

せん断土槽を用いた地盤 - 杭基礎系の動的相互作用実験

日本大学大学院 (株)西松建設	学生会員	○岩田 祐司 新井 寿昭	日本大学大学院 日本大学理工学部	学生会員 正会員	河又 康博 仲村 成貴
日本大学理工学部	正会員	鈴木 順一	日本大学理工学部	正会員	花田 和史

1. はじめに

近年では、支持杭に代わって摩擦杭を採用する事例が増えている。これらの基礎は長期にわたる構造物や地盤の沈下が問題になるため、設計段階の詳細な実験的検討が必要となる。

甚大な被害をもたらした 1995 年の兵庫県南部地震においては、杭頭部の被害に加えて、液状化に伴う地盤変形による杭中間部の被害などが数多く報告されている。しかし、いわゆる摩擦杭と地盤改良とを併用した構造物の被害事例は極めて少なかった。そこで、本研究では摩擦杭で支持された構造物と地盤との動的相互作用効果を定量的に把握することを目的として、支持杭を比較対象として、振動台を用いた模型実験を実施した。

2. 実験概要

実験に用いたせん断土槽の大きさは、寸法 1200×800 mm、高さ 1000 mm、24 層で構成されている。建物模型については、地盤と建物の固有周期比、杭頭境界条件が基礎および建物応答に及ぼす影響を検討するために、1 質点系とした。杭基礎模型については支持杭、摩擦杭ともに中空アルミ材を用いた。杭の設置支持杭の杭先端は支持層に 50mm 程度貫入させる。摩擦杭は、杭周面摩擦による支持を期待することから、杭表面に表面処理を施した。また杭先端は表層地盤の中で自由端とする。さらに、杭頭接合条件の影響を検討するために、杭頭の境界条件をピンにした場合の模型についても作製した。模型地盤についての主要な量を表 1 に示す。

入力地震波は、南関東地震を想定して作成された模擬地震波 (RINKAI92h) と 1995 年の兵庫県南部地震における観測波 (ポートアイランド) である。ただし、これらの地震波形は最大加速度を、微小地震を想定した 50 cm/s^2 、大規模地震を想定した 300 cm/s^2 に基準化し、かつ時間軸を相似則にしたがって縮小した波形とした。

地盤作製に関しては土槽底部から 200 mm までを支持層地盤として相対密度を 90% で管理した。残り 700 mm は表層地盤として相対密度を 70% とした。作製方法は、乾燥砂地盤の場合、100 mm 毎でホッパーを用いて所定の高さから乾気状態の豊浦標準砂を空中から落下させる空中落下法を用いて地盤を作製した。そして、作製後地盤高さを計測して地盤の相対密度を管理した。飽和砂地盤の場合、支持層地盤に関しては乾燥砂地盤と同様の方法で作製した。表層地盤に関しては水を注入し、地盤からの水位を一定に保たせ、100 mm 毎にホッパーを用いて乾気状態の豊浦標準砂を空中から落下させる水中落下法で地盤を作製した。それぞれの実験ごとの、地盤条件、杭形式、杭頭境界条件、入力波のパラメータを表 2 に示す。

表 1 模型地盤

地盤材料	豊浦標準砂
比重(G_s)	2.637
均等係数(U_s)	1.44
平均粒径(D_{50})	0.17mm
最大間隙比($e_{\max}$)	0.986
最小間隙比($e_{\min}$)	0.627
最大密度($\rho_{\max}$)	1.621
最小密度($\rho_{\min}$)	1.328
相対密度(支持層)	約90%
相対密度	約70%
砂層厚さ	約900mm

表 2 実験パラメータ

実験ケース	地盤		杭形式		入力地震動		杭頭境界条件
	乾燥砂	飽和砂	支持杭	摩擦杭	RINKAI92	ポートアイランド	
実験2-1	○		○		○		剛結合
実験2-2		○	○		○	○	剛結合
実験3-1	○			○	○		剛結合
実験4-1	○		○		○		ピン結合
実験4-2		○	○		○	○	ピン結合

キーワード 支持杭, 摩擦杭, 模型実験, 伝達関数, 杭頭結合条件

連絡先 〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8 日本大学理工学部 tel and fax 03-3259-0689

3. 実験結果

本研究では乾燥砂地盤の場合に着目して各実験での地盤 - 杭基礎系の動きの違いについて検討をした。

図1に入力加速度波形を示す。図2は実験2-1、構造物模型15 Hz、 300 m/s^2 加振のケースにおける地盤杭基礎系の応答加速度時刻歴波形である。図3は実験2-1での入力地震波を基準とした建物 - 杭基礎系の伝達関数である。

まず応答時刻歴波形を各実験ケースで比較した。実験2-1と実験3-1の比較で、杭の支持機構（支持杭と摩擦杭）の違いが建物応答加速度に及ぼす影響は小さいことがわかった。次に、実験2-1と実験3-1の比較で、乾燥砂地盤の場合には杭頭境界条件の違いが建物応答加速度に及ぼす影響は小さいことがわかった。また、建物応答変位についても同様である。次に、杭の曲げモーメント分布について比較したところ、支持杭と摩擦杭で、有意な差違が認められなかった。

次に伝達関数による入力加速度に対する建物 - 杭基礎系の増幅率を各実験ケースで比較した。入力加速度の違いによる比較で、増幅率は 300 m/s^2 加振時の方が小さくなっていることから地盤が強震動により軟化したことが確認できた。杭と地盤の比較で、杭頭での25 Hzから30 Hz以降の領域で、双方の増幅率の変動に違いがある。一方、杭先端の深さ位置では双方同じ増幅率の変化をしていた。建物の固有振動数の違いによる比較で、実験4-1 300 m/s^2 加振のケースでは、15 Hzから35 Hzの間で杭頭の増幅率に違いが見られた。実験2-1と実験3-1の比較で、建物固有周期が36 Hzの場合摩擦杭の方が支持杭より増幅率が小さい。杭頭、杭中間部についても摩擦杭の方が支持杭より増幅率は小さい。実験2-1と実験4-1の比較で、杭頭の増幅率は剛結合の方がピン結合より小さい。 300 m/s^2 加振、建物固有振動数36 Hzの条件の時、建物の共振する振動数に違いが見られ、増幅率はピン結合の方が小さくなっていた。杭の共振は建物の動きに影響を与えていることが確認できた。

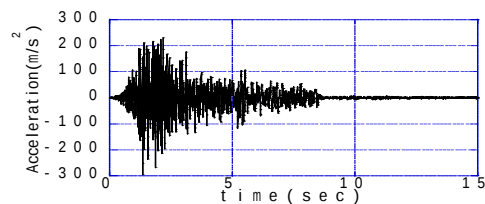


図1 入力加速度波形の一例

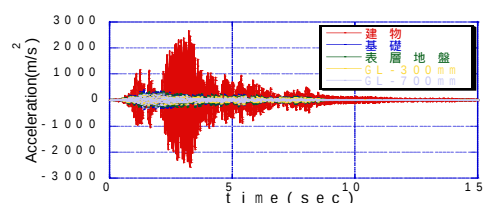
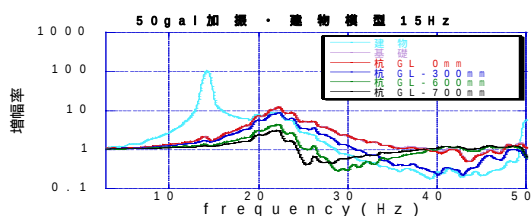
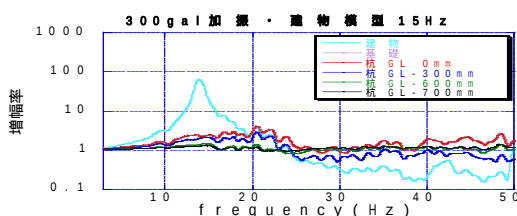


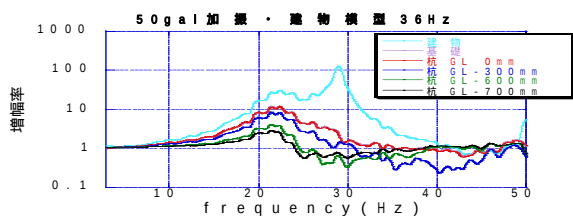
図2 応答加速度波形の一例



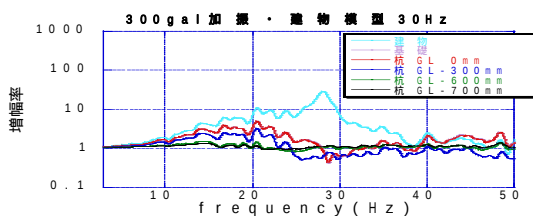
(a) 実験2-1 50gal 15Hz



(b) 実験2-1 30gal 15Hz



(c) 実験2-1 50gal 36Hz



(d) 実験2-1 300gal 36Hz

図3 伝達関数の一例

4. おわりに

今回の実験より得られた材料や要素特性をもとに、今後、3次元数値モデルを作成し、シミュレーションを行う資料を得ることができた。

謝辞：本研究の一部は、平成16年度文部科学省学術フロンティア推進事業（日本大学理工学部：継続）「環境・防災に関する研究」（研究代表者：石丸辰治）の一環として実施したものである。