

波の打ち上げ量に基づく飛沫輸送量の評価に関する研究

宮崎大学大学院 学生会員 ○杉本直弥 遠藤政宗
宮崎大学 正会員 村上啓介 真木大介

1. はじめに

沿岸部に風によって運ばれてくる海水飛沫は鉄筋コンクリート構造物等の腐食・農作物の枯死・停電の原因になる被害を引き起こす。台風接近などによる暴風時には、その海水飛沫が大量に運ばれてくるのが想定されるが、その飛沫の発生箇所の1つに護岸などの海岸構造物がある。風により発達した波が海岸構造物にぶつかり高く打ち上げられた水塊は、より遠くの地に海水飛沫を運ぶことになる。従来の護岸の設計においては、風速の相似則の問題があり風の影響は考慮されてこなかった。ただし、沿岸部の安全・安心な利用の観点から、越波量のみならず飛沫の輸送特性についても十分に把握しておく必要がある。

飛沫の輸送距離や輸送量は、護岸前面で打ち上げられた水量（以下、打ち上げ量）、打ち上げ高、飛散粒子の大きさなど様々な要素に関係する。本研究では打ち上げ量と越波量・飛沫量の関係について検討するために、無風時での越波流量を同程度に設定したフレア型護岸と直立消波護岸の越波量及び飛沫量を水理模型実験により計測した。

2. 実験条件と数値計算方法

実験には、図-1のような長さ15m、幅0.6m、高さ1mの二次元造波風洞水槽を用いた。模型縮尺は1/25程度を想定した。水深は $h_0=0.66\text{m}$ とし、有義波高が $H_{1/3}=0.09\text{m}$ 、有義波周期が $T_{1/3}=1.2, 1.6, 2.0\text{s}$ の不規則波を造波した。風速は、越波量計測実験では $U=0, 2, 4, 6, 8\text{m/s}$ の5パターン、飛沫計測実験では $U=4, 6, 8\text{m/s}$ の3パターンの風を起こした状態で計測した。なお、風速計は護岸前方2m、水面から高さ0.4mの位置に設置した。飛沫の測定方法については、護岸後端から0.09m後方に飛沫貯留升を設け、升内部を0.1m間隔で仕切って水平方向分布を求めた。

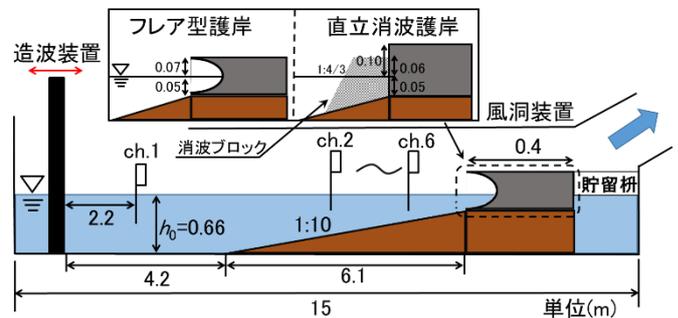


図-1 二次元造波風洞装置

両護岸については、天端高さ0.07mのフレア型護岸と無風時での越波流量が同じになるように、消波ブロックの天端高さは0.06m、天端幅は0.10m、法勾配を1:4/3、護岸天端高さを0.10mに設定した。

数値計算には、CADMAS-SURF/2Dを用いた。計算領域は図-1の水理模型実験と同じになるように設定し、護岸付近での水理特性の詳細を確認した。

3. 水理模型実験と数値計算の結果

本研究では、護岸天端上を越流して背後に輸送される水塊の量を“越波量”、護岸背後に輸送される越波量以外の水量を“飛沫量”と定義した。

図-2は、有義波周期が $T_{1/3}=2.0\text{s}$ の場合について風作用下におけるフレア型護岸と直立消波護岸の越波量を比較したものである。縦軸は実験で計測した越波流量を、無次元越波流量 $q/(2g(H_{1/3})^3)^{0.5}$ (q は単位幅単位時間あたりの越波量、 g は重力加速度、 $H_{1/3}$ は入射波高)で示しており、横軸は風速である。図より、風速が小さい領域では、フレア型護岸と直立消波護岸の越波量は同程度であるが風速が大きくなるとフレア型護岸の方が多くなる。

図-3に有義波周期が $T_{1/3}=2.0\text{s}$ の場合について風作用下におけるフレア型護岸と直立消波護岸の飛沫量を示す。図の縦軸は、毎秒 1cm^2 当たりの飛沫輸送量、横軸は護岸先端からの距離である。図より、風速 4m/s の護岸に近い領域ではフレア型護岸と直立消波護岸の飛沫量が同程度になっている。また、護岸

から遠い領域ではフレア型護岸の方が、飛沫量が少なくなっている。しかし、風速 8m/s ではフレア型護岸の飛沫量が多くなった。

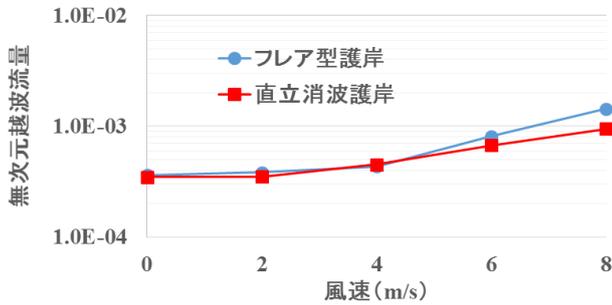


図-2 風作用下における越波量の比較 ($T_{1/3}=2.0s$)

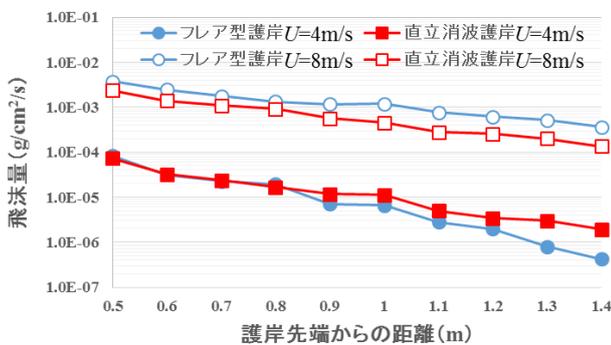


図-3 風作用下における飛沫量の比較 ($T_{1/3}=2.0s$)

この原因を考察するために、両護岸の打ち上げ量を画像解析と数値計算により求めた(図-4)。造波した波は、波高が $H=0.09m$ 、周期が $T=1.2, 1.6, 2.0s$ の規則波を造波して打ち上げ量が最大になった状態の水量を計測した。また、計測は 5 波行いその平均を求めた。数値計算での積分範囲は、護岸前面に発生する重複波が積分範囲に入らないように x 方向の範囲を決定し、z 方向は天端から約 0.5m 上方までを設定した。

図-4 より、フレア型護岸は、入射してきた波を効率的に沖上方に返していることが確認できる。また打ち上げ高を比べるとフレア型護岸の方が直立消波護岸に比べて低くなっていることが確認できる。しかし、図-5 に示す打ち上げ量で比較すると画像解析、数値計算共にフレア型護岸の方が多くなる結果となった。この水量の違いがフレア型護岸と直立消波護岸の風速に対する越波量・飛沫量の増加量の違いに関係していると考えられる。

--- フレア型護岸の打ち上げ高
 --- 直立消波護岸の打ち上げ高

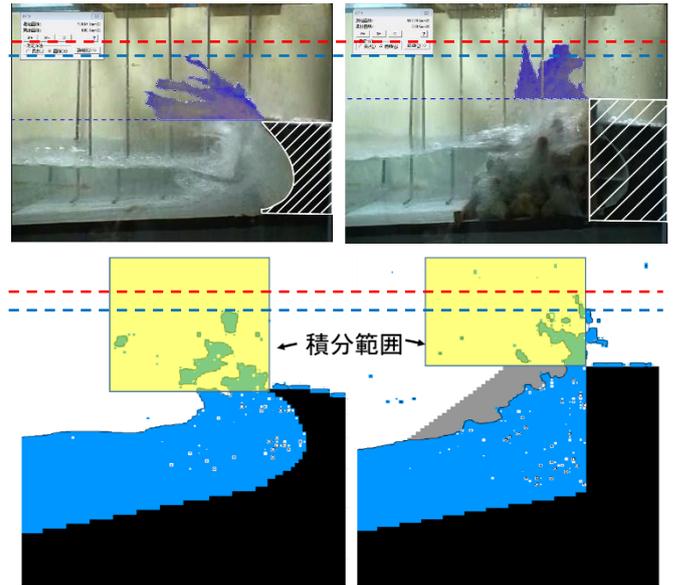


図-4 画像解析と数値計算の様子 ($T=2.0s$)

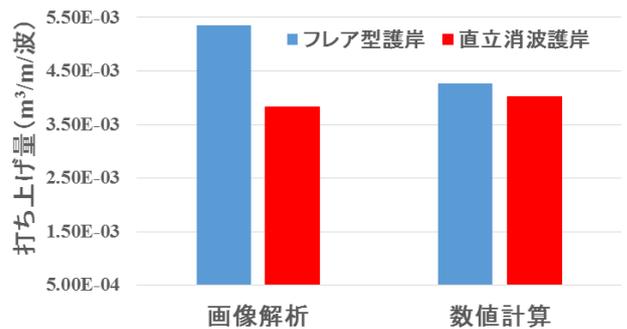


図-5 画像解析と数値計算による打ち上げ量 ($T=2.0s$)

4. まとめ

模型実験と数値計算を用いて打ち上げ量が越波量・飛沫量に及ぼす影響について検討した。その結果、風作用下における越波量・飛沫量の増加に打ち上げ量が関係していることがわかった。

今後は打ち上げ量と越波量・飛沫量の関係について定量的に表すことができるか検討する予定である。

参考文献

- 1) 上久保祐志, 入江功, 村上啓介, 神田一紀, 鮎川慶一郎, 片山保人 (2000) : フレア型護岸の飛沫の発生および輸送特性と音環境について, 海洋開発論文集, Vol.16, pp.297-302
- 2) 山城賢, 吉田明徳, 橋本裕樹, 久留島暢之, 入江功 (2004) : 越波実験における風洞水槽内の現地風速への換算, 海洋開発論文集, Vol.20, pp.653-658