

III-A 316 トランジェント・パルス法による花崗岩の透水試験

基礎地盤コンサルタンツ（株） 正会員 市川 智 宏
 同 上 薛 自 求
 同 上 正会員 松村 真一郎
 同 上 正会員 西垣 好 彦

1. まえがき

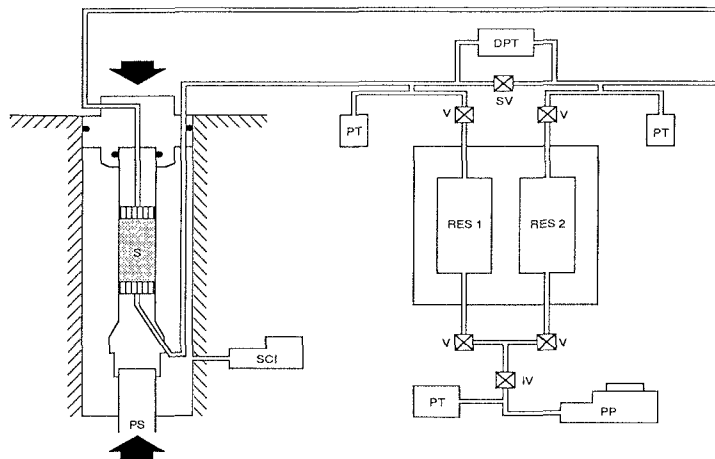
トランジェント・パルス法¹⁾は従来の定水位法や変水位法のように試料を透過した水量を測定するのではなく、試料両端の圧力差を測定することにより透水係数を求める方法である。そのため透過流量が極めて微量である難透水性の硬岩に多く適用されてきた。今回、亀裂性の硬岩から軟岩まで適用可能な測定システムを開発し、検証として、風化花崗岩の透水係数を求めた。

2. 試験装置の概要

図-1に試験システムの構成図を示す。従来のシステムと異なる点は、試料に差応力および間隙水圧を負荷できるように、圧力容器を三軸セルタイプにした点である。等方圧の負荷により試料両端面と載荷ピストンが離れることなく追従するように、ピストンを側圧キャンセル型の構造にしている。差応力を加える場合は、等方圧密後、所定の軸荷重を与えればよい。等方圧密時は両面排水が可能であり、圧密終了後は透水試験のための圧力系に切り替えられる構造にした。また、従来の定水位、変水位法による透水試験も可能である。表-1にシステムの仕様を示す。

表-1 システム仕様

項目	内容
トランジェント・パルス法	10 ⁻⁶ ~10 ⁻¹² cm/sec
定水位・変水位法	10 ⁻² ~10 ⁻⁶ cm/sec
拘束圧の負荷範囲	0~700kgf/cm ²
間隙水圧の負荷範囲	0~200 kgf/cm ²
軸圧の負荷範囲	0~20 tonf
岩石試料の寸法（円柱）	φ 30 x h60mm φ 50 x h100mm



PP:間隙水圧用ポンプ RES1:貯留槽1 RES2:貯留槽2 PT:圧力変換器 DPT:差圧変換器 ST:セパレートバルブ
 IV:隔離バルブ V:バルブ S:円柱試料 PS:軸圧負荷用ピストン SCI:拘束圧発生装置

図-1 透水試験システムの構成

3. 検証実験

用いた花崗岩の基本物性は表-2に示すように指圧で潰れる程度に風化している。試料は压力容器内で通水飽和したのち、拘束圧を段階的に等方圧密し、各圧力段階で透水試験を実施した。なお、透水試験時には試料両端面で測定した間隙水圧の差 (P_1-P_2 ; 以後差圧と呼ぶ) がゼロであることを圧力センサーで確認している。また試料の飽和度を上げるため、バックプレッシャーは 5kgf/cm^2 負荷している。

図-2は各圧力段階での圧力パルスを与えたのちの差圧の経時変化である。時間の経過につれて差圧は徐々に小さくなり、その傾向は有効拘束圧が大きいほど小さくなる。

図-3は図-2を片対数表示したものであり、圧密圧力が高いほど直線勾配は緩く、透水性が低下する傾向がわかる。図-4は図-3の直線勾配から求めた透水係数を有効拘束圧に対してプロットしたものである。透水係数は有効拘束圧 $2\sim 30\text{kgf/cm}^2$ の増加で $1.4 \times 10^{-7}\text{cm/sec}$ から $1.2 \times 10^{-8}\text{cm/sec}$ に減少する。これは等方圧密により水の通路となる間隙が狭くなったことを示唆している。

4. まとめ

差応力および間隙水圧を負荷できるトランジェント・パルス法による透水試験システムを開発した。検証実験を行ったところ、風化花崗岩の透水係数をうまく測定することができた。今後は、実際の現場と同様の応力条件を試料に与えた透水試験を行い、原位置透水試験結果との対比を行う予定である。

参考文献

1)Brace, et al.:Permeability of Granite Under High Pressure, J. Geophy. Res. Vol.73, pp.2225-2236, 1968

表-2 花崗岩の基本物性

基本物性値	
自然密度 (g/cm^3)	2.36
間隙率 (%)	15.7
超音波伝播速度 V_p (km/sec)	0.93
V_s (km/sec)	0.64
圧縮強度 (kgf/cm^2)	5.5

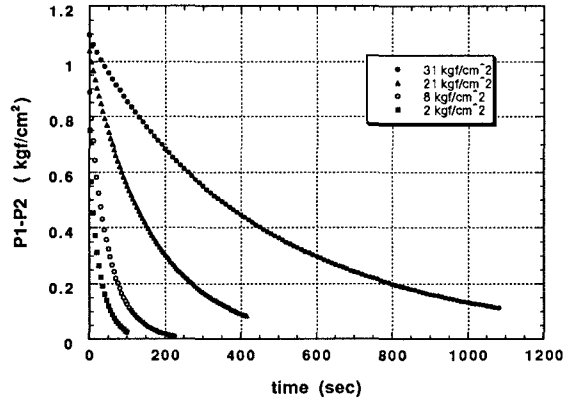


図-2 差圧の経時変化

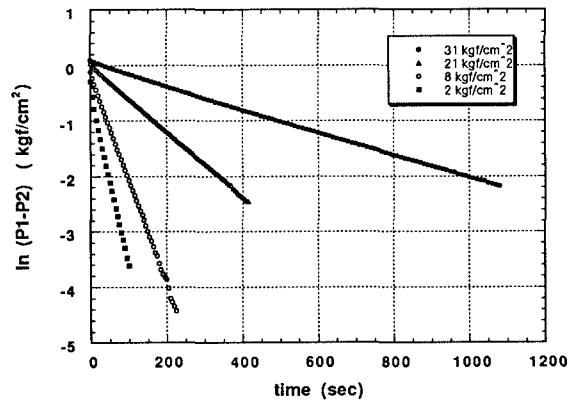


図-3 差圧の経時変化（片対数表示）

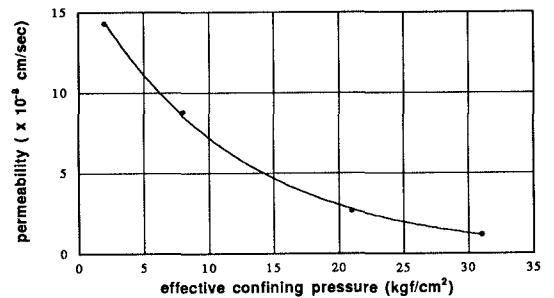


図-4 透水係数と有効拘束圧の関係