

海岸堤防を越流した津波による裏法尻の洗掘と堤体内部の圧力変動に関する一考察

名古屋大学大学院工学研究科 正会員 ○ 中村 友昭
 東邦ガス株式会社 正会員 根笹 裕太
 東洋建設株式会社 正会員 小竹 康夫
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美

1. 緒言: 東日本大震災における津波の越流に伴う裏法尻の洗掘による三面張構造の海岸堤防の被災を受けて、これまでに海岸堤防の被災機構に対する検討が主に水理実験の観点から行われている（例えば小竹・磯部, 2012）。しかし、洗掘の発達過程の把握は水理実験では限界があり、またその解析を行えるツールも限られていることから、洗掘の被災機構や対策法の有効性に対する検討は十分とは言えない。本研究では、そのような場に適用可能な津波と地形変化の相互作用を解析できる数値計算モデル（中村・水谷, 2014）を用いて、海岸堤防の裏法尻に生じる津波の越流による洗掘の発達過程を水理実験と数値計算の両面から考究する。

2. 水理実験: 東洋建設株式会社鳴尾研究所の図-1 に示す断面水路（長さ 55 m, 幅 1 m）を用いて実験を行った。同図に示すように、水平床に設けた掘り込み（長さ 1.0 m, 深さ 0.22 m）内に中央粒径 $d_{50} = 0.17$ mm の珪砂を敷き詰め、その上に同じ珪砂を中詰材とするアクリル板で被覆された図-2 の海岸堤防（天端幅 0.06 m, 高さ 0.08 m, 勾配 2 割）を設置した。そして、引き波初動の長周期波 1 波（周期 40 s, 静水深 0.76 m）を作用させた。このとき、波作用時の水位を図-1 の位置で計測するとともに、波作用後には地形の測定を行った。

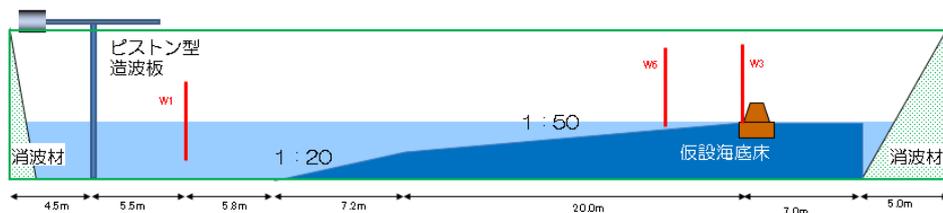


図-1 実験装置の概略図と水位計の設置位置 (W1, W3, W6)

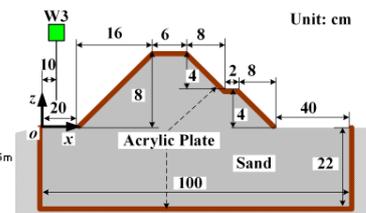


図-2 海岸堤防

3. 数値計算モデルの概要と計算条件: 可動構造物の運動と地形の変化を考慮した移動床の間隙内部も含む全気液相の流体運動の解析, MARS に基づく気液界面の追跡, 体積力型 IB 法に基づく可動構造物の解析, 浮遊砂・掃流砂輸送による地形変化の解析, 浮遊砂濃度分布の解析, $u-p$ 形式の Biot の式に基づく地盤の土・水連成解析が行える数値計算モデルを, 上述の水理実験をモデル化した計算領域に適用して解析を行った。詳細は中村・水谷 (2014) を参照されたい。

4. 再現性の検証: 図-3 に水位変動 η の比較を示す。同図より、水理実験において吸収制御を行った影響で W1 での 2 波目の引き波と、計測装置の設置の都合で W6 (堤防表法尻より 5.0 m 沖側) での最初の引き波を過小評価している点を除けば、水理実験結果との良好な一致が確認できる。図-4 に津波作用後の地形の比較を示す。同図より、堤体の裏法尻にみられる洗掘が若干浅く、過小評価する傾向が確認できる。また、その岸側や表法尻にみられる地形変化について

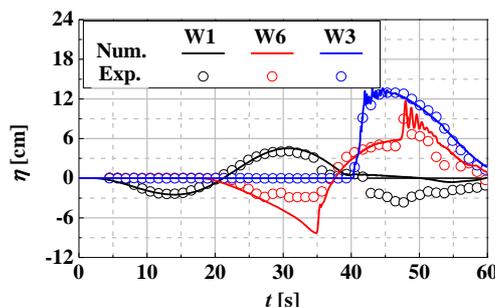


図-3 水位変動 η の比較

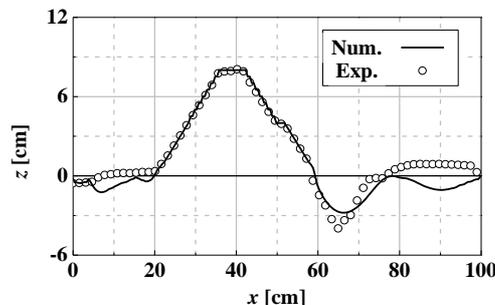


図-4 津波作用後の地形の比較

キーワード 洗掘, 海岸堤防, 津波, 越流, 水理実験, 数値解析

連絡先 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻 Tel: 052-789-4632

も水理実験結果との差が認められるものの、堤体の安定性に関わる裏法尻での地形変化については概ね再現できていることから、以下では裏法尻に生じる洗掘の発達過程に対する検討を進める。

5. 洗掘の発達過程: 裏法尻に生じた洗掘の最大深さ z_s^{\max} の時間変化を図-5に、津波作用時の合成流速 V の分布を図-6に示す。図-6(a)に示すように、津波が裏法を流下し、地盤の表面に作用し始めた直後から、図-5に示すように z_s^{\max} が急激に増加し始めたことが分かる。その後、

裏法尻の少し岸側において冲向きの碎波が生じるとともに(図-6(b), (c)), 図-5に示すように z_s^{\max} の増加が一旦みられなくなったことが分かる。そして、図-6(d)から図-6(e)にかけての時刻に z_s^{\max} が若干増加しているものの、最終的に図-6(f)に示すように流速が十分小さくなったことから、図-5に示すように z_s^{\max} の増加はみられなくなった。このときの圧力変動 P の分布を図-7に示す。同図より、津波越流時には、堤体内部の圧力が上昇しているのに加えて、天端や腰掛け部の法肩では圧力が逆に低下していることが確認でき、法肩周辺の被覆工には外向きの大きな力が作用している可能性が示唆される。また、津波作用後も、図-7(f)に示すように、堤体内部の圧力はゼロに戻っておらず、圧力が高い状態を維持していることから、津波が引いた後も被覆工には外向きの力が作用していると考えられる。

今後は、被覆工への作用力や対策工の有効性等について、さらなる検討を進めていく所存である。最後になるが、本研究は河川砂防技術研究開発の補助を受けたことを付記し、謝意を表す。

参考文献: [1] 小竹康夫・磯部雅彦 (2012), 土論 B2(海岸工学), 68(2), I_891-I_895. [2] 中村友昭・水谷法美 (2013), 土論 B2(海岸工学), 69(2), I_1026-I_1030.

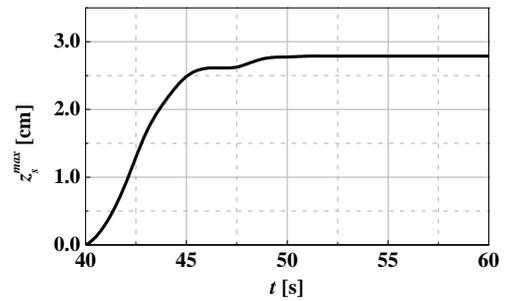


図-5 最大洗掘深 z_s^{\max} の時間変化

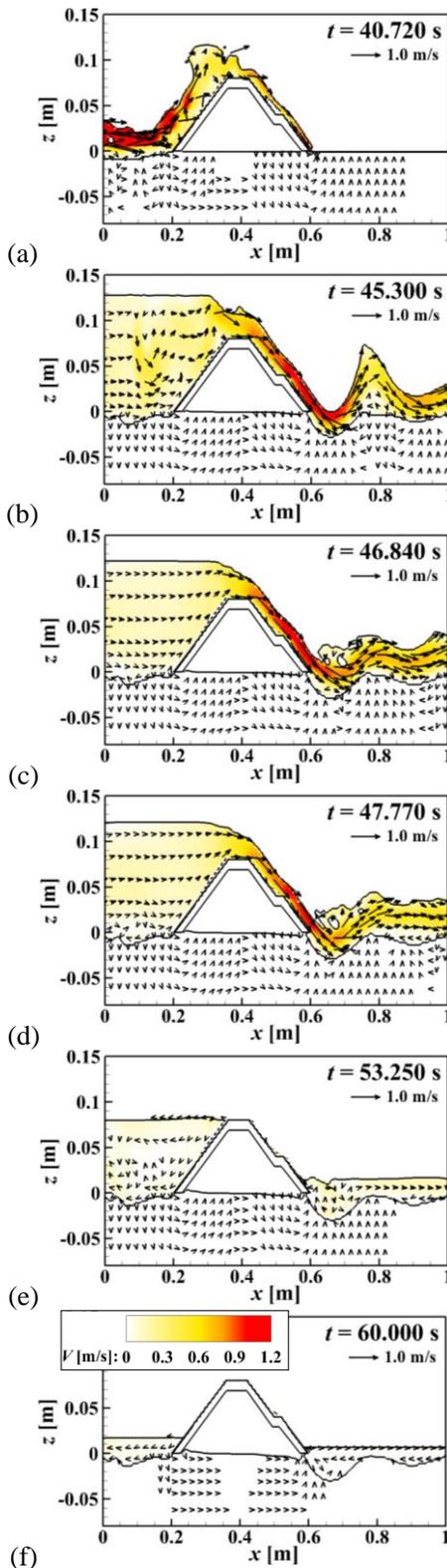


図-6 合成流速 V の分布

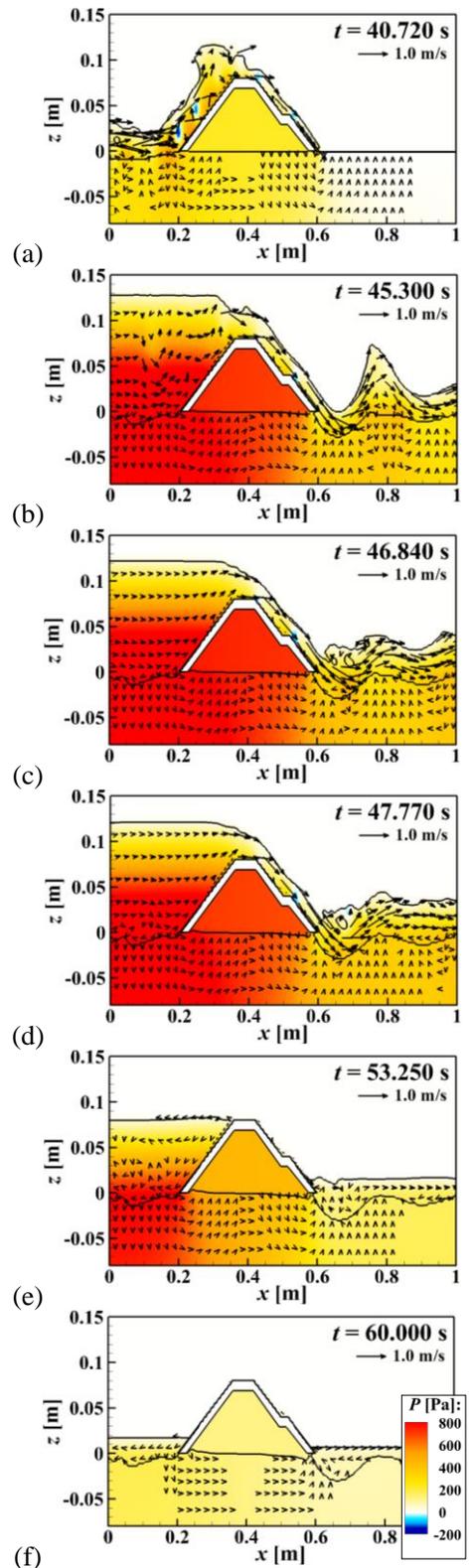


図-7 水圧変動 P の分布