

垂直変位一定条件下での岩盤不連続面のせん断透水同時水特性

九州大学工学部 学生員 ○中西章敦 正 員 江崎哲郎
正 員 三谷泰浩 学生員 和田圭仙

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。その開発、利用のために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水理学的特性を評価することは極めて重要である。これまでは垂直応力を一定に保った状態でのせん断透水同時試験を主として行ってきた¹⁾。しかし、実際の深部地下での岩盤内のせん断挙動は、変位拘束条件下で発生するため、この時のせん断透水特性を把握する必要がある。そこで、本研究では垂直変位を一定に拘束した条件下で人工的不連続面のせん断透水同時試験を行った結果を示す。

2. 試験方法

試験体は長崎県相浦産砂岩（一軸圧縮強度 72MPa、比重 2.4g/cm³）を 120 × 100 × 80mm の大きさに整形し、試験体下部に給水口（ $\phi = 6\text{mm}$ ）を設けたものを使用する。試験体中の人工不連続面は、装置上で圧裂により作製する。

試験は、まず不連続面の間隙幅を一定にするために 20MPa までの垂直载荷を 3 回繰り返し行う。そして、所定の垂直応力（Case 1 では 1 MPa、Case 2 では 2 MPa）を試験体に载荷し、以降この時の垂直変位を一定に保った状態で 20mm までせん断させる。透水試験は自動給水の出来る容器から定水位でせん断容器の下箱に設けた給水口から水を注入し、不連続面から流れ出た流量を計測することで行われる。透水量の計測はせん断変位 1 mm ごとの各段階で一時的にそのせん断変位を保持して行われる。

3. 試験結果

3.1. 垂直変位一定試験の結果

Fig. 1 (a)にせん断応力とせん断変位の関係を示す。初期垂直応力が 1MPa の場合（以降 Case 1）と 2MPa の場合（以降 Case 2）共に、せん断応力はせん断変位 1 mm まで急激に増加し、その後せん断変位 5mm まで緩やかに上昇し、Case 1 ではせん断変位 5mm 以降一定の値を示すが、Case 2 では緩やかに上昇を続ける。

せん断変位が大きくなった時のせん断応力は Case 1 よりも Case 2 の方が大きい値を示す。

Fig. 1 (b)に垂直応力とせん断変位の関係を示す。垂直応力は、せん断応力とせん断変位の関係と同様に、せん断変位 1mm まで急激に増加し、その後せん断変位 5mm まで緩やかに上昇し、Case 1 ではせん断変位 5mm 以降一定の値になるが、Case 2 では緩やかに上昇する。

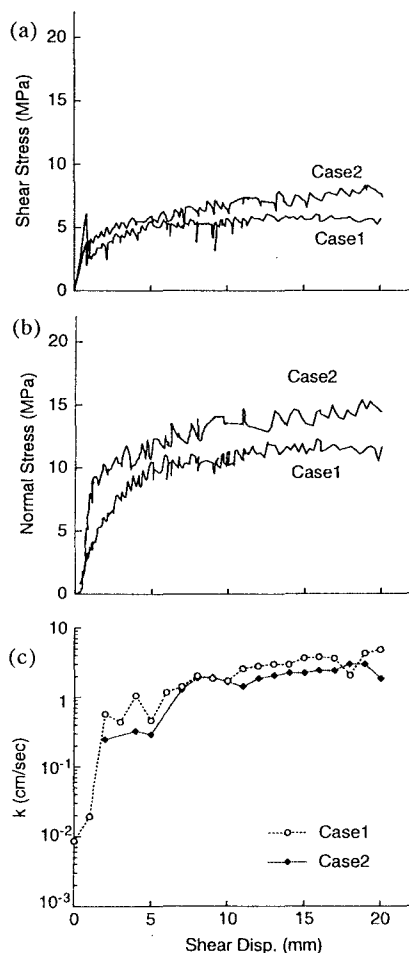


Fig.1 Shear-flow coupling properties of sandstone under the constant normal displacement.

- (a) Shear stress vs. shear displacement curves.
 (b) Normal stress vs. shear displacement curves.
 (c) Hydraulic conductivity vs. shear displacement diagrams.

Fig. 1 (c)に透水係数とせん断変位の関係を示す。透水係数は、Case1ではせん断変位1mmまでは小さな値を示し、せん断変位2mmからは大きく増加し、せん断変位の増加に伴い緩やかに上昇する。Case2では、せん断変位2 mm 以下は計測不可能な程度の透水係数(10^{-3} オーダー以下)であったが、せん断変位2 mm からは増加しCase 1と同様の傾向を示す。透水係数の値はCase1の方がCase2よりも大きくなっている。

3.2. 垂直応力一定試験との比較

Fig. 2 に垂直応力一定の場合の試験結果として、せん断応力、垂直変位、及び透水係数とせん断変位の関係を示す¹⁾。

せん断応力を比較すると、垂直応力一定の試験ではせん断初期の段階でせん断応力のピークが現れ、その後ピーク値を越えることなく一定の残留せん断強度を示す。一方、垂直変位を拘束した試験では小さなせん断変位の時一度ピークを示すものの、せん断力はせん断変位の増加に伴って上昇し、ピーク強度をこえる。また、残留域でのせん断強度を比較すると今回行った垂直変位一定の試験結果は残留時の垂直応力がほぼ同じレベルの10MPaの垂直応力一定試験とはほぼ同じ結果を示す。

透水係数について比較すると、垂直変位一定試験では垂直変位が一定であるにも関わらず急激に増加し一定の値になるのに対し、垂直応力一定試験では垂直変位の挙動に即して緩やかに透水係数が増加する。またCase 1 の透水係数は垂直応力 10MPa 一定の残留域とはほぼ同じ値を示す。

4. 考察

垂直変位一定の試験では、せん断の進行に伴い発生するダイレーションを拘束するため、せん断剛性が垂直応力一定の試験より大きくなる。そのためせん断変位0~1mmまでの間にせん断応力が急激に上昇しピーク値をとる。またこの時には垂直応力も急激に上昇する。残留時には、ダイレーションが生じないような垂直応力が作用するため垂直変位一定試験、垂直応力一定試験ともに同じようなせん断特性を示すことになる。

透水係数に関しては、初期の段階ではかみ合わせも良く透水係数は小さいが、せん断変位1~2mmで急激に透水係数が増加する。垂直変位が変化せず、開口幅

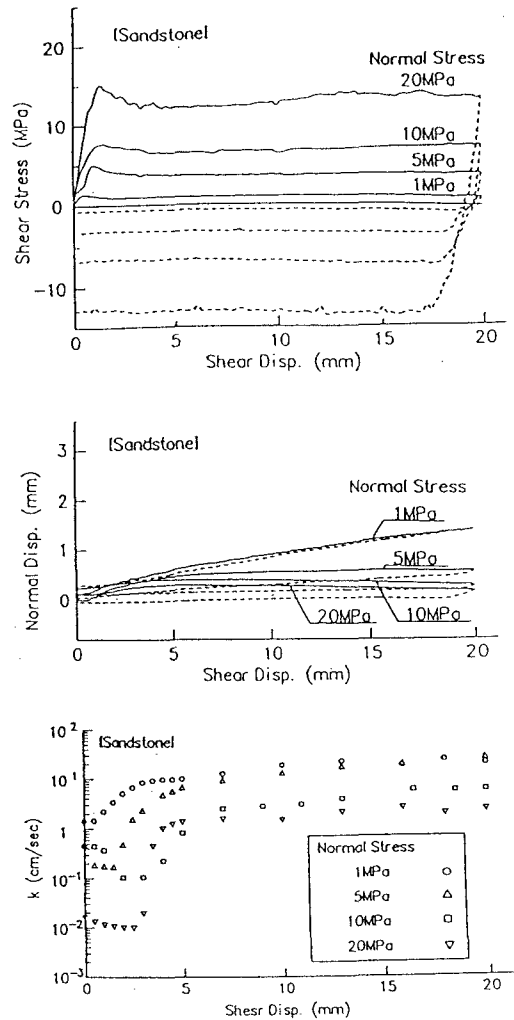


Fig.2 Shear-flow coupling properties under constant normal stress.

が変化しないにも関わらず透水係数が増加するのは凹凸の破壊により水理学的開口幅が大きくなっているためである。

5. おわりに

本研究から垂直変位を一定に拘束した場合の人工不連続面に関する諸特性を垂直応力一定の場合との比較によって調べることができた。今後はその他の岩に対する同様の試験を行う予定である。

参考文献

- 1) 江崎哲郎他：岩盤不連続面のせん断-透水同時実験装置の開発、資源と素材、Vol.112, No.4, pp.213 ~ 218, 1996.