

一面せん断変形下における堆積軟岩の透水特性に関する研究

埼玉大学 学生会員 ○熊谷 聡之
 埼玉大学 正会員 長田 昌彦
 埼玉大学 学生会員 朴 赫

1. はじめに

近年、放射性廃棄物の最終処分方法として、最も合理的かつ実現可能なものとして地層処分が提案されている。その実現には地層処分技術の信頼性の向上が必要である。

地下構造物の長期的な安全性は力学的安定性に加え、地層の透水特性に大きく支配されることとなる。そのため、坑道の掘削による応力開放に伴って形成される岩盤の掘削影響領域（以下EDZ）の影響を定量的に表現することが処分場の安全を考える上で重要となる。

本研究ではその影響をせん断割れ目の発生・すべり・進展に伴う透水特性の変化という形で求めた。

2. 試料及び試験方法

試料として、軽石凝灰岩(pt)、砂質軽石凝灰岩(spt)の2種類を用いた。双方の主な物性値を表-1に示す。試料は60×40×20(mm)の角柱供試体に成形する。

本試験は図-1に示されるような一面せん断試験機を用いて行った。供試体を装置にセットし、垂直方向の変位を固定する。0.05MPaの速度で過重をかけて供試体をせん断破壊させる(図-2)。試験中はCCDカメラによって上部から供試体を撮影する。

供試体をせん断させている間、連続的に透水試験を行う。図-1の側面図における矢印方向に透水させる。これにより求められた流量を元に供試体の見かけの透水係数(k)を求める。供試体に割れ目が入った後では、ダルシー則に従った透水係数と呼ぶことはできないので、見かけの透水係数と呼ぶ。

3. 試験結果

既存の割れ目に対するせん断試験では、せん断が進むとある程度まで透水係数が上昇することが確認されている¹⁾。本試験では亀裂のない供試体を用いる。撮影したCCDカメラ画像を画像解析する(テンプレートマッチングによる)。画像解析によって求められた移動量(図-3)から割れ目の幅(開口幅)を求める。この解析を複数回行うことによって、せん断が進むにつれて

表-1 物性値

	軽石凝灰岩	砂質軽石凝灰岩
湿潤密度(g/cm ³)	1.50~1.59	1.60~1.70
間隙率(%)	56.2~61.0	43.0~48.0
一軸圧縮強さ(MPa)	2.11	2.74
引張り強さ(MPa)	0.193	0.357

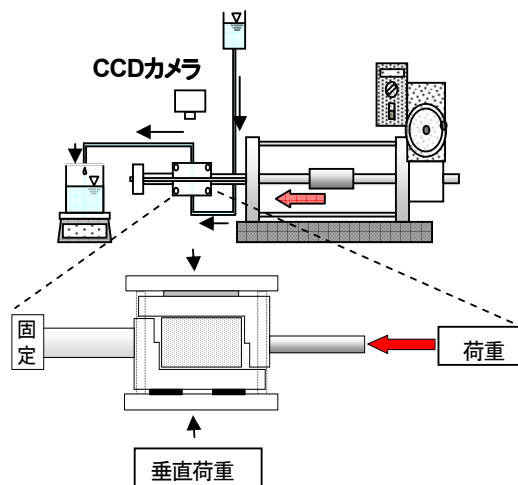


図-1 試験装置の簡易図(上:側面図、下:上面図)



図-2 せん断割れ目のできた供試体

開口幅と透水係数の関係がどのように変化するかを求め

る。ここでは、見かけの透水係数とは別に、開口幅を用いて割れ目の透水係数(k')の算出もする。

キーワード: 割れ目、一面せん断試験、透水性、凝灰岩

〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保255 埼玉大学地圏科学研究センター TEL 048-858-3547

今回の試験結果を図化すると図-4のようになった。
ここでは見かけの透水係数が使われている。

図-4の◆で示される、せん断応力の上昇傾向が変わる変曲点(A点)の前後で画像を解析すると、せん断ひずみが起こり始め、微細な亀裂が生じる。また、応力が最大となるB点(peak)の前後で開口幅の増加傾向が変化し、透水係数の増加傾向も大きく変わっていく。これより、開口幅が透水特性の変化の一因になっていると考えられる。図-4のeを通る線は標準偏差を考慮した開口幅の範囲である。せん断が進むにつれて偏差が大きくなっている。これは亀裂の局所化が反映されている。

ここで、割れ目の透水係数について述べておく。平行平板の流量は開口幅の三乗に比例することが示されている²⁾。これより、割れ目の透水係数はSnowにより次式のように求められている(Snowの式と呼称)。

$$k' = \frac{g}{12 \nu} e^2$$

(k' :割れ目の透水係数、 g :重力加速度、 ν :動粘度、 e :開口幅)

画像解析によって求めた開口量より割れ目の透水係数を算出し、開口量の二乗でその変化を示す。平滑なせん断割れ目の場合、Snowの式に従うとすれば線形的な増加を見せる。

それぞれの試験結果から、peak後の開口幅と透水係数の関係をグラフにする(図-5)。ある程度せん断が進むと、開口幅の増加傾向がSnowの式に類似した直線的な増加傾向を示すのがわかる。これは長手方向に亀裂が入ったことによるものだと考えられる。

pt5-2-1については完全なせん断まで達していないためこのような形になったと考えられる。

4. まとめ

試験結果よりせん断割れ目の場合、透水特性は開口幅に影響を受ける。特にせん断亀裂が長手方向に入った場合、透水係数の増加は開口幅の影響が強い。

応力が開口幅を決める一因だと考えられるので、透水性と応力と開口幅、この関連を推察することはEDZにおける透水性の評価に繋がるものと思われる。

5. 参考文献

- 1) Y.Jiang et al., Development of an automated servo-controlled direct shear apparatus applying a constant normal stiffness condition. International Journal of Rock Mechanics & Mining Sciences 41 2004.
- 2) H.R.PRATT et al., Elastic and Transport Properties of an In Situ Granite. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. Geomesh. Abstr. Vol. 14, pp. 35-45. Pergamon Press 1977.

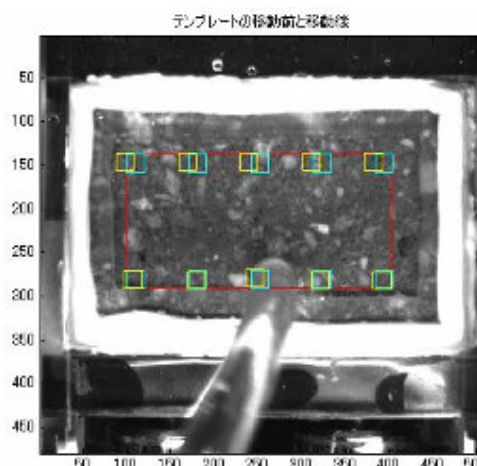


図-3 画像解析による供試体の移動量

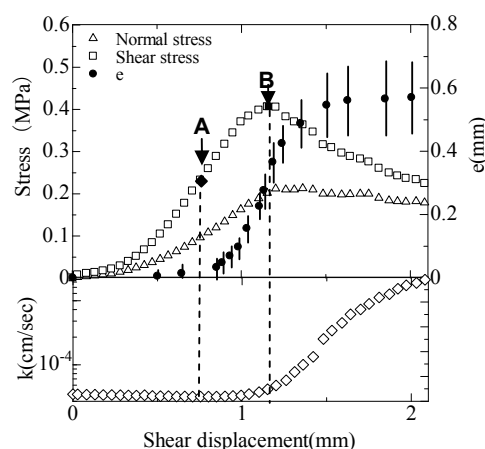


図-4 開口幅と他の要素の関係

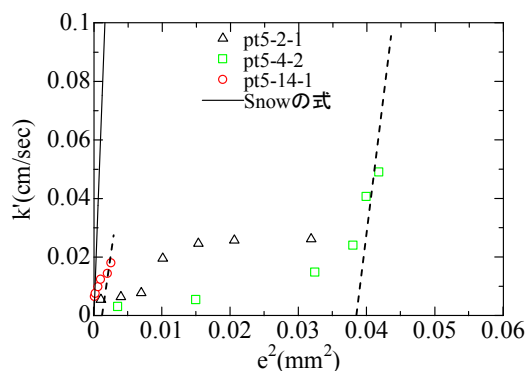


図-5 peak後の開口幅と割れ目の透水係数