

# 水と土

No. 115  
1999

農業用ダム特集

Japanese Association for  
the Study of Irrigation,  
Drainage and Reclamation  
Engineering



## 農業用ダムの事業費分析と各種技術的課題 (本文21頁)



白鳳時代に築造された満濃池は幾多の補修を行い現在の形になっている



竣工した呑吐ダム



山王海ダムの再開発



試験湛水中の名蔵ダム



施工中の新宮川ダム

## 嵩上げダムの調査と設計 (本文32頁)



既設三高ダム

## 五和東部ダムの断層処理について (本文53頁)

ダム軸  
②



断層処理部の掘削全景



転圧状況

# 水 と 土

## 農業用ダム特集

No. 115

1999

### 表紙写真

(写真提供・農林水産省むらづくり対策室 第7回美しい日本のむら景観コンテストより「福島県下郷町」)

## 目 次

グラビア

事務局からのおしらせ

平成10年度農業土木技術研究会研修会レポート  
報文内容紹介

### 巻 頭 文

ダム建設における地盤調査技術 竹内 睦雄……(19)

### 報 文

農業用ダムの事業費分析と各種技術的課題

渡辺 博之 谷口 宏文 渡邊 昭弘……(21)

嵩上げダムの調査と設計

金屋敷章裕……(32)

基礎地盤の変形係数の決定について

長尾 貴司 佐々木 浩 草間 庸元  
安田 賢司 林 学 新城 治……(43)

五和東部ダムの断層処理について

原 俊彦 下瀬喜久雄  
横谷 修 山口 雅弘……(53)

フィルダムにおけるルジオン値の判定基準とその活用法について

市川 和善 高野 寿雄 大熊登紀雄  
川口 宏 伊原 陽一……(66)

船上山ダム コア材の盛立試験結果について

佐々木洋二……(81)

フィルダムにおける間隙水圧の挙動について

酒井 淳一 小関 淳一 橋田 幸雄  
久保 利邦 上川 浩二 長谷川隆一……(88)

相川ダムの堤体外部変位に関する計測事例

伊藤 定二 遠藤 泰……(103)

現場透水試験の自動化システムの導入

～下蚊屋ダムの事例～

友野 文典……(115)

松木ダムの濁水対策について

吉田 直人……(124)

投稿規定……(130)

会告……(131)

## ＜農業土木技術研究会事務局からのおしらせ＞

### 1. 技術研修会が開催される！

「時代のニーズに即した土地改良施設の再整備」をテーマとした農業土木技術研究会主催の研究会が、平成11年1月26日（火）に日本消防会館「ニッショウホール」で開催されました。

研修会には、国、都道府県ほか、水資源開発公団、農用地整備公団、関係公益法人等から農業土木技術者488名が参加しました。

また、農業土木技術研究会賞と奨励賞の授賞式もあわせて行いました。

研修会の模様は、「研修会のレポート」にまとめていますので、是非ご一読ください。

なお、研修会テキスト入手をご希望の方は、実費（2,000円）で送付させていただきますので下記に連絡ください。

〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内 農業土木技術研究会（担当：水口、永井）

Tel 03(3436)1960 FAX 03(3578)7176

### 2. 「水と土」表紙写真の募集

農業土木技術研究会では、会誌「水と土」の表紙を飾る写真を募集しています。あなたが撮った「美しい農村や農業生産の風景」、「地域にとけこんだ農地、農業施設」、「水・土のふれあい」などを表紙に使わせていただきたいと思います。以下を参考に多数の写真を応募願います。

- ① 写真の種類：カラープリントでサービス版より大きいサイズで提出して下さい。
- ② 枚数：応募点数には制限がありませんが、未発表のものに限ります。
- ③ 応募先：研修会テキスト申し込み先に同じ
- ④ その他
  - (1)応募写真の裏面にタイトル、コメント、住所、氏名、年齢、職業、性別、写真テーマ、撮影場所、撮影年月日を記入して下さい。
  - (2)原則として応募写真は返却しません。
  - (3)採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。
  - (4)採否は、編集委員会で決定します。
  - (5)採用された場合は薄謝を進呈いたします。

# 平成10年度農業土木技術研究会研修会レポート

「時代のニーズに即した土地改良施設の再整備」をテーマに、平成10年度農業土木技術研究会の研修会を開催しましたので、その結果を以下に報告をいたします。

## I. 研修会の概要

1. 開催日時：平成11年1月26日（火）10：00～16：50
2. 開催場所：日本消防会館ニッショウホール
3. 参加人数：488名（国，県，関係団体等の農業土木技術者）
4. プログラム

10：00	開会挨拶	農業土木技術研究会 会長	黒澤 正敬
10：10	農業水利施設の整備の展開方向	構造改善局建設部水利課 課長補佐	室本 隆司
11：00	地域の水需要の変化に対応したかんがい計画の策定	構造改善局計画部事業計画課 課長補佐	田野井雅彦
11：50	（ 昼 食 ）		
13：00	研究会賞及び奨励賞授与式		
13：30	ため池の改修に係る技術的課題について	農業工学研究所 上席研究官	谷 茂
14：15	トンネルやサイホンの改修技術（信濃川左岸二期地区の事例）	北陸農政局佐渡農業水利事業所 次長	吉田 祥一
15：00	（ 休 憩 ）		
15：15	用排水施設改修に係る調査計画と設計施工（矢作川流域地区での事例）	東海農政局建設部防災課 課長補佐	進藤 孝巳
16：00	水管理制御施設の更新に係る各種技術的課題	構造改善局建設部設計課 施設機械企画係長	長嶋 滋則



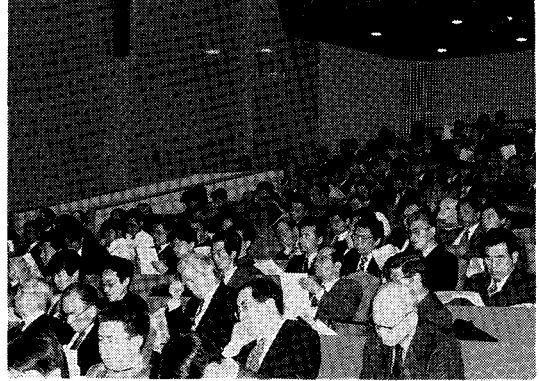
写真—1 黒澤会長の開会挨拶



写真—2 講演風景

## II. 講演の概要

講演に先立ち、黒澤会長より、「社会情勢の変化の中で土地改良制度の大きな改革がなされようとしている。今回のテーマである「時代のニーズに即した土地改良施設の再整備」は、最新・最近の課題であると位置付けられる。研修会の成果が皆様の業務に反映されることを期待します。」との挨拶があり、講演に移りました。個別の講演のポイントを以下にまとめました。



写真一3 全国から488名の農業土木技術者が参加

### 1. 農業水利施設の整備の展開方向（室本隆司氏）

#### (1) 農業水利施設更新に関する取り組み

農業水利施設更新に関する取り組みとして次の点を説明

- ① 農業水利施設更新の重要性や必要性の前提として、22兆円の農業水利施設のストック、国土・環境保全といった農業用水の多面的機能に言及。
  - ② これを背景に、21世紀における更新事業対策として、平成9年度に地域用水機能の増進を通じた農業水利施設の保全対策（基幹水利施設保全対策）、また、平成10年度には食料供給広域基盤確立対策の制度を創設。
  - ③ a.水利権の更新, b.費用対効果, c.更新事業に対する農家の合意形成, d.営農を行いながらの改修工事の実施等, 水利施設更新を推進する上でいくつかの課題はあるものの, 事業制度が充実したこと, 施設更新が今後の事業展開の重要な部分を占めることから, これらの課題を解決しながら積極的な事業展開を図る必要がある。
- #### (2) 「食料供給広域基盤確立対策」の概要

平成10年度に創設された「食料供給広域基盤確立対策」の内容について説明ポイントつぎの通り。

- ① 対策の趣旨：食料供給基盤の中核を担う広域の優良農業地域を持続的に保全するため、国営造成施設の更新を計画的かつ機動的に行える仕組みを導入するもの。この趣旨は、政策目標として、食料・農業・農村基本問題調査会の答申や農政改革大綱にも位置付けられている。
- ② 対策の概要：
  - ア. 広域の農地を一定の要件を設定した上で明確化し、農業水利施設の計画的な整備更新を行うための「広域基盤整備計画」を策定（平成11年度予算として広域基盤整備計画調査費200百万円を確保）
  - イ. また、今後増加する畑の更新事業を円滑に実施するため、畑の更新面積要件（現行3,000ha）を新規整備と同様の1,000haに緩和。
  - ウ. 更に、効率的かつ機動的な更新を進めるため、現行の一定地域に係る要件（水田3,000ha, 畑1,000ha）を前提とし、施設に係る面積要件の特例（水田500ha, 畑100ha以上）を設定。これにより、これまでの全施設一括更新方式から、耐用年数に応じた施設ごとの更新方式へのスムーズなシフトを図る。

③ 実施体制：更に、この広域事業地域を、国の責務として調査から、建設、フォローアップに至るまで一貫した体制で常時管理（監視）する機関として、土地改良調査管理事務所を活用し、順次、調査管理事務所内への建設所の設置を進める。

④ その他：

ア. 本対策にかかる財政当局の承認は得ているものの、土地改良法の政令改正が必要（今年6～7月の改正を目的に作業中）

イ. 更新対策の事業申請は、極力法85条の3（土地改良区申請）が適用できるよう検討中。

ウ. 広域基盤整備計画の採択要件として、a.基幹水利施設及びほ場整備等の生産基盤、広域農道等の流通基盤、農業近代化施設等が重点的に整備された高度な総合生産力を有する優良農業地域であり、b.同一水系、若しくは広域営農団地を単位とした総受益面積が概ね1万ha（畑5,000ha）以上、かつ、都道府県平均の農地整備率以上ある農業地域であること。また、c. 計画に対する意見調整等を行う広域基盤確立対策推進協議会が組織されていること。

## 2. 地域の水需要の変化に対応したかんがい計画の策定（田野井 雅彦氏）

### (1) 過去に土地改良事業を実施した地区の水需要の変化要因

事業計画策定において、将来の水需要の変化をどの程度見込むかが大きなポイントとなるが、過去に土地改良事業を実施した地区では、完了後の社会情勢等の大きな変化から水需要も変化しており、その施設の更新計画を策定するに当たってはこの点を考慮する必要がある、とした上で、具体的地区事例を引用して説明。水需要変化の要因の主な事例は次の通り。

- ① 早期米の導入等、米の栽培品種の変化によるかんがい時期の変化に伴う、水利権パターンの変更と新たな水需要の発生
- ② ほ場整備の進展による汎用耕地化、野菜栽培促進等による水田裏作や施設園芸作物の栽培面積増加に伴う冬期用水の水需要の発生
- ③ ほ場の規模拡大及び兼業化の進展という二極分化に伴い代かき期間の集中
- ④ 地区内河川、地下水の水質悪化や利用可能量の減少により水源転換が必要

### (2) 水需要変化への対応手法

水需要の変化に対応する方法として新規水源開発が考えられるが、a.水源開発適地の減少、b.社会情勢の変化（環境保全の観点から水源開発に対する様々な制限や、新規水源開発に伴うコスト・リスク発生等）から、今後、新規水源開発事業の実施は困難性を増すものと思われる。このことから、再整備計画策定に当たって、経済性や技術進歩あるいは地元要望なども踏まえ、水資源の有効活用を一層促進する必要がある。事業計画策定の参考として、水需要の変化の対応手法の具体例を引用し、次の事項について説明。

- ① 既存水源施設の有効活用、水管理システムの強化、パイプライン化による損失水量の低減や用排水分離による汚濁防止等による対応
- ② 既設ダムの放流パターンの見直し等ダム無効放流水の有効活用
- ③ 受益面積の減少等により余剰水が発生している地区からの水の融通の検討

### (3) 再整備における経済効果算定上の課題等



再整備事業計画策定上の大きな課題として経済効果算定を位置付け、a.更新効果として「事業なかりせば」の効果の検討、b.土地改良施設が有する公益的效果について新たな効果算定項目の検討、c.市場で金銭評価が困難な公益的機能について新たな効果算定手法の検討等、今後の課題につき説明。

また、経済効果算定以外の再整備計画策定上の課題として、a.将来の営農動向を的確に把握することによって将来の水需要の変化に対応できる計画、b.再整備地区の実情を適切に反映した水利権の確保、c.一期事業の効果発生要因分析とその結果の再整備事業への反映、について説明がなされた。

### 3. ため池の改修に係る技術的課題について（谷 茂氏）

#### (1) ため池の現状と改修技術について

ため池改修の技術的課題の説明の前提として、ため池の現状、ダムとため池のちがいを、ため池改修技術確立の重要性について説明。そのポイントは次の通り。

- ① 昭和40年代以降、新規のため池の建設がないことから、ため池技術＝ため池改修技術である。
- ② ダムが設計基準等の現行基準に基づき新たに建設される施設であるのに対し、ため池は、経験的な技術によって築造された古い施設であると規定できる。ため池の改修に当たっては、この「古い施設」をいかに現行の基準や整備水準（安全性）に適合させるかが大きなポイントとなる。
- ③ 全国の要改修ため池はS53年時点で約2万施設あり、S63年度までに3,420施設しか改修されていないこと、年平均1,200以上ものため池が何らかの災害を受けていることから、現状としての安全性の適切な評価方法と改修技術の確立が重要である。
- ④ ため池改修に関する基準等として、「設計基準」（土堰堤～現行の土地改良計画設計基準・設計ダム）の経緯、「老朽ため池等整備便覧」、「技術資料・ため池整備」を紹介。

#### (2) ため池改修の技術的留意点

ため池改修に関して技術的に留意すべき事項について、現場写真等（OHP）を用いて説明。そのポイントは次の通り。

- ① ため池災害発生の要因をみると、地震による災害が一部あるものの（10%程度）そのほとんどは雨（洪水）又は融雪水によるもので、一定以上の降雨（30mm/hr以上あるいは連続雨量300mm程度以上）があると災害が発生している事例が多い。
- ② 災害発生の直接的な原因としては、パイピングがほとんどで、特に、底樋周りが問題となるケースが多く、改修に当たって注意すべき点である。
- ③ また、洪水吐近傍の堤体で、通常は乾燥状態で洪水時の急激な水位上昇が見られるような部分にパイピングが確認されたため池もある。
- ④ 改修に当たっては、将来の施設の安全性・安定性を勘案し、改修レベル（経済性の悪い改修は施設の廃用）を考えるべき（地震による改修の事例を引用し説明）。
- ⑤ 課題の多いコア用土の確保については、例えばコア幅を広くとることや腰石垣（フィルター層）を設けることなどの対応で $1 \times 10^{-5}$ cm/sの遮水性の確保にこだわらず、現場で確保可能な

材料を有効に活用することも一案。

- ⑥ また、軟弱なため池基礎の処理工法、貯水池内の堆積土砂（ヘドロ）の固化処理の指標としてのフミン酸（含有量が多いと固化効果が少ない）の存在と固化処理後の有効活用事例（下流の押さえ盛土や工事用道路等）を説明。

なお、講演後会場からフミン酸の含有量と有機質固化材使用量の相関の有無について質問があり、「フミン酸以外の含有物で固化材の効果が異なる場合があり、現地土を用いた配合試験に基づき経済的な処理工法を検討することが基本となる。」旨回答された。

#### 4. トンネルやサイホンの改修技術 ～信濃川左岸二期地区の事例～(吉田祥一氏)

##### (1) 施設更新に関する基本的な検討方針

信濃川左岸地区は、昭和39年度に完了し、その後信濃川左岸二期地区で実施した施設改修にあたって、次の事項を施設老朽化の指標として改修の必要性を判断。

- ① 施設の概況及び過去の補修履歴
- ② クラック調査、シュミットハンマー等によるコンクリート強度試験による老朽度調査（クラック等調査、コンクリートの劣化、変形、漏水、湧水状況等）
- ③ 施設ごとの耐用年数の基準と現施設の設計水準の比較
- ④ 計画と現況の通水断面比較
- ⑤ 施設周辺環境、地下水状況、覆工背面の空隙状況等

##### (2) 具体的改修工法の説明

改修したトンネル（2号トンネル、3号トンネル）で採用した「トンネル盤下げ工法」、「トンネル鋼板内巻き工法」、既設サイホン（浦サイホン：L=445m、 $\phi$ 1,200mm、ヒューム管）で採用した「INS（インシュチフォーム）工法」について、改修施設の現況と工法選定経緯、設計概要、施工方法、適用上の留意点などを説明（写真、施工図等用いて）。各工法の概要は次の通り

- ① トンネル盤下げ工法：トンネルに内巻きコンクリート覆工を行い、水理断面の不足する分をトンネル底盤を下げることで対処
- ② トンネル鋼板内巻き工法：トンネル内に通水断面に影響しないよう、厚さ10～20mmの鋼板の内巻きを実施
- ③ INS工法：サイホンの改修方法として、熱硬化性樹脂を含浸させたライナーを水圧によって管渠内に反転挿入し、管内の水をボイラーで加熱し樹脂を硬化させ、管渠内に新しい管渠を作る工法

なお、講演終了後会場から、INS工法についてa.屈曲があるサイホン等で活用できるか、b.採用に当たっての外圧のとらえ方、c.農水としてエポキシ樹脂を用いる理由の3点が質問され、次の通り回答された。

- a. ライナーは水圧で既設管に挿入されることから屈曲は大きな問題にならない。
- b. 選定に当たっては、外圧（土荷重、活荷重）、内圧は既設管で負担することとしている。既設管の継ぎ手部分やクラック等より作用する外水圧のみがライナーに作用するものとし、座

屈を検討のうえ厚さを決めている。

なお、既設管渠に部分欠損がある場合、欠損部に外水圧の他に土荷重、活荷重が作用するため、その部分のライナー厚を荷重に耐える厚さとする。

- c. 農水は利水量の変動が大きく流れが一定でないこと(キャピテーションによる事故を考慮)から、信濃川二期地区ではポリエステル樹脂と比較し粘着性が高く、対磨耗性の大きいエポキシ樹脂を採用した。

## 5. 用排水施設改修に係る調査計画と設計施工(進藤孝巳氏)

### (1) 用排水施設改修に当たっての留意点

東海農政局における国営事業は、更新事業が大宗を占めている。市街化した地域を対象とした更新事業の推進に関し、次の点に留意する必要がある。

- ① 市街化地域の中を通過する水路を地域の中で将来どのように活用していくのかというソフト面の検討
- ② 住居、鉄道、道路等工事の支障となる施設が高密度で存在する条件下での施工に伴う技術的課題をいかに解決するかというハード面の検討

### (2) 明治用水地区における事例(ソフト面での対応事例として)

国営矢作川総合農業水利事業で実施された、明治用水の幹線水路のパイプライン化により生じた水路上部の20~30mの空間を、県・市営事業等を活用して公園等に多目的利用。そのメリットとして、a.開水路で分断されていた地域への新たな地域環境の創設、b.管理費の軽減、c.流水帯等の整備による新たな親水空間の創設があげられる。

また、農業用水に対する地域住民の意識低下を課題とし、明治用水土地改良区が中心となって農業と農業用水の重要性について啓蒙活動を実施している。

### (3) 新矢作川用水地区(ハード面の対応事業として)

都市近郊でのパイプライン埋設工事の課題として、用地買収、各種補償等に言及するとともに、特徴的な工法として、新矢作川用水地区で採用され、また、採用が検討されている次の工法について、現地施工写真を用いて説明。

- ① 狭い用地幅を有効に活用するジオテキスタイル利用の補強土壁工法(ジオグリッド工法)
- ② 住居に近接し、振動・騒音対策が必要で短期間の施工を予定しているオープンシールド工法
- ③ 大口径2条埋設管の浅埋設工法(ジオグリッドによる浮き上がり防止工法)

## 6. 水管理制御施設の更新に係る各種技術課題(長嶋滋則氏)

### (1) 水管理制御施設の概要

水管理制御施設更新の前提として、制御施設の概要を説明。そのポイントは次の通り。

- ① 水管理制御施設の設置は、昭和40年代から始まり近年急速に増加している(特に県営事業)
- ② 水管理制御施設は耐用年数が短く(10年程度)、施設設置後5~10年を経過した地区での故障が増加している。
- ③ 水管理制御施設の更新に係る用語の定義を説明(施設と設備の違い、更新と保守の違い等)

を具体的に説明)

## (2) 水管理制御施設の更新に係る技術課題

水管理制御施設の更新にあたって次の具体的課題を説明。

- ① 水管理施設の故障の原因は、酸素・水分の吸収や絶縁劣化による部分放電等と種々考えられるが故障箇所（電氣的な短絡・切断状況を写真で説明）はごくマイクロな部分で発生し故障箇所の特定が困難であるため、故障箇所の復旧より故障箇所を含めた基盤を取り替えるなどの対応となる。
- ② テレビやパソコンの例でもわかるように、電子機器の製品のライフサイクル（いつの時点までカタログに載せるか）は通常6年と言われており、水管理制御システムの基盤交換時に在庫がないといった問題も発生する。
- ③ これに対応するため、水管理制御施設の更新に当たって各制御施設の構成をP (Part)：素子 (LSI, 抵抗...etc), Q(Quad)：ユニット (電源, プリント板...etc), R(Rack)：装置 (主記憶部, 入出力部...etc), S(Sub System)：系 (データ処理, 電送, 電源...etc), T(Total System)全体システムに区分した上で、施設の老朽度やスペアパーツの在庫状況等を勘案し、施設を構成する各機器をどこまでの範囲で、いつ更新するか判断が重要。
- ④ その判断のためにも、日常の管理における故障履歴の把握、機器の劣化状況の把握が必要不可欠。
- ⑤ 近年採用されるようになったFAパソコンを利用したシステムの概要について従来のミニコンを利用したシステムと比較して説明。

## (3) 水管理制御施設更新に当たっての留意事項

水管理制御施設の今後の更新に当たっては、次の事項を留意・検討するべき。

- ① 汎用性の高い機器への置き換え (性能向上の著しいパーソナルコンピュータ等)
- ② ソフトウェアの汎用アプリケーション化 (各地区で流用可能なものとする)
- ③ 保守点検の標準化, 交換部品の規格統一
- ④ 更新費用の計画的な積み立てと助成制度等の創設

## III. 研究会賞授賞式

研修会では、農業土木研究会賞2課題 (企画・計画部門, 設計・施工部門) 及び奨励賞1課題の表彰を行いました。

各賞は、「水と土」第109号から112号に掲載された33本の報文に対する無作為に抽出した会員150名の投票結果を踏まえ、主たる執筆者が技術研究会会員かどうか、当該報文の技術的発展性などを「水と土」編集委員会に諮り決定しました。

今回表彰された報文と執筆者、選考理由は、次の通りです。

## 1. 研究会賞（企画・計画部門）

「排水路の暗渠化」計画における留意事項（110号掲載）

五位野 操 新潟県柏崎農地事務所

〔選考理由〕本報文は、ほ場の小排水路の暗渠化に際して、各種効用や土砂・浮遊物の流入による通水障害等の課題について、二つの実施地区での調査・検討を踏まえ、計画、設計上での留意点を見だし考察を加えている。今後、各地域での事業展開上参考となる報文であり、本年度の企画・計画部門の研究会賞として選考した。



写真—4 受賞式の模様

## 2. 研究会賞（設計・施工部門）

軟弱地盤（中層）改良工法の施工事例について（109号掲載）

—地中粉体噴射攪拌方式による施工—

大坪義昭 財団法人日本農業土木総合研究所

泉 親次 東北農政局計画部事業計画課

湊 正喜 東北農政局胆沢猿ヶ石農業水利事業所

〔選考理由〕本報文は、迫川上流農業水利事業で施工中の小田ダムで、洪水吐水路と河川取り付け部の軟弱基礎地盤に対して、地中粉体噴射攪拌工法を導入して改良を行った内容を取りまとめている。系統立てた設計の考え方と施工結果の考察は、今後の同様地質条件地の設計施工面で参考に供されるものとの観点から、本年度の設計・施工部門の研究会賞として選考した。

## 3. 奨励賞（設計・施工部門）

推進工法における地域環境適応型の施工方法（112号掲載）

鈴木扛悦 北海道開発局農業水産部農業設計課

〔選考理由〕本報文は、国営畑地帯総合土地改良パイロット事業「しろがね地区」において、開削施工できない箇所を管水路敷設に関して、インパクトモール推進工法を採用し、騒音、振動、方向性、地下水への影響等を調査して、従来工法（刃口推進工法）との対比による適用性の妥当性を取りまとめたものである。今後の他地区適用の参考に供されるものとの観点から、本年度の設計・施工部門の奨励賞として選考した。

各課題の講演後、中條研究会理事兼「水と土」編集委員長（農林水産省設計課中條首席農業土木専門官）より、「22兆円ものストックがある農業水利施設を今後計画的に更新していく必要がある中で、今回の研修テーマは大きな意味を持つもので、研修成果を日常業務で活かして頂きたい。また、農業土木技術発展のため任意の団体として活動している農業土木技術研究会が、今後一層活性化するため、新たな入会を含め皆様の協力をお願いします。」と挨拶がなされ、盛況のうちに研修会が閉会しました。

**農業用ダムの事業費分析と各種技術的課題**

渡辺 博之・谷口 宏文・渡邊 昭弘

農業用ダムは、農業用水の安定的な確保を目的として全国でその建設が進められ、地域の貴重な資産としてわが国の農業生産を支えてきているが、近年のダム建設適地の減少に加えて、より一層の建設コストの縮減や環境配慮に関する取組み強化など、ダム建設上の課題も少なくない。

本報文では、こうした現状に鑑み、今後の「円滑なる農業用ダムの建設」に資するため、ダム建設に係わる事業費分析と各種技術課題の整理を試みたものである。

(水と土 第115号 1999 P.21 企・計)

**嵩上げダムの調査と設計**

金屋敷章裕

降雨の少ない瀬戸内海に浮かぶ島で実施される、畑地帯総合整備事業（担い手育成型）沖美地区の水源開発は、第2次世界大戦中に築造された重力式コンクリートダムの嵩上げにより行われる。既設ダムは現在も上水道用ダムとして稼働している。ダムの調査設計は、平成4年度から県単独調査を、平成7・8年度には全体実施設計を行い、平成9年度に着工採択され、平成11年秋の着工を目指し現在詳細な施工計画等を検討中である。

本報告は、全国的にも珍しい嵩上げによるダムの再開発工事を計画している三高ダムの調査と設計について、特に配慮した点等について、とりまとめたものである。

(水と土 第115号 1999 P.32 設・施)

**基礎地盤の変形係数の決定について**

長尾 貴司・佐々木 浩・草間 庸元  
安田 賢司・林 学・新城 治

ダム基礎地盤の変形係数を決定するに当たり、平板載荷試験と孔内水平載荷試験の関係は現状ではまだ明確でない点もある。そのため、変形係数の決定にあたって多くの試行錯誤をして設計値を決定しているケースが多い。そこで、完成及び、施工中の農業用ダムの事例から、CL、D級を区分した関係図を作成し、岩級区分を判断する際に、これらの関係図を用いて適否の判定に有効に利用できる関係図の作成を試みた。

(水と土 第115号 1999 P.43 設・施)

**五和東部ダムの断層処理について**

原 俊彦・下瀬喜久雄  
横谷 修・山口 雅弘

五和東部ダムは、堤高33.3mの中心遮水ゾーン型ロックフィルダムであり、基礎内に最大幅18mの断層破碎帯を抱えている。

本ダムでは基礎耐荷性の不均一性から監査廊を施工しないため、施工時の断層処理により長期にわたる十分な安全性を確保することが必要である。本報文は、これらの条件を満足する断層処理工法の選定から施工に至るまでの調査・設計・施工の結果を整理したものである。

(水と土 第115号 1999 P.53 設・施)

**フィルダムにおけるルジオン値の判定基準とその活用法について**

市川 和善・高野 寿雄・大熊登紀雄  
川口 宏・伊原 陽一

岩盤の透水性を評価する指標としては、ルジオン値と透水係数があるが、一般に硬岩と軟岩あるいは砂礫層とは水の浸透する形態が異なるため、この浸透形態の相異に配慮したルジオン試験や原位置透水試験を実施し、地盤特性を充分把握することが肝要である。

本報文はフィルダムにおけるルジオン値の判定基準とその活用法について問題点と検討方向についてとりまとめたものである。

(水と土 第115号 1999 P.66 設・施)

**船上山ダム コア材の盛立試験結果について**

佐々木洋二

国営かんがい排水事業東伯地区により、事業実施中の船上山ダムについて紹介する。

船上山ダムは、平成12年度より築堤開始予定であり、平成9年度に実施したコア材の盛立試験結果について報告するものである。

(水と土 第115号 1999 P.81 設・施)

**フィルダムにおける間隙水圧の挙動について**

酒井 淳一・小関 淳一・橋田 幸雄  
久保 利邦・上川 浩二・長谷川隆一

フィルダムの中で、現在主流となっているゾーン型フィルダムの貯水位と間隙水圧との関係を用い、事例ダムにおいて遮水性の確認を行ったものである。

(水と土 第115号 1999 P.88 設・施)

**相川ダムの堤体外部変位に関する計測事例**

伊藤 定二・遠藤 泰

相川ダムは試験湛水を平成8年12月から開始し、平成10年7月末に終了した。この間、2回/週の頻度で堤体外部変位の計測をおこなった。しかし、ダムの地形上左岸側がヤセ尾根を呈していること、基準点が観測点に近いことから計測精度・計測方法に課題が生じた。このため、他の計測方法・他の計算方法と比較することで、当該測量結果の信頼性の確認や補足を行った。その結果、当初の計測により信頼のもてる評価を行うことができた。

(水と土 第115号 1999 P.103 設・施)

**現場透水試験の自動化システムの導入**

～下蚊屋ダムの事例～

友野 文典

フィルダム築堤作業時における施工管理試験である現場透水試験の孔内水位計測を手動計測から自動化システムを導入した。

これにより、従来の人的な計測誤差の回避と計測精度の向上及び計測時間の短縮が図られ、なおかつ、管理担当者の日常管理業務が省力化にもなった。本報では現場自動透水試験管理システムを紹介し、現場の実態を報告するものである。

(水と土 第115号 1999 P.115 設・施)

**松木ダムの濁水対策について**

吉田 直人

松木ダムは、日出生台演習場の荒廃によって保水力が低下したことから、農業用貯水ダムとして、昭和51年3月に障害防止対策事業により築造したダムである。

しかし、松木ダム上流域では戦車訓練等が頻繁に行われており、着弾地も位置していることから表土が剝離され、降雨時には濁水となって貯水池に流入し、濁水放流が長期化することから、その濁水対策を昭和63年度から障害防止対策事業により、実施した事例を紹介するものである。

(水と土 第115号 1999 P.124 企・計)

## ダム建設における地盤調査技術

竹内 睦雄\*  
(Mutsuo Takeuchi)

近年、公共事業においてコスト縮減は重要な課題である。その反面、構造物が立地する地盤は多くの基礎処理を要するケースが頻出し、コストの増大要因となっている。そのため、農業用ダムをはじめ農業用基幹施設の建設現場では、構造物の基礎となる地盤の状況を経済的かつ正確に把握できる非破壊調査技術の活用が期待されている。

物理探査法の研究開発を担当してきた経歴から、このような技術を活用することで、さらにコスト縮減が図れないものかと常々考えてきた。ここでは、そのような立場から地盤調査技術について紹介しておきたい。

これまで、地盤調査で利用されてきた物理探査法は、強度に結びつけられる屈折法弾性波探査とボーリング調査の組み合わせで行われる場合が多かった。しかしながら、この方法では、地盤の透水性の分布を把握することが困難であり、地盤調査法としての有効性に限界があった。これに対し、近年、電子工学の発展とパーソナルコンピュータの普及により新しい物理探査法である「浅層反射法」、「電磁法」、「二次元電気探査比抵抗法」、「地下レーダ法」、「弾性波トモグラフィ法」および「比抵抗トモグラフィ法」等が実用化されてきた。これらの手法によると、従来の探査法では得られなかった様々な地盤情報が断面情報として得られ、ダム建設に有効な調査解析が期待できる。もちろん、それぞれの手法には限界があるので、採用に当たっては、有効性と適用範囲に留意する必要がある。以下に、主要な探査法の特徴と留意点を述べてみる。

「浅層反射法」は、これまでの屈折法弾性波探査の欠点であった低速度層のはさみが存在する場合に、それ以深の探査できない点を改善した方法である。この方法は、本来大深度の調査に用いられてきた調査法で、調査の対象は石油資源等であった。この調査法を土木調査に導入したため、浅層という言葉をつけている。欠点として調査地区の地表が極力平坦であることを条件とするが、対象として大規模な断層等の調査に有効である。

「電磁法」は、広い調査地区の地下構造を迅速に探査する概査に適した調査法で、特に断層の水平分布の調査に有効である。

「二次元電気探査比抵抗法」は、地下構造を詳細に調査するのに有効な精査に適した方法である。調査対象は、ダムの基礎地盤、地すべり、トンネル、断層、地下水、温泉、空洞等があげられる。適用範囲の広い調査法であるため、今後の発展が期待されている。

「地下レーダ法」は、一般に地表面下数mの調査に適しており、埋設物、遺跡、空洞調査に有効である。物理探査の中で唯一リアルタイムで地下の構造を明らかにできる方法である。留意点としては、調査深度が浅いため調査対象が限定されることである。

「弾性波トモグラフィ法」および「比抵抗トモグラフィ法」は、弾性波探査法および電気探査比抵抗法を用いて2本のボーリング孔とその間の地表との3方向で囲まれた地下構造を詳細に解明する方法で、断層調査等に有効である。欠点としては、現場の作業量が多く、測定にも時間がかかる点である。

\*農林水産省農業工学研究所造構部長

上記のような新しい物理探査法では、これまで手作業で行われていた現地測定、データシートへの記入、図面化する作業が半自動あるいは自動となり、さらにデータをコンピューターで処理して解析する一連の作業が効率的に行えるようになっている。利点としては、多量のデータが得られるためにそれだけ解析精度も向上し、さらに、これまで場合によって、数値あるいはグラフで表現されていたものが、二次元、三次元の断面図で表現され、専門家でなくとも理解し易くなった点である。その結果、地盤の調査法としての物理探査法では、調査の適用範囲が一層広がったと言える。

一方、新たな問題点もでてきている。測定器が半自動または自動となりブラックボックス化したため、測定の原理が理解できなくてもスイッチを押せばデータが得られることから、データの質の低下が懸念される。データの質が悪ければ、たとえ高度な解析を行ってもその結果は期待できない。また、解析についても解析ソフトがブラックボックス化しており、データを入力すれば解析結果が自動的に得られるため、その解析結果のチェックができない点にも注意が必要である。これらの問題点の解決法として、簡単なことではあるがボーリング調査結果および他の調査結果とのクロスチェックを行うことが必要である。

物理探査法を地盤調査に適用するに当たり、その効果を十分に発揮させるためには、調査の計画が重要となる。調査の対象が何であるかによって、物理探査法の種類等を選定し、さらに、どのように測線を設定をするかを決定することが特に大切である。これを怠ると物理探査法の性能を十分に発揮させることはできない。

このように、地盤の調査技術は飛躍的に進歩したが、この技術をいかに組み合わせて効果的に活用するかは、利用する側の課題でもある。事業の進展に則して、各種調査段階での大いなる成果を期待したい。



# 農業用ダムの事業費分析と各種技術的課題

渡 辺 博 之\*  
(Hiroyuki WATANABE)

谷 口 宏 文\*  
(Hirohumi TANIGUCHI)

渡 邊 昭 弘\*  
(Akihiro WATANABE)

## 目 次

はじめに .....21

1. 農業用水の現状と農業用ダムの位置づけ .....21

2. 農業用ダム建設の技術的展開 .....21

3. 農業用ダムの建設の現状 .....23

4. 農業用ダムの事業費分析 .....23

5. ダム建設における技術的課題と対応事例 .....26

6. 今後の農業用ダムの建設において取り組むべき課題 .....29

おわりに .....31

## はじめに

農業用ダムの歴史は、約2千年以上昔の河内国に築かれたため池に始まると言われている。以来農業用水の安定的な確保を目的として、満濃池（700年頃；白鳳時代）や入鹿池（1,600年頃；江戸時代初期）の時代を経て、今日までに全国で数多くの農業用ダムが建設され、地域の貴重な資産としてわが国の農業生産を支えきっている（満濃池：写真－1）。

一方、近年のダム建設適地の減少に加えて、より一層の建設コストの縮減が求められることや環境基本法、環境影響評価法の制定に象徴される「環境」に対する国民意識の高揚などにより、これまで以上に多角的な取組みが必要になるなど、ダム建設上で対処すべき課題も多様なものになっている。



写真－1 白鳳時代に築造された満濃池は、幾多の補修を行い現在の形になっている。（香川県、 $H=32m$ 、 $V=15,400千m^3$ ）

そのため本報文では、こうした状況に鑑み、今後の「円滑なる農業用ダムの建設」に資するため、これまでの農業用ダムの建設の経緯を踏まえつつ、昨今のダム建設に係る事業費の分析と各種技術課題の整理を試みたものである。

## 1. 農業用水の現状と農業用ダムの位置付け

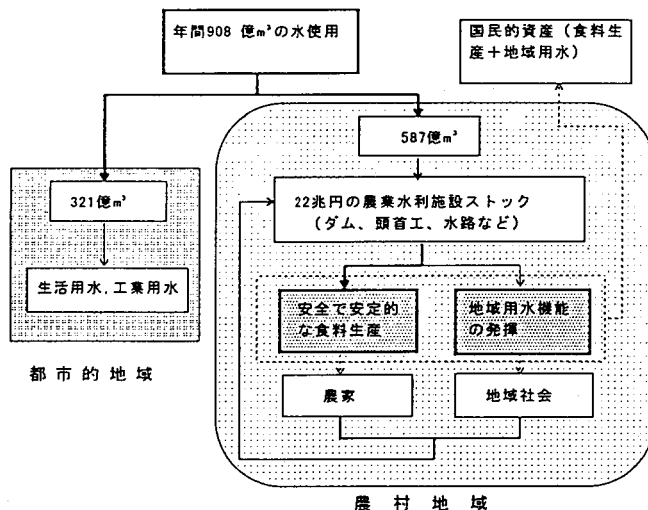
農業用水の利用量は、平成7年時点の取水量ベースで約587億 $m^3$ /年とわが国全体の水使用量（年間908億 $m^3$ ）の約2/3を占めている（図－1）。農業用水は、本来の目的である農業生産性の維持・向上のための役割を担うだけでなく、その利水過程において、河川還元や地下水涵養などの水の循環的な利用に寄与するとともに、防火・消流雪用水や豊かな水辺環境の提供、生態系の保全など多面的かつ公益的な役割を担い地域社会に貢献している<sup>1)</sup>。

一方、先人たちの努力によって造られてきたダム、頭首工、用排水機場、用排水路、ため池等の農業水利施設の資産は、平成7年度の再建設費ベースで約22兆円に達すると試算されている<sup>2)</sup>（図－2）。これらの農業水利資産の適切な維持管理や更新改良が求められる中、最重要構造物である農業用ダムは、農業用水の確保とともに、多面的かつ公益的資産としての観点から、十分な供用機能を永続的に保持しなければならない施設である。

## 2. 農業用ダム建設の技術的展開

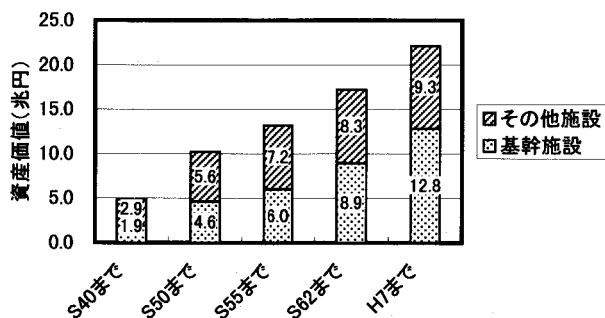
現在、15m以上の農業用ダムは約1,500を数え（1996.3までに完成した農業専用ダム）、そのうち約8割がアースフィルダムで、さらにその半数以

\*農林水産省構造改善局設計課



出典：農水省構造改善局事業計画課監修「水と大地の恵みを永遠に」

図一 我が国の水資源使用の体系



資料：農林水産省構造改善局水利課作成  
 注)基幹水利施設は、受益面積100ha以上の施設  
 出典)農林水産省構造改善局事業計画課監修  
 「水と大地の恵みを永遠に」

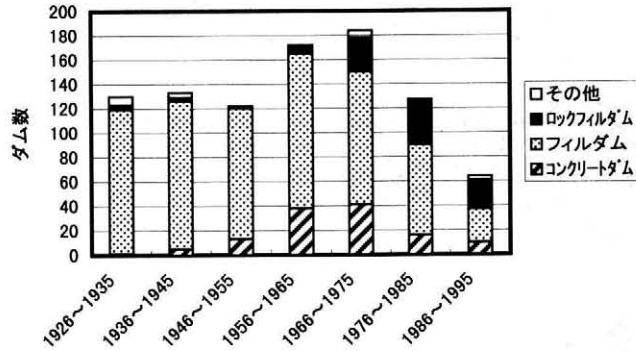
図二 農業水利施設資産の現在価値

上が戦前までに築かれている<sup>3)4)</sup>。今日見られるような、農業用に供される大規模なダムが本格的に建設され始めたのは1950年代以降であり、50年足らずの技術革新が大きな礎となっている。

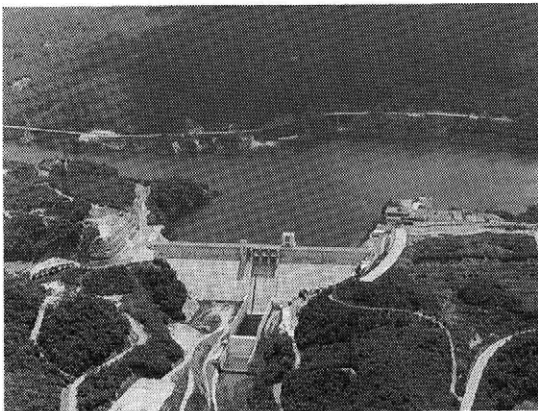
1950年代以降、農業用ダムに係る技術の進展は、フィルダムにおいては土質工学を中心とする工学理論の進展と大型施工機械による施工技術の発展に寄るところが大きく、また、コンクリートダムにおいても技術革新の影響を受けて進展し、近代的設計施工法により多くの農業用ダムが建設されてきた。この時代に築かれた主な農業用ダムには、山王海、相野々、羽鳥、牧尾等のフィルダムが、コンクリートでは鴨川、豊沢、津風呂、大日

川ダム等があげられる。

また、1970年代以降においては、電子計算機器や解析手法の高度化、高性能大型施工機械の導入により、多くのダムが建設されてきている。円弧型翼壁型式を採用した複合型の永源寺ダム、ダイビングアーチ設計の大迫ダム、アスファルト表面遮水壁型の深山ダム、動的解析で検証した大柿ダム、ウェッジブロックジョイント方式マットコンクリート工法を採用した吞吐ダムが代表的であろう<sup>5)6)</sup>(吞吐ダム：写真-2)。これらは、今なお十分なる効用を発揮すると同時に、その重要性を日毎増してきている(図-3)。



出典)ダム年鑑(1998年版)  
 図一 3 竣工年別農業用ダムのタイプ別変遷



写真一 2 1987年に竣工した呑吐ダム(兵庫県、H=71.5m、V=17,800千m<sup>3</sup>)

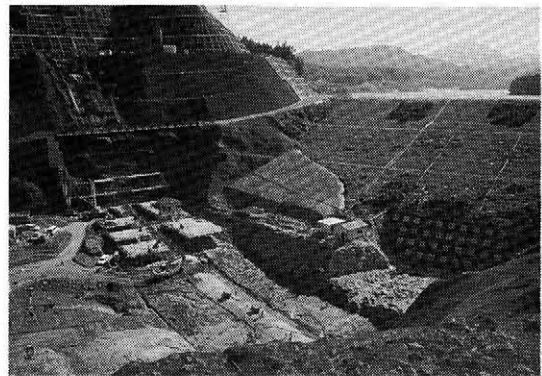
### 3. 農業用ダムの建設の現状

平成10年度時点で、国営土地改良事業(直轄)、都道府県営土地改良事業(補助)により、新規に計画及び実施中の農業用ダムは、102ダムとなっている(表一1)。事業主体別では直轄が74ダム、補助が28ダムである。ダムタイプでは、フィルダムが67ダムとコンクリートダムの2倍となっている。また、ダムの規模を見ると、直轄では39ダムが堤高50m以上、30ダムが有効貯水量5,000千m<sup>3</sup>以上となっている。なお、建設中の特徴的なダムとして、フィルダムでは、旧堤を仮締切りや本堤の一部として嵩上げた(新)山王海ダム、複雑な火山堆積層を基礎とする大蘇ダム、100mの堤高となる柘谷ダム、洪積層上に約40mの築堤を行った名蔵ダム、コンクリートダムでは、RCD工法の新宮川ダムや拡張レア工法を採用した上津ダムなど

表一 1 計画・実施中の農業用ダム  
 (平成10年12月時点)

		フィルダム	コンクリートダム	複合ダム	計
直轄事業	工事準備中	16	15	1	32
	工事中	29	12	1	42
補助事業	工事準備中	3	4	—	7
	工事中	19	2	—	21
合 計		67	33	2	102

資料：構造改善局設計課調べ



写真一 3 山王海ダムの基礎処理(岩手県、H=61.5m、V=38,400千m<sup>3</sup>) (現在は盛立完了)

があげられる(山王海ダム：写真一3、名蔵ダム：写真一4、新宮川ダム：写真一5)。

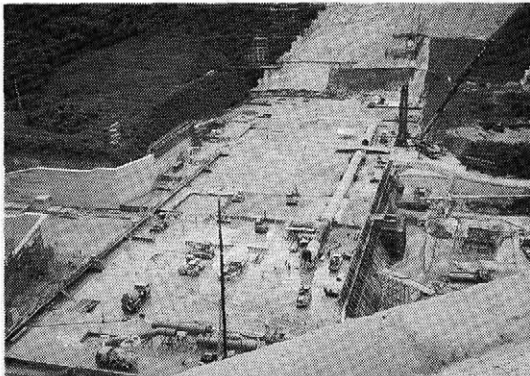
### 4. 農業用ダムの事業費分析

#### (1) 工事費を主要指標とした分析

農業用ダム建設の現状を評価するため、工事費(付替え道路や貯水池法面保護工等を含むダム本



写真—4 試験湛水中の名蔵ダム（沖縄県，H=38.7 m，V=3,970千 $m^3$ ）



写真—5 施工中の新宮川ダム（福島県，H69.0m，V=10,320千 $m^3$ ）

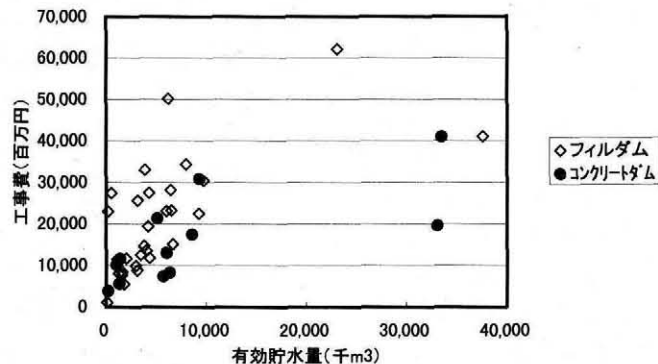
体及び関連の工事費）を主要指標として、有効貯水量との関係、堤体積との関係（フィルダム、コンクリートダム）、ダムに関する測量試験費との

関係を整理した。解析データは、平成10年度全国直轄ダム工事課長等会議（H10.10開催）に先立ち実施したダム工事費調査で回答のあった平成10年度時点で工事に着手している41ダム（フィルダム：29，コンクリートダム：12）のデータを採用した（ただし、分析内容によって有効データ数が異なる）。

有効貯水量と工事費の関係は、各ダムの地形条件によるダム効率（縮切り効率）の違いなどから個々のダムで大きなばらつきがあり明瞭な相関はないものの、良好なダムサイトの減少や築堤材料確保の難しさを反映してか、フィルダムに比べ、コンクリートダムの工事費の安価傾向が伺われる（図—4）。また、同様な観点からダム開発の水価を工事費/有効貯水量として整理すると、全体41ダムの平均水価2.9千円/ $m^3$ に比べ、一定規模（有効貯水量5,000千 $m^3$ ）以上のダムの水価は2.2千円/ $m^3$ となり、この規模以下の平均水価6.1千円/ $m^3$ と大きな差となった（表—2）。

一方、堤体積と工事費の関係は、図—5、図—6の通りのかかなり高い相関を示し、築堤1 $m^3$ 当たりの工事費平均がフィルダムで約20千円（29データ）、コンクリートダムで約100千円（12データ）という結果が得られた。なお、これらの値は、各地での新規のダム建設を進めるに際しての事業費判断の一つの指標になるものと考えられる。

工事費と測量試験費の関係は、ダム工事に関する測量試験費に限定して回答のあった28データについて整理し、図—7にまとめている。各ダム毎に解決すべき技術課題が異なるため、両者に明瞭な相関はないものの、平均の測量試験費率（測量



注) 対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効回答のあった41ダム

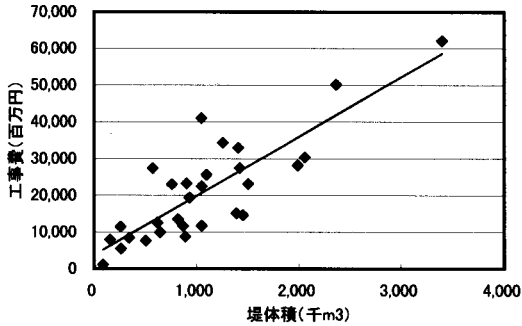
図—4 有効貯水量～工事費用相関

表-2 農業ダムの水価 (工事中の直轄ダム)

(単位:千円/m<sup>3</sup>)

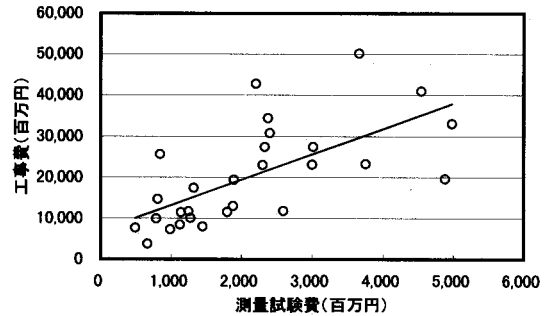
区 分	有効貯水量5,000千m <sup>3</sup> 以下		有効貯水量5,000千m <sup>3</sup> 以上		ダム区別水価	
	データ数	水 価	データ数	水 価	データ数	水 価
フィルダム	19	5.9	10	2.8	29	3.7
コンクリートダム	4	7.8	8	1.5	12	1.7
規模区別水価	23	6.1	18	2.2	41	2.9

注) 1.対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効解答のあった41ダム  
 2.水価=ダム工事費/有効貯水量



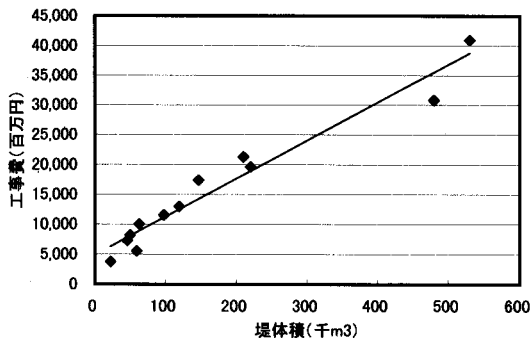
注) 対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効回答のあった29ダム

図-5 堤体積～工事費相関(フィルダム)



注) 対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効回答のあった28ダム

図-7 工事費～測試費相関



注) 対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効回答のあった12ダム

図-6 堤体積～工事費相関(コンクリートダム)

試験費/工事費) 約10%という数値を目安に各ダムの技術的難易度を考えて見ることも有効であろう。

(2) 工種別工事費の変動状況

ダム建設を進める上で大きな課題の一つが、ダム事業費の変動(増嵩)である。ダム事業費の変動要因は、工事着手後の基礎処理の実績変更や当初想定していなかった基礎の弱層の存在、築堤材料確保にかかる材料採取計画の変更、貯水池や付

替え道路に係る法面保護工の追加など、各ダムの現地条件に応じて千差万別である。従って、ここでは、上記(1)の工事費調査データに基づき、全体実施設計でとりまとめたダム事業費に支出済み換算係数を乗じたものを当初事業費(工事費)とし、現時点の事業費(工事費)との比較を行った。事業費変動状況を把握する具体的方法として、フィルダムとコンクリートダムのそれぞれについて、①基礎処理工、②堤体工(コンクリートダムは洪水吐工を含む)、③付帯工、④その他工事(付け替え道路工、貯水池法面保護工、地すべり対策工等)、⑤仮設工の5工種に区分し、当初の全体工事費を100%とした時の各工種の構成比を基本に、現時点の工事費と比較した工事費の変動幅(事業費変動額)と各工種毎の変動割合(増加率)を整理した(図-8、図-9)。

フィルダムの工種別の事業費は、事業費構成の大きい堤体工(当初構成比で36%)や洪水吐、取水施設等の付帯工(当初構成比34%)で変動幅が大きくなっているが、変動割合では、基礎処理工、仮設工の増加率が大きくなっている(図-8:24ダムの平均)。

一方、コンクリートダムの工種別の事業費は、

全体的にフィルダムと比較し変動が少ない。また、工種別には、変動幅、変動割合ともダム本体工と直接関係の少ない「その他工事」の増加が際立っており、フィルダムで大きかった基礎処理などは変動割合が小さい結果となった（図-9：10ダムの平均）。これは、コンクリートダムが、地形・地質的に良好なサイトで建設されるケースが多いため、事業費変動が、フィルダムに比べ比較的少ないためと考えられる。

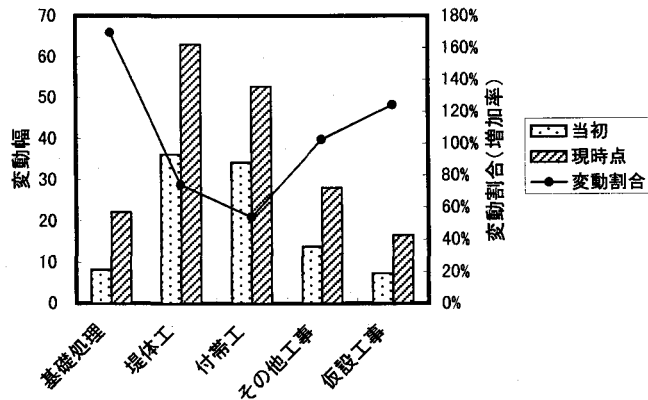
なお、ダム事業費の積算に当たっては、図-8

及び図-9で事業費変動割合の大きい工種について、いかに適正な事業費を計上できるかがポイントとなろう。

### 5. ダム建設における技術的課題と対応事例

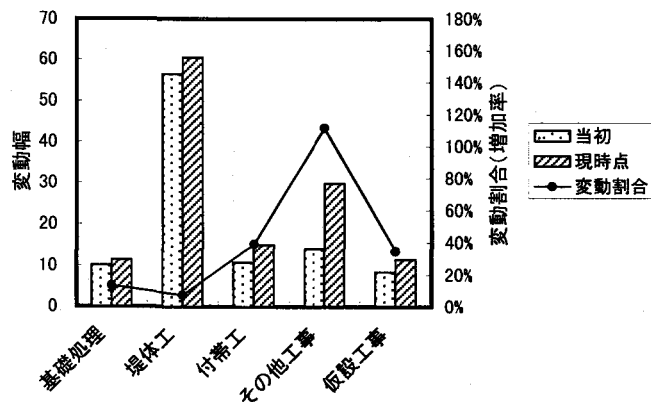
#### (1) 良好なダムサイトの減少(技術的課題の背景)

ダム建設における技術的な課題の背景として、良好なダムサイトの減少が上げられる。ダムサイトの減少には、利水受益地近傍でのダム建設適地の減少や大規模化したダムに対応できる良好なサ



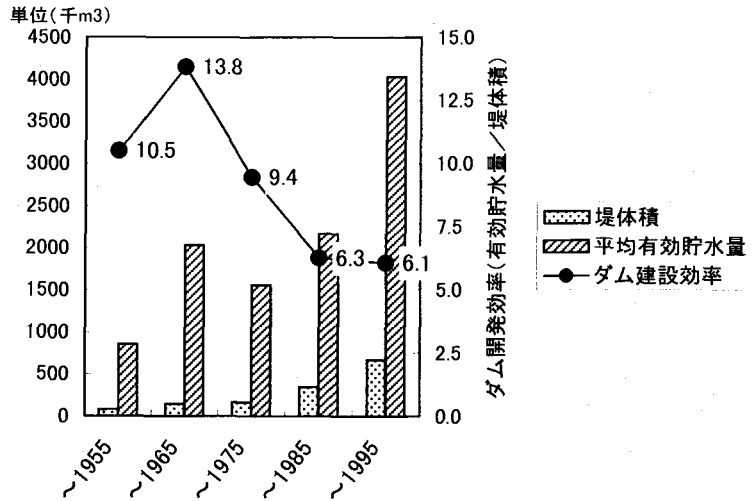
- 注) 1. 対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効回答のあった24ダム  
 2. 変動幅は、当初事業費を100とした時の工種別構成比率を基準にして比較  
 $当初 = (当初工種別工事費 / 当初全体工事費) * 100$   
 $現時点 = (現時点工種別工事費 / 当初全体工事費) * 100$   
 3. 変動割合は、 $(現時点事業費 / 当初事業費 - 1.0) * 100$

図-8 工種別事業費変動状況(フィルダム)



- 注) 1. 対象ダムは、平成10年度直轄ダム工事費調査で有効回答のあった10ダム  
 2. 変動幅は、当初事業費を100とした時の工種別構成比率を基準にして比較  
 $当初 = (当初工種別工事費 / 当初全体工事費) * 100$   
 $現時点 = (現時点工種別工事費 / 当初全体工事費) * 100$   
 3. 変動割合は、 $(現時点事業費 / 当初事業費 - 1.0) * 100$

図-9 工種別事業費変動状況(コンクリートダム)



注)ダム建設効率=平均有効貯水量/平均堤体積

図-10 戦後のダム開発の推移(フィルダム)

イトの減少など様々な要因が考えられる。ここでは、その傾向をつかむため、戦後～現時点(1995年)まで10年間ごとのフィルダム(アースダム及びロックフィルダム)の建設の推移として、各期間中に建設されたダムの平均堤体積及び平均有効貯水量を示し、加えて、ダム開発効率を有効貯水量/ダム堤体積と仮定し、各期間の開発効率の平均値を図-10にまとめた(データは、ダム年鑑(1997年版)の農業用ダムデータから抽出)。

この図からは、戦後の農業用ダムが上記2.で述べた技術の発展に伴い大規模化が可能になったことが分かる反面、ダム開発の効率(有効貯水量/堤体積)が、1975年(昭和50年)まで概ね10以上だったのに対して、1976年～1985年の10年間で6.3と急激に効率が悪化し、次の10年間では更に効率が悪くなっている(6.1)など、ダム建設効率のよいダムサイトの減少が伺える結果となった。

(2) ダム建設における技術的課題と対応事例

良好なダムサイトが減少する中で、現在計画中及び施工中の多くの農業用ダムにおいて、学識経験者や専門技術者による「農業用ダム技術検討委員会」が組織され、個々のダム毎の技術的課題について検討が進められている。個別ダムにおける技術課題は、ダム毎で当然異なるものであるが、安全性、経済性等の面で様々な検討がなされており、他のダムでの検討の題材として大いに参考とすべきものである。

したがって、ここでは、ダム建設を進めるに当たっての技術的留意点として、個々のダム技術検討委員会で指導のあった主な検討課題と処理方向を①地質、基礎の力学特性及び水理特性、②基礎処理、③監査廊、④盛立管理、⑤試験湛水及び挙動観測、⑥その他、に区分整理し表-3にまとめた。

表-3 昨今のダム委員会での主な検討課題と処理方向

分野	検討課題	処理方向
地質、基礎の力学特性及び水理特性	・地質性状、岩級判定、透水性相互の整合性	・地質生成過程、走向傾斜、風化度合い、断層・破碎帯・劣化帯の存在等に関する地質的解釈や把握された影響範囲の状況が、岩級区分図やルジオンマップの相互の関連において的確に反映されているか。
	・断層や劣化帯の存在	・年代、深度、角度、連続性等の性状確認が必要(設計施工時の解析モデル、監査廊構造、置換処理等の検討に関連する)

分野	検討課題	処理方向
地質、基礎の力学特性及び水理特性(続き)	・河床部や左右岸地山部の高透水帯の存在(貫入岩の変質部、断層、火山性堆積物、砂礫層等)	・左右岸方向及び上下流方向の連続性確認の調査実施(追加調査ボーリング、電気探査、トレーサー試験等実施) ・火山性堆積層等でのパイピング試験の実施
	・河床部被圧地下水の存在	・地下水供給源の把握とメカニズムの解明 ・コンクリートダムにおける揚圧力考慮手法の検討と対応
	・地質構造に起因の地山地下水位(地下水位が極度に低い)(季節変動が大きい)(地下水の多重構造)	・貯水後の地山浸透量の把握 ・リムグラウトライン深度との関連での調査検討 ・地下水位の正確な把握(掘進水位、安定水位の精査、ポテンシャル図作成)
	・岩級区分の評価	・横坑観察結果とコア観察結果との詳細な対比 ・孔内水平載荷試験と平板載荷試験との対比が十分か ・断層部等での低位岩級部に係る大口径ボーリングの実施 ・再評価の場合、その結果が堤体設計全体に影響を与えるかどうかの確認(掘削線の変更→堤体断面の変更→安全性の再確認)
	・変形係数の深度毎の評価(特に基礎掘削等の荷重除荷による応力解放を受け易い堆積物に対して)	・孔内水平載荷試験、平板載荷試験による深度別の変形係数の評価(拘束条件を実状に合わせる)
	・設計剪断強度の採用値の評価	・実態に近い強度設定がなされているか。 ・試験状況、試験剪断面の十分な確認 ・採用値決定に際しての試験結果に対する低減率の妥当性
	・低角度断層(低角度節理)の評価と対処法	・堤体の安全性に係る剪断摩擦安全率(ヘニーの安全率)での確認と、局所破壊に関するFEM解析による局所(要素)安全率による確認
	・透水係数やルジオン値の整理と評価方法	・P-Q曲線のスケールの統一、限界圧のチェック、ルジオン値の算出方法の統一化
	・限界圧の低い地質(凝灰質基礎等)の透水性の評価	・ルジオン値に限らず透水係数での評価 ・静水圧による透水試験の実施
基礎処理	・基礎深部に高透水帯が存在する場合のグラウト深度の決定	・スポット的存在か、表層までの連続性を有する存在か。 ・高透水帯の上下流方向分布によるダム軸の再検討(全計) ・グラウト深度比較毎の漏水量の評価
	・リムグラウトラインの選定	・地下水位が満水面と交叉する地点の確認 ・地下水が満水面と交差しない場合→リム部難透水層の評価やリムグラウト範囲別の想定漏水量の対比 ・高透水ゾーンの連続性の確認
	・一般グラウチングによる地盤改良効果がない場合	・二重管グラウト、地中連続壁、コア置換工法等の検討
	・ルジオン値とコアのクラックの性状	・送水リークの可能性についてバック確認。またバック前後のクラックの連続性の確認。 ・対象クラックや区間を絞り込んだ試験の実施と評価
	・断層処理	・処理範囲の整理、数条分岐断層の一体処理、処理工法や止水対策の検討、大規模な場合の監査廊迂回の検討
監査廊	・監査廊ジョイントの開きに対する対応策	・基礎の置換や応力を吸収する改良型止水板等での処理工法の検討(施工性と許容変形量の実証試験の実施)
	・基礎掘削ラインの勾配変化点にジョイントを設置する妥当性	・基礎性状によっては不利な挙動を示す可能性もある。盛立進行段階での監視が必要。
	・プレキャスト監査廊の設計	・モデル実験の結果と実際の挙動想定(解析結果の評価) ・経済性や効率性に係るメリット明示。



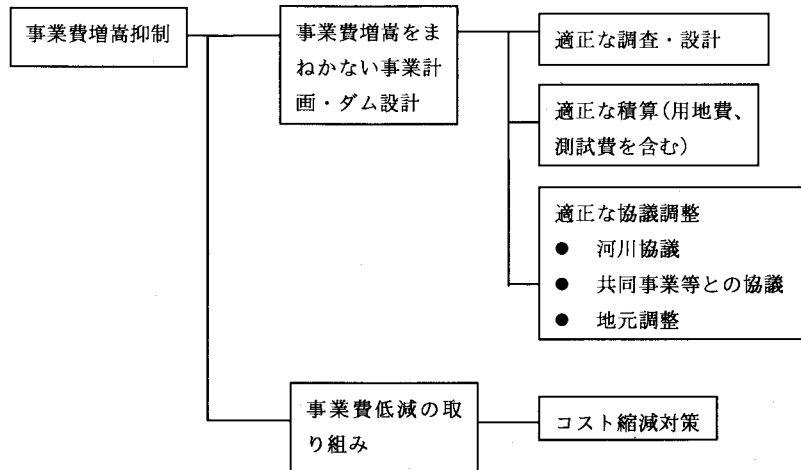
分野	検討課題	処理方向
盛立管理	・材料採取，ストックパイル造成	・泥岩等の風化し易い岩を仮置きする場合の細粒化の把握 ・混合材の均一性確保に係るストックパイル造成や切り崩し方法の確認
	・施工管理データのバラツキ	・試験方法の再確認による原因究明 ・施工途中の材料変更，標高毎の差→材料，混合比の違い ・越冬処理対策の評価
	・泥岩等の風化し易い岩の利用	・安定性試験（スレーキング試験，吸水試験）
試験湛水及び挙動観測	・観測計器の配置計画	・ダム構造的問題箇所に適切に計器が配置されているか。 ・クロスチェックが出来るように，配置計画を確認整理
	・水位降下速度の設定	・均一タイプダムや周辺に地すべり地形・崩壊地形が存在する時は，降下速度を落とす。
	・観測計器の異常値	・異種計器間（間隙水圧計と土圧計など）における相関性のチェック ・コア部の土圧の未発達（土圧計の設置状況の再確認，隣接の間隙水圧計の確認，フィルター部の突っ張り）
	・湛水後漏水量と想定漏水量のギャップ	・漏水を全てキャッチできる構造となっているか確認（漏水量観測系統の確認） ・ドレーンや隔壁の施工の評価 ・基底漏水量の正確な把握（雨量チェック）
その他	・ダム軸の選定	・調査・全計段階での十分な比較検討 ・他の候補ダム軸についての，ボーリングや弾性波探査等の調査状況と評価結果。
	・洪水吐の位置や構造	・地質状況，地山への追い込みや法面対策，施工性，経済性等を総合的に検討して決定すべき。 ・洪水吐背面にリムグラウトラインを配置する場合の洪水吐構造の検討（揚圧力対策等）
	・ダム貯水池周辺の地すべり地形，崩壊地形に関する対策工法	・すべりや崩壊特性の定性的・定量的調査の実施（危険度評価方法の統一化） ・地山の特性に応じた対策工の実施
	・コンクリートダム温度規制計画	・養生方法，クーリング方法の検討。 ・短期，中期，長期問題への対処 ・FEM温度応力解析の実施
	・嵩上げ工法の検討	（コンクリートダム） ・基礎地盤の評価と旧堤の安定性 ・旧堤コンクリートの物理定数及び中性化の程度の把握 ・旧堤のハツリや段切り時の安定性及び処理工法の検討（フィルダム） ・旧堤の評価 ・旧堤フィル上への転圧効果

## 6. 今後の農業用ダムの建設において取り組むべき課題

近年の公共事業を取り巻く状況変化のなかで，農業農村整備事業において農業用ダムの建設を進めるに際して，取り組むべき主な課題を以下に取りまとめる。

### (1) ダム建設における適正な事業費の設定とコスト縮減の取り組み

農業農村整備事業では，従来より毎年度事業管理を行って実施状況を確認し，必要に応じて計画変更を行うなどの対応を取ってきているが，ダムを含む事業を推進する場合，ダムの事業費が全体事業費に占める割合の大きい地区がほとんどであり，ダム事業費の変動（増嵩）が事業管理に大き



図一11 ダム事業費増嵩抑制の取組み事項 (案)

な影響を与えてきた。このような状況下で、平成10年度より「事業の再評価システム」が導入されたことに伴い、一層の事業執行の効率性の確保が求められており、適正なダム事業費を設定した上で事業費抑制を図り、円滑に事業を推進することが、今後ますます重要となってきた。

また、平成9年4月に閣議決定された「公共工事コスト縮減対策に関する行動方針」に沿って策定された「農業農村整備事業のコスト縮減計画」に基づき、より一層の適性かつ効率的なコスト縮減が求められているなか、事業費シェアの大きいダム工事についても、合理的なコスト縮減対策を検討する必要がある。

上記の点を踏まえダム事業費増嵩抑制のための取組むべき事項の骨格(案)を図一11に示す。

## (2) ダムの再整備に関する取組み

農政の最大の目標である国内食料供給力の確保を図るためには、22兆円もの資産価値があるとされている農業水利資産の計画的かつ機動的な整備更新を通じて、全国に広がる優良農業地域を持続的に保全確保する必要がある。この対策のひとつとして、平成10年度に食料供給広域基盤確立対策の制度が創設され、ダムを含む基幹的な水利施設の円滑な再整備の推進が実現することとなった<sup>7)</sup>。

一方、戦後の食料増産の過程で数多く築造された長期供用のダムは、近い将来更新の時期を迎え、嵩上げや補修・改修を含む再整備の要請が増してくるものと予想される。そのため、創設された制度を活用しながらこれらの要請にこたえるために

も、現況のダム施設の評価手法の確立など、円滑なダム施設の再整備を進めていくための技術的な各種課題を一つずつ整理し、必要に応じた研究開発の推進についても努めていかななければならない<sup>8)</sup>。

## (3) 環境に配慮した事業の取組み

大規模構造物であるダム建設を進めるに当たっては、従来より種々の環境への配慮がなされてきたところであるが、環境基本法(平成5年)や環境影響評価法(平成9年)の制定に見られる「環境」に対する関心の高まりの中、今後一層取組みを強化していく必要がある。

大規模なダム事業では、環境影響評価法(施行は平成11年6月)に基づき環境アセス手続きが必要となる(必ずアセス手続きを実施する一種事業:湛水面積100ha以上のダム、アセス手続きを実施するかどうか判断する二種事業:75ha以上100ha未満のダム)。

また、環境影響評価法の制定を受けて、昨年12月までに17の都道府県で条例が制・改定され、引き続き他の府県でも条例制定の動きがあることから、これらについても十分な対応が必要である。特に、条例では、アセス対象事業や面積要件が小さくなっているなど実施要件が法アセスと異なっている場合があるため、ダム事業の推進に当たっては各地の条例内容と必要な手続きを確認する必要がある。

一方、農業用ダムは、冒頭に記したとおり、農業用水の確保のみならず豊かな水辺空間の提供な

表一 平成10年度全国直轄ダム工事課長等会議論点整理表（テーマ：ダム工事費増嵩抑制）

課 題	対 応 方 針
1. 適正な事業費積算のための方策	① 必要な調査の確実な実施 ② 全体実施設計チェックリストの充実（着工前の設計チェックリストの充実） ③ 調査・設計のノウハウ、着工後の課題、積算実績等の地区調・全計時点の事業費積算へのフィードバック ④ 不確定部分を勘案した事業費の検討
2. 事業費積算の精度を高め、 或いは、コスト縮減に取り 組むための支援対策	① 局～技術事務所一体となった審査体制の強化 ② 技術的なチェック体制の整備（局内技術審査体制（ダム委員会幹事会等）の充実） ③ 調査・設計ノウハウ、積算実績、コスト縮減対策等関連情報のデータベース化 ④ 技術者のネットワーク化 ⑤ 人材育成・技術力強化対策（コスト縮減を推進できる技術力）
3. 着工後の円滑な事業執行の ための方策	① 着工引き継ぎの徹底 ② 着工後の計画部局との（定期的な）連絡調整 ③ 現場条件等を勘案した（固定観念にとらわれない）柔軟な設計・河川協議の対応

ど地域の資産としての多面的な機能を有していることから、ダムを建設することで新たな環境空間を創出するとの観点での「水辺環境整備」等に関する取組みについても推進して行く必要がある。

#### おわりに

ダム建設に当たっては、その施設の重要性、技術的難易度の高さから、調査、設計、施工、管理の各段階において、広範な知識や高度な技術力を駆使することが要求される。したがって、「ダム」に関する課題やその対応策、また、建設に当たっての種々の取組み等は、単に「ダム」に対してのみならず農業農村整備事業全体にもあてはまるものと考えられる。

前述のように、昨年10月に全国直轄ダム工事課長等会議が開催され、「ダム事業費増嵩抑制」をテーマとして様々な角度から検討が行われた。参考として表一4に同会議の論点を整理するが、当該課題はダムに限らず、他の工事や事業にもあてはまるものである。

21世紀の到来を目前としている今日、ダムをはじめとする水利施設の整備のみならず、地域の整備や活性化に関して、私ども一人一人の力の結集が極めて重要ではないでしょうか。本報文が、ダム担当者のみならず現場の一線で活躍されている

農業土木技術者に対して少しでもお役に立てれば幸いです。

#### 参考文献

- 1) 農林水産省構造改善局事業計画課，設計課海外土地改良技術室，「水と大地の恵みを永遠に」～新世紀の農業農村整備政策の提言～(H10.12)，P160
- 2) 農林水産省構造改善局事業計画課，設計課海外土地改良技術室，「水と大地の恵みを永遠に」～新世紀の農業農村整備政策の提言～(H10.12)，P146
- 3) 日本ダム協会，「ダム年鑑」(1998年版)，P596
- 4) 構造改善局設計課編集，農業用ダム台帳(1996)
- 5) 農業土木技術研究会，農業土木技術の変遷(H7.12)，P58～P60
- 6) 勝俣昇著，農業土木'50～'80ダム技術の歩み，水と土第40号
- 7) 室本隆司，農業土木技術研究会，平成10年度研修会テキスト(H11.2) P1～12，「農業水利施設の整備の展開方向」
- 8) 渡辺博之，(財)日本農業土木総合研究所，JIIDレポート(1998.10) P39～58，「長期供用農業用ダムに係る再開発と機能現況評価に係る一考察」

# 嵩上げダムの調査と設計

金屋敷 章 裕\*  
(Akihiro KANEYASHIKI)

## 目 次

1. はじめに .....	32	5. 地形・地質の概要 .....	35
2. 沖美地区の概要 .....	32	6. 三高ダムの設計 .....	36
3. 三高ダムの調査 .....	32	7. おわりに .....	41
4. 既設ダムの概要 .....	35		

## 1. はじめに

県営畑地帯総合整備事業（担い手育成型）沖美地区は、平成4年度から県単独調査により地質調査を開始し、平成7・8年度には全体実施設計を行い、平成9年度に着工採択され、現在に至っている。基幹水利施設である三高ダムは、既設ダムを再開発し増加させた貯水量を農業用水として利用する計画で、平成11年秋の着工を目指し現在詳細な施工計画等を検討中である。

本報告は、嵩上げによるダムの再開発工事を計画している三高ダムの調査と設計についてとりまとめたものである。

## 2. 沖美地区の概要

畑地帯総合整備事業（担い手育成型）沖美地区の受益地は、広島市の南南西約19kmの瀬戸内海に浮かぶ西能美島に位置し、優良な花卉・野菜・柑橘の産地である。しかし瀬戸内海式気候に属し降水量が少ないため、安定した農業用水源が熱望されている地域である。

そこで、沖美町三吉の既設重力式コンクリートダム（三高ダム）を嵩上げし、増加させた貯水量を農業用水として沖美町内の170haの農地にパイプラインにより送水するとともに、急傾斜地農地内に等高線状道路を整備することにより、受益地内の効率的な農産物等の輸送と、天候と関係なく農業用水の使用が可能となり、高品質・高生産性の団地が形成され、担い手農家の経営安定とさら

なる規模拡大のための農業生産基盤を総合的に整備する計画である。

表-1・図-1に事業概要・主要工事概要を示す。

## 3. 三高ダムの調査

### 1) 調査概要

本地区の調査概要を表-2に、調査ボーリング・調査横坑の配置を図-2に示す。

今回のダム再開発の調査に当たり、既往設計資料等が無いため特に注意した既設堤体とその基礎岩盤の調査については、つぎのとおり。

#### a) 既設堤体の調査

##### ア) ダムの形状等

地表面については、横断測量により天端幅・上下流面の法勾配等を測定した。

地中部は、20～40mの格子状に配置した調査ボーリングの中間点等に10～20mの短いボーリングを実施し、着岩高を計測した。

表-1 事業概要・主要工事概要

事業概要	事業主体	広島県
	関係市町村名	佐伯郡沖美町
主要工事	受益面積	畑かん 170ha(田:10ha,畑:160ha) 農道 57ha(田:-ha,畑:57ha)
	畑かん	ダム 重力式コンクリート:1カ所 パイプライン 幹線:2系統・L=2,605m 支線:3系統・L=15,900m 分水嘴・ファームポイント 各2カ所
	農道	L=4,270m(全幅員 5.0m,有効幅員 4.0m)

\*広島県広島農林事務所沖美農業水利改良事業所

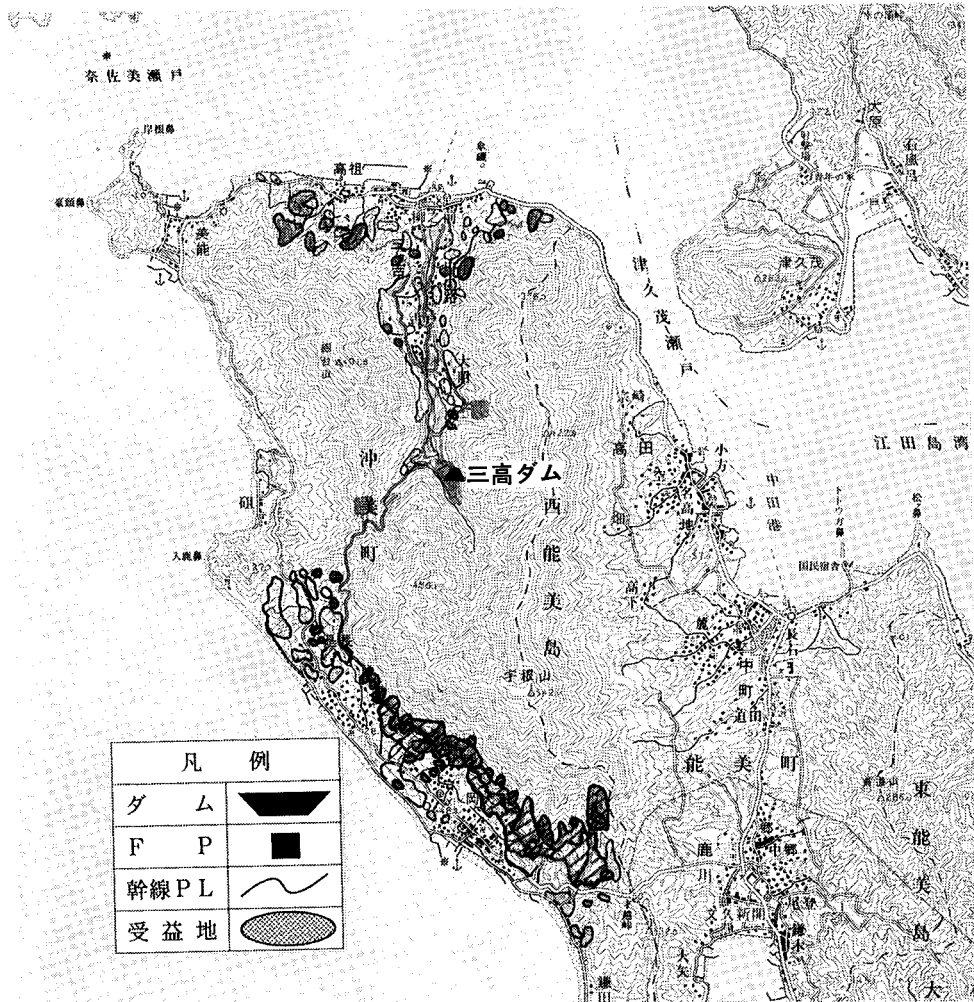


図-1 一般計画平面図

イ) ダムコンクリート

① コア観察

堤体内部の老朽度・継ぎ目の状況・空洞等の有無・骨材の状況を把握するため、斜めボーリングを含む各調査ボーリングの十分なコア観察を実施した。

② 孔内試験

変形性について孔内水平載荷試験を行った。

③ 物理探査

堤体内の空洞等を把握するため、調査孔等を利用し、物理探査（弾性波トモグラフィ等）を実施した。

④ 室内試験

強度試験に用いる供試体は、ボーリング

コアから作製した。

骨材の影響をできるだけ排除するため、 $\phi 125\text{mm}$ のコアが採取可能な $\phi 146\text{mm}$ のボーリングを最大断面部で実施した。

室内試験の内容はつぎのとおり

- ・密度試験（自然・乾燥・湿潤）
- ・吸水及び有効間隙率試験
- ・超音波伝搬速度測定（自然）
- ・静ポアソン比測定（ $\phi 146\text{mm}$ のみ）
- ・圧縮強度試験（ $\phi 66\text{mm}$ のみ）
- ・引張強度試験（圧裂）

⑤ 現地調査

現地測量時に、既設堤体下流面の状況を観察するとともに、漏水箇所について調査し、展開図を作成した。

表-2 三高ダムの調査

項目	数量	概要	
地表地質踏査 ダムサイト	9ha	地質平面図(1/500)の作成	
〃 貯水池及びその周辺	0.9km <sup>2</sup>	地質平面図(1/1,000)の作成	
調査ボーリング	52孔 1,832.1m	含ルジオンテスト・孔内水平載荷試験	
地質	ボーホールカメラ観察	1式 現堤敷部・岩着面・接触面の観察	
物理探査	弾性波探査	5測線 690m 縦断面×2, 横断面×2	
	弾性波トモグラフィ	5測線 既設堤体, 基礎地盤: 縦断面・横断面×2	
	電磁波探査	2測線 既設堤体: 堤頂及び中心部	
室内岩石試験	既設堤筋コンクリート	30検体	ポアソン比測定, 引張試験(圧裂), 超音波速度, 吸水・有効間隙率, 密度等
	基礎岩盤	20検体	1軸圧縮試験, 引張試験(圧裂), 超音波速度測定, 吸水・有効間隙率, 密度等
	薄片観察	7検体	偏光顕微鏡観察
	調査横坑	2所 100m	貫入岩の状況確認, 基礎岩盤の目視確認
岩盤変形試験	7点	平板載荷試験 S1(3所), Gr(3所), Gp(1所)	
	せん断試験	14点	ブロックせん断試験 S1(6所), Gr(6所), Gp(2所)
	地質総合解析	1式	
	基準点・水準点測量	1式	3級基準点測量, 3級水準測量
測	平面図作成	1式	ダムサイト: 1/500 (実測) 貯水池敷地とその周辺: 1/1,000 (航測)
	深淺測量	1式	貯水池内
断面測量	1式	縦断面, 横断面	

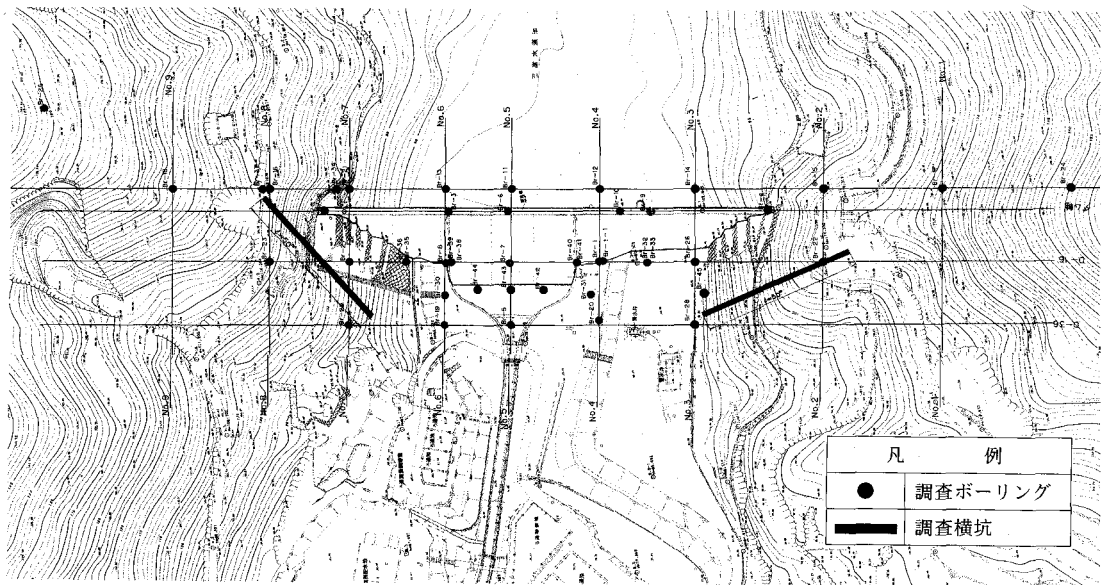


図-2 調査計画位置図

⑥中性化試験

ボーリングコアを割裂させ、フェノールフタレイン液を直接吹き付け、発色により確認した。

ウ) 堤体に作用する揚圧力

最大断面部について、掘削した調査孔の着岩高に間隙水圧計を設置し、継続的に測

定している。

b) 既設堤体基礎岩盤の調査

ア) 調査ボーリング

調査点数を追加するため、堤体形状を把握するために行った短いボーリングを着岩後5~10m程度実施した。

#### イ) 孔内試験

着岩部の状況を把握するため、ルジオンテストについて試験区間を3m(コンクリート1m・岩2m)とした。

#### ウ) 物理探査

孔間の状況を補完するため、調査孔等を利用し、直接波を利用する弾性波トモグラフィを実施した。

#### オ) コア観察

特に着岩後10mまでは詳細な観察を実施した。

#### カ) ポアホールカメラ

着岩部・基礎岩盤の亀裂状況等を確認するため実施した。

#### キ) 調査坑・原位置試験

調査立坑の施工を検討したが、調査時にはダムを空虚とすることができず、止水性の確保等施工が非常に困難であるため、実施しなかった。ただし、調査横坑の実施に当たり、既設堤体基礎岩盤のコアと酷似したコアの確認された地点を選定した。また、原位置試験はこの地点を中心に実施した。

### 4. 既設ダムの概要

既設ダムは、昭和18年に旧海軍兵学校の水道用水源として築造された。第2次世界大戦後は、アメリカ軍による接收などを経て、現在は江能広域事務組合により上水道水源として江田島能美地域の貴重な水源として管理され、ダム直下流には浄水施設が設置されている。

#### 1) 既設ダム諸元

- a) 形式：重力式コンクリート
- b) 堤高：34.65m(天端標高EL.102.65m)

- c) 堤長：142.0m
- d) 堤頂幅：2.0m
- e) 総貯水量：218,000m<sup>3</sup>
- f) 流域面積：2.3km<sup>2</sup>
- g) 満水面積：2.6ha
- h) 利用水深：14.0m

#### 2) その他

##### a) ダム形状

法勾配：上流面(1:0.08)

下流面(1:0.77(非越流部)  
1:0.84(越流部))

最大断面部の岩着高さはEL.70.0mでほぼそろっている。

##### b) コンクリート

強度・密度は特に問題なし。

内部に空洞等はなく、密実である。

老朽化は、表面のみで2cm程度(最大5cm)である。

##### c) 継目等

通水跡が一部みられるが大部分は問題ない。縦継ぎ目については、確認されていない。

##### d) その他

岩着面は密着し通水跡はない。

既設堤体に作用する揚圧力は、最大断面部の上流端でH/3程度である。

グラウチング等の基礎処理は未実施

現存する竣工図等施工実績を示す資料はない。

##### e) 再開発に対する評価

現堤体の嵩上げ使用については、問題ない。

### 5. 地形・地質の概要

#### 1) 地形

ダム計画地点は、広島市の南々西約19kmの瀬戸内海の西能美島に位置し、西～南西方向に安芸灘、北部は奈佐美瀬戸～広島湾、東部は津久茂瀬戸～江田島湾に面している。

西能美島は、中央部に宇根山(標高543m)から、ほぼ南～北方向へ東西に標高400～450mの尾根部が連なる山地からなる。この山地を東西に二分するように、木ノ下川が、ほぼ南から北へ流下しており、中流域からはやや広い谷底平地を形成しながら、瀬戸内海へ流れ込んでいる。

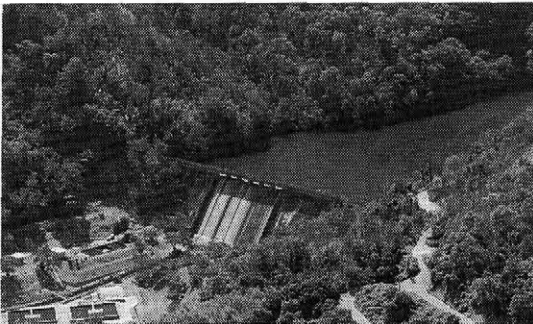


写真-1 既設三高ダム

2) 地質

ダムサイトを構成する基盤地質は、下位から中生代玖珂層群相当層の粘板岩、チャート、石灰岩およびこれに貫入する花崗岩類からなる。

粘板岩を主体とした堆積岩類は、後に貫入してきた花崗岩類のため、見かけ上は花崗岩類の（ルーフペンダントとして）上位に分布する。

花崗岩類には花崗斑岩、アプライト、ペグマタイトおよびひん岩の岩脈を伴う。

本地域の地質構成を、表-3に、ダムサイトにおける地質・透水性などは、表-4に示す。

3) 接触部・破砕帯の状況

貫入する岩脈は、粘板岩・花崗岩を貫き接触部を形成する。貫入は河川上下流方向で高角度(70~85°)なものが卓越する。各岩種における接触部の状況を表-5に示す。

また、ダムサイトには複数の破砕帯が認められるが、その多くは1m以下の小規模なものであり、

河川上下流方向で高角度(70~85°)なものが多い。

4) 岩盤等級区分

本地区では、田中による分類をもとに、各種要素を組み合わせて岩盤等級区分を設定した。このうち、基岩は堅硬であるが亀裂が多いため通常のCM級には含められないが、原位置試験等ではCM級の低位~中位の強度を示す岩盤を、CML級として分類する。

本地区の岩盤等級分類基準を表-6に示す。

6. 三高ダムの設計

1) ダムサイトの検討

本地域における新規水源開発方式としてダム計画が妥当であることを確認後、ダムサイトを3カ所選定し比較検討により、本ダムサイトに決定した。

2) ダム軸の検討(ダム嵩上げタイプの検討)

- ①上流側嵩上げ案, ②下流側嵩上げ案, ③新設

表-3 地質層序

年代	地質名	記 事
新生代 第四紀	造成土	三高ダム下流配水施設・三高ダム上流の一部に分布。シルト混じり砂礫~砂礫からなる
	沖積層	砂礫~シルト混じり砂礫。三高ダム上流・各支流沿いに分布。現河床堆積物・氾濫源堆積物
	崖錐堆積物	砂礫~シルト混じり砂礫(角礫主体)。山麓・山腹斜面部に分布
中生代	ひん岩	粘板岩・花崗岩・花崗斑岩をN10°W~N30°Eの方向に貫いて分布する。地表部では風化により粘土状を呈する
	花崗斑岩	主に三高ダム左岸側を、北北西~南南東方向に分布する。地表部に見られるものは堅硬なものが多い
	花崗岩質アプライト	右岸河床部よりに、粘板岩を脈状に貫いて分布する。地表部でも比較的堅硬なものが多い
	花崗岩	広島花崗岩類。三高ダム河床部及び左岸側に分布する。アバット部は風化が進行している
ジュラ紀	玖珂層群相当層	粘板岩を主体に砂岩・チャート及び石灰岩からなる。花崗岩類の貫入によりルーフペンダント状に分布する。ホルンフェルス化を受けていることが多い

表-4 ダムサイトの地質

項目	地質分布	岩盤状況	透水性
上流河床部及び堤体基礎地盤	河床部から左岸側では花崗岩及び花崗斑岩が分布する。断層等地質構造的劣化帯は認められない。ただし、花崗斑岩は亀裂に沿って流入粘土を認める。河床部右岸よりから右岸地山部は粘板岩と花崗岩の貫入接触部であり、さらにこれらに貫いて岩脈が発達し、これと調和的な幅広い岩盤劣化帯を形成する	水平方向に節理の発達したシーティングジョイントが広く分布する。これらは節理沿いにまさか進行し、CL級岩盤を主体とするが、部分的にCML級岩盤も存在する。	岩盤劣化部では限界圧が小さく、透水係数が大きい所もある。花崗岩部では岩盤の良好な所では透水性が小さいが花崗斑岩は縦方向の開口性亀裂が発達しているため、局部に透水性が大となる。
既存堤趾部	同上	堤趾部中央~左岸側にはシーティングジョイントが発達し、右岸側はクラッキーな岩盤状況を示す。いずれも変形係数は2,000kgf/cm <sup>2</sup> 程度でCL級岩盤と評価する。	堤体下10m深部間では、シーティングジョイントに伴うマサ化により10~20Luを示すが、それ以深は2Lu以下である。
左岸地山部	花崗岩が広く分布し、表層付近は風化によりマサ状を呈する。風化帯は地表から15m程度である。またペグマタイト・アプライト脈の他にひん岩脈を伴う。	D~CL級岩盤が表層15.0mまで分布し、その下位にはCM級岩盤が広く分布する。大規模な岩盤劣化帯は認められない。	地山の透水性は2Lu以下を比較的浅い所(F.W.L以上)で確認している。地下水位は概して貯水位より低いが、降雨により著しく上下する。
右岸地山部	地山表層部には粘板岩が露出しているが、その深部には花崗岩が分布している。これら花崗岩質アプライト、花崗斑岩およびひん岩が貫入し、その後の断層により岩盤劣化帯が形成されている。また、粘板岩は緩みが生じ、流入粘土が認められる。	岩盤劣化帯はCL~CML級岩盤を主体としCML級岩盤は地山深部に存在している。右岸地山部で確認された低速度帯はこの岩盤劣化帯を抽出したものである。	Br-18孔で実施したボーリングでは河床付近まで10~20Lu以上の透水性を示し、全体に右岸地山部での透水性は高い。ただし、Br-25孔では設計洪水水位浅に実用上の不透過層(1~2Lu以下)を確認している。地下水位は地山なりに上昇せず、貯水位より低いレベルに位置している(F.W.L以下)。
下流河床部	河床部から左岸側では花崗岩が広く分布しており、地質構造的弱線は認められない。ただし、右岸河床側に分布する粘板岩と花崗岩・ひん岩および花崗斑岩との接触部に岩盤劣化帯を伴う	被覆層の下位10m程度にCM級岩盤が分布する。上下流断面と比較して堅固線がもっとも浅い所に求められる。	局部的に10Luを越えるが、その他は2~5Lu以下である。



表-5 各岩種における接触部の状況

		貫入岩石					摘要
		粘板岩	花崗岩	アブライ	花崗斑岩	ひん岩	
被貫入岩石	S l	/	○	○	△	×	○：接触部密着 △：接触部粘土を挟在するが、鉱脈・破砕等は伴わない ×：接触部粘土を挟在し、鉱脈・破砕等を伴う -：本ダムサイトでは接触部未確認(存在しない)
	G r	-	-	○	-	×	
	A p	-	-	-	-	△	
	G p	-	-	-	-	○	
	P o	-	-	-	-	/	

表-6 三高ダムの岩盤等級分類基準

種別	ボーリング	露頭・横坑			RQD		原位置試験		シュミット		設計値	
		コアの状態	硬軟の程度	風化変質の程度	割れ目間隔と状態	RQD(5)	RQD(10)	弾性波速度 (km/sec)	変形係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	静弾性係数 (kgf/cm <sup>2</sup> )	モヤリハンマー (kgf/cm <sup>2</sup> )	粘着力 (kgf/cm <sup>2</sup> )
B	棒状コアで50cm以上で採取される	新鮮, 堅硬	概ね新鮮で、割れ目沿いに一部弱い変質	割れ目間隔50cm以上								
CH	長柱状で、概ね20cm以上で採取される	堅硬 ハンマーで金属音を発する	岩石は淡褐色を帯びている 変色は弱い	割れ目間隔は20~50cm 割れ目沿いに一部うすい 酸化鉄が付着、割れ目は密着する	RQD(5) 80(60-90)	RQD(10) 70(50-80)	3.8~			62 (45~70)		
CM	短柱状コアで長さ5~20cmで採取される	ハンマーで軽い金属音から濁音を発する。一部はハンマーの打撃で割れる	黒雲母・長石は若干の変質が認められる	割れ目間隔10~30cm 割れ目沿いに頻繁に薄い酸化鉄が付着。表面部の割れ目は密着する	RQD(5) 60(40-85)	RQD(10) 45(20-75)	1.8~3.8	15,000 (7,000~21,000)	23,000 (14,000~35,000)	<4> (22~68)	39	17 45
CM1	長さ5cm以下の岩片状、あるいは、長さ2~3cmの円盤状を呈する	ハンマーの中打で濁音を発する。水平節理の発達する部分、ハンマー先端で表面に傷をつけることができる。掘削ズリは岩片状になる	節理沿いに風化が進行し、黒雲母は黄金色化を呈する 長石は変質して白濁化する	割れ目間隔5~20cm 水平節理の発達する部分の割れ目間隔は2~3cm	RQD(5) 21(5-30)	RQD(10)	1.6~2.0	5,800 (1,600~10,000)	11,000 (5,500~16,000)	33 (10~48)	11	38
粘板岩	岩片状~短柱状で5cm以下のコアを主体とする。(一部離れ状も含まれる)	ハンマーの中打で軽い金属音を発する。岩片自体は硬質で、掘削ズリは岩片状になる	割れ目沿いに風化が認められ、雲母は変質して黄金色化を呈する	割れ目間隔5~20cmで割れ目は開口しており、流入粘土を挟在する	9(0-30)	RQD(5) 5(0-10)	0.7~2.0	1,300 (700~2,000)	3,500 (3,000~4,000)	16 (10~20)	4	30
CL	軟質な離れ状コアまたは水平節理の著しく発達した1~2cmの円盤状コア	ハンマーの軽打で割れる硬さを基準とする。各粒子は硬いが掘削ズリは砂状となる。鉱物間の結合度はやや弱い	黒雲母の大半が黄金色化し、長石も風化変質が激しい	割れ目がやや不明瞭な部分の割れ目間隔は、見かけ上長い。水平節理の発達する部分は1~2cm以下で節理沿いにマツ化	0		~0.9					
D	砂状~粘土状コアが主体	ハンマーの先端で容易にくずれる	雲母・長石の結晶形は失われる	風化により割れ目は消失する								

案の3案について比較検討し、ダム構造上の安定性・施工性・下流の上水道施設への影響・経済性を総合的に判断し、下流側嵩上げ案を採用した。

なお、嵩上げ案の場合既設堤体直下岩盤と新設部岩盤との間に不均一な部分が生じるため、安定解析にはFEM(2次元モデル)を用いた。これにより上流側嵩上げ案は、堤趾部に局所せん断摩擦安全率2.0未満の部分の存在が判明したため、置換コンクリートを追加した。下流側嵩上げ案については、問題はない

表-7にダム軸比較表を示す。

3) 嵩上げダムの設計

以下に今回嵩上げダムの設計に当たり特に配慮

した点を中心に紹介する。

a) 堤体の設計

ア) 堤体の安定設計

通常の3条件(上流面の引張応力の発生なし・Hennyの式でせん断摩擦安全率4以上・堤体内部応力OK)の計算時に次の点を考慮する。

計算に当たっての前提は、つぎのとおり。

①新旧コンクリートの物性値は考慮しない

②新旧コンクリートは一体とし、剛体力学的に扱う

また、ダム工事中は、貯水池を空虚とす

表-7 ダム軸比較表

検討項目	上流側嵩上げ案	下流側嵩上げ案	新設案
標準断面			
構造上の安定性	B 既設横継目に確実な止水が可能 常時堤体下面に引張応力が発生 十分な温度応力対策が必要	A- 上流側の止水対策が必要 特に問題なし 十分な温度応力対策が必要	A 特に問題なし 信頼度は最も高い
施工性	B 既設堤体処理が必要 既設堤体を考慮した施工が必要 既設堤体越しのCo打設となる	A- 既設堤体処理が必要 既設堤体を考慮した施工が必要 コンクリート打設効率はよい	A 既設堤体除去が必要 特になし コンクリート打設効率はよい
上水施設に対する影響	A- 比較的短期間施工が可能	A- 比較的短期間施工が可能	B 施工期間は比較案中最長
経済性(ダム本体にかかる直工)	A (3,327百万円;99.8%)	A (3,332百万円;100.0%)	B (4,614百万円;138.5%)
その他	B 日本での施工実績なし	A- 日本での施工実績多	B+ 大量の産業廃棄物が発生
総合評価	△	○	△

るが、現況堆泥水を考慮し、現況堆泥位のEL.88.0mまでの静水圧・泥重・揚圧力等を計上し、垣谷博士の嵩上げ公式を適用する。

垣谷博士の嵩上げ公式の考え方については、図-3のとおり

揚圧力については、基礎排水孔を下流監査廊から既設堤体基礎岩盤中にドレーンボーリング等により設置するが、既設ダムの設計資料はなく既設着岩高はボーリング等で部分的に確認されたのみであり不明確で、かつ、斜めボーリングであるため、所定位置への施工が難しく確実性が劣り、基礎排水孔の効果の確実性に疑問が残るため、基礎排水孔の効果の及ばない断面で設計する。

上流端の揚圧力は上流側水圧と下流側水圧の差の1/3に下流側水圧を加えた値とし、下流端は下流側水圧の値(各水位での減勢工内最高水位)とする。

図-4・5にダム計画図を、表-8に計画ダム諸元を示す。

イ) コンクリート配合の検討

示方配合は「ダムコンクリート配合試験・解析業務」として現在実施中配合区分については図-6のとおり

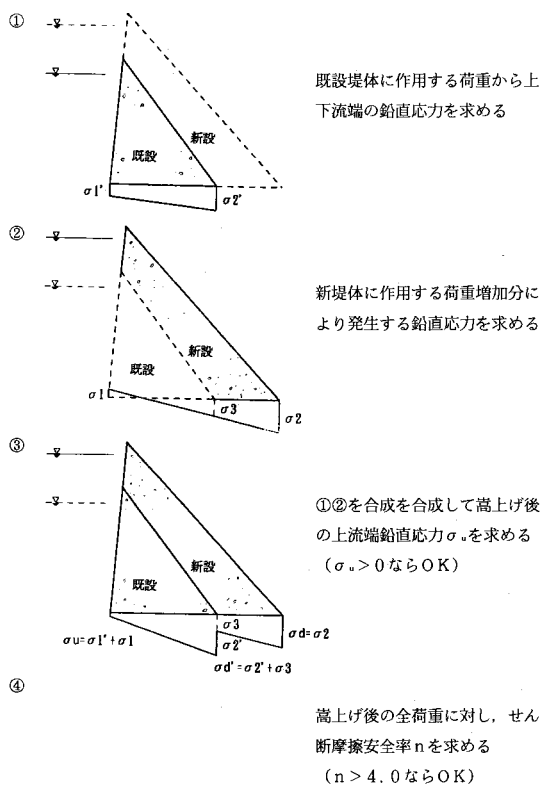


図-3 垣谷博士の嵩上げ公式

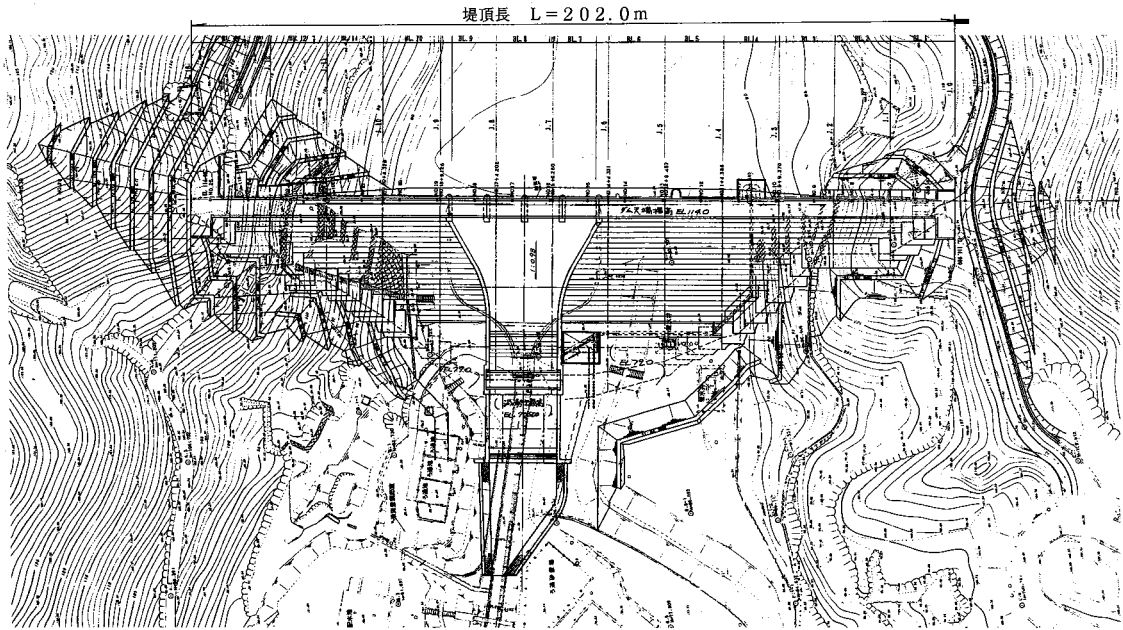


図-4 ダム平面図

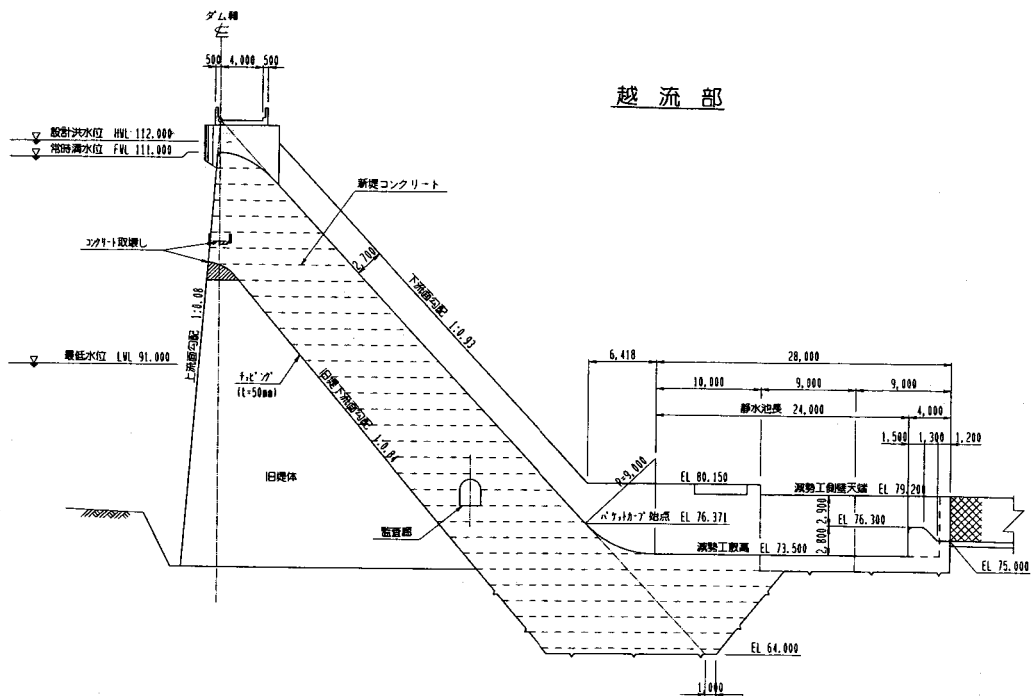


図-5 ダム標準断面図

ウ) コンクリートの温度規制の検討

本ダムはかさ上げを行うため、温度応力に対する検討については特に重要な課題であり、FEM(2次元モデル)により解析を

実施した。

b) 基礎処理

ア) コンソリデーショングラウチング

既設堤体基礎岩盤へのグラウチングは、

表-8 計画ダム諸元

ダム	河川名	一水系 木ノ下川(鶴瀬川・砂防地区)
	位置	佐伯郡沖美町三吉
	形式	重力式コンクリート
	堤高	44.0m
	堤頂長	202.0m
	堤頂幅	4.0m
ム	堤体積	121,000m <sup>3</sup> (内新設:77,000m <sup>3</sup> )
	ダム天端標高	E L. 114.00m
貯水池	地質	花崗岩・粘板岩
	流域面積	2.3km <sup>2</sup>
	満水面積	4.6ha
	総貯水容量	584,000m <sup>3</sup>
	有効貯水容量	554,000m <sup>3</sup>
	堆砂容量	30,000m <sup>3</sup>
	設計洪水位	E L. 112.00m
水吐き	サーチャージ水位	E L. 111.92m
	常時満水位	E L. 111.00m
	最低水位	E L. 91.00m
	利用水深	20.00m
洪水吐き	形式	自由越流式
	設計洪水量	6.5m <sup>3</sup> /S
	越流堰長	33.6m
	静水池	幅:18.0m×長:24.0m×深:2.8m
取水設備	形式	堤体設置形式(取水塔)
	方式	多孔式
	農業用取水量	Q <sub>max</sub> = 0.1635m <sup>3</sup> /S
	取水口径	φ300mm×4 + φ800mm×1

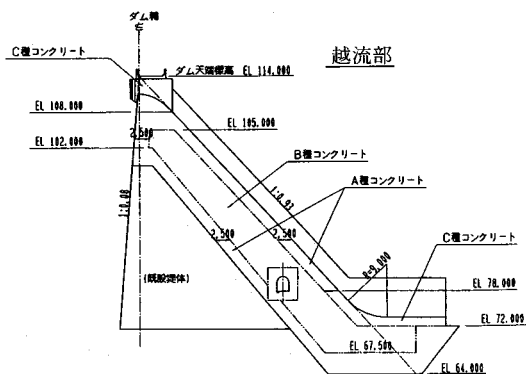


図-6 ダムコンクリート配合区分図

下流河床部掘削前に既設堤体上から鉛直に5m格子配置で岩着後5m実施し、掘削時の既設堤体安定の効果もあわせて期待する(安定計算上はカウントしない)。また、既設堤体基礎岩盤部については、全孔終了後、改良状況の確認と岩盤情報の採取のためチェックボーリングを実施する。

新設部は、堤体コンクリート打設後、打

設コンクリート上から鉛直に5m格子配置で岩着後5m実施する。

改良目標値は、既設堤体部・新設部ともに5Lu(非超過確率85%以上)とする。

イ) カーテングラウチング(リム含む)

既設堤体部は既設堤体天端から、新設部は上流フーチング部から施工する。

改良目標値は、既設堤体部・新設部ともに2Lu(非超過確率85%以上)とする。

既設堤体下流面の漏水を止水するため既設堤体内もグラウチングを実施する。

孔配置は、2列で計画する。

ウ) 基礎排水孔

基礎排水孔は、排水孔の効果を考慮した場合の陽圧力で堤体の安定が確保できる位置へ計画する。

基礎排水孔の先端は基礎岩盤状況を考慮し、コンソリデーショングラウチングの施工範囲内とする。

施工は、新設監査廊から上流下方25°の角度でドレーンボーリング等により行う。

c) 監査廊

既設堤体には監査廊は設置されていないが、計画ダムの新設部分に維持管理施設として設置する。

ア) 設置位置の考え方

- ・導水された水の、下流への自然排水が可能な高さとする。
- ・基礎岩盤からの距離は、他地区事例から最小2mを確保する。
- ・既設堤体下流面からの距離は、コンクリート締固め等の施工性を考慮し、最小3mを確保する。

イ) 形状

一般的な幌型(上方半円下方矩形)を採用する。

d) その他付帯構造物

ア) 継目工

嵩上げ部分の横継ぎ目間隔は、既設堤体と同じとし、新設部分は1.5mとする。

イ) 止水板

既設堤体下流面の横継ぎ目から漏水が確認されるため、既設堤体上から横継ぎ目にφ300mmのボーリングを実施後、伸縮性材料

であるアスファルトを充填し、既設堤体内の止水板の改良を行う。

また、新旧堤体打継ぎ目止水板として、既設堤体天端に縦断方向にステンレス板を設置する。

新設部については、一般的な主（ステンレス）副（塩化ビニル）止水板を設置する。

ウ) 継ぎ目排水孔

新設部については、副止水板の下流0.5mの位置にコンクリート半割管（φ150mm）を設置し、塩ビ管等により監査廊に導水後、堤体外へ排水する。

新旧堤体の打継ぎ目についても、横継ぎ目部にコンクリート半割管（φ150mm）を設置し、監査廊に導水導水後、堤外へ排水する。

図-7に新旧堤体接合部の詳細を示す。

e) 既設堤体取り壊し範囲

ア) 取り壊し

取り壊しの対象部分の考え方は次のとおり

- ①断面厚さの薄い部分
- ②角部・断面急変部等応力集中の懸念部分
- ③老朽化または品質の悪い部分
- ④堤体基礎となる部位に存在する部分
- ⑤既設堤体がC L級岩盤に乗座しており、この部分を既設堤体を取り除き処理ができる部分

図-8及び表-9に既設堤体取り壊し範囲を示す。

イ) はつり

既設ダム嵩上げ部の新旧コンクリートの打継ぎ面については、既設ダムコンクリートは、表面の2～5cm程度の老朽化が認められることと、既設堤体外部コンクリートの最大骨材粒径が250mm程度であることからこの骨材をゆるめない程度の厚さと、施工性を考慮して、一律5cmのチップングを行う。

7. おわりに

三高ダムは平成11年秋の着工に向け現在各種作業をこなしている。施工時にはまた新たな課題が発生し、また我々を楽しませてくれるのではないかと期待している。

重力式コンクリートダムの嵩上げは、国内ではまだ事例が少なく、調査設計の手法について不明な点が多かった。そのうえ本地区の場合、既往の設計資料が無く、既設堤体基礎岩盤など施工時に直接確認できない部分の評価には非常に苦労した。ともすれば軽く扱ってしまいがちな掘削時の地盤情報や竣工図書等、精度のよい設計資料の保管・管理は重要であることを痛感した。

なお、増加する水需要に対し有望なダムサイトが不足しているとの情報や、戦後～高度経済成長

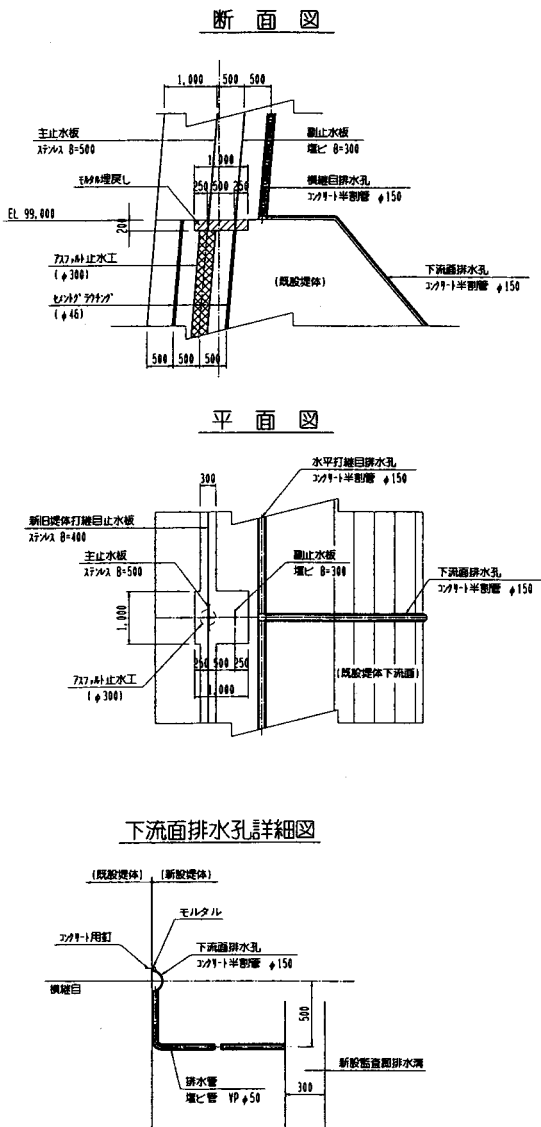


図-7 新旧堤体接合部詳細図

既設堤体下流面図

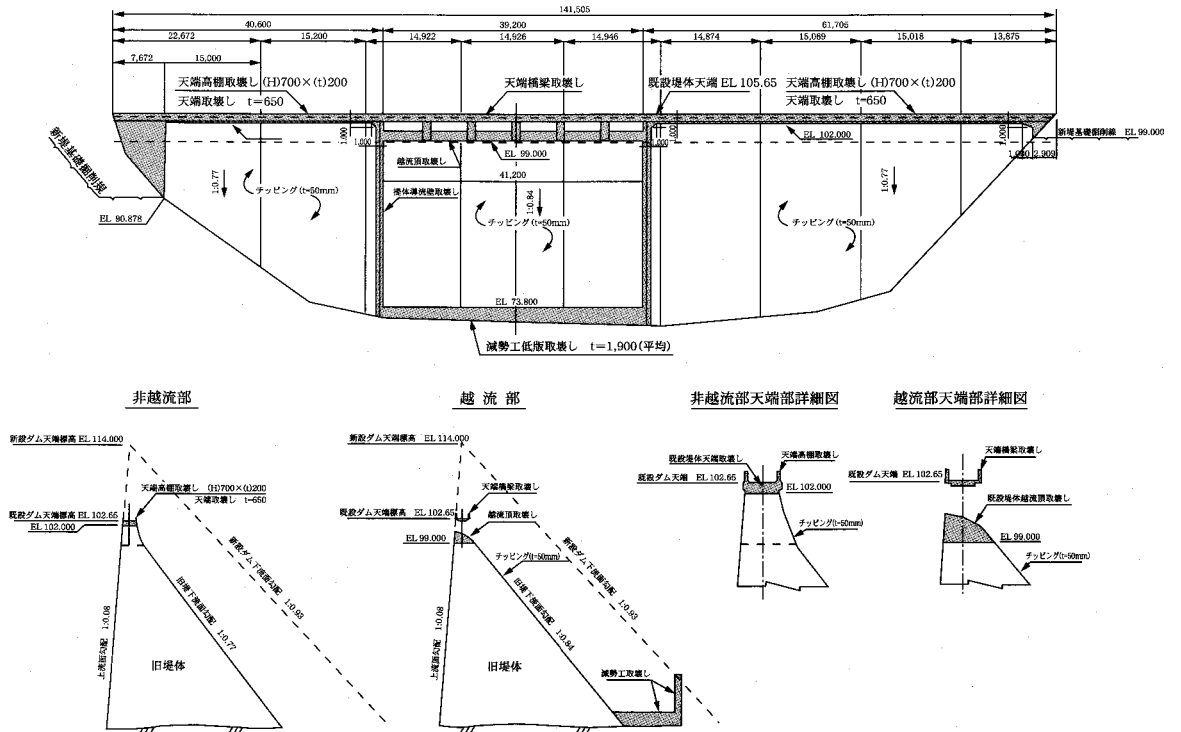


図-8 既設堤体取り壊し範囲

表-9 既設堤体の取り壊し範囲とその理由

取り壊し構造物	取り壊し理由
堰柱	①, ②, ③
天端高欄	①, ②, ③
導流壁	①, ②, ③
減勢工	①, ②, ④
越流部天端	③
非越流部天端	③
左右岸アバット部	⑤

期に建設されたダムの改修の時期が近づいているとの情報もある。本報告が、今後増加するであろうダムの再開発や改修時の参考となれば幸いである。

最後に、三高ダムの調査計画に当たり、三高ダム現地巡回相談会等で適切な助言指導をいただいた、東京農業大学の浅井教授・農工研の長束室長・農業土木総研の好光委員を始め、中国四国農政局計画部資源課・建設部設計課・土地改良技術事務所の方々には深く謝意を表し、本報告の終わりとしたい。

# 基礎地盤の変形係数の決定について

長尾 貴 司\*  
(Takashi NAGAO)

佐々木 浩\*\*  
(Hiroshi SASAKI)

草間 庸 元\*\*\*  
(Nobuyuki KUSAMA)

安田 賢 司\*\*\*\*  
(Kenji YASUDA)

林 学\*\*\*\*\*  
(Manabu HAYASHI)

新城 治\*\*\*\*\*  
(Osamu ARASHIRO)

## 目 次

1. はじめに .....	43	4. 変形係数についての考察 .....	47
2. 変形係数とは .....	43	5. おわりに .....	51
3. 変形係数を求めるための地質調査 .....	45		

### 1 はじめに

ダム基礎地盤の変形係数は、岩盤の耐荷性を示す尺度の代表的なものであり、堤体や基礎地盤の変形解析に不可欠である。この変形係数を評価するに当たり問題となるのは、平板載荷試験と孔内水平載荷試験による結果がかならずしも一致しないことにあり、これは載荷の条件、たとえば載荷面積や載荷面の形状、載荷の方法等が異なるためと考えられている。また、ダム基礎地盤の変形係数の決定にあたっての統一的な手法は示されておらず、各現場において多くの試行錯誤を繰り返して設計値を決定しているケースが多い。

ダムの安全確保には基礎地盤の変形係数の的確な決定が求められることから、完成及び、施工中の農業用のダムの地区事例について、①地質調査の実施状況、②平板載荷試験と孔内水平載荷試験の結果が岩級区分や試験調査深度などの要素により違いがあるのかどうか、③最終的な岩盤の変形係数は試験結果をどのように処理して決定しているのかについて検討を加え、変形係数決定についての考察を試みた。

### 2 変形係数とは

#### 2-1 変形係数と弾性係数

岩盤の変形特性を示す物性値には、変形係数と

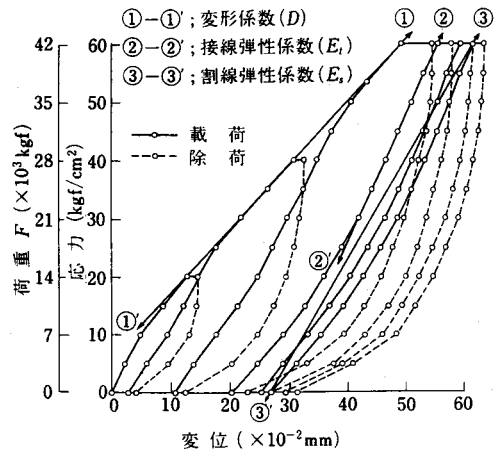


図 2-1 荷重-変位曲線<sup>2)</sup>

弾性係数があり、共に載荷試験における荷重-変位曲線から求められる。変形係数は、処女載荷時の荷重-変位曲線における直線部分の勾配、弾性係数は除荷時、繰返し荷重時の荷重-変位曲線の繰返し載荷部の接線の勾配をいう (図 2-1 参照)。

変形係数は節理や亀裂による岩盤の緩み等の影響を含んだ非弾性的変形特性を表すもので、利用目的でいえばダム築造時及び処女堪水時の応力、変形解析に用いられる。一方、弾性係数は、岩盤の弾性的変形特性を表すもので、ダムの水位の上下等の繰返し荷重による応力、変形解析等に用いられるものとなっているが実際にはほとんど例がなく、コンクリートダム等の岩盤評価の妥当性の検討に利用されている。一般的には、変形係数の方が弾性係数よりも小さい値を示す (表 2-1 参

\*東北農政局馬淵川沿岸農業水利事業所奥中支所  
 \*\*宮城県築館農林振興事務所農業農村整備部宿の沢建設出張所  
 \*\*\*関東農政局霞ヶ浦用水水利事務所  
 \*\*\*\*岡山県岡山地方振興局  
 \*\*\*\*\*九州農政局都城盆地農業水利事業所  
 \*\*\*\*\*沖縄県八重山支庁農業水産整備課

表 2-1 各岩盤等級区分から予想される物理定数の範囲<sup>2)</sup>

岩盤等級	岩盤の変形係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	岩盤の弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	岩盤の粘着力 (kg/cm <sup>2</sup> )	岩盤の内部摩擦角 (°)	岩盤の弾性波速度 (km/sec)	ロックテストハンマー反発度	孔内載荷試験による		引き抜き試験によるせん断強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
							変形係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	接線弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	
A~B	50,000以上	80,000以上	40以上	55~65	3.7以上	36以上	50,000以上	100,000以上	20以上
CH	50,000~20,000	80,000~40,000	40~20	40~55	3.7~3	36~27	60,000~15,000	150,000~60,000	
CM	20,000~5,000	40,000~15,000	20~10	30~45	3~1.5	27~15	20,000~3,000	60,000~10,000	20~10
CL	5,000以下	15,000以下	10以下	15~38	1.5以下	15以下	6,000以下	15,000以下	10~5
D									5以下

照)。

### 2-2 設計に用いる変形係数の値

変形係数とは、前述のとおり基礎岩盤の変形特性を表す物性値であり、ダム築造によって基礎岩盤の変位量を予測するために重要な設計値である。変形係数は、設計時には、別に実施した地質調査より得られた岩級区分と関連付けて使用される。つまり、地盤試験によって得られた各地点の変形係数の値と岩級区分とを照合し、ある範囲の地盤を代表する変形係数を、工学的判断に基づいて決定した上で使用するのである。

基礎地盤の変形係数を求める試験としてよく用

いられるものには、ボーリング孔を利用した孔内水平載荷試験、調査横坑を利用した平板載荷試験(ジャッキ試験)、原位置剪断試験がある。今回の収集した事例では、ほとんどが孔内水平載荷試験と平板載荷試験によっている。その方法は様々な手法で処理されており、詳しくは4で述べる。また、岩盤の分類方法は、一般にダム基礎の耐荷性の評価で表されるもので、農業用ダムにおいては菊池・斉藤による分類が多く用いられている<sup>1)</sup>。各岩盤等級区分から予想される変形係数等の物理定数の範囲を表2-1に、また、岩級区分と変形係数の関係を図2-2、岩級区分と静弾性係数の関係を図2-3に示す(いずれも文献<sup>2)</sup>)。これらか

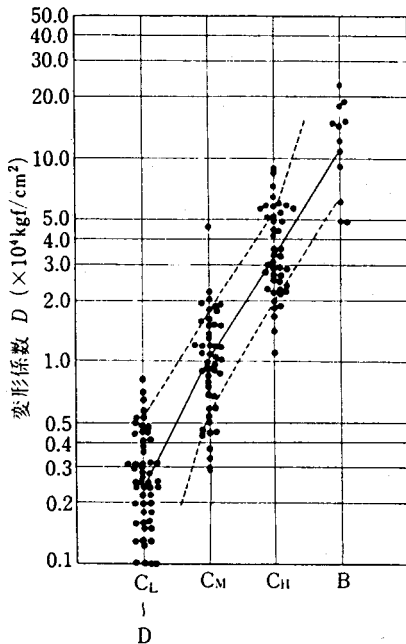


図 2-2 岩級区分と変形係数との関係<sup>2)</sup>

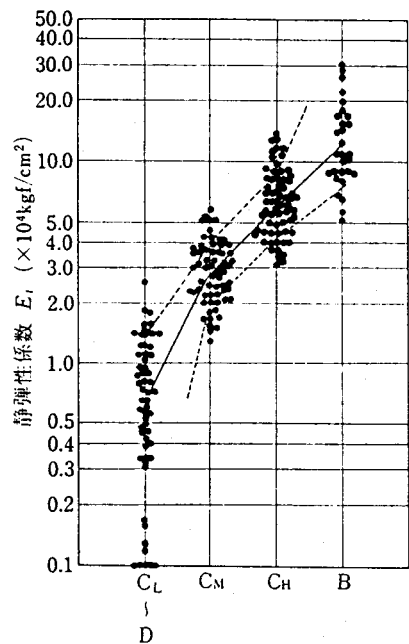


図 2-3 岩級区分と静弾性係数との関係<sup>2)</sup>



ら、同じ岩級区分であっても、変形係数と静弾性係数の範囲にはかなりの幅があること、孔内水平載荷試験と平板載荷試験では必ずしも結果が一致していないことがわかる。ただし、ここではD級岩盤とCL級岩盤は区分されておらず、フィルダムの設計で特に必要と考えられる軟質岩盤の区分が示されていない。また、実際の設計においては、岩盤への載荷方向の違い、載荷重の大きさの違い、あるいは、地質状態による岩級区分の判定の違いなどから一律にこれらの数値をあてはめることはできない。従って、これらの図表から得られる値はあくまで参考値として扱い、各ダムサイトにおいて、個々の要因あるいは特性を明らかにした上で、基礎岩盤の性状を的確に反映する設計値を決定する事が重要である。

### 3 変形係数を求めるための地質調査

#### 3-1 概説

変形係数を求めるに当たっては、地形学的調査を踏まえた地質調査を実施し、工学的に岩盤を分類する岩級区分の評価を行う。

その地質調査は各調査段階ごとに行い、調査する場所もダム地点・材料採取地・貯水池周辺とエリア別に分類し、全体を系列的に判断できるように計画的に実施することが重要である。特にボーリング、調査坑は岩盤の物性値を得る目的で実施する原位置試験の実施場所としても利用されるため、慎重に位置決定を行う必要がある。

図3-1に計画調査から工事実施設計までに変形係数を決定する一般的なフローチャートを示す。

#### 3-2 地質調査実施事例

ダムの地質調査計画を立案するにあたっては、

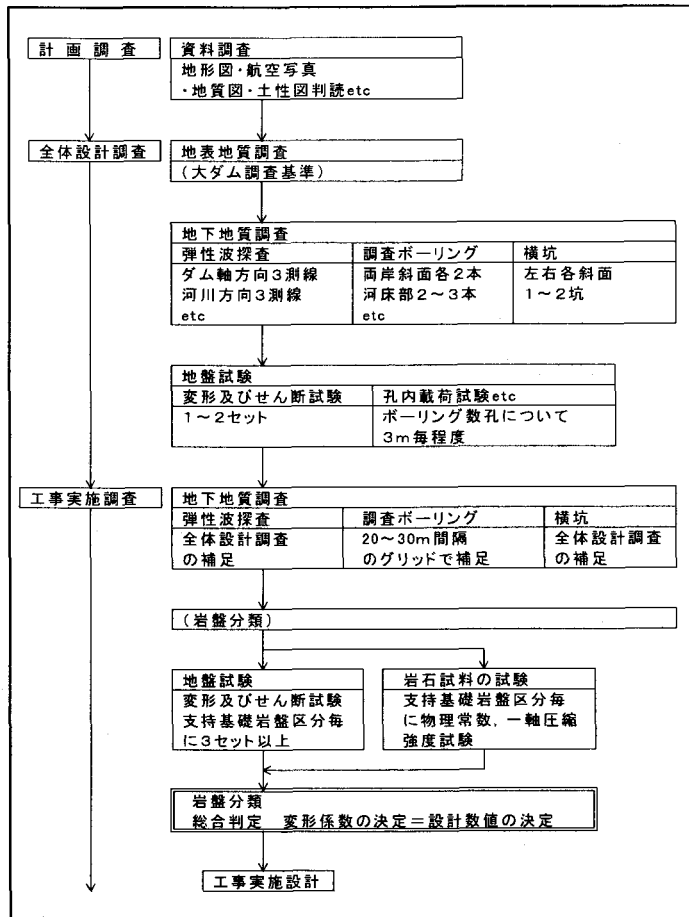


図3-1 変形係数決定までのフローチャート<sup>1)</sup>

表 3-1 地質調査数量一覧表

ダム名	竣工年 形式(予定含む)	堤高 m	堤長 m	基礎 岩盤	調 査 項 目																															
					地 質 性 質			ボーリング			横 坑			立 坑			坑内水平載荷試験			平板載荷試験																
					計画調査 測線 m	全体設計 測線 m	工事実施 測線 m	計画調査 孔数	全体設計 孔数	工事実施 孔数	計画調査 坑数	全体設計 坑数	工事実施 坑数	計画調査 坑数	全体設計 坑数	工事実施 坑数	計画調査 調査	全体設計 設計	工事実施 実施	計画調査 調査	全体設計 設計	工事実施 実施														
M	ES	2003	24.0	859.0	花崗	3	860	2	430	-	-	44	1,231	20	580	-	-	0	0	2	0	-	-	0	0	0	0	-	-	14	19	-	0	0	-	
N	RC	2000	33.3	170.0	砂岩	2	480	0	0	-	-	6	305	18	560	-	-	0	0	1	30	-	-	0	0	0	0	-	-	5	16	-	0	0	-	
*O	RC	1998	43.9	232.1	他岩	5	1,000	0	0	0	0	13	29	25	1,117	38	2,574	0	0	2	90	1	56	0	0	0	0	0	0	6	179	36	0	4	0	
*A	RC	1995	56.0	370.0	花崗	0	0	3	800	15	2,664	6	125	3	115	45	1,497	0	0	0	0	10	225	0	0	0	0	0	0	0	7	58	0	3	27	
*P	EC	1997	56.0	334.0	安山	1	400	11	2,180	0	0	9	208	17	422	22	742	0	0	1	33	0	0	0	0	4	28	1	8	0	23	37	0	4	2	
I	G	2002	52.0	240.0	チャ	5	1,210	0	0	6	1,720	8	220	4	120	34	2,220	5	118	0	0	6	379	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	7
K	G	2006	63.0	194.0	砂岩	5	1,040	5	600	0	0	22	816	10	920	9	1,145	2	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	44	33	9	0	8	0	
H	G	2002	63.7	165.0	チャ	2	500	13	2,757	-	-	7	150	30	1,365	-	-	1	27	35	0	-	-	0	0	0	0	-	-	4	28	48	0	0	0	
竣工ダム 合計						6	1,400	14	2,980	15	2,664	28	362	45	1,654	105	4,813	0	0	3	123	11	281	0	0	4	28	1	8	6	209	131	0	11	28	
調査比率						17%	20%	40%	42%	43%	38%	16%	5%	25%	24%	39%	70%	0%	0%	21%	30%	79%	70%	0%	0%	80%	78%	20%	22%	2%	60%	38%	0%	28%	73%	

注 数量は平成9年度現在である。

\* : 竣工ダム

ES : アースダム (傾斜遮水型フィルダム)

RC : ロックフィルダム(中心遮水型フィルダム)

EC : アースダム (中心遮水型フィルダム)

G : コンクリートダム (重量式コンクリートダム)

竣工ダム合計調査比率は、計画から工事までに実施した調査数量全体に占める割合を算出している。

表 3-2 原位置試験の実施比率

ダム名	竣工年 形式(予定含む)	堤高 m	堤長 m	基礎 岩盤	調 査 項 目										合計 (ヶ所数)
					坑内水平載荷試験				平板載荷試験						
					計画調査	全体設計	工事実施	計	計画調査	全体設計	工事実施	計			
*O	RC	1998	43.9	232.1	他岩	6	179	36	221	0	4	0	4	225	
*A	RC	1995	56.0	370.0	花崗	0	7	58	65	0	3	27	30	95	
*P	EC	1997	56.0	334.0	安山	0	23	37	60	0	4	2	6	66	
竣工ダム 合計						6	209	131	346	0	11	29	40	386	
調査比率						2%	54%	34%	90%	0%	3%	8%	10%	100%	

過去のダムでどの程度の地質調査を行ったかあらかじめ知っておくことが非常に参考になる。表3-1に今回調査したダム毎の地質調査及び原位置試験数量について調査段階毎(計画調査, 全体設計, 工事実施)に整理した。

特に竣工した3(O, A, P)ダムについては各段階での原位置試験の実施比率を表3-2に示す。これらより、以下のような特徴が挙げられる。

①地質調査の試験頻度の傾向を見ると竣工した3ダムでは、ボーリング、横坑調査、平板載荷試験は全体設計よりも工事実施中に追加調査が数多く行われている。

②農業用ダムでは、基礎地盤の物性値を求めめるために行う原位置試験は多くの場合、平板載荷試験よりも坑内水平載荷試験が用いられている。

近年施工のダムでは計画調査や全体設計段階で、過去に比較して多くの地質調査が行われている傾向にある。今回の分析では、さらに改善し得る結果となった。今後とも設計基準に示されている調査数はあくまで目安として、計画調査や全体設計段階で必要とする詳細な調査を充分行えば、工事実施中の追加調査は減り、速やかな施工につながるものと考えられる。

4 変形係数についての考察

4-1 農業用ダムの変形係数の状況

今回調査した農業用ダムの変形係数を表4-1に整理した。表中の①~③の値を用いて岩級区分毎に検討を行なった。

(1) 孔内水平載荷試験と平板載荷試験の関係

平板載荷試験の値と孔内水平載荷試験の値の関係を、図4-1、図4-2を作成し比較を行った。これらの図から次のことがわかる。

①図4-1の孔内水平載荷試験と平板載荷試験との関係では、CH岩級のとき両者はほとんど一致しているが、CM、CL級において差がみられる。

表4-1 孔内水平載荷試験・平板載荷試験結果と設計値との関係

ダム名	ダム形式	岩級名	岩級	孔内水平載荷試験				平板載荷試験				弾性係数	②/①	変形係数 ③/設計値	③/①	決定理由			
				点数	試験値	平均値	①決定値 kgf/cm <sup>2</sup>	点数	試験値	平均値	②決定値 kgf/cm <sup>2</sup>								
A	RC	(破砕帯)	D	6	1,000 ~ 1,400	1,200	1,200	1	1,210 ~	1,210	1,200		1.0	1,200	1.0				
			CL	17	2,100 ~ 4,750	3,100	3,100	3	2,600 ~ 5,700	3,700	3,700		1.2	3,100	1.0				
			CL-CM	13	4,200 ~ 7,500	6,100	6,100	2	7,500 ~ 9,700	8,600	8,600		1.4	6,100	1.0				
		粘板岩	CM	6	8,400 ~ 12,200	10,100	10,100						-	10,100	1.0				
B	RC	緑石質凝灰岩	D~CL		280 ~ 3,200	920	920						-	1,500					
			CL		370 ~ 4,100	1,460	1,460						2.2	3,000	2.1				
			CL-CM		480 ~ 7,100	2,920	2,920		1,870 ~ 4,530	3,210	3,210		2.1	6,000	2.1				
			CM		1,200 ~ 21,000	6,710	6,710		8,200 ~ 10,500	9,350	9,350		1.4	9,000	1.3				
			CM-CH		6,700 ~ 30,000	15,000	15,000												
C	RC	砂岩及びチャート	D	12	520 ~ 2,900	900	900	1	1,490		1,490	4,000	1.7	900	1.0	平板載荷試験と孔内			
			CL	54	1,500 ~ 9,500	3,000	3,000	2	1,900 ~ 2,700	2,300	2,300	6,000	0.8	3,000	1.0	水平載荷試験は			
			CM	100	3,700 ~ 28,000	8,000	8,000	8	4,800 ~ 18,000	11,200	11,200	15,000	1.4	8,000	1.0	同等に扱う			
			CH	9	14,000 ~ 51,000	18,000	18,000					41,000	-	18,000	1.0				
D	RC	深部20m未満	CL	16	509 ~ 2,750	1,437	1,437	6	920 ~ 1,649	1,212	1,212		0.84	1,200	0.8	平板載荷試験の			
			CL	25	504 ~ 2,367	1,475	1,475	1	2,159	2,159	2,159		1.46	2,100	1.4	結果を重視した			
			CL	27	1,002 ~ 3,210	1,950	1,950	2	2,874 ~ 3,585	3,230	3,230		1.66	3,200	1.6				
			CL	14	630 ~ 2,872	1,669	1,669	1	2,822	2,822	2,822		1.69	2,800	1.7	孔内載荷試験結果に			
			CL	6	920 ~ 1,405	1,123	1,123						1.69	1,900	1.7	倍率を乗じて求めた			
		下部層	CL	7	1,066 ~ 2,340	1,739	1,739					1.69	2,900	1.7					
E	RC	安山岩類	CL		1,000 ~ 1,400	1,200	1,200				(3,200)		2.7	1,000	0.8	平板載荷試験と			
			凝灰角礫岩	CL		1,100 ~	1,100	1,100				(2,900)		2.6	1,000	0.9	孔内水平載荷試		
			安山岩類	CM(L)		1,500 ~ 2,800	1,850	1,850				(4,900)		2.5	4,000	2.2	験を検証し、孔内		
			凝灰角礫岩	CM(L)		1,200 ~ 2,100	1,620	1,620				(4,200)		2.6	4,000	2.5	水平載荷試験を		
			安山岩類	CM(M)		1,800 ~ 7,000	3,173	3,173				(6,000)		1.9	6,000	1.9	補正して設定		
			安山岩類	CM(H)		3,500 ~ 12,000	8,210	8,210				(8,200)		1.0	8,000	1.0			
		安山岩類	CH		7,600 ~ 15,000	10,944	10,944				(11,000)		1.0	10,000	0.9				
F	RC	凝灰角礫岩	CL	13		850	850				(1,700)		2.0	1,700	2.0	I 基準			
			CL	33		1,610	1,610				(3,200)		2.0	3,200	2.0	II "			
			CM	43		5,980	5,980				(9,000)		1.5	8,900	1.5	V "			
G	EC	緑色岩類	D	5	470 ~ 1,540		900	1	243		243	(243)	1,520		900	1.0	ダム基礎岩盤の耐荷性		
			緑化実質部	D	10	360 ~ 1,730		900							900	1.0	に関する地盤工学的評価		
			緑色岩類	CL	17	1,520 ~ 4,500		2,600	2	1,280	1,510	1,395	(1,395)	4,490		2,600	1.0	の岩級区分と変形係	
			緑化実質部	CL	6	1,160 ~ 3,200		2,600							2,600	1.0	との関係から同じ値に		
			緑色岩類	CM	20	4,700 ~ 28,900		9,800	1	2,690	2,690	2,690	(2,690)	10,200		9,800	1.0	入る平均値	
			緑化実質部	CM	4	6,510 ~ 20,400		9,800							9,800	1.0			
		緑色岩類	CH	10	19,200 ~ 71,100											平板載荷試験は参考値			
H	G		CM		9,500 ~ 15,000	13,200	13,200							13,200	1.0	孔内水平載荷試験			
			CH		10,400 ~ 183,000	47,300	47,300								47,300	1.0	による値とした		
I	G		CL		-	-	-												
			CM		8,100 ~ 14,100	11,100	10,000		1,225 ~ 5,000	3,100	3,000		10,000		3,000				
			CH		14,100 ~ 50,400	32,250	30,000		7,980 ~ 11,300	9,640	10,000	25,000		1.0	10,000	1.0			
J	RC	砂岩・頁岩互層	D	45	126 ~ 3,360	1,200	1,200								1,200	1.0			
			砂岩	CL	8	1,300 ~ 5,460	3,676	3,700								3,700	1.0		
			砂岩・頁岩互層	CL	15	1,360 ~ 4,900	3,243	3,200	3	1,100 ~ 4,700	3,200	2,200			0.7	3,200	1.0		
			緑色岩	CL	11	1,800 ~ 6,600	3,671	3,700	8	1,000 ~ 3,900	1,800	2,200			0.6	3,700	1.0		
			砂岩	CM	15	3,000 ~ 19,000	9,285	9,300	2	7,600 ~ 13,800	10,700	9,600			1.0	9,300	1.0		
			砂岩・頁岩互層	CM	14	3,510 ~ 18,200	7,295	7,300	1	9,000 ~	9,000	9,600			1.3	7,300	1.0		
			緑色岩	CM	7	4,500 ~ 12,500	8,634	8,600	1	7,900 ~	7,900	9,600			1.1	8,600	1.0		
			上記3種の岩	CH	6	7,900 ~ 26,500	15,650	15,700								15,700	1.0		
K	G	砂岩	D~CL	3	2,000 ~ 3,400	2,500							7,100						
			砂岩・頁岩互層	CL	6	800 ~ 4,500	2,600								6,600				
			砂岩	CM	11	2,200 ~ 32,600	13,400	11,000	2	20,670 ~ 29,570	25,120	(25,120)	26,700						
			砂岩・頁岩互層	CM	11	4,300 ~ 21,700	11,600		2	8,300 ~ 12,000	10,100	(10,100)	29,800						
			頁岩	CM	3	12,300 ~ 16,700	13,800									23,100			
			砂岩	CH~B	10	14,600 ~ 64,600	32,400	34,400	3	61,000 ~ 89,800	78,800	(78,800)	87,800						
			砂岩・頁岩互層	CH	3	14,500 ~ 26,400	19,400	(19,400)	1	35,200 ~	35,200	(35,200)	74,500						
		頁岩	CH~B	5	14,500 ~ 86,900	44,900								116,200					
L	RC	花崗閃緑岩(強風化)	DL	1	460		460	450							450	1.0	孔内水平載荷試験の		
			"(弱風化部)	DH	8	500	2,900	1,475	1,400	3	1,200	1,600	1,433	1,400		1.0	1,400	1.0	平均値相当を採用し、
			"(弱風化部)	CL	18	1,000	7,700	3,789	3,800	2	2,700	5,600	4,150	4,200		1.1	3,800	1.0	平板載荷試験
			"(岩盤部)	CM	27	3,000	24,400	11,981	12,000	2	11,000	20,000	15,500	15,500		1.3	12,000	1.0	で換算した
			"(岩盤部)	CH	6	9,900	63,000	24,450	24,000							24,000	1.0		
			"(断層粘土)	DL	3	600	1,400	900	900							900	1.0		
			"(断層破砕部)	CL	4	900	1,200	1,050	1,100							1,100	1.0		
			"(熱水実質帯)	DL~CM	7	800	1,900	1,100	1,100							1,100	1.0		

注 D、Fダムについては、岩級区分が表示されていなかったため、「ダムの地質調査」土木学会の(表6.2.7各岩級区分から予想される物理定数の範囲)数値により区分した。  
E、Fダムは平板載荷試験に対する孔内水平載荷試験の増率が合ったので逆算して②決定値を算出した。  
K、Gダムの平板載荷試験の②決定値は、資料がなかったため、平均値とした。

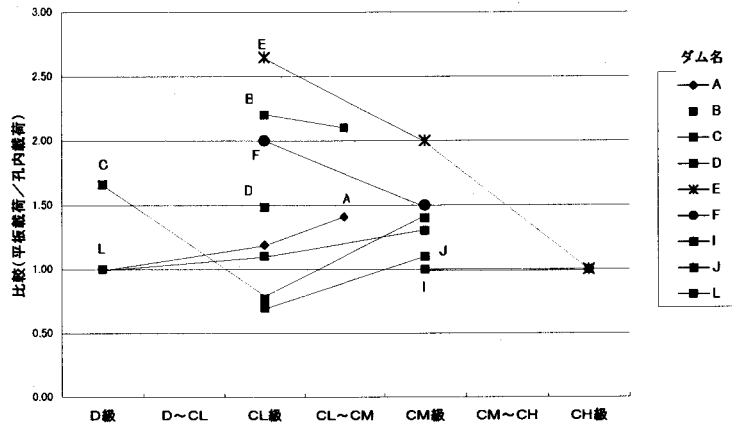


図 4-1 孔内水平載荷試験と平板載荷試験の比較

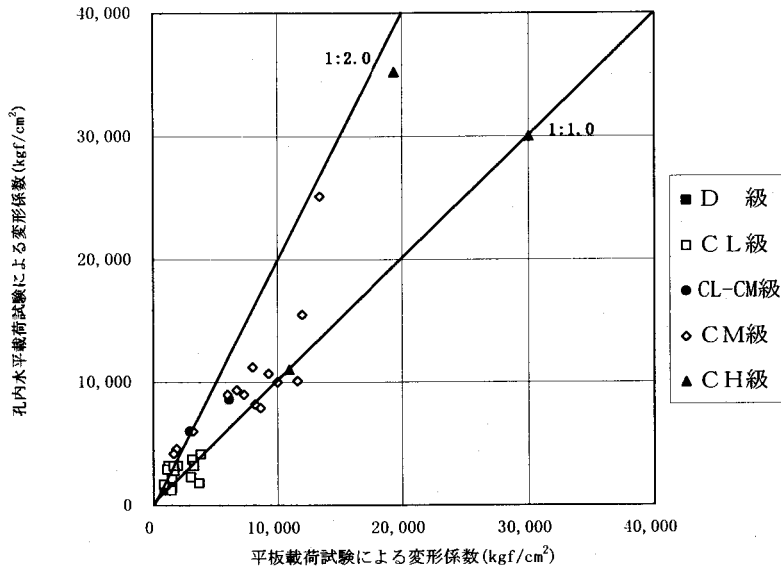


図 4-2 平板載荷試験と孔内水平載荷試験

②孔内水平載荷試験の値より平板載荷試験の値の方が大きくなる傾向になることを示している。

③D級はデータが少なく判断できないが、堅い岩級になるほど、ばらつきが小さくなる傾向がある。

④図 4-2 では、孔内水平載荷試験値と平板載荷試験値の比は概ね 1:1 から 1:2 の範囲にあるといえる。

(2) 変形係数と深度・岩級との関係

今回調査した 4 (J, K, L, Q) ダムについて、変形係数と深度・岩級との関係を見ると、各ダム

とも D 級岩盤については深度と変形係数についてある程度の相関が見られるが、CL 以降の岩級については相関が見られなかった。これは、D 級岩盤では、深度が深くなるほど岩盤の強度よりも拘束力が大きく作用するためと考えられる。

(3) 岩級区分と変形係数

近年、良好な岩盤上のダムサイトは少なくなり、時代が新しいか、軟岩基礎にもダム建設が施工されるようになってきたことにより、特に農業用ダムにおいては、CL, D 級を区分している。

①岩級区分と設計変形係数との関係

図 4-3 より、岩級に応じて変形係数も大きく

表4-2 タイプ別決定方法

タイプ	決定方法	ダム名
Aタイプ	孔内水平載荷試験と平板載荷試験の両方を行うが、試験点数が多く広範囲に実施されている孔内水平載荷試験結果の各岩級(地質)の平均値を採用する。  (平板載荷試験は参考・検証値とする。)	A, C, G (1), J, L
Bタイプ	1. 岩級(地質)条件が同様な地点において孔内水平載荷試験(D <sub>e</sub> )と平板載荷試験(D <sub>s</sub> )の両試験を行い、各岩級(地層)での両試験値の比率(D <sub>e</sub> /D <sub>s</sub> )を求める。 2. 次に試験点数が多く広範囲に実施されている孔内水平載荷試験結果より求めた岩級(地層)毎の平均値を算出する。 3. 各岩級(地層)毎の平均値に比率を掛け設計値とする。 (平板載荷試験結果を重視する。)	B, D, E, F
Cタイプ	孔内水平載荷試験と平板載荷試験の両方を行い各岩級(地層)における両試験値の平均値の低い値を採用する。	(K)
Dタイプ	孔内水平載荷試験のみを行い、各岩級(地層)の平均値を採用する。	(H)

ダム名の( )はコンクリートダムを示す

各ダムの決定方法は資料収集時点のものである。

なり、硬い岩級ほど大きな値になっている。全体として右上がりとなっており、一般的な傾向を示している。

(4) 設計変形係数の決定事例

変形係数の決定方法については、現在のところ明確な基準が無いため、今回調査したダムについて、岩級(地層)毎の変形係数の決定方法について分類を試みた(表4-2参照)。

図4-1から分かるように、孔内水平載荷試験と平板載荷試験を比較した場合おおむね孔内水平載荷試験が低い値を示している。このことから表4-2中のAタイプについては安全側を採用したものと考えられる。また、Bタイプについては平板載荷試験値が岩盤の変形係数を代表するものと評価でき、Cタイプについては各岩級において平板載荷試験値の平均値が孔内水平載荷試験の平均値よりも低い値を示す岩級があるため、安全側の値を採用し、Dタイプについてはコンクリートダムで基盤条件が良いため平板載荷試験は実施していないものと評価できる。

4-2 変形係数についての考察

今回調査した農業用ダムの変形係数の状況、事例地区毎の傾向を検討した。

(1) 岩級による変形係数の値について

硬い岩ほど孔内水平載荷試験値と平板載荷試験値の差が小さく、軟らかい岩ほど差が大きい。

これは、実際のボーリング孔壁は完全に平滑な真円とはならず、ある程度軟岩は、硬岩に比べ孔壁の乱れは避けられない。特に、風化岩や破碎帯

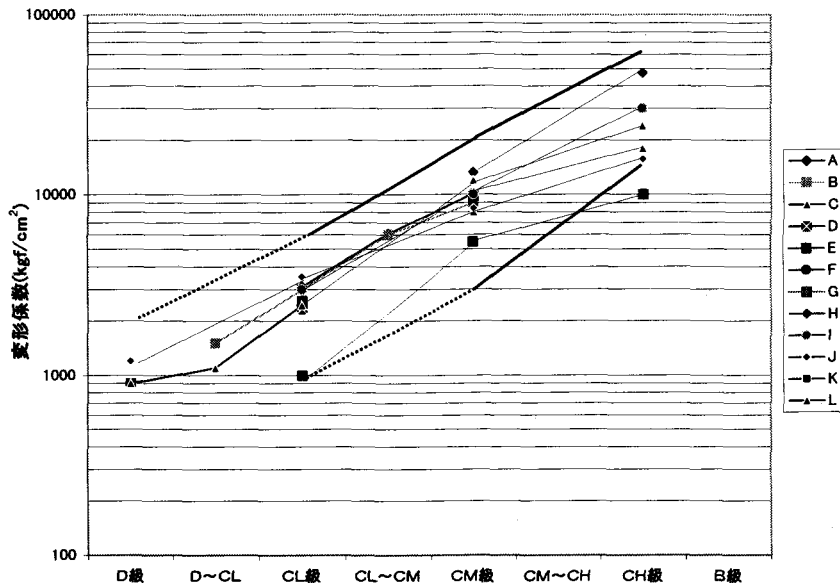


図4-3 岩級と設計変形係数

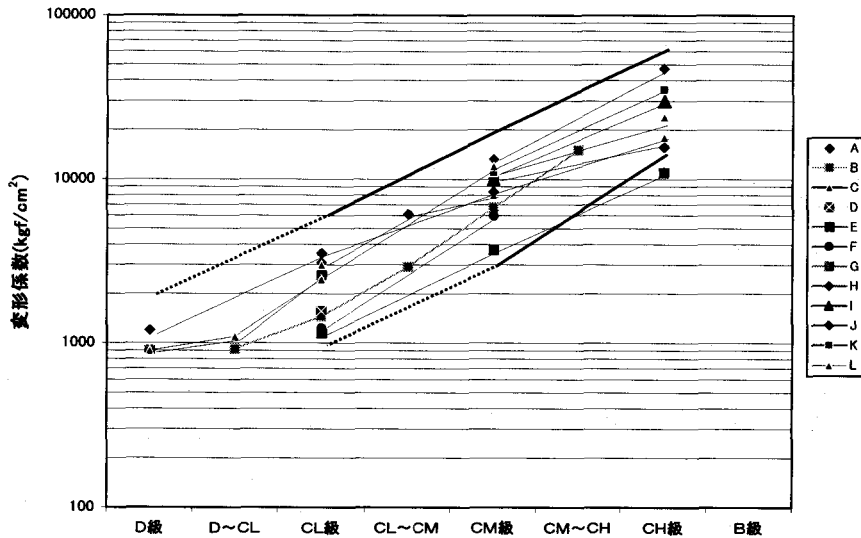


図 4-4 岩級と変形係数 (孔内水平載荷試験)

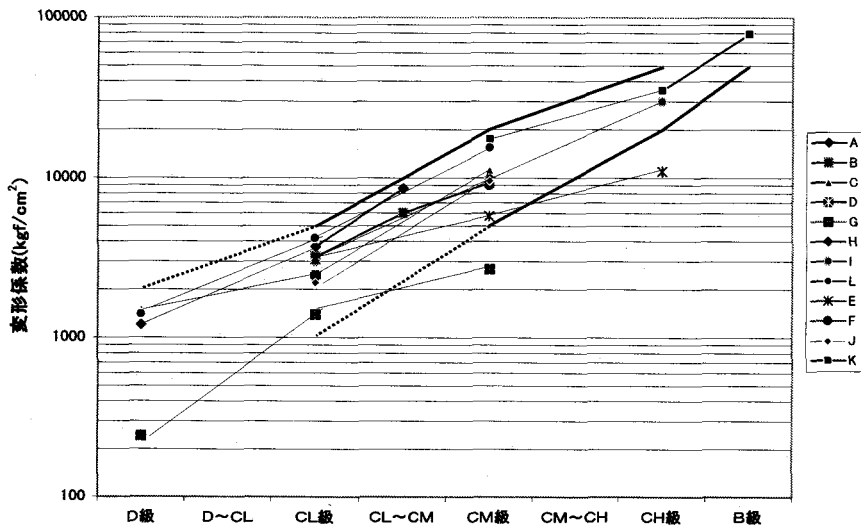


図 4-5 岩級と変形係数 (平板載荷試験)

ではボーリング孔径よりも掘削孔径が大きくなるなど、平滑で均一なボーリング孔を掘削することは難しいことに起因している。

(2) 変形係数と深度・岩級との関係

今回収集した4ダムのD級岩盤と特定の地層において、深さによる相関がみられるが、ほとんどの地区においては、深さによる相関が見られなかった。これは、岩石自体の強度や変形性、割れ目の状態などの要因が、変形係数に大きな影響を与えているものと考えられる。

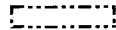
(3) 岩級区分と変形係数

ほとんどの農業用ダムの岩級区分毎の変形係数が正しければ、一般的な範囲の中に入るはずである。今後、ダムの適地の関係や、断層、破碎帯の局所的な分布もあり、CL, D級を分ける必要がある。そこで、今までのデータをもとに表2-1を表4-3に示すようにCL, D級岩盤の変形係数を区分することを試みた。

図4-3~5に、表2-1の各岩級等級区分から予想される物理常数の範囲の値をプロットし、実線を引き、今回農業用ダムの数値により新しく

表 4-3 各岩盤等級区分から予想される物理定数の範囲

岩盤等級	岩盤の変形係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	岩盤の弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	岩盤の粘着力 (kg/cm <sup>2</sup> )	岩盤の内部摩擦角 (°)	岩盤の弾性波速度 (km/sec)	ロックテストハンマー反発度	孔内載荷試験による		引き抜き試験によるせん断強度 (kg/cm <sup>2</sup> )
							変形係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	接線弾性係数 (kg/cm <sup>2</sup> )	
A~B	50,000以上	80,000以上	40以上	55~65	3.7以上	36以上	50,000以上	100,000以上	20以上
CH	50,000~20,000	80,000~40,000	40~20	40~55	3.7~3	36~27	60,000~15,000	150,000~60,000	
CM	20,000~5,000	40,000~15,000	20~10	30~45	3~1.5	27~15	20,000~3,000	60,000~10,000	20~10
CL	5,000~1,000	15,000以下	10以下	15~38	1.5以下	15以下	6,000~1,000	15,000以下	10~5
D	2,000以下						2,000以下		5以下



今回新しく区分した範囲

追加した表 4-3 の値を破線で表示した。この図をみると、ほとんどの地区が一般的な範囲の中に入っており区分は妥当なものと考えられる。

今回調査して得られた D 級の変形係数のデータを、図 2-1 に追加プロットし新しく追加した値の範囲を破線で表示したものが図 4-6 である。この図からも同じように、一般的な範囲の中に入っており区分は妥当なものと考えられる。

### 5 おわりに

ダムの変形係数を求めるために行う平板載荷試験は、試験箇所が基礎地盤そのものであることから、孔内水平載荷試験と比べて変形係数の数値的信頼性が高いと思われる。試験精度の面からすれば平板載荷試験により変形係数を求めたほうが良いと思われるが、平板載荷試験は横坑や立坑の工事費も含めて考えなくてはならないので、地質調査費の高騰という点から現実的には難しい。また、ボーリング孔を利用した孔内水平載荷試験は、目標とする地層毎に地下深部でも安価に実施できる利点があり、今後とも平板載荷試験と組み合わせで利用されていくものと考えられる。

近年、良好な岩盤上のダムサイトは少なくなり、時代が新しいか、軟岩基礎にもダム建設が施工されるようになってきたことにより、今回の農業用ダムでも CL, D 級を区分している地区が多かった。これらの地区の原位置試験と岩級ごとの変形係数を図化したところ、平板載荷試験と孔内水平載荷試験のどちらについても岩級区分との関連性をとらえることができた。今後ともダム適地や断層、破碎帯などの局部的に地層の悪い所があり

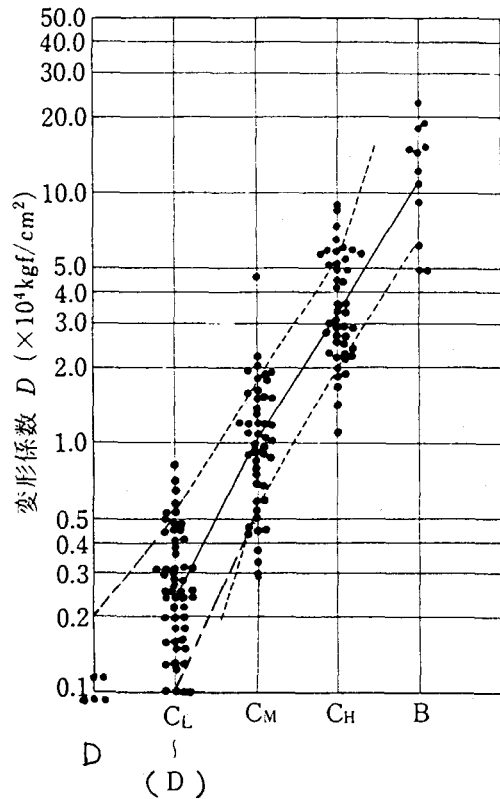


図 4-6 岩級区分と変形係数との関係

得るので、標準的な目安が必要であると考えられることから、これらの数値を基に CL, D 級を区分した関係図を作成した。

その結果、ほぼ一般的な範囲に入ることから、これらの関係図を用いて岩級区分を判断する際の適否の判定に有効に利用できるものと考えられる。

最後に、本課題研究を行うにあたり、各方面より多くの資料を提供していただいた関係機関や、

課題取りまとめについて、ご指導頂いた農業工学研究所造構部安中室長をはじめ田頭研究員にお礼を申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」, 1981
- 2) 土木学会：ダムの地質調査, 1986
- 3) 土木学会：軟岩評価—調査・設計・施工への適用—, 1992
- 4) 応用地質特別号：ダム基礎岩盤の耐荷性に関する地質工学的総合評価, 1984
- 5) 地盤工学会：地盤調査法, 1995
- 6) 土質工学会：岩の調査と試験, 1989
- 7) 研修テキスト：フィルダムの地質と調査(3)—ダムの地質調査—, 1998
- 8) 財団法人 ダム技術センター多目的ダムの建設 第3巻 設計I編, 第4巻 設計II」1987
- 9) 中村靖治：絵で見るダムのできるまで, 1988
- 10) 財団法人ダム技術センター 飯田隆一：(ダム講座) 日本コンクリートダムの設計法の変遷と特徴 (IV) ダム技術 No32, 1989
- 11) 建設産業調査会：地盤調査ハンドブック,
- 12) 土質工学会：岩の工学的性質と設計・施工への応用, 1974
- 13) 農業土木技術研究会：水と土, 1998, NO. 112, 報文「フィルダム基礎変形解析予測値と実測値の関係」
- 14) 財団法人 日本農業土木総合研究所：フィルダム調査・試験の手引き(案) 基礎地質調査編, 1993
- 15) 土木学会：新体系土木工学, 15, 土質調査法, 1987
- 16) 農林水産省構造改善局：農業用ダム台帳, 1996
- 17) 東北農政局浅瀬石川農業水利事業所：二庄内ダム—技術誌—, 1996



# 五和東部ダムの断層処理について

原 俊彦\*  
(Toshihiko HARA)

下瀬 喜久雄\*  
(Kikuo SHIMOSE)

横谷 修\*\*  
(Osamu YOKOTANI)

山口 雅弘\*\*\*  
(Masahiro YAMAGUCHI)

## 目 次

1. はじめに .....	53	4. 置換材の転圧仕様 .....	58
2. 五和東部ダムの概要 .....	53	5. 断層処理部の施工 .....	62
3. 断層処理方針 .....	56	6. おわりに .....	63

## 1. はじめに

五和東部ダムは、熊本県天草下島の北東部の五和町に位置し、県営かんがい排水事業五和東部地区の主要水源として二級河川内野川水系横尾川の上流部に建設中の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。

本ダムの堤敷には、左岸上流部から右岸下流部に向けて変形係数ED=5~20MPa程度の粘土化した破碎帯を含む断層が最大幅18mで分布している。そのためコンクリート構造物である監査廊設置による基礎地盤の耐荷不均一性を考慮し、監査廊の設置を行わないこととした。断層処理工法としては、基礎の均一化と安全性の確保を目的とし、二重管式注入工法によるグラウチングと置換工法の併用方式を採用している。置換工法は盛立てに

伴う断層破碎帯の変形に追従でき、さらに止水性が確保できる遮水性材料を選定している。

また、ダム完成後の点検・補修が通常のダムの様に監査廊から容易にできないことから、盛立て工事前に挙動観測ができる埋設計器等の配置を十分に行った上で断層処理を実施することとした。

本報文は、置換材料の特性を考慮したF.E.M.による応力変形解析を実施し、長期的な安全性が確保できる置換工法（施工範囲、置換え厚さ等）について検討した内容と、これらの結果に基づく施工状況をとりまとめ報告するものである。

## 2. 五和東部ダムの概要

### (1) ダムの構造及び諸元

五和東部ダムは、堤高33.3m、堤頂長170m、総貯水量739千であり、その概要を図-1、表-1に

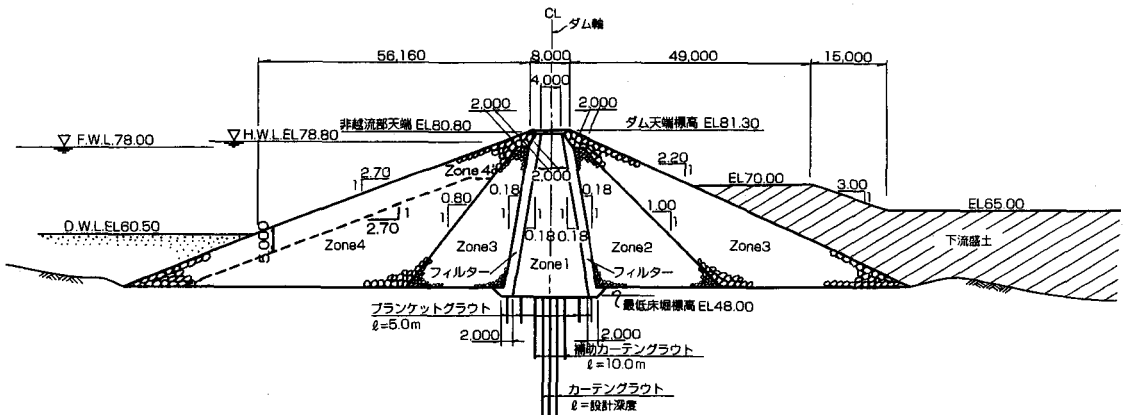


図-1 ダム標準断面図

\*熊本県天草事務所水利課  
\*\*熊本県玉名事務所耕地課  
\*\*\*日本技研株式会社技術研究所調査部

表一 五和東部ダム諸元表

般	位 置	熊本県天草郡五和町大字城木場地内		堤 頂 長	170.0 m	
	河 川 名	内野川水系 横尾川		堤 長 幅	8.0 m	
貯 水 池	基 礎 岩 盤	古第三紀 坂瀬川層 (砂岩・頁岩互層)		天端標高	EL. 53.70 m (掘込)	
	流 域 面 積	直接0.63km <sup>2</sup> 間接0.85km <sup>2</sup> 計1.48km <sup>2</sup>		本 堤	EL. 81.30 m	
	満 水 位 面 積	76.000 m <sup>2</sup>		最低床掘標高	EL. 48.00 m	
	総 貯 水 量	739.000 m <sup>3</sup>		平均法	上流側 1 : 2.70	
	有 効 貯 水 量	720.000 m <sup>3</sup>		勾 配	下流側 1 : 2.20	
	常 時 満 水 位	EL. 78.00 m		型 式	自由越流型側水路式	
	計 画 洪 水 位	EL. 78.80 m		設 計 洪 水 量	44.0 m <sup>3</sup> /s	
	堆 砂 量	19.000 m <sup>3</sup>		減 勢 工 対 象 洪 水 量	33.0 m <sup>3</sup> /s	
	計 画 堆 砂 位	EL. 60.50 m		越 流 水 深	0.80 m	
	利 用 水 深	17.50 m		越 流 堰 長	30.0 m	
堤 体	型 式	中心遮水ゾーン型ロックフィルダム		洪水吐総延長	258.0 m	
	堤 高	33.3 m		設 計 洪 水 量	13.0 m <sup>3</sup> /s	
	総 築 堤 量	279.000 m <sup>3</sup>		断 面	標準馬蹄型 2r=1.8 m	
	築 堤 量	仮 締 切 堤	— m <sup>3</sup>		總 延 長	450.4 m
		Zone1	37.000 m <sup>2</sup>		トンネル延長	384.0 m
		Zone2	60.000 m <sup>3</sup>		型 式	斜 樋 式
		Zone3	91.000 m <sup>3</sup>		最 大 取 水 量	0.204 m <sup>3</sup> /s
		Zone4	45.000 m <sup>3</sup>		取 水 口 孔 径	φ600, φ350 mm
		Zone4'	30.000 m <sup>3</sup>		導 水 管	φ800, φ600 mm
		フィルター	16.000 m <sup>3</sup>		取 水 口 孔 数	5 孔
取 水 設 備						

示す。

(2) 断層部の地質的特長

ダム軸の地質状況は、図-2の地質断面図に示すとおりであり、左岸上流部から右岸下流部（東西方向の走向、下流側60°～70°の傾斜）にかけて最大破碎帯幅18mのF-1断層が存在している。断層を境に上盤側と下盤側では岩相に相異が見られ、上盤側は頁岩優勢互層が主体であるが、下盤

側は砂岩及び砂岩優勢互層が主体となっている。図-3は、堤敷掘削に伴う調査結果から作成した断層部の地質断面図であり、その掘削状況を写真-1に示す。

断層破碎帯は、粘土化したDL級岩盤、粘土混り礫～角礫状化したDM～DH級岩盤、及びCL、CM級岩盤が「中石的」に分布する状況で構成されている。各岩級区分毎の変形特性は、調査ボー

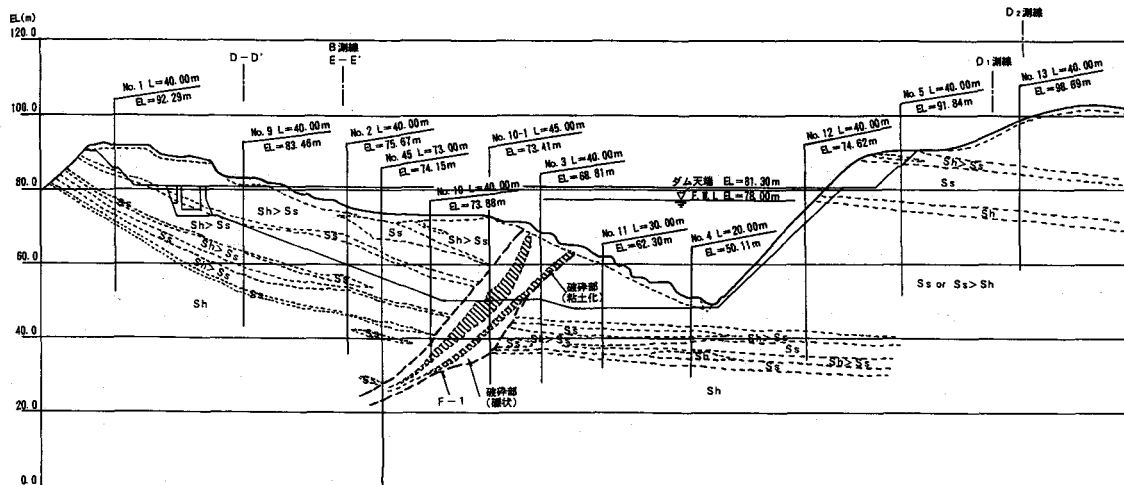
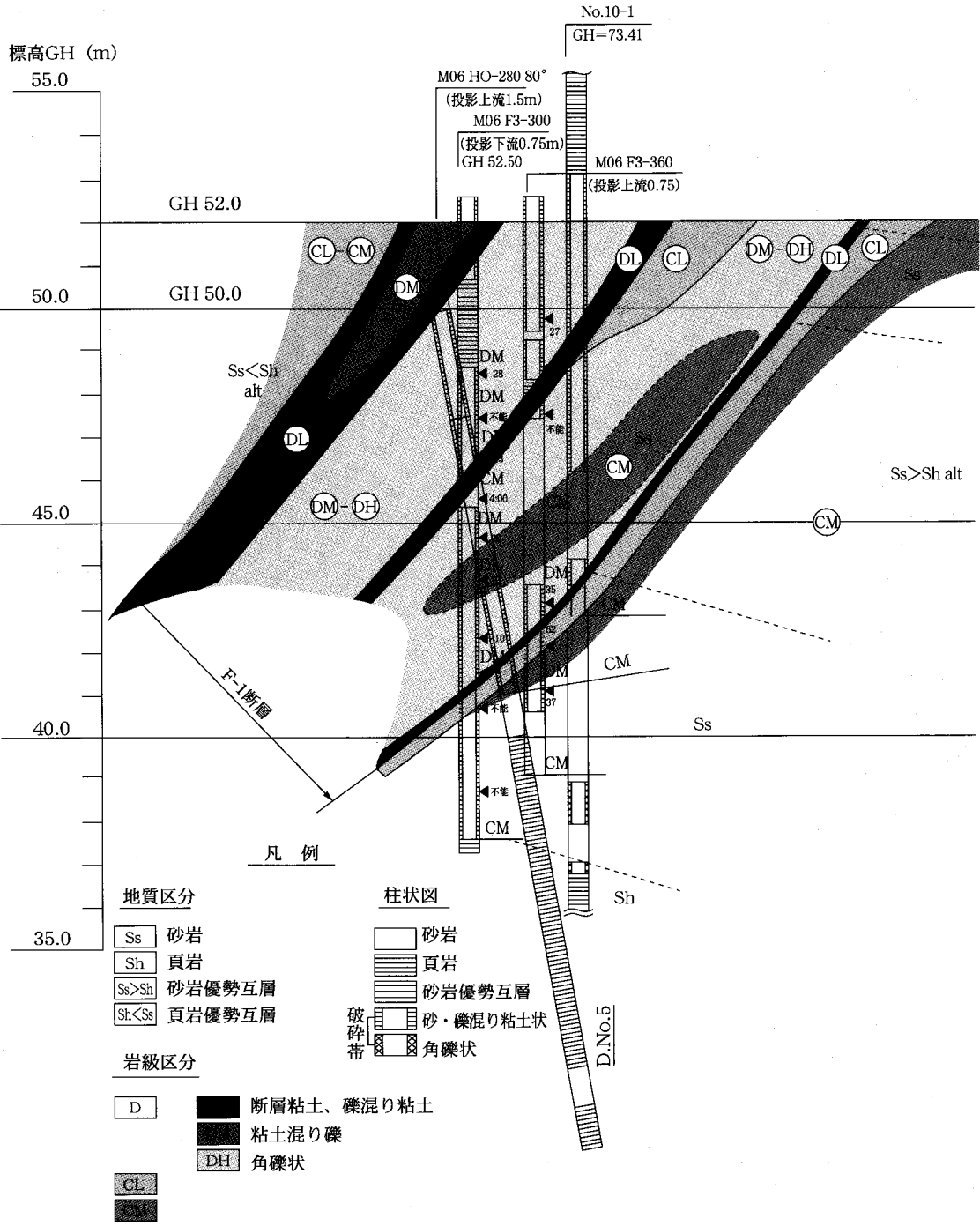


図-2 ダム軸地質断面図



◀ 20 孔内载荷試験：変形係数 (MPa)

図-3 F-1断層地質詳細断面 (ダム軸)

リング孔を利用した孔内水平载荷試験及び平板载荷試験により、図-4のとおり整理されている。この図より、粘土化した破碎帯は深度に関係なく変形係数  $E D \approx 15 \text{MPa}$  程度であるが、粘土混り礫

～角礫状の破碎部は、深度に伴い変形係数が変化し、基盤深部に向うに従って大きくなることわかる。

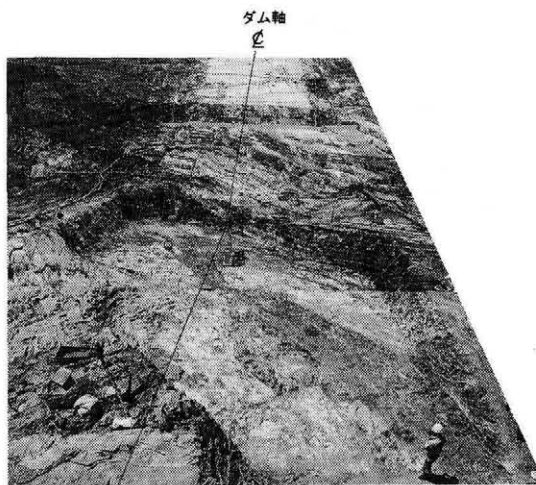
また、図-4には、調査・設計時の値とダム工

事基礎掘削後の値を示した。基礎掘削後の値については、旧土被り厚と現土被り厚の2条件を考慮して作成している。この図より、本ダムの断層破碎帯(DM~DH級)は掘削に伴う上載荷重の除荷により変形係数が小さくなるのがわかる。

### 3. 断層処理方針

#### (1) 解析方針・解析内容

断層処理工法としては、長期的な安全性の確保を目的として、置換工法を計画した。断層破碎帯の規模が大きいため、置換工法の施工範囲及び置



写真—1 断層処理部の掘削全景

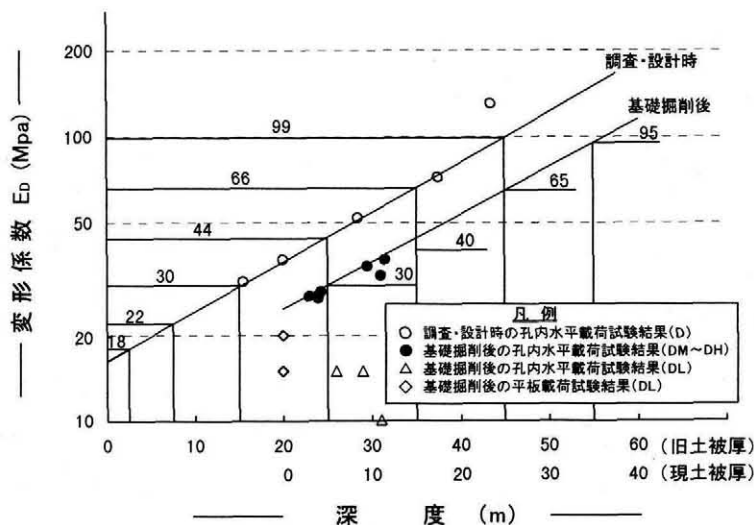
換え厚さはF.E.M.による応力・変形解析を行い検討した。

本ダムは、フィルダムであるため、築堤過程を考慮した解析とし、各築堤段階における置換部の応力・変形状態を詳細に把握することとした。さらに、断層処理周辺部の応力、変形、基盤表面のひずみ状態を検討するために、築堤過程を考慮した全体解析の結果を用いて局所解析を実施した。局所解析における荷重条件は、全体解析で得られた断層処理周辺部の変位を用いた。解析としては、図—5に示すフローに従って行った。

解析内容は、ソイルセメントを含む各種置換工法及び過年度に実施された解析内容を考慮して表—2に示す内容とした。図—6は断層処理解析断面(局所解析)のモデル図である。遮水性材料やソイルセメントのように転圧して施工する工法は、断層破碎帯の全体を置換するものとし、コンクリートのように打設して処理するものは、粘土化した破碎部(DL級)のみの置換とした。

#### (2) 解析パラメータ

①置換材料 置換材料は、遮水性材料、ソイルセメント、コンクリートを比較検討した。このうち、遮水性材料とソイルセメントは現地発生材を主体として各種室内試験を実施し、表—3に示す材料特性を得た。ソイルセメントは、混合ベース材、セメント添加率、養生日数により特性が変化するが、止水性、変形特性、せん断特性の面で良好なマサ土(細粒)をベース材として選出した。



図—4 断層破碎帯の変形特性

ただし、マサ土ベースのソイルセメントは引張強度が図-7に示すように小さいことが判明したため、施工に際して注意することが要求された。

②基盤 基盤のパラメータは、調査ボーリング内で実施した孔内水平載荷試験結果及び図-4に示す断層破碎帯の深度毎に変化する変形係数を考慮し、表-4に示す値を採用した。

(3) 解析結果

解析結果を表-5に示す。

また、解析結果の一例として、図-8にダム軸縦断面の遮水性材料による置換え(ケース4)の場合を示した。解析結果は、任意位置での応力、変形状態を把握するための主応力図と変位ベクトル図、及びグラウチング改良された基盤の安全性を判定するための基盤表面ひずみ図で各々構成しており、各解析結果から次のことが判明した。

①無処理の場合(ケース1, 1-1), 断層部の沈下量は最大で9.3cm, 隣接するCM級岩盤との沈下

差が6.5cm, 破碎部表面での伸びひずみが約0.48%となった。これらの結果から、無処理の場合には、破碎帯表面にキレツが発生し、グラウチング改良部が破壊され、止水効果が低減することが想定された。

②ソイルセメント置換の場合(ケース2), 置換部の一部で約0.1MPa程度の引張応力が発生する。ソイルセメントの引張強度は0.1MPa以下であるため、置換部で引張破壊に伴うクラック等が発生し、湛水時に浸透破壊の原因となることが考えられる。

③コンクリート置換の場合(ケース3), 破碎帯表面の伸びひずみは約0.26%と小さくなるが、コンクリート内に引張応力が約2MPa程度発生し、鉄筋による補強が必要となる。

④遮水性材料置換の場合(ケース4, 4-1), 図-8に示すように断層部の最大沈下量は8.6cm, 隣接する岩盤との沈下差が6.0cm, 破碎部表面での伸びひずみが約0.39%となった。置換部の主応力状態は、全て圧縮応力であり、土質材料としては安定した状態である。

⑤ケース5は、遮水性材料による置換とコンクリートによる置換を併用したケースであるが、解析結果は、ケース3とケース4を重ね合せた状況を呈して、コンクリート置換部には大きな引張応力(1.9MPa)が発生した。

(4) 断層処理方針

断層処理部の置換工法としては、F.E.M.解析結果、及び施工条件等を考慮して検討すれば、

- 1) ソイルセメントは引張りに対して弱い。
- 2) コンクリートは、配筋が必要となり、不規則に変化する粘土化した破碎帯(DL級)に配筋を行うことは施工上困難である。

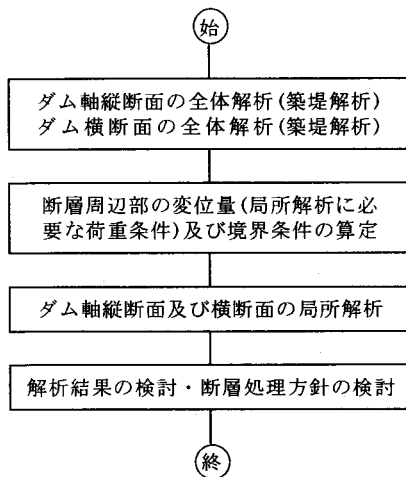


図-5 解析フロー

表-2 F.E.M.解析内容

解析断面	解析ケース名	解析条件
ダム軸縦断面	ケース1	断層部無処理
	ケース2	ソイルセメント2m置換え
	ケース3	コンクリート1m置換え(DL級破碎部のみ)
	ケース4	遮水性材料2m置換え
	ケース5	遮水性材料2m置換え+コンクリート1m置換え
ダム横断面	ケース1-1	断層部無処理
	ケース4-1	遮水性材料2m置換え

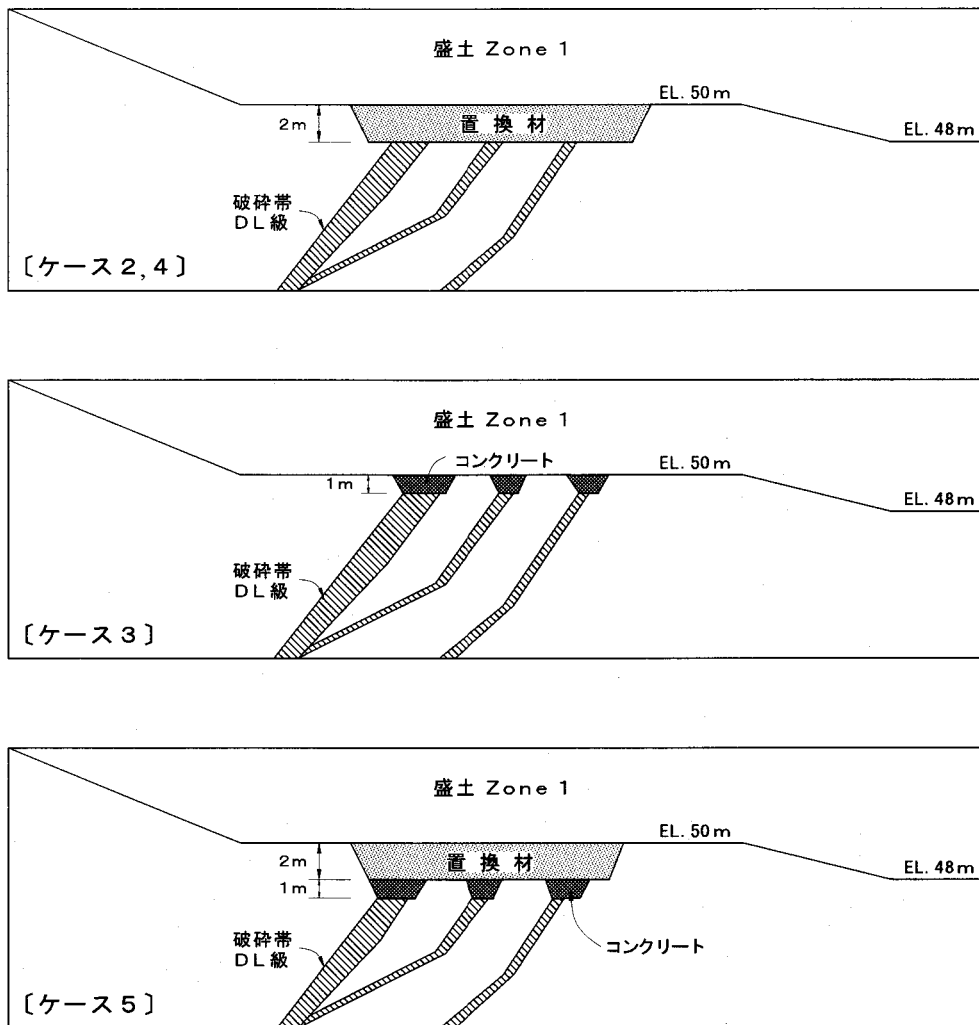


図-6 解析断面モデル図 (局所解析の縦断面)

表-3 置換材の材料特性

ゾーン名	湿潤密度 $\rho_t$ (t/m <sup>3</sup> )	粘着力 c (MPa)	内部摩擦角 $\phi$ (°)	初期変形係数 E <sub>i</sub> (MPa)	ポアソン比 $\nu$	ダンカン法非線形パラメーター (注: 重力場での値)		
						K	n	R <sub>f</sub>
遮水性 本堤	1.97	0.03	31.0	23	0.45	230	0.58	0.93
材料 置換部	1.97	0.03	31.0	31	0.45	310	0.54	0.96
ソイルセメント	1.57	0.08	37.0	100	0.30	1000	—	—

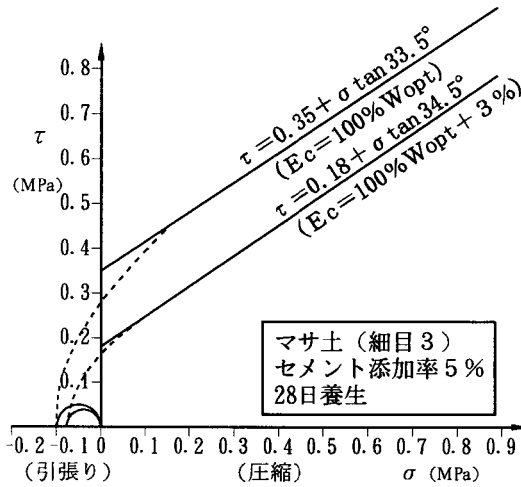
3) 遮水性材料は、置換部表面にコンタクトクレー等の着岩材料を施工することで応力・変形が緩和され、断層部周辺の安全性を向上させることが可能となる。

以上より、断層処理方針としては、遮水性材料による置換工法(置換え厚さ2m)に決定した。さらに堤敷部は、ダム安全性に大きく影響を及

ぼす位置であるため、断層を挟んだ上下流の基盤内に電気式と循環式の間隙水圧計をセットで配置し、管理体制の強化を図った。

#### 4. 置換材の転圧仕様

断層処理の施工に先立ち、遮水性材料による置換材の転圧仕様を決定する目的で盛立試験を実施



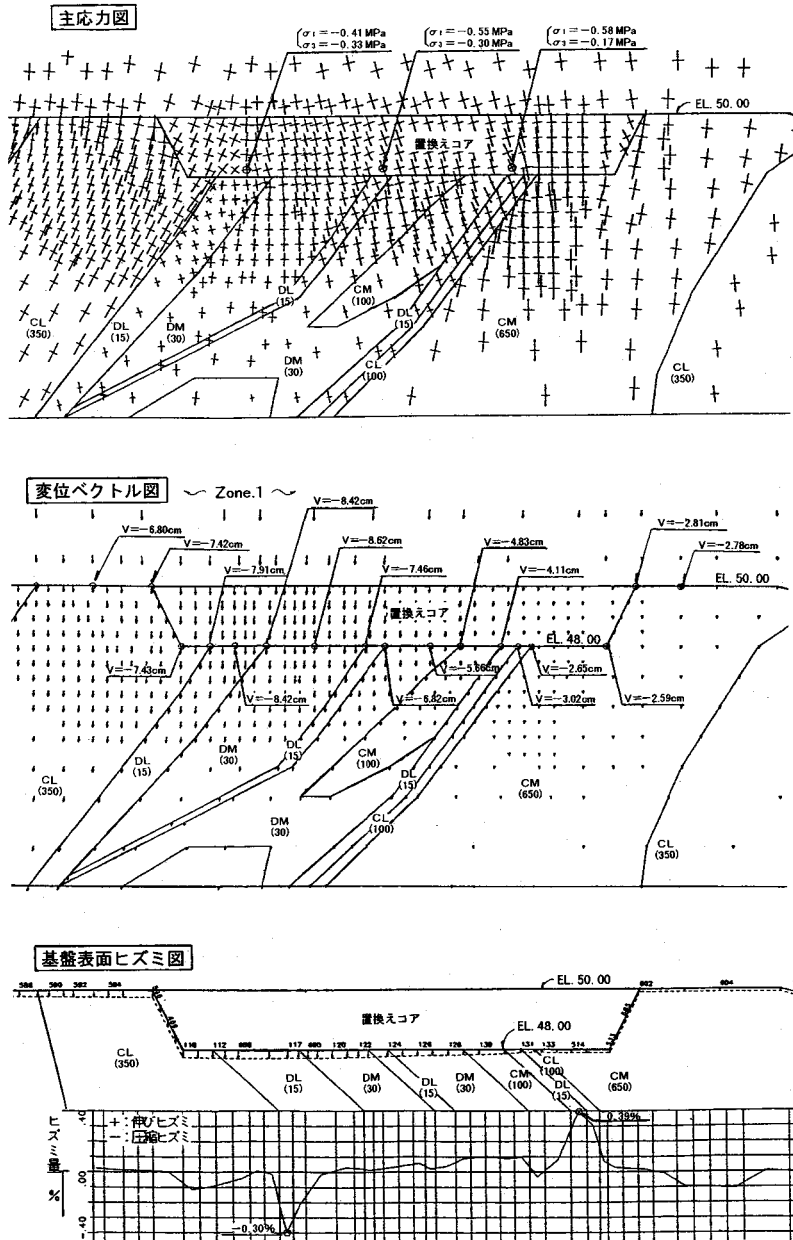
図一七 ソイルセメントの三軸圧縮強度と圧裂強度の関係

表一四 基礎の解析パラメーター

岩 級	変形係数 Ei (MPa)	ポアソン比 ν	粘着力 c (MPa)	内部摩擦角 φ (°)
CH	1,900	0.25	2.8	48.0
CM	650	0.30	1.6	42.0
CM'	100	0.35	1.0	35.0
CL	350	0.35	1.0	35.5
CL'	100	0.35	1.0	35.5
DM~DH (地表面より 0~10m)	30	0.40	0.6	28.0
DM~DH (地表面より 10~20m)	40	0.40	0.6	28.0
DM~DH (地表面より 20~30m)	65	0.40	0.6	28.0
DM~DH (地表面より 30~40m)	95	0.40	0.6	28.0
DL	15	0.45	0.6	28.0

表一五 解析結果一覧表

解析ケース	解 析 結 果				
	断層表面の 最大沈下量 (cm)	隣接する基礎岩 との沈下差 (cm)	破碎帯表面の 最大伸びひずみ (%)	置換部内の 引張り応力の 有無	置換部内の 最大引張り応力 (MPa)
ケース1	9.3	6.5	0.48	—	—
ケース2	8.0	5.3	0.08	有	0.1
ケース3	8.6	5.8	0.26	有	1.9
ケース4	8.6	6.0	0.39	無	—
ケース5	8.1	5.4	0.26	有	1.9



図—8 F.E.M.解析結果 (ケース4)

した。試験条件としては、粘土化した破砕帯の上で十分な締固め効果を得ることと、周辺を囲まれた狭い範囲内で効果的・効率的に施工することを考えた。

(1) 試験ヤード基盤

断層処理表層部の平均的な変形係数が  $E_D \approx 30$  MPa であるため、試験ヤード基盤はこの変形係数が得られるように造成した。変形係数の確認は平板載荷試験を実施し、 $E_D \approx 29$  MPa を得ている。

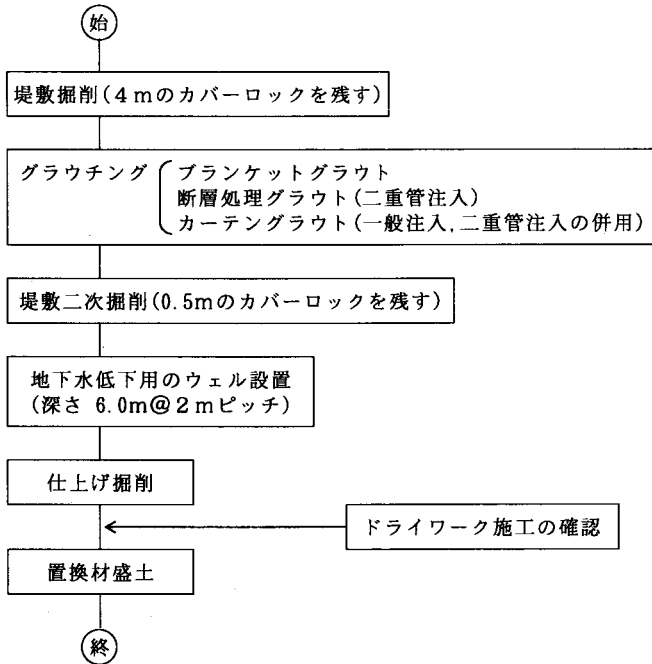
(2) 試験内容

置換材は、初期変形係数  $E_i \approx 31$  MPa 必要であり、室内締固め試験結果から判定すると締固め度 D 値 100% 以上を確保することが必要である。断層処理部は施工範囲が狭く、グラウチング改良が実施されているため、転圧重機は小回りが利き、転圧効果が大きく、さらに基盤改良部に損傷を与えない機種を選定する必要がある。本ダムでは、これらの条件を考慮し、表—6 に示す盛立試験を実

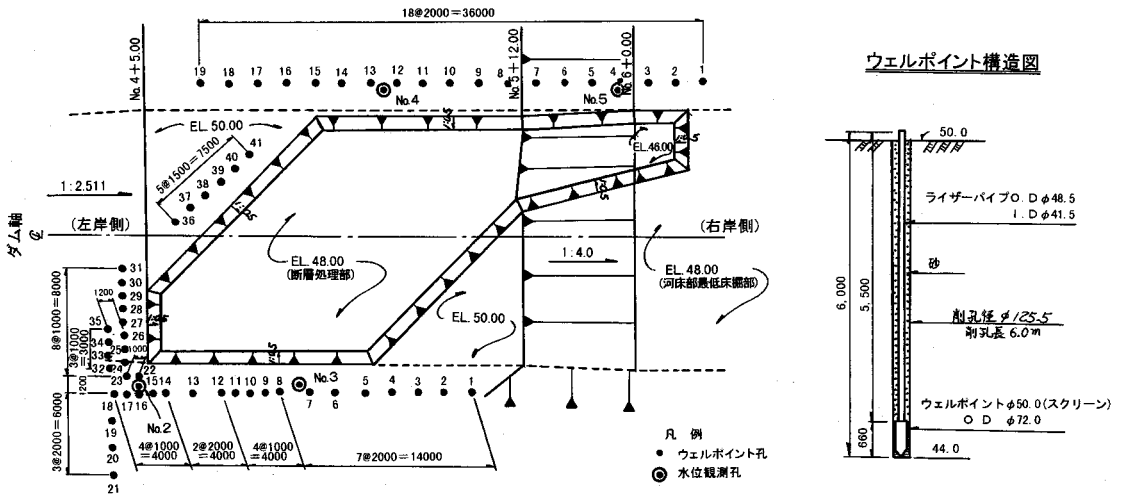


表一六 置換材の盛立試験内容

項目	仕様		
転圧機種	11ton振動ローラ(無振動)	11tonタンピングローラ	
撤出し機種	6ton湿地ブルドーザ		6ton湿地ブルドーザ
撤出し厚さ	30cm	15cm	15cm
転圧回数	8,10,12回	6,8,10,12回	8,10,12回
許容最大粒径	100mm	75mm	75mm



図一九 断層処理部の施工フロー



図一〇 断層処理工配置図

施した。

(3) 転圧仕様

盛立試験結果は次のとおりであった。

①11ton級の振動ローラ（無振動）では、撒出し厚さ、転圧回数を変えて試験を実施したが、密度、締固め度、透水係数の全てを満足する結果が得られなかった。

転圧効果が得られなかった理由としては、転圧面の凸の部分にフラットローラが乗り上げ凹の部分にローラが接しない箇所が多く、転圧面全体が均一に締固まらなかったためと考えられる。

②11ton級タンピングローラでは、15cm撒出し、10回転圧で所定の目標値(D値 $\geq 100\%$ 、 $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{cm/sec}$ )を満足した。

試験結果より、断層処理置換部の転圧仕様は、次のように決定した。

- 11ton級タンピングローラ
- 撒出し厚 15cm, 仕上り厚 10cm
- 転圧回数 10回

5. 断層処理部の施工

断層破碎帯は、掘削に伴う応力解放と地下水の供給により著しく軟弱化するため、施工は図-9に示すフローに準じて行った。

(1) ドライワーク工法

置換材の施工は、断層破碎帯に損傷を与えないためにウェルポイントを施工し、床掘り面の地下水水位を低下させてドライワークすることとした。ウェルは、上下流フィルターゾーンの外側に深さ6m、2mピッチ（部分的には1mピッチ）で配置したが、左岸アバット部からの表層地下水を低下させるために床掘り面にウェルを追加施工した。ウェルの配置位置及び構造を図-10に示す。地下水水位の低下は、コアトレンチ上流側に2箇所、下流側に2箇所設置した地下水水位計で確認した。図-11は地下水水位の観測記録であり、EL.46m付近の施工時は床掘り面-3m程度の地下水水位を確認しており、EL.48m付近の施工時は床掘り面から(-0.8~2m)程度の地下水水位を確認している。盛立工事はドライワークで実施できた。

コアトレンチ内のウェルポイントは、盛立て後にグラウトミルクを圧力注入(0.2MPa)し、止水処理を確実にしている。

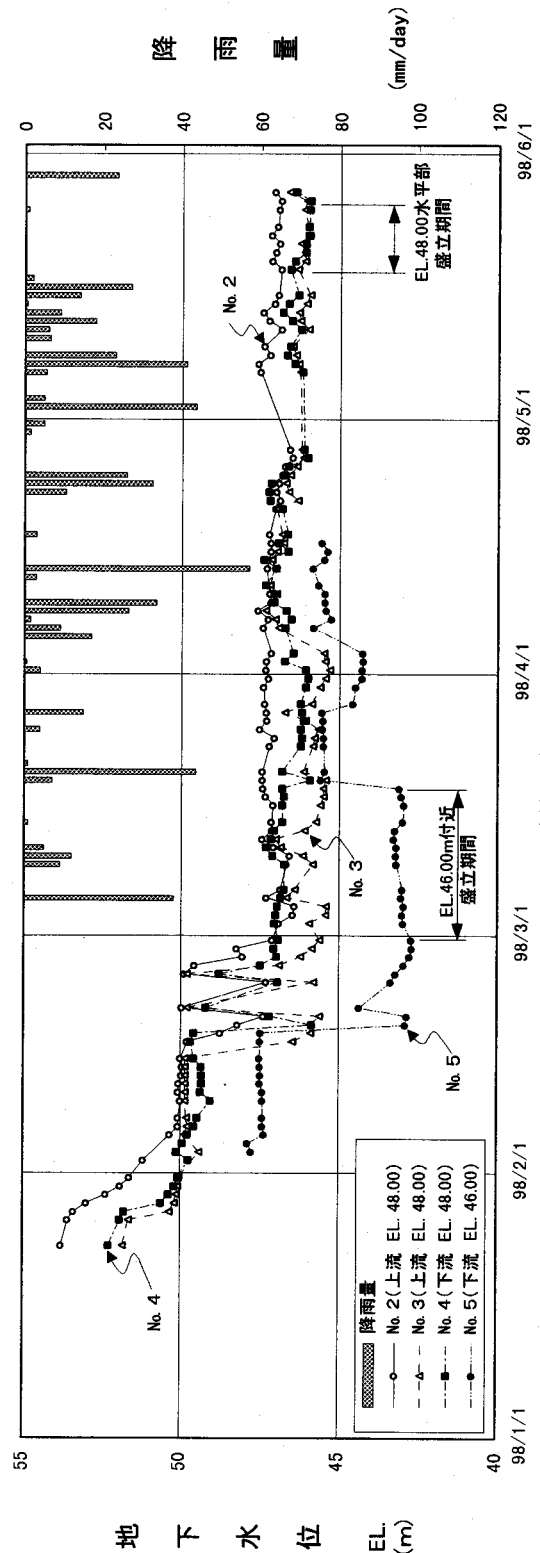
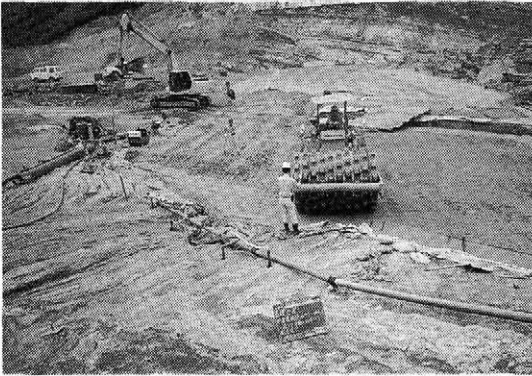


図-11 断層処理部の地下水水位



写真—2 コントクトコアレーキ処理



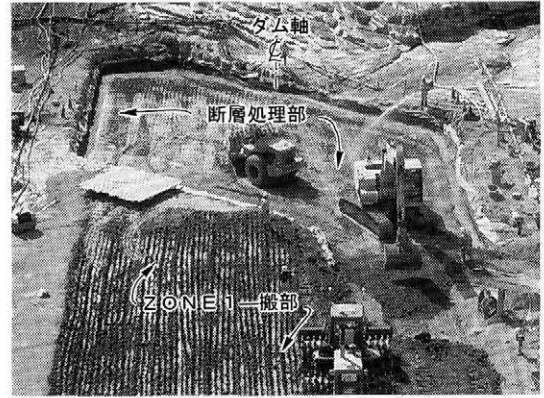
写真—3 転圧状況

## (2) 盛土施工

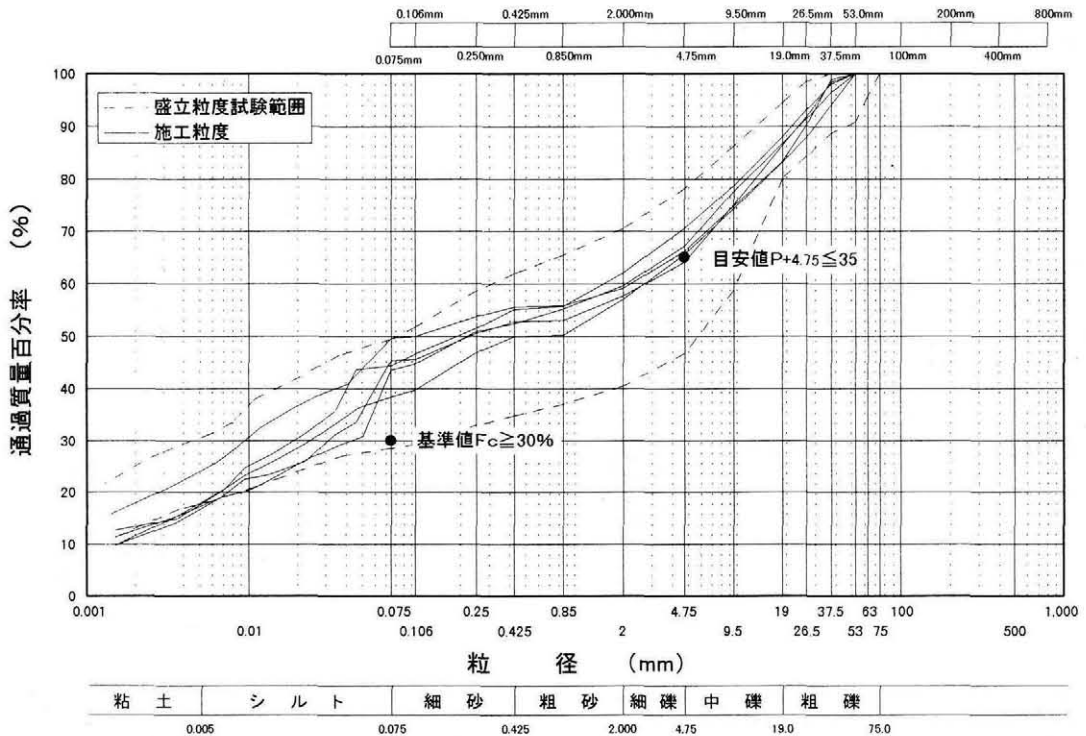
断層処理部の盛立状況を写真—2～4に示した。置換部は、厚さ2m、盛土量約1,000m<sup>3</sup>の処理であるが非常に重要なゾーンであるため、品質管理は綿密に行った。図—12～14は盛立管理結果であり、材質、転圧など良く管理されており、全て基準値を満足している。

## 6. おわりに

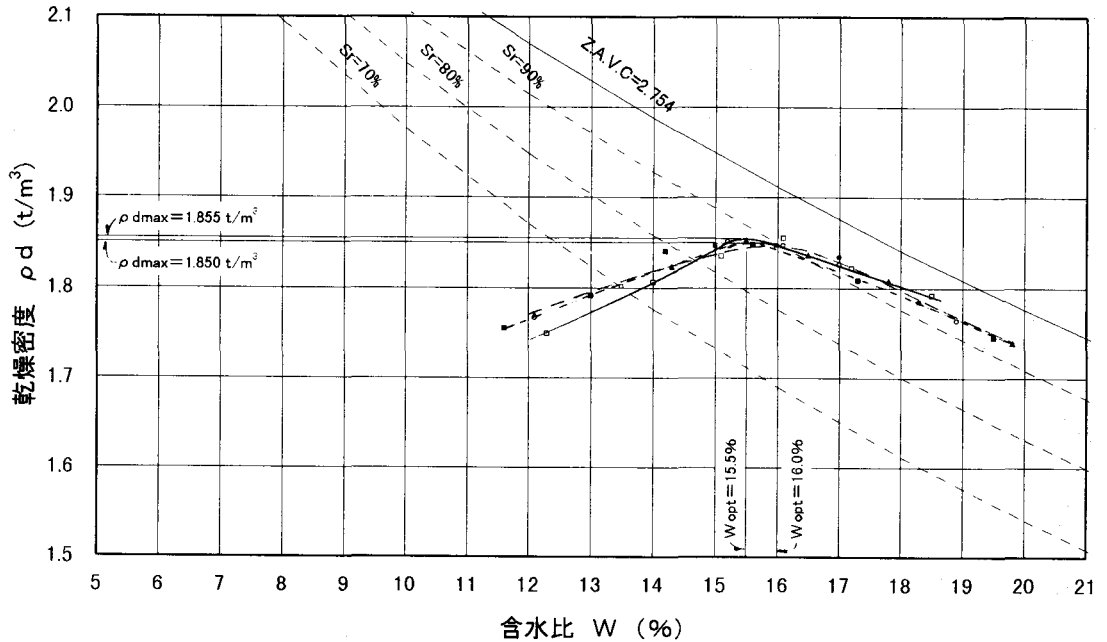
五和東部ダムの断層処理工事は、平成10年5月に完了し、その後順調にダム工事が進んでいる。



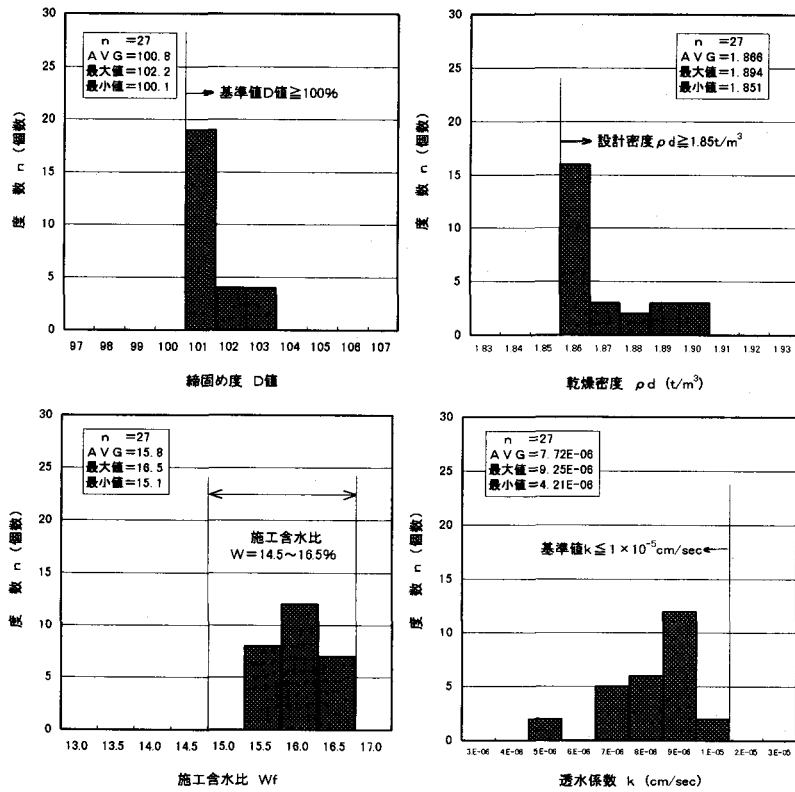
写真—4 断層処理部転圧状況の全景



図—12 施工粒度



含水比  $W$  (%)  
 図—13 施工した材料の締固め特性



図—14 施工管理結果

平成10年12月末現在で盛立て工事は標高EL.69mまで完了し、あと12.3mの盛立てを残す状況である。

断層処理部の安全性は、今後の湛水試験で実証できると確信している。基盤に同様の断層処理を抱えているダムの設計及び施工プロジェクトにおいて、本ダムで採用した断層処理が参考となれば

幸いである。

なお、本ダムの断層処理を実施するにあたり、設計・施工に関する種々の技術的指導と助言を賜ったダム技術検討委員会（委員長：長谷川高士京都大学名誉教授）の各委員をはじめ、ダムの計画・設計・施工に携われた関係各位にこの場を借りて深謝する次第であります。

# フィルダムにおけるルジオン値の判定基準とその活用法について

市川 和 善\*  
(Kazuyoshi ICHIKAWA)

川 口 宏\*\*\*\*  
(Hiroshi KAWAGUCHI)

高野 寿 雄\*\*  
(Toshio TAKANO)

伊 原 陽 一\*\*\*\*\*  
(Yoichi IHARA)

大 熊 登 紀 雄\*\*\*  
(Tokio OHGUMA)

## 目 次

1. はじめに .....66  
2. ルジオン値の求め方と留意事項 .....66  
3. 静水圧試験 .....71

4. ルジオン値の判定に当たっての留意事項 .....74  
5. ルジオン値の活用法 .....77  
6. おわりに .....79

### 1. はじめに

近年、良質な岩盤基礎箇所では既にダム建設が進み、新第三紀層から第四紀層のような軟岩や未固結層のような基礎地盤を対象にダムを築造している事例が多く見られる。

また、ダム工事費に占める基礎処理工事の費用は、図-1.1<sup>\*)</sup>に示すとおり年代とともに増加する傾向が見られる。そこで基礎地盤の透水性を過大あるいは過小評価することなく、適正な評価を行った上でダム設計に反映させることが重要である。

岩盤の透水性を評価する指標としては、ルジオン値と透水係数がある。ルジオン値はルジオン試験から数値が得られるが、これは亀裂性岩盤の透水性の程度を知るために本来考案されたものである。一方、軟岩の場合では粒子間隙や微小亀裂を

水が流れると考えられ、ダルシー流として取り扱って透水係数を直接得るために現位置透水試験を合わせ行うことがある。従って試験の適用にあたっては岩盤性状に十分留意して使い分ける必要がある。

また、限界圧の低い岩盤や地下水位の低い時は、ルジオン値の精度を高めるため、静水圧試験を実施する場合がある。

そこで、本報文においては、「ルジオン値の求め方と留意事項」、「静水圧試験」、「ルジオン値の判定に当たっての留意事項」及び「ルジオン値の活用法」について、数地区の事例をもとに問題点とその検討方向についてとりまとめた。

### 2. ルジオン値の求め方と留意事項

#### 2-1 ルジオン試験の標準

##### 1) ルジオンテストの技術的指針

ルジオン試験はダム基礎地盤の透水性の評価、止水グラウトの計画・施工・結果判定等を目的に、一般に硬い亀裂性岩盤を対象として考案されたものである。昭和52年11月に建設省河川局から「ルジオンテスト施工指針(案)」が制定され、次第に試験の実施が普及するようになったが、その理由としては、パイプフローを生じる岩盤では原理的に評価法として受入れられ易く、ボーリング孔内に圧力水を注入することでどの深度でも容易に求められ、試験法が簡単で結果の表示もしやすいこと等があげられる。

その後、ルジオン試験を限界圧力の低い軟

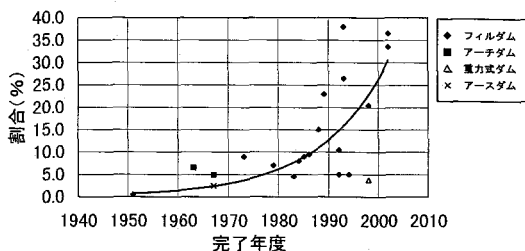


図-1.1 ダム工事費に占める基礎処理工事費割合

\* 福島県安達用水改良事務所  
\*\* 東海農政局豊川総合用水農業水利事務所北部支所  
\*\*\* 中国四国農政局東伯農業水利事業所  
\*\*\*\* 北海道開発局札幌開発建設部岩見沢農業事務所  
\*\*\*\*\* 北海道渡島支庁農業振興部

岩・未固結層にまで適用するようになり、試験の実施方法や図式解法により求まる換算ルジオン値のとり方に問題が生じたため、建設省河川局により「ルジオンテスト技術指針（案）」の見直しが行われ、昭和59年6月に改定版が出されている。その中には、ダルシーの法則が適用できる軟岩のような場合に適用する上での配慮が記述されている。

ダム基礎地盤の評価指標としてルジオン値は欠かせないものであるが、正しい試験方法と解釈ができなかったために、調査結果の誤った解釈や過大なグラウチング計画の立案といった失敗を招くことがある。そこで、指針（案）の中で述べられている事項で特に留意すべき項目を改めて整理してみた。

## 2) ルジオン試験の方法

ルジオンテストはボーリング孔に水を注入する方法、すなわち透水試験における一種の圧入法で、注入圧力と注入量の関係からルジオン値を求め、岩盤の透水性を評価する試験方法である。

ルジオン値 (Lu) は注入圧力 $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ のもとで、試験区間長 $1\text{m}$ 当たりの毎分の注入量を表わしたものである。

$$1\text{Lu} = 1 \frac{\text{l}}{\text{min}} / \text{m} / 10\text{kgf}/\text{cm}^2$$

## 3) ルジオン値の計算

試験によって求めた注入量 (Q) と注入圧力 (P) を横軸及び縦軸にとり、P-Q曲線を作成してルジオン値を求める。

ルジオン値の求め方は指針に示されており、

図-2.1のとおりである。ここで、限界圧力が $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下の場合には、P-Q曲線に基づきルジオン値の推定（換算ルジオン値 $\text{Lu}'$ ）を行う。

## 2-2 ルジオン試験の使用機器\*2.1)以下 2-6 まで

ルジオン試験に使用する機器は適正な能力と精度を有するものでなければならず、使用にあたっては十分な調査が必要である。

### 1) ポンプ

ポンプには適正な吐出圧力及び吐出容量を有するものを使用し、圧力調整が容易で脈動の小さいものとする。望ましい機種としては、以下の能力を有するものとする。

- イ. ポンプ吐出容量： $150\text{L}/\text{min}$ 以上
- ロ. 最大吐出圧力： $15\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以上
- ハ. 注入圧力の脈動：所定圧力の20%以下

吐出容量の $150\text{L}/\text{min}$ では $5\text{m}$ ステージで $30\text{Lu}$ まで測定可能であるが、対象岩盤の透水性によってはさらに容量を上げるかステージ長を小さくする必要がある。また、吐出圧力にも十分余裕を持ったものとする必要がある。

特に留意するのは、軟岩等で限界圧力が低い場合には脈動の小さいポンプを使用することである。脈動が大きいと一時的に限界圧を越える恐れがあるので注意が必要となる。

ポンプ機種としては、ピストンポンプに比べてスクリーポンプの方が脈動は少ないが、

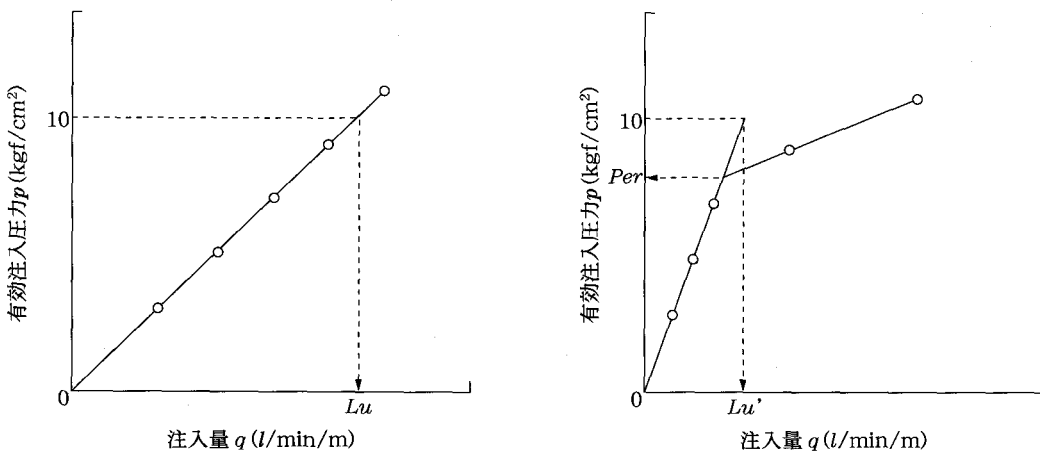


図-2.1 ルジオン値の推定

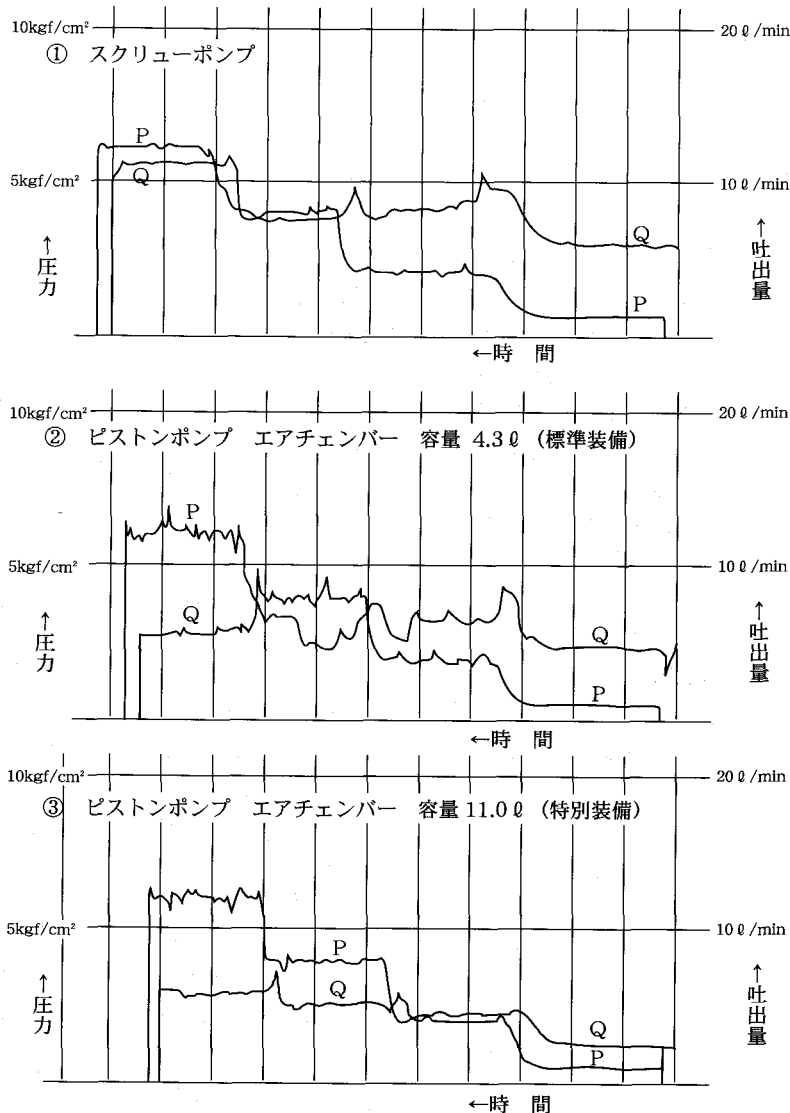


図-2.2 ポンプの脈動

容量の大きいエアチャンバーを付けることで  
ピストンポンプでも脈動を押さえることが  
できる。

2) パッカー

パッカーは孔壁によく密着して試験区間の

止水が完全に行えるものを使用し、岩盤状態  
及び深度に適した形式を選定する。一般に硬  
岩にはメカニカルパッカーが使用されるが、  
その他の場合は下表の適用性区分に留意して  
選定する。

表-2.1 各種パッカーの選定

	エア パッカー	メカニカルパッカー			レザ パッカー
		押込み式	二重管式	スクリュ 式	
軟岩・風化岩	○	△	△	×	×
断層・破碎帯	○	×	△	×	×
孔壁が乱れているとき	○	×	○	△	×
深い位置	△	○	△	○	○

摘要：○適，×不適，△使用可能



### 3) 圧力計・流量計

機器は測定精度が良く安定したもので、原則として自記記録できるものとする。

- イ. 圧力計：容量は最大注入圧力の1.5倍程度で目盛の最小単位が $0.5\text{kgf}/\text{cm}^2$ のものを標準とする。
- ロ. 流量計：目盛の最小単位が1%のものを標準とする。
- ハ. 自記装置：圧力と流量を平行して連続的に記録できるものとする。

限界圧力の低い軟岩や風化岩等では、測定範囲が小さく精度の良い圧力計を使用する必要がある。

## 2-3 ルジオン試験の試験孔

### 1) 試験孔の掘削・洗浄

試験孔の口径は原則として66mmとし、清水堀で孔壁を乱さないように配慮するものとする。

ルジオン試験自体は46mmでも結果に対する影響は無視できる程度であるが、採取するコアは透水性判定の重要なデータになるので66mmとしている。また、清水堀とするのは、孔壁の焼き付きにより現状と異なることを防ぐためである。

軟岩で無水堀・泥水堀でなければコア採取ができないことがあるが、孔壁の焼き付きやマッドケーキの形成が起こり試験孔に適さない状況になることがある。そのような場合には、ルジオン試験用の孔を別に掘削するか又はコア採取後拡孔するといった配慮が必要である。

試験孔は、スライム等の付着による目詰まりの起こらないように試験前に十分洗浄し、岩盤を飽和させるために注水して定常状態で試験できるように留意するものとする。

### 2) 試験区間長

試験区間長は原則として5mとしているが、以下のような場合には変更することも考慮する。

- ①試験区間に透水性の異なる地層、断層、破碎帯等があり、各々の透水性を求める場合

- ②透水性が非常に高く、ポンプの吐出容量が不足する場合

- ③孔壁の状態が悪く、所定の位置にパッカーをセットできない場合

### 3) パッカーの設置

パッカーの目的は試験区間の止水性の確保であり、地質状況により適切な位置にセットするものとする。試験方法により以下のように区分されている。

シングルパッカー法：ステージ法と称され、試験区間上部にパッカーをセットするもので、掘削と試験を交互に繰り返し行う。

ダブルパッカー法：試験孔全体を掘削した後に、試験区間上下にパッカーをセットして試験する。

試験の効率からすればダブルパッカー法が優れるが、パッカーの漏水の有無を観察できるシングルパッカー法によることが多い。

パッカーの効果は、先行した類似地質状況での試験結果と比較して、適宜確認しておく必要がある。また、パッカーのセット前には、慎重に注水し管内の空気抜きを確実にを行うように留意するものとする。

## 2-4 ルジオン試験

### 1) 注入圧力パターン

注入圧力の昇降は段階的に行うものとする。最大注入圧力は地質状況、上載荷重等を考慮して決定する。

注入圧力パターン：昇圧5段階、降圧4段階以上  
最大注入圧力：有効注入圧力で $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 程度

注入圧力には口元圧力と有効注入圧力とがあるが、通常は口元圧力で管理するため、有効注入圧力が得られるように地下水位や注入管ロスを考慮したパターンを決定する必要がある。また、限界圧力が $10\text{kgf}/\text{cm}^2$ 以下と予想されている場合には、最大注入圧力を限界圧力の30~50%増とし、圧力パターンは限界圧

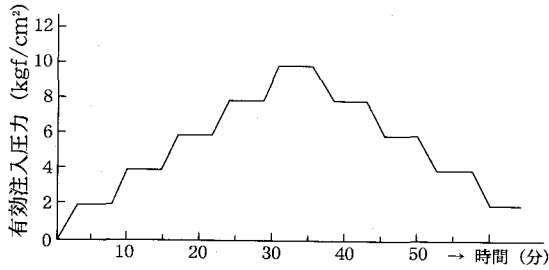


図-2.3 3 試験圧力のパターン

力を挟み 2 段階以上設定するようにする。

### 2) 注入量の測定

注入量の測定は、各注入圧力段階で注入量が一定になったことを確認し、5 分間の測定を行う。

試験区間が不飽和状態であったり、岩粉で目詰まりしていることもあるので、十分洗浄し岩盤を飽和させ、定常状態で試験できるようにしておくものとする。定常状態を確認するために、5 分間隔で 1 分間の流量測定を行う。

試験圧力の切換は 2～3 分で行い、各圧力段階で 5 分以上の流量調整後に 5 分間の本測定を行う。その時、1 分毎に測定しバラツキが 10% 以内で注入量が一定と見なし、5 分間の平均値をとる。

### 3) 地下水位の測定

試験孔の地下水位は毎朝作業開始前に測定し、この水位を試験時の地下水位とする。

一般の場合にはこれでよいが、試験孔の掘削中に宙水・被圧地下水等による孔内水位の変動が認められた場合には、それらの測定値を解析に用いる。

## 2-5 試験結果の解析

### 1) 有効注入圧力

有効注入圧力は、口元圧力を試験区間の中央から圧力計までの静水圧、地下水位及び管内抵抗による損失水頭により補正して求めるものとする。

有効注入圧力 (P) は以下により求める。<sup>\*2.2)</sup>

① 地下水位が試験区間より上にある場合

$$P = P_0 + \gamma_w (h_1 - h_2 - h_3) \text{ (kgf/cm}^2\text{)}$$

$P_0$  : 口元圧力 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$h_1$  : 圧力計から試験区間中央までの標高差 (m)

$h_2$  : 地下水位から試験区間中央までの水頭 (m) 被圧水るときにはそれに相当する水頭 (m)

$h_3$  : 管内抵抗による損失水頭 (m)

$\gamma_w$  : 水の単位体積重量 0.1 kgf/cm<sup>2</sup>/m

② 地下水位が試験区間より下にある場合

$$P = P_0 + \gamma_w (h_1 - h_3) \text{ kgf/cm}^2$$

③ 地下水位が試験区間中にある場合

$$P = P_0 + \gamma_w \{ (h_1 - h_2 - a^2/2l) - h_3 \} \text{ kgf/cm}^2$$

$$a = l - h_2 \quad (0 \leq a \leq l)$$

l : 試験区間長 (m)

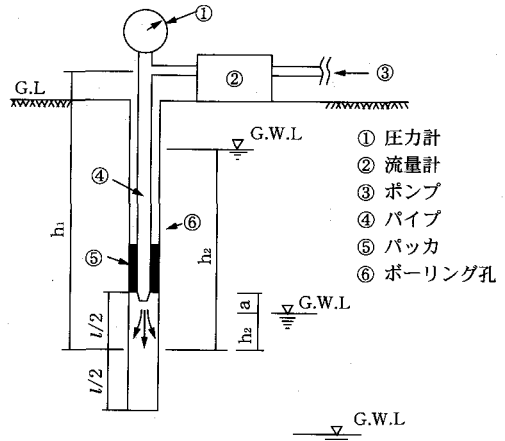


図-2.4 4 地下水位と有効注入圧力

管内抵抗による損失水頭 ( $h_3$ ) は、注入管内壁の摩擦によるものと口径の増減によるものがあるが、一般には以下のように算定している。

管内抵抗による損失水頭

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

Q : 注入量 (l/min)

L : 注入管長 (m)

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

$\alpha$  は、注入管長 3 m・内径 31 mm・継手長 110 mm・継手内径 17 mm の JIS 規格の比較的新しいボーリングロッドを使用し、流量がそれ程多くないときの値である (昭和 57 年度土木研究所の試験例等により求められている。)

深度が深く試験孔内の地下水位が低いような場合、孔内に充水するだけですでに大きな静水圧 ( $h_1$ ) が岩盤に載荷されるために、岩盤破壊後の透水性を評価してしまう恐れがある。したがって、限界圧力が低い岩盤等においては、試験区間に圧力センサーを配置し、有効注入圧力の小さな段階から水位調整しながら載荷する方法(\*)もとられる。( \* 静水圧試験の詳細については後述する。)

## 2) 注入圧力-注入量曲線

注入圧力-注入量曲線 (P-Q 曲線) は、有効注入圧力によって求めた注入圧力を縦軸に、注入量を横軸にとってグラフ化したものである。これにより、ルジオン値、限界圧力を求めることができる。

P-Q 曲線は岩盤性状 (限界圧力の大小、物理的異方性、割れ目性状等) により種々のパターンが描かれ、また試験誤差や試験途中での岩盤内の状況変化も現れることになる。したがって、P-Q 曲線の内容を的確に判断することが重要である。

限界圧力は、P-Q 曲線において注入量が急増する点における注入圧力であるが、これは圧力水により岩盤の割れ目が拡大したり、割れ目に充填している細粒分が動き出したりするために起こる現象である。限界圧力は岩盤の透水性評価の重要な指標であり、P-Q 曲線から正確に読み取る必要がある。

なお、試験データは現場において簡易的に整理して、試験毎の異常値の有無、ルジオン値の傾向及び岩盤性状の変化等を把握することが望ましい。

## 2-6 試験結果の整理

試験結果は、以下の内容について整理及びとりまとめを行うものとする。

## 整理項目

### ① 試験位置・試験方法・解析方法

試験孔の位置、標高、掘削傾斜角、注入パターン、使用機械等

### ② ボーリング柱状図・地下水位測定記録

縮尺 1/100 とし、コア観察結果と合わせて作成する。また、ボーリング孔の深度と地下水位の関係も整理する。

### ③ ルジオン試験記録

試験孔及び試験区間毎に生データを整理する。

### ④ P-Q 曲線

ルジオン値を求めた根拠となる。

### ⑤ ルジオン値・限界圧力・最大注入圧力

P-Q 曲線及び柱状図に記入する。換算ルジオン値はその旨を明示する。

### ⑥ ルジオンマップ

1/500 または 1/1000 の縮尺で整理する。ルジオンマップは、ダム軸沿いの横断面図の他に水平断面図及び縦断面図を作成しておくこと 3 次元の検討を行う場合に便利である。

ルジオン値の区分は、通常  $Lu < 1, 1 \leq Lu \leq 2, 2 \leq Lu \leq 5, 5 \leq Lu \leq 10, 10 \leq Lu \leq 20, 20 \leq Lu$  とするが、目標値に応じて適宜決める。

### ⑦ 地下水分布図

各ボーリング孔の最終安定水位を表示し、ルジオンマップ・地質断面図等と重ね合わせて表現する。

## 3. 静水圧試験

軟岩の場合は静水頭ですでに限界圧力を超えているために、限界圧力内の固有のルジオン値が求まらず、見かけ上大きな値を得ているケースがある。また、開口亀裂性岩盤の場合は初期圧力段階において、地盤が必要とする安定流量に給水ポンプの吐出能力が及ばないため、本来のルジオン値は逆にもっと大きい値となるケースがある。なお、亀裂性岩盤の中でも断層破碎帯の場合は亀裂間に粘土分を多く挟在しており、軟岩のケースに類似している。<sup>\*3.1)</sup>

そこで、これら岩盤のルジオンテストを実施する際には、試験区間内に間隙水圧計を設置することの可能な「孔内を定水位状態に保ち実施するルジオンテスト（以下、静水圧試験と呼ぶ）」を採用する等の配慮が重要である。

### 1) 静水圧試験の原理及び装置

孔内で静水圧試験を行う場合、水位を一定にする方法は図-3.1に示すように、(1)真空状態を利用

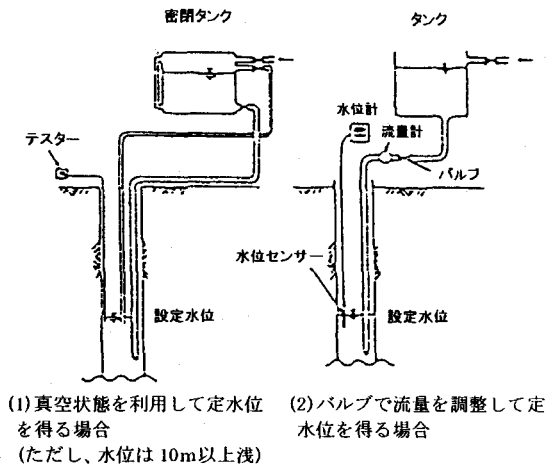


図-3.1 静水圧状態設定の原理

用する方法と、(2)水位低下を即刻捉え供給量を調整して定水位を得る方法がある。前者は自然法則を利用するため、装置がシンプルになる利点があるが、10m以浅の水位条件の下でないと採用できず、深部においては低水頭の試験ができない欠点がある。後者は、流量調節に難易度が伴うが特に試験深度の制約はない。ここでは、実際によく用いられている後者の説明をする。

図-3.2は、この方法による試験装置を示す。これは、口径66mmのボーリング孔に水を注ぎ、管内の水頭を一定にした状態で透水試験（ルジオンテスト）を行うための装置である。原理は、水位が下がるのと同じ時に注水し、水位を一定に保つよう連続的に流量を供給することにある。その時、孔内の任意の地点に圧力センサーを挿入設定し、試験水頭を有効圧力レベルで感知し、流量調整は地上にある電磁流量計によって行う。

試験は、試験区間から孔口に向かって試験水頭を高めながら段階的に孔内静水圧試験を行い試験水頭が地表に至った後は、窒素ガスを利用するか、あるいはポンプで加圧するルジオンテストに移る。圧力段階の刻みは、通常  $1 \text{ kgf/cm}^2$  までは  $0.2 \text{ kgf/cm}^2$  程度で、 $1 \text{ kgf/cm}^2$  以上は  $0.5 \text{ kgf/cm}^2$  程度である。

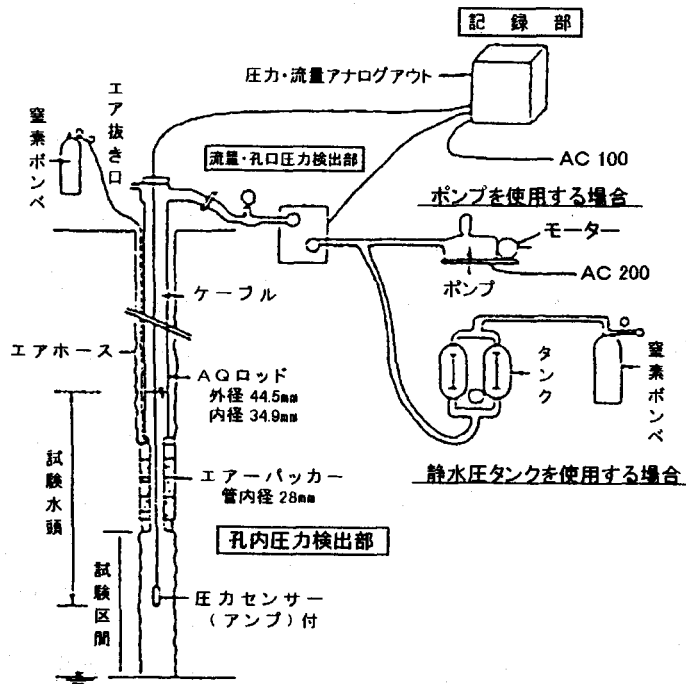


図-3.2 静水圧試験試験装置

なお、P-Q曲線はこれらを一括して表示する。

## 2) 静水圧試験の採用ケース

本試験法を採用すれば、ダルシー則に基づくかそれに近い試験が行え、透水係数あるいはこれに置き換えられる正確なルジオン値（及び厳密な限界圧力）を求めることができる。

特に次のようなケースで通常のルジオンテストを実施した場合は、見かけ上大きな値を求めたり（ケース①）、逆に実際のルジオン値よりかなり小さな値を求めたりする（ケース②）おそれがある。

- ①軟岩や強風化岩のように概して限界圧力が小さい地盤で、地下水位が低い場合、通常の上加重方式のルジオンテストを実施すると、試験区間に地盤の限界圧以上の静水頭がかかるケース。
- ②末～低固結砂岩（層）、礫岩（層）、多孔質地盤、開口亀裂性岩盤等透水性が著しく大きい場合で、通常のルジオンテストでは地上圧力方式及びパッカー管径のため、流量が大きくなると管内抵抗が著しく大きくなると共に、給水ポンプの吐出能力（通常150～200l/min）の制限により、必要な安定流量が供給出来なくなり、その結果見かけ上実際のルジオン値よりかなり小さな値を読み取る危険性があるケース。

## 3) 静水圧試験と従来のルジオンテスト結果との比較

### ①軟岩における結果比較

図-3.3は、凝灰角礫岩を基盤とするBダムの試験結果P-Q曲線の例を示している。同図は地下水位が低い場所のほぼ同一層で実施した通常のルジオンテストと、静水圧試験試

験結果が比較できるようにしている。

通常のルジオンテストでは初期圧力段階で限界圧力以上の静水頭がかかっており、その後のP-Q曲線は横ばいになっている。初期圧力と3段階目圧力が直線関係にあると考え、図式法によって換算ルジオン値を求めると $Lu'=54$ という見かけ上過大な値を得ることとなる。一方、静水圧試験試験結果では、原点まわりのデータが確実にとれ、より正確な限界圧力とルジオン値( $Lu'=1.8$ )が得られる。また、限界圧力以降のP-Q曲線は、通常のルジオンテストのP-Q曲線と同様の経過をたどっている。

### ②開口亀裂性岩盤における比較

図-3.4は、Cダムにおいて開口亀裂の発達した砂岩層で実施した通常のルジオンテストと静水圧試験試験結果のP-Q曲線を示したものである。静水圧試験を見ると約1 kgf/cm<sup>2</sup>で給水ポンプの吐出能力である200l/min(40 l/min/m×5 m)を示しており、通常のルジオンテスト初期圧力約5 kgf/cm<sup>2</sup>では地盤に必要な安定流量が供給されていないと判断される。従って、通常のルジオンテストの場合、原点と初期圧力段階の測定値を結び換算ルジオン値を求めると $Lu'=53$ の値を得るが、静水圧試験試験結果のP-Q曲線から図式法による換算ルジオン値を算出すると $Lu'=262$ となり、約5倍の値を示している。

## 4) 静水圧試験の採用事例

今回調査したダム中8ダムにおいて静水圧試験を採用していたため、その採用理由について表-3.1にとりまとめた。

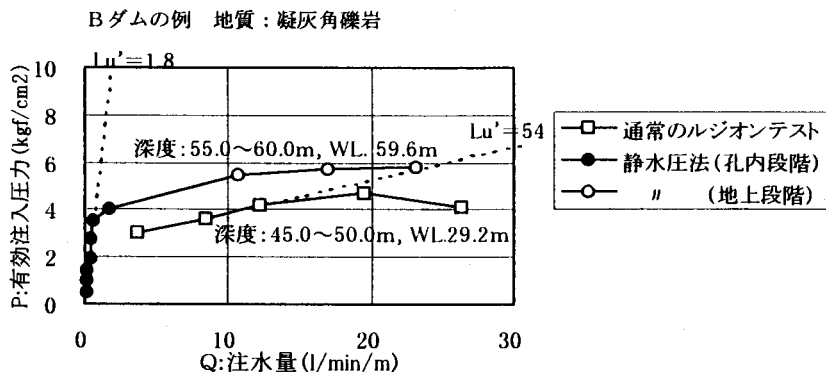
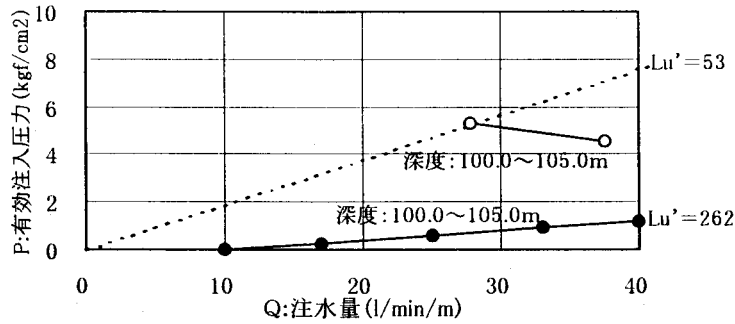


図-3.3 従来のルジオンテストと静水圧試験のP-Q曲線比較図(軟岩の例)



図—3.4 従来のルジオンテストと静水圧試験のP-Q曲線比較図(開口亀裂性岩盤の例)

表—3.1 静水圧試験採用の事例及び採用理由

局名	ダム名	基礎岩盤	採用理由
北海道開発局	エルム	安山岩, 凝灰岩類	基礎岩盤が透水性が高い安山岩層であり, 地下水位が孔口から深度65m付近にあるため。
北陸農政局	小倉	安山岩, 凝灰角礫岩	地下水位が低く, 基礎岩盤には部分的に限界圧の低い高透水性ゾーンがあるため。
	後谷	泥岩	基礎岩盤の限界圧力が, 深度30mでも1.5~3.5kgf/cm²と低いため。
	市野新田	凝灰角礫岩, 凝灰岩	基礎岩盤の限界圧力が, 2~3kgf/cm²と低いため。
中四国農政局	下蚊屋	花崗岩	基礎岩盤の上層部10mが風化花崗岩でCL(M1)級であるため。
	船上山	凝灰角礫岩	基礎岩盤の河床部では地下水位が高いため採用できないが, 左岸アバット部でのみ実施。
	西高尾	凝灰角礫岩	基礎岩盤の地下水位が低いため。
	小田股	凝灰角礫岩	孔口から地下水位までの高低差があり, 通常のルジオンテストでは限界圧力以下の試験点数が少なく試験結果に十分な信頼性がないため。また, 基礎岩盤の変形係数は700kgf/cm²以下と低い。

静水圧試験を採用したダムは, 基礎岩盤の一部あるいは全部が限界圧力が低く(5ダム), 地下水位が低い(5ダム)場合であり, 前述の3.2)ケース①にあたる。また, 3.2)ケース②の静水圧試験を採用したダムは今回の調査では無かった。12ダム中, 残りの4ダムの基礎岩盤は, 花崗岩類あるいは頁岩優勢砂岩等のいずれもCM級であり, 限界圧力が高い岩盤であったことで通常のルジオンテストを採用していた。このことから限界圧力が低く, 地下水位が低い条件をもつダムで静水圧試験を採用していることがわかる。

#### 4. ルジオン値の判定に当たっての留意事項

##### 1) P-Q曲線の分類と判定について

P-Q曲線が原点を通る直線であればルジオン値は簡単に求めることができる。

しかし, 不規則な折れ線の場合や原点を通らない場合, 昇降圧段階の注入量が違う場合などはP-Q曲線からルジオン値や限界圧力を直ちに判読し求めることは難しい場合がある。

これは, P-Q曲線が, 調査地点の岩盤特性(限界圧力の大小, 水理学的異方性, 割れ目の性状等)に影響を受けるからである。

そのため, 山口・松本氏<sup>\*4.1)</sup>が図-4.1及び図-

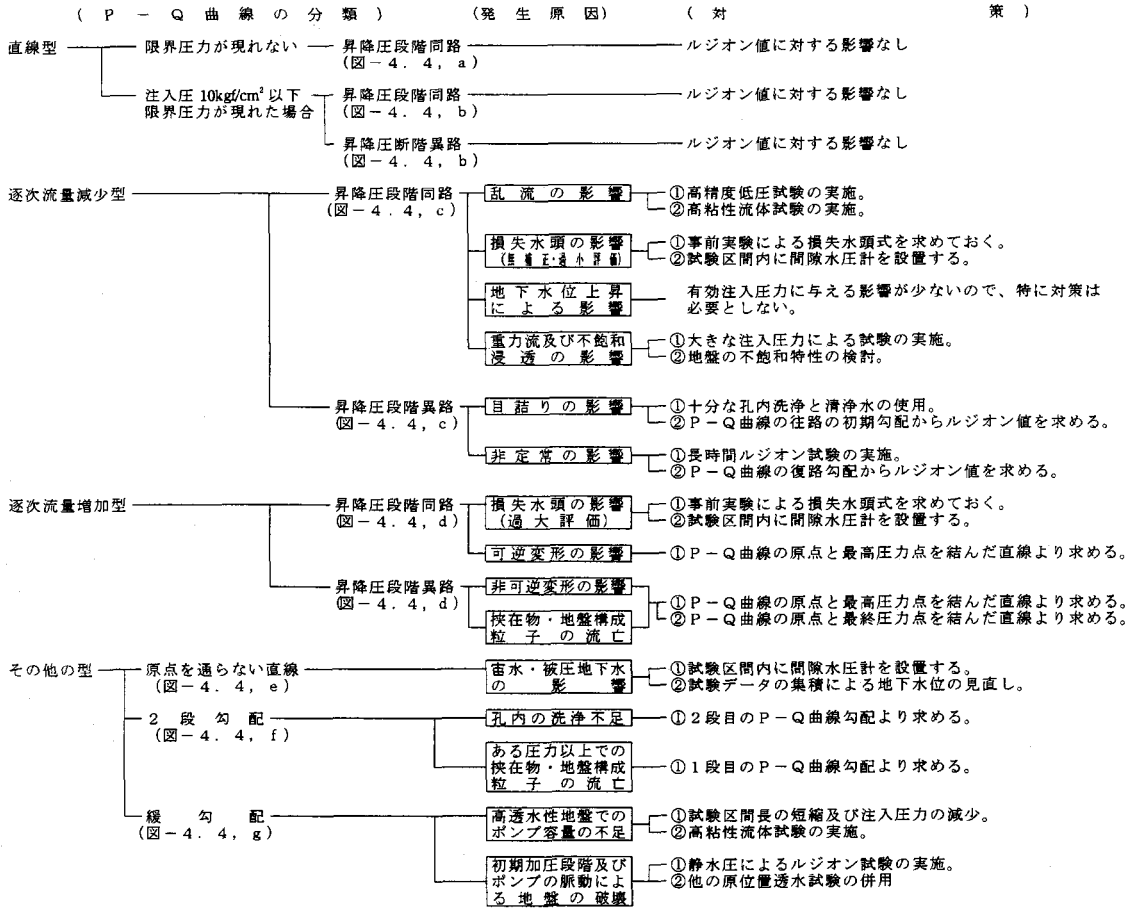


図-4.1 P-Q曲線分類別発生原因と対策について

4.2のようなP-Q曲線の形態別分類とその発生原因及びルジオン値の求め方について述べている。

2) パイプフローとダルシーフローによる影響

前述のようなP-Q曲線が現れる原因として主に試験器具、地下水の状態、地盤の特性、水の流れが挙げられる。このうち「地盤の特性」と「水の流れ」については、調査初期を除けば、ダム基礎地盤の性状を概ね把握しているので、事前の対処と試験結果の良否を判断する事は可能と思われる。しかし、「水の流れ」については、ダム基礎地盤における浸透流が「岩盤の節理等の連続した割れ目を流れるもの(パイプフロー)」と、「砂層などの粒子間を流れるもの(ダルシーフロー)」に大別される事を考えると、上記のP-Q曲線分類における発生原因と対策がすべての場合に当てはまるとは限らないと考えるべきであろう。なお、ダルシーの法則とは次の関係を言う。

$$Q = k \cdot i \cdot A$$

ここに、Q：流量

k：定数(透水係数)

i：動水勾配 = H/L (H：水頭差, L：浸透距離)

A：断面積

すなわち、パイプフローのような硬質な岩盤では初期加圧で岩盤が破壊されることは一般には考えられないし、ダルシーフローのような砂礫層においては、目詰まりの影響はほとんど無いと考えられる。

(軟岩の場合には、パイプフローとダルシーフロー双方の傾向を示す場合がある。)

3) ダルシーフローにおけるルジオン試験の留意事項

軟岩や未固結粒状堆積層などのダルシーフローによる浸透形態の地盤に対して、ルジオン試験を

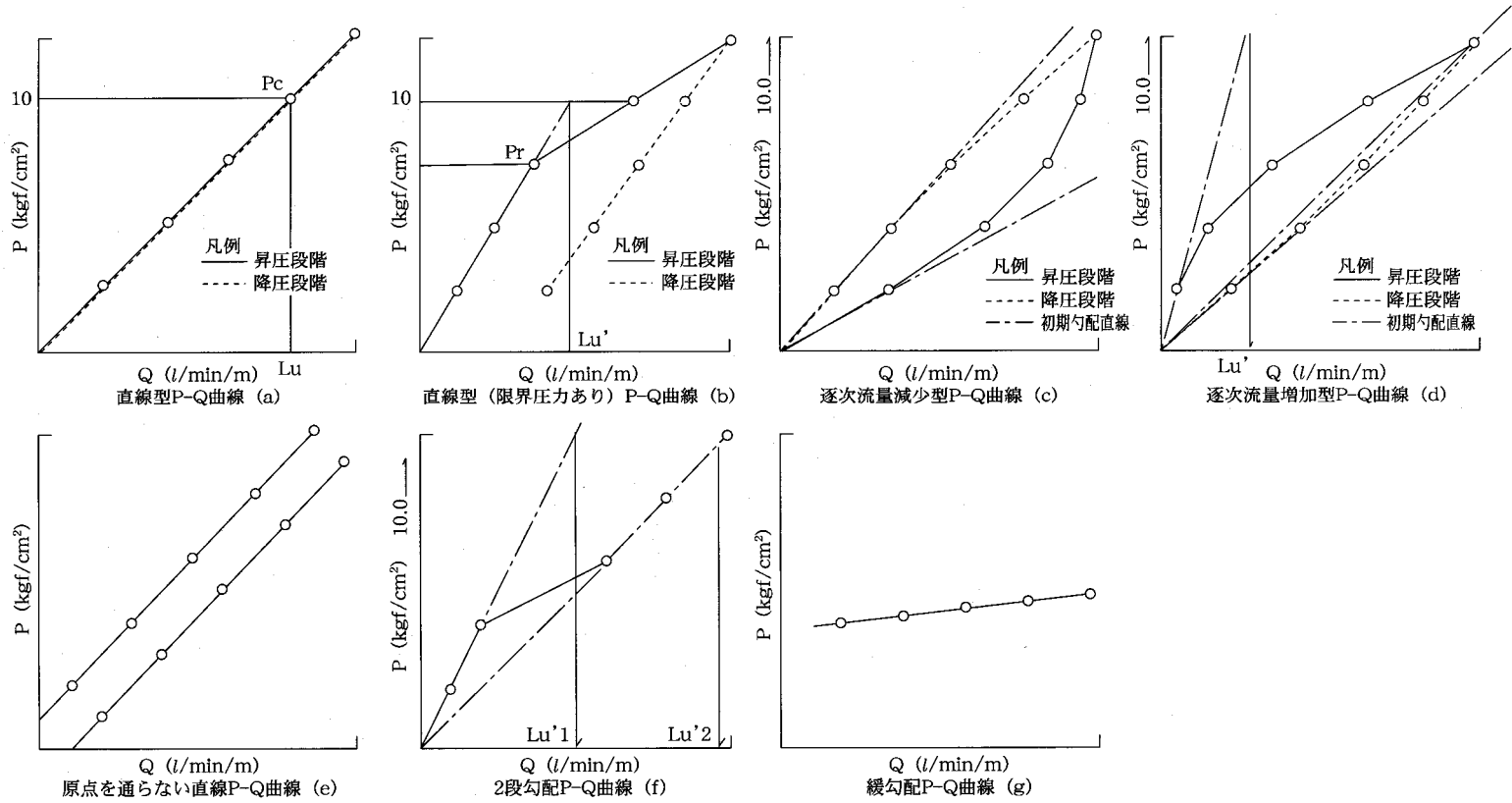


図-4.2 P-Q曲線の分類



実施すると初期加圧及びポンプの脈動で岩盤を破壊し、2段階目以降では既に異なった岩盤性状となっている可能性がある。このような事を防ぐために「ルジオンテスト技術指針・同解説」では、脈動の小さなポンプを用いるか、ポンプに高容量のエアチャンバを取り付けるか、静水圧による載荷を行い、注入圧力を制御し限界圧力下の注入量を測定するように述べている。このように、ダルシーフローの浸透形態が主たる地盤に対し、低圧力下による小刻みな昇圧段階を行えるルジオン試験の選定が肝要である。また、未固結粒状堆積層等の地盤中の空隙状態が浸透性に大きく影響する地盤に対しては、現場透水試験より得られる透水係数も参考にすべきである。

#### 4) ルジオン値の判定に当たっての留意事項

ルジオン値の判定には、地質調査から得られた各種データを基にルジオン試験地点の地盤特性を十分把握しておく必要がある。また、ルジオン試験の結果から得られるP-Q曲線の各種パターン要因の中にも地盤特性が現れるため、これらを分類、体系化しておくことはルジオン値判定のうえで有効な手法であると言える。

なお、実際の現地試験においては、上記の分類形態が明瞭に現れない場合や、複数の影響が作用していることもあるので留意する必要がある。

#### (1) P-Q曲線図と岩盤特性との関係の明瞭化(パターン化)

ルジオン値の妥当性を確認するためにP-Q曲線図のパターン分類を行うことが有効であり、これを分類・整理を行うことで以下のことが判断され、更には各ダム基礎の地盤特性を評価する資料となるものと思われる。

①P-Q曲線はいくつかのパターンに区別されるが、その割合は岩質及び位置別により違う割合となる。

②出現頻度の少ないP-Q曲線についてはルジオン値の再評価が必要である。

③出現割合の少ないパターンが現れた場合に、試験の可否、発生原因の究明の必要性の判断を容易に行うことができる。

#### (2) 他地区とのルジオン値判定の統一化<sup>4,2)</sup>

近年のダムサイトは地質条件が厳しくなってきた現状から、地山の透水係数を慎重に検討する事例が増加している。その場合、

類似地区と比較することも重要な要素となり、比較を容易にする解決策の一つとしてP-Q曲線の統一化が考えられる。P-Q曲線の縮尺と表示角度を統一することで、比較を容易にするとともに、ルジオン値の判定の統一化が図れる。

また、調査担当者による判定の差を少しでも小さくする効果が期待できるものと考えられる。

#### ①P-Q曲線図の縮尺の統一

原則としてP-Q曲線図の大きさを5cm×5cmを標準とする。表示方法については次のようにする。即ち、縦軸の目盛りは10kg/cm<sup>2</sup>を5cmとし、横軸の目盛りは、20L/min/mを5cmとする。こうすることによって他地区のP-Q曲線図、即ちルジオン値を重ね合わせて比較することができる。

#### ②P-Q曲線図の表示角度の統一

①の表示方法に従い、単位注入量が、20L/min/mを越えるもの(即ち、ルジオン値が20を越えるもの)については横軸を20L/min/m単位(5cm単位)で横に拡張していくものとする。

こうすることにより、同一ルジオン値を同一角度(表示角度)で表現でき、また、降伏点(限界圧力)の有無の判別について考え方の統一が図れる。

## 5. ルジオン値の活用方法

ルジオン値の活用方法として以下の項目が挙げられる。

#### 1) 基礎岩盤の透水性分布図(ルジオンマップ)の作成<sup>2,1)</sup>

ルジオン試験の結果に基づき、透水性分布図であるルジオンマップを作成する。ルジオンマップはダムの位置の選定、堤体基礎掘削の深さ及びグラウチングの計画などに必要な資料である。測定したルジオン値を基に岩質や地質構造などを考慮して作成するが、調査の進捗に併せて随時修正を加える。調査の初期段階で試験孔数が少ないときは、ルジオン値のコンターを描くことが困難であるので、地質図にルジオン値と限界圧力の表示を行う。(図-5.1)

さらに調査が進み試験孔相互の関連が把握できるようになれば、図—5.2のように等ルジオン値線を記入する。

ルジオンマップは、ダム軸あるいは止水線沿いの横断面図のほかには水平断面図及び縦断面図を作成するとダムサイトにおける岩盤の透水性の三次元的な検討を行うのに便利である。

ルジオン値の区分はグラウチングの改良目標に応じて定めるのが一般的である。通常は $Lu < 1$ ,  $1 \leq Lu < 2$ ,  $2 \leq Lu < 5$ ,  $5 \leq Lu < 10$ ,  $10 \leq Lu < 20$ ,  $20 \leq Lu$ に区分する。及び範囲を決定する上で

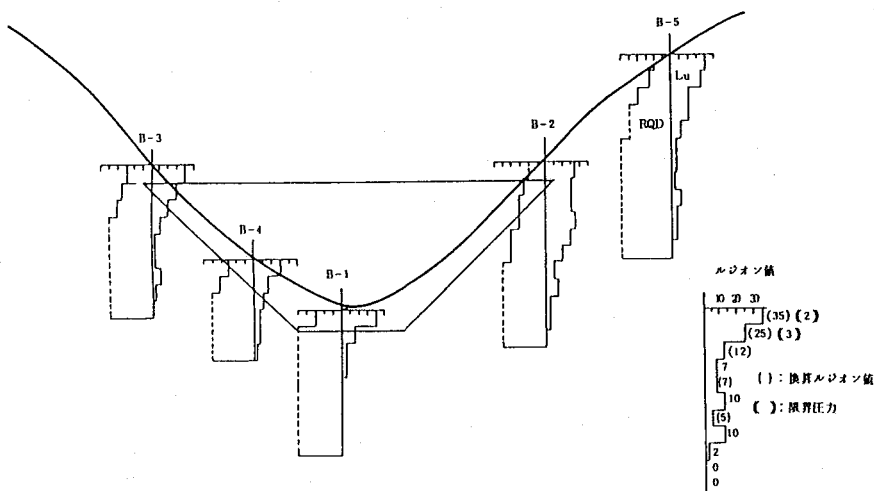
重要な資料となる。

地下水の分布図は、各試験孔の自然状態における最終的に安定した水位を表示するものとするが、宙水などが認められれば併せて表示する。

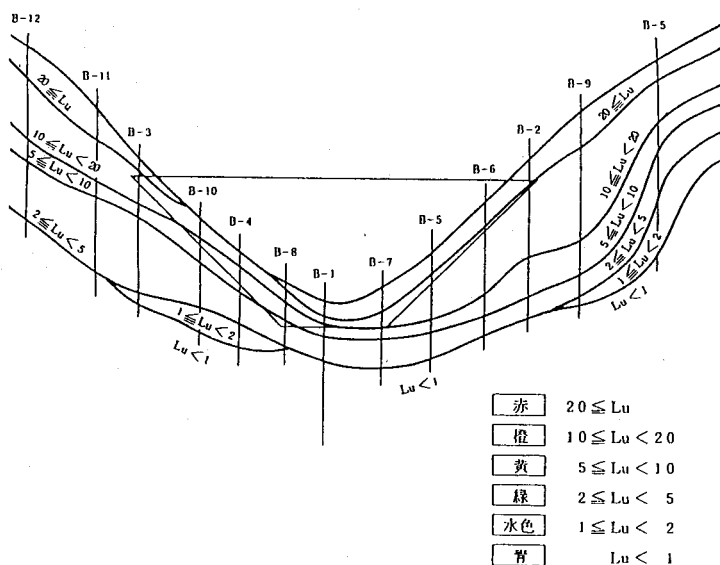
## 2) グラウチング注入仕様への反映

グラウト注入実績の少ない岩盤においては、注入圧力やセメントミルクの初期濃度等の決定に際してルジオン値の活用がなされている。

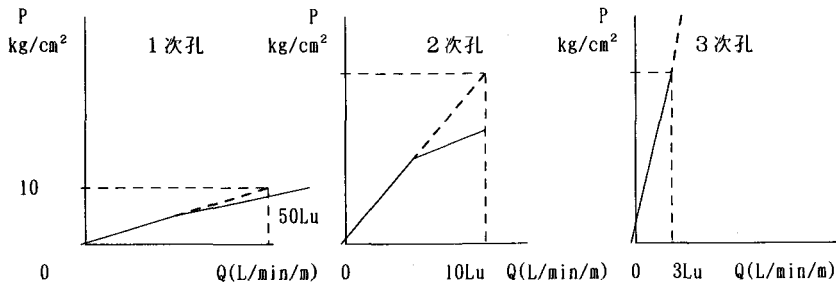
即ち、基礎岩盤の透水特性（ルジオン値、限界圧力）が判れば、グラウチングの注入仕様を決定することができる。（ルジオン試験とグラウチング



図—5.1 ルジオンマップ（調査初期）



図—5.2 ルジオンマップ



図—5.3 グラウチング次数変化状況

は非常に良く類似しており、極論すればルジオン試験においてセメントミルクを使用すればグラウチングとほぼ同じこととなる。

### 3) グラウチング施工管理への反映

例えば、1次孔においては、グラウチングに代表されるダム基礎岩盤の浸透流制御の要否が判定できれば良いという判断から、「透水性の改良が出来ていない。(例えば、50Lu以上)」とだけ判定し、以降の施工回数により、ルジオン値の変化状況(ルジオン値の減少)を捉え、注入効果の判断指標として活用している例を図—5.3に示す。

ここで、本来50Lu以上の高透水帯と判断すべきところを逆に過小に評価すると、グラウト初期濃度を薄い濃度から始めるため、必要以上の注入時間を要して多額な経費と時間のロスが生じることになるため、適切な判断が重要不可欠となる。

### 4) 浸透流解析への応用

ダム湛水に伴う基礎地盤内の浸透流は、層流あるいはそれに近い流れであり、ルジオン試験を注水式の定水位透水試験と考え、このルジオン値をダルシー則に基づいて透水係数に変換し、それを浸透流解析の入力物性値とすることでダム湛水に伴う漏水量を求めることができる。

## 6. おわりに

ルジオン試験は、本来硬質岩盤を対象に開発された透水試験であり、一般に硬質岩盤は岩石そのものは不透水性で、節理等の割れ目の分布が透水性を支配する。しかし、このような硬質岩盤上では一般にコンクリートダムが築造され、フィルダムが築造される基礎は強度が低い軟岩或いは砂礫層がほとんどである。

一般に硬岩と軟岩或いは砂礫層とでは、水の浸

透する形態が異なり、硬岩の場合は「岩盤内の節理などの連続した割れ目を流れるもの(パイプフロー)」であるのに対し、砂礫層等の未固結堆積層は、「粒子間を流れるもの(ダルシーフロー)」である。また、軟岩はその両面の浸透形態を持つ場合がある。

ところが、この浸透形態の相異に配慮せず、明らかにダルシーフローが支配的であり、かつ、極めて限界圧が低い地盤に対しても、通常のルジオン試験が実施されているとすれば、その結果“高透水性地盤と判定”したり、“安全側に判定”といった解釈や対応がなされることが考えられる。しかし、もし、ダルシーフローが卓抜しているのであれば、その浸透量や浸透破壊を支配するのは“透水係数”と“動水勾配”であり、必ずしも“安全側に判定”したことにはならない。このような地盤において“安全側に判定”した結果、当初予定したグラウチングが適切でないということも起こりうる。

また、ルジオン試験で得られた有効注入圧力Pと注入量Qを基に図式解法でルジオン値を求める場合、限界圧力が不明瞭な場合や低限界圧力の軟岩等の場合、換算ルジオン値を求めるデータの判読に個人差が生じる場合がある。

このようなことからフィルダムを築造する地盤においては調査初期から岩盤特性を十分に把握するとともに、原位置試験による確認や静水圧法といった試験方法の選択を考慮した上でルジオン試験を実施することが望まれる。

最後に、本課題をとりまとめるにあたり、温かいご指導を賜りました農業工学研究所長東土木地質研究室長をはじめ関係者各位に深く感謝いたします。

## 参考文献

- ※1.1) 三浦英樹, 大村 行, 西 利明, 本村正則, 瀬口克二: ダム基礎グラウト注入仕様と改良実績の検証について: 水と土第111号1998
- ※2.1) 建設省河川局開発課: ルジオンテスト技術指針・同解説
- ※2.2) 山口嘉一, 松本徳久: ダム基礎の透水性とルジオン値: 土木学会論文集第412号III—12, 1989年
- ※3.1) 中森一郎: 孔内静水圧法によるルジオンテスト
- ※4.1) 山口嘉一, 松本徳久: ダム基礎の透水性とルジオン値: 土木学会論文集第412号III—12, 1989年
- ※5.1) 中島賢二郎: 最近のフィルダムに関する技術的問題点

# 船上山ダム コア材の盛立試験結果について

佐々木 洋 二\*  
(Youji SASAKI)

## 目 次

1. はじめに .....	81	4. 盛立試験 .....	84
2. 事業概要 .....	81	5. コア材の設計と施工管理 .....	86
3. コア材料の技術的特徴 .....	81	6. おわりに .....	87

### 1. はじめに

フィルダムの建設にあたり、均一で遮水性の高いコアゾーンを築造することが最も重要な課題の一つである。一方、近年のフィルダムでは、単一材料でコアゾーンが築造できず、複数の材料をブレンドしコアゾーンの一定の品質を確保する事例が増加している。

本報文では、国営東伯農業水利事業で建設される船上山ダムにおけるコア材ブレンドの考え方や盛立試験を踏まえた施工管理方法等について紹介する。

### 2. 事業概要

#### (1) 事業概要

国営東伯農業水利事業は、鳥取県中部農業地域に属する東伯郡大栄町・東伯町・赤碕町3町の水田用水補給と畑地かんがいを目的としたものである。

この地域は古くから畑作物中心の営農が展開されてきたが、農業用水は勝田川、加勢蛇川等の表流水を主な水源とし、ほとんど天水に依存しているため、早ばつの脅威にさらされておりこれを解決するため恒久的な用水確保の対策が要望されている。

このため、勝田川に船上山ダム、洗川水系倉坂川に小田股ダム、由良川水系西高尾川に西高尾ダムの3ダムを建設し農業用水を確保、水田経営の安定化を図るとともに普通畑・樹園地の畑地かん

がいをを行い、農業生産基盤を整備改善し、農業の近代化を促進して、経営の合理化を図るものである。

#### (2) 船上山ダムの概要

船上山ダム (H=43.9m有効貯水量520千 $\text{m}^3$ 、中心遮水ゾーン型ロックフィルダム) は、東伯地区の水源のひとつとして、現在、堤体本体の基礎処理を実施中であり、平成11年度より堤体二次掘削及び監査廊、平成12年度より築堤に着手する予定である。

今回の報文に関係するコア材のストックは、平成10年度より、一部着手し、平成11年度も引き続き行う予定としている。

ダム諸元、ダム平面図及び標準断面図を(表-1)、(図-1)、(図-2)に示す。

### 3. コア材料の技術的特徴

#### (1) コア材料選定の課題

当ダム周辺から発生するコア材料として考えられる材料は、大別してローム(Lm)と凝灰角礫岩(Tb)の2種類である。

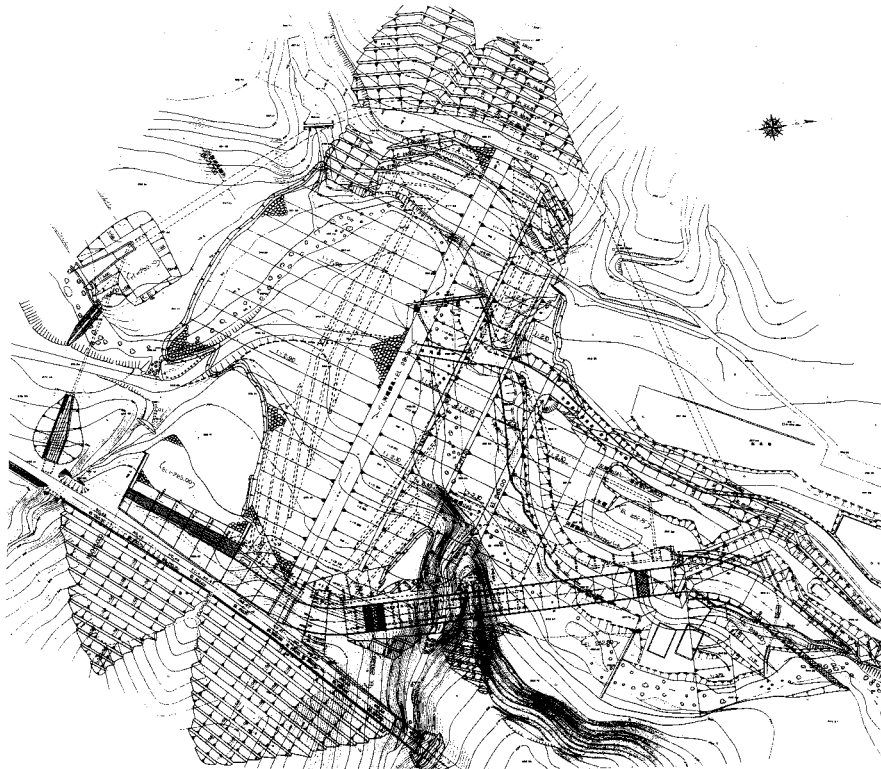
ロームは、ダム下流に厚く分布するが、Zone.1材(コア材)として使用するには、含水比が高いこと(自然含水比 $\approx 50\%$ )、粒度分布が細かすぎることで、締固め後のコーン指数が低いこと、圧縮性が高いことなどから判断して支持力、圧縮性、施工性に問題があるものと考えられる。

一方、凝灰角礫岩はロームとは対照的に、上記ロームの問題点はないものの、コアに必要な遮水性が確保されないものと考えられる。

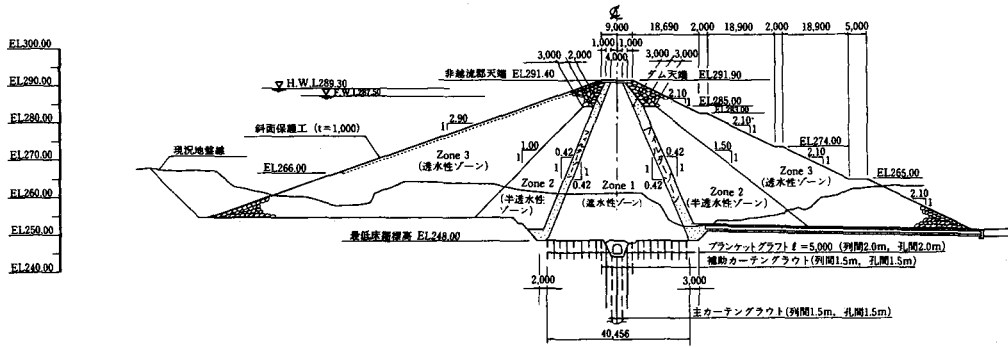
\*中国四国農政局東伯農業水利事業所船上山支所

表一 船上山ダム諸元

一 般	位 置	鳥取県東伯郡赤碓町大字山川			
	河 川 名	勝 田 川			
	基 礎 地 盤	東伯凝灰角礫岩及び安山岩			
貯 水 池	流 域 面 積	直接6.5km <sup>2</sup> , 間接—km <sup>2</sup>	常 時 満 水 位	EL. 287.50m	
	満 水 位 面 積	0.074km <sup>2</sup>	計 画 洪 水 位	EL. 289.30m	
	総 貯 水 量	720,000m <sup>3</sup>	計 画 堆 砂 面	EL. 276.60m	
	有 効 貯 水 量	520,000m <sup>3</sup>	利 用 水 深	10.90m	
	堆 砂 量	200,000m <sup>3</sup>			
堤 体	型 式	中心選水ゾーン型ロックフィルダム			
	堤 高	43.9m	堤 頂 長	232.1 m	
	堤 頂 幅		堤 頂 幅	9.0 m	
	総 築 堤 量	576,400m <sup>3</sup>	天 端	仮締切堤	
	築 堤 量	ゾ ー ン I	154,800m <sup>3</sup>	標 高	本 堤 EL. 291.90m
		ゾ ー ン II	132,300m <sup>3</sup>	法 面	上 流 側 1 : 2.9
		ゾ ー ン III	233,800m <sup>3</sup>	勾 配	下 流 側 1 : 2.1
フ ィ ル タ ー	43,200m <sup>3</sup>	最 低 床 掘 標 高	EL. 248.00m		
リ ッ プ ラ ッ プ	12,300m <sup>3</sup>				
洪 水 吐	型 式	自然越流式側水路型	越 流 セ キ 長	58.0m	
	設 計 洪 水 量	290m <sup>3</sup> /sec	洪 水 吐 総 延 長	223.6m	
	減 勢 工 対 象 洪 水 量	193m <sup>3</sup> /sec	減 勢 工 型 式	強制跳水式 USBR II 型	
	越 流 水 深	1.8m			
仮 排 水 路	型 式	開水路、トンネル	ト ン ネ ル 断 面	標準馬蹄形(2R=3.7m)	
	設 計 洪 水 量	112m <sup>3</sup> /sec	ト ン ネ ル 延 長	434m	
	総 延 長	480.0m			
取 水 設 備	型 式	斜 樋	取 水 口 孔 数	4 個	
	最 大 取 水 量	0.76m <sup>3</sup> /sec	取 水 間 隔	4.0m	
	取 水 口 孔 径	φ 500%	取 水 管 口 径	φ 800%	
監 査 廊	型 式	カルバートタイプ、トンネルタイプ			
	総 延 長	232m			



図一 船上山ダム平面図



図一 2 船上山ダム標準断面図

(2) コア材料使用方針

各材料の性質から、本ダムの築堤方針を、ローム (Lm) と凝灰角礫岩 (Tb) のブレンドをコア材として使用することとした。

なお、コア材のブレンド比及び盛立仕様は、各材料の性質及び盛立試験等で品質確保ができることを確認し決定することとした。

(3) 凝灰角礫岩 (Tb) 使用に当たっての技術的留意点

築堤計画において、捨土を極力減らし流用率を高めコスト縮減を図るためには、土取場においてもっとも賦存量が大きいTb材を有効に活用することが重要な課題である。

一方、Tb材は、火砕流起源と土石流起源の堆積物で構成されており、地質学的にもTb-M-3,4, Tb-U-5,6,7,8に区分され粒度分布、含水比等にバラツキが大きく、また、繰り返しによる強度低下が著しく築堤材料とし不適な材料も含まれていた。

このため、これらのTb材を築堤材料として使用

するにあたり、コア材の含水比、密度、粒度分布をいかに均一化できるかが重要な技術的ポイントであった。

(4) Tb材の区分と均一化

本ダムでは、地質的に細かく区分されていたTb層を築堤材としての区分と流用の判断の判定手法として、土取場の露頭材料及びミストボーリングにより土質試験 (含水比、コーン指数) を行った。(表一 2 参照)

Tb材の判定要素として、締固め後のコーン指数qcを7kgf/cm<sup>2</sup>以上 (施工性の目標値) とするため、ローム層のqc (3~7 kgf/cm<sup>2</sup>) を考慮しqc ≥ 10kgf/cm<sup>2</sup>を設定した。

また、自然含水比は、土質試験結果より25%以下であれば十分なコーン指数 (高品質なTb材) が確保できることより、含水比区分として25%を設定した。

上記に基づきTb材の区分をコーン指数qcが10 kgf/cm<sup>2</sup>未満の材料は「Tb-×」と識別し捨土とし、qc ≥ 10kgf/cm<sup>2</sup>の材料は、含水比、密度、粒度の均一化を図る理由から、自然含水比Wn > 25% (Tb-△)

表一 2 Tb材の流用計画

地質区分	流用計画	物性値 (室内試験結果)
Tb-U 凝灰角礫岩 上部層	Tb-U-8 Zone.1	自然含水比 = 25~50%, コーン指数 ≥ 2 kgf/cm <sup>2</sup>
	Tb-U-7 捨土	軽石凝灰岩
	Tb-U-6 Zone.1	自然含水比 = 30~50%, コーン指数 ≥ 0 kgf/cm <sup>2</sup>
	Tb-U-5 Zone.1	自然含水比 = 10~30%, コーン指数 ≥ 12 kgf/cm <sup>2</sup>
Tb-M 凝灰角礫岩 中部層	Tb-M-4 Zone.1	自然含水比 = 10~30%, コーン指数 ≥ 12 kgf/cm <sup>2</sup>
	Tb-M-3 Zone.1	自然含水比 = 10~30%, コーン指数 ≥ 12 kgf/cm <sup>2</sup>

表—3

自然含水比 $W_n$ (%)	締固め後のコーン指数 $q_c$ (kgf/cm <sup>2</sup> )	判定区分
$W_n \leq 25$	$q_c \geq 10$	Tb-○
$W_n > 25$	$q_c \geq 10$	Tb-△
	$q_c < 10$	Tb-x

と $W_n \leq 25\%$  (Tb-○) に区分した (含水比を管理することにより密度, 粒度分布においても均一化が図れるものと判断)。(表—3 参照)

(4) 混合比

コア材の均一化と, Tb材の有効利用 (流用率を高める) を考慮し, 混合比の範囲は以下の3種混合とした。

混合比  $Lm : Tb-\triangle : Tb-\circ = 15$   
 $cm : 20cm : 40cm \sim 15cm$   
 $: 10cm : 50cm$   
 (1層の撒き出し厚さ)

4. 盛立試験

上記のコア材の技術的特徴を踏まえ, 最適な盛立仕様を検討するため平成9年度に下記の盛立試験を実施した。

1) 盛立試験内容

(1) 盛立試験仕様

盛立試験では, 土取場の掘削発生材の有効利用を考慮し, 混合比は $Lm : Tb-\triangle : Tb-\circ = 15$   
 $cm : 20cm : 40cm$  (1層の撒出し厚さ) で実施した。

転圧回数は, 0回転圧時からバラツキが収束する転圧回数までデータを取ることを考慮して, 0回, 2回, 4回, 6回, 8回, 10回の6条件とした。

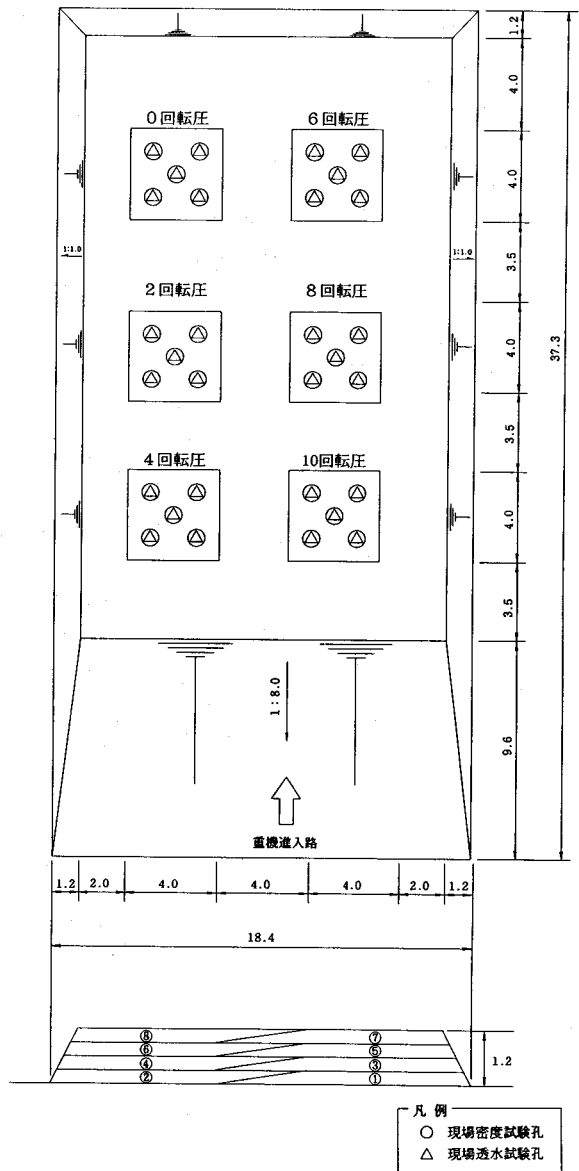
撒出し厚さは, 30cm撒出し1条件とし, 30cm撒出し時の盛立試験結果を受け, 20cm撒出しの盛立

試験が必要と判断されれば, 20cm撒出しの盛立試験も行うものとした。

以下に盛立試験仕様を示す。(表—4 参照)

(2) 盛立試験パイルの規模

盛立試験パイルの規模を (図—3) に示した。



表—4 盛立試験仕様

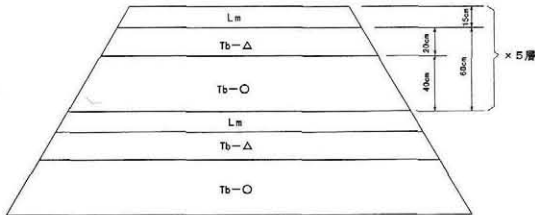
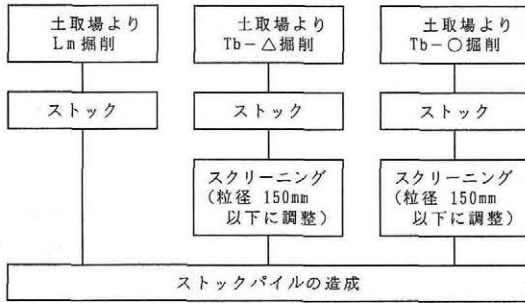
試験試料		1条件	$Lm : Tb-\triangle : Tb-\circ$ $= 15cm : 20cm : 40cm$ (1層の撒出し厚さ) $\approx 1.5 : 2.6 : 5.9$ (乾土比)					
撒出し	機械	1条件	21ton級ブルドーザ					
	厚さ (cm)	1条件	30					
転圧	機械	1条件	20ton級自走式タンピングローラ					
	回数 (回)	6条件	0	2	4	6	8	10
	転圧速度	1条件	4 km/hr					
	ラップ幅	1条件	0.3 m					

図—3 盛立試験パイル図

凡例  
 ○ 現場密度試験孔  
 △ 現場透水試験孔



表一5 ストックパイルの造成手順



図一4 ストックパイル造成時の概念図

## 2) ストックパイルの造成

### (1) ストックパイルの造成手順

ストックパイルの造成は、次の手順で行った。

(表一5 参照)

### (2) ストックパイルの造成方法

ストックパイル造成時の各層の撤出し厚さは次のとおりである。(図一4 参照)

ここに、Tb-△：Wn > 25%，

$$qc \geq 10 \text{ kgf / cm}^2$$

Tb-O：Wn ≤ 25%，

$$qc \geq 10 \text{ kgf / cm}^2$$

## 3) 盛立試験状況

### (1) 撤出し状況

材料の撤出しは、撤出し後の密度に片寄りがなく均一に撤出す理由から0.7m<sup>2</sup>級

バックホウにて荒撤出しし、21ton級湿地ブルドーザのキャタピラで全体を2回程度踏んだ状態で所定の撤出し厚さになるように行った。

### (2) 転圧状況

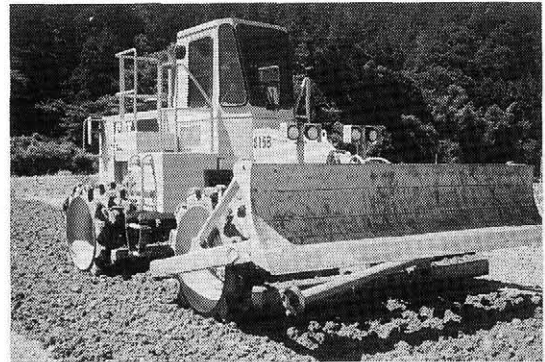
転圧状況は、顕著なウェービングは生じず施工性に問題は認められなかった。(写真1～3)

## 4) 現場試験結果

現場試験結果は次の様に整理した。(図5～7 参照)



写真一1 転圧状況



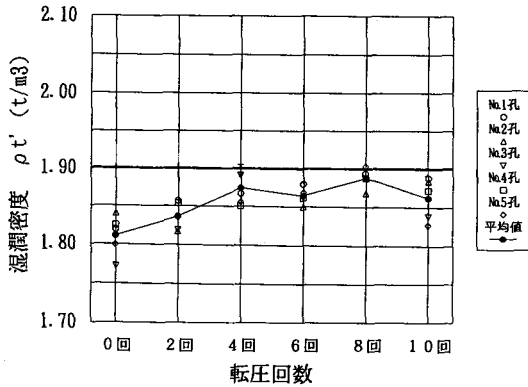
写真一2 転圧状況



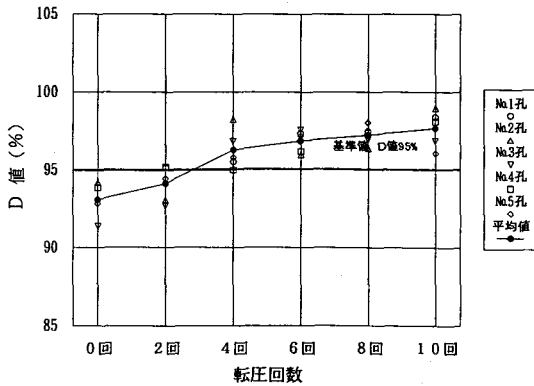
写真一3 転圧状況

### (1) 現場密度試験結果

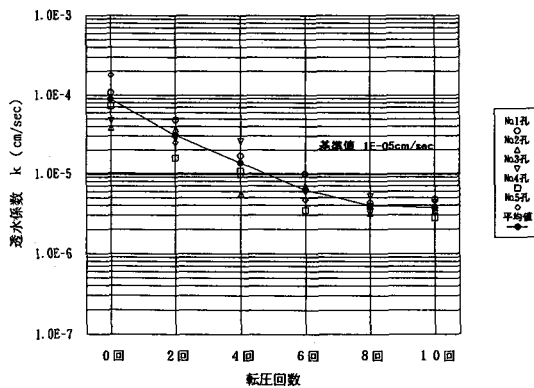
- ・ 0回転圧では、すべての孔でD値95%密度を満足しない。
- ・ 2回転圧では、D値95%密度を満足する孔も認められるが、平均値においてはD値95%密度を満足しない。
- ・ 6回転圧以上行えば、D値95%密度を満足するものと考えられる。



図—5 試験ヤードと湿潤密度の関係



図—6 試験ヤードとD値の関係



図—7 試験ヤードと透水係数の関係

(2)現場透水試験結果

- 0回転圧から6回転圧までの透水係数は、直線的に低下する傾向にある。
- 8回転圧と10回転圧の透水係数に差がないことから判断すると、8回転圧以上転圧すれば、高透水部を残さず均一に盛立てられるものと判断される。
- 8回転圧以上行えば、透水係数  $k \leq 1 \times 10^{-5}$

cm/secを満足するものと考えられる。

5. コア材の設計と施工管理

1) 盛立仕様の決定

盛立試験の結果から、以下の点が明らかとなった。

1. 30cm撤出しにおいて、6回転圧以上すれば基準値であるD値95%密度以上に締固められる。
2. 30cm撤出しにおいて、8回転圧以上すれば基準値である  $k \leq 1 \times 10^{-5}$  cm/secに締固められる。

以上の結果を総合的に判断し、船上山ダムZone.

1 (コアゾーン) の盛立仕様は以下のとおり決定した。(表—6 参照)

2) 盛立材料の決定

盛立試験の混合比では、幾分含水比が高い傾向にあり ( $W_b = W_{opt} + 2.9\%$ )、夏場施工であれば問題ないと考えられるが、夏を除く春や秋の施工では盛立含水比  $W_b$  が  $D_{95}W_{wet}$  の含水比に近づき、施工条件が悪くなることも考えられる。このため、盛立材料の混合比は、盛立試験仕様の①  $L_m : T_b - \Delta : T_b - \bigcirc = 15\text{cm} : 20\text{cm} : 40\text{cm}$  を基本とするが、 $T_b$ 材の平均含水比が23%を超える場合 (盛立試験の  $T_b$ 材の平均含水比  $W_n = 22.8\%$ ) は、②  $L_m : T_b - \Delta : T_b - \bigcirc = 15\text{cm} : 10\text{cm} : 50\text{cm}$  を採用していく計画とした。

3) 品質管理基準値の決定

盛立試験の結果を踏まえ、各材料の品質管理基準値を以下のように決定した。

(1)材料管理基準

a)  $L_m$

土取場のロームは層状に水平堆積しており、ほとんど材料のバラツキがなく採取できるものと考えられたことから、 $L_m$ の品質管理基

表—6 船上山ダムZone.1 盛立仕様

作業区分		盛立仕様
撤出し	撤き出し機械	21ton級 ブルドーザ
	撤出し厚さ	30cm 以下/層
転圧	転圧機械	20ton級 自走式タンピングローラ
	転圧回数	8回以上/層

準は以下のとおり決定した。

- ① 自然含水比  $W_n \leq 60\%$   
(高品質のロームを使用する)  
締固め後のコーン指数  
 $qc \geq 3 \text{ kgf/cm}^2$   
(施工性を考慮する)

b) Tb—○

Tb—○は、土取場のTb—U—5, Tb—M—4, Tb—M—3が相当する。

盛立試験の結果からTb—○の品質管理基準は以下のとおり決定した。

- ① 自然含水比  $W_n \leq 25\%$   
(高品質のTbを使用する)
- ② 締固め後のコーン指数  
 $qc \geq 10 \text{ kgf/cm}^2$   
(施工性の良好なTbを使用する)
- ③ 礫率  $P \leq 75\%$   
(混合材の礫率Pを65%以下とする)
- ④ 細粒分含有率  $F_c \geq 8\%$   
(混合材のFcを20%以上とする)

c) Tb—△

Tb—△は、土取場のTb—U—8, Tb—U—6が相当する。

盛立試験の結果から、Tb—△の品質管理基準は以下のとおり決定した。

- ① 自然含水比  $W_n \leq 50\%$   
(高含水比の材料を使用しない)
- ② 締固め後のコーン指数  
 $qc \geq 10 \text{ kgf/cm}^2$   
(施工性の良好なTbを使用する)
- ③ 礫率  $P \leq 75\%$   
(混合材の礫率Pを65%以下とする)
- ④ 細粒分含有率  $F_c \geq 8\%$

(混合材のFcを20%以上とする)

d) 混合材

混合材は、盛立試験の結果に基づき以下のとおり決定した。

- ① 盛立含水比  $W_b$   
 $W_{opt} \leq W_b \leq W_{opt} + 4\%$   
(D値95%密度, 透水係数  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$  以下を満足するための含水比条件)
- ② 粒度 (撒出し前) 礫率  $P$   
 $30\% \leq P \leq 65\%$   
細粒分含有率  $F_c$   
 $20\% \leq F_c \leq 40\%$   
(D値95%密度, 透水係数  $1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$  以下を満足するための粒度条件)

(2)盛立管理基準値

盛立管理基準値は、設計数値を満足するための基準値として次のとおり決定する。

- ① 密度  $D$  値  $\geq 95\%$
- ② 透水試験  $k \leq 1 \times 10^{-5} \text{ cm/sec}$

## 6. おわりに

コア材のブレンドを考える場合、一定の品質(強度, 圧縮性, 遮水性)の確保のためのブレンド比, 盛立仕様の決定とともに、複数の材料のブレンドに当たっての各材料の区分(現場で管理しやすい区分方法)や室内試験や盛立試験結果を踏襲するための施工等いかに施工管理を考えるかも重要なポイントとなる。本報文では、上述のようなコア材ブレンドの際の課題の対応事例として船上山ダムの盛立試験とそれを踏まえた設計と施工管理方法の検討取りまとめた。

本報文が類似の課題を抱えるダムの参考になれば幸いである。

# フィルダムにおける間隙水圧の挙動について

酒 井 淳 一\*  
(Junichi SAKAI)

小 関 淳 一\*\*  
(Junichi KOSEKI)

橋 田 幸 雄\*\*\*  
(Yukio HASIDA)

久 保 利 邦\*\*\*\*  
(Tosikuni KUBO)

上 川 浩 二\*\*\*\*\*  
(Kouji KAMIKAWA)

長谷川 隆 一\*\*\*\*\*  
(Takakazu HASEGAWA)

## 目 次

1. はじめに .....	88	4. まとめ .....	101
2. 間隔水圧の計測の必要性 .....	88	5. おわりに .....	102
3. 試験湛水時の間隔水圧 .....	89		

### 1 はじめに

フィルダムは、土や岩石などの自然材料から成り、建設後の時間が経過するほど安全性が増すとされている。このため、フィルダムにおける事故は、盛立中や試験湛水中に多く発生する傾向にあり、この期間中におけるダムの挙動に関して重点的な観測が必要である。

その観測手段の一つとして間隙水圧の測定がある。フィルダムにおける間隙水圧の変化は、ダムの安定性及び遮水性に対して緊密に関係するため、間隙水圧を盛立中及び試験湛水中に観測しておくことは、ダムの安定性等の評価として重要な指標となっている。

本報告では、フィルダムの中でも現在主流となっているゾーン型フィルダムの試験湛水中における貯水位と間隙水圧との関係を用い、事例ダムでの遮水性の確認を行ったものである。

### 2 間隙水圧の計測の必要性

#### 2-1 間隙水圧とは

地下水面より下にある土は土粒子骨格が水中にある状態となっており、静水圧に等しい水圧がまわりに等方に働いている。土の構造としては、土粒子と間隙（空気、水）から成り立つものであるから、地下水面下にある土の状態は、土粒子と水

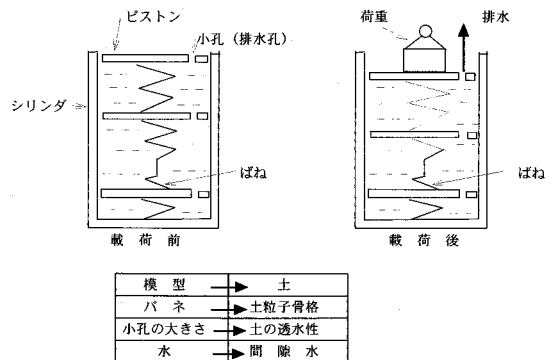
(間隙水) からなるため、この間隙水に係る水圧を間隙水圧と呼ぶ。

つまり、砂質土等の透水係数が高い土の場合、透水係数に見立てた小孔の大きさが大きいいため、転圧等のため荷重をかけた場合は、間隙にある空気や水が速やかに排除されて、土粒子骨格に直接的に力が加えられることとなる。

一方、ダムのコア材として使用される不透水性材料（粘質土等）を考えると、荷重が載荷された場合、透水係数に見立てた小孔が小さいため、すぐには間隙から空気や水が逃げられず、かけた荷重は間隙にある水に貯留されることとなる。いわゆるこれが間隙水圧となる。

#### 2-2 間隙水圧がフィルダムに及ぼす影響について

フィルダムの遮水性として使用される不透水性



土の構造をピストンの模型で表した場合  
(但し、この模型は完全飽和状態を示している)

図1 土の構造模型

\*北陸農政局日野川用水農業水利事業所併谷支所  
\*\*東北農政局迫川上流農業水利事業所小田支所  
\*\*\*関東農政局芳賀台地農業水利事業所  
\*\*\*\*九州農政局上場農業水利事業所藤ノ平支所  
\*\*\*\*\*鹿児島県伊集院耕地事務所  
\*\*\*\*\*北海道空知支所南部耕地出張所

の湿潤状態の土質材料に対して、応力をかけていくと材料内部に間隙水圧が発生する。この間隙水圧の増加に伴い、材料（土粒子自体）の有効応力が減少し、せん断強度が低下することにより、盛立てた部分がすべり現象を起こして崩壊することになる。<sup>3)</sup>

不透水性の土質材料を使用するフィルダムは、ゾーン型と均一型に分類されるが、特に施工中においてこの間隙水圧の上昇に影響されるのが均一型のダムである。均一型のダムはそのほとんどが不透水性材料で盛り立てられるため、盛り立て施工中に間隙水圧が上昇しすぎると、施工中に滑動が発生し崩壊することが多い。その一例を表1に示す。

表1 施工中に間隙圧発生による滑動したダムの状況

ダム名	盛立開始時 (滑動時)	最高盛立速度	滑動時		設計時
			間隙圧 土重(%) (水柱%)	$\gamma d$ (t/m <sup>3</sup> ) $\phi$ (°) c (kg/cm <sup>2</sup> )	$\gamma d$ $\phi$ c
愛知池	1960. 2 (1960. 8)	16 m / 6月	78 (129)	$\gamma d = 1.15$ $\phi = 5^\circ 30'$ c = 0.12	$\gamma d = 1.28$ $\phi = 4^\circ 50'$ c = 0.5
山倉	1962. 8 (1964. 9)	22.5m / 25月	50 (80)	$\gamma d = 0.88 \sim 1.12$ $\phi = 5 \sim 14^\circ$ c = 0.37 ~ 0.72	$\gamma d = 0.75$ $\phi = 14^\circ$ c = 0.38
新小戸六	1963. 5 (1960. 8)	9 m / 12月	54 (91)	$\gamma d = 1.2$ $\phi = 10^\circ$ c = 0.6	$\gamma d = 1.1$ $\phi = 22^\circ$ c = 0.4

土地改良事業計画設計基準 ダム

一方、近年のフィルダムはゾーン型が主流を占めてきており、このゾーン型の遮水ゾーンにおける施工中の間隙水圧の発生は、周りをせん断強度の強いロック材で支えながら施工するため、コアゾーンに間隙水圧が過剰に発生しても均一型のような盛立施工中の滑動にはあまり影響しないものと考えられる。

### 2-3 フィルダムタイプ別の間隙水圧の計測について

フィルダムのタイプは、前述のとおり、大別して均一型とゾーン型に分けられるが、この2種類のダムについて間隙水圧の計測のポイントを以下に示す。

- (1) 均一型：盛立施工中の間隙水圧の上昇が堤体の滑動に影響を及ぼすため、盛立施工中における間隙水圧の管理を十分に行う。万が一、異常な間隙水圧の上昇が確認され

たら、すぐに施工を中止、もしくは盛立速度を遅くするなど、発生した間隙水圧が消散するのを確認し施工する。

- (2) ゾーン型：盛立施工中の間隙水圧の異常な上昇は、盛立面のウエーピングを引き起こし施工不能となったり、盛立後におけるコアのせん断抵抗力が低下する恐れがある。従って、盛立施工中及び盛立施工後も定期的に観察し、間隙水圧が消散しているかを確認しておく必要がある。

- (3) 共通事項：試験湛水時における間隙水圧の挙動を監視することで、不透水性材料がどの程度有効に遮水効果を発揮しているかが判断できる。

### 参 考

『土質材料のせん断強度は、同一の材料を一定の締固めエネルギーで締固めた場合、最適含水比付近で最大となる。建設段階において、締固め時の含水比が高く、透水性の低い材料ほど盛土に伴う過剰間隙圧が高くなる。また貯留水の浸透により堤体内に間隙水圧が作用する。これらの圧力はいずれもせん断強度に大きい影響を与えるので、施工中、盛土完了直後及び盛土完了経年後の各段階における堤体内の間隙圧を精度良く推定し、これを安定解析に用いることが必要である。』

土地改良事業計画設計基準 ダム

## 3 試験湛水時の間隙水圧

### 3-1 予測値の算定方法

- (1) 常時満水時の予測値

透水係数  $5 \times 10^{-5}$  cm/sec以上の遮水ゾーンの間隙水圧は、重力水の流れに対する理論的分布に近く、浸潤線の上面は明確に認識できるため、間隙水圧の予測は、浸潤線を求めて等ポテンシャル線より算出する。

しかし、透水係数  $1 \times 10^{-7}$  cm/sec以下の厚い遮水部内の間隙水圧は重力水の流れの理論による分布とは全く異なり、間隙内の空気は長期にわたって締め固め時に近い状態を保つ。

そこで、この浸潤線の予測を算出するには、以

下の代表的な2つの方法がある。

(ここでは、ゾーン型フィルダム(中心遮水ゾーン型)を取り挙げる)

1) A. Casagrandeの方法

- a) まず遮水部の浸潤線を均一型の場合と同様にして求める。

$$y = (2y_0X + y_0^2)^{1/2}$$

$$\text{ただし } y_0 = (h^2 + d^2)^{1/2} - d$$

y : 遮水部浸潤線(基本放物線)縦軸

x : 遮水部浸潤線(基本放物線)横軸

h : A, B点の鉛直距離

d : B<sub>2</sub>, A点の水平距離(B<sub>2</sub>は、上流側水面上の点)

- b) 次に遮水部の透水係数をk<sub>1</sub>, シェル部の透水係数をk<sub>2</sub>とすると、図2に示した斜面先D点の直上における浸潤線の高さh<sub>2</sub>を次式により求める。

$$h_2 = (k_1/k_2) \times y_0$$

- c) 上記で求めたD点を極とした浸潤線(シェル部)を次式により求める。

$$y = (2h_2x + h_2^2)^{1/2}$$

(ただし、k<sub>2</sub>/k<sub>1</sub> < 10の場合は均一型と考えてよい)

- d) 以上により遮水部とシェル部の浸潤線は求まるが、両者是不連続であるため、C点を通るスムーズな曲線で、二つの浸潤線をつなげる。<sup>1)</sup>

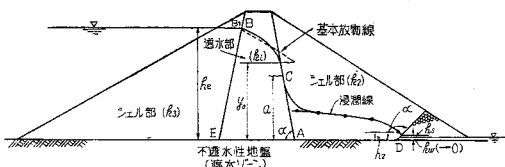


図2 中心遮水ゾーン型ダムの浸潤線  
土地改良事業計画設計基準 ダム

2) 有限要素法による方法

堤体コアの場合は、ダムを複数の要素に分割し、低水位から満水位までの各水位における浸透解析を連続的に行い各水位毎に、節点に作用する浸透力を計算させる。その線のデータとしては、材料の透水係数を入力する。

ここで、両者の方法を比較検討した報告によると、ゾーン型フィルダム(中心遮水ゾーン型)のコア内の場合については、A. Casa-

grandeの方法を適用するよりも有限要素法等を用いて描ける流線網により解析を行ったほうがよいと言われている。

(2) 水位急降下時の予測値

ビショップの式によって水位急降下直後の間隙水圧が求められる。

$$u_1 = \gamma_w \{h_1 + h_2(1 - n_s) - h'\}$$

u<sub>1</sub> : 水位降下時の間隙水圧

γ<sub>w</sub> : 水の単位体積重量

h<sub>1</sub> : 定常浸透時の等ポテンシャル線がすべり面と交る点での不透水ゾーンの厚さ

h<sub>2</sub> : 上記の点上にある透水性ゾーンの厚さ

n<sub>s</sub> : 水面低下時に透水性ゾーンから流出する水の単位体積中に占める率(重力水の占める間隙率)

h' : 定常浸透状態の時の浸潤線の満水面からの低下距離

一般には、透水係数が1×10<sup>-7</sup>cm/secのオーダー以下の材料では、堤内水位の低下はほとんどないと考えられている。

ただし、今までこの水位降下時の間隙水圧の実測値と理論値を比較した例は、ほとんどない。<sup>1)</sup>

(3) 一般論からの予測

過去のフィルダム湛水試験の傾向から、図3における、コア底部部より多少上部のところにある間隙水圧計の挙動(貯水位との相関)をグラフ化すると図4に示すとおりである。

この相関図の意図するところは、コア底部部での最上流部の計器(p1)はフィルター内に位置しているために、貯水位とともに変動し、このp1から間隔をあけるごとに貯水位の変動に左右されなくなってくることを意味している。

つまり、図3において、P1~P6の長さを50mとしたとき、それぞれの計器間隔を10mとする

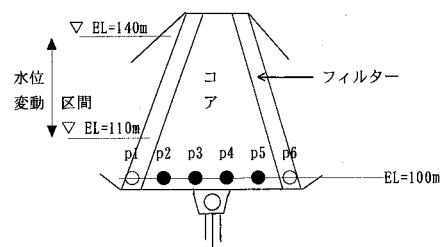


図3 計器配置図

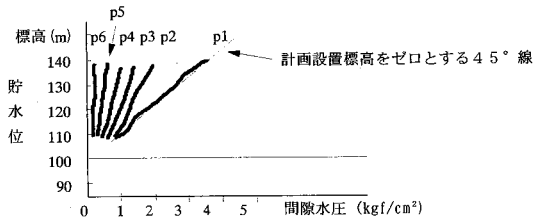


図4 貯水位-間隙水圧相関図

と、各計器の示す相関図の勾配(傾き)は以下のとおりとなることが予想される。

- P 1 の傾き =  $50/50 = 1/1$   
(水位上下動に伴い間隙水圧が同時に変化する)
- P 2 // =  $50/(50-10) = 5/4$
- P 3 // =  $50/(50-20) = 5/3$
- P 4 // =  $50/(50-30) = 5/2$
- P 5 // =  $50/(50-40) = 5/1$
- P 6 // =  $50/(50-50) = 5/0$   
(水位の上下動に関係なく間隙水圧は一定)

### 3-2 試験湛水時における間隙水圧の挙動

試験湛水時における間隙水圧の挙動は、貯水位

と連動しており、間隙水圧-貯水位相関図で表記する方法がある。

間隙水圧の挙動には、図5-1、5-2に示すような例がある。<sup>4)</sup>

### 3-3 挙動の理想的な傾向

試験湛水時の間隙水圧の挙動は、図6-1~6-4に示すとおり設置されている位置により特有の挙動を示すことが予想される。

- (1) 基盤内：貯水位の変化に連動し、ほぼ直線的な挙動を示す。上流側は概ね貯水位に等しい値を示し、下流側はカーテングラウトの遮水効果により上流側より大巾に小さな値を示す。(図6-1)
- (2) コア内：水位上昇時と下降時では残留間隙水圧の影響により、異なる挙動を示す。貯水位上昇、下降時にはコアの難透水性から上、下流の間隙水圧の反応は貯水位に対して時間の遅れを伴う。(図6-3, 4)

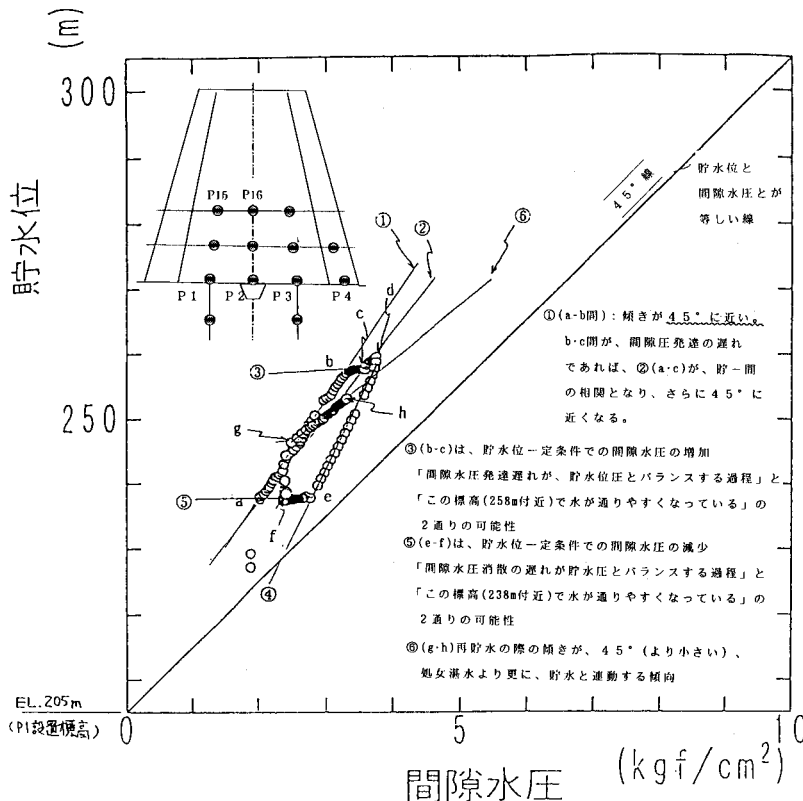


図5-1 間隙水圧-貯水位相関図

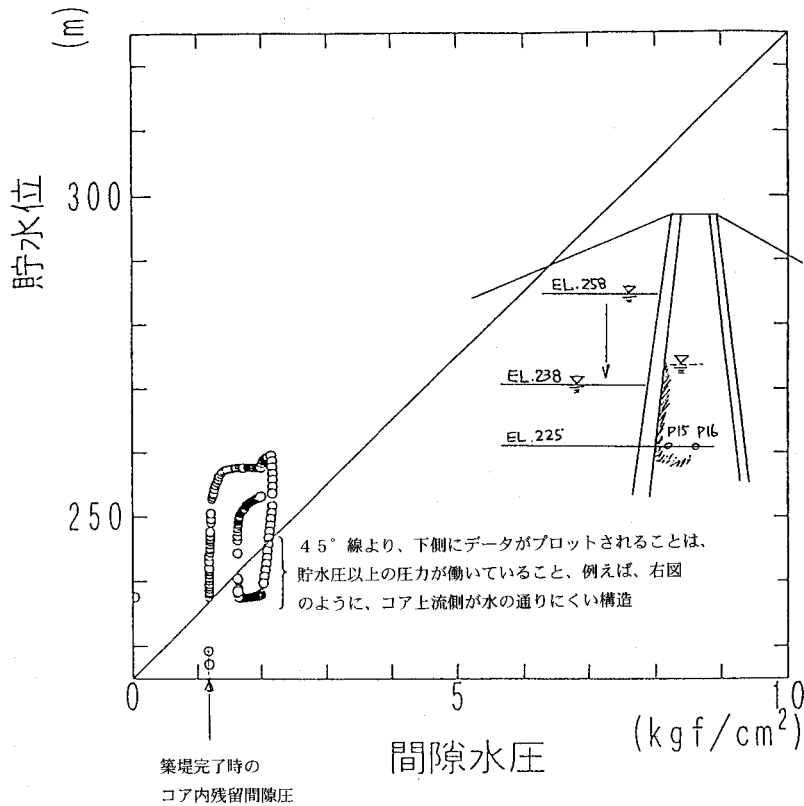


図 5 - 2 間隙水圧-貯水位相関図

- (3) フィルター内：上流側は貯水位に連動し、ほぼ貯水位に等しい間隙水圧を示す。下流側の計器は貯水位によらず一定の値を示す。<sup>6)</sup> (図 6 - 2)

### 3 - 4 実際の挙動

- (1) 今回調査を行ったダムの諸元及び間隙水圧

### 計の配置図

今回調査を行った 6 ダムの試験堰水時における、下記の 3 か所におけるそれぞれの上流で、間隙水圧の挙動変化の比較を行った。

- 1) 基盤内部, 2) コア底版部, 3) コア中部部

表 2 に今回調査したダムの諸元, 図 7 に間

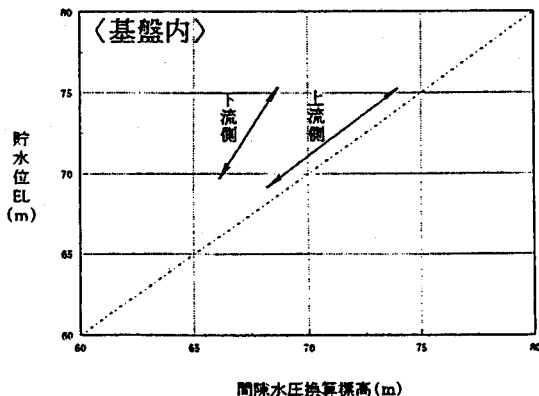


図 6 - 1 間隙水圧挙動予測図 (基盤内)

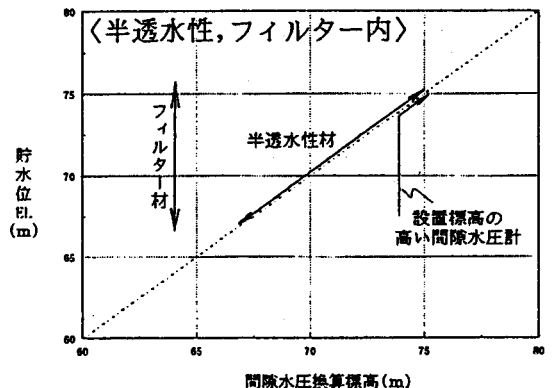


図 6 - 2 間隙水圧挙動予測図 (半透水性, フィルター内)



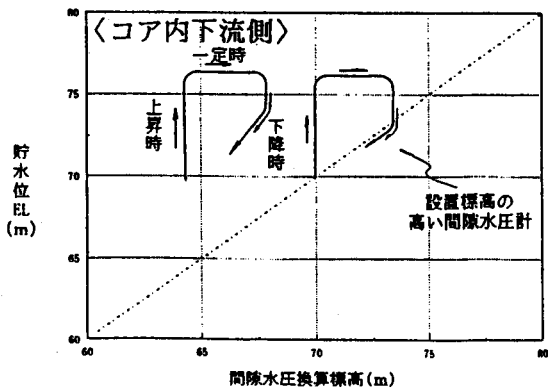


図 6-3 間隙水圧挙動予測図 (コア内下流側)

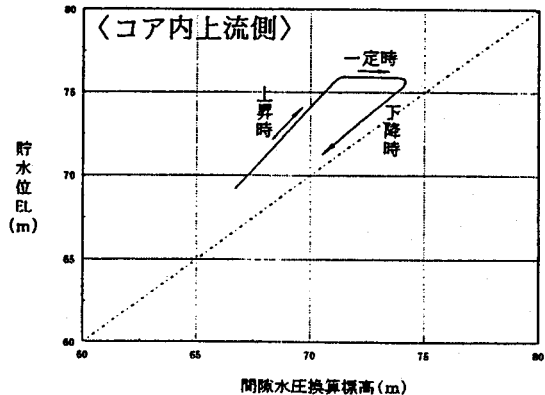


図 6-4 間隙水圧挙動予測図 (コア内上流側)

隙水圧計の配置図を示す。

(2) 貯水位-間隙水圧相関図の比較

1) 基盤内部 (図 8-1)

① 上流 (B P1)

a) 6 ダムすべて間隙水圧計の値が、貯水位の変動に対して直線的に追従している。

b) 水位降下時の間隙水圧が上昇時と比べて大きくなっているのは、基盤内部の飽和度の増加によるものと思われる。

(NO. 2, 4, 5)

c) 貯水位に対して、間隙水圧の増加比率の違いは、基盤内部の透水係数の違いによるものと考えられる。

表 2 サンプルダムリスト

NO	ダム名	湛水試験 期間	ダム諸元					
			形式	FWL (m)	LWL (m)	堤高 (m)	堤長 (m)	堤体積 (千m <sup>3</sup> )
NO.1	瑞穂ダム	H8.4.3~	中心透水ゾーン	83.5	72.7	25.9	427.1	459.9
		H10.2.6	型ロックフィル					
NO.2	二庄内ダム	H6.10.4~	中心透水ゾーン	387.0	335.5	86.0	430.8	3,446.0
		H7.10.3	型ロックフィル					
NO.3	相川ダム	H8.12.6~	中心透水ゾーン	95.0	77.7	40.3	168.0	306.0
		H9.7.24	型ロックフィル					
NO.4	荒砥沢ダム	H6.3.7~	中心透水ゾーン	274.4	241.1	74.4	409.0	2,902.0
		H9.6.25	型ロックフィル					
NO.5	日中ダム	H2.2.6~	中心透水ゾーン	480.0	426.5	101.0	423.0	4,886.0
		H3.9.20	型ロックフィル					
NO.6	葛丸ダム	H3.2.22~	中心透水ゾーン	269.1	246.7	51.7	220.0	678.0
		H3.6.29	型ロックフィル					

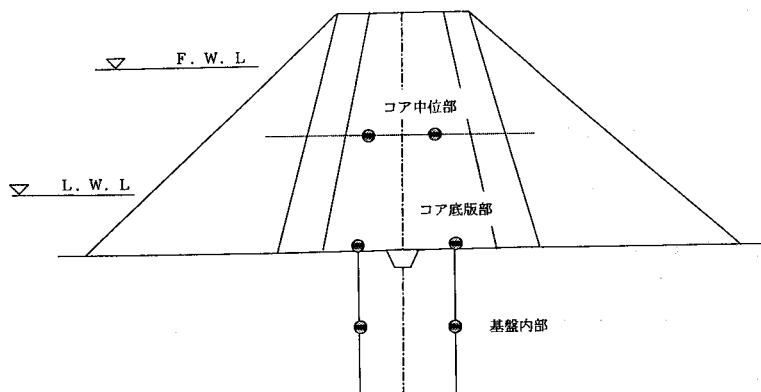


図 7 間隙水圧計配置図

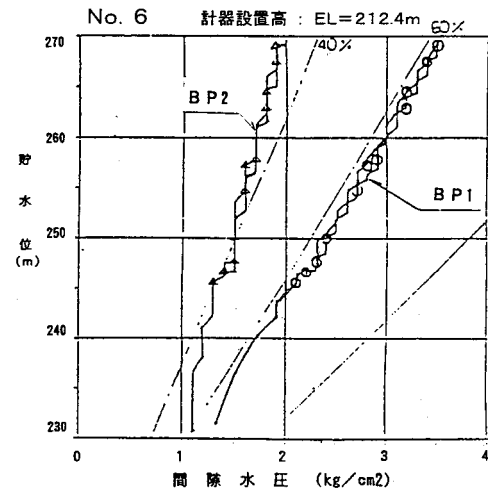
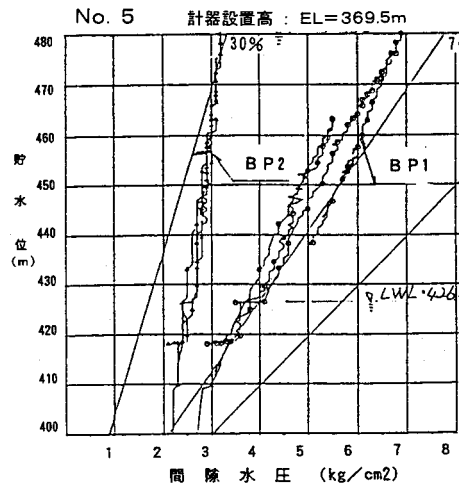
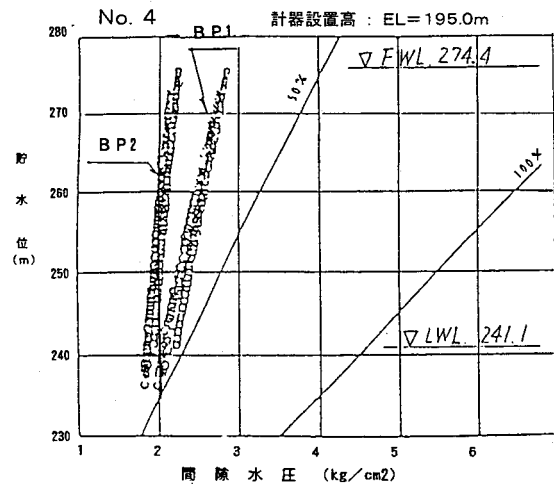
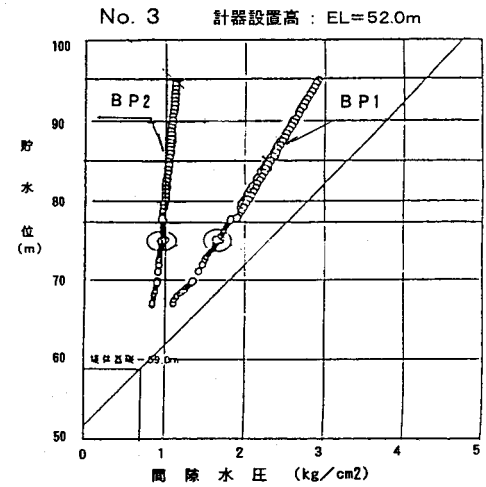
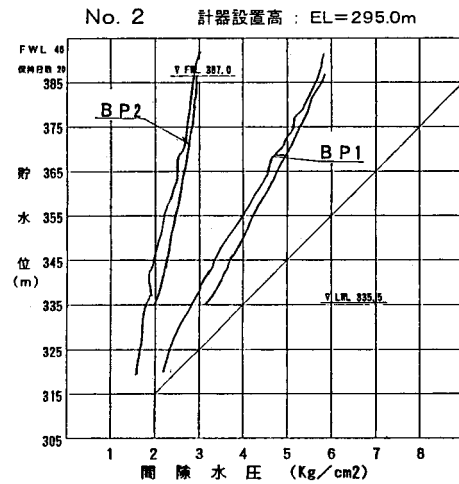
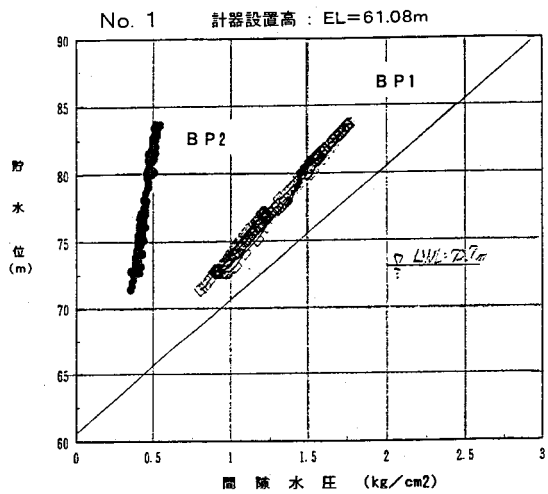


図 8-1 貯水位-間隙水圧相關図 (基盤内部)

## ②下流 (B P 2)

- a) 6ダムすべて上流側の間隙水圧計に比べて小さい値を示していることから、カーテングラウトによる遮水効果が良好であると考えられる。

## 2) コア底版部 (図8-2)

### ①上流 (B P 3)

- a) NO. 6のダムは、間隙水圧計の設置位置が上流フィルターに近いので貯水位に直接的に反応している。
- b) 6ダムすべて最初的水位上昇時に間隙水圧の発達が小さいのは、コアが不飽和であり難透水性であるためと考えられる。
- c) 貯水期間が長くなるにつれ、また、水位の上昇、降下を繰り返すに従いコアが飽和状態に近づき、間隙水圧も大きくなる傾向がみられる。
- d) 水位降下時には、水位降下速度がコア内浸潤面降下速度よりも早いため、貯水による残留間隙水圧が発生していると考えられる。このことから、遮水効果が良好であるといえる。

### ②下流 (B P 4)

- a) 6ダムすべて上流側の間隙水圧計と同様な挙動を示し、さらに、上流側に比べて小さい値を示していることから、コアが健全に機能していると考えられる。

## 3) コア中位部 (図8-3)

### ①上流 (B P 5)

- a) コア底版部上流と同様な傾向を示している。
- b) NO. 4のダムにおいて1回目の水位上昇時にはコアが不飽和なため間隙水圧の上昇は少ない。

2回目の水位上昇時には経験水位の範囲が飽和に近づいたため45度線と平行に間隙水圧が増加し、未経験水位に達すると1回目の水位上昇時と同様な挙動を示す。

### ②下流 (B P 6)

- a) 6ダムすべて上流側の間隙水圧計と同様な挙動を示し、さらに、上流側に比

べて小さい値を示していることから、コアが健全に機能していると考えられる。

サンプルダムのうち二庄内ダムにおいて、図9に示す間隙水圧コンター図からは、築堤時の残留間隙水圧が読みとれ、図10に示す推定流線網図からは、コアの不飽和領域の影響による水の流れが読みとれる。

これらにより、間隙水圧、流線の乱れは確認できなかったことから、コアは健全に機能しているものと考えられる。

### (3) 予測値との比較例

今回調査を行ったダムの中で、予測値と実績値を比較した地区の1例を図11-1～11-3に示す。

このダムの理想的間隙水圧の挙動予測は、A. Casagrandeによる浸潤線を基にした推定流線網図より求めた値を、相関図にプロットしたものである。

ただし、この予想線は中間水位及び常時満水位の時の浸潤線を想定したものから、それぞれの時の間隙水圧を求めて、直線で結んだものであるため、実際の間隙水圧と貯水位の相関の中での動き(湛水開始→常時満水位→最低水位)まで推定したものではない。

この予想によりこのダムの挙動を観察してみると、水位の上下動に伴ってある程度の幅はあるものの、予想どおりの挙動を示しているため、コアの遮水性に対しては、間隙水圧は適正に働いているものと判断される。

次に、同地区の例に一般論からの推定線を入れてみたところ、次のような結果が見られた。

- 1) コア底版部にある間隙水圧計は、一般論の推定線と同様の勾配を示している。
- 2) コア中位部にある間隙水圧計についても、ほぼ実測の勾配に近くなっている。

従って、試験湛水時における間隙水圧の挙動(貯水位の挙動に対する間隙水圧の挙動の割合)を、貯水位-間隙水圧の相関図から把握するには、この相関図に埋設計器設置位置の上部フィルター位置を100%としたときの割合を示しておくことにより、挙動予測の指標となりうるものと考えられる。

### 3-5 挙動の傾向

#### (1) コアゾーンにおける間隙水圧

次に、6ダムの間隙水圧計の値が、貯水深、コ

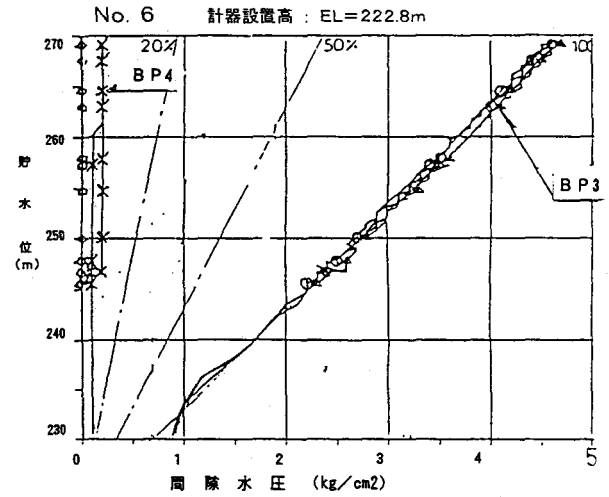
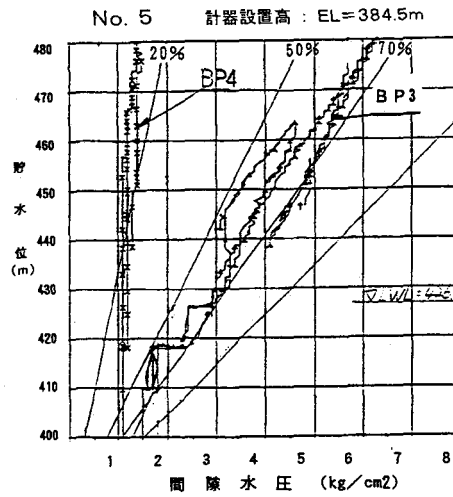
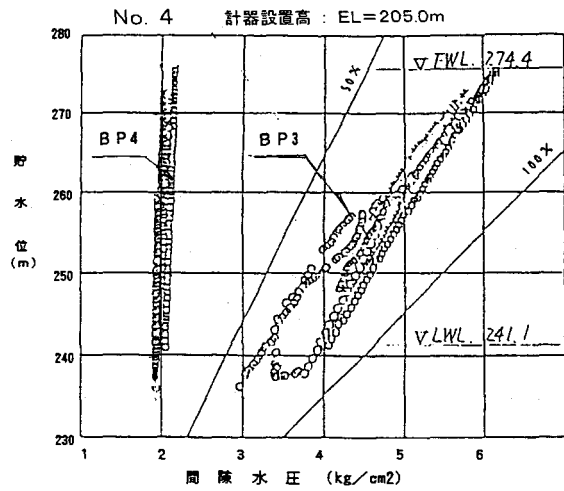
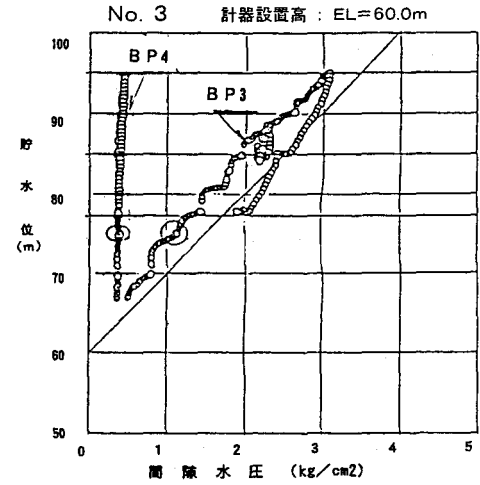
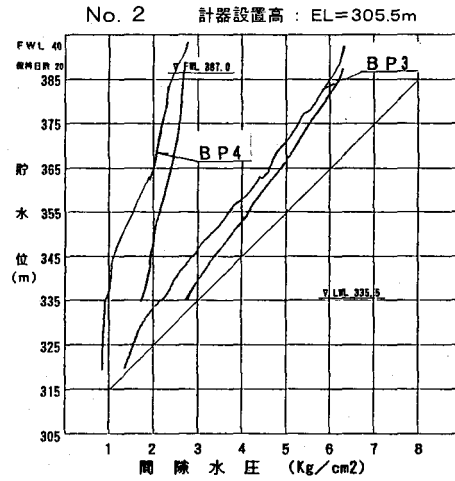
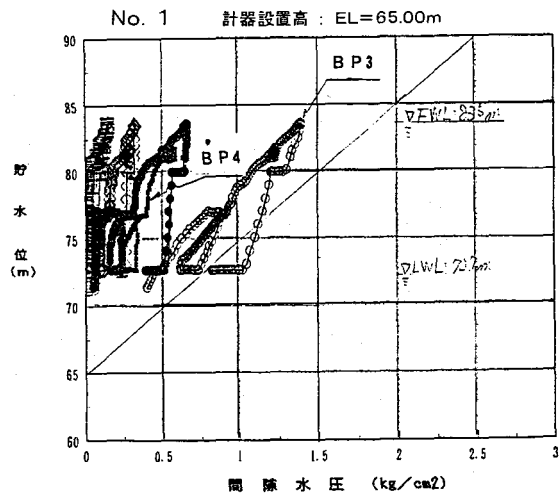


図 8-2 貯水位-間隙水圧相関図 (コア底版部)

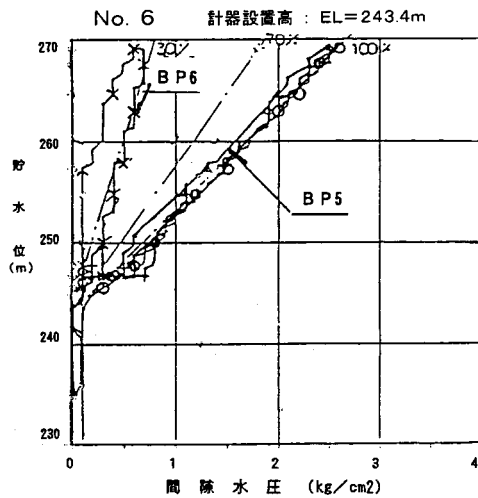
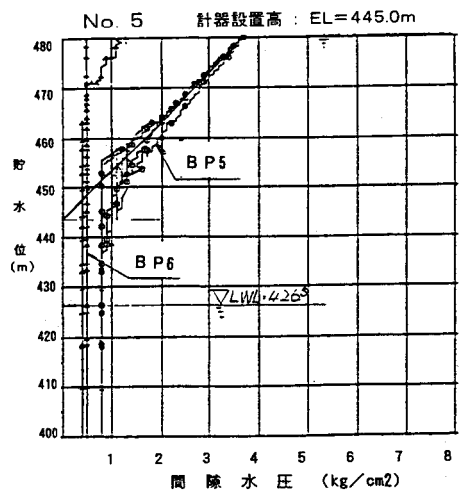
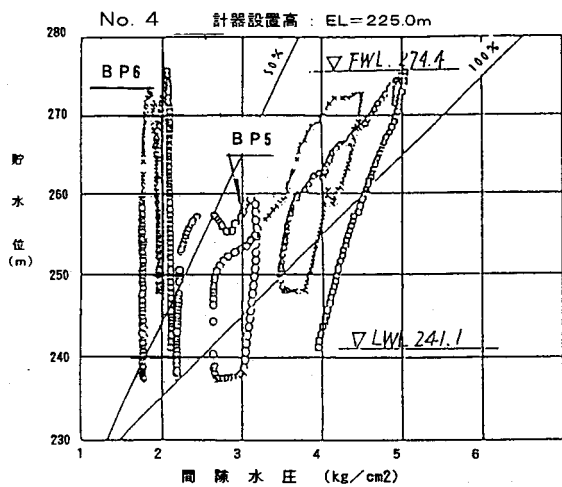
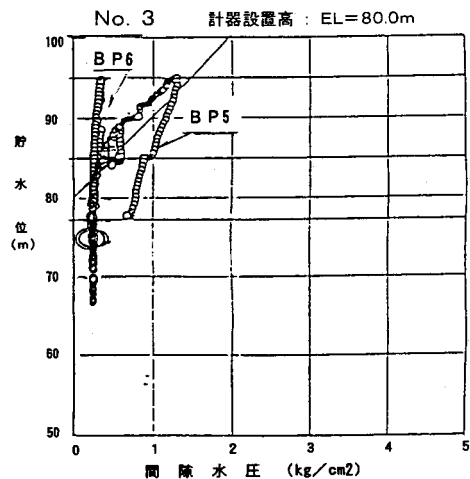
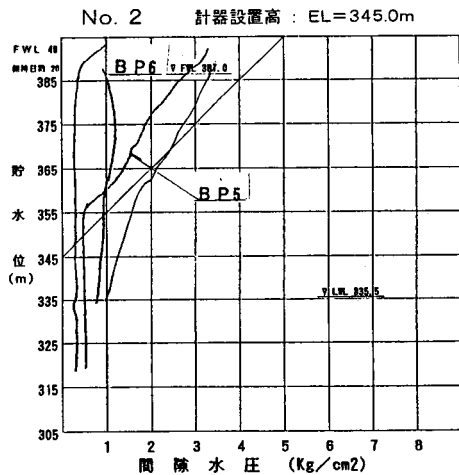
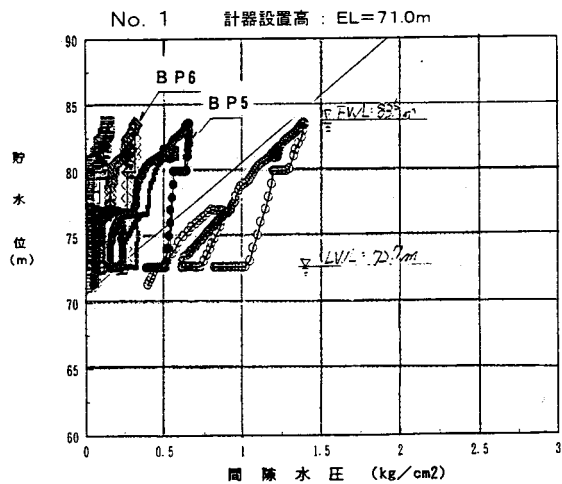


図 8-3 貯水位-間隙水圧相関図 (コア中位部)

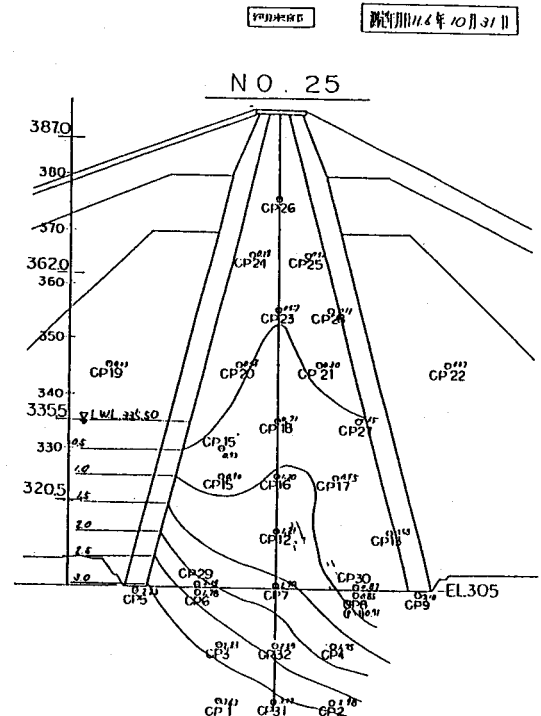
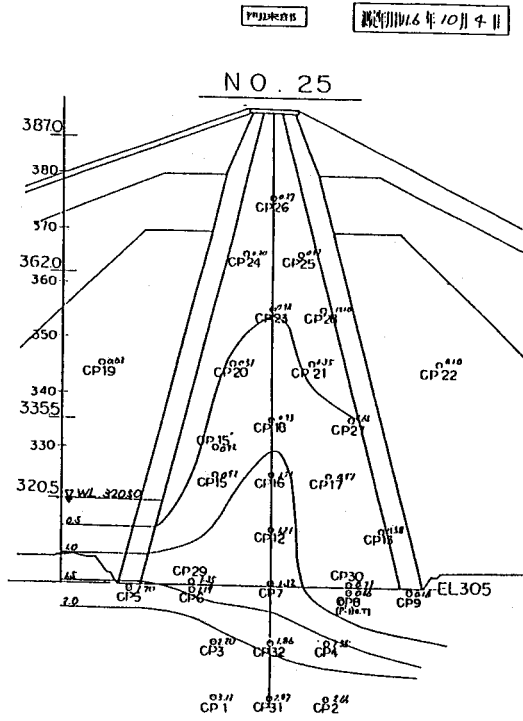


図9 間隙水圧コンター図

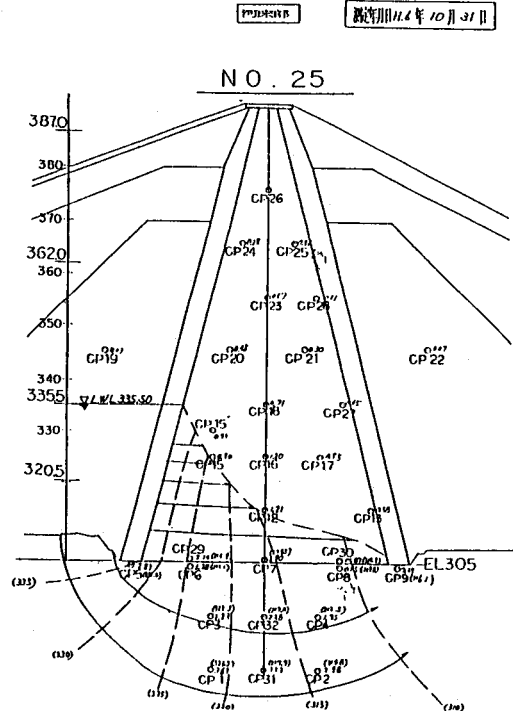
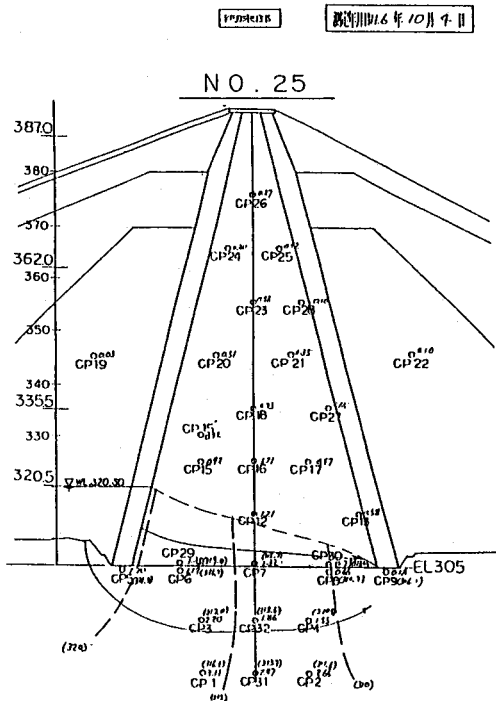


図10 推定流線網図

間隙水圧（貯水位との相関）

ダム名：

測定点：CP-29 計器設置標高 EL 305.5

測定期間 自 6 年 10 月

至 7 年 10 月

湛水開始 6 年 10 月

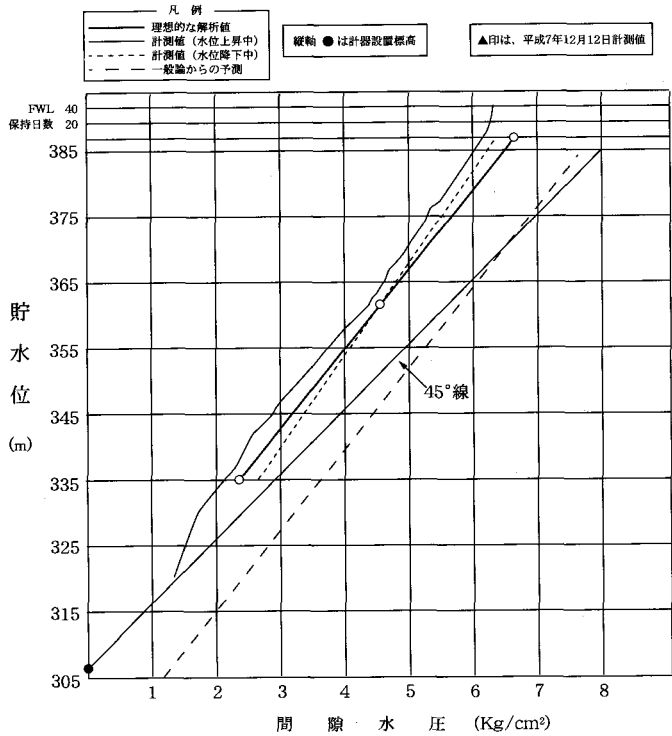
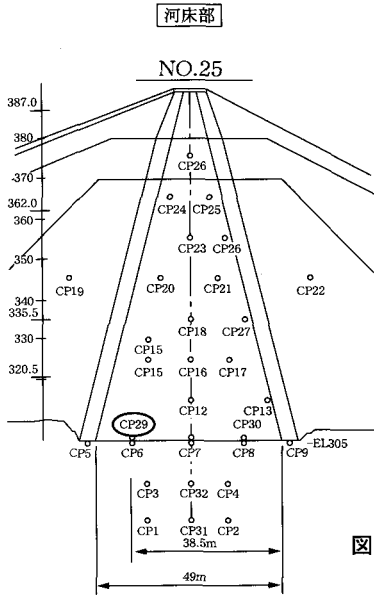


図11-1 貯水位～間隙水圧相関比較図（コア底版部上流）

間隙水圧（貯水位との相関）

ダム名：

測定点：CP-30 計器設置標高 EL 305.5

測定期間 自 6 年 10 月

至 7 年 10 月

湛水開始 6 年 10 月

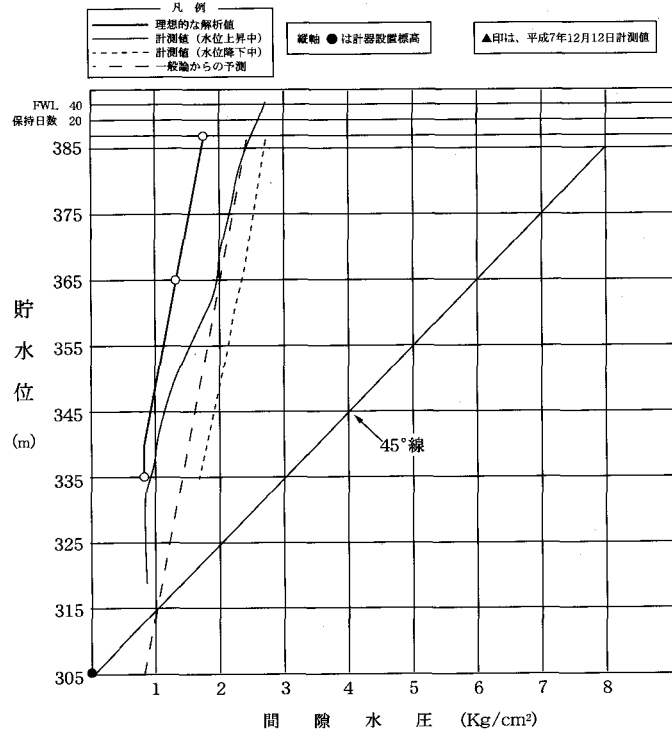
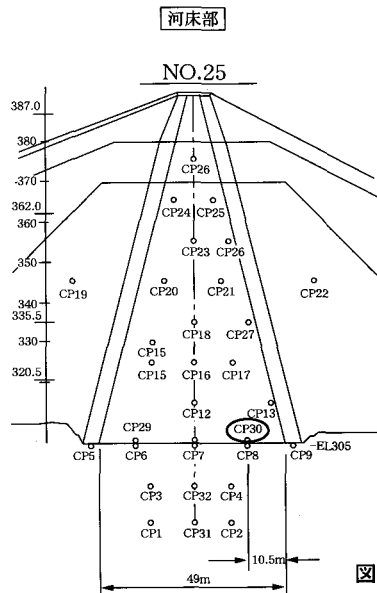


図11-2 貯水位～間隙水圧相関比較図（コア底版部下流）

間隙水圧（貯水位との相関）

ダム名：

測定点： CP-20 計器設置標高 EL.345.0

測定期間 自 6 年 10 月

至 7 年 10 月

湛水開始 6 年 10 月

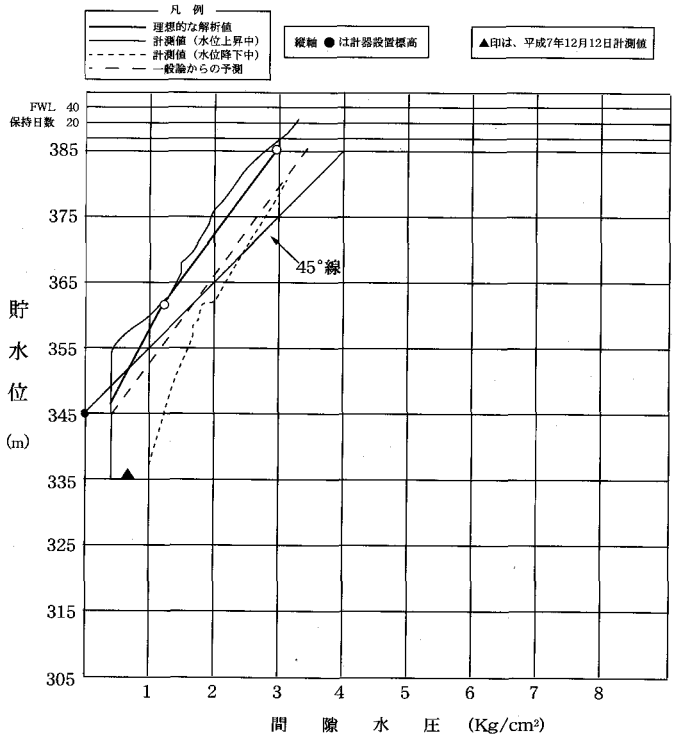
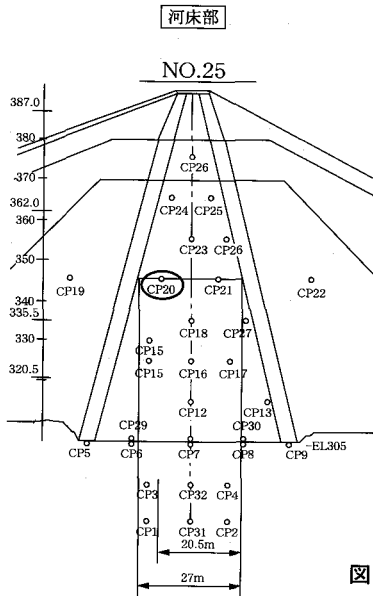


図11-3 貯水位 ~ 間隙水圧相関比較図（コア底部上流）

ア形状により、どのような傾向を示すかについて検討を行った。

計器位置は、各ダムを同一条件にするために、コア底版部中央に設置された間隙水圧計を選定した。

X軸には、各ダムの規模が異なるので、コア部底辺長をコア堤高で割った値を示した。

Y軸には、水位差に対する間隙水圧の割合を示した。

水位差(H) = 試験湛水時の最大断面の中央に

位置する間隙水圧計と貯水位の差m

間隙水圧 = 貯水相関図における最大間隙水圧を示す。

X 軸 = コア部底辺長 / コア堤高

Y 軸 = 間隙水頭 / 水位差 (H)

注) 間隙水頭はここでは便宜的に間隙水圧に10m換算を行った。

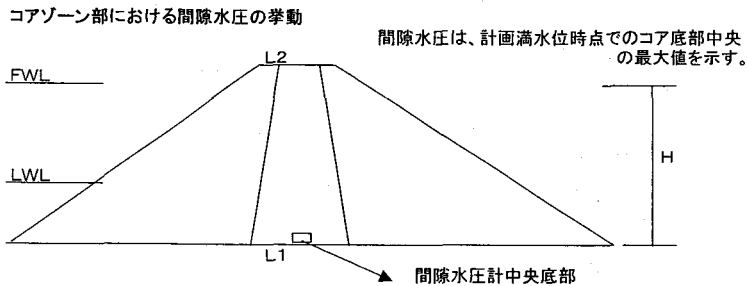


図12-1 間隙水圧計位置図



表3 間隙水圧計等諸元

ダム名	試験湛水位一	コア中央下部		Y軸	コア提	コア底辺長	X軸	備考
	間隙水圧計標高	間隙圧						
	(1) 水位差(H) m	(2) h 1 kg/cm <sup>2</sup>	(2) × 10 / (1)	(3) m	(4) L 1 m	(4) / (3)		
瑞穂ダム	20.5	1.1	0.537	25.0	11.6	0.465		
二庄内ダム	81.5	5.6	0.687	86.0	49.0	0.570		
相川ダム	35.0	2.3	0.669	40.3	20.9	0.519		
荒砥沢ダム	69.4	3.5	0.500	74.4	27.2	0.365		
日中ダム	95.4	5.6	0.587	101.0	42.0	0.416		
葛丸ダム	46.2	2.9	0.628	48.5	24.6	0.507		
平均	58.0	3.5	0.601	62.5	29.2	0.467		

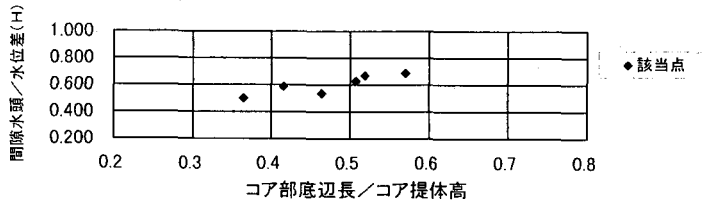


図12-2 間隙水頭/水位差 (H) とコア部底辺長/コア提体高

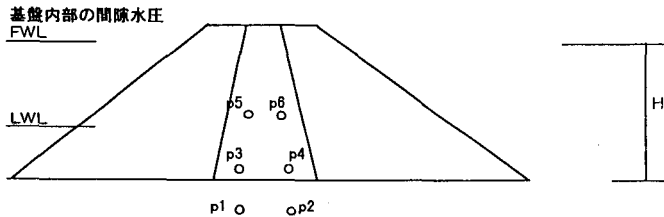


図13 間隙水圧計位置図

表4 間隙水圧計位置、間隙水圧との関係

基盤内部	上流部開始間隙	上流部最終	上流差	下流部開始	下流部最終	下流差	割合	備考
	水圧 kg/cm <sup>2</sup>	間隙圧	kg/cm <sup>2</sup>	間隙圧	間隙圧	kg/cm <sup>2</sup>		
	p1 a	p1 b	(1)	p2 c	p2 d	(2)	(2)/(1)	
瑞穂ダム	0.8	1.7	0.9	0.4	0.6	0.2	22.2%	
二庄内ダム	2.4	5.0	3.2	1.0	3.0	1.4	43.8%	
相川ダム	1.1	2.9	1.8	0.9	1.1	0.2	11.1%	
荒砥沢ダム	2.0	2.9	0.9	1.8	2.3	0.5	55.6%	
日中ダム	2.9	6.9	4.0	3.2	3.2	1.2	30.0%	
葛丸ダム	2.1	3.6	1.5	1.1	1.9	0.8	53.3%	
平均	1.9	3.9	2.05	1.3	2.0	0.7	35.0%	

図12-2より、コア底版部中央の間隙水圧は水位差に対してダムの規模、形状に関わらず、概ね5割～7割程度であることがわかった。

(2) 基盤内部における間隙水圧

基盤内部の上下流の間隙水圧差が大きいほどカーテングラウトの遮水効果が現れていることから以下の検討を行った。

表4に示すとおり下流側の間隙水圧は、上流側の10%～50%に減少していることがわかった。

4 まとめ

フィルダムの遮水性の評価を行うにあたり、今

回調査を行った6ダムにおいて、試験湛水時における間隙水圧の挙動に着目して比較した結果以下のことがわかった。

- (1) 貯水位-間隙水圧相関図は、当初想定していた理想的な挙動傾向と同様の傾向があった。
- (2) 事例ダムにおける予測値と実測値は、ほぼ同様の挙動傾向を示していた。
- (3) ダム規模に関わらず、コア底版部中央に位置する間隙水頭は、最高水位の約50%～70%の範囲となった。
- (4) 基盤内部における間隙水圧は、下流側では上流側の10%～50%であった。

6ダムとも、ほぼ理想的な傾向であったことから、コアは十分な透水性を有しており、基礎処理についても、十分効果を上げているといえる。

## 5 おわりに

今回は主に貯水位－間隙水圧相関図により、挙動の確認を行ったが、貯水位－間隙水圧相関図、貯水位－間隙水圧時系列図、等間隙水圧分布図、流線網図をそれぞれ比較して間隙水圧の挙動を把握すること、また縦断的な挙動の傾向についても留意する必要があると感じられた。

この報告をまとめるにあたり、ご指導を賜った造構部の谷上席研究官、毛利土質研究室長をはじめ農業工学研究所のみなさまに深く感謝致します。

## 引用文献

- 1) 土地改良事業計画設計基準 設計 ダム  
農林水産省 構造改善局 昭和56年4月
- 3) 多目的ダムの建設 第3巻 設計I編 建設省河川局
- 4) 平成10年度農業土木 第3回専門技術研修(フィルダム)  
テキストフィルダムの挙動監視 安中正実
- 5) 東北農政局 二庄内ダム ダム委員会資料  
〃 相川ダム 〃  
〃 荒砥沢ダム 〃  
〃 葛丸ダム 〃  
〃 日中ダム 〃
- 6) 北海道開発局 瑞穂ダム 調査資料

# 相川ダムの堤体外部変位に関する計測事例

伊 藤 定 二\* 遠 藤 泰\*  
(Teiji ITOU) (Yasushi ENDO)

目	次
1. はじめに .....	103
2. 相川ダムの概要 .....	104
3. 堤体外部変位の計測方法 .....	104
4. 計測結果 .....	106
5. 基準点のチェック .....	106
6. 通常の観測方法による問題点 .....	107
7. 対策とその結果 .....	114
8. おわりに .....	114

## 1. はじめに

相川ダムは岩手県の最南端に位置し、東北農政局藤沢開拓建設事業の主要水源施設として平成4年度に着工し、盛立は平成7年度に完了した。

当該ダムの試験湛水は、平成8年12月から平成10年7月末までの20ヶ月間に渡って実施した。1年目には迎洪水位を設定して経年貯留を行い、2年目において満水位まで湛水し、30日間水位保持したのち、最低水位まで水位を降下させて、一連の試験湛水を終了した。

この湛水期間中における堤体外部変位の計測は、一般的にダムの堤体観測で用いる光波測距儀を用

いて実施した。しかし測量における基準点が、変位観測を行う観測点に近いこと、又、地形的にヤセ尾根を呈した部分にあるため、僅かではあるが湛水に伴い変位が生じてしまった。

このことは、堤体の安全性等を評価する際に、計測の精度や計測方法自体の信頼性に課題が生じることとなる。したがって、その対策として簡易な他の方法を用いて変位の傾向を比較検討することで、当該測量結果の信頼性の確認や補足を行うこととした。

その結果、堤体の計測に関して当初の計測により信頼もてる評価を行うことができたので報告する。(図-1参照)

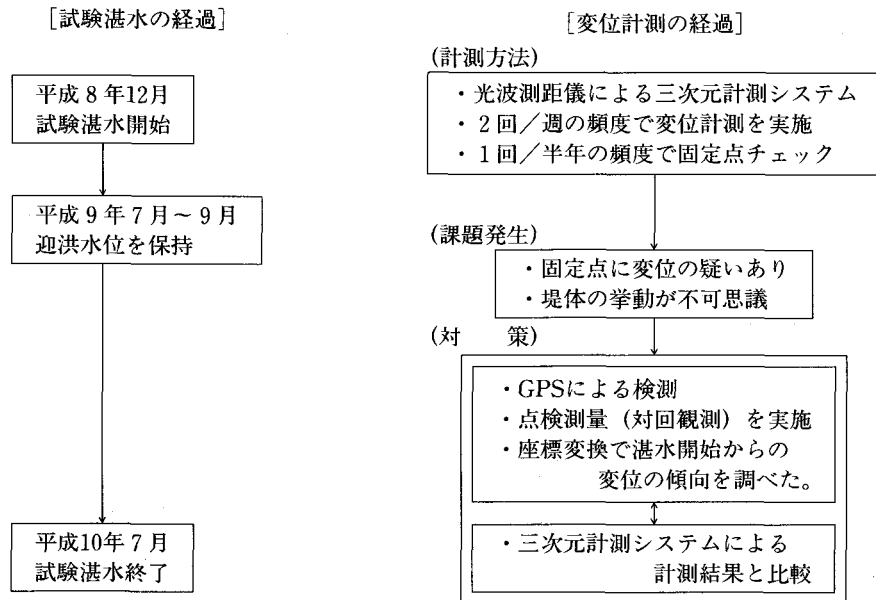


図-1 試験湛水と検討の経過

\*東北農政局藤沢開拓建設事業所

## 2. 相川ダムの概要

### (1) ダムの構造及び諸元

相川ダムの平面図・標準断面図・縦断面図及び主要諸元は図-2・図-3・図-4及び表-1に示す通りである。

### 3. 堤体外部変位の計測方法

計測には、光波測距儀による3次元計測システム(以下、「通常の計測方法」と呼ぶ。)でおこな

った。この計測方法は、任意の位置から各観測点を視準することで「上下流方向」「左右岸方向」「鉛直方向」の変位が求められるようにプログラムが組み込まれており、測量の専門的知識をあまり必要とせず、比較的短時間で作業を終了できるので導入した。その概要は下記のとおりである。(図-5参照)

#### ①観測線の設置

左右岸方向に変位観測線を設けた。観測線は上流部1測線、ダム天端部2測線、下流部2測線の

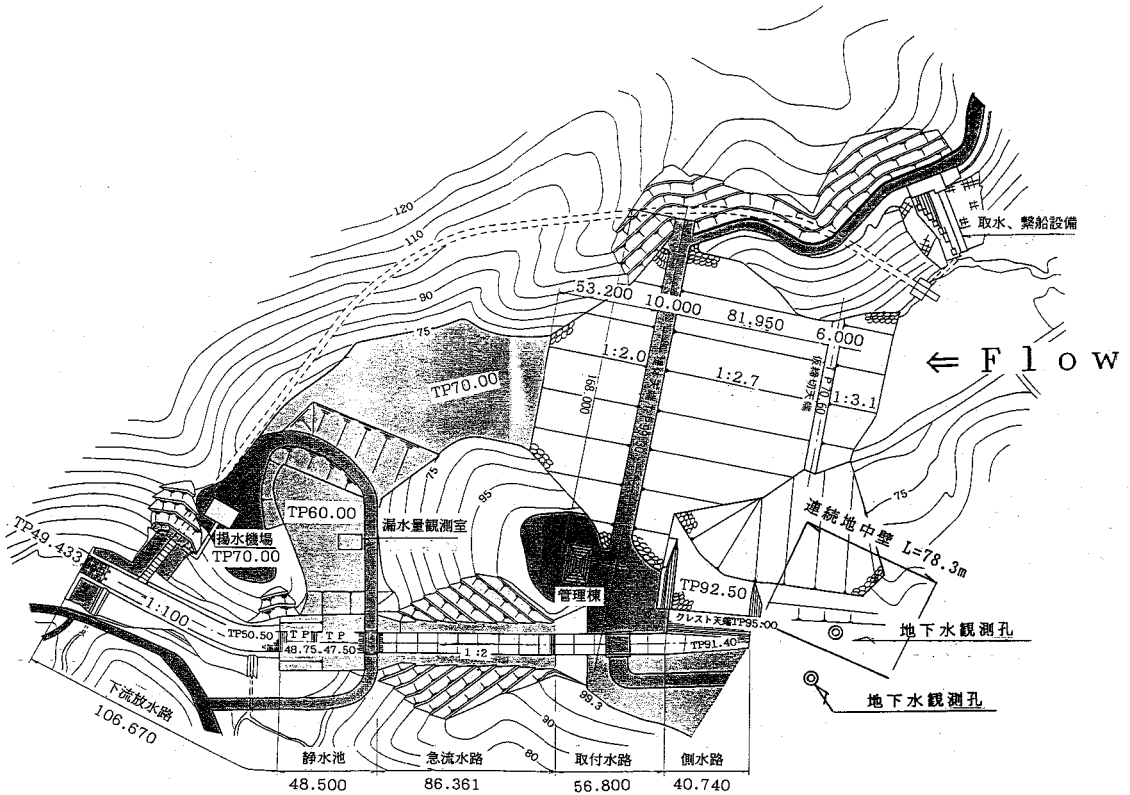


図-2 堤体平面図

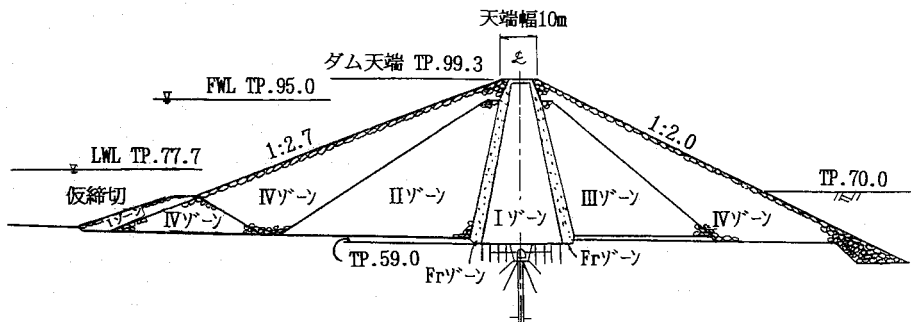


図-3 相川ダム標準断面図

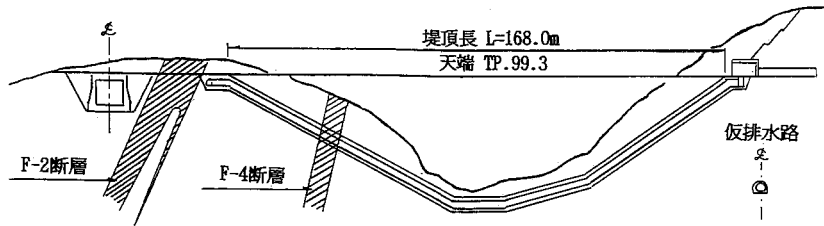


図-4 相川ダム縦断図

表-1 相川ダム主要諸元

一般	基礎	古生代二疊紀錦織層・山崎礫岩層 粘板岩	堤体	形式	中心遮水ゾーン型ロックフィル
貯水池	流域面積	A=5.6km <sup>2</sup>		堤高	H=140.3m
	有効貯水量	V=1,600千m <sup>3</sup>		堤頂長	L=168m
洪水吐	形状	自由越流式側水路		堤頂幅	B=10m
	設計洪水量	Q=202千m <sup>3</sup> /s	堤体積	V=344千m <sup>3</sup>	

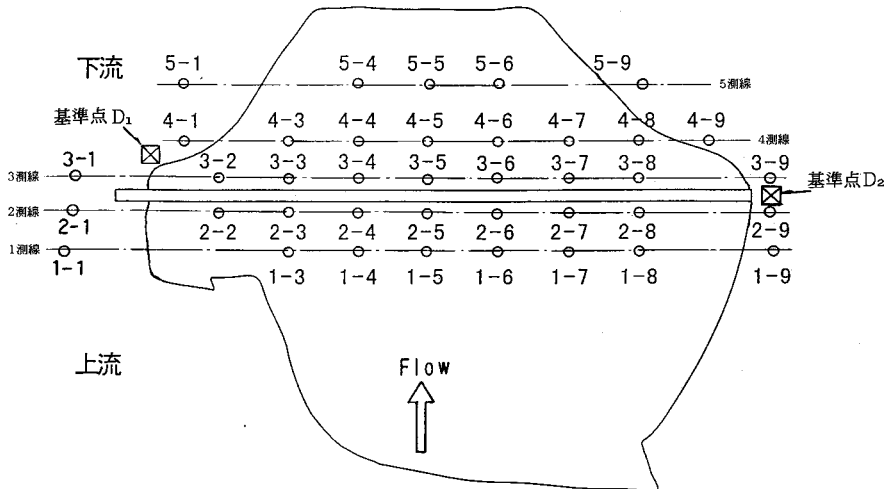


図-5 堤体変位観測点

計5測線とした。

②観測点の設置

観測線に変位観測点を設けた。堤体部には20m間隔に29点、左右岸地山部には各々5点の合計39点の観測点を設置した。

③基準点の設置

各観測点の基準点は、堤頂からの見通しが効き、貯水の影響を受けにくく堅固な場所で岩着するように、左右岸地山部に各々1ヶ所設置した。(以下、左岸側を「D1」、右岸側を「D2」と呼ぶ。)

各基準点には、任意座標をあたえている。

④観測頻度

観測頻度は、2回/週で実施した。

⑤観測方法

最初に基準点を視準して、2辺夾角にて観測者の位置を求める。その後、各観測点について放射単角測定を行い、変位を求めるようにプログラムされている。以下、次に述べるように3回に分けて39点の観測点を計測した。(図-6参照)

ダム軸から上流側の観測は2-5点付近に機器を設置する。D1・D2を視準して観測機器の位置を求める。その後ダム軸上流側各観測点を観測する。

ダム軸から下流側の観測は3-5点付近に機器を設置する。上記同様に基準点を視準して観測機器の位置を求めた後、ダム軸下流側各観測点を観測する。

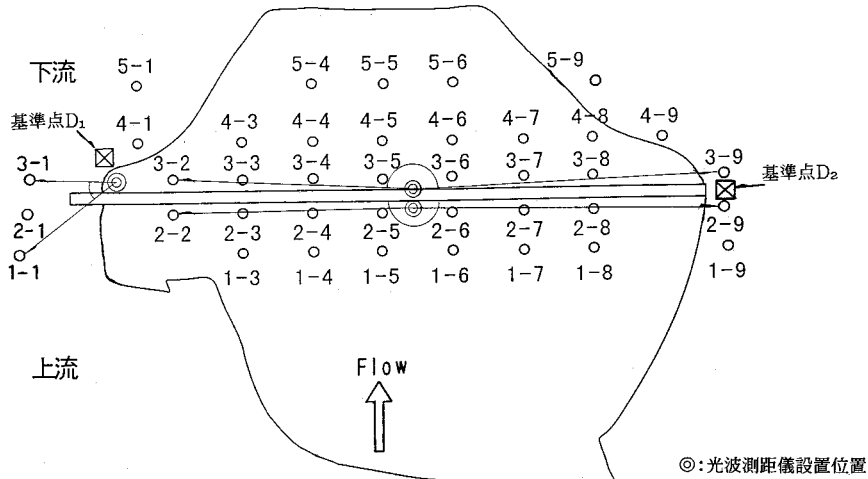


図-6 堤体変位の観測方法

左岸側地山の観測点には光波が届かないため、3-2点付近に機器を設置してD1・3-2点を視準して機器の位置を求めた後、1-1点、2-1点、3-1点を観測した。

観測値は持ち帰ってパソコンで処理を行う。

この作業は、計測作業に2人掛かりで約2時間を要する。データ処理まで含めると約半日で一連の作業が終了する。

#### 4. 計測結果

変位量をベクトル図として表現することにより、次のような変位の傾向がみられた。(但し、1-1観測点は重機の接触により信頼性の低い変位である。)

①観測点が中央付近に集まるように変位している。

湛水開始から10ヶ月間の変位方向は、図-7に示すように観測点が中央付近に集まるように変位している。

②堤体中央部に比較して、堤体と地山の取付け部分の変位量大きい。

湛水開始からの変位量を逐次ベクトルで表すと、図-8に示すように堤体中央付近の変位量に比較して、周辺部での変位量大きい。

#### 5. 基準点のチェック

堤体変位観測の原則は基準点が動かないことである。前述のとおり基準点は地山に岩着している状態である。しかし貯水により水圧は本堤のみならず周辺地山へも作用する。そこで基準点が動い

ていないことを確認するために、GPSを用いてチェックを行った。

#### ①測位方法

GPS測量は、測点間の視通の必要性がないこと、比較的気象条件に左右されないこと、少人数での作業が可能なおことから適用例が多くなっている。<sup>1)</sup>

又、2級基準点測量として、GPSの使用が標準化されている。これらのことからGPSを用いてのチェックをおこなった。

測位方法として相対測位の中の静的干渉測位であるスタティック法を用いて実施した。これは三角点・D1・D2に各々受信機を設置して、最低4個以上の人工衛星の電波を同時観測して各点間の座標を求める方法である。

但し、鉛直方向については精度的にやや劣るので、水準測量によりチェックをおこなった。

#### ②計測頻度

1回/半年の頻度で実施することとし、試験湛水中に合計5回のチェックを行った。

#### ③計測結果

観測の結果、図-9に示す通り基準点が±10mm程度の範囲で変位していることが判明した。変位の傾向として左岸側下流へ変位している。

これはダムの地形的な特徴として、左岸側がやや尾根を呈していることによるものと考えられる。

#### 6. 通常の観測方法による問題点

基準点が僅かながら変位していることに加えて、

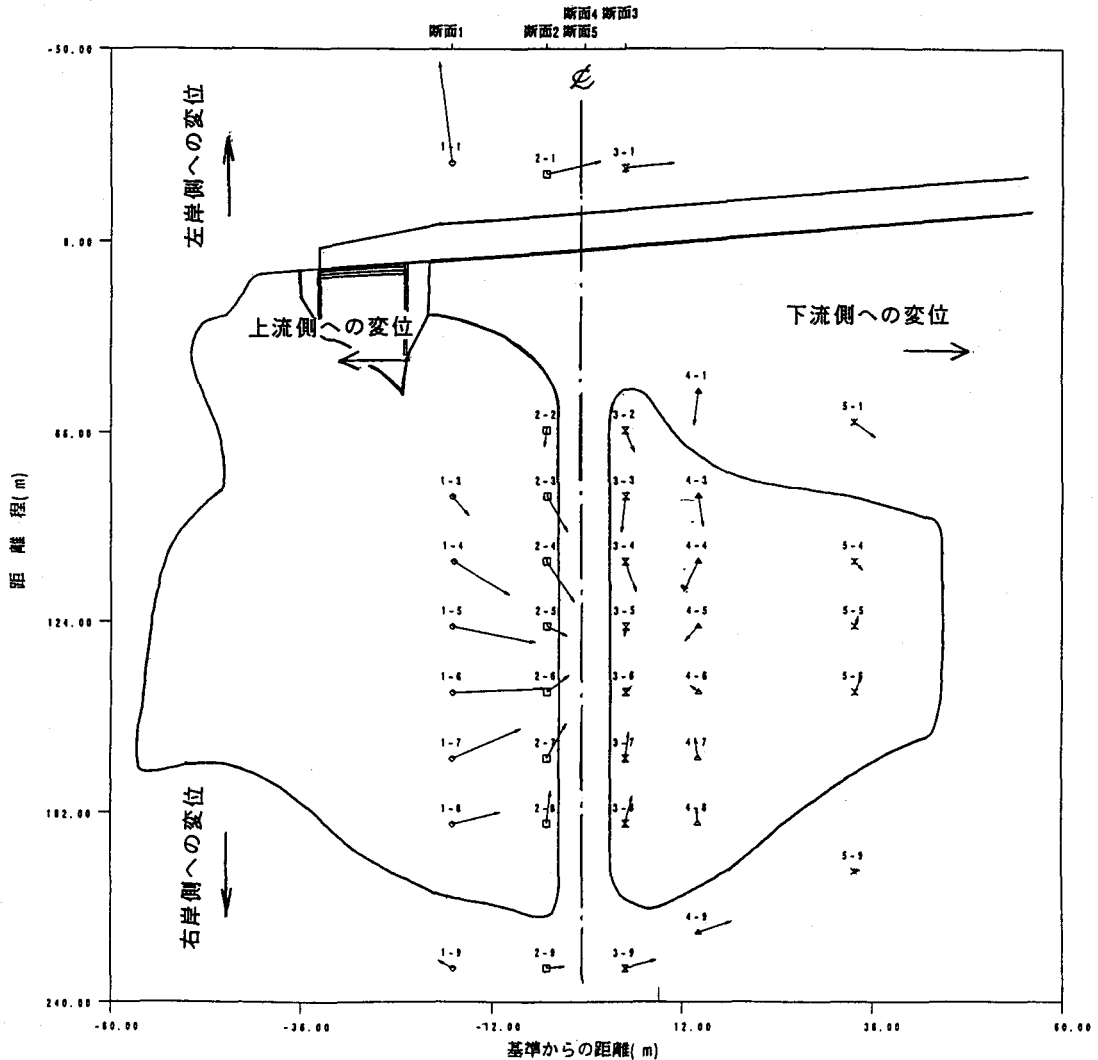


図-7 変位ベクトル図 (湛水開始から10ヶ月間の変位の方向)

今まで観測してきた結果から次のような問題点が浮上した。

①基準点は固定しているものとして計算している。

基準点は±10mm程度の範囲で変位しているが、基準点が動いても同じ座標値を用いて変位量の計算を行っている。

②測量上の誤差の処理が不明確である。

座標計算は2辺夾角を用いた数学的手法で行っている。しかし、距離・角度は光波による一回読みであるため、風・陽炎等による測量上生じる誤差をどのように処理しているのか不明確である。

③堤体の挙動が不可思議である。

2等辺三角形に近い2辺夾角を用いて観測を行

うが、対角が極端に小さいため観測者から遠く離れた測点ほど観測誤差が大きくなってしまいます。(2辺夾角で観測する時は、正三角形に近い形が望ましい。)

したがって、「堤体中央付近の変位量」より「堤体と地山の取付け部分の変位量」が大きくなり、図-8に示すようにダムが回転するような挙動に見える。

## 7. 対策とその結果

通常の計測方法で計測精度を高めようとしても、基準点自体が変位しているので限度がある。したがって、他の異なる計測方法で変位の傾向を把握

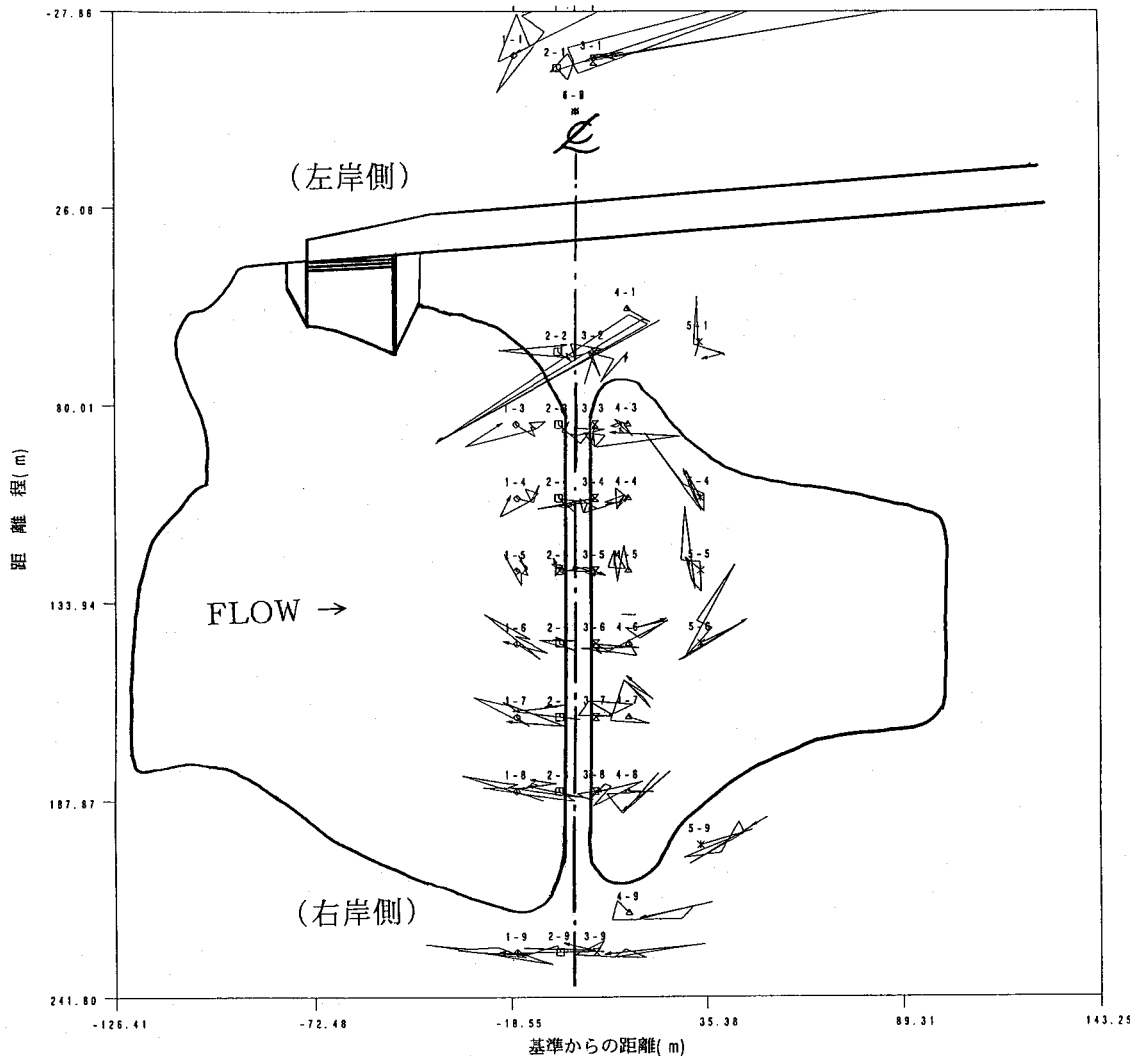


図-8 変位ベクトル図 (湛水開始から2ヶ月間の動き)

することとした。

①GPSによる計測 (図-10参照)

現在の基準点を用いなくて観測点がどのように変位しているか傾向を把握するため、GPSで堤体及び地山上の代表点を計測して、湛水に伴う観測点の動きを比較した。

その結果、「通常の計測方法」と「GPS」では、変位量には差があるものの同じ傾向を示すことが判明し、観測点が堤体中央に集まるように変位していることが確認できた。

②対回観測

GPSは簡易で便利な方法であるが受信機の数に制限があることと、堤体の挙動を確認するため

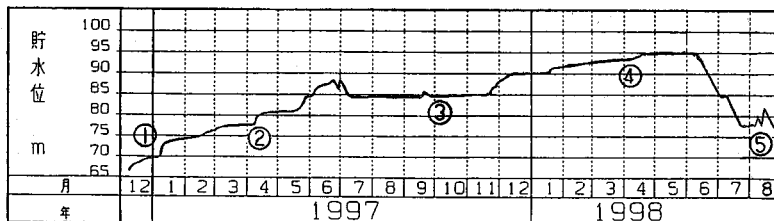
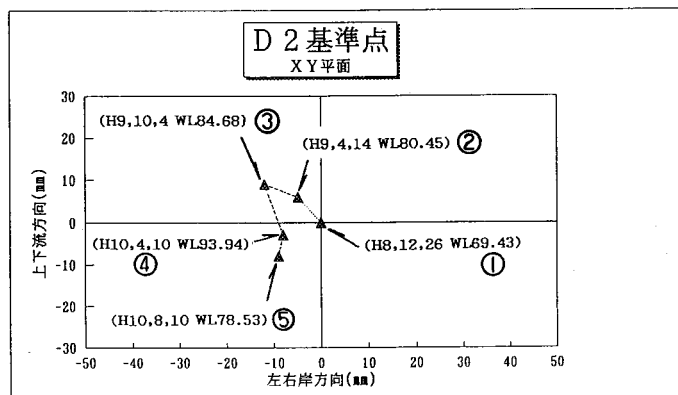
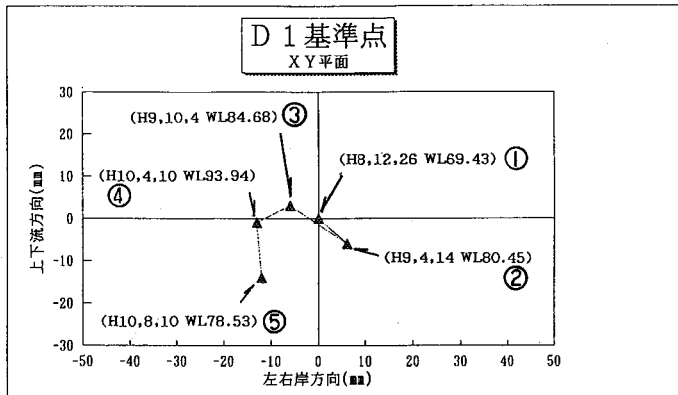
には測量を継続的に実施する必要があるので、経済的な観点から基準点以外に新点を設け点検測量を実施した。

図-11に示すように、左岸地山奥に新たに設置した固定点とダム軸上地山部の2点で三角形をつくり、各点間の角度・距離を各々計測して座標を求める。これを基に堤体上の各観測点を放射トラスの要領で計測した。(以下、「対回観測」と呼ぶ。)

この計測には2人で作業を行い、計測には約半日を要する。堤体上の各観測点の座標計算まで実施すると、一連の作業終了まで概ね1日を要する。

a) 観測期間：常時満水位から最低水位まで





貯水位履歴  
 図-9 GPS観測による基準点の変位

の落水期間 (約2ヶ月間)

b) 誤差消去法: 角度は三角測量の計算方法と同じ誤差の消去法とした。

距離は観測回数による平均値 (算術平均) とした。

c) 固定点のチェック: 方向角によるチェックをおこなった。

その結果, 次のことが判明した。

ア) 基準点 (D1・D2) は僅かながら変位してい

ることが確認できる。

イ) 通常観測方法と比較すると観測点の変位量が小さい。

ウ) 堤体中央部と周辺部の変位量には、「通常観測方法」に見られるような不可思議な挙動が見られない。

したがって, イ)・ウ) から通常観測方法は測量誤差の消去法並びに観測起点の設定の仕方に問題があったと考えられる。

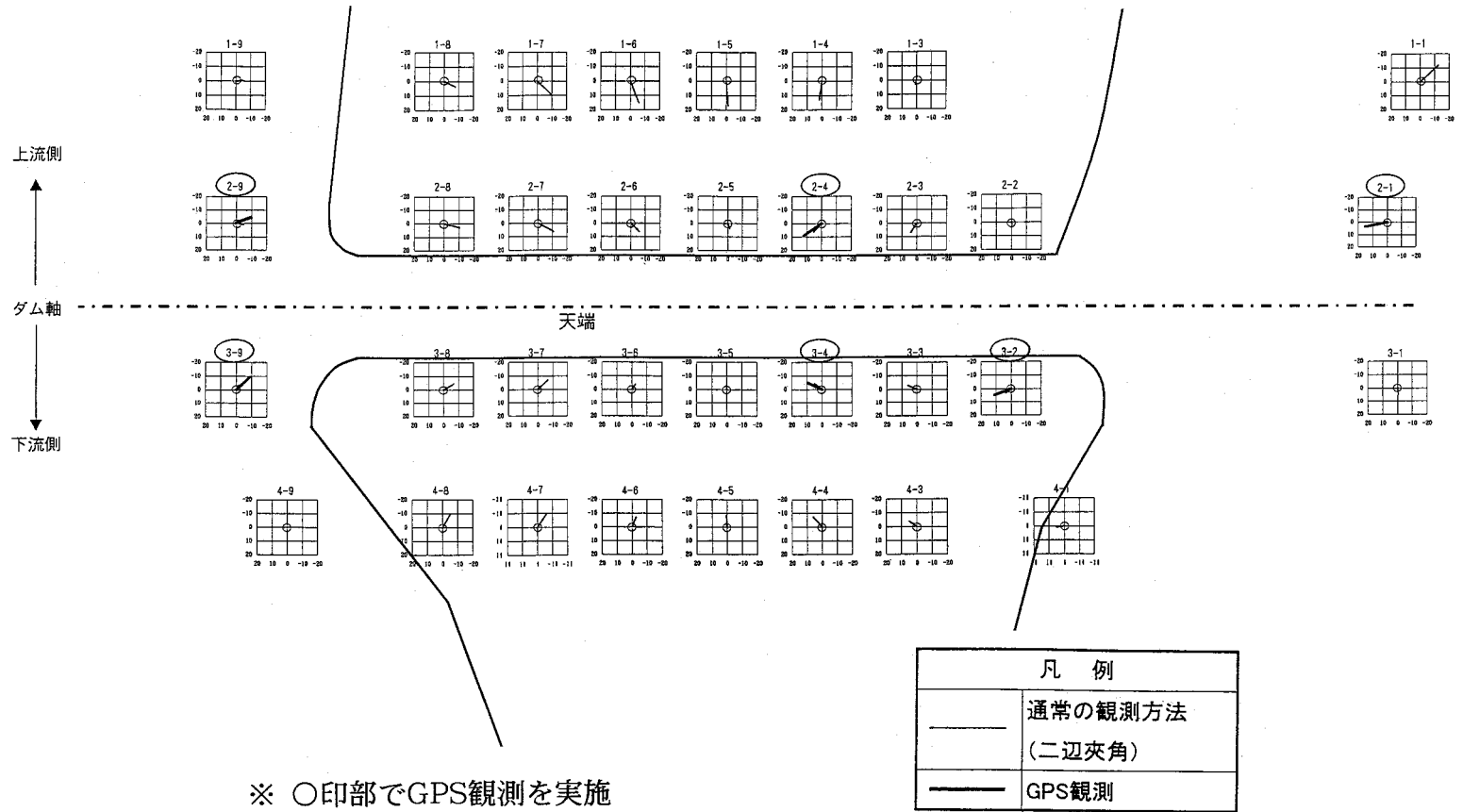


図-10 「通常の計測」と「GPS」の比較

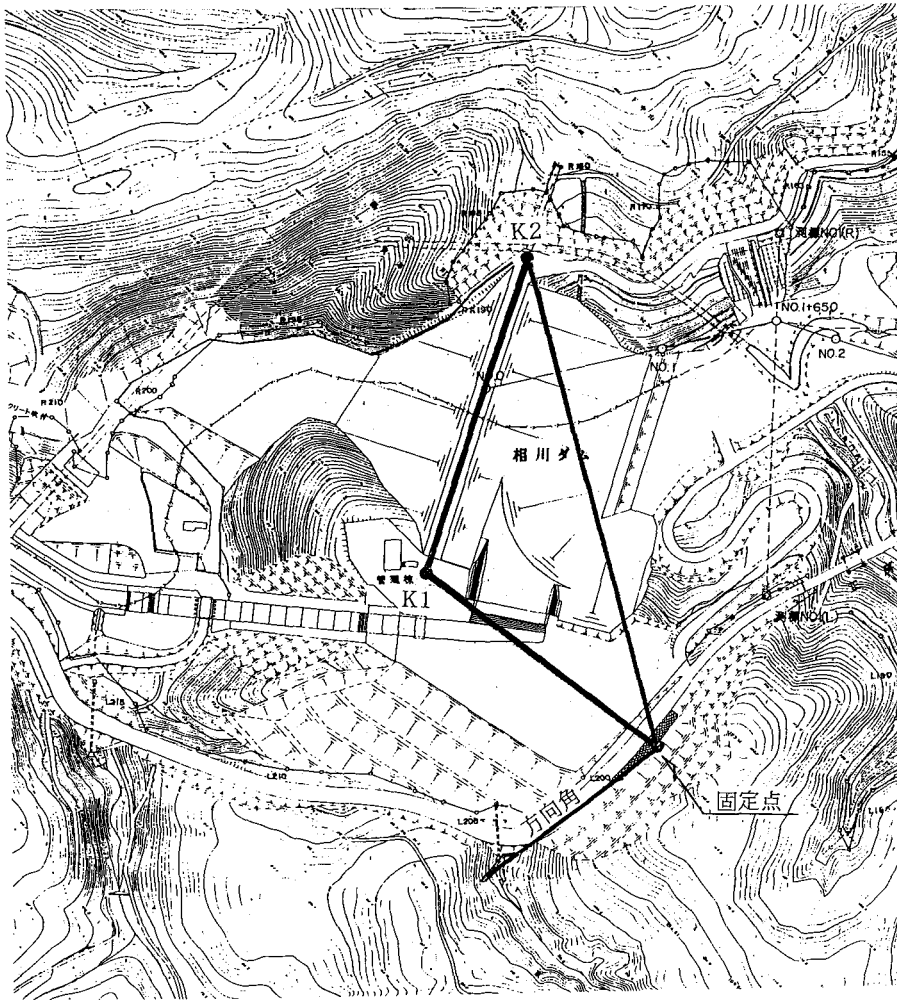


図-11 対回観測に用いる基本三角形

### ③座標変換

GPS・対回観測は、基準点が動いている疑いが生じたときから実施しているため、湛水開始からの変位の傾向を把握するために、基準点のチェック時に合わせて座標を補正するように変換を行った。その結果を貯水位-変位量の相関図に重ねて作図したものが図-12である。

このことから「通常の観測による変位の傾向」と「座標変換による変位の傾向」が概ね同じような結果となった。

### ④水準測量による沈下量の比較

最も沈下量大きいダム天端部中央部の観測点についても、水準測量を実施した時の沈下傾向と「通常の観測方法」とを比較した場合、沈下の経時的变化は概ね同じ傾向を示すことが判明した。

(図-13参照)

### ⑤まとめ

このように変位の動きは「通常の観測方法」と「他の観測方法、又は、計算方法」とで同じような動きが見られるので、その傾向は正しいと考えられる。したがって、湛水に伴い観測の起点が僅かながら変位しているけれども、従来通りの計測方法でもダムが変位する傾向を把握することは可能と判断した。

今まで述べてきた「通常の計測方法」と「他の方法」との共通点をまとめると表-2のようになる。

このほか、GPSだけでなく対回観測でも基準点が僅かに変位していることが確認された。

しかし、今回の計測で対回観測と三次元計測シ

# 貯水位-変位置図 (1-5-Y)

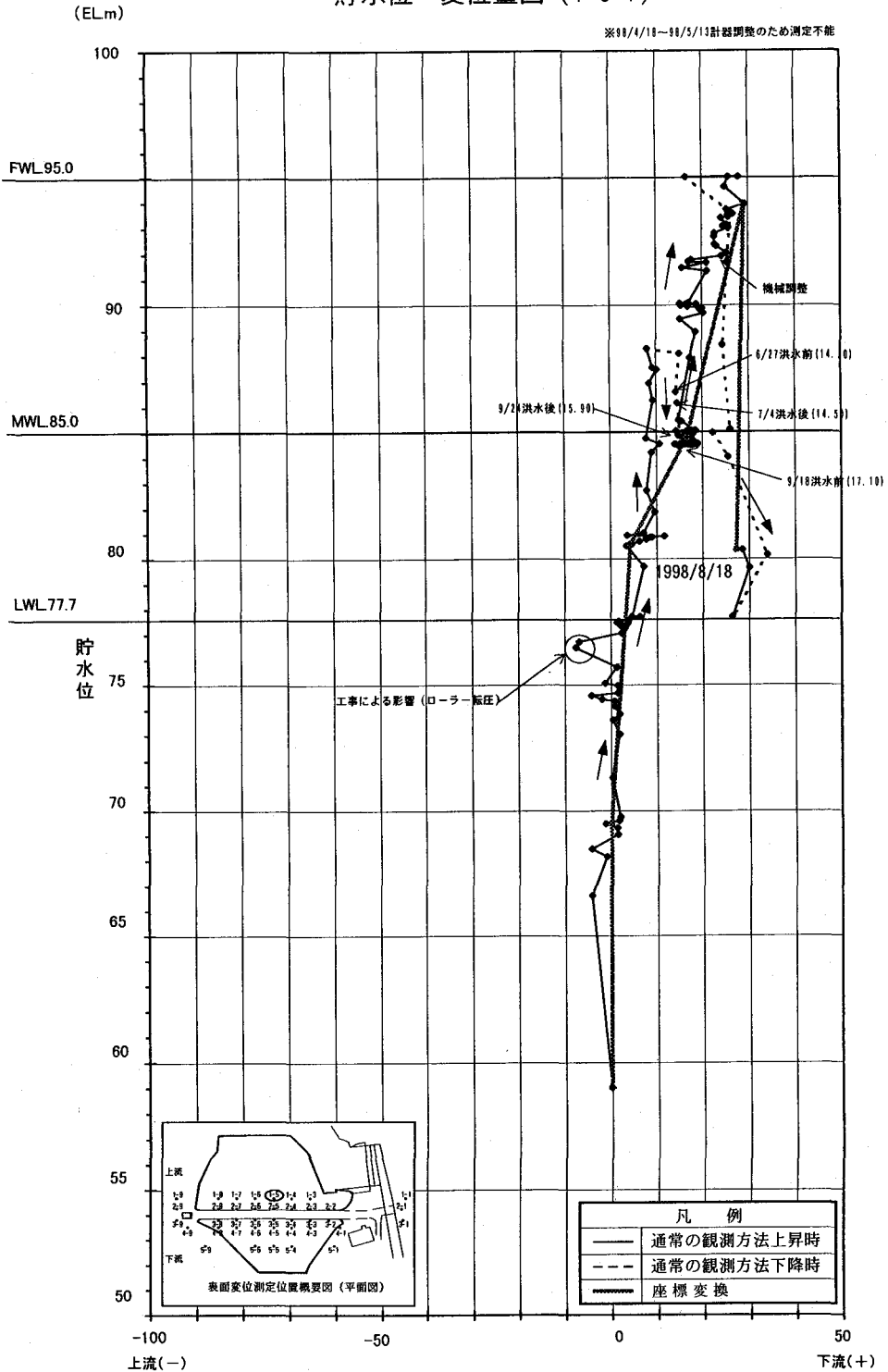


図-12 「通常の観測」と「座標変換」による水平変位の傾向

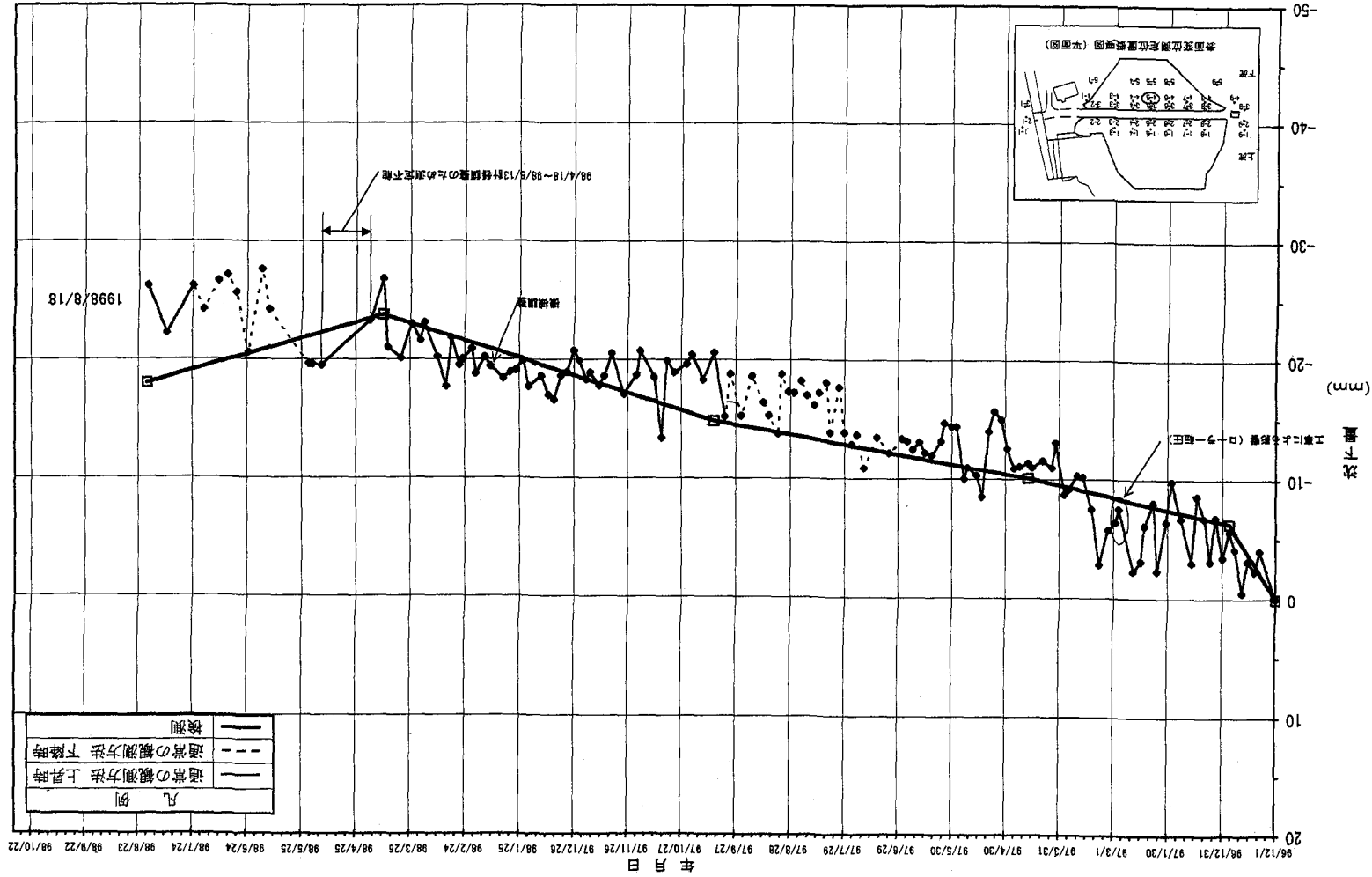


図-13 「通常観測」と「水準測量」による沈下量の比較

表-2 三次元計測システムと他の計測方法との共通点

通常の計測方法	他の観測方法	共通点
(三次元計測システムの計測方法) ・基準点 (D1, D2) は変わらない。 ・2 辺夾角で計測位置を求める。 ・観測点は放射単角測定。	(GPS観測) ・観測点の変位測定を実施	・堤体上の観測点は中央部に向かって変位している。
	(座標変換) ・基準点の変位に合わせて観測点の座標を補正して計算。	・貯水位-変位量の相関が似ている。
	(水準測量) ・ダム天端部の観測点を測定。	・沈下の経時変化は同じ傾向を示す。

システムとでは堤体外周部の動きに大きな相違があった。したがって、今後は観測計画の段階あるいはシステム導入時の段階から、計測システムの特徴を理解し固定点の設置箇所を吟味すること以外に、ある程度変位の傾向を予測して、堤体外部変位でも補完できる方法を検討しておくことが必要であると考えます。

尚、ダムの安全性の評価を行えば、概ね左右均等に沈下がみられること、洪水時・地震時においても変位が変わらないこと、最大水平変位量・沈下量とも堤高の0.1~0.2%程度と一般的な変位量の範囲に収まっていることが確認できた。

## 8. 終わりに

地形状態から堤体計測用の不動点となるべき基準点が、湛水に伴って左岸下流方向へ移動が見られた。幸い、それは僅かな変位量であり、全体的な変位の傾向としては問題になることもなく、堤体の安全性は確認できたと考えている。

今回、試行錯誤を繰り返しながら様々なパターンを検討した。しかし、計画の段階から計測方法について、もう一工夫しておくべきだったと反省

している次第である。

今回紹介した以外にも計測方法については、簡便かつ確実な方法が多々あると思われるけれども、相川ダムの事例がこれから試験湛水を実施しようとしている地区の参考になれば幸いである。

相川ダムは平成10年10月に完成検査を受けたのち、第II期管理として土地改良区が中心となって管理を行っていく。そして、藤沢開拓建設事業も平成10年度で事業完了する運びとなった。当地域にとって相川ダムが地域振興の起爆剤となり、地域発動型の藤沢型農業が展開されるよう期待も大きい。待ち望んでいたダムは関係各位の御協力のもと、無事完成を迎えることができたことに一担当者として安堵の感がある。

最後に今回の観測方法について、御協力を頂いた測量会社及びコンサルタントの方々には懇切丁寧に相談に応じていただき、紙面を借りて御礼申し上げます。

## 参考文献

- 1) 中井川 操, 浦山 克:「計測と監視のシステムの技術動向」大ダムNO.159 (1997-4)

# 現場透水試験の自動化システムの導入 ～ 下蚊屋ダムの事例 ～

友 野 文 典\*  
(Fuminori TOMONO)

## 目 次

I. はじめに .....115  
 II. 下蚊屋ダムの概要 .....115  
 III. 遮水材料(ゾーン1材)の特性 .....115  
 IV. 下蚊屋ダムの現場透水試験仕様 .....117

V. 現場施工管理業務(現場透水試験) .....118  
 VI. 自動化システム導入に対する評価 .....120  
 VII. おわりに .....123

### I. はじめに

近年ダム工事においては合理化施工・コスト削減等が求められているが、各ダム現場では地形・地質等の現場の条件が異なるため、対象とするものを見出すために各ダム現場においては努力しているのが現状である。

フィルダムの施工実績は、歴史的背景から見ると数多い。また、その実績と経験則から考え出された調査・設計、施工、管理等に関する事項はフィルダム基準としては示されている。

しかし、合理化施工の分野においては確立されているものはなかなか見当たらない。

今回紹介する内容は、フィルダムの築堤作業時に施工管理の一連作業である現場透水試験の計測等を自動化システムとして、国営下蚊屋ダム工事

現場に導入した。このシステム導入により、現場透水試験の計測精度の向上と管理担当者が多大な負担となっていた計測等の関係業務の省力化が図られたため、現場施工管理業務の一環として紹介するものである。

### II. 下蚊屋ダムの概要

下蚊屋ダムは国営大山山麓総合農地開発事業によって造成された農地及び既耕畑1,786haに畑かん用水を供給するため、一級河川日野川水系の支流俣野川に建設中の農業用ダムである(図一1～2, 表一1参照)。

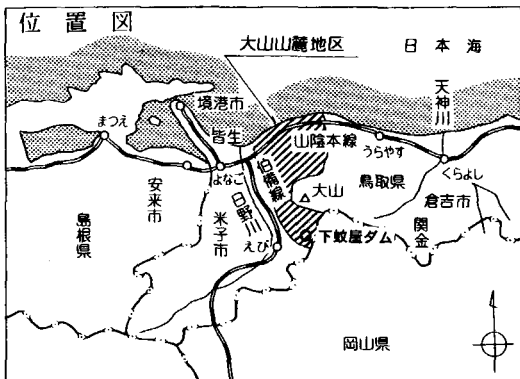
ダム工事の進捗状況であるが、昭和62年度より付替道路(現国道482号線)の建設に着手し、平成6年10月に本体工事に着手した。その後平成7年5月に仮排水路トンネルへの転流を行い、平成9年度より本堤の盛立を開始し、現在まで38万<sup>m</sup>³(進捗率61%, 平成10年12月末現在)、平成11年度完成を目指して工事を進めているところである。

なお本ダム各ゾーンの材料、盛立仕様及び品質管理基準は表一2, 表一3に示すとおりである。

### III. 遮水材料(ゾーン1材)の特性

#### 1. 本堤盛立開始の施工状況

本ダムの遮水材料は、ダム近傍で入手可能な土質材料であるローム(Lm)と凝灰角礫岩(Tb)を1:4の割合で混合した材料を使用し本堤の盛立開始を行なったが、その盛立状況を見ると施工管理基準は満足するものの、転圧時におけるウェーピング現象が顕著に見られ、なおかつ降雨後の施



図一1 下蚊屋ダム位置図

\*中国四国農政局土地改良技術事務所

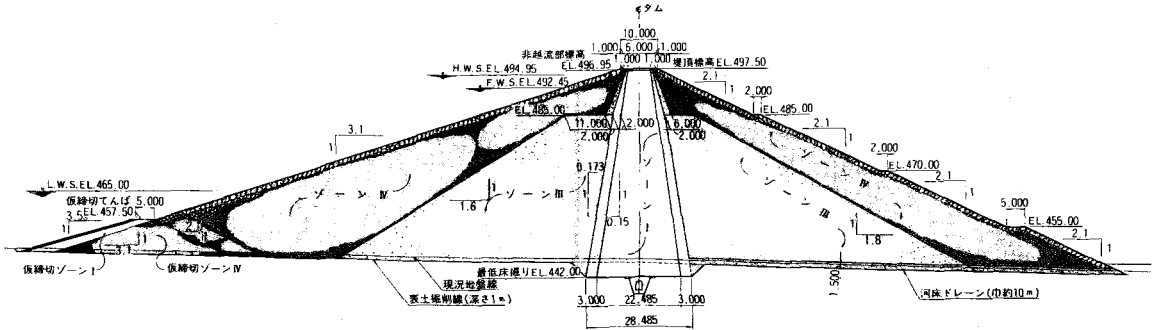


図-2 下蚊屋ダム標準断面図

表-1 ダム及び貯水池諸元

一般	位置	鳥取県日野郡江府町助沢及び下蚊屋地内		
	河川名	一級河川 日野川水系俣野川		
貯水池	基礎地盤	中生代白亜紀～新生代古第三紀鳥取花崗岩(粗粒黒雲母花崗岩)		
	流域面積	直接 13.0km <sup>2</sup> 間接 0km <sup>2</sup>	常時満水位	EL.492.45m
	満水位面積	0.236km <sup>2</sup>	計画洪水位	EL.494.95m
	総貯水量	3,860,000m <sup>3</sup>	計画堆砂面	EL.465.00m
	有効貯水量	3,440,000m <sup>3</sup>	利用水深	27.45m
堆砂量	420,000m <sup>3</sup>			
堤体	型式	中心遮水ゾーン型フィルダム	堤頂長	210.0m
	堤高	55.5m	堤頂幅	10.0m
	総築堤量	620,000m <sup>3</sup> (余盛含む)	天端 仮締切堤	EL.460.00m
	仮締切堤	13,000m <sup>3</sup>	標高 本堤	EL.497.50m
	ゾーンⅠ	89,000m <sup>3</sup>	法面 上流側	1:3.1
	ゾーンⅢ	225,000m <sup>3</sup>	勾配 下流側	1:2.1
	ゾーンⅣ	230,000m <sup>3</sup>	最低床掘標高	EL.420.0m
	フィルター	35,000m <sup>3</sup>		
	リップラップ	27,000m <sup>3</sup>		
洪水吐	型式	自然越流型側水路式	越流セキ長	63.0m
	設計洪水量	504m <sup>3</sup> /sec	洪水吐総延長	382.0m
	減勢工対象流量	336m <sup>3</sup> /sec	減勢工型式	強制跳水型 副ダム方式
	越流水深	2.5m		
仮排水路	型式	標準馬蹄型2R型	断面	標準馬蹄型 (2R=4.6m)
	設計洪水量	163m <sup>3</sup> /sec		
	総延長	415.0m		
取水設備	型式	多孔式斜挿型式	取水口孔数	φ 700mm;7 孔 φ 900mm;1 孔
	最大取水量	1.732m <sup>3</sup> /sec	取水間隔	4.0m
	取水口孔径	φ 700mm	取水管口径	φ 1,000mm
監査廊	型式	カルパートタイプ		
	総延長	286.3m		

表-2 下蚊屋ダム盛立仕様

ゾーン	材料	最大粒径	撤出し		転圧		
			機種	撤出し厚	機種	転圧回数	
ゾーンⅠ	コンタ外クレイ	三平山ローム材	10mm	人力	5cm	エアタンバ	3分/m <sup>2</sup>
	コンタ外コア	三平山ローム材とダム右岸上流凝灰角礫岩の混合材	100mm	0.6m3級ハックホ	15cm	60~100kg級タンバ	4回
	一般コア		100mm	21t級ブルドーザ	20cm	1t級振動ローラ	6回
フィルター	着岩河床部		80mm	人力	20cm	90kg級コンバクタ	8回
	着岩パット部	粒調砕石 M-40	80mm	人力	40cm	90kg級コンバクタ	8回
	標準部		80mm	11t級ブルドーザ	40cm	10t級振動ローラ	8回
ゾーンⅢ	着岩部	原石山等より得られる風化	150mm	0.6m3級ハックホ	40cm	1t級振動ローラ	6回
	標準部	花崗岩	300mm	21t級ブルドーザ	40cm	10t級振動ローラ	6回
ゾーンⅣ	着岩部	原石山等より得られる花崗	200mm	0.6m3級ハックホ	80cm	1t級振動ローラ	6回
	標準部	岩	600mm	21t級ブルドーザ	80cm	10t級振動ローラ	6回



表-3 堤体材料品質管理基準

	密度	透水係数 K (cm/s)	含水比 Wn (%)	塑性 指数 Ip	75 $\mu$ m 通過率 Rp (%)	4.75mm 残留率 P (%)	最大粒径 Dmax (mm)	礫の絶対 乾比重 Gb	吸水率 Q (%)
ゾーンI									
コンタクトクレイ	—	—	—	( $\geq 20$ )	$\geq 50$		10		
コンタクトコア	D値 $\geq 95\%$ (Ec=JIS $\times 100\%$ ) 乾燥密度 $\rho_d \geq 1.45t/m^3$	$\leq 1 \times 10E-5$	Wopt $\leq Wn \leq Wwet$	( $\geq 15$ )	12~50	5~65	100		
一般コア	D値 $\geq 95\%$ (Ec=JIS $\times 100\%$ ) 乾燥密度 $\rho_d \geq 1.45t/m^3$	$\leq 1 \times 10E-5$	Wopt $\leq Wn \leq Wwet$	( $\geq 15$ )	12~50	5~65	100		
フィルター	乾燥密度 $\rho_d \geq 1.79t/m^3$	$\geq 1 \times 10E-3$	—	—	$\leq 7$	—	80		
ゾーンIII	乾燥密度 $\rho_d \geq 2.05t/m^3$ 相対密度 $Dr \geq 75\%$	$\geq 1 \times 10E-3$	—	—	$\leq 8$	$\geq 40$	300	$\geq 2.5$	$\leq 5$
ゾーンIV	乾燥密度 $\rho_d \geq 1.94t/m^3$ 相対密度 $Dr \geq 75\%$	$\geq 1 \times 10E-2$	—	—	$\leq 5$	$\geq 60$	600	$\geq 2.5$	$\leq 3$

注) D値, 含水比は37.5mm以下の材料で評価

工は更なるウェーピング現象が発生し、施工済の下層まではぎ取る場合もあった。

原因としては、施工含水比が高い ( $Wn \geq Wopt + 3.0\%$ ) のと、混合材料における細粒礫 (最適な礫分含有量) の粒度分が少ないためである。

## 2. 遮水材料の変更

盛立施工の改良として更なる施工性を上げるため、現遮水材料の物性 (粒度, 含水比) を改良することを着目し、物性値の改良材料としてダム近傍に存在する花崗岩風化土のマサを選定し室内試験と現場転圧試験を実施し決定した。

このマサは、平均粒径  $D = 2\text{mm}$ 、自然含水比  $8\%$  を有しているため、従来の遮水材料にブレンドすれば十分な含水比低下材料となり、なおかつ施工性の向上が図られることが転圧試験等で実証された。

このため本ダムの遮水材料 (ゾーン I) は、ローム (Lm) : 凝灰角礫岩 (Tb) : マサ (WG) = 1 : 4 : 1.7 の割合での混合材料となった。この結果 3 種の土質材料混合となるため遮水材料としてより均一な粒度材料を求められることから、当初から採用していた油圧式攪拌機を装着したバックホウを用い、攪拌能力 ( $60\text{m}^3/\text{hr}$ ) で材料を均質に攪拌し使用している。

## IV. 下蚊屋ダムの現場透水試験仕様

### 1. 試験の手順

#### 1) 試験孔の施工

- ① 現場密度試験孔を再利用し円筒型 ( $\phi 250\text{mm} \times H200\text{mm}$ ) に整形する。
- ② 孔壁保護対策として網かごを孔中央に据

え付け、網かごと孔壁の隙間に小砂利を詰める。

- ③ 試験孔に水を注水し、注水時の時刻を記録する。

## 2. 自動現場透水試験

### 1) 透水試験装置の設置

- ① 角材を井形に重ね、センサ棒を取り付ける台座の高さを調整するとともに、台座を水平に据える。
- ② 試験孔に水を再注水する。
- ③ センサ棒が試験孔の中心にくるよう台座に取付け、コントロールボックスに接続する。

### 2) 計測開始

最初に注水してから 3 時間経過後、試験孔に再注水しコントロールボックスの電源を入れて透水試験を開始する。(孔周辺の飽和は 3 時間とした。)

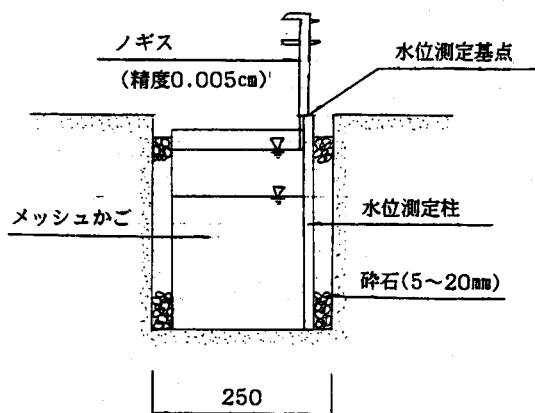
### 3) 計測終了

計測開始から少なくとも 6 時間以上を経過したところで計測を終了する。ただし、盛立都合上 6 時間に満たない時点で計測を終えたい場合は、少なくとも 3 時間計測のうえ監督職員に結果を報告し了解を得る。なお、透水係数は計測開始から終了までの時間およびそれぞれの水位から算出する。

## 3. 手動計測の場合

### 1) 計測手順… (図-3 参照)

- ① 注水から計測開始までの飽和にかかる時間は 3 時間とする。
- ② 計測開始時に再注水し水位を計測する。
- ③ 計測開始時より少なくとも 6 時間以上の



※ノギスにより水位観測基点から水面までの距離を、測定開始時及び終了時に測定し、水位変位を求める。

図-3 現場透水試験 (手動計測)

計測を行なう。

④21時以降に計測を開始した場合を除き、計測開始後3時間経過した時点で水位計測を行なう。

⑤透水係数は、計測開始から終了までの時間およびそれぞれの水位から算出する。

#### 4. 透水係数が管理基準値を満足しない場合の対応

- ①現場密度試験結果等の再チェックを行なう。
- ②試験孔およびその周辺部の観察を行なう。
- ③満足しない孔の下層およびその周辺部 (1m以上離れた地点) で計2箇所追加試験を実施する。

#### 5. 再試験においても管理基準値を満足しない場合の対応

- ①試験孔の周辺部に追加した孔のみが基準値を満足しなかった場合は、1層掻き起こして再転圧を行なう。なお、再転圧の範囲は監督職員と協議する。
- ②下層部が追加試験により基準値を満足しなかった場合は、同日に施工した層を全部剥ぎ取り再転圧を行なう。

### V. 現場施工管理業務 (現場透水試験)

#### 1. 自動化システム導入の背景

フィルダム工事で最も重要な管理は、材料の品質管理と施工管理である。施工ゾーンにおいては最も重要な部分は遮水ゾーンと言っても過言では

ない。このゾーンは名のとおり遮水を目的としており、施工上においては材料の品質管理と転圧後の施工管理、なかでも現場透水試験結果に一番神経を使って施工しているのがこのダムにおいても同じである。この現場透水試験は広大な盛立面上の複数ヶ所を毎日の日常管理として義務づけられており、かつ計測に当っては長時間を要することから、現場管理担当者にとっては大きな負担となっている。下蚊屋ダムでは、このような問題等を解消するため、現場自動透水試験管理システムを導入した。

#### 2. 現場自動透水試験管理システムの概要

本システムは、現場の盛立面上任意のポイントに設置される水位計装置と現場事務所内の管理コンピュータで構成される。(図-4参照)

- ①管理コンピュータ (写真-1参照) …Windows95対応。
- ②水位計測装置 (写真-2, 写真-3, 図-5参照), 水位センサ, コントロールBOX, SS無線BOX, 管理コンピュータでは、使用する水位計測装置を登録 (当ダムでは3台設置) し通信間隔設定, 通信開始~通信終了時間設定, 通信時水位データ読み取り回数設定を行なう。

受信したデータはテキストファイル形式として保存するため、EXCLEなどの市販表計算アプリケーションで編集可能 (800MB以上の空き容量で約30日分のデータが可能) であり、水位と透水係数の経時変化をグラフ表示, 印刷することができる。(図-6, 7参照)

水位計測装置は、盛立面上の任意の地点に設置でき、磁歪式水位センサにより水位を自動計測し、SS無線で計測データを管理コンピュータに送信する。

この水位計測装置の設置作業に要する時間は、調整を含めて1箇所当たり10分程度である。また、磁歪式水位センサの計測精度は、測定誤差 $\pm 55\mu\text{m}$ であり、水位計測装置と従来使用しているパーニアを同じ条件で、孔内水位の変位量を測定比較したが、水位計測装置も実際の仕様を満足することを確認した。

なお、本ダムでは、遠隔距離1,000m, 自動計測時間15時間, 水位測定頻度1回/200秒, グラフ表示1回/1時間としている。

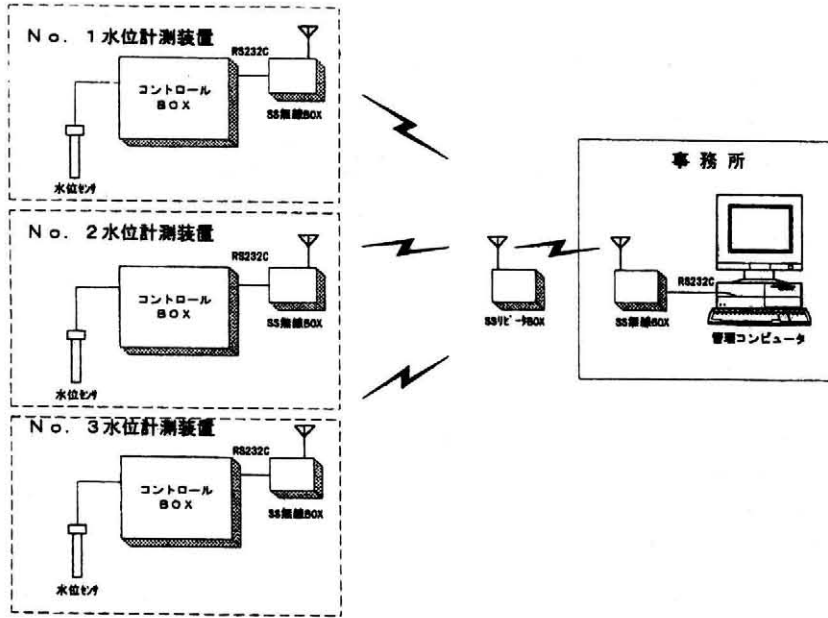


図-4 システム機器構成図



写真-1

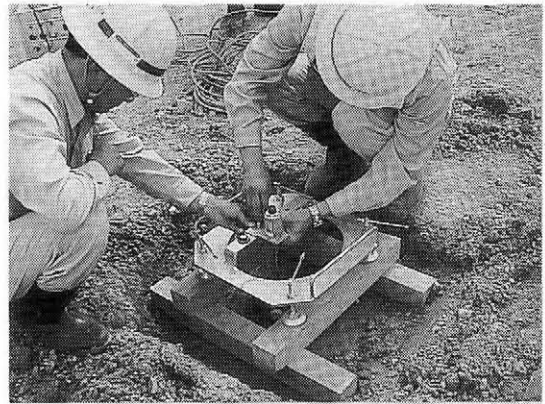


写真-2

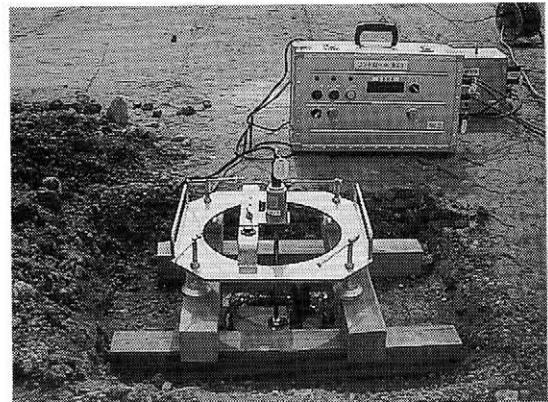


写真-3

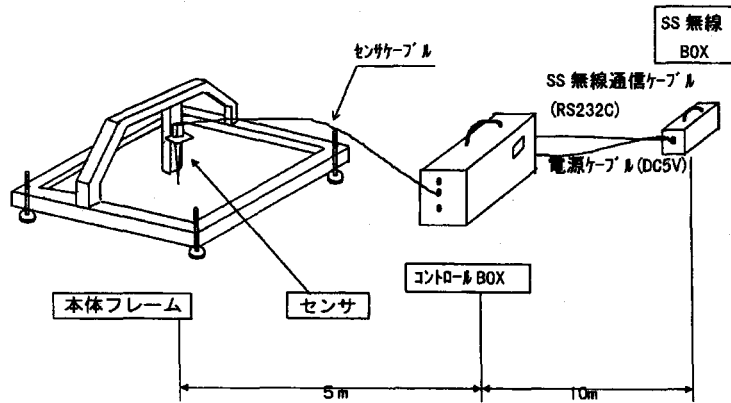


図-5 水位計測装置機器構成

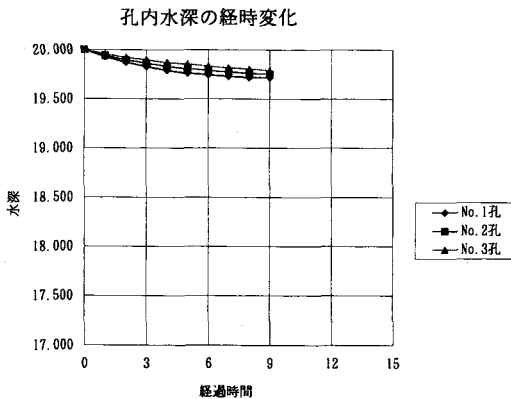


図-6 孔内水深の経時変化図

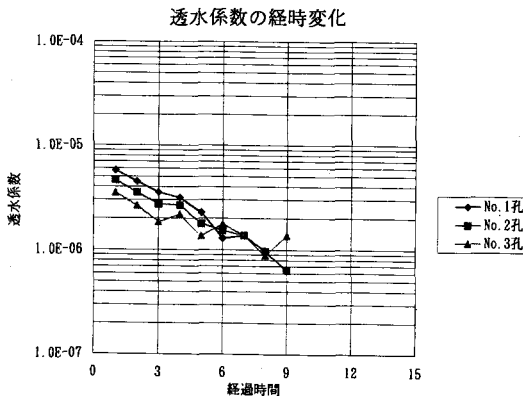


図-7 透水係数の経時変化図

## VI. 自動化システム導入に対する評価

### 1. 現場としての利点

本システムを導入したことで利点は次のことが考えられる。

- ①従来の手動計測での現場透水試験は、広大な盛立面上では通常10時間程度の長時間を要していたが、自動化計測により人的な計測誤差

の回避と計測の省力化及び計測時間の短縮が図られる。

- ②同時スタートの計測が可能となりリアルタイムごとの水位変化と1時間ごとの透水係数値が確認出来ることから、本ダムのような遮水材料が混合材料で施工され場合は、その混合状況が水位変化の傾向を見ることで遮水材料の均一化の適否が最終確認出来る。(図-8,

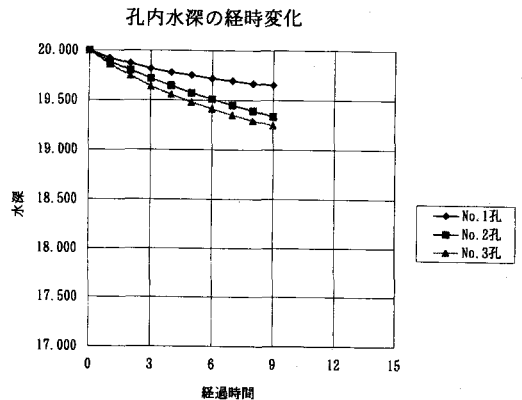


図-8 孔内水深の経時変化図

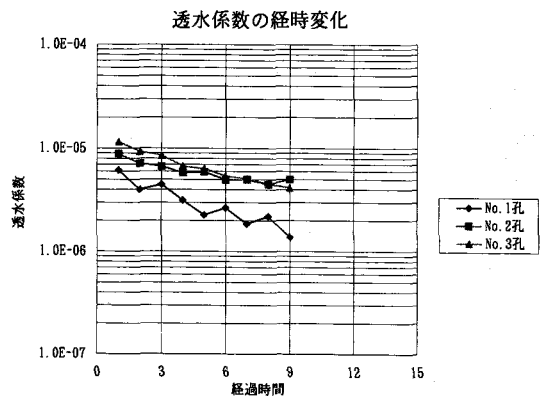


図-9 透水係数の経時変化図

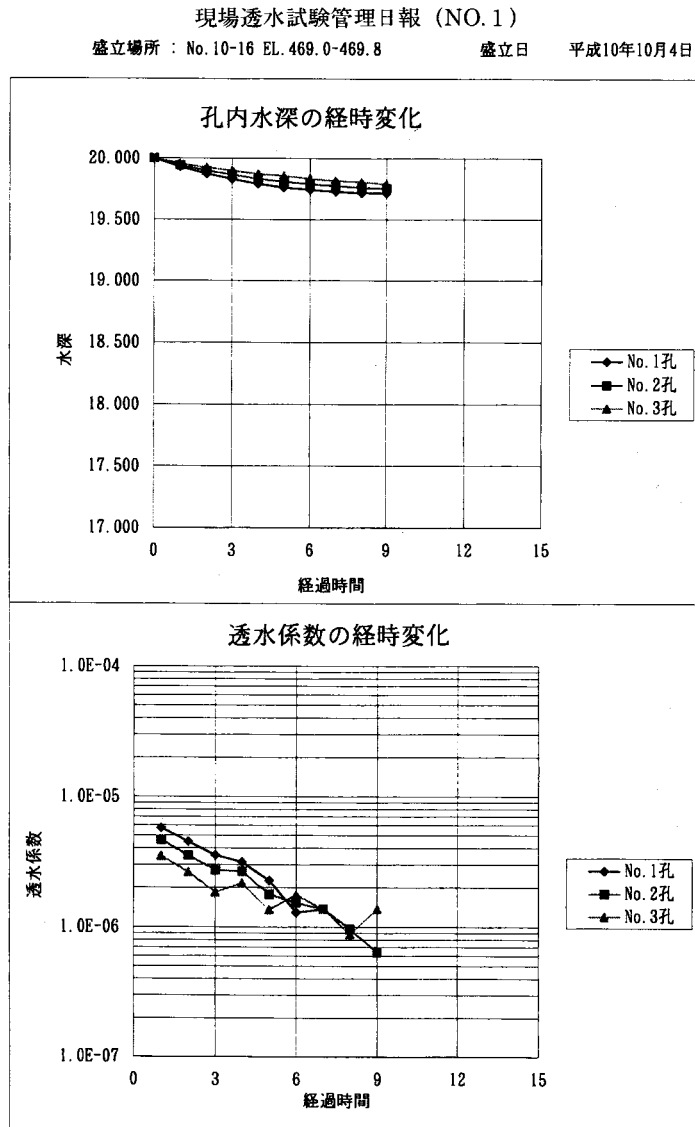
図-9 参照)

- ③盛立作業が昼間に行なわれるため施工管理試験の確認は、夜間の深夜作業となることが一般的であったが、導入することで管理担当者は深夜作業から開放された。(人力的な省力化が図られる)
- ④収集されたデータは、管理コンピュータによって処理されるため、データから得られる経時変化を確認することで、それ以後の堤体盛立工程がたてやすくなる。
- ⑤処理されたデータは、直接ハードディスクや光磁気ディスク(MO)といった記憶媒体上で

体系的に管理できるため、日常管理業務の省力化も期待できる。(管理日報…NO.1, NO.2, NO.3 参照)

## 2. 現場として今後留意する問題

- ①自動計測に頼り過ぎると計測値が絶対正しいものであると過信する傾向が強くなる。このため、手動計測との同時観測チェックを1箇月に1回程度行い、常に数値の信頼度を高めておく必要がある。
- ②現場透水試験における、試験孔の飽和時間及びリアルタイムに水位変化の傾向と計測時間は、盛立試験時から調査しその傾向を把握し



現場透水試験管理日報 (NO.2)

孔番号	No1		No2		No3	
ファイル名	981004_1		981004_2		981004_3	
初期水深(cm)	20.00		20.00		20.00	
測定時間(hour~hour)	0.0~	15.0	0.0~	15.0	0.0~	15.0
試験孔半径(cm)	12.5		12.5		12.5	

孔番号 経過時間	No1		No2		No3		No1 透水係数	No2 透水係数	No3 透水係数
	測定時刻	水深	測定時刻	水深	測定時刻	水深			
0	20:29:00	20.000	20:29:00	20.000	20:29:00	20.000			
1	21:29:00	19.928	21:29:00	19.942	21:29:00	19.956	5.74E-06	4.62E-06	3.50E-06
2	22:29:00	19.872	22:29:00	19.898	22:29:00	19.923	4.48E-06	3.51E-06	2.63E-06
3	23:29:00	19.828	23:29:00	19.864	23:29:00	19.900	3.53E-06	2.72E-06	1.84E-06
4	0:29:00	19.789	0:29:00	19.831	0:29:00	19.873	3.13E-06	2.65E-06	2.16E-06
5	1:29:00	19.761	1:29:00	19.809	1:29:00	19.856	2.26E-06	1.77E-06	1.36E-06
6	2:29:00	19.745	2:29:00	19.790	2:29:00	19.834	1.29E-06	1.53E-06	1.76E-06
7	3:29:00	19.728	3:29:00	19.773	3:29:00	19.817	1.37E-06	1.37E-06	1.37E-06
8	4:29:00	19.716	4:29:00	19.761	4:29:00	19.806	9.69E-07	9.67E-07	8.84E-07
9	5:29:00	19.716	5:29:00	19.753	5:29:00	19.789	-	6.45E-07	1.37E-06
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									

現場透水試験管理日報 (NO.3)

現場透水試験 データシート

調査件名 下蚊屋ダム盛立品質管理 試験年月日 H10.10.4  
 採取場所 一般コア 天 候 \_\_\_\_\_  
 位 置 No.10-16 EL.469.8 試験者 \_\_\_\_\_

試験孔 No. 1		1	2	3	備考
測定開始	測定水位	20.000	20.000	20.000	
20:29	平均水位		20.00		
測定開始	測定水位	19.645	19.655	19.650	
5:29	平均水位		19.65		
測定時間 sec			32.400		
透水係数 cm/sec			3.14E-06		

試験孔 No. 2		1	2	3	備考
測定開始	測定水位	20.000	20.000	20.000	
20:29	平均水位		20.00		
測定開始	測定水位	19.715	19.730	19.715	
5:29	平均水位		19.72		
測定時間 sec			32.400		
透水係数 cm/sec			2.51E-06		

試験孔 No. 3		1	2	3	備考
測定開始	測定水位	20.000	20.000	20.000	
20:29	平均水位		20.00		
測定開始	測定水位	19.740	19.740	19.740	
5:29	平均水位		19.74		
測定時間 sec			32.400		
透水係数 cm/sec			2.33E-06		

ておく必要がある。

- ③水位計測装置に何かのトラブルが発生した場合の対策を考えておく必要がある。

## VII. おわりに

今回は現場自動透水試験管理システムを現場導入した内容を紹介致しましたが、透水試験孔の設置は従来どおり人力での施工は行なう。ただ、孔内水位の変化が自動計測され、なお、管理コンピュータによってデータ処理が短時間で処理できる

ため、今まで煩雑な作業が省力化されたものである。

今後は、水位計測装置の軽量化・小型化、電源バッテリーの使用時間の延長等の課題があるが、技術革新で改良されることと思われる。

最後に、今回の自動透水試験管理システムに関する資料提供とご協力を戴いた大山山麓開拓建設事業所及び下蚊屋ダムJV工事事務所・(株)大林組 東京本社 土木技術本部の皆様に対し、心より感謝の意を表したいと思います。

# 松木ダムの濁水対策について

吉 田 直 人\*  
(Naoto YOSHIDA)

## 目 次

1. はじめに .....	124	5. 濁水現象軽減対策工法の検討 .....	126
2. 濁水の発生と被害 .....	125	6. 工事計画 .....	127
3. 調査内容及び調査結果 .....	125	7. 運用計画 .....	129
4. 濁水発生の原因 .....	126	8. おわりに .....	129

### 1. はじめに

日出生台演習場は、大分県の湯布院町、玖珠町、九重町の3町にまたがる標高600m～700mの起伏の多い高原地帯に位置する総面積4,900万㎡に及ぶ西日本最大の演習場である。

明治の頃より戦前まで、旧帝国陸軍により使用されていたが、昭和21年米軍に接収され、その解除後は、陸上自衛隊が引き続き演習場として使用し、昭和62年10月には、九州で初めての日米共同訓練が実施され、平成11年2月には沖縄から移転した米軍演習が予定されるなど、師団規模による実弾射撃、戦車訓練を主とした大規模な演習が行

われている。

このような状況のなか、演習場の荒廃による用水不足対策として建設された松木ダムは、貯留開始から濁水問題が浮上してきた。

### 《ダム諸元》

#### ①ダム堤体

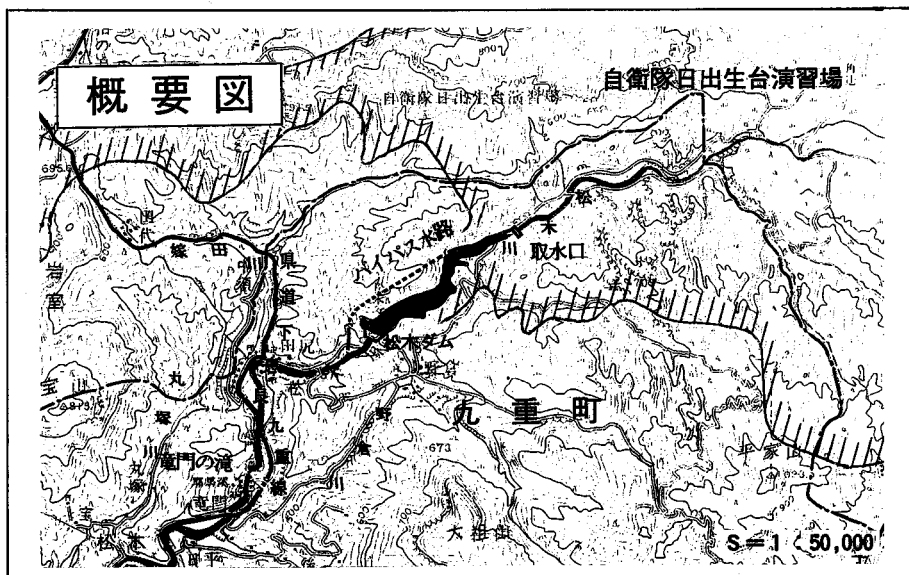
型式：重力式コンクリートダム

堤高：48.5m、堤頂長：128.5m、堤頂幅員：4.3m

#### ②貯水地

集水面積：25.2km<sup>2</sup>、総貯水量：1,300千m<sup>3</sup>

有効貯水量：725千m<sup>3</sup>



\*大分県玖珠九重地方振興局耕地課



### ③余水吐

型式：堤頂越流型（ゲートなし）

計画洪水流量：440m<sup>3</sup>/s

### ④取水放流施設

型式：複式取水塔，表面取水ゲート：1門

取水口ゲート：3門，取水量：0.52m<sup>3</sup>/s

放水施設：ホロージェットバルブφ1200mm

### ⑤利水状況

農業用水（水田，施設園芸，家畜，生活雑用水他）：130ha

観光施設（竜門の滝）：責任放流量0.2m<sup>3</sup>/s

## 2. 濁水の発生と被害

演習行為により，場内は変貌し著しい荒廃状態となり，保水力が低下したことから，場内を流域とする松木川が濁水状態となったため，下流における農業用水不足が問題となり，昭和51年3月に農業用ダムとして松木ダムが障害防止対策事業により築造された。

しかし，松木ダム上流域では，戦車訓練等が頻繁に行われており，また着弾地も位置していることから微細な黒色火山性土壌（黒ボク）で構成されている表土が完全に剝離され，降雨時には濁水となって松木ダムに流入し，ダムからの濁水放流が長期化することから下流農地及び観光資源である竜門の滝に被害を及ぼすこととなった。

〈被害の実態〉

#### ①農業面

濁水中の微細な黒ボク粒子が長年にわたり累積して水田表面に被覆し，水中あるいは空気中より水稻の根に供給される酸素を遮断するため，根に十分酸素が供給されず，根の発育が低下し稲株の分けつが悪く，発育不良となる。（通気障害）

長年にわたる通気障害のため，水田土壌は還元層が増加し，土壌構造が変化して無酸素状態となり水稻の発育不良を促進する。

#### ②生活面

家畜，雑用水としての河川水の使用ができなくなり，水道水を使用することにより水道料金の負担が増加した。また，水生動植物の死滅が原因で漁業被害もおきていた。

#### ③観光面

松木ダムの下流にある竜門の滝は，自然の

景観と清流のイメージで毎年多くの観光客が訪れていたが，濁水の発生により，観光客の減少傾向が続いていた。

（竜門の滝……九重町に所在し，遊泳，滝すべり，キャンプ，温泉等の観光地）

## 3. 調査内容及び調査結果

松木ダムの濁水は，ダムの完成直後より問題となったため，その原因調査を昭和53年，昭和58年，昭和63年に実施した。

### (1) 土壌調査

日出生台演習場の土壌は，地表部に火山灰層（いわゆるローム層）が広く分布している。この火山灰層は，下層に赤褐色の「赤ボク」，上層に黒色の「黒ボク」から構成されている。黒ボクの層厚は，松木川流域の最上流平原地域で50～60cmと厚く，流域北西部で20～30cmとやや薄くなっている。

### (2) 流域面積と植生調査

松木ダムの流域は，その約7割が演習場内にある。

流域面積A=25.20km<sup>2</sup>（荒廃裸地：4.63km<sup>2</sup>，草地：6.03km<sup>2</sup>，林地：14.42km<sup>2</sup>，その他：0.12km<sup>2</sup>）

### (3) 水質調査

平常時の水質は環境基準の河川類型AA型に属し，極めて良好である。洪水時水質はSSと大腸菌の濃度が上昇するが，洪水時の一時的なもので，濁水以外の水質汚濁は見受けられない。

### (4) 湖水流調査

降雨後の地点別流速は，上流>中流>下流となり，水深別流速は，上層>中間層>底層の順になっていることから，取水口が開放（表面取水）されている影響を受け，貯水池全体が上流より下流に向けて，流水しており死水帯及び逆流現象は起こっていない。

### (5) 濁水調査

貯水池内4地点（上流，中流，下流，取水塔付近）における濁水調査を実施したところ，平常時は4地点とも10PPm以下で良好であったが，洪水時には30～70PPmの高濁度現象を示している。また水温分布における温度躍層は，表層（第1次躍層）と水深10m付近（第

2次躍層)に形成される。

洪水による濁水は、上流より進入し、粒径の大きなものから沈降しながら、濁水の密度流を形成する。この濁水層は、貯水池内中間層に形成され、遅れて流入してくる濁水を取り込み高濁水層として、取水塔付近まで押し寄せる。この濁水層は第2次躍層(水深10m付近)の上面に位置し、躍層に阻まれ沈降できず中間層として滞留する。

取水塔付近では濁水発生(降雨終了後)から平常時回復するまで、20日間程度を要した。

(図1)

#### (6) 底質調査

堆砂物のほとんどが粒径 $74\mu\text{m}$ 以下の非常に小さなシルト分であり、縦断的にダム堤体に近づくほど粒径は小さくなっている。

堤体付近まで流下する土粒子は粒径が非常に小さく沈降しないうちに放流されてしまい、濁水となって下流に流下する。

### 4. 濁水発生の原因

濁水の主成分は粒径 $40\mu\text{m}$ ( $=0.04\text{mm}$ )以下のウォッシュロードである。このウォッシュロードが演習場の荒廃地より流出し河川に多量に懸濁して濁水となる。

濁水は流入直後、下層密度流を形成し貯水池内に進入するが、進入してきた濁水が温度躍層に到達した際に躍層に沿って、中間層を進行することになる。(これは濁水の密度が躍層より下層の流体密度と等しいかそれより小さい場合)この際、低層より分岐するため濁水層は重力の影響が弱まり極端に流速は落ちる。従って、成層型貯水池では濁水が長期にわたり滞留する。

### ※成層型貯水池

池内の滞留期間の長い大規模貯水池において認められたもので、水平方向には一様であるが、鉛直的には密度的に安定した水温分布が形成される。従って、池は上下の混合を生じにくく、貯水池は流入、流出による層状の流動部分と、その他の滞留部分に区分され、その境界に水温躍層が形成される。表層と取水口付近に水温躍層が形成されることが成層型貯水池の特徴である。

### 5. 濁水現象軽減対策工法の検討

濁水発生原因は演習場の荒廃によるものであるから、演習場内における対策も必要であるが、訓練等による特別な状況であるので将来における課題とし、早期実現可能なダム貯水池内区域における工法を検討した。

#### (1) 選択取水(濁水)

降雨後、流入した濁水を選択取水し、速やかに濁水のみを貯水池内から排除する。

ダム貯水池全域に広がった濁水を1基の取水塔で取水するため清水と濁水を攪拌する恐れがある。また、かんがい用貯水量が減少する。

#### (2) 選択取水(清水)

濁水が発生した貯水池内で清水のみを選択して下流に放流する。

濁水については無条件で貯水池内に流入し、高濁度現象が進行するとともに堆砂量が増える。

#### (3) バイパス水路

降雨による濁水発生と同時に、濁水を一定量バイパス水路を通じて、ダム直下流に放流し、貯水池内への濁水流入を防止する。

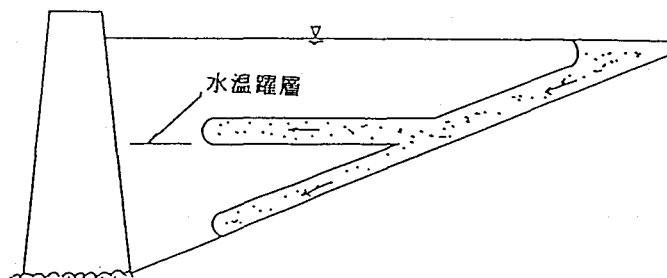


図-1 濁水挙動図(温度躍層上面進行)

一定量については対応できるが、それ以上の濁水は貯水池内へ流入する。

(4) 薬品沈殿方式

薬品により、懸濁物質を強制的に凝集沈殿させ、濁水を浄化する。

薬品による下流域への2次汚染の可能性があり、ランニングコスト面においても問題がある。

(5) ろ過方式

濁水をろ材からなるろ層に導き、通過させる過するものである。

河川などの多量の濁水現象に対する実施例は少なく、残留物質除去のための維持管理に労力を要する。

以上のような工法検討の結果、濁水軽減効果及び経済性から総合判断して、バイパス水路及び選択取水（既設取水塔改修）の併用による工法で実施した。

6. 工事計画

(1) バイパス水路通水量の決定

バイパス水路における設計対象流量は、目的が濁水の長期化軽減であることから「年に2～3度発生する高水量」を対象としている。つまり、1/10確率年で起こるような洪水時

はもとより、年最大洪水時においては、全量バイパス水路で処理するものではなく濁水のある程度のダム貯水池への流入はやむを得ないものとし、流入した濁水は既設取水塔の選択取水能力で対応することとした。

このことから、昭和55年～平成元年における雨量データを整理したところ日雨量80～90mm、その時の時間最大雨量が10～15mm程度であったことから、基準日雨量80mm/日、時間最大雨量15mm/時として解析を行った結果、ピーク流出量9.0m<sup>3</sup>/sという値が得られた。

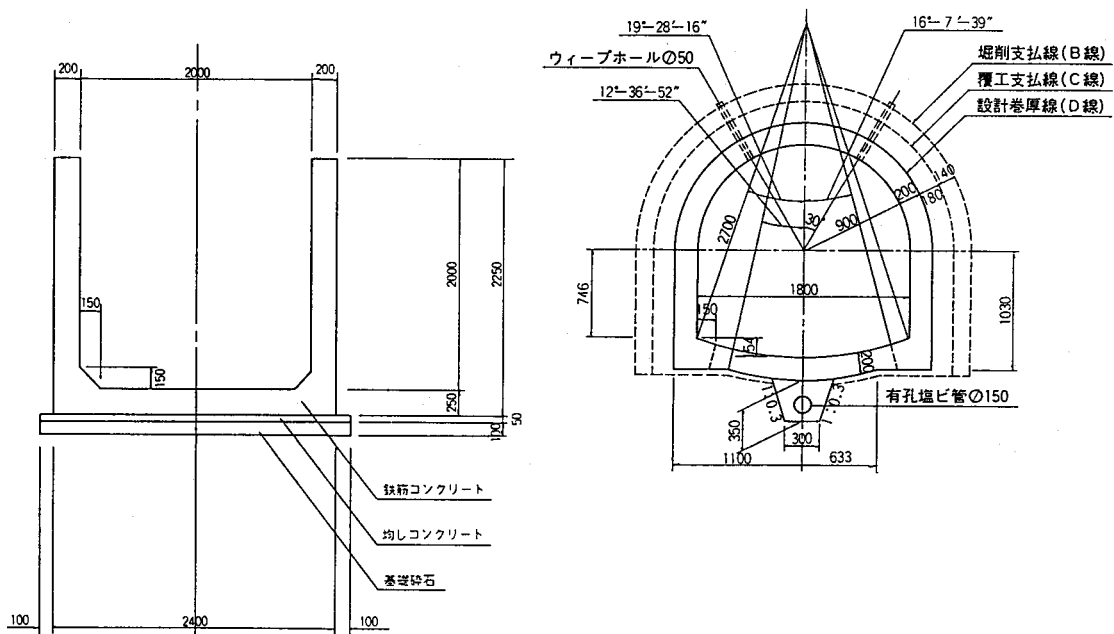
(2) 路線決定

バイパス水路の路線については、トンネル区間を最短とし、また、トンネル区間の地山が安定している右岸ルートとした。

{トンネル：1,071m, BOXカルバート：432m, 現場打三方張：81m, 急流工(現場打三方張)：118m} (図2)

(3) 既設取水塔の改修

既設取水ゲートは、温水取水を目的とした表面取水方式のゲートであることから、深部における水圧に対して操作不可能であるため、選択取水を行えるように、表面ゲート扉高及び取水口ゲートの巻上機能を改良する。(図

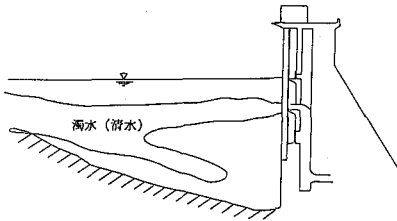


図—2 標準断面図

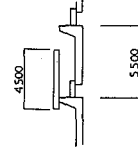
- 3)  
 (4) 遠方操作システム  
 濁水の発生に即応した、バイパス水路の取

水工及び取水塔のゲート操作が必要であるため、濁度計、水位計とゲートの開閉を連動させた管理施設の整備。(図4)

図-1 表面取水ゲートと取水口ゲート  
 組合せによる濁水(潜水)取水の概要図

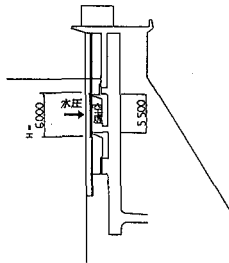


改良-1 表面取水ゲート改良詳細概要図



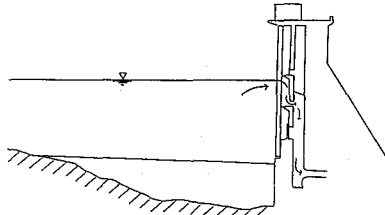
H=4.5mに改良することにより空位状態の発生はない。

現況-1 表面取水ゲート耐圧設計概要図

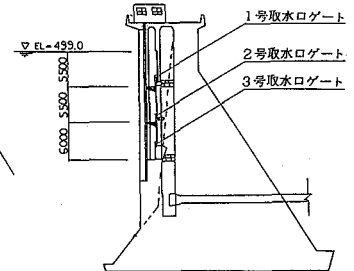


この場合、取水口ゲートの巻上縁の能力が不足している。

現況-2 現況施設による取水方法概要図



改良-2 改良時の取水方法



改良により選択箇所が6ヶ所となりより細かい選択取水が可能となる。

図-3 既設取水による選択取水方法

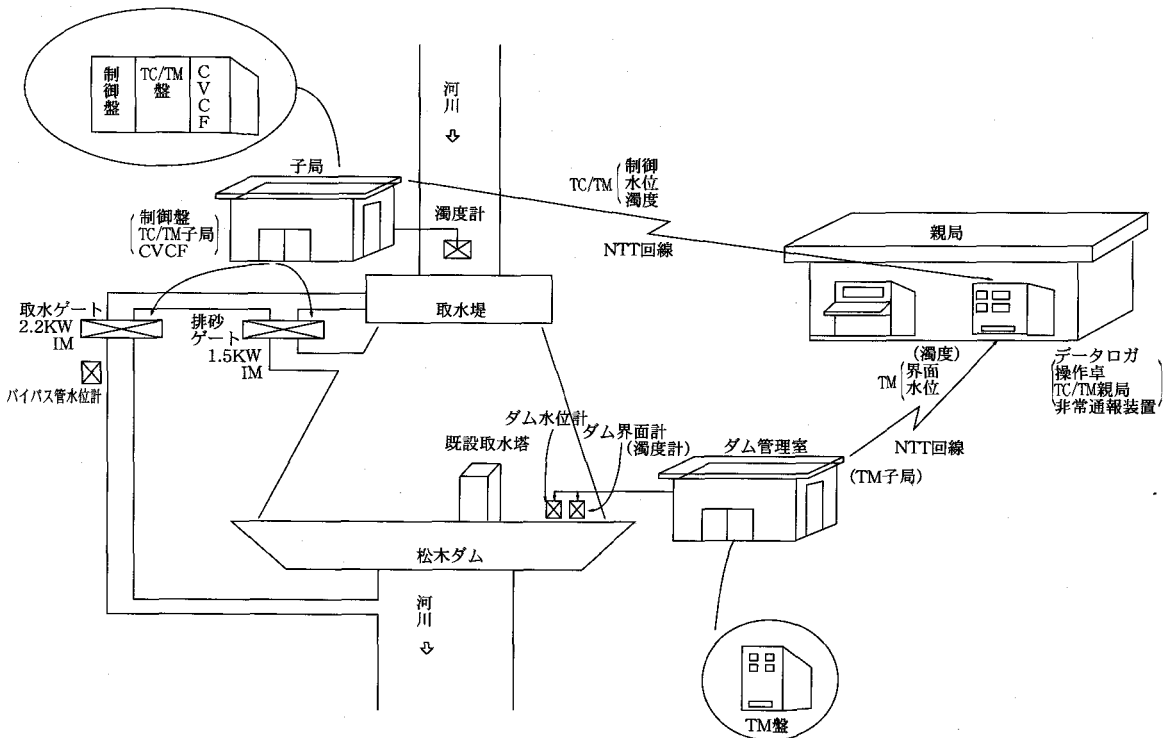


図-4 松木ダム管理システム模式図

## 7. 運用計画

### (1) バイパス水路

バイパス水路の計画通水量は、日雨量80mm (Q=9.0m<sup>3</sup>/s)を対象最大流量とし、以下の取水制限及びゲート操作により運用を行う。

#### ①取水時における制約

- 濁水発生時…取水
- 清水時…取水せず
- 本川水位1.3m以下…取水
- 本川水位1.3m以上…取水せず

#### ②ダム容量（水位）による制約

- かんがい容量を満たしている場合…取水
- かんがい容量が不足している場合…取水せず

#### ③ゲート操作

	取水ゲート	排砂ゲート
取水しない場合	全閉	全開
取水する場合	全開	全閉

### (2) 既設取水塔

選択取水を前提とした取水塔の運用は次のとおりとする。

- a) 清水時…所定流量 (Q=0.52m<sup>3</sup>/s) を表層より取水

### b) 濁水発生時…

満水位——本川流量Q=9.0m<sup>3</sup>/s以下  
→取水せず  
(FH=499.000) ——本川流量Q=9.0m<sup>3</sup>/s以上  
→濁水取水

低水位——基底流量Q=0.52m<sup>3</sup>/sを濁水層より取水

### c) 移行時…所定流量を清水層より取水

凡	満水位：ダム貯留容量が足りている場合 (FH=499.000)
	低水位：ダム貯留容量が不足している場合
例	移行時：ダム内が濁水化し、清水に戻る期間

## 8. おわりに

松木ダムの濁水対策は防衛施設庁の障害防止対策事業により、昭和63年度に全体計画調査、平成元年度から平成9年度にかけて、バイパス水路新設と既設取水塔の改修を実施し完了している。残る遠方操作システムについては現在、実施設計の段階であり平成11年度には総事業費1,472百万円を投じてすべての工事が完了する予定である。

今後は濁水発生、及び清水状況に即応したゲート操作が必要となるものの、濁水軽減効果が期待されているところである。

# 投 稿 規 定

- 1 原稿には次の事項を記した「投稿票」を添えて下記に送付すること  
〒105-0004 東京都港区新橋3-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会
- 2 「投稿票」
  - ① 表 題
  - ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
  - ③ 氏名, 勤務先, 職名
  - ④ 連絡先 (TEL)
  - ⑤ 別刷希望数
  - ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- 3 1回の原稿の長さは原則として図, 写真, 表を含め14,500字程度 (ワープロで作成の場合, A4版10枚程度) までとする。
- 4 原稿はなるべくワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3単位ごとに, を入れる) を使用のこと。
- 5 ワープロで作成した原稿については, プリントアウトした原稿とともにフロッピーディスクに文字データをテキストスタイルに変換し提出すること。
- 6 手書きの原稿については, 当会規定の原稿用紙を用い作成すること (原稿用紙は, 請求次第送付)
- 7 写真, 図表はヨコ7cm×タテ5cm大を242字分として計算し, それぞれ本文中の挿入個所を欄外に指定し, 写真, 図, 表は別に添付する。(原稿中に入れない)
- 8 原図の大きさは特に制限はないが, B4判ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう, はっきりしていて, まぎらわしいところは注記をされたい。
- 9 文字は明確に書き, 特に数式や記号などのうち, 大文字と小文字, ローマ字とギリシャ文字, 下ツキ, 上ツキ, などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと, たとえば,  
C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字  
O (オー) と 0 (ゼロ)                      a (エー) と  $\alpha$  (アルファ)  
r (アール) と  $\gamma$  (ガンマ)                k (ケイ) と  $\kappa$  (カッパ)  
w (ダブリュー) と  $\omega$  (オメガ)            x (エックス) と  $\chi$  (カイ)  
1 (イチ) と l (エル)                        g (ジー) と q (キュー)  
E (イー) と  $\epsilon$  (イプシロン)            v (バイ) と  $\nu$  (ウプロシン)  
など
- 10 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。
- 11 数表とそれをグラフにしたものとの併載はさけ, どちらかにすること。
- 12 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『            』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻: 頁~頁, 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。
- 13 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。
- 14 掲載の分は稿料を呈す。
- 15 別刷は, 実費を著者が負担する。

### 1. 農業土木技術研究会の変遷

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。本研究会の歴史は古く、昭和28年の「コンクリートダム研究会」の発足以来、事業の展開方向に即して変遷してきましたが、いずれの時代においても会誌や研修会を通じて、事業地区の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などについての会員間の情報交換を図り、技術力の向上に資することを目的として継承されてきました。

#### 農業土木技術研究会の変遷

昭和28年 「コンクリートダム研究会」の発足  
会誌「コンクリートダム」の発刊

昭和31年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大  
会誌「土とコンクリート」に変更

昭和36年 「水路研究会」の発足  
会誌「水路」の発刊

昭和45年 両研究会の合併  
「農業土木技術研究会」の発足  
会誌「水と土」の発刊 現在に至る

### 2. 会誌「水と土」の発刊

「水と土」は、職員自らの手で行うという観点から、農林水産省構造改善局設計課に編集事務局を置き、地方農政局や都道府県の協力を得て、事業地区から報文の投稿をお願いしています。年間4回の「水と土」を会員の皆様にお届けしています。

### 3. 会員の募集

水と土の発行は皆様の年会費によってまかなわれています。今後とも事業地区の技術情報の交流を図るためには会員の確保が重要となっています。会員の皆様には職場の同僚の方々に農業土木技術研究会の成り立ちや「水と土」をPRしていただき、会員の勧誘をお願いいたします。年会費は2,300円です。

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。申し込み様式は任意ですが、以下を参考に所属、氏名を明記したものとして下さい。

#### 入会申込書

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名：

所属：

#### 4. 報文投稿の募集

「水と土」は会員の皆様からの報文投稿によって支えられています。報文は以下のように様々なテーマが考えられますので、これを参考に皆様が担当されている事業地区の状況を報文にまとめて投稿していただくようお願いします。併せて別添の投稿規定も参照して下さい。

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト縮減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農業工学研究所や県試験場などへの依頼研究の成果について取りまとめた報文（研究依頼先との連名による）
- ④ 土地改良技術事務所、調査管理事務所が対応している技術検討や現場支援業務について取りまとめた報文（当該機関との連名による）
- ⑤ 海外派遣から帰任した職員の派遣先でのプロジェクト等について技術的見地から取りまとめた報文
- ⑥ 建設会社、コンサルタント等の会員において、普及性のある事例や技術検討について取りまとめた報文

以上、会員の皆様には、いろいろとお願いをしましたが、全国の農業土木技術者の自主的な研究会である農業土木研究会が将来にわたって発展していくことを目指して、編集事務局もがんばっていきたいと考えています。皆様のご理解とご協力をお願いいたします。

[注：本誌の記事、写真等の無断複写・複製を禁じます]



農業土木技術研究会役員名簿（平成10年度）

編集委員会（平成10年度）

会 長	黒澤 正敬	水資源開発公団理事
副 会 長	松浦 良和	構造改善局建設部長
理 事	中村 良太	勸日本農業土木総合研究所技術顧問
	太田 信介	構造改善局建設部設計課長
	中澤 明	構造改善局建設部水利課長
	中條 康朗	構造改善局建設部設計課首席農業土木専門官
	川嶋 久義	関東農政局建設部長
	岩崎 和己	農業工学研究所長
	戸上 訓正	北海道開発庁農林水産課長
	藤井 徹	茨城県農地局長
	高野 政文	新潟県農地部技監
	安部 優吉	兵庫県農林水産部次長
	小林英一郎	水資源開発公団第二工務部長
	坂根 勇	(株)土地改良建設協会専務理事
	近藤 勝英	(株)農業土木事業協会専務理事
	山下 義行	太陽コンサルタンツ(株)常務取締役
	中島 均	(株)竹中土木取締役
	杉浦 英明	日本国土開発(株)取締役
監 事	平野 達男	関東農政局建設部設計課長
	藤根與兵衛	(株)日本農業土木コンサルタンツ常務取締役
常任顧問	森田 昌史	構造改善局次長
	中道 宏	全国農業土木技術連盟委員長
顧 問	岡部 三郎	
	須藤良太郎	参議院議員
	梶木 又三	全国土地改良事業団体連合会会長
	福田 仁志	東京大学名誉教授

編集委員長	中條 康朗	構造改善局設計課
編集委員 常任幹事	國光 洋二	事業計画課
	渡辺 昭弘	設計課
	津谷 康宣	整備課
	渡辺 博之	設計課
	水口 将弘	全国農業土木技術連盟総務部長
編集委員 幹事	野口 哲秋	構造改善局地域計画課
	鈴木 豊志	資源課
	菊地 英博	事業計画課
	谷口 宏文	設計課
	桑原 一登	設計課
	久保 弘	水利課
	大島 学人	水利課
	小泉 亘司	整備課
	山根 伸司	開発課
	野田 英亨	開発課
	木下 幸弘	防災課
	伊藤 友次	関東農政局設計課
	小林 宏康	農業工学研究所
	前田 健次	国土庁計画調整局
	羽田野義勝	水資源開発公団第2工務部設計課
	大尾 峰雄	農用地整備公団計画部実施計画課
	宮崎 敏行	勸日本農業土木総合研究所

賛助会員 A

(株) 荏原製作所	日本技研(株)	株木建設(株)
(株) 大林組	(株)日本水工コンサルタント	(株) 栗本鉄工所
(株) 熊谷組	(株)日本農業土木コンサルタンツ	三幸建設工業(株)
(株)三祐コンサルタンツ	(勸)日本農業土木総合研究所	住友建設(株)
大成建設(株)	(株) 間 組	住友金属工業(株)
玉野総合コンサルタント(株)	(株) 日立製作所	大豊建設(株)
太陽コンサルタンツ(株)		(株)竹中土木

賛助会員 B

(株)電業社機械製作所	(株)青木建設	田中建設(株)
(株)西島製作所	(株)奥村組	前田建設工業(株)
西松建設(株)	勝村建設(株)	三井建設(株)
		(13社)

賛助会員 C

アイサワ工業(株)	昭栄建設(株)	古郡建設(株)
青葉工業(株)	新光コンサルタンツ(株)	(株) 豊蔵組
旭コンクリート工業(株)	(株) ジオテック	北海道土地改良事業団体連合会
旭測量設計(株)	(株) シャトーシーピー	(株) 北海道農業近代化コンサルタント
アジアプランニング(株)	須崎工業(株)	前田製管(株)
茨城県農業土木研究会	世紀東急工業(株)	前沢工業(株)
上田建設(株)	大成建設(株) 四国支店	真柄建設(株)
(株) ウォーター・エンジニアリング	大和設備工事(株)	(株) 舩ノ内組
梅林建設(株)	高橋建設(株)	丸か建設(株)
エスケー産業(株)	高弥建設(株)	(株) 丸島アクアシステム
(株) 大本組	(株) 田原製作所	丸誠重工業(株) 東京本社
神奈川県農業土木建設協会	中国四国農政局土地改良技術事務所	水資源開発公団
技研興業(株)	(株) チェリーコンサルタンツ	水資源開発公団沼田総合管理所
(株) クボタ建設	中央開発(株)	〃 三重用水管理所
(株) クボタ(大阪)	東急建設(株)	宮本建設(株)
(株) クボタ(東京)	東邦技術(株)	ミサワ・ホーバス(株)
(株) 古賀組	東洋測量設計(株)	(株) 水建設コンサルタント
(株) 後藤組	(株) 土木測器センター	(株) 峰測量設計事務所
五洋建設(株)	日本国土開発(株)	山崎ヒューム管(株)
佐藤企業(株)	日本ヒューム管(株)	菱和建設(株)
(株) さとうベネック	日本舗道(株)	若鈴コンサルタンツ(株)
(株) 塩谷組	中川ヒューム管工業(株)	(67社)
	福井県土地改良事業団体連合会	(アイウエオ順) 計 96社
	(株) 婦中興業	

編集後記

ダム技術検討会の事務局を務めて約1年になりますが、委員会での事業所の方々の様子は様々です。農業農村整備事業の技術者といっても、ダムを経験する機会が少ないため、エキスパートと呼ばれる方は少ないと思います。では、自分が担当するダムの設計に自信をもち、判断を誤らないためには、どうすれば良いのでしょうか？ 経験豊かな方から見れば滑稽な内容かもしれませんが、数年前に某事業所でダムを担当したときの私の反省も含めて今感じていることを、お話ししたいと思います。

一つは、そのダムの経緯を十分に知ることです。ダムは、地形や地質状況等に応じて設計されるため、二つと同じものではなく、他のダムの設計を全て適用できるとは限りません。知ったかぶりは判

断を誤らせるものにもなります。

二つは、貧欲に技術を吸収することです。書物からの知識の吸収はもちろんのことと思いますが、これだけでは技術の吸収にはなっていません。やはり実践が重要です。同僚や設計コンサル、ゼネコンからの情報は貴重なものであり、耳を傾け、議論する中で学ぶことは大変多いと思います。

三つは、現場やボーリングコア等を自分の目で確認することです。意外と気づいてない点や落とし穴が現場を確認することにより明らかになります。

現場の担当者は、日々事務に追われ、時間的ゆとりも無い状況ではないかと思えます。しかし、ダムが建設されれば農地や生活を潤す貴重な水が確保されます。その姿を思い描いて、もうひと踏ん張り……頑張ってください。

(文責：日本農業土木総合研究所 宮崎敏行)

水と土 第115号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4  
農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会  
TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社  
TEL 03(3952)5651