

48. 越波流量の空間分布特性に関する研究

片山 紗也香

1. 目的

護岸や海岸堤防は、越波流量（単位幅単位時間あたりに陸域に流れ込む海水の総量）が許容値以下であることが要求される。実際の越波の現象は、護岸に作用した波が大きく打ち上がって、海水が護岸の背後に激しく落下する状況が頻繁に発生する。すなわち、護岸の背後で越波流量は空間的に分布を持ち、その特性を明らかにすることは、より高度な海岸防護を実現するうえで重要といえる。また、越波流量の空間分布には風の影響が無視できないが、護岸の計画・設計において、風の影響はほとんど考慮されていない。その主な理由の一つは、越波の主な検討手段である縮尺模型実験において、適切な風の相似則が存在しないためである。以上の観点から、本研究では、越波流量の空間分布の特性を把握すること、および、越波に対する風の影響について現地と模型での対応を明らかにすることを目的に、既往の現地観測結果を検討し、さらに水理模型実験を実施した。

2. 内容

2.1 検討内容の概要

まず、既往の観測結果から越波流量の空間分布の特性を調べ、越波流量の規模と風速を変数とする定式化を行う。ついで、越波流量の空間分布に関する水理模型実験を行い、実験スケールでの空間分布について同様に定式化を行う。最後に、現地と模型実験における空間分布の式を比較することにより、越波に対する風速について現地と模型との対応を検討する。

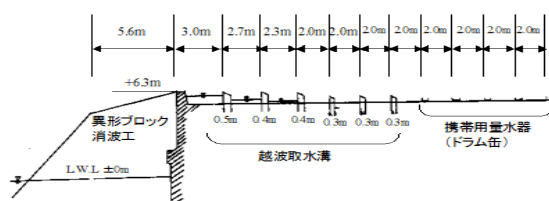


図-1 現地観測施設

2.2 越波流量の空間分布

本研究では、Fukudaら(1974)により、新潟東港で1971~1972年に得られた観測結果を検討対象とした。

Fukudaら(1974)は図-1に示す観測施設により、単位幅あたりの越波流量の空間分布を計測し、さらに入射波や潮位、風向風速についても整理しており、それらのデータは貴重な観測結果といえる。図-2に観測結果の例を示す。縦軸は単位面積単位時間あたりの越波流量を対数表示しており、横軸は護岸前面からの距離である。越波流量の空間分布は基本的に、護岸から離れるにつれて急激に減少するが、その勾配は条件によって異なっている。

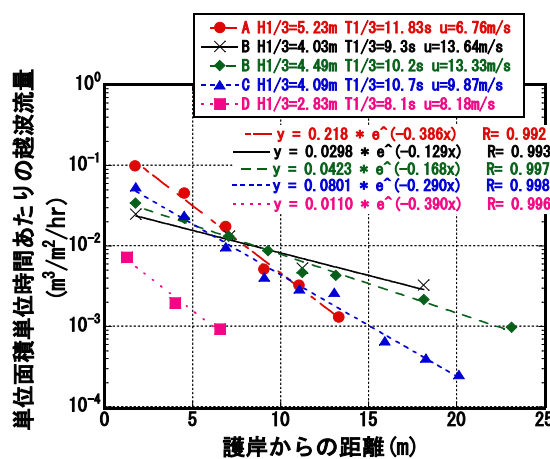


図-2 越波流量分布の現地観測結果 (Fukudaら (1974) より引用)

また、図中に示す近似式からわかるように、これらの分布は指数関数( $a_p e^{-b_p x}$ )で表される。このことについては、ヨーロッパで大規模に行われた越波に関する研究プロジェクト(CLASH)の結果においても、同様に示されている。図-2をみると、越波流量の空間分布は越波流量の規模と風の強さによって変化することが推測される。そこで、図中に示す近似式の係数 $a_p$ 、 $b_p$ を越波流量と風速で表すことを考え、重回帰分析を行って、最終的に以下のような式を得た。

$$a_p = 0.95q_p^2 + 0.028u_p^2 + 2.2E-16 \quad (1)$$

$$b_p = 0.30q_p^2 - 0.69u_p^2 - 3.1E-16 \quad (2)$$

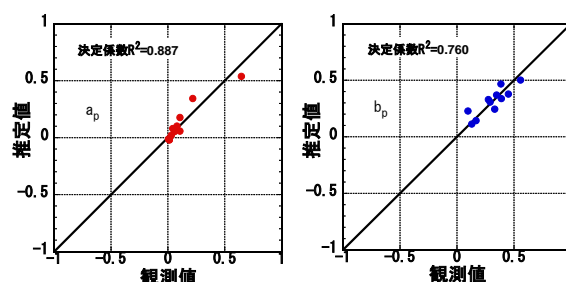


図-3 重回帰式の精度

ただし、 $q_p$ は護岸から一番近い単位面積単位時間あたりの越波流量( $m^3/m^2/hr$ )の観測値、 $u_p$ は風速( $m/s$ )であるが、重回帰分析においては全て基準化して用いた。重回帰式の精度を図-3に示す。決定係数はどちらも0.76以上あり、越波流量の規模と風速により、越波流量の空間分布が表されるといえる。

### 2.3 水理模型実験における越波流量の空間分布

水理模型実験における越波流量の空間分布の特性を調べるため、前述の現地観測の条件をもとに、縮尺1/45の模型で実験を行った。実験には図-4に示す反射吸収式二次元造波風洞水路を用いた。護岸前面の水深は10cmで、波高計位置の水深は50cmである。入射波および風速は現地の条件を参考に、様々な越波流量の空間分布が得られるよう、複数の条件を設定した。造波時間は1ケースにつき30分間で、越波量は護岸の背後に並べた柵により測定した。

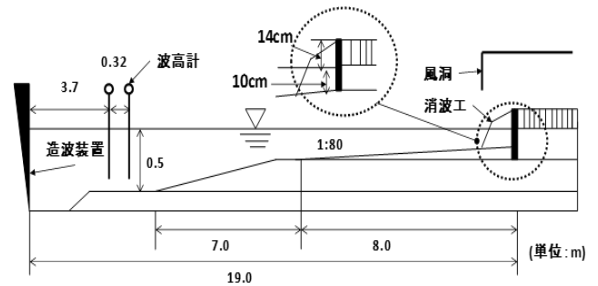


図-4 反射吸収式二次元造波風洞水路

### 2.4 実験結果

図-5に実験で得られた越波流量の空間分布を現地換算して示している。現地観測の結果と同様に、指数関数( $a_m e^{-b_m x}$ )的に減少していることがわかる。これらの結果に、同様の実験を実施した篠原ら(2014)の結果を加え、現地観測結果と同様に重回帰分析を行った。

$$a_m = 0.99q_m^2 - 0.14u_m^2 + 2.5E-16 \quad (3)$$

$$b_m = 0.25q_m^2 - 0.63u_m^2 - 2.5E-16 \quad (4)$$

ただし、 $q_m$ は護岸から一番近い単位面積単位時間あたりの越波流量( $m^3/m^2/hr$ )の観測値、 $u_m$ は風速( $m/s$ )であるが、基準化して使用している。図-6に重回帰式の推定精度を示す。係数 $a_m$ については現地観測結果の場合(図-3)と同程度の精度といえる。現地観測と模型実験で得られた重回帰式を比較すると、模型実験における係数 $a_m$ に対する風速の影響が現地より大きいことがわかる。係数 $b_p, b_m$ については、現地と実験ではほぼ同程度の比率であるが、実験における重回帰式の精度について、さらなる検討が必要といえる。

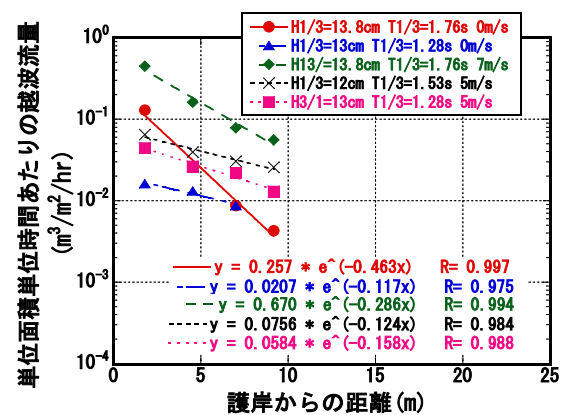


図-5 越波流量分布の実験結果

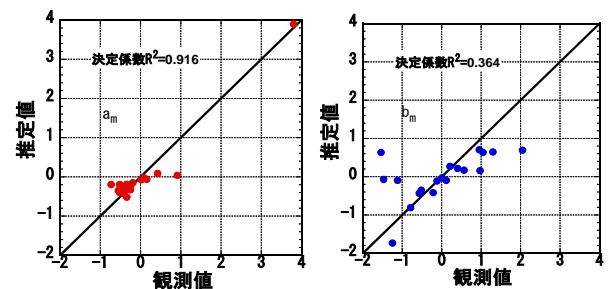


図-6 重回帰式の精度

## 3. 結論

本研究では、越波流量の空間分布の特性について既往の観測結果をもとに検討し、水理模型実験の結果と比較することで、越波に対する風速の影響について現地と模型との対応を調べた。その結果、越波流量の空間分布は、越波流量の規模と風速により表されること、さらに、現地と模型実験では越波流量の空間分布に対する風速の影響が異なることが明らかとなった。

### <参考文献>

篠原 尚弘ら(2014)：越波実験における風速設定法の確立，土木学会西部支部研究発表会

N. Fukuda, T. Uno, and I. Irie(1974)：Field Observations of Wave Overtopping of Wave Absorbing Revetment, Coastal Engineering in Japan, vol.17

Pullen, T. et al.(2007)：EurOtop, Wave Overtopping of Sea defences and related structures: Assessment Manual