

二重パラペット護岸を対象とした越波流量に関する数値実験

大成建設（株）技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 ○千綿 蒔
 大成建設（株）技術センター 社会基盤技術研究部 正会員 織田 幸伸

1. 背景と目的

地球温暖化に伴う気候変動の影響により、海面上昇や台風の強大化が懸念され、将来は高波によってこれまで以上に大きな浸水被害が生じる可能性がある。沿岸部の施設では、こうした高潮浸水リスクを把握するとともに、浸水リスクが大きい場合には、防災・減災対策を行う必要がある。高潮による越波流量を低減する方策として、二重のパラペットをもつ護岸による防護が考えられる。今後大きな浸水リスクがある既設護岸において改修が困難な場合に、陸側にパラペットを新設し二重のパラペットによって越波流量を低減させる方法である。二重パラペット護岸は、過去に検討・適用例があるものの、護岸の各パラメータと越波特性について詳細に検討された例は少ない。本研究では、数値流体解析ツール OpenFOAM を用いて、二重パラペット護岸の越波流量を測定する数値実験を行った。検討するパラメータは波高、周期、前後パラペット高・間隔であり、これらのパラメータに対して、前後パラペット間の越波状況や越波流量等の越波特性を把握した。

2. 越波流量の検討方法

数値実験は OpenFOAM (v2006) の interFoam ソルバーを用いて実施した。解析領域を図-1 に示す。護岸前面の海底勾配が 1/30 の長水路に対して、鉛直二次元計算を実施した。計算の安定化のため、空気相 (VOF 値 0.05 未満で定義) の流速は水相の流速を超えないとする制限を設けた。また、越波流量は、後側パラペット断面における VOF 値と流速の積によって算出し、評価には入射波高 H によって無次元化した越波流量 $q^* = q/\sqrt{gH^3}$ (q は単位幅越波流量, g は重力加速度) を用いる。

検討対象は二重のパラペットをもつ直立護岸であり、十分な排水設備がない場合を想定し、パラペット間は不透過とした。二重パラペット護岸の越波特性に関する諸元の模式図を図-2 に示す。前側パラペットを越波する流量 q_1^* は、入射波高および周期、堤前水深、前側パラペット天端高等によって決まり、推定手法は複数

提案されている。一方、後側パラペットを越波する流量 q_2^* は、前側を通過した q_1^* に対し、主に後側パラペット天端高、パラペット間隔、掘込深によって決まると考えられる。解析ケースは表-1 に示す通りであり、基本的な

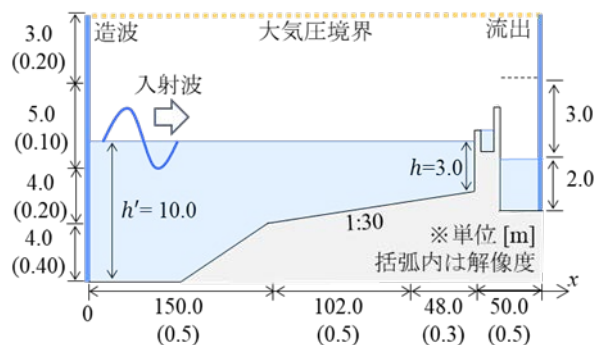


図-1 計算領域の概略図

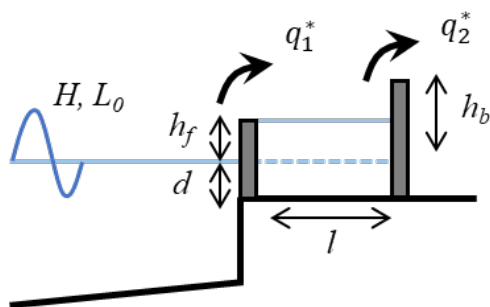


図-2 二重パラペット護岸の諸元

表-1 解析ケース

地形	堤前水深 h [m]	3.0
	海底勾配	1/30
規則波	波高 H [m]	2.0, 4.0
	周期 T [s]	5.8, 8.0 ¹⁾
二重 パラペット	前側パラペット 天端高 h_f [m] ²⁾	-2.0, -1.4, -1.0, -0.6, 0.0, 0.6, 1.4, 2.0, 2.4, 3.0, 4.0
	後側パラペット 天端高 h_b [m]	0.6, 1.0, 1.4, 2.0, 3.0, 4.0
	パラペット間隔 l [m]	2.0, 4.0, 6.0
	掘込深 d [m]	1.0
単独 パラペット	天端高 h_c [m]	0.0, 0.6, 1.4, 2.0, 2.4, 3.0, 4.0

1) 周期5.8sは波高2.0mのみ

2) $h_f > h_b$ のケースは対象外

キーワード 高潮, 越波, 二重パラペット, 数値解析, OpenFOAM, 防災

連絡先 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 334-1 大成建設（株） TEL 080-9579-4369

越波特性を把握するため、入射波は規則波とした。前後パラペット天端高をそれぞれ11ケースおよび6ケース、パラペット間隔を3ケース実施した。堤前水深、海底勾配、掘込深については、パラペットの天端高や間隔に比べて越波流量への影響が小さいと考え、一定値とした。また比較のため、単独パラペットのケースも実施した。

3. 二重パラペット護岸の越波特性

数値実験の状況を図-3に示す。波高2.0m、周期8.0sの入射波に対して、天端高1.4mの単独パラペットのケース、これに加えて後側に天端高2.4mのパラペットを2mまたは6mの間隔で設置したケースを示している。図は、それぞれ越波流量が最大となる時間の状況を示しているが、二重パラペットによって越波流量が低減していること、パラペット間隔が大きい方が越波流量は小さいことがわかる。図-4は、図-3の条件における後側パラペット天端高と越波流量の関係を示したものである。黒破線は後側パラペットと同じ天端高の単独パラペットの場合($h_c = h_b$)の越波流量を示しており、 h_b/H が1.2以下の場合では、二重パラペットによって単独パラペットよりも小さい越波流量となっている。一方、 h_b/H が1.2以上の場合、パラペット間隔が小さい場合は特に、単独パラペットよりも越波流量が大きくなる場合があることもわかった。図-5は、前側パラペット天端高および間隔と越波流量の関係を示したものである。ここで単独パラペット(Single)は、 $h_c = h_b = 1.4$ mの場合の結果である。前側パラペット相対天端高 h_f/H が0.5の場合には越波流量は大きく低減する一方で、前側パラペット天端高が負の場合、すなわち高潮で前側パラペットが水没した状況では、単独パラペットよりも越波流量が増大する結果となった。越波流量を低減するためには、前後パラペットの天端高の関係が重要であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、OpenFOAMを用いた数値実験によって、二重パラペット護岸の有効性を示すとともに、前後パラペットの天端高や間隔に対する越波特性を把握した。越波流量低減のためには、前後パラペットの天端高の関係や間隔の設定が重要であることを示した。ただし、OpenFOAMによる越波流量の算定結果は低水深条件で過大評価の傾向があるため、その妥当性の検証が必要である。また、今回は堤前水深や掘込深等、一定値としたパラメタがあること、入射波として規則波を用いた

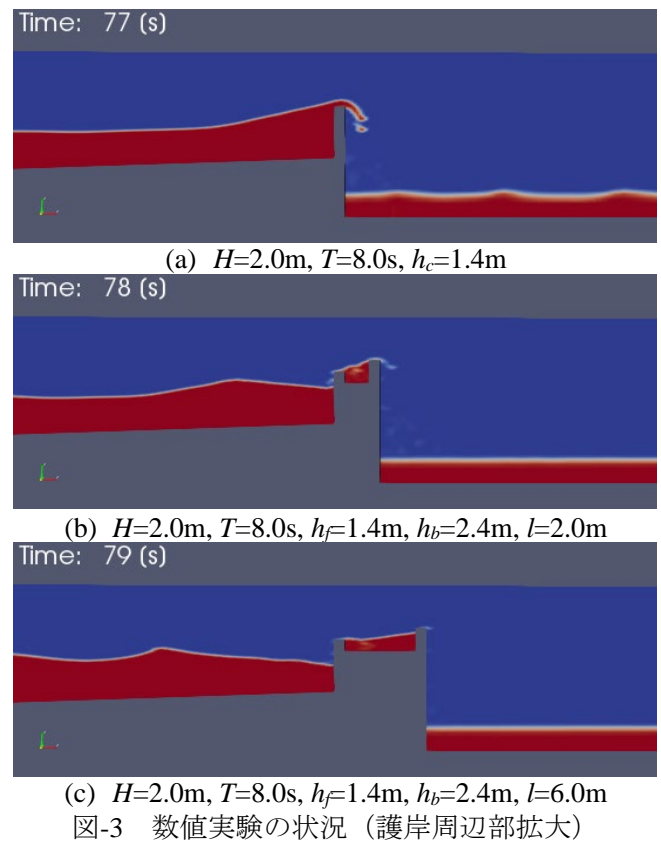


図-3 数値実験の状況（護岸周辺部拡大）

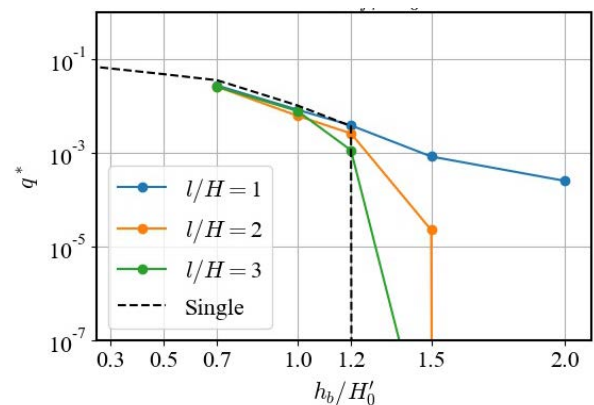


図-4 後側パラペット天端高と越波流量の関係 ($H=2.0\text{m}$, $T=8.0\text{s}$, $h_f=1.4\text{m}$)

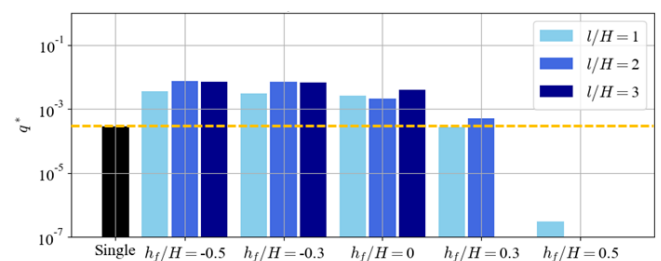


図-5 前側パラペット天端高と越波流量の関係 ($H=2.0\text{m}$, $T=8.0\text{s}$, $h_b=1.4\text{m}$)

こと等の課題があり、今後さらに検討する必要がある。

参考文献

- 1) 千綿ら：高潮発生時の越波・越流による護岸通過流量と浸水位に関する水理実験，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 77, No. 2, pp. I_259-I_264, 2021.