

大規模な波の打上げに伴う越波飛沫の飛散過程に関する研究

九州大学大学院 学生会員 ○村木 秀國, 石丸 稔基
 九州大学大学院 正 会 員 山城 賢 , 井手 喜彦
 九州大学工学部 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、大量の越波飛沫の発生源となり、塩風害の原因になり得る。写真-1は直立護岸で生じた越波の例で、大量の飛沫の発生が確認できる。越波により生じる飛沫に関する研究例^{例えば 1), 2)}は幾つかあるが、越波飛沫の発生および飛散過程は複雑で未解明な部分も多い。本研究では、越波飛沫の発生および飛散の状況を把握することを目的に、人工島「長州出島」において、冬季風浪時に大規模越波の現地観測を実施した。



写真-1 直立護岸での越波の例

2. 内容

2.1. 長州出島の概略

図-1に長州出島の位置および概略図を示す。長州出島は山口県下関市の沖合に位置し、下関港での港湾物流量の増大や、船舶の大型化に対応するための新たな物流拠点として建設中の人工島である。長州出島は、物流の利便性や環境への影響を配慮した結果、外洋に配置されている。そのため、台風襲来時や、冬型の気圧配置に伴い北西から西の風浪が発達した際には、大規模越波が発生する。また、2009年3月から一部供用されているが、建物等はほとんどない状況であるため、遮蔽物が少なく、越波飛沫の飛散過程に関する観測に適している。

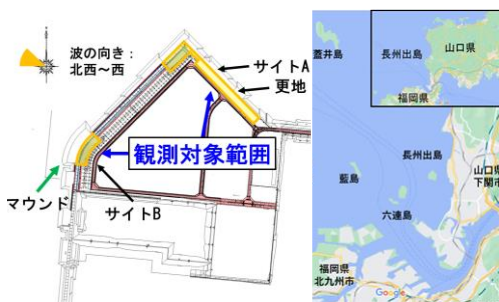


図-1 長州出島の位置および概略図

2.2. 現地観測の概略

現地観測は、2021年12月17日、2023年2月5、6、20日および2023年1月24、25日に実施した。いずれの観測日も冬型の気圧配置が発達していた。観測項目は、越波の頻度と打上げ高、飛沫量、飛来塩分量および風向風速であり、図-2に観測機器の配置を示す。越波の打上げ高については、ビデオカメラによる映像に加え、第1回観測では越波監視システム（ソニック社製）による計測を行った。飛沫量は、転倒升式雨量計（DAVIS社製 型式7852）を護岸背後に設置して、越波した水塊や飛沫の量を計測した。本観測では、降雨量（飛沫量）0.2mmと0.5mm毎に計量升が転倒する雨量計を用いた。また、護岸から離れた場所に飛来する微小な飛沫について、海水に反応して変色する感水紙を用いて観測した。図-3に示すように、感水紙を暴露し、付着する飛沫をビデオカメラで撮影した。飛来塩分量については、円筒形の金網籠に乾燥ガーゼを巻いた飛来塩分捕捉器を作成し、ポール（高さ1.5m）に取り付けて

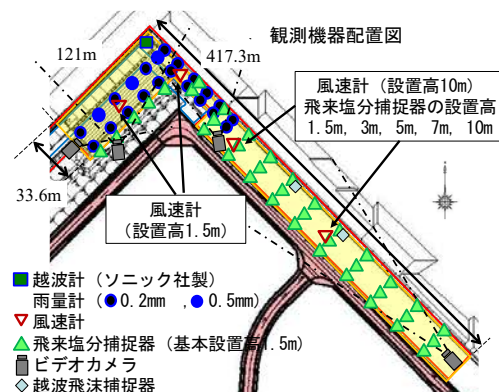


図-2 観測機器配置図（サイトA）



図-3 越波飛沫捕捉器

キーワード 越波, 越波飛沫, 飛沫粒径分布, 画像解析, 現地観測

連絡先 〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744 九州大学 伊都キャンパス W2-1003 TEL 092-802-3415

護岸背後の広い範囲に設置した。風向風速はプロペラ式風向風速計を用いて連続的にサンプリング間隔 1 秒で計測した。計測高は地上 10m と 1.5m である。10m の風速計の柱には高さ 1.5, 3, 5, 7, 10m の位置に飛来塩分捕捉器を設置した。

2.3. 越波流量空間分布

図-4 に第 1 回観測 (2021 年 12 月 17 日) の 13 時～16 時における飛沫量の空間分布を、図-5 に図-4 中の AA' 断面における越波流量空間分布をそれぞれ示す。この時間帯は激しく越波が生じており、風速は約 15m で、風向は図に示す通り、概ね護岸に垂直であった。飛沫量は風下方向に向かって減少傾向を示し、既往研究で報告されている通り、単位面積当たりの越波流量は、護岸からの距離に対して指数関数形で近似される。

2.4. 微小飛沫の飛散過程

図-6 は、第 6 回観測 (2023 年 1 月 25 日) で得られた感水紙により捕捉した飛沫の例である。観測した位置は、図-4 に赤色の矢印で示す、護岸から 110m 離れた地点である。どちらも二値化しており、白く見えるのが飛沫痕である。また、左図に対し、右図は 24 秒後の状態であり、時間の経過とともに次々に飛沫が飛来してきたことが分かる。これらの画像をもとに、飛沫の粒径分布の時間変化を示したものが図-7 である。なお、画像解析で得られた飛沫痕の面積と円形度から、山城ら²⁾による変換式を用いて、飛沫粒径を算出した。図中には 0s～40s までの 8s 間隔で粒径分布を示しており、ある一度の越波で発生した飛沫が、観測地点を凡そ通り過ぎるまでの変化を捉えている。図-8 は、図-7 の粒径分布から、8 秒間での増加分を示したものである。これらの図から、24s までに多くの飛沫が飛来していることが分かる。16s までは、粒径が 500 μm 程度の飛沫が主に飛散しており、その後、24s までの間に、600 μm 以上の大きな飛沫が遅れて到達している。また、24s を超えると増加数が減少し、頻度分布も収束している。

3. 結論

本研究では、越波飛沫の飛散過程を把握することを目的に、冬季風浪時に現地観測を実施した。観測では、越波流量や飛来塩分量の空間分布に加え、微細な飛沫の捕捉を試み、飛来してくる飛沫の時間変化を捉えることに成功した。今後、観測結果を蓄積することで、越波飛沫の飛散過程の詳細な解明が期待される。

<参考文献>

- 1) 山城ら：スリット式直立消波護岸背後の越波流量空間分布に関する現地観測，土木学会論文集 B2(海岸工学), Vol.75, No.2, I_727-I_732, 2019.
- 2) 山城ら：直立防波堤での打上げにより生じる飛沫の粒径分布について，海岸工学論文集，第 54 巻 (2007) 土木学会，761-765

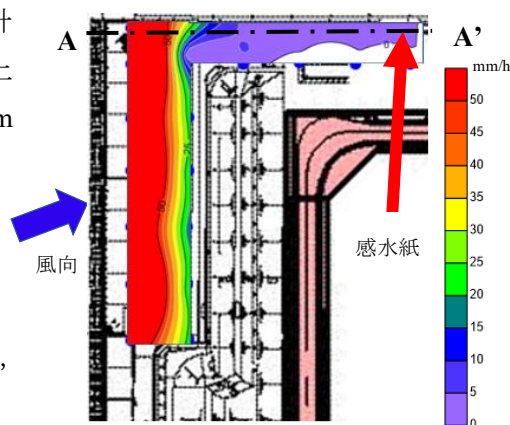


図-4 飛沫量の空間分布
(2021/12/17 13~16 時)

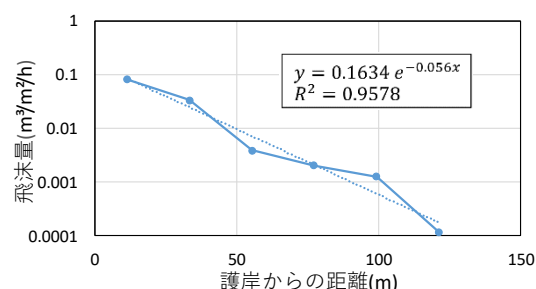


図-5 越波流量空間分布

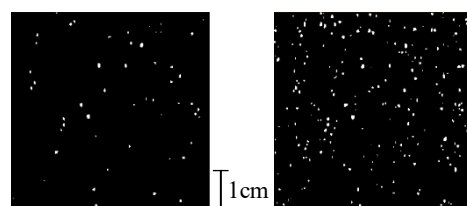


図-6 二値化画像 (左図 0(s), 右図 24(s))

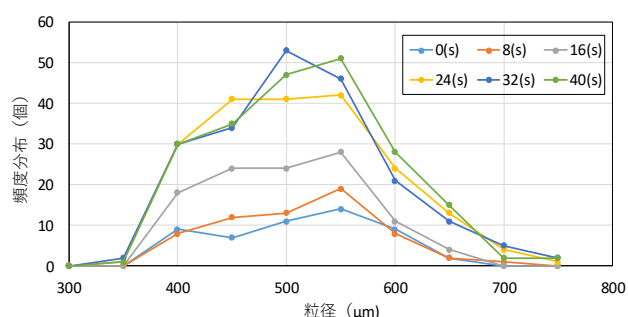


図-7 粒径頻度分布の時系列変化

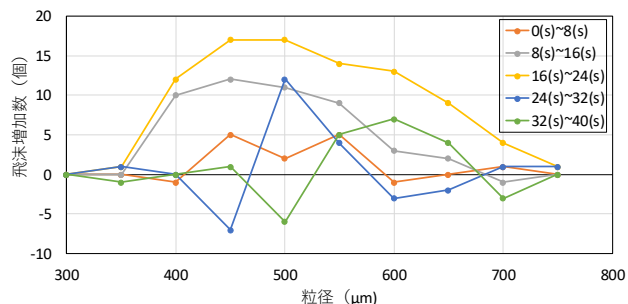


図-8 粒径毎の飛沫増加数