

Title	大変状を起こしたトンネルから採取した蛇紋岩の三軸クリープ挙動
Author(s)	
Citation	資源・素材学会北海道支部春季講演会要旨集, 2019, 13-14
Issue Date	2019-06-15
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/76060
Туре	proceedings (author version)
Note	2019年度資源・素材学会北海道支部総会および春季講演会、2019年6月15日、JAEA 幌延深地層研究センター 、幌延町
File Information	MMIJ-H_2019S_p13-14.pdf



大変状を起こしたトンネルから採取した蛇紋岩の三軸クリープ挙動

北大工 金井康将·池田奈央·尾上義将·藤井義明·児玉淳一·福田大祐

1. はじめに

トンネル工事では蛇紋岩と遭遇した際に大きな変形が 発生し、施工が困難となる場合がある。この変形のメカニ ズムを理解する一助となすために、三軸クリープ試験を 行った。また、得られた三軸クリープ挙動のコンプライアン ス可変型構成方程式による再現を試みた。

2. 実験方法

実験装置は材料試験機、三軸ベッセル、シリンジポン プ、制御・計測用パソコン等で構成されている。三軸ベッ セルのエンドピースと下蓋からは排水可能である(図1)。



当該トンネルより採取された直径約 50 mm のボーリン グコアを長さ約 100 mm になるように乾式で整形して供 試体とした。

封圧は推定される現地の有効鉛直応力の0.5倍、1倍、2倍である1.7,3.4,6.8 MPaの三種類とした。また、飽和のプロセスで膨張・軟化してしまうため不飽和のまま間隙水圧をかけずに載荷した。

軸載荷の前に供試体を圧密した。圧密に必要な時間 Tを推定するために 3t 法を採用した(図 2)。3t 法では 体積ひずみ線図と、その最急勾配線を時間が 3 倍となる よう平行移動した直線が交差したときの時間が圧密に必 要な時間とされる(図 2 の例では約 10 時間)。本実験で はすべての供試体で T より十分長い 18 時間の圧密を 行った。

その後、軸ひずみが 0.5、1、2、4%になるまでひずみ速 度 10⁻⁴ s⁻¹で強制圧縮し、クリープ制御に移行した。軸ひ ずみはストローク、横ひずみは封圧水量の変化から算出 した。なお、クリープ中に次のひずみ設定値を超過したら スキップした。



図 2 圧密時の体積ひずみ-時間線図(青線は最急勾 配線)

3. 実験結果

三軸クリープ試験のひずみ-時間線図には一次クリー プのみみられ、変形はそれ以降停止した(図3)。

通常の岩石は低封圧下でひずみ軟化挙動を示し、ある程度以上のクリープ応力下では一次・二次・三次クリー プを経てクリープ破壊する(図 4)が、当該岩石試料はひ ずみ硬化を示した(図 5、尾上ら、2019)。この場合、クリ ープ応力下では一次クリープ後に変形が停止すると予 想され、今回の実験結果もこのようなメカニズムによるもの と考えられる。



(a) 封圧 1.7MPa の例



(b)封圧 3.4MPa の例(コンプライアンス可変型構成方程 式による再現も示す)



(c)封圧 6.8MPaの例図 3 ひずみ-時間線図



図4 ひずみ軟化挙動の模式図



図5 ひずみ硬化挙動の模式図

4. 三軸クリープ挙動の再現

試験結果を再現するために、大久保・福井(1997)によって提案されたコンプライアンス可変型構成方程式を用

いた(式(1))。この構成方程式は時間とともに増加するコンプライアンスで岩石の挙動を表す。

$$\frac{\mathrm{d}\lambda^*(t)}{\mathrm{d}t} = a(\lambda^*(t))^m (\sigma^*(t))^n \tag{1}$$

$$v = 0.5 - \frac{0.5 - v_0}{\lambda^*} \tag{2}$$

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{\lambda_0} \tag{3}$$

ここで、 $\lambda^*(t)$ は正規化したコンプライアンス、 λ_0 はコンプ ライアンスの初期値、 ν はポアソン比、 ν_0 はポアソン比の 初期値、 t_0 は時定数(軸ひずみ速度 10^{-5} s⁻¹の時にピー ク応力に達するまでの時間)、nは変形の時間依存性を 表すパラメーター、mは延性の程度を表すパラメーターで ある。

先行研究である三軸圧縮試験の結果(尾上ら、2019) から、n = 40、m = -40、 $a = 1 \times 10^{-3}$ s⁻¹を再現に用いた。

各定数を構成方程式に代入し、時間刻み 0.1 s で逐 次計算を行ったところ、二段目以降のひずみは再現でき なかったものの、一段目の軸ひずみは精度よく再現でき た(図 3b)。

5. 結言

大きな変形が発生したトンネルで採取された蛇紋岩を 三軸クリープ試験したところ、一次クリープのみみられ、二 次クリープ・三次クリープはられなかった。

コンプライアンス可変型構成方程式による再現を試み たところ、一段目の軸ひずみは精度よく再現できた。横ひ ずみの再現精度の向上が望まれる。

参考文献

- 大久保誠介・福井勝則(1997)、コンプライアンス可変型 構成方程式の定数について、資源と素材、Vol.6, No.1, 2K0101-10-10
- 尾上義将・池田奈央・金井康将・藤井義明・児玉淳一・ 福田大祐(2019)、大きな変状が発生した蛇紋岩中の トンネルでの応力解析に用いるパラメーターの値に関 する提案、資源と素材、Vol. 113, pp. 561-564