

武蔵工業大学 学生会員 ○城戸 康介 佐藤 恭孝
 武蔵工業大学 正会員 末政 直晃 片田 敏行
 (株) 福田組 正会員 長野 正

1. はじめに

砂地盤の液状化により、杭基礎の被害が多く発生している。その被害状況としては、杭頭部分や液状化層と非液状化層の境界面での破損が多く報告されている。このような杭基礎の被害を防ぐ事が、構造物の耐震性を高める上での急務となっている。そこで本研究では、耐震補強として杭体周辺に連壁を構築する対策を考え、それについて遠心場における加振実験を行い、連壁の補強効果を検討した。

2. 実験概要

遠心模型実験装置は、労働省産業安全研究所所有のものを用いた。地盤作製方法を以下に示す。

あらかじめ模型杭を設置したせん断土槽(420×150×270mm)底部に砂礫を敷き、その上に豊浦砂を空中落下により堆積させ、 $Dr=80\%$ 、厚さ 13.5cm の下層を作製する。続いてこの層の上に、同様の方法で $Dr=30\%$ の上層を作製する。なお、上層は液状化層、下層は非液状化層を想定している。連壁を埋設する場合は、連壁の下端部まで地盤を作製した後、連壁を装着し、その内外部に砂を降らせた。模型地盤作製終了後、それを真空容器において真空にし(約 4 時間)、シリコンオイルを模型土槽下部より徐々に浸透させ(2 日間)飽和させた。

実験は補強しない場合に加えて、非液状化層深さ 2cm と 6cm (実地盤換算でそれぞれ 1m, 3m)まで連壁で補強した場合のケースを行った。飽和砂地盤は遠心模型実験装置に設置し、50G の遠心加速度場の下で 20 波の正弦波(100Hz)を加え、杭と地盤の挙動を計測した。なお、入力加速度は約 20G(400gal 相当)とし、実験装置のシステム上、模型地盤は約 1° 傾斜している。

3. 実験結果と考察

全図は、実地盤換算のスケールで表している。図-2 に入力加速度及びフーチング部の応答加速度(図-1 A-4)の経時変化を示す。入力加速度は、2~8sec 間で約 ± 400 gal のほぼ一定の振幅で加振されている事が分かる。無補強時の応答加速度は、加振初期から入力加速度より小さく、最大値でも(5~6sec 間)で 400gal 弱となっている。一方、連壁で補強した場合の応答加速度は、入力加速度と同程度になっている。これは連壁の存在が、杭と連壁の系として基礎全体の剛性を高めたために、剛体に近い挙動となったと考えられる。

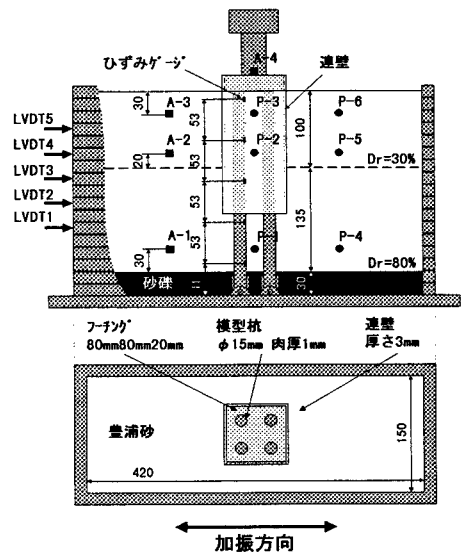


図-1 模型土槽寸法と計器配置

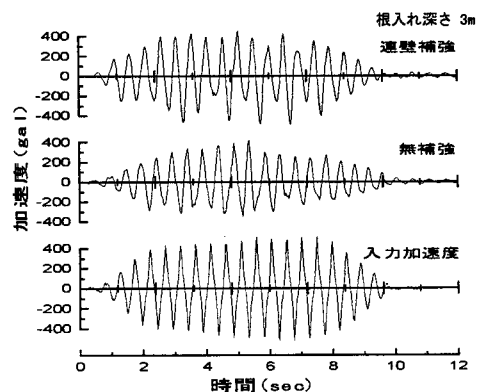


図-2 フーチング部の応答加速度

キーワード：砂地盤、遠心模型実験、液状化、杭、連壁

連絡先：武蔵工業大学 〒158-0087 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 TEL & FAX 03-5707-2202

図-3 は、杭に生じる曲げモーメントの深度分布の経時変化を調べたものである。地盤内の応答加速度、間隙水圧値、地盤の残留変位の結果から時間毎の液状化層厚を推定した。その結果、1sec, 2sec, 4sec, 8sec に対する液状化層厚は、それぞれ 0m, 1.5m, 5m, 7m と推定され、その部分を図中左側に網かけで示した。

曲げモーメントの深さ方向の分布形状は、無補強時の場合では 3 次モード的、連壁で補強した場合には、根入れ深さによらず 2 次モード的な分布を示しており、その最大値は液状化の進行と共に増加している。

次に、杭頭における曲げモーメントの比較を行う。液状化していない (a) 1sec ではどのケースについても大きな曲げモーメントは生じていないが、液状化が進むに連れて、無補強時では約 $30\text{tf}\cdot\text{m}$ まで大きくなっている。これに対し、連壁で補強した場合では、液状化の進行には関係なく、 $5\sim 10\text{tf}\cdot\text{m}$ の大きさを示しており、連壁による杭の曲げモーメント低減効果が見られる。

地盤深さ方向での曲げモーメントの違いは、(a) 1sec, (b) 2sec においては大きな曲げモーメントの変化はないが、液状化層 5m がすべて液状化した時 ((c) 4sec) では、無補強の場合において地盤深さ 8m の位置に大きな曲げモーメントが生じている。連壁で補強した場合では、根入れ深さ 1m のケースにおいて地盤深さ 5.4~8m で無補強時より大きな値を示すが、根入れ深さ 3m では無補強時よりも小さな曲げモーメントとなっている。さらに、非液状化層も約 2m (液状化層と合わせて 7m) 液状化した時 ((d) 8sec) では、無補強時の地盤深さ 8m で約 $35\text{tf}\cdot\text{m}$ の曲げモーメントを生じた。一方、連壁で補強した場合では、根入れ深さが 1m のケースにおいて連壁の膝下部も液状化したために、(c) 4sec の場合よりも大きく、約 $45\text{tf}\cdot\text{m}$ の曲げモーメントとなった。しかしながら、根入れ深さ 3m のケースでは、どの深さにおいても無補強の場合よりも小さな曲げモーメントを示している。この事は、連壁を用いた杭の補強を行う場合の根入れ深さの重要性を示している。

液状化が深部まで生じた時には、無補強時に比べて根入れ 1m の曲げモーメントがいずれの深さにおいても大きくなった。これには、2 つの理由が考えられる。ひとつは連壁部の重量であり、もうひとつは流動圧の違いである。本実験では、いずれのケースにおいても地盤に側方流動現象が見られたが、連壁は杭のみに比べて流動圧の重圧面積が大きい。それ故、水平反力が増加したためと推察される。

4. まとめ

今回の実験では、連壁を非液状化層 3m まで根入れして補強した場合において杭に生じる曲げモーメントの低減効果が確かめられた。このような曲げモーメントの低減効果を期待する場合、連壁の膝下部を液状化しない層まで根入れすることが重要である。

【謝辞】

本実験を行うにあたり、労働省産業安全研究所の堀井氏、豊澤氏に多大な援助と御指導を賜りましたことを厚く御礼申し上げます。

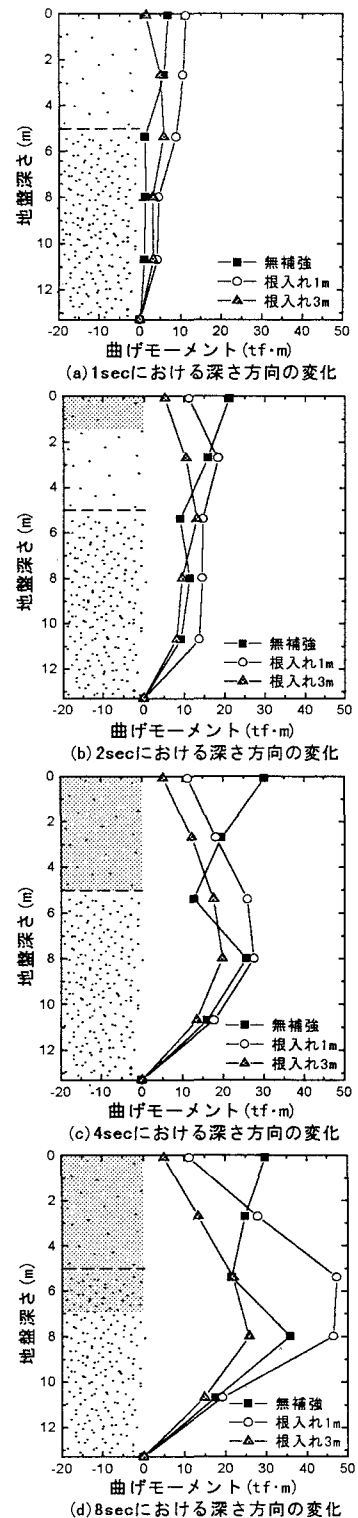


図-3 深さ方向への曲げモーメント変化