

縦型スリットケーソンの越波および反射特性について

山口 晶 敬*・ 外山 進 一**・ 鶴谷 広 一***・ 岸 良 安 治****

1. ま え が き

直立消波岸壁が世に出てから数年を経て、実施例も数を加えてきたため、その消波機能に着目した消波式の防波堤も施工されるようになってきた。

従来、直立消波構造物に関する研究は多数実施されているが、主眼が反射率に置かれており、越波に関する研究はほとんど行われていない。これは、通常港内では波が小さいため、岸壁での越波は問題とはならず、防波堤に直立消波構造物が使用されている場合も、港内の波高が小さい場所が多く、その天端高も消波機能を有さない時と同様の高さで施工されているため越波による伝達波高も問題にならなかったと考えられる。しかし、直接外海に面した護岸の場合には、越波量が設計上重要な要素となる。

そこで、今回研究事例の少ない直立消波構造物の越波量に着目した実験を行い、併せて反射率も測定した。ここにその結果を報告するものである。

2. 実験装置

(1) 造波水路

実験は、運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所の二次元造波水路（内幅 1m×長さ 50m×高さ 1.5m）において実施した。

造波機は、フラップ式不規則波造波装置を用いた。なお、不規則波の発生には、小型電子計算機を利用している。

(2) 計測器

波高の測定は、容量式波高計を用い、測定値をペン書きオシログラフに記録した。越波量は、堤体背後に据えた採水器にたまった水をメスシリンダーで計測することにより求めた。

(3) 模 型

模型は、図-1 に示すような縦型スリットと遊水部を

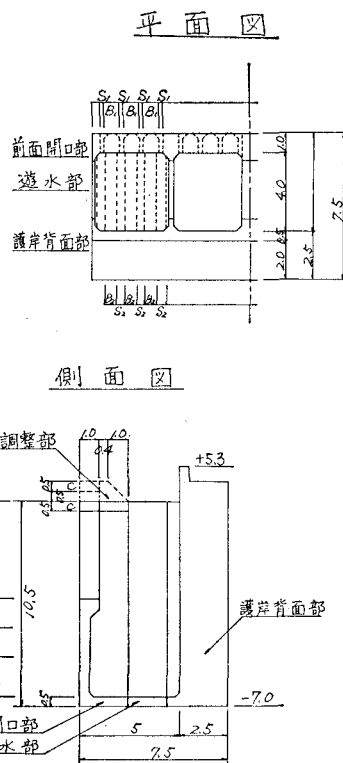


図-1 縦型スリットケーソンの構造図（単位 m）

有するケーソンの 1/32 の縮尺で、工作の容易な木製とした。堤体はスリット部の諸元を変更可能な組合せ式とした。

(4) 実験波

実験には、換算沖波波高 $H_0' = 2.8\text{m}$ で、周期 $T = 6.1\text{s}$ の不規則波を用いた。その実測スペクトルは、Bretschneider・光易型スペクトルに比べて、ピーク部の低周波側が若干ふくらんだものであった。

3. 実験方法

(1) 波高及び反射率の測定

堤体前面から 12.2m 及び 12.4m の位置に 20cm 間隔で波高計を設置した。取得した波形記録から 1/15 秒間隔で約 70 波に相当する 1024 個のデータを読み取り、

* 正会員 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所次長
 ** 運輸省第四港湾建設局下関調査設計事務所建設専門官
 *** 正会員 工修 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調査課水工係長

入・反射波をFFTによる分離推定法によって分離し、波高及び反射率を求めた。ノイズの影響及び計算精度の低下を避けるために周波数は、 $f=0.29\sim 1.39$ Hzの範囲で計算した。

(2) 越波量の測定

越波量の測定は、波が定常状態になった後、平均周期で200波に相当する時間中の越波を採水し、各々のケースを3回以上繰返した。所定の波高に対する越波量を求めるために、波高と越波量の関係を片対数グラフにプロットして、最小自乗法により $q=abH_0'$ の実験式をあてはめた。

(3) 実験手順

まず、スリット部の適正な形状を定める為に、

- 前壁開口率 $[\epsilon=S_1/(B_1+S_1)]$ 0.2, 0.3, 0.4, 0.5
- 開口部下端高 $-1.5, -3.0, -4.5, -6.5$ m

開口部天端高 $+3$ m, 遊水部幅 5 m, 遊水部天端開口率 $[\epsilon'=S_2/(B_2+S_2)]$ 1 で実験を行い、越波量が最小の断面を選定した。次に、この断面の妥当性を検討する為に、以下の諸元を変化させた実験を行い、各項目の効果を調べた。

- 開口部天端高 $+4$ m
- 遊水部幅 $3, 7$ m
- 遊水部天端開口率 $0.4, 0.7$

4. 実験結果

(1) 越波量

越波量を表わすのに、基準越波量として、図-1の断面で、前壁及び天端を閉じた直立堤の越波量 2.9×10^{-2}

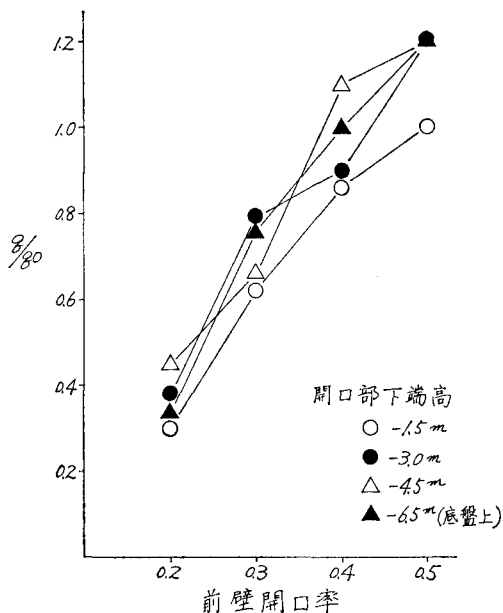


図-2 前壁開口率と越波流量比の関係

$m^3/m \cdot s$ を用い、越波流量比 q/q_0 の形に無次元化した。

a) 前壁開口率との関係

図-2より、前壁開口率(ϵ)が0.2に近づく程越波量は少なくなる。しかし ϵ が0に近づくると断面は直立堤と同じになり、 q/q_0 は1に近づくため、 $\epsilon=0.2$ の近傍が越波量の極小値と考えられる。

b) 開口部下端高との関係

図-3より、開口部下端高の効果は、前壁開口率の場合より小さく、あまり顕著ではないが、開口部下端高が -1.5 m ($1.5H_0'$ の深さ)の場合が、各ケースとも越波量が小さい。

以上の結果より、越波量の観点から、前壁開口率0.2、開口部下端高 -1.5 mの断面を選定し、以下の実験を実施した。

c) 開口部天端高との関係

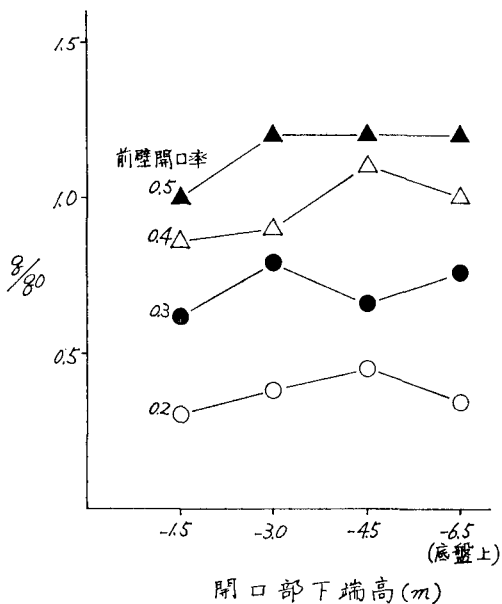


図-3 開口部下端高と越波流量比の関係

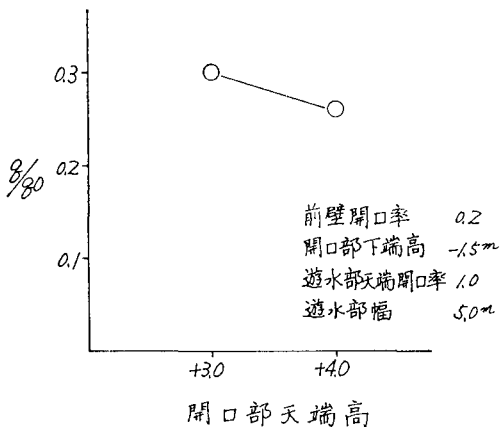


図-4 開口部天端高と越波流量比の関係

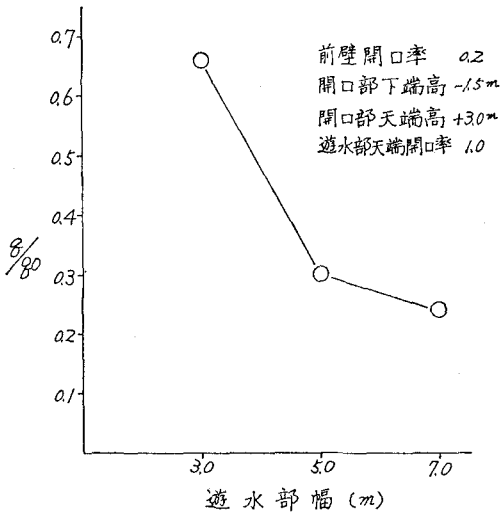


図-5 遊水部幅と越波流量比の関係

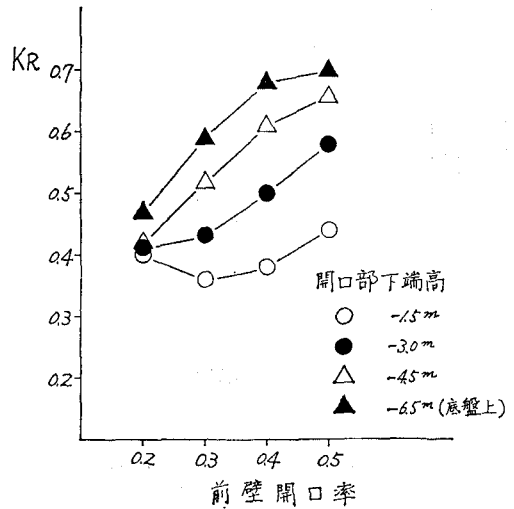


図-7 前壁開口率と反射率の関係

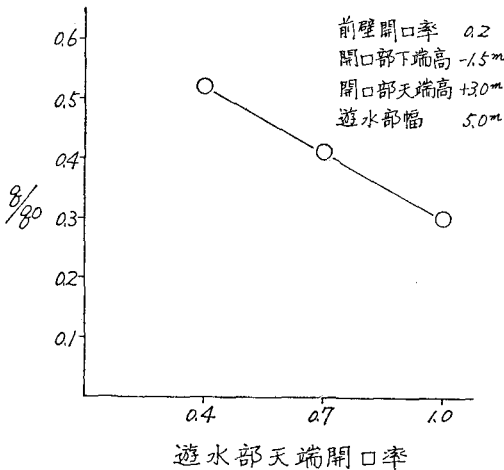


図-6 遊水部天端開口率と越波流量比の関係

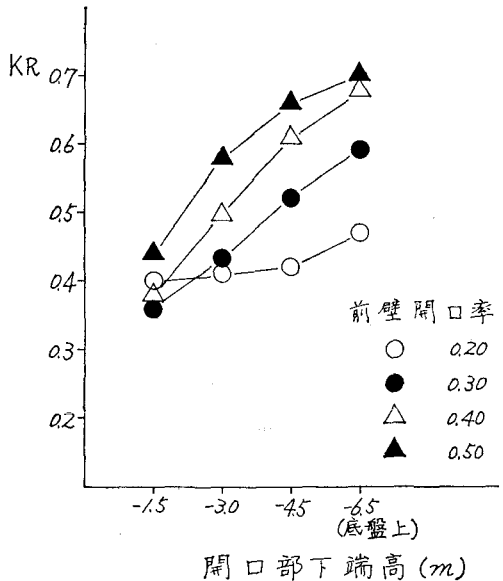


図-8 開口部下端高と反射率の関係

図-4 より、開口部天端高を1m上げると、越波量は若干小さくなる。

d) 遊水部幅との関係

図-5 より、遊水部幅を3mに縮めると越波量は2倍以上に増加し、7mにすると越波量はやや小さくなる。なお、遊水部幅5mと堤体前面水深での有義波長の比は、9.3%である。

e) 遊水部天端開口率との関係

図-6 より、遊水部天端開口率が増加するに従って、越波量はほぼ直線的に減少する。

(2) 反 射 率

以下には、上記越波量の実験と同時に測定した反射率の測定結果について述べる。

a) 前壁開口率との関係

図-7 より、前壁開口率の効果は、越波量の場合ほど顕著ではないが、傾向は相似している。反射率は $\epsilon=0.3$

で、開口部下端高 -1.5m の時に極小となっている。

b) 開口部下端高との関係

図-8 より、開口部下端高が高い程、反射率は下がる。

c) 開口部天端高との関係

実験データは少ないが、図-9 より、開口部天端高を1m上げると、反射率は増加する傾向にある。

d) 遊水部幅との関係

図-10 より、遊水部幅の増加に伴って、双曲線的に反射率は低減する。

e) 遊水部天端開口率との関係

図-11 より、遊水部天端開口率の増加に伴って、反射率は緩やかな直線状に減少する。

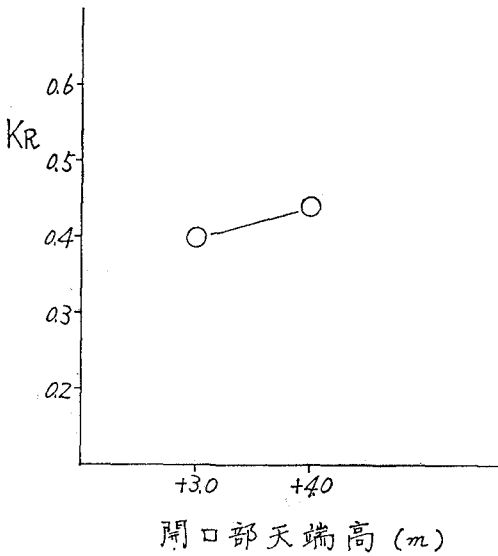


図-9 開口部天端高と反射率の関係

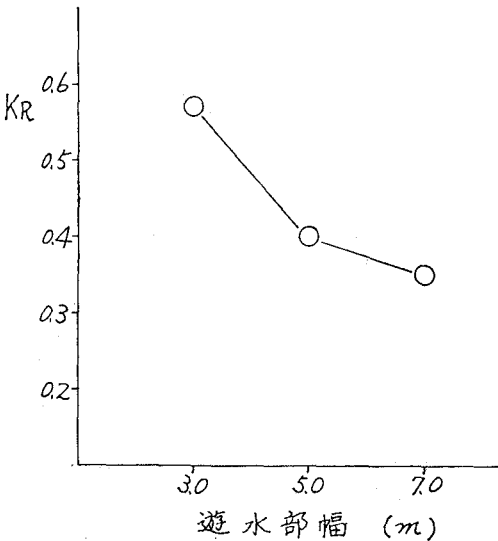


図-10 遊水部幅と反射率の関係

(3) 越波量と反射率の関係

前記の実験結果より判断すると、越波量と反射率の間には概略相関関係が認められる。これは現象的に考えても、水理特性としてエネルギー吸収が大きければ、越波量も反射率も小さくなることが考えられるためである。

a) 前壁開口率の影響

前壁開口率が大きくなると、前壁を通り抜け直接後壁にぶつかる波が多くなるので、越波量は大きくなり、又、後壁からの反射波が多いので反射率は大きくなる。

b) 開口部下端高の影響

各開口率のケースとも開口部下端高が -3m 以深では越波量はほぼ一定で、-1.5m になるとそれが若干減少

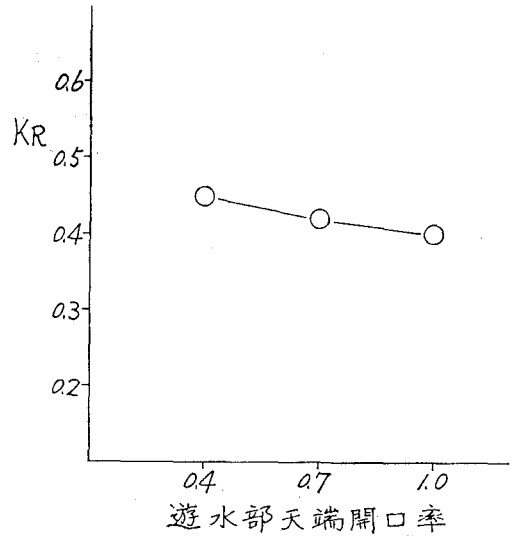


図-11 遊水部天端開口率と反射率の関係

していることより、波が後壁にぶつかった際の越波量に寄与する水塊には一定の限界水深が有るものと考えられる。開口部下端高が高くなると、反射率が小さくなるのは、波がスリット部を出入する際に、二度堰の効果を受けるためと考えられる。

c) 開口部天端高の影響

実験潮位 +2.85m で、開口部天端高 +3m を +4m に上げると、波の実質部分を反射させることになるので反射率は大きくなり、逆に後壁に到るエネルギー量が減じるので越波量は小さくなっている。

d) 遊水部幅の影響

遊水部幅が大きくなるに従って、後壁に波が直接当たることが少なくなり、遊水部でのエネルギー拡散が大きくなる。そのため、越波量は小さくなると共に、後壁からの反射波も遊水部でエネルギーの拡散をするので反射率は小さくなる。

e) 遊水部天端開口率の影響

実験潮位 +2.85m で、開口部天端高 +3m の場合、 $H_0' = 2.8m$ であるため、波は堤体の天端をかぶる形となり、遊水部天端開口率が小さいほど波が天端上を走り後壁に当るので越波量が大きくなり、又、遊水部の水が上方へ動くことが拘束されるためエネルギーの拡散が抑えられ反射率は大きくなる。

5. あとがき

今回の実験では、直立消波護岸の一例として、縦型スリットケーソンに対する越波と反射特性について検討した。護岸の設計においては越波量が重要な要素となるが、今回の実験で越波量は十分基準値以下であり、安全であることがわかった。