

(59) 花崗岩採石場における石目の配向に関する調査

徳 山 高 専 工藤 洋三

〃 橋本 堅一

山口大学工学部 佐野 修

〃 中川 浩二

1. ま え が き

未風化の花崗岩は、通常硬岩として取り扱われ、構造物の基礎として、あるいは地下構造物の一部として土木工学の分野で重要な役割を果たしている。従来花崗岩は、巨視的には等方均質の材料として扱われることが多く、節理などを持つ岩盤を扱う場合には、新鮮な岩石中では等方性を仮定し、その集合体としての岩盤に構造異方性を持たせるという手法が一般的であるようである。

しかしながら、わが国の主として花崗岩採石場では、石材の採掘、石材加工の技術上かなり古くから石目という概念で表現される強度異方性が認識され実際に利用されてきた。海外でも 1778 年にすでに石目に関する文献が見られており¹⁾、経験的にはさらにかなり時代を遡るものと考えられる。

著者らは、これまでの予備的な調査により、わが国全域で見た場合、例えば東北日本と西南日本では石目の配向性にかんがりの変化があることを見てきた。同時に、地域的にはかなり広い範囲にわたって類似した配向性を持つことに注目してきた。そしてそれらの配向面を明らかにしておくことは単に地質学上の興味にとどまらず、現位置試験や岩盤を構成する新鮮な岩石の力学的性質など、岩盤力学上の知見を得る上でも重要であると考え、石目の配向性に関する全国的な調査を進めている。本研究は、瀬戸内沿岸の花崗岩採石場における石目の配向性の調査結果について報告し、若干の考察を加えたものである。なお本文中で用いる花崗岩という呼称は、当該の採石場において慣用的に使用されているものを踏襲したものであることを付記しておく。

2. 石目と潜在クラックの配向面に関する予備的考察

石目とは、石材を加工する際に割れやすい面のことである。一般に石目の識別方法としては、1) 造岩鉱物内のクラックの配向から識別する 2) 特定の造岩鉱物（たとえば黒雲母）の配列から識別する、という 2 通りの方法が用いられているが、最も割れやすい面を見分ける場合には、1) の方法が多く用いられているようである。この造岩鉱物内のクラックは、特に卓越する場合には熟練なしに見分けることが可能であるが、一般にかんがりの経験を積んで熟練した職人のみが見分けることが可能である。

石工職人は、加工の際に最も割れやすい面を目または一番の目、これとはほぼ直交する二番目に割れやすい面を二番の目、目と二番の目に直交する残りの割れにくい面をシワなどと称している。特にシワについては、重ね、ムリ、押し、コアなど地方によってさまざまな呼称が使われている。海外にもこれと同様な呼称があり、割れやすい順に、rift plane, grain plane, hardway plane という分類がある一方²⁾、bedding plane, rift plane, hardway plane³⁾ という分類もある。前者の分類では、grain plane は割れやすさという点で hardway plane に類似しており、後者は、rift plane が bedding plane 同様に割れやすい場合に用いているようである。採石場におけるこれらの呼称と割れやすさの区分は、経験則という枠をこえるものではないが、これらの分類の主な違いが、顕著なクラック面が一面か複数の面かという認識にもとづくという点では重要な区分であると考えられる。以下の議論においては、便宜上、石目をこれらの分類と無関係に、経験的に割れやすい順に、R 面 (rift plane)、G 面 (grain plane)、H 面 (hardway plane)、と略記する。

ここで石目の方向が造岩鉱物内のクラックの卓越する方向と一致することを確認するために予備的実験を行っている。すなわち愛媛県伊予大島産の花崗岩の単一のブロックから石目の方向を考慮して互いに垂直な 3 方向のコアを抜きとり、パルス透過法により P 波の伝播速度を計測している。これを、採石場で決定され

た石目の方向を基準にして示したものが図-1である。図よりR面にはほぼ垂直に伝播するP波の速度が最小値をとることが認められ、R面が潜在クラックが卓越して配向する面であることが推測される。またR面内でのP波の伝播速度にも異方性が見られ、G面も潜在クラックの選択的配向面の一つであると考えられる。図-2は同じく大島花崗岩の立方体供試体の静水圧試験の結果であるが、花崗岩の力学的特性に異方性を与える原因が、主に潜在クラックによるという考えを裏付けるものである。すなわち静水圧の増加とともにR面、G面、H面に垂直な linear compressibility の異方性が減少して一定値に収束することが認められ、十分大きな静水圧下ではクラックは閉塞することがわかる。

3. 調査方法

調査地点の選定に当っては、予備調査の段階で、花崗岩の新鮮な露頭が存在すること、石目を識別できる職人がいること、などの条件を考慮して決定した。さらに、黒髪島（山口県徳山市）で実施した調査の結果、同一地域であっても採石場ごとに造岩鉱物の組成・粒形や弾性波速度の異方性の程度および石目の配向も若干異なることが明らかになったので、できるだけ同一地域に複数の測定点を設定して石目の配向を決定するようにした。

実際の測定に当っては、採石場に石目に沿う面が露出している場合には、現地でその面の走行および傾斜を測定し、そうでない場合は、複数の壁面に線引きされた石目の方向から二次元的な位置関係を明らかにした。図-3に調査地点の概略を示す。

4. 調査結果および考察

表-1に今回の調査によって得られた瀬戸内地域におけるR面とG面の走行および傾斜を示す。比較のために、表の最下段に稲田花崗岩の石目の配向の測定結果を3例示した。さらに同じ地域での石目の配向性の変化を見るために、表より北木島および黒髪島の石目の配向をシュミット網に整理し、調査地点の地形と対照して図-4および図-5に示す。これより、北木島、黒髪島のいずれの調査地点においても、R面はほぼ水平面に近い配向であることが認められる。一方G面はほぼ鉛直面となっており、R面と直交している。わずかの例外はあるが、北木島ではN60°E付近の走行が卓越しており、黒髪島でもN40°E付近の走行が卓越し

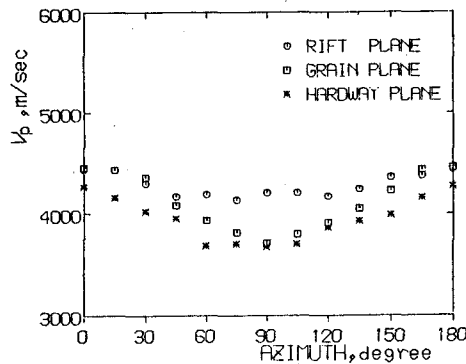


図-1 大島花崗岩のP波速度の異方性

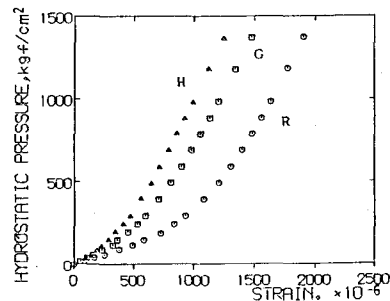


図-2 静水圧試験による大島花崗岩の異方性



図-3 調査地点の概要

ている。

ここで、R面がほぼ鉛直に近い配向をなす Case20 の花崗岩について、P 波の伝播速度の測定結果を図-6 に示す。これと比較のために、ほぼ水平な面が R 面となっている Case 16 の花崗岩についての測定結果を図-7 に示す。ここで、 $(V_{pmax} - V_{pmin}) / V_{pmax} \times 100$ を P 波速度の異方性を表わす量と定義すると、Case 16 では、異方性が最大となる G 面内で 16.8 %、最小となる R 面内で 4.2 %であり、R 面内では等方性に近いのに対して、Case 20 では、G 面内で 21.1 %、R 面内で 15.1 %と G 面内のみならず R 面内でも顕著な異方性を示す。このことは、Case 20 の G 面(すなわちほぼ水平に近い面)が顕著なクラック面であることを示している。またこのクラックは R 面のクラックと同様に肉眼でも観察可能である。先に述べた bedding plane, rift plane, hardway plane という石目の分類と類似した分類として、わが国にも、すくい、目、二番など、ほぼ水平な面が割れやすいことを前提にしたような分類もあるが、Case 20 の倉橋島花崗岩は、これと同様な分類に属するものであろう。Case 18 の花崗岩についても同様の傾向が認められ、これらのことから、瀬戸内

場 所	番号	R 面	G 面	備考(丁場名など)
北木島	1	N 8 5° W 1 0° S	N 5 8° E 8 5° N	馬越道也石材店
	2	N 8 3° W 1 1° S	N 5 5° E 8 9° E	桧垣石材
	3	N 7 3° E 1 0° N	N 6 0° E 8 5° E	高橋石材
	4	N 8 6° E 8° N	N 3 4° E 8 5° S	馬越武逸石材
	5	N 3 7° E 3° W	N 5 8° E 9 0°	河田石材
	6	N 4 2° E 1 1° W	N 1 5° W 8 5° E	鶴田石材
黒髪島	7	N 2° E 1 1° W	N 4 2° E 8 0° S	黒髪石材(衣 2 級)
	8	N 5 6° E 1 1° W	N 2 8° E 8 5° S	黒髪石材(衣 1 級)
	9	N 7 9° E 1 1° W	N 3 2° E 8 2° S	黒髪石材(新切羽)
	10	N 5 8° W 1 1° W	N 7 3° W 8 0° S	黒髪石材(二羽島)
大島 (愛媛県)	11	N 7° E 1 3° E	N 7 8° W 8 7° S	造成石材
	12	N 7 2° E 1 4° N	N 8 3° W 8 5° S	山西石材
	13	N 8 7° E 1 2° N	N 7 2° E 8 3° N	黒瀬石材
小豆島	14	N 7 0° W 8° N	N 7° E 8 8° W	中塚石材
万成	15	N 4 6° E 1 3° W	N 1 6° E 8 5° W	光田石材(富山)
	16	N 2 3° W 1 1° E	N 2° W 8 6° E	光田石材(竜王谷)
広島 (香川県)	17	N 8 7° E 2° S	N 3 2° E 8 8° W	金崎石材
	18	N 6 4° E 8 8° N	N 8 1° W 5° W	栗林石材
庵治	19	N 4 3° W 1 1° S	N 6 2° E 8 8° S	牟礼共同石材
倉橋島	20	ほぼ東西の鉛直面	ほ ぼ 水 平 面	呉石材
額田 (茨城県)		N 7 4° E 7 8° S	N 2 5° W 8 1° W	高田石材(西沢)
		N 7 5° E 8 0° S	N 3° W 8 6° E	高田石材(岩倉)
		N 6 3° E 8 0° S	N 2 7° W 9 0°	中野組

表-1 瀬戸内地域の花崗岩採石場における R 面と G 面の配向

全域にわたってほぼ水平に近い面が潜在クラックの選択的な配向面になっていると考えられる。

5. あとがき

以上述べてきたように、本研究では、花崗岩採石場で石材加工の際に利用される石目が、潜在クラックの選択的な配向面であることに注目して、瀬戸内沿岸の花崗岩採石場において石目の配向を調査してきた。その結果、この地域においては、顕著な潜在クラックの配向面がほぼ水平面に一致することが明らかになった。このことは、この地域の岩石や岩盤の力学的性質を考える上で有用な情報であると考えられる。例えば、現位置試験によって岩盤の力学的性質を明らかにしようとする場合、岩盤の変形挙動は節理やき裂のみではなく潜在クラックの配向面の影響を受けることが予想される。特にコアサンプルから花崗岩の引張強度を求めようとする場合は、潜在クラックの異方性をもたらすと考えられるため、当該地域のG面を含めた石目の配向性についての予備知識をもってこれらの調査に当たることが重要である。

しかしながら、これまでに述べてきたような傾向がわが国の全域に共通しているものでないことは表-1の稲田花崗岩の例からも明らかで、東北日本の少なくない採石場では、ほぼ水平に近い面がH面となっている。したがって、さらに広範囲でかつ詳細な情報を得るために、今後同様な調査を積み重ね、全国的な石目の配向を調査し検討を加えていく予定である。

謝辞 本研究を遂行するに当たり、黒髪石材㈱をはじめとする瀬戸内沿岸の石材業者および石工職人の方々には多大な御協力をいただいた。また熊本大学工学部金子勝比古氏には調査に同行していただき貴重な示唆、助言をいただいた。記して謝意を表する。

参考文献

- 1) Dale T. N. The Commercial granites of New England, Bull. U. S. geol. Surv. 738, 23-103 (1923)
- 2) たとえば Balk R. Structural behavior of igne us rock. Geol. Soc. Am. Mem. 5 (1937).

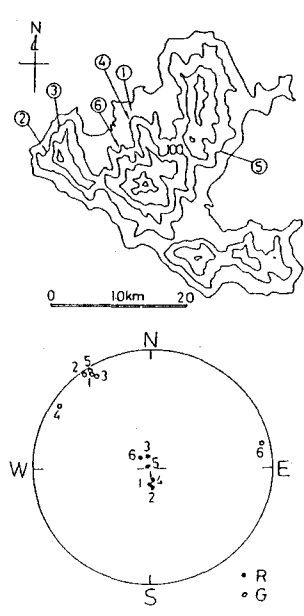


図-4 北本島における石目の配向

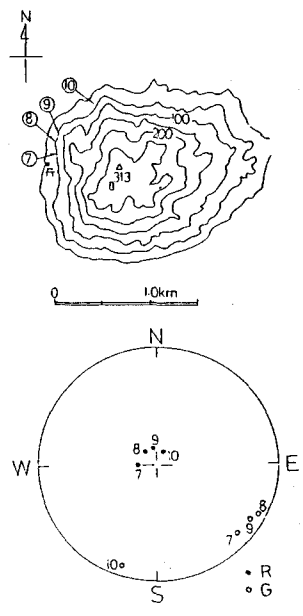


図-5 黒髪島における石目の配向

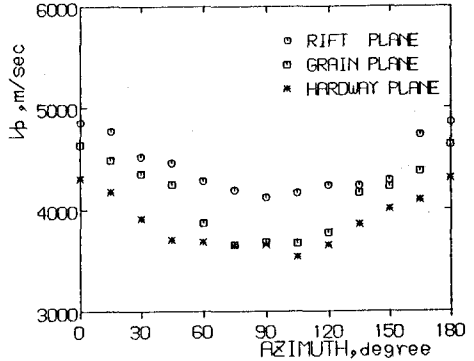


図-6 倉橋島花崗岩 (Case 20) のP波速度の異方性

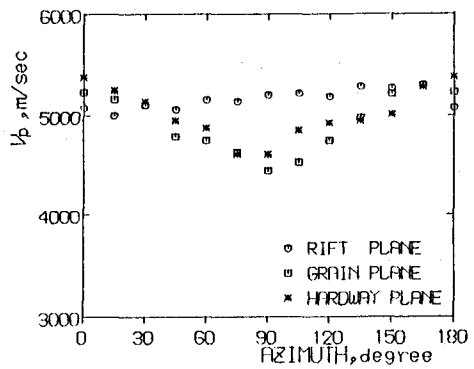


図-7 万成花崗岩 (Case 16) のP波速度の異方性

(59) Preferred Orientation of Preexisting Microcracks
in Granite Quarries

Yozo KUDO, Ken-ichi HASHIMOTO*

Osam SANO, Koji NAKAGAWA**

Granitic rocks have three mutually perpendicular planes along which they are most easily splitted. These planes are called, in quarryman's terminology, as rift, grain and hardway planes, in order of ease of splitting and sometimes called as bedding, rift and hardway planes. The phenomenon of rifting in granitic rocks have been known for a long time. Despite their importance in determining mechanical behavior of granitic rocks, these planes have not received the attention, especially in civil engineering devision.

Experimental results show that rifting depend on the preexisting microcrack behavior preferentially oriented along these planes. For example, the compressional wave velocity is the highest in the direction normal to hardway plane, the least in the direction normal to the rift plane. Furthermore, at high hydrostatic pressure, anisotropy of linear compressibility decrease and compressibility are equal to the intrinsic values. Microcracks with preferred orientation bring about the anisotropy in the mechanical properties of granitic rocks. Therefore, from technical point of view, it is important that we know the preferred orientation of microcracks in advance.

In this study, preferred orientations of the rift were surveyed at several granite quarries in Setouchi District. It became clear that most obvious preferred orientation of microcracks in this area was nearly horizontal without exception.

* Tokuyama Technical College

**Yamaguchi University