

岩盤内きれつ分布の評価に関する研究

木村 薫 平間 邦興
丸山 誠 桑原 徹

Estimation of Fracture Distribution in Rock Masses

Kaoru Kimura Kunioki Hirama
Makoto Maruyama Tohru Kuwahara

Abstract

The present paper discusses the estimation of fracture distribution according to both length and preferred orientation of fractures. Fractures with preferred orientation showed Poisson's distribution while those with no preferred orientation showed Gates-Gaudin-Schuhmann distribution, and therefore, it was clarified that the characters of fractures and classifications of rock masses can be indicated by the parameters of their probability distribution. The new methods proposed here were also compared with the common rock classification methods, and the relations among them were discussed.

概要

本報告は岩盤内きれつ分布の評価法をきれつのスケールのちがいや方向性の有無によって検討したものである。現場露頭で測線をとって計測すると方向性のあるきれつ群はポアソン分布で表わされ、またコア試料中の方向性のないきれつはゲーツーゴダンーシューマン分布で表わされることがわかった。この結果、きれつ分布の特徴やきれつによる岩盤分類はこれらの確率分布のパラメータで表わすことができる。ここで提案したパラメータによる分類方法と従来の岩盤分類との比較検討も合わせて行なった。

1. はじめに

岩盤内構造物構築を行なう際の岩盤掘削や重要構造物の岩盤基礎を考える時、断層や節理などの岩盤内きれつに対する工学的な評価あるいは判断は、現在ますます重要な課題となっている。岩盤内きれつの評価は、事業の計画・調査・設計・施工のそれぞれの段階で必要である。たとえば、“計画”では建設予定地における断層の有無や岩盤状況についての概略調査がなされるのはもちろんである。最近はこれに加えて近い将来における地震発生の可能性という点から、地質学的な時間感覚での活断層の挙動や活断層に沿う副断層・破碎帯が、しばしば大きな問題となっている。活断層の存在は重要構造物の立地条件に大きな影響を与えている。“調査”では岩盤分類あるいはきれつの頻度としてきれつ分布が取り扱われているが、今後一層の研究が必要である。“設計”では“調査”で得られたきれつ分布をもとにして、きれつのような地質的不連続面を含んだ岩盤の力学的挙動や岩盤内浸

透流のシミュレーションが行なわれるようになってきた。また“施工”ではトンネルのロックボルト工法のようにきれつをぬい合わせるような工法が現われている。このような状況に対処するために、断層や節理などのきれつの分布や性質について基本的な認識を得て、工学的評価方法ならびにきれつ分布のモデル化を検討することは必要と考えられる。

本報告ではまず従来より提案されている各種きれつ分布の評価法について考察する。この結果にもとづき、きれつを比較的方向性を持ったきれつ群と方向性を持たないきれつ群とに分けると、それぞれのきれつの頻度分布がポアソン分布、ゲーツーゴダンーシューマン分布に従うので、これらの分布のパラメータによってきれつの頻度分布を評価することが可能なことを示す。

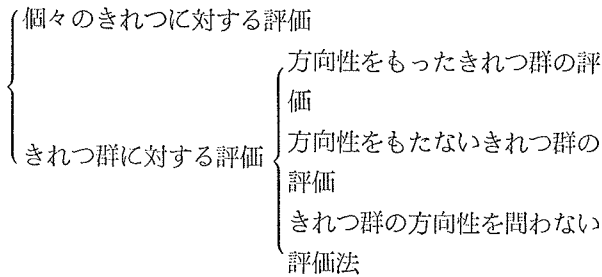
2. きれつ分布の評価法

断層や節理などのきれつ分布資料のとり方には次のような方法がある。

- (1) 露頭に現われているきれつをすべて計測する。
- (2) ある測線をとる、その測線と交差するきれつについて計測する。
- (3) 適当な大きさの格子枠をとる、格子枠中のきれつについてすべて計測する。

これらの選抜は、計測する対象や地域の広さによって適宜行なうべきである。

本報告は、従来から多数提案されているきれつの評価法を表一1のようにまとめて考えた。まずきれつのスケールによって、①数mm～数cmの範囲で認められる微小きれつ、②現場の掘削面やボーリングコアなど数m～数十mの範囲で認められるきれつ、および③現場全体、あるいは立地条件も考えて現場とその周辺地域という数百m～数kmの範囲に認められるきれつ、の三つにきれつを分ける。各スケールのきれつに対しては、次のような評価法が考えられる。



個々のきれつに対する評価法には、きれつの長さ・幅、断層の変位量・平均変位速度などがある²⁾。断層の長さ(L km)・幅(W m)・変位量(D m)の間には、活動時期、地域、地質条件にかかわらず、 $\log L = a_1 + b_1 \log W$, $\log L = a_2 + b_2 \log D$, $\log D = a_3 + b_3 \log W$ の関係がおおよそ成立している。a₁, b₁ などの定数はさまざまな条件によって異なっている。地表に現われた地震断層については地震のマグニチュード(M)・断層の長さ(L km)・変位

量(D m)の間には、 $\log L = a_4 M - b_4$, $\log D = a_5 M - b_5$, $D/L = 10^{-4} \sim 10^{-5}$ (D, L: Km) の関係が成り立っている。

方向性をもったきれつ群の評価法には、きれつの卓越する方向や断続率がある。方向性をもたないきれつ群の評価法には、われ目の分岐モデル化、RQD、きれつなどに囲まれた岩盤ブロックの粒径・体積分布などがある⁴⁾。また、きれつ群の方向性を問わない評価法には、きれつの数・密度(本/m)、平均間隔(m)、総長さ(m/m²)、きれつ面の総面積(m²/m³)がある^{5),7)}。しかしきれつの数・平均間隔・総長さ・総面積は、きれつの卓越方向と測線方向などとの関係によって評価の結果が全く異なることがあり、卓越する方向を持ったきれつ群に対して測線をとって評価する方がよく、方向性のないきれつをすべて評価するのは必ずしも容易ではない。

ここでは方向性の有無によって評価法を分けて考える。以下に方向性のあるきれつ分布はポアソン分布で、方向性のないきれつ分布はゲーザーゴダン—シューマン分布で表わせることを示す。これらの分布のパラメータを用いて、きれつ分布の評価が可能である。

3. ポアソン分布によるきれつ分布の評価

3.1. きれつ分布とポアソン分布

断層や節理の位置は測線上でランダムな分布をするので、その間隔は指数分布に従い、一定区間の断層・節理の数はポアソン分布に従うということが従来からも指摘されてきている。きれつ分布に指数分布とポアソン分布のいずれを用いるかは目的による。ポアソン分布では確率変数として離散的なきれつの数(密度)が用いられる。したがって測線の分割区間の大きさによって結果が多少異なり、きれつ位置の再現をする時に区間長が大きくなると再現性が悪くなる欠点がある。しかし区間長を任意

きれつのスケール	微小きれつ(マイクロ・クラック)の評価 (数cm以下の範囲が対象)	現場の掘削面やボーリングコアでのきれつ群の評価 (数m～数10mの範囲が対象)	現場と周辺地域のきれつ群の評価 (数100m～数kmの範囲が対象)
個々のきれつに対する評価法		○きれつの長さ ○きれつの幅 ○きれつ(特に断層)の変位量	○断層の長さ・幅・変位量 ○断層の平均変位速度 ○破砕帯の幅
方向性を持ったきれつに対する評価法		○きれつの方向(走向・傾斜) ○節理断続率	○断層・節理の方向(走向・傾斜)
方向性を持たないきれつに対する評価法	○クラックの間隔(mm) ○クラックの平均総長さ(mm/mm ²) ○クラックの平均総表面積(mm ² /mm ³)	○きれつ数(密度)(本/m) ○きれつ平均間隔(cm) ○きれつ総長さ(m/m ²) ○きれつ面の総面積(m ² /m ³)	○断層・節理の数(本/m) ○断層・節理の平均間隔(m)
		○われ目の分岐モデル化 ○コア採取率(RQD) ○きれつなどの不連続面に囲まれた岩盤ブロックの粒径・体積分布	

表一1 きれつの種類ときれつ群の評価方法

にとれるということは、構造物の大きさに合わせた区間を自由に選べることにもなり、間隔の計測よりも数の計測の方が楽であることから、ポアソン分布の方が利用しやすい。

きれつの頻度分布にポアソン分布を適用する時、一定の分割区間のきれつの数を K (整数) とすると、きれつの数が K となる確率 $P(X=K)$ は次のようになる。

$$P(X=K) = \lambda^K \cdot e^{-\lambda} / K!, \lambda > 0$$

f_K を $X=K$ の度数とすると λ は次式で表わせる。

$$\lambda = \sum K \cdot f_K / \sum f_K = \Delta L / m$$

λ は密度 (平均値), ΔL は測線の単位分割長さ, m は平均きれつ間隔を表わす。 λ による確率 $P(X=K)$ のちがいは図-1 のようになる。

ポアソン分布の適合性については χ^2 検定で判断する。

$$\chi^2 = \sum (f_K - F_K)^2 / F_K < \chi^2(\phi, p)$$

ただし F_K は f_K の理論度数で次のように表わせる。

$$F_K = P(X=K) \cdot \sum f_K$$

ϕ は自由度, p は有意水準である。有意水準は 5% をとっているが、合わせて 1%, 2% についても検討した場合がある。ポアソン分布を決める λ はきれつの平均間隔 m と分割区間長 ΔL によって決まる。したがって ΔL

の選び方によって分布の適合性が異なってくる。

3.2. きれつ分布の χ^2 検定

数 m ~ 数 10 m の範囲及び数 100 m ~ 数 km の範囲で見られるきれつを対象として、現場露頭できれつの計測を行なった。計測はある一定方向に卓越するきれつ群に対して行ない、測線はこれらのきれつ群にほぼ直交するようにとり、分割区間長は対象とするスケールに応じてそれぞれ $\Delta L=0.5, 1.0 m, \Delta L=100 m$ とした。きれつを含む岩盤は、 $\Delta L=0.5, 1.0 m$ では新第三紀層の砂岩・泥岩、白亜紀花崗岩類であり、 $\Delta L=100 m$ では新第三紀層の礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩、白亜紀~第三紀の流紋岩・花崗岩である。表-2, 3 は、断層や節理を主とするこれらのきれつに対して、ポアソン分布の適合性について χ^2 検定を行なった結果である。

分割区間 $\Delta L=0.5, 1.0 m$ に対する χ^2 検定結果は次のようにまとめることができる。

- (1) 実際に得られる測線長・きれつの数および自由度 $\phi=0$ の理由から、 χ^2 検定が行なえるきれつの数は全きれつ数の $1/2 \sim 1/3$ 程度である。
- (2) $\phi=0$ となる場合は、 $\Delta L=1.0 m$ より $\Delta L=0.5 m$ で多い。

地質	走向	測線長 (m)	きれつ数	きれつの平均間隔 (m)	χ^2 検定 ($\Delta L=0.5m$)			χ^2 検定 ($\Delta L=1.0m$)		
					平均値	自由度	$\chi^2(0.05)$	平均値	自由度	$\chi^2(0.05)$
第三紀の砂岩、泥岩	N65W	12.18	31	0.41	1.240	1	×18.567	2.385	3	△7.102
	N10W	10.76	11	1.08	0.500	1	○ 1.151	1.000	1	◎0.971
	N35E	7.40	8	1.06	0.533	1	◎ 0.549	1.000	1	◎0.874
	N70W	12.45	8	1.78	0.320	1	◎ 0.015	0.615	1	△3.410
	N66W	17.64	11	1.76	0.306	1	◎ 0.615	0.611	2	○1.386
	N75E	21.10	16	1.41	0.372	1	◎ 0.126	0.727	2	×6.113
	N 8 W	5.81	20	0.31	1.667	2	○ 1.861	3.333	4	○2.663
	N40E	7.58	26	0.30	1.625	3	△ 3.062	3.250	6	△7.275
	N58E	14.65	14	1.13	0.467	1	◎ 0.201	0.933	2	△3.848
白亜紀花崗岩	N32E	5.00	12	0.45	1.091	1	○ 1.569	2.200	2	○1.955
	N28W	8.73	14	0.67	0.778	0	11.109	1.833	4	×9.534
	N70E	6.80	9	0.85	0.643	1	○ 1.535	1.286	1	○1.778

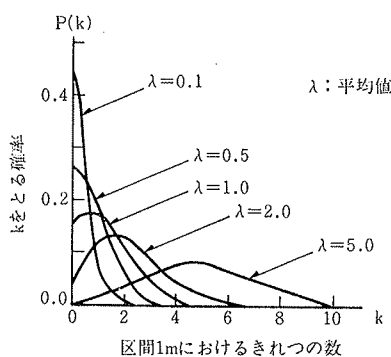
◎きわめて良く適合、○よく適合、△適合、×仮説棄却

表-2 $\Delta L=0.5 m, 1.0 m$ におけるきれつ分布の χ^2 検定例

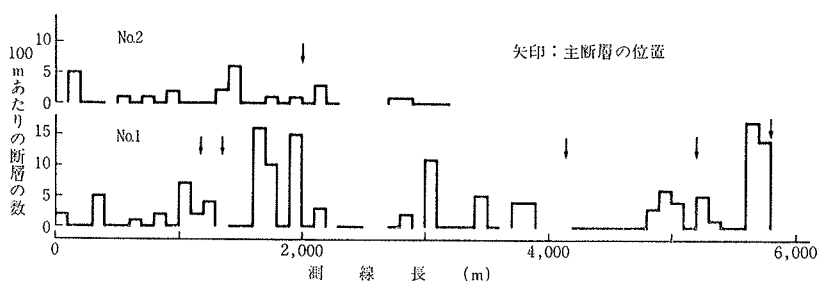
地質	走向 ($\pm 30^\circ$)	測線長 (m)	χ^2 検定 ($\Delta L=100m$)						
			平均値	平均間隔 (m)	自由度	χ^2	$\chi^2(0.05)$	$\chi^2(0.02)$	$\chi^2(0.01)$
主に第三紀の堆積岩	N45W	2,800	0.500	280	2	6.593	×5.911	○7.824	○ 9.210
	N40E	700	3.428	30	3	6.836	○7.815	○9.837	○11.341
	N15W	1,500	0.400	300	1	3.915	×3.841	○5.412	○ 6.635
	N20W	1,300	0.845	144	1	1.882	○3.841	○5.412	○ 6.635
第三紀の流紋岩	NS	2,000	0.733	200	2	7.350	×5.911	○7.824	○ 9.210
	N40W	2,700	0.889	117	2	6.111	×5.911	○7.824	○ 9.210

○適合
×仮説棄却

表-3 $\Delta L=100 m$ におけるきれつ分布の χ^2 検定例



図一1 きれつ数とポアソン分布



図一3 主断層と副断層の位置関係

(3) 有意水準5%で χ^2 検定を行なうと、ポアソン分布の仮説が棄却される場合は極めて少なく、きれつ数(密度)の分布はポアソン分布に従っていると言える。

(4) ポアソン分布の適合性については、 $4L=0.5m$ での計測の方が $4L=1.0m$ での計測よりもよい場合が多い。これは今回のきれつの平均間隔が小さいことによると考えられる。

(5) 花崗岩・流紋岩中での計測結果が少ないという問題があるが、今回の計測結果では新第三紀層中のきれつ分布の方が花崗岩・流紋岩中のきれつ分布よりも適合性がよい。

一方分割区間 $4L=100m$ に対する χ^2 検定結果は以下のようにまとめることができる。

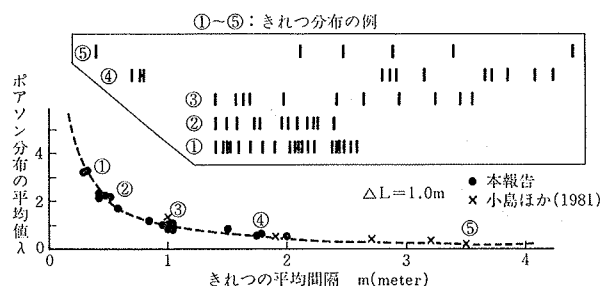
(1) 断層の数 K は、 $K=0\sim6$ となり全体の度数に比べて K が大きすぎるので、この K をそのまま用いて χ^2 検定を行なっても仮説が棄却されてしまう場合が多い。

(2) 分割区間長が長いのでいくつかの K をまとめた度数を考え、 $K'=0, 1, K'=2, 3, K'=4, 5, K'\geq 6$ のような工夫が必要である。

(3) 有意水準5%で χ^2 検定を行なうと仮説が棄却される場合が多い。しかし有意水準5%, 2%の χ^2 の値 $\chi^2(0.05)$, $\chi^2(0.02)$ について詳しくみると、

$$\chi^2 \geq \chi^2(0.05), \chi^2 \ll \chi^2(0.02)$$

となるので、全体的には5%の有意水準でも仮説は棄却されないとと言ってもさしつかえないようである。



図一2 きれつの平均間隔と平均値に対するきれつの分布

3.3. ポアソン分布によるきれつ分布の評価

$4L=1.0m$ についてポアソン分布の平均値 λ ときれつの平均間隔 m の関係は図一2のようになる。今回の計測結果は全体に m が小さいと言える。すなわち図一1, 2から、 $m \rightarrow$ 大、 $\lambda \rightarrow$ 小はきれつが特定部分に集中することを表わし、 $m \rightarrow$ 小、 $\lambda \rightarrow$ 大はきれつが均等に分布していることを表わしている。この関係は当然 $4L=100m$ の場合も成り立つはずであるが、実際には露頭条件などのため図一3に表わしたように、計測結果は主断層の周辺に副断層が必ずしも集中していないことを示している。

m, λ の大きさは岩盤の良し悪しを表わしている。 $m \cdot \lambda = 4L$ であるから、単位分割内でのきれつ数を数え平均きれつ間隔を求めれば λ が得られ、 λ によりきれつ分布評価が可能である。しかし立地条件などの問題で、大規模断層周辺の副断層の分布を評価する時、 $4L=100m$ の場合でみたように、 λ が常に有効な方法であるとは必ずしも言えない。

一方、 $4L=1.0m$ で $\lambda=0.1, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0$ に対する平均きれつ間隔を岩盤分類A, B, C_H, C_M, C_L, D級にそれぞれ対応させると、従来のきれつ評価³⁾との関係は表一4のようになる。従来のきれつ評価には、平均間隔ばかりでなくきれつ面の性質も含まれているので直接的な比較はできない場合もある。しかしきれつ間隔だけに注目してみると、 λ によるきれつ評価は図中(4)の“比較的連続性のあるきれつ”に対して提案されている評価と比較的一致している。 λ による評価法は従来の評価法の中では、そのきれつ間隔のとり方が大きい範囲に入る。

密度(平均値) λ による評価はきれつの疎密を評価するものである。したがって、 $\lambda \rightarrow$ 大で岩盤が悪いということはきれつが密に均等に発達していることを意味し、 $\lambda \rightarrow$ 小で岩盤が良いということは部分的にきれつが集中するものの全体的にはきれつが少ないことを意味している。これが λ による評価と単なるきれつ間隔との大きなちがいである。

岩盤分類	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
A	>50	>50	>300	>1,000	>50	>90	20~50	>50	>6.6	>1,000
B	30~50	50>	50~300	200~1,000	10~50	30~90	5~15	15~50	6.6~3.3	200~1,000
C _H	15~30		10~50	100~200	2~10	10~30	(5~15)	5~30	<3.3	100~200
C _M	5~30		<10	<100			<10	(<5)		<5
C _L	5~15				<5	20~50				
D	<5				<15	-				-

きれつ間隔 cm

(1)小島(1979), (2)岡本・安江(1966), (3)菊地・斉藤(1974), 連続性のないきれつ, (4)同, 連続性のあるきれつ, (5)日本道路協会(1975), (6)土質工学会(1969), (7)本四公団, ボーリングコア, (8)同, 調査坑, (9)同, ボーリングコア, (10)本報告

表一4 きれつの間隔による岩盤分類の比較検討

4. ゲーツーゴダンーシューマン分布による破砕岩岩盤分類

4.1. 破砕過程での粒徑分布

岩盤を周囲を断層や節理などのきれつで囲まれたブロックの集合体と考えると、きれつの分布・頻度や破砕状況は、断層運動や地山応力などによる破砕で生じたブロックの大きさでも表わされるはずである。すなわちきれつ分布はきれつの方向性の有無や不規則性にかかわらず評価できることになる。ボーリングコア試料についてもきれつ分布や破砕度は、試料中各岩片の大きさ分布すなわち粒徑分布で表わすことができる。粒徑分布が簡単な関数形で表わすことができれば、そのパラメータできれつ分布を特徴づけることができる。ここでは代表的な粒徑分布関数の一つであるゲーツーゴダンーシューマン分布 (GGS 分布)⁶⁾ について考える。

$$Y = (X/k)^\alpha \quad (\text{GGS 分布})$$

X: 粒徑, Y: 通過率, k: 粒徑指数, α : 分布指数

破砕物質はその形状が極めて不規則で粒子径が不揃いであり、ボーリングコア試料を用いる時は棒状コア試料の形の取り扱い方が問題となる。ここで GGS 分布は、粒徑を体積に変換して用いた。すなわち、

$$Y = (\sqrt[3]{V}/K)^\alpha, \text{したがって, } \log Y = a \cdot \log V + b$$

V: 粒子の体積, Y: 通過率, a: 分布指数, b: 粒徑特性値, と書き表わせる⁴⁾。

4.2. 体積分布パラメータの決定

コア試料の体積分布パラメータ決定の流れは以下の通りである。試料は中・古生層の砂岩をはさむ粘板岩であり、周辺に分布する花崗岩の熱変成によりややホルンフェルス化しているとともにきれつが多い。コアの長さは 5 m である。試料の分割区間長は他の試験との関係から

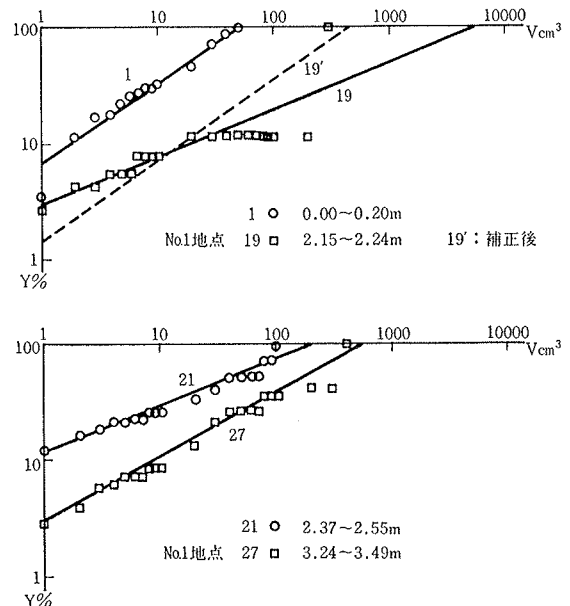
10 cm としたが、コアが連続している時はそのコアの切れ目でも分割した。この各分割区間ごとに GGS 分布のパラメータを決めることになる。

(1) 試料を 4760 μ のふるいにかけて、通過分は極めて少ないのでここでは考慮せず、残分について重量は各岩片ごとに測定し、また単位体積重量については代表的なものについてのみ測定し、各岩片の体積を算出した。

(2) 両対数グラフ上で、横軸に岩片試料の体積 V をとり、縦軸には岩片試料の総体積に対する V 未満の岩片全体が占める割合 Y% をとり、測定結果をプロットする。

(3) この両対数グラフ上の体積分布を $y = ax + b$ で近似するために、最小二乗法で a, b を決める。図一4はこの一例で、図中の 1, 21, 27 の試料のように測定結果はよく一次直線で近似されており、体積分布が GGS 分布によく従っていることを示している。しかし試料 19 のように岩片数が少なく体積が極端に異なると実測最大体積と最小二乗法で計算される最大体積とが全く異なってしまう。この場合には最大実測値に合うように a, b を補正した。

(4) 砂の粒徑試験によって求まる 50% 径 (D_{50})、均等係数 (D_c)、曲率係数 (D_c') に対応するものとして、破砕岩試料の 50% 体積 (V_{50})、均等係数 ($V_c = V_{60}/V_{10}$)、曲率係数 ($V_c' = V_{30}^2/V_{10} \cdot V_{60}$) を定義し、最小二乗法で



図一4 体積分布曲線

近似された $y=ax+b$ よりこれらを計算する。

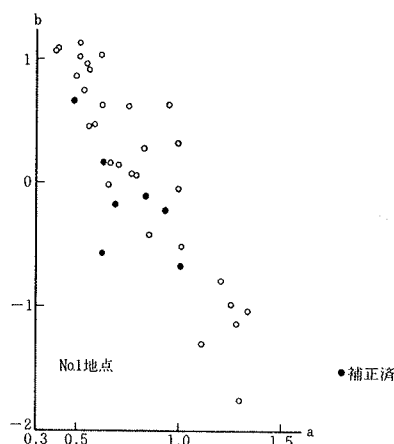
(5) 図一5は各分割区間で得られた a (分布指数) と b (粒度特性値) の関係を示している。図から $a \sim b$ には明瞭な負の相関が認められ、 $a \rightarrow$ 大, $b \rightarrow$ 小, あるいは $a \rightarrow$ 小, $b \rightarrow$ 大という関係がある。したがって深度ごとの a あるいは b の値によってきれつ分布の評価や岩盤分類ができることになる。

$a \sim b$ 関係を模式的に示すと図一6, 図一7のようになる。 $a \rightarrow$ 大, $b \rightarrow$ 小は, 微小な岩片が少なく岩片が急に大きくなりコア状に残るものが多くなるので全体として著しく不均質とも言える。一方, $a \rightarrow$ 小, $b \rightarrow$ 大は, 岩片の大きさが徐々に変化し極端に大きなものもないので全体的には均質化しているとも言える。分割区間内に試料が一つしかない場合は形式上 $a = \infty, b = -\infty$ となる。したがって $a \sim b$ の相関を保つためにも, 分割区間長はできるだけ一定である方がよいことになる。

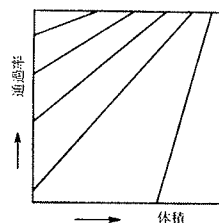
4.3. 従来の岩盤分類との比較検討

図一8は, 体積分布のパラメータである分布指数 (a), 粒度特性値 (b), 50%体積 (V_{50}), 均等係数 (V_c), 曲率係数 (V_c') の深度ごとの変化を表わしたものである。 a, b 値の大きさは $a = \infty, b = -\infty$ という分割区間内に試料が一つしかない場合を除けば, $a = 0.4 \sim 1.3, b = -1.75 \sim +1.3$ である。粉砕物質では $a = 0.5 \sim 1.0$ 程度になることが多いが, a の範囲がやや大きいのは試料の大きさ分布がやや不規則なためと思われる。

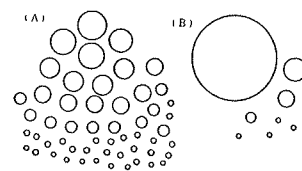
RQD と a, b 値との相関はあまり良くない。RQD の大きな部分では $a \rightarrow$ 大, $b \rightarrow$ 小となっているが, その逆の場合は必ずしも成り立っていない。これは評価する区



図一5 分布指数 (a) と粒度特性値 (b) の関係



図一6 $a \sim b$ の模式図



図一7 試料分布の模式図

間長が全く異なることにもよるが, RQD はコア試料の良好性を判断するのに対し, 体積分布パラメータは破砕度を評価しているためと考えられる。

図一9, 10は, 従来の岩盤分類に対する分布指数, 粒度特性値を, また図一11は分布指数と曲率係数の関係をそれぞれ表わしている。図一9, 10では破線で C_M, C_L, D 級に対する a, b 値の範囲が示してある。 a, b 値のば

地点番号	深度 m	岩盤名	岩盤分類	R Q D	分布指数 (a)			粒度特性値 (b)			50%体積 (V_{50})			均等係数 (V_c)		曲率係数 (V_c')				
					0.5	1.0	1.5	-2.0	-1.0	0	1.0	0	200	400	600	0	40	80	0.0	1.0
No. 1	0		D																	
	1	粘板岩	Cl.																	
	2	粘板岩	D																	
	3	粘板岩	D																	
	4	砂岩	Cl.																	
No. 2	0		D																	
	1		Cl.																	
	2	粘板岩	D																	
	3	粘板岩	Cl.																	
	4		D																	
5		C _M																		

図一8 従来の岩盤分類, RQD と分布指数, 粒度特性値, 50%体積, 均等係数, 曲率係数の比較

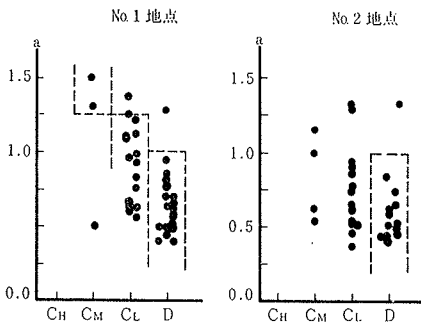


図-9 岩盤分類と分布指数(a)の関係

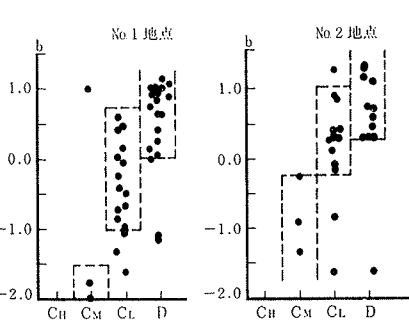


図-10 岩盤分類と粒度特性値(b)の関係

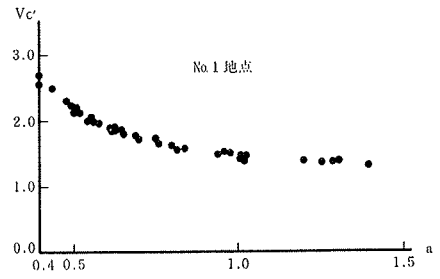


図-11 分布指数(a)と曲率係数(Vc')の関係

らつきの大きい部分もあるが次のように対応している。

No. 1 地点 $C_M: a > 1.25, C_L: 1.25 > a > 0.5, D: a < 1.0$

$C_M: b < -1.5, C_L: -1.0 < b < 0.75, D: b > 0.0$

No. 2 地点 $C_M, C_L: \text{ばらつきが大きい}, D: a < 1.0$

$C_M: b < -0.25, C_L: -0.25 < b < 1.0, D: b > 0.25$

V_c' は $y = ax + b$ から計算されているので V_c' と a の間には図-11のような一定の関係があり、岩盤分類に対する V_c' は次のようになる。

No. 1 地点 $C_M: V_c' < 0.9, C_L: 0.9 < V_c' \leq 1.1, D: V_c' > 1.1$

一方、 V_{50}, V_c については岩盤分類との明瞭な対応は認められなかった。

4.4. 分布指数・粒度特性値・曲率係数による岩盤分類の提案

従来の岩盤分類とここで求めた a, b, V_c' 値の間に良好な対応が認められることは、逆に a, b, V_c' 値から岩盤分類ができることを示している。表-5に No. 1, 2 地点から得られた a, b, V_c' による岩盤分類方法の一例を示す。この方法によると、RQD では十分に表わせなような $C_L \sim D$ 級岩盤の分類に有効で、 D_H, D_M, D_L 級のような D 級の細分が可能である。岩盤分類は一軸圧縮強度で決められることが多いが、破碎性岩盤では良好な試料で一軸試験を行なうことになり見かけ上大きな強度が出て実態と合わないことが多い。この方法はこの欠点のある程度補えるものと考えられる。また合わせて行な

	a	b	V_c'
C_M	≥ 1.25	≤ -1.0	≤ 0.9
C_L	$1.25 \sim 1.0$	$-1.0 \sim 0.0$	$0.9 \sim 1.1$
D_H	$1.0 \sim 0.75$	$0.0 \sim 0.5$	$1.1 \sim 1.5$
D_M	$0.75 \sim 0.5$	$0.5 \sim 1.0$	$1.5 \sim 2.25$
D_L	< 0.5	≥ 1.0	≥ 2.25

表-5 分布指数(a), 粒度特性値(b), 曲率係数(V_c')による岩盤分類例

われた物理試験によると、 a, b, V_c' は吸水率や有効間隙率の大きさともよく対応している。以上の点からここで提案した分類方法は特に破碎性岩盤の分類に有効である。

5. まとめ

本報告はきれつの評価法をきれつのスケールのちがいや方向性の有無によって検討し、きれつ分布の特徴や岩盤分類がきれつ分布を表わす確率分布のパラメータで表わせることを示した。

本報告中の破碎岩岩盤分類の研究にあたっては、広島県内海大橋架橋事業所 永井晋也事業所長には御配慮を賜った。また(株)大林組内海大橋工事事務所から多大な協力を得た。関係各位に厚くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 小島圭二, 大塚康範, 山田敏博: 断層密度および規模の分布とその予測の試み, 応用地質, vol. 22, (1981), pp. 88~103
- 2) 松田時彦, 中村一明, 杉村 新: 活断層とネオテクトニクス, 岩波地球科学10, (1978), pp. 89~158
- 3) 宮島圭司: 本州四国連絡橋基礎の岩盤分類(その1~その6), 土木施工, vol. 22, No. 6, 7, 8, 9, 10, 11, (1981)
- 4) 永井晋也, 平間邦興, 丸山 誠, 桑原 徹: Gates-Gandin-Schuhmann 分布による破碎岩岩盤分類の提案, 第19回土質工学研究発表会, 発表講演集, (昭和59), pp. 807~810
- 5) 緒方正彦: 硬質岩盤における節理分布の数量モデル化およびその適用に関する考察, 応用地質, vol. 19, (1978), pp. 12~20
- 6) 採石ハンドブック編集委員会: 採石ハンドブック, 技報堂, (昭和51. 4)
- 7) 渡辺邦夫: 花崗岩中に発達する micro-crack 系の性状とその定量評価の二, 三の試み, 応用地質, vol. 20, (1979), pp. 12~22