

大阪大学工学部 正員 松井 保

大阪大学工学部 正員 阿部 信晴

1 まえがき

軟弱な粘土地盤の対策工法としてサンド・ドレーン工法や砂杭工法が広く用いられている。また、最近の砂杭工法には大口径の砂杭を密に打設して、粘土を砂で置き換えてしまおうとする方法も採用されるようになってきた。これらの工法は異なる改良原理にもとづいて開発されたものであるが、砂杭を粘土地盤中に打設するという基本は同じであり、したがって、それらによる改良地盤の荷重支持・変形機構には共通する点も少なくない。本報告は、このような砂杭を打設された軟弱粘土地盤の圧密変形挙動を把握するために行なった解析の報告である。

2 地盤のモデル化と解析方法

砂杭を打設された粘土地盤の変形は三次元的であるが、ここではすべて軸対称モデルとして解析している。解析は、図-1に示す7ケースについて行なった。そのほか比較のために無処理地盤の解析(CASE-A)も行なっている。軟弱粘土地盤は深さ6.8mであり、簡単のため、初期応力状態は $\sigma_{v0} = 4.5 \text{ tf/m}^2$ とし、粘土地盤は K_0 圧密状態、砂杭は等方応力状態と仮定した。また、砂杭打設時の地盤の攪乱は考慮されていない。CASE-Bは直径40cmの砂杭が3mの正方形配置で打設されている場合であり、CASE-B1は比較的粗い砂杭であり、CASE-B2は密な砂杭の場合である。CASE-Cは砂杭が粘土層を貫通していないケースであり、CASE-C1, C2, C3の杭長はそれぞれ、3.5m ($l/H = 0.51$)、4.5m ($l/H = 0.66$)、5.6m ($l/H = 0.82$)である。また、砂杭は粗粒状態とする。

CASE-Dは大口径の砂杭工法による改良地盤を想定したものである。この工法では数十%ないしそれ以上の置換率が採用されるため、砂杭は互いに触れるような状態となり、その間に粘土が存在している。このため、このケースでは中心に粘土柱を配置する軸対称モデル化を行なっている。CASE-D50, D70の置換率はそれぞれ50%, 70%である。そして、砂杭は粗粒砂杭とする。

解析手法および軟弱粘土の弾一塑性モデルは著者らによって提案されたものをもちいている。これらについては他の文献を参照されたい。一方、砂杭のモデルとしては、非線形弾性モデルを用いている。すなわち、弾性係数 E は有効主応力 p に比例する。軟弱粘土及び砂の力学定数を表-1に示す。解析は、剛な載荷重が $2.0 \text{ tf/m}^2/\text{day}$ の載荷速度で 2.0 tf/m^2 まで載荷される。排水は地盤表面

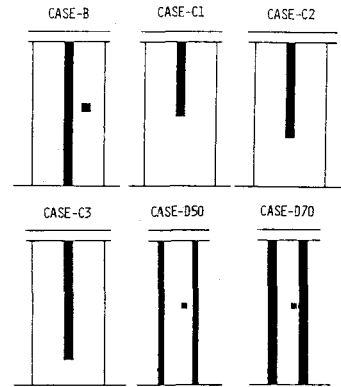


FIG.- 1

TABLE - 1

clay	sand
$\lambda = 0.3$	sand-1(loose)
$\kappa = 0.03$	$E_0 = 36 \text{ tf/m}^2$
$M_a = 1.485$	$e_0 = 0.8$
$M_p = 1.485$	sand-2(dense)
$\nu = 1/3$	$E_0 = 160 \text{ tf/m}^2$
$e = 2.086$	$e_0 = 0.6$
$k = 1.0 \times 10^{-4} \text{ m/day}$	$\nu = 1/3$
$K_0 = 0.5$	$k = 1.0 \times 10^{-1} \text{ m/day}$

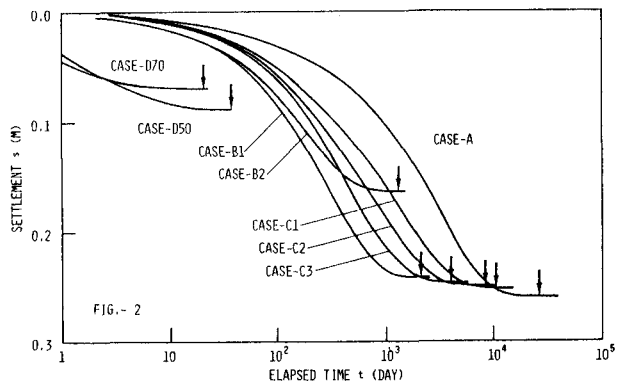


FIG.- 2

からのみ生じるとし、載荷中にも許容されている。

3 解析結果と考察

図-2に沈下-時間曲線を、また表-2に各ケースの圧密終了時間 t_E と最終沈下量 S_f を示している。図中の矢印は圧密の終了点を示している。図から明らかなように、砂杭の径が等しければ、砂杭の剛性が高いほど圧密は早く終了し、かつ最終圧密量も小さくなる。逆に、砂杭の剛性が等しければ、置換率が大きいほど同様の効果が著しいことが確認できる。また、砂杭の剛性が低い場合、砂杭が貫通か未貫通かは、最終沈下量に大きく影響しない。しかし、未貫通砂杭ではその杭長に応じた圧密促進効果が認められる。CASE E-Dの沈下-時間曲線の形状は他の場合とかなり異なっているが、これにはモデル化の影響も考えられる。表-3はCASE-A, B1, B2, D50, D70の図-1に示す要素について、圧密終了時の荷重分担比 n 、間隙比 e_f 、ひずみ硬化パラメーター P_{yf} を示したものである。砂杭には粘土の圧密に伴って、応力集中が生じる。砂杭の剛性が低い場合、応力集中は顕著なものとならないが、剛性が高いと砂杭の荷重分担率は高くなり、CASE-B2の場合のよう

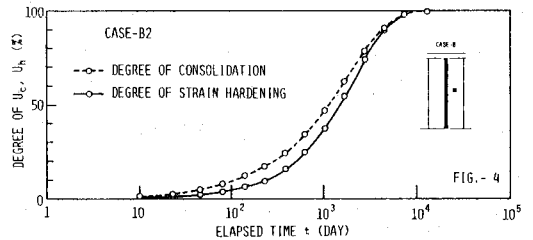
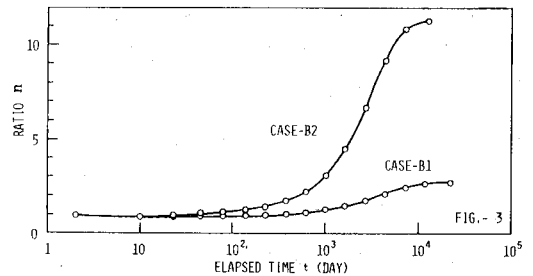
TABLE - 2

CASE	t_E (DAY)	S_f (M)
CASE-A	26854	0.259
CASE-B1	2412	0.242(93%)
CASE-B2	1315	0.163(63%)
CASE-C1	10353	0.252(97%)
CASE-C2	8557	0.249(96%)
CASE-C3	3992	0.246(95%)
CASE-D50	38	0.088(34%)
CASE-D70	21	0.070(27%)

TABLE - 3

CASE	n	e_f	P_{yf} (TF/M ²)
CASE-A	—	1.968	4.430
CASE-B1	2.68	1.972	4.396
CASE-B2	11.32	2.008	3.894
CASE-D50	1.56	2.042	3.568
CASE-D70	1.45	2.048	3.724

に地盤の沈下を阻止することになる。このため、粘土に荷重が伝達されず、粘土は高い間隙比のまま地盤の沈下は終了することになる。また、CASE-D50, D70のように置換率が大きい場合、砂杭の応力は大きくなり、したがって、荷重分担比も大きいものにならないが、沈下阻止効果は著しいために、粘土の圧密はあまり進んでいないことがわかる。図-3はCASE-B1, B2について、荷重分担比 n の経時変化を示したものであるが、弾性砂杭の場合、荷重分担比は圧密の進行に伴って増加するようである。図-4は、CASE-B2について、粘土地盤を代表する位置にある要素のひずみ硬化度を地盤の圧密度と比較したものである。ひずみ硬化は地盤の圧密度より遅れて生じることがわかる。未貫通砂杭を打設された地盤の圧密が遅れるのは、砂杭より下の地盤部分に高い間隙水圧が残留することに起因するが、図-5は、CASE-C2とCASE1の圧密度50%における間隙水圧分布を比較したものである。



4 あとがき

粘土の弾-塑性モデル、砂のモデルとして非線形弾性モデルを用いて基礎的な解析を行った。結果はほぼ妥当なものと考えられる。現在、砂のモデルとして弾-塑性モデルを用いた解析を進めているので別の機会に発表する予定である。

参考文献

- Matsui, T & Abe, N : Soils and Foundation, (21), 1, 79-95, (1981)
 Matsui, T & Abe, N : Proc. 4th Int. Conf. on Numerical methods in Geomechanics, Edmonton (1982)

