

Ⅲ-A343

堆積軟岩排水クリープ挙動の予測

川崎地質 技術部	正会員	高橋 輝
東京大学 生産技術研究所	正会員	早野 公敏
東京大学 生産技術研究所	正会員	佐藤 剛司
東京大学 生産技術研究所	正会員	古関 潤一
東京大学 工学部	正会員	龍岡 文夫

1.はじめに

堆積軟岩の変形特性に及ぼすひずみ速度の影響を把握するための排水三軸圧縮試験と排水クリープ試験を1つの供試体を用いて行なった。また、現在の応力、ひずみ状態が現在のひずみ速度だけに依存するという Isotach 性を仮定して、クリープひずみを予想するモデル化を行い、実験結果で検討した。

2.実験装置の概要と実験方法

東京大学生産技術研究所で作製した中圧三軸試験システムを用いた(図1)¹⁾。軸載荷には0.1~0.0001%/minの範囲で連続的にひずみ速度を自動制御出来るACサーボモータ制御の軸力載荷装置を用い、拘束圧負荷はD/Aコンバーターを用いて制御される空圧サーボ弁を用いた。このシステムでは広い範囲の載荷速度で応力経路と載荷、除荷を自由に自動制御で行える。

供試体の軸変形は、4種類の方法で測定した。すなわち、供試体側面での軸圧縮を局所変位測定装置(LDT)と非接触変位計で、及びキャップの軸変位をギャップセンサーで、セル外の載荷軸の変位を外部変位計で測定した。

試料は東京湾沖でロータリコアチューブで採取された上総層の堆積軟岩(砂岩)を用いた。直径5cm,高さ13cmに成形した供試体を用い、二重負圧法により飽和させ、原位置での有効上載圧と等しい有効拘束圧11.3kgf/cm²下で等方圧密し、排水条件で多段階クリープ試験を行なった。クリープ時の軸差応力 $q = \sigma'_v - \sigma'_h$ は10kgf/cm²,25 kgf/cm²で、クリープ時間は各々3日とした。排水三軸圧縮中の軸ひずみ速度は $\dot{\epsilon}_0 = 0.01\%/min$, $\dot{\epsilon}'_0/10 = 0.001\%/min$, $\dot{\epsilon}'_0/100 = 0.0001\%/min$ の3段階で交互に変化させ、²⁾クリープの直前に片振幅軸差応力1.0kgf/cm²の微小繰返し載荷を各々3回行なった。

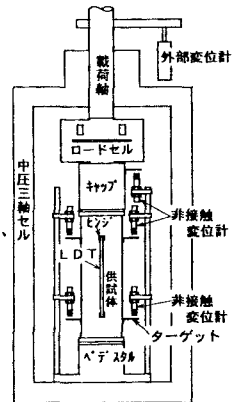


図1. 変位測定装置

3.クリープひずみ予測モデル³⁾

Isotach クリープモデルの仮定を、以下に示す。

仮定1) 最大軸差応力 q_{max} は軸ひずみ速度 $\dot{\epsilon}'$ に対して次の関係を持つ。

$$q_{max} = a(\dot{\epsilon}')^b; \quad \dot{\epsilon}' = \partial \epsilon / \partial t \quad (1)$$

仮定2) 応力-ひずみ関係は、正規化した関数 $f(x)$ と破壊ひずみ ϵ_f を用いて次式で表せる。

$$q = q_{max} f(x) = a(\dot{\epsilon}')^b f(x) \quad (2)$$

$$y = f(x); \quad y = q/q_{max} \text{ and } x = \epsilon / \epsilon_f \quad (3)$$

$$\partial f(x) / \partial \dot{\epsilon}' = 0 \text{ and } \partial \epsilon_f / \partial \dot{\epsilon}' = 0 \quad (4)$$

以上の仮定と、クリープ中は $\Delta q = 0$ の条件を用いることにより、

キーワード：クリープ 三軸試験 堆積岩 ひずみ速度

連絡先：〒143-8554 大田区大森北1-11-1 Tel:03(3762)2577 Fax:03(3762)7793

$d\varepsilon = C_r \cdot d\varepsilon'/\varepsilon'$; $C_r = (b \cdot f(x) \cdot \varepsilon_p) / (\partial f(x) / \partial x)$
 が導かれる。クリープ中 C_r が一定であるとする、これを積分することによってクリープによる軸ひずみ量 $\Delta\varepsilon$ は、クリープ開始時のひずみ速度を ε'_i とすると

$$\Delta\varepsilon = C_r \cdot \ln \{ (\varepsilon'_i / C_r) \cdot t + 1.0 \} \quad (6)$$

 で表すことが出来る。

4. 実験結果と考察

図2、図3に、軸差応力と軸ひずみの関係を示す。LDTによる軸ひずみ (LDT:ave)とギャップセンサーによる軸ひずみ (GAP:ave)は殆ど一致しているが、キャップの変位による軸ひずみ(GAP:cap)と、外部変位計による軸ひずみは、前者に比べかなり大きくなっている。これは、供試体上下端面での乱れを主因とするベディングエラーと試験機の変形によるものである。モデル化検討にはLDTのデータを使用する。

図3から、それぞれひずみ速度に固有の軸差応力—軸ひずみ関係があり、ひずみ速度が変化すると固有の軸差応力—軸ひずみ関係に戻ろうとする現象があるように見える。

破壊ひずみ ε'_r を1.5%とし、てひずみ速度毎の最大軸差応力 q_{max} を推定し、そこから b を推定して、図4、図5に(6)式から求めたクリープひずみ—時間関係と実験結果を比較したものを示す。実験結果とモデルが非常に良く一致していることが判る。なお、本来は(1)～(6)式の定式化は非可逆(塑性+時間依存性)ひずみを基にして定式化すべきものであり、今回の検討は近似的なものである。より厳密な検討は今後の課題である。

5. まとめ

堆積軟岩の変形特性にはひずみ速度依存性があり、ひずみ速度に対して固有の応力—ひずみ関係を示す。このIsotach性を用いてクリープ挙動をモデル化することが出来た。

参考文献 1)高橋輝他, 1998,堆積軟岩のクリープ試験における各種の変位測定方法の比較,第33回地盤工学研究発表会(投稿中) 2)松本正士他,1997,堆積軟岩の変形係数に及ぼすクリープ履歴およびひずみ速度の影響,第32回地盤工学研究発表会,1227-1228 3)桃谷尚嗣他,1998,正規圧密粘土における変形特性のひずみ速度依存性と非排水クリープの予想,第33回地盤工学研究発表会(投稿中)

