



Title	来待砂岩の強度のひずみ速度依存性は封圧とともに小さくなる
Author(s)	天羽, 啓太; 藤井, 義明; 児玉, 淳一 他
Description	平成27年度資源・素材学会北海道支部総会および春季講演会、2015年6月13日(土)、函館市国際水産・海洋総合研究センター、函館市
Citation	資源・素材学会北海道支部春季講演会講演要旨集, 2015, 7-8
Issue Date	2015-06-13
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/59297
Type	conference paper
File Information	MMIJ-H, 2015, 7-8. pdf



来待砂岩の強度のひずみ速度依存性は封圧とともに小さくなる

北大工 天羽啓太・藤井義明・児玉淳一・福田大祐

1. はじめに

岩石破壊時のひずみ速度は、プレート運動に対応するもの($10^{-14} \sim 10^{-16} \text{ s}^{-1}$ 程度)から発破に対応するもの(10^3 s^{-1} 程度)まで様々であり、また応力状態も岩盤表面の一軸状態からプレート地震における GPa オーダーの三軸応力まで様々である。本研究は、系統的な研究が少ない三軸圧縮下での実験を通し、封圧がひずみ速度依存性に与える影響を明らかにすることを目的とする。

このために、島根県で採取された、ゼオライトを多く含むことが特徴の新第三紀の凝灰質砂岩である来待砂岩を用い、いくつかの封圧、ひずみ速度で三軸圧縮し、ピーク強度・残留強度・ヤング率・ポアソン比・限界圧縮ひずみ・限界伸びひずみの载荷速度依存性と、それに対する封圧の影響について検討した。

なおここで、残留強度とは試験終了時の軸応力、限界圧縮/伸びひずみとは、大気圧下を基準とした最大荷重点における、軸/横ひずみの値である。

2. 試験結果

密度 2030 kg/m^3 の来待砂岩ブロックの堆積面に対し、垂直にボーリングし、直径 30 mm、長さ 60 mm に整形した。気中で表面を軽く乾かした後に、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)にて貼付後、ビニールテープで加圧し、24 時間硬化、その後、24 時間以上真空脱気して含水飽和させた。最後にエンドピースを取り付け、間隙水が漏れないようにシリコンシーラント塗布、熱収縮チューブ(潤工社製、NF 300)をヒートガンにて収縮させ、被覆した。

封圧は 2、5、10、15 MPa、ひずみ速度は 10^{-6} 、 10^{-5} 、 10^{-4} 、 10^{-3} s^{-1} とし、16 通りの実験を行った。全ての実験は、間隙水圧 1 MPa、温度 295 K で行い、軸ひずみ 3%まで圧縮した。

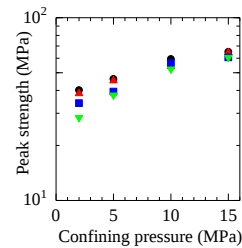
ピーク・残留強度はともに、封圧とともに、やや上に凸な曲線を描き増加し(図 1)、低封圧下でぜい性的な応力低下挙動、高封圧下では、完全塑性的な挙動が見られた。

ひずみ速度を横軸にしてみると、ピーク強度・残留強度ともにひずみ速度と両対数グラフ上でほぼ直線的な正の相関が認められる(図 2)。また、封圧の増加とともにひずみ速度依存性は小さくなっているようにみえる。

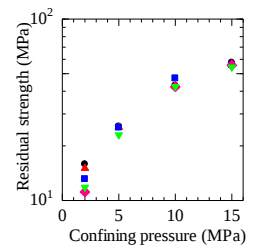
軸ひずみ(ひずみゲージによる)の 50%接線の傾きから算出したヤング率と封圧との相関は判然としないが、封圧 2 MPa を除いて、ひずみ速度とともにやや増加している。

ポアソン比は、封圧の増加により低下し、ひずみ速度とともにやや増加している。

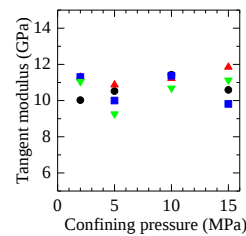
限界圧縮ひずみは、封圧とともに顕著に増加しているが、限界伸びひずみの変化量は小さい。限界ひずみに対するひずみ速度の影響は判然としない。



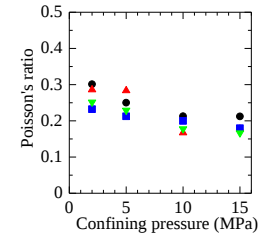
(a) ピーク強度



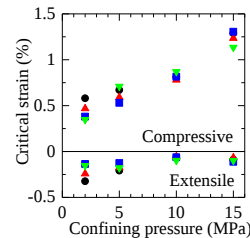
(b) 残留強度



(c) ヤング率

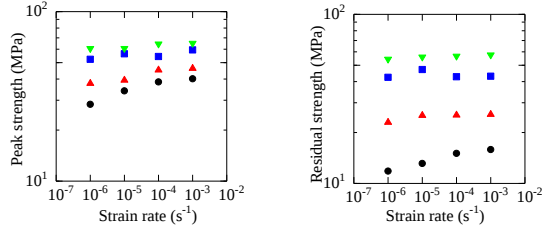


(d) ポアソン比



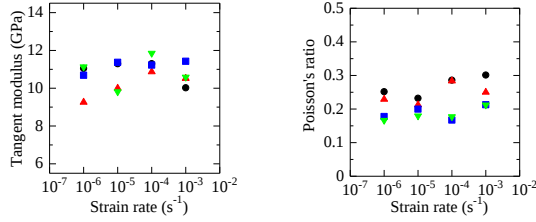
(e) 限界ひずみ

図 1 各物性値に対する封圧の影響 (▼: 10^{-6} s^{-1} 、■: 10^{-5} s^{-1} 、▲: 10^{-4} s^{-1} 、●: 10^{-3} s^{-1})



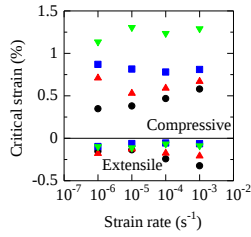
(a) ピーク強度

(b) 残留強度



(c) ヤング率

(d) ポアソン比



(e) 限界ひずみ

図 2 各物性値に対するひずみ速度の影響 (●: 2 MPa、▲: 5 MPa、■: 10 MPa、▼: 15 MPa)

3. 考察

亀裂長さがある一定値に達した時に最大荷重点が現れると仮定すれば、材料の強度 $\sigma_{\max}$ はひずみ速度 $\dot{\epsilon}$ と以下のような関係で表される (Sano, 1981)。ここで、 n は応力腐食指数であり、応力腐食指数が小さいほど、強度のひずみ速度依存性が大きいことを示す。

$$\sigma_{\max} = A\dot{\epsilon}^{\frac{1}{n+1}} \quad (1)$$

図 1a, b から求めた回帰直線の傾きを B とすれば

$$n = \frac{1}{B} - 1 \quad (2)$$

から応力腐食指数を求めることができる。なお、強度の載荷依存性の原因は、粘土鉱物の粘性、間隙水の粘性、亀裂速度の有限性、急激なダイラタンシーに伴う間隙水圧の低下等もあり、 n は応力腐食だけではなく、全ての影響を含んだ値である。

上記方法で求めた応力腐食指数は、封圧とともに増加し(図 3)、その値はピーク応力について、相関係数 0.99 で、

$$n = 7.6 + 5.2P_c \quad (3)$$

残留強度について、相関係数 0.97 で、

$$n = -7.47 + 8.4P_c \quad (4)$$

と表すことができた。ここで、 P_c は封圧 (MPa) である。

高封圧下でひずみ速度依存性が小さくなる原因は、高封圧下では、ひずみ速度が大きい場合の急激なダイラタンシーに伴う間隙水圧の低下による強度増加がみられなくなるためと考えられる。

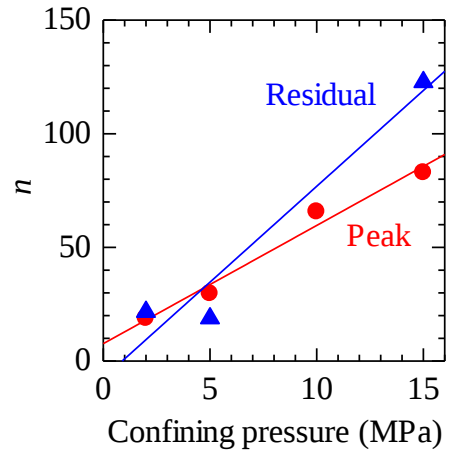


図 3 応力腐食指数に対する封圧の影響

4. 結言

来待砂岩をいくつかの封圧、ひずみ速度で三軸圧縮したところ、封圧の増加に伴い、ピーク・残留強度のひずみ速度依存性が小さくなることがわかった。

上記知見は、岩盤構造物の合理的な設計に資することが期待される。本研究をさらに発展させるためにはさらに広い範囲のひずみ速度における試験の実施や、稲田花崗岩等、他の岩石についても同様の実験を行うことが望まれる。

参考文献

Sano, O. (1981), Influence of Strain Rate on Dilatancy and Strength of Oshima Granite Under Uniaxial Compression, Journal of Geophysical Research, Vol. 86, pp. 9299-9311