

亀裂交差部に沿った方向の透水特性の評価

検査開発株式会社

正会員 ○鐵 桂一

核燃料サイクル開発機構

澤田 淳

核燃料サイクル開発機構

内田 雅大

1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全評価で実施される天然バリア中の核種移行解析においては、対象となる地質媒体の特性を適切に取り扱うことが重要となる。花崗岩などの亀裂性岩盤を対象とした場合の核種移行解析には、個々の亀裂を均質な平行平板や一次元チャンネルで近似したモデルが一般的に用いられる。しかしながら実際には、1)巨視的には岩盤中の移行経路として亀裂のネットワーク構造の不均質性が、2)微視的には亀裂表面形状、充填物、他の亀裂との相互作用（亀裂の分岐や交差等）に起因する亀裂内空隙構造の不均質性が、地下水の流れや核種の移行現象に影響を与えることとなる。したがって、上記モデルに代表されるような核種移行解析モデルの妥当性や信頼性を示すためには、上記1)や2)が地下水の流れや核種の移行現象に与える影響を把握する必要がある。本研究では、上記2)のうち亀裂交差部に沿った方向の透水特性の把握を目的として大型の岩体を用いた室内実験を実施し、亀裂交差部に沿った方向とそれ以外の亀裂部との透水特性を比較検討した。

2. 試験内容

対象とした岩体試料は釜石原位置試験場から採取された¹⁾天然の亀裂を含む縦50cm×横50cm×高47cmの花崗岩である²⁾。図-1に岩体試料の表面で観察される亀裂の様子を示す。図-1の中央は岩体試料の上面であり、岩体試料の下面は亀裂が存在しないため表記しない。亀裂の観察結果より岩体試料の主要な亀裂は2枚で構成されており、岩体のほぼ中央の水平方向の亀裂（下部亀裂）と、それから分岐した亀裂（上部亀裂）である。また亀裂交差部は、E面、S面それぞれの亀裂分岐点を通る線と推定した。

岩体試料の各面にはそれぞれ図-2に示すように6×6個に区切った注排水セルを設け、これらの区間を任意に

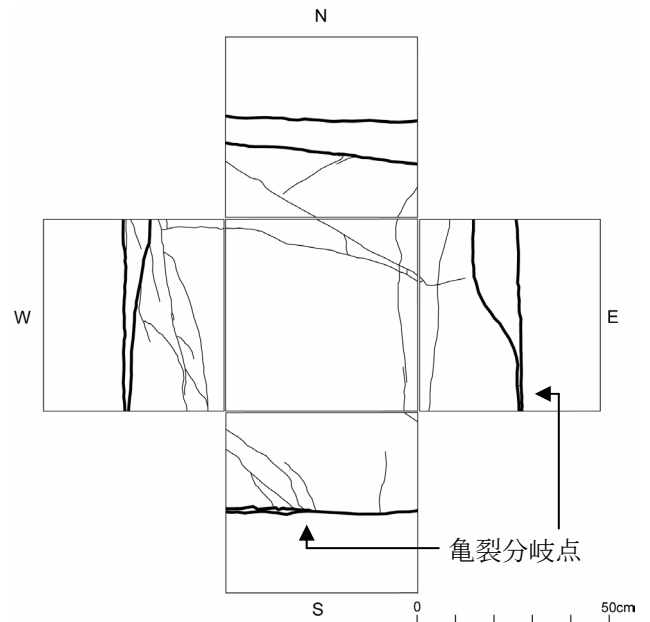


図-1 亀裂トレース展開図
(太線は対象とした主要亀裂)

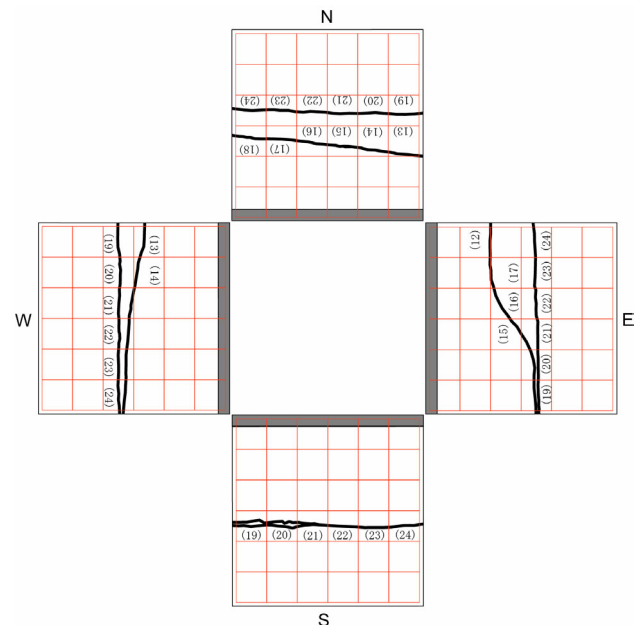


図-2 透水セルとセル番号
(太線は対象とした主要亀裂)

キーワード 高レベル放射性廃棄物、地層処分、核種移行、亀裂交差部、透水特性、室内試験

連絡先 319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33 核燃料サイクル開発機構 東海事業所 TEL 029-287-0928

組み合わせて透水試験を実施した。任意に設定した水頭差でセル間の透水を行い、各セルでの水頭値と排水側の流量を測定した。対象となる亀裂の透水性が比較的高いため、制御可能な水頭差（1cm 程度）では透水流量が多くなり乱流となる可能性が無視できない。このことから、水に 0.2wt%程度のメチルセルローズ系増粘剤（テルポリマー30L）を溶かして粘性を高めた流体を用いることとした³⁾。なお、下記では透水特性の指標として透水量係数[m²/s]を用いるが、これは粘性を高めた流体を使用した透水試験から水の粘性に換算した値である。

透水試験は、①下部亀裂、上部亀裂それぞれ全体を透水、②特定のセル間を透水の2種類とし、合計46ケースを実施したが、今回は②の試験結果について報告する。

3. 試験結果

試験の結果から、水の粘性に換算して評価した透水量係数の値を表-1に示す。透水量係数の算定においては、動水勾配を求める距離は試験セル間距離を、透水幅は試験区間のセル幅長を仮定した。得られた透水量係数は $0.1 \times 10^{-3} \sim 2.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ の範囲で、そのうち亀裂交差部に沿った方向（表-1：S21-E19間）の透水性が最も高い結果となった。次いで高い透水量係数を示すのは下部亀裂で流れ方向がN面-S面方向のケース（表-1：S24-E22間、N19-E21間、N19-S24間、N21-S22間）であり、下部亀裂のE面近傍に位置する。下部亀裂において、流れ方向がE面-W面方向はN面-S面方向に比べ透水量係数が小さいことは、下部亀裂が透水異方性を示す。また、上部亀裂は下部亀裂に比べて透水量係数が小さい傾向があり、 $0.1 \times 10^{-3} \sim 0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$ に分布している。

表-1 試験結果一覧表

亀裂部	流れ方向 ^{*1}	組み合わせ ^{*2*3}	透水量係数
上部亀裂	N面-S面方向	S24-E16間 ^{*4} N13-S24間 N15-S22間 N18-W22間 ^{*4}	$0.1 \sim 0.6 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
	E面-W面方向	N16-E12間 ^{*4} E12-W13間	$0.1 \sim 0.2 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
下部亀裂	N面-S面方向	S24-E22間 ^{*4} N19-E21間 ^{*4} N19-S24間 N21-S22間	$1.6 \sim 2.3 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
	E面-W面方向	N22-E24間 ^{*4} E24-W19間 E21-W22間 E20-W23間 E19-W24間 ^{*4} S22-W24間 ^{*4}	$0.6 \sim 1.1 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$
亀裂交差部	S面-E面	S21-E19間 ^{*4}	$2.3 \sim 2.8 \times 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$

*1:亀裂内でのおよその流れ方向を示している。

*2:セルの位置は図-2のセル番号にて表記した。

*3:透水は各区間について往復方向で実施した。

*4:亀裂交差部セル間と同じ距離か、それに近い距離を設定した。

4. おわりに

50cmスケールの比較的大きな岩体試料を用いた室内試験より、透水性の高い箇所は下部亀裂のE面近傍であり、その中でも亀裂交差部に沿った方向が最大であることが分かった。そして交差亀裂に沿った方向の透水量係数が他の亀裂部に比べ、最大で1桁程度大きな値を示すことを実測した。この実測結果は、亀裂交差部およびその近傍が地下水の主たる卓越経路となる可能性を示唆していると考えられる。

今後は、亀裂交差部が高い透水特性を示す原因を検討するために、岩体試料の亀裂開口部の詳細な観察を行い三次元的な開口幅分布を求めるとともに、その亀裂開口部の形状が流体流れに与える影響を数値解析的に検討する予定である。

参考文献

- 1) 内田雅大，吉野尚人：亀裂状媒体水理試験設備(LABROCK)用試験岩体の切り出し・整形，サイクル機構技術資料，JNC TN8410 2001-015，2001。
- 2) 山田直之，鐵桂一，澤田淳：実岩体を用いた透水試験 —NETBLOCK 試験報告—，サイクル機構技術資料，JNC TN8430 2001-003，2001。
- 3) 鐵桂一，澤田淳：高粘性流体を用いた天然亀裂岩体の透水試験 —NETBLOCK 試験報告—，サイクル機構技術資料 JNC TN8430 2001-006，2001。