

# 水と土

No.142  
2005

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



## 三高ダムの嵩上げ工事について (本文17頁)



コンクリート打設状況



堤体上流面の劣化状況



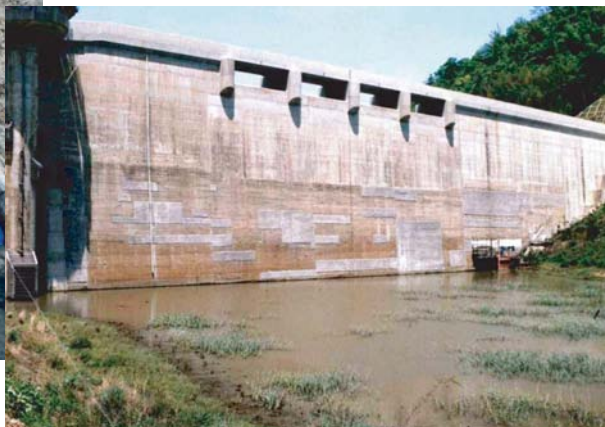
10ブロック施工不良部(上流面)



旧堤体下流表面処理状況



漏水処理



上流面吹付後

## 羽布ダム管理施設の更新について (本文26頁)



大型ディスプレイ (DLP方式)



羽布ダム監視制御設備 (更新後)

## 古宇利大橋添架水管橋の施工 (本文33頁)



ポリウレタン被覆 (厚さ2.0mm)



高欄と色彩調和



管内面塗装機の外観



塗装完了時の状況

## グラベルコンパクションパイル工法の施工事例 (本文44頁)



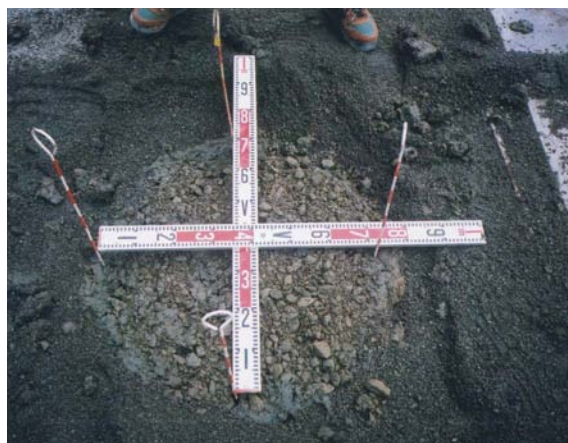
採石投入状況 (写真-1)



ケーシングパイプの地中貫入状況 (写真-2)



杭体造成状況 (写真-3)



碎石杭の径の確認状況 (写真-4)

## 犬山頭首工ゲート設備の大規模補修の事例 (本文68頁)



ディップス計による測定



旧扉体と新扉体端部

## トンネル掘削補助工法の施工事例について (本文77頁)



空洞状況



注入式フォアポーリング施工状況

## トンネル掘削における地質の判定 —広域農道川薩地区の事例— (本文82頁)



2号トンネル判定状況

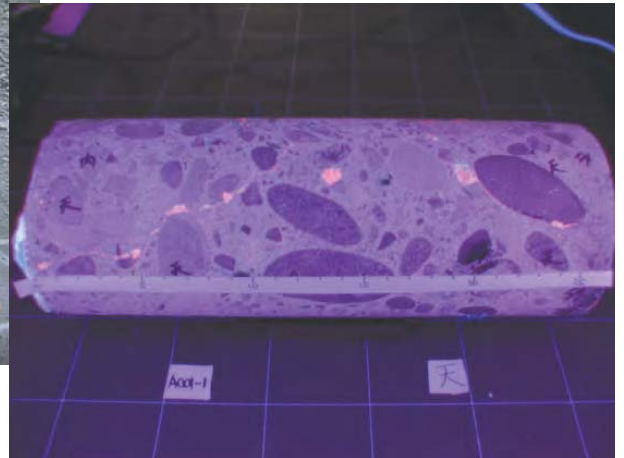


2号トンネル切羽

## 鉄筋コンクリート水路のひび割れ現状調査について (本文87頁)



樹脂注入状況



ひび割れ深さと幅の確認状況

## 自然再生事業と国営総合農地防災事業における環境配慮について (本文93頁)



排水路(植生護岸)



沈砂池



水生植物の植え付け



ミニ河川での実験



試験の場として活用する排水路

ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理について (本文98頁)



ため池改修前の状況 (東堤北側)



ため池改修後の状況 (東堤北側)



水質浄化のせせらぎ水路の状況

農業土木・みんなの現場見学会 (忍海小学校4年生の学習会)  
新町池公園の「せせらぎ水路」と「メダカの池」でメダカの稚魚などを観察



メダカの池の状況



小畑谷池の改修前の状況



高所寺池の改修後の状況

報文内容紹介 ..... 11

### 巻頭文

農業水利施設における更新整備の円滑化について  
美濃真一郎..... 15

### 報 文

三高ダムの嵩上げ工事について  
横竹正輝・河村吉郎..... 17

羽布ダム管理施設の更新について  
芝原明利・原口 智..... 26

古宇利大橋添架水管橋の施工  
石原正一・久保田昭彦..... 33

グラベルコンパクションパイル工法の施工事例  
山本陽次..... 44

圧力管路用FRPM管推進工法での現場施工について  
成田総一郎・竹下 晋・宇戸啓二・中嶋敏勝..... 56

ため池の旧堤体土を活用した盛土工法（ベントナイト混合工法）について  
白井謙二..... 61

犬山頭首工ゲート設備の大規模補修の事例  
浅井啓智..... 68

トンネル掘削補助工法の施工事例について  
志賀光治..... 77

トンネル掘削における地質の判定  
－広域農道川薩地区の事例－  
小川和久..... 82

鉄筋コンクリート水路のひび割れ現状調査について  
丸茂伸樹・大森博志..... 87

自然再生事業と国営総合農地防災事業における環境配慮について  
高石洋行・多田 嘉・白戸利克・岸本和彦..... 93

ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理について  
北川啓三..... 98

会告 ..... 110

会員の皆様へお知らせ ..... 111

投稿規定 ..... 112

入会案内 ..... 113



# 水と土 第142号 報文内容紹介

## 三高ダムの嵩上げ工事について

横竹正輝・河村吉郎

三高ダムは、県管畑地帯総合整備事業（担い手育成型）沖美地区の基幹水利施設である。従来から利用されていた旧堤体を嵩上げし、新たに農業用水源を確保する目的で再開発工事を行った。しかし、旧堤体は戦前の施工で設計図等の資料が乏しかったため、手探り状態での工事となった。

本稿では三高ダムの再開発工事で採用した施工方法、及びその結果を報告する。

（水と土 第142号 2005 P.17 設・施）

## 羽布ダム管理施設の更新について

芝原明利・原口 智

国営新矢作川用水農業水利事業の計画変更（平成15年）において、矢作川第二農業水利事業（昭和38～53年度）により昭和50～53年度に設置された羽布ダムの管理施設補修等が取りこまれ、平成16年度にダム管理システム機器の更新工事を実施した。

本報文では、業務におけるダム管理施設更新に対する検討とシステム設計の基本的な考え方、及び工事実施にあたっての管理者との調整、施工時の現場における工夫等について報告するものである。

（水と土 第142号 2005 P.26 設・施）

## 古宇利大橋添架水管橋の施工

石原正一・久保田昭彦

羽地大川農業水利事業所では、通行料金のいらぬ一般道路橋としては、日本最長である沖繩県「古宇利大橋」橋長1,960mの地覆に水輸送用塗覆装鋼管φ350の橋梁添架水管橋の施工を実施した。施工に当たっては、現場溶接部の外面防食対策として工場塗装と同様のポリウレタン被覆の仕様を新工法を導入し、契約後VEとして採用された。また、沖繩海岸国定公園内の施工とであるため、古宇利大橋との色彩調和のために外面塗装に高欄と同系色のポリウレタン樹脂塗料を施した。なお、鋼管支持間隔を水管橋設計基準の基準値4mを構造計算により検討した結果、支持間隔を6mにすることによりコスト縮減の低減を図った事例を紹介する。

（水と土 第142号 2005 P.33 設・施）

## グラベルコンパクションパイル工法の施工事例

山本陽次

軟弱地盤の改良工法として広く利用されているサンドコンパクションパイル工法であるが、今回はその材料として砕石を利用し、支持力の増強を図った。また近接工事で橋梁下部工事が施工されていたため、施工機械もバイプロハンマではなく無振動、低層音で施工できるSAVEコンポーザーを使用しているのが特徴である。本報文はその施工事例の紹介である。

（水と土 第142号 2005 P.44 設・施）

## 圧力管路用FRPM管推進工法での現場施工について

成田総一郎・竹下 晋・宇戸啓二・中嶋敏勝

推進管として、従来ダクタイル鑄鉄管等を使用してきたが、今回圧力管路用FRPM推進管を用いて、「コスト縮減」として取り組んだ。

取り組むに当たっては、製品の安全性を第一として考え、今回使用するφ900の試験データが無かったことから、他機関でこの製品（φ800）で試験データを実施しており、それを基にしてφ900の推測値を算定して、その後性能試験を行い、製品の安全性を再確認のうえ、工事を実施したものである。

その経緯及び工事内容等を報告するものである。

（水と土 第142号 2005 P.56 設・施）

## ため池の旧堤体土を活用した盛土工法（ベントナイト混合工法）について

白井謙二

本県のため池改修の主要な工法は、傾斜遮水ゾーン型（前刃金）であるが、近年、その遮水材料である鋼土や近傍での旧堤体掘削土の処分地の確保が困難になってきている。そこで、旧堤体の掘削土にベントナイトを混合し、鋼土の代替材料として流用した「リサイクル盛土工法-ベントナイト混合工法-」について紹介する。

（水と土 第142号 2005 P.61 設・施）

## 犬山頭首工ゲート設備の大規模補修の事例

浅井啓智

一級河川の木曾川中流域に設置されている犬山頭首工は、平成12年度から補修工事を行っているところであり、水門設備の補修は、魚道ゲートを除く可動堰9門の更新・一部補修を行って機能回復を図るものである。ここでは、平成13～14年に補修した水門設備（5および6号制水門ゲート）の扉体補修における機能診断方法、補修設計および補修方法について述べるとともに、水門設備の既設扉体流用について考察を行った。

（水と土 第142号 2005 P.68 設・施）

## トンネル掘削補助工法の施工事例について

志賀光治

新安積幹線水路は新安積開拓建設事業で造成された水路トンネルであるが、老朽化が激しく断面も不足しているため、新安積農業水利事業により改修を行うこととなった。紹介する工事区間は平成14年に着手したが、改修工事の施工中にトンネル天端から小規模の崩落が生じ、工事の安全管理面から切羽安定対策の掘削補助工法を併用する必要があると判断された。本報では、その施工方法について現場状況と合わせながら事例を紹介する。

（水と土 第142号 2005 P.77 設・施）

トンネル掘削における地質の判定  
—広域農道川薩地区の事例—

小川和久

広域農道川薩地区は、平成19年度完了を目前に事業を進めており、現在約9割が完了している。この道路にはトンネルが6カ所あり、地質の判定がもとの重要な項目となっている。

このため、トンネル施工にあたっての適切な判断を速やかに実施する目的で、地山判定委員会を組織しこの対応にあたったもので、今回は2号及び7号トンネルの地山判定委員会の検討状況を報告する。

(水と土 第142号 2005 P.82 設・施)

鉄筋コンクリート水路のひび割れ現状調査について

丸茂伸樹・大森博志

土地改良事業計画設計基準の性能規定化にあたり、農業水利施設に使われる鉄筋コンクリート開水路における許容ひび割れ幅に関する基礎資料を得るための調査を行った。

調査では、取り壊しが予定されている鉄筋コンクリート開水路のひび割れ部において鉄筋を含むコアを採取し、そのコアから、ひび割れ幅、ひび割れ深さ、鉄筋の腐食、中性化深さについて分析を行った。調査の結果から、発生するひび割れの傾向及び許容ひび割れ幅に関する検討を行った結果を紹介する。

(水と土 第142号 2005 P.87 企・計)

自然再生事業と国営総合農地防災事業における  
環境配慮について

高石洋行・多田 嘉・白戸利克・岸本和彦

釧路湿原は、近年の開発によって環境が大きく変化してきている。そのため、地域住民・NPO・行政機関等が協力して釧路湿原自然再生事業に取り組んでいる。また、流域では農地及び農業用排水路の機能回復を図る国営総合農地防災事業を実施している。本報では釧路湿原自然再生事業と国営総合農地防災事業における環境配慮の内容について報告する。

(水と土 第142号 2005 P.93 企・計)

ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理について

北川啓三

国営総合農地防災事業大和平野地区においては、大和平野地域に点在するため池のうち、吉野川分水の用水を通じて一体的な関連を有しているため池であって、老朽化や機能低下の顕著なため池105ヶ所を対象にため池改修整備を実施している。その中で、葛城市の「新町池」については、「住みよい環境を目指した地域づくり活動」、いわゆる、「ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理」活動が展開されている。本報文は、新町池における「ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理について」の活動事例を中心に、併せて環境配慮事例について紹介する。

(水と土 第142号 2005 P.98 企・計)

## 農業水利施設における更新整備の円滑化について

美濃 眞一郎\*  
(Shinichiro MINO)

国民への食料の安定供給を巡る情勢は国の内外で厳しさを増している。国内では、農地の外延的拡大が難しい状況の中で既耕地の減少も依然として続き、農業者の高齢化や減少による生産構造の脆弱化等の状況も深化してきている。また、国外に目を向けると、現在でも8億人もの人々が飢餓や栄養不足に直面し、加えて、今後の世界的な人口増加や途上国の経済発展に伴い、食料需要は大幅に増加することが見込まれており、特に、中国を始めとするアジア諸国の経済発展による食料需要の増大、地球温暖化の急激な進行等、世界の食料需給に関する不安定要素が顕在化してきている。

このような状況を踏まえ、不測時における食料安全保障を確保するためには、我が国の気候風土に根ざした持続的な生産装置である水田を始めとする農地や農業用水の確保、農業の担い手の確保及び育成、農業技術水準の向上等を図り、国内農業の食料供給力を強化させていくことが必要となっている。

また、農業用水を安定的に確保する上で不可欠な農業水利施設は、農業生産面での役割だけでなく、水資源の涵養、洪水防止、生態系や景観の保全などの多面的機能を有している。近年の都市化・混住化の進展に伴い、農業水利施設の有する多面的機能を享受している地域住民が増加し、その的確な施設機能の発揮に対する社会的要請が高まってきている。

現在、我が国で造成された農業用排水路は約40万kmに達し、その中で基幹的農業用排水路は約4万5千km、また、ダム、頭首工、用排水機場等は約7,000箇所にのぼり、これら農業水利ストックの資産価値は約25兆円に達している。戦後の食糧増産対策を契機に、急速に整備されてきたこれら農業水利施設は老朽化が進行し、耐用年数を超えた施設が大幅に増加してきており、将来にわたり施設の機能を適切に発揮させていくための適時適切な更新整備が必要となっている。特に、国営造成施設は農業水利システムの要としての役割をはたすものであり、その更新整備が大変重要な課題となっている。

しかし、現在、国営造成施設の的確な更新整備を阻害するような状況が生じてきている。例えば経済や社会の発展に伴う、様々な土地需要による農地の転用で、国営事業採択要件の3,000haを割り込んでいる施設の存在。また、事業を実施する上で必要不可欠な合意形成も、国民の価値観の多様化が進展する中で、依然として多数存在する小規模農家や高齢農家、農産物価格の低迷、後継者不足等による営農意欲や投資意欲の減退等の状況が影響して難しさを増している。

このようなことから、老朽化した国営造成施設を円滑に更新整備を行うためには、社会経済情勢の変化を踏まえた新しい視点や発想を盛り込んだ仕組みが必要になってくると考えられる。具体的な検討を行ったものではないが、例えば受益面積については、受益地内において宅地や公共施設等の転用が進み、国営事業採択要件を割るような状況の場合、施設に排水の機能があり、これらの施設に排水している非農用地

\*関東農政局整備部長 (Tel. 048-600-0600)

は、排水受益としてカウントできないか、あるいは施設の機能の一つとして洪水調節機能があり、その機能により洪水が緩和されている土地がある場合、その範囲を受益にカウントできないか。

また、更新事業の同意については、現行の制度においては単純更新であって、管理事業の変更のない場合等極めて限定的な場合に関係農家の同意取得を簡素化できることとなっているが、例えば、施設の基本的な機能を変更せず、イニシャルコストは行政側で負担し、さらにランニングコストや手間も現行の水準と同程度で対応できるものであれば、水管理システムの改善やパイプライン化についても、総代会の議決のみで施設整備ができるようにならないか。

このような考え方は希望的観測によるものであるが、財産権保護の妥当性や国と地方の役割分担についての整理等極めて難しい問題はあるものの、基幹的農業水利施設の更新が円滑にできるような土地改良制度の確立は、豊かで安全で潤いのある国民生活を実現し永続させていく上で大切である。

## 三高ダムの嵩上げ工事について

横 竹 正 輝\* 河 村 吉 郎\*\*  
(Masateru YOKOTAKE) (Yoshiro KAWAMURA)

目	次
1. はじめに……………	17
2. 概要……………	17
3. 基礎地盤及び旧堤体の調査結果 ……	19
4. 設計・施工……………	21
5. 施工結果と評価……………	24
6. おわりに……………	25

### 1. はじめに

三高ダムは、広島県江田島市沖美町の北部を流れる普通河川木下川の中流部に位置する県営畑地帯総合整備事業（担い手育成型）沖美地区の基幹水利施設である。従来から利用されていた上水道用の旧堤体を嵩上げし、新たに農業用水源を確保する目的で再開発工事を行った（写真-1、写真-2）。

旧堤体は1943年から1944年にかけて旧海軍が築造した後、アメリカ軍による接収等を経て1957年から上水道用として利用されていた。

戦前の施工だったこともあり、設計図等の資料に乏しかったことから、再開発のための調査に際しては旧堤体の構造自体も対象とした。その結果をもとに設計・施工を行っているが、施工段階で初めて判明した老朽化箇所もあるなど、手探りの状態での工事となった。

本稿では三高ダムの再開発工事で採用した施工方法のうち、嵩上げという点で特徴的なもの、及びその結果を報告する。

### 2. 概要

#### 2.1 地区の概要

県営畑地帯総合整備事業（担い手育成型）沖美地区は、広島市の南南西約19kmの瀬戸内海に浮かぶ西能美島に位置する、優良な花卉・野菜・柑橘の産地である（図-1）。瀬戸内海式気候に属し

年間を通じ温暖な一方、降水量が少なく、天水に頼った農業経営が行われている。このためたびたび旱魃に襲われ、安定した農業用水源が熱望されていた。



写真-1 旧堤体（1997年撮影）



写真-2 新堤体（2004年撮影）

\*広島県呉地域事務所農林局沖美農業水利改良事業所  
(Tel. 0823-22-5400)

\*\*広島県備北地域事務所農林局農村整備第二課  
(Tel. 0824-63-5181)



図-1 沖美地区位置図

本事業は、旧堤体の高上げにより確保した農業用水をパイプラインで畑地・樹園地に送水する畑地かんがいにより、高品質・高生産性の団地を形成し農業の担い手の育成を図ることを目的としている。平成7年に採択され、平成23年の事業全体の完了を目指し、工事を進めている。

## 2.2 ダムの諸元

新旧堤体の諸元を表-1、平面図・標準断面図を図-2、図-3に示す。高上げに際しては、ダム構造上の安定性・施工性・下流の上水道施設への影響・経済性を総合的に判断し、下流側を増し打ちすることにした。堤高を32.6mから44.0mに上げ、総貯水量を366千m<sup>3</sup>増やし、584千m<sup>3</sup>にする計画

表-1 新旧堤体の諸元

	旧堤体	新堤体
形式	重力式コンクリートダム	重力式コンクリートダム
堤高	32.6m	44.0m
堤長	142.0m	202.0m
堤体積	41,000m <sup>3</sup>	119,000m <sup>3</sup> (全体) 78,000m <sup>3</sup> (高上げ分)
総貯水量	218,000m <sup>3</sup>	584,000m <sup>3</sup>
天端標高	EL.102.6m	EL.114.0m
流域面積	2.3km <sup>2</sup>	2.3km <sup>2</sup>

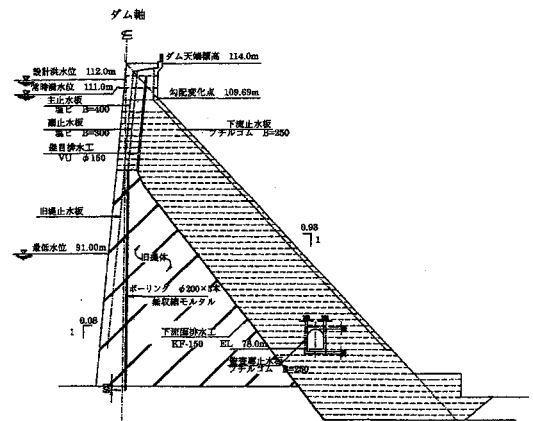


図-3 三高ダム標準断面図

とした。

また、旧堤体には監査廊はなかったが、維持管理および基礎排水孔の施工等のため、新たに新堤体部に監査廊を設けた。

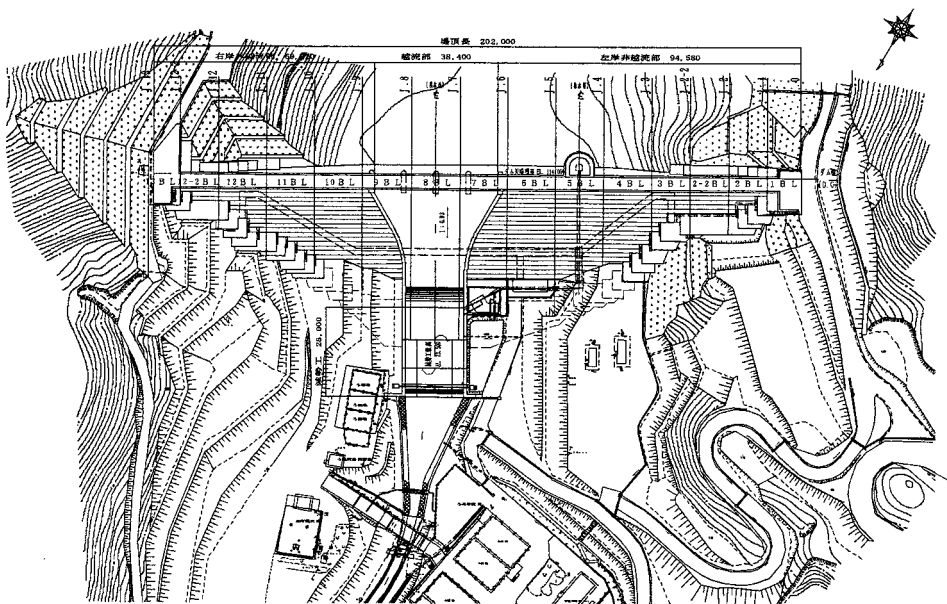


図-2 三高ダム平面図

## 2. 3 工事の概要

平成11年10月に着工し、コンクリートの初打設を平成13年2月に行った。主な工程を図-4に示す。

コンクリートの打設方法は拡張レア工法で、15のブロックに分けて打設を行った（このうち旧堤体は3ブロックから11ブロック：図-2）。主打設機械として200tのクローラクレーンを採用し、降雨の少ない地域で夏期の農業用水不足が懸念されたことから、7月～9月にかけて貯水池に1万トンの水を貯留した状態で施工を行った（写真-3）。

平成15年10月から平成16年6月まで試験湛水を行い、現在、上水道は供用開始し、農業用水は供用に向け準備を行っている段階である。

工程	数量	H11	H12年度	H13年度	H14年度	H15年度	H16
準備工	1	式					
基礎地盤	87	千m <sup>3</sup>					
コンクリ	4	千m <sup>3</sup>					
カーテン	12	千m <sup>2</sup>					
堤体工	78	千m <sup>3</sup>					
仮設橋	1	式					
付帯工	1	式					
管理施設	1	式					
試験湛水	—	—					

図-4 ダム工事工程表



写真-3 コンクリート打設状況

## 3. 基礎地盤及び旧堤体の調査結果

### 3. 1 地形・地質

#### 地形

ダム計画地点は、瀬戸内海の西能美島に位置している。西能美島は、中央部の宇根山（標高543m）から、標高400～450mの尾根部が連なる山地からなる。この山地を東西に二分するように、木ノ下川がほぼ南から北へ流下しており、中流域からはやや広い谷底平地を形成しながら、瀬戸内海へ流れ込んでいる。三高ダムはこの木ノ下川の中流部に位置している（図-5）。

#### 地質

ダムサイトを構成する基盤地質は、下位から中生代ジュラ紀玖珂層群相当層の粘板岩、チャート、石灰岩及びこれに貫入する白亜紀花崗岩類からなる。

ダムサイト河床部から左岸地山部には花崗岩が広く分布し、左岸アバット付近に花崗斑岩が貫入している。右岸側は粘板岩と花崗岩の貫入接触部にあたり、岩脈の貫入時及びその後の断層形成によって岩盤劣化帯が形成されている（図-6）。

また、旧堤体直下及び左岸地山部の一部にシーティングジョイントが存在した。

#### 旧堤体岩着部

旧堤体の基礎は、着岩標高・基礎処理の有無・岩級等、詳細は不明であった。このため、旧堤体から基礎地盤に向けてボーリング（総数25本、L=859m）を行い、旧堤体の着岩標高がEL.70mでほぼ均一であることを確認した。また、コアを観察したところ、旧堤体コンクリートと岩は密着しており通水跡は見られなかったが、グラウト等の基礎処理が行われた痕跡は確認できなかった。



図-5 三高ダム周辺地形図

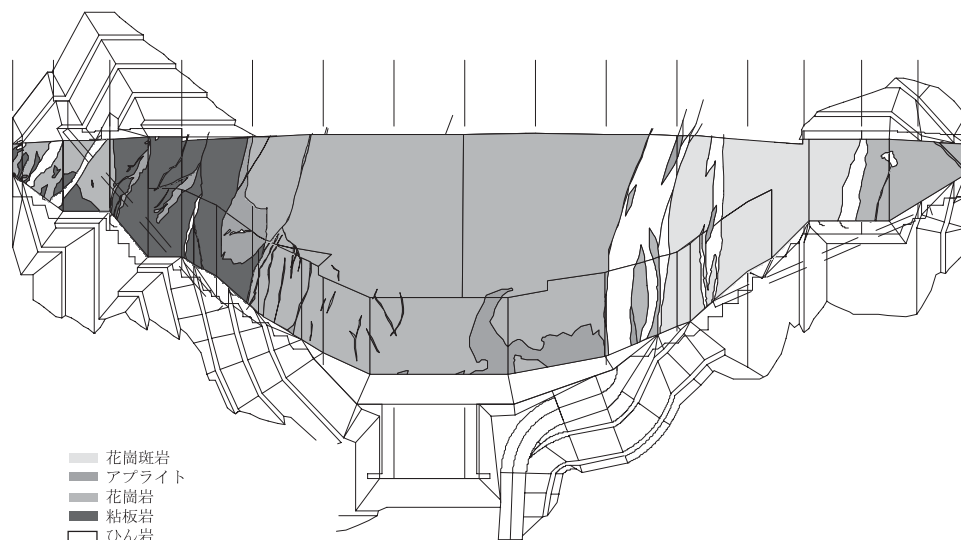


図-6 地質区分図

### 3. 2 堤体の漏水状況

旧堤体下流面は、数箇所の横継目から漏水が認められ、水平打ち継目も浸みが目視される箇所が存在した。このうち水平打ち継目についてはボーリングを行い、コアを観察したところ、継目自体は健全であった。

ただし、施工段階になって初めて浸みが確認された水平打ち継目もあった。

### 3. 3 旧堤体止水板の状況

事前に収集した資料からは旧堤体内の止水板の有無は確認できなかったため、当初は既存の止水板は無いものとして新たに設置する計画であった。しかし、着工後にその存在が確認されたためサンプリングして分析したところ、厚さ約2mmの鉄製で、酸化もほとんど見られなかった。

止水板の存在を受けて、止水板が岩着しているかどうかについてボーリング調査を行ったが、岩着を確認することはできなかった。また、施工時に取壊した旧堤端部（J11）では岩着していなかった。

### 3. 4 旧堤体コンクリートの劣化状況

#### コンクリート

旧堤体のコンクリートは施工から50年以上を経ているため、中性化等の劣化が懸念された上、施工時は戦時中であったため材料不足による施工不良等も推測された。このためコンクリートの劣化状況

を調査したところ、劣化は表面部のみで深部には至っておらず、深度は平均2cm程度、最大5cmであることが判明した。圧縮強度もボーリングによって採取した供試体を試験したところ、22 (N/mm<sup>2</sup>) 程度であった。

また、工事開始後パワーヘッダーにより開削した箇所（仮排水路部、取水部）を観察したところ、旧堤体のコンクリートは非常に良好であった。

#### 堤体上流面の劣化状況

旧堤体の上流面は水位の上昇・下降等による劣化が予想されたため、目視・打音による調査を行った。

劣化部は主に以下の状況が見られた。

- ①表面の劣化による骨材の露出
- ②ジャンカ、及びモルタル分の脆弱化による内部骨材の露出（写真-4）
- ③コールドジョイント
- ④セメント分の少ないコンクリート

#### 施工不良部

コンクリート打設段階で著しくセメント分が少ない箇所が10ブロックに確認された。この箇所は不良部が上下流両面に見られ、貫通が懸念される状態であった（写真-5）。経年変化でこのような劣化が起こることは考えにくく、施工不良によるものと推定された。





写真-4 堤体上流面の劣化状況



写真-5 10ブロック施工不良部（上流面）

## 4. 設計・施工

### 4.1 基礎処理

調査の結果、旧堤体の基礎は処理されていないことが確認されたため、新堤体基礎地盤だけでなく旧堤体基礎地盤の処理も行うことにした。また、旧堤体不良部の改良も併せて行うため、基礎地盤だけではなく、旧堤体部にもグラウチングを施した。注入材は試験施工の結果から高炉セメントB種とし、施工に際して旧堤体部は堤体の上部から鉛直にボーリングを行った（図-7）。

#### コンソリデーショングラウチング

コンソリデーショングラウチングは5m格子配置で着岩後5m（1ステージ）実施した。ただし、旧堤体部は、1ステージ区間でCL級岩盤が連続する場合は5m追深する（2ステージ目を施工する）基準を設けた。施工は堤体下流河床部掘削前に行い（図-4）、基礎掘削時の旧堤体安定の効果もあ

わせて期待することにした。旧堤体基礎岩盤部については、全孔終了後、改良状況の確認と岩盤情報の採取のためチェックボーリングを行った。

改良目標値は、旧堤体部・新堤体部ともに10Lu（非超過確率100%）とし、これをクリアできない場合は追加孔を施工することにした。

#### カーテングラウチング

旧堤体部（3ブロック～11ブロック）は旧堤体天端から、新堤体部は上流フーチングから施工した。10mについてパイロット孔から3次孔までの規定孔を8孔配置する計画とし（図-8）、改良目標値は旧堤体部・新堤体部とも2Lu（非超過確率85%以上）とした。また、最終次孔で4Lu以上の値を示す箇所は規定孔の間に追加孔を実施した。

一方、旧堤体部と新堤体部の接続部は鉛直にボーリングを施工することはできないことから、この部分については上流フーチングから放射状にグラウトを行い、遮水壁を形成した（図-9）。この区間の規定孔はグラウチングの下端（11BLではEL.46.5m）において孔の間隔が通常部と同じ1.25m以下となるように配置した。

また、前述したように上流貯水池に水が貯留した状態で施工せざるを得なかったことから、上流からの漏水を防止するため、旧堤体部のカーテン

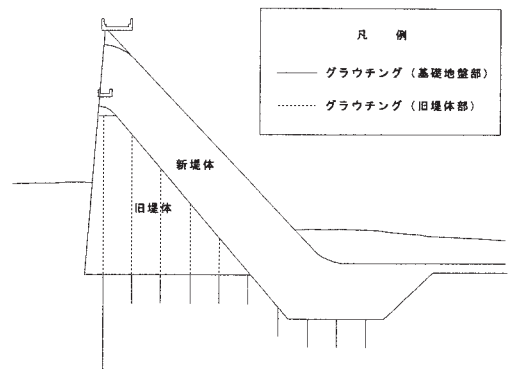


図-7 グラウチング標準図

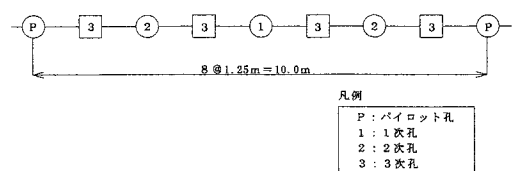


図-8 カーテングラウチング孔標準配置図

グラウチングは堤体コンクリート打設前に施工した(図-4)。

#### 4.2 新旧堤体継目部

調査からコンクリートの劣化は表面の2cm程度(最大5cm)であることが判明していた。このため、粗骨材を弛めないことを考慮したうえで、旧堤体下流面は表面を5cmチップングし劣化部を除去した。施工に際してはビットローラー(ベースマシン:0.4m<sup>3</sup>級バックホー)を使用した(写真-6)。

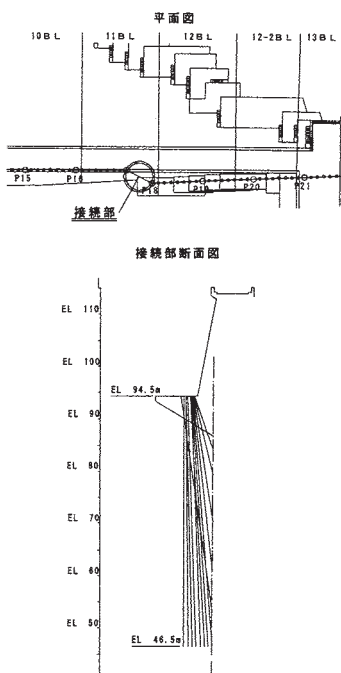


図-9 カーテン新旧接続部詳細図



写真-6 旧堤体下流表面処理状況

また、コンクリート打設前には敷きモルタルを行っているが、その厚さはコンクリート水平打ち継面が1.5cmであるのに対し、チップング面の不陸を考慮して2cm(岩着部並み)とし、新旧堤体の一体性に配慮した。

#### 4.3 止水板

##### 主副止水板

施工段階で既存の止水板があることが確認できたことから、これを主止水板として利用し、新堤体部(EL.100.5m以上)の塩ビ製止水板(B=400mm)と接続した。

また、既存の止水板は岩着が確認できなかったこともあり、新たに副止水板を設置した。副止水板は主止水板から50cm下流側に塩ビ製(B=300mm)のものを設置した。設置に際して旧堤体部(EL.100.5m以下)は、旧堤体天端から着岩後50cmを確認するまでコアドリリングによる削孔(Φ200の3連)を行い、その孔に副止水板を挿入した。止水板と孔壁の間には無収縮モルタルを充填した(図-10)。

##### 水平止水板

旧堤体天端は旧堤体と新堤体の継目部に当たるため、水平止水板(ブチルゴム製、B=250mm)を設置した。具体には、旧堤体部を10cm溝状にはつた後、止水板を設置し、空隙部を無収縮モルタルで充填した(図-11)。また、横継目では水平止水板と主止水板を接続させた。

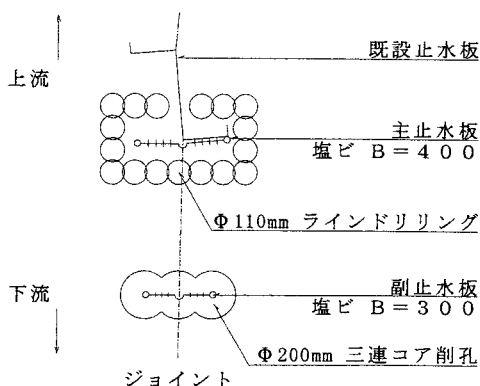


図-10 止水板詳細図

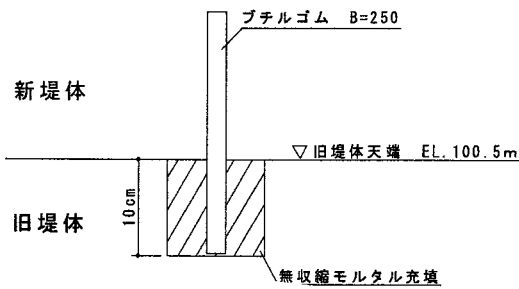


図-11 水平継目断面図

#### 4. 4 漏水処理

横継目については、新堤体部は副止水板から50cm下流側に塩ビ管（φ150）を設置し、旧堤体部には旧堤体下流面に沿ってコンクリート二次製品のU字フリューム（150）を設置して漏水を監査廊に導いた（図-3）。

また、旧堤体の水平打ち継目に沿ってコンクリートの不良部があることが事前の調査で確認されていたが、下流面をチップングしたことで、新たに数箇所での浸みが確認された。これらにそって通水経路が形成された場合、新旧堤体継目部の劣化を引き起こす可能性があることから、不良部（施工中新たに確認された場所も含め）に沿って合成樹脂製の排水ドレーンを設置し、これを継目排水工に接続することで漏水を監査廊に導くことにした（写真-7）。

#### 4. 5 上流面の補修

##### 施工箇所

目視等による事前の調査では横継目以外の堤体下流面への漏水は部分的であると判断していた。



写真-7 漏水処理

しかし、3. 4 で述べたように施工中に著しい不良部（10ブロック）が確認された。この箇所は旧堤体天端より数メートル下で全ての不良部を撤去することは難しかったことから、上下流表面を処理し、旧堤体天端からボーリングした後に無収縮モルタルを充填する方法で止水壁を施工した（図-12）。ただ、調査で把握できなかった漏水経路がこのほかにも存在することが考えられた。

このような漏水は堤体下流面に施工した排水ドレーンで排除することにしたが、処理しきれていない箇所が存在することも考えられ、また、将来の劣化によって新たな漏水が生じる可能性も否定できない。この漏水が新旧堤体の接触面に侵入し、想定していない水圧を接触面に生じさせると堤体の安定にかかわってくることから、現時点で漏水が懸念される上流面について処理を行うことにした。

施工対象は調査において

- ①表面の劣化による骨材の露出
- ②施工不良によると考えられるジャンカ、及びモルタル分の脆弱化による内部骨材の露出
- ③コールドジョイント
- ④セメント分の少ないコンクリート

と判断された箇所のうち、②、③、④について行う計画とした。

工法の選定

施工方法は経済性、耐久性、美観等を考慮し、「高靱性セメント系複合材料（ECC）吹付け工法」を選定した。使用したECCの特性を表-2に示す。ECCの採用にあたっては事前に試験施工を行ったが、その際乾燥収縮による反りかえりが吹付け箇所の端部に確認されたことから、アンカーを端部に配置することにより反りかえりを防止することにした（図-13）。

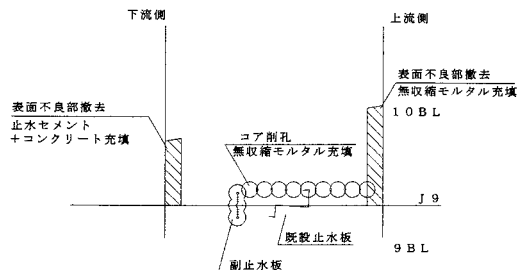
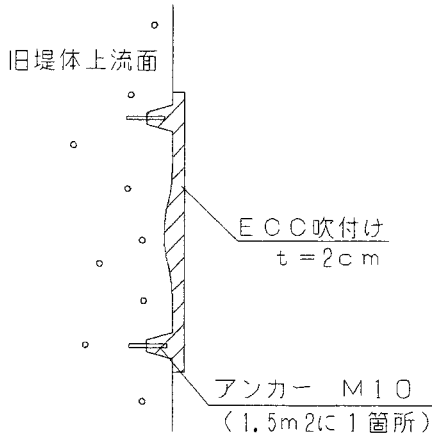


図-12 10ブロック不良部処理（平面図）

表一2 高韌性セメント系複合材料 (ECC) の特性

	数 値	備 考
付着性能	2.50N/mm <sup>2</sup>	
引張ひずみ	3.0~4.0%程度	
引張強度	6.0N/mm <sup>2</sup> 以上	
ひび割れ幅	0.2mm以下	
耐久性指数	約100%	凍結融解 300 サイクル後
特 性	初期ひび割れ後、微細なひび割れを起こすこと によって変形に対応する。	



図一13 上流面補修工標準図

施工手順

施工の手順を図一14に示す。施工の際には堤体天端からゴンドラをつるして作業を行った。また、アンカー打ち込み時にはつったコンクリート殻は貯水池に落とさないように配慮した。施工後の外観を写真一8に示す。

5. 施工結果と評価

5.1 グ라우チングの注入結果

コンソリデーショングラウチングは断層の一部に追加孔が生じたものの、極端にルジオン値が高く注入量が多い箇所はなかった。また、旧堤体へも注入したが、実際にはほとんどセメントミルクが入らなかった。

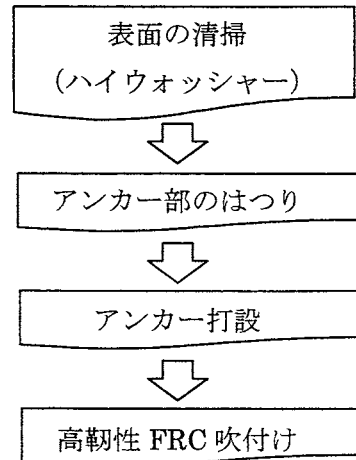
カーテングラウチングは、5次孔で改良目標値を達成した。

5.2 新旧堤体継目部

嵩上げ工事において新旧堤体の継目が密着し、一体化していることはダム安全上非常に重要であることから、施工後、確認のため室内試験・解析を行った。

新旧堤体継目部の試験

コンクリート硬化後、新旧堤体継目部の一体性



図一14 上流面補修施工手順



写真一8 上流面吹付後

を確認するため、監査廊から新旧打継面に直角に削孔 (Φ100) し、コアを採取した。目視により密着の様子を確認した後、このコアを用いて圧縮試験・せん断試験・引張試験を行った (写真一9)。

このうち、せん断強度と引張強度は新旧堤体母材よりは値が小さかったものの、十分な強度を有していることを確認した (表一3、表一4)。また、試験の際にひずみを測定し、継目部の弾性係数、ポアソン比等の物性値も併せて算出した。

温度応力解析

設計段階の温度応力解析では、新旧堤体継目の情報がなかったため、新旧堤体を一体的なものとして解析していた。しかし新旧堤体継目部の試験によって継目の物性値が判明したため、これらを用いて再度、温度応力解析を行った。

解析手法は新旧堤体継目部にバネが存在してい

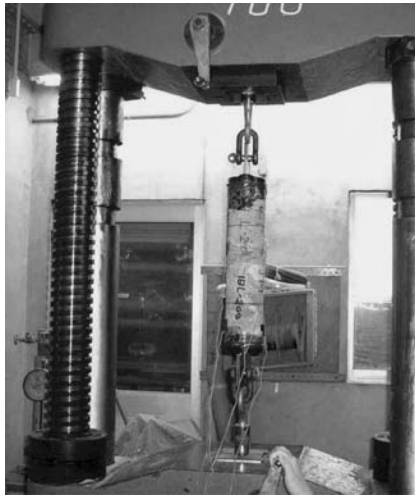


写真-9 引張試験状況

表-3 直接引張試験結果

部材	直接引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )				備考
	1	2	3	平均	
新堤体母材	0.96	0.96	1.53	1.15	
旧堤体母材	1.29	0.66	1.29	1.08	
打ち継目部	0.73	0.64		0.69	旧堤体側で破断

※供試体はφ100mm, L=40cm  
(打ち継目部は旧堤体側 20cm, 新堤体側 20cm)

表-4 せん断試験結果

部材	せん断強度 (N/mm <sup>2</sup> )				
	1	2	3	4	平均
新堤体母材	3.53	3.02	2.37	3.63	3.14
旧堤体母材	3.07	2.91	3.26	4.08	3.33
打ち継目部		1.09	2.53		1.81

※供試体はφ100mm, L=20cm  
(打ち継目部は旧堤体側 10cm, 新堤体側 10cm)

ると仮定し(図-15), そのバネに試験によって得られたせん断強度, 引張強度, 弾性係数等を与えて温度応力解析を行う方法を用いた。

この解析結果により, 新旧堤体継目に破断が生じないことを確認した。

### 5.3 試験湛水

施工後, 試験湛水を平成15年10月から平成16年6月にかけて行った。

新旧堤体継目部のEL75m, 85m, 95mの三箇所継目計及び, せん断変位計を設置し(写真-10), 継目の観測を行ったが, 施工中及びその後の試験湛水期間を通じ, 継目部の破断を示すような数値は検出されなかった。

また, 横継目からの漏水は1孔あたり最大0.4(ℓ/min)程度, 全量1.8(ℓ/min)で, 堤体下流

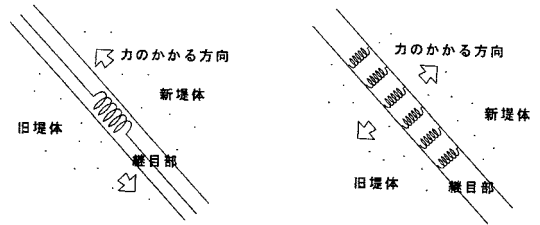


図-15 温度応力解析概念図



写真-10 埋設計器設置状況

面にしみは確認されなかった。

基礎排水孔からの漏水も1孔あたり最大5.5(ℓ/min)程度で, 急激な漏水の増大, 貯水位と比例しない揚圧力の上昇は見られなかった。

## 6. おわりに

重力式コンクリートダム再開発はこれまで施工例が少なく, 既存施設の調査・診断, 及び施工方法は十分に確立されているとはいえない。本工事においても手探りの部分が多かったが, 新旧堤体継目部の試験・解析及び, 試験湛水の結果から, 基礎処理, 新旧堤体の継目処理, 旧堤体の不良部に対する手当て等, 適切に施工することができたと判断している。今後, 更新期を迎える重力式ダムが全国的にも増えてくると考えられるが, 今回の報告を参考にして頂ければ幸いです。

最後に, 事業の推進に多大なる御指導・御支援を頂きました関係各位に感謝を申し上げますとともに, 今後も一層の御協力を頂けます様, 御願ひ申し上げます。

# 羽布ダム管理施設の更新について

芝原 明利\* 原口 智\*  
 (Akitoshi SHIBAHARA) (Satoshi HARAGUCHI)

## 目 次

1. はじめに……………	26	5. 更新工事の実施に伴う検討事項……………	31
2. 羽布ダム及びダム管理設備の概要……………	26	6. 現場施工における工夫等……………	32
3. ダム管理システム更新と基本的な考え方……………	28	7. おわりに……………	32
4. 更新設備の内容……………	29		

## 1. はじめに

国営新矢作川用水農業水利事業地区は、愛知県の中央部を流れる一級河川矢作川の中・下流域に広がる受益面積7,073haの稲作を中心とした優良な農業地帯で、旧国営事業等により水源施設及び用水施設が整備され、地域の農業をはじめ、西三河地区の各種産業の発展に上水道事業等を介して大きく寄与してきたが、近年の営農の多様化及び、築造後30年余りが経過した施設の老朽化により機能障害が著しく、水の有効利用、維持管理費の増大、安定取水・通水の障害となっている状況にある。

本事業は、これらの障害等に対処し、水管理の合理化、水の有効利用、保守点検など維持管理を容易にするため、幹線水路（49.7km）の改修整備、

頭首工（2ヶ所）の補修、水管理制御施設の拡充整備を行うことを目的に平成6年度にし、その後、平成15年度に計画変更を行い、羽布ダム管理施設、西尾及び南部幹線水路等の補修が取り込まれた。

現在（平成17年3月末時点）の事業進捗率は67.4%で、平成21年度の工事完了に向けて事業を実施しているところである。

## 2. 羽布ダム及びダム管理設備の概要

### 2-1 羽布ダム概要

羽布ダムは、一級河川矢作川水系の巴川上流部の豊田市羽布町鬼の平（旧東加茂郡下山村鬼の平）地内に、国営矢作川農業水利事業（昭和27～38年）により建設された、直線越流型コンクリート重力式ダムでその緒元は次のとおりであり、現在の施設管理は、愛知県に委託され、西三河農林水産事務所の羽布ダム管理所において操作管理が行なわれている。

堤 高	62.5m
堤 長	398.5m
堤 体 積	316,000m <sup>3</sup>
総貯水量	19,363,千m <sup>3</sup>
有効貯水量	18,461,千m <sup>3</sup>
満水面積	106.5ha
流域面積	51.34km <sup>2</sup>
余水吐設備	

- テンターゲート（7.50m×6.50m）3門
- 取水放流設備（ローラーゲート）
  - 1) 取水ゲート（3.00m×4.00m）1門
  - （3.00m×5.00m）1門
  - （3.00m×6.00m）2門



写真-1 ダム堤体下流からの状況

\*東海農政局新矢作川用水農業水利事業所  
 (Tel. 0566-74-7327)

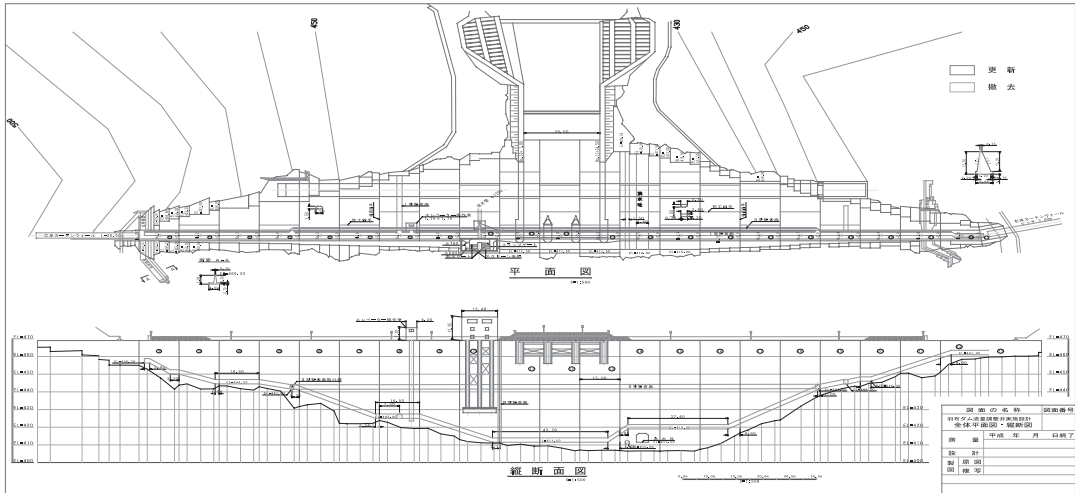


図-1 羽布ダム平面図及び縦断面図

- 2) 取水フラップゲート 1門
- 3) 非常用高圧ゲート 1門
- 4) 流量調整弁（フィクストコーンバルブ）  
φ 1050mm 1基
- 管理用昇降機 1基

2-2 羽布ダム管理システムの補修計画

羽布ダム管理システムは、矢作川第二農業水利事業（昭和38年度～昭和53年度）により、昭和50年度～53年度に更新されたが、完成後30年近くが経過しており、保守用部品の予備も少なく、部品の生産・供給も停止している状況にあり、管理者においては操作管理設備及び電気設備の機能確保及び保守のため、他事業で廃棄されたシステムから使える部品等を抜き取るなどの対策をとり何とか部品の確保をしてきたが、これらの対策も非常に困難になり、利水、治水の両面における信頼性

も大幅に低下しつつある状況であった。

更新前の監視制御設備の状況は写真-2のとおりであった。

このため、表-1に示す管理システムのうち監視制御設備、情報処理設備、情報伝送設備及び電源設備の更新を平成16年度に実施し、その他の設備についても平成19年度に更新の予定である。

表-1 ダム管理システム（更新前）の設備区分と内容

区 分	設 備 の 内 容
監視制御設備	取水ゲート・放流バルブ操作卓 余水吐ゲート操作卓 電力用操作卓 グラフィックボード 警報表示盤等
情報処理設備	入出力処理装置 データ処理装置 記録装置(タイプライタ)等
情報伝送設備	ダム周辺機器との情報伝送装置等 (メタルケーブル配線)
電 源 設 備	受変電設備 予備発電装置 無停電電源装置 直流電源装置等
現 場 設 備	計測機器(水位計)等
無線 TM 設備	放流警報操作卓 放流警報局舎設備 雨水・水位監視設備

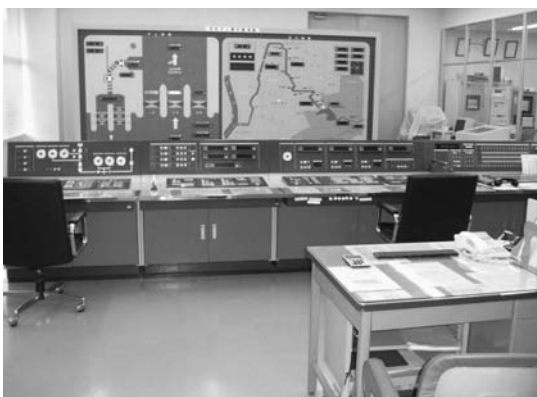


写真-2 羽布ダム監視制御設備（更新前）

### 3. ダム管理システム更新と基本的な考え方

#### 3-1 ダム管理システム更新の検討

ダム管理システムの更新については、平成15年度に実施した「羽布ダム水管理制御システム技術検討業務」において、「農業用施設機械設備更新技術の手引き」（農林水産省農村振興局整備部設計課）に示されている「診断の基本的手順」

(図-2)により検討を行うとされており、これに基づき施設機能診断調査（耐用年数、LCC判定、履歴調査等）を行なったものである。

耐用年数については、前回の施設更新から約30年が経過しており、水管理設備標準耐用年数の10年と比べて3倍近い年月が経過している。

羽布ダム経過年数と故障発生件数（図-3）から見ても年々増加傾向にあることが推察でき、

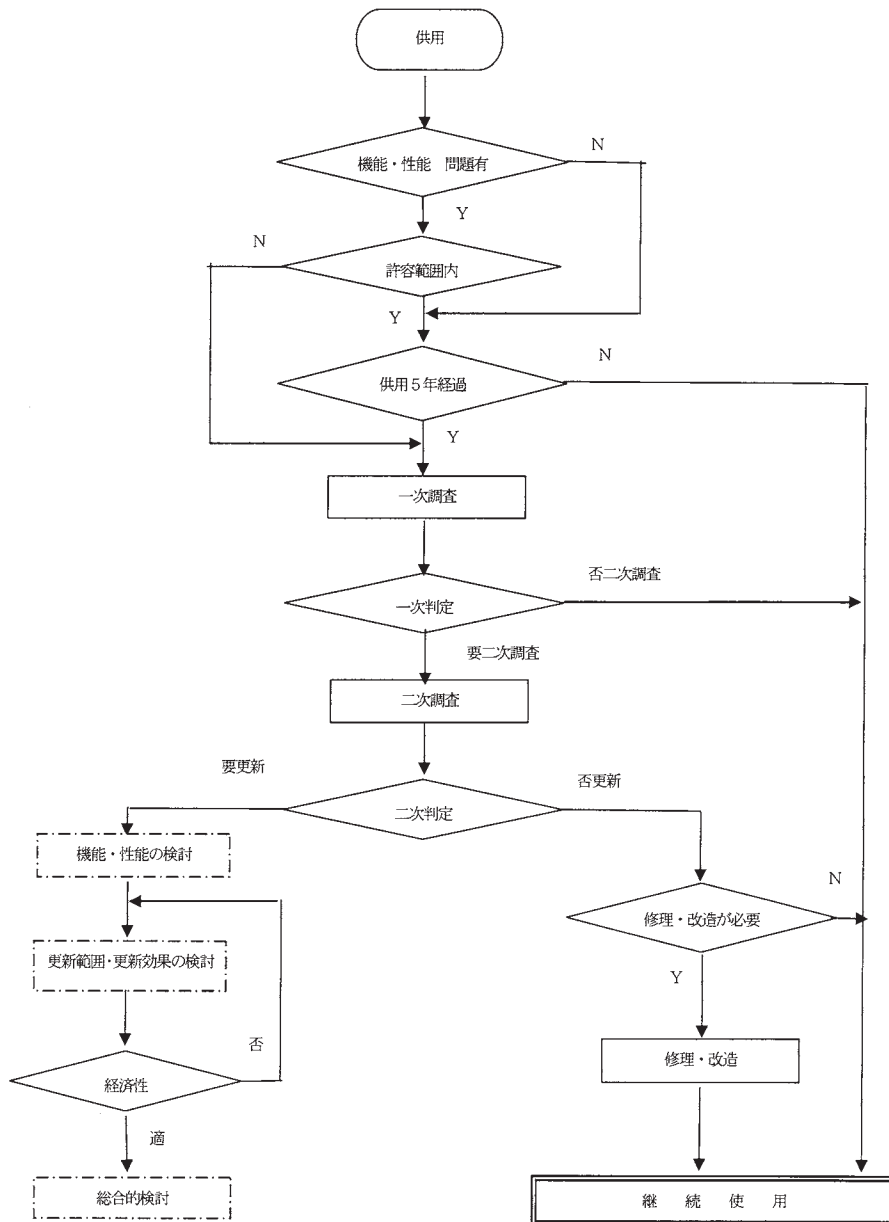


図-2 診断の基本的手順



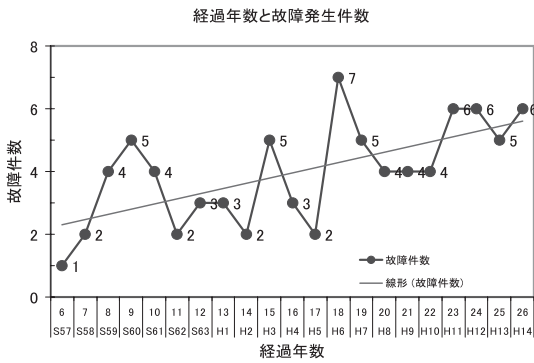


図-3 羽布ダム経過年数と故障発生件数

概ね20年を経過した頃から発生件数が増えている。

放流警報設備においては、重度の故障が放流警報制御架において、過去3度発生しており、システムダウンを引き起こしている。平成2年に新仕様が出されてからすでに10年以上が経過し、旧仕様の交換部品・消耗品の生産中止及び供給停止により、管理システム機能の維持が非常に困難な状況となっている。

故障原因の多くは経年劣化による部品、ユニット等の損傷であるが、交換部品・消耗品の生産中止及び供給停止という状況下においては、装置及びシステム停止を引き起こす可能性が大きい施設となっている。

この結果から、管理者等を含めて管理検討会議等を開催し、緊急度の高い設備機器から順次更新を行ものとし、平成16年度から19年度の間に全体システムを更新することとした。

### 3-2 管理システム更新の基本的な考え方

今回の設備更新においては、操作の確実性、システムの安全性を考慮し、維持管理が容易で経済的な施設設計とすることを基本とした。

#### 操作の確実性

余水吐ゲートにより洪水時の余水放流を行うダムであり、操作にあたっては確実性、信頼性が要求される場所であるが、人事異動等により操作員は2~3年で交代するため、熟練操作員を育成し、確保することが困難な状況にある。

このような状況の中で、いかにして、洪水時等における余水吐ゲート操作を安全で確実にを行うのかを設計のポイントであると考え、システム設計における対策として次の方法を考慮し

た。

#### 1) フェイルセーフ機構の充実

- ①操作形態の踏襲
  - ・3挙動操作方式の踏襲
- ②ガイダンス機能を強化
  - ・余水吐ゲート開度演算
  - ・放流量予測演算
- ③伝送路の雷害防止
  - ・光ファイバーケーブル導入

#### 2) バックアップ機構の充実

- ①操作制御用処理装置の二重化
- ②余水吐ゲート制御線の二重化

#### 維持管理

維持管理面においては、イニシャルコスト及びランニングコストの低減を考慮することが重要であり、本設計においては、

#### 1) コスト縮減

- ①パソコン等の汎用機器の採用
- ②維持管理費、保守契約費等の縮減
  - ・施設管理者における自主点検

#### 2) 環境と調和への配慮

- ①リサイクル材の活用
- ②省電力タイプ機器の採用
- ③屋外機器は景観に配慮した彩色

を考慮して設計を行なった。

## 4. 更新設備の内容

### 4-1 ダム管理システム構成

ダム管理システム構成については、ダム管理システム構成（更新前）（図-4）及び、ダム管理システム構成（更新後）（図-5）のとおりである。

また、既設システムとの相違点は表-2に示すとおりである。

### 4-2 更新設備及び管理者等との調整

今回更新した設備及び施設管理者との調整事項は下記のとおりであった。

1) 監視制御設備においては、取水・放流、余水吐、電力用の各操作卓の更新と情報監視用ディスプレイの導入を行ない、操作卓においては羽布ダムの施設更新計画を踏まえて、追加設備の操作用スペースを操作卓面上に考慮した。

また、監視装置については、入札時VE提案により大型ディスプレイDLP方式（Digital Light Processingの略：デジタル制御により鏡

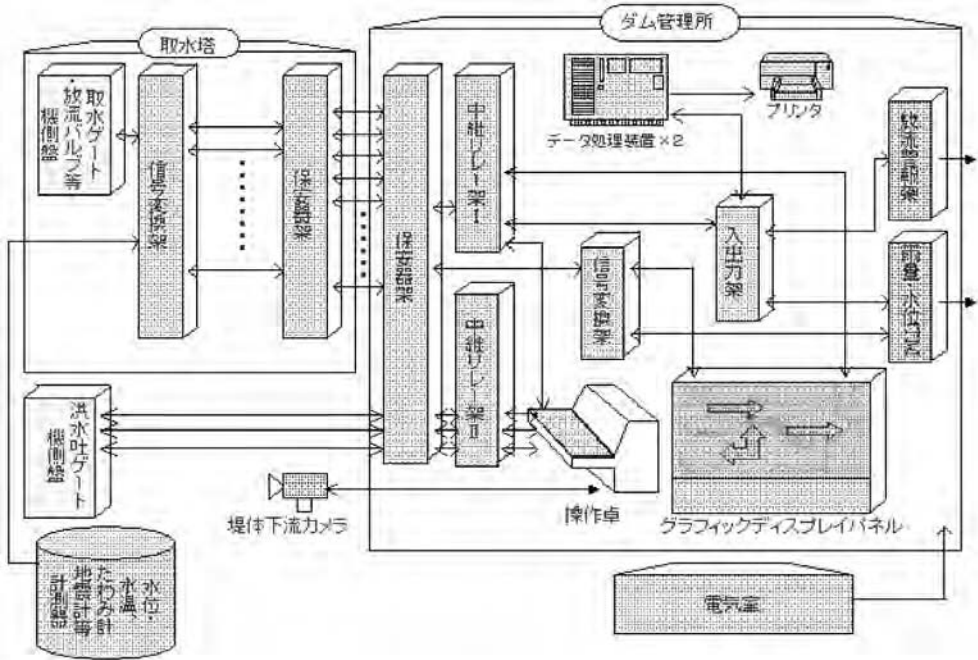


図-4 羽布ダム管理システム構成（更新前）

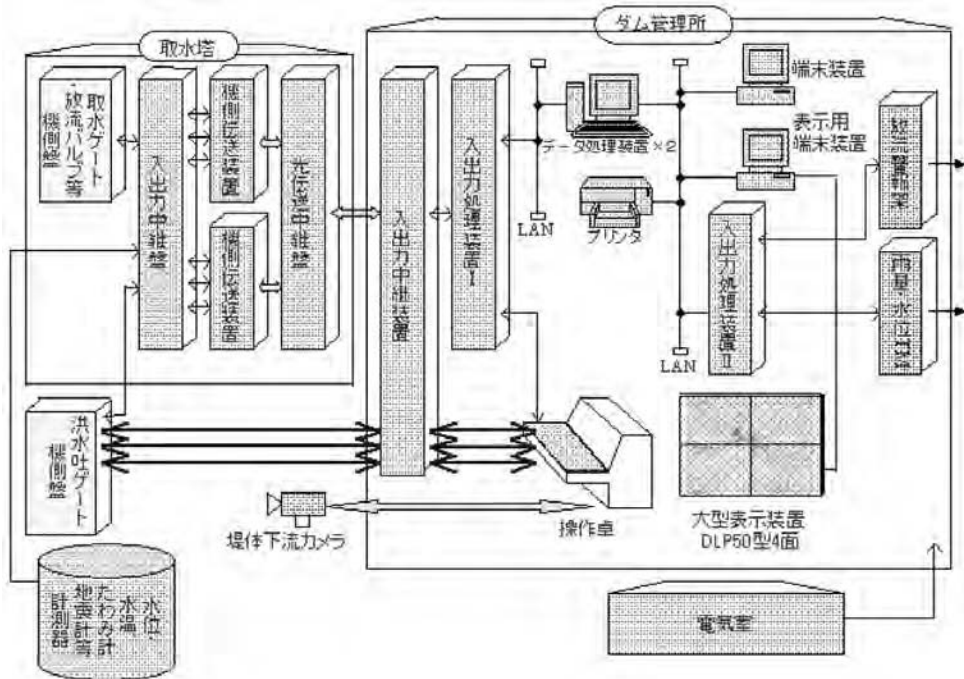


図-5 羽布ダム管理システム構成（更新後）

表一-2 既設設備との設備更新に伴う相違点

項目	既設システム	更新システム	内容
システム構成	ミニコンによる集中処理	パソコンによる分散処理(LAN)	システム機能の安全性確保のため、汎用機の採用と分散処理方式を導入した。
伝送路	メタルケーブル	光ファイバー+メタルケーブル	二重化により確実な放流操作回路を確保し、施設の安全確保を図った。
監視装置	大型グラフィックパネル 2.40 m × 4.60 m	大型ディスプレイ 50 インチ×4面	ダム情報及び河川情報を常時表示し、情報を切替えて表示する構成とした。
ソフトウェア機能	ダム諸量演算処理+操作ガイド	左記機能+表示処理	上記、大型ディスプレイの導入に伴い、表示処理ソフトの追加が必要となった。

要素子に光を反射させて画像を映し出す方式)の導入をし、消費電力を抑えることにより維持管理費の低減を計った。

- 2) 情報処理設備については、汎用パソコンの導入、装置の二重化を行うとともに、施設管理者よりラインプリンタ機能を残すことを要望されたことから、操作毎の記録印字を行い、即時に操作の内容を確認できるシステムとした。
- 3) 情報伝送設備は、ダム管理施設の操作信号を光ケーブルでダム管理所内の入出力処理装置に伝送し、雷害を防止する方法としていたが、施設管理者より管理システムのダウン等を考慮して、余水吐ゲート操作のメタルケーブルによる直送回路を併設して、洪水放流時における操作の信頼性及び安全性の確保を要望されたことから、ダム管理設備の設計基準に明記している機能以上となるが、電力ダムでのシステムの誤動作事例等もあることから、システムを介さない直送回路を設置し伝送路の二重化を計ることでダム操作の信頼性向上を計った。

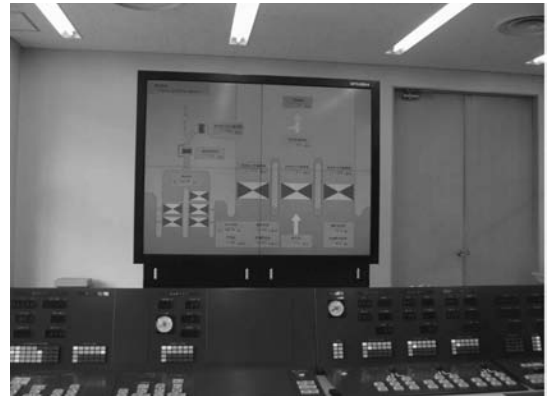


写真-3 大型ディスプレイ (DLP方式)

- 4) 電源設備は、受変電設備、予備発電機の更新を行い。引込柱の建柱については国定公園内での作業ということで自然公園法の許可を得て行った。予備発電設備については電気供給路が1ルートしかないため、災害時の復旧に時間を要すること等を想定し、既設燃料タンクを流用し、サブタンクとすることで停電時の運転時間の長期化を計った。
- 5) 貯水位観測用の水位計は、主水位計 (0~50m) と副水位計 (0~10m) の2つの水位計を設置し、満水位から満水位-10mの範囲については観測精度をあげて、貯水量や流入量演算の誤差を縮減する方法で計画した。

## 5. 更新工事の実施に伴う検討事項

### 5-1 システムの切り替え方法

既設設備を運用しながら更新機器の据付作業を行うことになるため、施工時期及び施工方法の調整が必要であり、管理所内のスペースを有効利用しながら作業を行う必要があるため、現場据付作業実施中の工程打合せにダム管理所職員の同席を求め実施した。

実作業は、天候を見ながら降雨のない土・日曜日にシステムの切替作業を行った。

### 5-2 暫定運用期間の操作管理等の方法

本工事で更新する設備と平成19年度更新予定の設備との暫定運用期間が3年間あることから、暫定期間中の操作について検討が必要であり、ダム管理者と施工業者を含めて調整する。また、工事完了前には操作説明の実施、今後のメンテナンス体制等についての打合せを行ない、発注者、請負

者、管理者の責任分担と工事完了後のフォローアップ体制等を明確にするものである。

## 6. 現場施工における工夫等

### 6-1 堤頂部既設屋外配線の仮廻し

堤頂部既設屋外配線の仮廻しは、低頂部トラフ内に新設の光ケーブルを配線するため、既設配線をトラフから取り出し仮廻し配線を行うものであるが、ダム湖周辺は国定公園に指定され、週末には観光客が訪れ、一般開放されている堤頂部管理用道路を通行している状況にあり露出配線による仮廻しは、安全面及び景観面からも好ましくないと判断し、仮設電線管内に収めることとして安全性の向上を図ったものである。

### 6-2 操作室内機器の配置

操作室内の機器配置については、施設管理者を含めた施工打合せにおいて追加されたラインプリンタの配置等を考慮し、施設管理者が利用しやすい配置に変更したものである。

### 6-3 既設盤と新設盤の切替作業の簡素化

操作卓、情報伝送処理設備等の更新設備の配線接続及び組立作業を移動式架台上で行い、既設設備の撤去後、先に配線接続された更新設備をレールにより移動し設置することで、機器の据付及び配線接続等に要する時間の短縮を行い、ダム管理施設の制御不能な時間を短縮し、安全性の確保を行ったものである。

## 7. おわりに

本工事の施工に当たり、設計業務実施中の打合せ及び工事施工に伴う打合せ時において、管理者が気づかなかつた事項や想定していたものと相違していた事項等に対する改善要望等の意見が多く提出され、設計・施工打合せに長時間を要することとなり、設計見直し、製作工程等厳しいものになったが、管理しやすい施設の設計・施工が行えたと考えられる。

特に本工事のような更新工事の場合は、設計基準等に基づく標準的な設計を単に行うのではなく、管理者からの意見要望等を的確に把握し、必要性・経済性等の整理を行ったうえで設計案の作成を行い、反映させることが重要である。

また、管理システムの設計に当たっては、部品の調達確保が容易で操作し易く、管理者が交代しても操作方法等の引継ぎが容易な施設となる設計



写真-4 堤頂部配線の仮廻し状況



写真-5 レール設置状況



写真-6 羽布ダム監視制御設備（更新後）

を行うとともに、施設完成後の操作、保守点検、維持管理等に対するフォローアップの体制（交換部品等の交換サイクルや部品の生産・供給停止の時期の想定等維持管理に必要な情報の提供及び管理者による保守点検実施等）について十分に打合せを行い、施設管理者が使いやすい施設となるよう配慮していく必要がある。

# 古宇利大橋添架水管橋の施工

石 原 正 一\* 久保田 昭 彦\*\*  
(Shoichi ISHIHARA) (Akihiko KUBOTA)

## 目 次

1. はじめに	33	5. 鋼管の現場内面塗装	40
2. 工事概要	33	6. コスト縮減効果	42
3. 塗覆装仕様の検討及び決定	36	7. おわりに	43
4. 施工手順	39		

## 1. はじめに

国営環境保全型かんがい排水事業「羽地大川地区」は、沖縄本島北部の名護市及び今帰仁村に位置する、水田及び畑地帯が広がる農業地帯である。

本事業では、農業用水を確保することを目的として、二級河川真喜屋大川に建設中の真喜屋ダムと二級河川羽地大川に建設された特定多目的ダム羽地ダム（国土交通省所管）を主な水源とし、揚水機場9ヶ所、用水路112km及びファーム Pond 10ヶ所を建設中であり、平成18年度事業完了を目指して事業を進めてきているところである（図-1参照）。

本報では、名護市屋我地島と今帰仁村古宇利島を結ぶ古宇利大橋（県道古宇利屋我地線）に添架した水管橋の施工について報告する。

## 2. 工事概要

### 2.1 工事概要

本工事における古宇利大橋添架水管橋の工事概要は、以下のとおりである（計画平面図を図-2に橋梁添架水管橋標準断面図を図-3に示す）。

用水路名：古宇利支線用水路

施工期間：平成16年3月～平成17年1月

施工延長 L = 1,960m（橋梁添架区間）

- ・管種，管径：水輸送用塗覆装鋼管（STW400）  
φ350mm（JIS G 3443）

外面塗装：工場：ポリウレタン被覆 2.0mm  
上塗ポリウレタン樹脂塗料25 μm

現場：ポリウレタン被覆 2.0mm  
上塗ポリウレタン樹脂塗料25 μm

### 内面塗装

工場：水道用液状エポキシ樹脂塗料 0.5mm

現場：水道用液状エポキシ樹脂塗料 0.5mm

### ・鋼製伸縮可とう管

口径φ350mm，1.5Mpa（静水圧）

伸縮量±200mm 2ヶ所

口径φ350mm，1.5Mpa（静水圧）

伸縮量±300mm 5ヶ所

### ・急速空気弁（副弁付き）φ75mm 1ヶ所

### ・固定リングサポート

一般構造用圧延鋼材（JIS G 3101）

外面塗装：亜鉛アルミ溶射＋封孔処理仕上  
膜厚0.15mm

### ・可動リングサポート（Uボルト・ナット）

ステンレス鋼製（SUS 316）

### ・支持金具（可動，固定）

一般構造用圧延鋼材（JIS G 3101）

外面塗装：亜鉛アルミ溶射＋封孔処理仕上  
膜厚0.15mm

支持金具間隔6m

### 2.2 工事の特徴

本工事の特徴を以下の項目にまとめた。

- ①管種の選定については、施工性，維持管理，経済性（沖縄県古宇利大橋工事との管重量比割のアローケーションも含む），景観等を考慮し，水輸送用塗覆装鋼管とした。

\*前：沖縄総合事務局羽地大川農業水利事業所  
現：沖縄総合事務局土地改良総合事務所

(Tel. 098-856-6868)

\*\*JFEエンジニアリング(株) (Tel. 03-3217-3310)

- ②海上架設となるため、耐久性のより高い外面被覆塗装（ポリウレタン被覆2.0mm）を施し、溶接箇所にも工場仕様と同様の塗装を行った（写真-1参照）。また、溶接箇所の内面については、内面自動塗装機を使用して工場塗装と同じエポキシ樹脂塗料（0.5mm）を施工し、耐久性を高めた。
- ③管のサポート材には、塩害に強い亜鉛アルミ溶射を使用した。
- ④管の温度変化による伸縮や地震時の振動を吸収するために伸縮可とう管を設置している。橋桁との可動端は、伸縮量30cmに対応する管を設置した（写真-2参照）。
- ⑤沖縄海岸国定公園に指定されていることもあり、古宇利大橋との色彩の調和を図るため、鋼管の外面塗装色は高欄の色と同系色（シルバーアルマイト）を使用した（写真-3参照）。
- ⑥誘導電流対策として、支持金具部には、絶縁ボルト及び絶縁パットを使用した。（写真-4参照）

### 2. 3 古宇利大橋の概要

古宇利大橋添架水管橋の建設にあたっては、古宇利大橋の事業主体である沖縄県土木建築部北部土木事務所のほか、今帰仁村水道課、沖縄電力及びNTT西日本の占有者との工事関係者との協議会（月に2回）を行いながら工事を進めた。

以下に古宇利大橋の工事概要を示す。

（古宇利大橋側面図を図-4に示す。）

事業工期：平成5年度～平成16年度

道路名：一般県道古宇利屋我地線

事業主体：沖縄県土木建築部北部土木事務所

橋梁名：古宇利大橋

道路規格：第3種3級，B活荷重

延長：1,960m 幅員：10.25m

（うち歩道3.0m）

桁長及び上部工構造形式

PC8径間連続箱桁2連（L=664m，640m）

PC4径間ラーメン箱桁（L=312m）

PC5径間連続箱桁（L=344m）

\*本橋梁は平成17年2月に開通したが、通行料金のいらない一般道路橋としては、山口県の角島大橋（1,780m）や沖縄県宮古島の来間大橋（1,690m）を抜いて日本最長の橋となった。



写真-1 ポリウレタン被覆（厚さ2.0mm）



写真-2 伸縮可とう管



写真-3 高欄との色彩調和



写真-4 絶縁パット

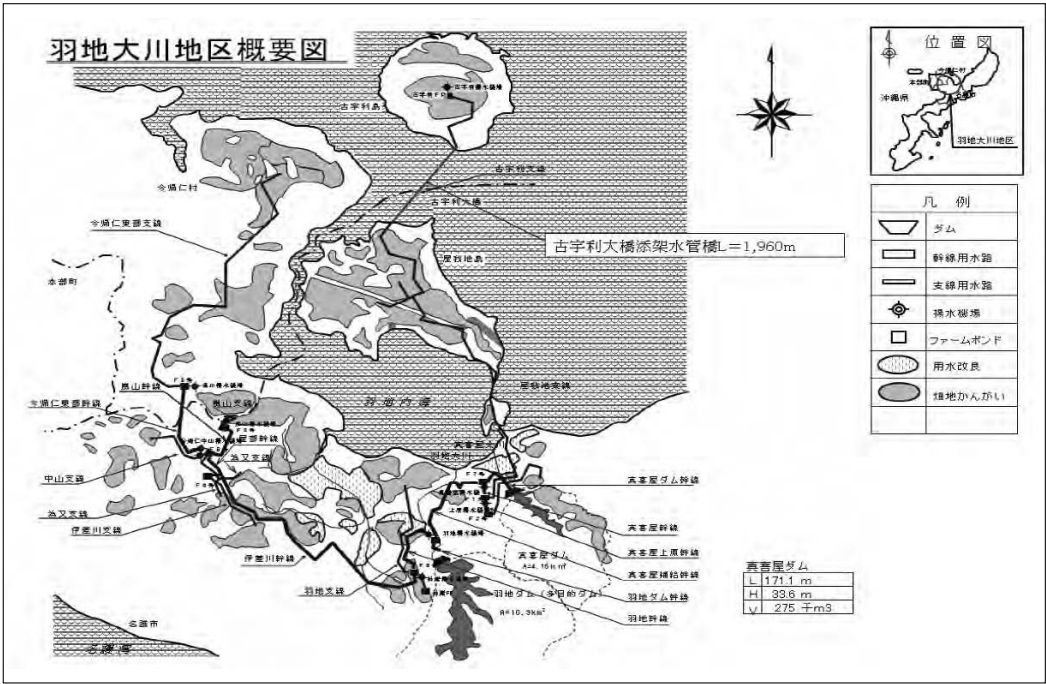


図-1 事業概要図

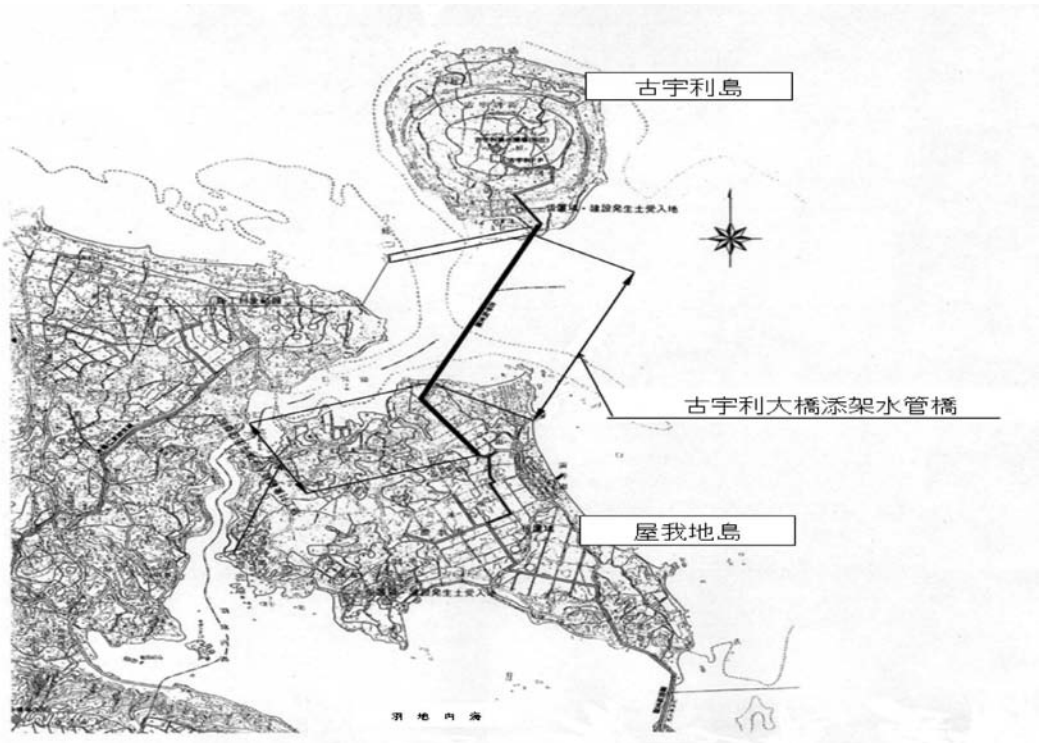


図-2 計画平面図

### 支持金具詳細図

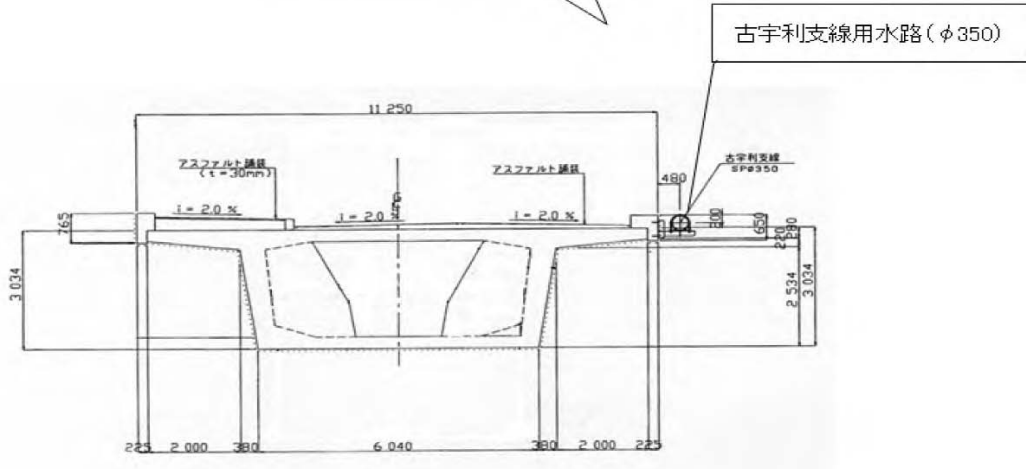
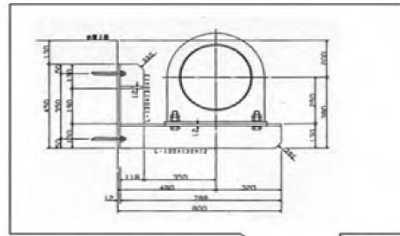


図-3 橋梁添架水管橋標準断面図

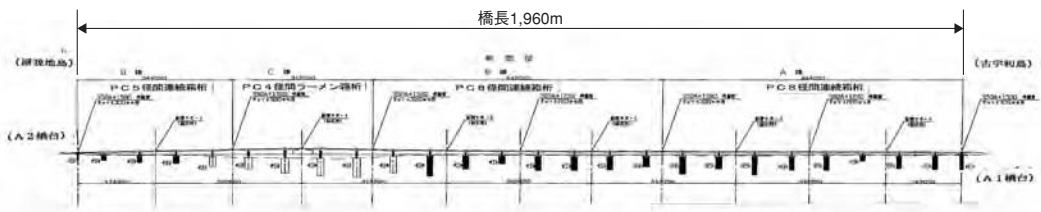


図-4 古宇利大橋側面図

### 3. 塗覆装仕様の検討及び決定

#### 3.1 鋼管外面の防食仕様

##### 工場塗覆装部

古宇利大橋は、海上に架設された長大橋であるため、おびただしい海塩粒子の飛来が予想され、腐食環境としては極めて厳しい環境である。さらに、沖縄特有の強い紫外線の照射を受けるため、塗覆装の経年劣化を早めるおそれがあることを考慮する必要がある。したがって、防食仕様の選定

に際しては、重防食機能を有し、かつ紫外線による劣化防止対策を考慮したものを選定する必要がある。

これまで、鋼製水管橋の外面防食仕様としては、一般に塗装が主体であり、例えば日本水道鋼管協会基準WSP 009-96「水管橋外面塗装基準」では、海洋長大橋向けの長期重防食仕様として、S-1仕様（ふっ素樹脂塗料塗装）などが規定されていた。今回の仕様検討では、近年埋設管の外面防食仕様として主流となっている「プラスチック被覆」に



着目し、水管橋の外面防食材料として適用可能かどうかを検討した。その結果、厳しい腐食環境においても長期耐久性が期待できると判断し、プラスチック被覆（ポリウレタン樹脂：被覆厚2.0mm以上）を採用することとした。ちなみに、プラスチック被覆の水管橋外面防食材料への適用は、日本水道鋼管協会においても、WSP 009の改正作業の中で検討されており、平成16年11月の改正版（WSP 009-2004「水管橋外面防食基準」と名称変更）に反映されている。（写真-5参照）

しかしながら、プラスチック被覆の色は、黒色に限定されており、長期間紫外線に曝されると、表層部（数十ミクロン程度範囲）の顔料が変質して、「白亜化」と呼ばれる現象を呈することが知られており、沖縄海岸国定公園に指定されている本地区の景観維持の観点から、好ましくないと判断された。そこで、プラスチック被覆外面に、灰白色のトップコートと呼ばれるポリウレタン樹脂塗料を25 $\mu$ m以上塗装し、景観の維持と防食層の紫外線劣化防止を図ることとした。

#### 現場塗覆装部

鋼管は、現場で溶接接合を行うため、管端の溶接接合部近傍には、入熱による防食材の損傷防止を目的とした100~150mm程度の工場被覆塗り残し部を設ける必要がある。したがって、溶接完了後、現場でこの部分の防食を行う必要があるが、工場塗覆装部をプラスチック被覆とした場合、通常、現場溶接部の外面防食としては、「ジョイントコート」と呼ばれる熱収縮性を持つプラスチック樹脂を施す場合が多い。

しかしながら、ジョイントコートを使用した場合、工場被覆部との重ね合わせ部分に段差が生じ、景観を損ねるおそれがあること、ならびに紫外線に対して長期耐久性の維持が心配されることなどが、施工業者のVE提案によって指摘された。そこで、VE提案を受け入れ、現地溶接部の外面防食についても、工場と同様にプラスチック被覆（ポリウレタン樹脂）とし、表層部に景観維持と紫外線劣化防止のため、ポリウレタン樹脂塗料塗装（灰白色）を行うこととした。その結果、景観上の問題が解決すると同時に、現地溶接部の防食についても、工場外面被覆部と同等の耐久性を有するものとなり、さらに工事費も節減することができた。（図-5参照）

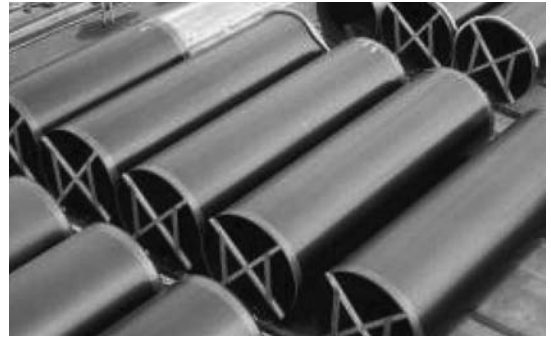


写真-5 プラスチック被覆鋼管

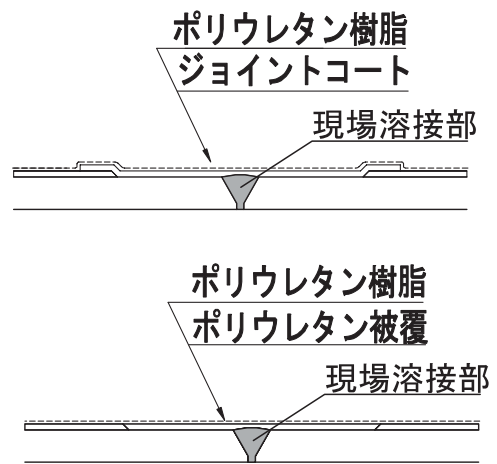


図-5 現場溶接部防食仕様（上：原設計，下：VE提案）

### 3.2 鋼管内面の防食仕様

#### 工場塗装部

鋼管内面については、日本水道協会規格JWWA K-135に規定された「水道用液状エポキシ樹脂塗料」を0.5mm以上塗装する仕様とした。

水道用液状エポキシ樹脂塗料は、現在水輸送用鋼管の内面塗料として最も一般的に使用されている塗料であり、平成15年に改正された厚生労働省令に基づく浸出性能試験にも合格しているため、昨今問題となっている環境ホルモンや有害物質の水への浸出の心配がない塗料である。また、防食性能・耐久性能にも優れるという特長を有する。

#### 現場塗装部

鋼管の現地溶接部近傍は、外面防食の場合と同様に、溶接の入熱による塗膜損傷防止のために塗り残し部分が設けられている。したがって、同部

分については、溶接接合完了後に、現場での塗装を行う必要があるが、本添架水管橋においては、その口径がφ350mmと小さいため、大口径管の場合のように人力による塗装が不可能である。このような場合、①現場溶接部内面を無塗装とし、腐食代(2mm)を設ける方法、②管端ステンレス鋼管\*1)を用いる方法、③専用の管内面塗装機を用いて塗装を行う方法などが考えられるが、架設条件からメンテナンスが困難であることや、LCC(ライフサイクルコスト)最小化の観点から、③の管内面塗装機による方法を採用することとした。なお、塗装用の塗料としては、工場塗装部と同じ水道用液状エポキシ樹脂塗料を用いることとした。

\*注1：炭素鋼管の両管端に長さ200mmのステンレス鋼管を工場溶接し、炭素鋼部分からステンレス鋼部分まで連続して内外面の防食が施された鋼管製品。現場溶接は、管端部のステンレス鋼同士となるため、現場内面の塗装が不要となる。また、工場で鋼管～管端ステンレス鋼管が連続的に防食されているため、異種金属腐食のおそれがない。小口径管で、人力で現地内面塗装ができない場合に採用される。

### 3. 3 付帯構造物の防食仕様

#### サポート部

水管橋の防食設計では、マクロセル腐食\*2)防止の観点から、管本体のみならず、サポートやブラケット等の付帯構造物の防食・絶縁も重視すべきである。本水管橋では、固定点についてはリングサポートを、可動点ではUボルトを用いているが、それぞれ次のような防食仕様とした。

#### ①固定支承部

図-6aに示すように、リングサポート自体は、管体と同様、プラスチック被覆(ポリウレタン)による重防食仕様とした。また、ブラケットについては、当初亜鉛メッキによる防食仕様を計画したが、検討の結果、最終的に亜鉛・アルミ溶射を採用した。本方法の採用により、通常のア鉛メッキによる方法に比べて数倍の耐候性が期待できる。さらに、リングサポートとブラケットのメタルタッチ(直接的接触による導通)防止を目的として、絶縁ボルト・ナットを用いた。(図-6b参照)

#### ②可動支承部

Uボルト・ナットについては、当初ブラケットと同様に、現地でアルミ・亜鉛溶射を行う計画であったが、ねじ溝が溶射金属により埋まり、メンテナンスが困難となることから、ダクロタ

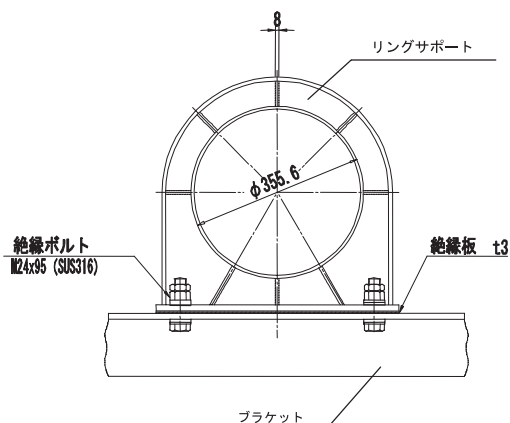


図-6a 固定支承部の防食仕様

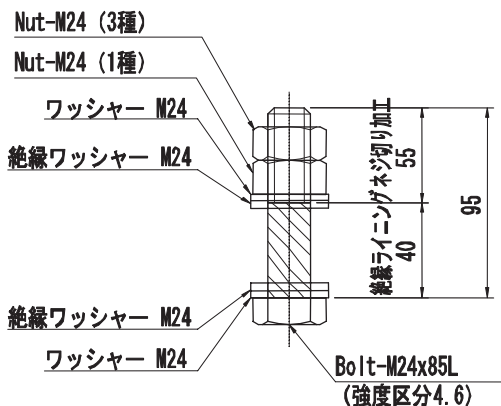


図-6b 絶縁ボルト・ナット詳細

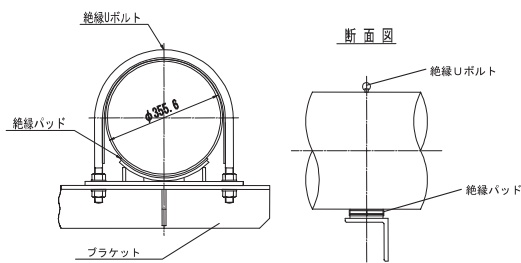


図-7 可動支承部の防食仕様

イズド処理\*3)を行ったステンレス鋼製(SUS316)に材質変更した。また、管底部には絶縁パッドを設置し、支承部と管本体とのメタルタッチを防止した。(図-7参照)

\*注2：鋼製構造物において、周囲環境等の条件により、

部分的に電位の高い部分（貴な部分）と低い部分（卑な部分）が生成され、結果として巨大な電池（マクロセル）を形成するために起こる腐食形態。一様腐食（マイクロセル腐食）に比較して、腐食速度が著しく早く、かつ腐食が局所的に進行することから注意が必要である。よく知られたマクロセル腐食の種類として、「コンクリート／土壌（C/S）マクロセル腐食」があるが、現在はそのメカニズムが解明され、防止措置が周知されているため、発生のおそれは極めて少ない。

\*注3：亜鉛フレーク、無水クロム酸、グリコール等の分散水溶液中に浸漬後、加熱炉中で約300℃に加熱することで、金属表面に酸化クロム化合物の積層被膜を形成し、高い耐食性能を得る処理。

### 伸縮管部

伸縮管は、水管橋の構造上不可欠の機構であるが、本管の温度伸縮に伴って摺動するため、防食上の弱点となりやすい部分である。図-8aに示すように、クローザー型の伸縮管では、スピゴットパイプ外面の止水ゴム摺動部が水に接することから、管内面と同様に水道用液状エポキシ樹脂塗料塗装を施している。この部分は、本管の外面と同様に著しい海塩粒子飛来環境下に曝されるため、プラスチック被覆を施した他の部分に比較して、防食上の弱点となるものと判断した。そこで、図-8bに示すように同部分にプラスチック被覆（ポリウレタン樹脂）を施した鋼製のカバーを設け、他の一般部と同様な重防食仕様に変更した。

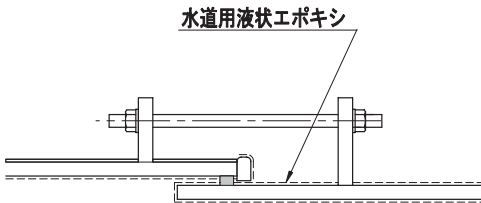


図-8a 伸縮管の防食仕様（原設計）

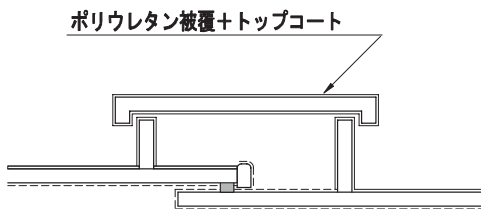


図-8b 伸縮管の防食仕様（変更後）

## 4. 施工手順

図-9に本添架水管橋の施工フローを示す。

本工事の特徴としては、①作業効率の向上を図るため、道路橋上で6m定尺管ならびに12m長尺管を2本溶接（ダブルジョイント）して架設したこと、②溶接継手部の外面防食として、現場でポリウレタン被覆を施したこと、③溶接継手部の内面塗装を専用の管内面塗装機によって行ったことなどが挙げられる。

本工事は、海上での作業という条件から、防風対策を十分に行う必要があった。特に溶接品質の維持ならびに安全確保の観点から、現場に風速計を設置し、風速10m/sを超える場合には、作業中止とするよう指導していたが、平成16年は異常とも言える台風の当たり年であり、度重なる台風の襲来の都度、道路橋上の資機材を撤去し、工事中止とせざるを得なかった。また、風速が10m/sを下回る場合においても、1層目をティグ溶接<sup>\*4</sup>で行う仕様であったことから、溶接品質保持のために溶接箇所の防風対策が必須であった。原設計では、仮設足場を吊り足場として考えていたが、上記の理由から直ぐに撤去できるよう、予めユニック車に組み込んだ移動式足場を製作して対応した。この移動式足場の採用により、組み立て・撤去・移動の時間短縮に大きな効果が得られた。

現地で行うポリウレタン樹脂の外面被覆については、ある程度熟練した作業員でないと施工が難しいと判断されたため、施工に先立ち、施工業者の技術指導の下、現地施工業者の教育・訓練を実施した。通常、同被覆は1種ケレン後のプライマー塗布から仕上がり被覆まで1週間程度の間隔



写真-6 長尺管（12m）の架設状況

を空けても問題ない仕様であるが、本現場では海塩粒子の付着等による問題が生じるおそれがあり、直ぐに仕上がり被覆までを行うことで対応した。

\*注4：非溶極式のイナートガスアーク溶接で、タングステンまたはタングステン合金を電極とする溶接方法。入熱量が小さく、母材にひずみが生じにくいいため、ステンレス鋼の溶接に多用される。

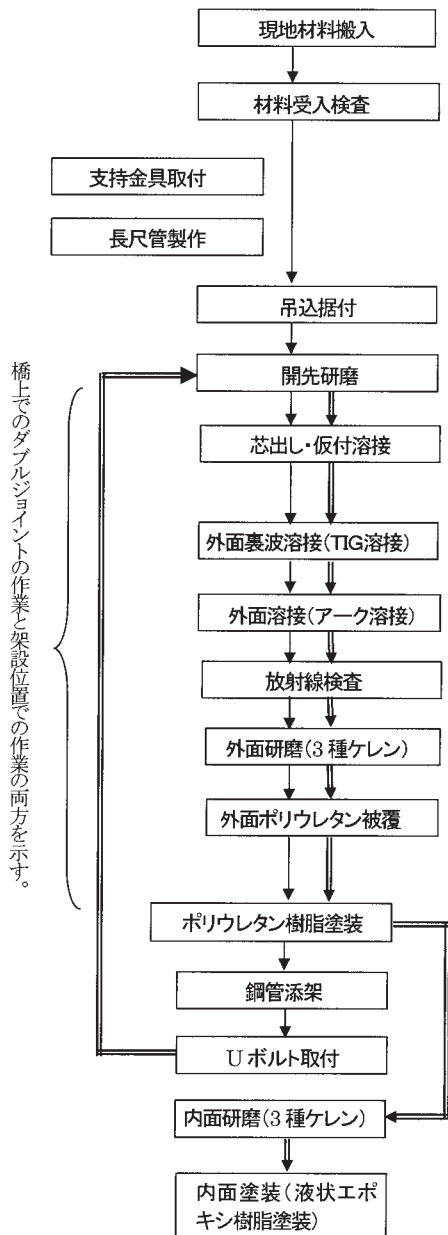


図-9 添架水管橋施工フロー

## 5. 鋼管の現地内面塗装

### 管内面塗装機の概要

管内面塗装機は、作業員が管内に入ることのできない小口径管の現場溶接部における内面塗装を行う目的で開発されたもので、管内への自走、位置の検知、下地処理、管内塗装を管外の制御装置を介して行う機能を有する。本装置は、①自走車装置（自走車本体、制御装置、電源ケーブル）、②下地処理装置（下地処理機本体、圧縮空気用ホースドラム、制御装置）、③塗装装置（塗装機本体、エアレスポンプ、圧縮空気用ホースドラム）、④位置検知装置から構成されている。

管内面塗装機は、昭和50年代後半に開発され、これまで上工水を中心に100件以上の使用実績を有する。管内面塗装機の主な仕様を表-1ならびに外観を写真-7に示す。

### 塗装方法

#### ①施工フロー

図-10に、管内面塗装機を用いた塗装作業のフローを示す。

#### ②準備作業

表-1 管内面塗装機の主な仕様

名称	自走式管内研掃・塗装装置
適用口径	φ300 mm～φ600 mm
挿入距離	最大 200 m
塗装方式	エアレススプレー法
動力源	・圧縮空気(圧縮機:容量 24m <sup>3</sup> /H, 圧力 0.7 MPa) ・電力(AC 100V, 5kVA)



写真-7 管内面塗装機の外観

準備作業においては、塗装用の自走車を、管内へ導入するための発進用ランチャー（φ350mm、L=2,300mm：鋼製半割管）に搭載し、配管にセットする作業を初めに行う（図-11参照）。その後、自走車に下地処理装置を搭載し、動力ケーブル、高圧エアース、制御装置等を接続・配置し、次工程である下地処理作業の準備完了となる。

### ③下地処理作業

下地処理装置は、先端にピアノ線ブラシを装備しており、エアモーターにより得られる回転力により、現場溶接部の溶接スラグ\*<sup>5)</sup> や鋼面の浮き錆等を除去するものである（写真-8参照）。作業手順としては、まず下地処理装置を搭載した自走車を、継手位置まで走行させる。このとき、予め管外面に設置した検知用マグ

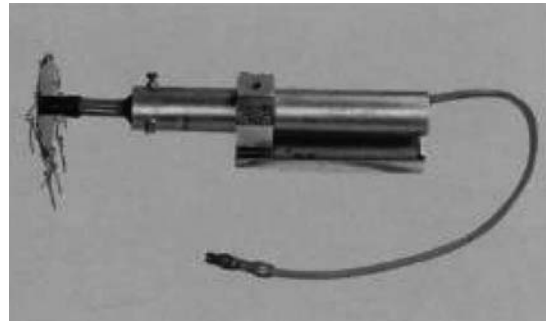


写真-8 管内面塗装機の外観図

ネットにより、停止位置を検知するシステムとなっている。塗装位置に到着後、管外の制御装置により、下地処理装置先端のピアノ線ブラシを定速度回転させ、溶接ビード\*<sup>6)</sup> を中心に片側150mm、両側300mm範囲を複数回移動することで、下地処理作業を行う。1本目の処理が完了したら、自走車をさらに奥のビード位置へと移動させ、上記と同様な下地処理作業を順次行う。最奥位置のビードに関して作業が完了した時点で、さらに自走車を2m程度奥側に移動させ、エアブローを開始する。自走車が管口側へ移動することにより、下地処理作業によって発生したダストが管口より排出されるので、これを回収して下地処理が完了となる。

### ④塗装準備ならびに塗装作業

下地処理完了後、自走車から下地処理装置を取り外し、塗装装置本体をセットし、塗料ならびにスプレーガン用のホース類を接続する。塗料用ホッパーに、十分攪拌した塗料を充填し、捨て吹き、ノズル角度の調整などを行い、塗装準備ができた段階で、自走車を最奥ビード位置まで移動させる。このときの位置検知方法は、下地処理の場合と同じである。管外の制御装置により、塗料用ポンプの圧送圧力ならびに塗装時間を指定すると、自動的に塗装が開始される。このようにして、最奥側のビードにおける塗装作業が完了したら、自走車を順次管口側ビード位置に移動させ、同様な塗装作業を行う。作業完了後、自走車を管口から回収し、塗料の洗浄・片付け作業を行う。

写真-9に、塗装作業完了時（事前の塗装テスト時）の状況を示す。

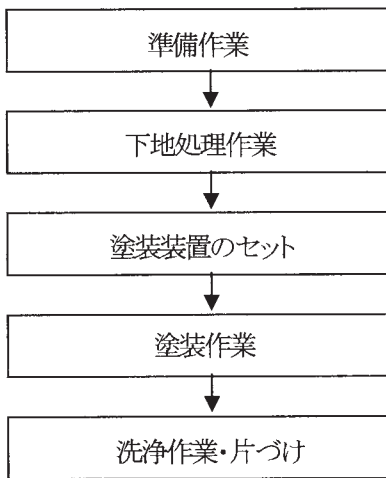


図-10 管内面塗装の施工フロー

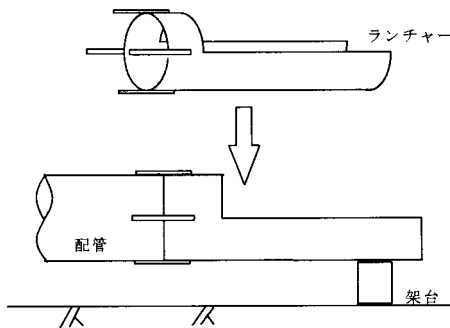


図-11 塗装機用ランチャーのセット



写真-9 塗装完了時の状況



写真-10 事前のピンホール検査状況

### ⑤工場における確認試験

本塗装機の現場搬入に先立ち、施工業者の工場にて確認試験が実施された。これは、当現場が本土の施工条件と比較して極めて高温となることが予想されたためであり、本確認試験により、予め塗装条件を決定し、塗装品質の確保を図ることが目的である。

確認試験の結果、最適のチップ（塗装スプレー先端部）、スプレー距離、吐出圧力、スプレー時間等の諸条件が設定されたが、鋼面温度が60℃程度にまで上昇すると、塗料の粘性が低下し、部分的に塗料の「ダレ」が生じることが判明した。この結果から、現場施工は直射日光の当たる日中の高温時を避け、鋼面温度を確認して実施することとした。

### ⑥現地での塗装検査

マンエントリーサイズ（作業員が管内に入れる口径）の鋼管の場合には、現場溶接部の内面塗装作業完了後、塗料が乾燥してから塗膜検査を行ってピンホールの有無や塗膜厚の確認を行うのが一般的である。しかしながら、本工事のような小口径管の場合には、管内面塗装機を用いて管口側から複数の継手部を塗装しては、新たな管を接合することを繰り返すという工程を採るため、工期上の問題から塗装後の直接検査ができない。そこで、本工事に先立ち、現地にて実際の管と同じ供試管を用いた塗装テストを行い、自動塗装機の設定条件が妥当であることを確認した。（写真-10参照）確認項目は、次の3点である。

#### 目視検査

塗装面に塗料のダレや流れ等の異常がないことを目視により観察する。

#### ピンホール検査

ホリデーディテクター（電圧2,500V）により、ピンホールが無いことを確認する。

#### 膜厚検査

ウエットゲージにより、湿潤状態の塗膜が1,200  $\mu\text{m}$ 以上（乾燥時500  $\mu\text{m}$ 以上）あることを確認する。

\*注5：被覆アーク溶接では、溶接作業を容易にし、かつ熔融金属を大気から遮断して、酸化や窒化を防止するとともに、酸化物その他の有害物を熔融金属から分離する目的で「フラックス」と呼ばれる材料が芯線に被覆されている。主な成分は、セルロース、陶土、酸化チタン、イルミナイト、酸化鉄、炭酸カルシウム、二酸化マンガ、けい砂等であるが、これらの被覆材料は、溶接後に熔融金属を覆う形で残存する。これを溶接スラグと呼び、塗装前に除去する必要がある。

\*注6：溶接により生成される帯状の溶着金属の盛上がり部。

## 6. コスト縮減効果

本工事においては、以下の項目に関してコスト縮減を図ることができた。

- ①添架鋼管の支持間隔については、WSP007-99「水管橋設計基準」に規定された基準値4mに対し、構造計算による安全性照査の結果、6mとする経済設計を図った。
- ②鋼管接合部の現場外面塗装の仕様をジョイン

トコート（WSP012）から工場仕様と同様の塗装（ポリウレタン被覆2.0mm）に変更することによりコスト縮減を図った。（契約後VEにより対応）

以上の施策より、約33百万円の工事費縮減効果を得た。

## 7. おわりに

平成17年2月8日に古宇利大橋の開通式が古宇利島の住人、今帰仁村、沖縄県、国などの大勢の関係者により行われた。

本橋梁の完成により、古宇利島の医療、福祉、教育等の生活環境の向上が期待されるほか、添架水管橋による農業用水の供給は、島の農業発展に大きく寄与するものと考えられる。

最後に、本工事の完成にあたり、約10ヶ月間に及ぶ工事に携わった佐藤工業(株)、JFEエンジニアリング(株)、設計担当のバシフィックコンサルタンツ(株)ならびに様々なご協力をいただいた沖縄県土木建築部北部土木事務所ほか占用関係者各位にこの場をお借りして御礼申し上げます。

# グラベルコンパクションパイル工法の施工事例

山 本 陽 次\*  
(Yoji YAMAMOTO)

目	次
1. はじめに	44
2. 地区概要	44
3. 地形及び地質の概要	44
4. 工法選定	47
5. 設計の概要	49
6. 施工方法	52
7. おわりに	55

## 1. はじめに

サンドコンパクションパイル工法は、地盤の「締固め」「補強」や「圧密排水」といった複数の改良原理を満足させる機能を併せもち、あらゆる地盤に適用できる工法として広く利用されている代表的な地盤改良工法である。

砂質系地盤に対しては、「締固め」を行うことによる支持力の増加、圧縮沈下の防止、水平抵抗の増加、液状化の防止が期待され、また粘性土地盤に対しては、砂杭と粘土からなる「複合地盤」を形成することによる支持力の増加、すべり破壊防止、圧密時間の短縮、圧密沈下量の低減が期待される。

本報文では、サンド（砂）をグラベル（砂利、碎石）に置き換えた「グラベルコンパクションパイル工法」による地盤改良の実績について報告する。

工法そのものに目新しさはないが、現場条件を見極めた上で適切な材料や施工機械を選択することにより、適用範囲が拡大した事例としてここに紹介したい。

## 2. 地区概要

本工事は、静岡県榛原郡相良町のほぼ全域を受益とする畑地帯総合整備事業牧之原相良地区（受益面積1,361ha、牧之原9地区のうち最大）における17号幹線農道整備工事の一環として地盤改良を実施したものである。（図-1）

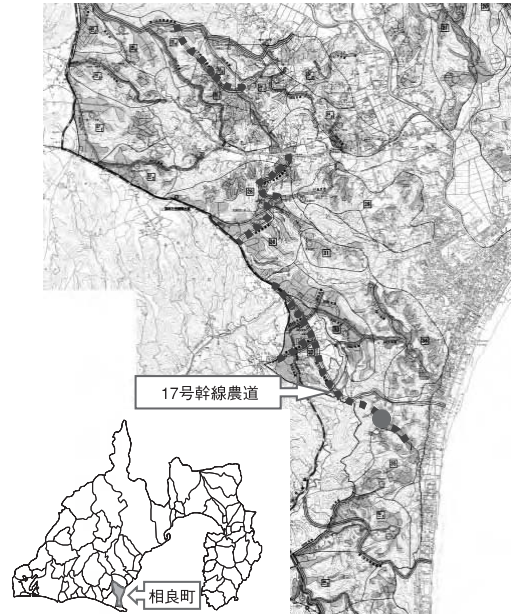


図-1

17号幹線農道（全幅7m）は相良町南部の既設道を利用しながら南北に縦断するように計画されており、最南の須々木工区（全長L=2,207m）高盛土計画区間では、基礎地盤の改良を必要とした。（図-2）

## 3. 地形及び地質の概要

本工事実施箇所は榛原郡相良町須々木地内に位置し、谷沿いの低地に脇から合流する沢筋にある。南部には遠州灘、東部には駿河湾をのぞむ。周辺

\*静岡県中部農林事務所（Tel. 054-286-9018）



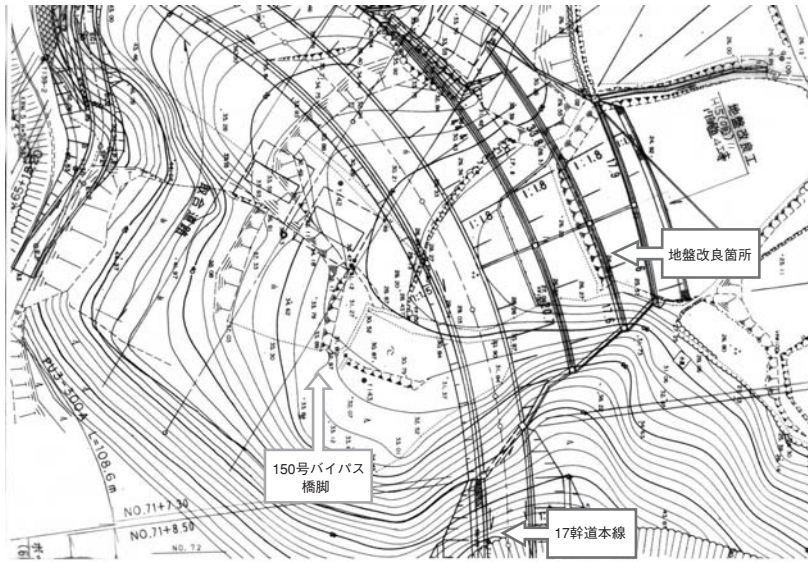


図-2

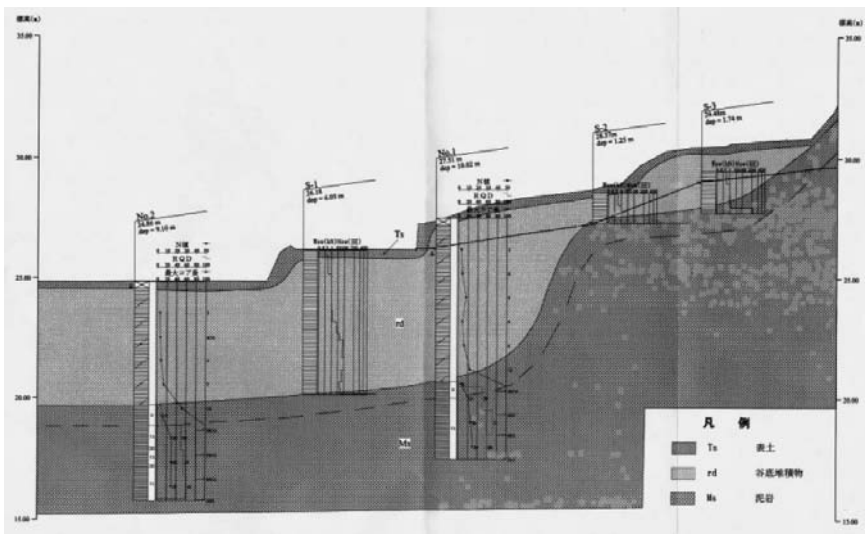


図-3

の地形は静岡県最南端の御前崎から牧ノ原台地南部にかけての台地－丘陵，箆川沿いの沖積低地及び遠州灘沿岸の海岸低地などとなっている。

地質は相良層群，掛川層群，小笠層群，更新世工期の段丘堆積物及び完新統が分布する。

調査ボーリング及びスウェーデン式サウンディング試験の結果当該箇所地質構造は3層に区分された。(図-3)

表土は粘性土を主体とし植物根が混入しており，層厚は0.3mほどである。

その下の沖積層－谷底堆積物は暗黄灰～暗青色の粘土を主体とし，所々に腐植物，岩片が混入しているほか，多量の砂分が混入し砂質を呈した層も見られる。層圧は4.9～6.5m，N値3～10程度である。

暗灰色の泥岩を主体とした3層目は，全体に微粒砂が混入しており，脆弱な箇所では，土砂～粘土状を呈している。層厚は3.2m以上あり，N値は大部分で50以上，脆弱部では26程度となっている。土質定数等は表-1，図-4，5のとおりである。

表-1 地盤定数

地層記号	設計 N 値	単位体積重量 $\gamma_i$ (kN/m <sup>3</sup> )	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	せん断抵抗角 $\phi$ (°)
Ts	-	13.7	10	-
rd	4	18.6	25	-
Ms (D級)	38	17.7	146	20
Ms (CL級)	175	20.3	370	20

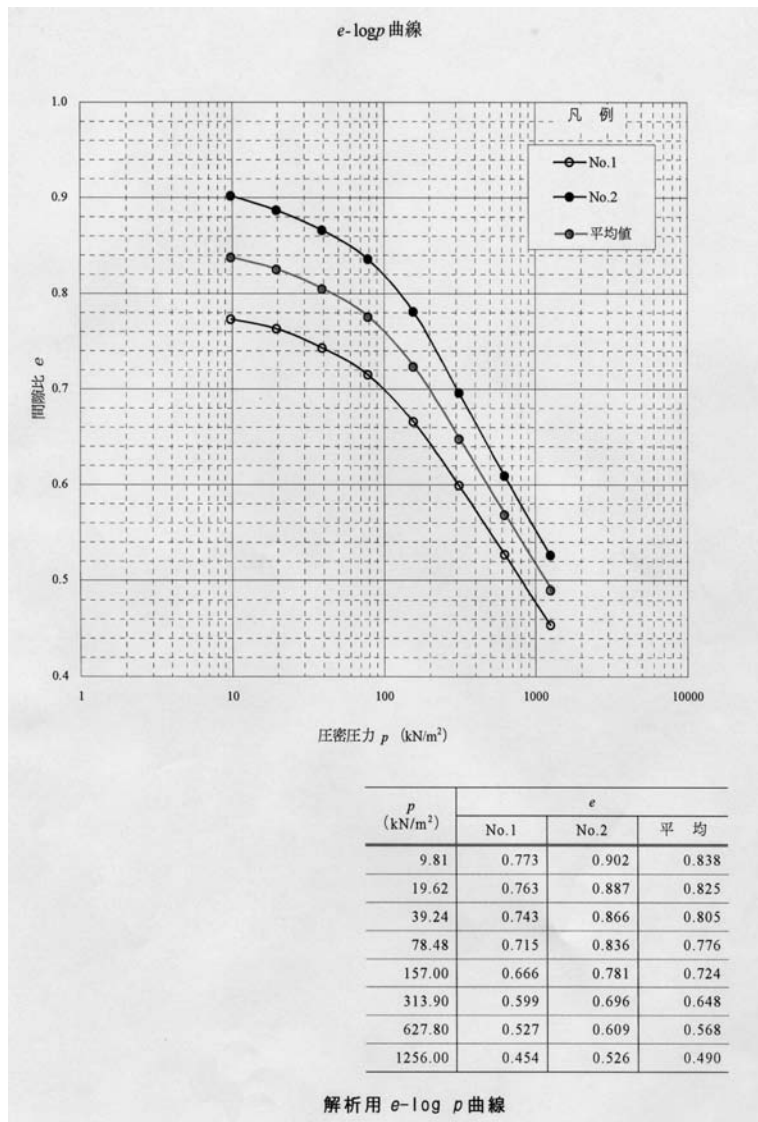


図-4

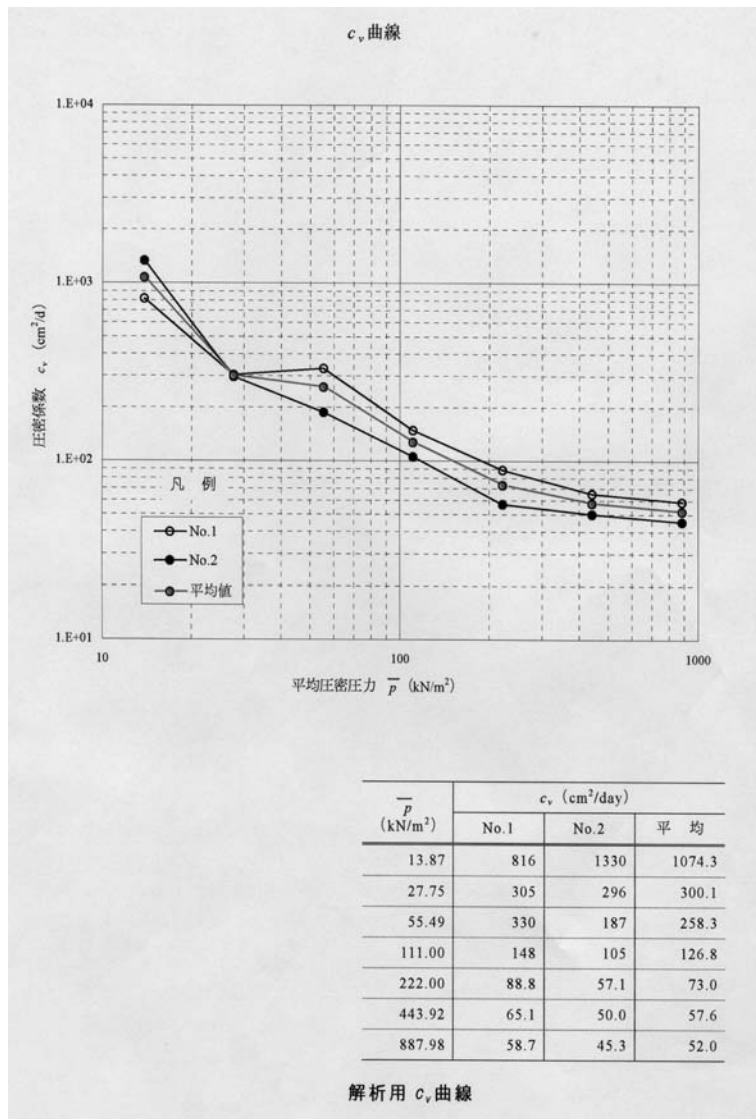


図-5

#### 4. 工法選定

今回の道路計画区間では最大17m程度の高盛土を予定しており、上述した基礎地盤の性状を考慮すると、軟弱地盤対策が必要となる。

軟弱地盤対策の検討に当たっては、沈下対策と安定対策を考慮する必要があるが、

- ①押え盛土工法（バーチカルドレーン併用）
- ②サンドコンパクションパイル工法
- ③固結工法（深層混合処理工法）

の3工法が高盛土の沈下・安定対策工法として有効と判断された。（表-2, 3）

このうち、押え盛土工法は用地の制約もあり不適切、残る2工法について経済比較した結果、サンドコンパクションパイル工法を選定した。

さらに、当該箇所では改良杭の強度を高めることが求められたため、杭材料を砂の替わりに碎石を使用したグラベルコンパクションパイル工法とすることとした。（図-6）これは、パイルの材料を碎石にすることで、パイルの受け持つ応力を大きく見込み、置換率の低減を図るとともに、高盛土の基礎地盤のすべりに対する抵抗力を高めようとしたものである。

表-2

知っておきたい地盤の被害-現象、メカニズムと  
対策-地盤工学会,pp.194-195に加筆修正

工 法	工 法 の 説 明	目的と効果	適用地盤
表層処理 工 法	表層排水工法	地表面にトレンチ(幅0.5m、深さ0.5~1.0m)を掘り、良質の砂礫で埋戻す工法	粘性土地盤 泥炭質地盤 目的外・施工不可
	サンドマット工法	軟弱地盤上に厚さ0.5~1.2mの敷砂をする工法	
	敷設材工法	軟弱地盤上に化学繊維シート、樹脂ネットなどのジオテキスタイルを敷設する工法	
	添加材工法	軟弱な表層土に生石灰、消石灰、セメントなどの改良用添加材を加えて混合し、軽圧する工法	
置 換 工 法	掘削置換工法	軟弱層の一部または全部を掘削し、良質の材料で置き換える工法	粘性土地盤 泥炭質地盤 粘性土地盤
	強制置換工法	盛土の自重または爆破によって軟弱層を除去し、良質の材料で置換する工法	
押え盛土 工 法	押え盛土工法	盛土のすべりは破壊に対して所要の安全率が得られない場合に、盛土本体の側方に押え盛土をし、安全を図る工法	粘性土地盤 泥炭質地盤
	緩斜面工法	盛土の勾配をゆるくして盛土の安全を図る工法	
圧密排水 工 法	緩速載荷工法	圧密による地盤の強度増加に応じて盛土を時間をかけてゆっくり立ち上げていく工法	粘性土地盤 泥炭質地盤 安定を満足しない 粘性土地盤
	載荷重工法	あらかじめ荷重を加えて圧密沈下を進行させておき、つぎにこの荷重を取除いて構造物を施工する工法	
	アロートイック工法 サーチン工法	地盤中の地下水位を低下させることにより有効応力を増加させ、軟弱層の圧密を図る工法	
	地下水位低下工法	地表面に機密膜を設け、敷砂層内の空気を減じて大気圧を地盤に載荷し、軟弱層の圧密を図る工法(真空圧密工法とも称する)	
	サンドドレーン工法	軟弱地盤中に鉛直な砂柱を設け排水距離を短縮して圧密排水を促進させる工法	
	袋詰めドレーン工法	サンドドレーン工法を改良したもので、軟弱地盤中に袋詰め砂柱を設置する工法	
	ボートドレーン工法	サンドドレーン工法と同じ原理で、砂のかわりにカードボード、プラスチックボードなどのジオテキスタイルのドレーン材を用いる工法	
サンドコンパクション 工 法	サンドコンパクション工法	ボード系ドレーン工法と同様に、砂のかわりに特殊加工した麻、ヤシやジオテキスタイルのロープを用いる工法(7インチドレーンetc)	粘性土地盤 泥炭質地盤 砂質土地盤
	サンドコンパクション工法	地盤に締固めた砂杭を造り、軟弱層を締固めるとともに砂杭の支持力によって沈下量を減ずる工法	
	サンドコンパクションパイル工法	サンドコンパクションパイル工法のかわりに砕石などを使用する工法	

表-3

工 法	工 法 の 説 明	目的と効果	適用地盤	
締固め 工 法	バイプロテーション工法	ゆるい砂地盤中に棒状の振動機を入れ、振動部付近に水を与えながら振動と注水の効果で地盤を締固める工法	砂質土地盤 目的外 砂質土地盤 粘性土地盤	
	ロッドコンパクション工法	ゆるい砂地盤中に棒状あるいは杭状の振動機を打込み、地表からその側面に砂、砂利、砕石等を供給しながら振動によって締固める工法		
	重錘落下締固め工法 (動圧密工法)	10~40tの重錘を数10mの高さから落下させ、衝撃力によって地盤を圧縮または圧密させる工法		
固 結 工 法	石灰パイル工法	地盤中に生石灰による柱を造り、その吸水による脱水と化学的反応によって地盤を締固め・固化させる工法(圧密排水工法に入る場合もあり)	粘性土地盤 砂質土地盤 泥炭質地盤 粘性土地盤 砂質土地盤	
	深層混合 処理工法	機械攪拌工法		地盤中に石灰、セメントなどの改良用添加材をスラリー状または粉体で送、注入し、機械攪拌翼で原地盤と攪拌・混合することにより地盤を固化処理する工法
		高圧噴射工法		地盤中に小口径ノズルをもつ噴射管を挿入し、これに超高压を作用させて地盤を切削し、切削した部分に硬化剤を充填して地盤を強化する工法
	薬液注入工法	地盤中に土質安定剤となる薬液を注入し、薬液の物理反応、化学反応によって地盤の強度を増大させる工法		
	地盤凍結工法	地盤を人工的に凍結させて地盤の強度や安定性を増大させる工法		
電気浸透工法	地盤中に一対の電極を設置し、水を集めて脱水したり、土中に薬液を流して電気化学的に地盤を固結させる工法			
構造物に よる工法	矢板工法	盛土の側方の地盤に矢板を打設して地盤の側方変位を減じて安定性を高める工法	粘性土地盤 泥炭質地盤 粘性土地盤 泥炭質地盤 砂質土地盤 補助的に用いる	
	打設杭工法	盛土の下部および側方に既設杭を打設する工法		
	パイルネット工法	地盤に打設した杭の頭部を網目状に鉄筋で連結し、その上方にジオテキスタイルを敷設する工法		
盛土補強 工 法	スラブ工法	打設杭工法の効果を高めるために支持杭の上にスラブを打設し、その上に盛土を施工する工法	粘性土地盤 泥炭質地盤	
	補強土工法	軟弱地盤上の盛土内にジオテキスタイル、鉄筋及び支圧板付アンカーなどを敷設して、盛土補強により盛土の安定を図る工法		

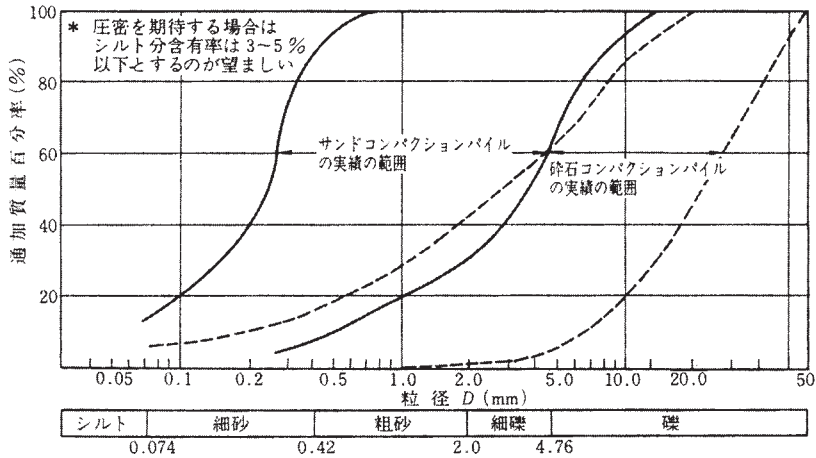


図-6 SCP砂杭材料の粒径実績範囲

## 5. 設計の概要

### 概要

本工法は、砂質土地盤と粘性土地盤とで設計の考え方が大きく異なる。砂質土地盤に対しては砂杭を圧入することによる地盤密度の増加を評価し、通常改良効果として標準貫入試験値（N値）で示すことが多い。一方、粘性土地盤に対しては砂杭と原地盤粘性土からなる複合地盤として評価する。複合地盤中の砂杭は、粘性土よりも多くの荷重を負担する応力集中機能、砂杭自身の有するせん断強度の付与、バーチカルドレーンと同様の圧密促進効果が期待される。

設計の流れを図-7に示す。

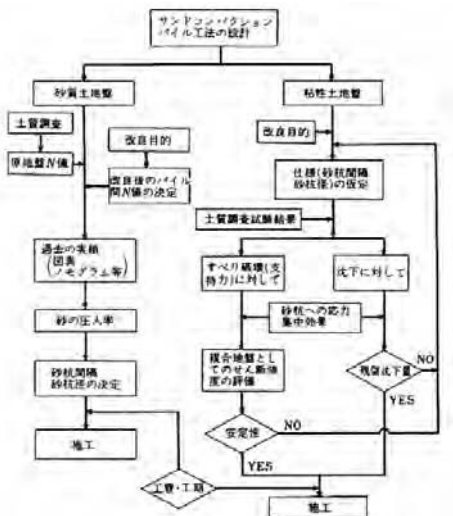


図-7 設計フロー

### 置換率と砂杭配置

置換率は原地盤を1.0としたときの砂杭の体積割合で改良の程度を示す定数である。砂質土や陸上の粘性土の改良には0.4以下、海底の粘性土では0.25～0.8の範囲とすることが多い。砂杭は正方形や正三角形及び矩形で配置され置換率 $a_s$ は式(1.1)及び式(1.2)で表される。

#### ①正方形・矩形配置

$$a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{A_s}{x^2} \text{ または } \frac{A_s}{x_1 \times x_2} \quad \dots \text{式 (1.1)}$$

#### ②正三角形配置

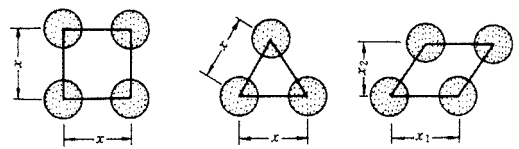
$$a_s = \frac{A_s}{A} = \frac{2 A_s}{\sqrt{3} x^2} \quad \dots \text{式 (1.2)}$$

$A_s$  : 砂杭断面積

$A$  : 砂杭1本が分担する面積

$x$  : パイルピッチ (図-8)

砂杭断面積は、陸上工事では砂杭径が標準70cm、海上工事粘性土改良では170～200cm程度とすることが多い。これらは施工機械の能力と地盤の硬さ等から経験的に決められている。



(a) 正方形配置

(b) 正三角形配置

(c) 形配置

図-8 SCP配置図

粘性土に対する設計法

イ. 基本的な考え方

砂杭（碎石杭）と粘性土からなる地盤を複合地盤と呼ぶ。（図-9）

①応力集中

複合地盤中の砂杭は強度の付加・応力集中・圧密促進効果を持つ。応力集中には下に示すように鉛直方向の釣り合いから、応力分担比 $n$ と置換率 $a_s$ をパラメーターとして砂杭応力 $\sigma_s$ と粘性土応力 $\sigma_c$ が計算される。これらが複合地盤の安定や沈下を考えるときの基本となる。

応力分担比（ $n = \sigma_s / \sigma_c$ ）については種々の議論があるが、現場データからの逆解析によると2~6程度の範囲である。本設計においては $n = 4$ を採用した。

②せん断強さ

複合地盤のせん断強さは粘性土のせん断強さと砂杭のせん断強さの和となる。

ロ. 複合地盤の実用安定計算法

改良範囲内の粘性土地盤中の置換率は10%程度のものから強制置換ともいえる80%程度まで広範囲にわたって実施されている。

既往の設計例で用いられてきた実用安定計算法には置換率の高低等により4種類の計算式が使分けられてきた。その評価法を表-4に示す。

当該箇所の計算には表中①式を使用した。

ハ. 複合地盤の実用圧密計算法

①最終沈下量

最終沈下量は無処理地盤の最終沈下量に沈下低減係数を乗じて求められる。

低減係数は低置換改良では応力集中効果、高置換改良では置換効果を主に考える。

②圧密経過時間

圧密経過時間は通常のパーチカルドレーン工法の場合と同じ方法で計算するがサンドコンパクションパイル改良地盤では、実際の圧密速度は原地盤の土質試験結果による圧密速度を用いた予測値より遅れがちである。

そのため、通常1~3ヶ月の放置期間を必要とする。

③圧密による強度増加

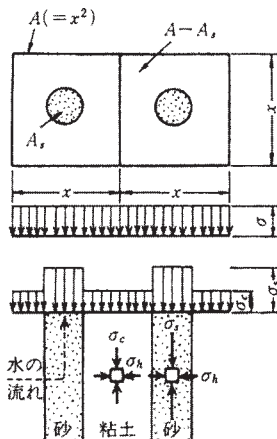
圧密による砂杭間粘土の強度増加 $\Delta c$ の計算は表-4に示すせん断強度の表示式の第1項に示したように下式で求める

$$\Delta c = \mu_c \cdot \Delta \sigma_v \cdot c/p \cdot U$$

ニ. サンドマット

サンドマットは圧密排水を促進させ、盛土内への地下水上昇を防止するため、また施工機械のトラフィカビリティの確保のため敷設する。

本工事施工箇所ではスウェーデン式サウンディ



上図において  
 $A$ : 分担面積,  $A_s$ : 砂杭面積  
 $\sigma$ : 上載荷重,  $\sigma_s$ : 砂杭応力  
 $\sigma_c$ : 粘土応力,  $\sigma_h$ : 水平応力

(a) 応力集中効果は以下で示される  
 $a_s$  を置換率 ( $= A_s/A$ ),  $n$  を応力分担比 ( $\sigma_s/\sigma_c$ )  
 $A \cdot \sigma = (1 - a_s) \cdot \sigma_c + A_s \cdot \sigma_s$  より  

$$\left. \begin{aligned} \sigma_s &= \mu_s \cdot \sigma = \frac{n}{1 + (n-1) \cdot a_s} \cdot \sigma \\ \sigma_c &= \mu_c \cdot \sigma = \frac{1}{1 + (n-1) \cdot a_s} \cdot \sigma \end{aligned} \right\} \quad (3.4)$$
ここに、 $\mu_s$ : 応力集中係数 ( $\geq 1$ )  
 $\mu_c$ : 応力低減係数 ( $\leq 1$ )

(b) 地盤中の応力状態は以下となる  

$$\sigma_s \cdot \frac{1 - \sin \phi_s}{1 + \sin \phi_s} \leq \sigma_c + 2c \quad (3.5)$$
ここに、 $\phi_s$ : 砂杭の内部摩擦角,  
 $c$ : 粘着力

(c) 複合地盤の強度は一般に以下で示す  

$$\bar{\tau} = (1 - a_s) \cdot \tau_c + a_s \cdot \tau_s \quad (3.6)$$
ここに、 $\tau_c$ : 粘土強度  
 $\tau_s$ : 砂杭強度

図-9 複合地盤の基本概念

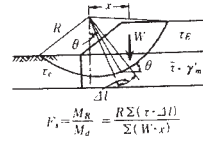
表-4 円弧すべり計算でのSCP改良地盤の評価法

SCP改良地盤のせん断抵抗の考え方	n	$\phi_s$ (°)	$\gamma_s$ (tf/m <sup>3</sup> )	安全率	備考
① 複合地盤 $\bar{\tau} = (1 - a_s)(c_u + \Delta c) + (\gamma_s \cdot z + \mu_s \cdot \sigma_z) \cdot a_s \cdot \tan \phi_s \cdot \cos^2 \theta$ ..... (3.7) $\Delta c = c/p \cdot (\gamma_s \cdot z + \mu_s \cdot \sigma_z - P_c) \cdot U$ ..... (3.8)	3~5 (砂杭:3 砂:2)	30°~35°	1.0	1.2~1.3	・陸上工事での適用例が多い ・すべての置換率に適用可
② 砂質地盤 (c, $\phi_s$ を持つ地盤) $\bar{\tau} = (1 - a_s)(c_u + \Delta c) + (\gamma_m z + \sigma_z) \cdot \mu_s \cdot a_s \cdot \tan \phi_s \cdot \cos^2 \theta$ ..... (3.9)	1 2	30°~33.4°	1.0	1.1以上 1.2	・ $a_s > 0.3$
③ $\phi_m$ を持つ砂地盤 $\bar{\tau} = (\gamma_m \cdot z + \sigma_z) \cdot \mu_s \cdot a_s \cdot \tan \phi_s \cdot \cos^2 \theta$ ..... (3.10)	1 2	34°~35° 30°	1.0	1.25~1.30	・ $a_s \geq 0.7$
④ $\phi_s = 30^\circ$ の一様な砂地盤 ( $\gamma = 1.0$ tf/m <sup>3</sup> ) $\bar{\tau} = (\gamma z + \sigma_z) \cdot \tan 30^\circ \cdot \cos^2 \theta$ ..... (3.11)	—	—	—	1.30	・ $a_s \geq 0.7$

(注-1) 砂の N値と  $\phi$  の関係は  $\phi = \sqrt{12N + 20}$  とし、 $\phi_s = 30^\circ$  で  $\bar{N} = 8 \sim 10$ 、 $\phi_s = 33.4^\circ$  で  $\bar{N} = 15$ 、 $\phi_s = 34^\circ$  で  $\bar{N} = 16$  程度。

(注-2)  $\bar{\tau}$  : 改良地盤のせん断抵抗  $\phi_s$  : 砂杭の内部摩擦角 (参考[6])

- $c_u$  : 粘性土の粘着力  $\phi_m$  : 改良地盤の平均的な内部摩擦角
- $c/p$  : 粘着力増加係数  $\gamma_s$  : 粘性土の水中単位体積重量  $\mu_s = \tan^{-1}(a_s \cdot \mu_s \cdot \tan \phi_s)$
- $\gamma_s$  : 砂の水中単位体積重量  $a_s$  : 置換率
- $\gamma_m$  : 改良地盤の平均水中単位体積重量  $\Delta c$  : 圧密による増加粘着力
- 重量  $\gamma = (1 - a_s) \gamma_s + a_s \gamma_m$   $\gamma_c$  : 粘性土の水中単位体積重量
- $\mu_s, \mu_c$  : 応力集中(低減)係数  $z$  : 土被り深さ
- $\mu_s = n / (1 + (n-1) a_s)$   $\sigma_z$  : 載荷による増加応力
- $\mu_c = 1 / (1 + (n-1) a_s)$   $U$  : 圧密度
- $n$  : 応力分相比  $\theta$  : すべり面が水平面となす角
- $P_c$  : 先行圧密応力



(注-3) 表中の単位体積重量は、改良地盤が水面下にあるとして水中単位体積重量で表示。改良地盤が水面上にある場合は、空中での単位体積重量を使用する必要がある(この場合  $\gamma_s$  は 1.8 tf/m<sup>3</sup> とすることが多い)。

ング試験結果から一軸圧縮強さ  $q_u$  を換算し、更に一軸圧縮強さ  $q_u$  からコーン支持力  $q_c$  を換算した。換算式は「地盤調査の方法と解説」地盤工学会による。

$$q_u = 0.0045 W_{sw} + 0.0075 N_{sw}$$

$$\text{より } q_u = 0.225 \text{ kgf/cm}^2 = 22.06 \text{ kN/m}^2$$

$$(W_{sw} = 50 \text{ kg}, N_{sw} = 0)$$

$$q_c \approx 5 q_u$$

$$\text{より } q_c = 1.125 \text{ kgf/cm}^2 = 110.32 \text{ kN/m}^2$$

サンドマット厚は「道路土工—軟弱地盤対策工

指針」日本道路協会によると『 $q_c$ の値が1.0~2.0kgf/cm<sup>2</sup>の場合は50~80cm』とあるが、換算値と実測値のばらつきを考慮し、本工事では80cm厚とする。

ホ. 設計諸元

当該箇所におけるパイルの径・延長・配置は図-10のとおりである。

- 配置形式 正三角形
- 杭径  $d_s = 700 \text{ mm}$
- 間隔  $x = 1300 \text{ mm}$

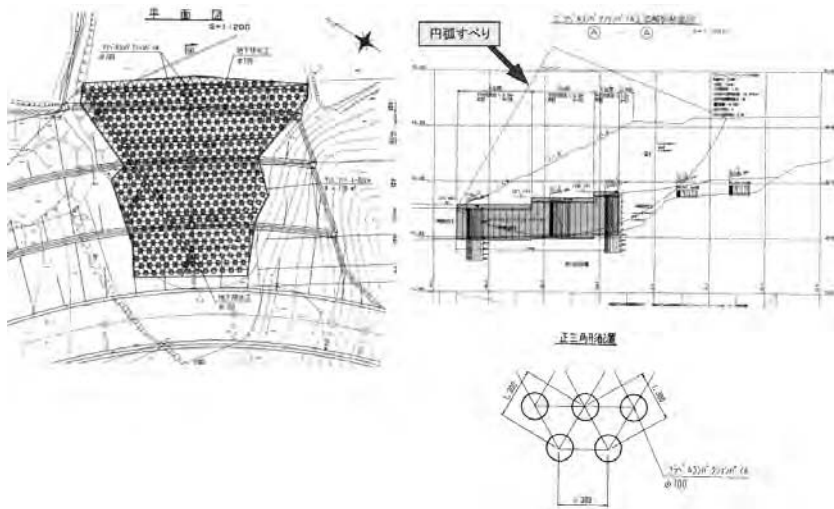


図-10

碎石杭湿潤密度	$\gamma = 19.6\text{kN/m}^3$
置換率	$a_s = 0.263$
応力分担比	$n = 4$
碎石杭の内部摩擦角	$\phi_s = 35^\circ$
碎石杭の透水係数	$k_s = 1.0 \times 10^{-1}\text{cm/sec}$
応力低減係数	$\mu_c = 0.56$
安全率	$F = 1.2$

## へ. 材料

### ①砂

サンドマットに使用する砂は圧密排水のため必要な排水能力を有していなければならない。

(75  $\mu\text{m}$ ふるい通過分3%以下)

### ②碎石

グラベルコンパクションパイルに使用する碎石はクラッシャーラン (C-30) とするが75  $\mu\text{m}$ ふるい通過分5%以下とする。(注: 材料承認によりC-40を使用)

## 6. 施工方法

### 施工機械

現在, サンドコンパクションパイルの施工方法としては振動式が主流であり, クローラクレーンをベースマシンとして低周波バイブロハンマにて施工を行うことが多い。

本工事では国道150号バイパスの橋梁下部工事が隣接で施工されているため, 橋脚への影響を考慮し回転圧入式 (SAVEコンポーザー) を使用し

た。(図-11)

### 施工方法

#### 施工手順は

- イ. 仮設進入路設置
- ロ. サンドマット敷設
- ハ. グラベルコンパクション打設
- ニ. 法尻フトンかご設置
- ホ. 仮設進入路撤去

の順に進めた。

ここではグラベルコンパクションパイルの打設についてのみ紹介する。

グラベルコンパクションパイルの打設は, ケーシングの貫入, 引き抜き, 打ち戻しを繰り返す「打ち戻し施工」が特徴である。(図-12)

- ①ケーシングパイプを所定位置に据え一定量の砂 (碎石) を投入する。(写真-1)
- ②ケーシングパイプを回転させながら地中に貫入する。(写真-2)
- ③所定深度まで貫入する。
- ④ケーシングパイプを規定の高さから引き上げながら, ケーシングパイプ内の砂 (碎石) を排出する。
- ⑤ケーシングパイプを打ち戻し排出した砂 (碎石) と周囲の地盤を締め固める。
- ⑥④⑤を細かく繰り返して拡径するウェーブ施工により杭体を造成する。(写真-3)

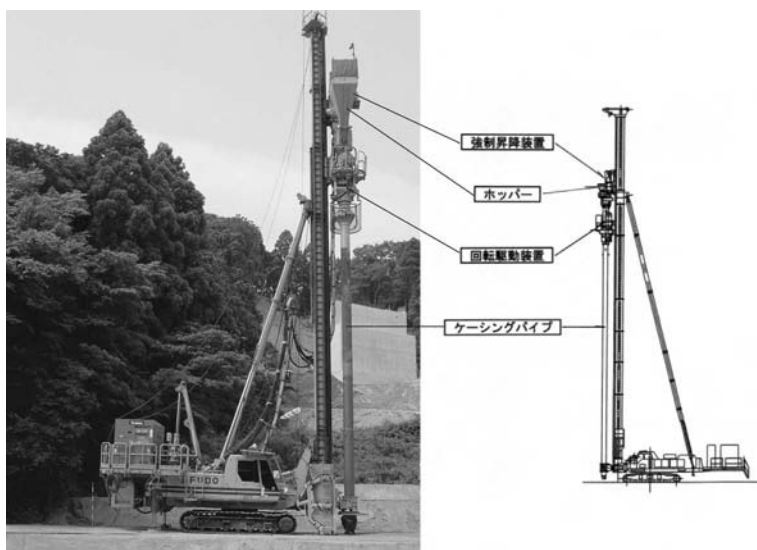


図-11



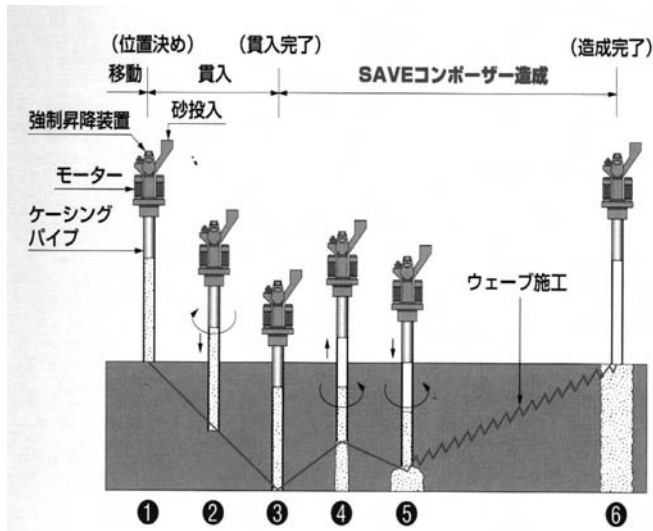


図-12



写真-1



写真-3



写真-2

### 施工管理

#### イ. 施工前

①使用材料の品質，②施工管理計器のチェック，③施工機械のチェックが必要である。

①については品質証明により確認，②③については現地にてキャリブレーション（試験打ち）を実施し，ケーシングパイプの形状寸法，深度計の確認，碎石面積の確認，中詰碎石の体積変化率測定，着底管理基準の設定等についてチェックした。

これらのデータをもとに計算すると当現場ではφ700の碎石杭10cm仕上るためにケーシングパイプ内の碎石41cm分が必要となる。

この計算結果に基づき施工を行い碎石杭の径を2方向から確認したところそれぞれ720mm，710mmであった。（写真-4）

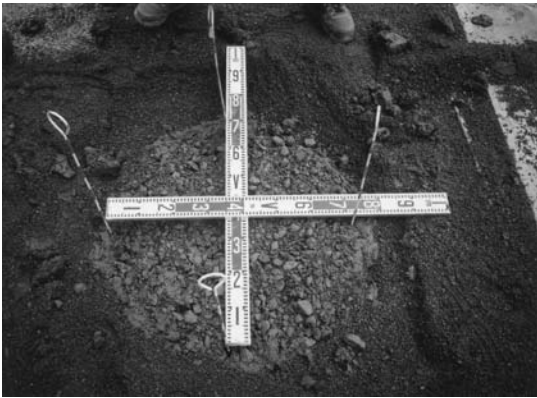


写真-4

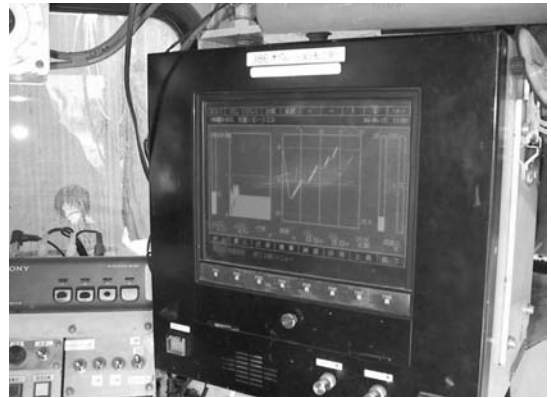


写真-5

ロ. 施工中

①碎石杭長, 材料投入量, 杭の連続性②打設位置③使用材料について管理した。

①については施工管理計による確認とデータシートの整理 (図-13, 写真-5), ②については座標値を現地に復元し目串で表示, ③は粒度試験を実施, ①②については出来形を実測確認した。

ハ. 施工後

碎石杭の強度と連続性の確認について, 標準貫入試験により確認した。N値も必要条件をクリア

しており良好な施工がなされたと判断できる。

結果と課題

①碎石の圧入により粘性土の側方及び上方変位を生じるが, 側方変位については改良エリア外周部から中心部に向かって施工することにより敷地外への影響を抑えることができた。

②上方変位については盤膨れとして現れたが特別な対応は取らず, 自沈及び今後の盛土による圧密沈下により所定居位置まで戻る見込みである。

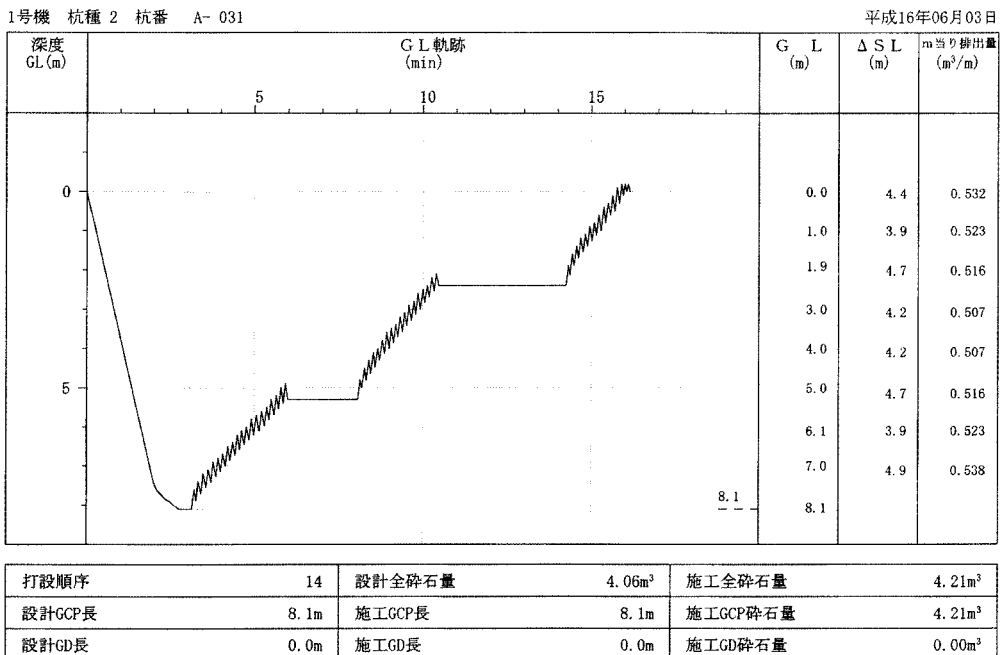


図-13 データシート

- ③グラベルコンパクションパイルにより碎石杭を打設する際粘性土の練り返しによる強度の低下が発生するはずであるが、通常の設計ではこれを考慮しないことが多い。これは粘性土の練り返しによる強度低下は3ヶ月程度で回復するためであるが、碎石杭施工後すぐに構造物や盛土を行う場合には、強度低下を考慮した設計をすることが望ましい。

本工事箇所は碎石くい完了後半年以上放置しておく計画であるため通常の設計法で問題ないと考えられる。

- ④今後予定している高盛土施工時に改良した地盤がどのような変位を起こすのか追跡するため、また盛土速度の管理等に利用するため、路体内に沈下版を2箇所、盛土法尻部にボーリングし構内傾斜計を1箇所設置し観測を行うこととしていく。

## 7. おわりに

サンドコンパクションパイル工法については、既に市場単価も導入されており、汎用性の高い工法であるが、個人的には初めて携わった。

今回は、サンドをグラベルに置き換えた「グラベルコンパクションパイル工法」を採用したが、置き換えや、安定処理、コンクリート構造物等で改良を行うよりも環境負荷が小さいと思われる。さらに本工事で使用した機種であれば無振動、低騒音で施工することが可能である。

今後も軟弱地盤上で構造物を造成する仕事は数多くあると思うが、本工法を比較検討の対象に入れておくことをお勧めしたい。

最後に、本稿作成にあたり不動建設より資料提供いただいた。この場を借りて一言お礼申し上げたい。

## 引用文献

- 1) 地盤工学会：軟弱地盤対策工法－調査・設計から施工まで－，1988
- 2) 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針，1993
- 3) 地盤工学会：地盤調査の方法と解説，2004
- 4) 清水昭男：地盤改良工法－調査・設計・施工のポイント－，理工図書－，1998

## 参考文献

- 1) 地盤工学会：軟弱地盤対策工法－調査・設計から施工まで－
- 2) 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針
- 3) 静岡県牧之原農用水建設事務所：平成13年度畑地帯総合整備（担い手育成）牧之原相良地区測量設計委託その21
- 4) 静岡県牧之原農用水建設事務所：平成12年度畑地帯総合整備（担い手育成）牧之原相良地区測量設計委託その25

# 圧力管路用FRPM管推進工法での現場施工について

成 田 総一郎\* 竹 下 晋\*\* 宇 戸 啓 二\*\*\* 中 嶋 敏 勝\*\*\*  
 (Souichirou NARITA) (Susumu TAKESHITA) (Keiji UDO) (Toshikatsu NAKAJIMA)

## 目 次

1. はじめに.....	56	3. 検証 .....	60
2. 実施に当たっての検討.....	56	4. おわりに.....	60

### 1. はじめに

国営かんがい排水事業霞ヶ浦用水地区は、昭和55年度に事業着手し地元負担の軽減などのため平成4年度にそれまで実施した部分を一期事業として完了させ、残りの基幹部分を二期事業として実施している。

事業を進めるに当たり、総事業費の抑制等の更なる「コスト縮減」の取り組みが課題となっている。

そのため、パイプラインの埋設深を浅くする等の工法を積極的に採用してきたが、更なる工法等の検討を行った結果、本文では実施予定ヶ所の現場状況を総合的に判断し、圧力管路用FRPM管推進工法での現場施工を採用するに至った検討結果について報告する。

### 2. 実施に当たっての検討

#### 2.1 圧力管路用FRPM推進管の構造

FRPM推進管の構造は、開削用FRPM管が管の内面と外面にFRP層、中間層に樹脂モルタル層という3層構造であるのに対し、管厚の中心にもう一層FRP層と樹脂モルタル層を加えた5層構造となっている。(図-1参照)

また、FRPM推進管は止水ゴムのついた挿口とカラーによる受口を持った形状となっており、接合されると凸凹のない形状となるように作られている。(図-2参照)

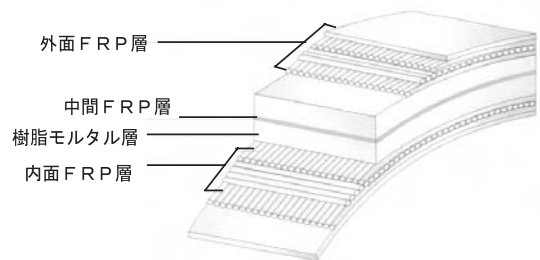


図-1 FRPM推進管の構造

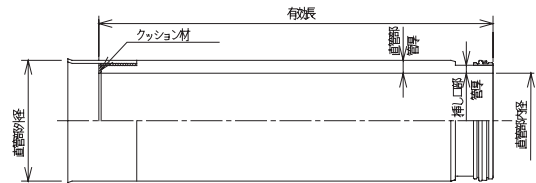


図-2 FRPM推進管の形状

#### 2.2 圧力管路用FRPM推進管の実績状況

FRPM推進管の実績は、昭和60年頃から下水道用と電力用ケーブル保護管として実施されてきた。

圧力管路用FRPM推進管についても、平成9年度からの施工実績(φ500~2000)があるが、メーカー側での各種の試験データの中で、肝心の施工後の「継目試験」を実施しておらず、安全性を立証するデータがなかった。

平成15年度に、都市基盤整備公団で実施した圧力管路用FRPM推進管を使用した現場(φ800 L=326.4m 3スパン)があり、この現場において施工後の「継目試験」等の調査を実施したところ、漏水ヶ所は確認されなかった。

\* 経済調査会 参与 (Tel. 03-3542-9473)  
 \*\*関東農政局北総中央農業水利事業所 次長 (Tel. 043-444-5291)  
 \*\*\*関東農政局霞ヶ浦用水農業水利事業所 (Tel. 0296-43-5131)

2.3 平成16年度実施した現場状況

前記の実績状況を踏まえて、当事業の中で土質および施工規模を考慮し、現場条件として問題ない工事現場を検討したところ次の工事で実施することとした。

- ・工 事 名：つくば線その6-2工事
- ・工 事 場 所：つくば市吉沼地先
- ・推進管口径：φ900
- ・推進管施工延長：L=30m
- ・推 進 場 所：主要県道横断
- ・推進ヶ所土質状況

：シルト質粘性土、  
75μ以下の粒径含有率 97.2%  
N値 0~5程度  
地下水は、地表下-1.0mに存在する。(図-3参照)

- ・道路管理者との協議状況：管材については特に指定がない。

2.4 経済性の検討

圧力管路用FRPM推進管φ900を採用するに当たっては、最初からFRPM推進管を採用するのではなく、従来型であるダクタイル鋳鉄管も含めた管材料をも考慮した推進工事での経済性を検討す

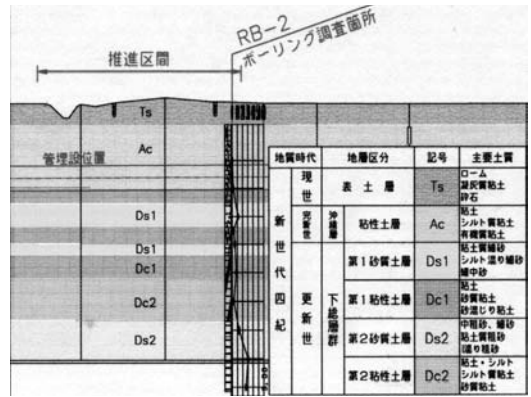


図-3 推進ヶ所の土質状況

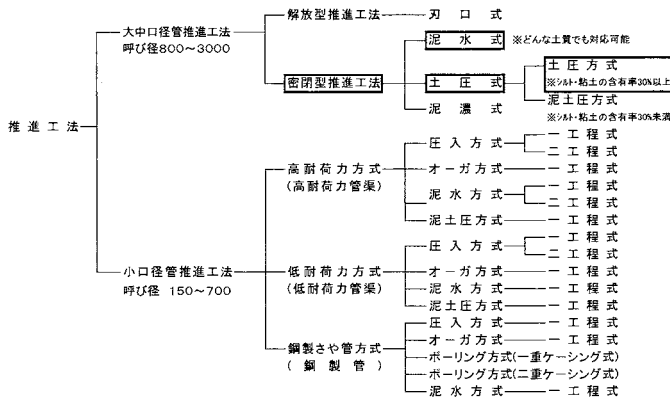
る必要がある。

本工事の「土質条件」に適用する工法としては、表-1のとおり密閉型推進工法の「泥水式」および「土圧式-土圧方式」が該当する。

なお、「土圧式-土圧方式」工法については、「ダクタイル鋳鉄管(4.0m管使用)」と「圧力管路用FRPM推進管(2.43m管使用)」も使用可能なことから各々の経済比較を行った。(表2参照)

その結果、「土圧式-土圧方式(圧力管路用

表-1 推進工法の選定



※出典先：土圧推進工法編(日本下水道管渠推進技術協会)

泥水式推進工法編(日本下水道管渠推進技術協会)

表-2 施工ヶ所での推進工経済比較

単位：千円

工 法 内 容	泥水式推進工法 (4.0m管)	土圧式推進工法 (FRPM・2.43m管)	土圧式推進工法 (DCIP・4.0m管)
工事費	31,092	25,848	27,044

※出典先：下水道工事積算基準による(国交省)

FRPM推進管)」が土圧方式（DCIP）に比べ約1,200千円安価であり、圧力管路用FRPM推進管を採用することとした。

## 2. 5 圧力管路用FRPM推進管の安全性の検討

1) 新たな工法等を実施するには、十分な実績及び安全性を裏付けるデータ等が必要であるが、今回実施する管(φ900)の性能試験データがないことから、平成15年度都市基盤整備公団で実施した「φ800」の試験結果を基にして、φ900管でのそれぞれの項目データを推測した値が、JIS等の規格値をクリアしたことを確認した上で、その後φ900での性能試験を行い安全性を再確認することとした。

なお、管の性能試験は、次のとおりである。

- ・耐荷力試験
- ・外圧試験
- ・水密性試験
- ・管軸方向片当り試験

### ①耐荷力試験

φ900圧力管路用FRPM推進管を図4に示すように縦置きし、30MN構造物圧縮試験機（日大理工学部研究所）で管上部より载荷した。

荷重速度は31.0t/min、試験片は2.43mとした。

その結果は、表-3に示すとおり規格値に対して1.03倍であった。

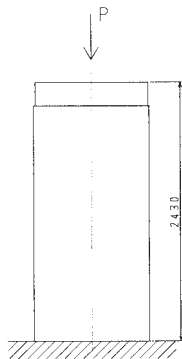


図-4 耐荷力試験方法

表-3 耐荷力試験結果

呼び径	耐荷力 (MN)		
	社内規格値	推定値	試験結果
900	8.01	8.40	8.24

### ②外圧試験

φ900圧力管路用FRPM推進管の円周方向の強度を評価するために、供試管φ900の直管部から長さ0.3mの環状の試験体を切り取り、その試験体を図-5に示すような平らな台上に置き、頂部および底部に厚さ約10mmのゴム板を当て荷重を試験体の長さ方向にほぼ均等になるように徐々に加えた。

その結果は、表-4のとおり規格値に対して1.47倍であった。

### ③水密性試験

φ900圧力管路用FRPM推進管の継手部の水密性を評価するために、写真1に示すように管を接合した状態で試験水圧1.4MPaを加え、3分間圧力を保持して漏水の有無を確認した。

その結果は、表-5のとおり水圧の低下と漏水はなかった。

### ④管軸方向片当り試験

「管軸方向片当り試験」は、推進工を実施する中で、推進掘削機の掘削断面が推進管より多少大きめとして掘削しなければ摩擦抵抗が大きくなり、推進管を押し出すことが出来なくなる。

この断面の余裕から、推進管と推進管の接続部に片当り現象が生じ、管端部が破壊して漏水するおそれがあることから管端部の状況確認を行うための試験である。

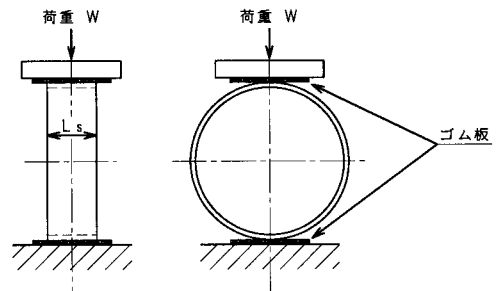


図-5 外圧試験方法

表-4 外圧試験結果

呼び径	試験体長さ (m)	破壊外圧					
		JIS規格値		推定値			
		試験体荷重 (kN)	1m当り換算荷重 (kN/m)	試験体荷重 (kN)	1m当り換算荷重 (kN/m)		
900	0.3	47.40	158	60.1	200.3	69.7	232.3



写真-1 水密性試験

表-5 水密性試験結果

呼び径	J I S規格値		試験結果	
	試験内圧 (MPa)	漏水の有無	試験内圧 (MPa)	漏水の有無
900	1.40	漏水がないこと	1.4	漏水はなし

試験方法は、図-6に示すように推進管と推進管の接続部の曲げ角度を最大1°まで屈折させるようにした。

角度の設定については、推進施工は、推進機の進路方向を確認するための「ターゲット」を発進立坑からのレーザー光をテレビカメラ又は直視により捕捉しながら方向修正を行いつつ推進する。

その捕捉する「ターゲット」は、通常±25mm程度に設定していることから、推進管1本(2.43m)で25mm変位したとすると0°35'となるため安全を考慮して1°に設定した。

その結果は、表-6のとおり端部に設計時の最大荷重2MNを作用させた状態で、約1°の曲げ荷重を与えても管端部が損傷している状況は見られなかった。

## 2) 管路調査

推進工を実施するに当たって、立坑部分(発進坑、到達坑)でボーリング調査を実施して地質状況を確認しているが、工事の安全性も考慮して双方に設置している立坑を利用して推進ヶ所で異物が存在していないかを探るため、削孔ボーリングを水平に押し込んで状況確認を実施したが、異物の存在は確認されなかった。

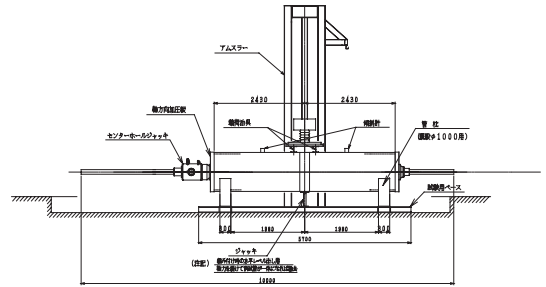


図-6 管軸方向片当たり試験

表-6 管軸方向片当たり試験結果

軸力荷重 (kN)	管体載荷重 (kN)	角度 (°)		
		①	②	①+②
2099	352.4	0.504	0.512	1.016

## 3) 施工時での実証確認

現地において、施工時にひずみが推進管へどのような伝達されているかを確認するため「ひずみ測定」を実施した。

また、施工後の状況確認のための「継目試験」「ジョイント間隔測定」「管内径測定」を行った。

### ①ひずみ測定

計測は、図-7のとおり推進管先頭部と中間部および最後部の3ヶ所に「ひずみゲージ」を設置して測定した。

その結果は、図-8のとおり推進施工時に最

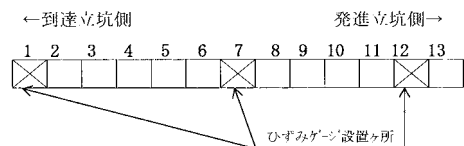


図-7 計測器配置図

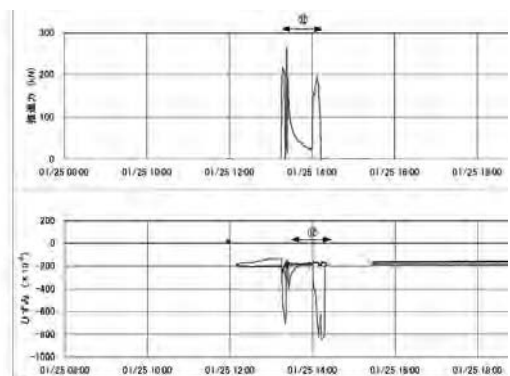


図-8 12番目の推進管での推進力とひずみ状況

後部の推進管へ最大推進力300kN、最大ひずみ約800 $\mu$ が発生していたが、推進管を押し終わるとひずみは元に戻り、残留ひずみは発生していないことが確認できた。

### ②継目試験

図-9のとおりテストバンドを用いて、試験水圧0.34MPaをかけ、5分間放置後の水圧状況（ただし、5分間放置した後の水圧は80%以下に低下してはならない）を測定した。

その結果は、管路の設計水圧0.34MPaをかけ5分間放置後でも80%以下に低下することがなかった。

### ③ジョイント間隔の測定

全推進管のジョイント間隔を図10のとおり上下左右の4点について測定した。

その結果は、表-7のとおり最大5mmであった。（規格値+53 -0mm）

### ④管内径の測定

管内径の測定は、図-11のとおり鉛直および水平方向の2点についてデジタル式内径測定棒を用いて測定を行った。

測定結果は、内径900mmに対して $\pm 1$ mmの範囲であった。

## 3. 検証

今回、圧力管路用FRPM推進管を採用したが、現場条件として「粘性土」であったことと 施工延長がやや短い状況であったことから、経済性が見出されているのである。

上記条件以外の場合においては、他の工法と比較して経済性が不利となる場合があると思われる。

また、FRPM推進管の構造は、管表面部がFRP層であるため、多少キズがつき易いことから、堅いものが当たると不利になりやすいと言われている。

今回の施工場所が、「粘性土」であったことからの選定であるが、砂礫等の硬い土質であった場合の対応については、更に検討する必要があると考えられる。

## 4. おわりに

現在の農業農村整備事業を取り巻く社会情勢は、非常に厳しい状況となっている。

そのためにも、「コスト縮減」を大いに取り組

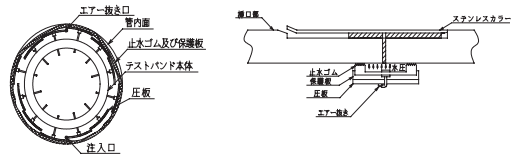


図-9 テストバンド機構の概略

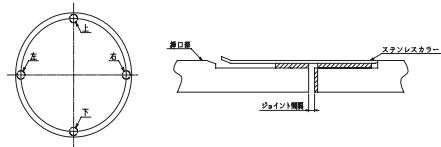


図-10 ジョイント間隔測定ヶ所

表-7 ジョイント間隔測定結果

呼び径	J I S規格値		測定結果
	良質地盤	軟弱地盤	
900	+53 -0	+35 -0	最大で +5

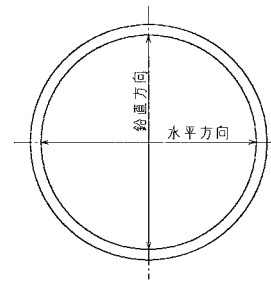


図-11 ジョイント間隔測定ヶ所

まなければならぬ状況である。

このような状況の下で、新技術・新工法等に取り組もうとした場合、一般的には実績を重んじる傾向が多々あり、このことは確実な安全性はあるものの従来工法しか見いだせないことが往々にしてある。

我々事業を実施する者としては、安全性を最大限に重要視することは勿論であるが、民間でも従来工法をベースにして改善策を見いだしており、これらを活用することによってより経済的なものが対処出来るものとする。

このような現場条件下で、一つの「コスト縮減」として取り組んだ工事内容を紹介し、今後の工事の参考となれば幸いである。



# ため池の旧堤体土を活用した盛土工法（ベントナイト混合工法）について

白 井 謙 二\*  
(Kenji SHIRAI)

## 目 次

1. はじめに	61	8. ベントナイト混合工法の経済性について	64
2. 施工ため池の概要	61	9. ベントナイト混合土の品質管理について	64
3. 工法選択の条件	62	10. 盛土管理試験結果（ベントナイト混合盛土） について	65
4. 配合材料の選定	62	11. 今後の課題について	67
5. 遮水性向上のためのベントナイトの有効性	62	12. おわりに	67
6. 配合設計	62		
7. 混合機械の選定	63		

## 1. はじめに

香川県の年間の降雨量は1,100mm程度と少ないことから、農業用水の過半をため池に依存しており、その数約1万4千余に及ぶ全国屈指のため池県である。

しかし、先人の偉業で築造されたため池も、築造後の経年変化により老朽化が進行し、決壊も憂慮されるものも多いことから、災害の未然防止及び農業用水の安定確保を図るため、県は昭和43年から「老朽ため池整備促進計画（5か年計画）」を順次策定し、この計画に基づき計画的な整備を図っている。これまでに大規模なため池の改修は概ね終えたことから、現在は小規模ため池を中心とした整備を積極的に進めている。

本県のため池改修の主要な工法は、傾斜遮水ゾーン型（前刃金）であるが、近年、その遮水材料である「鋼土」の確保が難しくなっている。その要因として、多量に確保できる土取場が減少したことに加え、環境配慮という社会的要請から、林地開発の許可条件も厳しくなり、さらに周辺環境を保全するための対策工事費も増大してきていることなどがあげられる。

一方、旧堤体の掘削残土等を受け入れる土捨場も近傍では確保できない場合が多くなってきており、やむなく遠距離の土捨場で処分を行っているのが現状である。

これらの理由により、ため池改修工事費が増嵩してきており、今後も施工実績が豊富で耐久性に優れた傾斜遮水ゾーン型（前刃金）工法を継続していくためには、鋼土の安定確保（代替材料含む）を図る必要がある。併せて、リサイクル法の制定を受け、建設残土の減量化にも取り組んでいく必要に迫られている。

その取り組み事例として、旧堤体の掘削土にベントナイトを混合し、鋼土に流用する「ベントナイト混合工法」について紹介する。

## 2. 施工ため池の概要

- 1) 事業名：ため池等整備事業（小規模）
- 2) 地区名：摺鉢池（すりばちいけ）地区
- 3) ため池規模：堤高H=4.3m, 堤長L=46.0m, 貯水量V=2,700m<sup>3</sup>
- 4) 運土計画：〔従来工法〕

★土取場（鋼土）までの距離  
L=26.2km

★土捨場<有料処分>までの距離  
L=14.1km

〔ベントナイト混合工法〕

★ベントナイト改良ヤードまでの距離 L=0.4km

- 5) ベントナイト改良土の施工量 V=320m<sup>3</sup>

※鋼土の必要量は570m<sup>3</sup>であるが、250m<sup>3</sup>は確保ができたので、不足量をベントナイト改良土で対応した。

\*香川県東讃土地改良事務所（Tel. 087-889-0193）

### 3. 工法選択の条件

旧堤体の掘削土に遮水性の極めて高い材料を均一混合し、鋼土の代替材料を製造しようとするものであり、工法の実施条件は次のとおりとした。

- 1) 建設残土の減量化を図るため、旧堤体の掘削土を有効利用すること。
- 2) 遮水性を向上させるための混合材は、自然環境に優しいものであること。
- 3) 混合機械は均一性の確保とともに、ため池改修工事の作業工程と整合する製造能力を有すること。
- 4) 建設工事のトータルコストは、従来工法（鋼土購入費＋運搬費＋残土処分費）より安価となること。
- 5) 鋼土と同等な遮水能力を有すること。

★透水係数 (cm/sec)：締固め度 [最大乾燥密度×90%] のとき、 $k=1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-7}$

### 4. 配合材料の選定

混合材は、混合土が鋼土と同等な性能を有し、自然環境にも優しいものとして、ベントナイトを採用した。

ベントナイトを採用した主な理由としては、セメント系及び石膏系固化材のように硬化せず、吸水することで可塑性となるため、地震などの要因によるクラック（亀裂）の発生が極めて起こり難い配合材であり、セメント系固化材よりもアルカリ度は低く、周辺環境への影響が少ないことによる。

なお、ベントナイトの品質は、吸水により膨潤性を有し、配合量を無水原土に10%以下で混合した場合に、混合土が浸透水と接触した際に極端な体積膨張を起さないのが望ましいことから、適度な膨潤性と微細粒分が多く含有している中品質ベントナイト（国内産）を採用した。また、高品質ベントナイト（主に国外産）を用いた場合は材料そのものは少量で済むものの、混合を行う際には極めて高い混合精度が要求されるが、中品質ベントナイト（国内産）を採用することで、混合に安定性を持たせることができる。

＜混合に用いるベントナイトの選定要件＞

- ①膨潤性に富むナトリウム型ベントナイトであること。（膨潤力）
- ②安定供給が可能であること。（供給能力）

表-1 採用したベントナイトの一般的品質

ベントナイトのタイプ	ナトリウム型
水分	10%以下
膨潤力	12ml/2g 以上
pH	9 以上 10.5 以下
250mesh 通過分	90%以上
見掛比重	0.6 以上 0.75 以下
真比重	2.6
液性限界	250 以上
塑性限界	35 以上

③価格的に安価であること。（経済性）

以上のことから採用したベントナイトの品質を表-1に示す。

### 5. 遮水性向上のためのベントナイトの有効性

ベントナイトは、海底に堆積した火山灰の続成変質作用、またはガラス質流紋岩の熱水変質作用によって生成した弱アルカリ性の粘土岩で、それを粉末にしたものが一般的である。ベントナイトの主成分は、スメクタイト（一般にモンモリロナイト）であり、副成分として、石英、長石、クリストバライト、ゼオライト、雲母などを含んでいる。

この主成分鉱物であるモンモリロナイトは、結晶と結晶の間に水を取り込み膨張（膨潤性）する特性を有しており、この特徴を利用して土粒子間の空隙を充填することで閉塞させ、通水速度および通水量を減少させる。

したがって、旧堤体土とベントナイトを均一に混合できれば、遮水性の向上効果は十分に期待できる。また、10%程度以下の混合であれば、ベントナイトの吸水による膨張も配合中の空隙を充填する程度のものであり、材料の膨張に対する悪影響を心配する必要はない。

また、ベントナイトの安全性についても、これまで建築・土木工事の利用のみならず、鋳物砂の粘結材、化粧品、ペット砂などに幅広く利用されており、環境にも優しい材料であることは証明されている。

### 6. 配合設計

旧堤体の3ヶ所で採土し、類似試験データ等も参考にして、ベントナイト量を3%、5%、7%で配合設計を行ったが、各ヶ所ともほぼ同様な結果が得られた。このうち、1箇所の土質試験結果、透水試験結果を表-2に示す。

目標とする鋼土の透水係数は $k=1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-7}$ （締固め度90%）であるため、経済性を考慮し、

表-2 ベントナイト配合試験結果

ベントナイト配合量 (%)		0%	3%	5%	7%
土質試験	含水比 (%)	11.9	11.8	11.6	11.6
	土粒子密度 (g/cm <sup>3</sup> )	2.627	2.629	2.630	2.633
	液性限界 (%)	38.1	39.6	40.1	39.8
	塑性限界 (%)	19.1	19.0	18.7	18.4
	塑性指数	19.0	20.6	21.4	21.4
	最適含水比 (%)	11.4	11.6	11.8	11.6
	最大乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.930	1.937	1.923	1.933
透水試験	締固め度 (%)	90.2	90.3	89.7	90.4
	湿潤密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.947	1.947	1.933	1.947
	乾燥密度 (g/cm <sup>3</sup> )	1.740	1.742	1.732	1.745
	間隙比	0.511	0.510	0.518	0.507
	飽和度 (%)	61.2	60.9	58.9	60.2
	透水係数 (cm/sec)	1.76×10 <sup>-4</sup>	2.21×10 <sup>-5</sup>	3.91×10 <sup>-6</sup>	1.58×10 <sup>-6</sup>

鋼土の透水係数の中位の10<sup>-6</sup>オーダーを確保することとした。この配合試験結果から、旧堤体土の無水重量に対して5%で目標を達成できるが、混合時の現場での材料ロスや混合精度などを加味し、品質確保のため1%加算し、6%を設計配合量とした。(ちなみに配合量4%の推定値は1.0×10<sup>-5</sup>であった。)

※配合量 [1.74t×0.06÷0.104t/m<sup>3</sup>]

### 7. 混合機械の選定

混合機械としては、バックホウ、スタビライ

ザーなどの機種も検討したが、現場における風などによる配合材の飛散が大きく、均一混合という点にやや難がある。均一性が確保されなければ、ベントナイト混合量の少ない部分で漏水やパイピングが懸念されるため、現実性を重視して、密閉型の管路処理システムによる混合方式を採用した。

管路処理システム図-1は、管路ミキサ（混練装置）を中心とし、粉体供給機及び比重調整装置を組み合わせたもので、圧送管路内に設けられた管路ミキサにより、土砂と配合材を混練する。配

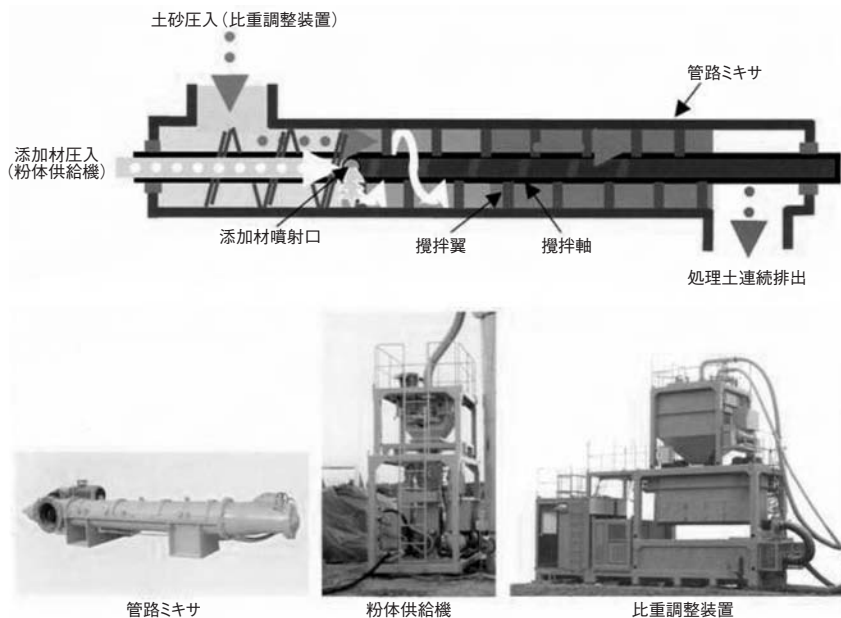


図-1 管路処理システム

合材は粉体あるいは液体で攪拌軸に圧入され、回転している攪拌軸上の噴射口から攪拌軸を通して土砂内に直接噴射することにより、配合材は土砂に均等に添加され、さらに攪拌翼により混練することで、高品質の処理が期待できる。

### 8. ベントナイト混合工法の経済性について

従来の傾斜遮水ゾーン型（鋼土購入）工法と、ベントナイト混合工法のトータルコストを比較し、遮水盛土材の単価に換算すれば、本地区の場合、941円/m<sup>3</sup>のコストダウンが図られた。

しかし、本地区の従来工法は、鋼土の土取場までの距離がL=26.2km、土捨場までがL=14.1kmと遠く、盛土及び捨土の運搬費に経費がかかり、加えて土捨場の処分料が工事費の増加要因となっているからであり、土取場及び土捨場が近傍で確保できる地区などにおいては、従来工法の方が安い結果となる。

今後さらに鋼土の土取場や土捨場の確保が難しくなる現状を踏まえれば、旧堤体土にベントナイトを混合する「ベントナイト混合工法」が、経済性において優位となる地区が増えてくると考えられる。

### 9. ベントナイト混合土の品質について

ベントナイトの混合現場では、配合土のベントナイト含有量を短時間に迅速かつ正確に計測できなければ、限られた混合作業工程のなかでの品質管理は難しいが、加圧脱水試験法は、短時間で正確にベントナイト含有量が計測できるため、この試験方法を採用した。

この試験方法は、ベントナイトの止水性が一般土壌に比べ格段に優れていることを利用したもので、現場配合されたベントナイト混合土を用いてろ過水量を測定し、ベントナイト混合土のベントナイト量と加圧ろ過によるろ過水量の関係を測定した検量線により、混合土中のベントナイト量を算出するものである。また、特殊な計器を必要とせず、現場や隣接した試験室などで、迅速かつ正確にベントナイト混合土中のベントナイト量を算出し、混合土の均一性を判断できる試試験方法である（図-2）。

ベントナイト配合量と含水比測定結果は表-3のとおりであり、ベントナイト配合量は目標値の設計配合量5%を何れも超えており、均一性の問題はない。6%を超えるデータが見受けられるが、材料ロスや混合精度などを加味し、品質の安全性

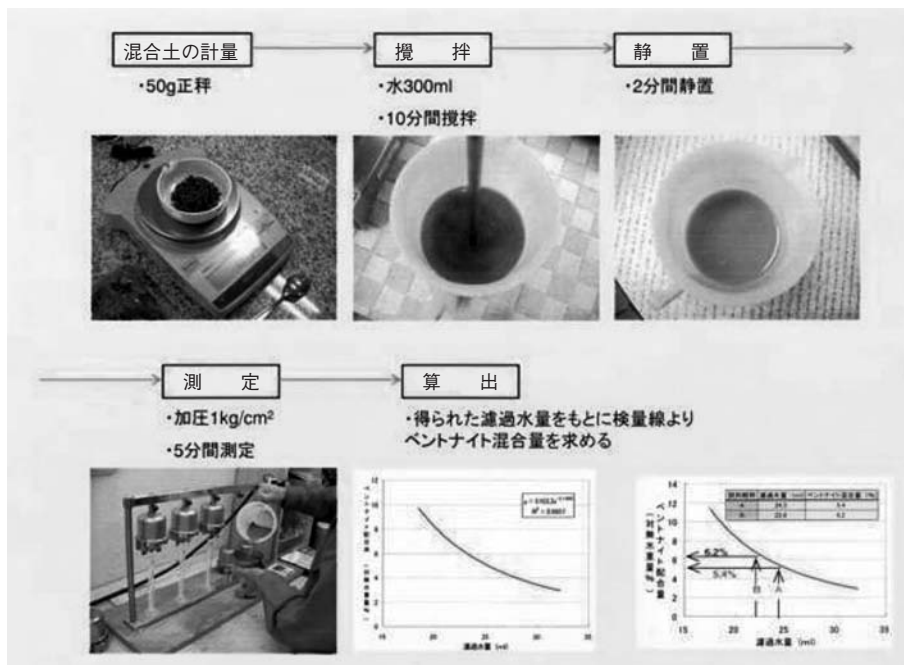


図-2 ベントナイト配合量測定試験法-加圧脱水試験法-

表-3 密閉型混合攪拌機によるベントナイト配合量と含水比測定結果

製造1日目

採取 No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
採取時間	8:00	9:05	10:05	11:00	13:10	14:00	15:05	15:55
含水比(%)	11.5	12.0	11.1	11.3	11.7	11.6	11.3	11.4
ベントナイト配合量(%)	6.0	6.2	6.5	6.8	5.9	6.1	5.5	5.5

製造2日目

採取 No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
採取時間	7:55	9:00	10:10	11:00	13:15	14:05	14:55	16:10
含水比(%)	13.1	12.6	12.9	13.3	12.8	13.2	13.0	12.7
ベントナイト配合量(%)	5.2	5.5	6.4	6.9	6.6	5.7	5.1	5.9

製造3日目

採取 No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
採取時間	8:05	9:00	9:55	11:10	13:05	14:00	15:05	16:00
含水比(%)	13.1	13.6	14.2	13.9	13.4	13.0	12.8	13.0
ベントナイト配合量(%)	6.2	6.5	6.8	5.7	6.0	5.4	5.3	5.0

製造4日目

採取 No.	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
採取時間	8:10	8:55	10:00	11:05	13:00	13:55	15:00	16:05
含水比(%)	12.0	12.3	13.0	12.7	13.5	13.8	13.1	13.3
ベントナイト配合量(%)	5.5	5.2	5.7	6.3	6.6	6.9	6.4	5.9

表-4 盛土管理試験結果一覧表

取高 EL.(m)	測 点	盛土の含水比 : W(%)		締固め度 : D値(%)		新固め度 : C値(%)		盛土の透水係数 : k (cm/sec)		評 価		
		試験結果	平均値	許容含水比	試験結果	平均値	規格値	試験結果	平均値		規格値	規格値
15.17	No.0(+) 15	11.7	11.4	6.8~16.8	95.2	98.6	90以上	95.3	98.7	95以上	1.72E-06	規格値を満足する
		11.8			97.1			97.2				
		11.2			97.6			97.7				
	No.1(+) 8	11.5	98.5		97.8	98.6		97.8	1.98E-06			
		11.3	97.7		97.5	97.5		1E-7≦k≦1E-5				
		11.6	94.9		95.0	95.9		1.47E-06				
No.2	11.7	95.8	95.7	95.9	95.8	1.47E-06						
	11.4	96.3	96.4	96.4	96.4							
16.17	No.0(+) 15	13.3	13.4	6.8~16.8	94.3	94.3	90以上	95.5	95.5	95以上	5.98E-07	規格値を満足する
		13.4			94.7			95.9				
		12.5			94.0			95.5				
	No.1(+) 8	13.2	95.2		95.3	97.0		96.6	2.60E-07			
		13.4	95.1		96.3	96.3		1E-7≦k≦1E-5				
		13.5	94.9		96.1	96.1		2.60E-07				
No.2	13.9	93.9	94.3	95.1	95.5	2.60E-07						
	13.4	95.1	95.1	95.1								
17.17	No.0(+) 15	12.1	12.3	6.8~16.8	95.7	95.7	90以上	96.3	96.6	95以上	2.50E-07	規格値を満足する
		12.3			95.5			95.5				
		13.7			95.0			95.2				
	No.1(+) 8	13.5	95.0		95.4	95.2		95.7	2.50E-07			
		13.6	95.2		95.5	95.5		1E-7≦k≦1E-5				
		13.5	95.9		96.1	96.1		2.50E-07				
No.2	13.7	94.8	95.4	95.2	95.6	2.50E-07						
	13.4	96.3	96.6	96.6	96.6							
18.17	No.0(+) 15	13.5	12.6	6.8~16.8	95.0	95.0	90以上	95.0	95.7	95以上	2.40E-07	規格値を満足する
		12.1			95.3			95.3				
		12.2			95.1			95.7				
	No.1(+) 8	13.8	95.5		95.7	96.1		98.3	4.90E-07			
		13.5	96.3		97.0	97.0		1E-7≦k≦1E-5				
		13.4	97.4		97.0	97.0		4.90E-07				
No.2	12.6	95.1	95.4	95.4	96.0	4.90E-07						
	13.3	94.8	95.6	95.6	95.6							

確保のため1%の加算を行っていることの要因によるもののほか、混合機械の運転中断などで所定の量以上にベントナイトが混入されたためである。

一方、含水比についても、最適含水比11.8±5%の範囲内で、最適含水比に近く、特に加水する必要もなかった。

10. 盛土管理試験結果 (ベントナイト混合盛土) について

ベントナイト混合土による現場での盛土管理試験結果を表-4に示す。現場の透水試験結果では、目標とする透水係数の10<sup>-6</sup>オーダーを何れもクリアし、k=1.98×10<sup>-6</sup>~2.40×10<sup>-7</sup>という予想以上



ベントナイト改良土製造プラント全景



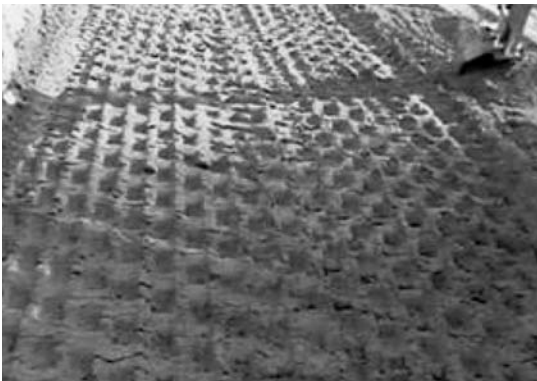
密閉型混合攪拌機



タンピングローラによる締固め状況



タンピングローラによる締固め状況



改良土の転圧完了状況



完成ため池の全景

写真-1 ため池の旧堤体土を活用した盛土工法（ベントナイト混合工法）施工状況写真

の好結果が得られた。また、締固め密度、盛土の含水比ともに問題なく、施工性についても鋼土と何ら変わりなく施工することができた。

本県のため池堤体土（旧堤体）の透水係数は、一般的に $k=1.0 \times 10^{-4} \sim 1.0 \times 10^{-5}$ 程度であり、ベ

ントナイトの配合量も4～8%程度で十分であると見込まれることから、今後、鋼土の確保が困難な地区において、旧堤体土を有効活用して施工実績の豊富な傾斜遮水ゾーン型（前刃金）工法を採用することは可能であると考えられる。

## 11. 今後の課題について

今回の施工で新たな課題も明らかとなった。粘性の高い土に配合材を攪拌混合することは容易ではなく、攪拌機械への安定供給に時間を要し、一日の最大攪拌量が100m<sup>3</sup>程度という結果に終わった。コスト縮減を図るうえでも、混合土の製造量をさらに増やすための攪拌機械の改善などを進める必要がある。

また、堤体の床堀土は含水比が高いことからベントナイト攪拌には適さないため、リサイクル利用できる堤体掘削土の量を事前に把握しておく必要がある。特に旧堤体の掘削量が少ない地区では、必要とする遮水材料が作り出せない場合もあるので、他の事業地区からの発生残土等の受け入れ利用なども検討しなければならない。

ここれらの新たな課題について、今回の施工実

績を生かしつつ、今後さらなる改善策を講じていきたいと考えている。

## 12. おわりに

ため池改修に必要な鋼土の確保が困難な現状を打開するため、堤体掘削土を有効活用して良質な遮水材料を現場で作ろうとする背景には、リサイクル法の制定を受けた資源の再利用化、土地改良法改正に伴う環境への配慮、建設工事費のコスト縮減等の社会的な要請を踏まえた新たな試みであったが、貴重なデータ取りができ、克服すべき課題も明らかとなった。

本事例は、特に遮水材料の確保に苦慮している地区などにおいては、有効な対策工法の一つになり得るとの判断から、ここに提案するので参考とされたい。

## 犬山頭首工ゲート設備の大規模補修の事例

浅井 啓 智\*  
(Hironori ASAI)

### 目 次

1. はじめに	68	6. 劣化・機能診断のまとめ	73
2. 犬山頭首工の概要	69	7. ゲート扉体端部の材質	74
3. 水門設備の機能診断	69	8. 既設ゲート中間部と端部の接続方法	75
4. 制水門ゲートの診断方法と診断結果	70	9. 水門設備の補修設計・補修方法に関する考察	75
5. 15・30年後の推定	73		

### 1. はじめに

一級河川の木曾川は、犬山頭首工地点（流域面積5,019km<sup>2</sup>）における計画高水流量が12,500m<sup>3</sup>/sの大河川である。その中流域の犬山市北古券地先

に設置されている犬山頭首工は、国営濃尾用水事業により築造された施設であり昭和37年に完成し約43年が経過している。当該施設は、農林水産省の直轄管理施設で毎年適切な維持管理を実施してきたが、経年劣化の進行は避けがたい状況にある。

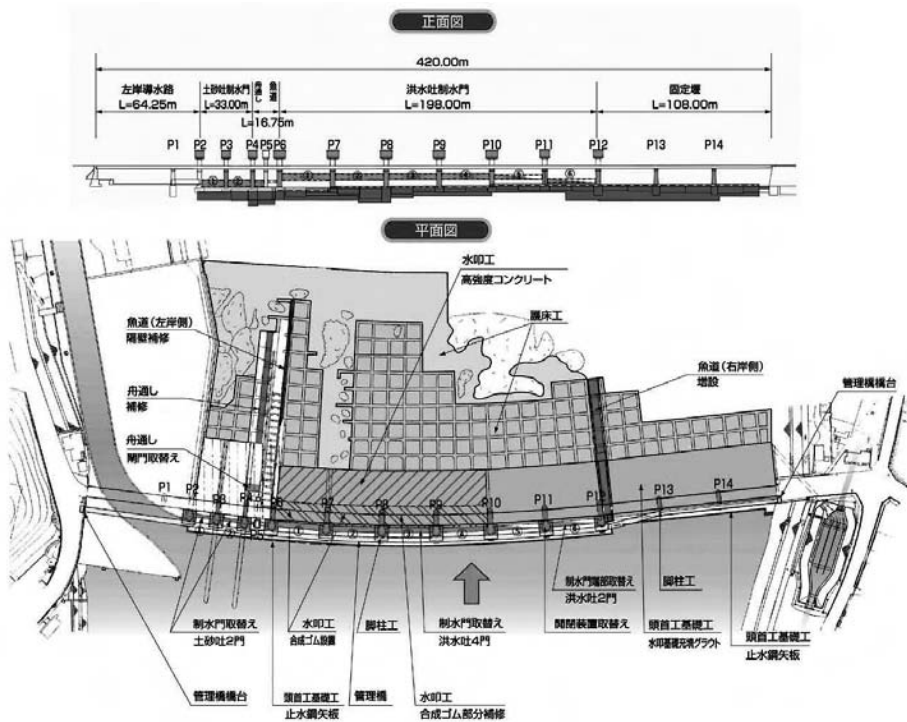


図-1 犬山頭首工の設備

\*東海農政局土地改良技術事務所 (Tel. 052-232-1057)



特に犬山頭首工の水門設備は、これまでに合計3回（昭和63年，平成9年，11年）の機能診断調査を行っており，扉体・戸当たり・開閉装置について補修の方法等を検討してきた。

これらの機能診断調査結果をもとに現在，国営総合農業防災事業「新濃尾（一期）地区」において，平成12年度から犬山頭首工の補修工事を行っている。水門設備の補修計画は，平成12～18年の7年間の予定で，魚道ゲートを除く可動堰9門の更新・一部補修を行い，機能回復を図るものである。ここでは，平成13～14年で補修した水門設備（5および6号制水門ゲート）の扉体補修における機能診断方法，補修設計および補修方法について述べるとともに水門設備の既設扉体流用について考察を行ったので，これらの点について報告する。

## 2. 犬山頭首工の概要

犬山頭首工には，制水門6門・土砂吐制水門2門・舟通し閘門1門・魚道調整水門1門の可動堰と固定堰3径間が設置されている。表-1に水門の概要を示す。

この報告において大規模補修の事例とした5号および6号制水門ゲートの概要図を図-2に示す。

## 3. 水門設備の機能診断

既に設置されている水門設備の機能診断を行い補修することにより，長寿命化を図るためには効果的な診断手法を用い，かつ経済的な工法を採用して工事を実施することが重要である。そのためには，水門設備の劣化メカニズムの把握・機能診断を行い，その結果から対策工法を検討しなければならない。

水門設備の機能診断は，「劣化診断」と「機能診断」を合わせ行う必要がある。劣化診断は設備・機器の現在の劣化状態を観測・調査し，異常あるいは故障に関する原因および将来への影響を予知・予測するものである。機能診断は劣化診断結果から当該時点での設備・機器の機能・性能がどの程度の状態になっているかを定量的な計測により把握し判断するものである。水門設備の機能診断は，当該施設の管理者が主として行う一次診断，専門技術者が行う二次診断，更には設備・機器によっては三次診断とレベルを高めていく方法が一般的である。

設備・機器の診断体系を図-3に示す。

表-1 犬山頭首工水門設備の概要

ゲート名称	純幅×純高	ゲート形式	数量	開閉機構造	備考
1号制水門ゲート	30.0m×4.5m	シェル構造ローラーゲート	1	ワイヤーロープウインチ式	更新
2・3・4号制水門ゲート	30.0m×3.5m	シェル構造ローラーゲート	3	ワイヤーロープウインチ式	更新
5・6号制水門ゲート	30.0m×2.5m	シェル構造ローラーゲート	2	ワイヤーロープウインチ式	一部補修
土砂吐ゲート	14.0m×4.5m	ローラーゲート	2	ワイヤーロープウインチ式	更新
舟通しゲート	6.0m×4.8(5.2)m	ローラーゲート(閘門)	1	ワイヤーロープウインチ式	更新
魚道ゲート	6.0m×1.2m	起伏ゲート	1	ワイヤーロープウインチ式	既設利用

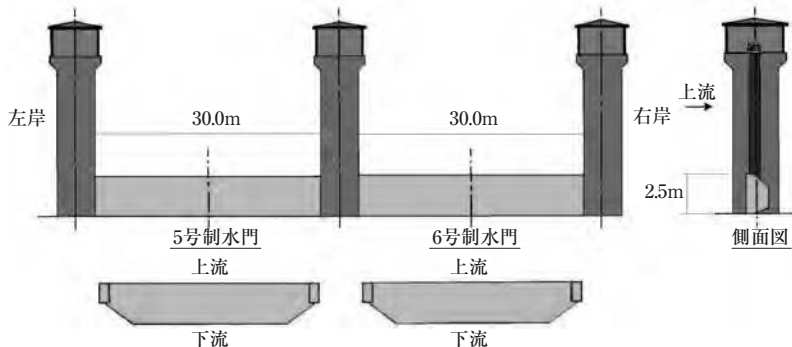


図-2 5号および6号制水門ゲート概要図

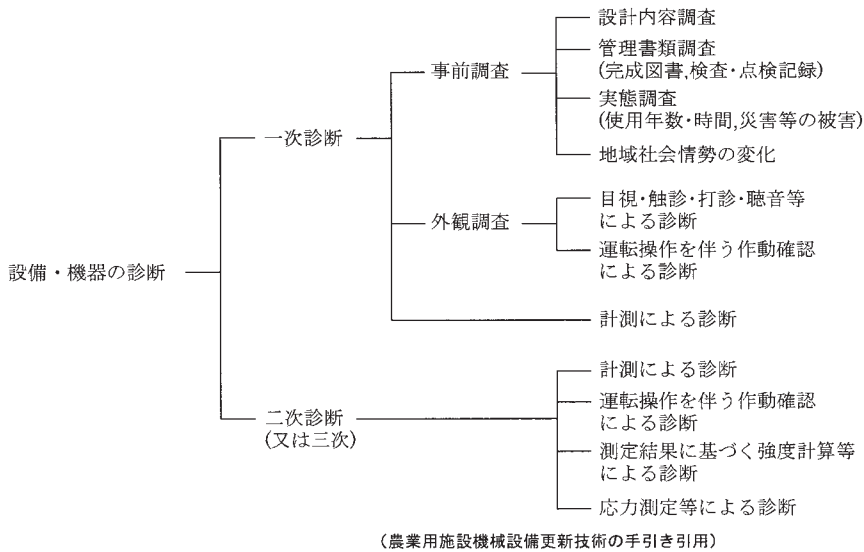


図-3 設備・機器の診断体系

#### 4. 制水門ゲートの診断方法と診断結果

平成11年度に実施した制水門ゲートの扉体における劣化診断、機能診断の内容は次のとおりである。

劣化診断については、扉体の劣化の状況を定性的に把握するため、扉体の腐食、扉体下部の漏水、



写真-1 扉体下部の腐食状況

扉体の変形および主ローラ部の損傷状況を目視による方法で調査した。(写真-1)

この結果、腐食が進行していることが判断したため、計測により定量的に把握する機能診断を合わせて行った。表-2に機能診断の内容を示す。

##### 1. 扉体の腐食

犬山頭首工の水門扉の塗装塗替サイクルは、外面を5年、内面は10年サイクルで行っている。但し、内面底部についてはゲート開閉時に水の進入があるため5年サイクルで塗り替えを行っている。

昭和63年度に実施した板厚測定では、5号制水門ゲートの中央A面(下)・中央B面(中)が最大で0.3mm、6号制水門ゲートでは、中央A面(上)・右岸B面(中)が最大で0.3mm腐食が進行していた。(図-4 板厚測定箇所参照)

超音波板厚計による板厚測定では、平面的な測定は可能であるが、腐食が局部的に深い部分の測定は困難なため、局部的な腐食についてはディップス計による計測(腐食の深さ)を行った。(写真-2)

表-2 設備・機器の診断方法と内容

診断時期	診断方法と内容
昭和63年度	超音波板厚計による板厚測定で水門扉内のスキムプレート・下表面・下流面を測定。
平成9年度	超音波板厚計による板厚測定で昭和63年度に測定した箇所に加え、内外部の上部面を測定。
平成11年度	超音波板厚計による板厚測定で平成9年度に測定不可能だった内部上部面の一部を測定。腐食の著しいところは、ディップス計で計測。

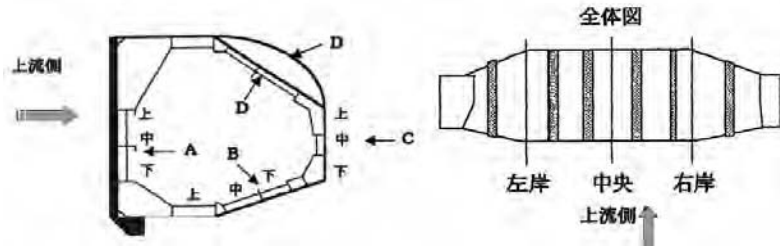


図-4 板厚測定箇所

表-3 板厚測定結果

単位：mm

ゲート名称	測定箇所		設計値	昭和63年度			平成9年度			平成11年度(追加)			ディップス測定(H11)		
	部材名称	測定位置		左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸	左岸	中央	右岸
5号制水門	A	上段	9	8.9	8.8	8.8	8.7	8.5	9.0	—	—	—	—	—	—
		中段	9	8.8	8.9	8.8	8.8	9.0	9.0	—	—	—	2.0	—	—
		下段	9	8.8	8.7	8.9	8.9	9.0	8.8	8.9	8.9	9.0	—	2.5	—
	B	上流側	9	8.9	8.8	8.9	8.8	9.1	8.8	—	—	—	—	—	—
		中央部	9	8.9	9.0	8.8	8.8	9.3	8.8	—	—	—	—	—	—
		下流側	9	8.8	8.9	8.7	8.8	9.0	8.8	—	—	—	—	—	—
	C	中央部	9	8.8	8.8	8.9	8.9	8.5	9.0	—	—	—	—	—	—
		上流側	9	—	—	—	—	—	—	9.0	9.1	8.8	—	—	—
		中央部	9	—	—	—	—	—	—	9.1	9.2	9.0	3.0	—	1.0
	D	下流側	9	—	—	—	—	—	—	9.0	9.1	9.1	—	—	—
		内面	9	—	—	—	8.9	9.0	8.9	—	—	—	—	—	—
		外面	6	—	—	—	5.9	6.0	6.0	—	—	—	—	—	—
6号制水門	A	上段	9	8.8	8.7	8.8	8.7	8.7	8.7	—	—	—	—	—	
		中段	9	8.7	8.8	8.8	8.8	9.0	8.9	—	—	—	—	—	
		下段	9	8.9	8.8	8.9	9.0	8.7	8.9	8.9	8.8	9.1	1.0	1.0	2.0
	B	上流側	9	9.1	9.0	7.9	9.0	9.1	7.6	—	—	—	—	—	—
		中央部	9	9.0	9.0	8.7	9.1	9.3	8.7	—	—	—	—	—	—
		下流側	9	9.1	9.1	9.0	9.0	9.3	8.8	—	—	—	—	—	—
	C	中央部	9	8.9	8.8	8.8	8.9	8.6	8.9	—	—	—	—	—	—
		上流側	9	—	—	—	—	—	—	9.0	8.8	8.8	—	—	—
		中央部	9	—	—	—	—	—	—	9.0	9.0	8.9	—	—	—
	D	下流側	9	—	—	—	—	—	—	8.9	9.0	9.0	3.0	—	—
		内面	9	—	—	—	9.0	8.9	8.7	—	—	—	—	—	—
		外面	6	—	—	—	5.9	6.1	6.0	—	—	—	—	—	—

\* 板厚測定結果が設計板厚を越えている部材は、鋼材の板厚公差 (JIS G 3193  $\pm 0.55\text{mm}$ ) が原因と判断される。  
\* 超音波板厚計の測定誤差は、板厚が10mmでは $\pm 0.1\text{mm}$ 以内である。

ディップス測定では、5号および6号制水門ゲートともに左岸側下面の腐食が最大で、3mmの腐食があった。

測定箇所を図-4、測定結果を表-3に示す。

平成11年度の扉体の腐食調査方法は上流側水位を下げ、扉体を中間開度の状態で行い、板厚測定とディップス測定で実施した。

板厚測定では、腐食量が増加している箇所もあり、最も腐食の大きい6号制水門ゲート下面の板厚が設計値より1.4mm減少(板厚測定の最大値)していた。

過年度に実施した、3回の板厚測定結果を表-3に整理した。

## 2. 扉体下部の漏水

平成11年度の調査では、5号および6号制水門ゲートに底部の左右岸より少量の漏水が認められたが、漏水の原因は扉体本体の腐食、損傷ではな



写真-2 ディップス計による測定

く、下部戸当たりの腐食および、底部木材の変形が考えられた。下部戸当たりには、洗掘による金物とコンクリートの剥離や戸当たり金物の錆が生じており、また、底部木材の変形は経年の摩耗等が原因と考えられた。(写真-3)

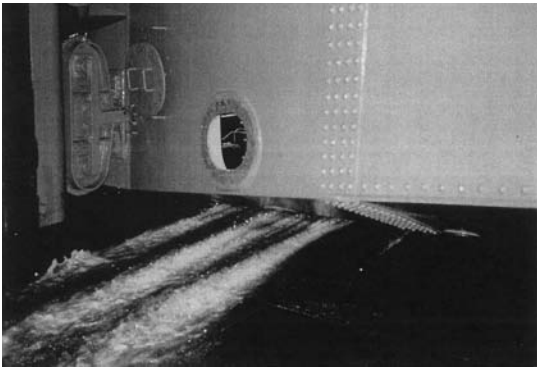


写真-3 漏水状況

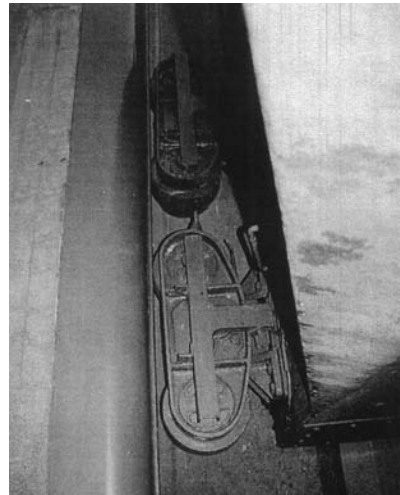


写真-4 主ローラ部の状況

### 3. 扉体の変形

平成11年度の調査では、扉体全体に大きな変形は認められなかった。5号および6号制水門ゲートの扉体は、スキンプレート（前面遮水板）等の主要部材をリベットで接合している構造である。リベットのゆるみ調査は、リベットをテストハンマーで叩き、打音で判断する一般的な方法を採用したが、全箇所異常音はなく、ゆるみは生じていないことが確認できた。（写真-4）

### 4. 主ローラ部

犬山頭首工の5号および6号制水門ゲートの主ローラ部は、ロッカービーム方式を採用している。

5号制水門ゲートの主ローラ部最下端にある主ローラは、左右岸ともに主ローラが戸当たり金物より40mm離れていた。

6号制水門ゲートも同様に主ローラ部の最下端ローラは、左右岸ともに戸当たり金物より30mm離れていた。（写真-4 主ローラ部の状況）

この理由としては、扉体端部のワイヤーロープが掛かるシーブ（滑車）の偏芯等で、扉体の吊芯位置がずれているため、吊り上げ時に扉体が傾斜することが原因と考えられた。しかし、扉体に水圧が作用すれば戸当たりとローラの離れは解消するため、致命的な不具合とはならないと考えられた。

また、5制水門ゲート主ローラ部の油圧配管は、一部が破損しており油洩れが生じていた。この理由として考えられるのは、ローラ部への給油配管が扉体と側部戸当たりの隙間にあって、塗替塗装がほとんどできなかったため腐食し、破損したと



写真-5 側部戸当たりの状況



写真-6 コンクリート面と金属面の分離

考えられる。同様の理由により側部戸当たりにも、コンクリートと金属面で分離や著しい腐食が確認されている。（写真-5, 6）

## 5. 15・30年後の推定

犬山頭首工は農林水産省の直轄管理施設であり、ゲート設備も適切な維持管理や定期的な塗替塗装が実施されてきた。このため、平成11年12月に実施した板厚測定結果においても、昭和63年1月の測定後、11年3ヶ月経過しているにも関わらず、5号および6号制水門ゲートの扉体各部には腐食による板厚減少はほとんど進行していなかった。

水門扉の余寿命は、現段階では予測手法がまだ十分に確立されていないことおよび、将来の施設管理状況が不確定であることなどから現段階では予測することは難しい状況にある。このため、余寿命を推定する手段として専門的技術者による定性的評価や劣化診断データからの推測でこれを補う必要がある。

土地改良事業計画便覧では水門設備の標準耐用年数を30年間と設定しているため、30年後の扉体の板厚減少量を、これまでに実施した3回の劣化診断データから推定した。

今後も定期的に塗替塗装等の施設管理が継続的に実施されることを前提とし、板厚測定調査データの各断面の腐食平均値から15年後および30年後の腐食量を推定すると、図-5のとおりとなった。

## 6. 劣化・機能診断のまとめ

これまでも、機能を維持するために、底部木材や水密ゴムの取替、扉体内部水抜穴、主要部材板厚減少の補修といった作業を繰り返し実施してきているが、今後、既設設備を継続使用すればこのような機能維持作業のインターバルが短くなることが考えられる。扉体腐食の進行状況等を確認する劣化、機能診断調査を実施した結果、扉体の腐食による劣化は徐々に進行している事実があった。また、左右岸のゲート下端から少量の漏水が確認されている。(写真-7)

将来の腐食による板厚減少の推定では、30年後の6号ゲート下部面板厚で最大腐食が予想され、板厚の減少量は2.6mmとなった。

5号および6号制水門ゲートの各応力種類での時期別に応力をまとめると、表-4となり、30年後においても許容応力を越えることはなかった。

よって、5号および6号制水門ゲートの扉体は、今後の標準耐用年数である30年間は十分に継続使用が可能である判断した。しかし、扉体端部の主ローラ部については、構造上から日常的な維持管理ができないため、局部的な錆の発生が見られ油圧配管にも一部破損箇所があって油洩れが生じている状況であった。このことから、既設のゲート扉体端部を切断し、新たに製作した扉体端部を溶接接合することにした。

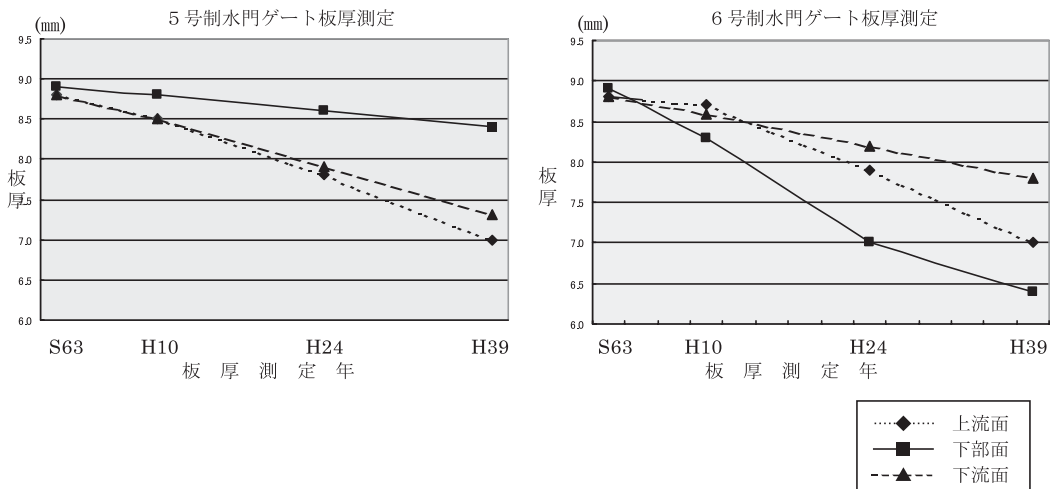


図-5 5号及び6号制水門ゲートの板厚減少量推定

表-4 表-4 制水門ゲート応力比較表

単位：kN/mm<sup>2</sup>

ゲート名称	応力種別	許容応力	当初設計応力度	現時点応力度	30年後応力度
5号制水門ゲート	合成曲げ応力	115	85.3	86.2	90.2
	せん断応力	90.0	30.0	30.5	32.4
	撓み度（水平方向）	1/1000	1/1302	1/1296	1/1272
6号制水門ゲート	合成曲げ応力	115	85.3	86.9	94.1
	せん断応力	90.0	30.0	31.2	37.9
	撓み度（水平方向）	1/1000	1/1302	1/1279	1/1243



写真-7 扉体端部の腐食・損傷状況

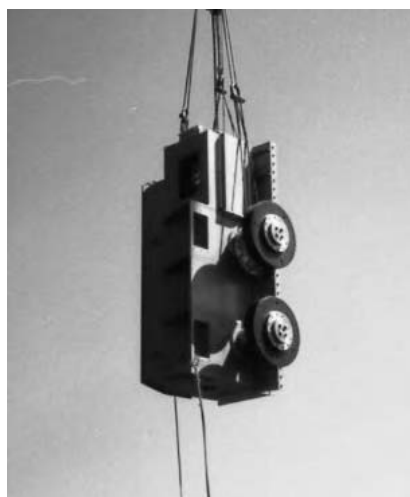


写真-8 扉体端部

## 7. ゲート扉体端部の材質

5号および6号制水門ゲートの扉体は、劣化診断、機能診断の結果から、主ローラを含む扉体端部の継続使用は不可能と診断したため、既設ゲートの扉体端部を現地で切断し、新しく製作する扉体端部を現地で接合する設計を行った。

新たに製作する扉体端部の材質は、施設管理において扉体端部の塗り替えが今後も難しいため、ステンレス鋼（SUS）材での製作が妥当と判断した。

このことにより、既設ゲート（SS材）とSUS材の異種鋼材の溶接が必要となった。溶接技術の発達と溶接棒の開発により、現在では異種鋼材の溶接が可能となっているが、このゲートでは、溶接部の品質を高めるために、当て板をSM材とし工

場において厳正な品質管理のもとでSUS材とSM材の溶接を行い、現場溶接では、SS材とSM材の同種鋼材溶接として施工の確実性、信頼性を向上させることにした。（写真-8）

主ローラの材質は、一般的に戸当たりの材質より柔らかい材質を採用するが、既設ローラが鋳鋼品で40年の使用に耐えている状況があることおよび、木曽川の水質が良いことから、既設の鋳鋼より腐食性に優れているクロムマンガネ鋳鋼品とした。クロムマンガネ鋳鋼は、腐食性ではステンレス鋼に劣るが、材料価格が安価であり、十分な強度的を有している。

ローラ軸については、巻き上げ荷重の軽減およびメンテナンスフリーの観点から、一般に使用されているステンレス鋼より高い強度を有したステンレス鋼（SUS304N2）とした。

## 8. 既設ゲート中間部と端部の接続方法

ゲート端部の接続位置は、据付架台および切断、溶接作業空間および足場空間等の施工性の面を考慮すれば、側壁から1.0m程度の離隔が必要とされた。

しかし、構造力学上、ローラゲートのように両端が支点となる構造では、曲げモーメントは切断位置を側壁に近づけた方が有利となり、せん断では側壁から離れたほうがせん断応力は小さくなり有利であるが、材料の引張り強度、せん断強度を再計算した結果からすると、支点より1.0m以下でも許容応力度の範囲内にあった。

よって、既設の扉体が設置から約40年経過していることを勘案して、次の補強対策を講じることにより、ゲート端部から0.90m離れた位置が接続



写真-9 旧扉体と新扉体端部

位置として妥当と判断された。(写真-9)

補強対策としては、ゲート扉体端部のせん断応力が最大となることから、端部では内部構造を補強し多層腹板構造とした。また、せん断応力を当て板に集中させ多層腹板で伝達する構造とし、せん断に対する安全性の向上を図ることとした。

接続方法は、突き合わせ溶接方法と当て板隅肉溶接方法の2つの方式について検討を行い、次の理由から当て板隅肉溶接方法とした。(接続方法の2方式を表-5に示す)

当て板隅肉溶接方式は、新設板と旧板との芯ずれが生じても対応が可能であり、現地施工がし易い。また、溶接時の変形が少なく、歪み取りが容易である。

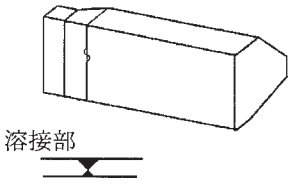
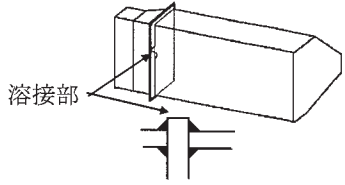
溶接効率は、突き合わせ溶接方法で100%、当て板隅肉溶接方法では90%と多少劣るが、構造計算上での問題はない。

美観上からは、表面に当て板が露出するため当て板隅肉溶接方法は若干劣る。(写真-10)

## 9. 水門設備の補修設計・補修方法に関する考察

水門扉の標準的耐用年数は、30年と言われている。今回の報告では水門設備の扉体についての機能診断補修設計、補修方法について述べたが一般に、戸当たりや開閉装置においても同様な劣化・機能診断を実施し、補修による使用は困難と判断し全面的な更新を行っている。これまでの水門設備等の更新事例では、新たな設備を設置する工事がほとんどであったが、膨大な土地改良施設を計

表-5 扉体端部の接続方法

突き合わせ溶接方法	当て板隅肉溶接方法
 <p>溶接部</p>	 <p>溶接部</p>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接効率 100%可能</li> <li>2. 新設板と旧板との芯ずれ 生じやすい</li> <li>3. 変形しやすく、歪み取り困難</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 溶接効果 90%</li> <li>2. 新設板と旧板との芯ずれ生じても問題無し、又合わせ易い</li> <li>3. 変形比較的小、歪みとり比較的容易</li> </ol>

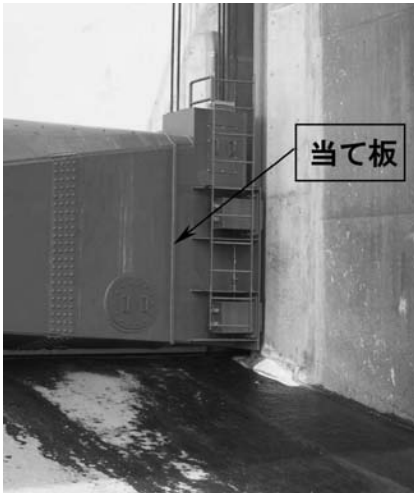


写真-10 既設中間部と新設端部の接続

画的に更新整備することが改築上の課題となっている。このためにも、ストックマネジメントの概念を導入した実施をしていかなければならない。現在では、既存施設の有効利用と長寿命化を図ることが必要不可欠となっている。今後、増大する各施設の水門設備等の更新整備に当たっては十分な劣化・機能診断と検討が行われなければならない。この犬山頭首工ゲート設備の大規模補修事例は、既設設備と新設設備を融合させ、機能回復させたものであり、今後、更新整備を迎える他地区においても多いに参考となる事例と考える。



## トンネル掘削補助工法の施工事例について

志 賀 光 治\*  
(Koji SHIGA)

## 目 次

1. はじめに	77	3. 掘削補助工法の施工	77
2. 新安積幹線用水路の改修工事	77		

## 1. はじめに

国営かんがい排水事業新安積地区は、福島県のほぼ中央部に広がる安積平野の南部に位置し、郡山市、須賀川市にまたがる4,510haの水田農業地帯である。

かんがい用水は、猪苗代湖を主水源とする他、地区内を流下する小河川及びため池に依存しており、地区内への導水は国営新安積土地改良事業（昭和16年度～昭和41年度）で造成された新安積幹線用水路及び国営安積疏水土地改良事業（昭和45年度～昭和57年度）で造成された安積疏水幹線用水路、深田調整池により行っているが、そのうち、昭和20年代に完成した新安積幹線用水路については、年数の経過に伴い老朽化が著しく、その維持管理に多大な労力と経費を要している。

近年の営農形態の変化による用水不足とともに、旧来から小河川や地区内反復水を利用してきた地域では、用水量が不足し恒常的に不安定な水利用を余儀なくされている。このため新安積幹線用水路の改修を行い、維持管理の軽減と用水不足の解消を図り、地域農業の生産性向上と農業経営の安定を図るものである。

## 2. 新安積幹線用水路の改修工事

新安積地区の主要工事は新安積幹線用水路の改修、附帯工事は小水力発電施設と用水管理施設の新設である。新安積幹線用水路約30km（トンネル23km、開水路他7km）の改修事業は、一期事業として平成9年度から平成16年度まで上流区間16km

（トンネル15km、管水路他2km）、二期事業として平成12年度から平成20年度まで下流区間13km（トンネル8km、開水路5km）を改修する。小水力発電施設は平成12年度に工事着手し、平成16年度から発電を開始している。

新安積幹線用水路改修工事は、非かんがい期9月から翌年3月までの7ヶ月で実施し、かんがい期は用水の通水を行っている。改修するトンネルは最長9km近く連続しており、作業用の横坑を設置するなどして工事を進めている。地質は凝灰岩質砂岩等が主で土被りは最大100m程度、坑内周辺の弾性波速度は2km/s以下、地山の弾性波速度は3km/s程度を示している。

トンネル改修は、トンネル内空3Rほろ型1.1m～1.0m、掘削方法は弾性波速度から自由断面掘削機による機械掘削工法を採用しA～D<sub>2</sub>タイプ、覆工方法は移動式型枠、一部組立式型枠を用いている。

## 3. 掘削補助工法の施工

今回紹介するのは、新安積幹線用水路17～20kmに位置する既設トンネルの改修に伴い平成15年度に下守屋工区で施工した掘削補助工法の事例を報告する。

昭和20年代に掘削・覆工された既設トンネルは、現況断面が3Rほろ型でRが0.8m～1.0m、現況通水量3.6m<sup>3</sup>/s、改修計画では掘削断面が最小となる3Rほろ型でRが1.0m、計画通水量が5.1m<sup>3</sup>/sであり、改修を必要とする理由は通水断面不足、覆工コンクリートの強度不足、覆工厚不足等から全面巻替改修としている。

工事区間は、トンネルが全長2.9km連続している

\*東北農政局相坂川左岸農業水利事業所（Tel. 0176-22-5971）

区間であり、工事施工のための坑口を2カ所として平成14年度に着工し、上流側から1.1km3ヶ年、下守屋工区として下流側2.5km地点に作業用の横坑150mを設け上流へ1.4km4ヶ年、下流へ0.4km1ヶ年、原形復旧1ヶ年の計6ヶ年間の工事を予定している。

### 空洞充填工法

19km地点のトンネルの掘削を進める中、既設覆工コンクリートの取り壊しを行ったところ、その上部にあった風化堆積層が仰角約40度で崩落し、前方上部に幅3m、高さ2.6m、奥行き3m、約6m<sup>3</sup>の空洞（図-1、写真-1、2）が生じた。空洞上部の地質は風化した砂岩で、湧水は少なく一部に滲む程度である。空洞部は当時の丸太、木矢板などで鳥居枠を組んで覆工コンクリートを打設しているが、木矢板背面は充填されておらず、50数年の間に緩んだ部分が崩落したものと考えられる。

崩落により空洞が生じても、緩んでいる範囲を確認し、掘削が可能で、作業の安全が確保される場合は、覆工後に裏込グラウト等で空洞を充填することができるが、緩んでいる範囲が特定できないことから、崩落により生じた空洞をそのまま放置すれば、緩んでいる範囲が拡大し、より大きな崩壊を引き起こすことになりかねない。過去の事例では矢板を突き破って天端の崩落が発生したこともある。このことから鋼製支保工、木矢板背面の安定を図り、安全管理の面からも空洞充填が必要と考えられる。

崩落を抑制する対策としては、裏込注入工法と地山改良等を行う薬液注入工法等があるが、設備が簡易で施工が容易な裏込注入工法とした。また、空洞充填に使用される充填材は、主にセメント系のモルタル、エアモルタル等とウレタン系に分けられるが、セメント系の充填材は硬化時間が長いこと、使用量によっては重量物となることから鋼製支保工、木矢板背面に大きな負荷を与えないように、軽量の充填材を使用することが求められ発泡ウレタンを選定した。発泡ウレタンは、2液タイプ（主成分、A液：ポロオール+B液：ポリイソシアネート）で自由発泡倍率が12倍、単位体積重量はエアモルタルの1/10、一軸圧縮強度は同程度の1N/mm<sup>2</sup>、硬化時間が1分間程度、地山への浸透性能も有し地山と一体化させる効果も期待でき注入時の逸走を抑え限定改良が可能である。

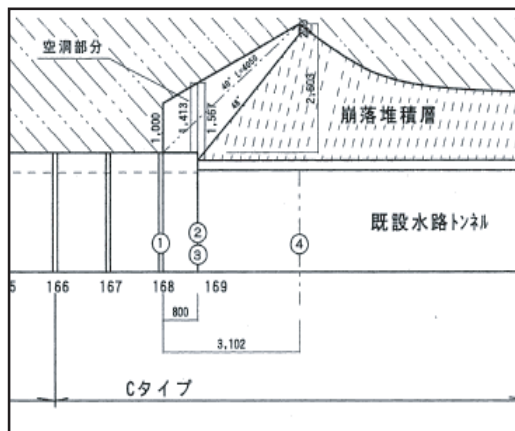


図-1 空洞模式図



写真-1 空洞状況（169基）

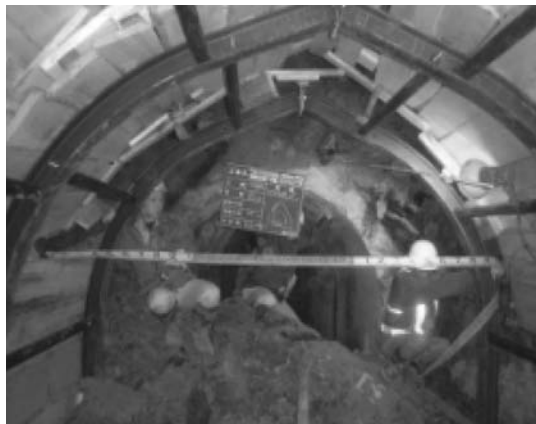


写真-2 空洞状況（169基）



写真-3 空洞充填施工状況 (169基)

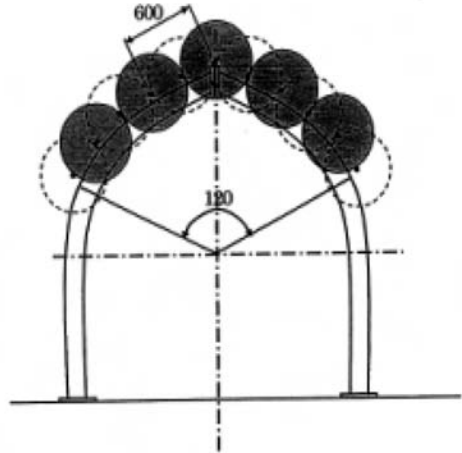


図-2 標準施工パターン模式図

- 1) 施工は空洞に注入管を挿入し、空洞上部から注入を行う。(写真-3)
- 2) 注入量の管理は、次のとおり設定する。
  - ①設定量を超えても注入圧力が初期圧 + 2kgf/cm<sup>2</sup>以下未満の場合は、設定量の1.2倍量を上限とする。
  - ②注入圧力が初期圧 + 2kgf/cm<sup>2</sup>を超えた場合は、減量注入としその時点で注入を終了する。
- 3) 施工実績
 

設定量を超えた時点で注入圧が上昇したため注入を終了とした。

区分	注入量(kg/ヶ所)	備考
計画	640	支保工番号
実績	680	169基

ウレタン系注入式フォアポーリング工法  
 改修工事は、既設覆工コンクリート取り壊し、掘削後、支保工建て込み、矢板掛けが完了するまでの間、切羽、天端、両肩部が自立していることが前提であり、グラウンドアーチの形成が難しいこのような地質状況では、天端崩落の危険性があり、作業の安全性が確保できない。

このため掘削補助工法を併用する必要が生じ、土木学会トンネル標準示方書「山岳工法編」等から、切羽安定対策(天端の安定)を目的に先受工法を選定、計画することとし、トンネルの地山条件等から、掘削補助工法の対象区間やその効果、

工期、経済性等を考慮して検討を行った。

- 1) 工法選定の条件としては、
  - ①未固結地山に対応できること。
  - ②地山の緩んでいる範囲を確実に拘束できること。
  - ③坑外からの施工を避けること。
  - ④特殊な専用機を使用しないこと。
  - ⑤現場作業員により施工できること。

から、多くの施工実績がある注入式フォアポーリングを有効な工法として選定した。

未固結地山においては、地山の固結度が小さいことから、トンネル掘削時のグラウンドアーチを形成できず、天端素掘り面の抜け落ちや、鏡面の崩落が発生する。この場合はフォアポーリング(ロックボルトのみを先受工として打設)による対策を実施しても、ボルト間(60cmピッチ)からの抜け落ちが発生し、天端の崩壊を抑止できない場合が多い。このような地山においても、注入式フォアポーリングの適用が有効な手段の一つである。この場合の注入や効果のメカニズムは明確になっていないが、注入材を未固結地山に注入することで、浸透注入(注入ボルトの周辺地山が固結体として形成される)または、割裂浸透注入(注入ボルトより、脈状に注入脈が発生し、かつ注入脈の周辺地山が固結体として形成される)となり、固結体を造出して、地山のグラウンドアーチを形成するものと考えられる。

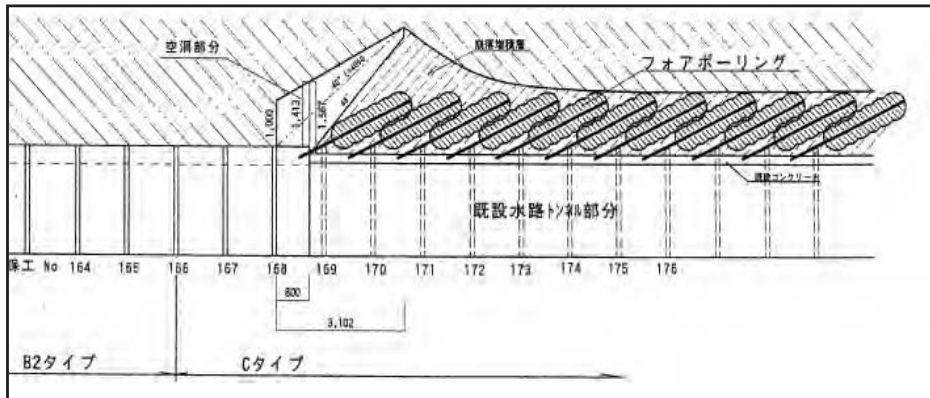


図-3 注入式フォアボーリング施工模式図

2) 次に注入材の条件としては、

- ①ライズタイム（ゲルタイム）が短いこと。
- ②強度が短時間にて発現すること。
- ③薬液の逸走防止と水中硬化すること。
- ④安価であること。

から、限定注入可能な材料が求められる。限定注入を行うには、注入材の逸走を防止するためにゲルタイムを調整することが可能なものを選定する必要がある。湧水があっても注入材成分が希釈流出しにくく効果が得られること。また、注入工に与えられる施工時間に限りがあることから、注入時間が短く、効率的な作業が行えるものが望ましい。注入材としてウレタン系、セメント系があげられるが、選定条件からウレタン系のシリカレ

ジン（2液タイプ、主成分、A液：特殊珪酸ソーダ溶液（泡化触媒を添加）+B液：MDI系ウレタンプレポリマー）を選定した。

3) 注入量の設定は、地山の間隙及び緩み具合を考慮し、過去の実績を参考に注入率を設定した。 $\phi 0.6\text{m} \times 2.5\text{m}$ の円柱体を形成するものとして計算し、改良体体積を $0.7\text{m}^3/\text{本}$ から注入率を20%と想定し、注入量は $48\text{kg}/\text{本}$ と設定し施工することとした。注入量の上限は実績等から $80\text{kg}/\text{本}$ とした。

4) 標準施工パターン（図-2）は、天端120度の範囲で、注入ボルトの打設は実績等から60cmピッチ、自穿孔ボルト径32mm、長3.0m、打設角度10~30度とする。



写真-4 注入式フォアボーリング施工状況（169基）



写真-5 注入式フォアボーリング施工状況（174基増ボルト）

5) 注入量の管理は、次のとおり設定する。

- ①設定量を超えても圧力上昇（初期圧+5kgf/cm<sup>2</sup>以下）なしの場合は、増量（32kg/本）注入とし、上限80kg/本とする。
- ②設定量を注入し圧力上昇（初期圧+5~25kgf/cm<sup>2</sup>）の場合は、設定量48kg/本注入とする。
- ③圧力が急激に上昇（25~30kgf/cm<sup>2</sup>）の場合は、減量注入としその時点で注入を終了する。

6) 施工実績（11基に施工）（図-3、写真-4、5）

区 分	自穿孔ボルト打設（本/切羽）										
支保工番号	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179
計 画	6	5	6	5	6	5	6	5	6	5	6
実 績	6	5	6	5	6	5	4	3	3	3	3
注 入				6	5	6	3				

区 分	注入量（kg/切羽（1本））											
支保工番号	169	170	171	172	173	174	175	176	177	178	179	
計 画	288	240	288	240	288	240	288	240	288	240	288	
実 績	360	305	388	428	518	384	334	103	112	69	74	
注 入	1本当り	48~90	48~80	48~80	3~80	10~80	2~80	28~80	11~71	7~80	8~48	7~28

## 7) 結果

支保工169~171基までは1本当たり設定量の上限まで注入して掘進をしたが、172基で再度3m<sup>3</sup>程度の天端崩落が生じた。このため再度空洞充填（注入量：計画320kg、実績314kg、設定量注入で終了）を行うとともに、注入式フォアポーリング1本当たりの注入量を上限より増やしても逸走することも考えられ、むしろ注入ピッチを狭め均等な改良を得るため172基目以降は標準パターンに増ボルト（自穿孔ボルト2m/本、注入量28kg/本と設定）を行い1断面11本のボルトを施工（図-4、写真-5）することとし、施工の結果注入効果が得られた。176基からは緩み層が部分的なためボルト数を減じ、圧力上昇で注入を完了したため179基で掘削補助工法の併用を止め、天端が自立し通常の掘削工法に戻した。この間天端の崩落もなく安全な作業が確保され、初期の目的が達せられたものと考えられる。

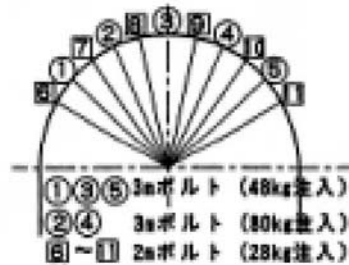
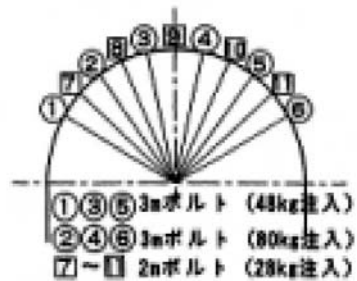


図-4 増しボルト施工パターン模式図

今回報告した工法は、過年度から施工実績もあり、平成15年度の本工事区間（掘削延長388m）では、空洞充填5地点、空洞量37m<sup>3</sup>、注入材3,800kg、注入式フォアポーリング工法3区間、延長19.2m、注入材3,800kgの注入施工を実施している。

地質の悪化傾向にある新安積幹線用水路下流トンネルの改修工事では、掘削補助工法として空洞充填工法、ウレタン系注入式フォアポーリング工法が今後とも適用されるものと考えられる。

### 参考資料

- ・土木学会トンネル標準示方書「山岳工法編」
- ・ウレタン系注入式フォアポーリング技術資料（ジェオフロンテ研究会）
- ・新安積（二期）農業水利事業幹線用水路下守屋工区（その2）工事施工計画書（株）ノバック、東海ゴム東北販売(株)

# トンネル掘削における地質の判定

—広域農道川薩地区の事例—

小 川 和 久\*  
(Kazuhsa OGAWA)

## 目 次

1. はじめに	82	5. 地山判定委員会	83
2. 広域農道川薩地区の概要	82	6. 2号トンネル（天狗山トンネル）の施工	84
3. トンネル工事の概要	82	7. 7号トンネル（陽成トンネル）の施工	85
4. 工法及び支保パターン	83	8. おわりに	86

## 1. はじめに

道路トンネルを掘削する場合には、地質の判定が最も重要な項目のひとつとなっている。

地質が変わることにより、掘削断面はもとより、支保工のサイズ、施工間隔、補助工法が変わってくるため、工事費が大きく変わってくる。一方、現場サイドにとっては、いったん掘削が始まると昼夜兼行の作業となるため、工法の検討や設計変更のために与えられる時間は極端に少ない。このような中で変更指示をしなければならないので、監督職員にとっては、適切な判断をすることが非常に重要であるが、一方では判断が非常に難しいものとなっている。このため、当事務所においては、トンネル施工に当たっての適切な判断を速やかに実施する目的で、地山判定委員会を設置し、工事の円滑な推進を図った。

## 2. 広域農道川薩地区の概要

広域農道川薩地区は、鹿児島県北西部にある薩摩郡の農業生産の向上を目的として計画された基幹的な農道である。計画路線は薩摩町の国道267号線を起点とし、川内市の国道3号線を終点として計画されており、途中で2本の国道と7本の県道を横断している。

総延長は約42kmであり、現在までに全体の約9割が施工を終え、平成19年の完成を予定している。



位置図

計画路線は、1期、2期、3期の3地区に分割して実施されている。このうち、1期地区と2期地区は平成15年度に完成し、現在は3期地区の区間が実施されている。

## 3. トンネル工事の概要

本地区では、当初8カ所のトンネルが計画されていたが、その後の見直しにより、最終的に6カ所のトンネルが施工されている。

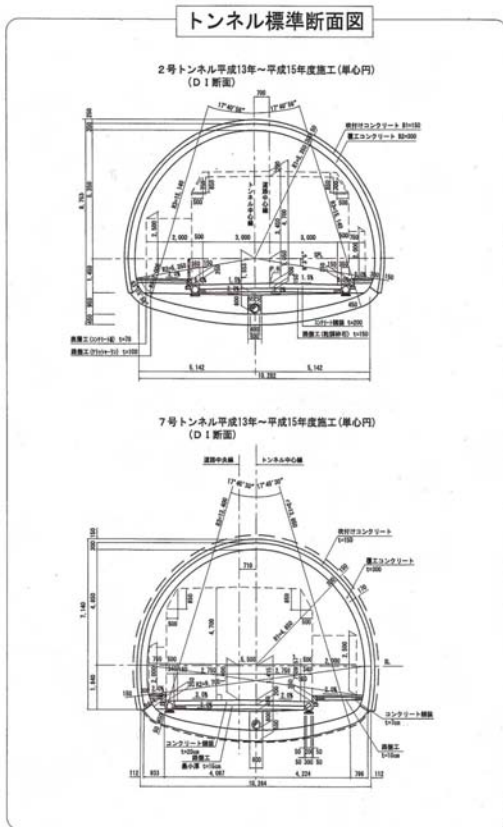
\*鹿児島県農政部農地建設課 (Tel. 099-286-3281)

本報で紹介するのは、このうち2号トンネル(天狗山トンネル)と7号トンネル(陽成トンネル)である。

トンネル名	市町村	延長	工法	備考
天狗山トンネル	鶴田町	270 m	NATM	2号
白山トンネル	宮之城町	482 m	NATM	3号
山鳥トンネル	東郷町	605 m	NATM	4号
城上トンネル	川内市	466 m	NATM	5号
陽成トンネル	川内市	360 m	NATM	7号
水引トンネル	川内市	742 m	NATM	8号
計		2,925 m		

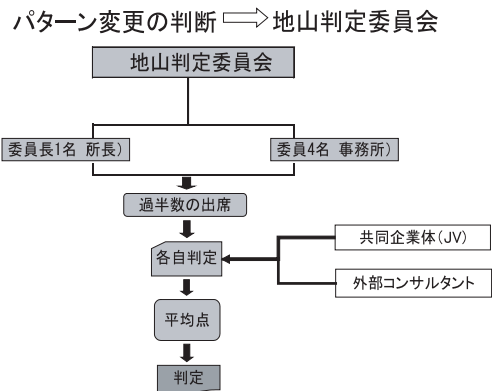
表-1 標準支保工タイプ

タイプ	ロックボルト			鋼製支保工			吹付厚 (cm)	覆工厚 (cm)	インバート	フォアバイ			
	長さ (m)	施工間隔		上半部	下半部	建込間隔 (m)				金網	施工間隔		延長方向 (m)
		周方向 (m)	延長方向 (m)								長さ (m)	周方向 (m)	
C I	3.0	1.5	1.5	-	-	-	10	30	-	-	-	-	
C II	3.0	1.5	1.2	H125	-	1.2	10	30	-	-	-	-	
D I	4.0	1.2	1.0	H125	H125	1.0	15	30	45	上半	-	-	
D II	4.0	1.2	1.0	H150	H150	1.0	20	30	50	上下	-	-	
D IIIa	4.0	1.2	1.0	H200	H200	1.0	25	35	50	上下	3.0	0.6	1.0



### 5. 地山判定委員会

トンネル工事における地山等級の判定を総合的かつ客観的に行うために、発注者と受注者合同で委員会を設置した。委員会は発注者である鹿児島県川内耕地事務所、工事施工者のJV、地質コンサルタント、設計コンサルタントで構成した。



### 4. 工法及び支保パターン

トンネルの工法は2号、7号ともにNATM工法で実施し、発破掘削方式を採用した。

支保工の標準的なパターンは表-1のとおりである。

補助工法は、天端の安定を図るため、フォアバイリング工法を採用し、最低限必要と思われる箇所に施工した。

地山の判定は、この委員会で行い、委員会の判定結果により、支保工や補助工法の変更をした。判定は、切り羽の状態、圧縮強度、風化の度合い、岩の割目間隔、割目の状態、土被り高、湧水、水による劣化等の項目を切り羽の天端、右肩、左肩のそれぞれで点数化して評価した。評点の方法については、日本道路公団の資料を参考にした。

委員会は、切り羽土質の変化点や当初設計における支保工の変化点で実施し、2号トンネルでは8回、7号トンネルでは10回の委員会を行った。2号トンネルと7号トンネルは、ほぼ同時期に施工したので、約半年の間に18回委員会を開いたことに



写真一 委員会の状況

なる。これは延長で割ると2号トンネルでは平均34m/回、7号トンネルでは平均36m/回というペースである。

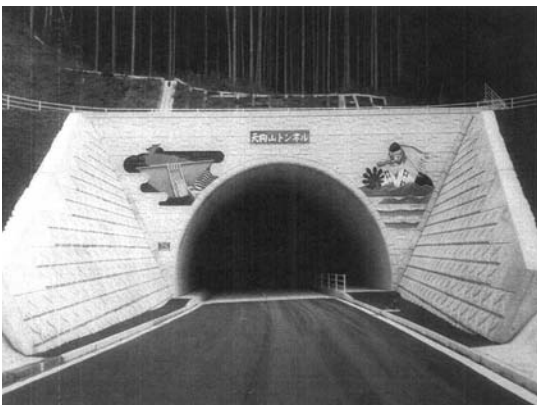
## 6. 2号トンネル（天狗山トンネル）の施工

### 1) 地質概要

2号トンネルは、平成13年12月から15年7月にかけて施工された。このうち掘削に要した期間は平成14年5月から5ヶ月間である。

トンネル位置は、鹿児島県北西部の北薩地域、薩摩郡鶴田町大野から中間にかけての区間でトンネル延長は270mである。

この地域は紫尾山地の一部であり、南東部に火山地が分布している。南側の地形境付近では、宮崎県から大口市、川内市を経て東シナ海に注ぐ一級河川の川内川が流下している。



写真二 2号トンネル

トンネル施工区間は、馬の背状に伸びた細尾根の鞍部であり、谷底低地からの比高差は最低の所でも50m程度あり、斜面の平均傾斜は30~40°と急峻である。

北薩地域の地質は、北西部の紫尾山地に北薩地域の脊梁をなす中生代白亜紀の四万十層群が分布しており、他の地域には、新生代第三紀中新世~鮮新世に噴出した古期火山岩類及び同第四紀更新世に噴出した新期火山岩類が基盤をなして広く分布している。

新期火山岩類噴出後の同時代には、加久藤火砕流堆積物や入戸火砕流堆積物の噴出があり、主に火山岩地域の旧地形を覆って平坦地を形成し広く分布している。

計画位置の地層は、北薩地域の基盤をなす四万十層群の頁岩優勢互層と砂岩優勢互層により構成されている。また、尾根部の稜線付近には加久藤火砕流堆積物(Kt)の溶結凝灰岩が薄く覆っており、小谷部には、段丘性とも見られる崖錐堆積物が緩斜面を形成している。表層部は薄い表土及び崩積土に覆われている。

### 2) 地山の判定

2号トンネルは、ボーリング調査後に計画路線の線形を移動した経緯があったため、計画時点で想定されていた破碎帯が地質図どおりではなく、湧水も当初予想よりも少なかったため、結果的にD I-2の支保パターンは施工しなかった。(D I-2はD Iに補助工法を併用したものである)

四万十層は、砂岩と頁岩の互層であり、褶曲が激しく、強風化した粘土も一部に含んでおり、部分的にフォアパイリング工法を併用した。

途中、湧水のある箇所では破碎帯の区間を確認するために水平ボーリングを25.6m実施して調査した。この調査により、大規模な破碎帯はないことが確認でき、同時に被圧水の一部を抜くこともできた。この水平ボーリングをするに当たっては、事業費も伴うため、委員会で議論・検討され、最終的に決定された。

2号トンネルにおける地山検討委員会は、当初設計における支保タイプの変更箇所や掘削途中で湧水の多い箇所、土質に著しい変更が見られる箇所合計8回行った。

委員会では、設計された支保タイプと現場とを比較し、支保タイプの延長や区間の変更、補助工法の検討に重点を置いた。現場での計測データや





写真-3 判定状況 (2号トンネル)



写真-5 7号トンネル



写真-4 2号トンネル切羽

表-2 トンネル別支保タイプ

		(2号トンネル)							
設計	支保タイプ	DⅢ	DⅠ	CⅡ	DⅠ	DⅠ-2	DⅠ	DⅢ	
	延長	36m	28m	20.4m	18m	50m	66m	50m	
施工	支保タイプ	DⅢ	DⅠ	CⅡ		DⅠ		DⅢ	
	延長	36m	26.4m	12m		144m		50m	

試験結果、施工中のビデオや写真、現地切羽の目視をもとに検討を行い、特に破碎帯と思われる地点や湧水の多い地点では何回も検討を重ねた。

## 7. 7号トンネル (陽成トンネル) の施工

### 1) 地質概要

7号トンネルは、平成13年12月から平成15年10月にかけて施工された。このうち、掘削に要した期間は、平成14年5月から6ヶ月間であった。

トンネル位置は、川内市の中心から約7km北西の川内市陽成町から小倉町にかけての区間でトンネルの施工延長は360mである。

水系としては、川内川の支流麦之浦川、小倉川が南北に流下しており、南北方向を中心とした侵食谷が卓越している。このため、丘陵は南北に細長く伸びる尾根状の山塊に分断され、又、各丘陵部にはさらに樹枝状に侵食谷が入り込んでいる。

本地区の基底には、砂岩、頁岩、及び砂岩頁岩互層を主体とする中生代の四万十層群堆積岩類が分布するものと思われるが、計画位置近辺の山地、丘陵は主に新第三紀鮮新世～中新世の火山噴出物の火山岩類で構成され、実質上はこれらの火山岩類が基盤をなしている。

川内川以北の火山岩類は「高城安山岩類」と呼称され、海岸部や川内川河口部に局部的に露頭する古生層、及び中生代の四万十層群を被覆して分布する。高城安山岩類は、下部の角閃石安山岩類(MHap)と上部の輝石安山岩類(MPa)とに分けられる。角閃石安山岩類は、主として、角閃石安山岩及び同質の凝灰角礫岩からなり、火山礫凝灰岩を挟在し、厚さ60～140mといわれている。

### 2) 地山の判定

7号トンネルは、当初の設計で予想されたものとはほぼ同じ地質であった。岩質は、全般的に凝灰角礫岩が出現し、所々粘性土の付着や強風化部が混在していた。一部には鉛直方向の亀裂が見られた。湧水はほとんどなく、切羽は安定していたので、特に補助工法の検討もせずにすんだが、支保工の変化点で地山判定委員会を行い、合計10回実施した。

委員会では、設計された支保工タイプと現場の地質との整合を検討し、支保工タイプの区間や延長を中心に検討を行った。



写真-6 判定状況 (7号トンネル)

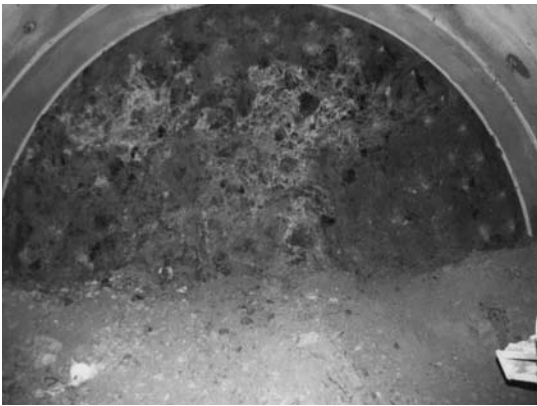


写真-7 7号トンネル切羽



写真-8 ポイントロード試験

表-3 トンネル別支保工タイプ

		(7号トンネル)						
設計	支保タイプ	DⅢa	DⅠ	CⅡ	CⅠ	CⅡ	DⅠ	DⅢa
	延長	63m	72m	50.4m	102m	18m	27m	26m
施工	支保タイプ	DⅢa	DⅠ	CⅡ	CⅠ	CⅡ	DⅠ	DⅢ
	延長	63m	72m	78m	73.5m	18m	27.9m	26m

## 8. おわりに

今回のトンネル施工は、2号トンネル、7号トンネルという地質の異なるトンネル工事をほぼ同時期に実施するという状況であった。発注者側としては、二つの工事を同時に監督することは大変なことであったが、一方、二つの工事を比較しながら進めることができたのは幸運でもあった。

地質の比較だけでなく、工法の考え方、JVへの対応、コンサルタントへの対応等あらゆる点で比較しながら工事を進められたことはこれまでの経験のなかでも貴重なものであった。

また、トンネル掘削中は工事の安全管理を第一に心がけたので、無事故で工事を完成できたことが一番の成果である。

委員会での判断材料のひとつとしてポイントロード試験で岩片の強度を測定した。その場合に、岩片は堅くて強度があるが、切羽全体で見ると亀裂や層理があり、強度は弱いと考えられる場合もあり、そのような場合には、特に判断が難しかった。

また、委員会をしたことで、監督員の負担を相当軽減することができたと考えている。

さらに、工事における環境対策については、発注直後に粉塵対策に係るガイドラインが変更になったが、情報をいち早く入手できたため、迅速に対応することが出来た。常に最新の情報をチェックしておく必要を感じた。

今回のような委員会を設けることは、発注者、施工者、コンサルタントが一同に集って現場を見ながら議論でき、結果的には監督職員の負担軽減やコスト縮減、安全管理の向上にもつながることから、今後、他の大規模工事への適用も考慮する必要があると思われる。

最後に、今回の工事を直接担当した猿楽、大迫両氏の労苦に対して謝辞を送ります。

## 参考文献

- トンネル標準示方書 (山岳トンネル) (土木学会)
- 道路トンネル技術基準 (構造編)・同解説 (日本道路協会)
- 道路トンネル観察・計測指針 (日本道路協会)
- 広域営農団地農道整備事業 川薩地区委託11-5工区報告書
- 同川薩2期地区委託11-1工区報告書
- 同14-1工区報告書

# 鉄筋コンクリート水路のひび割れ現状調査について

丸 茂 伸 樹\* 大 森 博 志\*  
(Nobuki MARUMO) (Hiroshi OOMORI)

## 目 次

1. はじめに.....	87	4. 調査結果について.....	90
2. ひび割れ現状調査の背景.....	87	5. おわりに.....	92
3. 調査について.....	88		

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート水路については、現在までに農業水利施設に広く利用されてきている。これらの鉄筋コンクリート水路の中には築後40年近くの年月を経たものも多く、施設の傷み（変状）などが目立ったため、施設の改築、補強、補修などが行われる事例も増えてきている。そのような変状のひとつである「ひび割れ」については、組織的な調査が行われてきておらず、どの程度のひび割れが施設にとって有害であるかなどの判断に各現場の技術者が頭を悩ます結果となっている。

また一方では、最近では土地改良事業計画設計基準の性能規定化が進められており、鉄筋コンクリート水路のひび割れに関する照査方法についても検討が行われている。先に性能規定化が進められているコンクリート標準示方書では、ひび割れについての照査方法が示されている。しかし、農業水利施設として使われる鉄筋コンクリートに対して、一般的な構造物を対象とした示方書の照査方法を適用してよいかどうかについては、まさに性能設計的な見地から、農業水利施設としての要求性能と使用環境を明らかにしたうえで検討すべきではないかと思われる。

そのような中、鉄筋コンクリート開水路のひび割れの現状について調査を行い、今後の性能規定化に向けての基礎資料を収集する必要があることから、筆者らの所属する中国四国農政局土地改良技術事務所では、平成16年度に関係各位の協力

を得て実施された鉄筋コンクリート水路のひび割れ現状調査のとりまとめを担当した。本稿では、その調査と結果の概要についての報告を行うものである。

### 2. ひび割れ現状調査の背景

現在、世界貿易機関（WTO）「政府調達協定」と「貿易の技術的障壁に関する協定（TBT協定）」による技術仕様の性能規定化、およびISO規格の尊重という観点から、土地改良事業計画設計基準の性能規定化が進められている。また、既に土木学会のコンクリート標準示方書では、性能規定化の動きに向けて「構造性能照査編」などでは限界状態設計法に基づく照査手順が挙げられている。この中では、使用限界状態に対する照査の一環として、曲げ、せん断やねじりによって生じるひび割れに対する照査方法が示されており、ひび割れ発生の照査とひび割れ幅の照査に分かれている。

やがて土地改良事業計画設計基準で取り扱われる鉄筋コンクリート開水路においても、コンクリート標準示方書と整合をとった上で性能規定化が進められるであろう。しかし、許容ひび割れ幅を極端に厳しくし不経済な設計となったり、あるいは、許容値を緩くしたため計画どおりの性能を所要の期間において発揮できなくなったりするような事態を招いてはならない。そのためには、農業水利施設として使用される鉄筋コンクリート開水路におけるひび割れの現状を把握した上で、照査方法と照査基準を設定することが必要である。

例えば、コンクリート標準示方書「構造性能照査編」では、構造物の使用性照査として、水密性

\*中国四国農政局土地改良技術事務所（Tel. 086-223-2777）

に対する許容ひび割れ幅と鉄筋腐食に関する許容ひび割れ幅がそれぞれ表-1と表-2のように示されている。水密性に関しては、「一般の水密性を確保する」場合の許容ひび割れ幅は0.2mm 参考文献とされており、また同じくコンクリート標準示方書[施工編]に示されている(解2.7.1)式では、漏水量はひび割れ幅の3乗に比例するとされている 参考文献。この式によると、水路底版に水路軸方向にそって0.2mmの貫通ひび割れが一本生じた場合、漏水量は水面からの蒸発量と同程度となる。これは、農業用開水路にとって問題視する必要のある漏水量ではなく、0.2mmという水密性の許容ひび割れ幅は厳しすぎる基準といえる。

一方、ひび割れを道筋として鉄筋の腐食を引き起こす酸素や塩化物イオンが鉄筋の周辺に到達することから、ひび割れは鉄筋の腐食を助長し、構造物の耐久性(耐用年数)に影響を与えることが考えられる。そのため、コンクリート標準示方書では鉄筋腐食に関する許容ひび割れ幅が鉄筋のかぶりと関連付けて示されている。仮にかぶりが5cmあるとして、「一般の環境」であれば、許容ひび割れ幅は0.25mmとなる。しかし水路のように空気に曝されている部分と酸素の供給があまりない水中の部分がある場合には、ひび割れによる影響はそれぞれで異なるのではないかという懸念もある。

表-1 水密性に対する許容ひび割れ幅 参考文献

要求される水密性の程度		高い水密性	通常の水密性
卓越する	軸引張力	-	0.1mm
作用断面力	曲げモーメント	0.1mm	0.2mm

表-2 鋼材の腐食に対する許容ひび割れ幅 (mm)

鋼材の種類	鋼材の腐食に対する環境条件		
	一般の環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
異形鉄筋・普通丸鋼	0.005c	0.004c	0.0035c
PC 鋼材	0.004c	-	-

c:鉄筋のかぶり(かぶりは100mm以下を標準とする)

これらのことから、農業水利施設としての鉄筋コンクリート開水路の特性、使用条件、要求性能を考慮した許容ひび割れ幅の設定の基礎資料を得ることを目的として、ひび割れの発生状況及び鉄筋の腐食状況に関する調査を実施した。

### 3. 調査について

#### 3.1 調査の概要

調査対象は、平成16年度において取り壊しが予定されている全国8ヶ所(表-3)の開水路である。

調査方法としては、まず目視によりひび割れを探し、それらの状況を調査してひび割れのスケッチ(図-1)とひび割れ状況調査票(図-2)のように整理した。その後ひび割れの幅や位置を勘案して、ひび割れ部で鉄筋を含むコア(最大10本程度)と比較対象用にひび割れを含まない部分のコア(3本)を採取した。

表-3 平成16年度鉄筋コンクリート水路ひび割れ現状調査位置

所在地	竣工年	形状寸法
北海道砂川市	昭和40年	H=1.0m, W=12.24m
秋田県平鹿郡十文字町	昭和39年	H=1.0m, W=1.3m
静岡県小笠郡菊川町	昭和38年	H=1.35m, W=1.5m
福井県坂井郡丸岡町	昭和31年	H=2.05m, W=5.36m
愛知県羽島郡岐南町	昭和41年	H=1.5m, W=2.75m
奈良県御所市	昭和47年	H=2.27m, W=1.93m
岡山県総社市	昭和41年	H=1.4m, W=4.1~7.2m
愛媛県松山市	昭和40年	H=1.1m, W=1.2m

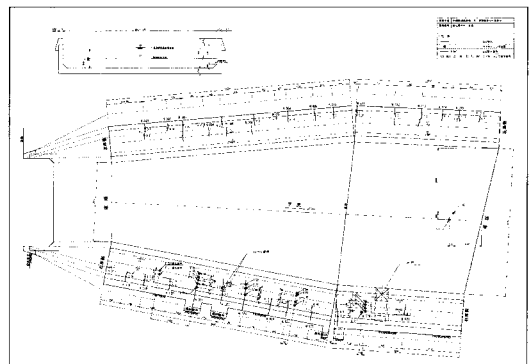


図-1 ひび割れ状況展開図

別紙2-2 ひび割れ基礎調査 調査票B(簡別ひび割れ調査)  
コアを採取したひび割れ毎に作成して下さい

II 簡別ひび割れ調査		岡山県水H16条 H_028	
整理番号	調査項目		
5	ひび割れ現状調査		
1	位置(湧点、精度経緯など)	右岸側上流部から1205m付近	
2	ひび割れ長さ(mm)	900mm(岸上上げ部は除く)	
3	ひび割れ最大幅(mm)	3.00mm	
4	ひび割れのスケッチ(番号)	H_028	
5	ひび割れの写真(番号)	No. 2-9 ~ No. 2-12	
6	ひび割れのコアサンプリング番号	コア番号 C 01	コア番号 C 02
		コア番号 C 03	コア番号 C 04
		コア番号( )+( )の追加分	
7	ひび割れ深さ(mm)		
8	ひび割れ貫通の有無		
6	ひび割れ近傍(周辺)調査		
1	剥離の有無	排水管は腐蝕による腐材露出が見られる	
2	剥離の有無	ひび割れ表面に身欠けが生じている	
3	鉄筋の付着	なし	
4	エポキシ樹脂の付着	なし	
5	コンクリートの変色	上部露出部と排水部に色の差が確認される	
7	漏水状況など		
1	ひび割れの状況	貫通	未貫通
2	2で貫通の場合	漏水有り(閉き取り)	漏水無し(閉き取り)
3	3で漏水有りの場合、漏水の状況	漏水が多い(閉き取り)	漏水があるが漏水等に影響はない(閉き取り)
	調査所見	RC部のひび割れ幅が大きく、漏水があるものと考えられる	
8	ひび割れによる変状	特になし	

図-2 ひび割れ状況調査票

### 3. 2 調査要領について

今回の調査では、広く全国に散らばる地区が対象であることから、統一した基準で調査が行えるよう調査要領を作成した。作成にあたっては、次のような点について特に留意した。

#### ① 曲げひび割れの確認

コンクリートのひび割れを引き起こす要因は様々であるが、一般に土中に埋設されている開水路では、水路の内側に水がない場合には水路側壁部外側からの水平土圧と地下水圧により、側壁基部や底版端部の外側に曲げひび割れが生じると考えられる。そのため、開水路の側壁外側部のひび割れも確認することとした(写真-1)。

#### ② コア採取位置と採取方法

コアの採取にあたっては、ひび割れ発生要因や分析する際のひび割れ幅やコア採取位置の分布状況などを勘案して採取する必要があることから、コアの分析を担当する島根大学の野中資博教授、石井将幸助教授をはじめ鳥取大学の緒方英彦助教授、三重大学の石黒覚助教授、農業工学研究所の中嶋勇主任研究官、森充広主任研究官に立ち会っていただき、採取位置についての助言をいただいた。

また採取方法については、鉄筋探査機を用いて鉄筋の位置を確認した上で、ひび割れ部分に蛍光塗料を混ぜた土木補修用エポキシ樹脂注入剤1種を低圧で注入し(写真-2)ひび割れを接着させた上でコアの採取を行った。これにより、コアを試験室へ運びこむまでにひび割れが拡大してしまうことを防ぐことができる。また、混ぜ込んだ蛍光塗料に紫外線を照射して発光させることで、ひび割れ深さの確認と各深さ位置でのひび割れ幅の読み取りが容易になった(写真-3)。

### 3. 3 コアの調査・分析

コアについては、島根大学生物資源科学部野中資博教授へ調査・分析を委託した。調査方法としては、紫外線を照射して蛍光塗料を発光させてコア側面に沿って1cm間隔でひび割れ幅を読み取った。また、鉄筋とひび割れの位置関係、例えば鉄筋とひび割れが交差しているかどうか等を確認した上でコアを割裂し、所定濃度のフェノールフタレイン溶液を噴霧して中性化の状況を調べた。また、併せて鉄筋の腐食状況を確認した。

なお鉄筋腐食度の区分については、コンクリート工学協会による腐食度区分(表-4)により分類



写真-1 側壁外側確認状況



写真-2 樹脂注入状況

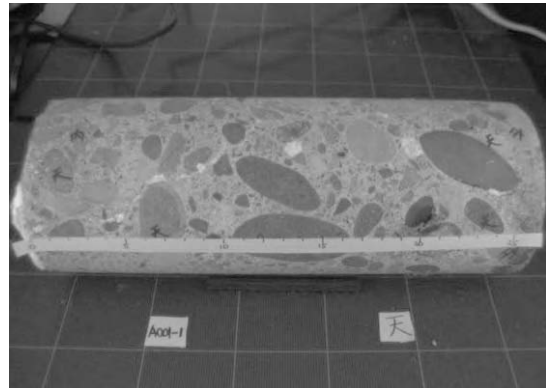


写真-3 ひび割れ深さと幅の確認状況

表-4 目視による鉄筋腐食度の区分 参考文献

腐食度	腐食状況
腐食なし	腐食を認めず
A	点さび程度の表面的な腐食
B	全体的に表面的な腐食
C	浅い孔食など断面欠損の軽微な腐食
D	断面欠損の明らかな著しい腐食

した。ひび割れ幅と腐食度の関係については、現在詳細な分析を行っているところである。

#### 4. 調査結果について

今回の調査結果を分析した結果としては、次のようなことがわかった。

##### 4. 1 ひび割れの発生状況と発生要因

上述のように、本調査の計画では水路下部に生じる曲げひび割れ(図-3)に対して、特に詳細な調査と検討を行う予定としていた。この種類のひび割れに対する照査手順がコンクリート標準示方書で詳細に述べられており、水路構造物と一般構造物の違いを検討するうえで好都合と考えられたためである。さらに、流水や背面土がある通常の状態では調査が困難であること、作用水圧の高い深部に生じるためひび割れの発生が大量の漏水につながることも、その理由であった。

しかし今回の調査では、曲げひび割れと思われるひび割れは確認できなかった。ほとんどのひび割れは鉛直に生じており(写真-4)、図-4に示す温度応力ひび割れや乾燥収縮ひび割れであると推察された。水路は非常に細長い構造であるため、



写真-4 鉛直方向に生じたひび割れ

膨張や収縮によって打設区間の中央に生じる応力が非常に大きくなる。また側壁は流水や背面土から水平荷重を受けるものの、水路の内側と外側からの力が打ち消しあうため、流水のある状態ではさほど大きい応力は生じない。調査によって明らかになったひび割れの発生状況は、水路における荷重条件、環境条件や構造的な特徴と合致したものと見える。

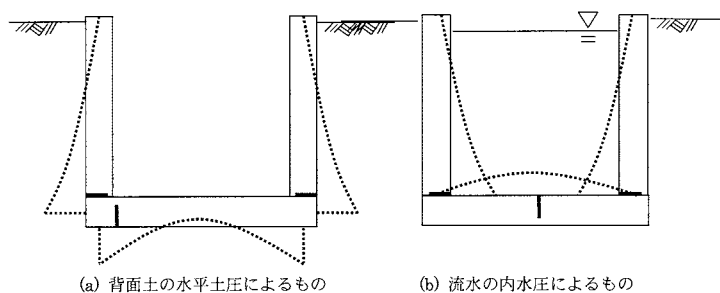


図-3 開水路に生じる曲げモーメントと曲げひび割れ

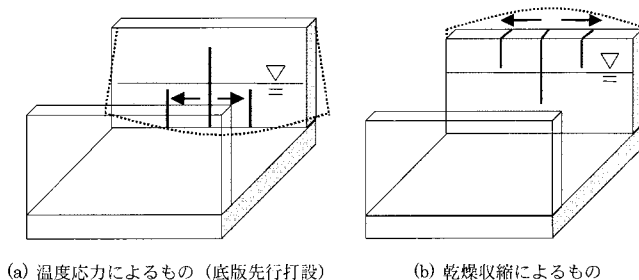


図-4 鉛直方向に生じるひび割れと発生要因

#### 4.2 表面ひび割れ幅と鉄筋付近におけるひび割れ幅の関係

今回の調査では、コアを採取したため鉄筋表面深さでのひび割れ幅測定が可能であったが、一般的な点検ではこのような調査が行われることはないと考えられる。通常点検でのひび割れ幅の測定は、水路内表面に開口したひび割れに対して行われることを考え、水路内表面の最大ひび割れ幅と鉄筋付近の最大ひび割れ幅を比較したものが図-5である。

全体的には、内面におけるひび割れ幅が大きければ、鉄筋付近でのひび割れ幅も大きいと言える

が、かなりのばらつきがあり、それほど高い相関は認められない。曲げひび割れでは深部よりも表面付近の幅が大きくなるため、曲げひび割れが少ない、あるいは生じていないという推察が裏付けられた。水路内面のひび割れ幅から深部にある鉄筋の腐食状況を推定する際には、この性質を考慮することが必要になると考えられる。

#### 4.3 コンクリート表面でのひび割れ幅と経過年数

調査対象とした水路における表面ひび割れ幅と経過年数の関係をプロットした結果を図-6に示す。ここで気中部、喫水部、水中部とは最多頻度流量の水面付近を基準として、水面より上位（気

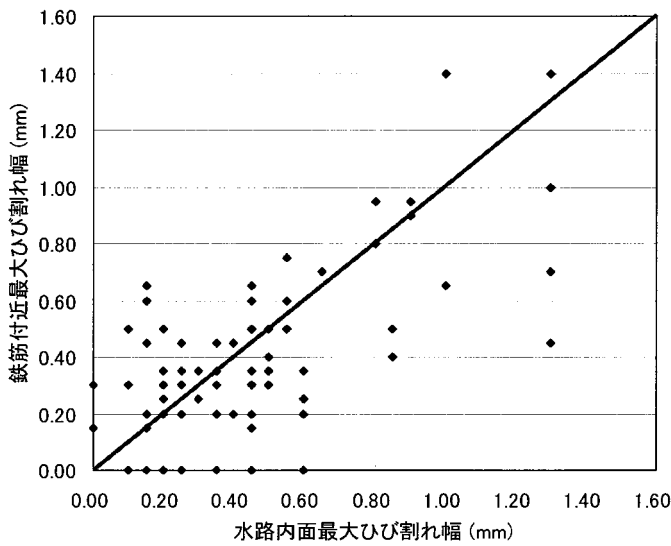


図-5 水路内面と鉄筋付近におけるひび割れ幅の関係

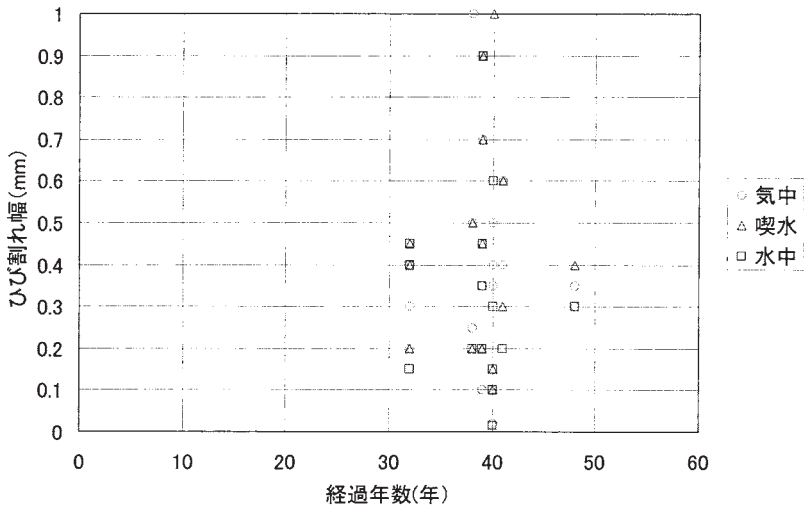


図-6 表面ひび割れ幅と経過年数

中部)、水面付近(喫水部)、水面より下位(水中)としたものである。

調査対象は取り壊しを予定している水路であり、築造後の経過年数が概ね40年前後と似通っていることも一因であると考えられるが、ひび割れ幅が時間経過とともに拡大する傾向は特にみられない。また、今回の対象となったひび割れには、曲げひび割れと認められるものはなく、多くは収縮による貫通ひび割れと推定されるものであった。したがって、ひび割れの発生時期は建設後まもなくであり、また進行性のものは少ないと考えられる。つまり、ひび割れの幅やその他の状況は竣工直後よりほとんど変化していないといえる。

#### 4.4 ひび割れの性状と補修の必要性

今回実施した調査の範囲では、現場打ち鉄筋コンクリート開水路に生じるひび割れには、建設直後に発生し、その後の進行も少ないものが多いと判断できる。先に述べたように、コンクリート標準示方書に示された0.2mmという水密性上の許容ひび割れ幅は、農業用開水路にとっては過度に安全側の基準であるといえるため、この幅のひび割れに対して緊急の補修を行う必要はないといえる。しかし同時に、性能規定化に向けて農業用開水路に要求される水密性を考慮した許容ひび割れ幅の決定が急務であることも明らかになった。また現在、採取されたコアと鉄筋を用いて、ひび割れ幅と鉄筋腐食の関係についての集計と分析が実施されている。その結果に基づいて、鉄筋の腐食に関する許容ひび割れ幅の値が設定されることになる。

独自の許容ひび割れ幅は、新設構造物の設計基準と補修・改修基準の両方に適用することができると考えられる。しかし発生したひび割れが有害であるか否かと、緊急の補修が必要であるか否かの判断基準は異なるべきであろう。例えば、鉄筋の腐食において長期的に有害となる程度のひび割れであれば、補修が必要であるものの緊急性は高くない。一方ひび割れが進行性であれば、現状における幅や長さが小さくても、その後の拡大を防ぐために予防的な緊急補修が必要となる場合も考えられる。しかし本調査の結果は、そのような予防補修の必要なひび割れがかなり少ないと思われることを示した。補修や改修の必要性を適切に判断するためには、発生要因を踏まえたうえでひび割れの現状と進行性を把握し、有害な影響が生じ

るか否か、生じるならばいつ頃なのか、を判断する必要があるだろう。

#### 5. おわりに

ひび割れと鉄筋腐食に関する調査について、調査、集計と分析の経過を報告した。最終成果となる、農業用鉄筋コンクリート水路における許容ひび割れ幅については現在検討中である。しかし、現在のコンクリート標準示方書で規定されている値よりも緩和できる可能性が、現段階ですでに示唆されている。

この可能性をより具体化するためには、今回の調査で得られたデータについて詳細な検討を行うとともに、今後ともデータ収集を続けて、ひび割れと鉄筋腐食の関係について明らかにしていくことが必要である。これにより、農業用鉄筋コンクリート水路の適切な使用限界状態が明らかになっていくものと思われる。更には、今後増えるであろう施設更新型の事業において、適切な補修・補強の基準を与えることにもつながるであろう。

なお、今回の調査においては、調査方法の指導のみならず、現地での立ち会い、収集したコアの分析にご協力をいただき、加えて本稿のとりまとめにもご助言をいただいた島根大学の野中教授をはじめとされる諸先生方には深く感謝申し上げます。また、今回のように組織的にひび割れについて調査したものは、今までなかったと聞いており、調査の実施にあたり本省の施工企画調整室はじめ各農政局および北海道開発局の担当係官、各地方農政局の土地改良技術事務所および関係事業所の皆様のご協力により、このような調査ができたことについて、ここで改めて御礼を申し上げます。

なお、ここに紹介したひび割れ調査の報告書につきましては、各農政局の土地改良事務所には送付しており、ご活用いただければと願っております。

#### 参考文献

- 土木学会コンクリート委員会(2001):2001年制定 コンクリート標準示方書 [構造照査編] pp97-99
- 土木学会コンクリート委員会(2001):2001年制定 コンクリート標準示方書 [施工編] pp32-33
- 日本コンクリート工学協会:コンクリートのひび割れ調査, 補修・補強指針-2003- pp18



# 自然再生事業と国営総合農地防災事業における環境配慮について

高石 洋行\* 多田 嘉\* 白戸 利克\* 岸本 和彦\*  
(Hiroyuki TAKAISHI) (Yoshimi TADA) (Toshikatsu SHIROTO) (Kazuhiko KISHIMOTO)

## 目 次

1. はじめに……………	93	4. 環境配慮と自然再生事業の取組み……………	95
2. 国営総合農地防災事業実施地区概要……………	93	5. おわりに……………	97
3. 釧路湿原自然再生事業……………	94		

### 1. はじめに

釧路湿原には、貴重で素晴らしい自然が多く残されているが、その自然も近年の開発によって大きく変化してきている。そのため、地域住民・NPO・行政機関等が協力して釧路湿原を保全する自然再生事業に取り組んでいる。また、湿原の流域には多くの住民が生活しており、特に上流域は国内有数の酪農地帯であり、現在、農地及び農業用排水路の機能回復を図る国営総合農地防災事業を実施している。事業実施に当たり、環境との調和への配慮に加えて釧路湿原自然再生事業にも取り組んでいる内容について報告する。

### 2. 国営総合農地防災事業実施地区概要

釧路地域では、農地が泥炭土であることに起因する地盤の不等沈下等により、農作物の生育障害や農作業効率の低下が生じていることから、農地及び農業用排水路の機能回復を図ることを目的に、釧路湿原の上流域で国営総合農地防災事業を2地区（鶴居第1地区、南標茶地区）実施している。両地区では、環境配慮の取組みとして在来植生を回復させる排水路護岸工法（写真-1）や排水路下流に沈砂池（写真-2）を設置して下流域の湿原への土砂流入抑制を行っており、釧路湿原の保全に貢献している。

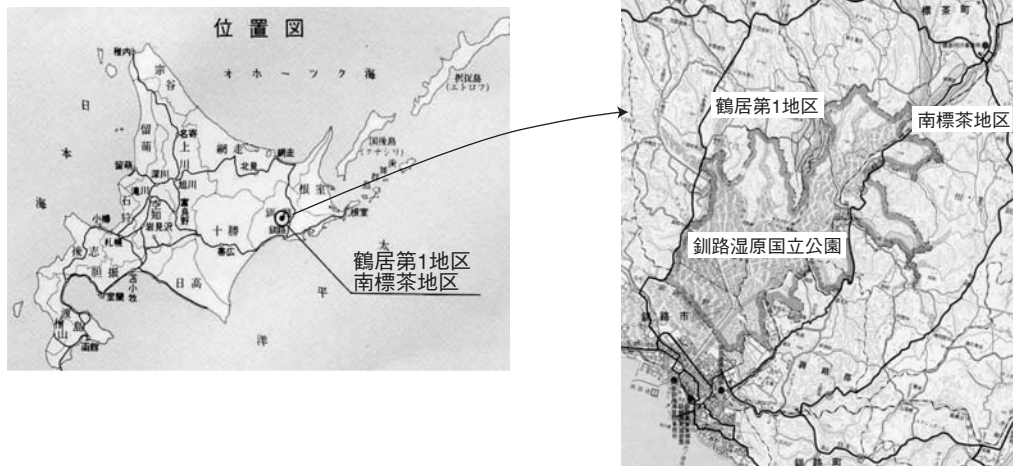


図-1 事業位置図

\*北海道開発局釧路開発建設部釧路農業事務所第2工事課  
(Tel. 0154-41-2980) (内3311)



写真-1 排水路（植生護岸）



写真-2 沈砂池

### 3. 釧路湿原自然再生事業

#### 釧路湿原自然再生協議会の設立

釧路湿原自然再生協議会は、自然再生推進法に基づき、平成15年9月に北海道開発局釧路開発建設部、環境省東北道地区自然保護事務所、林野庁北海道森林管理局、北海道、釧路自然保護協会、NPO法人「釧路湿原やちの会」が呼び掛け人（自然再生事業実施者）となり、協議会構成員の募集を行い、同年11月25日に設立された。

#### 協議会の組織

協議会は、自然再生事業実施者、地域住民、NPO、土地所有者、専門的知識を有する者、関係行政機関等で構成されており、次の3項目を行うこととしている。

ア) 自然再生の全体方向を定める「全体構想」の作成

イ) 自然再生実施計画案の協議

ウ) 自然再生事業実施に係る連絡調整

自然再生推進法で定義されている自然再生には「保全、再生、創出、維持管理」があり、協議会では、旧川復元・土砂流入対策等のハード事業や環境教育等のソフト事業など多様な自然再生事業が検討されており、議論の効率化のためにテーマ毎に6つの小委員会(図-2)を設置している。

自然再生事業の実施に当たっては、自然再生協議会において全体構想を策定し、それを踏まえた実施計画を事業実施者が策定し協議会に諮ることとなっている(図-3)。本協議会では、平成16年度末に全体構想を策定し、今年度より個別の実施計画について検討を始めたところである。

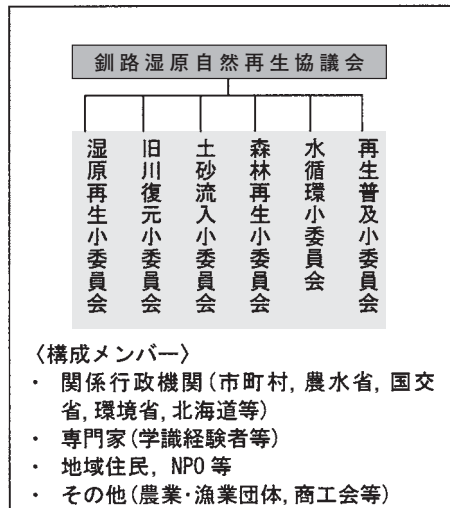


図-2 自然再生協議会の体制

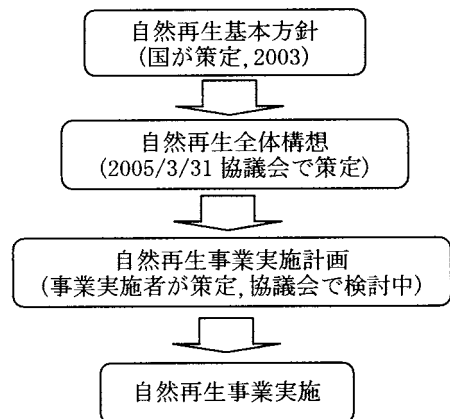


図-3 釧路湿原自然再生事業実施の流れ

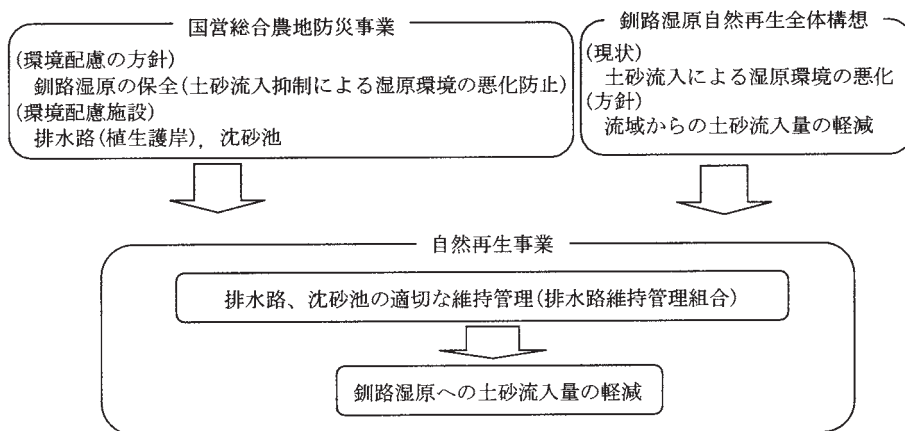


図-4 自然再生事業のイメージ

国営総合農地防災事業における自然再生事業  
鶴居第1地区、南標茶地区が釧路湿原の保全に資するためには、整備された排水路や沈砂池の機能を発揮する適切な維持管理が必要である。そのため受益農家が「排水路維持管理組合」を設立し、維持管理に関する取組みを自然再生事業と位置づけて協議会に参加し実施計画を検討しているところである（図-4）。

#### 4. 環境配慮と自然再生事業の取組み

##### 農村環境の特徴

釧路地域の農村においては、農地のほか、屋敷林、防風林、排水路、湿原といった多様な環境が有機的に連携し多くの生物相が生まれ多様な生態系が形成されると共に、歳月を経て周囲の環境と調和した農地や農業水利施設等が良好な景観を形成してきた。農村の環境は、このような適切な維持管理の下に成り立った二次的自然（写真-3）を基調とするものであり、その保全や回復を図ると共に地域の生物多様性や生態系の保全・確保を図ることが良好な環境を維持・形成する上でも重要である。

つまり、鶴居第1地区及び南標茶地区で行われている環境配慮の取組みは、地域の二次的自然を保全することで原生自然である釧路湿原の保全にも貢献するものである。

したがって、本地域での自然再生事業と環境との調和への配慮は密接に関わっている（図-5）。

環境配慮と自然再生を持続させるために効果的と思われるもの



写真-3 釧路地域の二次的自然

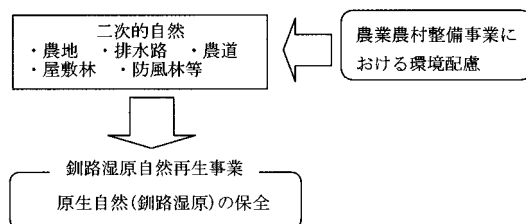


図-5 環境配慮と自然再生

##### 1) 地域住民が中心となった維持管理体制

環境配慮に関する対策の効果をあげるためには、施設の維持管理が適切に行われることが重要



写真-4 自然再生協議会

となる。したがって事業実施段階から地元関係者と十分な協議調整を行うことが重要である。鶴居第1地区、南標茶地区では「排水路維持管理組合」を設立し事業完了後の施設管理を農家を中心となって行う予定である。また、この維持管理活動

を自然再生事業と位置づけて釧路湿原自然再生協議会に参加することで(写真-4)、地域が中心となった維持管理を行っていく意識の向上につながる。

## 2) 地域への周知 (PR)

地域住民が地域の環境を積極的に保全していく意識を醸成するためには、国営事業で行われている事業内容や環境配慮の取組みについて周知を図っていくことが重要である。特に、環境配慮については、理念、具体的な内容及び将来の地域の環境がどのように変化していくのか等を様々な機会を通じて情報提供していくが必要である。南標茶地区では、今年度より地元高校と連携して環境調査を行っている(図-6)。この連携調査では、高校生の環境教育に対する協力だけでなく、取組み内容を地元新聞及び町広報誌に掲載してもらうことで、農家以外の地域住民に対しても事業PR効果がある。

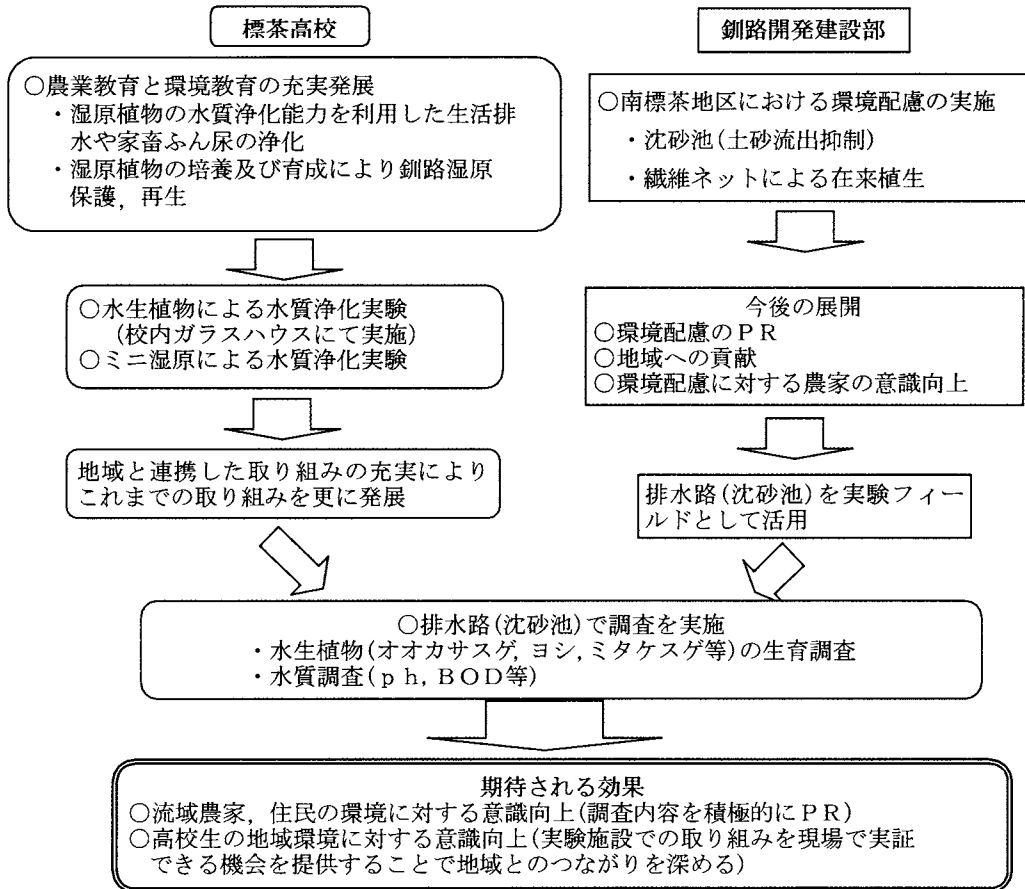


図-6 高校生との連携調査フロー図



①水生植物の植え付け



②ミニ河川での実験



③試験の場として活用する排水路

写真-5 高校生との連携調査

### 3) 現場技術者の熱意

環境配慮を行うに当たってその成否に大きな影響を及ぼすのが現場技術者の熱意であり、特に下記の事項については常日頃意識して業務を行うことが重要である。

#### ○基本理念をもった環境配慮

環境配慮の内容を検討する前に、まずこの地域をどういった農村にしていくのか、またどういった環境を保全していくのか、これらを十分に検討し職員全員が理解する。

#### ○農業と環境が共生した地域（農村）づくり

環境配慮は生物を中心とした自然環境を保全するだけでなく、施設そのものや施設の維持管理等を通じて地域づくりをしているという意識を持つ。

#### ○課題を解決していく技術力

このような取組みには、知見や技術が充分蓄積されておらず日々課題と直面するのが実情である。そのため、課題を解決していく技術力を向上させる研鑽を怠らない。

### 5. おわりに

農業農村整備事業における環境配慮については事業完了後の維持管理が大きな課題であり、どのようにして地域住民が中心となった管理体制を作るかが重要である。そういった状況の中で、自然再生事業は農家、地域住民、地方公共団体等の様々な立場の人がお互いを理解し地域をより良い方向に導くことの出来る絶好の機会である。本地域でも十分にその機会を活用して、試行錯誤を繰り返しながらより良い農村づくりを目指していかなければならない。そのためには、これまでの環境配慮の取組みではまだまだ不十分であり、現場技術者のより一層の奮起が必要である。

#### 参考文献

- 地域の和，科学の目，自然の力（自然再生推進法のあらまし）：環境省，農林水産省，国土交通省
- 釧路湿原の再生：国土交通省北海道開発局
- 環境との調和に配慮した事業実施のための調査計画・設計の手引き：農林水産省

## ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理について

北 川 啓 三\*  
(Keizou KITAGAWA)

### 目 次

1. はじめに……………	98	4. 環境への配慮について……………	102
2. 整備工事等概要……………	99	5. 新町池の利活用等の状況……………	104
3. 活動経緯等……………	101	6. さいごに……………	106

### 1. はじめに

#### 大和平野地区の概要

国営総合農地防災事業大和平野地区においては、大和平野に点在するため池のうち、吉野川分水の用水を通じて一体的な関連を有しているため池であって、老朽化や機能低下の顕著なため池について改修整備を実施し、機能回復を図り、ため池決壊による災害を未然に防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、併せて国土の保全に資することを目的として事業を実施している。事業の進捗状況は、ため池改修整備105ヶ所のうち、平成16年度までに87ヶ所のため池改修整備工事が完了している。

#### 大和平野のため池

ため池は、古来から稲作と人との関わりの中で、祭礼行事、草刈りや水抜き、魚獲り、泥上げなど伝統的な管理が連綿と行われてきた歴史的な農業水利施設であり、農村における水田等農地のほか、二次林である雑木林、鎮守の森、小川、生け垣や用水路、畦や土手といった周辺環境とあいまって多様な環境がネットワークを形成し、良好な二次的自然空間を形成している。

大和平野には、古代から多くのため池が築造され、受益面積1ha以上のため池は約4千個に上るといわれている。これらのため池は現在においても、農業用水・養魚等の「利水機能」、雨水の一時貯留・防火用水等の「防災機能」、良好な景観形成・地域住民の憩いの場（水遊び場、市街地のオアシス）としての親水空間の形成、野鳥が飛来

し動植物が生息する二次的自然空間の形成、水源涵養機能等の「環境機能」のほか、飛鳥諸京・藤原京・平城京など日本文化の発祥の地にあって、文化遺産とあいまっての文化の伝承・観光・教育の場として利用されるなど多面的な機能を発揮しており、地域の貴重な財産となっている。

#### ため池の維持管理の課題

しかし、近年の農村社会の都市化・混住化や農業者の高齢化といった社会的構造問題を背景に、維持管理が粗放化し、水質悪化やゴミ投棄などの問題が発生し、ため池の保全・維持管理体制に課題を抱えている地域は少なくない状況となっている。このような状況を踏まえ、将来にわたってため池を健全に保全し、ため池のもつ多面的機能を持続して発揮させるためには、従来からの伝統的な維持管理を踏まえつつ、住民参加など地域が一体となった新しい維持管理の検討が必要となってきている。

#### ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理についての事例

こうした状況に対応しつつ、奈良県葛城市（旧新庄町）の「新町池」においては、国営総合農地防災事業大和平野地区ため池改修整備工事及び団体営水環境整備事業が実施されることを契機に、ため池の利活用及び維持管理について、土地改良区の組合員及び地域住民が一丸となり、「住みよい環境を目指した地域づくり活動」に取り組んでいる。土地改良長期計画（平成15年度閣議決定）における施策の実施に当たっての留意事項（6点）の中に「多様な主体の参加の促進」が挙げられ、「農村地域の混住化の進展等により、土地改良事業と地域社会の関わりが増している状況を踏ま

\*近畿農政局整備部防災課（Tel. 075-451-9161）

え、事業構想から施設の維持管理に至る事業の各段階において土地改良区に加え地域住民やNPOの参加を促進する。」とうたわれている。新町池は、正にこれ为先取りした、いわゆる、「ため池の地域住民参加型利活用及び維持管理」活動が展開されている希少な事例である。本報文は、この維持管理の活動事例を中心に、併せて環境配慮事例について報告する。なお、本報文は、「水と土」の主旨としている技術報文ではなく、ローカル便り

的な事例紹介ということをご理解を頂きたい(図-1, 図-2)。

## 2. 整備工事等概要

新町池の概要

- ①築造年：元禄時代
- ②管理者：新町土地改良区
- ③受益面積：34.9ha



図-1 大和平野及び葛城市の位置図

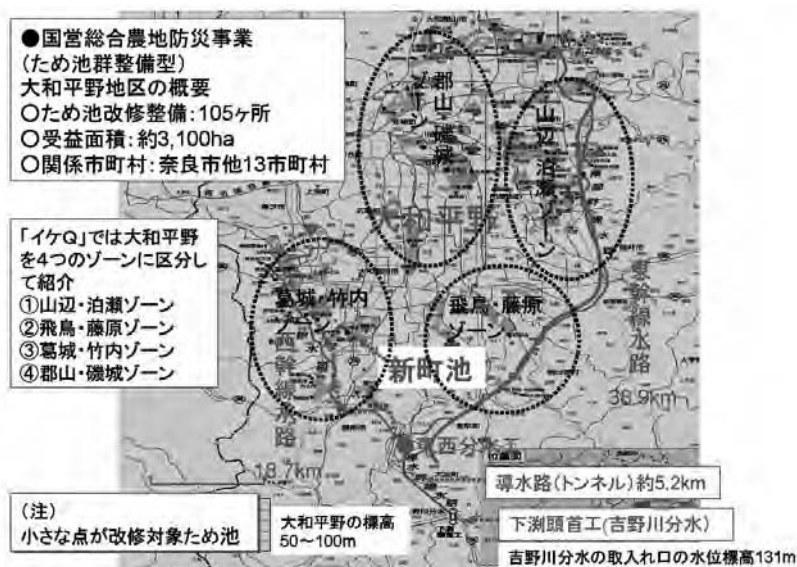


図-2 国営総合農地防災事業大和平野地区ため池改修計画位置図

ため池改修工事概要

- ① 工事期間：平成12年度～13年度
- ② 改修理由：波浪浸食等による堤体断面不足  
取水施設の機能低下  
洪水吐の断面不足
- ③ 池 諸 元：堤高4.5m, 堤長520m,  
貯水量約3万m<sup>3</sup>
- ④ 工事概要：堤体全面改修（均一型）  
護岸工1式, 洪水吐1ヶ所  
流入工1ヶ所, 取水工3ヶ所

親水階段護岸20m（水環境整備事業と連携調整）

- ⑤ 平面形状：図-4 新町池平面図（参照）
  - ⑥ 改修前後の状況：写真-1, 写真-2（参照）
- 水環境整備事業の概要
- ① 事業期間：平成15年度
  - ② 事業主体：葛城市（旧新庄町）
  - ③ 事業概要：池北側の公園整備（2,700m<sup>2</sup>）  
多目的広場, 親水デッキ  
東屋（屋根にソーラー設置）

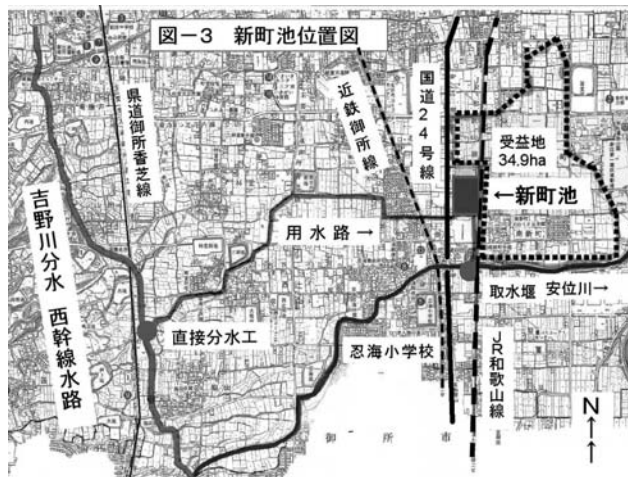


図-3 新町池位置図

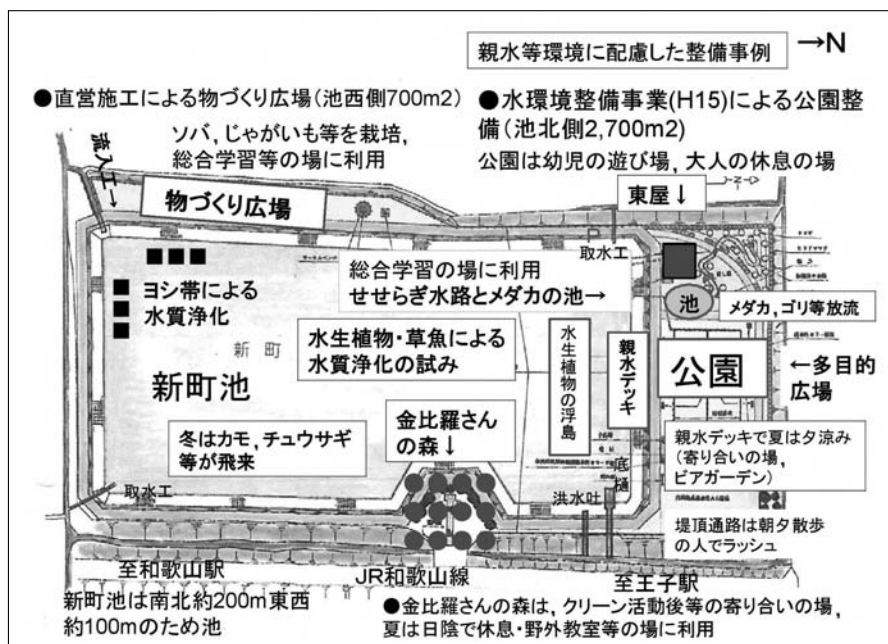


図-4 新町池平面図



トイレと物入れ，駐車場  
 幼児等の遊び場（遊具），時計  
 ため池の浄化施設（せせらぎ水路，  
 メダカの池）  
 物づくり広場（700m<sup>2</sup>）  
 （直営施工により整備）

### 3. 活動経緯等

#### 新町池の位置

葛城市は奈良県大和平野の南西部に位置し，面積35.3km<sup>2</sup>，人口3.5万人の町であり，人口の増加が著しく，混住化が進んでいる。新町池は近鉄御所線忍海駅から，南北に走る国道24号線を約600m北上したところの東側にあり，新町池の東側に隣接してJR和歌山線が南北に走っている。新町地区は新町池の東側に位置する戸数78戸，人口324人の地域である。（図-3）

#### 活動経緯

新町地区においては，平成の初期から土地改良区，新町区，老人会，子供会等で組織した地域運営委員会（表-2）が結成され，国営ため池改修工事が着手される以前から，この委員会を通じて新町地区の活性化等についての話し合いが重ねられた。具体的には，「広場がない」，「駐車場がない」，「地域の行事が多角的に活かされない」等の要望や課題が集約され，子供や大人の夢や遊のある地域づくりの推進を「新町池を拠点」としていくことが位置付けられた。

その後，国営ため池改修工事着手の順番待ちの時期の平成10年9月22日，風速65mという超大型台風が地域を直撃し甚大な被害を受け，新町地区が一丸となり修復や後始末をする中で，新町地区の各個人が集団の力の偉大さや成就感・連帯感の共有のすばらしさを身をもって体験することとなり，この体験がその後の地域づくり活動の大きな原動力となっていくのである。

そして，いよいよため池改修工事が着手される平成12年の初期に，新町地区の要望や課題に向けた話し合いが熱心に行われ，老朽化等により環境が悪くなったため池を改修工事に併せて環境整備を図ることとされ，他事業の公共残土受け入れにより新町池の北側の一部を埋立て一次造成により「公園広場」敷地の確保，ため池改修工事の残土を有効利用して池西側の残地埋立て一次造成により「物づくり広場」敷地の確保，ため池や公園

広場等の環境整備については水環境整備事業による対応を予定するなど基本的な整備構想が決定された。

新町池の改修工事及び公園広場や物づくり広場の一次造成が完成間近の平成14年2月には，新町池及び公園広場等の維持管理運営の方法について運営委員会において検討され，土地改良区・新町区・老人会・子供会の各役員を中心として，一戸一役参加体制を基本とした「地域環境整備推進組織」（表-1）がつくられた。その内容は，①施設・設備関係部門，②植木・植栽関係部門，③多目的広場管理部門，④表示・管理運営部門，⑤育成・物づくり部門の5部門に配属して企画推進にあたることとし，月1回の全体会議と部門別会議を開催して運営していくこととなった。

また，水環境整備事業で実施する内容について，計画段階から部門全体会議や部門別ワークショップが開催され，景観等環境や地域住民利活用及び維持管理に配慮した整備に向けた施設等整備方針が議論された。議論の上，集約された主な整備要望事項は，①多目的広場，②駐車場，③東屋，④トイレと物入れ，⑤幼児の遊び場（遊具），⑥時

表-1 地域環境整備推進組織（5部門）

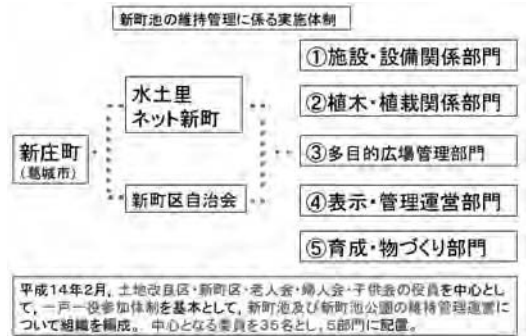


表-2 地域運営委員会の組織



計, ⑦ため池の浄化施設(ソーラーシステムによるため池の水をポンプアップしてせせらぎ水路やメダカの池を通して木炭やホテイアオイによる水質浄化), ⑧噴水の8項目であった。これらの整備要望事項の中で, 子供会の要望であった噴水が工費や維持管理面で取り下げとなったものの, 他の事項については取り上げられ, ほぼ要望通り実現されることとなった。

#### 4. 環境への配慮について

##### 大和平野地区について

大和平野地区については, 事業着工当初から自然公園, 風致地区, 及び景観保全地区に所在するため池, 水環境整備事業に関係するため池について, 関係機関と協議の上, 護岸に植石ブロックの採用, 安全柵についてフェンスの色調の配慮, 擬木, 木柵の採用, 親水階段護岸の採用等景観・親水等に配慮した整備を実施してきている。

また, 工事施工面では, 仮設等工事で対象とする範囲は必要な範囲に限定して実施する他, 発生残土(表土, 浚渫土等)は外へ持ち出さないで堤体盛土等に有効利用するなど社会的環境にも配慮している。なお, 生態系への配慮については, 平成15年度から専門家による所要の調査を実施し, 調査結果に基づき対応を図っている。

##### 新町池について

ため池改修工事においては, 親水階段護岸の採用, 濃茶色フェンスの採用, 水質浄化を目的としてため池南西角の流入工部にヨシ帯を設置するなど, 景観・親水等の環境に配慮した整備を実施している。また, 平成16年度には国営事業に係る直営施工として, 水環境整備事業により公園整備された池の北堤以外の3面の周囲(池の堤頂通路沿い)について, 環境整備(さつき等植栽)を実施している。

水環境整備事業においては, 前出の実現された要望事項の他に, 親水階段護岸に合わせた「親水デッキ」, 「クスギの木の植栽」(カブトムシのいる里山づくり), 池内にホテイアオイ等の水生植物の浮島による水質浄化などの環境整備が実施された。

また, 水環境整備事業に係る直営施工として, 土地改良区及び地域住民の手づくりによる「物づくり広場」のU字溝, 木柵の設置などの整備が行われた。(写真-3, 写真-4)



写真-1 ため池改修前の状況 (東堤北側)



写真-2 ため池改修後の状況 (東堤北側)



写真-3 直営施工による物づくり広場の整備状況



写真-4 物づくり広場の完成状況

## 1) 水質浄化対策の概要

新町池の用水の貯水は、吉野川分水の西幹線水路の直接分水路から取水、既存の用水路を経て新町池の南西角の流入工から流入され貯留される形態となっているが、都市化の進展により国道24号線付近等の店舗等の排水等が用水路に流れ込んでくるため、水質悪化や藻の発生が問題となっている。この水質浄化対策として、次の方法が試みられている。

### ①循環方式による植生浄化(写真-5~7)

ため池の水をソーラーシステムによりポンプアップして公園西端に設置した小山の頂上に注水し、ホテイアオイや木炭を配置した「せせらぎ水路」及びその下流の「メダカの池」に水を通して、植生等により浄化させ、再びため池に放流する方式が採用されている。この小山やせせらぎ水路・メダカの池は単なる浄化目的だけでなく、公園全体の景観への配慮や利用する人々がため池での親水ばかりでなく、せせらぎ水路やメダカの池で身近に水に親しんでもらい、ホテイアオイの花やメダカを鑑賞したりしながら楽しく遊んでもらうように配慮されている。

植生浄化は、流入水質や植栽基盤により最適流量は異なるが、様々な実験結果より $0.1\sim 2.0\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ 程度が一般的な流量とされている。新町池では、滋賀県草津市の葉山川河口の琵琶湖湖岸にある「琵琶湖・淀川水質浄化共同実験センター」における実験結果から導かれた単位面積当り日流量 $1.98\text{m}^3/\text{m}^2/\text{日}$ を採用し、計画通水量が設定されている。これを新町池に当てはめると、水路幅0.50m、水路延長65m、水面積 $32.5\text{m}^2$ 、単位面積当り日流量 $1.98\text{m}^3$ から、流量は約44L/minとなる。ポンプの必要揚程4m、口径40mm、ポンプの動力源(パワーコンディショナ)定格出力3.0kw、定格入力電圧DC 200Vから、太陽電池モジュール設定は、太陽電池モジュール(1枚)の最大出力動作電流が25.70Vであることから、 $200\text{V}/25.70\text{V}=7.78$ となり、太陽電池モジュールの最低必要枚数の8枚を採用している。

### ②ため池内での浄化対策(写真-8)

平成14年度には、藻除去対策として草魚の稚魚を埼玉県から購入して放流させたところ、効果を發揮している。現在草魚は30~60cmの体長に成長している。平成15年度には、水生植物の浮島の設置、平成16年度には、御所市の廻ノ柳池のため



写真-5 ソーラーパネルの設置状況



写真-6 水質浄化のせせらぎ水路の状況



写真-7 メダカの池の状況



写真-8 ヨシ帯の設置状況

池改修工事に伴い掘削残土と共に発生する自生のヨシ(株)を新町池へ有効転用して、新町池の南西角の流入工部にヨシ帯を設置した。また、このヨシ帯と併せて池の南側約30mの範囲にホテイアオイ帯が設置された。なお、ヨシやホテイアオイは草魚に食べられるため、この30mラインに草魚侵入防止の網柵が設置された。現在(平成17年7月)、ヨシがすくすく伸長し、ホテイアオイも水面エリアを拡大中である。

## 5. 新町池の利活用等の状況

平成16年3月21日、ため池改修工事や水環境整備事業により生まれ変わった新町池公園完成の竣工式が行われ、新町池の維持管理・運営がスタートし、「地域環境整備推進組織」による新町池等の維持管理・クリーン活動(写真-9)や様々な行事の場として利用されている。ここで平成16年度以降の利活用等の状況を紹介する。

総合学習の場等として活用(写真-10~12)

総合学習の一環として、近隣の忍海幼稚園児を新町池の「物づくり広場」に迎えて、平成16年6月30日には「じゃがいもおこし」、9月8日には「さつまいもおこし」が行われた。可愛い園児の喜ぶ顔を見て、甲斐があったと水土里ネット新町や地域住民の人も喜んで園児の世話をされていた。この幼稚園児を迎えてのじゃがいもおこしは平成17年6月23日にも行われ、年間行事となっている。今回はじゃがいもおこしの後、「東屋」において、外人女性講師を迎えて英会話教室も行われた。「物づくり広場」ではその他、地域住民の手により花々や蕎麦が植えられ、秋には蕎麦の白い花が咲き乱れ、収穫された蕎麦はそば打ちして老人会等でふるまわれている。

平成16年7月13日には、事業所・旧新庄町・水土里ネット新町の連携により、近隣の忍海小学校4年生を新町池に迎えて「農業土木・みんなの現場見学会(学習会)」を実施した。当日は梅雨明け宣言された暑い日であったが、新町池の東堤に昔からある「金比羅さんの森」を野外教室の場として利用することで、木蔭の涼しい風が吹き抜ける快適な環境の中で学習会を実施することができた。説明内容は「大和平野の農業用水の歴史」と題し、①大和平野のため池と吉野川分水、②新町池のため池改修工事について、カラーのパネル版を用い紙芝居風に説明をするほか、池を一周して、



写真-9 ソーラーパネルの設置状況



写真-10 幼稚園児の園外学習の状況



写真-11 農業土木・みんなの現場学習会の状況



写真-12 親水デッキでの学習状況(平成16年7月13日)

親水デッキやメダカの池、吉野川分水の流入工等各部所で説明を行った。学校側は、学習会の内容が学習教科に符合していることもあって当初から熱心に取り組み、当日は担任の先生はもちろん、校長先生にも出席して頂いた。前出の「金比羅さんの森」が、公園や池全体の景観・環境にやさしい演出をしている。やはり、緑の木々が環境に与える影響は大きい。この「金比羅さんの森」はクリーン作業中の休憩所や寄り合いの場所として、普段は地域住民の人々の安らぎの場所として利用されている。

### 21世紀土地改良区創造運動

「21世紀は心と環境の時代」①先祖からの贈り物である新町池を大切にしよう、②自然を大切に、みんな楽しく、心あふれる地域にしよう、との理念に基づき、水土里ネット新町では地域住民が一体となって21創造運動にも熱心に取り組まれている。(写真-13)

平成16年度「21世紀土地改良区創造運動大賞近畿地方選考委員会」(平成16年7月8日)において、奈良県代表として水土里ネット新町の理事と新町地区の区長を兼務している「上田又次氏」により「住みよい環境を目指した地域づくり活動」が発表され、その結果、これまでの活動が評価され「近畿地方大賞」を受賞した。

全国選考会においては、地域住民色が強すぎるのではとの印象・評価により受賞から外れることになった。しかし、こうした小さな土地改良区の運動も大切であり、小さな土地改良区も含め運動が広がっていくことが21創造運動の基盤となっていくのではないかと考えている。

### 水土里の環境創造懇談会

近畿農政局の水土里の環境創造懇談会の一環として、平成17年6月23日、大和平野地区を対象とした懇談会に委員5名が出席し、環境との調和への配慮の一事例として新町池の現地視察も行われた。

### その他の利活用

公園の遊具(写真-14)は、宝くじ助成による平成15年度コミュニテイ助成事業により購入されたもので、安全性に配慮したデンマーク製のもので採用していることもあって、母子連れなど多くの人が利用している。「親水階段と親水デッキ」(写真-15)は、魚・水生生物の観察や見学者の説明場所として利用されたり、夏は地元の人の夕



写真-13 平成16年度全国21創造運動選考委員会での表紙



写真-14 多目的広場の状況及び遊具



写真-15 親水階段護岸及び親水デッキの状況



写真-16 野鳥の飛来状況

涼みやビヤガーデンとして利用されている。

ため池改修工事の完成後から、堤頂通路は朝夕多くの人が散歩に利用しており、地域住民の交流の場ともなっている。池周囲の植栽による環境整備が実施された後は、さらに多くの人が散歩や散策に利用している状況である。また、冬にはカモ、チュウサギ等の野鳥が多く飛来している。(写真-16)

## 6. さいごに

新町地区の地域住民は、新町池で維持管理作業や様々な行事を行う中で、自分たちが構想したとおりに整備されたため池や公園の施設が完成した姿を眺めて、よくここまでできたなという満足感を味わっている。その中で、一番喜びを噛みしめているのは新町土地改良区の理事であり、新町地区の区長として、この地域づくり活動推進に向けて中心となって取り組んできた上田又次氏である。上田氏は教職(校長)に就いていた経験を生かしての企画調整能力に長け、人望も厚く、地域のリーダーとして希少な存在である。この上田氏のリーダーシップなくしてこの地域づくり活動の実現はなかったといっても過言ではない。地域住民参加型維持管理のケースとして、「行政発意による地域住民参加型維持管理」は他にも事例はあるが、新町池の事例は(リーダーシップによる)「地域住民発意による地域住民主導型維持管理」と呼ぶのにふさわしい。

上田氏は、「地域住民参加による維持管理活動が取り組まれている状況の中、地域環境への関心が高まり、住民の一人として連帯し協調していくことが住みよい環境を醸造していくとの意識が定着しつつあることを喜びたい。今後は先祖からの贈り物である新町池を大切に、「新町池を拠点とした住みよい環境を目指した地域づくり活動」の持続的促進を図り、名実ともに素晴らしい地域になることに気を引き締めて取り組んでいきたい。」と今後の抱負を述べている。

今後の課題は、上田氏が述べているとおり、地域づくり活動の持続的な促進を図っていくこと、すなわち、次世代へこの地域づくり活動を継承していくことが肝要であるが、新町地区は今後も更なる活動の推進に向けて頑張ってくれる地区だと確信している。

なお、これに関連して当事業所においては、大



写真-17 ため池クリーン作戦の状況



写真-18 小畑谷池の改修前の状況 平成15年12月

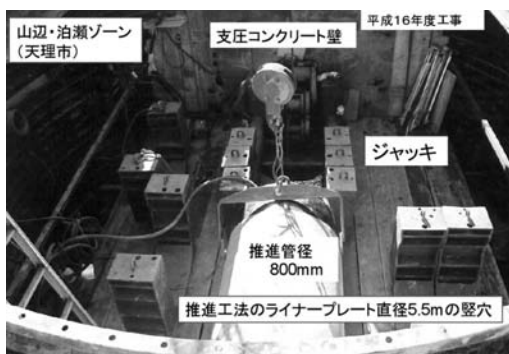


写真-19 久保山田上池の底樋の工事中(推進工法)の状況



写真-20 卑弥呼伝説の箸墓古墳と大池

和乎野地区で改修整備したため池等について「地域資源保全管理」の面からも、新町池で展開されているような活動の輪を大和平野のほかの市町村やため池に広げるべく、県耕地課・水土里ネット奈良・市町村と連携して平成15年度からモデルため池（2ヶ所）において、アンケート調査・ワークショップを行うほか、平成16年度から「ため池クリーン作戦」（写真-17）を実施するなど検討に取り組んでいるところである。

最後に、当事業所では、平成15年度から小学生を対象にした、ため池博士のため池研究サイト「イケQ」（<http://ikeq.jp/>）を開設している。イケQとは、ため池博士と子供（あすかちゃん、やまとくん）がいろんなため池や名所旧跡を探索して語り合う会話形式の読み物です。ため池をテーマにした子供用サイトは全国でも初めての試みであり、大人にも十分楽しんでもらえる内容になっているかと思ひます。学校教材として、またご家庭でも大和路の散策や行楽のガイドとして利用して頂ければ幸いです。

なお、開設当初の紹介ため池は21ヶ所であったが、平成15～16年度において紹介ため池を順次追加し、併せて内容更新をしている。

イケQで紹介しているため池は、大和平野に存在するため池で、大和平野地区の事業計画に上がっているため池やその他の有名なため池の中から42ヶ所を選び、ため池やため池周辺の歴史・文化などを紹介している。

また、イケQでは、大和平野を、北東部の「山辺・泊瀬ゾーン」、南東部の「飛鳥・藤原ゾーン」、南西部の「葛城・竹内ゾーン」、北中西部の「郡山・磯城ゾーン」の4つのゾーンに区分している。このイケQを見て頂いて、修学旅行等で有名な東大寺（大仏殿）など奈良公園周辺だけでなく、他のところへも下記のガイドを参考にして、近鉄電車等で足を伸ばして訪問して頂ければ幸いです。

①山辺・泊瀬ゾーン

○歴史最古の道「山の辺の道」を歩こう

近鉄天理駅→（天理市）天理教本殿→石上神宮→山の辺の道（古事記等に登場する日本最古の道）→小畑谷池（写真-18、改修前の「昔の底樋・中樋の状況」）→久保山田上池（写真-19、底樋の推進工法（特殊事例））→（桜井市）大神神社→「卑弥呼の墓伝説の箸墓古墳と大池」（写真-20、図-5）→近鉄桜井駅



図-5 卑弥呼像



図-6 藤原京復元模型図

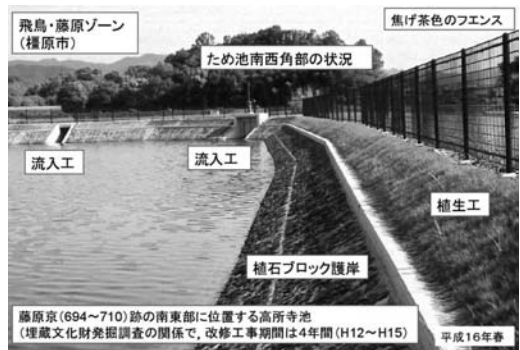


写真-21 高所寺池の改修後の状況

②飛鳥・藤原ゾーン

(歴史のロマンあふれる明日香村・橿原市)

- 近鉄橿原神宮前駅(橿原市)→藤原京跡(図-6、藤原京跡から大和三山(耳成山、天香久山、畝傍山)を眺める)→高所寺池(写真-21)→膳夫古池(NHKTVで紹介された「白鷺の舞い降りるきれいなため池」、ヨシ帯の保全:写真-22)
- 近鉄飛鳥駅(明日香村)→飛鳥大仏(日本最古の大仏)→飛鳥坐神社(あすかいます神社のおんだ祭り:西日本四大奇祭の一つ、毎年2月第1日曜日実施)→県立万葉文化館(万葉ミュージアム)万葉集を少し歩く!(「あしひきの山のしづくに 妹待つと 吾立ち濡れし 山のしづくに」(巻二・107、大津皇子)、ちなみに前出の二上山の雄岳の山上には大津皇子のものともみられる墓がある。)→岡寺(西国七番霊場)→国営飛鳥歴史公園(石舞台、高松塚古墳等)→明日香村・稲渚の棚田(あすかオーナー制度、秋の曼珠沙華・案山子祭り:写真-23)→甘樫丘へ登ると和田池、剣池が見える→大谷中池(写真-24、大谷中池の下流すぐ近隣にキトラ古墳がある)

③葛城・竹内ゾーン

- 近鉄田原本線箸尾駅(広陵町)→かぐや姫伝説の竹取公園(写真-25)。竹取物語の舞台は奈良県広陵町である。竹取公園は平成6年5月に開園された。ところで、かぐや姫はなぜ竹の中にいたのであろうか。この問いに答えられる人はなかなかのものである。まじめに働いてきた子供のない老夫婦へのご褒美として天が遣わした、というだけではない。なんと、かぐや姫は月の都で罪を犯したので一時期、人間世界に遣わされたのである。この地上は流刑の地であったのか。「声に出して読みたい日本語」齊藤孝から引用)→馬見丘陵公園(馬見古墳群)→古寺池
- 近鉄南大阪線當麻寺駅(葛城市(旧當麻町))→當麻寺の中將姫像(写真-26)「大和のモナリザ、中將姫伝説」、當麻寺は、推古20(612)年に聖徳太子の弟である麻呂子皇子が、河内に三論宗の寺として「萬法藏院」を創建したのがはじまりだとされる。千四百年前である。その後、当地に移転されて「當麻寺」



写真-22 膳夫古池の状況



写真-23 明日香村・稲渚の棚田



写真-24 大谷中池の改修後の状況



とされた。かつて當麻寺の本尊は、金堂に安置されている弥勒仏だった。しかし、平安期に浄土信仰が興ると、曼荼羅が本尊の役割を担うようになっていった。このもととなった「當麻曼荼羅(奈良時代作)」は「中将姫」という若き女性が、当時女人禁制だったこの寺で出家し、観音と阿弥陀の協力を得て一夜にして織りあげたといわれる。国宝に指定され、現在は寺の秘仏とされている。(「五木寛之の百寺巡礼ガイド版第一巻奈良」から引用)→新町池

④郡山・磯城ゾーン

○JR 関西本線大和小泉駅(大和郡山市)→慈光院(片桐貞昌(石州)が父(貞隆)の菩提を弔うために建立した寺院。臨濟禪宗大徳寺派。貞昌は茶道石州流の元祖、のち四代目將軍家綱の茶道師範となる。「侘び・寂び」の境地を表現した庭園と茶室は日本の名園のひとつに数えられている。→九頭上池(聖徳太子が築造したため池：写真-27)→椎木下池(新技術工法によるため池改修(写真-28))平成14年度施工、「大和平野池内堆積土のため池築堤材への利用に関する設計施工マニュアル」を平成15年度に取りまとめ



●當麻寺(曼荼羅堂) 奇跡伝説のヒロイン「中将姫像」が祀られている。今も多くのファンを魅了する「大和のモナ・リザ」

當麻寺に祀られる中将姫は、観音菩薩の加護により、蓮糸を使って、一夜でこの寺の本尊「當麻曼荼羅」を織りあげたという。

當麻寺の本尊は、「當麻曼荼羅」と呼ばれる織物、一種の絵である。寺の本尊は普通仏像や名号である。本尊がビジュアルな絵という寺は日本ではここだけらしい。

エロディヤウともいえる。魅力が何重にも浮かべた像である。五木寛之の百寺巡礼ガイド版第一巻奈良から引用

写真-26 中将姫像



九頭上池は、「聖徳太子」によって、615年頃に造られたと伝えられている。この池は、平成7年度に改修整備を実施し、併せて水環境整備事業(平成8年度～平成11年度)により、ため池周囲の整備が行われた。

このため池は、池周囲を「春夏秋冬」の4つの植栽ゾーンに区分し、色んな種類の樹の木(164種類)を主体として、他にも色んな木々が植栽されている。「構池」とも呼べるため池である。九頭上池の西方近隣に「慈光院」がある。

写真-27 九頭上池の改修後の状況



竹取物語:「いまは昔、竹取の翁といふもの有りけり。…三寸ばかりなる人、いとうつくうてあり。」おとぎばなしや伝承に現れた「かぐや姫」のお話は、天をつく青竹の群生と、その上に輝く満月のあるところ、全国に多数あります。しかし、平安時代初期に書かれた「竹取物語」の舞台のモデルになったところは奈良県北葛城郡広陵町(大和国広瀬郡取吉郷)であると、岩波・新潮社等の「竹取物語解説書及び学術書」には記されています。

写真-25 かぐや姫伝説の竹取公園



●新技術工法:従来工法で必要とされる土取増・土捨て増を縮減し、自然的・社会的環境保全に配慮したため池整備を行うことを目的としている。池内堆積土等を利用し、堆積土+水+固化材(セメント)+気泡剤を混合した改良土を築堤材料として有効活用する工法(平成14年度に椎木下池で施工)。本工法では、従来断面に階段断面を併せた構造断面を採用。当該場では前面型枠の代わりにL型構架を採用。

写真-28 新技術工法によるため池改修

# 会 告

## 1. 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。平成17年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

## 2. 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いただくようお願いいたします。併せて巻末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ついて、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

## 3. 「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

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。

原則として応募写真は返却しません。

採用された写真の著作権は、農業土木研究会に属します。

採否は、編集委員会で決定します。

採用された場合は薄謝を進呈いたします。

# 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5-34-4 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）を使用すること。

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（図表入り完成形）とともに電子データについてはMOディスク等にて提出すること。

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明確に指定しておくこと。写真・図・表は別途、鮮明な原稿、または電子データにて提出すること。なお、図表については白黒印刷においても判読できるように極力配慮しておくこと。

8. 原図の大きさは特に制限はないが、B4版ぐらいまでが好ましい。原図はトレーサーが判断に迷わないよう、はっきりしていて、まぎらわしいところは注記をされたい。

9. 文字は明確に書き、特に数式や記号などのうち、大文字と小文字、ローマ字とギリシャ文字、下ツキ、上ツキ、などで区別のまぎらわしいものは鉛筆で注記しておくこと。

たとえば、

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O (オー) と 0 (ゼロ)

a (エー) と  $\alpha$  (アルファ)

r (アール) と  $\gamma$  (ガンマ)

k (ケイ) と  $\kappa$  (カッパ)

w (ダブルユー) と  $\omega$  (オメガ)

x (エックス) と  $\chi$  (カイ)

1 と (イチ) と l (エル)

g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と  $\varepsilon$  (イプシロン)

v (ブイ) と  $\nu$  (ウプロシン)

など

10. 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。

11. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさけ、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。

# 農業土木技術研究会 会員の募集

## 1. 創立30周年を迎えた「農業土木技術研究会」

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。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても、平成11年度には設立30周年を迎えた歴史ある研究会です。

### 〈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

## 2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

本研究会は、時代のニーズを反映した事業の円滑な推進に必要な技術力の向上のため、農業農村整備事業の計画・設計・施工事例や技術的検討内容などの現場技術情報の発信と交流を一貫して展開しています。

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「水と土」を年間4回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

## 3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

21世紀を迎え農業・農村の位置付けがますます重要になっている今日、本研究会に入会いただき、その振興の基礎となる「農業土木技術」に根ざした研究会の活動を支えて頂ければ幸いです。会費は2,300円です（会費は51年度より据置）。

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。

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

## 入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： \_\_\_\_\_

職場・所属： \_\_\_\_\_

職場住所（会誌送付先）：〒 \_\_\_\_\_

電話番号 \_\_\_\_\_

問い合わせ先：農業土木技術研究会 事務連絡 大平  
〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4  
農業土木会館内 TEL 03(3436)1960  
FAX 03(3578)7176

# 「水と土」通信

FAX宛先：農業土木技術研究会 大平：03-3578-7176

★「水と土」をより充実したものとするため、下記様式であなたのご意見をお寄せ頂ければ幸いです。

1. 本号（142号）で興味をもたれた報文について記載下さい

報文タイトル：\_\_\_\_\_

興味を持たれた具体的内容  
\_\_\_\_\_

2. 本号の編集についてご意見をお聞かせ下さい  
\_\_\_\_\_

3. とりあげて欲しいテーマなど本誌に対するご意見やご要望をお書き下さい  
\_\_\_\_\_

所属：\_\_\_\_\_

氏名：\_\_\_\_\_

## 編集後記

「情」の管理、「知」の管理という言葉がある。とある芥川賞候補作家の著書の中で、両者のバランスの大切さを説いているが、実に言い得て妙である。流行りの例えで言えば、生まれながらにしての「情」の管理で人心を掌握した源義経に対し、兄頼朝は、組織運営のため、ひたすら「情」を隠し「知」の管理を駆使したといったところか。後に頼朝は鎌倉幕府を開き、武士の棟梁の座に就いたが、息子達は悲運を辿り、北条家の執権支配となったところ、兄弟ともに「情」と「知」の管理を完全調和させたとは必ずしも言えないだろう。

さて、およそ管理される身分ではあるが、農林水産本省という何とも肩の凝るところに長くいると、いろいろな上司に出会うたび、如何にしてそのバランス感覚を磨くべきか、否、自然と身に付くよう普段からの行いに深慮すべきか考えさせられることが多い。幸い？温故知新のとおり、先人には優れたトップリーダーがいた。農政改革の成功者としても名高い上杉鷹山もその一人である。彼は、疲弊した米沢藩を再建するため、柔軟な思考と果敢な行動力により、従来になかった改革を断行したが、同時に、徳というシュガーコートをまぶした。しかもその徳は、彼の生来のものであり、他人への労り・思いやりにあふれていた。世の中が多角化し複雑化すると、ものごとが思うように進まず、他人を責めたり、状況のせいにしたがる輩が多いが、彼は、率先垂範してそれを突破したのである。組織の管理のみならず、事業の管理にも通用するこうした姿勢を鑑みるに、いやはや、

少しでも近づきたいリーダーの像である。

翻って、農業水利施設等の適切な更新・保全管理である。新たな基本計画では、農業用水を適切に供給するため、基幹から末端まで一貫した用水供給機能・排水条件を確保するとしたが、この際、いわゆる予防保全を通じ、施設等の長寿命化を図ることとされた。また、社会共通資本としての農地・農業用水等の資源についても、保全管理施策の構築が求められている。正直、私には、これら保全管理の有機的つながりを理路整然と説明することは難しい。ましてや、それを実現するための手段として何が最適であるのか、明快な考えは持ち合わせていない。しかし、施設の機能診断しかり、性能設計しかり、前者については「知」の管理が適当であると思われる。また、多様な主体の参画による後者については、「情」の管理を基本とすべきではないだろうか。そして、それらを巧みに融和させて。

現在、農村振興局では、平成19年度からの必要な資源保全施策の導入に向け、農地・農業用水等の資源保全施策検討会において有識者による多角的な議論を行っている。是非とも地域の実情に応じ、「情」と「知」の管理のバランスが保たれるよう、複眼の思考に基づいた検討がなされることを期待したい。

最後に、夏目漱石「草枕」の一節より。「智に働けば角が立つ、情に棹されれば流される。意地を通せば窮屈だ。とくに人に世は住みにくい。」

(水利整備課 廣川)

## 水と土 第142号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

農業土木技術研究会

TEL 03(3436)1960 振替口座 00180-5-2891

一世印刷株式会社

TEL 03(3952)5651