

AEの位置評定による花崗岩内の亀裂の発生と進展に関する研究

徳山高専 正員 橋本堅一

1. 概要

岩石の破壊を扱うとき金属と同じような非線形挙動を示すが、その破壊は岩石を構成する鉱物粒子間の弱面や潜在亀裂に大きな影響を受けるため、破壊過程を説明する要因については大きく異なる。この非線形挙動は破壊条件などの破壊進行の因子の決定を困難にするものであるが、岩石においては弾性体の中に混在する微小亀裂や弱面を考えることにより非線形挙動が説明できる。本研究では岩石の破壊を微小欠陥からの亀裂の発生と進展というかたちでとらえ、微小欠陥周辺のフラクチャープロセスゾーンと呼ばれる領域を含む状況をAEの位置評定で明らかにすることを試みている。

2. 実験

実験はAEの発生が顕著に認められる花崗岩を対象として行い、実験方法としてはASTMにみられる矩形供試体の3点曲げ破壊靱性試験を採用した。载荷は毎秒あたり 10^{-3} mmの変位制御で行い、計測量は荷重、载荷点変位、亀裂開口変位、AEのイベントカウント、AE位置評定のためのAE波形である。ここでAEのイベントカウントはAE用のピックアップ（共振周波数140Hz）で受信した波形をプリアンプで40dB増幅した後、ディスクリミネータ内蔵のアンプでさらに10dB増幅して20mVをしきい値として測定した。AEの位置評定用の波形は前記のイベントパルスにより6チャンネルのデジタルメモリに一齐にトリガをかけ、40dB増幅した6波形をモニタリングして6チャンネルすべて波形が認められるものだけデータとして取り込んだ。それらの実験装置の概要をFig.1に示す。

3. 花崗岩内のAEの位置評定

AEの位置評定の考え方は地震源の探索とまったく同じである。これはピックアップの位置とおののピックアップで受信される波動の到達時間差の関数を係数として方程式を解くものであるが、一般的には波動伝播速度が既知であれば5チャンネルの計測システムが必要である。しかし花崗岩内でAEの位置評定を行う場合、弾性波速度の異方性が存在するので、弾性波速度一定を仮定して位置評定すれば大きな評定誤差を引き起こすことになる。本研究では弾性波異方性を考慮したAEの位置評定を次の手順で行った。

(1) 花崗岩の3主軸方向を伝播する弾性波速度を測定し、花崗岩内の弾性波速度を楕円体近似する。

(2) 3主軸方向の弾性波速度の平均速度を用いて、6チャンネルのうちの5つのデータにより位置評定を行う。このとき6つの位置評定が可能でありその平均値をAEの震源の第1近似位置とする。

(3) (1)の弾性波速度の楕円体近似により第1近似位置から各々ピックアップ位置の間を伝播する弾性

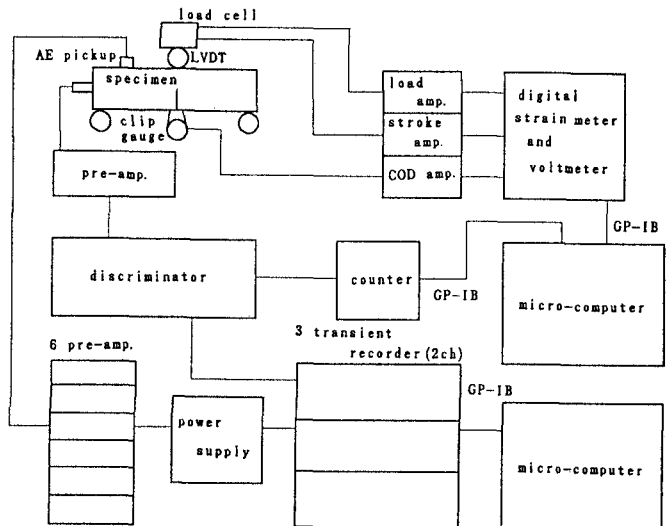


Fig. 1. Block diagram of the mechanical apparatus.

波速度を求め、速度異方性を考慮した位置評定を行い、第2近似位置とする。

(4) 評定位置が収束するまで(3)の操作を繰り返す。

以上の方法により疑似A E波を位置評定した評定誤差は2mm程度であった。この位置評定には発生するノイズを取り除くため、100回平均のデータを用いているため、かなり精度はよいが、実際の計測にはノイズにより波形の立ち上がりが読みとり困難なものもあるためその誤差は生じる可能性がある。

4. 実験結果と考察

Fig.2に荷重(P)と亀裂開口変位(COD)の関係を示す。P-COD図は載荷初期には線形挙動を示し、最大荷重に近づくにしたがって非線形性を増していく。本実験では最大荷重後の破壊亀裂の進展を調べるため、図に示すように荷重最大を示した後も荷重がかなりおちるまで実験を継続した。Fig.3はA Eのイベントカウントレートと載荷点変位の関係を示している。ここで縦軸のA Eのカウントレートは対数を取っている。この図よりA Eは載荷初期より発生して、徐々に発生頻度が増して行き、荷重最大後一定になっていることが解る。このことは載荷当初から小さな破壊は始まっており、だんだん大きな破壊へと進行して行き、荷重最大を示すあたりから破壊亀裂の進展が顕著になるととらえることができる。A Eの位置評定の結果をFig.4に示す。評定可能なデータは13と少ないが切り欠き先端に集中している。A Eの評定位置には番号をつけており、1~7までが最大荷重を示す前のものであり、8~13が最大荷重後のA Eである。また丸の大小は電圧0.5mVフルスケールの50%を基準にわけている。この結果よりA Eの発生領域は亀裂先端の狭い領域であり、最大荷重の前に発生するA Eはその振幅も小さいく、比較的広く分布していることがわかる。従ってこれらのA Eは潜在亀裂や粒界などの弱面の開口などに関係しているものと考えられる。それに対して最大荷重後のA Eは亀裂先端に非常に近い領域に発生しており、その振幅も大きいので破壊亀裂の進展に関連していると考えられる。

以上のことにより本研究では花崗岩の破壊挙動の非線形と弱面の開口との関連性、破壊亀裂の発生時期などが実験的に明らかになった。

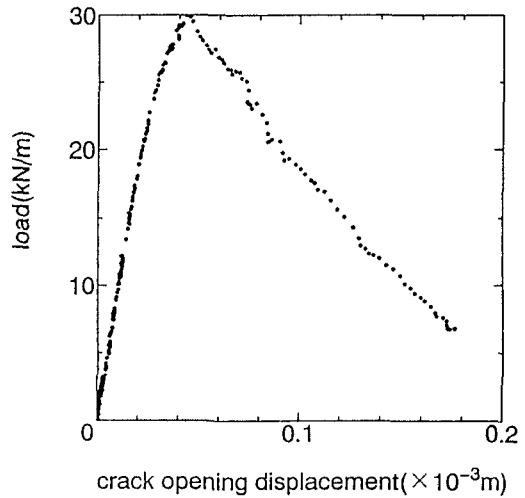


Fig. 2. The relation of crack opening displacement (COD) to load.

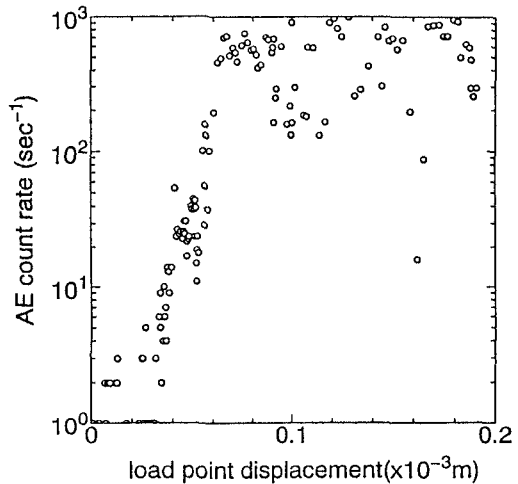


Fig. 3. Event rate of acoustic emission.

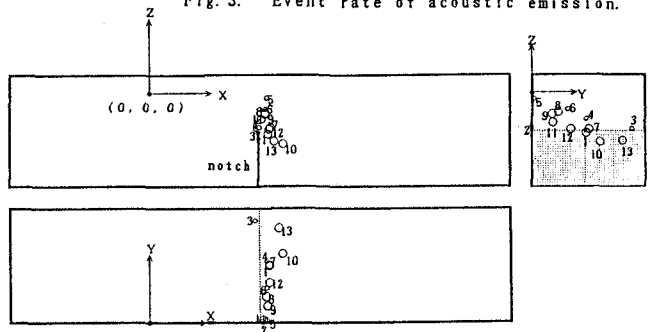


Fig. 4. The result of acoustic emission location.