

既設基礎の耐震補強に関する検討（その4）
 - 小口径杭を用いた液状化地盤における振動台実験 -

フジタ 正会員 岸下崇裕、齊藤悦郎、相良昌男
 土木研究所 正会員 大下武志、福井次郎

1. はじめに

既設基礎の耐震補強は、空頭制限や近接構造物等の施工上の制約条件を受けるため、従来の工法での対応が難しい場合が多くなっている。近年、狭隘な空間で施工可能な小口径の鋼管杭が注目されているが、液状化時の挙動については十分な検討が必要である。本検討では、直杭および斜杭の小口径鋼管杭を増し杭に用いて耐震補強した杭基礎の液状化地盤中の動的挙動およびその補強効果について把握することを目的として振動台実験を行った。

2. 実験概要

振動台実験は、幅 1.2m × 奥行き 0.8m × 高さ 1.0m のせん断土槽を用い重力場で実施した。図-1 に実験の概要を示す。模型地盤は、模型杭をせん断土槽内に設置した後、下部層は空中落下法で、上部層は水中落下法で作成し 2 層構造とした。下部層は、非液状化層とするため、あらかじめ乾燥砂を空中落下させて作成した後、振動台を加振して相対密度が 80% になるように締め固めた。上部層は、乾燥砂を水中落下させて作成し、初期の相対密度が 40% 程度であった。模型地盤には、遠州浜岡砂を使用した。表-1 に浜岡砂の物性値を示す。既設杭模型には幅 30mm、厚さ 5mm のステンレス製平板を、小口径鋼管杭模型には幅 10mm、厚さ 2mm のステンレス製平板を用いた。既設杭基礎モデルは、4 本の杭をフーチング部に剛結させ、杭先端部は土槽にピン結合した。補強杭は、片側 5 本ずつの計 10 本とした。図-2 に模型杭の概略図を示す。

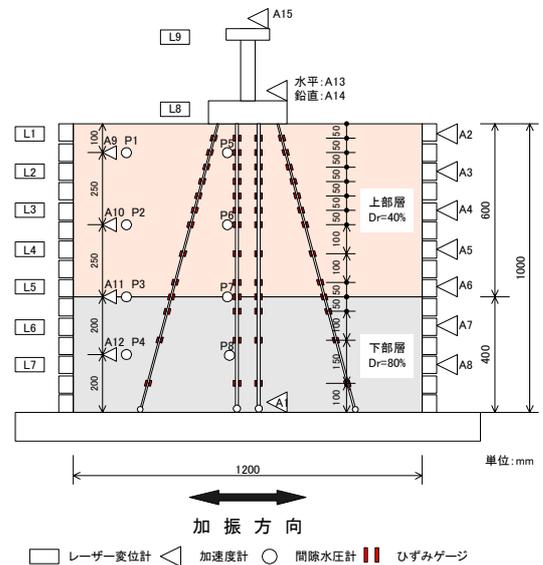


図-1 実験概要

実験模型には、地盤中に加速度計と間隙水圧計を、模型杭に間隙水圧計とひずみゲージを、上部構造物およびせん断枠に加速度計とレーザー変位計それぞれ設置して計測を行った。実験で用いた入力波は、最大加速度 100gal、周波数 10Hz の正弦波と最大加速度 200gal のホワイトノイズを 2 種類用いた。

3. 実験結果

図-3 に実験で計測された時刻歴応答を示す。図は、Sin 波 10Hz の結果を示している。Sin 波 10Hz の実験では、地盤上部より順次液状化し、最終的には上部層全体が液状化していることが分かる。地

表-1 浜岡砂の物性値

土粒子の密度 ρ_s	g/cm ³	2.687
自然含水比 ω_n	%	0.2
均等係数 U_c		2.11
曲率係数 U_c'		1.03
最大粒径	mm	0.85
50%粒径 D_{50}	mm	0.262
20%粒径 D_{20}	mm	0.170
透水係数(Dr45%)	cm/s	1.95×10^{-2}
砂の最大密度 ρ_{dmax}		1.719
砂の最小密度 ρ_{dmin}		1.429
最小間隙比 e_{min}		0.564
最大間隙比 e_{max}		0.881

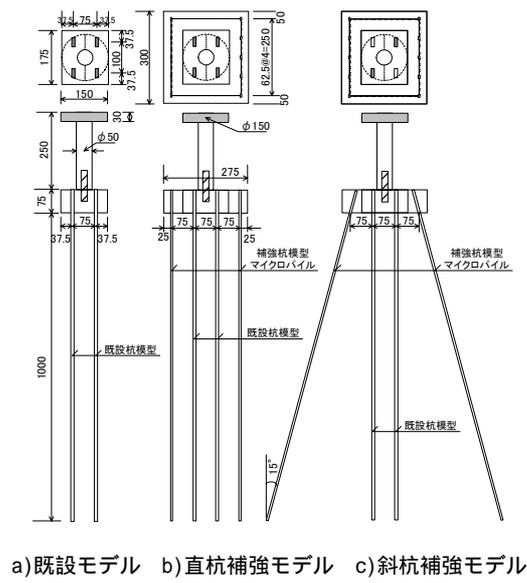


図-2 模型杭の概略図

キーワード：耐震補強、既設基礎、マイクロパイル、斜杭、振動台実験
 連絡先：〒243-0125 神奈川県厚木市小野 2025-1 電話(046)250-7095 FAX(046)250-7139

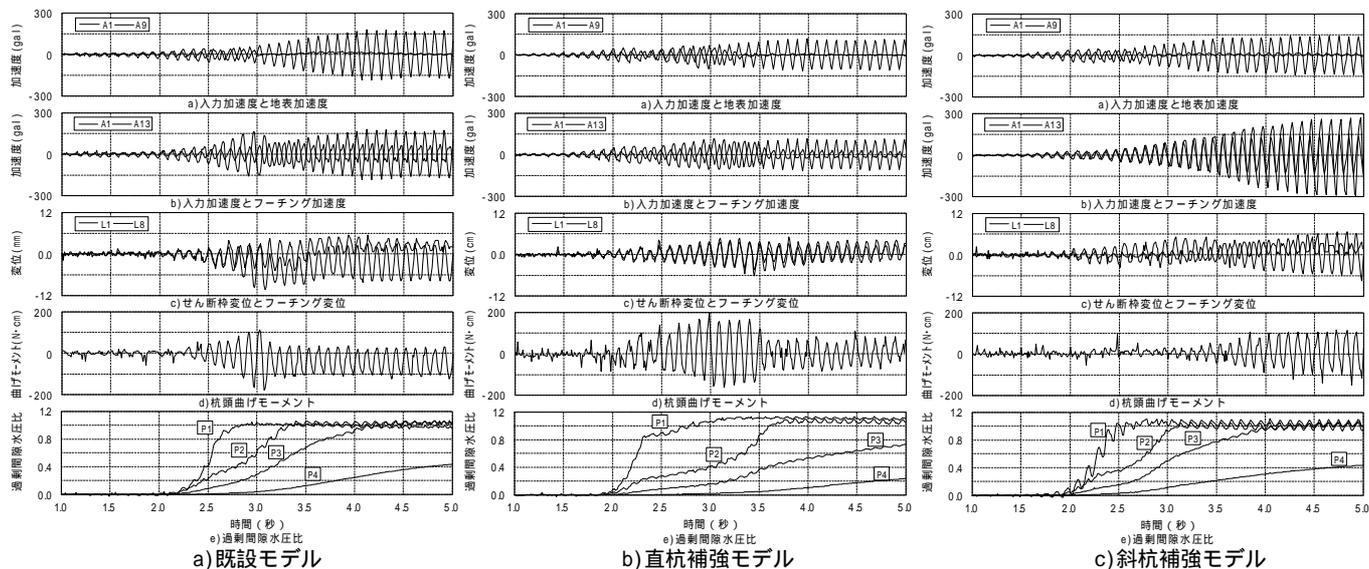


図-3 時刻歴応答

盤上部 A9 の加速度応答は、どの実験ケースにおいても P1 の過剰間隙水圧比が 1 を超えるあたりから急激に減少しほとんど応答なくなっている。既設杭モデルと直杭補強モデルのフーチング部における加速度応答 A13 は、P2 の過剰間隙水圧比が 1 になるまでは増加しているがそれ以後急激に減少している。これは、上部層が液状化したために加速度が伝達しづらくなったためである。それに対し斜杭補強モデルの加速度応答は、上部層の液状化状態に影響されずに漸次増加している。これは斜杭で補強された既設基礎が、既設基礎や直杭で補強された基礎に比べ、基礎全体の剛性が強いため、周辺地盤の影響を受けずに応答していることを示している。またフーチングの変位応答 L8 や杭頭部の曲げモーメントの応答も同様な傾向を示している。

図-4 に既設杭の曲げモーメントが最大となる時刻の曲げモーメント分布を示す。左側の図は、Sin 波 10Hz の結果を、右側の図はホワイトノイズの結果を示している。Sin 波 10Hz の結果では、既設杭に生じる最大曲げモーメントはどのケースにおいてもほぼ同じ値を示した。フーチングの変位応答に違いがあるものの最大値がどのケースも表-2 に示されるように、1.0mm

程度と非常に小さいために曲げモーメントも同程度になったものと考えられる。それに対してホワイトノイズの結果は、直杭補強モデルの値が一番大きく、次に既設モデル、斜杭補強モデルの順に小さくなっている。これは、斜杭補強モデルのフーチング変位量が、地盤に比べ 1/10 ほど小さかったためである。

4. おわりに

本振動台実験により、定性的であるが以下の効果が確認された。

- ・小口径杭を直杭で補強された既設基礎の液状化時の応答は、既設基礎の応答と同じ挙動を示した。
- ・小口径杭を斜杭で補強された既設基礎の液状化時の応答は、液状化地盤の影響を受けずに応答していることが確認できた。さらに、液状化地盤における既設基礎の耐震補強方法としては、小口径杭を斜杭で用いることが有効的であることが確認された。

なお、本検討は、国土交通省土木研究所共同研究「既設基礎の耐震補強技術の開発」の平成 13 年度における活動の一環として行われたものである。

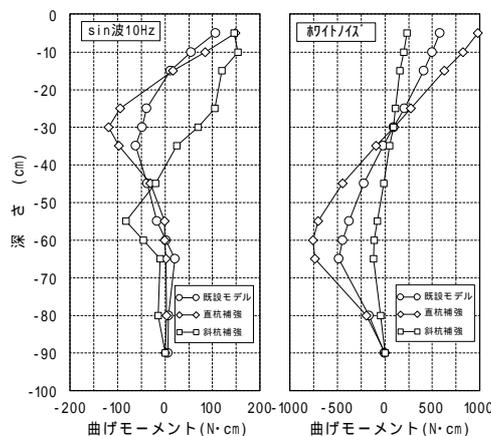


図-4 曲げモーメント分布

表-2 曲げモーメント最大時の値一覧

モデル	入力波	地盤		フーチング		杭
		加速度 (gal)	変位 (mm)	加速度 (gal)	変位 (mm)	
既設	sin波	1.88	0.254	25.13	1.018	118.49
	ホワイトノイズ	55.58	7.031	57.44	6.025	575.16
直杭補強	sin波	100.09	0.316	71.50	0.360	148.47
	ホワイトノイズ	69.96	6.125	88.46	8.659	976.13
斜杭補強	sin波	2.01	0.042	182.77	0.492	145.75
	ホワイトノイズ	21.05	6.743	146.85	0.702	218.35