

ボーリング野帳記入マニュアル

野帳・日報の記入から柱状図の作成まで

—— 岩盤編 ——

ボーリング野帳記入マニュアル—— 岩盤編

社団法人 全国地質調査業協会連合会

社団法人 全国地質調査業協会連合会

発刊にあたって

当連合会では、昭和63年に、現場におけるボーリング及び関連業務から得られる各種地盤情報をどのように観察し、表現するかを「ボーリング野帳記入マニュアル（土質編）」として作成し、情報の表現方法の統一化を目指しました。以降、平成5年には、ボーリング孔を利用した各種試験・計測を取り上げ、正確な計測値を得るための具体的な試験・計測の手順などを「ボーリング計測マニュアル」として作成し、更に平成6年には、地質調査業務の商品とも言える「報告書」の質の向上を図ることを目的とし、現場から引き継がれた第一次情報を、どのように整理・検討・解析し、そして、どのような技術的な判断を導き出すのかの手順を示した「報告書作成マニュアル（土質編）」を作成しました。

これら各種マニュアルの作成にあたっては、岩盤調査についても種々検討されましたが、岩盤ボーリングの柱状図が発注機関によりマチマチであり、標準化を進めるには時期尚早との判断から未着手となっておりました。しかしながら、近時、岩盤ボーリングの柱状図もJACIC様式に収斂されてきており、これをベースに岩盤ボーリングの表現方法の統一化を図ることがボーリングデータの品質向上や共有化に資するものと考えられるようになってまいりました。このため、平成10年秋頃より技術委員会にワーキンググループを設置し、「ボーリング野帳記入マニュアル（岩盤編）」の作成に取り掛かりました。検討を進める過程で、岩盤ボーリングにはコアリング、コアの鑑定など独特の技術分野がありますので、土質編とは異なる目次構成とし、かつ、その構成を踏まえ、『野帳・日報の記入から柱状図の作成まで』との副題を

付けることとしました。

もとより、ボーリングは地質調査の最も基本的な技術であり、そこから得られる第一次情報は、後続の設計、施工、維持管理の各段階に大きな影響を与えるものであります。本書が多くの地質調査企業に活用され、かつ、発注者の信頼を得ることにより、ボーリングの重要性が認識されることを願うものであります。

最後に、本書の企画にあたられた技術委員会委員の皆様、下記に示すご執筆を戴いた方々に厚くお礼申し上げます。

平成12年9月

社団法人全国地質調査業協会連合会
会 長 森 研 二

〔各章の執筆者〕

吉富正忠 第1章、第2章、付録1
岡田秋夫 第3章、第4章
芝宮一郎 第5章、第6章、付録2
栃本泰浩 第7章、付録3
松本俊幸 第8章、第10章
稲垣隆二 第9章

《ボーリング野帳記入マニュアル（岩盤編）》

目 次

発刊にあたって

第1章	ボーリング野帳の役割	1
1. 1	野帳記入マニュアルの役割と利用法	1
1. 2	野帳記入の心掛け	3
1. 3	野帳の要素と構成	4
1. 4	野帳の記入例	5
第2章	岩盤ボーリングの目的とコアリング	10
2. 1	岩盤ボーリングの目的	10
2. 2	調査精度の向上と掘進率の向上	10
2. 3	コアリングと地質状況への対応	12
第3章	共通事項および一般事項の記入要領	16
3. 1	共通事項の記入要領	16
3. 2	一般事項の記入要領	19
第4章	標尺と深度および掘削孔径と掘削方位	21
4. 1	標尺と深度	21
4. 2	掘削孔径と掘削方位	22
第5章	使用機材と掘進状況	26
5. 1	使用機材	26

5. 2	掘進状況	28
第6章	孔壁（保孔）と地下水状況	31
6. 1	孔壁状況	31
6. 2	地下水状況	31
第7章	現場での観察事項	35
7. 1	観察者の役割と基本的姿勢	35
7. 2	ボーリング地点周辺の状況を見る	36
7. 3	岩石を上手に観る	37
第8章	コアの管理	51
8. 1	コア箱への収納と整理	51
8. 2	コア写真の撮影と注意点	53
8. 3	コアの保管	57
第9章	コアの鑑定	59
9. 1	岩種区分	59
9. 2	色調	62
9. 3	硬軟	66
9. 4	コアの形状	67
9. 5	割れ目の状態	68
9. 6	風化の程度	71
9. 7	変質	73
9. 8	記事	74
9. 9	コア採取率，最大コア長，R Q D	76
9. 10	岩盤分類	78

第10章	孔内計測と試験	87
10. 1	概要	87
10. 2	孔内計測	88
10. 3	孔内試験	94
[付録. 1]	岩盤ボーリングの掘削上の留意点	99
1.	掘削方法	99
2.	各種孔内測定，検層のための孔内整備	103
3.	保孔	106
4.	掘進時の事故とトラブル	109
5.	傾斜，水平ボーリングと孔曲がり	115
[付録. 2]	参考図表	118
(1)	地質コードおよび色調コード	118
(2)	ケーシングパイプの形状と寸法	119
(3)	ケーシングパイプの規格	120
(4)	配管用・圧力配管用炭素鋼鋼管の規格	121
(5)	硬質塩化ビニル管の規格	121
(6)	流量換算図及び三角ノッチ流量表	122
(7)	土の透水性と排水性の評価	124
(8)	ボーリングロッドの規格	125
(9)	シングルコアチューブとビットの規格	125
(10)	シングルコアチューブ用ダイヤモンドビット 及びダイヤモンドリーミングシユルの規格	126
(11)	ダブルコアチューブの規格	127
(12)	ワイヤーラインコアバーレルの規格	128
(13)	特殊コアバーレルの規格	129
(14)	トリコンビットの規格	130

(15)セメントスラリー比重とセメント1袋(25kg) の出来上がり量	131
(16)泥水基本剤・調整剤	132
(17)普通セメント用添加剤	133
(18)ボーリング機械選定の条件基準	133
[付録. 3] 主要岩石	134
[付録. 4] S I 単位にかかる単位換算	139

第1章 ボーリング野帳の役割

ボーリング柱状図は、現場でフォアマンが掘削状況等のデータを野帳に記入し、これを整理して日報を作成した後、地質技術者がこの日報と他の地質情報を加味して完成される。このように、ボーリングによる地質調査においては、フォアマンによる野帳の作成が、第一次データとして極めて重要である。

1.1 野帳記入マニュアルの役割と利用法

マニュアルで重要なことは、次の5点である。

- 1)すぐわかること
- 2)必要なことが盛り込まれていること
- 3)いつも手元におけること
- 4)最新で適切な判断が示されていること
- 5)丈夫であること

この岩盤野帳記入マニュアルは、以上の5点を目標に作成されたものであるが、不十分な部分もあるかもしれない。これらについては、今後各方面からの意見を聴取して改善していきたいと考えている。

当岩盤野帳マニュアルは、10の章と3つの付録から構成され、野帳に記入する順序にほぼ沿って書かれている。具体的なマニュアルの利用法については、必要な所を拾い読みしてもらっての活用を期待している。

第1章は、この岩盤野帳マニュアルの利用法と、マニュアルにしたがって野帳を記入することの重要性と役割について記述しており、特に野帳記入の心掛けについてふれている。

第2章は、掘削時の留意事項であるボーリングの目的とその精度や掘進率の向上、コアリングと地質状況への対応について簡単にふれている。

第3章および第4章は、J A C I Cの柱状図作成要領を参考にしており、第3章では野帳の共通事項や一般事項の記入要領について、また第4章では、標尺と標高基準、掘削孔径とその深度、および水平や斜めボーリングにおける掘削の方位と傾斜角の表示方法について記述している。

第5章は、掘削に用いる使用機材の選定とその検討手順を示している。掘削状況については、掘削中の岩質や孔内状況の変化に対応したビットの種別や、給圧・回転・送水および掘削流体等の掘削条件を適宜変化する必要にふれている。

第6章は、孔壁状況の把握はコア観察とビット等の昇降時の抵抗などから推定し、これらに基づいて孔壁保護の対策を検討する。孔内水位は測定方法と孔壁保護の状況を記録しておくこと、さらに、地下水の賦存状況について簡単にふれている。

第7章は、採取されたコアの観察と記事の書き方、および調査地点周辺の地形・地質との位置づけについて記述し、岩石を観る手がかりについては、火成岩・堆積岩・変成岩の成因とその造岩鉱物の違いを詳述している。

第8章と第9章は、コアの取り扱いについて記してあり、第8章ではコア箱収納やコア写真撮影の注意点とその保管について、特に将来を踏まえたデジタルカメラの使用についてふれている。第9章ではコアの鑑定について、定量的な因子の観察項目とその内容および記事欄の記入内容について記述している。

第10章は、岩盤における孔内計測の種類とその概要について記し、特に電気検層・速度検層・ルジオンテストについて詳述している。

巻末の付録は、[付録. 1]では、岩盤ボーリングの掘削上の留意点について、掘削方法、孔内の測定や検層、保孔、掘進トラブルとその処理、孔曲りの諸点から記載し、[付録. 2]では利用頻度の多い数表・図表・規格表などを掲載し、[付録. 3]では主要岩石の写真を掲載している。また、[付録. 4]にはS I単位の換算表を掲載した。

以上のように、当岩盤野帳記入マニュアルは、各章の内容について簡略に説明していることから、日本各地の地質は複雑で多岐にわたる状況を踏まえると、この岩盤野帳記入マニュアルでは、利用に際しておのずから限界がある。

しかし、一つの指針によってデータが整理され、標準化と信頼性の向上に繋がることが、このマニュアルの意図するところである。

この岩盤野帳マニュアルを現場では常に携帯してもらうことを願うとともに、品質の高い野帳の作成に役立つことを望んでいる。

1.2 野帳記入の心掛け

野帳記入に際しては、つぎの5項目が重要であり、常に初心に返って心掛けねばならない事項である。

- 1) ていねいに記入すること。
- 2) 記入漏れのないようにすること。
- 3) 現場で作業の進捗に応じてそのつど記入すること。
- 4) 第三者が見ても判読できるように記入すること。
- 5) 可能な限り客観的な表現を用いること。

ていねいに書くということは、単にメモをとることではなく、野帳に「調査データ」を記入する意味であり、データの精度とその信頼性が問われていることを認識しなければならない。

調査は処女地を開拓するものであり、同じ場所で同じことの再現はまず不可能であることを肝に命じ、時間の経過とともに初期のデータが再現できないことを理解すべきである。また、一度見逃すと観察や得られる諸定数が異なり、真のデータをいわば改ざんしたことになる。このようなことから、記入漏れをしないことが極めて重要であり、野帳の出来具合が調査の成否を決定するので、前述の5項目を常に心掛けることが重要といえる。

野帳はフォアマン個人のものであり、かつメモとも受けとめられる。しかしながら、この野帳を基に成果品として世にでることを考えれば、決して個人の所有物ではないことが理解できよう。さらに、これらのデータがやがて万人の資料に変わること念頭におくと、客観性が求められるのは当然のことである。主観的なデータになりがちなことは理解されるが、前述のように個人の枠を越える状況となることは必定であり、努めて客観的な観点から評価される内容になるよう努力すべきである。

1.3 野帳の要素と構成

当岩盤野帳マニュアル作成に併せて、野帳と日報用紙の標準書式を定めた。この標準野帳は、共通事項、一般的事項、調査事項およびチェック事項から構成されている。

岩盤の掘削調査における必要事項として、掘進時間、給圧、回転数、送水量およびピットの種別があげられる。こ

れらは、掘進回ごとに記録する必要から横書きにならざるをえない。これらによって記事欄が必然的に小さくなるが、掘進中のできごとでフォアマンしか知ることのできない事項等（例：機械等のショック音状況とその深度、コア採取率が低下した理由とその時の処置および事故やトラブルの状況等）を漏れなく記入する。記述欄が不足の場合には、余白または次のページに書き足すようフォアマンにお願いしたい。

1.4 野帳の記入例

次に野帳の記入例を示す。

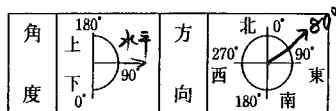
件名 道路改築水文調査委託

調査場所 〇〇市 中平地先

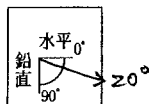
緯度・経度 (北緯) $35^{\circ}25'30''$ (東経) $137^{\circ}20'5''$

孔番 BH-5 孔口標高 709.37 m

ボーリング掘削方向 水平



地盤勾配



使用機械

ボーリングマシン 鉦研 RK-2

エンジン ヤンマー GTL

ポンプ 鉦研 MG-10H

担当技術者

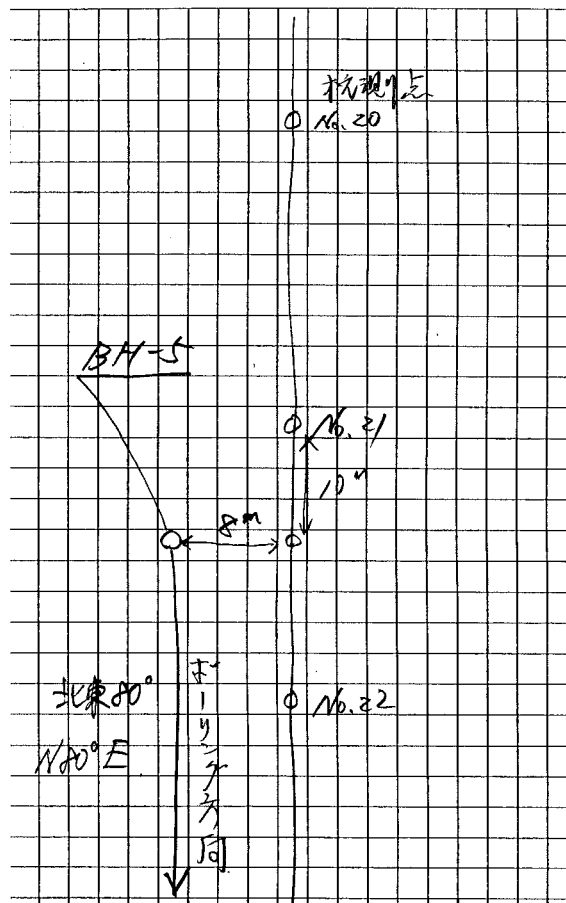
コア鑑定者 山口 一郎

ボーリング責任者 山内 三郎

野帳記入者 山内 三郎

野帳記入ページ pp. 1 ~ 28

[ボーリング地点オフセット]



12年8月18日(金) 曜日: 天候 晴

開始 7時30分: 終了 18時00分: 作業人数 2名

標 尺 (m)	深 度 (m)	柱 状 図	色 調	地 質 名	観 察
132	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	水量調整 コア洗決 131.80m付近より 排水色褐色に 変了 水深20kN/m ² 圧力1KN
133	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
134	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
135	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
136	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
137	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
138	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
139	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	
140	131.35	△	褐	玉石・粘土 泥り礫 (崖鎖)	

写真チェック (○で囲む)
全量, 残尺, 検尺, コア, その他 ()

設計深度 200 m: 累計深度 140.25 m: 本日掘進 2.90 m

累計のコア長 120.50 m 本日のコア長 9.35 m

孔内水位 湧水 3.38 m (測定時刻 7時45分)

掘進時間 自 至 計 時分 時分 時分	掘 進 長 (m)	コ ア 長 (m)	ビット			ポンプ				孔 内 試 験 等
			孔 径 (mm)	種 類	回 転 数 (r.p.m)	荷 重 (MPa)	送 水 量 (l/min)	送 水 圧 (MPa)	排 水 量 (l/min)	
131.35										湧水量
8:45			100	MLB	70	10	15	15	15	9/min
9:10	1.00	1.00	"	"	70	10	15	15	"	
9:55	1.50	1.50	"	"	70	10	15	15	"	
10:30										15.5
11:05	1.15	1.00	"	"	70	10	15	15	"	
11:30	1.00	1.00	"	"	150	10	15	15	"	
12:40	1.05	1.05	"	"	200	10	20	20	"	35.8
13:40	1.30	1.30	"	"	200	10	20	20	"	
14:30	1.90	1.90	"	"	200	10	20	20	"	40.7
140.25										

残片付けチェック (○で囲む)

ヤグラ, エンジン, シート, 水, 小道具, 火, その他 ()

第2章 岩盤ボーリングの目的とコアリング

ボーリングの作業工程の流れは概ね次のようになる。

作業計画→準備作業→運搬→仮設・段取り→掘進→撤去

これらの内、岩盤の掘進（掘削）における留意点を以下に述べる。

2.1 岩盤ボーリングの目的

岩盤のコアリングを目的とした調査は、道路、トンネル、ダム、地すべりおよび地下資源（地熱・鉱床調査）等の調査ボーリングがあげられる。調査目的とその内容によっては、スポット的（断片的）なもので良い場合もあるが、殆どがコア採取率100%を目標とし、かつこの目標にフォアマンが日夜努力していることは、周知のとおりである。

岩盤の性状を調査する直接的な方法は、コアを採取して目視により観察することである。風化岩や亀裂の多いコアを採り難い岩は、工学的な問題を多く含んでいることから、特にコア採取が必要である。したがって、良いコア採取またはコア採取率を上げるということは、いわば上手なボーリングをすることであり、フォアマンの責任は重大である。

このように、岩盤ボーリングの目的は、コア採取率100%の達成によって地盤状況を正確に把握することである。

2.2 調査精度の向上と掘進率の向上

掘進作業は、地質状況の変化について十分注意し、大きな状況の変化に対しては必要な処置を行う必要がある。

(1) 掘進作業の基本

掘進作業の基本的な項目は次ぎの3点である。

①地質条件にあったビットを使用する。

②ビットに合った掘進条件を決める。

③孔内条件等に応じて逐次掘進条件を修正しながら掘進する。

掘進作業中で特に注意すべき事項としては、「調査精度の向上と掘進率の向上に努める」ことである。しかし、これら両者は相反することがあるので、最も効率的な調査方法を選択する必要がある。

(2) 調査精度の向上

調査精度の向上を計るには次の3点が重要である。

①コア採取率の向上

最も大切なことであり、何としてもコアをよく採取することである。

②各種孔内測定・検層の孔内整備

決められた測定を完全実施できるボーリング孔を作る必要がある（例：透水性を問題にする孔では泥水の使用は不可；調査精度の低下が懸念）。

③掘進記録の充実

掘進中の状況を正確に記録し、調査結果の解析に種々のデータを提供する。

(3) 掘進率の向上

掘進率の向上には次の3点が重要である。

①掘進速度の向上

ビットや使用機材の改良および掘進条件の変更などにより、岩質や孔内条件に合った方法を選択し、掘進速度の向上に努めることが必要である。

②各種付帯作業や手待ちの減少

作業方法の改善、使用機材の整備および必要資材の準

備などにより、付帯作業や手待ち時間を減少させ、少しでも多く掘進作業時間の増大を図る。

③事故の予防

孔内事故、機材故障、人身事故の防止により、順調な掘進作業が実施されるように注意する。

2.3 コアリングと地質状況への対応

2.3.1 コアリング

(1) コアリングとサンプリング

コアリングとはコアを採取することであり、サンプリングとは試料を採取することと理解すれば、サンプリングの中にコアリングが含まれると言えなくもない。一般的にフォアマンの仲間内では、コアリングとは主として岩盤のコア採取を指し、サンプリングとは主として軟弱地盤等の土の不攪乱試料採取を言っている。ここでは岩盤のコアリングについて概要を述べる。

コアリングは、コア採取率が調査精度を左右するので、あらゆる地質条件に対応し、悪条件を克服してコア採取率の向上に努めなければならない。コア採取率の向上は、ビットやコアバーレルの工夫・改良および調泥剤の活用があげられる。

(2) 岩盤調査のコアリング

岩盤調査におけるコアリングは、乱さない岩盤のコアを採取することが条件であり、特殊調査を除き通常の調査では、エラスティック・トリプルチューブ（以下コアバックという）が使用されている。

コアバック使用時の注意事項は次のとおりである。

①コアバックの整備が完全であること。

②コア詰まりが起これば直ちにコアチューブを回収する（コア詰まりのままでは軟質岩盤や破碎帯等でコアを流失する恐れがあるので特に注意が肝要）。

③ダイヤモンドビットを使用する（軟質岩の一部を除く：第三紀の砂岩・泥岩・凝灰岩等）。

④回転や送水量の調節（軟質岩や破碎質岩等では、低回転、少送水量による掘削でコア採取率が高くなる）。

⑤可能な限り孔径の大きいコアチューブの使用（軟質岩盤や破碎帯ではコア径の大きいほど採取率は高くなるが、硬質岩盤では影響は少ない）。

また、次の地質ではコア採取率が低下するので、特殊なコアチューブの使用や無水掘りを行う必要がある。

①破碎帯：細粒化された破碎帯で粘土分を含まない部分

②風化・変質帯：風化・変質して岩としての状態より砂といった状態に近いもの

③特殊岩盤：極めて粉状になりやすい岩盤（例；粉状石炭、半固結の砂岩・礫岩）

採取されたコアに対しては、岩盤を総合的に判断・評価するための貴重な情報が含まれているので、地質技術者はよく観察し、注意深く整理・保存する必要がある。

2.3.2 地質状況への対応（岩の硬軟、破碎帯・変質帯など）

岩盤ボーリングにおいて、掘進が困難な地層はコアリングも難しい地層と考えてよい。掘進が困難な地層とは、極硬岩、軟質岩や風化岩、亀裂に富む岩盤および破碎帯・変質帯があげられる。次にこれらの岩盤のコアリングの問題点と対策を記述する。

(1) 極硬岩

極硬岩の掘進は、サーフェイスダイヤモンドビットではビットライフが短いので、インブリグネーテッドビットを使用し、ビット荷重を増して回転数を可能な限り高速にすることが望ましい。マトリックスは岩質に応じたものを採用する。フェーストンが摩耗してダイヤモンドの露出が悪い時は、サンドブラストでダイヤモンドを露出させる。ロッドやコアチューブの回転を円滑にするために、循環水に潤滑剤を添加して使用する。

(2) 軟質岩・風化岩

軟質岩の掘進で最も大きい問題は、コア詰まりが発生した場合である。コア詰まりは、ビットやコアリフトの内径と同径のコアや亀裂のあるコアが、給圧でコアバーレル内に取り込まれる時、あるいはコアバーレル内にコアが満杯になった時に生じる。軟質岩はコア詰まりのまま掘進を続ければ、コアを流失する。コア詰まりの兆候を認めたら、直ちにコアバーレルを回収しなければならない。

軟質岩の場合で、膨潤性のあるものやスレーキング特性の著しく悪い岩がある。このような岩では、循環水によるコアの土砂化やコアの痩せ細りおよびコアの脱落等によってコアが流失する。これらの対策としては泥水管理に注意し、コアパックを用いてコアリングすることが望ましい。

軟岩の中で第三紀の砂岩や礫岩は、コアが容易に砂や礫状になるものがみられる。このような場合は濃いめの泥水を使用し、回転や給水をできる限り抑えて、棒状コアの採取となるように努める。

風化岩や変質帯では、砂や粘性土の状態でコアリングされるので、注意が必要である。

良好な岩盤から変質帯、風化帯に変化する部分では、過剰給圧、過剰給水となり、コアを流失させる可能性が大きい。こうした部分では掘進速度が急速に増加するので、注意が必要である。

軟質岩盤は、亀裂が少なければ掘り易い岩盤であるが、硬軟の変化が著しい岩盤では、コア詰まりなどでコア流失の懸念が大きい岩盤である。掘進に際しては、給圧、給水、掘進速度に十分注意しなければならない。

(3) 亀裂の多い岩盤

亀裂の多い岩盤、特にボーリング方向に対して亀裂が発達した岩盤では、ビットやコアバーレルに取り込まれたコアが楔状となって、コア詰まりとなる。軟質岩ではコア流失となり、中硬岩・硬岩では掘進が阻害される。コア詰まりが生じた場合は、速やかにコアバーレルを回収する。

亀裂の多い岩盤では逸水や湧水によって掘進が阻害される場合があり、コアリングにも悪影響がある。循環水の状況にも十分な注意を払う必要がある。

(4) 破砕帯・変質帯

破砕帯や変質帯の細粒化あるいは割れ目間隔が数cmの多亀裂帯は、コア詰まりが多い。また、コア詰まりからコア流失のスライムでジャミングになる危険もある。破砕帯や変質帯は粘土を含むことが多く、給圧・給水に配慮してコア流失に注意する。

石炭、粘土質または破砕質に富んだコアの採取には、三重管式ワイヤラインコアバーレル（ロングイヤーQシリーズ）を使用すると、インナーが縦割れするので、コア取り出し時に乱さない利点がある。

第3章 共通事項および一般事項の記入要領

ボーリング野帳は、現場で最初に記入される最も貴重なデータであり、このボーリング野帳をもとにボーリング日報・柱状図等が作成される。このため、記載に当たっては①正確に、②ていねいに、③こまめに記録するよう心掛けるとともに、第三者が見ても判読できるように記入することが大切である。

記録する項目としては、まず野帳の最初に共通項目として調査名、調査位置、ボーリング位置の緯度・経度、調査期間、孔口標高、総掘進長、ボーリング掘削の方向・角度、地盤勾配、使用機種、などを明記する。また、孔毎の一般事項を毎日記述し、現場が終了した後もどこの現場の野帳であるのかを分かるようにしておくべきである。

本章では、野帳に最初に記入すべき基本的な共通項目と一般事項の記入項目・要領を示す。

3.1 共通事項の記入要領

(1) 件名

調査名は、発注業務名をそのまま記入することを原則とする。ただし、名称が長く略式名称にしても他と混同しない場合にはこの限りではない。

〔記入例1〕(正式名称)

平成〇〇年度〇〇ダム地質調査業務

〔記入例2〕(正式名称)

平成〇〇年度〇〇地区〇〇〇〇(公共関連)

工事地質調査(〇〇郡〇〇町大字〇〇地内)

(略式名称)

平成〇〇年度〇〇地区〇〇〇〇地質調査

(2) 調査場所

①場所

調査地点の地名を記入する。

〔記入例1〕 〇〇県〇〇郡〇〇町〇〇地区〇〇番地

〔記入例2〕 東京都〇〇区〇〇 〇丁目〇〇番〇〇号

②平面図

a) ボーリング地点周辺の代表的構築物等、あるいは基準点からボーリング地点までの距離を想定して、図(オフセット)で示す。

b) 国土地理院 1/25,000地形図にボーリング地点を記入する。

(3) ボーリング位置の緯度・経度

ボーリング位置の緯度・経度は、国土地理院1/25,000地形図より、孔口の緯度・経度を1秒単位まで求め記入する。

国土基本図、その他の大縮尺地形図等があればそれをもとに1/10秒単位まで記入する。

なお、1秒は1/25,000地形図上では約1mmの長さとなるが緯度によって異なるので地点ごとに求める。

(4) 孔口標高

孔口標高は測量結果にもとづきT.P.あるいは他の工事基準面(A.P., K.P., O.P. など)で1/100m(=1cm)単位まで記入する。この際、どの基準点を用いて測量したかを明示し、測量に用いた基準点の位置を平面図に記入しておく。

なお、近くに基準点がない場合は不動の仮基準点を設置し、そこを基準に表示する。

(5) ボーリング掘削方向および角度

斜めボーリングのときは、掘進の方向を真北より右回り360°方位法で、図4.4（第4章）の例のように示す。方向は孔口における掘進方向を記入する。なお、ボーリング作業中に孔曲り計測を行ったときは、その結果を原位置試験の欄に記入する。

斜めボーリングの角度は、鉛直線となす角度を、図4.5（第4章）の例のように記入する。

(6) 地盤勾配

地盤勾配は、下方ボーリングのみについて、孔口を中心に斜面上下方向各々5m程度の範囲の平均勾配を図3.1の例のように記入する。地盤勾配は、作業能率、孔曲がり等に影響するので、掘進の記録として残すものである。

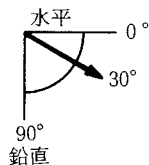


図3.1 地盤勾配30度の場合の表示例

(7) 使用機種

ボーリングに使用した①試錐機②原動機③ポンプのメーカー名、形式記号、能力等を記入する。

その一例を以下に示す。

(試錐機)

(ポンプ)

- ・ 鉋研OP-1 (150m)
- ・ 利根NP-200 (210ℓ/min)
- ・ 東邦D2-JS (200m)
- ・ 鉋研MG-15h (120ℓ/min)
- ・ 利根TDC-1 (160m)
- ・ 東邦BG-15B (200ℓ/min)

(原動機)

- ・ ヤンマーNS75 (7.5/2000ps/rpm)

(8) 担当技術者

ボーリング作業の①コア鑑定者②ボーリング責任者③野帳記入者名を明らかにしておく。野帳記入者名は、ボーリング責任者と同一のこともある。

3.2 一般事項の記入要領

ボーリング野帳は、毎日の作業状況を記録できるように作成してある。記載に当たっては作業開始から終了までとし、次の項目を記入する。

- ①年月日……………調査日。
- ②天候……………天気の状態（晴、小雨、くもり、くもり一時雨、雪など）。
- ③作業時間……………作業開始時間および作業終了時間。
- ④作業人数……………ボーリング作業に従事した人数。
- ⑤設計深度(m)……………当初計画したボーリングの深さ。
- ⑥本日掘進長(m)……………今日一日分のボーリング掘進長。
- ⑦累計深度(m)……………今日までのボーリング累計深さ。
- ⑧一回当たりのコア長……………掘進当りに採取されたコア長。
- ⑨本日のコア長……………今日一日で採取されたコア長。
- ⑩累計のコア長……………今日までに採取された累計コア長。
- ⑪掘進状況……………掘進時間／掘進長、孔径(mm)／孔壁保護、コアチューブ／ビット、給圧(MPa)、回転数(rpm)、送水圧(MPa)、送水量(ℓ/min)、排水量(ℓ/min)、無水／清水／泥水等を記入。
- ⑫孔内水位……………作業前・後および必要に応じて測定(測

定時刻)した孔内水位。

⑬各種の孔内試験・検層・当日に実施した各種の孔内試験・検層の項目と測定深度、測定条件等を記事欄に記入しておく。

⑭その他……………ボーリング掘進作業の他にを行った作業、および特記事項があれば記事欄に記入しておく。

孔番については、発注者との打ち合わせに基づいて統一した番号で記入する。特に、発注者側の指示が無ければ、一連番号等によって系統的に、下記のように表示する。

[記入例] 1, 2, 3, …B-1, B-2, …

BR-1, BR-2…., BL-1, BL-2, …,

件名については、記入欄のスペースと毎日記入することから別件と混同しない程度であれば、略称で記入しても支障はない。

第4章 標尺と深度および掘削孔径と掘削方位

4.1 標尺と深度

(1) 標尺と標高基準

標尺は、孔口を起点に1 m毎に記入する。増掘についても孔口を起点とし、縮尺は1/100を原則とする。

深度基準点の孔口(深さ0 m)は、地盤高さに等しく、ボーリング作業中に変動のない点とし、かつ、最寄りの基準点から高低測量を行い、標高にて表示しておく。

代表的な特殊な基準面を表4.1に示す。

表4.1 特殊基準面

基準面の名称	利用している河川名等	東京湾平均海面との関係(m)	備考
A. P.	荒川、中川および支流川、多摩川	-1.1344	荒川島量水標の0位が基準
Y. P.	利根川および支流川、江戸川	-0.8402	江戸川口堀江量水標の0位が基準
O. P.	淀川および支流川、大阪港	-1.3000	昭和41年4月1日改訂
K. P.	北上川	-0.8475	
S. P.	鳴瀬川	-0.0873	塩釜港と同じ
A. P.	吉野川	-0.8333	荒川のA. P.とは別
O. P.	雄物川	±0	淀川のO. P.とは別
M. S. L.	木曽川	±0	
T. P.	高梁川	±0	東京湾平均海面のT. P.とは別

(2) 深度

ボーリング野帳には、岩種区分、色調等が変わる毎にその標高、深度を記録する。標高、深度は、孔口からの距離をもとに、標尺に従って記入する。

4.2 掘削孔径と掘削方位

(1) 掘削孔径とその深度

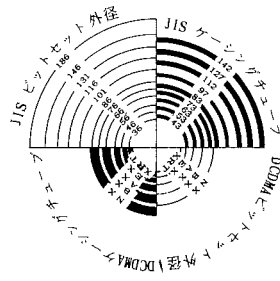
ボーリング野帳には、掘削孔径およびケーシング径とその使用区間長を記入する。

岩盤ボーリングでは、孔口付近を掘進する場合先端ビットにメタルクラウンを使用し、中～極硬岩を掘進する際にはダイヤモンドビットを使用するが多い。

したがって掘削孔径は、コアチューブ、あるいはケーシングチューブ先端ビットの外径によって決められる。

ケーシングチューブの場合は、図4.1に示すように、JIS規格で定められたミリサイズが43mmから142mmまでの9段階に区分されている。ダイヤモンドビットの場合は、同図に示すようにアメリカサイズ(DCDMA規格と呼ばれる)やコアパックあるいはワイヤーラインに使われるQシリーズ等があげられる。

なお、比較的良く使用されているダイヤモンドビットサイズを表4.2に示す



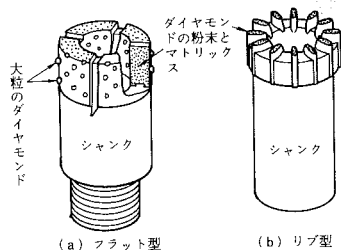


図4.3 ダイヤモンドビット（インプリグネイテッドタイプ）

(2) 掘削方位

斜めボーリングのときは、掘進の方向を真北より右回り360°方位法で、図4.4の例のように示す。方向は孔口における掘進方向を記入する。なお、ボーリング作業中に孔曲がり計測を行ったときは、その結果を原位置試験の欄に記入する。

斜めボーリングの角度は、鉛直となす角度を、図4.5の例のように記入する。

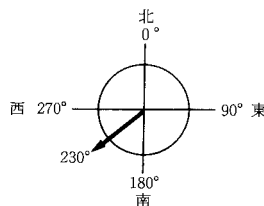
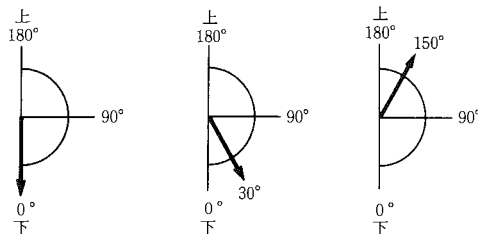


図4.4 ボーリングの方向の表示例



鉛直下方ボーリング 下方斜めボーリング 上方斜めボーリング

図4.5 ボーリングの角度の表示例

<参考文献>

- 1) 建設大臣官房技術調査室監修：ボーリング柱状図作成要領（案）解説書，日本建設情報総合センター，1986. 11.
- 2) 日本測量協会編：測量実務ハンドブック（改訂第5版），1981. 7.
- 3) 全国地質調査業協会連合会編：新版ボーリングポケットブック，オーム社，1993. 10.
- 4) 全国地質調査業協会連合会編：ボーリング野帳記入マニュアル（土質編），1998. 8.

第5章 使用機材と掘進状況

5.1 使用機材

岩盤ボーリングの調査深度と最終掘削孔径（コア径）及び想定地質により，調査に最適な掘削工法と機材を選定し準備する。使用機材は掘削機材だけでなく，事故回復器具も現場には常備しておく必要がある。

選定に当たっては，表5.1機材選定検討手順を参考にする。

表5.1 機材選定検討手順

機 材	項 目	基 準	計算方法・記事	注意事項
ボーリング機械	巻上能力	W×3以上	W×3以下の時は，動滑車使用にてダブルワイヤ以上とすること。 W: ロット総質量(kg)	ホルダー台，フック，スイベル類はこれに準じる。
	油圧能力	W×2以上	安全に調査を進める上でブルバック能力を2倍以上に選定する。	
	スピンドル内径	ロット径以上	地上部にスピンドル通過の小口径ロット使用も可能	掘進は可能－掘進能率低下
同上原動機	馬 力	W×St×1.5	$F(PS) = \frac{W \times St \times 1.5}{4500}$ St: 最低巻上速度(m/min)	エンジンには更に2割り増し
ポンプ	送水量	掘屑上昇速度25～40cm/s	$(7 \sim 15 \text{ 断面積}) \times (25 \sim 40) \text{ (cm/s)}$	最大掘削径について検討
	送水圧(常用)	ロット内部抵抗×3(清水)	泥水は5深度分のロット内壁抵抗+カップリング抵抗	最大深度にて検討
	耐 圧	常用P×2.5以上	P: 水柱(m)	ホース・バルブ類の耐圧もこれに準じる。

機材	項目	基準	計算方法・記事	注意事項
同上原動機	馬 力	常用 P×V×2以上	$F = \frac{P \times V \times 2}{4500}$ V: 水量 (L/min)	エンジンは更に2割り増し
やぐら	耐 荷 重	W×4以上	やぐら設計荷重による。経験的耐荷重でも良い	最大ロット重量にての耐荷重
ロ ッ ド	ロット外径	岩盤常用 D/2以上	口元表層と短区間の掘削には基準は除外	深掘にはロット耐荷重も検討
コアパーレル	コ ア 径	JIS規格とDCDMA規格ワイヤーライン規格	岩石試験などの供試体に提供される。コア径が大きいほどコア観察に適し，採取率も向上する。	コア径と掘削径は正比例
	採取率	ダブルチューブコアパーレル以上のもの使用	トリプルまたは破砕帯用ダブルチューブコアパーレルの使用検討	ワイヤーラインコアパーレルにもトリプルタイプがある
	掘削深度	実掘削能率とコア最終時間	深度が増しコア採取時間が多くなると，ワイヤーライン工法が有利である。	掘削費と掘削時間を比較検討し工法を決定
ケーシング	ビットサイズ	JIS規格 DCDMA規格	使用するビットとそれに対応するケーシング計画を事前に立てる。	
ビット	ノンコア	未固結層(対象外地層)	トリコンビットまたはクロスビットにて着岩まで全断面掘削	掘削後ケーシング挿入しコアリング掘削に移行
	コアリング	安定岩盤	岩質によりメタルクラウンビットまたはダイヤモンドビットを選択する。	極硬岩の掘削にはインブリグネテッドビットが適する
		硬質の岩盤破砕帯	破砕帯によりビット損傷が著しい場合インブリグネテッドビット使用	ビット使用計画を立てる。リセット・購入など

機材	項目	基準	計算方法・記事	注意事項
事故回復具	落下ロッド・ケーシングサイズの採掘	ロッド・ケーシングサイズによる。	インサイドタップ・アウトサイドタップ	現場常備
	ロッド抑留	ロッド引張強度による	孔内状況によりロッド抑留が生じ油圧及び巻上げで管動しない場合、ジャッキアップを実施する。ビットが孔底より上部にある場合、モンベットによる打下げを実施する。	ロッドバンド・油圧ジャッキ・モンゲンを使用。循環可能な場合、オイルスポンジは効果がある。

5.2 掘進状況

掘進作業中に特に注意すべき事項は、調査精度の向上と掘進能率の向上である。

調査精度の向上には、コア採取率の向上、掘削記録の充実、決められた測定項目に即した掘削方法の採用などが必要である。

また、掘進能率の向上には実掘進速度を増加させることで、地層に適したビット使用、掘進条件の変更、使用機材の改善などを実施する。そのほか、付帯作業と手待ち時間の減少、孔内事故と機械故障及び人身事故を防止し順調な掘進作業が行えるように努める。

掘進中は掘進状況の変化について十分留意し、大きな状況変化には迅速に必要な処置を行なわなければならない。掘進状況の変化は、地質状況の変化と孔内状況変化の複合で、次のような現象を示す。

- 1) 掘進速度の変化
- 2) 回転トルクの変化(回転ショックの発生)
- 3) 送水圧力の変化
- 4) 排水量の変化

5) スライム量、サイズ、形状の変化

掘進状況変化を表5.2に示す。

表5.2 掘進状況変化表

分類	細目	タルビット				ダイヤモンドビット			
		速度	トルク	ショック	送水圧	速度	トルク	ショック	送水圧
		低増低増低増低増	低増低増低増低増	低増低増低増低増	低増低増低増低増	低増低増低増低増	低増低増低増低増	低増低増低増低増	低増低増低増低増
岩質の変化	極硬質化	●		○	●	▲	▲	▲	
	硬質化	●		○	○	▲		▲	
	軟質化		●	○	○	▲	×	○	○
	粘土化	○	×	○		●	○	○	●
同一岩質において岩盤状況の変化	亀裂の増加		○	△	●		●	▲	▲
	コゲ詰まりを伴う亀裂の増加	○		▲	●		●	○	×
	コゲ詰まり	◎	×	●	●		◎	●	●
	亀裂の減少	△		△	○		●	△	●
孔内状況の変化	刃先の摩耗	●	●		△		●	○	
	崩壊・押出し	△		●	△	△		●	△
逸泥					●				●
	ロッド切断	◎	●	●	×	○	◎	●	●

(注)◎：極めて大きい変化(掘進速度0、またはそれに近い)

- ：明瞭な現象、または主な現象
- ：やや不明瞭な現象、または一般的現象
- ▲：不明瞭な現象、または時に起きる現象
- △：時々起こる現象
- ×

孔内状況の悪化によりトルクの増加や送水圧力の増加及び逸水などの現象が起これば、直ちにビットを孔底から引き上げ、トルクと送水圧を減少させ再び掘進を行うか、各種の保孔対策を実施し孔内事故の防止に努める。

孔内状況の悪化の原因としては

- 1) スライムの孔内残留：孔底及び崩壊によるポケット部へのスライムの残留

- 2) 崩壊の発生：地層の吸水膨潤による崩壊発生
- 3) 逸水の発生：逸水による循環水中のスライムの沈殿
- 4) 泥水の悪化：泥水不良による泥壁の肥厚で孔径が縮小
- 5) 押出しの発生：土圧による地層の膨張による押出しで孔径が縮小

などが考えられるが、このうち泥水の悪化に起因する事故が多く泥水管理には十分注意すべきである。

<参考文献>

- 1) 全国地質調査業協会連合会編，新版ボーリングポケットブック，オーム社，1993.10

第6章 孔壁（保孔）と地下水状況

6.1 孔壁状況

掘進作業中の孔壁の状況を事前に予想しておくため，採取コアの性状を観察しておく。観察の要点は安定した地層か崩壊性の地層か，または膨潤性の地層であるかを把握することである。泥岩・頁岩の中には採取直後のコア状態は，棒状のしっかりしたコアであるが，吸水膨潤して崩壊し易いものがあり注意を要する。そのような地層が出現した場合は，泥水に脱水量減少剤や孔壁強化保護剤の添加を行ない，孔壁の悪化する前に掘削を終了することが望ましい。

孔壁の状況は，日々の作業開始時と終了時のビット揚降時の揚げ荷重と下げ荷重に注意することにより，異常箇所的位置を野帳に記録し状況を把握しておく。異常箇所は孔壁の吸水膨潤による孔径縮小や崩壊による孔の拡大及び埋没を示している。

6.2 地下水状況

地盤調査においては，地層の構成とともに地下水位は最も基本的かつ重要な地盤情報である。地下水位を見誤ると地層状況を正しく把握していても，設計に支障をきたすことがあり，十分に留意する必要がある。

6.2.1 孔内水位の観測方法と注意点

(1) 観測方法

孔内水位の記入にあたり同時にその測定時間とケーシングの挿入状況を記載する。

水位を確認した後は，毎日の作業終了時に孔内を水で満

たしておき、翌日の作業開始時に孔内水位を測定する。水位の測定には、図6.1に示すような電極を孔内に降下させ、水面に接触した時に電氣的に指示が得られたり、ブザーが鳴る水位計が市販されている。水位計の替わりに、電気回路導通試験器（テスター）と水位電極を使用して水位を測定することも多い。

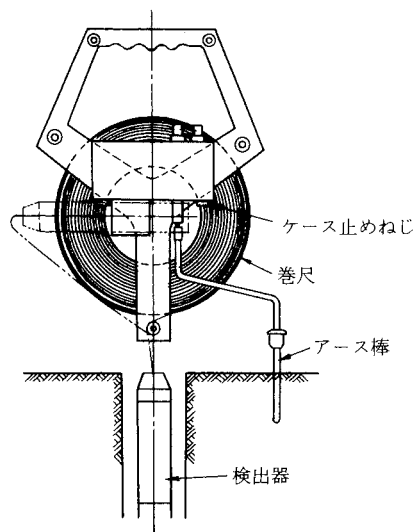


図6.1 水位測定器の一例

(2) 注意点

孔内水位は貴重な情報源であるが、その測定値はボーリング孔壁の状態、帯水層の分布及び地下水の性状などの影響を大きく受けるので、次のことを認識して原地盤の地下

水の実態を把握するように努めることが大切である。

- 1) ボーリング孔は、孔壁保護のために掘削中は泥水循環をしたり、ケーシング挿入が行われたり、時にはセメンチングなども行われる。そのため、帯水層からの孔内流入が遮断されるのでケーシング挿入状況、セメンチング区間、泥水の使用など測定条件を詳細に記載する。
- 2) 1本のボーリング孔で複数の帯水層に遭遇することがある。複数の帯水層が同じ静水圧で分布するとは限らないので、孔内水位は毎日測定する。
- 3) 透水性の低い地層では、孔内水が自然状態に落ち着くまで時間を要するので、最終の水位の測定は孔内洗浄作業終了後に十分な時間を経て実施する。
- 4) 泥水掘削を実施した場合、清水洗浄または薬品洗浄を十分に行い、真の孔内水位を把握するように努める。

6.2.2 地下水の賦存状況

地下水の賦存状況から間隙水と裂か水に、性状から不圧地下水または自由地下水と被圧地下水とに分けられる。不圧の間隙水は本水と宙水とに分けられる。不圧水はしばしば浅層地下水と呼ばれ、被圧地下水は深層地下水と呼ばれることが多い。

不圧・被圧と浅層・深層とは相互に対応関係はなく、浅・深も何mと言う定義はなく、慣用語として使用している。

礫・砂や粘土はマトリックスの間に間隙空間を含むので多孔質媒体または多孔体と呼ばれる。この間隙を満たす水が間隙水である。また固結した岩石に見られる節理などの隙間や割れ目を満たす水は割れ目水または裂か水である。

溶岩トンネルや石灰岩の洞穴中を流れる水は、洞穴水と呼ばれる。洞穴水は地下川を形成することもある。また、砂岩層のように粒子間に空隙が多く透水性を有する地層に賦存する水を層状水ともよぶ。

<参考文献>

- 1) 全国地質調査業連合会編：ボーリング野帳記入マニュアル（土質編），第4章 孔内水位，P20～23，1996. 11

第7章 現場での観察事項

7.1 観察者の役割と基本的姿勢

岩盤ボーリング調査を行った場合に得られる情報としては、①掘削地点あるいはその周辺の地形や地質などに関するもの、②掘進中にフォアマンが把握するもの、および③採取したコアから判断できるものに大きく分けられる。①は最終的には地質技術者（コア鑑定者）によりまとめられるであろうが、フォアマンも調査を実施する上で予備知識として知っておくに超したことはない。②は特にフォアマンのみが知り得る情報である。③は最終的には地質技術者の判断や整理によってまとめられる。ただしフォアマンが日報を作成したり、日々の掘進状況を地質技術者に連絡する場合などには、岩石や岩盤に関する基礎的な知識を備えた上で、その情報をできるだけ正確かつ判りやすく伝えなければならない。

このようにフォアマンは調査時の第一観察者としても位置づけられる。とりわけ掘進中に得た次のような情報について記述することが重要であるが、詳細については第2，5，6章を参照されたい。

- ・掘進中に使用ビットや機械感覚から判ったこと（硬さの変化，亀裂頻度など）
- ・掘進作業中に起こったこと（コア詰まり，空洞，逸水，孔壁崩壊など）
- ・コアを採取した瞬間の状況（色調，コアパックによる採取状況，マトリックスの流出など）
- ・採取率が低い場合の岩盤状況の推定

また岩石コアを鑑定して柱状図を作成するのは、一般に

地質技術者の守備範囲であり、詳しくは第9章で解説される。しかしフォアマンも岩盤調査に携わる者である以上は、基本的な岩盤の観方や、岩石名は判らずともどのようにその特徴を把握し伝えたら良いかを知っておく必要がある。

そこで本章では特にフォアマンの立場に立って、ボーリング情報を理解する上で知っておきたい周辺の地形や地質状況の見方、岩石コアの観方、および知り得た情報の整理の仕方ならびに一次情報の地質技術者への伝え方について述べる。

7.2 ボーリング地点周辺の状況を見る

本節はボーリング地点周辺の地形および地質的位置づけを把握しようというものである。これは日報や柱状図を作成する上で、大局的な間違いを起こさないためにも重要である。地形は地質の構成や構造が地表に表れたものと捉えることができ、また植生や湧水なども地質の影響を受けていることが多い。

周辺の状況を見る際の主な着目点を以下に示す。

(1) 地形

①ボーリング地点の地形(谷、尾根、斜面のうちのいずれに位置するか)

②谷や斜面の傾斜はどの程度か

(2) 地質

③ボーリング地点の地質(露岩しているか、表土で覆われているか)

④露岩している場合には、その岩種と風化度

⑤表土で覆われた斜面地の場合には、転石が分布するか

⑥転石の大きさや種類および数

(3) 周辺の状況

⑦谷であれば流水があるか

⑧崩壊地形ではないか(ボーリング地点付近のみ植生が無いとかあるいは異なる、樹木の根曲がりが見られる、斜面地なのにジメジメしているなど)

一般に岩盤の風化層は尾根部で厚く、谷部では薄く分布する傾向がある。また崖錐性堆積物は斜面～谷にかけて分布するが、その厚さは斜面傾斜によっておのずと変わり、斜面～谷の地形変換線付近で厚くなる傾向がある。逆に言うと、急傾斜地で軟質な地層が厚く分布する場合には、斜面崩壊の危険性があり要注意ということになる。

ところでボーリングコアから着岩深度を決めることは意外と難しい場合がある。実際に崖錐性堆積物の移動距離がわからぬために、元の風化岩盤と見分けがつきにくい場合もあろうし、大きな岩盤すべりやクリープを生じているために、見かけはしっかりした様相であるが実際には移動岩塊であったりするためである。一般にはコアが後述する岩石の特徴を保持しているか、それとも岩片の集合体でありその間隙に砂や粘土などの堆積物を伴っているかにより区別する。しかし上記のように判定がつきにくい場合には、①～⑧に示したような地形や地質および周辺の状況に関する観察事項も念頭において、判断しなければならない。

7.3 岩石を上手に観る

岩盤は火成岩、堆積岩、変成岩に大きく分類されるが、それらがどのように詳細に分類されるかは第9章で示される。では、そもそも火成岩、堆積岩、変成岩をどのように

見分けたら良いのであろうか。あるいは必ずしも岩石名が判らなくとも、その情報をどのように伝えるべきであろうか。本節ではフォアマンが地質技術者(コア鑑定者)に対して、如何に岩盤の状況を伝えるべきかについて言及する。

7.3.1 プロらしいコアの観方

岩石を鑑定するには、経験的には露頭観察の方がやさしい。それは岩石自身の持っている構成鉱物の形態や粒径および組織などの特徴を反映して自然にできた破断面を観察することにより、鉱物や組織の鑑定を行いやすいからである。岩石サンプルを観る場合にも、できるだけ大きな塊で観察する方が判りやすい。よく現場から小さな岩片を持ち帰って「この石は何ですか」と尋ねられるが、もっと大きなサンプルを持ってきてくれたら判りやすいのと思うものである。

これに対してコアは地中から強制的に切り取って採取するものなので、地表部で見られる自然の産状とは異なる質感を与え、見慣れないと意外と判りにくいものである。岩石コアを観察する場合には、必ず表面の汚れを拭き取り水で濡らせて観る必要がある。また汚れではなく表面が酸化により変色している場合には、コアを割ってその割れ口を観察する必要がある。この際、後述するようにおもむろにルーペを取り出して観たりすると、なかなか本格的に鑑定できそうに見える。もちろん実際に小さな鉱物の形や並び方などを観察できるので、試してみてもらいたい。

さて岩盤の分類はいろいろあろうが、本節の最初に述べた基本的な分類はその成因に基づくものである。岩盤(岩石)の見かけはこの成因に基づく要因の他に、形成された以

降に受けた風化や地質構造運動といった要因により、様々に異なる。つまり“できかた”とその後の“経過および履歴”の双方の影響を受けて複雑な見かけを有するようになる。特に風化や変質が進むと、その部分だけ観察してもさっぱり判らない場合も多い。したがって岩石を観るには、まずできるだけ新鮮な状態のコアを観察するのが基本となる。岩石をある程度判別し、その特徴を理解することにより、それが風化した場合にどのような様相を呈するのかおよその察しがつくものである。ボーリングコアでは一般に浅部から深部に向かって強風化→弱風化→未風化と変化する。浅部から順番に柱状図を作ろうとして岩石判定に悩む場合があるが、新鮮な深部の岩石から観察してその特徴を把握していくと、意外と風化の状態や着岩深度も判りやすいものである。

7.3.2 岩石を観る手がかり

肉眼観察における手がかりは、鉱物粒およびそれらの組み合わせでできる模様(組織)である。すなわち岩石はすべて鉱物の集合体であるが、それら構成鉱物が肉眼で見えるかどうか、見える場合のその形や大きさが一つの重要な着目点である。因みに岩石の色は風化や変質によって様々に変化するので、大まかな判定の際にはあまり当てにならないと考えた方がよい。

鉱物粒の分布状態(粒度分布)については、まず全体の粒度が一樣な等粒状と、不均質で大小の鉱物が混じっている状態の不等粒状に区分される。さらにそれら構成鉱物のサイズにより、粗粒、中粒、細粒に区分される。また一つ一つの粒の形にも着目してもらいたい。

次に観察すべき点は組織である。組織とは鉱物の集合状態や存在形態のことで、この場合にはルーペを用いて鉱物の形や並びかたを観察することが望ましい。

表7.1に岩石を大まかに分類する場合の目安を示す。本表だけでは必ずしも全容を把握できないので、以下に代表的な岩石を例にその特徴や観るべき点について述べる。

表7.1 岩石の大まかな分類の目安

着目点	状 態		
粒 度 粒 径 粒 形	等粒状～不等粒状 細～粗粒 自形～他形 鉱物に摩擦の跡は無い	粒度は様々 自形鉱物は無い 鉱物は摩擦している ただし角礫を含む 場合もある	鉱物に摩擦の跡は無い
組 織	片理や層理は無い	層理や葉理といった 堆積時の構造あり	一般に片理が発達し、 一定方向に割れやすい
その他	適当な方向から光を 当てると反射する	光を当てても反射しない 全般につきやが無い	適当な方向から光を 当てると反射する
岩石分類	火成岩	堆積岩	変成岩

(1) マグマが冷却して固まった岩石——火成岩

岩石が次のような特徴を有する場合、これは火成岩である可能性が高い。

- ①組織が均質で片理や層理などの縞模様が無い
- ②含まれている鉱物粒に摩擦の跡が無い
- ③岩石の断面に適当な方向から光を当てると、光が反射して光って見える

火成岩はマグマが冷却して固まった岩石である。火成岩が形成される様子を概念的に図7.1に示す。マグマが地下どのくらいの深さのところで冷却したのかによって、その冷却速度が異なる。すなわち地表に近いほど速く冷却し、

地下深部ほどゆっくりと冷却する。この冷却速度の違いによって岩石の特徴が異なるのである。その概念を図7.2に示す。マグマが冷却する過程ではいろいろな鉱物が晶出してくるが、これを結晶作用という。深部でゆっくり冷却する場合には、一つ一つの鉱物がゆっくりと成長できる。そのためにそれぞれが大きな鉱物粒となり、かつ全体が結晶の集まり(完晶質)となってそれらがかみ合わさった粒状組織が形成される。割ってみると、一般にざらざらした質感がある。また風化すると岩石表面があばた面になる。これを深成岩と呼び、もとのマグマの性質(化学組成)あるいは晶出過程に生じる結晶分化解作用と呼ばれる成分分離によって、酸性の花崗岩、中性の閃緑岩、塩基性のハンレイ岩に代表的に分類される。

結晶状態	結晶度合い	冷え方と速度	火山岩(急冷・粗粒ない)	半深成岩(大小の斑状ない)	深成岩(大小の斑状ない)
粗粒状	ほとんどガラス質	非常に早く冷えた	結晶とガラス質の塊状組織の中に数らばっている	全部結晶。かなり大きい自形の結晶が細かに結晶質の中に散らばっている	完晶質。全部が結晶でできている。ざらざらした質感がある。地形的に結晶の集まりになっている
細粒状	ほとんどガラス質	早く冷えた			
微晶状	ほとんどガラス質	早く冷えた			
ガラス質	ほとんどガラス質	非常に早く冷えた			

図7.2 主な鉱物の特徴

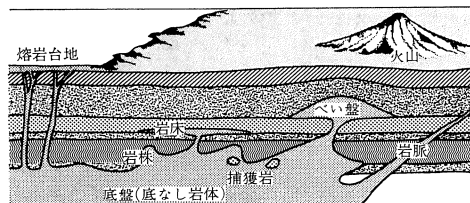


図7.1 岩石の大まかな分類の目安

一方火山噴火のようにマグマ(溶岩)が地表付近で急速に冷却する場合には、ほとんど結晶が成長できない。わずかに地下のマグマだまりで結晶したごく小さい結晶(斑晶)がほんの少しだけ存在し、そのまわりの基質(石基)は結晶質でなくガラス質となる。この特徴を有する岩石を火山岩と呼び、代表的なものとして、酸性の流紋岩、中性の安山岩、塩基性の玄武岩が挙げられる。このうち安山岩は日本で最も豊富に見られ、その溶岩流は粘性(粘り気)が高いという特徴を有する。そのため、もこもこと盛り上がった火山体(雲仙普賢岳や昭和新山など)を形成したり、しばしば大爆発を起こし急傾斜の山腹を有する円錐形の火山体(富士山や浅間山など)を形成する。雲仙普賢岳では盛り上がった溶岩ドームが崩れて火砕流となり大きな被害をもたらしたことは記憶に新しい。また流紋岩などでは流理構造と呼ばれる縞状の模様(マグマの流動跡)を呈することがあり、ガスの抜け穴が見られる溶岩もある。

深成岩と火山岩の中間的な産状を示すものとして半深成岩がある。これは一般に岩脈として産出し、ややゆっくりと冷却して形成されたものである。一般に石基中には、はっきりとした外形(自形)を示す形の良い結晶(斑晶)が見られる。この組織を斑状組織と呼ぶ。また肉眼では判りにくい、ルーペで観察すると石基もガラス質ではなく結晶質である。半深成岩の代表例として、ヒン岩、石英斑岩、花崗斑岩が挙げられる。

以上、火成岩の特徴や観るべき点を、その成因を説明しながら述べた。次に火成岩を構成する鉱物について触れておく。火成岩を構成する鉱物は多くあるが、主成分となるのは、石英、長石、雲母、角閃石、輝石、かんらん石であ

る。このうちはじめの2つを無色鉱物、後の4つを有色鉱物と呼ぶ。それぞれの特徴を表7.2及び図7.3に示す。火成岩ではこれらの鉱物の量比によって全体的な色調が決まる。すなわち有色鉱物が少なく全体に白っぽい岩石を酸性岩、有色鉱物が多く全体に黒っぽい岩石を塩基性岩、両者の中間的なものを中性岩と、それぞれ呼んでいる。酸性岩の代表例として、深成岩では花崗岩、火山岩では流紋岩を、中性岩の代表例として、深成岩では閃緑岩、火山岩では安山岩を、塩基性岩の代表例として、深成岩でははんれい岩、火山岩では玄武岩を、それぞれ挙げることができる。

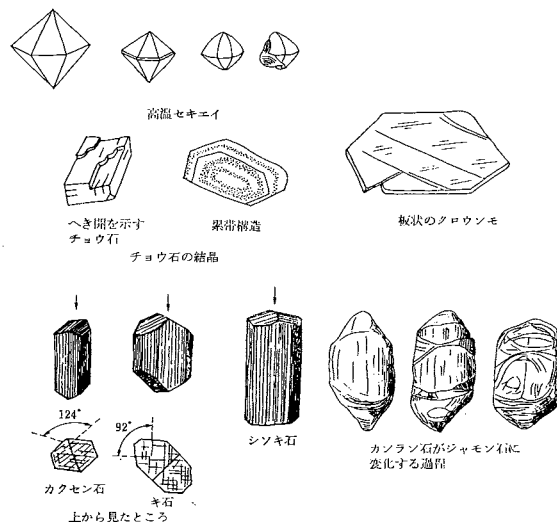


図7.3 火成岩に含まれる鉱物結晶の形²⁾

表7.2 主な鉱物の特徴

分類	鉱物	特徴
無色鉱物	石英	一般に無色透明。菱形(ソロバン玉形)、六角柱状形を示す。風化しにくいので他の鉱物より新鮮な感じがする。透明感があり、ガラス状光沢を示すことから、長石と容易に区別できる。割った面はぎざぎざのガラス様を呈する。
	長石	風化しやすく乳白色の濁った色になる。長柱状で、割った面は平らな面(壁開面)となり、鈍く光ることが多い。
有色鉱物	黒雲母	黒〜黒緑色をしているが、風化すると鉄分が溶出し、赤錆が付着する。セルロイドのような光沢があり、六角板状で鱗片状にべらべらと薄く剥がれやすい。
	角閃石	黒〜濃い緑色で黒雲母に似ているが、光沢が鋭く金属的に光る。細長い柱状形で壁開面が二面でき120度の角が形成される。
	輝石	赤褐色〜淡緑色を呈し、短柱状形で壁開面が二面でき90度の角が形成される。角閃石ほど柱面の発達が無く、従って風化しても透明度が良い。
	かんらん石	黄緑〜緑褐色(オリーブ色)でやや丸みを帯びている。輝石のように壁開が強くない。

また一般に塩基性の有色鉱物ほどその比重が大きいので、これらを多く含む岩石では密度が大きくなり重たく感じる。さらに風化の仕方にも違いがあり、石英は最も風化しにくいのでまわりが風化してもそれだけが硬い粒として残りやすい。有色鉱物が多いと、風化により全般に粘土っぽくなり易いのが特徴である。また岩脈では一般にまわりの岩石に比べて風化しにくい場合が多い。

(2) 様々な物質が溜まって固まった岩石——堆積岩

岩石が次のような特徴を有する場合、これは堆積岩である可能性が高い。

- ① 岩石表面につやが無い
- ② 構成粒子の表面が摩滅(角が丸い)していて光沢が無い
- ③ 岩石断面に光を当てても光を反射するものがほとんど無い
- ④ 岩石表面に自形鉱物が見られない(ただし凝灰岩を除く)

堆積岩は様々な物質が水中あるいは空気中で堆積して、長時間の間に続成作用と呼ばれる岩石化作用を受けたものである。したがって岩片や化石が含まれたり、層理を示したりし、続成作用が進んだものでは一定方向に割れるなどの異方性を示すものもある。

堆積岩はその堆積物質の違いにより4つに分類される。もっとも量的に多いのは風化浸食による岩石の破片粒子である碎屑物(粘土や砂および礫)を起源とするものであり、泥岩や砂岩および礫岩などである。頁岩や粘板岩という名称もあるが、これは続成作用の程度つまり固結度(換言すると生成時代)の違いによるものである。これら堆積岩の最大の特徴は、層理や葉理(ラミナ)と呼ばれる堆積時の構造が見られることであり、これらの構造が岩盤すべりなどの要因となることも多い。

次に日本では火山碎屑物によって形成された堆積岩も多い。すなわち火山活動によって噴出された火山灰や火山岩塊などを起源とする凝灰岩、凝灰角礫岩、火山角礫岩などである。これらの岩盤の中には固結度が低く風化あるいは劣化しやすいものがあるので、大規模崩壊や土石流などの被害を及ぼすことが多い。

次いで多いのは有機性堆積岩と呼ばれるものである。すなわち石灰藻や有孔虫あるいはサンゴなどの、 CaCO_3 を主体とする殻を有する生物遺骸が累積したり化学的に沈殿するもので、これが石灰岩である。石灰岩は一般に軟らかく、釘などの金属で容易に傷をつけることができ、風化すると赤みを帯びた粘土になる。石灰岩は水に溶けやすく、時に空洞を形成し地下水流路を形成する場合もある。

このほかに化学堆積岩がある。これは水に溶解していた珪酸や酸化カルシウムあるいは鉄などの物質が、水温やPHなどの変化あるいは水の蒸発などによって水底に沈殿し堆積してできる岩石で、チャートや岩塩などが該当する。

なお、チャートについては珪質な微生物の遺骸を起源とするものもあり、この場合には有機性堆積岩となる。

さて堆積岩では一般に、肉眼で鉱物を見分けられるものは非常に限られている。例えば砂岩中には石英や長石が含まれることが多いが、後者は風化により変質していることも多い。ただし凝灰岩中には石英や長石の他に、有色鉱物や火山ガラスが含まれ、自形をなすことも希ではない。

一般に新しい時代に形成された岩盤ほど固結度が低いという点で軟質である。地表では、同じ時代の岩盤であれば、一般に砂岩よりも泥岩の方が風化を受けやすく、差別的な風化浸食を受けた地形や露頭を示すことも多い。また地下から取り出したコアにおいては、特に新鮮部では岩石の硬さよりも亀裂の多少に違いがある。一般には泥岩の方が堆積時の構造(層理や葉理)が細かい間隔で分布するので、全体として亀裂が多く、たとえ岩片が硬くとも掘削が困難な場合も多い。

(3) 超高温あるいは超高压により生まれ変わった岩石——変成岩

最後に変成岩について述べる。これは火成岩や堆積岩がマグマ進入による超高温の熱あるいは地殻変動による超高压などの影響を受け、その鉱物成分が変化したものである。したがって元の岩石の性質および変成の主要因あるいはその程度によって、その様相は様々となる。変成岩には一般に次のような特徴がある。

- ①含まれている鉱物に摩滅の跡が無い。
- ②鉱物が一定の方向に配列(片理)しているものがある。
- ③ハンマーで叩くとある面に沿って割れやすい。
- ④岩石断面に適当な方向から光を当てると、反射して光って見えることがある。
- ⑤緑色やピンク色のきれいな再結晶鉱物が多く含まれるので、きらきらと輝きのある岩石が多い。

図7.4に變成過程の概念図を示す。頁岩や砂岩などの堆積岩にマグマが貫入してくると、マグマに接する部分では高温接触作用により“焼け締まる”。その結果、頁岩起源のものは全体に黒っぽくなり黒雲母により赤紫がかかった色調となる。砂岩起源のものでは、頁岩起源のものより淡色で白っぽくなる場合も多いが、同様に赤紫色を帯びる。そしてこれらの岩石では、層理は見えなくなり、硬質かつ緻密なホルンフェルスとなる。この場合を熱變成作用(接触變成作用)と呼ぶ。マグマから離れると段々とその影響が弱まる。また石灰岩が熱變成作用を受けたものが大理石である。

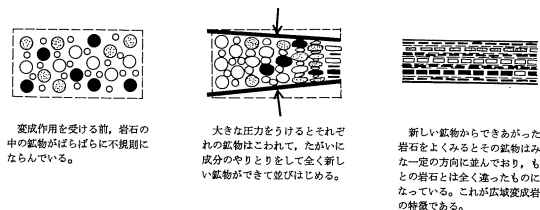
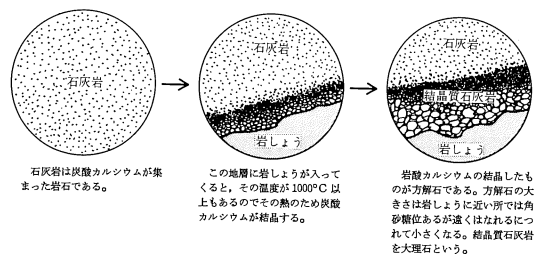


図7.4 変成岩の形成過程を示した概念図⁷⁾

一方超高压力の作用により変成する場合を動力変成作用(広域変成作用)と呼ぶ。この場合には岩石全体がある方向に薄く剥がれやすくなったり、様々な比較的鮮やかな色に変色したりする。この岩石は一般に結晶片岩と呼ばれ、源岩の種類によって泥質片岩、砂質片岩、緑色片岩などに分類される。例えば、泥岩の場合、先に述べたように、初期の段階では固結度が大きくなるとともに頁岩、粘板岩と変わる。さらに強い圧力が働く(動力変成作用)と構成物質の再結晶作用が始まり、外観が滑らかで絹のような輝きを示す細かい葉状構造の発達した千枚岩に変わる。さらに再結晶が進んだものが結晶片岩(泥質片岩)である。そしてさ

らに再結晶が進んだものを片麻岩と呼ぶが、これは原岩が火成岩であるとする見解もある。片麻岩は色調が花崗岩に良く似ており、縞状構造の有無で判定するが、初心者には判りにくい。

変成岩では鉱物が再結晶しているため、その構成鉱物の種類は多い。一般には細粒結晶の集合体であるが、中には大きく成長する鉱物もある。代表的な変成岩に多く見られる鉱物を表7.3及び図7.5に示す。

表7.3 代表的な変成岩に多く見られる鉱物

変成岩	鉱物	特徴
結晶片岩	黒雲母	表7.2 参照
	石英	
	長石	
	緑泥石	濃い緑青色の真珠光沢のある雲母状の鉱物
	緑れん石	黄緑色、不規則粒状
	黄鉄鉱	黒色正八面体
	磁鉄鉱	黒色正八面体
片麻岩	絹雲母	白色、樹皮光沢、葉片状
	紅柱石	淡紅色～紅褐色で柱状
	ざくろ石	赤褐色～黒色で正多面体
ホルンフェルス	謹青石	白色半透明～青紫色透明、はり光沢を示す
大理石	方解石	白～桃色で、つぶれた箱形を示す
	ベスブ石	茶褐色、樹脂状光沢、ソロバン形

第8章 コアの管理

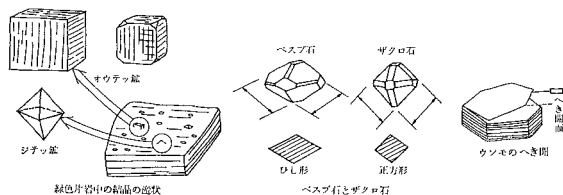


図7.5 変成岩に含まれる鉱物結晶の形と雲母の壁開²⁾

<参考文献>

- 1) 柴田秀賢・須藤俊男：原色鉱物岩石検索図鑑，北隆館，344pp，1964. 6
- 2) 菅野三郎・奥村清：地学の調べ方，コロナ社，pp18-46，1978. 10
- 3) 三木幸蔵：わかりやすい岩石と岩盤の知識，鹿島出版会，pp1-37，1978. 11
- 4) 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，255pp，1983. 5
- 5) 三木幸蔵：地盤地質学入門，鹿島出版会，pp45-83，1997. 4.
- 6) 鹿沼茂三郎他：地球の図鑑，小学館，1973
- 7) 須藤俊男他：岩石と鉱物の図鑑，小学館，1973

8.1 コア箱への収納と整理

8.1.1 コア箱への収納

採取したコアをコアチューブから丁寧に半丸形あるいは、直角形のコア取出箱に先端部(最下部のコアリフター部等)より取出す。

その後，表面を清水で洗浄し，コア末端部(上部)のスライム，落石物を取り除き，コア長を計りボーリング深度とコアの位置を間違えないようにして所定のコア箱に収納する。(図8.1)

コアチューブから取り出したときやコア箱に収納するときに人為的な割れ目を生じさせないように注意を払うことが重要であり，なるべくコアカッターを使用することが望ましい。万一誤って生じさせた人為的な割れ目は，明示し記載しておく。

コア箱は，一般的には一列1mの長さで5m分が一箱にはいるものであるが，採取したコア長が1m以上に伸長する場合は考えられる時は，1.03mの長さのコアが収納できるコア箱を使用することが望ましい。掘削対象の種別によっては掘削孔径が86mm以上になる大孔径の場合があり，その時は一箱に1列1mで2～3m分はいり，持ち運びできるように箱の両側に取手用の金具がついたコア箱を特注する。

コア箱の一列の巾は，掘削孔径から実際に採取されるコア径にあわせ，収納時のコアが移動しないようなものにする。

コア箱は観察時に全体を深度ごとに並べて観察する場合が多いので、箱蓋の取り外しができるのが便利である。またコア箱の各列には、10cmごとに深度がわかるようにマークをつけ、とくに50cmごとの位置には印の種類を変えたものを付けておく。

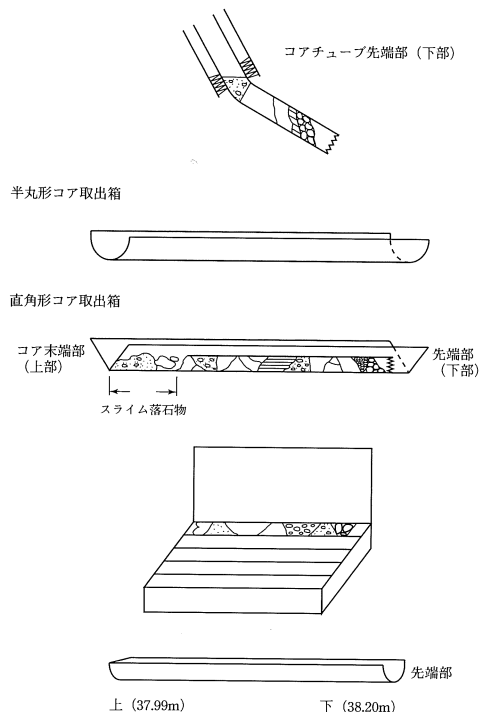


図8.1 コア箱への収納の留意点

コア箱へコアを収納したとき、コアを採取できなかった箇所や試験用にコアを取り出した部分には、両側のコアが移動ないように仕切り板で固定するか、中詰めを行い、空白部にマジック等で試料が欠如している理由を書いておく必要がある。

採取できなかった箇所とその区間のスライムが採取された時は、スライムをビニール袋に入れて、両側のコアに混入しないように区切った区間に挿入しておく。

掘削時には、コア採取ごとに仕切り板を入れ、その深度を板上に記入しておくことが重要である。

8.1.2 コア箱の整理

コア箱には、①調査件名、②調査地点名、③ボーリング番号、④採取深度、⑤調査機関、を表面に直接マジックペン等で記載するか、あるいは、整理するボーリング本数が多い時は、それらの文字を切り込み加工したブリキ板にスプレーを噴霧して記載することもある。

コア箱への記入は、表面だけでなく3方向の側面にも行うが、その場合は記入するスペースから判断して、調査件名、ボーリング番号、採取深度が側面からみて判定できればよい。

8.2 コア写真の撮影と注意点

コア写真の撮影で最も重要なのは

- i) 撮影時の光量を一定の条件で撮影する。
- ii) コア箱面とカメラレンズを正対峙させる（写真にしたときにコア箱のゆがみをなくす）。撮影時は一般的にコアの表面を湿らせることが多い。

上記の条件にあわせるためには次のようなことを考慮する。

①光量が一定な曇りの日（時）もしくは、日影での撮影を行い、直射日光を避ける。

②暗室に近い室内か夜間で光源を一定条件にする。そのため500W程度のカラー用デイルイト光源（天然光に近い光）を使用する。

岩盤ボーリング調査でも、ボーリング本数が少なく、工期が短い場合は、調査終了後に屋外でコア写真を撮影する場合が多く、①の条件で行う。

②の条件では、ダムサイトボーリングなどの比較的長期間、現場に滞在する場合で、現場事務所等に設営して行うときに用いる。

コア写真の実際の撮影時にはコア箱とカメラのレンズが、直交対峙するように工夫する必要がある。現場で簡易に実施する方法としては、図8.2（左）に示すように二つ折りできるような木枠にコア箱を立てかける方法である。この木枠は二つ折りできるので、角度を自在に変更できる。

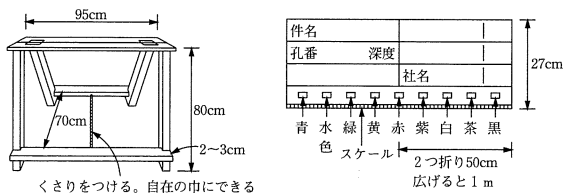


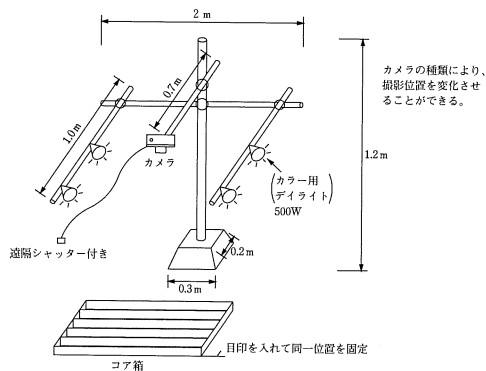
図8.2 コア写真用簡易木枠と写真用白板例

撮影時にはコア箱とカメラの位置を一定に保つためにこ

の木枠とカメラ（三脚付き）の間を固定する。経験的にはレンズは40mm〜50mm程度の焦点距離のレンズを用いるのがよい。

ダムサイト等のボーリング作業で、長期間に渡るような場合は、図8.3に示したような単管パイプを組み合わせた簡単な装置を用いて、コア写真を撮影する。カメラはレリーズを使用し、一度カメラとコア箱の位置を固定したら、ある程度連続撮影が可能である（ときどき位置関係を修正する必要がある）。設営場所はプレハブの現場事務所等を利用するか、単管で簡易的な骨組みをつくり、周辺をビニールシート等で保護した小屋を設営するとよい。

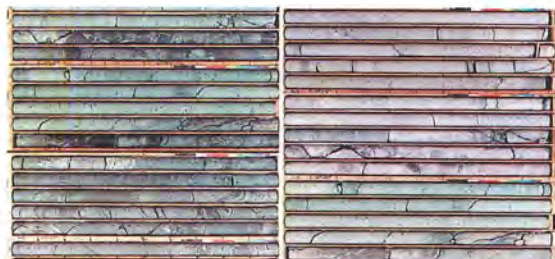
写真用の黒板や白板は、コア箱のふた等に収まるような長さのものを作成し、持ち運びできるように二つ折りが可能なものが便利である。件名等の文字は事前に固定して印刷しておく（図8.2参照）。



同一条件で撮影。室内を暗くするか、もしくは夜間。
（すべて単管パイプを用いて設営）

図8.3 固定式のコア写真撮影装置

コア写真撮影時にコア表面は、湿らせたほうがコアの状態が鮮明になる場合と、さほど変化ない場合がある。例えば粗粒な砂岩、礫岩や、色調が原色に近い場合は湿らせたほうが非常に鮮明になるが、細粒な堆積岩ではさほど変わらない（図8.4参照）。いずれにしても湿らせて撮影するほうが一般的である。



粗粒な岩相や色調が明瞭なものは、湿らせるとはっきりと識別できるようになる。

図8.4 コア写真の比較
(左：湿らせた場合 右：乾いた場合)

コア写真では、最近デジタルカメラを使用して現場でのリアルタイムの情報をやりとりする事例も多い。とくにボーリング地点と管理者が位置的に離れており、早急にコアの情報が必要な場合は有効である。デジタルカメラは高解像度を持つものも現れており、建設省では、工事用写真をデジタル写真形態で受け渡しする場合の標準仕様を定めた「デジタル写真管理情報基準（案）」を策定した。運用は平成11年8月26日からである。その中でとくに電子媒体についてはCD-ROM、MO(230Mb以下)を原則とし、提出時における

有効画素数を80万画素以上としている。また撮影機材は、有効画素数80万画素以上、プリンターはフルカラー300dpi以上、インク・用紙等は通常の使用条件のもとで3年間程度顕著な劣化が生じないものを規定している（詳しくは建設省本省のホームページ (<http://www.moc.go.jp/>) 参照)。



図8.5 デジタルカメラによる撮影事例

8.3 コアの保管

コアの保管は一般的にコア箱に収納して、収納棚にボーリング番号、深度ごとに整理する。また屋外に放置すると箱が腐るためプレハブ等の屋内に保管することが必要である。コア箱の側面にも三方向に件名等が記入されているため、どこからでもコア箱の識別がつく。

なんらかの理由で、コア採取日からコア観察日まで少し時間が空くときは、コアの乾燥を防ぐため、ビニールを敷くか、コアにぬれた布等をかぶせる。

コアの保管において硬質な岩石試料以外で取扱いが簡単

で、かつ変質しやすいものは、コアの半分をビニール袋等に入れて件名、深度、孔番等を記載してダンボール箱で保管することもある。

第9章 コアの鑑定

9.1 岩種区分

岩種区分は、表9.1を参考にできるだけ簡単に付ける。なお、土質状の風化物および堆積物については、その土質を、「ボーリング野帳記入マニュアル[土質編]第5章 土質名」に従って、記事の欄に記入するものとする。

岩石は、その成因により火成岩、堆積岩、変成岩に分けることができる。以下に各々の岩石の説明を記すが、岩石の命名にあたっては、発注者（特に土木技術者等）に理解してもらうことが大切であるので、岩石学的記載名より、ある程度ポピュラーな馴染みの多いフィールドネームを用いた方が適切な場合が多い。

(1) 火成岩

火成岩はマグマが冷却固結したものであり、造岩鉱物の種類と組織により表9.1(a)のように細分される。主要造岩鉱物の一覧表は表9.1(b)に示すとおりである。

火成岩の種類は冷却固結する場合のいろいろな条件によって決まる。すなわち、造岩鉱物の種類や含有割合によって岩質が変わることはもちろんであるが、冷却して固結するときの温度や圧力、冷却速度などによって、生成される造岩鉱物の組織が変化するので、この両要素の組合せに応じて、岩石の種類が決定される。

表9.1(a) 火成岩の分類

造岩鉱物の組合せ(%) など	25	石英		斜長石 (Caに富む)	かんらん石
	50	正長石		(Naに富む)	
	75	黒雲母		角閃石	
	100	その他			
		白っぽい ←		灰黄、褐、緑、青、紫	→ 黒っぽい
色調など		2.6 (軽い) ←		(比重)	→ (重い) 3.2
		多		66% (無色鉱物の量)	52% → 少ない
		酸		中性	塩基性
造岩鉱物の組織 斑状組織	火山岩	流紋岩 (石英粗面岩)		安山岩	玄武岩
	半深成岩	石英花崗岩		粗粒玄武岩	輝緑岩
	深成岩	花崗岩		せん緑岩	はんれい岩
等粒状組織					

法、構成物質、固結度などにより表9.1(c)のように細分される。

火山活動に伴って放出された破片噴出物(火山灰、火山礫、軽石など)、生物の遺骸(貝殻、さんご虫など)などが、その場所で堆積したり遠方に運ばれて堆積したものの堆積岩に含まれる。

これらの堆積物は、当初は軟らかいが順次上載せられる堆積物によって圧縮され、また熱や化学作用によって粒子間がいつそう固結されて、硬い堆積物(堆積岩)になる。

この層状に重なり合った構成粒子の配列を層理という。堆積岩は多くの場合このような層理を示したり、化石(過去の生物の遺体や遺跡)を含んだりする。

表9.1(c) 堆積岩の分類

		固結度の 高さ	固結していないもの		固結しているもの	固結度の 高いもの
			物質の 大きさ	固結して いないもの		
機械的堆積岩	水によって運搬堆積された岩石で、構成材料の粒子の大きさと固結度によって分類される。	細	粒	粘土、シルト	泥岩、シルト岩、頁岩	粘板岩
		中	粒	砂	砂岩、アルコーズ砂岩、硬砂岩	
		粗	粒	礫、角礫	礫岩、角礫岩	
	風によって運搬堆積された岩石で、ローム質のものと砂質のものがある。	細	粒	ローム		
		中	粒	砂質風成層		
	火山爆発の際に噴出した大小種々の岩片が堆積してできた岩石で、堆積岩と火成岩の中間的なものである。凝灰岩はその代表的岩石である。	凝結度		凝結していないもの	凝結しているもの	
火成岩	火成岩	組織		粒子小さく一様で均質(径4mm以下)細礫混じり斑点状	火山灰	凝灰岩、輝緑凝灰岩
		大礫、岩塊を含む(径32mm以上)		火山灰、火山礫、軽石	火山灰、火山礫、火山岩塊	凝灰角礫岩、火山角礫岩
		主成分		石灰質	石灰質	石灰質
		主成分		酸質	酸質	酸質
化学的・有機的堆積岩	化学的・有機的堆積岩	主成分		炭	炭	炭
		主成分		質(SiO ₂)	質(SiO ₂)	質(SiO ₂)
		主成分		石こう	石こう	石こう
		主成分		灰質	灰質	灰質

表9.1(b) 主要造岩鉱物

名称	化学組成	形状	産出の地	色	光沢	モース硬度	比重	その他
石英	SiO ₂	粒状	石英は地殻中に最も豊富に存在する鉱物である。	無色	ガラス様透明	7	2.65	ナイフで傷がつかない
正長石	KAlSi ₃ AlSi ₆ O ₁₀	柱状	正長石は地殻中に豊富に存在する鉱物である。	白	はかり光沢	6	2.6	ナイフで傷がつかない
斜長石	(Na, Ca)Al ₂ Si ₂ Al ₂ O ₈	板状	斜長石は地殻中に豊富に存在する鉱物である。	白	はかり光沢	6	2.6	ナイフで傷がつかない
黒雲母	K(Mg, Fe)Al ₂ (OH) ₂	六角形板状	黒雲母は地殻中に豊富に存在する鉱物である。	黒	はかり光沢	2.5	2.9-3.0	黒い色で、よく見ると黒い
角閃石	(Ca, Fe, Mg, Al ₂ Si ₂ Al ₂ O ₇)	六角形板状	角閃石は地殻中に豊富に存在する鉱物である。	黒	はかり光沢	5.5	3.0	黒い色で、よく見ると黒い
輝緑岩	CaSiO ₃ -MgSiO ₃ -FeSiO ₃ の固溶体	六角形板状	輝緑岩は地殻中に豊富に存在する鉱物である。	黒	はかり光沢	5.5	3.0	黒い色で、よく見ると黒い
かんらん石	(K, Na)AlSi ₃ AlSi ₆ O ₁₀	柱状	かんらん石は地殻中に豊富に存在する鉱物である。	白	はかり光沢	6.5-7	2.6-2.8	ナイフで傷がつかない

(注) * F. Mohs (1773-1838) 1. 石英、2. 石膏、3. 方解石、4. 螢石、5. 9人院石、6. 正長石、7. 石英、8. 黒雲母、9. 角閃石、10. 斜長石、11. ナイフ、12. ナイフ、13. ナイフ

(2) 堆積岩

堆積岩は既存の岩石が機械的、化学的に壊され、風や流水で運ばれて堆積し、岩石となったものであり、堆積の方

(3) 変成岩

岩石はいったん生成した後、著しい環境の変化にあうと、その新環境に適応するように岩石本来の性状を改変する。

例えば、既存の岩石がマグマに貫入されて熱せられたり、高圧を受けたり、また強大な動力作用を受けたり、種々の物質を含む溶液に接触したりすると、岩石の組成が変わり、あるいは構成物質の付加や交換が行われたりする。

このように既存の岩石が高圧、高熱などを受けて変質してできた岩石を変成岩という。変成岩は原岩の種類と変成作用の種類などにより表9.1(d)のように細分される。

表9.1(d) 変成岩の分類

岩石名		岩石の組織・構造	原岩	主な変成鉱物	
熱変成岩	泥質ホルンfels	ち密で硬く、斑点状に変成鉱物を含むものがある	泥岩	黒雲母 紅柱石 長石	白雲母 きん青石
	結晶質石灰岩	方解石がモザイク状に組み合わさっている	石灰岩	方解石	けい灰石
	珪質ホルンfels	石英がモザイク状に組み合わさっている	砂岩 チャート	石英	雲母
広域変成岩	千板岩	片状で、一方にはげやすい	泥岩	石墨	絹雲母
	結晶片岩	片状で、造岩鉱物の配列に方向性がある	火成岩 堆積岩	緑泥石 緑れん石 絹雲母 ざくろ石	らん晶石 らんせん石 十字石 ひすい
	片麻岩	しま状で、白黒の部分が並ぶがはげにくい 眼球状の模様をなすことがある		黒雲母 けい綠石 斜長石	白雲母 ざくろ石 正長石
その他	圧砕岩 (ミロナイト)	微細に破砕されているが再固結している	火成岩 堆積岩 変成岩		

9.2 色調

コアの色調は、岩石名の判定や風化、変質のあり方を識別するうえで重要な要素である。

色調は原則として明るい自然光の下で、湿潤状態で観察するものとする。一般に用いられている記載方法を整理して以下に記す。

(1) 基本色

表現に用いる色は「黒、褐、赤、橙、黄、緑、青、紫、灰、白」を基本色とする。

(2) 組み合わせ

基本色以外の色調は、基本色の組合せ（原則として2色）で表現する。基本色の組合せは主色の前に従色を冠する（例：青緑色…青—従色、緑—主色）。

(3) 形容詞

必要に応じて「濃」および「淡」の形容詞をつけるとともに、黒味を帯びる時は「暗」の形容詞を付ける。従色が特に微弱な時は「帯」の形容詞を付ける。

(4) その他

礫岩など雑多な色を呈する時は、何色と何色の「雑色」、色が入り混じっている時は何色と何色の「斑色」とする。

このほか、赤白色は桃色、褐色は茶色等の慣用的な表現を用いた方が適切などときには、それらを用いてもよいこととする。



褐 (29)



灰 褐 (30)



赤 褐 (38)



赤 灰 (568)



暗 褐 (21)



灰 褐 (37)



緑 褐 (544)



紫 灰 (34)



黒 褐 (22)



黄 褐 (3)



緑 灰 (32)



灰 (565)



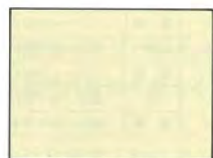
黒 (24)



黄 褐 (19)



青 灰 (23)



灰 白 (520)

図9.1 土質見本

注) 色の濃さに応じて“暗”“淡”等を付す。

色の番号 3～38 三菱鉛筆 No.880, 7500

520～568 “ UNI

9.3 硬軟

コアの硬軟は、ハンマーの打撃による音や割れ方、あるいは指圧による変形度合いなどにより岩片の硬軟を判定するものである。岩種により判定基準は多少異なるが、花崗岩の判定基準の一例を表9.2に示す。

コアの硬軟とボーリングビットおよび掘進速度との関係をみた花崗岩についての例として表9.3のようなものがある。

また、コアの硬軟と強度との関係については、表9.4のようなものがある。

表9.2 コア硬軟区分判定表

記号	硬軟区分
A	極硬、ハンマーで容易に割れない。
B	硬、ハンマーで金属音。
C	中硬、ハンマーで容易に割れる。
D	軟、ハンマーでボロボロに砕ける。
E	極軟、マサ状、粘土状。

表9.3 コア硬軟区分例（花崗岩）

A	極硬	ハンマーで叩くと金属音、DBで2cm/min以下
B	硬	ハンマーで軽い金属音、DBで2～4cm/min以下
C	中硬	ハンマーで叩くと濁音、容易に割れる。DBで3cm/min以上
D	軟	脆弱で指で割れ潰れる。MCで掘進可
E	極軟	粉体になりやすい。MCで無水掘可

DB：ダイヤモンドビット MC：メタルクラウン

表9.4 一軸圧縮強度による区分例

(a) Bieniawski (1974) による区分

表 現	一軸圧縮強度 (MPa)	点載荷強度 (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

(b) I. A. E. G. による区分

弱い (weak)	1.5～15MPa	NB 1
中程度 (moderately strong)	15 ～ 50	NB 2
強い (strong)	50 ～ 120	
非常に強い (very strong)	120 ～ 230	
特に強い (extremely strong)	230 以上	

NB 1：1.5MPa以下のものは硬質土として扱う。

NB 2：50MPa以下を軟岩、以上を硬岩とする。

1MPa≒10kgf/cm²

9.4 コアの形状

コア形状は、地質状況を知るための手がかりとして重要なものであり、通常は表9.5の判定表によって区分し、記号で記入する。

コア形状の判定は、掘削やコア整理で生じた割れ目は考慮しない。また、岩種により判定基準の長さを変える場合も多い。

コアの長さや形状は、岩盤の割れ目頻度・割れ目の状態を表すものであり、花崗岩の判定基準としては表9.6のような例がある。

表9.5 コア形状区分判定表

記号	模式図	コ ア 形 状
I		長さ50 cm以上の棒状コア。
II		長さが50～15 cmの棒状コア。
III		長さが15～5 cmの棒状～片状コア。
IV		長さが5 cm以下の棒状～片状コアでかつコアの外周の一部が認められるもの。
V		主として角礫状のもの。
VI		主として砂状のもの。
VII		主として粘土状のもの。
VIII		コアの採取ができないもの。スライムも含む。(記事欄に理由を書く)

表9.6 コアの形状区分の例（花崗岩）

区 分	コア形状	コア長 (cm)	摘 要
I	棒 状	50 cm以上	
II	長 柱 状	15～50	
III	短 柱 状	5～15	ほとんどが円形のコア
IV	岩 片 状	5 cm以下	不円形コアが多い
V	れ き 状		コア形を残す
VI	砂 状		岩形, コア形なし

表9.5のVIIの主として粘土状のものは、花崗岩では通常みられない。

9.5 割れ目の状態

割れ目の状態は、主に割れ目の密着・開口・変色状況に着目し、通常は表9.7の判定表を用いて区分し、記号で記入する。

表9.7 コア割れ目状態判定表

記号	割れ目状態区分
a	密着している、あるいは分離しているが割れ目沿いの風化・変質は認められない。
b	割れ目沿いの風化・変質は認められるが、岩片はほとんど風化・変質していない。
c	割れ目沿いの岩片に風化・変質が認められ軟質となっている。
d	割れ目として認識できない角礫状、砂状、粘土状コア。

(1) 割れ目の開口幅について

割れ目が開口している場合は、その開口幅（間隙幅）を表9.8のような用語を用いて記載するが、一般的にボーリングコアの場合は開口幅が計れないことが多いので、コア箱に収納した状態で、密着あるいは緩い状態かを判断する。特に、緩い場合でオープンクラックが考えられる場合には、その旨を記事欄に記入する。

表9.8 割れ目の間隔幅の表示法の例

間 隙	表 示
<0.1mm	非常にしっかりと
0.1～0.25mm	しっかりとした
0.25～0.5mm	一部開いた
0.5～2.5mm	開いた
2.5～10mm	やや広く開いた
>10mm	広く開いた
1～10cm	非常に広い
10～100cm	極端に広い
>1m	洞穴状の

(2) 割れ目の充填物について

割れ目の充填物は、その粒子の大きさ、鉱物学的特性等を観察する。

割れ目の充填物として赤褐色の粘土が介在する場合は、地表付近からの流入粘土である可能性が高く、青～白色のフィルムが見られる場合は、熱水変質の影響が考えられる。また、条痕と青～緑色のフィルムを伴う場合は、岩盤が地質時代に変動を被り、割れ目沿いに滑動し、変位した跡と推定される。

(3) 割れ目の粗さについて

割れ目の粗さについては、表9.9、図9.2を参考に判断する。

表9.9 不連続面の粗さ

	カテゴリー
粗い (又は不規則), 階段状	I
平滑, "	II
鏡肌, "	III
粗い (又は不規則), 波状	IV
平滑, "	V
鏡肌, "	VI
粗い (又は不規則), 平坦	VII
平滑, "	VIII
鏡肌, "	IX

(4) 割れ目沿いの風化状態について

割れ目沿いの風化状態については、その風化程度を「9.6 章 風化の程度」を参考として判定するものとする。

特に割れ目に沿って茶褐色～赤褐色を呈する場合は、地下水の経路となった跡であると推定される。

9.6 風化の程度

岩石の風化とは、新鮮な岩石が自然の営力のもとで土壌になるまでの過程をいう。風化作用には、物理的風化作用、化学的風化作用および生物的風化作用とがあるが、一般的には前二者が相乗的に働くことが多い。

風化については、対象となる岩種や環境条件等によってその風化状況が異なるため、一律に区分することができないので、現場状況に応じて表9.10の例のような区分表を作成して、区分記号を柱状図に記入する。区分基準に用いた区分表は、柱状図の末尾に付けておく。

表9.10に示した花崗岩以外の岩石も、このように岩石の組織の分解度と化学的風化による変色が目安となる。火山岩の風化の区分としては、表9.11が目安となる。

泥岩、頁岩、粘板岩、黒色片岩では表9.12のようなものが参考になるだろう。

表9.10～9.12における新鮮～強風化に対応する造岩鉱物の風化による変質の割合としては、表9.13が目安となる。

また、I. A. E. G. (国際地質工学会) では、表9.14のように岩盤の風化の区分は変色も記すことによって表現するようにしているので、現場の地質・風化状況に応じた風化区分基準の作成に当たって参考にするといよい。

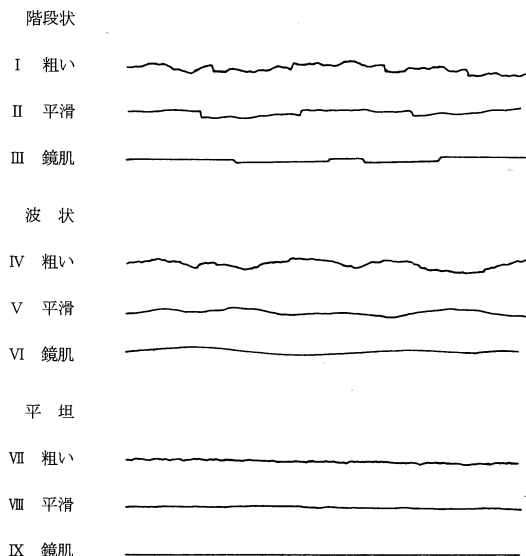


図9.2 不連続面の粗さのカテゴリーの代表的断面

表9.10 コア風化区分表（花崗岩の例）

記 号	風 化 の 程 度
α	非常に新鮮である。造岩鉱物の変質はまったくない。
β	新鮮である。有色鉱物の周辺に赤褐色化がある。長石の変質はない。
γ	弱風化している。有色鉱物の酸化汚染がある。長石の部分的な変質（白色化）がある。
δ	風化している。有色鉱物が黄金色あるいは周辺が褐色粘土化している。長尺の大部分が変質している。
ϵ	強風化している。石英および一部の長石を除きほとんど変質し原岩組織は失われている。

表9.11 火山岩の風化区分

α	非常に新鮮である。造岩鉱物の変質は全くない。
β	新鮮である。長石の変質はないが、有色鉱物の周辺に赤褐色化がある。
γ	弱風化している。有色鉱物の周辺が濁っており、やや黄色を帯びている。長石は一部白濁している。鉱物の一部が脱落している。
δ	風化している。長石は変質し白色となっている。有色鉱物が褐色粘土化している。黄褐色化が著しい。
ϵ	強風化している。原岩組織が失われている。

表9.12 泥質岩の風化区分

α	非常に新鮮である。
β	新鮮である。層理面、片理面にそって僅かに変色があり割れやすい。
γ	弱風化している。層理面、片理面にそって風化している。
δ	風化している。岩芯まで風化している。ハンマーで簡単に崩せる。
ϵ	強風化している。黄褐色化し、指先で簡単に壊すことができる。

表9.13 風化による鉱物の変質の割合の目安

	変質の程度 (%)
新 鮮	0
わずかに	0 ～ 10
中 程 度 に	10 ～ 35
非 常 に	35 ～ 75
著 し く	75 以上

表9.14 I. A. E. Gにおける風化区分基準

	内 容	程 度	参 考*
新 鮮 な	岩石の風化は見られない。主な不連続面が僅かに変色していることがある。	I	α
やや風化した	岩石と不連続面に風化を示す変色がある。	II	γ
中程度に風化した	岩石の35%以下が分解し、及び（あるいは）土になっている。新鮮あるいは変色した岩石は連続した骨格あるいは芯として存在する。	III	δ
非常に風化した	岩石の35%以上が分解し、及び（あるいは）土になっている。新鮮あるいは変色した岩石は連続した骨格あるいは芯として存在する。	IV	ϵ
極めて風化した	すべての岩石が分解し、及び（あるいは）土になっている。もとの岩盤の構造はほとんど損なわれている。	V	
残 留 土	すべての岩石は土に変化している。岩盤の構造と岩石の組織は破壊されている。大きな体積変化が起きているが、土ははっきりと移動しているわけではない。	VI	—

* 表9.10～9.12のおおよその対応を示す。

9.7 変質

岩石の変質とは、地表からの外的営力の及ばない深所で、温度や圧力または化学的な変化で岩石を構成する鉱物そのものが変化することをいう。

変質には、大きく分けて続成変質（広域変質）および熱水変質とがある。変質作用を受けた岩石には粘土鉱物や緑泥石、黄鉄鉱などが生ずることが多く、土木施工の上でも重要な影響がある。

風化と同様に、岩石の変質は変質を被った岩種、変質作用の種類によって変質状況が著しく異なることが多く、一律に区分することは難しいので、現場状況に応じて表9.15の例のような区分表を作成して、区分記号を柱状図に記入する。区分基準に用いた区分表は、柱状図の末尾に付けておく。

変質によってモンモリロナイトが生成されている場合は、モンモリロナイトの含有の程度をメチレンブルーによる変色度によっても区分することができ、その例は表9.16のとおりである。

なお、変質は肉眼観察だけでは不十分であり、顕微鏡鑑

定、X線分析などの室内試験を必要とする場合があり、その結果は記事欄に記録するものとする。

表9.15 変質区分表の例

記号	変質区分	変質状況
1	非変質	肉眼的に変質鉱物の存在が認められないもの。
2	弱変質	原岩組織を完全に残し、変質程度（脱色）が低いもの。あるいは非変質部の割合が高いもの（肉眼で50%以上）。
3	中変質	肉眼で変質が進んでいると判定できるが、原岩組織を明らかに残し、原岩判定が容易なもの。または非変質部を残すものおよび網状変質部。
4	強変質	構成鉱物、岩片等が変質鉱物で完全置換され、原岩組織を全く～殆ど残さないもの。

表9.16 モンモリロナイトを含んだ変質岩の
メチレンブルーによる区分例

1	全く変色しない。
2	斑点状に淡青色を呈する。
3	全体に青色を呈する。
4	濃青色を呈する。

9.8 記事

ボーリングの目的は、地下の直接観察できない地質情報の入手にあり、もっとも有効な情報をもたらすのが、そのボーリングコアである。

柱状図の記事については、この有効な情報を十分に生かすために、ボーリングコア採取後できるだけ速やかに詳細な観察を行い、主に以下の項目について、その深度とともに記入する必要がある。この時、調査目的を常に念頭におき、その目的に応じた適切な観察を行なうことが肝要である。

(1) 成因の区分、地層名、地質時代等の記載

土質の場合には表土、崖錐堆積物、河床砂礫、旧河床砂礫、段丘堆積物、泥流堆積物、〇〇火山噴出物等の成因的

区分を記入し、かつ「ボーリング野帳記入マニュアル〔土質編〕第5章土質名」を参考に土質区分名を記入する。

岩の場合には、地層の地質時代、地層名、岩種等を記入する。

なお、土質の場合の成因的区分や岩の場合の地層名、岩種等は、単にコア観察だけではなく地質踏査の結果や周辺の地質文献を参考に必要がある。また、場合によっては肉眼観察だけではなく、岩石薄片観察を併用することも必要である。

(2) 岩石の粒度・粒子等の記載

岩石の粒度組成（等粒状、斑状）、粒子の形状（等方体状、扁平状、柱状、針状、不規則）、粒子の円磨度（角、亜角、亜円、円）等について記入する。

(3) 堆積構造・流理構造等の記載

岩石の級化層理やラミナ等の堆積構造、流理構造およびその見かけの傾斜等について記入する。

(4) 割れ目の記載

層理、片理、へき開、節理等の割れ目については、割れ目の種類、見かけの傾斜、頻度、粗さ（凹凸）、挟雑物の種類、開き（間隙幅）の程度、割れ目面の色（特に水が通ったか否か）、割れ目面のすべり（スリッケンサイド、条線、鏡肌等）の有無等について記入する。

（記入方法の詳細は「9.5章 割れ目の状態」参照のこと）

(5) 脈・捕獲岩等の記載

岩盤中に白色細脈等があれば、細脈の種類（石英脈、沸石脈、方解石脈等）を、捕獲岩や巨れきが存在する場合はその岩種を書く。

変質脈が存在する場合は色、土質・岩質、変質鉱物の種

類、変質度等を記入する。

(6) 断層の記載

断層破碎帯の場合には、破碎の程度(破碎物の粒度)、破碎幅、粘土幅、見かけの傾斜および透水性状等を記入する。

(7) 空隙の記載

空隙の状態(割れ目状、洞状等)、規模、分布頻度等について記入する。

(8) 地すべり粘土の記載

地すべり粘土があれば、厚さ、性状(粒度、含水状態、鏡肌)、粘土幅、見かけの傾斜等について記入する。

(9) その他

その他柱状図、岩種区分、色調、硬軟、コア形状等の欄に表現できないものについて記入し、また急激な逸水、湧水、空洞およびコア採取不可能等の掘進作業における特記事項について記入する。

9.9 コア採取率、最大コア長、RQD

コア採取率はサンプラー引き上げ毎、最大コア長、RQDは1m毎の値をグラフに示し、数値を併記する。

(1) コア採取率について

コア採取率はサンプラー引き上げ毎に得られたコアの総長を、パーセントで表示する。この時、コアの形状は問わないが、スライムは除くものとする。

コア採取率は、ボーリング循環水の種類、給圧、回転数、サンプラーの種類・孔径によって大きく影響される。またコア採取率を低下させる地質条件としては、破碎帯、風化・変質帯、半固結の砂岩や礫岩、粘土分を含まない砂や砂礫等が考えられる。

(2) 最大コア長について

最大コア長は、1m区間における最大(最長)のコアの長さを、そのコアの中心線上で測定し、cm単位で記入するものとする。

最大コア長は、長いほど良好なコアといえる。ここではとりあえず1m毎の最大コア長としたが、これはコア箱収納時コアを分断するため、1掘進長あたりの最大コア長でもよい。

(3) RQDについて

RQDは図9.3に示すように、1m区間で得られた10cm以上の長さのコアの総長を、そのコアの中心線上で測定しパーセントで表示するものである。なお、RQDの算出においては、掘進中あるいはコア整理で生じた割れ目は考慮しない。

RQDは、岩盤の良否を表す指数であり、表9.17のような評価が行われている。

一般に1m毎のRQDを求めるが、これは最大コア長と同様にコア収納箱を考慮したものであり、1掘進長あたりのRQDで表示することもある。

また日本の岩盤では10cm以上のコアは長すぎるという意見もあり、5cm以上のコア比(RQD₍₅₎)を求める方法や1m毎あるいは1掘進長毎に限らず、コア形状が大きく変化する毎に求める方法も試みられている。これらの方法を取った場合は必ず方法を明示しておく必要がある。

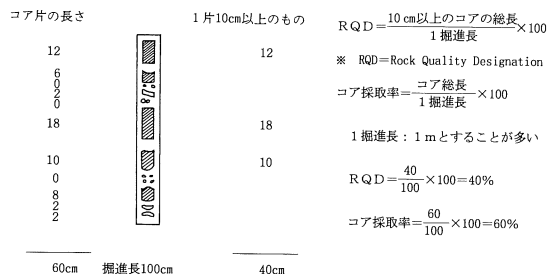


図9.3 コア採取の状況とRQD表示との関係

表9.17 RQDと岩盤良好度

RQD [%]	岩盤良好度の表示
0～25	非常に悪い (very poor)
25～50	悪い (poor)
50～75	普通 (fair)
75～90	良い (good)
90～100	非常に良い (excellent)

9.10 岩盤分類

岩盤分類は、9.1～9.9章で記載したボーリング鑑定方法に基づいて得られた諸要因（コアの硬軟、形状、割れ目の状態、風化、変質、コア採取率、最大コア長、RQD等）を組み合わせ、ある一定の基準にしたがって岩盤のグルーピングを行い、A～D等の等級をつけて表示するものである。最近では、これらの諸要因を指数化して評点で表すものも利用されている（例えばQシステム、RMR法等）。

岩盤分類の目的は、岩盤を等級区分して、その物性の絶対的な評価をしようとするものや、あるいは対象を限定して（例えばダム、トンネル、橋梁等）、岩盤の良否を判定しようとするものなどがある。

これらの目的に応じた基準や指針を関係各機関がそれぞれ持っており、また現場の地質・岩盤状況に応じて内容を変更したものが作成されているなど、数多くの岩盤分類方式があるといえる。

したがって、岩盤分類を行う場合は、調査の目的や現場の地質・岩盤状況に応じた適切な分類基準を選定（あるいは作成）することが肝要であり、分類に用いた岩盤分類基準表は柱状図の末尾に必ず付けておく必要がある。

ボーリングコアによる分類基準の例を次に示す。表9.18～20は橋梁基礎における分類例、表9.21はトンネルにおける例、表9.22～24はダムにおける例である。

表9.18 ボーリングコア観察による岩盤分類例
(橋梁基礎 花崗岩)

区分	色 調	① 硬軟の程度	② 風化変質の程度 (細区分)	③ 割目の状態	④ コアーの状態 (細区分)	備 考
A	青灰～乳灰	極硬 ハンマーで叩くと金属音。 D.Bで2 cm/min以下	き裂面ともおおむね新鮮。未風化。	き裂少く、おおむね20～50cmで密着している。	棒状～長柱状でおおむね30cm以上で採取される。	
B	乳灰～(淡) 褐灰	硬 ハンマーで軽い金属音。 D.Bで2～4 cm/min	おおむね新鮮なも、き裂面に沿って若干風化。変質褐色を帯びる。	割目間隔5～15 cmを主としている。一部開口している。	短柱～棒状でおおむね20 cm以下。 ③④Aなるも①②がBのもの。 ①②Aなるも③④Bのもの。	
C _H	褐灰～(淡) 灰褐	中硬 ハンマーで叩くと鈍音。 小刀で傷つく硬さ。D.Bで3 cm/min以上	割目に沿って風化進行、長石等は一部変色変質している。	割目発達、開口部に一部粘土はさむ。ヘラクレスラック発達。割れ易い。	大岩片状でおおむね10 cm以下で、5 cm前後のものが多い。原型復旧可。	短柱状なるも風化進行軟質のもの。
C _M	灰褐～淡黄褐	やや軟～硬 ハンマーで叩くと軽割れる。爪で傷つくことあり。 D.Bで幅連通	岩内部の一部を除き風化進行、長石、雲母はおおむね変質している。	割目多く発達5 cm以下、開口して粘土はさむ。	岩片～細片 (角礫) 状で砕け易い。不円形多く原型復旧困難。	軟岩で容易に砕け易いもの。
C _L	淡黄褐～黄褐	軟 極く脆弱で指で割れ、つぶれる。 M.Cで掘進可	岩内部まで風化進行するも、岩構造残し石英未風化で残る。	割目多いが粘土化進行、土砂状で密着している。	細片状で岩片残し、指で砕ける。粉状。 円形コアなし	破砕帯でコア部のみ細片状で採取のもの。
D	黄 褐	軟極 粉体になりやすい。 M.Cで無水掘可	おおむね一様に風化進行、マシ土化している。わずかに岩片を残す。	粘土化進行のためクラックなし。	土 砂 状	破砕帯・粘土化帯でコア採取不可能なもの。

備考：①②または③④が上位で③④または①②が下位ランクのときは、下位ランクとして表示する。

D.B：ダイヤモンド

M.C：メタルグラウン

表9.19 ボーリングコア観察による岩盤分類例
(橋梁基礎 堆積性軟岩)

岩 質	コ ア 掘 削 記 録 お よ び コ ア 掘 削 硬 度				掘 削 の 難 易
	岩 指 標	硬 さ	コア掘削記録およびコア採取率	掘削の難易	
Mf	A	○ローム質粘土 ○まれに玄武岩礫を混入	○ごく軟らかい ○含水比高、褐色を呈す。(W ₀ =50～60%程度) ○マシ土状とならず ○採取率90～100%	○無水掘り可能 ○10～20分/m	
	B	○ローム質粘土 ○一部砂質部を認める	○軟らかい (指圧でくずれる) ○含水比中位 ○ディコレート色を呈す。コア碎たとなる。 ○採取率100%	○無水掘り可能 ○ほとんどは透水掘り ○20～30分/m	
	C	○泥質ローム	○硬 い ○コア碎た (30 cm程度) ○亀裂がありコア分断 ○採取率90～100%	○透水掘り ○30～40分/m	
Pc	A	○ローム質粘土および火山砂と玄武岩礫より成る。	○軟 質 ○マトリックス未固結。玄武岩礫比較的小ない。 ○砂礫状を呈す。 ○採取率40～60%	○無水掘り可能 ○40～60分/m	
	B	"	○硬 質 ○玄武岩礫が多い。微水あり。 ○マトリックス、未固結～半固結状 ○玄武岩礫のみ採取。採取率30～40%	○透水掘り ○50～60分/m	
	C	"	○硬 質 ○マトリックス部分固結状でコアとなる。 ○玄武岩礫多量に混入 ○採取率20～30%	○透水掘り ○50～60分/m	
Ss	A	○細粒～粗粒 ○凝 灰 質	○軟 質 (指圧でくずれる) ○採取率100%	○無水掘り ○30～40分/m	
	B	"	○軟 質 (指圧でくずれる) ○凝灰質 ○採取率50～60%	○無水掘り5～10 cm可 ○ほとんどは透水掘り ○40～50分/m	
	C	○細粒～中粒	○硬 質 (指圧に折れない) ○凝灰質多い。コア裏面から分断 ○亀裂若干 ○採取率80～100%	○透水掘り ○60～80分/m	
Sh	A	○泥質およびシルト質	○軟 質 (指圧でくずれる) ○採取率100%	○無水掘り可 ○透水掘りがほとんど ○40～50分/m	
	B	"	○硬 質 ○凝灰質多い (コア分断) l=20～30 cm ○採取率70～100%	○透水掘り ○60～80分/m	
	C	"	○硬 質 ○採取率80～100%	○透水掘り ○80～120分/m	

記号の説明 Mf：泥炭。Pc：火山砕屑岩。Ss：砂岩。Sh：頁岩。

表9.20 ポーリングコア観察による岩盤分類例

(橋梁構造 堆積岩)

岩区分	風化・変質・色・硬軟・亀裂の状態その他	コアの形状 及び採取率	最 大 コア長	1m当たり 亀 裂 数
A	新鮮・綿密で堅硬。 亀裂は若者または方解石脈により充填される。	棒状 100 号	20cm以上	10以下
A'	ほぼ新鮮で綿密、堅硬。亀裂はAよりやや多く亀裂面に沿って少し酸化する。	棒状～短柱状 100 号	15～30cm	8～15
B	岩質は綿密で堅硬だが亀裂の発達著しく、亀裂面の酸化やや顕著となる。亀裂面に沿って少し変質し褐色味を帯びる。	短柱状～礫状 100 号	5～30cm	15～25
B'	岩質は綿密、堅硬だが亀裂の発達著しく、亀裂面の酸化や面に沿って風化変質が著しく褐色を呈する。	短柱状～礫状 ほぼ100 号	5～30cm	20～30
C	岩質は硬いが亀裂の発達著しく、僅かな衝撃で細礫状に分断される。亀裂面の酸化はやや弱いが、時にうすく粘土を挟む。	礫状 60号以上	5～15cm	30以上
C'	岩質は硬いが亀裂の発達著しく、細礫状となし易い。亀裂面に粘土の充填が多くなくなる。亀裂の発達著しく岩質はやや疎くなる。部分的に短柱状のコアとなるが亀裂面に沿って風化が進み、多くが粘土を挟在する。	礫状～細礫状 50号以上 礫状～細礫状 一部短柱状 60号以上	5～15cm	30以上
D	全粒に風化を受け、亀裂の発達著しく亀裂面は分離しているものがほとんどで局部的に粘土化が強い。	礫状～細礫状 (粘土まじり) 60号以下	10cm以下	30以上
E	コア採取率が著しく低く、地盤状況が確実把握できない。(恐らくは風化粘土化帯)	礫状以下 著しく低い	10cm以下	30以上

表9.21 ポーリングコア観察による岩盤分類例(トンネル)

岩盤区分 (トンネル掘削) (トンネル掘削) (トンネル掘削)	弾性波速度 (km/sec) による判定基準	弾性波速度 (km/sec)						ボーリングコアによる 判定基準 (コアの状態)
		1	2	3	4	5	6	
		1	2	3	4	5	6	
A	I	a						コア採取率は概ね80%以上で完全な柱状を呈し、ほぼ20cm以上の長さを有し、細片はほとんど含まない状態のもの。
	I	b						
	I	c						
	I	d						
	I	e						
B	II	a						コア採取率は概ね70%以上で完全な柱状を示さないものも有し、多少の細片を含む。コアの大半がほぼ5cm以上のものが取れる状態のもの。
	II	b						
	II	c						
	II	d						
	II	e						
C	III	a						コアの採取率は概ね40～70%で、亀裂が多く、ただけ易いために小さくなり、50cm以下の細片が大量に取れる状態のもの。
	III	b						
	III	c						
	III	d						
	III	e						
D	IV	a						コア採取率は低下し概ね40%以下となることが多くコアは細片となるが、時には、角縁粗い砂状あるいは粒土状となるもの。
	IV	b						
	IV	c						
	IV	d						
	IV	e						
E	V	a						
	V	b						
	V	c						
	V	d						
	V	e						

(注) 岩区分 a: 変成岩 (千枚岩、石炭片岩、珪質石炭片岩、石英片岩、緑色片岩、片麻岩、蛇紋岩、ホルンフェルス等)
 深成岩 (輝れい岩、かんらん岩等)
 b: 古生層及び中生層 (粘板岩、砂岩及び礫岩、硬砂岩、石灰岩、珪岩、輝緑凝灰岩等)
 c: 火山岩 (石英粗面岩、安山岩、玄武岩等)
 凝 岩 (石英凝岩、花崗凝岩、ひん岩、輝緑岩等)
 深成岩 (花崗岩、閃緑岩等)
 d: 第三紀層 (粘土質頁岩、珪質頁岩、砂岩及び礫岩、石灰岩、凝灰岩、角礫凝灰岩、集塊岩等)
 e: 沖積層 (ローア及び粘土: 火山砕屑物等)
 沖積層 (堆積、表土等)

(注) 岩盤区分(1): 標準設計パターンを選定に利用される
 岩盤区分(2): トンネル掘削の等級を選定に利用される

表9.22 ボーリングコア観察による岩盤分類
(ダム硬質塊状岩盤)

岩盤等級	対象岩盤の一般的な目安としては、新鮮な岩石のテストピースの自然乾燥一軸圧縮強度が800kgf/cm ² 以上のもの。 新鮮岩の露頭部における岩石のハンマー打撃によって、一般に金属音が発生する。	岩盤の一般的な性状	
		ボーリングコアの状態	
A	岩質はきわめて新鮮で、火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は全く風化変質しておらず、また節理はほとんど分布していない。岩盤としてはきわめて堅牢、固密である。	コアは100cm以上の棒状をなし、岩質極めて新鮮で、コアの表面は非常になめらかであり、節理は認められない。(すなわち、コア箱1mにおいては、割れ目の認められない intact rock である) コアの採取率は極めてよい。	
B	岩質は新鮮で、火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子はほとんど風化変質していない。また節理の分布はまばらであり、密着している。岩盤としては堅牢、固密である。	コアは40～50cm前後の長柱状が主体をなし、岩質は新鮮で、コアの表面はなめらかである。節理の分布は少なく、密着している。節理面は概ねに汚染されていることもある。コアの採取率は極めてよい。	
C _H	岩質はおおむね新鮮、堅硬であるが、火成岩では造岩鉱物、長石類および変質、角閃石などの有色鉱物がわずかに風化変質している場合もあり、また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物がわずかに風化変質している場合もある。節理はかなり分布しており、また節理面は風化変質をうけて変色汚染されている場合が多く、ときには風化物質がうすく付着していることもあるが、一般にはおおむね密着している。岩盤としては堅固である。	コアは10～30cm前後の柱状が主体をなし、岩質はおおむね新鮮で、コアの表面はおおむねめらかである。節理はやや発達し、節理面はしばしば淡褐色に風化変質しているが、風化変質は内部まで進んでいない。時に節理面には薄く風化物質が付着することもある。コアの採取率はよい。	
C _u	岩質は一般にやや風化変質している。このうち火成岩では石英を除き、長石類および有色鉱物は風化を受け、しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。また堆積岩類では構成粒子として二次的に存在する長石類および有色鉱物が風化変質し、火成岩の場合と同様、しばしば褐色あるいは赤褐色を呈している。節理は開口し、しばしば粘土あるいは風化物質を挟持している。このクラスの岩石中には細かな毛髪状割れ目が多量に胚胎していることが多い。その他、岩質は新鮮であっても、開口節理の分布が著しく、クラッキーな状態を示すものもこのクラスに含まれる。	コアは10cm前後の短柱状が主体をなし、岩片状をなす場合でも組合せると円柱状になる。岩質はやや風化変質しておりコアの表面はおおむね粗面を呈する。節理面は風化汚染され、内部まで風化が進んでいる。コアバレルからコアを抜いた時新たな割れ目が生じる。コアの採取率はおおむね80%以下。岩質が新鮮でも、開口節理が発達し、コア長の短いものはこの岩級に含まれる。	
C _L	火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく風化を受けているために、岩石全体としても一般に褐色あるいは赤褐色を呈する。節理は開口し、粘土および風化物質の挟持が著しい。このクラスの岩石では細かな毛髪状の割れ目の分布が著しく、さらにこの割れ目に沿って風化も進んでいる。その他、岩質は新鮮であっても、開口節理の分布が著しく、石積状の産状を示すものもこのクラスに含まれる。	コアはおおむね岩片状が主体をなし、組合せても円柱状をなすことは難しい。岩質は風化している為、コアの表面はザラザラし、一般に褐～茶褐色を呈する。風化変質は節理付近のみならず全体に進んでいる。コアバレルからコアを抜いた時崩壊し易い。採取率はおおむね80%以下。短柱状コアと砂～粘土状コアが繰り返す場合もこの岩級に含まれる。	
D	火成岩の造岩鉱物あるいは堆積岩の構成粒子は著しく変化を受けしばしば砂状および粘土状を呈する部分が見られる。このクラスの岩盤では節理の分布はむしろ不明瞭である。	コアはおおむね砂～粘土状を呈し、一見岩盤被覆との区別は難しいが、相対的に締り度より通常の清水掘りでは、ダブルコアチューブを用いてもコア採取率は著しく悪い。	

表9.23 ボーリングコア観察による岩盤分類要素の区分例
(ダム)

符号	風化状態	岩石それ自体の硬さ	節理の分布状況			
			標準区分	節理密度		節理の状態標準区分
				目安	目安	
○	新鮮である (節理面も風化していない)	堅固である	岩石の乾燥一軸圧縮強度 800kgf/cm ² 以上	ほとんど分布していない	平均コア長 60cm以上	全く風化していない
△	概ね新鮮 (節理部分だけが風化している)	おおむね堅固である	岩石の乾燥一軸圧縮強度 400～400kgf/cm ²	疎である	30～60cm	殆ど間隙がない
▲	風化している (節理に沿って風化している)	やや軟質である	岩石の乾燥一軸圧縮強度 400～200kgf/cm ²	分布している	10～30cm	若干間隙が生じる
●	極めて風化している (新鮮部が認められない)	軟質である	岩石の乾燥一軸圧縮強度 200kgf/cm ²	著しく分布している	10cm以下	かみ合わない

(注) 10kgf/cm² ≒ 1MPa

表9.24 ボーリングコア観察による岩盤分類要素の組合せ例
(ダム)

岩盤等級	区 分 要 素				
	造岩鉱物又は構成粒子の状態		節理の状態		
	風化状態	岩石それ自体の硬さ	節理密度	節理の開口性	節理面の状態
A	○	○	○	○	○
B	○	○	△	○	○または△
C _H	○または△	○または△	▲	△	△または▲
C _M	△または▲	△または▲	●	●	▲または●
C _L	▲または●	▲または●	●	●	●
D	●	● 軟質 極めて	(-)	(-)	(-)

(注) 表中の○、△、▲、●等の記号は表9.23参照のこと

<参考文献>

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) Deere, 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.
- 5) 日本応用地質学会編 (1984): 岩盤分類, 応用地質特別号
- 6) 土木学会: 土木技術者のための岩盤力学 (昭和50年度改訂版), pp.138-143, 1975.
- 7) 土木工学社: 岩盤分類とその適用, pp.9, 1989.
- 8) 社団法人全国地質調査業協会連合会編 (1993): ボーリングポケットブック

第10章 孔内計測と試験

10.1 概要

ボーリング孔を利用した孔内計測及び試験関係において、最も頻度が高く基本的なものとして、計測では孔内物理検層(電気検層、P S 検層)、試験ではルジオンテストをとりあげる。各孔内計測や試験についての測定方法や測定装置については多くの書籍がでているので、ここでは主に現場作業上の注意点等を中心にとめる。

ボーリング孔を利用する原位置試験は、一般的には前述の表2.1に示した。

試験を実施するまでの孔内条件については、第2章にふれたが、いずれにしても自然の状態に近い地質の状況を把握する必要があるため、いかに乱れのすくない状態の孔を作るかが大切である。

掘削に伴う孔内の条件によっては、孔内計測や試験が不可能になる場合もあるので、主な計測の孔径と孔内条件の関係を表10.1に示す。

表10.1 各種計測と孔内条件

検層種目	孔内測定器の寸法			孔内に必要な条件		
	外 径 (cm)	全 長 (cm)	重 量 (kg)	最 小 径 (cm)	ケーシング有無 測定不能	孔内水の 要否
電 気	3.2~4.5	150.0~ 290.0	1.5~7.5	4.5	有ると測定不能	必要
速 度 (ps検層)	4.3	30	13.0 (ケブ#共)	5.0	有ってもできる	無くとも できる
サスペンション ps	5.4	790	30	7.6~8.6	#	必要
ルジオンテスト (センサー部)	3.0~3.2	22~30	—	6.6	無	無くとも できる

表10.2 比抵抗検層の種類

比抵抗検層種別名	測定方法
ノルマル検層	電流電極から矩形波電流を四方に流し、近接の電位電極で電位差を測定して比抵抗を求める。
ラテラル検層	地層に流す電流に指向性を持たせて、地中深く水平方向に流し込む方式で、泥水比抵抗（たとえば海水泥水）の低い泥水の場合に有効である。
マイクロ検層	ノルマル検層の電極間隔を極く短かくし、電極をゴム製パッドに埋め込み、これを孔壁に圧着して測定する。
マイクロラテラル検層	ラテロ検層の電極配置を極く短かくし、マイクロ検層と同様の手法で測定する。
インダクション検層	上記の4種の検層法は、地層に測定電流を流すので孔内泥水が必要だがこの方法は電流電極に相当する発信コイルにより地層内に磁界を作り、この磁界で発生する2次磁界が地層の比抵抗に応じて受信コイルに誘起する微小電流を測定する。

孔内計測及び試験に関して、試験前に記載すべき共通する主な項目は次の通りである。

- ①日時、天候、地形・地質条件
- ②測定者、記録者の氏名
- ③試験区間、深度、試験地点の標高
- ④孔内水位、水温
- ⑤孔の仕上がり状態（掘削径、孔内崩壊、ケーシング条件、セメンテーションの位置、湧水の有無、漏水等の状況）
- ⑥試験方法、試験条件、使用測定機器等
- ⑦較正值、測定レンジ等の測定機材に関する特記事項
- ⑧測定中の異常等

10.2 孔内計測

10.2.1 電気検層

(1) 測定概要

① 目的

電気検層はボーリングによる孔壁周辺の地層の電気比抵抗と孔井内に発生している電気化学的自然電位を測定し、その値や得られた測定カーブから主に地層の厚さや対比および帯水層の検出を目的として測定される場合が多い。

② 電気検層の種類

電気検層には、表10.2に示すような種類があるが、主にはノルマル検層が一般的であり、層厚の薄い地層の比抵抗値を求める場合には、マイクロ検層が行われる。

電気検層には電位・電流電極の配列によってノルマル法（2極法）とラテラル法（3極法）があるが、一般的には、測定のしやすさなどから、図10.1に示すノルマル法が用いられる。

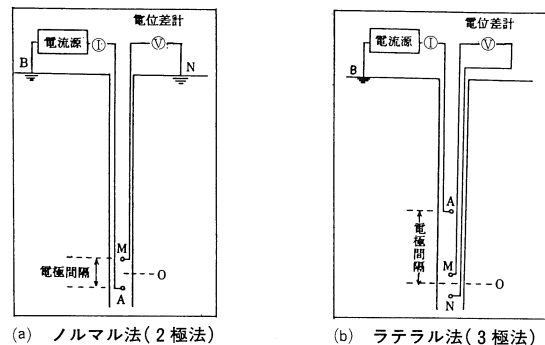


図10.1 ノルマル法の電極配置図

(2)測定時の注意点

①測定時の人数

測定に必要な人数は、測定者1名とケーブルウインチを操作する人が1名である。ウインチの操作者はボーリングフォアマンが兼ねることが多い。

②測定時の注意点

- ・図10.1に示したが、B極は孔口近く、N極はそれより20m程度離すことが望ましい。
- ・N電極は、設置にあたっては、電気機器周辺、高圧送電線下、水の流れている場所は避ける。
- ・プローブ挿入時には測定深度位置と測定記録との比較を行うため、プローブの測定基準点と地表面を合わせる。測定基準点はプローブのマニュアルを参照する。
- ・測定時のケーブル挿入（巻き上げ）速度は、概ね10m/分を越えないようにする。
- ・プローブはジャミングの可能性があるため、孔底に近接したら、静かに降下する。また着底時間は極力短いほうがよい。

(3)測定記録の整理

①測定記録の記入

測定記録は次のものを確認する。

- ・比抵抗の測定目盛
- ・自然電位の測定目盛
- ・電極間隔
- ・泥水比抵抗値（温度も含む）
- ・測定深度

②測定記録の現場でのチェック

現場での測定記録から、比抵抗値と地質の関係を概略

把握しておく必要がある。

- ・粘土・シルト層等は低比抵抗値を示し、砂や礫混じりの箇所は高くなる。
- ・岩盤では頁岩・泥岩・粘板岩などは特に低比抵抗値を示し、変質帯も同様に低比抵抗値である。
- ・ケーシング部はほとんど0に近い比抵抗値である。

10.2.2 速度検層（P S 検層）

(1)測定概要

①目的

速度検層はP波、S波の弾性波が岩盤中を伝播する時の速度をボーリング孔を利用して測定し、その値から地盤の強度等の力学的な性質を求めることを目的とする。

②速度検層の種類

速度検層は起振・受振の配置などから、起振を地表で行い、受振計を孔内に設置するダウンホール法、それと全く逆の方法でアップホール法、また2つのボーリング孔を利用し起振と受振を行うクロスホール法および孔内で起振、受振を行うサスペンションP S 検層がある。一般的にはダウンホール法（いわゆるP S 検層）とサスペンションP S 検層が利用されることが多い。

以下はP S 検層についての内容である。

(2)測定時の注意点

①振源

- ・振源はP波測定では人力による鉛直の打撃、S波では板たたきで行う。
- ・P波の起振位置は、ボーリング孔口に近づけすぎると

ケーシングに波が伝播する場合や孔内水に沿う波が発生することがあり、ボーリング孔口から2～3mほど離れた位置にセットすることが望ましい。この場合、解析時には距離補正が必要である。地面の状況で地面が軟らかいときは長さ1m程度の木杭の頭をたたく。

- ・ S波の振源は長さ2～3m、厚さ10～20cm、幅30cm程度の板を必要とする。できれば板は持ち運びができるように取手をつけると便利である。起振するときは板と地山が一体となるように板の上に重量物を載せる。重量物は水を入れたドラム管や自動車の車輪部などである。たたいた時に板のずれが生じないように固定する必要がある。

②測定

- ・ P波とS波の同時測定は行わない。P波は多数点の同時測定を行い、S波は一点づつ行う。
- ・ 測定間隔は軟岩を対象とする場合は、一般的に1～2m間隔、硬岩の場合は通常5～10mである。
- ・ サンプリング間隔と波の周期の関係では、サンプリング時間の目安は、予想される波の周期の1/50程度の時間をとる。
- ・ P波検層での記録は、不良ならば増幅器のゲインをあげ、ノイズが大きい場合は、スタッキングする。
- ・ S波検層は起振の板の方向と受振の水平1成分の方向をできるだけ一致させる。
- ・ S波速度測定時は、板の両端を交互にたたき、記録は波形の反転を確認する必要がある。

(3)測定記録のチェックと記録事項

現場での測定記録の確認は、次の項目を検討する。

- ・ P波の初動の立ち上がりが明瞭かどうか。
- ・ 前後の記録からトリガー時刻に異常がないかどうか。
- ・ S波が反転しているかどうか。
- ・ S波の振幅が適当な間隔で追跡できるかどうか。

記録事項は、次の項目を忘れないようにする。

- ・ 測定孔番号
- ・ 測定年月日
- ・ 測定者名
- ・ 起振位置（孔口からの距離）
- ・ 孔内水位

10.3 孔内試験

10.3.1 ルジオンテスト

(1) 測定概要

① 目的と概念図

ルジオンテストは、ボーリング孔内の1ステージ（一般的に5m区間）から水を岩盤中に圧入し、そのときの注入圧力と注入量の関係からルジオン値を求める方法であり、主にダム基礎岩盤の透水性評価、グラウチングの計画、施工結果の判定目的に行われる。

ルジオン値は注入圧力 $1\text{MPa}=1000\text{kPa}$ $\{10\text{kgf/cm}^2\}$ のもとで試験孔長1mあたりの毎分の注入量（ l/min ）を表したものである。ルジオンテストで使用される装置や機械での代表的な概念図を図10.2に示す。

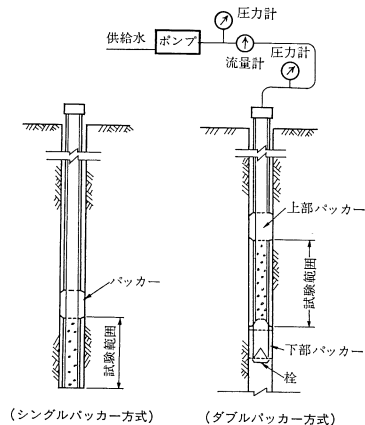


図10.2 ルジオンテスト概念図

(2) 測定時の注意点

① 試験整備

a) 圧力計・流量計

圧力計・流量計は、自記圧力流量計（P-Qレコーダー）を用いる。計器は使用前に検査・較正を実施し記録にとどめる。

b) 注入管

注入にはボーリングロッド（JIS.M.1409規格）を用い、長さ3m、 $\phi 40.5\text{mm}$ である。

c) 注入ポンプ

注入ポンプは、吐出容量 150l/min 以上、送水圧力 1500kPa 以上もしくはそれと同等の能力を保持するものを用い、安定した圧力と流量で送水でき、脈動の小さいものを（脈動：圧力 $\times 20\%$ 以内）を用いる。

d) 注入ホース

注入ホースは、送水圧力、送水量を最大限に活用できるものとし、圧力流量計からスイベルまでの長さを測定しておく。

② 試験時の注意

a) 孔内水位

測定は、毎日作業開始前と終了後に行う。

b) 試験の開始

本試験は十分に孔内洗浄を実施した後に行う。

c) 試験区間長

試験区間長は、原則5mとする。ただし、表層部の岩盤でない箇所は試験を行わず、着岩以深から実施する。

d) パッカー

パッカーの位置は、位置、パッカー圧ともに、試験時

の漏水のない適切な箇所を選定する。方式は概念図に示したようにエアパッカーによるシングル、ダブルの方式がある。

e) 注入管長の測定

注入管長はステージ上端から地上部上端までの長さとする。注入管長の損失水頭は原則として次の算定式を用いる。

$$h_3 = \alpha Q^2 L$$

ただし、 Q : 注入量 (l/min) L : 注入管長 (m)

$$\alpha : 7 \times 10^{-5} (\text{min}^2/\text{l}^2)$$

状況によっては現地での損失水頭を実験で求める場合もある。

f) 圧力段階

圧力段階は、地質状況に対応して変更するが、標準としては、200kPaずつの口元圧力で、5段階程度の昇圧を行い、口元で1000kPaまでの測定を実施する。降圧は4段階以上で行う。高透水層で所定の圧力に達しない場合は、最大注入量まで試験を行い、降圧段階にもどる。各圧力段階とも流量が安定した後、5分間測定し、その平均流量をもってその圧力段階の注入量とする。測定中に流量が10%以上変動する場合は、再度5分間の測定を行う。

g) 試験結果の評価

試験結果は、自動記録のチェックと有効圧力等の計算から圧力-流量曲線を描き、ルジオン値あるいは換算ルジオン値が求まり、問題がないことが判断できた場合、次の掘削に移る場合が多い。

③ 試験終了の目安

試験終了の目安は、低ルジオン値が続いた場合であるが、予定深度との関係もあり、予定深度よりも浅い場合は、原則として予定深度まで行い、深い場合は各ステージでの状況をみて判断する。一般的には2ルジオン以下程度が目安となる。

以上の内容をフロー（図10.3）に示す。

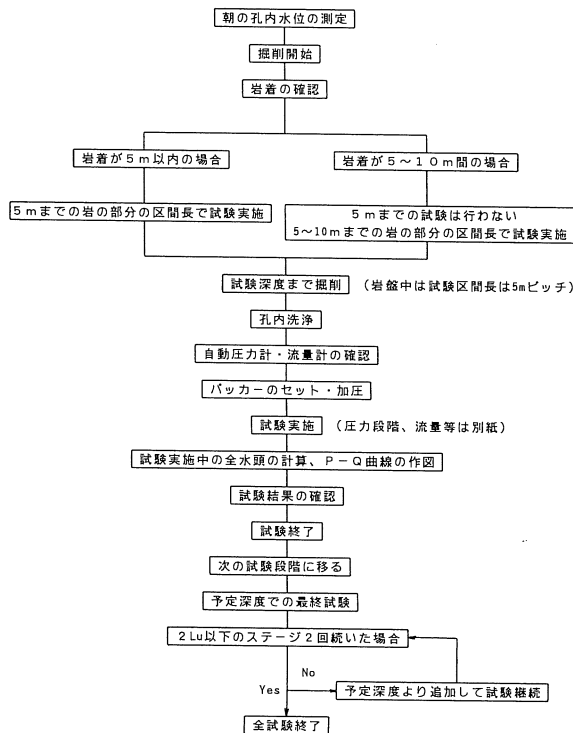


図10.3 ルジオンテストの試験マニュアル（例）

(3) 地下水位の位置と試験区間

ルジオンテストでは、試験区間の有効注入圧力を判定する必要がある、地下水位が試験区間より上位にある場合は、試験区間にかかる地下水頭を試験区間の静水圧から差し引き、地下水位が試験区間の下位にある場合は地下水頭は関係なく静水圧のみを考慮する。

<参考文献>

- 1) 関東地質調査業協会編：新編ボーリング孔を利用する現位置試験についての技術マニュアル，p. 〇～〇。1995. 10.
- 2) 土質工学会編：岩の調査と試験，p. 280，1989. 9.
- 3) 関東地質調査業協会編：ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル，p. 109，1982. 3.

〔付録. 1〕岩盤ボーリングの掘削上の留意点

1. 掘削方法

岩盤ボーリングといえども地表から新鮮な岩盤が露出している地点は少なく、未固結層または強風化層より掘削を開始する。これらの地層を含めて、岩盤および破碎帯や変質帯での掘削方法、特に掘削障害とその対策について述べる。

1.1 未固結層の掘削

未固結層の粘土、シルト、砂および砂礫の掘削は、岩盤ボーリングにおいてオールルコアリングの仕様では、無水掘工法が一般的である。一方、調査目的や条件によってノンコア仕様も見られる。ノンコア掘削は、砂礫層ではトリコンビットやメタルクラウンの使用が多い。粘土、シルト、砂等の地層では、フラットビットまたは多段クロスビットを使用することが多く、回転数を低くし送水量を増やした泥水掘削を行う。粘度、シルト、砂層の掘削は問題ないが、砂礫層では状況変化が著しく掘削が困難である。

(1) 砂礫層の掘削状況

一般的な砂礫層の掘削状況は次ぎのとおりである。

- 1) 礫径が大きいほど掘削は困難(最悪礫径50～200mm)
- 2) 粘土分が多いほど掘進は容易(粘土分が少ないほど崩壊しやすい)
- 3) 礫の含有率が低いほど掘進が容易
- 4) 礫質が硬質なほど掘進が困難
- 5) 砂礫の空隙が大きいほど掘進が困難(逸水、礫の移動、

セメンチングが困難)

(2) 砂礫層の掘進対策

砂礫層全般の一般的な掘進対策として次の方法が実施されている。

a) 濃泥水の使用

泥壁の作成と砂礫の間隙の目潰し。比較的大きな掘層の排除。

b) セメンチングの実施

セメンチングは崩壊防止に有効であり、セメントスラリーが流失する地層では、セメントを団子状にして孔内に投下後、ロッド等でつつき、砂礫や空隙に押し込む。セメント硬化に時間を要することから、数時間で硬化する急結速硬セメントの使用を検討する。

c) ドライブパイプの打込み

条件の悪い礫層では最も有効な方法であるが、打込み困難による低能率性と肉厚パイプの価格、抜管の困難性から深度20m内外の制約がある。

砂礫層の掘進は、一般に濃泥水とメタルビットで無理矢理に掘進し、何段かのケーシングまたはドライブパイプを打込んで対処する。この際注意すべきことは、砂礫層を抜いた後には速やかにケーシングパイプを挿入して、砂礫層の崩壊を防止する。これを省略するといつまでも砂礫の崩壊が止まらず、単に掘削障害になるだけでなく、下位の試料採取層に砂礫が混じり、礫混じり地層と誤認するなど、調査精度を低下させる。

1.2 岩の掘削

岩盤は硬さにより軟岩、中硬岩、硬岩、極硬岩および破

砕帯や変質帯に分けられ、それぞれ掘進状況が異なる。

(1) 軟岩の掘削

ビットは一般にメタルビットを使用する。最近は寿命の長いPCDビットも使用されている。ワイヤライン工法では、ダイヤモンドビットの使用が一般的である。泥水はベントナイトを基本とし、深掘りおよびワイヤライン工法では、リボナイトまたはテルナイトBXなどの分散剤を添加して、泥水の粘性を調整しながら使用する。

次のような特殊な地層の出現は注意を要する。併せて対策を示す。

- 1) 膨潤性・崩壊性地層：脱水量の少ない良質の泥水を使用(脱水量減少剤、ポリマー、孔壁保護強化剤の添加)。
- 2) 硬質礫を含んだ固結度の低い地層の掘進：コア採取率を低下させない方法(トリプルコアパーレルなどの使用)を検討する。
- 3) 粘質地層の掘進：送水圧上昇防止のため、分散剤を添加し泥水の粘性を下げる。また、ビット荷重を抑制する。
- 4) 高压ガスや水を含んだ地層の出現：パライトを添加した高比重泥水を使用する。パライトの分離防止のためにCMCを添加し、泥水の粘性を増す必要がある。また、セメントスラリーによる噴出区間の充填固化を行う。

5) 逸泥層の出現

掘削泥水の逸泥を防止するため、逸泥防止剤を泥水に添加し、逸泥状況により数種類(粉～粒状・フレーク状)の防止剤を使用すると効果的である。逸泥が激しい場合には、比重1.7程度の逸泥防止セメンチングを実

施する。

(2) 中硬岩・硬岩の掘削

ビットはサーフェイス型またはインプリグネーテッド型のダイヤモンドビットを使用する。地質に応じた適切なビット（ダイヤモンドの粒径・マトリックスの種類・植込量の組合せにより標準で数種類のタイプがある）を選定することが、ビットの寿命と掘進速度に効果がある。ビットの回転数は、高速回転を原則とするが、孔内条件、ビット荷重、孔径に応じた適正な回転数を選定する。

ダイヤモンドビット掘削のスライムは細～微粒であり、地層が膨潤・崩壊性が少ない場合には、できる限り低粘性の泥水を使用する。更に孔内条件がよい場合は、潤滑剤添加の清水掘削が可能である。

(3) 極硬岩の掘削

ダイヤモンドビットは、極硬岩用のインプリグネーテッド型の使用が適切である。回転数は可能な限り高速とする。回転抵抗を減じ、ロッド摩耗防止に泥水または清水に潤滑剤を添加しパイプレーションを防止する。

(4) 破碎帯・変質帯の掘削

一般的に崩壊性が強くコア採取率は極端に悪い。スライム発生量も多くなり孔内状況が悪化する。これらの対策は次のようにされている。

- 1) 良質泥水の使用：崩壊を完全に止めることは困難であるが、少しでも先に掘り進むように心がける。破碎帯または変質帯の突破ができれば最良である。
- 2) 短時間での突破に努める：時間の経過と共に孔内状況の悪化が予想され、泥水の調整以外は掘削作業に専念する。

3) ケーシングの挿入：完全な崩壊防止のためにケーシングパイプの挿入を行う。この際、できる限り良質な岩盤まで掘進して挿入する。ケーシング挿入前の孔内を良質な泥水で満たして保孔に努め、短時間で挿入する。

4) セメンチング：いろいろな制約条件から、ケーシングの挿入が不可能な場合、孔壁保護強化剤を添加した良質な泥水を維持して保孔に努める。しかし、崩壊が生じるとセメンチングにより崩壊防止をはかる。このセメンチングは1回で効果がない場合、複数回の実施となることが多い。セメントの強度を必要とすることからスラリー比重は可能な限り高比重とする。

5) 拡張・ケーシング

掘削深度が浅く破碎帯・変質帯が出現した場合、挿入ケーシングを抜いて1サイズ上のビットで拡張し、ケーシングも1サイズ上のものを挿入することがある。

2. 各種孔内測定、検層のための孔内整備

(1) ボーリング孔を利用する原位置試験

ボーリング孔を利用する原位置試験や検層は、ボーリングの付加価値を高め、地盤の評価をより一層確かなものにするには欠かせない手法である。掘削から各種試験や検層までを慎重に行った場合には、信頼性の高い結果が得られる。反面、ボーリング孔の仕上がり状態の良し悪しで、試験や検層結果が左右されるため、掘削と孔の仕上げは特に注意が必要である。さらに、泥水やスライムにまみれる計測機器は、整備にも特別な配慮が必要である。

ボーリング孔を利用する原位置試験の種類は、表1に示すように多岐にわたるが、岩盤ボーリングでは孔底地盤を

利用する試験は比較的少なく、殆どが孔壁地盤を利用する試験である。

表1 ボーリング孔を利用する原位置試験の系統的分類

ボーリング孔を利用する原位置試験	孔底地盤を利用する原位置試験	動的原位置試験 静的原位置試験	標準貫入試験、大型貫入試験、(Nベーン試験) 深層載荷試験、ベーン試験、(孔内リングせん断試験)
	孔壁地盤を利用する原位置試験	静的原位置試験	孔内水平載荷試験、(自己掘進型動的プレッシャメータ試験) (孔内せん断試験、周面摩擦測定試験、孔内コーン貫入試験)
	その他の原位置試験		(地中応力測定試験、掘進抵抗測定型サウンディング)
	物理検層	速度検層	P波検層、PS検層
		電気検層	比抵抗検層、マイクロ比抵抗検層、自然電位検層
		放射能検層	自然放射能検層、密度検層、中性子検層
		孔径検層、温度検層、地下水検層、ボアホールテレビ、ボアホールレーダ、ジオトモグラフィ	
	地下水調査	その他の検層	VSP、ディップメータ、孔曲がり測定、鉛直磁気探査
		水位・水圧測定	孔内水位測定、間隙水圧測定
		現場透水試験	オーガー法、チューブ法、ビュゼメータ法
		揚水試験	単井法、観測井法
	岩盤地下水試験 その他	岩盤地下水試験	湧水圧試験(JFT)、ルジオンテスト
		その他	水質調査、流向流速調査

(2) ボーリング孔の条件

表2.1の試験の目的に適合したボーリング孔の条件は、試験の種類によっても異なるが、原則として次の条件が必要である（詳細はそれぞれの試験に応じた参考書を参照されたい）。

- (1) 試験に適した孔径のボーリング(所要の孔径と許容誤差および平滑性の保持)。
- (2) 孔軸の直線性保持(孔曲がりによる孔軸のずれが許容値以内であること)。
- (3) 適切な保孔(孔壁崩壊防止、計測目的に適応した保孔方法であること)。
- (4) 試験目的に適合するよう孔底地盤の乱れを抑止すること。
- (5) 孔底に掘屑(スライム)や崩壊物を溜めないようにす

る。

- (6) 孔壁や孔底地盤の透水係数などの特性値を変化させないようにすること。

(3) 孔底を利用する原位置試験

孔底を利用する原位置試験は、孔底地盤の乱れをいかに少なくするかである。乱れの主要原因として、次の2点が考えられる。

- ① 孔底のスライム排除に循環流体を過剰に送水すると乱れる。特に孔径が大きいほど送水量も多くなり乱れやすくなる。
- ② 掘削治具の上げ下げを急速に行うと孔内の水圧変動で乱れる。特にコアバーレルなどを急速に引き上げると負圧が発生して孔底地盤が乱れる。未固結粒状地盤では特に乱れが顕著となる。

(4) 孔壁を利用する原位置試験

孔壁を利用する原位置試験で試験孔に必要な条件は、孔壁の乱れ、孔径などである。崩壊しやすい地盤は、試験に適した状態に保孔することが極めて重要であり、反面、困難な作業でもある。保孔の方法は、泥水の管理、計測方法に適した保孔パイプの挿入などがある。さらに、崩壊や押し出し等の地盤は、試験器具(ゾンデ等)をジャミングさせることがあり、孔壁の状態をよく把握して試験に臨むことが重要である。

地下水調査では、測定地盤が泥水の付着、浸透、沈着などにより透水性が悪くなるので、試験前に孔壁の洗浄を十分に行うことが重要である。また、多亀裂岩盤などでスライムが亀裂に目詰まりするとか、あるいは無水掘りによる粘性土の孔壁付着で透水性が低下することについても注意

すべきである。

9) 作泥、調泥費が廉価であること

3. 保孔

泥水の調整と浚渫により、孔内状況に改善が見られない場合は、崩壊防止セメンチングやケーシング挿入により対処する必要がある。

(1) 泥水調整

軟質岩や破砕帯・変質帯の掘削は、掘削流体に泥水を使用することが望ましい。良質の泥水を使用することが孔内事故を未然に防止し、順調な掘削の要因となる。

孔内状況に悪化の傾向を認めた場合は、直ちに改善を目的に泥水調整を実施する。良好な泥水の組成と添加剤及び性質を表2に示す。

泥水の管理は、各種の泥水試験を実施して調整を行い常に良好な泥水の性質を維持する。これを怠ると泥水の性質が悪化して孔内事故が発生する。

一般に良好な泥水の備えるべき性状を以下に示す。

- 1) 泥水比重は孔内圧力とバランスのとれた適正值であること
- 2) 粘性、ゲルストレングス（静止状態の泥水を流動させるに必要な力）が適正值であること
- 3) 脱水量が少なく、泥壁が薄く強じんであること
- 4) ベントナイトその他の無機コロイド類とシルトなどの固形物の含有量が適切で、砂分が少ないこと
- 5) 地層の崩壊防止、泥化抑制機能が優れていること
- 6) 張付きがでにくく、潤滑性に優れていること
- 7) 塩水、セメントその他の汚染物質に安定であること
- 8) 温度、圧力に対し安定性が大きいこと

表2 泥水の組成と性質

泥水の種類	主要成分					
	清水 (L)	ベントナイト (kg)	膨潤土 (kg)	界面活性剤 (L)	CMC (kg)	苛性ソーダ (kg)
ベントナイト泥水	100	7~10			0.1	
膨潤土泥水(普通工法)	100	6~7	2~5	0.2	0.1	0.1
膨潤土泥水(WL工法)	100	6~7	2~5	0.2	0.1	0.1

泥水の種類	泥水の性質				
	比重	粘速 (500cc/s)	脱水量 (cc)	泥壁 (mm)	pH
ベントナイト泥水	1.03~1.10	25~35	7以下	1以下	
膨潤土泥水(普通工法)	1.03~1.10	28~35	7以下	1以下	9.5~10
膨潤土泥水(WL工法)	1.03~1.07	23~30	7以下	1以下	9.5~10

良好な泥水を維持するために、定期的に泥水試験を行う。

泥水試験は一般に、マッドバランスを用いた泥水比重の測定、ファンネルビスコシメータを用いた粘性の測定、泥水濾過試験器を用いた泥壁形成性の測定および脱水量の測定が主たる試験である。これ以外に、砂分測定器を用いて泥水中の砂分を測定する試験がある。また、有機系の分散剤を使用する時は、腐敗防止を目的に苛性ソーダを泥水に添加しpHを9.5以上のアルカリ性に保つ必要がある。腐敗すると、泥水にリボナイトの褐色がついていても分散剤としての効果はない。

(2) ケーシング挿入

ケーシングの挿入は、崩壊、湧水および逸水などの孔内状況の改善に実施され、効果は保孔上最良の方法であるが下記のような欠点も多い。

- 1) ケーシングの挿入段数ごとに孔径は小さくなり、掘削

器具を交換しなければならない

- 2) 挿入と回収の手間を必要とし、深部への挿入は回収不能のために孔内放棄となることがある
- 3) ケーシングの挿入および回収機材を必要とし、ケーシングを含めて初期投資が大きい
- 4) ケーシング挿入区間は測定不能な検層が多い（電気検層、反射検層、キャリパー検層）

ケーシングの挿入は、ケーシング計画に基づき、さらに実際の地質状況を考慮して決める。ケーシング挿入時の注意点は、孔内状況が最悪になる前に挿入すべきである。孔内状況が最悪になると、ケーシング挿入に手間取り、所定の深度まで挿入不能となることが多い。ケーシング挿入時の管尻は、安定した岩盤に止めるのが肝要である。また、ケーシングの抜管を考慮して、アニュラス部（孔壁とケーシング部の隙間）に潤滑剤を十分に浸透させ、抜管障害を防止する。

ケーシングの回収時は、インサイドタップ、ケーシングカッター、ケーシングバンドおよびジャッキなどを準備しなければならない。

(3) セメンチング

セメンチングは、崩壊防止、湧水および逸水の防止に実施される。セメンチングは、清水掘削の亀裂の多い硬質岩に有効な方法である。泥水掘削の場合は、泥水と混合して強度が期待できず成功率は低い。セメンチング方法は、孔口投入法とロッド注入法およびポンプ注入法がある。

- 1) 孔口投入法：深度20m程度の浅い掘削に限られ、口元より高比重セメントスラリーまたは団子状硬練りセメントを投入する。一般に成功率は高く、特に団子状セ

メントは地下水が流動している砂礫層や空洞に有効である。

- 2) ロッド注入法：深度20～30m程度に用いられ、注入箇所まで降下したロッドの上端よりセメントスラリーの比重で自然注入する方法で、比較的濃度の高いセメントスラリーを注入できる利点があるが、加圧はできない。

- 3) ポンプ注入法：比較的深い深度に用いられ、注入箇所までロッドを降下した後、ポンプでセメントスラリーを注入する一般的な方法である。

セメントの溶解は、ミキサーで時間をかけて攪拌すると安定したセメントスラリーが作成できる。

スラリー比重は使用目的により選定する。一般に崩壊防止時は、スラリー比重1.80程度の高比重とし、分散剤を添加して粘性を調整する。逸水・湧水防止時のスラリー比重は逸水・湧水の量により1.6～1.7程度に調整する。低比重のスラリーを作成する場合は、脱水量減少剤を添加し、遊離水を減少させる。

4. 掘進時の事故とトラブル

掘進時の事故は、人身事故と孔内事故に分けられる。人身事故は安全衛生法に関連するので他書に譲ることとし、ここでは孔内事故の原因と対策、および掘進トラブルの兆候と対策について述べる。

4.1 掘進時の孔内事故の原因と対策

(1) ロッドの落下

この事故は、ロッドを引き上げる際よりも、ロッドの挿

入時に往々にして発生する。浅掘りの場合は、継ぎ足したロッドを急激に降ろし過ぎてロッドトングの操作ミスをしたり、挿入したロッドを若干高く止めてしまい、もう少し低くと考え、パイプレンチ等を使用せず手でロッドを持ち、ロッドホルダーを緩めた場合などによく発生する。また、ロッドホルダーの駒がすり減っている場合も落下事故を招くことがある。

ロッドの回収方法は、ロッドの上端が浅い位置にあれば同じロッドを挿入し、ロッドのネジ山を合わせることで回収できる場合もあるが、深くなればタップ類を用いて回収する。タップはアウトサイドとインサイドがある。

(2) 器具の落下

パイプレンチやカップリング等を孔内に落とすことがある。小さい器具等であれば、コアチューブでコアと共に採取できるが、孔径と同じであれば包み切りかセメンテーションで固めて切り砕く方法が考えられる。工具類はロープで結んでおくことにより落下防止につながる。

落下事故は往々にして気のゆるみから発生することが多いので、肝に命じておくべきである。

(3) ロッド、コアチューブの切断

ロッドの切断は、メスネジ部が摩耗やひび割れで発生することが多い。摩耗についてはノギスで確認され、ひび割れについては揚管後のやや乾燥した状態時に目視で発見される。また、顕著な孔曲がり時にカップリング周辺で切断することがある。

コアチューブの切断は、砂礫層の掘削時や破碎帯等の無水掘り時に発生することが多い。この原因はメスネジ側外径が摩耗で肉薄になった場合が多い。

これらの回収は、一般的にインサイドタップの使用が多い。

このようなことから、ロッドやコアチューブは、常にネジ部や肉厚を点検し、早めに交換すべきである。

(4) 崩壊事故、抑留事故

崩壊事故は、ゆるい砂層、砂礫層および破碎帯等で発生する。一方、抑留事故は崩壊物や多量の残留スライムで発生することが多い。これらの危険を感知した場合は、素早いロッドの引き上げ、孔内状況に応じた泥水の切り換え、ケーシングの挿入あるいはセメンテーション等を行い、事故を未然に防ぐ早めの対策が望まれる。不幸にして事故が発生した場合は、可能な限り送水を続けるとともに、回転も止めぬよう努力すべきであり、気長にロッドを上下させ、除々に引き抜くことが肝要で、決して焦ってはいけない。崩壊事故や抑留事故の回復は、一般的にハンマー（モンケン）による打ち上げ・打ち下ろしを繰り返し、送水（泥水）を送り続けられる状態を維持もしくは作り出し、とにかく、なんとかロッドを回転させ、かつスライムを気長に排出する。

以上の対策で効果がない場合は、コアチューブの肩まで同径か一段細いケーシングまたはコアチューブで、残留コアチューブの上位をさらう。このような対策で回復不能の場合は、ロッドの左回しや左ロッド等で回収し、コアチューブは包み切りまたは切り飛ばし等の処置をする。

(5) 逸水事故

掘進中に逸水が発生すると、スライムの沈下に伴って抑留事故につながる可能性がある。逸水の程度にもよるが、逸水防止剤の使用、セメンテーションまたはケーシング挿入

等の対策を早めに実施することが重要である。

4.2 掘進トラブルの兆候と対策

掘進中は、掘進状況の変化を把握し、トラブル防止に細心の注意を払わなければならない。トラブルが発生するとコア採取が困難となるだけでなく、掘進の回復に多大の努力を必要とし、作業の遅延、経費の増大といった損失となる。掘進トラブルの兆候と対策を表3に示す。

表3 掘進トラブルの兆候と対策

事故の名称	現象・徴候	原因	対策
コア詰り	●掘進速度の低下 ●ポンプの水圧が高くなる ●レバーの感触がゴトゴトする	●コアチューブが一杯になる ●縦割れ亀裂のコアが楔状にコアバレルに入った場合 ●落コアが楔状にコアバレルに入った場合	●ロッドを3～5m位2、3回上下する ●レバーで急激に上下して、ショックを与える ●コアバレルを回収する
喰締め ジャミング	●ロッドやコアバレルが孔中で不動となる	●崩壊、押出し ●スライムが孔中に残る ●楔状硬質岩が落下しコアバレルに引っかかる ●泥水の張り付き	●強引したり急激に荷重をかける ●ジャッキ強引 ●モンケンによる打ち上げ ●ロッドの左戻しをして押さえられた所をポンプで流しきる
崩壊	●コアバレルが降りなくなる ●孔底に崩壊物が貯る ●コアバレルを掲げるとき途中、不動となり重くなる	●地層が速く崩れるまたは、押し出す	●泥水の利用 ●ケーシングパイプの挿入 ●セメント注入
スライム詰り	●ベルトのスリップ ●喰締め ●ポンプ圧の上昇	●孔中のスライムが完全に排除されずに残る	●ポンプ圧を増す ●セジメントチューブを使う ●セメント注入を行う ●ケーシングを入れる ●泥水を使う ●逆透水を行う
孔曲り	●ボーリングツールの片減りが激しい ●ケーシングパイプの挿入の際の抵抗が大きい ●ロッド・ケーシングチューブの切断	●屈曲または摩耗したロッドの使用 ●給水不足 ●層理、節理等の亀裂の発達した地盤、または硬軟変化の激しい地盤による孔のねじれ	●セメンテーションを行ない再掘進する ●くさびを用いて修正する
湧水	●ポンプ排水の増加 ●孔内からの湧水	●湧水帯に掘り込む	崩壊のおそれがある場合 ●セメント注入 ●ケーシングパイプの挿入 ●泥水の使用
逸水	ポンプ排水が減る、または、上昇しない	●逸水帯に掘り込む ●亀裂帯に掘り込む	●セメント注入 ●ケーシングパイプの挿入 ●泥水（石灰泥水）の使用

事故の名称	現象・徴候	原因	対策
ガスの噴出	●湧水とガスがでる ●ガスが噴出する	●ガス層に掘り込む	●ケーシングパイプの挿入 ●泥水の使用 ●孔口を覆いガス、水を他に放出する ◎火気の取扱に注意する
落ちコア	●チューブを下げる際途中でつかえる ●孔底に残コアがある	●コアが完全に上がらなかったり、引上げ途中で落下する	●エラストックチューブを用いてコア落ちを防止する ●落ちコアのある場合はロッドを回したり突いたりして一旦コアを孔底に落し回収する
ロッドの切断	●急にロッドが軽くなる ●急にポンプの水圧が低下する（稀に上昇することがある） ●音がする	●腐朽ロッドの使用 ●硬質岩盤掘削の際の回転ショック ●孔曲りによるロッドの屈曲 ●喰締めによる強引 ●下降時の急激な停止によるショック（特に深掘り）	●地層孔内状況を熟知する ●使用ロッドの腐朽状態の検査 ●ロッドの降下は慎重に行う
ロッドよりの漏水	●ベルトのスリップ ●掘進できなくなる ●ポンプ圧が低下する ●コアが焼き付く	●ロッドやホースが老朽化し、漏水する	●破損箇所を取り替える ●ロッドのネジ部にパッキンを入れる
ケーシング故障	●ケーシングパイプの落下 ●ケーシングパイプの切損 ●回収の困難 ●ケーシングパイプの喰締め	●肉薄の鋼管であるため破損し易い。特にネジ部は破損し易い	●ケーシングパイプは破損し易いため、取扱は慎重に行う。回収が困難な場合は Cutter で喰締められた部分の上端から切断し、回収する
ベルトのスリップ	●掘進中動力のベルトがスリップする	●崩壊 ●スライム ●ポンプ水が孔底に廻っていない ●硬い亀裂のある地層に掘り込む	●喰締めの前兆であり、明らかに硬い岩盤に掘り込んだと考えられる場合を除いて、ロッドを引き上げ、原因を探究し、対策を施す。

5. 傾斜、水平ボーリングと孔曲がり

(1) 傾斜、水平ボーリング

傾斜や水平ボーリングは、掘進角度にもよるが、垂直ボーリングに比べてスライムの排除効率の低下、湧水および崩壊等の悪条件を伴う。特に、泥水による湧水の抑止や崩壊の防止が難しく、保孔にケーシングの段数を増す必要がある。掘進可能深度は破碎帯や変質帯の出現に規制される。また、深度が増すほど孔曲がりが大きくなり、調査精度が低下する。最近長大トンネルの先進ボーリングや資源探査ボーリングは、水平または低角度の深掘ボーリングの必要性が強くなり、探査深度が1,500～2,000mに達している。

傾斜・水平ボーリングは、垂直工法に比べ孔曲がりの比率が大きく、特に結晶片岩など異方性の強い中硬岩や硬岩では、片理面に直交する方向に曲がる傾向が強い。したがって、孔曲がり測定、孔曲がり防止工法および孔曲がり補正（コントロールボーリング）の技術を応用しながら掘進することが多い。

一般的な水平ボーリングは、深度100mまでは普通工法、深度100～200mではボーリングマシンの仮設状況により普通工法かワイヤライン工法、深度200m以上ではワイヤライン工法が用いられている。水平用のワイヤライン工法のコアバーレルは、アンダーグランドワイヤラインコアバーレルが使用される。

(2) 孔曲がり

深度50m以上の垂直、傾斜または水平ボーリングでは、ボーリング孔の孔曲がりが発生する。この孔曲がりとは、掘削時の地質的条件に起因することが多く、地質的には硬軟差の大きい互層、地層境界、節理、片理、断層、破碎帯お

よび空洞等があげられる。機械的には、ビット回転方向へのねじれが主因であり、ビットの摩耗、ロッドの座屈、不適切な給圧・給水・回転が曲がりを増幅する。

一般に孔曲がりが大きくなると調査対象範囲から外れ、調査精度が低下する他、ロッドやケーシングの損耗が進み、孔壁の保全に悪影響が発生する。また、防災予知目的や地震計埋設などの精密な計測機器設置孔は、孔曲がりの許容範囲が仕様で規制される。

孔曲がり対策には、掘進上の注意として次の5点があげられる。

- ①ボーリング機械を水平に据え、しっかり固定する。
- ②切れ味のよいビットを使用し、適切な給圧、回転数による無理のない掘進を行う。
- ③口径に近い径のロッドを用い、できるだけ長いコアバーレルを使用する。
- ④孔内のスライム排除をよくする。
- ⑤大口径や工事用掘削では、スタビライザーやドリルカラーを用いる。

孔曲がり測定器は、村田式、イーストマンコダック型、スペリーサン型等の写真式が使用されている。さらに、これらより精度の高い測定器としてジャイロ型のものが普及しつつある。

(3) コントロールボーリング

最近のコアボーリング調査では、重力ダム軸に沿ってダム基盤地質を横断して掘削・調査する工法、長大トンネルのクレスト部分(縦断勾配の頂点)を越える先進ボーリングで、断面を外さないようトンネル勾配に沿って掘進する工法、さらに地熱調査ボーリングで貯留構造を補足できる

ような部分傾斜工法など、孔曲げを強制的に行って掘進する工法が求められてきた。このような工法をコントロールボーリングと呼んでいる。

コアリングを行いながら孔曲げを強制的に進めることができるものとして、くさび(ウエッジ)工法がある。くさびによる孔曲げ工法は、垂直孔だけでなく、水平、傾斜孔でも応用可能である。くさびによる孔曲げは、目的角度の達成に、孔曲がり測定－くさびの固定－掘削－孔曲がり測定、を複数回反復することから時間を要し、コスト高になる欠点がある。これらの他に、先端駆動型のダイナドリルやナビドリルがあり、任意の方向に曲げることが可能であるが、コア採取が不能なこと、孔径が比較的大きいことおよびコスト高になる欠点がある。

<参考文献>

- 1) 建設業労働災害防止協会編：ボーリングマシン運転者必携、第2節施工時の注意事項、pp. 112～114, 1994. 7.
- 2) 関東地質調査業協会編：新編ボーリング孔を利用する原位置試験についての技術マニュアル、pp. 15～37, 1995. 10.
- 3) 全国地質調査業協会連合会編：新版ボーリングポケットブック、オーム社、3・7事故対策、pp. 193～213, 1993. 10.
- 4) 沖野文吉ボーリング用泥水技報堂出版株式会社

(3) ケーシングパイプの規格

規 格	呼び径	外 径 (mm)	内 径 (mm)	肉 厚 (mm)	質 量 (kg/m)
JIS 規格	43	43	37	3.0	2.96
	53	53	47	3.0	3.70
	63	63	57	3.0	4.43
	73	73	67	3.0	5.17
	83	83	77	3.0	5.93
	97	97	90	3.5	8.07
	112	112	104	4.0	11.90
	127	127	118	4.5	13.60
DCDMA 規格 (Wシリーズ)	142	142	133	4.5	15.30
	EW	46.0	38.1	3.95	4.17
	AW	57.1	48.4	4.35	5.64
	BW	73.0	60.3	6.35	10.43
	NW	88.9	76.2	6.35	12.60
	HW	114.3	101.6	6.35	16.83
	PW	139.7	127	6.35	19.62

材質：試験用継目無鋼管 (STM-C55 or STM-C65)

(4) 配管用・圧力配管用炭素鋼管の規格

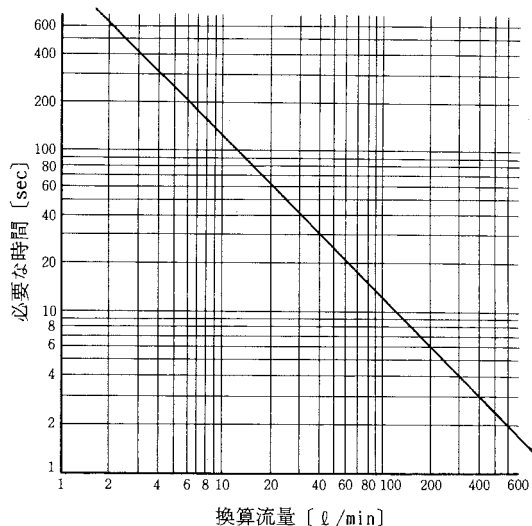
呼び径		外径 (mm)	SGP (JISG3442)		STPG (JISG3454)			
			厚さ (mm)	質量 (kg/m)	Sch20		Sch40	
(A)	(B)				厚さ (mm)	質量 (kg/m)	厚さ (mm)	質量 (kg/m)
15	1/2	21.7	2.8	1.31	—	—	2.8	1.31
20	3/4	27.2	2.8	1.69	—	—	2.9	1.74
25	1	34.0	3.2	2.43	—	—	3.4	2.57
32	1-1/4	42.7	3.5	3.38	—	—	3.6	3.47
40	1-1/2	48.6	3.5	3.89	—	—	3.7	4.10
50	2	60.5	3.8	5.31	3.2	4.52	3.9	5.44
65	2-1/2	76.3	4.2	7.47	4.5	7.97	5.2	9.12
80	3	89.1	4.2	8.79	4.5	9.39	5.5	11.3
90	3-1/2	101.6	4.2	10.10	4.5	10.8	5.7	13.5
100	4	114.3	4.5	12.19	4.9	13.2	6.0	16.0
125	5	139.8	4.5	15.02	5.1	16.9	6.6	21.7
150	6	165.2	5.0	19.75	5.5	21.7	7.1	27.7
175	7	190.7	5.3	24.20	—	—	—	—
200	8	216.3	5.8	30.10	6.4	33.1	8.2	42.1

(5) 硬質塩化ビニル管の規格 (JIS K6741)

呼 び 径	外 径 (mm)	厚 さ (mm)	近似内径 (mm)	参考質量 (kg/m)
13	18	2.5	13	0.174
16	22	3.0	16	0.256
20	26	3.0	20	0.310
25	32	3.5	25	0.448
30	38	3.5	31	0.542
40	48	4.0	40	0.791
50	60	4.5	51	1.122
65	76	4.5	67	1.453
75	89	5.5	77	2.202
100	114	6.6	100	3.409
125	140	7.0	125	4.464
150	165	8.9	146	6.701
200	216	10.3	194	10.129

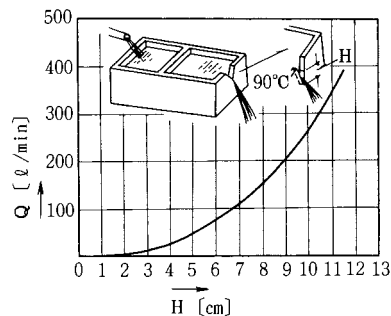
(6) 流量換算図及び三角ノッチ流量表

石油缶一杯（20ℓ）に要する時間からの
流水の流量換算図



三角ノッチ流量表

$$\text{トムソンの公式： } Q = 0.84 \cdot H^{5/2}$$



H	Q	H	Q	H	Q	H	Q
0.2	0.0	3.4	17.9	6.6	94	9.8	253
0.4	0.1	3.6	20.6	6.8	101	10.0	266
0.6	0.2	3.8	23.7	7.0	109	10.2	279
0.8	0.5	4.0	26.9	7.2	117	10.4	293
1.0	0.8	4.2	30.3	7.4	125	10.6	307
1.2	1.3	4.4	34.1	7.6	134	10.8	322
1.4	1.9	4.6	38.1	7.8	143	11.0	337
1.6	2.7	4.8	42.4	8.0	152	11.2	353
1.8	3.6	5.0	47.0	8.2	162	11.4	369
2.0	4.8	5.2	51.8	8.4	172	11.6	385
2.2	6.0	5.4	56.9	8.6	182	11.8	402
2.4	7.5	5.6	62.4	8.8	193	12.0	419
2.6	9.2	5.8	68.1	9.0	204	12.2	437
2.8	11.0	6.0	74.1	9.2	216	12.4	455
3.0	13.1	6.2	80.4	9.4	228	12.6	473
3.2	13.9	6.4	87.1	9.6	239	12.8	492

[単位] ノッチ高 (H) : cm, 流量 (Q) : ℓ/min

(注) ノッチ高 5.0cm 以下は誤差が大きくなることから定量
容器とストップウォッチにて測定することが望ましい。

(7) 土の透水性と排水性の評価

透水係数 k (cm/sec)											
100 10 1 10 ⁻¹ 10 ⁻² 10 ⁻³ 10 ⁻⁴ 10 ⁻⁵ 10 ⁻⁶ 10 ⁻⁷ 10 ⁻⁸ 10 ⁻⁹											
排水性		排水良好			排水不良			実用上不透水			
土の種類	粘土を含まない礫	粘土を含まない砂および砂礫	微細砂、有機質および無機質シルト、砂、シルト・粘土の混合土、成層堆積粘土など				風化帯以下の均質な粘土のようないわゆる「不透水土」				
			いわゆる「不透水土」が植物および風化作用によって変質したもの								

透水係数 k (cm/sec)													
	10 ²	10 ¹	1.0	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	
排水状態	きわめて良い			良			い		良くない		きわめて悪い		
土 質 状 態	きれいな砂利			きれいな砂		細砂、有機質および無機質シルト、砂とシルトと粘土の混合土、粘土質堆積層 植物の育生と風化作用をうけた不透水層						不透水性土 深い粘土層	
				きれいな砂利									
				まじりの砂									
直接試験方法	現地揚水試験			定水位透水試験									
													変水位透水試験
間接試験方法	粒度分布と開けき比から算定			水平毛管流試験									圧密試験から算定

(8) ボーリングロッドの規格

規格	呼び径	外径 (mm)	内径 (mm)	カップリング内径 (mm)	質量 (kg/m)	備考
JIS ボーリングロッド	33.5	33.5	23	13	3.7	
	40.5	40.5	31	17	4.3	
	50	50	37	22	7.3	
JIS 規格に準じた規格ロッド	T60A	60	47	25	9.1	利根規格
	Y60	60	46	28	9.5	YBM 規格
	T73	73.1	61.1	35	13.6	利根規格
	F7B	73.1	58	35	13.1	鉦研規格
	73	73.1	59.1	30		YBM 規格
	85	85	71	45		YBM 規格
	T90	88.9	72.9	44	17.9	利根規格
	F9B	88.9	74.4	44	16.7	鉦研規格
	89	88.9	75.1	38		YBM 規格
DCDMA 規格ロッド	EW	34.9	22.2	12.7	4.59	
	AW	43.6	30.9	15.9	6.10	
	BW	54.0	44.5	19.0	6.23	
	NW	66.7	57.2	34.9	8.04	
	HW	88.9	77.8	60.3	12.66	
ワイヤーラインロッド (Q シリーズ)	EQ	35.0	26.5	—	3.67	
	AQ	44.5	34.9	—	4.63	
	BQ	55.6	46.0	—	5.97	
	HQ	69.9	60.3	—	7.58	
	HQ	88.9	77.8	—	11.45	
	PQ	117.5	103.2	—	15.26	

材質：試験用継目無鋼管 (STM-R60, R70, R80)

(9) シングルコアチューブとビットの規格 (JIS M1401)

呼び径	外径 (mm)	内径 (mm)	厚さ (mm)	重量 (kg/m)	ビット径 (mm)	コア径 (mm)	孔容量 (L/m)
34	34	26.5	3.75	2.80	36	22	1.02
44	44	34.5	4.75	4.60	46	30	1.66
54	54	44.5	4.75	5.77	56	40	2.46
64	64	54.5	4.75	6.94	66	50	3.42
74	74	64.5	4.75	8.11	76	60	4.54
84	84	74.5	4.75	9.28	86	70	5.81
99	99	88.5	5.25	12.10	101	84	8.01
114	114	103.5	5.25	14.10	116	99	10.57
129	129	118.5	5.25	16.00	131	114	13.48
144	144	133.5	5.25	18.00	146	129	16.74

ビット径はメタルクラウンビットの規格

(10) シングルコアチューブ用ダイヤモンドビット及び

ダイヤモンドリーミングシェルの規格 (JIS M1401)

呼び径	ビット		リーミングシェル	孔容積 (λ/m)
	外径 (mm)	コア径 (mm)	外径 (mm)	
36	36	22	36.5	1.05
46	46	30	46.5	1.70
56	56	40	56.5	2.51
66	66	48	66.5	3.47
76	76	58	76.5	4.60
86	86	68	86.5	5.88
101	101	77	101.7	8.12
116	116	92	116.7	10.70
131	131	105	131.7	13.62
146	146	120	146.7	16.90

(11) ダブルコアチューブの規格

型 式	呼 び 径	ビットセット		アウターチューブ*		インナーチューブ*	
		外径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)
利 根 DN 形	36	36	22	35	29	27	23
	46	46	32	45	38.5	36.5	33
	56	56	40	55	49	46	40.8
	66	66	50	65	59	56	50.8
	76	76	60	75	69	66	60.8
	86	86	70	85	79	76	70.8
利 根 D-14 形	101	101	75	99	91	84	77
	116	116	88	114	105	97	90
	131	131	102	129	119	112	105
	146	146	116	144	134	127	118
吉 田 YBM	36-T	36	22	35.2	29.5	27.5	23.5
	46-C	46	32	45	38	36.5	33.5
	56-T	56	42	55	49.5	47.3	43
	66-T	66	52	65	59.5	57.3	53
	76-T	76	62	75	67.3	67.3	63
	86-T	86	72	85	77.3	77.3	73
鉦 研 STH 型	36	36	22	35	29	27	23
	46	46	32	45	40	38	33
	56K	56	40	55	49	46	41
	66K	66	50	65	59	56	51
	76K	76	60	75	69	66	61
	86	86	72	85	80	77	73
鉦 研 SK-3 型	46	46	24	44	37	34	27
	56	56	34	54	47	44	37
	76	76	48	74	64	60	50
	86	86	58	84	77	70	60
	101	101	72	99	89	84	74
	116	116	86	114	105	99	89
	131	131	101	129	120	114	105

コアチューブ長さ: 3.0m, 1.5m

(12) ワイヤーラインコアバーレルの規格

型 式	呼び径	ビットセット		アウターチューブ*		インナーチューブ*	
		外径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)	外径 (mm)	内径 (mm)
Q シリーズ*	AQ	47.63	26.9	46	36.5	32.5	28.6
	BQ	59.56	36.4	57.2	46.0	42.9	38.1
	NQ	75.31	47.6	73.0	60.3	55.6	50.0
	HQ	97.54	63.5	92.1	77.8	73.0	66.7
	PQ	122.04	84.9	117.5	103.5	95.3	88.9

ワイヤーラインビットは標準品規格

岩質により様々なオーバーサイズ ビットがある

(13) 特殊コアバーレルの規格

型 式	呼び径 (形式)	ビットセット		内・外管 クリアランス (mm)	コア 採取長 (m)	掘削水	
		外径 (mm)	内径 (mm)				
S 型 S.M 型 (株)コアパック	CPS 66	66.0	45.0	2.0	1.0 , 1.5	泥水 (清水)	
	CPS 76	76.0	55.0	2.0			
	CPS 86	86.0	65.0	2.5			
	CPS 116	116.0	92.0	2.5			
NEW S.M 型 (株)コアパック	76S	76.0	55.0	1.5	1.0	泥水 (清水)	
	86S	86.0	65.0	2.0			
	116S	116.0	92.0	4.5			
	86 Triple	86.0	65.0	2.0			
Nタイプ アイジエ工業	N 46- 30	46.0	30.0	1.0	2.0	清水	
	N 56- 40	56.0	40.0	1.0			
	N 66- 50	66.0	50.0	1.0			
	N 76- 60	76.0	60.0	1.25	1.5		
	N 86- 70	86.0	86.0	1.25			
	N116- 95	116.0	95.0	2.0			1.0
	N146-125	146.0	146.0	1.5			
トリプルチューブ Q-3 V-3 (株)エヌエルシー	BQ-3	60.0	33.5	1.55	1.5, 3.0	泥水 (清水)	
	NQ-3	75.8	45.1	2.35			
	HQ-3	96.0	61.1	2.4			
	PQ-3	122.6	83.0	3.95			
	BV-3	60.0	33.5	1.55			
	NV-3	75.8	45.1	2.35			
	HV-3	96.0	61.1	2.4			
	PV-3	122.6	83.0	3.95			
トリプルチューブ (株)YBM	86 Triple	86.0	61.0	2.0	1.0	泥水 (清水)	
	102 Triple	102.0	81.0	4.0			
	116 Triple	116.0	90.0	3.0			
トリプルチューブ 鉦研工業(株)	KB-Q(T)	59.5	33.4	1.5	1.5 2.0 3.0	泥水 (清水)	
	KN-Q(T)	75.3	44.5	2.2			
	KH-Q(T)	97.5	60.5	2.4			
	TTC-N	75.3	52.0	2.0			
トリプルチューブ (株)利根	NQT-V3	75.3	45.1	2.35	1.5, 3.0	泥水 (清水)	
	HQT-V3	96.0	61.1	2.4			

- ・特殊コアバーレルは、軟質、破碎、脆弱な地層のコアリングにおいてコア採集率を向上させるために使用される
- ・(株)コアーパック S型は軟質用、S.M 型は中硬質地層用 S型コアバーレルに部品追加により S.M 型となる
- ・(株)コアーパック NEW S.M 型は中硬質地層用。内管にアクリル管(強化透明管)を使用してコア状況が一目で判明
- ・(株)コアーパック 86Triple は、三重管構造(アクリル管)コアパックチューブ
- ・(株)エヌエルシーの Q-3 は、Qワイヤーラインコアバーレルのインナーチューブの中に、ステンレス製縦2分割のスプリットチューブを組込んだもの

- ・ 鋼エヌエルシーの V-3 トリプルコアパールは、普通工法用で、3 重管にアクリル透明管を使用する
- ・ 鋼YBM トリプルチューブは、3 重管に VU 管を使用する
- ・ 鉋研工業㈱の Q(T) と 鋼利根の QT-V 3 は、Qワイヤーラインコアパールのインナーチューブの中にスプリットチューブを組込んだもの
- ・ 鉋研工業㈱の TTC-N は、普通工法用でインナーチューブの中にスプリットチューブを組込んだもの

(14) トリコンビットの規格

サ イ ズ		接続ネジ (API 規格)	サ イ ズ		接続ネジ (API 規格)
インチ	mm		インチ	mm	
3	76.2	50 ットネジ	5-7/8	149.2	3-1/2Reg
3-3/8	85.7	50Reg	6-1/4	159.7	3-1/2Reg
3-7/8	98.4	2-3/8Reg	6-3/4	171.5	3-1/2Reg
4	102.6	2-3/8Reg	7-5/8	193.7	4-1/2Reg
4-1/2	114.3	2-7/8Reg	8-1/2	215.9	4-1/2Reg
4-5/8	117.5	2-7/8Reg	8-5/8	219.0	4-1/2Reg
4-3/4	120.6	2-7/8Reg	9	228.6	4-1/2Reg
5	127.0	2-7/8Reg	9-5/8	244.4	4-1/2Reg
5-1/8	130.2	2-7/8Reg	9-3/4	247.7	4-1/2Reg
5-5/8	142.9	3-1/2Reg	9-7/8	250.8	6-5/8Reg

(15) セメントスラリー比重とセメント 1 袋 (25kg) の出来上がり量

セメント比重 : 3.15 1S : 25kg

スラリー比重	水-セメント比 W/C	溶解水量 リットル	出来上がり量 リットル
1.60	0.820	20.50	28.44
1.62	0.783	19.59	27.52
1.64	0.749	18.73	26.66
1.66	0.717	17.92	25.86
1.68	0.686	17.16	25.09
1.70	0.658	16.44	24.38
1.72	0.631	15.76	23.70
1.74	0.605	15.13	23.06
1.76	0.581	14.51	22.45
1.78	0.558	13.94	21.88
1.80	0.536	13.39	21.32
1.82	0.515	12.88	20.82
1.84	0.495	12.38	20.31
1.86	0.476	11.91	19.84
1.88	0.458	11.45	19.39
1.90	0.444	11.11	19.04
1.92	0.424	10.61	18.54
1.94	0.409	10.21	18.15
1.96	0.394	9.83	17.77
1.98	0.379	9.48	17.10
2.00	0.365	9.0	17.06

(16) 泥水基本剤・調整剤

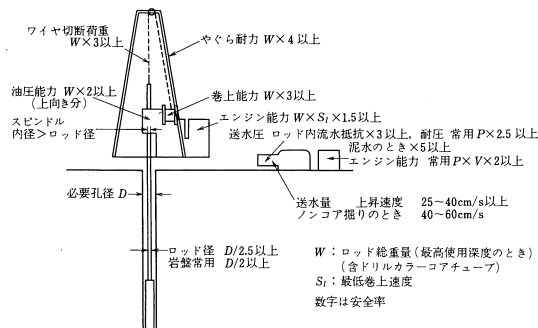
名 称	成分・機能	添加量(%)	荷 姿
無機コロイド剤	増粘・泥壁形成		
ペントナイト	Na-モンモリロナイト		
	清水ベース用基本剤増粘・泥壁形成	2~10	25kg 紙袋
ネオケボント	Ca-モンモリロナイト		
	海水・塩類ベース用基本剤	10~15	25kg 紙袋
有機コロイド剤	泥壁改良・脱水水量減少剤		
TE-MS	Na-カルボキシルセルロース (CMC)	0.1~0.4	10kg 紙袋
TE-L	Na-カルボキシルセルロース (CMC)	0.1~0.4	20kg 紙袋
TE-HS	Na-カルボキシルセルロース (CMC)	0.1~0.4	20kg 紙袋
レスター	植物性合成ポリマー 増粘性、一定時間後加水分解	0.3~1.0	20kg 紙袋
ボリマー泥水剤	ボリマー泥水用基本剤		
テルコートL	特殊高分子ボリマー 増粘・孔壁保護皮膜形成	0.1~0.5	18kg 缶
クイックマット	合成長鎖有機ボリマー・無機硅酸塩類 海水用インサント泥水材料	2.0~5.0	20kg 紙袋
分散剤	粘性・イールド・バリュエーション・ゲルストレングス低下		
リボナイト	リガニジン・脂肪酸・リガニジン・脂肪酸・リガニジンの混合物 地層の崩壊・膨潤と泥化抑制	2.0~5.0	20kg 紙袋
テルナイト BX	リガニジン誘導体、海水でも使用可 崩壊・膨潤と泥化抑制、高温安定	1.0~5.0	20kg 紙袋
テルフロー	水溶性ナトリウム・硫酸 セメント・リグド汚染の改善剤	0.5~1.0	20kg 缶
界面活性剤	張付防止トルク減少		
マッドオイル D	高級脂肪酸エステル トルク減少・張付防止	0.5~3.0	18kg 缶
テル DD	非イオン・アモ系配合型活性剤 ビット・ロッドの洗浄剤・潤滑剤	0.2~0.5	17kg 缶
スピートナー P	非イオン・アモ系配合型活性剤 潤滑性の向上・トルク減少	0.2~0.5	16kg 缶
テルグリン	高分子非イオン系配合型活性剤 潤滑性・パイプの耐摩耗性 清水に使用、トルク・パイプ・レセプション軽減用	0.4~1.0	18kg 缶
クリーンリユース	ポリオキシエチレン・ポリオキシプロピレン 水溶性潤滑剤 (非油脂性)・抑制膨潤性	2.0~5.0	18kg 缶
壁保護強化剤	孔壁を保護膜で強化		
アステックス L	スルホン化アスファルト誘導体 泥岩と頁岩類の崩壊防止と抑留防止	0.5~2.0	16kg 缶
アステックス P	スルホン化アスファルト・スルホン化リグニナイト 亀裂をプラグ・シール・孔壁強化	0.5~2.0	20kg 紙袋
採取率向上剤 TK-60B	ポリアクリル酸・リグニナイト 全量逸泥・崩壊層のコア採取向上	0.15~0.2	20kg 紙袋
逸泥防止剤	逸泥の防止・数種類を組合せ使用		
テルストップ G	綿実粒状	適量	20kg 紙袋
テルストップ P	綿実粉状	適量	25kg 紙袋
テルプ ラブ	胡桃殻粒状 (C・M・F の 3 種類)	適量	20kg 紙袋
マッド シール	バブル加工品粉状	適量	10kg 紙袋
テルシール	蛭石粉状 (フレック)	適量	10kg 紙袋
テルマイカ	雲母フレーク状	適量	10kg 紙袋
TN-ファイバー	人工無機繊維 (纖維状)	適量	25kg 紙袋

(17) 普通セメント用添加剤

名 称	成分・機能	添加量(%)	荷 姿
マイテイ 100	ナフタリン・スルホン酸塩類 セメントの分散剤・流動特性改善剤	0.5~2.0	25kg 紙袋
T F - 1	ナフタリン・リグニン・アミノシリケートの複合物 セメントスリ・脱水量減少剤	0.5~2.0	20kg 紙袋
T R - 1 8	ホウ酸塩類 セメント遅硬化剤	0.5~2.0	10kg 紙袋
塩化カルシウム	CaCl ₂ セメント速硬化・硬化促進	2.0~4.0	25kg 紙袋

添加量はセメント重量に対するの百分率

(18) ボーリング機械選定の条件基準



〔付録. 3〕 主要岩石

「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」から引用



優白質中粒の黒雲母花崗岩。(広島県)



花崗岩に比べて細粒で優黒質な閃緑岩。(岩手県)



閃緑岩よりもさらに塩基性のハンレイ岩。(北海道)



流紋岩。流理に沿った波状の節理が発達する。(三重県)



安山岩溶岩。赤茶けた部分は自破碎部で手前のブロックは塊状部。(熊本県)



玄武岩溶岩。枕状構造が見られる。(北海道)



砂岩頁岩互層。風化特性の違いにより凹凸を呈する。
(大阪府)



凝灰岩（下部）と火山礫凝灰岩（上部）。(岩手県)



安山岩質凝灰岩。(岩手県)



石英安山岩質溶結凝灰岩。(山口県)



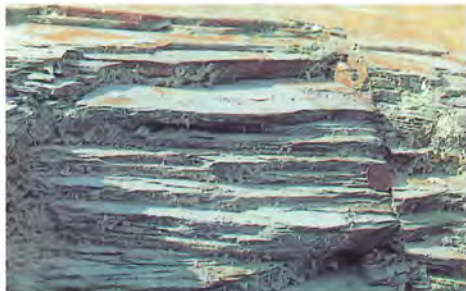
塊状の石灰岩。(山口県)



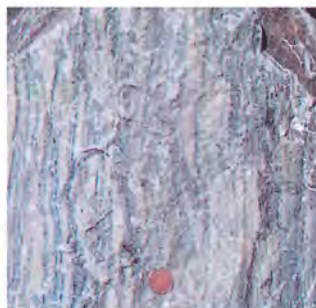
層状チャート。(埼玉県)



砂質ホルンフェルス。(北海道)



緑色片岩。(和歌山県)



縞状模様の顕著な大理石。(宮城県)

〔付録. 4〕 S I 単位にかかる単位換算

力/荷重/重量

$$1 \text{ kgf} \approx 9.81 \text{ N}$$

$$[\text{厳密な換算: } 1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}]$$

$$1 \text{ tf} \approx 9.81 \text{ kN}$$

$$1 \text{ N} \approx 0.102 \text{ kgf}$$

$$1 \text{ dyn} (f\text{dyn}) = 1 \times 10^{-5} \text{ N}$$

角度/長さ/面積/容積/密度

$$1^\circ = (\pi/180) \text{ rad}$$

$$1 \mu (ミクロン) = 1 \mu\text{m} = 1 \times 10^{-6} \text{ m}$$

$$1 \text{ \AA} (アングストロム) = 1 \times 10^{-10} \text{ m}$$

$$1 \text{ a} (ア) = 100 \text{ m}^2$$

$$1 \text{ l} (リットル) = 1000 \text{ cm}^3 \text{ (L, l と書く)}$$

$$1 \text{ g/cm}^3 = 1 \text{ t/m}^3 = 1 \text{ Mg/m}^3$$

応力/圧力/体積圧縮係数

$$1 \text{ kgf/cm}^2 \approx 98.1 \text{ kPa} = 98.1 \text{ kN/m}^2$$

$$1 \text{ tf/m}^2 \approx 9.81 \text{ kPa} = 9.81 \text{ kN/m}^2$$

$$1 \text{ kgf/mm}^2 \approx 9.81 \text{ MPa} = 9.81 \text{ N/mm}^2$$

$$1 \text{ kPa} \approx 0.0102 \text{ kgf/cm}^2$$

$$\approx 0.102 \text{ tf/m}^2$$

$$1 \text{ N/mm}^2 = 1 \text{ MPa} \approx 0.102 \text{ kgf/mm}^2$$

$$\approx 10.2 \text{ kgf/cm}^2$$

$$1 \text{ bar} = 100 \text{ kPa} = 0.1 \text{ MPa}$$

$$1 \text{ atm} (\text{気圧}) \approx 1013 \text{ hPa} (= \text{mbar})$$

$$1 \text{ mmHg} \approx 9.81 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ mmHg} \approx 0.133 \text{ kPa}$$

$$1 \text{ m}^2/\text{kN} = 1 (\text{kPa})^{-1} \approx 9.81 \text{ m}^2/\text{tf}$$

工率/動力

$$1 \text{ PS} (\text{仏馬力}) \approx 0.736 \text{ kW}$$

$$1 \text{ kW} \approx 1.36 \text{ PS}$$

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m/s} \approx 9.81 \text{ W}$$

力のモーメント/仕事/エネルギー

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{cm} \approx 0.0981 \text{ N} \cdot \text{m} (= \text{J})$$

$$1 \text{ kgf} \cdot \text{m} \approx 9.81 \text{ N} \cdot \text{m} (= \text{J})$$

$$1 \text{ kW} \cdot \text{h} \approx 3.60 \text{ MJ}$$

$$1 \text{ erg} (エルク) = 10^{-7} \text{ J}$$

単位体積重量/地盤反力係数/浸透力

$$1 \text{ tf/m}^3 (= \text{gf/cm}^3) \approx 9.81 \text{ kN/m}^3$$

$$1 \text{ kgf/cm}^3 \approx 9.81 \text{ MN/m}^3$$

$$1 \text{ kN/m}^3 \approx 0.102 \text{ tf/cm}^3$$

$$1 \text{ MN/m}^3 \approx 102 \text{ gf/cm}^3$$

SI 接頭語

$$\text{G} (ギガ) : 10^9, \text{ M} (メガ) : 10^6, \text{ k} (キロ) : 10^3$$

$$\text{h} (ヘクト) : 10^2, \text{ d} (デカ) : 10^1, \text{ c} (センチ) : 10^{-2}$$

$$\text{m} (ミリ) : 10^{-3}, \mu (マイクロ) : 10^{-6}, \text{ n} (ナノ) : 10^{-9}$$

お ぼ え	
氏	名 _____
自 宅 住 所	_____
自 宅 電 話	_____
勤 務 先	_____
勤 務 先 所 在 地	_____
勤 務 先 電 話	_____

ボーリング野帳記入マニュアル〔岩盤編〕

平成12年9月20日 第1版発行

編集・発行 社団法人全国地質調査業協会連合会

〒113-0033 東京都文京区本郷2-27-18

TEL. 03-3818-7411 FAX. 03-3818-7474

<http://www.zenchiren.or.jp/>

非売品