

Ⅲ-A266 片麻岩の割れ目の気密特性に関する室内試験の結果について

(財)電力中央研究所 正○池川洋二郎

〃 正 中川加明一郎

武蔵野土質調査(株) 正 小中真一

1. はじめに

日本の地盤では自然の地下水圧を用いて地下空洞に圧縮空気を封じる自然水封¹⁾が、経済的であるとして研究が進められている。さらに立地地点により異なる地盤や地下水の状況に対応するには、自然水封を基本にして、地下水で飽和された岩盤の気密性能を評価する必要がある。ここでは割れ目のある片麻岩の気密特性を室内実験により調べたので結果と考察について記述する。

2. 実験概要

ここで用いた供試体は岐阜県神岡鉱山の片麻岩で電中研式岩盤等級でB級に分類される堅硬な岩である。一軸圧縮強度は100MPa以上、供試体サイズは直径5cm, 高さ10cmの円柱供試体である。②-1 供試体は、ボーリング削孔時に生じたと思われる、コア軸に方向の縦割れ目を持つ。この割れ目にはせん断や分裂はなく開口のみが認められる。②-3 供試体はインタクトで割れ目が無い。同地点で採取した他の片麻岩についても気密特性を調べたが、用いた実験装置の測定能力以下のため、気密特性を調べることができなかった。ここでは水で飽和した材料の空気の透過特性を気密特性と呼ぶこととする。従って、②-1 と②-3 のみが、気密特性が分かった供試体であった。また、共に石英脈を含む。

供試体をセル圧0.49MPa(5kgf/cm²)で三軸セルにセットした後、供試体の下端から空気を浸透させ上端からの浸透を計測した。供試体下端の透過圧は図-2(b)のように60分毎に多段階昇圧させ、上端は大気圧開放した。実験室内の温度は約20℃であった。

まず、割れ目に作用する垂直応力が透過性に与える影響を検討するために②-1 供試体を60℃乾燥させ、透過圧を一定(98.1kPa)のまま側圧を変化させる透気試験と、側圧一定(490.5kPa)で透過圧を変化させる透気試験を行った。次に、②-1 と②-3 供試体の気密試験を行い、②-1 供試体については3回繰返しを行った。供試体のセット時は真空脱気で飽和させ、繰返し実験時は供試体を試験装置にセットしたまま二酸化炭素(CO₂)の通気と脱気水の通水により飽和した。

材料の透過性能は等温状態の定常一次元流れの定常解²⁾である(1)式から求まる固有透過係数K(intrinsic permeability)により、評価を行う。

$$K = \frac{2Q_g \mu_g P_a}{A} \frac{l}{P_0^2 - P_l^2} \quad (1)$$

ここで、 Q_g ：大気圧下での透過速度、 P_a ：大気圧、 l ：試料の長さ、 A ：試料の断面積、 P_0, P_l ：供試体下端と上端の圧力、 μ_g ：粘性係数である。圧力は絶対圧である。

3. 結果

図-1は②-1 供試体の中の縦割れ目の垂直応力(=側圧)と固有透過係数の関係を示す。(1)式で求められる固有透過係数の平均値は $6.25 \times 10^{-18}(\text{m}^2)$ で、透水係数に換算すると $3.36 \times 10^{-9}(\text{cm/sec})$ である。また固有透過係数は対数値で1%程小さくなっている。

気密試験の結果を図-2と図-3に示す。図-2(a)は割れ目のある②-1 供試体に対して行った3回の繰返し気密試験時の経過時間と浸透速度の関係を示す。この時の透過圧の変化を(b)図に示す。また、図-3には(1)式の透過の勾配である $P_0^2 - P_l^2$ と各昇圧段階での得

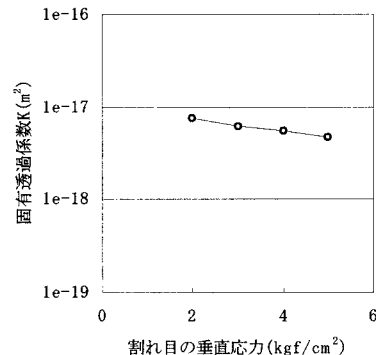


図-1 片麻岩の割れ目の垂直応力と固有透過係数の関係

キーワード：透気試験、透水試験、気密特性、室内試験、空気

〒270-1194 我孫子市我孫子1646 Tel. 0471-82-1181 Fax. 0471-84-2941 EM: ikegawa@criepi.denken.or.jp

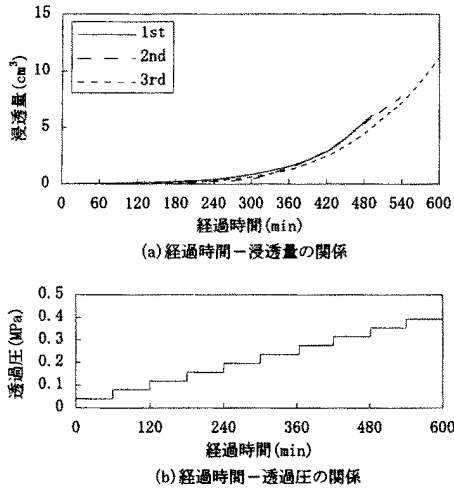


図-2 気密試験時の透過圧と浸透量の変化

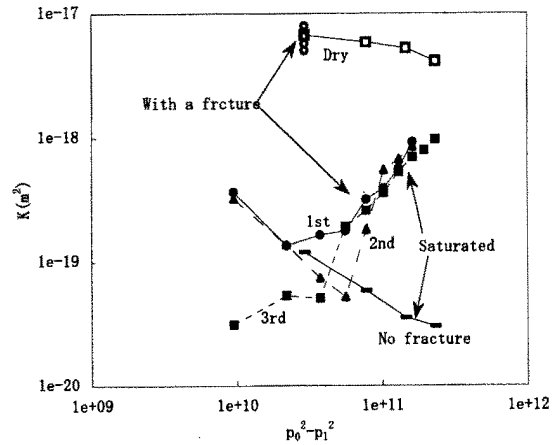


図-3 $P_0^2 - P_1^2$ と K の関係

られる固有透過係数 K の関係を示す。○と□の白抜きデータの②-1の透気試験の結果で、○は側圧を変化させた結果、□は透過圧を変化させた結果である。●▲■は②-1の気密試験の結果である。ここで1stと記す●は真空脱気により飽和した最初のデータで、2nd、3rdと記す▲、■のデータは CO_2 の通気と通水により飽和させた気密試験時の結果である。また、一の横棒で示すデータは、真空脱気により飽和した割れ目の無い片麻岩②-3の気密試験結果である。

4. 考察とまとめ

図-1と図-3から割れ目の垂直応力や透過圧を大きくすると、固有透過係数が小さくなる傾向があるものの、気密試験の結果を大きく支配していないと思われる。ここで固有透過係数から計算される透水量を、平行平板(parallel plate)流れモデルから得られる3乗則(cubic law)を適用すると、得られる水理的開口幅は0.40mmである。

図-2(a)が示すように②-1の気密試験の繰返しでは、同様の浸透特性が見られる。これは飽和することにより気密特性がある程度の再現できることを示すと思われる。

図-3を見ると割れ目を飽和すると固有透過係数が1オーダー以上小さくなっており、吹付けコンクリート²⁾の場合と同じ傾向を示す。これは供試体中の気液界面で生じる表面張力が、浸透に対する抵抗力として働くためと考えられる。これは間隙サイズの分布を求める水銀圧入法の原理や、帯水層のキャップロックである泥質岩が示す毛管圧現象と同様と思われる。②-1の気密試験の繰返しにより固有透過係数が小さくなるが、飽和時の通水による目詰まりの影響と考えられる。また、透過圧を上げて行くと、透過係数が一度小さくなってから、透気試験で得られた固有透過係数に近づく傾向がある。これは表面張力による抵抗力が支配的になるが、徐々に割れ目内の排水が進行して透気経路が確保され、経路断面が大きくなっていく状況を示すものと思われる。

以上より、圧縮空気の水封条件は地下水圧 $\geq$ 空気圧とされるが、空気圧が地下水圧より大きくなった場合でもある程度の開口幅を持つ割れ目は、水で飽和させることにより気密性を発揮する可能性があることが分かった。

参考文献

- 1) 中川他：CAES-G/T発電のための硬岩地下空洞の圧縮空気貯蔵機能評価，電中研研究報告，U91058，1992. 3
- 2) 池川，中川：水封式圧縮空気貯蔵における空洞周囲の間隙水圧分布について，西日本岩盤工学シンポ，pp. 109-112，1998. 7