

土木研究所資料

第22回地質担当者會議資料

平成元年3月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © (1989) 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、土木研究所長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。

第22回地質担当者会議資料

地質研究室室長 中 村 康 夫

急傾斜地崩壊研究室主任研究員 西 川 純 一

九州地建立野ダム工事事務所副所長 平 野 勇

地質研究室研究員 脇 坂 安 彦

要 旨

昭和63年12月9日に開催された第22回地質担当者会議で行われた講演のうち以下のものが収録されている。

1. 講 演

- 1-1 昭和63年熊本・島根豪雨土砂災害
- 1-2 ダム用岩石材料の調査・試験実態
- 1-3 軟岩の調査試験法
- 1-4 ダム建設における第四紀断層調査

キーワード：のり面・土砂災害・ダム地質・岩区分・地質調査・
第四紀断層

ま え が き

地質担当者会議は、昭和42年度より地質調査上の問題点の解明、技術情報の交換および地質調査方法の統一等を課題として開催されており、今回で第22回を迎えるに至った。この間、河川砂防基準(案)・道路土工土質調査指針・ルジオンテスト技術指針(案)・リップラップ材の耐久性判断基準(案)・グラウチング技術指針・ボーリング柱状図作成要領(案)等、地質調査に関連する基準や指針類の作成に貢献し、また、ダム・トンネル・のり面・軟弱地盤の地質工学的問題点の検討、海外の事例紹介等を行なってきた。

今回も、本省森本技術審議官、土研成田所長をはじめ、本省、各地方建設局、国土地理院、土木研究所、北海道開発局、日本道路公団、阪神高速道路、水資源開発公団、本・四連絡橋公団より約65名の参加を得て盛会となった。

今回の会議では、合計5件の報告が行なわれた。

「昭和63年熊本・島根豪雨土砂災害」では、昭和63年5月から7月にかけて西日本において発生した豪雨による土砂災害について、地形・地質条件と崩壊の関連についての報告が行なわれた。

「ダム用岩石材料の調査・試験実態」では、ダム用岩石材料の質に重点をおいた調査・試験方法の確立を目的とした、既存ダムにおける岩石材料調査・試験関係の実態調査に関する報告があった。

「軟岩の調査試験法」では、近年増加する傾向にある軟岩ダム基礎について、その地質工学的特性および軟岩ダム基礎の岩盤分類のための簡易調査試験法に関する報告が行なわれた。

「ダム建設における第四紀断層調査」においては、昭和59年3月に示された「ダム建設における第四紀断層調査と対応に関する指針(案)」(建設省河川局開発課)にそってなされた調査成果のとりまとめ方についての解説が行なわれた。

「地質・土質調査共通仕様書について」では、現在作成中の地質・土質調査共通仕様書案が紹介された。

ここに当日提出された資料と討議内容をまとめて、今後の参考に供しようとするものである。なお、上記報告のうち、「地質・土質調査共通仕様書(案)」は質疑応答のみ本資料に収録し、報告は収録されていない。

平成元年3月

地質研究室長 中 村 康 夫

目 次

ま え が き	
議 事 次 第	1
出 席 者 名 簿	2
開 会 挨 拶	5
技術審議官挨拶	6
土木研究所所長挨拶	9
閉 会 挨 拶	11

議 事

1. 講 演	13
1-1 昭和63年熊本・島根豪雨土砂災害	15
1-2 ダム用岩石材料の調査・試験実態	33
1-3 軟岩の調査試験法	53
1-4 ダム建設における第四紀断層調査	105
1-5 地質・土質調査共通仕様書について(質疑のみ)	129

第 22 回地質担当者会議議事次第

1. 日 時 昭和 63 年 12 月 9 日 (金) 10 時 ~ 16 時 30 分

2. 場 所 東京農林年金会館 (東京都港区虎ノ門 4 - 1 - 1, 03-432-7261)

3. 会議次第

- | | |
|----------------------------|----------------------|
| 1) 開会挨拶 | 10:00-10:05 |
| 土木研究所 | 地質化学部長 市川 慧 |
| 2) 挨拶 | 10:05-10:20 |
| 大臣官房 | 技術審議官 森本 裕士 |
| 3) 挨拶 | 10:20-10:30 |
| 土木研究所 | 所 長 成田 信之 |
| 4) 議 事 | |
| ① 昭和 63 年熊本・島根豪雨土砂災害 | 10:30-11:15 |
| 土木研究所 | 急傾斜地崩壊研究室主任研究員 西川 純一 |
| ② ダム用岩石材料の調査・試験実態 | 11:15-12:00 |
| 土木研究所 | 地質研究室長 中村 康夫 |
| ③ 軟岩の調査試験法 | 13:00-14:00 |
| 九州地建 立野ダム工事事務所 副 所 長 | 平野 勇 |
| ④ ダム建設における第四紀断層調査 | 14:00-14:50 |
| 土木研究所 | 地 質 研 究 室 脇坂 安彦 |
| ⑤ 地質・土質調査共通仕様書について | 15:00-16:00 |
| 九州地建 企画部技術管理課 課 長 補 佐 | 日吉 伯 |
| ⑥ 総合討論 | 16:00-16:25 |
| 5) 閉会挨拶 | 16:25-16:30 |
| 土木研究所 | 地 質 官 桑原 啓三 |

第22回地質担当者会議出席者名簿

開催日 昭和63年12月9日(金)

機 関 名	所 属	職 名	氏 名
本 省 〔3名〕	大臣官房	技 術 審 議 官	森 本 裕 士
	" 技術調査室	技 術 調 査 官	谷 岡 誠 一
	" "	技術管理第一課	赤 木 宣 威
土 木 研 究 所 〔25名〕	地質化学部 地 質 研 究 室	所 長	成 田 信 之
		次 長	岩 本 修 志
		研 究 調 整 官	岩 崎 敏 男
		地 質 官	桑 原 啓 三
		ダ ム 計 画 官	近 藤 悟
		部 長	市 川 慧
		室 長	中 村 康 夫
		主 任 研 究 員	稲 崎 富 士
		研 究 員	脇 坂 安 彦
		"	佐々木 靖 人
	ダ ム 部 ダ ム 構 造 研 究 室	部 長	阿 部 昌 彦
		主 任 研 究 員	長 沢 政 和
		研 究 員	藤 本 成 三
		室 長	斉 藤 孝 夫
		部 長	渡 辺 和 久
		部 長	松 本 徳 功
		主 任 研 究 員	土 井 誠 介
		"	福 沢 亮 一
		"	網 木 純 典
		"	西 川 隆 史
	フ ィ ル ダ ム 研 究 室 砂 防 部 砂 防 研 究 室 地 す べ り 研 究 室 急 傾 斜 地 崩 壊 研 究 室	研 究 員	青 木 博 修
		"	三 木 篤 輝
		"	松 尾 修 篤
		"	幡 本 篤 輝
		"	丸 山 清 輝

機 関 名	所 属	職 名	氏 名
建設大 学 校 (2名)	建設部建設第一科 測量部地 図 科	教 官 "	府 録 宗 信 田 中 義 治
国 土 地 理 院 (3名)	地理調査部地理第一課 " 地理第二課 " 地理調査 技術開発課	調査第一係長 課 長 補 佐 調 査 員	海 野 芳 聖 津 沢 正 晴 丹 羽 俊 二
東北地方建設局 (3名)	河 川 部 河 川 計 画 課 " 企 画 部 技 術 管 理 課	調査第二係長	石 川 進 作 長 坂 剛 佐 藤 克 佳
関東地方建設局 (5名)	企 画 部 技 術 管 理 課 " 河 川 部 河 川 計 画 課 " 河 川 工 事 課 道 路 部 道 路 工 事 課	課 長 基準第二係長 課 長 補 佐 ダ ム 係 長 課 長 補 佐	金 沢 功 矢 花 昇 坂 井 睦 郎 渋谷 文 利 長谷川 淳
北陸地方建設局 (2名)	三国川ダム工事事務所 北 陸 技 術 事 務 所	副 所 長 "	大 島 福 夫 庄 司 正 憲
中部地方建設局 (3名)	企 画 部 技 術 管 理 課 河 川 部 河 川 計 画 課 道 路 部 道 路 計 画 第 一 課	課 長 計画第二係長	加 藤 博 平 光 文 男 金 田 達 也
近畿地方建設局 (2名)	企 画 部 技 術 管 理 課 近 畿 技 術 事 務 所	施工調査係長 工 務 課 長	森 健 作 水 取 清 一
中国地方建設局	斐伊川・神戸川総合開発工事事務所	ダム出張所長	山 縣 一 登
四国地方建設局	企 画 部 技 術 管 理 課	検 査 係 長	亀 山 忠
九州地方建設局 (6名)	企 画 部 技 術 管 理 課 " " 河 川 部 河 川 部 河 川 計 画 課 立 野 ダ ム 工 事 事 務 所	課 長 補 佐 検 査 係 長 検 査 主 任 建設専門官 調査第二係長 副 所 長	日 吉 伯 国 武 正 光 榎 田 範 男 熊 木 洋 太 藤 野 光 明 平 野 勇
北海道開発局 (2名)	開発土木研究所地質研究室 "	室 長 主任研究員	根 岸 正 充 本 館 静 吾

機 関 名	所 属	職 名	氏 名
日本道路公団	技 術 部 道 路 技 術 課	調 査 役	相 葉 忠 一
阪神高速道路	工 務 部	調 査 役	大志万 和 也
水資源開発公団 (4名)	本 社 企 画 部 計 画 課	課 長 補 佐	播 田 一 雄
	“ 技 術 管 理 課	“	高 橋 征 夫
	試 験 所 第 三 試 験 課	地質試験室長	斉 藤 明 朗
			解 良 一 夫
本・四連絡橋公団	設 計 部 設 計 第 三 課	課 長 代 理	新 田 篤

合計 65名

開 会 挨拶

〇市川部長 おはようございます。22回の地質担当者会議を始めたいと思います。

本日は、年の暮れも近くなりまして忙しい中をお集まりいただきまして大変ありがとうございました。また、森本審議官、着任早々お忙しいところわざわざおいでいただきましてどうもありがとうございます。

地質、いわゆる地面から下の話を担当している人が集まって情報交換をしていく会議で、22回目になったわけでございます。昨今、社会のいろんな情勢や、ニーズが非常に変わってまいりまして、それに応じた地面の下の調査あるいは利用、管理の方法が非常に期待されている時代になっております。

最近、話題をにぎわしておりますのは、大深度地下利用ということで、これが建設省初め各省庁入り乱れた形で、どのように都市の下を利用していくかという話が大きくなっております。都市に限らず、地下の利用という話になりますと、そこに大きな空間をつくる技術的な問題もありますけれども、この会議に関連する話としましては、地盤の状況の調査、あるいは情報の正確な収集とそれに基づきます地盤の情報を、計画、設計、施工分野に伝えるという仕事が残っておるわけでございます。きょう最後の議題にございますけれども、調査共通の仕様書、こういうものが地盤調査のデータの集積あるいは検索、さらにはAIなどを使いました加工という話までつながっていくという新しい展開が出ております。

実は、この会議内容を決定したのが夏ごろでございまして、それから半年の間に一番動いたのが地下利用の話だろうと思っております。そのほか、昨年まで問題になっておりましたコンクリート骨材の話が大体収束しまして、先般本省の方から出しました通達の類い、あるいは各種の指針類、修理、補修、各種の対策に対する指針の類いが出まして、これでひとつ決着をつけたんだろうと思っておりますけれども、この様な問題が次々新しく出てまいります。

本日のテーマを見ますと、かなり基本的な話でございまして、軟岩の試験とか第四紀断層の見方といった昔から常に形をかえて出てくる話でございます。

例えば、軟岩と称するものも、従来の技術では、高変形性、低強度ということで、どちらかというのを避けていたんですけれども、社会の変化により、地盤条件がいいところに土木工造物をつくるという時代ではありませんで、好むと好まざるとにかかわらず地盤の悪いところ、岩盤の状況のよくないところで仕事をせざるを得なくなっている。そういうときに、どういう調査が必要で、設計・施工に必要な情報をどう提供するかという難しい問題があるわけでございますけれども、これらの調査と情報の処理をして少し問題が解決しますと、またそこをベースにしてより悪条件のところをどの様に調べてどの様に対応していくかという話が常に追いかけてまいります。

そういう意味では、挙げた項目としては余り代わり映えない項目でございますけれども、さらにそういう難しさが一つ従来より加わった形での検討という話になろうかと思えます。

本日、夕方までわずか1日でございますけれども、十分な御討論をいただきまして実のある会議にしたいと思えます。本日はよろしくお願いいたします。

挨拶

○森本技術審議官 12月1日付で技術審議官に就任しました森本でございます。道路局の地方道課におりましたときには、皆さん方から大変お世話になりましたとありがとうございました。今後ともよろしく願います。

それで第22回地質担当者会議の開催に当たりまして一言御挨拶申し上げます。

本日は、大変お忙しいところ、大勢お集まりいただきまして本当にありがとうございました。この地質担当者会議は、地質調査を中心とした技術的問題を検討すること、あるいは新しい技術開発につきまして情報交換をすることを主な目的としまして開催されているわけでございます。

地質担当者は、皆さん方各地方建設局などに分散して仕事をされているわけでございますが、数が少ないこともございまして、常日ごろの業務につきまして議論したり、あるいは相談をする機会が非常に少ないのではなかろうかと思いますが、この会議におきましてそれを補っていただくということも大事でございますし、土木研究所あるいは地質調査の現場との連絡・調整にもお役に立ていただければありがたいと思っております。

皆さん方は、地質関係を専門とされている方々、あるいは地質に関連したさまざまな仕事をなさされている方々でございますが、せっかくの機会でございますので、建設省の技術開発につきまして私どもが日ごろ考えておりますことを若干紹介させていただきまして、本日の議論の参考にしていただきたい、このように思います。

初めに、建設技術の開発についてでございますが、今後重点的に取り組むべき幾つかの方向とか課題についてお話ししたいと思います。まず建設大臣の諮問機関でございますが、先端技術の活用懇談会というのがございます。この懇談会におきまして59年に答申がございましたが、最近進歩が非常に著しいエレクトロニクスあるいはバイオテクノロジー、新素材、新エネルギー、こういった先端技術を建設分野で活用するということですが、地質調査に関して申し上げますと、例えば、外国でディープメーターアドバイザーというAIですか、人工知能を利用したボーリング調査のデータを解釈するエキスパートシステムがあるようでございますが、これも先端技術活用のよい例ではなかろうかと思えます。

次に、また同じように建設大臣の諮問機関でございますが、ニューフロンティア懇談会というのがございます。これは昨年答申がありまして、現在開発機運が高まっております海洋あるいは地中、さらには宇宙といった、いわゆるニューフロンティアに関する技術開発に取り組むということでございます。これにつきましても地質分野としましては地中開発を支援する、あるいは海洋開発におきましては海底地盤調査技術の高度化といったものに期待をされております。

さらに、専門技能工を初めとしまして建設労働者の不足、高齢化、こういったものに対応すること、あるいは大量の労働者を要する工種、あるいは安全性上問題のある工種、複雑な工程からなる工種、こういったものに関連しまして工程のメカトロ化、あるいはプレハブ化といった合理化施策に必要な技術開発にも取り組むことが重要でございます。

このため、建設本省としましては、総合技術開発プロジェクト、あるいは官民連帯共同研究の経費を確保しまして、試験研究機関にお願いしまして問題に取り組んでおるわけでございます。

こういった技術開発の方向なり、あるいは課題を選定することも重要ではございますが、昨今では技術開発政策の重点、むしろどうやって技術開発を進めるか、その工夫に移ってきたといえるわけでございます。第1には、官民が共同して研究を推進することでございますが、建設分野では必要とされる技術が非常に多岐にわたっております。このために他の分野で開発された技術やアイデアを必要とする機会が非常に多いわけでございますが、建設分野における技術開発では民間の資金とか、あるいは能力、情報をいかに幅広く活用するか、研究開発の成否を左右すると言っても過言ではないわけでございます。

そのための一つの手段としまして、民間との共同研究が重要と考えられております。これは民間にとっても技術開発成果に対する公共事業のニーズを的確に把握したり、大規模な研究に際しまして開発リスクを軽減するといったメリットがございます。

このために建設省では、試験研究機関では総合技術開発プロジェクトの一部や官民連帯共同研究を初め多くの研究におきまして、建設省研究所等の共同研究実施規程に基づきまして民間と共同研究を行っております。地質分野でも、全国地質調査業協会連合会と協力しまして、ボーリング柱状図の標準化の技術開発を行った実績がございます。今後ともこれを一層推進するとともに、地方公共団体あるいは公団等の関係機関におきましても民間との共同研究を適切に実施していただくことをお願いしたいと思います。

第2番目は技術開発成果を現場に積極的に活用することによって民間の技術開発を促進することでございます。先端的な新技術の導入は、建設事業の効率化にとって大変効果がありますが、建設事業は、ご存じのように公共施設の整備を目的としておりますので、技術上の失敗はとても許されるものではございませんが、このために建設事業の現場におきましては、評価の難しい新技術の導入に概して慎重であるというくらいでございます。そして、こういったことが民間における建設技術の開発意欲をそいでいると言われております。こういったことのために現在民間が開発しました技術を国あるいは国が認定した機関が適正に評価し、そして新技術の普及を図る、いわゆる建設技術評価制度、そして民間開発建設技術審査証明事業、こういったものを実施しているわけでございます。

また、地方建設局等の協力を得まして、新しい施工法等建設省の直轄事業におきまして施行して、あるいは現場の適応性、あるいは効率性、安全性、経済性といったものを検証する、いわゆる技術活用パイロット事業、こういったものを実施しております。今後ともこれらを一層推進するわけでございますが、地方公共団体あるいは公団等の関係機関におきましても、技術開発成果の現場活用を適正に実施していただくようお願いしたいと思います。

3番目は、先端的な建設技術開発を強力に推進するための特別な組織が必要であるというわけでございますが、先端技術の中でも従来ほとんど利用されなかった大深度の地下を開発するための技術開発、あるいは施工の省力化、合理化を目指す、いわゆるメカトロ化、ロボット化あるいはプレハブ化を推進するための技術開発、これらには大変大きな期待が寄せられております。これらの技術開発をするために官庁の試験研究所だけでなく、民間企業の自主的な技術開発が望まれております。

こういったことから、これを支援するために、公益法人ということですが、現在、先端建設技術開発センター設立の準備を進めているところでございます。こうした制度面からの工夫によって建設技術開発をより積極的に推進していきたい、このように考えているわけでございます。

本日は、いろいろと盛りだくさんの議題がありますが、十分御討論いただきまして、この会議が有意義に終わりますことをお祈りしまして挨拶といたします。どうもありがとうございます。

挨拶

○成田土木研究所所長 おはようございます。ただいま御紹介いただきました成田でございます。本省、それから各地建、建大、地理院、北海道開発局、さらには関係の公団の方、それに土木研究所のメンバーを加えて開かれますこの地質担当者会議は、もう22回ということになりました。先ほど配られました名簿を見ますと、土木研究所は、私も含めまして25名という大デレゲーションがこの部屋に集まることになっているようでございます。土木研究所としまして、この会が非常に大事な会だと位置付けている証拠とみていただいてよろしいかと思います。

この会議は、年に1回ということでございますけれども、ダム、トンネル、斜面災害、いろいろ広い分野の地質の問題を討議するということで開かれているわけですが、最近、ダム関係では第四紀断層の話、それから貯水池の初期湛水の地すべりの問題、トンネルではNATM工法の問題、先ほど司会の方から話がありましたけれども、アルカリシリカ反応、そのほか道路法面の台帳の話というものがこれまでも討議されてきております。

この会がそういうものを通じまして情報の交換と基準や指針をつくる、そういうものに反映していくことで非常に大事な会議でございます。ダムであるとか、トンネルであるとかいう場合に、地質の解釈、それから判断というものが非常に重要になるわけございまして、特に最近のように余り良質な岩のところでないところにも工事をしなくてはいけないときには、皆さんの判断というものが非常に重要になるわけでございます。ところが、そうだからといって、その上にあぐらをかいていただければ非常に困るのであります。やはり、技術の切磋琢磨ということは非常に大事なことだと思います。

先ほど私、25名と申し上げましたけれども、日ごろ私が土研の人に言っていますことは、会議に出て発言しない会議は出る必要ないです、それより土研にいて仕事をしてくださいということを常々言っているわけですが、きょうは司会の方が困るぐらいいろいろと議論していただきたいと思います。

土研では、地質に関係しています部は非常に多くありまして、地質化学部がもちろん中心ですが、そのほかに道路、砂防、機械施工、構造橋梁、それにはもちろんダムも入りますけれども、そういうところが非常に関連しているわけです。土研の中でも日ごろ議論しておりますけれども、大いにきょうもやっていただきたいと思います。

ただいまの審議官のお話にもありましたけれども、だんだんと話が大きくなって、最近は宇宙、海洋、地下というような話に進んできております。そうなりますと、皆さんの仕事というものの重要性は増すことはあっても減ることは決してないわけでございます。そういうことでますます意識を高めていただきたいと思います。

もう一つは、地質関係の問題はどうしても現場に密着する話であるわけで、そのためにも協調関係、情報の交換というのは非常に大事だろうと思います。

もう一つをお願いいたしますか、最近はまだ海外とのいろいろな技術協力、これは先進国と開発途上国と両方ありますが、開発途上国の方はその衝に当たられる方は非常にまたそれなりに大変だろうと

と思いますが、先進国との協調ということもこれから非常に大変になると思います。先日も筑波で直轄技術研究所長会議というのがありましたけれども、そのときにも外国との技術の競争が非常に強く言われているわけです。皆さんのやっておられる仕事も外国との関係がいやでも出てくる。

先ほどもこの会議が始まる前に私どもの砂防部長と話したんですけれども、これまでも土木研究所はアメリカ、カナダ、中国など、いろいろな国とやっているんですが、今度はイタリーとも話が出てくるというようなことも話していたわけですが、その様なわけで世界的にも非常に規模が大きくなるということで、よろしく御研さんいただきたいと思います。

以上、簡単でございますけれども、会議が始まるに当たって御挨拶申し上げます。

閉 会 挨 拶

○桑原地質官 本日は大変朝早くから、年末の忙しいところを活発な御議論をいただきまして大変ありがとうございました。

きょうの議題は、午前中がどちらかといいますと情報交換ということで島根・熊本の災害、それからダム用岩石の実態というようなことでございました。午後からが調査試験、共通仕様書ということで、地質調査をどういうふうにやったらいいかということと、それをどの様にまとめるかという御議論だったと思っております。

地質・土質調査といいますのは、元来非常にわかりにくいものをできるだけ工学的に表現してやろう、あるいは地質学的に表現してやろうということで、端的に申しますと一種の探偵みたいな仕事をやっているんじゃないかというふうに思うわけでございます。

じゃ、なぜそういうものを共通仕様書あるいは試験方法を統一しようかとなりますと、先ほど探偵といいましたけれども、やみくもにやっておりますと、どうも三流映画の探偵をやっているような気がいたしまして、もう少しシャーロックホームズとかあるいは金田一京助、そういったところまでいなくても、もう少し全体的に現在の警視庁レベルぐらいの調査まで上げられないか、そういったことを考えるわけでございます。

したがって、いろんなもの、わからないものをできるだけ統一して、全国的に同じような調査をやって、同じようなフォーマットにまとめる。そうしますと、だれが見ても同じように判断できるようになっていくんじゃないかと思えます。そういったものを踏まえて、さらにその上に地質学的なセンス、考え方をつけ加えてよりよいものにやっていけばというふうにもっていけば大変いいんじゃないかと思えます。

多少最後の方の議論は我々土木研究所の方も大分関与しておりますし、地建の方にもアンケート等が回ってございましたけれども、多少意思の疎通を欠いていたようなところもございまして、もう少しいろんな御意見を、例えば土木研究所、各地建の意見を踏まえて、なおいいものにやっていきたいと考えております。これも本省の方とまた御相談しましていいものにしたいと思えます。

きょうは本当に長時間ありがとうございました。

1. 講演

昭和63年熊本・島根豪雨土砂災害

土木研究所 急傾斜地崩壊研究室

主任研究員 西 川 純 一

昭和63年5月から7月にかけて、西日本において豪雨による土砂災害が多数発生した。

(5月3～4日：熊本県地方、6月24～25日：愛媛県南西部地方、7月13～15日、20～21日：島根県西部地方)。これらの豪雨による土砂災害のうち急傾斜地におけるがけ崩れ災害について話題提供する。

ここで取り扱っているがけ崩れ災害は、人家に対して一部破損以上の損害を与えたものに限り、崩壊の規模はさまざまであって、かつ山腹における崩壊などは対象としていない。急傾斜地崩壊研究室では、本年のがけ崩れ災害のうち熊本県と島根県について現地調査を実施している。熊本県の場合、阿蘇火山の火砕流堆積物、島根県の場合、安山岩、結晶岩、花崗岩で特徴づけられる地質の地域で、それに関連した地形を示している。これら地形・地質条件と崩壊の関連性について話したい。

(1) 熊本県に発生したがけ崩れ災害

1. 地形・地質

この地域は北東に阿蘇山とその外輪山が位置し、裾野を広げている。この裾野には広範囲に溶結凝灰岩、軽石流堆積物などからなる阿蘇火砕流堆積物が分布している。この外輪山の裾野は中小河川に刻まれて起伏の多い地形をなしている。外輪山の内側は安山岩の比較的急な斜面が張り出し、カルデラ内の段丘面と接している。カルデラの中心には阿蘇山の中央火口丘の各山体が位置している。調査地域の南部には、御船町付近に中生層が分布して丘陵地形をなし、甲佐岳一帯に変成岩、その南に中生層および変成岩が東北東方向に配列し、やや急峻な地形を呈している。

調査地域の北西に金峰山、二ノ岳、三ノ岳等の山体をつくる中新世ないし更新世の安山岩質の火山岩類が分布している。このうち中新世の火山岩類は変質を受けているのが特徴である。

調査地域内にはおよそ東西方向に白川と緑川の二つの大きな河川があり、いずれも熊本市およびその近郊に段丘と沖積面をつくり、有明海に注いでいる。これらの段丘面の末端には所々に阿蘇火砕流堆積物のがけがみられる。(図-1)。

2. 降雨状況

昭和63年5月3日から4日にかけて、熊本県中部地方では日本海に中心を持つ低気圧からのびた寒冷前線が停滞し活動が活発になったため雷を伴った豪雨が発生した。降雨が特に激しかったのは緑川上流域の矢部町から阿蘇山南東部の高森町、蘇陽町にかけての地帯で、矢部町(間谷山)では最大1時間雨量が、111mm、連続雨量(3日13時～4日22時)は475mmにも達した(図-2, 3)。降雨のピークは矢部町では5月3日19～20時であり、高森町では23～24時と夜半から深夜にかけてであった。

3. がけ崩れによる災害

熊本県下で53カ所のがけ崩れ災害が報告されている(5月3日現在、熊本県砂防課調べ)。いずれも5月3日の夕刻18時30分～21時の間に発生している。この時間帯は降雨量のピーク時におおむね一致し

いる。

がけ崩れの規模は、崩壊土量で10～50 m³のものが多くを占め、500 m³までのものが9割に達する。

これらのがけ崩れの発生地域は、溶結凝灰岩、軽石流堆積物などからなる阿蘇火砕流堆積物の分布がほとんどを占め、その他は変質した安山岩の分布する地域である。

前者のがけ崩れでは、基岩の火砕流堆積物までは岩相にかかわらず、崩壊が及ばず、表層の土壌のみが崩壊している(図-4)。これは、火砕流堆積物の溶結凝灰岩、軽石流堆積物は表層土壌に比べて相対的に強度があり、火山碎屑物に由来する表層土壌は水を含むと泥流化しやすいことによると推定される。

金峰山、二ノ岳、三ノ岳の山裾で発生した数件のがけ崩れは、基岩の変質した安山岩、安山岩質火山角礫岩まで崩壊が及んでいるのが特徴である。したがって崩壊深度もやや大きく(図-5)、ときには1 mにおよぶ変質の弱い安山岩礫が崩土の中に含まれていることがある。崩壊が基岩まで及んでいるのは、もともと基岩が安山岩の溶岩ないし火山角礫岩で亀裂に富んでいることと、変質により岩石自体が粘土化し、脆くなっていることから、降水を含んで崩壊しやすくなっていたと考えられる。

がけ崩れの発生したところは、観察した限りにおいては、わずかに谷地形を示し、周囲に比べて降水を集めた可能性があるところである。また、がけ崩れの集中している矢部町、御船町は時間最大雨量、連続雨量ともにいちばん大きな地域である(図-2、3)と同時に、阿蘇火砕流堆積物の分布地域である。

文献2)より抜粋

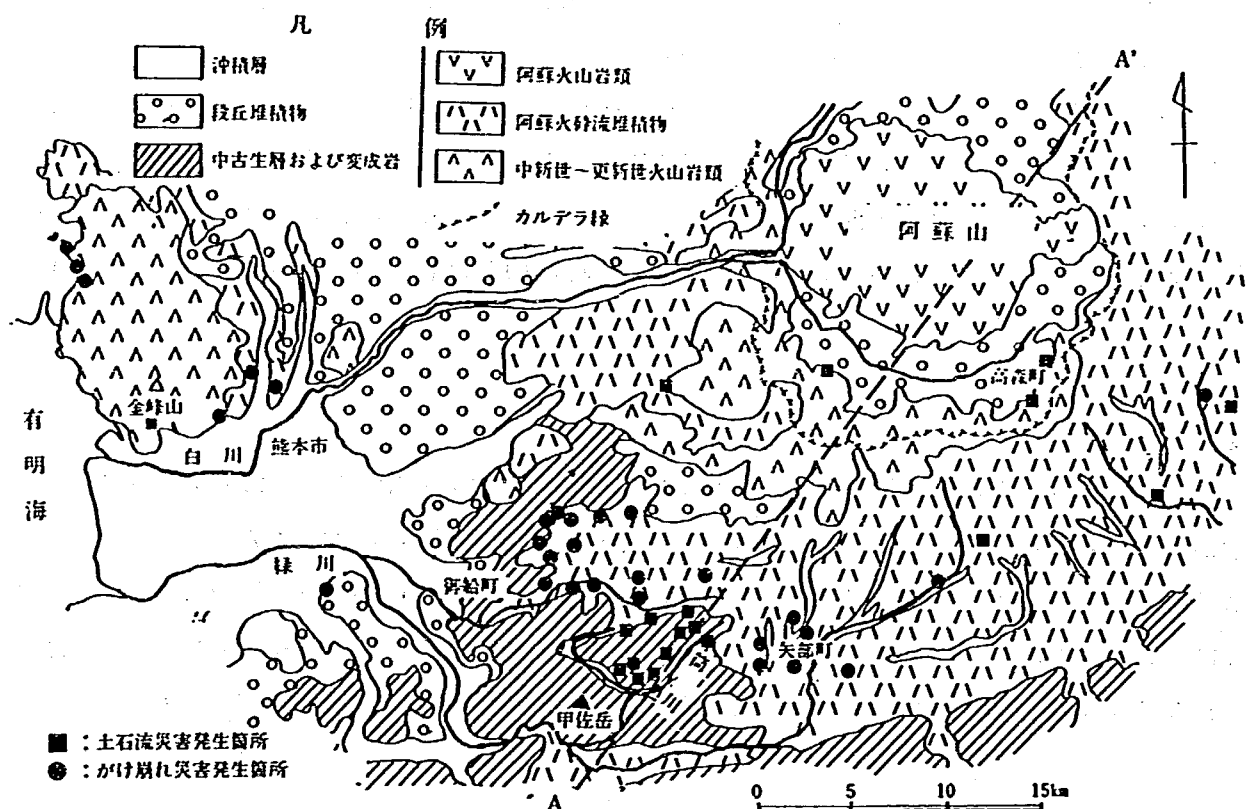


図-1 土石流、がけ崩れ災害発生箇所及び地質概略図

(地質概要図は文献¹⁾を簡略化)

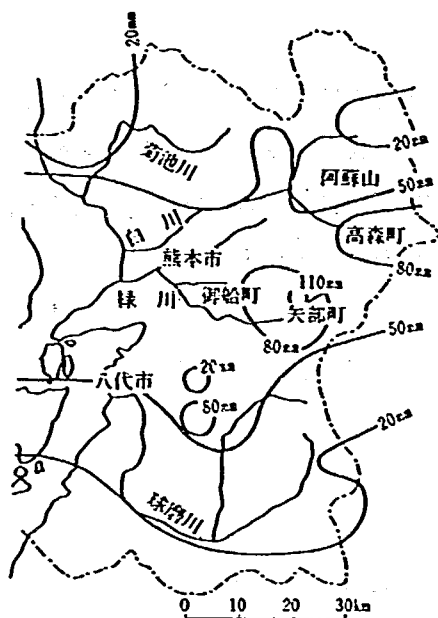


図-2 等雨量線図
(時間最大雨量)

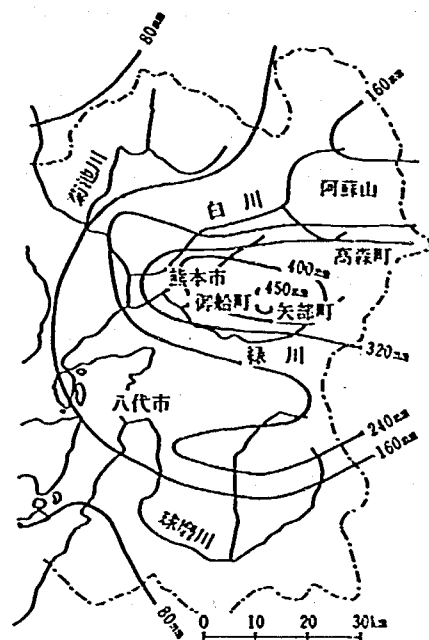


図-3 等雨量線図(連続雨量, 昭和63年
5月3日12時~5月4日22時)

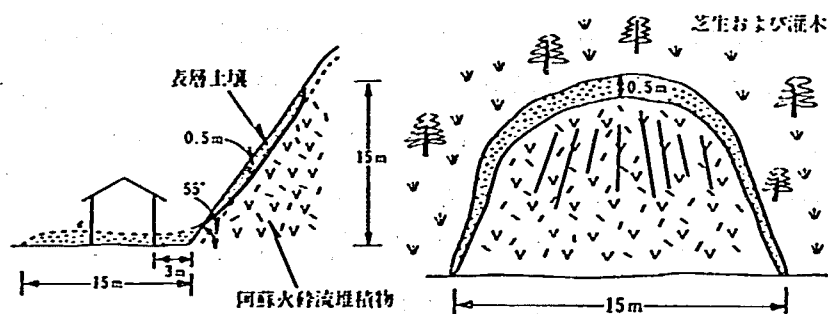


図-4 矢部町におけるがけ崩れの例（崩土は家屋の壁面を破損して床上を進行した）

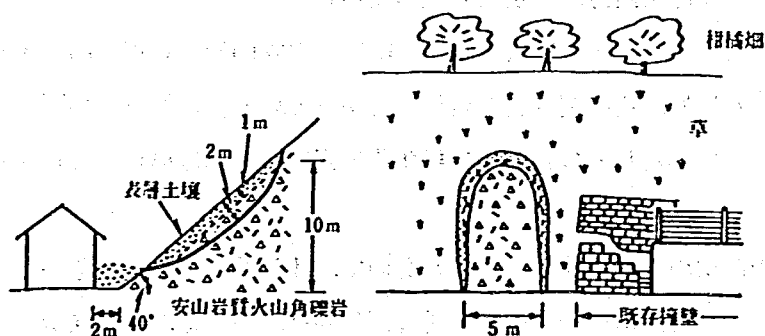


図-5 天水町におけるがけ崩れの例

(2) 昭和63年7月島根県におけるがけ崩れ災害について

1. はじめに

昭和63年7月13日から15日および20日から21日、島根県では日本海から南下した梅雨前線の影響で激しい雨に見舞われ、浸水による住家被害、冠水による農業被害、道路の決壊などなど数多くの被害がもたらされた。このうち浜田市から三隅町にかけての県西部地方では、とりわけ降雨が集中し、急傾斜地におけるがけ崩れ災害が発生し、4名の死者・行方不明者がでた。この地方では58年7月にも集中豪雨があり、数多くのがけ崩れ災害が発生し、91名もの犠牲者がでている。³⁾ 今回のがけ崩れ災害の素因および誘因を58年の災害のそれらと比較してがけ崩れ災害の特徴を得る目的で現地調査を実施した。

2. がけ崩れ災害の特徴

2.1 地形・地質

調査対象地は図-1の地質略図に示される、浜田市から三隅町に至る海岸線とそれより12、3km程脊梁山地に入る地域である。行政区域としては、浜田市、三隅町、さらに金城町、弥栄村の一部が含まれる。

中国山地にみられる緩い起伏面や平坦面は、脊梁山地をつくる標高約1,000 mの道後山面と吉備高原・周防高原・石見高原をつくる標高400～600 mの吉備高原面および標高400 m以下の瀬戸内面の3つに区分されている。⁵⁾ 本調査地域には、このうちの吉備高原面に相当する山稜が脊梁山地側にわずかに分布するが、多くは瀬戸内面相当の丘陵地が広がっている。全般的には平坦地は少なく、河川の沖積面、段丘面としてわずかにみられる程度である。おもな水系としては、北から浜田川、周布川、三隅川があり、脊梁山地側から日本海に向かってNW-SE方向に流下する。

本調査地域の地質は、大別して三郡変成岩類の結晶片岩、これを貫く古第三紀の火山岩類、深成岩類、さらにこれらを覆って新第三紀の火山岩類が分布する(図-6)。

三郡変成岩はNE-SW方向に細長く分布するものの一部で、三隅町一帯に分布するものと、浜田市東部・金城町北部に分布するものがある。これらは、泥質片岩・砂質片岩が主体で、後者には珪質片岩・塩基性片岩が伴う。片理は東西方向の走向で北へ傾斜している。

古第三紀の弥栄層群の流紋岩・同質火砕岩、浜田層群の安山岩～石英安山岩・同質火砕岩は調査地域の中央部に分布し、花崗岩、花崗閃緑岩の岩体に貫かれている。新第三紀の国府火山岩類の安山岩・同質火砕岩は浜田市街を中心として分布し、岩相変化に富み、一部は風化・変質が目立っている。

2.2 降雨の特徴

今回の降雨は梅雨前線の移動に伴い発生したもので、比較的狭い地域に集中している(図-7)。7月13～15日の降雨では浜田市街地を中心に総降雨量400mm以上(浜田測候所で410mm)を記録している。この時、三隅町では134mmの降雨量が記録されている。浜田測候所における雨量記録をみると(図-8)、極めて短時間のうちに降雨が集中したことがわかる。15日1時から連続6時間で341mmの降雨量を示し、その間、最大時間雨量は84mmを記録している。浜田市街地より17km離れた金城町波佐

では、類似の経過を示しているが(図-9)、降雨量263mmと浜田市のその3分の2ほどである。この降雨の終息後、およそ4日半後に、再びこの地方に降雨がみられた。この時は、浜田市街地より18km離れた三隅町市街地一帯に降雨が集中した(図-10)。ここでは7月20日13時より15時間のうちに344mmの降雨があり、そのうち20日21時より4時間連続308mm、最大時間雨量100mmを記録している(図-11)。

2.3 急傾斜地におけるがけ崩れ災害の発生

今回の降雨によって発生した急傾斜地がけ崩れ災害が、鳥根県砂防課によって87件報告されている(8月6日現在)。この報告は住家に対し一部破損以上の被害を与えたがけ崩れのみが報告されており、山腹斜面の崩壊などは含まれていない。図-12はこのうち被害の集中している地域を取り上げたもので、87件のうち74件が示されている。この87件のうち76件は7月13～15日(前半)の降雨の際に生じたもので、残りの11件は7月20～21日(後半)の降雨によるものである。

がけ崩れの集中している箇所は、前後半それぞれの降雨の集中域(図-7, 10, 12)に良く対応している。前半のがけ崩れは降雨量2百数十mmを越える地域に発生し、後半のがけ崩れもそれに近い傾向がある。地域的な発生頻度をみると、浜田地区(44件)に集中し、次いで金城地区(19件)が多く、三隅地区(9件)はやや少ないように見える。それぞれの地質は、浜田地区は安山岩と同質火砕岩、金城地区は結晶片岩と花崗岩類、三隅地区は結晶片岩で代表される。この地区的にみた発生頻度の違いが、がけ崩れの素因の違いによるものか、降雨強度の大小によるものか、あるいは急傾斜地崩壊危険箇所数の多寡によるものなのかは検討を要する。たとえば、地区毎に今回のがけ崩れ件数と急傾斜地崩壊危険箇所数との比をみると、浜田地区は0.32(44/139)、金城地区は1.00(19/19)、三隅地区は0.11(9/82)となる。がけ崩れの発生し始めた時の雨量は、発生時刻に関する報告の精度の問題や降雨量の時間経過を近傍の雨量観測所のデータで代用することの誤差のため、さらに今回のように時間雨量が非常に大きな場合の観測の間隔の問題など正確さに欠ける要素を含んでいる。このような条件下で、それぞれのがけ崩れが発生し始めた時の降り始めからの累加雨量をみると、今回は浜田地区で約200mm、金城地区で約140mm、三隅地区で約220mmとなっている。浜田地区、三隅地区に比べ、金城地区はやや少ない降雨量で崩壊が始まっている。これは金城地区では強く風化・粘土化した結晶片岩、マサ化の進んだ花崗岩類での崩壊事例が多いことに関連すると考えられ、前述の急傾斜地崩壊危険箇所に対するがけ崩れ数の大きさに対応する。

図-12のがけ崩れの内40箇所とそれ以外の被害報告のなされていないがけ崩れ11箇所を含めた51例について崩壊土量と崩壊深さについて、基岩の種類別にみたのが図-13である。51例の内13例(1/4)は表土もしくは表土・崖錐の崩壊であり、残りの38例(3/4)は基岩を含めた崩壊である。崩壊土量の小さい崩壊は表土部分の崩壊にとどまっているものが多い。崩壊土量が100m³を越えるようになると、崩壊深さが大きくなっていく。崩壊土量1,000m³前後ないしはそれ以上の崩壊土量であって、表土・崖錐の崩壊で基岩に影響が及んでいない事例もある。基岩の種類と崩壊規模について際だった傾向は見出されない。

2.4 代表的崩壊事例の記載

図-12に示した74件のがけ崩れの内、36件は安山岩などの火山岩・火砕岩、18件は結晶片岩、17件は花崗岩・花崗閃緑岩などの深成岩、2件は砂礫層の各地域で発生している。このうち代表的な事例2件について記載する。

浜田市黒川町における例

浜田市断崖山の北側斜面に発生したがけ崩れは、高さ20 m、幅15 m、深さ2～3 mの規模で、基岩の安山岩溶岩、火山角礫岩、凝灰角礫岩が崩壊したものである(図-14)。崩壊土量は1,000 m³の規模に及んでいる。崩土の到達距離は70 mほどでアパート1棟を倒壊させている。崩壊の頭部は遷急線付近に位置しており、崩壊した斜面の傾斜は45°である。この斜面の地質は一連の安山岩質の火山活動の産物で下位から凝灰角礫岩、自破碎溶岩～火山角礫岩、安山岩溶岩がみられ、その間に安山岩が岩脈状に貫入している。上位の安山岩溶岩は節理が発達し、風化に伴いそれがかなり緩んでいる。その下位の火砕岩は変質および風化作用により軟質になっている。このような条件下で、降雨が安山岩の節理に浸透し、斜面の安定を減じ、さらに火砕岩の弱面に浸透し、崩壊に至ったと推定される。崩壊の形が半馬蹄形のようにになっているのは、斜面に向かって左側頭部にクラックが連続することから推定されるように、全体として馬蹄形に崩壊しようとしたのが、左下部の凝灰角礫岩が相対的に弱風化で硬いために右半分の崩壊にとどまったとみられる。

三隅町向野田 郷における例

このがけ崩れは結晶片岩の分布域での例で、高さ10 m、幅10 m、深さ2 mの規模で発生したものである(図-15)。崩壊土量200 m³であるが、斜面末端に待ち受け擁壁(待ち受け部の高さ0.8 mの擁壁に高さ1.5 mのストーンガード)が設置されていたため家屋に対しては軽微な損害を与えたに留まっている。厚さ1 mの表土の下に泥質片岩は斜面中心ではN 80°E、24°SEの片理面を持っているが、小規模な褶曲がみられ崩壊の左右では片理が内側を向いている。斜面中程の遷急線付近では奥行きで3 m程平坦に削り取られ墓地が造られている。崩壊はこの墓地の直下から発生し、上部では70°、下部では45°の角度で滑落している。この崩壊は、頭部付近に水が集まりやすい微地形になっていること、泥質片岩が風化をうけ片理方向とそれを横切る割れ目が発達していること、片理構造が湾曲していることなどが崩壊素因となり、降雨の浸透により滑落面の安定を欠いたものと推定される。

2.5 現場簡易透水試験

一般に降雨を起因とするがけ崩れの発生は、降雨、地形、地質などの条件が同一であると観察されても発生・非発生のバラツキがみられる。これを説明する要因のひとつとして、斜面表土部の降雨浸透能力の相違があると思われる。そこで、この手がかりを得るために前記の2崩壊地点において、簡易な現場透水試験を実施した。試験は内径10 cm、長さ50 cmの透明アクリルパイプ(図-16)に目盛りを記し、表土に数cm差し込み、地表面から30 cmの高さまで水を入れその水面の降下速度を測定するものである。試験は崩壊した斜面のごく近くの地表面と10 m程度離れた非崩壊の斜面でも実施した。図-17に示すように、崩壊が発生した地点とそうでない地点では表土の降雨浸透能力に差があることが窺われる。斜

面崩壊に関する素因のうち、地表面の降雨浸透能力が崩壊の有無に影響している可能性があり、今後、調査事例を増やし、検証する必要がある。

3. 58年災害のがけ崩れとの比較

島根県下では昭和58年7月に梅雨前線による集中豪雨で765件のがけ崩れが発生している。このうち今回との比較対象となる浜田地区では162件、金城地区では12件、三隅地区では119件のがけ崩れ災害が発生している。これを今回のがけ崩れと比較することは、がけ崩れ発生に至る雨量を検証する意味で有意義であると思われる。

58年災害時の等雨量線図(図-18)、浜田、金城、三隅の各地区における降雨経過(図-19~21)、がけ崩れ発生の分布(図-22)と今回のそれらを比較する。58年時の降雨は県西部一帯にわたり、総降雨量500mmを越える地域の広がりは今より大きい。それに対応してがけ崩れの発生も広がっており、発生件数も多い。がけ崩れが発生し始めるまでの雨量を58年と今回の場合について、累加雨量で比較することは降雨の経過が異なるために正確さに欠けるであろう。そこで、ここでは半減期48時間を用いて1時間ごとに計算した実行雨量(図-8, 9, 11, 19, 20, 21)で、がけ崩れが発生し始める雨量を比較する。この実行雨量は58年、今回の順に、浜田地区で170mm, 180mm, 金城地区で200mm, 120mm, 三隅地区で230mm, 210mmとなる。浜田地区、三隅地区では一致するが、金城地区ではズレている。半減期の妥当性などの検討する必要がある。

今回のがけ崩れ災害が58年の場合に比べて件数が比較対照地域でおよそ4分の1と少なかったことについては、次の3つの可能性が考えられる。①降雨域、降雨量が小さかった。②58年の集中豪雨の際に崩壊可能性の高い斜面が多数がけ崩れを起こし、当面崩壊可能性の高い斜面が減少した。③58年の災害以後、急傾斜地崩壊防止工事が進んだ。これらは、いずれもある程度ずつ寄与していることは間違いないと考えられるが、それを定量的に評価することは今後の詳細な調査解析を待たなければならない。

文 献

- 1) 九州地方土木地質図編纂委員会：九州地方土木地質図，国土開発技術センター，1986年3月
- 2) 石川芳治，青木隆典，西川純一，福澤 誠：昭和63年5月熊本県に発生した土砂災害，土木技術資料 Vol. 30, No. 7, pp. 55~59, 1988年7月
- 3) 島根県：昭和58年7月豪雨災害の記録，島根県，p. 287, 1984年3月
- 4) 中国地方土木地質図編纂委員会：中国地方土木地質図，国土開発技術センター，1984年7月
- 5) 日本の地質「中国地方」編集委員会：日本の地質7「中国地方」，共立出版，p. 290, 1987年11月
- 6) 国土庁土地局：土地保全図(島根県)，国土庁土地局，

地質略図 凡例

第四紀	沖積層	
	玄武岩・安山岩	
	部野津層（砂礫層）	
新第三紀	唐錦栗層（礫岩・砂岩・泥岩・凝灰岩）	
	国府火山岩類（安山岩・同質火砕岩）	
	田万川深成岩類（花崗岩類・閃綠岩類）	
古第三紀	浜田層群（安山岩～石英安山岩・ および 同質火砕岩）	
	弥栄層群（流紋岩・同質火砕岩）	
	古第三紀～白堊紀	
白堊紀	江津火山岩類および匹見層群 （流紋岩～流紋デイサイト）	
三郎変成岩	泥質片岩	
	砂質片岩	
	珪質片岩	
	緑色片岩	
地質境界		
断層		

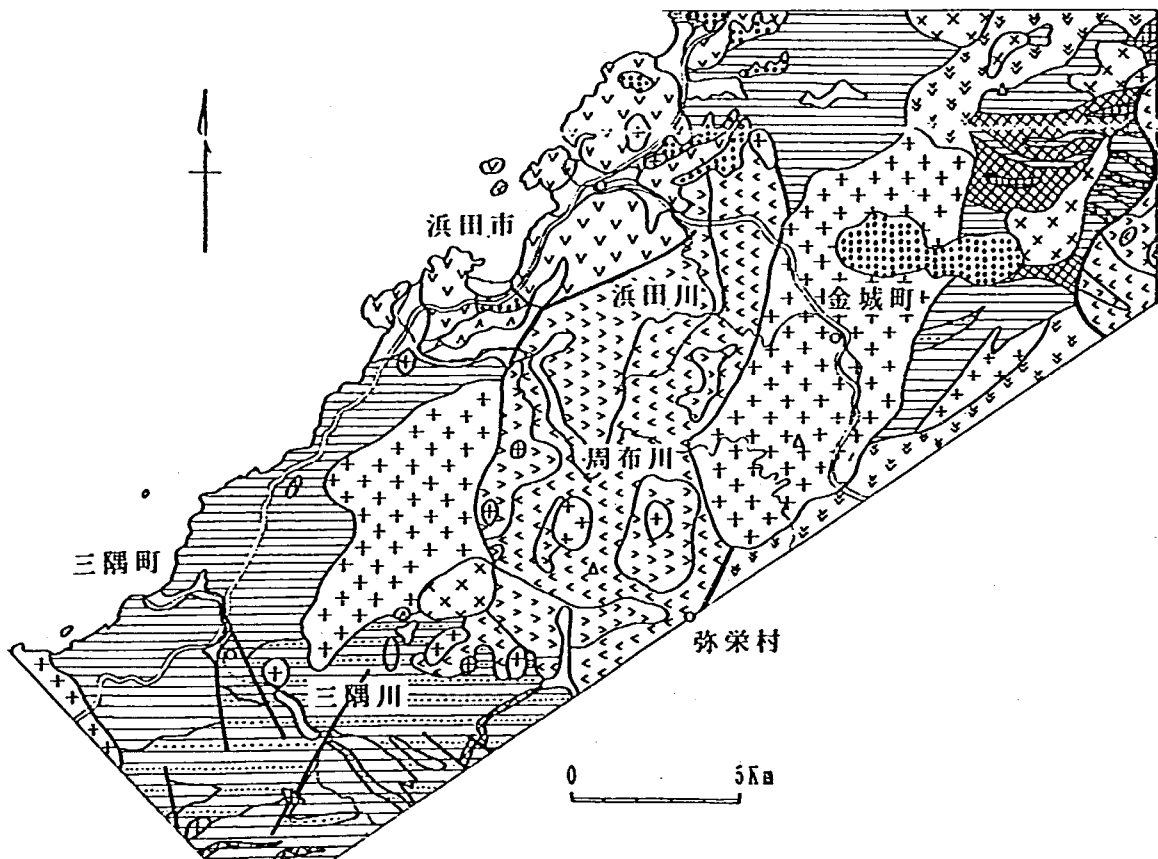


図-6 調査区域の地質略図（文献4）を簡略化）

総降雨量(mm) 1988年7月13日2時~15日24時

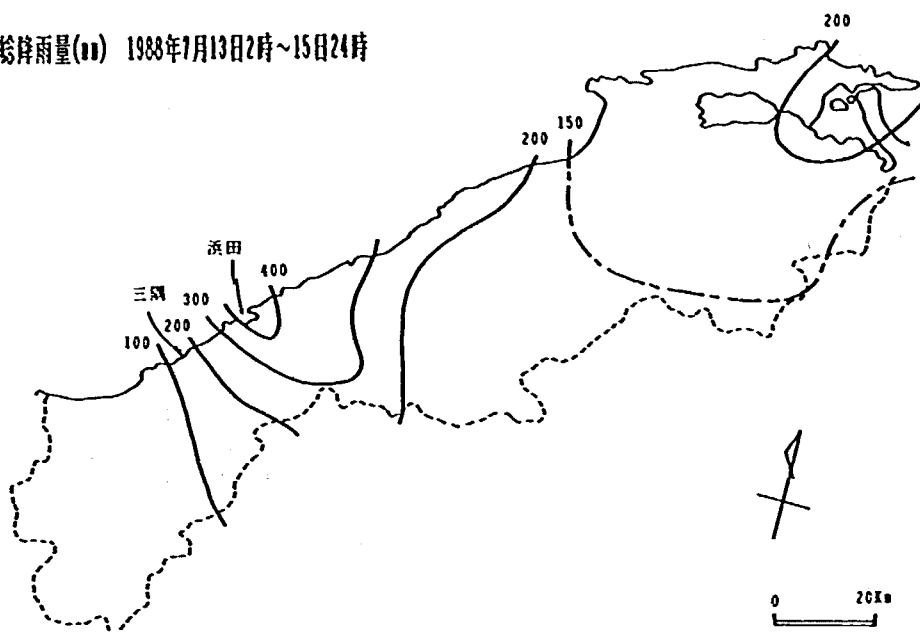


図-7 今回の災害前半の際の等降雨量分布図

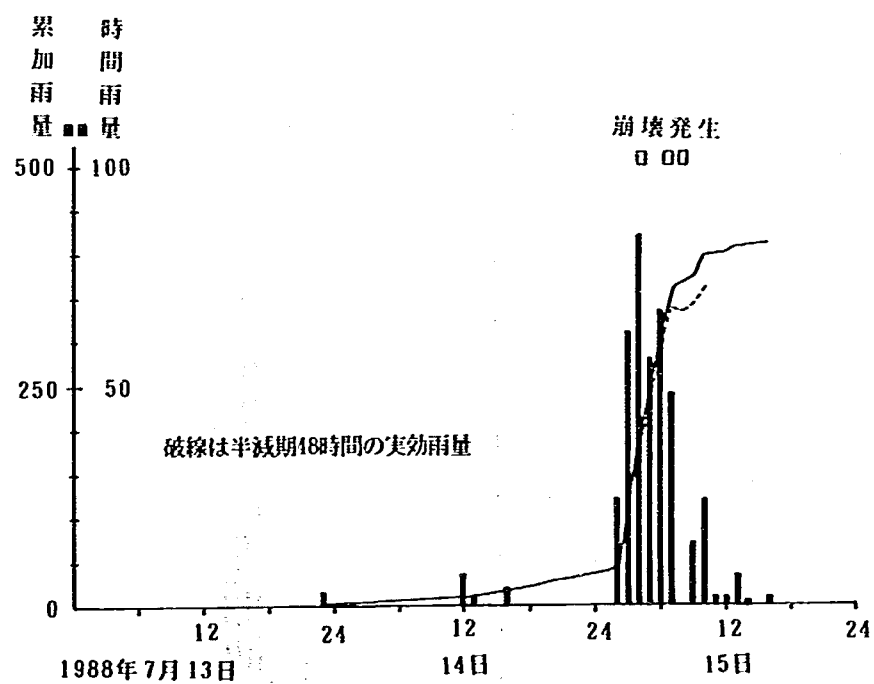


図-8 浜田測候所における降雨記録

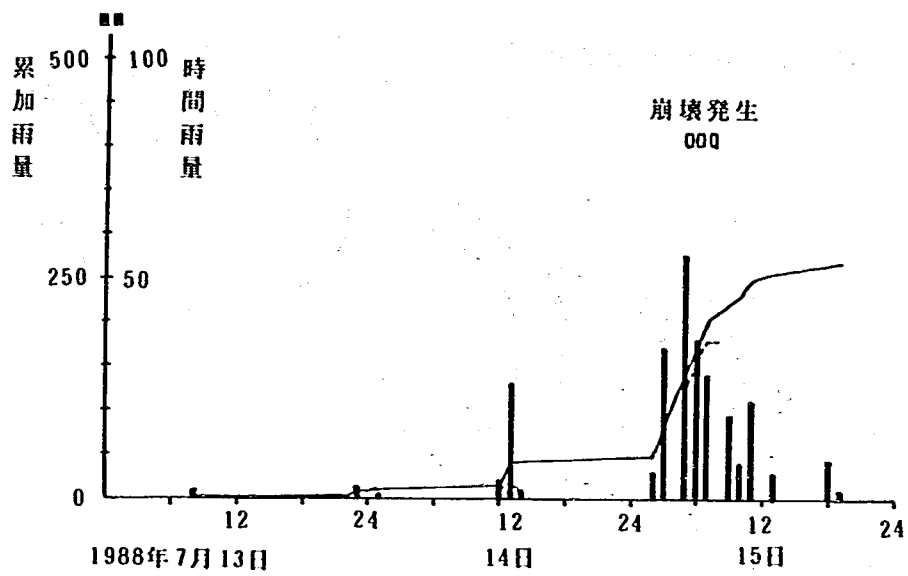


図-9 金城町波佐の雨量観測所における降雨記録

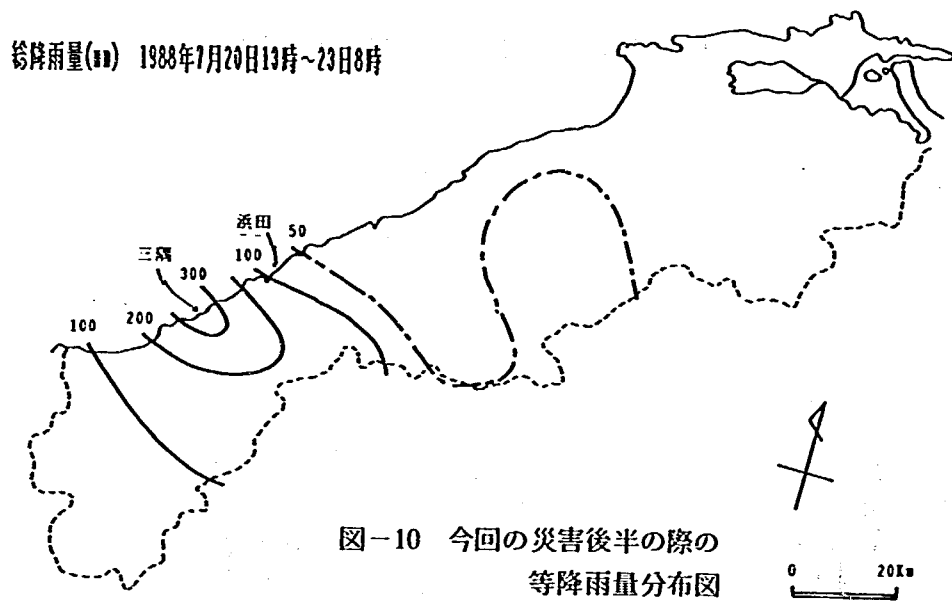


図-10 今回の災害後半の際の等降雨量分布図

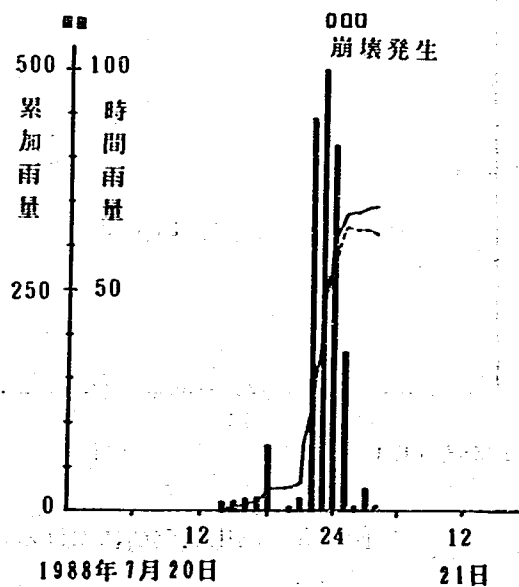


図-11 三隅町雨量観測所における降雨記録

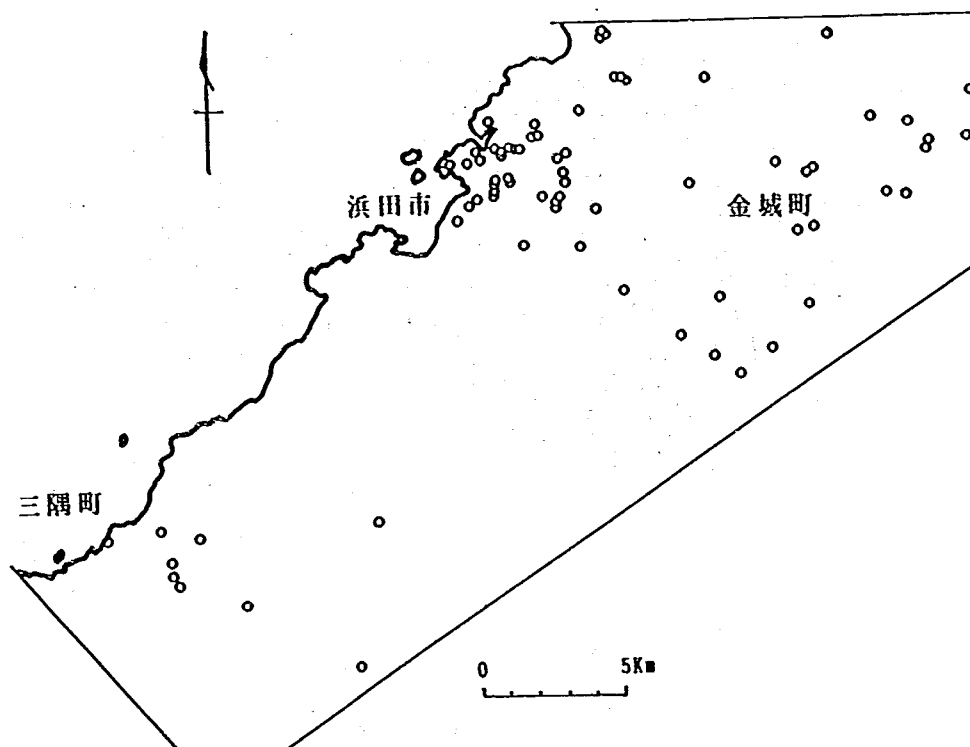


図-12 今回のがけ崩れ災害の発生地点

崩壊深さ

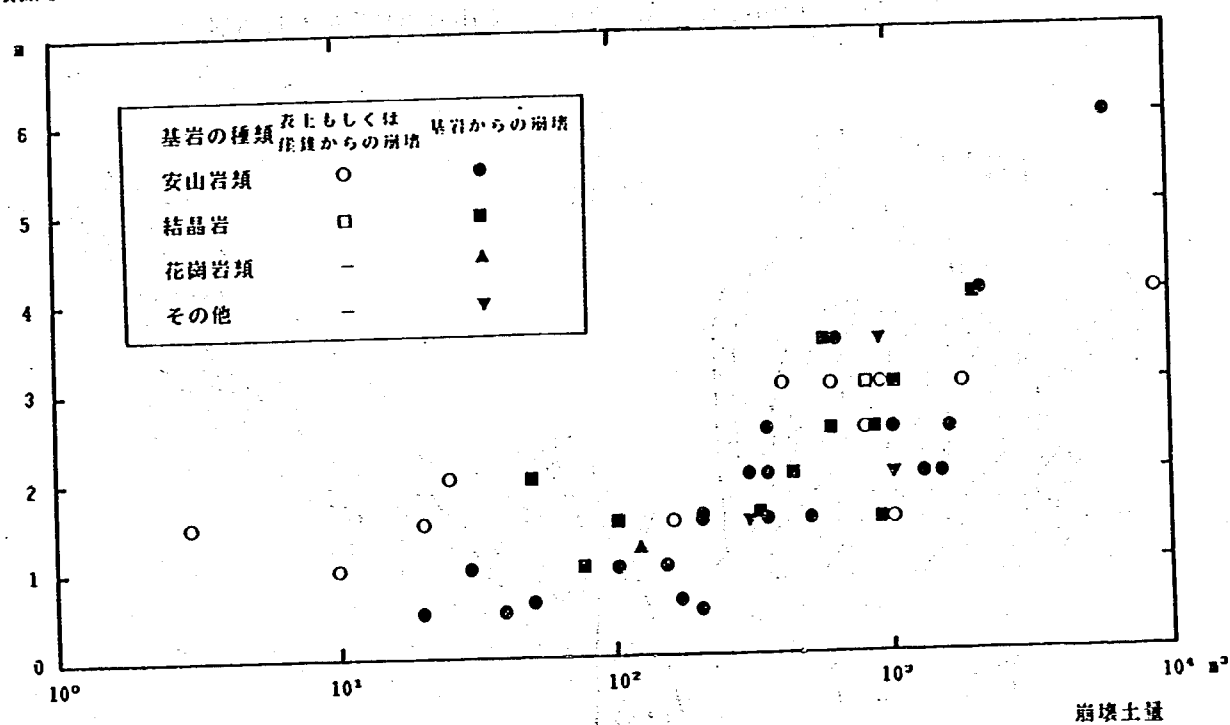


図-13 崩壊土量と崩壊深さの関係

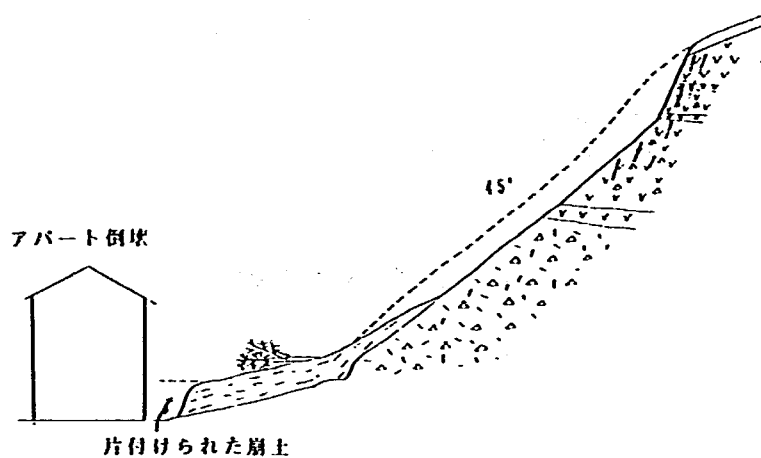
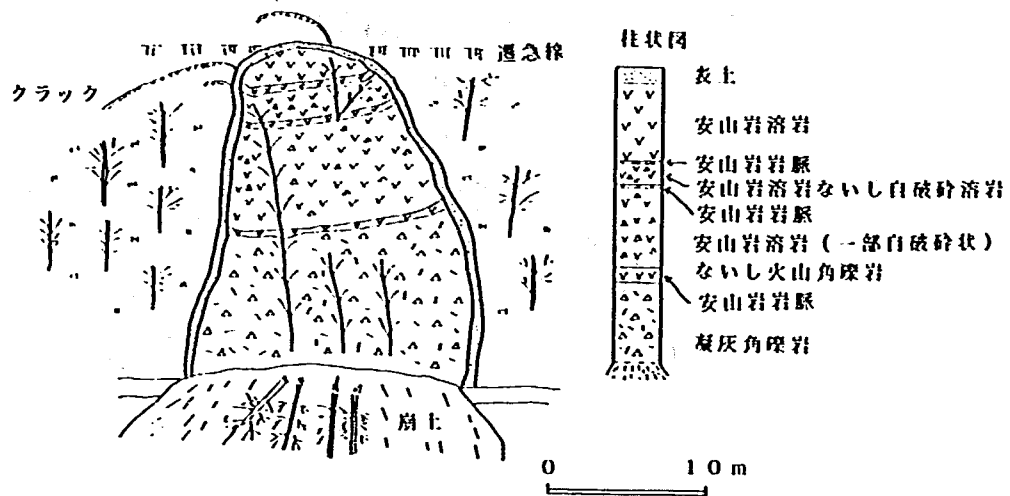


図-14 浜田市における崩壊事例 安山岩類基岩における崩壊

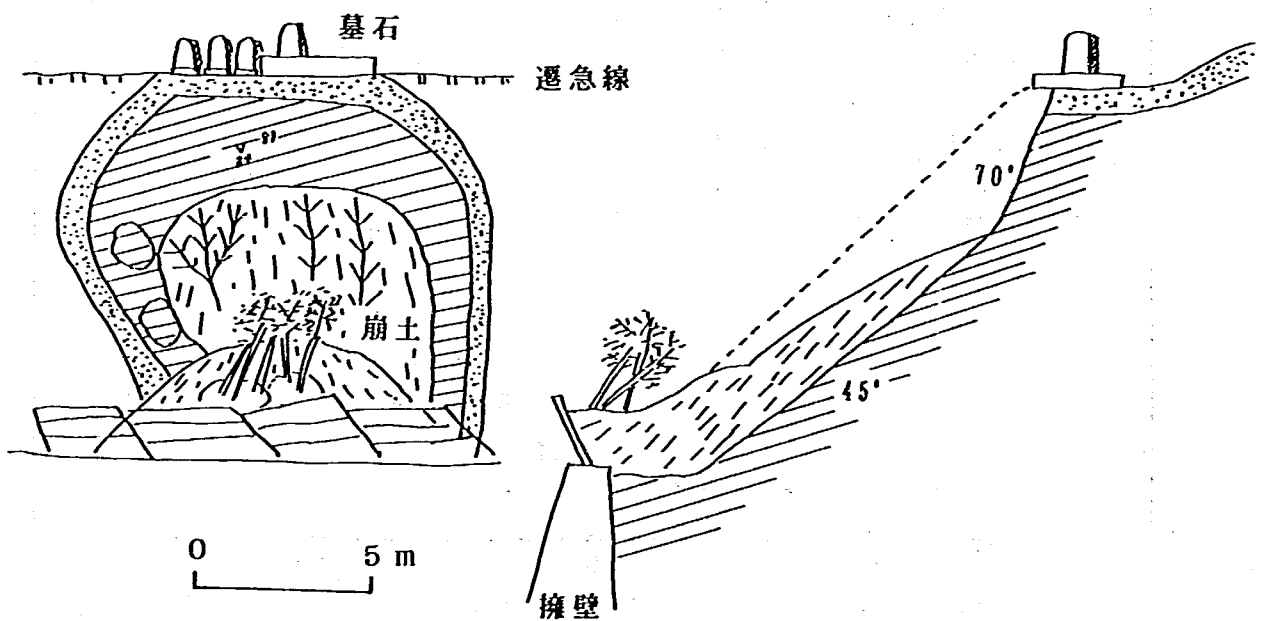
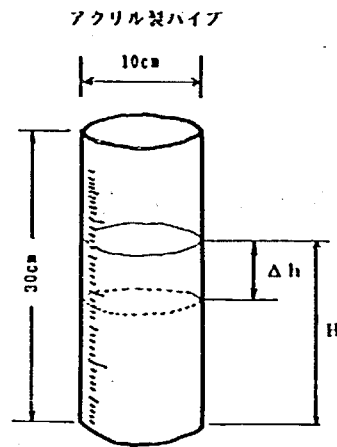


図-15 三隅町における崩壊事例 結晶片岩基岩における崩壊



現場簡易透水試験器

図-16 現場簡易透水試験器

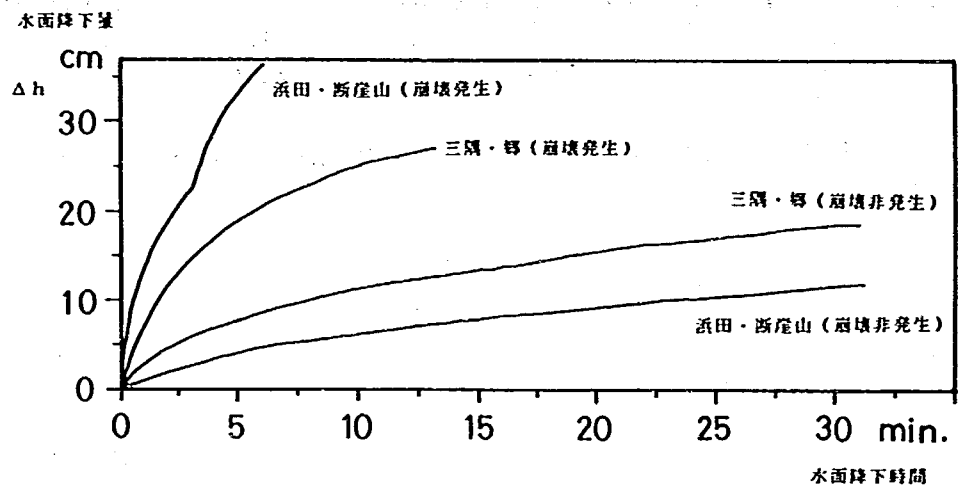


図-17 現場簡易透水試験の結果

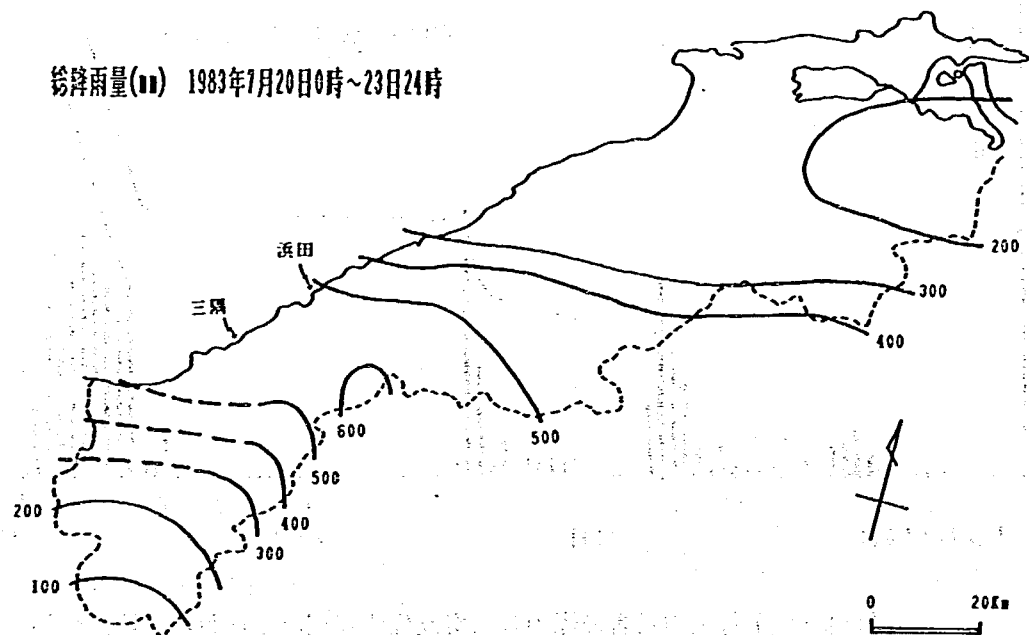


図-18 昭和58年7月豪雨災害の際の等降雨量分布図

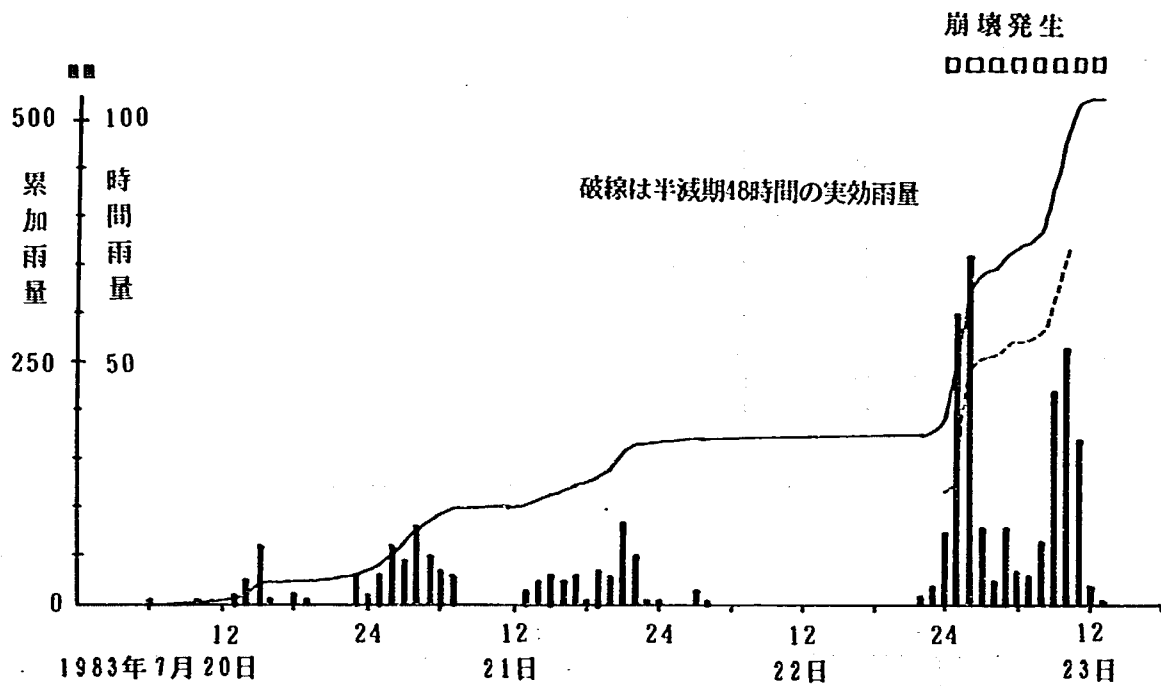


図-19 昭和58年7月豪雨災害の際の浜田測候所における降雨記録

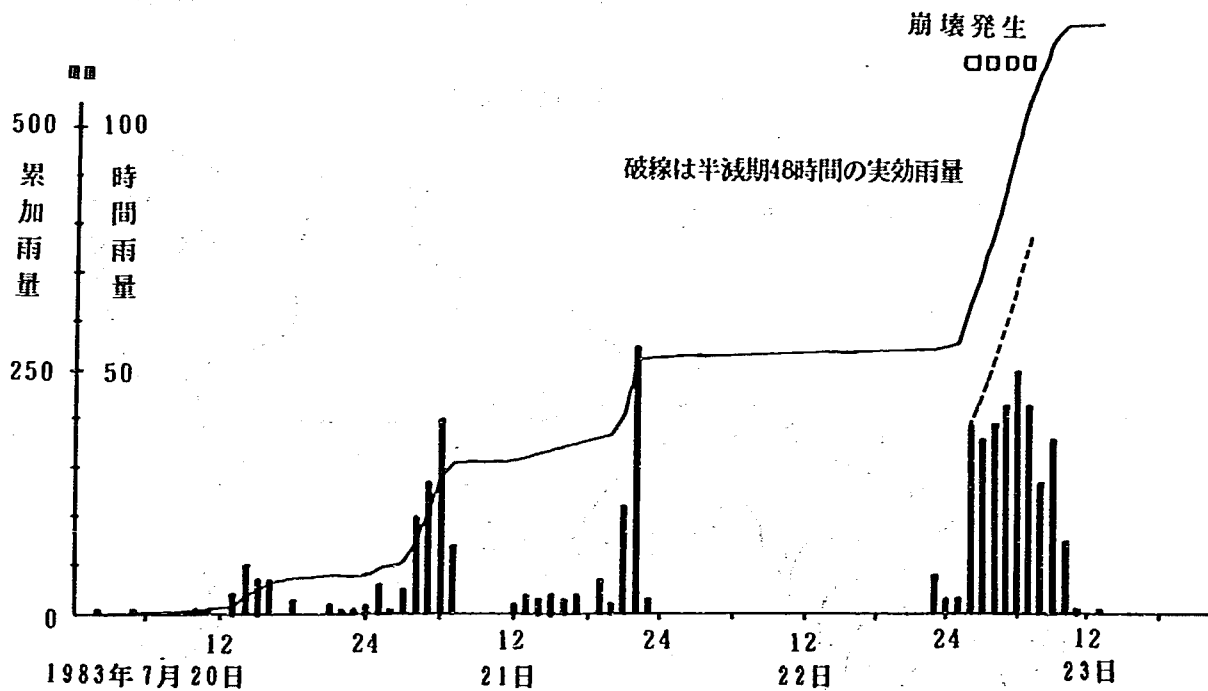


図-20 昭和58年7月豪雨災害の際の金城町波佐雨量観測所における降雨記録

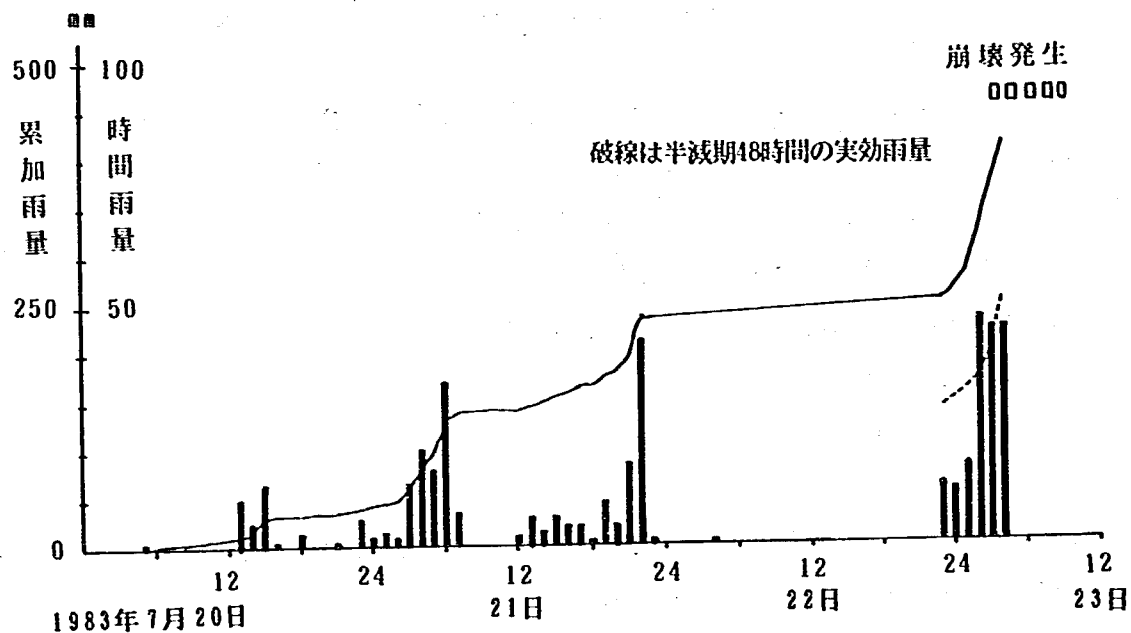


図-21 昭和58年7月豪雨災害の際の三隅町雨量観測所における降雨記録

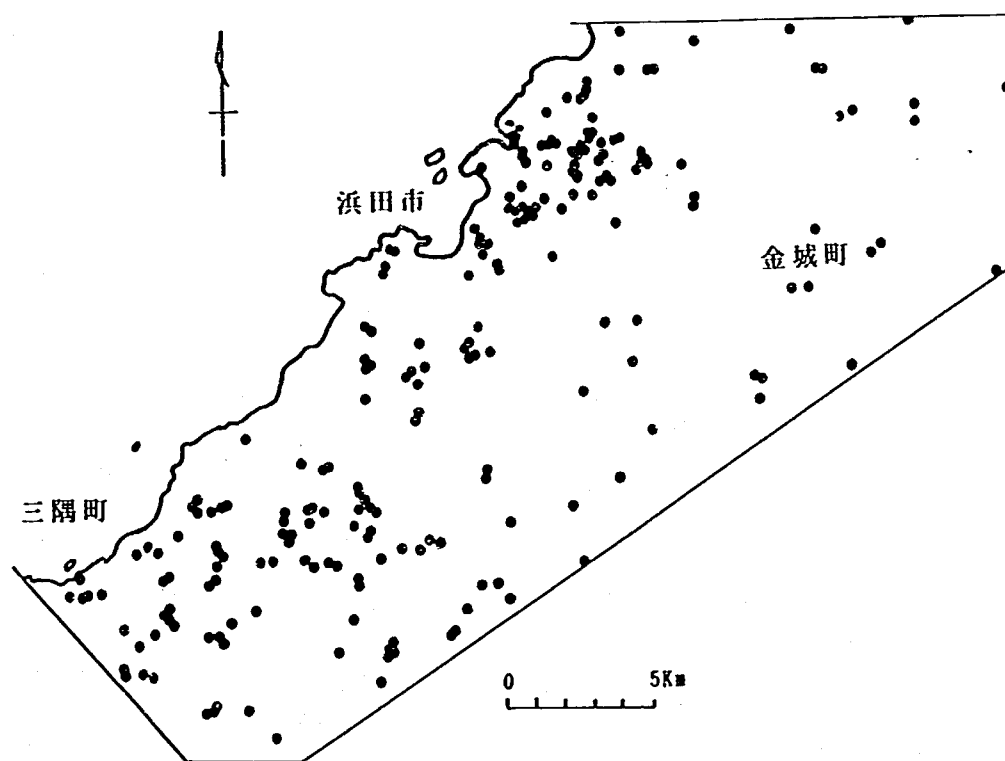


図-22 昭和58年7月豪雨災害時のがけ崩れ災害分布 文献6)より引用

昭和 63 年熊本・島根豪雨土砂災害（質疑）

○司会 ただいまの御発表につきまして御質問なり御意見がある方はお願いしたいと思います。

○津沢（国土地理院） 現場簡易透水試験を崩壊と非崩壊のところでおやりになったそうですが、非崩壊のところは多分、斜面のそのままのところに置かれたと思うんですが、崩壊のところはどういうところに置かれたんでしょうか。

○西川 崩壊した場所のいわば縁、壊れた崖のすぐ横です。

○津沢 表土が残っているところですか。

○西川 残っているところのすぐ横です。

○津沢 わかりました。

○司会 ほかにございませんか。ないようでしたら時間も来ていますので、これで最初の発表を終わらせていただきたいと思います。どうもありがとうございました。

ダム用岩石材料の調査・試験実態

土木研究室 地質研究室

室長 中 村 康 夫

1. はじめに

近年、ダムの建設需要は治水・利水上の要請から益々高まっているが、ダムサイトの適地は減少しつつある。そのため、従来対象とされなかったような地形・地質条件下にダムサイトを選定せざるを得なくなっている。これに伴って、岩石材料採取地の地質・岩質状況も複雑かつ低品位となる傾向にあり、ダムコンクリート骨材あるいは、ロックフィルダム岩石材料として所要の品質を満足し、かつ必要量を確保することが困難になっている。したがって岩石材料採取地の調査や材料試験が益々重要となっている。しかし、岩石材料の質に重点をおいた調査・試験法は確立しているとはいえない。このようなことから、特に岩石材料の質に重点をおいた調査・試験法の確立を目的として、公刊文献を対象とした既存ダムにおける岩石材料調査・試験関係の実態調査を実施した。^{1), 2)}

2. 岩石材料採取地の調査

2.1 調査範囲

採取地選定のための調査は、ダムサイト近傍から始め順次範囲を広げるものが一般的である。ただし、ロックフィルダムの場合には当初から貯水池内もしくはダムサイト上流域に採取地を選定するというところで調査範囲を設定してしまう場合も多い。これは、フィルダムロック材料は、採取量が膨大なため、貯水池内に採取地を選定すると貯水容量の増加が望めること、さらにサイト上流に採取地を選定すれば材料運搬が経済的かつ施工上有利な場合が多いことを考慮したものと判断される。

コンクリートダムの調査範囲は、図-1(1)に示すように、最遠30kmであるが12km未満が17%を占める。²⁾ また、20km台の例もあり、平均調査範囲は12kmである。これに対し、運搬距離が経済性を大きく左右するロックフィルダムでは、コンクリートダムに比較して近い地域に調査範囲を選定する傾向がある。同図(2)に示すように、調査範囲は最遠20kmであるが2~6kmが多く、66%のダムが6km未満であり、平均調査範囲は6kmである。

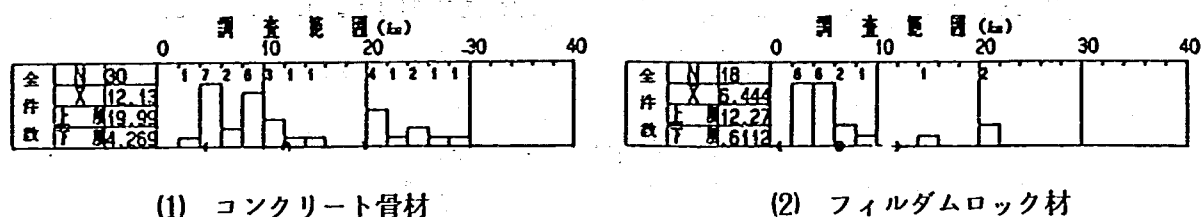


図-1 岩石材料の調査範囲²⁾

2.2 採取地の選定

コンクリートダム、ロックフィルダムとも岩質、賦存量および環境が採取地選定上の重要な条件となっている。これらの条件が満たされない場合は新たに候補地を選定して調査する場合が多い。採取地選定上必ずしも満たされる必要のない条件としては、採取地の地形、表土および風化岩の厚さ、採取率、運搬、工事、水関係などがある。環境問題、すなわち、河川規制、国立公園などの自然景観、鳥獣保護

区などの各種規制が問題となる場合は、大部分のダムで新たな候補地を選定している。環境問題でも上記以外の国有林、民有林などの問題や騒音などの問題は、設計・施工によって対処可能な場合がある。これらはいずれも経済性に影響を与える要素であり、他に適地がない場合には、経済性や施工性を合せた総合的な比較検討の結果採取地が決定されている。

図-2(1),(2)に岩石材料採取地の候補地数を示す。²⁾ 同図に示すように、候補地を当初から1箇所として調査を進めた例はなく、大部分2～5箇所程度選定している。なお、図示していないが、コンクリートダムの場合、竣工年が新しい程候補地が多くなる傾向があり、50年代竣工ダムでは、11ダム中4ダムもある。また、図-3(1),(2)に調査の結果選定された岩石材料の採取地数を示す。²⁾ 大部分のダムが1箇所であるが、2箇所以上がコンクリートダムで6%(13/80)、ロックフィルダムで35%(20/57)である。図-4(1),(2)はダムサイトから採取地までの距離を示したものであるが、ダムサイトに近い程頻度が高く、コンクリートダムの場合は84%(80/95)が10km未満である。²⁾ ロックフィルダムの場合には、材料の運搬距離が経済性を大きく左右するためコンクリートダムに比較してより近くに選定されており、94%(62/66)が4km未満である。

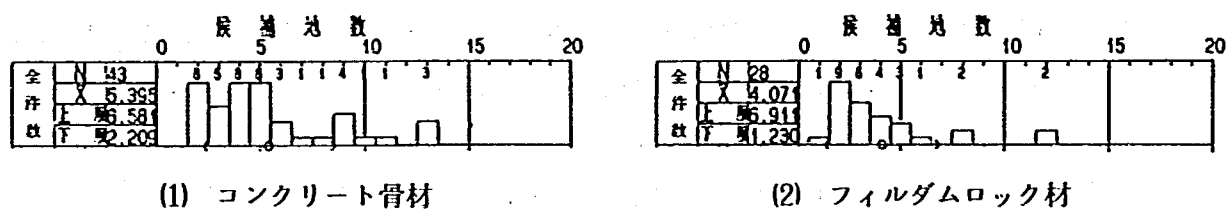


図-2 岩石材料の候補地数²⁾

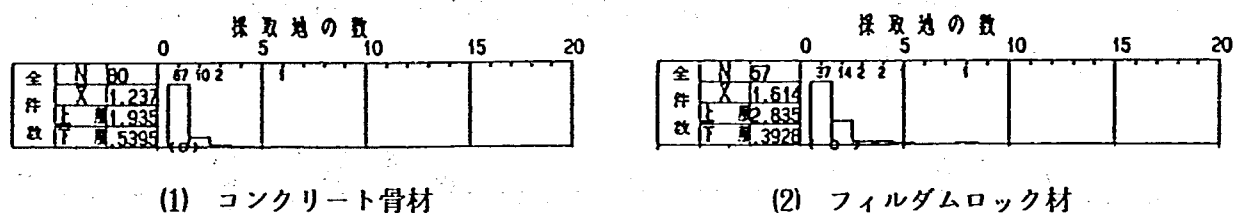


図-3 岩石材料の採取地数²⁾

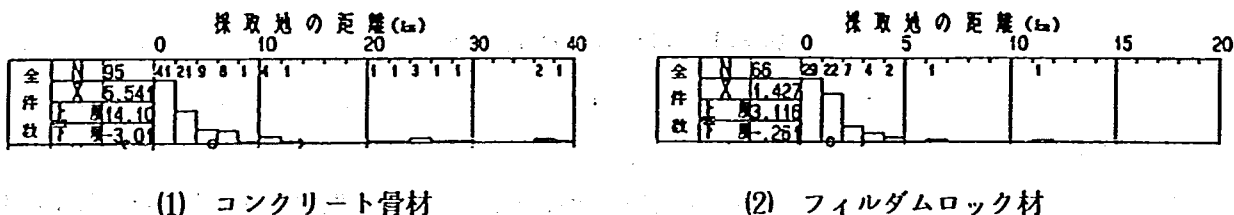


図-4 岩石材料採取地のダムサイトからの距離²⁾

コンクリートダムの場合、図-5に示すように、1950年代は良質な骨材が採取できることと経済的な理由で調査の初期段階から、堆積性材料を対象とした調査を実施した例が多く、岩質や粒度組成を満足しない場合にのみ原石山調査を実施している。²⁾ 60年代になると堆積性材料および原石山材料の両者について調査を実施し、その結果から使用骨材を選定する例が多くなっている。70年代には、当初より原石山のみを対象として調査を実施する例が主体となる。特に、近年、堆積性材料の無秩序な採取を制限する方向にあるため、原石山から骨材を採取する例がほとんどである。

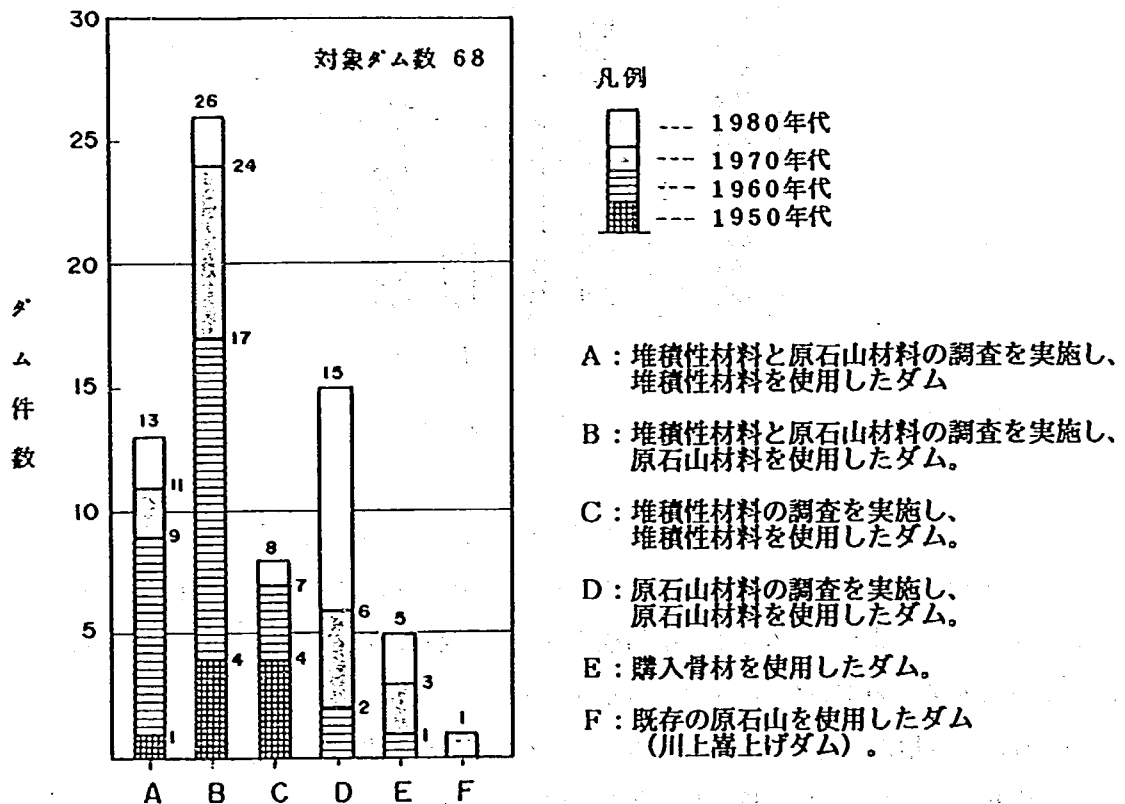


図-5 コンクリート骨材採取地の時代的変遷²⁾

岩質が満足できない場合でも加治川ダムのように混合骨材として対処した例もある。また、賦存量が不足する場合には、採取地を複数箇所として必要量を確保した例が11ダムある(図-3(1))。その他、購入骨材との比較検討を実施し、最終的に購入骨材としたダムが6ダムある。また、ダムの基礎、洪水吐、仮排水トンネル、その他ダム関連構造物の掘削ズリを骨材として一部利用した例が3ダムある。

ロックフィルダムでは、良質な材料が十分に確保できない場合でも材料の欠点を設計や施工面で補うことが可能である。むしろ、膨大な量の材料を使用することから量的問題および運搬問題が大きな比重を占める。そのため、賦存量が不十分な場合には、採取地を増やして必要量を確保する場合が多い(図-3(2))。また、経済的観点から極力ダムサイトに近い材料山が求められる(図-4(2))ため、サイトの地質と同種の岩石材料を使用する場合が多い。したがって図-6に示すように、岩石材料として適合すると考えられる岩種(S_1 , I_1 , M)がダムサイトを構成する場合には、大部分のダムが当該岩種を使

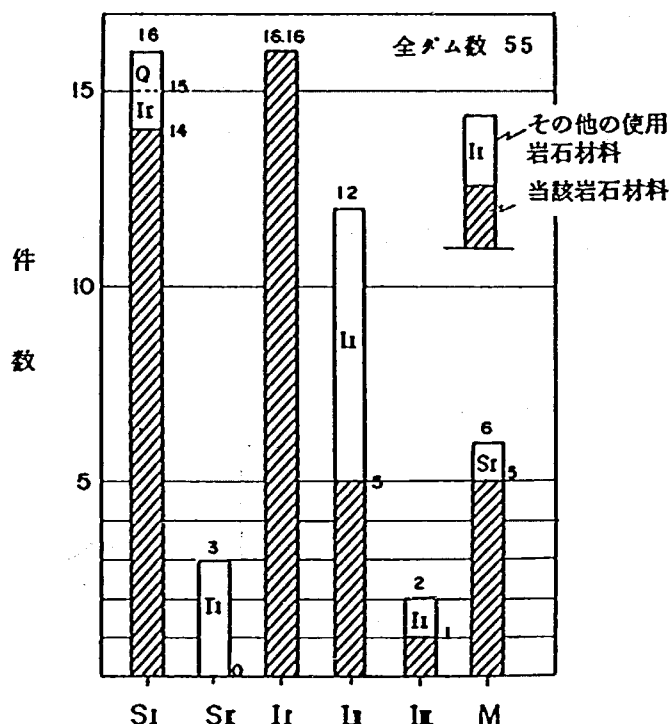


図-6 フィルダムロック材の岩種とダムサイトの地質の関係²⁾

用している。²⁾ しかし、岩石材料としての使用にあたって、注意すべき岩種 (S_i , I_i , I_m) がダムサイトを構成する場合には、周辺に分布する当該岩種以外の良質な岩石を使用する例が多い。すなわち、 S_i , I_i , M では80%以上がダムサイトを構成する岩石を材料として使用しているが、 I_i , I_m は半数以下、 S_i は全く使用されていない。なお、 S_i , I_i 等の記号については後述する。

以上のように採取地の選定理由は、各ダムのおかれている各種条件に左右されているため様々である。しかし、いずれのダムも経済性を検討し、種々の調査、試験を実施して極力ダムサイトに近い候補地を選定しようとする傾向がある。

2.3 採取地選定調査

採取地調査は、地形図や地質図などの資料を利用して数箇所の候補地を選定した後現地踏査を実施しその結果を踏まえて弾性波探査、ボーリング調査および横坑、立坑調査などを実施して、地質状況や使用可能材料の賦存量を把握して行く手法が用いられる。

各ダムで実施されている調査は、踏査（広域地質概査と地質精査）、ボーリング、横坑、弾性波、トレンチ、ピット調査などが主である。その他、電気探査や磁気探査が一部のダムで実施されている。各ダムで適用された調査法は、地形・地質条件や調査目的によって異なるが、大半のダムで踏査、ボーリング、横坑、弾性波探査が実施されている。堆積性材料を対象とした調査では、主に踏査、ピット調査が実施されている。

調査の実施時期はコンクリートダムの場合は、踏査（広域地質概査と地質精査）を除き他はほとんど実施調査段階で実施されている。踏査のうち広域地質概査は予備調査段階で実施される場合が多い。ロ

ックフィルダムの場合も、主に実施調査段階で実施されるが、コンクリートダムに比較して、予備調査で実施される場合が多い。これはロックフィルダムの場合、全体計画に対し岩石材料の確保が大きな比重を占めるためと考えられる。

以下に各調査法の適用例について略記する。

(1) 踏 査

広域地質概査と地質精査に分けられ、両者は候補地選定のための岩種分布および概略賦存量の把握を目的としている。調査精度は1/25,000が大半であるが1/2,000, 1/2,500の例もある。地質精査は対象岩石の詳細な分布、表土・風化不良岩の規模、賦存量の把握等を目的としており、岩盤分類も実施されている。調査範囲は候補地を含む周辺地域(2~3km以下)に限られ、精度は1,000~1/500である。得に対象岩種の分布が複雑な場合には大縮尺の踏査が実施される。

(2) ボーリング

対象岩石の詳細な分布、岩質、表土や風化部を確認し、表土量、賦存量を把握することを主目的としている。コアの観察に際しては岩種その他岩級区分も実施される。

(3) 横 坑

対象岩石の岩質や分布などの確認と、骨材試験や材料試験などの試料の採取が行われる。岩級区分も、ボーリング調査同様行われるが、特にボーリングコアによる岩級区分との対比が重要な検討課題となっている。なお対象岩盤を目で確認できるので、質的な検討をする上で大きな比重を占める。

(4) 弾性波探査

地質状況、風化程度、風化深度、割れ目の分布および規模の大きい断層の有無の確認を主目的として実施される。踏査、ボーリング、横坑などによる調査結果とを照らし合わせることで対象岩石の諸性質、分布をより正確に把握することができる。なお、採取地の調査(特に原石山調査)では割れ目の分布、断層の有無は規模が大きい場合を除きほとんど問題とならないが、採取効率や採取工法などを計画する場合には問題となることもある。

(5) トレンチ、ピット

両調査は表土および地表付近に分布する岩種を確認するために実施される。ピット調査は、対象地層の分布、厚さ、粒度組成を確認するために用いられるもので、堆積性材料の調査に多用されている。両調査とも原石山調査での実施例は少ない。

2.4 調査数量

各調査数量は主に採取地の調査面積、調査深度、調査密度および総掘削量などと顕著な関係にあると推定されるが、これらの数量について記載のあるダムが少ないため、明瞭な関係は認められなかった。

なお、採取量などについて計画量と実績量が異なった主な原因は以下のとおりである。

(1) 岩質的要素

- 横坑などの調査結果より実際の岩盤の方が劣化が激しい。
- 不良岩(砂岩中に挟在する粘板岩など)が予想より多い。

- 推定岩盤線の低下

(2) 構造的要素

- 断層や亀裂の発達に伴うのり面崩壊。
- 断層による劣化が予想より多く不良岩が増加した。
- 構造要素（褶曲など）による亀裂のため深部まで風化が進行。
- 割れ目や破碎帯に挟在する粘土分が当初の予想より多く不良岩が増加。
- 破碎帯の分布に伴う仕上げ掘削量の増大

(3) その他の要素

- 実績土量変化率が計画土量変化率より小さくなった。
- ロック材料の重機施工による細粒化。

以上のうち(1)、(2)はいずれも調査に関連しており、調査数量の不足、調査密度の粗さ、岩質や風化状況などの把握が不十分であったこと等が原因である。ダムの地質調査は、ダムサイトの地質調査に重点がおかれ、材料採取地の地質調査は軽視される傾向があるが、以上の事例からも今後材料採取地についても体系的な調査を実施する必要があることがわかる。

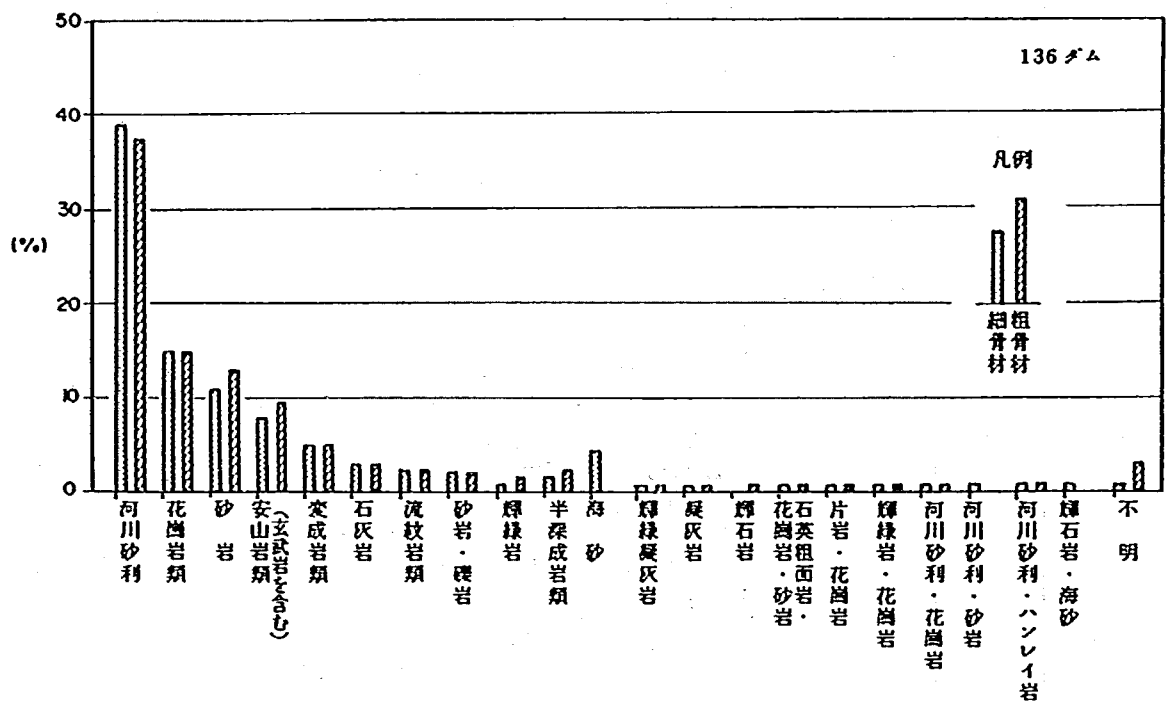
3. 岩石材料の試験

3.1 岩種別用状況

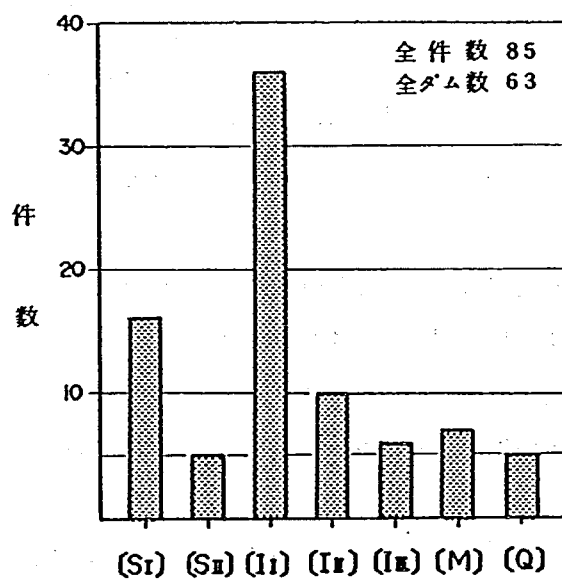
図-7(1)は各ダムで使用されているコンクリート骨材の岩種を細骨材、粗骨材別に示したものである（計136）。¹⁾最も多く使用されているのは河川砂利であるが全体の約4割（細骨材53ダム、粗骨材51ダム）で、残り約6割は原石山材料である。原石山材料の中では花崗岩類（15%）、砂岩（12%）、安山岩類（9%）が多く用いられている。なお、海砂を細骨材としたのは6ダム、粗骨材を混合骨材としたのは10ダムである。また、大部分のダムでは、細骨材と粗骨材とは同種の骨材を使用しているが、12ダムでは骨材種を変えている。骨材種を変えている理由は経済性、採取量の不足、質的な問題等になる。なお、骨材としてあまり適さないとされるかんらん岩、ドロマイト、チャートは使用されていない。また、粘板岩を砂岩中に挟在する8ダムでは、両者の選抜が不可能で粘板岩の混入率が30%以下と少ないことから、混合材としての骨材試験を実施し、使用条件を明確にしたうえ使用している。

図-8は、岩種毎の使用状況を年代別に示したものである。¹⁾同図より以下の傾向があることがわかる。

- (1) 河川砂利は1950年代より最も多く使用されており、80年代に入っても使用頻度は減少しない。これは河川砂利は、自然の淘汰作用によって材質の優れたものが集積されており、採取も容易であるので量さえ確保できれば第1に利用することを考えるためと推定される。
- (2) 50年代は、河川砂利、砂岩、花崗岩等の良好な岩種を使用しているダムがほとんどである。これは、当時ダムサイト自体が良好な地質を選んで選定されていたため、原石山の地質状況も良かったこと、あるいは調査・試験手法が十分に確立していなかったため良好なもののみを選定していたこと等



(1) コンクリート骨材



(2) フィルダムロック材

図-7 岩石材料の岩種別使用状況¹⁾

が考えられる。

(3) 60年代は、変成岩や安山岩等が使用され始めているのが特徴的である。これは、ダム建設の増大に伴い、今まであまり対象としなかった岩種まで設計上で工夫して利用するようになってきたためと考えられる。表-1は、低品質骨材を使用した際の対処法の例を示したものである。¹⁾ 同表による

と、安定性と洗い損失で問題のあるケースが多く、次いで吸水率、軟石量の順となっている。対処法としては、混合骨材としている例が多く、コンクリート試験を実施して決めている例もある。

表-1 低品質骨材使用上の対処法¹⁾

試 験	該当する ダム 数	対処法について 記載のあるダム数	対 処 法
比 重	1	1	混合骨材として対処(1ダム)。
吸 水 率	7	3	①混合骨材として対処(2ダム)。 ②対処せず(1ダム), 堤高19mと低く, 上流仮締切りダムであるため。
安 定 性	11	9	①混合骨材として対処(5ダム)。 ②コンクリート試験実施(2ダム), 2ダムのうち1ダムは混合骨材として対処。 ③対処せず(1ダム), 発電所用コンクリートのため。 ④極力使わないようにする(1ダム), 粘板岩の混入率を下げた混合骨材として対処。
洗 い 損 失	13	3	①混合材として対処(1ダム)。 ②コンクリート試験実施, 最終的に混合骨材として対処(1ダム)。 ③除塩の際の水洗いで対処(1ダム)。
軟 石 量	7	2	①コンクリート試験実施(1ダム)。 ②対処せず(1ダム), ダム堤体コンクリートにあまり強度を必要としないため。
塩分含有量	1	1	塩分含有量を0.01%に下げするため, 水洗い(砂:水=50%)による除塩を実施。さらに除塩した海砂を使用して, コンクリート試験を実施(1ダム)。

注) 1ダムで、複数の試験値が許容限度の標準を越えている場合、それぞれの試験に対処法をまとめている。したがって、各試験の対処法は重複しているものがあるため、注意を要する。

図-7(2)は、フィルダム岩石材料の岩種別使用状況を示したものである。¹⁾ここでは、岩石材料の適合性等を加味し、岩種と地質年代に着目して以下に示す7つに分類した。³⁾

S_I: 中古生代の堆積岩(砂岩・礫岩・粘板岩・チャート・石灰岩)

S_{II}: 第三紀の堆積岩(砂岩・泥岩・グリーンタフ地域の火山性堆積岩はI_{II})

I_I: 火成岩

I_{II}: 第三紀火山性堆積岩(グリーンタフ地域の凝灰角礫岩, S_{II}, I_Iと区分不明瞭な場合あり)

I_{IV}: 第四紀の熔結凝灰岩を含む凝灰岩類(凝灰岩, 凝灰角礫岩)

M: 変成岩

Q: 第四紀堆積物(河床砂礫)

したがって、一般的にS_I, I_I, Mはロック材として適当な岩種で、I_{II}, I_{IV}, S_{II}はロック材としては注意して使用すべき岩種といえる。最も多く使用されているのはI_Iであり、全ダムの53%(36/63)で使用されている。次いでS_Iは全ダムの25%(16/63)で使用されているが、その他S_{II}, I_{II}, I_{IV}, M, Qの使用頻度は低い。すなわち、ロック材として適当な岩種であるS_I, I_I, Mは全ダムの94%(59/63)で使用されており、使用頻度は高い。注意して使うべき岩種であるI_{II}, I_{IV}, S_{II}は全体の33

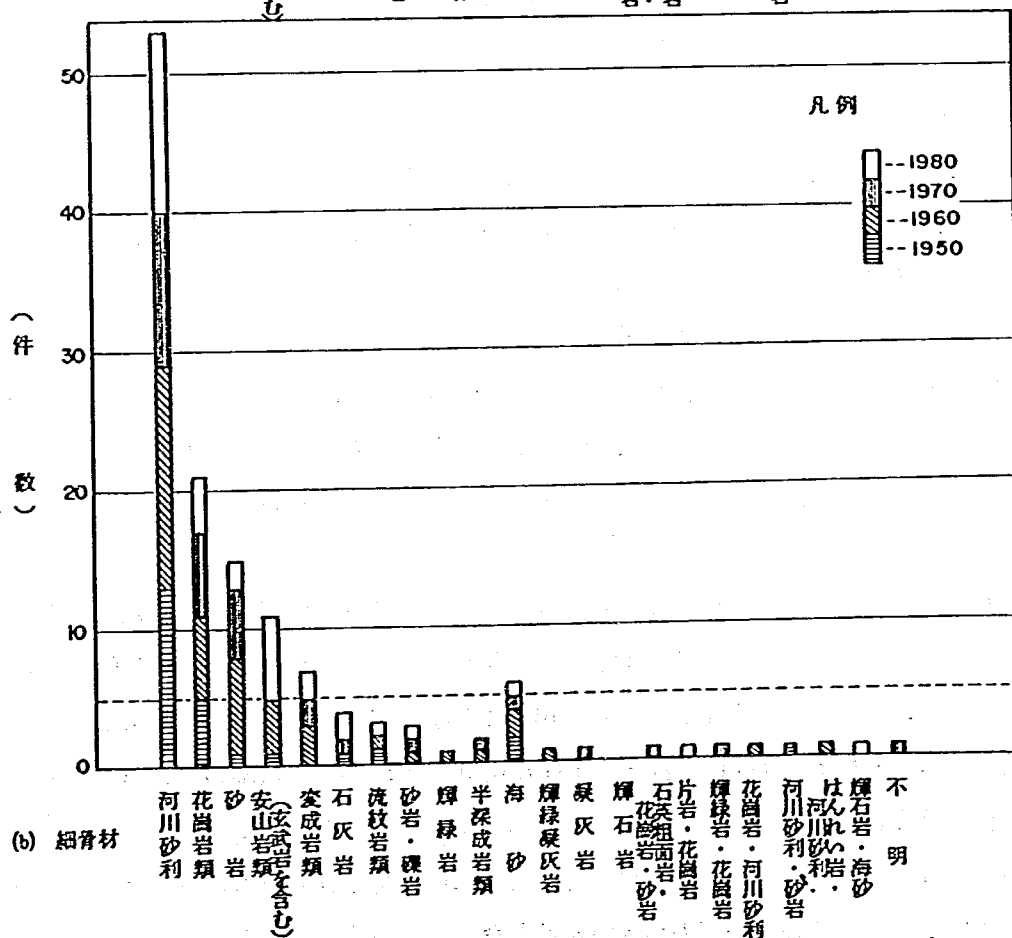
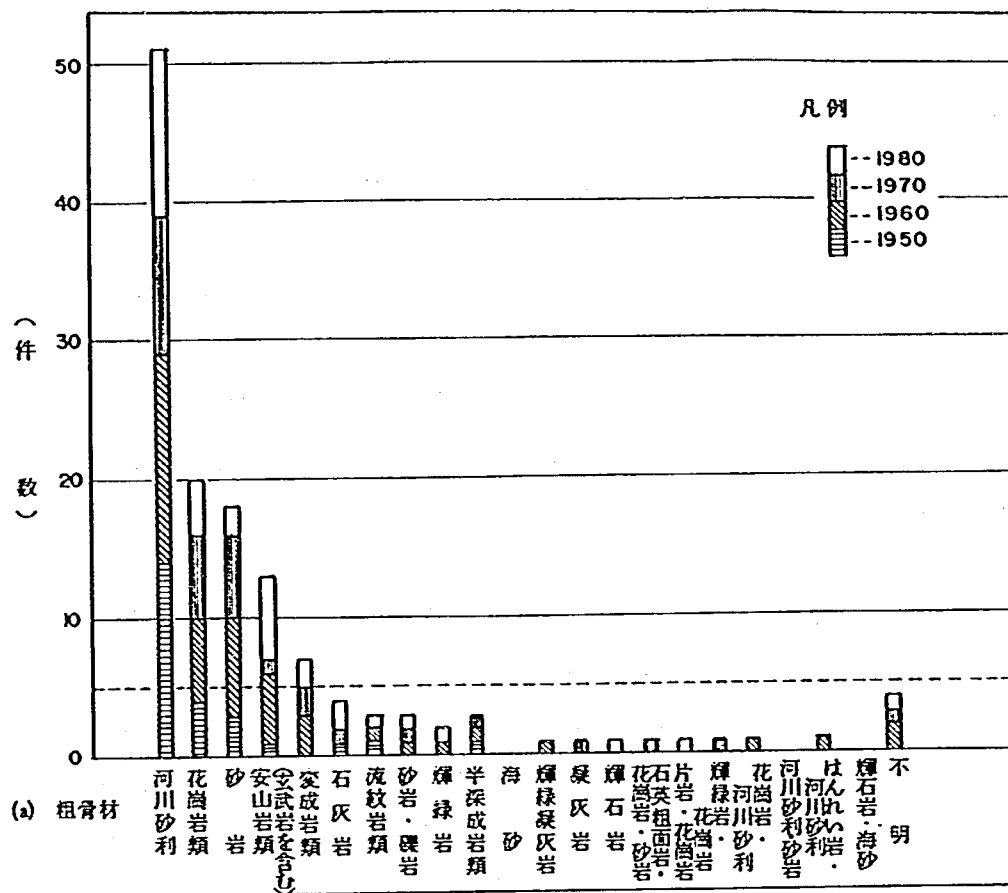


図-8 コンクリート骨材の岩種の時代的変遷¹⁾

％(21/63)で使用されている。対処法は不明な例が多いが、のり面勾配を緩くしたり、ゾーニングを実施している例もある。

3.2 試験の実施状況

図-9(1)は骨材試験の実施状況を示したものである¹⁾(74ダム, 93件)が、比重・吸水率のように実際には行っても文献には記載のない例もあるため、同図はあくまで1つの目安である。ダムの設計・施工上重要な指標となる比重, 吸水率, 粗粒率, 単位容積重量, 実績率試験は必ず実施すべきと考えられるが、粗骨材の粗粒率, 実績率試験の実施率はかなり低い。これに対し、安定性や粗骨材のすりへり試験は50～60％実施されており、比較的高い。その他、有害物質に関する各種試験のうち、有機不純物試験は、細骨材で42％のダムで実施されている。これは、有機不純物が混入することが多い河川砂利における実施率が高いためである。

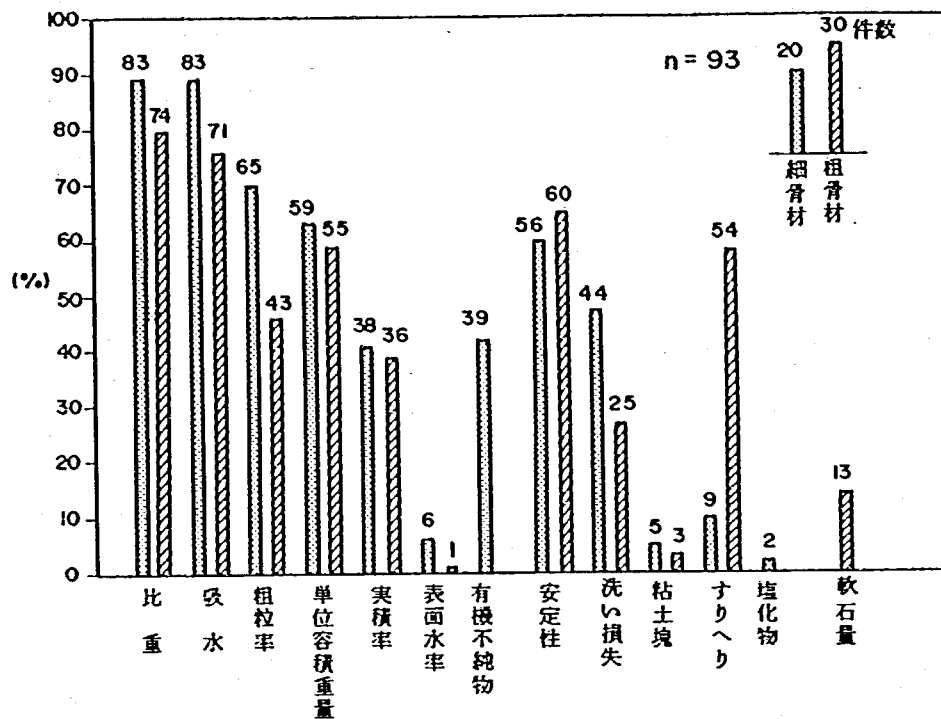
図-9(2)はフィルダムロック材料に関する各種試験の実施状況を示したものである。¹⁾同図は、実際には実施されていない文献中に記載されていない例もあると考えられる(一般に実施されていると考えられる粒度, 比重, 吸水, せん断試験の実施率が72～97％であることから推定される)ので完全なものとは言い難く、あくまで1つの目安と考えるべきである。同図より、必ず実施すべき試験(図中Aで示す)は少なくとも50％以上のダムで実施され、特に比重・吸水・大型せん断試験は、80％以上のダムで実施されている。材料により実施すべき試験(図中B)および必要に応じて実施する試験(図中C)は現場転圧試験(実施率約70％)を除きいずれも50％以下である。有機物含有量試験は全く実施されていない。

3.3 試験結果

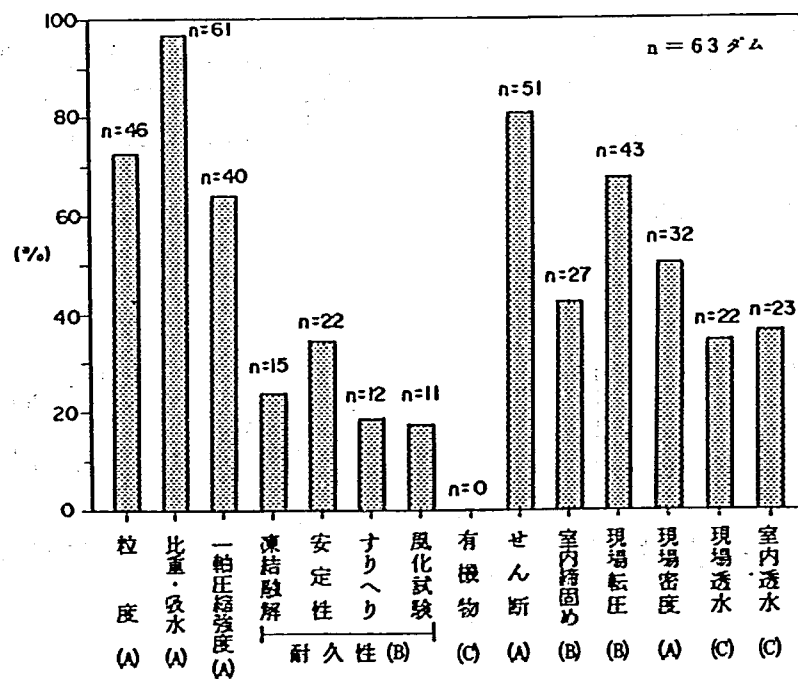
図-10(1), (2)にそれぞれ細骨材, 粗骨材の骨材試験結果を示す。¹⁾細骨材の比重, 吸水率, 粗粒率, 実績率, 単位容積重量, 表面水率, すり減量等は許容基準が設けられていないが、粗骨材等の基準と比較すると良好な骨材がほとんどである。許容限度が認められている安定性, 洗い損失重量, 粘土塊量もほとんどが基準を満足している。また、粗骨材で基準からはずれる割合は、比重1.2％(1/87), 吸水率10％(10/82), 実績率0％(0/36), 安定性20％(13/64), 洗い損失15％(4/26), 粘土塊量0％(0/2), すりへり量0％(0/57)であり、安定性および洗い損失が基準からはずれる割合が多いが、他はほとんど基準内におさまっている。基準からはずれるものは表-1に示すような対処をして使用している。

図-10(3)はフィルダムロック材料の比重, 吸水率, 一軸圧縮強度試験結果を示したものである。¹⁾同図a, bに示すように、 $S_{\square}$, $I_{\square}$, $I_{\blacksquare}$ は比重が小さく、吸水率の大きいものが多い。また、 $S_{\square}$, M は値が集中しており、平均値はそれぞれ比重が2.61, 2.79, 吸水率は1.76, 0.89である。これに対し、 $S_{\square}$, $I_{\square}$, $I_{\blacksquare}$, $I_{\blacksquare}$ の値はいずれも分散しており、かなり比重が小さく、吸水率の大きいものまで使用されている。一軸圧縮強度はいずれの岩種も著しくばらついているが、 $S_{\square}$, $I_{\square}$, $I_{\blacksquare}$ に小さい値が多い。

このように、ロックフィルダムの岩石材料として実際に使用されている岩石には、比重の小さいもの、吸水率の大きいもの、あるいは強度の小さい岩石も含まれている。このような低品質材料は、注意して

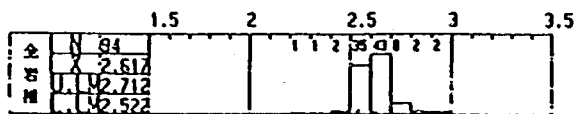


(1) コンクリート骨材

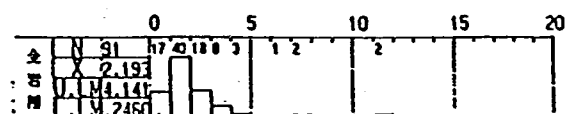


(2) フィルダムロック材

図-9 各種試験の実施状況¹⁾



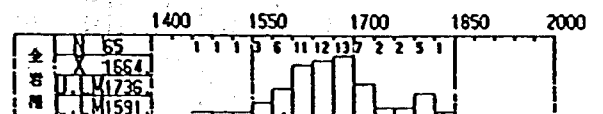
(a) 比 重



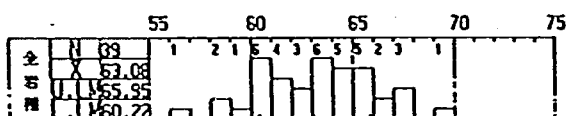
(b) 吸 水 率 (%)



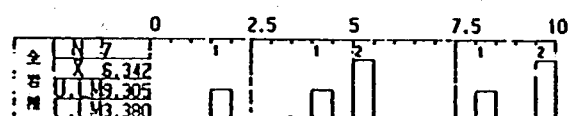
(c) 粗 粒 率



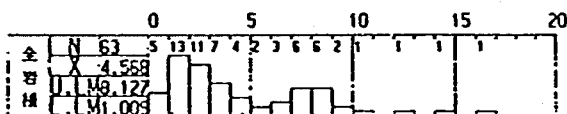
(d) 単位容積重量 (kg/m³)



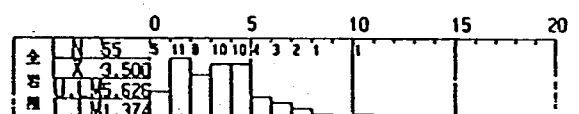
(e) 実 積 率 (%)



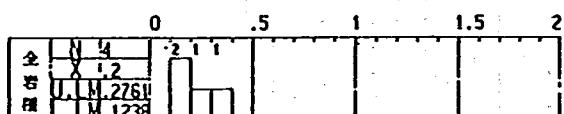
(f) 表面水率 (%)



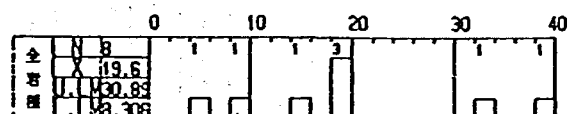
(g) 安定性試験損失重量 (%)



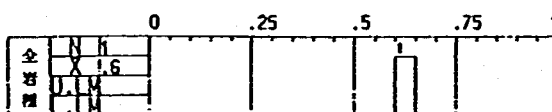
(h) 洗い試験で失われるもの (%)



(i) 粘 土 塊 (%)



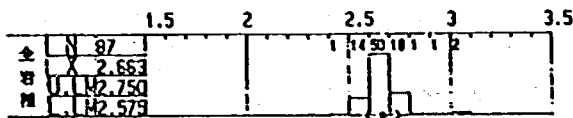
(j) すり減り減量 (%)



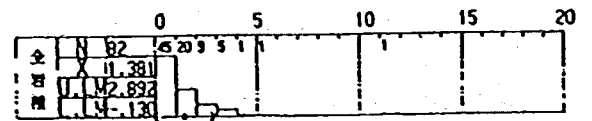
(k) 塩分含有量 (%)

(l) コンクリート骨材 (細骨材)

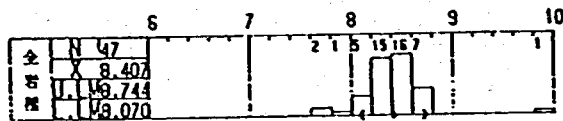
図-10 各種試験結果¹⁾



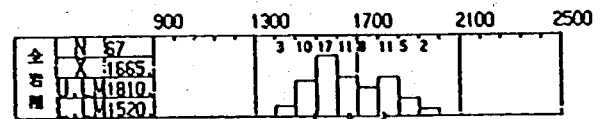
(a) 比 重



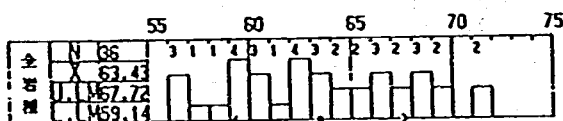
(b) 吸 水 率 (%)



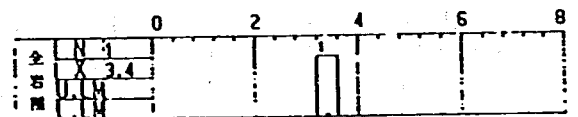
(c) 粗 粒 率



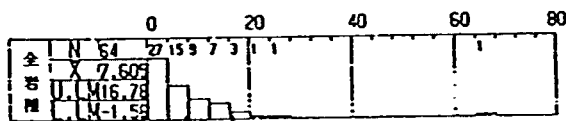
(d) 単位容積重量 (kgf/m³)



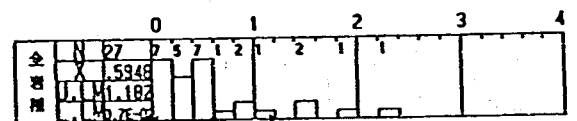
(e) 実 積 率 (%)



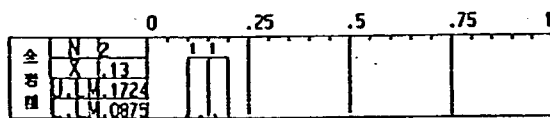
(f) 表面水率 (%)



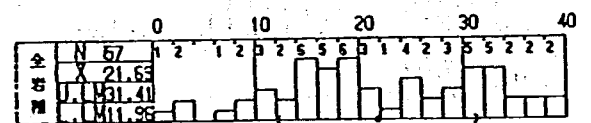
(g) 安定性試験損失重量 (%)



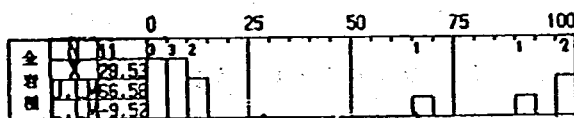
(h) 洗い試験で失われるもの (%)



(i) 粘 土 塊 (%)



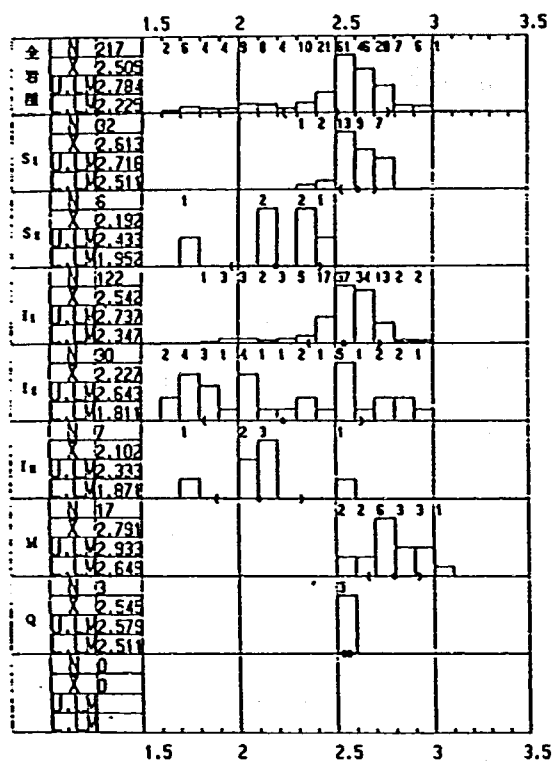
(j) すりへり減量 (%)



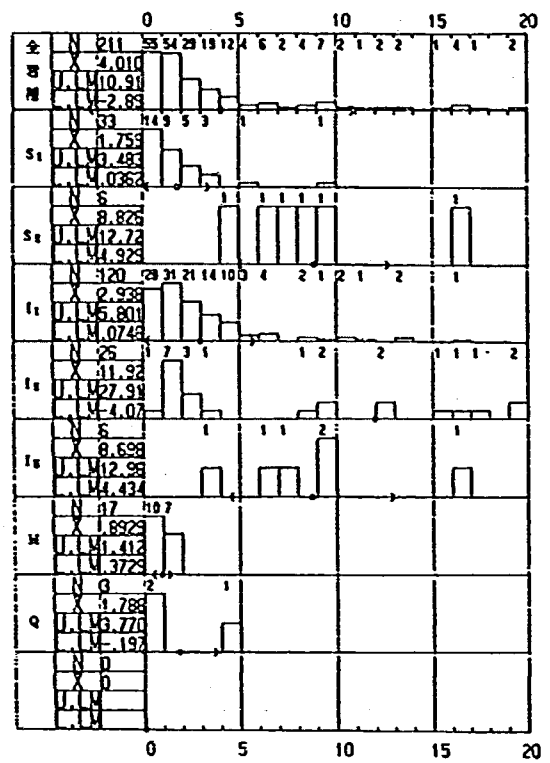
(k) 軟 石 量 (%)

(2) コンクリート骨材 (粗骨材)

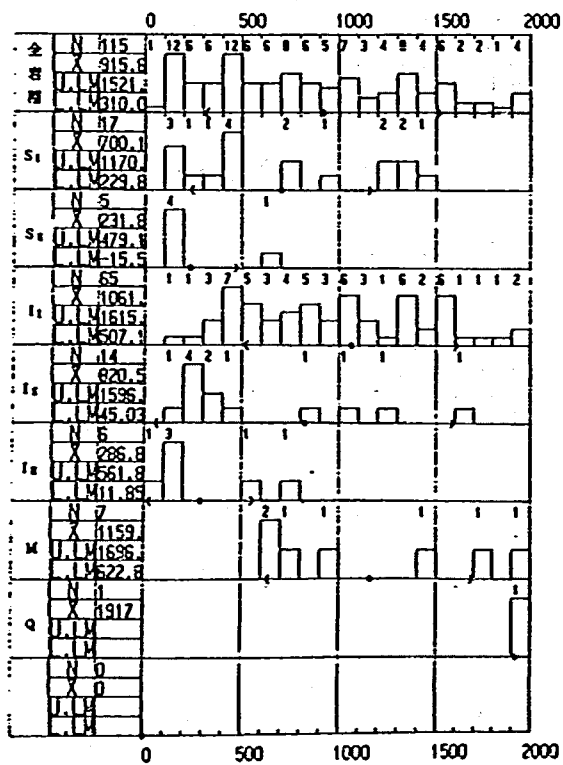
図-10 各種試験結果¹⁾



(a) 比重(絶乾)



(b) 吸水率(%)



(c) 一軸圧縮強度 (kgf/cm)

(3) フィルダムロック材

図-10 各種試験結果¹⁾

使用すべき岩種であるS₁, I₁, I₂に多い。これらの使用上の留意点, 設計における対処法は既に述べたが, フィルダムの場合設計で対応が可能のため, コンクリート骨材のように物理学的性質が致命的な問題となることはない。

4. おわりに

今回の調査は公刊文献を対象としたため, データの記載レベルがまちまちであり, 厳密な統計とはなっていない項目もあるが, ダム用岩石材料の一般的な調査・試験および使用の実態がある程度明らかになった。今後データの正確を期すにはアンケート調査等を実施する必要がある。このようなデータをもとに, ダム用岩石材料に関する調査・試験法の体系化が可能と考えられる。

文 献

- 1) 菅原 捷, 中村康夫, 双木英人(1987): 原石山調査法に関する検討(I), 水資源開発公団試験所, 第三試験課地質試験室報告, 第8610号, 314P
- 2) 神尾重雄, 中村康夫, 解良一夫, 双木英人(1988): 原石山調査手法に関する検討(II), 水資源開発公団試験所, 第三試験課地質試験室報告, 第8706号, 349P
- 3) 松本徳久, 渡辺和夫, 吉野内真二(1982): ロック材料の調査・設計・施工に関する事例調査, 土木研究所資料第1839号, 188P

ダム用岩石材料の調査・試験実態（質疑）

○司会 ただいまの発表に対しまして御質問がありましたらどうぞお願いします。

○松本（土研・フィルダム研究室） いつも地質屋さんには大変御指導いただいております。

本日は貴重な資料を見せていただいてありがとうございました。若干、考え方の点で二、三、私の考えがありまして、いかがかなというので申し上げたいんですけれども、1つは、ダム用岩石材料というタイトルでコンクリートダムの骨材とフィルダム用の材料と2つが論じられている。コンクリートというものは最近のRCCあるいはRCD等を除けば割りと均一なものでコンクリートの骨材は規定されている。それに対してフィルダムの材料はここでは主にロック材料が論じられているわけです。フィルダムは何もロックフィルだけではなくて、最終的には土を使ったって十分ダムはできるわけです。あと1つは、それじゃロックフィルのロック材とは何かというそもそもに返ったときにコンクリートの骨材に比べれば非常に範囲が広い。どちらかというフィルダムの堤体材料のシェル材料というのか、外側に置く材料がコンクリートの骨材あるいは骨材に準じたものでなければならないという印象が広く広まり過ぎちゃって、最近のフィルダムは、例えば400万立米盛るのに300万立米捨てるとか、いささかそれでよろしいのだろうか、こういう反省に来ているのではないか。

したがって、フィルダムの材料を論じていただくものであれば、それじゃ許容されるロック材料というのか、シェル材料というものはそもそもどういうものであるのか。悪ければ悪いなりに設計値を落として使えばいいんでありまして、そういう問題がある。

あるいは耐久性を論ずるときに、耐久性は実に大事な指標であって、耐久性のいいものがないと思うんです。ところが、それじゃ耐久性というのは試験でやったときに何で見るのか。あるいは凍結融解で何パーセント以下だったら耐久性がないのか、そういう切り捨てをされると、耐久性と凍結融解が本当ならばそんなに結び付いていないのにもかかわらず、それで切り捨てると非常にむだが出てくる。そういう問題があるのではないか。

したがって、ぜひこういうのを論ぜられるときにはフィルダムの材料のうちのロック材が骨材と同列で範囲が狭いということじゃなくて、もうちょっと間口が広い話で、今までは、確かにこれは実態調査でしたからこういうことかもしれませんけれども、多少方向の点でどうかなという感じがいたします。

それから、今のと似たようなことですが、細部の点で言いますと、アンケート調査とか試験調査に基づいて例えば11ページのどういう試験をやっているか。多いからやりましょうというんじゃちょっとおかしいんであって、各岩石ごとに必要だからやりましょうという立場のアンケートの使い方、この調査実態というのは大体今までどんなことがやられてきたか、それを見るには非常にいいと思うんですけれども、今後の方向を出すときにはもうちょっと、そうかなという点があるんですが、いかがなものでしょうか。

○中村 おっしゃるとおりで、フィルダムのロック材料につきましては、この中にも書いてありますように、今まで適すると思われているものだけでなく、非常に注意して使わなくてはいけないものまで使っておられるわけで、それは図-7の2のところでも説明申しましたようにかなり5ダムずつとか、全部同じような頻度で使っているわけで、言われたように設計でどのようにでも対処できるということで、いいものを使いなさいというふうなことを言うつもりは毛頭ございませんで、400万盛るのに300万捨てるというふうなことじゃなくて、有効なゾーニングとかを対処している例もございますので、今後はそういう方向に行くんじゃないか。

最初にお断りしたように公刊文献だけでやっておりますので、そう言われることはもっともで、本当にやるんだったら直枝か何かで統一的なアンケート項目についてやって、それから提案すればいいと思っておりますが、なにせそこまでやっていなくて、今までやられた戦後のダムの実態ということと取りまとめたのがこれでございます。

○平野（九州地建・立野ダム工事事務所） 2点ほどございまして、1つは、私どもの原石山でもボーリングとか横坑とかそれなりに入れておるわけでございますが、コンサルタントから出てくる柱状図とか横坑展開図とかがございます。ただ、その内容を見ますと、ダムサイトの調査とほとんど同じようなことが記載されておるわけです。例えば岩級区分等ございますけれども、相変わらずの基礎を考えたCHとかCMとか、田中方式とか、そういったものが使われているわけです。ですから、できましたら材料、原石山を念頭に置いたような地山の評価法、あるいはそこまではいかないにせよボーリングコアの記載法とか、あるいは横坑の見方とか展開図のつくり方、そんなふうなものがもしあれば非常に現場としてありがたいという話が1つでございます。

もう一つは、ダムサイトから原石山までの距離で、これは経済性等を考えますと近い方がよろしいんですが、うちのダムは3～4km離れておりますが、中にはダムサイトの裏を取るような計画もあったりもするわけでございまして、仮設とか施工性、あるいはグラウト、発破の影響等を考えますと、最低どのくらい離せばいいか、そんな数字が今回の調査で出てきたのかどうか、あるいはいろいろ御指導願うときに、慣例的に例えば何百米離せという基準があるのかどうか、その2つについてお尋ねしたいと思います。

○中村 最初の原石材料として考慮した岩級区分ということですが、現在、言われるようにまさにダム基礎としての適否を判断するための分類しかやられておりませんので、やはり原石山としてはダムサイトとして問題になるような弱層があっても、その中にかたい岩盤が含まれれば原石の方がいいわけですから、そういったことを考慮した岩盤の見方なりボーリングの記載なり、これから考えていなくちゃいけないと思います。

2点目の幾ら離せばいいかということにつきましては、ちょっと私ども施工計画とかよくわからない面がございますので、ここに来ておられますダム部の方でどなたか御説明いただければありがたいんですけど。

○司会 どなたかわかってお答え願えましたら、よろしくお願いします。ダム部長、お願いします。

○藤本（土研・ダム部長） 非常に難しい御質問でして、ダムのそれぞれの地質によって非常に異なる話でございまして、一般論としては多分言いにくいだろうと思います。教科書には多分 300 m とか 500 m の数字が書いてあると思いますが、それも単なる目安でございまして、それぞれのダムの発破に対する話、その周りの仮設の置き方その他によって非常に違う話で、500 m 以上超えてもそれで災害が起きた場合もございしますので、それぞれのケースで私は考えるべきだと思います。

私、余り教科書的なことしか知りませんので、細かい話はダム構造のだれかがしゃべっていただければと思いますが、立野ダムの場合についてもまだ私、細かいところまで存じませんのではっきりした数字は申し上げられませんが、教科書的にはそういうことだと思います。

○司会 どうもありがとうございました。ほかにも御質問とか御意見お持ちの方がおいでだと思うんですが、時間もちょっと超過しておりますので、あとの総合討論の場でまた活発な御討論を期待しておりますので、その場でやっていただきたいと思います。

これで休憩に入りたいと思います。

軟 岩 の 調 査 試 験 法

— 特に簡易調査試験法について —

九州地方建設局立野ダム工事事務所

平 野 勇

はじめに

我が国に広く分布している新第三紀から第四紀に形成された泥質岩、砂質岩、凝灰岩、一部の中生層～古第三紀層あるいは風化岩、変質岩等は軟質で強度が低く変形性が大い、あるいは掘削面や岩石材料として大気中に曝されたとき急速に劣化するなど、硬岩とは違った色々な難しい問題を持っていることが多い。このため土木研究所地質研究室では軟岩を対象とした基礎岩盤の力学的性質を的確に把握するための各種調査試験法や乾燥・湿潤等による劣化特性を調べるための試験法について検討している。ここでは主に軟岩を対象としたダム基礎岩盤の岩盤分類のための簡易調査試験法および乾燥・湿潤に伴う軟岩の急速な劣化現象いわゆるスレーキングを簡易に評価するための試験法について紹介する。これらの調査試験法は現在様々な事例に適用して検討の段階にあり、今後さらに問題を詰めとりまとめるべきものである。なおここに紹介した内容は発表者が地質研究室在職中携わったものである。

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。

表 I-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。
	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 碎 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。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 碎 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の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、鉱物の変質したり溶脱したりして軟質となった岩石。

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1-1のようなものがある。

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、風化やスレーキング特性に関する検討が必要である。

II. ダムにおける軟岩の岩盤分類のための簡易調査試験法

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。

我が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わ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。

1. 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Ⅱ-1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。調査計画をたてる時、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Ⅱ-1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

表Ⅱ-1 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	○	○	○	○	○	○	○	○	
	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。
定 形 供 試 体	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					◎	◎			
	一軸圧縮強度試験	◎	◎			◎	◎			ボーリングコアまたは横坑より採取する。
	超音波伝播試験	◎	◎			◎	◎			
	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、自破砕熔岩、多孔質熔岩、周縁急冷相、破砕岩、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。

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I-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な集成され、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。

2. 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っては軟岩の岩盤分類のための調査と留意点を参考にして適宜選択するものとする。

2.1 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

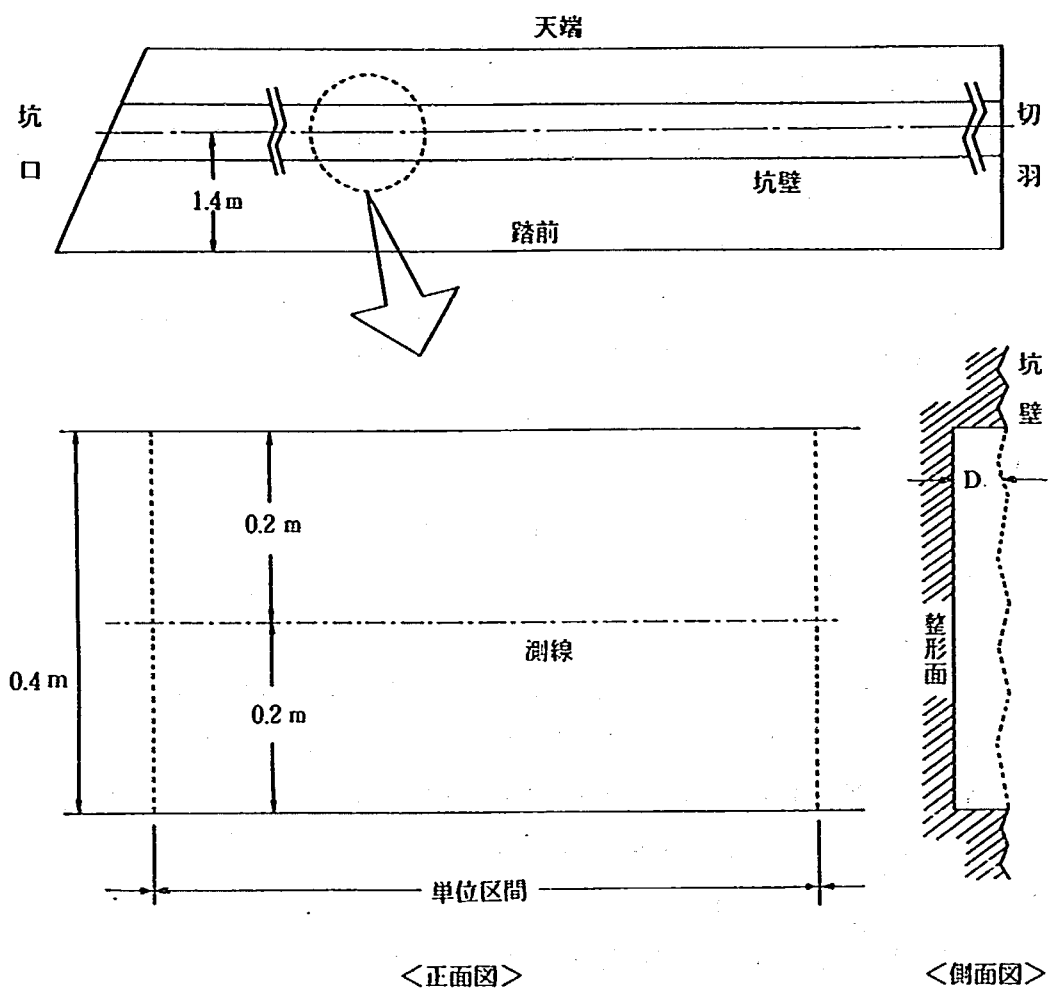
横坑側壁の調査は、支保工などを避け踏前より 1.4 m 程度の高さを中心線（測線と呼ぶ）とする幅 40 cm の帯状の調査域を設ける。ほぼ一様とみなせるような長さ 1 m の区間を設定して調査域を分割し、これを単位区間と呼ぶことにする。これは、岩盤状況によっては 1 m 以下に細分する。図Ⅱ-1 に調査域と単位区間の概念を示す。測線の高さ 1.4 m としたのは、作業性を考慮したものだけのものであり、本来、調査目的、岩盤性状等によって設定すべき性格のものである。調査域内は、横坑掘削後の表面の劣化や緩み、岩屑を取り除きできるだけ面を平滑に整形して洗浄する。

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、凝灰角礫岩、泥流堆積物等について）
- * 湧水・含水状況（表Ⅱ-2）
- * その他記帳すべきと思われる事項



図Ⅱ－１ 横坑壁における調査域

試験面の掘削深は 5 ～ 10 cm 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切要がある。また掘削後、長時間経過すると緩みや風化が進むので、この点に留意する必要がある。

表Ⅱ－２ 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

各单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Ⅱ－3による）、岩種、色調、風化の程度（表Ⅱ－4参考）、変質の程度（表Ⅱ－5参考）
- * 割れ目間隔（表Ⅱ－6参考）
- * 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Ⅱ－7参考）
- * 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Ⅱ－8参考）

Ⅲ 割れ目計測

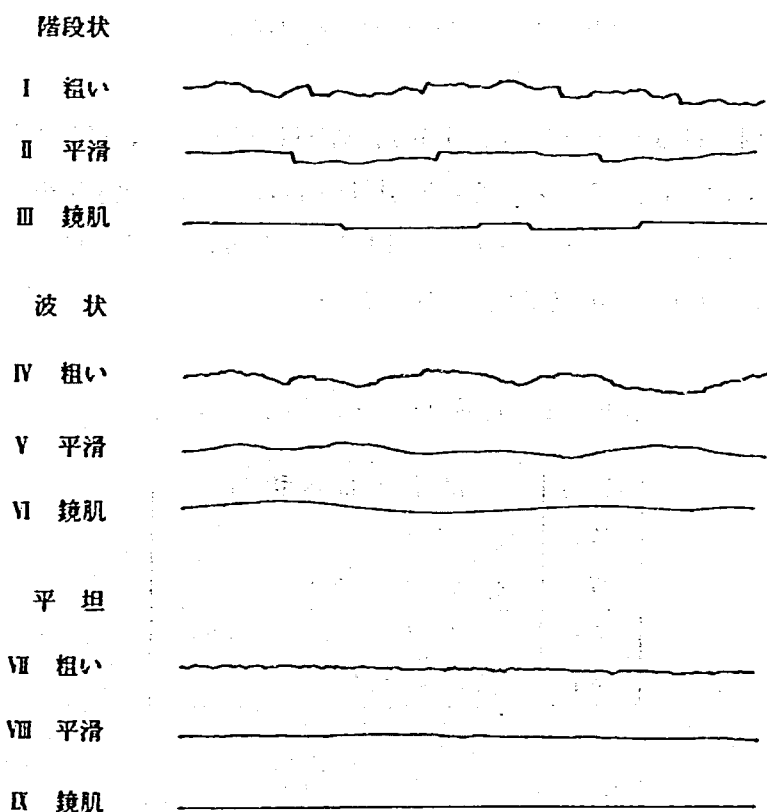
(a) 計 測

各单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Ⅱ－7参考）、割れ目壁面の粗滑（図Ⅱ－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Ⅱ－3による）、岩種、色調、風化の程度（表Ⅱ－4参考）、変質の程度（表Ⅱ－5参考）

(b) 正面および断面図の作成

各单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Ⅱ－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Ⅱ-3 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Ⅱ-4 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。有色鉱物が黄金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Ⅱ-5 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Ⅱ－6 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Ⅱ－7 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Ⅱ－8 礫含有率区分表の例

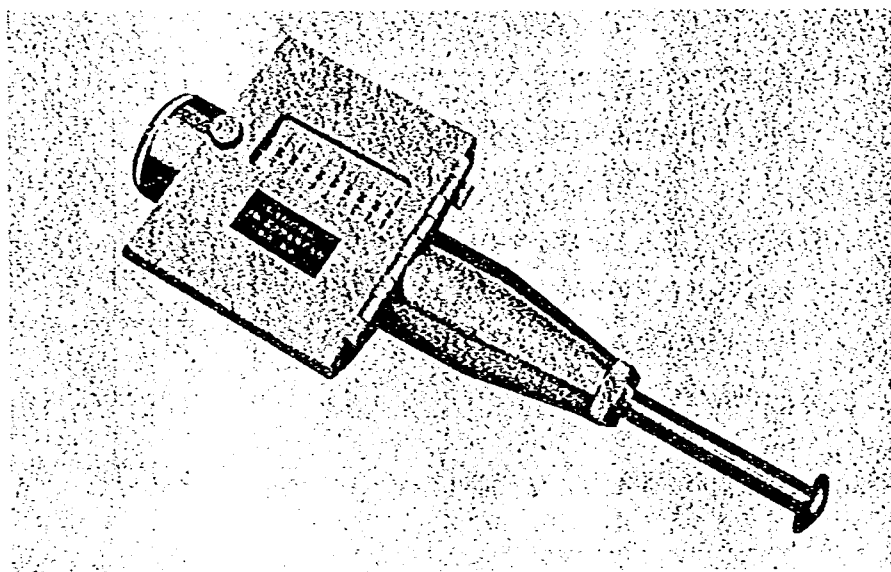
記 号	含 有 率 区 分
①	75%以上
②	50～75%
③	25～50%
④	25%以下

Ⅳ シュミットハンマーテスト

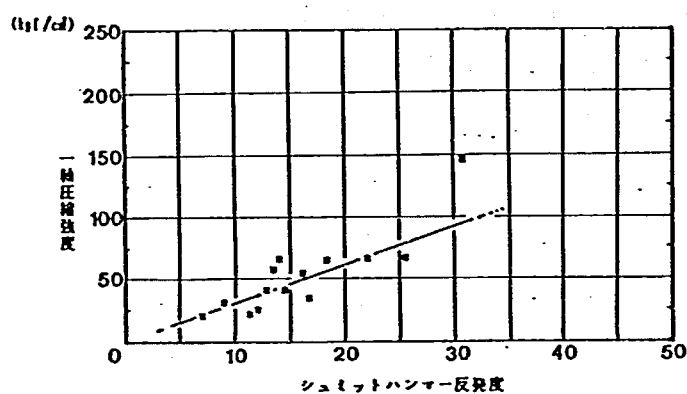
シュミットハンマーテストは打撃の反発度から岩石の硬さを判定する指標試験である。岩盤用のハンマーには図Ⅱ－3のようなものがあり、軟岩でも利用できる。

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、堂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ない



図Ⅱ-3 軟岩シュミットハンマーの例(KS型)



図Ⅱ-4 シュミットハンマー反発度と一軸強度の関係(宮床)

表Ⅱ-9 シュミットハンマー反発度と岩片の硬さの関係(胆沢)

「岩片の硬さ」別にみたシュミットハンマー反発度

硬さ	データ数	平均値	中央値	標準偏差	最大値	最小値
1 A	1	25.0				
2 B	11	26.9	26.0	2.5	31.0	23.0
3 C	24	20.5	20.0	2.6	26.0	16.0
4 D	12	15.9	15.5	2.1	18.0	12.0
5 E	3	15.3	14.0	3.4	20.0	12.0

上表の「岩片の硬さ」区分

区分	特徴
A	硬質、ハンマーの打撃で高音(高い濁音、亜金属音)を発する。
B	中硬～やや軟質、ハンマーの中打で濁音を発する。
C	やや軟質、ハンマーの軽打で濁音を発して割れる。
D	軟質、指で傷をつけることができ、ハンマーの軽打で細かく割れる。
E	極軟、指で割りつぶすことができる。

と考えられる。

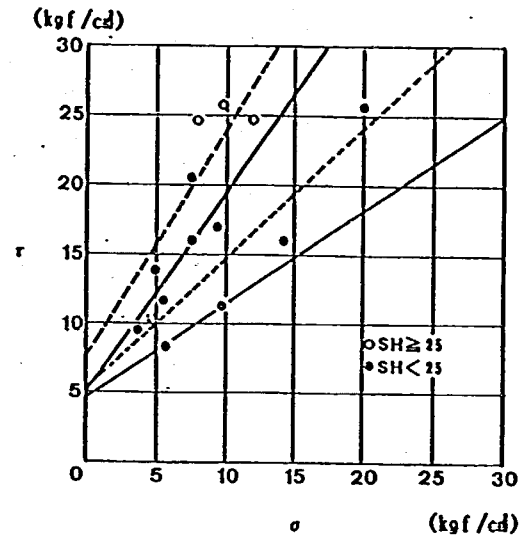
図Ⅱ-4, 5および表Ⅱ-9にシュミットハンマーと他の力学的指標値との関係の例を示す。

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。

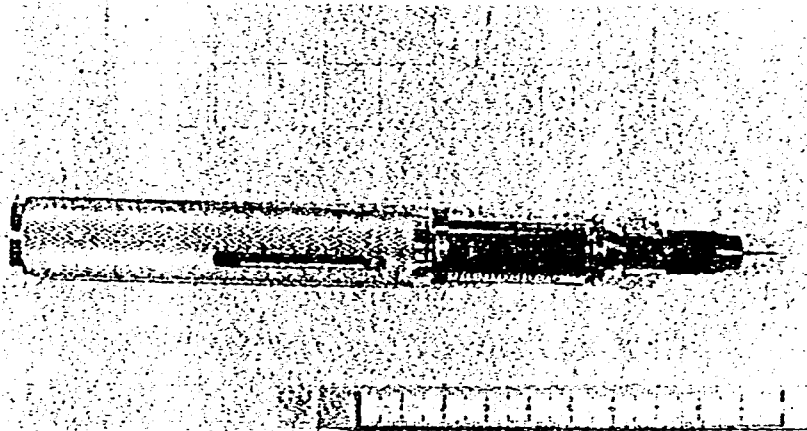
$$\text{針貫入強度 } N_p = \text{貫入力} / \text{貫入深度} \quad \dots\dots\dots (1)$$

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Ⅱ-6)がある。針は、径 0.84 mm の木綿針2号を用いている。



(シュミットハンマー反発度による分類)

図Ⅱ-5 シュミットハンマー反発度とせん断強度の関係(宮床)



図Ⅱ-6 針貫入試験器(携帯用)

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Ⅱ-7~9に針貫入強度と他の力学試験値との関係の例を示す。

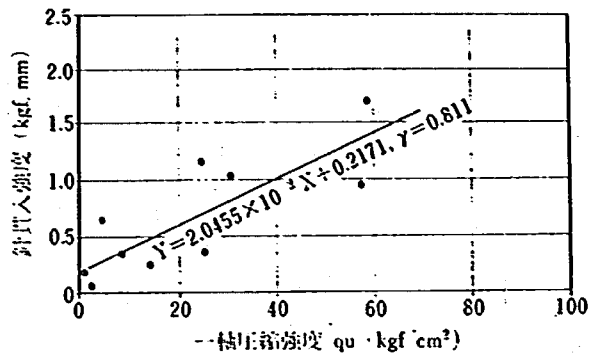


図 II - 7 針貫入強度と一軸圧縮強度の関係 (猪牟田)

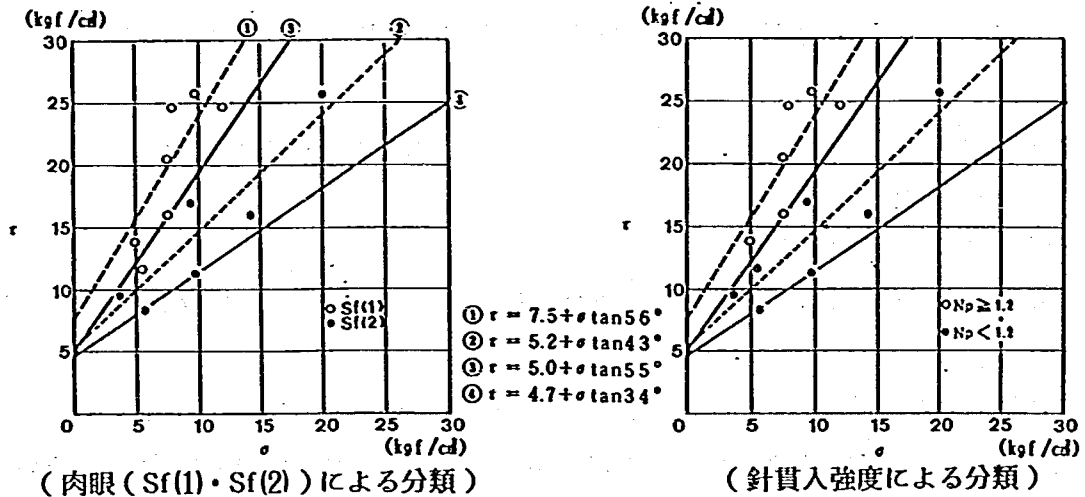


図 II - 8 針貫入強度と岩盤のせん断強度の関係 (宮床)

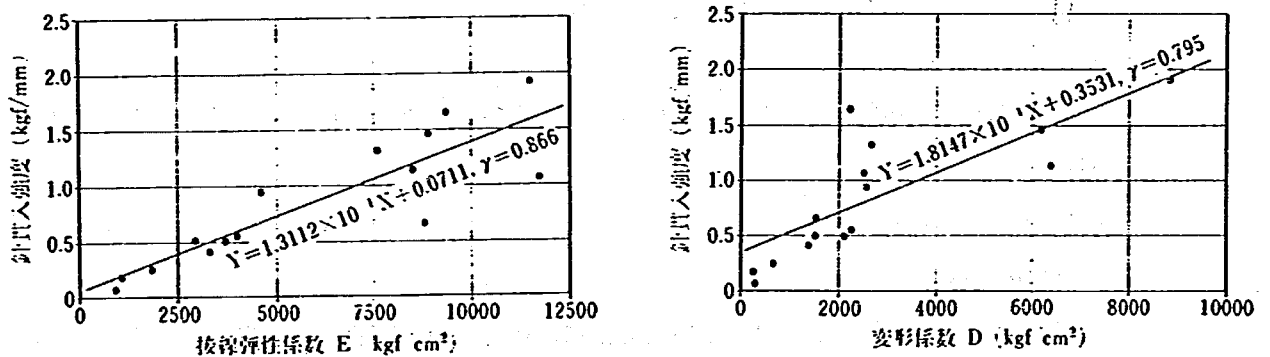
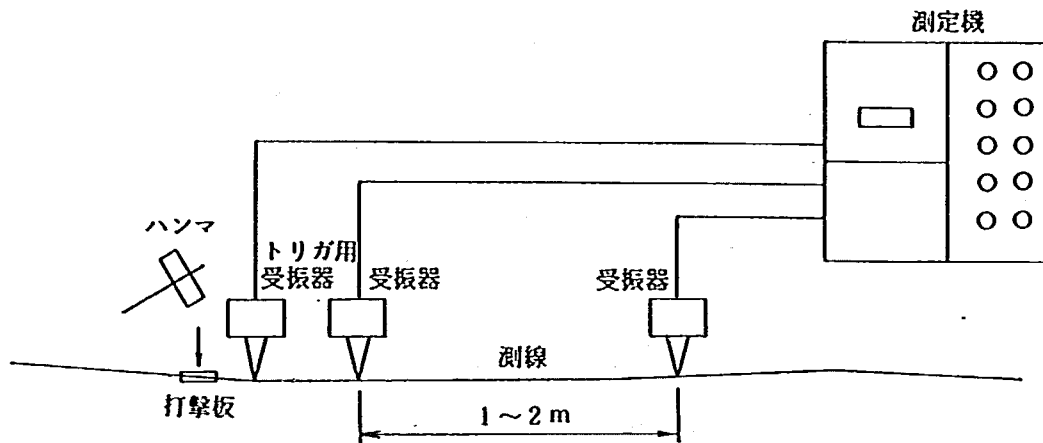


図 II - 9 針貫入強度と岩盤の変形性との関係 (猪牟田)

iv. 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。各单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 II - 10 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。



図Ⅱ－10 簡易弾性波速度測定概要

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
 と言うまでもない。

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、 $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ の正方形として設定する。測線は、 $\#$
 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Ⅱ－11, 12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

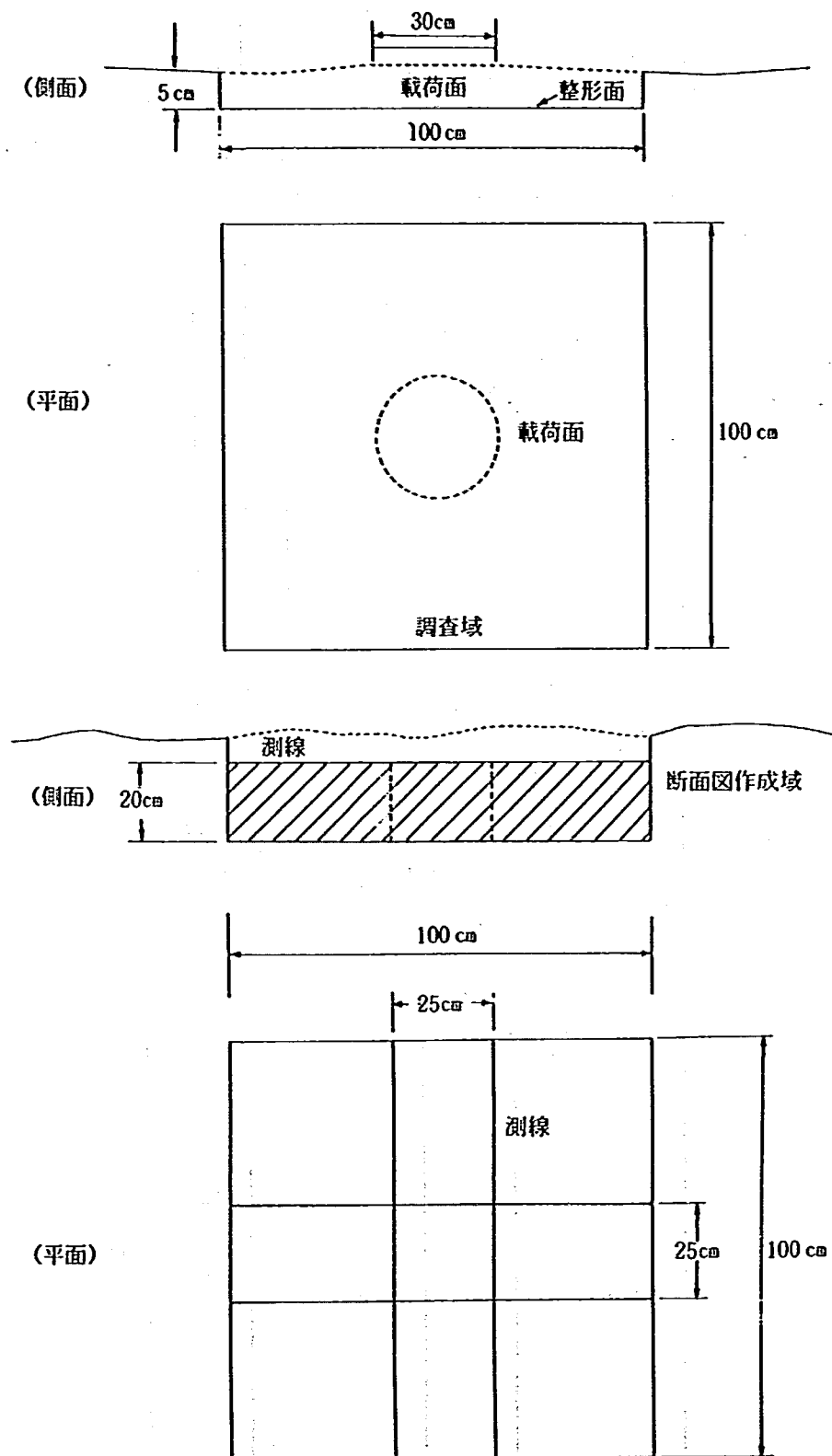
各単位区間ごとに下記の項目について詳細な観察を行い、写真（コア箱ごとでよい）・記事
 にまとめる。

- * 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
- * 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

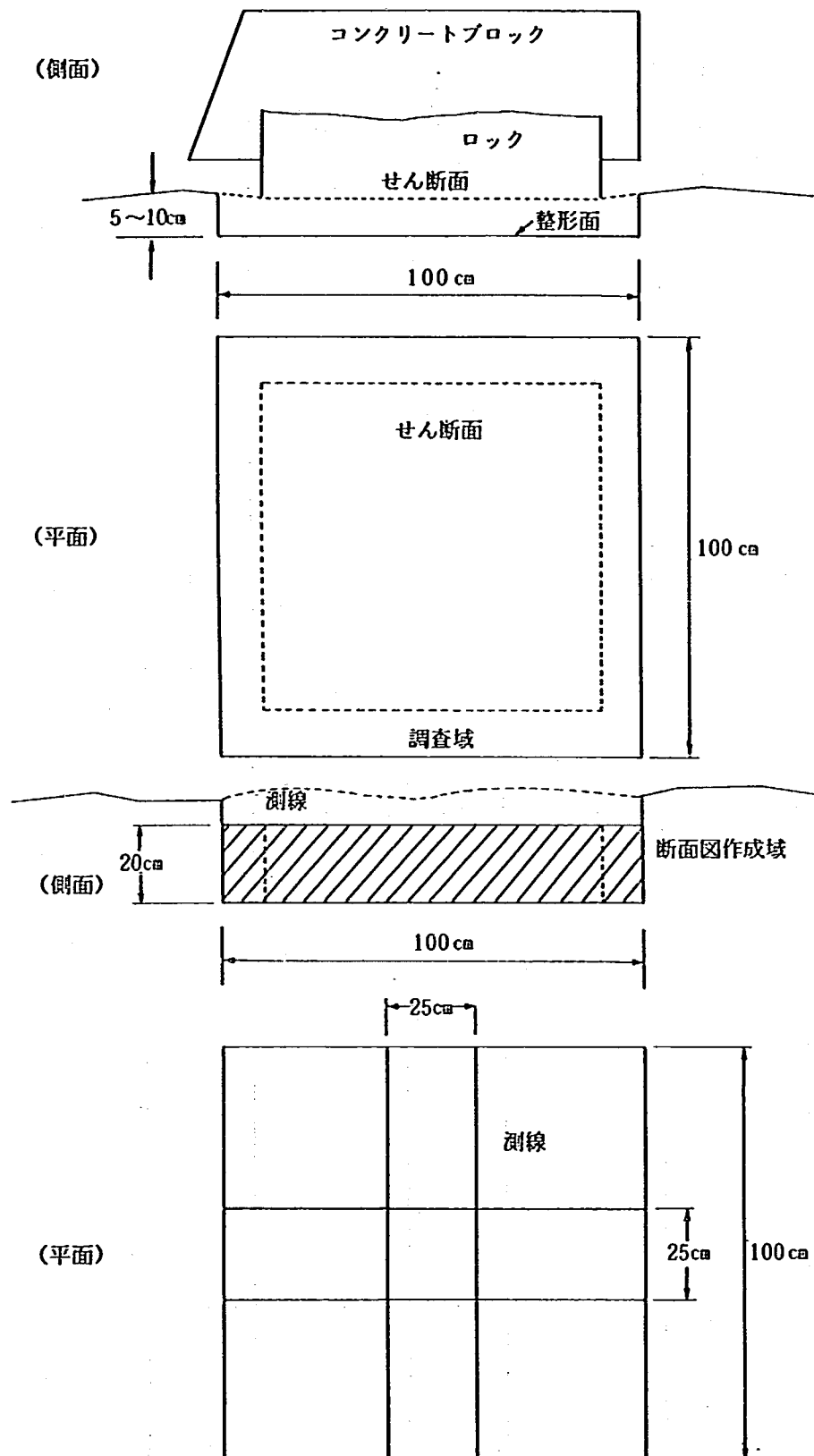
各単位区間の平均的な状況について、次の項目の判定を行なう。

- * 岩石の硬さ（表Ⅱ－3による）、岩種、色調、風化の程度（表Ⅱ－4参考）、変質の程度



図Ⅱ－11 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Ⅱ－12 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う。

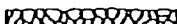
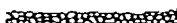
(表Ⅱ-5 参考)

* 割れ目の間隔 (表Ⅱ-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Ⅱ-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Ⅱ-8 参考)

表Ⅱ-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

各单位区間の個々の割れ目と岩片について下記の調査を行う。

* 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Ⅱ-11 参考), 割れ目壁面の粗滑 (図Ⅱ-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Ⅱ-3 による), 岩種, 色調, 風化の程度 (表Ⅱ-4 参考), 変質の程度 (表Ⅱ-5 参考)

表Ⅱ-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

各单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 5 cm、縦横 7 cm 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 5 cm 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 50 mm，100 mm）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。

2.2 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（ ” ” ）

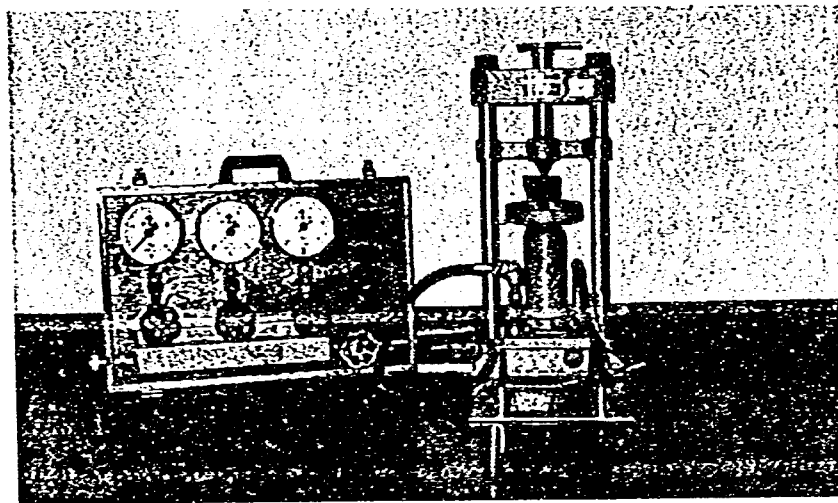
- ⑤ 岩石物理試験 (横坑壁・原位置岩盤力学試験面岩片, ボーリングコア, 定形供試体)
- ⑥ 岩質判定 (")
- ⑦ 岩石・鉱物分析

(2) 試験方法の詳細

i. 点載荷試験

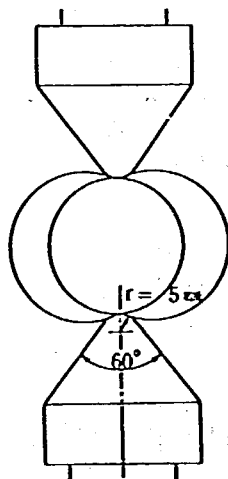
点載荷試験機(図Ⅱ-13)を使用する。本試験は円錐状の2つの加圧体に供試体をはさんで点荷重をかけ破壊し、圧裂引張強度を知ろうとする簡易試験である。供試体は不定形でよく、特に入念な整形は必要とせず、載荷方法(図Ⅱ-14)も簡単で一軸圧縮試験に比較すると極めて経済的である。

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Ⅱ-15 によって行うこととする。



図Ⅱ-13 点載荷試験機の例

上下の円錐形の加圧体に供試体をはさんで(図Ⅱ-14参照)載荷し、破壊時の載荷点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。



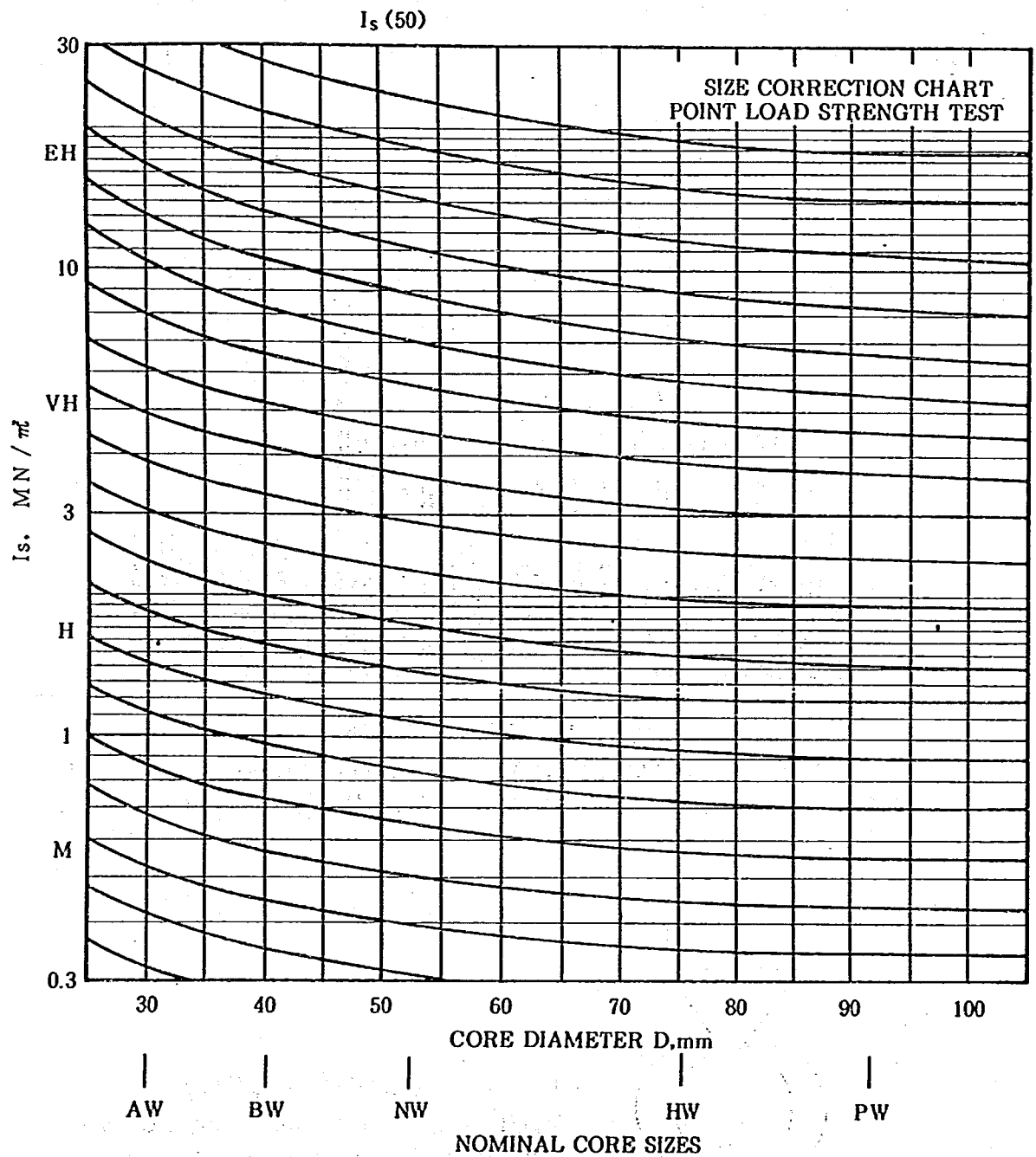
図Ⅱ-14 点載荷試験における載荷法

供試体は、不定形でよいが、載荷点距離を直径とするのが、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つの載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、載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 $I_s = \text{荷重} / (\text{破壊時の載荷点間隔})^2 \dots\dots\dots (2)$

(a) 横坑壁・原位置岩盤力試験面岩片，採取直後のボーリングコア

各单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。

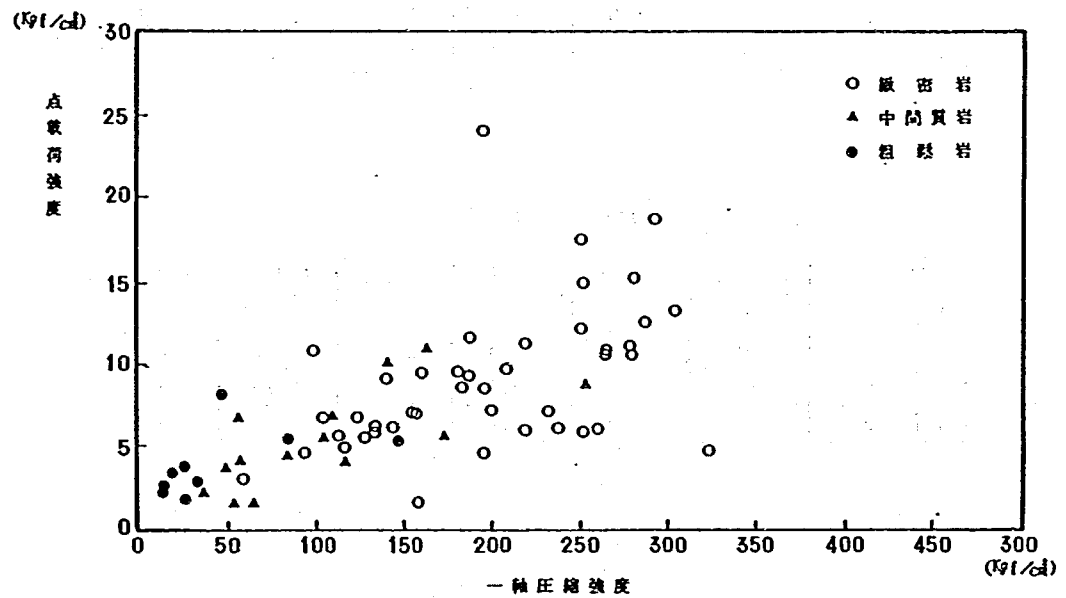


図Ⅱ－15 供試体厚さによる点載荷強度校正曲線
(E. BROCH, J.A. FRANKLIN 1972)

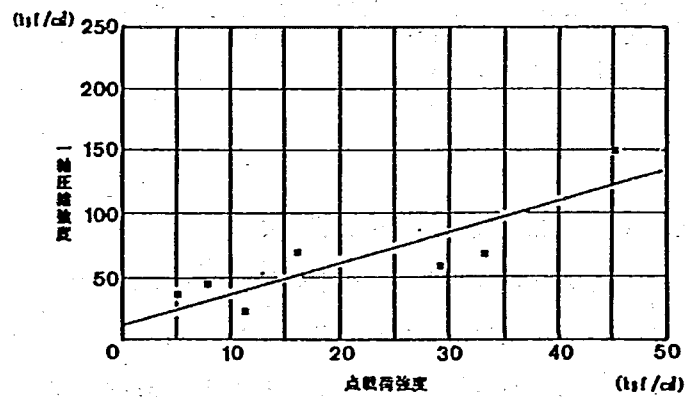
(b) 風乾したボーリングコア

各単位区間当たり 2～3 個について行なう。

図Ⅱ-16, 17 および表Ⅱ-12 に点载荷強度と一軸圧縮強度の関係ならびに風化区分との関係の例について示す。



図Ⅱ-16 点载荷強度と一軸圧縮強度の関係(胆沢)



図Ⅱ-17 点载荷重と一軸圧縮強度の関係(宮床)

表Ⅱ-12 風化区分からみた点載荷強度 (kgf/cm²) (胆沢)

風化区分からみた点載荷強度kgf/cm² (岩相区分C)

風 化	データ数	平均値	中央値	標準偏差	最大値	最小値
1 α	3	16.6	17.6	2.39	18.9	13.3
2 β	45	8.4	8.6	3.62	24.2	1.3
3 γ	128	5.0	4.6	2.79	15.3	0.7
4 δ	12	3.4	3.4	1.87	6.1	0.1

風化区分からみた点載荷強度kgf/cm² (岩相区分M)

風 化	データ数	平均値	中央値	標準偏差	最大値	最小値
1 α	0					
2 β	30	5.0	4.5	2.2	9.0	1.1
3 γ	32	4.1	3.8	2.4	10.9	0.7
4 δ	12	1.2	1.2	0.3	1.5	0.9

上 表 の 風 化 区 分

風 化 区 分	特 徴
α	非常に新鮮である。造岩鉱物の変質は全くない。
β	ほぼ新鮮である。雲母の変色、長石の不透明化がみられる。また、基質の火山ガラスがやや変質している。
γ	風化している。有色鉱物の褐色化、長石の白色化がみられる。
δ	強風化している。石英および一部の長石を除きほとんどの鉱物は変質し、原岩組織が失われている。

ii. 針貫入試験

試験法の詳細については2.1 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

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。

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

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

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)

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

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

ただし、g：重力加速度 (cm/sec^2)

ρ ：供試体の乾燥密度 (g/cm^3)

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・湿润・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II-4 参考)、変質の程度 (表II-5 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。

3. 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想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た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、力学的試験は行なわない。

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。補正値は岩種、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る。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。

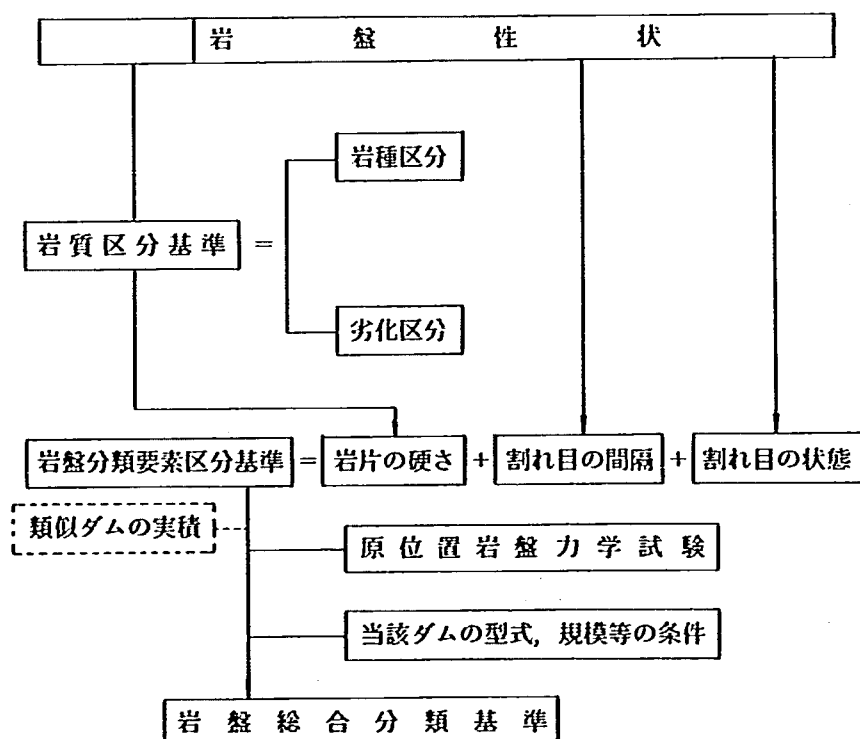
4. 岩盤分類基準の作成

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、土木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Ⅲ－18 標準的な岩盤分類基準作成の手順

- ① 岩石の始生的性質に基づく成因的区分，すなわち岩盤区分（表Ⅱ－13(1)）の作成
- ② 各岩類について，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Ⅱ－13(2)）の作成
- ③ 岩片の硬さ（表Ⅱ－14(1)），割れ目の間隔（表Ⅱ－14(2)），割れ目の状態（表Ⅱ－14(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Ⅱ－15）の作成

表Ⅱ-13(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Ⅱ-13(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	
						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、原則として湿润状態で示す。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とめる。										

表Ⅱ－14(1) 岩片の硬さの要素区分

区分	該当する岩質区分 (表Ⅱ-13(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Ⅱ－14(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Ⅱ－14(3) 割れ目状態の要素区分

	横 坑 岩 盤	ボ ー リ ン グ コ ア		
	割 れ 目 状 態	割 れ 目 状 態	割 れ 目 状 態	割 れ 目 状 態
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Ⅱ-15 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)	
		定 性 的 特 徴		該当する要素区分 (表Ⅱ-14(1),(2),(3)の区分) の 組 み 合 わ せ	力 学 的 性 質									
					弾性波速度		孔内載荷		平板載荷		剪断強度			
					Vp	Vs	Et	Dt	Et	Dt	τ_0			ϕ
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Ⅱ-13(1)岩種区分は、始生的（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ることが多いが、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Ⅱ-13(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Ⅱ-14(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に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表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っている。

① 岩片の硬さ

表Ⅱ-14(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か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Ⅱ-14(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、R Q D、最大コア長等の指標も有効である。

③ 割れ目の状態

表Ⅱ-14(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Ⅱ-15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ので、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。

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.
- 土木学会岩盤力学委員会第4分科会：軟岩の調査，試験の指針 岩の力学79, 1980.
- 土木学会：軟岩 — 調査，設計，施工の基本と事例 — 1984.
- 土木研究所地質研究室：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, 2, 3
土木研究所資料第2506, 2545, 2613号 1987, 1988.
- 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・安江調光：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.
- 斉藤孝三・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.

Ⅲ 軟岩の簡易スレーキング試験法

1. 総 説

この供験法は、軟岩のスレーキングに関する性質を、乾燥させた岩石供試体の水浸によって生じる形状および吸水量の変化から求めるもので、軟岩のスレーキングに関する性質の簡易判定を行なうためのものである。

(解説)

ある種の軟岩は、掘削などで大気中に暴露され乾燥したりした後に水浸すると急激に泥状、砂状あるいは細片化する現象すなわちスレーキング現象を示すことがある。このようなスレーキング現象の生じ易さの度合いを把握するための試験方法についてはこれまでいくつか提案されてきた^{11)~51)}。

スレーキング試験の目的と方法には、次のような2つがある。すなわち、

- ① スレーキング現象は試験の条件の与え方によってその現われ方が大きく異なるため、現場の気象、水理、拘束条件に見合った試験を行ない、その現場におけるスレーキングの進行の予測をすること。
- ② 異なった軟岩について一定の条件で試験し、スレーキングの特性を明らかにするとともに、相互に比較して評価分類する指標を得ること。

ここに示したスレーキング試験は、②を念頭に作成したものであり、地質調査の概査段階でスレーキングの概略の特性と問題点を把握し、以後の調査・試験の計画、ならびに設計等に反映させる資料を得ることを目的としている。

スレーキング試験には次のような条件が関係する¹¹⁾。

- ① 軟岩試料の採取、保管法、すなわち岩石組織に対する攪乱の程度、採取後の含水比の変化と保存の時間的長さなど。
- ② 供試体の形状、寸法および整形方法。
- ③ 使用水の水質。
- ④ 供試体の初期飽和度（水浸時の乾燥度）、乾・湿の方法、すなわち乾燥手段・温度・加熱時間、加湿方法と時間、乾・湿の繰返し回数など。
- ⑤ スレーキングの劣化度指標、すなわち吸水量、形状・寸法、割れ目数その他の物理的性質の変化。
- ⑥ スレーキング程度の表示法および判定指標、すなわちスレーキングによる形状変化の特徴、スレーキングの強さについて、⑤のどの項目を指標として用いどのように判定するか。

従来提案されてきた試験方法の例をみるとスレーキングの生じさせ方は、①乾・湿を多数繰返す方法^{2), 31)}、②試験の迅速性を考慮して1回のサイクルでスレーキングを判定する方法^{11), 41)}がある。

また、供試体の初期飽和度については、①かなり乾燥度の高い領域にまで乾燥させ、概ね同一の初期含水条件にしたのち水浸するもの、②スレーキングは、岩質だけでなく水浸時の乾燥程度によって著しく影響されるので、これを考慮して、水浸時の乾燥程度とスレーキングとの関係を求めることを目的として初期飽和度を変化させるものがある。

ここに示した試験法は、土木学会岩盤力学委員会第4分科会(1979)¹⁾などを参考にし、さらに劣化度指標として吸水含水比を加えるとともに、スレーキングの初期飽和度による変化に着目して設定したもので、試験法の規定の概要は次のとおりである。

- ① 供試体は、自然含水比の保持に留意した乱さない試料を用いることとした。
- ② 供試体形状は、円柱または四角柱状を原則とするが不定形でも可とした。
- ③ 使用水は清水とし、特に蒸留水とは規定しなかった。
- ④ 乾燥は風乾とし、乾燥時間の長さによって初期飽和度を調整し、供試体ごとにばらつかせることにした。高温乾燥としないのは高温の場合、軟岩の自然試料におけるスレーキング特性が変化することがあることを考慮するためである。

また、乾・湿繰返し回数は1回としたが、これは基本的には迅速性によるが、初期飽和度を調整しばらつかせる必要があるのと、1回の繰返しによってもスレーキングの強さの識別には充分役立つデータが得られることによる。

- ⑤ スレーキングの劣化度指標については、水浸に伴う視覚的な形状変化を観察し、形状区分の模式図(図Ⅲ-2)と比較して区分を行ない、スレーキング指数を求めることにした。図1-2は、土木学会岩盤力学委員会第4分科会(1979)¹⁾をもとに、岩種によるスレーキングの特徴を考慮して作成したものである。

さらに定量的な指標として、スレーキングした後の供試体の含水比を測定することにした。

- ⑥ スレーキング程度の表示および判定指標については、⑤でのスレーキング計測指標値を初期飽和度のパラメータで表わした関係図を作成し、これよりスレーキング程度の判定指標を求めることにした。

2. 試験方法

(1) 試料の採取および取扱い

試料は、横坑、岩盤掘削面等から採取した岩塊、またはボーリングコアとする。採取した試料は乾燥防止に留意するとともに、採取後できるだけ速やかに室内試験に供するようにする。

(解説)

地山の地質状況と試験目的等を考慮し、乱さない試料を採取しなければならない。

い。

また、スレーキングは、含水比の変化に影響されやすいので、採取した試料は、パラフィンコーティングや、ビニール袋等で密封して乾燥防止に留意するとともに、採取後できるだけ速やかに室内試験に供するようにする。

(2) 供試体

供試体は、岩塊あるいはボーリングコアからハンマー、カッター等を用いて作成し、割れ目、劣

部等がなく、均質とみなせる部分から大きさ 5×5 cm、厚さ 2 cm の板状、または直径 5 cm、厚さ 2 cm 程度の円柱状供試体あるいは、これらと同体積程度の不定形供試体を 1 岩種あたり少なくとも 13 個以上を用意する。

(解説)

精度の高い試験が要求されるときは、定形試料が望ましい。しかしながら、定形試料を作成するにはボーリングコア抜装置、ダイヤモンドカッター等が必要となり、手間も要する。また、ここに示した程度の大きさであれば、供試体の形状はそれほど試験結果に影響しないことも考慮し、不定形試料を用いてもよいこととする。

供試体数は、乾燥時間の長さによって初期飽和度を調整し、供試体ごとにばらつかせるため少なくとも 13 個以上とした。

(3) 試験器具

次のような試験器具を準備する。

- ① 径 10 cm、高さ 5 cm 程度の底の平らな蒸発皿あるいは結晶皿のような容器 5 ～ 10 個程度。
- ② ピペットまたはスポイト
- ③ 乾燥炉
- ④ 天秤
読み取り精度 0.01 g 以上

(解説)

供試体がスレーキングを生じると、体積が著しく大きくなる場合があるので、試験容器は充分余裕をもった大きさとする。また、容器の底が凸型や凹型であるとスレーキングを生じた試料が移動したりするので底は平らなものとする。容器は 110°C の温度に耐えるのが望ましいが、(4)④に示す炉乾燥をピーカー等に移し変えて行なえばプラスチック容器を使ってもよい。

また、試験容器は、試験の手順を工夫すれば、必ずしも供試体数と同数を準備する必要はない。

(4) 試験手順

試験の流れは図Ⅲ－1に示すとおりである。

① 重量 W_1 測定

供試体に付着している岩片等を除去し、割れ目、劣化部等のないことを確認したのち、重量 W_1 を測定する。

② 予備水浸

2 24 時間清水に水浸する。

供試体作成；13 個以上 / 1 岩種

↓
重量 (W_1) 測定
↓
水浸；24 時間
↓
重量 (W_2) 測定
↓

③ 重量 W_2 測定
 ロ紙等で水を除いたのち、重量 W_2 を測定する。

④ 乾 燥
 2 時間～12 日程度の間で、供試体ごとに乾燥
 時間を変え風乾する。

⑤ 初期観察
 乾燥後、供試体の形状、色調、粒度、層理、葉
 理およびきれつ等の観察を行ない記載する。

⑥ 重量 W_3 の測定
 供試体の重量 W_3 を測定する。

⑦ 水 浸
 あらかじめ重量を測定した試験容器それぞれに
 供試体を入れ、供試体が完全に水浸するまで清水
 を注ぎ静置する。

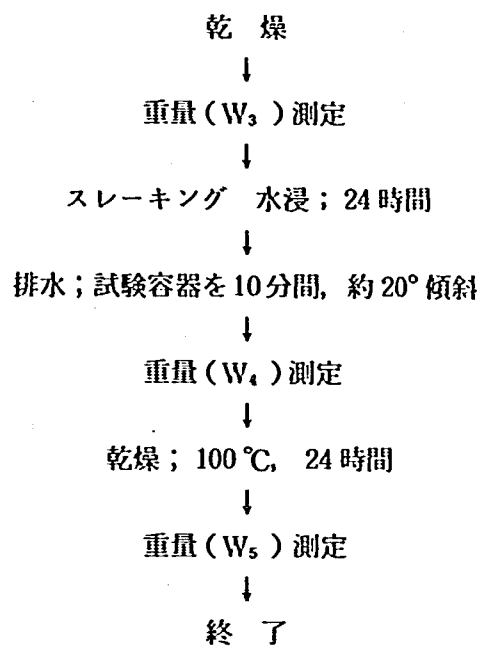
⑧ スレーキング観察
 24 時間水浸後、供試体形状を観察し、形状が、図Ⅲ-2 のどの区分に相当するかを判定し、ス
 レーキング指数を求める。

⑨ 排水および水切り
 ピペットまたはスポイトを使って静かに排水し、直ちに、容器を 10 分間、20° 程度傾斜させ、
 自然に分離してくる水をロ紙等で吸いとり水切りを行なう。

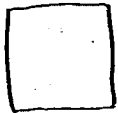
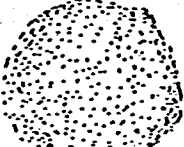
⑩ 重量 W_4 測定
 試験容器に入れたまま重量測定を行ない、供試体重量 W_4 を求める。

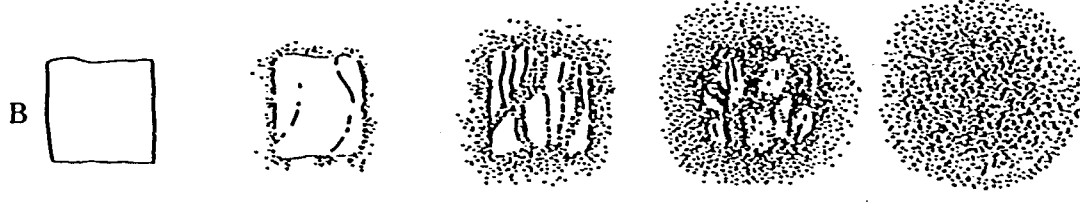
⑪ 炉乾燥
 110℃、24 時間、炉乾燥を行なう。

⑫ 重量 W_5 測定
 絶乾重量 W_5 を測定する。



図Ⅲ-1 スレーキング試験の流れ

区 分	0	1	2	3	4
A					

形 状					
	変化なし	割れ目が少しできる。 または、周辺が少し崩れる。	全体に割れ目が多数でき、岩片にわかれる。または、周辺がかなり崩れる。	全体が細片化する。 または周辺がほとんど崩れる。	全体が泥状化する。 または全体が砂状化する。

A ; 泥岩によくみられるタイプ B ; シルト岩, 砂岩, 凝灰岩によくみられるタイプ

図Ⅲ－2 スレーキング区分

(解説)

① 重量 W_1 測定

試験に供した試料の含水比を求めるために測定するもので、試料採取からスレーキング試験に供するまでの含水比変化がないときは、原位置の自然含水比が求められる。

② 予備水浸

地山岩石の自然含水比は、気象、地下水条件等によって経時的に変化することが多く、また試料の部分によって不均一であることもある。このために供試体の含水条件を一定とすることを目的として、予備水浸を行なうものである。

なお、水浸するだけで膨潤、崩壊するような極めて軟かい、あるいは特殊な軟岩、ならびに乾燥した試料は、予備水浸は行なわないことにする。この場合、(5)②の飽和含水比は、別途求める。

③ 重量 W_2 測定

予備水浸後の供試体重量を測定するもので、飽和重量とみなすことにする。

④ 乾 燥

供試体乾燥は風乾で行なう。急激な高温乾燥を行なうと供試体にきれつを生じ、また供試体中の粘土鉱物等が変質する恐れがある。

供試体ごとに初期飽和度をばらつかせるために、乾燥時間を変えて乾燥度を調整する。供試体10個を10段階の乾燥時間で乾燥する。例えば0, 2, 8, 16, 24時間, 2, 3, 4, 7, 12日とする。

供試体3個は予備に用い、図Ⅲ－3のような曲線を求めるに当って必要な測定点を補完するためのものである。この場合、初期飽和度の目標値を設定して乾燥する必要があるので、10段階乾燥における乾燥時間と乾燥度との関係を考慮して乾燥時間を設定し目標とする初期飽和度を得るか、または次

式によって目標乾燥重量を求め、それに達するまで乾燥するとよい。

$$W_3 = \frac{W_2 (S_{ri}' \cdot w_s + 10000)}{100 (w_s + 100)}$$

W_3 : 目標乾燥重量, W_2 : 予備水浸後重量, S_{ri}' : 目標初期飽和度

w_s : あらかじめ求められた同一試料の飽和含水比

⑤ 初期観察

供試体の状況を観察し記録しておくもので、記載とともに、スケッチ、写真撮影を行なっておく。

⑥ 重量 W_3 測定

乾燥後の重量を測定し、水浸時の乾燥の程度を把握するためのものである。

⑦ 水 浸

著しいスレーキングを生じるものは、体積がかなり増加するので、供試体を容器の中央において水浸するとともに、供試体が充分水浸するまで（1cm以上水がかぶる程度）水を注ぐ。

⑧ スレーキング観察

形状変化を観察し、記載する。合せて、スケッチ、写真撮影を行なっておく。スレーキングによる形状変化は「変化なし」から「全体が泥状化または砂状化」まで連続的に生じ、また岩質によって異なるので、一律には図Ⅲ-2に示すようにならず色々な形状を示す場合が多い。したがって、当該供試体がおおよそどの区分に相当するかで、スレーキングの進行は水浸後2時間程度で形状変化の大部分は生じるが、試料の種類によりさらに時間とともに徐々にスレーキングが進む場合もあるので、スレーキングの観察は水浸24時間後とした。

⑨ 排水・水切り

静置した容器からスポイト等で排水したのち、容器を静かに10分間20°程度傾斜させ自然に分離してくる水を口紙等で吸い取って水切りする。

排水・水切りに当っては、急激な振動等を与え供試体の崩壊や分散、強制排水を生じさせないように慎重を期す。10分間傾斜させ分離してきた水を除いた後、ふたたび分離する水があれば、それは除かないで重量 W_4 測定に供する。

⑩ 重量 W_4 測定

スレーキング後の供試体重量を測定し、スレーキングによる吸水量を把握するため行なう。

⑪ 炉乾燥

供試体の吸水量を求めるために、水を除くものである。

⑫ 重量 W_5 測定

供試体の水を除いた、実質部分の重量を測定するものである。

(5) 計 算

供試体重量測定値 $W_1 \sim W_5$ をもとに、自然含水比、飽和含水比、初期含水比、初期飽和度、吸水含水比変化を求める。

(解説)

計算は、次のように行なう。

① 自然含水比 w_n

$$w_n = \frac{W_1 - W_5}{W_5} \times 100 \%$$

② 飽和含水比 w_s

$$w_s = \frac{W_2 - W_5}{W_5} \times 100 \%$$

③ 初期含水比 w_i

$$w_i = \frac{W_3 - W_5}{W_5} \times 100 \%$$

④ 初期飽和度 S_{ri}

$$S_{ri} = \frac{w_i}{w_s} \times 100 = \frac{W_3 - W_5}{W_2 - W_5} \times 100 \%$$

⑤ 吸水含水比 w_{sl}

$$w_{sl} = \frac{W_4 - W_5}{W_5} \times 100 \%$$

⑥ 吸水含水比変化 Δw

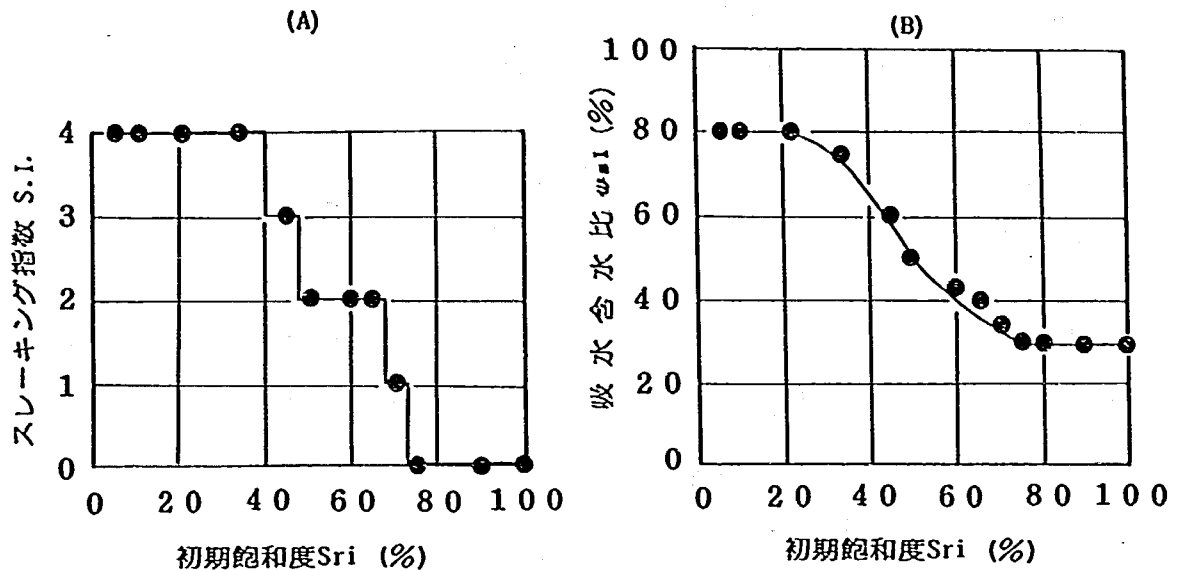
$$\Delta w = w_{sl} - w_s \%$$

(6) 結果の表示

スレーキング指数、吸水含水比を劣化度指標にとり、初期飽和度～スレーキング指数、初期飽和度～吸水含水比関係図を作成する。

(解説)

水浸時の乾燥の程度とスレーキングの関係を求めるために図Ⅲ－3のような表示を行う。



図Ⅲ－3 初期飽和度とスレーキングの関係模式図

(7) スレーキングの判定

スレーキングの判定指標値を、初期飽和度～スレーキング指数および初期飽和度～吸水含水比関係図より求める。

(解説)

a. 初期飽和度とスレーキングによる劣化度の関係

表Ⅲ－1に示すような、我が国各地の軟岩について試験を行ったところ、水浸時の乾燥度が大きくなるにつれ、初期飽和度と吸水含水比の関係は、模式的に示すと図Ⅲ－4のようになることがわかった。

すなわち、初期飽和度の高い領域から乾燥が進むにつれ次の3つの領域がある。

- I 飽和度が高い領域では、水浸してもスレーキングは生じない。(未スレーキング領域)
- II ある限度すなわち、しきい値 Sp_1 以上飽和度が低下すると、飽和度の低下とともにスレーキングが進行する。(スレーキング進行領域)
- III さらに、ある限度すなわち飽和点(Sp_2)を超えて飽和度が低下すると、乾燥してもスレーキングは進まなくなり、スレーキングの程度は一定となる。(スレーキング飽和領域)

このように初期飽和度とスレーキングによる劣化の関係は、3つの領域に分かれる。しかし実際の岩石では、すべての領域が限られるとは限らず、次のタイプがみられる。

① 領域Iのみ現われるもの

これは、普通の硬岩のようにスレーキングを起こさないタイプである。

② 領域I、IIが現われるもの

スレーキングを生じる大部分の軟岩がこのタイプである。

③ 領域Ⅰ，Ⅱ，Ⅲが現われるもの

これは，著しいスレーキングを生じる軟岩によくみられる。

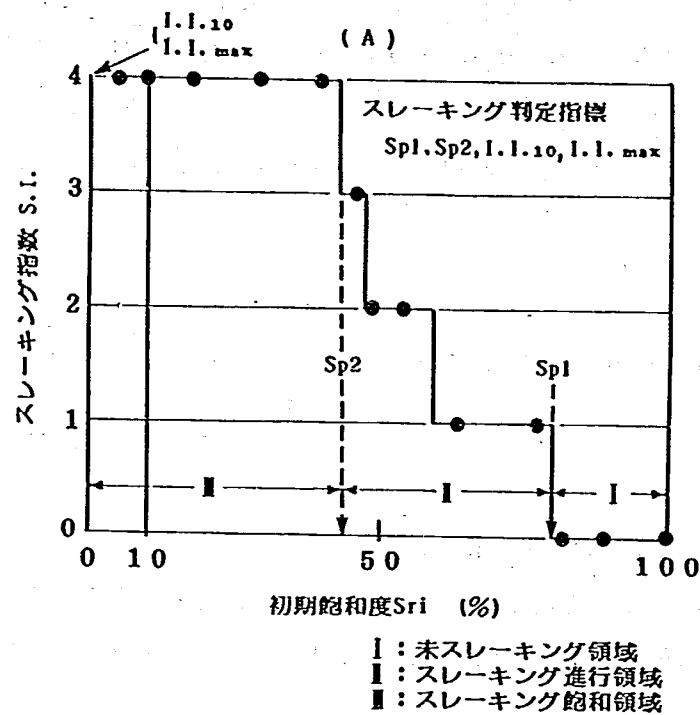
b. スレーキングの判定指標

初期飽和度～スレーキング指数（図Ⅲ－４ A， A'）， 初期飽和度～吸水含水比（図Ⅲ－４ B， B'）
関係図より次の値を求め，スレーキングの判定指標値とする。

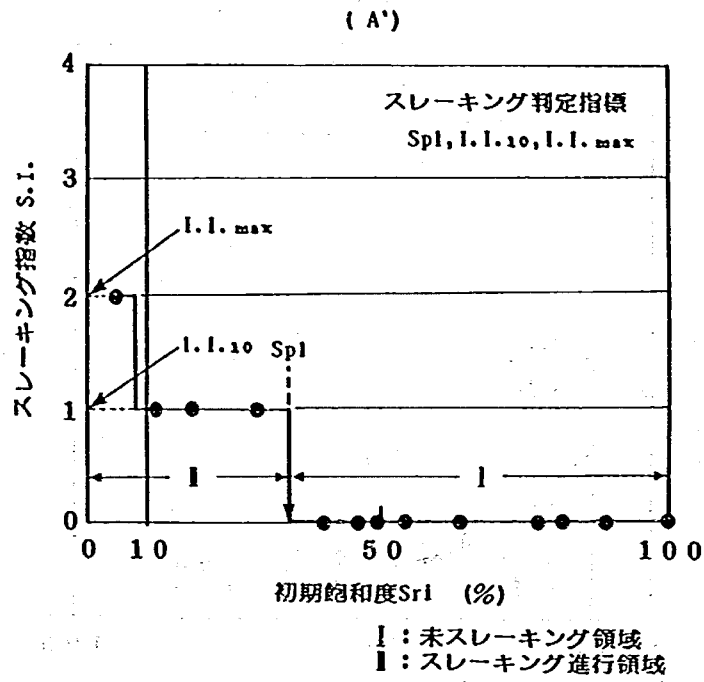
w_s : 供試体の飽和含水比

Sp1 : 未スレーキング領域からスレーキング進行領域に至るときの初期飽和度のしきい値

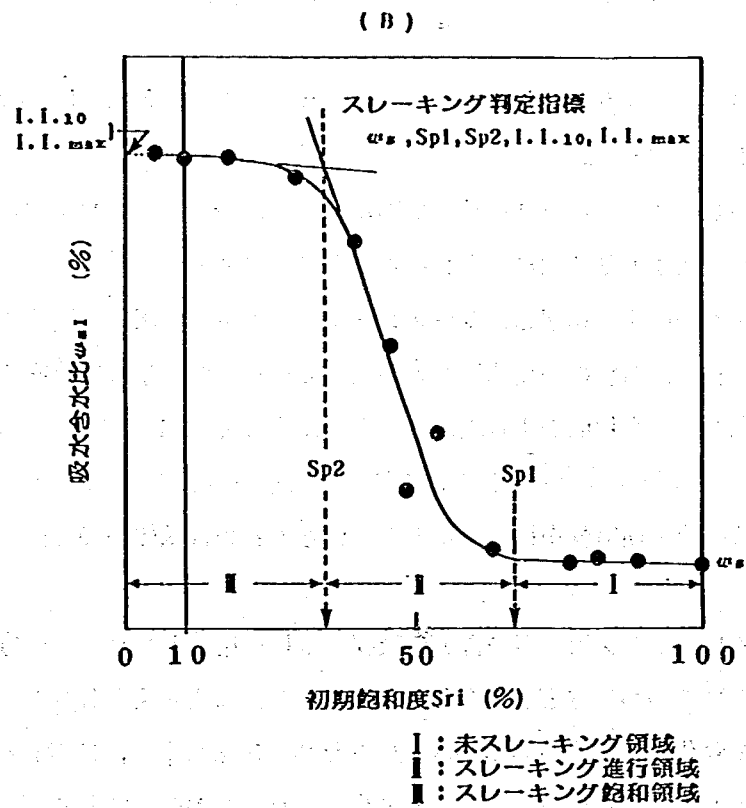
Sp2 : スレーキング進行領域からスレーキング飽和領域に至るときの初期飽和度のしきい値



図Ⅲ－４(A) スレーキング判定指標模式図

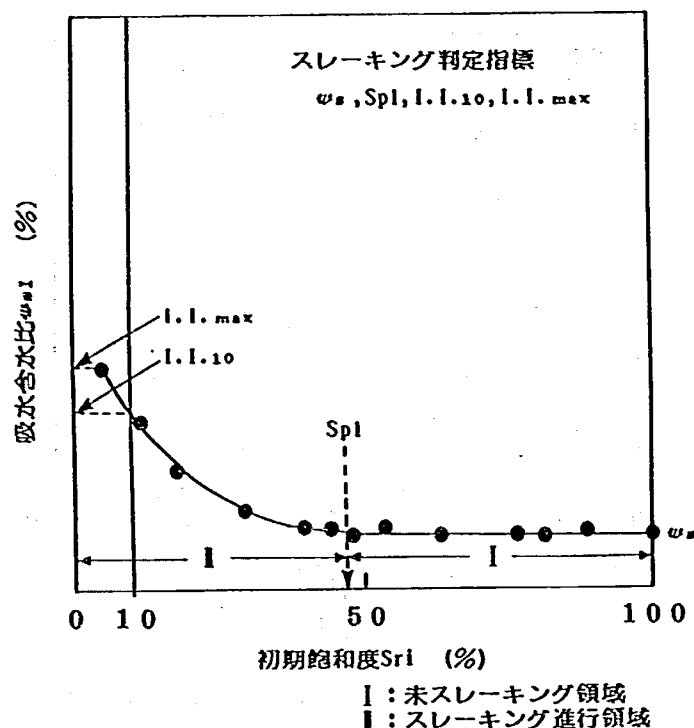


図Ⅲ-4 (A') スレーキング判定指標模式図



図Ⅲ-4 (B) スレーキング判定指標模式図

(B')



図Ⅲ-4 (B') スレーキング判定指標模式図

初期飽和度～吸水含水比曲線においては、スレーキング飽和領域が認められた場合について求めるものである。

初期飽和度～スレーキング指数関係図においては、スレーキング飽和領域すなわち、スレーキング指数4となる領域が現われた場合のみ求める。

I.I.max : 最大劣化度を指す。初期飽和度～スレーキング指数関係図、初期飽和度～吸水含水比曲線より、実施した試験の初期飽和度の範囲内でそれぞれの最大劣化度の値を求める。

I.I.10 : 初期飽和度～吸水比曲線より求める。必要に応じて、I.I.10 は外挿して求めるものとする。

I.I.10 は、高乾燥領域での劣化の代表値として求めるもので、初期飽和度を10%としたのは、供試体の長期風乾を行なったとき、ほとんどの供試体が10%前後の飽和度となるためである。

Sp 1 は通常、スレーキング指数の場合より吸収含水比を指標としたときの方が小さい。これは、クラックの発生、周縁部の崩壊などわずかな変化も、視覚的にとらえられスレーキング指数に反映されるが、この程度の変化では吸水量の増加は微少なため、吸水含水比には表われにくいためである。

また、Sp 2 は、スレーキング指数と吸水比とで少しずれるのが普通である。

このように、劣化度指標のとり方によって、Sp 1, Sp 2 の値は異なるので、岩種どうしの比較を行なうときは、この点に留意しておく。

3. 軟岩の簡易スレーキング試験法の適用例

各種の軟岩について一定の条件で試験し、スレーキングの特性を明らかにするとともに、相互に比較し分類する指標を見いだすことを目的として、これまで各地の軟岩を対象にスレーキング試験法を適用した結果を表Ⅲ－1に示す。

参 考 文 献

- 1) 土木学会岩盤力学委員会第4分科会；簡易スレーキング試験法，軟岩の調査・試験の指針（1979）
- 2) I S R M；耐スレーキング性指数の試験法，I S R M指針（1982）
- 3) 小島ほか；軟岩の軟弱化の簡易試験方法，東京大学工学部総合年報（1977）
- 4) 国鉄；地質調査標準示方書，施管第166号（1969）
- 5) 日本道路公団；KODAN111－1975岩の乾湿くり返し試験方法，日本道路公団土木工事試験方法（1975）
- 6) 桑原・平野・神保・長沢；軟岩の吸水劣化試験，土木研究所資料第1930号（1983）
- 7) 桑原・平野・神保；軟岩の吸水劣化試験（その2），土木研究所資料第2067号（1984）
- 8) 平野・神保；岩石の劣化特性－軟岩のスレーキングを例として－，日本応用地質学会58年度発表会予稿集（1983）
- 9) 平野・神保；スレーキング試験における乾燥，水浸温度の影響，日本応用地質学会61年度発表会予稿集（1986）
- 10) 田中；水分ポテンシャルからみた泥岩の乾燥収縮と湿潤膨張，応用地質 21－3（1979）

軟岩の簡易スレーキング試験データシート

(様式 1)

事業・工事名等			調査名			試料採取地名														
試料採取位置			自然露頭, 切土法面, 基礎掘削面, トンネル, 原石山, 土取場, トレンチ, 横坑, 立坑, ボーリングコア, ; (記号, 深度等)																	
試料番号			地層・岩種名			採取者			採取			年 月 日								
試験年月日			開始 年 月 日 終了 年 月 日																	
標準供試体形状			円柱状 (径 cm, 高さ cm), 板状 (縦 cm, 横 cm, 高さ cm), 不定形																	
供試体 No.	W_1 g	W_2 g	W_3 g	容器No.	容器重量 g	容器+ W_4 g	W_4 g	容器+ W_5 g	W_5 g	スレーキン グ指数	w_n	w_s	w_i	Sri	wsl	Δw			風乾 開始 月 日 時	風乾 終了 月 日 時
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
11																				
12																				
13																				
14																				
15																				
16																				
17																				
18																				
備考																				

軟岩の簡易スレーキング試験データシート

(様式 2)

試料番号		地層・岩種名	調査名
------	--	--------	-----

スレーキング指数 S.I.

初期飽和度 Sri (%)

吸水含水比
wsl
%

スレーキング判定指標値

判定指標	劣化度指標	スレーキング指数	吸水含水比
Sp 1		Sri: %	Sri: %
Sp 2		Sri: %	Sri: %
I.I. ₁₀		S.I.: %	wsl: %
I.I. _{max}		S.I.: %	wsl: %
		Sri: %	Sri: %
ws			%

(備考)

初期飽和度 Sri (%)

表Ⅲ-1 スレーキング試験適用例

試料名	産地	岩 種	地 層 名	地質年代	一軸圧縮 強 度 kgf/cm ²	弾 性 係 数 kgf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	吸水率 %	有 効 間隙率 %	湿潤密度 g/cm ³	スレーキング指数				吸水含水比(%)			
											Sp 1	Sp 2	I.I. ₁₀	LL _{max}	Sp 1	Sp 2	I.I. ₁₀	LL _{max}
島 尻	沖縄	泥 岩	島 尻 層 群	新第三紀 中新世	27.7	1.10×10 ⁴	2.01	26.8	42.7	2.010	67	10	4	4	75	—	70	77
正 善 寺	新潟	泥 岩	能 生 谷 層	新第三紀 中新世	33.8	0.14×10 ⁴	3.60	15.0	31.6	2.617	93	74	2	2	74	—	50	36
CH-1	千葉	泥 岩	下 総 層 群 上 泉 層	第四紀 更新世	—	—	0.62	27.1	37.7	1.880	95	86	4	4	95	75	140	143
CH-3	千葉	シルト質 泥 岩	下 総 層 群 佐 貫 層	第四紀 更新世	—	—	1.02	46.9	53.7	1.760	89	21	4	4	78	—	118	130
所司原A	石川	砂 質 泥 岩	小久米砂岩層	新第三紀 中新世	62.0	2.33×10 ⁴	6.6	20.6	30.0	2.104	77	25	4	4	72	—	140	106
所司原B	石川	泥 質 砂 岩	小久米砂岩層	新第三紀 中新世	75.2	2.08×10 ⁴	4.8	21.0	35.1	2.222	78	21	4	4	67	—	101	88
鋸 南	千葉	砂 岩	安 房 層 群	新第三紀 中新世	101.0	1.4 ×10 ⁴	9.2	19.4	33.6	2.030	—	—	0	0	—	—	21	21
CH-19	千葉	砂 質 泥 岩	下 総 層 群 國 本 層	第四紀 更新世	—	—	0.49	22.8	35.0	1.92	22	13	4	4	36	—	48	70
所司原C	石川	凝灰質 砂 岩	小久米砂岩層	新第三紀 中新世	49.2	2.2 ×10 ⁴	4.6	20.0	34.8	2.08	35	20	4	4	45	—	195	138
下 湯	青森	砂 質 凝灰岩	—	新第三紀 中新世	13.4	1.79 ×10 ⁴	0.78	48.1	52.9	1.611	87	13	4	4	55	—	105	120
浅瀬石川	青森	軽石質 凝灰岩	長 谷 沢 層	第四紀 更新世	40.5	0.34×10 ⁴	4.5	43.4	47.9	1.737	7	7	0	1	—	—	42	42
七ヶ宿	宮城	礫 質 凝灰岩	赤 井 畑 層	新第三紀 中新世	78.4	1.92×10 ⁴	17.3	9.4	18.0	2.163	2	2	0	1	—	—	10	10

注) スレーキング指数, 吸水含水比についてはI. 2.(7)参照

軟岩の調査試験法（質疑）

○司会 ただいまの御発表につきまして御質問なり御意見がある方はどうぞ。

○斉藤（土研・ダム構造研究室） もしおわかりだったら教えていただきたいのですが、私どもが取り扱っておりますコンクリートダムの比較的低いダム、30m前後ですが、そういったダムの基礎はかなり最近では軟岩が多くて、平野さんがただいまいろいろ御説明いただきました軟岩の通常の試験は一応やっておるわけでございまして、その中で一軸試験と私どもが設計図に書くせん断強度ですね。その場合に、ロックせん断の場合はある程度比例関係にあると私どもは見ているわけですが、たまたま私どもコンクリートダムの場合はブロックせん断試験を結構やるということで、例えばロックせん断した場所について同じようにブロックせん断をやりますと、かなりロックせん断とは違った値が出てくることが間々あるわけです。何が問題かという、付着性的なものが問題だというのがコンクリートダムの軟岩の基礎の場合はよく議論される。最近もそういう例がちらほらありまして、非常にそれが問題になっている。

コンクリートの付着性というのは、平野さんは先ほどから説明されておりました、いわゆるスレーキング的なものが何か関係しているのか、あるいは我々の経験では強度の低いもののほど付着性が悪い、いわゆるブロックせん断の強度が小さいというのが結果的にわかっているわけですが、何かスレーキングの指針といいます、そういったものと付着性的なものが関係があるのかどうか。もしおわかりだったら教えていただきたいと思います。

それと、もし平野さんが経験されたことで軟岩の付着性について指標みたいな、あるいは試験方法みたいなものを御経験されておられればひとつ伺いたいと思います。

○平野 非常に難しい問題でございますけれども、例えば島尻泥岩というのがございまして、ここで示しておる29ページの表の一番上のものでございまして、これは実際ブロック剪断試験をやるとなかなか付着しなくて、余り強度が出なかったような話を聞いておるんですが、ごらんのとおり乾燥させるとかなりスレーキングを生じるわけでございます。

ただ、剪断試験も非常に慎重におやりになって、表面は絶対乾燥させないように手掘りをやって、あとは乾燥させないように行われたということでございまして、いわゆるスレーキングというのは、表面では起こらなかったんじゃないかと思うわけです。

同じような強度で高滝ダムは、泥岩ではなくてかなり砂っぽいところでございまして、これもスレーキングを生じますがこれはうまく着いたという話でございまして、ですからスレーキングというよりも極端に言えば土、泥にはコンクリートは着かないんでございまして、土に近い泥岩のようなものには着きにくいんじゃないかと思っております。逆に砂では、セメントで砂が固まるわけですから、よく付着するわけでございまして、モルタルの付着はスレーキングの話というよりも岩質そのもの、鉱物的な性質というか、そこら辺が、効いてくるんじゃないかと思えます。

もう一つは、付着強度の件でございまして、基本的には今言いましたように同じ一軸圧縮強度で

も岩質によってくっつき方が違うということだと思います。モルタルの付着強度試験は、かつて吹き付けとか打設とかでやってみたんですけれども、ちょっと数値は忘れましたが、ある値、一軸圧縮強度が20kgf/cm²か30kgf/cm²だったと思うんですが、それよりも強度が低くなりますとなかなか泥岩系統は着かないということでございます。それよりも大きくなると大体着いて、概ね一軸圧縮強度が200～300 kgf/cm²以下までは付着強度は岩そのものの強度に支配されるような形があるわけで、もちろんずっと岩が硬くなると今度はコンクリートの強度が出てくるわけでございます。そういった傾向があると思います。

○司会 ほかにございますか。時間も大分超過しておりますのでこの発表はこのぐらいにさせていただきますと思います。どうもありがとうございました。

ダム建設における第四紀断層調査

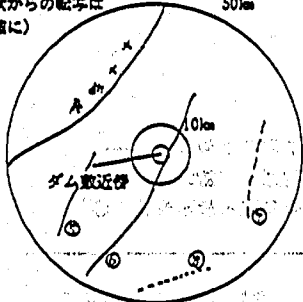
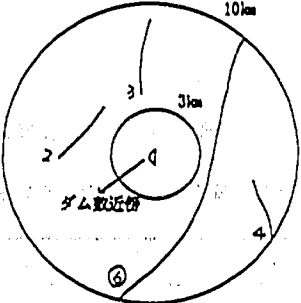
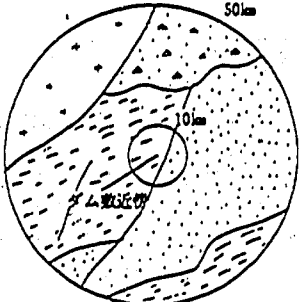
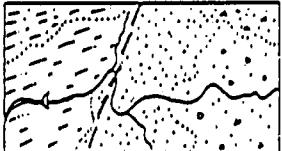
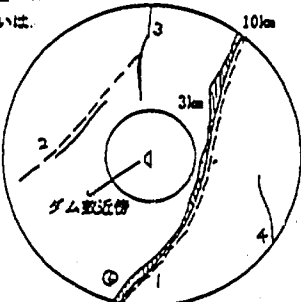
土木研究所 地質研究室

研究員 脇 坂 安 彦

はじめに

断層のうち第四紀に活動したものは第四紀断層（活断層）と呼ばれている。第四紀断層は最近の地質時代に活動しただけでなく、将来も活動する可能性を持っている。第四紀断層が活動することによりダムなどの土木構造物が受ける影響は、地震動と地盤・岩盤の変位とに大別できる。これらのうち、地震動は近年の耐震設計により対応することができるが、変位に対しては設計法で広く合意されているものは今のところない。このためダムサイトを選定するに当っては、将来、変位を生じる可能性のある第四紀断層を避けるのが有効な方法である。そこで、建設省はその方法の当面の指針として、昭和59年3月に「ダム建設における第四紀断層の調査と対応に関する指針（案）」を示した。本文ではこの指針にそってなされた調査成果のとりまとめ方について述べる。そして最後に、第四紀断層の調査法として近年行われるようになってきた、土壌ガス分析の土木研究所での実施例についてふれることとする。

ダム建設における第四紀断層の調査結果の
取りまとめについて
(主として一次調査相当分)

調査項目（一次調査の1）			
文 献 調 査	地 形 調 査	地 質 調 査	総 合 調 査
〔内容〕文献資料により、ダム敷きから広い範囲（半径50km程度）について、第四紀地質構造運動に関する資料とその考え方を把握する。 （文献からの転写は正確に）  成果図1 1/200,000程度 （R=50kmで50cmの図面） 文献毎に、それぞれの断層又は線状模様について記載されている事項を要約した表を作成しておく。 要点は、認定した根拠、明瞭度、確実度、活動度、等である。 成果表1	〔内容〕地形図（1/50,000および1/25,000程度）又は空中写真（1/40,000程度）により線状模様、その他の特異地形を、ダム敷きから約10kmの範囲内について抽出する。  成果図2 1/25,000程度 （R=10kmで80cmの図面） 要約表として、抽出した根拠となる地形の特徴、長さ、明瞭度などから確実度の評価を区分した表を作成する。 例えば、L₁、L₂、L₃区分を使う。 成果表2	〔内容〕1. 既存地質資料からの地質図の集成（1/200,000程度、必要により1/50,000～25,000）。  成果図3 1/200,000程度 （R=50kmで50cmの図面） 2. ダムサイトにおける一般的な地質調査（河川砂防技術基準に定める内容の調査）。  成果図4 1/5,000 （必要に応じ1/500～1,000） （長辺10kmで2mの図面） 要約として、地質層序、地質断層等の地質構造一覧表を作成する。 成果表3	〔内容〕「第四紀断層関連調査図」の作成。 （出典の違いは色あるいは記号で区別）  成果図5 1/25,000程度 （R=10kmで80cmの図面） 文献調査、地形調査、地質調査のそれぞれの結果を対比させた図面を作成して、対比の結果の要約を表にする。 成果表4 なお、周辺の地質に特に問題がないと判断される場合には（このときには別途協議されたい）、成果図5の範囲は3kmでも良い。この場合には10kmの範囲について1/50,000の図面を作成するものとする。 成果図5' 成果図5''

調査項目（一次調査の2）																												
文 献 調 査	地 形 調 査	地 質 調 査	総 合 調 査																									
〔検 討〕 ここまでの調査結果、特に成果図5および成果表4に基き、次の表に該当した場合は、地質調査3に定めるダムサイトの地質調査を実施する。 <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>ダム敷 近傍</th> <th>3 km 以内</th> <th>10km 以内</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>第四紀断層で大規模なもの（10km以上）</td> <td>○△</td> <td>○△</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>第四紀断層で上記以外のもの</td> <td>○△</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>確実度の高い線状模様で大規模なもの （10km以上）</td> <td>○△</td> <td>○</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>確実度の高い線状模様で上記以外のもの</td> <td>○△</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>確実度の低い線状模様</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> </tbody> </table> ○：当該地域を通る場合（△はそのおそれがある場合）には地質調査3（一右欄）を実施する。 —：当該地域を通る場合があっても地質調査3は実施しない。			ダム敷 近傍	3 km 以内	10km 以内	第四紀断層で大規模なもの（10km以上）	○△	○△	○	第四紀断層で上記以外のもの	○△	—	—	確実度の高い線状模様で大規模なもの （10km以上）	○△	○	—	確実度の高い線状模様で上記以外のもの	○△	—	—	確実度の低い線状模様	—	—	—	3. ダムサイトの地質踏査 ダム敷から3km以内について、第四紀の地質構造運動に着目した地質踏査を実施する。成果としては成果図4より精度の高い地質図および重点個所の露頭観察表を作成する。 成果図6 成果表5		
	ダム敷 近傍	3 km 以内	10km 以内																									
第四紀断層で大規模なもの（10km以上）	○△	○△	○																									
第四紀断層で上記以外のもの	○△	—	—																									
確実度の高い線状模様で大規模なもの （10km以上）	○△	○	—																									
確実度の高い線状模様で上記以外のもの	○△	—	—																									
確実度の低い線状模様	—	—	—																									
〔対 応〕 一次調査の結果、 ① 文献資料により第四紀断層と指摘されているもの、 ② 地形調査により断層変位地形の認められる線状模様、 ③ 地質踏査等により第四紀層に変位を与えていることが確認された断層、 に該当するものがダム敷近傍に存在するとき、あるいは存在する可能性のあるときには、二次調査を実施する。 資料1 一次調査の結果と対応に関する検討結果の要約。																												

一 次 調 査 ・ 検 討 と 地 質 調 査 お よ び 調 査 結 果 に 基 く 対 応

	調 査 項 目 (二 次 調 査 I)			
	地 形 調 査	地 質 調 査		
二 次 調 査 I	【内 容】 一次調査の結果から引き継がれた断層あるいは線状模様について下記の地形、地質調査を実施して本格的な二次調査の基礎資料とすること、ならびにこの結果から第四紀断層であることが認められなかった場合には、全体の調査を終了することが可能である。			
	地形図 (1/1,000~1/5,000) および空中写真 (1/8,000~1/10,000) による地形解析。 成果図はダム敷近傍と近接する周辺を含めて 1/1,000~1/5,000にまとめる。 成果図 7 成果表 6	線状模様に沿って幅 500~1,000mの範囲で詳細な地質調査を実施する。 実施に当っては 1/1,000程度の地形図を使用する。 成果図 8 成果表 7		
	【判 断】 二次調査Iによって、一次調査結果における「対応」が否認された場合には、調査を終了することができる。 それ以外の場合は二次調査IIに進む。			

	調査項目（二次調査ⅡおよびⅢ）	
	内 容 と 判 断	各 種 調 査
二 次 調 査 Ⅱ	〔内 容〕 二次調査の中には第四紀断層としては疑わしいものも対象に含まれているが、二次調査で用いられる各種の調査手法の中でも、トレンチング、調査坑、物理探査などは比較的簡単に実施できる手法であるので、これらを用いて、第四紀断層であるかどうかを判断するための調査を実施することが可能である。 〔判 断〕 二次調査Ⅱによって、一次調査結果の「対応」が否認された場合には調査を終了することができる。 そうでない場合には二次調査Ⅲに進む。	これ以降の調査は特殊調査となるので、個々に成果をまとめて、それぞれの検討を行うものとする。
二 次 調 査 Ⅲ	〔内 容〕 二次調査Ⅱから引き継いで、第四紀断層であることがほぼ確実になったものについて、その規模と活動年代等を調べるために、二次調査Ⅱの手法に加えて、各種の年代測定手法等を用いた調査を実施する。	同 上
二 次 調 査 の 対 応	〔対 応〕 二次調査の結果、最終活動時期が 10,000 年前以降の断層、10,000～30,000 年前の断層でかつ長さの大きい断層および第四紀後期に繰り返して活動した規模の大きい第四紀断層であることが判明した場合には、ダム建設にかかわる総合検討を行う上において要注意な断層として、ダムの位置の変更も含めて綿密な考察を払わなければならない。	資料 2 二次調査の結果と対応に関する検討結果の要約。

(参考例)

成果表 4 ○○○ダム周辺の線状模様一覧表

番号	文献による抽出						空中写真判読結果						ダムとの関係			
	文献名	断層名	確実度	活動度	長さ (km)	要 約	方向	延長 (km)	弘サイト からの 距離 (km)	線状模様の状況			弘サイトから 3 km 以内	延長が 10km 以上	弘敷近傍 に至る 方向をもつ	地表 踏査 要否
										明瞭度	特 徴	分類				
1	A B C	☆☆☆線 ■■■□ 構造線 ☆☆☆線	Ⅱ (東でⅢ) 記載なし 記載なし	- 可能性	12 2.5+ 38	ダムに近い部分では確実度がやや高く、東に向かって低くなっている。	NE ~ EW	15.5	1.2	明瞭	崖、鞍部、直線谷	L,	○	○	×	○
2	A	◇◇-◆◆ 線	Ⅱ	-	-	文献Aでは確実度Ⅱとなっているがその他には記載がない。	NE	5.8	4.8	不明瞭	崖、鞍部	L,	×	×	×	×
3	A B C D	●●●断層 " " ▲▽▲断層	Ⅱ 第四紀断層としては記載なし 南西部は推定 確実	B	45	確実性が高く、変位は鉛直成分が主とされている。	NE~ NNE	13.0	8.5	明瞭	崖、鞍部、直線谷	L, L,	×	○	×	×
4	AC B	- ☆▽構造線	記載なし "	-	-	活動性に関する記載なし	ENE	4.0	1.5	不明瞭	鞍部、直線谷	-	○	×	×	×
5	-	XM-5					NE	2.7	0.3	不明瞭	鞍部、直線谷	L,	○	×	○	○

文献リスト: A:日本の活断層; B:「○○□」図幅(地調); C:「●△□県地質図」; D:「☆○□断層について」

(文献リストは詳細に作成して、本表に付けること)

成果表 5 ○○○ダムサイト第四紀断層調査結果および評価

番号	断層名	地表踏査結果	第四紀断層としての評価	一次調査結果への対応
1	☆☆☆線	◇◇◇村▽△▽の Loc. 18 地点において、文献Aに記された線状模様に対応する、片状石灰岩と含礫粘板岩との境界をなす断層が認められる。断層面の南側は幅 5cm 以内の砂礫状破砕を、さらにその外側の 15~50cm は剪断破砕が認められるが、北側では破砕はほとんど認められない。破砕された帯は固結して圧砕岩状を呈する。この断層の露頭は、南側に含礫粘板岩が見られることから、☆☆☆線はこれよりさらに南方に数十mのところに位置しているものと考えられている。☆☆☆線の推定位置の上には■□□火山の火砕流（約 12 万年前）が分布するが、これには断層あるいは変位は認められない。 また、▲▲▲町□■の▽▽川右岸の Loc. 23 地点では、北側の石灰岩と南側の砂岩・泥岩互層とが約 15 m の露頭の欠如を隔てて分布している。この対岸の Loc. 26 にも同様の配置が見られ、☆☆☆線の推定位置上には△△段丘が分布しており、段丘面上には線状模様は認められない。	Loc. 18 地点および Loc. 23 附近において、断層の推定位置上に■□□火砕流、△△段丘が分布しているが、これらには変位を示すものが認められず、また、Loc. 18 地点で線状模様に対応する断層面が再固結しているところから、第四紀後期の活動の可能性は低いと推定される。	△ ダム敷近傍を通る可能性はないことから、二次調査の実施の必要性はない。
2	XM-5	貯水池の隣の支川で確認された断層であり、上位の地層を切っているかどうかは不明である。線状模様上の火砕流の表面には線状模様は認められず、また、露頭では断層は認められていない。	侵蝕地形と判断される。	× 二次調査の必要はない。

第四紀断層における土壤ガス濃度の測定

1. はじめに

第四紀断層（活断層）の調査には、従来から空中写真による変位地形の判読や現地での地形・地質踏査が行われてきた。また、これらの方法に加え、トレンチ調査、各種物理探査、 γ 線、 α 線トラック測定などによって、断層位置の探査や過去の活動記録の推定が行われたり、断層にて微小地震・変位・傾斜などを直接計測することによって、断層の活動度の評価も行われている。その他、断層内物質中の石英粒子の表面構造による活動性の評価や石英粒子の年代を測定（ESR年代測定）して、過去の活動を推定する試みも行われるようになってきた。さらに、近年、断層周辺の土壌ガス濃度分布によって、断層位置の推定と活動の評価が可能であることがわかってきた。この土壌ガスの測定は比較的簡便にできることから、土木研究所においても調査法の一貫として実施してきている。

以下、土壌ガス濃度について概説をする。

2. 土壌ガス

1) 炭酸ガス (CO_2)

断層直上の土壌ガスには、ラドン・ヘリウム・水素・炭酸ガスなどのガス成分が、普通の土壌に比べて多く含まれていることが最近知られてきた。例えば長野県松代で土壌ガス中の CO_2 濃度が断層外では0.5%前後であるのに対し、断層内では2~3%になることが報告されている（永田・伊藤，1969）。このような例は跡津川断層、牛首断層（佐竹・林，1983）、丹那断層（吉川・高橋，1984）や阿寺断層（吉川ほか，1982）でも認められている。このように断層直上で CO_2 濃度が高くなるのは、ガスが地下深部から断層を通して上昇してくるようには考えられる。しかし、ガスの炭素同位体比（ $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ ）を測定すると、ガスの大部分は有機物の分解、生物活動などによって地表付近で生成されたものであることがわかった（Sugisaki *et al.*, 1983）。また、 CO_2 濃度には夏期に高く冬期に低いという季節変動があることも生物起源を示唆している（吉川・高橋，1984）。しかし、断層上の CO_2 は生物起源であっても、多くの断層の場合、その直上で CO_2 濃度が高くなっているのは事実であり、断層位置の探査には有効であると考えられる。

2) 水素ガス (H_2)

H_2 ガスも断層直上で濃度が高くなるが、ガスの放出は突発的であり、連続的である CO_2 ガスと異なっている。しかし、単一の観測点での放出は突発的であっても、同一断層上の複数の観測点では放出が同時に認められる。（佐竹・林，1983）。 H_2 ガスの起源について、Wakitaほか（1980）は、断層運動によって破碎して生じた還元的な岩石表面と地下水が反応して H_2 ガスが発生すると考えた。これは室内実験によって確認されている。（Kita *et al.*, 1982）。このように、 H_2 ガスの放出は断層運動と関係があり、濃度から活動度が推定可能と考えられている。

3. ガスの採集・分析法

ガスの採集は図-1のような採集孔を断層と直交する方向に10本位設けて行う。

水素ガスの同時放出性を確認するためには、1断層に少なくとも2箇所以上、採集測線を設ける必要がある(図-2)。

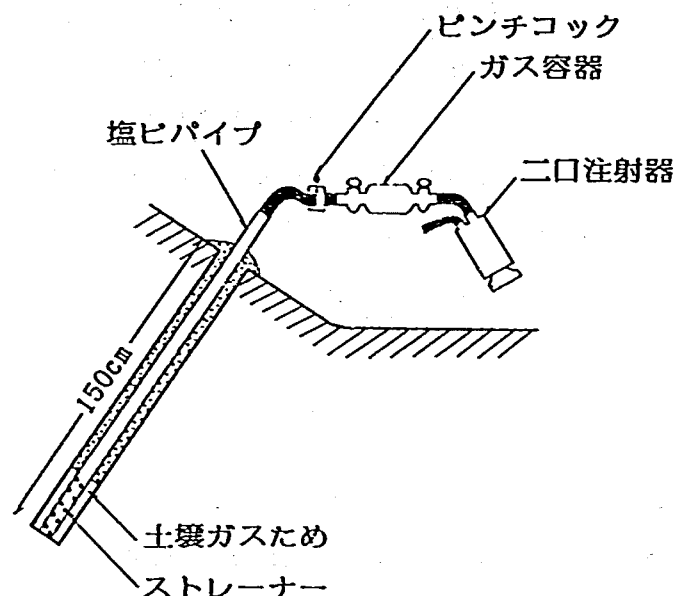


図-1 ガス採集孔

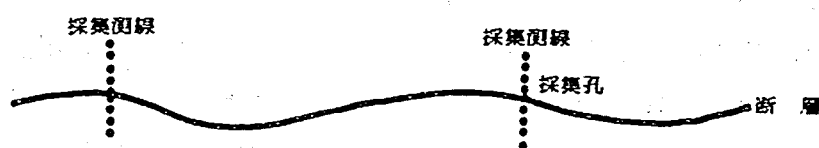


図-2 ガス採集測線

採集孔の深さは一般に150 cmあれば、大気との混合はないといわれており、これ以上の深さにする必要がある。しかし、地表付近に段丘礫層や表土などの未固結でルーズな地層がある場合は、ガスが水平方向に拡散してしまう可能性があるため、これらの地層は貫通してしまう必要がある(図-3)。

ガスの分析はガス容器(図-1)を実験室に持ち帰り、ガスクロマトグラフ法により行う。CO₂ガスは、現地にて北川式ガス検知管でも簡易かつ精度よく測定できる。

ガス採集の間隔は1週間~2週間程度でよいと考えられる。しかし、理想的には現地にガスクロマトグラフを設置して、連続的に分析することが好ましい。

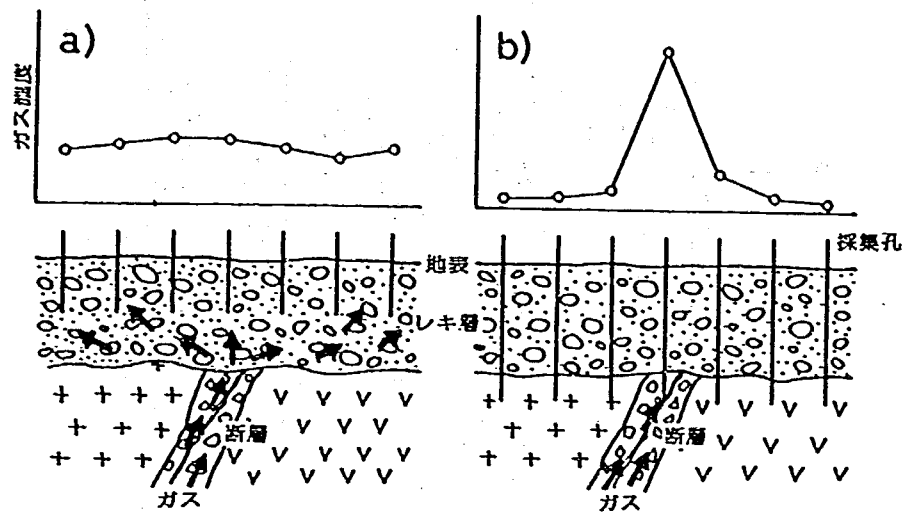


図-3 採集孔の深度

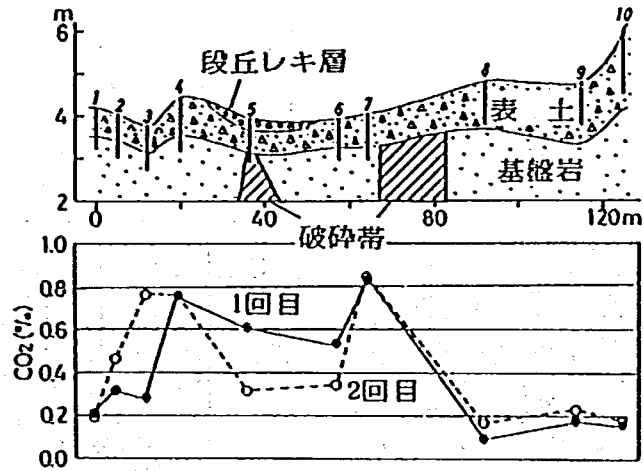
4. 土木研究所における測定例

土木研究所では、昭和59年度から毎年度2箇所の断層について測定を実施してきた。

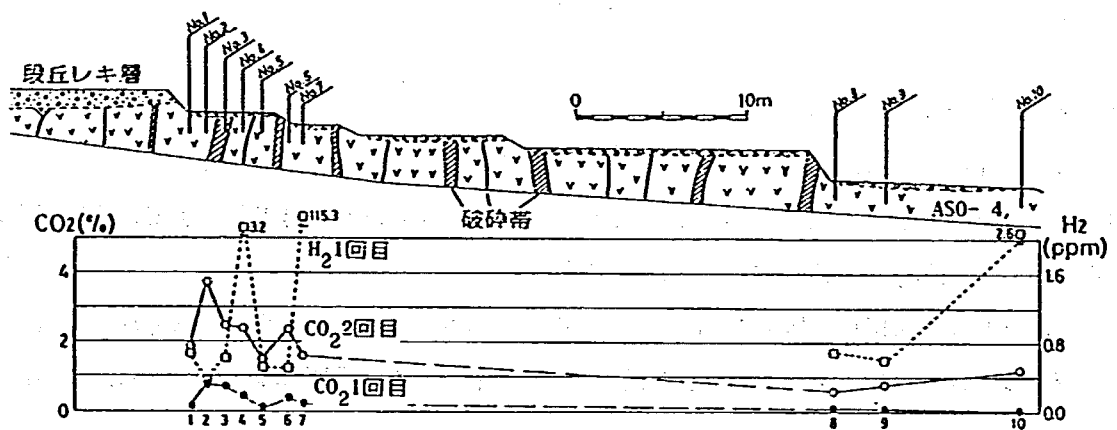
CO₂ガスは全体を通して、断層破碎帯付近で高濃度を得られている。阿寺断層①では断層直上以外で高濃度を得られているが、これは採集孔の深さが浅かったためと考えられる。

H₂ガスは日奈久-布田川断層で1回測定できたのみである。これは採集期間が短く採集回数が少なかったためとも考えられ、特に、H₂ガス濃度の正確な評価を行うには長期的な連続観測が必要であると考えられる。

越河断層



日奈久- 布田川断層



鶴川断層

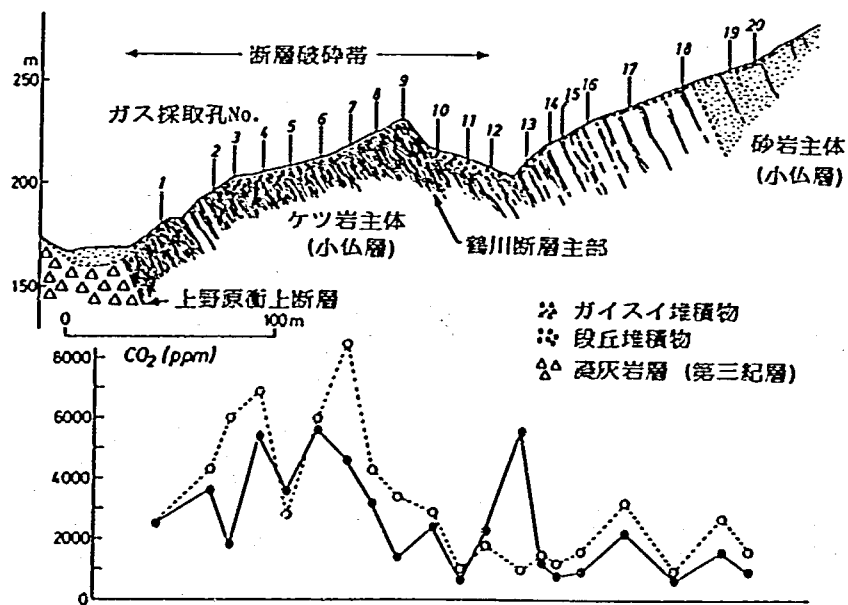
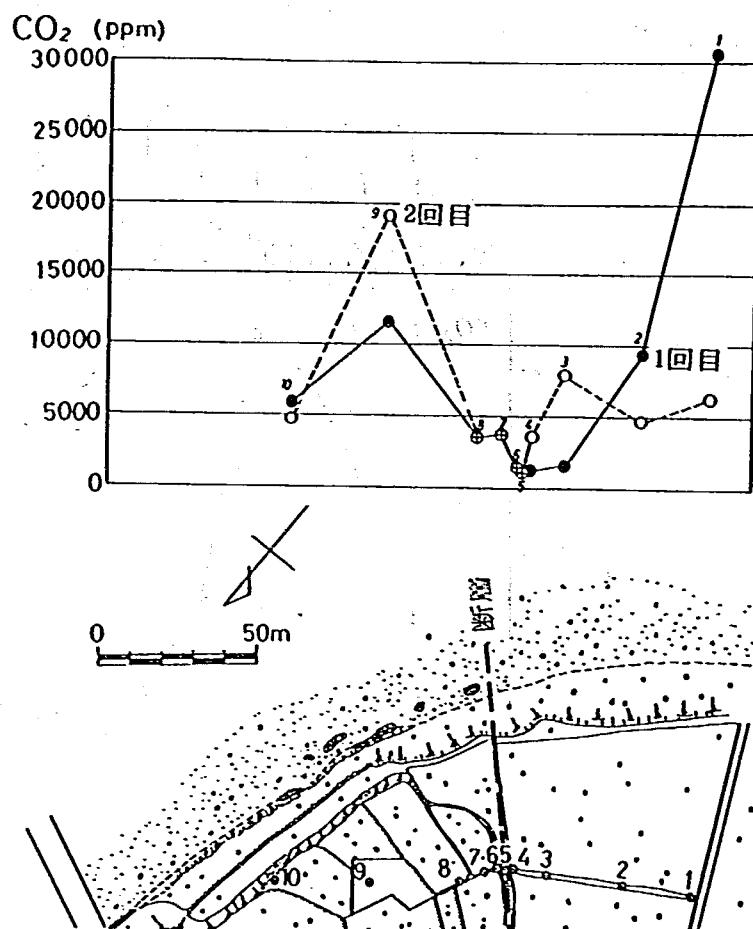


図- 4 (1) 土壤ガスの測定例

阿寺断層 ①



阿寺断層 ②

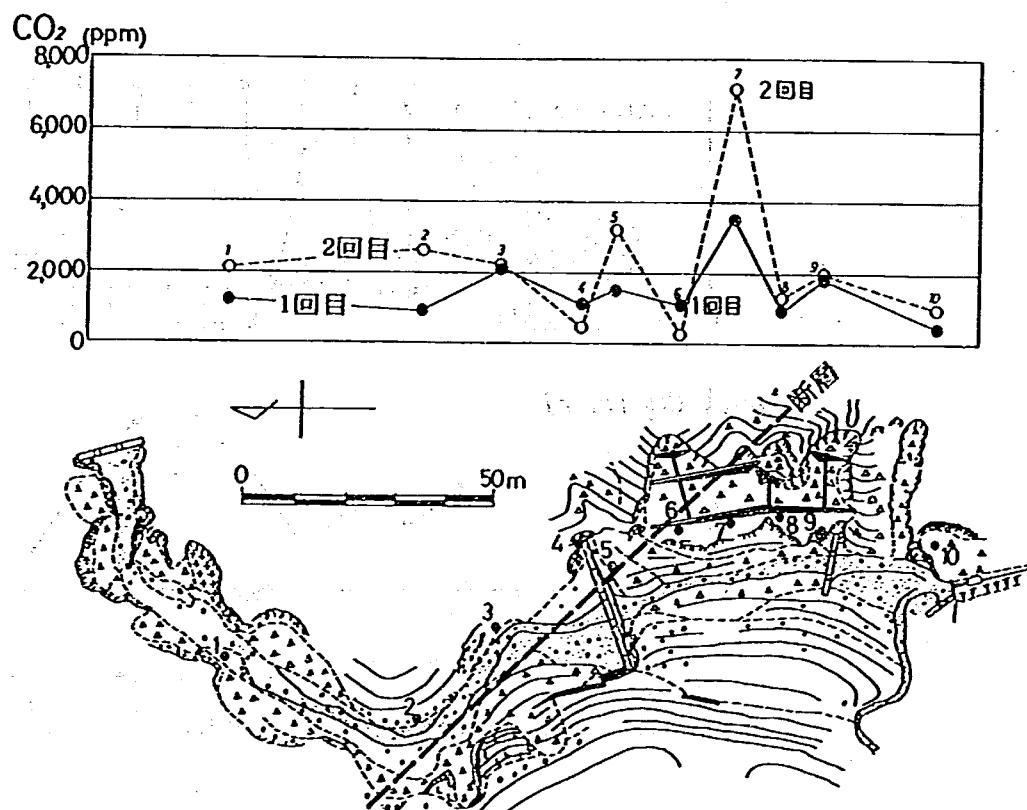
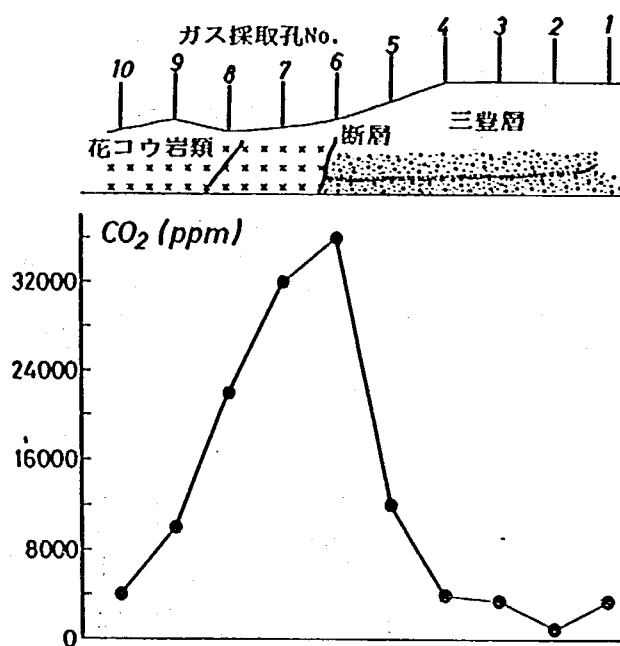


図-4(2) 土壤ガスの測定例

長尾断層 ①



長尾断層 ②

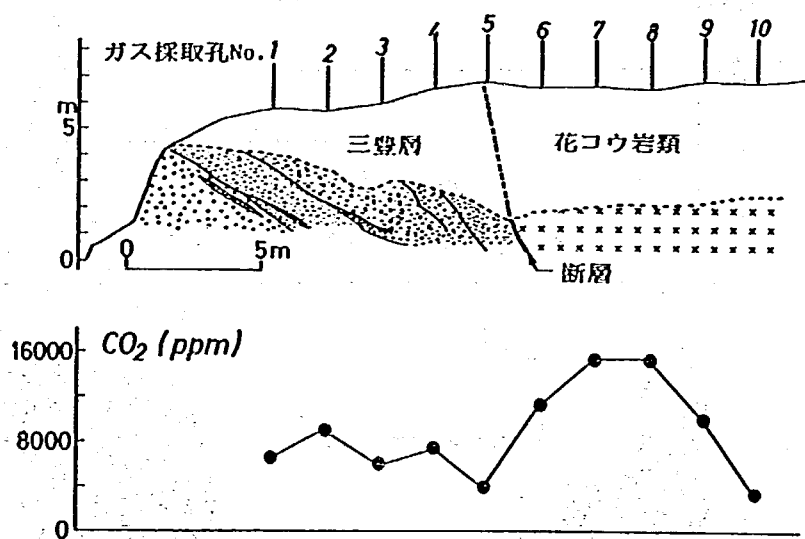


図-4(3) 土壤ガスの測定例

引用文献

- Kita, I., Matsuo, S. and Wakita, H. (1982) H_2 generation by reaction between H_2O and crushed rock : an experimental study on H_2 degassing from the active fault zone. *Journal of Geophysical Research*, 87, 10789 - 10795.
- 永田松三・伊藤司郎 (1969) 松代地震地域における地化学探査 (続報). 防災科学技術総研速報, 18, 29-39.
- 佐竹 洋・林 美光 (1983) 跡津川断層, 牛首断層における断層ガスの連続観測 —— 炭酸ガス, 水素について ——, 月刊地球, 5, 366 - 372.
- Sugisaki, R., Ido, M., Takeda, H., Isobe, Y., Hayasi, Y., Nakamura, N. and Mizutani, Y. (1983) Origin of hydrogen and carbon dioxide in fault gases and its relation to fault activity. *Journal of Geology*, 91, 239 - 258.
- 吉川清志・高橋 誠・加藤 完 (1982) 阿寺断層における土壌ガス, 溶存ガス組成について. 地震学会昭和57年度春季大会予稿集, No 1, 96.
- 吉川清志・高橋 誠 (1984) 丹那断層周辺における地下ガス観測. 月刊地球, 6, 204 - 208.
- Wakita, H., Nakamura, Y., Kita, I., Fujii, N. and Notsu, K. (1980) Hydrogen release : new indicator of fault activity. *Science*, 210, 188 - 189.

ダム建設における第四紀断層調査（質疑）

○司会 ただいまの発表につきまして質問がありましたらどうぞ。

○松本（土研・フィルダム研究室） どうもお話ありがとうございました。2点、やや細かいことかもしれませんが質問させていただきます。

1つは、一次調査の文献調査の欄に第四紀地質構造運動に関する資料をまとめると書いてあるんですね。これに地震の資料が含まれるかどうかということです。

あと一つは対応に関することで、第二次調査の対応のところの四角に書いてある文面は、指針の文面に非常に似てはいると思うんですが、全く一字一句同じではないような気がします。ちょっとはっきりしませんけれども、対応については、ある指針を変えて運用するつもりかどうかなのか。

○市川部長 地震の方は、今までの文献には大体地震の震央と規模が書いてございます。そこにだされている程度のものということなんですが、実はこれをもう少し深く調べてまいりますと、ローカルな観測所でやっている微小地震の話が出てきて、その扱いがよくわかっておりません。そこで、とりあえず地震というのは先ほど脇坂さんが話したように、地表に変位を生ずるかどうかという方を主体に置いてあります。地震は当然資料を集める段階では出てまいりますけれども、それを書きますと一次調査1の文献調査のところで消えてしまい、その後へのつながりが尻切れトンボになりますので、ここでは意図的に地震の方ははずしました。少なくとも一次調査から二次調査の1ぐらいまでは地震の話ははずしてもよからうと思っております。

二次調査の対応の方は、完全に指針と一字一句そろえて書いたかどうか、確認していませんので、もし違っておりましたら、もう一度見直しておきます。何が一番ひっかかりましたか。

○松本 まちがいかもしれませんが、最後が「綿密な考察を払わなければならない」という文章ではなかったような気がするんです。それから、規模の大きい断層とはどんなものを言うかという説明があったはずではないかと思うんです。これだけ読むと、規模の大きい断層というのは非常に主観的な判断であって、私は大きいと思う、大きいと思わないという議論が出はしないかというのが気になる。

それから、例えば地震を簡単にわかるものだけ、あるいはマグニチュード3以上ぐらいだったら、例えば土研のダム部でもコンピューターに入っていて、取り出そうと思えばすぐ取り出せるので、文献調査の一次調査の左の欄のマルの例示ぐらいだったら、既往の地震の震度ぐらい書いておいても良いのではないのでしょうか。要するに脇坂さんの最初の御説明では第四紀断層は地震のもとになるんだという能書きから始まっているわけですから、全く地震を入れておかないというのも、例えば原子力やほかの基準に比べてややダムは違うんじゃないかと言われかねないものになるのではないですか。

○市川 これではたまたま入れておりませんが、地震は資料には書いてありますので、書き込むようにします。

それから、二次調査の対応の方は、実は指針そのままを受けていますので、もうそこで説明し直す必要もなかろうと思ひまして、割に簡単にさらっと書いたんです。「綿密な考察を払わなければならない」というのは、実はダムの計画云々の話ということもありますけれども、調査結果についてもう少し綿密な考察をした結果、検討した結果を資料2にまとめるので、それをやるためにもう少しこの結果を厳密によく読んで書いておけというぐらいのつもりでございました。

規模の大きいという話は、もとの指針の方に書いてありますので、またここで書くまでもないと思ったという程度の話で、そんなに深く考えておりません。

○司会　ほかにございませんか。ないようでしたら時間も過ぎておりますので、この発表はこれで終わらせていただきたいと思います。

地質・土質共通仕様書について

九州地建 技術管理課

日 吉 伯

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

1900

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

地質・土質調査共通仕様書について（質疑）

○松尾（土研・動土質研究室） 一番最後の地質解析というのがありますが、これは先ほどの脇坂さんから御説明があった、ああいう調査をやって整理をやるような業務を統一化しようという動きがあるんですが、それに対してさきほどの断層の件などは関係あるのでしょうか。

○日吉 実は共通仕様書といいますのが各地建で業務を発注するときの共通仕様書という考えでございまして、業務委託の頻度が非常に少ないものはどうだろうかと。ぜひこれは少なくとも載せた方がいいんじゃないかという意見が強ければ、載せたいと思いますが、できればこの39項目程度にしたいということなんです。各地建の御意見を聞いた結果では今のような状況でございまして、半数以上の地建が賛成、載せた方がいいというものについて39項目をピックアップしてございます。

○司会 ほかに項目について載せた方がいいとか、要らないとか、どうぞ。

○山県（中国地建・斐伊川総合） 現在39項目というのは各地建で共通仕様書があらうかと思うんですが、その項目の中でかなり落ちる項目もある、今、制定されているものがなくなることもあるわけでしょうか。

○日吉 地建独自で今つくってございますね。それがなくなるという意味は。

○山県 39項目に絞りますと落ちる項目が出てくるわけです。かなりそれはあるわけですか。

○日吉 ここに挙げてございますのはどこかの地建がつくってある項目でございます。項目を全部羅列してございます。ですから、うちの地建ではこれはつくってないという項目も多分あると思います。8地建のうちでどこかの地建がつくったものを全部羅列してございまして、全部で121項目になっております。うちの地建はこれはつくっているけど、これには賛成したけど今回これは落ちるんだなというのは、4地建以下でマルがついているものが多分そういうものじゃないかと思えます。それは各地建でマニュアルみたいなものを別につくって、地建で運用していただくなど、その辺のやり方は今後の検討になるかと思えます。

○土井（土研・砂防部長） ちょっと気になるのは、地下水関係のことなんです、最近、地下空間の利用だとか、そういうことでいろいろ地下に対して行為といいますか、そういうものが働きかけていく時代になっておるとのこと。

それから、地下水問題というのは今までいろいろ問題があるわけですね。そういうようなことから、確かに建設省の人たちは地質調査はある程度やりますけれども、地盤調査は基礎としての考え方をとりますから、土質だとか地質というのは一生懸命やる体質はあります。ですけれども、地下水ということになると直接関係がないんじゃないかなという感じで、データをとるという姿勢が余りないような感じがするわけです。今、一番これからどうするかという話が、行政的な面でも地下水法とか、そういう法律関係なんていうのはどこの分野に属するかはまだはっきりしてないんですが、そういう意味から僕は、調査する頻度が少ないからこれを取りやめるという考え方だけで物を考えるのはいささかどうかというような感じがいたします。

○日吉 わかりました。貴重な御意見でございますので、確かに頻度だけでは決められない面もあるかもしれません。したがって、これはまだ確定したということではございませんで、一応アンケートの結果こういうことになっておりまして、こういう項目程度を採用したいという案でございます。ただいま伺いました御意見等も踏まえまして、また採択項目につきましては本省あるいは土研の御指導をいただきながら再検討させていただきたいと思います。きょうは途中までの報告ということで聞いていただきまして、あと、2次案等の検討はもちろん本省、土研の御指導をいただきたいと思っております。

○三木（土研・土質研究室） 土質試験関係でJISとか土質工学会基準とかが整備されているので、それを見なさいという形になるということなんですけれども、土質工学会でこれを全部今改定作業を進めたり基準化を図ったりしていますが、基準のないものも結構ありまして、例えば土の三軸圧縮試験なんかですと、現在JISもないし土質試験基準もない。今作成作業を進めて、64年度ぐらいにはこのうち幾つかは基準になるかなという見通しの段階ですけれども、そうすると、64年度からこれが流れるとすると、その辺のところは空白になりますね。そういうところの問題が多少あるかなという感じがするんですが、その辺はどのようにお考えでしょうか。

○日吉 土質試験につきましては、確かに言われるような問題もあるかと思いますが、個々のアンケートの調査結果を見ていただきますとわかりますように、大体地建の中でも半分は載せてほしいという項目が非常に多いわけでございますので、ここをばさっと落としたのは多少問題があったのかも知れませんが、これにつきましても本省と土研の御指導を仰いで、2次案をつくるときにもう少し検討させていただきたいと思います。

○本館（北海道開発局） ちょっとピントはずれの質問になるかと思いますが、私どものところに、この経緯というものは、先日の技術管理会議に出た人が持ってきていただいて初めて実は見たわけでありまして。そういうことでよく内容的にわからない部分もあるわけですが、今いろいろ説明を聞きまして若干質問したいと思います。

1つは、今まで開発局としても独自の歩がかりですってやってきたわけですが、近年、建設省の歩がかりにはほぼ整合させていこうという方向で作業を進めております。そうしたことで実は内部的にもいろいろは各種の歩がかりの作成要望が現場から多うございまして、今挙げられている例えば仕様書の関係に出ているものは歩がかりとして全部作成されているのかどうか、これが1つです。

また、このように仕様書を改定するときに歩がかりのフィードバックはどうなっているのか。さらに、内容的な問題で言えば、例えば北海道開発局でも地質解析時の使用頻度は非常に多いわけです。これは精度の問題を有するものでありますから、こういうものは統一的に残しておいた方がいいんじゃないかそうかと思っておりますので、この3点についてお願いしたいと思っております。

○日吉 最初の歩がかり等の整合でございますが、これは先ほど言いましたように、四国地建の方で現在作業を進めておりまして、それがまだ確定していないわけでございます。したがって、そちらの方と今後整合したいということで、この案は現在1次案ということでございまして、まだそ

これまでしてございません。成案にもっていくためには当然整合をやらなければならないかと思っております。先ほど土研から出ました土質試験等を含めまして再度検討させていただきたいと思っております。

○桑原（土研・地質官） 1点だけお聞きしたいんですが、先ほど土研の三木さんからお尋ねになった件で、J I Sに載っているものの中で落とすものと入れるものと両方あるということで、これは5地建ということで単に拾いあげたことになっているとお聞きしたわけですが、基本的に拾いあげるスタンスというんですか、どういうふうな書き方をするかという何か基本姿勢みたいなものがあつたらお聞かせいただければその辺がよくわかるんじゃないかと思います。仕様書のどういうものを入れるとか入れないとか、J I Sに載っているものがどういうふうになっているか、基本的なスタンスというんですか、ただ単に5地建だけなのか、あるいは書き方によって多少拾いあげるものが違いますよというのか、その辺をお聞かせいただければもう少しわかりいいんじゃないかと思うんです。

○日吉 今ここに挙げてあります黒く塗りました39項目といえますのは、各地建で業務を委託するときに非常に頻度の多いもの、この仕様書がないとやはりちょっと困る、そういうことを判断していただいてアンケート結果をとって決めてございます。もちろん、J I Sで決まっているものはなるべく省こうということにしておりますが、決まっておるものでも挙げてあるものもございます。

ただし、これは後で説明しますけれども、試験方法等につきましてはJ I Sによりなさいという簡便な方法で文章は逃げてございます。これは後で出てまいります。ここに現在挙げておりますのは、やはりどうしても各地建の業務委託の頻度を考慮しまして、それで採用仕様というのを決めております。それだけではいかんのかという御意見も先ほどございましたので、再度検討させていただきたいと思っております。

○斉藤（土研・ダム構造研究室） まず共通仕様書の作成の背景ということで先ほどから話していただきましたが、どうも目的といえますか、それがはっきりしないので、もう少し詳しく述べていただきたいことと、今の採用の点数制といえますか、その考え方をとっていきますと、例えば3枚目の地質解析の中で、先ほど北海道の方もおっしゃっていましたが、地質解析を単に数だけ受ける。ところがその脇を見ますと、調査坑とかボーリングとか、やることになっているわけですね。そういうことをやりますと、互いに互換性がありまして、単に要望の点数だけでされるというのはかなりおかしい話で、その辺を再考願いたいと思っております。

○日吉 最初の地質調査仕様書をつくる目的は、最初説明しましたように、現在建設省に統一された仕様書がないということで、各地建が独自につくって運用しているわけでございます。それでは先ほど申し上げましたような問題点等が生じておりますので、統一した建設省の一つの共通仕様書をつくらうということでこの作業にかかっているわけでございます。そして統一した運用、あるいは発注者・受注者間の解釈も統一させていこう、各地建によってその解釈が違わないように、どこの地建が発注しても同じ試験方法で同じ成果が出てくる方向にもっていこうというのが目的でございます。

ただいまの御意見は非常に大切な御意見かと思しますので、再度検討させていただきたいと思
います。

○橋本（土研・基礎研究室） 今回の作成項目の中で建設省が策定しています例えば河川砂防技術基準で
すとか、道路橋梁示方書ですね、そういったもので調査項目として具体的に挙がっているものにつ
いて今回の仕様書との整合性についてはどのようにお考えでしょうか。

○日吉 それらに挙がっておるものにつきましては、中の文章につきまして、試験方法等はそれによりな
さいという簡略な文章にさせていただきます。

○橋本 具体的な試験項目の中で、例えば道路橋梁示方書とかに挙がっていて、こちらの仕様書に挙がっ
ていない項目について誤解等を招かないかどうかということではちょっとお伺いしたいんですけど
も、例えば橋梁の場合ですと道路橋梁示方書によって設計等を行うんですけども、こういうよう
な調査を行いなさいとはっきり書いてあるものについて、それが今回の土質調査仕様書に全く載っ
ていないということが当然生ずるかと思うんですけども、その辺の取り扱いです。道路橋梁示方
書ないし河川砂防技術基準で調査項目として挙がっているものが今回の土質調査の共通仕様書に挙
がっていないということは、ある程度割り切って考えていくということになるわけですか。

○日吉 例えば仕様書にない場合は特記仕様書で示さなければ仕方がないと思います。そこまで突き合わ
せて全部網羅しておりませんので。

○橋本 仕様書に近いものだけを。

○日吉 そういことです。

○司会 まだいろいろあると思いますけれども、一応ざっと中の説明をお伺いしてからもう一度御議論願
いたいということで、ざっと問題点だけをごくかいつまんで御説明願いたいと思います。

（説明）

ありがとうございました。大変広い内容をはしょっての説明で非常におわかりにくいかと思いま
したけれども、何か御意見がございましたら。

○平野（立野ダム工事事務所） 個々の項目というよりも先ほど御説明のあった総論的な話でございま
すが、現場の工事事務所といたしましては何が一番業務で時間がかかるかといいますと、例えば調査
の場合は発注業務ですね。ある業務をやる場合に、まず共通仕様書があるかどうかが発注がスム
ーズにいくかどうか、そこにかかってくる。もう一つは、歩がかりがあるかということでございます。

もしもそれがないとすると、例えば業者から見積もりしてもらったり、仕様書（案）もつくって
もらったり、また本局、あるいは土木研究所等いろいろ煩わせるわけでございますけれども、共通
仕様書があるなしで非常に発注業務の進み方が非常に違うわけでございます。

もう一つは、ここでの選択された基準は非常に機械的にやっております、例えば使用頻度が
低いといっても必ずやらなければならないものもございします。逆に頻度が高いのは土木学会とか土
質工学会とかいろんなところで基準等がたくさん作られております。むしろその頻度の低いもの、
しかし必ずやらなければならないというのが非常に時間がかかるということでございます。できた

ら頻度の低いものも共通仕様書としてぜひ残していただきたいというのが現場としての意見でございます。

こういった共通仕様書に載せにくいものは、まず試験方法が確立していないもの、非常に特殊なものです。そういったものは共通仕様書で載せるのは難しいだろうと思います。もう一つは、現場状況によって試験方法が変わるというものもあると思うんです。そういったものは共通仕様書になりにくい。それと、調査方法自体が古くて現在は使っていないというのは削除していいと思うんですけれども、基本的には、現在、共通仕様書にあるもので、将来使う可能性があるものは載せていただくのが現場として仕事がスムーズに進むということでありがたいと思うわけでございます。

○日吉 わかりました。仕様書に載せる項目につきましては、先ほどから問題になっておりますように、再度検討させていただきたいと思います。頻度だけでなく、もう一遍本省と土研の御意見、御指導をいただいて再検討させていただきたいと思います。

○司会 ほかにございますか。

○斉藤（水資源公団） こちらの共通仕様書の案を見せていただいたんですが、ちょっと気になったのが、例えば地質踏査とかあるいは横坑とかの図面、結果の書き方ですけれども、割れ目頻度とか、そういう項目はいろいろ挙がっているんですが、その表現方法が、せっかく共通仕様書ですから、例えば記号を決めるとか、そういうのが何かできたらいいんじゃないかと思うんです。

○亀山（四国地建） 逆に局の技術管理課の立場で、言わせていただきたいのは、実は今回の選定は現場が非常によく使うものということですね。それと、歩がかりとの対応性が1対1でなければ共通仕様書は成り立たないという話なんです。今回四国で歩がかり検討をやっていますが、実は2カ年かけてやる予定です。実際62年度の実態調査を100種余りやったんですが、結果的に試験はほとんどやってないんですね。というのは、そこまでやってない分まで歩がかりはできない。できない分まで逆に載せたときにどうなのかという話がありまして、それで大方の地建が数が少ないものは除けたらいいんじゃないかというのが多分この結果だと思います。

それと、今回の共通仕様書自体、共通仕様書とマニュアル、要領ですね、それが一緒になってるわけですね。例えば本来の共通仕様書は契約上の一般的な仕様書であって、それが図面入りとか計算式とか、そういう形まで入っているわけです。そういうのは本来は調査マニュアル、要領ですね。要領と今回の共通仕様書のリンクがおかしいわけです。だから共通仕様書に載らないようなものは逆に要領とかマニュアルの方で完全にさせていただいて、現場の方で頻度があればそれを使う形の方が僕らとしたら逆にありがたいと思っているわけです。

今回も、今、途中なんです、歩がかりの実態というんですか、四国で今回アンケートに丸をつけているのが大体歩がかりがつくれるんじゃないかというものです。例えば電気検層などは去年1件しかないわけです。実際歩がかりをつくらうとしても、そういうものまでできるかどうかということなんです。しつこいようですが、やはり歩がかりと共通仕様書はリンクした形でやった方がいい

いんじゃないか。現場サイドで実質的に担当している者の意見です。

○大島（北陸地建） 今度全国統一となりますと、恐らくダムの基盤の調査その他において全部この方法になるんだろうということになりますが、実は非常に細かいことですが、最後に地質条件なんかを整理しますときに非常に困るのでございますが、ここで横坑調査の展開図の展開の仕方まで規定してございます。これは表現の仕方によってどういうふうにもなりますので、その辺は十分土研の方の皆さんの御意見もお聞きした上で統一するならしていただきたいんですが、例えば、図のような展開の仕方をしますと、実際には表現が反対になるはずなんです。右のように天盤を下におろして展開しますと側壁分と天盤のところで主要な構造が繋がらない表現になります。

したがいまして、次のページにトレンチの展開の仕方を書いてあるわけでございますが、やはりトレンチと同じような考え方をもって底盤は底盤として展開していただきますと主要構造がずばり底盤のところに出てくる。天盤はさらにもう一つ右か左の側壁の表現のところに開いて、いわゆる4面開いた形にさせていただくと非常に理解するのにしやすいと思うんです。経験からなんですが、そんなところもひとつ気を遣っていただきたいなと思います。

○日吉 ただいまの御意見につきましては、私どもの方もちょっとまだ勉強不足の面もございますので、再度土研あたりの御意見、御指導を得まして検討してみたいと思います。

○長坂（東北地建） また項目のことになって申しわけないんですが、地すべり関係の調査が全く抜けているわけですが、最近道路でもダムでも、もちろん河川でも地すべり現象が必ずどこかで関係していると思いますので、その辺をぜひお願いしたいというのが1点と、項目についてはこれからまた調整されるということですが、再度地建の方におりてくることがあるかどうか確認したいんです。

○日吉 本省の御意見も聞いて、できればもう一遍、2次案のときにおろせる余裕があればおろしたいと思います。そこら辺につきましては本省並びに土研の御意見を聞きながら作業させていただきたいと思います。

○司会 ほかにございますか

それでは、まだこれは1次案ということで問題があると思いますが、いろいろ出た御意見を参考にさせていただいて、九州地建、本省、土研等で打ち合わせして、よりいいものにしていきたいと思います。どうもありがとうございました。

次に総合討論となっておりますが、時間もございませんので、何かありましたら一、二御質問をお受けしたいと思います。

ありませんようでしたら、これで終わらせていただきたいと思います。

第22回地質担当者会議資料

ISSN 0386-5878
土木研究所資料 第2729号
平成元年3月(1989年)

中村康夫・西川純一・平野 勇・脇坂安彦

要旨

昭和63年12月9日に開催された第22回地質担当者会議で行なわれた講演のうち、以下のものが収録されている。

1. 講演

- 1-1. 昭和63年熊本・島根豪雨土砂災害
- 1-2. ダム用岩石材料の調査・試験実態
- 1-3. 軟岩の調査試験法
- 1-4. ダム建設における第四紀断層調査

キーワード：のり面, 土砂災害, ダム地質, 岩区分, 地質調査, 第四紀断層

郵便はがき

305-□□

40円切手
をはって
下さい

建設省土木研究所

地質研究室行

茨城県つくば市大字旭一番地

No. 012

No. _____

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料第2729号 部

上記のとおり受領しました。

所 属(住所)

氏 名

印

土木研究所資料第2729号

