

I-72

花崗岩の平面ひずみ破壊靱性試験におけるクラック進展特性

徳山高専 正員 橋本堅一
 徳山高専 正員 工藤洋三
 山口大学 正員 中川浩二

1. はじめに

岩石の破壊靱性評価法はISRMから指針が出され、一つの方向が示されている¹⁾。しかしながらクラックの進展の複雑性や実験方法が煩雑性であることなどにより、今後改良の余地を残している。特に安定クラックの成長は岩石の種類により多種多様であり、破壊靱性評価に大いに影響を及ぼすものと考えられる。そこで本研究では対象岩石として花崗岩を選び3点曲げ破壊靱性試験を行い、クラックが進展して行く断面の顕微鏡写真によりクラックの進展特性を明らかにした。

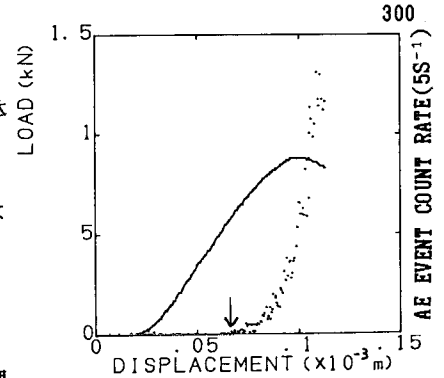
2. 実験の概要と薄片の準備

供試体には愛媛県大島産の大島花崗岩を用い、ASTM型の角棒供試体を用い、供試体の寸法は供試体幅(W)を40mmとし、供試体厚さB=W、支点間距離S=4W、切り欠き長さa=W/2となるようにした。載荷にあたっては花崗岩の有する異方性を考慮し、供試体をrift面が破壊面になるように、またgrain面が載荷面となるように載荷台にセットしている。用いた載荷試験器はサーボ制御機構を有する載荷装置で、変位制御で実験を行った。計測量としては載荷荷重、載荷点変位、切り欠き先端付近の縦方向と横方向のひずみおよびAEイベントカウントを扱いパーソナルコンピュータでGP-IBインターフェイスを介してオンライン処理している。実験に際しては若干の荷重をかけて両側面の切り欠き先端に貼付けた2枚のクロスゲージから出力を読み取り、供試体幅方向の偏心を特に注意して調べ、できるかぎり平面ひずみ状態に近い載荷が実現できるようにした。

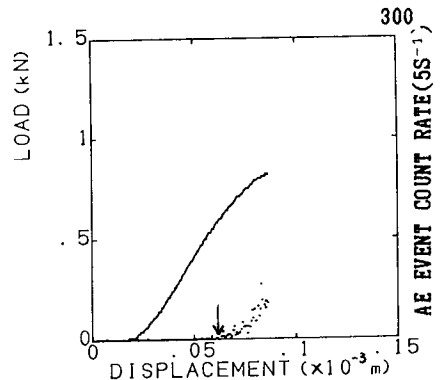
本研究ではクラックの進展状況を調べることを目的にしているので、2本の供試体について実験を実施し、それぞれピーク荷重を過ぎて荷重が若干落ちたところのもの（供試体A）、AEにより安定クラックの成長領域を決定したもの（供試体B）の切り欠き先端について薄片を作製した。実験終了時の荷重-載荷点変位曲線およびAEイベントカウントと載荷点変位の関係を図-1に示す。薄片はそれぞれの供試体につき3枚作製した。その位置は図-2に示している。

3. 結果と考察

写真-1に供試体Aの中央断面(A₂)の顕微鏡写真を示す。ここでは切り欠きからの破壊クラックの進展量は約3.9mmであった。特徴的なのは鉱物に関連したクラックの進展形態である。まず切り欠きからのクラックの進展は引っ張り応力の集中を受けて石英(Q₂)内の先在クラックを結合するように起こっている。その後カリ長石(K)を貫き、再び石英内の先在クラックの影響を受けて進んで行き、石英と斜長石(P₁)の粒界を伝わって行く。このように花崗岩内のクラックの伝播はrift面内に限れば石英内の先在クラックや鉱物粒間の粒界などの弱面を通りジグザグに進んで行く。端部断面(A₁, A₂)についてはクラックの進展量は中央断面の進展量よりかなり少なく両方とも



(1) 供試体A



(2) 供試体B

図-1 荷重(AEイベントカウントレート)-載荷点変位図

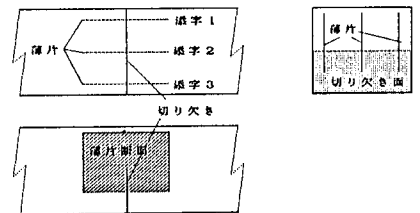


図-2 薄片位置

約1.4mmであった。ここで供試体Bのクラックの進展量と比較して供試体Aの実験の終了時のクラックの進展量には不安定クラックの進展量は少ないもの判断し、それらの進展量を平均して初期切り欠き長さを加えたものを不安定クラックの発生時の切り欠き長さ a_0 として応力拡大係数 $K_I(a_0, P_m)$ をASTMの式によりも

とめると $1.38\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ となる。ただここで主クラックと平行な方向にかなり長いクラックが存在していることを考えると線形破壊力学の適用について若干問題を残すところとなる。

写真-2に供試体Bの対象断面の写真を示す。ここで(1)が中央断面(B_2)のもので(2),(3)が端部断面(B_1, B_3)のものである。ここでのクラックは安定クラックと考えられるが端部断面の一方のものにはクラックの発生がみられない。しかしもう一方のほうは黒雲母(B_1)と石英の境界からクラックの発生がみられ約2.2mmの長さにとんでいる。中央断面の安定クラックはやはり一番長く約2.5mmの長さがあるがここでもそれに平行した1mm程度のクラックがみられる。これらのこ

とを考えると安定クラック発生をA Eによって決定しその荷重 P_0 と初期切り欠き長さ a_0 により応力拡大係数 $K_I(a_0, P_0)$ を求めるような方法も花崗岩の破壊靱性を求める手法として有効になってくる。たとえば図-1のA Eの出始める点(↓で示す)を安定クラックの発生点とするなら $K_I(a_0, P_0)$ は供試体Aが $0.770\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ 、供試体Bが $0.783\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ となる。ISRMでは計算上安定クラックが存在するシェブロン切り欠きを用いているが、計算上は安定クラックの起こらない直線切り欠きでも安定クラックの成長がかなりみられるためシェブロン切り欠きではクラックの進展がより複雑であると考えられる。

参考文献

- 1) ISRM Suggested Methods for Determining Fracture Toughness of Rock Material(Final Draft),1987

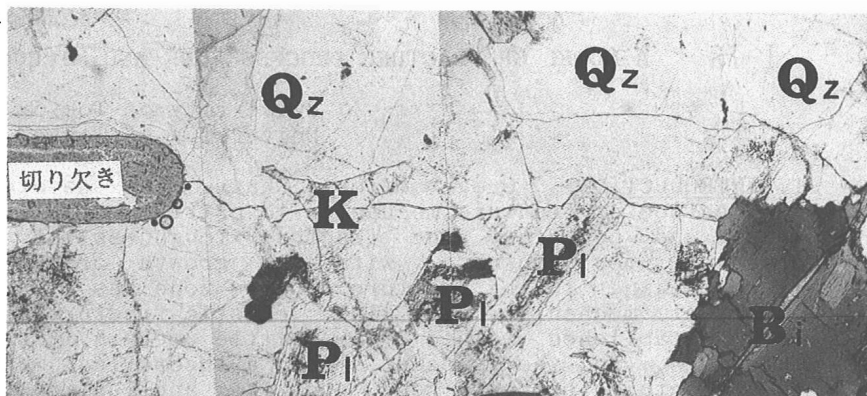


写真-1 供試体A中央断面

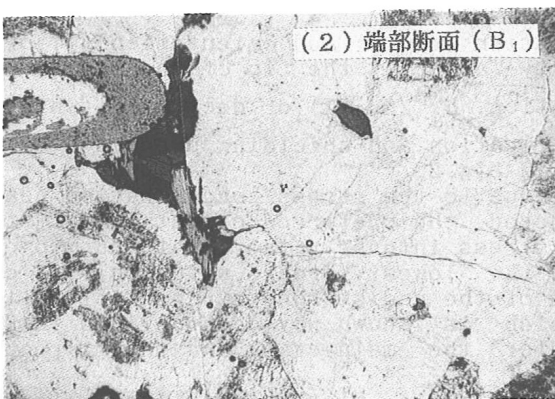
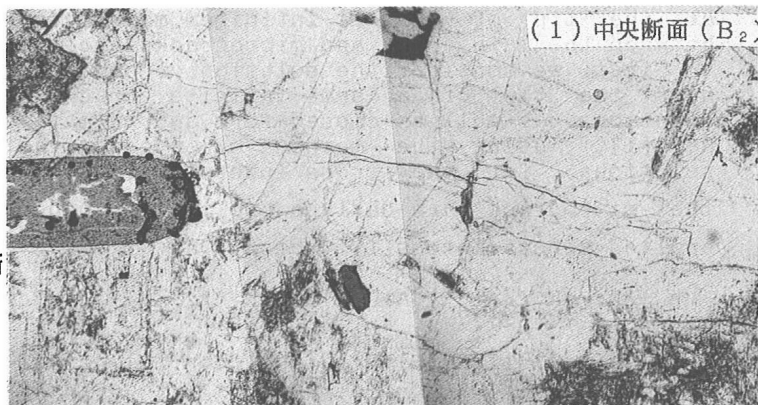


写真-2 供試体Bの亀裂の進展