

III-433 不連続面の諸特性とその流動機構に関する研究

九州大学工学部	学生会員	生貞幸治
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

1.はじめに

岩盤の透水性は、岩盤内に存在する不連続面の透水性に大きく依存しており、その流動機構を解明すべく種々の研究がなされてきた。しかし、不連続面のせん断特性は最大応力以降の残留領域までの特性を検討するのが一般に行われるのに対して、従来の研究は、せん断による不連続面の物理変形を考慮にいれていないものがほとんどで、せん断-透水同時計測の場合でも、せん断変位が小さい、垂直応力が一定でないなどの問題があり、必ずしも満足できるものとはいえなかった。本研究では、これらの問題に対応したせん断-透水同時計測実験装置を試作し、不連続面のせん断特性を残留領域まで計測すると同時にその透水性の評価を行った。また、不連続面の表面形状の計測を行い、計測データを用いたシミュレーションから、垂直応力の増加にともなう透水性の変化を検討した。

2.実験装置および実験方法

実験装置は前報<sup>1)</sup>に掲載したものと同一である。上箱は、せん断容器を挟み込む形で設置された2本のロッドによって支持されており、下箱が移動することによりせん断が行われる。下箱には給水孔が設けられており、試験体中央部より放射流で透水させる。使用した試験体は韓国南原産花崗岩(縦120mm、横100mm、高さ80mmの直方体)で、圧裂により不連続面を作成する。実験方法は、所定の垂直応力(1,5,10,および20MPa)まで荷重し、その応力を一定に保ちながらせん断を開始する。透水量の計測は、せん断の途中で一時的にそのせん断変位を保って行い、透水係数は平行平板を仮定した解析によって近似的に求めた。

3.実験結果

Fig.1に、せん断応力-せん断変位曲線および垂直変位-せん断変位曲線を示す。せん断強度はせん断変位後約1mmのところでピークを示し、その後ほぼ一定の残留強度に達する。垂直応力が高いほどピークせん断強度および残留強度は大きい値を示す。垂直変位については、全ての応力レベルでダイレタンシーの傾向がみられ、垂直応力が低いほどその傾向が顕著になる。

Fig.2に、垂直応力20MPaにおいてBarton<sup>2)</sup>らが示した予測値と、本実験によって得られたせん断変位と透水係数の関係を示す。両者はよく一致した結果を示しており、透水係数は、せん断強度がピークに達した後、1~2オーダー急激に増加する。しかしながら、Bartonらのモデルでは、せん断変位にともなう凹凸の破壊は考慮されていない、またグー지가透水経路を閉塞し、透水係数が減少するケースの予測はできていない。実験値との差異はこのために生じたものと思われる。

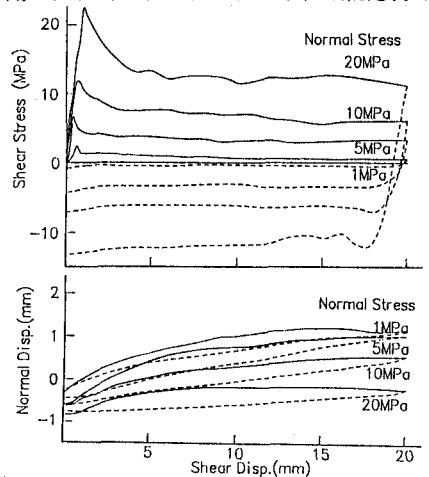


Fig.1 Shear stress-displacement curves and normal-shear displacement curves obtained from the shear-flow coupling test.

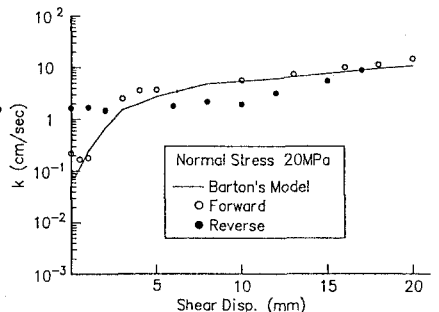


Fig.2 Hydraulic conductivity-shear displacement diagram.(comparison of experimental result with Barton's theoretical model)

4.凹凸の計測とシミュレーションによる透水性の評価

Fig.3に、凹凸の計測およびシミュレーションの概要を示す。実験に使用したものと同一花崗岩に圧裂により不連続面を作成した後、試験体を2軸可動式の微動ステージ(ニコン製:作動範囲50mm×50mm,精度1μm)の上におき、試験体中央部からせん断方向に40mm、せん断方向に垂直な方向に40mmの範囲で、1mm×1mm間隔で読み取る計測を割れ目の両面について行った。そして、両面のデータを重ね合わせ、割れ目のかみ合い状態を再現することでその間隙幅の分布を求めた。なお、この計測には、非接触タイプのレーザー変位計(キーエンス製:LC2010,測定範囲±3mm)を用いた。本シミュレーションは、基本的には渡辺と星野<sup>3)</sup>の方法と同じであり、モデルの領域を凹凸の計測点に対応して1681個(41×41)のメッシュに分割し、計測により得られた間隙幅の分布をもとに、

逐次代入法により水頭値を求めた。また、先に述べた実験と条件を一致させるため、放射流の対称性を考慮して不連続面の1/4をとり、その領域に計測された区域を挿入した。そして、モデルの左下部を給水孔とみなし、その点に単位水頭を与え放射流で透水させることとした。各垂直応力レベルにおける水頭分布および流れの速度ベクトルをFig.4に示す。図中の\*印は、接触している要素を示している。これによると、垂直応力の増加によって接触する要素が増え、透水経路が塞がれるために透水量は減少する。水頭分布は、初期状態では同心楕円状に近い分布を示すが、接触要素が増加するにつれ、その分布状況に多少乱れが生じる。

5.まとめ  
 ・せん断実験と透水実験を同時に行うことのできる装置を試作し、有効なデータを得ることに成功した。  
 ・シミュレーションにより、垂直応力の増加に伴う水頭分布の変化、透水経路の閉塞を捉えることができた。

参考文献

1)江崎哲郎,1991:土木学会西部支部研究発表会講演概要集,428-429.  
 2)Barton. N.,1985: Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr. vol.22, No.3, 121-140.  
 3)渡辺邦夫,星野吉昇,1980: 応力地質, vol.21, No.2, 60-70.

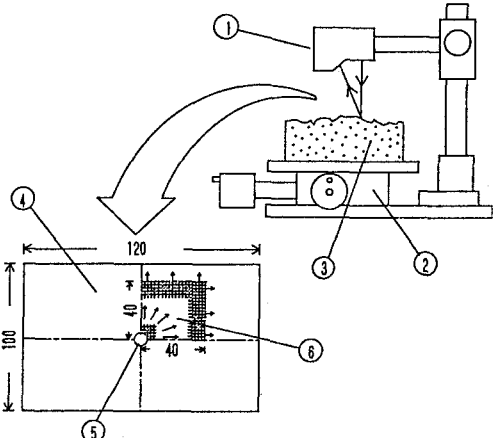
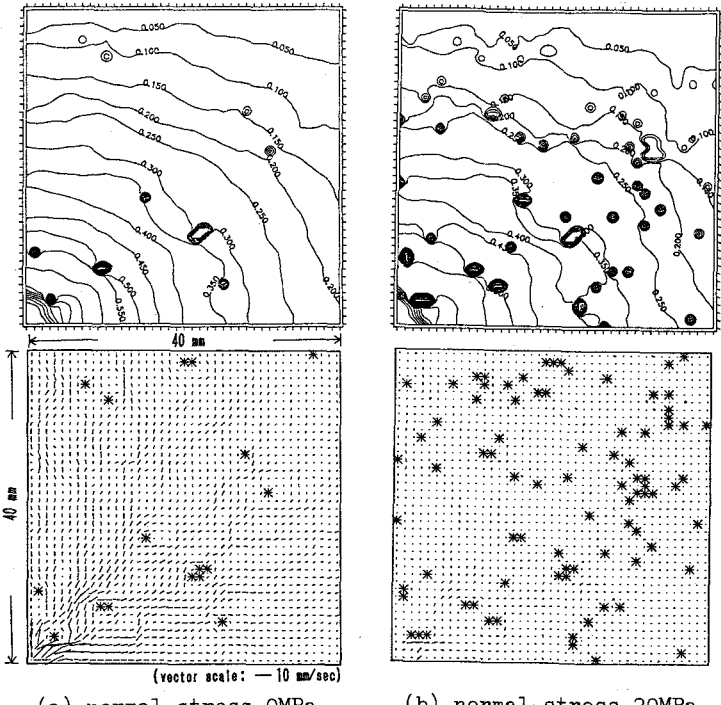


Fig.3 Schematic view of the measuring for fracture surface profiles and the model for simulation(unit:[mm]):1.laser displacement meter,2.cross-traveling micrometer stage,3.specimen,4.fracture surface,5.water hole,6.model area.



(a) normal stress 0MPa (b) normal stress 20MPa

Fig.4 Contour map of head distribution and vector