

第Ⅱ部門

栈橋護岸前面における飛沫発生形態に関する研究

大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 ○上川 岳人
 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

栈橋構造物の塩害劣化の事例は数多く報告されており、栈橋杭や床版部の補修や置換が必要なものも少なくない。今後も塩害劣化や経年劣化によって更新が必要となる構造物が増加すると考えられており、ライフサイクルコストの観点からも、効率的、経済的な塩害対策が求められている。

塩害劣化の予測には、Fick の拡散方程式に基づいた劣化予測式¹⁾が用いられており、これを用いる際にはコンクリート表面に付着した定量的な塩化物イオン濃度を明らかにする必要がある。しかし、栈橋下部ではクリアランスが小さいために飛沫の発生状況を確認することが困難であり、波浪による飛沫の発生条件および飛沫特性に関する知見はほとんどないのが実情である。

そこで、本研究では杭式栈橋に波が作用する際の飛沫発生条件を明らかにすることを目的とする。

2. 実験手法

実験は、長さ 50m、幅 1m、高さ 1.5m の片面ガラス張り水槽を用いて行った。図-1 に示すように、造波板から 33m 離れた位置に耐水ベニヤで作成した不透過壁を設置し、その前面に高さ 0.375m、幅 0.700m、斜面勾配 1:2 で構成されるマウンド模型(耐水ベニヤ製)を設置した。マウンド上には、不透過壁からその中心までの距離 l だけ離れた位置に直径 $D=0.11$ m の塩化ビニル製の円柱を設置した。実験では l を 0.35m、0.45m の 2 種類変化させ、水深はマウンド上で 0.250m、水平床上で 0.625m で一定とした。栈橋模型の諸元は港湾技研資料²⁾を参考にした。実験で対象とした規則波の諸元を表-1 に示す。沖波換算波高 H'_0 は、造波機から 10m の位置に設置した 2 台の容量式波高計 (CH-601, CHT6(株)KENEK 製) を用いて 100Hz で収集した水位変動データを、ゼロアップクロス法を用いて個別波に分解し、波高が一定になった後の 5 波分を抽出し、それらの波高の平均を入射波高とし、浅水係数で除することで求めた。マウンド上の杭の 0.25m 側方には波高計と鉛直 2 次元電磁流速計 (ACM200, JFE アドバ

ンテック (株) 製) を設置し、杭設置位置における水位変動と静水面下 0.05m における流速を計測した。水槽のガラス面の側方から波が杭に作用する過程をビデオカメラ (HDR-XR520V, SONY 製) で撮影 (30fps) し、得られた画像から飛沫の発生の有無を判定した。

3. 実験結果

画像解析の結果、飛沫の発生過程は杭に波が作用してその沖側で飛沫が発生する場合 (P_o)、杭の岸側で発生する場合 (P_s)、杭より沖側の離れた位置で発生する場合 (O)、杭と不透過壁の間で発生する場合 (S) の 4 種類に分類されることがわかった (図-2 参照)。表-1 の丸印は実験ケースごとに飛沫発生形態を分類したものである。図-3 は縦軸に沖波波形勾配 (H'_0/L_0) を、横軸には、杭壁距離をマウンド上での波長で無次元化した l/L をとり、飛沫の発生形態を示したものである。これらの図表から、波形勾配が大きくなるほど飛沫が発生する傾向が見られることがわかる。特に、波が杭に作用する際に波浪条件が $H'_0/L_0 \leq 0.06$ では飛沫は発生しないことがわかる。杭で飛沫が発生する場合は砕波を伴って、水表面が擾乱状態で衝突しており、非線形性の強い波浪条件であると考えられる。そのため、この場合の飛沫の発生間隔は図-4(a) に示すように不規則であった。長周期では波高の増大とともに杭

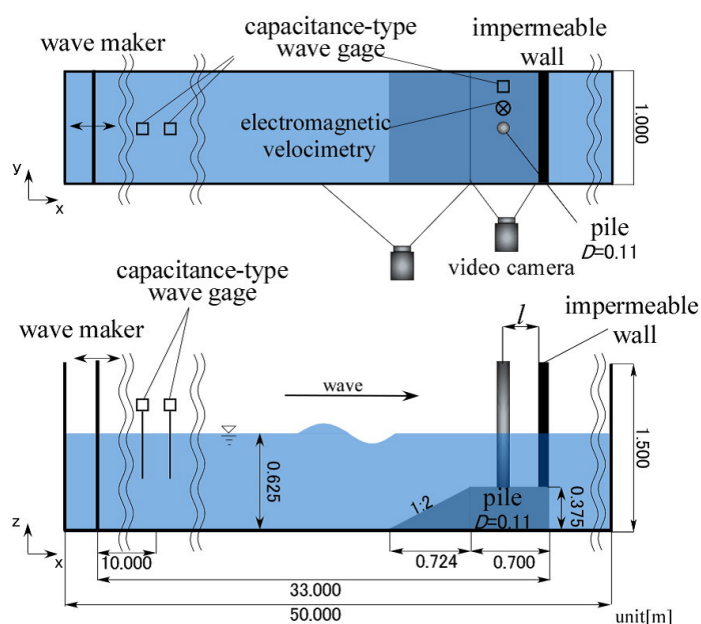


図-1 実験水槽図

表-1 波浪条件，飛沫発生有無

				$l=0.35\text{m}$				$l=0.45\text{m}$			
$T[\text{s}]$	$H[\text{m}]$	$H'_0[\text{m}]$	H'_0/L	Ps	Po	S	O	Ps	Po	S	O
0.7	0.054	0.054	0.071				○	○	○		○
	0.059	0.059	0.077	○			○		○		○
	0.066	0.066	0.086				○	○	○		
	0.069	0.069	0.090	○			○		○		○
	0.072	0.072	0.095		○				○		○
0.8	0.059	0.059	0.060			○					
	0.062	0.065	0.065			○	○				○
	0.070	0.071	0.071			○	○		○		○
	0.076	0.076	0.077			○	○	○	○		
0.9	0.081	0.081	0.082		○	○			○		○
	0.063	0.064	0.050								
	0.071	0.072	0.057								
	0.075	0.076	0.060				○				○
	0.081	0.082	0.065		○		○		○		○
1	0.085	0.085	0.068		○		○		○		○
	0.067	0.068	0.045								
	0.075	0.076	0.050								
	0.081	0.083	0.054				○				
	0.088	0.090	0.059				○				○
1.1	0.094	0.097	0.063				○				○
	0.070	0.073	0.040								
	0.078	0.081	0.044								
	0.086	0.090	0.049								
1.2	0.092	0.096	0.052								○
	0.098	0.103	0.056				○				○
	0.071	0.075	0.035								
	0.076	0.081	0.038								
	0.082	0.087	0.041								
	0.093	0.099	0.046								
	0.098	0.104	0.049				○				

以外で飛沫の発生が見られる．杭の沖側で発生する場合は，波が杭を回り込んだ後に一ヶ所に集中することによって飛沫が形成される．杭と不透過壁の間で飛沫が発生する条件 (S) は， $T = 0.8\text{s}$ ， $l = 0.35\text{m}$ に限られており発生メカニズムは沖で発生する場合 (O) と同様である．また，重複波の腹の部分で発生するため，図-4(b) に示すように，飛沫の発生間隔は規則的であった．

4. 結論

マウンド上に不透過壁と一本の円柱杭で構成される栈橋を対象として規則波を用いた水理実験を行った結果，飛沫発生形態は4種類に分類されることが明らかになった．また，周期によって飛沫発生形態は異なっており同周期帯で見た場合，波高の増大と共に飛沫が発生することが明らかになった

参考文献

- 1) コンクリート委員会，コンクリート標準示方書改訂小委員会：2013年制定コンクリート標準示方書 [維持管理編]，土木学会，2013．
- 2) 老平武弘，塩見雅樹：直杭式横栈橋の構造諸元の統計的分析，港湾技研資料，No.749，23p.，1993.

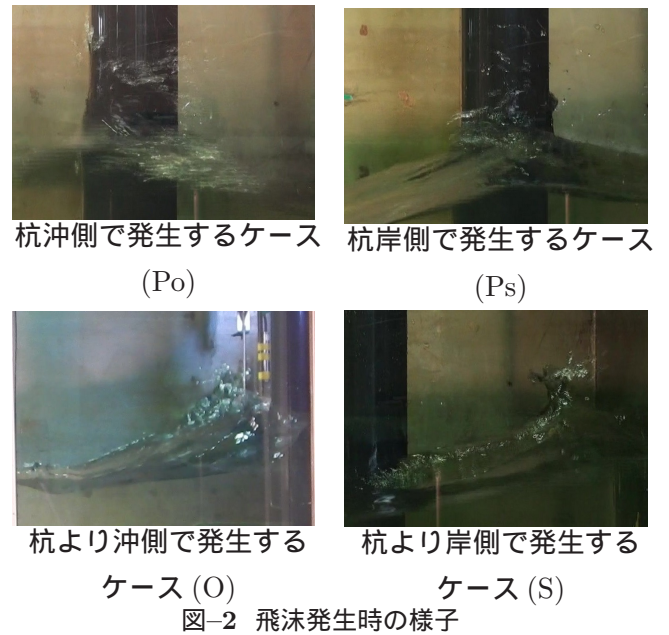


図-2 飛沫発生時の様子

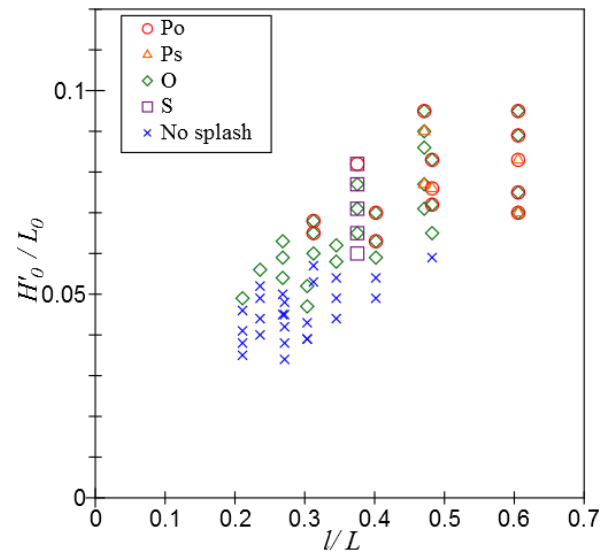
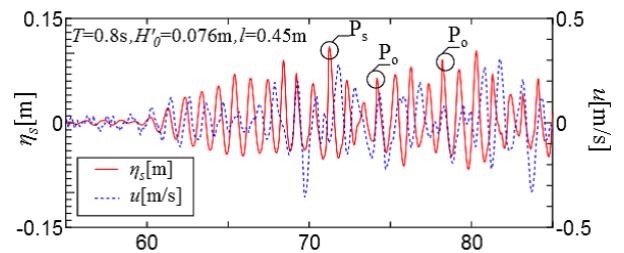
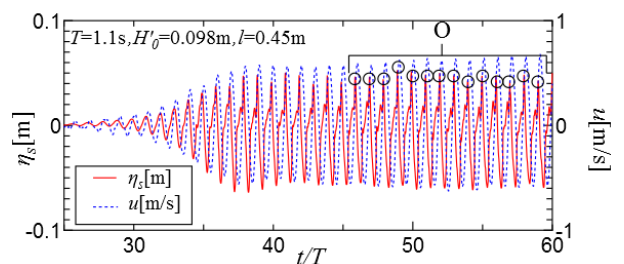


図-3 飛沫発生の有無



(a) 杭における飛沫の発生状況



(b) 杭より沖における飛沫の発生状況

図-4 飛沫発生時の流速，水位変化