18.7cm

# 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

:1.3

| 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、越波飛沫の発生及び輸送過程は 複雑で未解明な部分も多い.山城ら<sup>1)</sup>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、越波飛沫の計測を行った. 本研究では、同手法を用いてより多くの条件について同 様の実験を行い、直立堤における越波飛沫の飛散過程に 対する風の影響等について検討した.



#### 2. 水理模型実験

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る.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する.観測部は遮光性のテン トで覆い暗室とし,図-2 に示すように,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 2cm 手前 である.図-3 に示す 7 つの領域 A1~C2(1辺 6.97cm)を撮影領域とした.フレ ームレートは 3,600fps,シャッタースピードは,計測領域 A2, B2, B1.5, C2 で は 1/333,000s,計測領域 A1, B1, C1 では 1/178,000s とした.撮影は作用してい る不規則波中のある特定の一波について行い,その波による飛沫の飛散過程に 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.計測手法の詳細は山城ら<sup>10</sup>を参照されたい.

山城ら<sup>2)</sup>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-4は,有義波高 H<sub>1/3</sub> = 4.5cm,有義波周期 T<sub>1/3</sub>=1.5sの不規則波で風速(護岸壁面上の断面平均風速) U=3.0,4.5,6.0m/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)を計測対象とし,風速は 3.0, 4.5, 6.0m/s に設定した. 各条件に つき 5 回計測した平均値を実験結果とした. 実験ケースは全体で 84 ケース (420 回計測) となる.

### 3. 越波飛沫の飛散

図-5 に 4 種類の波について風速 6.0m/s の場合の計測領域 A2, C1 における飛

キーワード 越波飛沫 水理模型実験 可視化実験 画像解析

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



図-2 可視化実験の概略







図-4 不規則波における一波ごとの越波量と打上げ高の関係(山城ら<sup>2)</sup>に加筆)

沫個数密度分布を示す. なお, 飛沫個数密 度とは計測領域の面積(1辺 6.97cm)と水 路横断方向の計測幅(2.0cm)で除した単位 体積あたりの飛沫の個数である<sup>1)</sup>. 図中に 示すように飛沫個数密度の分布は, 粒径が 大きくなるにつれて減少し指数関数 ( $\alpha e^{-\beta x}$ )で近似される. また, 護岸から離 れるにつれて, 飛沫個数密度分布が全体的 に小さくなり, C1の位置まで離れると飛沫 個数は大幅に減少する. さらに, A2 の位置



での計測結果より,wave③および wave①で飛沫個数が多いことから,越波飛 沫の発生量には打上げ高の影響が大きいといえる.なお,打上げ高が非常に小 さい wave②では A1, A2 地点でのみ,wave④では A1, A2, B1, B2 地点での み越波飛沫が確認された.図-6 に wave③について計測領域 B2 における風速 が異なる場合の飛沫個数密度分布の比較を示す.図より風速が大きいほど飛沫 個数密度が大きくなり,風速 3.0m/s では粒径が小さい飛沫の個数が非常に少 なくなっている.このことから,風速が大きくなるほど飛沫がより細かく分裂 し,護岸背後に多く飛散することがわかる.



図-7 は、粒径 1.05mm, 3.05mm (図-5 に点線で示す) について、計測領域 A1~C2 の7 地点での飛沫個数密度から作成した空間分布図である. a-1, 2

は wave③で風速 4.5m/s, b-1, 2 は wave③で風速 6.0m/s, c-1, 2 は wave④で風速 6.0m/s である.本実験の計測範 囲においては,全体的に護岸に近く高い位置(A2の位置)で飛沫が最も多く,護岸から離れるにつれ個数が減 少し,粒径が小さいほど個数が多いことがわかる.また,例えば護岸から 70cm 程離れた位置の空間分布を比較 すると,bの wave③,風速 6.0m/sのケースでは,高い位置で飛沫個数密度が高いが,他のケースでは,低い位置 で飛沫個数密度が高くなっている.すなわち,図-7 は,打上げ高が高く風速が強いと飛沫が高い位置で遠くまで 運ばれ,逆に,打上げ高が低く風速が小さいと飛沫が護岸から近い範囲に落下することをよく示している.



#### 4. 結論

本研究では,直立堤で発生する越波飛沫の飛散について詳細な実験を行い,飛沫個数密度の空間的な変化 など現地での越波飛沫の現象解明に有用な知見を得た.

<参考文献>

- 1) 山城 賢,仲村 渉,小川大輔,児玉充由,上久保裕志,横田雅紀: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.l\_847-l\_852, 2017.
- 山城 賢,改田将平,知念 卓,吉田明徳: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.l\_771-l\_775, 2013.