

遠心場における地盤改良併用型杭の水平載荷実験

武蔵工業大学 学生会員 ○高橋辰弥 野口晴央 荒井郁岳
武蔵工業大学 正会員 末政直晃 片田敏行

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・水平支持力が大幅に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および模型鋼管杭に対して、水平載荷実験を行い、杭体の水平耐力および変形特性などから地盤改良併用型杭の地盤改良効果について比較・検討した。

2.実験概要

2-1.相似則の検討

実験は模型鋼管杭（未改良杭）および地盤改良併用型杭（改良杭）の2ケース行った。未改良杭には中空アルミ丸棒（外径10mm、肉厚1mm、杭長260mm）を用いた。一方、改良杭（杭長260 mm）には硅砂7号をまぶした中空アルミ丸棒に、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（直径25mm、長さ195mm）を付したものを用了。

表-1に杭の諸元を示す。本実験は遠心加速度35gにおいて載荷実験を行うため、改良体の曲げ剛性が設定した実物杭に合致する様に相似則¹⁾を考慮し、杭体の設定を行った。

2-2.実験方法

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)を用いた。また、フーチングと地盤との摩擦が生じない様にするため、フーチングは地表面から15mmの高さに設置した。模型地盤には乾燥した硅砂7号を用い、相対密度 D_r が80%の密な地盤を作成した。測定項目は杭頭部の水平荷重・変位、アルミ丸棒のひずみとした。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11cm²のペロフラムシリンダーに、圧力を0.02MPaずつ0.54MPaになるまで加えることによって載荷した。なお、以下の実験結果は全て実測値で示す。

表-1 模型杭の諸元

項目	d[cm]	t[cm]	L[cm]	E[MPa]	EI[kN/cm ²]	Em/m/Er/r
アルミ丸棒	実物杭	21.63	0.6	600	210000	2.3E+08
	模型杭	1	0.1	25	70000	343.58
	プロトタイプ	35	3.5	875	70000	5.2E+08
改良体	実物杭	70	24.19	600	2000	2.3E+08
	模型杭	2.5	0.75	19.5	600	112.10
	プロトタイプ	87.5	26.25	682.5	600	1.7E+08

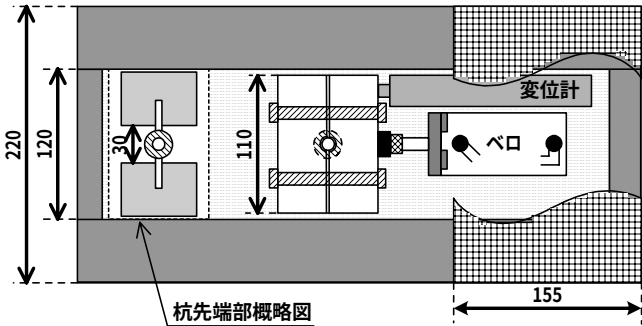
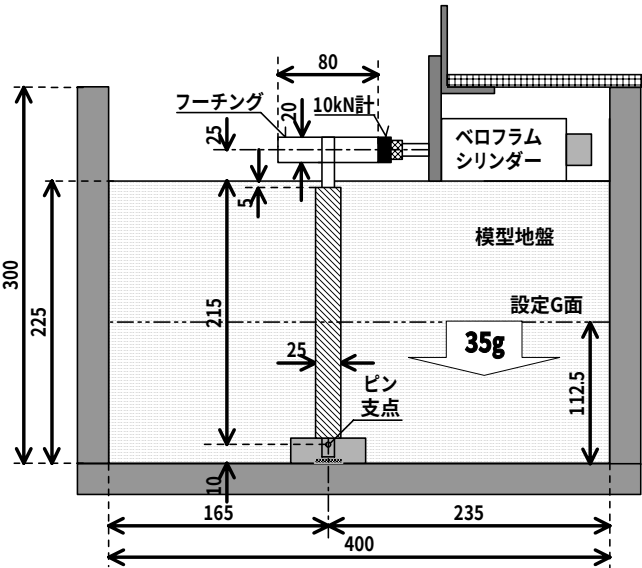


図-1 実験装置概要図

キーワード：杭基礎、遠心模型実験、載荷試験

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

3.実験結果

3-1.曲げ載荷試験による曲げモーメント-曲率関係

図-2に曲げ載荷試験による曲げモーメント-曲率関係を示す。降伏点(図中の△印)での曲げモーメントは未改良杭が $10\text{N}\cdot\text{m}$ であったのに対し、改良杭は $19\text{N}\cdot\text{m}$ となり約2倍高い値を示した。また、塑性化後の挙動は、改良杭は曲げモーメント $20\text{N}\cdot\text{m}$ の耐力を維持したのに対し、未改良杭の曲げモーメントは漸増した。

3-2.荷重-変位関係

図-3に水平荷重-水平変位関係を示す。降伏点(図中の▽印)の荷重に着目すると、未改良杭の 150N に対し、改良杭は 300N と2倍程度に増加している。これは地盤改良効果により、杭体の耐力が増したためと考えられる。一方、非線形領域では改良杭の水平荷重が低下し、 7.5mm 変位時には未改良杭とほぼ同等の耐力まで低下した。

3-3.曲げモーメント深度分布

図-4, 5にそれぞれ改良杭, 未改良杭の変位ごとの曲げモーメント深度分布を示す。なお、曲げモーメントはひずみより得られた曲率に弾性仮定による一定の曲げ剛性を乗じることによって求めた。また、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、改良杭の 3.0mm 変位時以降に着目すると、深度 35mm の曲げモーメントが急増している。一方、荷重-変位関係でも 3.0mm 変位時に最大荷重に到達したことから、杭体の曲げモーメント分布と荷重-変位関係との整合性が確認された。また、非線形領域での杭体の耐力低下の原因として、曲げモーメントが集中している深度 35mm 付近において、局所的に地盤改良体が降伏、剥離し、改良体の耐力が無くなったためと考えられる。なお、図中に示した曲げ載荷試験での降伏曲げモーメントに達したのは 4.0mm 変位時であり、荷重-変位関係から得られる降伏変位とは相違が見られた。

図-5より、未改良杭の曲げモーメントは、深度 65mm で最大となっているほか、全体的におおよそ変位に比例して増加している。これは、地盤改良体が無いことにより、改良杭よりも深い部分まで杭体の変位しやすくなったためと考えられる。また、各変位の最大曲げモーメントが改良杭のそれよりも低い値を示していることから、荷重の影響が改良杭よりも広い範囲に分散したことがわかる。一方降伏変位は 2.0mm 、降伏曲げモーメントは $8\text{N}\cdot\text{m}$ 前後と推定されるため、荷重-変位関係から得られた降伏変位および曲げ載荷試験から求めた降伏曲げモーメントは、概ね近い値であったことがわかる。

4.まとめ

実験結果より、降伏荷重および曲げモーメント深度分布を比較することで、改良杭の地盤改良効果が確認できた。

<参考文献>

1)地盤工学会：講座遠心模型実験，土と基礎Vol.52-10，pp.38-39，2004.10

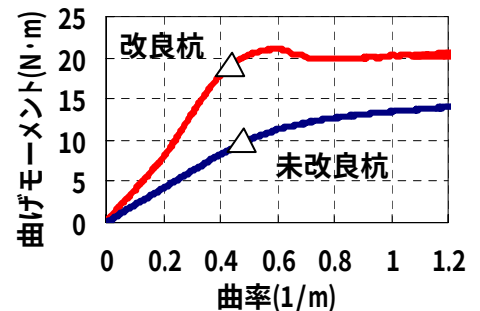


図-2 曲げモーメント-曲率関係

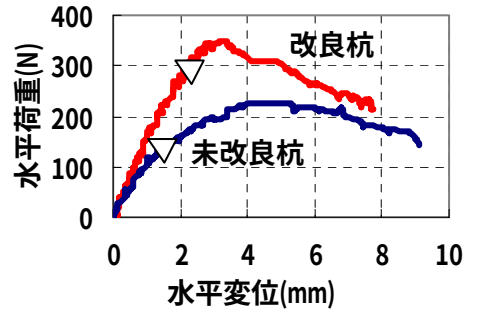


図-3 水平荷重-水平変位関係

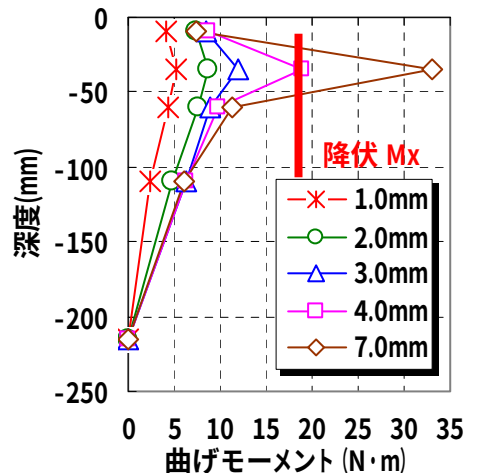


図-4 改良杭の M_x 深度分布

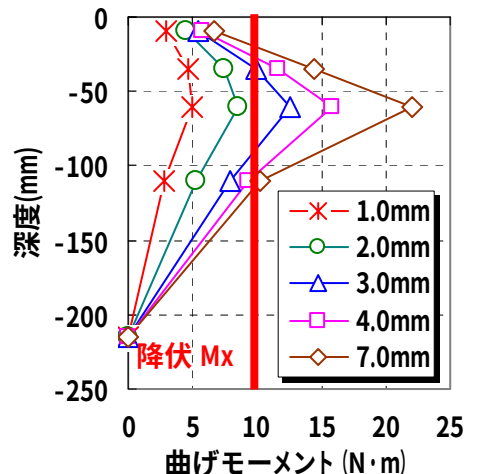


図-5 未改良杭の M_x 深度分布