HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	大きな変形が発生したトンネルで採取された蛇紋岩の一軸圧縮応力下における変形・破壊挙動
Author(s)	池田, 奈央; 児玉, 淳一; 藤井, 義明 他
Description	平成29年度資源・素材学会北海道支部総会および春季講演会、2017年6月16日(金)、北海道大学工学部、札幌市
Citation	資源・素材学会北海道支部春季講演会講演要旨集, 2017, 1-2
Issue Date	2017-06-16
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/66189
Type	conference paper
File Information	MMIJ-H,2017,1-2.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

大きな変形が発生したトンネルで採取された
蛇紋岩の一軸圧縮応力下における変形・破壊挙動

北大　池田奈央･児玉淳一･藤井義明･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、当該トンネルで採取された蛇紋岩の基礎的な力学物性値、並びに、変形･破壊挙動を表すためのコンプライアンス可変型構成方程式(大久保･福井、1997)に用いられる定数を求め、一軸圧縮応力下での変形･破壊挙動の再現を試みた。

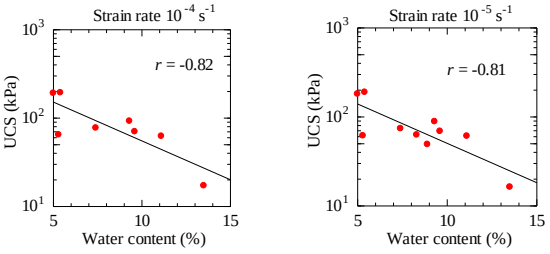
本研究では蛇紋岩を形態の違いによって、塊状蛇紋岩、葉片状蛇紋岩、粘土状蛇紋岩の 3 種類に分類し、粘土状蛇紋岩および葉片状蛇紋岩が含まれている供試体を軟弱部、塊状蛇紋岩のみで構成された供試体を堅硬部と呼ぶことにした。

2. 軟弱部の試験結果

採取されたボーリングコアのうち軟弱でかつ連続し、試験が可能そうな部分をサンプリングし、乾式で直径 50 mm、長さ 100 mm に整形した。ポリエチレン製エンドピースを取り付け、乾燥を防ぐために側面をポリ袋で覆い試験に供した。

ひずみ速度 10^{-4} と 10^{-5} s^{-1}(os01 と os02 は 10^{-3} と 10^{-5} s^{-1})を軸ひずみ 0.25%ごとに入れ替えて(Hashiba et al. 2006)、軸ひずみ 7.5%まで載荷した。軸ひずみは試験機のストローク、径ひずみはダイヤルゲージを用いて計測した。室温は 295 K に制御した。

ひずみ速度 10^{-4}、10^{-5} s^{-1} それぞれで、含水率と強度には強い負の相関がみられた(図 1)。含水率と n の相関は弱かった(図 2)。また、密度と強度には正の相関がみられた(図 3)。



(a) 10^{-4} s^{-1}　　(b) 10^{-5} s^{-1}

図 1 含水率と強度との関係

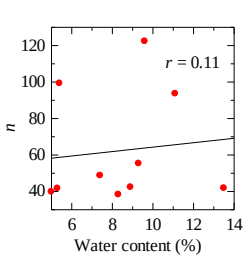


図 2 含水率と n との関係

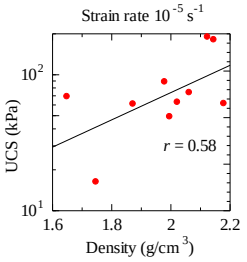


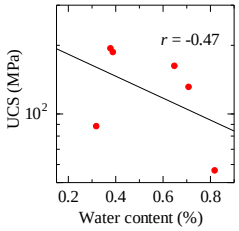
図 3 密度と強度との関係

3. 堅硬部の試験結果

軟弱部と同じボーリングコアから、塊状でかつ連続している部分をサンプリングし、直径 50 mm、長さ 100 mm、直径 30 mm、長さ 60 mm、直径 20 mm、長さ 40 mm の 3 種類に整形した。その後クロス型ひずみゲージ(共和電業、有効長 10 mm)を常温硬化型エポキシ系接着剤(共和電業、EP-34B)で貼付後、24 時間以上ビニールテープで加圧し、硬化させた。ステンレス製のエンドピースを取り付け、試験に供した。

ひずみ速度 10^{-3} と 10^{-5} s^{-1} を軸ひずみ 0.25%ごとに入れ替えて、軸ひずみ 5%まで載荷した。軸ひずみは 50%UCS まではひずみゲージの値を用い、それ以降は試験機のストロークを補正した値を用いた。横ひずみはひずみゲージの値を用いた。そのほかの実験条件や方法は軟弱部と同じである。

含水率と強度(図 4)や、含水率と n(図 5)の相関は弱かった。また、密度と強度の間には強い正の相関がみられた(図 6)。



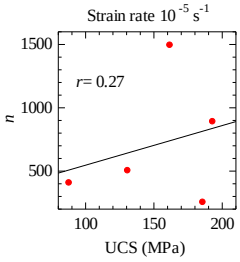


図 4 含水率と強度との関係　図 5 含水率と n との関係

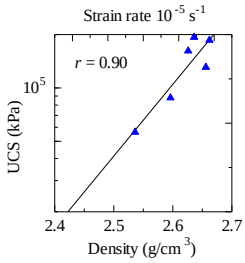
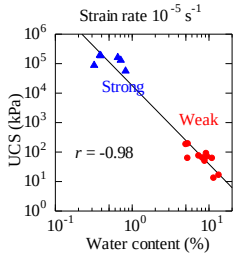


図 6 密度と強度との関係

4.実験結果の考察

両岩石の結果を同時にプロットすると、含水率の増加に伴う強度低下や載荷速度依存性の顕在化がみられる(図 7、8)。これは、粘土状蛇紋岩のコンシステンシー(白水、1988)によると思われる。

軟弱部と堅硬部とでは、密度と強度の関係が別の近似直線であらわされる(図 9)がこれは、軟弱部では、基質の中にれきが点在しているのに対し、堅硬部では、れき同士が連結しているためと考えられる。



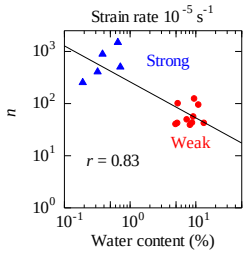


図 7 含水率と強度との関係　図 8 含水率と n との関係

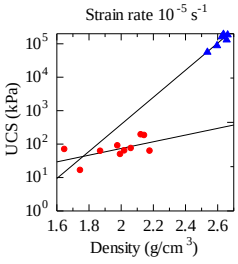


図 9 密度と強度との関係

5. 試験結果の再現

試験結果を再現するために、大久保ら(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(ヤング率の逆数)で岩石の挙動を表す。

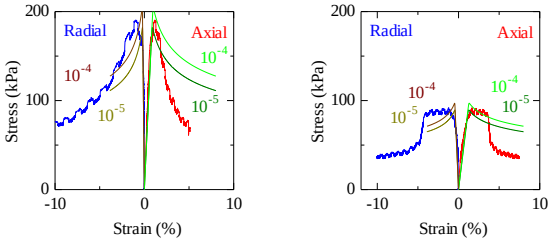
$$\frac{d\lambda^*(t)}{dt} = \frac{1}{t_0}\left(\frac{m}{n+1}\right)^{\frac{m}{n-m+1}} (\lambda^*(t))^m (\sigma^*(t))^n \qquad (1)$$

$$\nu = 0.5 - \frac{0.5-\nu_0}{\lambda^*} \qquad (2)$$

$$\lambda^* = \frac{\lambda}{\lambda_0} \qquad (3)$$

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(今回の計算では 50%ヤング率を用いた)、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。

試験の結果から計算し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、軸ひずみや応力の挙動をあらかた再現することができた(図 10)。



(a) os08　(b) os10

図 10 試験結果と計算結果の比較の例

6. 結言

蛇紋岩の軟弱部と堅硬部に対し、一定のひずみ増分ごとにひずみ速度を切り替える手法を用いて一軸圧縮試験を行った。また、その結果からコンプライアンス可変型構成方程式を用いて試験結果の再現を試みた。

実験の結果、広い範囲で見ると、含水率とともに強度と n が減少し、密度とともに強度が増加していた。

初期ヤング率として 50%ヤング率を用いたとき、大久保の式により応力や軸ひずみの挙動をあらかた再現できた。

7. 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. 113, pp. 561-564

白水晴雄(1988)、粘土鉱物学、朝倉書店

Hashiba, K., Okubo, S. and Fukui, K. (2006), A New Testing Method for Investigating the Loading Rate Dependency of Peak and Residual Rock Strength, International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 43, Issue 6, pp. 894-904