

海岸を越流する津波の特性と津波防災機能の評価

宮崎大学大学院 学生員 ○山口俊郎
宮崎大学工学部 正会員 村上啓介

1.はじめに

我が国は地震大国であり、地震による津波被害が数多く発生している。また、将来には東海、東南海、南海地震の発生が危惧され、これに対して津波被害を軽減することが急務とされている。津波被害の発生が想定される海岸線は非常に長く、被害軽減のためには効率的な対策を検討する必要がある¹⁾。

筆者らは、津波の被害軽減を目的に既設護岸を嵩上げして津波防護機能を高めることを提案した²⁾。そして、護岸を越流する段波津波の浸水深及び浸水流速の制御に対する護岸天端の嵩上げ効果について水理模型実験により検討した。検討は限られた護岸断面について行ったが、実際の護岸断面形状は様々である。そこで本研究では、いくつかの典型的な護岸として直立護岸、緩傾斜護岸、直立消波護岸、フレア型護岸を対象に護岸を越流する津波の挙動を数値計算で求めた。本報告では、数値計算の妥当性と、上記の各護岸断面の津波に対する防災機能を検討した結果を述べる。

2.数値計算の概要と計算条件

数値計算は、CADMAS-SURFを用いて行った³⁾。CADMAS-SURFではNavier-Stokes方程式と連続式を連立して数値的に解いて時々刻々の流速と圧力を求め、自由水表面はVOF関数 F に関する移流方程式を解いて決定している。また、本研究では造波境界で段波津波を発生させた場合と孤立波を発生させた場合について、海岸護岸の津波防災機能を評価した。孤立波の造波関数には以下の第一次近似式を用いた。

$$\eta = H \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3H}{4h^3}} (x - ct) \right\}, u = \frac{gH}{c} \operatorname{sech}^2 \left\{ \sqrt{\frac{3H}{4h^3}} (x - ct) \right\}$$

ここで、 η ：水位、 H ：波高、 h ：水深、 c ：波速、 t ：時間、 u ：水平方向の流速、 g ：重力加速度である。

計算は、図 - 1 に示す高さ 30m、長さ 550mの二次元数値波動水路を用いて行った。メッシュ間隔は x 方向 0.5m、 z 方向 0.25mとした。段波津波を発生させる計算では、水路床を水路左端 40mの地点から急勾配で立ち上げ、入射波を斜面で強制的に碎波させて段波波形を伝播させた。また、350m地点に高さ 4mの護岸を設置し、護岸前面水深は 2mとした。段波の波高は $H_D=2\text{m}$ 、3m、4m、5mとなるように設定した。段波の波高、波速、打ち上げ高さや護岸を越流した場合の浸水域での水深や流速は、水路左端から 182.5m、307.5m、347.5m、357.5m、372.5mの地点で計測した。

また、図 - 2 に示す長さ 400mの造波水路を用いて孤立波の伝播・越流計算を行った。水路の高さは計算条件によって適宜変えている。フレア型護岸との比較を検討するために水路左端から 300mの地点に高さ 5.5mの護岸を設置し、沖側に勾配を設け孤立波を発生させている。天端高は 3mとし、計測位置は段波津波における計測位置と同様になるよう左方向に 50mずらした地点で計測している。

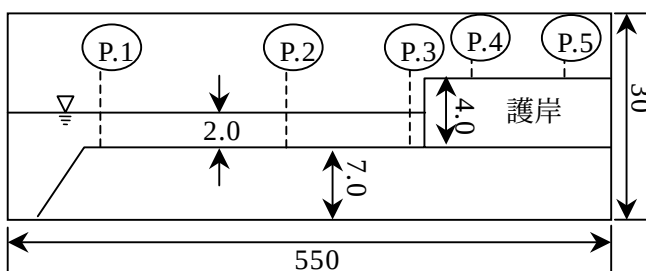


図 - 1 段波津波の計算領域(単位：m)

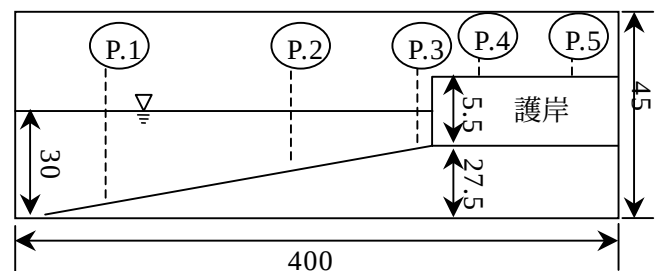


図 - 2 孤立波の計算領域(単位：m)

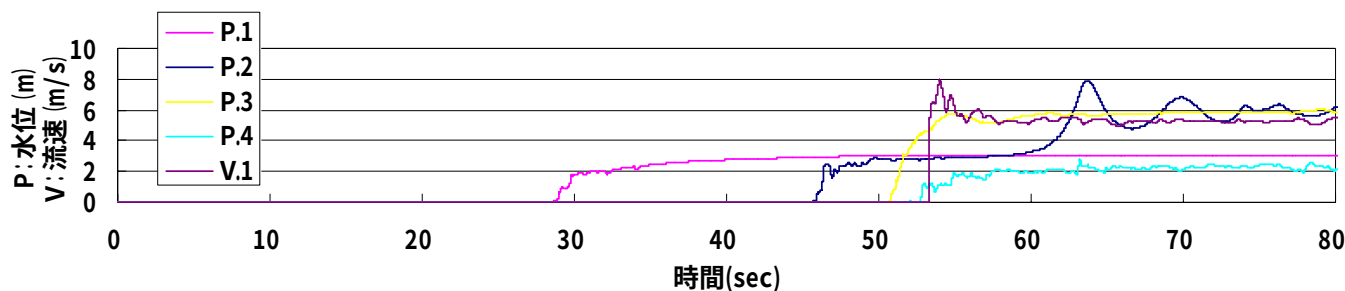


図 - 3 計測波形の一例

3. 計算結果の考察

図 - 3 は直立護岸の天端高さが 2m の場合について、各測点での水面変動と流速変動を示したものである。図中の P.1 と P.2 は護岸沖で計測した水面変位で、P.3 は護岸直前での変位を表している。段波が来襲すると水位は鋭く立ち上がり、その後は緩やかな変動を示している。この水面の立ち上がり時刻と波高計間の距離から津波波速を求めた。また護岸上にある P.4、P.5 で浸水深、同位置の V.1、V.2 で浸水流速を計測した。

数値計算の妥当性を確認する目的で、直立護岸における水理模型実験の結果と数値計算との比較を行った。図 - 4 は護岸上での最大流速について比較したものである。数値計算で得られた越流流速は水理模型実験の結果と良好な一致を示した。また、浸水深や打ち上げ高さについても良好な一致が見られ、数値計算の妥当性を確認した。

図 - 5 は典型的な海岸護岸断面について津波の防護機能を比較したものである。緩傾斜護岸、直立消波護岸は直立護岸に対して浸水深がわずかに増加し、浸水流速においては津波の波高が高くなるにつれ直立護岸よりもかなり増加する傾向を示す。

図 - 6 は孤立波について直立護岸とフレア型護岸について水深 30m、波高 5m に設定したケースの浸水流速の変動を比較したものである。浸水深、打ち上げ高さについてはほとんど差異はなかったが、最大流速の低減効果がみられた。

4. まとめ

段波津波が護岸を越流する現象を数値計算により再現し、水理模型実験の結果と比較することで数値計算の妥当性を確認した。直立護岸に対して、緩傾斜護岸・直立消波護岸は津波が法面を遡上し易く、防護機能があまり期待できない。孤立波を数値計算により再現し、直立護岸とフレア型護岸を比較した結果、最大流速の低減効果がみられた。フレア型護岸の津波防護機能については講演時に述べる。

参考文献

- 1) 渡辺偉夫：日本被害津波総覧，東京大学出版会，pp.238，1998
- 2) 村上啓介，他：直立護岸を遡上越流する段波津波の特性と浸水深および流速の制御について：海洋開発論文集 VOL.21，pp.151-156，2005
- 3) (財)沿岸開発技術研究センター：CADMAS-SURF 数値波動水路の研究・開発 数値波動水路の耐破設計への適用に関する研究会報告書，pp.296，2001

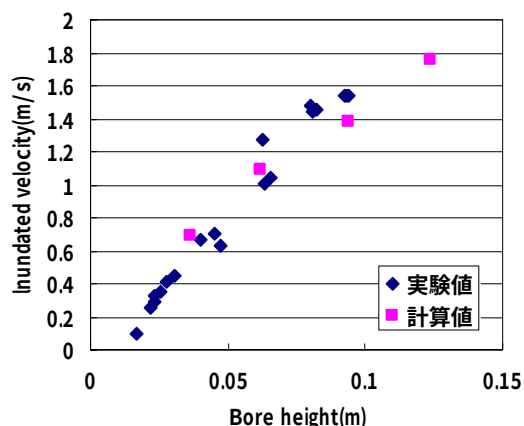


図 - 4 数値計算と水理模型実験の比較

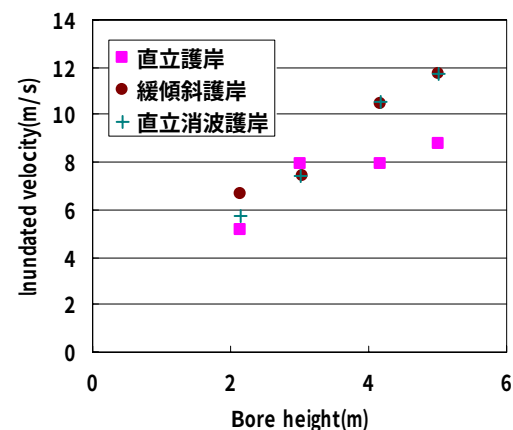


図 - 5 典型的な護岸断面の流速特性

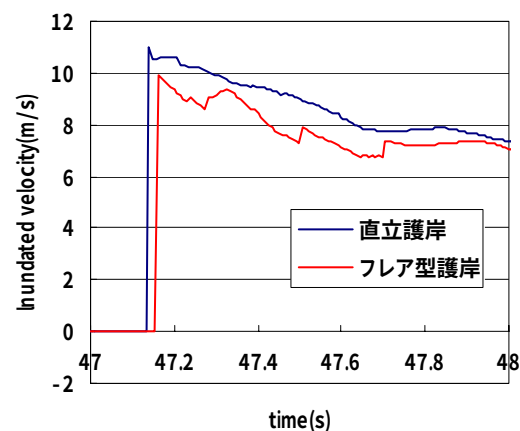


図 - 6 フレア型護岸の流速低減効果