

大阪市立大学大学院工学研究科 学会員 ○安平 悠紀  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 武田 将英  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 重松 孝昌

## 1. 研究背景・目的

船舶の大型化などに伴う護岸前面の大水深化の要望に応えるために、棧橋構造を有する港湾施設が築造されてきた。しかし、この棧橋構造物は塩害劣化が著しく、これに対する維持・補修方法の確立が喫緊の課題となっている。塩害劣化の発現箇所は、荒天時の高波や潮の干満では説明がつかず、比較的静穏時の波による影響が大きいと網野らが報告している<sup>1)</sup>。波が構造物に激突する際に発生する飛沫の RC 床版への付着位置を予測するためには、飛沫の発生量、飛沫径、飛沫の飛び出し速度・方向など（飛沫の特性量と称す）の知見が不可欠であるが、これらに関する既往研究は少ない。魚住ら<sup>2)</sup>、川瀬ら<sup>3)</sup>は、鉛直壁に波浪を作用させて飛沫発生過程の可視化実験を行い、前者は、波浪条件と飛沫の特性量との間に定性的な傾向を見出し、後者は、個々の作用波に着目して飛沫の特性量の時空間分布について検討を行った。しかし、これらは発生した飛沫の特性量について研究しているもので、波高や周期といった波浪特性と飛沫の発生条件との関係については未解明である。

そこで、本研究では、水理実験を行って、鉛直壁前面水深や作用波の周期・波高を変化させて実験を行い、飛沫発生限界を定量的に求めることを目的とする。さらに、実験で計測することが困難である鉛直壁上の流体運動を数値計算によって求め壁面上の流体運動と飛沫の発生条件との関係を検討する。

## 2. 実験条件

実験には、図-1 に示すような、長さ 50m、幅 1.0m、高さ 1.5m の 2 次元造波水槽を用いた。造波側水槽端から 15.7m 離れた位置から 1/30 の斜面を設け、水槽端から 33.3m の地点に、高さ 0.60m の鉛直不透壁を設置した。この不透壁設置位置における水深  $h_w$  を 0.06, 0.08, 0.11m と変化させて、規則波を鉛直壁に作用させた。波浪条件を表-1 に示す。同表中の  $T$  は周期、 $L_0$  は水平床上における波長である。同表中下段については結果であるから後述する。鉛直壁前面部

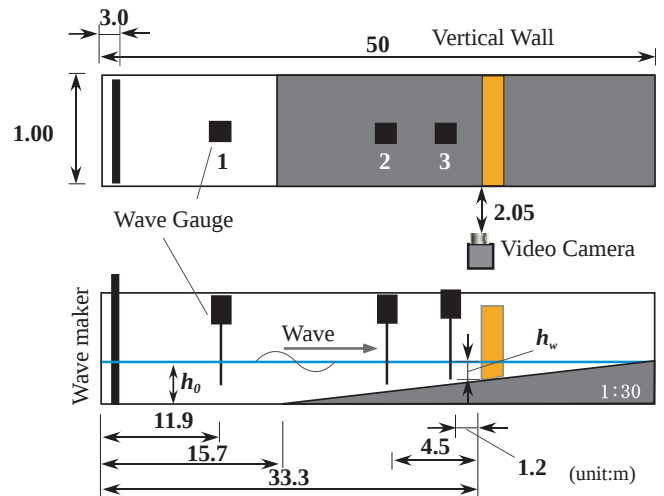


図-1 造波水槽

に波が作用する様子をビデオカメラ（HDR-XR-520V（SONY 社製））を用いて 30fps で撮影した（図-2 参照）。また、水平床部、および鉛直壁付近には容量式波高計（株）KENEK 社製）を設置し（図-1 参照）、サンプリング周波数 100Hz で水面変動  $\eta$  を 40 秒間収集した。図-3 に見られるように、造波開始後、波高が徐々に大きくなるため、本研究では、鉛直壁に作用した波によって、飛沫が初めて発生するときの波高を求め、これに相当する水平床上における波高  $H'_0$  を用いて飛沫の発生条件を検討した。なお、実験には淡水を用いた。

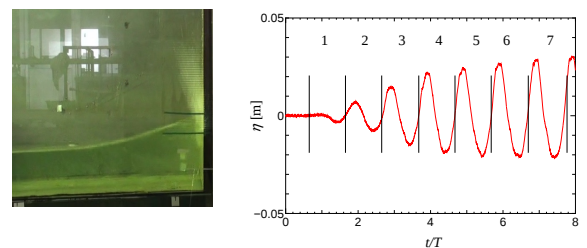


図-2 飛沫発生の様子 図-3 水面変動の例

## 3. 実験結果

表-1 に鉛直壁に波が作用することによる飛沫の有無を示す。表中の NB は碎波することなく波が鉛直壁に作用したことを、B は碎波後に鉛直壁に作用したこ

表-1 波浪条件と実験結果

a numerical value (upper column): wave height when the wave brings splash  
 - (upper column): no splash  
 B (lower column): wave breaking NB (lower column): no wave breaking  
 × (lower column): could not discriminate 'B' and 'NB'  
 -A (lower column): wave which has a little nonlinearity  
 -B (lower column): wave which has much nonlinearity  
 -AB (lower column): could not discriminate 'A' and 'B'

| case | $h_w$ [m] | $T$ [s] | $L_0$ [m] | $H'_0$ [m] |     |     |       |       |       |       |
|------|-----------|---------|-----------|------------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
|      |           |         |           | (1)        | (2) | (3) | 4     | 5     | 6     | 7     |
| 1-1  | 0.110     | 2.40    | 5.76      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-AB | NB-B  |
| 1-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-B  | B     |
| 1-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | 0.072 | 0.074 |
| 2-1  |           | 2.80    | 6.88      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-AB | NB-AB |
| 2-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-B  | B     |
| 2-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | 0.055 | 0.057 |
| 3-1  |           | 3.20    | 7.98      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | NB-B  | NB-B  |
| 3-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | 0.048 | 0.050 |
| 3-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | 0.051 | 0.054 |
| 4-1  | 0.080     | 2.40    | 5.66      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-A  | NB-B  | ×     |
| 4-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-B  | 0.041 |
| 4-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | NB-B  | 0.041 |
| 5-1  |           | 2.80    | 6.75      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-B  | NB-B  |
| 5-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | 0.033 | 0.033 |
| 5-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-AB | B     | 0.037 | 0.039 |
| 6-1  | 0.060     | 3.20    | 7.83      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-B  | NB-B  |
| 6-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | 0.032 | 0.033 |
| 6-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | 0.033 | 0.036 |
| 7-1  |           | 2.40    | 5.59      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-A  | NB-AB | NB-AB |
| 7-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-AB | NB-AB | NB-B  | 0.020 |
| 7-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-B  | 0.024 |
| 8-1  |           | 2.80    | 6.66      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-AB | NB-AB |
| 8-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-A  | NB-B  | ×     | 0.020 |
| 8-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-AB | B     | 0.022 | 0.023 |
| 9-1  | 0.030     | 3.20    | 7.72      | -          | -   | -   | NB-A  | NB-AB | NB-AB | NB-AB |
| 9-2  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-AB | ×     | B     | 0.024 |
| 9-3  |           |         |           | -          | -   | -   | NB-AB | B     | 0.026 | 0.030 |

とを，×は，画像からは分類できなかったものを表している．更にNB-Bは砕波はしていないものの波面形状から非線形が比較的強く現れていることを，NB-A非線形はほとんど見られないことを表している．比較的短周期であるケースのうち，case4, case7では，砕波が確認されないNB-Bにおいても飛沫発生が確認された．一方，比較的長周期である case6, case9 では，NBでは一切飛沫は発生しない結果となった．しかし，case1～3 ( $h_w=0.11\text{m}$ ) では，先のような傾向は得られなかった．

図-4は，飛沫発生の有無を周期  $T$  と  $H'_0$  の関係として示したものである．同図によれば，いずれのケースにおいても， $h_w$  が小さいほど，より小さな波高で飛沫が発生することがわかる．しかし，同一周期であっても，飛沫が発生する波高  $H'_0$  は必ずしも同じではない．すなわち鉛直壁設置水深  $h_w$  によって飛沫の発生

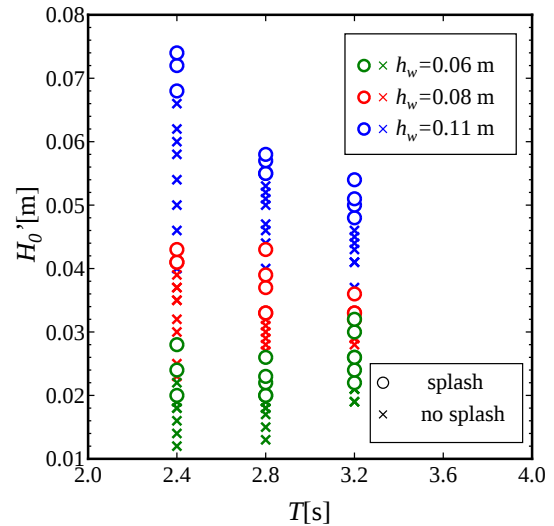


図-4 飛沫発生条件

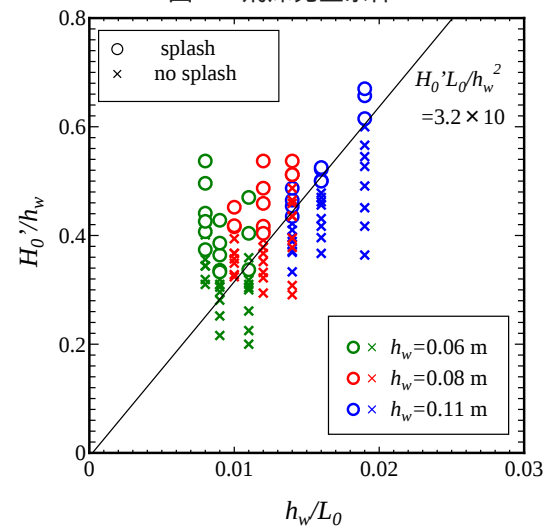


図-5 飛沫発生条件

する波高  $H'_0$  は異なることが分かる．

そこで，縦軸を水平床上波高・鉛直壁前面水深比  $H'_0/h_w$  横軸を鉛直壁前面水深と水平床上波長による相対水深  $h_w/L_0$  として整理した結果を図-5に示す．同図より，グラフの傾き  $H'_0 L_0 / h_w^2$  が32を下回ると，鉛直壁に波が作用しても飛沫が発生することはないことが分かる．しかし， $h_w/L_0$  が小さい範囲では， $H'_0 L_0 / h_w^2$  が32よりも大きい場合においても飛沫が発生しない場合が見られ，今後の検討が必要である．

#### 4. 結論

飛沫が発生する相対水深  $h_w/L_0$  と波高水深比  $H'_0/h_w$  との関係を明らかにした．

#### 参考文献

- 1) 網野貴彦ら (2010): コンクリート工学論文集, Vol.21, No.1, pp.1-11.
- 2) 魚住健治 (2011): 大阪市立大学大学院工学研究科 前期修士課程都市系専攻, 97p.
- 3) 川瀬恭平 (2014): 阪市立大学大学院工学研究科 前期修士課程都市系専攻, 129p.