

圧裂荷重下における岩石の変形挙動

徳山高専 〇山本 秀喜 徳山高専 工藤 洋三
 徳山高専 橋本 堅一 山口大学 中川 浩二

1. はじめに

これまで一般に、岩石実験の結果には相当なばらつきが生じるものと考えられていた。こうした傾向は岩石の持つ非均質性を過度に評価することに起因しているものと考えられる。これに対して、一軸圧縮強度試験における岩石固有の強度のばらつきはさほど大きなものでないことが北木島花崗岩を用いた実験によって明らかにされている¹⁾。さらに大島花崗岩を用いた圧裂試験において、ばらつきの程度を変動係数で3%程度におさめることができることが報告されている²⁾。そこでは、圧裂試験結果にばらつきを与える要因の一つとして荷重の偏心が挙げられており、さらにばらつきが小さい原因が、圧裂下における微小クラックの集積から説明されている。本研究ではこの結論を補強する目的で、大島花崗岩、石灰岩、島崎安山岩について圧裂試験を行い、圧裂荷重下における岩石の変形挙動について検討した。

2. 実験方法

実験に用いた岩石は、愛媛県大島産のいわゆる大島花崗岩、福岡県小倉産の石灰岩、熊本県島崎産の安山岩である。このうち大島花崗岩と島崎安山岩については圧裂面が異方性の主軸の一つと一致しており、石灰岩についても圧裂面は固定されている。大島花崗岩については、供試体と載荷盤の間の載荷幅による影響を検討するために、曲面載荷（ISRM方式）と平板載荷の双方について検討した。検討に当っては、荷重の偏心の小さい実験結果が材料に固有の圧裂強度に近いという結論²⁾を考慮し、供試体の両端面に貼られたひずみゲージから得られる縦方向ひずみと横方向ひずみがそれぞれ良く一致しているものを選んだ。供試体の直径は約43mm、供試体長さは約21mmである。

3. 実験結果および考察

Fig. 1に曲面載荷盤による圧裂試験（ISRM方式）の結果を示す。これは供試体端面に貼られた載荷軸と垂直な方向に貼られたひずみゲージから得られる引張ひずみを、測定された断面の位置と各荷重段階に対応させて示したものである。応力は圧裂試験の慣用式を用いて荷重から得られたもので、0.5MPaごとの測定結果が示されている。圧裂試験では供試体と載荷盤との接触面積が小さく、比較的不安定な載荷方法であるため、載荷初期に慎重に載荷しても、荷重の偏心は避けられない。図に示した結果は、荷重の偏心によって一方の側（図の右側）のひずみが相対的に他の端面のものより大きいことを示している。さらに、この右側の図に対応する断面のひずみ分布にも若干の変化があり、載荷初期のひずみの大小関係は、載荷に伴って拡大する。このことは載荷にともなってまず特定の位置に微小クラックが発生し、さらにこれが同じ端面の圧裂面に沿って伝播することを示していると考えられる。これに対して、もう一方の端面のひずみは破断の直前まで微小クラックの発生

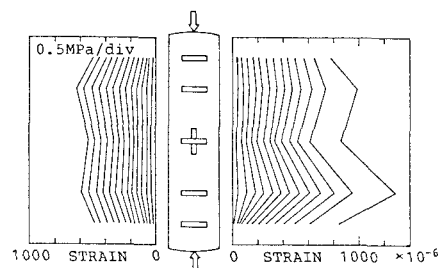


Fig. 1. Tensile strain distribution along the vertical diameters for Oshima granite.

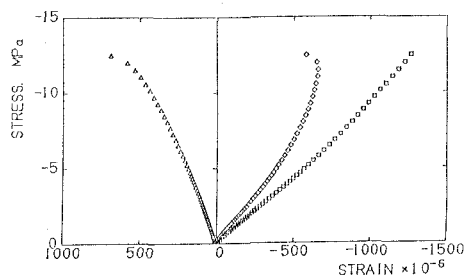


Fig. 2. Conventional stress versus strains for Oshima granite. Volumetric strain is calculated from the axial strain and lateral strain.

と伝播に対応した兆候が認められない。このことは最終的な破断面は、最大荷重の付近で急速に形成されることを示している。これはYanagidani et al.³⁾の観察結果とよく一致している。図の供試体の圧裂強度は、12.5MPaであり、すでに報告されている平板载荷の実験結果²⁾とほぼ同じ値である。

平板载荷による同様の実験の結果からは、最終的な破断と対応したクラックの不安定な成長が载荷点付近から発生すると考えられるものも認められた。これは圧裂破壊の「初期亀裂」が载荷点から発生するとしてHudson et al.⁴⁾の実験結果と調和的である。圧裂強度がこうした「初期亀裂」の開始位置にさほど影響を受けないという事実は、最終的な破断面の形成に先立つ微小クラックの生成と集積を考えることによってのみ可能となる。

Fig. 2は、Fig. 1に示した供試体中央部から得られたひずみと引張応力の関係について示したものである。図では、载荷軸に平行な方向のひずみ（横ひずみと呼ぶ）と垂直方向のひずみ（縦ひずみ）が両端面についてそれぞれ平均しており、体積ひずみを縦ひずみと横ひずみの和として定義している。図は、供試体端面の中央部に貼られたひずみゲージの出力のみから、微小クラックの生成や発達の様子をある程度知ることができることを示している。

Fig. 3に石灰岩に関する実験結果を示す。Fig. 4はこれをFig. 2に対応させて示したものである。同様にFig. 5およびFig. 6は、島崎安山岩に関するものである。これらの図は、花崗岩で示された圧裂下の変形・破壊挙動に関する結論が、他の岩石についても拡張できることを示している。

4. おわりに

以上の実験および考察により、圧裂試験では最終的な破断面の形成に先だって、圧裂面に沿う微小クラック生成と集積が認められ、これより丁寧に行われた圧裂試験結果のばらつきが小さいことが説明できることが明らかになった

参考文献

- 1) 佐野他：土木学会論文集，第388号／III-8，pp.141-150，1987.
- 2) 工藤他：第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，pp.91-95，1988.
- 3) Yanagidani et al, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 15, pp.225-235, 1978.
- 4) Hudson et al., Int. J. Rock Mech. Min. Sci., , pp.241-248, 1972.

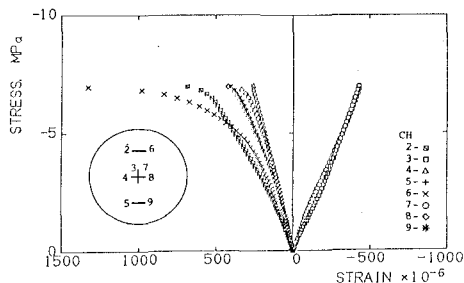


Fig. 3. Conventional stress versus strains measured at each position along the vertical diameters for Kokura limestone.

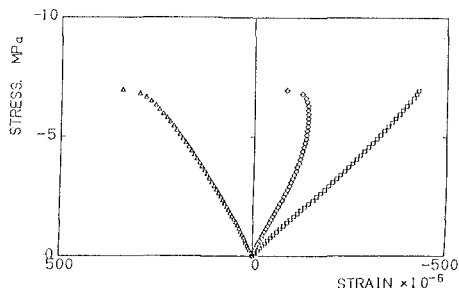


Fig. 4. Conventional stress versus strains measured at the center of the end surfaces for Kokura limestone.

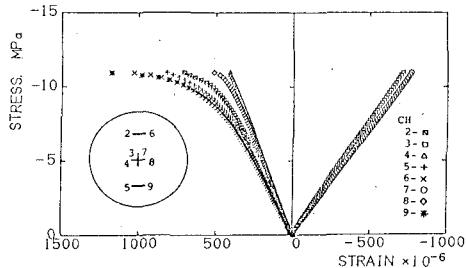


Fig. 5. Conventional stress versus strains measured at each position along the vertical diameters for Shimazaki andesite.

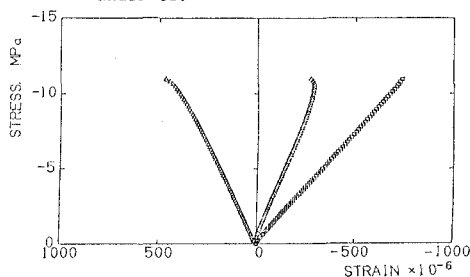


Fig. 6. Conventional stress versus strains measured at the center of the end surfaces for Shimazaki andesite.