

大阪大学工学研究科 学生員 ○竹口直樹
大阪大学工学研究科 正会員 小田和広
大阪大学工学研究科 フェロー 松井 保

1. はじめに

近年、海上工事にて利用が拡大されている低置換率のサンドコンパクションパイル(SCP)工法によって改良された粘土地盤の力学特性は、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、両者の力学挙動の相互作用によって決定される。筆者らは、そのメカニズムを解明するとともに、それに影響を与える要因について検討してきた。SCP工法では砂杭は粘土地盤中に周辺粘土を押し広げながら貫入される。このため砂杭周辺の粘土は締め固められるとともに、水平方向の応力が増加するものと考えられる。そこで本研究では、低置換率のSCP工法によって改良された軟弱粘土地盤の力学特性におよぼす初期応力状態の影響について一連の数値シミュレーションを通じて検討する。

2. 数値シミュレーション

本研究では、小田らによって行われた模型実験¹⁾を解析対象として選んだ。図-1はその解析モデルを示している。解析モデルは、中心に砂杭を有し、その周辺を粘土で取り囲む軸対称モデルである。砂および粘土の力学挙動は、Drucker-Pragerの破壊基準を降伏関数とした弾塑性モデル²⁾および松井・阿部によって提案された弾粘塑性モデル³⁾によってそれぞれ表現されている。解析には、弾粘塑性多次元圧密有限要素法³⁾を適用することにより、模型実験における力学現象を忠実に再現できることが既に確認されている⁴⁾。表-1は解析シリーズにおける初期応力状態の設定を示している。解析シリーズAでは、砂杭および粘土それぞれの半径方向の垂直応力(σ_r)および円周方向の垂直

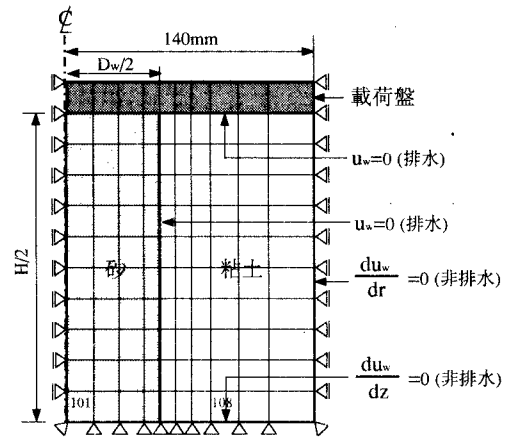


図-1 解析モデル

表-1 解析シリーズにおける初期応力状態の設定

シリーズ	A	B	C
砂杭	σ_r	○	○
	σ_θ	○	●
粘土	σ_r	○	○
	σ_θ	○	●

●は値を K_0 倍の σ_z にする
○は値を K 倍の σ_z にする
但し、 $\sigma_r (=9.8\text{kPa})$ は一定

表-2 解析ケース

改良率	シリーズ		
	A	B	C
5%	A05	B05	C05
10%	A10	B10	C10
15%	A15	B15	C15
20%	A20	B20	C20
25%	A25	B25	C25
30%	A30	B30	C30
40%	A40	B40	C40
50%	A50	B50	C50

応力(σ_θ)のいずれも鉛直方向の垂直応力(σ_z)の K 倍とした。シリーズBでは、砂杭および粘土の σ_r のみを σ_z の K 倍にし、 σ_θ は $K_0 (=0.52; \text{静止土圧係数})$ 倍とした。シリーズCでは、砂杭では σ_r および σ_θ のいずれも σ_z の K 倍する一方、粘土では σ_r のみを σ_z の K 倍とし、 σ_θ は K_0 倍にした。さらに、解析では K の値を $0.52 (=K_0), 0.75, 1.0, 1.5, 2$ の5パターンに変化させた。表-2は解析ケースを示している。A、BおよびCそれぞれについて改良率を5%から50%まで変化した。なお、いずれのシリーズにおいても、 σ_z および載荷圧力増分は、それぞれ9.8kPaおよび78.4kPaとした。

3. 砂杭の力学挙動

図-2はA25、B25およびC25における図-1の要素101での応力経路を示している。いずれのシリーズにおいても、載荷過程では平均有効応力(p')が増加し、一般化せん断応力(q)は多少減少している。載荷終了後 p' はほとんど増加せず、 q が増加している。やがて応力経路は破壊線に達し、そして圧密が終了するまで破壊線上を移動している。 K の値に関わらず、いずれのシリーズにおいても応力経路はほぼ一致しており、砂杭の定性的な力学挙動に及ぼす初期応力状態の影響はほとんどないことが分かる。

4. 粘土の力学挙動

図-3はA25, B25 およびC25における図-1の要素108での全応力経路を示している。いずれのシリーズにおいても、載荷過程では平均全応力(p)のみが増加している。載荷終了と同時に q の変化をほとんど伴わず p が減少している。砂杭が破壊に達すると q の増加を伴いつつ p の減少が続く。そして圧密終了時点において全応力経路は η_{K_0} 線上に到達する。いずれのシリーズにおいても全応力経路はほぼ一致しており、粘土の定性的な力学挙動に及ぼす初期応力状態の影響はほとんどないことが分かる。

5. 応力分担比

図-4は応力分担比と改良率の関係をj示している。Kが大きくなるほど応力分担比は減少している。すなわち、定量的な特性に対し、初期応力状態が重要な役割を果たしていることが分かる。

6. まとめ

側方および円周方向の初期応力が増加しても、砂杭および粘土の定性的な力学挙動におよぼす影響は小さいが、応力分担比に代表される定量的な特性には大きな影響を与える。

7. 参考文献

1)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.631/3-48, pp.339-353. 2)Matsui, T. and Abe, N. (1985):Elasto-viscoplastic constitutive equation of normally consolidated clays based on flow surface theory, *Proc. 5th Int. Conf. Num. Methods Geomech.*, Vol.1, pp.407-413. 3)Matsui, T., Oda, K. and Nabeshima, Y. (1996):Analytical Study on Settlement Behavior of Soft Ground Improved by SCP, *Proceedings of ISOPE '96*, vol.4, pp.582-587.

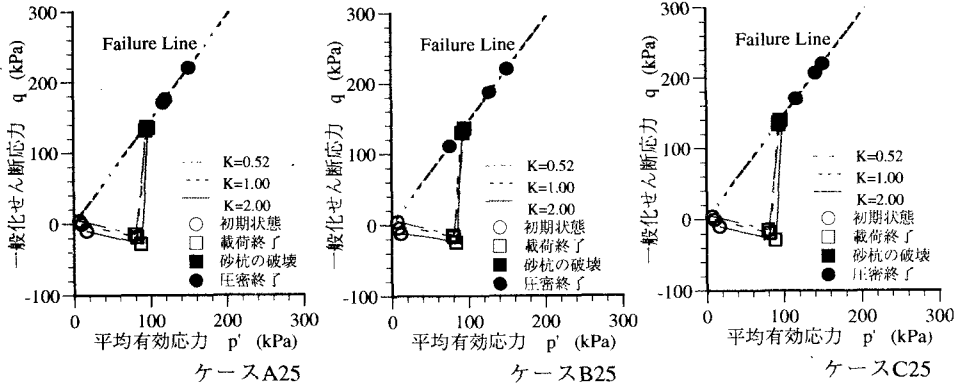


図-2 砂杭の応力経路(要素101)

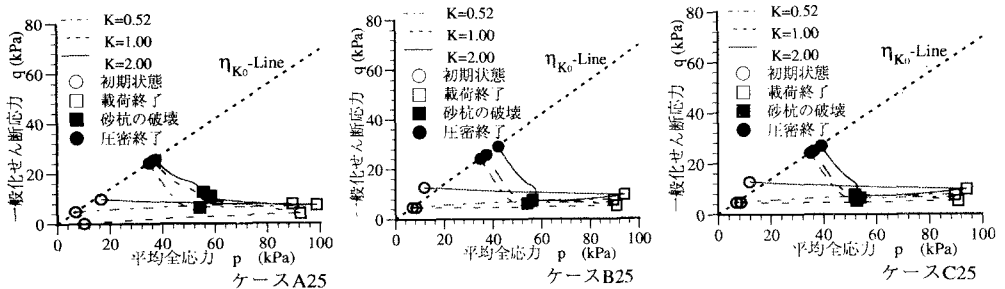


図-3 粘土の全応力経路(要素108)

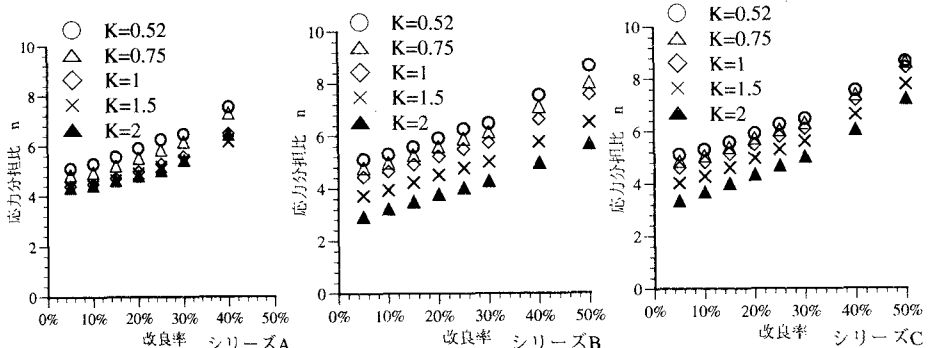


図-4 応力分担比と改良率の関係