

越波実験における風速の縮尺について

九州大学 学生会員 ○片山 紗也香
九州大学 正会員 山城 賢

1.はじめに

護岸等の海岸防護構造物は、越波量を許容量以下に抑えられることを水理模型実験によって確認することが一般的である。しかし、海岸防護構造物の設計の際に、風の影響が考慮されることはほとんどない。これは、越波を縮尺模型による水理模型実験で検討する際に、風速に関する適切な相似則がなく、風の影響を定量的に評価できないためである。

風速の相似について、飛沫の輸送に関してはフルード則、水流の分裂についてはウェーバー則を考慮すべきであるが、この2つの相似則を同時に考慮することは困難である。表面張力や密度を調整した流体を用いて、この2つの相似則を満たすことも考えられるが、存在したとしても入手困難や排水処理の問題等が考えられる。

Fukuda ら (1974) は、1971～1972 年に新潟東港で波、風、越波量の分布等の詳細なデータを観測した。山城ら (2004) は、この越波の現地観測結果を造波風洞水路で再現する模型実験を行い、現地風速と実験風速の対応関係を検討した結果、1/45 縮尺模型では実験風速を現地の 1/3 に設定すればよいことを示した。しかし、篠原ら (2013) はある特定の縮尺の模型実験であっても越波流量や風速によって、模型実験で設定すべき風速が変化することを示した。

本研究では、山城ら (2004) と同様に Fukuda ら (1974) の観測結果の再現実験を行い、より詳細に越波実験における現地風速と模型風速の対応を調べた。

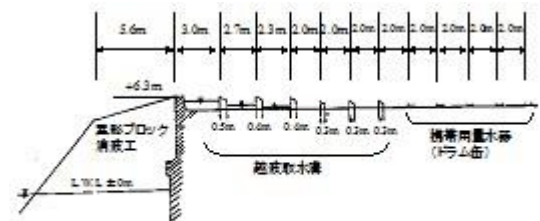


図-1 現地観測施設

2. 現地観測の概要

対象とする現地観測結果は、Fukuda ら (1974) により、新潟東港で 1971～1972 年に得られたものである。越波量を実際に現地で観測した例は少なく、この現地観測結果は貴重なデータといえる。観測施設は図-1 に示すような間隔で越波水を集水している。観測結果の例を抜粋し、越波量の水平分布を図-2 に示す。縦軸は単位面積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。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つのケースに分けられており、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。

3. 実験内容および結果の考察

3.1 実験内容

実験には図-3 に示す反射吸収式二次元造波風洞水路を用いた。縮尺は 1/45 とし、図-1 に示す現地の観測施設を参考に模型を作成した。護岸前面の水深は 10cm で、波高

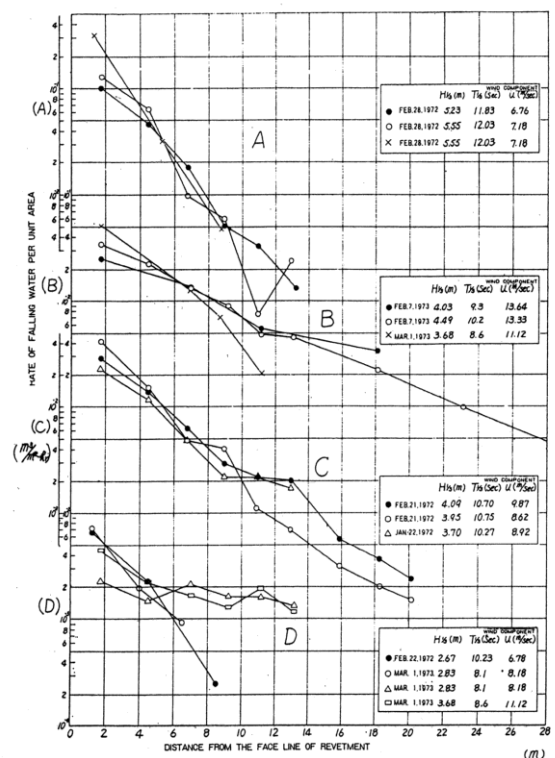


図-2 越波量分布の現地観測結果
(Fukuda ら (1974) より引用)

計位置の水深は 50cm である。入射波は現地観測結果をもとにフルード則より定めた。ただし、越波流量の規模が越波流量の空間分布に強く影響することから、実験結果と現地観測結果で越波流量そのものに大きな差が出た場合は、入射波高を増減させ、護岸直背後の越波流量の再現性を確保するように努めた。風速は護岸上の断面平均風速とし、無風を含め複数設定した。また消波ブロックは縮尺に応じた模型を使用した。波と風を同時に作用させて、護岸の背後に並べた柵により越波量を測定した。

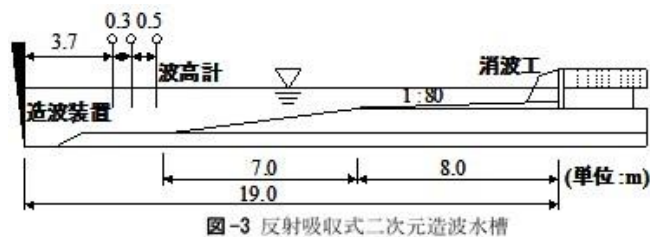


図-3 反射吸収式二次元造波水槽

3.2 実験結果

図-4 に越波流量の空間分布を示す。CaseA は越波流量が大きいケースで、CaseB は風速が強いケースであり、観測結果に加えて、無風での実験結果を示している。縦軸は単位幅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。図に示すように、越波流量の空間分布は指数関数

$$q = ae^{-bx}$$

(q :単位幅越波流量, x :護岸からの距離, a, b :係数)で近似される。したがって越波流量の空間分布は係数 a, b で決まることになる。そこで、それらの係数が越波量の規模と風速で表されるものと考え、重回帰分析による定式化を行った。その結果以下の式を得た。

$$a = \alpha_1 q^2 + \beta_1 u^2 + \gamma_1$$

$$b = \alpha_2 q^2 + \beta_2 u^2 + \gamma_2$$

(q : 護岸から一番近い単位幅流量, u : 風速, $\alpha_1, \beta_1, \gamma_1, \alpha_2, \beta_2, \gamma_2$: 係数)

図-5 に重回帰式の精度を示す。縦軸は上記の式による係数 a, b の推定値であり、横軸は現地観測結果を近似したときの係数 a, b の観測値である。

4.おわりに

越波流量の空間分布の現地観測結果を近似する式を求めた。今後は模型実験において同様に定式化を行い、今回得られた結果との比較から、越波実験における風速の対応について明らかにする予定である。

<参考文献>

- 山城 賢, 吉田 明德, 橋本 裕樹, 久留島 暢之, 入江 功 (2004): 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, vol.20, pp.653-658
N. Fukuda, T. Uno, and I. Irie(1974): Field Observations of Wave Overtopping of Wave Absorbing Revetment, Coastal Engineering in Japan, vol.17
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

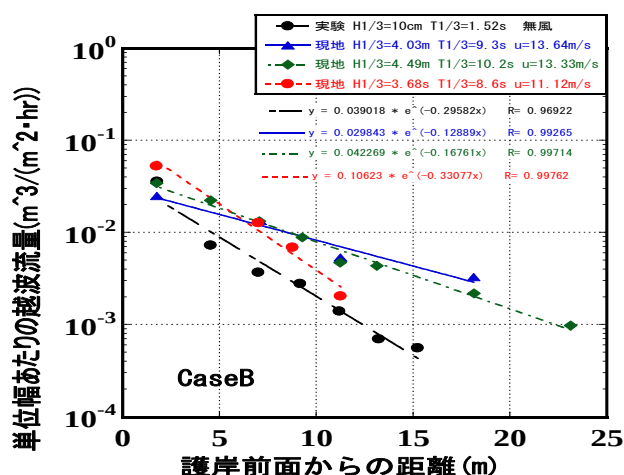
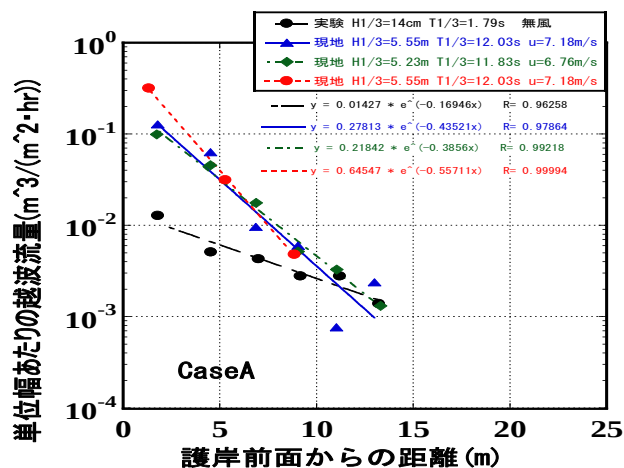


図-4 越波量分布の現地観測結果 (Fukuda ら (1974) より引用)

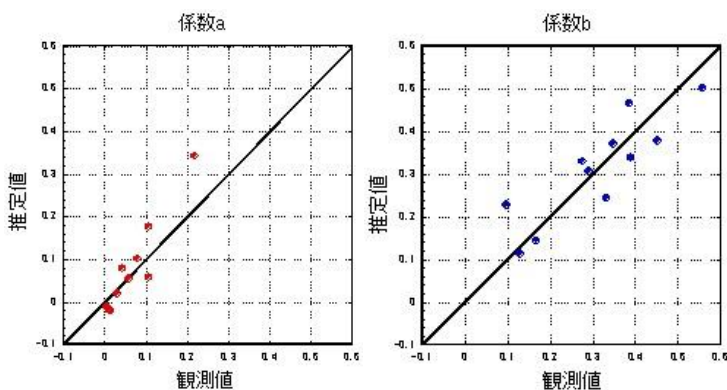


図-5 重回帰式の精度