

矢板式岸壁の腐食孔からの土砂吸い出しに与えるフィルター層の影響に関する数値解析

名古屋大学大学院工学研究科 正会員 中村 友昭
 名古屋大学大学院工学研究科 学生会員 ○ 福田 俊
 名古屋大学大学院工学研究科 フェロー 水谷 法美

1. はじめに： 港湾施設の老朽化に伴い維持管理は重要な問題となってきたものの、一部の岸壁では腐食による損傷箇所からの埋め立て土砂の流出が生じ、背後の地盤が陥没した事例が報告されている。このような埋め立て土砂の吸い出しに対する対策として施工されるフィルター層の有効性については、これまでに前野ら(2002)や中村ら(2006)により確認されてきているものの、矢板式岸壁の腐食孔からの土砂吸い出し現象に対してその有効性を検証した事例は見受けられない。本研究では、腐食が発生した状況を想定した鋼矢板式岸壁を対象に、腐食孔からの埋め立て土砂の吸い出しに対するフィルター層の効果を数値解析により検討する。

2. 数値計算手法と計算条件： 3次元流体・構造・地形変化・地盤連成数値計算モデル(中村・水谷, 2013)を図-1に示す計算領域に適用して解析を行った。同図に示すように、幅1.0mの鋼矢板式岸壁と長さ100mの地盤を設定した。岸壁には、図-2に示すAからCの位置に高さ0.2mの腐食孔を設けた。地盤は、フィルター層を設置しない場合、下側が透水性の低い材料(中央粒径 d_{50} =

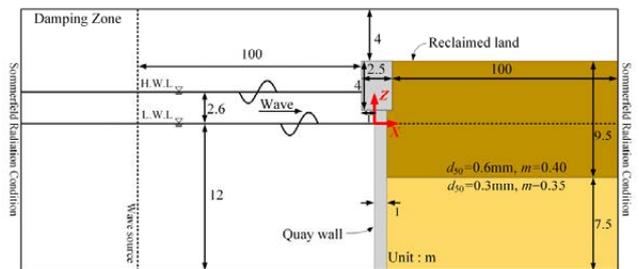


図-1 計算領域の概略図

0.3 mm, 空隙率 $m = 0.35$, 地盤粒子実質部分の密度 $\rho_s = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, せん断弾性係数 $G = 10^8 \text{ N/m}^2$, Poisson比 $\nu = 0.33$, 上側は透水性の高い材料($d_{50} = 0.6 \text{ mm}$, $m = 0.40$, $\rho_s = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $G = 10^8 \text{ N/m}^2$, $\nu = 0.33$)とした。フィルター層を設置した場合には、図-3に示すように、岸壁の岸側面から4.0mの範囲を $d_{50} = 5.0 \text{ mm}$, $m = 0.40$, $\rho_s = 2.70 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $G = 10^8 \text{ N/m}^2$, $\nu = 0.33$ の地盤に置換した。そして、静水深 h は満潮時 14.6 m と干潮時 12.0 m の2種類とし、波高 0.3 m, 周期 6.0 s の周期波を作用させた。

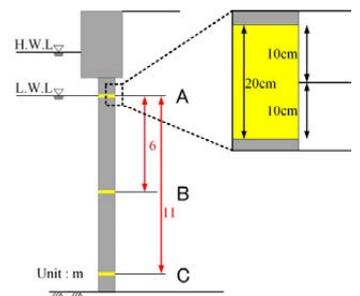


図-2 腐食孔の位置

3. 結果と考察： 捨石護岸を対象に土砂の吸い出しを検討している Hur ら(2007)と同様に、図-4に示す地盤の表面に対して接線方向の流速 w_{sand} と腐食孔近傍の地盤に生じる体積ひずみ ϵ_{vsand} (収縮を正) に着目する。

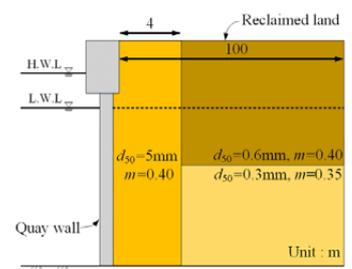


図-3 フィルター層

腐食孔が静水面と同じ高さにあるとき ($h = 12.0 \text{ m}$, 腐食孔 A) の $w_{\text{sand}} / \sqrt{gh}$ と ϵ_{vsand} の時間変化に関して、フィルター層の有無による比較を図-5に示す。ここで、 g は重力加速度である。なお、腐食孔の前面や内部に生じる波動場との関係を検討するために、腐食孔前面の鉛直流速 w_{wall} と地盤表面に対して法線方向の流速 u_{sand} も同時に示した。図-5より、 $w_{\text{sand}} / \sqrt{gh}$ や $w_{\text{wall}} / \sqrt{gh}$ の振幅に与えるフィルター層の影響は小さいことが分かる。ただし、 $u_{\text{sand}} / \sqrt{gh}$ の増加量、つまり地盤への流入流速はフィルター層の設置により10倍以上大きくなっており、逆に ϵ_{vsand} の振幅は小さくなっていることが確認できる。これは、 $u_{\text{sand}} / \sqrt{gh}$ 最大時の体積ひずみ ϵ_v の分布を示した図-6より、フィルター層の

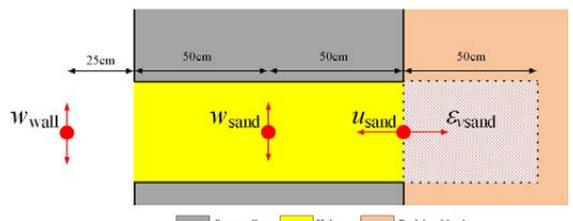


図-4 w_{wall} , w_{sand} , u_{sand} , ϵ_{vsand} の定義

キーワード 吸い出し, フィルター層, 矢板式岸壁, 腐食孔, 流速, 体積ひずみ

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

設置により岸壁近傍の地盤の透水性が高くなったことから、フィルター層が全体的に膨張し、そのために腐食孔近傍の ε_{vsand} の振幅は小さくなったと考えられる。

次に、腐食孔が常に没水状態にあるとき ($h = 12.0$ m, 腐食孔 B) の w_{wall}/\sqrt{gh} , w_{sand}/\sqrt{gh} , u_{sand}/\sqrt{gh} , ε_{vsand} の時間変化を図-7に示す。同図より、 w_{wall}/\sqrt{gh} , u_{sand}/\sqrt{gh} , ε_{vsand} の傾向は図-5に示した場合とあまり変わらないものの、 w_{sand}/\sqrt{gh} の振幅はフィルター層を設置することで大きくなっていることが分かる。

土砂の吸い出しは、地盤の表面に対して接線方向の流速が生じ、さらにその近傍の地盤が膨張状態となると生じやすい状況となることが確認されている (Hur ら, 2007)。そこで、図-5では w_{sand}/\sqrt{gh} が最大時に、図-7では w_{sand}/\sqrt{gh} が最小時に地盤が膨張状態 ($\varepsilon_{vsand} < 0$) となっていることから、そのときの w_{sand} の大きさ $|w_{sand}|_{max}$ と、それと同時刻での体積ひずみ $\varepsilon_{vsand}^{|w_{sand}|_{max}}$ の関係に着目した。図-8にフィルター層の有無による $|w_{sand}|_{max}$ と $\varepsilon_{vsand}^{|w_{sand}|_{max}}$ の関係の比較を示す。同図より、腐食孔が常に没水状態にあるとき、フィルター層が $\varepsilon_{vsand}^{|w_{sand}|_{max}}$ に与える影響は一定ではないものの、 $|w_{sand}|_{max}$ はフィルター層の設置により大幅に大きくなっていることが分かる。また、腐食孔が静水面と同じ高さにあるときは、 $\varepsilon_{vsand}^{|w_{sand}|_{max}}$ が増加し地盤の膨張が小さくなっているものの、 $|w_{sand}|_{max}$ は腐食孔が没水状態にあるときと比較して依然として大きい状態となっている。したがって、 $|w_{sand}|_{max}$ や $\varepsilon_{vsand}^{|w_{sand}|_{max}}$ の観点からは、フィルター層を設置することで土砂の吸い出しが発生する可能性が高まることが示唆されることから、フィルター層を設置する場合には、多重に設置するなどして土砂の吸い出しを物理的に防止する必要があると言える。

参考文献 : [1] 中村友昭・許 東秀・水谷法美 (2006), 土木学会論文集 B, Vol. 62, No. 1, pp. 150-162. [2] 中村友昭・水谷法美 (2013), 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 69, No. 2, pp. I_1026-I_1030. [3] 前野詩朗・Lechoslaw G. Bierawski・藤田修司 (2002), 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 876-880. [4] Hur, D.-S., Nakamura, T., and Mizutani, N. (2007), Ocean Eng., Vol. 34, No. 8-9, pp. 1104-1119.

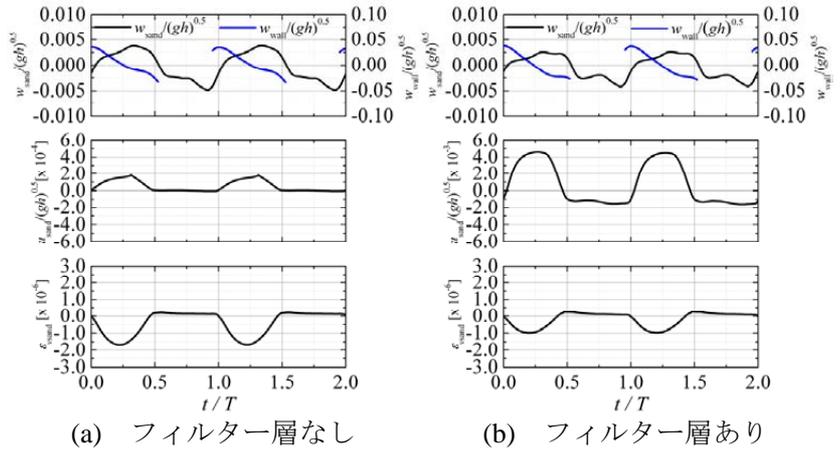


図-5 w_{wall} , w_{sand} , u_{sand} , ε_{vsand} の時間変化 (腐食孔が静水面位置)

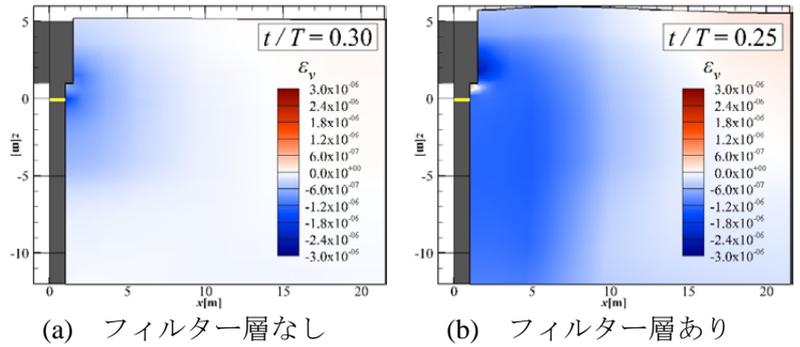


図-6 u_{sand} 最大時の体積ひずみ ε_v の分布 (腐食孔が静水面位置)

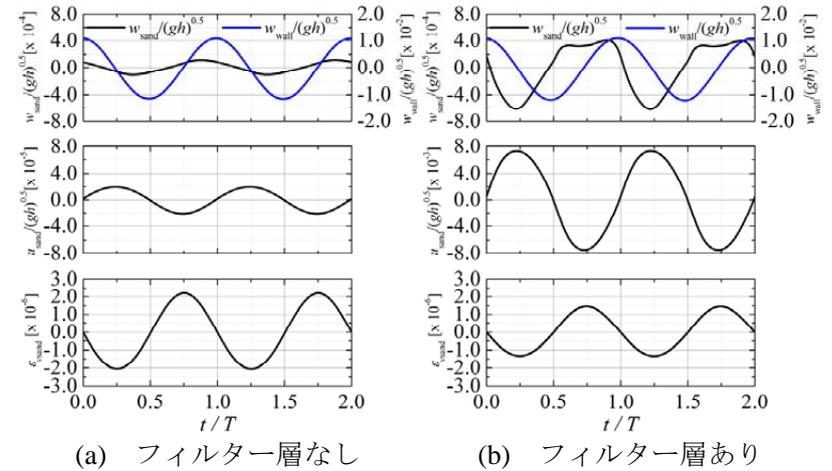


図-7 w_{wall} , w_{sand} , u_{sand} , ε_{vsand} の時間変化 (腐食孔が没水状態)

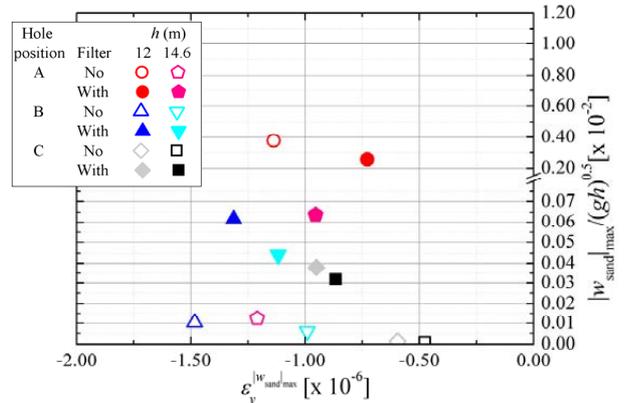


図-8 $|w_{sand}|_{max}$ と $\varepsilon_{vsand}^{|w_{sand}|_{max}}$ の関係の比較