

# サンドドレーン打設地盤における強度増加に関する検討

東洋建設 鳴尾研究所 正会員 和田 眞郷  
 東洋建設 鳴尾研究所 正会員 三宅 達夫  
 東洋建設 鳴尾研究所 山上 啓介

## 1.はじめに

埋立施工時等では、原地盤を含む埋立地盤の安定性を図ることを目的に種々の地盤改良が施される。原地盤が粘性土地盤の場合、圧密を促進するためサンドドレーン工法が採用されることが多い。このサンドドレーン打設地盤では、圧密進行や強度増加の状況を把握するため、圧密途上より定期的に地盤調査が実施される。この場合の地盤強度等の目標値として、Barronの中空円柱の圧密の近似解を用いた平均圧密度を用いた設定がなされるが、ドレーン周辺で応力集中が発生し、ドレーンの距離による間隙水圧の消散速度に違いが生じる可能性があることは室内実験結果等から指摘されており、杭間での調査位置(砂杭との距離)によってはその目標値を満足しない場合も発生する。本報告は砂杭と粘性土からなる複合地盤について砂杭の物性の違いが圧密過程に及ぼす影響および圧密過程における地盤内の圧密度の分布挙動について検討したものである。

## 2.解析方法

本解析では、サンドドレーンと原地盤からなる複合地盤の圧密過程の解析に Biot の理論を境界値問題と考へて誘導された吉國の式<sup>2)</sup>を差分化したものを用いた。地盤のモデル概念を図-1に示す。図中のサフィックス  $s, c$  は砂杭、粘性土を示し、 $\nu, E, k$  はそれぞれポアソン比、ヤング率、透水係数を示す。なお、砂杭については有限な透水性を有する完全弾性体であり、砂杭打設によるスミヤードゾーンの発生はないと仮定した。変形条件、排水条件としては、等価影響円の半径は圧密の前後で変わらないものとし、円柱の上端面は排水、下端面は非排水とした。解析対象地盤として今回は、杭径 40cm 打設ピッチ 2.5m(正方形)の改良地盤(層厚 20m 程度)を想定した。粘性土地盤の諸定数は表-1に示すとおりである。

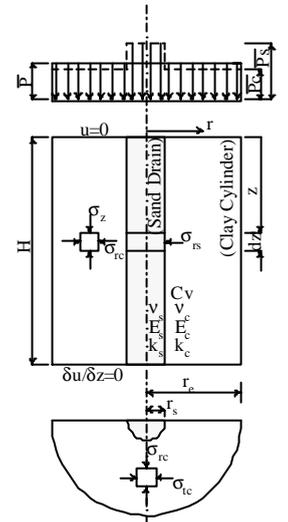


図-1 モデル地盤概念図

## 3.解析結果

### 1)砂杭の透水係数が圧密過程に及ぼす影響

理想的なサンドドレーンの場合、砂杭と粘性土部の透水係数  $k$  の比は  $k_s/k_c = \infty$  であるが、実施工の砂杭に関していえばその透水係数は有限である。図-2は  $k_s/k_c$  をパラメータに平均圧密度  $U$  と時間係数  $T_v (=C_v \cdot t/de^2)$  の関係を示したものである。同図より  $(k_s/k_c)$  が 100 以上の場合、その曲線は  $k_s/k_c = \infty$  のケースとほとんど一致しており、 $(k_s/k_c)$  が 10 の場合、若干圧密遅れが生じている。砂杭の透水係数のオーダーが粘性土に比べて 2 以上大きければサンドドレーンの圧密速度に影響はないといえる。

### 2)粘性土部、砂杭部に作用する鉛直平均応力の経時変化

図-3は、透水係数比  $K_s/K_c = \infty$ 、載荷重  $P_0 =$  一定で砂杭と粘性土部のヤング

率の比  $E_s/E_c$  をパラメータとした場合の砂杭部と粘性土部の応力分担比  $P_s/P_c$ 、および粘性土の分担応力を載荷重で除した  $P_c/P_0$  と時間係数  $T_v (=C_v \cdot t/de^2)$  の関係を示したものである。同図よりどのケースについても圧

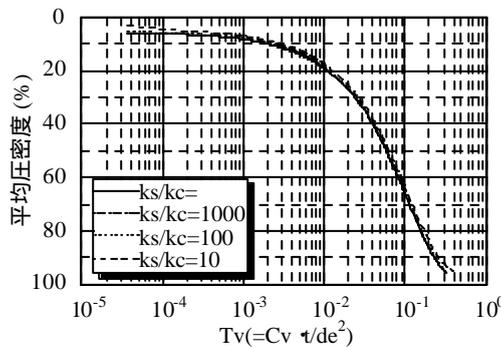


図-2 圧密度～時間係数曲線

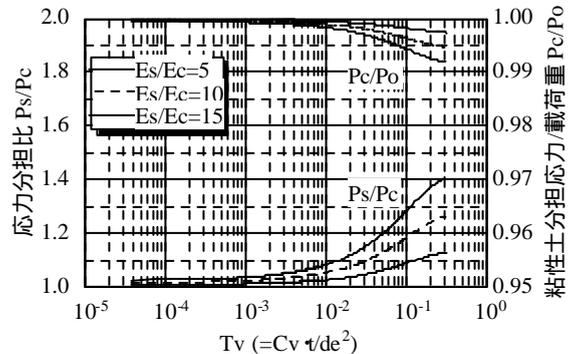


図-3 応力分担比～時間係数曲線

表-1 粘土地盤の物的特性

ポアソン比	$\nu$	0.3
ヤング率	$E$	127 (kN/m <sup>2</sup> )
透水係数	$k$	$10^{-7}$ (cm/sec)
圧密係数	$C_v$	90 (cm <sup>2</sup> /day)

キーワード：地盤改良、圧密度、一軸圧縮強さ、数値解析

連絡先：西宮市鳴尾浜 1-25-1 (TEL: 0798-43-0661、FAX: 0798-43-5916)

密が進行するにつれて応力分担比が大きくなり、その大きさは  $E_s/E_c$  が大きくなるほど顕著になり  $E_s/E_c=15$  のケースでは応力分担比は1.4程度となっている。一方、粘性土の分担する鉛直応力は、応力分担比が増加するに従い減少する傾向を示すが、その減少量は  $E_s/E_c=15$  のケースでも1%未満であり粘土地盤の圧密過程については砂杭の剛性は影響を及ぼさないことが伺える。

3) 粘性土地盤内の圧密度分布

図-4は  $K_s/K_c=$ 、 $E_s/E_c=10$ 、載荷重  $P_0=98\text{kN/m}^2$  のケースにおける平均圧密度50%での粘土地盤内の圧密度の分布を示したものである。砂杭境界部および排水面である地表面付近はほぼ圧密度が100%近くに達している。また  $z/H=0.15$  以深では半径方向への圧密進行が卓越しているため半径方向への圧密度の分布が伺え、無次元化半径0.5で平均圧密度となっている。図-5は同ケースの  $z/H=0.5$  の深さでの半径方向の圧密度の分布を平均圧密度をパラメータに描いたもの、およびそのときの地盤強度の分布として一軸圧縮強度を推定したものを示す。なお、一軸圧縮強度の推定は大阪泉南 K2 地区 Ma13 層の地盤<sup>3)</sup>をモデルとして原地盤の一軸圧縮強度(地層表面より-10m)から  $C_u/P=0.25$  として算出したものである。どのケースについても半径方向に圧密度の分布が伺え、無次元化半径0.5以下の範囲ではそれ以上のところに比べ急激に圧密度が高くなっており0.1以内ではどの段階でもほぼ100%に達している。また、一軸圧縮強度の分布も圧密度と等価な分布を示している。したがって平均圧密度を基準とした場合の目標強度を満足するのは無次元化半径が0.5以下の範囲で、それ以上の範囲では目標強度に達しない。また、一軸圧縮強度の分布は平均圧密度が低い場合にはほぼ原地盤強度から改良後強度の範囲で分布し、圧密度が進行するにつれてその分布範囲は小さくなる。このような場合、例えば平均圧密度50%に時点で無次元化半径0.25以内の範囲で採取した場合と平均圧密度80%に時点で無次元化半径0.75以上の範囲で採取した場合、一軸圧縮強度が逆転するケースも起こり得る。図-6は、上記地盤モデルでの一軸圧縮強度の深度分布を示す。一軸圧縮強度は圧密度によりある範囲を持って分布し、その強度の違いは採取位置に依存する。したがって施工管理等で一軸圧縮強度を評価する場合、地盤の不均一性、採取方法および試験等から発生する誤差の考慮に加え、採取時期における強度範囲と採取位置も考慮することが望ましいと考えられる。

5. まとめ

砂杭と粘性土の複合地盤の圧密過程の検討の結果、下記事項が明らかとなった。砂杭の透水係数のオーダーが粘性土より2以上大きければ圧密速度に影響はなく、粘土地盤の圧密過程については砂杭の剛性は影響を及ぼさない。砂杭境界部および地表面付近は圧密開始より圧密度が100%近くに達し、 $z/H=0.15$  以深で半径方向への圧密進行が卓越する。また、無次元化半径の約0.5で平均圧密度と等価になる。半径方向の強度分布は圧密度が小さい場合、ほぼ原地盤強度から改良後強度の範囲で分布し、圧密度が進行するにつれてその範囲は小さくなる。採取位置により、圧密の進行後でも強度が逆転する可能性がある。  
 <参考文献> 1)住岡 宣博、「パーチカルドレーンによる粘土地盤の圧密変形機構に関する研究」、広島大学博士申請論文、1993、2)吉國 洋、「パーチカルドレーン工法の設計と施工管理」、技報堂、1979、3)(社)土質工学会、「海底地盤-大阪湾を例として-」、p.p. 資-172、1995

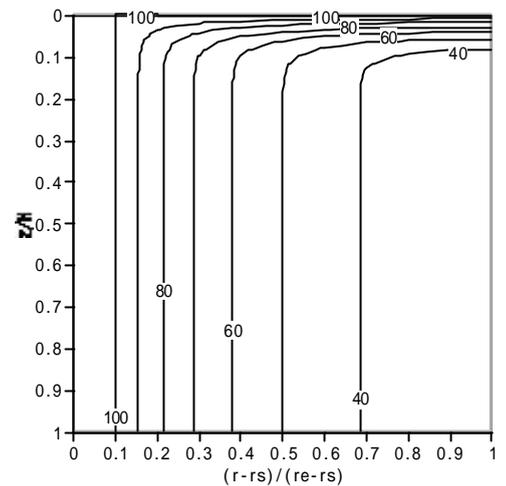


図-4 圧密度の地盤内分布

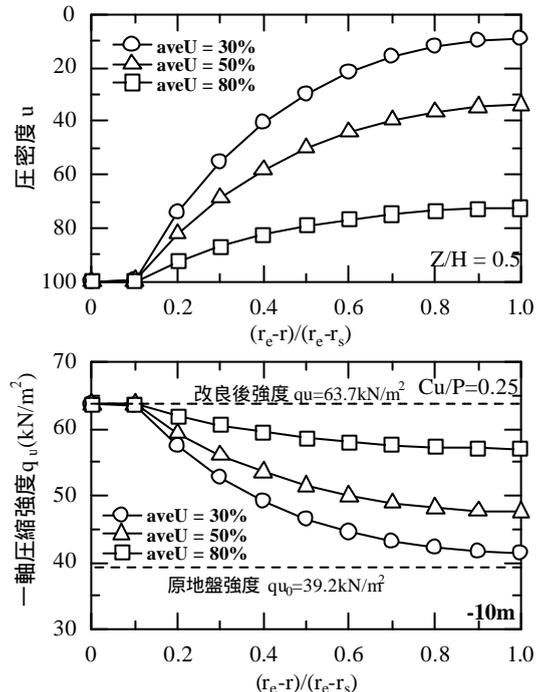


図-5 圧密度、一軸強度の分布

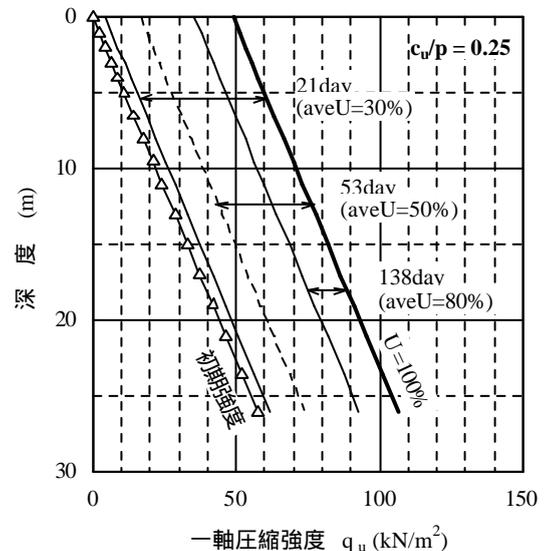


図-6 一軸強度の深度分布