

(9) 花崗岩の力学的挙動と石目について

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. まえがき

花崗岩の力学的な試験を行う場合、たとえ新鮮な岩石を用いても、強度、ひずみ、AE、弾性係数など物理量のほとんどに異方性がみられる。これらの異方性の中には工学的立場から見れば、等方性と仮定してもほとんど問題のないものもあるが、引張強度のようにその程度が大きく、異方性を無視できないものもある。

先に筆者らは、黒髪島花崗岩を用いた圧裂強度試験を行い、圧裂方向により強度に差があること、その差は最大となる方向の値に対して最小となる方向では、40%近い強度低下があることを示した。さらにこの異方性の主な原因を、弾性波伝播速度から推測される花崗岩内の先在クラックの選択的配向性と関連づけることにより、花崗岩の力学的挙動をある程度説明できることを示した。しかし同時に、弾性波伝播速度と圧裂強度の比較により、先在クラックの存在からだけでは説明しえない異方性が存在することも述べてきた。

本研究は、上述のような岩石のもつ方向依存性の原因をいっそう明らかにするために岩石の薄片の顕微鏡観察から得られる情報をもとに、花崗岩供試体内を伝播する弾性波速度や圧裂引張強度の方向依存性を定性的に説明しようとするものである。

2. 試料

花崗岩の石目は一般に互いにほぼ直交することが多いがこれらを割れやすい順にR面(rift plane)、G面(grain plane)、H面(hardway plane)とし、これらの面に垂直な軸を、それぞれR軸、G軸、H軸と略記する。(図1)

本研究で用いた花崗岩は、大島花崗岩および倉橋島花崗岩である。ここで大島花崗岩と呼ぶ岩石は、岩石学上の分類からすれば花崗閃緑岩に属する。採取地におけるR面はほぼ水平面で、G面、H面はほぼ鉛直面となっている。G面の走行は $N 83^{\circ} W$ である。倉橋島花崗岩は、粗粒の黒雲母花崗岩で、採取地ではR面がほぼ水平面と一致しており、G面、H面は垂直面が互いにほぼ直交している。G面の走行は $N 72^{\circ} W$ である。

3. 岩石組織の観察

写真1および写真2に大島花崗岩および倉橋島花崗岩の薄片の偏光写真の1例を示す。図1に示すように薄片は石目に垂直な方向からそれぞれ1つずつ作製している。大島花崗岩ではR面、G面に沿う先在クラックが卓越しており、R面のものはクラック長は1~2mmのものが一般的であるが、5mm程度連続するものもある。波状に屈曲する先在クラックのほとんどは石英粒内にある粒間クラック(transgranular crack)である。G面を形成するクラックもR面のクラックと同様の性格を有しているが、R面のクラックに比べて密度が小さく、クラック長は一般に小さい。これらのクラックに加えて、写真3に示すような、石英集合体内に粒間を横切る液粒面(planar of liquid inclusions)の存在が認められる。これらの液粒面は、R面、G面と平行のものもあるが、一般に $20^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 程度傾いており、かつ互いに直交性を有しているようである。この液粒面は、写真3からも明らかなように、面を構成する個々の包有物はほぼ球状で力学的には等方性を有していると考えられるが、それらの集合

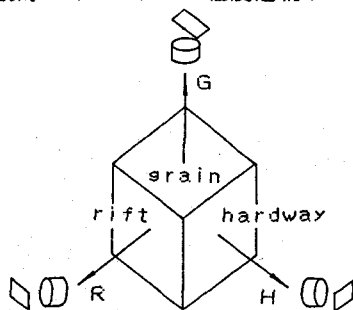


図1 石目の表記法

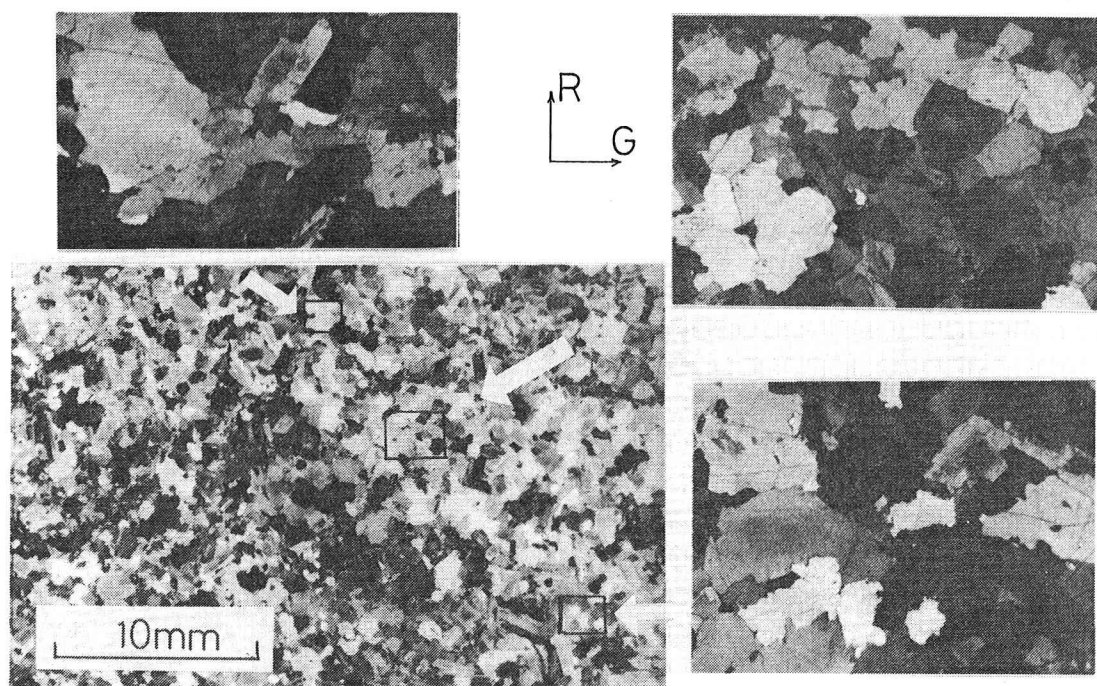


写真1 大島花崗岩の偏光写真

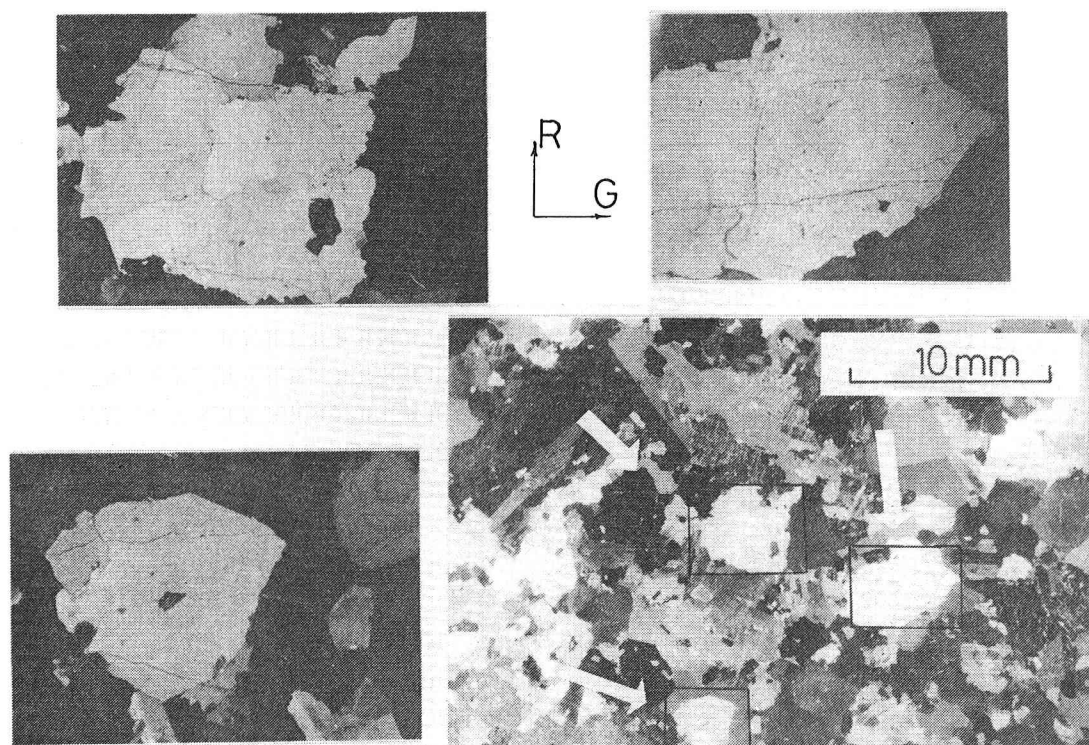


写真2 倉橋島花崗岩の偏光写真

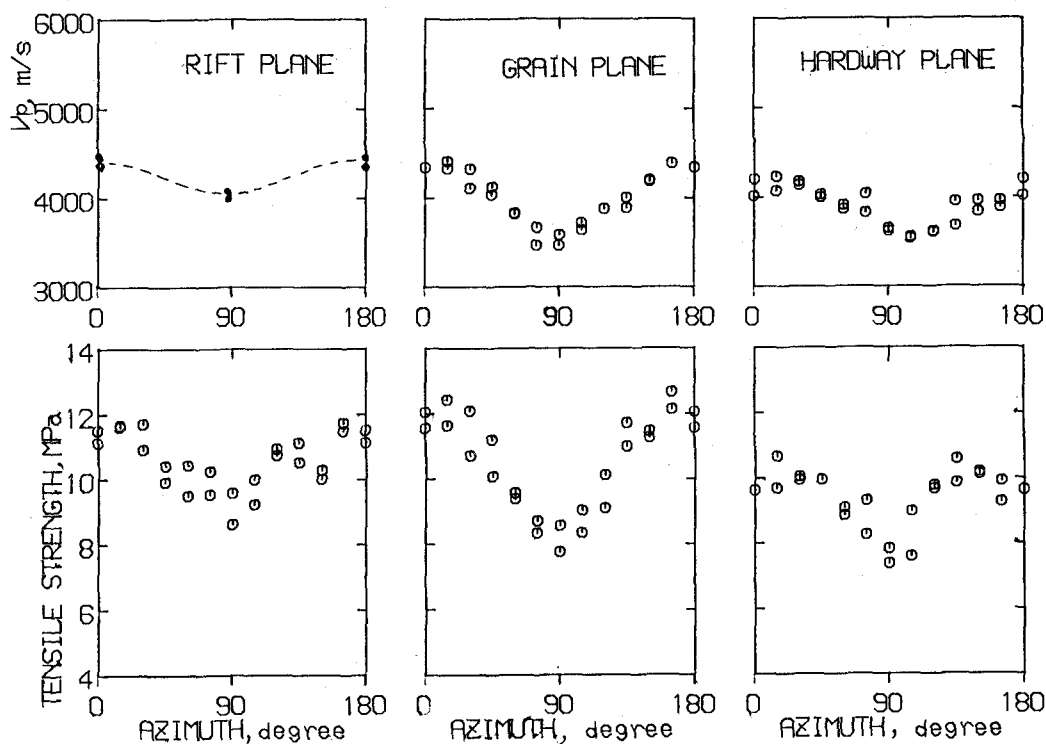


図2 大島花崗岩の V_p と圧裂強度

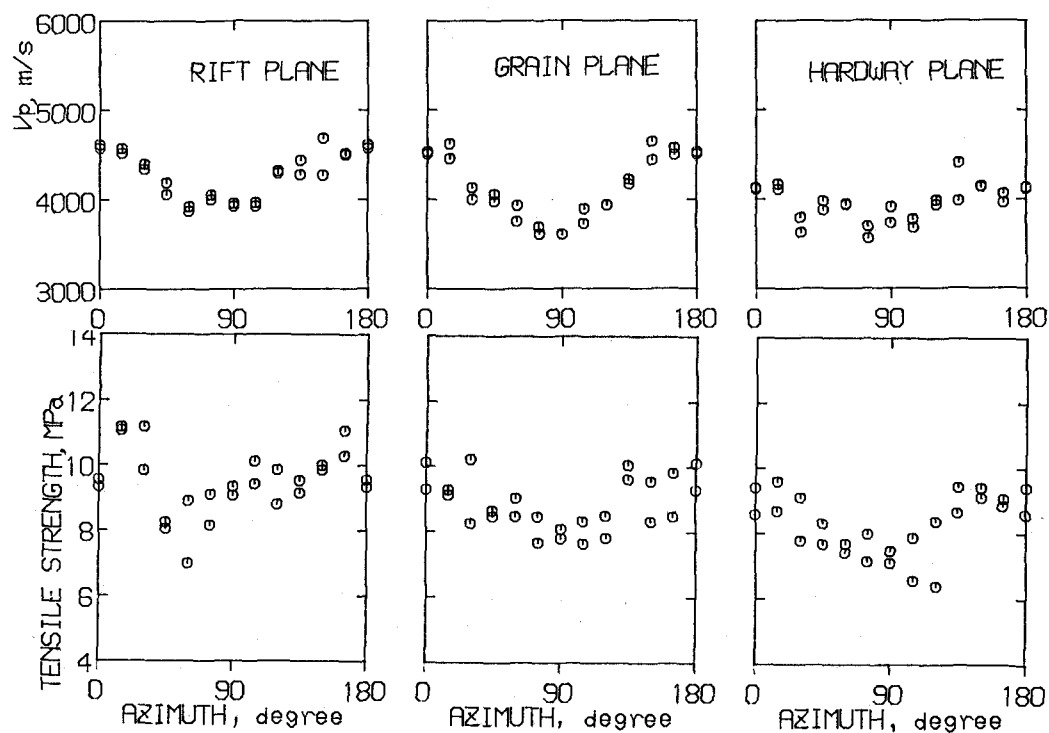
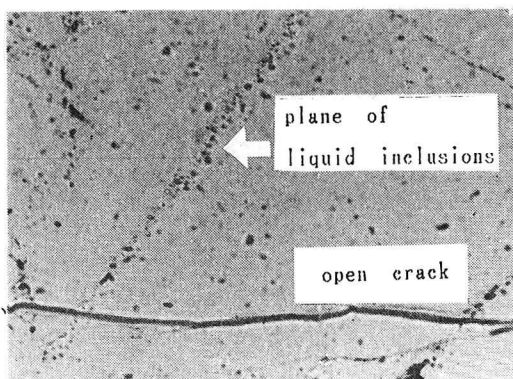


図3 倉橋島花崗岩の V_p と圧裂強度

体は選択的な方向性を有している。この液粒面の存在形式から、弾性波速度の異方性への寄与は小さく、引張強度などの強度の異方性に対してはかなり寄与があるものと考えられる。H面に関しては、石英中には他の面に相当するクラックは認められないが、斜長石やカリ長石中にH面とはほぼ平行な液粒面の存在が認められる。一方倉橋島花崗岩では、それぞれの石目に平行に粒間を横切る先在クラックは認められるが、これらのクラックはR面、G面に多く分布しており、特にR面で顕著である。またこれらのクラックはそのほとんどが石英粒内にあって波



状に屈曲している。特にR面に平行なクラックは、一つ 写真3 石英粒内を貫く液粒面とオープンクラック
のクラックの粒界をこえるものがあり、長いもので10mm (小島丈児氏の撮影による)

に及ぶものもある。H面に関しては、石英粒内に顕著なクラックは認められないが、斜長石、カリ長石内で顕著な液粒面の存在が認められる。またG面にはほぼ平行な液粒面も石英粒内に認められた。

3. 弾性波速度と圧裂強度

得られたP波の伝播速度(V_p)および圧裂強度を石目に対する方向との関係を図2および図3に示す。供試体の直径は、 43.5 ± 0.2 mm、長さ、 20 ± 1 mmである。 V_p はパルス透過法によって求めており、各供試体の圧裂面に垂直方向のものを測定している。供試体数は、各方向2個ずつである。

V_p の比較によって、双方の岩石ともにR面の先在クラックがよく発達していることが予測される。さらに大島花崗岩のG軸方向に伝播する V_p がH軸のそれに近いのに対して、倉橋島花崗岩では、R軸方向の V_p に近い値となっている。このことは、倉橋島花崗岩のG面内の先在クラックの発達の程度が、R面に近い特徴を有しているということを示唆しており、この点に関しても薄片による観察とよく一致している。

圧裂強度に関しては、石目の方向のみで見ると両者ともサンプリングされた方向に関係なくR面が最も小さく、次々にG面、H面の順になっている。倉橋島花崗岩の圧裂強度のパラッキは、粗粒で、時に10mmに達するクラックを持つ材料に対して供試体の寸法が充分でないためであると考えられる。圧裂強度に関して、今回実験に使用した試料が、大まかには直交異方性を示すとみることもできよう。このことは、 V_p の変化から観測されるクラックの方向性から説明され、さらに薄片の観察による石英粒内の先在クラックの方向性によって裏付けされる。しかし強度の最大値がH面以外の面に生じることは、 V_p の形状から説明することはできない。これを説明するためにはH面に平行に発達している液粒面の存在を考慮することが必要である。また大島花崗岩のR面や倉橋島花崗岩のR面に顕著に認められる強度の陥没する角度についても液粒面が選択的に配向している面とよく一致しており、先在クラックおよび液粒面の存在を併せて考慮することにより、花崗岩の力学的挙動をよく説明できると考えられる。

4. あとがき

以上述べてきた大島花崗岩および倉橋島花崗岩の弾性波速度および圧裂強度の異方性に関する特徴は、すでに報告している黒髪花崗岩に関する特徴と多くの点でよく一致している。さらに黒髪島花崗岩のG面に沿う先在クラックの発達の程度がH面のそれに極めて類似していることを考慮して今日の実験結果を考える場合、今回の資料がG面に沿う先在クラックの発達の程度に対する系統的な資料を提供していると考えられることでもできよう。

ただこれから3種類の花崗岩を併せて考えた場合でも、地域的にはなお偏在の感をまぬがれない。先在クラックや液粒面の密度や方向性の定量化の作業などと併せて今後の課題にしたい。

本研究を進めるに当たり、広島県倉橋島呉石材および愛媛県伊予大島山西石材より石目に関する情報と併せて原石の提供を受けた。また、本研究の薄片の観察に関する部分の記述については、広島大学名誉教授小島丈児先生に負うところが大きい、記して謝意を表する。

(9) Tensile Strength Anisotropy of Granite

Yozo KUDO, Ken-ichi HASHIMOTO
Tokuyama Technical College
Koji NAKAGAWA
Yamaguchi University

ABSTRACT

Granite contains numerous small defects which are preferentially oriented along three mutually perpendicular planes. These three planes are called, in a quarryman's terminology, rift plane, grain plane and hardway plane in order of ease of splitting.

In this study, we are reporting the tensile strength anisotropy of Oshima granite and Kurahashi-jima granite and comparing the tensile strength anisotropy to the results from thin section analysis and P wave anisotropy.

Drill cores were cut in three mutually perpendicular directions from a large block of granite and the cores were cut into disks. P wave velocity was measured in diametric directions at 15 intervals. The diametric compression test was performed in the same directions. From the same blocks, three thin sections were cut parallel to the rift plane, grain plane and hardway plane to check the preferred orientations of pre-existing microcracks and healed microcracks (planes of fluid inclusions).

From the thin section analysis, we found that the cracks of both Oshima and Kurahashi-jima granite mainly consist of open microcracks, in quartz, parallel to the rift plane and grain plane and healed microcracks, in feldspar, parallel to hardway plane. Healed microcracks were also found in other directions.

There was a strong correlation between the strength anisotropy, the preferred orientations of open microcracks in quartz and P wave anisotropy and there was also a correlation between the tensile strength anisotropy and the healed microcracks.