

III-319 荷重下で花崗岩内に発生するクラックの進展経路について

徳山高専 正会員 工藤 洋三 徳山高専 正会員 橋本 堅一
 山口大学 正会員 佐野 修 山口大学 正会員 中川 浩二

1. はじめに 荷重に伴って岩石内に生じるクラックがどのように進展して行くかという問題は、破壊力学の岩石への適用などとの関連で大いに興味をそそるテーマである。圧縮荷重下において発生する微細なクラックを観察しようという試みは光学顕微鏡や電子顕微鏡を用いて盛んに行われており、多くの知見が得られている。これらの研究の中には岩石を構成している鉱物粒との関連でクラックの進展について詳しく論じたものもある¹⁾²⁾。こうした研究において花崗岩を対象にする場合、花崗岩内には多数の先在クラックが存在するため、荷重によって生じたクラックと先在クラックを区別する必要が出てくる。しかし、一般にこうした区別は極めて困難で、統計的な処理に頼らざるを得ない側面もある。また圧縮荷重下では荷重に伴ってダイラタンシーが局所化することが知られており³⁾、クラックの観察のためにはその位置を正確に知る必要がある。本研究では、このような困難を避けるために、まずクラックの開始位置と伝播方向が明らかな実験により得られる試料を用いる。そのような試料として、3点曲げ試験を行った後の試料を選び、岩石薄片を作製して鉱物粒とクラックの伝播経路の関係について検討する。

2. クラックの観察方法 試料として用いた岩石は大島花崗岩（愛媛県越智郡宮窪町産）である。この花崗岩のrift面およびgrain面はともに、石英粒内の先在クラックの選択配向によって特徴づけられるが、grain面のクラック密度はrift面のそれより小さい。またhardway面内には長石粒内に高密度の癒着したクラックが選択配向している。3点曲げ試験に用いた供試体は横断面が40mm×40mmの矩形状でスパンは160mmであり、供試体中央部に設けられた幅約0.5mm、長さ20mmの切り欠きを有している。クラックの進行方向はrift面に平行な供試体とhardway面に平行な供試体を用意し、変位速度 5×10^{-4} mm/sの変位制御で行った。実験終了後、クラック進行方向に垂直な2方向に平行な薄片を作製し偏光顕微鏡によってクラックの伝播状況を観察した。

3. 観察結果および考察 大島花崗岩の主要な構成鉱物は石英、長石（斜長石、カリ長石）、黒雲母、角閃石であるからそれぞれの鉱物粒とこれらの鉱物粒の組合せと進展するクラックの関係について考察すればよい。またそれぞれの鉱物粒には顕著な平行配列は認められないので、異方性との関連については石英粒内のクラックと癒着したクラックおよび長石粒内の癒着したクラックのみが検討の対象となる。

写真-1は、切り欠きがrift面に平行な供試体から得られた薄片の写真であり、図-1はこれをスケッチ

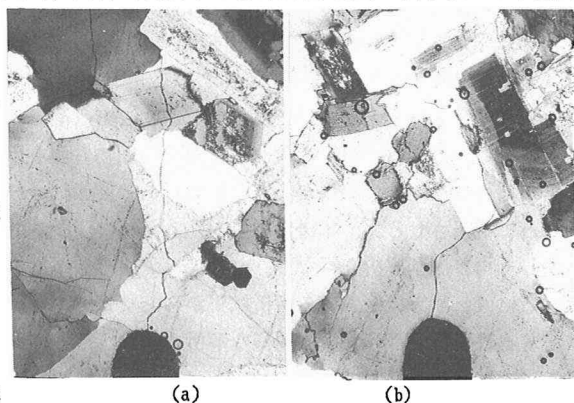


写真-1 rift面に平行な切り欠きより発生するクラック

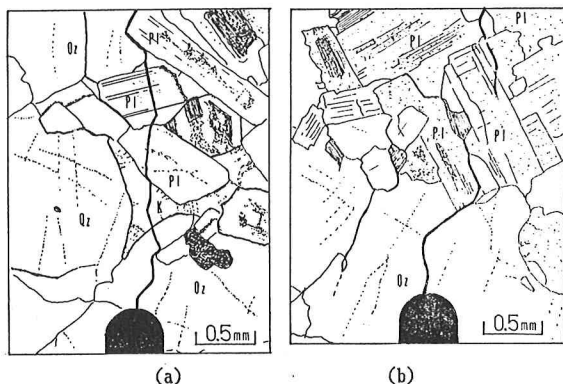


図-1 rift面に平行な切り欠きより発生するクラックの進展状況。下端が切り欠き先端。Qz: 石英 Pl: 斜長石 K: カリ長石 Bi: 黒雲母

したものである。図-2は切り欠きか $hardway$ 面に平行な供試体から得られた薄片に関するものである。いずれの場合も切り欠き先端付近に石英粒が存在している。rift面内には先在クラックが選択配向しているため、rift面に平行な切り欠きに対して新たに発生するクラックは、この先在クラックに沿って進展することが認められる。これに対して $hardway$ 面に平行な切り欠きを有する供試体に関しては、石英の粒界に沿って進んだり（図-2(a)）、 $hardway$ 面とは別の方向の先在クラックに沿って進展する（図-2(b)）場合が多い。このように石英粒内の先在クラックの配向はクラック進展に大きな影響を及ぼすと考えられる。これに対して長石粒内の癒着したクラックの影響はさほど認められなかった。このことは、「rift面は手触りがなめらかであるが、 $hardway$ 面は手触りがよくない」という採石場における経験則が、石英粒内のクラックの異方性に対応したものであることを示している。

図-3からも明らかのように、クラックの進展方向とはほぼ平行な方向に黒雲母の(001)が存在する場合、クラックはこのへき開を選択するように進行する。また斜長石に関しては、粒界にほぼ平行にクラックが進展する場合はこの粒界を選択的に進展する。斜長石の(010)および(001)のへき開についても同様な傾向が認められる。また写真-2に示すように粒界と斜交してクラックが進行する場合には(010)のへき開と(001)のへき開を交互に進行する例が多く認められる。カリ長石に関してはこうした顕著な傾向は認められなかった。角閃石については、検討するに十分な数の事例が得られなかった。

4. おわりに 本研究では、3点曲げ試験によって切り欠きから発生するクラックが、鉱物粒内あるいは鉱物粒間の相対的に弱い面を選択しながら進行することが認められた。クラックの進展経路はクラック速度に依存することが予想されるため、クラック速度が異なれば別の進展特性が得られることも考えられる。この点に関してはさらに検討を重ねる必要がある。

供試体が鉱物粒の平均粒径や先在欠陥に比較して十分に大きな寸法を有する場合は、これらの弱面も統計的に取り扱い得る程度に分布する。このため材料の強度特性との関連では、載荷方向を固定すればその方向と関連した材料の平均的な特性が示され、実験結果のばらつきも小さくなると考えられる。

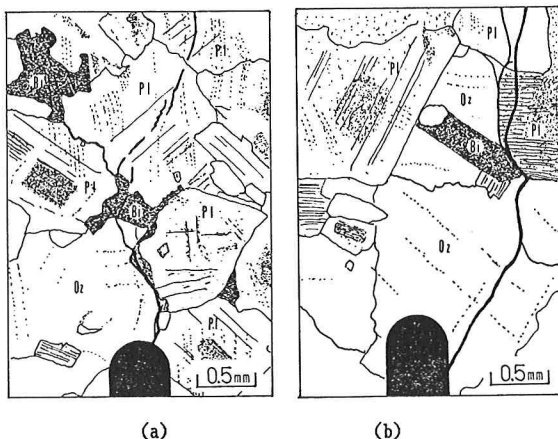


図-2 $hardway$ 面に平行な切り欠きより発生するクラックの進展状況。下端が切り欠き先端。Qz: 石英 Pl: 斜長石 Bi: 黒雲母

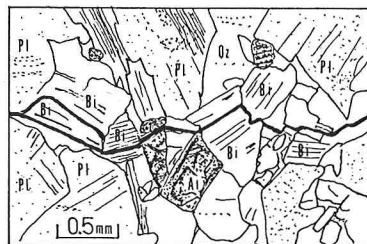


図-3 黒雲母の集合体内を進行するクラック。観察面はクラック進展方向($hardway$ 面)に垂直。Al: 褐鋁石



写真-2 長石粒内を進展するクラック。クラックは下端から上端へ向かう。

【参考文献】 1)Tapponnier, P. and W. F. Brace: Development of stress-induced microcracks in Westerly granite, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 13, 103-112, 1976. 2)Hoshino, K. and H. Koide.: Process of deformation of the sedimentary rocks, Proc. 2nd Congr. Int.Soc. Rock Mech., Belgrade, 353-359, 1970. 3)Sobolev, G., Spetzler, H. and Salov, B., Precursors to failure in rocks while undergoing anelastic deformations, J. Geophys. Res., 83, 1775-1784, 1978.