

定ひずみ速度圧密試験で得られる圧密降伏応力

横浜国立大学大学院 学生会員 ○ 飯尾 聡文
 横浜国立大学工学部 正会員 今井 五郎
 横浜国立大学工学部 正会員 田中 洋輔

1.はじめに

定ひずみ速度圧密試験(以下 CRST)の最大の利点は試料の体積比~有効応力($f\sim\log\sigma'$)関係を連続的に得られることである。しかし CRST で得られる圧密降伏応力 p_y はひずみ速度 r の影響を受けるので、CRST の結果を無批判に用いることは禁物である。そこで 24 時間段階荷重圧密試験(以下 24hrSLCT)から得られる p_y との関係性を詳細に検討してみた。

本研究では分割型圧密試験を CRST に適用することにより試験中の供試体内部挙動について調べ、 p_y の影響要因について検討を行ったうえで実設計に対する CRST・SLCT 結果の位置付けについて考察した。

2.試料および供試体

本牧沖海成粘土($\rho_s=2.68\text{g/cm}^3$, $I_p=69$, $w_L=112\%$)と藤の森粘土($\rho_s=2.71\text{g/cm}^3$, $I_p=19$, $w_L=43\%$)をそれぞれ海水・真水で再構成し、予圧密装置において再圧密したものを用いた。

3.分割型定ひずみ速度圧密試験装置・制御方法

図 1 のように密閉型オedometerを 3 個連結し、供試体全体の変位速度が一定となるように全応力 σ_1 をコントロールしながら徐々に増加させ、定ひずみ速度圧密を行う。

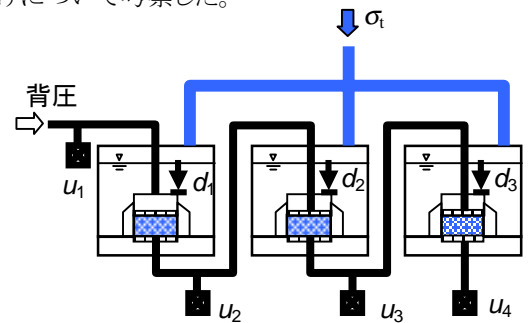


図 1 分割型定ひずみ速度圧密試験装置

4.実験方法

(1)オedometer内における予圧密について

すべてのケースで個々のオedometer内の供試体をそれぞれ独立に予圧密(24 時間, 0→80kPa)・除荷(4 時間, 80→20kPa)した。このように先行圧密圧力(= p_{pre})を明確に定めることで、異なった試験方法で得られた p_y を比較することが、また CRST における r の違いが p_y に与える影響を明確にすることができる。

(2)分割型定ひずみ速度圧密試験 (図 2 参照)

採用したひずみ速度は本牧粘土で 8 ケース(0.10, 0.07, 0.05, 0.03, 0.01, 0.005, 0.001, 0.00075%/min), 藤の森粘土で 5 ケース(0.20, 0.10, 0.05, 0.03, 0.001%/min)である。分割供試体の大きさは直径 6cm, 高さ 2cm である。

(3)段階荷重圧密試験(図 3 参照)

本牧粘土では荷重時間 3 時間, 12 時間, 24 時間の 3 ケース, 藤の森粘土で 30 分, 2 時間, 24 時間の 3 ケースに対して段階荷重圧密を行った。供試体の大きさは直径 6cm, 高さ 2cm である。

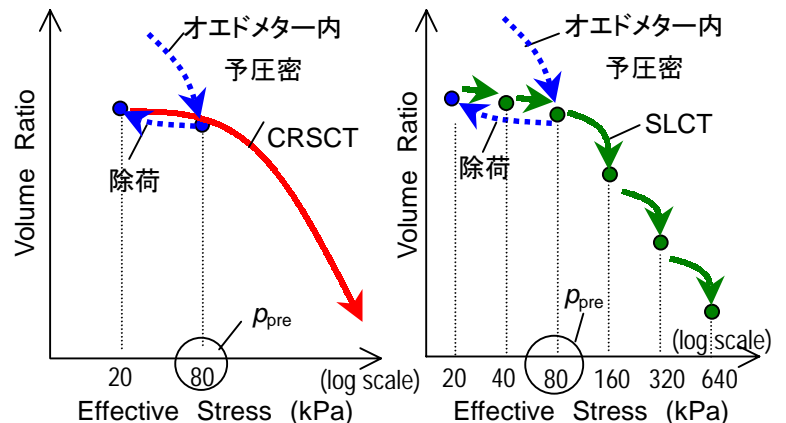


図 2 CRST 実験段階

図 3 SLCT 実験段階

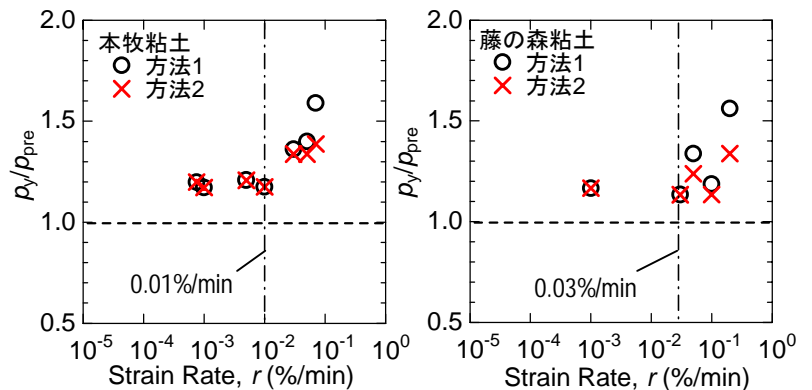


図 4 σ' 算出方法の違いによる $p_y/p_{pre} \sim$ ひずみ速度関係の比較 (左:本牧粘土, 右:藤の森粘土)

キーワード: 定ひずみ速度圧密試験, ひずみ速度, 圧密降伏応力

連絡先: 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 横浜国立大学 Tel&Fax 045-339-4038

5. 圧密降伏応力に影響を与える要因について

試験中の平均有効応力 $\bar{\sigma}'$ を以下の2つの方法で算出した。

方法 1・・・間隙水圧分布を放物線として非排水土の過剰間隙水圧を基に $\bar{\sigma}'$ を算出する方法 (JIS 基準で定められている方法)

方法 2・・・実測された間隙水圧分布から $\bar{\sigma}'$ を算出する方法 (各分割供試体内では直線分布を仮定)

$f \sim \log \bar{\sigma}'$ 曲線を描くとそれぞれの方法による p_y が求められる。この p_y を p_{pre} と比較することにより、 $\bar{\sigma}'$ 算出方法・ r の違いが p_y に及ぼす影響について検討する。

図 4 に $p_y/p_{pre} \sim r$ 関係を示す。このグラフより、 r が過大であると、方法 1 では p_y を過大評価することがわかる。これは、供試体内の各位置における仮定過剰間隙水圧 u_e が実測よりも小さく、供試体内の平均的な u_e を過小評価することが原因である。つまり、放物線仮定で p_y を過大評価する要因は「速度効果」と「不適切な r の適用による $\bar{\sigma}'$ の過大評価」の2つに分けられる。後者については、本牧粘土では 0.01%/min 以下、藤の森粘土では 0.03%/min 以下の r を適用すればその影響を取り除くことができる。よって信頼できる p_y を算出するにはこの範囲の r を設定する必要がある。

6. ひずみ速度と圧密降伏応力の関係

図 5 に CRSCT・SLCT に対する $p_y/p_{pre} \sim r$ 関係を示す。CRSCT においては 6cm 厚さ全体に対するものと共に分割供試体ごとの関係も併せて示す。分割供試体の結果におけるひずみ速度については $\bar{\sigma}'$ が p_y に達した時点での自然ひずみ速度を適用する。また SLCT におけるひずみ速度は、正規圧密領域における各段階終了時のひずみ速度の平均値を適用する。

CRSCT の結果を見ると、 r の対数の増加に対して p_y/p_{pre} が直線的に増加する範囲と、 r によらず p_y/p_{pre} がほぼ一定となる範囲に分かれる。その境界は本牧粘土でおよそ 0.01%/min、藤の森粘土でおよそ 0.10%/min である。また、両試料とも p_y/p_{pre} がほぼ一定となる範囲において $p_y/p_{pre} = 1.1 \sim 1.2$ となることがわかる。次に SLCT の結果を見ると、本牧粘土では r の対数の増加に対して p_y/p_{pre} が直線的に増加するが、藤の森粘土では r によらず $p_y/p_{pre} = 1.2 \sim 1.3$ となることがわかる。

図 6 に、各試験で得られた p_y を 24 時間段階荷試験で得られた圧密降伏応力 $p_{y,SL24h}$ で正規化したグラフを示す。本牧粘土では $r = 0.01\%/min$ の場合 $p_y/p_{y,SL24h} = 1.2$ 程度である。また藤の森粘土では r によらず $p_y/p_{y,SL24h} \cong 1$ となることがわかる。

7. まとめ

本研究では、再構成された本牧粘土と藤の森粘土における $p_y/p_{pre} \sim r$ 関係と $p_y/p_{y,SL24h} \sim r$ の関係が得られた。これにより、本牧粘土ではひずみ速度依存性が大きく、CRSCT と 24hSLCT の結果に整合性が見られるが、藤の森粘土ではひずみ速度によらず $p_y/p_{pre} \sim r$ がほぼ一定となることがわかった。また、各試料に対する CRSCT における適切なひずみ速度の範囲が求まった。

以上のように綿密な実験を行えば $p_y \sim r$ 関係を得ることが出来るが未だなおその関係を統一的に整理・解釈できる本性を見出すことは難しい。得られた $p_y \sim r$ 関係はエレメントに適用できるのでその関係を組み込んだコンピューター解析を行えばより確立の高い結果が得られると期待される。しかし、実務で用いられる単純計算で p_y をいくらにとるかということに対しては積極的な答えを出し得ない。

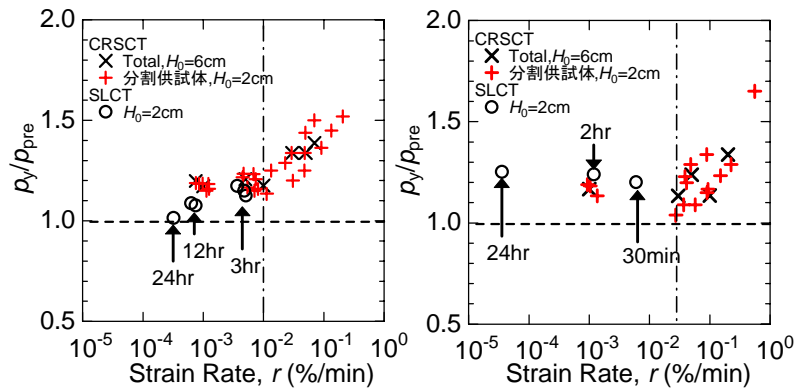


図 5 $p_y/p_{pre} \sim$ ひずみ速度関係
(左: 本牧粘土, 右: 藤の森粘土)

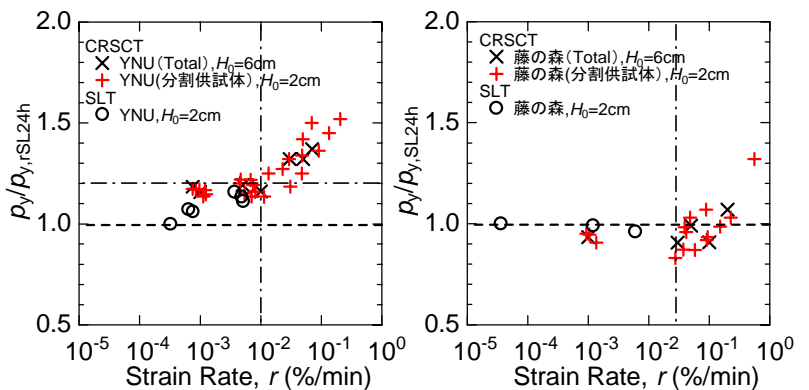


図 6 $p_y/p_{y,SL24h} \sim$ ひずみ速度関係
(左: 本牧粘土, 右: 藤の森粘土)