

強風下における個々波の越波量特性に関する検討

(株) 日本港湾コンサルタント 正会員 ○山下 真奈
 宮崎大学工学部 正会員 村上 啓介
 宮崎大学工学部 正会員 真木 大介
 (株) 神戸製鋼所 正会員 荻野 啓

1. はじめに

護岸前面で打ち上げられた水塊が海風によって輸送されると護岸背後地の越波量は増大する。越波量の増大は沿岸域に被害をもたらす場合があり、浸水や海岸構造物の被害、塩害や道路規制が相当数発生している¹⁾。また、台風通過時の高波がうねりに重畳して護岸の被災につながった事例も報告されている²⁾。護岸の設計では、沖波や現場地形、背後の土地利用等が主要な条件となるが、風の条件（風速や風向）は含まない。沿岸部の高度な土地利用を考えると、護岸越波に対する風の影響を定量的に評価する技術は重要と考える。

護岸越波に対する風の影響を検討した事例は散見されるが、多くは風速に対する平均越波量の増大特性や飛沫粒子の輸送特性に関するもので、不規則波に含まれる個々波の越波に対する風の影響を検討した事例は見当たらない。本研究では、護岸越波に対する風の影響を定量的に評価する手法の構築を目標に、不規則波に含まれる個々の波によって生じる越波量を計測し、越波量に対する風速の影響を水理模型実験により検討した。

2. 水理模型実験の方法

実験は、長さ 15m、幅 0.6m、高さ 1m の風洞付きの二次元不規則波造波水路を用いて行った。有義波高は $H_{1/3}=0.11\text{m}$ と 0.13m 、有義波周期は $T_{1/3}=1.6\text{s}$ と 2.0s とし（縮尺は 1/25 程度を想定）、それらを組み合わせた 4 通りの不規則波（ブレードシュナイダー・光易型）を造波した。また、風速は山城ら³⁾を参考に、 $U=0, 4, 6, 8\text{m/s}$ の 4 通りとした。

対象とした護岸断面は、直立護岸、直立消波護岸、フレア型護岸の 3 種類である。護岸模型は勾配が 1/10 の海底面上に設置し、護岸設置水深は $h_b=0.05\text{m}$ 、天端高さは $h_c=0.07\text{m}$ とした（図-1 参照）。実験では、護岸天端上に水を満たしたピットを設け（図-1 参照）、ピットに挿入した容量式波高計（3 チャンネル）により護岸上を越流する流れの水深を計測した。また、波高計の両脇に設置したプロペラ式流速計（2 チャンネル）で流速を同期計測した。計測した水深と流速は平均処理し、それらの積から越波流量の時間波形を求めた。

図-2 は計測した水深と流速の時間波形の一例で、護岸上で間欠的な水流が発生していることが確認できる。このように計測して求めた越波流量の時間波形から、個々波の越波量とピーク流量を求めた。本実験では、造波時間は 100 秒間とし、同一の風浪条件で 3 回計測を実施した。越波水量は、護岸上を越流する水量と飛沫として輸送される水量の和で表されるべきだが、本実験では護岸上を越流する水量のみに着目した。

3. 実験結果と考察

護岸上を間欠的に越流する水量は、不規則波に含まれる個々の波によって変化する。直立消波護岸に風浪が

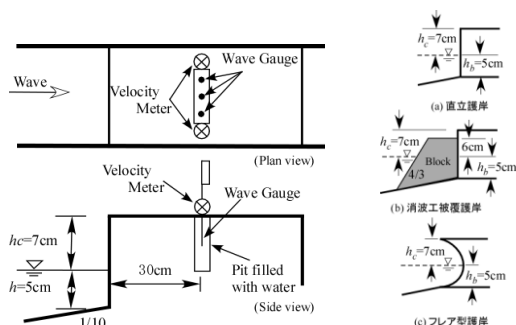


図-1 実験模型の概略

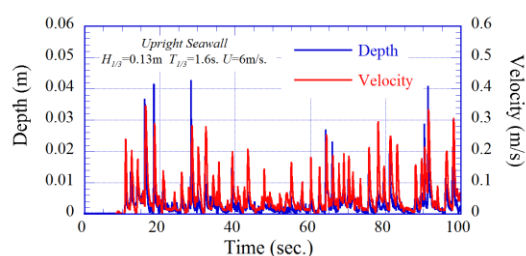


図-2 護岸越流時の水深と流速の計測例

キーワード 護岸越波量, 風速, 短時間越波量, 水理模型実験

連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1 宮崎大学工学部 TEL 0985-58-7336

作用した場合の越波量（階級値毎）の発生頻度分布を図-3に示す。風速が徐々に大きくなるに従って、越波量が最も小さい階級の越波発生回数が減少するのに対し、越波量がより大きい階級での発生回数が増える傾向が見られる。同様の傾向は他の護岸断面についても同様であった。

図-4(a)は、個々波の越波量の最大値、平均値、有義量の風速に対する増加傾向を直立消波護岸の場合について示したものである。風速に対する越波量の最大値の増加傾向は平均値や有義量に比べて小さい。不規則波列に含まれる個々波の越波量は大小様々であるが、風速の増加に伴い個々波の越波量は全体的に押し上げられ、平均値や有義量は増加する。一方、風速に伴い越波量の最大値も増加するが、その増加の程度は平均値や有義量に比べて小さくなる傾向を示している。

図-4(b)はフレア型護岸の場合について示したものである。個々波の越波量の最大値、平均値、有義量の風速に対する増加傾向は、図-4(a)と同様に最大値は平均値や有義量に比べて小さい値を示す結果を示した。

風による個々波の越波量の増加割合は入射波条件や護岸断面条件（護岸形式や天端高さ、設置水深等）によって異なると考えられる。本実験条件に限れば、表-1に示すように、フレア型護岸では、風速 8m/s 時の個々波の越波量の最大値は無風時の 1.8 倍、有義量は 2.3 倍、平均値は 2.5 倍程度となった。また、直立消波護岸の場合、個々波の越波量の最大値は無風時の 1.6 倍、有義量は 2.8 倍、平均値は 3.1 倍程度、直立護岸では、最大値は 1.6 倍、有義量は 1.4 倍、平均値は 1.5 倍程度となった。

4. まとめ

本研究では、護岸越波に対する風の影響を定量的に評価する手法の構築を目標に、不規則波に含まれる個々の波によって生じる越波量を計測し、越波量に対する風速の影響を水理模型実験により検討した。

風速の増加に伴い個々波の越波量は全体的に押し上げられ、平均値や有義量は増加する。風による個々波の越波量の増加割合は入射波条件や護岸断面条件によって異なるが、平均値や有義量は無風時の 1.5～3 倍程度であった。一方、最大値の増加割合は無風時の 2 倍弱程度で、平均値や有義量に比べて小さいことを確認した。

参考文献

- 1) 加藤史訓, 笠井雅広, 佐藤慎司, 今村能之: 越波被害の実態に関する全国調査, 海洋開発論文集, 第 15 巻, pp.31-36, 1999.
- 2) 平山克也: 海岸・港湾施設における近年の高波災害の特徴とその類型化の試み, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 67, No. 2, I_13-I_18, 2011.
- 3) 山城賢・吉田明徳・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, 第 20 巻, pp.653-658, 2004.

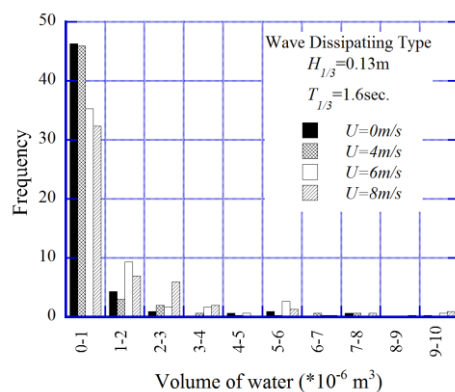
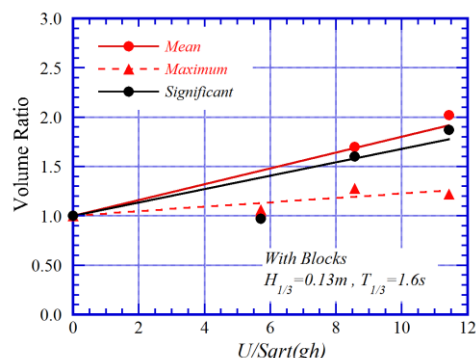
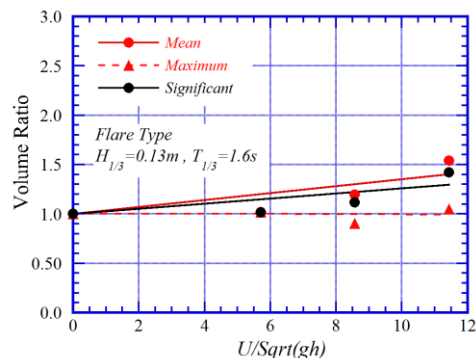


図-3 越波量の階級毎の発生頻度分布



(a) 直立消波護岸



(b) フレア型護岸

図-4 風による越波量の増大傾向

表-1 風による個々波の越波量の増加割合
(風速 8m/s 下での越波量の無風時に対する割合)

フレア型護岸	最大値	1.8
	有義量	2.3
	平均値	2.5
直立消波護岸	最大値	1.6
	有義量	2.8
	平均値	3.1
直立護岸	最大値	1.6
	有義量	1.4
	平均値	1.5