

乾燥砂地盤における地盤改良併用型杭の水平耐力に関する遠心模型実験

武蔵工業大学大学院 学 野口晴央 学 荒井郁岳  
 武蔵工業大学 正 末政直晃 正 片田敏行  
 同上 学 高橋辰弥

1.はじめに

地盤改良体に鋼管や H 鋼を埋設した地盤改良併用型杭が開発され、広く実用に供されている。この杭の利点としては、地盤改良する事により杭周辺地盤の強度および剛性が増加するため、地盤改良体を有しない杭に比べ鉛直支持力・水平支持力が向上する点などが挙げられる。しかしながら、地盤改良併用型杭の塑性時挙動は十分に解明されていないのが現状である。そこで本研究では、地盤条件の変化が杭の水平耐力に与える影響について、定量的に評価することを目的とする。本報告では遠心場において、砂地盤内に設置した地盤改良併用型杭に対し水平載荷実験を行い、杭体の水平耐力および変形特性について比較・検討した。

2.実験概要

表-1 に模型杭の諸元を示す。模型杭には、アルミナセメント・関東ローム・水を所定の配合条件( W/C=80% , アルミナセメント：関東ロームの乾燥質量比 8：1 ) で作成した地盤改良体に、珪砂 7 号をまぶした中空アルミ丸棒( 芯材 ) を挿入したものをを用いた。なお、別途行った一軸圧縮試験より求めた地盤改良体の変形係数は 573MPa , 一軸圧縮強度は 7.34N/mm<sup>2</sup> となった。本実験では遠心加速度 35g において載荷実験を行うため、プロトタイプモデルの地盤改良体の曲げ剛性が、一般的に用いられている実物杭<sup>1)</sup>と合致する様に杭体の設定を行った。

表-1 模型杭の諸元

項目	d(cm)	t(cm)	L(cm)	E(MPa)	EI(kN/cm <sup>2</sup> )	E <sub>m,m</sub> /E <sub>r,l</sub>	
アルミ丸棒	実物杭	21.6	0.6	600	210000	2.3E+08	2.28
	模型杭	1	0.1	25	70000	344	
	プロトタイプ	35	3.5	875	70000	5.2E+08	
改良体	実物杭	70	24.2	600	2000	2.3E+08	0.69
	模型杭	2.5	0.75	19.5	573	112	
	プロトタイプ	87.5	26.3	683	573	1.6E+08	

d:杭径, t:肉厚, L:杭長, E:変形係数, I:断面 2 次モーメント

図-1 に実験装置の概要図を示す。杭頭部の載荷点には、アクリル製のフーチング( 幅 80mm , 奥行き 110mm , 高さ 20mm ) を地表面から 15mm の高さに設置した。境界条件は、杭頭自由、杭先端ピンとした。模型地盤には乾燥した珪砂 7 号を用い、空中落下法により、それぞれ相対密度 Dr が 80% , 50% となる 2 ケースの地盤( 密地盤と緩地盤 ) を作製した。測定項目は杭頭部の水平荷重と変位、アルミ丸棒のひずみとし、ひずみの測定箇所は圧縮側 4 か所、引張側 1 か所の計 5 か所とした。載荷方法は荷重制御による一方向水平載荷とし、有効受圧面積 11cm<sup>2</sup> のペロフラムシリンダーに圧力を 0.02MPa ずつ加え、水平変位の増加が収束するまで載荷した。なお、以下の実験結果は全て実測値で示す。

3.実験結果

曲げモーメントの算出方法としては、まず計測されたひずみ分布を区分的多項式であるスプライン関数<sup>2)</sup>で補間する。そして、そのひずみに対応する曲げモーメントを、材料毎に構成則を設定できるファイバーモデル<sup>3)</sup>により算定した曲げ剛性により評価する。この時、ファイバーモデルで使用した芯材と改良体の構成則は、芯材、模型杭の曲げ試験結果とそれぞれ一致するように設

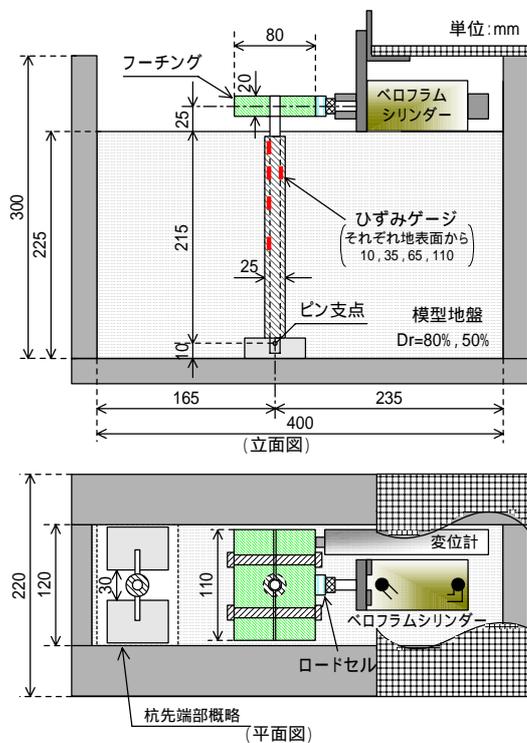


図-1 実験装置概要図

キーワード 杭基礎, 遠心模型実験, 水平載荷

連絡先 〒158-8557 東京都世田谷区玉堤 1-28-1 武蔵工業大学 TEL & FAX03-5707-2202

定したものとした。

図-2 に模型杭および芯材の曲げモーメント-曲率関係を示す。曲げ試験による実験結果と、ファイバーモデルを用いた解析結果がほぼ一致していることから、曲げ剛性の低下を考慮して曲げモーメント-曲率関係を評価できたことが確認できる。

図-3 に水平荷重-水平変位関係を示す。ここで、水平荷重-水平変位関係が非線形挙動を示し始める点を杭体の降伏と定義し、その時の値を図中に印で示した。ここで、地盤改良体の効果を確認するために、芯材のみについて実施した実験結果も示す。模型杭と芯材を比較すると、地盤種別によらず模型杭の方が1.8倍高い耐力を有することがわかる。これは地盤改良効果によって杭体の剛性が向上したことによるものと考えられる。一方、地盤条件で比較すると、地盤改良体の有無によらず密地盤は緩地盤と比較して、3割程度荷重が大きくなっているのがわかる。これは地盤の密度によって、地盤反力が異なったことによるものと考えられる。降伏時の変位に着目すると、密地盤は3.0mm、緩地盤は3.8mmであった。これより、緩地盤では密地盤に比べて、杭体が降伏するために必要な変位量が大きくなるといえる。

図-4, 5 に密地盤, 緩地盤の変位毎の曲げモーメント深度分布を示す。なお、深度215mmの箇所はピン支点であるため、曲げモーメントが発生しないと仮定した。図-4より、密地盤の3.0mm変位時以降についてみると、深度35mmおよび65mmで曲げモーメントが最大値に達した後に値が減少しており、深度35mm~65mm付近でアルミ丸棒が降伏したと考えられる。これより降伏変位は3.0mm前後と考えられ、水平荷重-水平変位関係から求めた降伏変位と合致する。また、降伏曲げモーメントに達するのは3.0mm変位時であり、降伏変位についておおよそ整合することが確認された。図-5より、緩地盤は密地盤と比較して、各変位の曲げモーメント分布が低い値を示していることがわかる。これは、密地盤と比較して地盤反力が減少し、深い部分まで杭体の変位しやすくなったため、载荷の影響が密地盤よりも広い範囲に分散したと考えられる。

4.まとめ

- ・水平荷重-水平変位関係より、緩地盤では密地盤よりも杭体が降伏するために必要な変位量が大きくなることを確認した。
- ・曲げモーメント深度分布より、地盤の密度の変化により、杭体が降伏する変位や杭体に生じる曲げモーメントの分布形状が異なることがわかった。

<参考文献> 1)テノックス:ATT コラム製品カタログ,2004.3. 2)水島ら:理工学のための数値計算法,数理工学社,pp24-31,2002. 3)池谷ら:鉄筋コンクリート柱の破壊形式の判定と靱性評価,コンクリート工学年次論文報告集,Vol.20 No.3 Page.259-264,1998

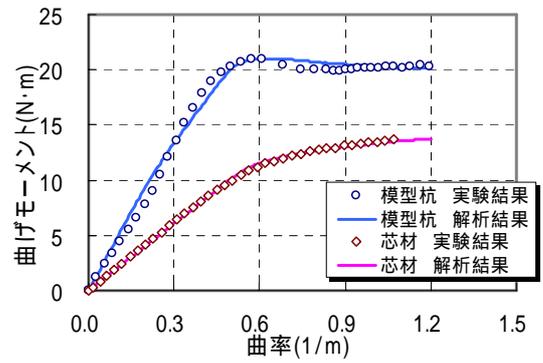


図-2 曲げモーメント-曲率関係

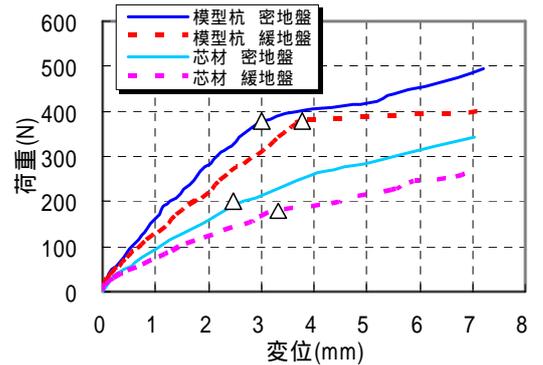


図-3 水平荷重-水平変位関係

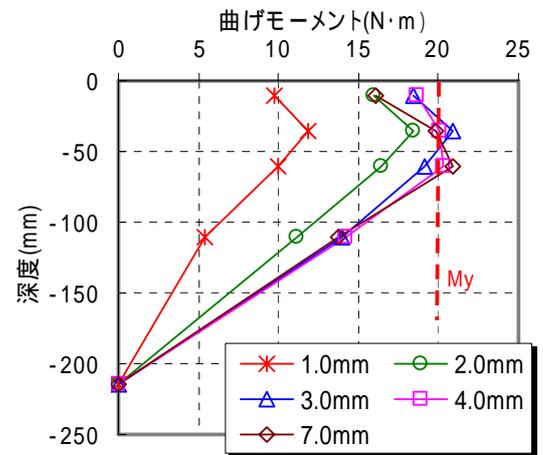


図-4 密地盤の曲げモーメント深度分布

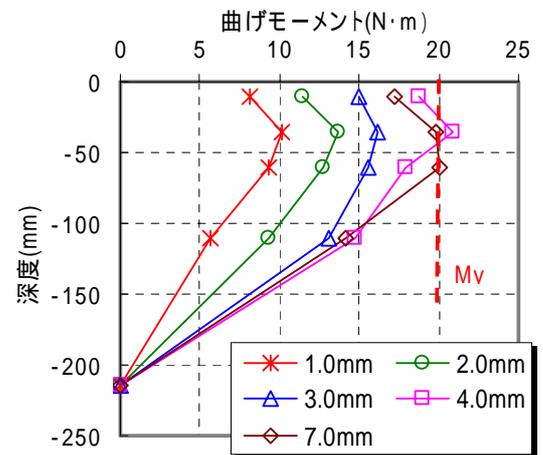


図-5 緩地盤の曲げモーメント深度分布