

直立防波堤における越波飛沫の飛散過程について

九州大学 学生会員 ○見國洋平 村上和康
九州大学 正会員 山城 賢 吉田明徳

1. はじめに

暴浪時に防波堤や護岸に作用して高く打ち上がった波が細かい飛沫となり、強風により後背地に飛散するといった越波飛沫の現象は各地で頻繁に起こっている。この現象によって、塩害や交通障害といった被害が生じているが、飛沫防止に対する具体的な有効策はなく、また越波飛沫の飛散過程など未解明な部分が多い。そこで、本研究では直立防波堤で生じる越波飛沫の飛散過程を解明することを目的に、冬季の暴浪時に山口県下関市に位置する和久漁港で現地観測を行った。

2. 現地観測の概要

図-1 に対象地区の概略を示す。この漁港は港口から約 70m 沖に直立防波堤（天端高 7.1m、堤体幅 13.1m、延長 140m）を有し、これにより暴浪を防ぎ港内の静穏度が確保されている。しかしながら、暴浪時には直立堤で図-2 に示すような大規模な打上げが頻繁に生じ、発生した飛沫や海塩粒子が強風で陸域に運ばれ、地区全体で窓枠の錆などの家屋被害、植木の枯死、洗濯物が干せないなどの塩害が生じている。

観測は、2005 年 12 月 13, 22 日、2006 年 2 月 8 日、12 月 17, 28 日、及び 2007 年 2 月 14 日、15 日の計 7 回実施し、風向風速の計測と越波飛沫のビデオ撮影を行った。風向風速は、プロペラ式風向風速計を漁港にある岩の頂上に設置（図-1 参照）し、連続的にサンプリング間隔 2 秒で計測を行った。なお、設置高は地表面からおよそ 5m (DL+11.3m) である。ビデオ撮影は、防波堤をほぼ真横に望める約 2km 南の岬からデジタルビデオカメラにより越波飛沫を撮影した。

3. 画像解析

撮影したビデオ映像から、まず、個々の打上げについて目視により打上げ高(R)を計測した(図-2 参照)。ついで、ビデオ映像の各フレームを BMP 形式の画像に変換し、図-4 上図に示す各格子(縦 2.6m、横 3.4m)の平均輝度を抽出して、越波飛沫による輝度の変化を調べた((株)ライブラリー製濃度変位量計測ソフト「Gray-val」を使用)。なお、輝度とは各ピクセルの明る

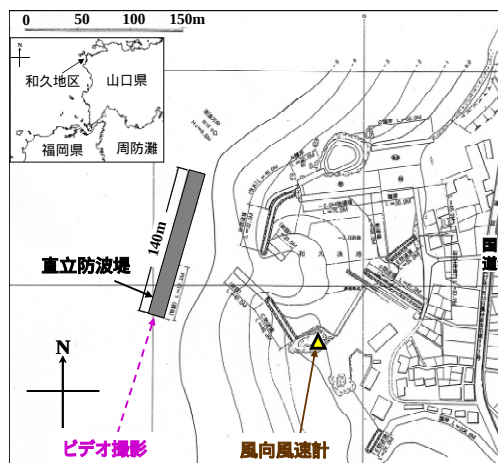


図-1 観測対象地区（山口県和久漁港）

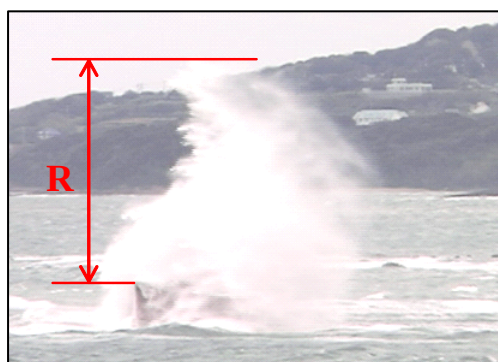


図-2 打上げと飛沫の飛散



図-3 RGB の明暗の段階的变化

さのことであり、RGB の明暗が 256 段階で表現される場合、輝度は 0~255 の数値で表され、0 が最も暗く、255 が最も明るいことを意味する（図-3 参照）。

4. 越波飛沫の飛散過程

図-4 に解析結果の一例を示す。上図は飛沫の飛散の様子を示しており、下図は上図に示す領域 1~領域 3 における輝度の変化から読み取った飛沫密度(s)の鉛直分布である。ここで飛沫密度とは、飛沫が飛来してくる前の各格子内の平均輝度を 0 とし、輝度の最大値 255 を 100 として各格子における輝度の変化を百分率で表したもので、飛沫の量によって変化することから飛沫密度と呼ぶことにした（各格子内が完全に飛沫で

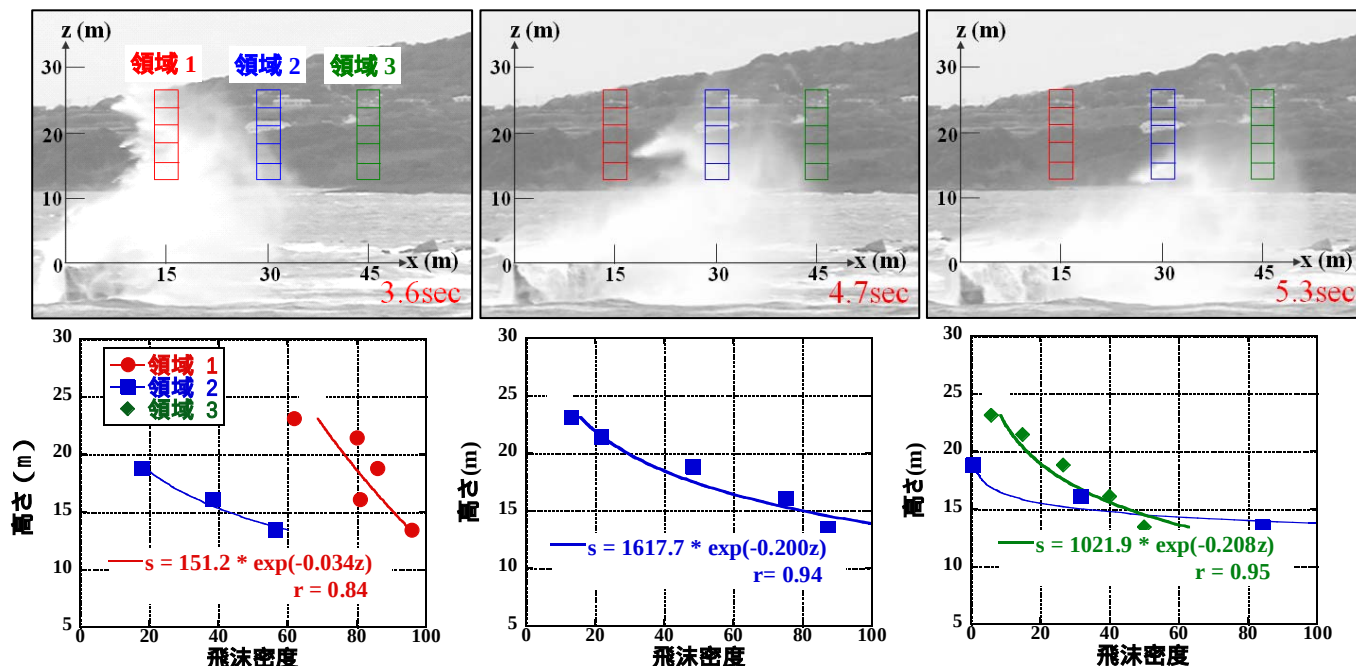
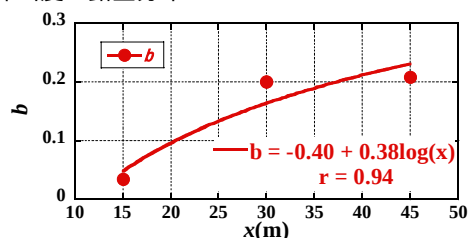


図-4 飛沫の飛散過程と飛沫密度の鉛直分布

埋まった場合、輝度の最大値 255 (白)となる)。なお、飛沫密度の解析は背景が海面の部分では困難であったため、背景が陸の部分でのみ行った。また、図は左から右に時間が経過しており、それぞれの領域で飛沫が最も高い位置に達している瞬間(打上げが発生してから 3.6 秒後、4.7 秒後、5.3 秒後)を示している。なお、この時の打上げ高は約 28m であった。この図より、時間の経過と共に飛沫が移動している様子が分かる。また、下図に示す領域 2 の飛沫密度の鉛直分布をみると、飛沫の移動に伴い鉛直分布が時間的に変化している様子が認められる。さらに、各領域で飛沫が最も高い位置にまで達している時の飛沫密度の分布(図中の ~

で示す分布)を比較すると、防波堤から離れるにつれ、飛沫密度(すなわち飛沫量)は全体的に減少しており、これは、飛沫が徐々に降下しているためと考えられる。

図-4 下図の飛沫密度の鉛直分布には指数関数による回帰式を併せて示している。既応の研究¹⁾によれば、飛沫量や塩分濃度の鉛直分布が指数関数形で与えられることが多いため、ここでも指数関数を用いた。ただし、既応の研究にみられる塩分濃度等の鉛直分布は鉛直 2 次元断面における任意の鉛直軸上の分布であるのに対し、ここでの飛沫密度の鉛直分布は 3 次元的な拡がりをもつ飛沫を側面から見ているため、奥行方向について積分されたものであり、この点に注意を要する。図より、各回帰式は観測値と比較的よく一致している。また、回帰式 ($s = a \exp(-bz)$) における係数 b は、

図-5 防波堤からの距離による飛沫密度の回帰式 ($s = a \exp(-bz)$) における係数 b の変化

飛沫濃度の鉛直方向の変化率を示しており、防波堤に近い領域 1 では値が小さく鉛直方向の変化率も小さい。逆に防波堤から離れた領域 3 では係数値が大きく変化率も大きい。この係数 b の防波堤からの距離に対する変化を示すと図-5 のようになり、防波堤から離れるにつれ一定値に漸近するものと思われる。このことから、飛沫密度(飛沫量)は防波堤から離れるにつれ、上層から急激に減少することが分かる。

5. おわりに

直立防波堤で生じる越波飛沫の飛散過程について、現段階では直接的に飛沫量の時空間的な変化を把握することは困難であるが、飛沫による輝度の変化を通じて、定性的には飛沫の飛散過程について幾つかの知見を得た。今後は、定量的な検討を可能とするため、さらに現地観測を継続し、実際の飛沫量の計測等を行う必要がある。

謝辞：本研究を実施するにあたり、和久漁港漁業協同組合の住民の方々、および下関市豊北総合支所水産振興課に御協力頂きました。ここに記して感謝の意を表します。
参考文献：1) 例えば、松永信博・樫田操・入江功：消波護岸によるしぶきの発生と護岸後背地への輸送，海岸工学論文集，第 41 巻，pp.1046-1050