可視化実験と画像解析を用いた越波飛沫の輸送過程に関する研究

九州大学	学生会員	○仲村	渉
		児玉チ	百由
	正会員	山城	賢

1. はじめに

海水の塩分を含む潮風は,鉄筋コンクリート構造物等の腐食・劣化,農作物の枯死・減収,広域に及ぶ停電など, 多岐にわたって塩風害を引き起こす.道路や橋梁等の社会基盤の長寿命化や農業生産の確保が喫緊の課題である我 が国において,塩風害は今後一層重大な問題となるであろう.ところで,台風来襲時のニュース等で,岸壁から大 量に飛び散る海水飛沫の映像を目にするが,その映像にあるように,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海塩粒子(微小な海水飛沫)の発生源となり得る.しかし,その発生及び輸送過程 は複雑で未解明な部分も多い.以上より,本研究では,海岸構造物での越波に伴い発生する飛沫(越波飛沫)の輸 送過程を解明することを目的に,水理模型による可視化実験を行い,画像解析による飛沫の計測を行った.

2. 実験内容

2.1 越波飛沫計測の概略

断面 2 次元造波風洞水路に護岸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.¹⁾ 撮影は護岸背後の複数個所で行い,その映像から,画像 解析により撮影範囲における飛沫の粒径分布を求める.

2.2 実験条件

実験には、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)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、入射波は規則波で波高と周期は

(H, T) = (6.0cm, 2.0s) とした. また, 風速は 6.0m/s とした.

2.3 可視化実験の概略

図-1 に示す水路の観察部は遮光性のテントで覆い暗室とし,図-2 に 示すように,撮影範囲の背後に乳白色のアクリル板を設置して,その後 ろから光を照射した.光源にはメタルハライドランプ((株)フォトロ ン製)を使用し,アクリル板により光を拡散させた.なお,光源の光の 強度は撮影した映像の鮮明度に強く影響するため,照明の角度や設置 位置について事前に検討した.また,撮影の焦点は水路ガラス面から 15cm(被写界深度は約4mm)とし,その2cm背後にアクリル板を設置 した.これらの位置については,画像解析においてガラス面やアクリル 板に付着する飛沫をできるだけ削除できるよう事前に調べて設定し た.図-3に示す A1からD4の16領域(1辺6.97cm)を高速度カメラ で撮影した.撮影は作用している規則波のある特定の一波について行 い,その波による飛沫の輸送過程について解析した.

2.4 計測方法

飛沫の撮影には、当研究室で所有している高速度カメラ FASTCAM SA4(model 500K)((株) フォトロン製)とレンズ Ai Micro-Nikkor 105mm



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 実験装置の撮影部

f/2.8s ((株) ニコン製) を用いた. 事前の検 討により,フレームレートとシャッタース ピードはそれぞれ 3,600fps, 1/178,000s とし た.また,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 した.まず,得られた映像から背景を除去 し,飛沫を白,背景を黒で表す2値化処理 を行う.ついで,2値化画像において飛沫



図-42値化画像の例

に相当する部分を検知し粒径と数を計測する.図-4に2値化画像の例を示す.この図は,飛沫の飛散の時間経過を示しており,例えば赤丸,緑丸,黄丸で示すように,飛沫が護岸背後へ飛散している様子をよく理解できる.

3. 飛沫の粒径分布

図-5 に A1, A4, D1, D4 の計測領域に ついて, 越波飛沫の粒径分布の経時変化 を示す. 各計測領域において飛沫が写っ た時点から 0.04s, 0.135s, 0.2s 後の粒径分 布を示しており,各図の結果は5回計測 した平均である.なお、各図の凡例の時間 は同一の時刻ではなく, 各計測領域で時 間差があることに注意されたい.また,解 析においては粒径が 0.75mm 未満及び 5.00mm 以上の飛沫は一纏めになるため 除外している. 図より, 全体的に粒径が小 さい飛沫ほど数が多いことが分かる.ま た,時間経過に伴い飛沫の数が増加,減少 している様子を確認できる. 各計測領域 で比較すると、飛沫が写ってから 0.2s 後 の飛沫の数は, A4, D4 が A1, D1 より も多く, A4, D4の高さに多くの飛沫が飛 散していることが分かる.また、粒径が 1mm 前後の飛沫に着目すると、飛沫量の



ピーク時(T=0.135s)での飛沫の数はA1, A4がD1, D4よりも多い.このことから,護岸付近では粒径が1mm前後の飛沫が多く発生しているものの,護岸から離れるにつれ,拡散あるいは沈降していると考えられる.一方,粒径が3mm以上の飛沫については, A4とD4を比較すると大きな変化は無いように見えるが, A1とD1を比較するとD1の方が全体的に大きな飛沫の数が減っており,護岸から離れるに従って大きな飛沫が落下しているものと考えられる.なお,D1の粒径分布には,より高い位置から落下してきた飛沫が含まれていると思われる.

4. おわりに

造波風洞水路を用いて,直立堤で発生する越波飛沫の可視化実験を行い,画像解析を用いて護岸背後の飛沫の粒 径分布を計測した.その結果,護岸からの距離や高さによる飛沫の粒径分布の変化を捉えることができた.今後は より詳細な計測を行い,波や風の影響について検討する予定である.

<参考文献>

1)仲村渉,山城賢,横田雅紀(2015):越波飛沫の計測法について,第70回土木学会年次学術講演会概要集 CD-ROM