

直立護岸における越波飛沫の発生過程に関する可視化実験

九州大学 学生会員 ○山田翔喜
 九州大学 学生会員 古賀健太郎
 九州大学 正会員 山城 賢
 九州大学 児玉充由

1. 目的

防波堤や護岸等の海岸構造物は波浪制御等の役割を果たす一方で、塩風害の原因となる大量の越波飛沫の発生源となり得る。しかし、越波飛沫の発生および輸送過程は未解明な部分も多い。山城ら¹⁾、古賀ら²⁾はこれまでに、造波風洞水路を用いた越波飛沫の可視化実験を行い、画像解析による計測手法を確立し、越波飛沫の飛散過程について検討した。本研究では、護岸直上における越波飛沫の発生過程を可視化し、その時間変化について詳細に検討した。

2. 内容

2.1 可視化実験の概略および実験条件

図-1 に示す断面 2 次元造波風洞水路(長さ 28m, 高さ 0.5m, 幅 0.3m)に直立護岸の模型を設置し、波と風を同時に作用させた。越波に伴い発生する飛沫をバックライト法により可視化し、高速度カメラで撮影した。観測部は遮光性のテントで覆い暗室とし、撮影範囲の背後に光を拡散させるためのアクリル板を設置して、背面からハロゲンライトにより光を照射した。撮影の焦点は水路ガラス面から 15cm (被写界深度は約 4mm) で、アクリル板の 2 cm 手前である。図-2 に示す D1、D2、E1、E2 の 4 領域で撮影し、フレームレートは 3,600fps、シャッタースピードは 1/178,000s とした。山城ら³⁾は、修正 Bretschneider-光易型スペクトルを有する不規則波と風を同時に作用させ、一波ごとの越波量と打上げ高を計測した。図-3 は、有義波高 $H_{1/3}=4.5\text{cm}$ 、有義波周期 $T_{1/3}=1.5\text{s}$ の不規則波で風速(護岸壁面上の断面平均風速) $U=3.0, 4.5, 6.0\text{m/s}$ における一波ごとの越波量と打上げ高の関係を示している。本研究では、この結果から越波量と打上げ高の組み合わせが異なる 4 種類の波 (wave①～④) を風速 3.0, 4.5, 6.0m/s についてそれぞれ選択し、その波による飛沫の生成過程について解析した。画像解析には市販のソフトウェア ((株) ディテクト製 Dipp-Macro) を使用し、飛沫を白、背景を黒で表す 2 値化処理を行い、飛沫の粒径と個数を計測した。なお、断面 2 次元の実験であるが、実際には水路横断方向のある幅に含まれる飛沫が解析の対象となる。事前に検証した結果、水路横断方向には約 2.0cm の幅が解析範囲となっていることを確認した。具体的な計測手法については

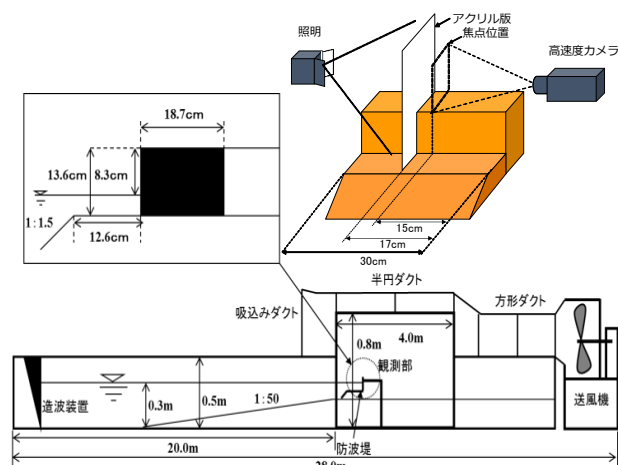


図-1 実験装置および可視化の概略

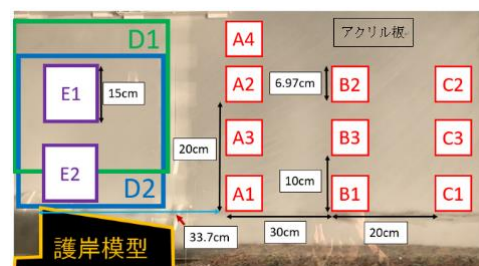


図-2 撮影領域

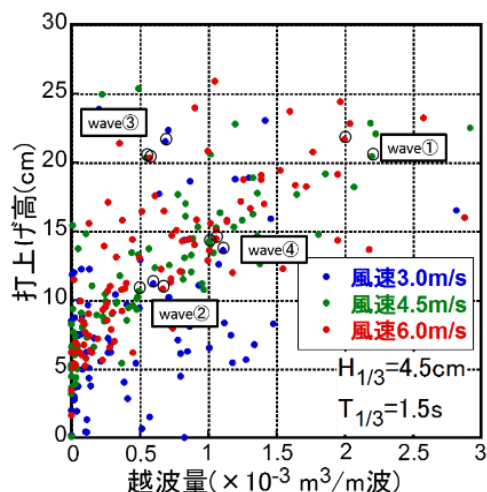


図-3 不規則波における一波ごとの越波量と打上げ高の関係

キーワード 越波飛沫 水理模型実験 可視化実験 画像解析 造波風洞水路

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 ウエスト 2 号館 1003 号室 沿岸海洋工学研究室 TEL 092-802-3415

山城ら¹⁾を参照されたい。

2.2 護岸直上における越波飛沫の発生過程

図-4 の上段に wave①, 風速 4.5m/s における領域 D2 での飛沫の発生の様子, 中段に同領域同時刻の飛沫個数のヒストグラム, 下段に護岸背後の領域 A2 におけるヒストグラムを示す。なお, 図中の時間は各領域において最初の飛沫が計測されてからの経過時間であるため, D2 と A2 の領域では同時刻ではない。映像から, 波の打上げの先端の飛沫は, 波が壁面に衝突することで発生したものであることがわかる。一方, 図-6 は図-4 の赤枠の部分(E2)での飛沫の発生の様子で, 時間の経過とともに打上がった水塊が風によって膜のように広がり, 最終的に破裂して, 粒径の小さな飛沫が多数発生する。これが一連の打上げの間に何度も起こり, 飛沫個数が急激に増加する。また, そのようにして発生した細かい飛沫は移動速度が大きい。波が鉛直方向に高く打上がる場合, 最高点に達するまでの間に多くの水塊が風によって引きちぎられ, 多数の微小な飛沫が様々な方向へ飛散する。当然ながら, これらの飛沫は風速が大きい程発生しやすく, A2 におけるヒストグラムにみられるように背後の広い範囲に運ばれる。図-5, 図-7 は同様に E2 における wave ②での飛沫の発生の様子である。wave②は越波量, 打上げ高ともに小さく, 打上げ先端の飛沫も少ない。また, 風による水塊の破裂が生じて微小な飛沫が発生するものの, その頻度や規模が小さく, 飛沫の数が非常に少ない。

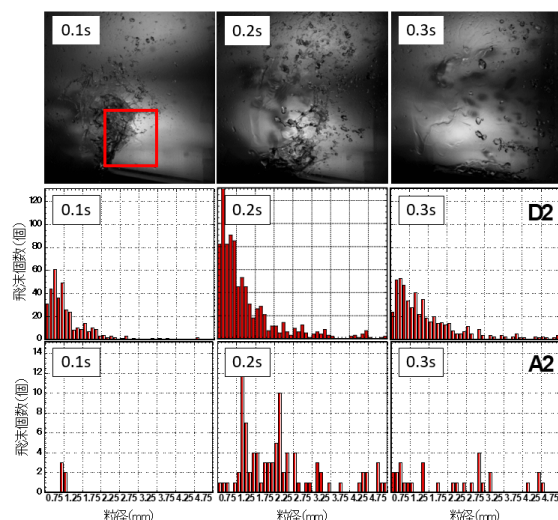


図-4 飛沫発生の様子と飛沫個数分布の時間変化(wave①, 風速 4.5m/s)

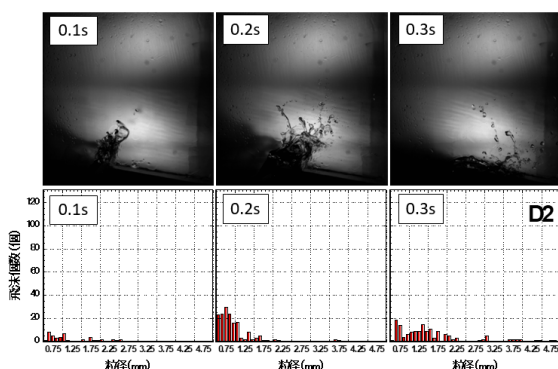


図-5 飛沫発生の様子と飛沫個数分布の時間変化(wave②, 風速 4.5m/s)

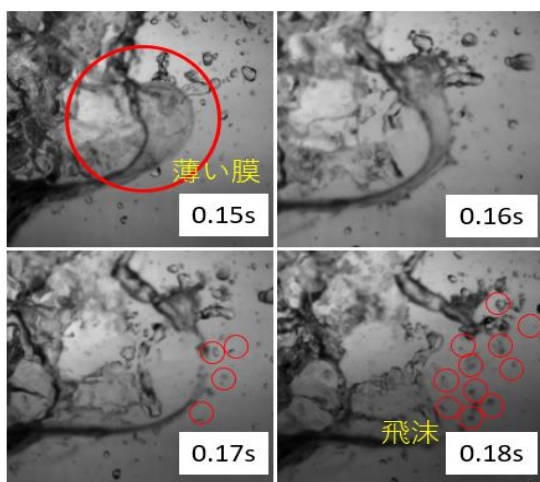


図-6 水塊が破裂する様子 (wave①)

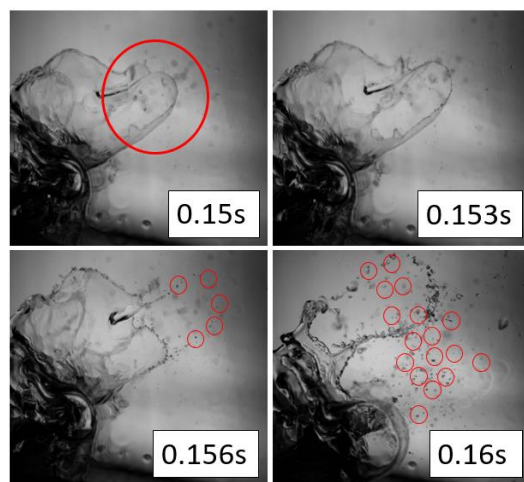


図-7 水塊が破裂する様子 (wave②)

3. 結論

本研究では, 直立護岸で発生する越波飛沫の発生過程を把握するため, 造波風洞水路を用いて可視化実験を行い, 飛沫の発生過程の詳細および打上げ規模による飛沫発生状況の違いなどについて有用な知見を得た。

<参考文献>

- 1) 山城ら: 越波飛沫の輸送過程に関する実験的研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.73, No.2, pp.1_847-1_852, 2017.
- 2) 古賀ら: 直立堤背後の越波飛沫量の空間分布に関する実験的研究, 令和元年度土木学会全国大会 2019
- 3) 山城ら: 風作用下での越波量の出現頻度に関する実験的研究, 土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.69, No.2, pp.1_771-1_775, 2013.