

杭剛性を変えたパイルドラフト基礎のモデル実験と解析

名古屋工業大学大学院 学生会員 黒崎祥子 京田誠司
 名古屋工業大学 正会員 中井照夫 檜尾正也

1.はじめに

近年構造物基礎として、フーチング基礎と杭を組み合わせたパイルドラフト基礎が採用されることがあるが、その支持機構や基礎地盤の変形機構はまだ明らかではない。また、一般に基礎に作用する外力は鉛直中心荷重だけではなく、傾斜荷重等作用する荷重は様々である。このような荷重が基礎に作用したときの支持力や地盤の変形を予測することは地盤工学において重要な問題の一つである。本研究では中心鉛直荷重、中心傾斜荷重等の種々の荷重条件に加え杭の剛性の異なる基礎について実験及び解析を行った。2次元モデル試験と弾塑性有限要素解析の結果からパイルドラフト基礎の支持力や変形特性がどれだけ異なるのかを比較・検討する。

2.モデル試験の概要

地盤材料に直径 1.6mm と 3.0mm のアルミ丸棒を 3:2 で混合したアルミ棒積層体を用いて 2次元モデル試験(図-1 参照)を行った。単位体積重量は $=20.8\text{kN/m}^3$ とし、基礎の形式はパイルドラフト基礎(図-2 参照)である。幅 $B=12\text{cm}$ 高さ 3cm のラフト部分に幅 1cm 長さ $L=12\text{cm}$ 、 24cm でそれぞれ剛性の異なるの杭を取り付けている。杭長が 0cm の時をフーチング基礎とし、杭は完全に剛なものを stiff pile、エーテル系ポリウレタンを用いた軟弱なものを flexible pile とする。試験方法は中心に傾斜角 $=0\text{deg.}$ で鉛直荷重 q_v を与える中心鉛直荷重、傾斜角 $=5\text{deg.}$ 、 15deg. で荷重を与える中心傾斜荷重の 3 パターンである。

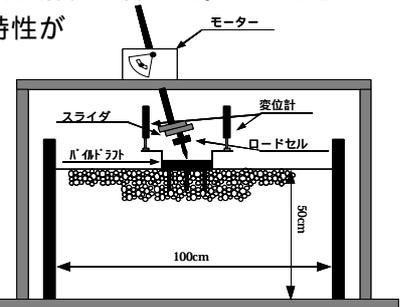


図-1 モデル試験機

3.解析の概要

解析には図-3 に示すようにモデル試験のスケールに合わせた解析メッシュを用い、地盤と基礎間における摩擦係数は弾塑性 joint 要素を用いて表現する。地盤材料には等方硬化型の弾塑性構成モデル(subloading t_{ij} model)³⁾を用い、その材料パラメータを表-1 に示す。なお、この構成モデルのパラメータは密度・応力条件によらず材料が決まれば唯一的に決められるものである。また、アルミ棒積層体の 2 軸試験結果と要素解析結果を図-4 に示す。同図から構成モデルは実験で用いたアルミ棒積層体の応力～ひずみ挙動を妥当に表現できている。

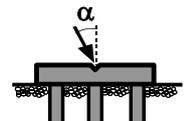


図-2 パイルドラフト基礎 $=0, 5, 15\text{deg.}$

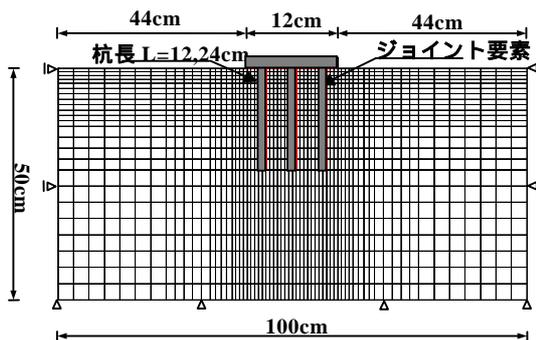


図-3 有限要素メッシュ図

表 - 1 材料パラメータ

λ	0.008
κ	0.004
$N (p = 98 \text{ kPa})$	0.3
$R_{cs} (\text{comp.})$	1.8
β	1.2
ν_e	0.2
a	1300

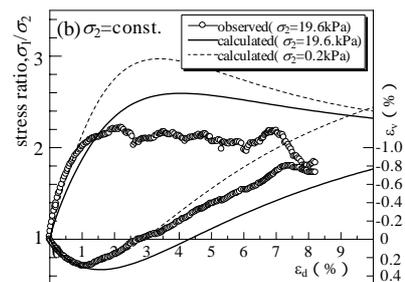


図-4 アルミ棒積層体の応力比～ひずみ

4.実験結果及び解析結果の考察

グラフは荷重 q_v を単位体積重量 と基礎幅 B で除して無次元化した支持力係数に相当する $2q_v/B$ を、沈下量 v を基礎幅 B で無次元化した鉛直変位 v/B を使用している。また h/B は水平変位量 h を基礎幅 B で無次元化した水平変位とし、回転角 θ は時計回りを正とする。はじめに中心鉛直荷重について考察する。図-5 の

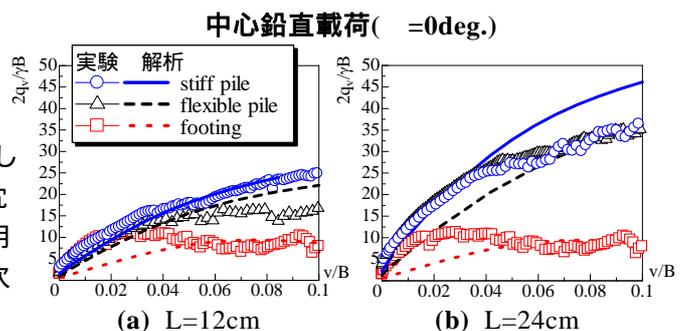


図-5 鉛直荷重～沈下関係

キーワード パイルドラフト、模型試験、有限要素法

連絡先 〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町 名古屋工業大学システムマネジメント工学科 052-735-7157

実験および解析結果から杭の剛性が小さくなるほど支持力が小さくなるのが見られる。図-5-(a),(b)の比較から剛性の違いに関わらず杭が長くなるほど大きい支持力が得られる。両図より解析結果は実験結果と同様の傾向を示し、定量的にも実験値とよく対応している。

図-6 に示す中心傾斜载荷(=5deg.)について比較検討する。ここでも中心鉛直载荷試験と同様に stiff pileの方が flexible pile より大きい支持力が得られ杭が長くなるほど大きい支持力が得られる。また杭剛性が異なっても回転角に大きな影響はない。図-7の鉛直~水平変位関係からは杭長 L=24cm の stiff、flexible pile 間に変位の割合の違いが見られる。そこで図-8 に杭長 L=24cm の各杭の偏差ひずみ分布を示す。図-8-(a)において flexible pile はラフト右下部から右端の杭上部付近の地盤に比較的ひずみが集中し側方地盤への影響範囲はあまり大きくない。杭が挫掘してしまうため挫掘地点から下部は変位が起こりにくく地盤への影響も小さくなるといえる。図-8-(b)で stiff pile は杭直下の地盤が大きくひずみ、杭側方には広範囲に渡りひずみが生じている。杭が完全に剛なため杭先端を中心に基礎全体が回転するように変位するものと考えられる。この载荷方法においても解析結果と実験結果はよく対応している。

次に中心傾斜载荷(=15deg.)について検討する。

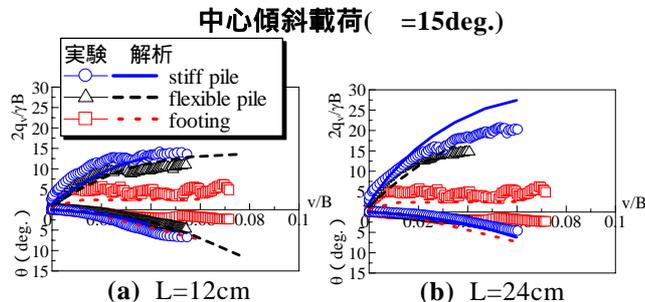


図-9 鉛直荷重~沈下~回転角関係(=15deg.)

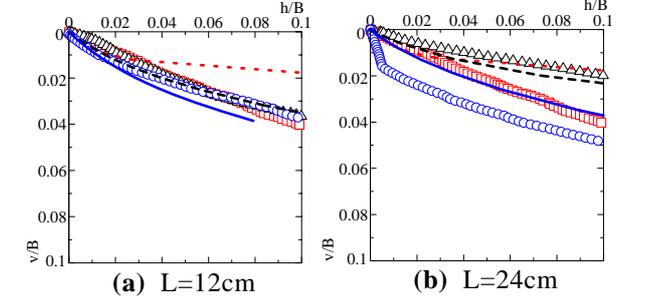


図-10 鉛直~水平変位関係(=15deg.)

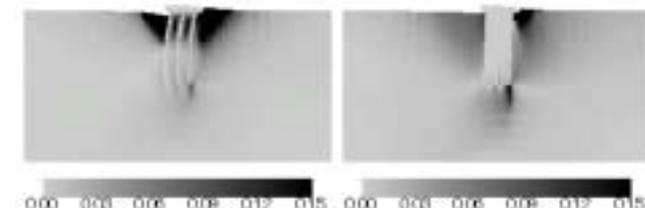


図-11 偏差ひずみ分布(=15deg.L=24cm)

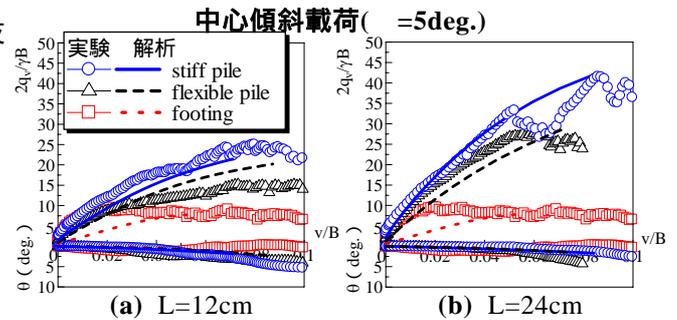


図-6 鉛直荷重~沈下~回転角関係(=5deg.)

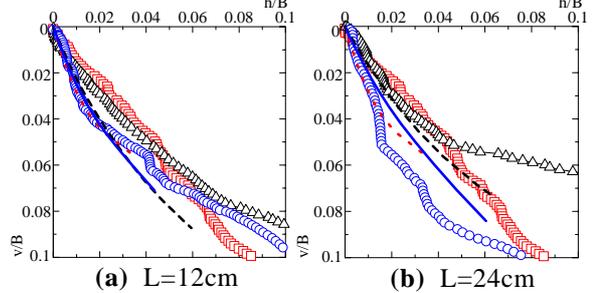


図-7 鉛直~水平変位関係(=5deg.)

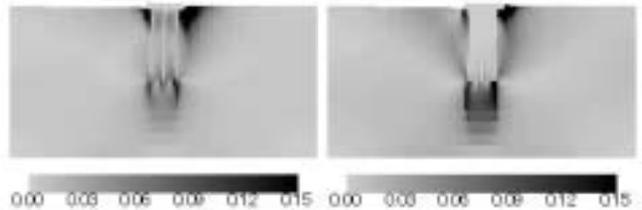


図-8 偏差ひずみ分布(=5deg.L=24cm)

他の試験と同様に図-9 から剛性が大きいほど、また杭が長いほど支持力が大きくなる。しかし =15 deg. では杭剛性の異なる基礎間で回転角に差がなかった。図-10 においても L=24cm の時に傾斜角 =5deg. の時と同様の傾向を示し、変位の割合の違いが見られる。図-11 より flexible pile の杭先端付近の地盤が大きくひずみ、挫掘が見られる。これらは傾斜角 =5deg. の時と同様の傾向だが沈下量が半分以下の時点で生じており、パイルドラフト基礎は傾斜の大きい荷重に対して鉛直荷重ほど大きな支持力が期待できないことがわかった。

5.おわりに

パイルドラフト基礎の挙動で杭剛性の違いが周辺地盤へ及ぼす影響が大きいことがわかった。今後もパイルドラフト基礎の設計において杭剛性を併せて検討していく必要がある。

<参考文献>

- 1)T.Nakai et al. (2001): proc. of XVth ICSMGE ISTANBUL, pp. 751-754.
- 2)T.Nakai (1985):'Soils and Foundations', Vol.25,No.3,pp.98-112
- 3)中井、他 (2002): 第 37 回地盤工学研究発表,pp.379-380
- 4).Nakai & M.Hinokio (2005):S&Fvol,44,No,2
- 5)黒崎、他(2004):第 37 回地盤工学研究発表