

## 液状化地盤における杭基礎構造物の地震時挙動

武蔵工業大学 学 上坂 直弘 学 平野 秀司  
 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

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し、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<sup>1)</sup>。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した。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、地盤中には加速度計を埋設している。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2Gで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、さらに上部工を設置し壁厚を0.5mm,1.0mm,1.7mmと構造物固有振動数を変化させた状態で加振した。表1に上部工の固有振動数を示す。

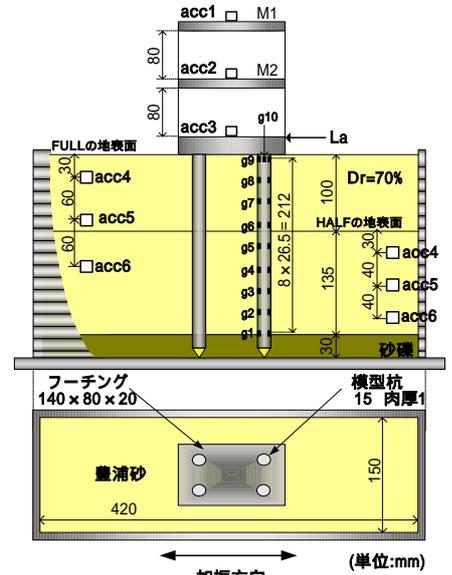


図1 模型実験装置

表1 上部工の固有振動数

壁厚	1次モード (Hz)	2次モード (Hz)
地盤 - 杭基礎系	FULL 60	
	HALF 70	
0.5mm	12	31
1.0mm	27	71
1.7mm	47	137

### 3.実験結果

上部工壁厚0.5mmの加速度応答倍率を図2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る。FULL地盤において上部構造物の固有振動数では卓越せず、130Hzまでは入力された加速度より小

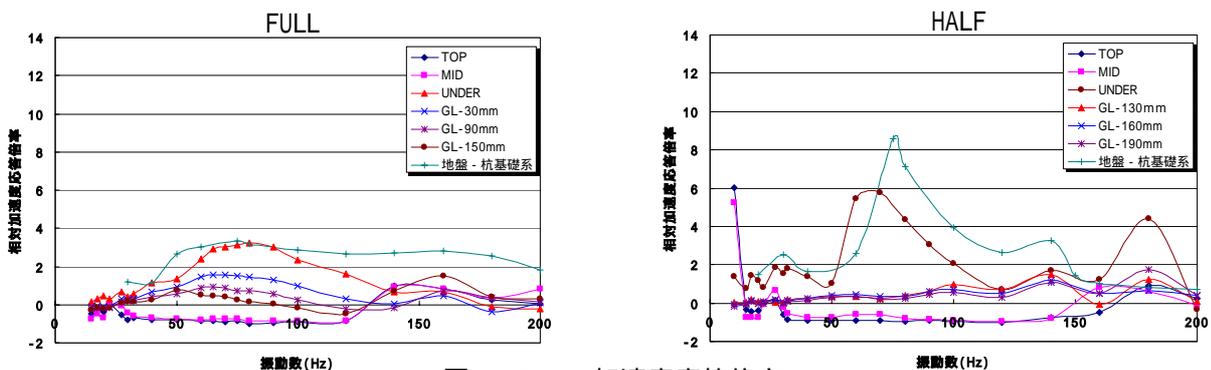


図2 0.5mm 加速度応答倍率

Key Word: 卓越振動数, 共振現象, 上部工, 遠心場, 液状化

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&Fax 03-5707-2202

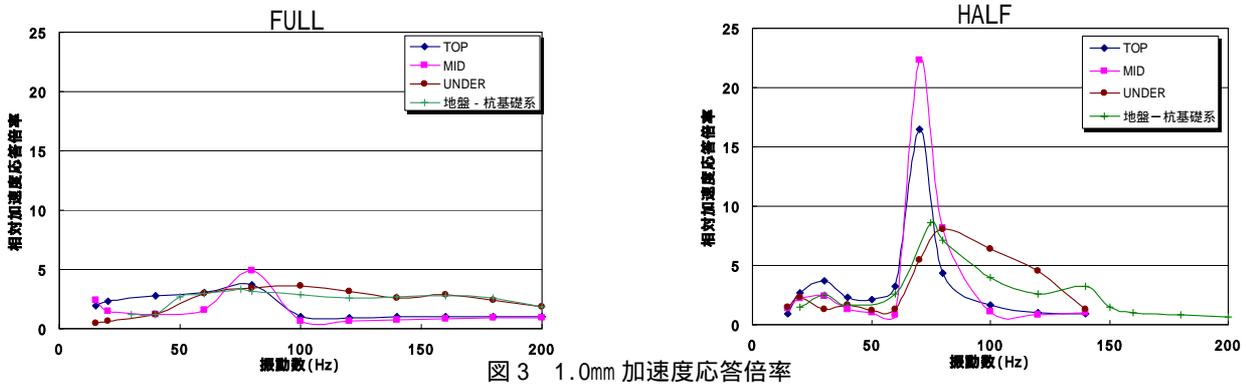


図3 1.0mm 加速度応答倍率

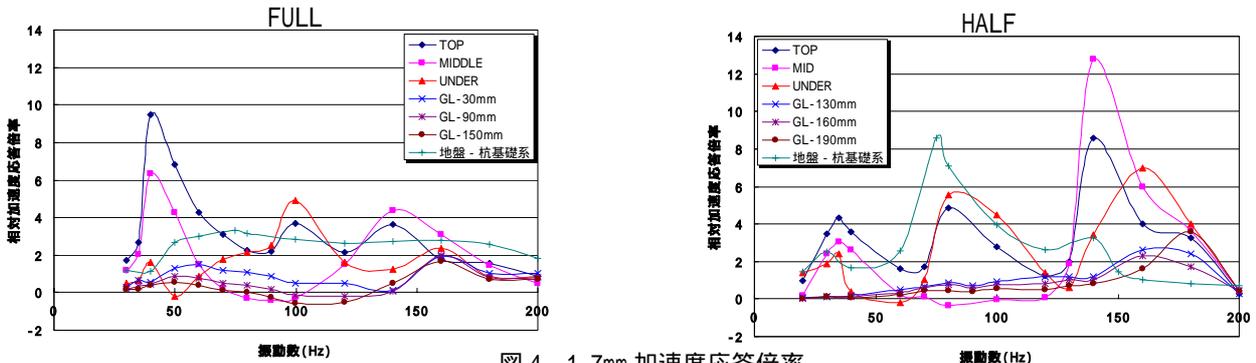


図4 1.7mm 加速度応答倍率

さくなり減衰していることが分かる.HALF 地盤では上部工の1次固有振動数12Hz付近で卓越し,それ以降はFULL 地盤同様に振動が減衰され,地盤-杭基礎系の振動特性に影響される.

次に壁厚1.0mm(図3)を使用したケースでは,FULL 地盤とHALF 地盤の双方において上部構造物の1次固有振動数27Hz付近では卓越した挙動は生じなかった.2次の固有振動数71Hzの付近では双方の地盤で応答が卓越した.その際,HALF 地盤では上部構造物の固有振動数と地盤-杭基礎系の固有振動数が近いいため,共振によって過大な応答が発生したと考えられる.

壁厚1.7mmの加速度応答倍率を図4に示す.FULL 地盤とHALF 地盤では応答倍率の卓越は共に3ヶ所で現れており,それぞれの振動モードは同一になった.しかしFULL 地盤では上部工の1次固有振動数で加速度応答が卓越し,HALF 地盤では杭基礎-地盤系の固有振動数70Hzで応答が増大している.さらにHALF 地盤では杭基礎-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.

入力振動数と杭に生じる曲げモーメントを図5に示す.これは各振動数において杭に作用する地中部と杭頭部の曲げモーメントを示している.FULL 地盤では壁厚1.7mmの1次固有振動数において地中部で最大曲げモーメントが生じ,1.0mmでは杭頭部で地盤-杭基礎系の影響を受け増大している.0.5mmは上部工の挙動が小さいためほとんど生じていない.HALF 地盤では1.7mmは1次固有振動数と地盤-杭基礎系の固有振動数で,他の2ケースは上部工の振動特性でなく地盤-杭基礎系の振動特性で最大曲げモーメントが生じた.

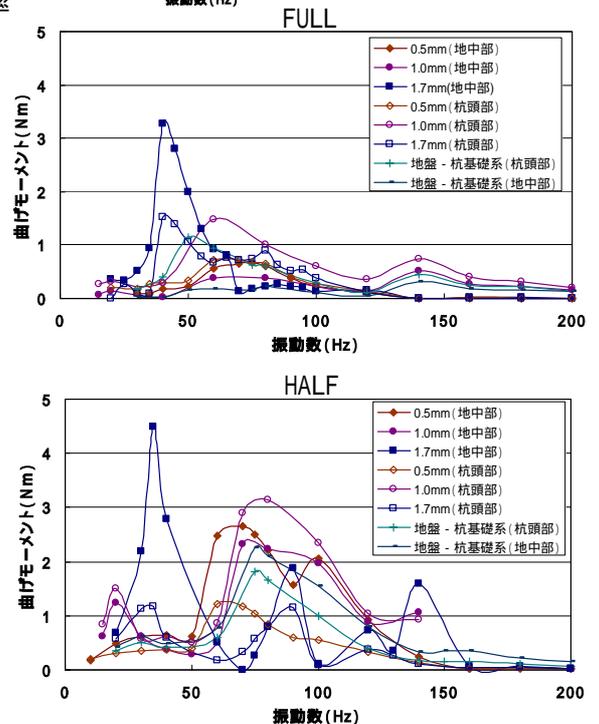


図5 杭に生じる曲げモーメント

#### 4.まとめ

- ・地盤-杭基礎系の卓越振動数領域と上部工の卓越振動数領域が重なると,上部工の応答倍率が増大する.
- ・曲げモーメントは構造物の1次固有振動数と地盤-杭基礎系の加速度応答の卓越振動数領域で大きくなり,上部工の振動特性の変化により液状化による杭被害は杭頭破壊と地中部破壊の2通りある.

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