

動水勾配が岩盤不連続面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 ○五歩一隆重
 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

岩盤の透水性に関しては、高レベル放射性廃棄物の地層処分など、岩盤の密閉性などの特性を利用したプロジェクトが注目を集めており、岩盤の透水特性の的確な把握がこれまで以上に重要となっている。

岩盤内には多くの亀裂が存在し、岩盤の透水性は、主にこれらの亀裂部分を流れるものが支配的である。岩盤の亀裂は、地下空洞の掘削や、地殻変動による応力変化の影響を受け、せん断変形などを受けるが、実際に亀裂部分の透水特性に影響を与える主なパラメータは特定されておらず、せん断透水実験からこれらのパラメータを特定する必要がある。

実験では通常、原位置よりも大きい動水勾配を用いているため、本研究では、実験室レベルから原位置レベルに拡張する際に必要となると思われる、動水勾配が透水特性に与える影響に着目し、考察を行う。

2. 試験装置の概要および実験条件

せん断試験装置は、載荷装置部分、せん断箱部分と上流下流タンクから成り、載荷装置部分は、垂直応力、せん断応力を制御しながら一面せん断を行う事ができ、垂直変位、せん断変位を計測しながらフィードバック制御することができる。せん断箱部分はラフネス部分の上流端、下流端にそれぞれ、水を流すためのパイプと差圧計を設置し、せん断試験を行うと同時に、ラフネスの上流端と下流端の間の差圧も計測できる。下流タンクでは、流量を計測している。その他詳細は参考文献に譲る^{1),2)}。また、本実験では上流端に接続しているタンクと下流端に接続しているタンクの水頭差を変えることで、所定の動水勾配を与えることとした。

実験条件は、動水勾配 12.5, 6.25, 1.25 の3つのパターンについて実験を行い、それ以外の条件は一定に保った。つまり、垂直応力を 1.0Mpa に保ち、ラフネス形状などは各々同じとなるように、同じ岩盤形状から型をとったモルタル供試体を用いた。せん断試験室内の温度を一定に保っているため、水の粘性係数は一定とみなすことができる。

4. 実験結果

3種類の動水勾配について、それぞれ流量 Q - せん断変位 u 関係を描くと、図-1 のように、動水勾配が異なる場合、せん断変位によって変化する流量には明らかな違いが認められる。すなわち、同一せん断変位において、動水勾配 I が大きくなるほど流量 Q は大きくなっていることがわかる。

そこで、本実験で得られた結果を3乗則に当てはめ、その適用可能性を議論する。3乗則による流量 Q は、以下のようにあらわされる。

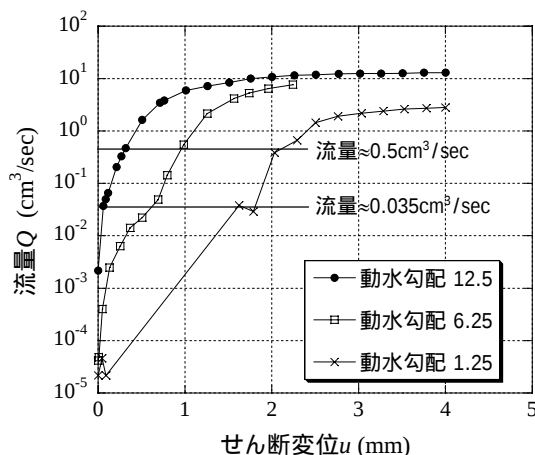
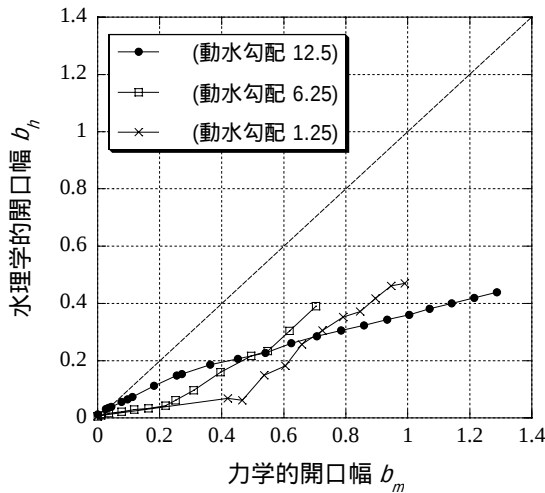
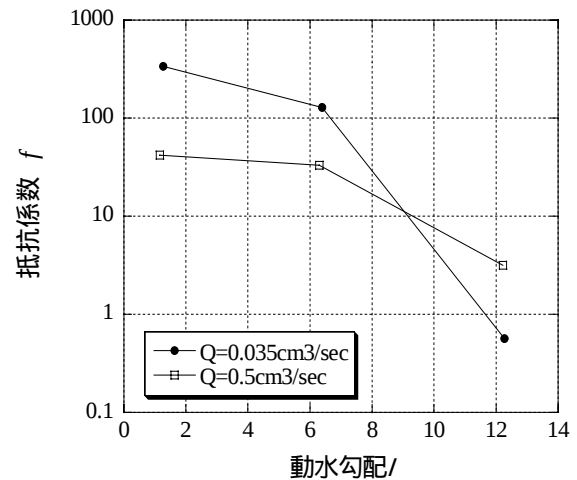


図-1 流量 Q - せん断変位 u の関係

キーワード せん断透水試験、岩盤不連続面、動水勾配、透水特性、3乗則

連絡先 〒606-8501 京都市左京区吉田本町 京都大学院都市環境工学専攻ジオフロント環境工学講座 TEL 075-753-5129

図-2 水理学的開口幅 b_h - 力学的開口幅 b_m の関係図-3 動水勾配 I - 抵抗係数 f の関係

$$Q = \frac{g\rho}{12\mu} w \cdot I \cdot b_h^3 \quad \text{式-1}$$

ここで、 g は重力加速度、 ρ は水の密度、 μ は粘性係数および w は透水幅、 I は動水勾配である。計測された流量 Q からこの式を用いて得られるものを水理学的開口幅 b_h と呼ぶ。一方、Bandis ら³⁾ によって定義される力学的開口幅 b_m は計測された垂直変位 v から次式によって求められる。

$$b_m = b_0 + v \quad \text{式-2}$$

ここに、 b_0 は初期開口幅である。ただし、本研究では、 b_0 は垂直変位よりかなり小さい値をとるので、 b_0 は 0 と仮定している。

図-2 に b_m と b_h の関係を示す。この図から明らかなように、せん断初期、すなわち b_m が小さい領域では 3 乗則が成り立つ様子が見られる。しかし、せん断が進行するとともに、3 乗則から乖離する状況が認められる。Witherspoon ら⁴⁾ は、この乖離度合いを抵抗係数 f として表し、その影響を考慮した 3 乗則を以下のように示した。

$$Q = \frac{C}{f} (b_m)^3 \quad \text{式-3}$$

図-3 に動水勾配 - 抵抗係数 f の関係を示す。ここで、動水勾配が小さいほど抵抗係数 f は大きくなり、3 乗則よりも乖離することが見て取れる。すなわち、動水勾配が大きい領域では 3 乗則が成り立つ様子が

見られるが、動水勾配が小さくなると、3 乗則を透水性予測に用いるのは難しいと考えられる。

5. まとめ

動水勾配の異なる条件でのせん断透水実験を行い、透水流量 Q と動水勾配 I の間に相関関係があることを示した。その結果、動水勾配が小さくなると、3 乗則から乖離するという現象が見られた。室内実験結果を現場に適用する場合、岩盤深部では動水勾配が小さいと考えられることから、3 乗則を適用する場合には本実験結果を考慮する必要がある。

参考文献

- 1) Shuhei Chiba, Yuzo Ohnishi, Hiroyasu Ohtsu, Satoshi Nishiyama, Takao Yano & Tomofumi Koyama: The development of New Apparatus Considering the Effect of Shear Deformation on Hydraulics of a Single Joint, Proceedings of The 1st Kyoto International Symposium on Underground Environment, p.p. 95-102, March 17-18, 2003
- 2) 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.
- 3) S. C. Bandis, A. C. Lumsden, N. R. Barton: Fundamentals of rock joint deformation, Int. J Rock Mech. Soil & Geomech. Abstr., Vol. 20, No.6, pp. 249-268, 1983.
- 4) 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.