

大阪大学大学院 学生会員 ○柳 承庚
大阪大学大学院 正会員 小田和広
大阪大学大学院 フェロー 松井 保

1. はじめに

現在、サンドドレーン工法およびサンドコンパクションパイル工法は、軟弱粘土地盤に対する圧密促進工法として、最も一般的に用いられている。これらの工法による地盤改良効果を実確に判断するためには、改良地盤の圧密度を合理的に評価することが重要である。本研究では、一連の数値シミュレーションにより、砂杭を含む軟弱粘性土地盤の圧密度の決定方法について考察する。

2. 数値シミュレーション

一連の数値シミュレーションには、筆者らが開発した弾粘塑性軸対称圧密有限要素法¹⁾を適用した。この解析手法の妥当性については、既に筆者らによって行われた低置換率の砂杭を含む粘土地盤の圧密挙動に関する模型実験への適用を通じて検証されている²⁾。図-1 は解析モデルを示している。本解析における解析条件は、参考文献 2) において使用したものとはほぼ一致させた。ただし、間隙水に関する境界条件は、砂杭と粘土が接する境界以外はすべて非排水条件とした。表-1 は解析ケースを示している。

3. 砂杭を含む粘土地盤の圧密挙動

図-2～4 はそれぞれ載荷圧力の 29.4kPa の場合における沈下量、粘土部における平均過剰間隙水圧および粘土部における平均有効応力増分の経時変化を示している。改良率が高いほど沈下量は小さく(図-2)、過剰間隙水圧の消散も早い(図-3)。また、筆者ら²⁾が指摘しているように、過剰間隙水圧の消散速度は砂杭の破壊を前後して変化している。そして、砂杭の破壊の影響は改良率が高いほど大きい。また、解析の最終段階における平均有効応力増分は改良率が高いほど小さくなっている(図-4)。これは、改良率が高いほど砂杭が支持する荷重の割合が大きくなり、粘土にほとんど荷重が作用しないためである³⁾。

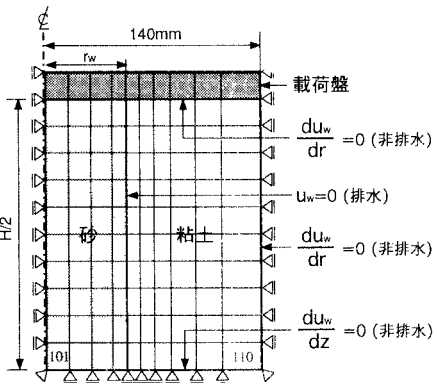


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

*初期鉛直圧力 $\sigma_o = 9.8 \text{ kPa}$

改良率 As (%)	載荷圧力 $\Delta\sigma$ (kPa)						
	19.6	29.4	39.2	58.8	78.4	88.2	117.6
5	As-05-02	As-05-03	As-05-04	As-05-06	As-05-08	As-05-09	As-05-12
10	As-10-02	As-10-03	As-10-04	As-10-06	As-10-08	As-10-09	As-10-12
15	As-15-02	As-15-03	As-15-04	As-15-06	As-15-08	As-15-09	As-15-12
20	As-20-02	As-20-03	As-20-04	As-20-06	As-20-08	As-20-09	As-20-12
25	As-25-02	As-25-03	As-25-04	As-25-06	As-25-08	As-25-09	As-25-12
30	As-30-02	As-30-03	As-30-04	As-30-06	As-30-08	As-30-09	As-30-12
40	As-40-02	As-40-03	As-40-04	As-40-06	As-40-08	As-40-09	As-40-12
50	As-50-02	As-50-03	As-50-04	As-50-06	As-50-08	As-50-09	As-50-12

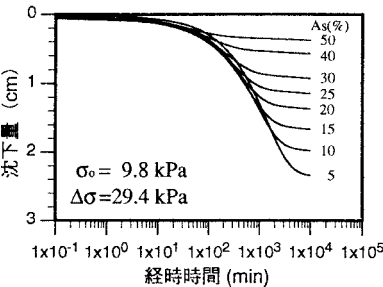


図-2 沈下量の経時変化

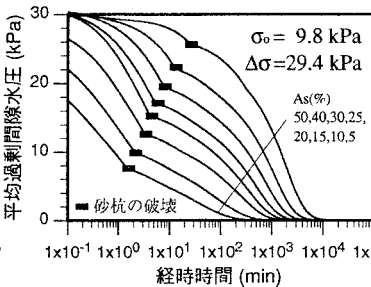


図-3 平均過剰間隙水圧の経時変化

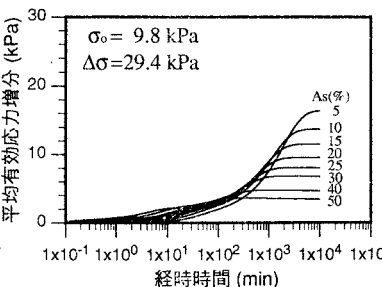


図-4 平均有効応力の経時変化

4. 圧密度の経時変化

本研究では、次の四つの方法によって圧密度を決定した⁴⁾。即ち、(方法 1) 沈下量から圧密度を求める方法、(方法 2) 過剰間隙水圧の平均値から圧密度を求める方法、(方法 3) 最も遅く消散する要素(図-1 の要素 110)の過剰間隙水圧により圧密度を求める方法および(方法 4) 粘土部の有効応力の経時変化から式(1)によって圧密度を求める方法である。

$$U(\%) = \left\{ 1 - \frac{\int (p'_{\max} - p') dv}{\int (p'_{\max} - p'_0) dv} \right\} \times 100 \quad (1)$$

ここに、 $p'_{\max}$: 圧密中に生じる最大平均有効応力、 p' : 平均有効応力、 p'_0 : 初期状態における平均有効応力である。

図-5 はそれぞれの方法による圧密度の経時変化を示している。改良率が高くなるほど決定方法による挙動の違いが顕著になる。しかしながら、いずれの方法によっても、決定される圧密終了時間はほぼ一致する。

5. 砂杭を含む粘土地盤の圧密時間

図-6 は載荷圧力と方法 1 による圧密度 90% 時の時間(t_{90})の関係を示している。載荷圧力が大きくなるほど t_{90} は短くなっている。この特徴は改良率が低いほど顕著である。図-7 は、方法 1 による t_{90} と方法 3 による t_{90} の比較を示している。それらは、改良率が 30% 以下であれば、改良率と載荷圧力の大きさに関わらずほぼ一致する。

6. まとめ

本研究では、一連の数値シミュレーションにより砂杭を含む軟弱粘土地盤の圧密度の決定方法について考察した。その結果、

1. 計算方法によって圧密度の経時変化に違いが生じるが、圧密終了時間はほぼ一致する。
2. 改良率が高く、また載荷圧力が大きいほど改良地盤の圧密時間は短い。

〈参考文献〉

- 1) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y.: Analytical Study on Settlement Behavior of Soft Ground Improved by SCP, Proceedings of ISOPE'96, Vol. 4, pp. 582-587, 1996., 2) 小田和広, 松井保: 低置換率の砂杭によって改良された軟弱粘土地盤の応力分担機構, 土木学会論文集, No. 631/III-48, pp. 339-353, 1999., 3) 小田和広, 松井保, 柳承庚: 低置換率の SCP によって改良された粘土地盤の応力分担特性, 第 35 回地盤工学研究発表会, pp. 1379-1380, 2000., 4) 小田和広, 松井保, 柳承庚: PD を含む軟弱粘土地盤の圧密挙動と圧密度に関する解析的考察, 土木学会第 55 回年次学術講演会, III-B197, 2000.

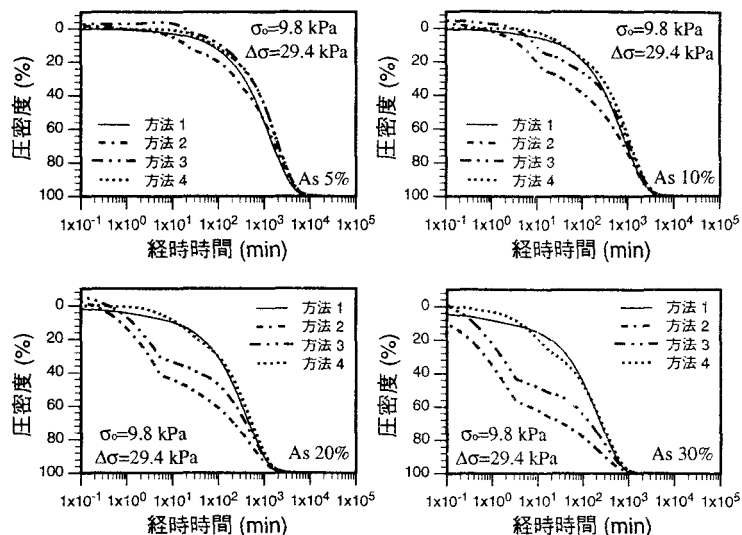


図-5 決定方法の違いによる圧密度の経時変化の比較

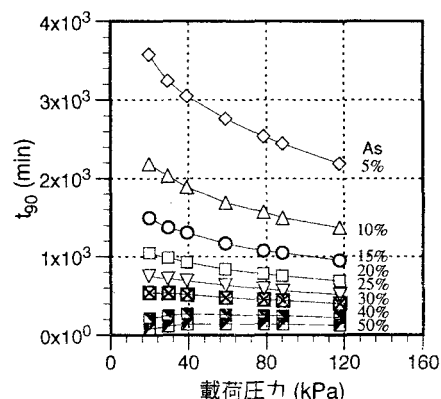


図-6 載荷圧力と t_{90} の関係

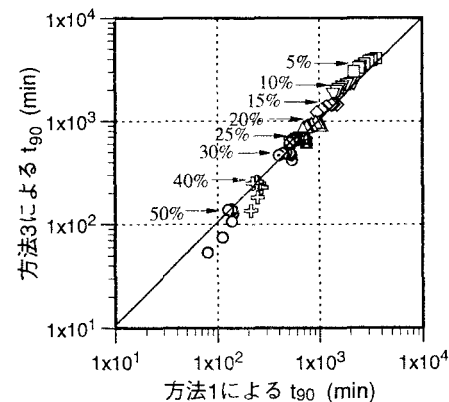


図-7 決定方法による t_{90} の比較