

沖積粘土のクリープ特性

広島工業大学 工学部 正会員 吉國 洋
 広島工業大学 大学院 ○学生会員 山県 亮
 中電工 河角 浩二
 浜田市役所 渡辺 慎太郎

1. はじめに

標準圧密試験は、Terzaghi の 1 次元線形弾性圧密理論に基づいて企画された試験法で、模型実験といえる。しかし、定ひずみ速度圧密試験（以後 CRS 試験）は、微小要素全体のひずみ速度が一定であると考えるので要素試験であるといえる。本研究は、CRS 試験を用いることによって、試験時間の短縮化と、近年コストパフォーマンスを重視する傾向から、弾性、弾粘塑性、弾粘性理論などの諸圧密理論解析に共通のまたは段階的に必要な諸圧密定数を 1 度の試験から求める試験法を提唱する¹⁾ ための前段階の研究として、今回は弾粘性理論を基に沖積粘土を用いて、標準圧密試験と CRS 試験（クリープ試験）から得られた圧縮曲線の特徴を比較検討する。

2. レオロジーモデルと方程式

粘性液体のレオロジーモデルと方程式を以下に記す。

{弾粘性液体}

$$\frac{de}{dt} = m_v(e, \sigma') \frac{d\sigma'}{dt} + \frac{1}{\eta(e, \sigma')} \sigma' \quad \dots\dots (1)$$

{粘弾粘性液体} 遅延弾性成分を考慮した粘性液体

$$\frac{de}{dt} = \frac{1}{\eta(e, \sigma')} \int_0^{\sigma_k} \frac{1}{m_v(e, \sigma')} de_k + (1 + \alpha) \frac{de_k}{dt} \dots\dots (2)$$

$$\text{但し、} \alpha(e, \sigma') = \frac{\eta_k(\sigma e, \sigma')}{\eta(e, \sigma')}$$

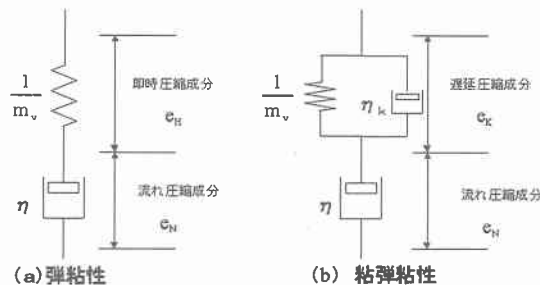


図1 粘性液体レオロジーモデル

式(2)の誘導は、参考文献2)を参照されたい。CRS 試験における遅延弾性効果は、試験の初期すなわち過圧密領域において影響があり、正規圧密領域では影響はないと考える。

3. 試料および試験方法

2 次圧密は過剰間隙水圧消散後、有効応力一定の状態で生じるクリープ速度のことである。そこで、CRS 試験機を用いて、通常の載荷試験と、クリープ試験を 2 パターン行った。1 つは圧密荷重；1.6kgf/cm²、8.0 kgf/cm² の 2 回行い、もう 1 つは圧密荷重；1.6kgf/cm²、3.2 kgf/cm²、8.0 kgf/cm² の 3 回クリープ試験を行ったものである。今回、圧縮曲線から直接求める圧密定数は圧縮指数 C_c、膨潤指数 C_r、間接的には等クリープ速度線群の傾き C_β、圧密降伏応力 P_c、e—log t 曲線から二次圧密定数 C_α である。なお、各クリープ時間は、24 時間である。試験条件は、供試体高さ：2 cm、ひずみ速度：0.05%/min、背圧：1kgf/cm² とした。試料は、舞鶴沖の沖積粘性土を用いた。その物理的性質を表 1 に示す。

表 1 舞鶴粘土の物理的性質

G _s (gf/cm ³)	2.74
W _L (%)	83.3
W _p (%)	31.2
I _p	52.1

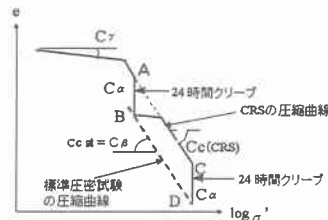


図2 試験の原理

4. 実験結果と考察

標準圧密試験を case1 とし、CRS 試験の載荷試験を case2、クリープ試験 2 回（1.6kgf/cm²、8.0 kgf/cm²）を case3、クリープ試験 3 回（1.6kgf/cm²、3.2 kgf/cm²、8.0 kgf/cm²）を case4 とし、それぞれ 3 回ずつ行った。圧縮挙動は 3 回ともほぼ一致したのでその代表的な結果を図 3、4 に示し、それぞれの圧縮・圧密曲線から得られた圧密諸係数を表 2 にまとめた。

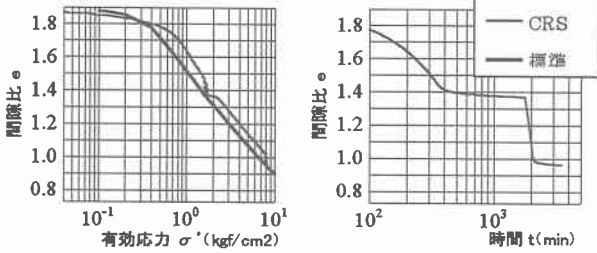


図3 case3 クリープ2回 ($p=1.6\text{kg/cm}^2$, $p=8.0\text{kg/cm}^2$)

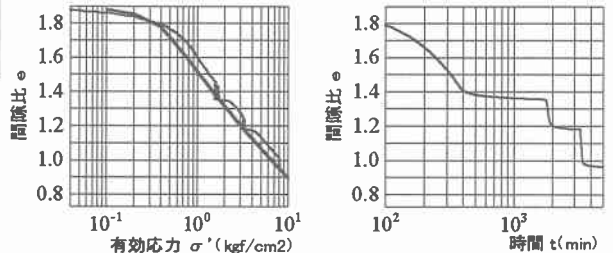


図4 case4 クリープ3回 ($p=1.6\text{kg/cm}^2$, $p=3.2\text{kg/cm}^2$, $p=8.0\text{kg/cm}^2$)

クリープ試験による圧縮は、クリープの回数が増すごとに減少の割合が小さくなってきている。これは、クリープ試験の圧密荷重に影響している。よって、1回目と2回目のクリープ終了時の点を線で結んで求める C_β は、CRS 試験の圧縮曲線の傾き: C_α より勾配が多少ではあるが、緩やかになる。しかし、その値は、標準圧密試験から得られた C_c と、近似しているといえる。このことから、等クリープ速度線群の傾きと CRS 試験から求まる圧縮曲線と等しいといえる。

次に、2時圧密係数: C_α は、表2に示すように1回目から3回目までの C_α の値は、ほぼ同値になるので、 C_α は σ' によらず一定であるといえる。

図5より、突出現象は、最初に顕著に現れており、1回目クリープ終了時、および2回クリープ終了時以降は、全く現れていない。これは、圧密応力が増加するに連れて圧密変形の変形抵抗が減少していることを示唆している。ところで圧密降伏応力 P_c を再圧縮時の傾き C_γ を求めた直線を過圧密領域の $e-\log P$ 曲線上へ平行移動させ、 C_β を求めた直線との延長上での交点をとすると、突出現象の問題が解決される。

5. まとめ

CRS 試験から得られた圧縮曲線の突出現象は、圧密降伏応力 P_c の求め方を考慮すれば、正規圧密領域では影響がないと考えられる。今回は、試験機の都合上、有効応力緩和試験を行うことができず、その特性を調べることができなかった。今後の課題としたい。また、圧密降伏応力 P_c は、粘土の初期状態およびひずみ速度に依存しているので、ひずみ速度を変更したいいくつかの実験を行う必要がある。

謝 辞

本研究を行うに当たり、榊復建調査設計の方々に御指導を賜り、また CRS 試験機の使用を快諾して頂きました。また、広島大学土質研究室より試料と標準圧密試験の結果を提供して頂きました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 吉国 洋・山県 亮; 1次元汎用圧密試験の開発研究(その1)、土木学会第53回年次学術講演会発表講演集、P414~415
- 2) 吉国 洋: 軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する1つの解釈(VI)、土木学会第47回年次学術講演会概要集、No. 3, p470-471
- 3) (社)地盤工学会; 新規制定土質工学会基準・同解説(1994年版) 土の定ひずみ速度圧密試験方法(J S F T 41 2-1993)、1995

表2 試験の結果

	Case1	Case2	Case3	Case4
C_c (CRS)	—	0.61	0.66	0.61
$C_\beta = C_c$ (標準)	0.64	—	0.60	0.56
$C_{\alpha 1.6}$	—	—	0.03	0.03
$C_{\alpha 3.2}$	—	—	—	0.04
$C_{\alpha 8.0}$	—	—	0.04	0.04
C_γ	—	—	0.03	0.03
C_δ	—	—	0.06	0.07
P_c (kgf/cm ²)	0.37	—	0.37	0.39
試験時間	8 日	0.57 日	2.49 日	3.48 日

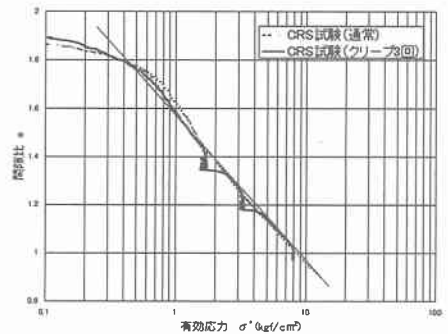


図5 圧縮曲線の突出現象