

## 風作用下におけるフレア型護岸の越波及び飛沫輸送特性について

宮崎大学工学部 学生会員 ○杉本直弥 都地亮博

正会員 村上啓介 真木大介

(株) 神戸製鋼所 エンジニアリング事業部門 鉄構・砂防部 竹鼻直人

### 1. はじめに

沿岸部の海岸構造物は、波浪制御等の役割を果たす一方で塩害の原因となる海水飛沫の発生源になり得る。また、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・停電の原因になるなど多岐にわたる被害を引き起こすことで知られている。

フレア型護岸は、波を強制的に沖上方に返すことから高い越波抑制機能を有する護岸である。しかし、返された水塊は薄い膜を形成し風の影響を受け飛沫となり護岸背後に輸送されることが懸念される。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。

既往の研究では、風作用下における越波及び飛沫輸送特性について、天端高さが等しいフレア型護岸と直立護岸を比較したり、ただし、これらは両護岸が同一の天端高さでの検証であるため、越波量自体が異なることから、両護岸の飛沫輸送特性を議論するには若干の無理がある。

本研究は、フレア型護岸と直立護岸の飛沫輸送特性の違いを検討することを目的に、越波量が同一となる条件を設定し、風作用下における両護岸の越波および飛沫輸送特性を比較した。

### 2. 実験条件

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 $H_{1/3}=0.06\text{m}$ 、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。不規則波のスペクトルは、ブレットシュナイダー・光易型とした。風速は、山城ら<sup>2)</sup>の実験風速の現地風速換算を参考に、模型縮尺を考慮して風洞内に風速 $U=0, 2, 5, 9\text{m/s}$ の風を起こした状態で越

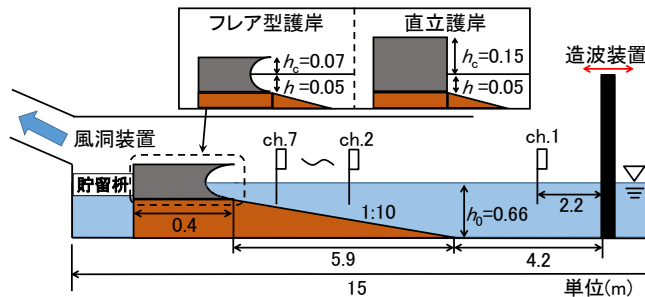


図-1 二次元造波風洞装置

波量と飛沫量を計測した。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。また、護岸先端から0.05mと0.4mの位置に、中に脱脂綿を詰めた飛沫測定器を0.07m間隔で鉛直方向に設置し、脱脂綿に付着した飛沫の重さを測って鉛直分布を求めた。

実験条件として、フレア型護岸と直立護岸の越波量を同じにする必要がある。風速ゼロの条件では、フレア型護岸は直立護岸に比べて越波量が極端に小さくなるため、風速が $U=5\text{m/s}$ の場合の越波量が同じになるように、フレア型護岸の天端高さを0.07m、直立護岸の天端高さを0.15mに設定した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 風作用下における越波特性の比較

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化におけるフレア型護岸と直立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)で示している。また、横軸は無次元風速 $U/(gH_{1/3})^{0.5}$  ( $U$ は風洞内の風速、 $g$ は重力加速度、 $H_{1/3}$ は入射波高)である。

キーワード 飛沫輸送特性, 越波量, フレア型護岸, 塩害

連絡先 宮崎大学大学院工学研究科土木環境工学専攻 杉本直弥 TEL080-8911-9314

図より、風速が小さい領域では、フレア型護岸が直立護岸よりも高い越波阻止機能を発揮することが分かった。一方で、風速が大きくなるとフレア型護岸と直立護岸の差はほとんど見られなくなる。波の増加量も大きくなっている。この原因を考察するため、図-3に両護岸の越波の様子を示す。フレア型護岸が低天端であることから、護岸前方で天端面高さよりも上に水塊が多く存在することが確認できる。この水塊は無風時には沖方向へ返されるが、強風時には護岸背後へ輸送されて越波量として計測される。

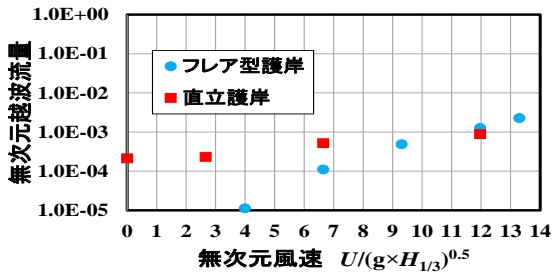


図-2 風作用下における越波量の比較 ( $T_{1/3}=2.0s$ )

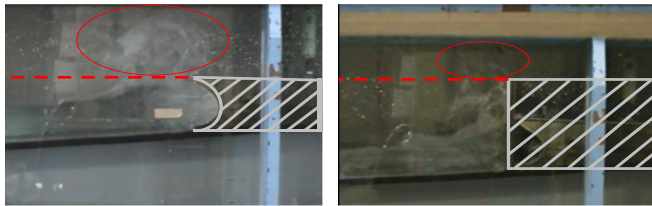


図-3 風作用下における両護岸の越波の様子

3.2 風作用下における飛沫輸送特性の比較

図-4は、有義波周期は  $T_{1/3}=2.0s$  の場合について、飛沫の水平分布をフレア型護岸と直立護岸で比較したものである。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。両護岸とも風速が大きくなるにつれ飛沫量が増大する傾向を示している。飛沫の分布に関しては、両護岸とも護岸先端から離れていくと、飛沫量は減少していることが分かる。風速が  $U=5m/s$  (現地風速に換算<sup>2)</sup>して、風速  $U=15m/s$  以下の条件では、フレア型護岸は飛沫輸送量を抑えていることが確認できる。しかし、風速がそれ以上になると、両護岸の飛沫輸送量に違いは見られなくなる。これは、越波実験の結果と同様に、護岸で打ち上げられた水塊の量が増えていることが原因と考えられる。

次に、有義波周期  $T_{1/3}=2.0s$  の場合での飛沫の鉛直分布を、護岸先端から  $0.4m$  地点で計測した結果を図-5に示す。縦軸は、護岸天端面から計測した採取器の設置高さをフレア型護岸の天端高さで割って無次元化  $z/hc$  ( $z$  は護岸天端面から計測した採取器の設置高さ、

$hc$  はフレア型護岸の天端高さ) したものである。横軸は、水平分布実験結果の場合と同様の量で表している。図より、風速が  $U=5m/s$  (現地風速に換算<sup>2)</sup>して、 $U=15m/s$  以下では、鉛直方向に関しても飛沫量はフレア型護岸の方が少ないことが分かる。また、風速がそれ以上の場合、護岸天端から高い位置では、フレア型護岸の飛沫量が少ないことが確認できる。一方、護岸天端付近の低い位置では、フレア型護岸の飛沫量が多くなっている。これは、護岸前面での波の打ち上げ高さの違いに起因する。

飛沫発生直後の護岸先端から  $0.05m$  地点では、飛沫量に関しては  $0.4m$  地点とほぼ同様の結果を示し、飛沫は両護岸とも下部に集中している。

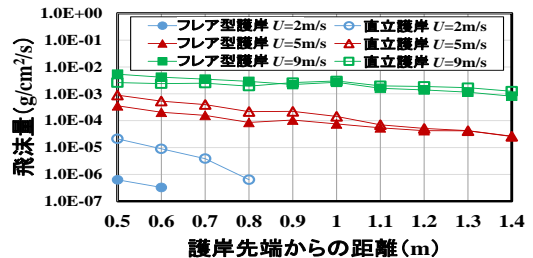


図-4 護岸背後における飛沫の水平分布 ( $T_{1/3}=2.0s$ )

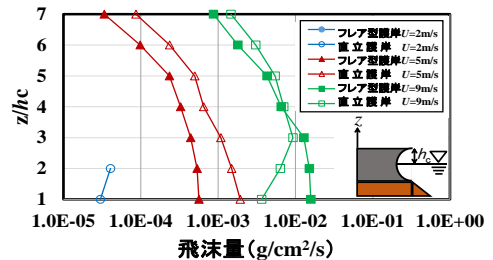


図-5 護岸背後における飛沫の鉛直分布 ( $T_{1/3}=2.0s$ )

4. まとめ

両護岸の越波量を同様にした風速  $5m/s$ 、またそれ以下の風速では、飛沫量の水平分布・鉛直分布ともにフレア型護岸の方が少ないことを確認した。また、飛沫による塩害が危惧される強風下においては、フレア型護岸の越波及び飛沫輸送特性は直立護岸とほぼ同等と考えてよいことが明らかとなった。

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, 吉田明德, 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