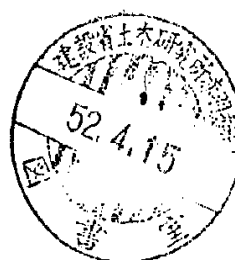


83

土研資料第1207号

土木研究所資料

第10回地質担当者會議資料



昭和52年2月

建設省土木研究所
地質化学部地質研究室

土木研究所資料 第二〇七号

第十回地質担当者會議資料

昭和五十二年二月

建設省土木研究所

395

Copyright © 1977 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 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。

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地質調査方法の統一化等を目的として昭和42年から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10回をむかえるにいたった。その間、河川砂防技術基準、道路土工土質調査指針、トンネル技術基準等の地質調査関連の基準、指針の討議を行い、またダム、トンネル、のり面等の地質上の問題点の検討や、海外の技術情報交換等を行なってきた。なおこの間に発表された議題名を分類整理して巻末にのせておいた。

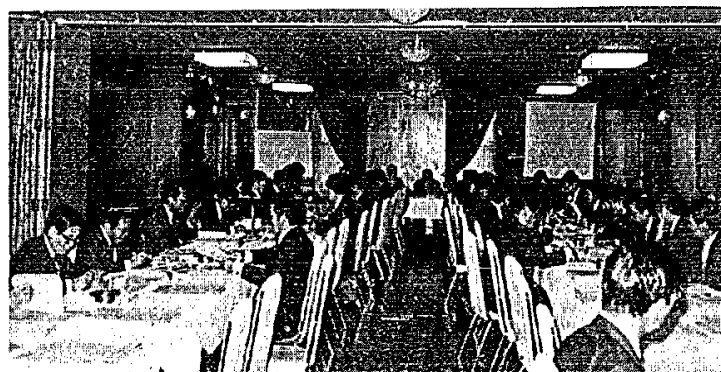
今回は本省細川技術参事官、市原土木研究所長をはじめ、本省、各地方建設局、国土地理院、北海道開発局、沖縄総合事務局などから多くの人々の参加を得て、65名に達する盛会をみた。会議の第1日目は芥川埼玉大学教授より「土地地質について」という題で、土地地質の黎明期より今日に至るまでの過程や土地地質の動向と今後の方向等について御講演を頂いた。またダムの調査で行なわれているルジオンテストの統一化を図るために、「ルジオンテストの施工指針(案)」について討議を行った。この討議においては特に試験範囲、試験方法、解析方法等に関して活発な意見交換が行われた。さらに中国地建弥栄ダムのダム軸選定に至るまでの経緯および台風17号による山地災害の実情と問題点について、貴重なスライドを数多くまじえながら報告があった。第2日は千葉支所構内において、地質関連の実験、試験機、および施設等の見学を行なった。すなわち実験としては、水中ボーリング機の掘削実験、ケーソンの沈設実験、施設としてはトンネル実験棟、盛土実験棟、擁壁実験棟、試験機としてはねじりせん断試験機、残留強度試験機、高圧三軸クリープ試験機、大型三軸圧縮試験機、ロータリーフォイルサンプラー等の見学を行なった。

ここに提出された資料と討議内容等を中心とした議事録をまとめて、今後の参考に供しようとするものである。

昭和52年2月

建設省土木研究所 地質研究室長

岡 本 隆 一



目 次

ま え が き

会 議 次 第 1

出 席 者 2

開 会 の 挨 拶 5

土木研究所長挨拶 6

技術参事官挨拶 7

閉 会 の 挨 拶 8

議事および資料

1. 特別講演「土木地質について」 11

2. 弥栄ダムの地質について 21

3. 17号台風による山地災害について 41

4. ルジオンテスト施工指針(案)について〔質疑応答〕 59

5. 地質担当者会議発表議題一覧 85

第10回 地質担当者会議次第

日 時 昭和51年11月30日(火)～同12月1日(水)

場 所 虎ノ門共済会館 および 土木研究所千葉支所

1. 11月30日(火) 9:30～17:00 虎ノ門共済会館
 - 開会の挨拶 土木研究所地質化学部長
 - 1) 9:30～9:40 土木研究所長挨拶
 - 2) 9:40～9:50 技術参事官挨拶
 - 3) 9:50～10:30 弥栄ダムの地質について
中国地建弥栄ダム工事事務所 神 尾 重 雄
 - 4) 10:30～12:00 17号台風による山地災害について
土木研究所砂防部 安 江 朝 光
藤 田 寿 雄
池 谷 浩
 - 12:00～13:00 昼 食
 - 5) 13:00～14:00 特別講演「土木地質について」
埼玉大学教授 理学博士 芥 川 真 知
 - 6) 14:00～16:50 討議「ルジオンテスト施工指針(案)」
 - 7) 16:50～17:00 映画「水中ボーリング機による地盤調査」
閉会の挨拶 土木研究所地質官
2. 12月1日(水) 10:00～15:00 土木研究所千葉支所
 - 1) 10:00～11:30 地質研究室 水中ボーリング機掘削実験
 - 2) 11:30～11:45 振動研究室 ネジリセン断試験機
 - 3) 11:45～12:00 土質研究室 残留強度試験機
 - 4) 12:00～13:00 昼 食 (会議室)
 - 5) 13:00～13:20 基礎研究室 ロータリーフォイルサンプラー
高圧三軸クリープ試験機
 - 6) 13:20～13:40 トンネル研究室 トンネル実験棟
 - 7) 13:40～14:00 土質研究室 盛土実験棟
大型三軸圧縮試験機
 - 8) 14:00～14:20 施工研究室 擁壁実験棟
 - 9) 14:20～15:00 " ケーソン沈設実験

第10回 地質担当者会議 出席者名簿

機 関 名	氏 名	所 属 職 名
本 省	細 川 弥 重	大臣官房技術参事官
	大 島 重 利	大臣官房技術調査官
	広 瀬 利 雄	河川局開発課水源池対策室長
	榎 本 真	河川局河川計画課長補佐
	岡 本 正 男	河川局砂防部傾斜地保全課急傾斜地係長
	官 内 博 良	道路局有料道路課技官
	和 田 惇	道路局国道第二課長補佐
	斉 木 忠 治	道路局地方道課主任
国 土 地 理 院	市 川 懋	地理調査部地理第二課長補佐
	土 肥 規 男	企画部測量指導課長補佐
	星 埜 由 尚	地理調査部地理第一課地理第一係長
東 北 地 建	大 木 達 夫	七ヶ宿ダム工事事務所長
	江 川 良 武	河川部河川計画課建設専門官
関 東 地 建	星 野 辰 男	道路部道路計画第1課技官
	吉 村 佐	川治ダム工事事務所調査設計課長
	田 子 晃 市	利根川ダム統合管理事務所調査課長
	北 条 実	東京湾岸道路調査事務所調査課調査第一係長
	榎 辺 昌 弘	富士川砂防工事事務所長
	是 沢 一 樹	富士川砂防工事事務所調査課長
	中 川 安 典	宮ヶ瀬ダム工事事務所調査設計課長
	西之原 達 志	大宮国道工事事務所調査課技官
	小 川 雅 夫	関東技術事務所建設専門官
北 陸 地 建	田 畑 茂 清	企画部建設専門官
	林 数 一	河川部河川工事課ダム係長
	府 録 宗 信	河川部河川計画課計画第二係長
	上 村 洋 司	三国川ダム調査事務所調査設計課長
中 部 地 建	平 野 勇	長島ダム調査事務所調査設計課技官
近 畿 地 建	瀬 尾 克 美	河川部建設専門官
中 国 地 建	福 村 俊 則	道路部道路工事課長補佐
	神 尾 重 雄	弥栄ダム工事事務所建設専門官
	米 田 太	中国技術事務所材料試験課主任
四 国 地 建	浜 田 一	河川部河川工事課長補佐

機 関 名	氏 名	所 属 職 名
九 州 地 建	高 果 強 林 田 彪	企画部技術管理課技官 河川部建設専門官
北 海 道 開 発 局	小 林 雄 一 根 岸 正 充	土木試験所地質研究室長 土木試験所地質研究室主任研究員
沖 縄 総 合 事 務 局	山 里 正 展 山 波 武 敏 林 保 夫	北部ダム事務所調査設計課長 河川課計画係長 河川課技官
土 木 研 究 所	市 原 薫 今 西 誠 也 柳 田 力 飯 田 隆 一 西 岡 正 斉 藤 孝 三 高 平 淳 一 城 島 誠 之 松 本 徳 久 池 谷 浩 藤 田 寿 雄 安 江 朝 光 元 田 良 孝 金 刺 敏 朗 近 藤 政 司 岡 本 隆 一 菅 原 捷 桑 原 啓 三 中 村 康 夫 武 井 修 加 藤 則 男 中 村 靖 治 星 畑 国 松 佐 伯 四 郎 神 村 隆 也 浦 野 隆	所 長 地質官 地質化学部長 ダム部長 ダム部ダム構造研究室長 " " 研究員 " " 技 官 " フィルダム研究室長 " " 主任研究員 砂防部砂防研究室研究員 " 地すべり研究室長 " 急傾斜地崩壊研究室長 機械施工部土質研究室研究員 " 施工研究室研究員 新潟試験所研究員 地質化学部地質研究室長 " " 主任研究員 " " " " " 研究員 " " 技 官 " " " 企画部ダム計画官 " 企画課長 " " 企画調査係長 " " 主 任 " " 技 官

開会のあいさつ

土木研究所地質化学部長 柳 田 力

今日は早朝からお集りいただきまして有難うございます。本日と明日2日に亘りまして地質担当会議を開催させていただきます。議題は弥栄ダムの地質の問題、或いは17号台風の山地災害の問題についてご報告いただき、さらに、第10回でございますので埼玉大学の芥川先生に特別講演をしていただき、それからルジオンテスト施工指針(案)についてのご討議をいただくことにしております。明日は地質研究室の開発した水中ボーリング機関係の進行状況を見ていただくプログラムで会議を進めさせていただきます。よろしくご討議の程をお願いします。初めに土木研究所長の方からごあいさつ願います。

あいさつ

土木研究所長 市 原 薫

おはようございます。本日は朝早くからお集り下さしまして皆さんど苦労さまです。地質担当者会議も今回で第10回ということで、完全に定着したという形でございまして非常に結構なことだと思ひます。ただこれでマンネリにならないように、またこれから気分を一新して地質担当者会議というものをさらに発展させていただきたいと思ひます。

私はこの頃どこに行っても大体建設技術の研究開発は現在の2倍位の規模にしなければ駄目ではないかということをいっているのですけれど、言うだけでなく事実そのように思っている訳でございまして、全体を2倍にするという意味で地質関係もやはり2倍位にしなければならぬのではないかというような気持を持っております。そのつもりで更に頑張ってくださいたいと思ひます。ご存じのように最近の建設工事は非常に地質の問題が難しくなりまして、アメリカでもティートンダムの破壊というような問題も発生した訳でございします。幸いにも我国ではあのようなショッキングな事故は起きてはおりませんが、これは皆様が非常に頑張ってくださいたいお陰だと思ひます。そういう意味で大変感謝している訳でございします。ただ今回も発表があります災害関係につきましては、いろいろ規模の崩壊、破壊があり、不可抗力的な面があるにもかかわらず、比較的小さい災害で済んでいるということはある意味では非常に幸いだと思ひますけど、なお今後もいわる大きい問題を起さないように頑張ってくださいたいと思ひます。という意味で今日、明日大いに討論していただいて、また次の発展に資していただきたいと思ひます。

あ い さ つ

技術参事官 細川 弥重

技術参事官の細川でございます。本日の会議にお招きいただきまして有難くお礼申し上げます。配られている資料を拝見いたしまして地質に関する学問的分野の工学的実用の領域の如何に広いかを再認識いたしました。

我々土木系技術者に要請される社会的条件は、大別して経済性と安全性とであります。前者については従来莫然とした経済性に立って物事が論議されていたように思えます。今日の社会では広い意味での経済性が要求され、且つ科学的根拠が強く要求されております。俗語でいう、より経済性の追求であります。我々にとってより経済性ということは、高度な科学と技術に対する要求であろうかと思ひます。勿論我国の土木系の科学と技術については国際的に見て、他の先進諸国に対し優位でこそあれ劣っているとは考えられません。誠に進歩的であり、且つ発展的であると確信を持っています。今日の地質担当者会議の中で論議されておりますいろいろな地質の問題に関しましても学問的な立場において、他の土木系の学問と同様ではなかろうかとお見受けしております。地質につきましては理学的の意味で未解決の問題が数多くあるという風に聞き及んでおりますが、今後事業の実施において解決されることと信じております。地質の性状の判定が土木系構造物その他の計画と実施に対しまして基本的なものであることは、論を待たないところであります。地質条件の解明こそ全ての計画を決定する最大の条件であると思ひます。そういった意味でこの会議は非常に意義深いものであると思ひます。会議の度と多くの未解決の問題が一つ一つ解決されて行くことに大きな期待をかけております。活発に討議されることを願ひましてごあいさついたします。

閉会のあいさつ

土木研究所地質官 今 西 誠 也

土木研究所地質官の今西でございます。今日は朝早くから熱心に話を聞き、また討論に参加して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も今日で10回目を迎えることになりました。今日の資料にあります出席者の名簿をご覧になりましたも既に皆様ご存じのことと思いますが、北海道から沖縄まで日本を縦断するように皆さんにご参加いただきました。本当に有難いことだと思っております。

私は地質担当者会議のような会議に二つの目的があると思います。今日朝からやりましたように熱心に人の話を聞き、また討論に参加することが、一つの意義だろうと思います。しかし私はそれ以上にもう一つもっと大きいメリットがあるのではないかと考えます。そのために私は担当者会議を一生懸命やっている訳です。それは何かと申しますと北海道から沖縄の方まで皆さん仲よくなってお互いに情報交換をこれからしていただきたいということでございます。

人間の性質としまして、知っていると割合に気易く物を聞くことができ、また聞かれる方の立場にとりましても知っている人から聞かれるとどうしても親切になって一生懸命教え、知らない人は多少邪険だという点が出てまいります。そういう意味で今日この日だけのことでなくて、皆さんよく知り合ってお互いに情報交換をしていただきたいと思います。そのために今日これから懇親会も設営しておりますので是非ご参加いただきたいと思います。なお今日の会議を設営するにつきましては、技術参事官室でいろいろ招集その他全部やっていたと思いますが、実務は土木研究所の方で実施した訳でございます。また今日の会議には私共の先輩である芥川先生から土木地質について、昔からの仕事の流れといったような意味でのご講演をいただきましたし、中国地建の神尾さんからは非常に地盤の悪い弥栄ダムについて、どういう経緯で、どういう考えでダムのセンターを決定し、堤体を設計するかというお話をいただきまして本当に有難うございました。また17号台風につきましては土木研究所砂防部の安江さん、藤田さん、池谷さんから貴重なお話をいただきました。その写真の中には現実に出合った事もないような、分解的な写真も見せていただき非常に有難かったと思っております。

ルジオンテストの討議につきましても、まだまだ問題点があるようでございますし、土木研究所の方といたしまして内部で検討し、また現場の方々といろいろ討議を重ね、また資料をいただいてやって行くようになると思います。今日は本当に朝早くから今まで、一生懸命討議していただきまして有難うございました。これからご時間をいただきまして、皆様といろいろ懇談をいたしたいと思っております。よろしく願ひいたします。

これをもって私の閉会のあいさつといたします。

1. 特 別 講 演

土 木 地 質 に つ い て

埼玉大学教授 芥 川 真 知

1. 土地地質について

特別講演というお話ですが、私はどうもそのような大げさな話をする柄でもありませんし、実はそれほどの準備もしておりませんので、建設省を卒業してすでに6年余りたちました老兵の懐古談というようなことでもさせていただいてお茶をにごそうかというつもりであります。

この地質担当者会議といいますが、今から9年前に第1回がもたれました。丁度その時私は土研に奉職しておりまして、発足にたずさわったというご縁で今日この十周年記念の席におきましてお話をさせていただくことになったわけでございます。10年ひと昔と申しますが、この会議もまさにその通りで、9年前に発足した当時には、建設省の中に地質屋-地質屋という定義はいろいろございましょうが、とりあえず大学の地質を出て来た者ということでお考えいただきまして-その地質屋が最盛期で20数名おりました。それで地建に配置された地質屋が大分増えてまいりまして、地質屋の数は増えたけどさでどういふ仕事をさせるかということについて、どこかまだ暗中模索の気味がないわけでないし、地質屋の方でもどういふ仕事をすれば建設省の役に立つのかということについて、どこかひとつびたりいかなないものがあるというような声が大分でございました。また土木の方でも実際には地質関係の仕事をやらなければならない人も沢山いらっしゃいます。そうなりますと、大きく見た地質の知識というものが必要であるはずだけれど、その辺りがしっくりいかないというようなことがございました。まず一つにはそういうわけで、地質屋の士気を鼓舞するという意味あいもありますし、もう一つには土木の関係で地質をやっている方々との連携動作を密にする必要もあると考えまして、地質担当者会議というものも提唱されたわけでございます。最初の第1回は多分、土研の講堂ではなかったかと思いますが、人数も20人余りでしてでしょうか、どうにか人々が集って氣勢をあげるというのが精一杯というような状態でございました。それがだんだん回を重ねて今日ここで60数人の方がご出席ということをお伺いしますが大変な盛会になったものだと思います。最初の頃はまず第2回目3回目をちゃんとやるということ自体がかなり苦痛なことでありまして、岡本さんなど大変な努力をされたわけでございます。そういう時期に3回目までで私は卒業してしまったわけでございます。その後今西さんはじめ皆様方のご努力、そのご努力に対して多いにげましお力ぞえ下さった本省・土研の関係各位のお蔭によりまして、この盛会を見るようになったと考えております。それだけにまた建設省内での地質関係の仕事というものも重要になってきたということを意味しているわけであろうかと思えます。

私自身が地質屋でございますので、地質屋サイドの話しかできないわけでございますが、建設省(当時の内務省)に私どもの大先輩、初代の地質の担当官高田さんがお入りになったのが大正11年ということでございます。日本において土地地質の事始めをされた一幹といえますか、ほんの一つまみの方々として高田さんと、当時鉄道省に入られ後日本物探をつくられた渡辺貫さん、そして渡辺さんの後を継がれ後に電源開発に行かれた広田さんがおられます。この三人の方がほぼ時期を同じくしてこの方面の仕事をはじめられました。丁度この時期というのは日本の国威発揚

の時期でもあったように思います。この時代の方々はまず地質というところから土木に飛び込まれて、全く自分の力、先輩が全然いらっしやらない状態で自分達の力で自分達の世界を作ってこられたわけでございます。そしてこの時代の方々は結局、多くはダムとかトンネルとかをやられていたわけですが、それなりに構造物に対する地質の良し悪しについての物差しというものを自分達の経験からお作りになって、ご銘々が自分の物差しでもって判断をされていたという時期であったように思います。それから10年余りたちまして、丁度この時もまた1.2年の年次差あるいは全く一諸だったかもわかりませんが、建設省に入られた小野寺さん、国鉄に入られた宮崎さん、それから電力中央研究所に入られた田中さんというこれもまたご三人の方がその次の10年間の土木地質の時代を背負ったわけでございます。この頃からは民間にも土木地質のコンサルタントの原形のような形で活躍下された方々が数人いらっしやるようでございます。この方々の時代に入りましてから丁度戦争も最盛期に突入いたしますし、軍部の要求という問題も含めましていろいろと苦労が多かったようであります。その頃は土木というものが実は一部ミリタリーエンジニアリングになっていた時でございます。ご活躍中だった高田さんはじめのご三方と新しく土木地質の障壁に加わられたお三方とは特に戦争に関係した飛行場でありますとか、防空壕でありますとか、また電力にいたしましても戦争を遂行するためのエネルギー源というような見方で土木工事が振興されそれに力をさかなければならなかったわけでございます。そういう状態でこの時期を過ごしまして、また10年位たちました。終戦の前後に、この時も私の2年ほど先輩でもう亡くなられましたが、国鉄に入られた伊崎さんという方をトップにして私が21年、ここにいらっしやる今西さんの23年位までが一同となって土木地質の障壁に加わったわけでございます。この時の一同は曾ての3人づつという時期よりは十分ふえまして10人ほどの一同になっていたはずでございます。やっこの辺りから土木地質の人口が増え出したわけでございます。ところがまだ自分の物差ししかもてないという時代でございました。私達の大体同期の頃の人々はいろいろな機関におりましたのですけれど、そのために却ってその人達が顔を合わせて話をするというような横のつながりがかなり緊密であった時代でございます。

戦争は終了しましたが、私達が入りましてしばらくは日本全体混沌とした時代が続いていまして、仕事もあまり活発ではないというようなことで、私も学校を出まして5年目頃まで役所を辞めてどこかに変わってしまおうと思ったこともございました。そうこうしているうちに日本の復興もだんだん盛んになってまいりまして、どうにか私共がそれなりに仕事をする時期が回ってまいりました。そうなりますと今度は急激に地質の知識を要求する時代がやってまいりまして、土木地質の担い手がふえはじめ、それから先は、どんどんこの分野に人が入ってくるようになります。丁度それが岡本さん辺り或いはもうちょっと前からの時期であろうかと思えます。そうなりますとだんだん土木と地質の連絡を密にしないといけないという空気ができてきた訳であります。そうして人が多くなると個人1人1人の物差しではどうもくいちがいもおこりがちで物差しとしておぼつかない感じが強くなり、お互いの物差しをもう少し比べ合せて正確なものにして行こうという動きが強くなってまいりました。これは言い換えれば測定による、或いは定量化によるものの判断ということであった訳であります。これはもう各省というような所属の問題を越えまして、日本中でなるべく同じ方法で試験し判断するという時代が全体的に基盤化の方向をた

だったのでございます。その基準化の最先端にあたったのは恐らく道路であったと思います。ダムというものはそれ自身が地形・地質にあわせて設計するという色彩の濃いものでありますから、これは調査の方法、結果の判断の基準化があまりできない分野であると思われていた訳であります。しかし基準化はなかなかしにくいにしても、調査をあるきめられたフローシートに従って行ないところどころチェックポイントを置いて、判断すれば最終的にそれ程個人差や間違いのない判断にたどりつけるだろうと、そういうような考え方がこのころからできてきたのではありますけれども技術的判断の前に地質構造の解釈という問題があって実際になかなかそれが実現するには至りませんでした。漸く現在に至ってその気運も大分高まってまいりまして、地質調査規準が大ダム会議でも土木学会でもつくられるようになり、この流れがはっきりしてきましたが大ダム会議での規準作成には10年ほどの審議を経ております。そういう新しい時代を今迎えているのだと私は思います。

土木の分野が多様化し構造物が大型化しますと、当面する地質の問題も同時に多様化し複雑化いたします、それに従って一人が全てをカバーするというのがなかなかできなくなり、段々に専門化して行くようになって来ました。ですから誰でも使える調査基準ないしは判断基準というものを作らなければならないという気持はあるのですけれども実際に誰にでも使える判断基準というような便利なものはなかなかできないのが当然でございます。方法は基準化することができが、しかしその一つ一つの事柄についての判断はやはり、それを専門とする人の手を経ないと大きい誤ちを起す恐れがあるということは何時の時代にも変らないことであります。実際に基準を作るに当っては大きい間違いを起さないためにはどうすれば良いかということが次の大きな着眼点であろうかと思えます。部分化、専門化と、いう過程がやたらに分化して行く訳ではございませんので、岩盤力学というような力学的な見方と地質プロパーの歴史科学的な見方というようなものに分極していったように思います。そしてこの分極作用は構造物をつくるという立場からは、力学性状を主眼とするようになっていき、そこで岩盤力学が大きく発展していった訳であります。その最たる担い手がここにいらっしゃる飯田さんであり、地質屋ということではありませんけれども、丁度この地質と土木とが手を握るその辺りに位置づけられることではないかと考えます。こういう風に分極化が進んでまいりますと、その両極の間にとり残された問題というものが出てまいります。グラウトの問題などもそうであります。そのようにして地質プロパーの問題と力学の問題との間に沈殿物ができてこれをまた新たに掘り起こさなければならないということで、今中部地建におられる柴田さんあたりが非常に努力されて、土木学会でのグラウチングの仕様書の作成というようなことへと発展していった訳であります。私はそういう意味から1つの極である地質プロパーの方の話を多少したいと思っている訳であります。

結局は土木構造物を地球の上に造ろうということですから、その基礎が悪ければその構造物自体の死命が制せられるということは当然のことでありまして、更に地層の良し悪しということは、良し悪しだけではなく基礎の性格そのものが、工期、工費に非常に大きい影響を与える訳であります。しかし、こういう構造物自身の死命を制するかどうかということと、工期、工費ということとは、実は同じ話でありまして、程度の差だけの問題であります。だんだん工事の機械化が進みまして時間短縮ができるようになりますと、工期というものは同時に工費でもある訳で

すし、そういう点でむしろ施工者が、この土木地質を会得しなければならないという面に非常に強い要求がでてきております。そういうことで今では施工会社でもかなり多数の地質陣営を擁しているような状態になっております。こういう事の非常に端的な例が青函トンネル辺りに見られるわけでありまして。青函トンネルは、海底の工事でありますためにその調査の時間が非常に長かったのですが、丁度その時にたまたまスーパーカー（音波探査）という手法が導入されましたために、海底の調査はそれまで想像もできなかった位格段に精度の高い調査ができるようになってきた訳です。いろいろ調査が行なわれましたが、これは海底のことですから人がなかなか近づくわけにまいりません。色々の調査方法の中で物理探査が活用されました。今申しました音波探査の他に磁力探査というものも導入されました。そしてこの磁力探査によって、最も出水の危険の大きい断層沿いに貫入した玄武岩や安山岩の岩体がおよそどの辺りにあるということも調査されるようになってきております。しかし、青函トンネルの地山の地質は、概して軟らかく悪いものでありまして、安山岩とか玄武岩とかを沢山含んでいる訓練層という地層が竜飛側にありましてこのような火成岩の中では出水の危険をはらんでおります。現在はまだ訓練層の中を掘っている段階でございますが、これから先、向斜軸付近になりますと、だんだんとそれより上の八雲、黒松内層というような軟かい層に出くわすということが予想されます。そうなりますとこの黒松内層というのが上部中新統最上部の凝灰質の大変軟かい岩でございますので、120～130平方メートルというような大きな断面が果して自力で持つかどうかということが危ぶまれるのであります。しかしそういう事態においてもさらに掘削を進めなければなりません。これは単に工期、工費というだけではありません。そのトンネル自体の死命を制する可能性がないではないというようなことになります。そうなりますと、このような軟らかい地山を強化するためのグラウトが非常に重要視されてくる訳であります。これは単に地山の強化だけではなくて、水止めに失敗しますと命とりとなりますから、突発的な湧水防止という意味でもグラウトが大事であります。また黒松内層に出会う以前の訓練層、八雲層、の中にはちよつと見た位ではわかりませんが気を付けて見るとわかる、低度の破砕帯がいくつか出てまいります。そういう所ではトンネル周辺の塑性域が広がってしまうために支保工に大きい荷重がかかるわけでありまして。ですから、大きい掘削断面に対して強度が充分でない緑色凝灰岩の中の破砕帯を予知し、その部分を突破する工法或は「にない」の方法を考えなければなりません。また岩の硬さを充分予知することができますと、適格なトンネルボーリングマシンが得られることとなります。曾て硬岩用のトンネルボーリングマシンを持ち込みまして必ずしも成功したといえないような状態でありましたが、現在はアルビノという軟岩用の掘削機を持ち込んで実際にかなり具合よく掘削を進めているようであります。まずこの青函トンネル一つをとって見ましても、地質調査或いはそれから導かれる知識と掘削そのものとの関係が非常に深いということがわかります。

さて、このようにして現在の土木地質というものをもう少し将来に向けて延長しまして一体どんな問題が残って来ているのだろうか、残っているというより、どんな問題にこれから直面しなければならないのか、どういう事を解決しなければならないのか、ということを私なりに考えて見たいと思います。5つか6つの項目があらうかと思いますが、まず第一はやはり岩の力学的な問題であらうかと考えます。岩は弾塑性体であるということですが、その力に対する挙動は非線

形であります。現在はこの非線型を線形に置きかえて考えるという時期を説きかけている段階でありましようが、これからは実用上も非線形という考え方に進んでいかなければならない時期にさしかかっているように思います。それと同時に岩の中に存在する諸種の方向性の問題があります。これには堆積岩に見られる堆積構造に伴う方向性や火山岩に見られる流理構造というような岩の生成にかかわる初生的な方向性と、変成作用等の結果付加された二次的な方向性がございます。或いはまたクラックや断層ができたためにおこる方向性・不均一性というものも、また含水による強度変化もございます。こういう方向性・不均一性を加味した非線型力学モデルを作って、それによって岩の力学的性質を計算して行くということが、まず一つ重要な点になろうかと思ひます。この岩盤の含水量、応力度を含めた力学性問題は一つは地下発電所のような非常に大きい空洞を地下に掘るといふような所で現在かなり利用されているように思ひます。しかしそれだけではなく当然岩に大きい力のかかるダムのようなものでもこういう力学的な解析が更に一歩二歩と進んでいかなければならないのではないかと思ひます。

それともう一つ実際に学校などで土木地質をやろうという者の一種の悲願のようなものが続成作用という問題であります。これは多分に地質屋的な見方ですが、続成作用と申しますのは、堆積物が堆積しましてそれが長い時間かかってその上に上載荷重が加わり固結する過程を指すものであります。上載荷重が加わり時間効果が現われ堆積物は先ず土のような状態で圧密を受けるという段階があります。圧密を強く受け続けますと除々に骨格構造ができあがってまいります。そして骨格構造の強さが強く打ち出されたものが軟岩のもつ性質であろうかと思ひます。更にその骨格構造が強固になり、セメンティングとか或いは粒子間の反応が進みまして石化が起る訳でございます。石化が充分に進みますとかなり弾性体に近い性質を持つ岩ができあがりますが、そうなると外力によってぜい性破壊がおこるのでこれを岩盤として見た場合にはクラックを沢山持つ岩ということになります。このように堆積が始まってそれが地中に閉じ籠められ、続成作用によって物理的、化学的に性質を変えながら遂に硬い岩になり、硬い岩になると二次的なクラックの影響が大きくなっていくという訳です。こういう段階を時間効果を考えた地質屋的な見方で追跡する必要もあるし、これをまた化学変化という鉱物学的な見方で追跡する必要もあると思ひます。この場合は更に粒子間の微視的な見方というものが必要になってくるのではなからうかと考えております。

堆積、続成作用を経て岩になって行く過程と全く逆の立場にあるのが風化の過程であります。これは硬い岩が化学的に分解し、或いは機械的に破砕を受けて除々に軟かい状態に変化して行く過程です。実は私、風化という問題に関しまして第三紀末から第四紀初めの新しい時代の砂層が風化をうけると、その粒子構造がどのように変化して行くか、それによって土の性質がどのように変化して行くかというような事を少し調べて見たことがございます。

粒子を構成している鉱物および粒子間を結合している粘土鉱物の化学的な変化或いは除荷による機械的な分解というような過程を経て団塊としての砂層の性質が微妙に変化して

行くのであります。

この場合、対象としたのが多摩ニュータウン付近に分布しております稲城砂層であります。そういう化学的風化を踏えた徹底的な粒子間構造の変化が影響しまして固結砂の性質に泥のような性質が徐々に付加されてゆくという事がわかってまいりました。そうしますと、一見同じような砂であっても粒子が風化していないフレッシュな砂と地質時代の風化あるいは現在の風化によって粒子の性質が変化している砂とでは施工、例えば盛土するときの性質がかなり大きく変わっているということがわかってまいりました。これは非常におもしろい問題だと思えます。また硬い岩につきましても、クラックの間の充填物がどう変化するかとか、クラックの周りの岩の風化が岩の性質にどう影響するとか、或いはクリープを起として開いた節理が縮まってくる影響はどう表われるかというような問題になりまして、この風化の影響が丁度結成作用と逆の立場で非常に興味ある問題になって行くのではないかと考えております。

更にもう一つの最近特に環境問題がいろいろ話題を限らすようになってまいりましたが、そうなりますと山腹斜面の風化、侵食、運搬、堆積という自然に行なわれている大きい物質循環サイクルの問題をもう少し正確に見直さなければならぬ時期にきているのではないかと考えております。当然自然界には侵食のサイクルがあるわけですが、我々の行なっております土木工事というものは多かれ少なかれこの自然の侵食サイクル或いは風化、堆積のサイクルに対して何かの働きかけをしている訳であります。

そういう何らかの働きかけを行なうということは、当然のこととして、逆に我々がしております工事に対して反作用を受けることであります。ですから自然のサイクルを我々が壊しますとそれに対するしっぺ返しというものが、自然から返ってくるのは当然のこととございます。川の途中に貯水池をつくり、貯水と同時に砂を貯えてしまうというようなことをいたしますと、だんだん下流に砂が流れなくなり河床の低下を起すと同時に海岸の侵食が盛んになるということは当然考えられる訳であります。そういうサイクルを壊す壊し方によって海岸の侵食がどういう具合に盛んになるかについての定量的な見方は、現在まだできていないように思います。

しかしこのことは環境保全ということを別にしても、構造物を造るという立場から、その構造物を壊さない自衛のためにもやはり考えておかなければならぬ事柄であると思えます。そういう自然の侵食サイクルがどのようなものであるかということについて今まで私共はあまり考えたことがなかったのですけれど、この問題はこれから大きくとりあげて行かなければならぬ問題であります。例えば道路の建設の問題があります。道路はどういうところにつくれるかが第一の問題でありまして、道路を建設することによって人々がそこに住むようになり、当然人間の営みというものは自然に作用を及ぼします。処女地に道路を建設しますとその周りで急速な地盤沈下が始まります。そしてその地盤沈下が急速に数年進んだ後で付近全体と足なみのそろった定常的な沈下速度を示すようになります。

最初の地盤沈下というのは、道路の振動であるとか、人が住んで浅井戸を掘るとかというようなことが原因であるのか、或いは道路の荷重そのものが沈下を促進しているのか、その辺のことは調べておりませんのでよくわかりませんが、いずれにしろそういう堆積から固結への自然のサイクルの加速促進である地盤沈下という現象は当然ここで考えておかなければならぬ問題であっ

たわけです。そういう見方を今後しなければならないのではないかと考えております。

更にもう少し地質的な見方をしますと、新しい時代の地史の問題と造構造運動という問題があるかと思ひます。現在私達は海岸平野に住んでおりますが、これはごく新しい時代に形成された地盤であります。そうしますと当然まだその地盤は充分に安定していないという問題に加え、更に新しく起った現在進行しつつある地史の動きの中にあるという非常に重要な問題をはらんでいるわけです。なかならずその新しいということは構造運動の上に多分に表われてきているはずであります。

現在行なわれている褶曲或いは断層という構造運動は、新第三紀に始まったグリーンタフ変動の延長のどの部分にあるのか、或いはグリーンタフ変動と多少異なる性格の運動であるのか、その辺りのことはもっともっと長い時間が経って見ないとわかりません。いずれにしても応力場は地質的な時間と共にかなりめまぐるしく変わっているようであります。そういう問題をもう少し新しい視野に立って眺めて見なければならないのではないかと思ひます。例えば新しい活構造の上に乗っている構造物の安定或いは活構造と貯水による地震の発生というようなものの間に果たしてどの程度の関係があるのかというような問題もやはり我々としては充分考えておかねばならないのではないかと思ひます。深い地震につきましてはプレート・テクトニクスの仮定がある程度解答を与えているように思ひます。しかし現在の盆地の周辺に見られます造盆地運動というのがグリーンタフ変動とどういう関係にあるのか、またこの造盆地運動は大きいプレート・テクトニクスとはあまり密接な関係はないらしいのですが局地性の浅い地震に対してはかなり重要な意味を持っているらしいということが考えられます。こういう新しい構造がやや古い構造に整合的なものか、また整合的であるとしてもある時期には敵しくなり、ある時期にはゆっくりするという運動サイクルの上で、現在はどんなところに位置しているのかということも、我々は大いに関心を持って見ていかなければならない事柄であるように思ひます。同様に新しい時代に堆積した軟かい地盤の上に乗っております構造物につきましては、地震の伝播というような観点からも検討しておかなければならない問題があります。即ち地震波の伝播、減衰に対する堆積物の固結度や状態の影響という問題であります。

今までお話しした来た問題とは少し異なりますけど、地理とか地形と関連のある比較的新しい地盤の動き、またそれによって形成された、先程侵食のサイクルということをお話ししましたが、そういうものにやや近い形で土木構造物の計画に対して地質、地理が入りこまなければならない余地が残されていると思ひます。残されているというより埋めなければならない空間がまだ開いたままになっていると言った方が適當かと思ひますが、大きい意味で、土木計画というものと自然の営みとに或種の整合性を持たせるために新しい時期の地質の問題の研究がまだ充たされないのではないのかという風に考えている次第でございます。

以上申しましたような幾つかの点か、これから私共が目指さなければならない土木地質の問題点であろうかと思ひます。このうちの或ものは私共研究者と申しますか、学校サイドなどでやらなければならない問題でありますし、また或ものは土研辺りが大いに頑張らなければならないし、また行政面が担わなければならない問題点というものもあろうかと思ひます。

こういうことを考えながら、私共もこれからまだまだ暫くいろいろ勉強しなければならないこ

とがあるように思いますが、丁度この十周年を迎えました地質担当者会議にご出席の方々も
そういう問題につきましてこれから関心をもたれ、また活躍していただきたいと考えております。
少し時間が早く終わってしまいましたが私の考え方というものを少しばかり述べさせていただきます。
ご静聴を感謝いたします。

2. 弥栄ダムの地質について

中国地方建設局弥栄ダム工事事務所

建設専門官 神 尾 重 雄

2 弥栄ダムの地質について

弥栄ダムにおける地質問題はダム事業の発足以来、最大の懸案事項であったが、数年にわたる大規模な地質調査や土木研究所の指導を始め各方面からの地質構造とダム軸、岩盤の透水性ならびにダム軸の検討の結果左岸尾根の大規模破碎ゾーンの処理等、重力式ダムの建設に最終的な方針が定まって来た。

今回の地質担当者会議を機会にこれまでのダム軸選定の経過、ダムに関連した地質上の問題点についてとりまとめて報告したい。

1. 弥栄ダムの流域および計画概要

弥栄ダムは小瀬川総合開発の一環として小瀬川（流域面積 342 ㎢年平均降雨量約 1700 ㎜）の

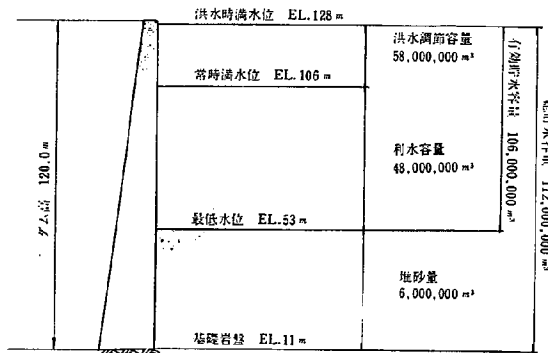


図-1 貯水池容量配分図

河口地点より約 14 km 地点に建設する特定多目的ダムである。

ダムの規模はダム高 120m、堤体積約 150 万 m^3 、総貯水容量 11200 万 m^3 であり、洪水調節、維持用水の確保ならびに都市用水の開発を目的としている（図-1、表-1）。

2. ダムサイト周辺の地形地質概要

上流部には三郡変成帯に属する黒色片岩、緑色片岩が分布するが、流域を構成する地質の 50% 以上が粗粒～中粒の黒雲母花崗岩であ

表-1 ダムおよび貯水池諸元

河川名 位 置	一級河川 小瀬川
	左岸：広島県大竹市前郎谷 右岸：山口県岩国市大字小瀬字二又
ダム及貯水池	
堤 高	120.0m
集 水 面 積	301.0 km^2
湛 水 面 積	3.6 km^2
総 貯 水 容 量	112,000,000 m^3
有 効 貯 水 容 量	106,000,000 m^3
常 時 満 水 位	EL = 106.0m
洪 水 時 満 水 位	EL = 128.0m

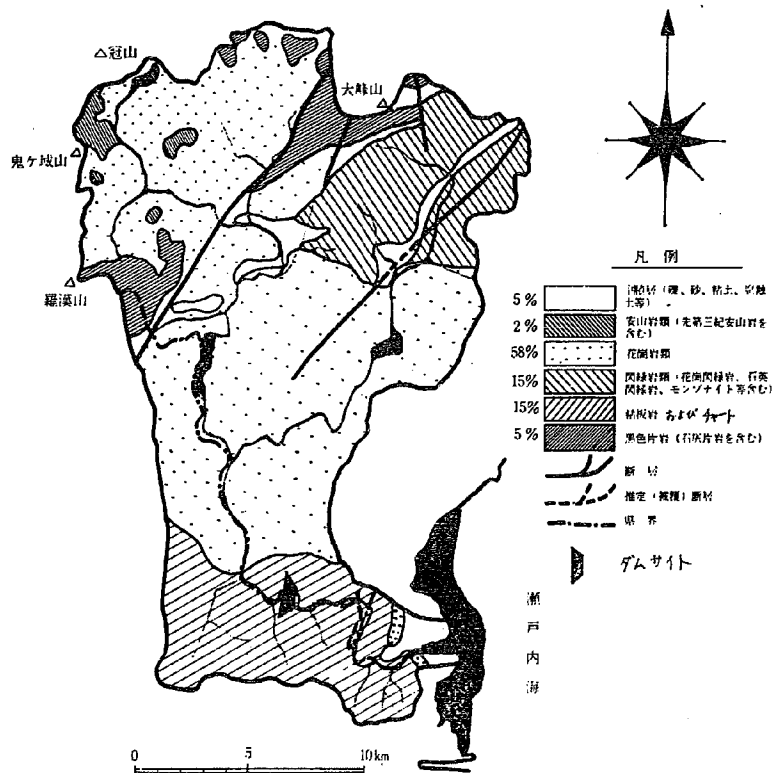


図-2 流域内地質図

る (図-2)。

また下流部はチャートと粘板岩のくりかえす玖珂層群から構成されている。

小瀬川からさらに15 km程南下すると領家変成帯に属する縞状片麻岩が分布している。

玖珂層群はこのように三郎変成帯と領家変成帯の中間に分布し従来二疊系として知られていたが最近三疊紀コノドント、モノテス類が発見されており、三疊系と考えられる。

弥栄ダムについての地質調査は昭和44年から開始され、花崗岩地域で2地点、玖珂層群分布地域で2地点が候補地点としてあげられた。地形地質の問題点の検討の結果計画を満たし、重力式ダムとしてダム高の取れる位置として、玖珂層群分布地域の中で花崗岩との境界に近い、現ダムサイト付近が選定された。

玖珂層群の分布する小瀬川の下流域は、地質構造に起因した蛇行が発達している。全般に山腹斜面は急峻で 40° 以上の傾斜を有し、河床と山頂の標高差は150 m～200 m程度である。

ダムサイト付近に限っていえば小瀬川飯谷川の合流点付近の左岸尾根の突出にそった部分を除けば河道は直線的であり、また周囲のコンターもこれに調和的である。

またEL130m以上の山腹の勾配は比較的緩傾斜であり風化層の発達を暗示している。

ダムサイト付近の玖珂層群は流域の大部分を占める上記花崗岩の貫入（中生代白亜紀末～第三紀初頭）のためホルンフェルス化、塊状化して、一部はスカルン鉱物も生成している。

ダムサイト付近に分布する岩石の特徴は次の通りである。

粘板岩：熱変成の影響で黒色ち密な岩石となっており断層部を除けばNS系節理が発達する。

ボーリングコアでは砂岩の礫状の破片を含むことが多い。これらの破片の周囲には破砕やせん断の跡が認められないことから、いわゆる“テクトニックレンズ”の可能性は少く、スランピング堆積物起源と思われる。

砂岩：暗灰色の細～粗粒砂岩であり、一部礫岩状を呈する。堅硬な岩であるが局所的な分布をすることが多く、地層としての連続性には疑問がある。元来スランピング堆積物としてブロック状あるいはレンズ状に分布していると思われる。

チャート：雑色あるいは暗灰色の縞状チャートが見られる。雑色縞状チャートは分布が広いが暗灰色チャートは粘板岩層中にレンズ状岩体として含まれ、著しい褶曲構造を示す。風化に対する抵抗力は強いがEL130m以下では表層付近は割れ目が開口気味である。またEL130m以上では風化のため細粒化あるいは粘土化し、赤褐色をおびている。チャートの風化岩が見られるのは珍しいことである。

ひん岩：ひん岩は粗粒で茶褐色ないし緑褐色を呈する元来は硬質な岩であるがF-18ゾーンに伴うものは割れ目が多い。EL40m付近のシート状に分布するものとEL70～130m付近にかけて分布する岩脈とにわけられる。シート状に分布するひん岩は一部塩基性凝灰岩（ジャールジュタイン）を伴っている。また岩脈状のものはEL100m以上で風化が著しく、粘土化し、土丹のような外観になっている。

a) ダムサイト付近の地質構造

左岸尾根から上流側の右岸尾根にかけて分布するチャート層はNWないしNEの走向をもち、全体的にはゆるい角度で北に傾斜している。チャート層に含まれる粘板岩の分布から波高の小さい向背斜が想定される。

また河床から右岸にかけて分布する粘板岩層は、局部的にチャート、砂岩を含むが、全体的には硬質な岩盤である。A-3-1ダム軸付近から下流側では右岸側の粘板岩層は流れ盤になるが、これより上流側では右岸側は逆にさし目になっておりその間にNE性の向斜軸が想定される。

また左岸尾根鞍部には、F-30、F-8、F-18、F-9等の断層が集中し、ひん岩、チャート、砂岩、粘板岩等がこまかいくり返しを示し、もっとも複雑な地質となっている（図-3）。

次にダムサイト付近に分布する規模が大きく、またダム建設上も問題になる断層を表-2に示す。

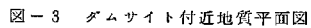


表-2 弥栄ダムにおける主な断層

断層名	位 置	規 模 (平均的な 破砕帯)	方 向	特 徴	
				地形的特徴	そ の 他
F-12	右岸下流	破 砕 帯 4~5 m	NE, 40°N	山頂部に凹地を もつ	ルーズな角礫を粘土が充填している。漏水 があり、風化している。 流れ盤になっている。
F-9	左岸尾根	個々の破砕 帯は1m程度	EW, 高角度	尾根に鞍部 谷地形をつくる。	個々の断層が集まってF-9ゾーンを形成 している。(15 ~ 20 m)
F-18	左岸尾根	破 砕 帯 0.1~4 m	NE, 低角度 10°~50°	F-18本体の露 頭は確認されて いない	数本の断層破砕帯ゾーンからなるが走向、 傾斜、性状が位置により異っている。F- 9ゾーンに近づくにつれ、小断層が集中し 傾斜が大きくなり、破砕帯が肥大してくる。
F-8	左岸尾根	破 砕 帯 1~2 m	EW, 高角度	谷地形をつくる	左岸尾根より下流側 上位標高で連続性が不明瞭
F-30	左岸尾根	個々の破砕 帯は0.3 m	N70W40N	地形的には不明 瞭	チャートの破砕帯中には角礫が多いが 粘板岩中では、断層粘土も見られる。断層 にそって風化が認められ、湧水もある。
F-17	右岸直上流	0.1 m以下	NE 40~50N	小谷地形をつく る	かぶりの浅い部分、高標高部で断層沿いの風 化が認められる。

3. A-3-1案までのダム軸選定の経過

ダムサイトの地質調査の結果、地質的な問題点がほぼ明らかになった時点でダム軸比較を行った。ダム軸選定は、最初にダム構造の安全性を検討し、次に経済性を考えている。

このためダム軸の位置は、地形地質上の問題点から「避けるべき問題点」「出来るだけ避けるべき問題点」「避けられないが、解決出来る問題点」に分けて検討している。これらの経過を図-4に示す。

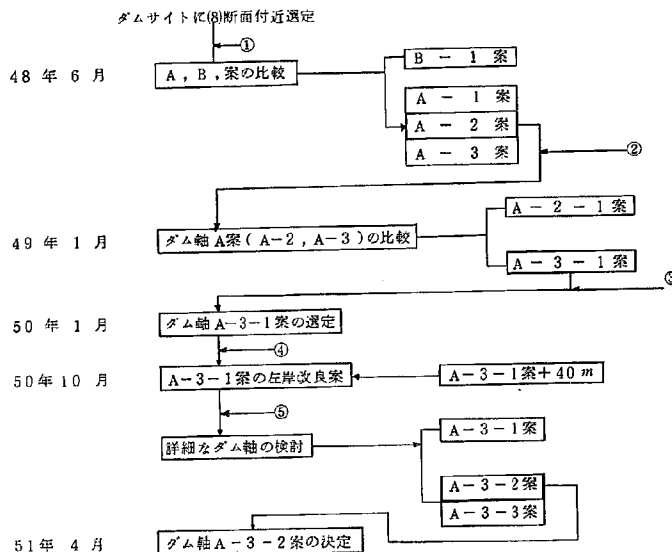
はじめに小瀬川の河道が屈曲した付近を中心にAグループ案およびB案が検討された(図-5)。各ダム軸の特徴を次に示す。

a) A-1案

右岸はF-12断層を避けて上流の堅岩が浅い位置に左岸は川側にはり出した左岸尾根をなるべく避けて、堅岩の浅い位置に選定する。問題点としては、河床部のF-9断層に最大断面が乗ること、左岸尾根部で下流下りとなること、及び河床巾が比較的大きくなり堤体積が増すこと等である。

b) A-2案

右岸はA-1案と同じ位置にあり、左岸は尾根の弱層を取除きダムを乗せる。波勢工は直線であるがF-9断層ゾーンでダムが下流下りとなる。又F-9断層及びF-18断層については、大規模な特殊基礎処理が必要である。



ダム軸選定の主な理由

- B 案：F-12断層の劣化部を取除きダムを乗せる案。
 Aグループ案：F-12断層の劣化部を完全に避ける案。
 A-2案：F-9断層上で最大断面が下流下りのダム構造となる。
 A-3-1案：F-30断層沿い及び上部岩盤の止水処理。
 F-9, F-18断層は上流下りのダム構造の為特殊断面を必要とする。

調 査 内 容	調 査 結 果
① (8)断面を中心に上下流約 200mの範囲でダム軸比較の為の地質調査と左岸尾根 F-9断層ゾーンで岩盤試験を実施した。	- F-12断層：右岸側に存在する大規模な低角度断層で(8)断面付近は断層面より下部岩盤は、良好な堅岩になっているが(8)断面付近より下流は深部まで劣化している。 - F-9断層：左岸尾根部及び河床の規模性状が明らかになり左岸尾根の使用が岩盤試験結果より可能となる。
② A-2案を中心に左岸尾根部のF-9, F-18断層と右岸の岩盤調査を実施した。	- F-9, F-18断層は相当な基礎処理が必要となる。 - 右岸(12)断面付近は地形上考えられた緩みが問題ない事が明らかになった。
③ ダム軸(A-3-1案)付近に予想された南北柱断層と左岸ダム軸直上流部の堅岩、左岸尾根部のF-30断層グループ、右岸側のF-17断層グループとゆるみの範囲等について調査を行なった。又、左岸断層部(F-9, F-18)の安定解析を行ない岩盤変形試験を実施した。	- 南北性断層は確認されていない。 - 左岸直上流部は、堅坑でのF-18断層、河床横坑でのF-8 F-9断層は予想より規模が小さく周辺の岩盤は良好である。 - F-30断層はダム軸方向で明らかにする事が出来たが上下流方向の連続性には未調査部分を残している。
④ ダム軸A-3-1案、左岸尾根のF-30断層の上下流連続性について調査を行なった。	F-30断層と上部岩盤の透水性が非常に大きく又、断層に粘土を介在している。
⑤ 左岸尾根のダム軸A-3-1案+40m付近を中心とした調査結果を含め、ダムサイトの最終的な地質解析を行なった。	F-30断層の影響する下部岩盤を確認し、ダム軸(A-3-1案)の問題点を詳細に検討する。

図-4 ダム軸決定までのフロー図

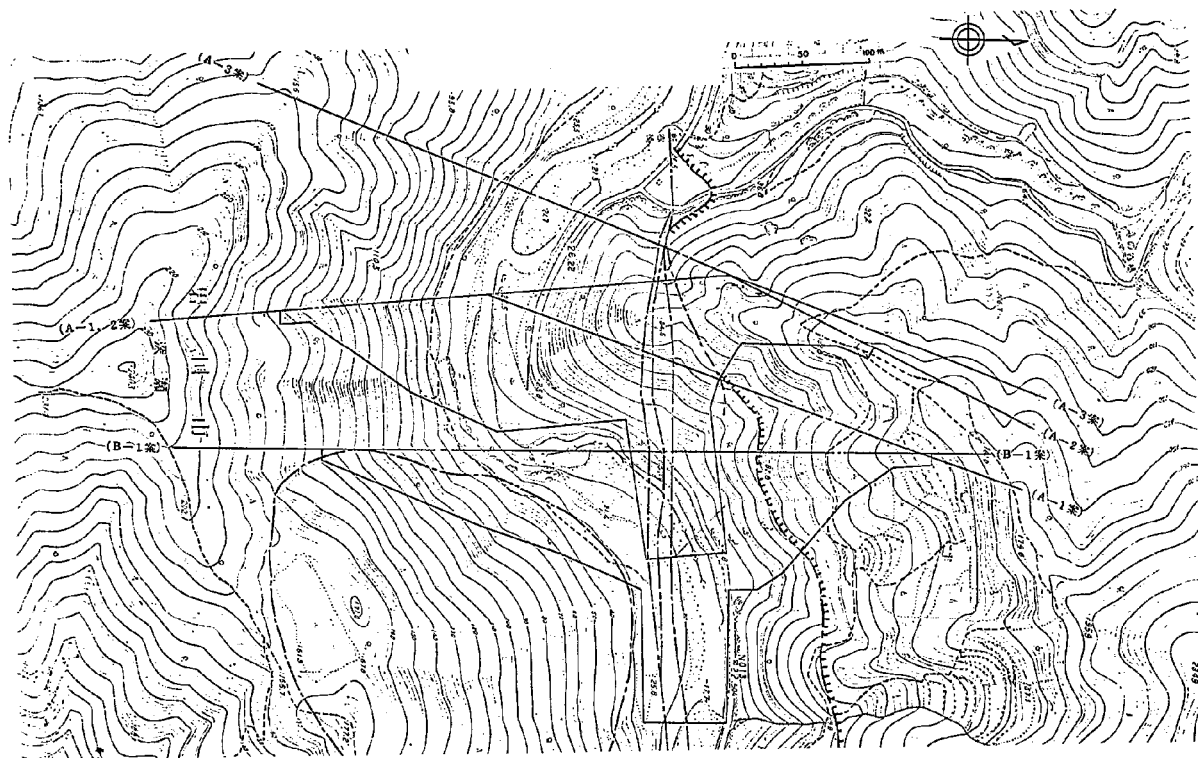


図-5 ダム軸 A, B案比較平面図

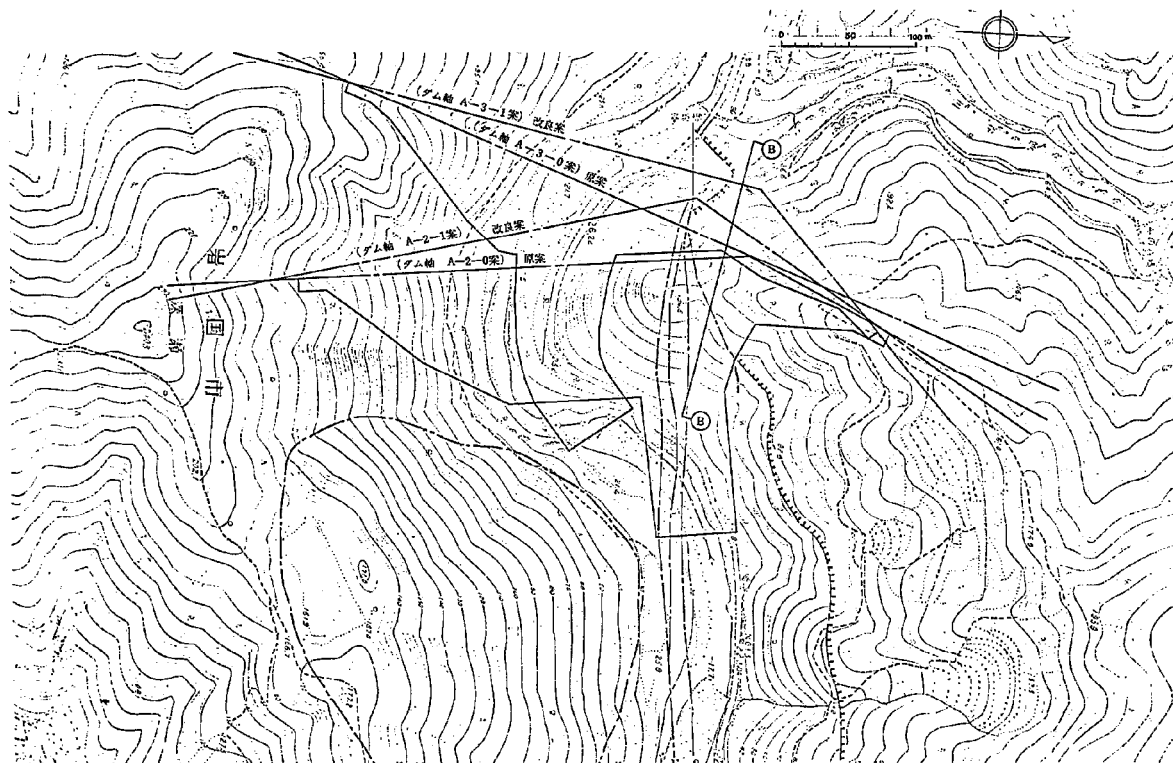


図-6 ダム軸 (A-2, A-3) 比較平面図

c) A-3案

右岸はA-2軸より約150m上流の位置に、左岸はA-2軸とほぼ同じ位置とする。右岸については堅岩は弾性波探査では浅いことが確認された。減勢工の曲り角度が大きい為問題がある。

d) B案

F-12断層の劣化部を取除いてダムを乗せる。問題点としては、掘削によりF-12断層沿いのすべりを生ずる恐れがあること、右岸堤趾部の岩盤状況がよくないことならびに河床部のF-9断層に最大断面が乗ること等がある。F-12断層およびこれに伴う劣化帯は、ダム建設上避けるべき問題点である。

以上のダム軸案の検討の結果、避けるべき問題点を持つB案と地形上不利なA-1案を除き、A-2、A-3案は、F-9断層上で堤体が下流下りになりダム構造上問題があるので、下流下りをさせて、上流側にダム軸を移動し左岸側を一部おりまげた改良ダム軸を検討した(図-6)。

改良ダム軸A-2-1、A-3-1案は、左岸尾根の上流側にダムを乗せる為上流下りのダム構造となり、尾根に存在するF-9、F-18断層の処理が少なくなり、ダム構造上有利になる。又F-18断層の上部岩盤は緩んでおらず、かなりの厚みの堅岩が期待できる。しかし逆にF-9、F-18断層により低水位地震時の上流向きの安定に問題があるので検討を要する。

A-2-1案とA-3-1案を比較するとA-3-1案の方が右岸下流F-12断層から遠く離れる。左岸尾根へのはりつきがA-2-1の方がきつくなる。ダム軸の折りまげ角度がA-2-1の方が大きい。また右岸の岩盤状況はA-3-1案の方がよいことなどがあげられる(図-7)。

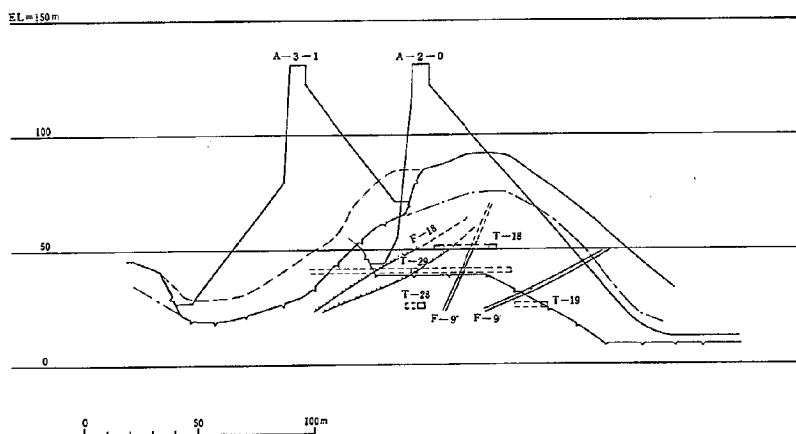
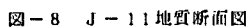


図-7 B-B断面図

以上の各案について比較検討した結果各方面で利点の多いA-3-1案をダム軸として選定した。



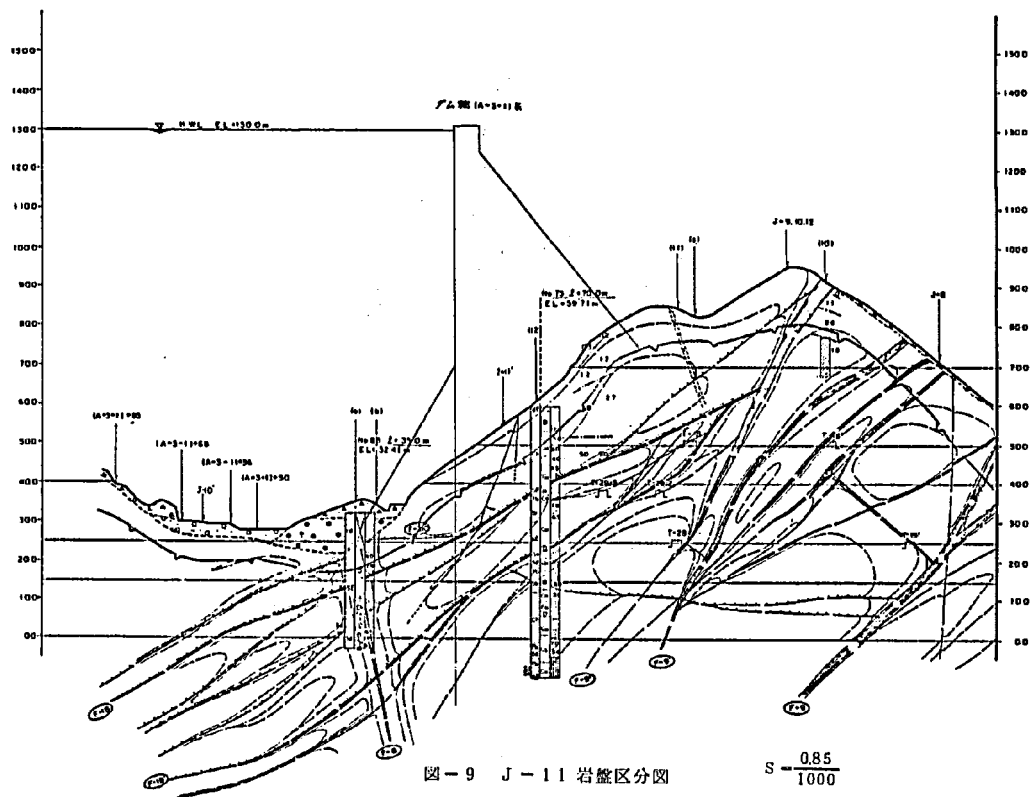


图-9 J-11 岩体分区图

S = 0.85 / 1000

上記の検討によれば A-3-1 軸は考えられたダム軸の中で安全性、経済性に最もすぐれたものであるが、問題がないわけではない。

F-18断層を基礎岩盤内に内包する事によって生じる堤体内応力集中とその分布状況およびF-18断層沿いの上流側へのすべりが懸念された。そのため左岸尾根でF-8, F-18, F-9等の断層の錯綜するジョイント断面をモデル化し、有限要素法等を用いた安定解析を行った。またそれによって断層処理を考えたダム形状の検討を行った。これによると、ダム着岩部の変形性、応力分布はF-1断層とF-18断層には含まれた“中石”の岩級区分に密接に依存し“中石”の岩級区分の評価を落とす堤体応力に問題を生ずる。また応力分布のパターンは半無限弾性体の上に置かれた梁あるいは剛体(C_H岩盤)の上に固定された片持梁に堤体を置き換えて考えると理解しやすい。

これらの検討結果を図-89.10に示す。ダム形状については、断層部のおきかえと上流側に水平フィレットを張り出す案と断層部のおきかえ + 通常フィレット案が考えられた。経済的には前の案が最良と考えられるが施工性の面では後の案がすぐれている。

一方左岸尾根のアバット付近に分布する川側に40°程度の傾きをもつF-30断層は、地質調査が進むにつれて断層破砕帯の規模は次第と大きくはないが、A-3-1ダム軸の上下流にわたり連続的に広い範囲に分布し、横坑では、断層本体および上部岩盤に風化の徴候が見られ、一部では湧水も認められる。またボーリング資料からは、F-30断層本体および上部岩盤の透水性が大きいことがわかった。

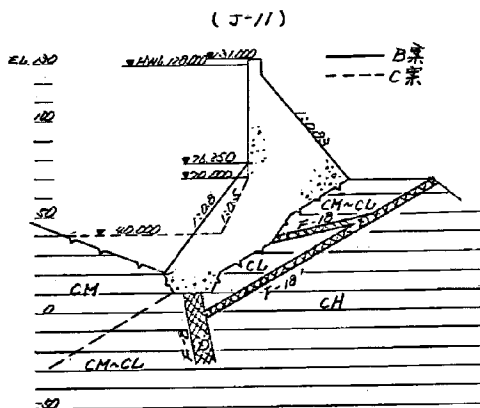
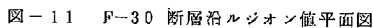


图-10 モデル断面図

左岸尾根におけるF-30断層には試掘およびボーリング調査の結果前記のような問題点(透水性、地山の安定性)が明らかになってきたので、左岸尾根部のダム軸をA-3-1案より平行に40 m上流に移す検討を行った。(ダム軸A-3-1+40 m改良案)

ダム軸 A-3-1 案の変更は F-30 断層の連続性、および透水性がかなり大きいことがわかったので、これに対処するために左岸上位標高の軸を上流側に移動し、堤体によって F-30 を包み込み、地山の安定性を増し、また止水処理を確実にしようとしたものである(図-11)。

さらに、F-9、F-18断層付近の堤体形状は施工性を考え、出来るだけ自然な形がよいので



左岸の河床から左岸尾根にかけての堅岩分布から見て事後処理が楽になるような方向で検討を行った。

検討の結果ダム軸設定において最も問題となる点は、

- (1) F-30断層
- (2) F-9, F-18断層
- (3) F-17断層

があげられる。

- (1) F-30断層関係について

止水処理のために上流にダム軸を移動した方がよい。但し、上流側の急斜面に余り近づけるとはこの斜面の安定性に影響を与える可能性が大きく、好ましくない(図-12)。

- (2) F-9, F-18断層関係について

余りに地山(左岸尾根)に張りついた形状は構造上も不自然であり、又施工面からも問題を生じてくる。

特にF-18断層に関しては上流に出す程すべりに対する安全性が増し、またモデル断面において想定されたF-8断層は、上流側でもブロックの敷巾よりもかなり小さくまたF-18断層の下盤側のCH岩盤の分布はEL50m以上で情報が乏しい事等がその後の調査でわかってきた。

したがって上流側にダム軸を出すことは安全性のうえから有利となるが、余り上流側に出すことは経済性から限度がある。したがって標準断面を適用した現在のB案程度で十分な安全性が得られるまで上流側に移動するのがよい(図-13)。

- (3) 右岸F-17グループ関係について

F-17グループはNE性の走向断層で規模もさほど大きくなく(10~20cm)堤体に対する影響はほとんどないが、40°~50°程度の川側への傾斜をもち、この断層自身は地山に対しさし目になっているが南北性の節理等との組合せにより2面すべりの可能性も考えられ、このような崩落跡と思われるような地形も認められる。

F-17グループ沿いの風化は標高100m付近までは地山深部まで及んでいないので、現在大規模な崩落は考えられないが、断層沿いに風化した部分は一部緩みも予想される。

このような緩みゾーンがもしすべった時には右岸側に計画されている取水設備に影響を与え、ダム管理上重大な支障となるのでF-17グループの安定性および処理について十分な検討が必要となる。

緩みの処理方法については、ダム軸と緩みゾーンを別個の問題として扱いF-17断層にふれずに斜面安定化をはかるか、ダム軸と緩みゾーンを合わせて考え、緩みゾーンを掘削除去する方法が考えられる。

しかしいずれにせよF-17グループについてはダム軸の多少の変動によらず掘削除去あるいは他の斜面安定化工法が必要となると思われる。

EL100~130m標高右岸尾根の堅岩分布を考えると止水の確実性をはかるため軸をまげて尾根の中心へ向って行く方がよいと考えられる。なおダム軸をA-3-1案より下流に移動することは下流の切れこんだ谷地形のため全く不利になる。

6. A-3-2 ダム軸決定と今後の課題

昭和50年1月の設階においてA-3-1をダム軸として選定していたが、当時は、F-30断層の性状把握が進行中であった。その後の左岸尾根のF-30断層を中心に地質調査を進めた結果F-30断層の透水性に大きな問題をのこすため、F-9、F-18断層付近の安定性を含めた詳細なダム軸検討を行った結果、A-3-2案は、A-3-1案よりも以下のような点で有利になった。

F-30断層の透水性および安定性

断層沿いの止水処理に確実性がある。又、ダム建設による地山への影響は、非常に小さく、滑動に対しては十分安全性を満足できる。

F-9、F-18断層の安定性

ダム軸を20m上流に移すと、標準断面を適用しても、上流への滑動に対しても十分な安全性が得られ、堤体内部応力もB案形状よりも小さくなる。また施工性が良くなる。

F-17断層グループ

F-17断層グループに沿う風化帯のうち緩んだ部分を除去し、将来の不安を除く。又、ダム取付部の地山および堅岩の厚さが少ないため、ダム軸をおりまげ止水を確実にする。

右岸下流下りの形状

ダム軸を上流側に移すことによって下流下りの形状がかなり緩和される。

曲がりをもつ渡勢工

ダム軸を上流側に移すことによって、減勢効果が改善できる。これらの関係を図-14に示す。

以上の結果を含め総合的に判断して最も妥当なダム軸とA-3-2は考えられる。

しかし、これは現時点での最良案であり、本体掘削における岩盤状況によっては若干の修正もあり得る。

F-18断層については、その後のボーリング調査等により、分布や規模について部分的に変更が生じて来ている。本断層および本断層上盤中石の岩盤強度や変形性の評価は、堤体応力に大きな影響を与えるので今後も慎重な対処が必要である。

この他の今後の主な課題としては、F-30断層を主な対象としたグラウト試験、F-18、F-9の基礎処理、右岸F-17グループに関連した法面保護等があげられる。

ダム軸選定を主目的とした地質調査は、昭和47年から51年まで継続的に行なわれたが、地質構造の認識と、ダム基礎としての評価について常に避けるべき問題、できるだけ避けるべき問題、避けられないが解決できる問題として整理されてきたこと、それがその後の地質調査に常にフィードバックされてきたことが、このような地質構造も複雑で、問題点も多いサイトでダム軸が決定できた大きな要因となっている。

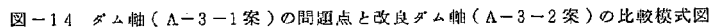


図-14 ダム軸 (A-3-1 案) の問題点と改良ダム軸 (A-3-2 案) の比較模式図

3. 17号台風による山地災害について

土 木 研 究 所

急傾斜地崩壊研究室長	安 江 朝 光
地すべり研究室長	藤 田 寿 雄
砂防研究室研究員	池 谷 浩

3 17号台風による山地災害について

はしがき

台風17号は51年9月上旬、九州南方海上に停滞して前線を刺戟し続けたため、四国、中国、近畿、中部の各地方には昭和51年9月8日から13日にかけて、記録的な大雨をもたらした。この雨は雨量強度そのものも大きかったのと同時に長時間降り続いたため、各地にいろいろな形の土砂害を発生した。

土木研究所では、直ちに砂防部を中心として土砂害調査団を組織し、建設省砂防部の調査員に同行して各災害現地にゆき、土砂害に関するデータの収集と災害復旧の技術的指導を行った。土砂害調査団のメンバー、日程、担当地区は次のとおりである。

この報告は、これらの調査団員全員によってまとめられたものである。地域的には災害のため情報の収集が遅れた所もあり、土砂害の全容を明らかにしたものとは言えないかも知れないが、緊急報告として読んで頂ければ幸いである。

(砂防部長 渡 正亮)

期 間	担 当 地 域	メンバ－
51.9.16～21	香川、愛媛	泉 啓男 ⁽¹⁾ 、池谷 浩 ⁽²⁾
51.9.16～22	兵庫、岡山、広島	安江朝光 ⁽³⁾ 、中村清之 ⁽⁴⁾
51.9.19～23	徳島、高知	藤田芳雄 ⁽⁵⁾ 、山内 修 ⁽⁶⁾

1 台風17号の概況と降雨量

1.1 台風の概況¹⁾

昭和51年9月3日21時に、カロリン群島東部海上で発生した弱い熱帯低気圧は、4日15時、発達して、台風第17号となった。

台風17号は、その後次第に発達しながら北西に進み、沖の大東島南方約200kmの海上に達したところには、中心気圧910mb、中心付近の最大風速60m/sとなり、大型の非常に強い台風となった。台風は、以後も北西に進み、沖縄の東南東約150kmの海上で進路を北にかえ、速度をおとしながら北上した。そして臥蛇島付近で10日夜から12日午前にかけて約30時間停滞状態を続けた。台風は停滞しながらも中心気圧950～955mbの大型で強い勢力を保っていた。この停滞が、中国・四国地方を中心に長時間にわたり大雨を降らせた。

台風は、太平洋高気圧が後退しはじめた12日午後になって北上をはじめ、九州西方を北北東に進んで13日午前1時40分、長崎付近に上陸、九州北西部を縦断して5時頃に玄界灘にぬけ、日本海を北東に進んで14日朝、温帯低気圧となって消滅した。

台風第17号は、西日本を中心に大被害をもたらした。これは、台風前面に広がった雨域が大雨を降らせたこと及びこの雨域の外周部に南から大量に湿った空気が流れこみ大雨を降らせたこと等が原因と考えられている。そして、この台風第17号の特徴は、全国で167名という多くの死者・行方不明者をだしたことと言えよう。これら死者のうち113名は、土石流・地すべり・が

(1)砂防研究室長 (2)同研究員 (3)急傾斜地崩壊研究室長 (4)地すべり研究室主任研究員 (5)地すべり研究室長
(6)砂防研究室研究員

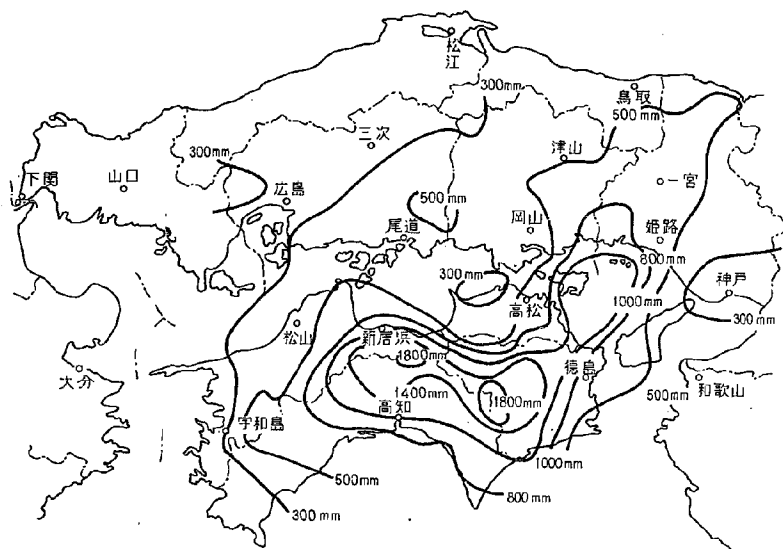


図-1 中国・四国地方の総降雨量

け崩れ等の土砂害によるものであるところに注目すべきである。

1.2 降雨量

中国・四国地方を中心とした8日～13日間の連続降雨量を等降雨量線でまとめたのが図-1である。

図-1は、土木研究所砂防部からの現地調査班が、それぞれ現地で収集してきた資料をとりまとめたものである。これによると、四国山地を中心に最高1,800mm台の豪雨が降っている。特に、瀬戸内海沿岸は通常、降雨量が少ない地方であるだけに今回の多量な降雨量によって災害が発生したものと考えられる。

1.3 被害の概況

被害状況の総括を表-1に示す。主な被害の状況を県別に報告する。

2 兵庫県

2.1 概況

兵庫県下では県西南部の岡山県境付近を中心にして連続雨量にして1,000mm前後(図-1参照)の降雨に見舞われ、ほぼこの雨量に比例して、連続雨量で600mmの地域にわたって土砂災害が発生している。しかし、今回の兵庫県下の災害を特徴づけるものとしては、瀬戸内海の家島を中心とする主としてがけ崩れ災害と、マスコミを眠わした宍粟郡一宮町福知地区に発生した地すべりである。

2.2 家島の土砂災害

最大時間雨量85mmを記録した家島では宮地区でのがけ崩れ(幅40m、長さ60m)が発生し、

表-1 台風17号による被害(土石流, 地すべり, がけ崩れ)状況

県名	土砂災害の発生件数	土砂災害の区分		人的被害(人)			家屋被害(戸)				県名	土砂災害の発生件数	土砂災害の区分		人的被害(人)			家屋被害(戸)								
		種類	件数	死者	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部破損	種類			件数	死者	行方不明	負傷者	全壊	半壊	一部破損							
北海道	2	土石流 地すべり がけ崩れ	2	—	—	3	—	—	2	岡山	270	土石流 地すべり がけ崩れ	7 5 258	— — 11	— — 22	4 — 77	3 — 79	16 — 265	2 16 2							
山梨	4	土石流 地すべり がけ崩れ	4	—	—	—	—	—	1	広島	54	土石流 地すべり がけ崩れ	3 3 58	— — 13	— — 16	— 2 22	— 2 13	4 1 44	4 6 44							
長野	3	土石流 地すべり がけ崩れ	3	—	—	—	—	—	—	山口	21	土石流 地すべり がけ崩れ	21	1	—	6	8	5	16							
石川	25	土石流 地すべり がけ崩れ	12 13	— —	— —	— 7	— 4	— 3	12	徳島	85	土石流 地すべり がけ崩れ	10 55 14	6 1 —	— — 5	1 39 8	64 48 9	17 137 20	10 137 9							
岐阜	38	土石流 地すべり がけ崩れ	17 21	— 2	— —	— 3	8 6	8 8	21 9	香川	67	土石流 地すべり がけ崩れ	47 1 19	49 — 1	— — 9	25 — 26	111 35 26	59 — 46	12 — 46							
愛知	1	土石流 地すべり がけ崩れ	1	—	—	—	—	—	1	愛媛	93	土石流 地すべり がけ崩れ	23 27 43	4 — —	1 — —	5 1 12	9 2 10	6 71 23	26 71 26							
三重	12	土石流 地すべり がけ崩れ	3 1 8	— — —	— — —	2 — —	4 — —	1 — —	14 — 12	高知	63	土石流 地すべり がけ崩れ	6 34 23	— 1 3	— — —	— 16 26	6 1 13	2 35 17								
福井	3	土石流 地すべり がけ崩れ	3	—	—	—	—	—	3	福岡	1	土石流 地すべり がけ崩れ	1	—	—	—	—	—	1							
京都	3	土石流 地すべり がけ崩れ	1 2	— 1	— —	— —	— 1	— 1	— —	長崎	7	土石流 地すべり がけ崩れ	7	2	—	2	4	2	10							
兵庫	91	土石流 地すべり がけ崩れ	3 6 82	4 — 6	— 3 —	— 46 1	6 — 44	30 — 73	55	熊本	4	土石流 地すべり がけ崩れ	4	—	—	—	—	1	3							
奈良	1	土石流 地すべり がけ崩れ	1	—	—	—	—	—	1	大分	35	土石流 地すべり がけ崩れ	3 2 30	— — 4	— — 6	3 — 7	3 — 5	3 — 29								
和歌山	4	土石流 地すべり がけ崩れ	4	—	—	—	—	—	3	鹿児島	14	土石流 地すべり がけ崩れ	14	5	—	5	10	5	4							
鳥取	6	土石流 地すべり がけ崩れ	1 — 5	— — —	— — —	— — —	— — —	1 — 2	5	合計	921	土石流 地すべり がけ崩れ	123 164 638	63 2 49	1 3 0	37 2 97	207 104 283	127 53 279	124 268 581							
										金合計										921	114	4	137	666	459	976

4名が死亡したものを含めて全島で数十箇所の崩れが発生し、建物、公共土木施設に大きな被害を与えた。

地質は古生層の粘板岩が全島の大半を占めており、表層部の風化が特に著しく、多量の降雨により、がけ崩れが多発したものと推定される。

家島本島では小溪流での土石流災害がみられる他、坊勢島、西島等でのがけ崩れが生じている。

2.3 相生村近の土砂災害

相生、赤穂付近は白亜紀後期から古第三紀にかけて噴出したとみられる流紋岩が広く分布しているが、時間雨量で60mm程度の降雨や連続雨量で1,000mm前後の降水にしては非常に崩れの数が少ない(県砂防課の昭和51年9月末現在では全県82箇所)ことが印象的であった。崩れの規模も大きなものはなかったが、その中には相生市坪根地区山腹で崩壊が発生し、谷を流下した土砂が沿岸

辺りの19戸の家屋を襲い被害を与えたが、住民はそれ以前に舟で海上に避難して人的被害をまぬがれた例や、赤穂市鷗和で死者1名を出したがけ崩れが、急傾斜地工事の未完了の比較的傾斜のゆるい竹林が滑落しているものなどみられた。

2.4 福知の地すべり

昭和51年9月13日9時30分頃、兵庫県一宮町福知で大規模の地すべりが発生し、埋没崩壊民家35戸、流失民家5戸、公共施設被災7件、事業所被災24件、被災人数192名(内死亡3名)という大被害を与えた。

現場は揖保川の河口より40km上流の地点で、地質的には花崗閃緑岩類、安山岩類、流紋岩類等の入り組んだ非常に複雑な地域である。昔よりこのすべりを起こした地域は抜山と呼ばれているところであるが、日本全国に分布するいわゆる地すべり地帯には属していない。

福知での降水量を図-2に示したが、8日より降り始めた雨が11日頃最大になり、すべりの発生した13日には日雨量39mmと少なくなっている。地すべりの規模は長さ250m幅200m、平均深さ20m(最大35m)で土量にして約100万 m^3 の土砂がすべり落ち、民家や学校を飲み込んでしまい、流下した土砂は揖保川の支川三方川を閉塞し天然ダムを形成するなど幅250、長さ550m、平均厚さ10m程度に堆積した(図-3参照)。この地すべりをむしる崩壊に近いと主張する人もいるが、いずれにしても規模が大きくなる程、断層などの地質構造と地下水の影響を強く受けるというこれまでの実態が今回の災害にも当てはまるようである。

地すべりは13日の朝7時20分ごろ末端部で小崩壊が発生し、民家1戸を襲い、家族6人を埋没することによって始まったが、その内3名は消防隊員により救出された。しかし残り3名を救出中さらに大規模のすべりが予想されたので避難した後多量の土砂が崩れてきた。地すべりは朝方起こったためそのとき多くの目撃者や貴重な写真や8ミリフィルムなどが撮られている。写真1-1~3は一宮役場の稲田信明さんが撮影した地すべりの様子の連続写真の一部である。

また地元一宮町立下三方小学校の生徒達が、「台風17号」という文集に抜山地すべりについて作文しているのでここにその一部を紹介する。

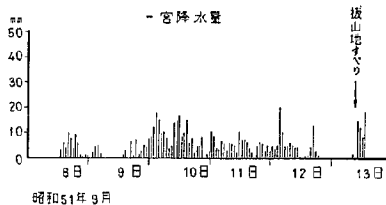


図-2 兵庫県一宮町での降雨状況

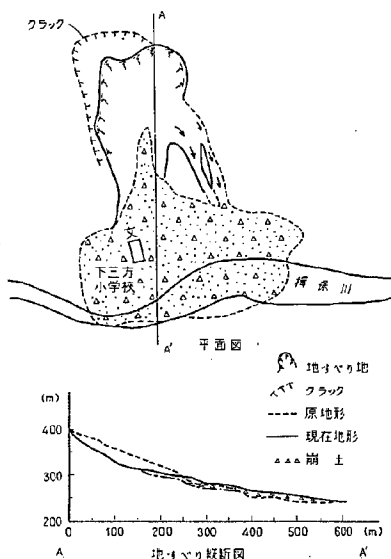


図-3 福知の地すべり

わたしは、十三日の朝、おにちゃんに、「あれ、山くずれみたい。」と言いました。すると、おにちゃんはおもしろい顔をしておばちゃんに、「あれ山くずれかいな。」と聞きました。おばちゃんも、「そうやろうなあ。」と言いながらわたしたちと見ました。八時ごろの山は、小さなつぼみみたいな形をして土がみえていましたが、九時半ごろ、急に緑の山が大きく動きました。「ゴー」とおそろしい音をたてて山がくずれてきました。山津波です。「あっ。」と言う間に、山がずんずんずれていきます。たくさんの家がおしつぶされ、下三方小学校も見えなくなりました。わたしは、うそのような気がしてもう一度よく見ましたがほんとうです。……と対岸からのすべりの様子を書いておきます。

また8mmフィルムからの観察からすると、地すべりの初期の崩土は急流を流れる水のように流動し、9時30分頃、山頂部に帯状のクラックが生じてから約7分程度で対岸に至り川をせき止めている様子がうかがえる。その後崩れおちた土砂は徐々にゆっくりと広がっていったようだ。

不幸中の幸いだったことは地すべりが午前中に起こり、避難もかなりうまくいったため人的被害が3名であったことと思う。被害者の方々の御冥福を心からお祈りするものであります。

3 岡山県

岡山県では県の南東部の兵庫県との県境付近と県の南西部、広島県境付近に土砂害が集中している。

日生町、備前市地域は流紋岩地帯であるが、崩れの発生した9月11日の14時から16時頃で、そのときの連続降水量は600mm弱を示している。崩壊は一般に規模は小さく、山の薄い表土層が崩落するものが大部分である。(写真4参照)また小さな溪

流から土砂が流れ出し、道路等に押し出している例が非常に多かった。この地帯は昭和49年にも被災しているがそのとき復旧工事をうけているがけでは今回はほとんど被害がなかった。

また牛窓町の花崗岩地帯には多数のかけ崩れ(推定約300箇所)が発生したが、人的被害はみ



写真-1

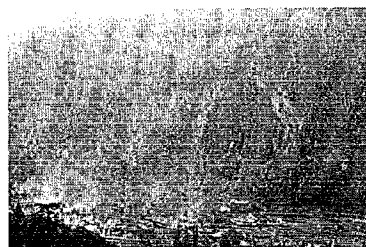


写真-2



写真-3

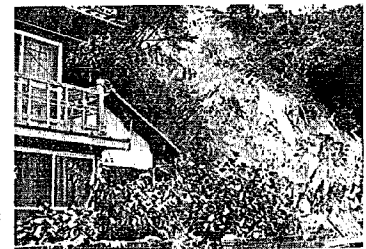


写真-4 備前市東小松でのかけ崩れ

られなかった。

次に県南西部の笠岡市を中心とする花崗岩地帯にもがけ崩れが発生し、花崗岩地帯特有の薄い風化表層土の崩壊がみられるが、降水量が比較的少ないため、その数はあまり多くはなかった。

4 広島県

広島県では、岡山県境に近いほど雨量が多く、連続雨量は福山 462 mm、三原 373 mm、呉 305 mm、広島市 236 mm となり県下約 60 箇所でがけ崩れが発生しているが、人的被害は特に尾道市、福山市に集中している。

尾道市三軒家町では山腹が延長 80 m、幅 14 m、厚さ約 1.2 m にわたって崩壊し、山裾にあった人家に流れ込んで、死者 7 名、負傷者 6 名、家屋全壊 6 戸、半壊 3 戸の被害を出した（図-4）。この近くの同市西久保町、栗原東二丁目でも同じような山腹崩壊が発生している。これらの崩壊はその形態から地表面を流下した水の侵食により発生したものと思われるが、地形的には沢状を呈していなかった。斜面高が少なく防災工事もそれなりに可能な台地周辺斜面と異なりこれらの山腹斜面はいわゆる長大斜面であり、その対策も警戒避難体制の強化にならざるを得ない（写真-5 参照）。

豊田郡川尻町では、寺の境内に亀裂が入り、下に人家が密集しているので、境内の一角にあった釣鐘も撤去して警戒避難したが大事には至らなかった。

その他、大崎上島などの瀬戸内海の島は、年間降雨量が少なく、山腹のほとんどがみかん畠で、今回の豪雨による被災が心配されていたが、被害は思ったより少なかった。

5 香川県

5.1 降雨量

平年年間降雨量 1185 mm（高松）

既往最大24時間雨量 425.5 mm

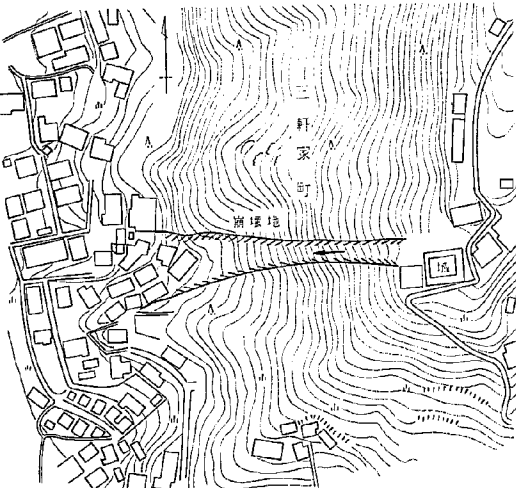


図-4 尾道市三軒家崩壊地



写真-5

既往時間最大雨量 92 mm

今回最大連続雨量 1,433 mm (灘山…小豆島)

今回最大24時間雨量 778 mm (" ")

今回時間最大雨量 95 mm (殿川ダム…小豆島)

5.2 雨の降り方

小豆島・内海ダムの例(図-5)

四国地方に寒冷前線が停滞し、これが、台風の北上にともなって活動をはじめた10日0時ごろから降雨をはじめ、10日5時～11時ごろまで時間雨量 20 mm をこす強雨があり、その後、12時間位は時間雨量 10 mm 以下の小嵐状態を保っていた。しかし、台風が鹿児島県西海上で停滞をはじめた11日0時ごろから時間雨量 30 mm をこす強雨をはじめ、11日はほとんど1日中強雨が続いた。とりわけ、11日12時～13時、13時～14時には、時間雨量 50 mm をこし、11日20時～21時には、時間雨量 88 mm という強雨が降っている。この雨は12日9時ごろまで続き、その後、徐々に小降りになり、12日19時からほとんど降雨はやんでいる。

5.3 地質及び地形

5.3.1 小豆島地方

小豆島における今回の災害地の地質はほとんど中粒もしくは粗粒花崗岩地帯で発生している。表層地層²⁾では閃緑岩(地質³⁾としては頰家型花崗岩とされている)地帯での災害は中筋川だけであった。地形的²⁾には主に山地の小起伏山地(200～400 m)に分類されるところでの災害が発生している。

5.3.2 本島地方

津田町北山地方における地質断面図²⁾は図-6のようであり、他の災害地もおおむね花崗岩地帯で発生している。地形的にも小豆島と同様類似しており、起伏量が200～400 mの小起伏山地地形に分類されるところで災害が発生している。

5.4 土地利用状態

今回の災害地における土地利用状態については、数箇所でミカン園が営まれていたが、ほとんどの流域では天然針葉樹(松を中心とした)の地帯であり、特に今回、災害と土地利用形態との関係はみだされていない。むしろ、すでに報告⁴⁾されているように、土地利用というより利用可能な平坦地が少ないため、かなり急傾斜地まで宅地に利

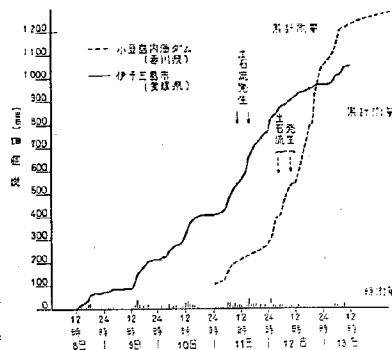


図-5 降雨状況



図-6 香川県津田町北山周辺地質断面図



写真-6 土石流による被害 コンクリートの家も破壊する 赤坂川(香川県池田町)



写真-7 土石流による被害
最も人的被害の多かった谷尻地区（香川県池田町）

用せざるをえない地域的な特色が災いとなっている。

5.5 被害状況

人的被害は全国一となった最悪の被害が生じている（表-1参照）。

写真-6, 7, 8, 9, 10 に土石流災害の特徴が良く表われている被害状況を示す。



写真-8 土石流の直進性
土石流は直進する性質があって、ある幅より拭がらない。岩ヶ谷川（香川県内海町）

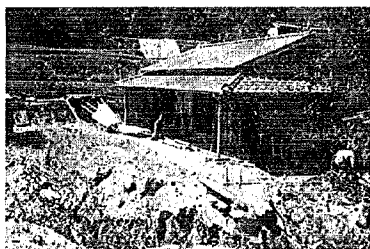


写真-9 掃流形態による被害
1 mをこす流れでも柱がのこっている。
風呂川（香川県大内町）



写真-10 掃流形態による被害
土砂の堆積地、土砂は2 m近く堆積しているがガラス1枚こわれていない。
琴塚川（香川県土庄町）

6 愛媛県

6.1 降雨量

平年年間降雨量 1,345 mm（松山）

既往最大24時間雨量 215 mm

既往時間最大雨量 53 mm

今回最大連続雨量 1,801 mm（上猿田）

今回最大24時間雨量 522 mm（上猿田）

今回時間最大雨量 46 mm（三島）ただし、上猿田は不明

6.2 雨の降り方

三島地方の例では降雨は図-7 のようである。

6.3 地質及び地形⁵⁾ (図-8)

今回、豪雨に見舞われた愛媛県東予地区は、平均勾配約1/6位の急な北～北東斜(三島市周辺)であり、急勾配な溪流を流れくだった流水は河口より3～5km位までに発達した扇状地性低地で大きな勾配変化点をもつ地形を有している。地質的には東予地区は、山間部は黒色片岩、砂岩片岩等の変成岩に一部砂岩、頁岩互層が含まれており、今治から西の中予、松山にかけては花崗岩質の深成岩で構成されている。

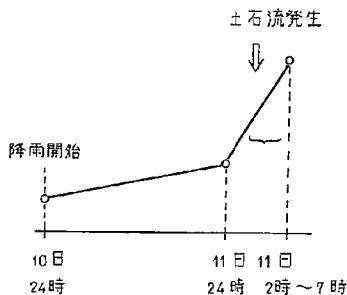


図-7 降雨一時間曲線と災害発生

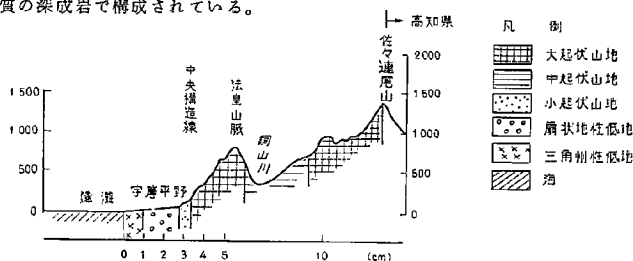


図-8 三島市付近の断面図⁶⁾

6.4 土地利用状態

扇状地地形性低地から急傾斜をなす山腹は、海岸側は天然の針葉樹が、山間部は人工の針葉樹によって構成されている。この天然の針葉樹の中にむしくいのように果樹園(ミカン山)が点存しており、小さいのは個人で開拓したものから、大は国営パイロット事業による果樹園と大小さまざまな開拓果樹園が存在する。

7 香川・愛媛両県における災害の特徴

7.1 降雨量と災害発生

香川県においては昭和49年7月、小豆島災害時に過去の記録を2倍も上まわる豪雨に見舞われたが、わずか2年でその記録が破られている。

愛媛県においても同様に年間平均降雨量がたった4日ほどの間に降っていることとなり、最大24時間雨量は過去の最高値の2.4倍という異常値を示していて、今回災害の特徴の一つは想像をこえた降雨量にあると言える。これらのことは、既設砂防ダムの袖を流水が氾濫していること、溜池の余水バケの断面不足による決壊、溪流部では河幅が拡大されていること等からも判断できる。図-5に小豆島内海町の降雨一時間曲線と災害との関係を示した。一つのパターンとして、降雨の累加曲線の勾配が急変して、しばらくして土石流が発生している。これは、それまでの間に十分雨をしみこませ、飽和状態になったところにインパクトとなる強雨がいったため、土石流

が発生したと考えられる。

7.2 災害を発生させた土砂

過去のいくつかの調査報告にもあるように、ここでも、山腹崩壊土砂量よりも溪床・溪岸・堆積物の再移動が多い。そして、流域面積0.1～0.3km²程度のいわゆる山ひだ(1次谷)のような流域からの土砂流出も多く、これらの調査や工事の遅れが目立っている。特に、畑は旧土石流堆積物の上に形成されており、今回の災害ではこれら堆積物の流出が目についた。

両県にわたって分布している風化した花崗岩(真砂)は、今回もいかに豪雨にもろいかを示した。また、花崗岩地帯では50～100mもある大径の転石と真砂の流出が生じ、中間径の流出が少ない。花崗岩地帯の風化の特色を示していると思われる。特に、真砂は流送区間の流路工などではその堆積が見られず、この区間を掃流力により運搬されて勾配変化点から下流の緩勾配地帯に堆積して、河川の埋そくをして、浸水害を多発させる原因をなしている。また、氾濫被害を生じた地域は流域の流水を処理できるだけの流路がない場合が多く、道路などでは横断している暗渠が小さすぎたため、災害を誘発している例も見うけられる。溜池の決壊が災害発生の原因となっている例が見うけられた。特に、年間降雨量の少ない当地方では香川県下の名のある溜池だけでも20,000以上といわれ、名もない溜池を含めると数は不明と言われている。溜池の決壊は床下、床上浸水や電照菊に被害を与えるなどしているが、これら溜池の管理に問題があるのではなかろうか。

7.3 災害に対する住民意識

一口に言って災害に対する住民意識の高い地区からは犠牲者がでず、「これまで災害がなかった場所だから安心だ」といって、避難をしなかった地区で多くの死者を生じている。小豆島の谷尻地区や愛媛県の例などはそのことを物語っている。逆に昭和49年災害で死者・行方不明あわせて17名という大災害を生じた小豆島内海町橘地区は早期に避難命令を出したため、橘川の土石流等、土砂害は生じたものの人的被害を出していない。

今後、いかに、住民に災害に対する認識をもたせるかが一つの命題となろう。そして、避難体制を確認し、避難場所を安全なところに設定し、住民に正しい情報をいかに早く伝達するか等、多くの問題を提起しているものと考えられる。

7.4 砂防工作物の効果

両県にわたって砂防工作物の施工されていた溪流はほとんど被害を受けておらず、住民の砂防工作物に対する評価は高まっている。しかし報道陣は「金さえかければ災害は防止できる」(9月17日四国新聞)といった考え方ももっている。ただ一つ、愛媛県関屋川においては昭和30年代に施行された床固工が一部破壊されており、今後の砂防計画の参考となるものと考えられる。

7.5 危険溪流調査(S47.10.建設省砂防課調べ)との関係(表-2)

山ひだのような溪流及び開発パイロット等によ

表-2 危険溪流調査

(S47.10.建設省砂防課調べ)

	土砂害(※) 発生溪流数	うち 危険溪流調査対象数			
		ランクA	B	C	計
香川県	42	26	1	1	28
愛媛県	14	6	0	0	6

※調査者が現地踏査もしくは空中写真等で確認したものに限る

って山地が開発された溪流は、調査時に対象外とした可能性があるが確認していない。

7.6 地すべり災害

今回の災害は、土石流やがけ崩れだけでなく、地すべりによる災害も目についた。特に、愛媛県下では黒田地区（宇摩郡新宮村）、大樽地区（西条市）等、27

地区にもほっている。幸い、人的被害はいまのところ発生していないが、各地区ともクラックの発生が多く、9月20日現在でも多くの住民が避難している現状で、これらの地区住民にとっては、災害はまだ続いていると言える。

7.7 その他

がけ崩れを含めミカン山からの崩壊が多くある。しかも図-9のように盛土部からの崩壊が目についた。

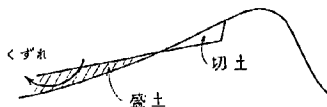


図-9 盛土をした造成地の模式図

8. 徳島県

8.1 概況

記録的な降雨量をもたらした台風17号の雨域の中で最も激しかったのは徳島県西南部の剣山周辺から木頭村にかけてであり、気象台公式記録でも木頭で1904mmに達しているほか、局部的には3,000mmを越える区域もあったといわれる程であった。

このために穴吹町、木屋平村、木頭村では山間部での小溪流からの土砂の押し出し、斜面の小崩壊が著しく、道路が至る所で寸断されたため、陸路での調査には時間を要するため、海上自衛隊の好意によりヘリコプターによる概況視察の機会が与えられ、吉野川から穴吹川、剣山、木頭村をまわり、貞光川を上流から下って吉野川に戻る約1時間半のコースで空から被災状況を視察した。

吉野川支川のいずれも土砂の流出、堆積が著しいが、雨域の中心となった穴吹川沿川では谷頭の崩壊が集中的に生じており、地形的に、谷頭から谷にむかって勾配が急傾斜となることから崩壊土砂は山腹にとどまることなく、谷筋まで流出している様相が一望され、土砂生産の主因となっていることがわかる。しかしこのような崩壊災害は穴吹川に集中しており、わずか5～10km西側流域の貞光川沿川では崩壊が散在するが穴吹川程ではなく、降雨のあり方が、せまい範囲で地域的に全く異なったものであることを思わせる。ただし、飛行高度が高かったため細部についての観察はできなかったため、木屋平村から最も被害の甚大であった穴吹町古宮付近について現地視察した。

8.2 土石流

徳島県下では、吉野川水系の穴吹川流域の穴吹町と木屋平村および那賀川流域の木頭村と木沢村を中心に多発している。これらのうち人家に被害をもたらしたものは12溪流である（写真-11、-12、-13参照）。

今までの土石流災害では、ほとんどの場合、人命の損傷を伴うのが通例であったが、今回の災害では事前の避難がスムーズに実施されて人命の損傷をほとんど伴わなかったのは何よりであっ

た。ただ唯一の例外として木頭村平の土石流では6名の死者をだしている。

8.3 地すべり

木屋平村へは鮎喰川沿いに神山町から川井峠を経て入ったが、川井峠の県道は神山町側、木屋平村側とも地すべり活動が激しくなって、路面の沈下が著しい。特に川井峠直下の大北地すべり地では県道のヘアピンカーブに3段にわたって落差1m以上の亀裂が発生し、通行にも支障を生ずる程の変動があって危険な状況にあった。木屋平村に至る他のルートが山崩れなどで遮断されているので、生活道路としての必要性から、とりあえず車の通行を可能とするだけの応急措置により、かろうじて維持しているが、今後の降雨により移動が心配されている。

穴吹川上流部、森遠付近では流出土砂の堆積が河道内で5~10mに及んで河状を一変させているが、同時に洪水による山脚の横浸蝕が著しく、川沿いの斜面崩壊や小地すべりを多数発生させて道路決壊の原因となっている。

左岸の森遠地すべり、谷口地すべり地内ではこのような小崩壊が数多いが、右岸の谷口カゲ地すべり地では上下流の2箇所では比較的大きな地すべりを生じている。

谷口カゲ下流部の地すべりは幅150m、長さ100m程の規模で、滑落崖の高さ約10m、すべり面の深さ20m~30mの一体の動きで穴吹川へ押し出している。この地点は旧河状では水衝部に当っており、まず山脚の浸蝕が激しくて不安定となり、地すべりとなったものと考えられる。現在の河床は5m以上流出土砂の堆積により上昇しているので、河床の低下がなければこの形状で安定している。

上流部では下流と同様に水衝部で、川に面した急斜面の小崩壊があって背後の地すべり運動を誘発している。

頭部の亀裂ではまだ50cm程の沈下にすぎないが、これからの移動が継続するものと考えられる。

さらに地すべり区域の境界部尾根筋を頭とする山腹小崩壊が数箇所みられたが、これは下部の地すべり移動の影響というよりも、多量の表流水の集まった部分の局所的な崩壊であり、土層の組成粒子が粗いため、末端流動範囲は10~30mにとどまり被害も小さい。

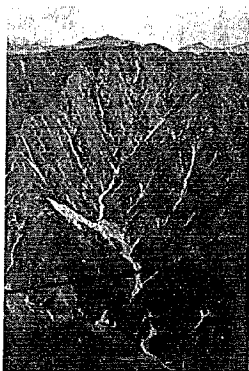


写真-11 吉野川支川穴吹川流域の土石流発生状況

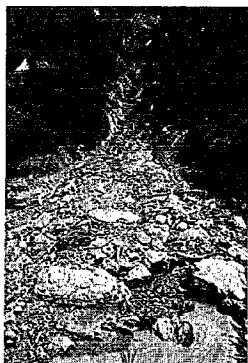


写真-12 土石流の流下部と堆積部 土石流の流下したところは激しく浸食され、岩が露出している。谷口の溪床勾配が小さくなったところで堆積している。



写真-13 支川での土石流の頻発により上昇した穴吹川の河床

次に穴吹川を下って穴吹町に入ると豪雨域の中心に近づき、兩岸の小溪から流出した土石流の痕跡が数多いが谷頭の崩壊が集中した区域である。

最も流出家屋の多かった古宮地区に近い半平地すべり地でも谷口カゲ下流と同様な地すべりが発生しているほか、穴吹川に沿った小地すべりが数箇所発生していて道路の沈下などの被害が生じている。

当時の道路事情からここまでの調査が限度であったがこの後連絡網の回復によって地すべり災害の報告が増加し、現在40数箇所へのぼる被害報告がでている。ちなみに、この地域に近くの地すべり研究室で試験地としている鮎喰川江畠地すべりでは、調査結果から実施した隧道排水工の効果が著しく、被害は全くなかったことを記しておく。

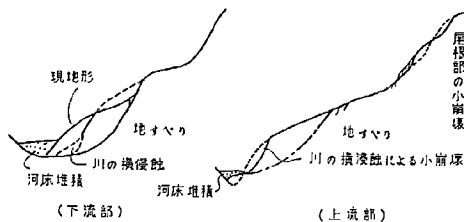


図-10 谷口カゲ地すべりの模式図

9 高知県

9.1 概況

雨域は愛媛県境吉野川上流部と徳島県剣山のそれぞれ総雨量1,800mmの二つの中心があって、主として高知県中央部に災害が集中している。特に吉野川上流では、5,000l/secという記録的な出水があったり、これまで比較的地すべりの発生が少なかった吉野川上流、地藏寺川上流にも地すべりが集中して起っているのが目につくが、50年の災害で山腹・谷筋崩壊の多発した仁淀川水系においては散発的な地すべり・崩壊がみられる程度であったのは、崩壊の免疫性によるものであろうか。

高知市内では鏡川の洪水のほか住宅地周辺の斜面崩壊・地すべりが多いが、奇妙な共通点として変動斜面に昔からの墓が存在していることがあげられ、昔の土葬の習慣が地下水の動きに影響したと考える人もいようである。

9.2 土石流

高知では集散的に土石流の発生した地域はなかったがそれでもヘリコプターから見ると吉野川流域にかなりの数の土石流が発生していた。

家屋被害を伴う土石流として報告されたものは、6溪流あるが、人的被害は皆無である。やはり、昨年の災害が教訓となって避難体制が万全であったためとのことである。

土石流発生溪流のうち、吉野川水系井尻谷川と園分寺川水系赤井谷川を現地に見ることができた。

この2つの溪流ではいずれも土石流堆積物の堆積勾配は $5^{\circ} \sim 8^{\circ}$ の間にあり、流下部の勾配が $14^{\circ} \sim 16^{\circ}$ 、谷頭崩壊地点は赤井谷川でしかみることができなかったが 29° であった。これらは今まで報告されている土石流のものとはよく一致している。

9.3 地すべり

吉野川流域ではまず早明浦ダム下流の本山町地内斜面をみた。農業用灌漑水路に幅1~2cmの亀裂が約50mの延長にわたって発生しており、その上部道路の擁壁に小亀裂が出ている。はっきりしたすべり範囲は不明で、背後地全域にわたる調査を必要とする。

地藏寺川右岸の本山町田井地区では幅20~30m、斜面延長200mにおよぶ地すべりが発生している。側面亀裂は20cm程で移動量は少ないが、地下水がこの区域に集中しており、応急的に地下水排除工が必要である。地すべり地形的にみて、大きい地すべりの側面部の動きの可能もあり、この点について精査する必要がある。

地藏寺川中流部、下地藏寺地内では旧地すべりの再活動が生じている。区域は幅200m、斜面長150~200mの比較的大きいブロックで頭部の亀裂の開きは10~20cmで9月21日現在、1日1mmの変位を測定しており今後継続移動するであろう。この地すべりによる被災家屋は5戸であるが、崩壊に至れば河川の堰塞は必至である。

早明浦ダム上流では右岸道路の地すべりによる決壊が約10箇所みられたが、左岸県道の被災は崩土のかぶり程度で比較的軽微であった。

貯水地中流の小松地区では約100m上部の斜面に落差1~2mの亀裂を生じ、調査と対策が必要である。またさらに上流の大橋ダム直下流の日の浦地区で、幅約100m、斜面長約120mの地すべりが2箇所発生している。頭部の落差50cm、道路の沈下約20cmで地域内の人家3戸は避難しているが、すべり面の末端は河床より高いと考えられるため滑落の可能性もある。

この上流約10kmの長沢ダムサイト右岸においても地すべりが発生しており、その滑落量はすでに2mにも達しており、全土量60万 m^3 と推算されているので急激な移動による貯水池内への崩落は2次災害を予測させるので、応急的な亀裂の掘いなど対策を講じている。

このほか仁淀川流域の伊野市藤ヶ瀬地すべり、池川町舟形地すべり、高知市内筆山地すべりなど多くの人家に影響を与える地すべりが発生しており、この当時での全地すべり箇所数は33箇所に及んでいて、早急な調査と対策が望まれている。(写真-14参照)

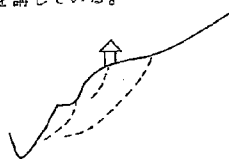


図-11 日の浦地すべり模式図

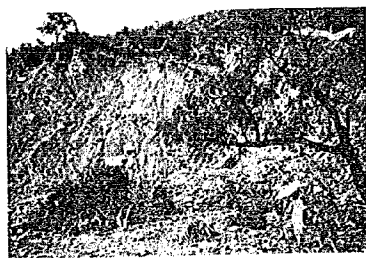


写真-14 高知市内の墓地に発生した地すべり
上部の滑落崖。墓石、棺桶が散乱している。

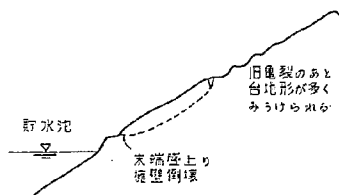


図-12 長沢ダムサイト右岸
地すべり模式図

9.4 がけ崩れ

がけ崩れは高知市内とその周辺域に集中しているが、調査することのできた5箇所のうち4箇所までが崩壊地に墓地を含んでおり、いささか気味の悪い思いがした。なかでも約1万数千㎡の崩壊が下方に至って土石流となり、3戸を全壊させ10数戸に土砂を流しこむという広範囲な土砂害を起こした高知市北高見町の東向斜面は200年以上の歴史をもつ墓所で、崩壊跡地には墓石が数十基も散乱して、折からお彼岸の墓参りに訪れてきた人々も先祖代々の墓を失なって呆然としている光景もあった。

不幸中の幸いはここ数年の災害で避難に対する心構えができてきたお蔭で極めて多くの人命が現実には救われているということであろう。がけ崩れ防止工事がたとえ完成したとしても予測し得ない事象は常にあるものである。徳島・高知両県ともに避難に対するP.Rなど県市当局の地道な努力が人命損失の軽減に大いに力あったことを記しておきたい。

参 考 文 献

- 1) 松山地方気象台の資料及び気象庁発表の新聞記事によりまとめた。
- 2) 経済企画庁：土地分類図，37（香川県）
- 3) 建設省土木研究所，香川県砂防課：小豆島土石流調査報告書，p.7 昭50.3
- 4) 大田原幸彦：小豆島 49.7.7 豪雨災害報告，p.43. 土木技術資料，16-11（1974）
- 5) 経済企画庁：土地分類図，38（愛媛県）

4. ルジオンテスト施工指針(案)について

〔 質 疑 応 答 〕

土木研究所 地質研究室

4 ルジオンテスト施工指針(案)について

1. 総論および 2. 試験範囲

(岡本)(土研) 今日議題としておりますルジオンテスト施工指針(案)につきましては、この地質担当者会議でルジオンテストのやり方と申しますか施工の仕方等の統一的な見解をまとめたいと考えておりますので、皆様方の活発なご討議をお願いいたしたいと思っております。プリントとしてお手許に配られているこの案そのものは、土木研究所の地質研究室、ダム部および地建の現場の方々が一度集まりまして素案を作り、河川局開発課の主催で、打合せをやったという経緯を経ております。この席では皆様方がこれまでルジオンテストをおやりになった経験上、或いは実際に止水のためのグラフトに関係して、問題が起ったということ等につきましてご意見を伺いたしたいと思います。最初に土木研究所地質研究室の菅原主任研究員から概略の説明をしていただきたいと思います。

(菅原)(土研) これまでの経過と全体の構成のご説明をし、さらに各項目の本文を読まさせていただきます。皆様のご討議をお願いします。

ダムの安全には岩盤の強さも勿論大切ですが、強さだけではなく透水性も、強度と同じ位の重要性があるといわれております。岩盤の強度につきましては今までにいろいろ調査の基準がありますし、大体判定基準というものもある程度できていますが、透水性につきましては現場でルジオンテストというのが盛んに行われているにもかかわらず、その基準化が非常に遅れております。しかも出てきたデータの見方もかなりバラついてます。そこで開発課と土研で打合せをいたしまして試験の基準化をやるということになりまして、先ず現在どういうふうに試験をしているのかという実態調査を行いました。7月の末からそういう検討をしまして北海道開発局、沖縄総合事務局をはじめ各地建あるいは事務所の方々をお願いいたしまして、10月15日頃までに主な仕様についてのアンケートと仕様書あるいは報告書のコピー等の資料をご提出いただきました。10月15日以降土研で素案をつくりその検討をいたしまして、なかなか基準化ということまでには行きませんが、一応ここに書いてありますような施工指針全体の素案になるようなものを作り上げました。11月9日に開発課に主催していただいて、開発課、土研、各地建から2、3名(主に工事事務所の調査課長または工事課長)出ていただいてその素案について一次の検討会をさせていただきました。今日用意いたしました資料はその一次の検討会の結果をもとに土研がまとめた施工指針(案)でございます。それで地質担当者会議でこれをご討議いただきましてその結果をもとに成案を作り、それをプリントしてしばらくの間施工指針(案)として使用して見たいと考えております。それでも河川砂防技術基準(案)のような基準の形にもって行けるものならば、将来は基準にもって行こうということでございます。以上がこれまでの経過でございます。

施工指針(案)についてご説明いたします。まず全体の構成のご説明をいたします。全体の構成は総論、試験範囲、使用機器、試験準備、試験、解析、報告と大きく分けて7項目からできております。

総論は施工指針の目的といたしましてここでルジオンテストの計画、試験、解析の標準的な手法を示すのだということを書いてございます。グラウトの施工管理につきましては、かなりやり方が違うところもございまして、この施工指針(案)ではそれに関しましては、“この施工指針(案)に準じて行なう”という程度しか書いておりません。1.2でルジオンテストの目的が書いてあります。これはダムの基礎岩盤の透水性の評価、グラウティングの計画、施工及び結果の判定のためにルジオンテストというは行なわれるということが書いてあります。1.3の用語の定義でルジオンテスト、ルジオン値、修正ルジオン値、限界圧力というようなこの施工指針(案)で頻繁に出てくる4つの基本的な用語について、定義をしております。

2.の試験範囲では、ルジオンテストはいろいろな地質調査の段階で行なわれ、河川砂防技術基準(案)の調査段階に応じてルジオンテストをやるということを前提としております。地質調査の中には概査、設計調査、施工調査という区別がありますので、大体それに応じた段階に即してこういう範囲でルジオンテストをやるのだというような規定の仕方をしております。

3.の使用機器ではポンプ、バッカー、圧力計及び流量計が規定してございます。ポンプにつきましては吐出圧力が $10\text{kg}/\text{cm}^2$ 以上、吐出量は $10\text{kg}/\text{cm}^2$ で $150\text{ l}/\text{min}$ 以上のものを使いなさいというように規定をしております。バッカーは普通はエキスパンションバッカーを使い、エキスパンションバッカーが使えないような深い所についてはレザーバッカーを使う。また軟岩や割れ目の多い硬岩等ではエアバッカーを使った方がよいというような規定の仕方をしてあります。圧力計は概査の段階ではなかなか自記圧力計を使えないこともあるが、一応原則として自記圧力計を使うということ、精度は目盛の最少単位を $0.5\text{ kg}/\text{cm}^2$ にしています。流量計は、自記流量計という案もありましたが、現段階では、精度の良いものを使おうとすると高価なものになってなかなか調査の段階では使えないという意見が大勢をしめましたので、一応普通の積算流量計を使い、その場合の最小目盛は 1 l だというような規定の仕方をしてあります。

4.の試験準備に入りまして、試験孔の位置はあまり具体的な規定の仕方はできませんが、地表、既存の横坑、ボーリング坑等から充分離れた位置で試験すると規定しております。

4.2の試験孔の掘削は原則として清水掘で孔径 66 mm とすると規定されております。4.3の試験孔の孔内清掃では泥水を使わない場合でも泥壁ができることがあるので、スライム等を充分除去できるだけの清掃を行なうようにする。4.4試験区間長は原則として 5 m 、短い場合でも 3 m 以上が望ましいと規定しています。4.5バッカーの設置は、やり方によってシングルバッカー法とダブルバッカー法とがあるがこの施工指針(案)ではシングルバッカー法いわゆるステージ法を使った方がよいと規定しております。4.6バッカー部の特殊処理で、地質の悪い所ではセメンテーションをやってバッカー部を特殊処理してから試験しなさいとしております。

5.の試験では、注入圧力は、上げる場合も下げる場合も段階的に行ない、昇圧は大体3段階以上、降圧は2段階以上と規定しております。最大注入圧力は原則として $10\text{ kg}/\text{cm}^2$ で、軟かい岩の場合、あるいは限界圧力が $10\text{ kg}/\text{cm}^2$ に達しない場合にはそれより小さくしなさいとしております。5.2の注入量の測定では、まずある段階の注入圧力で注入していき

まして、一定になってから10分間継続して注入し、測定はその後さらに10分間というようにして実際の作業時間は30分程度かかりますけど、それ位充分時間かけてやりなさいというように規定しております。

6.の解析で注入圧力の補正が問題になります。測定は原則として口元圧で測定するが、深さとか地下水位とか測定管の管内抵抗が非常に問題となりますので補正しなければならない。実際に現在でも深さとか地下水位の補正は盛んに行なわれていますが測定管の管内抵抗についてはいろいろな実験結果や説がございますが、それを検討して見ました結果、かなり測定管の管内抵抗が大きいという結果が出ましたので、それを参考という形で一応のせております。6.2注入圧力-注入量曲線、いわゆるPQ曲線は、その必要性和書き方とを書いております。6.3は限界圧力の問題です。6.4はルジオン値の計算といたしまして、試験には原則として 10kg/cm^2 以上の注入圧をかけますからルジオン値としては 10kg/cm^2 のところの注入量から求めます。注入圧力が 10kg/cm^2 に達しない場合とか、限界圧力が 10kg/cm^2 以下の場合には、図式とか計算によって求めるとしております。

7.報告内容としてはいろいろな形式のものがありうるが、大体これだけの項目のことについて必ず盛るべきだというものを書いております。2.3その報告内容についての解説をのせております。以上が全体の構成でございます。

(岡本) 今説明のありましたことが全体の概略でございますが、これはあくまで指針ということのをねらったものでありまして、こうしなければいけないというような意味合いのものではなくて、こういう風にしましょうと、或いはこういう風にしたい方がよろしいというような意味合いのものと現在考えております。その点誤解のないようにして下さい。

それでは初めの総論のところから順次ご意見を伺いたいと思います。

(菅原) 解説を読んでいただければわかると思いますが、ルジオンテストというのは理論的な根拠が乏しくて試験方法によって試験値が異なったりいたしますが、ルジオン値のみならず試験データそのものが岩盤の透水特性を示す重要な要素を持っているから試験方法を標準化したいというのが私達の考えでございます。

(岡本) 何かここでご質問がございますか。

(高橋)(土研) 本文の一行目で概査および設計段階におけるルジオンテスト云々ということと、2行目のグラウチングの施工管理ということを分けていただいている訳ですが、2行目の方はわかり易くてよいのですが、1行目の概査及び設計段階におけるという表現が曖昧な気がします。後の4ページの試験範囲の所の解説で概査とか設計調査という言葉が出てくるのですが、河川砂防技術基準(案)調査編で使われている言葉に合せた方がよいと思いますが。

(岡本) 合せた方がすっきりするというご意見であればその通りでございますが、河川砂防技術基準(案)は概査及び設計調査というような4ページの言葉をそのまま使っております。そうすると設計段階におけるという“段階”という言葉がおかしいということですか。

(高橋) 設計段階というのは、一般的に言葉のような気がして、専門用語ではなく、非常に巾

広く使われる言葉ではないかと思います。変ないい方をすれば、どこからどこまでが設計段階といえるのでしょうか。言葉のうえて曖昧さが残るという意味です。

(飯田)(土研) 高橋さんの意見は第1項目で概査と設計段階とを論じたからであって、概査に対する精査という意味にとればすっきりすると思います。だから4ページの方は概査および設計調査の「設計」という言葉を調査の形容詞として読み取ると非常にすっきりする形であると思います。

(岡本) そうするとこの言葉を合せて設計調査段階とすればよろしいでしょうか。

(高橋) 原作者の意図がわかりませんが、憶測するにルジオンテストというのはいろいろな段階でやりますね。その中で概査段階というのがあって同じルジオンテストといえながら、やることは同じかも知れないが多少精度的にも異なるのではないかという特性があるように思います。だから一語にまとめるより概査、精査というように別々に分けた方がよいと思います。

(中村)(土研, ダム計画官) 素直に読むと単に調査と施工を分けているにすぎないような気がします。前半については概査及び設計段階ということで、要するに調査全般を指し、後半の施工管理と対応させているだけなので、あまり複雑な事はいわずに調査段階におけるルジオンテストということではないかと思いますが。

(岡本) 主旨は今、部長、中村、高橋さんが少し疑問に思っておられる事を全て包含したような感じてあります。と申しますのは調査段階というのは、ダム軸をどこにするかという概査的段階から、設計が細くなった段階においてもボーリング孔径とか掘り方というのを河川砂防技術基準(案)では或程度規定している訳です。ところがグラウトの施工が始まった段階では調査において行われるボーリングと孔径も違いますし、ボーリングそのものの性格がかなり異なってきます。ただルジオンテストはその目的上必要でありますので、先ず調査段階のものを指針としてまとめて、グラウチングをやる場合のルジオンテストは使えるものはこれに準じていただいて、どうしてもなじまないところは仕方がないというように現段階では割切って考えようというのが、私共提案者の主旨であります。言葉の厳格さを欠くということであれば概査および設計調査段階というように調査という文字を入れさせていただければと思いますがいかがでしょうか。調査をまとめても良いがそこまでまとめなくて、この程度で良いのではないかと考えています。

(飯田) 今のご主旨で私個人としては良いと思います。要するに概査というのは大体ダム軸を決めるためのものであります。ここで言っている設計調査というのは大体グラウトの範囲をどの程度やったら良いかということだろうと思います。設計というものは経験的であり、調査という観点から見た場合に設計調査が良いか、精査が良いかという議論は出ると思うけど表現の仕方であろうと考えます。だから、この表現の生きる道でどう書くかということを考えて、全体の流れとしてはこの3段階の分け方で良いのではないかと思います。

(岡本) 今のようなことでよろしいでしょうか。他にご意見がなければ次に移りたいと思います。

(中村) 4ページの試験範囲の項と比べて見ると、4ページにはダム軸の選定という言葉が

入っている訳です。『ただしダム軸が定まっていない状態を設計調査段階という』というように読めますけど違いますか。

(岡本) ダム軸は掘削してから変更される場合もありますし、ダム軸の決定時期はいつであるかという話にもなります。部長がいわれたように大体カーテンゾーンが決まる時期というのがほぼダム軸が決まる段階という程度にお考えいただきたいと思います。前の概査段階で云々、というのはこの辺りにダムを造ろうというのであって、まだこれからダム軸が数mから10m程度は動くかも知れないという段階でもやはり、ダム建設の可能性があるということであれば、先に設計に行くと思います。その程度と考えておりますが。

(菅原) 今の岡本室長の説明に補足させていただきたいと思います。4ページの調査段階というのは河川砂防技術基準(案)の中に地質調査の方針というのがありまして、段階的にやるということが書いてあります。その中では概査、設計調査、材料調査、細部調査、特殊な調査、完成後の調査と6つの区分けがしてあります。それをルジオンテストと関連づけながらもう一度編成しなおしてみると、概査、設計調査ともう一つ、細部調査になるのか、特殊な調査になるのかかわかりませんが、その概査と設計調査はうまくなじむが、それ以外のどちらかという施工管理のための調査というニュアンスがルジオンテストにはあるのではないかとということで、分けています。概査の段階ではダム計画の可能性の検討や比較地点の優劣の検討が主な作業ですが、設計調査の段階ではダム軸を含むダムの形式、規模を選定する作業が主である。というように規定をしております。それに対して施工調査というのは、例えばカーテングラウトならカーテングラウトを施工するための調査というように、施工管理のための調査という程度に考えていただいた方がよろしいと思います。できるだけ河川砂防技術基準(案)に合せるためにはそのように読み換えなければならなかった訳です。

(飯田) 設計調査という段階に岡本さんがいわれたように、ダム軸の選定を除くということもあるのだけど、やはり選定そのものが設計調査に書いてあるというように読む訳にはいかないでしょうか。もう一つ一番気になったのは6ページの試験範囲の図-1ですけど、平面的に上流側に $\frac{1}{2}H$ 、両サイドに H 、下流側に H 、断面的には $\frac{1}{2}H$ 、しかも解説にあるようにルジオンテストは5,6本は H まではやるというように範囲を規定すると、実際問題として非常に広範囲な試験範囲となり現場は苦しいのではないかと思います。平面的な調

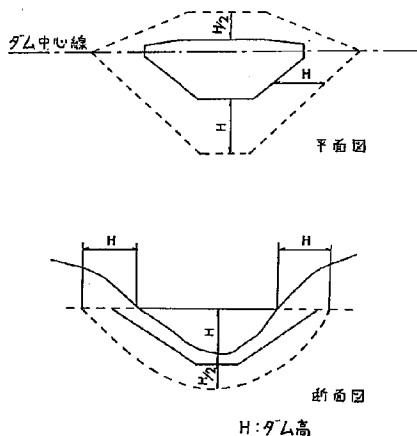


図-1 設計調査段階における試験範囲

査範囲というものは非常に難しいものであり設計調査という段階になったら想定されるダム軸に着目してというくらいの表現まで絞られてくるのではないのでしょうか。

(岡本) 図-1は、設計調査段階における試験範囲となっていますが、河川砂防技術基準(案)の調査編では設計調査段階における調査範囲となっております。この平面図に示されている範囲内は地表踏査、横坑及びボーリングで調査しなさいという範囲であります。それをそのまま試験範囲という風に書き換えてあるので部長の疑問が出るのであって、その範囲で全部同じ精度で調査し、同じ精度のルジオン値によるルジオンマップが描けるというようなことを想定している訳ではありません。

(飯田) 河川砂防技術基準(案)をそのまま載せたのでは誤解を招くのではなかろうかということをお願いしたかったです。1本ではないかも知れないが想定されたダム軸に対して云々ということであるから、断面図だけで良いのではないのでしょうか。もう一つ申し上げますと、設計段階というものは設計数量等を大体推定するという段階であると考えますので、特に最後の方で透水性の高い岩が残っている場合には、テストを延長することもありうるということを書き込んでおいていただいた方が良いのではないかと思います。

(菅原) 6ページの図-1というのは、設計調査の段階でこの範囲の調査をしなさいというのが、河川砂防技術基準(案)に載っています。ですから大体この範囲の試験もやった方が良いでしょう、ということの程度の意味です。ですから調査範囲内でも調査の精粗は確かにあると思います。河川砂防技術基準(案)ではボーリングをグリッドを組んでやり、そのボーリング間隔が10m～40m程度であるということが書いてあります。折角ボーリングをやるのですから、ボーリングをやる所はルジオンテストをやりなさいと書いてある訳です。そうすると調査範囲はこの中へ落着くのではないかと考えております。それから深さについても原則として5Hくらいのところまでやって、その他に数本のパイロット的なボーリングをやって調査しなさいというように書いてあります。設計調査の段階ではこの程度のことを書いてありますが、グラウチングの施工調査段階では、コンクリートダムで2Lu程度、フィルダムで3Lu程度まで処理するのが目的となっておりますのでそういう目安がつくところまで範囲を広げてゆきなさいというような表現にしております。

(飯田) その点につきまして、先程から申し上げているように概査と設計調査というものの考え方に多少のニュアンスの相異があるように思います。私個人の考えかも知れませんが、設計調査といえば設計数量を検討してゆく調査であるという頭で考えますと、ダム軸をどこに選んだら止水をしやすいかという目で調査されているルジオンテストというのは、むしろ概査ではないのでしょうか。その段階では比較的浅い所でやっており、本命のダム軸のおよその見当がつき、深いルジオンテストをやる段階になれば、想定されるダム軸というのは限定されてくるが、必ずしも1本とは限らない訳です。その辺りになると冒頭の議論にありました概査と設計調査というものをどういふ概念で整理するかという問題になってくるのではないのでしょうか。ただ平面図と断面図を同時に見ますと、ちょっと誤解を招くという印象を受けました。

(岡本) 原則論の話になっていますが、実は河川砂防技術基準(案)のダム地質調査というものを作

成してご承認を得る段階で少し問題になった点であります。これは予算措置上で予備調とい
わゆる実調というのがございまして、その間の境をどうするかという問題がからんだのでご
ざいます。予備調および実調という言葉を使って、ダム地質調査の基準ということになり
ますと、それが満たされないものは次の段階への行政的な拘束が非常に強いということです。
純技術的にこの程度のことはしておかなければ次へ行けないだろうという程度の、非常に荒
っぽい段階を概査ということにし、最初に高橋さんからご質問があったように、ここでいう
設計調査というのは非常に広い範囲に亘る訳です。河川砂防技術基準(案)でいう設計調査とい
うのは、まだダム軸が動く場合を指すこともありうるし、またダム高、ダムの形式というのは
ある程度もう決ってきてそれを固める段階を指すこともありますし、かなり広い範囲で時期もかなり長い時期
にわたる段階を包含するようなものであります。設計調査というものを設けてそれでダムの
地質調査の殆んどやるべきことは全て済ませようというようなことになった訳です。そういう
調査の段階に行なうボーリングについては全部ルジオンテストをやるよというものが前提にな
っております。原則はやはり、部長がおっしゃる通りに岩盤の透水性に関する断面図を作る
ということとして、ボーリング地点が飛び飛びの場合でも一応ルジオン値は測定しておこう
ということ、この図面がここに出ているのではないかと思います。

(飯田) 平面図と断面図を並べて書くのは、使う方としては厳しい使い方になるのではない
かと思います。誤解を招くのではないかという気がするもので、もし使うのなら分けて使っ
てほしいと思います。これを立体として読まれたら大変なことになるのではないのでしょうか。

(岡本) 部長の言われる主旨はわかりました。そのようにしたいと思います。

(桑原)(土研) 私共がこれを作った段階では概査というのはいわゆる予備調査の段階、設計段
階というのは実調の段階と工事に入った一部の段階、施工管理の段階というのは要するにグ
ラウトの施工管理のためのルジオンテストであるとした訳です。ですから設計段階というの
は、実調と一部の工事段階というふうに、またグラウト試験以降が2行目に書いてある施工
管理のためと読んでいただければ実際の調査段階と河川砂防技術基準(案)の解釈とかなり合うの
ではないでしょうか。

(飯田) その場合に設計調査という言葉が問題で、地建の方にお伺いしたいのですが、設計と
いう言葉があると或程度数量が入ってくるという観念が地建側では出てくるのではないです
か。

(大木)(東北) 第一章の総論のところでは概査と設計調査段階とありますが、グラウトの
施工管理というのがありますので、もし文章を統一するならばやはり概査、設計調査、施工調
査というように試験範囲の欄で3つに分けるべきだろうと思います。それぞれのイメージが
人によって食い違っているのでしょうか、私は、概査というのは、ここではダム軸という
よりダムサイトの選定を目的とした調査というような感じで受けとっています。設計調査と
いうのは、ダムサイトが決定し、大まかな本命のダム軸はあるのだけど、もう少し詳細な調
査をやるよという段階、施工調査というのはダム軸も決定して、相当なルジオンテストの結
果はあるけど、最後の詰めをある意図ですすめて数量をはじくという段階であると思います。
施工調査という言葉が出てくれば工事数量的なものを掴むというニュアンスにとれます。だ

からこの3つに分ければ工事数量というものは施工調査の段階に入ると思います。

(岡本) 今、東北地建の大木所長のご意見がございましたが、言葉を一応そろえることにしたいと思います。

(飯田) その場合にグラウトをやりながら行われるルジオンテストのように施工をしながら調査をしていくという場合はどこに入るのですか。

(大木) 施工調査といっているのは、いわゆるここに書いてある施工管理のためのものとは別なものと考えます。4ページの施工調査は、例えばグラウトを行ないながらやるルジオンテストとは別のものであるというように、私は受けとったのですが。

(菅原) 実はこの前の第1次案の検討会をやった時には、概査、設計調査、施工のための調査という項目が入っておりました。それだけで、今、部長のおっしゃったグラウチングの施工管理のための調査については一応除いてあった訳です。ところが圧力、孔径などやり方はかなり異なるかも知れませんが、ルジオンテストとしては非常に大きな分野であるから追加すべきだという意見が大勢を占めまして、それでグラウチングの施工管理のためのルジオンテストを本指針に準じて行なうという一項が加わった訳です。確かに4ページの2-1に対応させるためには1行目に概査および設計調査ともう一つ、施工調査のための調査というのを入れなければならないですね。

(西岡)(土研) 1の総論と4ページ、5ページの話を無理に結びつけようとするから難しくなるのであって別に結びつけずに、前半のところは簡単に調査段階における云々、それからもう一つはグラウチングの施工管理と読み返してやってあと4ページ、5ページでどういう内容に書くかというように2本立にしたらどうでしょうか。

(岡本) 私が一番心配なのは、現場の方々が皆さん西岡室長が言われたように思ったださるかどうかということです。ここで何人かの人々から疑問が出るのであれば、恐らく現場の方でも疑問が出るのではないかとことでありまして、このところはもう1回現場の方のご意見を伺って、審議しておきたいと思いますが、いかがですか。何か他にご意見ございますか、特に現場の方のご意見をいただきたいのですが。

(上村)(北陸) 確かにもっていき方としては、ここで或程度の定義づけをして、5ページに移ってそれに合せてどういう風にやるかということを書いた方がよいと思います。

(岡本) いろいろなご意見も出ましたし、私共の考え方もお話ししましたが、この1.1の本文のところは設計調査、設計段階といういい方から発展した訳ですけど、これは一応設計調査段階という風に調査という言葉を入れたいと思います。この内容については若干の議論があっても、要するにダムを造るまでにおやりになる地質調査を主とした段階でのボーリングにおいて実施されるルジオンテストと、2行目の施工管理のためのルジオンテストというのは止水工法としてのグラウチングを効果的に行なうために、実施されるルジオンテストという区分を認識する必要があります。即ち一方は調査段階では地質調査が主で、それについて透水性を求めるという意味からルジオンテストをやっておくということと、他方はグラウトという特定の目的のためにやるルジオンテストであるというように分けて考え、ここで指針としてまとめようとしているのは地質調査段階のルジオンテストであるというふうに受

けとっていただきたいと思います。そういう意味から図-1の平面図というのは一応削除して断面図だけ入れておけば大体的見当をつけていただけたらと思います。それから解説の中で概査段階及び設計調査段階では、ボーリングの実施場所等かなり具体的に書いており、そこでやるボーリングについては必ずルジオンテストをやっていただくということが書いてあります。また河川砂防技術基準(案)にもボーリングについてもルジオンテストを原則として行うというふうになっておりますから、本指針(案)とのつながりはそこでつけていただけたのではないかと思います。施工管理のためのルジオンテストというのは、この指針(案)に準ずるといふ形だから、使えるものはこれに準じて、使っていただくというようなことでグラウチングの施工管理のためのルジオンテストの指針というものがもし別に作れるのであれば、どういう事が本指針(案)と異なるかというのをもう少し時間をかけて考えたいと思います。

(中村) 7ページですけど文章がわかりにくいと思いますね。『ダム高程度の深さの範囲内で目標値に達するまで調査範囲を広げる』と書いてありますが、このまま読むと、ダム高程度の深さを越えれば目標値に達しなくても調査を打ち切つてよいということになりますが、そういう解釈でよろしいですか。

(菅原) 実は原案は大体ダム高と同じ位の範囲を調査しなさいという表現だったわけです。そうしたら大多数の皆さんの意見はこんなに調査範囲が広いのでは困る、せいぜいダム高の半分くらいではないかということだったわけです。それで、私共からしますとそれでは少し調査範囲が決すぎるので、最低ダム高程度の範囲では調査をやって下さいというつもりでこういう文章になっています。

(中村) そう読めというのはちょっと無理なような気がします。

(菅原) 結局、この後半の文章をとりますと調査範囲がどこまでも広がっていくのではないかという懸念を事務局の方は持っておられると思います。

(中村) しかしダム高程度の深さまで調査しなければ目標値に達しているかどうか全然わからないわけでしょう。だから当然やらなければいけないのであって、例えば10mのところまでやってみて、ルジオン値が非常に小さかったらそこでやめてよろしいということですか。

(菅原) 設計調査の段階でパイロット的な孔を数本掘りなさいということが書いてあります。それは河川砂防技術基準(案)にも書いてあります。その間の調査をやりなさいという事が書いてありますし、少なくともダム高程度の孔は調査漏れになることはないと考えられます。ただそのダム高程度で良いのか、それよりもずっと広げてゆかなければならないのかという判断はこれには書いてありません。

(中村) 張直にこの文章を読めますと調査範囲を限定しているわけです。ルジオンテストはダム高程度の深さの範囲内でやれば良く、それ以上は必要ないとしか読めません。

(岡本) 1番最初に私の解説的な御意見を申し上げましたように、この指針は全体にこういうふうにいたしましょうということで、こういうようにすべきであるということまで言うてはいません。そういうことから、例えば深さの範囲もダム高程度までで良いとも言っておりませんし、それ以上やらなくても良いとも言っておりませんし、少なくともその範囲まではおやりになって下さいという程度の言い方になっています。

(中村) おっしゃっている事は完全にわかっているんですけど、この文章を素直に読みますと、2 Lu, 3 Lu という目標値があるわけですが、その目標値に達するまでは調査をしなさいと、そう言っているわけです。だから 100 m のダムでも、2 Lu, 3 Lu という値が 50 m のところで出てきたらそこまでで良いではないかとしか読めません。こういうことを申し上げているのです。それが良いと言っているわけではありません。

(菅原) 文章の流れとしてまず設計調査の段階がありまして、その段階で少なくとも数本のパイロット孔をダム高と同じ程度の深さまで入れて調べなさいということが書いてあります。この調査段階を終ってここの施工調査の段階へ、すなわち実際のグラウチングをするための調査の段階に入ってくるわけです。そうしますと多分、コンクリートダムの場合 2 Lu、フィルダムの場合 3 Lu という目標値を目指して調査をするのではないかと思います。それでどこまでやるかということになりますと、たいていダム高と同じ程度の範囲まではしなさいと言っているのです。

(中村) そういふふうに読ませたいのなら、'目標値に達するまで調査をするが、ダム高程度の深さまでやるのが望ましい' というように書かなければ、この 'ダム高程度の深さの範囲内で' という文章が全く意味がありません。これだとむしろ狭い範囲に限定するというふうにしか読めないですね。望ましいのはダム高程度までやりなさいということでしょう。ところがこの文章は目標値に達するまで広げるのが望ましいとしか書いてないわけです。ダム高程度の深さの範囲内のテストをすることが望ましいとはどこにも書いてないですね。

(飯田) もう少し詳しく書いていただければ食い違いはなくなるのではないのでしょうか。'2, 3 Lu の岩が出るまで調査の対象とし、なお安全のためにその手前でよい岩が出ている場合でもダム高程度まではある程度の調査をしておくべきだ' というニュアンスなのでしょう。そういう意味に書き直せばいいのではないですか。

(菅原) それは設計調査の段階で既に終っているはずなのです。

(岡本) 確かにそうですけどこの指針をここからしか読まない人だっているかも知れません(笑)、ので少し解説を加えたいと思います。

(上村) 1 次案では地質上問題がありそうな場合には、ダムの最大水深の半分程度の深さまで行い必要があるという項目が解説の中に入っており、それが最低限必要な指標であって、最高どこまでやれば良いかということがむしろ議論になってこういう第 2 次案ができたように記憶していますが、それで 1 次案から 2 次案に行く過程で 1 次案で書いていたことが抜けているのではないのでしょうか。

(岡本) 1 次案の表現では最低限しかやらないのではないかという意見が出た訳です。それで今の御両者のお話を勘案して解説の内容を若干変えたいと思います。文章は 'ダム高程度まで調べることが望ましいのであって、2 Lu, 3 Lu というのが不適当な場合があればまた調査範囲を広げるとことも望ましい' というふうな表現にしたいと思います。

(吉村)(関東) 今の問題に関連してですけどフィルダムの場合従来 2 ~ 5 Lu であったと思いますが、それを 3 Lu に決めた経緯、それから 2 Lu と 3 Lu で果してどれくらいの差があるのか、もし検討されてましたらお聞かせ下さい。

(岡本) これは設計基準の問題であり、調査を離れますので設計担当のダム部の方から解説をしていただければと思います。

(高樋) この件につきましては第1次検討会でいわゆる数字のことでほぼ同様な意見が出まして、要領を得ない答をしたのですが、それをもう1度繰り返すことになると思います。フィルダムの3 Lu については若干答えにくいのですが、コンクリートダムを2 Lu と決めしたのは、その数字自体が絶対値として正しいかは別にいたしまして今回新たに出そうとしております河川砂防技術基準(案)の設計編のコンクリートダム編では一応数字として2 Lu というのをあげております。それでこの指針でも2 Lu にしていただいた方がよいのではないかなというようなことで2 Lu にしてもらったようなわけです。その次にフィルダムとコンクリートダムで基礎が違っているのはどうしてかという意見があったわけです。これはつきつめると非常に難しい問題であります。一応低いレベルでお答えいたしますとコンクリートダムは御承知のようにアブリフトが働くわけです。それで載荷重の中でアブリフトの占める範囲は相当大きいものであり、特に重力ダムの場合非常に大きな要素を占めることになります。したがって現在の大ダム会議の基準におきましても、ドレインがある場合、それからドレインがない場合と図を分けているわけですが、その根拠としては、カーテン膜というのが100%完全に効いているわけではなくてトータルとしてその効果を殆どとして良いとか、或いは $\frac{1}{2}$ にして良いとかということがその前提になっているのではないかと思います。したがってフィルダムの場合アブリフトという点ではコンクリートダムへと全然違うものですから、その辺でコンクリートダムとフィルダムの数字に1 Lu 程度の違いが出てよいのではないかと個人的には思っているわけです。もちろんこの場合、深いところでの数字を余り言うわけではなく、浅いところ岩着面に近いところを重点に言っています。大体そういうことでフィルダムが3 Lu が良いかどうかということについてはお答えできませんが若干コンクリートダムの方がいわゆる目標値といえますか、そういうことを含めて厳しい数字をとったという経緯があるわけです。

(岡本) どうもありがとうございます。もう1つ動水勾配の点もあると思います。そうすると重力ダムとアーチダムとで同じコンクリートダムといいながら同一の値でいいのかどうかという問題もあるかと思います。今の高樋さんの御説明に対して何か御意見がありますか。

(飯田) これも私の個人的見解になりまして間違いがあるかも知れませんが、まず第1にコンクリートダムが2 Lu、フィルダムが前の土木学会では4~5 Lu だったと思います。これと今回のフィルダムの3 Lu とどちらが正しいのかという議論については非常に難しく、それに関係してきた人の差、そういうようなことが大きく起因していると思います。実はコンクリートダムの方が制限し過ぎているという議論もあるわけです。一般的にはフィルダムの方が岩盤の漏水も多いと言われておりますので安全を期してコンクリートダムの目標値に接近していった方がよいのではないかなという事情もあったのかと思います。ただし漏水地盤に関して例えばダム高の深さまでカーテンを入れるとか、 $\frac{1}{2}$ H以上入れるという深さになった時、その先端のルジオン値が1, 2 Lu 違ったからといって漏水量が違ってくるような問題は全くわからないわけです。恐らく漏水量を支配するのは岩着部のようにグラウトをや

っても一番やりにくく、圧力もかけにくいところのゾーンであり、実際には端末部分の深いところの仕あがりをそれほど細かく議論するだけの根拠も持ちあわせておりませんし、それだけの意味があるかどうかわかりません。現実問題として申し上げますと、どんなにやっても4, 5 Luぐらいにしか仕あがらなかったという例も聞いております。ですから今回の2 Luに関してはむしろ安全サイドをとったというように解釈しております。それから先程高橋さんはアブリフトの問題を言われていましたがこれは私訂正させていただきたいと思います。アブリフトに関してはルジオン値の仕あがり方ということよりも、むしろアブリフトを抜くためにドレインホールを作るので動水勾配が急激になっているのが重要な点でありましてその辺は訂正しておきたいと思います。したがってアーチダムとグラヴィティダムでは当然着岩部のつながりというのは違うべきであると思います。しかしHとかHまで入った深い所の動水勾配はそう大差ないのではないのでしょうか。ですから正直申しますとタイプによって仕上りを替えるべき深さはせいぜい表面から10~20mの範囲の問題であってHまで深く入った所になれば、1, 2 Lu というのはどれだけ議論する根拠があるのか私にはわかりません。案外4, 5 Lu でも良いのかももしれないけどたまたまティートンダム等の事故もありましたので安全を期して仕あがるものならばその程度まで仕あげておくというふうに解釈していただいた方が良いと思います。着岩部についてはかなり問題があり、これから相当検討してゆくべき問題ではないかと私は考えております。

(岡本) どうもありがとうございます。ここでは河川砂防技術基準(案)にあわせるというような形で数字をそろえてあります。

3. 使用機器

(岡本) ここはあまり大きな問題はないと思います。ただ大きい機械を使った方がよいという事が書いてあるのですが、原則はこの通りでないと試験にならないのではないかと我々は考えているわけです。

(菅原) 吐出量のところで吐出圧力が10 kg/cm²で150 l/min 以上のものを使用するというのが本文に書いてあります。また解説では一般に最大吐出量が150~250 l/min のものが使用されているというふうに書いてありますが、こういう解説を読んだらかなり大きなものを使わなければならないのではないかと現場の意見があるんですけど、皆さんの御意見はいかがですか。

(大木) 逆にここで決めてもらいたいと思います。現場で使用しているものはもう1ランク小さいようですが、ここで決めていただくと現場の方もきちんとやると思います。

(岡本) わかりました。他に御意見がございませんでしたらこの原案のままにさせていただきますと思います。

4. 試験準備

(菅原) 4・1の試験孔の位置の項には、漏水を警戒しなさいということが書いてあります。先程概査とか設計調査とかについて少し問題がありましたが、調査の初期の段階で、比較的

地質の良い場合でも横抗とか既存のボーリング孔から20 m以上離すのが望ましいと書いてあります。4.2の試験孔の掘削では河川砂防技術基準(案)でも地質調査のボーリング孔は66 mmになっておりますので、それにあわせています。ただし、グラウチングの施工管理や結果の確認のためのルジオンテストでは46 mm孔径が非常に多く使用されていますので46 mmでやることもあると解説しております。試験孔を清水掘とした場合、軟岩等でコアが採取できない時は、コア採取用のボーリング孔とは別に、新たにルジオンテスト専用の試験孔を掘削して試験しなさいと規定しております。4.3は試験孔の孔内清掃で、試験孔は試験を行う前に充分清掃しなければならないとしています。循環水でスライムがあがってこない程度まで清掃しなさいと書いてあります。試験区間長は原則として5 mと規定しております。区間長が短ければ精度があがるようですが透水がキレツを通して行われるために試験区間長が短いと試験結果が非常にバラツキまして解析に困る場合もあります。外国の例をみましても少なくとも試験区間長は3 m以上なければならないということです。4.5はバックカーの設置、4.6はバックカー部の特殊処理です。以上6項目が試験準備の項でございます。

(岡本) この試験準備という項に関して御質問ございませんか。

(神尾)(中国) 4.1の解説の1番最後に「キレツに顕著な方向性がある場合には、試験孔はキレツに直交させる」とありますが、垂直に近いような非常に高角度のキレツの場合には実際問題としてそれに直交するようにボーリングを行うことは不可能なわけです。ですから「キレツ等に方向性がある場合には、試験孔はキレツ等に交わる方向にする」というふうにしなければ、場合によってはかなりやりにくくなるのではないかと思います。

(菅原) 直交という言葉が不適当なようです。キレツに平行してボーリングすると試験できないことがございまして、キレツに交わるようなボーリング孔の配置を考えなさいという主旨でございます。訂正します。

(岡本) バックカーの設置の項で、本文は簡単に書いてあるのですが解説の中では特別な事情がない限りシングルバックカー法を用いると規定しているわけです。ところが普通は地質調査のためコアリングをやるボーリングを一応実施しておいて、下からダブルバックカー法で順次ルジオンテストを行うという場合が多いのではないかと思います。ルジオンテストを重点に考えた場合はシングルバックカー法でやっていただかないと信頼できる結果は得られないのではないかと思います。調査工事の施工条件等もありますし、このように規定してしまっても差し支えないかどうか御意見を伺いたいと思います。

(市川)(国土地理院) シングルバックカー法とダブルバックカー法ではどの程度の差を生じるのですか。

(岡本) ルジオン値がコアの状態と違うということが往々にしてありますが、これはバックカートラブルと考えることが多いわけです。その場合にシングルバックカー法とダブルバックカー法では危険度が倍違うということです。どちらか、特に下のバックカーの効きがおかしいと全然透水量が違ってくるわけです。ダブルバックカー法はそれが欠点だということです。ただシングルバックカー法にいたしましても地質調査との兼ね合いで問題があると思います。実は提案者の方が気にしているのですが、どなたか地建の方で御意見がありませんか。

(林)(北陸) 現実問題として上からシングルバックカー法でやっているのが一般的ですので

抵抗を感じるということはありません。

(大木) 東北の場合でもシングルバックー法がほとんどです。どうしてもシングルバックー法でなければならないとは書いてないからこれで良いと思います。

(岡本) わかりました。それでは原案の通りにおきます。

(中村) 『ボーリングコアをよく観察してできるだけキレツ等の少い良好な岩盤を選ぶのが望ましい』という文章がバックーの位置であるということは良く読めばわかりますけど慌て者は少し誤解をしますのでその前の文章とつなげておいた方が親切だと思います。透水試験をキレツの少いできるだけ良好な岩盤でやるのかと思う慌て者がいるかも知れませんから。

(岡本) よくわかりました。そのように文章を訂正したいと思います。

(山里) (沖縄) 軟岩の場合など無水掘でないとコアの採取はできないのでそういう場合にはコア採取用のボーリング孔とは別に新たにルジオンテスト用に試験孔を掘削しなければならないとなっていますが、軟岩部の多い現場では、かなりの負担になると思います。調査の最終段階ではそういうことも必要でしょうけど、一般的に『ならない』と規定されると負担が大きすぎるような気がして、そこまできつく規定して良いものかどうかと思いますが。

(中村) 単に試験さえやれば良いというのであればそういうお話になると思いますが、何のためにやるのかということを考えればこれはやむをえないのではないのでしょうか。ルジオン値を知りたいためにやるのであって、つまっている良いから形式的にとかくやれば良いというものでもないと思います。透水試験が正確にできないようなところではノンコアでやるより仕方がないのではないのでしょうか。これは予算の額に代えられないと思います。

(岡本) 現場サイドと土木研究所の意見が出ましたが、ここで私共提案者の意見を説明させていただきたいと思います。中村計画官はずばりおっしゃったのですが、表現は少し柔らかいにしてもそれに近い考え方を私共は持っているわけです。概査の段階に、どうしても地質構造を知りたいということが先行し、またそれがダム地質調査の最初の目的であるという場合には、無水掘をしてでもなんとかしてコアを取ろうという努力が払われるべきだと私は思います。この文章はその際掘ったボーリング孔でルジオンテストをおやりになっても意味がないというようなことなのです。それで今度は軟らかい岩盤であるという条件で透水性を問題としなければダムのイメージがわからないというような段階になったら、透水性を主体とした調査をおやりになって、前のコアを取るという調査を兼ねるというような考え方はお捨ていただきたいということなのです。予算的な負担は確かにあると思いますが、最初の段階でどれがそのダムの大きな問題点であるかということを経験を要求される側も、また予算を出していただく側も了解していただくようにすれば、この文章でよいのではないかという気がするのですけどいかがでしょうか。

(山里) わかりました。

(市川) 試験区間長の解説で透水が岩盤のキレツを通して行われる場合には区間長が短くなると試験結果がバラついてくると書いてありますが、“バラツキが大きくなる”という意味がよくわかりません。例えば5mで行った場合、その区間内に1つの大きなキレツがあってそこから全部透水が起きているような場合ですとそのルジオン値は1m当り

に直すと、キレツのルジオン値よりはるかに小さい値だけれど、キレツのない場合よりはるかに大きい値が出てくるわけです。このように岩盤のキレツを通して透水が起こるという場合にはかえって値はバラついて当然ではないかというような気がしますけどこの場合、あくまでも5mでの平均ルジオン値というもので考えていく方が本当なのか、それともやはりm当り、ということで考えるべきなのかその辺がよくわからないのですが。

(岡本) 非常に大事な問題でありましてこれは1番最初の総論の解説に関連する問題ではないかと思います。どういう状態の水の流れを測っているのか、その方法としての信頼性がどうなのかという問題になるかと思います。この解説を作成した段階での我々サイドの意見というのがありますが、市川さんからお話がありましたように5m平均としての物の考え方をするのか、或いはどこからたくさん水が漏っているかというようなとらえ方をするのか、どちらが正しいのかというような御質問に対してどなたか御意見ございますか。

(飯田) ある特殊な目的の場合には狭い範囲で見ようという場合もあると思いますが、この指針そのものが一般的なものですから、この文章のようにはっきり3m以上は必要であるということも書かずに「5mを標準とする」でいいのではないかという感じがします。

(岡本) 今の部長の御意見は5m1本に絞ろうということですか。

(飯田) 一般的なものですから5mを標準とするだけで良いのではないかと思うわけです。特殊な目的、例えば最も大きな漏水をしているキレツの位置を決める場合にはそれはそれなりの工夫をすると思います。市川さんがおっしゃったのはそのあたりを指摘しておられるのだらうと思います。かえって平均したためにおかしくなる場合も起こるのではないかという質問だと思います。ある部分だけ破砕をうけて透水性が高く、その他の部分は比較的低いのだけけれど5mを基準としたために、かえっておかしくなったというケースもあると思います。それをはっきりさせるために区間を短くして、調べようというケースもありますが、これは特殊な調査であります。ばらつきが多くなっていうよりもこれはむしろ試験結果がその場所に限定されていくということになるので、考えようによっては細かな仕事をするということにもなります。むしろこの前半のバラグラフはない方が良いのではないかという感じがするのですが。

(岡本) ここの主旨も5mでやった方が良いということを言うためにいろいろと説明があるわけです。

(菅原) 結局ルジオンテストというものの考え方が問題だと思います。市川さんや飯田部長のおっしゃられたような特殊な地点の特殊なクラックの透水性があるかないかとか、或いは透水性が大きいのかどうかという調査も必要なことは確かです。しかし、ルジオンテストで求めたいのはその区間の平均的な透水度ではないかと思います。平均的な透水度で大きいとか小さいとかを比較するにはどうしても3mとか5mとか或いは10mという基準をつくらなければ比較にならないのではないかという感じがします。その基準を何mにするかということで今までのデータからいろいろやってみますと、5m位が適当ではないかということで、原則として5mとするという表現になったわけです。実際問題として1mとか或いは10mぐらいやっている試験もあります。1mという状態は、せいぜい10m~20m位の深さのボ

ーリング孔において試験区間長を大巾に短くした場合等にみられるのですが、いわゆる平均透水性という考え方からしますと、ある所は非常に透水性が大きくてある所は非常に小さいという所が何か所も出てきます。1つのボーリング孔から次の試験孔までの距離がせいぜい10m～20mという所で透水性のばらつきが非常に大きいと岩盤全体としての評価というのはほとんど不可能になってくるということです。そういう意味で、実用上から、短すぎると試験結果がばらついて全体として解析が不可能だ、ということを書きたかったわけです。2～3外国の例も調べてみましたがやはり3m以上というのがどうもスタンダードというような気がします。ルジオンテストの考え方の根底の中には平均透水性というものがあるのではないかと思いますし、従って他と比較するためにはどうしても何mという基準を作りたいというのが我々の考え方です。

(岡本) この部分は菅原さんが言ったのと私がお話したこととイメージが違うものですかから私の意見もつけ加えておきます。私は市川さんが指摘されたこの解説の前半の部分はその前後を逆にして書き直した方が良いと思っております。原則として5mで、特殊なことを考えなくてはならない場合にはそのステージ長を短くしてやることもあるというように変えれば良いのではないのでしょうか。原則はあくまで5m、すなわち平均透水性という考え方で、他のダム、あるいは自分のダムサイト内で比較検討していただきたいというように、ここの文章の前後関係を入れかえると良いと思いますがいかがでしょうか。

(飯田) 岡本室長のお話のとうりだと思います。実際にシングルバック法を基本にしますとステージ長を短くするということは工程、金額も増えることですし、最長を規定しておくだけで一般的には充分であって最短を規定する必要はないと考えます。それで、特殊な目的のためには、それができるようにしておくという今の岡本室長の御意見に私は賛成です。実際は予算、工程の関係から、ステージ長を短くするということは考えられないことであって、黙っていても長くしようとするのではないですか。

(岡本) 今のような主旨でこの解説全体を通じまして少し前後を入れかえて書き直したいと思います。

5. 試 験

(菅原) 5の試験では注入圧力と注入量の測定について規定してございます。

(平野)(中部) 安定化してから10分間様子をみるとありますが10分間という根拠は何ですか。

(菅原) 10分間というのは別に根拠はありません。大体それぐらいやったら安定するのではないかという程度のことです。それと作業工程が大体30分が1サイクルということがありましてそれぐらいがきりが良いということです。また安定化したかどうかの判定は非常に難しく、安定化したと思って注入量を測定しはじめたら変動したという例が沢山あります。機械的に作業を進めてゆく場合でも、安定化したと思われてから最低10分間余分に注入してから試験をやった方が間違いが少ないという程度のものです。

(飯田) この解説では最大圧力を限界圧力よりやや大きくして、限界圧力の確認を行うとあ

りますが、そうしますと限界圧力が 10kg/cm^2 以下の時は最大圧力は限界圧力より大きくするということですか。

(菅原) そうです。

(飯田) そうしますと注入圧力3段階以上という2段階目がグラフで見ると限界圧力のように見えてくるわけですね。そうすると誤差を伴った場合に、判定が困難な場合も出てくるし、そうかといって限界圧力が 5kg/cm^2 のときにその間で注入圧力を3段階とするというのともかなり困難であるし、どういうふうにしたら良いのかというのが1番迷った点であります。そこで例えば、『原則として』という言葉を入れて4段階以上とするという案もあるかと思えます。

(岡本) 私共もその通りだと思います。昇圧、降圧の段階例をここであげておけば参考にしていだけるのではないかと思いますので限界圧が 5kg/cm^2 , 10kg/cm^2 の時の昇圧、降圧のパターンを両方あげておくのも一案かと思えます。例えば 5kg/cm^2 の場合は $0-1-2-3-5-3-2-1-0$, 10kg/cm^2 の場合は $0-2-4-6-8-10-8-6-4-2-0$ と2つあげておくと都合が良いのではないのでしょうか。

(菅原) 段階をいくらにするかという問題は非常に重要ですけど、アンケートで調べた結果 1kg/cm^2 , 2kg/cm^2 , 3kg/cm^2 間隔でやっている事務所が大部分です。あまりそういうことを考えないでやっているのではないかと思います。さっき部長のおっしゃった最大圧力が限界圧力を越えている場合は3段階では足りないのではないかという問題が出てくるのですが、1次原案の時は確かもっとやるように書いてありました。ところが現場から沢山やるのは時間、予算が非常にかかるので3段階以上、あるいは高圧の場合は1段階でも少くした方が良いでしょう。仕様書的な見地からいうと、 2kg/cm^2 或いは 3kg/cm^2 毎に圧力段階をわけるとというのが一番やりやすい書き方ですけど、そのあたりは決め方いかんによるのではないのでしょうか。ただ限界圧力以下で最低3点ぐらいは必要な感じはします。

(飯田) その点は土木研究所と現場との意見の一致しない点だろうと思います。私もその点で成案があったわけではなくて、よくグラフを見て限界圧以下が1点か2点しかなくて本当に困るという問題によくぶつかるから申し上げたわけで、今申し上げた主旨をくんでいただければ結構です。

(大木) かなり均一なものが相当広く分布している場合には今までの試験で限界圧力が大体見当がつくの、その他の場合には限界圧力を決めかねるということがあると思います。そういう場合、 5kg/cm^2 或いは 3kg/cm^2 でも限界圧力以上ということがあるわけです。ですから一義的に昇圧パターンを決めてどんどんやるというのは少し危険があるように思います。大体 10kg/cm^2 を目標としてやっておいて、グラフ化してから試験中には判別しにくいPQ曲線の微妙な曲りがわかることもあります。その辺りのことは他の現場の方はどう考えておられるのでしょうか。最初に限界圧力を決めてから行うというような仕様書になると思うのですけど。その辺りに私は疑問があるのですがどうでしょうか。

(市川) 私も大木所長の意見に賛成です。現場でやっておりました時には、岩盤を見て限界

圧力が 10 kg/cm^2 以上か以下かという概略の見当がついたと思います。限界圧力が 10 kg/cm^2 以上ありそうな場合、 5 kg/cm^2 でだめだったら 1 kg/cm^2 づつあげていき、流量が急激に増加する点でやめるといようにしておいた方がよいと思います。限界圧力を出しておき、その中を何段階かに分けて試験するというのは現地では面倒だと思います。もう一つ疑問に思うのは最初の段階まで降圧させる必要があるのかという点です。ルジオンテストの場合にはそこまでやらなくても良いような気がします。

(飯田) 大木所長、市川さんの御発言はごもっともだと思います。軟岩等ではルジオンテストそのものが限界圧力を求める試験でもあります。地質の方も経験されていると思いますが、例えば限界圧が上載荷重より小さいというような説明不可能な場合もよくあります、ですから筋論としてはこの通りですが、市川さんの案も非常におもしろいという気がします。

(岡本) ルジオンテストというものは人為的に決めたものですから、 10 kg/cm^2 というのは1つの区切りではないかと思います。最初のボーリング孔の1・2本については、1回 10 kg/cm^2 まで上げて試験をし岩盤がどのような挙動を示すかという事を調べておかないとその後のルジオンテストの計画が立たないのではないのでしょうか。もちろん最初からダム付近の地質がわかっており、限界圧力も 10 kg/cm^2 以下であることがわかっておればその限りではありません。そのような作業がここで言っている限界圧力を事前に1回確かめてみようということです。

(上村) 私共は往復でやっていますが限界圧力が昇圧段階ではっきり出ているが降圧になると明瞭に出ていないという場合があります。そういう場合には予備試験をやって、その結果をもとに限界圧力を出しています。

(菅原) 2・3説明いたしますが、実は同一ボーリング孔、同一試験地点での予備試験という意味ではございません。ある程度予備試験やってみてそれで昇降圧力段階を決めなさいということでありまして、本試験をやるのは別の孔、別の地点でやるということです。

(岡本) わざわざ予備試験のためにボーリング孔を掘るという事ではないですから、誤解のないようにしていただきたいと思います。概査段階の1番最初に掘ったボーリング孔でルジオンテストをやり、それがそのサイトでの限界圧力を測る予備試験になるというようなシステムでやっていただければ良いということです。ですから例えば第10次調査とかになりボーリング孔が何本も掘られているような場合には、おのずからそのサイトの限界圧力というのはわかっているということであり、後は昇降圧力パターンをどう決めるかということだけではないかと思います。毎回のボーリングについて毎回限界圧力を出してから試験をするという意味ではありません。もし解説がそう読みとれないならば文章を補わなければならないと思います。

(飯田) 確かに実際の調査を考えると、ルジオンテストというのは1回で全部やるのではありませんで1回試験をやった結果がおもしろくない時は、試験方法等を変えてもう1回やるということもあります。そうするとここでいう予備試験はそれ以前に行われた試験ということになるわけですね。予備試験と書かれているので別に予備試験をやるようにとられてしまうのではないのでしょうか。2回目3回目のルジオンテストをやる時はこの予備試験を前回行

われた試験というように解釈できるようにこの文章を直せば良いと思います。

(岡本) わかりました。誤解を招いた点は直します。1番最初に中村計画官から話がありましたようなことも含めて、もう少し対象を想定したパターンにして解説のところであげておこうかと私は考えております。

6. 解 析

(菅原) 解析の項は注入圧力の補正、注入圧力-注入量曲線、限界圧力、ルジオン値の計算という4項目について書いております。注入圧力の補正は一般に注入圧力はいわゆる口元圧で測定されますので、その試験区間の中点から圧力計までの水頭、地下水位および管内抵抗による損失の補正を行わなければなりません。管内抵抗の補正がどの程度行われているのか調べてみましたが一応行っているのは全体の大体5程度、本格的に行っているのは東北地建と九州地建くらいで、他はあまり行っていないようです。ですからはじめ全く無視してもよいのではないかと考えておりましたが、いろいろ資料を調べたり、計算をしてみましたら、深さと注入量によっては非常に大きな影響があるということがわかりました。それで参考として圧力損失の計算法を載せました。補正方法としては計算によって求める方法と、実際に実験をやる方法があります。計算法は計算が複雑で、係数のとり方によって結果が非常

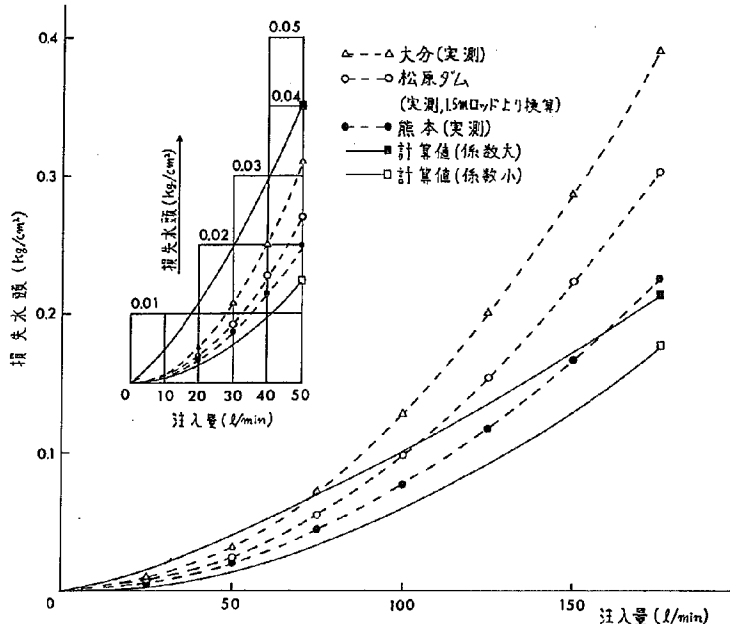


図-5 注入量と1m当りの損失水頭
(ロッド内径31mm, 継手内径17mm, ロッド長3m)

に異なってきます。我々が最もよく使う内径31mm, 3m毎にある継手内径17mmのボーリンググロッドについて圧力損失を計算したのが図-5であります。計算式は数多くの実験結果から演繹されたものを使い、係数については最も合理的と思われる値を土研で検討して計算した結果ですが、係数が大きい場合と小さい場合とではかなりの差があります。また同図には数カ所の事務所であつて実測された値も載せてあります。縦軸が1m当りの損失水頭ですから注入量が多いとかなり大きな値になることがおわかりになると思います。これによりますと深さと注入量によっては管内抵抗による圧力損失が最も大きな補正項目となります。しかし管内抵抗が重要だということはわかりますが、実際の補正を行うことがどれだけできるかわからないので参考という形で載せてあります。6.2は注入圧力-注入量曲線です。ここではPQ曲線を書くということは単にルジオン値を求めるためだけではなく限界圧を求めたり、また曲線そのものが岩盤の透水性を判断したり、試験の信頼度の検討をするうえで重要な手がかりであります。6.3は限界圧力の定義、と意味について触れてあります。最後はルジオン値の求め方について定義的なことを書いてあります。ここで問題になるのはいわゆるルジオン値というものがある普通の透水係数とどういう関係にあるのかということです。それを参考として載せてあります。しかしケレン性の岩盤はいわゆるダルシーの法則に従うような透水をしませんのであまり意味がないと解説しております。それから修正ルジオン値や換算ルジオン値の求め方についても説明しております。修正ルジオン値は図から求める方法、換算ルジオン値は計算によって求める方法です。この計算は注入圧力と注入量が比例関係にあることを前提としておりますが、この前提条件が満足されるかされないかは注入圧力-注入量曲線を書いてみなければわからない問題であります。解析方法は以上のとおりであります。

(中村) 口元圧は流速に関係あるような形で計られているのですか、それとも流速が補正されるような形で計っているのですか。ポンプからつながっているところで測定していると思いますが、流速があれば圧力が下がりますね。その圧力降下は補正されるようになっているのですか。

(菅原) それができるような高級な装置は使っていないと思います。

(中村) そうすると流速によって降下した圧力そのものを計っているのですか。

(菅原) そう思います現場の状況はよく存じません。

(高橋) 一般に考えられる流速による降圧というのはどの程度ですか。

(中村) $v^2/2g$ がそのまま影響するので流速が大きくなれば相当効果があらわれるような気がします。その辺の関係を明らかにしないとこの補正項はよくわからないのではないですか。

(市川) 詳しくは存じませんが、普通圧力を計る時には小さなアキュームレータをつけてからゲージで測っている例が多いと思います。そうすると流速の影響はあまり出てこないのではないのでしょうか。

(飯田) 市川さんのおっしゃるようにアキュームレータをつけていればそこで流速がなくなっているから補正されていますね。

(菅原) しかしアキュームレータの付け方がパイプからただバイパスさせているだけだった

ら補正されてはいませんね。

(中村) 図-5の実測と書いてあるのがどのような条件でやったのかよくわからないので、

これについて検討しようにも検討の仕方がありません。

(菅原) 実験を実施した事務所のレポートをみますとほとんどがただ単に圧力計を横に取り付けているだけです。

(飯田) 実測値にはここで補正されている摩擦項 $f \times v^2 / 2g$ の他に $v^2 / 2g$ というもう一つの項が入っているわけです。それで実測値と計算値の差が大きくなったのではないですか。ただ注入量が $100 \ell / \text{min}$ 、すなわち 20 Lu あたりになると大変な圧力降下が起っておりますね。そのオーダーになると得られた数値は全くあてにならないような気がします。ルジオン値の細かな値が問題となる 10 Lu 以下になると管内抵抗による降圧というのは無視されるオーダーにおさまるのではないのでしょうか。だからこのグラフからわかるように、高いルジオン値はもともと漏水が大きいのということであって、いちいち補正する意味があるかどうかという議論も出てくるのではないのでしょうか。

(菅原) 逆に実際の測定結果が 20 Lu ということは沢山出てきます。それが持つ意味というのは例えばロッドの長さが 10 m くらいの場合と 100 m くらいの場合では随分違ってきます。圧力損失が m 当り 0.1 kg/cm としますと、 10 m と 100 m の場合を比べると約 10 kg/cm も違ってきます。 10 kg/cm とはいえかける圧力に相当する値です。

(飯田) だから逆にこういうルジオン値のところはそれ以上に漏水するという指標であって、いちいちこれを補正するというのはまた異なった問題かも知れません。事実 5 m 区間で $100 \ell / \text{min}$ や $150 \ell / \text{min}$ も入ったところでは測定をしても他の地質的解釈からすると納得のいかないことが多いわけです。

(菅原) 我々が現場で地質とあわないと感じるのはやはり 20 Lu 程度です。それがどうもこれに反映されているのではないかと思います。

(飯田) 前からお話しておりますように 20 Lu というようなオーダーになったらダルシーの法則が成り立つかどうかわからない範囲になりますから、ルジオン値も概略の数字であって、いわゆる透水係数的な意味はなくなっているのだということで、この補正計算をどうするかという議論は今日検討しないで問題点の指摘だけでもよい感じがします。

(岡本) どの程度の流量からルジオン値と関係があるかということが一つの問題ではないかと思います。例えば $40 \ell / \text{min}$ でも大分工事でやられたものが、計算値の中間ぐらいになっていますが、それでも m 当り 0.02 kg/cm ですね。

(飯田) ですからこの場合に、実測値といきなり比較する前に、中村さんから指摘があったように、 $v^2 / 2g$ だけの圧力降下があるということを考えておく必要があると思います。

(中村) 今概略の計算をしてみたら $100 \ell / \text{min}$ で圧力降下は 0.1 kg/cm ぐらいにしかありません。したがって 10 m とか 20 m の深さの試験に関してはあまり流速による圧力の降下というのとは考えなくてよさそうに感じます。

(岡本) 実際おやりになっておられる方はよく承知しておられると思いますが、問題になるのは、 100 m ぐらいの先で $100 \ell / \text{min}$ も流れる所は何を測っているのかわからないということとここに書くのかどうかということです。

(飯田) この流速及び管内抵抗による圧力降下という問題は難しいので後日検討をすることにししょう。

(元田)(土研) 試験孔の孔径は必ずしも66mmでやらなくとも良いと規定してありますが46mmでやった場合と当然ルジオン値は異なってくると思いますが、孔径の差によるルジオン値の補正はするのですか。

(岡本) 46mmの方は施工管理の段階で多いということであって調査の段階では66mmをできるだけ使うように規定しておりますので、あくまで66mmを中心に考えていただきたいと思います。

(元田) 66mmのものを使用するのが良いという表現だったら他のものを使用しても良いという感じがします。そうした場合これを補正しなければいけないと思います。

(菅原) 試験孔長が5mぐらになるとボーリング孔径の違いというのは $\log \frac{L}{r}$ で影響するからあまり関係ないわけです。試験孔の面積という方からは問題にならないと思います。むしろ孔径を大きくすることによってクラックに当たる確率が高くなるというような関係で孔径がかなり問題になってくるとは思います。ただルジオンテストそのものの精度が普通の透水試験のような精度が出せないで、66mmを原則とするけど、普通のグラウトチェックのためのルジオンテストは46mmでも結構だという意味です。

(元田) 補正してもあまり精度の向上にならないということですね。

(菅原) 計算結果はあまり違わないと思います。だから孔径の差による補正はそれほど必要ないということです。

(元田) 46mmと66mmでは1.5倍ぐらい面積が違ってくるわけですね。ルジオン値もかなり違って来るような気がしますけど。

(菅原) いや違います。注入量と $\log \frac{L}{r}$ が比例関係にあるわけです。対数ですからそれほど結果には影響しません。

(岡本) 管内抵抗による損失水頭の問題は私共も予期しないぐらいに大きいので驚いたのですが、深度が深く注入量が非常に多い地点では、ルジオン値の精度は非常に落ちるという解説文を付け加えることも考えております。どの程度からこれを補正するかということは判断しかねています。

(飯田) ルジオン値と透水係数の換算の所で"多くの場合こういう条件を満たさない"と書いてあるがこれは少し表現が過大だと思います。"こういう条件を満たさない場合もある"という表現にしたらどうでしょうか。

(岡本) わかりました。少し表現を修正したいと思います。

7. 報 告

(菅原) この前の第一次原案の検討会の折りに、ルジオン値とRQDが密接な関係を持つというお話が出ましたので土研で検討しました。その結果、花崗岩地域のように高い相関関係が認められる場合もありますが、全く相関関係がない場合の方がはるかに多いという結論が得られましたのでルジオン値とRQDの関係については省略させていただきました。

(岡本) 報告の項について御意見ございませんでしょうか。もし御意見がなかったら全体的にみて脱落している項目がないか目を通していただきたいと思います。

(平野) 6.3の「限界圧力は同一岩盤でもかなり異なることがあるから、限界圧力が小さいと予想される場合には注入圧力の昇降パターンを変えて小刻みの試験を行う必要がある」という文章は5.1の注入圧力の解説に入れた方がわかりやすいと思います。

(岡本) 私も平野さんの言われたようにした方がわかりやすいと思いますので、御指摘のとおりにしようと思います。

(大木) ルジオン図にボーリング孔を入れた方が、実際の試験の状況がわかって良いと思いますが、その点いかがでしょうか。

(岡本) 調査の最初の段階のルジオン図にボーリング孔を入れるかということですけど、入っていない場合の方が多いのではないかと思います。

(飯田) よくルジオンテストを実施した箇所が非常に少いのにはきれいな図を描かれることがあるので、どの程度の地質調査結果に基づいているかということをはっきりさせる意味ではボーリング孔を入れておかないと詳しいことがわからないというケースが非常にたくさんあります。

(中村) できれば3枚描いてほしいと思います。1枚目はボーリング孔だけ、2枚目はボーリング孔とルジオン値が両方書いてあるもの、3枚目はルジオンマップとして完成したものという具合にです。各調査段階においてこのような図ができるのだということを書いた方がよいような気がします。現場では2枚目の図を1番多く見ますけど、大体3枚とも良くみかけます。

(岡本) 3枚描けということですが、そうするとどれでも良いということになりませんか。

(中村) それは調査段階に応じてということをおことわっておけば良いと思います。部長が言われたようにボーリング孔が3つか4つしかなくルジオンマップ等作れるのは少ないのに、立派な図が描いてあることがあるからです。

(飯田) 私は現場を歩く時は、ルジオンマップをなるべく見ないようにしています。ボーリング孔の横にルジオン値をそのまま書いてある図をなるべく見るようにしています。というのは例えば途中で異常に高いルジオン値がある場合等単にだんだん書いてあったりして、他の地質的解釈からすると大変無理なことが多いからです。非常に無理な解釈をされている場合があるのでボーリング孔に沿ってルジオン値を書いた図と、PQ曲線から自分なりにルジオン図を描いてみないとわからないわけです。その意味ではむしろルジオン図を基準にするよりはボーリング孔の横にルジオン値を書き込んだ図の方が間違いがないと思います。

(岡本) そういうことだと中村さんから言われたように3つの図を描くというのがよさそうだと思います。ここに載せる3枚の図及びPQ曲線は実例を中心に検討してみます。データ等また現場の方々にお問い合わせがあるかも知れませんが、その時はよろしくお願いします。そういうことで一応このルジオンテスト施工指針(案)の検討をこれで終りたいと思います。土木研究所で更に検討し、書き直しまして何らかの形で地健へお届けしたいと考えております。さしあたって直轄の現場で、もしよろしければ、わざわざおいでいただいている北海道、沖縄でも統一的な施工指針で、ルジオンテストを実施していただき、やり方や考え

方の大きな違いがないということにしていなければ、現在少し混乱状態にあるルジオンテストというものももう少しはすっきりするのではないかと思います。もう少しきれいな形に書き直したものをもう1回お届けすることになると思いますがその時はまたよろしく御協力の程お願いしたいと思います。

ルジオンテスト施工指針(案)のその後の経緯

第10回地質担当者会議において討議されたルジオンテスト施工指針(案)はその後土木研究所、主として地質研究室、ダム部において、当日指摘された問題点を中心に数次にわたって検討し、ようやく(案)が出来上がった段階である。この(案)は土木研究所資料として、近々刊行される予定である。また概略の内容説明は土木技術資料に解説として載せる予定である。さらに注入管による圧力降下の問題については現在実験中であり、結果がまとまり次第、公表することを考えている。

5. 地質担当者會議発表議題一覧

土木研究所
地質研究室

地質担当者会議発表議題一覧

分類	発表議題名	発表者	回
地質調査法	対象岩盤（ダム、切取斜面等）の地質調査について	岡 本	1
	現場における地質調査上の問題点について	〔討 議〕	2
	地質調査のあり方について	今 西	4
	検層を中心とした地質調査方法について	小 島	1
	地質調査におけるボーリングの重要性	芥 川	2
	ボーリングコアによる岩盤表示の試み	菅 原	3
	ボーリングによる孔内調査試験法（物理検層）	桑 原	9
	フォイルサンプラーによるサンプリングと試験	桑 原	3
ダム	ダム及び道路の地質に関する最近の問題点について	芥 川	1
	ダムタイプと地質上の問題点について	岡 本	4
	ダム基礎グラウチング計画について	岡 本	6
	第三紀層におけるダムの地質的問題点	岡 本	7
道路・トンネル	ダム及び道路の地質に関する最近の問題点について	芥 川	1
	道路法面崩壊の実態について	岡 本	5
	のり面工の効果ならびに選定基準に関する研究	桑 原	5
	トンネル内の軟弱岩の凍害と盤圧	星 野	7
地域地質（地建依頼）	東京湾、湾央部の地質調査について	市 川	4
	ダム現場からの報告	畑 中	4
	矢作ダム地質調査および工事における2,3の経験		
	火山岩地帯のダム基礎の問題点について	三 浦	5
	白川ダムにおける地質的問題点	大 木	6
	国道161号線西大津バイパス長等トンネルについて	鈴 木	6
	のり面緑化工法の実態について	中国技術事務所	8
	中部地建における2,3の地質上の問題点について	畑 中	8
	安房トンネルにおける地熱調査	白村・前田・畑中	8
	関東地域の地下水調査について	関東地建企画課	9
	東北地方のダムに関する2,3の問題点	市 川	9
	弥栄ダムの地質について	神 尾	10
仕様書・指針・基準	ボーリングの柱状図と日報の試案（軟岩）について	小 島	2
	〃 （硬岩） 〃	岡 本	2
	ボーリング工事仕様書にもり込むべき事項	〔討 議〕	2
	空中写真による地質調査判読外注について	岡 本・大 竹	
	仕様書・調査指針・記録保管		3

分類	発 表 議 題 名	発 表 者	回
仕 様 書 ・ 指 針 ・ 基 準	ボーリング共通仕様書（調査工事）の統一化について （中間報告）	桑 原	4
	ダムの設計業務積算資料（ダムの地質調査）について	堀	6
	トンネルの地質調査指針について	芥 川	3
	トンネルの技術基準	菅 原	7
	河川砂防技術基準について	岡 本	8
	道路土工指針（土質調査試験）について	桑 原	9
	ルジオンテスト施工指針（案）について	菅 原	10
海 外	アメリカにおける土木地質の動向	安 江	3
	サンフェルナンド地震について	菅 原	5
	アメリカにおける岩盤分類と斜面の安定解析について	菅 原	5
	インドネシア・ウリンギダムの地質調査と基礎処理について	三 浦・田 原	7
地 質 周 辺 領 域 （ 依 頼 講 演 ）	47. 7 豪雨による災害の特徴について	渡・吉岡・安江	6
	17号台風による山地災害について	安江・池谷・藤田	10
	構造物の基礎	駒 田	8
	ダム基礎の設計における問題点	飯 田	5
	コンクリートダムの設計の手順	柴 田	5
	地盤注入用薬液について	藤 田	9
	ダム及び道路に関連する地亡りについて	渡	6
	トンネル工事と地質	今 田	7
	特別講演「土木地質について」	芥 川	10