

土 木 研 究 所 資 料

軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査
その1 簡易調査法(案)

1987年6月

建設省土木研究所
地 質 研 究 室

Copyright © (1987) by P.W.R.I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by any means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director General of P.W.R.I.

この報告書は、土木研究所長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部又は一部の転載、複製は、土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査 その1 簡易調査法(案)

地質研究室 室 長 市川 慧
主任研究員 平野 勇
神保 悟

要 旨 堆積性軟岩、破碎岩、風化岩、変質岩などの軟岩を対象とするダムの基礎岩盤に対する肉眼観察、割れ目計測、シュミットハンマーテスト、針貫入試験、弾性波探査、点载荷試験などの簡易調査の方法と、その岩盤分類への適用法をとりまとめたものである。

キーワード：ダムの地質調査、軟岩、岩石試験、岩盤試験、岩盤分類

まえがき

近年、我国においては、治水・利水を目的としたダムの建設が促進されてきている。しかし、地質条件の厳しさや用地事情の難しさを反映して、ダムの適地が少なくなり、新たなダムの岩盤条件は複雑あるいは問題の多いものがあり、必ずしも最適でないところに建設せざるを得ない例が多くなっている。一方、これらに対処するために、ダムの型式・規模・施工法も多様化してきている。このような状況のもとで、安全かつ経済的なダムを建設するためには、ダムサイトの地質調査と岩盤評価についても、的確で精度の高いものが要求される。特に、最近増加しているものに軟岩基礎があり、これまでとは異にするあらたな視点を必要としている。

新第三系～第四系の砂岩、泥岩、凝灰岩などの堆積岩、未～中熔結の熔結凝灰岩、破碎岩、風化岩、変質岩のような軟岩は、強度が低く変形性が大きい、あるいは掘削面が急速に劣化するなど、硬岩とは違った多くの難しい問題点を持っている。そのためダム基礎岩盤の調査においても、硬岩の場合とは異なった注意が必要である。

岩盤分類については、硬岩では、これまでに多くの実績が重ねられていることもあって、岩盤分類を行なうことによってある程度岩盤の力学定数を推定でき、岩盤の評価も比較的行ないやすい。しかし、軟岩については、岩質が多様な上に硬さの判定が難しいことなどから力学定数の推定が容易でなく、岩盤分類の方法も確たるものがない。

地質研究室では、かねてからダム基礎の岩盤分類に関する調査を行なってきたが、この資料は、特に、軟岩における岩盤分類のための調査法と岩盤分類への適用法を暫定案としてとりまとめたものである。

昭和62年6月

土木研究所地質研究室	室長	市川	慧
	主任研究員	平野	勇
		神保	悟

目 次

はじめに	1
1. 軟岩の種類と特徴	2
2. 軟岩における岩盤分類の問題点	3
3. 軟岩の岩盤分類のための調査と留意点	4
(1) 地質調査の進捗	4
(2) 調査の目的	4
(3) 地質タイプ	5
4. 簡易調査法	7
4.1 現地調査	7
(1) 調査方法の種類	7
(2) 調査方法の詳細	7
① 横坑壁調査	7
② 原位置岩盤力学試験面調査	13
③ ボーリングコア調査	13
④ 室内試験のためのサンプリング	17
4.2 室内試験	17
(1) 試験方法の種類	17
(2) 試験方法の詳細	18
5. 簡易調査法の実施上の留意点	21
(1) 調査岩盤面, 供試体の観察	21
(2) 試料の乱れと乾燥対策	22
6. 岩盤分類基準の作成	23
(1) 作成の手順	23
(2) 岩質区分基準	28
(3) 岩盤分類要素区分基準	28
(4) 岩盤総合分類基準	29
おわりに	30
参考文献	31

はじめに

ダムにおける基礎岩盤の分類は、地質工学上の諸性質によって岩盤を分類・評価するものであり、一般的には次のような組み立てからなっている。すなわち、① 地質技術者による肉眼観察やハンマー打診、その他の簡易調査（弾性探査、シュミットハンマーテストなど）に基く岩盤性状区分（任意区分）、② ①の区分の代表部分で実施する原位置岩盤力学試験値と岩盤性状区分とを対応させた岩盤力学特性区分（絶対区分）、③ ②の岩盤力学特性区分を当該ダムの型式規模などの条件に照らし、基礎岩盤としての優劣を評価する岩盤評価区分（相対区分）である。

ダム基礎の岩盤分類法に求められるのは、i. 工学的性質（剪断強度や変形性）と良く対応していること ii. 評価対象となる岩盤の種類は多岐にわたっているので、汎用性のある方法であること iii. 線形的あるいは面的に、広く調査し区分する必要があるので、簡便な方法であること iv. 客観的で再現性が高い方法であること、があげられる。

硬岩については、これまでに多くのダム基礎の対象となり、堅硬な岩石と割れ目の組合せという比較的簡単な構成とあって、経験が蓄積され、岩盤分類は一応確立されたものとなっている。しかしながら、新第三系以降の堆積岩（一部の白亜系～古第三系堆積岩にもみられる）、風化岩、変質岩などの軟岩基礎岩盤には、硬岩を対象とした従来の岩盤分類基準はそのまま適用しにくい。

ここに示した調査法は、肉眼観察や簡単な調査によって岩盤分類の指標となる性質を抽出し、軟岩の特徴を反映した岩級分布図を作成するための岩盤分類基準を得ることを目的とするものである。

なお、ダムサイトの地質調査の進捗具合と岩盤状況に応じて調査項目、調査方法等を適切に取捨選択する必要があり、また、指針となるだけの十分な背景資料も得られていない、いわば熟度の低いものであるため、本調査法の適用に当っては、予め地質研究室と打合せるとともに、実用に供して問題となった点や指標そのものに関しての御意見を賜りたい。

1. 軟岩の種類と特徴

軟岩の定義には、明確なものはない。一応、割れ目の無い岩片の一軸圧縮強度 q_u が 200 kgf/cm^2 程度以下の、岩片そのものが軟らかい、従って変形性の大きい岩石を軟岩と考えている。

軟岩の種類は、我国の地質構成の複雑さを反映して多種多様であり、その起源については、表-1 のようなものがある。

表-1 軟岩の起源と特徴

起 源		特 徴
初 生 的 軟 岩	①堆 積 性 軟 岩	新第三系～第四系、一部の中生界～古第三系の砂岩、泥岩、凝灰岩などの堆積岩に多く、続成過程、すなわち海底等に堆積した堆積物が応力や熱の作用を受けて硬い岩石となっていく過程の途中にある岩石で、まだ固結が充分に進んでいない軟質なものの。
	②未～中熔結の 熔 結 凝 灰 岩	火山噴出物の一種である流紋岩質～石英安山岩質の火砕流からできるもので、熱や上載荷重が不足して熔結作用が充分に進んでいない軟質な岩石。
	③自 破 砕 熔 岩	新第三系～第四系の安山岩質の火山岩に多いもので、熔岩が貫入したり、地表を流れたりするときの冷却固結と流動によって破砕された軟質な岩石。
	④多 孔 質 熔 岩	水蒸気等の火山性ガスを多量に含んだ熔岩が噴出のとき発泡して多孔質となり、熔岩の基質は多少ともガラス質で、軟質な岩石。
	⑤周 縁 急 冷 相	マグマが浅部または地表付近で貫入するとき岩盤との接触部が急冷し、あるいは貫入運動によって破砕され、細粒鉱物質またはガラス質で、特にルーズで軟質なものの。なお、著しい急冷相は岩の様相を呈しないことがある。
後 生 的 軟 岩	⑥破 砕 岩	断層運動などによって岩石の構成粒子の単位に達するような微細な破砕を密に受け、軟質となったもの。
	⑦変 質 岩	マグマの活動に伴う熱水などの化学的な作用によって、岩石を構成する鉱物が変質して粘土鉱物に変わり軟質となった岩石。
	⑧風 化 岩	風化作用によって、鉱物が変質したり溶脱したりして軟質となった岩石。

軟岩は、初生的に軟質で、岩石自体が軟らかい初生的軟岩すなわち①～⑤の型と、もともと硬かった岩石が物理的・化学的作用によって、後生的に劣化し軟らかくなった後生的軟岩すなわち⑥～⑧の型とがある。初生的軟岩はさらに堆積性軟岩と火山性軟岩に分けられる。なお、凝灰岩は火山性軟岩ともみてよいが、ここでは堆積性軟岩とした。

これらの軟岩の力学的性質を岩盤のスケールでみると、多少とも割れ目の性状が関与している。すなわち、②～⑥は軟質となるとき、割れ目を伴いやすいものであったり、⑦⑧のように、割れ目に沿って、軟質となりやすかったりするので、このような軟岩からなる岩盤の力学的性質に対する割れ目

の問題は無視できない。

一方、①は、生成年代が新しいので、埋没深度が小さいなどで地殻応力をあまり受けていなかったり、受けたとしても岩質が軟らかいため塑性的に挙動して割れ目ができにくかったりするので、割れ目の発達は少なく、岩盤の力学的性質に及ぼす割れ目の問題は小さいといえる。

ところで、初生的軟岩が、さらに破碎、変質、風化のような後生的な作用を複合して受けることもあり、この場合、岩盤性状はさらに複雑であり、これらの性状を明確に把握し区分するには、別途地質学的な検討が必要である。

軟岩の岩盤工学的な挙動は極めて多岐にわたっているが、ここでは力学的な性質のみを対象とすることにした。透水性に関しては改めて提示することにしていく。

2. 軟岩における岩盤分類の問題点

岩盤性状を肉眼観察や簡易調査に基づいて区分し、これに原位置岩盤力学試験値と、当該ダムの基礎岩盤としての評価を加えて整理したものが岩盤分類基準である。

この基準をもとに横坑、ボーリング、あるいは基礎掘削面で岩盤区分を行ない、これに地質構造や地形発達過程などの地質的地形的な考察を加えて、ダムサイト全体についての岩級分布図としてとりまとめるのが一般的である。

ダムサイトの大部分が硬岩で構成され、部分的に変質や風化などによって軟質となったものがある場合には、岩盤分類は通常、硬岩を対象とする分類基準の中で対応される。もし、そのような軟質部が広い分布を示す場合は、これを避けるのが普通であるが、やむなく対応を迫られるときは、硬岩の部分とは別個の岩盤分類で対応することが多い。

これに対して、堆積性軟岩、未～中熔結の熔結凝灰岩、自破碎熔岩は、ダムサイトに広く分布するような場合も多く、このようなときは軟岩独自の岩盤分類基準が作成される。

我国で用いられているダムの岩盤分類の方法として、田中（1959）に代表されるように、岩盤性状を文章的な表現で定性的に区分する記述方式と、岡本、安江（1966）によって考案されたいわゆる土研方式と呼ばれている要素組合せ方式がある。要素組合せ方式は、岩盤の力学的性質に影響する3～4の特徴に着目した分類方法である。最近のほとんどのダムの岩盤分類基準は、要素組合せ方式に記述方式を併用したものとしている。

土研方式を始めとする多くの要素組合せ方式による岩盤分類法は、硬岩を主な対象とするもので、岩盤性状の区分要素としては肉眼観察やハンマー打診などによって簡単に判定できる「岩片の硬さ」、「割れ目の間隔」、「割れ目の状態」の3つを用いている例が多い。

このうち、岩片の硬さをハンマー打診で判定すると、軟岩の場合にはほぼ一様な軟らかさをもつものをさらに細区分することになるので、硬さの判定は容易ではない。

また、軟岩岩盤の力学的性質に割れ目の及ぼす影響の評価についても、硬岩の場合と同様に非常に難しいところがある。

このようなことから、簡易に岩片の硬さの判定と割れ目の評価を行なうことができるような軟岩の調査と岩盤分類法が必要となる。

3. 軟岩の岩盤分類のための調査と留意点

ダムサイトの地質調査は、地質状況やダム全体の調査と建設の進捗に沿い、色々な調査方法を用いて組織的に実施される。表-2はダムの基礎岩盤の岩盤分類を目的とする調査方法についてとりまとめたものである。

これらの調査方法の選択と組み合わせについては、当該ダムの基礎岩盤で、何を指標として抽出し、いかなる分類基準を作り、どのようにボーリングや横坑に展開し、岩級分布図としてまとめていくかということが基本的に問題となる。調査計画をたてるとき、予め6.岩盤分類基準の作成を参照し、当該ダムでの岩盤分類基準のアウトラインを描いておくといよい。

これらの点を踏まえ、表-2のような調査方法の適用に当っては、次のような留意が必要である。

(1) 地質調査の進捗

① 予備調査～実施設計調査前半段階

地質技術者による肉眼観察やハンマー打診、簡単な調査（弾性波探査、シュミットハンマーテストなど）によって、岩盤性状区分による岩盤分類が行なわれる。ここでは、ボーリングや横坑調査によって区分を行ない、分類の指標となるものを拾い出す作業に入る。確とした岩盤性状区分ができていない段階では、原位置岩盤力学試験については、対象岩盤の選択が適切に行なわれにくいので試験を実施しないのが普通である。したがって、このような段階では、それまでの類似の地質、類似のダムの実績をもとに、肉眼観察や簡易な調査から岩盤力学定数の目安を得て、当該ダムの基礎としての岩盤評価を行なわざるをえない。

② 実施設計調査後半～建設段階

原位置岩盤力学試験を実施して岩盤力学特性による区分と、さらに当該ダムの型式規模などの条件に照らし、基礎岩盤としての優劣で区分する岩盤評価区分の詳細な作業が実施される。

簡易調査は、岩盤分類を行なうための指標を求めるためのもので、原位置岩盤力学試験結果を他の岩盤に展開し、補完する性格しか持っていない。したがって、簡易調査からはダムの設計に必要な岩盤の力学定数を直接求めることはできないので、調査の進展具合をみて、原位置岩盤力学試験を実施し、これと同一の箇所で簡易調査を行ない、岩盤試験値と簡易調査値の相関を求めなければならない。多くの場合、原位置岩盤力学試験の後、岩盤分類基準の見直しが必要となる。ひいては、横坑、ボーリングコアでの岩盤区分の再確認を要する場合もでてくる。

(2) 調査の目的

岩盤分類のための調査には2つの目的、すなわち、岩盤分類基準の作成と岩級分布把握（岩級分布図作成）がある。

① 岩盤分類基準の作成

岩盤分類基準の作成には、岩盤性状と岩盤力学定数の付き合わせが必要となるが、そのための調査はサイトに存在する岩盤の性状を代表するものが明らかになっていれば、その代表部分で調査を行なえばよい。したがって個数が限られるので、多くの時間と労力を要する原位置岩盤力学試験や割れ目計測のような詳細な調査が適用できることにもなる。

当該ダムの岩盤性状と型式規模等を考慮し、分類指標の選択のために、有効と思われるいくつ

表-2 軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査方法

地質調査の進捗段階		調査前半（予備調査～実施設計調査前半）				調査後半（実施設計調査後半～建設）				備 考
調 査 目 的		岩盤分類基準作成のための調査		岩級分布把握のための調査		岩盤分類基準作成のための調査		岩級分布把握のための調査		
対 象 地 質 タイ プ		I	II	I	II	I	II	I	II	
地 表 弾 性 波 探 査		△	○	△	○					
ボー リ ン グ	肉眼観察、ハンマー打診	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	割 れ 目 計 測	△	○	△	○	△	○	△	○	
	針 貫 入 試 験	○		○		○		○		
	点 載 荷 試 験	△	○	△	○	△	○	△	○	
	岩 石 物 理 試 験	△	○	△	○	△	○	△	○	
	岩 質 判 定	○	○	○	○	○	○	○	○	
	孔内、孔間弾性波探査						△		△	
	孔 内 載 荷 試 験					△	△			
横 坑	肉眼観察、ハンマー打診	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎	
	割 れ 目 計 測	○	◎	△	○	○	◎	△	○	
	シュミットハンマーテスト	○	○	○	○	○	○	○	○	
	針 貫 入 試 験	○		○		○		○		
	針 貫 入 試 験	○				○				
	点 載 荷 試 験	△	○	△	○	△	○	△	○	
	岩 石 物 理 試 験	△	△	△	△	△	△	△	△	
	岩 質 判 定	○	○	○	○	○	○	○	○	
坑	簡 易 弾 性 波 探 査	△	△	△	△	△	△	△	△	
	坑内、坑間弾性波探査		△		△	△	△	△	△	どちらか一方で良い。
	原位置岩盤変形試験					◎	◎			ダムの型式、岩盤状況等によって選択する。
	原位置岩盤剪断試験					◎	◎			
定 形 供 試 体	一軸圧縮強度試験	◎	◎			◎	◎			
	超音波伝播試験	◎	◎			◎	◎			ボーリングコアまたは横坑より採取する。
	岩 石 物 理 試 験	◎	◎			◎	◎			
	岩 質 判 定	◎	◎			◎	◎			
	岩 石 鉱 物 分 析	△	△			△	△			不定形試料でもよい。

①岩盤分類基準作成のための調査は、岩盤性状の代表となるものについて行ない、各岩級の典型を定めるものである。岩級分布把握（岩級分布図作成）のための調査は、一次的にはボーリング、横坑等で線的に行ない、これを演繹して三次元分布を求めるものである。

②地質タイプ I：本質的に軟質なもの、堆積性軟岩に多い。 II：硬～軟混在しやすいもの、熔結凝灰岩、自破碎熔岩、多孔質熔岩、周縁急冷相、破碎岩、変質岩、風化岩に多い。

③調査方法については、調査の進捗と岩盤状況に応じて適宜選択する（◎ほとんど必ず行なうもの ○普通に用いられ有効な手段となるもの △必要に応じて適用するもの）。

④トレンチ、基礎掘削面については、横坑調査に準じる。

かの調査法の適用を試みることも必要である。また、割れ目計測のような詳細調査は、岩盤分類要素である「割れ目の間隔」における級間の設定のために極めて有効である。

ところで、表-1のように、軟岩には様々な起源があり、さらには、要因が複合して軟岩化した岩盤もあり、区分の指標となるものの選択や区分の境界となる物性の把握が難しく、代表するものを明確にするには別途の地質学的判断が必要である。

② 岩級分布把握

岩級分布把握のための調査は、横坑、ボーリングあるいは基礎掘削面において岩盤分類要素について求めることであり、原位置岩盤力学試験のように点の試験ではなく、線的あるいは面的に実施できるような簡易な調査方法を適用することが必要である。ここで求めた調査結果は、地質学的考察を加えて体系的に集成され、ダムサイトにおける岩級区分の三次元分布を明らかにすることになる。

(3) 地質タイプ

調査方法の適用性は地質状況によっても異なり、実際の調査に当っては慎重に選択しなければならない。

① タイプⅠ

堆積性軟岩のように本質的に軟質のものは、シュミットハンマーテスト、針貫入試験が適用しやすい。割れ目の影響を考慮する必要がないような軟岩であれば、岩片の硬さに関する簡易調査から、おおよその岩盤の力学定数を推定することが可能となる。

② タイプⅡ

熔結凝灰岩、変質岩、風化岩などのように、硬岩から軟岩までの性質を持つ要素が連続的な岩質変化を示して出現するものについては、簡易調査としてシュミットハンマーテスト、弾性波探査、割れ目計測、点载荷試験、岩石物理試験を適用するとよい。

4. 簡易調査法

簡易調査の対象は帯状の調査域を設けた横坑壁および原位置岩盤力学試験面ならびにボーリングコアとする。さらに横坑壁および岩盤試験面の岩片、ボーリングコアを対象とした室内試験を実施する。

ここでは、簡易調査の方法について、現在まで試験的に用いられてきたものを含め、それぞれの標準的な手順に関する基準を取りまとめたものである。なお、各調査方法の適用に当たっては3.軟岩の岩盤分類のための調査と留意点、6.岩盤分類基準の作成を参考にして適宜選択するものとする。

4.1 現地調査

(1) 調査方法の種類

調査方法の種類は以下の通りである。

- ① 肉眼観察・ハンマー打診
- ② 割れ目計測
- ③ シュミットハンマーテスト
- ④ 簡易弾性波探査
- ⑤ 針貫入試験

(2) 調査方法の詳細

① 横坑壁調査

i. 調査域の設定と岩盤整形

横坑側壁の調査は、支保工などを避け踏前より1.4 m程度の高さを中心線（測線と呼ぶ）とする幅40 cmの帯状の調査域を設ける。ほぼ一様とみなせるような長さ1 mの区間を設定して調査域を分割し、これを単位区間と呼ぶことにする。これは、岩盤状況によっては1 m以下に細分する。図-1に調査域と単位区間の概念を示す。測線の高さ1.4 mとしたのは、作業性を考慮しただけのものであり、本来、調査目的、岩盤性状等によって設定すべき性格のものである。調査域内は、横坑掘削後の表面の劣化や緩み、岩屑を取り除きできるだけ面を平滑に整形して洗浄する。

ii. 肉眼観察・ハンマー打診

(a) 正面図の作成

各単位区間ごとに下記の項目について詳細な観察を行い、スケッチ・写真・記事にまとめる。なお、図面の縮尺は1/20程度とする。

- * 割れ目の状態：分布状況、幅、壁面の粗滑・条線、緩みの程度、挟在物の種類と性状
- * 割れ目沿いの岩石の風化、変質の状況
- * 岩種境界、岩種、岩石の硬さ、色調、風化変質の程度
- * 礫含有状況（一部の礫岩、凝灰岩角礫岩、泥流堆積物等について）
- * 湧水・含水状況（表-3）
- * その他記帳すべきと思われる事項

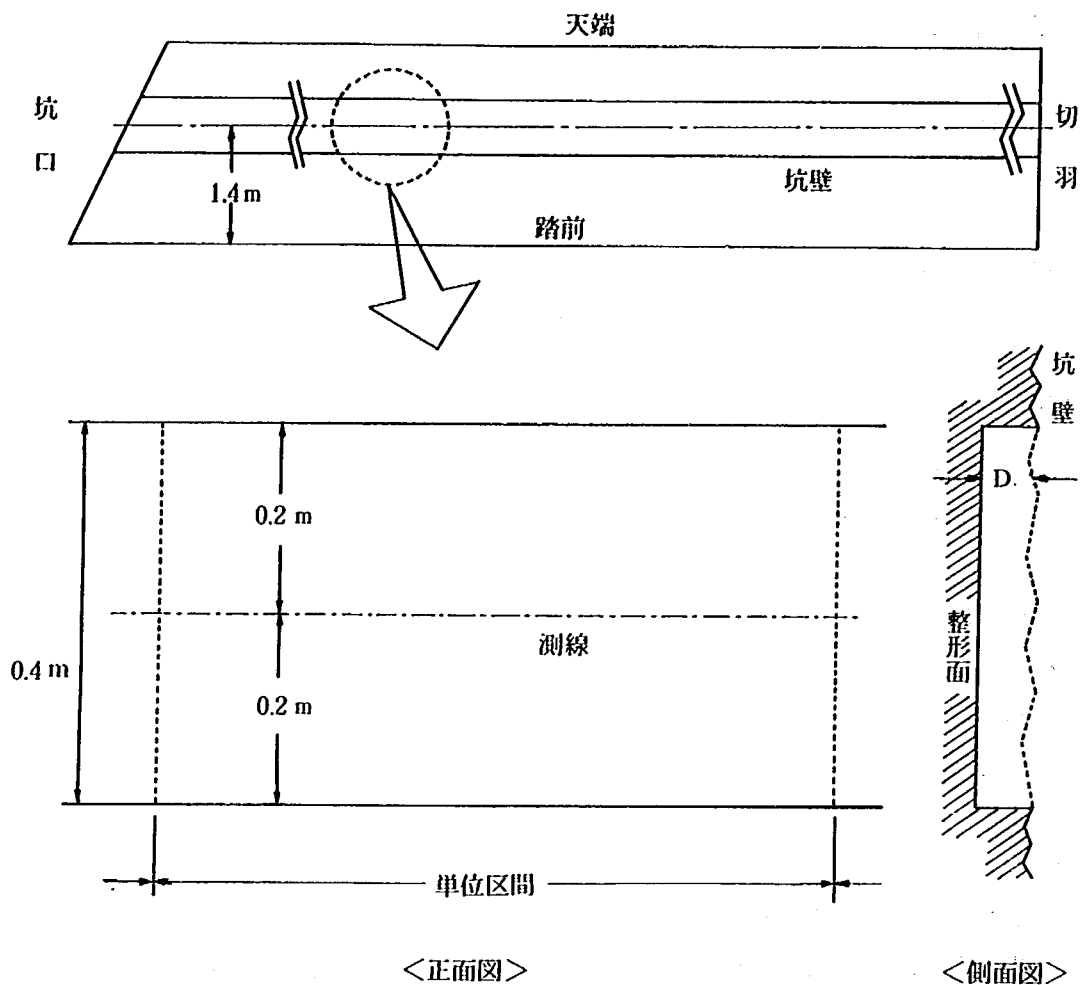


図-1 横坑壁における調査域

試験面の掘削深さDは5～10cm程度とするが、割れ目の多い岩等、緩みやすいものは緩みの影響がほとんどなくなるまでとする。そもそも横坑掘削に当って、火薬量を少なくするなど、緩みをできるだけ小さくするような方法で掘削する必要がある。また掘削後、長時間経過すると緩みや風化が進むので、この点留意する必要がある。

表-3 岩盤の湧水・含水区分判定表

記号	湧水・含水状態
W ₁	乾いている。
W ₂	湿っている程度である。
W ₃	水のにじみ、水滴がみられる。
W ₄	湧水がみられる。

(b) 岩盤分類要素判定

各単位区間の平均的な状況について、次の項目の判定を行なう。

- * 岩石の硬さ（表－4による）、岩種、色調、風化の程度（表－5参考）、変質の程度（表－6参考）
- * 割れ目間隔（表－7参考）
- * 割れ目の状態：風化・変質・緩みの程度、挟在物の種類と性状（表－8参考）
- * 礫含有率（一部の礫岩、凝灰岩角礫岩、泥流堆積物等について、表－9参考）

iii. 割れ目計測

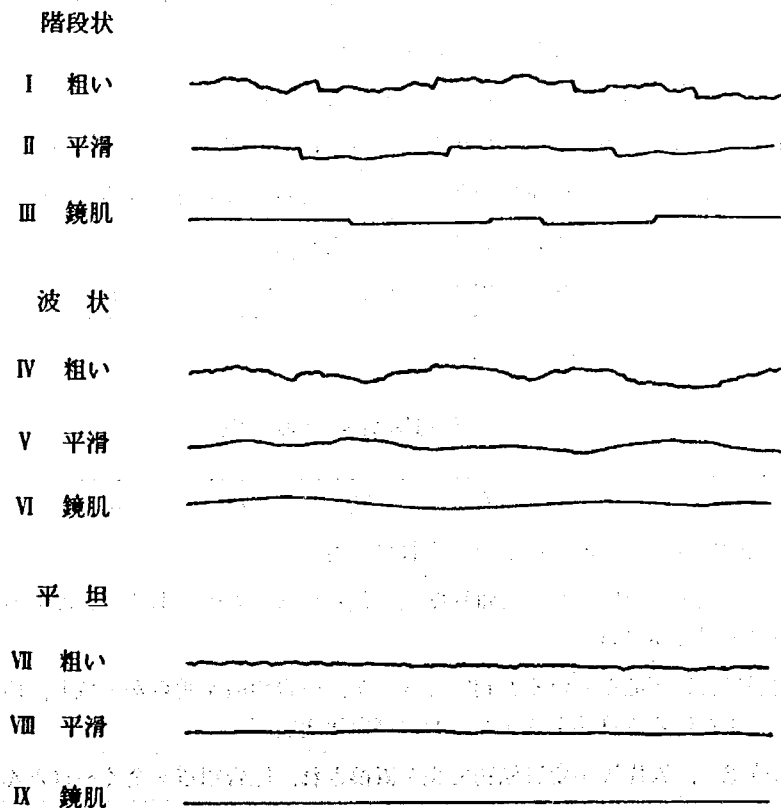
(a) 計 測

各単位区間の測線にかかる個々の割れ目と岩片について下記の調査を行なう。

- * 割れ目の位置
- * 割れ目の走向・傾斜
- * 割れ目の状態：風化・変質・緩みの程度、挟在物の種類と性状（表－8参考）、割れ目壁面の粗滑（図－2による）、割れ目の幅（ゲージによって計測する）
- * 割れ目と割れ目の間の岩片の硬さ（表－4による）、岩種、色調、風化の程度（表－5参考）、変質の程度（表－6参考）

(b) 正面および断面図の作成

各単位区間の割れ目について正面図および断面図（深さ20 cm程度まで）を作成し、個々の計測位置を示す。なお、図面の縮尺は1／10とする。



図－2 割れ目の粗滑 (ISRM 1978)

なお、割れ目計測は、1つの割れ目として認識できないような角礫状、砂状、粘土状の部分については行なわない。

表-4 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、まさ状、粘土状。

表-5 風化区分判定表の例

	記号	風 化 の 程 度
花 崗 岩 類	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。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。有色鉱物が黄褐色あるいは周辺が褐色粘土化している。長石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。
火 山 岩 類	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。有色鉱物がやや変色している。長石の変質はない。
	γ	弱風化している。有色鉱物のが変色している。長石の部分的な変質（白色化）がある。
	δ	風化している。有色鉱物が黄褐色化している。長石の大部分が変質している。
	ϵ	強風化している。ほとんど変質し原岩組織は失われている。
実際のダムサイトでは、例を参考に岩種や風化状況に合わせた区分を行なう必要がある。		

表-6 変質区分判定表の例

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	岩石組織を完全に残し、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〜ほとんど残さないもの。
実際のダムサイトでは、例を参考に岩種や変質状況に合わせた区分を行なう必要がある。		

表-7 岩盤割れ目間隔区分判定表の例

記 号	割 れ 目 間 隔
I	50cm以上である。
II	50～15cmである。
III	15～5 cmである。
IV	長さが5 cm以下でかつ個々の割れ目が認識できる。
V	主として角礫状の岩盤となっている。
VI	主として砂状の岩盤となっている。
VII	主として粘土状の岩盤となっている。
実際のダムサイトでは、例を参考に岩盤状況や力学的特性への影響を考慮して割れ目間隔の級間を決める必要がある。	

表-8 岩盤の割れ目状態区分判定表の例

記 号	割 れ 目 状 態
a	割れ目は密着している。割れ目沿いの風化・変質は認められない。
b	割れ目はやや緩んでいる。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	割れ目は開口している。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、粘土状の岩盤となっている。

表-9 礫含有率区分表の例

記 号	含 有 率 区 分
(a)	75%以上
(b)	50～75%
(c)	25～50%
(d)	25%以下

iv. シュミットハンマーテスト

シュミットハンマーテストは打撃の反発度から岩石の硬さを判定する指標試験である。岩盤用のハンマーには図-3のようなものがあり、軟岩でも利用できる。

シュミットハンマー試験は、各単位区間の測線にそって等間隔に25回打撃することを標準とするが、割れ目等は避ける。打撃点は正面図で明示する。個々の測定値も記載し整理しておく。

なお、割れ目の発達した岩盤では、これを避けて打撃しても、打撃面の裏に割れ目があったり、多少とも岩盤表面が緩んでいたたりして、反発度は岩片の硬さをそのままは反映してい

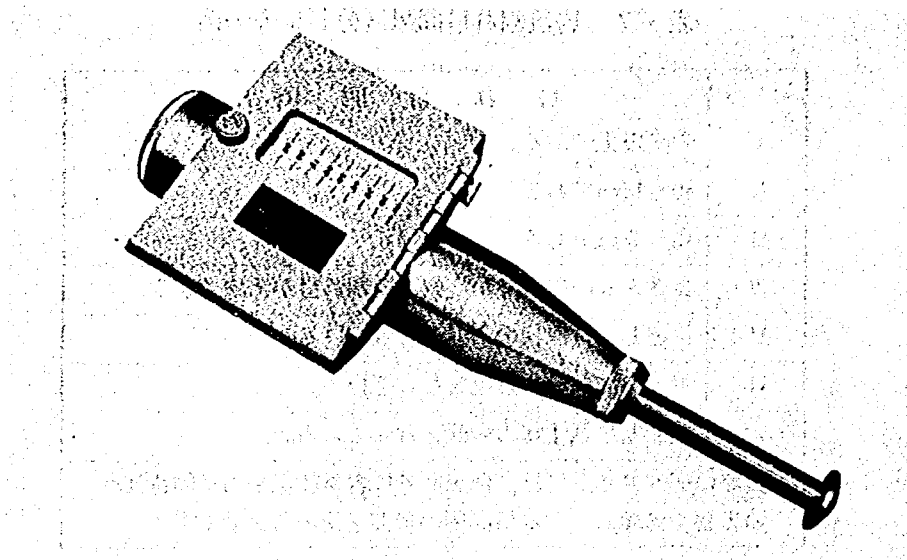


図-3 岩盤用シュミットハンマーの例 (KS型)

ないと考えられる。

v. 針貫入試験

細い針を貫入させ、貫入力と深度の関係から貫入強度を求めるもので、岩片そのものの硬さを判定するための指標試験である。針貫入強度 N_p は、次式より求める。

$$\text{針貫入強度 } N_p = \text{貫入力} / \text{貫入深度} \dots\dots\dots (1)$$

概ね一軸圧縮強度が 150 kgf/cm^2 以下の岩石で適用できる。試験器は、室内用と携帯用 (図-4) がある。針は、径 0.84 mm の木綿針 2 号を用いている。

試験は、各単位区間の測線にそって等間隔に 10 回行なうことを原則とするが、割れ目等は避ける。貫入点は平面図で明示する。個々の測定値も記載し整理しておく。

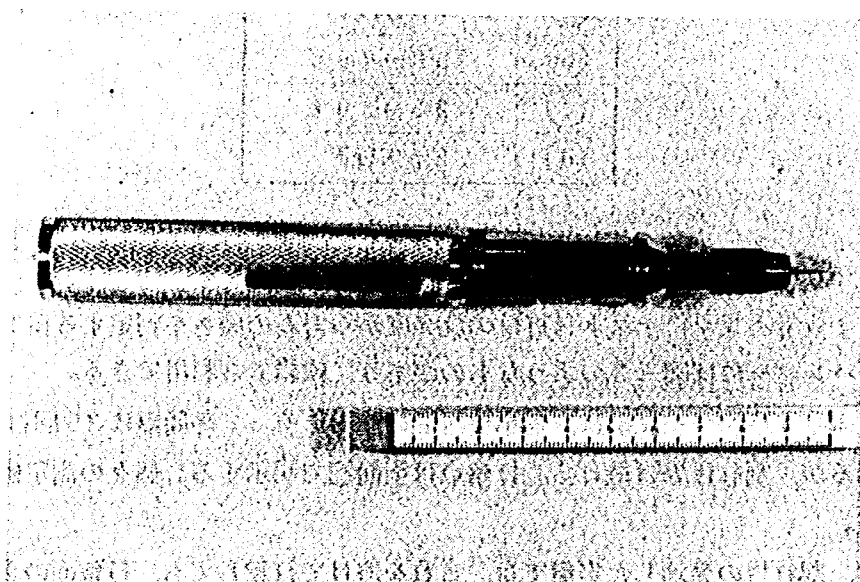


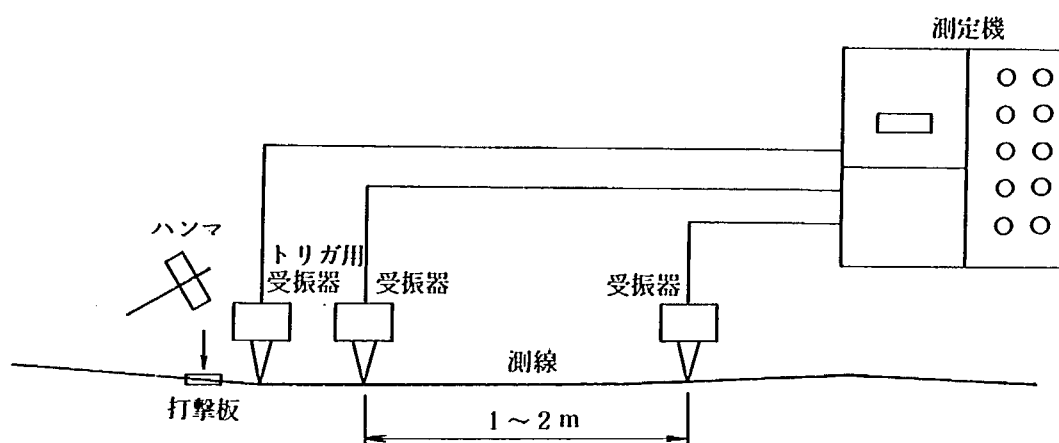
図-4 針貫入試験器 (携帯用)

vi. 簡易弾性波探査

簡易弾性波探査は硬岩岩盤によく適用されるもので、岩盤の弾性的性質を知るための試験である。各単位区間の測線の両端間 1 m（場合によっては単位区間をはさんだ 2 m）の弾性波伝播速度を測定する。

1 測線における測定は 5 回以上とし、それから区間速度を求める。振源は片手ハンマーあるいは金づち等とする。図－5 に測定概要を示すが、できる限り精度の向上に努めるものとする。

もちろん、ここに示す方法よりも火薬等を使った大がかりな弾性波探査を行なう場合もあることは言うまでもない。



図－5 簡易弾性波速度測定概要

② 原位置岩盤力学試験面調査

調査域は、岩盤試験面の大きさにもよるが、1 m × 1 m の正方形として設定する。測線は図 6, 7 のように # 型に設定するものとする。

この調査域および各測線について前項①横坑壁調査と同様の方法で調査する。

岩盤試験実施済面については図－6, 7 に示すように、岩盤試験面を掘削し、緩みのない面を出す。なお、原位置岩盤力学試験面調査については、本来岩盤試験時に行なっておく性質のものであり、その際ここに示すような方法で調査するとよい。

③ ボーリングコア調査

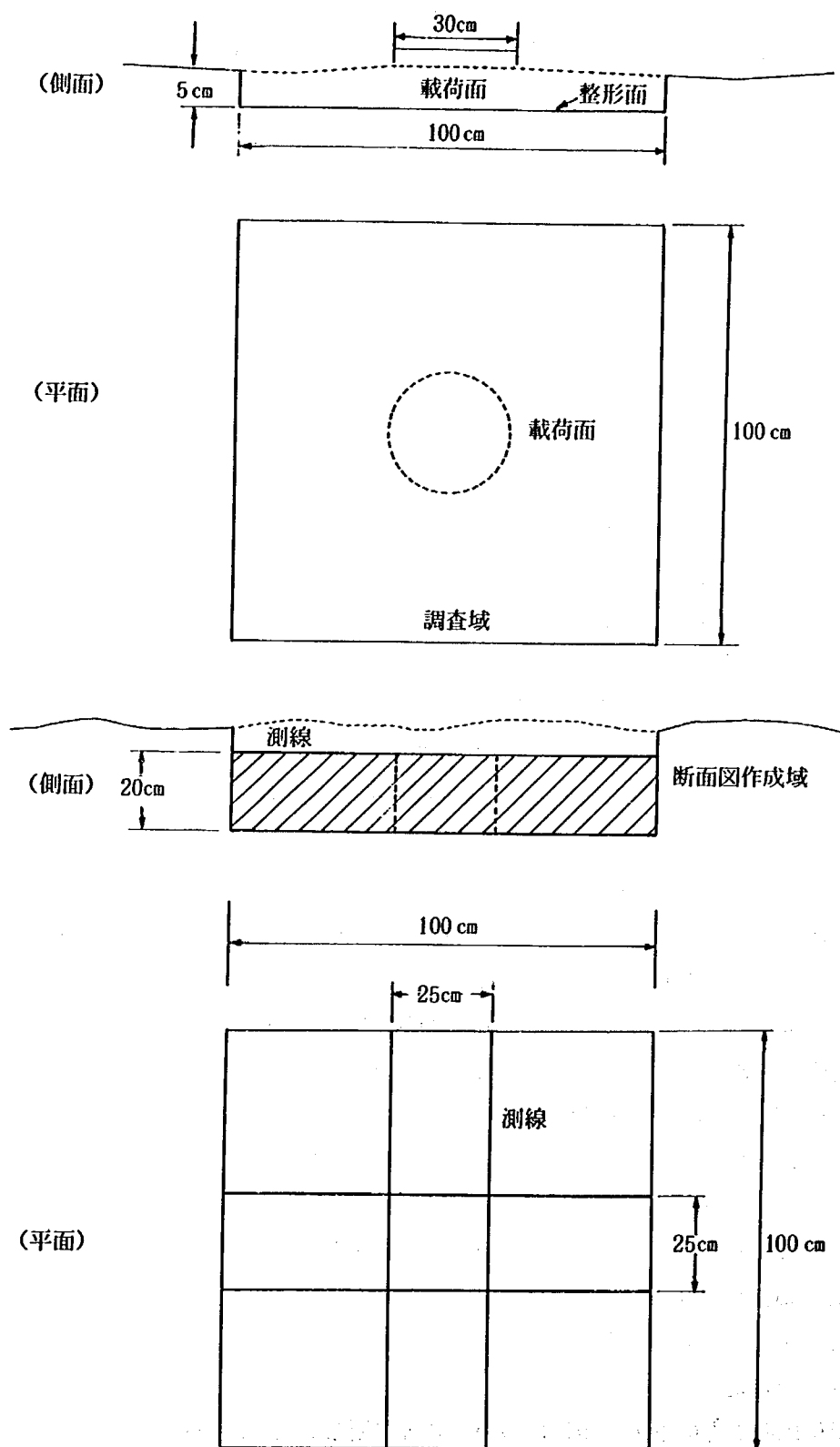
ほぼ一様なコア性状を示す長さ 1 m の単位区間（岩質等によって 1 m 以下に細分する）を設定し、次の調査を行う。

i. 肉眼観察・ハンマー打診

(a) コアの記載

各単位区間ごとに下記の項目について詳細な観察を行い、写真（コア箱ごとでよい）・記事にまとめる。

- * 割れ目の分布状況、幅、壁面の粗滑・条線、緩みの程度、挟在物の種類と性状
- * 割れ目沿いの岩石の風化、変質の状況
- * 岩種境界、岩種、岩石の硬さ、色調、風化変質の程度



図－6 原位置岩盤変形試験面における調査域と測線，断面図作成域設定

この図は岩盤試験済の箇所を想定しているが，岩盤試験の前に，試験面についての簡易調査を行なっておくのが望ましい。

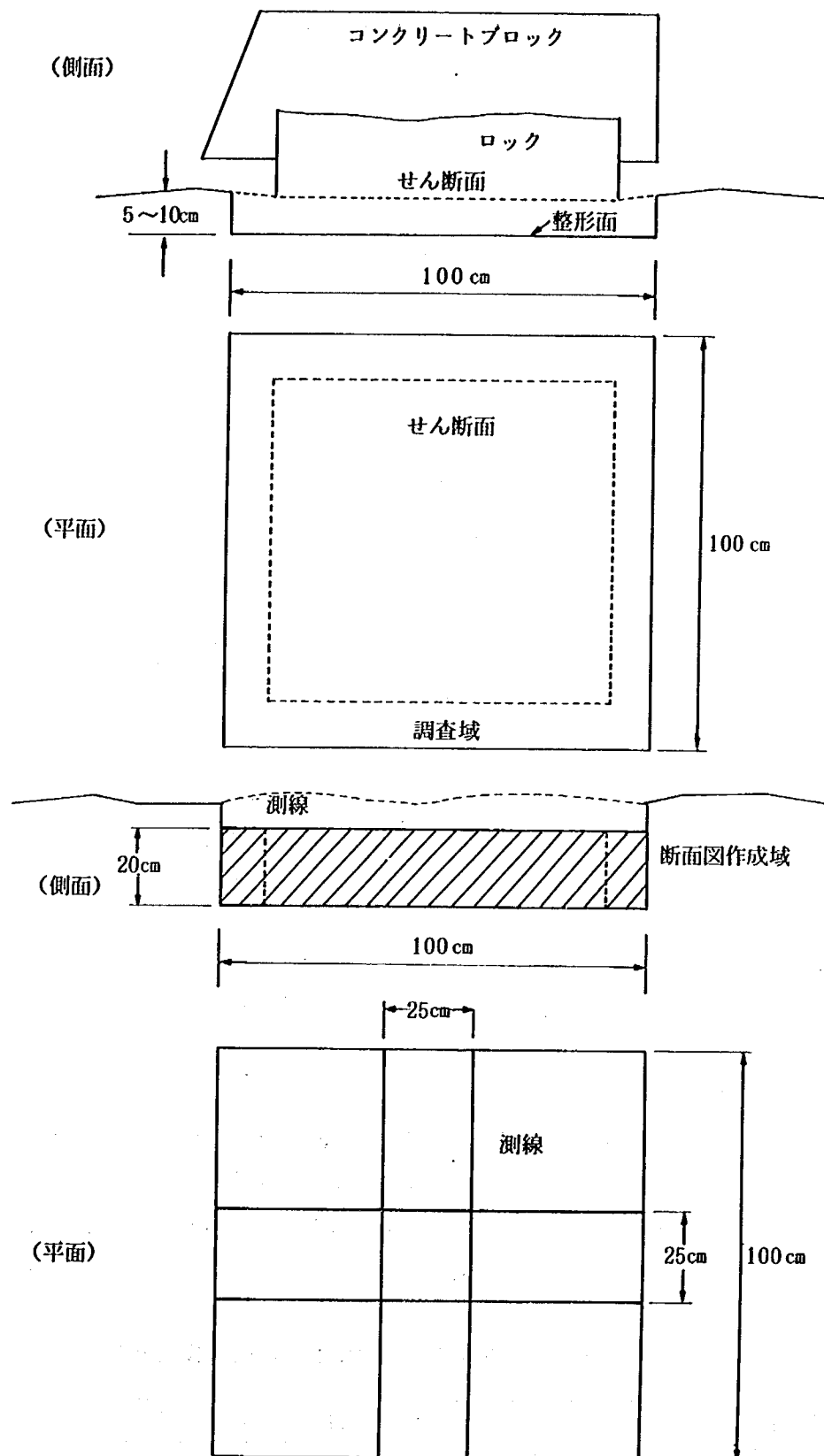


図-7 原位置岩盤剪断試験面における調査域と測線、断面図作成域設定

この図は岩盤試験済の箇所を想定しているが、岩盤試験の前に、試験面についての簡易調査を行なっておくのが望ましい。せん断面からの掘削は5~10cm程度とするが、割れ目の多い岩等は、これより深くなる可能性がある。余り深くなるとせん断面の状況を反映しなくなる場合もあることを念頭に入れてデータの取扱いを行なう。

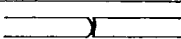
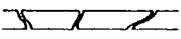
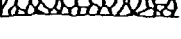
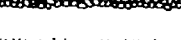
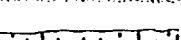
- * 礫含有状況（一部の礫岩，凝灰角礫岩，泥流堆積物等について）
- * その他記帳すべきと思われる事項

(b) 岩盤分類要素判定

各単位区間の平均的な状況について，次の項目の判定を行なう。

- * 岩石の硬さ（表－4による），岩種，色調，風化の程度（表－5参考），変質の程度（表－6参考）
- * 割れ目間隔（表－10参考）
- * 割れ目の状態：風化・変質の程度，挟在物の種類と性状（表－11参考）
- * 礫含有率（一部の礫岩，凝灰角礫岩，泥流堆積物等について，表－9参考）

表－10 コア割れ目間隔区分判定表

記 号	模 式 図	コ ア 形 状
I		長さ50cm以上の棒状コア。
II		長さが50～15cmの棒状コア。
III		長さが15～5cmの棒状～片状コア。
IV		長さが5cm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。

ii. 割れ目計測

(a) 計 測

各単位区間の個々の割れ目と岩片について下記の調査を行なう。

- * 割れ目の位置
- * 割れ目の傾斜
- * 割れ目の状態：風化・変質の程度，挟在物の種類と性状（表－11参考），割れ目壁面の粗滑（図－2による），割れ目の幅（ゲージで測定する）
- * 割れ目と割れ目の間の岩片の硬さ（表－4による），岩種，色調，風化の程度（表－5参考），変質の程度（表－6参考）

表－11 ボーリングコアの割れ目状態区分判定表

記 号	割 れ 目 状 態
a	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，粘土状となっている。

(b) 正面図の作成

各単位区間についてコアの正面図を作成し、個々の割れ目と計測位置を示す。図面の縮尺は1/10とする。

なお、割れ目計測は、1つの割れ目として認識できないような角礫状、砂状、粘土状の部分については行なわない。

④ 室内試験のためのサンプリング

サンプリングは原則として割れ目を含まない、かつ不攪乱の部分について行なう。個々のサンプルの採取位置について記録しておくものとする。横坑壁、原位置岩盤力学試験岩片は湿潤試料としての取り扱いを行なうが、ボーリングコアについては、採取直後の試料か、コア箱で風化した試料かで取り扱いが異なる。サンプリング数は区間内の岩質のばらつきを考慮して決める。

i. 点载荷試験用サンプル

(a) 横坑壁、原位置岩盤力学試験面岩片

ハンマーなどにより、単位区間または岩盤試験面の代表箇所から、厚さ5cm、縦横7cm程度の岩塊を1区間当り4～6個採取する。採取後、サンプルが乾燥しないよう留意する。

(b) ボーリングコア

単位区間の代表部分からなるべく長さ5cm以上のコアを目安に1区間当り2～3個取り出し、試験に供する。試験後は、試験に使用した旨を明示しコア箱に戻す。

ii. 針貫入試験用サンプル

点载荷試験用サンプルと同様の方法とする。点载荷試験用サンプルと共用してもよい。

iii. 一軸圧縮試験用サンプル

各岩質区分について代表部分のボーリングコアまたはブロックサンプルより6～8個の定形供試体(直径50mm, 100mm)を作成できるだけの数量のサンプルを採取する。湿潤試料を対象とし、採取後サンプルが乾燥しないよう留意する。

iv. 超音波伝播試験用サンプル

一軸圧縮試験と共用する。

v. 岩石物理試験・岩質判定サンプル

i～ivと共用するが、岩石物理試験については、自然または湿潤状態の資料を用いる。

vi. 岩石鉱物分析用サンプル

各岩質区分の代表部分の岩片とする。iii, ivまたは, i, iiより選択してよい。

4.2 室内試験

(1) 試験方法の種類

試験方法の種類は以下の通りである。

① 点载荷試験 (横坑壁・原位置岩盤力学試験面岩片, ボーリングコア)

② 針貫入試験 ()

③ 一軸圧縮試験 (定形供試体)

④ 超音波伝播試験 ()

- ⑤ 岩石物理試験 (横坑壁・原位置岩盤力学試験面岩片, ボーリングコア, 定形供試体)
- ⑥ 岩質判定 (" ")
- ⑦ 岩石・鉱物分析

(2) 試験方法の詳細

i. 点载荷試験

点载荷試験機(図-8)を使用する。本試験は円錐状の2つの加圧体に供試体をはさんで点荷重をかけて破壊し、圧裂引張強度を知ろうとする簡易試験である。供試体は不定形でよく、特に入念な整形は必要としない。载荷方法は図-9による。

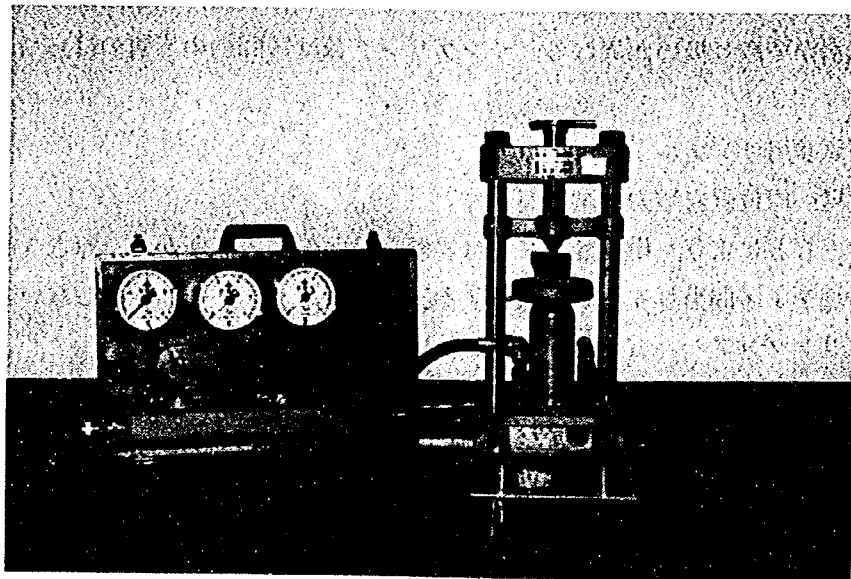


図-8 点载荷試験機の例

上下の円錐形の加圧体に供試体をはさんで(図-9参照)载荷し、破壊時の载荷点間距離と荷重を求める簡易試験器である。1人でも持ち運べる重量で現場でも実施可能である。

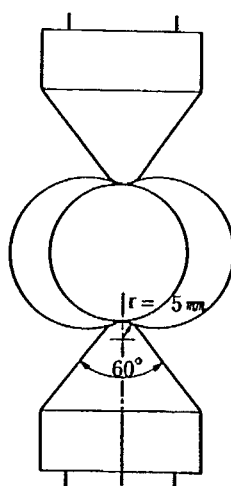


図-9 点载荷試験における载荷方法

供試体は、不定形でよいが、载荷点間距離を直径とする球が、供試体の中に完全に含まれるものでなければならない。2つの载荷点周囲の岩石表面は、できるだけ互いに平行なほうがよい。また、载荷点間距離すなわち供試体の厚みは、5 cm前後が望ましい。

点載荷強度 I_s は下式で求め、これを厚さ 50 mm における値 $I_s(50)$ に補正して示すが、厚み補正は図-10 によって行うこととする。

$$\text{点載荷強度 } I_s = \text{荷重} / (\text{破壊時の載荷点間隔})^2 \quad (2)$$

(a) 横坑壁・原位置岩盤力学試験面岩片、採取直後のボーリングコア

各単位区間または岩盤試験面当たり 4～6 個（湿潤 2～3 個，1～2 ヶ月以上風乾したもの 2～3 個）について行なう。

(b) 風乾したボーリングコア

各単位区間当たり 2～3 個について行なう。

ii. 針貫入試験

試験法の詳細については 4.1 現地調査を参照する。

(a) 横坑壁・原位置岩盤力学試験面岩片、採取直後のボーリングコア

各単位区間または岩盤試験面当たり 2～3 個のサンプルについて湿潤および 1～2 ヶ月以上風乾した 2 状態について試験する。1 個のサンプルについて 1 状態当たり 3 点貫入する。

なお、針貫入試験については、点載荷試験を行なうときは湿潤試料の点載荷試験と同一のサンプルを用いてもよいこととする。この場合、点載荷の位置をできるだけ避け、針貫入を行なう。

(b) 風乾したボーリングコア

各単位区間当たり 2～3 個のサンプルとし、1 個当たり 3 点貫入する。(a) と同様に点載荷試験用サンプルを用いてもよい。

iii. 一軸圧縮試験

KDK S 0502 - 1968 “岩石の一軸圧縮試験方法” による。実施個数は 1 岩質区分につき 6～8 個（絶乾 3～4 個，湿潤 3～4 個）とする。応力～ひずみ曲線，静弾性係数，降伏強度，ピーク強度等を求める。

iv. 超音波伝播試験

KDK S 0503 - 1968 “岩石の静弾性および動弾性係数測定法” の規定に準拠して行なう。なお、P 波・S 波の伝播速度，動ポアソン比，動弾性係数は次式により算出する。

$$\text{P 波伝播速度 (} V_p \text{ m/sec)} = L / t_p \times 10^4 \quad (3)$$

$$\text{S 波伝播速度 (} V_s \text{ m/sec)} = L / t_s \times 10^4 \quad (4)$$

ただし、 L : 供試体の長さ (cm)

t_p : P 波の透過時間 (μsec)

t_s : S 波の透過時間 (μsec)

$$\text{動ポアソン比 (} \nu_d \text{)} = \frac{(V_p/V_s)^2 - 2}{2 \{ (V_p/V_s)^2 - 1 \}} \quad (5)$$

$$\text{動弾性係数 (} E_d \text{ kgf/cm}^2 \text{)} = \frac{(1 + \nu_d)(1 - 2\nu_d)}{(1 - \nu_d) \times g} \times \rho \times V_p^2 \times 10 \quad (6)$$

ただし、 g : 重力加速度 (cm/sec^2)

ρ : 供試体の乾燥密度 (g/cm^3)

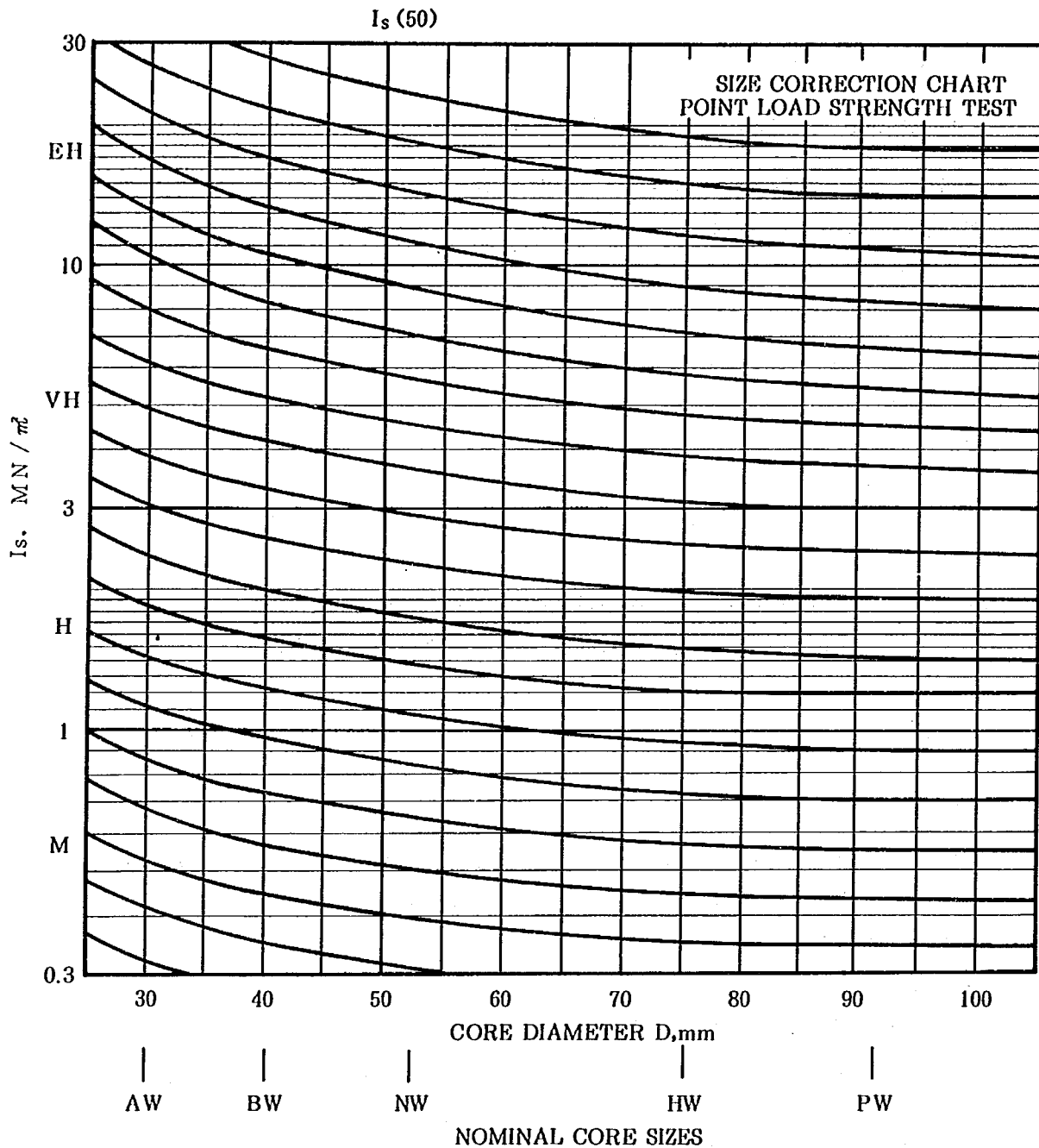


図-10 供試体厚さによる点载荷強度校正曲線
(E. BROCH, J. A. FRANKLIN 1972)

v. 岩石物理試験

岩石の密度、吸水率などの物理指標は、強さや硬さと相関を持つ。これを利用して、岩石サンプルについて、密度、吸水率などに関する試験を行ない、力学的性質を間接的に知ろうとするものである。

試験は重量測定だけであり、不定形試料でも行なえるので数をこなすことができる。乾燥・湿潤・自然密度、吸水率、自然含水比、有効間隙率を求める。

岩屑等を除去し、横坑の単位区間または岩盤試験面当たり2～3個のサンプルについて行な

う。一軸圧縮試験用サンプルは全部について行なう。KDK S 0501 - 1968 "岩石の密度・吸水率・含水比・飽和度・有効間隙率試験方法" による。

vi. 岩質判定

i ~ v, vii に用いる全てのサンプルの岩質について次の判定を行なう。

* 岩種, 色調, 風化の程度 (表-5 参考), 変質の程度 (表-6 参考)

vii. 岩石・鉱物分析

各岩質の代表サンプルについて薄片の顕微鏡観察および写真撮影による記載, X線鉱物分析等を行なう。

なお, 室内試験結果は個々のサンプルと測定値とが 1 : 1 の対応がつくように一覧表としてまとめておく。

5. 簡易調査法の実施上の留意点

簡易調査法の適用に当たっての 2, 3 の留意点についてふれる。

(1) 調査岩盤面, 供試体の観察

岩盤分類要素となる割れ目の間隔, 幅, 緩み, 挟在物の性状, 色調, 変質, 風化および湧水, 含水状況について観察, 記載, 写真による記録を行なう。このときできる限り掘削に伴って生じた人工的な割れ目を除いた自然に近い状態での岩盤状況の把握を行なわなければならない。

横坑, 基礎掘削面, ボーリングコアはいずれも, 長い地質時代を経て形成されたダムサイトの岩石にとってこれまでに類を見ない急激な応力開放を受けているので, サイトの基盤構造応力が残っていたり, 続成作用の終わっていない岩石からなっていたりするときには思いもかけないほど急激で著しい緩み域が生じることがある。特に横坑は大規模な緩みゾーンを地山深部にもたらすものであるから, 既設の横坑での調査 (本編に記す調査も原位置岩盤力学試験も) の結果をそのまま適用すると異常に低い数字となり, これの取扱いに難渋することが少なからず生じているので横坑掘削の計画時には現地での試験のあり方を十分に考えにいたった上で進めなければならない。

緩みを生じた岩盤に対しては, 新鮮なボーリングコア, 横坑壁での緩みの進み具合を観察し, 物性 (V_p , V_s 等) の変化を表示するやり方もあるが, 表面から深部へ連続的に変化している上に物性変化の幅も比較的小さく, 計測で明らかになるには相当な緩みでなければならないので新鮮な状況を思い出して定性的なフィードバックをするにとどまらざるを得ない。

試験面, 供試体等の詳細な観察を行なう目的は, その結果をそのまま岩盤区分に利用するということはもちろんであるが, 原位置岩盤力学試験を実施して得られた値を設計と照らし合せた結果として, 岩盤区分の境界値の見直しが必要となり, そのための岩盤性状区分の再検討が必要になる (基礎岩盤とダム (特にコンクリート) とのバランスが微妙なものであればあるほど, 岩盤区分と試験値との間のフィードバックと見直しが必要である。最初に設定した区分が最後までそのまま使えることはないものと考えべきである)。この場合, 横坑やボーリングコアで抽出した岩盤性状に関する情報が不可欠で, これが不確実であれば再度スタートに戻らざるを得ない。したがって岩盤についての記録は, 単なる岩盤区分記号より, 岩盤性状についての詳細かつ的確な記載

が生きた情報として威力を発揮する。このことは岩盤分類に当って特に留意すべき事項である。

(2) 試料の乱れと乾燥対策

軟岩試料はできる限り不攪乱試料として採取する。特にボーリングコアの場合、無水掘りのものは芯まで乱れていることが多いので注意する。また、スレーキングを生じるような軟岩は、採取後時間が経過すると乾湿の繰返し等でコア箱内で、割れたり、細片化したりして劣化していることもあるので注意が必要である。このような乱れた試料については、一般には物理的、力学的試験は行わない。

軟岩の強度は、飽和度と、特に乾湿の繰返しに著しく影響されるので、岩石試料の含水条件には充分留意する。横坑から採取した岩片については、採取後パラフィンコーティング、ビニール袋などで密封し乾燥を防止した試料を室内試験に用いる。無論、ボーリングコアについても採取直後試験するか、または乾燥を防止した試料を使って試験するのが望ましい。

既存のボーリングコアあるいはサンプルは乾燥していることが多い。この場合、横坑などから採取した試料について、湿潤状態と長期(1~2ヶ月以上)乾燥状態との強度比を求めておき、これを使って乾燥試料の強度を校正すればよい。補正值は岩種、岩質例えば粘土質か砂質か、固結度が高いか低いかなどで著しく異なるので、他ダムの例を参考にするときには注意する必要がある。なお、ここでは、自然状態すなわち、地山に存在するときの含水状態に対する強度比は求めていない。これは自然含水比は飽和状態に近い例が多いとは言え、水理条件によって変動し、飽和度のばらつきが大きくなり、自然含水状態での測定値は指標となりにくく、また、ダム湛水後、基礎岩盤は飽和状態となるとみなせるためである。

6. 岩盤分類基準の作成

ダム基礎の岩盤分類のために行なった以上のような調査の結果は、岩盤分類基準と岩級分布図の作成に利用されることになるが、ここでは、岩盤分類基準作成についての基本的な枠組みについて示すにとどめる。

建設省関係のダムで、通常用いられている岩盤分類基準は、土研方式と記述方式を併用したものであり、その骨格について以下に示す。

(1) 作成の手順

岩盤分類基準作成の手順は、一般に次の図のようなものである。

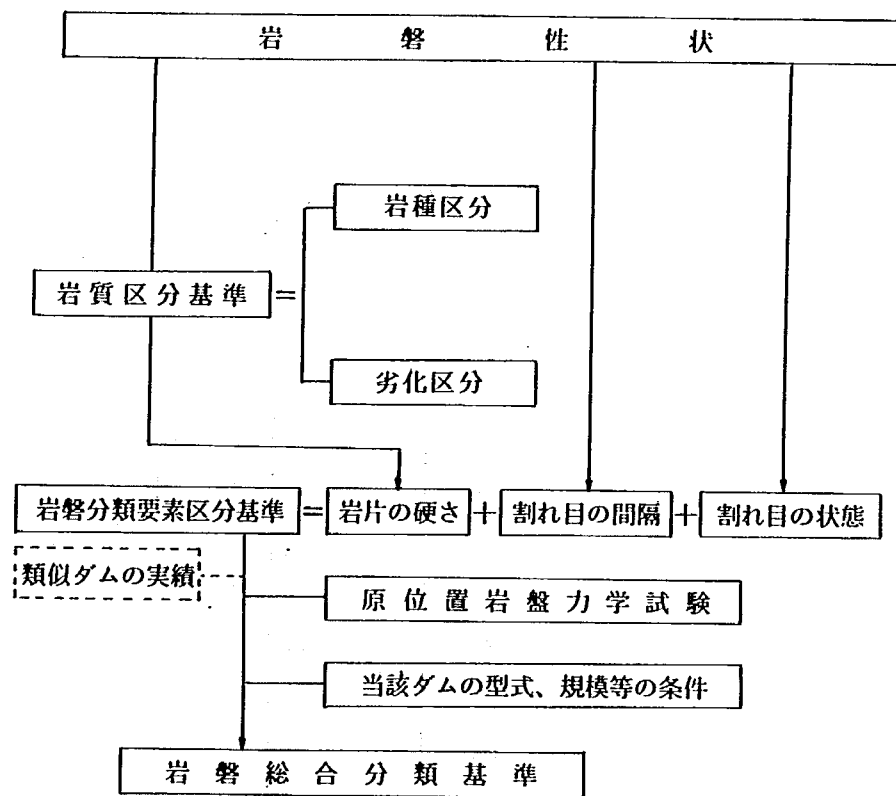


図-11 標準的な岩盤分類基準作成の手順

- ① 岩石の初生的性質に基づく成因的区分、すなわち岩種区分（表-12(1)）の作成
- ② 各岩種について、劣化に伴う岩質すなわち、岩石・鉱物的性質や物理的力学的性質の変化に基づく劣化区分（表-12(2)）の作成
- ③ 岩片の硬さ（表-13(1)）、割れ目の間隔（表-13(2)）、割れ目の状態（表-13(3)）などの岩盤分類要素区分基準の作成
- ④ 岩盤性状と力学的性質、当該ダム基礎としての評価と岩盤設計定数および基礎処理法を組み合わせた総合分類基準（表-14）の作成

表-12(1) 岩 種 区 分

岩種区分	岩種記号	岩 石 名	岩 石 ・ 鉱 物 学 的 特 徴
①岩種区分は、岩石の初生的（未劣化の）性質に基づく成因的区分である。			

表-12(2) 劣化区分〔岩種： /劣化要因： 〕

劣化区分	岩 石 ・ 鉱 物 的 特 徴	力 学 的 性 質								物 理 的 性 質	
		ハンマー打診で の 定 性 的 特 徴	シュミットハ ンマー反発度	針貫入強度	点載荷強度	超音波伝播速度		一軸圧縮強度	剪断強度		密度、吸水率、間隙率等
						V _p	V _s		τ_0	ϕ	
α											
β											
γ											
δ											
...											
①劣化区分とは、風化や変質による劣化の区分をさす。 ②力学的性質、物理的性質については、全項目について実施する必要はなく、最初に簡単な試験を全体的に行ない、その結果をもとに、各種の指標のうちから適確なもの（岩盤力学的性質をよく反映し、求めやすいもの）を選び出して本格調査の際の指標とする。 ③力学的性質は、原則として湿潤状態で示す。乾燥状態でのデータがあればそれも記す。いずれにしろ含水条件を明示しておく。 ④基本的には、岩種区分 × 劣化要因 の数だけ本表を作成することになるが、いたずらに繁雑とならないよう、類似岩種どうしなど統一できるものはできるだけまとめる。											

表-13(1) 岩片の硬さの要素区分

区分	該当する岩質区分 (表-12(1), (2)の区分) の組み合わせ	力学的性質								物理的性質	
		ハンマー打診での定性的特徴	シュミットハンマー反発度	針貫入強度	点載荷強度	超音波伝播速度		一軸圧縮強度	剪断強度		密度, 吸水率, 間隙率等
						V _p	V _s		τ_0	ϕ	
A											
B											
C											
D											
....											
①ここに示す物理的・力学的性質のすべてを指標とする必要はなく、岩盤状況に合わせいくつかを選択すると良い。 ②力学的性質は、原則として湿潤状態で示す。乾燥状態でのデータがあればそれも記す。いずれにしろ含水条件を明示しておく。											

表-13(2) 割れ目間隔の要素区分

	横坑岩盤	ボーリングコア		
	割れ目間隔	割れ目間隔	R Q D	コア形状
I				
II				
III				
IV				
V				
....				
①横坑岩盤とボーリングコアとの対応を求める必要がある。 ②ボーリングコアでは、必ずしも割れ目間隔、R Q D、コア形状すべてを指標に用いる必要はなく、岩盤状況に合わせ選択すると良い。				

表-13(3) 割れ目状態の要素区分

	横坑岩盤	ボーリングコア
a		
b		
c		
d		
....		
①岩種、劣化要因等の違いによって割れ目状態は異なるので、それぞれのダムサイトに応じた区分をする必要がある。 ②横坑岩盤とボーリングコアとの対応を求める必要がある。		

表-14 岩盤総合分類基準

岩盤評価区分 (当該ダムとしての評価による)		基礎岩盤の性質										岩盤設計定数	基礎処理法 (力学性に限って)
		岩盤性状		力学的性質									
				定性的特徴	該当する要素区分 (表-13(1),(2),(3)の区分) の組み合わせ	弾性波速度		孔内載荷		平板載荷			
記号	評価					Vp	Vs	Et	Dt	Et	Dt		
B	優良												
CH	良												
CM	やや良												
CL	やや不良												
D	不良												
①求めるべき力学的性質と岩盤設計定数の種類は、ダムタイプおよび岩盤状況等によって異なるので、この表の力学的性質の欄の必要なものに限って求める。 ②原位置岩盤力学試験を実施しない段階では、本表の左半分のみに記入することになる。													

(2) 岩質区分基準

岩質区分は、基礎岩盤を構成する岩石の岩種区分と、それぞれの岩種の劣化状態を分けた劣化区分よりなる。

① 岩種区分

表-12(1) 岩種区分は、初生的（破碎，風化変質等による劣化を受けていない）な岩石の性質に基づく成因的区分に相当するものである。普通は地質層序表等で示すことが多いが，ダムサイトに見られる岩石の種類とその性質を明らかにし，理想的にはこの性質のみからなる岩盤が，劣化によってどのように力学的性質を割り引くことになるのかを定める，スタートとなるものとしての意義をもつ。

② 劣化区分

表-12(2) 劣化区分は，岩盤に劣化を生じさせたさまざまな因子が各岩種に対してどのように作用したのかを示すもので，風化や変質等の劣化因子による岩石そのものの劣化を，岩石鉱物学的特徴や物理的力学的性質によって分けるものである。区分指標については，地質状況に応じ適宜選択する必要がある。

風化作用を受けた花崗岩のダムサイトのように，1岩種，1劣化要因であればこのシートは省くことができ，直接(3)①岩片の硬さ（表-13(1)）に進むことになる。

なお，複数の岩種が分布し，劣化因子としても風化と変質が重複してみられるような場合の取扱いは難しい問題であり，各々の岩種や因子ごとに細分化した調査をする必要はあるが，表現にあたってはこれを再統合して区分せざるを得ない。このような問題に対処するための一つの手法として，かつての土研方式が考案されたが，その本来的意義は，総合所見である岩盤評価区分がいきなり出現し，複雑な条件や判断が微妙な岩盤においては，区分の由って来たところが判明しないために議論が発展せず，また因子の評価の究みや見落としがそのまま区分に反映してしまうという欠陥を修正した点にある。

ここではそれを一歩進めて，客観的（これにこだわると衆愚的あるいは群盲撫象的になるが）な考察ができるように，岩盤の力学的性質に影響する因子と岩盤の評価に用いられる要素を明示することにしたものである。

実際にボーリングや横坑における線的情報を組み立て，地質的考察をもとにダムサイトにおける三次元的な岩級分布の把握を行なうには，岩種や岩質あるいは劣化要因に関して組織的に基礎データを整備しておくことが必要であるので，岩盤分類基準の指標に使用しないと思われるような情報も極めて重要な意味を持っている。

(3) 岩盤分類要素区分基準

通常，岩片の硬さ，割れ目の間隔，割れ目の状態の3つが岩盤分類要素として用いられる。(2)において求めた岩質区分は岩片の硬さの内容を説明するものとして位置づけられるものである。

これらの3要素のほかに，風化を要素として加えている例もみられるが，岩盤の力学的性質に影響するのは風化そのもの，すなわち岩石の鉱物的変化ではあるが，それは岩片の硬さに反映されており，風化の要素を加えることは通常は不要と考える。

もちろん，厳密には，岩片は同じ硬さでも，岩質的な違いによって，岩盤としての力学的性質に対する反映の仕方は異なるであろう。しかしながら，もともと岩盤分類の狙いとするところは，

岩盤のおおよその性状をつかみそれをもとに、グルーピングしようとするのであるから、いたずらに区分要素を増やしても意味がない。

無論、岩石の質的要素がそのまま影響するような、岩盤の透水性、岩石材料としての性質、あるいは岩盤掘削面の耐風化性といった評価を目的とした岩盤分類においては、風化、変質、岩種あるいは鉱物組成等の要素が重要な意味を持つてくる。

① 岩片の硬さ

表-13(1)は岩片の硬さに対する区分の概念であるが、ここに示す力学的性質、物理的性質のすべてを指標とする必要はなく、この中からいずれが当該サイトの岩盤に適したものを判断していくつかを選択して用いるとよい。

② 割れ目の間隔

表-13(2)は割れ目の間隔に対する区分の概念であるが、まず問題となるのは、割れ目間隔の級間をどう設定するかということと、ボーリングコアとの対応である。割れ目間隔は、横坑、岩盤、ボーリングコアとも掘進にともなう人工的な割れ目を除いて求める必要がある。

ボーリングコアについては、割れ目間隔のかわりにコア形状、RQD、最大コア長等の指標も有効である。

③ 割れ目の状態

表-13(3)は、割れ目状態に対する区分の概念であるが、割れ目の性状は、岩種および劣化要因等によって異なるので、それぞれのダムサイトの地質状況に応じた区分をする必要がある。

また、横坑掘削による割れ目の緩みのみきわめと、横坑とボーリングコアにおける割れ目状態の対応をどうつけるかという問題がある。

割れ目の間隔と割れ目の状態についての指標の級間設定と評価については、岩盤分類基準の作成に当たっての最も難しいところであるがとどまるところは、原位置岩盤力学試験値と岩盤性状についての対応を詳細に検討するしかない。その場合、割れ目計測は有効な方法となる。

なお、通常の岩盤は上記①～③で対応できるが、泥流堆積物や凝灰角礫岩の中には、礫と基質の硬さが著しく異なるものもあり、そのようなときは、礫の含有率を岩盤分類区分要素に加えることもある。

(4) 岩盤総合分類基準

表-14は、岩盤総合分類基準の概念であるが、基礎岩盤に対する評価とその力学的性質の指標は、ダム型式、規模等によって違うのであるから、岩盤区分の内容はダムごとに異なる性質のものである。

普通、予備調査～実施設計調査前半までは、原位置岩盤力学試験は実施されないで、力学的性質は数値を用いずに評価をせざるを得ない。この場合、原位置岩盤力学試験の実施後に、それに基づいて分類基準の見直しが必要である。

お わ り に

ここに示した調査法にそって調査を行なった事例については、程なくとりまとめる予定である。

今後さらに様々な条件の軟岩ダムサイトでの使用を重ねて、岩盤条件と合せて問題点の抽出を計った上で再度見直しを行ない、調査指針としてとりまとめて行きたいと考えている。同時に、軟岩の岩盤性状と物理的力学的性質との関係を整理し、一般のダムに広く適用できる軟岩の岩盤分類基準の確立を計って行く必要がある。

最後に、ダム基礎の問題に関わっておられる技術者、専門家の方々のご批判とご助言を仰ぐ次第である。

問 合 せ 先

〒305 茨城県筑波郡豊里町旭1

建設省土木研究所地質研究室

N T T 0298 (64) 2211

マイクロ 8-93

市 川 内線 405

平 野, 佐々木 ” 406

神 保 ” 407

参 考 文 献

- E. Broch, J. A. Franklin: The Point-load Strength Test, International Journ. of Rock Mechanics and Mining Sciences, Vol. 9, pp. 669—697, 1972.
土木研究所地質研究室編：岩盤分類とその現場への適用, 土木研究所資料, No. 1907, pp. 23～136, 1983.
- 平野 勇：地質工学的性質からみた堆積岩の地質学的サイクル, 昭和59年度研究発表会予稿集, pp. 40～43, 日本応用地質学会, 1984.
- 平野 勇：ダムにおける地質調査と岩盤分類, 地質と調査, No. 4, pp. 31～40, 1985.
- I.S.R.M. Comm. on Testing Methods: 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, 1978.
- 建設大臣官房技術調査室, 建設省土木研究所編：ボーリング柱状図作成要領(案)解説書, (財)日本建設情報総合センター, 1986.
- 菊地宏吉・藤枝 誠・岡 信彦・小林隆志：ダム基礎岩盤の耐荷性に関する地質工学的総合評価, 応用地質特別号「岩盤分類」, pp. 103～118, 1984.
- 岡本隆一・安江朝光：ダムサイトにおける岩盤区分の試み, 土木技術資料, Vol. 8, No. 9, pp. 423～432, 1966.
- 斎藤孝三・片平 博：ダム基礎岩盤の原位置試験に関する諸検討と考察, 土木研究所資料, No. 1899, 1983.
- 田中治雄：ダムの地質と基礎処理, 発電水力講習会テキスト, pp. 135～154, 発電水力協会, 1959.

軟岩を対象としたダム基礎の岩盤分類のための調査
その1 簡易調査法(案)

I S S N 0386—5878
土木研究所資料第2506号
昭和62年6月(1987)

地質研究室 市川 慧・平野 勇
神保 悟

要 旨 堆積性軟岩、破砕岩、風化岩、変質岩などの軟岩を対象とする
ダムの基礎岩盤に対する肉眼観察、割れ目計測、シュミットハンマーテ
スト、針貫入試験、弾性波探査、点載荷試験などの簡易調査の方法と、
その岩盤分類への適用法をとりまとめたものである。

キーワード：ダムの地質調査、軟岩、岩石試験、岩盤試験、岩盤分類

郵便はがき

四十円切手
をはって下
さい

3 0 5 - □ □

茨城県筑波郡豊里町大字旭一番地
建設省土木研究所
地質研究室
行

No. 009

No.

配布先氏名

配布先住所

土木研究所資料第2506号 部

上記のとおり受領しました。

所 属 (住所)

氏 名 印