

武蔵工業大学 学○大塚 康司 学 稲垣 由紀子
同上 正 末政 直晃 正 片田 敏行

1. はじめに

緩い飽和砂地盤では、地震時に液状化が発生しやすく、先の兵庫県南部地震でも構造物等に多大な被害が生じた。液状化による地盤の動特性の変化は、構造物の応答特性に影響を与える。液状化過程において地盤中の杭基礎構造物では、地盤剛性の低下によって杭に作用する地盤反力も低下する¹⁾。その結果、杭-構造物系の固有振動数は小さくなる。このような現象を把握するため、本研究では液状化の進行程度が異なる地盤を層厚が異なる2種類の乾燥砂模型地盤で模擬した。この模型地盤を用いた遠心模型実験により、杭-構造物系の固有振動数の違いが地盤反力特性に与える影響を検討した。

2. 実験概要

本実験では空中落下法で表面乾燥状態の豊浦砂を用いて、せん断土槽中(図-1)に相対密度 $Dr=80\%$ 、 $Dr=60\%$ の二層砂地盤を作製する。模型地盤の上層である $Dr=60\%$ の層厚は、液状化初期を仮定した層厚 10cm(モデル 1)、液状化が進行した状態を仮定した層厚 5cm(モデル 2)の2通りとした。使用した模型杭は直径 15mm、肉厚 1mm の中空アルミ製であり、杭内部にはひずみゲージが所定の位置(図-1)に貼ってある。模型杭は4本を群杭としてフーチング部に剛結させ、杭先端部は模型土槽底部に特殊冶具でヒンジ結合させた。また橋脚模型には上部構造物を模擬した 1kgf の錘を設置した。実験は模型構造物が設置された模型地盤を遠心加速度 18.1G 場において、図-2 に示す入力波(最大入力加速度 2G [110gal に相当]、振動数 15~100Hz [0.8~5.5Hz に相当])で加振させた。なお、模型装置には図-1 中に示すように加速度計 Acc、レーザ変位計 La を設置した。

3. 実験結果

実験結果は、実スケール換算して図-3~5 に示す。図-3 は入力振動数と加速度応答倍率(上部構造物の応答加速度/入力加速度)の関係である。この結果を見るとモデル 1 の固有振動数は約 2.2Hz、モデル 2 の固有振動数は約 1.4Hz である。そこで、入力正弦波と構造物系との共振時における応答特性を比較することとした。また、各モデルにおける非共振時(モデル 1 では入力振動数 1.4Hz における応答、モデル 2 では入力振動数 2.2Hz における応答)の応答特性も比較する。

キーワード：液状化、杭基礎構造物、共振現象、杭の地盤反力

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学地盤工学研究室 Tel&Fax 03-5707-2202

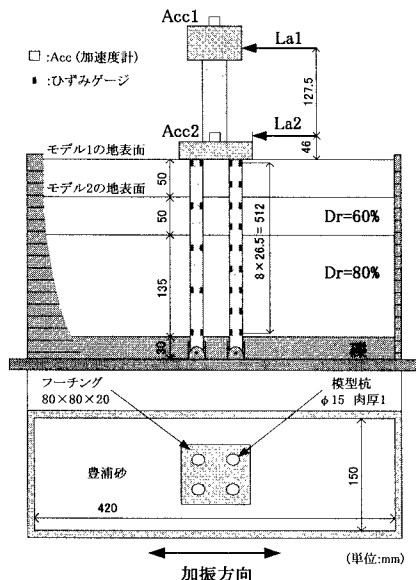


図-1 模型実験装置

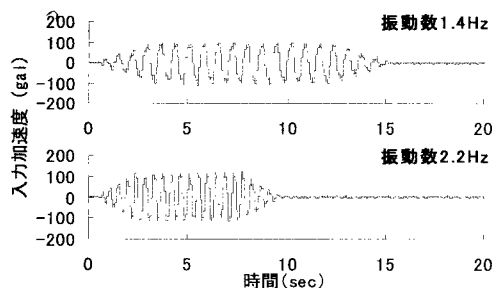


図-2 入力波形

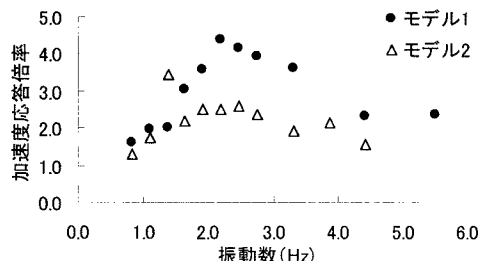


図-3 入力振動数と加速度応答倍率の関係

図-4 は、杭に生じた最大曲げモーメント発生時の深さ方向分布である。共振時に大きい曲げモーメントを示し、共振時、非共振時とも深さ 1.0m 付近で最大となった。また、モデル 1 の共振時とモデル 2 の非共振時を比較すると、深さ 1.5m 以深で曲げモーメントはほぼ一致した。すなわち、共振しなくとも層厚が減少した場合(モデル 2)に上部構造物の慣性力が大きくなるため曲げモーメントが増大している。モデル 2 では共振すると、さらに深さ 3.5m 付近まで曲げモーメントが増大している。以上より共振時や液状化により見かけ上層厚が減少すると、杭に掛かる負荷が大きいことがわかる。

図-5 に杭頭部、深さ 1.0m、2.0m における杭の水平地盤反力と相対変位（以下、地盤反力、変位）の関係を示す。杭の地盤反力は曲げモーメントを多項式で表し 2 階微分したものを、変位は多項式で表された曲げモーメントを弾性方程式に代入して 2 階積分し算出した。境界条件は杭頭部を固定端とし、杭先端部をヒンジとした。解析の結果、両モデルにおける杭に対する地盤反力と変位は共振時に大きい値を示した。また、モデル 2 では杭頭部が突出し杭の変形が上部構造物の慣性力に大きく影響され、共振時と非共振時では地盤反力の値は異なるが、杭の変形モードに差は見られなかった。これに対してモデル 1 では振動数による違いが見られた。さらに杭の地盤反力係数に着目すると、地盤深部にいくほど大きくなったが、今回の結果では入力波の振動数による違いはさほど見られなかった。

4. まとめ

液状化の進行程度を模擬して層厚を変えた乾燥砂地盤に、杭-上部構造物模型を設置して遠心模型実験を行った。その結果、以下のような知見を得た。

- ・杭の地盤反力と変位は入力波振動数や液状化の進行程度によって違いが見られた。
- ・液状化の進行によって見かけ上層厚が小さくなると杭の地盤反力係数に違いが見られた。しかし、入力波の振動数による違いはさほど見られなかった。

謝辞：本研究を行うにあたり労働省産業安全研究所の方々には多大な援助と御指導を頂き、深く感謝の意を申し上げます。

参考文献

- 1) 澤田,西村：「液状化地盤中の基礎構造物…」第 24 回地震工学研究発表会,pp597～600,1997

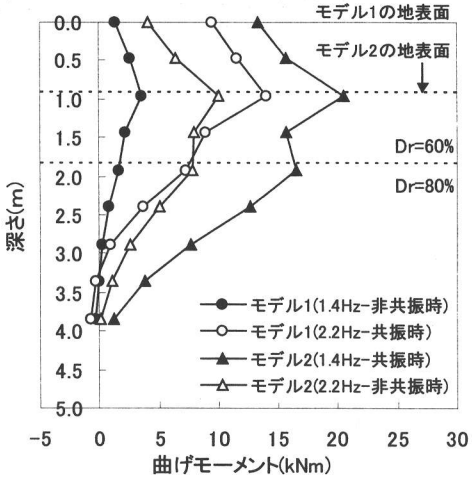


図-4 杭に生じる曲げモーメントの深度分布

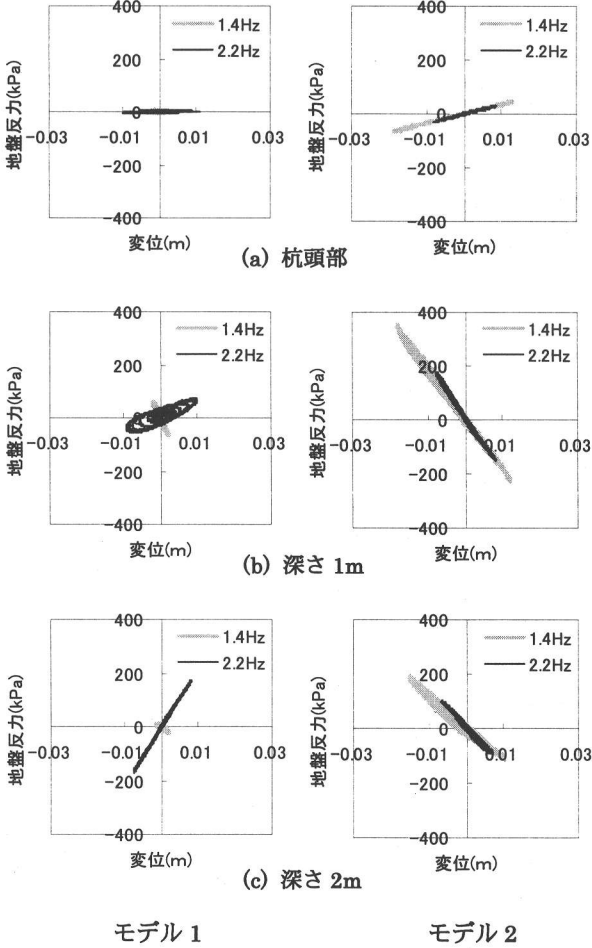


図-5 杭の地盤反力と変位の関係