸: 直立消波ブロック式防波堤構造集覧, 港湾技研資料 No. 358, 1980.
- 2) 第四港湾建設局下関調査設計事務所: 直立消波構造物の消波特性調査報告書, 1981.
- 3) 工藤秀雄・長友文昭・辻 清次・橋立洋一・米澤 朗: 斜め入射波に対する直立消波構造物の消波特性について, 第28回海岸工学講演会集, pp. 377~380, 1981.
- 4) 合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊地 治: 不規則波実験における入・反射波の分離推定法, 港湾技研資料 No. 248, pp. 8~10, 1976.