

土研資料第1552号

土 木 研 究 所 資 料

第13回地質担当者會議資料

昭和55年 5 月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

Copyright © 1980 by P. W. R. I.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced by means, nor transmitted, nor translated into a machine language without the written permission of the Director 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、複写は土木研究所長の承認を得ずしてこれを行なってはならない。

昭和 55 年 10 月 日

各位 殿

地質研究室長

拝 敬

時 下 益々御清祥のこととお慶び申し上げます。

さて、第 1 3 回地質担当者会議議事録を土木研究所資料
第 1 5 5 2 号としてとりまとめましたのでお送り致します。

なお、お手数ながら巻末の受領証を御返送下さるよう
お願い申し上げます、

敬 具

目 次

ま え が き

会 議 次 第 1

出 席 者 2

開 会 の 挨 拶 4

技術参事官挨拶 5

土木研究所次長挨拶 7

閉 会 の 挨 拶 8

議事および資料

1. ダム建設と環境問題 11

2. ヨーロッパの岩盤施工 19

3. 凍結融解試験法によるリップラップ材の耐久性判定基準（案）について 29

4. 斜面崩壊に関する諸問題 51

5. 地形分析による山地地盤調査について 61

6. 北海道の開発事業における土木地質上の諸問題 73

ま え が き

地質調査上の問題点の解明，技術的な情報交換あるいは調査方法の統一等を目的として昭和42年に開始された地質担当者会議は，その後毎年開催され今回で第13回を迎えるに至った。その間，河川砂防技術基準（案），道路土工土質調査指針，トンネル技術基準，ルジオンテスト施工指針等の地質調査関連の基準や指針の討議を行ない，またダム，トンネル，のり面等の地質上の問題点の検討や海外の技術紹介等を行なってきた。

今回は，本省高秀技術参事官，土木研究所山田次長をはじめ，本省，各地方建設局，国土地理院，北海道開発局，沖縄総合事務局等から多数の参加を得て78名に達する盛会となった。さらに今回は土木研究所の筑波研究学園都市への統合の年にあたり，移転完了後の研究施設の見学会を行なった。

会議は下記の6項目について発表があり，活発な討議がなされた。

「ダム建設と環境問題」では国土建設にかかわる環境問題とその対策について，大町ダムにおける濁水処理や騒音対策を実例とした実際の報告がなされた。

「ヨーロッパの岩盤施工」については，ヨーロッパ各国のダム，トンネル，山岳道路を中心とする最近の岩盤施工法の現状について，日本との比較を交え，興味ある報告がなされた。

「凍結融解試験法によるリップラップ材の耐久性判定基準（案）について」は，フィルダムのリップラップ材の耐久性を判定するための試験方法と判定基準についての提案がなされ活発な討議が行なわれた。

「斜面崩壊に関する諸問題」については道路，砂防事業における土砂災害の調査研究ならびに行政的な対応の最近の動向についての包括的な報告がなされた。

「地質分析による山地地盤調査について」ではダムの地質調査の初期段階における航空写真ならびに現地地形観察の有効性について多くの実例に基づいた報告がなされた。

「北海道の開発事業における土木地質上の諸問題」では，北海道の地質の特性とこれに関連した道路，トンネル，ダム建設等について土木地質的観点からの紹介がなされた。

ここに当日提出された資料と討議内容を中心とした議事録をとりまとめて，今後の参考に供しようとするものである。

昭和55年5月

建設省土木研究所地質研究室長 菅 原 捷

The second part of the document focuses on the internal controls and risk management framework. It describes the various measures in place to prevent fraud and ensure the accuracy of financial statements. It also discusses the role of the internal audit function in monitoring and evaluating the effectiveness of these controls.

The third part of the document addresses the external audit process and the relationship between the company and its external auditors. It discusses the scope of the audit and the importance of providing all necessary information and access to the auditors. It also highlights the role of the audit committee in overseeing the audit process.

The fourth part of the document discusses the financial reporting process and the preparation of the financial statements. It describes the various steps involved in the consolidation of financial data and the preparation of the financial statements. It also highlights the importance of ensuring that the financial statements are prepared in accordance with the applicable accounting standards.

The fifth part of the document discusses the financial reporting process and the preparation of the financial statements. It describes the various steps involved in the consolidation of financial data and the preparation of the financial statements. It also highlights the importance of ensuring that the financial statements are prepared in accordance with the applicable accounting standards.

Page 10 of 10

10. The financial reporting process and the preparation of the financial statements.

第13回 地質担当者会議議事次第

昭和54年12月6日(木)～7日(金)

コープビル(東京大手町)および土木研究所(筑波研究学園都市)

1. 12月6日(木) 会議(コープビル)

- | | | | | |
|-----------------|----------------------------------|-------------|----------------|-------|
| 1) 10:00～10:05 | 開会の挨拶 | 土 研 | 地質化学部長 | 南雲 貞夫 |
| 2) 10:05～10:15 | 挨拶 | 大臣官房 | 技術参事官 | 高秀 秀信 |
| 3) 10:15～10:25 | 挨拶 | 土 研 | 次 長 | 山田 専一 |
| 4) 10:25～11:10 | ダム建設と環境問題 | | | |
| | | | 北陸地建大町ダム工事事務所長 | 大木 達夫 |
| 5) 11:10～12:00 | ヨーロッパの岩盤施工 | 土 研 | 地 質 官 | 岡本 隆一 |
| 6) 13:00～14:30 | 凍結融解試験法によるリップラップ材の耐久性判定基準(案)について | | | |
| | | 土 研 | 地質研究室研究員 | 中村 康夫 |
| 7) 14:30～15:10 | 斜面崩壊に関する諸問題 | | | |
| | | 土 研 | 急傾斜地崩壊研究室長 | 安江 朝光 |
| 8) 15:30～16:10 | 地形分析による山地地盤調査について | | | |
| | | 東北地建 | 河川部専門官 | 江川 良武 |
| 9) 16:10～16:50 | 北海道の開発事業における土木地質上の諸問題 | | | |
| | | 北海道開発局土木試験所 | 地質研究室長 | 小林 雄一 |
| | | | 主任研究員 | 根岸 正充 |
| 10) 16:50～17:00 | 閉会の挨拶 | 土 研 | 地 質 官 | 岡本 隆一 |

2. 12月7日(金) 土木研究所施設見学会

第13回 地質担当者会議出席者名簿

機 関 名	氏 名	所 属 職 名
本 省	高 秀 秀 信	大臣官房技術参事官
	土 肥 規 男	“ 研究員
国 土 地 理 院	三 村 清 志	河川局河川計画課長補佐
	坂 本 忠 彦	“ 開発課長補佐
東 北 地 建	加 藤 高 義	近畿地方測量部長
	熊 木 洋 太	地理調査部地理第1課
関 東 地 建	江 川 良 武	河川部建設専門官
	青 木 義 光	河川部建設専門官
	石 田 武 久	ハツ場ダム工事事務所設計係長
	宮 田 信 一	宮ヶ瀬ダム “
	宇 山 秀 雄	長野国道 “ 建設専門官
	吉 川 吉 明	東京湾岸道路調査事務所調査課長
北 陸 地 建	大 木 達 夫	大町ダム工事事務所長
中 部 地 建	加 藤 正	道路計画第一課計画係
	森 俊 勇	天竜川上流工事事務所工務第二課長
	畑 中 博 文	矢作ダム管理所長
	橋 本 健	河川部河川計画課長補佐
近 畿 地 建	町 野 健 治	“ 調査第二係長
	高 岡 文 雄	“ 河川工事課海岸係長
中 国 地 建	神 尾 重 雄	河川部建設専門官
九 州 地 建	後 藤 健 一	“ 河川計画課第二係長
北海道開発局	根 岸 正 充	土木試験所地質研究室主任研究員
沖縄総合事務局	斉 藤 明	開発建設部河川課
土 木 研 究 所	中 江 謙 二	北部ダム事務所開発調査第二課
	山 田 専 一	次 長
	岡 本 隆 一	地 質 官
	南 雲 貞 夫	地質化学部長
	糸 林 芳 彦	ダム 部 長
	吉 岡 良 郎	砂防 部 長
	浅 間 達 雄	構造橋梁部長
	原 田 譲 二	ダム計画官

機 関 名	氏 名	所 属 職 名
土 木 研 究 所	斉 藤 孝 三	ダム部ダム構造研究室研究員
	永 山 功	“ “
	松 本 徳 久	“ フィルダム研究室長
	伊 巻 幹 雄	砂防部砂防研究室
	鈴 木 浩 之	“ “
	藤 田 寿 雄	“ 地すべり研究室長
	中 村 浩 之	“ “ 主任研究員
	安 江 朝 光	“ 急傾斜地崩壊研究室長
	仲 野 公 章	“ “ 研究員
	石 川 芳 治	“ “ “
	河 野 広 隆	道路部トンネル研究室研究員
	村 尾 好 昭	機械施工部施工研究室研究員
	三 木 博 史	“ 土質研究室研究員
	杉 崎 光 義	構造橋梁部基礎研究室
	常 田 賢 一	地震防災部振動研究室研究員
	羽 立 隆 幸	“ 耐震研究室研究員
	菅 原 捷	地質化学部地質研究室長
	中 村 康 夫	“ 研究員
	平 野 勇	“ “
	稲 崎 富 士	“ “
	石 塚 克 己	地質化学部地質研究室
	神 保 悟	“ “
	河 野 辰 男	企画部企画課

開 会 の 挨拶

土木研究所 地質化学部長 南 雲 貞 夫

おはようございます。

本日はお忙しいところ多数ご参集下さいまして、ありがとうございます。

昭和42年に第1回を開催いたしました、この地質担当者会議も、今年で第13回目を迎えるまでに至っております。この間、いろいろな成果をあげて参ったわけでございますが、毎回の議事録は土木研究所資料として印刷され、広く配布されて、それぞれの業務の参考に供されておりますのは御承知の通りでございます。

本日は土木研究所の他、北海道開発局、東北・北陸の両地建の方々から6つの議題が用意されております。時間の許される間、充分な御討議をお願い致します。

それでは、ただ今から第13回地質担当者会議を開催させていただきます。

挨拶

大臣官房技術参事官 高 秀 秀 信

ただ今、御紹介いただきました、大臣官房技術参事官の高秀でございます。

昨年の会議でも申し上げたかと思いますが、私どもの事業も最近は複雑になり、かつ世間の目もなかなかうるさくなっているのが現状ではなかろうかと思えます。

私は昨年11月まで関東地建の河川部長をしておりましたが、宮ヶ瀬ダムのことと地元の方々といろいろ交渉した時に、ダムサイトより下流の方々に非常にダムの安全性、特に地質構造的な議論がございました。

しかも、ダムサイトそのものの議論というよりは、私専門でないので細かいことは別として活断層の定義そのものも不明確な中で広い範囲の活断層の議論とかいろいろ議論がございました。

最近の新聞によりますと、むつ小川原でも活断層の議論があって、石油の備蓄コンビナート、その他をどうするというようなことがあります。そういう時に学者の方々が活断層の定義を私どもの感覚とは違う感覚でいわゆる理学的な観点から活断層の存在を指摘されます。

工学的な意味の安全性ということを学者の方々が意識されないまま、お話しされますし、住民の方々は非常に危険だというような受け取り方をいたします。私どもの仕事は、やはり広い意味で国土を改造とまではいきませんが、住み良くしてゆくという目的があるわけですから、本当に危ないのであれば、他に避けて通るというようなことを処置すべきです。いずれにいたしましても、そういう安全性の“判断”を下さなければならないという立場にあるので、抽象的な議論をしているわけにはいかないと思います。

ただ、一般の住民が学者の方々の指摘があった時に不安感を覚えるというのも、これまた一概に否定はできません。私はいつも言うのですが、一番いい例が、活断層の“活”という字にあるのではないかと思います。河川部長時代に地質官と議論したこともあります。活断層は生きている断層という意味に素人はどうしてもとらえるもので、現に今も揺れ動いているものとして感じを受けとられる方もおります。

やはり、ちょっとした地震があれば「カタン」となる感じに取られているようです。

ただ、理学的な研究者は、そのような意味でなく、皆様は御承知と思いますが、もっとも広いもっと次元の高い意味で言われるのですが、そのため非常に混乱しがちになります。

私は、これから建設省は大都市に限らず、町づくりに本腰をいれていく役所ですが、日本のようなところでは、都市の「安全性」についてそういう意味あいの我々の知識を活用してゆく時代に来ていると思われます。これから、御承知のように、今日の議題の中に地蔵り、その他を議論されると思いますが、行政裁判が非常に多くなって、現場の職員が告訴される。あるいは逮捕されるという問題が建設省に限らず都道府県を通じてあります。使命感に燃え職員の方々は業務に専念しているわけですが、第三者、司法当局、あるいは国民の我々に対する批判といいますか、ある意味では期待かもしれませんが、100点満点の調査をして工事を行なってほしいという願望だと思われますが、土木建設の世界では100%事前に解明して業務を遂行するということは、なかなか困難なことでございますが、実質的な意味では大まかなところは、把握していかないと将来、悔いが残るのではなかろうかと思われます。

なかなか難しい事と思いますが、このような地質担当者会議等を通じて地質の専門家の方々ばかりでは

なく、ここに来ておられる土木技術者の方々の考え方の交換、具体的事例や岡本地質官からヨーロッパの話しがあるようですが、いろいろな他の分野、あるいは他の世界の話をひとつ聞き入れて、益々、建設省の中における技術を切磋琢磨していただくことが必要ではないかと思っております。そういう意味あい
で今日の地質担当者会議は大いに結構なことではないかと思しますので宜しく願い申し上げます。1日、
活発な議論を期待します。

簡単ではございますが開催にあたりまして御挨拶を申し上げます。

挨拶

土木研究所 次長 山 田 専 一

土木研究所の次長、山田でございます。

今日は所長が参りまして御挨拶を申し上げる予定でありましたが、土木研究所の方でやむを得ない事情がございまして本会場に来られませんので代わりまして御挨拶を申し上げます。先程南雲部長から話がありましたように昭和42年に第1回の地質担当者会議が開かれてから毎年開かれ、今回で13回になりますが、年々参加者も増え、本年は年末でお忙がしい時期にもかかわらず、本省の技術参事官をはじめ全国各地から70名余りの方々に集まっております。この地質担当者会議は、建設省が全国各地で行なっております様々な事業の遂行に当って必要となる地質に関係した各種の基準や指針等を作成したり、あるいは地質に関する情報、例えば土木研究所等で行なっている各種の研究や調査・試験の成果、地建等現場で事業を行なっている中で遭遇したさまざまな問題やその解決法等いろいろな情報があると思いますが、これらの情報をこの場を通してお互いに交換し合うことによって、建設省全体のレベルを向上させて行くという重要な会議かと思ひます。

私共が行なっております建設事業は、それが道路関係であれ、河川関係であれ、また海岸や防災等すべての事業は地質ぬきで計画したり遂行したりすることはできません。例えばダムを例にしますと、洪水防除とか水資源の開発を目的として計画されますが、全国的にダムの適地は開発しつくされ、現在残っているとところは地質上困難なところが非常に多くなっております。そういうところにも安全で経済的なダムを建設するためには地質をこれまで以上によく知る必要があるわけでございます。

一方、地質調査は請負で調査専門のコンサルタントが行なうわけですが、各年度ごとに、しかも何社かが個々にバラバラで行なうわけでございますから、全体を見通し、過不足なく、かつ見落しのないように調査を立案したり、結果を検収したりするためには、それを担当する役所側の技術者もある程度地質を知っている必要があります。

現在、建設省に在籍している地質技術者は土研を含めて12名おりますが、この人達が全てダム関係のみに従事したとしても、直轄だけで数十ヶ所あり補助ダムを含めるとその4～5倍の事業量になるわけでございますから、12名の地質技術者だけでは全然手がまわらないというのが現状です。同様なことがダムだけでなく、道路、海岸、防災等にもあるわけでございますから、地質技術者だけでなく、特に地質に関連の深い仕事をやっております土木技術者にも地質を理解していただき地質技術者と協力し合って建設省の事業を推進してゆく必要があるわけでございます。そういう意味でこの地質担当者会議は非常に重要な役割を担った会議でございますのでこの会議を十分活用していただき建設事業の推進に寄与していただきたいと思ひます。

非常に簡単でございますけれども開会に当りまして一言挨拶として申し上げる次第でございます。

閉会の挨拶

土木研究所 地質官 岡 本 隆 一

どうも皆様、今日は12月に入っておりましてお忙しい所を朝早くから(午後)5時の定刻過ぎまで残って熱心に御議論頂きまして本当に有難うございました。地質化学部長の開会の御挨拶にありましたようにこの地質担当者会議は今回で13回目でございますが、年に1回このような形で地質に関係ある方々に集まって頂いてできるだけ情報を交換する、あるいは1つの事を決めるための話し合いをするということは非常に意義のあることではないかと思ひます。そういうことで、今回出ましたフィルダムのリップラップ材の耐久性の判定基準の案につきまして、ぜひ地建にお持ち帰り頂きまして御検討願ひ、関心、関係のある方々のご意見を地質研究室にぜひお寄せ頂きたいと思ひます。で、そういうご意見を入れまして年度内に地質研究室でまとめる作業をすると思ひますので何とぞよろしくお願い致します。それから各講師の方々、今日、貴重なお話しをありがとうございました。重ねてお礼を申し上げます。以上が私の挨拶でございますが閉会の挨拶に代えさせていただきます。

1. ダム建設と環境問題

北陸地方建設局

大町ダム工事事務所長 大木達夫

中國經濟史綱要

中國經濟史綱要

大經本大見國學社

1. ダム建設と環境問題

内 容

ま え が き

1. ダム建設と環境問題
2. 大町ダムの建設と環境問題
 - 1) 大町ダムの概要
 - 2) 大町ダムにおける環境問題の概要
 - 3) 工事中の騒音の問題

ま え が き

人間をとりまいて環境には、生物、無生物それぞれ沢山の物体が存在する。それらはお互いに反応し合ってその存在を可能にしている。人間としてその例にもれるものではない。人間はその誕生からこのかたあらゆる環境を改変し発達してきた。この行為は、当初は種の保存のための衣食住の確保のためであったであろう。やがて次の段階には文明の利器としての利用、そして精神的満足のための文化的所産のためにも利用されてきた。

しかし最近では人間の営みの源である資源の有限性の問題につきあたり、人間の将来の進む方向を再考するチャンスが与えられた。又発達の一部の側面であるところの人間にとって不利な環境の変化が問題とされるに至った。人間が「狂ったサル」でない証明のためにも、自からを滅ぼすことのないように考えることが環境問題の本命ではないかと考えられる。

価値観の多様化と人間の幸せ論が議論される中で国土建設にかかわる環境問題はどのようなものであろうか。

国土開発事業、保全事業は全体として環境の改変であり、将来を見通した環境づくりである。トータルな環境改変に対して、その一部として人間にとって不利となる環境の改変がある。

将来に向って利となるか不利となるかの予測と判断は非常に難しいことである。そしてこれらの判断を誰れがするかの問題は、何を最終判断するかによって自ずと定まってくるものと思われる。

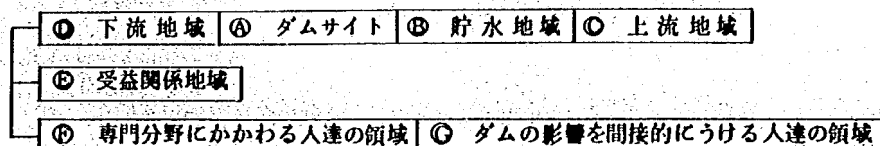
例えば、トータルな環境改変（事業計画）に対して行なうのか、ある一部の側面について行なうのかによって大きく異なってくる。

何んといっても望ましい形は事業執行の責任者が、その事業に関して多方面にわたって充分調査し、できるだけの配慮を行ない、その結果判断することであり、その過程が一般的にも充分理解して貰える形が最も望ましいものと考えられる。

1. ダム建設と環境問題

1) ダム建設の渉外の態様

① 対象地域の区分



④ 対象時期の区分

工事中→短期

完成後→長期（半永久的）

④ 利となるもの

治水→①→受益者負担

利 水—①⑤— //

觀光→㊦㊧

② 不利となるもの

移 転 ————— ㊦ ㊧ — 補 償

土地（生活基盤としての）の消滅 — ㊦ — //

自治体、生活共同体としての損失 — ㊶㊷ — 水特法

自然の変化、文化財等への影響——④③①⑤—アセスメント

事故・災害等（ダムの安全性）—— ㊤㊢㊤ —— ダム技術

2) 環境アセスメントとしての問題

④ 制度と技術的指針

当面の措置方針

④ 指針による項目の問題

地形・地質——温泉，井戸水，地下水

気象——風向，吹留り，湿度，霜

水 質——酸性水、汚濁の進行

景觀——觀光景觀

記念物・貴重種——動物、景觀

④ その他の問題

湖の富栄養化

N, P の発生源と規制

放流水の冷水化と濁水長期化

冷水——表面取水

濁水——選取取水

シリーズダム（特に揚水発電所を含む場合等）

貯水池周辺の地すべり等

貯水池湖岸線の整備

土地利用と水位変化

水陸両生植物の研究

② 工事中の問題

水質汚濁，騒音，振動

④ 調査、予測手法の問題

調査データの集積と体系化

モニタリングの実施

主として植物性、気象など

数量的取扱いのアプローチ

2. 大町ダム建設と環境問題

1) 大町ダムの概要

2) 大町ダムの環境問題の概要

④ 周辺の状況

中部山岳国立公園第3種特別地域 — 自然公園法

国有林と保安林 — 森林法

大規模開発調整地域 — 長野県自然保護条例

鳥獣保護区 — 鳥獣保護法

水域別環境基準 A A型 — 公害対策基本法

別 荘 地

⑤ 自然環境保全（特に国立公園内として）対策

事前調査 — 大町市立山岳博物館長 平林 国男氏調査

環境庁の意見とその対応

ダム及び貯水池関係

- 水没地内に存するヤブコウジを移植すること — 実施

付替道路等関係

- 支障木の伐採は最小限にとどめること — 実施

- 残土は風致維持上支障のないよう処理すること — 実施

- 粗面ブロック使用のこと — 実施

- 吹付種子は現地産植物を用いること — イタドリ、ヨモギ、ヤシヤブシ、ニセアカシアを混入

- モルタル吹付の色は黒又は暗褐色とすること — 実施

- 橋梁等の色は協議すること — 灰褐色に決定し実施

⑥ 水質汚濁防止対策

○ 工事中の濁水処理

骨材採取場 — 竜川の砂利

ダムサイト 骨材プラント

バッチャープラント

基礎掘削

グラウチング

濁水処理施設
中和処理施設

濁水処理施設

- シリーズダムとしての濁水の長期化（今後の問題）

㊦ 騒音対策

ダム下流約 500 m ～ 1,000 m 地内に点在する別荘地を対象（次項参照）

3) 工事の騒音の問題

㊦ 計画上の配慮

一次ジョークラッシャは、最も遠い位置とする。

二次クラッシャ、スクリーンタワは貯砂ビンや骨材ストックヤードでかこむ。

プラント類は、可能な限り建屋の中に入れる。

骨材プラントヤードの境界の林は極力残す。

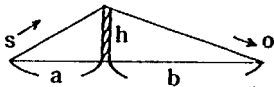
㊦ 騒音の予測（1）

音源パワーレベル（PWL）は表-1 に示す。但し骨材製造のみ

予測式

$$\text{距離減衰} \quad \text{SPL} = \text{PWL} - 20 \log \ell - 11$$

$$\text{地形減衰} \quad u = h \sqrt{\frac{2(a+b)}{\lambda ab}} \quad \lambda = \text{音の波長}$$



減音と u とはグラフによる

註 1. 守田 栄「騒音と騒音防止」オーム社 P. 169 による。

木立減衰 100 m あたり 5 ホンとする。

註 1. 文献 P. 30 による

表-1 予測(1)の骨材製造 PWL

機 械	PWL dB(A)
一次破碎設備	グリズリ 119 / 基 1次クラッシャ 112 / 基 2次クラッシャ 112 / 基 1次スクリーン
二次破碎設備	2次クラッシャ 121 / 式 3次クラッシャ 3次クラッシャ 4次クラッシャ 109 / 式
ロッドミル ベルコン	116 121
合 成	126

表-2 予測(2)のPWL

機 械	個 数	PWL
骨材製造	① グリズリ 1 基 ② ジョークラッシャ（1・2次） 2 基 ③ スクリーン一式 5 基 ④ クラッシャ（3・4次） 2 基 ⑤ ロッドミル 2 基 ⑥ ベルコン 1 式	119 / 基 116 / 基 118 108 / 基 112 / 基 121
コンクリート 混合打設	⑦ バッチャプラント 2 基 ⑧ 機 関 車 4 台 ⑨ ブルドーザ 3 台 ⑩ バイブルドーザ 3 台	104 / 基 102 / 台 119 / 台 119 / 台
採骨 取材	⑪ ホイール式ショベル 1 台 ⑫ バックホウ 1 台 ⑬ ブルドーザ 1 台	119 / 台 108 / 台 121 / 台
運骨 搬材	⑭ ダンプトラック	108 / 台

㊦ 騒音の予測（2）

音源パワーレベル（PWL）は表-2 参照

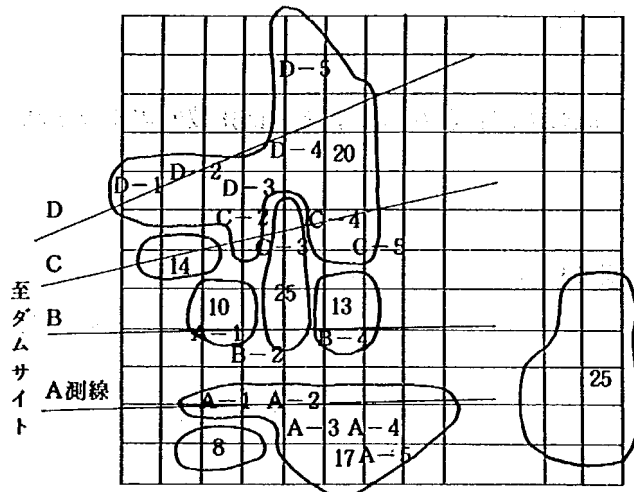
予 測 式

距離減衰—— $SPL = PWL - 20 \log \ell - 8$

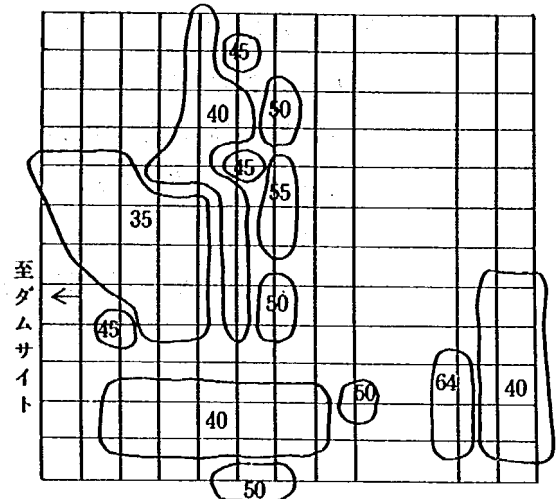
超過減衰——現地における疑似音（サイレン 600 Hz）による実測値から、理論値との差分により求めた。骨材プラント関係の超過減衰値を図－1に示す。

暗 騒 音——図－2に示す。

<骨材プラント及びコンクリート混合打設>



図－1 予測(2)に用いた超過減衰値



図－2 予測(2)に用いた暗騒音

㊦ 実測結果との対比

骨材製造時を対象として、実測との対比を行なうと、次のとおりである。

予測(1)との比較では予測値が大きく出ている。

予測(2)との比較では予測値と比較的合致している。

実測値では附近の道路における交通騒音が若干影響している。

騒音調査の要約を表－3に示す。

表－3 騒音調査（骨材製造時）の要約

別荘地内の騒音	骨 材 製 造 時	A地区で42～50 dB(A), B地区で36～51である。	
	調整ピン稼動時	A地区で61, B地区で68である。	
機械の騒音		建 屋 内	屋 外
	1次破碎設備	104	85 ($\ell = 5\text{ m}$)
	2次破碎設備	114	91 ($\ell = 1\text{ m}$)
	ロッドミルスクラップ	103～108	93～98 ($\ell = 1\text{ m}$)
	ロ ッ ク ラ ダ		78 ($\ell = 10\text{ m}$)
周波数分析	1次クラッシャ スクリーンタワ ロ ッ ク ラ ダ 別 荘 地 内	50～800 Hz が主成分 50～3,150 Hz と広範囲 500～4,000 Hz の高周波数域に主成分 骨材製造時で40～200 Hz と 400 Hz 附近に 主成分があり、調整ピン稼動時には63～125 Hz と 250～2,000 Hz に主成分がある。	

④ それぞれの機械の騒音

○ ジブクレーン

直流制御方式が従来のワードレオナード方式（モータ発電機）から静止形レオナード方式（サイリスタ）に改良したことにより騒音は大巾に改善された。

○ 骨材プラントパッチャプラント

骨材プラントは可能なかぎり建屋で覆った。材質は石綿スレート（厚7mm）でパッチャプラントの場合はスタイロフォームサンドウィッチパネル。

○ ロックラダと骨材調整ビン

粗骨材が落下する時の音は予想に反して、騒音の問題となった。それは比較的周波数が高いのと、設置場所が不利であった点。

○ 今後の対策

地元との人達との対応と更に騒音対策の調査検討。

以上

2. ヨーロッパの岩盤施工

土木研究所

地質官 岡本 隆一

（一）關於（二）之說明

（二）關於（三）之說明

（三）關於（四）之說明

2. ヨーロッパの岩盤施工

昭和54年度科学技術庁中期在外研究員として「ダム基礎として劣悪な岩盤の評価方法と改良工法に関する研究」という課題で昭和54年9月2日～10月1日の1ヶ月間ヨーロッパ各国を視察した。その間スイスで行なわれた国際岩盤力学会議（ISRM）に参加し、またスイス、ポルトガル、スペイン、トルコの各国の土木研究機関あるいはダム地点を訪問する機会を得た。その他にトンネル、地下発電所、山岳道路の掘削、斜面安定工法あるいは保守管理という観点で、岩盤の強度および安定性の問題について見学することができた。

1. イタリアおよびポルトガルの土木研究機関

イタリアのミラノに、日本の電力中央研究所を国家機関としたような、あるいは水資源開発公団試験所のようなISMESという水力発電やダムの問題を研究している試験所がある。またポルトガルにはLNECという国立の研究所があり、日本での土木研究所、建築研究所および港湾技術研究所の研究内容を含めた仕事を土木研究所の約2倍の人員を擁して遂行している。これらの2研究所の研究施設や研究内容を見学したが、文献資料あるいは諸先輩等からあらかじめ得ていた情報からさほど進歩はしていないように思われた。むしろ古い施設を非常に大事に利用しているという印象を受けた。

ISMESも、またLNECも国際的な仕事の受注をしており、そのためのPR活動を非常によく行なっている。国際会議等には、一般参加だけでなく議長とかパネルメンバーあるいはゼネラルレポーターというような目立つ仕事の所にできるだけ多くの人員を送り込む努力がなされている。またPRのためのレポートが数多く出されている。土木研究所における公式の出版物は、土木研究所報告、土木研究所彙報があり、各研究室においては、土木研究所資料を不定期的に出している。また、定期行物として土木技術資料がある。このような出版物は、ISMES、LNECでは各国語に訳され、やや商業雑誌的な編集がなされているが非常に見やすくなっており、それを訪問者にも配布するということをしている。このように積極的に国の内外に研究活動をPRするという姿勢は、地質担当者会議だけでなく、土木研究所としても考えるべきことであり、非常に参考になると考える。

2. ISRM（国際岩盤力学会議）

今年スイスのモントルーで行なわれたISRMは次の4課題で構成されていた。

- (1) 岩盤のレオロジー的な性質
- (2) 岩盤構造物に対するテストとモニタリング
- (3) 地下構造物と岩盤力学との関係
- (4) 地下掘削と地表変動

これらはいずれも現在の岩盤の問題に関してのトピックとなっているテーマである。この会議に日本からは24名、それと4人の夫人の参加があったが、電力中央研究所の林氏が第3課題の副議長として総括報告を行ない、東京大学地震研究所の茂木教授により第1課題でパネルメンバーとして報告がなされた他は概して日本は地味な存在で会議の内容からすると我が国の技術者や研究者の海外での活動が足りないという感じであった。しかもほとんどの参加者が大学関係の研究者で、日本国内では岩盤力学会議あるいは応用地質学会、地盤・岩盤関係の仕事が大学の研究者だけではなくて、いろいろな官公庁、民間の技術者が

かかわり合っているわけであるが、そのような人々の参加が少なかったのが実情である。

3.3. スイスにおける岩盤施工

スイスを中心とする山岳道路、地切り問題については端的にいうとあまり処理施工をしていない。日本では、小石1つ落ちただけでも大変だというわけで、山をちょっと切れば吹き付け、あるいは擁壁、ロックフェンスを設けてネットをかけるが、それがスイスでは切りっぱなしにしてほとんど手を加えていない。だが一担手を加えるとなると多額の工費を投入し徹底した処理を行なっている。その理由は、人口が非常に少ないことと、観光の立場から景観は国の財産でありこれを壊さないという観点からと思われる。ロザンヌ大学の土質力学のある教授と会議後、話をする機会がありその話の中で「あまり処理施工をしていないではないか。」とたずねたところ「景観をあまりいじりたくない。景観は財産である。」という返答があった。

スイスのブリックからアルプス越えて一番標高の低いシンプロン峠に至る間に、ガンダー橋というスパン 174 m 桁高 148 m のディビダーク橋が建設中である（写真-1）。橋の左岸は 30 m に達する厚い崖錐となっているが、崖錐の下の岩盤まで 40 m の深さもあるウエルを降し、橋脚を岩着させている。崖錐の土圧はウエルで持たせ、直接橋脚にかからないようにされている。その地上部では、橋脚の長さはさらに 40 m ほどある。非常にスレンダーな橋脚で、日本のような地震の多い国では考えられないような構造物である。



写真-1 ガンダー橋橋脚基礎

スイスでは地切りにおいてもロックアンカー工を使用している。斜面安定工においても工費をかけるところでは徹底して P・S 工を用い、40 m 位の深さのところまで深礎を入れている例がある（写真-2）。

スイスの技術者からトンネルの NATM 工法について聞いたところによると、NATM 工法は昔から知られているもので別に新しい工法でもない、フランスやイタリアにおいても使っているという話であった。このようにヨーロッパでは、ロックボルト・ロックアンカーが非常に多用されていると印象を受けた。

4. 石灰岩地域のダム事例

今回のヨーロッパ視察での興味の1つは、石灰岩地域のダムに関する地質調査や止水対策にあった。

石灰岩は、比較的均質で硬い岩であるので、広く分布す

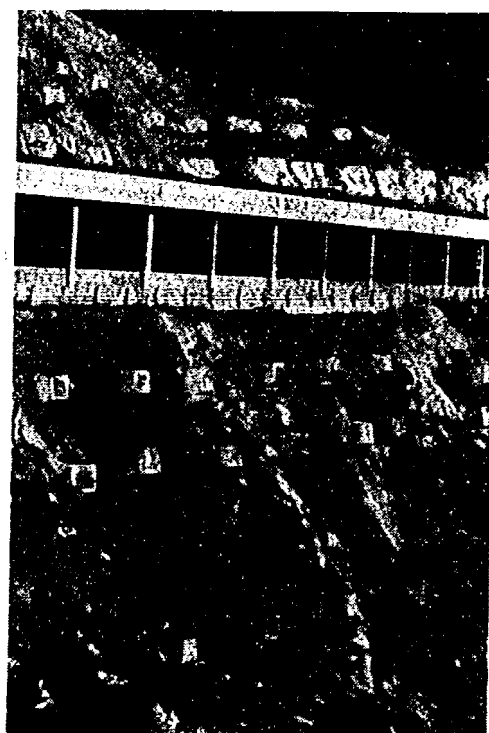


写真-2 地切り PSI

る場合には急峻な谷地形となり強度の点でもコンクリートダム基礎としては十分である。しかし、よく知られているように、地下水などで溶食されやすく、地山に大小規模の鐘乳洞を生じ、このことが水を貯えるというダムの目的に対して大きな障害となる例が多い。

石灰岩に関連して見学したダムは、漏水のために貯水池の水位が上がらないところを補修した事例、ダム本体は完成したものの、洪水吐の基礎掘削中に大きな鐘乳洞が見つかり対策に苦慮している例、あるいは現在基礎掘削の段階にあるダムで、非常に綿密な調査と対策を実施している事例などである。

カネレスダム (CANELLES D.) はスペインの大河エーブロ河左支川ノゲラ・リバゴルサナ川に発電を主目的として建設されたダムである (図-1)。

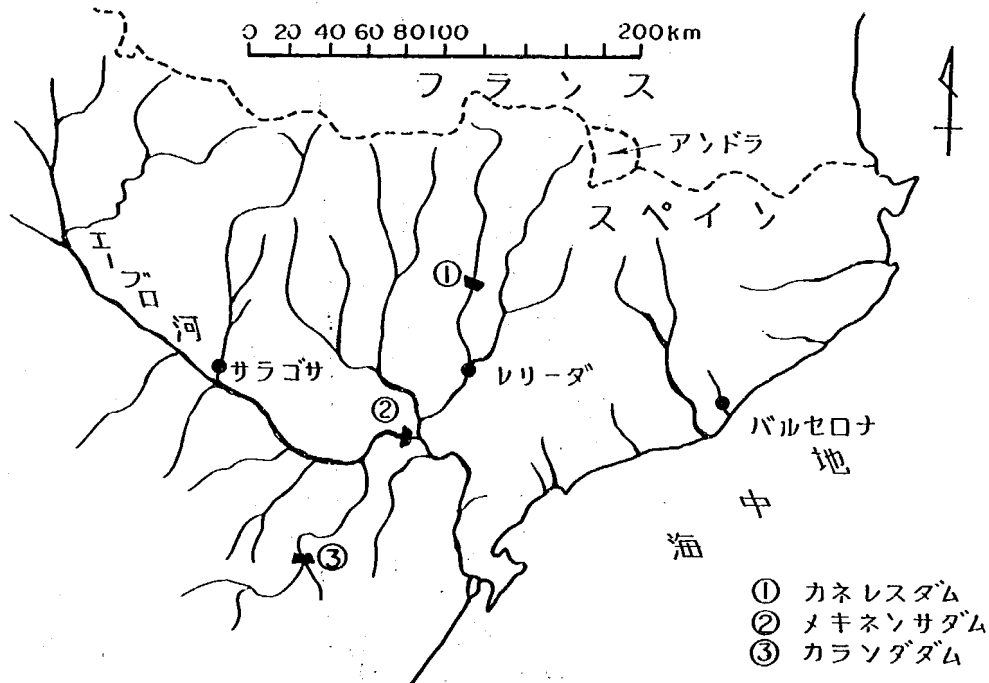


図-1 ダム位置図

ダムサイトの地質は白亜紀の石灰岩層で、高さ 151 m、貯水容量 $678 \times 10^6 \text{ m}^3$ のアーチダムである。

ダムは1960年に完成し、湛水を開始したところ、計画満水位より41m下から水位が全く上らなかった。また石灰岩特有の問題ではないが、右岸のアバット直下流側の岩盤に節理が多く発達し、地形的にも下流へ開くことから、岩盤としての支持力が不足することが分った。支持力の補強に関しては、ISMESにおいて模型実験やコンピュータによる安定解析がなされ、対策が検討された。その結果、右岸下流部に約10万 m^3 のコンクリート補強壁を継ぎ足し、PSケーブル群によるアンカー工を実施することによって対応した (図-2)。

一方、漏水については、主として左岸下流に多く、 $8 \text{ m}^3/\text{sec}$ に達していることが認められた。

この対策として、ボーリングと調査横坑によって地質構造と湧水の調査が行なわれ、その結果、ダム下流側から3段のグラウチングトンネルを入れ、そこから下位の不透水層 (下部白亜紀、陸成泥灰岩) へ向ってカーテングラウチングを延長した (図-2)。さらに、グラウチングトンネルから鐘乳洞の充てんを実施した。

このグラウチングと充てんの効果によって、漏水量は $100 \text{ l}/\text{sec}$ に急減し、水位も満水位から12m下まで上昇し、止水対策に成功している。

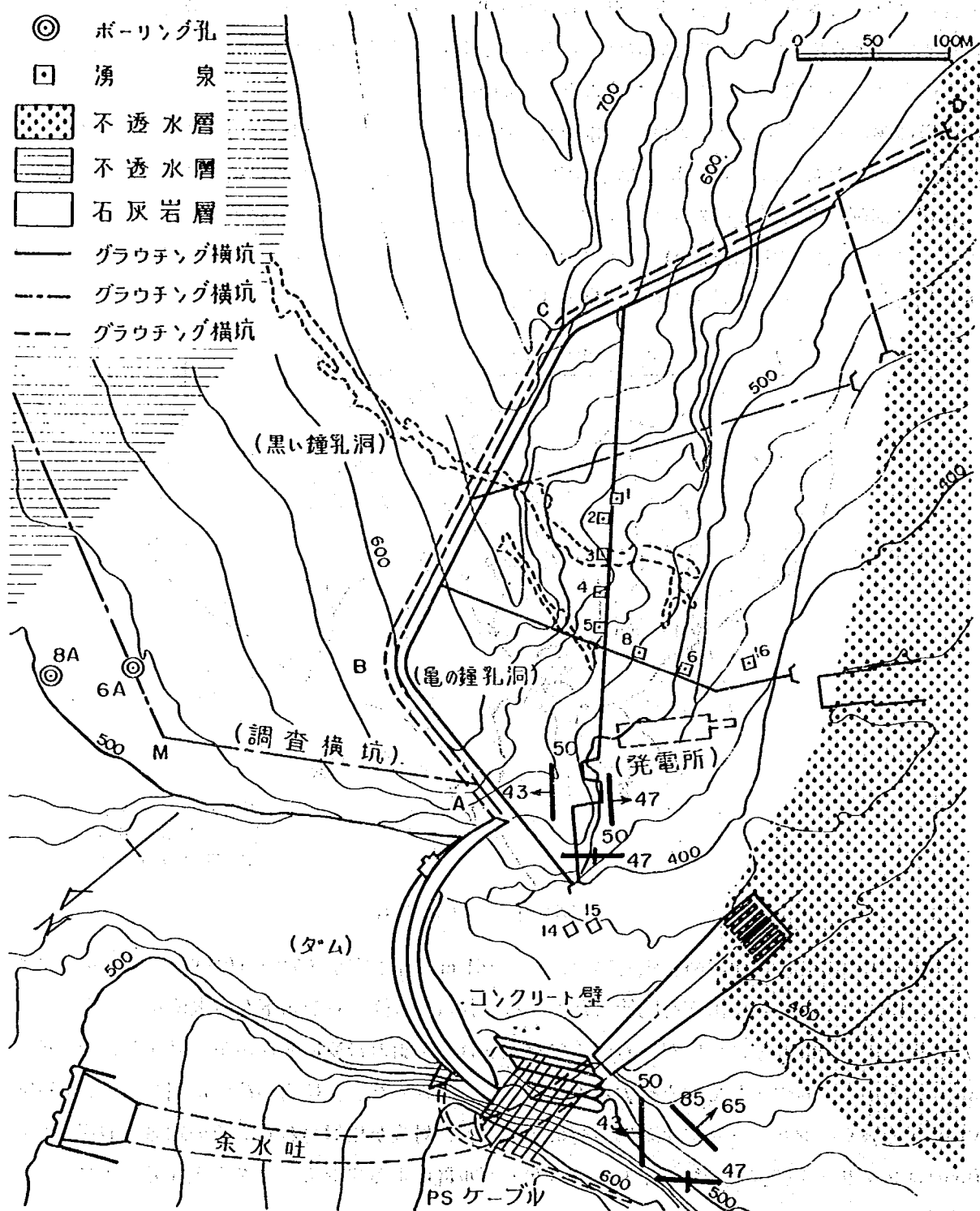


図-2 カネレスダム

カラランダダム (CALANDA D.) はバルセロナの南西約 200 km、エーブロ河の右支川ベルガソテス川に建設中のダムである (図-1)。かん漑と火力発電所の冷却水の供給を主目的とするロックフィルダムで高さは 63.5m と計画されている。基礎は下部ジュラ紀の石灰岩・泥灰岩であり、現在、ほとんど堤体の盛立は終了し、洪水吐も完成に近い状態である。ところが洪水吐の基礎岩盤掘削中に、掘削面の直下に鍾乳洞が存在することが発見された。調査横坑を入れて調査した結果、問題の鍾乳洞は、高さ 25m 以上、奥ゆき 40m 以上で複雑な形で連続していることが分った。ダムの完成を間近にひかえて、対策に結論がでずに

現場担当者は苦慮しているところである。

洪水吐のような重要構造物の直下に、このように大規模な鍾乳洞が存在することを確認しないで工事を進めてきたなどということは、我が国においては信じられないことである。現地をよく見ると洪水吐付近の露頭にも小規模な鍾乳洞があるし、ダム軸もやや堤長は長くなるが、あと数十m上流へ出せば、透水性の泥灰岩層が $90^{\circ}\sim 70^{\circ}$ の急傾斜で存在するので、止水線の確保にはさほど苦労しないですんだと考えられることなどから、初歩的なミスの重なりと指摘されても致し方ないと思われる。

オイマプナルダム (OYMAPINAR D.)は、トルコ南部の地中海へ流れるマナヴガット河に建設中の水力発電用アーチダムである。現在基礎岩盤の掘削とトンネル余水吐を施工中であるが、完成すると高さ185 m、総貯水量約40億 m^3 の大ダムとなる（高さでトルコ第3位、アーチダムとしては第1位）。

ダムサイトの地質は古生代中部ペルム紀の石灰岩、石灰質片岩類であり、流域には古生代の石灰質岩と第三紀下部中新世の石灰岩が分布している（図-3）。

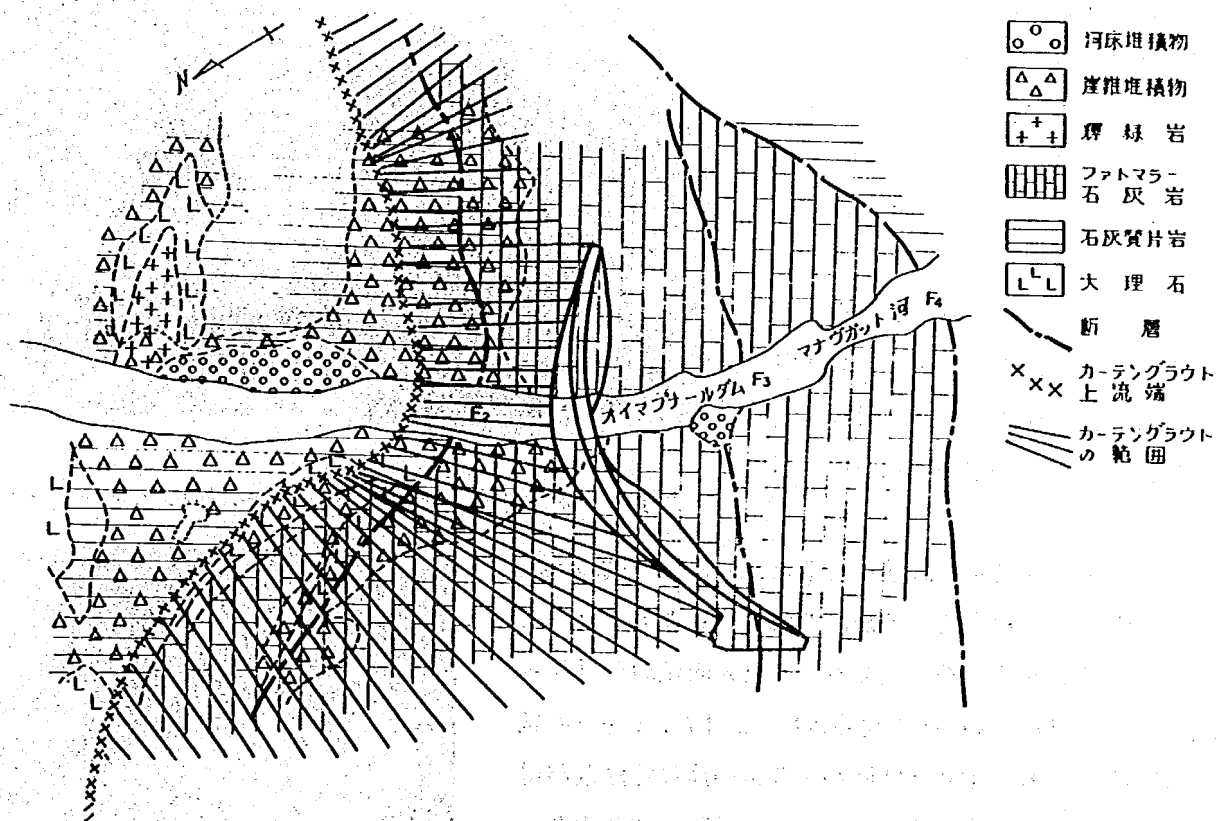


図-3 オイマプナルダム

これら石灰岩にはシンクホールや湧泉が多い。ダムサイトの約1km下流側に上・中部中新世の泥灰岩、砂岩を主とする不透水層が延びて地下水の障壁となっている。この川の流量調査は1939年からなされており、観測の結果得られた流量は流域面積に対して大き過ぎると考えられている。おそらく、この川の地下水を含めた集水区域は流域面積の数倍にのぼるものと考えられている。

ダムサイトの上・下流のシンクホールの流量観測もなされていて、最大規模のものは洪水期に一ヶ所で30 m^3/sec の湧水があるものがある。地下水水理調査は20年近くもやっているが、まだ安全に解明されたとは考えていないようである。

ダム全体の計画としては、地形および強度の点で有利な石灰岩にダム軸をもって来て、止水線を上流部

の不透水性の石灰質片岩まで延ばすことによって漏水の防止をはかっている。

流域の広範囲かつ長期間にわたる地下水水理調査によって、流入・流出量を正確に把握することと、止水線を不透水性岩盤まで延ばすと言う構想は、石灰岩地域にダムを建設する場合の基本的な手法として、我が国においても十分考慮しておかなければならないと考える。

5. 泥灰石を基礎としたダムの事例

泥灰岩（マール）は、炭酸塩を数十％程度含んだ粘土質岩で、固結度によって強度はかなり異なる。石灰岩地域では、むしろ不透水層として止水効果を発揮するが、固結度が低い場合は強度や劣化の点では難点がある。

リドラッコリダム（RIDRACOLI D.）は、イタリア中北部ボローニヤ市の南にあり、アペニン山脈の分水嶺に近い北東側にあたる。アドリア海側のローマニヤ地方の25市町村に上水を供給することと発電を目的として計画されたもので、高さ103.5 mの重力アーチ型式のコンクリートダムとして、現在コンクリート打設中である。

基礎岩盤の地質は、中新世の砂岩・泥灰岩互層からなり、上流下りの単斜構造である。砂岩は堅硬であるが、泥灰岩・シルト岩にはスレーキング現象がみられ、とくに砂岩と泥灰岩等との境界面のせん断強度が小さい（写真-3）。

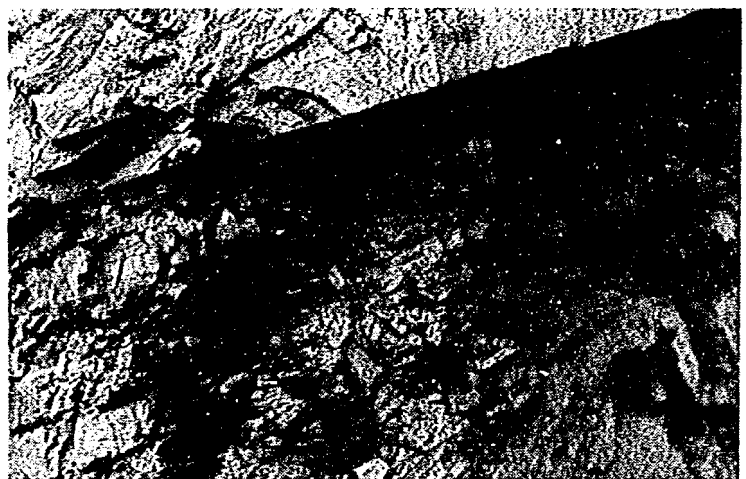


写真-3 リドラッコリダム 泥灰岩のスレーキング

境界面のロックせん断試験によると、 $C \cong 0.1 \sim 0.2 \text{ kg/cm}^2$ 、 $\phi = 13^\circ \sim 24^\circ$ 程度であるが、これをロックアンカーによって、さらに垂直力を与えてロックせん断試験を行なった結果、 $C \cong 2 \text{ kg/cm}^2$ 程度に改善された。また、ジャッキ試験を実施しており、100,000 kg/cm²前後の静弾性係数が得られている。さらに水室法による静弾性係数は200,000～400,000 kg/cm²と大きく、2カ月にわたる長期載荷試験によっても、地山内部では強度と弾性係数は小さくないと判断された。

そこで大規模なアンカー工による岩盤補強をはかることとし、左右岸に180～45 t/m²、長さ40～25 m、800本以上のPSアンカー工を施工し、重力アーチ型式のダムを建設することに踏み切っている（写真-4）。



写真-4 リドラッコリダム右岸部PSI

我が国においては、これに類する条件の基礎岩盤には、100 mクラスのアーチダムを建設していない。地殻構造運

動の受け方の相違はあるが、強度や岩質の点では共通するものがあるので、このダムについては今後も関心をもっていきたいと思っている。

メキネンサダム (MEQUINEZA D.) は、スペイン北東部の大河エーブロ河本川の中下流部に建設されている (図-1)。高さ77.4mの重力ダムで、貯水容量は15億3千万 m^3 にも達する。31万kWの出力をもつ発電所がダム直下流にあり、リバゴルサナ水力発電公社 (ENHEL) の主力施設の一つである。

基礎岩盤は、古第三紀漸新世の石灰岩、泥灰岩のほぼ水平な互層で、軟弱な褐炭層をはさんでいる。1958年に着工し、1966年に発電開始を行なった。このダムは、ほぼ完成間際になって、滑動に対して基礎の強度、とくに挟在する褐炭層のせん断強度が小さい疑いがもたれた。ブロックせん断試験の結果、 $C = 0.5 \sim 0.7 \text{ kg/cm}^2$, $\tan \phi = 0.6 \sim 0.7$ 程度の値しか期待できないことが分り、これに浸透水による揚圧力も加わって、このままではダムの安全性が不十分であると判断された。対応策として、ダム下流部堤体の継ぎ足しと基礎にカットオフを設ける案が採られた (図-4)。

しかし、止水工法が不十分であったこともあって、湛水後、不同沈下と横ズレによって施工ジョイントに沿ったズレ (約15cm) を生じている。

現在、発電に供しながらも漏水対策のため、樹脂系接着剤によるジョイントおよび水平打継目の充てん接着工事を施工中である。

堤体の安全性に対しては、検討中であるが、対策についての結論はまだでない。

以上、非常にかけ足で、ヨーロッパおよびトルコにおける岩盤施工の実例を、特にダムを中心にしてお話ししたわけですが、2・3気の付いた点をあげると、以下のようなものがある。

- スイスは地震がないという前提で設計がなされている。また、景観の保持にも心を配っている。
- ダム基礎岩盤、道路切取法面、トンネル、地下発電所などにPS工が広く用いられている。場合によっては地り対策工にも実施されている。
- 古い実験施設や方法を尊重すると同時に非常に大胆な設計を行っている。
- 国際交流や国際的PRが非常に盛んである。

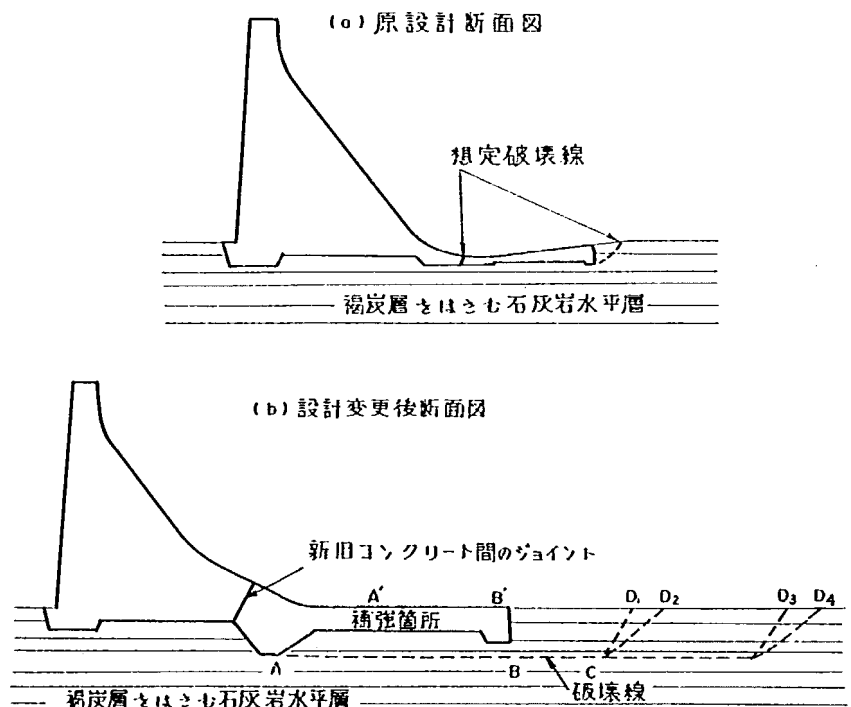


図-4 メキネンサダム断面図

1. The first part of the report is a general introduction to the project, which includes a brief history of the project and a statement of the objectives.

2. The second part of the report is a detailed description of the methodology used in the study. This includes a description of the data sources, the data collection methods, and the data analysis methods.

3. The third part of the report is a presentation of the results of the study. This includes a description of the findings and a discussion of the implications of the findings.

4. The fourth part of the report is a conclusion and a list of references. The conclusion summarizes the main findings of the study and provides a final statement on the project.

5. The fifth part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

6. The sixth part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

7. The seventh part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

8. The eighth part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

9. The ninth part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

10. The tenth part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

11. The eleventh part of the report is a list of references, which includes a list of the sources used in the study.

3. 凍結融解試験法によるリップラップ材 の耐久性判定基準(案)について

土木研究所地質研究室

研究員 中 村 康 夫

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
CHICAGO, ILL. 60637

THE UNIVERSITY OF CHICAGO

CHICAGO, ILL. 60637

目 次

1. 総 論	31
1. 1. 本基準（案）の目的	31
1. 2. 凍結触解試験の目的	31
1. 3. 用語の定義	31
2. 試験機具	33
2. 1. 凍結触解試験装置	33
2. 2. 岩石試験用機器	33
2. 3. ゴム容器	33
3. 試験準備	33
3. 1. 供試体の選定	33
3. 2. 供試体の作成	34
3. 3. 初期測定	34
4. 試 験	35
4. 1. 試験方法	35
4. 2. 測定項目	35
5. 解 析	35
5. 1. 重量損失曲線	35
5. 2. 吸水率，有効間隙率，乾燥密度の経時変化	36
5. 3. 動弾性係数比の経時変化	37
5. 4. 写真およびスケッチ	37
6. 報 告	37
6. 1. 報告内容	37
附 録	38
A-1 試験計画策定のための調査	38

the first of these is the fact that the
the second is the fact that the
the third is the fact that the
the fourth is the fact that the
the fifth is the fact that the
the sixth is the fact that the
the seventh is the fact that the
the eighth is the fact that the
the ninth is the fact that the
the tenth is the fact that the
the eleventh is the fact that the
the twelfth is the fact that the
the thirteenth is the fact that the
the fourteenth is the fact that the
the fifteenth is the fact that the
the sixteenth is the fact that the
the seventeenth is the fact that the
the eighteenth is the fact that the
the nineteenth is the fact that the
the twentieth is the fact that the
the twenty-first is the fact that the
the twenty-second is the fact that the
the twenty-third is the fact that the
the twenty-fourth is the fact that the
the twenty-fifth is the fact that the
the twenty-sixth is the fact that the
the twenty-seventh is the fact that the
the twenty-eighth is the fact that the
the twenty-ninth is the fact that the
the thirtieth is the fact that the
the thirty-first is the fact that the
the thirty-second is the fact that the
the thirty-third is the fact that the
the thirty-fourth is the fact that the
the thirty-fifth is the fact that the
the thirty-sixth is the fact that the
the thirty-seventh is the fact that the
the thirty-eighth is the fact that the
the thirty-ninth is the fact that the
the fortieth is the fact that the
the forty-first is the fact that the
the forty-second is the fact that the
the forty-third is the fact that the
the forty-fourth is the fact that the
the forty-fifth is the fact that the
the forty-sixth is the fact that the
the forty-seventh is the fact that the
the forty-eighth is the fact that the
the forty-ninth is the fact that the
the fiftieth is the fact that the
the fifty-first is the fact that the
the fifty-second is the fact that the
the fifty-third is the fact that the
the fifty-fourth is the fact that the
the fifty-fifth is the fact that the
the fifty-sixth is the fact that the
the fifty-seventh is the fact that the
the fifty-eighth is the fact that the
the fifty-ninth is the fact that the
the sixtieth is the fact that the
the sixty-first is the fact that the
the sixty-second is the fact that the
the sixty-third is the fact that the
the sixty-fourth is the fact that the
the sixty-fifth is the fact that the
the sixty-sixth is the fact that the
the sixty-seventh is the fact that the
the sixty-eighth is the fact that the
the sixty-ninth is the fact that the
the seventieth is the fact that the
the seventy-first is the fact that the
the seventy-second is the fact that the
the seventy-third is the fact that the
the seventy-fourth is the fact that the
the seventy-fifth is the fact that the
the seventy-sixth is the fact that the
the seventy-seventh is the fact that the
the seventy-eighth is the fact that the
the seventy-ninth is the fact that the
the eightieth is the fact that the
the eighty-first is the fact that the
the eighty-second is the fact that the
the eighty-third is the fact that the
the eighty-fourth is the fact that the
the eighty-fifth is the fact that the
the eighty-sixth is the fact that the
the eighty-seventh is the fact that the
the eighty-eighth is the fact that the
the eighty-ninth is the fact that the
the ninetieth is the fact that the
the ninety-first is the fact that the
the ninety-second is the fact that the
the ninety-third is the fact that the
the ninety-fourth is the fact that the
the ninety-fifth is the fact that the
the ninety-sixth is the fact that the
the ninety-seventh is the fact that the
the ninety-eighth is the fact that the
the ninety-ninth is the fact that the
the hundredth is the fact that the

3. 凍結融解試験法によるリップラップ材の 耐久性判定基準(案)について

1. 総 論

1.1 本基準(案)の目的

本基準(案)はフィルダム用リップラップ材の調査にあたって実施する凍結融解試験に関する標準的な手法および判定基準を定めるものである。

〔解 説〕

岩石の耐久性を判定する手法の1つとして凍結融解試験が実施されているが、その試験方法や解析方法は標準化されておらず、実施機関によってまちまちである。コンクリート供試体の試験方法(ASTM C-290) に準じて実施されている例も多いが、それをそのまま岩石に適用するには無理な面も多く、また試験方法や解析方法が異なれば得られる結果も当然異なってくるのでその計画、試験、解析方法等について標準化する必要があり、本基準を定めるものである。

岩石の凍結融解試験は時間と経費がかかるので、材料調査の初期段階では他の物理・力学試験から岩石の耐久性についてある程度推定し、それによって選定された岩石について凍結融解試験を実施するのが効率的である。附録 A-1 ではそのような調査の一般的方法を述べている。

本基準(案)はフィルダム用リップラップ材に適用されるものであるが、それより内側に配置させるロック材についても試験方法等は本基準(案)に準じて試験することができる。しかしロック材の劣化環境はリップラップ材に比較して相当緩かであると考えられるので、本基準(案)をそのまま適用できない部分もある。

1.2 凍結融解試験の目的

凍結融解試験はフィルダムに用いられるリップラップ材の耐久性を判定するために実施する。

〔解 説〕

リップラップ材は内側のロック材の浸食および劣化を防止するために配置されるものであり、その耐久性が確保できないならばロック材の劣化が進行する。そのような場合には、調査設計段階で設定され、施工時の諸試験を経て確認されている諸物性、例えば間隙比、密度、粒度分布、せん断強度等が変化する。そうなれば所期の安全性は確保できない。したがってフィルダム用に用いるリップラップ材およびロック材は耐久性の良好な材料を使用する必要がある。本基準(案)はその耐久性の判定を下すために用いるものである。

1.3 用語の定義

本基準(案)で使用する用語は以下のように定義する。

(1) 凍結融解試験

凍結および融解を所定のプログラムに従って繰返し、供試体の劣化を促進させる試験。

(2) 劣化および劣化度

材料の性質が経済的に劣っていく現象を劣化といい、その程度を劣化度という。

(3) 耐 久 性

劣化作用に対して抵抗する性質。

(4) 重量損失および重量損失曲線

供試体本体から分離した部分の試験開始前の供試体に対する重量パーセントを重量損失といい、重量損失を各測定時毎にプロットしたものを重量損失曲線という。

〔解 説〕

(1) 凍結融解試験は主としてコンクリートやセラミックの耐久性を検討するために用いられている方法であり、供試体を水中に浸して行なう場合と空气中で凍結融解を繰返す場合がある。本基準（案）では試験条件を一定にするために前者を採用したが、必要な場合は後者についても本基準（案）に準じて試験できる。

耐久性判定試験には凍結融解試験の他薬液による安定性試験や湿潤乾燥試験がある。前者は硫酸ナトリウム等の薬液の結晶圧を利用したものであり、非常に苛酷な試験である。後者は温帯における劣化現象を忠実に表わしていると考えられるが、結果を得るのに相当時間がかかる。凍結融解試験はこれらの試験の中間的な性格をもち、新鮮な硬岩を含んだ広範囲な岩石に対して有効な試験である。しかし現段階ではこれらの試験結果の相互関係は明らかにされておらず、それぞれ別個に解析されている。

(2) 劣化および劣化度

自然界における劣化を風化といい、その程度を風化度であらわす。すなわち劣化には人為的な要素が含まれている。本基準（案）では劣化を風化を含めた広い意味の用語として用いている。

風化には岩石の化学組成を変え全く別個の物質に変化させる化学的風化と単に岩石を破壊し、細片化する物理的風化の2つがある。自然界では両者が相乗的に作用し風化が進行するが、室内における劣化促進試験では後者のみを強調することがほとんどである。風化度は前者および後者に対応して表-1に示すように種々の量で表現されるが、劣化度は前述のような理由および実用上の制約から物理的力学的指標を用いることが望ましい。

表-1 劣化度を示す各種指標

化学的・鉱物学的指標	物理的・力学的指標
風化ポテンシャル	密度、有効間隙率、吸水率等
化学的新鮮度	重量損失
絶対的化学的新鮮度	弾性波伝播速度、動弾性係数
強熱減量	ショア硬度、ビッカース硬度
変質部量	反射光強度
	圧縮強度
	引張強度

(3) 耐久性

劣化作用に対する抵抗性のことであり、風化に関しては耐侵性という用語が使用される場合もある。劣化に関しては既に述べたように本基準（案）では自然環境のみならず人為的環境をも含んだ用語として用いているので耐久性という用語を使用する。

(4) 重量損失

凍結融解の繰返しが進行するに従い供試体は表面から徐々に剥離したり、割れ目に沿って分割したりする。この時、供試体本体から分離した部分の試験開始前の供試体に対する乾燥重量パーセントを重量損失といい次式で定義する。

$$\text{重量損失} = \frac{\text{試験開始前の乾燥重量} - \text{測定時の乾燥重量}}{\text{試験開始前の乾燥重量}} \quad (1)$$

なお大きく2分割したような場合はそのうち大きな方を本体とする。さらに重量損失曲線を描くことによって後述するように劣化形式、劣化速度について検討することができる。

2. 試験機具

2.1 凍結融解試験装置

凍結融解試験装置は所定の温度パターンを自動的に精度よく再現できるものを使用する。

〔解 説〕

凍結融解試験装置は試験槽内の温度分布が均一（ $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 以内）で、4.1 試験方法に示した条件を充分余裕をもって精度良く再現できるものでなければならない。また所定のプログラムパターンで自動運転でき、記録部は試験槽内の温度を連続記録できるものでなければならない。以上の性能が満足できるなら特別の装置を制作する必要はなく、コンクリート用の凍結融解試験機や市販の恒温装置に制御装置を接続したものを使用して良い。

2.2 岩石試験用機器

各種測定に用いる機器は充分な精度をもつものを使用しなければならない。

〔解 説〕

(1) 秤は 0.01g 読みの上皿型を使用する。

(2) 動弾性係数を測定する場合に用いる試験機は JIS A-1127-1961

共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断係数および動ポアソン比試験方法(縦振動の場合)あるいは KDK-S 0503-1968 岩石の静弾性および動弾性係数測定方法の規定によるものとする。

2.3 ゴム容器

ゴム容器は供試体底面を3点で支持できる円筒形のものを使用する。

〔解 説〕

ゴム容器は周囲の拘束力を弱め、各々の供試体の分割片を保持するために使用し、その形状寸法は図-1に示すとおりとする。

3. 試験準備

3.1 供試体の選定

供試体は試験の目的に合致するように慎重に必要な数だけ選定しなければならない。

〔解 説〕

凍結融解試験は各種岩石試験の一環として行なわれることが多いので、供試体はそれらの試験結果を考慮して選定することが大切である。まず原石山より岩種、風化度、変質の程度等に注目して大きく分類する（例えば未、弱、中、強風化）、次に各グループについて物理・力学試験を行ない物理・力学量、例えば吸水率、圧縮強度等によって各グループを細分する。細分された各グループより凍結融解試験用の供試体を選定するが、岩石材料の性質は本質的にばらついているものであるから、供試体の数は各グループについて最低5個は必要である。このようにすると、物理・力学量と耐久性の関連が明確になるので、以後の岩石試験計画にその結果を有効に活用できる。

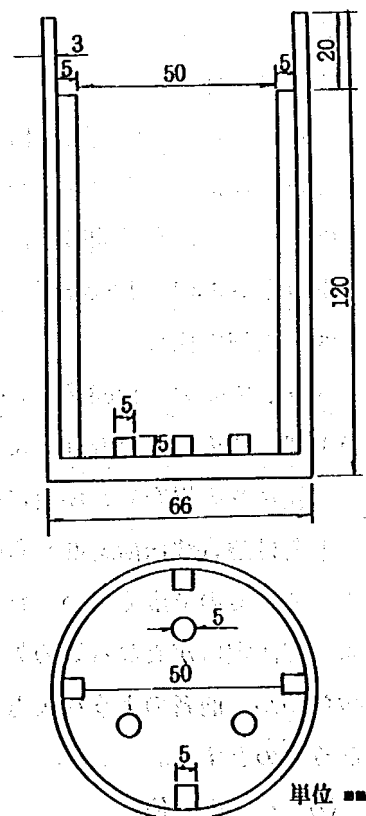


図-1 ゴム容器

3.2 供試体の作成

供試体は原則として直径5cm、長さ10cmの円柱状のものを使用する。

〔解 説〕

供試体は上記直径程度のボーリングコアを用いても良いし、ブロックから室内でコアサンプリングしても良いが、観察を行なったり、各種岩石試験に用いるため、側面は平滑に、端面は平滑な平行平面になるように充分注意して仕上げなければならない。供試体の作成については KDK S 0502-1968 岩石の一軸圧縮試験方法 の規定によるものとする。ただし供試体の整形が著しく困難な場合、あるいは特別の目的に供する場合はこの限りでない。

3.3 初期測定

凍結融解試験を行なう前に以下の各試験を行なう。

(1) 供試体の記載

(2) 吸水率、有効間隙率、乾燥密度

(3) 動弾性係数

(4) そ の 他

〔解 説〕

供試体の初期状態における物理・力学的性質は耐久性と密接な関連をもっており、それを知ることにより耐久性をある程度推定できる。したがって、各供試体の初期状態における諸物性を精確に把握しておくことが必要である。

(1) 供試体の記載

KDK 第5章 5.4.1 供試体についての記載事項の規定によるものとする。特に割れ目や細脈が発達している供試体はそれらの状況をスケッチしたり写真撮影して保存することが望ましい。

(2) 吸水率、有効間隙率、乾燥密度

KDK S 0501-1968 岩石の密度、含水比、飽和度、有効間隙率、吸水率試験方法の規定によるものとする。

(3) 動弾性係数

KDK S 0503-1968 岩石の静弾性および動弾性係数測定方法、(2)動弾性係数測定方法、あるいは JIS A 1127-1961 共鳴振動によるコンクリートの動弾性係数、動せん断弾性係数および動ポアソン比試験方法（縦振動の場合） の規定に従うものとする。

前者は超音波伝播速度から動弾性係数を求めるものである。超音波伝播速度自体が岩石の重要な性質の1つであるので広く用いられているが、振動子と岩石の接触面が密着する必要があること、加圧の程度によって測定値が異なる等の欠点がある。後者は共鳴振動周波数を利用するものである。岩石への適用例は少ないが、前者のような欠点がなく表面の凹凸がある程度生じてでも利用できる。測定は強制乾燥状態で行なうものとする。

(4) そ の 他

1. ショア硬度

ショア硬度の経時変化も耐久性と密接な関連があるので、測定しておけば耐久性についてより詳細に検討することができるが、他の物理等に比較してばらつきが大きく、測定上の問題もある。ショア硬度を測定する場合には強制乾燥状態の試料を用いて KDK 第5章 ショア硬度試験 の規定に従うものとする。

2. 強度試験

供試体の数に余裕のある時は一軸圧縮試験（KDK S0502-1968 岩石の一軸圧縮試験方法の規定による）や引張強度試験（非整形試料による点载荷試験が簡便である）を行なうことが望ましい。特に亀裂を含む硬岩の場合は亀裂の強度が耐久性に密接に関連しているので、このような供試体は物理的性質よりも力学的性質をとらえることが必要である。

3. 鉱物の同定

事前の調査で耐久性に疑問のありそうな鉱物が存在することが判明した場合には、偏光顕微鏡やX線回折装置等によってその鉱物をあらかじめ同定しておくことが望ましい。

4. 試験

4.1 試験方法

強制湿潤状態の供試体をゴム容器中に入れ注水し、所定のプログラムに従って凍結融解を繰返すものとする。

〔解説〕

試験条件は下記のとおりとし、図-2に示す流れ図に従って実施する。

槽内最高（最低）温度	+15℃（-15℃）
温度上昇（下降）速度	30℃/時間
最高（最低）温度持続時間	2時間
日当りサイクル	4サイクル（6時間/サイクル）

試験は108回の凍結融解を繰返すか、または供試体が破壊（25%の重量損失を破壊と定める）するかどちらか早い方で終了するものとする。

4.2 測定項目

凍結融解試験中の測定項目は4.3初期測定(1)~(4)のとおりとする。

〔解説〕

測定は原則として12、24、36、72、108サイクルの時点で行なうものとする。しかし、特別の目的あるいはより詳細な検討が必要な場合は測定間隔を短縮することができる。なお測定のため強制乾燥させると剥離する恐れ

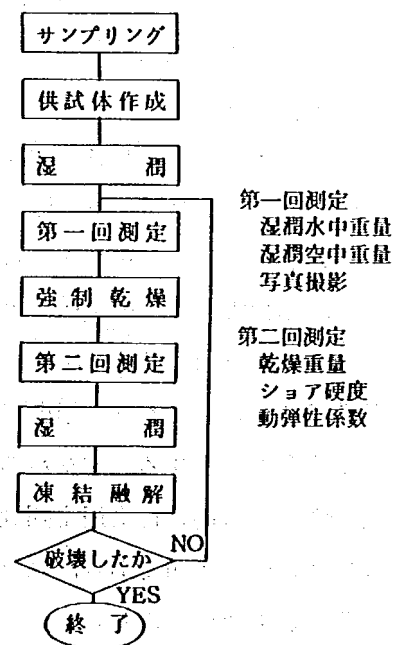


図-2 試験の流れ図

のある供試体は水中重量を測定する時点であらかじめその部分を除去しておくものとする。この場合無理に剥離させるようなことはせず、軽く指で触れただけで剥離するような部分だけを対象としなければならない。

5. 解析

5.1 重量損失曲線

試験結果から各測定時毎に重量損失を計算し、重量損失曲線を描くものとする。

〔解説〕

重量損失曲線は図-3に示すようにA、B、Cの3つの型に大別される。

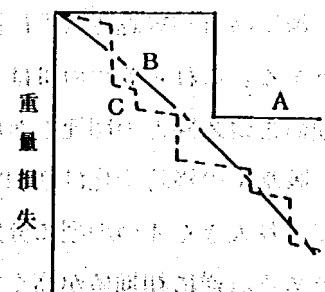


図-3 模式的重量損失曲線

A：性質そのものは劣化せず、大きなクラックに沿って分割するタイプ

B：性質そのものが劣化し、表面からの剥離が徐々に進行するタイプ

C：AとBの中間的タイプ

Aタイプは新鮮で固結度が高く比較的大きなクラックを含む硬岩に認められる劣化形式である。このような岩石の耐久性はクラックの強度に支配されるから初期段階ではほとんど劣化せず、時間の経過とともにクラックの強度が低下するとそれに沿って分割を起こす。したがって重量損失曲線は不連続な階段状を示す。Bタイプは大きなクラックを含まず比較的均一な組織をもつ固結度の低い岩石や、ある程度風化が進んだ岩石に認められる劣化形式である。このような岩石の耐久性は基質を構成する粒子間の結合力に支配されるので、劣化は初期段階から徐々に進行し、なめらかな重量損失曲線となる。Cタイプはクラックを含み、ある程度風化を受けた岩石に認められる劣化形式であり、重量損失曲線はA、B両タイプの中間的様相を呈する。

岩石の耐久性を判断する場合、BあるいはCタイプについては試験中の経時測定から推定可能であるがAタイプの岩石は物理量の経時変化がほとんど起らず、前者と同様な方法で判定することは不可能である。しかし、後者は元来耐久性が優れているので所定のサイクルまでに崩壊が起らなければリップラップ材として使用できる。したがって、耐久性の判定において問題となるのはB、Cタイプの岩石である。

B、Cタイプの岩石は初期段階より徐々に劣化が開始され、以後連続的に剥離が進行してゆく。現時点でのデータによれば、耐久性が劣り、劣化が急速に進行するような岩石は100サイクルまでに崩壊するか試験を継続することができても、重量損失が10%以上に達するものがほとんどである。重量損失が100サイクルで10%以下の供試体は劣化は進行するが劣化速度は緩慢である。

また岩石材料の性質は本質的にばらついているものであるから、物理的性質の似かよった供試体を同一条件下で試験しても重量損失もばらつく可能性がある。したがって基準値として5個の供試体の中央値を採用するものとする。すなわち供試体5個の重量損失の中央値が100サイクルにおいて10%未満の岩石の耐久性は一般的には実用上問題が少ないと判断して大きな誤りはないと考えられる。しかしこれは一般的な場合の概略の値であり、個々のダムサイトにおいては、そのサイト特有の条件を勘案してこの値を緩和することも可能である。

5.2 吸水率、有効間隙率、乾燥密度の経時変化

試験結果から各測定時毎に吸水率、有効間隙率、乾燥密度を計算し、それぞれの経時変化曲線を描くものとする。

〔解 説〕

凍結融解が繰返されるに従い、組織が緩んでくるので吸水率および有効間隙率は増加し、乾燥密度は低下する。これら3つの量は互いに密接な関連をもっているが、中でも吸水率はばらつきが少なく、また初期値と耐久性との関連もかなり明瞭であるので、以下吸水率について説明する。

吸水率の経時変化は増加率の大きいものとほとんど増加しないものに分けられる。さらに初期値の大小により大きく4つの型に分類できる。耐久性が最も優れているのは初期値が小さく、増加率の小さな岩石である。逆に初期値が高くさらに増加するような岩石の耐久性は劣る。この傾向は全ての岩種に共通であるが、基準となる数値は岩種毎に異なり、一般値を示すことは不可能である。例えば流紋岩では2%程度のものは耐久性に優れているが、礫岩では1%でも耐久性に問題がある場合もある。したがって、これら

の量は各岩種毎に基準値を定め、重量損失等と比較して耐久性判定の1手段とすることが望ましい。

5.3 動弾性係数比の経時変化

試験結果から各測定時毎に動弾性係数比を計算し、経時変化曲線を描くものとする。

〔解 説〕

動弾性係数比は次式で定義する。

$$\text{動弾性係数比} = \frac{\text{測定時における動弾性係数}}{\text{初期状態における動弾性係数}}$$

動弾性係数については既に述べたように超音波伝播速度によるものと共鳴振動周波数によるものがあるが、いずれでも良い。両者測定してあれば両者とも描くものとする。耐久性が劣る供試体の動弾性係数比は試験の初期段階で著しい減少を示す。ところがかなり耐久性の優れている供試体でも初期に著しい減少を示すものがあり、動弾性係数比が試験初期に著しい減少を示すということは耐久性の劣る岩石を識別するための必要条件であって充分条件であるとは言えない。したがって、動弾性係数のみでは耐久性を判定することはできないが、外観上全く変化が起らないような岩石（Aタイプ）の耐久性を検討する際には有効な指標となりうる可能性がある。またコンクリート供試体と同一な基準値（60%になった時点で試験終了とする）と設定することは岩石の場合、耐久性を過少評価することになり適当でない。

5.4 写真およびスケッチ

供試体の写真およびスケッチは劣化状況の経時変化が明確にわかるように整理する。

〔解 説〕

写真およびスケッチは劣化状況を視覚的にとらえるために必要であり、各測定時のものを供試体毎にまとめ報告書巻末に添付するものとする。

6. 報 告

6.1 報 告 内 容

試験の結果は以下の内容を盛り込んで報告しなければならない。

1. 試験目的、試料採取位置、数量、試験方法、解析方法
2. 地質図、ボーリング柱状図
3. 試験記録（生データ）
4. 重量損失曲線
5. 吸水率、有効間隙率、乾燥密度の経時変化
6. 動弾性係数比の経時変化
7. 写真およびスケッチ
8. 考察

〔解 説〕

報告書はいろいろな形式がありうるが、最少限上記の内容を含んでいなければならない。これらのうち1～4、8について以下に説明を加える。

1) 試料採取位置 試料採取位置は、試料採取位置、地質図上の位置のみならず、その試料が地山のどの部分を代表しているか、風化程度や地質学上の位置

を加味した説明を付加しておくことが望ましい。

2) 地質図, ボーリング柱状図

岩石の耐久性を知るためには単に岩片のみでなく, その試料を採取した地域全体の地質および地質構造を知ることが必要である。

地質図やボーリング柱状図を検討することによりその試料がどのような地質学的位置から採取されたのか知ることができる。

3) 試験記録

試験の生データであり, 試験結果の再検討ができる。吸水率, 有効間隙率, 乾燥密度, 動弾性係数等については計算のもとになった乾燥空中重量, 強制湿潤空中重量, 強制湿潤水中重量, 超音波伝播速度, 共振周波数等も併記することが望ましい。

4) 重量損失曲線

耐久性判定の最も重要な資料となるばかりでなく, 劣化形式についても検討できる基本的資料であるから正確に描かなければならない。

5) 考察

リップラップ材としての適否, 各種物理, 力学量と耐久性の関連, 広域的な地質状況と耐久性との関連等について記述する。

附録A-1 試験計画策定のための調査

凍結融解試験は他の岩石試験に比較して時間と経費のかかるものであり, 材料調査の初期段階から全ての対象岩石について実施することは困難である。したがって材料調査の初期段階では, 他の材料試験結果および地質現象からある程度耐久性の目安をつけることが必要であり, それらの結果より選定された数種の材料について, 岩種, 風化度等を充分考慮に入れて凍結融解試験を実施するのが望ましい。以下に材料試験および地質現象から岩石の耐久性について検討する場合の一般的留意事項について述べる。

(1) 構造運動

活発な構造運動を受けた地域の岩石は広域にわたって亀裂が発達し, また亀裂に沿って細脈が発達している場合がある。亀裂間隔が密であったり, 細脈鉱物の強度が低い場合には岩石は細片化し, リップラップ材として適当でない。特に砂岩, 泥岩の互層が分布している地域では泥岩は泥化し, 砂岩は非常にクラッキーになっている例が多いので注意を要する。また至近距離に断層がなくても近傍に大断層があれば, 少なからぬ影響をうけるので全体的な地質構造の把握がまず大切である。

(2) 節理

節理とは岩石中に生じた割れ目のうち, ずれていないものを指し, 様々な種類があるが, 耐久性との関連で特に問題となるのは火成岩中に発達する冷却節理である。冷却節理が発達した岩体は, 岩片自体は非常に固くても節理に沿って分割を繰返し, 適当な粒度の材料を得ることが困難になってくる。甚だしい場合には径数センチ程度の碎石状を呈することもある。節理については原石山の露頭調査の段階でもある程度わかるが, それのみで即断するのは危険である。露頭調査の段階では数10センチ程度の塊状材料がとれると判断して横坑掘削を開始したり数センチ以下の碎石状になった例も報告されている。後述する風化と異なり, 節理の問題は地山深部に行ってもほとんど解決しない場合が多く, さらに広域的に同一条件の場

合が多く、リップラップ材の原石山としては放棄せざるを得ない場合がある。

(3) 貫入岩類

一般に貫入岩体は被貫入岩体に比較して亀裂が多く耐久性に劣るものが多い。特に塩基性貫入岩体はこの傾向が認められ、原石山の被貫入岩体が耐久性に優れていても、貫入岩体が劣化しやすいものであれば材料採取にあたって選別作業が必要になり、施工性に問題が生じて来る。また貫入の頻度が高くなると地山全体がクラッキーになる場合もある。しかし貫入時の熱によって再結晶している場合もあるので一概には言えず、個々のケースを良く検討して適切な判定を下すべきである。

(4) 熱水変質

強い熱水変質をうけた岩石はもちろんリップラップ材として不適であるが、一見何の変質をうけていないように見える岩石も、全体が鉱泉状に変質を受けている場合がある。このような岩石は外観に反して耐久性が著しくあることがある。しかし変質の程度が軽微なため、物理的・力学的性質は未変質岩石に比較してほとんど異ならない。したがって、物理・力学的性質のみでは耐久性の判定はできず、凍結融解試験を実施する必要がある。

現在のところ熱水変質ゾーンの範囲を適確に把握することは困難である。強変質ゾーンの周辺には軽微な変質ゾーンが相当広範囲に分布していると考えられる。したがって熱水変質ゾーンの近傍に原石山を求める場合には、慎重な調査試験を行なわなければならない。

(5) 風化

風化をうけた岩石は組織が緩んでおり、耐久性が劣る。リップラップ材は新鮮堅硬であることが必要であるので風化した岩石を使用することは望ましくない。

原石山からリップラップ材を選定する際にはこの風化層は対象範囲外とし、風化が及んでいない地山深部から採取する。しかしマサ地帯にみられるように、風化が地山深部まで及んでいるような場合は、リップラップ材としての原石山を別途さがす必要が生じる場合もある。

(6) 岩種

ロック材料として適合すると考えられている岩種は現在のところ表-2, 3のようにまとめられている。

しかしこれらの表で適合しうると考えられている岩石

でも、前述(1)~(5)の条件を充分考慮しなければならない。例えば花崗岩類はマサ化していることが多く、半

深成岩は貫入岩体として産出するので(3)に述べたよう

な問題を生じやすく、火山岩類には冷却節理の発達が

著しい場合があり、輝緑凝灰岩には方解石の細脈が発

達し、耐久性に問題を生じている場合がある。しかし

これらとは逆に結晶片岩類でも石英分の多いものは耐

久性に優れており、片麻岩も新鮮な花崗岩類と同様の性質を示すものがある。さらに第三紀の凝灰岩でも

焼成作用が進行し、ロック材として充分使用できる場合もある。したがって岩種のみから判定を下すのは

不適当であり、個々のケースについて(1)~(6)に述べた事項を勘案して決定することが重要である。

表-2 岩種から見たロック材料の適合性

適当と考えられている岩石	注意して使用されるべき岩石
花崗岩類 玄武岩、安山岩、流紋岩 中生代以前の砂岩 石灰岩 珪岩	頁岩、粘板岩 凝灰岩 新生代の砂岩 片麻岩、片岩 (節理が著しいもの)

表-3 岩種からみたロック材料の適合性

適合すると考える岩種	使用にあたって注意すべき岩種
深 成 岩 花崗岩、閃緑岩、斑れい岩など 半 深 成 岩 石英斑岩、ひん岩、輝緑岩など 火 山 岩 類 流紋岩、安山岩、玄武岩など 中生代以前の堆積岩 頁岩、粘板岩など層理が密な岩石を除く 砂岩、輝緑凝灰岩、石灰岩、チャートなど	超塩基性岩類 蛇紋岩など 変 成 岩 類 片理の発達した結晶片岩、片麻岩など 火 山 岩 類 新第三紀以後の凝灰岩、温泉作用を受けた岩石 堆 積 岩 類 頁岩、粘板岩、新第三紀以後の砂岩および隆起サンゴ礁石灰石など

(7) 鉱 物

鉱物の中には岩石の耐久性に悪影響を及ぼすものが少なくないと考えられるが、明確に原因者としてつきとめられているのは僅かである。現在のところ以下のものが明らかにされている。

スメクタイト

粘土鉱物の一種で化学組成の違いから6種類に分けられている。白色、灰白色、灰緑色、黄色等を呈し、常に土塊状として産出する。これらの鉱物はいずれも層状構造を示し、層間物質として水分子を伴った交換性陽イオンを有している。したがってこれらの鉱物に水が添加されると水は層間に吸収されて層間を開き膨潤し、岩石は分解する（スレーキング現象）。これらの鉱物は元来熱水変質やごく低温の変成作用あるいは地表における風化を受けた火山岩等に多い鉱物であり、その存在自体が耐久性が良好でないことを暗示するものである。スレーキング現象に関してはスメクタイトのうち特にモンモリロナイトとサポナイトの報告例が多い。

ローモンタイト（濁沸石） $\text{CaAl}_2\text{Si}_4\text{O}_{12} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

沸石族の一種であり、一部水を失ったものをレオンハルダイトと呼ぶ。特に常温常圧下で $\frac{1}{8}$ 分子の水を失い白色粉末化するものをカボルシアナイトと呼ぶことがある。粉末化の原因は一応水の出入りに伴う体積変化によって説明されているが、異論もあり定説化されていない。しかし、ローモンタイトの白色粉末化はかなり普遍的な現象であり、横坑掘削時に新鮮であった岩石が数ヶ月で泥化した例もみられ、湿潤乾燥あるいは凍結融解の繰返しに対する抵抗性は非常に劣る。無色、白淡紅、淡黄、淡から色等を呈し、柱状結晶として火成岩や変成岩の空隙や脈を満たして産出することが多いが、鉱物を置換したり岩石全体を鉱泉している場合も多い。一見石英に類似しているが、ハンマーでこすって鉱物に傷がつくのがゼオライト、つかないのが石英である。

鉱泉状の場合は岩石全体が一様に泥化し、細脈状に入っている場合は細脈に沿って分割するが岩片自体は堅硬である。細脈の場合には、密着していてもわずかにローモンタイトが存在する（厚さ0.1mm以下）だけで凍結融解の繰返しに対する抵抗性は著しく劣る。他の沸石についてはこのような例は現在のところ報告されていない。しかし元来沸石族は低温低圧下における変成作用を示すものであり、また種々の沸石が共生している場合が多いので、沸石鉱物に関しては特別に注意を払う必要がある。沸石の同定にはX線回折装置を使用するのが望ましい。

質 疑 応 答

神尾（中国地建）

硫酸ナトリウム等の結晶圧を利用したものであり、非常に苛酷な試験であるという耐久性試験ですが、この試験と凍結融解試験との相互関係は明らかにされておらずと書いてありますが、これらの相互関係を明らかにしていく予定はあるのでしょうか。と言いますのは、私共の地建の方で河川管理上、一級河川にかかる工作物（ダム）が他の電力会社あるいは農林関係等他の機関で事業するダム等の構造物があります。その場合、審査を行います。この様なリップラップ材の安定性試験として、硫酸ナトリウムによる耐久性試験を行ってくる場合があるわけです。その時に、ここに書いてある試験を行えと言えれば良いのですが、そうでない場合、一応関連性がつけられていた方が、何かと都合がよいのではないかとと思われるのですが、その辺の事についてはいかがなものでしょうか。

中村（土研）

現在凍結融解試験を行っている岩石については、私共で硫酸ナトリウムによる薬液の安定性試験を JIS にのっとりまして実施していますので、そのうちに関係が明らかになると思います。ただし JIS そのままの試験では多少耐久性に問題のある岩石は、すぐ壊れてしまうので凍結融解試験とは直接に結びつかないというような感じがしています。直接 JIS の試験と結びつけられるかはわかりませんが、薬液による耐久性判定試験と凍結融解試験の関連は調べています。

今までの研究例では、薬液による安定性試験の方が凍結融解試験に比べて約 3 倍程度苛酷な試験であるという結果が報告されています。いずれ対応はつけるつもりですが時間がかかると思います。

安江（土研）

岩石によっては真二つに割れてしまってどちらかが本体であるかわからなくなってしまうケースがあると思いますが、その辺の配慮がないと表面から徐々に風化していく場合はいいのですが、凍結しますと 3 つか 4 つの固まりに割れるという場合には取り扱いが非常に難しくなるのではないかと思います。その辺については、いかがでしょうか。

中村

フィルダムのリップラップ材として用いて問題となるのは主に表面から徐々に変化するものであり、本基準もそのような岩石を対象としているが、6 ページの上に書いてありますように、「なお大きく 2 分割したような場合は、そのうち大きな方を本体とする」ということで 3 つか 4 つに割れた場合は一番大きな物を本体とすることを考えています。

安江

同じ位の大きさに割れてどちらかが本体かわからないような場合は非常に難しいと思われます。私は以前に似たような事を多少行ったことがあるのですが、その時の 1 つの考え方として、まず個体の大きさがあり、それがそのものの半分になるものとか、4 分の 1 になるものとか、そういう分類をしました。それで、それぞれの何パーセントに当たるかというようなものを 1 つのインデックスになると思います。そうしないと、極端な場合を言いますと、ただ 2 つに割れたというのと同じ様な考え方になってしまっ、て、実際の風化現象と異なるのではないかと思います。そのあたりをフォローしていただけると非常によろしいのではないかと思います。

中村

その点については解析の劣化形式というところで説明してありますから、それを説明してからという

ことにしたいと思います。

根岸〔北海道開発局〕

凍結融解試験を行う時に、最高温度と最低温度という具合に決めたらいいかということでだいぶ悩むことがあるのですが、この $\oplus 15 \sim \ominus 15^{\circ}\text{C}$ というのはASTMの基準に対して、温度が違うと思うのですが、これをまとめる過程において、どのような議論が出て、このように決定したのかお聞かせ下さい。

中村

その点は、コンクリート用の凍結融解試験機が使えればよかったのですが、そのような機械もない時に試験を開始しまして、この試験自体がどこでも手軽にできるようにしようということで一般に使用されている恒温槽が使用できるという条件ということが第1点です。第2点は岩石内部まで凍結融解を繰り返させた方が試験条件としては一定になるということで、劣化を起させるためには、凍結・融解の繰り返しが重要になるのであって、必ずしも内部まで凍結する必要はないのですが、そのようにすると条件がバラツキますので、岩石の内部まで凍結融解を起こさせる最低の温度条件ということで、この温度を決めています。また、最高・最低温度最高最低持続時間、及び温度の上昇・下降時間というものは、それほどシビアにはきいてこないという報告があります。

藤田〔土研〕

先程、安江さんが言われたように“パッキリ”割れるというもの、これは25%以上ということではなく、半分ということで50%、中には3つ割れれば75%減る場合もあるわけです。その重量損失が大きいものが、あとの種々な試験に対して、影響度が大きいのかということになると分割するものについては潜在的なキレツで割れるのだと思いますが、そうすると残り部分というのは、かなり堅い部分が残るのではないかと思います。そういうものの試験を行った場合には、それ程劣化を生じないのではないかと思います。ですから重量損失で破壊というものを決めていると逆に試験では、まだ劣化の進んでないという結果がでるのではないかと思います、いかがでしょうか。

中村

まさにおっしゃる通りです。そのように半分とか $\frac{1}{3}$ に割れる岩石は岩片自体の耐久性は良いわけです。そのような岩石に確かに重要損失だけで判定を行ないますと初期の段階で40～50%になってしまいますが、一応この判定基準としましては、B、Cタイプを主な対象と考えています。2分割、3分割するような岩石は、何サイクルが良いか明らかではありませんが、所定のサイクルまでに分割が起こらなければ、重量損失にかかわらず、良いことにしようではないかというような事を考えている段階です。

藤田

わかりました、結局、先程安江さんがおっしゃったように“パッキリ”割れる岩石については別にコメントをつけた方が良いと思います。

中村

わかりました。

大木〔北陸〕

今の“パッキリ”割れる問題と関係しますが、硫酸ソーダ法等にはある粒度でふるって、それを重量損失としていますがその方法では不都合なのでしょうか。

Aタイプというのはお話しのように本質的には、ある所までもてば問題ないというような言い方なんで

すが、Cタイプになると非常に判定が難しいと思うのです。本当にふるってよいのかどうかという問題に対して、今のやり方だと小さい方を全部ふるってなくなったものとして考えておられるようですが、その辺が難しいと思っています。ある篩でふるって残った部分を残留にするという考え方をすてたのは、どういうことなのか教えていただきたい。もう1つは動弾性係数も測定するように規定されているが、判定基準としては用いられておりません。測定する項目として取り入れたのか、重量損失がメインであるとは単なる参考だという見方なのか、教えていただきたい。試料の作成方法は動弾性係数測定を前提としているように思いますが、用語の定義もなくそのあたりに少し疑問を感じるのですが、いかがでしょうか。

根岸

同じような質問になるのですが、北海道では従来、割れた物を5mmの篩でふるいまして、5mm以下の物を損失重量としてきたわけですがけれども、実際このように割れて、半分以下の物を捨てていった方がいいのかどうか、これは基準にかかわる問題なので、そういう相関性とか、表わし方についてどちらがよいのかという十分な検討はされたと思いますが、見解を示していただきたい。

中村

まず、篩を用いる方法ですが、これは4.6mmでやっておられる方が多いと思います。そのようなことをやられていたのは、かなり大きな試験片が多いということで、そのように定義する必要があったのだと思います。

ここで用いている供試体はボーリングコアあるいはそれ以下の物を対象としておりますので、ボーリングコアからまた壊れた物は非常に小さくなってしまいます。そのようなことから壊れたら、リップラップ材としては不適にしようという理由です。それと動弾性係数の問題なのですが、計り始めましたのが最近で、まだデータの集積が少ないわけです。それでもいわゆる“パッキリ”と分割するものでも劣化を示す指標として使えそうな感じがしているわけですが、それがどの程度有効かということが解らない状態です。そこで、できれば重量損失と同じ様な意味をこれから持たせていきたいと考えておりますので、これは重量損失と同じ程度の重要度をもっていただきたいと考えております。

菅原（土研）

篩を使わなかったもう1つの理由は、供試体は整形試料を使うこと、要するに均等型の直径5cm、高さ10cmの物を使うということが大きな意味をもっているわけです。それで、試験は小さな供試体でやるものですから、いちいち篩を使っているとかなり時間的に無理が生じることが大きな理由です。それから、インデックスに何をを使うかという点につきましてはいろいろな指標をあらかじめ充分検討しております。

動弾性係数につきましても、数値を実際に見た感じではかなり差がでてきてまして、今の状態では本当に使えるのか、ちょっとわかりません。コンクリートの方で使っている数値がどれだけ意味をもっているかわかりませんが、岩石の場合には動弾性係数のもっている意味が不明な点が多いと考えられます。一応、指標として将来使えるかもしれませんが、とりあえず重量損失に比べて使えないということとで重量損失を一番、現象と量が定量的に合うという理由で使っているのが状況です。

大木

先程の話じにとだわるようですが、試料が小さいとなると2つに“パッキリ”と割れると自体の不

適ということになるのではないのでしょうか。

中村

試料をどのように採取したかによると思います。つまり、クラックを含んだどの部分から採ったかによりますが、2分割するようなものは望ましくないのは事実です。

大木

数多く実験をやられてあるいは現場の実際のリップラップ材の調査をやられての結論だと思いますが108サイクル10%以下という基準に該当するのが、全試験のうちの、どの位に当たるのか、全体の8割ないし9割を網羅できるものなのでしょうか。その辺と現場で実際に盛り立ててある材料との対比は済んでいるのでしょうか。

中村：

それは実際、建設されてからかなり年月が経っているダムについては行っていますが、最近築造されているものについては、劣化は進んでいませんからまだ行っていません。それで108サイクル、10パーセント以下というのはこれなら大丈夫という基準であって10%以上の岩石をリップラップとして使って、どの程度不適であるのかという点についてはもう少し検討が必要だと思います。この基準を作る時に土研内部で基準としては100サイクルでaパーセントだったら大丈夫、a～b%だったら注意して使用する、b%以上は使用不可というような3段階位に分けたらどうかと言う案がありました。しかし現段階ではそれだけの根拠をもち合わせていませんので108サイクルで10パーセント以下という値は非常にきびしい値だろうとは思いますがこれだけの耐久性があれば問題はないのではないかという基準になってます。

安江：

結局リップラップの試験だけでなしに広域な地質状況との関連というのは非常に暗示に富むものではないかと思います。例えば、新しいダムで材料の耐久性を論議できない場合でも、同じ岩種は河岸に露出しており凍結融解を受けるのであってしかも岩がかなり長い年月、安定を保っているような場合、それをもってきて、試験すると大体の感じがつかめるのじゃないかと思います。それに似たことを行ったことがあるのですけれども、だいたい将来その岩はどうなるのかという1つの目安が広域での地質状況で同種の岩が置かれてどうなったかと言うことによっても得られると思います。その辺の考察をもう少し書かれれば実際に使い易いと思うのですが。

中村：

そのような事について、本文としては書いておりませんが付録A-1の試験計画作定のため調査というところで、どのような点に留意して凍結融解試験用の供試体を選んだらよいかということが書いてあります。これを本文にもってくるかどうかについては、また議論があると思いますが、その事については後からご意見を伺いたいと思います。

神尾：

A-1試験計画策定のための調査の中の(2)で節理という所の下から3～4行目にかけて「節理の問題は地山深部に行っても解決しない場合が多く」と書いてありますが、この文章だけを取り上げると言う事は必ずしもすべての場合にはあてはまらないのではないかと思われるのですがどうでしょうか。強調したかったのは、風化の場合はマサ化等を除けば表土剥を行って風化した部分を除けば使えると

思います。それと異って冷却節理が発達している場合は5号採石程度の碎石状になっている地山もありますし、いくら横抗を掘っても50m以後100m以後そういう状況がずっと続いている場合もあるということです。少し書き方がきついかもしれません。

神尾：

一般的には、なかなかこうは言えないのではないかと思います。その辺の表現をもう少し書いておかないと節理に対する一般論で見てしまうと少し書き過ぎだと思います、その点についてご配慮いただければいいのではないかと思います。どうでしょうか。

中村：

わかりました。付け加えておきます。

藤田：

表題が判定基準となっておりますので、判定基準が何が、どこにあるのかと思って見ますと18ページの下半分に中央値が100サイクルにおいて10パーセント未満なら良いというのがそれにあてはまると思います。その他の試験については判定基準と言うよりは試験方法になると思われまして、この全体の内容からみますと判定基準と言うよりは、リップラップ材の凍結融解試験法の試験基準という感じになってしまうように受け取れるんですがその辺はいかがでしょうか。判定基準にこれで使えるかどうかということなんですが、まあ根本的なケチをつけるようで申し訳ないのですが、ちょっと御意見をお願いします。

中村：

試験基準としてなら、試験の手順を書き、こうしたらこういう結果が出で、それを整理したらどうなるということを書けばよろしいので簡単なわけです。そのような試験基準といったものが現在のコンクリートの凍結融解試験でありまして、確かに試験基準は定義してあるのですけれどでは結果が出たらどのようにして判断したらよいかということになると明示してなく、結局ある権威者が見て良い悪いの判定を下しているのが現状です。リップ材に対してもそのような事を行ってもらうと困るというか、それでは万人はつかえる基準にならないということでまだ不十分ですが、これからデータを加えたり、皆様の意見を聞いたりして指標として量損失だけでなくいいものがあつたらそれも加えてこの(案)をどんどん変えてゆきたいと思います。とりあえずこの基準にのっとって試験方法だけでも統一してやってそのうちもっと強固なものにしようとしている次第です。

岡本(土研)：

いろいろな貴重な御意見を沢山伺っておりますが、特に最後に藤田室長がおっしゃったことは非常に根本的な問題でございます。私自身も試験基準では都合が悪いので判定基準ではなくてはならないと思いますし少なくともリップラップとはどの位大きなものが必要でそれがいつまでどの位の大きさまで保っておればよろしいのかと言うことがリップラップ材の耐久性の判定基準ではないかと思います。それからどのような岩石にどのような特性があつてどのような劣化傾向があるかと言うこともやはり判定基準の中に入っていなければならないと思うのです。そこでよりどころになるのはやはり発表者がふれていました節理の傾向のもつ岩石であるとかあるいは石が入ってくる可能性のある生成条件とかこういう事が、やはり試験を行う前にいわば1次篩にかける判定基準ではないかと私も思います。要するにどのような篩を通るが、疑問のある岩石について試験をするということがリップラップ材については言える

と思います。私がこのような事を言うのははなはだおかしいと思いますがこれはリラップ材の試験基準あるいは判定基準なのかロック材を包含したものなのか若干あいまいで言われていることはロック材のことのようなものもありますのでその辺の整理をし将来ロック材についてもある程度のことが言えるというような形にしておけば原案として通用するのではないかというような感じもします。

菅原：

ありがとうございました。もう少し討論したいところなのですが時間もございませんので、この判定基準は（案）ということでまだ問題はございますけれどもいまだ少し内部で検討しながら外部に対しても、例えば開発局とか各地建の方々にもいろいろなご意見をいただきながら基準（案）という形でまとめてゆきたいと考えていますので皆様方にも、是非御意見をいただければと考えています。

岡本：

地質研究室長が言っておりますので、御了解いただけたと思いますけど、せっかく地質担当者会議で各地建、北海道から沖縄までお集まりになっていますのでこれをお持ち帰りいただきまして地建内部でご意見を得られるような形、あるいはそうそう機会をぜひ作っていただいて、地質研究室の方へご意見をお寄せいただくようお願い致します。

4. 斜面崩壊に関する諸問題

土木研究所急傾斜地崩壊研究室

室長 安江朝光

新開元 各十國以知而後

新開元 各十國以知而後

永 陽 昌 發 興 隆

4. 斜面崩壊に関する諸問題

斜面崩壊の問題は急傾斜地崩壊対策事業だけでなく、道路、宅地造成、ダム等においても検討されるべきものである。実際に問題にされる内容は互に関連するところが多い。さらに斜面崩壊というより土砂災害という広い目で見ると土石流についても言及しなければならない。これは最近、砂防の分野で非常に問題になっているもので、これに対する調査、研究あるいは行政的な対応も進んできている。これらについての最近の動向について述べてみたい。

1. 技術基準の整備

1.1 河川砂防技術基準（日本河川協会、計画・調査編 昭51.6）

河川砂防技術基準の計画・調査編がすでに印刷され、設計、施工編が最終段階のつめに入っている。この中で急傾斜以外の基準については前回の基準の中に入っており、その後の技術の進歩に見合った改訂がされている。崖の問題については、当初、同じならばでは書けなくむずかしかったがとりあえず基準の中に入れるという指示があり全編を通して入れた。急傾斜地崩壊対策事業は国の補助を得て行う都道府県営工事であり、直接事業にたずさわる県の関係技術者と討議を加えた。もともと自然斜面というのは、誘因が雨以外にもいろいろあり、素因的にも自然地山ということで非常にむずかしいというわけである。そのようなことからまとまった基準というより今までの現場におけるコメントというか技術面でのさわりを集めたもので、特に数値が入った設計値等の体系化はできていない。対策工事自体はずいぶん増えてきたわけで調査設計、施工以外にも維持管理等の問題も出てきている。従来の経験、資料をふまえて、設計計算ができるような方向で、技術基準を向上させるため、本省、傾斜地保全課の専門官をチーフにして土研、県でグループを作って現在資料を集め来年当たりまでに具体化できるように作業を進めている。

1.2 土石流危険渓流および危険区域調査要領（建設省砂防部 昭53.11）

土石流が最近問題になってきており本省の砂防課では調査に踏み切り、危険渓流の表示をすることにした。土石流には渓流自身の危険度の問題と土砂が出た場合の被災区域の問題がある。現在は主として渓流自身の発生するか否かを主眼にして調査を行っているが、被災区域、つまりどこまで土石流、土砂流が到達するかという問題についても調査を進め、行政的な対応ができるようにする努力がなされている。

1.3 法面工、斜面安定工指針（日本道路協会 昭54.4）

この指針は、中央大学の久野教授、土木研究所の岡本地質官、山村機械施工部長をチーフとし作業を進め、前回のものを小改定する目的であったが、地這り等については改訂した範囲も広く、全体にかなり水準が上がっている。また維持管理についても道路協会から指針がでている。

1.4 落石に関する便覧（日本道路協会 昭55.3（予定））

道路の管理瑕疵の問題で落石はかなりのウェイトをしめる。落石については発生の誘因が春先の凍結融解であるといったように明らかである場合もまれにはあるが、地這りの場合のように地下水との対応、崩壊についての雨との対応のように全般的な傾向として見た場合にはなかなか結びつけにくく、基準化がむずかしかった。昭和49年度に高速道路調査会で「落石に関する報告書」がまとめられており、その後、国鉄においても昨年度に群馬県で落石での事故があり、それを契機として落石に関する手引書がでている。そ

の内容は調査法、危険度判定法と落石発生を事前にくい止める為の予防工、実際に動いてきたものを止める為の防護工の設計、施工に関するものである。構造物に作用する動的な荷重については、現場試験結果などよりいろいろ設定するとともに洞門工、棚工の設計体系についてもかなりの水準で整備されている。

現在、道路協会においても、国鉄での成果を参考にして、昭和49年度に高速道路調査会で取りまとめたものをもう1度、見なおす作業を進めている。前述したように落石に関しては非常にむずかしい問題が多々あることから当初は指針あるいは、手引きという形でまとめる案があったがその後の討議で落石に関しては便覧という形でまとめることにし、現在作業が進められている。

2. 地震時の斜面安定に関する調査研究の推進

2.1 地震による斜面崩壊に関する研究会（土木研究所）

地震による斜面の崩壊には、十勝沖、伊豆半島沖等の例がある。特に伊豆大島近海地震では斜面の災害が多くみられた。これらの分野は問題が多岐にわたるため、土木研究所においては研究調整官を中心として地震防災部、地質化学部、機械施工部、砂防部の関連する研究室が集まり委員会が設置された。現在のところ、伊豆の災害を詳しく調査しデータを取りまとめることを目的とし、それらをモデル化し斜面を的確にとらえる作業を行っている。そして、モデル化された斜面について模型実験、あるいは有限要素法などによって解析をすることになっている。現在の進捗状況は、実験調査についてはだいたい終え、部分的にモデル化を行ない54年度中に1部の崩壊例について動的解析をし、実態との照合をする段階に来ている。

2.2 法面、斜面耐震調査票（日本道路協会、道路震災対策委員会）

前述のことに関連して二つの組織が作られた。その1つは、

道路協会の中に福岡正巳教授を中心として設置された道路震災対策委員会で、ここでは斜面だけでなくトンネル、盛土等を含めて道路震災対策全般を取り扱っている。

もう1つは、やはり福岡教授を中心として道路公団の中に伊豆地震の事後処理のために設けられた対策委員会である。ここでは特に高速道路関係の災害の事態を調査検討し復旧法をまとめる作業が進められている。それらについてはすでに道路協会の道路震災対策委員会で、伊豆関係の被災状況をとりまとめた第1回目の報告書がでている。また、大規模地震の問題が起きた為、耐震点検を行うことになり、斜面、盛土橋梁およびトンネルに対する点検方法の検討を行った。それらについてもだいたいの案がまとまり道路協会で印刷し今年度中に報告書ができる予定である。

道路協会の震災対策委員の報告書の中から抜粋したものが表-1で、これを用いてのり面、斜面の耐震調査を実施している。

上記の方法を道路についての急傾斜地での耐震調査においてもそのまま用いることがほぼ決定している。のり面・斜面の危険度判定にはいろいろな方法がある。現地踏査時の技術者の判断、あるいは、これをより客観的にした点数制による方法が多く用いられている。それ以外にも数量化を用いて壊れた斜面と壊れていない斜面の要因を分析して互いがはっきり別れるように要因の重みづけと要因の組合せをし統計的な処理をする方法がある。また、サウンディング等により地盤の状況を調査し危険度判定をする方法とさらにそれを進めて地盤条件より計算を行い安全率という形に集約して判定する方法がある。また斜面崩壊が地過りに近い場合には計器を用いて地盤の動きから危険度を判定する方法がある。このうち、従来から行われてきた経験をとりまとめて点数化したものが表-1に示す調査である。考え方としては①～⑦に

(道路震災対策)

表-1 のり面・斜面耐震調査票

調査機関			調査者			総合判定
路線名			整理番号			
所在地						
番号	項目	小項目		備考		
		名	点数			
①	斜面高 (Hm)	H < 10m	3	20°以下のり尻から20°近傍の勾配変換点 (QとP) の比高とする。斜面に保護工事があってもそれを含めた高さとする。		
		10 ≤ H < 30	7			
		30 ≤ H < 50	8			
		50 ≤ H	10			
②	斜面勾配 (α)	α < 1 : 1.0	1	①のQ, P間の平均勾配とする。 1 : 0.6の勾配は約60° (= 59.04°)		
		1 : 1.0 ≤ α < 1 : 0.6	4			
		1 : 0.6 ≤ α	7			
③	オーバーハング	構造物のない斜面のオーバーハング	7	岩の斜面などで一見してオーバーハングと見られるもの。 土の斜面では、まず、ないと思われるが。		
		構造物のある斜面のオーバーハング	4			
		なし	0			
④	斜面の地盤	斜面の表面に転石・浮石が多い	10	上位のものを用いる。 例えば、土砂で表面に転石、浮石が多いものは10点とする。		
		切土のり面に玉石が多い	7			
		風化、変質、キレツの発達した岩	6			
		レキ混り土砂	5			
		風化変質した岩	4			
		キレツの変質した岩	4			
		土砂	4			
		粘質土	1			
⑤	表土の厚さ	0.5 m 以上	3	表土とは表面の腐植土、有機質土をさす。ただし表土下に非常にルーズな崩壊土等があればそれも含める。		
		0.5 m 未満	0			
⑥	湧水	有	2	常時見られる湧水をさす。		
		無	0			
⑦	落石、崩壊頻度	年1回以上	5	道路交通又は道路構造物等に損傷を与えない程度の軽微な落石、はだ落ち、のり崩れ等をさす。		
		年1回未満	3			
		なし	0			
小計		点		①～⑦の合計 (基準要素)		
⑧	斜面の異常、変状	有	a	斜面とは自然斜面、無保護斜面(ネット工は入れる)植生のある法面をさす。異常変状はクラック段差等崩壊に直接つながるものをいう。		
		無	c			
⑨	斜面安定工の異常、変状	有	a	表面にモルタル吹付等何らかの人工構造物に覆われているもの。異常、変状はクラック、段差、はらみ出し等、崩壊に直接つながるもの。		
		無	c			
⑩	構造物や道路交通に支障を与えた落石、崩壊	有	a	過去に落石、崩壊等により事故または道路構造物等に損傷を与えた経緯があるもの。尚当該箇所に満足な防護工が施されていれば対象外		
		無	c			
⑪	斜面上の有害行為	顕著である	a	斜面高の範囲で盛土、水の放流、停滞、浸透等崩壊を助長させるような行為。		
		若干見られる	b			
		なし	c			
⑫	斜面安定工による斜面の安定度	やや低い	a	道路土工指針等についての技術的完全さの程度、および、施工後の老朽化等を考慮して判断する。		
		普通	b			
		高い	c			
小計		a	b	c	⑧～⑫のa, b, c,の個数の集計 (判断要素)	
のり尻から道路までの距離 (Lm)		L =	L' =	H =	L, L', Hの長さは左図の通りとする。	
その他の特記事項						

(イ) 表-2 のり面・斜面耐震判定案の一例

		基準要素点		
		13点以下	14~23点	24点以上
判 断 要 素 ⑧~⑪	a がひとつ以上	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ
	b がひとつあとは c	Ⓑ	Ⓐ	Ⓐ
	全 部 が c	Ⓒ	Ⓑ	Ⓐ

(ロ)

		表 - 1 の 判 定		
		Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
判 断 要 素 ⑫	a	A	A	A
	b	A	B	C
	c	B	C	C

(ハ)

ランク	内 容
A	道路施設の被災の程度または確率が高いと予想される
B	“ やや高い “
C	“ 低い “

注) 自然斜面で斜面安定工がない場合は、判断要素の9を除いて表-1で判定する。他の場合はすべて表-1と表-2で判定する。

については一般的判断の基準となるもので、⑧~⑫については、より直接地震時の斜面安定にかかわる要素であり、1つでも該当するものであれば①~⑦の判定にかかわらず危険側になることが言える(表-2参照)。

道路についての上述の方法を急傾斜地での耐震調査においてもほとんどそのまま用いる(表-3、表-4参照)

これらの票を作り道路、崖等に適用して県の担当者に、試行してもらったが個人差が入りまだ問題があるといえるが、とりあえず行政ニュースに対応するためこの点検票を用いて調査することにした。

2.3 由比地区震災対策技術委員会(国鉄、建設省、静岡県)

静岡県の由比に從來から地這りが問題

表-3 急傾斜地震災対策斜面危険度判定基準

要素	番号	調査項目	項目区分	配点	備 考
基 本 要 素	①	斜面高 (Hm)	50 ≤ H	10	のり面(Q)から2倍近傍の勾配変換点(P)までの比高とする。なお、斜面に構造物があっても、それは対象外とする。
			30 ≤ H < 50	8	
			10 ≤ H < 30	7	
			5 ≤ H < 10	3	
	②	斜面勾配 (α)	1:0.6 ≤ α	7	①のP、Q間の平均勾配とする。 なお、①、②の項目は事前に大縮尺の地形図等で法線距離を参考にして、現地では測距儀やクリノメータ、ハンドレベル等を用いて正確に測定する。
			1:1.0 ≤ α < 1:0.6	4	
			α < 1:1.0	1	
	③	オーバーハング	構造物のない斜面のオーバーハング	7	岩の斜面などで一見してオーバーハングと見られるものを、土の斜面ではまずないと思われる。なお、構造物のある斜面とはモルタル吹付等で表面が覆われている斜面をさす。
			構造物のある斜面のオーバーハング	4	
	④	斜面の地質	オーバーハングなし	0	斜面の地質とは、表層土の下2~4m程度の深さの地質をさす。 転石、浮石とは表面からみ出しているものとする。なお、転石、浮石の大きさは斜面表面での転石や浮石の表層が低い場合は直径50cm以上とし、表層が高い場合は20cm程度以上のものとする。 該当するものが2つ以上あると思われる場合は上位のものを選択する。例えば両端が土砂からなり、表面に転石、浮石が多いものは10点とする。 例えば、長大斜面で表面が崩壊に覆われて転石、浮石が見えない場合でも、防止工の工法で落石に対する対策工などが施工されているような場合、その工法からして転石、浮石が多いと判断する。
			斜面の表面に転石、浮石が多い	10	
			切土のり面に玉石が多い	7	
			風化、変質キレツの発達した岩	6	
			シキ面り土砂	5	
			風化、変質した岩	4	
			キレツの発達した岩	4	
観 測 要 素	⑤	表土の厚さ	土 砂	4	表土とは表面の腐植土、有機質土をさす。ただし、表土下に非常にゆるい砂層等が出ればそれも含めた厚さとする。
			粘 土	1	
	⑥	湧 水	0.5m以上	3	表土とは表面の腐植土、有機質土をさす。ただし、表土下に非常にゆるい砂層等が出ればそれも含めた厚さとする。
			0.5m未満	0	
	⑦	落 石、崩壊頻度	あ り	2	常時見られる湧水をさす。
			な し	0	
	⑧	斜面の異常、変状	年1回以上	5	家屋等に被害を与えない程度の斜面を落石、はたき、崩れ等をさす。なお、防止工が施工されている場合、防止上の完成以前の崩壊等は対象外とする。
			年1回未満	3	
	⑨	斜面安定工の異常、変状	な し	0	この場合の斜面とは表面が構造物(ネット工、植生工をほく)で覆われていない無保固斜面をさす。異常、変状とは、クラック、段差等の家屋などに重大な被害を与える崩壊につながるもの。
			あ り	1	
管 理 要 素	⑩	家屋等に被害を与えた落石・崩壊	な し	c	過去に落石、崩壊等により家屋などに重大な被害を与えた経緯のあるもの。なお、その際、十分な防止工が施工されている場合は対象外。
			あ り	a	
	⑪	斜面面上の有害行為	観 望 中	a	斜面の高の側で土、木の放流、持運、改修等家屋などに重大な被害を与える崩壊を助長するような行為。
			若 干 見 ら れ る	b	
	⑫	斜面安定工による斜面の安定度	な し	c	同、地質に対する防止工の安定度、設計図書、施工時の地質等を考慮して判断する。
	参 考 要 素	表土の剥離距離と家屋の配置	や や 危 険	a	
			危 険	b	
	参 考 要 素	その 他 特 記 事 項	高 い	c	同、斜面に対する防止工の安定度、設計図書、施工時の地質等を考慮して判断する。
			な し	c	

表-1 表-4 傾斜地地震対策斜面危険度判定表

		素 因 要 素 点		
		13点以下	14~23点	24点以上
管 理 要 素 ⑧~⑪	a がひとつ以上	Ⓐ	Ⓐ	Ⓐ
	a がひとつあとはc	Ⓑ	Ⓐ	Ⓐ
	全 部 が c	Ⓒ	Ⓑ	Ⓐ

表-Ⅱ

		表 - Ⅰ の 判 定		
		Ⓐ	Ⓑ	Ⓒ
管 理 要 素 ⑫	a	A	A	B
	b	A	B	C
	c	B	C	C

表-Ⅲ

ランク	A	B	C
内容	危険度が高い	危険度がやや高い	危険度が低い

- 注) 1. 自然斜面でまったく斜面安定工がない場合は、管理要素の⑧を除いて表-Ⅰで判定する。他の場合はすべて表-Ⅰと表-Ⅱにより判定する。
2. Cと判定された場合で
- (i) 降雨に対する52年度総点検でもCランクだった場合
 - (ii) 家屋とのり尻の距離が斜面高の半分以上ある場合のいずれかを満足すれば、ほぼ安全(C*)とみなす
3. 防止工完了斜面でも周辺の状況等で判断し、素因要素の①~⑦の項目はすべて採点する。

また最近環境の問題が重視され、法面を切った場合、もともと樹木があった所を緑に復旧してほしいという要望が強い。これらのことからアンカー工が増えてきた。アンカーについては従来仮設工として用いられ、急傾斜等で永久構造物として使用されたという例はまだ少ない。

土質工学会からアンカー工の指針がでており、そこで一応の取りまとめができてきているのであるが若干の問題がある。1つの問題はアンカー工を用いた場合の斜面の安定計算方法である。すなわち、この基準の設計例の中で、斜面安定に与える効果としてすべり面で垂直応力が増し、これにより面沿いのせん断抵抗力が増加する要素が入っているが、岩盤のわずかのゆるみ、すなわちクリープによってこの効果が消失するケースが多いと考えられるので、永久構造物としてのアンカーの設計法としては、検討の余地がある。もう1点は問題点はアンカー耐力の算定である。アンカーにもいろいろ種類がありそれぞれ工夫されているわけであるがこれを大きく分けるとボーリング孔を先端で拡げないでフリクションでもたすフリクションタイプと、先端部を拡孔してモルタルをつめてアンカー体の受働土圧でアンカー引抜力に抵抗する支圧型アンカーである。現在数多く施工されているのはフリクションタイプのものでボーリングを行いアンカー棒を挿入してグラウト剤で固めて地山に定着している。フリクション型アンカーの耐力の算定に関して風化岩の場合定着部で、6~15 kg/cm²の耐力の関係の式が本文に出ているわけだが、実際は風化岩にはいろいろな種類があり、たとえば、土木研究所が実施した試験で千葉の泥岩の風化したものについては2 kg/cm²

とされている地域があり、特に東海地震との関係でクローズアップされ、国土庁が中心となり山比地区震災対策技術委員会が設置された。

現在山比地区を二つに分けて地這りの多い地域を林野庁で、崖くずれや、斜面崩壊が問題になる地域を建設省で調査が進められている。どのようにして現在の斜面ができたかについて、地質的、地形的解釈をたて、これにもとづいてマクロ的な斜面の危険度判定を行う。次にサウディング、ボーリング、地表踏査により個々の斜面に対して危険度判定を行う。また、Janbu法による地震時のすべりに対する安定度の検討、有限要素法による斜面の動的解析もあわせて実施している。地盤調査についてはほとんど終了した段階にある。

3.1 アンカー工

ここでは崖の工事について述べる。崖の上や下には人家があり、安定コウ配に崖を切ることができない場合が多い。また

しかなかったがケースがあった(写真-1), この指針の本文に掲載されている値が定着部の地山の状況を十分吟味することなく使われてしまう恐れがある。それと一言で風化岩といってもいろいろな程度があり, もう少し区分けした算定法がないと実際現場においても使いづらいということになる。また, 崖等にアンカー工を使うことになるとアンカー単独で用いるのではなく, 法枠や擁壁と併用して使うことが多いわけで, この際, 施工時にアンカーをどこまで緊張させるかが問題になる。これについては, もたれ擁壁の場合, 1 番よいと思われるのはもたれ擁壁として土圧等の力に抵抗する時点でアンカーとしても最大限の効果がでるのがよいと思われる。このようなことから, 施工後のクリープによる変位を考慮してどの程度初期に緊張させるか相談を受けることがあるが現在のところ特に良い方法はないことから, 例えば設計 10 ton の場合は施工時に, 10 ton の荷重を 2, 3 回繰返した後 2 ton くらいの初期緊張を加える条件で行っている。アンカーに引張りを加えると地山内部にテンションゾーンを作ることでありもし岩にクラック等がある場合, 引張強度が小さいことから長期のことを考えた時なるべく地上の中にはテンションがないほうがよい。ところが全くテンションがない状態にすると擁壁が動いた場合にやっとアンカーがきくことになりアンカーの役目を果たさないことになる。以上 2 点から擁壁が前に動く時に設計荷重がかかることが最も現実的と思われる。またクリープの問題については, 実測資料もほとんどない段階で, 千葉での実験では 1 年経過後の当初の値から 1 ~ 2 割落ち込んでいる(写真-2)。また, アンカー工における斜面安定計算についても今後の研究課題であると思われる。



写真-1 アンカー試験(アンカー体)

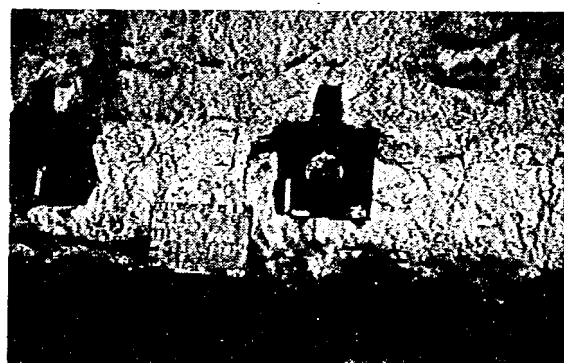


写真-2 アンカー試験(引張試験)

3.2 杭 工

杭工についても団地等の制約から使われはじめている。地中ににおいては杭工が古くから使われ, 設計例や実績もある。ただ地中の場合は非常に効率のよい杭の使い方, すなわち, 杭が末端部におかれて曲げを受けない状態で使われている。ところが斜面の場合には曲げを受けるので, モーメントで, 杭の安定計算を行わねばならない。これは種々の計算方法がある。代表的なものに高速, 山間部の橋梁基盤を対象に斜面上の杭の設計法(案)が高速道路調査会の委員会報告として提案されている。それはかなり安全側の式であり, これを斜面安定工の設計に用いるとやや過大設計になるきらいがある。杭というのは打つ場所によりかなり力のかかり方が異なることから, どこに杭を打つかの判定が斜面安定工の検討に際して必要となってくる。このようなことをふまえ実際に杭を打つ場合に過大な設計にならない設計法が今後の課題ではないかと考えている。

4. 緑化工の基準化

斜面の緑化についての研究が近年, 長足の進歩を遂げている。特に道路公団では以前から植栽関係の研

究室があり、本社には緑化関係の課題があり、緑化工についてかなり進歩している。また土木研究所においても緑化研究室が54年度に設置され研究を進めている。斜面を緑することが良いかどうか2つの問題がある。例えば地上等を根によって緊張する効果はあるが、その反面樹木が大きくなるにつれ風の影響でかえって不安定になる。もう1点は根を通して浸透しやすくなる問題があり緑化をすることが斜面に対して良し悪しの判定が必要となる。また、緑化は経年変化する植物であり、つまり成長するので現時点と5年先では斜面における植生が変化し、根の問題、斜面の高さの問題が出てきて非常にむずかしいと思われる。

最近の1つの対策としてモルタル吹き付等にネットをかぶせたり蔦をはわせたりしているが、環境的には良いのであるが維持管理面からいうとどこに破損箇所があるかわからなくなるという欠点ももっている。

これらについても今後に残された問題が多い。

The first of these is the fact that the
the second is the fact that the
the third is the fact that the
the fourth is the fact that the
the fifth is the fact that the
the sixth is the fact that the
the seventh is the fact that the
the eighth is the fact that the
the ninth is the fact that the
the tenth is the fact that the

5. 地形分析による山地地盤 調査について

東北地方建設局 河川部建設専門官

江 川 良 武

駐米大使館に送る手紙

昭和十一年三月

駐米大使館に送る手紙

昭和十一年三月

5. 地形分析による山地地盤調査について

<はじめに>

地質調査はそこに何があるか、という、極めて即物的な知識を得るためのものである。したがってそれにはボーリングや横坑の掘削という、いわばハードな調査方法が必要とされる。一方、外注体制下における官庁の第一の任務は適切な計画の立案にあると考えられ、各種の技術もこうした作業に役立てられることが望まれている。ところが現実の地質調査技術はこうした要請に必ずしも答えられる段階にはない。ボーリングや横坑の掘削は調査「工事」であって、少なくとも地元民からは、計画とは受け取られない。また地表地質踏査によって得られる情報も計画が必要とする量を必ずしも満たしていないのが実情であろう。こうした意味で、地質調査は計画論の後追いである場合が多い。しかしながら、計画論が重視される今日地質調査においても、こうした作業に役立ち得る技術を開発していかなければならぬことは明らかである。この場合、開発の視点は多様であろうが、地形から岩盤の性状を判定することは一つの有力な方法であろうと思われる。筆者はこうした見地から、地形と岩盤の対応を本論で検討してみる。

<基本的考え方>

地形から地盤状況を判定する技術として、近年盛んになりつつある航空写真による地質判読があげられる。しかし我が国のような、植生の厚い地域においては、その主要な利用目的は、砂防や地すべりといった「動的な地質情報」の把握にあり、岩盤の強度や透水性といった「静的な地質情報」の把握に対してはむしろ懐疑的な見方が一般的といえよう。ところで、これまでの航空写真による地質判読は、地形における「ストラクチャー・コントロール」にその基礎をおいてきた。すなわち、断層地形やケスタ地形などがその代表であり、こうした原理、または地形から得られる成果は地質学的な「地質構造図」にすぎなかった。しかし、地形は地質構造ではなく、岩盤の性状によって規制される。この意味で、土木を目的とする地質判読は、地形における「ロック・コントロール」にその基礎がおかれるべきである。

近年、我が国の山地においては、崩壊、地すべり、土石流がその削剥の主要な営力であることが明らかにされてきた。このことは地形が崩壊、地すべり、土石流の集合であることを意味する。ところで、崩壊、地すべり、土石流は、いわば、自然におけるセン断試験である。この「セン断試験」のされ方を地形によって分析できれば、それは岩盤の性状を明らかにすることにつながるであろう。

<地形と岩盤の対応に関する一般則>

筆者は前記の立場から既設、建設、調査中のダム約80について航空写真、文献、実地踏査等により地形と岩盤の対応を調べてみた。その結果、岩盤の性状を調べる上で有効と総括された地形は以下の通りである。

(1) クリープ地形：岩盤のようなぜい性材料も長期的間には重力の作用によって下方に「流動的」な下降現象を起す。この結果、いわゆる「ゆるんだ岩盤」が形成される。このような現象のみられる斜面の微地形を検討してみると尾根部を中心に「地割れ地形」、その他の特徴的地形が認められる。岩盤のゆるみの著しい19ダムを検討したところ、12ダムでこの種の地形が明らかに存在し、2ダムで疑わしい地形が認められた。「ゆるみ」があるにもかかわらず、この種の地形が全く存在しないダムは5つのみであった。ゆるみのない岩盤において、この種の地形が存在しないことはいうまでもない。なお地形から「ゆるみ」

が推定される12地区のうち5地区はダムサイトとして放棄されている。完成したダムは計6ダムであり、内、4ダムは施行段階で大量の掘削により、ゆるんだ岩盤を取り除かざるを得なかった。また1ダムは完成後大量の漏水をみ、1ダムは小ダムのため特に問題は発生していない。クリープ地形をなす地区では谷幅が狭い場合が多く、ダムサイトとして選定されがちである。ダム計画上、最も注意しなければならない地形といえよう。

(2) 遷急線：重力型崩壊の多発する斜面では遷急線（図-1）が顕著に発達する。遷急線の多くは崩壊が積算した結果、形成された地形である。したがって、この種の地形が顕著に発達する斜面では岩盤が劣化していることを意味している。遷急線は4型に分類され、それぞれには特定の岩盤に対応する（江川・「地球科学」に投稿中）。

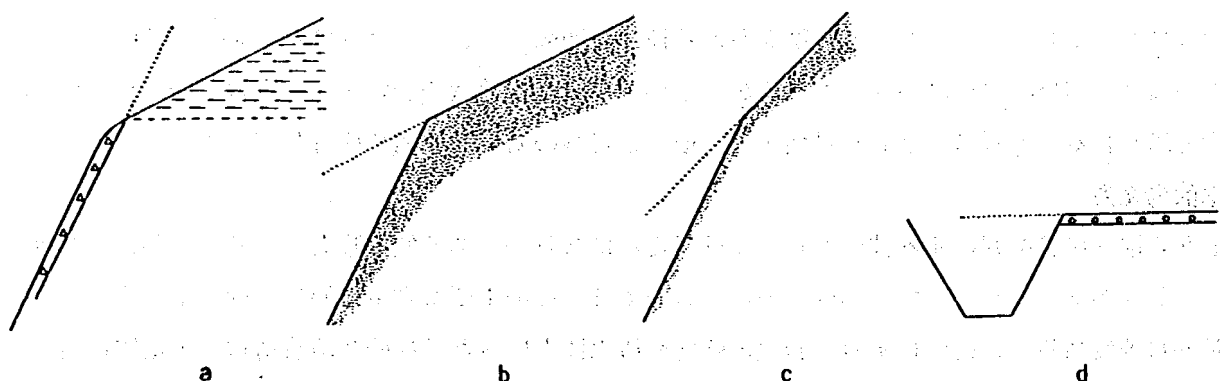


図-1 各種の遷急線、点は風化物

(3) 斜面の形成年代：岩盤の劣化は時間とともに進行し、また一般には地表から深所に向って進む。したがって斜面の形成年代が古いほど岩盤の劣化は進行していると判断される。斜面の形成年代を知る方法は種々あるが、段丘と遷急線に着目するのが最も実用的である。これは図-2に見るように段丘面より下方の斜面は段丘形成時より若いという原理に基づくもので、各地のダムで高標高部ほど劣化岩盤が厚いのはこのためであろう。

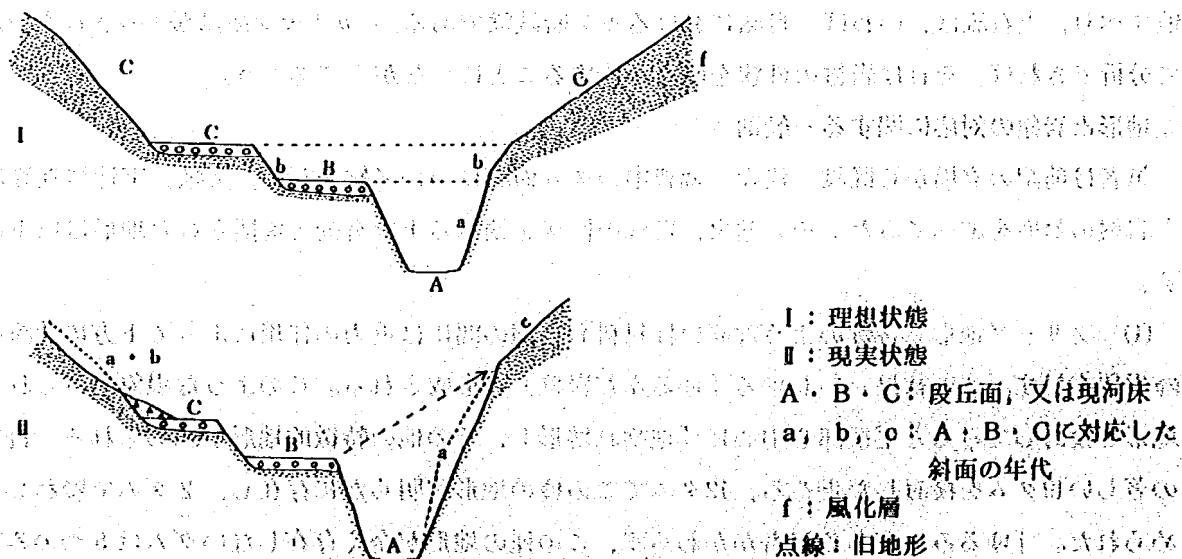


図2 段丘面と斜面の年代

(4) キャップ・ロック構造地形：下盤が泥岩凝灰岩等の変形性の大きな岩盤よりなる地質構造をキャップ・ロック構造という。このような構造をなす上盤側においては開口亀裂の発達する例が多く、総じて透水性の大きな場合が多い。これは下盤で地圧や応力解放によって変形、あるいは流動するのに対し、上盤はこれに追従できず亀裂が発生するためとみられる。キャップ・ロック構造では大規模な崩壊地形（図-3）が発達する例が多く、これから逆に問題とする地質構造の所在を推定することができる。

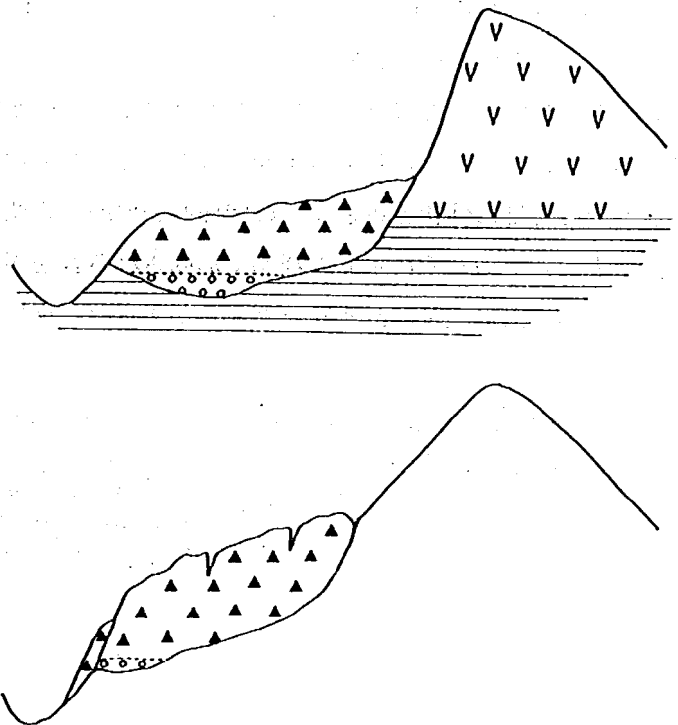
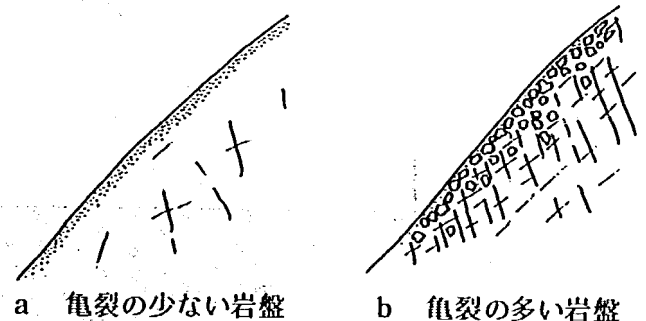


図-3 キャップ・ロック構造と地すべり

上のタイプの地すべり地形は、キャップ・ロック構造に特徴的にみられる。

(5) 斜面傾斜：斜面の傾斜は一般に表層の土壌や風化物の力学性・透水性によって決まり、必ずしも岩盤の物性を示すものではない。斜面表層物質の性状として図-4におけるa、bの両型があげられるがb型の方が見かけの粘着力が大きく、傾斜も大きくなる。岩盤の破碎が進んでいるとこの型になりやすい。この場合、岩盤の強度と傾斜は逆相関である。



a 亀裂の少ない岩盤

b 亀裂の多い岩盤

(6) 谷頭斜面・谷壁斜面の性状：両者（図-5）の境界が不明瞭な斜面においては岩盤の劣化が進んでいることが多い。これは谷頭斜面の対立が、地質の比較的良好な斜面に発生する流動型崩壊によって生起するためと考えられる。

図-4 地質と斜面傾斜

(7) 谷密度：谷密度が小さい斜面では岩盤が

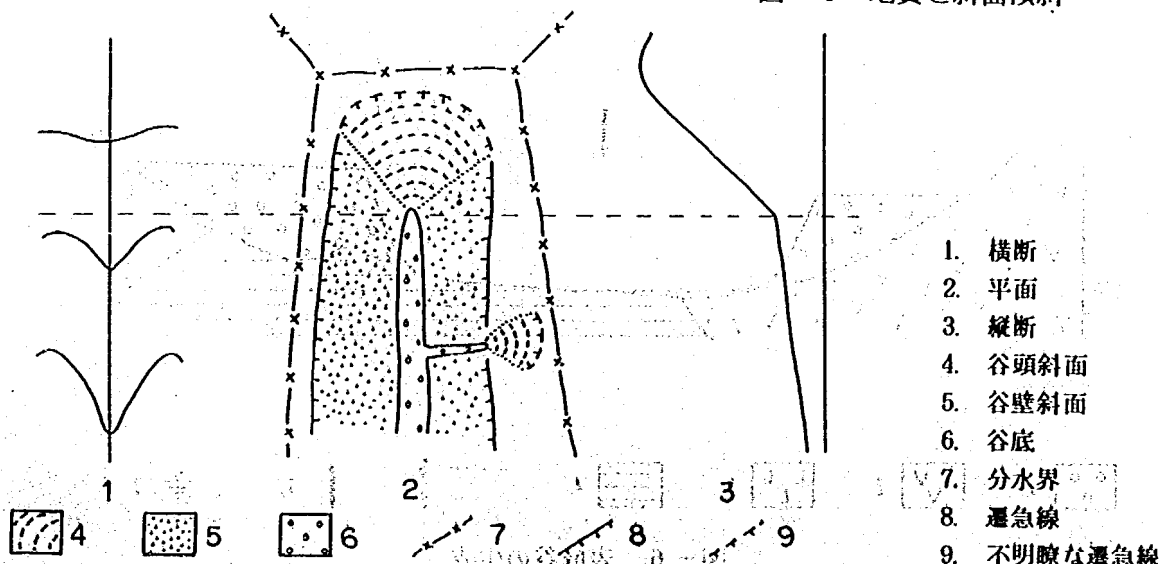


図-5 斜面形の分解

非常に良好か、あるいは逆のいずれかである。この理由として次の事柄が考えられる。岩盤が非常に良い斜面では土砂流や土石流が発生しにくく、また一旦発生したとしても岩盤の強度が大きいので、谷が容易に形成されない。一方岩盤の劣化が進んだ斜面では透水性が大であるため地表流が発生しにくい。一旦、谷が形成されはじめたとしても土砂生産が激しいため埋積され、谷の系統的発達がおこりにくい。このような論理で岩盤の性状と谷密度との関係を合理的に説明することができる。

(8) 表成谷：図-6に示した経過で形成される谷を表成谷という。この場合、地表面下に埋没谷が存在し、これが原因で大量の漏水をみたダムがあった。堆積段丘が発達している地域で谷幅が急に狭くなって

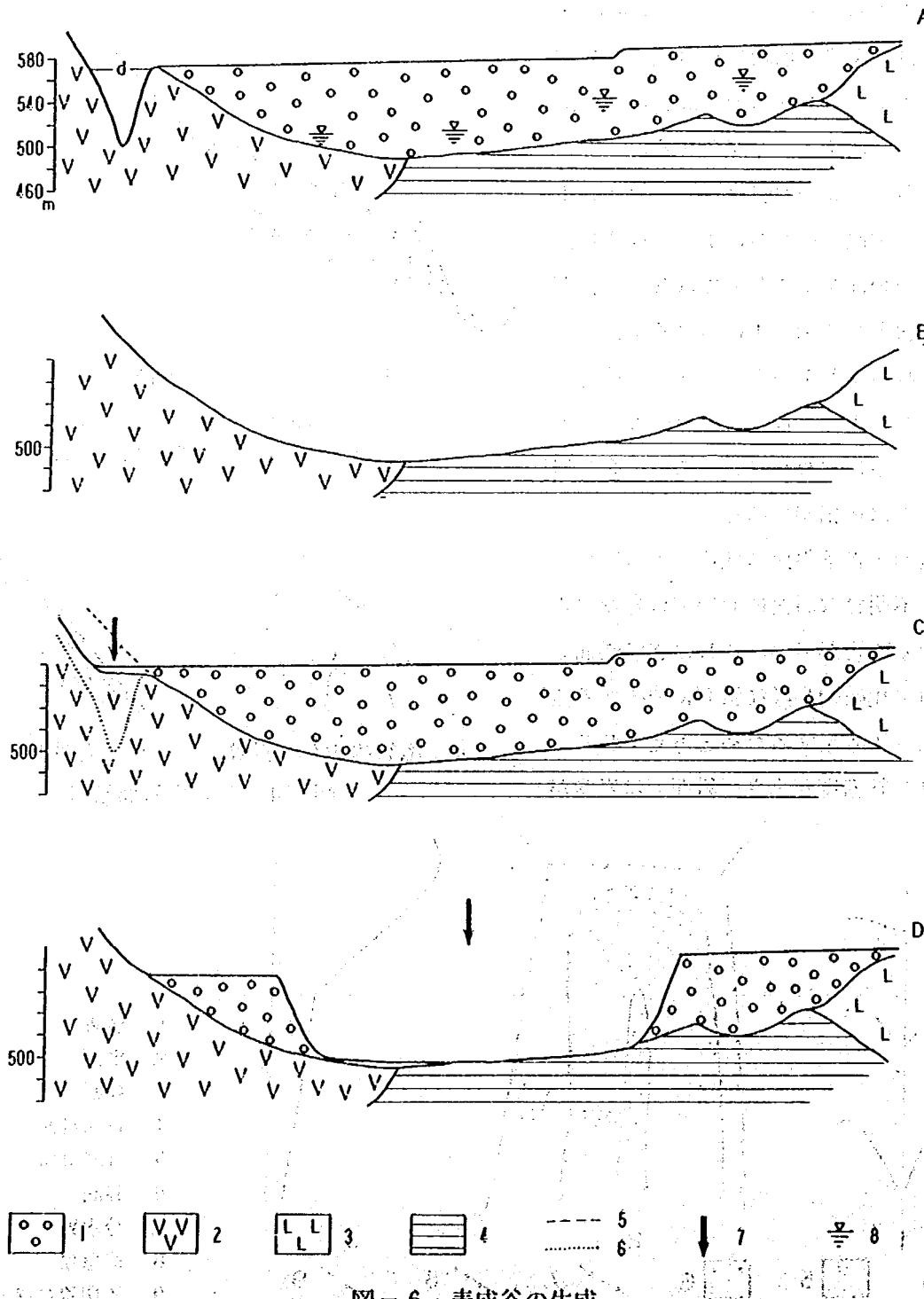


図-6 表成谷の生成

1. 段丘 2. 安山岩 3. 石英粗面岩 4. 頁岩 5. 6. 旧地形 7. 河川的位置

いる場合にはまず表成谷とみてよいようである。

(9) 谷幅：地すべりやクリープが発生していない限り、谷幅の狭い地区は硬岩で構成される。

<実例の紹介>

地形と岩盤の対応性は多数のダムサイトで認められたが、紙数の関係でふたつの事例のみを紹介する。

Aダムは第三紀中新世堆積岩地帯における多目的ダムである。この周辺の地形学図を描くと図-7のようになる。図中、左下には比高、約150mの滑落崖と、幅奥行きとも約500mに達する押し出し地形を備えた典型的な地すべり地形が認められる。地すべり地形の常として、前面の谷幅は狭くなっている。図中央には、1/15,000航空写真を注意深く観察することによって、初めてそれと判る地割れ地形（微小滑落崖）が認められる。この地すべり面がどの標高まで下っているかは明らかでないが、微小滑落崖の末端が標高400m附近であることを考慮すると、350m附近ないし、それ以下とみられる。微小滑落崖の前面では地質の著しい破碎状態を暗示するように遷急線の発達がよい。また同様の状況を示すとみられる崩壊地の大きな崩壊地が多数認められる。このような地形学的分析より先、当地域におけるボーリング、試掘横坑を中心とする地質調査は、ほぼ完了し、ダムサイトも既に決定された状況にあった。当初、ダムサイトの候補地として選ばれた地点は、図-7におけるaの位置であった。ここは谷が狭く、ダムサイトとして適当と考えられたのである。谷壁の露頭状況は比較的良好であり、右岸側の岩盤は多少ゆるんでいたが、一応「地山」ととれる外見であったという。左岸側の岩盤は第3紀堆積岩としては亀裂の少ない良好な岩盤であった。横坑の掘削が進むとともに、右岸側岩盤のゆるみが著しいことが明らかとなり、ついには木片の産出をみるに至った。さらにまた、ボーリング調査によって、現河床より右岸に向かって約200mの地点に、埋積された河床堆積物が発見された。ここで初めて右岸側は地すべり地塊であることが確認されたという。このような過程を踏んで、ダムサイトは最終的にb地点に変更された。ここでの物理深査、ボーリング、試掘横坑による調査によって、右岸側の地山はゆるみ傾向にあり、特に標高340m以上でこの傾向の著しいことが明らかにされている。

Bダムの基礎は第3紀中新統角礫凝灰岩～集塊岩であり、高標高部で、これは鮮新統凝灰岩～泥岩に被覆される。当初計画されたダムサイトは図-8におけるA地点であった。この地点を地形学的に分析してみると、右岸側d、e附近に地すべりの滑落崖らしきものを認めることができる。これとほぼ並行して横坑掘削がA地点右岸側で行なわれていたが、地すべりの存在を裏づけるかのように、岩盤の「ゆるみ」は激しく、また入口から100m地点で、大きなオープンクラックが発見された。一方、当地域の地形学的分析により、後述の理由で、B地点がダムサイトとして適当と判定された。直ちに左右両岸に横坑が掘削され、横坑内を観察したところ岩盤状況はA地点より一段階上位であることが確認され、この結果、ダムはB地点に建設されることになった。B地点がダムサイトとして優れていると判定された地形状況は以下の通りである。

(1) 遷急線：遷急線gをはさむ上下の斜面勾配の差は大きいですが、この変化は急激ではなく、漸次的に変化する。したがってこの意味で、遷急線gは不明瞭である。既存の地質図と対比してみると、これは中新統と漸新統の境界に相当するらしい。遷急線h・i・j・kはそれとしての性状が極めて顕著であり、脆弱な地盤が深いことを示している。遷急線l・m・n・oは、ノーマルな性状であり、岩盤が比較的良好であることを暗示している。

(2) 沖積錐・その他の斜面堆積地形：B地点附近では沖積錐Sが小さく、また、岩屑が均等に分散して

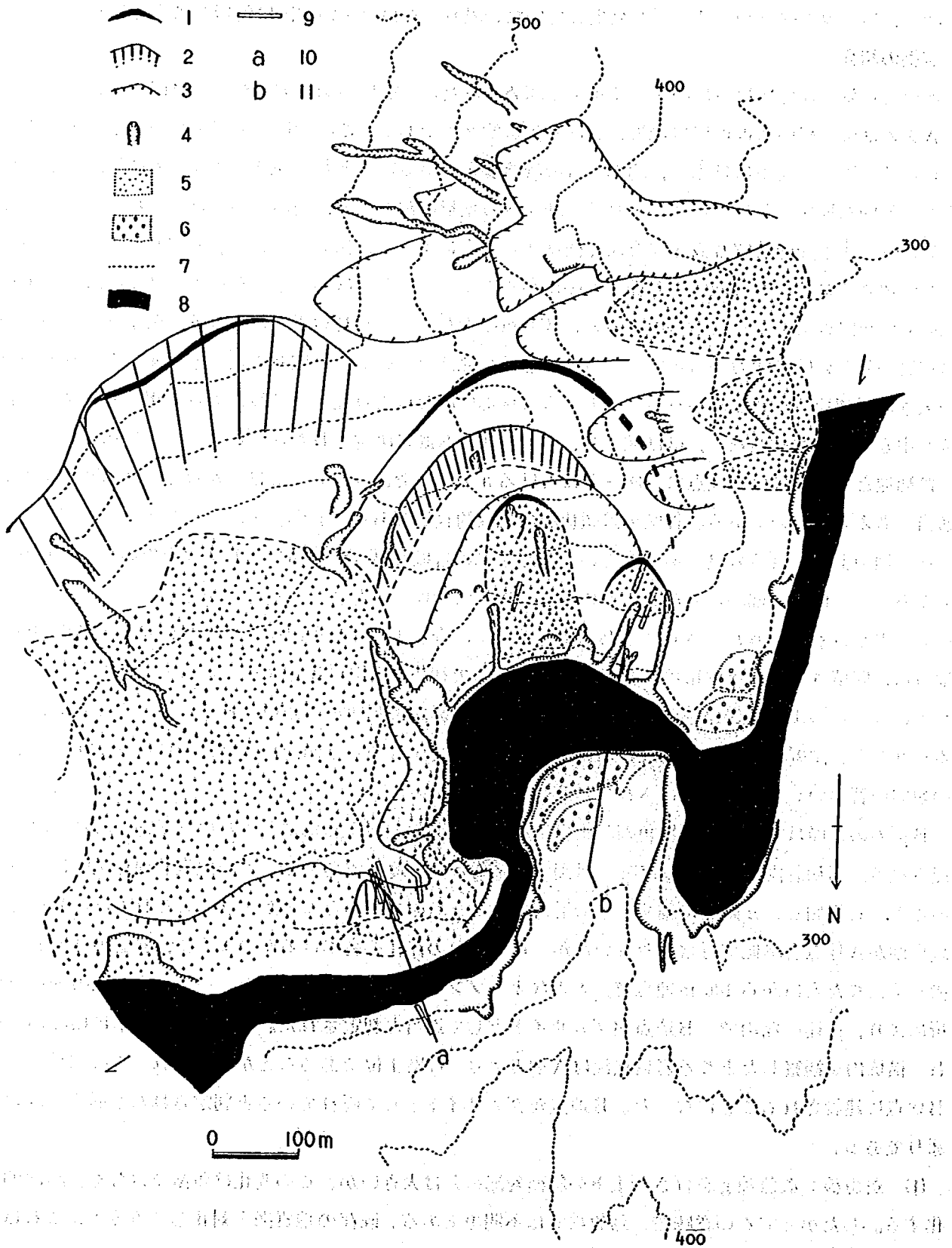


図-7 Aダム附近の地形分類図

1. 微小滑落崖, 2. 滑落崖, 3. 遷急線, 4. 崩壊地, 5. 地すべり地塊, 6. 段丘, 7. 等高線, 8. 谷底平地, 9. 主要な横坑, 10. 旧ダム軸, 11. 現ダム軸

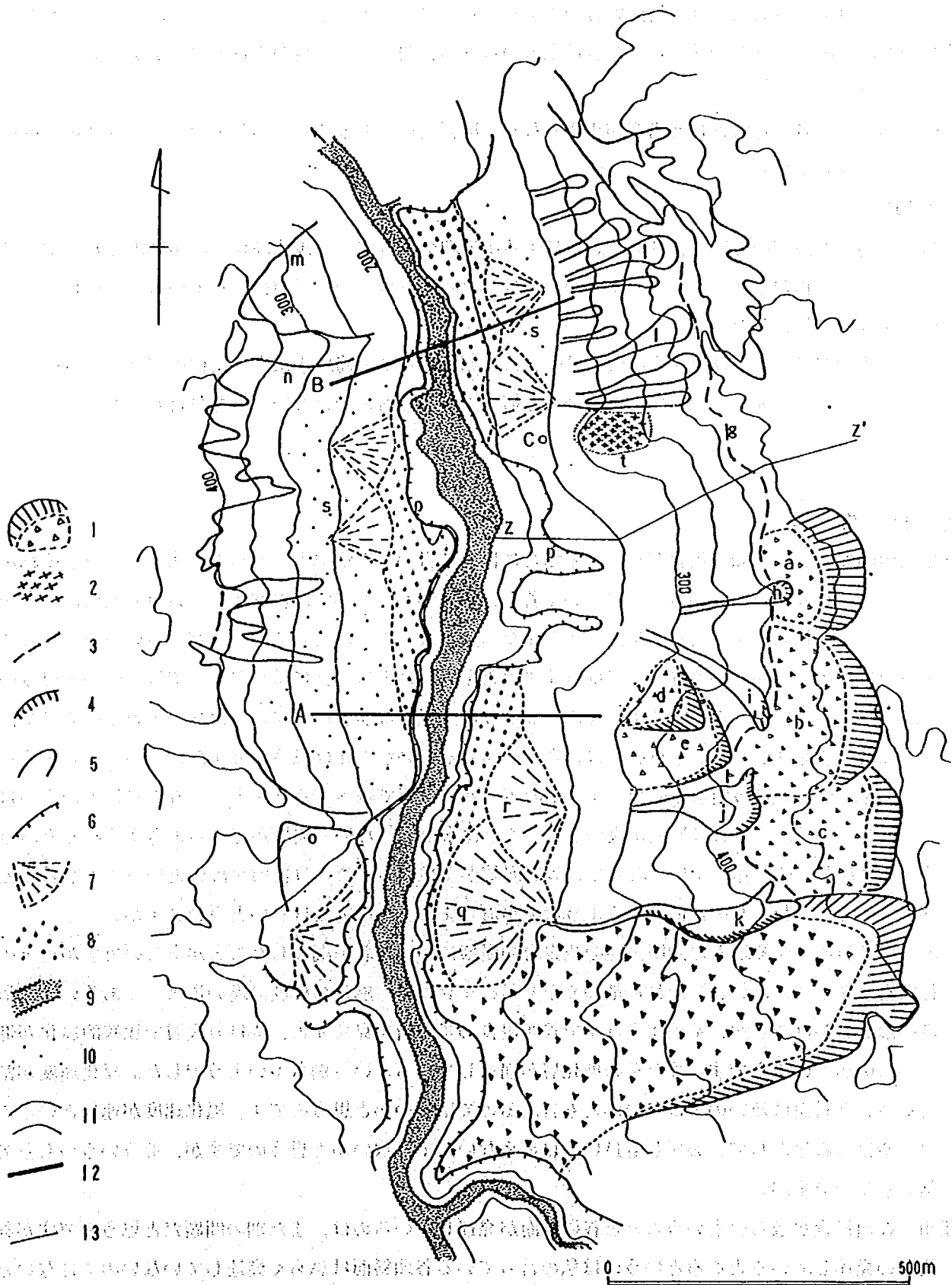


図-8 Bダム附近の地形分類図

1. 地すべり地形, 2. 地すべりの「すべり面地形」, 3. I型遷急線, 4. II型遷急線,
5. III型遷急線, 6. IV型遷急線, 7. 沖積錐, 8. 段丘面, 9. 現河床, 10. 山麓岩屑堆積
- 地形, 11. 等高線, 12. ダム軸

いる。これは上方斜面における斜面物質の生産が著しくないことを示している。これに対してA地点では大規模な沖積堆 $r \cdot q$ が発達する。これは上方の岩盤が脆弱であり、斜面物質の生産が激しかったことを示すものであろう。

(3) 谷密度：B地点附近は谷密度が小さくなく、削剥過程にあることを示している。これは新鮮岩が浅いことを意味している。

<おわりに>

以上に述べた内容の詳細は、「地形分析による山地地盤調査法」（東北地建・河川計画課）に記述されている。それは1979年3月に作成したものであり、その後も新しい知見が得られているが、それについては機会を改めて報告したい。

なお、本論で扱った方法は土木計画の段階、又は調査工事での補助手法として位置づけられるべきものであり、従来のボーリング、横坑による調査と何ら矛盾するものではないことを付言しておく。

質 疑 応 答

神尾（中国地建）：谷頭の侵食が見られる場合には、基岩の地質状況というか岩盤状況というかそれが比較的いいんじゃないかということについて若干、異義があるんですが岩盤状況が斜面の上部というか浅いところから斜面の深いところに向かってだんだん良くなることは言えるのですが、表層を含めましてその辺の岩盤状況がいろいろなことに依りますけれども良いとは一概に言えないのではないかと思いますのですが、ただそう言うところで江川さんの言うように大規模な崩壊はまず起り得ないと思うのですが、そう言う場所で地質が必ずしも良いとは言えないんじゃないかと私は思うのですが、いかがでしょうか。

江川（東北地建）：表層崩壊の多発します所のボーリング等で調べてみますと、意外と岩盤というのは浅いわけです。考えてみれば岩盤が浅いということは水が潜らないで崩壊が起ると考えられると思うわけですけど、私の知っている限りでは表層崩壊が多発するところは岩盤が浅いということが言えるようですけど、もしもそれに反するような事がありましたら教えてほしいと思います。

神尾：私は前に、阪神地方の六甲山地の花崗岩の崩壊について若干調査したことがあるのですが、その時花崗岩のタイプの違いと、それに基づくかもしれませんが、風化の程度の違いによってあるいは地形の違いがあるわけですが、そのような中で谷頭侵食の多い所を見ますと、やはり表層で比較的風化が進んでいる例が多いようです。またその風化層が崩壊しているという例も多いようでした。風化速度が割合とそういう斜面は速いのではないかととも言えるのではないかと思います。風化速度が速いということは、やはり岩盤として、必ずしも良いとは言えないのではないかと思います。そういうつもりでお話したのですが。

江川：谷頭侵食が激しいということと谷頭斜面が発達しているのは、また別の問題だと思うのですが谷頭侵食の発達しているところというのは私の言っている谷頭斜面は恐らく発達していないのではないかと思います。

神尾：先程の写真をを見せていただく限りでは、非常に谷頭侵食の数も多い思うのですが。

江川：実際の図面で議論しないといけないと思いますので、今は御了承願いたいのですが。

神尾：分かりました。どうもありがとうございました。

岡本（土研）：興味深く伺っていたのですが、図-9 はそれなりに納得いくんですが、下のルジオン値でこのようなものを地形からどこまで作れるか、それから線を引いてあるのはリニアメントかなんかですか。上図と少し違うようですが。

江川：リニアメントですが本来消すべきものです。

今日、斜面の形成年代を申し上げませんでしたけれども、斜面の年代が古ければ風化は進むわけですしそれからキレツも多いと一般的に言えるのではないかと思います。斜面の年代を決めるというのは、いろいろな方法があるわけですが、一番簡単な方法といいますと段丘と遷急線とを使って決める方法です。その原理を簡単に言えば、段丘より下の斜面と言うのは、段丘が出来た以降の斜面だというような非常に簡単な原理に基づいているわけですし、ですからこの透水状況図では河床の結局斜面年代の若い所では比較的透水性が少ないという判断をエィとしているわけです。それから後はクリープ性の所では、ルジオン値が高いというようなことが言えると思われまふ。それから、地じりが幾つかある訳ですけれども、その地じり地形から考えますと、どうもキャップロック構造をしていると考えますところは上の安山岩にキレツが入っているだろうと言うふうに考えまして、20~40ルジオンというような判断を行っているわけです。確かにルジオン値につきましてはエィと決めた面もあるわけですが、その為にルジオン値と申しますのは非常に大まかな区分になっているのは、そのような事情に基づくからです。

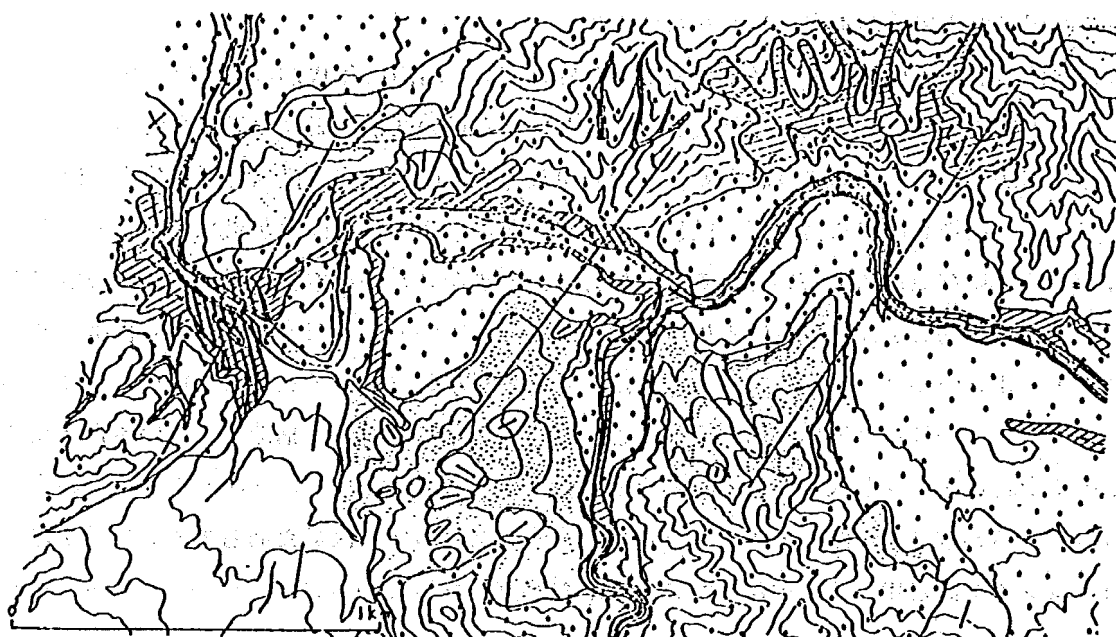
加藤（国土地理院）：只今は岡本地質官から、御指摘されました図-9 でもちょっとよく解らないんで教えていただきたいのですが、岩盤区分を C_H 岩盤これは固い方で、 C_M が中間で $C_M \sim L$ と言うのは悪い所がかなり多いものでDが相当バサバサで使いものにならないというご推定じゃないかと思いますが、文章を読みましても何をもとにこのような判定を下したかそれが明確でないことと、それからよく図面を見ますとほとんど $C_M \sim C_L$ 岩盤で図面の大半がそうなっているのですが、これがどのような意味をもつかこの点について伺いたいのです。

江川：どういう基準に基づいてこのような図面を作成したかということは、図面の作成という所で書いてあることに大体尽きるといえるかと思います。今日申し上げませんでしたけれども、普通の斜面ですと土壌、風化層というのが表面にあるわけです。ですから地形というのは岩盤というよりは土壌とは風化層の性状におって規定されるものですけれど、こと河床に限って言えば河床には岩盤が露出していると、従って、河床の地形というのは岩盤の性状を一番忠実に反映しているものです。

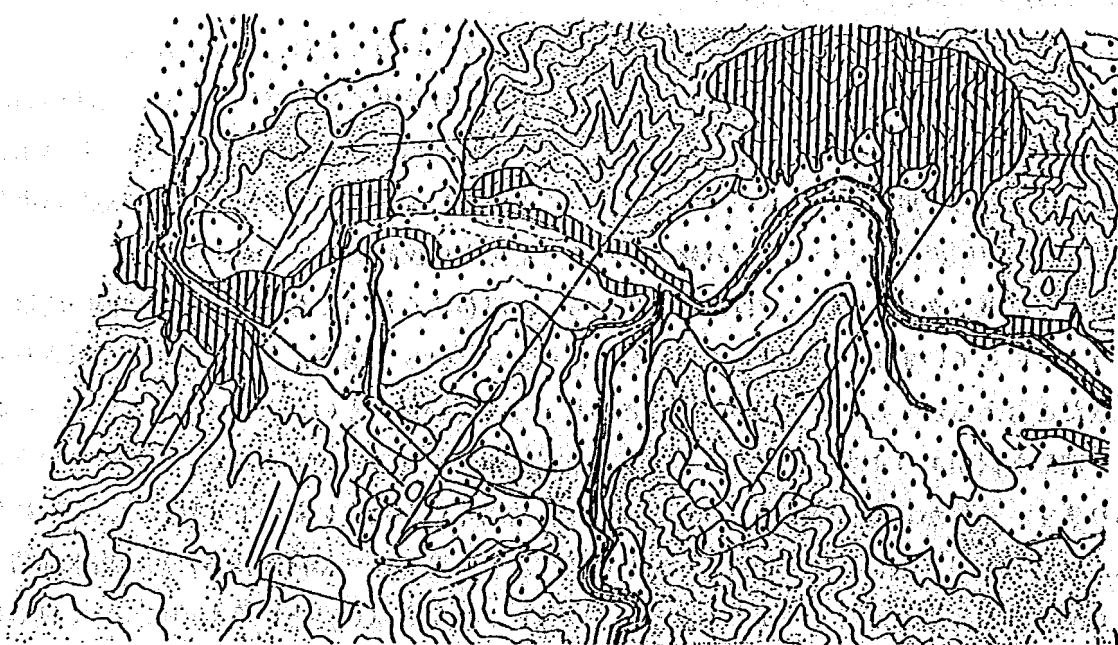
そのような事でクリープあるいは地じりによって、河が狭くなったものでない河の狭い所は C_H 岩盤というようにしています。但し、この場合にはキャップロック構造だということが予想されるので、D岩盤だと言えるかもしれませんが、いきさつじょう C_H 岩盤だというように判定したと、それからクリープ地形が沢山ありますけれど、ここはかなり岩盤が悪くなっていることで、D岩盤ということにしてあります。それから新しい段丘より下方の斜面、結局年代が新しい斜面ですけれど、これに付きましては、分けると $C_M \sim C_H$ という判断をしたわけです。それから一つの河を作るための集水面積がかなり大きくてしかも比高があると、傾斜もあると、クリープ地形がない、というものについては等級を上げてあります。このようなことになると思います。

釈明になるかもしれませんがこれを単に空想で書いたのではなく、冒頭に申し上げました通り80余りのダムを調査するともちろんそれだけで物を言えると思っておりますが、かなり一般性は見いだされた

と、それに基づいて調査を行なえばこのような結果になるということです。



 CH 岩盤
  CH 岩盤
  CH~CL 岩盤
  D 岩盤



 ≥ 40 ルジオン
  40~20 ルジオン
  ≤ 20 ルジオン

図-9 Cダム付近の岩盤および透水状況図

6. 北海道の開発事業における 土木地質上の諸問題

北海道開発局土木試験所地質研究室

室 長 小 林 雄 一
主任研究員 根 岸 正 充

中國建築業與社會主義
經濟建設的關係

李維新著

蘇聯小冊子
第一冊 建築業與社會主義

6. 北海道の開発事業における土木地質上の諸問題

ま え が き

北海道開発局が実施しているさまざまな開発事業において、地質調査担当者に課せられた諸問題は極めて多い。

北海道独自の問題もあるし、全国共通の問題もあるものとする。筆者らは、それらの問題点あるいは実情の一端を報告し、諸先輩の御理解と御指導を願うものである。

1. 北海道の地質にみられる特徴

我国の約20%の面積を占める当地域の地質の概要と特徴を簡単に述べることは難しい問題である。しかしながら、開発事業に伴う建設工事において問題となった地質という点から以下にその特徴を述べる。

(1) 地形と地質の一般的特徴

広漠とした平原、なだらかにうねった山稜、未開の原野を多数有する北海道の自然は大陸的景観を呈している。これは地層の分布からみると、新第3紀層および第4紀層の分布が多いことに由来している。特に、第4紀の泥炭、火山砕屑岩の分布面積は大きい。一般的には、北海道の地質は、我国の東北地方以南の地域に比較して、地質が全体として若い（新しい）ことに特徴づけられる。したがって、工地上軟岩に遭遇することが多い。

(2) 泥 炭

石狩、釧路、サロベツなどの原野には広大な泥炭地が分布する（図-1）。開発の初期より、河川堤防道路、鉄道などの築造にあたり、北海道が最も難渋したのは、泥炭地である。泥炭地は主に沖積平野に分布し、最大7~8mの厚さに達する。高い含水比、小さいC、 ϕ 有機質であることにより工地上極めて難物であるうえに、人口の密集する平野部に分布する。従って、泥炭地対策工は重要な問題であり現在もいろいろな改良工法が研究されている。これらの工学的対策は、おもに土質関係者により促進されて来た。地質関係者は、地下水調査や平野の形成論の面から、泥炭地の調査に従事した。地下水の利用という点から考えると、一般に泥炭をはさむ地層の地下水は水質が悪く、そのまま飲料とすることが出来ないことが多い。大量に採水すれば地盤沈下を生ずるなどの問題もある。泥炭地は軟弱地盤であり、地震においては最も被害を受けて

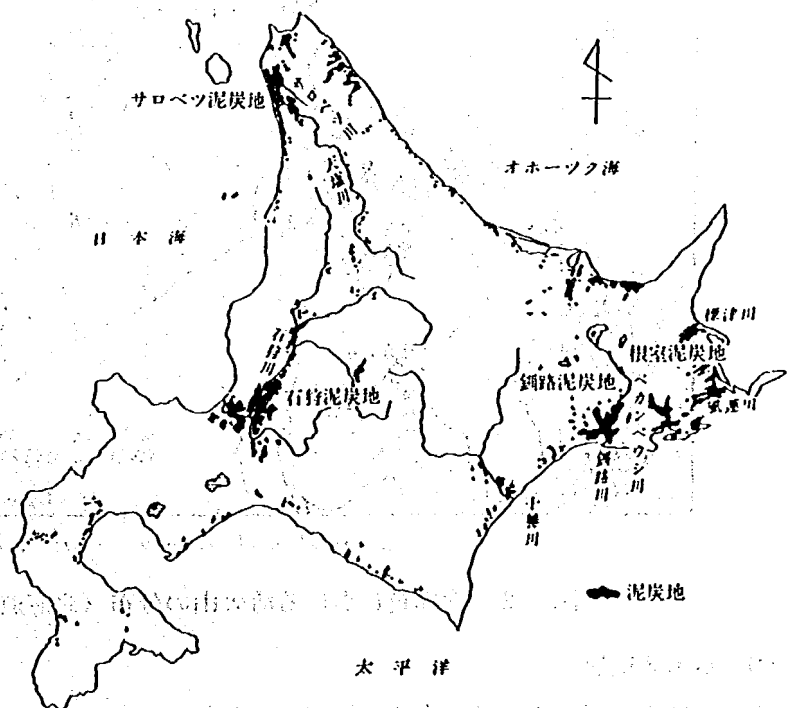


図-1 (北海道) 泥炭の分布図

(土質工学会(1969)日本の特殊土より)

(3) 火山岩および火山碎屑岩

This geological map of Japan illustrates the distribution of various volcanic features and tectonic boundaries. The map includes labels for the Sea of Japan, Sea of Okhotsk, and the Pacific Ocean. Major islands and regions are labeled in both Japanese and English, including Hokkaido, Tohoku, Kanto, and Kyushu. A legend on the right side defines the symbols used: solid triangles for volcanoes with records of eruption, open triangles for volcanoes without records, dots for other volcanoes, circles for calderas, rectangles for lavas and pyroclastics, and irregular shapes for pyroclastics and mainly pyroclastic flow deposits. Tectonic boundaries are shown as dashed lines, and topographic features like mountains and rivers are indicated by contour lines and blue lines respectively. A scale bar at the bottom right shows distances in kilometers (0, 100, 200 km).

図-2 北海道における活火山の分布 (北海道防災会議編(1973)原図)

北海道は本州孤と千島孤が交差し、2つの内帯ゾーンに多い。全国的にもそうであるように、内帯では新第3紀の火山碎屑岩類が厚く、代表的なものはグリーンタフである(図-3)。グリーンタフは一般的には弱~未変質なものは工地上特に問題になることはない。

- 74 -

である。この地域の変質帯では巨大なくずれ、地すべり、トンネル地圧などを生じている。正規堆積岩類は内帯、外帯を問わず分布するが、一般に内帯において厚い。特に八雲層に代表される頁岩層は地すべり多発地帯となっており、道南から道北の日本海沿岸側に多く分布する。なお古第3紀は炭田地帯に分布するが、全体の面積比率からみるとごく一部といえる。

(5) 白亜紀層

白亜紀層は北海道の背稜山脈といわれる日高山脈の西側と夕張山脈に沿って、東西数km～10kmの幅で、南北に、北は宗谷岬から南は浦河、様似まで300km近く分布するのが最大の地層である。他に、釧路-厚岸-根室の太平洋沿いに東西にのびるものなど、2, 3の地層がある。白亜紀層は、砂岩、シルト岩、泥岩などの海成の堆積岩からなるものが多い。岩質は地層により、非常に異なる。砂岩系統のものでは、コン

クリート骨材に使用可能な程、固結しているものもあり、シルト岩や泥岩では軟弱岩が多く固結度からみると第3紀とほとんど変らない。泥岩系統の岩石では、薄い凝灰岩を夾むことが多く、これらをすべり面として、地すべりが多発している。単位面積当りの発生率は新第3紀層を上まわる。

(6) 構造帯

石狩-苫小牧低地帯以西は、地質的には東北地方の延長上にあり、古生層の粘板岩を基盤とし第3紀が堆積する。低地帯の以東はアルプス造山運動に匹敵する日高造山運動により生じた北海道特有の地質構造を示す。三つの構造帯が中軸部を形成する(図-4)。いずれも中生代三畳紀～ジュラ紀の粘板岩を基盤とし、併入火成岩、変成岩、輝緑凝灰岩などからなる。(イ) 神居古潭帯：蛇紋岩、カンラン岩などの超塩基性岩が多く、一部にランセン石片岩などの変成度の高い結晶片岩が分布する。地層が構造運動によりじょう乱されているとともに葉片状蛇紋岩に代表される建設工事上問題になる岩質の岩石が最も多く、この変成帯が分布する夕張-天塩山地は最大の難工事地帯となっている。(ロ) 日高帯：片麻岩、花崗岩、混成岩などの酸性岩が多く、その周辺にホルンフェルスを伴う。神居古潭帯が分布する夕張山地に比較したら当変成帯が分布する日高山系は、地形は急峻であるが、建設工事上特に難工事となることは少ない。しかし、基盤の粘板岩類は構造運動により、じょう乱されている場合が多く、断層とこれに伴う破碎帯の規模と密度が常に問題になる。(ハ) 常呂-豊頃帯：輝緑凝灰岩、変輝緑岩(Meta-Diabase)を主体とする。台地～低い山地を形成する。岩質も概して硬質であり、工事上あまり問題になったことはない。

(7) 蛇紋岩

北海道の背稜山脈の一つである夕張山脈沿いに、北海道の中央部に分布する(図-5)。带状に南北約270km分布するが、大きく11の岩体に分れる。我国のみならず、世界的にも有数の蛇紋岩体である。蛇紋

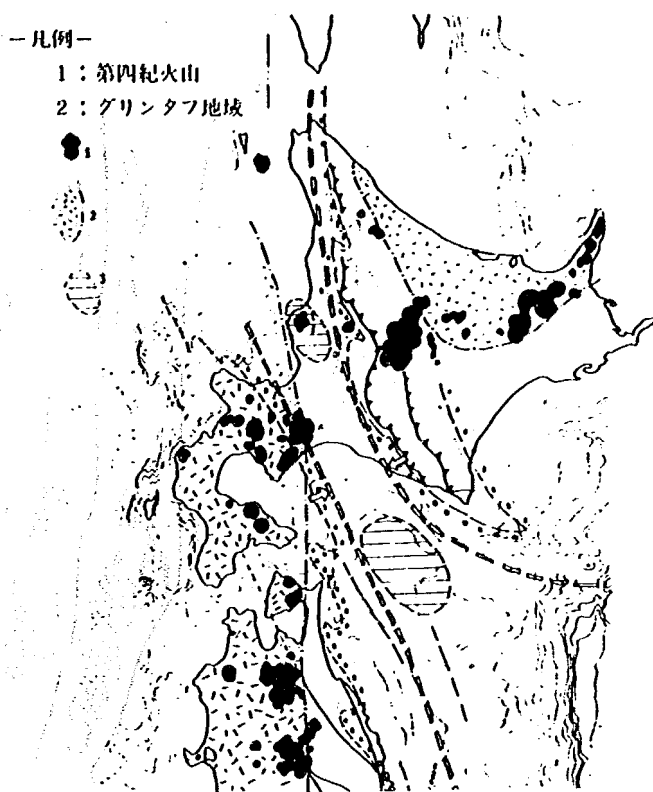
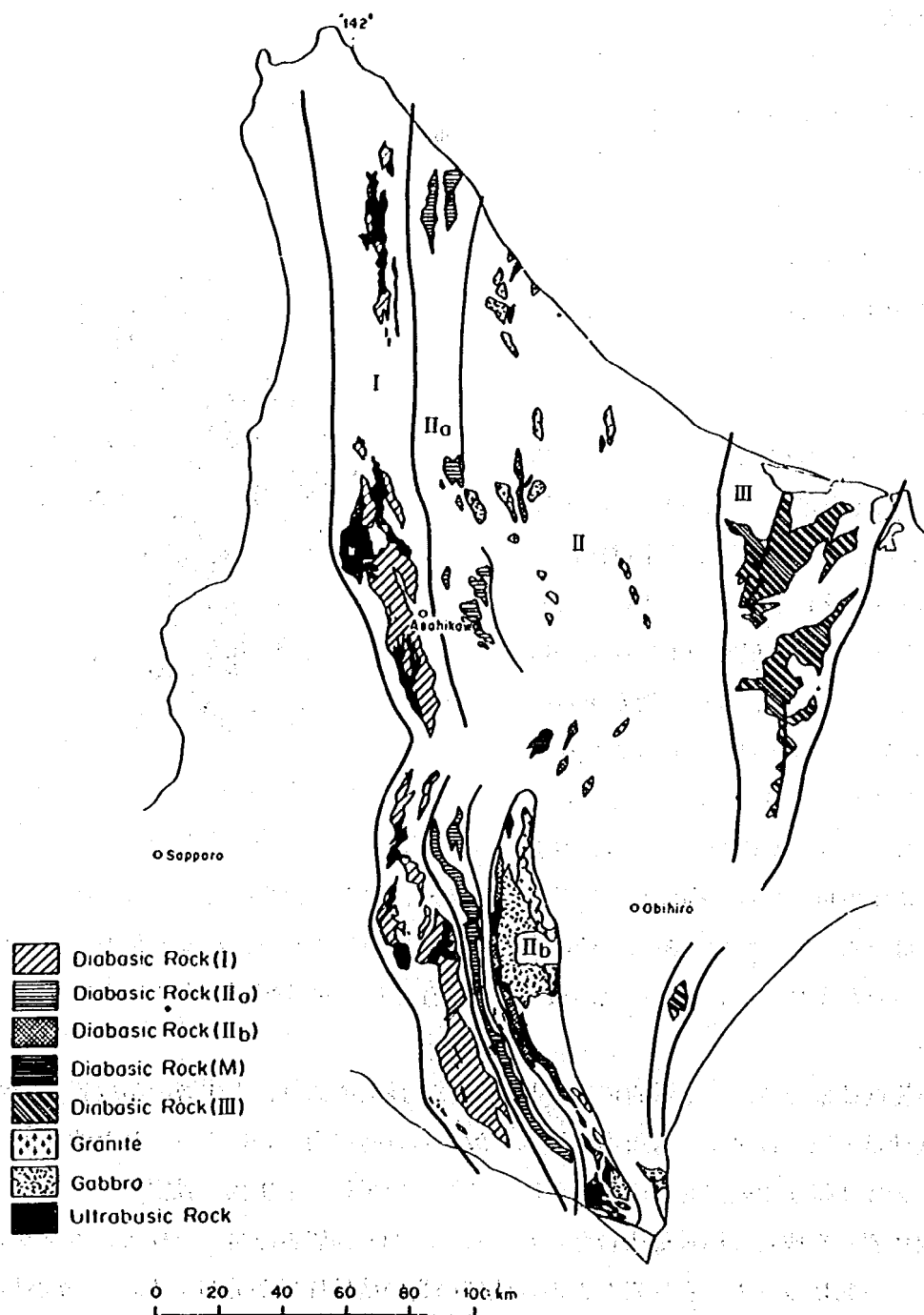


図-3 北海道のグリーンタフ地域と火山
(北村信(1978)地団研専報21号より)



I. 神居古潭構造帯 (神居古潭帯)

II. 日高帯 a. 日高西縁輝緑岩帯 (日高西縁構造帯), b. 日高変成帯

III. 常呂帯 (常呂豊頃帯), Diabase(M) は変成輝緑岩を示す。

図-4 北海道中軸帯構造区分と火成岩分類分布図 (酒匂純俊(1963)原図)

岩の岩質は、土木工事上一般に葉片状蛇紋岩、塊状蛇紋岩、半塊状 (または半葉片状) 蛇紋岩の三つに分類されている。葉片状蛇紋岩は滑石が多量に共存し、粘土化が進んでいる場合が多い。地すべりの多発地帯であり、ダムサイトとなる可能性も全くない。塊状蛇紋岩の岩体では、ダムサイトとしての適否調査が慎重に実施されている。近年、道路網の発達とともに、夕張山地を横断するさい、道路建設上蛇紋岩体を避けることが出来なくなって来た。蛇紋岩体は、一種の破碎帯に貫入した岩体であり、周囲の岩体も脆弱化している場合が多い。このことが、その岩質とあわせて、工事の難対象物とみなされる原因である。

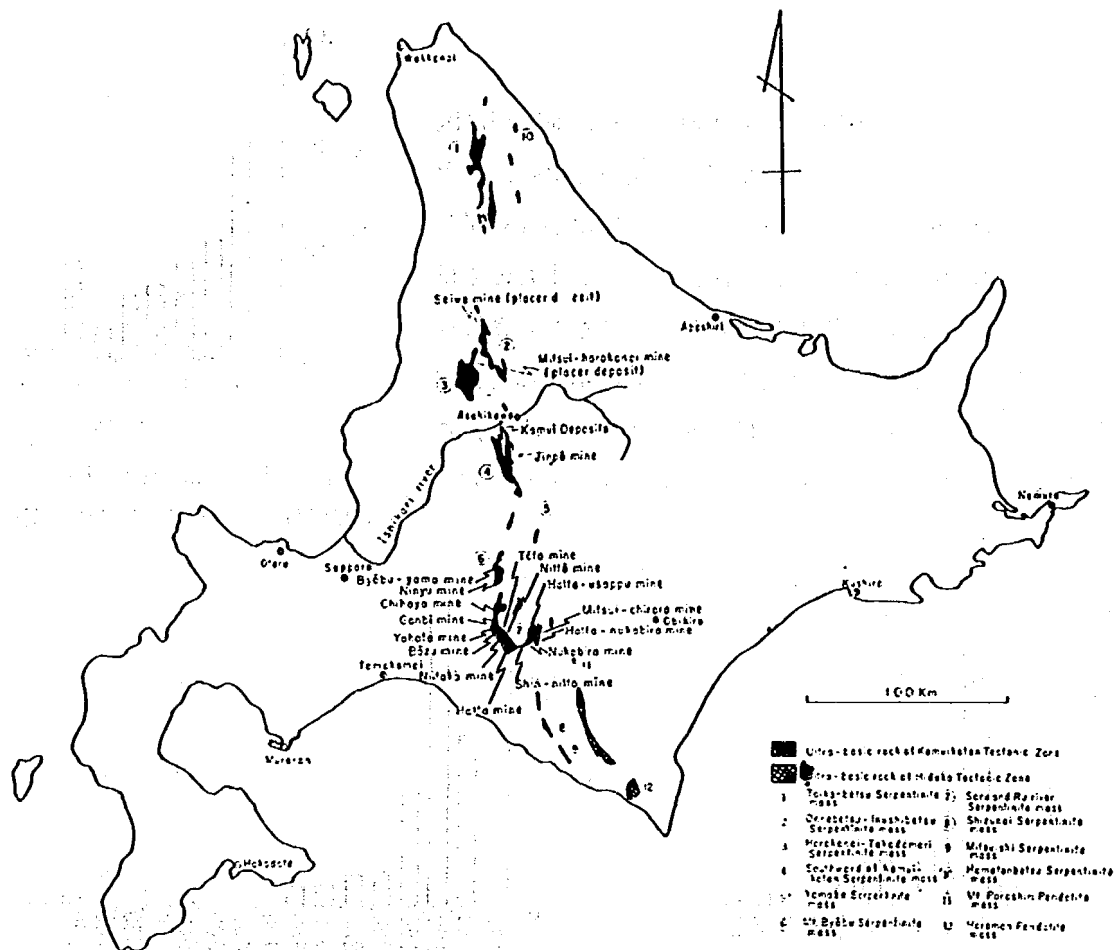


図-5 Index map showing distribution of ultrabasic rock masses and chromite mines in Hokkaido. (Masayuki Saito(1961)原図)

2. 道路築造に関する問題

道路築造に関する地質的な問題は種々あるが、特にここでは北海道の地すべりと崩壊の特色およびトンネルにかかわる問題について述べる。

(1) 地すべりと崩壊

昭和36年以降、主として北海道開発局の工事で発生した68カ所の地すべりと崩壊の特徴について述べる。さらに、これらの資料と全国的な実態統計資料（土研資料）を対比して、地質、発生時期、規模、移動速度についての北海道の特徴を述べる。

① 発生の時期

地すべりと崩壊の発生は、切土、盛土などの施工と直接関係するもの（55カ所）と海岸および河岸侵食などの自然発生的なもの（13カ所）とに分けられる。さらに、前者の発生時期を大きく区分すると、施工中あるいは施工後、短期以内に発生したもの（31カ所）と、ある程度時間が経過（翌年以降）してから発生したもの（24カ所）の2つに分けられる。発生比率は前者が、56.4%で施工中ないし施工年度内に発生したものが多い。月別の発生時期と度数（図-6）を見ると、全体として4月の融雪期を最大とし、11月以後冬期に向けて減少する。なお、10月が割合多いのは、9月末～10月にかけて秋雨が多いことによるものと考えられる。施工の翌年以後発生したものでは、4～5月に集中しており、全体の90%弱を示す。これは融雪による地下水の上昇と地すべり活動との関係がきわめて密接であることを示している。図-7～

9に規模を示す。

② 地層と発生度

地すべりと崩壊の発生カ所の地質は7種類の岩石、地層別に区分された(図-10)。新第3紀層、白亜紀層、先白亜紀層、熱水変質岩類の分布地帯に多く発生している。この結果はかならずしも地すべりの一般的な発生度数と地質の関係をあらわすものではなく、施工がどのような地質に集中したかによっても左右される。けれどもこれを全国の実態統計と対比すると、北海道の場合、岩種では深成岩の地すべりが少ない。これは分布が少ないことと、この岩種地帯では、多くはその地形的な関係から、トンネル区間が

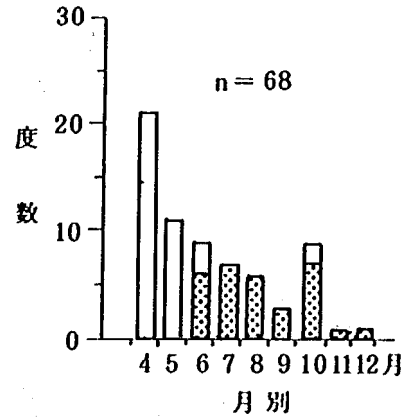


図-6 北海道の地すべり1 (吉田保, 小林雄一(1976)原図)

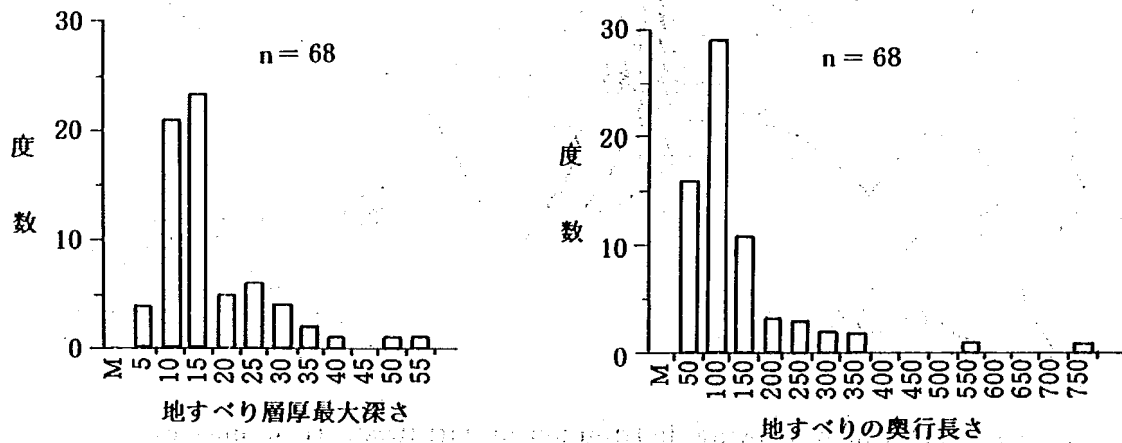


図-7 北海道の地すべり2 (原図, 図-6に同じ)

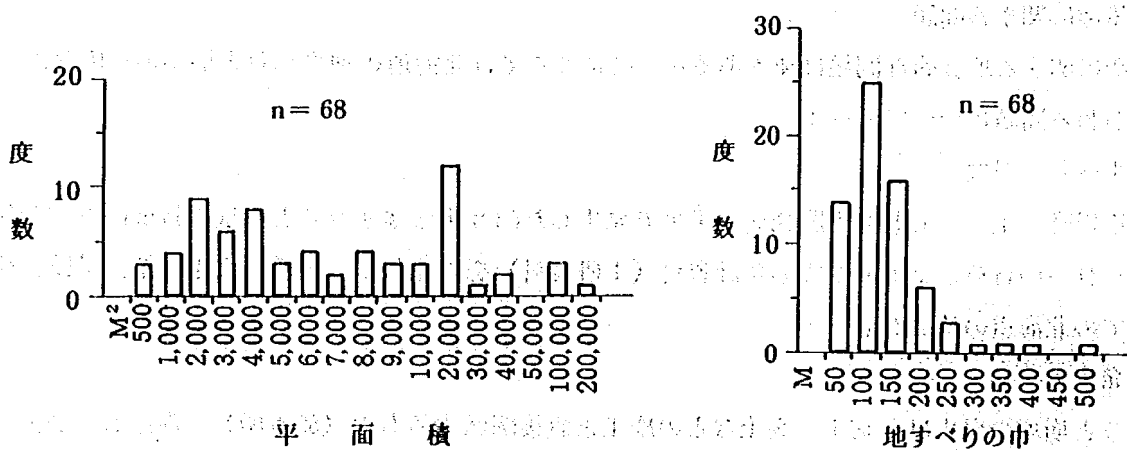


図-8 北海道の地すべり3 (原図, 図-6に同じ) 図-9 北海道の地すべり4 (原図, 図-6に同じ)

多いことにも起因している。地層別発生度数は、白亜紀層が最も多く、その分布面積から考えると、最大の発生密度である。

③ 移動速度

移動速度と地表面の平均傾斜角度との関係(図-11)をみると、傾斜角20度以下のものは速いものと遅いものがあるが、30度以上のものは全て速い動きのものになっている。全国的な傾向がらみると、移動速

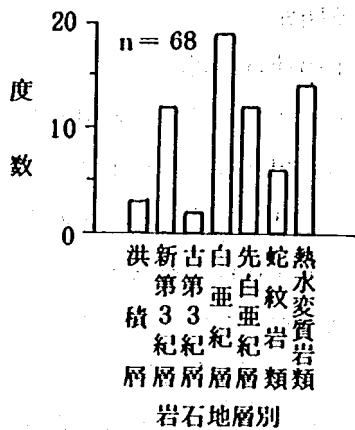


図-10 北海道の地すべり5
(原図, 図-6に同じ)

度は比較的速いものが多い。これは融雪期の急激な地下水位の上昇が地すべり移動速度を大きくしていることによるものであろう。

(2) トンネル

トンネル施工に関する問題も種々あるが、当報文ではトンネル掘削時あるいは施工完了後ににおいても変状の原因となっている岩盤の凍上の問題について述べる。

① 凍上

凍上を支配する要素はいろいろあるが、土質(地質)、温度、地下水の三要素に帰着する。この三条件が整えば凍上が生じるが、寒冷地である北海道では、温度的には冬期間は常に可能性があり、地下水も存在することが多い。したがって岩質的に凍上の可能性のある地層があると常に凍上の危険性がつきまとい凍上の対策工もとられている。冬期から春先にかけて、ライニングに亀裂を発見し、その原因調査をすると凍上にその原因を求められることが多い。冬期間のトンネル内岩盤温度測定例(図-12他)によれば、北海道の南～中部で、ライニング壁面から約100cm、中～北部で最大約150cm前後まで凍結の可能性がある。一般に、岩盤は土砂と比較した場合、より深く凍結する。これは含水比が小さいことによる。凍結深は大きくても、凍上の可能性は土砂より小さい。固形の不攪乱試料では凍上しないものでも、攪乱岩屑状態では凍上するものがある。固形の不攪乱状態で凍上したものは岩屑状態ではさらに凍上率が増大する。これは、道路築造にあたり、盛土や断裂帯、変質帯などにおいて凍上の可能性が大きくなることを示している。温度、岩質、地下水の三つの条件が整う確率が高い軟岩のトンネルでは、余掘によるわずかな背面空隙が岩盤劣化と地下水の集中をまねき、凍害を生じることがある。トンネル建設後、数年して、凍上によるクラック(主として側壁部)や、舗装部の盛上りを生じた例などがある。

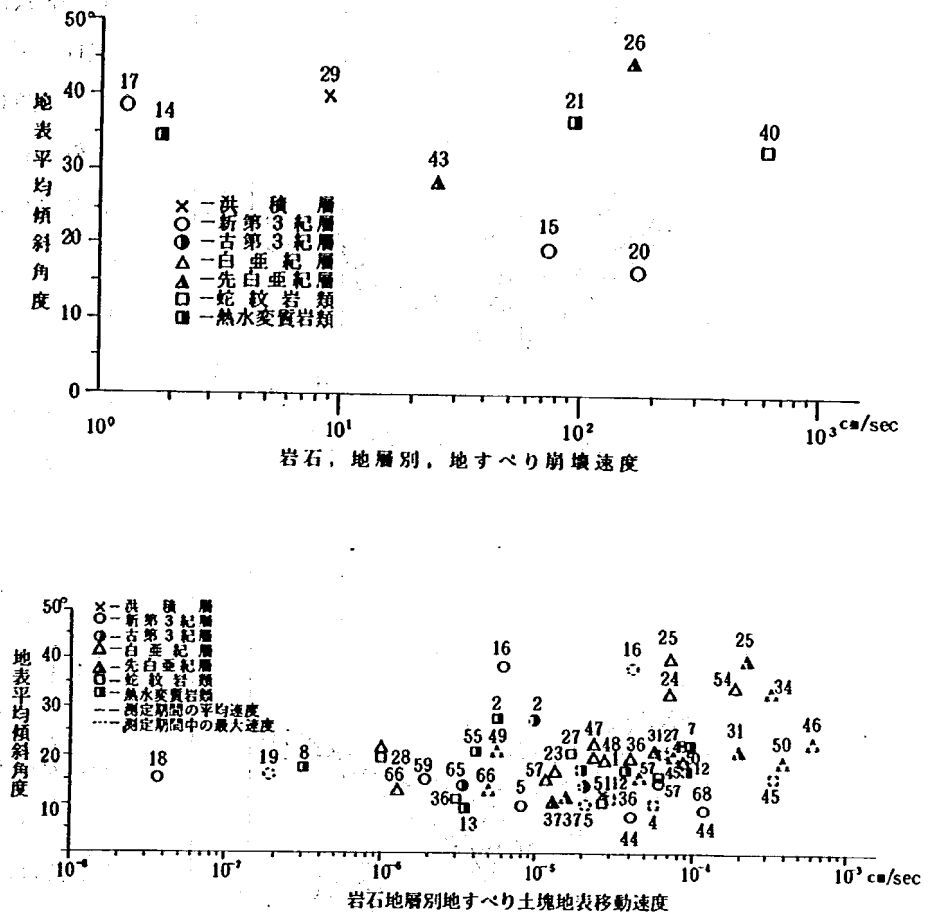


図-11 北海道の地すべり6 (原図, 図-6に同じ)

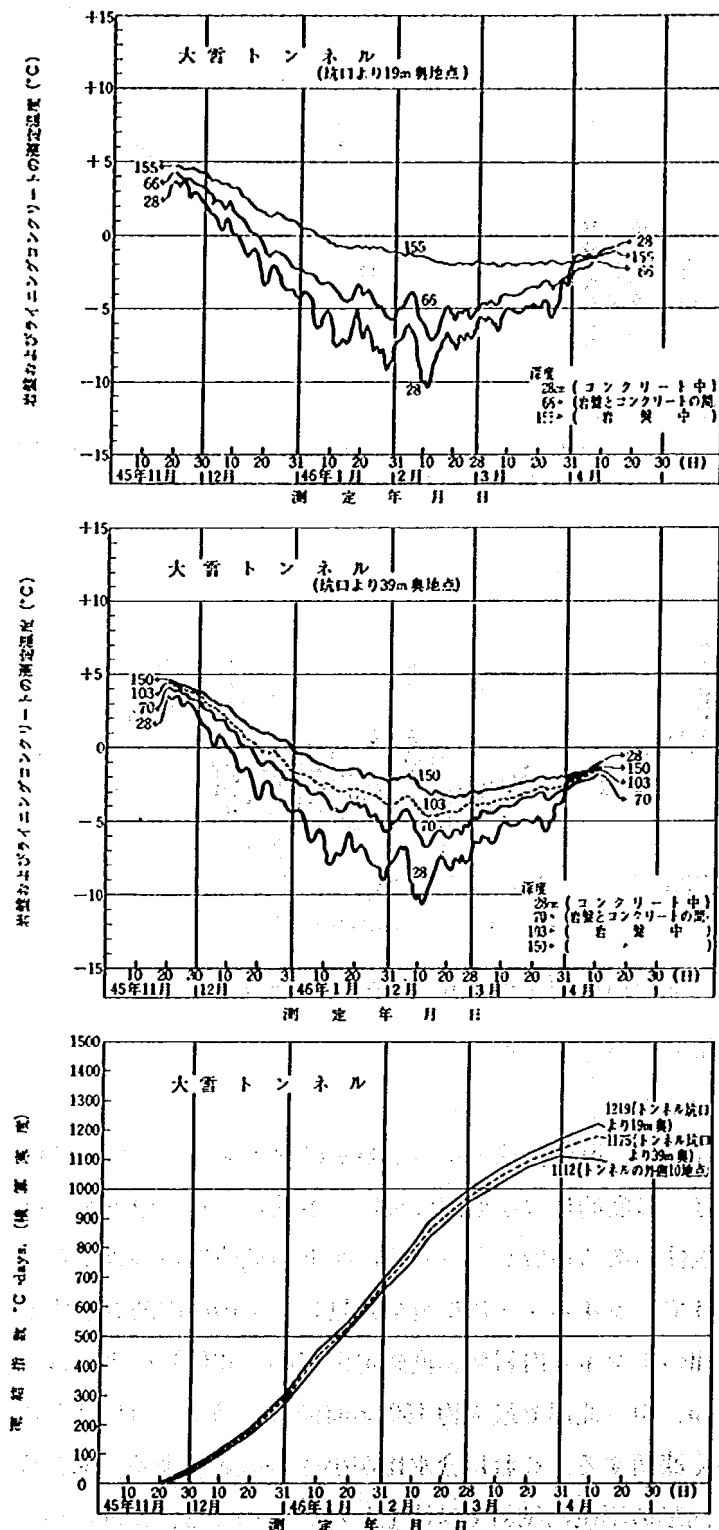


図-12 冬季間岩盤温度測定例(根岸正充他(1975)原図)

低い。このため地耐力が小さく、透水係数が大であり、パイピングを生じる恐れがあると(喜茂別、フラヌイ、白金、漁川などの各ダム)。

㊦ 熔結凝灰岩の高熔結部に、オープン・クラック (open crack) が発達すると(白金、漁川など)。

㊧ 一般に、パッカー法による注入透水量試験が実施しにくいこと、地下水位が低いために、揚水法による透水試験も実施しにくいこと、地下水位が把握しにくいことなどから、より正確な透水係数を求

3. ダムに関する問題

(1) ダムサイトの地質の問題

北海道におけるハイダムは、計画中のものを含めると、農業用ダム、治水用ダム、電力用ダムなどで150余に達する。ダム堤高とダム効率の築造年代による変遷(図-13)をみると、北海道においても、年とともにダムの平均高さは高くなっている。特にフィルダムのそれは顕著であるにもかかわらず、ダム効率をみると昭和30年代をピークとして、以後減少している。このことは、地形、地質的に、より良好なダムサイトが減少しつつある傾向を示す一つのあらわれである。

ダム基礎の地質は全体の約 $\frac{1}{3}$ が新第3紀の碎屑性堆積岩であり、圧倒的に多い。この他新第3紀の凝灰岩、集塊および熔結凝灰岩などの火山碎屑岩が全体の $\frac{1}{5}$ 近くある。最近においても、火山碎屑岩地帯のダムは増加しつつあり、次のようないろいろな問題が生じている。

① 火山碎屑岩地帯のダムサイトの問題

㊦ 低地下水位と透水係数 $10^{-3} \sim 10^{-4} \text{ cm/sec}$ オーダーグラウトの効果の少ない地層(漁川、鶯、喜茂別ダムなど多数)。

㊧ 熔結凝灰岩における、上下方向の固結度の相違、非熔結部の存在、flow unitの間に砂礫をはさむこと、特に、両サイトが固結していても、河床部の固結度が

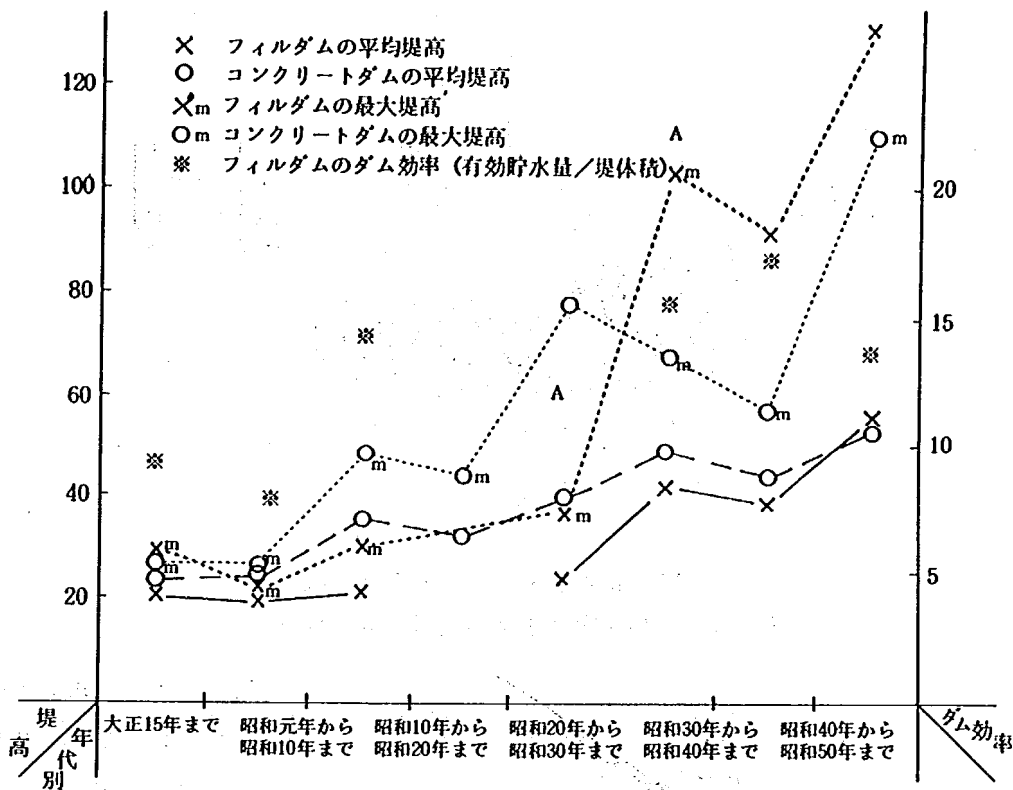


図-13 ダム堤高の変遷 (野地正保(1976)原図)

めるのが難しいこと。

(2) その他の問題

④ 上川、富良野盆地に分布が代表される洪積盆地にみられる厚い河床砂礫層の処理。

⑤ 日高山脈両側山麓に典型的に分布する伏谷、段丘面下に、時として、現河床の岩盤よりも低くきざまれた伏谷により、厚い砂礫層が存在する。この調査と処理。

(2) 永久凍土の問題

54年5月、一級河川、営呂川に建設中の鹿の子ダム(多目的ダム、営呂郡置戸町)の付け替え道路の工事中に巨大な氷塊が発見された。厚さ1.5～2.0m、奥行き8m、幅12m程の大きさであり(図-14、15)大きな単結晶の集まりからなる氷塊である。

基盤岩は、新第3紀のグリーン・タフのメンバーである角礫凝灰岩であり、氷塊は岩盤と崖錐の間の接触部に存在した。発見と同時に、氷塊の規模の調査とノリ面の対策工が協議された。いろいろな協議を経て、最終的には氷塊の上部(ノリ面側)を厚さ50cm程オガクズで置き換え、その上を土と芝で覆う断熱工法により施工し、今後の様子を見る結論に達した。氷は肉眼的にみると、青みがあった、いかにも年代ものという感じを呈していた。発見と同時に対策工のほか、氷塊の成因、年代なども調査された。

従来、北海道においては、大雪山系の東側、北見や北部十勝の山間地で永久凍土の存在が報告されていた。永久凍土は、年平均気温が0℃以下、積雪がある場合は-2℃位でないと、一般には存在しないといわれている。従って、北部十勝の例をみると、少なくとも標高1,000m以上ないと存在出来ない(図-16参照)。従来報告されているもので、標高の低いものでは、十勝三股における700m位のところの永久凍土層がある。今回の場合は、標高500m前後であり、当地域の一般的、年平均気温は、+3～+4℃と推定される。氷塊は薄いところで50cm前後の崖錐に覆われていたのみで、植生は、ガラマツ林であった。何

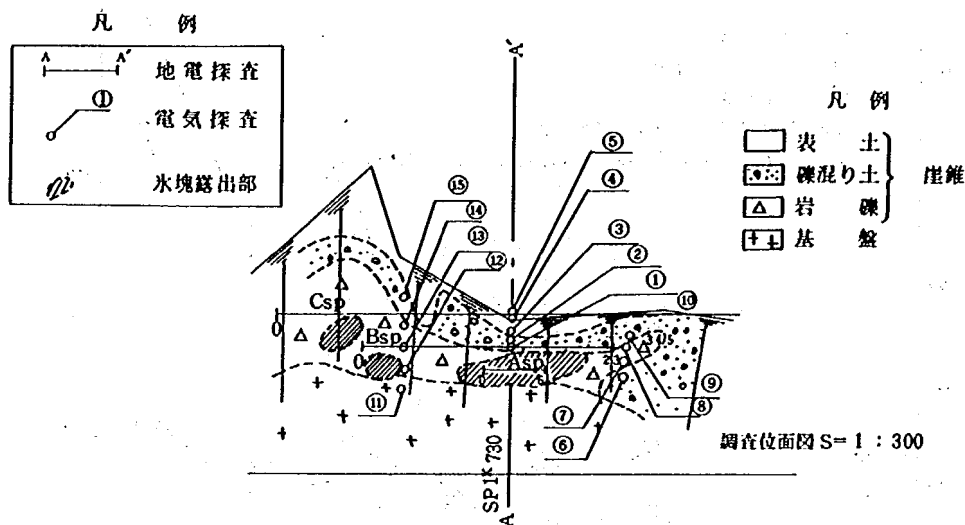


図-14 鹿ノ子ダム氷塊調査平面図
(北海道開発局鹿ノ子ダム建設事務所原図)

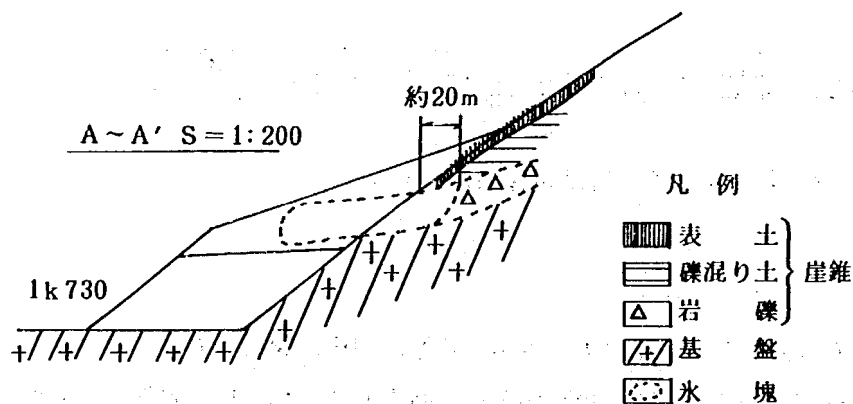


図-15 氷塊調査断面図
(北海道開発局鹿ノ子ダム建設事務所(1979)原図)

故このような永久氷塊とも考えられるものが存在したのか、現時点では原因がはっきりしない。筆者は木村重彦氏(農林水産省農業土木試験場)にウランとトリチウムによる氷の年代測定を依頼し、現在測定中である。

北大低温科学研究所でも、7月より、現地踏査や温度測定、結晶の調査などを開始した。

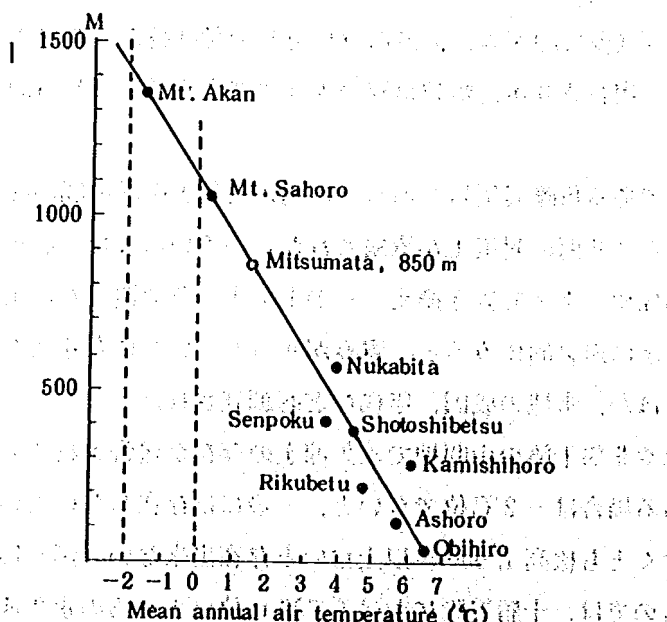


図-16 北部十勝山地の年平均気温

(十勝団研(1978)原図)

今回の氷塊の問題は、新聞にも大きく取り上げられ、多くの人の関心を呼んだ。ダム建設後の湛水により、自然環境は微妙に変化し、やがてこれらの氷塊は、この近辺では消滅してゆくことであろう。前記の十勝三股などでは、林地の開発により、永久凍土層が年々縮少してゆくことが指摘されている。今回、開発と自然環境の変化というのが改めて認識された。

4. 地下水に関する問題

(1) 北海道の地下水調査

漁業とともに沿岸部から開発の進んだ北海道は、戦後内陸部へと急激に開発が進んだ。これに伴い地下水の需要も増加の一途をたどった。昭和20年代より、国の事業として、営農用深層地下水調査、北海道庁の事業として、畑作振興営農用深層地下水調査が実施され、現在に至っている。前者の場合、3ヶ年で一地区の調査を終了し、終了した地区だけでも、現在約40カ所におよんでいる。前者の場合、単年度で調査終了であり、毎年2～4カ所の調査を実施している。これらのデータを基に、北海道庁では全道的な水理地質図を作成している。この間、民間においても多数の井戸が掘られ、地下水が採取されたことは勿論である。札幌、帯広、釧路などの都市において、近年地盤沈下の問題が生じている。北海道においても、大都市では、単に地下水を捜し、採取する時代は去り、その地区の適正限界揚水量を科学的に算出することが要求される時代になった。近年河川担当者、市当局などによる地下水または地盤沈下の観測井の普及は著しいものがある。一方、道東、道北のサケの遡上河川では河川水の利用制限はますます厳しくなり、地下水への期待は一層増大しつつある。

(2) 一般的特徴

地下水を層水とレッカ水に区分した場合、北海道では一般に、新第3紀鮮新世以後の堆積岩層において層水としての地下水の採水が可能である。新第3紀中新世以前の地層は、一般に固結しているので、レッカ水が採水の対象になる場合が多い。一部であるが、中新世の地層で未固結な岩質があり、層水が期待出来るものも存在する。水量および地下水探査の容易さから考えると、利用することにおいて地層水の方が圧倒的に良好である。しかし、利尻島、礼文島、奥尻島などの島々および羊蹄山麓、然別火山々麓、駒ヶ岳山麓などに代表される火山山麓のレッカ水しか期待出来ない高標高地域では、レッカ水を探査し、利用している。地下水全体の水質をみると、鉄分が水道法の基準あるいは農用地雑用水規準を上回る場合が多い。平野部において、泥炭層が夾在して来ると、色度、濁度も基準を超えることが多い。北海道開発局が実施している営農用深層地下水調査では、深度50～120 mにストレーナを設け採水している。筆者らは、昭和50年以来11カ所の試掘井のトリチウム濃度を測定した。いずれも数トリチウム単位～130トリチウム単位の濃度を示した。これらからみると、これらの地下水は最近数年あるいは永くみても数十年の間にかん養されたものである。民間の井戸は一部の工場において、2～3百メートルの深井戸も存在するが、一般には浅井戸が多く、ほとんど100 m以内である。したがって、北海道で現在利用されている地下水の大部分は、古くても、最近20～30年、大部分は最近数年内にかん養された地下水であると言える。

(3) 平野の地下水

石狩平野の一部(札幌)、十勝平野(帯広)、上川盆地(旭川)など洪積層が発達するところでは、概して良好な地下水に恵まれていた。しかし、近年大都市における大量揚水により、経年的地下水位の低下、地盤沈下などが生じて来た。たとえば、札幌では、市街の南～中部地域の扇状地堆積層から大量に採水され、より低標高地域でかつ泥炭層が発達する北部において、著しい地盤沈下現象が生じている。過去10年間ぐらいに、札幌の平均採水深度は約30 mであったものが、平均50 m程度に低下している。札幌市全体では統計によりバラツキがあるが、6～20万 m^3 /日が揚水されている。さらに中心街半径2 kmの地域で揚水されている4～5万 m^3 /日の地下水の大部分は市内を流れる石狩川の支流豊平川から供給されている。しかも、計算によれば、供給の多くが出水時(高水位時)に供給されている。豊平川の上流には、多目的ダ

ムで豊平狭ダムがあり、定山溪ダムが現在建設中である。このようなことから、湊正雄（北海道大学名誉教授）らは大量揚水と同時に、地下水の供給源の減少を指適し、札幌市街の最南部真駒内一石山地域付近に低ダムを設け、扇状地の上端部に地下水源を供給することを提案している。このように、豊富な地下水に恵まれていた洪積平野においても、都市では、地下水の過剰揚水とその対策が重要な問題になって来た。

石狩、釧路、勇払などの各沖積平野においては、泥炭やシルト、粘土層が多い。一般に軟弱かつ高含水比であり、水そのものはあるが、透水係数は小さく、採水しづらい。また水質も不良である。泥炭層は沖積層で最も厚く、洪積層にも一部夾在する。鮮新世の地層になると、北海道ではほとんど海成層である。一部陸成層の時代があり、薄い腐蝕土層をはさむ程度である。したがって、沖積平野でも深井戸により、洪積層あるいは鮮新世の砂、礫層から採水するよう、努力がなされている。しかし、一般には地下水に恵まれず、いわゆる無水地帯とみなされている所が多い。

(4) 火山砕屑岩層の地下水

輝緑凝灰岩に代表される、中生代の火山砕屑岩を始めとして、第3紀および第4紀の火山砕屑岩も多数分布する。しかし、この岩層においても、一般的には、層水としての地下水が期待出来るのは新第3紀鮮新世以後のものである。鮮新世以後の火山砕屑岩では、熔結凝灰岩に代表される火砕流堆積物層が多い。現地形面を形成しているこれらの火砕流はほとんど全部が鮮新世後期から洪積世に噴出したものである。大きな台地あるいは丘陵地といった比較的平坦な地形を形成していたにもかかわらず、開発が遅れていたのは、その性質が農耕地として適さなかったからであろう。

しかし、近年、畑作地あるいは牧草地として大規模に開発されて来た。火砕流地帯は地下水が一般に低く、河川水にも恵まれていないことが開発のネックになっている。

北海道東部の大部分の雨量は800～1,000 mm/年であり、網走地区では800 mm/年以下である。これらの地域には阿寒や屈斜路のカルデラより噴出した大量の火砕流と砕屑岩が分布する。ほとんどの河川でサケが遡上するため、新たに河川水を取水することは極めて困難な状況にある。地質的にもダムの適地が少ない。

以上のような条件から、火山砕屑岩地帯における地下水開発は緊急かつ切実な問題である。

上記の火砕流（Pyroclastic flow）は、おおむね、最も深くても100～120 m程度の厚さであり、その中に何層かのフォール（Pyroclastic fall）をはさむ。多くは、その下部は不透水性基盤である第3紀層になっている。筆者らが実施した、三岱、然別、屈斜路、十勝、支笏などの火砕流地帯の調査では、不透水性基盤面が盆状や溝状構造をなすところに、試掘井を設け（図-17, 18）火砕流の中でその下部から地下水を得ることにおおむね成功している。一般に100 m前後の深井戸になり、浅井戸では地下水を期待出来ない。これらの井戸でトリチウム濃度を測定すると、他に比較して、濃度は大きく、20～130 前後のトリチウム濃度単位を示す。したがって、ごく最近～数年内にかん養された地下水であると推定される。

(5) 新第3紀層の地下水

北海道で、いわゆる層水としての地下水が期待出来るのは鮮新世以後の堆積岩層である。一般に中新世以前の地層は不透水性の基盤岩とみなされている。したがって、地下水を利用する点から考えると、中新世と鮮新世の間に大きな境界を引くことが出来る。

筆者らの経験によれば、地質を問わず、一般に最大揚水量500～1,000 m³/day 程の井戸で透水係数は $K = 10^{-2} \sim 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 、1,000 m³/day 以上の井戸で $K = 10^{-1} \sim 10^{-2} \text{ cm/sec}$ である。いわゆる利用で

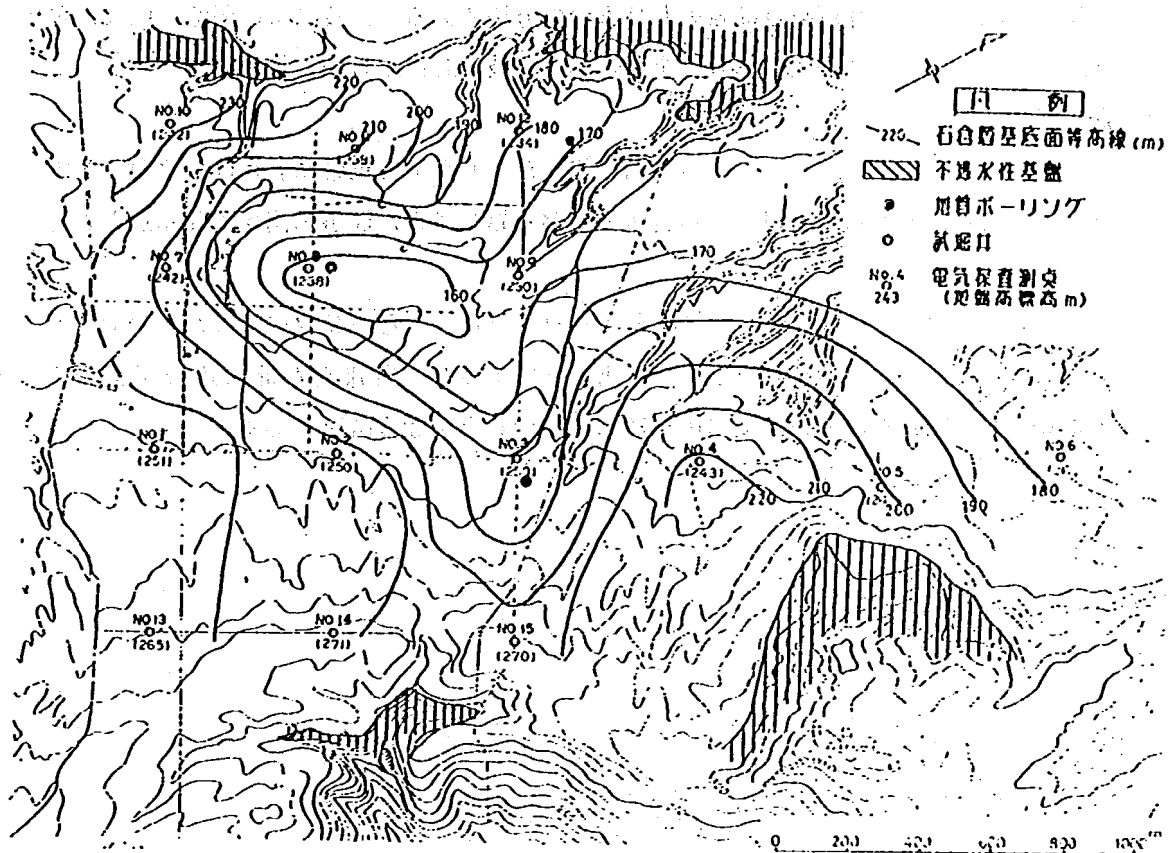


図-17 森町三岱石倉層基底面等高線図
(北海道開発局土木試験所(1977)原図)

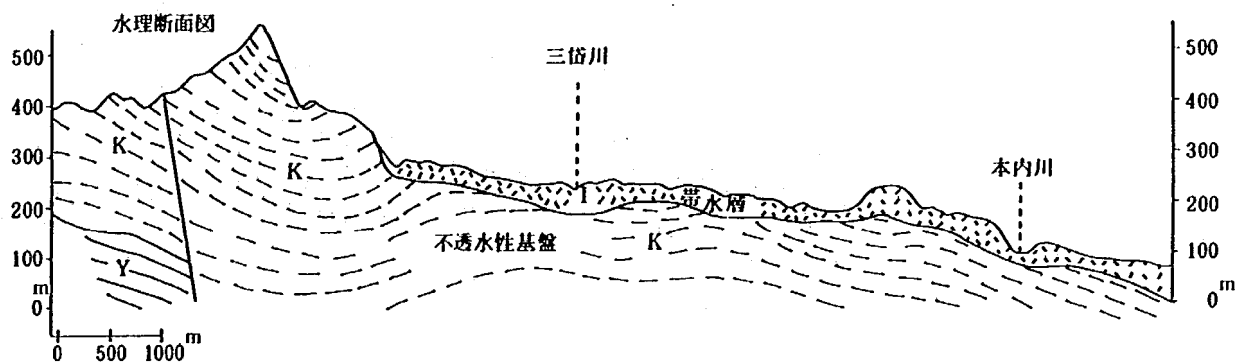


図-18 森町三岱石倉層断面図例 (原図, 図-17に同じ)

きる井戸としての、最小限界透水係数は 10^{-4} cm/sec オーダーである。

鮮新世の砂、礫などの堆積岩層は $K = 10^{-2} \sim 10^{-3}$ cm/secが多く、これが厚く発達するところでは、質量とも最高の地下水が採取出来る。

中新世以前の地層は $K = 10^{-4} \sim 10^{-6}$ cm/secであり、地下水採取のうえからは不透水層とされているが実際は難透水層である。やむを得ず、中新世以前の地層に地下水を求める場合は、砂岩層、破碎帯、貫入岩などを対象にして井戸を設けている。

たとえば筆者らは、礼文島において、磁気探査と放射能探査により、泥岩中の玄武岩の岩脈 (Dyke) を調査し、ここを試掘して地下水を得た。奥尻島では電気探査により、凝灰岩中の安山岩の岩床 (Sheet) を調査し、ここより地下水を得た。

破碎帯の集水機能に着目し井戸を設けるのもひとつの方法であるが、破碎帯の深度、位置、大きさ、性質などの確認、井戸掘削などに問題があり、全体として、技術的に難しいと筆者は考える。

あ と が き

北海道の土田地質的問題点の一部をごく概略的に述べた。もう少し正確に言えば、北海道全体の土田地質的問題点というより、筆者らが所属する地質研究室が対処して来た仕事に関する問題点と実情の一部といえる。

これらは筆者らの経験を基に記したものであり、それだけに、かなり私見の交ったものである。

まとめ方の巧拙を問われれば素より自信のないところであるが、当報文が北海道で当面している広い意味での土田地質上の問題点あるいは実情の理解に役立つことを願う次第である。

第13回地質担当者会議資料

土研資料第1552号
昭和55年5月(1980)

地 質 研 究 室

要 旨 第13回地質担当者会議において発表された研究、報告、講演内容とその討論内容を取りまとめたものである。

1. ダム建設と環境問題
2. ヨーロッパの岩盤施工
3. 凍結融解試験法によるリップラップ材の耐久性判断判定基準案について
4. 斜面崩壊に関する諸問題
5. 地形分析による山地地盤調査について
6. 北海道の開発事業における土木地質上の諸問題



No. _____

配布先氏名

配布先住所



