

一軸圧縮強度 - 残留有効応力関係に及ぼす圧密時間の影響

北海道大学大学院	○ 正会員	工 藤 豊
同上	フェロー	三田地 利之
同上	学生員	高 橋 秀 影
同上	学生員	真 田 昌 慶
同上	学生員	九 田 敬 行

1. はじめに

筆者らはこれまで一軸圧縮試験前の供試体のサクシオンを測ることによって残留有効応力を知り、一軸圧縮強度を補正して原位置強度を推定する方法を提案するとともに^{1)・2)}、国内外の粘性土について提案法の妥当性を検証してきた³⁾。本文はその延長として一軸圧縮試験を含む粘性土の各種室内せん断試験結果に及ぼす圧密時間の影響を調べる目的で行ったシミュレーション実験結果の報告である。

2. 試験概要

実験は市販の NSF 試料($\rho_s=2.77$, $WL=56\%$, $IP=28$) を $\phi 22\text{cm}$, 高さ 60cm の予圧密セルで所定の期間一次元圧密し、圧密後の試料から切り出した供試体について段階載荷圧密(IL)・一軸圧縮(UC)・非圧密非排水三軸(UU)・ K_0 圧密非排水三軸(CK_0U)圧縮試験の4種類の試験を実施した。

実験条件を表-1 に示すが、所定の期間の予圧密を終了して試料を予圧密セルから抜き出した当日にすべての試験を一斉に実施することとし、IL 以外の3つの試験については、試験用の供試体を成形する際に同一ブロックから、供試体と同一直径で高さ 20mm の供試体を切り出してサクシオンを測定³⁾し、残留有効応力 σ_r を求めている。なお、 CK_0U 試験では予圧密応力 σ_{vc} (予圧密時に載荷した応力の値であり、セルとピストンとの摩擦などが原因で実際に供試体に作用する応力はこの値より小さい)に等しい鉛直応力まで K_0 条件で再圧密するが、表-1 では圧密終了時の鉛直有効応力 σ'_{vc} の値を σ'_r の欄に示している。また UU 試験の σ'_r としては、予圧密応力 σ_{vc} に等しい拘束圧を加えた時点で発生した間隙水压を基に算出した有効応力を記載している。

筆者らは q_u の補正法を提案するにあたり、三軸試験機の中で K_0 圧密後の試料をそのまません断する場合と、 K_0 圧密後応力を解放し、成形し直した後一軸圧縮試験を実施するシミュレーションを行っている^{1)~3)}。この場合、圧密降伏応力 σ'_y および原位置非排水強度 s_u に対応する値は明確に決まるが、本実験の場合、予圧密後の供試体の有効圧密応力はセルとピストンとの摩擦等の影響で正確には定まらないし、圧密試験までに乱れを受ければ、 σ'_y は実際より小さく測定される。また、「応力解放や乱れの影響を受けない」予圧密試料そのものの強度を直接知る方法は今のところないと言ってよい。原位置から採取された試料を用いて圧密試験・せん断試験を行って σ'_y や s_u を推定する時の状況は、予圧密後の試料について行う本シミュレーション実験の内容そのものと言えるであろう。一般に圧密時間の増大に伴って、圧密降伏応力 σ'_y 、残留有効応力 σ'_r ともに増大し、非排水せん断強さ s_u も増大すると考えられるが、予圧密セルから試料を抜き出し、それぞれの試験に至る過程で試料は少なからず乱れを受ける。したがって、極端な場合、予圧密セル内での長期の圧密による効果が試料の乱れによって打ち消されてしまうことすらあり得る。このように複雑な背景をもって生まれる試験結果からでも原位置強度に迫れるのかどうかを確認し

表-1 実験条件および結果一覧

Test	$T_d(\text{days})$	$\sigma_{vc}(\text{kPa})$	$\sigma'_r(\text{kPa})$	$\sigma'_y(\text{kPa})$	QCR	S_u	S_u/σ'_r
CK_0U	10	300	300	277	1	94.1	0.314
	30		300	225	1	100.9	0.336
	60		300	247	1	99.4	0.331
	10	150	150	130	1	50.4	0.336
	30		150	121	1	51.1	0.341
	100		150	136	1	51.1	0.341
UC	10	300	34.8	277	7.96	46.5	1.325
	30		34.2	225	7.46	60	1.753
	60		32.9	247	7.51	55.3	1.681
	10	150	10.2	130	12.74	20.8	2.039
	30		4.5	121	26.89	20.3	4.511
	100		12.1	136	11.24	26.9	2.219
UU	10	300	68.0	277	4.07	50.3	0.740
	30		161.8	225	1.39	78.5	0.485
	60		57.0	247	4.33	50.5	0.886
	10	150	25.9	130	5.02	26.9	1.037
	30		14.0	121	8.64	24.5	1.750
	100		23.8	136	5.71	27.4	1.149

キーワード：原位置強度，残留有効応力，一軸圧縮強度，圧密時間，三軸圧縮試験

〒060-8628 札幌市北区北 13 条西 8 丁目 TEL. 011-706-6194 FAX. 011-706-7204

ようというのが、本研究のねらいである。

実験に用いた装置類の概要と実験条件は以下のである。UC 試験には三軸圧縮試験機を用い、間隙水圧を測定しながらひずみ速度 1%/min でせん断する。UU 試験では通常の三軸圧縮試験機を用い、予圧密応力 σ_{vc} に等しい等方拘束圧を加えた後ひずみ速度 0.1%/min で非排水せん断する。CK₀U 試験においてはデジタルサーボモーター式三軸圧縮試験機を用い、 σ_{vc} に等しい鉛直圧密応力まで 0.5kPa/min の速度で K₀ 条件を維持しながら再圧密後、ひずみ速度 0.1%/min で非排水せん断する。以上の試験での供試体寸法は ϕ 50mm, 高さ 100mm である。

3. 試験結果

図-1 は σ_{vc} で正規化した σ'_y , σ'_r , s_u と圧密時間 T_d の関係を示したものである。(a)図に示すように σ'_y は必ずしも圧密時間に対して規則的な変化を示さず、むしろ 30, 60, 100 日の値よりも 10 日の値のほうが大きくなっている。一軸(UC)試験供試体の σ'_r も σ'_y と同様な変化を示している。(b)図)。UU 三軸試験の場合、(b)図に示す σ'_r の値は拘束圧载荷後せん断直前の有効応力であるので、UC の場合の σ'_r よりも一般に大きい。この場合も圧密時間に対して規則的に増加するような傾向は見られない。

CK₀U 試験から得られる s_u は、予圧密時の応力で再圧密している結果、(c)図に示すように予圧密時間の長さにはほとんど依存していない。一方、UC および UU 試験結果の s_u は(a), (b)図の σ'_y , σ'_r の変化を背景に、一貫した傾向を示さない。

以上のように、UC および UU 試験から得られる σ'_y , σ'_r , s_u は圧密時間に対して規則的な変化を示さないが、図-2 のように UC および UU 試験から得られる非排水せん断強度をせん断前の有効応力で除した s_u/σ'_r と擬似過圧密比 $QCR(=\sigma'_y/\sigma'_r)$ との関係を示すと、ほぼすべての点が一本の線上に乗っていることが分かる。すなわち、図-1 のように一見不規則にみえる挙動も図-2 によって統一的に表現することができる。ちなみにこの図のプロット点(CK₀U を除く)に対する近似線の $QCR=1$ に対する縦軸切片の値は 0.309 であり、CK₀U の実験値(0.331 ± 0.03)と近似する。

4. 結論

1) 圧密降伏応力 σ'_y , 残留有効応力 σ'_r とともに圧密時間に対して規則的な変化を示さず、UC・UU 試験による非排水せん断強度 s_u も同様である。このことから、圧密時間の効果と応力解放および試料の乱れによる残留有効応力の低下という、 s_u の変化に対する正負の要因の複合の結果としてせん断強さの測定値が得られることを改めて認識する必要がある。

2) $s_u/\sigma'_r \sim QCR(=\sigma'_y/\sigma'_r)$ 関係は圧密時間によらず一義的に決まる。

<参考文献>

- 1) 三田地 利之, 工藤 豊: 一軸圧縮試験結果に基づく原位置強度推定法, 土と基礎, Vol.42, No.4, pp.15-20, 1994.
- 2) 三田地 利之, 工藤 豊: サクションと一軸圧縮強度に基づく粘土の非排水強度推定法, 土木学会論文集, No.541/ -35, pp.147-157, 1996.
- 3) 三田地ら: 残留有効応力による一軸試験結果の評価と q_u 値の補正, 土木学会論文集, No.589/ -42, pp.231-237, 1996

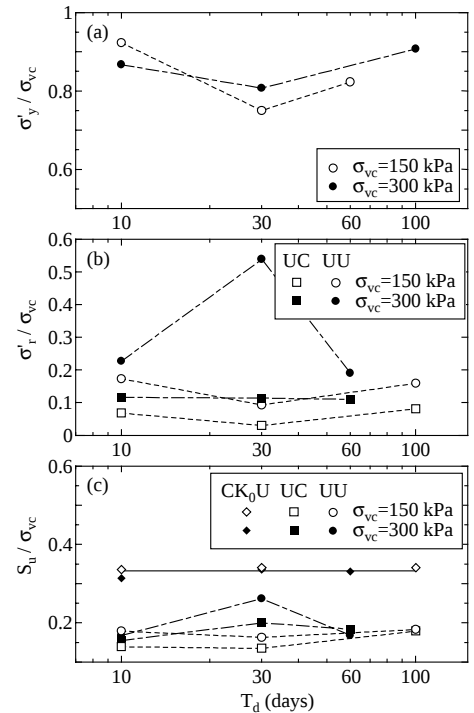


図-1 σ_{vc} で正規化した $\sigma'_y, \sigma'_r, s_u \sim T_d$ 関係

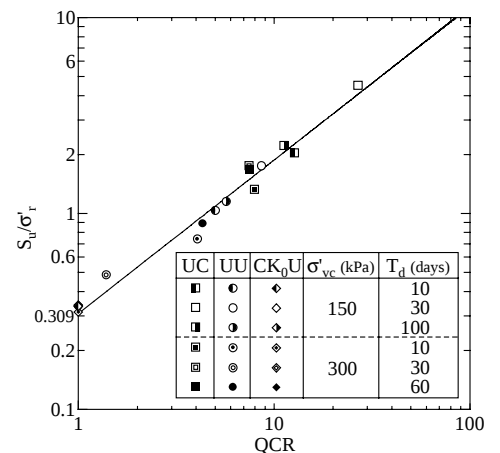


図-2 $s_u/\sigma'_r \sim QCR$ 関係