

拘束圧制御下での熱影響による岩石不連続面の变形挙動評価

愛媛大学大学院 学生会員 ○岡本哲徳 愛媛大学大学院 正会員 安原英明
愛媛大学大学院 正会員 木下尚樹

1. 緒言

高レベル放射性廃棄物の地層処分を行うにあたり、地下深部環境下における岩盤の長期的な健全性の評価が必要不可欠となる。地層処分時の掘削により岩盤にはクラックや断層などの不連続面が発生し、岩盤の力学・水理学特性に大きな影響を与える。したがって、岩盤の長期的な健全性を評価するには、岩盤不連続面の力学・水理学特性を把握する必要がある。岩盤不連続面の力学・水理学特性の把握に関する研究は、これまでに数多く実施されている。木下¹⁾、中島ら²⁾は、拘束圧保持で不連続面の透水性の低下および再せん断時のせん断強度の増加を確認している。そこで本研究では、既往研究とは異なる幌延泥岩を用いて温度・拘束圧を制御し持続载荷せん断透水試験を実施することで岩種・温度の違いによる圧縮応力下での变形・透水特性の経時変化を精査する。

表1 試験条件

試料	岩種	温度 [°C]	拘束圧 [MPa]	透水圧 [MPa]
H-S01	幌延泥岩	90	3.0	450
H-S02	幌延泥岩	25	3.0	450
BS-S05 ¹⁾	ベレア砂岩	90	5.0	10-20

2. 実験概要

地下 300 m 程度の深度を想定し、拘束圧 3.0 MPa、セル内温度 90 °C に設定し、持続载荷せん断透水試験を実施した。また、温度の違いによる変化を評価するためにセル内温度 25 °C でも実験を実施した。試験条件を表 1 に示す。持続载荷せん断試験では、透水試験、せん断試験を同時に行う。透水試験では、試験開始から継続的に透水を行い岩石不連続面の透水特性の経時変化を評価する。せん断試験では、拘束圧保持 30 日ごとに所定の側圧を作用させた状態で軸圧を 5 MPa 増加させてせん断させた後、軸圧を初期値まで戻した。この载荷・除荷過程を 1 サイクルとし、1 回のせん断試験において 3 サイクルの载荷・除荷を実施し、岩石不連続面の变形特性の経時変化を評価する。

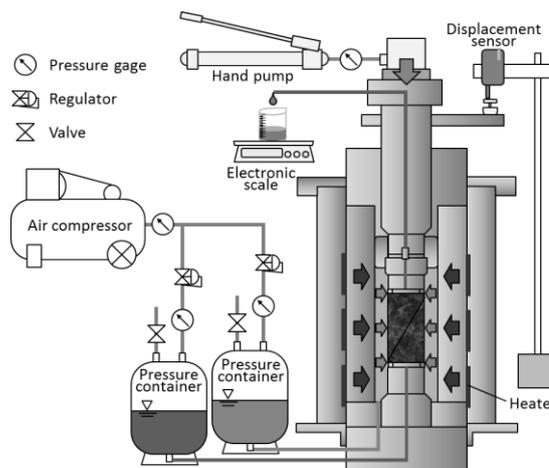


図1 持続载荷せん断透水試験機模式図

3. 透水試験

本研究では、式(1)、式(2)により透過率 K を算出し、透水特性を評価した。

$$b = \left\{ \frac{12 \cdot \mu \cdot Q \cdot l}{w(P_0 - \rho_w \cdot g \cdot l)} \right\}^{1/3} \quad (1)$$

$$K = \frac{b^2}{12} \quad (2)$$

ここで、 b : 開口幅[m], μ : 粘性係数[Pa·s], Q : 流量[m³/s], l : 移行経路長[m], w : 不連続面幅[m], P_0 : 透水差圧[Pa], w : 流体密度[kg/m³], g : 重力加速度[m/s²], K : 透過率[m²]である。透水試験結果を図 2 に示す。この結果から、

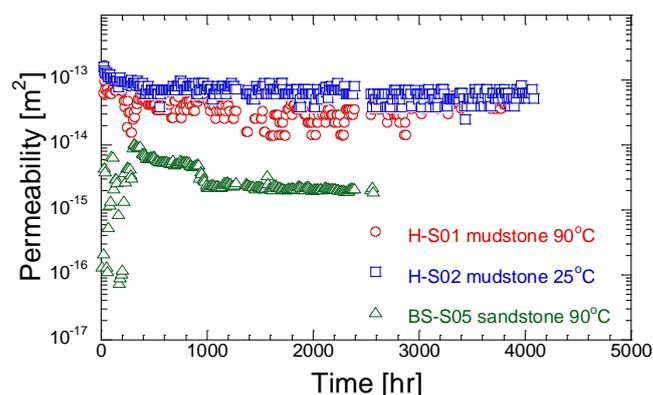


図2 透水試験結果

どの条件でも時間経過による透過率の低下を確認したが、岩種・温度の違いによる透過率の変化は確認することができなかった。

4. せん断試験

せん断試験の結果を図3に示す。0日目のせん断試験では、1サイクル目の、载荷・除荷過程で再現性が確認できていないが、これは試験開始時において供試体および実験装置等のかみ合わせが良くないことが要因として考えられる。

次に拘束圧保持日数の影響を定量的に評価するために、割線弾性係数 E_s の経時変化を算出した。割線弾性係数 E_s を式(3)で示す。

$$E_s = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

ここで、 E_s : 割線弾性係数 [GPa], σ : 軸差応力 [MPa], ε : 軸ひずみ [-]である。拘束圧保持日数の違いにおける割線弾性係数 E_s の結果を図4に示す。

各サイクルの拘束圧保持日数の違いにおける割線弾性係数 E_s の結果から割線弾性係数 E_s の平均値をとり試験開始時の値で除することで、変化率を得た。割線弾性係数 E_s の平均変化率を図5に示す。これにより、泥岩では剛性の増加を確認したが、ベレア砂岩では確認できなかった。また、温度条件の違いを見ると 90°C の方が 25°C よりも大きな変化を示している。

5. 結言

持続载荷せん断透水試験の結果より、拘束圧保持および透水により透過率の低下を確認した。岩種による違いでは、ベレア砂岩よりも幌延泥岩のほうが剛性の増加率が大きいことを確認した。さらに、温度条件の違いでは 90°C の方が 25°C よりも変化が大きいことを確認した。この要因としては、ベレア砂岩よりも幌延泥岩が拘束圧保持による圧縮応力の影響と、透過水による鉱物溶解現象が顕著であり、また温度が高いほどその現象が卓越すると推測される。

参考文献

- 1) 木下尚樹, 安原英明: 熱環境における岩石不連続面の透水・せん断特性について, 資源・素材学会平成27年度春季大会講演集, pp. Paper 1512, 2015.
- 2) 中島伸一郎, 川口雄大, 岸田潔, 安原英明, 矢野隆夫, 細田尚: 負荷状態保持による岩石き裂のせん断強度および透水性の変化, 材料, Vol.59, No.3, pp.211-218, 2010.

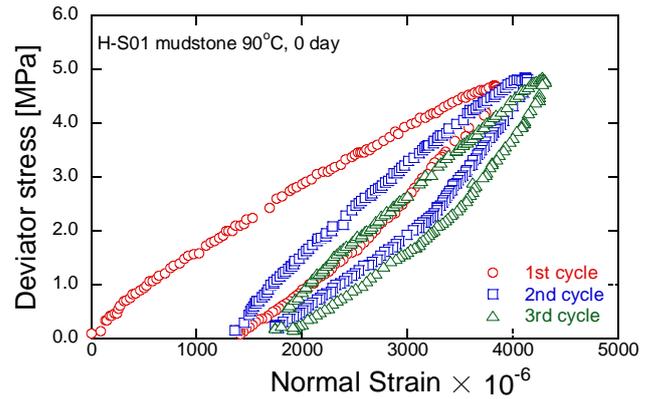


図3 せん断試験結果

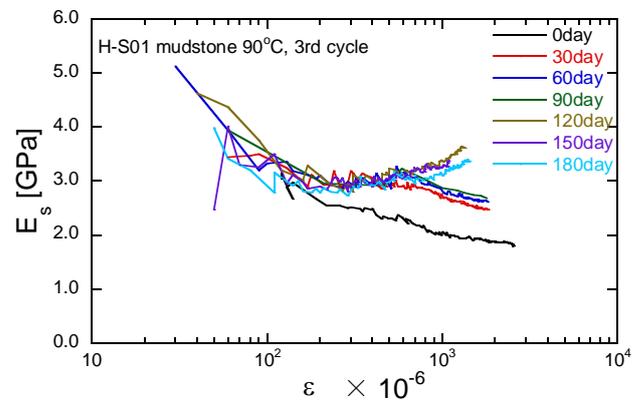


図4 割線弾性係数 E_s

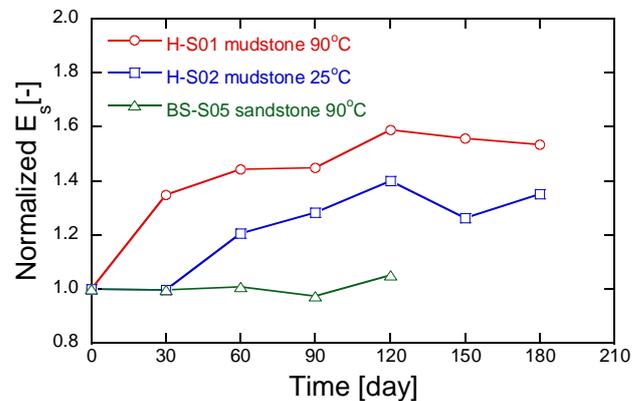


図5 割線弾性係数 E_s の平均変化率