九州大学 学生会員 〇小川 大輔 仲村 渉 九州大学 正 会 員 山城 賢

## 1. はじめに

護岸で越波が生じる際に,海水が激しく打ち上がり強風で越波水が輸送されると,護岸からの距離に応じて落下 してくる海水量は異なり,すなわち単位面積当たりの越波量(越波流量でも同様)は空間的に分布を有する.既往 の研究(例えば, Fukuda et al.<sup>1)</sup>, Pullen et al.<sup>2)</sup>など)から,その分布形状は護岸からの距離に対して指数関数的 に減少することが分かっているが,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特性を明 らかにすることができれば,荒天時の海岸道路の規制や,護岸背後の距離に応じた越波防災など,海岸防護の高度 化に繋がるものと期待される.

越波流量の空間分布を検討するには、造波風洞水路を用いた縮尺模型実験が有用な検討手段となるが、越波流量 の空間分布に強く影響する風速について適切な相似則が存在しないため、定量的な検討が難しいという問題がある. このことは、従来の護岸等の計画・設計において風の影響が考慮されていないことの大きな要因である.

著者ら<sup>3)</sup>は, Fukuda et al.<sup>1)</sup>による消波護岸における越波流量の空間分布の観測結果について,越波流量の大き さと風速に基づく推定式を構築した.さらに,現地観測の条件を参考に水理模型実験を行い,実験結果についても 同様に越波流量空間分布の推定式を構築し,これらの推定式の比較から,現地風速と模型風速との対応について検

単位面積単位時間あたりの越波流量

討した.しかし Fukuda et al.<sup>1)</sup> による観測結果は,護岸に垂直な 方向に観測されており風速についても護岸に垂直な成分で整理さ れている.本来は,ある角度で作用する風によって海水は運ばれて いることから,越波流量の空間分布を考える際には風向が重要で あると思われる.そこで,本研究では Fukuda et al.<sup>1)</sup> による越波 流量の空間分布について,風向を考慮して定式化を行い,越波流量 空間分布の推定式の改良を試みた.

## 2. Fukuda et al.<sup>1)</sup>による現地観測の概要

対象とする現地観測結果は, Fukuda et al.<sup>1)</sup> により 1971~1972 年に新潟東港で得られたものである. 図-1 に示すような観測施設 により越波水を集水している.1回の観測時間は3時間であり越波 流量に加え沖合(水深-24.2m)での入射波および風向風速も観測さ

れている. なお波高は換算沖波波高、風速は海上風に 補正し整理されている. 観測結果は越波流量の水平分 布の傾向によって, A~D の 4 つのタイプに分けられ ており,護岸から離れるほど越波流量は小さくなり, また越波流量が多いほど水平分布の勾配が急になると いった特徴がある. 本研究では越波の傾向が他のケー スと大きく異なるタイプ D の 2 ケースを除く 11 ケー スのデータを使用した.

## 3. 越波流量の空間分布

**図-2**に Fukuda et al.<sup>1)</sup> によるタイプ B の越波流量の 空間分布(○で示す)を示す. 横軸は護岸前面からの 距離であり,縦軸は単位面積あたりの越波流量を対数



表示している.また凡例の風速は護岸に垂直な風速成分である.加えて、風向を考慮した空間分布を●で示してい る.風向を考慮した越波流量の空間分布とは,観測位置での越波水を風上方向にある護岸から飛来したものと考え, 風向と護岸のなす角度に応じて、護岸から観測位置までの距離を算出したものである.これらのケースについての 凡例に示す風速は実際の風速である.図より、有義波高H1/3=3.68mのケースは、もとの風向がほぼ護岸に垂直であ るため、風向を考慮した空間分布は垂直方向の空間分布にほぼ等しい.しかし、他の2ケースについては、風向を 考慮したことで、越波水の飛来距離が延びている、越波流量の空間分布は、既往の研究でも報告されている通り、 図中に示す指数関数 $q(x) = \alpha e^{-\beta x}$ と近似できる.著者ら<sup>3)</sup>は越波流量の空間分布が越波流量の規模(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,式中の係数α,βを重回帰分析により以下のように定式化 した.ただし、以下の式はデータを見直し再構築したため既発表 3の

ものとは異なる.

$$\alpha' = 0.953q' - 0.057u^{2'} \tag{1}$$

$$\beta' = 0.287q' - 0.774u^{2'} \qquad (2)$$

ここで, qは単位幅あたりの越波流量(図-2の空間分布の積分値に相 当), uは風速で越波水を押す力として作用すると考え2 乗の形で用 いた. 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している.図-3に(1),(2)式の推定精度 を示す. αについての推定精度は非常に高い. また, βについても比 較的高い相関が認められる.本研究では、同様の手順で風向を考慮し た越波流量空間分布について係数α, βを求め,以下の式を得た.

> $\alpha' = 1.054q' - 0.147u^{2'}$ (3)

 $\beta' = 0.262q' - 1.000u^{2'}$ (4)

図-4 に新たに提案した重回帰式の精度を示す。本来の風向に沿っ た越波流量空間分布を考えることで,係数αの推定精度は極めて高く なった.一方,係数*B*については若干低下しているがほぼ同程度とい える. 図-5は、図-3.4に矢印で示すケース(同一のケース)につい て, 越波流量空間分布の観測値と推定値を比較したものである. 図よ り,係数α,βの推定誤差の越波流量空間分布に対する影響を理解で き、このケースでは風向を考慮した場合に推定精度が向上している. 4. おわりに

本研究では、Fukuda et al.<sup>1)</sup>による現地観測結果をもとに、風向を 考慮した越波流量の空間分布の推定式を構築し、高い精度を有する ことを示した. 今後は、本研究の成果を踏まえ、越波の模型実験に おける風速の設定方法について検討する予定である.

## 参考文献

- Fukuda, N., Uno, T. and Irie, I.: Field observations of wave overtopping of wave 1) absorbing revetment, Coastal Engineering in Japan vol.17, pp.117-129, 1974
- Pullen T., Allosop, W., Burce, T. and Pearson, J.: Field and laboratory 2) measurements of mean overtopping discharges and spatial distributions at vertical seawalls, Coastal Engineering, Vol.56, pp.121-140, 2009
- 3) 山城 賢,仲村 渉,片山 沙也香,上久保 祐志: 越波流量の空間分布に 対する風の影響に関する研究,土木学会論文集 B2(海岸工学),Vol.71 No2 p.l\_835-l\_835,2015

