

サンプリングにともなう試料の乱れと各種再圧密法の有効性に関する研究

北海道大学工学院 学生員 ○小宮 耕介

北海道大学工学研究院 正会員 福田 文彦

1.はじめに

現在、サンプリングにより得られた試料を用いて様々な室内試験が行われている。そしてそれにより得られたデータから地盤の強度を推定するという手法が用いられている。しかし乱れによって、現地盤の物性とは違う結果が出てしまう。よって試料採取時における試料の乱れがどの程度生ずるのかを研究することは、地盤原位置強度を推定するのに重要であるといえる。そこで、本研究では再構成正規圧密粘土を試料とする実験を行い、サンプリングによる応力解放と試料の乱れが原位置の強度に対してどの程度影響するのかを調べると同時に、乱れによる影響を低減させる手法である再圧縮法¹⁾と SHANSEP 法²⁾の有効性の検討を行った。

2.実験概要

実験は三軸圧縮試験によるサンプリングのシミュレーションである。実施した実験を表 1 にまとめる。K₀ 圧密試験は試料を K₀ 後非排水せん断する。本研究では K₀ 圧密後のせん断強度を原位置強度とする。PS (Perfect Sampling) 試験は K₀ 圧密した試料を等方応力状態になるまで除荷し、サンプリングに伴う応力解放のシミュレーションをした実験である。これは現場のブロックサンプリングに相当する。これに対して DS(Disturbed Sample)試験は K₀ 圧密した試料に図 1 に見られるひずみ履歴を与えることにより、サンプリングチューブの貫入による乱れと応力解放のシミュレーションをした実験である。このひずみ履歴は Baligh ら³⁾の解析にしたがっている。また PS と DS のそれぞれに最初の K₀ 圧密と同じ圧力で K₀ 再圧密する再圧縮法と、最初の K₀ 圧密よりも高い圧力で K₀ 再圧密する SHANSEP 法を適用した実験も行った。全ての実験には 100kPa で 2 週間予圧密した笠岡粘土 ($\rho_s=2.72\text{g/cm}^3$ 、 $w_L=62\%$ 、 $w_p=28\%$ 、 $I_p=34$)をトリミングにより高さ 120mm、直径 50mm に整形したものを使用した。

3.応力解放と乱れが試料の物性に及ぼす影響

図 2 と 3 はそれぞれ K₀ 圧密非排水せん断試験、PS 試験、DS 試験の応力経路と非排水せん断時の応力-ひずみ関係の図で、また表 2 は各試験の測定結果をまとめたものである。これらから E_{50}/p_c' は原位置>PS(応力解放)>DS(乱れと応力解放)となっていることから、応力解放も乱れも変形係数を低下させることがわかった。また q_{peak}/p_c' は 3 試験で同じであることから、乱れも応力解放もピーク時の非排水せん断強度には影響が無いことがわかった。

表 1 実施した実験

試験名	K ₀ 圧密 (圧密圧力)	乱れ	応力解放	K ₀ 再圧密 (圧密圧力)	非排水 せん断
K ₀ 圧密非排水 せん断試験	○(200kPa)	→	→	→	○
PS試料	○(200kPa)	→	○	→	○
DS試料	○(200kPa)	○	○	→	○
PS試料 (再圧縮法)	○(200kPa)	→	○	○ (200kPa)	○
DS試料 (再圧縮法)	○(200kPa)	○	○	○ (200kPa)	○
PS試料 (SHANSEP法)	○(200kPa)	→	○	○ (400kPa)	○
DS試料 (SHANSEP法)	○(200kPa)	○	○	○ (400kPa)	○

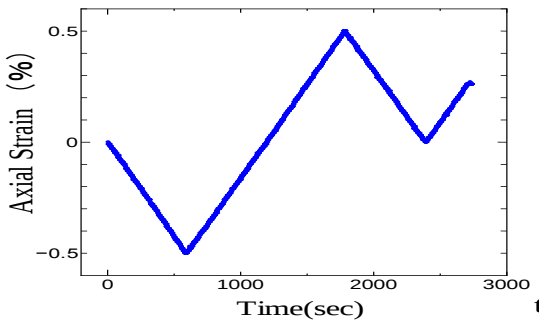


図 1 DS 試験におけるひずみ履歴

表 2 各試験の測定結果

試験名	K ₀ 値	K ₀ 値 (再圧密後)	E ₅₀ /p _c '	q _{peak} /p _c '	w(%)
K ₀ 圧密非排水 せん断試験	0.55	-	142	0.62	38.38
PS試料	0.54	-	101	0.62	38.12
DS試料	0.54	-	76	0.62	38.42
PS試料 (再圧縮法)	0.50	0.59	163	0.70	37.71
DS試料 (再圧縮法)	0.53	0.60	119	0.72	37.80
PS試料 (SHANSEP法)	0.54	0.55	160	0.60	30.83
DS試料 (SHANSEP法)	0.52	0.54	135	0.62	33.20

キーワード 粘土 サンプリング 乱れ 非排水強度 変形特性 再圧縮法

連絡先 〒060-8628 北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目 北海道大学大学院 工学院 TEL011-706-6194

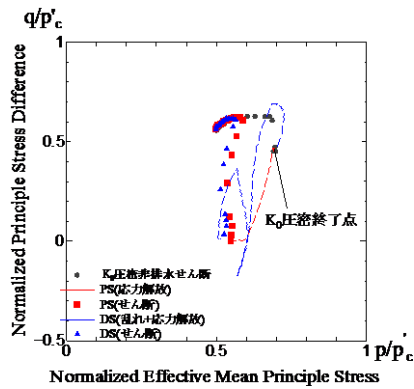


図 2 K_0 圧密試験と PS 試験と DS 試験の応力経路

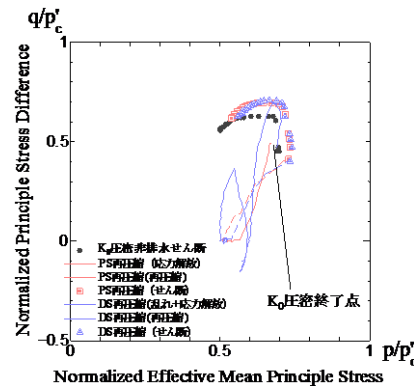


図 4 再圧縮法を適用した PS 試験と DS 試験の応力経路

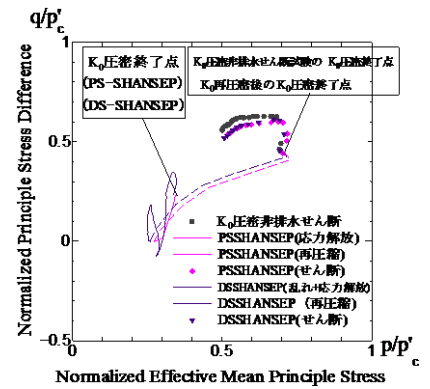


図 6 SHANSEP 法を適用した PS 試験と DS 試験の応力経路図

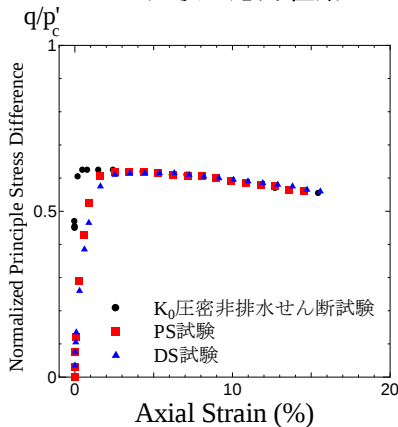


図 3 K_0 圧密試験と PS 試験と DS 試験のせん断過程の応力-ひずみ関係

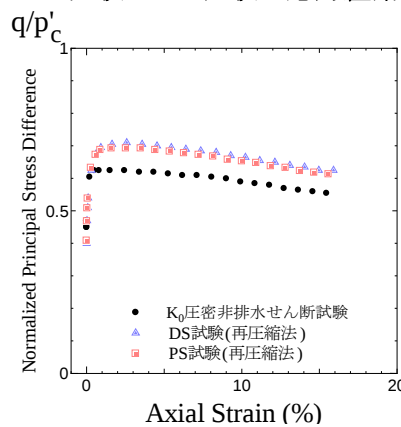


図 5 再圧縮法を適用した PS 試験と DS 試験のせん断過程の応力-ひずみ関係

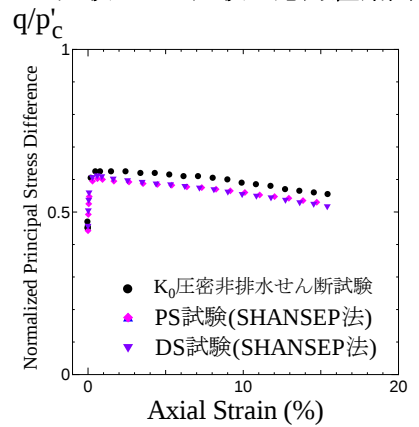


図 7 SHANSEP 法を適用した PS 試験と DS 試験のせん断過程の応力-ひずみ関係

4.再圧縮法について

図-4 と 5 は K_0 圧密非排水せん断試験、PS 試験(再圧縮法)、DS 試験(再圧縮法)の応力経路と非排水せん断時の応力-ひずみ関係を示したグラフである。表 2 にまとめたように原位置と同じ圧力で再圧縮を行うと、再圧密後の K_0 値は原位置の K_0 値よりも大きくなってしまふ。また再圧縮法を適用した PS と DS の E_{50}/p'_c と K_0 圧密試験の E_{50}/p'_c に差があるので、再圧縮法を適用しても応力解放と乱れによる変形係数への影響を低減するには至らない。また再圧縮法を行うとピーク時の非排水せん断強度が K_0 圧密試験よりも高く出してしまう。

5.SHANSEP 法について

図-6 と 7 は K_0 圧密非排水せん断試験、PS 試験(SHANSEP 法)、DS 試験(SHANSEP 法)の応力経路と非排水せん断時の応力ひずみ関係である。表 2 より、最初の K_0 圧密の 2 倍の圧力で再圧密した SHANSEP 法の K_0 値は K_0 圧密試験とほぼ同じ K_0 値を得られる。また PS と DS の強度はともに K_0 圧密試験と一致している。但し PS と DS の含水比の違いが大きくこの原因は現在検討中である。

6.まとめ

K_0 圧密非排水せん断試験と PS 試験と DS 試験の結果の比較から、少なくとも正規圧密粘土については乱れと応力解放は非排水せん断強度には影響しないが、変形係数を低下させることがわかった。

PS と DS 両方の試料において再圧縮法を適用した場合、 K_0 値とピーク時の非排水せん断強度が増加してしまい、 E_{50}/p'_c も原位置試料と同じ値にならない。また SHANSEP 法を適用した場合 K_0 値とピーク時の非排水せん断強度は再圧縮法を適用したものより原位置の状態に近いものが得られる。

参考文献 1) Bjerrum J. (1973). Problems of soil mechanics and construction on soft clays and structurally unstable soils. Proc. 8th ICSMFE. Moscow. 3. 111-159. 2) Ladd, C. C. & Foott, R. (1974) New design procedure for stability of soft clays. J. of Geot. Div. ASCE. 100 (GT7). 763-786. 3) Baligh, M. M., Azzouz, A. S. & Chin, C. T. (1987) Disturbances due to "ideal" tube sampling. J. of Geot. Eng. ASCE. 113 (7). 739-757.