

液状化地盤にある杭基礎構造物に関する動的遠心模型実験

—乾燥砂地盤によるシミュレーション—

武蔵工業大学

学○上坂 直弘

同上

正 末政 直晃

正 片田 敏行

独立行政法人産業安全研究所

正 玉手 聡

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、液状化過程における地盤中の杭基礎構造物は、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。その結果、杭—構造物系の固有振動数は小さくなる。この過程で地盤—杭基礎系の固有振動数と地震波の卓越振動数が一致すると過渡的な共振現象が起こり、過大な応答状態になる場合がある¹⁾。そこで本研究では、液状化の進行過程における過渡的な共振現象に着目し、遠心模型実験を用いて地盤—杭基礎系と構造物系の相互作用関係が構造物の挙動や杭に生じる曲げモーメントに与える影響を検討した。但し、本研究では対象としたモデル実験に比べて遠心加速度を低下させ、層厚を変化させた乾燥砂地盤を用いる事により、擬似的に液状化地盤を再現している。

2.実験概要

模型実験装置の概要を図1に示す。本実験で用いた試料は気乾状態の豊浦砂である。模型地盤の作成方法は次のとおりである。まずせん断土槽内部をゴムメンブレンで覆い、模型杭4本を群杭としてせん断土槽底部に設置する。次に平均粒径5mmの砂礫を高さ30mm敷き詰め、その後空中落下法を用いてDr=70%の地盤を作製する。但し地盤の層厚はモデルで異なり、FULLは層厚を減らさない場合で液状化の比較的初期の状態を想定しており、HALFは地盤の層厚を100mm減らし液状化が進行した状態を想定している。模型地盤を作製した後、フーチング部を設置し杭頭部を固定する。その後遠心加速度場(18.8g)において、最大入力加速度が2gで周波数の正弦波加振を行った。地盤—杭基礎系の振動実験はフーチングまでの状態で、全体系はさらに上部工を設置した状態で加振したものを指している。

表1に地盤—杭基礎系と上部工の固有振動数を示す。

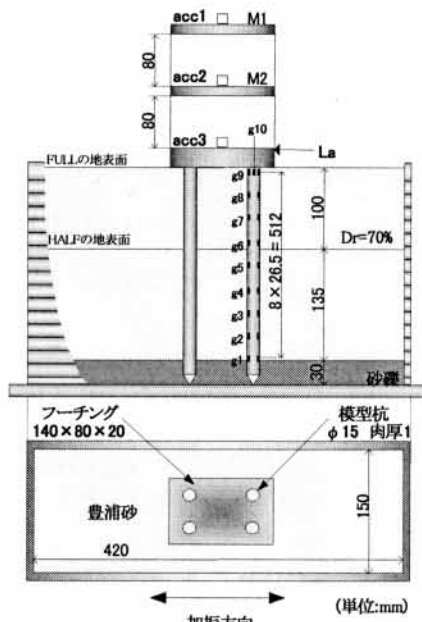


図1 模型実験

表1 地盤—杭基礎系と上部工の固有振動数

地盤条件	状態	固有振動数
FULL	FULL	52 Hz
	HALF	68 Hz
上部工	1次モード	40 Hz
	2次モード	115 Hz

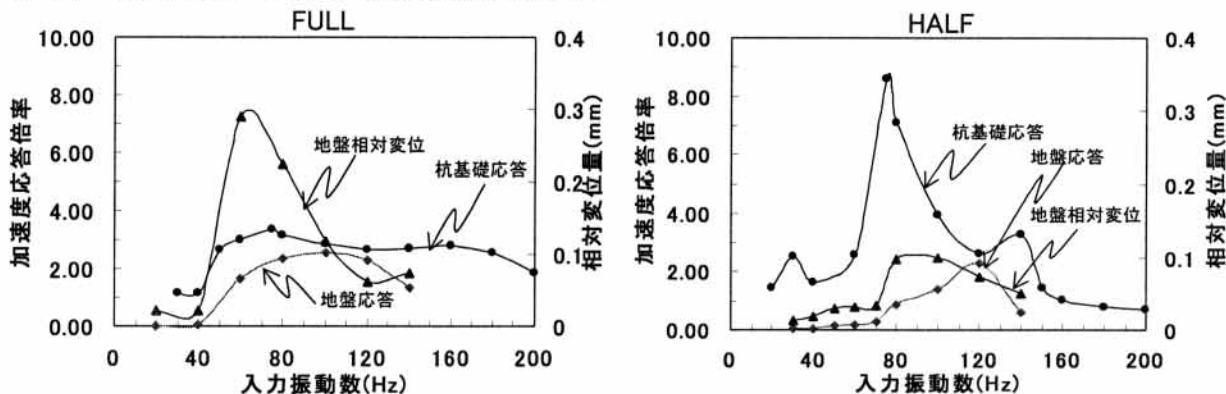


図3 振動数, 加速度応答倍率, 変位関係(杭基礎—地盤系)

キーワード：液状化, 卓越振動数, 乾燥砂, 動的遠心模型実験, 共振現象

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

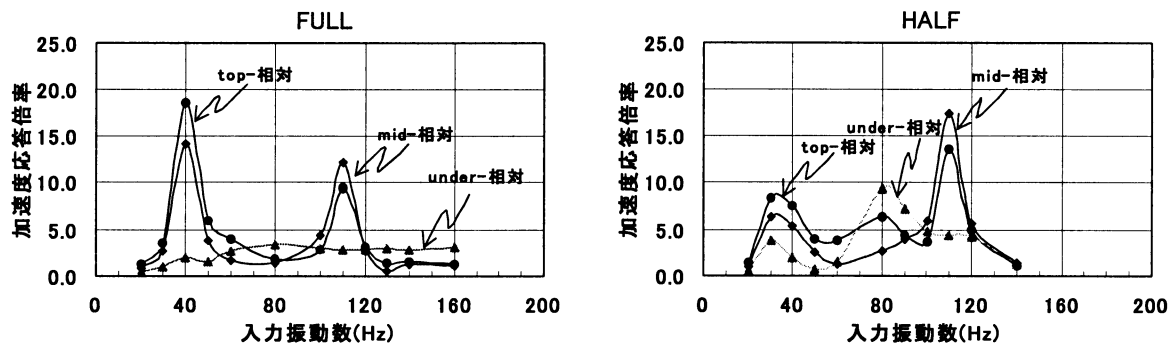


図4 振動数, 加速度応答倍率, 変位関係(全体系)

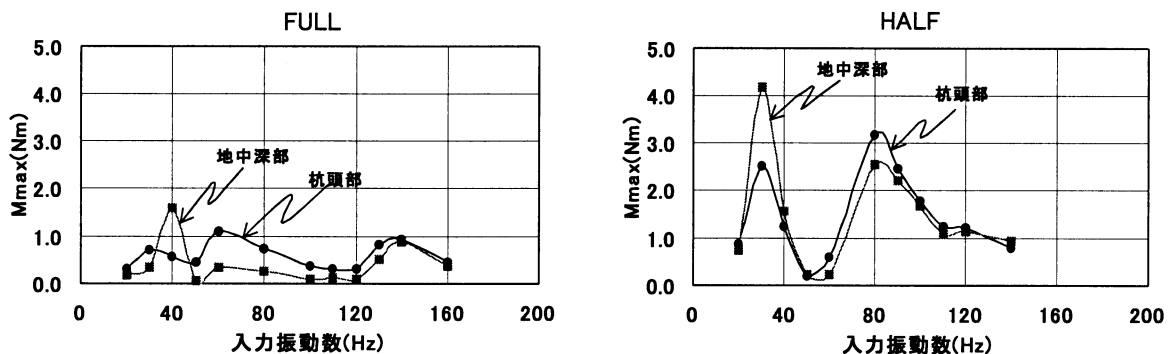


図5 曲げモーメント比較(全体系)

3. 実験結果

杭基礎-地盤系の振動数と加速度応答倍率, 地盤相対変位の関係を図3に示す. なお加速度応答倍率は基礎の相対加速度を入力加速度で除した値であり, 地盤相対変位は底板と地表面との変位差である. 図より杭基礎の加速度応答はFULLよりもHALFの方が加速度応答が大きく, 地盤相対変位はHALFの方が小さい事が分かる. また杭基礎-地盤系では杭基礎応答は地盤応答ではなく, 地盤相対変位が最大時に大きくなる事が示されている. 図4に全体系の応答倍率を示す. FULLでは上部工の固有振動数である40Hz, 115Hzで加速度応答が卓越し, HALFでは上部工の固有振動数の他に杭基礎-地盤系の固有振動数68Hzでも応答が増大している. さらにHALFでは杭基礎-地盤系の応答に影響を受けて, 上部工の2次モードの応答倍率が1次モードよりも大きくなっている.

全体系の曲げモーメントを比較する(図5). FULLでは上部工の1次モード時に地中深部で, HALFでは上部工の1次モード時, 及び地盤-杭基礎の固有振動数付近でモーメントが増大する. さらにHALFでは2次モードにおける上部工の加速度応答倍率がきわめて大きいにもかかわらず, 曲げモーメントは小さい値となっている.

4. まとめ

液状化の進行過程における過渡的な共振現象に着目し, 遠心模型実験を用いて地盤-杭基礎系と構造物系との相互作用関係を検討した結果, 以下の知見を得た.

- ・等加速度入力を受けた杭基礎系の応答加速度は地盤の応答加速度よりも地盤の相対変位量に強い影響を受ける.
- ・杭基礎系の卓越周波数領域と上部工の卓越周波数領域が重なると, 全体系の応答倍率が増大する.
- ・杭に生じる曲げモーメントは杭基礎系の加速度応答の卓越振動数領域と上部構造物の1次固有周波数付近で大きい.

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有益な助言と助力を頂きました. ここに厚く御礼申し上げます.

参考文献: 1) 澤田, 西村: 「液状化地盤中の基礎構造物の挙動に関する実験的研究」第24回地震工学研究発表会, pp597~600, 1997