

数値シミュレーションによる複合地盤の沈下特性に関する研究

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
大阪大学大学院 学生会員 柳 承庚

1. はじめに

低置換率の砂杭によって改良された粘土地盤は、砂杭と粘土による“複合地盤”としての特徴が顕著に現れる。このため、その沈下特性は砂杭または粘土いずれか一方の力学挙動によって支配されるのではなく、それらの力学的相互作用によって決定される。筆者らは、一連の模型実験とその数値シミュレーションにより、低置換率の砂杭を含む粘土地盤、すなわち複合地盤の力学挙動について検討を行ってきた¹⁾²⁾³⁾。本研究では、その沈下低減特性について検討を行うものである。

2. 数値シミュレーション

本研究では、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¹⁾を解析対象として選んだ。この模型実験に関しては、既に筆者らが開発した弾粘塑性軸対称圧密有限要素解析²⁾によってその力学現象を再現できることが確認されている³⁾。本解析では、変動パラメータである改良率 (A_s) および載荷圧力 (Δp) 以外は参考文献3)において使用した条件と一致させた。図-1および表-1はそれぞれ解析モデルおよび解析ケースを示している。

3. 改良地盤の沈下特性

図-2は複合地盤および無改良地盤の沈下量(それぞれ S_i および S_0)と Δp の関係を A_s をパラメータとして示している。 A_s が同一の場合、 Δp の増加とともに S_i も増加するが、その増加傾向は次第に減少している。特に、 A_s が低いほどその傾向は顕著である。

図-3は S_i および S_0 と図-1のc-cにおいて粘土に生じる鉛直方向の垂直応力増分の平均値($\Delta\bar{\sigma}_z^c$)の関係を示している。 A_s が低いほど $\Delta\bar{\sigma}_z^c$ が大きく S_i も大きい。また、 A_s が10%以下の場合、解析結果は S_0 と $\Delta\bar{\sigma}_z^c$ の関係曲線上にほぼプロットされる。すなわち、これらの場合、複合地盤の沈下特性には粘土のそれが支配的である。一方、 A_s が15%以上の場合、同一の $\Delta\bar{\sigma}_z^c$ における S_i は S_0 よりも小さい。また、この傾向は A_s が高いほど顕著である。したがって、これらの場合、複合地盤の沈下特性は砂杭の力学特性の影響を受け、粘土の沈下特性のみに

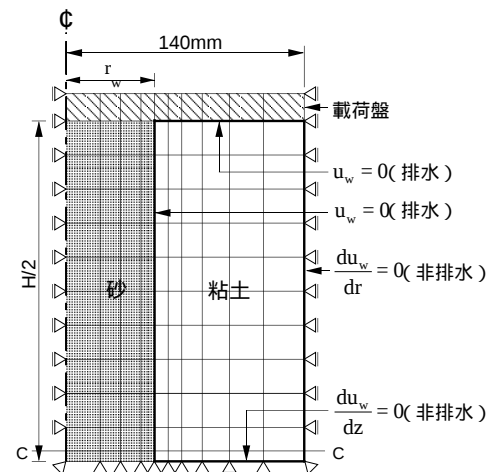


図-1 解析モデル

表-1 解析ケース

改良率 A_s	載荷圧力 Δp (kPa)						
	19.6	29.4	39.2	58.8	78.4	88.2	117.6
0%	As-N-02	As-N-03	As-N-04	As-N-06	As-N-08	As-N-09	As-N-12
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

地盤の初期鉛直方向の垂直応力(σ_v^i)は9.8kPa

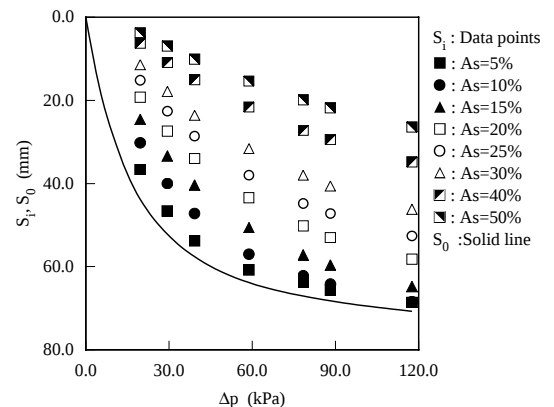


図-2 S_i および S_0 と Δp の関係

Key word: 複合地盤, SCP 工法, 沈下低減, 応力分担, 数値シミュレーション

連絡先: 吹田市山田丘 2-1, 大阪大学大学院工学研究科土木工学専攻, Phone & Facsimile 06-6879-7626

よって決定されない。すなわち、砂杭と粘土との力学的相互作用¹⁾によって支配される。

図-4は式(1)で与えられる沈下低減率(β)と A_s の関係を示している。

$$\beta = S_i/S_0 \quad (1)$$

図中には、現場実測の結果⁴⁾も併せて示している。実測結果が占めている範囲と解析値が取りうるそれはほぼ一致しており、両者とも β は A_s の増加とともに減少している。解析結果から、その減少傾向は Δp が小さいほど顕著であることが分かる。すなわち、沈下低減効果は A_s が高いほど、 Δp が小さいほど大きい。ところで、図中の実線は実際の設計でよく用いられる β に対する計算式(2)から得られる関係を示している。

$$\beta = 1/(n \cdot A_s + 1 - A_s) \quad (2)$$

ここに、 n は応力分担比である。式(2)を用いる場合、経験的に $n=3\sim 5$ を使用することが推奨されている⁴⁾。 $n=3\sim 5$ として得られる β は解析結果の範囲の中にほぼ入っているが、 A_s が低い場合は解析値よりも大きく、 A_s が高くなると解析値よりも小さくなる傾向にある。ここで、式(2)は砂杭および粘土が線形挙動するという仮定に基づき、鉛直方向の力の釣合いから導かれている。しかし、複合地盤の沈下問題において、砂杭は破壊による非線形圧縮せん断挙動、粘土は非線形体積圧縮挙動によってそれぞれ支配され⁵⁾、その沈下特性はそれらの力学的相互作用によって支配される。このため、式(2)は複合地盤の沈下メカニズムを的確に反映しているとはいえない。それ故、式(2)は、 A_s が低い場合には沈下低減効果を過大に、逆に、 A_s が高い場合には過小に評価することになる。

図-5は β と式(3)で与えられる応力分担比($\bar{n}$)との関係を A_s をパラメータとして示している。

$$\bar{n} = \Delta \sigma_z^s / \Delta \sigma_z^c \quad (3)$$

ここに、 $\Delta \sigma_z^s$ は図-1のc-cにおいて砂に生じる鉛直方向の垂直応力増分の平均値である。 β と $\bar{n}$ の間には、 A_s や Δp にかかわらず、ユニークな関係が存在する。図には、式(2)による関係も実線で示しているが、地盤の線形挙動を仮定する式(2)からはユニークな関係は得られない。以上の結果から、 $\bar{n}$ は、砂杭と粘土の非線形力学挙動の相互作用の結果として、複合地盤の沈下挙動を支配する重要なパラメータと考えることができる。

4. まとめ

本研究では、一連の数値シミュレーションにより複合地盤の沈下低減特性に対する検討を行った。その結果、

1. 複合地盤の沈下挙動は砂杭と粘土の非線形力学挙動とその相互作用によって支配される。
2. 応力分担比は複合地盤の沈下特性を支配する重要なパラメータであることを示した。

5. 参考文献

- 1) 松井保, 小田和広, 萬木宣夫, 赤井智朗 (1994): 模型実験によるサンドパイル打設地盤の応力分布に関する研究, 第29回土質工学研究発表会, pp. 2129-2130., 2) Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1996): Analytical study on settlement behavior of soft ground improved by SCP, Proc. of ISOPE '96, vol. 4, pp. 582-587., 3) 小田和広, 松井保 (1999): 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., 4) 実用軟弱地盤対策技術総覧編集委員会編: 土木・建築技術者のための実用軟弱地盤対策技術総覧., 5) 小田和広, 松井保, 柳承庚 (2000): 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 (投稿中)

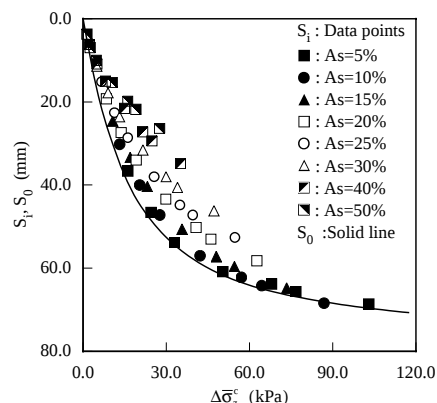


図-3 S_i および S_0 と $\Delta \sigma_z^c$ の関係

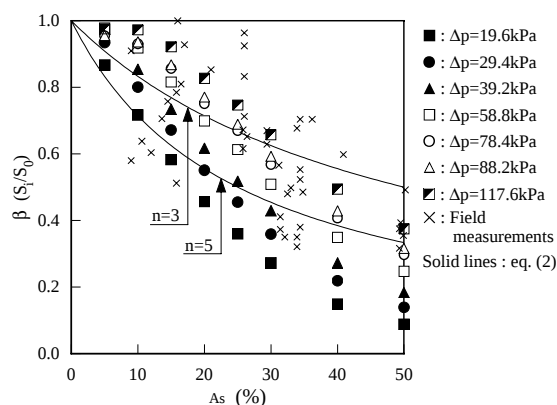


図-4 β と A_s の関係

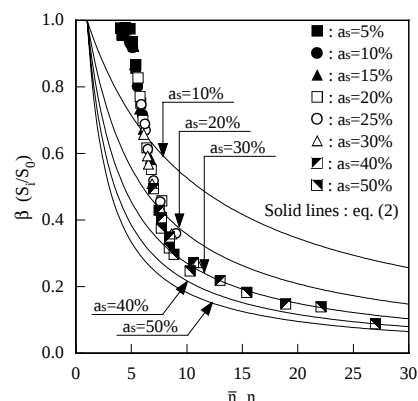


図-5 β と $\bar{n}$ および n の関係