

液状化程度の異なる地盤の洗掘に関する検討 Investigation on Scour under Different Level of Liquefaction

澤田 豊* ○村井和樹* 河端俊典*

SAWADA Yutaka, MURAI Kazuki and KAWABATA Toshinori

1. はじめに

東日本大震災では、津波により沿岸の構造物に甚大な被害が生じた。被災要因として構造物を越流した津波による地盤の洗掘が報告されている。一方、地震動による地盤の再液化や引き波に伴う地盤の有効応力低下が指摘されている。本研究では、地盤の液化程度が洗掘に及ぼす影響を解明するため、簡易模型実験および MPS 法を用いた数値解析を実施した。

2. 模型実験概要

実験装置を Fig.1 に示す。実験には幅 1100 mm，奥行き 150 mm のアクリル製の容器を用いた。容器右側を越流水槽（幅 550 mm）とし，左側の土槽（幅 550 mm）に 393 ml/s の流量にて，水槽境界 310 mm の高さから 130 mm 下の地盤へ越流させた。昇降可能な水槽の高さを調節することで，土層との水頭差を設定し，地盤内に上向き浸透流を発生させて，有効応力をコントロールした。地盤には 6・7 混合珪砂 ($D_{50}=0.17$ mm, $\phi = 39.8^\circ$, $c = 0$ kPa) を使用し，相対密度 20-40%，層厚 120 mm になるよう水中落下法により作製した。洗掘の様子をビデオカメラで撮影した。実験では 4 種類の動水勾配 ($i = 0.0, 0.2, 0.4, 0.6$) と乾燥地盤のケースを実施した。

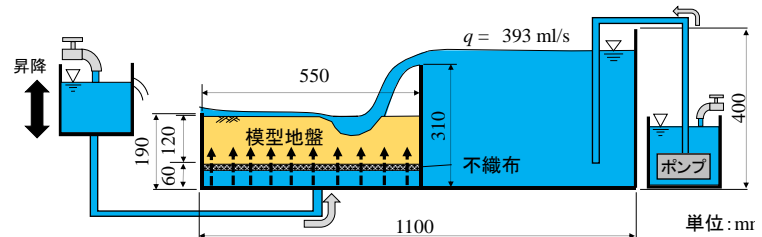


Fig.1 実験装置
Experimental apparatus

3. 数値解析概要

本数値解析には越塚ら¹⁾の提案する MPS 法を使用した。圧力擾乱を低減するため，Khayyer A et al.²⁾の提案する圧力勾配評価式を用いた。地盤の洗掘現象を再現するため，後藤ら^{3), 4)}の提案する侵食モデルを用いた。このモデルでは，初期状態では土粒子は固定されている。地盤表層粒子の近傍流速斜面接線方向成分が閾値を超えるか，斜面法線方向の増分が閾値を超えた場合，各地盤表層粒子における侵食量に関するパラメータが累積され，その累積値が粒子径を超えた時，土粒子一個分が移動する。本解析では，閾値を接線・法線方向それぞれ 0.05, 0.15 m/s と設定した。越流水槽側に一定流量の粒子を発生させることで，実験と等しい流量の越流を再現した。

4. 模型実験および数値解析結果

Fig.2 に実験状況を示す。白線で示すように地表面の形状を明確に捉えることができる。

Fig.3 に動水勾配 $i = 0.0$ のケースにおける，10 秒毎の地表面形状の変化を示す。洗掘は表面から徐々に進行していることがわかる。このことから，今回の実験では，地表面付近

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

キーワード：液状化，洗掘，模型実験

に存在する砂粒子のせん断強さが洗掘に影響を及ぼす可能性が考えられる。

Fig.4 に各動水勾配と乾燥地盤における 90 秒後の地表面形状を示す。乾燥地盤において洗掘深が最大となった。動水勾配の上昇に伴う、洗掘深の増加は認められなかった。これは、地表面付近では土被り厚が小さく、過剰間隙水圧の有無がほとんど影響しないことが原因であると考えられる。

Fig.5 に実験 ($i = 0.0$) と数値解析の地表面形状における比較を示す。実験結果と解析結果で各時間における最大洗掘深, 最大洗掘位置, 洗掘長が概ね一致していることがわかる。しかしながら, 最大洗掘位置よりも離れた位置における地表面形状が大きく異なることがわかる。これは数値解析において砂の再堆積が考慮されていないためであると考えられ, 数値解析における砂の再堆積の再現方法は今後の課題である。

5. まとめ

本研究では液状化程度が洗掘に及ぼす影響を検討するため, 簡易模型実験および MPS 法を用いた数値解析を実施した。その結果, 洗掘は地表面から徐々に進行することが確認された。このことから, 地表面付近に存在する地盤のせん断強さが洗掘に影響を及ぼす可能性があることがわかった。当実験では, 液状化の程度が洗掘に及ぼす影響は認められなかった。また, 数値解析により定性的にはあるが洗掘現象を再現できた。

参考文献

- 1) 越塚誠一(2005):粒子法, 計算力学レクチャーシリーズ 5, 丸善.
- 2) Khayyer A. and Gotoh, H., Development of CMPS Method for Accurate Water-surface Tracking in Breaking Waves(2008), *Coastal Engineering Journal*, **50**(2), 179-207.
- 3) 後藤仁志, 林稔, 織田晃治, 酒井哲郎(2002):越流水による河川堤防侵食過程のグリッドレス解析, 水工学論文集 **46**, 439-444.
- 4) 後藤仁志, 五十里洋行, 谷岡弘邦, 山本和久(2008):粒子法による河川堤防裏法侵食の数値シミュレーション, 水工学論文集 **52**, 979-984.

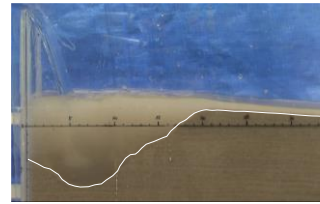


Fig.2 壁面背後の洗掘状況 (90 秒後)
Scour behind the wall in model test (90s)

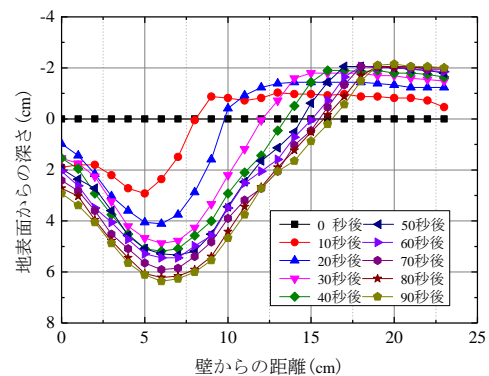


Fig.3 壁面背後の洗掘の変化
Change of scour behind the wall

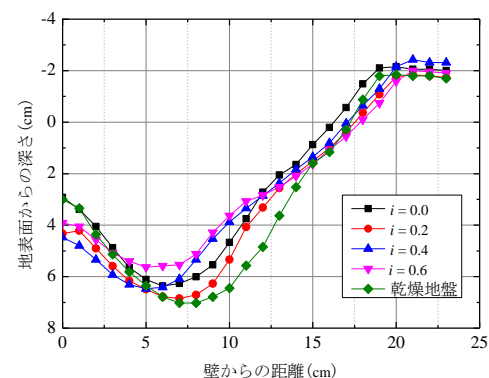


Fig.4 壁面背後の洗掘 (90 秒後)
Scour behind the wall (90s)

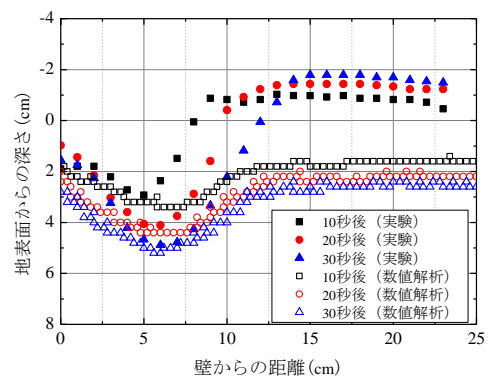


Fig.5 実験と数値解析における
壁面背後の洗掘の比較
Comparison of scour between
experiment and analysis