九州大学	学生会員	〇村上	邦宏	清水	将貴
	正会員	山城	賢	吉田	明徳

# 1. はじめに

著者らは、大水深域を対象に、図-1に示すような曲面形状を有す る断面により波を効果的に沖側に返して、越波を防ぐ非越波型護岸 を提案し、これまでに、越波防止効果や作用波圧に対する護岸断面 形状の影響等について幾つかの検討を行った.しかしながら、越波 特性についての基礎的な知見は十分ではなく、本護岸の現地への適 用を考えるうえでは、入射波や護岸断面形状、天端高等の様々な条 件について系統的に越波流量を把握することが必要である.越波特 性を検討するためには、水理模型実験だけでは多大な労力を要する ことから、数値シミュレーションを併用することが合理的である. 越波を計算する数値モデルとしては VOF 法に基づくモデルがよく

利用され,直立護岸や消波護岸等の越波の検討において実務でも用いられている.しかし,本護岸のように 特殊な断面形状を有し,海水を薄い膜状にして勢いよく沖にはね返す護岸の場合,VOF法によって得られる 越波流量の妥当性は定かではない.そこで本研究では,大水深域非越波型護岸の越波特性を検討するうえで のVOF法による数値シミュレーションの妥当性について,水理模型実験との比較により検証することを目的 とする.

2. 数値シミュレーションの妥当性の検討

### 2.1 基本条件

本検討における基本的な条件は以下のように設定した.入 射波は有義波高 H<sub>1/3</sub>=4.5m,有義周期 T<sub>1/3</sub>=8.7sの Bretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波とし,水深は一様で15m とした.非越波型護岸の断面形状は図-2 に示す射出角 20°と 射出角 45°の 2 断面であり,天端高を h<sub>c</sub>=2.66m, 3.74m, 4.82 mの 3 通りとした.

# 2.2 数値シミュレーション

数値モデルは VOF 法に基づく,数値波動水路 CADMAS-SURF<sup>1)</sup>を使用した.VOF 法は砕波や越波等 の複雑な現象を表現することが可能である.計算領域 とセルの格子設定を図-3 に示す.領域のサイズは,造 波ソースから護岸前面までの水平距離を 200m (有義 波の波長で約2波長),鉛直方向の長さを40m とした. セルのサイズについては,護岸の断面形状を精度よく 再現する必要があるため,本計算では事前に検討した 結果から,可変格子を採用し,X方向は造波ソースか

ら護岸前面まで1.0~0.2mと変化させ、Z方向は水面から上下10m程度の範囲を0.2mとして、それ以外を0.4 mと設定した.

不規則波による越波について検討する場合,成分波の初期位相により越波流量が大きく変動することが考えられる.そこで,断面①,天端高h<sub>c</sub>=4.82mの条件において目標の入射波スペクトルから成分波の初期位相





図-2 護岸断面



図-1 非越波型護岸

が異なる 30 波群(ここでの波群とは入射波の時系列波形を 意味する)を作成し,造波時間を有義周期で120周期とし て最初の 20 周期を除いた 100 周期で越波流量を求めた.30 波群による無次元越波流量(H<sub>0</sub>'は換算沖波波高)の計算結 果を図-4 に示す.図より,成分波の初期位相によって,越 波流量は大きく変動することが分かる.また,図中には 30 ケースの平均値を示しており,30 ケースの変動幅は平均値 の 0.0 倍~4.4 倍であった.この結果をもとに平均的な越波 流量を生じた入射波を 2 ケース(図中の入射波 1 および入 射波 2),比較的大きな越波流量となった入射波(入射波 3), 越波がほとんど生じなかった入射波(入射波 4)を用いて, 他の条件における越波流量を計算した.なお,断面②,天 端高 h<sub>c</sub>=4.82mの条件における入射波 3,入射波 4 について は計算が破綻してしまったため,ほぼ同等な越波流量を生 じる入射波で代用した.

図-5に、天端高と越波流量の関係を示す.縦軸は対数表示している. 図中のラインは平均値(入射波1と2による 越波流量の平均値)を指数関数でフィッティングしたもの で、エラーバーは各天端高における越波流量の最大値(入 射波3による越波流量)と最小値(入射波4による越波流 量)を示している. 図より、入射波条件(初期位相)によ る越波流量の変動幅は大きいものの、平均的な越波流量の



図-5 天端高と越波流量の関係

変化に着目すると、どちらの断面においても天端高が高くなる程、越波流量は指数関数的に減少しており、 全体的に断面①は断面②に比べて越波防止効果が高いといえる.

## 2.3 水理模型実験

検証のための水理模型実験には,図-6 に示すような反射吸収式二次元造波水路 を用い,縮尺 1/45 で模型を作成した.し たがって実験における入射波は有義波高 H<sub>1/3</sub>=10.0cm,有義周期 T<sub>1/3</sub>=1.3s で,堤前 水深は 33cm である.越波流量は護岸背 後に設置した集水枡によって計量される. 入射波は同一のスペクトルから波形が異



なる 6 波群を作成し,それぞれ 5 分間造波して最初の 1 分間を除いた 4 分間で越波量を計測することとした. したがって,計 24 分間(有義波高で 1100 波程度)での越波流量である.

## 3. おわりに

現在,水理模型実験を実施しており,数値シミュレーション結果との比較については講演時に述べる予定 である.さらに,数値シミュレーションによる検討の妥当性が確認された後には,種々の天端高や入射波の 条件について,大水深域非越波型護岸の越波特性を明らかにする予定である.

### <参考文献>

1) 沿岸海洋開発センター(2001): 数値波動水路の研究・開発, 296p.