

土-水連成弾塑性有限要素解析によるパイルドラフト基礎の長期挙動の検証

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遠心模型実験を計画しており、本報告は、その前段階として実施した数値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、今後実施する実験の比較検証を行う予定である。数値解析においては、土-水連成弾塑性有限要素法を用いて直接基礎に摩擦杭を併用した場合の長期沈下挙動について考察を行った。

2. 解析概要

解析対象を図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、ラフトの地表面への接地状態を変えることで両基礎を表現した。地盤は表層下に軟弱粘土層を含む互層地盤を仮定し、杭が摩擦杭として働くように設定した。杭にはソイルセメント合成鋼管杭を用いている。基礎形状は3×2の6本群杭、杭間隔は杭径の2.5倍として設定した。また解析では杭体を“骨組梁モデル”で表現した。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¹⁾により報告がなされている。数値解析では対称性を考慮して、4分の1領域を対象とした。一例を図2に示す。解析コードはDBLEAVES²⁾を用いて実施した。解析対象地盤の構成モデルはsubloading t_{ij} model³⁾を用い、各パラメータは参考文献¹⁾の値を準用している(表1)。

載荷重は比較を簡易化するために、杭1本あたりの載荷重が1,000 kNとなるように設定し、100日間かけて載荷した。

表1 地盤のパラメータ

	粘土層	砂層
破壊時の主応力比 R_f	2.56	3.69
圧縮指数 λ	0.208	4.00×10^{-3}
膨潤指数 κ	3.63×10^{-2}	2.60×10^{-3}
間隙比 e	1.11	0.650
ポアソン比 ν	0.300	0.300
透水係数 k [m/sec]	5.70×10^{-10}	1.00×10^{-4}

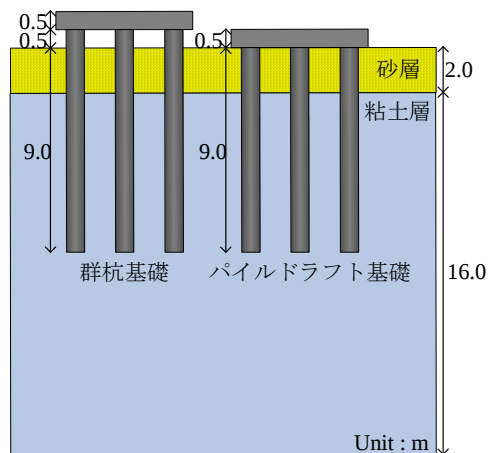


図1 解析対象

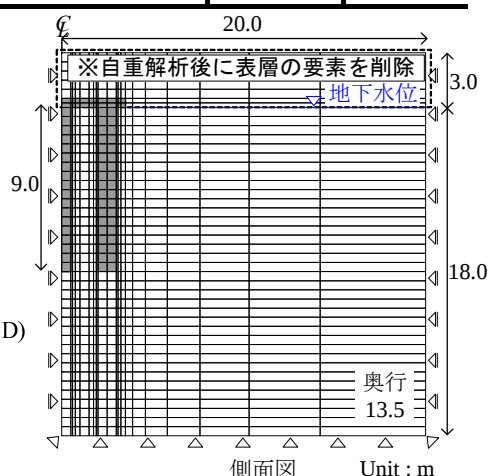
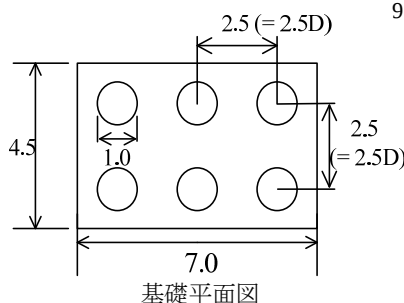


図2 解析メッシュ

キーワード 杭基礎, 数値解析, パイルドラフト基礎, 摩擦杭, 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

3. 解析結果

図3に基礎形式の違いにより比較した沈下量推移を示す。図3より両者の沈下量推移に明確な差を確認できず、多くの既往の研究⁴⁾で報告されている沈下傾向と異なる結果となった。この原因として、ラフトの剛性が周辺地盤の剛性よりも非常に大きい値に設定されていることが考えられる。この点を解明するために、ラフトの剛性を10倍、1倍、1/10倍と変化させて、沈下量や荷重分担率に与える影響を比較した。表2にラフト剛性により比較したラフトの荷重分担率ならびに沈下量を示す。これよりラフト剛性の変化は杭とラフトの荷重分担率ならびに基礎全体の沈下量に大きな影響を与えないことが判る。しかし、図4に示す載荷終了時における各ケースの軸力分布を見れば、ラフト剛性が小さくなるにつれて杭の配置場所による軸力の偏りが小さくなることが判る。これはラフト剛性が小さいほど、ラフトによる杭頭への変位拘束力が小さくなり、杭へ均等に荷重が分担されるためと考えられる。

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の比較によりラフト直下の地盤支持力の影響を確認した。その際、ラフト剛性による沈下量や荷重分担率への影響について検討を行った。その結果、①ラフト剛性の変化は基礎全体の沈下量には影響を与えないこと、②ラフト剛性が小さいほど杭配置による軸力の偏りは小さくなることが確認できた。しかし本解析においては、「ラフトの支持力が沈下に与える影響」や「杭とラフトの荷重分担率の時間変化」が微小なものとなった。これは様々な既往の研究⁵⁾の結果とは異なる傾向である。これらを検証すべく今後は、1) 地盤の強度による影響、2) 杭基礎材料パラメータを考慮して、基礎周辺地盤の挙動を詳細に検討しながら沈下量や荷重分担率を中心に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) 段野ら：土木学会論文集 C, Vol.63, No.4, pp.1041-1053, 2007. 2) Ye, B. et al. : Soils and Foundations, Vol.47, No.3, pp.547-558. 2007. 3) Nakai, T. and Hinokio, M. : Soils and Foundations, Vol. 44, No. 2, pp. 53-70, 2004. 4) 例えば、山田ら：土木学会論文集, No.659/III-52, pp.113-128, 2000. 5) 例えば、川田ら：日本建築学会北海道支部研究報告集, No.72, pp.105-108, 1999.

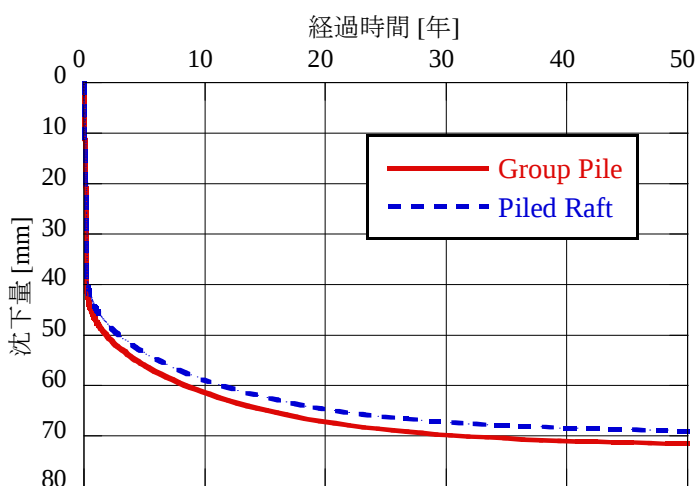


図3 基礎形式の違いによる沈下推移

表2 荷重分担率と沈下量（ラフト剛性による比較）

弾性係数 E [kN/m ²]	ラフトの荷重分担率		沈下量 [mm]	
	100 日後	50 年後	100 日後	50 年後
3.0×10^8	18.1%	16.7%	39.2	69.2
3.0×10^7	17.8%	16.7%	39.4	69.3
3.0×10^6	20.4%	20.0%	39.7	69.6

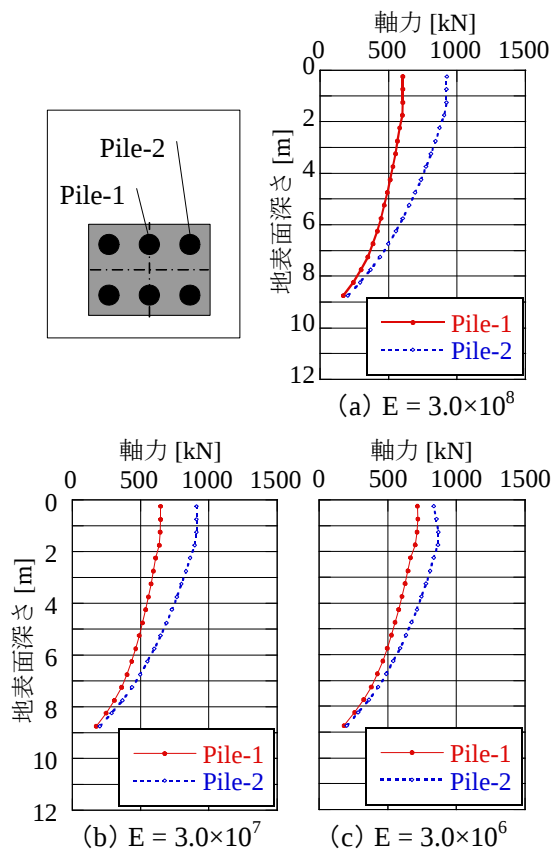


図4 軸力分布（載荷終了時）