

風作用下における越波と飛沫の評価に関する研究

宮崎大学院工学研究科 学生会員 ○都地亮博 川原永萌
宮崎大学 正会員 村上啓介 真木大介
(株)神戸製鋼所 正会員 荻野啓

1.はじめに

台風による高波や高潮、冬季風浪が作用する沿岸部では、越波や飛沫を低減することが古くからの課題である。越波対策に関する研究事例は多く、消波工の開発や護岸断面の改良等がおこなわれてきた¹⁾。

越波や飛沫は、強風が作用する際に顕著になる現象で、越波の発生過程や飛沫の輸送過程は極めて複雑である。これに対し、風洞造波水路を用いた実験的な検討が行われてきたが、限られた条件での検討が多く、風の影響を考慮した護岸設計法を検討するほどの統一的なデータの蓄積には至っていない。また、風浪場の相似則の問題も残されている。

村上ら²⁾は、フレア型護岸と直立消波護岸を対象に、風速をパラメータに含む越波量と飛沫量の推定式を提案している。提案式は、越波量や飛沫量を風と波の影響を含む項を重ね合わせて評価する簡便な式であるが、現象をある程度の精度で再現している。

本研究は、一般的な護岸断面である直立護岸に対し越波量と飛沫量の推定式を適用し、その適合性を評価することを目的に実施する。また、昨年度に実施した実験条件に幾つかのケースを追加し、推定式の精度について検討することを目的とする。

2.実験条件

実験には、図-1 に示す長さ 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。昨年度の実験では、フレア型護岸と直立消波護岸の越波量が無風時で同じになるように護岸天端高さを調整した。直立護岸の越波量はフレア型護岸や直立消波護岸に比べて多く、越波量を合わせた実験条件では護岸天端が極めて高くなる。よって、本研究では直立消波護岸と同じ天端高さに設定して実験をおこなうこととした。

沖水深は、越波量の計測では $h_0=0.66\text{m}$ 、飛沫量の計測では $h_0=0.66\text{m}$, 0.644m , 0.61m , 0.596m の 4 通りとし、不規則波を造波して実験をおこなった。 $h_0=0.66\text{m}$ の

条件での各護岸の前面水深と天端高を図-1 中に示している。有義波高は $H_{1/3}=0.09\text{m}$ 、有義波周期は $T_{1/3}=1.2\text{s}$, 1.6s , 2.0s の 3 通りとした。風洞水路内の風速は、山城ら³⁾を参考に、越波量の計測では $U=0, 2, 4, 6, 8\text{m/s}$ 、飛沫量の計測では $U=2, 4, 6, 8\text{m/s}$ とした。

本実験では、護岸天端上を越流して背後に輸送される水量を「越波量」、護岸背後に風によって輸送される水量を「飛沫量」と定義した。越波量は、護岸の直背後に越波集水枡を置き、100 波分の造波時間に貯留した水量から求めた。また飛沫量は、護岸後端から 0.09m 後方に飛沫貯留枡を設け、枡内部を 0.1m 間隔に区切り、各区間に貯留した水量から求めた。

3.実験・解析結果

(1)越波及び飛沫の計測結果

図-2 は、護岸天端高さが $hc=0.1\text{m}$ の直立護岸の越波量の風速に対する増加傾向を、入射波周期 $T_{1/3}=1.6\text{s}$ の

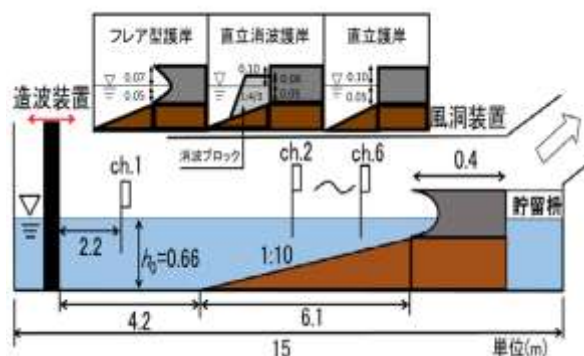


図-1 二次元型風洞付造波実験装置

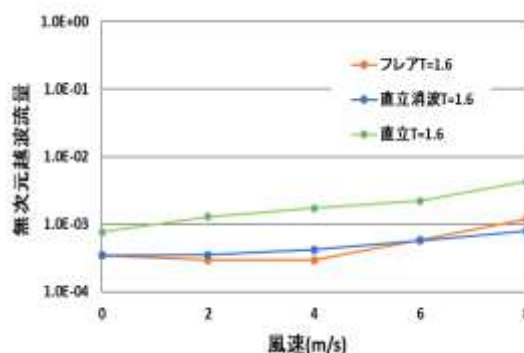


図-2 越波量の比較 ($h_0=0.66\text{m}$, $T_{1/3}=1.6$)

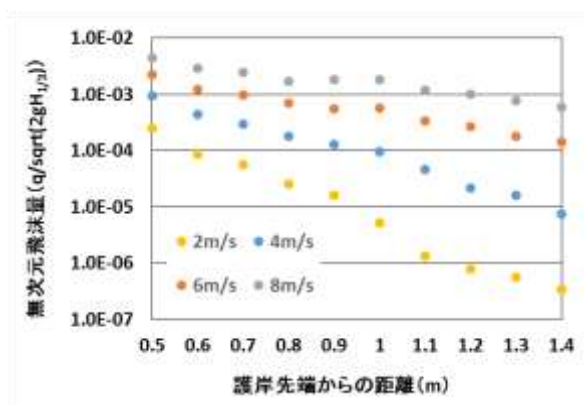


図-3 直立護岸における飛沫の水平分布

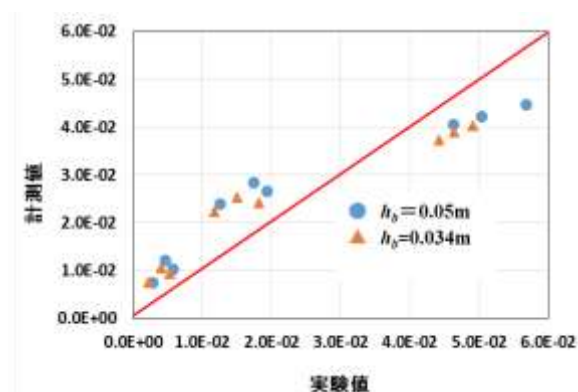


図-4 飛沫量に関する計測値と実験値の相関

表-1 飛沫量に関する重回帰係数の値

Type	h_b	α_1	α_2	α_3	重相関
直立護岸	0.05m	5.66E-03	1.23E-03	-2.83E-02	0.913
	0.034m	4.28E-03	8.99E-03	-2.45E-02	0.915

場合について示したものである。図の縦軸は無次元越波量 $q/(2g(H_{1/3})^{3/2})$ (q は単位幅単位時間あたりの越波量, g は重力加速度) で表している。

直立護岸, フレア型護岸, 直立消波護岸の越波量は風速とともに増大する傾向を示している。直立護岸の護岸天端高さは直立消波護岸と同じで, 直立断面は他の護岸断面に比べて越波が生じ易いことから, 越波量は大きな値を示しているが, 風速に対する増加割合は他の護岸と類似している。

図-3 は, 護岸天端高さが 0.1m の直立護岸背後に輸送される飛沫の水平分布を $T_{1/3}=1.6s$ の場合について示したものである。縦軸は計測した飛沫量を越波量の場合と同様に無次元化している。飛沫量は護岸から離れるに従い指数関数的に減少する傾向を示すが, 減少特性はフレア型護岸や直立消波護岸と類似している。

ただし, フレア型護岸や直立消波護岸では, 風速が 6m/s を超えると飛沫量の増加が顕著になる傾向であっ

たのに対し, 直立護岸は風速が 2m/s や 4m/s でも相当量の飛沫が発生して背後に輸送されている。水平方向の飛沫の総量を各護岸で比較しても, 直立護岸の飛沫総量はフレア型護岸や直立護岸に比べて非常に多い。これは, 直立護岸が他の護岸断面に比べて直立部で波の打ち上げが高く, それが微風の条件においても護岸背後に輸送され易いためである。

(2) 直立護岸における推定式を用いた飛沫量の評価

村上ら²⁾と同様のパラメータを用いた以下の式で飛沫量を推定した。

$$\bar{q} = \alpha_1 \frac{U}{\sqrt{gh_b}} + \alpha_2 \frac{h_c}{H_{1/3}} \frac{\tan \beta}{\sqrt{H_{1/3}/L}} + \alpha_3 \cdots (1)$$

ここで, h_b は護岸前水深, L は波長, $\tan \beta$ は海底勾配である。

図-4 は直立護岸について, (1)式で求めた推定値と実験値との相関を示したものである。係数 α_1 , α_2 , α_3 の値は表-1 に示す通りである。図に示すように, (1)式に示したパラメータで直立護岸の飛沫量が良い精度で推定されている。直立護岸の越波量についても良好な一致を確認した。

4. まとめ

直立護岸を対象に, 風作用下における越波量と飛沫量の特性を検討した。直立護岸の越波量と飛沫量は, フレア型護岸や直立消波護岸よりも相当に多いが, 風速に対する増加特性は類似している。

風と波の影響を含む項を重ね合わせて評価する式を用いて直立護岸の越波量と飛沫量を推計し, 両者が良い相関で求められることを確認した。

風が作用する場で生じる護岸前面での波の打上げは極めて複雑な現象で, その水塊の形状や大きさが越波量や飛沫量に大きく依存する。波の打上げ現象の可視化実験を実施して詳細を検討する予定である。

参考文献

- 1) 例えば, 永井莊七郎, 上田伸三: 風と波を考慮した海岸堤防の形状と構造に関する研究, 第7回海岸工学講演会講演集, pp.245-273, 1960.
- 2) 村上啓介, 杉本直弥, 遠藤政宗, 真木大介, 竹鼻直人: 風作用下におけるフレア型護岸の越波と飛沫について, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol. 72, pp. 907-912, 2016.
- 3) 山城賢, 吉田明德, 橋本裕樹, 久留島暢之, 入江功: 越波実験における風洞水槽内風速の現地風速への換算, 海洋開発論文集, Vol. 20, pp. 653-658, 2004.