

防波堤の越流津波対策としてのパラペット形状に関する数値計算による考察

東洋建設(株)鳴尾研究所 正会員 ○小竹 康夫
 東洋建設(株)鳴尾研究所 松村 章子

1. 目的

2011年東北地方太平洋沖地震津波により、各種の海岸港湾構造物が損壊して以降、津波の越流を許容する構造物の設計法に関する議論が行われている。三井ら¹⁾は防波堤を越流する津波による港内側マウンド被覆材の安定照査法を提案している。ここでは越流水脈の軌跡に着目し、防波堤天端を水脈が飛び出す際の水平初速度を持った放物運動でモデル化できることを示している。宮田ら²⁾では堤体の大きさや水理条件など幅広い条件での水理模型実験により放物運動モデルの妥当性を評価するとともに、天端にパラペットを設けることにより、水脈の飛び出し速度が増大し、着水点を防波堤背面から遠ざけることによって、粘り強い構造となる可能性があることを示している。しかしながらパラペット形状については限定された条件のみでの結果となっている。そこで本研究においては、パラペット形状と水理条件を種々に変化させた条件で数値解析を行い、パラペットが防波堤を越流する津波に与える影響を考察するものとする。

2. 数値計算手法

数値計算にはCADMAS-SURF³⁾を用いた。手法の詳細は紙面の都合で割愛するが、小竹ら⁴⁾は防波堤を越流する津波の数値解析を行い、水理模型実験との比較により妥当な計算精度を有することを確認している。本研究においても同様の手法により津波を発生させ、パラペットを有する防波堤を越流した津波の越流水塊の水平方向の飛び出し速度に着目して検討を行った。解析領域図を図-1に示す。計算は現地スケールで行い、水平方向201.5m、鉛直方向25mの領域を0.25m×0.25mの矩形格子で分割し、解析領域左境界の底面から構造物天端の高さまでを一樣流速を与えることで防波堤を越流する津波を模擬した。このとき流入流速は、天端上の越流水位(図-2参照)が2m~6m(1m刻み)となるように予め検定した。また防波堤を越流した津波は下流側に設けた整流堰により防波堤背面側の水位を調整した後、解析領域右境界の底面から2mの範囲に流入量以上の流出量に相当する12m/sの流速を与えたうえで、それより上では流速、圧力ともに透過の境界条件を与えて、強制的に流出させた。防波堤のケーソン断面は、幅12m、港外側の高さ11.5mで一定とし、天端の港外側端部から3m(パラペット小)あるいは6m(パラペット大)位置から港内側に1:0.5勾配で天端面を下げることでパラペット構造とした。

下げ幅は0.5mから2.5mまで0.5m刻みの5種類であり、矩形格子を用いていることから、パラペット背面1:0.5勾配斜面は階段状の設定となっている。

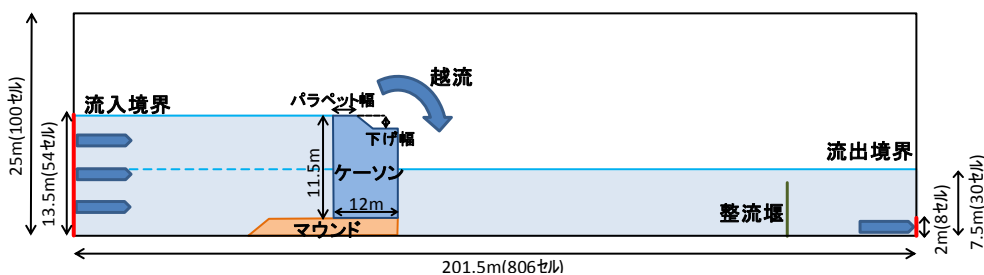


図-1 解析領域のイメージ図

3. 結果と考察

計算状況の一例を図-2に示す。図に示す通り、防波堤港外側天端から水面までの距離を越流水位、天端港内側端部より上の流体セルの水平方向流速の平均値を水脈の飛び出す水平流速と定義し、越流水位との関係を整理した結果を図-3および図-4に示す。図-3には式(1)に示す本間の流量公式⁵⁾による算定結果も示す。

$$q = 0.35h_1\sqrt{2gh_1} \tag{1}$$

キーワード 防波堤, 津波, 越流, パラペット, CADMAS-SURF

連絡先 〒663-8142 兵庫県西宮市鳴尾浜 1-25-1 東洋建設(株)鳴尾研究所 TEL 0798-43-5902



図-2 計算状況可視化の一例 (パラペット小, 下げ幅 0.5m, 越流水位 3m)

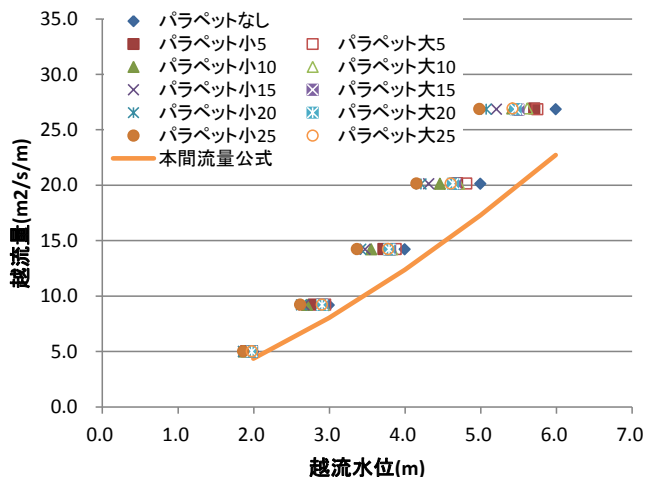


図-3 越流水位と越流量

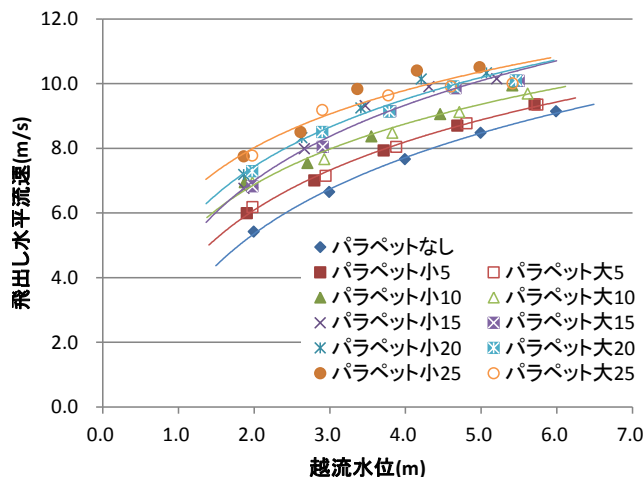


図-4 越流水位と飛び出し流速

本間の流量公式は、パラペットなしの条件に対応すると考えられるが、数値解析の結果はやや過大評価となっている。またパラペット幅が越流量に与える影響は小さい。パラペットの下げ幅に関しては、越流水位が小さい場合には越流量に与える影響は小さいが、越流水位が大きくなると、下げ幅が大きいほど越流量が大きくなる傾向が分かる。つぎに飛び出し水脈の水平速度に関して、越流量の場合と同様にパラペット幅の影響は小さい。図-4 の曲線は、パラペット幅に関わらず同一の下げ幅の結果を対数近似したものである。いずれの下げ幅も越流水位の上昇に伴い水平流速が増大するが、同一の越流水位に対しては下げ幅の大きいほど水平流速も大きく、越流水位が大きくなるに従い、その差が小さくなる傾向がうかがえる。ただし下げ幅 1.5m の場合のみ近似曲線の傾向がやや異なるが、原因は分かっていない。以上により、パラペットの下げ幅を大きくすることで着水地点を遠ざける効果があるが、同時に越流量が増大することが分かった。

4. おわりに

防波堤の粘り強い対策を検討する上で、対象とする津波高が条件として与えられると考えられることから、防波堤を越流する津波の数値解析を通じて、天端をパラペット構造とした場合の越流水位と越流量および越流水脈が飛び出す際の水平流速について整理した。その結果、下げ幅を大きくすることで着水地点をケーソン背面から遠ざけることができるが、越流量も増大することが分かった。今後は、両者の影響を考慮した粘り強い構造への検討が重要である。

参考文献 1) 三井順・松本朗・半沢稔・灘岡和夫 (2013) : 防波堤港内側マウンド被覆材の津波越流に対する安定性照査方法の提案, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, pp. I_956 - I_960. 2) 宮田正史, 小竹康夫, 竹信正寛, 中村友昭, 水谷法美, 浅井茂樹 (2014) : 防波堤を越流する津波の水理特性に関する実験的研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 70, No. 20, pp. I_504-I_509. 3) (財)沿岸開発技術研究センター (2008) : 数値波動水路 (CADMAS-SURF) の研究・開発, 沿岸開発技術ライブラリーNo. 12, 457p. 4) 小竹 康夫, 中村友昭, 水谷法美, 宮田正史, 竹信正寛, 浅井茂樹 (2014) : 越流する津波に対する防波堤の安定性評価における空気相の影響に関する考察, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 70, No. 2, pp. I_931-I_935. 5) 土木学会水理委員会 (1999) : 水理公式集, 土木学会, 245p.