

岩盤の透水性を推し量るのに最も便利なパラメーターは透水係数である。透水係数を求めることにより、地下水の動きを知り、浸透の形態、水圧分布、流量等を決定する事ができる。岩盤と工では地質条件が極めて異なるが、一般に行なわれている透水試験とその解釈の手法はそれほど差はない。透水係数を算出するに、地盤は等方かつ均質であるという仮定が設けられるのが常であるが、そのような仮定は岩盤、特にジョイント、割れ目 (fissure, fracture) あるいは層理面などの不連続面を含む岩盤には適用できないことがある。すなわち岩盤の場合、連続体として浸透流解析を行うには不都合なことが多い。通常、不連続性岩盤の透水係数は岩石のものより数オーダー大きい。したがって、不連続性岩盤の透水特性を調べるための基本的な方法として、単一割れ目あるいは割れ目システムを通る流体の特性を知る必要が生じる。

独立した1個の割れ目内の流れをモデル化したものとして最も簡単なものは、2枚の平行板の間を流れる非圧縮性粘性流体の理論を用いたものである。平行板の間を流れる層流を表現するには、

$$v = \frac{\gamma_w}{12 \mu_w} d^2 i \quad (1)$$

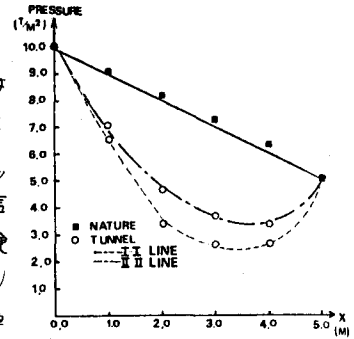
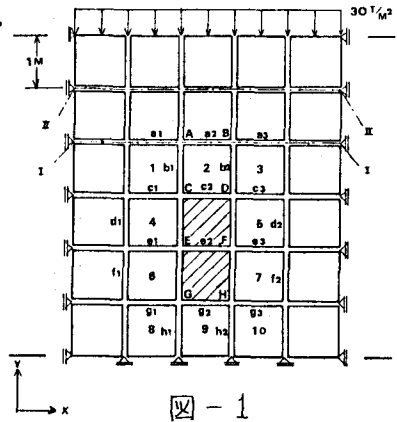
が利用される。ここに、 $v$ は流速、 $\mu_w$ は水の動粘性係数、 $d$ は板の間隔、 $i$ は導水勾配である。実際の割れ目は表面が粗く、乱流等の影響もあるため、式(1)を等価 (equivalent) という概念で Darcy の法則と対応させて、割れ目又はジョイント内の流れに適用する。

$$v = k_j i \quad (2a) \quad k_j = \frac{\gamma_w}{12 \mu_w} e^2 \quad (2b)$$

ここに、 $e$ は等価平行板間隔である。

管理の流れとしても、割れ目内の流れとしても、1本だけの場合の解析は比較的容易であるが、2本以上のものが組み合わさるシステムを形成すると理論的考察は極めて困難になる。割れ目システムの場合には、割れ目の交差、方向の影響、乱流、応力状態、異方性などを検討しなければならぬは言うまでもない。こうした問題に対処する方法としてまず考えられるのが実験である。3次元問題も含めて実験の結果はいくつか発表されてあり、現在も新しい考えを盛り込んで実験が継続されている。これに対し、最近では有限要素法を中心とした数値解析が盛んに行なわれるようになってきたが、その1例を図1に示す。図1は水で飽和されている不連続性岩盤のモデルで斜線部をトンネルとして掘削する。初期条件として図の左側の水圧を10<sup>6</sup>Pa、右側を5<sup>6</sup>Paに定めた。図2には図1のI-I線、II-II線に沿う水圧の変化の状態を示す。水圧の変動とともにジョイントの開口幅が変化し、トンネルに接した点でのジョイントからの湧水も急激な変化が起こる。このような数値解析手法はますます進歩してきており、ダム、基礎岩盤の挙動解析、トンネル湧水の検討、地震を引き起こすこととみられる断層の解析などに適用可能とされている。

実際の問題、特に構造物の設計に関しては主として連続性解析による浸透流の挙動が求められる。その理由は、割れ目の透水性を求めるのが困難なこと、複雑な割れ目システムをどのようにモデル化するかが不明であることなどによる。しかし、対象となる構造物や岩盤の大きさに比較して平均的な割れ目の間隔 (spacing) が大きい場合



には、連続性解析は不適当であると言える。Wilson (1970)によると、モデルの境界を規定する値の最小のもの(例えば、ダム底面幅、岩盤斜面の高さなど)に対して割れ目の最大間隔が1/50より大きいときは不連続性解析が必要と述べており、また Maini (1972)は割れ目の平均間隔が最小の境界値の1/20以上の場合は連続性解析は適切でないと結論づけている(図3参照)。

岩盤の透水性は原位置試験あるいは特別にセッとした室内実験により決定される。現場での試験法としては注入試験、揚水試験、トレーサー追跡法による試験などが考えられている。実験室内で岩盤の透水性を求めるときは岩盤の特性を表現

しうみに十分大きな試料が使用されるわけには行かないが、実際には個々の割れ目の透水性を調査することに終わることが多い。このような実験結果の解釈には平行板モデルによる理論解が使われる。その場合割れ目の開口幅(fissure aperture)、割れ目の表面粗さ、割れ目間隔などの地質定数は現場で測定されたものを用いる。そこで、本報告では、より精度よく岩盤透水性を定まるには従来の原位置試験をどのように改良し、また利用可能かよいかについて考察する。

上記の原位置試験はそれぞれ利点、欠点を持っているが、積極的にかつ能動的に岩盤透水性を求められる方法という意味で、注入試験を推奨する。注入試験(water pressure test, 水圧試験)は器械、手順などに未だ多くの問題点を有するが、簡単で迅速であること、パッカーを使用し特定区間の測定が可能なこと、地下水面より上の部分でもデータが得られることなどのため利用範囲が広い。ただし従来からのルジオン試験は試験条件、測定条件が不明瞭であるため、2重パッカーを最上限使用するべきである。

図4に岩盤の割れ目が水平に存在する場合の理想的な例を示すが、パッカーの位置を変えることにより特定の割れ目や区間全体の岩盤の透水性を推定することができる。また既存のボーリング孔に間抜き水圧計を設置すれば、水圧分布、流速等の測定も容易となる。従来のように漫然と規定に従って注入試験をするのではなく、後に幅広い解析が可能になるようにあらかじめ測定地点を設定して試験を行えば、ボーリング孔内の検査と同じ思想でデータの収集ができる。データの解釈の方法については未だ十分でないことが多いので別の機会に譲るとして、図5にダムサイトのトンネル部分で岩盤の透水性を求めようとする区間を定め測定を行なったときの例を示す(Louis, 1972)。この場合は3重のパッカーを用い、主なる流れが求められるべき所定方向を向くように設計されており、岩盤の異方的な透水性の把握に大きな威力を果した。これも、揚水試験のような受動的に透水性を定める方法から転じて、水を制御しながら岩盤を積極的に調査しようとして成功した例である。

参考 Wilson & Witherspoon (1970): Geotechnical Report No. 170-6, Univ. of Calif., Berkeley.  
文献 Maini (1972): Ph. D. Thesis, Imperial College, Univ. of London  
Louis & Perrot (1972): ISRM Symposium on Percolation Through Fissured Rock, Stuttgart

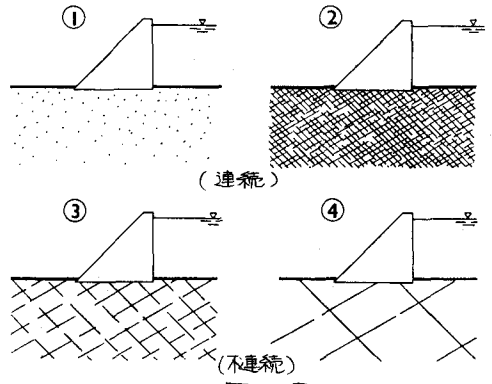


図-3

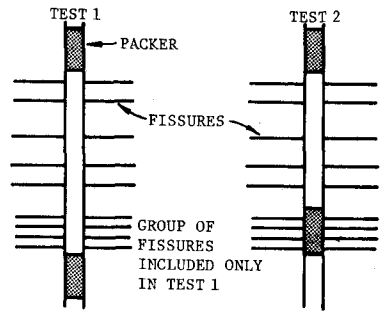


図-4

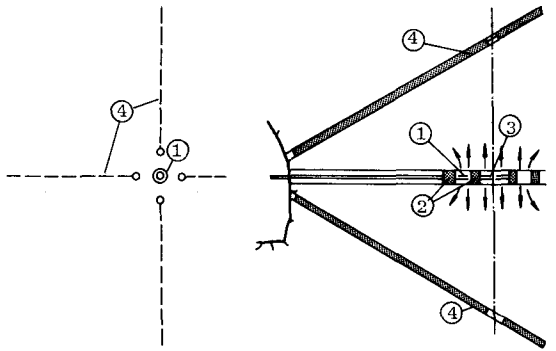


図-5

- ① 外側の注入部
- ② 閉塞部
- ③ 中心の注入部と水圧測定部
- ④ 間隙水圧測定孔