

難透水性岩の透水試験の 問題点と新しい試み

九州大学工学部	学生会員	○堂園俊多
九州大学工学部	正会員	江崎哲郎
九州大学工学部		吉永安宏

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分や地下空間の開発利用において、岩盤内の地下水の挙動を正確に把握することは、設計、施工、将来予測、および環境工学的見地から見て極めて重要であり、従来から多くの検討が行われてきた。また、そういった検討の一つとして岩の透水性を求めるさまざまな方法が考えられてきた。しかし、透水係数は、動水勾配が大きいと、通常の岩盤内の状態と異なって乱流となることや、試験体内の空隙に遊離した粒子の移動による目づまりなどにより、小さめの値をとる傾向がある。一方、従来の方法で低い動水勾配を用いると、難透水性岩の場合、実験は長時間となり効率が悪いのみならず、種々の原因により誤差が生じやすい。本研究では、低い動水勾配で短時間で透水係数を計測できるフローポンプ法を考案し装置を試作した。そして難透水性岩の透水係数を求めることを試みた。

2. フローポンプ透水試験法概要

フローポンプ法は、Olsen(1988)によって考案された透水試験法であり、定水位法や変水位法が土などの比較的透水性の高い試験体に用いられるのに対し、難透水性の粘土を対象としたものである。通常の透水試験は、定水位または変水位で試験体の両端に動水勾配を与え、そのときの流量を測定することにより、ダルシーの法則にもとづいて透水係数を求める。これに対して、フローポンプ法は、一定速度でアクチュエーターから試験体の一端に微量の水を一定流量流入させ、そのときの試験体の両端部の水頭差を精度の高い差圧力変換器で測定し、定常状態になったときの水頭差を求め、透水係数を求めるものである。

三軸容器を用いる透水試験において、フローポンプ法が従来の方法と比較して有利である点を列挙すると、

(1) 直接に流量を測定する場合、毛細管のメニスカスの影響が生じ、また流速測定に要する時間が長いいため、温度変化にともなう試験機器の構成要素の膨張や収縮が生じる。これに加え、空隙中の溶液の変化によってもたらされるバクテリアの成長や構成要素の変質にともなう誤差も生じる。しかし、フローポンプ法は、直接に流量を測定する必要がないのでこれを避ける、もしくは、最小限にとどめることができる。

(2) 計測値が迅速に得られるので、(1)の時間が長くなるための誤差を避けることができる。また比較的動水勾配が小さい状態で実験が行われるため透水による目づまりが生じにくい。

(3) 他の方法では、流速の変化や、浸透に起因する透水性の変化により、いろいろな動水勾配が発生し、誤差が発生するが、フローポンプ法では、流速が一定のため、簡単に、その影響を最小限にとどめることができる。

(4) 計測のため必要な定常状態にするには、定水位法や変水位法では、かなり時間がかかるが、フローポンプ法ではこれが短時間ででき、かつ外的に生じた流れによって生じる水頭差を連続的に観察することが出来るため、試験体の非定常時の変遷過程における動水勾配と定常時のそれとを簡単に区分できる。¹⁾

3. 実験概要

(1) 実験装置および試験体

試作した実験装置をFig.1に示す。大別すると、周圧型の三軸圧縮容器、透水加圧装置およびフローポンプからなる。各装置は、おのおの独立して制御する。三軸容器の最大周圧は、1000(kgf/cm²)、透水加圧装置の最大圧力は、700(kgf/cm²)である。また、ギヤ比13,850分の1の減速ギヤを取り付けた超低速出力回転速度用ヘリカルギヤモーターが、極めて微速かつ一定速度でアクチュエーターを回転させる。アクチュエーターの

総吐出量は20(cc)である。モーターの回転数により流量を、 1.72×10^{-5} (cc/sec)から、 5.16×10^{-4} (cc/sec)まで変化させることが出来る。

実験材料としては 長崎県相浦産の均質な砂岩(圧縮強度829kgf/cm²,空隙率12.2%)を用い、飽和状態にするため真空ポンプで12時間脱気した。

(2) 実験方法

計測は、周圧で拘束された試験体に、上下に一定の水圧を加え、アクチュエーターから試験体の底部に一定の流量で水を流入出させ、試験体の上下端に生じる水頭差を高性能差圧力変換器(バリダイン社製 DP15)を用いて測定した。この差圧力変換器をXYレコーダーに接続して、生じた水頭差を連続的に観察した。

この実験では、配管の空気を十分に抜く必要がある。また、圧力の反応を敏感にするため、初期間隙圧が一定になるように十分な時間をおいた。

4. 実験結果および考察

Fig.2に実験例として得られた時間と差水頭値の関係を示す。Darcyの法則より透水係数が求まるが、本実験で得られた値は、同様の岩より作成された試験体を用いて定水位法によって得られた値

(1.16×10^{-8} (cm/sec))より2オーダー大きなものであった。試験体の断面積や長さは、定まった値であり水頭値もFig.2に示されるようにはっきりした定常状態が得られていることを考えると、フローポンプで吐出させた流量が、水の中に含まれる空気の影響により試験体中に2オーダー低い量しか流入していないものと考えられる。ここで、管内の水の圧縮率、流入量、圧力の関係を実験の前後で測定した結果、管内の水の圧縮率は従来の値より小さく($\alpha = 1.25 \times 10^{-3}$ (cm²/kgf))得られた。そこで、試験体内に流入した水の流量を補正して再度Darcyの法則に代入した結果、透水係数は、 1.17×10^{-7} (cm/sec)と評価された。

5. まとめ

本実験では、管の中に残っていたり、水の中に溶けている空気の影響を考慮して上記のように考えた。しかし実験に使用する水を脱気水にしたり、初期間隙圧を上げるなど、実験前に配管の空気抜きをいかにうまく行うかが、今後の課題であろう。

参考文献 1) 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.

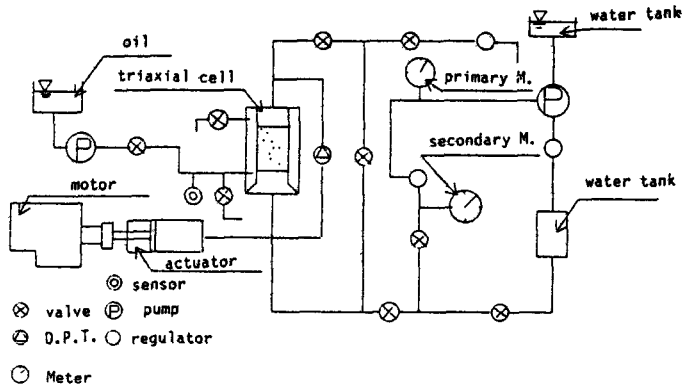


Fig.1 The test apparatus of the flow pump method

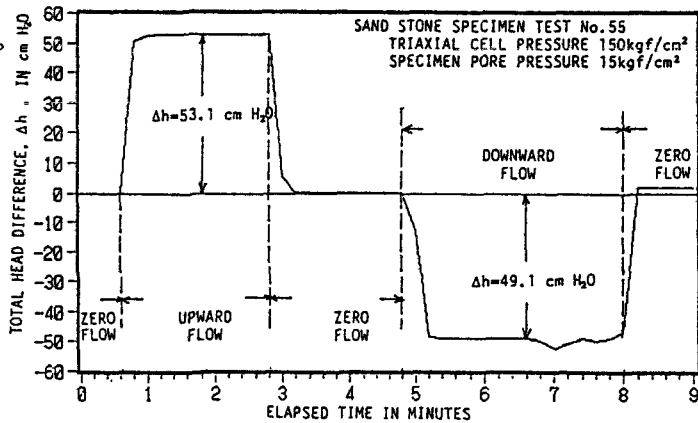


Fig.2 The time response curve of the head-difference values