

海岸堤防背後地盤の液状化が津波越流による洗掘に及ぼす影響
 Influence of liquefaction at landward toe of coastal dykes
 on scour by tsunami overflow

○澤田 豊・竹川 尚希・村井 和樹・河端 俊典

Yutaka SAWADA, Naoki TAKEGAWA, Kazuki MURAI and Toshinori KAWABATA

1. はじめに

東日本大震災では津波の影響により海岸保全施設に甚大な被害が生じた。海岸堤防の主たる被災要因として、津波による海岸堤防裏法尻における地盤の洗掘が挙げられる。さらに、余震と津波の来襲が同時に発生する可能性が指摘されており¹⁾、洗掘現象についても地震動と津波の複合的作用を考慮する必要がある。本研究では、津波越流時における液状化地盤の洗掘について検討するために水理模型実験を実施した。また、液状化に伴う上向き浸透流が洗掘孔付近の流速や間隙水圧に及ぼす影響を検討するため数値解析を行った。

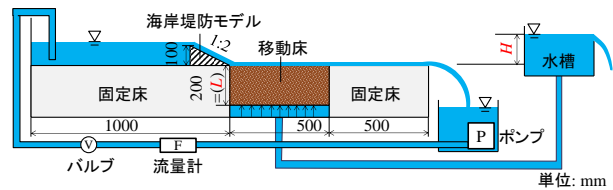


Fig. 1 実験装置模式図
 Experimental apparatus

2. 水理模型実験

Fig.1 に示す小型アクリル水槽内に相対密度約 30%の砂地盤 (6・7 混合珪砂) を作製し、海岸堤防を模擬した傾斜模型を設置した。Fig.1 に示すように地盤と水槽との水頭差によって地盤内に上向き浸透流を発生させ、液状化を再現した。なお、地盤の動水勾配 (=i) は H/L で与えられる。水中ポンプにより循環流 (流量 $q=0.5, 1.0L/s$) を発生させ、越流水による洗掘をビデオ撮影した。

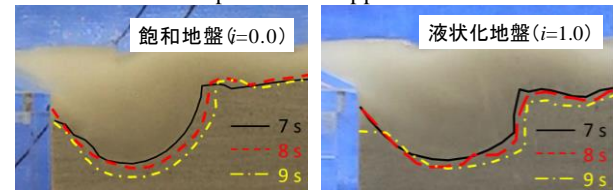


Fig. 2 洗掘初期段階における地表面形状 ($q=1.0L/s$)
 Scour profiles at initial stage of scour

洗掘初期段階 (7~9 秒後) における地表面形状 ($i=0.0, i=1.0$) を Fig.2 に示す。 $i=0.0$ において洗掘孔は半円状であるのに対して、 $i=1.0$ において洗掘孔の表層が波打つ様子が確認された。さらに洗掘孔が拡大する過程において、洗掘孔下流側の斜面が直立する挙動が見られた。各動水勾配における 30 秒後の地表面形状を Fig.3 に示す。動水勾配が増加するに従い洗掘孔が下流側へと拡大することがわかる。実験時の映像から、洗掘孔の拡大は地盤の液状化に伴う斜面崩壊が原因であると考えられる。 $i=1.0$ において斜面崩壊により洗掘孔の埋め戻りが生じ、最大洗掘深が大幅に減少

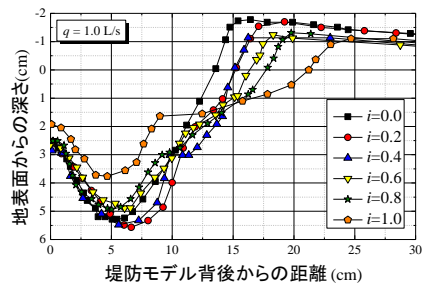


Fig. 3 各動水勾配における地表面形状
 Scour profiles at each hydraulic gradient

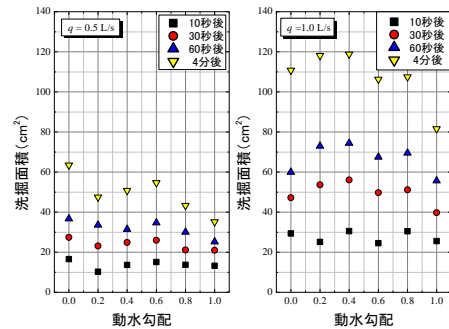


Fig.4 動水勾配と洗掘面積の関係
 Hydraulic gradient and scour area

神戸大学大学院農学研究科 Graduate School of Agricultural Science, Kobe University

キーワード：津波，海岸堤防，液状化，洗掘，模型実験，数値解析

した。Fig.4 に動水勾配と洗掘面積の関係を示す。洗掘面積は初期地盤面以下の洗掘された面積を画像から求めた。Fig.4 から、動水勾配の増加が洗掘量に及ぼす影響は認められなかった。

3. 数値解析

実験では、上向き浸透流により液状化程度を制御した。実際に液状化が進行する過程において、間隙水圧の消散に伴い地盤内に上向き浸透流が発生する。上向き浸透流が洗掘孔の流速や間隙水圧に及ぼす影響を評価するために、数値流体解析 CADMAS-SURF²⁾を用いて、実験を模擬した2種類（上向き浸透流の有無）の解析を実施した。解析モデル及び流速出力位置を Fig.5 に示す。洗掘孔底部の水平及び鉛直流速を算出し、図に示す矢印の方向を正の流速と定義した。水路底部の流入境界から実験と同等の流量を与えた。また、上向き浸透流ありのケースについては、実験 ($i=1.0$) で確認された上向き浸透流量を地盤底部から与えた。洗掘現象は CADMAS-SURF により再現することができないため、実験から得られた60秒後の地表面形状を境界条件として与えた。

洗掘孔底部における水平及び鉛直流速の時間変化を Fig.6 に示す。越流後水位が安定した時を0秒とした。上向き浸透流により、水平流速は変化しないが、鉛直流速は増加した。

しかしながら、鉛直流速が極めて小さいことを考慮すると、鉛直流速の変化が洗掘に与える影響は小さいと考えられる。越流時の間隙水圧分布を Fig.7 に示す。上向き浸透流がない場合では圧力勾配が一定であるのに対して、上向き浸透流がある場合では、圧力勾配の偏りが認められる。特に洗掘孔付近に上向き浸透流が集中することにより、圧力勾配が増大している。

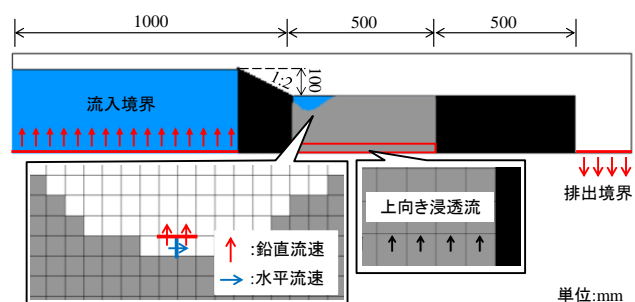


Fig.5 解析モデル
Analytical model

4. まとめ

地盤の液状化による洗掘量の増加は認められなかったものの、飽和地盤とは異なる洗掘孔形状が観察された。また上向き浸透流は砂粒子の浮遊を助長する可能性は小さいものの、洗掘と同時に発生した場合、洗掘孔付近における、圧力勾配の増大すなわち有効応力の更なる低下を招く可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 福本ら (2012) : 銚子沖で観測された東北地方太平洋沖地震波の水理データ, 土木学会論文集, Vol.68, No.1, pp.1-5.
- 2) 数値波動水路の耐波設計への適用に関する研究会 (2001) : 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.

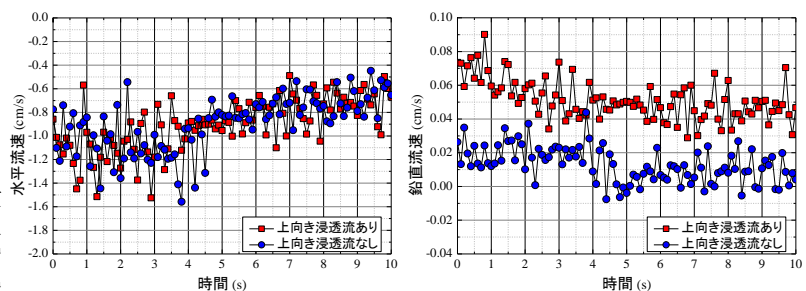


Fig.6 洗掘孔底部の水平・鉛直流速
Horizontal and vertical velocity at bottom of scour hole

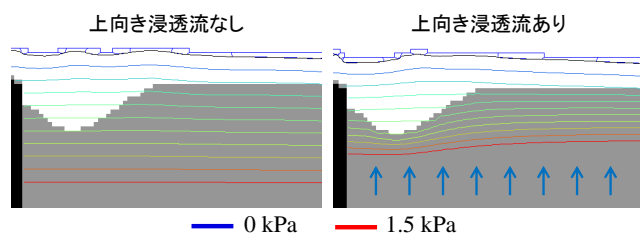


Fig.7 洗掘孔近傍の水圧分布
Pressure distributions around scour hole