大水深域非越波型護岸の越波防止機能に関する数値シミュレーション

九州大学大学院	学生会員	○清水	将貴		
鹿児島市	非会員	白尾	國貴		
九州大学大学院工学研究院	正会員	山城	賢	吉田	明徳

1. はじめに

著者らは、大水深域(20~30m)において曲面を有する断面によ り、波を沖向きに返し越波を防ぐ護岸として、図-1に示すような非 越波型護岸を提案している.この護岸は、波の不規則性による突発 的な打上げに対しても有効に機能し、通常用いられる直立護岸に比 べて高い越波防止効果を有しているため、天端高を低減することが 期待できる.しかしながら、本護岸を現地に適用するためには、断 面形状や天端高等の条件が異なる場合の越波防止効果について詳細 な検討が必要である.越波の検討においては、水理模型実験が最も 有効な手法として多用されてきたが、近年では、数値シミュレーシ
 P

 02

 D:曲線部の高さ

 10:抽線部の高さ

 10:抽り出し

 11:抽り出し

 11:抽り出し

 11:抽り出し

 11:抽り出し

 11:

 11:

 11:

 11:

 11:

 11:

 11:

 11:

 11:

 11:

 12:

 12:

 12:

 12:

 12:

図-1 大水深域非越波型護岸

ョンを利用した検討が活発に行われるようになった.そこで本研究では、VOF法に基づく数値シミュレーションにより、大水深域非越波型護岸の不規則波に対する越波防止効果について検討した.

2. 解析手法

2.1 VOF 法の概略

VOF法は、計算領域を多数の細かい格子(セル)で分割し、差分近似した Navier-Stokes 方程式を初期・境界条件のもとで解くことにより次の時間 ステップの流速を求める.しかし、運動方程式から得られた流速は必ずし も連続の式を満足しないため、これを満たすように流速と圧力を調整する. こうして得られた流速によってセルに占める流体の割合を表す VOF 関数 Fの移流計算を行い、自由表面の変動を含む流体運動を再現する.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.本研究におけ

 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 E
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F
 F

図-2 VOF 法におけるセルの分類

る数値シミュレーションには、波動に特化して開発された VOF モデルである数値波動水路 CADMAS-SURF¹⁾を使用した. CADMAS-SURF は設計支援等の実用を目的に開発されており、越波につい

ても数多くの適用事例がある. 2.2 基本的な計算条件の設定

基本的な計算条件は,著者らが, 過去に行った水理模型実験²⁾を参考 に決定した.計算にあたっては全て 現地スケールで実施しており,入射



波は、H_{1/3}=4.5m、T_{1/3}=8.7sの Bretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波とした.計算領域を図3 に示す.非越波型護岸の断面形状は図4に示す断面①(射出角:20°)と断面②(射出角:45°)の2断面で

キーワード:大水深域非越波型護岸,越波,数値シミュレーション

$\mp 819-0395$

福岡市西区元岡 744 番地 ウエスト 2 号館 1003 号室 沿岸海洋工学研究室 電話:092-802-3415 ある. 非越波型護岸の曲面形状は放物線であり、射出角が変化すれば、断面形状も全体的に変化する. 天端 高は両断面ともに、hc=2.66m, 3.74m, 4.82mの3通りである.

不規則波について検討を行う際には,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ため,まず,断面①,天端高hc=4.82mの条件において,同一の入射波スペクトルから成分波の初期位相が異なる30波群を作成し,造波時間を有義周期で100周期として越波流量を計算した.30波群による越波流量の計算結果を図5に示す.図より,成分波の初期位相を変化させ

ると,越波流量は大きく変動することがわかる.また,図中には30 ケースの平均値および過去に行った実験結果(有義周期で約400波 による結果)を併せて示しており,両者は比較的近い値となってい る.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hc=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,ほぼ同様な波高分布を示す入射波 で代用した.

3. 大水深域非越波型護岸による越波防止機能

図6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) を指数分布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, 越波流量が小さい程, 断面 ①が断面②に比べて効果的といえる. 図7に、天端高 hc=2.66m, 入射波1における越波量の時系列を示す.図より、両断面は、ほぼ 同じ波で越波を生じているものの,1波ごとの越波量に差があるこ とがわかる. 図8は図7における 290s 付近の越波の様子を示した ものである. 断面①と断面②で打上がった水塊の流速ベクトルを比 較すると、射出角の大きい断面②では打上がった水塊のベクトルが 若干岸側を向いており、これが、断面形状による越波防止効果の差 (越波流量の差)の原因といえる.

4. 結論

非越波型護岸における断面形状のわずかな違いによる越波流量の差 を妥当に評価することができ,越波防止効果に関する重要な知見が得 られた.今後は様々な波浪条件及び断面形状について,不規則波によ る越波特性を詳細に検討する予定である.

参考文献

1) 沿岸開発技術研究センター(2001): 数値波動水路の研究・開発, 296p.

橋本裕樹ら(2006):大水深域非越波型護岸の基本的越波特性について、海洋開発論文集,vol.22,pp.283-288.





図8 越波の様子