

(12) 深部花崗岩体における亀裂情報のデータベース化とその利用

日鉄鉱業(株) 正会員 野口義文

日鉄鉱業(株) ○岩崎 浩

熊本大学工学部 小池克明

The Database of Joints in the Granite and Its Application for Geological Analysis

Yoshifumi NOGUCHI, Nittetsu Mining Co., Ltd.

Hiroshi IWASAKI, Nittetsu Mining Co., Ltd.

Katsuaki KOIKE, Kumamoto University

Abstract

The evaluation of discontinuities (we call them "joints") is one of the most important factors for site characterization in a jointed rock mass. Then, for the purpose of making the best use of geological data of joints, we constructed the database in the granite at Kamaishi mine. The area is composed of Kurihashi grano-diorite, Ganidake diorite and garnet skarn. We investigated joints and their neighboring host rock, using exploration drifts that were about 260 meters under the ground level.

The database consists of 17 items for a joint, for example, strikes and dips, shapes, properties of joint surface, degree of alteration, widths of altered zone, filling materials etc. Using this database, we examined geological characteristics in that area.

Followings are the summary of this investigation.

- 1). The investigated area consists of three rock types, however, they have a same characteristics of all joints distribution.
- 2). The number of open fracture, the width of altered zone and amount of seepage vary locally. Especially, the boundaries of lithology have large amount of seepage, where are consist with the zones with many open fractures.
- 3). Frequency of width of the aperture of fractures and filling materials in the fractures decrease exponentially. The decreasing ratio of them are almost equal to each other. Furthermore, frequency of width of the altered zones are also shown in an exponential function.

1. はじめに

岩盤中には普遍的にジョイントや破碎帯などの不連続部(以下では亀裂あるいは亀裂群と呼ぶ)が存在しているが、通常、観測面の方向が限られるのでそれらの3次元的な分布特性を的確に把握することは困難である。これらの亀裂群の存在は、岩盤の力学のおよび水理学的特性に影響を及ぼすことは周知の通りである。従って、観測された亀裂をもとに分布状態の確率的なモデルを作成する試みが盛んになされている¹⁾。このようなモデル化においては、亀裂群は同等の性質を有する面の集まりと仮定され、特にその方位が重要視されてきた。しかしながら、亀裂群は生成時期、変質の程度、形状、透水性などが異なったものの多様な集合体であり、また出現頻度も場所毎に異なるはずである。これを考慮して原位置岩盤中の亀裂の分布特性や性質を総合的に捉えるためには、各亀裂毎に地質学的、水理学的、力学的な観点から詳細な調査を行う必

要がある。それとともに膨大なデータから必要な情報を迅速に検索し、複数の調査項目の関係が容易に把握できるシステムの作成、すなわち亀裂情報のデータベース化が重要になる。最近地質情報のデータベース化が盛んである²⁾が、まだ亀裂情報に関するシステムは見あたらない。

上記の観点に立つて、著者らは、花崗岩体に掘削された坑道あるいはボーリング孔の壁面を対象に詳細な亀裂調査を行い、得られたデータのデータベースを開発するとともに、検索プログラムを作成した。ここでは、坑道を対象としたデータベースの内容および検索結果の数例を紹介し、本システムの有用性を検討する。

2. 坑道における亀裂情報のデータベース

岩手県釜石鉱山の北部に賦存する花崗岩体に掘削された全長約 1600mの探鉱坑道（NW、NE坑道と称している。図-1.参照）で、亀裂とその近傍の母岩を中心とした地質調査を行った。調査エリアは地表下約 260mに位置し、図-1.に示すように、栗橋花崗閃緑岩、蟹岳閃緑岩そしてざくろ石スカルンという3つの岩種から成っており、これらの岩石はアブライト、ランプロファイアーの貫入を受けている。

表-1. 亀裂の評価項目およびその基準

項 目	基 準	コード (単位)	項 目	基 準	コード (単位)
位 置	基準点と亀裂が最初に出現する位置との距離	(m)	変質の 程度	母岩と流体が十分に反応 (全体変質)	WH
走 向 傾 斜	クリノメーターの読み	(度)		母岩組織が一部不明瞭 (強変質)	IL
パターン I	開口亀裂の最大幅	0(mm)		中間的な変質度	MD
	閉鎖亀裂	C		母岩の組織は明瞭 (弱変質)	WK
パターン II*	直線状	P		初生鉱物の一部が変質 (微弱変質)	VW
	曲線状	C		流体が全く達していない (未変質)	FS
	不規則な曲線状	I	変質幅	変質ハローの幅	(mm)
端部の 形状**	階段状	S	充填鉱物	緑泥石	CHL
	端部が調査範囲外で不明	X		白色粘土	WCL
	端部が調査範囲内で消滅	R		方解石	CAL
粗 さ	端部が調査範囲内で 他の亀裂に交差	D		石 英	QZ
	なめらか	P		束沸石	ST
	ややなめらか	S		濁沸石	L
	やや粗い	I		緑レン石	RP
	粗い	C		ブドウ石	PRE
変 位	亀裂による移動量	(mm)	充填した 岩石	ランプロファイア	LP
条 線	その有無と方向の クリノメーターの読み	(度)		アブライト	AP
	乾燥	I	充填幅	岩石鉱物が充填している幅	(mm)
	水がにじんでいる	TR	その他	充填物に果帯構造が存在	Z
	滴水がある 1分間の滴水数	D (drops)		セン断が存在	S
湧水量	流水がある 1分間のリットル量	L (l/min.)		セン断の存在と 充填物に果帯構造が存在	Z&S
変質の 色	ピンク	PK			
	白色	WT			
	緑色	GN			
	灰色	GY			
	褐色	BR			

注)
* そこから分岐する枝状の小さな亀裂について副パターンを設けている
** 両端の形状を表すよう追記している
例えば、XX、XR、DD、DXなど

調査に当たって、基本的には坑道を横切る規模（長さが概ね3m以上）の連続が認められる亀裂を対象にしたが、湧水を伴うもの、3m以上の連続を持つ他の亀裂を横切るものも調査対象とした。その評価基準はISRM指針など^{3) 4)}を参考にして表-1.のように定めている。それらの亀裂情報を、同表に併記したようにコード化あるいは数値化し、パーソナルコンピュータ上でデータベースを作成した。そこでは、使用する情報とその処理目的に応じた解析プログラムをBASIC言語で作成して、検索、解析結果の出力を行えるようにした。また、解析結果の出力については『LOTUS 1-2-3』も利用できる形とし、グラフ化や統計処理が容易にできるようにした。

なお、データベースには坑道の天盤にスキャンラインを設け、それと交差する亀裂について交差角度と半トレース長を加えている。

3. 調査エリアの地質学的な特徴

図-1.に、調査した坑道と付近の地質図を示す。同図には、坑道区間長10m毎の全亀裂数の分布とランプロファイアーの位置も記入した。また、図-2.は、2本の坑道で観察された全亀裂の極を岩種別にステレオネット投影図に表したものである。

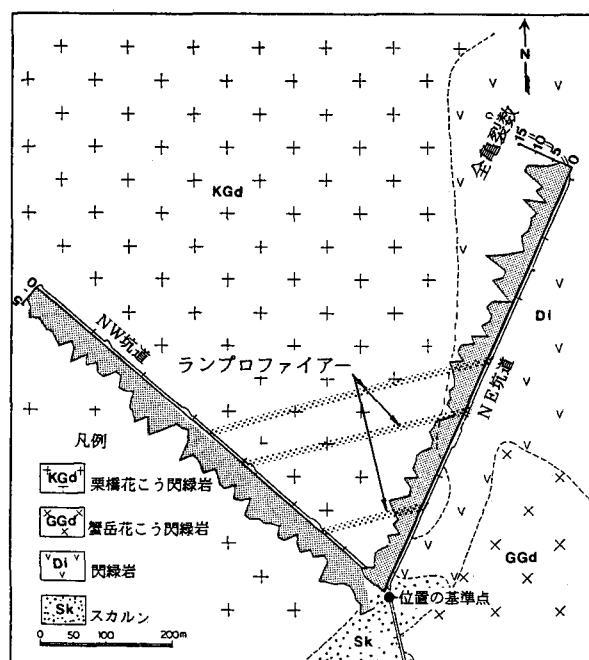


図-1. 調査した坑道と付近の地質図
および全亀裂数の分布とランプロファイアー

全亀裂の数の分布は全域で大きな変動が少なく、栗橋花崗閃緑岩で1.3本/m、蟹岳閃緑岩で1.1本/m、ざくろ石スカルンで1.2本/m、全域を平均すると1.12本/mである。走向および傾斜を比較しても、岩種によって極端に異なる傾向は認められない。鉛直方向の調査結果がないため、その方向に近い亀裂は現れにくくなっていると考えられるが、このエリアの特徴は、走向 $N60^{\circ}\sim 80^{\circ}E$ 傾斜 $80^{\circ}\sim 85^{\circ}N$ を有する比較的急傾斜の亀裂が非常に卓越していることである。また、図-1.に示したように坑道間で数条のランプロファイアーが連続することが推定される。それらの走向は $N78^{\circ}\sim 90^{\circ}E$ 、傾斜は $80^{\circ}\sim 90^{\circ}N$ である。すなわち、調査エリアで卓越する亀裂群の値とほぼ一致している。これらのことは、3つの岩種から成るものの全亀裂の分布から見れば同一のエリアであることを意味しよう。ちなみに、2本の坑道の亀裂情報を処理して得られた亀裂分布の確率論的なモデルとボーリング孔における亀裂分布とを比較した結果も、同一の亀裂分布特性であることを支持していた⁵⁾。

一方、亀裂の分布を例えば開口亀裂、変質ハローの幅、湧水量で見ると図-3.のようである。図では調査結果を坑道長さ10m当りの数あるいは量で表して両坑道における分布を示し、岩種の境界も記入した。これらの分布は、全亀裂の数の場合に比較して位置的な偏在が認められる。特に湧水量ではその傾向が著しく、NW坑道のスカルンと栗橋花崗閃緑岩との境界、NE坑道の閃緑岩と栗橋花崗閃緑岩との境界といった岩種の境界付近に比較的多量の湧水がある。そこでは開口亀裂数も若干多めである。当然、付近の地下水位の分

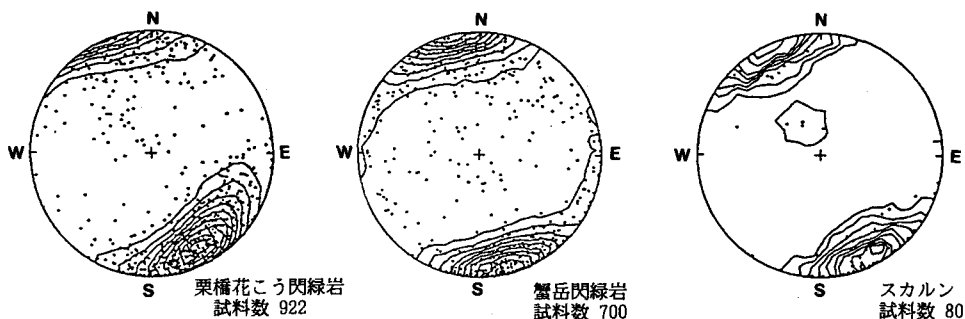


図-2. 岩種別に示した全亀裂の極のシュミットネット投影図 (下半球)

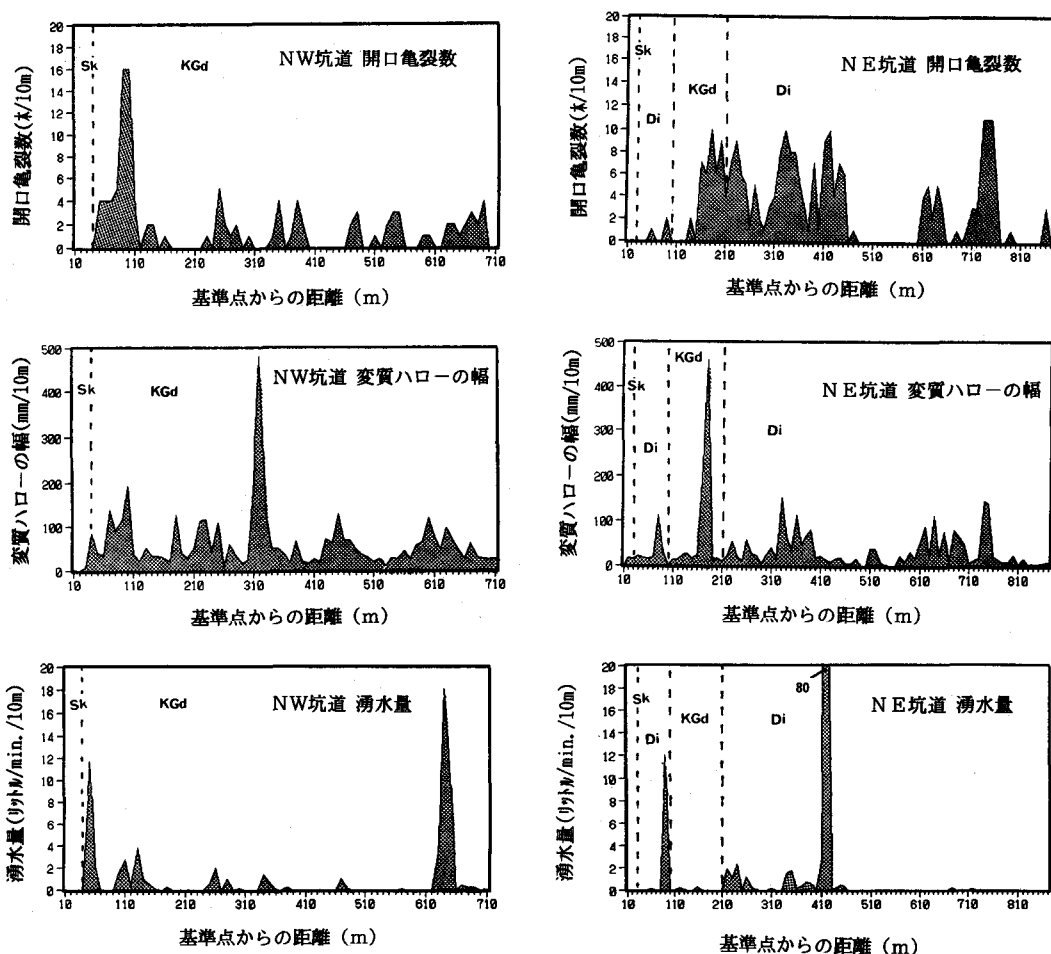


図-3. いくつかの調査結果の坑道における分布 (10m毎の値)

布に大きく影響される現象と考えられるが、地質学的な条件、例えば連続が比較的広域に及ぶ亀裂の存在やその開口幅なども複合的に関与しているものと推察される。

また、図-4. に、ある亀裂が有する開口幅、充填鉱物の幅に関する頻度分布を、該当する亀裂の総数に対する百分率で示した。いずれの幅も階級値 10mm でサンプリングし、その中央に値をプロットした。両者の頻度分布は、度数を対数表示にした片対数グラフで、ほぼ同じ傾きを持つ回帰直線で表せ、幅が大きくな

ると図中に示した指数関数に従って出現数が減少している。変質ハローの幅についても階級値 5 cm でサンプリングして同様な形で図-5. に示した。これも、幅のオーダーは前 2 者とは異なるが指数分布で表されることがわかる。

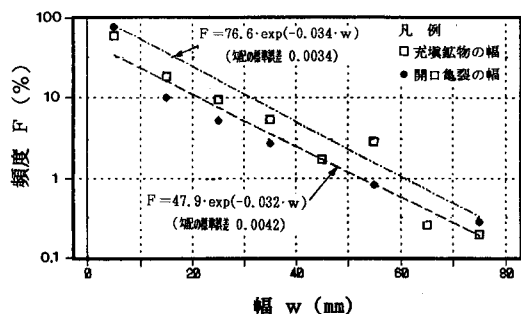


図-4. ある幅を有する亀裂の頻度分布

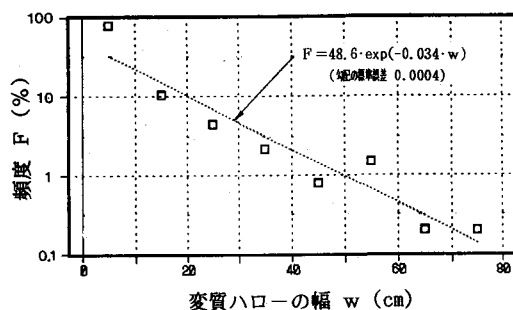


図-5. ある亀裂に伴う変質ハローの幅の頻度分布

4. おわりに

岩手県釜石鉱山の北部に賦存する花崗岩体を対象とした亀裂情報のデータベースの内容を紹介し、それを用いて同調査エリアにおける次のような地質学的特徴に関する若干の検討を通して、このデータベースの有用性を示した。

すなわち、本調査エリアは、岩種は異なるものの全亀裂の分布から見れば同一と考えられた。しかし、開口亀裂数や変質ハローの幅、湧水量などの分布は位置による偏りが著しく、特に、湧水量は岩種の境界で比較的多量であり、そこでは開口亀裂もやや発達していた。また、亀裂の大きさに関係すると考えられる開口亀裂の幅や充填鉱物の幅の頻度分布は指数関数で表せた。

謝辞

本稿で用いたデータは、動力炉・核燃料開発事業団が釜石鉱山で実施している『花崗岩における原位置試験』の成果の一部である。貴重なデータを御提供頂いた同事業団に対し、ここに記して深く謝意を表する。

参考文献

- 1). 例えば, S.D.Priest, J.A.Hudson : Estimation of Discontinuity Spacing and Trace Length Using Scanline Surveys, Int.J.Rock Mech.Min.Sci.& Geomech.Abstr., Vol.18, pp183-197, 1981
- 2). 風間彦彦, 岩崎公俊, 堀井克己 : 地盤情報データベースの現状と問題, 土と基礎, 37, No.1, pp.11-16, 1989
- 3). ISRM指針 Vol.3 岩盤不連続面の定量的記載法(日本語訳) : 岩の力学連合会, 1985
- 4). Z.T.Bieniawski : Engineering Classification of Jointed Rock Masses, Transactions, Social African Ins. of Civil Engineers, Vol.15, No.12, 1973
- 5). 野口義文, 飯島章夫, 中村直昭, 小池克明, 金子勝比古 : 岩盤における亀裂の計測とそのモデリング, 第8回岩の力学国内シンポジウム講演論文集, pp.43-48, 1990