

軟弱粘性土地盤に設置されたパイルドラフト基礎の遠心模型実験と再現解析

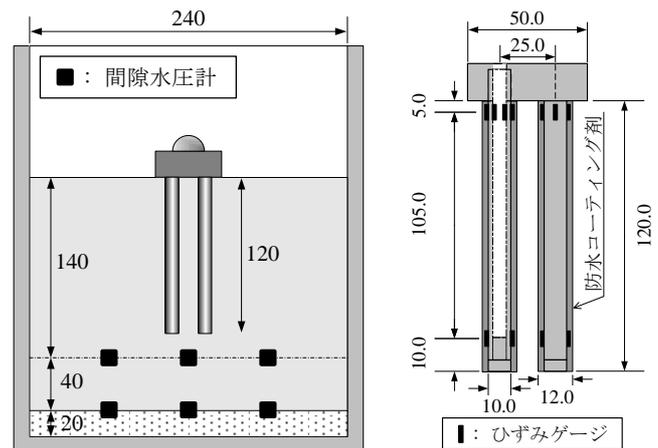
京都大学大学院 学生会員 ○福田 佳典
 学生会員 寺本俊太郎
 正会員 木村 亮

1. はじめに

パイルドラフト基礎は、杭と基礎スラブ直下の地盤で荷重を支持する基礎形式であり、直接基礎を用いて支持力は満足するが沈下が過大な場合の対策として、その有効性が報告されている。同基礎について建築分野では設計の考え方や適用範囲が明示され、適用事例が多く報告されている。基礎構造物の沈下挙動を把握するためには、圧密による長期的な影響を考慮する必要があるが、長期的な沈下挙動については未解明の点が多い。著者らは、同基礎の長期沈下挙動を把握するために一連の数値解析を用いた研究を計画しており、本報告は、その一段階として実施した遠心模型実験とその再現解析について報告するものである。これらの結果をもとに、今後数値解析による比較検討を行う予定である。

2. 遠心模型実験

実験対象の概略図を図1に示す。パイルドラフトと一般的な群杭の沈下挙動を比較するために、ラフトを地表面に（接地/非接地）と状態を変えることで両基礎を表現し比較した。地盤は軟弱粘土層が大半を占める互層地盤を仮定し、杭が摩擦杭として働くように設定した。用いた粘土はカオリン粘土である。基礎模型は縮尺を1/50とし、杭長 $L=120\text{ mm}$ 、杭径 $D=12\text{ mm}$ 、杭中心間隔は $2.1D$ の4本群杭である。計測項目は、ひずみゲージによる杭軸力、地盤内の間隙水圧、地表面および基礎の鉛直変位量、载荷装置の载荷重である。载荷手順は、 7.0 mm の強制変位を 1.0 mm/min で与えてから、荷重制御により一定の荷重を与え、荷重を3時間保持させた。その荷重は群杭で 600 N 、パイルドラフトで 800 N としている。



(a) 模型地盤 (b) 杭模型

図1 実験対象の概略図

3. FEMによる遠心実験のシミュレーション

(1) 実験のモデル化

解析は弾塑性有限要素解析コード DBLEAVES¹⁾を用いて行った。解析範囲は基礎形状の対称性を考慮して、1/4領域とした。杭体は“骨組梁モデル”で表現している。本モデルはビーム要素とコラム要素を併用することで、計算の簡便さを失わずに杭体積を考慮できる手法であり、その適用性は既往の研究²⁾により報告がなされている。解析対象地盤の構成モデルはsubloading t_{ij} model³⁾を用いており、地盤の物性値は表1に示す。また、杭周面にはジョイント要素を導入している。パラメータは別途実施した一面せん断試験の結果から、摩擦角 $\phi' = 29.4^\circ$ 、せん断強さ $c = 8.1\text{ kN/m}^2$ を入力している。

表1 各地盤の物性値

	カオリン粘土	硅砂6号
内部摩擦角 ϕ' [°]	33.2	37.4
圧縮指数 λ	0.123	0.042
膨潤指数 κ	0.027	0.012
間隙比 e	2.100	0.850
ポアソン比 ν	0.397	0.300
透水係数 k [m/sec]	1.36×10^{-7}	1.00×10^{-5}

キーワード 杭基礎, パイルドラフト基礎, 遠心模型実験, 数値解析, 有限要素法, 土-水連成

連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3161

(2) 実験結果とシミュレーション結果の比較

結果は全て 50 G 遠心場に対するプロトタイプ値に換算している。また、変位は全て杭径で除して標準化した値で表示している。図 2, 図 3, 図 4 にはそれぞれ変位载荷時の荷重沈下関係, 圧密計測時の沈下推移および過剰間隙水圧の推移を示す。パイルドラフトの実験途中で実験土槽の不具合により漏水と見られる現象が確認された(プロトタイプ換算で载荷開始から約 170 日以降)。そのため, 170 日以降のデータは参考値として表示する。

パイルドラフトの実験ケースでは約 1500 kN 以降で, 沈下剛性がわずかに上昇していることがわかる。これは, 変位载荷によってラフトが地表面に接触し, ラフトの支持力が発揮されているためである。杭頭に貼付したひずみゲージによる軸力値を杭の分担荷重と考えると, 強制载荷の終了時点における荷重分担率は, 杭が 85%, ラフトが 15%を受け持つ結果となった。

解析では図 2 より強制変位载荷中の荷重～変位関係は概ねよい精度で実験を表現できており, 特に変位量 10% 以降での沈下剛性は精度よく表現できている。過剰間隙水圧は, 強制変位の载荷過程において水圧発生量を過大評価しているが, 圧密計測時の消散過程は良好な精度で表現できているといえる。一方, 沈下量は実験を過小評価している。数値計算における圧密沈下は間隙水圧のマイグレーションにより表現されるため, この原因として大変形のために杭直下の要素が高い圧縮を受け圧密の余地がほとんどなくなっている点, 実験では二次圧密による沈下が継続して発生している点の 2 点が考えられる。

4. まとめと今後の展望

本稿ではパイルドラフト基礎と一般的な群杭に対して遠心模型実験を行い, 数値解析と比較し荷重沈下関係や長期挙動の検討を行った。その結果, ①強制変位の载荷初期の荷重～沈下関係を概ね精度よく表現できている, ②圧密段階において水圧消散はよく表現できているが, 圧密段階において沈下量を過小評価する結果となった。

今後の課題として, 実験についてはパイルドラフトの長期挙動に関するデータを再取得するとともに, 実験精度についても確認および検討を加えたい。さらに実験では実施できるケースの制約から, パイルドラフト特有の杭～ラフト～地盤間の相互作用を検証するには至っていない。そこで, これを検証すべく今後は, 1) 地盤の強度による影響, 2) パイルドラフト基礎の力学挙動を数値解析と遠心模型実験により検証を行う予定である。

【参考文献】 1) Ye, B. et al. : *Soils and Foundations*, Vol.47, No.3, pp.547-558, 2007. 2) 段野ら : 土木学会論文集 C, Vol.63, No.4, pp.1041-1053, 2007. 3) Nakai, T. and Hinokio, M. : *Soils and Foundations*, Vol. 44, No. 2, pp. 53-70, 2004.

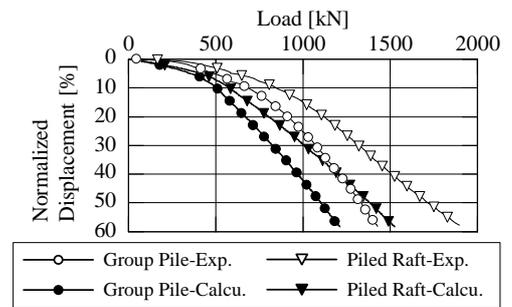
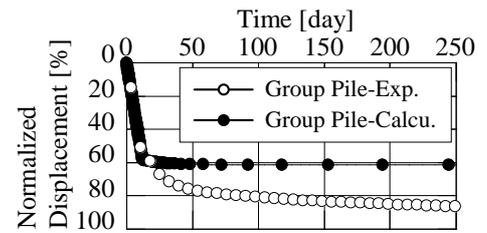
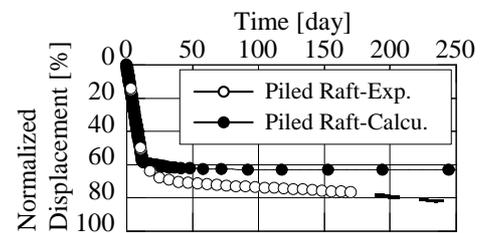


図 2 荷重～沈下関係

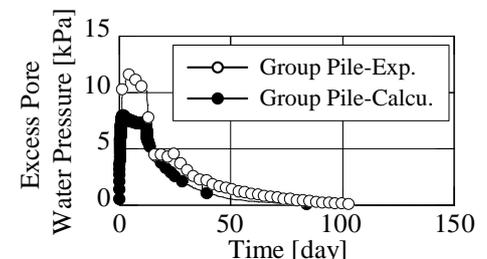


(a) 群杭

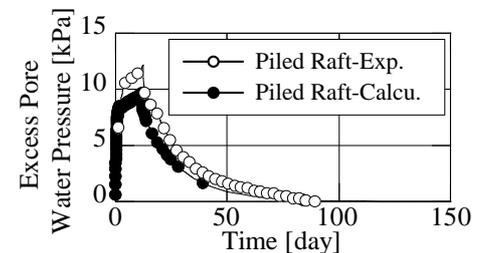


(b) パイルドラフト

図 3 沈下推移



(a) 群杭



(b) パイルドラフト

図 4 過剰間隙水圧の時間推移