

- ② コア箱の両端側面に、木片または掘り込み等を設けて取っ手を付ける。
- ③ コア箱のフタは、フタとコアとのすき間を小さくするため、箱状でなく一枚板とするのが望ましい。

2. コア採取とコアの収納

- (1) 掘進、コア採取にあたっては、慎重を期し、コアの破損、変形を防ぎ、採取率の向上を計る。
- (2) コアチューブよりサンプルを出すときは、長いといにあげ、正しく配列したのちコア箱に収納する。このとき、コアチューブをたたいたりコアを折ったりして、破損をしないようにする。
- (3) 連続コアでコア箱に収納できないものは、電動カッターで切断して入れる。コアをハンマーでたたき割ると、周辺部までコアが痛み、コア観察を誤らせる原因となりかねないからである。
- (4) コアチューブ引き上げごとに深度記入板を入れ、引き上げ単位を明示しておく。深度記入板は、釘で仕切板に固定しておく。
- (5) スレーキングを生じるような軟岩で、室内試験等に供する必要があるときは塩化ビニールまたはアクリルチューブ等に入れ、ビニール袋に封入するなどの処置が必要である。

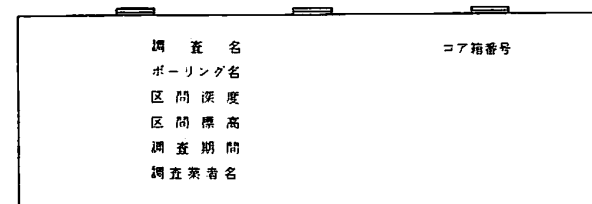
3. コア写真

- (1) コア写真は、コア収納後できるだけ速やかに撮影する。そのとき、コアは湿润状態でコア面に垂直方向とし、カラーチャートを添え好ましい露出条件とする。
- (2) コア写真は、例えば図4. 2のように、コア写真の縮尺に合うように電子複写等で縮尺を調整した柱状図の一部に貼付すると、コア状況と記載との対比ができ便利である。

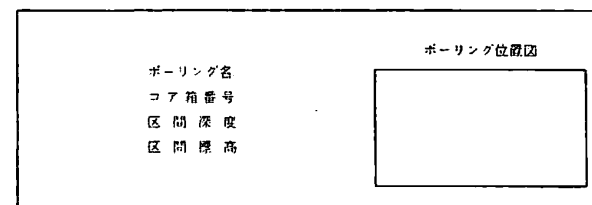
4. コアの保管

なお、事業、工事等の性格によっては、地質調査は長期にわたり、また施工、管理段階においても調査の再検討の必要性が出て来る場合もある。このようなことから、各々の事業、工事等の性格を考慮した上で、発注者はコアの保管を行う必要がある。コア箱は湿気等で老朽したりしないよう、また必要に応じて容易に取り出し、観察できるよう、棚などを使って倉庫等に保管しておくのが望ましい。

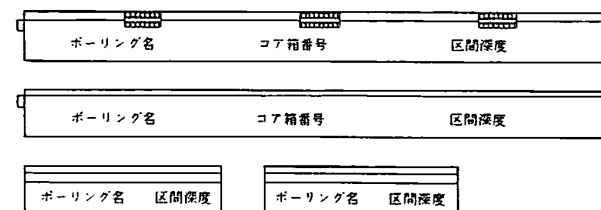
① フタの表



②フタの裏



③ 側面



④ コア箱縁板、仕切板および深度記入板

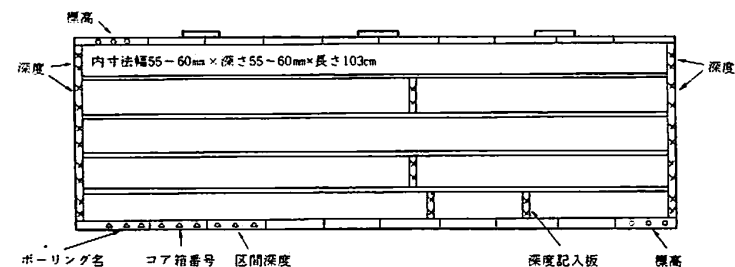


図4. 1 コア箱記入例

よって結果が異なり、同一社内であっても他人の柱状図が使えない（あるいは少なくともコアの見直しをしなければならない）というのが実情である。

柱状図はこの結果の総括であり、得られた情報のすべてを網羅して記載することは事実上困難であるから、この間に行われる取捨選択の適否が本質的かつ直接的に地質図の良否を左右することになる。現在では、地質条件の最終的な（あるいはこれに近い状況の）判断を下す指導・監督の立場にある者（主任技術者あるいは発注者側の責任者、場合によっては研究所等の顧問技術者）がコアを見て記載項目を確認するような余裕はなく、柱状図はおろか、断面図上での解釈ぐらいにまで立ち入って詳細な検討をするのがせいぜいである。従って、柱状図に誤った情報や見落とし・書き落としがあるということは致命的な欠陥となって最後までデバックされずに残るといった危険を内包している。

1-1 記載の中味と検討 - 地質情報 -

調査対象地区の地表踏査によって、ボーリング中に遭遇すると考えられる岩石の種類や層序上の位置は、概略として把握されており、それを基本にしてコアの観察を行うことになる。

記載事項の内容は、各種の文献に見られるようにほぼ同じ内容であって、項目自体についての議論はない。ただ、ボーリングによって得られた材料そのものの記載（生データ）と、これを判定、区分した記載（加工データ、あるいは観察者の意志というバイアスの加わったデータ）との区別が明確でないことが多く、これに区分、判定の根拠の明確でない記載が混入しており、このことが前に述べたような他人の柱状図が使えないということの原因となっているのであろう。

これは地表踏査でも同じことであり、現地で露頭で確認した岩相や破碎帯等と、図学あるいは一定の思想のもとに存在を推定したものとを区別しなければならないと同様である。岩盤としての判定に必要な区分や、評価する際の基準については次項で述べる。

A. 掘削条件に関する記載

- ① 孔径
- ② ビットの種類
- ③ 送水圧および送水量
- ④ 漏水量および湧水量

- ⑤ 給圧
- ⑥ 掘進速度
- ⑦ トラブルの有無および処置

これらは主としてフォアマンの野帳から転記するものであって、直接的に地質を表示するものではなく、どちらかといえば後出の岩盤情報に関連するところが多いと思われるが、生データの最も基本となるものであって、コアの状況の好ましくない箇所に関連して岩盤を推定する上で重要な意味をもつほか、工事に当たっての施工法の基本方針を立てる上にも有用である。

B. 岩石に関する記載

① 岩石名、地層名

岩石名は、採取した試料を、主として肉眼鑑定によって決定して付けているが、地層名としての岩石名は、地質学的に包括的に付されていることが多く、局地的な岩相の変化までは考えていることはないので、調査対象地区に合った名称を選ばなければならない。特に破碎や変質が選択的に行われている場合や、特定の層準に弱所が偏在する場合などは、それらが明確に分かるように名称を付すことが必要である。また、火砕岩のように、斑晶と石基とから成る火山岩の特徴を示すものと、粒状の凝灰岩が混在し、これに脈岩状の貫入を伴ったりする場合は、地質学では火砕質（あるいは火山岩）コンプレックスとして処理してよいが、土木地質学ではこれらの差が工学的性質や透水性に影響していることが多く、詳細な岩石の区分や、そのための顕微鏡観察が不可欠な事例が増えてきている。反面、徒らに地質図を飾ったとしか思えない岩石区分も散見されるので、必要かつ落ちのないように鉱物学的特徴と岩石学的特徴を把握し、区別することが必要である。例えば、有色鉱物の変質に対する鋭敏性、岩石の硬さと鉱物粒子との関係といった項目が、その調査対象地区で関係づけられるとすれば、いわゆる岩石学的な記載などよりずっと有効な指標となる。

表層堆積物についてもこれに準じて記載することになるが、目的によっては、ほとんど触れられないものから、かなり詳しく記載するものまで差があるが、地すべりや崩壊を対象とする調査を除けば、

一般にはボーリングコアの記載よりはむしろ現地の踏査によってその性状を知ることが多く、ボーリングでは深さのみが重視されることが多い。

② 色 調

③ 岩相変化とその記載

調査対象地区に分布する（複数の）岩石にそれぞれ前述のように命名して、その標準的なものを定義付けと共に記載し、典型的な（岩石として典型的ではなく、この調査対象地区の岩石の典型という意味で）ものから外れるものがあればその程度と内容を記載する。これは統計でいう偏差の記載であり、統計の基本はこの偏差の記載と分析にあることから分るように、岩石の記載の真髄である。記載が漫然としている印象を受ける柱状図は、実はこの点に関して腰が据わっていないためにそのような結果を生んだものと考えて差し支えない。例えば、ある調査対象地区で自分が「凝灰角礫岩」とよんだものは、実体としてどのような岩石であり、その調査対象地区で見られるさまざまな岩相の違いが、鉱物学的・岩石学的にそれからの位外れているかを認識して整理すべきであって、岩石名、すなわちそれが意味する岩相には幅があるという本質的な性格の蔭に隠れて、実は岩石をよく見ていなかったなどということのないようにすることが肝要である。それには付加的な性質をどのように要領よく記載するかという一語に尽きる。

④ 簡単な物理的性質

密度の大小、硬さ、靱性、といった岩片についての性質、すなわち後述する劣化作用を受けない堅硬な部分の岩石そのもの（前項の典型的な岩石）の性質と、サイトで見られる劣化の程度と分布とを明らかにすることであって、これを基準に後述の岩盤としての性質を解析してゆくことになる。

⑤ 岩石の劣化因子

ア. 割れ目

岩石と岩盤の違いのうちで最大のものはこの割れ目であるが、この負の性質をもつ因子の記載を、岩盤としての強度がわかるように行うことは実は非常に難しい。一般には、岩石としての記載のとき

にコアの大きさなどの形状として表現していることが多いが、後述の岩盤区分等に関して用いる必要があるときには、別途分かりやすく割れ目の分布を表記するのが望ましい。節理は方向性をもつものであるが、コアで三次元的な方位を知ることは不可能であるにしても、節理の組合せ（1組しかないのか、2～3組みが網状に交叉しているのか）ぐらいは分かるので、そのような状況にあれば表現しておかなければならない。割れ目の壁面の充填物についても、できるだけ節理の組合せと関連づけて記載しておくことが必要である。

イ. 変質および風化

変質および風化の程度、変質および風化作用の性格、変質・風化鉱物および（あるいは）初生鉱物との関連、特に粘土鉱物学上の記載。

ウ. 風 化

風化の程度、風化生成鉱物等の記載。

エ. コアの形状および採取不能箇所を明記

一般にはコア採取率と最大コア長、コアの形状を明示する方法がとられており、コアの形状については、棒状、岩片状、礫状、砂状、粘土状、コア採取不能、というように区別する。これらはコアパレルを回収するたびに記載することを原則とし、RQDやルジオン値を一定の長さ毎に規則的に記載するのは本来別の整理をする必要がある。また、コアにならない箇所を柱状図およびコア箱の中ではっきりさせていない事例が非常に多い。さらにコア採取率はその付近の平均的な値としてしか得られず、割れ目や破碎の著しい箇所については、特にフォアマンによる記載が大まかで役に立たないことが多い。コア採取率が低いあるいはコアが採取できないということも情報の1つであるから、その原因が何であるかをフォアマンとの意志の疎通を充分にして確認し、柱状図あるいは注釈として残しておかなければならない。

特に岩盤の透水性が問題となるころでは、ルジオン試験はもちろん必要であるが、空洞、開ロクラックなどの情報は欠かすことのできない要因である。コア箱にスライムを入れて柱状図には何の注記もないのはよくない。また、コアの採取率が例えば70%であった

としても、1 mの掘進長の中に70cmのコアが連続して採取できた（特定のところに空洞があった）のか、粉碎して上がってきたものが70cm分しかなかった（このような例のときは横坑などで観察しないと実情を正しく把握するのは難しい）のかでは、その後の調査の方向が違ふこともあるので、今後はフォアマンのメモも何らかの形で資料として準備できるような体制をとることが望ましい。

⑥ 柱状図にまとめる際の見落とし

柱状図にはコアを見たときに書き留めたメモのすべてが書き込めるわけではないから、略記号化、簡略化、省略が必要となる。このとき、不注意あるいは判断の誤りから外してしまった事項は、見直して拾い上げられることはあるにしても、かなり後の段階での手数のかかる作業となるし、大抵は柱状図と代表的なコアの議論や、地質事象の解釈の議論の中には入ってこないことが多い。特に掘進中のデータは全くといっていいほど見直しされることはないので、手戻りの生じないよう、必要最小限の簡略化に止める努力が必要で、1本の柱状図に収まらなければ欄を広げたり、縮尺の異なる別図を作ったりする努力を借しなくてはならない。

1-2 記載の中味と検討 - 岩盤の構成因子としての判断 -

前項の地質情報は、柱状図として表現し、断面図を作成し、踏査のときに作成した平面図や断面図と合わせて地質学的解釈を行って、サイトの全体像を明らかにするためのものである。地質学上の図面を作成する際には、岩相、構造などの情報を用いて、作業仮説をたてて進めてゆくわけであるが、細かい内容を記入した柱状図があっても、その内の勘どころとなる情報が頭に入らないまま、破碎帯を単純につないだり、岩石名のみを見て対比したりしている例は意外に多い。

岩石や岩盤の持つ性質を定量化しようという試みはすでに以前から行われてきているが、それには地質学的で区分を確立することが第一であり、これを抜きにして岩級区分を行っている例が多い。地質の区分と工学的性質の区分とは、もともと立場が違う以上、一致するということはなく、補間的な性格付けを持たせることが必要となる。例えば、地質条件が単純で一種類の岩石から構成されているサイトでは、地質の差は表には出ず、もっぱら物性の差が岩級を分ける上での指標となる（断層や

変質帯の分布は地質に左右されるけれども、それは明らかにされているとして）のに対し、生成年代を異にする多くの種類の岩石から構成されているときには、まず地質学的な注釈をはっきりさせた図面が必要で、それぞれの岩石について区分を行った後に改めて総合的な判断による区分を行うという段階をふまなければならない。ここに示すパラメータやカテゴリーの区分は、どうしても数値で表わされるものや、第一次のデータとして目に見えるものを頼りにすることになるので、いま述べたところの地質の解釈をはっきりさせなくとも区分ができないということにはならないので、安易な区分が行なわれる原因にもなっている。言い換えれば、区分の境界に当たる数値や用語は、後にも述べるとおり、対象となる構造物の種類や目的によって変わり得るものであることを十分に理解しておくことが必要であって、既存の「……による区分法」を無断見にあてただけでは区分にならないことは言うまでもない。

A. 岩石の硬さ、割れ目の頻度等の単一的パラメータ

これには、Coates (1964)¹⁴⁾、Deere et Miller (1966)¹⁵⁾、Bieniawski(1974)¹²⁾等が行った岩石の硬さによる区分、Franklin et al. (1972)²⁵⁾が判断要素の1つとしている点載荷強度があり、表5. 1はその例であるが、すべてのボーリングコアについてこのような試験を行っているわけではないので、本書では表2. 2のような区分としている。

表 5. 1 一軸圧縮強度による岩質区分の例

(a) Coates (1964)²⁴⁾による区分

特に弱い (very weak)	350kgf/cm ² 以下
弱い (weak)	350~700
強い (strong)	700~1,750
非常に強い (very strong)	1,750kgf/cm ² 以上

(b) Deere et Miller (1966)¹⁵⁾による区分

表 現	一 軸 圧 縮 強 度		記 号
	kgf/cm ²	PSI	
非常に強い (very high)	>2,240	>32,000	A
強い (high)	1,120~2,240	16,000~32,000	B
普通 (medium)	560~1,120	8,000~16,000	C
弱い (low)	280~560	4,000~8,000	D
非常に弱い (very low)	280<	4,000<	E

(c) Bieniawski (1974)¹²⁾による区分

表 現	一軸圧縮強度	点荷荷強度
	(MPa)	(MPa)
非常に強い (very high)	>200	> 8
強い (high)	100~200	4~ 8
普通 (medium)	50~100	2~ 4
弱い (low)	25~50	1~ 2
非常に弱い (very low)	1~25	< 1

本書では割れ目の頻度はコア形状で表し柱状図の上で表 2. 5 のように表示することになっている。また、Deere et al. (1970)²⁶⁾ は表 5. 2 のように割れ目の間隔から区分を行っている。古くは Deere et al. (1966)¹⁵⁾ が割れ目の頻度の逆数であるコア長を採用したRQDを考えて以来、多くの研究が行われている。

表 5. 2 間隔による割れ目の区分²⁶⁾

表 現	割れ目の間隔	岩 盤 の 表 現
非常に広い (very wide)	>3m	一体の (solid)
広い (wide)	1~3 m	塊状の (massive)
やや狭い (moderately close)	0.3~1 m	ブロック状 (blocky)/層状 (seamy)
狭い (close)	50~300mm	割れた (fractured)
非常に狭い (very close)	<50mm	砕けた (crushed)

B. 岩盤としての指標 .

割れ目の頻度、状況、変質の程度などを数量化して岩盤としての評価を行う試みは、

- ・対象となる岩盤全体のうちの力学性（あるいは施工性）の分布を定性的に知ろうという目的、
 - ・対象となる岩盤の各々の区分の力学性を定量的に知ろうという目的、
- の2つを意図して進められてきている。

岩盤が本質的に岩石と不連続面とから成っており、岩盤の力学的性質は一義的にはこの2つから定義されるほか、劣化状況や不連続面の性質がこれに加味されるものと考え、各々の因子をカテゴリに分類して総合的に評価する方法が開発されている。

① RQD

岩盤の状況をボーリングコアから定量的に判断する試みはすでに行われてきており、最初のもは割れ目の頻度あるいは割れ目の間隔をパラメータとするものであり、例えば1ft当たり1以下のものは岩盤として良好、4~6のものはやや劣るとしている (Deere et al., 1966)¹⁵⁾。

これを進めて、RQD (Rock Quality Designation) というパラメータが提唱されている。Deereの定義に従えば、4 in(10cm)以上の長さのコアの和と掘進長との割合を%で表したものであり、図 5. 1 のように示されている。

RQDも割れ目の頻度も、コアの中にある割れ目に支配されるものであり、すでに岩盤の中にあつた割れ目と一緒に掘進中にできた割れ目をも数えることになり、フォアマンの技量によっては低い値がでるおそれがあるが、掘進にできた割れ目を区別して除くことは困難であると述べている。また、RQDを正確に求めるには、コアは少なくとも直径50mm以上で、内管の共回りのないスイベルタイプのダブルコアチューブを使うべきであるという意見もある (Bieniawski, 1974)¹²⁾。さらに、割れ目の頻度と個々の割れ目の密着度との間には関係はないが、一方、岩盤の評価には節理の開口の度合いと節理面との状況が強く影響するので、この点については評価できないことになる。

RQDと割れ目の間隔との関係は図5. 2に示してあるが、もともとRQDは塊状岩盤には適用しやすいが、層状岩盤には適用し難く、また、割れ目が著しい方向性をもつ場合はボーリングの方向によって極端に異なった値を与えることにもなるので、一律にRQDだけで岩盤を評価するわけにはゆかない。

② 土研方式

岩石の硬さ、割れ目の間隔、割れ目の状態などをパラメータにしてカテゴリー区分を行い、これらを組み合わせることによって岩盤として評価しようとするものである(岡本・安江、1966)²⁷⁾。この方によれば、割れ目に関する情報がボーリングコアにと実際の岩盤(例えば横坑や堅坑での観察結果)とでは異なる可能性があるため、ボーリングコアにいきなりこれをあてはめるのは問題があり、横坑などでの判断をも採り入れてカテゴリーを定め、ボーリングコアに引き直して用いるのが望ましい。

この区分の利点は、対象とする調査地点の地質条件の特徴を示す項目を指標に選べること、地点毎、対象(基礎地盤、透水性など)ごとに、特性に応じた分類が出来ることにあるが、その裏返しとして、ある調査地点の区分が必ずしも他の調査地点に適用できるわけではないこと、指標の選び方などを誤ると正しい評価ができないこと、という問題もある。

この方式による区分の例を表5. 3に示す。

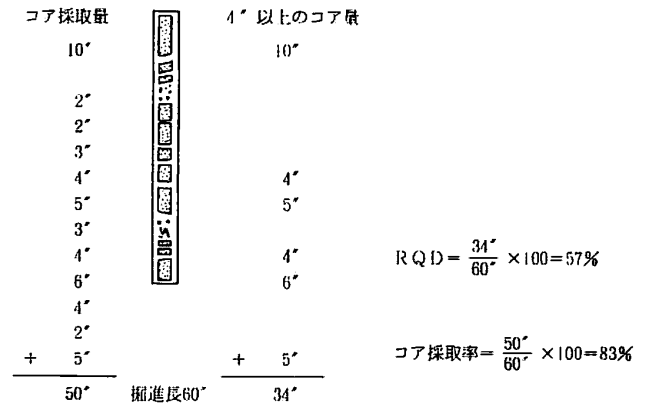


図5. 1 コア採取の状況とRQD表示との関係¹⁵⁾

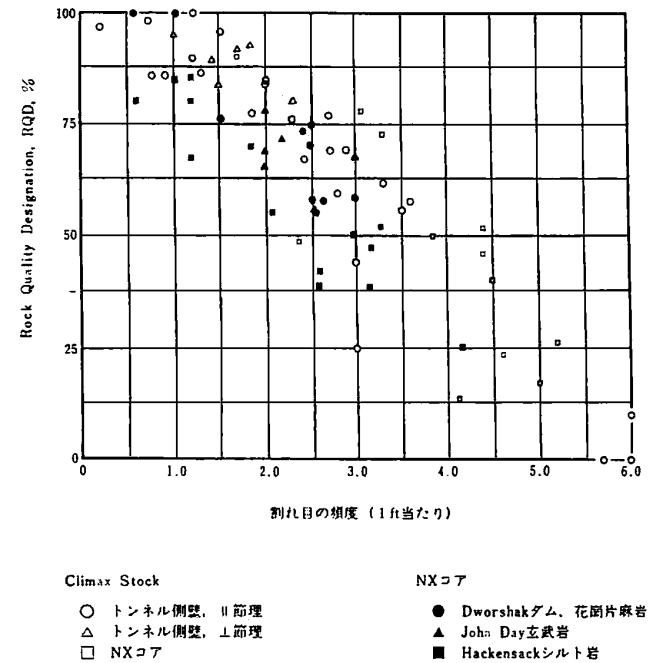


図5. 2 RQDと割れ目の頻度との関係¹⁵⁾

表 5. 3 土研方式の岩盤分類^{2,7)}

(a) 岩盤の区分基準

(a)下釜ダム(花崗岩・安山岩の例)			(b)掘花ダム(凝灰角礫岩の例)		
区分要素	細区分	内 容	区分要素	細区分	内 容
岩塊の硬 さ	A	堅 硬	硬 さ	A	堅 硬
	B	一部堅硬、一部軟質、全体にやや軟質		B	中程度あるいは硬軟入り混じる
	C	軟 質		C	軟 質
割れ目の間隔	I	50cm以上	割れ目の間隔	I	50cm以上
	II	50cm～15cm		II	50cm～15cm
	III	15cm以下		III	15cm以下
割れ目の状態	a	密 着	角礫の量 比	a	50%以上
	b	開口状		b	50～20%
	c	粘上をはさむ		c	20%以下

- 〔注〕 1) ハンマーで火花が出る程度
 2) ハンマーで強打して1回で割れる程度
 3) ハンマーでくずせる程度
 4) ここでの数値は一例であり、現場条件で異なる。
 5) 概算1㎡中の面積比

(b) 岩盤の評価(下釜ダム)

評価区分	評 価	細 区 分 の 組 合 せ
[A]	良 好	A I a, A I b, B I a, B I b
[B]	やや良好	A I c, A II a, A II b, B I c, B II a, B II b, C I a
[C]	やや不良	A II c, C I b, C I c, C II a, C II b
[D]	不 良	残りの組合せ

③ RQD*

RQD (Deere et al., 1996)¹⁵⁾ は、1 m という長さのボーリングコアの中に含まれる10cmを超えるコアの長さの部分というパラメータで岩盤の性質を表しているのに対して、Priest et Hudson (1976)²⁰⁾ は割れ目の分布そのものから岩盤の質を表現しようと理論を展開した。彼らは、統計的に見れば割れ目は不規則でポアソン分布をしているものと見なし、次式によってRQD*を定義した。

$$RQD_i = 100 \cdot \lambda^t (\lambda t + 1) \dots\dots\dots(3)$$

ここに、λ：1 m 当たりの平均不連続面数

t：岩盤を評価する際の閾値

もし、t に Deere et al. によるものと同じ0.1mをとれば、式

(3)は次のようになる。

$$RQD^* = 100 \cdot \lambda^{0.1} (0.1 \lambda + 1) \dots\dots\dots(4)$$

DeereのRQDでは良好な岩盤のほとんどが100%近くなるので、閾値を任意にとれる(例えば30cm)ことにより、大規模な掘削面を作る場合などの評価は有用であろう。

ただし、この方法は統計理論が基礎となっているだけに、対象区間の長さはλの少なくとも50倍をとらなければ式そのものが成立せず、例えば平均割れ目間隔が10cmなら5 m以上の区間の岩盤に対して成立する値となり、全体的に岩盤を評価する目的以外の、例えば柱状図上での微視的な表現にはあまり適切ではない。また、ボーリングコアに適用するには、礫状のコアの部分の割れ目が正確に数えられるか、また数えるとしてどのように数えるかは言及がなく、未解決と言わざるを得ない。ただ、RQD*を区間的なある種のパラメータとして使うことは不可能ではなく、割れ目が全区間にわたってポアソン分布をしていると割り切れればRQDと同様な取扱いをしてもよいということになる。このときは割れ目の数を数えるだけでよいから、手順としては楽であるが、破碎された部分のコアの数え方については定式がない。

2. コアの見方と評価についての問題と展望

これまでに、主として岩石と岩盤の見方について、最近提唱された手法を取り上げながら述べたが、残されている問題に触れながら、あるべき方向について考えてみたい。

2-1 対象による見方の差

岩石と岩盤の区分と判定は、究極的にはサイトの決定から工事の施工法の選択に資するためのものであるから、常にこれらの目的とするところがどこにあるかを意識したものでなければならない。また、トンネルの場合のように、岩盤区分がそのまま施工法から概算にはねかえるものや、ダムの場合のように、サイトの決定のための岩盤の総合評価から、そのサイトの問題点の指摘にとどまり、積算までには間や差があるものまでを、一律に扱うことは必ずしも適切とは言えない。言い換えれば、対象によって評価基準を変えなければならない。ボーリングコアや岩盤の調査で、これらのすべてを意図した記載を行うことは、初めに述べた

ように事実上不可能に近いから、比較的早い段階から対象を絞り込んでおくことが必要となろう。例えば、ダムサイトの選定、不良岩盤対策、透水性の改良、設計のための基礎の評価、原石山の評価という多くの局面があり、集めるべき生データは同じのものであっても、問題となる点と問題の重さが異なっているから、観察と判定の結果の表現は、当然のことながら変えなければならない。すなわち、最もクリティカルな検討項目から順次クリティカルでないものへ向けて、重み付けが必要となってくる。原石山の岩石区分もダムサイトの岩盤区分もすべて電研方式（田中の方法）で片付けている事例が非常に多いのは遺憾ながら事実である。また、対象となる評価項目によっては意図的に判定基準を変更して評価を行う事をも採り入れてゆくことが必要である。特に原石山の区分は、発破、リッピング、破碎という、地質技術者にとって経験の浅い分野であり、早急にこうした技術とのリンクを作ることが望まれる。実際面から見ても、材料プラントのメーカー（機械業者）は、横坑などから採取した僅か1～2 m³の試料から破碎プラントの設計を行うので、本格的に掘削が始まったときに条件が違っていて手戻りを生じた例も少なくないので、地質の方から一歩進んで積極的な情報を提供するように努めなければならない。

ただし、判定や区分の基準を、対象を変えて何通りも作っておくことは、いたずらに煩雑になるばかりで得策とは思えないから、担当技術者がそれぞれの場で役に立つ判定ができるようにするためには、どのような項目をどういふところで区分すればよいかという問題を常に意識しており、それに対する解答を出せるように訓練されていなければならないであろう。

2-2 コアの観察、判定の問題と今後の問題

これまでに述べたとおり、現在一般に（最も普通に、あるいは特定の項目に目的を絞り込んだ調査の場合を別に）行われているコアの観察は、必ずしも満足のゆくものではない。ここでは、今後解決してゆく必要のある問題とその方向について、述べてみることにする。

A. 地層名（地質学的区分による名称）を付けることの是非

地層名はその地方に分布する地層（層序あるいは地史的に扱う場合の火成岩を含む）の年代学的な位置を示すものであるから、年

代の異なる、あるいは層序単元の異なる岩石が同時に分布するときには、岩石名だけで表示することより有効であるが、あるサイトで得られた物性値が同じ地層名のつく他のサイトの岩石と同じととられる危険もある。本来、地層名は、広域的調査の成果（資料として入手することが多い）を、狭いサイトにおける岩石の分布上の特性を知る上で利用するものであるから、地質単元が明らかになった時点ではその使用を再考しなければならない性質のものである。よくサイトで「〇〇層は固いが××層は軟らかい」という言い方をしますが、これはどちらも岩石名からは同じものしか分布しないときには許されようが、岩石として異なったものが存在するときには調査地点で決めた岩石名を使うほうが正しい表現ができる。蓋し、地層名はその調査地点を含むもっと広い範囲での地質単元の時間的前後関係や相互作用の有無を予め明らかにするために使う語であり、物性の違いを表すための用語ではない。また、地層名で物を言うと、ただでさえ観念的な地質表現が一層観念的になる傾向があるので、地質学的区分と工学的区分を混同するような表現は避けるべきであろう。

B. 複雑な地質条件の調査地点が増えてきたこと

地質条件の良好な調査地点は比較的単純な地質構成であって、せいぜい2～3種の岩石（地質単元）が単純な相互関係をもって分布しており、破碎帯等の構造線も数少なく、かつ明瞭に追跡ができるものであった。地質単元が多く複雑な調査地点は、それだけ地質環境の混み入ったところで形成されたもので、その分だけ条件も良くないことが多い。このような調査地点では詳細な岩相や構造の対比が必要で、岩相や小規模な断層を詳しく記載して細区分を行う。これを改めて大きくまとめて構造を明らかにし、明快に地質単元を表示することが最も重要である。それは大構造を明らかにしなければならないこともあり、断層の条線の解析によって明らかになることもある。しかし、こうした小構造の持つ意味を十分に検討し理解しないで地質のストーリーを作って、漫然とそれに合わせた解釈も多く例えば小断層の方位を見て断裂の方向を求め、それを使って岩盤の中の割れ目の方向性を想定して、そのまま設計に進んで、構造物

から地盤にかかる剪断応力について検討をしているような、実証のない仮定に基いたレポートが少なくない。

C. 数量あるいは物性値にこだわりすぎること

物理検層、孔内原位置試験など、ボーリング孔を利用して物理量を求める技術は、最近になって著しく進歩し、これらの値を解釈・加工して直接に岩盤の工学的性質に言及する例が増えている。また、コアの採取が困難あるいは破片状のコアしか得られないときにはボアホールテレビを利用するなど、近代機器を使った調査成果が多い。また、コアを採取してもRQDで記載を済ませ、割れ目の分布、方向性、切り合いの新旧、割れ目の中の物質などを詳しく観察していない柱状図が増えてきている。岩盤区分法はRQDを重視しているものが多いが、マスとして岩盤を見るときに割れ目は重要な意味もっているものの、RQDほど直截的に解釈も表現もできないうえ、多少の見落としがあってもそれが設計・施工にそのままクリティカルに反映するものでもないのが岩盤の特徴でもあるので、これを等閑視してしまうことにもなるのだが、今後は割れ目を定量的な岩盤表示に生かせるように研究を進めることも重要である。

D. ボーリングの技術が向上していること

ボーリングの技術は最近目立って向上している。もちろん、フォアマン1人1人のことであるから、上手下手のばらつきは大きい、不良岩盤であっても、すでに数本のボーリングでそのサイトの岩盤の癖を会得したフォアマンが注意深く掘削すれば、初めはスライムしか上がらなかったものが、ほとんど100%近いコア採取率をあげることは普通のことであり、コアの採取を良くすることがまず第一に必要である。また、ダブルコアチューブの内側に薄いビニール製の筒を装着することによってコア詰まりをなくして、割れ目の非常に多いコアを原形に近い形で採取する技術も開発されている。あるいは、76mmではコアが破片状でしか得られなかったときに、同じフォアマンに116mmで掘らせたところ、ほとんど乱れていないコアを100%近く上げたこともあり、こうした新しい試みや大口径ボーリングの利用などによって、コア観察の実を挙げるのが大切である。このようにすれば、岩相変化の境界がわからないなどという柱

状図は出てこなくなり、断面図や解釈ははるかに精度の高い、信頼性の置けるものとなる。要は、コア採取率が高められたときに、地質技術者がそこからどれだけのものを読み取れるかという問題に帰着することになり、再三述べているように、詳細な記載と特徴の抽出という能力をいかに涵養するかという点に立ち帰ることに他ならない。

E. 変質の状況が重要な因子となってきていること

特にグリーンタフ地域のように、調査地点で遭遇する岩盤が変質作用を受けているときは、岩盤の不規則な劣化が生じており、変質の程度、分布、岩盤に与える悪影響を評価しておく必要がある。変質作用は主として鉱業や窯業に関連する分野で研究されているが、われわれが現場で遭遇するものは変質の程度が低く、その方面の関心をひくようなものではない。このため、鉱業や窯業の関係者の知識を直接援用することは困難であるが、変質鉱物や変質の程度の組み合わせを詳細に記載しておくことによって、ボーリングが数多くなってきたから慌てて見直すことのないように予め備えることができる。変質鉱物はさほど数多いわけでもなく、変質の仕方も類型化が可能であるが、鉱物学の知識は一段と重要になる。少なくとも変質がみとめられる調査地点では顕微鏡観察によって鉱物種とその賦存の状況を把握し、必要に応じてX線解析などのデータを使って初生鉱物と変質鉱物との関係を明らかにしておく努力が必要である。

F. コア観察図の作成

コア箱に収納されたコアを、野帳を手で観察し、それを柱状図にまとめるのがこれまでの一般的なやり方であった、これは全体として良好な岩盤（Bクラス程度以上）の中の不良箇所を記録し、その方向性や力学的な挙動の予測に用いることを目的としたものであって、あたかも電研方式の岩盤区分が実はC₄クラス以上の岩盤の記載に向いていることと同様な性質もっている。従って、最近のように、Cクラスの岩盤が主体となるサイトでは、従来のような欠点の拾い出しという形のコアの記載では不足であり、落ちのないコア観察をするために必要なある種のメモ（野帳と柱状図の中間のもの）を作成することが、解釈に必要な重要なポイントの見落としや、

それに起因する手戻りをなくすために要求されることになろう。そのためには、既に行われているようなコア写真の添付だけでなく、柱状図の中にコアの割れ目の状況のみを拾ってスケッチしたり、粘土化した部分や風化部分の状況を図式化して表示を行ったりする、といった方法も使われている。コア観察表を作成し、最低限度必要とされる項目を落ちなく見ることと、観察者によって結果が違ってくるのをなくすことができる。

これを更に進めて、統一的なコア観察の基準の必要性を主張する人もあるが、これを強調するとともに属地性と個別性の強い局地的な地質調査には統一基準は馴染まないとする見方もでてくる。

しかし、柱状図にまとめるに当たって必要な項目をリストアップし、それを観察者がどのように判定して記録し、あるいは記録しなかったかを明らかにしておかなければ、冒頭に述べたように、コア箱をすべて広げて最初から見直すところまで戻らなければならず（ある箇所の記載のあいまいなところを確かめようとするれば、結局全部のコアを見直すことになってしまうことが往々にして起きている）。記載にあたって、事実の記述と解釈というバイアスをできるだけ分けておけば、後になって別に新しい指標を利用して見直そうとするときにも、以前の記載と交錯するようなことは防げるだろう。現在見られる柱状図には、実はコアを見ながらでないと思えないといったものが非常に多い。

3. まとめ

ボーリングコアの記載も、地質調査のマッピングも、本質的には同じ行為であるが、対象の大きさ、三次元的な位置などに差異がある。特に岩相の横への変化をボーリングコアから読み取ることは難しい。また、地質の考え方が原則として下位→上位と物を見る（層序としても、1つの岩体としても）のに対し、ボーリングでそのような調査を行うのは一般に得策ではないし、経費の面からも行われたいことの方が多い。したがって、ボーリングコアを見る以前に必須のこととして、周辺の地表踏査を行って、岩相変化、中構造等を把握しておくことが挙げられる。地表踏査では、地質図を作るというより露頭の状況の詳細な記載を行い、それをボーリング柱状図に結びつけて、断面図を作るための資料を得ることを目的として行う

べきであり、別途業務として作成された既存の地質図や断面図に安易にあてはめてはならない。

岩盤を表示するさまざまなパラメータは、ダムの基礎岩盤をとってみれば、工事のときの諸数値との関連がつかめないものが未だに多く（例えばRQDとルジオン値とセメント注入量）、トンネルの場合のように設計数値と直接に結びつかないので、岩盤としての区分やコアの記載もそこまで詳しくは行われていない。今後の方向として、工事に直結する表現を要求されることになるのか、正確な地質状況を把握するための表現を目的とするのか、といった2通りの方向が考えられるが、少なくともコアの記載に当たっては後者を志向すべきであろう。前者はさらに地質の解析を経て作成されるべきものであって、解釈の要素がさらに重みを増すものと思われる。いずれにしても、最近見られるような事実と解釈の混在した記載や、自分だけにしかわからない注釈的な記載をなくすことが第1である。

VI. 参考文献

- 1) 建設省土木研究所地質研究室編：ボーリング調査の現状と問題 第18回地質担当者会議資料 土木研究所資料2221号 昭和60年3月
- 2) 建設省土木研究所地質研究室編：指針基準等の検討“ボーリング” 第19回地質担当者会議資料 土木研究所資料2326号 昭和61年3月
- 3) 建設省土木研究所地質研究室：ボーリング柱状図作成要領(案) 土木研究所資料2389号 昭和61年6月
- 4) 建設省大臣官房技術調査室、建設省土木研究所：ボーリング柱状図作成要領(案) 昭和61年8月
- 5) 技術管理業務連絡会 建設技術情報部会編：地質調査資料整理要領(案) 建設省 昭和61年9月6日) 日本建設情報総合センター編：地質調査資料整理要領(案)解説書 昭和61年11月
- 7) 土木学会編(1977)：ダムの地質調査
- 8) 全国地質調査業協会連合会(編)(1983)：ボーリングポケットブック、オーム社
- 9) 益富寿之助：原色岩石図鑑 保育社
- 10) 柴田秀賢、須藤俊男：原色鉱物岩石検索図鑑 北隆館
- 11) 三木幸蔵、古谷正和：土木技術者のための岩石・岩盤図鑑 鹿島出版会
- 12) Bieniawski, Z. T. (1974) : Geomechanical classification of rock masses and its application in tunnelling. Proc. of 3rd Intr. Congr. of Rock Mechanics. vol. 2, part A, pp. 27-32.
- 13) I. A. E. G. Comm. on Engineering Geological Mapping (1981) : Rock and soil description and classification for engineering geological mapping. Bull. I. A. E. G., no. 28. pp. 235-274.
- 14) I. S. R. M. Comm. on Testing Methods(1978) : Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses. International Journ. of Rock Mechanics and Mining Sciences & Geomechanics Abstracts. Vol. 15. No. 6. PP. 319-368.
- 15) Deers, D. U. et Miller, R. P. (1966) : Engineering classification and index properties for intact rock. Rep. A, W, F, L. TR-65-116, A. F. Weap. Libr.
- 16) 日本応用地質学会編(1984)：岩盤分類、応用地質特別号

- 17) 国土開発技術研究センター編：ルジオンテスト技術指針 昭和59年6月
- 18) 菅原 捷(1980)：柱状図は訴える、4. 硬い地盤における柱状図、土と基礎、vol. 28, no. 6, pp. 87-94, 土質工学会
- 19) 地盤工学会編：改正地盤工学会基準・同解説Ⅲ地盤材料の工学的分類方法 平成8年11月
- 20) 長瀬迪夫(1986)：土質判別に関する実態調査結果-現場判定と日本統一土質分類との対応状況-、地質と調査、第3号
- 21) 地盤工学会編：地盤調査法平成7年9月
- 22) 日本道路協会編：道路土工-土質調査指針 昭和61年11月
- 23) 日本道路協会編：道路土工-のり面工・斜面安定工指針 昭和61年11月
- 24) Coates, D. F. (1964) : Classification of rocks for rock mechanics. Rock Mech. and Min. Sci., vol. 1, pp. 421-429.
- 25) Franklin, J. A., Broch E. and Walton, G. (1972) : Logging the mechanical Character of rock. Trans. Inst. Min. Met. (GB). 80, pp. A 1 - A 9.
- 26) Deere, D. U., Peck, R. B., Parker, H. W. and Monsees, J. E. (1970) : Design of tunnel support systems. Highway Research Record, No. 339, pp. 26-33.
- 27) 岡本隆一、安江朝光(1966)：ダムサイトにおける岩盤区分の試み-矢作ダムサイトの例-、土木技術資料8-9
- 28) Priest, S. D. et Hudson, J. A. (1976) : Discontinuity spacing in rock. Int. Jour. Rock Mech., Min. Sci. & Geo mech. Abstr., vol. 13, pp. 135-148.