

小径ドレーン工法による杭基礎の水平抵抗性能に関する振動台実験

錢高組 正会員 原田尚幸 角田晋相
 錢高組 正会員 水取和幸 谷野洋一
 東京大学 正会員 東畑郁生 Vlatko Sesov

1. はじめに

小口径スクリーン管を用いたドレーン工法¹⁾(以下、小径ドレーン工法と称す)などの間隙水圧消散工法による液状化対策は、ドレーン材の排水性が大きくても地震動レベルが高い場合には急激に間隙水圧が上昇し、排水が間に合わず液状化に至ると考えられている。しかし、上部構造物や杭基礎の被害低減に効果があることが確認できれば、合理的な液状化対策工法へつながる可能性がある。そこで、杭基礎に水平載荷した条件下で振動台実験を行い、小径ドレーンの排水効果が水平載荷杭に与える影響について検討した。

2. 実験概要

実験概要を図 - 1 に示す。実験は高さ約 100cm のせん断土槽に作成した 2 層系地盤モデルの杭基礎に、ワイヤーと重りを用い杭頭部への一定荷重を水平載荷しつつ地盤加振を行った。加振は加速度振幅を 500gal とし、波形のはじめと終わりにそれぞれテーパをつけた 10Hz の正弦波を 4 秒間継続させた。

実験ケースを表 - 1 に示す。計測項目は、入力加速度、地盤の応答加速度、過剰間隙水圧、フーチングの応答加速度、水平変位および杭の曲げひずみである。地盤の加速度計と間隙水圧計は杭基礎に囲まれた地盤(杭間地盤)と杭基礎から離れた地盤(周辺地盤)に設置した。また、フーチングにはレーザー変位計および加速度計を設置し、入力波および地盤の挙動に対する杭の挙動を把握した。

模型の原型には単柱式 T 形道路橋脚²⁾(杭基礎: 杭径 60cm PHC 杭)を想定し、相似則は井合の手法にしたがい、相似比は 1/25 としてモデル化した。地盤モデルは珪砂 7 号を使用し、上層を液状化層(D_r=60%)、下層を非液状化層(D_r=80%)として作成した。間隙水にはメチルセルローズ溶液(水の約 11 倍の粘性)を用い透水に関する相似則を満足させた。杭基礎モデルは、RC 橋脚 1 基分に相当する重量を鋼製プレート(フーチング)により模擬し 4 本の杭で支持させた。杭頭はボルトによる剛結合とし、杭先端は応力集中を避けるためにピン支持とした。また、杭は加振中に十分変位させるため平鋼(幅 38mm, 厚さ 4.5mm, 長さ 800mm, EI=59,000kN/mm²)を用いた。ドレーン材は、小径ドレーン(22mm, slot size 0.1mm)であり、表 - 1 に示す間隔で杭周辺に設置した。

3. 実験結果および考察

液状化層中心位置の過剰間隙水圧(漸増成分)の時刻歴を図 - 2 に示す。500gal という大きな加振に対して、いずれの場合も加振中の間隙水圧の上昇量および上昇過程は杭内側、外側とも周辺地盤とほぼ等しく、ドレーン材を設置しても過剰間隙水圧の抑制効果はみられず完全に液状化していた。一方、加振後においては、ドレーン材の配置が密なほど消散速度が速いことが認められた。

加振時の地盤のせん断応力~せん断ひずみ関係を図 - 3 に、有効応力経路を図 - 4 に示す。せん断応力は 2 深度の加速度記録の平均値に密度、層厚を乗じて求め、せん断ひずみは加速度記録を 2 階積分した変位から 2 深度間の相対変位量を求め層厚で除した値とした。図よりドレーン設置地盤では、間隙水圧が完全に上昇した後も応力~ひずみ関係が逆 S 字形になる密な地盤特有のサイクリックモビリティと同様な挙動がみられ、地盤は繰返しせん断に対して剛性を保持していることがわかる。これは地盤中を水が

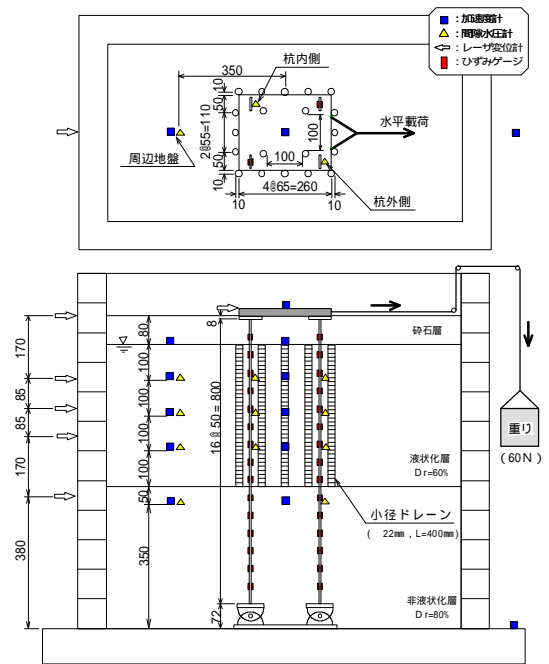


図 - 1 実験モデルと計測点配置図(case3)

表 - 1 実験ケース

種類	ドレーン材 設置間隔	水平荷重	入力波
1 無対策	-	60N	正弦波 10Hz 500gal
2 粗配置	内側 4@10cm 外側 12@10cm		
3 密配置	内側 4@10cm 外側 16@ 6cm		
4 周囲配置	内側 - 外側 16@ 6cm		

keywords: 既設基礎、液状化対策、小径ドレーン工法、水平載荷試験、サイクリックモビリティ

連絡先: 〒163-1011 東京都新宿区西新宿 3-7-1 新宿パークタワー 11F TEL:03-5323-3861 FAX: 03-5323-3860

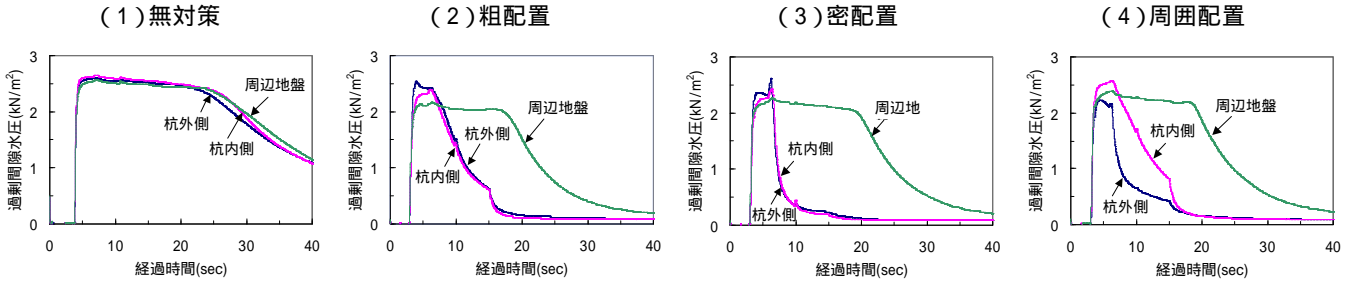


図 - 2 過剰間隙水圧の時刻歴 (G.L.-280mm)

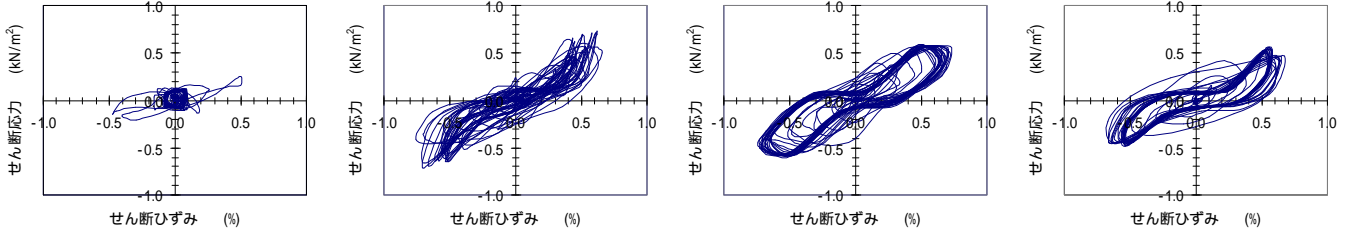


図 - 3 せん断応力～せん断ひずみ関係 (G.L.-280 ~ -380 mm)

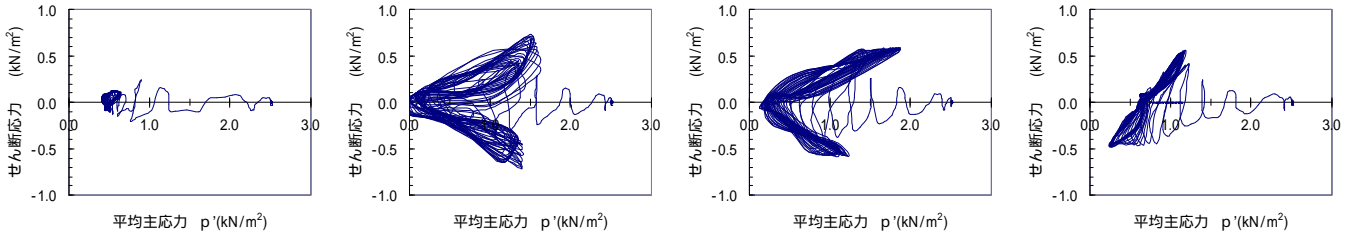


図 - 4 有効応力経路 (G.L.-280 ~ -380 mm)

ドレーンに向かって流れたためであり(排水状態) 流れない場合(非排水状態)とは異なった地盤挙動を示したと考えられる。すなわち、排水条件下では体積減少が生じ正のダイレイタンスが強まることで地盤のせん断剛性が繰返し回復しているが、非排水条件下では体積変化がないため有効応力の減少に伴いせん断剛性が著しく低下したと考えられる。

一方、設計を意識した場合、杭の変位量や作用する外力を定量的に評価することが重要となる。そこで、フーチングの応答スペクトルをみると図 - 5 のように無対策地盤では上層地盤が完全液状化しているために加速度応答は大きくならないが、ドレーン設置地盤では、特に、密配置、粗配置で地盤のサイクリックモビリティの影響で短周期成分が増幅し通常の地盤と同様、構造物に対して大きな影響を与えていることがわかる。

フーチング(杭頭部)水平変位の経時変化を図 - 6 に示す。ここで、水平変位量は無対策地盤の加速度応答スペクトル(周期0.1sec)で基準化したスペクトル比で除した値とした。図よりフーチングが同じ加速度応答の場合、ドレーン設置地盤は杭周辺地盤の水平方向地盤反力が確保されているため、無対策地盤と比較し水平変位量、変位振幅とも大幅に低減できると考えられる。

4. まとめ

振動台実験の結果、ドレーン設置地盤では、応答加速度の増幅に伴いせん断応力も大きくなったが、正のダイレイタンス効果により完全液状化には至らなかった。したがって、ドレーン設置地盤は、地震動レベルが高い場合でも排水効果により密な地盤と同様なサイクリックモビリティが生じ、杭周辺地盤の水平抵抗が保たれるため水平変位量を小さく抑えられると考えられる。今後、更にデータを蓄積してこの結果の妥当性を検討したいと考えている。

謝辞:本研究に対しご協力および貴重な御意見を頂いた日亜鋼業(株)有門氏、中沢氏ならびに日本植生(株)谷口氏に深く感謝致します。
参考文献:1) 原田,高津,坂本:排水機能付き小径鋼管を用いた既設構造物基礎の液状化対策工法,第34回地盤工学研究発表会,1999.7. 2)(社)日本道路協会:既設道路橋基礎の補強に関する参考資料,平成12年2月

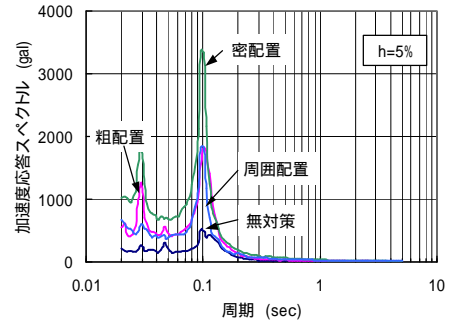


図 - 5 加速度応答スペクトル

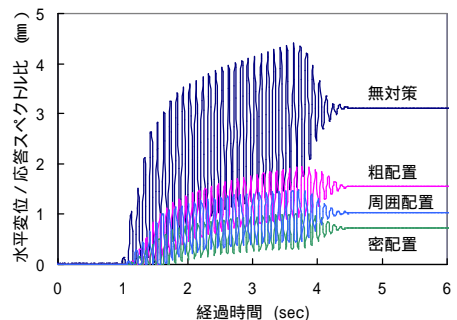


図 - 6 フーチング(杭頭部)水平変位