

飽和粘土の一次元圧密における有効応力緩和とクリープ

広島大学工学部 正 員 吉 國 洋
 広島大学大学院 学生員 〇 瀬 戸 一 法
 新日本製鐵(株) 正 員 西 海 尚
 広島大学工学部 正 員 池 上 慎 司

1. まえがき

圧密現象を統一的に説明するため、吉國¹⁾は粘土骨格を弾粘性液体と捉えた圧密モデルを提案している。本研究は、弾粘性液体固有の性質である有効応力緩和と挙動のメカニズムを明らかにすると共に、クリープ挙動と有効応力緩和と挙動の一対性について実験的、解析的に検討したものである。

2. 試験方法

試料は、広島粘土を高含水比(240±5%)で練り返し、49 kPaの荷重で再圧縮したものを使用した。広島粘土の物理的性質は $\omega_L=111.21\%$ 、 $\omega_P=42.50\%$ 、 $I_P=68.71$ 、 $G_s=2.596$ である。試験装置は、排水制御可能な一次元圧密試験装置を使用した。載荷方法は荷重増加率($\Delta p/p_0$)=1で急速圧密を行い、試験荷重(313.6 kPa)において図-1、図-2に示すような2種類の有効応力緩和試験(試験1、試験2)を行った。試験1ではクリープが有効応力緩和に及ぼす影響、そして試験2では有効応力緩和がクリープに及ぼす影響を調べている。また試験1に基づいて弾粘性液体のレオロジー方程式の数値解析を行った。

3. 試験結果および考察

1) クリープの進行度が有効応力緩和と挙動に及ぼす影響

図-3に試験1の有効応力緩和期間における過剰間隙水圧の経時変化を示す。これは全応力一定であるため、間隙水圧の増加は有効応力の緩和である。この図より非排水とする直前のクリープ速度が有効応力の緩和速度に大きな影響を与えていることが分かる。つまりCase1-1からCase1-3へ粘土の硬化が進んでいる(粘性係数 η が増加している)もの程、有効応力の緩和速度は小さくなっている。また図-3には同時に解析結果を示しているが、実験値とよい一致を見せていることから粘土を弾粘性液体と考えることができる。

弾粘性液体のレオロジー方程式は、

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

$$\begin{matrix} = 0 & \text{①} & \text{②} \end{matrix}$$

と表すことができる。ここに、

$$m_s = \frac{0.434C_\gamma}{\sigma'} \quad (2)$$

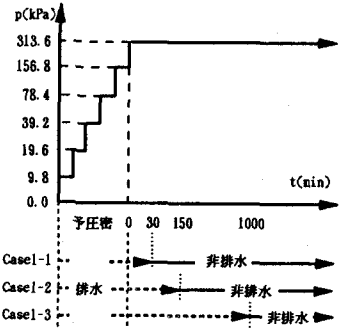


図-1 試験1の載荷方法

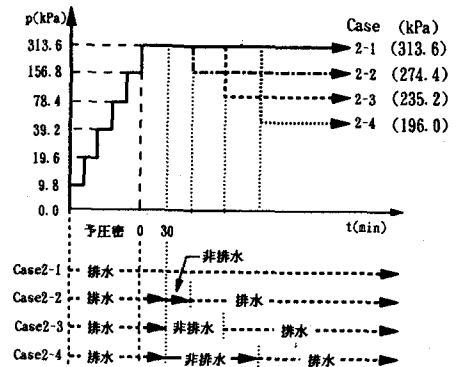


図-2 試験2の載荷方法

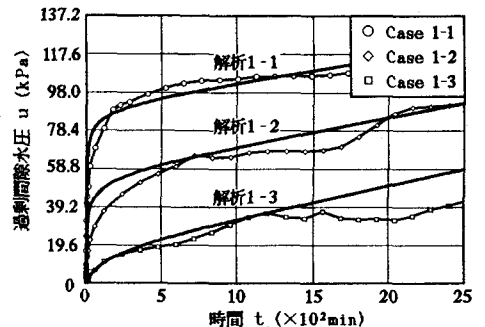


図-3 過剰間隙水圧の経時変化(試験1)

$$\log(\eta/\eta_0) = \left\{ \frac{e_0 - e}{C_a} + \frac{C_p - C_a}{C_a} \log(\sigma'_0/\sigma') \right\} \quad \text{---- (3)}$$

ここに、左辺は全ひずみ速度であり、そして右辺第1項、第2項はそれぞれ①弾性ひずみ速度成分、②粘性ひずみ速度成分である。今、非排水状態であることから、左辺は常にゼロである。粘性ひずみ速度成分は有効応力が存在する限り働き、それによって発生したひずみ速度は弾性ひずみ速度成分によって抑制される。以上のことから、有効応力緩和現象は、粘性ひずみ速度成分と弾性ひずみ速度成分との転換現象であると説明できる。

2) 有効応力の緩和量がクリープ速度に及ぼす影響

図-4は試験2における非排水開始時間を原点とした $e \sim \log t$ 関係である。Case 2-2~4の有効応力緩和時間はそれぞれ14.5、180、1980minであり、その後有効応力 $\sigma' = 274.4, 235.2, 196.0$ kPaの状態ではクリープさせている。図-5は非排水開始時間を原点とした $e \sim \log(-de/dt)$ 関係であり、図-4と対比させるために横軸を右に減少としている。図-5よりCase 2-2から2-4へと有効応力の緩和量が増加するほどクリープ速度が小さくなっていることが分かる。これは有効応力緩和によって粘土が硬化している (η が増加している) ことから、クリープ能力が減衰していると考えられる。

3) 有効応力緩和とクリープの関係

試験1と試験2の結果から、図-6に示すようにクリープ現象によっても有効応力緩和現象によっても粘土は硬化することが分かった。そして両者の間には一対的な関係があると考えられる。

4. 結論

- 1) 非排水条件とする直前のクリープ速度が有効応力緩和速度に大きく影響を与え、これは粘性係数 η に大きく関連づけられる。
- 2) 有効応力緩和挙動は粘性ひずみ速度成分と弾性ひずみ速度成分との転換現象であると解釈できる。
- 3) 有効応力緩和の進行と共にその後のクリープ速度は減少する。これは有効応力緩和の進行が η を増加させ、クリープ能力を減衰させていることに起因する。
- 4) 本研究の結果を総括すると、有効応力緩和と挙動とクリープ挙動の間には一対的な関係がある。

5. 参考文献

- 1) 吉國 洋(1990): 軟弱粘土の圧密曲線と圧縮曲線に対する一つの解釈(1), 第25回土質工学研究発表会発表講演集2分冊の1, pp. 307~310.

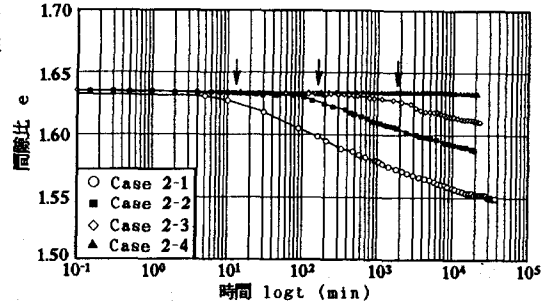


図-4 $e \sim \log t$ 関係 (試験2)

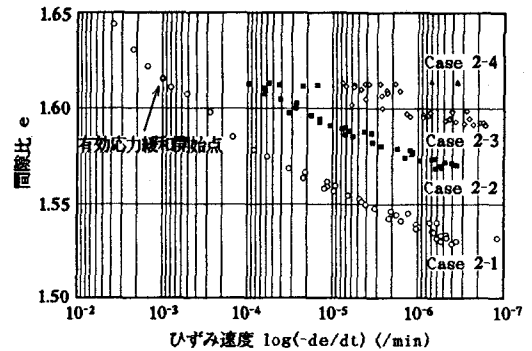


図-5 $e \sim \log(-de/dt)$ 関係 (試験2)

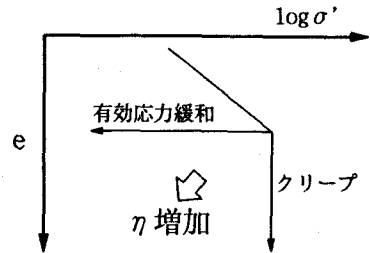


図-6 粘土の硬化