

# 圧裂荷重下での異方性岩石の変形破壊挙動

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

1. はじめに これまで、岩石試験の結果には相当のばらつきが生じるものと考えられていたようである。しかし、供試体作製に細心の注意を払い入念な試験を行えば、岩石に固有のばらつきは従来考えられていた程度のものではないことが明かにされつつある。<sup>1)</sup> 本研究では、花崗岩の圧裂試験について可能な限り入念な方法で実験を行い、圧裂試験の実験精度について検討するとともに、圧裂荷重下での花崗岩の変形破壊挙動について検討した。

2. 試料 実験に用いた試料は、愛媛県伊予大島産の比較的細粒な花崗岩である。供試体形状は円柱とし、整形時の長さ直径の比が0.5となるように切断した。側面整形の影響について検討するため、側面整形を行ったものとそうでないものの2種類を使用し、直径は側面整形を行ったものが42.00mm、行わないものが43.3mmの供試体を使用した。本研究では、特に精度の良い圧裂試験を行うことを考慮しており、側面整形を行った供試体については、直径の変化は同一供試体内では1/100mm以内であり、また端面の平滑さ5/100mm以内としている。側面整形のない供試体では、慎重にコアリングされた側面をそのまま用いたが、直径に関して5/100mm程度の変化が認められた。

3. 実験方法 従来の圧裂試験装置では、荷重の偏心の評価が困難であったため実験精度に問題が残されていた。本研究では、主に偏心荷重を除去するという考え方から線荷重の作用面が正確に圧裂面と同一面になるように鋼球とガイドピンを用いた。<sup>2)</sup> ひずみゲージはクロスゲージを使用し、供試体の両面に貼り付けた。これは、供試体の軸と載荷軸との偏心を防ぐため、両端面のひずみを読み取り、低荷重下で補正するためのものである。また載荷にともなうAEおよび弾性波速度の変化を測定した。これらの計測は、GP-IBインターフェースを介してパソコンによりオンライン処理を行った。載荷装置として、島津製作所製サーボバルサー（EHF-EUB30-20L型）を使用し、変位速度一定（ $2.0 \times 10^{-3}$  mm/s）でサーボ制御を行った。実験は異方性の主軸を考慮し、rift面とhardway面の2面を圧裂した。また、hardway面については、側面整形を行ったものと行わないものの2種類について各々10個ずつ行った。

## 4. 実験結果および考察

4.1 応力-ひずみ曲線 Fig.1に、rift面とhardway面とを圧裂した場合の応力-ひずみ曲線を示す。ひずみは供試体中央の5mmのクロスゲージの出力であり、応力は等方性を仮定した圧裂強度の慣用式から算出している。体積ひずみは軸方向ひずみを0と仮定して計算した。図よりまず明らかなことは、載荷方向によって圧裂強度も変形挙動も大きく異なるということである。これは圧裂試験を行う上で異方性を考慮することの重要性を示している。

応力-ひずみ曲線は、圧縮試験の場合とよく似た変形挙動を示しているが、載荷初期におけ

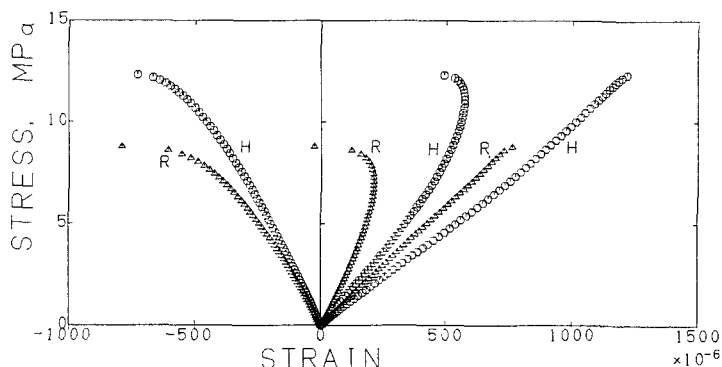


Fig.1 応力-ひずみ曲線

るクラックの閉塞による非線形領域はそれほど顕著には認められない。これは供試体中央の要素に関するひずみによって計算したため、応力-変位曲線にはクラック閉塞に伴う顕著な非線形領域が認められる。体積ひずみが増加に転じる点の強度破壊点に対する割合は、圧縮試験の場合に比べてかなり高い。

側面整形を行った岩石のhardway面に関する圧裂強度の変動係数は2.10%，

整形を行わないものが3.85%であった。このことは圧縮試験同様、圧裂試験においても材料固有の強度のばらつきは従来考えられていたほどではないことを示している。

4.2 AE, 弾性波速度 Fig.2に、hardway面を圧裂した場合のAEと応力との関係を示す。一般に圧裂に伴うAEは載荷初期にはほとんど認められず、強度破壊点の7～8割程度の点で発生し、一旦安定した後再び発生して急増し強度破壊に結び付く。Fig.3に載荷の過程における弾性波速度の変化を示す。弾性波速度の測定経路は圧裂予定面に垂直に設定されている。圧縮強度試験の場合と異なり、載荷初期から強度破壊点付近まで、波動の到達時間にはほとんど変化が認められない。一方振幅は、載荷に伴って増加し強度破壊点の近くでわずかに減少に転ずる。これは圧裂予定面における微小クラックが強度破壊点付近で急速に生じることを示すもので、AEや体積ひずみの測定結果と調和的である。

5. おわりに 以上述べてきたように、本研究では、大島花崗岩を用いて圧裂荷重下における花崗岩の変形破壊挙動について検討を加えてきた。従来、圧裂試験法による引張強度は、かなり大きく変動するということが報告され定説化されてきた。しかし、本研究で示されたように、異方性軸を考慮するとともに、丁寧な実験を行うことにより高精度の実験結果を得ることができる。

本研究で得られた結論を列挙すれば、以下の通りである。

- 1) クラックの選択的配向面によって、引張強度は大きな影響を受ける。
- 2) クラックの配向面を考慮して丁寧な実験を行えば、データのばらつきはかなり少なくなる。これは、実験データのばらつきが材料固有のばらつきによるものではなく、実験条件や実験方法によって生じるということを示すものである。
- 3) 圧裂試験においても、その変形過程はクラックの閉塞に始まって、最終的な破断に至るまで圧縮試験の場合と似たような過程をたどるが、圧縮試験に比較して載荷によるクラックの発生から、破壊に至るまでの過程が極めて短い。

#### 【参考文献】

- 1) 佐野他, 岩盤力学シンポジウム講演論文集, No.19, 295-299, 1987.
- 2) 工藤他, 岩盤力学講演論文集, No.16, 1-5, 1984.

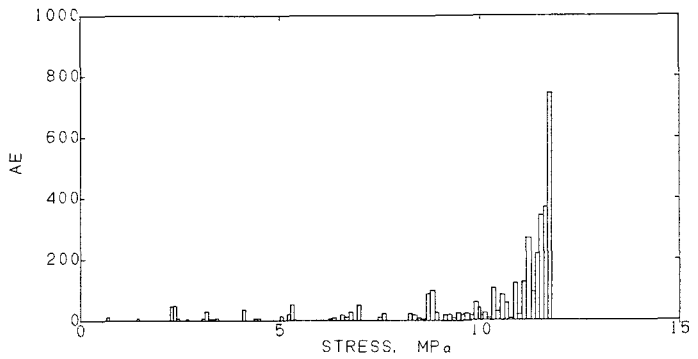


Fig.2 AEと応力の関係

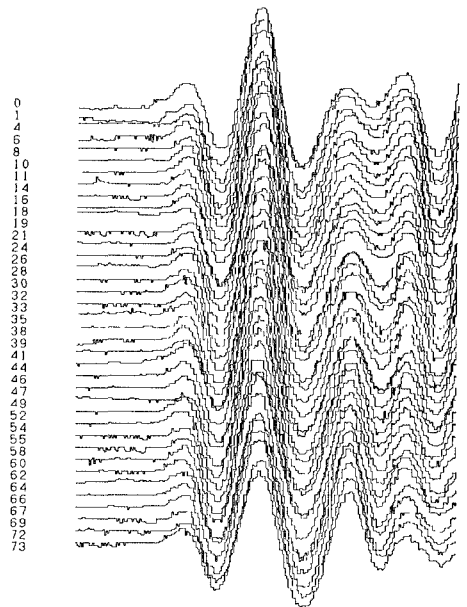


Fig.3 弾性波速度の変化