能

九州大学	学生会員	○岡 昂作
九州大学	正 会 員	山城 賢
九州大学		児玉 充由
本高等専門学校	正 会 員	上久保 祐志
九州産業大学	正会員	横田 雅紀

1. はじめに

護岸で激しく打ちあがるタイプの越波が生じる場合,護岸からの距離に応じて落下してくる海水量は異なり,単 位面積当たりの越波量あるいは越波流量は空間分布を有する.この分布形状は護岸からの距離に対して指数関数的 に減少することが既往の研究¹から明らかとなっているが,分布形状に対する風の影響など不明な点は多い.越波 流量の空間分布を明らかにすることで,荒天時の海岸道路の通行規制や,護岸背後の距離に応じた越波防災など海 岸防護の高度化につながると期待される.小川ら²は消波護岸を対象に水理模型実験を行い越波流量空間分布の推 定式を構築した.しかし,護岸形式が異なる場合,越波の形態も異なるため越波流量の空間分布にも差異が生じる と考えられる.そこで,本研究では護岸形式の違いによる越波流量空間分布の差異について検討するために直立護 岸で水理模型実験を行い,越波流量空間分布の推定式について検討を行った.なお,実験で使用した直立護岸模型 は別途行った現地観測における対象護岸を参考にスリット型とした.

2. 越波流量空間分布の水理模型実験

スリット型直立護岸における越波流量の空間分布について検 討するため、図-1に示す反射式吸収二次元造波風洞水路を用い て、別途行った現地観測 3)を参考に縮尺 1/45 で水理模型実験を 行った.入射波は修正 Bretschneider-光易型スペクトルを有する 有義波高と有義周期の組み合わせを(H_{1/3}, T_{1/3})=(5.0 cm, 0.8 s), (6.0 cm, 0.9 s), (7.0 cm, 1.0 s)の3通りとし,風速(護岸壁面上) の断面平均風速)はu=0, 4, 5, 6, 7, 8 m/s の 6 通りとした. 造波時間は10分とし、図-1に示すように護岸の背後に升を設置 し越波流量を測定した. 図-2 に H_{1/3}=7.0 cm, T_{1/3}=1.0sの越波 流量空間分布を現地換算して示す. この図より, 既往研究と同 様に越波流量は指数関数的に減少しており $q(x) = \alpha e^{-\beta x}$ で近似 できることが確認できる.小川ら²⁾と同様に,越波流量の空間分 布は越波流量の規模(一般的に利用される単位幅あたりの越波 流量)と風速で決まると考え、実験結果を現地換算した越波流 推定式を重回帰分析により求めた.

$$\alpha' = 0.481q' - 0.569u^{2\prime} \qquad (1)$$

$$\beta' = 0.157q' - 0.877u^{2'} \quad (2)$$

なお,各変数は平均値と標準偏差により基準化しており,「」は 基準化していることを示す.また, H_{1/3}=5.0 cm, T_{1/3}=0.8 s, *u*=0 m/s の場合,越波流量が少なく,空間分布が得られなかったため 検討から除いた.図-3 に式(1), (2)の推定精度を示す.βは高い



図-3 式(1), (2)の重回帰式の精度

相関が認められるが、 α の相関は比較的低い. これはu=0 m/s の場合、越波流量空間分布の勾配が非常に大きくなるため、近似式のわずかな誤差で、式中の係数 α が大きく変動することが理由と考えられる. そこで、定式化の際にu=0 m/s の結果を除き、さらに、越波流量qに実験結果の現地換算値ではなく空間分布の近似式の積分値である α/β を用いて α 、 β を重回帰分析により以下の式を得た.

 $\alpha' = 0.920q' - 0.266u^{2\prime} \qquad (3)$

$$\beta' = 0.197q' - 0.863u^{2'} \qquad (4)$$

図-4 に式(3), (4)の推定精度を示す. この場合, α, βともに大きく 改善され高い相関が認められる. *u*=0 m/s のデータを除いて構築し た式(3), (4) で*u*=0 m/s のケースで計算すると推定値と実験値の差 は図-5 のようになり, *u*=0 m/s の場合については推定精度がそれ程 高くないといえる.

3. 護岸形式による越波流量空間分布の推定式の比較

小川ら²⁾は消波護岸を対象に水理模型実験を行い,越波流量の空間分布の係数を以下のように定式化をした.

 $\alpha' = 1.381q' - 0.618u^{2'} \tag{5}$

 $\beta' = 0.785q' - 1.336u^{2'} \qquad (6)$

式(3),(4)と式(5),(6)を比較することで護岸形式による越波流量空 間分布の違いについて検討する.式中のq'とu²'の係数はそれぞれ越 波流量と風速の2乗の寄与を示している.**表-1**に各式の係数の比を 示す.一般的に消波護岸では護岸を越流して越波するため風の影響 は小さい.一方で,スリット型直立護岸では越波が生じる際,波が 高く打ち上がるため,風速が大きくなると護岸から離れた場所に輸 送される飛沫量が多くなり,護岸直背後の越波量は少なくなる.従 って,スリット型直立護岸は消波護岸に比べて推定式のa', β'とも に風速の影響が大きいと考えられる.実際に,β'についてはq'に対 するu²'の係数の比はスリット型直立護岸の方が大きく,風速の影響 が大きい.しかし, a'については消波護岸の方が風速の影響が大き



図-5 u=0 の場合の空間分布の実験値と推定

表-1 係数g'に対するu²'の係数の比

護岸形式		q'に対するu ² の係数の比
スリット型直立護岸 式(3)(4)	α'	0.289
	β'	4.381
消波護岸 式(5)(6)	α'	0.448
	β'	1.702



越波流量空間分布の比較

い.これは、図-6に例を示すが、仮に波と風の条件が同じ場合、消波護岸の越波流量がスリット型直立護岸に比べて非常に小さく、α'に対して相対的に風速の影響が大きくなったためと考えられる.

4. おわりに

本研究ではスリット型直立護岸における越波の模型実験を行い,越波流量空間分布の推定式を得て消波護岸との 比較を行った.今後は、スリット型直立護岸における越波の現地観測結果をもとに現地における越波流量の空間分 布を定式化し、スリット型直立護岸における現地と模型の風速の対応について検討する予定である.

参考文献

- 1) Fukuda, N., Uno, T. and Irie, I.: Field observations of wave overtopping of wave absorbing revetment, *Coastal Engineering in Japan*, vol.17, pp.117-129, 1974
- 2) 小川 大輔,山城 賢,仲村 渉:越波流量空間分布に基づいた越波の模型実験における現地と模型との風速の対応に関する研究,平成28年 度土木学会全国大会年次学術講演会概要集 CD-ROM, 2016
- 3) 小川 大輔,山城 賢,児玉 充由,上久保 祐志,横田 雅紀:スリット式直立護岸背後の越波流量空間分布について,平成 29 年度土木学会 西部支部研究発表会概要集 CD-ROM, 2018