

# 液状化地盤中の上部工の振動特性が杭基礎構造物に与える影響

武蔵工業大学 学 澤田 和宏 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液状化が発生しやすく、液状化の発生に伴い地盤剛性が低下し、また杭基礎構造物系の杭に作用する地盤反力も低下する。これにより杭基礎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領域が一致すると共振が起こり、過大な応答状態になる場合がある<sup>1)</sup>。そこで液状化の進行過程における共振に着目し、地盤杭基礎系と構造物系の相互作用関係が杭に生じる曲げモーメントと構造物の挙動に与える影響を把握することを目的とする。但し、本研究は1ケースでいくつもの振動数で加振が可能な乾燥砂地盤で層厚を変化させることにより、擬似的に液状化地盤を再現している。

## 2. 実験概要

模型実験装置を図1に示す。本実験の模型地盤は気乾状態の豊浦砂である。まず、ゴムメンブレンで覆ったせん断土槽内部に模型杭4本を群杭として底部に設置し、平均粒径5mmの砂礫を一様に高さ30mmの高さまで敷き詰めた。次に、空中落下法を用いてDr=70%の地盤を作製した。但し、地盤の層厚はモデルで異なり、液状化の比較的初期状態を想定したFULL地盤は層厚を減らさず底面から砂礫部分を含めて265mmの高さまで豊浦砂を敷き詰めた、HALF地盤は砂層の層厚をFULL地盤から100mm減らし、液状化が進行した状態を想定する。模型地盤を作製した後、フーチングを杭頭部に設置して杭を固定する。さらにフーチング部に各層300gの上部構造物を設置した。また飽和砂地盤と乾燥砂地盤中の応力分布を等しく、飽和砂地盤中と乾燥砂地盤中の有効応力が一致するように飽和砂地盤35G場を乾燥砂地盤で換算すると約20G場になる。約20Gの遠心加速度場において最大入力加速度が2Gである各振動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加振し、上部工の固有振動数を変化させるために1.7mmと2.0mmの壁厚を用いて設置した状態で加振したものを指す。表1に地盤-杭基礎系と上部工の固有振動数を示す。

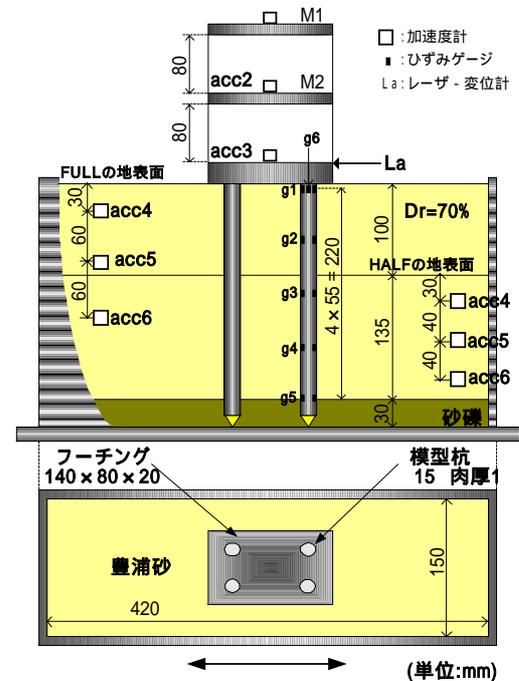


図1 模擬実験装置

表1 モデルの固有振動数

壁厚	1次モード (Hz)	2次モード (Hz)
地盤 - 杭 基礎系	FULL 70 HALF 75	
1.7mm	47	137
2.0mm	63	182

## 3. 実験結果

上部工壁厚1.7mmと地盤-杭基礎系の加速度応答倍率を図2に示す。加速度応答倍率はフーチング部の相対加速度を入力加速度で除した値である。FULL地盤とHALF地盤では応答倍率の卓越は共に3ヶ所で現れて

キーワード：地震，共振，遠心場，液状化，卓越振動数

連絡先：〒158-8557 東京都世田谷区玉堤1-28-1 武蔵工業大学地盤環境工学研究室 Tel&Fax03-5707-2202

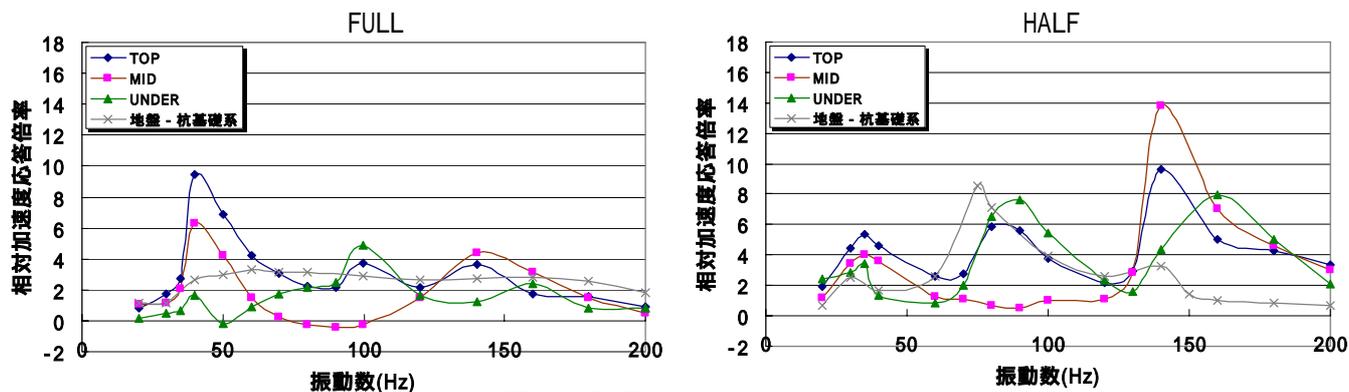


図2 壁厚 1.7mm 加速度応答倍率

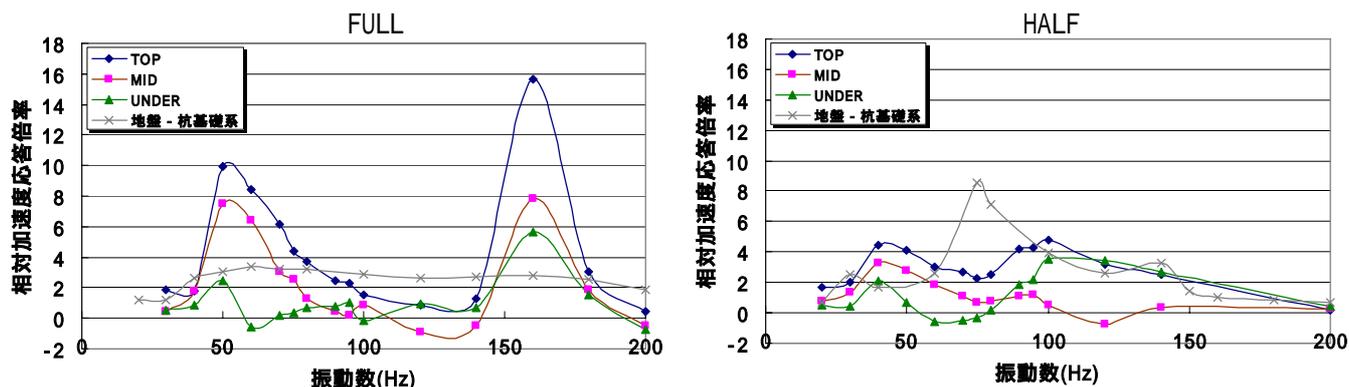


図3 壁厚 2.0mm 加速度応答倍率

おり、それぞれの振動モードは同一になった。FULL 地盤に比べ、HALF 地盤の固有振動数は全体的に下がっている。FULL 地盤では上部工の1次固有振動数で加速度応答倍率が卓越し、HALF 地盤では地盤 - 杭基礎系の固有振動数 70Hz で応答が増大している。さらに地盤 - 杭基礎系の応答に影響を受けて、上部工の2次モードの加速度応答倍率が1次モードよりも大きくなっている。また、上部工の1次モードの加速度応答倍率が小さく、2次モードの応答倍率は140Hz で過大な応答になっている。

上部工壁厚 2.0mm と地盤 - 杭基礎系の加速度応答倍率を図3に示す。壁厚 2.0mm でも壁厚 1.7mm 同様、FULL 地盤に比べ、HALF 地盤の固有振動数は全体的に下がっている。FULL 地盤において上部工の1次固有振動数と2次固有振動数の2ヶ所で卓越し、上部工の振動特性が影響している。HALF 地盤では地盤 - 杭基礎系は75Hz で卓越したが、すべての上部工の応答倍率が小さく減衰している。HALF 地盤はFULL 地盤に比べ上部工の1次固有振動数の応答倍率が小さく、2次固有振動数では卓越しない。

壁厚が 1.7mm と 2.0mm の FULL 地盤での上部工2次固有振動数での加速度応答倍率を比較すると、1.7mm では上部工2次固有振動数 137Hz 付近で2次モードであるのに対して、2.0mm では160Hz 付近でTOPの最大応答倍率が生じ2次モードにならなかった。同様に HALF 地盤で比較すると、上部工の壁厚の変化にかかわらず上部工の1次固有振動数は両壁厚とも1次モードとなるが、2次固有振動数は2.0mm では卓越しない。

#### 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、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、以下の知見が得られた。

- ・全体系は上部工の固有振動数より卓越振動数が低下する。
- ・上部工の固有振動数を地盤 - 杭基礎系の固有振動数に近づけると、HALF 地盤の応答は小さくなる。

謝辞：本研究を行うにあたり、独立行政法人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