

フレア型護岸の水利特性に関する解析的検討

宮崎大学大学院 学生会員 ○清水 健太
 宮崎大学工学部 正会員 村上 啓介

1.はじめに

従来の直立護岸に比べ低天端でありながら越波を極力生じさせない護岸として、深い円弧状の断面を持つフレア型護岸を提案し、その越波阻止機能や耐波安定性についての検討を行ってきた¹⁾。フレア型護岸はその護岸前面で強い波返しを伴うため、護岸法先での局所洗掘等の発生が危惧されている。一方で、写真-1に示すように施工後の前面地形が施工前と類似した地形に復元している場合も見られる。護岸前面での局所洗掘の発生は構造物の耐波安定性にとって重大な問題である。本研究は、護岸前面の地形変化に影響を及ぼす水理量として底面流速に着目し、その特性を数値計算により検討することを目的とする。



(a)施工直後 (b)現在
 写真-1 護岸前面の海浜地形の状況

2.数値計算の概要と計算条件

数値計算には CADMAS-SURF を用いた²⁾。CADMAS-SURF では Navier-Stokes 方程式と連続の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。

計算は図-1に示すように、高さ 0.6m、長さ 8.9mの二次元数値波動水路を用い、計算のメッシュ間隔は 5mm とした。海底勾配 $\theta=1/20$ の海底面上に高さ 5cm のマウンドを置き、その上にフレア型護岸を設置した。マウンド肩幅 W_M は 0cm, 15cm の二通りとした。その他の寸法は図-1に示す通りである。数値計算に用いた護岸高さやマウンド高さ、前面水深等は、数値計算結果の妥当性を検証する目的で 1/30 程度の模型縮尺を想定して行った実験と同じにした。実験では有意な越波が生じる限界として越波限界波高(越波の生じない最大の入射波高: H_C)を定義し、その判定は目視で行ってきた。一方、数値計算では、わずかな水量が護岸上に存在することで越波が判断されるため、実験で得られた越波限界波高と数値計算で得られる波高は必ずしも整合しない場合がある。そこで、越波の判断方法として図-2の着色部に示すように、護岸天端前方に 10 メッシュを設定し、10 メッシュの全てで流速値が算出された場合に越波として判断した。入射波の波浪条件は、周期を $T=1.0, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, 2.0(\text{sec.})$ の 6 ケースとし、各周期における越波限界波高を求めた。次に、護岸前面の底面付近の流速は、図-1に示す P.1、P.2、P.3 の 3 地点で海底面から鉛直上方の 3 メッシュで水平方向流速、鉛直方向流速それぞれ算出した。なお、護岸前面の底面付近の流速については、入射波周期を $T=1.2, 1.6, 2.0(\text{sec.})$ の 3 ケースとし、越波限界波高の波が入射する場合について求めた。

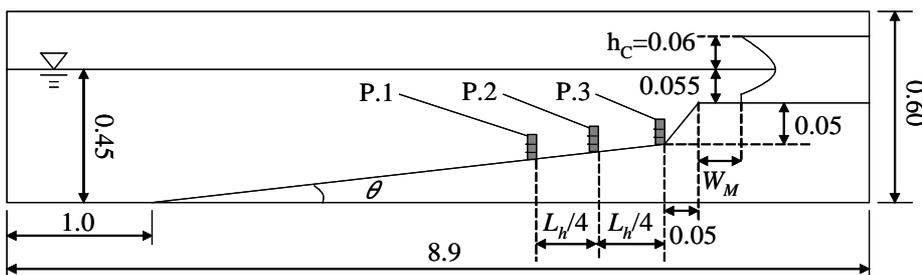


図-1 計算領域(単位: m)

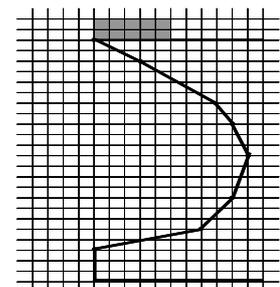


図-2 越波判断に用いたメッシュ

3.計算結果の考察

図-3 はフレア型護岸の限界天端高さ h_c/H_C を水理模型実験結果と数値計算結果とで比較したもので、マウンド法先での波長 L_h による波形勾配 H_C/L_h に対して示している。図中の各プロットはマウンド肩幅の違いを表している。図より、水理模型実験により得られた限界天端高さはマウンド幅 W_M によらず波形勾配の増加に伴い減少し、数値計算においても同様の傾向を示している。また、水理模型実験と数値計算によって得られた越波限界波高を周期ごとに比較すると、マウンド長が短い $W_M=0\text{cm}$ の場合には数値計算が水理模型実験に比べ一割程度下回る傾向が見られたがその差は小さい。また、マウンド長が長い $W_M=15\text{cm}$ の場合についても周期によるばらつきは若干あるものの、数値計算で得られた越波限界波高は水理模型実験に比べ一割から二割程度下回る程度である。数値計算結果と実験結果の一致の程度をより向上させるためには、護岸上に設けたメッシュの数を微調整すれば良いが、本研究に用いた 10 メッシュ程度を用いて越波の有無を判断すれば、数値計算によって得られる越波限界波高と水理模型実験で得られた波高は概ね整合する。

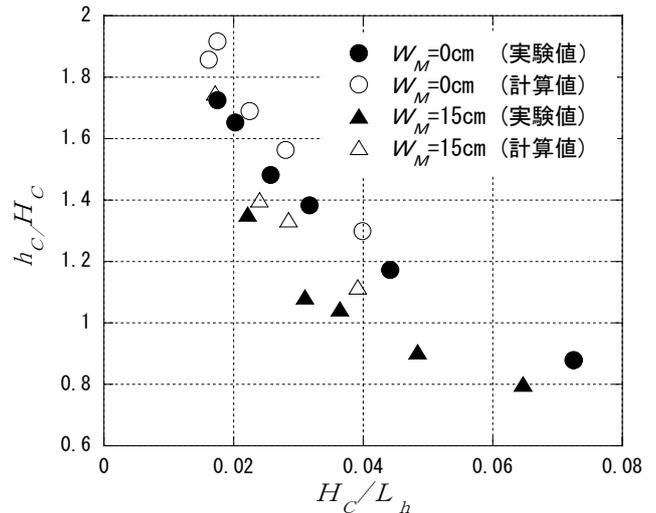


図-3 限界天端高さの特性

図-4 は $W_M=0\text{cm}$ 、周期 $T=1.2$ の場合における P.2 地点の海底面付近の流速変動をフレア型護岸と直立護岸の両者について比較したものである。縦軸は数値計算によって求めた水平方向流速と鉛直方向流速を海底斜面方向の流速成分に合成したもので、岸側へ向かう成分を正、沖側へ向かう成分を負として表している。横軸は経過時間 (sec.) である。

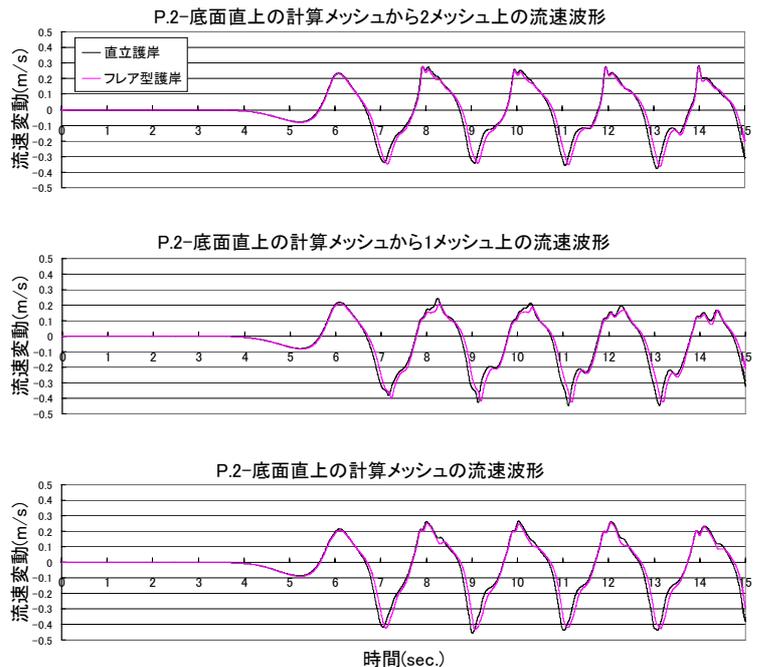


図-4 底面流速変動の一例

図より、底面近傍の流速波形はフレア型護岸と直立護岸とで類似しており大きな差は見られなかった。他の地点についてもほぼ同様の傾向を示している。フレア型護岸はその曲面部で強い波返し現象を伴い、護岸前方の水面運動は波返しの水塊の突入によって大きく乱されるが、護岸前面の底面付近の流速場については、直立護岸と類似した傾向を示すことを確認した。

4.まとめ

フレア型護岸の前面での波動運動を数値計算によって再現し、水理模型実験との比較を行い計算の妥当性を確認した。本報告ではフレア型護岸の防波特性を評価する際の越波の判断方法を提案し、水理模型実験と比較してその適応性を確認した。また護岸前面の底面付近の流速についてフレア型護岸と直立護岸を比較し、両者の流速波形が非常に類似していることを示した。このことは、フレア型護岸前面の地形変化の特性が直立護岸と大きく異なることを示していると思われる。他の計算条件における結果については講演時に述べる。

参考文献

1)村上啓介、宮崎晃太、清水健太、上久保祐志、片岡保人、竹鼻直人(2005)：マウンドを有するフレア型護岸の護岸天端高と作用波圧、海洋開発論文集、第21巻、pp.563-568
 2)財団法人 沿岸開発技術センター(2001) CADMAS-SURF 数値波動水路の研究・開発 数値波動水路の耐波設計への適用に関する研究会報告書、pp.296