

III-430 難透水性岩石の新しい透水試験法

九州大学工学部	学生会員	堂菌俊多
九州大学工学部	正会員	江崎哲郎

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、建設および環境工学的見地から見て極めて重要である。その検討の一つとして岩の透水性を求める様々な方法が考案されてきた。またその中でも難透水性の透水試験は特殊な方法が必要となる。

難透水性と言われる透水係数が $10^{-7} \sim 10^{-9}$ (cm/sec)の範囲においては三軸容器を用いた定水位法を用いることが多いが、この方法にはいくつかの問題点がある。まず一般に通常の岩盤内の水の流れと異なって供試体に与える動水勾配が非常に大きなものとなり、乱流状態となることが挙げられる。次に、流量が微量であれば測定精度に問題があり、また試験に長時間を要することとなり、それにとまなう種々の誤差が生じやすいことが挙げられる。また、現在のところまだ確立された方法ではないが、 10^{-12} (cm/sec)程度の透水係数まで測定が可能とされるトランジェントパルス法がある。しかしこの方法は、まず試験体内の空隙容積と透水加圧容器の容積の関係が適当でないという問題がある。また試験体に比較的高い動水勾配を与えなければならない点は、同様に望ましくない。

本研究では、難透水性の粘土を対象として考案された、低い動水勾配のもとで短時間で透水係数を計測できるフローポンプ法を、初めて難透水性岩に適用した。そしてそ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、実験上の問題点をまとめた。

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、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、極めて小さな一定速度でアクチュエータから試験体の一端に水を流し入れ、これに起因して生じる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、定常状態に至ったときの水頭差によって透水係数を求めるものである。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、また測定が長時間に及ぶため、温度変化にとまなう試験機器の構成要素の膨張や収縮が生じる。しかし、フローポンプ法では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、こういった影響を最小限にとどめることができる(2)動水勾配が小さい状態で透水試験が行われるため乱流が発生しにくく、実際の地下水流に近い状態での透水係数が測定できる

(3)定水位法や変水位法では、透水試験を開始して定常状態に至るまでかなりの時間を要するが、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、試験体両端部の差圧を高性能差圧変換器を用いて出力し、連続的に観察できるため、非定常時と定常時の圧力差を明確に区別できる(5)一定速度で試験体に水を押し込む状態、アクチュエータを停止させた状態、および試験体から水を引き抜く状態、この3つを繰り返すことによって生じる各段階の水頭差曲線により精度の高い計測値が得られる、などである。¹⁾

3. 実験概要

(1) 実験装置の設計

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、および回転ねじ式のアクチュエータとそのモータからなる。各装置はおのおの独立して制御することができる。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。またアクチュエータ部においては、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が、極めて微速かつ一

定速度でアクチュエータのピストンを移動させる。なお、アクチュエータの総吐出量は20(cc)であり、時間当たり吐出水量を 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。従って高性能差圧変換器(Validyne社製 DP15)の最小読み取り精度を2(mmH₂O)とすると、 $10^{-5} \sim 10^{-11}$ (cm/sec) 程度のオーダーの透水係数を測定できることになる。

(2) 実験方法の検討

まず、周圧で拘束された試験体の上下端に、一定の水圧(約15(kgf/cm²))を加え、初期間隙圧が一定になるように十分な時間をおく。その後試験体の底部に通じたアクチュエータのピストンを前進させ、差圧が一定になるのを待ってピストンを停止し、さらに差圧が一定に至ればピストンを後退させる、各過程で試験体の上下端に生じる水頭差を測定し連続的に観察する。

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。実験材料としては長崎県相浦産の均質な砂岩(圧縮強度829(kgf/cm²), 空隙率12.2%)を用い、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。Fig.2の結果を用いて解析を行った結果、得られた透水係数の値は 2.47×10^{-8} (cm/sec)であった。同一の試験体を用いて先に述べた定水位法によって得られた透水係数の値は 1.05×10^{-8} (cm/sec)であった。後者が若干大きめの値となったことは、前者の約1000分の1の動水勾配のもとで後者の試験が行われたため、試験体内の水の流れがより層流状態に近づいたのではないと思われる。

5. まとめ

本実験では、管内に残存する空気の体積を小さくするため、十分な時間をかけて高い初期間隙圧を加えた。この結果アクチュエータのピストンのごく微量の移動速度にも試験体両端の水頭値が敏感に反応し、短時間で正確なデータが得られ、かつ低い動水勾配のもとで実験を行うことができた。しかし、透水係数の決定に際しては解析が必要となり、Darcy則に代入するだけで透水係数が求まる従来のものより複雑な処理を要する。今後の課題としては、実験前の配管の空気抜きの問題と、差圧のデータを用いての非定常解析方法の確立が挙げられる。

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)

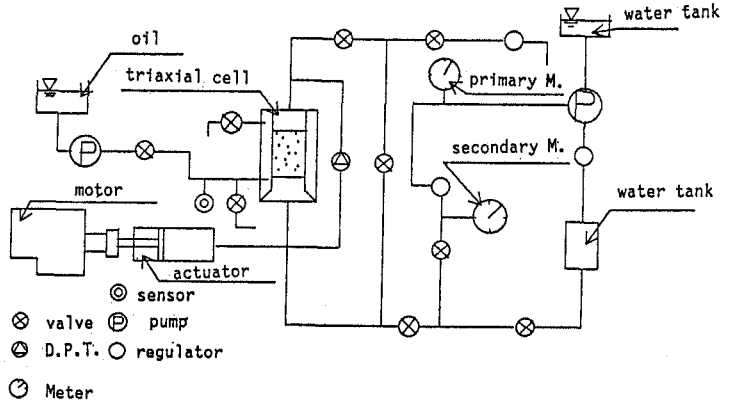


Fig.1 The test apparatus of the flow pump method

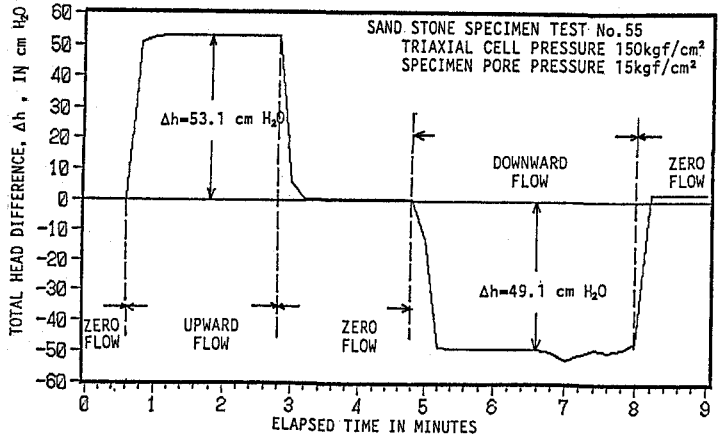


Fig.2 The time response curve of the head-difference values