九州大学 学生会員 〇改田将平

正会員 山城 賢

1. はじめに

沿岸防災を考えるうえで,近年では,越波流量などの時間平均量だけでなく,一波毎の越波量や打上げ高を 把握することの重要性が指摘されている.さらに,現実に越波が生じる状況を考えると,通常は強風が作用し ていることから,風が作用する状況での越波の出現特性を明らかにすることが望まれる.そこで著者らは,水 理模型実験により強風作用下での不規則波における越波量の出現頻度を検討することを目的に,画像解析を用 いた越波量の計測手法を提案し,これまでに,提案した計測手法の有用性と,風が作用する状況での個別波の 越波量の出現頻度について検討した¹⁾²⁾.本研究では,さらに実験条件を追加し,越波量の出現頻度特性につ いてより詳細な検討を行った.

2. 実験内容

2.1 計測手法の概略

断面2次元造波風洞水路に設置された護岸模型の前面 での流体運動(波の打上げや越波)を可視化し, 高速度 カメラ(フレームレート 400fps, シャッター速度 1/500s) で撮影する.次いで、護岸天端の高さに検査ラインを設 け, 撮影した映像から PIV (Particle Image Velocimetry) により検査ライン上の複数点で鉛直流速の時系列を求 める.得られた流速の時系列を検査ラインについて積分 すれば、検査ラインを上下に通過する水量の時系列が得られ、さ らに1周期間で積分すれば、1波当りの正味の越波量が求められ る.この時,ある1波の作用時間は,護岸の壁面に沿って計測し た水位変動データから判断する.なお、PIV により得られる流速 には、水面の乱反射等による異常値や欠測が含まれるため、それ らを取り除く必要がある.また、実験の際には、図-1に示すよう に護岸背後に越波升を設置し、それによって計測した累積越波量 をもとに、PIV で得た流速を補正する.本手法の詳細については 既発表論文²⁾を参照されたい.



図-2 堤体前面部の撮影

2.2 実験条件

実験には図-1 に示す断面二次元造波風洞水路(長さ 28m,高さ 0.5m,幅 0.3m)を使用した.この水路内に、海底斜面および直立堤の模型を作成した.水深は 30cm とし、入射波は修正 Bretschneider-光易型スペクトルを有する 4 種類の不規則波で、有義波高と有義波周期は(H_{1/3}, T_{1/3}) = (3.14cm, 0.84s),(4.5cm, 1.0s),(4.5cm, 1.2s),(5.7cm, 1.0s)とした.風の条件は、護岸壁面の位置での静水面上 20cm と 30cm (それぞれ天端上 11.7cm, 21.7cm)における風速を平均したものを代表風速として、0.0m/s(無風), 3.0m/s, 4.5m/s,6.0m/sを設定した.したがって、実験は入射波と風を組み合わせた 16 ケースについて実施した.各ケースとも波と風を同時に約 470 秒間作用させ、その間、図-2 に示すように高速度カメラによる撮影を行った.加えて、越波枡内の 2 か所と護岸壁面の1 か所を含む水路内の計 8 か所において、サンプリング周波数 50Hzで水面変動を記録した.データ数は 23480 個である.

3.1 風作用下における越波量の出現頻度の特性

⊠-3 \wr ⊂ (H_{1/3}, T_{1/3}) = (3.14cm, 0.84s), (4.5cm, 1.2s) の2ケ ースについて個別波の越波量 の頻度分布を示す.縦軸は対 数表示としている. 頻度分布 は、どちらのケースでも越波 量が大きくなるほど減少して おり,風速が大きくなるにつ れて頻度分布の裾が広がって いることがわかる. 図中に示 すラインは指数関数による近 似で, それぞれよく一致して いることから, 頻度分布は指 数関数で表されるものと推測 される. 図-4 は図-3 に示した 出現頻度から求めた確率密度 分布である.ただし、横軸は 平均越波量で基準化してある. 図中には期待値1の指数分布 を破線で示しており、どちら のケースも風速の条件によら ず、よく一致していることが



分かる. 図には、入射波の条件が (H_{1/3}, T_{1/3}) = (3.14cm, 0.84s) お よび (5.7cm, 1.0s) の 2 ケースのみ示したが, 他のケースでも同様の 結果となった.このことから、基準化した越波量に対する確率密度分 布は,入射波や風速の条件によらず期待値1の指数分布で表されるこ とが明らかとなった.

3.2 平均越波量と風速の関係

図-4に示したとおり、平均越波量は風速に応じて変化している、本 研究では直立堤で打ち上がる越波形態を対象としており,風が作用す る場合,打ち上がった波が風圧で陸側に押されるため越波量が増加す る. そこで, 図-5 に風速の二乗と平均越波量の関係を表した. 図より, 平均越波量は風速の二乗に比例することが確認できる.また近似直線 の傾きは入射波の条件によって異なっている.

4. おわりに

平均越波量で正規化した個別波の越波量の出現確率分布は,波や風の条件によらず期待値1の指数分布で 表されるという特性を明らかにした.また、平均越波量は風速の二乗に比例して変化することが分かった. 参考文献:1) 土木学会論文集 B3(海洋開発), Vol.68, No.2, p.I_324-I_329, 2012.

2) 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.68, No.2, p.I_736-I_740, 2012.



