

消波式階段護岸の水理特性に関する実験的研究

柳生 忠彦*・白石 修章**・八尋 明彦***
 渋谷 晴夫****・谷島 義孝*****

1. ま え が き

港湾は、陸域と海域が接するところにあり、物流活動や産業活動が営まれ、人々が働き、憩い、生活する貴重な国土空間である。しかし、現在の港湾は、これまでの社会がそれを求めたこともあって、物流機能と生産機能に特化した単能的なものとなっており、人間との係わりに配慮が欠いていた港湾施設が多く見られる。我国の経済力も高まり、それに従って豊かになり始めた社会にあって、あらゆる分野の要請が高質化、多様化して来ている。このような状況にあって、従来通りの機能、経済性一点張りの港湾施設で、どちらかというと人を寄せ付けることを拒否した港湾施設の設計に対する考え方を見なおす時期が来たといえる。その一つとして、水に直接触れることができる親水性の高い港湾施設の建設が望まれている。そのため、今回、従来海浜付近にしか適用されていなかった階段式の緩傾斜護岸をより深い水深域にも適用できるようにすることを目的に、新しいタイプの消波式階段護岸を考案した。消波式階段護岸を築造するためのブロックは図-1に示すように正面に開口率15%の通水孔を設けたものである。このブロックの水理特性を

検討するため、従来型の階段護岸と本ブロックを用いた護岸の模型を用いて反射率、越波量の実験を行った。

2. 実験概要

本研究は、2次元不規則波造波水路を用いた模型縮尺 $1_r=1/15$ の水理模型実験に基づいて行った。実験では1:3の勾配による従来型階段護岸と消波式階段護岸について反射率および越波量を測定することによってその水理特性を明らかにした。

(1) 実験装置

本実験は、図-2に示す2次元不規則波造波水路を用いた。水路は片面ガラス張りの銅製水路で長さ40m、幅1m、高さ1.6mである。

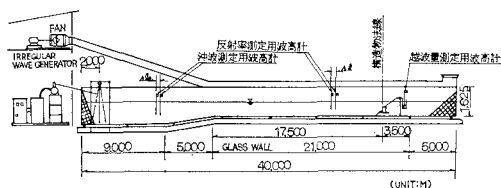


図-2 実験装置配置図

造波機は油圧駆動によるベンジュラム型造波機であり、任意の規則波、不規則波を発生させることができる。模型縮尺は、造波機の造波能力、波浪条件より $1_r=1/15$ とした。

(2) 実験断面

実験断面としては、図-3および図-4に示すように従来型階段護岸と消波式階段護岸を用い、反射率実験並びに越波量実験を行った。また、消波式階段護岸についてはおおそ H.W.L. を境に下部を消波式としたものおよび上部を消波式にしたものの2種類の断面を用いた。図-4は下部に有孔ブロックを用いて消波式とした1例である。その他、護岸基部の構造の違いによる反射率特性を見るために、基部をL型ブロックにしたものおよび直立消波ブロックにしたものについても実験を行った。なお、図-3、図-4に示す実験断面の基部はL型ブロックの場合である。

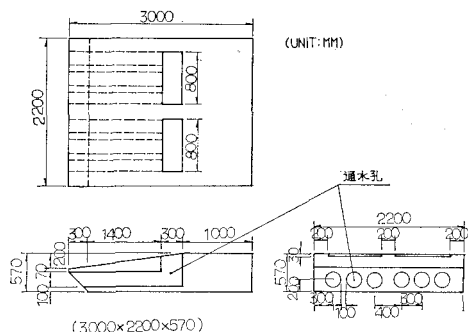


図-1 有孔ブロック形状図

* 正会員 第一港湾建設局次長
 ** 正会員 第三港湾建設局神戸調査設計事務所次長
 *** 正会員 第三港湾建設局神戸調査設計事務所建設専門官
 **** 第三港湾建設局工務第一課補佐官
 ***** 第三港湾建設局神戸調査設計事務所工事専門官

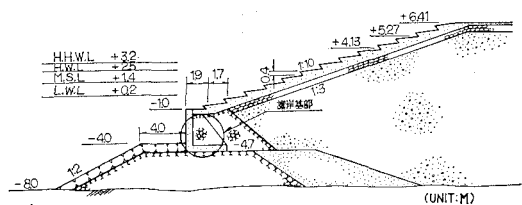


図-3 従来型階段護岸

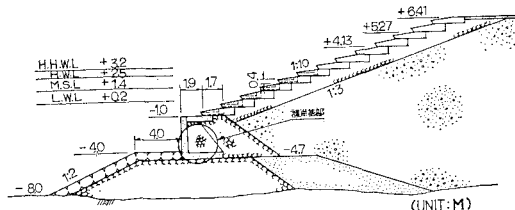


図-4 消波式階段護岸

(3) 実験ケース

a) 反射率実験ケース

反射率実験ケースは、波形勾配の変化による影響を見するために各ケースとも波高を $H/3=1.0\text{m}$ と一定にし、周期を $T/3=3.0\sim 7.0\text{sec}$ に変化させて合計20ケースとした。

b) 越波量実験ケース

反射率実験の結果、護岸基部の違いによる反射率の差異は無かったため、越波量実験では基部をL型ブロックにしたケースについての実験を実施した。また、本実験では護岸天端高と越波量の関係を検討するため波形勾配は一定とし（設計波浪 $H/3=2.0\text{m}$, $T/3=6.0\text{sec}$ ）、天端高を3種類（+4.13m, +5.27m, +6.41m）に変化させた。

(4) 実験方法

a) 実験波の検定

実験波は、ブレットシュナイダー・光易型の標準スペクトルを用いた不規則波とした。実験波は、造波機より発生させたが、沖波測定点で所定のスペクトル形状になっていることを確認した後に、造波装置への入力信号の出力値（増幅度）を変えることによって所定の有義波高となるようにした。

b) 反射率の測定

反射率の測定は入射分離推定法により行った。波高計は堤体前面に15~40cmの間隔で2基設置し、波高計の同時波形記録より入射波と反射波を分離し、それぞれのスペクトルを求めた。

c) 越波量の測定

越波量の測定は、堤体上部に導水桶を取付け、堤体背後の受水容器に水を導き実験前後の水位差を波高計によ

り測定する方法を用いた。越波水を受ける時間は、造波後一定の待ち時間をおいた後、約70波分とした。

また、データのばらつきを考え、実験は1ケースについて3回行った。

3. 実験結果

(1) 反射率特性

図-3、図-4に示した各護岸形式による反射率特性は、図-5に示すとおりである。同図より従来型階段護岸、消波式階段護岸とも有義波周期が長くなると反射率は増大する傾向を示している。

従来型階段護岸と消波式階段護岸を比較すると、消波式階段護岸の方が反射率は小さく、同護岸の水面近傍の通水孔による波エネルギー損失の効果があるといえる。

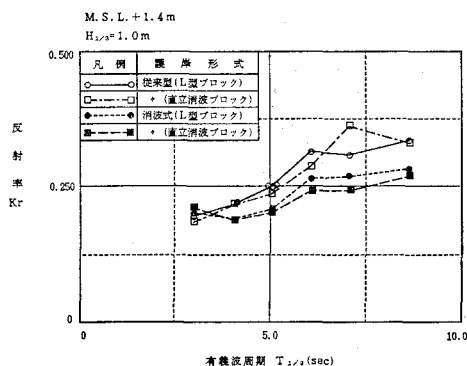


図-5 各階段護岸形式による反射率

また、護岸基部の構造の違い（L型ブロック、直立消波ブロック）による反射率の変化は、従来型階段護岸の基部L型ブロックの周期 $T/3=7.0\text{sec}$ のケースを除きほとんどなかった。これは、護岸基部の消波構造が波エネルギーの小さい水面下にあたるためと思われる。

次に、消波式有孔ブロックの位置による反射率の変化を見てみる。図-6は従来型階段護岸と消波式階段護岸

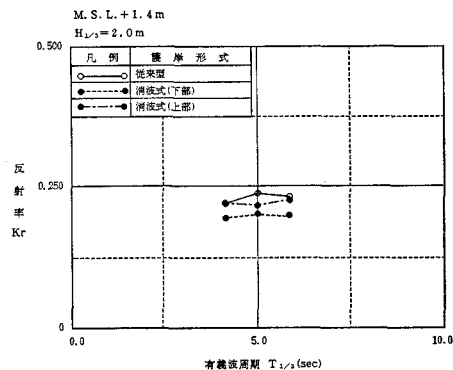


図-6 ブロックの位置による反射率の変化

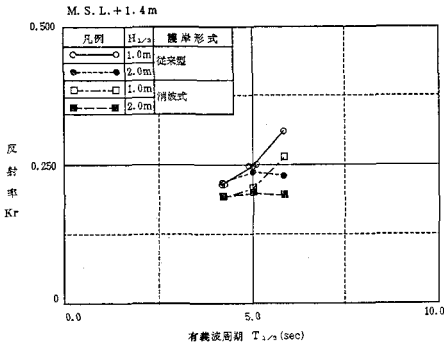


図-7 周期と波高による反射率の変化

のブロックの位置の差による反射率の変化を見たものである。同図より従来型階段護岸と消波式有孔ブロックを上部に設置した場合では反射率の差異はほとんど見られないが、従来型階段護岸と消波式有孔ブロックを下部に設置した場合では有孔ブロックを下部に設置した方が反射率低減の効果がある結果となった。

従来型階段護岸と消波式階段護岸（有孔ブロックの位置は下部）の周期と波高の差異による反射率の変動を見たものが図-7である。これより、両護岸形式とも周期の変化による反射率の変化はほぼ同じような傾向を示すが、有義波周期が大きくなると波高の差異により反射率が変化する。実験結果では有義波高が大きい方が反射率は小さくなる傾向となっている。

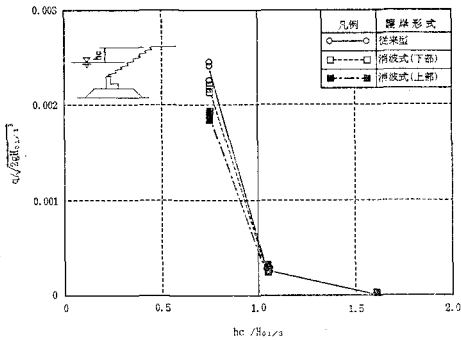


図-8 護岸の無次元越波流量

(2) 越波量特性

護岸の相対天端高と無次元越波流量との関係を示したものを図-8に示す。同図より相対天端高が小さい場合には、従来型階段護岸より消波式階段護岸の方が越波量が少なく、有孔ブロックによる越波防止効果が認められる。しかし、相対天端高が大きい場合には有孔ブロックによる越波防止効果はそれほど顕著ではなく、護岸形式にかかわらず越波流量はほぼ一定となっている。

また、従来型階段護岸、消波式階段護岸とも階段前面

の蹴上げ部が一種の波返しとなっているため、何れも有義波高が大きくなると飛沫量が多い。しかし観測では消波式階段護岸の方が従来型階段護岸よりも飛沫高さが押さえられており、通水孔の効果があるものと思われる。

以上の実験結果より越波量から見ると消波式階段ブロックの位置は上部に置く方がより効果的であると思われる。

表-1に永井ら(1964)による背後地の重要度からみた許容越波量を示す。

表-1 背後地の重要度からみた許容越波流量

背後に人家、公共施設等が密集しており、特に越波・しぶき等の侵入により重大な被害が予想される地区	0.01程度
その他の重要な地区	0.02程度
その他の地区	0.02~0.06

対象波浪を $H1/3=2.0\text{m}$ として各護岸形式の天端高さあるいは越波流量の差異を図-8より見てみると、表-1のうち実際に設計によく用いられるその他重要な地区の場合の許容越波流量 $q=0.02\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ に対して、 $hc/H1/3$ の値は、消波式階段護岸については0.8~0.84、従来型階段護岸については0.86となる。従って、消波式階段護岸は従来型に対して天端高を低くすることができる。また、 $hc/H1/3<0.9$ 以下において、同一天端高による越波流量の両者の差については消波式階段護岸は従来型階段護岸よりも流量を1~2割程度押さえることができる。

4. 考 察

以上、今回の階段護岸に対する水理模型実験の結果から以下のような水理特性を把握することができた。

(1) 護岸基部の構造の違いによる反射率の変化は殆ど無かった。

(2) 従来型階段護岸と消波式階段護岸を比較すると長周期側で消波式階段護岸の方が反射率は小さく、水面近傍の通水孔による波エネルギー損失の効果があるといえる。また、天端高の低い場合従来型階段護岸より消波式階段護岸の方が越波量が少なく、通水孔による越波抑制効果が認められた。

(3) 消波式有孔ブロックを下部に置か上部に置くかは、反射率からみると潮位との関係を考慮する必要がある。越波量からみると消波式有孔ブロックの位置は静水面附近に置く方がより効果的であるといえる。

(4) 反射率の測定結果からは従来型階段護岸に対し消波式階段護岸の方が1割程度反射率が低い。

(5) 越波量については消波式階段護岸は従来型階段

護岸に比べ流量を1～2割押さえることができ、その結果、天端高を低くすることができる。

5. あとがき

今回の水理模型実験結果は、現在管内の高松港玉藻地区において検討中である-9.0m程度の比較的深い水深域の設計に反映させることができた。

本研究の成果を用いることによって、低天端で越波量が少ない、また、反射率の低い親水性のある階段護岸を設計することが可能となった。本消波式有孔ブロックを用いた護岸と同じ越波、反射特性を持つ従来型の消波ブロック被覆護岸とその経済性を比較したところ、ほぼ同

程度となり、経済性の面でも問題のないことが確認されている。

参 考 文 献

- 合田良実 (1975): 浅海域における波浪の碎波変形, 港研報告, 14 巻, 3 号, pp. 59~106.
- 合田良実・岸良安治 (1976): 不規則波による低天端型護岸の越波特性実験, 港研資料, No. 242, 28 p.
- 合田良実・鈴木康正・岸良安治・菊地 治 (1976): 不規則波実験における入反射波の分離推定法, 港研資料, No. 248, 24 p.
- 第三港湾建設局 (1988): 高松港(玉藻地区)護岸(防波)水理模型実験, 71 p.
- 永井荘七郎・高田 彰 (1964): 海岸堤防の越波におよぼす消波堤の効果, 第 11 回海岸工学講演会論文集, pp. 279~286.