

直立堤で生じる越波飛沫の風による飛散に関する実験的研究

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. はじめに

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¹⁾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、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 X1～S2（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 X2, Y2, Y3, S2 では 1/333,000s、計測領域 X1, Y1, S1 では 1/178,000s とした。撮影は作用している不規則波のある特定の波について行い、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¹⁾を参照されたい。

山城ら²⁾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ている。図-4 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）を計測対象とした。また、風速は 3.0m/s、4.5m/s、6.0m/s に設定した。

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 の場合の各計測領域における飛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

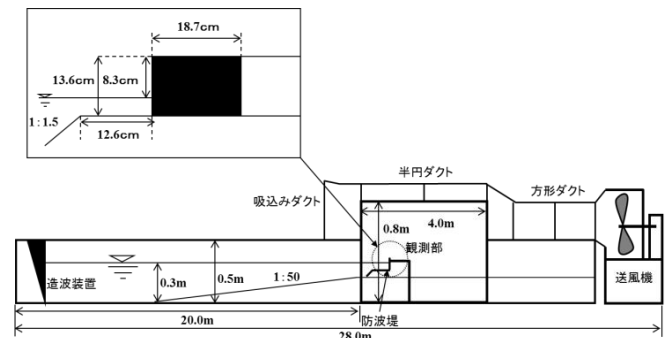


図-1 断面 2 次元造波風洞水路

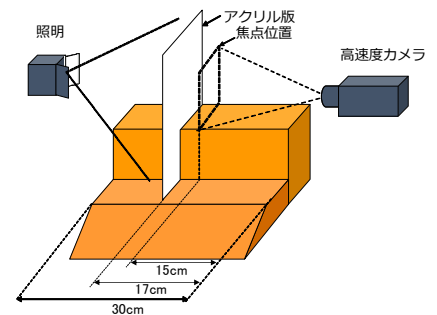


図-2 可視化実験の概略

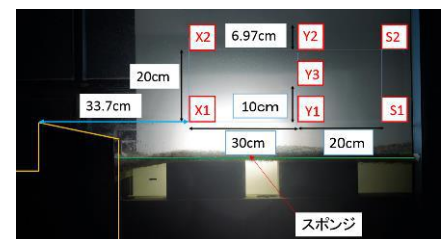


図-3 実験装置の観測部

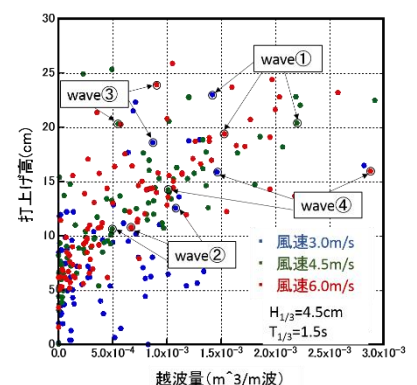


図-4 不規則波における一波ごとの越波量と打上げ高の関係（山城ら²⁾に加筆）

る¹⁾。図より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っていることから、飛沫が飛散しつつ落下していることが分かる。また、X2 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。しかし、S1, S2 の位置まで離れると飛沫個数は大幅に減少し、打上げ高による違いはあまりみられない。なお、打上げ高が非常に小さい wave②では X1, X2 地点でのみ越波飛沫が確認された。

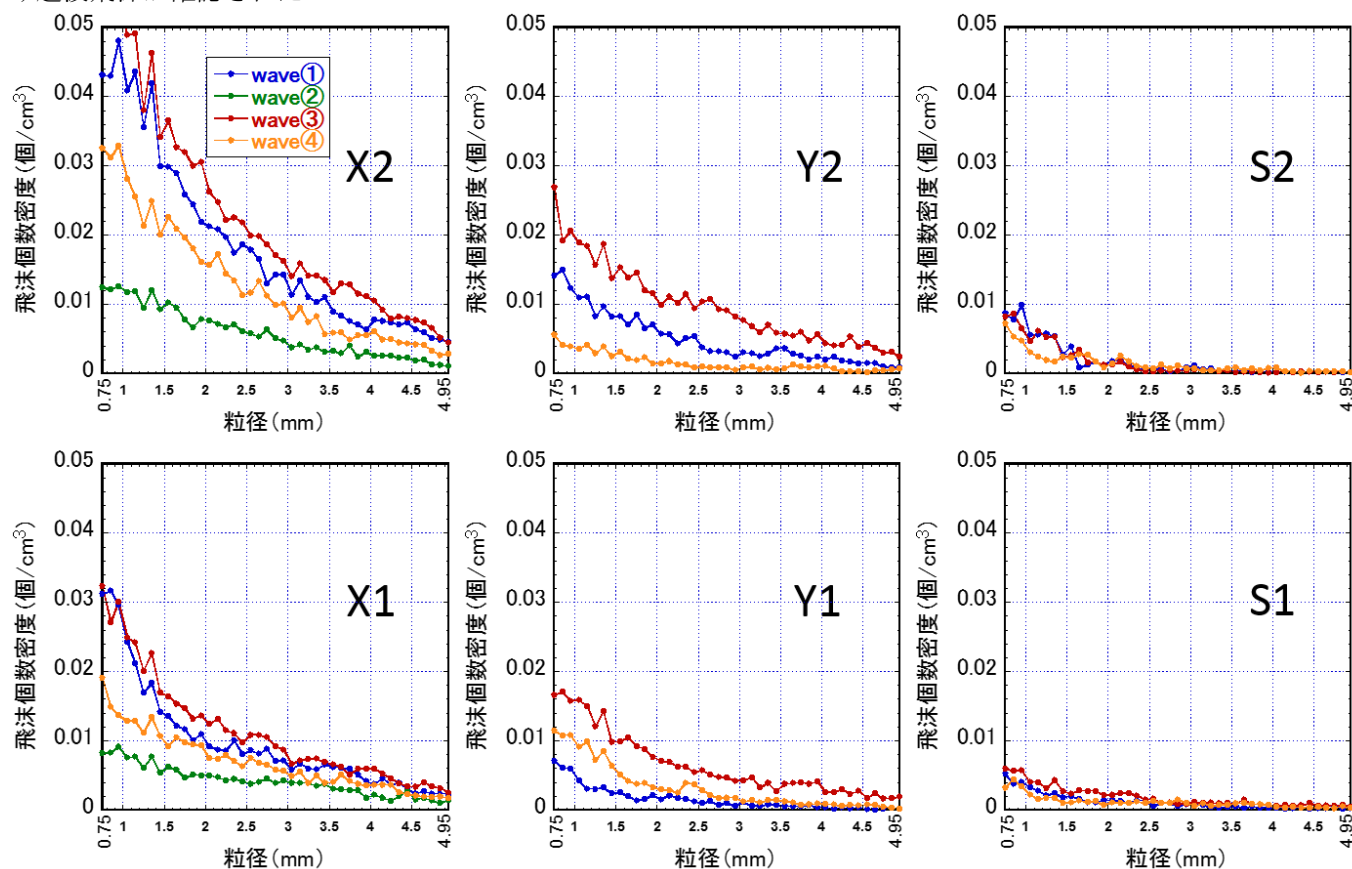


図-5 各計測領域における飛沫個数密度分布 (風速 6.0m/s)

図-6 は、計測領域の下端が護岸天端と同じ高さである X1, Y1, S1 の結果から wave①, ④について粒径 1.05mm, 2.05mm, 3.05mm, 4.05mm の飛沫個数の空間変化を示したものである。図より、粒径の小さい越波飛沫の方が粒径の大きな越波飛沫に比べて発生量が大きく、護岸から離れるにつれて急激に減少していることが分かる。また、2 つの図の比較から、粒径の小さな越波飛沫であるほど、その発生量に波の打上げ高が大きく影響すると推測される。

4. おわりに

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結果が得られた。今後は、越波飛沫の飛散過程と、それに対する打上げ高、越波量、風速等の影響についてより詳細に検討する。

<参考文献>

- 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.1_847-1_852, 2017.
- 山城 賢, 改田将平, 知念 卓, 吉田明德: 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.

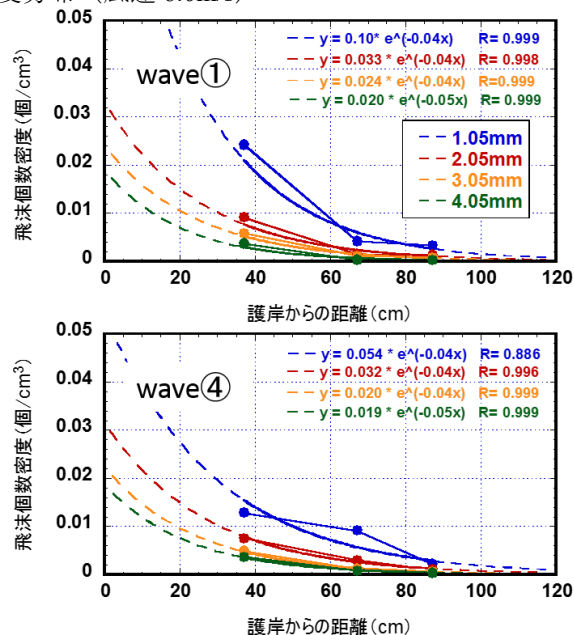


図-6 粒径ごとの飛沫個数の空間変化