

先行履歴を与えた岩盤不連続面のせん断透水同時特性

九州大学工学部 正 員 江崎哲郎 蔣 宇静
九州大学工学部 学生員 中原和宏 ○江良耕一

1. はじめに

今日、放射性廃棄物の地層処分に代表される地下利用が注目されている。その自然のバリアの評価、設計のためには、岩盤不連続面の力学的特性および面内を流れる地下水の透水性を同時に評価することが極めて重要である。筆者らはこの同時計測装置を開発して、不連続面の特性を調べてきたが、これらはせん断履歴を受けていないものに限定されていた (Esaki et al., 1991)。しかし、実際の現場では岩盤不連続面は何らかのせん断履歴を受けていることが多い。そこで、種々の履歴を与えた人工的不連続面を用いて Shear-flow coupling 実験を行い、そのせん断特性、透水特性、および AE 特性を同時に評価した。

2. 実験方法

今回の実験では、先行履歴としてまず垂直応力 10MPa のもとで、せん断速度約 0.1mm/sec で、4 種類のせん断変位 (2, 4, 6, 10mm) までせん断を行い、次に垂直荷重を除荷した後、せん断変位 0mm の状態まで戻す。そしてこれら 4 種類の先行履歴を与えた試験体を用いて垂直応力 5MPa で最大変位 20mm のせん断を行う。(以後、これら 4 つの試料をそれぞれ 10-2, 10-4, 10-6, 10-10 と表現する。) また、透水実験は自動給水のできる容器からせん断容器の下箱に設けた給水孔から定水位で水を流し、不連続面中央の小孔から不連続面を通して流れ出した流量を計測することによって行われる。流量の計測は、せん断途中の各段階で一時的にそのせん断変位を保持して行う。また、AE の計測はせん断中にせん断容器の前後、左右に取り付けた 4 つのセンサーを用いて行う。

3. 実験結果および考察

Fig.1 (a) にせん断応力とせん断変位の関係を示す。すべてのケースでピークは現れない。これは先行履歴

の影響により凹凸が削られ表面が滑らかになっていることおよびグージが隙間に形成されていることが原因と考えられる。また残留応力はすべてのケースにおいて一致する。せん断剛性は先行履歴のせん断変位が大きくなるに従って減少する傾向が見られる。

Fig.1 (b) に垂直変位-せん断変位の関係を示す。まず、せん断初期において、すべてのケースで垂直変位は少し減少する。これは不連続面上下が密着し、凹凸がせん断方向に変形するためであると考えられる。この時の最小値は履歴変位が小さいほど小さいせん断変位で生じる。また、垂直変位が減少する区間が 10-2, 10-4 に比べて、10-6, 10-10 は長くなっている。これは先行履歴で与えたせん断変位が大きくなるに従い、凹凸のかみ合いが悪くなっているためであると考えられる。その後、すべてのケースでダイレーションが生じるが、10-10 は他の 3 つのケースに比べその増加率は小さい。これは 10-10 が他の 3 つのケースに比べて先行履歴による凹凸の破壊が大きいためであると考えられる。

Fig.1 (c) に透水係数とせん断変位の関係を示す。せん断前の透水係数は 10-2, 10-4, 10-6 に関しては先行履歴で与えたせん断変位が大きくなるに従って大きくなるが、10-10 に関してはその限りではない。これは 10-10 が他のケースに比べてグージが多く発生しているためであると考えられる。次にせん断初期において、すべてのケースで透水係数は少し減少した後増加する。10-2, 10-4 は透水係数が鋭く減少した後急激に増加するのに対し、10-6, 10-10 は比較的緩やかに減少した後増加していく。その後、せん断が進むに従って 10-2, 10-4, 10-6 は類似した挙動を示しながら増加し残留域に達するのに対し、10-10 は他の 3 つの挙動に比べて緩やかに増加しながら残留域に達する。また、すべてのケースでその残留値はほぼ一致する。以上の挙動はダイレーション挙動と類似した点が多いが、グージの影響等により類似とは言い切れない。

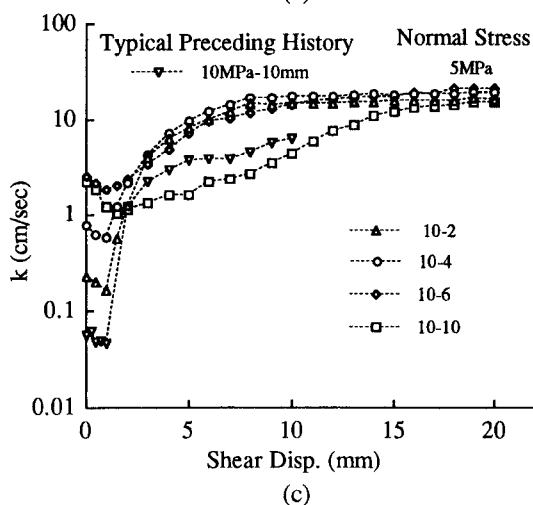
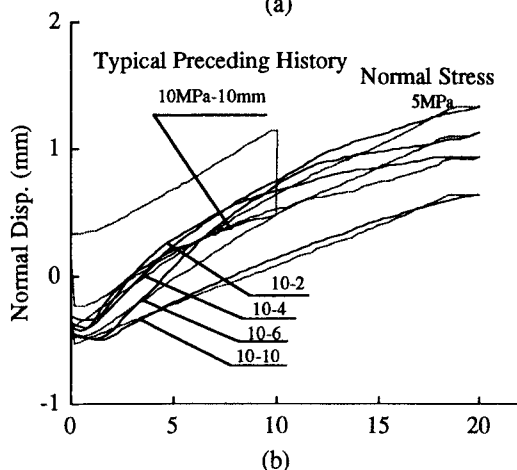
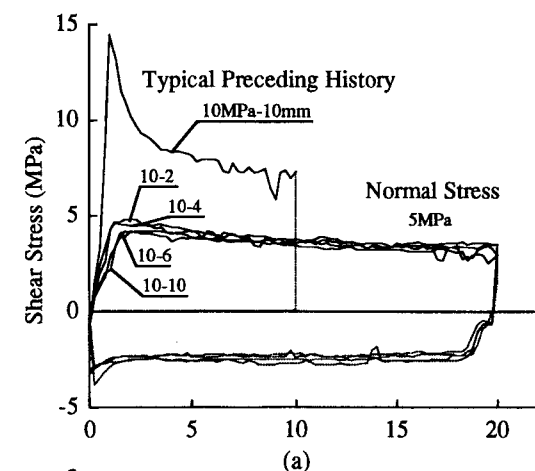


Fig.1 (a) Shear stress vs. shear displacement curves (b) Normal displacement vs. shear displacement curves (c) Hydraulic conductivity vs. shear displacement curves, for different preceding history.

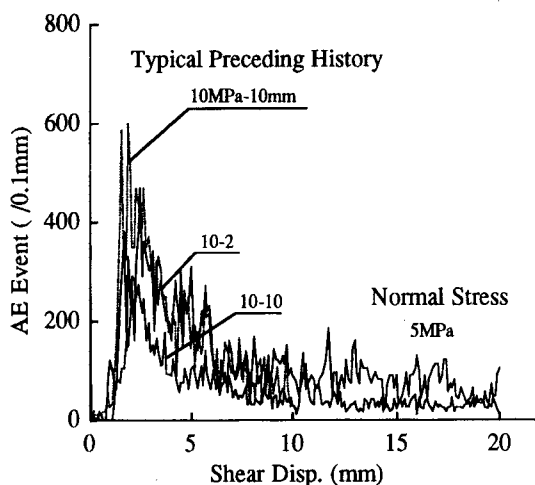


Fig.2 Relationship between AE Event count and Shear displacement, obtained from the AE measurement during Shear-flow coupling test.

Fig.2にAEイベントとせん断変位の関係を示す。ここでは代表的な例として、10-2,10-10を示す。10-2は10-10に比べて、AEイベントの総数が多い。これは、10-10が10-2に比べて、凹凸が多く破壊されているためと考えられる。また、両者ともせん断変位2mm付近で最初のピーク、先行履歴で与えたせん断変位の直後で、第二のピークを示す。最初のピークに関しては凹凸が乗り上げた後、局所的な応力により凹凸が破壊されたこと、第二のピークに関しては先行履歴で破壊されなかった凹凸が新たに破壊されたことがそれぞれ原因と考えられる。

4. おわりに

本研究では、花崗岩中に人工的に作成した不連続面に先行履歴として垂直応力10MPaのもとで、4種類のせん断変位を与えたものを新たな試験体と見なし、それらを用いて、Shear-flow coupling実験を行った。その結果、先行履歴で与えたせん断変位の違いによって、せん断特性、透水特性、およびAE特性がどのように変化をするかについて詳しく調べることができた。

5. 参考文献

- T.Esaki,H.Hojo,T.Kimura & N.Kameda (1991): Shear-flow coupling test on rock joints. *Proc. 7th Int. Congr. Rock Mech.* pp.389-392.