矢板式岸壁腐食孔からの埋立土砂の吸い出し機構に関する実規模数値解析

名古屋大学　正会員　中村　友昭
国土交通省　正会員　○福田　俊
名古屋大学　正会員　趙　容桓
名古屋大学　フェロー　水谷　法美

1. はじめに：老朽化の進行に伴い矢板式岸壁に局部腐食が生じ，その腐食損傷箇所から埋立土砂が吸い出され，背後の地盤に空洞や陥没が生じた事例が報告されている．そこで，中村ら（2016）は腐食孔からの土砂吸い出しの発生条件と発生機構を水理実験と数値解析の両面から明らかにしているが，スケール効果の影響が懸念される小スケールでの検討に留まっている．本研究では，腐食孔を有する矢板式岸壁を対象とした実スケールの数値解析を実施し，腐食孔からの土砂吸い出しの発生機構を中村ら（2016）の結果を踏まえて考察する．

2. 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，2015）を用いて実スケールの数値解析を行った．図-1 に水深 h = 12 m の矢板式岸壁をモデル化した計算領域の概略図を示す．同図に示すように，高さ 0.2 m の腐食孔を有する岸壁と中央粒径 d_{50} = 0.3 mm の材料からなる地盤を設定した．入射波は規則波とし，波高 H_i を 2 種類(0.3, 0.6 m)，周期 T を 2 種類(6, 10 s)，腐食孔の位置を図-2 に示す 5 種類(A, A_{upper}, A_{lower}, B, C)変化させた計 20 ケースの計算を行った．また，T = 6 s，腐食孔位置 A のときには，岸壁上部構造の岸側面から 1 m の範囲を d_{50} = 0.1 mm とし透水性を低下させた計算も行った．

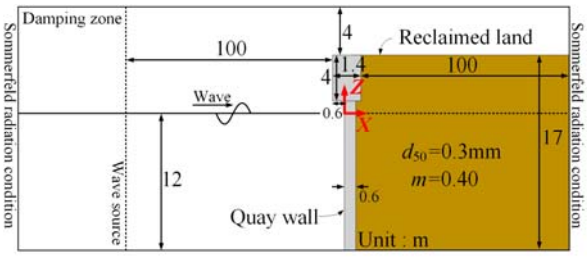


図-1　計算領域の概略図

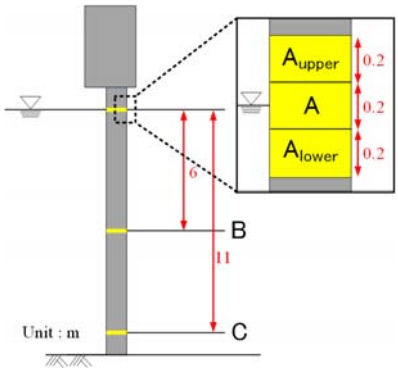


図-2　腐食孔の位置

3. 結果と考察：図-3 に示す位置の腐食孔内部の地盤近傍に生じた水平流速 u_{1low}，u_{1up}，u_{2low}，u_{2up} と腐食孔背後の地盤に生じた体積ひずみε_{vup}，ε_{vlow}（収縮を正）の時間変化を図-4 に例示する（g：重力加速度）．同図には，岸壁前面(x = –0.85 m)での水位変動ηも同時に示した．腐食孔が空気中に露出する条件では，図-4(a)に示すように，岸壁前面の水位が最も低下したとき，腐食孔内部の下側には沖向きの流れ(u_{1low} < 0)が，上側には岸向きの流れ(u_{1up} > 0)が生じているものの，腐食孔背後の地盤の体積ひずみには大きな変化は見られない．一方，腐食孔が常に没水状態にある条件では，図-4(b)に示すように，岸壁前面の水位が最も低下したときに，腐食孔内部の地盤近傍には沖向きの流れ(u_{1low}, u_{1up}, u_{2low}, u_{2up} < 0)が，その影響を受けて腐食孔背後の地盤には収縮(ε_{vup}, ε_{vlow} > 0)が生じている．これは中村ら（2016）の数値解析結果と同様の傾向であり，腐食孔内部の地盤近傍の流動場と腐食孔背後の地盤の体積ひずみ場はスケールの影響を受けないと言える．また，中村ら（2016）の水理実験において，埋立土砂の吸い出しは腐食孔が空気中に露出する条件でかつ岸壁前面の水位が最も低下する位相の前後に発生することが確認されている．したがって，実スケールでも，腐食孔が空気中に露出する条件において，岸壁前面の水位が最も低下する

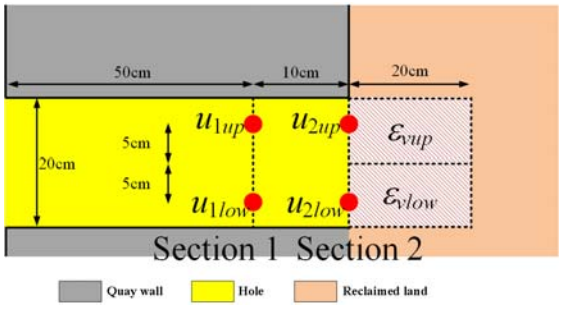
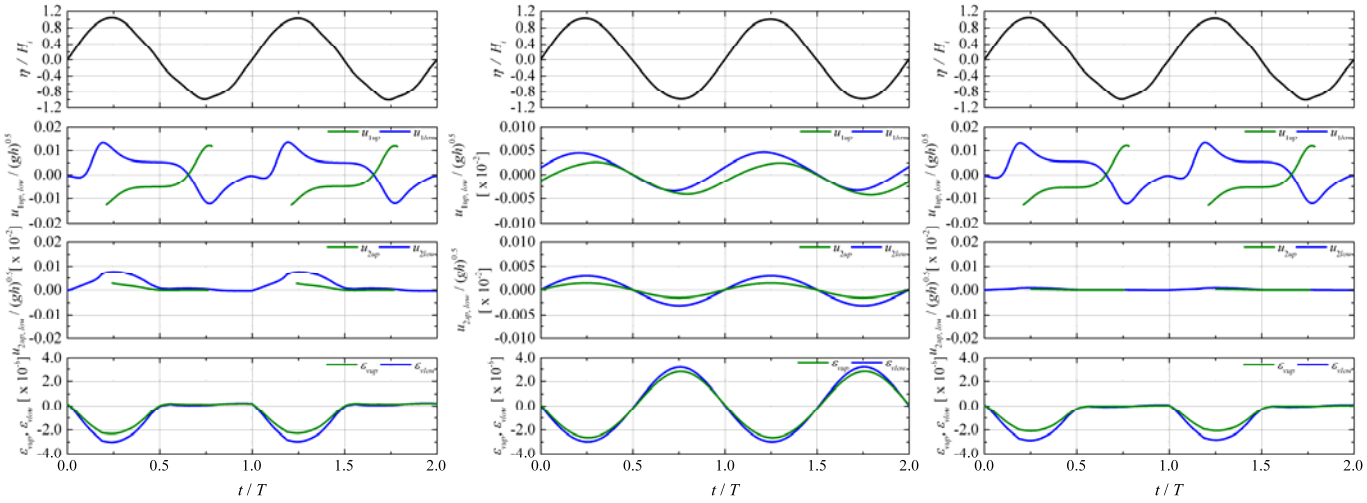


図-3　水平流速と体積ひずみの着目位置

キーワード　土砂吸い出し，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



(a)　腐食孔位置 A，d_{50} = 0.3 mm　　(b)　腐食孔位置 B，d_{50} = 0.3 mm　　(c)　腐食孔位置 A，d_{50} = 0.1 mm

図-4　岸壁前面の水位変動，腐食孔内部の水平流速，地盤内部の体積ひずみの時間変化(H_i = 0.3 m, T = 6 s)

位相の前後のときに，ε_{vlow} の変化，すなわち砂粒子間の拘束力の変化が小さい状態にある地盤に沖向きの流速 u_{1low} が作用することにより土砂吸い出しが生じる可能性があることが示唆される．

そこで，中村ら（2016）と同様に，腐食孔が空気中に露出する条件のときは，u_{1low} の最大沖向き流速を $u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ とし，$u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ と同時刻における ε_{vlow} を $\varepsilon_v^{u_{\mathrm{leak}}^{\max}}$ とする．また，腐食孔が常に没水状態にある条件のときは，u_{1up} と u_{1low} のうち沖向き流速が大きい方を $u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ とし，$u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ と同時刻における $u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ 背後の体積ひずみを $\varepsilon_v^{u_{\mathrm{leak}}^{\max}}$ とする．このとき，$u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ と $\varepsilon_v^{u_{\mathrm{leak}}^{\max}}$ の関係を図-5 に示す．同図より，腐食孔が A，A_{upper}，A_{lower} の位置にあり空気中への露出が生じる場合には $u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ が大きく，中村ら（2016）の結果を踏まえると土砂吸い出しが発生する可能性が高いと言える．一方，腐食孔が B や C の位置にあり常に没水状態にある場合には，地盤が収縮状態にあり，かつ $u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ も小さいことから，土砂吸い出しは生じにくいと考えられる．

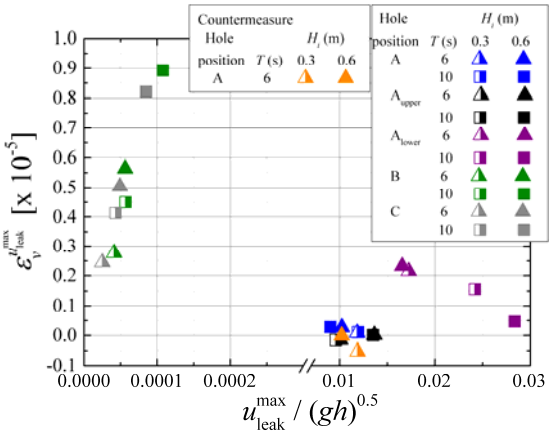
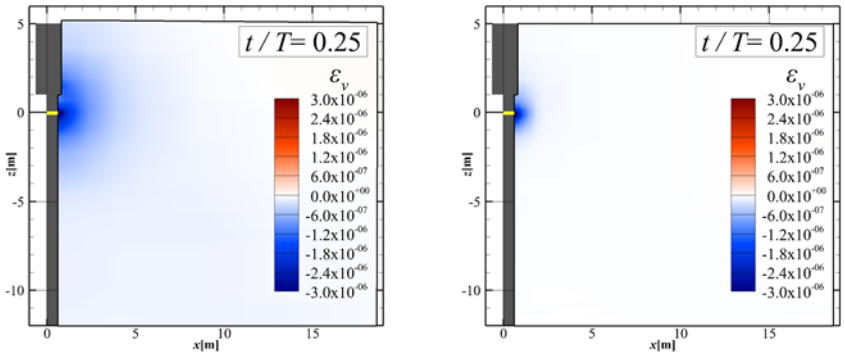


図-5　$u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ と $\varepsilon_v^{u_{\mathrm{leak}}^{\max}}$ の関係

続いて，地盤の透水性を低下させたときの水平流速と体積ひずみの時間変化を示した図-4(c)より，地盤以外の条件が等しい図-4(a)と比較して u_{2low} や u_{2up} の振幅が小さくなっているものの，それ以外の点では大きな変化は認められないことが分かる．また，$u_{\mathrm{leak}}^{\max}$ と $\varepsilon_v^{u_{\mathrm{leak}}^{\max}}$ の関係を示した図-5 より，▲と▲，◭と◭を比較すると，$\varepsilon_v^{u_{\mathrm{leak}}^{\max}}$ が若干減少している程度で透水性を低下させた効果は大きいとは言えない．そのため，地盤の透水性を低下させても吸い出し対策としての効果は低いと考えられる．一方，岸壁前面の水位が最も上昇したときの体積ひずみ ε_v の分布を示した図-6 より，地盤の透水性を低下させることで ε_v の変化が生じる範囲が狭くなったことが分かる．ただし，ε_v の変化の範囲が土砂吸い出しに与える影響を検討するまでには到っていないことから，今後も継続して検討していく所存である．



(a)　d_{50} = 0.3 mm　　(b)　d_{50} = 0.1 mm

図-6　体積ひずみ ε_v の分布（H_i = 0.3 m,，T = 6 s，腐食孔位置 A）

参考文献：[1] 中村友昭，福田俊，趙容桓，水谷法美（2016），土木学会論文集 B3（海洋開発），Vol. 72，No. 2，投稿中．[2] 中村友昭，水谷法美（2015），第 29 回数値流体力学シンポジウム，A07-1，10 p.