

III-157 花崗岩の K_{Ic} の切り欠き長さ依存性について

徳山高専 正員 橋本堅一

徳山高専 正員 工藤洋三

京都大学 正員 矢富盟祥

山口大学 正員 中川浩二

1. はじめに

水圧破碎技術の応用としてあるいは発破に対する抵抗性の評価として岩盤を力学的に取り扱う場合、破壊靱性の評価が今後ますます需要となろう。しかし金属などの K_{Ic} を評価するとき、材料固有であるべきその値が切り欠き長さにより変化することが知られている。岩石の破壊靱性を評価する場合、 K_{Ic} かRiceの簡便式による J_{Ic} を用いるのが一般的であるがRiceの簡便式を用いる場合、載荷点変位の計測が困難であるばかりでなく切り欠き近傍の全面降伏を仮定しているため切り欠き長さの短い範囲では適用できない短所を有する。そこで本研究では破壊靱性としての K_{Ic} の有効性を検討する目的から、それに与える影響因子として切り欠き長さを取り上げ花崗岩供試体による3点曲げ破壊靱性試験を行った。

2. 実験および K_{Ic} の評価

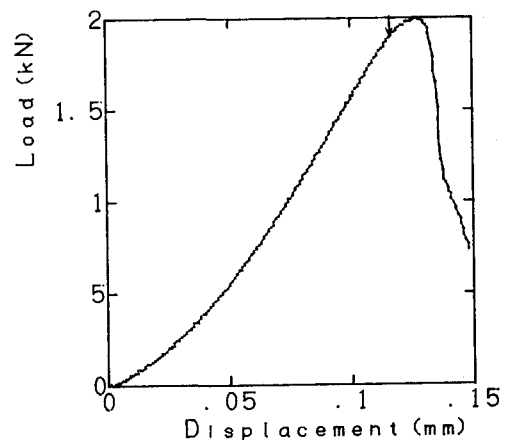
供試体には $40 \times 40 \times 160$ mmの大島花崗岩を用い、スパン長さは140mmとした。供試体に設けた切り欠き長さは8種類(2, 3, 4, 6, 8, 10, 14, 18mm)で各々2本用意し、計16本について実験を行った。岩石内の微小欠陥の影響を小さくするため先在クラックの配向面の中でクラック密度が相対的に低いhardway面を破壊面にして、載荷軸とrift面が垂直になるよう載荷した。したがって本研究ではHardway面に添って亀裂が進展する場合の K_{Ic} を扱っている。互いにほぼ直交する三本の異方性軸方向の弾性波速度異方性をTable1に示す。用いた試験機は電気油圧式サーボ機構を有する載荷装置(島津サーボバルサEHF-EUB30-20L型)で変位速度 5×10^{-4} mm/secの変位制御で実験を行った。実験においては荷重、載荷点変位をそれぞれロードセル、アクチュエーター内蔵の変位計からアンプを通して万能計測器(共和電業UCAM-5A)に転送し、5秒間隔で測定した。またAEを差動アンプで約60dB増幅した後、AEレベルを8段階に分類するパルスハイトアナライザで発生時間とレベルを測定した。これらの計測はすべてマイクロコンピュータでオンライン処理している。

本実験ではわずかではあるがクラックの安定成長領域が存在する。したがって実際のクラック発生点の荷重で K_{Ic} の評価をするためにはクラック発生点をとらえる必要がある。そのためここではAEカウンターの測定により、その著しい増加点によりクラックの発生点を決定した。 K_{Ic} の評価はSrawleyの解析解によるものと本実験でのスパン長 S が $3.5W$ (W :供試体幅)である

Tabl 1 Sound velocity anisotropy of Oshima granite.

R 軸	4100
G 軸	4400
H 軸	4700

(単位; m/sec)

Fig.1 Load-displacement record of typical 3PB specimen($a=10$ mm).

ことを考慮し、全エネルギー法を用いた160節点、266三角形普通要素のFEM解析で評価した。

3. 実験結果と考察

実験により得られた荷重-載荷点変位の関係の一例をFig.1に示す。rift面を載荷面にしているため先在クラックの閉塞による変位の軟化が低い荷重の段階で起こっている。またクラックの発生（↓印）は最大荷重に先だって起こっており、これより最大荷重まではクラックの安定成長領域と考えられる。Fig.2には荷重-載荷点変位の関係における直線部分により得られたコンプライアンスを切り欠き長さとの関係で示している。ここではその関係は緩やかな曲線状を呈しており、そのバラつきも少なくかなりよい精度で実験が行われたことがわかる。Fig.3には実験から得られたクラック進展開始点の荷重を○により切り欠き長さ a との関係で示している。ここでは若干ばらつきがあるためクラック進展開始点の荷重には連続性があるものとして曲線近似し、 $a/W=0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ の*印で示す荷重を K_{Ic} の評価に用いた。それにより得られた K_{Ic} の値をFig.4に示す。ここで○印がSrawleyの解析解によるもので*印で示したものが全エネルギー法を用いたFEM解析によるものである。両者はよく一致しており a/W が0.1以上ではほぼ一定値を示している。このことは少なくとも本研究で扱った供試体寸法では a/W が0.1以上であれば破壊靱性は切り欠き長さに依存しないことを意味する。 $a/W=0.05$ では若干低下しているが $a/W=0.05$ の切り欠き長さ（2mm）は大島花崗岩の平均粒径程度でありそれ以下の切り欠き長さで破壊靱性を評価する場合、もはや連続体力学の適用性に限界があるものと考えられる。

4. おわりに

以上のように種々の切り欠き長さを花崗岩供試体について3点曲げ破壊靱性試験を行い K_{Ic} の切り欠き長さ依存性について検討してきた。その結果、本研究で扱った程度の供試体寸法（40×40×160mm）では a/W が0.05より大きければ切り欠き長さにほとんど依存しないことが明らかになった。このことは花崗岩ではASTMの規定より切り欠き長さを広範囲に使用できることを示唆するものである。

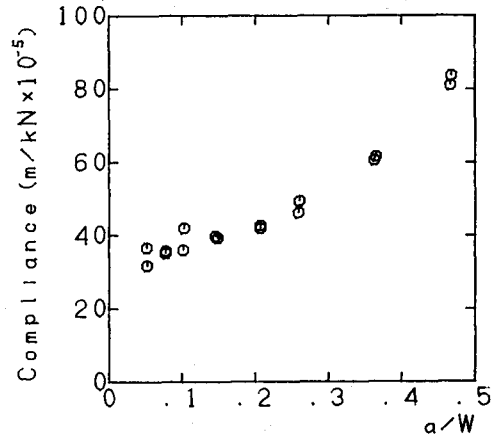


Fig.2 Summary compliance versus a/W for all specimens.

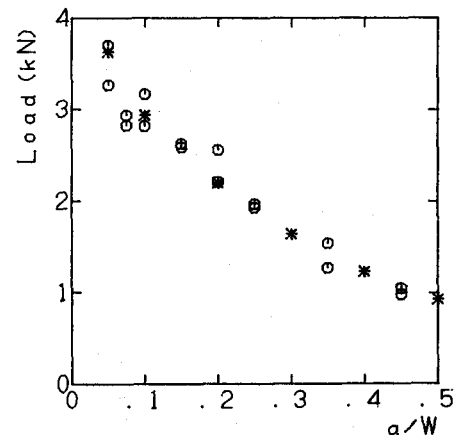


Fig.3 Load for the onset of crack growth versus a/W .

○;experimental *;approximate

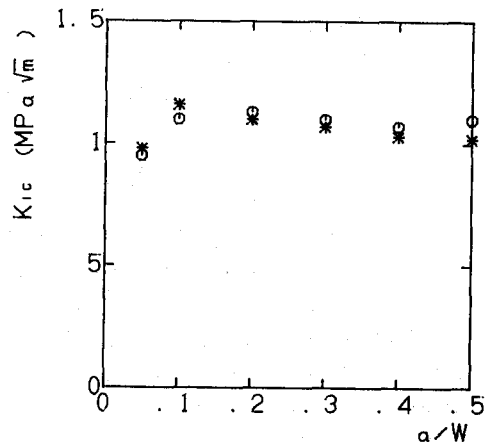


Fig.4 K_{Ic} versus a/W . ○;Srawley *;FEM