

岩石におけるサブクリティカル亀裂進展

COE ポスドク研究員 奈良禎太

環境フィールド工学専攻 大気地圏環境工学講座 地圏フィールド工学研究室

1. 研究概要

Double Torsion (DT) 試験法を用いて、異なる環境条件下で、岩石におけるサブクリティカル亀裂進展に関する研究を行い、これまでに多くの成果が得られた。まず初めに、等方的な岩石を用いて、亀裂進展挙動の環境依存性を定量的に分析する手法を確立した。次に、異方性岩石を用いた試験によって、亀裂進展挙動への岩石内部の組織、特に先在クラックの影響および、環境の影響を調べ、異方性岩石における亀裂進展挙動の分析法を確立した。以下に、これまで得られた研究成果を簡単に紹介する。

2. 等方性岩石におけるサブクリティカル亀裂進展

等方的な岩石を用いた、異なる温度・湿度条件下におけるサブクリティカル亀裂進展研究について述べる。供試岩石は熊本安山岩である（図3参照）。図4に、熊本安山岩を用いたDT試験の結果を示す。この図において、縦軸は亀裂進展速度、横軸は応力拡大係数である。また、白印は温度・湿度の低い、すなわち水蒸気圧の低い大気環境下で、黒印は温度・湿度の高い、すなわち水蒸気圧の高い大気環境下で得られた結果を表す。



図3 熊本安山岩 (4.5 × 6.1mm)

図4より、同一環境条件下においては、**大変再現性の高い結果が得られている**ことがわかる。また、**水蒸気分圧が高い条件下において、亀裂進展がより促進されている**ことが示された。

< 査読付き論文 >

奈良禎太・今井康暁・金子勝比古：岩石におけるサブクリティカル亀裂進展の組織・環境依存性，資源と素材，Vol.120，pp.431-439，2004.

尾原祐三・鄭海植・松山友彦・奈良禎太・金子勝比古：熊本安山岩の応力腐食指数，資源と素材，Vol.121，pp.84-89，2005.

Y. Nara and K. Kaneko：Study of subcritical crack growth in andesite using the Double Torsion test, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.42, pp.521-530, 2005.

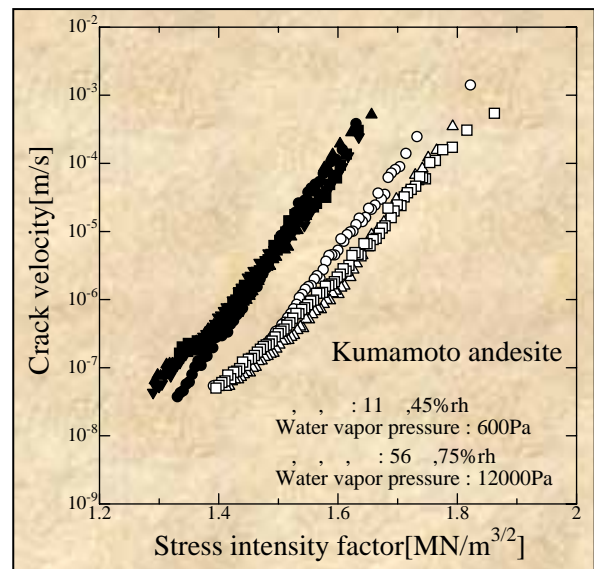


図4 熊本安山岩におけるDT試験結果

3. 異方性岩石におけるサブクリティカル亀裂進展

花崗岩では、先在クラックの選択的配向性に起因した、強度特性、弾性波伝播特性、水理学的特性等の異方性が認められている。本研究では、異方性岩石として花崗岩を用いて、サブクリティカル亀裂進展に及ぼす内部組織、特に先在クラックの影響を定量的に調べた。供試岩石として、大島花崗岩、Westerly花崗岩、稲田花崗岩を用いた（図5参照）。



(a)



(b)



(c)

図5 花崗岩の顕微鏡写真 (4.5 × 6.1mm) (a)：大島花崗岩，(b)：Westerly花崗岩，(c)：稲田花崗岩

花崗岩には、先在クラックの選択的配向性に起因した直交異方性がある。ここでは、花崗岩の主軸を、P波速度の速い順に軸1、軸2、軸3と定義し、これらの軸に垂直な面をそれぞれ面1、面2、面3と定義した。つまり、面3に平行な方向に先在クラックが最も多く分布している。また、図6に示されるように、亀裂の進行方向および開口方向を考慮して、合計6方向から供試体を用意した。例えば、1・2供試体では、亀裂は軸1方向に進行し、軸2方向に開口する。

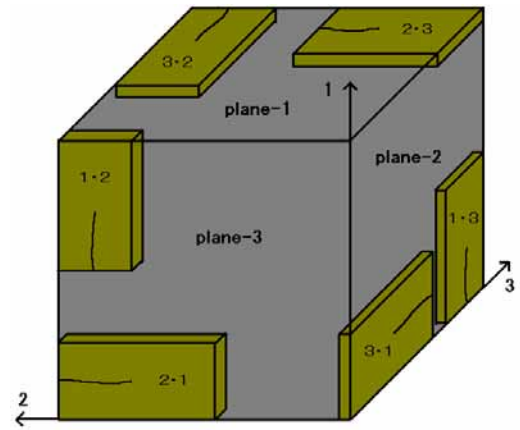


図6 花崗岩における供試体の切り出し方

図7に、一定の大気環境下で得られた、大島花崗岩でのDT試験結果を示す。図7より、花崗岩における亀裂進展に異方性があること、さらに、亀裂進展挙動が開口方向によってほぼ決定されることが示された。特に、面3に平行に亀裂が進展するとき、最も低い応力レベルで亀裂進展が生じることが示された。

図8に、大島花崗岩における、異なる温度・湿度条件下において得られた試験結果を示す。図8において、黒印は高温高圧下での試験結果、白印は低温低圧下での試験結果を表す。図8より、安山岩のときと同様、花崗岩においても、温度・湿度が高い、すなわち水蒸気分圧が高い条件下において、亀裂進展がより促進されていることが示された。

また、DT供試体より研磨薄片を作成し、電子プローブマイクロアナライザー（EPMA）を用いて亀裂経路を観察することにより、亀裂進展挙動と亀裂経路の形状の関係を明らかにした。図9に、EPMAを用いて得られた亀裂経路の画像を示す。フラクタル解析により、亀裂経路の形状が複雑になるほど、活性化エネルギーが大きくなることが示された。

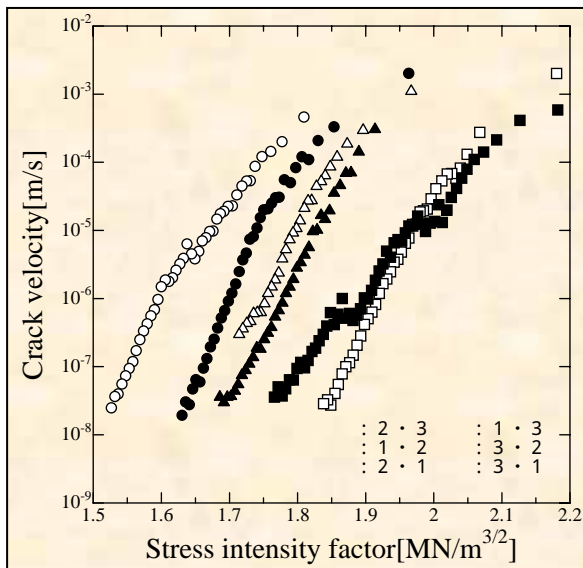


図7 大島花崗岩における亀裂進展異方性

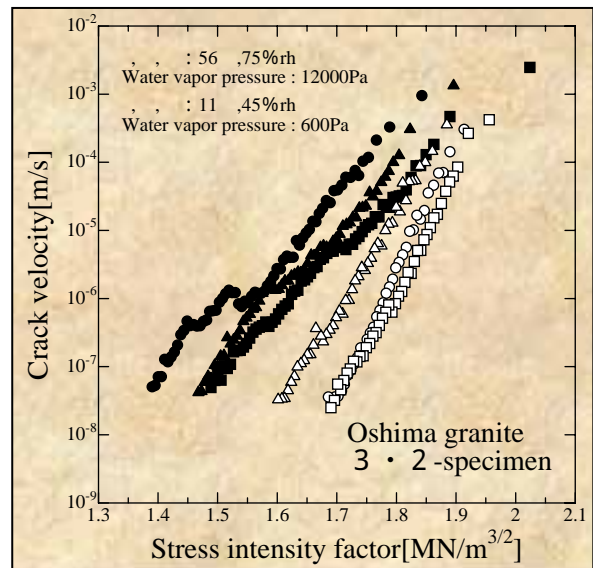


図8 大島花崗岩における亀裂進展の環境依存性

< 査読付き論文 >

奈良禎太・金子勝比古：花崗岩の異方弾性定数の評価法に関する研究，資源と素材，Vol.119，pp.396-402，2003.

奈良禎太・大野有希・今井康暁・金子勝比古：花崗岩における応力腐食による亀裂進展現象の異方性および粒径依存性，資源と素材，Vol.120，pp.25-31，2004.

奈良禎太・今井康暁・金子勝比古：岩石におけるサブクリティカル亀裂進展の組織・環境依存性，資源と素材，Vol.120，pp.431-439，2004.

Y. Nara and K. Kaneko：Subcritical crack growth in anisotropic rock, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., Vol.43, pp.437-453, 2006.

Y. Nara, K. Koike, T. Yoneda and K. Kaneko：Relation between subcritical crack growth behavior and crack paths in granite, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 2006 (in press).

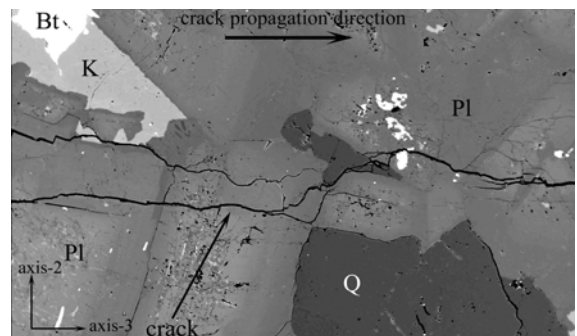


図9 大島花崗岩における亀裂経路の画像 (0.9×1.5mm)