

土岐花崗岩における亀裂特性および熱水変質程度と浸透率の関係

Correlating permeability with fracture property and hydrothermal alteration intensity of Toki granite samples

柏谷 公希^{1*}, 浜田 拓良¹, 久保 大樹², 吉永 徹³, 小池 克明²KASHIWAYA, Kouki^{1*}, Takurou HAMADA¹, Taiki KUBO², Tohru YOSHINAGA³, KOIKE, Katsuaki²¹ 熊本大学大学院自然科学研究科, ² 京都大学大学院工学研究科, ³ 熊本大学工学部技術部¹ Graduate School of Science and Technology, Kumamoto University, ² Graduate School of Engineering, Kyoto University,³ Technical division, Faculty of Engineering, Kumamoto University

広域的な地下水流動解析を高精度化するためには、岩盤内部の透水性の空間分布を把握する必要がある。本研究では、簡便に岩石試料の浸透率を測定できる窒素ガス圧入式パーミアメータを用いて岩石コアの浸透率測定を行い、コアスケールでの浸透率の空間分布や異方性を明らかにした。また、薄片からマイクロクラックおよびコア切断面からメソクラックを抽出し、画像解析を行うことで検討試料の亀裂特性と浸透率の関係について検討した。さらに、検討試料では熱水変質の影響が認められたことから、変質程度と浸透率の関係についても考察した。

研究試料は日本原子力研究開発機構（以下 JAEA とする）によって岐阜県瑞浪市で掘削された MIZ-1 号孔のボーリングコア 1 個（鉛直サンプル）と、JAEA の瑞浪超深地層研究所研究坑道内で掘削された 10MI22 号孔および 10MI23 号孔のボーリングコア 30 個（水平サンプル）である。

鉛直サンプルはコアを斜めに横切る割れ目（以下巨視的な割れ目とする）によって隣接するコアと分断されている。浸透率と割れ目からの距離との関係と、浸透率と方位との関係（異方性）を明らかにする目的で、割れ目からの距離が異なる 6 つの水平面で 16 方位の浸透率を測定した。また、水平サンプルではコアの両端から 2cm の位置とコア中央部の 3 点で浸透率を測定した。浸透率測定には TEMCO 社製パーミアメータ MP-401 を用いた。

亀裂のキャラクタリゼーションのため、マイクロクラックとメソクラックを対象とした画像解析を行った。鉛直サンプルで浸透率を測定した同じ水平面で薄片を作製し、顕微鏡画像のトレースを行い、マイクロクラック解析用亀裂画像とした。また、蛍光染料を混合した樹脂と蛍光ランブイメーシスキャナを用いた蛍光法でコア切断面の画像を取得し、亀裂をトレースすることでメソクラック解析用亀裂画像を得た。これらの画像を対象に、二値化、細線化、交差点削除による亀裂の切り離しを行った上で、亀裂の数、長さ、方位、連結度（亀裂の交差点の数）の各データを収集した。

水平サンプルは JAEA の変質区分で健岩部、割れ目帯、断層帯、変質帯に分類され、変質程度が大きく異なる。浸透率と変質程度との関係を明らかにするため、粉末 X 線回折分析（XRD）による鉱物組成分析と蛍光 X 線分析（XRF）による化学組成分析を行った。

鉛直サンプルの浸透率測定から、巨視的な割れ目の近傍で大きな浸透率が得られ、割れ目からコア軸方向に離れるにしたがって浸透率が減少する傾向が認められた。また、コア軸に直交する水平面内での浸透率には異方性が認められ、NE-SW 方向と NW-SE 方向の浸透率が大きいことが明らかとなった。

マイクロクラックの画像解析では、巨視的な割れ目近傍で相対的に長い亀裂が存在し、連結度も大きいことから、亀裂が交差してネットワーク状に存在していることが示された。ある水平面内での亀裂は、NE-SW 方向と NW-SE 方向で卓越する傾向が認められた。同様の結果がメソクラックの解析結果でも得られ、巨視的な割れ目近傍では亀裂数、連結度ともに増加すること、および NE-SW 方向と NW-SE 方向の亀裂が卓越することが明らかとなった。

亀裂の卓越方向はマイクロクラックとメソクラックで対応しており、観察スケールの異なる亀裂が同様の配向性を持つことが示された。亀裂の卓越方向は浸透率が大きい方向にも調和的であり、亀裂配向性が浸透率の異方性を規制していると考えられる。

MIZ-1 号孔周辺で 250m 以深の最大圧縮応力軸は NW-SE 方向であることが知られている [1]。本研究で明らかとなった土岐花崗岩の浸透率の異方性と亀裂の配向性は上記の圧縮応力軸と整合しており、このような広域応力場の影響でマイクロクラックとメソクラックの配向性、さらには浸透率の異方性が生じた可能性がある。

XRF 分析からは、水平サンプルでは変質程度に応じて化学組成が異なり、特に Ca 濃度の変動が大きいことが明らかとなった。そのため、Ca 濃度を変質程度の指標として浸透率との関係を求めたところ、Ca 濃度が低い健岩部では浸透率が低く、Ca 濃度が高い割れ目帯で浸透率が高くなる傾向が認められた。土岐花崗岩では、熱水変質により黒雲母の緑泥石化、斜長石のイライト化、方解石の沈殿が生じたことが知られており [2]、浸透率が高い箇所では熱水の循環が生じやすいことで熱水変質が進行しやすく、方解石の沈殿などの結果 Ca 濃度が上昇したものと解釈できる。

[1] 佐藤稔紀ら, 1000m 試錐孔における岩盤の初期応力測定, サイクル機構技報 No.5, 95-99, 1999.

[2] 西本昌司ら, 地下深部花崗岩の変質プロセス解析-土岐花崗岩を例にして-, 応用地質, 49, 94-104, 2008.

キーワード: 浸透率, パーミアメータ, 土岐花崗岩, 亀裂特性, 熱水変質, 異方性

Japan Geoscience Union Meeting 2012

(May 20-25 2012 at Makuhari, Chiba, Japan)

©2012. Japan Geoscience Union. All Rights Reserved.



SCG61-03

会場:104

時間:5月20日 09:30-09:45

Keywords: Permeability, Permeameter, Toki granite, Fracture property, Hydrothermal alteration, Anisotropy