

地盤流動時の群杭基礎挙動に関する三次元有効応力解析

東京理科大学大学院	学生会員	○鎌田 敏幸
東京理科大学	正会員	石原 研而
基礎地盤コンサルタンツ（株）	正会員	チェブ リアスキー ミシュコ
基礎地盤コンサルタンツ（株）	正会員	亀井 祐聡
東京理科大学大学院	学生会員	田村 勇二

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震以降、液状化に伴う地盤流動に関する研究は本格化した。主に地盤流動量の把握、対策工の検証を目的とした実験的研究が多く、基礎構造物への影響に着目した研究は未だ少ない。また、地盤流動及び構造物の変形予測を合理的に行う手法は、未だ確立されていない。

文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクトの一環として、独立行政法人土木研究所において実施された群杭基礎構造物を有する矢板護岸の側方流動実験¹⁾を対象に、数値シミュレーションを行った。群杭基礎や護岸背後地盤において三次元的な挙動が予想されるため三次元有効応力解析手法にて解析を行った。

2. 解析方法

解析には、砂質土の構成則として Stress-Density Model を導入した三次元有効応力解析プログラム Diana-J3 を用いた。Stress-Density Model の特徴は、砂質土の状態概念 (State Index- I_s) を用いる点にある。この I_s を用いることにより、任意の土の密度や応力状態の表現が可能となっている。また、一般に三次元有効応力解析は、間隙水圧を独立な変数とし、有効応力が常に土の応力-ひずみ関係や地震時の応力変化を三次元的に支配すると仮定する。しかし本解析では、地震加速度の卓越方向の平面におけるせん断ひずみが過剰間隙水圧発生を支配すると仮定した。

3. 実験概要および解析モデル

Fig.1 に模型実験概要を示す。模型寸法は、幅 4000 mm (加振方向) × 奥行き 1000 mm × 高さ 1800 mm となっている。粗砂層には、平均粒径 1.7 mm のいわき珪砂 2 号を用いている。杭は、ステンレス鋼製で外径 50.8 mm、曲げ剛性 $EI=12.8 \text{ kN}\cdot\text{m}^2$ である。入力波は、正弦波で最大振幅約 1200 gal、周波数 5 Hz である。Fig.2 に解析で用いた有限要素メッシュを示す。解析モデルの簡略化のため 1/2 モデルを用いた (護岸直行方向で 1/2)。側面の境界条件は、左右の境界面 (y-z 面) では x 方向変位を固定し、手前の境界面 (y-z 面) では y 方向変位を固定とした。杭と地盤の境界条件は、鉛直方向に関してそれぞれが独立に挙

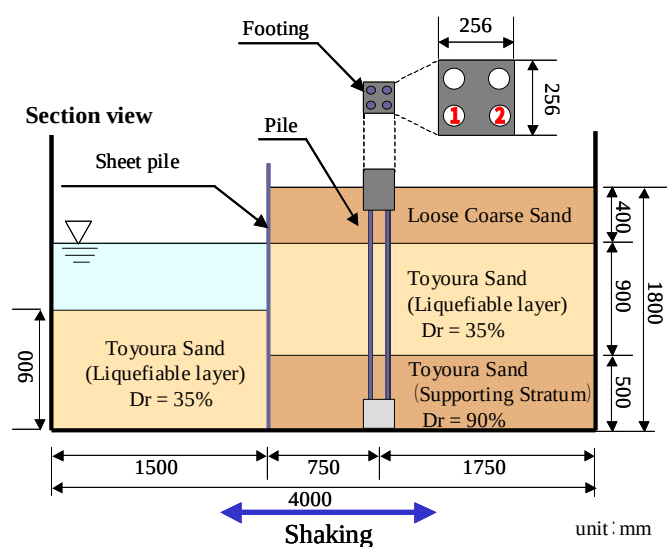


Fig.1 模型実験

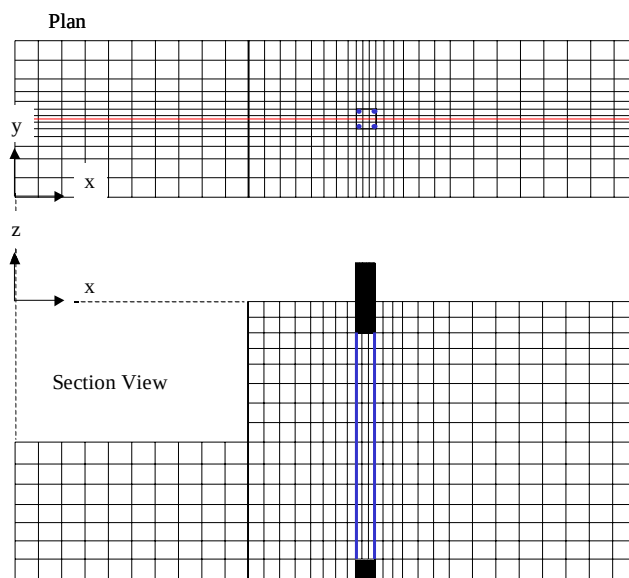


Fig.2 有限要素メッシュ

キーワード 側方流動、群杭、有効応力解析

連絡先 〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641 東京理科大学土木工学科 TEL 0471-24-1501(ex4032)

動するようなモデルとした。砂質土のパラメータは、文献 2)に基づいて設定した。加振前において矢板に作用する応力は、それぞれの地層で静止土圧係数を仮定し、それに対応する三角形土圧分布を算出し、これを矢板に入力して自重解析を行った。この応力状態を初期応力として動的解析を行った。

4. 解析結果

地盤のx方向の加速度、過剰間隙水圧について実測と解析を比較検討した結果、地盤全域で解析がほぼ実測を再現できたことが確認できた。Fig.3に地盤と構造物の変位分布を示す。加振により地盤がフーチングを回りこんで矢板側に流動していることがわかる。Fig.4にフーチングの水平変位について、実測と解析を比較したものを示す。揺れの周期について解析と実測は概ね対応しているが、残留変位量、最大振幅については多少の差異が見られた。Fig.5に実測と解析それぞれの曲げモーメントが最大となる時刻における曲げモーメントの深度分布を示す。図中のNo.1、2は、Fig.1 右上のフーチングの杭番号に対応している。どちらの杭に対しても、解析が精度良く実測を再現することができた。矢板変位に関して、実測では約 0.6 m の変位が生じるが、解析では約 0.2 m 程度しか生じず、同様のモデルに対する解析³⁾と同様に過小評価する結果となった。

5. まとめ

群杭基礎構造物を有する矢板護岸の側方流動実験に対して、三次元有効応力解析手法によりシミュレーションを行い実験結果と比較した。この結果、本解析手法により地盤や群杭基礎の液状化による流動時の挙動を概ね再現できた。

謝辞

本研究は文部科学省の大都市大震災軽減化特別プロジェクトの「Ⅱ 振動台活用による構造物の耐震性向上研究」の一環として行われたものである。関係各位に記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 田村敬一ら (2003) : “側方流動に対する基礎の破壊メカニズム解明の実験” 独立行政法人防災科学研究所 大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 振動台活用による耐震性向上研究 (平成 15 年度), 成果報告書, 2004, pp.315-346.
- 2) Cubrinovski, M. and Ishihara, K. (1998) : “State concept and modified elastoplasticity for sand modelling” *Soils and Foundations*, Vol.38, No.4, pp.213-225.
- 3) チェブリノフスキー・ミシュコラ (2003) : “側方流動に対する基礎の三次元数値シミュレーションの研究 (その 2)” 独立行政法人防災科学研究所 大都市大震災軽減化特別プロジェクトⅡ 振動台活用による耐震性向上研究 (平成 15 年度), 成果報告書, 2004, pp.370-388.

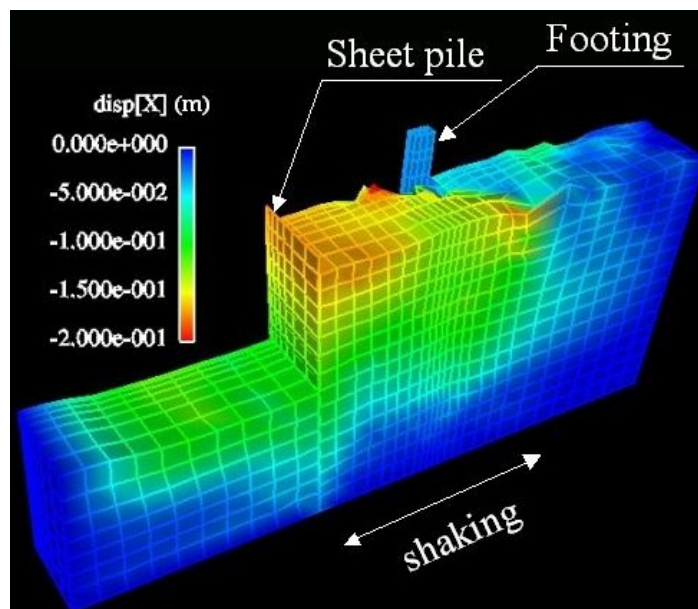


Fig.3 地盤の x 方向変位分布 (加振開始 3.4 秒後)

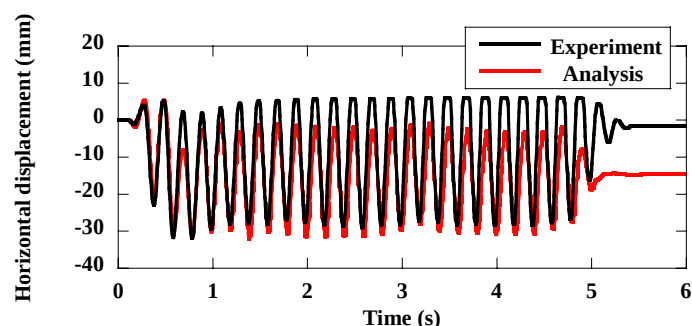


Fig.4 フーチングの水平変位

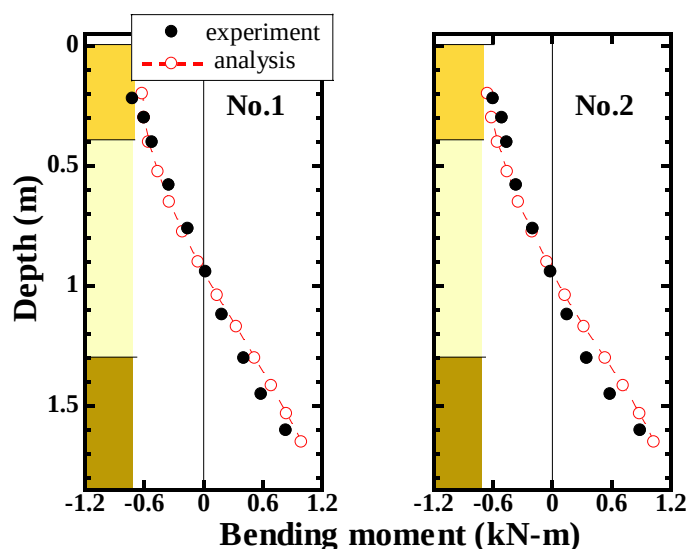


Fig.5 曲げモーメントの深度分布