

(41) 孔壁 R Q D の実測例

基礎地盤コンサルタンツ(株) ○船山 満也
中道 育夫
西垣 好彦

The Examples of Borehole Wall RQD Observation

Mituya FUNAYAMA, Ikuo NAKAMITI, Yosihiko NISIGAKI
(Kiso Jiban Consultants Co., Ltd.)

Abstract

The RQD observed by boring cores is widely used as an index for the evaluation of rock mass. The RQD, however, does not necessarily indicate the condition of rock mass in its natural state, because the values of RQD can include not only stress relief but the cracks occurred by boring.

Therefore we employed the BIP (Borehole Image Processing) system to observe borehole walls of 50 meters long and paid attention to the borehole wall RQD (the one that the concept of RQD is applied to borehole walls). Then we made a comparison between borehole wall RQD and core RQD. Consequently it was verified that the values of borehole wall RQD are about 30% larger than those of core RQD and that stress relief and are other artificial factors are more influential on the values of core RQD.

1. はじめに

RQDはボーリングコアによる岩盤評価の指標として広く用いられている。しかしながら、このRQDは地山本来の亀裂以外に応力解放やコア採取時に生じた人為的な亀裂も含めて計測の対象としている。またボーリングコアでは、地層面・亀裂等の不連続面の方位情報が得られないため、地質構造解析が充分行えないという限界があった。

従来、孔壁観察法としては、テレビやカメラおよび孔壁転写¹⁾等が開発・利用されてきたが、処理能力・作業効率でいくつかの難点があった。BIPシステム (Borehole Image Processing System) はコンピュータ技術を応用して開発され、簡便な操作でボーリング孔壁をリアルタイムに連続して全周展開画像が得られるシステム²⁾である。さらに、デジタル記録した計測結果を室内においてモニター上に再生し、層理面・亀裂面等の不連続面の走向傾斜を解析したり全周展開画像の三次元表示が可能で、地質解析に有効な情報が得られるシステムである。

筆者らはダムサイトのボーリング孔においてBIPシステムを用いて、約50m間のボーリング孔壁を計測し、地山本来の亀裂を孔壁RQDとして求めコアによるRQDとの比較検討を行った。その結果、両者の値には相関性があることが判明した。また、従来、孔内水平載荷試験による変形係数やルジオン値等の岩盤物性値とコア観察によるRQDとの強度的なイメージが往々にして対応しない例も見られた。このような場合にBIPシステムによる孔壁展開画像観察と孔壁RQDは地山本来の亀裂状況が把握できると共に、それら物性値の解釈が容易になるものと考えられる。

本報告では、それらの実測例を紹介するとともにBIPシステムを用いた岩盤等級区分の検証結果の一例について述べる。

2. 測定結果

①地質概要

測定地点付近の地質は三波川変成帯の御荷鉾緑色岩類の火山角礫岩・凝灰角礫岩を主体とし輝緑岩の小規模な貫入岩が分布する。その地質構造は東北東—西南西の走向で北へ50°程度傾斜している。層理面は不明瞭であるが、亀裂は層理面と平行あるいは直行する方向に発達している。

②RQD・孔壁RQDの測定

ボーリングコアによるRQDは一般に広く用いられているように、単位長さ（1m）に対するコアの中心軸上で測定した10cm以上の長さのコアの累計の割合（%）として求めた。

$$RQD = \frac{\sum l_i}{100} \times 100 \quad (\%)$$

$$(l_i \geq 10\text{cm}, i=1 \sim 10)$$

一方、展開画像による孔壁RQDは、基本的には上記のRQDと同じ考え方で、コアの亀裂間の長さを孔壁の亀裂間の長さに置き換えたものである。すなわち、孔壁RQDは、孔壁の単位長さ（1m）において10cm以上の長さを持つ幾つかの亀裂間の累計の割合として求めたものである。

図3で展開画像における亀裂間長さを $l_1 \sim l_6$ とする。なお、亀裂間の長さは見掛け幅の中間点を計測したものである（図2）。

$l_1 \sim l_6$ のうち10cm以上の亀裂間の長さを求める。例えば、 $l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_6 = 93$ となれば、この間の孔壁RQDは93となる。

コアと孔壁展開画像からそれぞれ計測したRQDと亀裂数との関係を図4、図5に示した。図3によると、両者は相関関係にあり、孔壁RQDの方が少ない割れ目を反映してコアRQDに比べ約30%程大きい値を示すことが判明した。

$$(\text{孔壁RQD}) = (\text{コアRQD}) + 30$$

また、亀裂数の関係はRQDの関係に比べ若干のバラツキがあるものの、大まかには相関関係にあると言え孔壁のほうが50～70%程度少ない傾向にある。

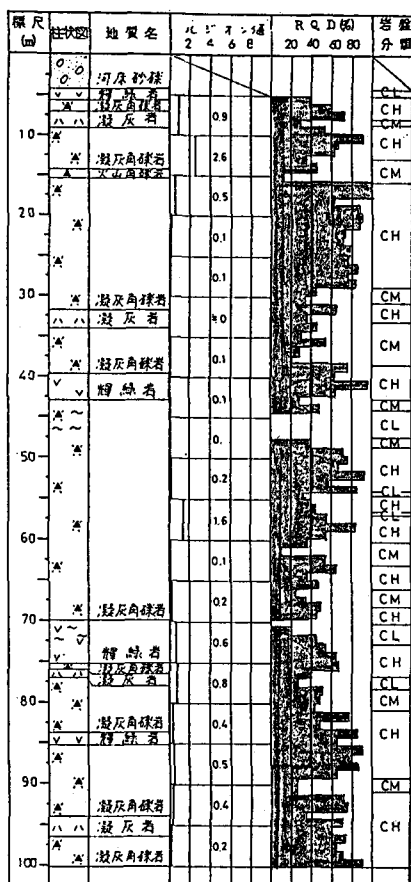


図1 ボーリング柱状図

RQDと亀裂数の関係の度合いは地域や岩質および掘削状況の差等により若干異なるものと予想されるが、同一調査地点においてはこれらの関係を考慮してコアRQDの人為的な誤差の修正が可能である。また、RQDを指標とする岩盤評価検討の際にも、その修正幅は岩盤の割れ安さの指標として、例えば「修正RQD区分」を分類基準の一つとして扱える可能性がある。

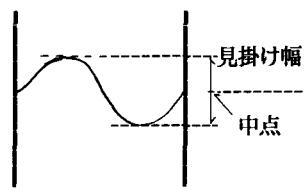


図2 孔壁の亀裂間長の計測法

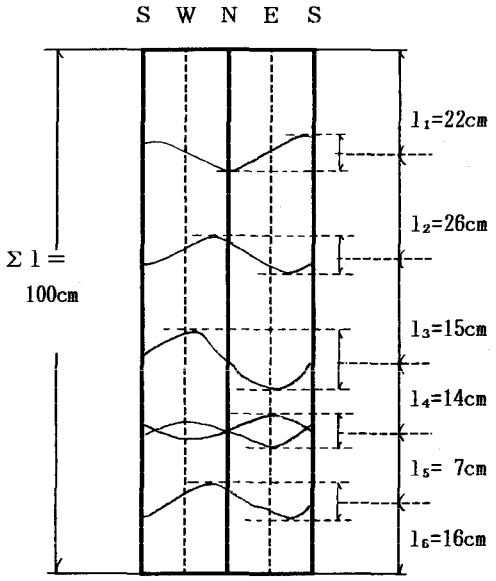


図3 展開画像による孔壁RQDの計測法

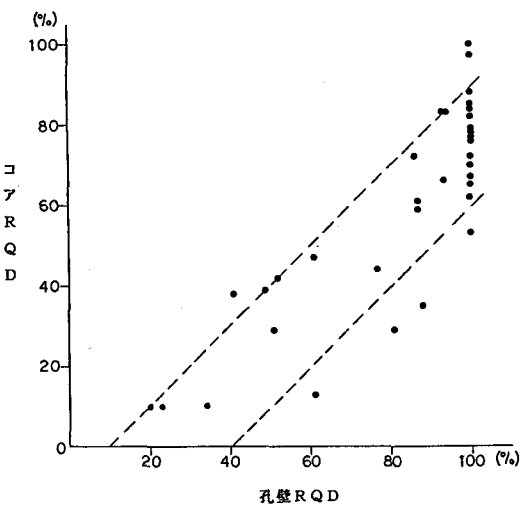


図4 RQD-孔壁RQD関係図

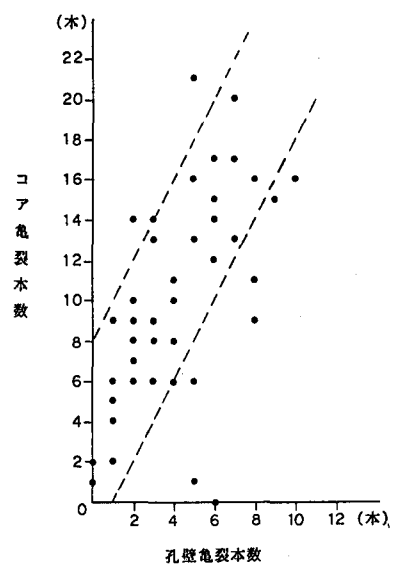


図5 コア亀裂数-孔壁亀裂数関係図

③亀裂分布

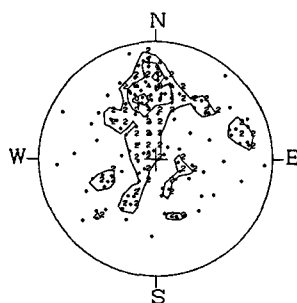
展開画像の亀裂の要素解析で得られた走向傾斜の頻度分布は図6のとおりで、分布の傾向は深度により若干異なるが、大局的には、層理面と同方向の亀裂とそれに直交する方向の亀裂が卓越する。特に、浅部においては層理面と直交する方向が顕著である事が判明した。

このように、展開画像解析によりボーリングコアでは得られない定方位情報により卓越する亀裂の頻度を得ることが可能である。

DATA-1

POLE=130

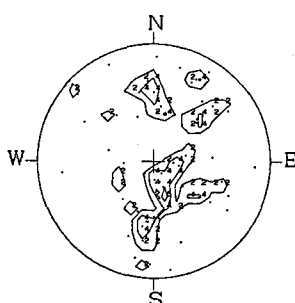
D=5~30m



DATA-2

POLE=70

D=40~50m



DATA-3

POLE=95

D=70~80m

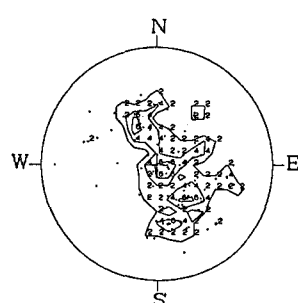


図6 亀裂の頻度分布

④孔内水平載荷試験

コアによる岩盤等級区分の力学特性を把握するため岩石試験や孔内水平載荷試験等が良く実施される。今回、孔内水平載荷試験により変形係数を求めコア形状との比較を行ったところ、表1に示すごとく概ね相関したが、測定値のうちコア判定による区分と一般的に知られている変形係数の値と異なる結果も認められた（例えば、深度80.5m）。そのような区間をBIPシステムの画像で確認したところ、亀裂の少ない滑らかな孔壁を呈する良好岩盤であり、得られた変形係数は孔壁状況を検討したところ妥当な値であることが確認され、コア形状は何らかの人為作用等の影響を受けた結果と判断された。

表 1 孔内水平載荷試験結果

深度 (m)	亀裂数 (30cmあたり)		変形係数 (kgf/cm ²)	岩盤等級区分	
	コア	孔壁		コア	孔壁
13.0	3	2	20,500	CM	CM
14.0	3	1	31,000	CH	CH
33.5	4	6	13,800	CM	CM
44.5	11	4	1,100	D	D
78.5	5	3	33,500	CM	CH
80.5	8	1	29,600	CL	CH

⑤ルジオン値

対象としたボーリング孔のルジオン値は、図1に示したごとく比較的小さな値である。表2・図7の孔壁の亀裂数とルジオン値との関係を見ると、少ないデータ数ではあるが、弱いながらも相関がある。今後のデータの集積に努めたい。

表2 ルジオン値と孔壁亀裂数

深度(m)	ルジオン値	孔壁亀裂数
5～10	0.9	15
10～15	2.6	17
15～20	0.5	11
20～25	0.1	6
25～30	0.1	14
40～45	0.1	21
45～50	0.0	18
70～75	0.6	24
75～80	0.8	29

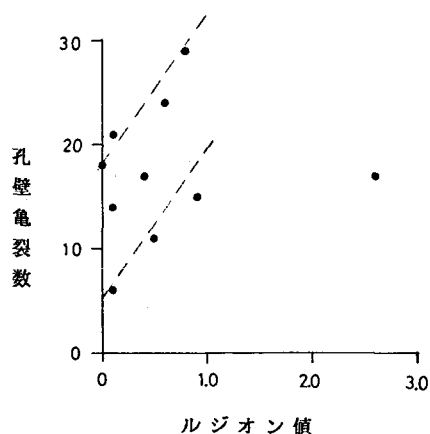


図7 ルジオン値と孔壁亀裂数

4 まとめ

岩盤内深部の亀裂情報についての調査法は、従来、主にボーリングコアによって行われてきた。既述のとおり、コアは掘削に伴う応力解放・掘削中的人為的作用は避けられず、岩盤深部の状態をそのまま表しているとはいえない。今回、用いたBIPシステムは、孔壁展開画像による孔壁亀裂の計測により自然状態での亀裂状況（本数、孔壁RQD、開口度）が得られ、岩盤評価の指標の一つであるRQDの修正に有効であることが判明した。また、孔壁を定方位で直接観察できるとともにシュミット網による面構造の解析も可能であり、亀裂の定量化に有効である。更に、全周展開画像、三次元モデル画像によって変形係数やルジオン値等の物性値の検証にも有効な計測方法と言える。

今後は、種々の地質に対してBIPシステムを行い、図4、図5、表1、および図7に関するデータを集め、それらの相関係数の精度向上を目指したい。

(参考文献)

- 1) 森 博、足立格一郎、福沢 久：岩盤評価のためのボーリング孔壁観測の新方法、第五回土質工学研究発表会講演集、1970。
- 2) 亀和田 俊一、遠藤 努、国分 英彦、西垣 好彦：BIPシステムの装置とその能力について、第21回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、1989。