

III-347

吸引式透気試験結果と透水試験結果の比較について

関西電力 ○ 正員 吉田 次男
正員 打田 靖夫
関電興業 安原 敏夫

1. まえがき

地下発電所やトンネル等の地下空洞を安全で経済的に施工するためには、岩盤のゆるみ領域を適切に評価する事が重要であり、簡便で信頼性の高い評価手法の確立が望まれる。そこで、岩盤ゆるみ領域を評価する一手法として吸引式透気試験装置を試作し、現地実証試験を行った¹⁾。さらに、当試験装置を用いて透水試験も行い両者の試験結果の比較を行ったので報告する。

2. 試験の概要

現地試験を実施した地点の地質は流紋岩質凝灰岩、および粘板岩である。今回試作した透気試験装置は、透水試験にも対応できるので、地下水面より上部で透気試験を行い、地下水面より下部で透水試験を行った。試験は、3本のボーリング孔(φ66mm, ℓ=25m)で行い、試験結果の検討を行うためにボアホールテレビによる孔内観察も併せて行った。

吸引式透気試験は、図1に示すとおりボーリング孔内にダブルバッカーで測定区間(25cm)を設定し、この区間の空気を真空ポンプにより排除することで試験を行う。測定区間の圧力や吸引透気量は、周辺岩盤の透気性に応じた値で定常状態になる。この時の真空圧力、吸引透気量を用いて透気係数を求める手法は定常法と呼ばれ、以下の計算により透気係数 k (ミダ/ルシ-)を求める²⁾。

$$k = \frac{\mu P_e Q}{2\pi(P_e^2 - P_w^2)} \left\{ \frac{1}{\gamma w e} - \frac{1}{\gamma w e^2 + 4H^2} \right\}$$

μ : 空気の粘性係数(cP) P_e : 外気圧

P_w : 定常状態での気圧 Q : 定常状態での流量(cc/s)

$\gamma w e$: 圧力等価半径(cm) H : 測定深さ(cm)

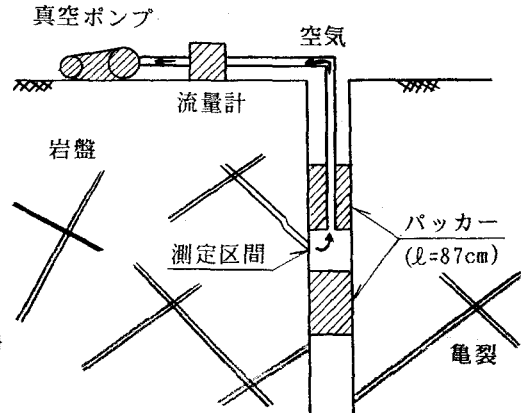


図1. 吸引式透気試験の概要

透水試験についても、バッカーは透気試験と同じ装置を用いて行った。注水圧力は原則的に1 kgf/cm²とし注水圧力がそれに達しない試験区間においては、注水量を9 ℓ/min前後に調整し、そのときの注水圧力を計測するようにして試験を行った。透水係数の計算は、以下の式を用いて行った。

$$k_w = \frac{Q}{2\pi \ell H} \sinh^{-1} \frac{\ell}{2r} \quad \begin{matrix} Q: \text{注水量}(\text{cm}^3/\text{s}) & H: \text{注水圧力}(\text{cm}) \\ \ell: \text{試験区間の長さ}(\text{cm}) & r: \text{試験孔の半径}(\text{cm}) \end{matrix}$$

3. 試験結果の考察

図2、図3は、流紋岩質凝灰岩における亀裂開口幅と透気、透水係数の関係を示したものである。横軸に測定区間の最大亀裂開口幅の3乗をとり、縦軸に透気、透水係数をとってある。

亀裂開口幅が大きくなると透気、透水係数ともに大きくなる特性は、共通しているものの、亀裂開口幅が小さい場合に両者に特性の違いがある。透気係数は、亀裂開口幅が1 mm未満の区間でもそれほど小さくならないのに対して、透水係数は、亀裂開口幅が小さい場合には極端に小さい値を示す場合がある。これは、透水試験では、注水圧力が一定であるのに対して、吸引式透気試験では真空圧力は、岩盤の透気性に依存し、透気性の悪い区間では真空圧力が高くなること、および水と空気の粘性の違いによるものと考えられる。

透気係数については、開口幅1 mm以上の亀裂において、概略的に、透気係数 $k=0.01 \times (\text{亀裂開口幅})^3$ の関係があるので、1 ミダ/ルシ=9.65×10⁻⁷ cm/sの関係を用いて透水係数との比較を行うと、透気係数と亀裂開

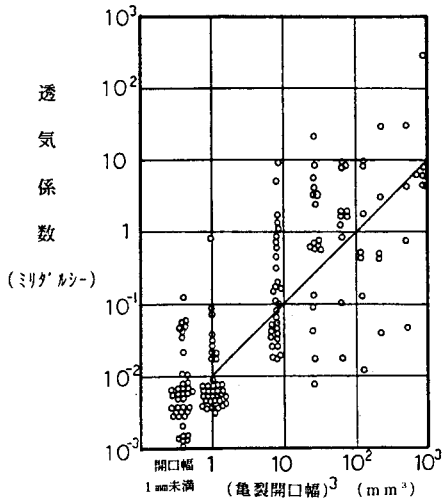


図2. 透気係数と亀裂開口幅の関係

口幅の関係は図3の実線となる。透気係数と透水係数は、同一開口幅を有する亀裂に対して1000倍程度の違いがある。今後、透気係数と透水係数の換算手法の検討が必要である。

図4、5に、透気、透水試験の亀裂開口幅とボーリング孔近傍のレイノルズ数を示す。レイノルズ数は、以下の式による。

$$Re = \frac{v \times t / 2}{\nu}$$

ν : 動粘性係数 (cm^2/s)
 v : 流速 (cm/s)
 t : 亀裂開口幅 (cm)

別に行った室内透水試験によるとレイノルズ数が5~15程度でダルシーの法則が成立しなくなり乱流となった。この層流から乱流の遷移領域も図5に示してある。透水試験の場合、亀裂開口幅が小さいと、レイノルズ数が小さく層流となり、亀裂開口幅が大きくと、レイノルズ数が大きくなり乱流となる。乱流の場合、水が亀裂を流れる際のエネルギーの損失が大きくなり透水性を過小評価する可能性がある³⁾。

これに対して、吸引式透気試験では、亀裂開口幅の違いによるレイノルズ数の変化は小さく、亀裂開口幅によらず流れの状態はほぼ同一であり、精度の高い試験が期待できる。これは、吸引式透気試験の場合、岩盤の透気特性により測定区間の真空圧力が変化し、透水試験に比べて亀裂開口幅の違いによる流速の違いが小さいためである。

（参考文献）

- 1) 吉田、打田、安原：吸引式透気試験法の節理性岩盤への適用性、平成6年度土木学会関西支部年次学術講演会、1994
- 2) 中山、川谷、山中：真空透気試験データ解析について、神戸大学土地造成工学研究施設報告、1991
- 3) 角江、久保田、萩原：亀裂性岩盤における透水試験結果の評価について、第25回岩盤力学シンポジウム、1993

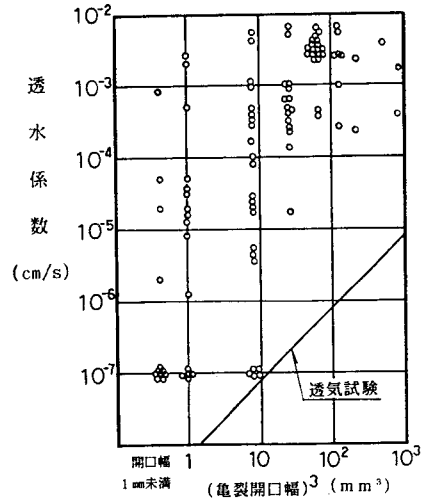


図3. 透水係数と亀裂開口幅の関係

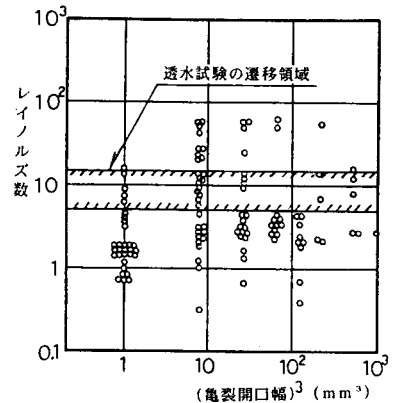


図4. 透気試験のレイノルズ数と亀裂開口幅の関係

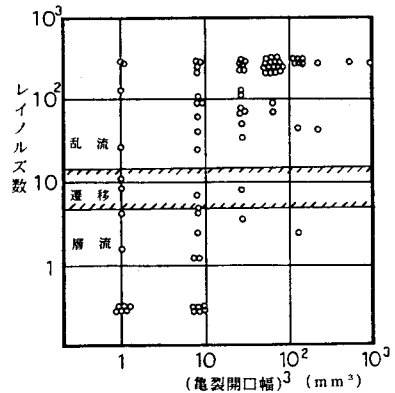


図5. 透水試験のレイノルズ数と亀裂開口幅の関係