# 岩盤不連続面形状が一面せん断透水特性に及ぼす影響に関する実験的研究

京都大学大学院	学生会員	青木研一郎	
京都大学大学院	正会員	大西	有三
京都大学大学院	正会員	大津	宏康
京都大学大学院	正会員	西山	哲
京都大学大学院	正会員	矢野	隆夫

# 1. はじめに

岩盤の天然バリアとしての特徴を生かす高レベル 放射性廃棄物の地層処分施設建設では,周辺岩盤の 力学・水理学特性を正確に把握することが重要とな る.その力学・水理学特性は,岩盤内に多数存在す る不連続面に支配されているため,不連続面の挙動 が問題となる.本研究ではこれらの特性のうち,水 理学特性に注目した.不連続面の透水特性には,そ の空隙状況が大きく影響を及ぼしていると考えられ る.そして,空隙状況が著しく変化する挙動として, せん断挙動が挙げられる.そこで本研究では,せん 断時の透水特性を把握するために,表面形状に注目 し,一面せん断透水実験を行った.

#### 実験概要

本研究では,実際の岩盤不連続面を型取りし、それにセメントモルタルを流し込むことによって表面 形状の異なる3種類の方形供試体(長さ80mm,幅 120mm,高さ120mm)を作製した.ここで,表面凹 凸形状の定量化にはJRCを用いた.各表面形状をレ ーザー変位計によって0.25mm間隔の格子状に計測 したプロファイラーデータを用いてJRCを算出した 結果,3種類の供試体におけるJRCの値は,それぞ れ5.5,10.7,20.0であった.なお,実験条件として, 垂直応力は1.0MPaで一定とし,上下流のタンクの 水頭差は100cmとした.本研究で用いた実験装置の 概要は文献<sup>1)</sup>に譲る.

# 2. 実験結果および考察

透水性の評価には,不連続面の平均流量は開口幅 の3乗に比例するという,いわゆる3乗則が有名で ある.そこで3乗則の適用性について論じる.図-1 に,力学的開口幅と水理学的開口幅との関係を示し た.ここで,力学的開口幅 bm とは,Bandis ら<sup>2)</sup>が 提案している方法で求めた初期開口幅と,実験で計 測されたダイレイションを加算した値と定義する. また水理学的開口幅 bh とは,実験で計測された流 量から3乗則を用いて算出した開口幅と定義する. この図-1において,原点を通る傾き1の直線状にプ ロットがあるとき3乗則は成立していると見なすこ とができる.実際に図-1によると,傾き1の直線よ リプロットは下側に存在している.この要因として, 3 乗則は不連続面を平行平板としてモデル化してい るものであり,その表面形状が考慮されていないた めであると考えられる.

そこで, Witherspoon ら<sup>3)</sup>は,3 乗則からの乖離を 表す抵抗係数 *f*を用いて,次式に示すような表面形 状を考慮した3 乗則を提案している.

 $Q = \frac{C}{f} (b_m)^3$  (C:比例定数) 式-1

ここで Q は流量であり, f は以下のように表すことができる.



キーワード せん断透水試験,岩盤不連続面,表面形状,3 乗則 連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科都市環境工学専攻ジオフロント環境工学講座 TEL075-753-5129



図-1 は, bm と bh が原点を通る直線で表されるこ とを示しており,式-1 が成立することを示唆してい る.次に,fに注目する.この fがせん断とともに どのように変化するかを調べるために,図-2 にせん 断変位 u と f との関係を示した.図-2 から,JRCの 値が大きいほど f の値も大きくなっており,3 乗則 からの乖離が大きくなっていることを示している. また,最大せん断強度を示すせん断変位 up 前後では, その傾向が異なることが分かる.up 以前のせん断変 位においては,JRC が大きいほどせん断が進むにし たがって,f の値が大きく変化しているといえる. また,残留領域においては f の値はほぼ一定値を示 し,その値はJRC の値が大きくなるほど大きくなる 傾向がある.

fは,式-2に示されるように空隙状況,換言する とbmに影響されると考えられる.その空隙状況は, ダイレイションに大きく関係することから,fはダ イレイションに影響を受けると考えられる.さらに, そのダイレイションは表面形状やせん断変位が影響 を及ぼしていると推察される.そこで,図-3にダイ レイション率と抵抗係数の関係を示した.図-3より, JRC の値が大きくなるほどダイレイション率は大き くなり,またダイレイション率が大きくなるほど f が大きくなることが分かる.つまり,3 乗則からの 乖離を表す f はダイレイション率に大きく関係があ るということができる.



図-3 ダイレイション率と抵抗係数の関係

#### 3. まとめ

せん断透水試験において,力学的開口幅と流量の 関係を調べると,Witherspoon ら<sup>3)</sup>が提案している3 乗則が成立することが分かった.そこで,3 乗則か らの乖離を表すfを考慮すると,JRCの値が大きく なるほど3乗則からの乖離が大きくなっており,な おかつ,ダイレイション率に支配されていることが 分かった.そして,そのダイレイション率には,表 面形状を表すJRCが深く関係していると推察される.

#### 参考文献

- 1) 大西有三,大津宏康,西山哲,矢野隆夫,高木克 美:不連続面一面せん断時の透水特性に関する研 究,土木学会第 57 回年次学術講演概要集 pp.917-918,2002.
- S. C. Bandis, A. C. Lumsden, N. R. Barton : Fundamentals of rock joint deformation, Int. J Rock Mesh. Soil & Geomech. Abstr., Vol. 20, No.6, pp. 249-268, 1983.
- Witherspoon, P. A., Wang, J. S. Y., Iwai, K., & Gale, J. E. 1980. Validity of cubic law for fluid flow in a deformable rock fracture. *Water Resour. Res.* 16: 1016-1024.