# 地盤特性・基礎形状に応じたパイルドラフト敷設地盤の変形挙動

名古屋大学 正会員 ○田代むつみ 野田利弘 浅岡顕 (株) 淺沼組技術研究所 正会員 高稲敏浩

#### 1. はじめに

本報では、パイルドラフト基礎を有する飽和自然堆積地盤の変形挙動について、スラブ・杭・地盤間の相互作用を考慮した3次元解析を行い、基礎形式(杭長・杭配置)および地盤特性に応じたパイルドラフ敷設地盤の沈下量・杭の荷重分担率などを調べた。基礎は弾性体、地盤は水~土2相系の砂・粘土互層地盤を仮定し、土の弾塑性構成式には骨格構造(構造・過圧密・異方性)<sup>1)</sup>の働きを制御する発展則の違いにより砂と粘土の両者を同じ弾塑性理論的枠組の中で取り扱う SYS カムクレイモデル(Super/subloading <sup>2)</sup> Yield Surface Cam-clay model) <sup>3)</sup>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・荷重条件などの対称性を仮定し、1/4領域を解析対象とした。地盤は上から中密な砂層、厚く堆積した軟弱粘土層、密な砂からなる基盤層の粘土・砂互層地盤を想定し、表1に示す材料定数・初期値を用いた。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仮定し、土被り圧に応じてその他の初期
正規圧密線の

18m×18m 幅の基礎スラブに 0.7m 角の杭を配置し、杭長および 杭配置の違いよる影響を調べた。基礎の設置は、自重を考慮し ながら基礎に該当する部分の土要素を除去すると同時に、表 2 に示す線形弾性体で「瞬時」に置換することで表現した。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。(詳細は文献 4)参照)

状態を決定した。本報ではパイルドラフトはすべて 1m厚・

### 3. 解析結果

図2に示す2種類の杭配置((A):3m 間隔で36本、(B):15m

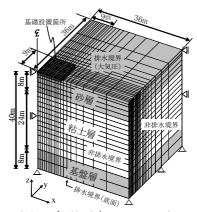
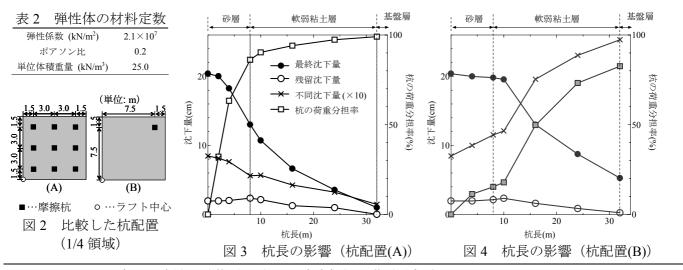


図1 有限要素メッシュと 境界条件(3 次元条件, 1/4 領域)

表1 地盤の材料定数と初期値

衣 1 地盤の竹件定数と切別他			
	砂層	粘土層	基盤層
<弾塑性パラメータ>			
圧縮指数 $\widetilde{\lambda}$	0.0418	0.131	0.0418
膨潤指数 $\widetilde{\kappa}$	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
(p'=98kPaでの練り返し土の正規圧密線上の比体積)			
ポアソン比レ	0.3	0.4	0.3
<発展則パラメータ>			
構造低位化指数 a,b,c	1.5,1.0,1.0	1.27,1.0,1.0	1.5,1.0,1.0
正規圧密土化指数 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 <sup>*</sup> 0	5.0	10.0	5.0
過圧密比 $1/R_0$	2.0	3.0	2.0
異方性の程度 $\zeta_0 = \sqrt{3/2} \  \boldsymbol{\beta}_0 \ $	0.231	0.375	0.231
応力比 $\eta_0 = q_0 / p_0'$	0.231	0.375	0.231
透水係数 k (cm/sec)	$4.1 \times 10^{-2}$	$3.7 \times 10^{-8}$	$4.1 \times 10^{-2}$
土の密度 $ ho_s(t/m^3)$	2.65	2.60	2.65



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社会基盤工学専攻 TEL 052-789-4624

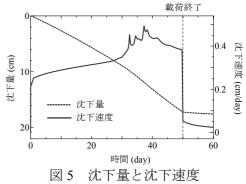
間隔で4本配置)について、杭長を異なる場合の最終沈下量、残留 沈下量(載荷終了後の沈下量)、不同沈下量および杭の荷重分担率(上 載荷重に対する杭頭の軸力の合計)を図3、図4に示す。なお、杭長 0m はラフトのみ (べた基礎) を指し、不同沈下量は 10 倍のスケー ルで拡大表示している。いずれの杭配置においても杭が長いほど、 摩擦杭を通して高拘束圧・低圧縮性の地盤深部に荷重が伝達される ため、最終沈下量は小さい。同時に杭の外周面積が増加し摩擦抵抗 が大きくなるため荷重分担率は大きくなる。ただし、杭配置(B)で粘 土層浅部付近に杭先端が位置する場合(杭長:8m, 10m)は、他の杭

長とやや傾向が異なり、最終沈下量が大きく荷重分担率が大き くなった。またこれらの杭長では、図5に示すように、載荷途 中に沈下速度の増加する「滑り」を示した。これは、杭先端へ の応力集中に伴い粘土層浅部で構造が乱され(低位化し)(図 6①)、杭先端部で大きなせん断ひずみが生じたためである(図 7①)。本解析では、杭要素と土要素の間に滑りを目的とした特 別な要素を用いていないため、両者に相対変位は生じないが、 地盤特性・基礎形式 (荷重条件) に応じて、構造劣化が顕著に 長じた場合ひずみの局所化(「滑り」)が生じる場合がある。こ の結果、最終沈下量と荷重分担率に及ぼす杭長の影響が小さく なった。図6②および図7②が示すように、杭が十分長い場合 には、粘土層における構造の乱れは少なく、杭と周辺土との滑 りも生じていない。残留沈下量についても、杭が中途半端に短 い場合(杭長 2m~10m)には地盤構成の影響を受け、杭先端が (上層の)砂層・粘土層境界に近いほど荷重が低透水性の粘土 層浅部にも大きく伝達されるため、より大きく発生した。杭長 と不同沈下量の関係については、杭配置に応じて大きく異なっ た結果となった。すなわち、杭が中央に配置されない杭配置(B) では、杭長が増加するにつれ不同沈下量も増加し、杭長 32m の支持杭ではラフトのみ (べた基礎) の 3 倍以上にも相当する 2.5cm もの不同沈下が生じた。これに対し、杭が均等に配置さ れた杭配置(A)では、不同沈下量に対する杭長の影響は小さい。

#### 4. おわりに

スラブ・杭・地盤間の相互作用を考慮した水~土連成有限変 形解析を行い、パイルドラフトの基礎形式(杭長・杭配置)お よび地盤特性が沈下量・荷重分担率に及ぼす影響などについて 調べた。骨格構造が発達した粘土層に杭を貫入する場合では、 杭先端で構造の乱れが顕著な時に「滑り」が発生した。

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. Anal. Meth.



(杭配置(B), 杭長:10m)

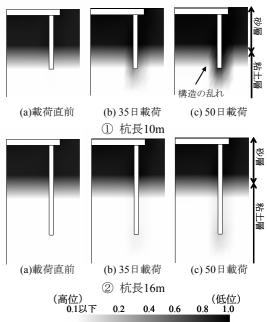


図 6 載荷中の構造 (R\*) の分布 (杭配置(B))

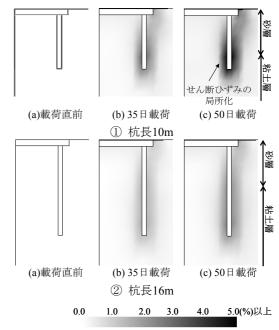


図 7 載荷中のせん断ひずみ分布(杭配置(B))

Geomech., 22, pp.197-227. 3) Asaoka et al. (2002): An elasto-plastic description ..., S&F, 42(5), pp.47-57. 4)野田ら (2005): 沈下低減と荷重分担に着目した...,土木学会論文集, 掲載予定.