## 貫通 SCP と不貫通 SCP を組み合わせて改良した粘性土地盤の沈下予測の提案

広島大学大学院工学研究科	正会員	森脇	武夫
広島大学大学院工学研究科	学生会員	Yosep Erw	in S.
滋賀県	非会員	稻垣	太治

## 1. はじめに

サンドコンパクションパイル工法(SCP工法)は,粘性土地盤の圧密沈下低減工法の代表的なものとして広く用いられている.しかし,近年の砂不足や建設コストの縮減などから使用する砂量を削減することが求められる.そこで,著者らは,不貫通 SCP と貫通 SCP を交互に打設する新しい改良形式を提案している.このような改良形式の粘性土地盤の圧密挙動は,貫通 SCP のみで改良されたものと異なるため,適切な沈下予測法が必要である.そこで,本研究では,貫通 SCP と不貫通 SCP を交互に打設した改良地盤内の応力分担特性と圧密沈下挙動を,室内模型実験および有限要素法解析によって調べ,圧密沈下の簡易予測法を提案する.

### 2. 室内模型実験および有限要素解析

粘性土地盤には,広島県出島地区沖より採取した出島粘土を用い,SCPには豊浦標準砂を使用した.各材料の物理特性を表1に示す.圧密装置としては,内径247.4mm,高さ460mmの円筒形モールドを,載荷装置としては複動式ベロフラムシリンダーを使用する.まず,粒度を調整し液性限界の約2倍の含水比にしたスラリー状の粘土を,両面排水条件の下で49kPaまで段階的に一次元圧密

₹1	出島粘土と豊浦標準砂の物	理特性
Æ	土粒子の密度 <sub>。</sub> [g/cm³]	2.630
島	液性限界 w_ [%]	88.46
粘	塑性限界 w, [%]	39.28
±	塑性指数 I。	49.18
眒	土粒子の密度 <sub>。</sub> [g/cm³]	2.64
浦	最大間隙比 e <sub>max</sub>	0.996
標	最小間隙比 e <sub>min</sub>	0.601
準	最大乾燥密度 dmax [g/cm <sup>3</sup> ]	1.646
砂	最小乾燥密度 dmin [g/cm <sup>3</sup> ]	1.332



し模型地盤を作成する.その後,相対密度 Dr=70%に調整し-40 で凍結させた SCP なら びに,土圧計と間隙水圧計を図1に示すとおり地盤内に設置し,SCP が完全に解凍した後に改良地盤を再度 49kPa で 4日間圧密し安定させる.このようにして作成した改良地盤を,片面排水(上面のみ)条件の下で 98kPa で圧密し, 沈下量とともに,改良地盤内各深度の全応力と間隙水圧を測定する.実験ケースは,不貫通 SCP の貫通率 Hd/H を 50%,75%とした組合せ改良と完全改良および無改良の計4パターンである.

**図1**に示した模型地盤(上部置換率 a<sub>su</sub>=28%,下部置換率 a<sub>si</sub>=14.4%)を SCP の置換率が一致するような平面ひずみ条件に変換して有限要素法解析を行う.解析では,粘土に修正 Cam - Clay モデル, SCP にバイリニア硬化塑性体モデルを適用した.

### 3. 改良地盤の圧密沈下の簡易予測法の提案

### (1) 改良地盤のモデル化

貫通・不貫通 SCP を打設した組合せ改良地盤を図2のような置換率 が異なる(a<sub>su</sub>=28%, a<sub>si</sub>=14.4%)貫通 SCP のみで改良された上下2つの 地盤に分割して考える.分割した上下2つの地盤は後述する有効貫通 率を境に応力分担比が異なるものとする.また,下部層の上面は,不 貫通 SCP の下端部からの排水効果を考慮して排水面と考える.

## (2) 有効貫通率と平均応力分担比の決定

有効貫通率 Hd'/H とは,貫通 SCP と同等に機能している不貫通 SCP の長さと地盤層厚の比であり,応力分担比が上部貫通 SCP の平均応力 分担比 m<sup>2</sup>の 90%以上になる範囲とする.貫通 SCP・不貫通 SCP の応 力分担比の深度分布に関しては,実験値が少なく,かつばらつきが多 いため,実験結果から明確な傾向を把握しにくいので,解析結果から 不貫通 SCP の有効貫通率を決定する(**文献1**を参照).また,有効貫通 率以深の組合せ改良地盤では,貫通 SCP のみ機能しているとみなす.



解析結果より上部の貫通・不貫通 SCP の平均応力分担比 mj と下部の貫通 SCP の平均応力分担比 mj を求め,完全改良

キーワード: 圧密,有限要素法,SCP,応力分担比,有効貫通率 連絡先 : 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1,TEL&FAX:0824-24-7785 地盤の平均応力分担比 m<sub>0</sub>'との比 m<sub>0</sub>'/m<sub>0</sub>'と m<sub>2</sub>'/m<sub>0</sub>'を算出する.解析結果による m<sub>0</sub>'/m<sub>0</sub>', m<sub>2</sub>'/m<sub>0</sub>'と実験結果より得られた 完全改良地盤の平均応力分担比 m<sub>0</sub>(=5.33)を基にし,有効貫通率までの改良地盤(上層部)の平均応力分担比 m<sub>1</sub>= m<sub>0</sub> × m<sub>0</sub>'/m<sub>0</sub>',有効貫通率以下の改良地盤(下層部)の平均応力分担比 m<sub>1</sub>= m<sub>0</sub>×m<sub>2</sub>'/m<sub>0</sub>'とする.このようにして得られた 結果を**表2**に示す.m<sub>0</sub>', m<sub>0</sub>'および m<sub>2</sub>'の詳細に関しては**文献1**を参照して下さい.

改良形式	Hd/H	Hd '/H	Hd'/Hd	$m_0$ ' or $m_U$ '	$m_0$ ' or $m_L$ '	m <sub>U</sub> '/ m <sub>o</sub> '	m <sub>l</sub> '/ m <sub>o</sub> '	$m_U = m_0 \times m_U' / m_0'$	$m_L=m_0 \times m_1'/m_0'$
完全改良	1.00	1.00	1.00	7.59	7.59	1.00	1.00	5.33	5.33
75%組合せ改良	0.75	0.61	0.81	7.84	7.16	1.03	0.94	5.51	5.03
50%組合せ改良	0.50	0.35	0.70	7.90	6.58	1.04	0.87	5.55	4.62

表2各改良形式の有効貫通率,平均応力分担比

#### (3)最終沈下ひずみの算出

図1のようにモデル化した組合せ改良地盤の一次圧密沈下ひずみは,上層部と下層部の沈下ひずみの和ととして 算出する.一次圧密領域における組合せ改良地盤の最終沈下ひずみ,は上下各層の置換率,平均応力分担比および 各層の層厚と地盤全体の層厚との比を考慮し式(1)で求める.ここで,<sub>fu</sub>は上部の最終沈下ひずみ,<sub>fl</sub>は下部の最 終沈下ひずみ,<sub>fu</sub>は無改良地盤の最終沈下ひずみである.

$$\varepsilon_{f} = \varepsilon_{uf} + \varepsilon_{lf} = \frac{1}{1 + (m_{u} - 1)a_{su}} \frac{H_{d}}{H} \varepsilon_{0f} + \frac{1}{1 + (m_{l} - 1)a_{sl}} \left(1 - \frac{H_{d}}{H}\right) \varepsilon_{0f}$$
(1)

## (4) 圧密係数と二次圧密係数の決定

鉛直方向の圧密係数 c,には標準圧密試験より求めたものを用い, 水平方向の圧密係数 c,は c,と等しいとする.一方,二次圧密速度を 支配する二次圧密係数は,次のように決定する.まず,完全改良地盤 (a,=28.8%)の二次圧密係数C (a,=28.8%)と無改良地盤(a,=0%)の二次圧 密係数C (a,=0%)を求める.置換率 a,=14.4%の完全改良地盤の実験パ ターンで実験を行っていないため,置換率 a,=14.4%の完全改良地盤の 二次圧密係数C (a,=14.4%)を75%組合せ改良地盤の二次圧密係数C (Hd/H=75%)と50%組合せ改良地盤の二次圧密係数(Hd/H=50%)より式 (2)によって推定する.

$$C_{\alpha}(a_{s} = 14.4\%) = \frac{C_{\alpha}(H_{d}/H) - H_{d}/H \times C_{\alpha}(a_{s} = 28.8\%)}{\left(1 - H_{d}'/H\right)}$$
(2)

完全改良地盤の二次圧密係数と無改良地盤の二次圧密係数の比は, 図3に示すように,置換率の増加とともにほぼ直線的に減少する.

# (5) 圧密沈下曲線の決定

一次圧密に対する沈下ひずみー時間曲線を Carrillo 法によって求 める.Carrillo の方法では,鉛直・半径方向の排水による沈下を考 慮し,圧密度を U(t)=1-(1-Uz(t))(1-Ur(t))で定義される.ここで, Uz(t)は鉛直方向流れの沈下に対する圧密度(Terzaghiの解),Ur(t) は,半径方向流れに対する圧密度(Barronの解)である.二次圧密に 対する沈下ひずみー時間曲線は,(4)で決定した二次圧密係数に等し い傾きをもつ沈下曲線を一次圧密の沈下ひずみー時間曲線の後半部に 追加する.

## 4. まとめ

提案した方法で予測した一次圧密領域での沈下ひずみー時間関係は,



図3二次圧密係数と置換率の関係





図5 50%組合せ改良地盤の沈下ひずみー時間曲線

図4と5に示すように実験結果の沈下ひずみー時間関係とよく一致する.これは,有効貫通率を考慮し不貫通SCPの 貫通率の変化に応じた平均応力分担を導入し,Carrillo 法を適用した沈下予測法が貫通・不貫通SCP 交互打設地盤 の沈下予測法として有効であることを示している.しかし,二次圧密領域での予測結果は,50%組合せ改良地盤の場 合実験結果を大きく上回り,二次圧密挙動については今後更なる検討が必要である.

# 参考文献

1) 森脇武夫, Yosep Erwin S., 稲垣太治:不貫通 SCP と貫通 SCP を組み合わせ改良した粘性土地盤の応力分担特性, 第 37 回地盤工学研究発表会, 2002(投稿中).