

液状化地盤における杭の挙動について

山口大学 正会員 兵動 正幸
 山口大学 正会員 三浦 房紀
 住友建設 正会員 高橋 直樹
 三井建設 正会員 山本 陽一
 フジタ 正会員 岸下 崇裕

1. はじめに

液状化地盤における杭基礎構造物の地震時挙動を評価することを目的とし、模型振動台実験を行った^{1),2)}。本文では、模型振動台実験によって得られた杭の挙動を分析し、入力周波数の差異と液状化の程度による杭の応答について考察する。

2. 実験概要

実験模型の概要を図-1に示す。模型地盤は、非液状化層である下部層と液状化層の上部層の2層構造とした。前者は、空中落下法で地盤を作成した後振動台を加振して相対密度が80%となるように管理した。一方、後者は乾燥砂を水中落下させて作成した結果、初期の相対密度は30%程度となった。使用した試料は、表-1に物性値を示す浜岡砂である。

杭模型は3×3計9本の群杭であり、杭頭はフーチングに剛結、杭先端はピン構造とした。計測は、地盤の挙動を把握するために地盤中に加速度計と間隙水圧計を、杭の挙動を把握するために杭に加速度計とひずみゲージを設置して行った。なお、杭近傍の間隙水圧を計測するために、杭には間隙水圧計も設置している。さらに、上部構造物とせん断棒の挙動を確認するために、加速度計とレーザー変位計をそれぞれ設置して計測を行った(図-1)。実験で用いた入力波は、最大加速度100galの正弦波であり、加振はこれを40波として行った。実験は、加振後沈下した地盤に再度水中落下法により乾燥砂を投入し、所定の地盤高さになるよう模型地盤を成形して再度加振を行った。本研究では、これを最終的に上部層の平均相対密度が70%程度になるまで繰返した。なお、本報告では表-2に示す実験ケースの検討結果について示す。

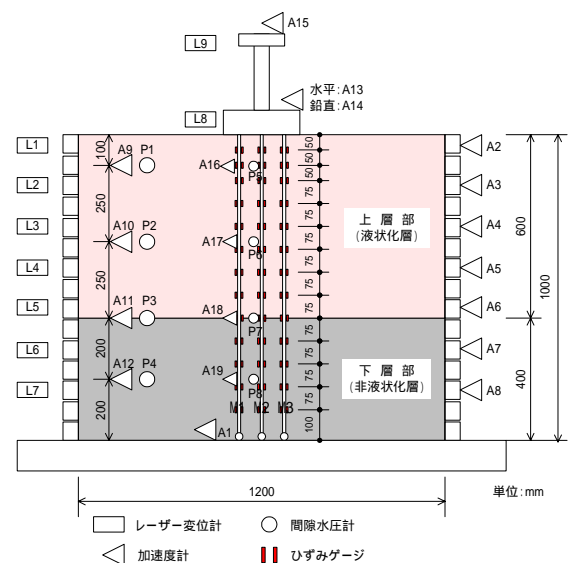


図-1 実験模型概要

表-1 浜岡砂の物性値

土粒子の密度	s	2.699 g/cm ³
粒 度	礫分	0%
	砂分	100.00%
	シルト分	0.00%
	粘土分	0.00%
	均等係数	2.31
	曲率係数	1.03
最大乾燥密度	d max	1.694 g/cm ³
最小乾燥密度	d min	1.396 g/cm ³

3. 実験結果と考察

ここでは、入力波の周波数が10Hz、5Hzおよび2Hzである試験ケースS1004、S1005およびS2005に関して報告する。

図-2に過剰間隙水圧比の経時変化を示した。S1004では、P1の過剰間隙水圧比が加振から0.9秒で1.0となり、P2のそれは加振から3.5秒で1.0に達しており上部層は液状化に至っている。一方、P3とP4の過剰間隙水圧比はそれぞれ0.5および0.2であり、相対密度が80%である下部層の過剰間隙水圧は上昇するものの液状化には至っていない。S1005とS2005でもこの傾向は同様であるが、後者

表-2 実験ケースおよび実験状況

実験ケース	入 力		地 盤		
	周波数 f(Hz)	最大加速度 max(gal)	想定相対密度 Dr(%)	平均相対密度 Dr(%)	沈下量 (mm)
S1004	10.0	103.0	60	56.4	2.0
S1005	5.0	102.8	60	59.3	5.0
S2005	2.0	102.0	60	62.1	20.0

キーワード 模型振動台実験，液状化，杭基礎

連絡先 〒329-0432 栃木県河内郡南河内町仁良川 1726 TEL 0285-48-2611

では P3 の過剰間隙水圧比が加振から 2 秒程度で 1.0 となり, P4 のそれは加振後 10 秒で 0.8 に達している. これより, S2005 では下層も液状化に近い状態となっていることが分かる.

図-3 に杭(図-1 参照 M1 手前列)の曲げモーメントと変形量, および地盤反力の深度分布を示す. 図中の曲げモーメントは, 実験より得られた曲げモーメントを基に 3 次のスプライン関数にて補間した結果を示している. 杭の変形量は, 補間された曲げモーメントを 2 階積分することにより求めた. なお, 境界条件として杭先端がピン結合であることから, 杭先端の変形量は 0 とした. 地盤反力は, 補間された曲げモーメントを 2 階微分することにより算出した. なお, 図中に示す実線および破線は以下のように分けて示している. 実験ケース S1004 および S1005 は, 実線は加振から P1 の過剰間隙水圧比が 1.0 になるまでを, 破線は P2 の過剰間隙水圧比が 1.0 になる近傍の値を示している. S2005 は, P1 ~ P3 の過剰間隙水圧が瞬時に上昇しているため, 実線は P3 の過剰間隙水圧比が 1.0 になるまでを, 破線は P4 の過剰間隙水圧が定常状態のときの値を示している.

図-3a) ~ c) に示す曲げモーメント分布より, 杭の曲げモーメントの絶対値は入力波の周波数が低下することにより大きくなること分かる. さらに, その分布にはゼロクロスする点が生じ, これが液状化の地盤深部への拡大に従い曲げモーメントの極大値とともに杭先端へ移動している. これらの原因としては, 液状化に伴い地盤反力が小さくなり, 図-3a) ~ c) の変形量の深度分布から明らかなように杭の変形の変曲点が杭先端方向に下がる³⁾とともに, 上部構造物とフーチングの慣性力が增大すること等が考えられる.

図-3a) ~ c) に示す地盤反力の深度分布は, 液状化層における値が非液状化層のそれと比較して小さい傾向にあるものの, 定量的な評価は難しい. 今後さらにデータの分析を進め, 相互作用ばね等の評価を行う予定である.

4. まとめ

模型振動台実験を実施して液状化地盤における杭の挙動について分析した. その結果, 杭の曲げモーメントと変形量の深度分布は, 入力波の周波数と地盤の液状化に大きく影響を受けることが明らかとなった.

参考文献

- 1)三浦房紀, 兵動正幸, 岸下崇裕, 山本陽一, 高橋直樹: 液状化地盤中の杭挙動について(その1: 模型振動台実験と考察), 第 37 回地盤工学研究発表会講演集, 2002. 2)兵動正幸, 三浦房紀, 山本陽一, 高橋直樹, 岸下崇裕: 液状化地盤中の杭挙動について(その2: 有効応力解析によるシミュレーション), 第 37 回地盤工学研究発表会講演集, 2002. 3)佐藤正行, 石川利明, 佐藤博, 嶋田昌義: 地震時における液状化地盤中の杭挙動に関する研究(その1: 実験結果の分析), 土木学会第 55 回年次学術講演会講演集, -B, pp884-885, 2000.9.

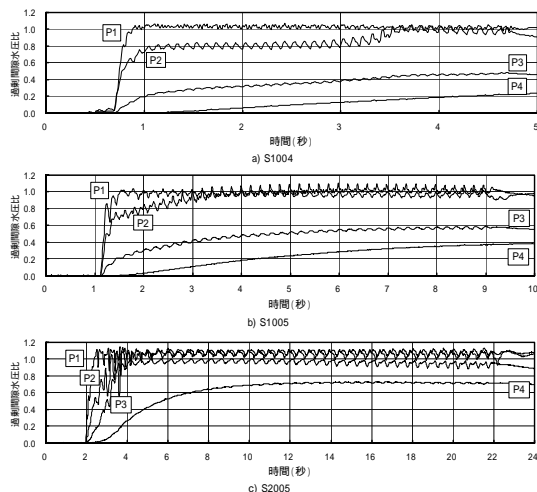


図-2 過剰間隙水圧比の経時変化

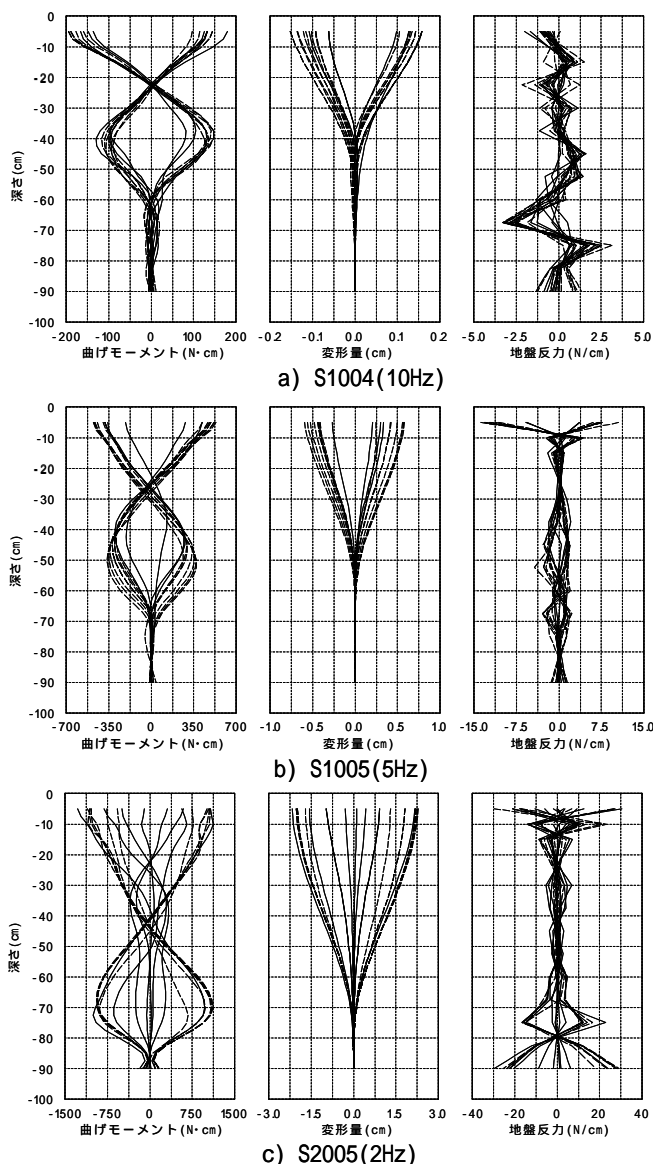


図-3 杭の曲げモーメント, 変形量, 地盤反力の深度分布