

地盤の沈下抑止に及ぼすパイルドラフトの杭長の影響

名古屋大学
名古屋大学
(株)浅沼組技術研究所

学生会員
正会員
正会員

○田代むつみ
浅岡顕 野田利弘 山田英司
高稲敏浩

1 はじめに

本稿では、スラブ・杭・地盤間の相互作用を考慮した、パイルドラフトを敷設した飽和自然堆積地盤の3次元変形解析結果として、杭長の違いが沈下量・荷重分担率に及ぼす影響について報告する。なお、地盤は水～土2相系、パイルドラフトは弾性体を仮定する。また土の弾塑性構成式は、骨格構造（構造・過圧密・異方性）の働き¹⁾に着目して、これらの発展則の違いにより砂と粘土の両者を統一的に取り扱う回転硬化²⁾上・下負荷面修正カムクレイモデル³⁾を用いた。

2 解析条件

解析に用いた有限要素メッシュと境界条件を図1に示す。地盤の対称性を仮定し、 $\frac{1}{4}$ 断面を解析対象とする。地盤は、上から中密な砂層（構造低位・過圧密）厚く堆積した軟弱粘土層（構造高位・過圧密）密な砂からなる基盤層（超過圧密）の粘土・砂互層地盤を想定し、表2に示す材料定数・初期値群を用いた。地盤の初期状態は、簡単のため初期骨格構造は各層で深さ方向に均一とし、土被り圧に応じてその他の初期状態を決めた。本報ではパイルドラフトはすべて、1m厚・18m×18m幅の基礎スラブに70cm角の杭を3m間隔で9本配置し（図2）杭長のみの違いによる影響を述べる。基礎の設置は、自重を考慮しながら当該部分の土要素を除去すると同時に、表1に示す線形体で「瞬時」に置換した。載荷条件は、載荷速度1kN/m²/dayで50日間等分布荷重を漸増載荷後、一定放置とした。

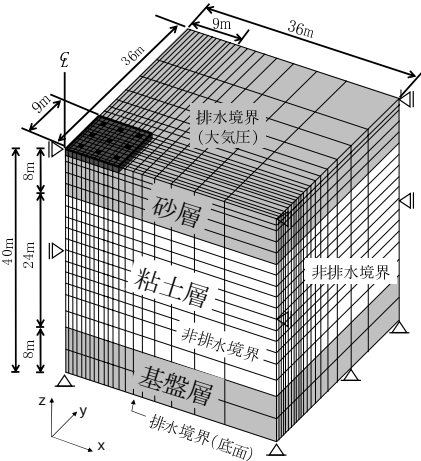


図1 有限要素メッシュと境界条件

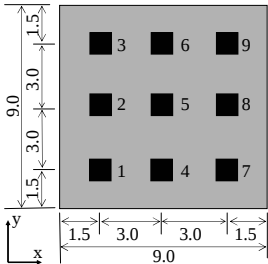


図2 杭配置図（ $\frac{1}{4}$ 断面）

表2 地盤の材料定数および初期値

	上層地盤 砂層	中層地盤 軟弱粘土層	下層地盤 基盤層 (砂)
<弾塑性パラメータ>			
圧縮指数 λ	0.0418	0.131	0.0418
膨潤指数 $\bar{\epsilon}$	0.0118	0.04	0.0118
限界状態定数 M	1.078	1.13	1.078
正規圧密線の切片 N	1.99	1.97	1.99
ポアソン比 ν	0.3	0.4	0.3
<発展則パラメータ>			
構造劣化指数 a, b, c	1.5, 1.0, 1.0	1.27, 1.0, 1.0	1.5, 1.0, 1.0
正規圧密化指数 m	0.04	5.0	0.04
回転硬化指数 b_r	0.514	0.0001	0.514
回転硬化限界定数 m_b	0.5	1.0	0.5
<初期値>			
構造の程度 $1/R_0^*$	2.0	10.0	1.0
過圧密比 $1/R_0$	5.0	3.0	20.0
異方性 ζ_0	0.231	0.375	0.231
応力比 η_0	0.231	0.375	0.231
(側圧係数 K_0)	0.8	0.7	(0.8)
透水係数 $k(\text{cm/sec})$	4.09×10^{-2}	3.7×10^{-7}	4.09×10^{-2}
土の密度 $\rho_s(\text{t/m}^3)$	2.65	2.6	2.65

(N: $p' = 98 \text{ kN/m}^2$ における繰り返し土の等方正規圧密線上の比体積)

3 パイルドラフトの杭長の影響

図3は、パイルドラフトの杭長と、最終沈下量及び杭の荷重分担率（上載荷重に対する杭頭の軸力の合計）の関係を示したものである。なお、砂層と粘土層の境界にまで杭が貫入された時（杭長:8m）には、載荷中に杭先端の応力集中により粘土層側で「円弧すべり」破壊が起こり（図4）所定の荷重まで載荷できなかった。また、図中杭長:0mの点は、ラフトのみ（べた基礎）の場合である。この図から杭が

パイルドラフト，有限要素法，弾塑性，水～土連成解析，荷重分担率

〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学工学研究科地圏環境工学専攻 TEL 052-789-3833

長いほど最終沈下量は小さく沈下量低減に有効であるが、逆に杭の荷重分担率は大きくなる傾向があり、今回の解析においては杭長が10m以上の場合、杭が90%以上の荷重を受け持つことが分かった。

図5は杭長:16mの場合の、載荷開始から圧密終了時までの地盤の平均有効応力増分の分布図であるが、上載荷重がパイルドラフトの杭を通して杭先端以深に伝達されていることが分かる。これは杭が長いほど、より圧縮性の低い深部の層へと荷重を伝達するため、沈下量低減に有効であることを示している。また、杭の外側の地盤で特にせん断ひずみが卓越しており(図6)、杭の摩擦抵抗は外周の杭ほど大きいことが分かる。つまり図3の結果も考慮すると、杭が長く杭が外側に配置されているほど杭の荷重分担率が上がることを示唆している。杭に発生する軸力及びモーメントを見ても、外側の杭(杭番号は図2参照)ほど値は大きくなり、載荷終了時が最も大きな値を示していることが分かる(図7、図8)。

4 まとめ

杭長の異なるパイルドラフトについて、最終沈下量及び荷重分担率に及ぼす影響について調べた。杭が長いほど、圧縮性の小さな地盤に荷重を伝達することにより沈下量低減に有効である。また、外周の杭ほど地盤への摩擦抵抗が大きく、杭が長いほど杭の荷重分担率が増加する。他の杭配置に対する沈下抑止の検討例については、文献4)を参照されたい。

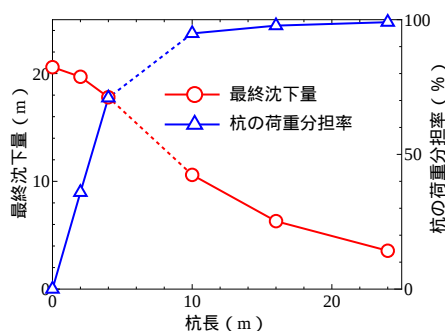


図3 最終沈下量と杭の荷重分担率

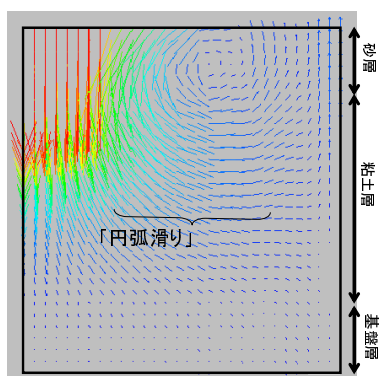


図4 「すべり破壊」時の変位速度場 (側面図)

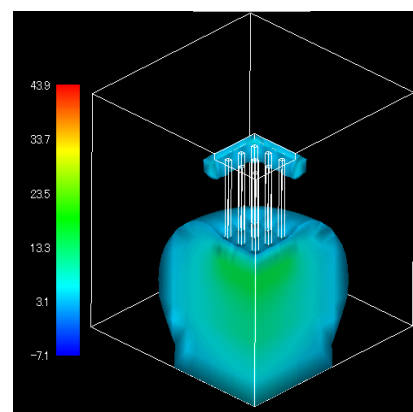


図5 平均有効応力増分分布(杭長16m、3kN/m²以上の増加部を表示)

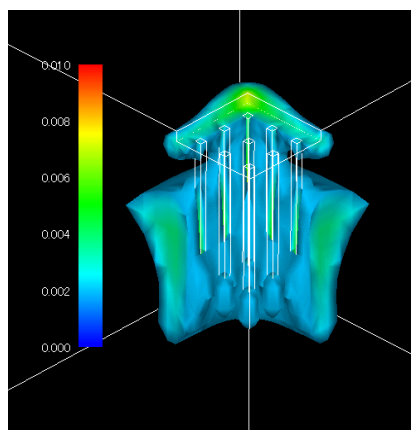


図6 せん断ひずみ分布(杭長16m、基礎部拡大、0.002以上を表示)

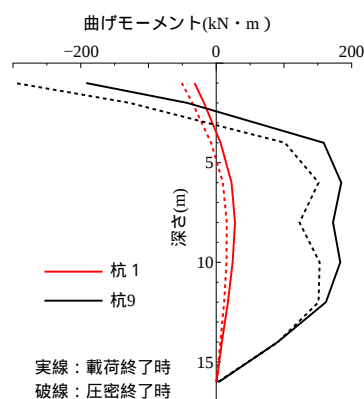


図7 杭に発生する曲げモーメント (杭長16m)

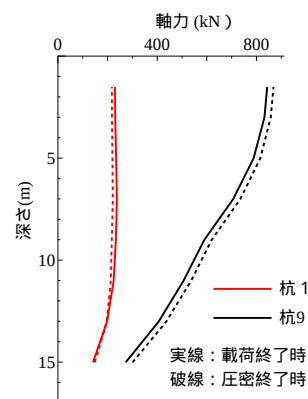


図8 杭に発生する軸力 (杭長16m)

参考文献 1)三笠(1964):土の工学的性質の分類表と... 土と基礎, 12(4), pp.17-24. 2) Hashiguchi and Chen(1998): Elastoplastic Constitutive Equations of Soils..., Int. J. Numer. Anal. Meth. Geomech., 22, pp.197-227. 3)Asaoka et al.(2002):An elasto-plastic description ...,S&F, 42(5), pp.47-57. 4)高稲他(2003):パイルドラフト基礎形式の違いによる..., 本誌.