

III-151

除荷に伴う粘土の膨潤・再圧縮挙動（その2）

新日本製鐵(株) 正会員 西海 尚
 広島大学工学部 " 吉國 洋
 広島大学大学院 学生員 岡田 雅美
 " " 瀬戸 一法

1. まえがき

弾粘性液体の観点に立てば、除荷に伴う膨潤(変形回復)挙動とその後に生じる再圧縮(クリープ)挙動の統一的な説明が可能であることを示した¹⁾。今回は除荷履歴を受けた過圧密粘土とクリープ履歴を受けた擬似過圧密粘土の比較を中心として検討を行ったので、以下に報告する。

2. 実験および解析方法

実験は、一次元圧密試験装置($H=20\text{mm}$, $\phi=60\text{mm}$)を使用し、長期圧密(クリープ)試験および圧密除荷試験を行った。試料は LL の2倍の含水比で練り返し、49.0 kPaで再圧密した広島粘土を使用した。表-1にその物理的性質を示す。試験条件を模式的に図-1に示す。各Case共、試験荷重に至るまでは予圧密として荷重増加率 $=1$ 、各載荷期間30分の段階載荷による急速圧密を行っている。Case-1~3は試験荷重235.2、274.4、313.6 kPaのクリープ試験である。図-1に示すように、Case-4~8は313.6 kPaにおいて各Case所定の $-e_0$ まで圧密した後にCase-4~6が OCR (過圧密比) $=1.33$ 、Case-7~8が $OCR=1.14$ の除荷を行っている。

表-1 広島粘土の物理的性質

$LL(\%)$	$PL(\%)$	PI	G_s
111.21	42.50	68.71	2.596

解析は、弾粘性液体のレオロジー方程式および圧密方程式

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

$$\frac{\partial u}{\partial t} = \frac{k(1+e_0)}{m_v \gamma_w} \frac{\partial^2 u}{\partial z^2} + \frac{1+e_0}{m_v \gamma_w} \frac{\partial k}{\partial z} \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{dp}{dt} + \frac{\sigma'}{m_v \eta} \quad (2)$$

を差分近似することにより行った。

ここに、

$$m_v = 0.434 C_v / \sigma' \quad (3)$$

$$\log(\eta/\eta_0) = (e_0 - e) / C_a + (C_\beta / C_a - 1) \log(\sigma'_0 / \sigma') \quad (4)$$

$$\log(k/k_0) = (e - e_0) / C_k \quad (5)$$

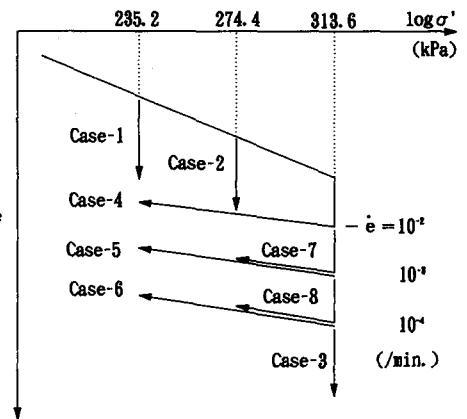


図-1 試験条件(模式図)

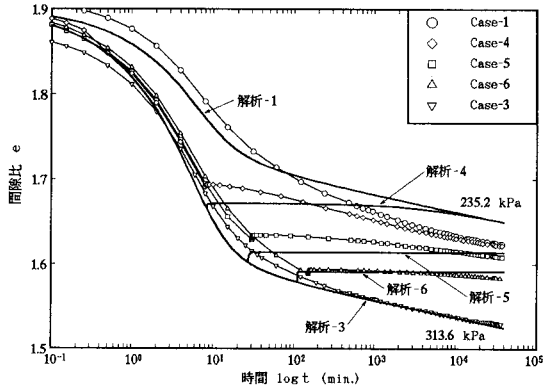
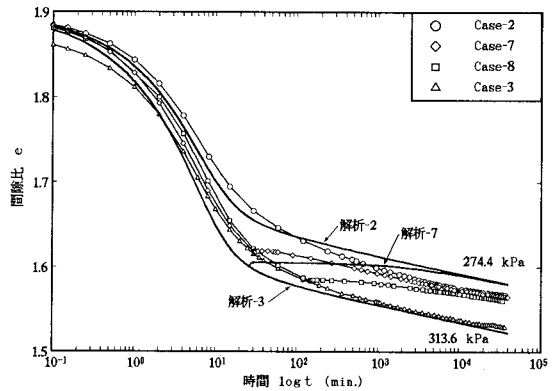
である。解析の詳細は参考文献2)に詳しいので、参照されたい。解析条件は実験と同様に、層厚20mm、両面排水および自重無考慮という要素の挙動に注目したものとしている。初期状態は実験値に準じて $(e_0, \sigma'_0, -\dot{e}_0) = (1.89, 156.8 \text{ kPa}, 10^{-3}/\text{min})$ と設定している。解析に用いた弾粘性パラメーター C_a 、 C_β 、 C_γ は実験値より決定したものであり、表-2にまとめて示す。なお、 $e \sim \log k$ 関係は(5)式のように直線的であると仮定し、 C_k はその傾きである。

表-2 解析パラメーター

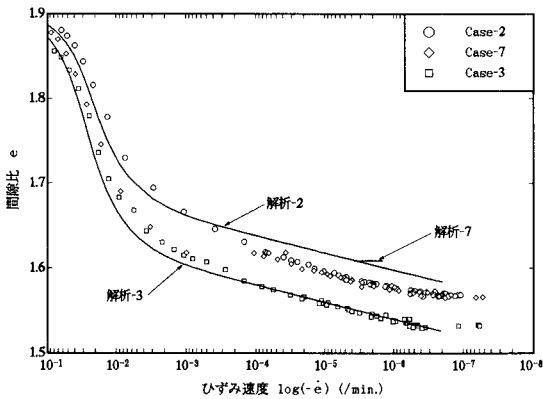
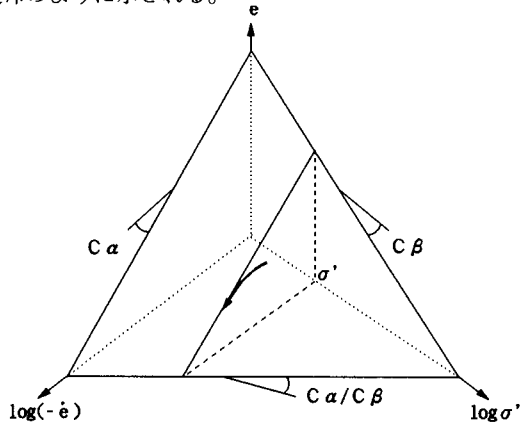
C_a	C_β	C_γ	C_k
0.017	0.8	0.09	1.5

3. 結果および考察

図-2、図-3に156.8 kPa載荷終了時からの $e \sim \log t$ 関係を示す。図-2の除荷履歴を受けたCase-4~6は擬似過圧密粘土であるCase-1に次第に漸近していく様子が見られ、図-3のCase-2(擬似過圧密粘土)とCase-7~8(過圧密粘土)は漸近し、 10^{-4} 分後にはすでに同一化している。さらに、この両図に示した解析値はこれら


図-2 $e \sim \log t$ 関係

図-3 $e \sim \log t$ 関係

実験値の挙動をよく表現している。このことから粘土骨格を弾粘性液体と考えることは妥当であると認識できる。また、図-3を $e \sim \log(-\dot{e})$ 関係に整理し直したものが図-4である。なお、比較のために横軸は右方向に減少するように設定している。図-4よりひずみ速度 $-\dot{e}$ についてもCase-2、-7に同一化が見られることから、粘土の弾性成分が減衰し、粘性成分が卓越した後は $e \sim \log \sigma' \sim \log(-\dot{e})$ 関係の一義性を認めることができる。すなわち、有効応力履歴の減衰は粘土の弾性成分の減衰過程であり、除荷膨潤後の再圧縮挙動は、図-5に示すような粘土にとって最も定常的な状態である流れ速度($e \sim \log \sigma' \sim \log(-\dot{e})$)平面³⁾へ向かう遷移現象であると理解できる。この様子は図-5上における矢印のように示される。


図-4 $e \sim \log(-\dot{e})$ 関係

図-5 流れ速度($e \sim \log \sigma' \sim \log(-\dot{e})$)平面

4. あとがき

- ①流れ速度平面は粘土にとって最も安定な状態であり、除荷膨潤後の再圧縮挙動は流れ速度平面へ向かうとする遷移現象である。
- ②有効応力履歴の減衰は粘土の弾性成分の減衰過程であり、粘性成分が卓越すれば $e \sim \log \sigma' \sim \log(-\dot{e})$ 関係に一義性が認められる。

【参考文献】

- 1)吉國 洋・平尾隆行・西海 尚・池上慎司(1993)：除荷に伴う粘土の膨潤・再圧縮挙動，土木学会第48回年次学術講演会概要集，Ⅲ-478，pp.1010～1011.
- 2)平尾隆行・吉國 洋(1993)：弾粘性圧密方程式の数値解析，土木学会第48回年次学術講演会概要集，Ⅲ-466，pp.986～987.
- 3)吉國 洋(1994)：軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈 (IX)，第29回土質工学研究発表会発表講演集2分冊の1.