

宮崎大学大学院 学生員 劉 非  
 宮崎大学工学部 正会員 村上啓介  
 宮崎大学工学部 正会員 杉尾 哲

### 1. はじめに

防災機能を十分に有しながら、天端高さが低い親水性護岸形式の一つとして護岸前面に小段を持つ複断面護岸がある<sup>1)</sup>。著者らは、小段先端部に円弧断面を有する複断面護岸の水理特性について実験的検討を行ってきた。その結果、小段先端部の形状を円弧断面とすることで反射率を相当に低減できることを示した<sup>2)</sup>。一方、小段を持つ複断面護岸は、その小段長が十分に長ければ波の打上げ高さや越波量を相当に低減できるが、小段長が短いと十分な低減効果が得られないという問題点が残った。本研究は、小段長が短い場合でも十分な越波量の低減機能を有し、かつ低反射である護岸断面の開発を目的に、小段先端部に横スリットを設けた複断面護岸の越波量の低減効果と反射率の特性を実験的に検討した。

### 2. 実験方法及び実験内容

実験は、図-1に示す複断面護岸模型を2次元水槽（長さ15m、幅0.6m、深さ1.0m）内に設置して行った。小段先端部の形状は、四分円断面と鉛直断面の2種類である。四分円断面は中空の構造で、その表面が不透過（スリット開口率 $\varepsilon=0\%$ ）のものと $\varepsilon=10\%, 20\%, 30\%$ の3種類の異なる横スリットのものを作成した。小段高さは $s=30.4\text{cm}$ で、沖側水深を $h=30.4\text{cm}, 33.8\text{cm}$ の2種類とし、小段天端水深比を $s/h=1.0, 0.9$ とした。小段上の堤防の高さは $Z=7.0\text{cm}$ で、堤防の設置位置を小段先端部から $L_m=0\sim100\text{cm}$ の範囲で25cmの間隔で変化させた。入射波は、波高 $H_0=5.1\text{cm}\sim11.5\text{cm}$ 、周期 $T=0.8\sim2.2\text{秒}$ とし、沖波波形勾配を $H_0/L_0=0.015\sim0.09$ の範囲で変化させた。

まず、越波量の測定では、堤防背後に集水箱を設置し、それぞれ4波程度の越波による集水量を計量して1波当たりの平均越波量 $Q$ を求めた。次に、小段先端部（ $L_m=0$ ）と堤防前面25cm地点の二ヶ所で小型プロペラ式流速計を用いて流速を計測し、堤防前面での流速値と越波量の低減効果との関係について検討した。最後に、小段先端より120cm沖側に20cmの間隔で2本の波高計を設置して水面変動を記録し、分離推定法<sup>3)</sup>で反射率を求めた。

### 3. 実験結果と考察

図-2は、小段先端部にスリットを有する四分円断面を設けたときの、スリット開口率 $\varepsilon$ に対する越波量の低減効果を $s/h=0.9$ の場合について示したもので、図中の $\bar{Q}$ は無次元越波量 $(\bar{Q}=Q/TBH_0\sqrt{2gh_0})$ を表わしている。入射波の波形勾配は $H_0/L_0=0.024$ で、図中には小段長が異なる場合の実験結果を示している。いずれの小段長の場合も、スリット開口率が大きくなるにしたがって越波量は減少する傾向を示している。ただし、開口率が20%を超えると、越波量の低減効果は小さくなる傾向があり、必要以上に開口率を大きくしても高い越波量の低減効果は望めないことが分かる。

図-3は、小段長に対する越波量の変動特性を示したものである。図中には、小段先端部が鉛直断面の場合と四分円断面（スリット開口率が0%と20%）の場合の結果を示している。小段先端部の断面形状が異なるいずれの場合も、越波量は小段長の増加に伴ない単調に減少する傾向を示しているが、四分円断面の開口率が0%の場

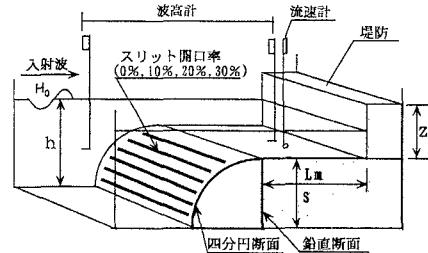


図-1 実験に用いた複断面護岸模型の概略

合の越波量は、鉛直断面に比べて常に大きい値を示している。一方、開口率を20%程度に取ると越波量は鉛直断面とほぼ同程度まで低減され、特に小段長が短い場合に高い低減効果が得られている。

図-4は、 $s/h=0.9$ の場合について、堤防前面における最大水平流速の特性を小段長に対して示したものである。ここで示す最大水平流速( $U_{max}$ )は、流速の時間変動記録に移動平均を施して短周期の波動成分を抽出し、その岸向き流速の最大値で定義した。図中の $C$ は沖波の波速である。小段長が短い範囲( $0 < Lm/L_0 < 0.1$ )について見ると、鉛直断面の場合は、小段前面で重複波が形成されるため $Lm=0$ において最大水平流速は他の断面に比べて相当に小さく、 $Lm/L_0=0.1$ 前後で極大値を取っている。開口率が0%の四分円断面の場合は、その曲面に沿って流れが加速されるため $Lm=0$ で水平流速は極大となり、 $Lm/L_0$ の増加に伴ない流速値は減少している。一方、四分円断面のスリット開口率を20%にすると、曲面に沿った加速の程度は小さくなり、開口率が0%の場合に比べて最大水平流速値は低減され、その特性は鉛直断面に近づく傾向が見られる。このように、四分円断面に沿った流れが効率的に減速され、その結果堤防前面の岸向き流速も小さくなり、越波量が低減することになる。

図-5は、四分円先端スリットの開口率 $\varepsilon$ が反射率 $K_r$ に及ぼす効果を、 $s/h=0.9$ 、 $Lm=50cm$ の場合について示したものである。開口率が10%および20%の場合の反射率は、開口率が0%（不透過断面）の反射率とほぼ同程度か若干小さい値を示しているのに対して、開口率が30%になると反射率は不透過の場合よりも増大している。図-2に示したように、開口率を20%以上に取っても越波量の低減効果は小さいことと反射率の特性を考え合わせると、20%程度の開口率が最適であると考えられる。

#### 4. おわりに

小段を有する複断面護岸に対する越波と波の反射特性について実験的に検討した。その結果、四分円先端部にスリットを有する複断面護岸は、低反射である特性を損なわずに、かつ小段長が短い場合でも十分な越波量の低減機能を期待できる。反射率と越波量の低減効果よりスリット開口率は20%程度が最適と考えられる。

#### 参考文献

- (1) 豊島 修：表小段を持つ複断面型堤防への波の打上げ高について、第11回海岸工学講演会論文集、pp266～272、1964。
- (2) 河野二夫、劉 非、石場良一：表小段を持つ護岸による波の変形と越波量について、海岸工学論文集、第43巻、pp701～705、1996。
- (3) 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、24p.、1976。

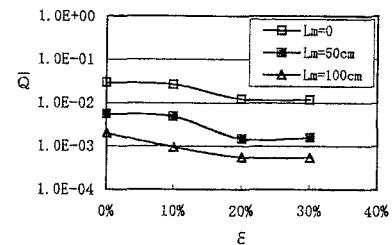


図-2 スリット開口率が越波量に及ぼす効果  
( $s/h=0.9$ ,  $H_0/L_0=0.024$ )

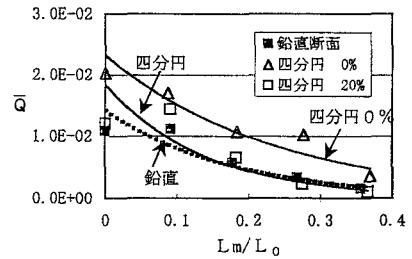


図-3 小段長に対する越波量の変動特性

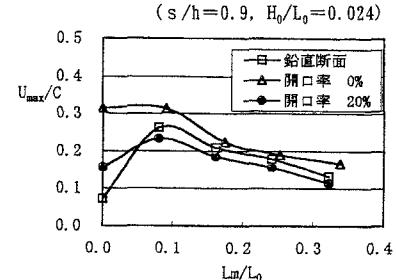


図-4 堤防前面の平均最大流速  
( $s/h=0.9$ ,  $H_0/L_0=0.024$ )

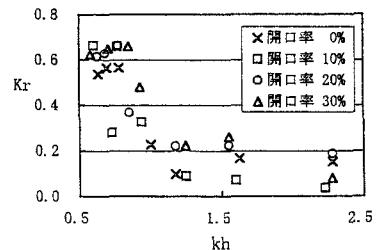


図-5 スリット開口率が反射率に及ぼす効果  
( $s/h=0.9$ ,  $Lm=50cm$ )