

## RC 杭基礎 - 地盤連成系の非線形応答性状に関する実験的研究

埼玉大学 学生会員 森 篤史, 正会員 牧 剛史  
 (株)フジタ 正会員 平野勝識, 正会員 藤倉裕介  
 (株)コムスエンジニアリング 正会員 土屋智史  
 東京大学大学院 正会員 半井健一郎

## 1. 研究背景と目的

近年、構造物の耐震性能照査において、基礎と地盤の影響を適切に加味することが規定され<sup>1)</sup>、杭と地盤が非線形領域に入るようなケースにおいても、杭と地盤の相互作用を適切に評価することが必要とされている。そこで本研究では、液状化を生じるような地盤における RC 杭基礎の応答性状を明らかにすることを目的としてせん断土槽を用いた振動台実験を行った。

## 2. 振動台実験の概要

せん断土槽(1.2m×0.8m×1.0m)を用いた振動実験の実験モデルの概要図を図-1 に示す。地盤材料には浜岡砂を用い、飽和地盤を作製した。実験ケースを表-1 に示す。試験体の種類は1本杭, 4本杭の2種類とし, 1本杭は80×200mmの矩形断面で, 杭長を900mmとし, 主鉄筋にはD10を4本用いた。4本杭は1本あたり80×100mmの矩形断面で, 杭間距離は杭径の1.5倍, 杭長を900mmとし, 主鉄筋にはD6を4本用いた。地盤状態は全層が相対密度  $Dr=80\%$  の密地盤としたケース, および上層半分を  $Dr=40\%$  の緩地盤としたケース2種類とした。また, 4本杭液状化地盤は錘なしとして(4L0), 地盤のみ加振2ケースを含めて計6ケースを実施した。図-2 に入力加速度の例を示す。入力加速度は非液状化地盤のNケースはホワイトノイズ波, 液状化地盤のLケースは5 Hz の SIN 波とし, 最大加速度はともに 1000gal と 1500gal で行った。また, モデルの固有振動数を確認するため, 1000gal と 1500gal の前後にホワイトノイズ波 50gal を入力して加振した。

## 3. 実験結果

## (1) 液状化過程における杭応答

まず, 地盤の非線形挙動である液状化に至る過程での杭の応答の変化について Case1L の実験結果を

キーワード せん断土槽、杭基礎、相互作用、液状化、非線形応答

連絡先 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 225 埼玉大学理工学研究科 mori@mtr.civil.saitama-u.ac.jp

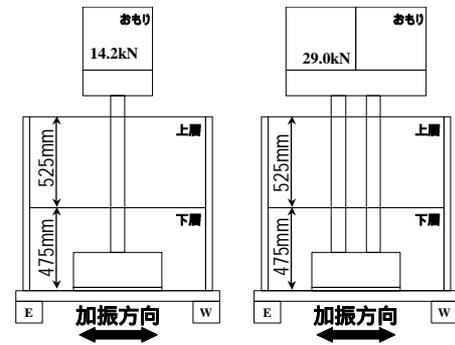


図-1 実験概要図

表-1 実験ケース

	密地盤	緩地盤
		$Dr = 80\%$
杭なし	Case 0N	Case 0L
1本杭	Case 1N	Case 1L
4本杭	Case 4N	Case 4L0

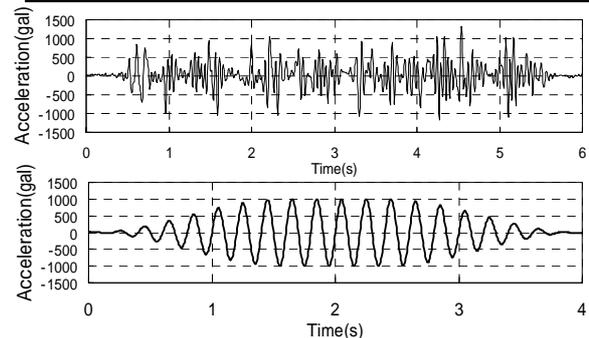


図-2 入力波形 (上)Nケース (下)Lケース

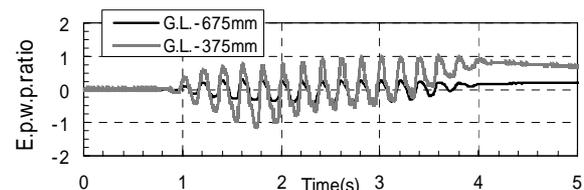


図-3 Case1L 過剰間隙水圧比

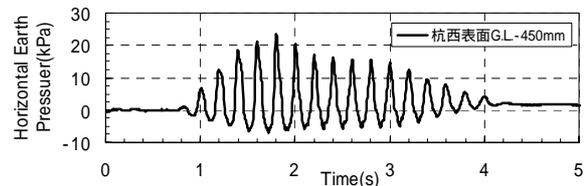


図-4 Case1L 土圧変化

検討する。図-3 に杭近傍加振方向 100mm 位置での過剰間隙水圧比の時刻歴を示す。下層は比=0.3 で液状化は生じていないが, 上層では 3.0s 付近で比=1.0

となり、液状化を生じていることが分かる。また、図-4 に示す土圧の時刻歴より、1.9s 付近から杭体に作用する土圧が減少していることが分かる。よって、液状化過程を 1)液状化途中前半(0s-1.9s)、2)液状化過程後半(1.9s-3.0s)、3)完全液状化後(3.0s-5.0s)に分割し杭の応答の相違を杭の曲率を比較検討する。図-5 に曲率の深度分布を示す。図より、最大曲率は上層と下層の境界付近にあり、液状化の過程を通じて液状化特有の形状をしている<sup>2)</sup>。つまり、液状化途中では曲率にそれほど大きな変化が現れていないことから、液状化過程の土圧や間隙水圧の変化が必ずしも杭の応答に影響を与えとは限らないと考えられる。

## (2) 基礎における応答の変化

地盤と杭基礎の相互作用が振動中にどのように変化するかについて、Case1N、Case4N の結果を用いて検討する。上部スタブでの応答加速度波形にウェーブレット変換を施し、地盤もしくは杭の固有振動数を持つ波形がどのような振動数で、かつどれほどの振幅で含まれているかを時間経過を考慮して求めた。また、スタブ位置の振幅を入力加速度振幅で除した増幅比とした上で、計測された基礎応答に占める、基礎主体の応答成分と地盤からの作用による応答成分の割合を算定した。図-6 に基礎主体の応答成分が占める割合の時間変化を示す。図-6 より、基礎主体応答の割合は Case1N では時間経過とともに高くなる傾向がある。この原因は地盤の非線形化により、地盤からの作用が低下したためと考えられる。また、Case4N では全体を通して高い割合を維持している。これは地盤の非線形化は Case4N でも生じていると考えられるが、基礎自体の固有振動数が高いために Case4N ではその影響が現れていないものと推測される。また、図-7 に地盤主体応答成分の卓越振動数の時間変化を示す。これより卓越振動数は多くが Case1N では 15Hz ~ 20Hz の中にあり、Case4N では 15Hz ~ 30Hz の中を推移している。Case4N では基礎自体の剛性が高いために地盤の剛性も相対的に高くなり、したがって、地盤の固有振動数も Case1N に比べて高くなっている。加振中における卓越振動数の変化幅も、それに対応して大きくなったものと考えられる。

## 4. 結論

1)液状化進行過程での杭応答について、液状化に

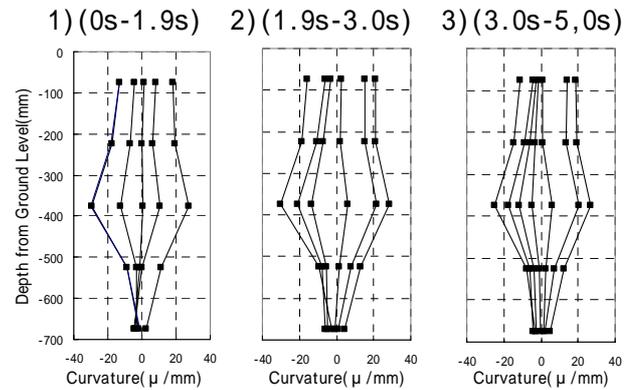


図-5 Case1L 曲率深度分布

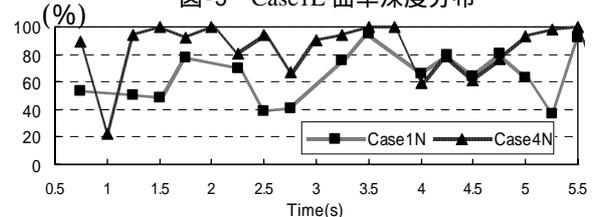


図-6 基礎応答に占める基礎主体応答成分の割合

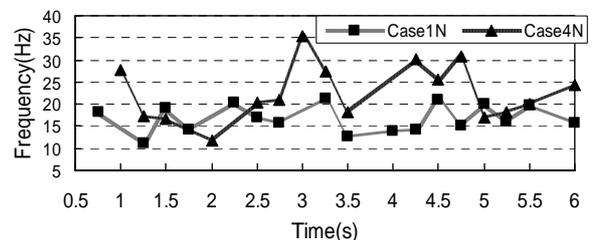


図-7 地盤主体応答成分の卓越振動数の時間変化

よる杭への作用の変化は杭の応答にあまり影響をしていなかった。しかしながら、入力加速度やモデル寸法などの条件が異なった場合には、まだ検討の余地がある。

2)基礎における応答割合の変化について、地盤の非線形化が進むにつれ、基礎応答に占める基礎主体の応答成分の割合は増加すること、また、主に加振初期において、杭の形状諸元が応答割合に関与していることが明らかになった。

3)基礎剛性の影響を受けて地盤の剛性が高くなり、地盤の固有振動数も高くなるが、基礎応答に占める地盤主体応答成分の卓越振動数が加振中に変化する幅もそれに対応して大きくなる。

謝辞：本実験を行うにあたり、東京大学 前川宏一教授、(株)フジタ 笹谷輝勝氏、岸下崇裕氏のご協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献：

- 1)土木学会：「コンクリート標準示方書 耐震性能照査編」2002年12月
- 2)鍋島、牧、半井、平野：「液状化を生じる地盤におけるRC杭基礎の非線形応答に関する実験的研究」コンクリート工学年次論文報告集 Vol.26、No.2、pp1177-1182、2004.7