

スリット式直立消波護岸背後の越波流量空間分布について

九州大学 学生会員 ○小川 大輔

九州大学 正 会 員 山城 賢

児玉 充由

熊本高等専門学校 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

護岸で激しく打ち上がるタイプの越波が生じる場合、護岸背後での単位面積当たりの越波量あるいは越波流量は、護岸からの距離に対して指数関数的に減少することが報告されている^{1) 2)}が、分布形状に対する風の影響など不明な点が多い。越波流量の空間分布特性を明らかにできれば、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。著者らはこれまでに、Fukuda ら¹⁾の新潟東港における観測結果をもとに消波護岸について越波流量の規模と風速に基づく越波流量空間分布の推定式を構築し、さらに水理模型による再現実験を行い、実験スケールの推定式を構築して、推定式の比較から現地と模型との風速の対応について検討した³⁾。本研究では直立護岸（スリット護岸）における越波の現地観測を行い、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した。

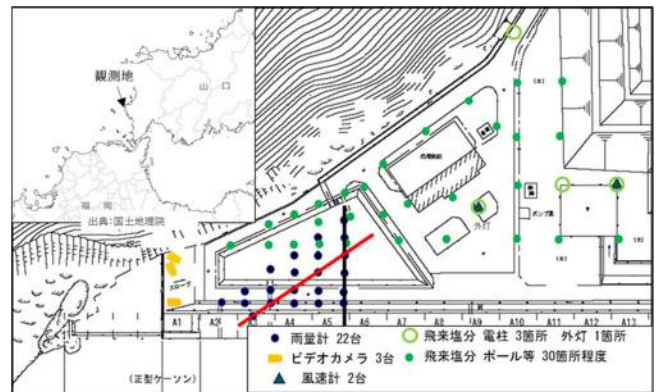


図-1 観測地の概略と観測機器の配置

2. 現地観測の概要

観測地は山口県下関市の日本海側にある廃棄物処理場で、この場所は特に冬季風浪時には暴風暴浪に晒され越波が生じる。観測は2017年12月5日に実施した。図-1に観測地の位置および観測機器の配置を示す。観測では、飛沫量を転倒柵式雨量計（0.2mm 毎にその時刻をカウント）22台で計測した。風向風速は2箇所（高さはそれぞれ地上4mと10m）で計測した。また、ビデオカメラで越波の様子を撮影した。図-2に越波の状況を示す。

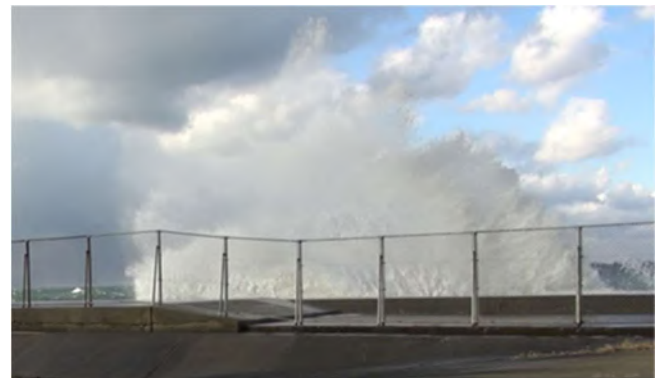


図-2 観測時の越波の状況

3. 越波流量空間分布の検討

図-3に飛沫量の空間分布を示す。図中の矢印は観測中の平均的な風向を示している。この図と観測時の観察から、飛沫は風によって運ばれ、飛沫量が風下方向に減少していることが確認された。図-4に図-1中の直線で示す護岸垂直方向と風下方向の飛沫量の空間分布を示す。単位面積当たりの飛沫量は指数関数的に減少しており、風下方向は護岸垂直方向に比べ傾きが緩やかである。

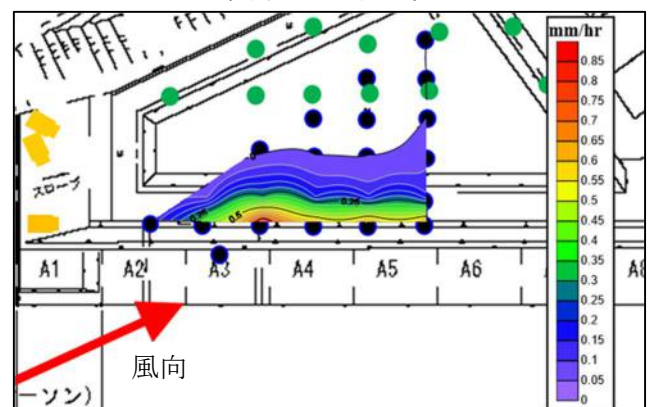


図-3 飛沫量の空間分布

著者らは消波護岸を対象に越波流量空間分布の推定式

を複数構築した^{3), 4)}。これらの式は $q(x) = \alpha e^{-\beta x}$ で表される空間分布の α と β を推定するもので、以下に示すとおりである。

$$\alpha = 0.6012q - 0.00021u^2 - 0.3173 \quad (1)$$

$$\beta = 0.1205q - 0.00189u^2 + 0.4744 \quad (2)$$

$$\alpha = 0.2418q - 0.00031u^2 + 0.3456 \quad (3)$$

$$\beta = 0.0312q - 0.00109u^2 + 0.4232 \quad (4)$$

$$\alpha = (q \cos \theta)^{1.062} (u \cos \theta)^{-1.773} e^{2.735} \quad (5)$$

$$\beta = (q \cos \theta)^{0.022} (u \cos \theta)^{-1.533} e^{2.243} \quad (6)$$

式(1), (2)は護岸垂直方向³⁾、式(3), (4)は風下方向³⁾、式(5), (6)は積の形で表したもので風向を考慮している。図-4の観測結果をこれらの式で推定した空間分布と比較し、護岸形状による飛沫量(越波流量として表示)の空間分布の違いについて検討する。ここで、式中の q は単位幅あたりの越波流量(空間分布の積分に相当)であり、図-4の結果から護岸垂直方向は $0.049 \text{ m}^2/\text{hr}$ 、風下方向は $0.211 \text{ m}^2/\text{h}$ となる。 u は風速で風下方向は 8.65 m/s 、護岸垂直方向の成分風速は 3.52 m/s である。 θ は護岸に対して垂直方向となす角度で風下方向は 66° である。図-5, 6に護岸垂直方向、風下方向について観測結果と推定した分布を示す。なお、式(1)で算定した α は値が負となり、推定できなかった。図より護岸垂直方向、風下方向ともに推定された空間分布は、現地観測結果と比べて護岸直背後の越波流量が大きく、急激に減少している。この差は護岸の形式が異なるためと考えられる。一般的に、消波護岸では消波工によって波が砕け、大きな打ち上げが生じず護岸を乗り越える越流の形で越波が生じると考えられ、護岸の直背後で越波流量が大きく護岸から離れるにつれ急激に減少する分布形状になると思われる。一方、スリットタイプを含め直立形式の護岸では、護岸に衝突して高く打ち上がった波が、大量の飛沫となり風によって護岸背後の離れた所にも飛散するため、緩やかな勾配になると考えられる。

4. おわりに

本研究では、観測結果をもとに護岸の形式によって背後の越波流量の空間分布が異なることを示した。今後は、さらに現地観測結果を蓄積して、スリット式直立消波護岸における越波流量空間分布の推定式を構築し、護岸形式による越波流量空間分布の違いについてより詳細に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) Pullen T., Allosop, W., Burce, T. and Pearson, J.: Field and laboratory measurements of mean overtopping discharges and spatial distributions at vertical seawalls, Coastal Engineering, Vol.56, pp.121-140, 2009
- 3) 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
- 4) 原 温紀, 小川 大輔, 山城 賢: 現地観測結果に基づく越波流量の推定式の構築, 平成28年度土木学会西部支部研究発表会概要集 CD-ROM, 2017

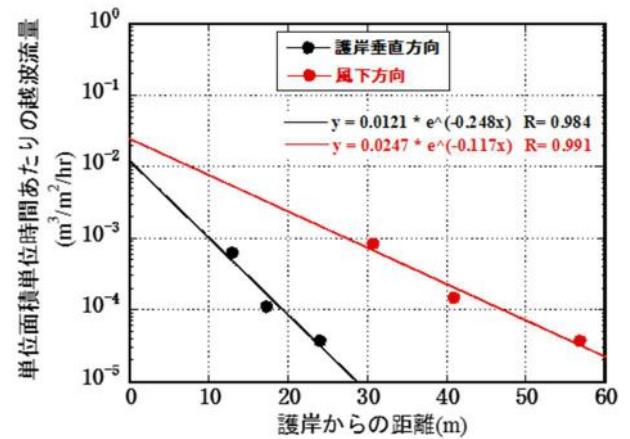


図-4 護岸垂直方向および風下方向の飛沫量(越波流量)の空間分布

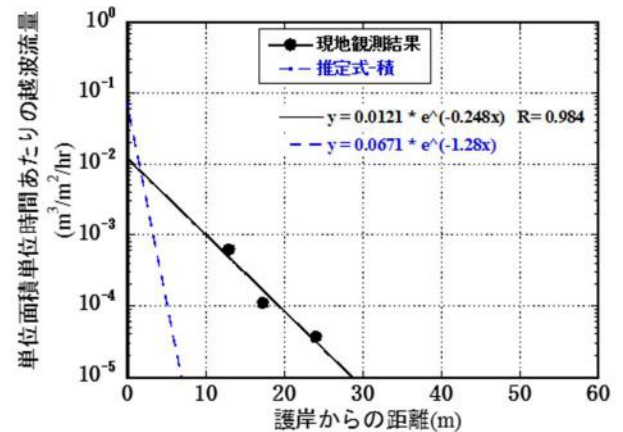


図-5 護岸垂直方向の越波流量空間分布の比較

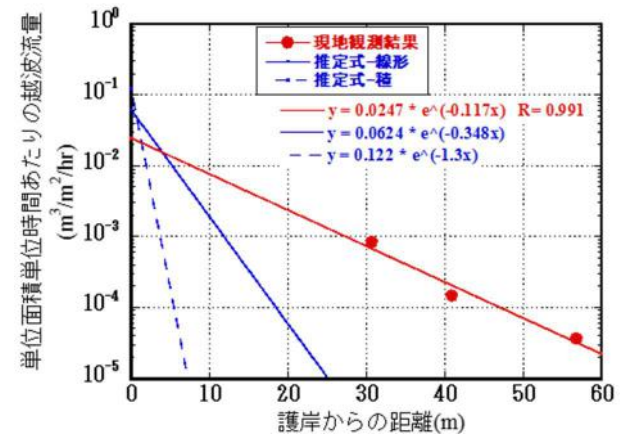


図-6 風下方向の越波流量空間分布の比較