

岩盤不連続面のせん断による表面形状の変化

九州大学工学部	正会員	江崎 哲郎
国立環境研究所	正会員	木村 強
九州大学工学部	学生会員	生貞 幸治
九州大学工学部	学生会員	○川本 卓

1. はじめに

岩盤の性質は、その中に多数存在する不連続面の力学的特性及び水理学特性に大きく左右されるため、その応力-変位特性、透水性、表面形状および間隙幅に関する研究が多く行われている。筆者らも、特別に開発した実験装置を用いてせん断透水同時計測を行い、比較的高い垂直応力下でのせん断応力、ダイレタンシー特性及び透水特性の関係を明らかにした(Esaki et al., 1991)。しかし、せん断によって生じるダイレタンシーが高い垂直応力によって抑制される領域までの実験は行っていない。また、せん断履歴による不連続面の表面形状の変化も十分に把握されていない。

本研究は、試験体として低強度の砂岩を用い、不連続面の直接せん断試験と同時にAE計測を行うことで高い応力レベルでのせん断特性を調べた。また、非接触型のレーザー変位計を用いてせん断前後の割れ目両面の表面形状を1次元的及び2次元的に計測し、それらをかみ合わせることで間隙幅の分布を求めた。そして、この計測をせん断試験の前後で行い、せん断による間隙幅の変化を統計的に評価した。なお、せん断と同時に透水特性の計測も行ったがここでは省略する。

2. 実験概要

使用した実験装置は試験体に人工的に不連続面が作成でき、その不連続面に垂直、せん断の2方向に任意の応力、変位を与えながら透水特性を調べることができる。実験は一定の垂直応力の下で行い、使用した岩石は、長崎相浦産砂岩(比重 2.68, 間隙率 12.2%, 飽和状態での一軸圧縮強度 36.6MPa) 縦120mm, 横100mm, 高さ80mmの直方体で、高さの中央位置に圧裂によって人工的な不連続面を作成した。加えて、せん断中の不連続面の凸凹の破壊機構を調べるためにAEの計測を行った。AE計測装置として4チャンネルのローカルプロセッサを用い、せん断箱の前後左右に変換子を取り付けてAE発生数を計測した。また、直接せん断試験を行う前後で凸凹の計測を行った。この凸凹の計測には非接触タイプのレーザー変位計を用い、試験体を2軸可動式の微動ステージ上におき、試験体中央部からX軸方向(せん断方向)に40mm、Y軸

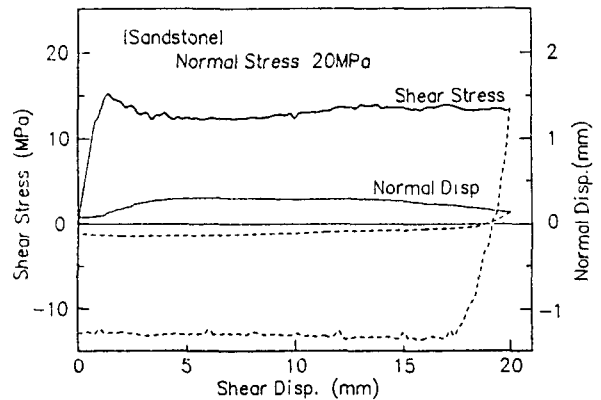


Fig.1 Shear stress-displacement and normal-shear displacement curves for constant normal stress of 20MPa.

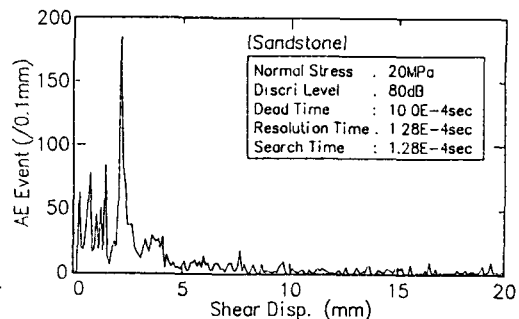


Fig.2 Relationship between AE event (/0.1m) and shear displacement for normal stress of 20MPa.

方向(せん断方向に垂直な方向)に40mmの範囲で割れ目両面の表面形状を計測した。そのとき、X軸方向及びY軸方向にそれぞれ直線的に0.1mm間隔で読み取る1次元計測(サンプリング数:401点)と、平面的に1×1mm間隔で読み取る2次元計測(サンプリング数:1681点)を行った。

3. 結果及び考察

(1)せん断特性: Fig1に、せん断応力ーせん断変位曲線および垂直変位ーせん断変位曲線を示す。せん断応力はせん断が進むにつれて、それほど大きなピークを示さずにそのまま残留応力に達する。ダイレタンスーはせん断開始より少し遅れて生じる。その後、垂直変位は垂直応力が大きいためかなり抑制される。それは砂岩の壁面強度が弱いためである。Fig2は、A E発生数とせん断変位の関係を表しており、A E発生数がピークに達した時のせん断変位は、ダイレタンスー勾配が最大になる時の変位にほぼ一致する。これは、凸凹が破壊する際にA Eが最大発生数を示し、この時両面の凸凹が最も乗り上げた状態になるためである。残留せん断応力の領域では、既にほとんどの凸凹が破壊されているためA Eはほとんど発生しなくなっている。

(2)凸凹計測: Fig.3に、せん断前後の計測により得られた間隙幅のヒストグラム(2次元,X方向,Y方向)と凹凸および間隙幅のプロファイル(X軸方向)を示す。本研究では、両面の凹凸データを重ね合わせることで間隙幅を求めているが、計測の際に割れ目を1度開くため間隙幅の絶対値を求めるのは困難である。そこで、せん断前の2次元データにおいて間隙幅が最小となる点を接触点とみなし、この点を基準として他の間隙幅を決定した。そして、せん断後の間隙幅にもこのせん断前の基準を採用し、両者の比較を行った。測定結果によると、せん断前の間隙幅の分布は、ほぼ正規分布で近似することができる。これに対し、せん断を行った後では、かなり激しく割れ目表面の凹凸が破壊され両面のかみ合いが悪くなるため、間隙幅が大きくなり、その分布に規則性がなくなる。なお、プロファイルの左端付近は試験体の縁部であり、せん断によりその一部に剥離が生じたため表面形状に大きな変化が現れている。ヒストグラムにおいて間隙幅1mm以上の分布が生じているのはこのためである。

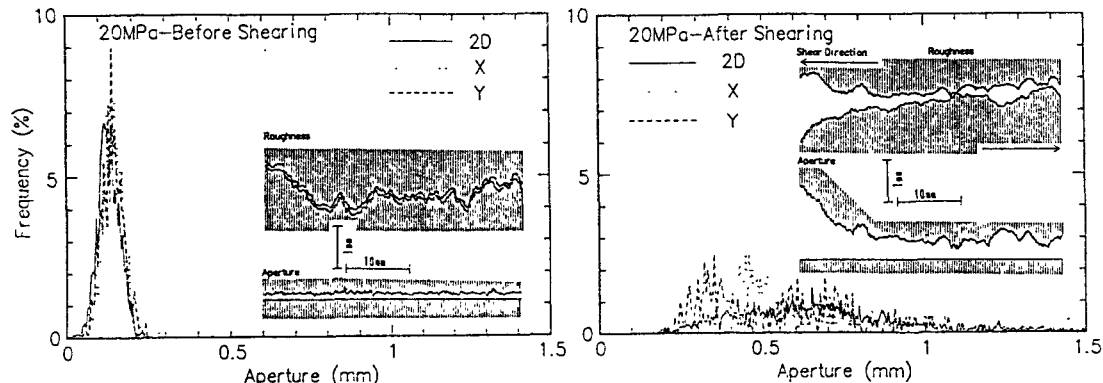


Fig.3 Histograms of aperture and, profiles of roughness and aperture, obtained from the measurements of joint surfaces before and after for normal stress of 20MPa.

4. まとめ

砂岩の直接せん断試験を行い、同時にA E計測を行うことで不連続面のせん断過程において、せん断応力のピーク後に、ダイレタンスー勾配が最大になり凸凹が破壊される様子が把握できた。また、せん断試験前後で割れ目両面の表面形状を計測し、間隙幅の分布を求めた。これにより、せん断前の間隙幅のヒストグラムはほぼ正規分布に近似でき、せん断履歴を受けるとその分布に規則性が無くなることが分かった。

【参考文献】

T.Esaki, H.Hojo, T.Kimura & N.Kameda(1991):Proc. 7th Int. Congr. Rock Mech., pp389-392.