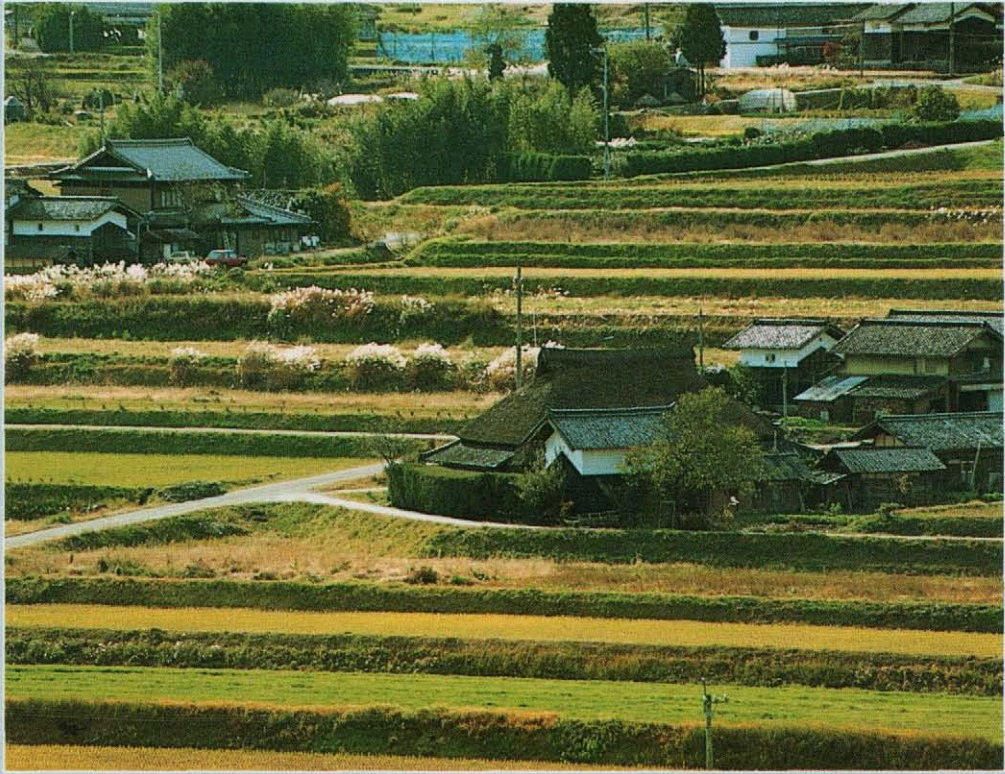


水と土

No.118
1999

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

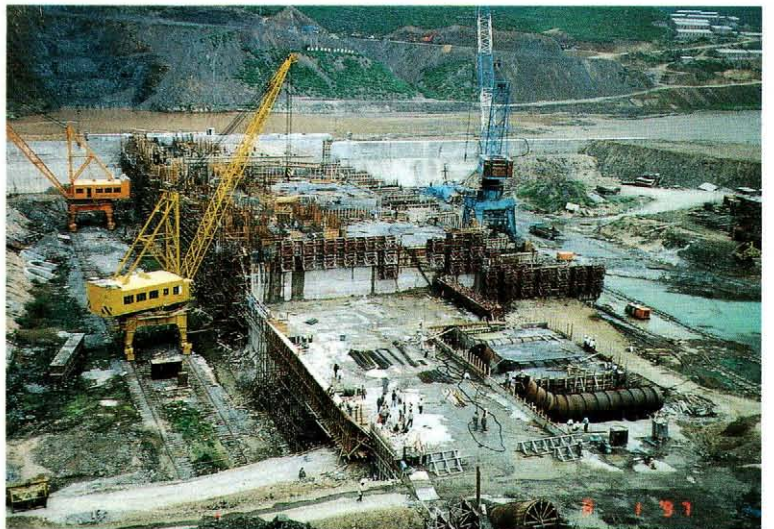


浅層地盤改良による
高盛土工法(本文21頁)▶



かく拌機械

中国・大凌河白石ダム(PCD)
を事例とする温度応力
クラック抑制対策(本文33頁)



施工中の大凌河白石ダム ('97年8月撮影)

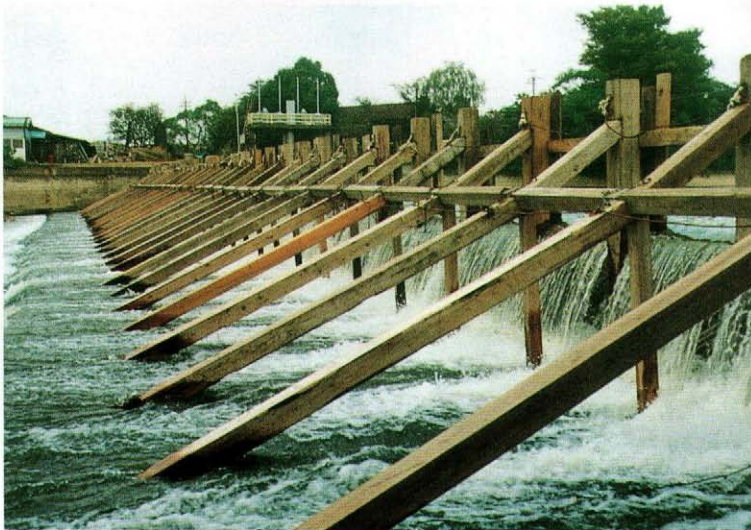


プロジェクト施設群の遠景

◀ 集落排水処理と処理水の
農業利用 (本文65頁)



かんがい実験用ビニール
ハウスでの実験(1)



よみがえる西広板羽目堰

—先人のロマンに思いを寄せて—

水 と 土

目 次

グラビア
報文内容紹介

巻 頭 文

地域用水機能を付加した農業水利施設の維持・保全対策
渡部 圖夫……(9)

報 文

浅層地盤改良多層式による高盛土工法
—田ヶ谷地区の事例—
蘭 嘉宜……(11)

中国・大凌河白石ダム(RCD)を事例とする温度応力
クラック抑制対策
須藤 常央 杉山 敦……(21)

小田ダム基礎の軟岩掘削暴露試験
長沼 満富 畠山 順……(43)

西蒲原排水地区の水管理について
丸山 松廣……(54)

集落排水処理と処理水の農業利用
—メキシコでの技術協力の活動報告—
山岡 賢 杉田 秀雄……(65)

歴史的土壌改良施設
よみがえる西広板羽目堰
—先人のロマンに思いを寄せて—
鶴岡 忠昭 岩佐 健治……(79)

技術情報紹介
設計基準「水路工」改定における構造設計の変更内容について
桑原 一登……(85)

投稿規定……(92)

会告……(93)

No. 118

1999

表紙写真

(写真提供・農林水産省むらづくり対策室第7回日本のむらの景観コンテストより)
「岐阜県岩村町富田」

水と土 第118号 報文内容紹介

渡良瀬川中央地区の排水解析

蘭 嘉宣

国営総合農地防災事業渡良瀬川中央地区は、都市化の進行等により排水機能が低下した土地改良施設を従前のレベルまで機能回復させることを目的とする事業である。その事業計画の作成にあたっては、土地利用の変化に伴う排水状況を適切に把握したうえで施設計画を検討する必要があったことから、表面流出モデル、低平地タンクモデルを使った排水解析を行った。その排水解析の概要について報告する。

(水と土 第118号 1999 P.11 企・計)

浅層地盤改良多層式による高盛土工法

一田ヶ谷地区の事例一

須藤 常央・杉山 敦

近年、静岡県では茶を主要作物とした急傾地の農地造成工事が盛んであるが、茶は植栽後安定した収益を得るまで年数を要することや、本地区においては、国営大井川用水（開水路）が横断しているため用水路の保全といった観点からも安全かつ早期に工事を完成しなければならない状況にある。本報文は、浅層地盤改良多層式の採用と盛土後の調査結果を紹介し、軟弱地盤の安定と工期短縮を目指す農地造成工事の一助とするものである。

(水と土 第118号 1999 P.21 設・施)

中国・大凌河白石ダム(RCD)を事例とする 温度応力クラック抑制対策

長束 勇・桜井 達朗・浅野 勇

温度応力クラック抑制対策の具体的検討事例として、ダム岩着コンクリート部に発生したクラックの要因分析を試みた。検討手法は、現地での打設条件をパラメータとする2次元有限要素法による温度履歴解析及び温度応力解析である。その結果、基礎岩盤の弾性係数の過小評価、湛水養生の早期終了、コンクリート打込み温度の想定以上の高温といった複数の要因が相互に影響したことが原因であることが明らかになった。

(水と土 第118号 1999 P.33 設・施)

小田ダム基礎の軟岩掘削暴露試験

長沼 満富・畠山 順

国営迫川上流農業水利事業の基幹施設に、かんがい用水確保と夏場の空容量を利用した洪水調節の「小田ダム」建設がある。本ダムの基礎岩盤は、新第三紀鮮世の泥岩（竜の口層）である。泥岩の特色は、5ルジオン以下の難浸透水性、限界圧力は1kgf/cm²以下である。また掘削に伴う応力開放やスレーキングの影響が大きく作用する。この地質の掘削方法、施工管理方法を決定するため本試験を実施したものである。

(水と土 第118号 1999 P.43 設・施)

西蒲原排水地区の水管理について

丸山 松廣

西蒲原地域(350km²)の排水は戦後、国営新川土地改良事業等で進められたが、昭和55年度から国営西蒲原排水事業により(1/15→1/50)確率の排水改良を実施している。

持続的に確実な水管理を行うためには、安全な管理、管理経費の軽減及び管理体制の改善が課題であり、新たな基本思想としての外水管理、内水管理、既存施設の無人化管理等へのあり方をまとめた。これを基に、水管理監視制御システム整備に取組んでいる。

(水と土 第118号 1999 P.54 企・計)

集落排水処理と処理水の農業利用 —メキシコでの技術協力の活動報告—

山岡 賢・杉田 秀雄

本報は、1996年から1998年の3年間メキシコ合衆国で実施されたJICA研究協力「農業用水資源有効利用」における技術協力活動を報告した。同プロジェクトは、農村地域を対象とした汚水処理技術の改善を通じて、メキシコにおける農業用水資源の改善と有効利用に資することを目的に実施されたものである。プロジェクトでは、メキシコ水工学研究所内に集落排水処理の実験施設を建設して、汚水処理及びかんがいの実験を実施した。

(水と土 118号 1999 P.65 企・計)

<歴史的土壌改良施設>

よみがえる西広板羽目堰 —先人のロマンに思いを寄せて—

鶴岡 忠昭・岩佐 健治

千葉県市原市を縦貫して東京湾に注ぐ2級河川養老川に残る西広板羽目堰は、木組みの河川縮切り堰であり、堰止板から親柱に集中する水圧を分散して一部を梁に持たせて兩岸の基礎石に作用させるアーチダムの原理で築造されたものである。また洪水時には兩岸の横桝木1本を外すだけで解放でき、自然に順応した技術であった。

本稿では、現存する板羽目堰の経緯と歴史的土壌改良施設保全事業で修繕した工事の概要を報告するものである。

(水と土 第118号 1999 P.79 設・施)

<技術情報紹介>

設計基準「水路工」改定における 構造設計の変更内容について

桑原 一登

設計基準「水路工」は、このほど12年ぶりに改定を行うこととしている。このうち構造設計分野の主要改定内容である①設計荷重条件 ②検討ケース及び検討条件 ③載荷重算定手法 ④鉄筋許容応力度 ⑤土圧計算 ⑥耐震設計及び単位表示のS I化について、改定の概要と主要改定の内容について紹介する。

(水と土 118号 1999 P.85 企・計)

【巻頭文】

地域用水機能を付加した農業水利施設の維持・保全対策

渡部 圖夫*
(Mistuo WATANABE)

1. はじめに

21世紀農政のあるべき姿を目的に、①食料の安定供給の確保、②多面的機能の発揮、③農業の持続的な発展、④農村の振興、の4つを基本理念とした、「食料・農業・農村基本法」いわゆる「新農基法」がこの程成立したところです。

今後は、土地改良法改正も予定されており、農業農村整備事業を取り巻く環境は大きな転換期を迎えています。

このような中、国においては、平成10年度に地域用水関係〔地域用水機能増進事業（ソフト事業）と農業用水再編対策事業（地域用水機能増進型）〕制度を創設し、農業用水が地域社会に果たす役割を適正に評価し、その維持・保全を図るといった新たな制度をスタートさせています。

2. 農業用水の役割

春の小川やメダカ採り、ホタル狩りや夕涼みといった、郷愁を誘う情景は農村部においてごく一般的に行われていたものです。これらの基になっているのが農業水利施設（農業用排水路、ため池等）です。

また、農作物の洗浄や作業着の洗濯、防火用水や消流雪水にも農業用水が使用されています。

このように、生産と生活の場が一体である農村部では、農業の振興とともに整備された農業水利施設は地域に深く関わっており、基礎的な定住条件の提供や豊かな情操を育んで来ました。

元来、農業用水は食料生産のためへの安定供給という第一義は元より、生活・防火用水や消流雪水及び環境用水等（水辺空間の提供等）の地域用水機能も併せ持っており、農村集落の生活環境の保全・向上に大きな役割を果たしています。

これら機能の維持・保全は、農業用水利用の農家と地域用水の恩恵を受ける地域社会が協調しながら継承されてきました。

しかし、近年の農業・農村を取り巻く情勢の急激な変化に伴い、農業用水の利用形態の変化や農業集落における高齢化・混住化の進展等により、その機能及び施設の維持・保全等が困難になりつつあります。

このため、農業用水利用側では農業用水の循環利用による高度利用・節水などを通じて農業水利施設の維持強化に努めております。

一方、地域社会においても、農業水利施設等を貴重な地域資源としてとらえ維持・保全していこうという活動も見られます。

このような中、農業用水の持つ地域用水機能を正当に評価した上で、農業用水の更なる効率的利用を図り、農業の振興と潤い豊かな農村地域づくりを推進するため、地域一丸となった農業水利施設の維持・保全を促進する本制度創設は、土地改良区関係者をはじめ心より歓迎するところです。

*山形県農林水産部次長

3. 山形県における取組み

本県としては、地域用水機能増進事業（ソフト事業）を導入するにあたり、近年における土地改良施設を巡る諸般の情勢や、土地改良区や市町村の期待に対し、厳しい財政状況の中で、ソフト事業に対して9%、補完ハード事業に対して13.5%の県費嵩上げを行ったところです。

しかしながら、土地改良区、市町村の期待には十分応えた県費嵩上げではなかったことから、事業採択にあたり希望地区の有無について心配したところですが、土地改良区、市町村担当者の地域を変えたいという情熱から、平成11年度現在、5地区がソフト事業を実施中です。

採択された5地区は、ハード事業（国営かんがい排水事業、農業再編対策事業、水環境整備事業等）と一体となり、各々地域用水対策協議会を組織し、農業水利施設の維持・保全に努めているところです。

また、本県においては、本事業制度の活用は元より、一般住民に農業水利施設のもつ機能、維持管理の重要性を認識していただくため、土地改良施設巡りを実施、また、各種イベントでのPRに積極的に努めております。

これらの活動を通じて、農業水利施設が地域社会の貴重な資源、財産であることを認識していただければ、新たな事業地区の発掘等に結びつくものと期待しています。

4. おわりに

これまでの農業水利施設の維持管理は、土地改良区等を中心に地域農家の方々の努力により行われてきましたが、過疎化、高齢化、混住化により厳しい状況となってきています。

このような中、平成8年度には基幹水利施設管理事業の創設、さらに平成10年度における地域用水対策、農業用水が果たす役割を適正に評価し、地域農家の方々だけでなく、地域住民も一体となった農業水利施設の維持保全を図るという制度は誠に時宜を得た制度であると思います。

制度創設に携わられた関係各位のご努力に対し深く感謝申し上げるとともに、今後とも農業水利施設の維持管理に対するご支援をお願い申し上げます。

渡良瀬川中央地区の排水解析

蘭 嘉 宜*
(Yoshinori ARARAGI)

目 次

| | |
|---------------------|----|
| 1. はじめに | 11 |
| 2. 排水の現況 | 11 |
| 3. 排水解析モデルの作成 | 11 |
| 4. 解析モデルの検証 | 15 |
| 5. 施設整備計画の検討 | 17 |
| 6. おわりに | 20 |

1. はじめに

渡良瀬川中央地区の事業対象地域は群馬県東南部に位置し、北を渡良瀬川、南を利根川に囲まれ、東端を渡良瀬遊水池に隣接する地域である。

渡良瀬遊水池に近い東部地域は、旧来から農地の湛水被害に苦しめられた地域であり、昭和34～48年に県営邑楽東部かんがい排水事業により、邑楽東部第一排水機場をはじめとする排水施設が整備された。また、昭和46年～59年に、用水施設の整備を目的として国営渡良瀬川沿岸農業水利事業が実施された。

本地域では、近年、市街化等の土地利用の変化に伴う排水流出量の増加や地盤沈下等に起因して、農地の湛水被害が頻発する状況となってきた。このため、平成5年から国営事業地区調査を開始し、現在、全体実施設計を実施しているところであり、排水路、排水機場の改修と遊水池の新設等を内容とする国営総合農地防災事業渡良瀬川中央地区の着手に向けて作業を進めている。

本報文は本地区の排水解析の概要を報告するものである。

2. 排水の現況

本地域の排水形態は地形勾配が比較的大きい西部地域（多々良沼より西の地域）と低平地の東部地域に分けることができるので、各々の排水現況を概括する。（図－1参照）

(1) 西部地域

西部地域の農業用排水路は国営事業、関連附帯事業で整備された用排兼用水路であり、その末端は中小河川に繋がり、さらに渡良瀬川、利根川に排水されている。北西の上流部は地形勾配が1/300以上で、南東の下流部は1/1000程度の緩勾配となっている。

この地域では、近年の市街化等の流域開発により流出量が増加し、上流部では排水路の断面が不足し、また下流部では河川の背水の影響も加わって、湛水被害が発生している。

(2) 東部地域

北西の上流部を除く全域が低平地である。東部地域の排水は仲伊谷田承水溝、板倉川、大箇野川を東に流下し、邑楽東部第一排水機場、邑楽東部第二排水機場の排水機場と海老瀬排水樋管（仲伊谷田承水溝）、板倉排水樋管（板倉川）、邑楽東部第二排水樋管（大箇野川）により谷田川（渡良瀬遊水池）に排水されている。

この地域でも西部地域と同様に、近年の市街化等の流域開発により流出量が増加し、湛水被害が発生している。

3. 排水解析モデルの作成

(1) 排水解析手法の選定

(a) 西部地域

本事業は市街化等の他動的要因により機能が低下した排水施設を、他動的要因がなかった旧況の機能まで復元することを目的とする防災事業であり、地形勾配も比較的大きいことから、土地利用形態の変化に伴う流出量の変化が容易に把握でき

*関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所 Tel 0471-31-7141

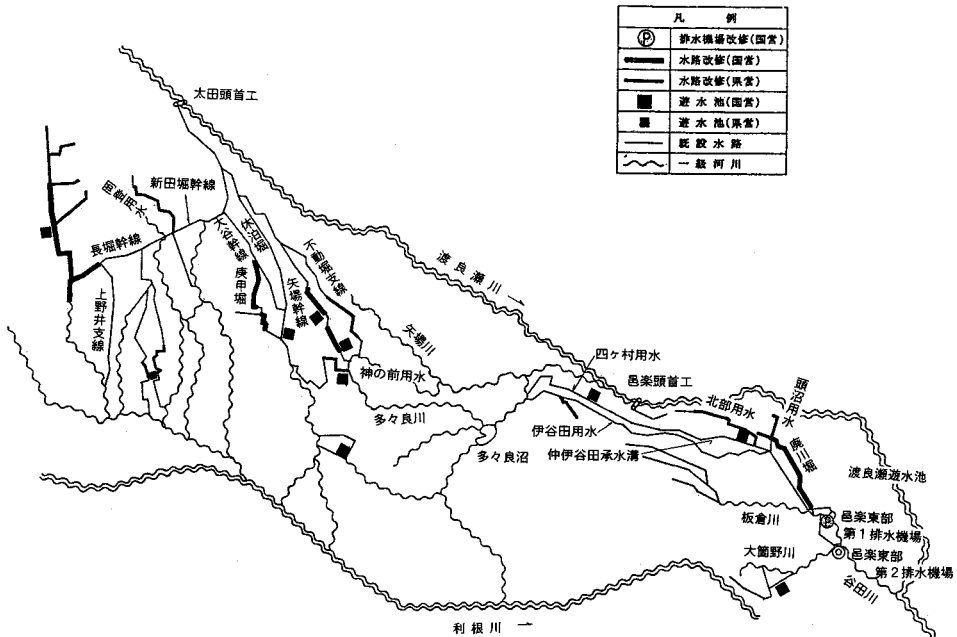


図-1 渡良瀬川中央地区 計画概要図

る表面流出モデル(等価粗度法)を採用することとした。

等価粗度法は流域を矩形斜面と河道からなるモデルで表し、水流を運動方程式と連続式で解くもので、地目別の等価粗度を求めることにより、土地利用の変化による流出の変化を把握できる特徴がある。(図-2参照)

(b)東部地域

低平地については、河道の流れが下流条件に拘束されるため、解析手法としては不定流モデル、低平地タンクモデルの2つの手法がある。本件では、比較的、単純な低平地タンクモデルを使って

解析することとした。高位部の宅地、耕地等については、河道の流れが下流水位に拘束されないため雨水流法を使った。

なお、流域流出については、土地利用形態の変化に伴う流出量の変化を把握するため、表面流出モデルによるものとし、その流出が河道タンクに一旦入った後、河道タンク、水田タンクを使って氾濫の状況を解析することとした。

低平地タンクモデルは、氾濫の時間的変化が緩慢なものとして解析するもので、河道を複数の河道タンクに分割して、その間の流れを不等流として扱い、水田については河道に接する水田をまとめた水田ブロックを想定し、河道との水の出入りを堰の越流と見なす解析手法である。(図-3参照)

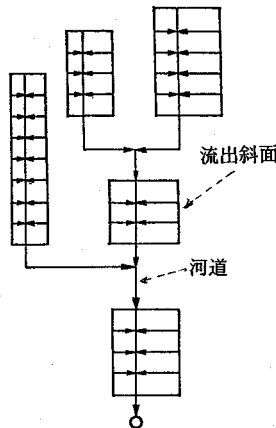


図-2 表面流出モデル概念図

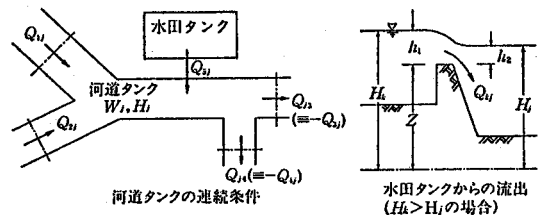


図-3 低平地タンクモデル概念図

(2) 西部地域のモデルの作成

地域全体（流域面積）を排水系統，湛水被害の過去の実績等を考慮してブロックに分割してモデルを作成した。等価粗度等のモデル定数については，地域内で流量観測資料のある岡登用水下流地点（流域面積）と大谷幹線中流地点（流域面積）の2ブロックのデータを使って決定した。

(a)基礎的データの整理

雨量と流量記録の有無等から，岡登用水下流は平成4年8月1日～4日，大谷幹線中流は平成6年9月24日～26日の降雨，流出を解析の対象とした。この降雨によるハイトグラフとハイドログラフは図-4～5のとおりである。

直接流出量はこのハイドログラフにより基底流出と推定される分を控除して求めた。

また，この直接流出量より有効雨量を算定し，既知の総雨量と整合するよう保留量を設定した。なお，各地目別保留量はデータが無いため，保留量曲線の例（土地改良事業計画設計基準，計画，排水，P42）の保留量曲線を一定率で修正したものとして，保留量曲線を求めた。

(b)解析モデル

排水系統，湛水被害の実績等を考慮してブロックに分割してモデルを作成した。（図-6参照）

モデルの作成において，河道の両側に山地，畑地，水田，市街地の各地目を設定すると，市街地の等価粗度がその他の地目のものと大きく異なるために，面積加重平均した複合等価粗度の数値が市街地の等価粗度により支配され，他の地目の影響が出ないことになってしまう。このため，本解析では，左右の斜面を分け，片側に市街地，もう片側にその他の地目を設定する手法を採った。

(c)解析結果

図-4～5に示すとおりの実測流量となり，実測流量とその波形を比較して概ね合致しているものと考えられた。この等価粗度値は表-1のとおり

表-1 等価粗度値

| 地目 | 一般値 | 西部採用値 | 東部採用値 |
|--------------|-----------|-------|-------|
| 山地 | 1.0~2.0 | 1.0 | 1.0 |
| 水田地帯 | 2~3 | 2.0 | 3.0 |
| 畑地, 牧野, ゴルフ場 | 0.3~0.5 | 0.3 | 0.3 |
| 市街地 | 0.01~0.04 | 0.01 | 0.01 |

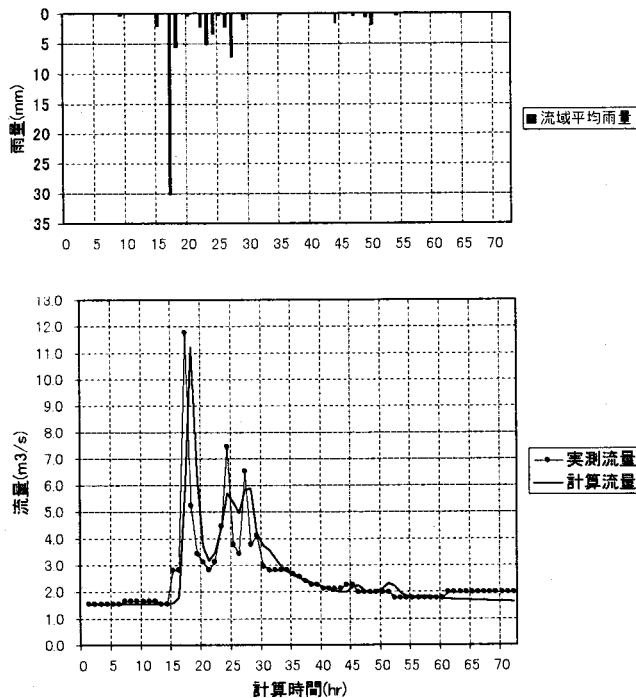


図-4 西部岡登地点解析結果 (H4.8/1.11:00~8/3.24:00)

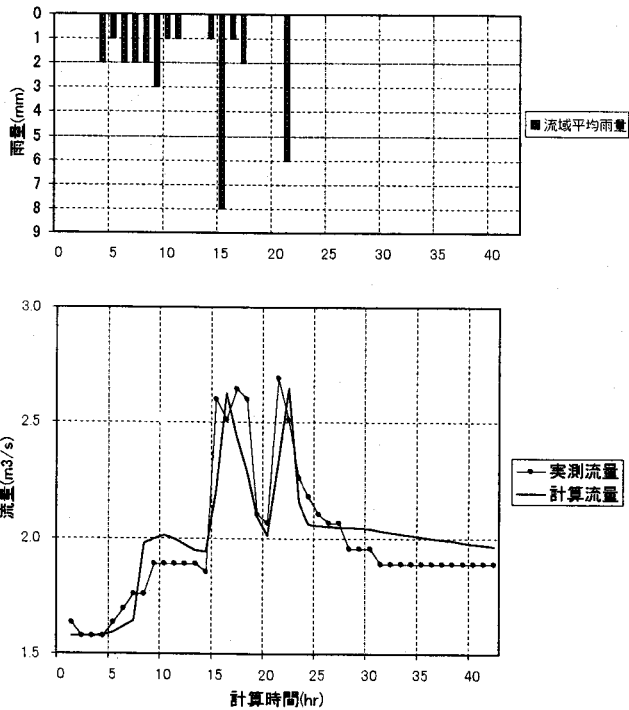


図-5 西部大谷地点解析結果 (H6.9/24.11:00~9/26.4:00)

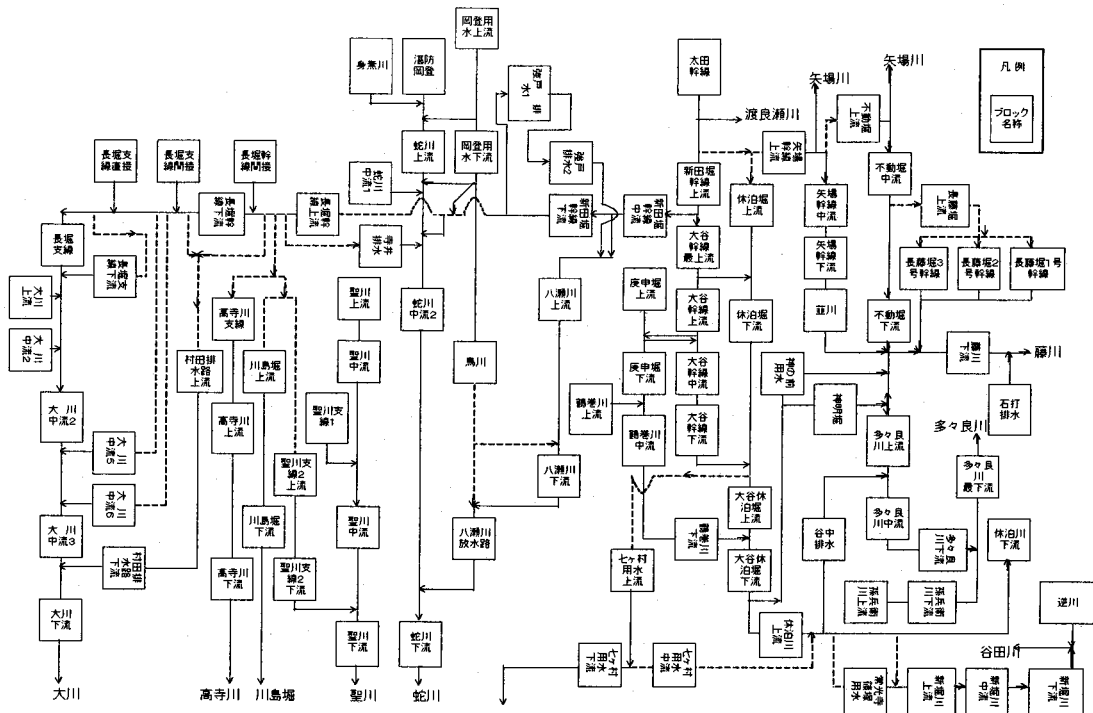


図-6 西部地域流出解析モデル模式図

りであるが、一般値と比較すると一般値の下限值寄りであり、各地目とも流出が早い傾向にある。

(3) 東部地域のモデルの作成

流域からの流出については、土地利用形態の変

化を見るため、低平地も含めて等価粗度法の斜面流出モデルによるものとした。各流出ブロックごとに、地目別に有効雨量を算定したうえで、地目別の等価粗度値を仮定して流出量を算定した。次に、この流出を低平地タンクモデルの河道タンクに強制的に流入させ、各地点水位、湛水状況を計算した。水田タンクは過去に湛水した区域を調査し、湛水の可能性のある区域に概ね標高0.1mピッチでブロックを設定した。(図一7参照)

(a)基礎的データの整理

ア) 解析期間

入手可能な既存データが限られているため、平成3年8月20日～8月25日の出水時の降雨記録、水位記録、ポンプ運転記録を使って解析した。(図一8参照)

イ) 直接流出量

排水量データがポンプ運転時のみしかなく、ハイドログラフの波形が部分的にしか把握できていない。このため、直接流出の分離ができなかったが、邑楽東部第一排水機場に併設されている自然排水樋管の平成3年8月26日の排水量が算定できたため、これを基底流出量と推定し、実測された総排水量よりこれを控除したものを直接流出量とした。

ウ) 有効雨量

降雨量、直接流出量、地目別流域面積から保留量を算定した。地目別の保留量については、保留量曲線の例(土地改良事業計画設計基準、計画、排水、P42)の保留量曲線を一定率で修正したものを保留量曲線とした。この保留量曲線を使って有効雨量を算定した。

(b)解析結果

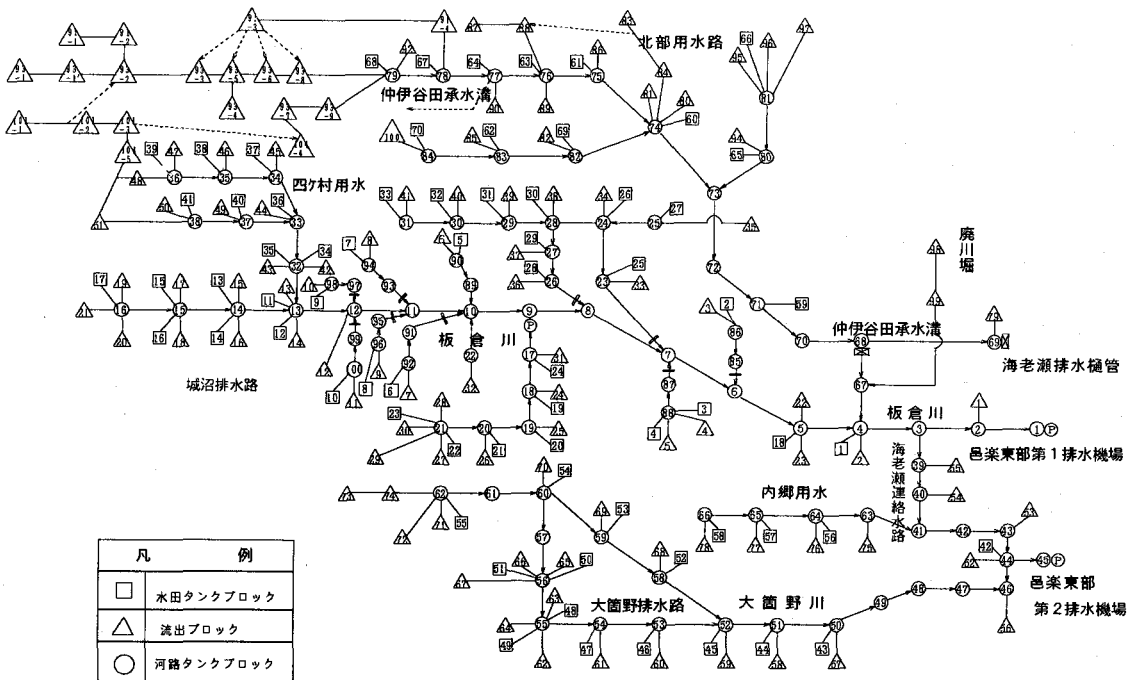
図一8のとおり、邑楽第一機場の内水位について計算値と実測値を比較すると概ね一致しており、モデルは妥当と考えられた。なお、流出モデルの等価粗度は表一1のとおりである。

4. 解析モデルの検証

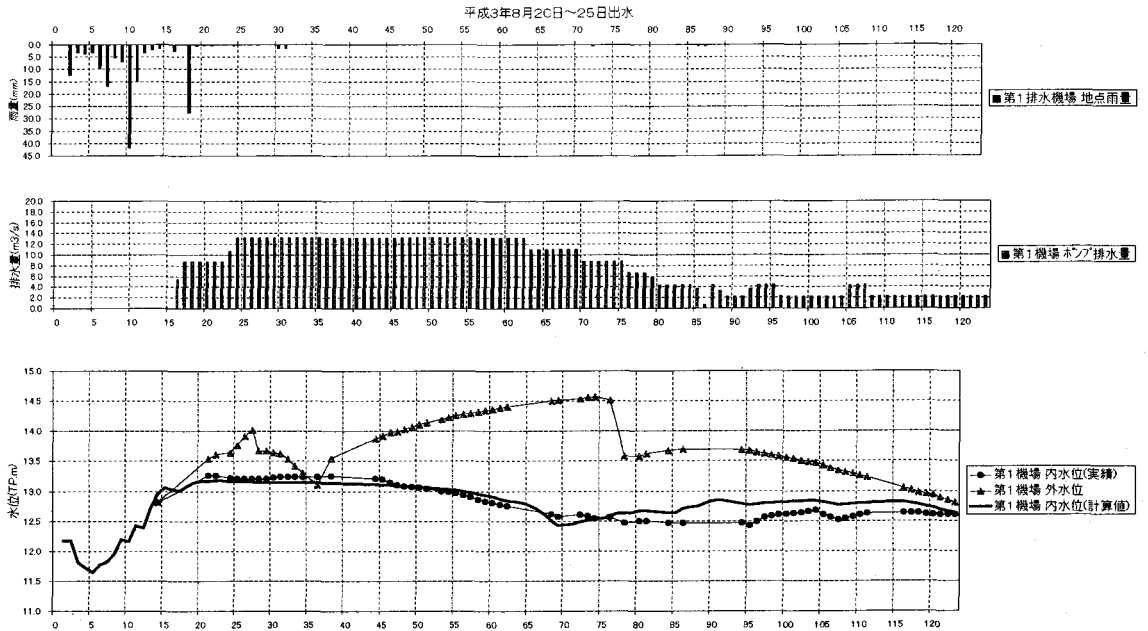
平成10年8月～9月に台風4号・5号が関東地方を襲った。本地域でも湛水被害が発生し、降雨の状況と湛水被害の状況を把握することができた。そこで、このデータを使って解析モデルを検証することとした。

(1) 西部地域

実際には湛水しているにもかかわらず、モデル上では湛水が出ない区域があったため、モデルに修正を加えた。流出ブロックが大きすぎたこと、あるいは流出ブロック内の湛水ブロックの設定が



図一7 東部地域流出解析モデル模式図



適当でないことが原因であったため、一部の流出ブロックの細分化と湛水ブロックの再設定を行った。湛水実績とモデル（修正後）による湛水区域を図-9に示す。

(2) 東部地域

実際の湛水区域と計算上の湛水区域に相違が出たこと、また、ポンプ場の内水位の実績値と計算値に差が生じたため、次のようにモデルに修正を

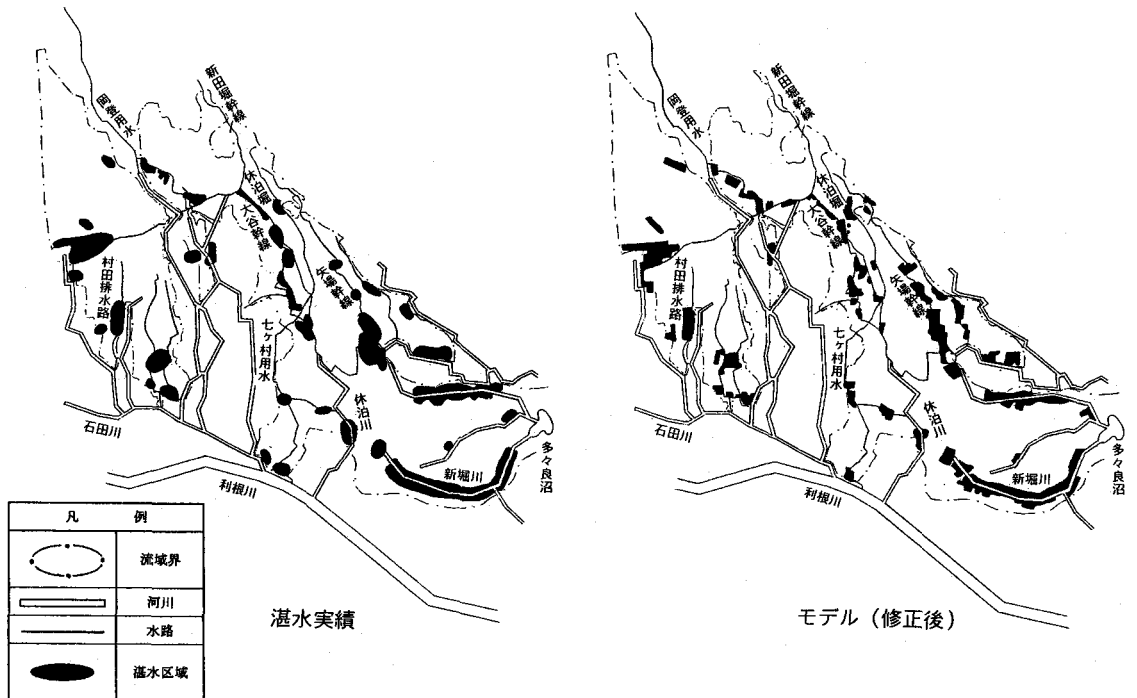
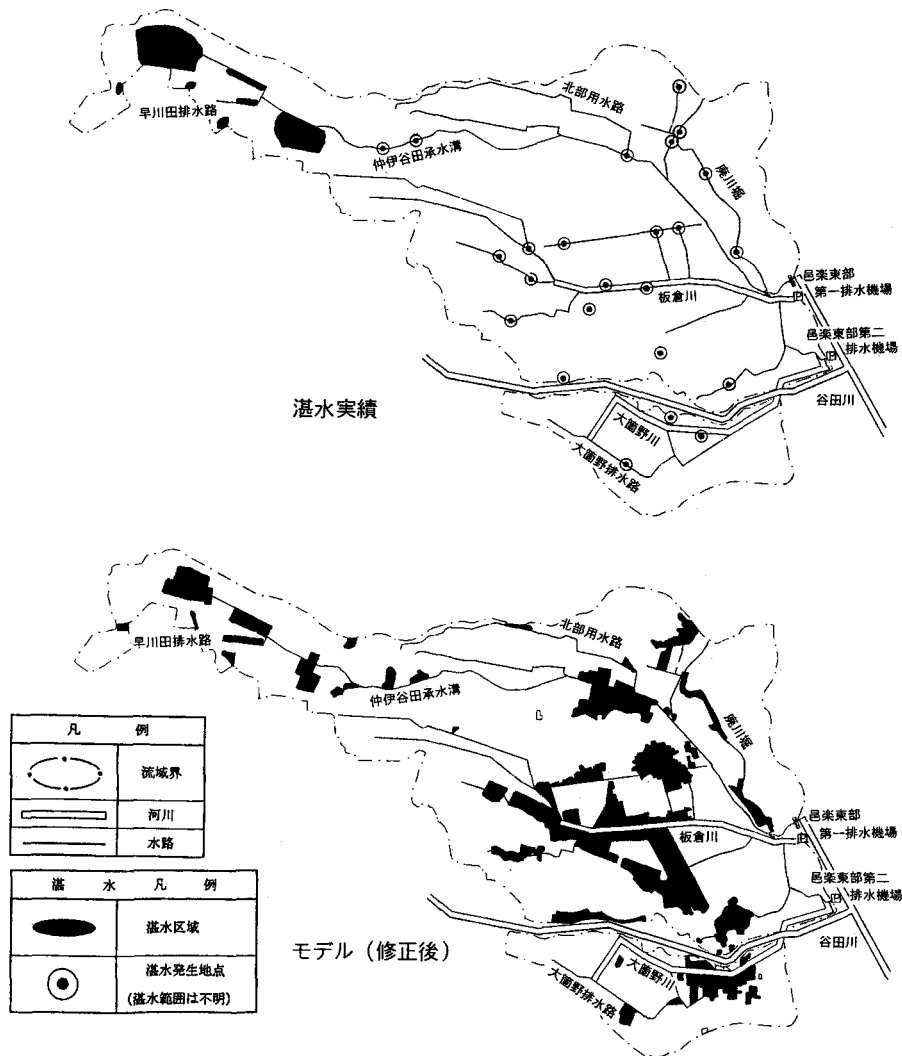


図-9 西部地域台風検証湛水区域図



図一10 東部地域台風検証湛水区域図

加えた。湛水実績とモデル（修正後）による湛水区域を図一10に示す。

(a)等価粗度，水田タンク欠口幅の修正

第一排水機場の内水位の計算値が実績と比較して，降雨に鋭敏に反応していたことから，宅地の等価粗度を0.01から0.04に修正し，流出を遅めに修正した。

また，水位の減水がモデルでは再現できていなかったため，水田タンクの越流（欠口）幅を0.9から0.7とし，湛水部からの減水量を少なくした。

(b)流域ブロックの修正

仲伊谷田承水溝の上流域の表面流出モデルのブロックを細分化し，実測の湛水が現れるよう修正

した。

5. 施設整備計画の検討

(1) 施設整備計画の考え方

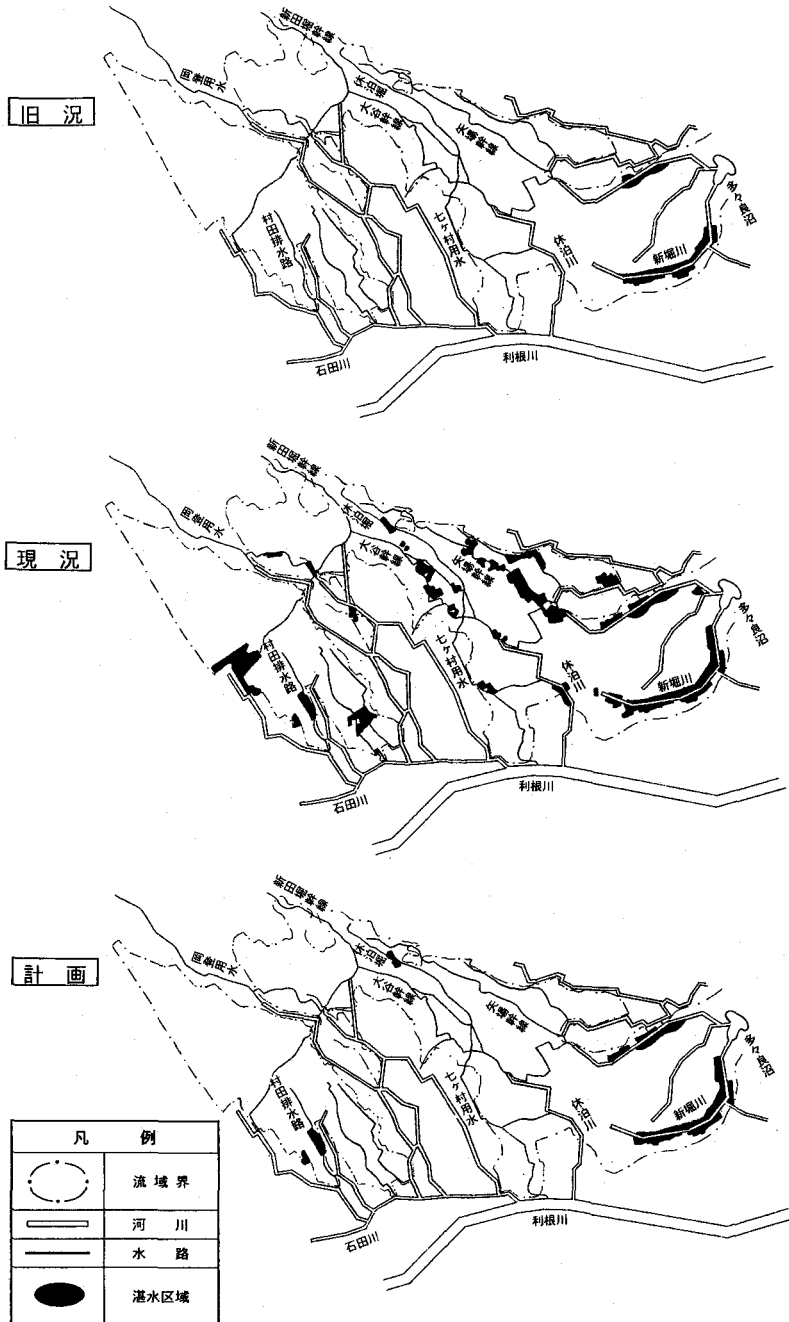
本事業は国営総合農地防災事業であり，他動的要因により30%以上の機能低下が生じている農業用排水施設の機能を従前のレベルまで回復することを目的とするものである。したがって，施設整備計画の検討においては，まず，市街化が進行する以前の土地利用状況から湛水状況をモデル上で再現し，現況と比較して，施設の機能低下率を把握する必要がある。そのうえで，30%以上の機能低下が生じている施設について改修を計画する

表一 2 主要工事計画

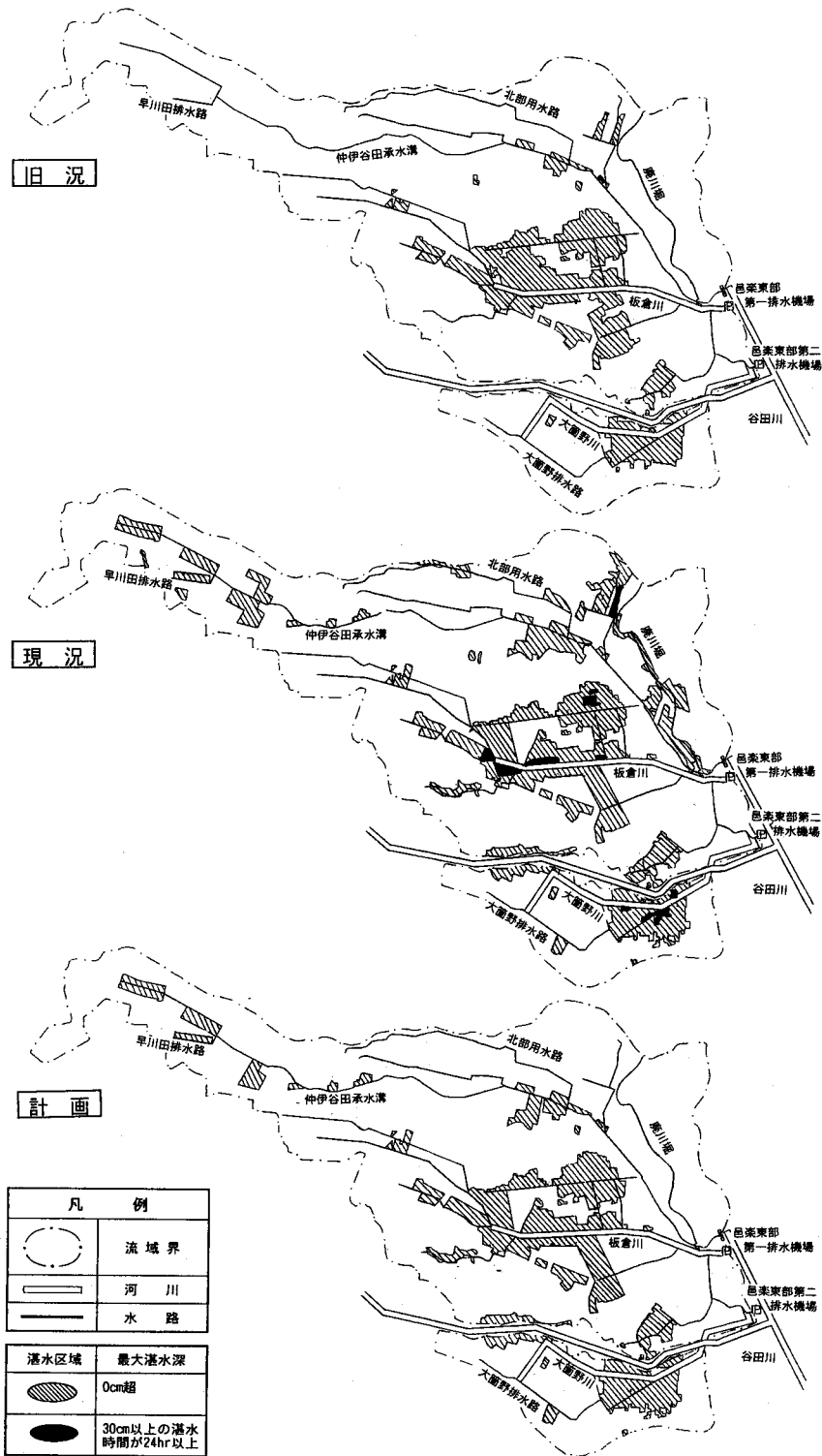
| 工種 | 数量 | 諸元 |
|-------|--------|----------------------------------|
| 排水機場 | 1ヶ所 | Q=20.5m ³ /s |
| 排水路 | 16.6km | 8路線, Q=1.1~16.9m ³ /s |
| 遊水池 | 9ヶ所 | 貯水量=23~80千m ³ |
| 水管理施設 | 1式 | |

が、その整備水準は、計画実施後の状況が旧況と同等になるレベルを基本としている。

具体的には、次の手順により排水機場の改修、排水路の改修、遊水池の新設の整備計画を作成した。なお、邑楽東部第一排水機場は外的要因により排水能力が低下しているため、その機能回復のため改修する。(表一 2, 図一 1 参照)



図一 11 西部地域湛水区域図



| 凡 例 | |
|------|------------------------|
| | 流域界 |
| | 河 川 |
| | 水 路 |
| 滞水区域 | 最大滞水深 |
| | 0cm超 |
| | 30cm以上の滞水 時間が24hr以上 |

図—12 東部地域滞水区域図

- ①計画基準降雨の決定（3日連続降雨，1/10確率）
- ②市街化が進行する前の状況における計画降雨時の湛水解析（旧況は昭和48年）
- ③現況（平成9年）における計画降雨時の湛水解析
- ④整備対象施設（旧況と現況の機能低下率が30%以上ある施設）の決定
- ⑤施設計画の検討

施設整備により旧況の水準になることを基本に計画したが，東部地域の板倉川流域，大箇野川流域については治水計画との整合を図るため，湛水深30cm以上が24時間以内になるよう計画した。

- ⑤-1 ピーク流出量が現況水路の通水能力より大きく，下流河川の通水能力より小さい場合には，現況の水路の断面を拡幅する。
- ⑤-2 ピーク流出量が現況水路の通水能力より大きく，かつ下流河川の通水能力より大きい場合には，現況水路の拡幅と遊水池の新設により対応する。

(2) 湛水シミュレーション

旧況，現況，計画の湛水シミュレーション結果を図一11～12に示す。

西部地域を見ると，旧況に対して現況では，市街化等の要因により湛水区域が広がっている様子が分かる。これに対して，計画湛水区域を見ると，休泊堀，村田排水路を除いて概ね旧況の状態へ回復していることがわかる。湛水が解消されていない区域は，旧況と現況の機能低下率が30%未満であるため，施設改修を行っていない区域である。

（図一11参照）

東部地域を見ると，北部の仲伊谷田承水溝流域では，旧況に対して現況で湛水区域が広がり，計画では西部上流域を除いて湛水区域が縮小しているのが分かる。西部上流域は機能低下率が30%未満であり，施設を改修しないため，湛水が解消されていない。

板倉川流域，大箇野川流域では，旧況から現況で湛水区域が拡大しているが，計画でも0cm以上の湛水範囲はあまり狭くなっていない。これは，治水計画との整合を図るため，整備水準を湛水深30cm以上が24時間以内になるよう設定したためであり，したがって現況の湛水深30cm以上24時間以上の区域については，計画では湛水が軽減されているのが分かる。（図一12参照）

6. おわりに

本事業は市街化により機能低下が生じている農業用排水施設の機能を回復することを目的とするものであるため，計画策定においては，土地利用の変化，排水施設改修等による湛水状況の変化をシミュレーションするモデルの開発が不可欠である。

本件の排水解析にあたっては，雨量，流量等のデータが非常に少なかったため，モデルの信頼性に不安があった。幸いにして，平成10年の台風時のデータが得られたため，これにより信頼のできるモデルができたものと思われる。

渡良瀬川中央地区は現在，計画の最後のとりまとめを行っているところであり，利根調では12年度の着工に向けて全力で取り組んでいるところである。

最後に，本検討に協力頂いた，(株)サンスイコンサルタントの藤河洋一氏に深謝申し上げる。

浅層地盤改良多層式による高盛土工法

—田ヶ谷地区の事例—

須藤 常 央* 杉 山 敦**

(Tsuneo SUTO)

(Atsushi SUGIYAMA)

目 次

| | |
|-------------------|----|
| 1. はじめに | 21 |
| 2. 地区の概要 | 21 |
| 3. 地盤改良の必要性 | 21 |
| 4. 施工方法について | 25 |

| | |
|-------------------|----|
| 5. 施工管理について | 25 |
| 6. 盛土後の経過 | 25 |
| 7. おわりに | 32 |

1. はじめに

近年において農業後継者確保，農作業の機械化を図る必要から，農地の平坦化を実現するための大規模な切土，盛土を行う基盤整備事業が盛んに行われている。しかし，工事が大規模になればなるほど，以下のような問題が発生してくるようになった。

- 1) 工事期間～作物育成期間中の農業所得の確保。
- 2) 農地の平坦化を実施するための大規模な造成工事にかかる農家負担増。
- 3) 工事の長期化による社会環境の変化及び地元との調整。

本地区では，上記3点を考慮し工期の短縮と造成費用の問題等から浅層地盤改良による高盛土工法を採用した。本論は，そこに至るまでの経緯とその後の経過を示すものである。

2. 地区の概要

「担い手畑総田ヶ谷(たがや)地区」は茶の名産地，小笠郡菊川町にあり，南を東名高速道路，北を東海道線に挟まれた丘陵地帯に位置する(図-1)。

地区内中央には1,600haを潤す国営大井川右岸用水が通過している他，西側には本地区に先駆けて非補助土地改良事業により実施された，国内に

おいては最大級のバラの温室団地「ばららん花」が造成されている(写真-1)。

本地区は茶園造成の実施により土地利用の高度化を促進すると共に，経営規模の拡大及び農業経営の安定化を図ることを目的としている。しかし丘陵地帯に位置していることや，将来の乗用機械化を視野に入れた整備を計画しているため，造成土量が増大している。

また，計画高盛土付近には上記国営大井川右岸用水路が通過しており，本論のテーマの主な要因になっている。

3. 地盤改良の必要性

大井川右岸用水路の左右3箇所において限界盛土高を超えた施工を行うことから，計画盛土に対し盛土端部の安定解析を実施した(図-2)。

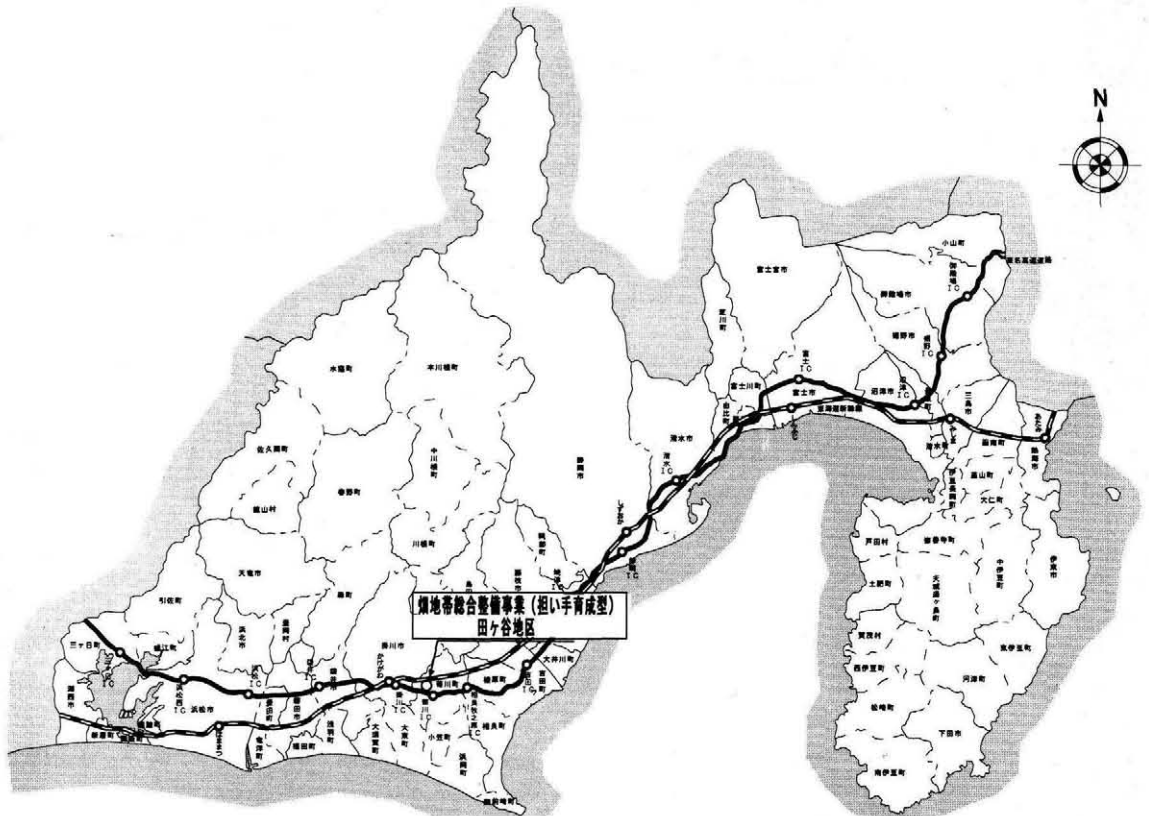
解析において無処理の場合，3断面いずれの安全率Fsも1.0以下となり，盛土端部においてすべり破壊が発生する危険があることが判明した(資料-1)。

このような軟弱地盤対策工法の種類については各種の工法が知られているが，本地区においては盛土基礎地盤(粘性土層)の安定対策(強度増加の促進及びすべり抵抗の増加等)が期待できる下記の4種類の工法について考察した。

- 1) 置換工法：軟弱層の一部又は全部を除去し良質土で置き換える工法。
- 2) 押え盛土工法：盛土のすべり破壊に対して所用の安全率が得られない場合，盛土全体の

*静岡県中遠農林事務所農地整備課県営水利係長 (Tel 0538-37-2290)

**静岡県中遠農林事務所農地整備課副主任



図一 畑地帯総合整備事業(担い手育成型)田ヶ谷地区 位置図



写真一

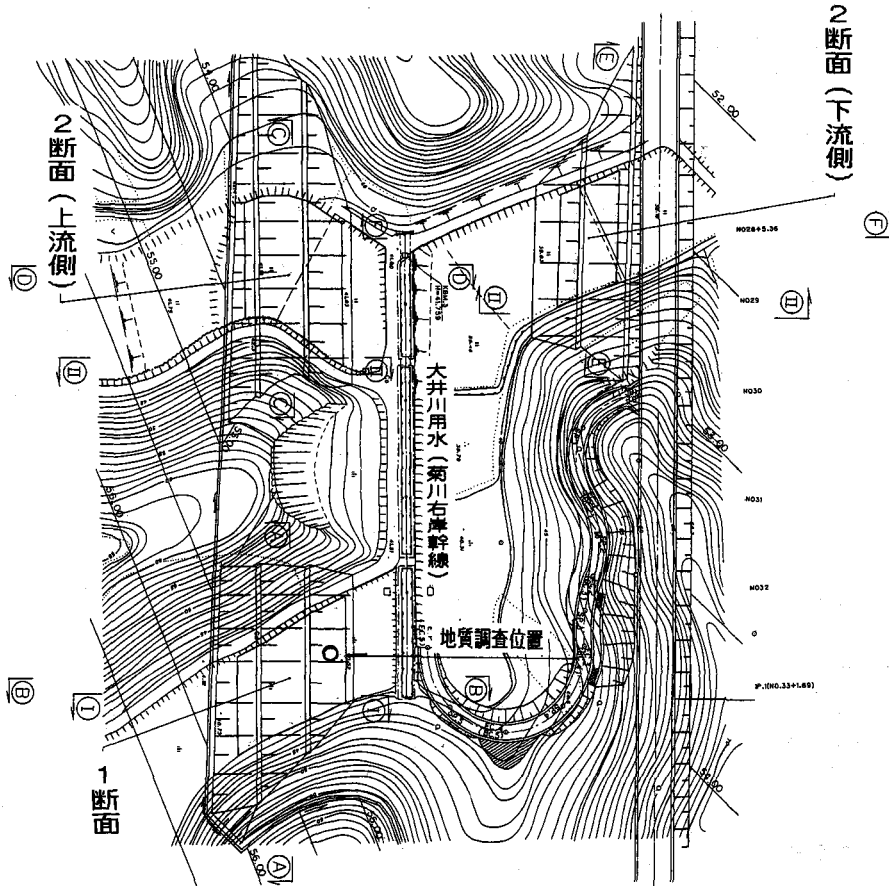
側方部を押さえて盛土の安定を図る工法。

- 3) 緩速载荷工法：盛土の施工に時間をかけゆっくりと立ち上げる工法。
- 4) 固結工法(混合処理工法)：セメントや石灰等の安定材と原地盤の土を混合し、地盤を改良し強度を増すことによりすべり破壊を阻止する工法。

単純に工事費から判断すれば、2及び3の工法が有利である。しかし、2は盛土前面に年間を通して用水を供給している大井川右岸用水路がある

ため、押え盛土の用地を確保することは困難である。また、3は圧密沈下による強度増加に数年を要することからも対象外とした。これは、本地区が茶園の造成を目的としており、一般に茶は植栽後3年で採摘できるが、農家の安定した収入を担うまでには5年以上を要するため、早期に工事を完成し茶の植栽を急がなければならない事情があるためである。

以上により、短期に高強度の地盤が築造される固結工法(混合処理工法)を選択した。



地質調査図

| 標高 尺 (m) | 層厚 厚 (m) | 柱状 状 (m) | 土質 区 (m) | 色相 対 (m) | 相対 密度 度 (m) | 相対 湿度 度 (m) | 記 事 | 標準貫入試験 | | 原位置試験 深 (m) | 試験名 および結果 | 採取 深 (m) | 採取 方法 | 室内 試験 | 期 日 | | |
|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|-------------------|---|---|----------|----------------|--------------|-------------|----------|----------|--------|-----|--|
| | | | | | | | | 孔内 水位 (m) | 測定 月日 | | | | | | | | |
| 38.00 | 1.00 | 1.00 | シルト | 地 | 灰 | | 田前岸上で軟質、含水中位、粘性中～高位。腐植物を多く混入する。 | 1.15 | 1 | 1 | 1 | 3 | 2.6 | | | | |
| | | | | | | | 非常に粘りが強い。軟弱中～ポンプ圧がかかる。 | 1.30 | 1 | 1 | 1 | 3 | 3 | | | | |
| | | | シルト | 粘 | 灰 | | | 比較的均質で、含水・粘性は中位～高位。腐植物をわずかに混入する。3.0～4.0m間、孔壁のせり出し有り。掘削中にポンプ圧がかかる。 | 1.45 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | |
| | | | | | | | 含水・粘性は中位。中～位。φ10mm前後の硬地中の層を混入する。7.9m以降は、泥岩の強風化層とも推定される。 | 1.60 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | 細砂りシルト | 粘 | 灰 | | | 含水・粘性は中位。中～位。φ10mm前後の硬地中の層を混入する。7.9m以降は、泥岩の強風化層とも推定される。 | 1.75 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | |
| 33.00 | 5.80 | 5.80 | | | | | 比較的均質なシルト質の泥岩。固結度強く、シングルコアチューブにて最大長30cmの棒状コアが採取される。 | 1.90 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | 泥 | 粘 | 灰 | | | 比較的均質なシルト質の泥岩。固結度強く、シングルコアチューブにて最大長30cmの棒状コアが採取される。 | 2.05 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | |
| 31.30 | 1.70 | 1.70 | | | | | | 2.20 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| 29.70 | 2.60 | 2.60 | | | | | | 2.35 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 2.50 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 2.65 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 2.80 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 2.95 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 3.10 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 3.25 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 3.40 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 3.55 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 3.70 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 3.85 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.00 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.15 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.30 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.45 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.60 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.75 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 4.90 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.05 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.20 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.35 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.50 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.65 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.80 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 5.95 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 6.10 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 6.25 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 6.40 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 6.55 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 6.70 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 6.85 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.00 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.15 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.30 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.45 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.60 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.75 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 7.90 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.05 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.20 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.35 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.50 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.65 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.80 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 8.95 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 9.10 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 9.25 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 9.40 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 9.55 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 9.70 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 9.85 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |
| | | | | | | | | 10.00 | 1 | 1 | 1 | 4 | 3 | 2.00 | 3-1 | | |

粘性土 $\gamma = 1.853 (t/m^3)$ → Co: 粘性土層上面の粘着力
 $Co = 2.5 (t/m^2), K = 0.255$ → K: 深さ方向への粘着力増加係数
 $\phi = 0$

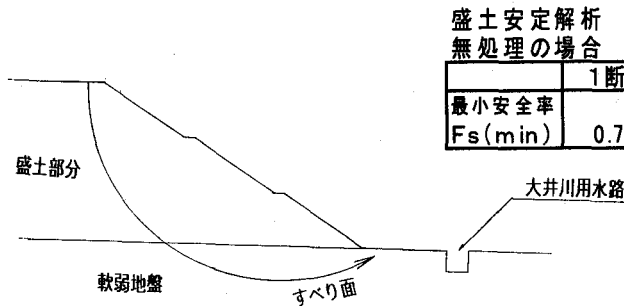
図-2

△開水路部（盛土による影響）

1) 開水路への影響

開水路の付近に12～15m程度の盛土を計画している。

しかし、この付近の地盤では軟弱地盤が広がっていることから盛土の崩壊、側方への流動の危険性があると考えられる。



盛土安定解析
無処理の場合

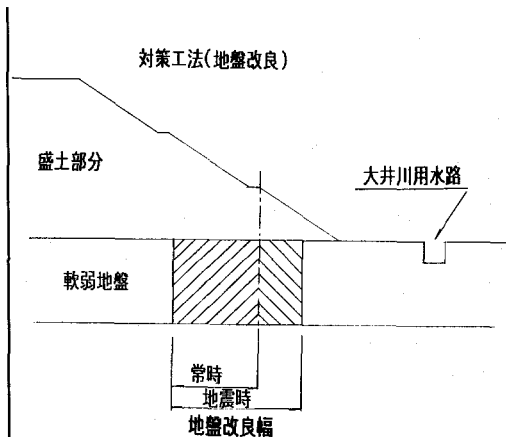
| | 1断面 | 2断面上流側 | 2断面下流側 |
|------------------|-------|--------|--------|
| 最小安全率 Fs(min) | 0.774 | 0.774 | 0.924 |

そのため盛土安定のための対策工法が必要となってくる。

2) 対策工法

対策工法には数多くの種類があるが、本地区では、大井川用水路の安全性を確保する事が最優先となることから、短期間に高強度の地盤が築造できる地盤改良工法により計画するものとする。

目標安全率、 常時 $F_s = 1.2$ を満足するように地盤改良範囲を決定する。
地震時 $F_s = 1.0$



盛土安定解析(地盤改良した場合)
常時の場合

| | 1断面 | 2断面上流側 | 2断面下流側 |
|------------------|-------|--------|--------|
| 改良幅 | 15m | 13m | 8m |
| 最小安全率 Fs(min) | 1.201 | 1.218 | 1.202 |

地震時を考慮した場合

| | 1断面 | 2断面上流側 | 2断面下流側 |
|------------------|-------|--------|--------|
| 改良幅 | 22.5m | 20m | 12m |
| 最小安全率 Fs(min) | 1.013 | 1.008 | 1.007 |

施工方法：盛土による開水路部分の安全を確保するためには、必要幅を改良する必要がある。

資料—1

なお、本地区における限界盛土高は以下のとおりである。(道路土工「軟弱地盤対策工指針」P.49参照)。

$$\text{限界盛土高 } H = q / r \quad (\text{m})$$

r：盛土の単位体積重量1.8 (tf/m³)

q：普通の粘土質地盤の場合5.1C

C：粘着力2.5～3.6 (kgf/cm²)

$$H : (12.75 \sim 18.36) / 1.8 = 7.08 \sim 10.20$$

以上により、限界盛土高は約7m～10mとなり、計画盛土高(15m内外)を無処理で施工すること

は困難である。

4. 施工方法について

固結工法（混合処理工法）の施工管理においては、改良深度の基盤岩への着岩確認と改良による効果判定（供試体を改良体より採取し圧縮強度試験を行う等）を確実に行う必要がある。

混合処理工法の検討に当たっては、改良幅の決定が効果及び費用の面からも重要となる。そのため今回の事例では、処理により改善される粘着力Cを最大限（ $C=1.5\text{Kg}/\text{cm}^2$ ）に設定し、目標安全率 $F_s=1.2$ 、地震時 $F_s=1.0$ として改良幅が最小となるよう決定した（資料-1）。

当初、混合処理工法において一般的である粉体噴射攪拌工法（DJM工法）を検討したが、現場は施工ヤードが狭く施工機械の搬入が困難なことなどから不採用とした。

そこで、主に浅層混合処理工で用いられるバックホータイプの地盤改良機を使用した「スラリー噴射攪拌工法」の採用について検討をしたが、地質調査の結果、軟弱地盤層が予想以上に厚く、一層では限界を超えた施工となる。しかし検討の結果、掘削、埋め戻しを併用しながら全体を3層から4層に分けて施工すれば、本工法での対応が可能との結論に至った。

以上のことから、本県では初のスラリー噴射攪拌工法による浅層地盤改良工法多層式を採用した。

なお、本工法は強力な回転翼を貫入させ地盤を改良するDJM工法とは異なり、バックホーの先端に取り付けられた攪拌装置により改良深度の基盤岩（泥岩）への着岩確認をしながら施工できる利点がある（写真-2）。

また、DJM工法が現場杭打ちに似た円柱状の仕上がりになるのに対し、本工法は直方体になるといった特徴などがある（資料-2）。

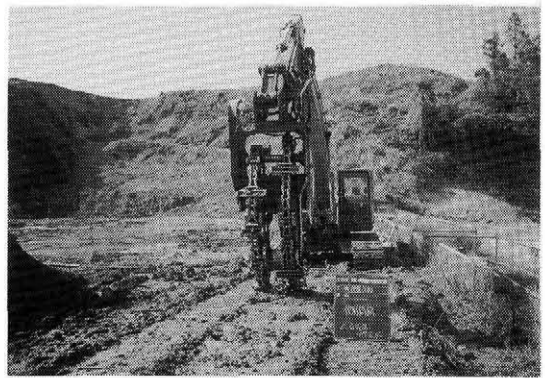
5. 施工管理について

本工事では計3箇所、全体で7,000 m^3 の改良を行った。実施に当たっては、施工管理として改良500 m^3 に1回、全体で19箇所の供試体を採取し一軸圧縮試験（JISA1216）を実施し確認を行った。

結果としては、平均で $q_u=4.0\text{Kg}/\text{cm}^2$ （粘着力 $C=q_u/2=2.0\text{Kg}/\text{cm}^2$ ）となり、設計値（ $C=1.5$ ）を満足していることが判明した。



地盤改良工 施工状況



かく拌機械

写真-2

また、全ての試料において十分設計値を満足していることから、深さ方向においても均一な改良が行われたものと判断できる。

なお施工手順については、図-3のフローチャートを基本とした。

6. 盛土後の経過

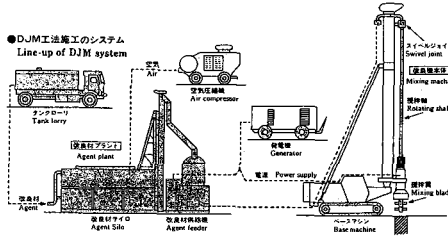
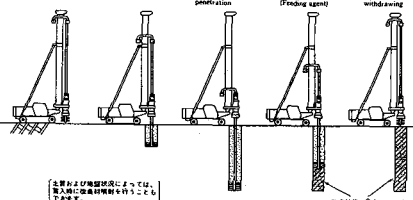
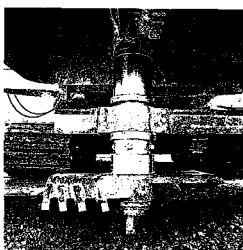

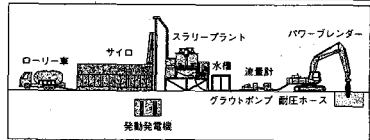

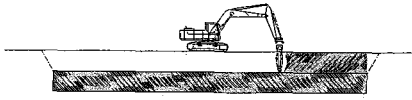
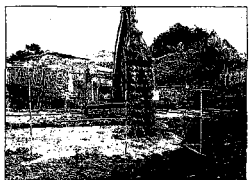
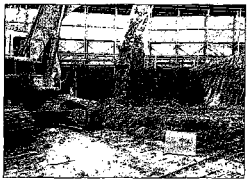
地盤改良の効果を確認するため、平成10年度の盛土工事において、1断面と2断面（上流側）の小段に孔内傾斜計をそれぞれ1箇所づつ設置した。

また盛土端部から大井川右岸用水路の間に6箇所、用水路の天端に2箇所、それぞれ観測点（杭）を設置し移動を観測した（図-4・資料-3）。

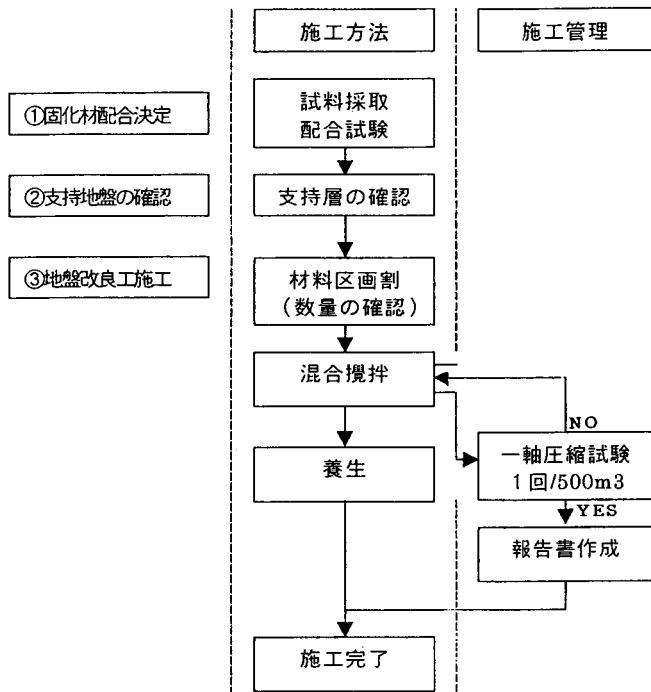
上記観測点（杭）8箇所及び2段面（上流側）の孔内傾斜計については、ほとんど変位が認められなかったが、1断面の孔内傾斜計には、変位が認められた。

以下、図-5及び図-6に示したA軸の変位について要点を述べることにする。なおA軸とは用

地盤改良工 工法比較表

| 工法 | D J M工法 | スラリー噴射攪拌工法 |
|--------------|--|--|
| <p>施工方法</p> | <p>●DJM工法施工のシステム Line-up of DJM system</p>  <p>●施工手順 (引抜時吐出の場合) Working procedure</p> <ol style="list-style-type: none"> ①位置決め (Positioning) ②穿孔 (Penetration) ③穿孔完了 (Completion of penetration) ④土 (改良材) 噴射 (Mixing agent spraying) ⑤土留め (Completion of work)  <p>攪拌翼 (土研式) Mixing blade (Standard type)</p>   | <p>●施工システム</p>  <p>●施工フロー</p>     |
| <p>施工手順</p> | <ol style="list-style-type: none"> 1. DJM施工機械の足場となるようにサンドマットを付設 2. DJM施工 3. 養生後、次工程 | <ol style="list-style-type: none"> 1. プラントで固化材と、水を練り混ぜミルク状にする 2. グラウトポンプで混合拡散箇所まで送り、攪拌機により混合 3. 養生後、次工程 |
| <p>工法の概要</p> | <p>DJM工法は、改良材をエアにより噴射しながら軟弱地盤中に供給し、攪拌翼によって混合する。このことにより、セメントと現位置土を化学反応させることによって、地中に改良体を造成し、土質性状の改善と安定を図る。</p> | <p>バックホウに地盤改良専用のアタッチメント (パワーブレンダー) を装着し、アタッチメントにより軟弱土と改良材を混合する。改良材を垂直攪拌することで改良処理を行う。</p> |
| <p>工法の特徴</p> | <ul style="list-style-type: none"> ・改良材の種類と混合量が自由に選択できる。 ・スラリー添加により改良材使用量が少量ですむため経済的である。 ・最大径 5 mm 以下の改良材であれば基本的に改良材として使用できる。 ・攪拌効率がよく、品質のパラツキは少ない。 ・自動記録装置による確実な品質管理 ・粉塵、騒音、振動の少ない工法である | <ul style="list-style-type: none"> ・地下水位が高い場合は、改良天端まで水位調整が必要 ・土質性状と必要強度に応じて、改良材の種類と混合量が自由に選択できる。 ・所要の改良強度が広範囲に設定でき、改良効果が比較的早く得られる。 ・攪拌効率がよく品質のパラツキは少ない。 ・施工機械がバックホウであるため小スペースでも施工が可能 |

資料—2



※これを数層に分けて行う

地盤改良工 施工概略図

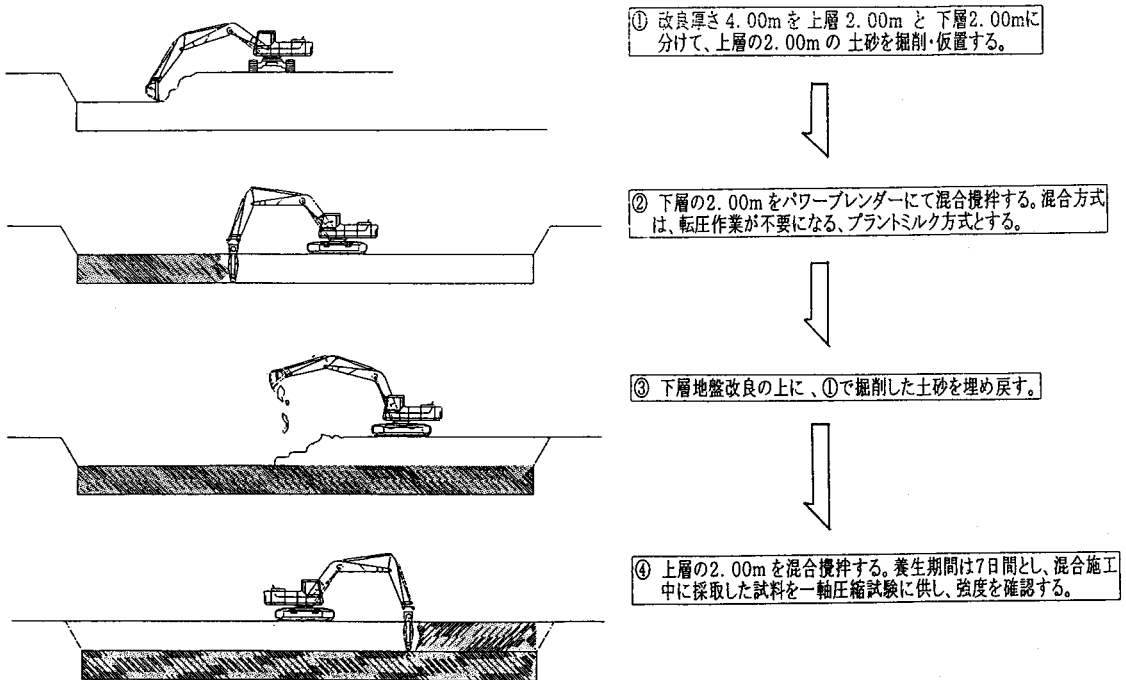


図-3

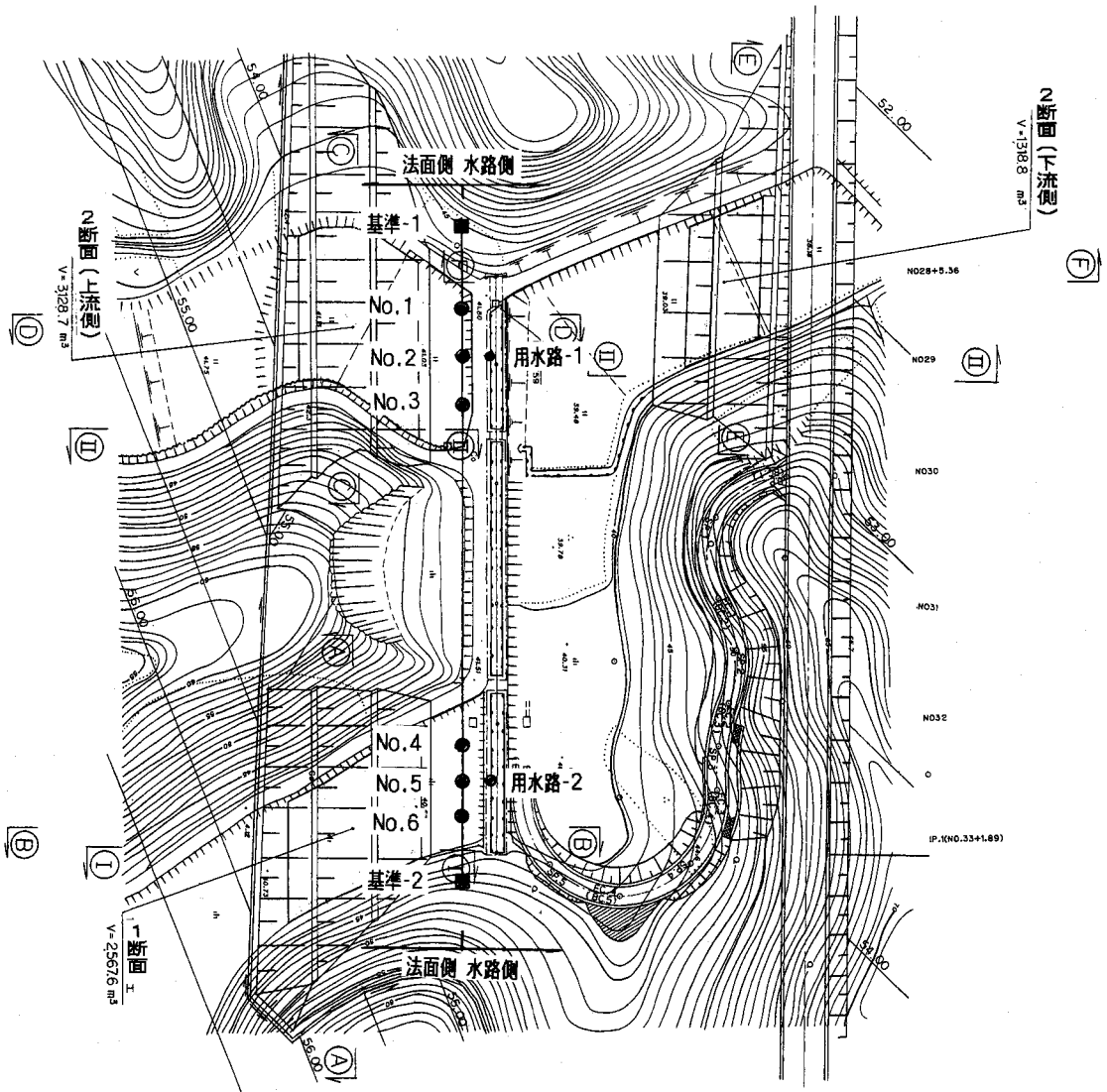


図-4

水路に対し直角方向を、B軸は水平方向を意味する。

- 1) 深度5.0m付近と深度9.5m付近及び深度12.5m付近でせん断的な変位が認められた。

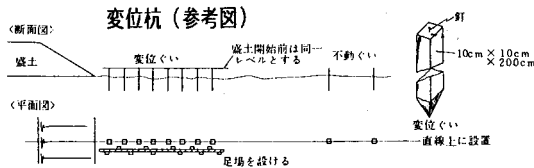
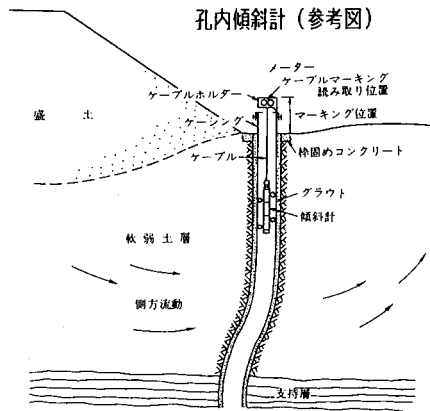
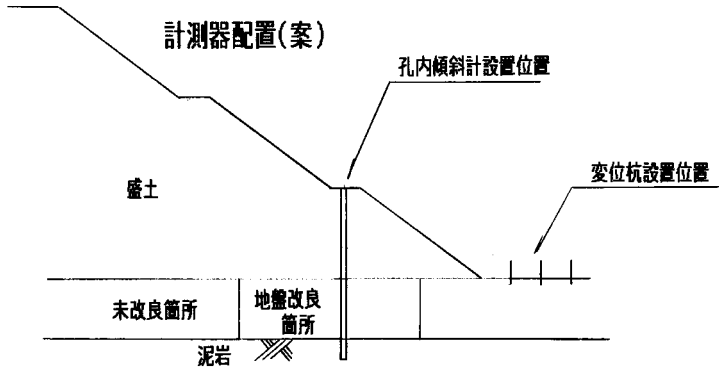
| 深度 (m) | 区間変位 (mm) | 累計変位 (mm) |
|--------|-----------|-----------|
| 5.0 | 3.01 | 7.18 |
| 9.5 | 1.98 | 4.49 |
| 12.5 | 1.35 | 2.11 |

- 2) 変位確認後、盛土を中止してからの変位はほ

とんどなく、その後の降雨にも変位の増加は認められなかった。

- 3) 深度5m付近は、改良地盤面と盛土との境界に位置し、少なからず変位が発生する位置である。
- 4) 深度9.5m付近と深度12.5m付近は地盤改良の段階施工面の位置とほぼ一致していることから、円弧スベリ的なものではなく、水平力によりせん断的に変形したものと推測される。

盛土施工管理(動態観測)



1. 盛土動態観測

軟弱地盤を対象とした工事では、調査・設計時に予想もしなかった変形や崩壊などのトラブルに遭遇する懸念がある。そのため動態観測により安定管理を行い安全に施工を行う必要がある。

2 計測器とその目的

| 使用機器 | 目的 |
|-------|---|
| 変位杭 | 盛土法尻における地表面の水平方向、鉛直方向変位を観測し、盛土の安定管理を行う。 |
| 孔内傾斜計 | 盛土法尻付近に設置し、基礎地盤と盛土体の水平方向の変位量を深度方向に0.5mピッチ程度で観測し、盛土法面の安定管理を行う。 |

3. 計測頻度

| 項目 | 観測時期 | 盛土施工中 | 盛土施工後 2ヶ月間 | 盛土施工後 2ヶ月後 |
|-------|------|-------|---------------|---------------|
| | 変位杭 | | 2回/週 | 1回/週 |
| 孔内傾斜計 | | 2回/週 | 1回/週 | 1回/2週 |

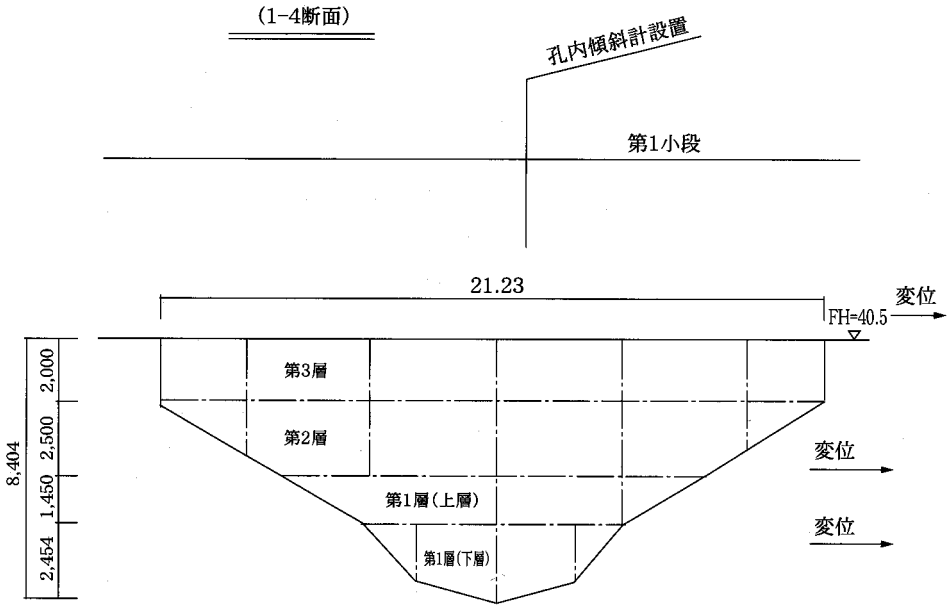
4. 盛土安定管理方法(案)

盛土法面の安定管理には、法尻部に設置した変位杭及び傾斜計の水平変位量を基に作成した $\Delta D/\Delta t \sim t$ 管理図で行う方法がある。

・ $\Delta D/\Delta t \sim t$ 管理図

ここで、 D : 変位杭、傾斜計より計測される最大水平変位量
 $\Delta D/\Delta t$: 単位時間当たりの水平変位量

1日当たりの盛土法面の水平変位速度($\Delta D/\Delta t$)により管理する方法である。通常この値は盛土開始直後にピーク値が観測され、以後漸減する。ピーク値が管理値を超えたり、放塵期間中にピーク値に近い変位量が連続して観測されると地盤は不安定な状態にあると判断する。管理値については、過去の実績より $\Delta D/\Delta t \leq 2\text{cm/day}$ 程度が考えられる。



盛土施工管理 (1断面)
 動態観測 (横断面)

調査件名：9 担い手畑総田ヶ谷地区 4 工事
 ボーリング番号：法-6

A軸 累積変位(mm) B軸 累積変位(mm)

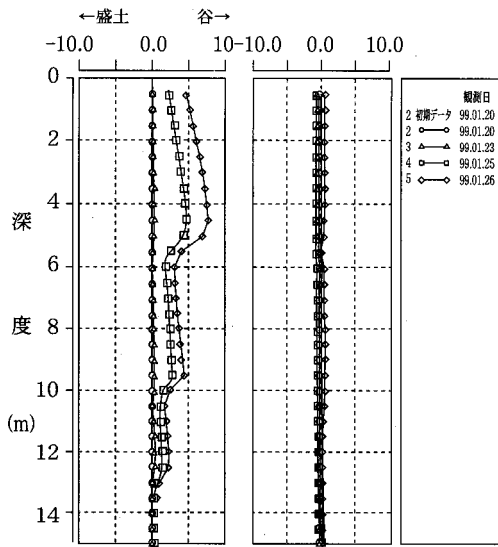


図-5

盛土施工管理
動態観測 (縦断面)

(1断面)

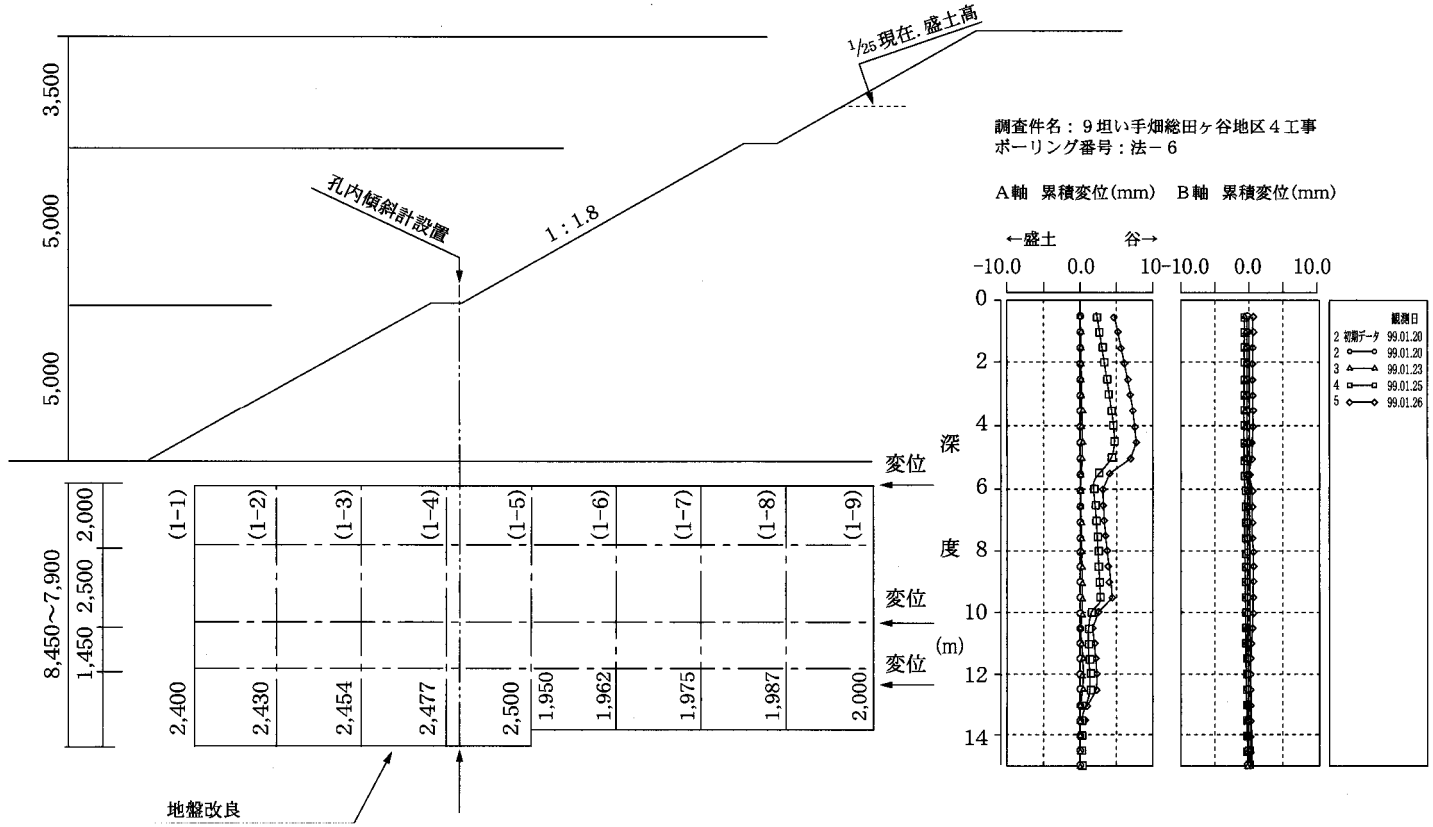


図-6

7. おわりに

孔内傾斜計の変位は数ミリであり、盛土工においては問題になる数値ではない。しかし、セメント系固化材を使用した改良地盤を少なくとも粘質土と考えるには問題が残る。

もし改良地盤をよりコンクリートに近いものとして捉えるならば、地盤内部の亀裂から地下水の浸透が予想され、再び変位が増加する懸念がある。

ただし、観測点を最大変位が予想される盛土のほぼ中央部に設けたため、観測点の変位が果して

盛土B軸方向全体に及んでいるかどうかは疑問である。

現在、観測点の変位は停止しているが、11年度も引き続き観測を続け、変位の停止が確実なものであるかどうかを確認したい。

参考文献

- 1) H 8 担い手畑総田ヶ谷地区調査委託その 1
- 2) H10担い手畑総田ヶ谷地区 1 工事（動態観測業務）

中国・大凌河白石ダム(RCD)を事例とする温度応力クラック抑制対策

長 東 勇* 桜 井 達 朗** 浅 野 勇*

(Isamu NATSUKA) (Tatsuro SAKURAI) (Isamu ASANO)

目 次

| | | | |
|----------------------------|----|--------------------------|----|
| 1. はじめに | 33 | 4. 岩着コンクリート部クラック発生 の要因分析 | 37 |
| 2. 大凌河白石ダムの概要と技術的課題 | 33 | 5. おわりに | 41 |
| 3. 大凌河白石ダムにおける温度応力解析 | 34 | | |

1. はじめに

マスコンクリートに発生する温度応力を制御するための技術は、コンクリートダムや長大橋の橋脚など大型のコンクリート構造物の施工を通じて発展し、それらに対してクラック抑制対策が検討され、実践されてきた。今日においては、この種の大型の構造物にとどまらず、ボックスカルバートや擁壁といったごく一般の土木構造物においても、温度応力に起因するとみられるクラックが少なからず発生し、温度応力問題が広く認識されるようになってきた。著者らは、前報¹⁾において、その温度応力を予測するための解析手法や温度応力解析の手順について報告した。また、温度応力に起因するクラックの発生・発達メカニズムなどについて、実構造物における実測データの集積も進められつつある²⁾。さらに、コンクリートダムレア施工における温度管理計画樹立のための手法を一般化し、その手順がとりまとめられている³⁾。しかし、現に実施工中に発生した大規模な温度応力クラックについて、その発生状況や発生原因を詳細に報告した事例は、必ずしも多くない。

そこで本報は、マスコンクリートの温度応力クラック抑制対策の具体的な検討事例として、筆者らが遭遇したコンクリートダム本体の岩着コンクリート部におけるクラック発生 の全容と、その要因を分析した結果を報告する。本事例は、著者らが中華人民共和国遼寧省水利庁と日本国国際協力事業団の間で締結された『大凌河白石ダム工事に

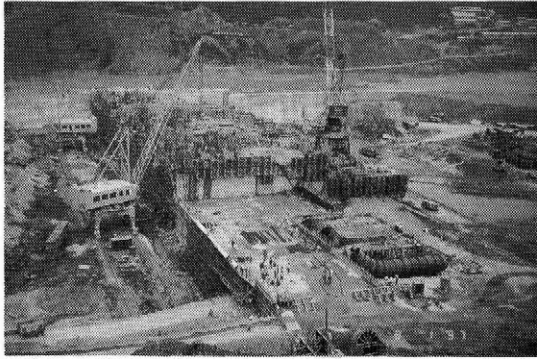
関する実験計画調査に係る実施細則』に基づいて行った現地調査の中で見られたものであり、この貴重な事例を記録として残すべきであるとの認識から、関係方面の理解を得てとりまとめたものである。なお、本件は、日中双方ともに、非常に厳しい現地の気象条件から事前にクラック発生 の危険性を予測し、その十分な対策の必要性を認識していたにも拘わらず、結果として生起してしまった事例であり、また、クラック発生箇所については事後処理が十分行われ、堤体の安全性確保に何ら課題を残すものではないことを申し添える。

2. 大凌河白石ダムの概要と技術的課題

大凌河白石ダムは、中華人民共和国遼寧省の西部山間地帯から遼東湾に流入する全長435km、全流域面積23,263km²の河川である大凌河本流の河口から約180kmの地点に建設される重力式コンクリートダムであり、遼河三角州農業開発推進に必要な灌漑用水、需要増加の著しい大凌河中・下流域の都市生活・工業用水の水源確保のみならず、洪水調整、発電、養魚、地下水涵養をも目的とした多目的ダムである(写真-1)。ダムおよび貯水池の諸元を、表-1に示す。

ダム基礎岩盤は中生代ジュラ系の玄武岩質安山岩で、変形係数3,000MPa以上、弾性係数7,000MPa以上と非常に堅固であり、重力式コンクリートダムとして地質的には問題はない。しかし、ダムの建設面では、厳しい気候条件下であるにも拘わらずRCD工法が採用されていることから、現地の施工条件を踏まえたクラック発生抑制対策を確立する必要がある。また、運用面では、19世紀

*農林水産省農業工学研究所，土地質研究室 (Tel 0298-38-7576)
**中央工営(株)中央研究所



写真一 施工中の大凌河白石ダム(1997年8月撮影)

表一 ダム及び貯水池の諸元

| | | |
|-----|--------|-------------------------------|
| ダム | 河川名 | 大凌河 |
| | 位置 | 遼寧省北票市 |
| | 形式 | 重力式コンクリートダム |
| | 堤高 | 50.3 m |
| | 堤頂長 | 514.0 m |
| | 堤体積 | 575.3 千 m ³ |
| 貯水池 | 集水面積 | 17,649 km ² |
| | 総貯水容量 | 1,645 百万 m ³ |
| | 洪水調節容量 | 755 百万 m ³ (原河床) |
| | 利水容量 | 870 百万 m ³ (原河床) |
| | 堆砂容量 | 740 百万 m ³ (50年堆砂) |

前半以降の大量の移民による大規模開拓と森林伐採に伴う植生の荒廃に起因して、上流域から大量の土砂が流入する現状にあり、その堆砂対策を樹立する必要がある。こうした重要な技術的課題に取り組むため、中国中央政府が国際協力事業団を通じて日本国政府に技術協力を要請してきた結果が今回の実験計画調査であり、クラック発生抑制対策については2次元FEM温度応力解析法を、堆砂対策については排砂・堆砂シミュレーション法を、中国の技術者に技術移転することを当面の目標としている。

3. 大凌河白石ダムにおける温度応力解析

3.1 検討手順

表一に示すように、RCD工法が採用された大凌河白石ダム建設地点近傍の義県気象観測所にお

表二 義県気象観測所の月別平均気温

| | | | | | | | |
|----|-------|-------|-------|------|-------|-------|------|
| 気温 | 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | |
| 平均 | -9.0 | -5.5 | 1.2 | 10.0 | 17.1 | 21.2 | |
| 最高 | 6.3 | 10.4 | 18.2 | 26.9 | 32.5 | 33.1 | |
| 最低 | -20.9 | -19.5 | -12.4 | -4.2 | 3.8 | 10.7 | |
| 気温 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 年平均 |
| 平均 | 23.5 | 23.2 | 17.4 | 10.3 | 0.4 | -6.7 | 8.6 |
| 最高 | 32.7 | 32.8 | 30.7 | 25.5 | 17.7 | 8.6 | 23.0 |
| 最低 | 14.7 | 13.3 | 3.4 | -3.4 | -13.6 | -18.9 | -3.9 |

ける過去10年間の気象データによると、年間平均気温は8.6°C、1月の平均気温は-9.0°C、7月の平均気温は23.5°Cであり、平均気温の年振幅は16.3°Cである。日本における寒冷地でRCD工法により建設された玉川ダム(秋田県)地点の年振幅12.2°C、札内川ダム(北海道)の年振幅13.2°Cに比べ、気象条件が厳しいことが特徴的である。従って、

① 打設後の堤体内部の最高上昇温度から最終安定温度に至るまでの間の温度降下による基礎岩盤の外部拘束および堤体内の温度降下量分布による内部拘束といった温度応力問題(長期問題)、

② ダム堤体立ち上がり途中の越冬ブロックなど長期にわたりコンクリート打設が休止される場合の放置ブロックの温度変化による温度応力問題(中期問題)、

③ 打設当初から露出されるダム堤体上下流面の外気温の季節変化に伴う表層付近の温度勾配に起因する温度応力問題(上下流面問題)

によるクラック発生が懸念される。また、大凌河白石ダムは構造的特徴として、堤体底部に12門もの底孔が配置されており、

④ その開口部周りに外気温の変化に伴う温度勾配が生じることによる温度応力問題(開口部問題)

によるクラック発生が懸念される。そこで、これらの問題に対して、図一に示す検討手順を設定し、クラック抑制対策を検討した。なお、2次元FEM温度履歴解析は、打設工程、水和熱による発熱過程、外気温による放熱過程などを考慮した非定常熱伝導解析であり、2次元FEM温度応力解析は、各日毎の堤体構造物の温度分布をもととして、打設工程、コンクリートの硬化過程などを考慮した非線形熱応力解析である。

3.2 解析条件

3.2.1 熱定数

内部、外部コンクリートおよび基礎岩盤の密度、比熱、熱伝導率、熱伝達率は、コンクリート標準示方書[施工編]⁴⁾および多目的ダムの建設⁵⁾に示された値を参考として、表三のように設定した。なお、湛水越冬養生時の熱伝達率は、(1)式により算定した。

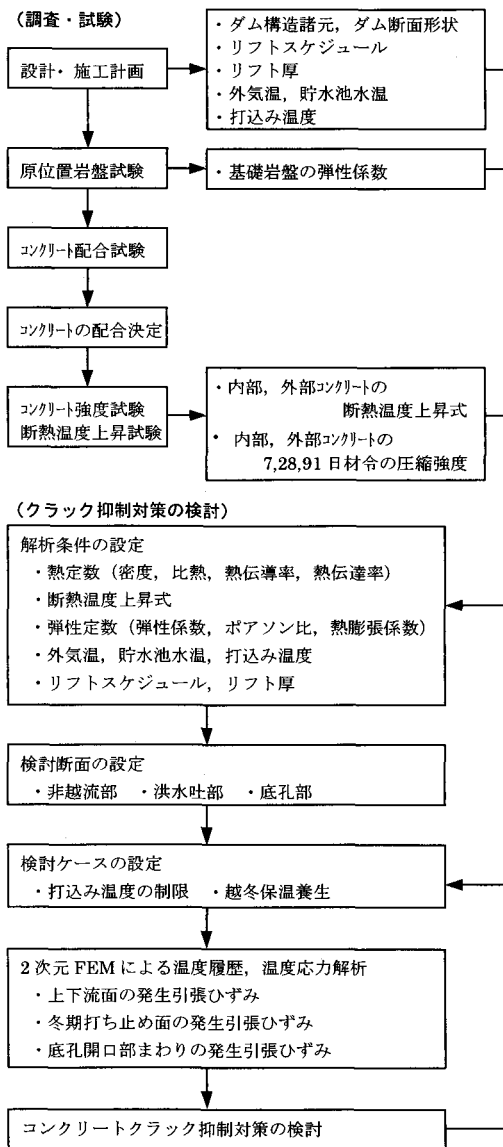


図-1 クラック抑制対策検討手順

表-3 熱定数一覧表

| 区分 | 密度 g/cm ³ | 比熱 J·kg ⁻¹ ·°C ⁻¹ | 熱伝導率 W·m ⁻¹ ·°C ⁻¹ | 熱伝達率 W·m ⁻² ·°C ⁻¹ |
|--------|-------------------------|--|---|---|
| コンクリート | 2.3 | 1,050 | 2.3 | 14 (散水養生) 35 (灌水時) 0.9 (灌水越冬) 0.6~1.1 (越冬保温) |
| 基礎岩盤 | 2.6 | 850 | 1.7 | 14 |

$$\eta = 1 / (1/\beta + h/\lambda) \quad (1)$$

ここで、 h ：灌水深さ (2.25~3.75m, 2.25mを採用)、 λ ：水の熱伝導率 (2.2W·m⁻¹·°C⁻¹)、 β ：外気にふれる面の熱伝達率 (14W·m⁻²·°C⁻¹) である。

る。

3.2.2 断熱温度上昇式

内部、外部コンクリートの断熱温度上昇式は、(2)式とした。その定数、 Q_{∞} 、 a 、 β は、表-4に示す配合で実施した断熱温度上昇試験の結果から、表-5のように設定した。なお、セメントの種類は中庸熱フライアッシュセメントであり、内部コンクリートはRCDコンクリートである。また、表-4に示した配合は解析検討段階での配合であり、現場配合では若干の修正が行われている。

$$Q(t) = Q_{\infty} [1 - \exp(-at^{\beta})] \quad (2)$$

ここで、 t ：時間 (日) である。

3.2.3 弾性定数

コンクリートの有効弾性係数 $E_e(t)$ は、コンクリート標準示方書 [施工編]⁴⁾ に示された (3) 式より算定した。なお、圧縮強度の推定式 $f_c(t)$ における定数、 a 、 b は、圧縮強度試験により得られた内部、外部コンクリートの 7 日、28 日、91 日材令の圧縮強度 (表-4 に記載) から設定し、基礎岩盤の弾性係数およびポアソン比は、原位置岩盤せん断試験の結果から設定した (表-6)。

$$E_e(t) = \Phi(t) \times 4,700 \times \sqrt{f_c(t)} \quad (3)$$

$$f_c(t) = (t/(a+bt)) \times f_c(t_{91}) \quad (4)$$

3.2.4 外気温

外気温は、表-2 に示した白石ダム近傍の義県気象観測所における過去10年間の月別平均気温データを sin 波で近似し設定した。

$$T(^{\circ}\text{C}) = 8.6 + 16.3 \sin \left[\frac{2\pi \times (t+300)}{365} \right] \quad (5)$$

3.2.5 打込み温度

打込み温度は、運搬、打込み終了時までの温度上昇量を考慮して、練上り温度 (外気温) に 2°C を加えた値とした。プレクーリングが必要な打設制限温度は、中国側のクーリング計画から 15°C とした。なお、経済性の観点から、基礎岩盤の外部拘束の影響が小さくなる高さ (例えば、非越流部の場合は 8 m) 以上では、18°C のケースも設定した。

3.2.6 リフトスケジュール

非越流部 (BL.27)、洪水吐部 (BL.11)、底孔部 (BL.20) の概略リフトスケジュールは、図-2、図-3、図-4 のとおりであり、RCDコンクリートのリフト厚は 75cm である。

表-4 コンクリートの配合

| 区分 | 粗骨材 最大寸 法(mm) | スランプ 及び VC値 | 空気 量 (%) | W (C+F) (%) | F (C+F) (%) | s/a (%) | 単位量 (kg/m ³) | | | | | | | | 圧縮強度 (MPa) | | | |
|----|---------------------|-------------------|----------------|-------------------|-------------------|------------|--------------------------|-----|------|----|--------|-------|-------|------|---------------|------|------|------|
| | | | | | | | 水 | | 細骨材S | | 粗骨材G | | | | 混和 剤 | 7日 | 28日 | 91日 |
| | | | | | | | W | C+F | 砂 | F | 120~80 | 80~40 | 40~20 | 20~5 | | | | |
| 外部 | 120 | 4±1 | 3.0±1 | 58.0 | 30 | 27 | 87 | 150 | 529 | 41 | 396 | 396 | 475 | 316 | 0.51 | 10.2 | 18.9 | 26.9 |
| 内部 | 80 | 10±5 | 3.0±1 | 51.5 | 49.2 | 30 | 67 | 130 | 604 | 46 | - | 622 | 467 | 468 | 0.42 | 9.1 | 15.1 | 24.6 |

表-5 断熱温度上昇式の定数一覧表

| 区分 | C(kg/m ³) | Q _a (°C) | α | β |
|---------|-----------------------|---------------------|-------|------|
| 外部 | 105 | 18.4 | 0.359 | 0.70 |
| 内部(RCD) | 66 | 16.0 | 0.307 | 0.63 |

表-6 弾性定数の物性値一覧表

| 区分 | 物性値 | 外部 | 内部(RCD) |
|--------|-----------------|---|---|
| コンクリート | 圧縮強度推定式の定数(MPa) | a=14.6 b=0.84 f _c '(91)=26.9 | a=18.3 b=0.80 f _c '(91)=24.6 |
| | 弾性係数の補正係数 | φ(t)=0.73 | 材令3日まで 材令5日以降 |
| | ポアソン比 | ν=0.2 | |
| | 熱膨張係数 | α=10×10 ⁻⁶ | |
| 基礎岩盤 | 弾性係数 | E=7,000 MPa | |
| | ポアソン比 | ν=0.3 | |

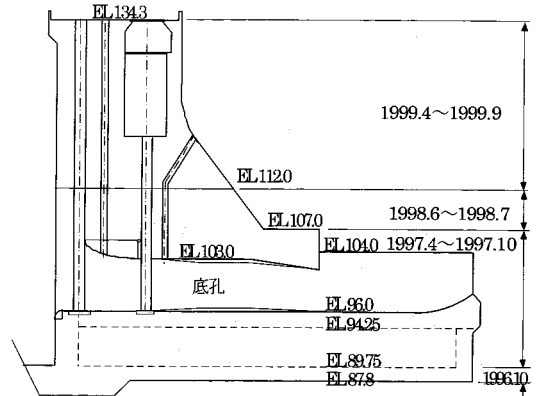


図-4 底孔部の概略リフトスケジュール

表-7 検討ケース

| 検討ケース | 打込温度規制 | 単位: cm, W・m ⁻² °C ⁻¹ 越冬保温養生 | |
|-------|------------|--|------|
| | | 発泡スチロール厚 | 熱伝達率 |
| ケース1 | なし | 対策なし | 14 |
| ケース2 | 上限一律15°C | 対策なし | 14 |
| ケース3 | 上限一律15°C | 3 | 1.1 |
| ケース4 | 上限一律15°C | 6 | 0.6 |
| ケース5 | 上限15, 18°C | 3 | 1.1 |

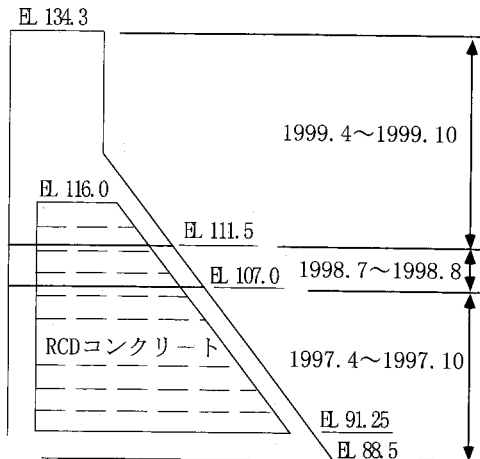


図-2 非越流部の概略リフトスケジュール

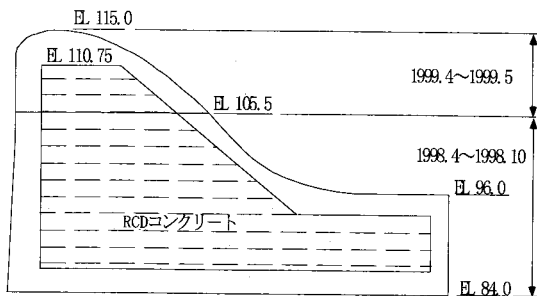


図-3 洪水吐部の概略リフトスケジュール

3.3 検討ケース

クラック抑制対策として、①打込み温度の制限、②越冬保温養生を想定し、表-7に示す検討ケースを設定した。

3.4 解析モデル

解析モデルは、非越流部、洪水吐部については、上下流断面方向をモデル化した。底孔部は、その岩着コンクリート(EL.87.8~EL.89.75)打設後すぐに越冬する計画であり基礎岩盤による外部拘束が懸念されるため、その箇所を抽出した上下流断面をモデル化した。さらに、底孔部のダム軸方向についても左右対称である構造物の片側をモデル化した。解析モデル概念図を図-5に示す。解析モデルの規模および解析ステップは、非越流部を例にとると、総節点数が1,103、総要素数が1,023、解析ステップ数は2,215(堤体打設開始半年前から

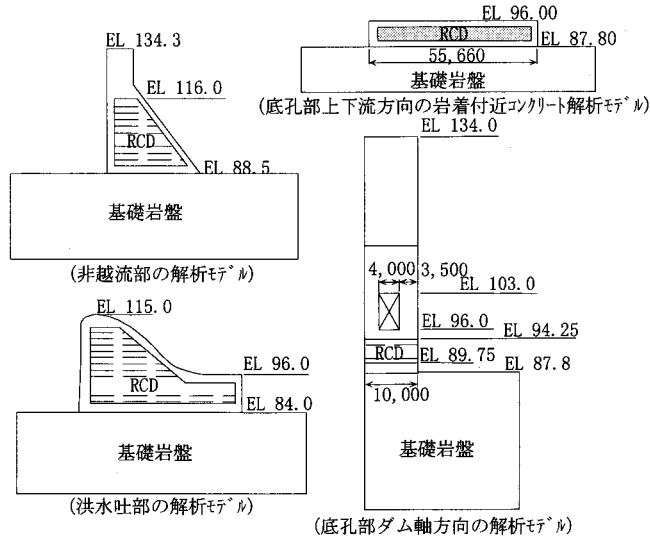


図-5 解析モデル概念図

表-8 最大引張ひずみ一覧表

| 検討 ケース | 非越流部 | | 洪水吐部 | | 底孔部 (上下流) | | 底孔部 (ダム軸) |
|-----------|----------|---------|----------|---------|--------------|---------------|--------------|
| | 上下 流面 | 越冬 面 | 上下 流面 | 越冬 面 | 岩着 部 | 底孔 部 下部 | 開口部 周辺 |
| ケース1 | 205 | 171 | 135 | 76 | 72 | 180 | 207 |
| ケース2 | 122 | 98 | 134 | 76 | 72 | 110 | 226 |
| ケース3 | 59 | 41 | 103 | 42 | 72 | 63 | 130 |
| ケース4 | 32 | 36 | 101 | 40 | 72 | 40 | 97 |
| ケース5 | 78 | 53 | 103 | 41 | - | - | - |

単位：μ

打設完了後3年の6年間、解析時間刻みは1日である。

3.5 解析結果

各検討断面における上下流面、越冬面などの着目箇所の最大引張ひずみを表-8に示す。抑制対策を採用しない場合、コンクリート標準示方書[ダム編]⁶⁾においてコンクリートの許容ひずみとされている100μ以上の引張ひずみが生じ、クラックが生じる可能性が高いことが明らかとなった。この結果より、各部のコンクリートクラック抑制対策を次のように提案した。

①非越流部

- ・プレクーリング（打込み温度規制値：15、18℃）
- ・上下流面、越冬面の越冬保温養生（発泡スチロール3cm）

②洪水吐部

- ・プレクーリング（打込み温度規制値：15、18℃）

- ・上流面、越冬面の越冬保温養生（発泡スチロール3cm）
- ・下流面の越冬保温養生（発泡スチロール6cm）
- ・下流面の一部（100μ以上の箇所）に補強筋の配筋

③底孔部

- ・プレクーリング（打込み温度規制値：15、18℃）
- ・上下流面、越冬面の越冬保温養生（発泡スチロール3cm）
- ・岩着コンクリート越冬面の湛水養生
- ・開口部の越冬保温養生（上下流面に扉を設置）

4. 岩着コンクリート部クラック発生要因分析

4.1 クラックの発生状況

図-6に示すように、1996年秋に3リフトで打設された層厚1.95mの底孔部岩着コンクリートのすべてのブロックにおいて、翌年春、クラックが発見された。BL.17～BL.23は、中央部に施工目地が挿入されレア長が短くなっているにも拘わらず、上下流ブロック共にクラックが発生していた。クラック幅は0.5～0.9mmで、いずれのクラックもダム軸と平行の方向を主とするものであった。

4.2 クラック発生要因

4.2.1 基礎岩盤の弾性係数の影響

今回の実験計画調査においては、日本側の調査団によりダム軸左岸の既存調査横坑において平板

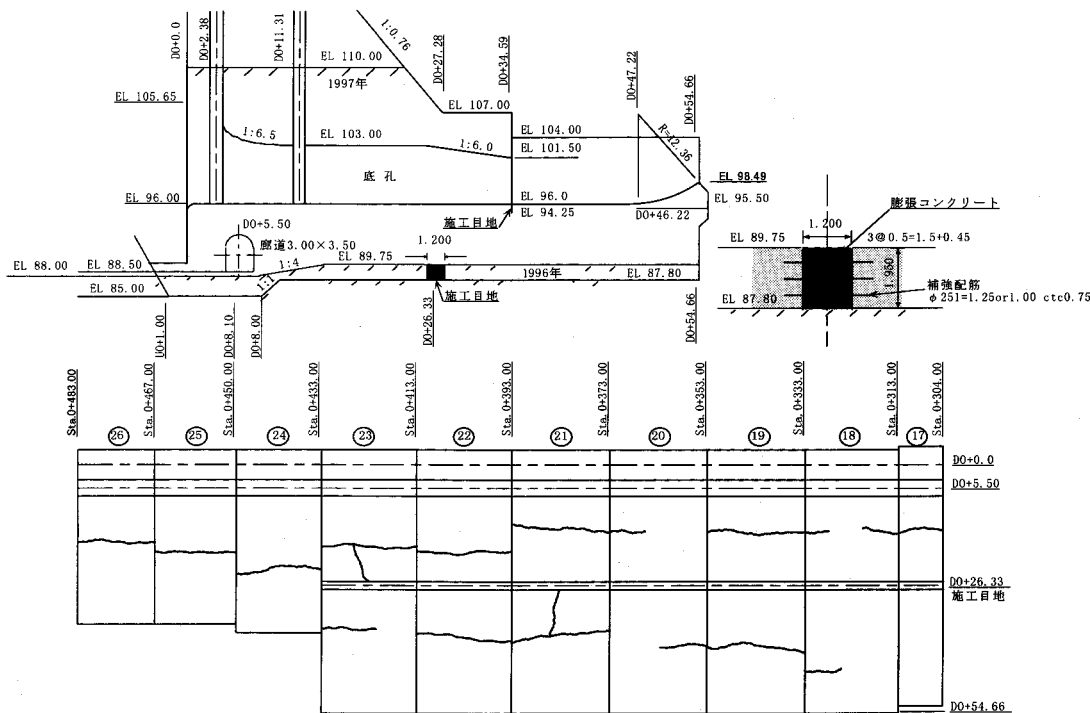


図-6 クラックの分布状況

表-9 平板載荷試験結果

| 試験番号 | 変形係数 | 単位: MPa | |
|--------|-------|---------|--------|
| | | 接線弾性係数 | 割線弾性係数 |
| Ⅲ-2-7E | 3,860 | 9,090 | 2,450 |
| Ⅲ-2-8E | 3,030 | 6,990 | 6,730 |
| Ⅲ-2-9E | 5,050 | 9,090 | 5,200 |

載荷試験が実施されている。表-9は、その試験結果である。

前述した施工前の抑制対策の検討に際しては、掘削基礎地盤に潜在緩い亀裂が残るものと考え、この試験結果の最低値付近に基礎岩盤の弾性係数を想定し、7,000MPaとして解析を行っている。しかしながら、底孔部の基礎岩盤は想定したものより極めて堅固であった可能性があり、弾性係数が10,000MPa程度まで期待できることも考えられる。このことから、結果として外部拘束の影響をより大きく受け、温度応力的に不利になった可能性がある。

4.2.2 湛水養生期間の影響

クラック抑制対策の検討で設定した湛水養生期間は、1996年11月16日から1997年3月1日である。しかし、現場では3月1日以前から水抜きが始まっていたことから、実質的な湛水養生期間は短か

表-10 底孔部(BL.20)打設時の外気温、打込み温度

| リフト | 打設日 | 解析時想定値(°C) | | 実測値(°C) | |
|-----|-----------|------------|------|---------|-------|
| | | 外気温 | 打込温度 | 外気温 | 打込温度 |
| 1 | '96.10.09 | 10.1 | 12.1 | 2~20 | 9~17 |
| 2 | '96.10.12 | 9.3 | 11.3 | 8~25 | 13~17 |
| 3 | '96.10.16 | 8.2 | 10.2 | 2.5~9.5 | 8~11 |

った可能性がある。その結果、内部拘束の影響をより強く受け、温度応力的に不利になった可能性がある。

4.2.3 打込み温度の影響

外気温、打込み温度について、施工前に検討した解析時の想定値と実測値を比較すると、表-10のとおりである。特に、リフト2の打設時の外気温は高く、その影響を受けて打込み温度も高くなっている。このことから、岩着コンクリートの最高温度が高くなり、温度応力的に不利になった可能性がある。

4.3 検討ケースの設定

岩着コンクリート部でのクラック発生は、上述した要因が複合的に影響し合ったことによるものと考えられる。そこで、これらの要因によって生じる引張りひずみの増大の程度を把握し、今後実行

表-11 検討ケース

| 検討 ケース | 基礎岩盤 弾性係数 (MPa) | 湛水養生 期間 | 打込み温度(°C) | | |
|-----------|-----------------------|------------|-----------|------|------|
| | | | リフト1 | リフト2 | リフト3 |
| ケース1 | 7,000 | 11/16~3/01 | 12.1 | 11.3 | 10.2 |
| ケース2 | 10,000 | 11/16~2/20 | 17.0 | 17.0 | 11.0 |
| ケース3 | 10,000 | 11/16~3/15 | 17.0 | 17.0 | 11.0 |
| ケース4 | 10,000 | 11/16~3/01 | 12.1 | 11.3 | 10.2 |
| ケース5 | 7,000 | 11/16~2/20 | 12.1 | 11.3 | 10.2 |
| ケース6 | 7,000 | 11/16~3/01 | 17.0 | 17.0 | 11.0 |

注) ケース2,3,6の打込み温度は、実測値の最大値とした。

可能で有効なクラック発生抑制対策と考えられる湛水養生期間の延長の効果を検証するため、表-11に示す検討ケースを設定し温度応力解析を実施した。解析対象は、施工目地から下流のブロック(D0+26.33~D0+54.66, レア長28.33m)である。ケース1は施工前に検討した解析条件による場合、ケース2は実際の施工時の条件で基礎岩盤の弾性係数、湛水養生期間、打込み温度の影響が複合した場合、ケース3はケース2に対し湛水養生期間を延長した場合、ケース4, 5, 6は、ケース1に対し、基礎岩盤の弾性係数、湛水養生期間、打込み温度について、それぞれの影響のみをみた場合である。なお、解析期間はリフト4の打設前(1997年3月31日)までである。

4.4 解析結果

各検討ケースにおけるリフト2中央部の最大引張ひずみ履歴は、図-7に示すとおりである。ま

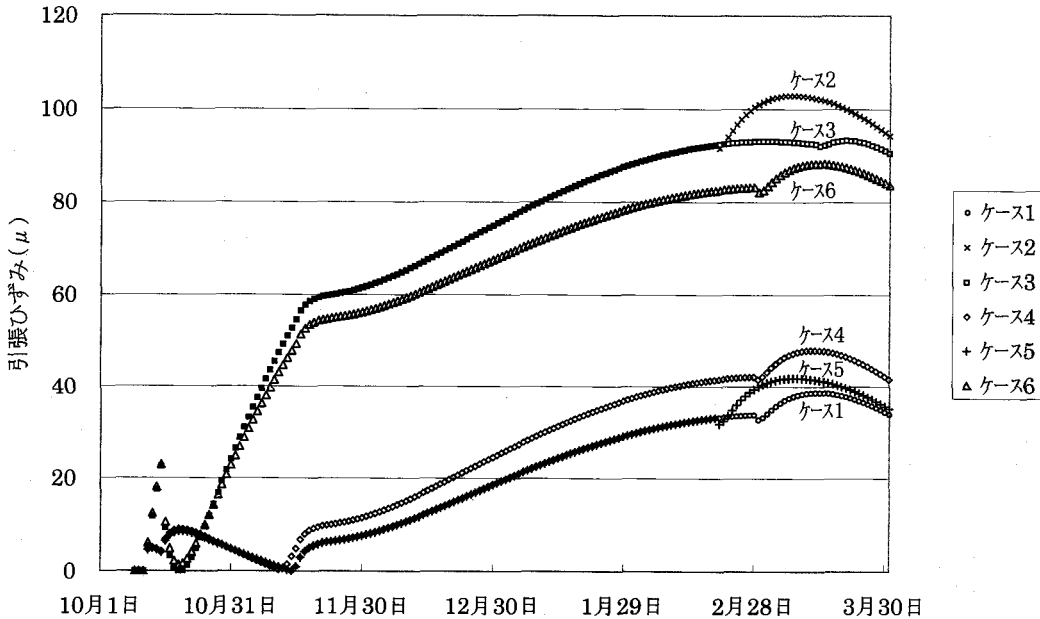


図-7 最大引張ひずみ履歴 (リフト2中央部)

表-12 上下流断面中央部での最大引張ひずみ

| 検討ケース | 単位: μ | | |
|-------|-------|------|------|
| | リフト1 | リフト2 | リフト3 |
| ケース1 | 39 | 39 | 46 |
| ケース2 | 91 | 103 | 69 |
| ケース3 | 85 | 93 | 48 |
| ケース4 | 46 | 48 | 56 |
| ケース5 | 40 | 42 | 53 |
| ケース6 | 79 | 88 | 49 |

た、解析結果から得られた各リフトの上下流方向断面での最大引張ひずみは、表-12のとおりである。

解析結果によれば、ケース2のリフト2において、 103×10^{-6} (103μ)の引張ひずみが発生しており、クラック発生の可能性が高いことを示している。すなわち、基礎岩盤が極めて堅固で、リフト1, 2の打込み温度が想定していた値よりも高く、かつ湛水養生期間が必ずしも十分でなかったことなどが複合的に影響し合って、クラック発生に至ったものと推察される。これに対して、ケース3のように、湛水養生期間を十分に確保すれば、最大引張ひずみは許容引張ひずみ以下に下がり、クラック発生確率は押さえられる可能性があることがわかる。

個々の要因については、打込み温度の影響が最も大きかった。これは、単にリフト1, 2の打込み温度が高かっただけでなく、リフト3の打込

み温度がそれらに比べかなり低かったことから、基礎岩盤の外部拘束の影響に加え、各リフトの温度降下量の差異による内部拘束の影響が大きかったことによると考えられる。また、基礎岩盤の弾性係数の影響は、弾性係数を7,000MPaから10,000MPaに設定すると、引張ひずみは概ね1.2倍増大している。これをACIの方法⁷⁾で基礎岩盤の剛性による外部拘束度の修正係数Mを計算すると、7,000MPaではMは0.42、10,000MPaではMは0.51となり、その比率は1.2となる。すなわち、解析結果の比率と一致する。したがって、基礎岩盤の弾性係数の相違は、外部拘束に影響し、その度合いは簡便なACIの方法によっても推定可能と考えられる。湛水養生期間については、越冬表面であるリフト3がリフト1、2に比べ大きく影響を受け、適切な期間を設定すれば効果の度合いは大きくなると考えられる。

一方、現場において実際のクラックは岩着コンクリートの表面に現れていることから、明らかに貫通クラックである可能性が高い。しかし、ケース2の解析結果では、リフト3の表層は69 μ と許容引張ひずみ100 μ 以下であり、貫通クラックが生じている可能性が高いことを解析結果としては現わすことができていない。そこで、図-8に示す簡便なクラック進展モデルを導入し、貫通クラックか否かを確認し再現する試みを行った。

このモデルは、ある解析ステップで引張ひずみが100 μ 以上の要素を生じた場合、次のステップでは以下の計算を行うこととしたものである。①要素の引張方向の弾性係数、ポアソン比を便宜的に0に近い値を与える。ただし、その直角方向の弾性係数、ポアソン比は、通常のコングリートの物性値を与える。②引張方向に解放応力による荷重を節点に載荷する。その結果、図-9に示すように、

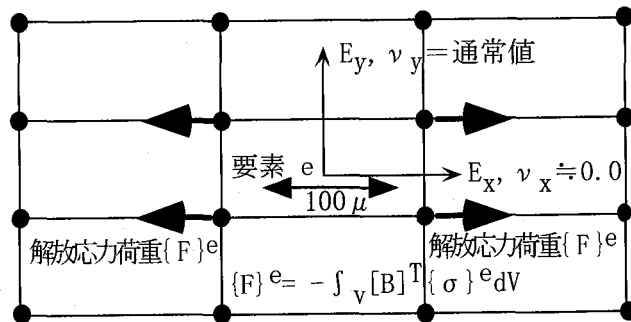


図-8 クラック発生後の解析モデル

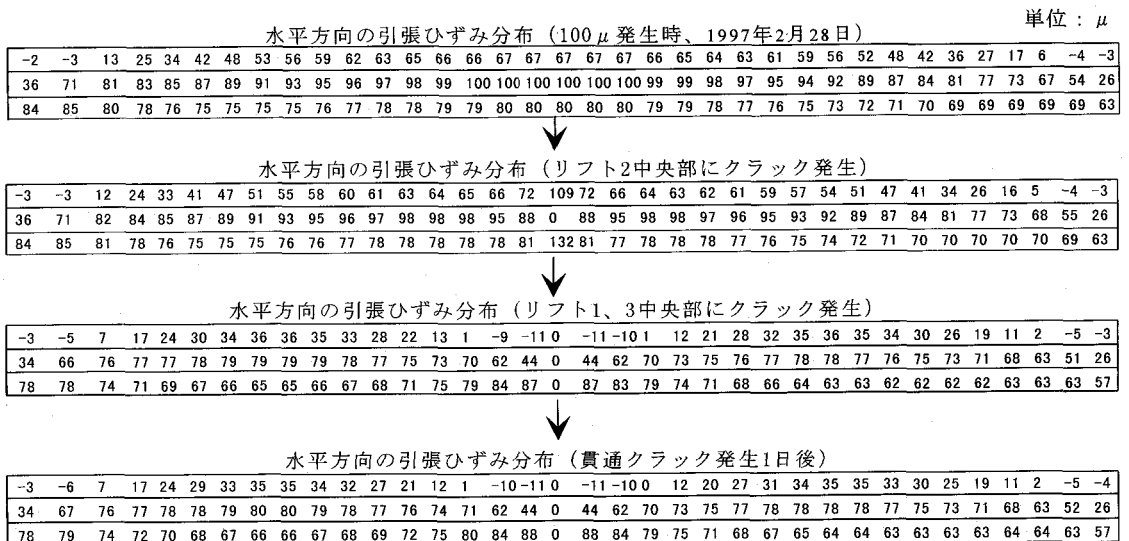


図-9 クラック進展解析結果

岩着コンクリート中央部において、リフト2が水平方向の許容引張ひずみを越えて引張破壊を起こすと、その上下リフトであるリフト1, 3において、 100μ 以上の引張ひずみが生じ、順次クラックが進展し貫通することをモデル的に再現することができた。このことは、ここで提案した簡便なモデルが、クラック進展を追跡し、貫通クラックとなるかどうかを検討する手法として用いることができる可能性を示唆しているものと考えられる。

4.5 今後の施工管理に対する留意点と解析上の課題

以上の検討結果を踏まえて、白石ダムにおけるその後の岩着コンクリート部の施工管理については、次の点に留意する必要があることを提案した。

- ① 岩着コンクリート部は、温度応力的に外部拘束の影響が大きく、そのため打込み温度の影響を大きく受けると考えられる。従って、できる限り打込み温度を低くするよう配慮する必要がある。
- ② 仮に温度応力的に悪条件が重なったとしても、湛水養生期間を十分に確保すれば、クラック発生の抑制に対し大きな効果があると考えられる。従って、少なくとも湛水養生を短縮しないこと、できれば、2週間程度延長することが望ましい。また、今回の検討を通じて、FEMによる温度応力解析を行う上においては、
 - a. 基礎岩盤の弾性係数は、堤体の安定計算を行う場合とは反対に、危険側の温度応力解析結果を導出する最大値側の試験値を用いる必要があること、
 - b. 越冬のため休止される放置ブロックの温度応力問題を取り扱う際には、過去の外気温の平均温度データに基づく解析のみならず、休止直前の日最高気温の平均データを入力した解析も必要であること、
 - c. 本解析では便宜上、許容ひずみを 100μ として検討を行っている。しかし、表-4に配合を示したように、細骨材の中にもフライアッシュが混入されていることから、その多量のフライアッシュが各材令の許容ひずみに与える影響は明らかではない。より解析精度を高めるためには、現場配合コンクリートの許容ひずみを確認しておく必要があること、

などが課題として上げられた。

5. おわりに

以上をまとめると、次のとおりである。中華人民共和国遼寧省で建設中の重力式コンクリートダムである大凌河白石ダムにおいて、1996年秋に打設された岩着コンクリート部（厚さ約2m）の全てのブロックにダム軸と平行方向のクラックが翌年春に発見された。発生形態から、このクラックは温度応力に起因するものであると考えられた。そこで、クラック発生に至った要因を分析することを目的として、現地の打設条件をパラメータとする2次元有限要素法による温度履歴解析及び温度応力解析を行った。その結果、基礎岩盤の弾性係数の過小評価、湛水養生の早期終了、コンクリート打込み温度の想定以上の高温といった複数の要因が相互に影響したことが原因であることが明らかになった。また、この温度応力解析の際に簡便なクラック進展モデル解析を導入したところ、クラックが貫通クラックであるか否かの判定が可能である見通しを得た。

現在、国内において柱状ブロック工法や拡張レーア工法などで施工されている重力式コンクリートダムにおいても、規模の大小を問わないならば、少なからず岩着コンクリート部で温度応力によるクラックが発生している。いずれも事後の処理が適切になされていることから大事には至らないと確信しているが、温度応力によるクラック発生抑制対策は、マスコンクリートにおける技術的課題として取り上げられて久しいにも拘わらず、今なお今日の課題である。通常は、計画・設計段階で温度応力解析を予め行い、クラック発生抑制のための規制値が設定されるが、施工現場においては、材料物性値のバラツキ、施工管理時の不確定要因などが常に存在することから、規制値内であってもクラックが生じること、逆に、規制値を超えていてもクラックを生じないこともあり得ると考えられる。しかしながら、結果として生じたクラック発生に係る一つのダム現場からの反省情報が、広く他ダムで活用される情報となってきたとは言い難いのも事実である。今後は、現場における各種実測データや解析結果が広く公表され、ダム技術の真の蓄積がなされることを期待するものである。

なお、本報は、前報¹⁾で報告した「マスコンクリートの温度応力制御技術について(その1)－解析的予測手法－」の続編である。温度応力を予測するための解析手法や温度応力解析の手順について興味のある方は、前報を参照されたい。また、本報の要因分析を実施するに当たり、近畿大学農学部長谷川高士教授から貴重な示唆と助言を戴いた。さらに、本件を発表するにあたり、国際協力事業団及び本実験計画調査団長矢野信一氏にはご理解を戴き快諾を得た。記して感謝する次第である。

引用文献

- 1) 石川雅美・長束 勇(1991)：マスコンクリートの温度応力制御技術について(その1)－解析的予測手法－，水と土85，pp.2～12
- 2) たとえば，原 稔明・小坪洋巳・山口温朗・自閑茂治(1988)：マスコンクリートの温度応力とクラックに関する実測解析，ダム技術 Vol.6-1，pp.63～74
- 3) 長谷川高士(1998)：温度規制計画，京都大学大学院農学研究科施設機能工学研究室
- 4) 土木学会(1996)：コンクリート標準示方書，施工編，pp.184～191
- 5) ダム技術センター(1987)：多目的ダムの建設，設計 I，p.212
- 6) 土木学会(1996)：コンクリート標準示方書，ダム編，p.8
- 7) 日本コンクリート工学協会(1991)：マスコンクリートのひびわれ制御指針，p.65

小田ダム基礎の軟岩掘削暴露試験

長 沼 満 富*
(Mitutomi NAGANUMA)

畠 山 順**
(Jun HATAKEYAMA)

目 次

| | | | |
|-------------------|----|-----------------|----|
| 1. 事業概要 | 43 | 5. 掘削暴露試験 | 45 |
| 2. 小田ダムの概要 | 43 | 6. 試験結果 | 47 |
| 3. ダムサイトの地形 | 44 | 7. まとめ | 52 |
| 4. ダムサイトの地質 | 44 | 8. おわりに | 52 |

1. 事業概要

迫川上流農業水利事業は、宮城県北部の栗原郡及び登米郡にまたがる築館町外7町並びに岩手県西磐井郡花泉町に展開する水田1万ha余の農業地域を対象とする国営かんがい排水事業である。

(図1-1参照)

本地区の農業用水の水源は、北上川水系迫川及びその支川の二迫川、三迫川並びに花山ダム(迫川)、栗駒ダム(三迫川)に依存しているが、河川の自流量が乏しいため、排水河川の堰上げ及び強力な番水制の実施により、かろうじて用水不足に対処しており、恒常的な水不足を呈している状況にある。取水施設は藩政時代の施設であり、老朽化が著しく小規模な施設が多いため、維持管理に多大な労力と費用を要している。

このため、本事業では、地区上流部に小田ダム及び荒砥沢ダムを築造して、農業用水の安定供給を行うとともに、平野部に点在する取水施設の統廃合を行い農業用水の合理的配分を行う。併せて、その他関連する県営及び団体営事業により、末端用排水路の整備、区画整理等の農業基盤整備を実施し、大型機械の導入を促進し、農業経営の近代化と安定を図るものである。なお、小田ダム及び荒砥沢ダムは、宮城県の治水事業との共同事業として実施し、もって地域の総合開発に資するものである。

本報では、過年度に実施した小田ダム基礎掘削

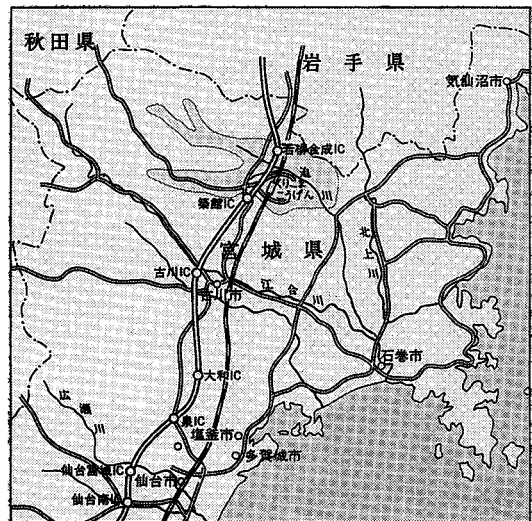


図1-1 事業位置図

における暴露試験の結果と、これに基づくいくつかの考察について述べる。

2. 小田ダムの概要

小田ダムは、一級河川北上川水系迫川の支川長崎川の上流で、宮城県栗原郡一迫町長崎川台に建設するかんがい用水の補給、洪水調節を併せた多目的ダムである。

本ダムは、堤高43.5m、堤頂長520.0m、堤体積127万 m^3 、総貯水量871万 m^3 の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。ダムの基礎岩盤は地質年代の新しい第三紀鮮新世の泥岩からなり、堤内水平ブランケットを含む幅の広いコアゾーンと、ブ

*東北農政局土地改良技術事務所 (Tel 022-295-5544)
**東北農政局迫川上流農業水利事業所 (Tel 0228-22-9321)

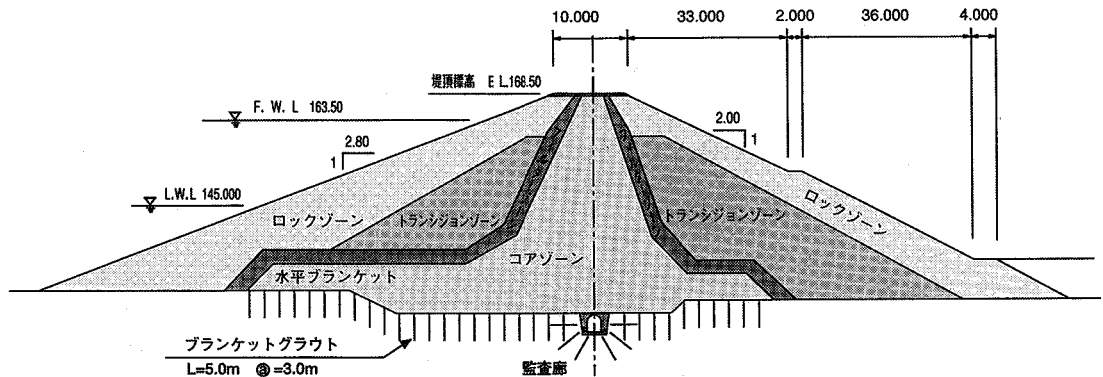


図 2-1 堤体標準断面図

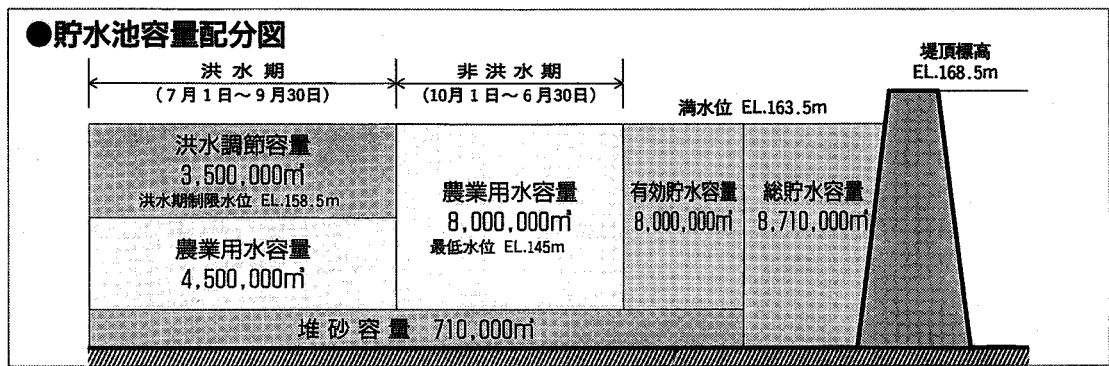


図 2-2 貯水池容量配分図

ランケットグラウトによって止水する構造である。
(図 2-1 及び図 2-2 参照)

3. ダムサイトの地形

ダムサイト及びその周辺の地形は、丘陵地と段丘・沖積平坦面に区分される。このうち、丘陵地は奥羽山脈の東端から連続し、頂高標高は150~200mで東南東に向かって標高を減じている。尾根幅は広く、稜線の起伏は緩やかである。また、丘陵地斜面の傾度は15~30度で、頭部傾斜面ほど急になっている。

段丘平坦面は、上位、中位、下位の三段の段丘面に区分され、山地裾部の標高135~180mに分布している。一方、沖積平坦面は、丘陵地間低地帯として河川沿いに細長く横たわっている。その発達は大規模で、幅広い所でも数10m程度である。

4. ダムサイトの地質

ダムサイト周辺一帯は、新第三紀中新世の細倉

層、鮮新世の竜ノ口層を基盤として、新第三紀鮮新世~第四紀更新世の北川層が、広範囲に厚く分布している。ダムサイト付近では細倉層の分布は狭く、ダムサイト下流1km付近の丘陵麓部及び南方約1.5kmの独立丘に分布するのみであり、主として竜ノ口層及び北川層の凝灰岩類から構成されている。(表 4-1 参照)

4-1. 竜ノ口層

竜ノ口層は、非海成の珪藻・貝化石と植物化石を含む泥岩からなる。固結度は低く、ハンマーの打撃で尖頭部は岩盤に突き刺さる。層理の発達程度により塊状泥岩 (T-Mm)、層状泥岩 (T-M1) の2層に区分され、地表部に露出するのは塊状泥岩 (T-Mm) のみであり河床部に分布している。地質構造は、左岸側上流に向かって10~20°で緩く傾斜している。また、破碎帯を伴う断層はないが、潜在的な割れ目は多く認められる。

透水性は、概ね 5 Lu (ルジオン) 以下を示し全

表4-1 ダムサイト地質構成表

| 地質時代 | 地質名 | | 記号 | 最大層厚 | |
|------|------|--------------------|-------------------------------|----------------------------------|--------|
| 新第三紀 | 完新世 | 現河床堆積物 | rd | 5 m | |
| | | 崖錐 | dt | 4 m | |
| | 第四紀 | 更新世 | 段丘堆積物 | Tr ₁ -Tr ₄ | 2~5 m |
| | | | 上部層 | 浮石凝灰岩 3 (火砕流堆積物) | K-Pf-3 |
| | | 中部層 | 熔結凝灰岩 2 (火砕流堆積物) | K-Wt-2 | 60 m + |
| | | | 浮石凝灰岩 2 (火砕流堆積物) | K-Pf-2 | 25 m |
| | | 北川層 | 細粒凝灰岩 | K-Tf | 18 m |
| | | | シルト岩 卓越層 2 | K-Si-2 | 17 m |
| | | | 火山礫凝灰岩 (火砕流堆積物 一部二次堆積物) | K-pTf | 45 m |
| | | | シルト岩 卓越層 1 | K-Si-1 | 17 m |
| | | | 熔結凝灰岩 1 (火砕流堆積物) | K-Wt-1 | 15 m |
| | | | 礫岩 2 | K-Cg-2 | 6 m |
| | 下部層 | 浮石灰岩 1 (火砕流堆積物) | K-Pf-1 | 55 m | |
| 礫岩 1 | | K-Cg-1 | 10 m | | |
| 竜ノ口層 | 塊状泥岩 | 進入岩 | T-M ₁ | 67 m | |
| | 層状泥岩 | 凝灰岩 | T-M ₂ | 60 m + | |
| 中新世 | 細倉層 | 凝灰角礫岩 | Ho | | |

体的に難透水性と評価されるが、河道部の深度20~25mまでは、上下流方向に連続する20Lu以上の透水帯が認められる。一軸圧縮強度は概ね20~25Kgf/cm²程度、孔内水平載荷試験による変形係数(Eb)は深度により増加し概ね1000~3000Kgf/cm²程度、基礎部の浅層部の限界圧力は0.1~0.3Kgf/cm²、深部(5m以上)は1~2Kgf/cm²程度と小さい値を示す。

4-2. 北川層

竜ノ口層と不整合の関係にあり、大きく下部、中部、上部層に区分される。下部層は堤敷には露出せず地表面にも一部を除き露頭しない。中部層は竜ノ口層(一部で北川層下部層)を覆ってダムサイト両岸に広く分布している。下部層は左岸側に東西方向に分布する。

岩層により礫岩層(K-Cg)、浮石質凝灰岩層(K-Pf)、熔結凝灰岩層(K-Wt)、シルト岩卓越層(K-Si)、火山礫凝灰岩(K-Ptf)、細粒凝灰岩(K-Tf)などに細分され巨視的に見て3回の火砕流の発生により形成されたものと考えられる。

透水性は5Lu以下が主体をなすが、局所的にK-Cg、K-Wtの一部に10Lu以上を示す箇所もある。地層構造は概ね水平であるが上部層は下流側に傾斜している。一軸圧縮強度は25~50Kgf/cm²程度、変形係数は500~3,000Kgf/cm²程度である。

5. 掘削暴露試験

小田ダム基礎岩盤は、前述のとおり鮮新世竜ノ口層の泥岩である。基礎掘削に伴う応力開放やスレーキング(劣化や風化)の影響が基礎岩盤に大きく作用することは、定性的に確認されているものの、本ダムの基礎掘削暴露による性状及び強度低下は把握されていない。

そこで、泥岩基礎面の劣化防止策、施工管理方法を決定するために平成8年11月~平成9年5月暴露試験を実施した。以下にその概要を試験時系列的にのべる。(図5-1参照)

5-1. ヤード掘削

竜ノ口層の泥岩が一樣に分布するダムサイト上流(L=200m)の左岸に240m²(30m×8m)の試験ヤードを設定した。地表から1m程度掘削して、応力開放による影響を受けた岩盤を除去し、掘削面は人力により平坦に仕上げた。岩盤暴露ヤードとモルタル吹付ヤードに区分し角部に1m²程度の排水ピットを設置した。

5-2. スケッチ及びピット掘削

(1) 岩盤暴露ヤード

応力開放、スレーキング等による劣化の度合いと範囲を調べる目的で、新鮮部では掘削直後、14日目(2週間目)、28日目(4週間目)、90日目(3ヶ月目)に、風化部では、掘削直後、28日目(4週間目)、90日目(3ヶ月目)にそれぞれ試験面のスケッチを行った。また、鉛直方向の劣化状況を確認する目的で、新鮮部では掘削直後、4週間目、6ヶ月目の原位置試験、風化部では掘削直後、4週間目、3ヶ月目の原位置試験をそれぞれ実施した。さらに試験終了後にピット掘削し、暴露の性

| 試験ヤード | | 掘削直後 | 暴露1週目 | 暴露2週目 | 暴露3週目 | 暴露4週目 | 暴露5週目 | 暴露6週目 | 暴露3ヶ月目 | 暴露6ヶ月目 |
|-------------------|-------|--------|--------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|--------|
| 岩盤暴露ヤード (新鮮部) | Aヤード | ● | | | | | | | | |
| | Bヤード | | | ○ | | | | | | |
| | Cヤード | | | | | ● | | | | |
| | Dヤード | | | | | | | | ○ | |
| | Eヤード | | | | | | | | | ● |
| 岩盤暴露ヤード (風化部) | A'ヤード | ● | | | | | | | | |
| | B'ヤード | | | | | ● | | | | |
| | C'ヤード | | | | | | | | ● | |
| 吹付けヤード (1週目打設) | Fヤード | | モルタル打設 | | ○ | | | | | |
| | Gヤード | | モルタル打設 | | | | ● | | | |
| | Hヤード | | モルタル打設 | | | | | | ○ | |
| | Iヤード | | モルタル打設 | | | | | | | ● |
| 吹付けヤード (2週目打設) | Jヤード | | | モルタル打設 | | ○ | | | | |
| | Kヤード | | | モルタル打設 | | | | ○ | | |
| | | (電気探査) | (電気探査) | (電気探査) | | (電気探査) | | | (電気探査) | (電気探査) |

○：スケッチ+原位置試験

●：スケッチ+原位置試験+ピット掘削

図5-1 暴露試験実施工程

状変化を確認し、後述する岩石試験に供する試料の採取を行った。

(2) モルタル吹付けヤード

新鮮部に、掘削後7日目(1週間目)、14日目(2週間目)の2回に分けて、厚さ5cmのモルタルを打設したヤードを造成し、21日目(3週間目)、35日目(5週間目)、42日目(6週間目)、90日目(3ヶ月目)、180日目(6ヶ月目)にモルタルを除去して試験面のスケッチを行い、劣化の度合いを観察した。また、鉛直方向の劣化状況の確認のため、35日目と180日目の原位置試験終了後にピットを掘削し、暴露後の性状変化を深度方向に確認した。さらにこのピットを利用して岩石試験の試料を採取した。

5-3. 比抵抗映像法電気探査

比抵抗映像法は、応力開放及びスレーキングの進行状態を非破壊的に推定する目的で実施した。測定は、掘削直後、暴露14日目、28日目、90日目、180日目(暴露7日目は参考値)に実施した。また、モルタル吹付の効果測定のため、掘削後7日目及び掘削14日目にそれぞれ区間を変えて厚さ5cmのモルタルを打設した。

調査においては、電極をあらかじめ全測点に設置し、測定器と接続しておき、電流、電位電極の移動をジオエレクトリックスキャナのスイッチ切り替えて実施した。(図5-2参照)

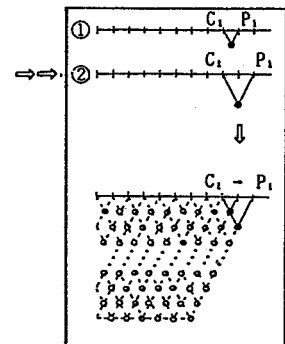
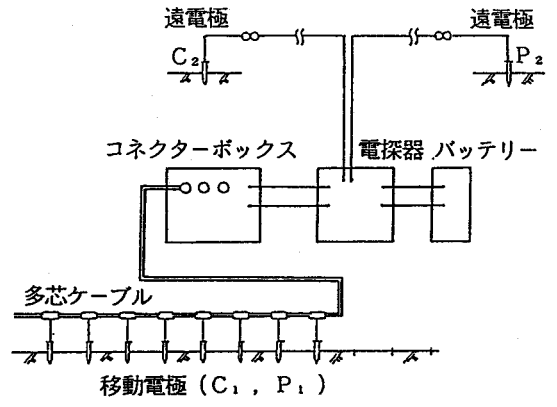


図5-2 比抵抗映像法測定概略図

また、測定日毎に電極の設置状態が変わらないように、測線上の電極並びに遠電極は初期状態を

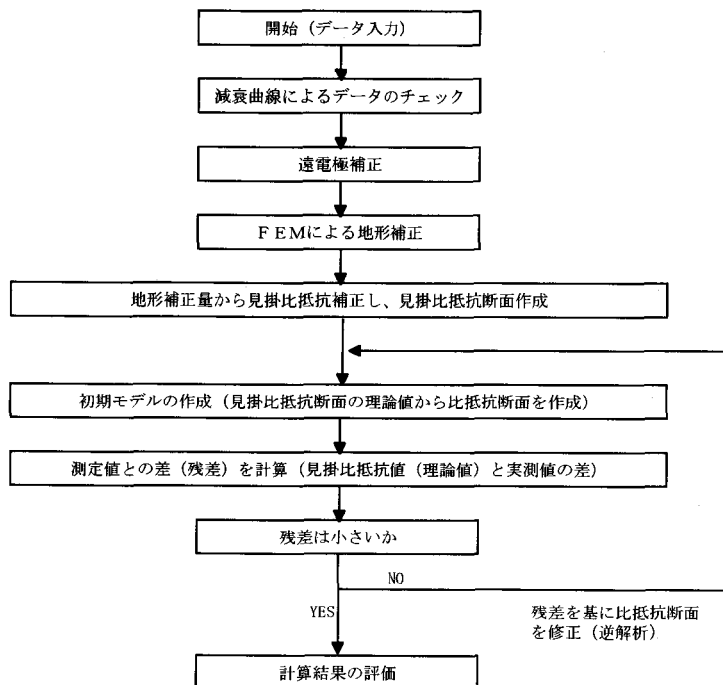


図 5-3 比抵抗映像法電気探査の作業工程

維持した。比抵抗映像法電気探査の作業工程を図 5-3 に示す。

5-4. 土壌硬度試験, 針貫入試験, シュミットロックハンマー試験

岩盤の力学的特性と劣化の経時的变化を把握するため, 山中式土壌硬度計による貫入抵抗測定, 軟岩ペネトロ計による針貫入試験並びにシュミットロックハンマーによる試験をそれぞれ実施した。測定は, 各試験ヤードの地表面で各回25点, また, 土壌硬度試験及びシュミットロックハンマー試験についてはピット掘削後の側壁を利用して深度方向も測定した。

5-5. 簡易貫入試験

岩盤の深度方向の力学的特性と劣化の経時的变化を把握するため, 簡易貫入試験を実施した。試験は, 各試験ヤードで各回4点実施した。

5-6. 室内岩石試験

岩石試験は, 岩盤の物理, 力学, 化学的な特性と経時的变化を把握するため実施した。試験項目は次のとおりである。

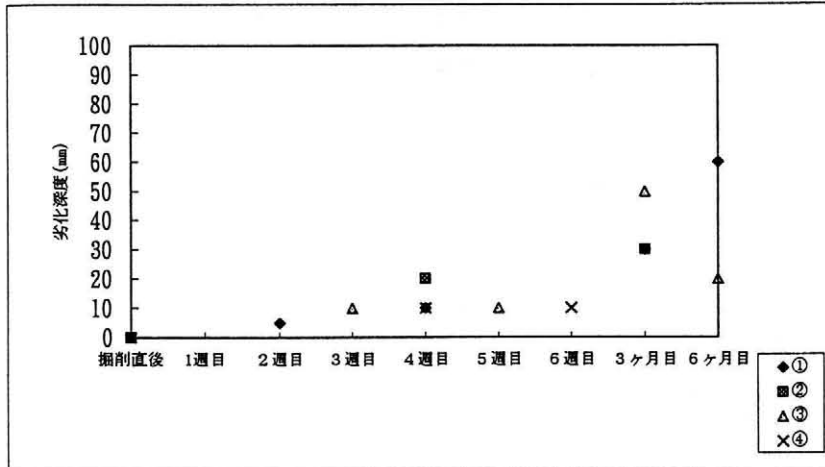
- ①物理試験 — 含水比測定, 密度試験, 吸水率測定
- ②力学試験 — 超音波伝播速度測定, 一軸圧縮強度試験, 三軸圧縮強度試験
- ③化学試験 — X線回析分析

6. 試験結果

6-1. 試験ヤード観察結果

試験面の観察結果による劣化深度を図6-1及び表6-1に示す。これによると, 新鮮部の表面無処理の場合, 並びに風化部の表面無処理の場合に経時的に劣化が進行する傾向がみられ, 新鮮部の表面無処理の場合が最も劣化の進行が早く最大60 (mm/6ヶ月) 程度である。一方, モルタル吹付ヤードは, 無処理ヤードと比較すると劣化深度は小さいものの10~20 (mm/6ヶ月) 程度認められた。また, 掘削後1週間目及び2週間目に分けたモルタル打設日 (施工日) による違いは認められない。

なお, 吹付ヤード (1週間後打設) の3ヶ月目に50mm程度の劣化が認められているが, これは凍結によるモルタルと地表面間に30~50mmの水がで



- ①: 岩盤暴露ヤード、新鮮部
- ②: 岩盤暴露ヤード、風化部
- ③: 吹付ヤード、1週後打設
- ④: 吹付ヤード、2週後打設

図 6-1 試験面観察結果による劣化深度図

| 測定日 | 劣化深度 (mm) | | | |
|------|-----------|----|----|----|
| | ① | ② | ③ | ④ |
| 掘削直後 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1週目 | | | | |
| 2週目 | 5 | | | |
| 3週目 | | | 10 | |
| 4週目 | 10 | 20 | 10 | 10 |
| 5週目 | | | 10 | |
| 6週目 | | | | 10 |
| 3ヶ月目 | 30 | 30 | 50 | |
| 6ヶ月目 | 60 | | 20 | |

- ①: 岩盤暴露ヤード、新鮮部
- ②: 岩盤暴露ヤード、風化部
- ③: 吹付ヤード、1週後打設
- ④: 吹付ヤード、2週後打設

表 6-1 試験面観察結果による劣化深度表

きたために見かけ上の劣化深度が大きくなったものである。

6-2. 比抵抗映像法電気探査結果

比抵抗映像法電気探査の測定結果では、比抵抗値10~50 Ω -m程度で、表面付近が低抵抗値を示し、深度とともに高くなる。経時変化をみると、全体的に $\pm 4 \Omega$ -m程度の範囲にあり、暴露3ヶ月目では表層付近がやや高比抵抗を示し、暴露6ヶ月目では掘削直後の値と同程度に戻る。この理由としては、暴露3ヶ月目の測定において表層付近の水分が凍結し、潜在的クラックが発達したことにより岩盤中の空隙が多くなり高比抵抗となったものと考えられる。

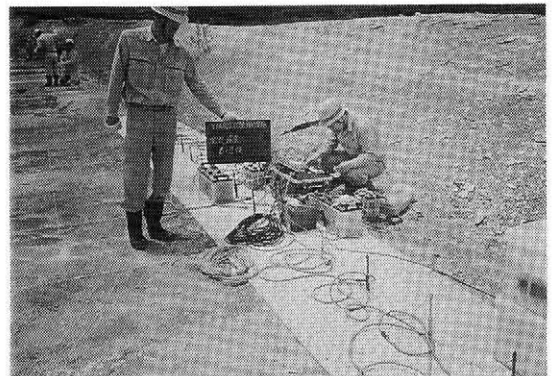


図 6-2 電気探査測定状況 (暴露6ヶ月目)

他時期の測定結果では、深度2~3m付近にやや高比抵抗に変化する個所がみられるが、掘削暴露の影響を最も受けるであろう表層付近に大きな

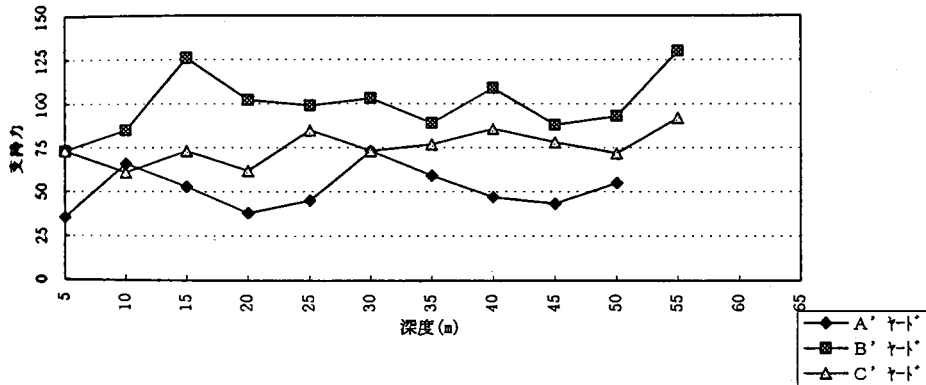


図 6-3 ピット掘削による土壌硬度試験結果図

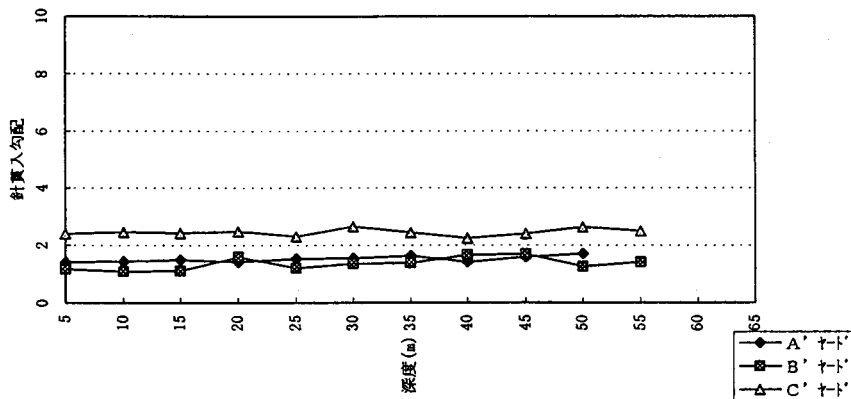


図 6-4 ピット掘削による針貫入試験結果図

変化がみられない。これらのことから、当ダムの基礎泥岩では、掘削暴露による岩盤劣化は深部まで及ばないものと判断される。

6-3. 土壌硬度試験結果

ピット掘削による土壌硬度試験結果を図 6-3 に示す。これによると化効果土壌硬度試験により得られた各試験ヤードの支持力は、46~124Kgf/cm²の範囲に分布し、掘削暴露による劣化傾向は認められない。また、ピット側壁での支持力値は 36~130Kgf/cm²であり、ヤード毎のバラツキに比べると深度方向の値は、ほぼ一定値を示す。このことから、測定値のバラツキは、試験地点の違いによるものであり、掘削暴露による劣化の進行はないと判断される。

6-4. 針貫入試験結果

ピット掘削による針貫入試験結果を図 6-4 に

示す。これによると針貫入試験で得た針貫入勾配は、1.2~2.7kgf/cmの範囲に分布する。データのバラツキは掘削暴露によるものではなくヤード毎のバラツキと考えられる。深度方向もほぼ一定値 (0.9~2.7kgf/cm) であることから、掘削暴露による劣化の進行はないと判断される。

6-5. シュミットロックハンマー試験結果

シュミットロックハンマー試験の測定結果を図 6-5 に示す。これによると各試験ヤードの反発度は、全平均でみると 22~28 の範囲であり、掘削暴露によると考えられる傾向は認められない。また、ピット側壁での反発度は、19~36 の範囲である。測定値のバラツキは、試験点の違いによるものと考えられ、深度方向にほぼ一定の値であることから、掘削暴露による深度方向への劣化の進行はないものと判断される。

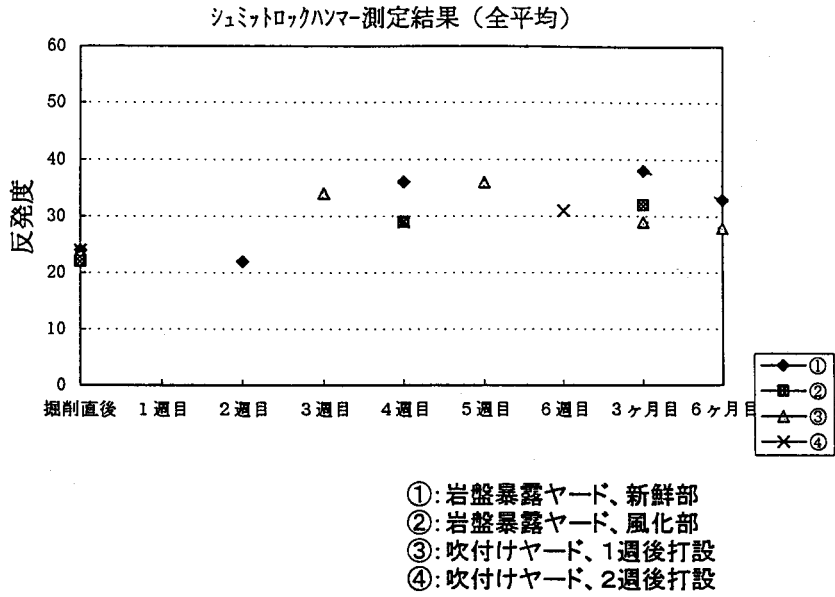


図 6-5 シュミットロックハンマー測定試験

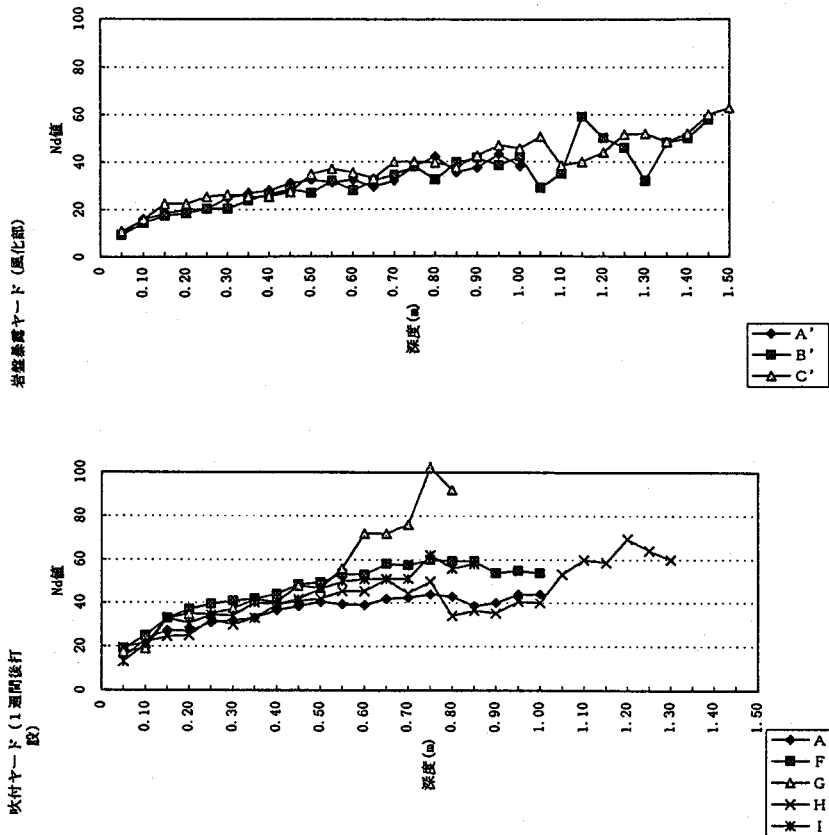


図 6-6 簡易貫入試験結果

6-6. 簡易貫入試験結果

簡易貫入試験結果を図6-6に示す。これによると、試験結果はいずれも深度とともにNd値が高くなる傾向がみられる。この傾向は、貫入試験器の特性によるものであり、深度とともにロット周辺の摩擦抵抗が大きくなり、見かけ上Nd値が高くなる傾向が表れたものと考えられる。ただし、Gヤード深度0.50m付近に見られるような急変点は地層の変化等を示しているものであり、ピット掘削によって、Gヤードの深度0.60m以深には粒子のやや粗い泥岩の分布が確認された。また、いずれの測定結果も、深度0.20m付近に急変点が認められ、以浅はNd値は小さい傾向にあるが、これは、表面付近において貫入試験器の先端コーンが岩盤を円錐状に破壊しながら貫入するためであり、岩盤暴露による劣化の程度を示すものではない。

6-7. 室内岩石試験結果

室内岩石試験結果を表6-2に示す。泥岩の物理特性には新鮮部と風化部に大きな違いは認められず、密度(湿潤)が1.29~1.34g/cm³、吸水率が125~156%、自然含水比が123~155%の範囲にある。また、サンプリング時期による傾向的な違いは認められない。

超音波速度は、P波速度が1.14~1.64km/s、S波速度が0.33~0.78km/sの範囲を示し、暴露6ヶ月目に採取したEヤード、Iヤードの試料がP波、S波ともにやや小さい値を示した。

力学特性のうち、一軸圧縮強度は新鮮部で11.5~13.7kgf/cm²の範囲の値を示している。また、風化部では一部2.2kgf/cm²と小さい値を示すものの全体的には6.7~10.6kgf/cm²の値を示し、いずれもサンプリング時期による傾向的な違いは認められ

表6-2 室内岩石試験結果(新鮮部)

| サンプリング 時期 | 試験項目 試料.No | 一軸圧縮試験 | | | 三軸圧縮試験 | | 簡易 スレーキング試験 (スレーキング指数) |
|--------------|---------------|----------------------------------|------------------------------------|--------------|-----------------------------|----------|------------------------------|
| | | 圧縮強さ qu(kgf/cm ²) | 静弾性係数 Ess(kgf/cm ²) | 静ポアソン比 νs | C (kgf/cm ²) | φ (°) | |
| 掘削直後 | A-No.1 | 13.49 | 1,220 | 0.37 | 2.40 | 16.59 | 1 |
| | A-No.2 | 13.72 | 1,620 | 0.34 | 2.08 | 35.10 | |
| | 平均 | 13.61 | 1,420 | 0.36 | | | |
| 暴露4週目 | C-No.1 | 13.64 | 1,790 | 0.39 | 4.10 | 13.52 | 1 |
| | C-No.2 | 12.53 | 1,620 | 0.33 | 3.31 | 32.23 | |
| | 平均 | 13.09 | 1,705 | 0.36 | | | |
| 暴露6ヶ月目 | E-No.1 | 12.95 | 2,260 | 0.33 | 4.60 | 6.77 | 1 |
| | E-No.2 | 14.99 | 2,300 | 0.28 | 4.20 | 13.19 | |
| | 平均 | 13.97 | 2,280 | 0.31 | | | |

三軸：下段は有効応力

(岩盤暴露ヤード、新鮮部)

| サンプリング 時期 | 試験項目 試料.No | 物理試験 | | | | | | | 超音波速度試験 | | | | |
|--------------|---------------|----------|------|------|--------------------------------|-------------|---------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------------------------|------------------|
| | | 見掛け比重 | | | 湿潤密度 ρt(g/cm ³) | 吸収量 W(g) | 吸収率 Wad(%) | 有効 間隙率 Pe(%) | 自然 含水比 Wn(%) | P波 速度 (km/s) | S波 速度 (km/s) | 動弾性 係数 Ed(kgf/cm ²) | 動ポアソ ン比 νd |
| 自然 | 強制 湿潤 | 強制 乾燥 | | | | | | | | | | | |
| 掘削直後 | A-No.1 | 1.27 | 1.30 | 0.52 | 1.31 | 30.02 | 147.52 | 77.29 | 141.62 | 1.51 | 0.70 | 17,800 | 0.36 |
| | A-No.2 | 1.28 | 1.30 | 0.53 | 1.31 | 32.97 | 145.69 | 77.27 | 142.07 | 1.63 | 0.68 | 17,300 | 0.39 |
| | 平均 | 1.28 | 1.30 | 0.53 | 1.31 | 31.50 | 146.61 | 77.28 | 141.85 | 1.57 | 0.69 | 17,550 | 0.38 |
| 暴露4週目 | C-No.1 | 1.29 | 1.30 | 0.52 | 1.31 | 45.42 | 150.96 | 78.65 | 148.38 | 1.62 | 0.71 | 18,400 | 0.38 |
| | C-No.2 | 1.28 | 1.30 | 0.52 | 1.31 | 45.01 | 151.45 | 78.01 | 148.79 | 1.62 | 0.68 | 17,300 | 0.39 |
| | 平均 | 1.29 | 1.30 | 0.52 | 1.31 | 45.22 | 151.21 | 78.33 | 148.59 | 1.62 | 0.70 | 17,850 | 0.39 |
| 暴露6ヶ月目 | E-No.1 | 1.28 | 1.31 | 0.54 | 1.30 | 42.16 | 143.21 | 76.86 | 138.08 | 1.14 | 0.33 | 2,240 | 0.46 |
| | E-No.2 | 1.29 | 1.31 | 0.54 | 1.30 | 41.07 | 141.18 | 76.58 | 137.13 | 1.17 | 0.36 | 2,110 | 0.44 |
| | 平均 | 1.29 | 1.31 | 0.54 | 1.30 | 41.62 | 142.20 | 76.72 | 137.61 | 1.16 | 0.35 | 2,175 | 0.45 |

ない。三軸圧縮強度試験による粘着力 c と内部摩擦角 ϕ は以下に示すとおりである。

新鮮部 c 2.4 ~ 4.6kgf/m²

風化部 c 0.8 ~ 2.6kgf/m²

新鮮部 ϕ 6.8 ~ 16.6°

風化部 ϕ 11.8 ~ 22.9°

三軸圧縮試験結果は、ダム底部の試料試験との差異が認められたが、各試料採取時期と場所によるものと考えられる。

X線解析は、採取試料で非定方位法と定方位法（水ひ、Hcl、EG処理）で実施した。分析結果は、新鮮部の風化部いずれも構成鉱物に大きな違いはみられない。また膨潤性があることで知られる粘土鉱物のモンモリロナイトについては、各試料で同定されるもののピーク強度は小さく、含有量は少ないものと考えられる。このことは、参考で実施した簡易スレーキング試験結果にも現れており、風化部の試料でスレーキング指数2~3を示すものの、新鮮部の試料ではスレーキング指数1であり、浸水直後に岩片の周囲がわずかに崩れる程度であることから窺える。

7. まとめ

7-1. 経時による泥岩の性状変化

試験面の観察結果によると、表面は風雨等により最大60mm削り取られており、表面から徐々に劣化が進行したのと考えられる。また、各原位置試験結果及び室内岩石試験結果には掘削暴露による岩盤の劣化状況を明らかに示すものは見あたらない。このことは、原位置試験ならびにブロックサンプリングを実施した際に、表面が泥状~砂状を呈し明らかに劣化したと見られる部分を取り除いた状態で行ったことに起因する可能性が高い。

以上のことから、泥岩の暴露による性状変化は、表面付近において顕著であるが、深度方向には進行しなかったものと判断できる。

7-2. 泥岩の劣化防止について

暴露試験結果から明らかなように、暴露による岩盤の劣化は極表面に限られる。また、厚さ5cmのモルタルを打設し、その効果についても試験を行ったが、表面の劣化の程度は無処理の場合に比べて小さいものの進行が認められた。その要因と

して、試験面全体が凍結した時期にモルタルを打設したためであり、岩盤に含まれる水分が凍結することにより岩盤そのものを破壊したものと考えられる。したがって凍結を防止するだけの掘削深が必要であることを示している。本ダムにおける泥岩の劣化に関して、考えられる下記①~③の要因についての考察は次のとおりである。

①掘削に伴う応力解放による潜在的クラックの発達

②乾湿の繰り返しによる固結度の低下

③含水の凍結融解等の湿度変化による岩盤の破壊

①については、今回の試験ヤードがもともと土かぶり薄い（2~3m程度）箇所であり、掘削による応力の解放やリバウンドによってクラックが発達した兆候はみられなかった。

②については、参考値として実施した簡易スレーキング試験には現れていないが、現地において、ピット掘削した岩片を1~2週間放置すると泥状~砂状に劣化する。岩片をラッピングした状態では劣化の進行は認められない。

③については、試験当日が試験面に凍結が発生するような気象条件であり、これが融解して表面が泥状になったことから、この要因が本ダムの暴露試験結果に比較的大きな影響を与えたものと考察される。

以上のことから、岩盤の劣化防止には、岩盤の含水状態を変化させないこと、湿度変化（極端な例として凍結融解）を極力与えないことが重要であると考えられる。

7-3. 基礎岩盤の掘削方法

暴露試験の結果、岩盤の劣化深度は最大60mmである。また、厚さ5cmのモルタル吹付けは、その効果が期待できない状況にある。したがって、掘削手順としては、カバーロック部分を取り除いた方法が適当と考える。また、カバーロックを取り除く作業は冬季を避け、取り除いた直後はシート等で覆い含水状態を変化させない対策が必要である。

8. おわりに

小田ダム基礎は、掘削に伴う応力解放やスレーキングの影響により、劣化が進行し易い泥岩が分布している。掘削暴露による強度低下の把握、及

び基礎岩盤の劣化防止，管理方法等を検討するため，今回ヤードを設けて試験を実施した。試験ヤードは，岩盤暴露ヤードとともにモルタル吹付ヤードを選定し効果判定もできるようにした。多くのデータの一部を紹介したが，今後，同様の現場における検討の一助となれば幸いである。

ダム完成時には，宮城県栗原地域の農業・農村が確実な黎明期を迎えるものと確信する。

「町の西北の堰のほり歩む，数里を流れる堰は豊かにゆるやかに（中略）乙女の衣濯ぐ音の中にも，影うつす星影にも」（栗原の埋もれた口碑，白鳥省吾集より）

西蒲原排水地区の水管理について

丸 山 松 廣*
(Matthiro MARUYAMA)

目 次

| | | | |
|----------------------------|----|-----------------------------|----|
| 1. はじめに | 54 | 4. 水管理の基本思想 | 56 |
| 2. 西蒲原排水地区の概要 | 54 | 5. システム計画の技術的な課題と改善方向 | 59 |
| 3. 水管理システム整備のあり方と進め方 | 56 | 6. おわりに | 64 |

1. はじめに

西蒲原排水事業は、戦後実施された新川事業の整備水準を大通川放水路の新設を基幹とする分散排水方式を取り入れることにより、大幅に改善し、1/50確率降雨の洪水対応が可能となり、農用地のみならず一般資産の保全の役割も担うこととなった。この施設設置者責任等の管理責任を果たすためには、これまでの管理方法を抜本的に見直す必要が従来にも増して生じた。

また、この地域は、常時の排水管理を必要としている低平地で排水の大部分を機械排水に依存しており、これらの施設を管理する西蒲原土地改良区は職員等約300名の体制でこれに取り組んでいるが、機械排水を中心とする管理のため管理費の増大に苦慮している状況である。

水管理については、これまでの新川システムによる管理方法の検証を踏まえ、公平でかつ安全な管理体制への整備や、維持管理費を極力軽減するなど、新たな水管理の基本思想の基で水管理監視制御システムを整備することとしている。

本報文では、主な水管理の技術的な課題と検討内容及び、新しい水管理の基本思想と新技術の導入により構成したシステムについて紹介する。

2. 西蒲原排水地区の概要

西蒲原地域は、新潟県の中央部に位置し約350 km²に広がる沖積、海岸平野が入交じった排水不良の低平地形であった。戦後、国営新川土地改良事

業等の各種土地改良事業が実施され排水改良が進められた結果、水稻作を中心とした農業基盤として一応の整備がなされた。

しかし、昭和53年6月の未曾有の集中豪雨では、湛水被害が西蒲原地域の全域にわたり、湛水深30 cm以上の面積は実に6,000haを超えるものであった。これを契機とし、国営かんがい排水事業と併せ行う国営農地防災排水事業の西蒲原排水地区として昭和55年度から実施している。

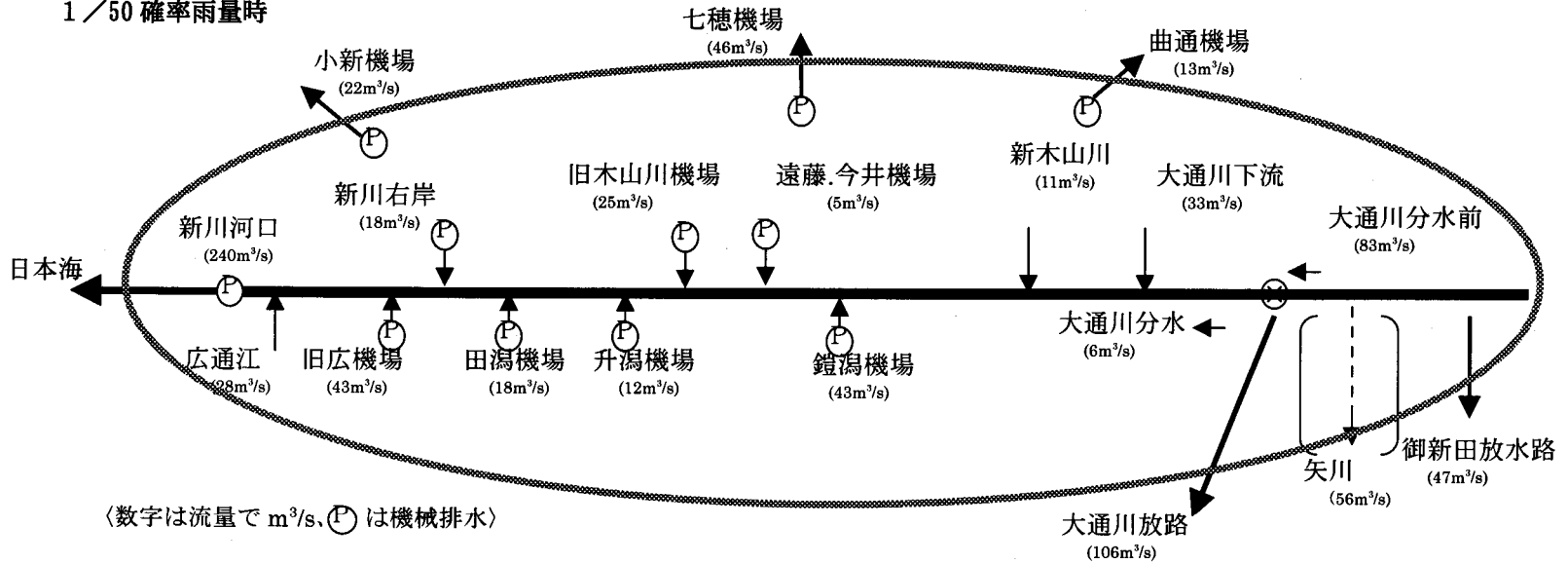
この排水計画は、①従来の一般的かんがい排水事業の1/10から農地防災事業として1/50確率降雨に対応する施設の整備水準に引き上げること、②従来の新川に集中した排水計画を抜本的に改め、常時機械排水、洪水時機械排水及び自然排水の3種類の15排水ブロックに細分化し上下流の公平性を保ち、大通川上流部、御新田、七穂地区等を直接地区外に排水する分散方式に変更したことを特徴としている。

以上により西蒲原平野の排水可能量は、計画排水量を(図1-1)に示すとおり現況319m³/s(現況おおむね1.0m³/s/km²)から530m³/sと約7割増強され、洪水に対する安全度が著しく向上し、水田の汎用化が可能となる。

一方、用水の地区外からの取水量は、75m³/sで、総排水量の15%、新川河口排水機場のポンプ排水量の3割を占める。地区内では、新川等からの反復取水による排水ブロック間移動量は50m³/sである。このことから、本地区の水管理において、地区内から新川への機械排水を保証するには、大通川分木工のゲート操作と、地区内への用水取水及び反復取水の停止がキーポイントとなる。

*北陸農政局西蒲原農業水利事務所 (Tel 0256-73-3101)

1/50 確率雨量時



〈数字は流量で m^3/s 、(P) は機械排水〉

| | 河 口 | 機 械 排 水 (分散) | 大通放水路 (分散) | 国上 (分散) | 計 | 備考 | |
|------------------|-------------------------------|--|------------------------------|-----------------------------|-------------------------------|-----------------------|---------------------------|
| | | | | | | 矢川 | 総計 |
| 地区外へ排水 (流域面積) | $240m^3/s$ ($157.1km^2$) | $22, 46, 13 m^3/s$ 計 $81m^3/s$ ($56.4km^2$) | $106m^3/s$ ($66.2km^2$) | $47m^3/s$ ($33.7km^2$) | $474m^3/s$ ($313.4km^2$) | $56m^3/s$ $35km^2$ | $530m^3/s$ $348.4km^2$ |

(内訳)

| 新川へ排水 | 機 械 排 水 | | 自 然 流 入 | | 計 | |
|-------|---------|-------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|---|--|
| | 右岸 | $18, 25, 5 m^3/s$ 計 $48m^3/s$ | 28, 11, 33, 6 m^3/s 計 $78m^3/s$ | $242m^3/s$ ($164m^3/s + 78m^3/s$) | | |
| | 左岸 | $43, 18, 12, 43 m^3/s$ 計 $116m^3/s$ | | | | |
| | 計 | $164m^3/s$ | 大通除く自然流入 $78m^3/s - 6m^3/s = 72m^3/s$ | | | |

(注) 機械排水比率: $(240+81)/474=67\%$ 延べ機械排水比率: $(240+81+164)/474=102\%$

図 1-1 計画排水模式図

3. 水管理システム整備のあり方と進め方

3.1 確実な災害の防止を図る安全管理

新川は、水が流れにくい池状態の排水路であるため、特に、異常洪水などの場合に気象台の降雨警報が発令されると洪水の警戒管理として、予め水位を下げる操作体制（見込み運転）に入る。

更に、状況によっては、新川の堤防からの溢水を防ぐためポンプの運転を中止することも必要となる場合が想定され、このために情報を一元的に把握し、敏速且つ的確な判断を行う高水管理が必要である。

また、基礎的な排水条件等を備えた水田の汎用化を図るためには、良質な排水管理が必要であり、農業基盤の維持を図るために的確な低水管理が必要となる。

3.2 管理経費の軽減

従来から低平地域の排水改良は、農業生産の観点から農業側が実施して来た。更に、その管理をも農業側が行っている。しかし、都市化等に伴う農地転用は盛土により、転用した農地が従来持っていた貯留機能を無くし、周辺農地への湛水の拡大、降雨流出の早期化、増大化を生じている。これらの負担については、相変わらず農業側が負担している状況である。このため、農業側と都市側との管理費負担の公平性や、平等な水管理が求められている。

更に、増加した施設（新增設機場等）に応じて管理費が上昇するが、現下の状況では、農業側での維持管理費負担が荷重となっている。

排水施設等の持続的な継承のためには、極力、

機械化を行い常時管理を無人化した管理経費の軽減を図る必要がある。（図3-1）

3.3 管理体制の改善方向

- ①中央管理所における国又は県一土地改良区による一元的な管理体制の確立。
- ②1/10～1/20程度の降雨量までは、中央管理所の監視操作で機場無人運転と巡回による保守点検を実施する管理体制の確立。
- ③排水に関わる用水施設の排水管理への取込み。
- ④計画の管理体制を定めるにあたって、施設の適正な点検・保守体制を確立すると同時に、労働過重にならないよう仕事量の適正な配置を考慮した上で、最大限管理要員を削減する必要がある。このためには、現在行われているブロック管理体制を更に押し進め、巡回体制による常時の無人化を行う必要がある。
- ⑤管理体制は、交代制を原則とし、ブロック管理での専門的な管理方法から任意の施設の管理が可能で一般的な管理方法を行うことが必要である。
- ⑥機械排水施設を管理する土地改良区の賦課金は、全国有数の高額となっている現状等を踏まえ、今後10年を目途に現在の300人体制から200人体制への組織体制に改善する必要がある。（図3-2）

4. 水管理の基本思想

4.1 新川の水管理

新川の水管理（外水管理）とは、分土工、新川河口機場の運転管理を通して新川・大通川の既存断面で計画した未改修区間（チェックポイント）

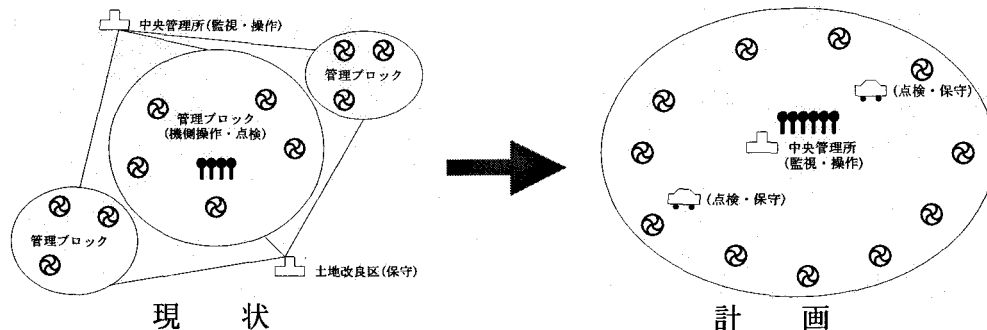
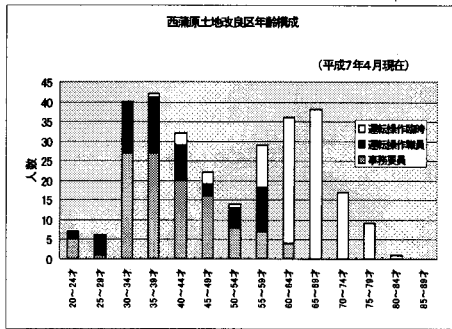
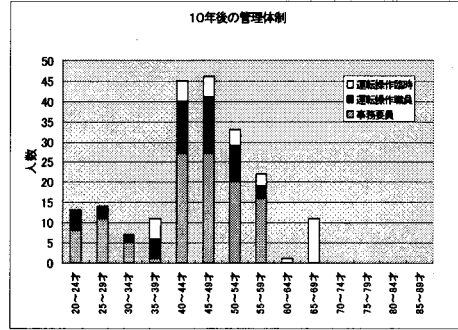


図3-1 管理体制



＜現在の300人体制＞



＜200人体制＞

図3-2 組織体制

の高水管理と反復用水源の取水位を確保する低水管理である。(図4-1)

具体的には、①かんがい期で無降雨時から降雨が発生すると、外水位を用水モードから排水モードへと急速反転させる操作を行う必要があること、②異常洪水時には、新川・大通川の既存堤防を溢水させないために、排水機場の停止を検討する必要があるなどである。

4.2 新川システムの水位制御

現新川システムでの新川水位制御は、河口機場(親機場)の水位で操作した場合には操作遅れが発生するため治水上最も危険な地点をチェックポイントとして目標水位を設定し、その地点の新川水位を定常化するよう事前に河口機場で新川水位をコントロールする方式をとっている。

例えば、内水機場(子機場)の運転等の外乱により流量が増加し、水面勾配が急になりやがて不感帯を外れると増加後の流量に対応した設定水位を算出する。(図4-2) すなわち、河口機場の設定水位を下降させ運転台数を増加させるといった自動制御を進めるものである。(図4-3)

なお、この制御系は不定流モデルによる初期条件と境界条件(①水位又は流入量)を入力することにより、②目標地点の予測水位を算定することから、システム構成上の通信回線、予測処理、ポンプの自動制御等、監視制御設備の高信頼性に支えられている。

4.3 西蒲原排水システムの水位制御

西蒲原排水システムでは、現新川システムでの新川水位制御方式を引継ぐものの、チェックポイ

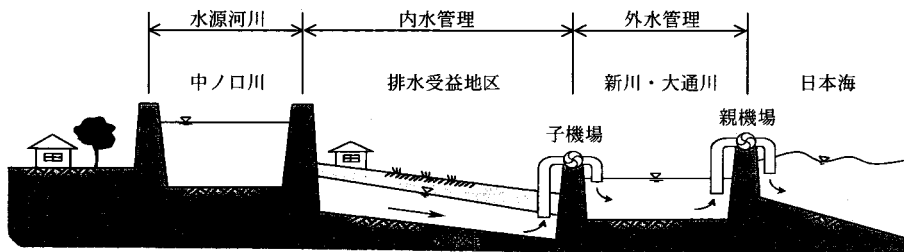


図4-1 新川流域横断模式図

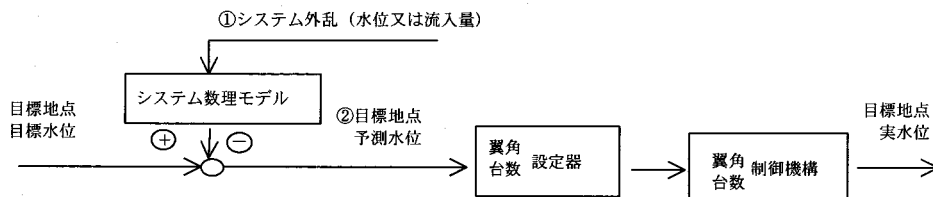


図4-2 新川システムのフィードフォワード制御ブロック線図

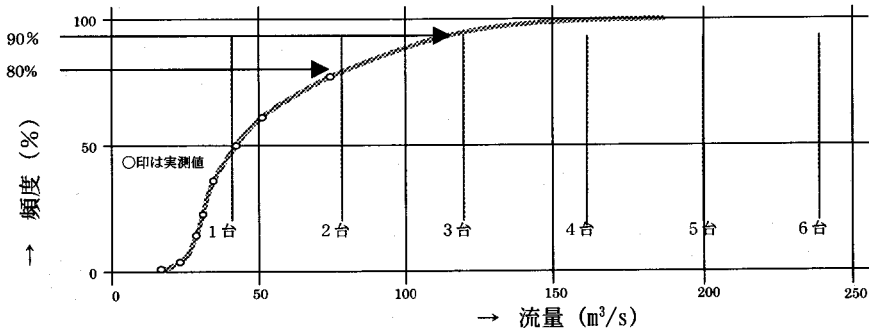


図 4-3 新川河口流量頻度曲線 (かんがい期)

ントの水位を定常化させるために河口機場の運転台数と分土工の流出量の2量によりコントロールする方式をとる。

これまでの降雨記録を類型化すると、3日連続雨量で200mmを超える大災害をもたらす雨量は、日雨量が120mmを境に画然と区分できること。

河口機場の運転実績では、(図4-4)に示すとおり、大多数が3~4台運転で、5台運転が年に数回程度の運転頻度となり、今後、分土工の稼働とともに、更に運転頻度が少なくなるので、時間的な余裕が十分にあり、状態判断が出来ること。

なお、状態判断を行う雨量区分を次に示す。

- (1)分土工の自然分流……1/2確率雨量
- (2)分土工の流域変更……1/10確率雨量 (通報)
- (3)計画雨量………1/50確率雨量
- (4)限界超過雨量………1/200確率雨量
- (5)ゲリラ実降雨………H7/8実降雨
- (6)湿舌実降雨………S53/6実降雨

このように通報体制までは定量運転へ移行したい。また、河口機場の運転管理は安全性を考慮し

有人管理としている。

例えば、分土工での早めの放流を開始し自然分流(6割カット)、流域変更(全量カット)2段階操作で1/10確率降雨程度までに流域変更操作を完了するなど大通川の流出量を監視し、経済運転を優先すれば河口機場は、極力運転しないことと、デマンド台数運転を継続する定量運転(4台まで)を行うことが基本となる。更に、この流出量が増加した場合は、若干不感帯幅が大きくなるが、チェックポイントの水位上昇速度に応じ、5、6台目の運転台数を増加させ、手動の操作を行うこととする。(図4-5)状態判断は事前にパターン化した管理基準値を用い、交代制を意識しつつ画像上で、これとの比較判断が行えるよう一般化を図った。

従来の絶対的な判断を必要としたシステム系から基準値を中心とした相対判断を基にしたシステム系に移行することとした。

システム構成上では、指揮命令を行う状態判断情報等に限定し多元化(信号系、画像系等)を行

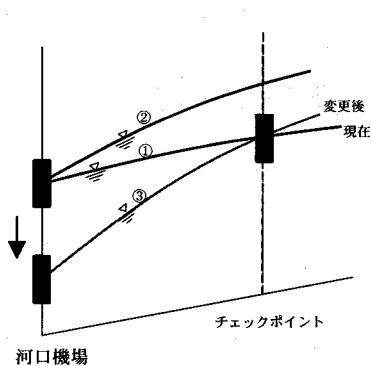


図 4-4 流量増加時の設定水位変更

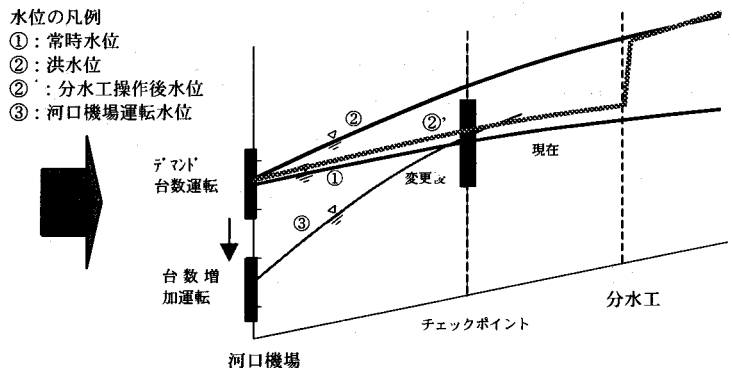


図 4-5 流量増加時の設定水位変更と分土工操作との関係

い指揮の継続性を確保しつつ、一つの情報伝送路の1日程度の故障を許した結果、パソコン等の汎用機器を用いた。ただし、中央管理所での状態判断支援が必要なことからサブシステムとして不定流モデルを用いた水位予測、湛水予測等をシステム化した。対象施設位置図を(図4-6)に、誌面の都合上、一部であるが中央管理所システム機器構成図を(図4-7)に示した。

4.4 判断基準の設定

洪水管理では、何時の時点で整備水準に達したのかが明確でなく、論争の争点となりやすい。これを答弁する場合は、整備水準以上の事態で事前に安全性を確認したので計画は安全だとする相対的な判断を行うことが一般的である。

そこで、事業計画内容を全て含んだモデルを作成し数値シミュレーションを行い、安全に水管理が行える施設の限界能力、運用上の制限条件を見極め、十分な余裕を持った判断基準を設定することとした。基準設定にあたり検討した水理縦断図を(図4-8)に示す。

4.5 内水管理

内水管理では、これまでの新川システムにおけるPI制御の自動台数制御等で十分安全に運転してきた実績があり、これを継承することとする。

しかし、農地転用に伴う湛水を防止するには、低平農用地の不利益と地域開発との秩序ある調整が必要となる。開発行為による湛水メカニズムは、時間軸を伴いビジュアル的に表し難く、計画時点では、考慮されないのが実態である。

そこで、湛水状況の監視、排水ブロックの流出状況の経年変化、排水ブロックの流域管理を行うために、ビジュアル化、一般化したサブシステムが必要になる。(図4-9)

このサブシステムにより計画降雨(1/50確率)時における湛水状況の確認を行うとともに、降雨予報・実降雨による流出、湛水予測が可能となり、更には、地域開発による影響の評価が可能となり、地域の面的な管理システムとして活用する。

1) 流出形態の変化

地域開発の進展は、高速道路、新幹線が縦断し、アクセス、排水改良により地域の利便性の向上に伴い土地取得コストの安価な低平農用地から進み、

本来、この地域に湛水していた湛水容量が、周辺の次に低い農用地等に湛水域が移動する状況を招き、従前の水田が持っていた貯留機能が減少するとともに、開発区域からの降雨の流出到達時間が早まる等の排水形態の変化をもたらす。(図4-10)

2) 湛水要因と被害状況の関係

- ・量的な湛水 → 湛水深の増から冠水被害発生
- ・移動的な湛水 → 新たな湛水発生
- ・時間的な湛水 → 24hr以上の湛水発生

5. システム計画の技術的な課題と改善方向

5.1 無人化への問題点と動画監視

水管理システムでは、必要なセンサー等の管理項目情報を用い中央管理所で監視、制御が行えることとなる。

しかし、現行の有人管理施設では、現行事業による整備施設を除くと、目視確認に頼った管理状況が大部分を占めている。中には設置後30年を経過している施設もある。

これらの施設における無人化への対応としては施設整備で対応した場合、膨大な設備改良投資が必要となることから、現状の施設のまま、画像情報を基に擬似的な有人監視状態を作る方式を採用する。無人化に伴う主な画像監視項目を次に示す

1) ポンプ運転監視

- ・水中軸受けオイルの残量確認／・封水循環ポンプの戻し水量確認／・アクセレーターの貯水タンクのオーバーフロー水量確認

2) 施設構内監視

- ・無人化施設となることから第三者の進入への対抗／・巡回員の構内への出入確認

3) 除塵機監視

- ・レーキの正常回転の確認／・水平、傾斜ベルコンの正常運転の確認／・ごみホッパー残量の確認

4) ゲート施設監視

- ・ゲートの開閉状況の確認／・中間開度時のごみの漂着確認

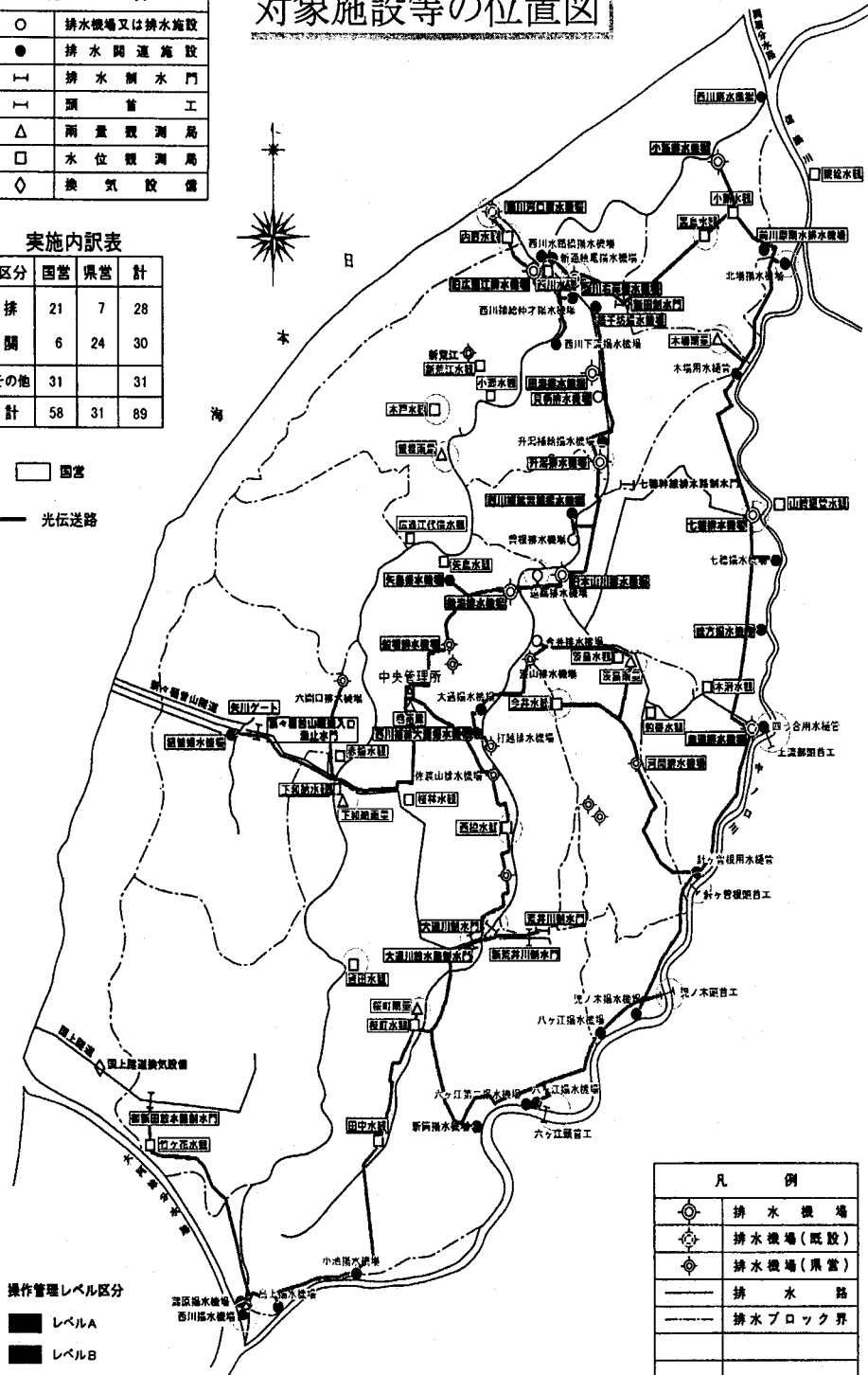
| 凡 例 | |
|-----|------------|
| ○ | 排水機場又は排水施設 |
| ● | 排水関連施設 |
| ┌ | 排水側水門 |
| └ | 頭首工 |
| △ | 雨量観測局 |
| □ | 水位観測局 |
| ◇ | 換気設備 |

対象施設等の位置図

実施内訳表

| 区分 | 国営 | 県営 | 計 |
|-----|----|----|----|
| 排 | 21 | 7 | 28 |
| 關 | 6 | 24 | 30 |
| その他 | 31 | | 31 |
| 計 | 58 | 31 | 89 |

□ 国営
 — 光伝送路



操作管理レベル区分

| | |
|---|------|
| ■ | レベルA |
| ■ | レベルB |
| ■ | レベルC |
| ■ | レベルD |

情報管理区分

| | |
|---|------|
| ○ | レベルA |
|---|------|

1 : 100,000

| 凡 例 | |
|-------|----------|
| ⊙ | 排水機場 |
| ⊙ | 排水機場(既設) |
| ⊙ | 排水機場(県営) |
| — | 排水路 |
| - - - | 排水ブロック界 |
| | |
| | |
| | |
| | |

北陸農政局西蒲原農業水利事務所

図 4 - 6 対象施設位置図

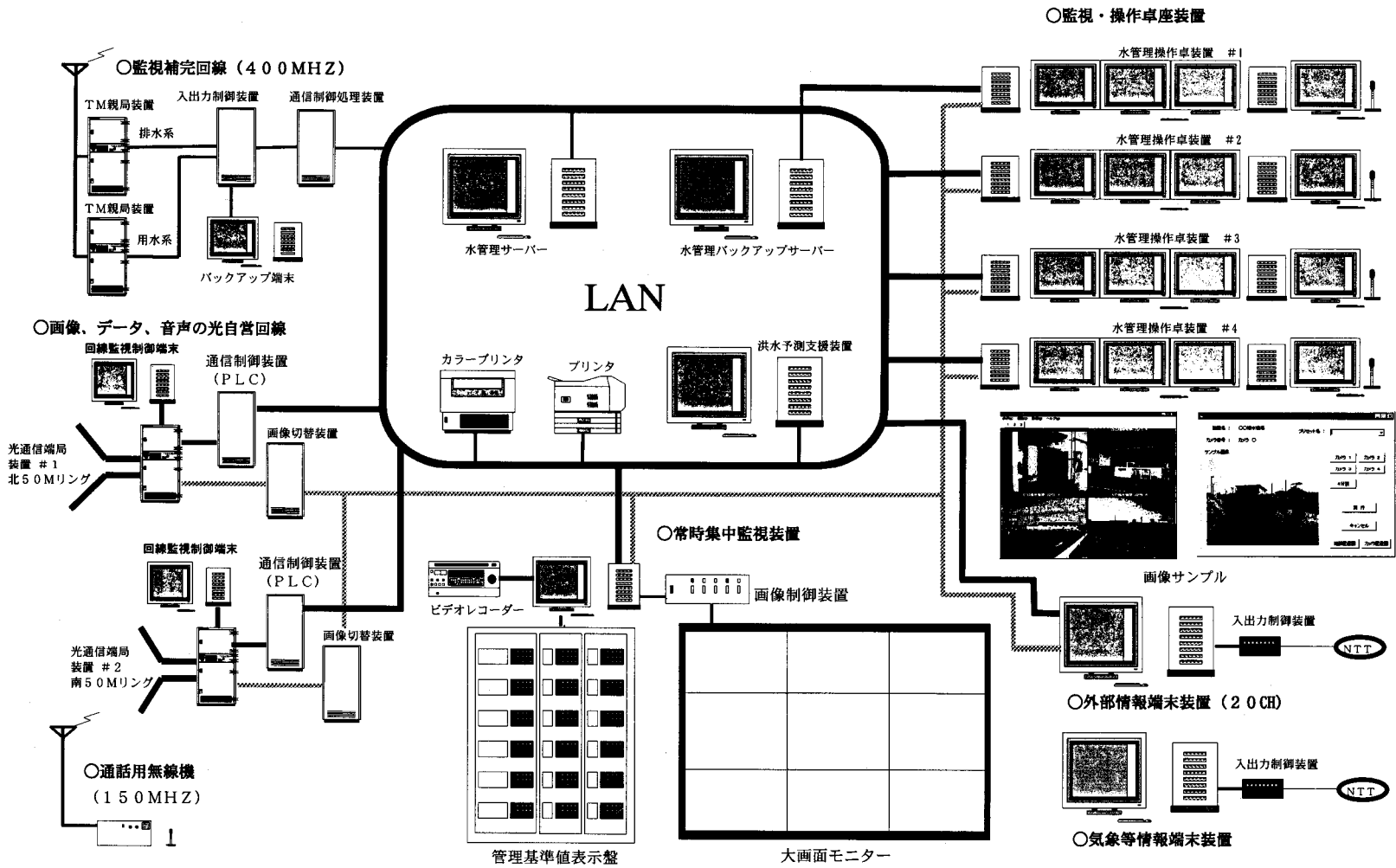


図 4-7 中央管理所システム機器構成図

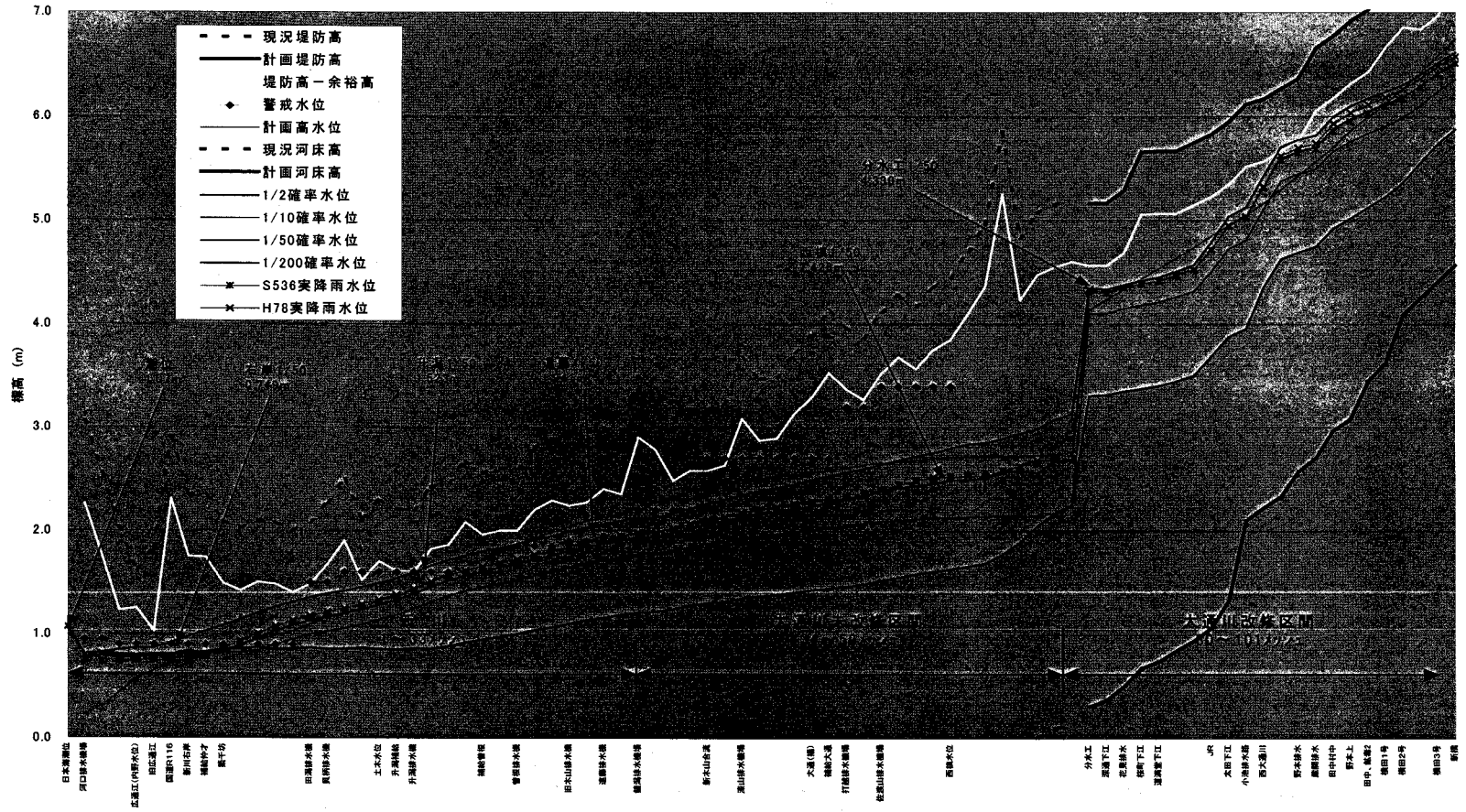


図 4-8 計画内容での新川・大通川の不定流解析水理縦断面図

湛水のピーク時の湛水状況

ピーク時から24時間経過後の湛水状況

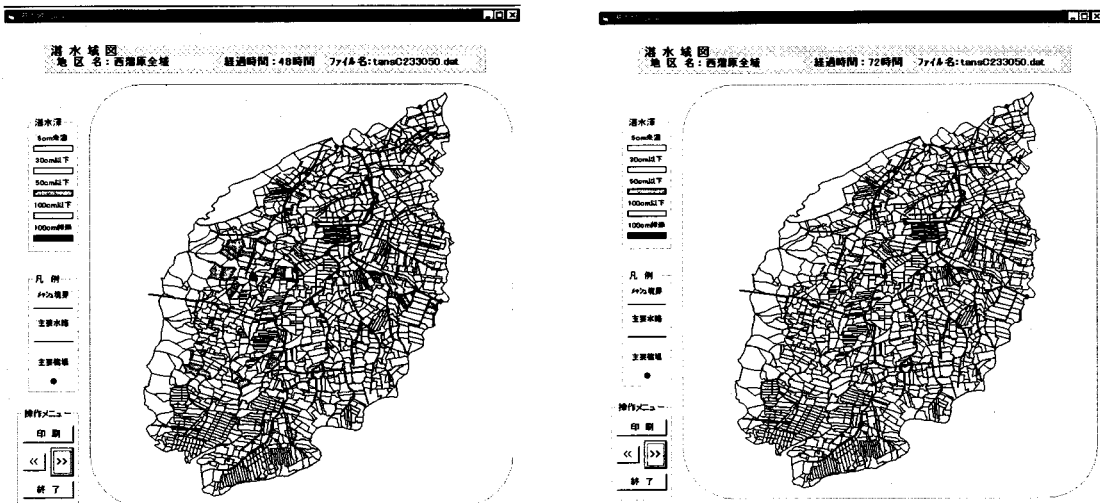


図4-9 湛水予測図

(1) 現状



(2) 無秩序な開発行為と湛水被害



(3) 湛水と被害の分離

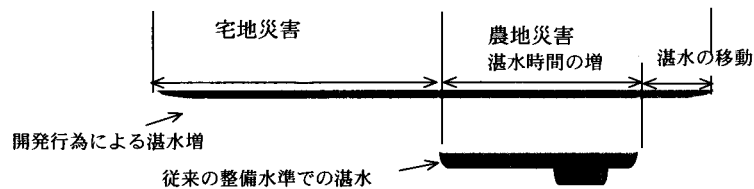


図4-10 低平地の湛水被害メカニズム

5.2 施設管理レベルと管理情報レベルの管理区分

施設管理レベルは、従来から用いられ水管理区域内でその施設がもつ重要度、安全度等を基に当該施設を操作管理するための制御系に着目した管理区分である。

一方、情報管理レベルは、第一報で体制区分等にかかわる状態判断に必要なもので、指揮命令を継続的に行う「状態判断情報」をAレベル、降雨、流出状況、運転管理、各施設の保安管理等の情報で管理対象を運用するために必要なもので、広く運用管理を行う「水管理情報」をBレベルに区分

して用いた。

更に、洪水予測支援サブシステムでは、新川の水面管理を行う上で基準点水位（鑑湖橋地点）を定常化するために分水工、新川河口機場等をどのように運転制御するかに係り、不定流モデルを用いて数値シミュレーションを行うために各メッシュブロックへの水位（自然河川）又は流量（排水機場）境界として境界条件を与えている。これも「境界情報」としてAレベルに区分し用いた。

6. おわりに

農業水利施設の効率的な運用を図るために、農地の保全は基より、地域の一般資産の保全をも取扱い地域防災機能を有する水管理のあり方、管理費の低コスト化、既存施設の無人化管理のあり方等を述べたが、高水管理と内水管理とを同時に行うこととなり、慎重な水管理が要求される。

水管理システムの整備に当たっては、このことを重く受け止め、それぞれの課題毎に検証し（試行）、必要な見直しを踏まえた施設整備を行い（実施）、運用を行うこと（運用）といった各段階を設けた実施方法を考えている。

今更ながら、治水管理の難しさを痛感した。

本年度から本格的な施設整備が始まるが、2年前に林、大伏、吉原らと水管理の基本思想について遅くまで議論したことを懐かしく思う。

7月から河口機場等の画像伝送試行が始まり、引続き、12ヶ月の四季を通した連続耐久運用試行を行うこととしている。

最後になるが、この検討作業は、20年間の時間単位での水位、流量等の水管理情報を基に解析し、モデルの検証、類型化等が出来た。現在の新川システムで蓄積された、この宝の山が無かったら、基本思想の見直しもなかったかもしれない。

あらためて、先人たちのご苦勞に感謝致します。

集落排水処理と処理水の農業利用

—メキシコでの技術協力の活動報告—

山 岡 賢* 杉 田 秀 雄**
(Masaru YAMAOKA) (Hideo SUGITA)

目 次

| | |
|----------------------------|---------------------|
| 1. はじめに —集落排水技術の海外協力— ……65 | 4. カウンターパート機関 ……66 |
| 2. メキシコの水環境 ……65 | 5. プロジェクトの活動内容 ……67 |
| 3. プロジェクトの実施体制 ……65 | 6. 今後の展望 ……70 |

1. はじめに —集落排水技術の海外協力—

筆者らは、国際協力事業団 (JICA) の長期派遣専門家として、メキシコ合衆国に派遣され、3か年の集落排水処理に関する技術協力を携わった。農業土木関連の長期派遣専門家は、1952年度から1997年度まで52カ国に延べ740人に上る¹⁾が、集落排水処理に関する技術協力は、筆者らの派遣関係が初めての案件であった。

農業集落排水事業は、国内において農業農村整備事業の柱となる事業の1つである。開発途上国においても、発展とともに農業用水の水質保全が重要な課題の1つとなり、今後集落排水処理の必要性が高まると考えられる。集落排水処理は水の循環利用を可能とすることから、特に降水量の少ない、乾燥・半乾燥地帯では、農業用水の水資源開発の役割も担うことができる。

このようなことから、集落排水処理技術は、今後、海外技術協力においても、欠くことのできない技術の1つとなると考えられる。筆者らは、集落排水処理技術による海外技術協力の今後の展開の一助になればと考え、筆者らの業務内容を本報にまとめ報告するものである。

2. メキシコの水環境

メキシコは、アメリカ合衆国の南側に位置する。メキシコの北部、アメリカ合衆国との国境周辺は砂漠地帯であり、南部の、マヤ文明の遺跡等では

有名なユカタン半島及びその周辺は熱帯雨林地帯である。内陸中央部は東西マドレ山脈をはじめとして、台地、盆地状の地形が続く。

年間降水量は、全国平均で770mmであり、1,000mmを越える地域は国土の23%、500mm以上1,000mm未満が35%、500mm未満は42%であり、降雨は7月から10月の雨期に集中する²⁾。

メキシコの人口は、首都メキシコ・シティ及びメキシコ・シティから北部の乾燥・半乾燥地帯にかけての地域に集中する傾向が見られる。

一方、メキシコ全国で排出される生活排水 (し尿を含む) は日量約1,470万m³であるが、処理はその約1割にとどまる³⁾。

このため、メキシコでは水資源が不足するとともに生活排水による汚濁が進行している。

このようなことから、JICAの技術協力として研究協力「農業用水資源有効利用」が、農村地域を対象とした汚水処理技術の改善を通じて、メキシコにおける農業用水資源の水質改善と有効利用に資することを目的に、平成7年12月から3年間実施された。

3. プロジェクトの実施体制

本項では、日本側のプロジェクトの実施体制を紹介する。メキシコ側の体制は、次項で説明する。

(1) 研究協力とは

研究協力は、JICAの有する技術協力の制度の1つであり、援助対象国の研究機関に複数の長期・短期の専門家の派遣、機材供与及び研修員の受入

*農業工学研究所 Tel 0296-38-7553

**日本農業集落排水協会

れを組み合わせを行い、同研究機関と共同で調査研究を行うものである。なお、研究協力は、同じJICAの制度であるプロジェクト方式技術協力に比べて、実施期間、専門家数、予算等、一般的に小規模となっている。

(2) 実施体制

本研究協力には、筆者ら長期専門家2名及び短期専門家として延べ8名が派遣された。また、現地の専門家だけで対応困難な課題に関して支援を行うため、端憲二農業工学研究所集落排水システム研究室長を委員長に国内支援委員会が組織された。国内支援委員会の構成は、JICA派遣事業部派遣第2課を事務局に、構造改善局設計課海外土地改良技術室、同整備課集落排水室、(社)日本農業集落排水協会の関係者からなった。

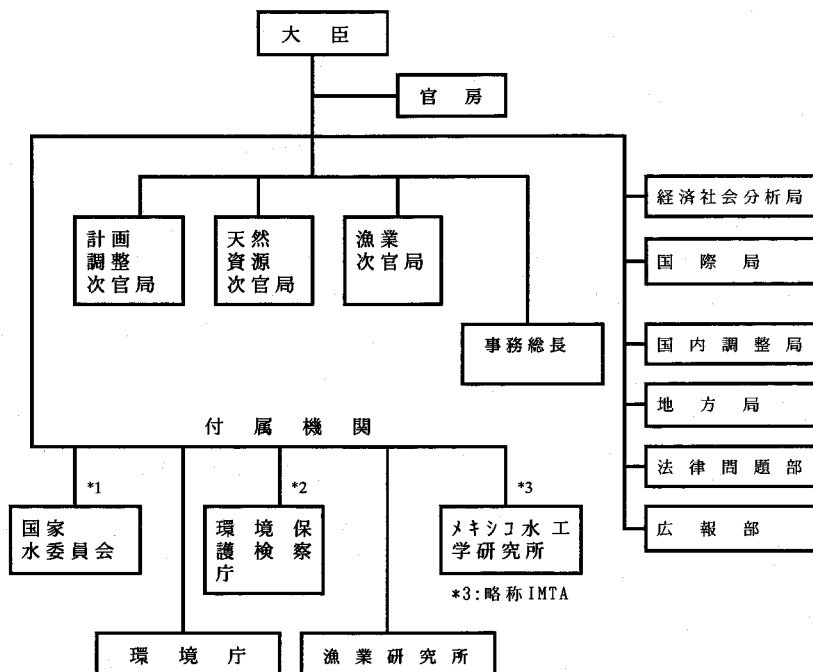
実際、国内支援委員会の活動は、定期的な会議の開催に留まらず、随時の現地に必要な情報の提供等、数多くにのぼり、文字通りの支援であった。なお、現地と国内支援委員会の情報交換には、FAXとともに、E-mailが特に有効であった。

4. カウンターパート機関

本研究協力は、メキシコ水工学研究所(略称、「IMTA」)において実施された。IMTAは、環境天然資源漁業省に属する国立研究機関である(図一1及び写真一1参照)。所在地は、首都メキシコ・シティから南約80kmのモレロス州ヒューテペック市である。IMTAは、水理、水文、かんがい排水、上下水道関係等と、水に関する技術全般及びこれら技術に関する人材開発、社会開発、通信情報伝達といった課題の研究及び成果の普及を行っている。所属研究者は350人程度である。

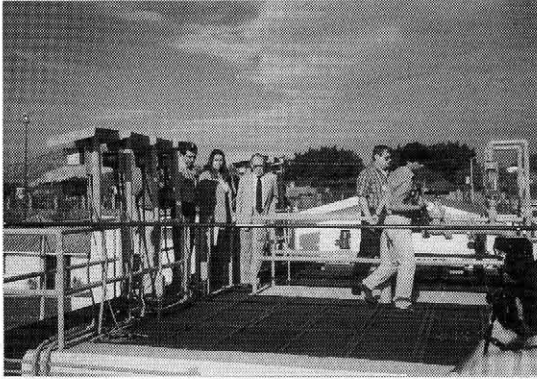
また、IMTAでは、研究成果の普及の一環として年間数コースの研修プログラムが現場技術者を対象に実施されている。研究とともに現場技術者への研修を実施している点は、農業工学研究所とよく似た性格の研究所と言える。

IMTAが実施する研修コースの門戸は中南米諸国に広く開かれており、それら各国からの参加者も数多くある。IMTAは、メキシコ及び中南米地域における水に関する分野の発展に中心的役割を果たしている。



*1: 略称 CNA
*2: 略称 INE

図一1 メキシコ合衆国環境天然資源漁業省 (SEMARNAP) 組織図



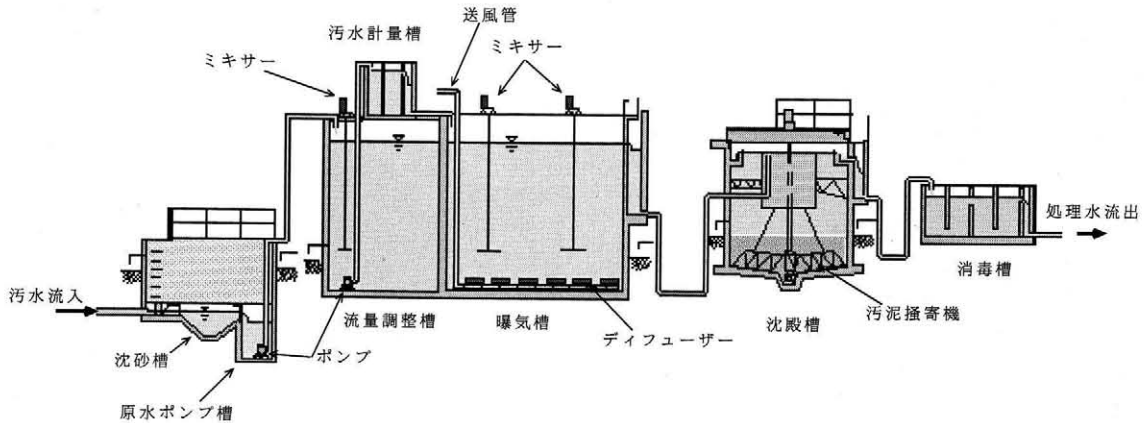
写真一 大臣のプロジェクト視察

(写真中の女性が環境天然資源漁業大臣、ネクタイ姿の男性が国家水委員会長官である。曝気槽の上で、プロジェクトの汚水処理の状況を視察しているところである。)



写真二 プロジェクト施設群の遠景

(左手から、かんがい実験用ビニールハウス、第2分析ラボ、沈澱槽、曝気槽、ブロワ室、制御室、第1分析ラボの順である。)



図一 汚水処理施設のフローシート

このため、IMTAに対する日本の技術協力の成果は、メキシコにとどまらず中南米諸国へ広く反映されることが期待される。

5. プロジェクトの活動内容

本研究協力の活動は、大別すると、(1)汚水処理施設の建設及び水質分析設備の整備、(2)汚水処理に関する各種実験の実施、(3)汚水、処理水等を用いたかんがい実験の実施の3つからなる。

(1) 汚水処理施設の建設及び水質分析設備の整備 (写真一・二参照)

a. 汚水処理施設

日本の農業集落排水技術を実地に技術移転するため、本プロジェクトにおいて、IMTA敷地内に

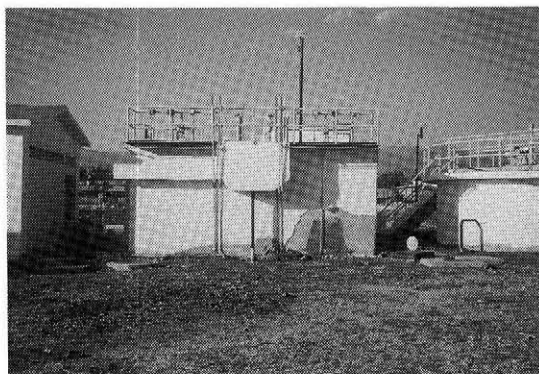
汚水処理施設を建設した。汚水処理施設の建設は、IMTA側の負担で土木、建築工事が行われた。日本側は、施設に必要なポンプ、ミキサー等の機材のほか、実験実施に必要なモニタリングシステム及び自動制御システムを供与した。

汚水処理施設は、IMTA内の食堂、トイレ等から排水される生活系の汚水を全量集め処理して敷地外の小河川に排水するものである。このため、本施設は、プロジェクトのために汚水処理に関する各種実験を実施するための実験施設であるとともに、IMTAの生活系の排水を処理する実施施設としての役割を併せ持つものである。

汚水処理施設の概要は、図一及び表一のとおりである。汚水処理施設は、日量約86m³の汚水処理能力を有するように設計されている。この規

表一 1 汚水処理施設の諸元

| | | |
|---------|-------------------------------|---|
| 設計流入汚水量 | 86.4m ³ /d(1.0ℓ/s) | |
| 沈砂槽 | 容 量 付属設備 | 0.069m ³ バースクリーン |
| 原水ポンプ槽 | 容 量 付属設備 | 2.56m ³ ポンプ 2 台 |
| 流量調整槽 | 容 量 付属設備 | 32.53m ³ ポンプ 2 台、ミキサー 1 台 |
| 曝気槽 | 容 量 付属設備 | 44m ³ × 2 槽、計88.16m ³ ブロワ 3 台、ミキサー 4 台 |
| 沈澱槽 | 容 量 付属設備 | 38.14m ³ 汚泥掻寄機 |
| 消毒槽 | 容 量 付属設備 | 3.62m ³ 塩素ガス注入装置 |



写真一 3 曝気槽の水漏れ

(写真中央の曝気槽の右下、白いモルタルをはがしたところの一部が水漏れで黒くなっている。)

表一 2 施設のモニタリング

| 計 測 器 | 設 置 位 置 | 目 的 |
|--|-----------------------|--------------|
| 水位計 | 汚水計量槽 | 曝気槽への流入水量の把握 |
| 溶存酸素 (DO) 酸化還元電位 (ORP) pH 水温 浮遊物質 (SS) | 2 槽ある曝気槽 の各槽に 1 づつ | 生物処理の状況の把握 |
| 風量計 | | |
| 流量計 | 消毒槽下流 | 放流量の把握 |

模は、日本の農業集落排水施設の基準によると約 280人規模の施設となる。汚水処理の方式としては、比較的簡易な設備で有機物、窒素等の高度な処理に対応できる長時間曝気方式⁴⁾が選択された。また、処理後の消毒には、塩素ガスによる消毒設備が設置された。処理施設には、表一 2 に掲げる計測器が設置され、処理の状況が常時モニタリングされている。これら計測器のモニタリングデータは記録計に集められる。記録計ではデータをメモリーカードに保存し、後日のパソコンによる解析を容易なものとしている。

なお、施設では 1日 3 交代でオペレーターが常駐し、流入水量等の測定を 1 時間間隔で実施している。これは、IMTA側の提案によるものである。週 1、2 回の専門技術者の巡回等で管理され、運転のほとんどが無人のなかで行われる日本の農業集落排水施設の管理と大きな考え方の相違であっ

た。

さらに、窒素の高度・安定的な除去を目的に曝気槽内の溶存酸素 (DO) 濃度に応じて、曝気の送風量を自動制御 (DO制御) するシステムを施設に導入した。

なお、汚水処理施設の土木、建築工事は、メキシコ側予算の不足等で、施工途中で 6 ヶ月程度中断されるなどして、完成までに予定外の時間を要した。また、曝気槽や沈澱槽(鉄筋コンクリート)は、完成後、壁面から水漏れが発生し、その修復に悩まされ、多大の手間と時間が使われた(写真一 3 参照)。

b. 水質分析設備

集落排水処理及び処理水の利用に関する実験実施に当たっては、多くのサンプルの水質を多項目にわたって分析する必要がある。IMTAにおいて

表一 3 水質分析ラボでの分析項目

| |
|--|
| pH, 水温, アルカリ度 |
| 電気伝導度 (EC) |
| 生物化学的酸素要求量 (BOD) |
| 化学的酸素要求量 (COD) |
| 浮遊物質 (SS) |
| 揮発性浮遊物質 (VSS) |
| 不揮発性浮遊物質 (FSS) |
| 活性汚泥沈澱率 |
| 全窒素 (T-N) |
| 硝酸態・亜硝酸態窒素 (NO _x -N) |
| アンモニア態窒素 (NH ₄ -N) |
| 全リン (T-P), リン酸態リン (PO ₄ -P) |
| 陰イオン界面活性剤 (MBAS) |
| 大腸菌群数, 糞便性大腸菌群数 |
| 寄生虫卵 (計19項目) |



写真一 4 3次元流速計による測定風景(2)
(写真中の二人が持っているポールの先端に流速センサーがあり、センサーを槽内の所定の位置に設定している。)

も、従来から同国屈指の水質等の分析施設を有していたが、本プロジェクトの実施で発生する大量の分析を処理することが難しい状況にあった。このため、本プロジェクトにおいて、水質分析室の整備が行われた。その際、日本側が供与した主な分析機器は、次のとおりである。

ロボティク・アナライザ：センサーや攪拌用プロペラを持つロボットアームで、試料の攪拌や測定を自動で行う。(主な分析項目)生物化学的酸素要求量 (BOD), 化学的酸素要求量 (COD)。

オートアナライザ：試料を吸引させると、以降の薬品の添加, 加熱, 測定等の分析処理を自動で行う。(主な分析項目)アンモニア態窒素 (NH₄-N), 硝酸態窒素 (NO_x-N), リン酸態リン (PO₄-P)。

これら機器は、簡易な操作で大量の試料の分析が可能である。

本プロジェクトで整備された分析室における分析項目は、表一 3 に掲げるとおりである。

以上のように整備された污水处理施設及び水質分析設備を、IMTA関係者はラテン・アメリカ随一の污水处理実験施設5)と評価している。

(2) 污水处理に関する各種実験の実施

a. 基礎的な試験

建設された污水处理施設の機能の確認と、IMTA側に施設の機能の理解をはかるため、曝気槽内の流速分布の測定、曝気槽の総括酸素移動容量係数 (KLa) の測定及び消毒槽の混合特性試験

を実施した。

[曝気槽内の流速分布測定]

曝気槽内の流速分布測定は、曝気槽に活性汚泥を投入して生物処理を開始した際、ミキサー及び曝気装置が槽内に十分な流速を与え、汚泥の沈降を防止し処理に支障がないことを確認するためのものである。測定には、3次元流速計を使用し、曝気槽内36測点で流速を測定した(写真一4参照)。また、測定は、曝気風量及びミキサー運転の有無の条件により計10ケース実施した。

図一 3 に測定結果の例を示す。槽内は、平均20 cm/sの流速が発生しており、汚泥の沈降、堆積の心配がないことが確認された。

[曝気槽の総括酸素移動容量係数 (KLa) の測定]

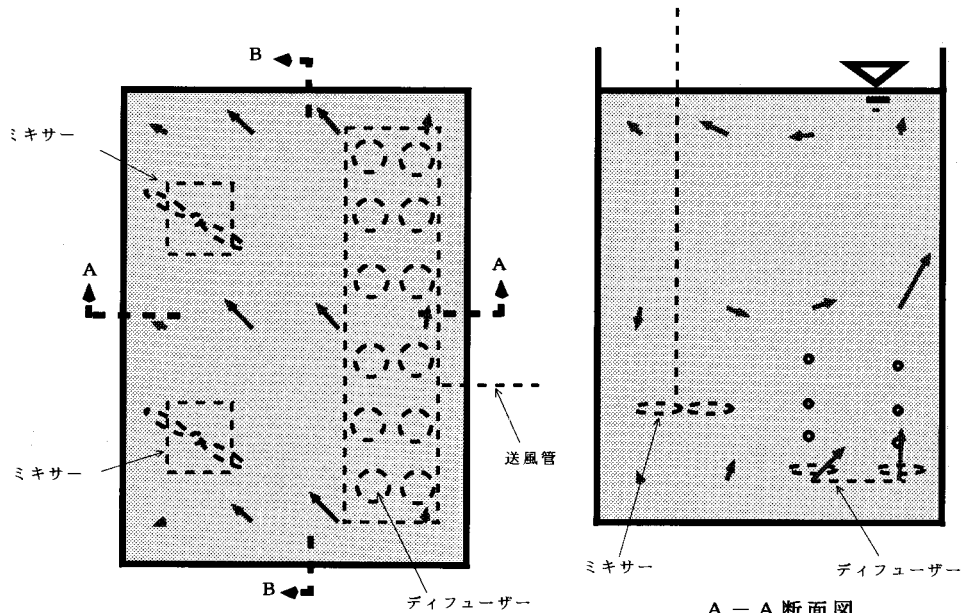
KLaは、曝気装置の酸素供給能力を示すものである。測定方法は、曝気槽を水道水で満たし、薬品(亜硫酸ナトリウムと塩化コバルト)によって槽内の水道水中のDOを除去した後(写真一5参照)、曝気装置を運転し、その際のDO値の変化(図一4参照)から(1)式を用いて算定する。

$$KLa = \frac{1}{(t_2 - t_1)} \cdot \frac{\ln(C_s - C_1)}{\ln(C_s - C_2)} \quad (1)^{6)}$$

ここで、

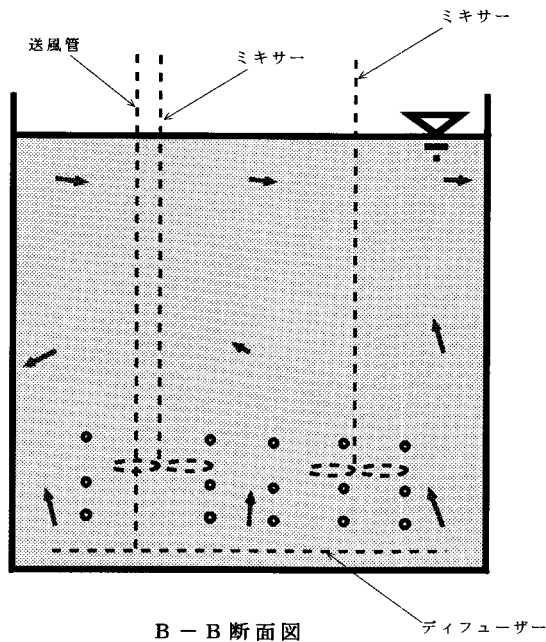
KLa：総括酸素移動容量係数(1/h)

t₁, t₂：経過時間(h)



平面図 (水面下15cmでの流速を示す)

A-A断面図



B-B断面図

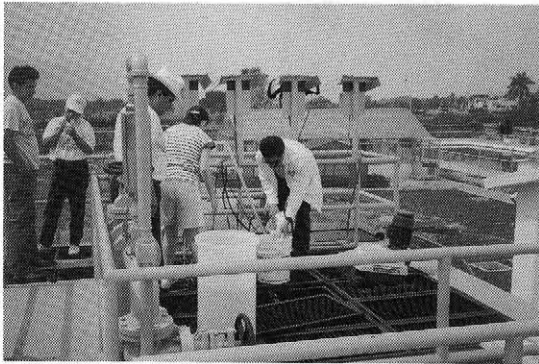
図-3 曝気槽内の流速分布

C_s : 飽和容存酸素濃度 (mg/l) 水温, 気圧等の条件で決まる値である。
 C_1, C_2 : それぞれ t_1, t_2 の時点での曝気槽内のDO測定値 (mg/l)
 污水处理施設の曝気装置の KLa 値は, 図-5の

とおりである。この結果によって, 曝気装置の送風量, 曝気槽の水温及びDO値から, そのときの曝気槽への酸素供給量が算定できる。

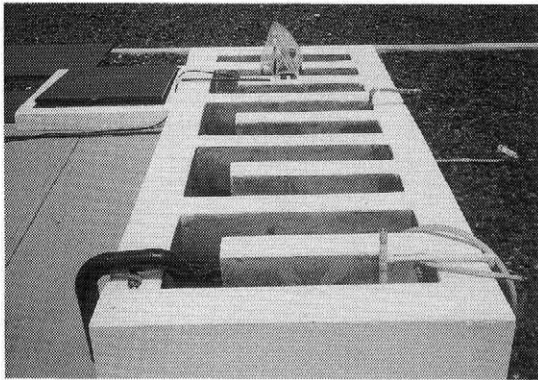
[消毒槽の混合特性試験]

消毒槽は, 通過するすべての水が塩素と十分な



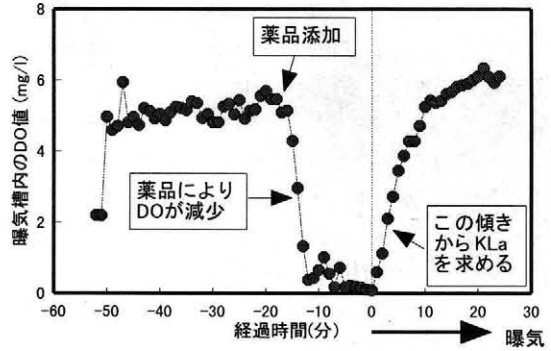
写真—5 KLaの測定

(亜硫酸ナトリウムを曝気槽に入れるために、バケツで溶かしている。)



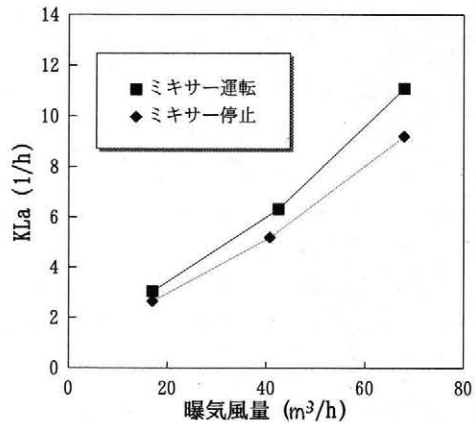
写真—6 消毒槽

(槽が壁で細かく仕切られている。)



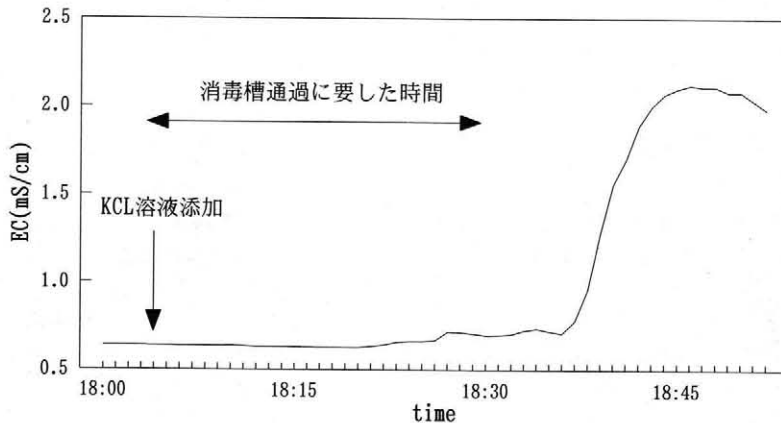
注) 経過時間は、曝気開始を0とした。

図—4 KLa測定時の曝気槽内のDO値の変化



注) KLaは、水温20℃での値に換算した値である。

図—5 KLaの測定結果の例
(曝気風量及びミキサー運転とKLaの関係)



図—6 消毒槽の混合試験結果

接触時間を持つように、写真—6のように壁(迂流板⁷⁾)で仕切られ、槽内の流れは押し流れとなるように造られる。消毒槽の混合特性試験は、このように消毒槽に期待されている水流が実現されているかを確認するため実施した。

塩化カリウム (KCl) をトレーサーとして、消毒槽への処理水の流入口に添加して、処理水の流出口で電気伝導度 (EC) をモニタリングした。塩化カリウムが溶解した水は高いEC値を示すので、塩化カリウムを添加した時点の処理水が流出する際には、モニタリングしているEC値は高くなる。

図—6 に測定結果を示す。塩化カリウム添加後、EC値の上昇まで約30分が経過しており、流入水は消毒槽内で最低限約30分の塩素との接触時間を持つことが確認できた。

[基礎試験の総括]

このような基礎的な試験は、施設の設計段階で見込まれている、施設としての当然の機能を確認したものであり、筆者らは工事の遅れによって生じた業務の遅れを取り戻すべく、取り止めも検討した。特にIMTA側は、汚水処理施設が実施設を兼ねることから、速やかな生物処理の開始を求めた。

b. 汚水処理実験

汚水処理実験では、長時間曝気法による生物学的酸素要求量(BOD)、浮遊物質 (SS)、窒素、リンの除去及び処理水に対する塩素ガス注入による消毒を試験した。

特に生活排水からの窒素除去技術は、プロジェクト実施時点ではメキシコにおいて普及しておらず、本プロジェクトで日本の農業集落排水施設で用いられている間欠曝気による生物学的窒素除去法を実地に技術移転した。このことは、本プロジェクトの大きな成果と自負している。

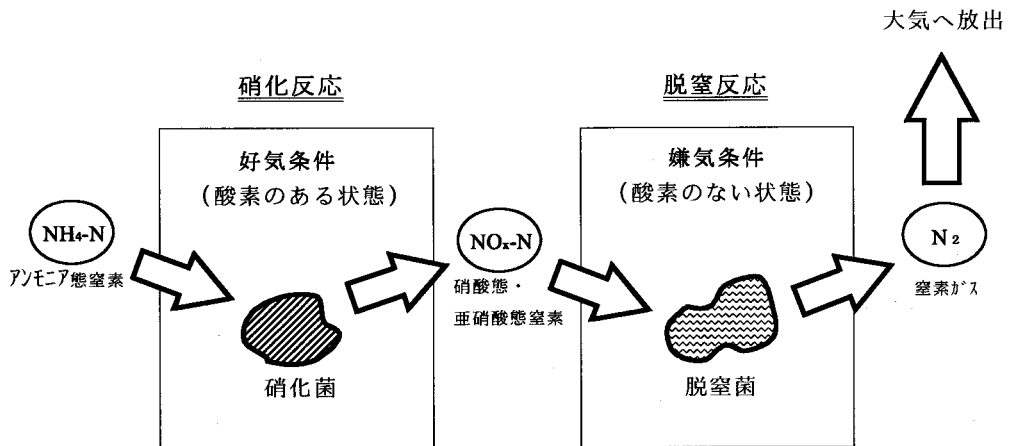
[生物学的窒素除去]

生物学的窒素除去の原理は、図—7のとおりである。汚水中のアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) が、好気条件 (酸素がある条件) 下で、硝化菌の働きで硝酸態・亜硝酸態窒素 ($\text{NO}_x\text{-N}$) に変換される。その後、嫌気条件 (酸素がない条件) 下で、脱窒菌の働きで窒素ガス (N_2) に変換される。窒素ガス (N_2) は大気に出て行くので、結果として汚水中から窒素が除去される。

硝化菌及び脱窒菌は、通常、曝気槽の活性汚泥中に存在する。間欠曝気運転は、曝気によって好気条件を、曝気停止によって嫌気条件 (曝気槽では、活性汚泥中の微生物の呼吸等で酸素が消費されており、酸素供給である曝気を停止すると、嫌気条件を作りだすことができる) を作りだし、生物学的窒素除去を実現するものである。

[連続曝気運転による処理結果]

図—8 は、連続曝気運転による処理結果を示す。処理水のBOD、SSの濃度は流入汚水に比べ大幅に減少し、良好な処理が実現できた。これに対して、T-Nは、流入汚水、処理水ともほぼ同程度の濃度であった。



図—7 生物学的窒素除去の原理

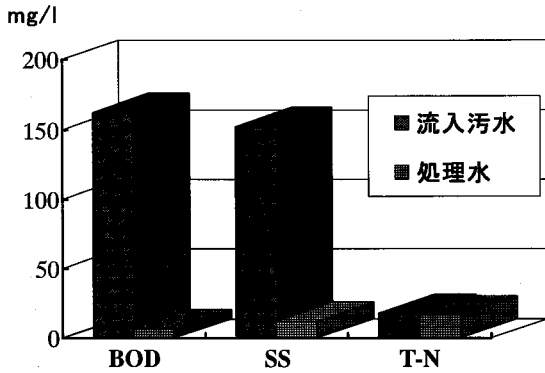


図-8 連続曝気運転による処理結果

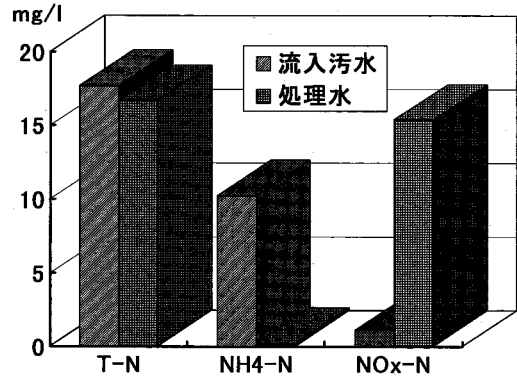


図-9 連続曝気運転による窒素

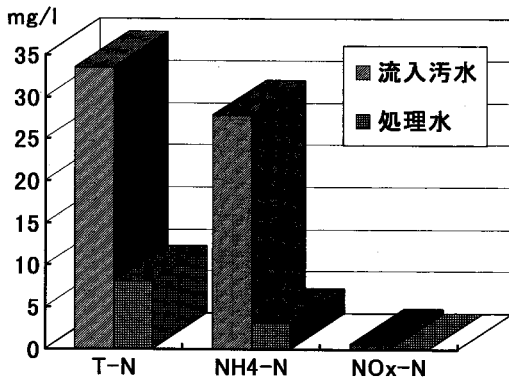


図-10 間欠曝気運転による窒素除去

図-9は、図-8に示された流入汚水及び処理水のT-N値の内訳としてNH₄-NとNO_x-Nの値を示したものである。流入汚水の窒素分の大部分を占めたNH₄-Nが、処理水ではほとんど存在しなくなった。一方で、流入汚水ではほとんど存在しなかったNO_x-Nは、処理水では大幅に増加していた。

つまり、連続曝気運転では、好気条件下で行われる図-7の左側のNH₄-NからNO_x-Nの変換(硝化)のみが行われたのである。

[間欠曝気運転による窒素除去結果]

次に、40分間曝気後、140分間曝気を停止することをくりかえす、間欠曝気運転を行った。この場合の窒素除去結果を図-10に示す。

図-9で処理水に多く含まれていたNO_x-Nが、図-10ではほとんど除去され、窒素除去が達成された。

つまり、間欠曝気運転で、図-7の右側のNO_x

-NからN₂の変換(脱窒)まで反応を進めることができたのである。ちなみに、このとき、BOD及びSSは、連続曝気と同様に良好に処理されていた。

このように、連続曝気運転から間欠曝気運転への段階を踏むことによって、IMTA側担当者が生物学的窒素除去への理解を深めるよう図った。

[DO自動制御システム]

さらに、窒素除去性能の向上と安定化の1つの方策として、DO自動制御システムを污水处理施設に導入して運転を実施に示した。

DO自動制御システム導入の意味合いを図-11によって説明する。

窒素除去に理想的な間欠曝気運転での曝気槽内のDO濃度変化は、図-11(a)のように、曝気が開始されれば曝気槽内のDO値が速やかに上昇し、曝気が終わればDO値は速やかに低減し、曝気槽に好気条件及び嫌気条件がほぼ均等に与えられている状態である。

これに対して、曝気の時間や風量が少なく設定されたり、流入汚水の汚濁負荷が大きいと、図-11(b)の様に曝気が開始されても、なかなかDOが上昇せず、そのうちに曝気が終了している。このような場合は、硝化が十分行われないことが多く、窒素除去が望めない。さらに、図-11(b)のような場合には、BODの除去も十分に行われないことになりかねない。

このため、施設の運転管理上、流入汚水の負荷変動で図-11(b)のような状態が生じることを避けるため、曝気の時間や風量は多めに設定することになる。

図-11(c)は、曝気の時間や風量が多めであった

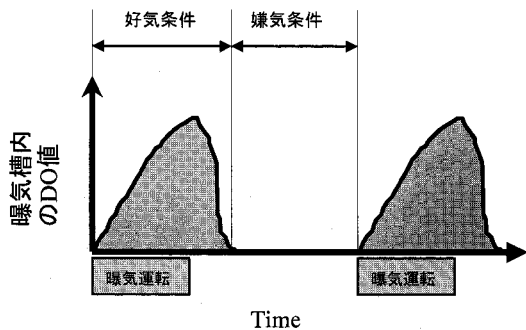


図-11(a) 間欠曝気による曝気槽内のDO変化 (理想状態)

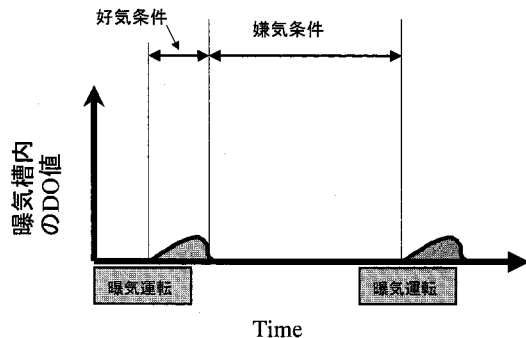


図-11(b) 間欠曝気による曝気槽内のDO変化 (曝気不足)

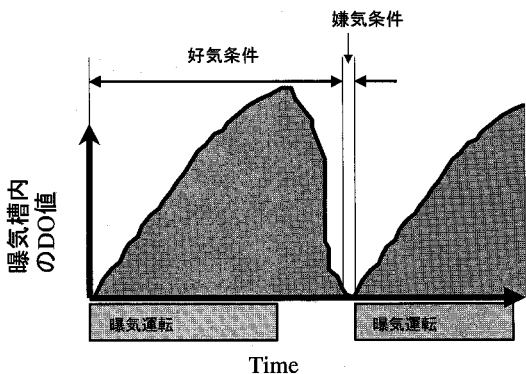


図-11(c) 間欠曝気による曝気槽内のDO変化 (曝気過剰)

り、流入汚水の負荷が低めとなった場合の状況を示す。この場合、曝気槽が嫌気条件に置かれる時間がほとんどなく、図-9に示した連続曝気運転の処理結果と同様に、硝化は行われるが脱窒がほとんど行われず、窒素除去が達成できない。

図-11(c)のような事態を防ぎ、高度で安定した窒素除去を行う対策の1つとして、DO自動制御

システムを導入した。

具体的な本施設での自動制御システムの働きを、図-12に示す。図-12(a)は、タイマー制御のみにより曝気をon/offした場合でのDO値及び送風量の経時変化である。この場合、送風量は曝気の開始から終了まで一定風量で送風している。図-12(b)は、DO自動制御システムで運転した場合でのDO値及び送風量の経時変化である。DO自動制御システムでは、タイマー制御に加え、DO値に2.0mg/lの上限値を設定し、曝気槽内のDO値が設定値に達した場合、その値を曝気終了まで維持するように送風量を増減している。結果、曝気終了時点のDO値がほぼ2.0mg/lで、曝気終了後の嫌気条件への移行が速やかである。

さらに、自動制御では流入負荷が低い場合に過剰となる曝気量を減じるので、曝気装置の電力消費を節約できる。実際、污水处理施設では、間欠曝気運転(70分曝気、110分停止)でBOD、SSの除去性能は保持しつつ窒素除去性能を向上させ、さらに曝気装置の電力消費を連続曝気運転に対して約40%に削減し、DO自動制御を加えることで約32%にまで削減する等を実証した。このような結果は、日本国内では常識的なものであるが、IMTA関係者はプロジェクトの大きな成果の1つととらえている。

[リン除去試験]

リン除去も窒素同様、メキシコでは普及しておらず、本プロジェクトでリン除去技術を実地に示した。実施したリン除去方法は、塩化第2鉄液を曝気槽に添加することによる化学的処理である。本法は、リン除去のための専用設備が少なくすみ、小規模施設に適したリン除去方法である8)。

(3)汚水、処理水等を用いたかんがい実験の実施

先の污水处理に関する各種実験の実施は、主に日本側が提案しながらIMTA側と共同して実施したものであったが、かんがい実験はIMTA側研究者が主体的に行うものとして、本プロジェクト発足の際、日本側とIMTA側で交わされたRecord of Discussions (R/D)に定められた。これは、現地での栽培作物、栽培方法に熟知したIMTAのかんがい部門の研究者が主体的にかんがい実験を実施した方が、日本から当該分野の専門家を派遣して技術協力するより、現地に適応しやすい技術開

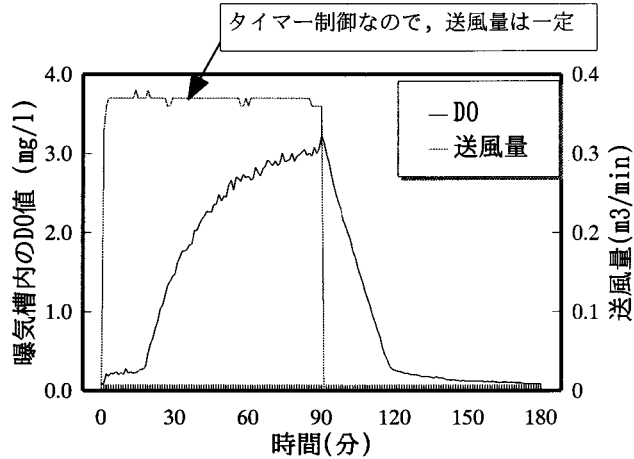


図-12(a) タイマー制御によるDOと送風量の変化

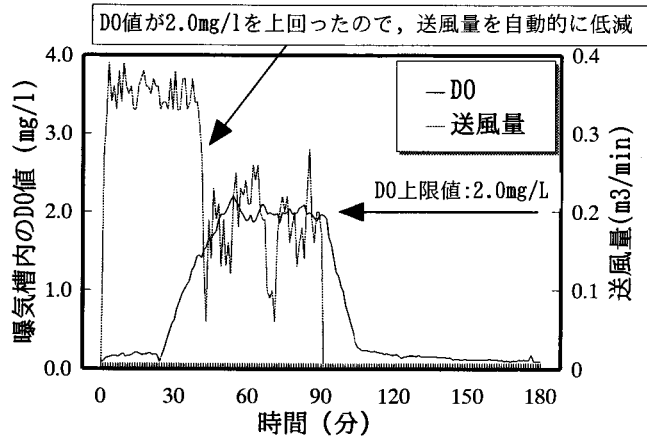


図-12(b) DO自動制御及びタイマー制御によるDOと送風量の変化

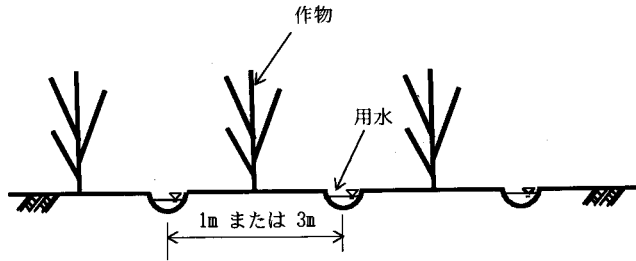
発が容易に行われると考えられたことによる。

当初、かんがい実験を露地で実施する予定であった。しかし、その後の検討を経て、降雨等のかんがい水以外の要因が栽培にもたらす影響を排除するため、ビニールハウス内での実施が必要との結論に達した。このため、日本側は本実験のためにビニールハウス及び関連設備を供与した。本実験のために建設されたビニールハウスは、18m×7mの床面積をもち、側面を防虫ネットで囲んだ構造となっている。天井には、サーモスタットと連動したファンが設けられ、必要以上の温度の上昇を防止する。内部には、12個の試験床が設けられ、並行して複数のかんがい水での栽培実験が可能となっている。試験床は、幅0.7m、奥行き4.8mの大

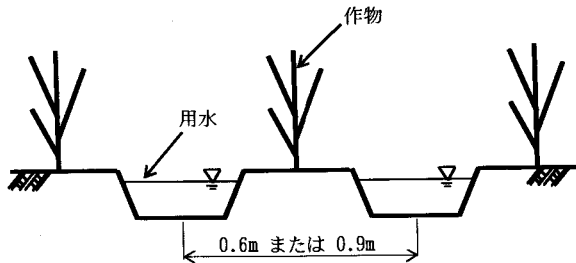
きさで、コンクリート底面の上に30~45cmの厚さで森林土を入れている。

メキシコでの農地へのかんがいは、スプリンクラーを用いることはなく、畝間かんがいによるものがほとんどである。畝間かんがいで、用水は土壤中を浸透し、作物が用水に接するのは根のみで、地上に食用部がある作物であれば、用水に含まれる汚濁物質や病原菌等に食用部が汚染されることが防がれることが期待される。なお、畝間かんがいは、メキシコでは畝と畝間の幅から図-13のとおり区分される。

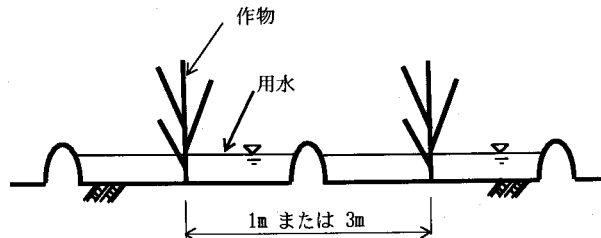
試験床では、図-14のとおり、試験床の内側に2列の畝を作り、壁と接する2列の畝間に用水を流してかんがいをする方法が採られた(写真-7参



名称：カマス(Camas)
適用作物：メロン、いちご、たまねぎ



名称：スエコ(Sueco)
適用作物：とうもろこし、いちご、たまねぎ



名称：メルガス(Melgas)
適用作物：稲

図-13 メキシコでの畝間かんがいの種類
(IMTAかんがい部ホセ・マゲーニャ主任研究員より聞き取り)

照)。

実験では、汚水、未消毒の処理水、消毒済みの処理水、水道水の4種類のかんがい水を用いて、大腸菌や寄生虫卵による作物への汚染の程度や収量(生産性)を比較した。

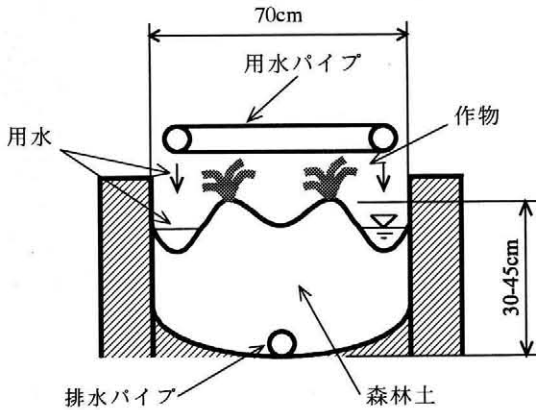
作物は、根菜類としてハツカダイコン、葉菜類としてレタス、果実としてミニトマトが計画された。しかし、時間的な制約からプロジェクトの期間中には、ハツカダイコン及びレタスの栽培のみの実施にとどまった。実施できた実験では、消毒済みの処理水をかんがい用いれば衛生上の問題

がないとともに、生産性の点でも汚水を用いた場合とほとんど差異がないとの結果が得られた。

今後、種々な作物及び条件で、実験がIMTAの研究者の手で実施され、汚水かんがいに比べて収量の低減が少なく、かつ、衛生的に安全な、汚水の処理レベル及びかんがい方法の確立まで研究が進められることが期待される。

6. 今後の展望

本プロジェクトは、海外農業農村開発協力において、日本の農業集落排水技術の技術移転に取り



図一14 試験床(横断面)

組んだ初めての事例である。日本の農業集落排水技術は、概して言うところ、汚水処理施設の占有面積をなるべく小さくすること、専門技術者が施設の管理に要する労力を少なくすることを指向して発展してきたものである。しかし、メキシコの農村の現状を考えると、日本の農業集落排水技術の指向は、一部は合致するが、一部は合致しないと考えられる。例えば、汚水処理施設の占有面積をできる限り小さくしようとする条件は、メキシコにおいては緩和できるであろう。一方、メキシコの農村において優秀な管理技術者を確保することの困難さは日本の農村の比でなく、専門技術者の巡回管理で施設の運転管理を対応しようとする日本の農業集落排水処理のシステムは、メキシコの農村においても1つの有効な手段ではないかと考えられる。

今回の研究協力では、3年間という期間的な制約もあり、日本の農業集落排水技術をメキシコに紹介したに留まったかも知れない。日本の農業集落排水技術をメキシコの農村に適したものへと改善することは、今後IMTAが独自に行う研究に期待するところが大きい。

一方、日本側としては、今後増加するであろう発展途上国からの農村地域での水質保全に対する技術協力の要請に応えるべく、発展途上国の農村を対象とした集落排水処理技術の研究・開発を進める必要があると考えられる。

最後に、本研究協力の立ち上げを現地で派遣専門家としてご尽力され、かつ、本研究協力の実施を農林水産省構造改善局海外土地改良技術室の担当班長としてご支援いただきました今井伸氏、本



写真一7 かんがい実験用ビニールハウスでの実験(1)

(かんがい水の供給量を1畝間ずつチェックしているIMTA研究者)

研究協力の事前調査団団長としてご尽力され、かつ、国内支援委員会委員長としてご支援いただきました農業工学研究所集落排水システム研究室長 端憲二博士、及び国内支援委員会の各委員の方々に心から感謝の意を表す。

また、筆者らのメキシコでの業務及び生活の両面にわたりご支援いただきました農林水産省構造改善局海外土地改良技術室、農業工学研究所及び(社)日本農業集落排水協会の関係者の皆様方に心からの感謝の意を表す。

引用文献

- 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監修：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～、公共事業通信社 p.467(1998)
- 2) 宮石幸雄：自然条件と地域区分、メキシコの農林業—現状と開発の課題— 1998年版、国際農林業協力協会 p.7(1998)
- 3) メキシコ国家水委員会(CAN)：上下水道事業の概要 —メキシコにおける汚水処理の現状—、(1996)
- 4) 西口 猛編著：農村集落排水のための汚水処理技術入門(農業土木学会選書 9)、農業土木学会 pp.89-90(1985)
- 5) Raul Serrano Toorres：Planta de tratamiento logra eliminar el nitrogeno del agua(プラントで水中の窒素を除去)、la Jornada(メキシコ日刊紙) 10月13日 増

- 補11面(1998)
- 6) 柚山義人, 大西亮一, 丹治肇, 米川公一: 美浦実験プラントの概要と水理特性 一回分式活性汚泥法による集落排水の高度処理に関する研究 (I) 一, 農工研技報 181 p.29(1989)
 - 7) 農林水産省構造改善局建設部整備課監修: 農業集落排水施設設計指針, 日本農業集落排水協会 pp.205-206(1996)
 - 8) 山岡 賢: 湖の汚濁を防ぐリン除去技術, 平成10年度 第2回中央研究集会 (農業土木学会, 農業工学研究所) ポスターセッション資料 pp.21-22(1999)

よみがえる西広板羽目堰

—先人のロマンに思いを寄せて—

鶴岡 忠昭* 岩佐 健治*

(Tadaaki TURUOKA)

(Kenji IWASA)

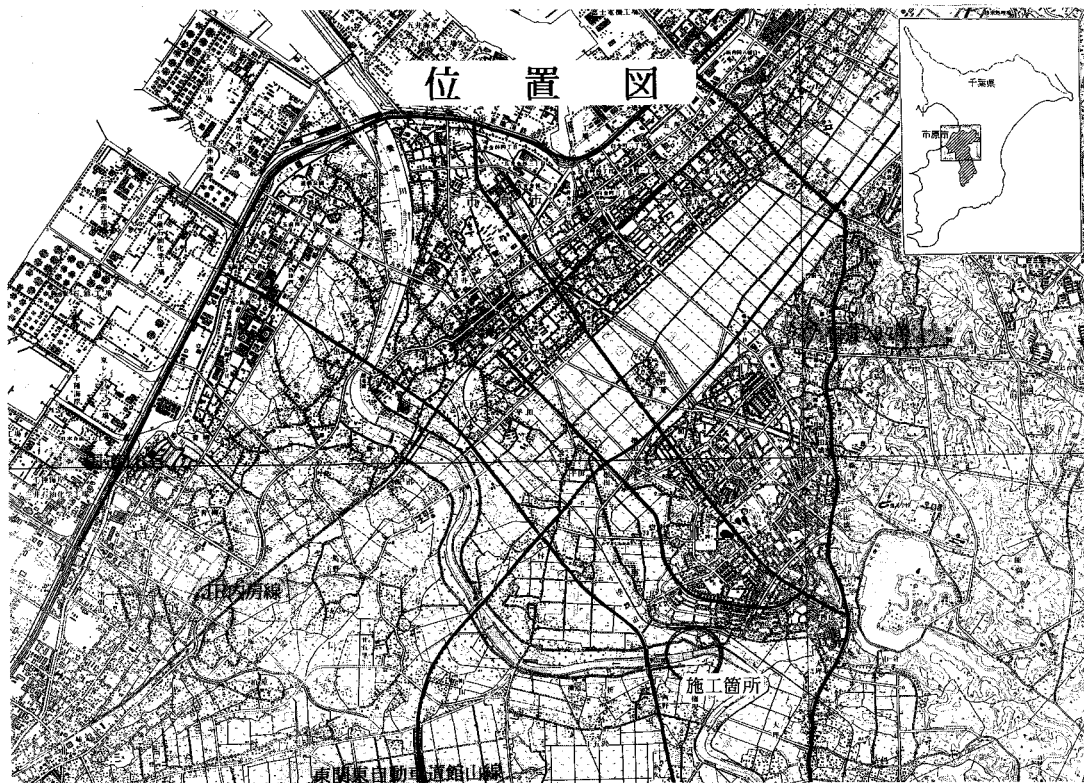
目 次

| | | | |
|---------------------------|----|------------------|----|
| 1. はじめに | 79 | 4. 修復工事の概況 | 82 |
| 2. 西広板羽目堰の経緯 | 80 | 5. おわりに | 84 |
| 3. 歴史的土壌改良施設保全事業の概要 | 82 | | |

1. はじめに

千葉県房総丘陵清澄山にその源を発する二級河川養老川は、市原市を縦貫して東京湾に注ぐ県内最大の流域を有している。本河川における江戸時代以降の水利施設には、上、中、下流ごとにそれぞれの特徴がある。

上流域は渓谷的な岩盤の露出箇所及び蛇行も多いため、高低差を活用し、延長が数キロにも及ぶ水路トンネルを中心とした山越え水路により、耕地の上流端に用水を導水している。又、中流域においては、低く彫り込まれた河川から、高い耕地への直接揚水可能な方法として、淀車型式の水車が明治10年代に設置されており、本地域と隣接小



*千葉県市原土壌改良事務所

櫃川流域等と共に大型水車によるかんがい方式をとっている全国でも特徴のある地域となっている。更に、下流域においては、江戸時代から「土のう（米俵に土を入れたもの）」を利用し河川を締め切り堰上げを行い、水路に用水を引き込む頭首工の利水方式がとられ、その後明治10年代に土のうとの組み合わせによる「板羽目堰」が登場し、その技術は大正年代になって完成された。本稿では、現存する西広板羽目堰の経緯と歴史的な土地改良施設保全事業で改修した工事の概要について報告するものである。

2. 西広板羽目堰の経緯

①江戸時代

宝暦9年(1759)11月、当時の西広村（現在の市原市西広）名主「五郎右エ門」による文書では、「五井平田掘替用水路西廣村地内掘割候ニ付……」とあることから、五井・平田両村のかんがい用水は、養老川を堰止めして、既に同年代以前から養老川を水源とした利用がされていたことを窺い知ることができる。

また、当時の堰の構造は土のうで、その規模は、上幅1.8m、敷幅8.2m、高さ2.5m、堰長65m、使用した材料は、空俵9,080俵、縄3,026把、中詰土量700㎡、松杭60本、土台180本、そだ200束、労力は延べ1,260人程度であったと記録されている。

しかし、当時の土のうの堰は、恐らく梅雨末期の集中豪雨や秋の台風襲来等にも遭遇し、幾度かの洪水時には流失を余儀なくされたことが推察される。一方、こうした洪水に対応するため、少しでも堰本体への影響を軽減する方法として堰の上流堤防を開削し、堰の下流で本川に戻すバイパス（空川—そらかわ）が設置されていたことは、すばらしい先人の知恵であり、その苦勞が偲ばれる。

②明治期

養老川における板羽目堰の工事は、明治12年に八幡町（市原市）の堀口源四郎が、明治14年には夷隅郡山田村（大原町）の渡辺善右衛門が、それぞれ県の許可を得て起業したが資金の困窮と難工事での失敗に終わっている。その後渡辺善右衛門は幾度かの失敗を重ね、明治18年に板羽目堰を完成させた。

堰の構造は、両端は従来の土俵とし、中央部に長さ14.5間（26m）の羽目板区間を設ける技術が

導入された。また当時の「約定書」によると、かんがい期間（4月1日から9月1日まで）の用水代金は、1町歩あたり玄米5斗を標準としており、かんがい面積は不明であるが、この米代金を工事費の回収と維持管理費にあてたものと考えられる。

更に、明治21年には渡辺氏が経営困難に陥り、その権利は土地所有者からなる株式組織の「耕養社」に譲渡され、同年秋～明治22年にかけて羽目板区間は28間に増設され、以後30年近くにわたり利用されることになる。

③大正期

大正5年7月の大洪水により西広板羽目の大改築が必要となり、千葉県内務部耕地課技手「桜井彦三」氏の設計による改良板羽目堰が大正6年に着工し同9年に完成している。当時の記録では、「西広堰大破を蒙り改築を施すにあらざれば利用するの道無き」の状態に至ったことが記述されている。また、工事仕様の大要の中に「洪水の際は、その横棧木1本を取り除く時は、全部除去せらるる様構造とす」とあるように、利水と治水の両機能に対応できることが最大の特徴である。

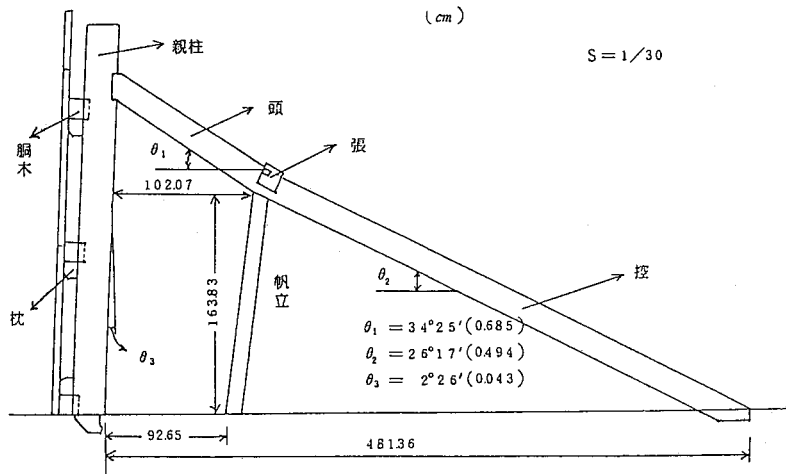
本組である板羽目堰の構造は、親柱を支える「頭」が中央（親柱右岸より17本目と18本目）を境目として、両岸に傾斜しており（平面模式図-2）親柱に集中する水圧を分散し、分散された水圧の一部を「張」に受け持たせて、両岸の基礎石に作用させるアーチダムの原理と同じとなっている。

加えて、洪水時に堰体を倒壊させるため、親柱を支える「頭」と「控」の水平角度が異なること、「帆立」が「頭」と「控」を支えており（標準断面図-1）、しかも下流側に傾斜を持っていること等の技術的な工夫があり各部材についても独特の加工処理がなされている。

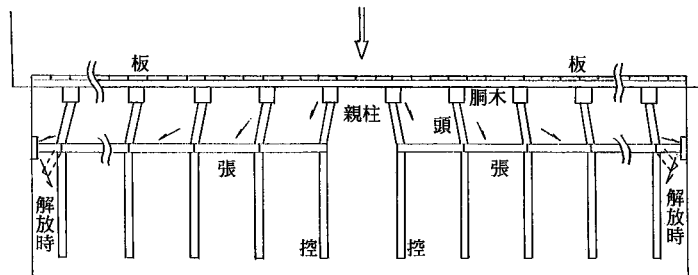
これらの工夫により板羽目堰は、左右両岸の横棧木1本をかけやで振り下ろし取り除くことで「張」の支えがなくなり、堰体に作用していた水圧によって一瞬にして中央部から左右岸へその姿を倒壊させる。

また、倒壊した各部材は、それぞれ3本の幹線ワイヤーの鎖で結ばれていて、再度各部材を再利用することが可能となっており、必要最小限の部材の補給と修繕によるリサイクルを実現している。

西広板羽目堰が大正9年に完成し、以後60年間



標準断面図-1



平面模式図-2

という長期にわたり有効に活用されたことは、上記の数々の技術的な取り組みが、いかに時代の要請に応え、かつ、自然に順応した優れたものであったのかを証明するものであり驚愕するばかりである。

④昭和期

昭和に入ってから、大改修することなく使用しており、昭和15年に洪水対策として流張りをコンクリートに改造したり、昭和17年に堰体基礎部のうえに厚さ一尺のコンクリート打設と止め箇所（支柱の埋め込み箇所）に幅一尺八寸、厚さ一尺の花崗岩の土台を敷設するなどの軽微な改良が行われた。

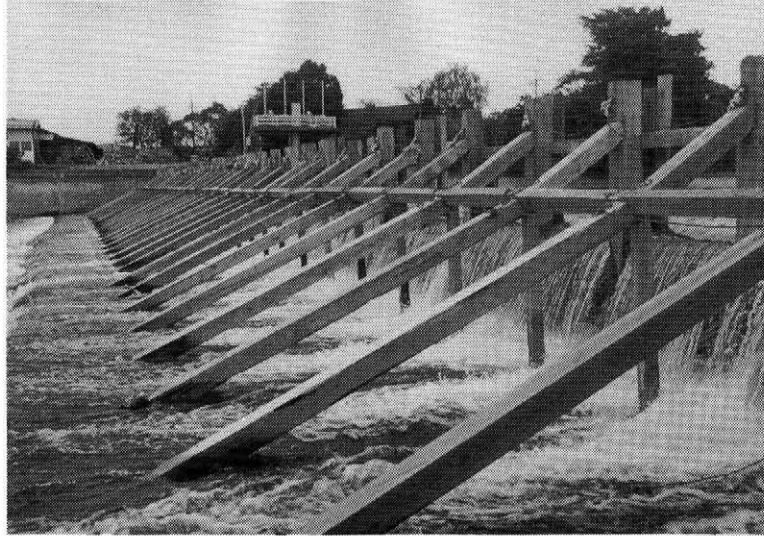
昭和47年度～昭和54年度にかけて下流約100mに電動式可動堰の設置工事が実施され、この完成に伴い板羽目堰は、現役を退くこととなるが、故「相川久雄」市原市五井連合土地改良区前理事長の尽力により、昭和53年3月10日「養老川西広板羽目堰」として市原市の有形民俗文化財の指定を受け、昭和54年以降数年に1回程度、技術の伝承

のための板羽目堰の組立と開放が行われるようになった。

⑤平成期

平成7年に西広板羽目堰は、「美しい日本のむら景観コンテスト・文化の部」で農林水産大臣賞の栄に輝いた。これを記念して、平成元年度以降6年ぶりに平成7年11月15日に開放式が実施され、マスコミ等を通じ堰の組み立てや開放の様子が幅広く一般に報道され好評を拍した。しかしながら、平成8年10月に開放式を行うべく、板羽目堰の構築を行ったところ堰本体低部からの漏水（浸透水）が著しく、やむを得ず開放式中止せざるを得ず、このままでは板羽目堰の継承は極めて困難であると考えられた。

しかし、故「相川久雄」氏の熱意と平成9年度の「歴史的土壌改良施設保全事業」創設は、次世代への板羽目堰の伝統技術継承の架け橋となった。



3. 歴史的土壌改良施設保全事業の概要

①板羽目堰破損の状況（現状）

渇水時の河道水は、伏流水状態となって堰下を流下していた。空洞調査を実施したところ、深いところで3m、浅いところで10cm程度の空洞が確認された。また、堰本体下の大きな流れは、右岸上流から左岸下流となっており、特に左岸下流部では常時1mを越える伏流水の流速であった。

一方、堰体基礎部のコンクリートの状態は、経年変化による亀裂が幾重にも走り、上下流端も洗掘等により破損し木矢板が露出又は流出しており、伏流水や空洞の状況からいつ陥没しても当然の状況と成っていた。

また、沈下状況は、河川横断方向で最大8cmとなっていた。

②事業計画にあたっての基本方針

本工事の実施に当たっては次の事項を基本とした。

- ア) 通常農業水利施設と異なり文化財としての重みも加わり、現状を変えずに補修可能な方法を選択すること
- イ) 法河川における工事として河川管理者の了解が得られること
- ウ) 工事上の安全・確実な工程確保ができ、かつ、コスト縮減に配慮すること
- エ) 工事に伴う魚類を中心とした河川生物への影響に配慮すること

この基本方針に基づき、堰体保全のための幅広矢板の使用による浸透水及び揚圧力の抑制と水中不分離性コンクリートによる空洞充填等の対策を実施した（詳細は後述）。

③歴史的土壌改良施設保全事業【西広地区】計画概要

施工位置：市原市西広地先

工事内容

①板羽目堰修復工事

上流部（浸透路長確保） 止水矢板（鋼矢板 II 型） $B=0.6\text{m} \times L=11\text{m}$ 施行延長 $L=86.4\text{m}$

下流部（エプロン保護） 根止矢板（鋼矢板 II 型） $B=0.6\text{m} \times L=6\text{m}$ 施行延長 $L=64.2\text{m}$

空洞部充填用削孔 $\phi 200\text{mm}$ 72孔 空洞部充填（水中不分離性軽量コンクリート） 300m^3

矢板笠コンクリート（水中不分離性軽量コンクリート） 58.8m^3

根固めブロック（下流洗掘防止 2トン/個）50個 親柱及び支柱沓石調整 一式

②板羽目堰資料保管庫 1棟

総事業費 247,000千円

工期 平成10年度～平成12年度

4. 修復工事の概況

基本方針に基づき実施された工事のうち、特徴的な鋼矢板（止水及び根止）のコスト縮減と空洞

部の充填における水中不分離性軽量コンクリートを採用した事例について以下に紹介する。

①鋼矢板打設について

堰体下部への浸透水の潜り込みについては、鋼矢板及び笠コンクリートにより所定の浸透路長と揚圧力に対応する長さ11mを使用することとし、コスト縮減縮減のため、幅広鋼矢板Ⅱ型（60cm）を採用し、コーナー及び既設接続部については従来幅の40cmを使用した。また、河川内に設置する仮設道路と矢板打設位置の最長距離は26mを必要とすることから80tクローラクレーンと60kWバイプロハンマーによる打設とした。

また、その結果は（表-1）のとおりである。

②空洞部充填について

1) 充填工法について

堰体下部は、矢板等によって新たな浸透水の潜り込みは遮断されるものの、空洞部の処理を

行わなければ堰体の破壊を招く危険性が高い。空洞処理工法の選定に当たっては、水中で打設可能な充填材で、しかも施工に伴う在来施設の変形・破壊の防止、将来の不等沈下等の構造的課題をクリアーすること及び漁業権の設定もあることから魚類に対する影響のないことが要求される。

これらの点を考慮すると本工事に使用される充填材に求められる条件は以下のように整理される。

- ④十分流動性がある、隙間を残すことなく確実に充填されるもの
- ⑤強度は現地盤以上の強度を有すること
- ⑥水中施工のため分離流出しないもの（汚濁発生しないこと）
- ⑦魚類などの生態系に有害な影響を与えないこと（充填中及び充填後のPHの上昇が小

表-1 鋼矢板経済比較表

| 矢板区分 | 打設枚数 | 材料費 | 打込経費 | 計 |
|-------------|--------------------|--------------|-------------|--------------|
| A.幅広型(60Cm) | L=11m140枚 L=6m103枚 | 16,637 A/B | 2,989 A/B | 19,626 A/B |
| B.従来型(40Cm) | L=11m210枚 L=6m158枚 | 17,461 95.3% | 4,488 66.6% | 21,949 89.4% |
| 差 額 | | △ 824千円 | △ 1,499千円 | △ 2,323千円 |

表-2 充填材比較検討表

| | ④水中不分離性 軽量コンクリート | ⑤水中不分離性 エアームタル | 摘 要 |
|--------------|-------------------------------|---|---|
| 流動性 (充填性) | ○ 最大骨材15mm | △ | エアームタルは、注入時に可塑状になるため流動性が低い。 |
| 充填材強度 | ○ 16kg/cm ² | ○ 10~16kg/cm ² | 一般土砂の一軸圧縮強度 数kg/cm ² |
| 不分離性 | ○ | ○ | いずれも実用的な不分離性がある |
| 生態系への影響 | ○ | ○ | 混和剤の配合割合を増加することにより不分離性高まり、水中へのアルカリ流出を抑えることができる。 |
| 比重 | ○ 1.85 | × 1.1~1.4 | 揚圧力の検討から、比重1.85は浮上はしないが、より軽い場合は浮上する。 |
| 施工性 | ○ コンクリートポンプ車打設 | △ グラウトポンプ+管路 | エアームタルは、エア注入工程が複雑になる。 |
| 実績 | ○ 多 数 | △ 数 件 | 水中不分離性エアームタルは、近年開発されたため、実績が少ない。 |
| 総合評価 | ○ 施工実績も多く、強度 安全性も確保される。 | △ 流動性(充填性)が低 く、浮上の恐れ高く、 実績が少ない | ○ 所定の内容を満足している △ 比較してやや劣る場合 × 比較して劣る場合 |

さなもの)

⑤充填材の単位体積重量が、現場土砂のそれに比し、下部地盤に影響を及ぼすほど重くなく、また逆に軽過ぎて浮上の恐れがないこと

⑥一般的に製造可能であること

2) 充填材の選定について

必要条件を満たすと考えられ、施工実績がある材料として a 水中不分離性軽量コンクリート b 水中不分離性エアームタルの 2 種類があるが、その比較検討を行った結果、流動性、施工性等で優れている水中不分離性軽量コンクリートを採用した(表-2)。

また、本地区における水中不分離性軽量コンクリートは、軽量骨材を用いた生コンクリート積載のミキサー車に、不分離剤(粉剤)及び流動化剤(液剤)を現場で計量添加、混合攪拌し、コンクリートポンプ車にて充填を行った。

なお、本工事の実施における河川水の pH は、現状河川 7.2~7.3 及び 7.9~8.0 の時、打設ピーク時で 8.4~8.9 及び 8.6~8.9、1 時間後では殆ど希釈傾向となり、魚類等への影響がないことを確認した。

5. おわりに

昭和 53 年の文化財指定を機会に、それまで板羽目堰の維持管理に携わってきた土地改良区を中心として養老川西広板羽目堰保存会が結成され、施設の保全管理と技術伝承のための構築と開放を行

い、近隣の小学生の貴重な学習の場としても好評を得ている。

しかし、15 才から堰守として又板羽目堰構築の中心となっている大塚総明氏やその他関係者も高齢化しており、加えて資金不足も否めず、一般公募により多くの人々の保存会への参加を求めるなど板羽目堰の継承のため努力を払っているところである。

先人が鋭い自然の観察と失敗の経験を糧に、よりよい施設改良に向け、たゆまぬ創意工夫と努力を積み重ねて来た結果、その結晶として板羽目堰を完成させたものである。今回、歴史的な土地改良施設保全事業の一端に触れたことで、改めて、飽食の時代への警鐘と足元を見つめ直す絶好の機会を与えてくれたと考えている。こうした伝統技術が将来にわたって継承されることを念願して拙筆を終わらせていただきます。

参考文献

出水力：水車の技術史(1987)P14 P16~P20

千葉県教育委員会：西広堰総合調査報告書(1977)

市原市教育委員会：市原市史別巻(1979)P37~P38 P645~P666

市原郡教育会：市原郡誌 復刻版(1989)P611 P653~P654 P751~P753

市原市教育委員会：わたしたちの市原市(1997)P116~P120

設計基準「水路工」改定における構造設計の変更内容について

桑原 一 登*
(Kazuto KUWAHARA)

1. はじめに

水路工は、農業農村整備事業ではもっとも施工が多い工種であることから、農業土木技術者にとって設計に携わり、また設計基準にふれる機会が多い工種と思われる。

また、設計基準「水路工（その1）」は、水理設計のみならず、構造設計の基本的な設計手法を示す設計の原典となる役割を担っており、安定計算及び構造計算は、他の基準においても引用されている。

このほど設計基準「水路工（その1）」を改定し、「水路工」として定めることとなったので、ここでは特に構造設計における改定内容について紹介する。

2. 構造設計に係る主要な変更点

前回改定のS61年以降、関連工種の標準設計の制定、コンクリート標準仕方書等関連技術書の制改定により、基準間で整合が図られていない事項や、実際の設計に際しては記載内容と異なる運用を行っている事項があり、今回の改定を契機に、これらと整合を図っている。

構造設計に係る主要な変更点は、下記のとおりである。

- ① 設計荷重条件
- ② 検討ケース及び検討条件
- ③ 載荷重算定手法
- ④ 鉄筋許容応力度
- ⑤ 土圧計算
- ⑥ 耐震設計

今回の改定では、各水路構造物の構造計算、安定計算等に用いる荷重条件等設計条件、検討ケースの明確化を行うとともに、これまで基準間で異なっていた荷重算定手法についてフリーリッヒを標準として整合化を図るなど、比較的大きな変更を行っている。

3. 改定における構造設計の内容

3.1 単位表示のSI化

設計基準における単位表示のSI化は、平成11年4月から開始しており、既に関係機関に対して取扱いを通知するとともに、本誌や学会誌等を通じて広報を行ってきた。

本基準では、構造設計は基本的にコンクリート標準仕方書に準拠し、道路関係と整合を図るものについては、道路関係の各種基準に準拠した数値をSIのみで示している。

3.2 荷重

水路工の構造設計にあたって考慮すべき荷重は、構造物の重要度、形式、使用材料、設置場所、施工方法、自然条件等に応じて選択することとしている。その区分には、自重、水圧、浮力又は揚圧力、土圧、自動車荷重、衝撃荷重、群集荷重、軌道荷重、地震荷重、風荷重、雪荷重、施工時荷重、温度変化、コンクリートの乾燥収縮及びクリープ、凍上圧がある。

*構造改善局建設部設計課施工企画調整室 Tel 03-3591-5798

このうち主要な変更事項について下記に示す。

(1) 自重

本基準では、自重計算に用いる単位体積重量は、実重量が明らかな場合を除き標準値によることができるとして、その値を表-1に示している。また、これまで地区により個々であったコンクリートの単位体積重量は、関連技術書との整合を図り標準値を変更している。

表-1 単位体積重量表

| 材 料 | 単位体積重量 kN/m ³ | 材 料 | 単位体積重量 kN/m ³ |
|----------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
| 鋼， 鋳鋼 | 77 | コンクリートブロック空積 | 19.5 |
| 鋳鉄 | 71 | 花崗岩 | 27 |
| アルミニウム合板 | 27.5 | 砂岩 | 26 |
| 鉄筋コンクリート | 24.5 | 土砂（乾燥土） | 16 |
| 無筋コンクリート | 23 | 土砂（湿潤土） | 18 |
| モルタル | 21 | 土砂（飽和土） | 20 |
| アスファルト（防水用） | 11 | 土砂（水中土） | 10.2 |
| アスファルトコンクリート舗装 | 22.5 | 水 | 9.8 |
| コンクリートブロック練積 | 22.5 | プレストレストコンクリート | 24.5 |

※材料の単位体積重量は、個々の場合で異なるので、大規模な施設や現場であらかじめその実重量を明らかにすることが望ましい。

SI化にともない、有効数値の関係から旧来の数値での計算結果と設計値が異なる事例も生じる場合がある。

(2) 水圧

水路工の設置場所は低平地等比較的地下水位が高い場合が多く、農道における擁壁工と異なり、水圧を考慮することを標準としている。設計に用いる地下水位の設定は、現場の地下水位によることとしているが、地下水位の季節的な変動やかんがい期特有の水位、線的構造物であることによる地点毎の水位の相違など、現地調査による水位設定が難しいことから、今回の改定では、水抜き工を設置する場合と設置しない場合について、(図-1)のとおり標準的な考え方を示している。このため浮上検討による地下水低下のための対策を講じた場合などは、現地の条件を十分検討の上、個別に地下水位を設定することとなる。

- ア 水抜き工を設置する場合 : 壁高の $\frac{1}{2}$
- イ 水抜き工を設置しない場合 : 周辺地下水位

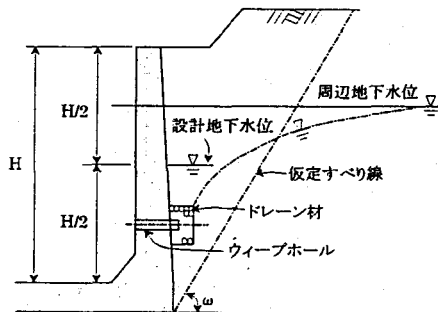


図-1 周辺地下水位と設計地下水位

(3) 浮力及び揚圧力

浮力及び揚圧力は、(2)で算定した水位を基に、鉛直上方に作用するものとして構造物の安定計算のうち浮上、転倒、滑動について考慮し、地盤支持力の検討時には無視する。浮力又は揚圧力を荷重として考慮する場合、現地条件を適切に判断し、壁面と土の摩擦角を考慮してよいとし、土圧鉛直成分の最大50%を計上してよいとしている。

浮上に対する抵抗力として土圧の鉛直成分を考慮する場合は、現地の土質条件や締め固めの状況が良好であることを想定しており、その適用にあたっては現場条件に十分留意する必要がある。

(4) 土圧

構造設計に用いる土圧は、鉛直土圧と水平土圧に大別される。本基準では、水路壁に作用する土圧と荷重及び構造物毎の適用公式を表一2のとおり区分して標準的な適用を定めている。今回の改定では、移動変形を伴うフリームに作用する荷重をフリーリッヒ公式による荷重換算とし、またボックスカルバートにかかる土圧を静止土圧公式により算定することとし、設計基準間で取り扱いに差異があった内容について整合を図った。

また土圧算定に際し、水路工においてはこれまで考慮していなかった壁面摩擦角を水路設計においても考慮して良いこととしている。

表一2 構造条件と適用土圧公式

| 構造分類 | 水平土圧 | | | その他荷重 | | 備考 |
|-----------------------------|----------------------|------------------|-------|--------------------|------|----|
| | 常時 | 地震時 | 壁面摩擦角 | 輪荷重 | 水圧区分 | |
| I 移動変形を伴わない (ボックスカルバート等) | 静止土圧公式 | 無視 | 無視 | 等分布荷重換算 (平面一方向) | 有 | |
| II 変形有, 移動変形無 (片持水路) | クーロン土圧公式 ランキン土圧公式 | クーロン地震時 土圧公式 | 考慮 | フリーリッヒ公式 | 〃 | |
| III 移動変形を伴う (擁壁等) | クーロン系試行 クサビ法 | 試行クサビ重量 の慣性重量 | 考慮 | 等分布荷重換算 | 〃 | |

3.3 許容応力度

コンクリートの設計強度及び各材料の許容応力度については、各構造物の規模、重要性、施工条件、経済性等により決定することとし、下記に一般的な水路構造物設計に用いるコンクリート設計基準強度及び許容応力度と鉄筋の許容応力度の適用区分を示す。

(1) コンクリート設計基準強度及び許容応力度

コンクリートの設計基準強度及び許容応力度は、JIS及び関連技術書の改定に伴い数値の変更を行っている。無筋構造物に用いる標準的なコンクリートの設計基準強度は、18N/mm²を用いることとしている。これは、本年10月からJIS規格から16N/mm²が無くなるため、施工管理面から標準仕様を変更したものである。

また、圧縮強度以外の数値ではコンクリート標準示方書を基本としているため、道路関係の諸基準と異なる数値を採用しているものがあるので注意が必要である。(表一3～5)

(2) 鉄筋の許容応力度

JIS G3112に適合する鉄筋の許容応力度については、関連技術書の取扱いに変更があったことから、コンクリート標準示方書等で示す値を基本に表一6のとおり定め、農業水路の特性を考慮し、用水路の場合は「水に接する部材場合」、排水路の場合は「一般の部材の場合」として取り扱うこととしている。

なお、SD345の取扱いについては、ひび割れやたわみ量等十分安全性を確認した上で用いるものとしており、一般的な水路ではSD295が用いられているが、地域によってはSD295の市場性がない

表-3 無筋コンクリートの許容応力度

単位：N/mm²

| 許容応力度 | | 28日設計基準強度 σ_{ck} | | | 備考 |
|------------------------|--|-------------------------|-----|-----|---|
| | | 18 | 21 | 24 | |
| 圧縮 (σ_{ca}) | | 4.5 | 5.0 | 5.5 | $\sigma_{ca} \geq \frac{\sigma_{ck}^*}{4}$ |
| 曲げ引張 (σ_{ta}) | | 0.25 | 0.3 | 0.3 | $\sigma_{ta} \geq \frac{\sigma_{tk}^{**}}{7}$ |
| 支圧 (σ'_{ta}) | | 5.4 | 6.0 | 6.0 | $\sigma'_{ca} \leq 0.3\sigma_{ck}^*$ |

注) * σ_{ck} は、コンクリートの設計基準強度

** σ_{tk} は、コンクリートの設計基準引張強度 (JIS A I113によって定める)

表-4 鉄筋コンクリートの許容応力度

単位：N/mm²

| 許容応力度 | | 28日設計基準強度 σ_{ck} | | | | | 備考 | |
|------------------------|---------------------------------|-------------------------|-----|------|------|------|------------------------------------|--|
| | | 18 | 21 | 24 | 30 | 40以上 | | |
| 曲げ圧縮 (σ_{ca}) | | 7 | 8 | 9 | 11 | 14 | | |
| せん断 | 斜め引張鉄筋の計算をしない場合 (τ_{a1}) | 梁の場合 | 0.4 | 0.42 | 0.45 | 0.5 | 0.55 | |
| | | スラブの場合* | 0.8 | 0.85 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | |
| | 斜め引張鉄筋の計算をする場合 (τ_{a2}) | せん断力の場合** | 1.8 | 1.9 | 2.0 | 2.2 | 2.4 | |
| 付着 | 丸鋼 (τ_{0a1}) | | 0.7 | 0.75 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | |
| | 異形鉄骨 (τ_{0a2}) | | 1.4 | 1.5 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | |
| 支圧 (σ'_{ca}) | | 5.4 | 6.3 | 7.2 | 9.0 | 12.0 | $\sigma'_{ca} \leq 0.3\sigma_{ck}$ | |

注) *押抜きせん断に対する値である。

**ねじり影響を考慮する場合には、この値を割増することができる。

表-5 現場打ちコンクリートの適用区分

単位：N/mm²

| 設計基準強度 σ_{ck} | 種 目 等 |
|------------------------------|---|
| 無筋コンクリート $\sigma_{ck}=18$ | 構造物基礎等の敷均し (均しコンクリート) 基礎コンクリート等無筋構造物 |
| 鉄筋コンクリート $\sigma_{ck}=21$ | フルーム・暗渠・サイホン等水路構造物 |
| (参考) $\sigma_{ck}=24$ | 耐久性を要する場合 (水流による摩耗に対応させる構造物・急流工等) |

注) これは、標準的な設計基準強度の使用区分であり、現場条件、施工条件によっては配合強度を変更することができる。

表-6 鉄筋の許容応力度

単位：N/mm²

| 鉄筋の種類 | | 許容引張応力度 (σ_{sa}) | | | | 備考 |
|-----------|-----|---------------------------|-------------|------------|--------------|-------------------------------------|
| | | 一般の部材の場合 | 疲労強度より定まる場合 | 水に接する部材の場合 | 輪荷重が直接載荷する場合 | |
| SR235 | 常時 | 137 | 137 | 137 | 137 | *1用水路の中で規模の小さいもの場合は一般部材の許容応力度として良い。 |
| | 地震時 | 205 | 205 | 205 | 205 | |
| SD295A, B | 常時 | 176 | 157 | 157 | 137 | |
| | 地震時 | 264 | 264 | 264 | 264 | |
| SD345 | 常時 | 196 | 176 | 176*2 | 137 | |
| | 地震時 | 294 | 294 | 294 | 294 | |

*1現場の小さいものとは水路の幅、高さが1.0m以下の水路とする。

*2下記の場合、SD295A, BとSD345の許容引張度は同一とする。

- ・輪荷重が直接載荷する場合。
- ・道路協議等を行う場合等。

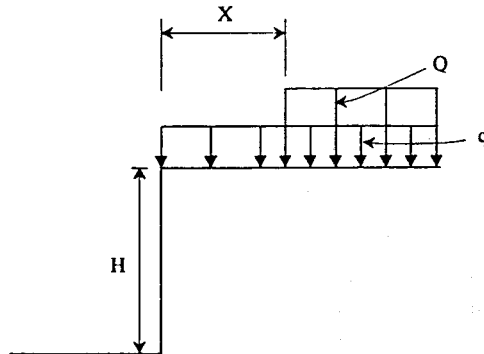
場合も見受けられるので注意を要する。

3. 4 載荷重の換算

今回の改定では、開水路壁背面の台形盛土、自動車荷重、軌道荷重、群集荷重は、開水路背面上の等分布荷重に換算して土圧を計算する。それぞれの載荷重の換算は、フリーリッヒの地盤応力の理論を応用し、モーメント換算した法によるとしている。

これまで設計基準「水路工(その1)」と標準設計では、プーシネスク公式と等分布換算、フリーリッヒと幾つかの異なる換算方法を示していた。

今回の改定では、構造物別に換算方法を整理しており、開水路ではフリーリッヒを用いることとしている。



図一 2 載荷重の概算

$$q_q = Q \cdot I_w \dots\dots\dots (1)$$

$$I_w = \left[1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 - \frac{2}{\pi} \left\{ 1 + \left(\frac{X}{H} \right)^2 \right\} \tan^{-1} \left(\frac{X}{H} \right) - \frac{2}{\pi} \left(\frac{X}{H} \right) \right] \dots\dots\dots (2)$$

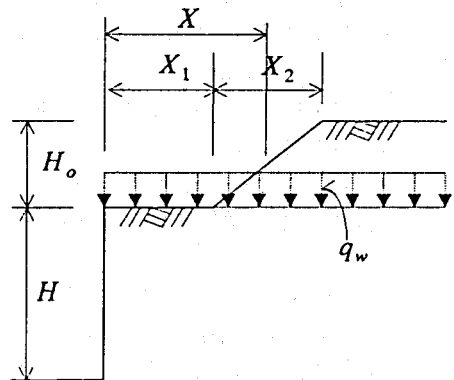
- q_q : 換算後の等分布荷重(kN/m²)
- Q : 各種荷重の載荷位置における等分布荷重(kN/m²)
- X : 壁背面からの載荷位置(m)
- H : 壁高(m)
- I_w : 等分布荷重概算係数

(1) 台形盛土の等分布荷重換算

壁背面の台形盛土による水平荷重は、概算等分布荷重として式(3)により求める。

$$q_w = \gamma \cdot H_0 \cdot I_w \dots\dots\dots (3)$$

- q_w : 盛土荷重の概算等分布の荷重(kN/m²)
- γ : 盛土の単位体積重量荷重(kN/m³)
- H_0 : 盛土高(m)
- X : 仮想距離($X = X_1 + \frac{1}{2} X_2$)(m)
- H : 壁高(m)
- I_w : 等分布荷重換算係数



図一 3 台形盛土荷重の概算

(2) 壁背面に作用する自動車荷重(図一 4 参照)

壁面に作用する自動車荷重(輪荷重)は、車道幅員にT荷重を車両占有面積で除した等分布荷重を載荷し

て、等分布荷重概算係数，式（４）により，概算等分布荷重に概算して土圧を計算する。
概算等分布荷重は，次式により求める。

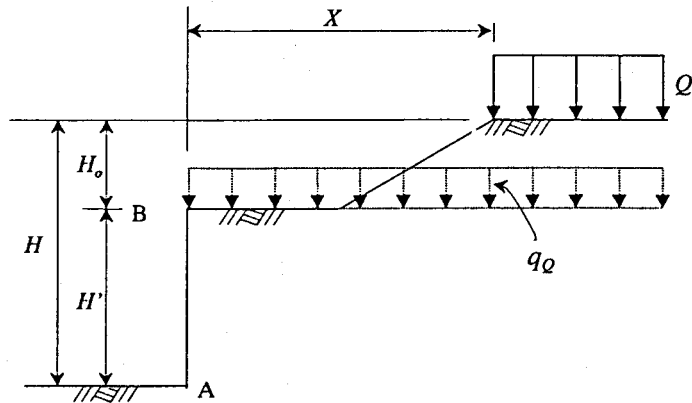


図-4 自動車荷重の概算

$$q_Q = Q \cdot I_w \dots\dots\dots (4)$$

ただし， $X \geq H$ の時 $q_Q = 0$ とする。

- q_Q : 概算等分布荷重(kN/m²)
- Q : T荷重/車両占有面積(kN/m²) (表-7 参照)
- X : 壁背面から荷重の作用する位置までの距離(m)
- I_w : 等分布荷重換算係数

表-7

| 荷重 | Q(kN/m ²) |
|------|-----------------------|
| T-25 | 10 |
| T-14 | 7 |
| T-10 | 5 |

(3) 壁背面に作用する群集荷重その他荷重

壁背面に作用する群集荷重その他荷重は，式（４）によりQを該当する荷重に置換えて計算する。

3. 5 荷重の組合せ

実際の開水路の設計に当たっては，現場の条件に応じて荷重を組合せ，この外力に対し安全性を確保する構造設計を行うことがポイントとなる。考慮すべき荷重の組合せや検討ケースは，今回の改定ではより利用者が分かり易いように，各検討ケースで考慮すべき荷重の組合せを表にして示し，荷重の状況を各ケース毎に図示して掲載している。

3. 6 耐震設計

通常の水路構造物では，これまで一般に地震力を考慮して構造設計を行っていないが，水路橋，水管橋や大規模な構造物では，個々に耐震設計が行われており，構造物別に個々の耐震設計手法が用いられている。

土地改良事業で造成する構造物に対する耐震設計は，現在改定作業を行っている設計指針「耐震設計」において各構造物の条件別に考慮すべき地震や耐震性能，検討手法を示すこととしている。本基準では，震度法を基本とした地震時荷重の考え方と液状化を含めた耐震設計の基本的な考え方を示している。

4. おわりに

水路工の構造設計は、農業土木の基礎的な技術分野であり、本研究会会員の方々も馴染み深いものと思われる。今回の改定は12年ぶりの改定であり、基準書、技術書への構成の変更をはじめ、記載範囲や内容も大きく変わっており、表示単位のSI化などとまどいを覚えられる方も多いと思われる。

現在技術基準を取り巻く状況は、新技術の積極的な導入が進められるなど、設計基準もこれらに対応する柔軟性が求められている。

また、現在ISOで構造物の設計に関する国際基準制定作業が進められており、限界状態設計法と性能規定化を基本とした審議が行われている。すでに他機関ではこれらの動きに対応した技術基準類の見直しに着手しており、土地改良事業の設計基準類についても、国際化に対応するための検討を行うこととしている。

本基準では、地域や現場条件に応じた柔軟な設計を基本としているため、設計に当たっては、基準の記載内容を十分理解した上で、その時々新しい技術の動向や新技術を踏まえた検討を行い、各事業現場でよりよき設計が行われることを願う次第である。

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 α (アルファ)
r (アール) と γ (ガンマ) k (ケイ) と κ (カッパ)
w (ダブルユー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)
1 (イチ) と l (エル) g (ジー) と q (キュー)
E (イー) と e (イプシロン) v (バイ) と ν (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

5. 「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。

農業土木技術研究会役員名簿（平成11年度）

| | | |
|-------|-------|-----------------------|
| 会 長 | 黒澤 正敬 | 水資源開発公団理事 |
| 副 会 長 | 佐藤 準 | 構造改善局建設部長 |
| 〃 | 中村 良太 | (勸)農業土木総合研究所技術顧問 |
| 理 事 | 太田 信介 | 構造改善局建設部設計課長 |
| 〃 | 中條 康朗 | 構造改善局建設部水利課長 |
| 〃 | 安村 廣宣 | 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 |
| 〃 | 金蔵 法義 | 北海道開発庁農林水産課長 |
| 〃 | 富久尾育雄 | 茨城県農地局長 |
| 〃 | 高野 政文 | 新潟県農地部長技監 |
| 〃 | 安部 優吉 | 兵庫県農林水産部長 |
| 〃 | 小林英一郎 | 水資源開発公団第二工務部長 |
| 〃 | 上田 一美 | (社)土地改良建設協会顧問 |
| 〃 | 近藤 勝英 | (社)農協土木事業協会専務理事 |
| 〃 | 山下 義行 | 太陽コンサルタンツ(勸)常務取締役 |
| 〃 | 中島 均 | (勸)竹中土木常務取締役 |
| 〃 | 杉浦 英明 | 日本国土開発(勸)取締役 |
| 監 事 | 角田 豊 | 関東農政局建設部設計課長 |
| 〃 | 藤根興兵衛 | (勸)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 | 須藤良太郎 | 参議院議員 |
| 〃 | 佐藤 昭郎 | 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 |

編集委員会（平成11年度）

| | | |
|----------|-------|-----------------|
| 編集委員長 | 安村 廣宣 | 構造改善局設計課 |
| 常任幹事編集委員 | 青山 卓二 | 〃 事業計画課 |
| | 菊池 由則 | 〃 設計課 |
| | 津谷 康宣 | 〃 整備課 |
| | 渡辺 博之 | 〃 設計課 |
| 幹 事 | 水口 将弘 | 技術連盟 |
| 編集委員 | 鈴木 豊志 | 構造改善局地域計画課 |
| | 志田麻由子 | 〃 資源課 |
| | 土井 貴志 | 〃 事業計画課 |
| | 谷口 宏文 | 〃 設計課 |
| | 桑原 一登 | 〃 設計課 |
| | 村岡 宏 | 〃 水利課 |
| | 大畠 学人 | 〃 水利課 |
| | 小泉 亘司 | 〃 整備課 |
| | 山本 恵太 | 〃 開発課 |
| | 野田 英亨 | 〃 開発課 |
| | 木下 幸弘 | 〃 防災課 |
| | 伊藤 直樹 | 〃 防災課 |
| 地 方 | 常住 直人 | 農業工学研究所 |
| 編集委員 | 親泊 安次 | 国土庁計画調整局 |
| | 高橋 定行 | 水資源第二工務部設計課 |
| | 古川 和夫 | 農用地整備公団計画部実施計画課 |
| | 宮崎 敏行 | 農業土木総合研究所 |
| | 堀内 正之 | 東北農政局設計課 |
| | 伊藤 友次 | 関東農政局設計課 |
| | 中村 幹洋 | 北陸農政局設計課 |
| | 落合 弘 | 東海農政局設計課 |
| | 北川 啓三 | 近畿農政局設計課 |
| | 堀山 誠一 | 中国四国農政局設計課 |
| | 中園 利廣 | 九州農政局設計課 |
| | 武岡 康夫 | 北海道開発局農業設計課 |
| | 八木 康夫 | 沖縄総合事務局土地改良課 |

賛 助 会 員 A

| |
|----------------|
| (株) 荏原製作所 |
| (株) 大林組 |
| (株) 熊谷組 |
| (株)三祐コンサルタンツ |
| 大成建設(株) |
| 玉野総合コンサルタント(株) |
| 太陽コンサルタンツ(株) |
| (株)電業社機械製作所 |
| (株)西島製作所 |
| 西松建設(株) |

| |
|------------------|
| 日本技研(株) |
| (株)日本水工コンサルタント |
| (株)日本農業土木コンサルタンツ |
| (勸)日本農業土木総合研究所 |
| (株) 間 組 |
| (株) 日立製作所 |

(16社)

賛 助 会 員 B

| |
|----------|
| (株) 青木建設 |
| (株) 奥村組 |
| 勝村建設(株) |

| |
|-----------|
| 株木建設(株) |
| (株) 栗本鉄工所 |
| 三幸建設工業(株) |
| 住友建設(株) |
| 住友金属工業(株) |
| 大豊建設(株) |
| (株) 竹中土木 |
| 田中建設(株) |
| 前田建設工業(株) |
| 三井建設(株) |

(13社)

賛助会員 C

アイサワ工業(株)
 青葉工業(株)
 旭コンクリート工業(株)
 旭測量設計(株)
 アジアプランニング(株)
 茨城県農業土木研究会
 上田建設(株)
 (株)ウォーター・エンジニアリング
 梅林建設(株)
 エスケー産業(株)
 (株)大本組
 神奈川県農業土木建設協会
 技研興業(株)
 (株)クボタ建設
 (株)クボタ(大阪)
 (株)クボタ(東京)
 (株)古賀組
 (株)後藤組
 五洋建設(株)
 酒井建興(株)
 佐藤企業(株)
 (株)さとうベネック

(株)塩谷組
 昭栄建設(株)
 新光コンサルタンツ(株)
 (株)ジオテック
 (株)シャトーシーピー
 須工ときわ(株)
 世紀東急工業(株)
 大和設備工事(株)
 高橋建設(株)
 高弥建設(株)
 (株)田原製作所
 中国四国農政局土地改良技術事務所
 (株)チェリーコンサルタンツ
 中央開発(株)
 東急建設(株)
 東邦技術(株)
 東洋測量設計(株)
 中川ヒューム管工業(株)
 日本国土開発(株)
 日本ヒューム管(株)
 日本鋪道(株)
 福井県土地改良事業団体連合会
 (株)婦中興業
 古郡建設(株)

(株)豊蔵組
 北海道土地改良事業団体連合会
 前田製管(株)
 前沢工業(株)
 真柄建設(株)
 (株)舛ノ内組
 丸か建設(株)
 (株)丸島アクアシステム
 丸誠重工業(株)東京本社
 水資源開発公団
 水資源開発公団沼田総合管理所
 〃 三重水管理所
 宮本建設(株)
 ミサワ・ホーバス(株)
 (株)水建設コンサルタンツ
 (株)峰測量設計事務所
 山崎ヒューム管(株)
 菱和建設(株)
 若鈴コンサルタンツ(株)
 (65社)
 (アイウエオ順) 計 94社

編集後記

今年の夏は、異常な降雨に見舞われた年の一つといってもよいのではないか。特徴的なのは、記録的な集中豪雨であるということ。長期間降り続くのではなく、局地的にバケツをひっくり返したような雨が極短期間に各地で被害をもたらした。都市部では地下街における水害という新たな課題に遭遇し、また、河川敷のキャンプ地をおそった集中豪雨では、退去忠告を無視した人々が川の中州に取り残され、救援活動の最中に尊い生命が奪われたというものもあった。我々技術者も時として、自然現象の「こわさ」を忘れていないことはな

いだろうか。技術力は急速に進歩している昨今にあつて、その吸収・修得・活用に追われ、「もの」を造り上げることが最終目的となつてしまっていないだろうか。技術は自然との闘いであると同時に、調和でもあるべきではないか。造るときだけではなく、完成後、未来に引き継がれていく「財産として活用される」よう、自然の「こわさ」を常に意識しておくことが大切ではないかと、今年の夏は考えさせられ、農業農村の持続的発展には欠かすことのできない視点の一つとして心に刻んだ点であった。技術とは何か、心がけなければならないことは何か、これからも自問自答していきたい。

(国土庁調整課 親泊安次)

水と土 第118号

発行所 〒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
 TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

一世印刷株式会社
 TEL 03(3952)5651