

不連続面における長期的な応力作用が力学・透水特性に与える影響

京都大学大学院 学生会員 ○川口 雄大

京都大学 正会員 岸田 潔, 中島 伸一郎, 矢野 隆夫, 細田 尚

愛媛大学 正会員 安原 英明

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物処分坑道近傍では、圧力と温度の作用により、岩石鉱物の溶解・沈殿現象（圧力溶解現象）が活発化し、不連続面の力学・水理学特性に大きな影響を及ぼすことが予想される。このような圧力溶解現象は、比較的低い圧力・温度条件下でも顕れることが確認されており^{1), 2)}、常温下の不連続面であっても、圧力の長期載荷や水の介在等により溶解・沈殿が生じて、力学・水理学特性が変化する可能性がある。

そこで本研究では、長期的な接触状態の保持が不連続面の力学的特性・透水性に与える影響を調べるために、単一不連続面を有する花崗岩供試体に対して一面せん断・透水試験を実施した。その際にせん断変位を固定し、長時間放置し透水試験を行い再びせん断させ、応力緩和時の力学的特性・透水性を調べた。

2. 実験の概要

今回の実験では、水平断面が 80mm(せん断方向)×120mm の新鮮な単一不連続面を有する花崗岩供試体を用いた。写真 1 に供試体を示す。一面せん断は、せん断速度一定(0.01mm/min) および垂直拘束圧一定(1.0MPa)の条件で行い、透水試験は、せん断変位 0.25mm ごとに変位を固定して行った。透水試験終了後に再びせん断させた。また、せん断変位 2.0mm およびせん断変位 2.5mm の時には、せん断変位を固定したまま、それぞれ 5 日間、20 日間放置した。

透水試験については、水頭差 1.0m の定水位透水試験とし、計測はせん断変位 0.25mm ごとに実施した。また、せん断変位 2.0mm では、固定直後、1, 3, 5 日後に、せん断変位 2.5mm では、固定直後 1, 3, 6, 9, 13, 16, 20 日後で行った。

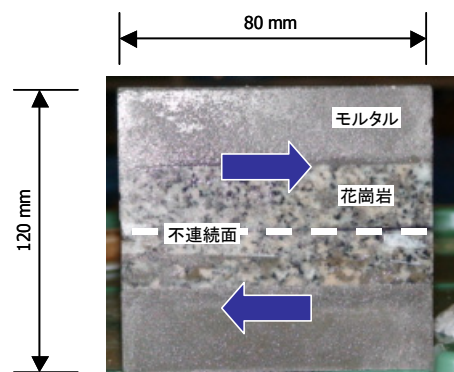


写真 1 花崗岩不連続面供試体

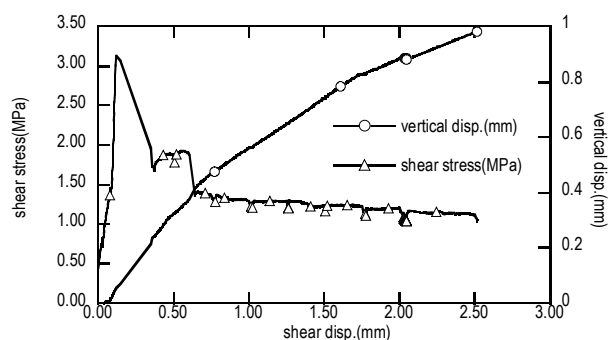


図 1 セン断変位せん断応力ダイレーション関係

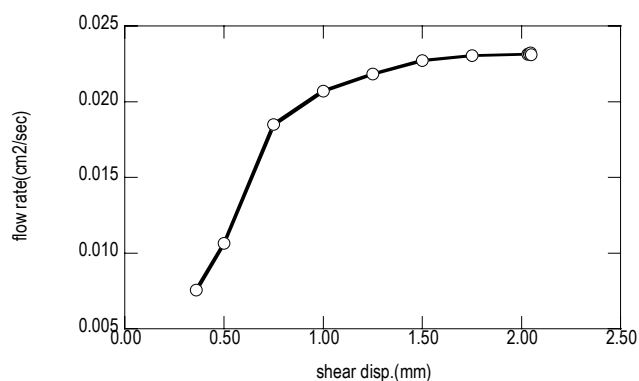


図 2 セン断変位透水量係数関係

廃棄物処分、地下空間、浸透・透水、不連続面、一面せん断

連絡先：〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-3 TEL: 075-383-3269

3. 実験結果と考察

一面せん断透水試験で得られたせん断変位-せん断応力・ダイレーション関係を図1に、せん断変位透水量係数関係を図2に示す。図1、図2より、せん断が進むに連れて垂直変位が増加しそれに対応して透水量も増加していることが確認できる。

図3～図5は、せん断変位を2.0mm、2.5mmで固定し、それぞれ5日間、20日間放置した時の、せん断応力、垂直変位および透水量係数の経時変化を示す。せん断変位の長期間保持により、圧力溶解現象が生じれば、せん断応力の緩和、不連続面の閉塞、それに伴う透水性の低下、などの現象が生じてくると予想される。

図3、図4より、せん断変位2.0mmおよび2.5mm固定時では、どちらもせん断応力は1～2時間程度でせん断変位を固定する前の1/4ほど低下した後、約1.0MPaの一定値となった。また、垂直変位は時間が経っても大きな変化は見られなかった。すなわち、本稿の実験では、せん断変位固定時には不連続面の開口幅や開口幅分布に変化が無かったと考える。これは、今回用いた花崗岩供試体の一軸圧縮強さが160MPa程度であり、これと比較して垂直拘束圧が小さく供試体にひずみが生じなかったことと、変位を固定している時間が短かったために供試体にひずみが生じなかったことが原因であると考えられる。

また、図5よりせん断変位固定期間中の不連続面内の透水性についても大きな変化は見られなかった。これについては、図4から明らかなように、垂直変位に大きな変化が見られなかったことから、岩盤不連続面内の透水特性に影響を与える開口幅分布に変化が無かったためと考える。

4. まとめ

本稿の実験条件では、せん断変位を20日間程度までの範囲で固定させても、せん断応力は応力緩和により減少するものの、岩盤不連続面内の接触状態は変化せず、岩盤不連続面内の力学的・透水特性にも変化は見られなかった。

今後は垂直拘束圧やラフネスパターンなどの実験状況を改善するとともに、岩盤不連続面への負荷状態保持時および長期的な負荷状態保持と熱作用が岩盤不連続面の力学的・透水特性へ及ぼす影響を検討する必要がある。

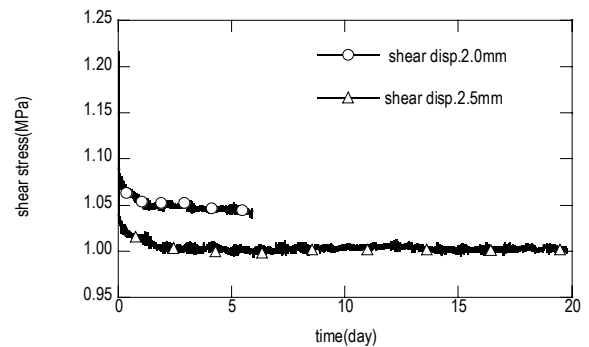


図3 せん断応力の経時変化

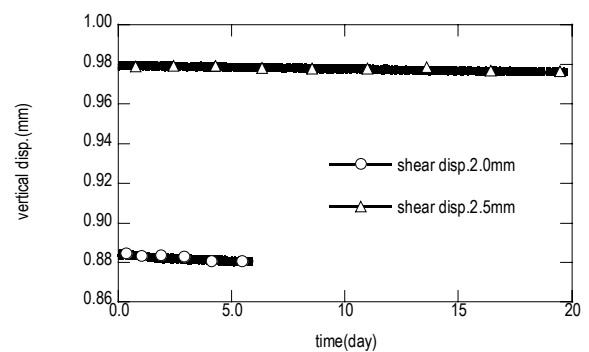


図4 垂直変位の経時変化

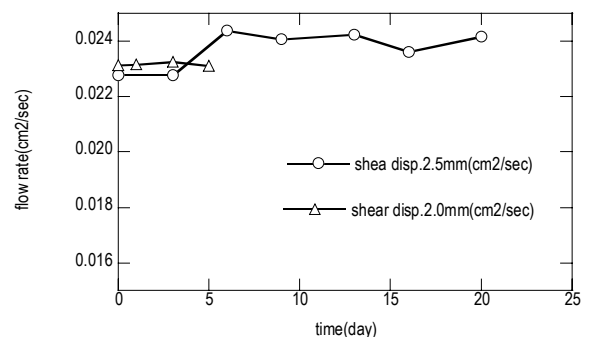


図5 透水量係数の経時変化

参考文献

- 1) Yasuhara, H., Elsworth, D. and Polak, A. : The evolution of permeability in a natural fracture: The significant role of pressure solution, J. Geophys. Res. 109 (B3), B03204, doi: 10.1029/2003JB002663, 2004.
- 2) Yasuhara, H., Marone, C. and Elsworth, D. ; Fault Zone Restrengthening and Frictional Healing; The Role of Pressure Solution, J. Geophys. Res. 110 (6), B06310, doi: 10.1029/2004JB003327, 2005.