

難透水性を対象としたフローポンプ透水試験法の検討

九州大学工学部 正会員 江崎 哲郎
九州大学工学部 学生会員 堂園 俊多
九州大学工学部 学生会員 ○林 将広

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分をはじめとする地下空間の開発利用において、隔離技術の基礎となる岩の基質部の透水性を把握することは、施設の設計のみならず環境の見地からみても極めて重要である。このような透水係数が 10^{-7} (cm/sec)以下の難透水性の範囲における透水試験としては、従来より特殊な方法が必要とされている。例えば、室内透水試験の1つとして、三軸容器を用いた高圧の定水位法を用いることがあるが、この方法にはいくつかの問題点がある。まず、岩盤に加わる一般的な動水勾配と比較して、著しく大きな動水勾配のもとでの試験となるため、試験体中の水の流れが乱流状態となることが挙げられる。次に、ごく微量な流量を測定しなければならないため計測精度の問題が生じる。更に、低い動水勾配のもとで試験を行うと流量が一層小さくなるため、より長時間を要することとなり、それにともなう種々の誤差が生じやすい。このような問題点に対処すべく、江崎ら(1991)¹⁾は、Olsen(1988)²⁾によって考案されたフローポンプ法を初めて岩石に適用した。これは、三軸圧縮容器を用いる方法であったが、今回は三軸容器を必要としないラジアルフロータイプの実験装置を試作し、難透水性岩の透水係数を求めることを試みる。

2. フローポンプ透水試験概説

このフローポンプ透水試験は、シリンダーの押し出し速度を超低速で制御できるアクチュエータによって、試験体の一端に一定速度で微量の水を注入し、これに起因して生じる試験体の両端の水頭差を高精度の差圧力変換器で測定するもので、その利点には次のようなものが挙げられる。(1) 直接に流量を測定する必要がなく、また計測値が迅速に得られるので、マノメータのメニスカスの影響や温度変化による誤差が防げる(2) 動水勾配が小さいので乱流が発生しにくい範囲で測定できる(3) 定水位法や変水位法では、計測のために必要な定常状態となるにはかなり時間がかかるが、フローポンプ法では比較的短時間で行える(4) フローポンプ法では、試験体両端の圧力差を高性能差圧力変換器を用いて出力し、連続的に観察できるため、非定常状態と定常状態を明確に区別できる、などである。

3. 実験概要

(1) 実験装置

Fig.1に実験装置の概略を示す。アクチュエータ部は、ギヤ比13,805分の1の低速ギヤを取り付けた超低速回転速度用ヘリカルギヤモータによって極めて微小かつ一定の速度でピストンを移動させ、単位時間当たりの吐出量を 1.72×10^{-5} (cc/sec)から、 5.16×10^{-4} (cc/sec)まで変化させることができる。従って高性能差圧力変換器の最小読み取り精度を2(mmH₂O)をすると、 $10^{-4} \sim 10^{-10}$ (cm/sec)程度のオーダーの透水係数を測定することが可能となる。

(2) 試験体

Fig.2に試験体を示す。実験材料としては、長崎県相浦産の均質な砂岩(飽和状態での圧縮強度366kgf/cm²、空隙率12.2%)を用い、中央に半径0.25cmの穴が貫通した肉厚の円筒形に整形し、上下面から水が漏れないようにアクリル板をエポキシで密着させた。また、あらかじめ飽和状態にするため試験体を真空ポンプで12時間脱気した。

(3) 実験方法

使用する水に溶解している空気および供試体設置時に供試体中空部および配管内の水中に侵入した気泡を除去するため、脱気装置を用いて一時間程度(気泡の上昇が全く見えなくなるまで)脱気を行う。その後、

脱気槽の空気圧を大気圧に戻し、差圧が一定になるのを確かめる。次にアクチュエータのピストンを前進させ、差圧が上昇した後やがて一定になるのを待ってピストンを停止する。差圧が下降し原点近傍で一定に至れば、今度は逆にピストンを後退させ以下同様に繰り返す。そして各過程で生じる差圧を連続的に測定する。

4. 実験結果および考察

Fig.3に実験結果を示す。水頭差が一定に至るのに要する時間とその水頭差はアクチュエータの正、逆回転でそれぞれ1054秒で160cmH₂Oと1460秒で170.0cmH₂Oであった。それぞれのピーク時の水頭差の平均をとって透水係数を求めると 2.75×10^{-8} (cm/sec)となった。また同一の試験体を用いて高圧で行う定水位透水試験を行った結果、透水係数の値は 1.05×10^{-8} (cm/sec)となり、これら2つの透水係数を比較すると、フローポンプ法の方が若干大きめの値になっている。これは、フローポンプ法の動水勾配のほうが高圧の定水位透水試験法の動水勾配よりも低く、乱流によるエネルギー損失が少ないためと推察される。

5. まとめ

前回の実験では如何にうまく配管内の空気抜きを行うかが重要であった。今回は、試験体の設置の際に進入する空気や水中に溶存している空気を脱気装置を用いて除去したため、アクチュエータのピストンのごく微量の移動速度にも水頭値が敏感に反応し、比較的短時間で正確なデータが得られた。もし実験に長時間を要するケースが出てくるならば、データ自体の収束を待たずに、非定常状態で透水係数を求める方法も考えられる。今後の課題としてはラジアルフロータイプの問題である試験体底面部と装置（アクリル板）の密着性など各部の止水、透水係数 10^{-10} (cm/sec)以下への挑戦、現場透水試験への応用が挙げられる。

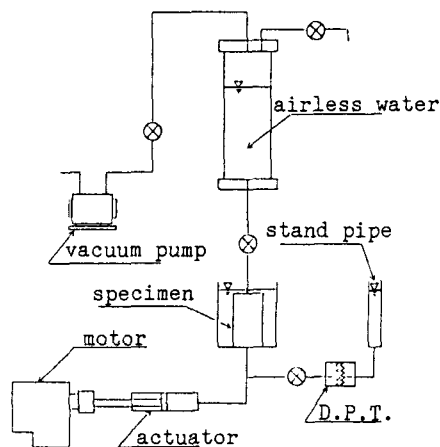


Fig.1 The test apparatus of the flow pump method (⊗ valve)

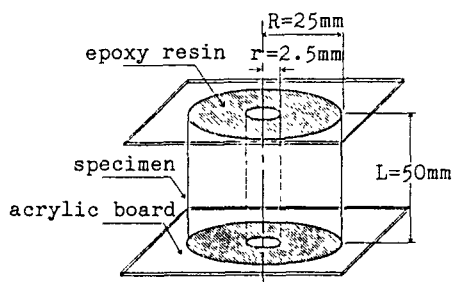


Fig.2 The specimen for radial flow permeability test

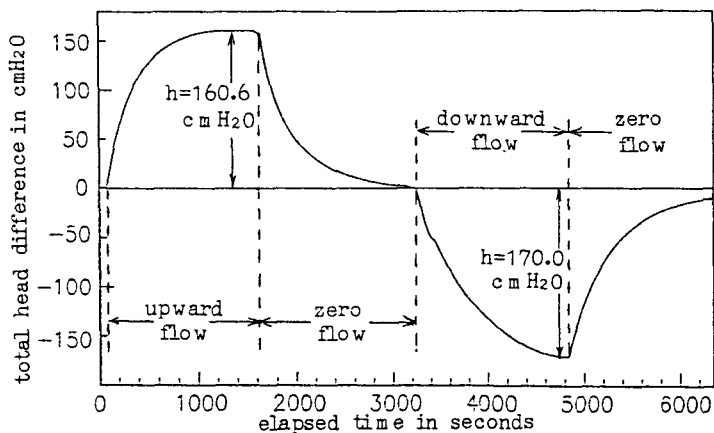


Fig.3 The time response curve of the head-difference values

参考文献

- 1) 江崎 哲郎・堂園 俊多: 難透水性岩石の新しい透水試験法, 土木学会第46回年次講演集, 3, 882-883 (1991)
- 2) Olsen, H.W., R.H. Morin and R.W. Nichols: Flow pump applications in triaxial testing. ASTM STP 977. R. Donaghe, R. Chancy and M. Silver (eds.) p.68-81 (1988)