

遡上津波による陸上構造物周辺の洗掘過程に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科	学生会員	○ 根笹	裕太
名古屋大学高等研究院	正 会 員	中村	友昭
名古屋大学大学院工学研究科	正 会 員	水谷	法美

1. はじめに：津波は海岸保全施設だけではなく陸上の構造物にも甚大な被害を及ぼす．その被害の中でも，基礎地盤の洗掘により構造物が倒壊に至る事例が報告されている．現在までに，固定された構造物の周辺に生じる洗掘についての研究は行われているものの（例えば中村・水谷，2012），固定されておらず移動可能な構造物を対象とした検討はほとんど見受けられない．本研究では，そのような非固定構造物を対象とした中村ら（2011）の水理実験に，津波・構造物・地形変化間の相互作用が解析可能な 3 次元連成数値計算モデル（中村・水谷，2010）を適用し，水理実験結果との比較により同モデルの再現性を検証する．

2. 数値モデルの概要: 3次元流体・構造・地形変化連成数値計算モデル（中村・水谷, 2010）を用いて解析を行った。同モデルは、メインソルバーと3つのモジュールから構成されている。メインソルバーは、可動構造物や地形変化を取り扱えるように拡張した連続式と Navier-Stokes 方程式に基づく LES (Large-Eddy Simulation) である。その LES に、気液界面を追跡する VOF (Volume of Fluid) モジュール、構造物の運動を取り扱う埋め込み境界モジュール、浮遊砂の解析を行うとともに、掃流砂と浮遊砂の輸送に伴う地形変化を追跡する底質輸送モジュールが、流体・構造・地形変化間の相互作用を考慮できるように Two-Way カップリング手法により組み込まれている。同モデルの詳細は中村・水谷 (2010) を参照されたい。

3. 計算条件: 図-1 に中村ら (2011) の水理実験をモデル化した計算領域を示す. 同図に示すように, 一辺 0.14 m の立方体の構造物を護岸から 0.28 m の砂地盤上 (中央粒径 0.2 mm) に設置した. ただし, 水理実験が xz 平面に対して対称であったこと, また構造物の周辺を対象とすることを考慮して, 計算負荷軽減のため $0.00 \leq y \leq 0.35$ m を解析対象とした. そして, 水理実験で造波板のストローク 1.4 m, 周期 8.0 s に相当する押し波のみの長周期波 1 波を作用させた. なお, 本稿では, 簡単のために構造物の移動は考慮せず固定されているものとした.

4. 計算結果および考察：図-2 に水位変動 η の時系列変化の比較を示す．ここで，W1～W4 は水理実験での各水位計の位置（図-1 参照）に対応している．また，水理実験は 28.39 s までの計測に限られていたことから，図-2 ではその範囲の水理実験結果のみ示した．図-2 より，数値計算と水理実験では造波方法が異なることから，時間の経過とともに若干過大評価し，さらに位相も若干早くなる傾向が認められるものの，水理実験結果を比較的良好に再現できていることが確認できる．

図-3 に構造物周辺の波変形の様子と洗掘深 z_s の分布を示す．ここで、 z_s は侵食を正とする．遡上津波が構造物に作用し始めた図-3(a)上図より、構造物の沖側面を打ち上がった津波が沖に向かっ

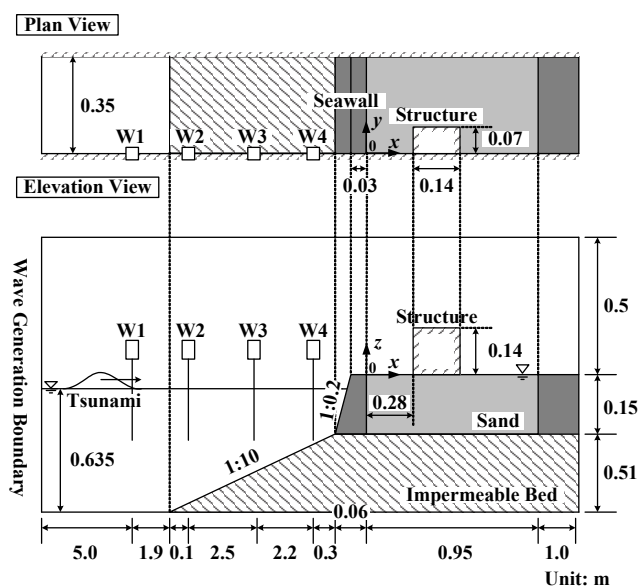


図-1 計算領域の概略図

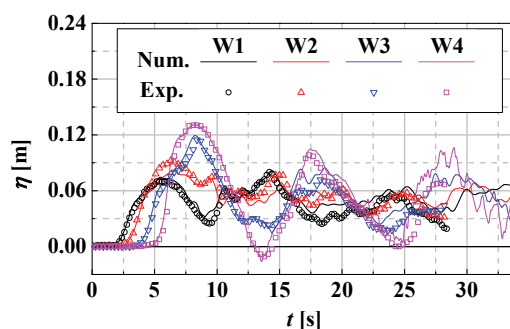


図-2 水位変動 η の比較

て碎波したところであり、複雑な波浪場が形成されていることが確認できる。このとき、同図下図より、構造物沖側隅角部周辺が洗掘され始めていることが分かる。その後、図-3(b)より、津波の通過とともに洗掘が急激に進展し、構造物の沖側隅角部の底面も現れ始めていることが確認できる。そして、図-3(c)に示した第2波や図-3(d)に示した第3波の作用により洗掘の若干の進展が確認できるものの、両図で構造物周辺の地形に大きな差は認められないことが分かる。以上より、構造物周辺の地形変化は第1波の影響を特に大きく受けると言える。

図-4に水理実験での津波作用後の最終洗掘深 z_{sf} の分布を示す。ここで、 z_{sf} は z_s と同様に侵食を正とする。図-3(d)下図と図-4の比較より、最大洗掘深が数値計算では構造物の側面側に、水理実験では構造物の前面側に生じており、また数値計算の方が若干広い範囲に生じているものの、構造物の沖側隅角部から側面側にかけて洗掘が生じている点で相関が認められることが分かる。また、護岸のすぐ背後に侵食が生じている点でも一

致が確認できる。さらに、上述したように数値計算では構造物の底面が現れる現象が見られたことから、水理実験では計測されていなかった構造物下側の地形変化も把握できることが分かる。

5. おわりに：本稿では、遡上津波による陸上構造物周辺の洗掘現象に3次元連成数値計算モデルを適用し、水位変動と地形変化についての水理実験結果との比較により同モデルの再現性を確認した。ただし、洗掘の再現性と構造物の取り扱いには検討の余地が残されていることから、今後さらなる検討を行う所存である。

参考文献：[1] 中村・水谷 (2012)：土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. I_216-I_220. [2] 中村・水谷 (2010)：第24回数値流体力学シンポジウム, E10-4, 9 p. [3] 中村・田邊・水谷 (2011)：土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 67, No. 2, pp. I_559-I_564.

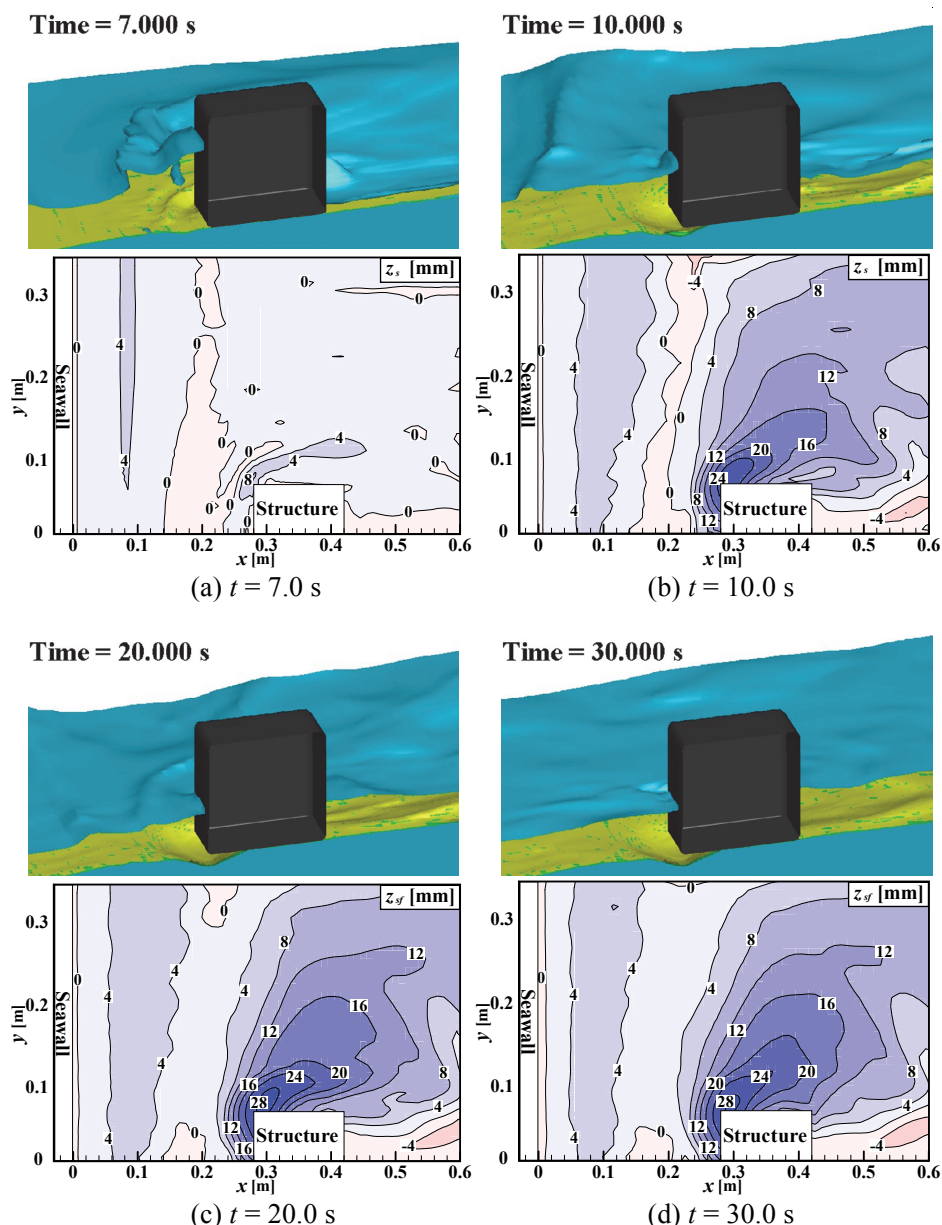


図-3 構造物周辺の波変形の様子と洗掘深 z_s の分布

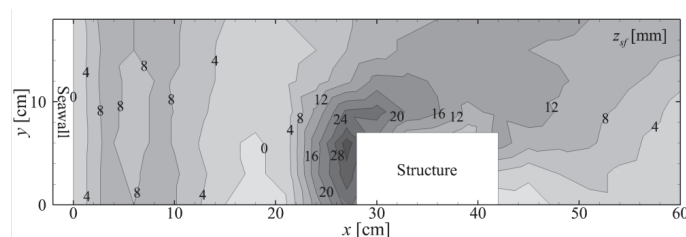


図-4 最終洗掘深 z_{sf} の水理実験結果 (中村ら, 2011)