

# 水と土

No. 165

2012  
March

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



① 扉体主桁板厚測定



④ 3Dレーザー計測



② 小スペース除塵施設



⑤ 亀裂変位計



③ 岡島頭首工



⑥ 温水ため池 (北海道)

# 水と土

## Contents

2012 MARCH No.165

◆報文内容紹介 .....	3
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて .....	5
□巻頭文	

地域の絆を再構築する小水力発電	渡邊光邦 .....	8
-----------------	------------	---

### □報文

#### キーワード

河川協議	河川協議を再考する	堀畑正純 .....	10
機能診断	鹿山排水路における機能診断結果と対策工法について	堀内 隆・國見圭嗣 .....	14
模型実験	夏 <sup>げとう</sup> 油頭首工魚道模型実験	秋本雅幸 .....	22
機能診断	機能診断に基づくゲート改修事例 - 国営両総土地改良事業における篠本堰ゲート改修計画について -	鈴木元和・永井安市 .....	30
除塵施設	小スペースにおける除塵施設の新たな取り組み	平本雅志・高橋市朗 .....	38
耐震対策	岡島頭首工の耐震対策の検討について	川崎 学 .....	43
機能診断	三次元レーザー形状計測の機能診断への適用と効果の実証	森上浩伸・石山明彦・谷口尚道 .....	53
用水計画	香川用水における用水計画の見直し	末吉 修・安永 功・亀高 巧 .....	59
ダム	フィルダムの管理区分の移行	松田貢一・巽 勝弘・溝口恵美子・吉田貴司 .....	64
機能診断	群馬用水の水路トンネルの機能調査と評価について	曾我 力 .....	71

### □歴史的な土地改良施設

地域に愛されて - ため池百選 美幌温湯ため池の紹介 -	西野敏朗 .....	79
------------------------------	------------	----

### □技術情報紹介

平成23年度農業土木技術研究会研修会レポート 「農業水利施設に関する防災・減災対策」	編集事務局 .....	85
---	-------------	----

◆会告 .....	93
◆投稿規定 .....	94
◆入会案内 .....	95

- 表紙写真●
- ① 報文「機能診断に基づくゲート改修事例 - 国営両総土地改良事業における篠本堰ゲート改修計画について -」より (P.31)
  - ② 報文「小スペースにおける除塵施設の新たな取り組み」より (P.42)
  - ③ 報文「岡島頭首工の耐震対策の検討について」より (P.44)
  - ④ 報文「三次元レーザー形状計測の機能診断への適用と効果の実証」より (P.55)
  - ⑤ 報文「群馬用水の水路トンネルの機能調査と評価について」より (P.76)
  - ⑥ 歴史「地域に愛されて - ため池百選 美幌温湯ため池の紹介 -」より (P.79)



# 水と土 第165号 報文内容紹介

## 河川協議を再考する

堀畑正純

東北農政局管内で農業用水の不適切な取水が問題となった。その原因は①前倒し等の営農の変化、②水路点検用水という新たな水需要、③取水施設や取水量観測施設の制度の問題、④取水施設の構造上の問題、⑤水利使用者、取水管理者の法令順守意識の欠如などである。本報告では、このうち水利権の見直しが必要となる①、②について、東北管内での河川協議上問題となっている「基準濁水流量」や「包括最小流量」に視点を置き、今後の河川協議について再考する。

(水と土 第165号 2012 P.10 企・計)

## 鹿山排水路における機能診断結果と対策工法について

堀内 隆・國見圭剛

国営草地開発事業上陸別地区で造成された鹿山排水路において、平成19年度に機能診断調査を実施したところ、積ブロック水路護岸の前傾が確認された。その前傾要因を特定したところ、凍上に起因する可能性が高いと判断された。

本報では、対策工法検討のために行った劣化メカニズムの調査と積ブロックに対して凍上対策を行った工法及び試験施工後のモニタリング状況について、報告するものである。

(水と土 第165号 2012 P.14 企・計)

## 夏油頭首工魚道模型実験

秋本雅幸

和賀中部農業水利事業の施設である夏油頭首工の改修工事を行うにあたり、魚道の新設を行うことになった。

今回採用する「傾斜導壁型」魚道について、流速分布に幅があり水位変動しても寒流流速が確保され、排砂機能にも優れている魚道形式であるが、施工事例が少ない。採用に当たり模型実験を行った。

(水と土 第165号 2012 P.22 設・施)

## 機能診断に基づくゲート改修事例 —国営両総土地改良事業における篠本堰ゲート改修計画について—

鈴木元和・永井安市

利根川を取水源とする両総用水は、千葉県九十九里浜沿岸地域の17,970haの農地をかんがいしており、昭和40年度に完成した。

篠本堰は、その幹線水路の自然河川利用区間に位置する造成後40年経過した頭首工であるが、今回の事業で、新たに建設される栗山川統合機場(受益面積1,270ha)の取水堰として活用することとなったため、機能診断を行い、経済的な改修計画を策定した。

(水と土 第165号 2012 P.30 企・計)

## 小スペースにおける除塵施設の新たな取り組み

平本雅志・高橋市朗

石川県白山市の南部に位置する中山間地域の農業用水取水口では、頻繁に起こるスクリーンの目詰まりが、地元の方々の維持管理において多大な負担となっていた。そこでスペース的に余裕のない現場に合わせた形で、電気モーターで稼働する流水の力を利用した除塵施設を設置することで、新たな維持管理費を抑えつつ地元の方々の負担の軽減を図った。

(水と土 第165号 2012 P.38 企・計)

## 岡島頭首工の耐震対策の検討について

川崎 学

当地区の岡島頭首工は、前歴事業である国営かんがい排水事業「西濃用水土地改良事業」により造成され、約36年が経過し老朽化が進行していることから国営かんがい排水事業「西濃用水第二期土地改良事業」において局所的な改修及び耐震補強を実施することとしている。

本報では、岡島頭首工の耐震対策の検討内容及び耐震対策工法について紹介するものである。

(水と土 第165号 2012 P.43 設・施)

## 三次元レーザー形状計測の機能診断への適用と効果の実証

森上浩伸・石山明彦・谷口尚道

東播用水地区大川瀬導水路のサイホン・水路トンネルを対象として、三次元レーザー形状計測により施設に生じる外力の方向性を捉える等により変状原因を推定し、これを踏まえて地質調査等を効率的に実施することにより変状原因の特定に至った事例について紹介。

(水と土 第165号 2012 P.53 設・施)

## 香川用水における用水計画の見直し

末吉 修・安永 功・亀高 巧

香川用水は国営事業完了後30余年を経過し、用水路の老朽化と共に受益面積減少や営農形態の変化により水利利用形態が大きく変化。

このため幹支線水路の更新整備と併せて、水利利用実態に即した用水計画への見直しを進めている。本報告は、受益面積が減少した他地区でも参考となる用水計画諸元値の変更とその考え方について報告する。

香川用水当初計画の減水深は他地区の1/2程度しかなく、この減水深は計画当時に実施されていた輪番かんがい下で実測されたものであり、香川用水通水後の輪番かんがいの緩和によって減水深が増加するシナリオを仮定し、実測データを基にその妥当性を検証。また当初計画は、田植えを人力で行うことを前提にしており、現状の機械移植に対応出来ていないためかんがい日数の延長についても考察。

(水と土 第165号 2012 P.59 企・計)

## フィルダムの管理区分の移行

松田貢一・巽 勝弘・溝口恵美子・吉田貴司

土地改良施設管理基準「ダム」によれば、フィルダムにおける管理区分を2期から3期へ移行するに当たっては、漏水量、変形、浸潤線が長期的に安定している（定常状態に達している）ことが判定の目安とある。本報は、国営曾於東部地区の中岳ダムにおける管理区分を2期から3期へ移行するにあたって、2008年7月から2010年8月までの約2年間の間隙水圧、変位、浸透量のデータを整理分析した事例報告である。

（水と土 第165号 2012 P.64 設・施）

## 群馬用水の水路トンネルの機能調査と評価について

曾我 力

施設機能調査を進めているなか、幹線水路のトンネルにおいて、覆工コンクリートにひび割れ等大きな変状が確認された。この変状が更に進行した場合、トンネル崩落等の危険性が高まり、用水の供給に甚大な影響を及ぼすこととなることから、その後詳細な変状状況や周辺地盤の状態を把握する調査を行い、トンネルの機能状態を評価したものである。

（水と土 第165号 2012 P.71 設・施）

### <歴史的土壌改良施設>

#### 地域に愛されて

—ため池百選 美幌温水ため池の紹介—

西野敏朗

昭和45年に道営温水施設事業により完成した、美幌温水ため池は、満水面積93,076㎡の日本最東端の温水ため池と言われています。現在このため池は、イトトンボ等の昆虫類やヤチウグイ等の魚類、各種植物の希少種を含むビオトープとしての空間が形成され、豊かな生態系は地域の人の憩いの場としても知られ親しまれるとともに、様々な市民活動の拠点となっています。

（水と土 第165号 2012 P.79）

# 会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて

## 1. Web 検索サービスの開始

農業土木技術研究会の会員サービスの一環として、平成20年6月よりWeb上で「水と土」の検索サービスを行っております。平成24年3月現在、第1号（昭和45年）から第156号までの各号を検索・閲覧することができます。

## 2. アクセス

全国農村振興技術連盟のホームページ（<http://www.n-renmei.jp/>）の「水と土」のコーナーから、もしくは直接、検索サービスページ（<http://mizutotuti.jp/>）を開いて下さい（図-1）。

以下のトップ画面の「ログイン」をクリックし、ユーザー名（U）及びパスワード（P）を入力（図-2）して「OK」をクリックすれば、検索画面（図-3）が立ち上がります。

なお、パスワード等は、不定期に変更する場合がありますので、入力する際は最新号をご覧ください。

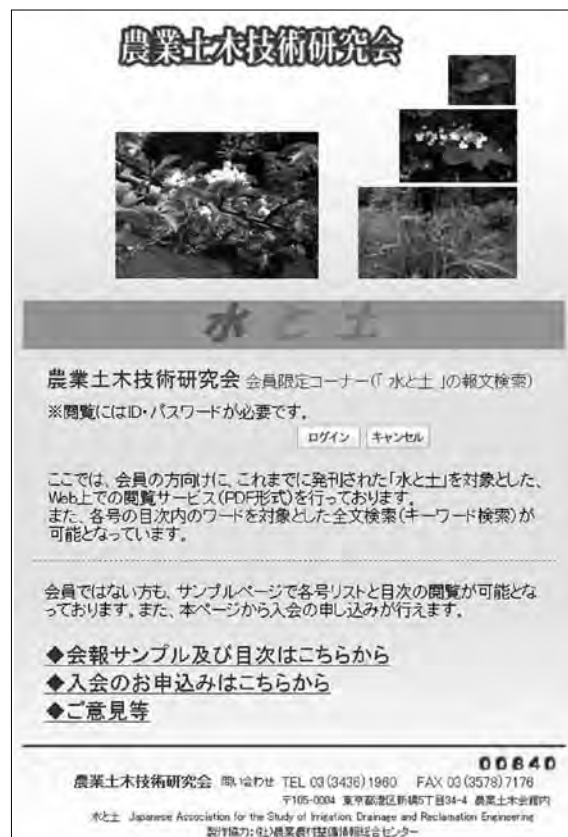


図-1



図-2

**水と土**

ご覧になるには、アドビシステムズ社が配布しているAdobe Readerが必要です(無償)  
 Adobe Readerをインストールすることにより、PDFファイルの閲覧などが可能になります。

年	図書名	項数	PDF(Mb)	目次内検索
平成18年	<a href="#">水と土 第144号</a>	120	14.9	<a href="#">目次</a>
平成17年	<a href="#">水と土 第143号</a>	84	12.9	<a href="#">目次</a>
~~~~~				
昭和45年	<a href="#">水と土 第2号</a>	68	6.69	<a href="#">目次</a>
昭和45年	<a href="#">水と土 第1号</a>	80	6.41	<a href="#">目次</a>

[ページTOPへ](#)

---

**農業土木技術研究会**    問い合わせ TEL 03(3436)1960    FAX 03(3578)7176  
 〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34-4 農業土木会館内  
 水と土 Japanese Association for the Study of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering  
 製作協力: (社)農業農村整備情報総合センター

図-3

### 3. 検索

#### (1)一覧からの選択

一覧の「図書名」をクリックすると当該号が全てPDFファイルで表示されます。

また、「目次」をクリックすると、当該号の目次が表示されます。

#### (2)全文検索

目次内検索をクリックすると「目次内全文検索」の画面が立ち上がります(図-4)。

ここでは、全文検索機能を使い、各号「水と土」の目次内にあるキーワードを手がかりに、自分が探したい報文などの抽出を行います。

検索方法は以下のとおりです。

**農業土木技術研究会 会員限定コーナー**

**「水と土」目次内全文検索システム**

現在、144 の文書がインデックス化され、6,347 個のキーワードが登録されています。  
 インデックスの最終更新日: 2007-11-22

---

検索式:   [\[検索方法\]](#)

表示件数:  表示形式:  ソート:

図-4

①単一単語検索

調べたい単語を一つ指定するだけの最も基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

ある単語とある単語の両方を含む文書を検索します。検索結果を絞り込むのに有効です。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に and を挿入します。

例：ダム and 工法

andは省略できます。単語を空白で区切って羅列するとそれらの語すべてを含む文書をAND検索します。

③OR検索

ある単語とある単語のどちらかを含む文書を検索します。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に or を挿入します。

例：ダム or 工法

④NOT検索

ある単語を含み、ある単語を含まない文書を検索します。3つ以上の単語を指定することも可能です。単語と単語の間に not を挿入します。

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

トップページの「[入会の申し込みはこちら](#)」をクリックすると入会案内・手続きのページが表示されます。

ここでは、入会申込みフォームを使ってWeb上での入会申し込みが出来るほか、FAX・郵便の申込用紙をダウンロードすることが出来ます（PDFファイル）。

**水と土**

農業土木技術研究会 入会申込み

**年会費・発行等**

- 年会費2,300円/1人
- 会誌「水と土」年間3回発行（年度：4～3月）
- 「水と土」バックナンバー閲覧（検索システム）

**申込み**


農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

入会申込みフォームにて

FAX・郵便にて (PDF)

各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

PDF形式のファイルをご覧になるには、アドビシステムズ社が配布している Adobe Readerが必要です  
(無償)Adobe Readerをインストールすることにより、PDFファイルの閲覧などが可能になります



**連絡先・申込み先**

農業土木技術研究会 TEL 03 (3436) 1960 FAX 03 (3578) 7176  
〒105-0004 東京都港区新橋5丁目34-4 農業土木会館内

図-5



## 地域の絆を再構築する小水力発電

渡 邊 光 邦\*  
(Mitsukuni WATANABE)

東日本大震災と福島第1原発事故により、多数の人命が奪われ、人々の日常的な生業、地域のコミュニティや膨大な社会インフラが失われて1年が経過した。亡くなられた方々に対し、哀悼の意を表するとともに、被災されました皆様に心よりお見舞い申し上げます。

世界を震撼させた福島第1原発事故は、我が国におけるエネルギー供給のあり方に深刻な影響を与えた。国民の関心が大きく再生可能エネルギーに向き、省エネルギーの徹底とともに、大規模集中型のエネルギー供給体制への依存から自立分散型エネルギー供給体制へ転換していくことに一段と注目が集まっている。それは、エネルギー自給率がわずか4%にすぎない我が国の社会システムそのものの変革を求めることでもある。

昨年10月、「我が国の食と農林漁業の再生のための基本方針・行動計画」が決定した。戦略の一つは「エネルギー生産への農山漁村の資源の活用を促進する」である。太陽光、風力、水力、バイオマス、地熱など再生可能エネルギーを活用し、自立分散型エネルギーシステム（スマート・ビレッジ）を形成し、農山漁村の再生を目指す戦略である。エネルギーの国産化、「地域からエネルギー」という新たな「地域特産」を生み出すことだ。

平成15年から、電気事業者に対して、販売する電力量に応じて、太陽光、風力、水力（出力1000kw以下）、バイオマス、地熱により発電された電気を一定割合利用するよう義務付けるRPS制度が始まったが、買い取りのほとんどが相対取引であること、指標となる取引価格がないこと、買取価格が低いことなどから、これらエネルギーの普及は不十分であった。そこで、昨年8月、「電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法案」が成立し、本年7月から再生可能エネルギー源を用いて発電された電気を、電気事業者が一定期間・価格で買い取ることを義務付ける固定価格買取制度が始まる。対象となる水力は出力3万kw未満の中小水力発電まで拡大され、発電量全量が買い取りとなる。水力などによる「創エネルギー化」が一段と進むことが期待される。

豊富な水資源に恵まれた我が国では、歴史的にも水力との付き合いが長い。今では珍しくなってしまった水車は全国どこでも見られたものだ。したがって、河川や用水路のわずかな落差を利用する小水力発電のポテンシャルは高い。環境省の「平成22年度再生可能エネルギー導入ポテンシャル調査報告書」によると、先人が築き上げた全国で約40万kmもある農業用水路での導入ポテンシャルは約30万kw、全量固定買取制度を想定した場合は16~24万kwと推定されている。

稼働期間中に投入されるエネルギーに対する発電によるエネルギー創出の倍率を表す「エネルギー収支比：EPR（Energy Payback Ratio）」という指標がある。欧州小水力発電協会の試算では、小水力のEPRは80~100と、太陽光の3~5、風力の10~30と比べて格段に高く、環境負荷・エネルギー密度に対する小水力の優位性が示されている。小水力発電は発電規模の割に初期投資は大きいとされるが、適切な維持管理により長期稼働が可能だ。現に、明治期から100年以上稼働している発電も見受けられる。もっと小水力発電に注目すべきであろう。

小水力発電を如何にして長期利用していくか。地域資源の特性を十分見極めた上で、「共」による担い手づくりが必要だ。水利共同体として機能していた農村は、混住化、高齢化の進行等により、農への関わり方の変化とともに水との関わりが薄くなってしまった。水路が単に農業のための用水を流すという局所的、特定の社会資本であれば、水と水路の価値を共有する人は限定され、「共」の意識は縮小する一方だ。

農業用水路に地域オーナーシップによる「創電」という価値が付けば、水と水路の価値を共有する意識は拡大し、水と水路は広域的、不特定の社会資本となる。水路からエネルギー路へ、田と電、「共」の受け皿は拡がり、農業からも水からも遠くなった人の関係をより近くへと引き戻すことができる。エネルギー路の「絆」は、地域住民を「創電」の担い手として結束させ、地域による持続可能な水利を可能とする。新たな水利による「共」が見えてくる。

山梨県都留市では、市民から建設費を募るミニ公募「つるのおんがえし債」を発行し、江戸時代に開削された農

\*東海農政局整備部次長

業用水を利用した「市民発電所」を建設し、「小水力発電のまち（アクアバレーつる）」として地域振興を推進している。この発電所は市が先頭を切って主導し、市民が協力することで実現した。地域の人々が一致団結し、市民参加型で小水力発電に取り組む姿は自然エネルギー基盤の社会システムへ転換する第一歩である。

新たな土地改良長期計画の検討においても、農村の協働力や地域資源の潜在力を活かしたコミュニティの再生が政策課題だ。「地域の主体性・協働力を活かした地域資源の適切な管理」と「小水力発電等の自立分散型エネルギーシステムへの移行と美しい農村環境の再生・創造」が目標となる。

自立分散型エネルギーシステムを定着させるため、発電・送電分離による送電網のあり方の検討も必要であろう。まずは、省エネルギー努力を積み重ね、分散型の担い手となる民間組織、行政、地域住民が一体となったコミュニティの構築が重要である。小水力発電導入は単なるエネルギー源としてだけでなく、地域社会に根付いた「絆」の再生を目指したい。水車のある農村は日本の原風景である。

# 河川協議を再考する

堀 畑 正 純\*  
(Masazumi HORIHATA)

## 目 次

はじめに .....	10	4. 水路点検用水の水利権上の扱い .....	12
1. 基準渇水流量の取り扱い .....	10	5. 包括最小流量と多点取水 .....	12
2. 水路点検用水 .....	11	6. 営農の変化途上への対応 .....	13
3. 水路維持用水の必要量の考え方 .....	12	おわりに .....	13

## はじめに

東北農政局管内で農業用水の不適正な取水が問題となった。きっかけは、非かんがい期における取水施設の操作精度の不十分さに起因したわずかに0.046m/secの超過取水とその報告のまずさであった。そこから西奥羽管内（山形、秋田県内全域）に広がった後、東北6県全体に及び、更に全国まで波及した。この場を借りて、全国までご迷惑をおかけしたことをお詫びする。

東北管内の不適正な取水の原因は、大きく①前倒し、後ろ倒しといった営農の変化、②「水路点検用水」と呼ばれる新たな維持管理的な用水需要の発生、③取水施設や取水量観測施設の精度によるもの（操作

精度が不十分なため超過取水となったものなど）、④取水施設の構造によるもの（非かんがい期のわずかな水利権量を取水できる構造でなかったなど）、⑤水利使用者、取水管理者としての法令遵守意識（水利権水量を守る、適正な取水量報告を行う意識）の欠如などである。

このうち③から⑤は、これまでの河川協議が水利権の許可を得れば終わりといった傾向があったことに起因する。許可された取水量を適正に守り、きちんと報告をする、事故取水が発生すれば即座に報告する、是正措置を考える、といった姿勢が不十分であった。また、取水量を的確に把握できるとは思えないような場所に水位観測施設を設置したり、取水施設の構造上の最小取水可能量と最小水利権量との齟齬を考慮した河川協議が行われていなかったことに気付かされた。私も含め、これまで河川協議に携わっていた者として反省しなければならない。

一方、①や②については水利権の見直しが必要であり、取水期間において安定的に取水可能か検討することとなる。その際、問題となる基準渇水流量や包括最小流量等について、東北管内での河川協議状況やこれまでの河川協議の経験も含め論じたい。

## 1. 基準渇水流量の取り扱い

基準渇水流量とは、年間を通じて355日下回らない渇水流量のうち、過去10年間の最小流量である。河川協議では、この流量から既得水利権量及び河川維持流量を除いた水量の範囲内で安定水利権を確保することとされている。（図-2）

基準渇水流量を365日全期間において下回らないよう取水制限することは、東北のように季節的に河川流量の差が大きい地域にとっては、水利用の自由度が生かされないのではないだろうか。前倒しに必要な水や

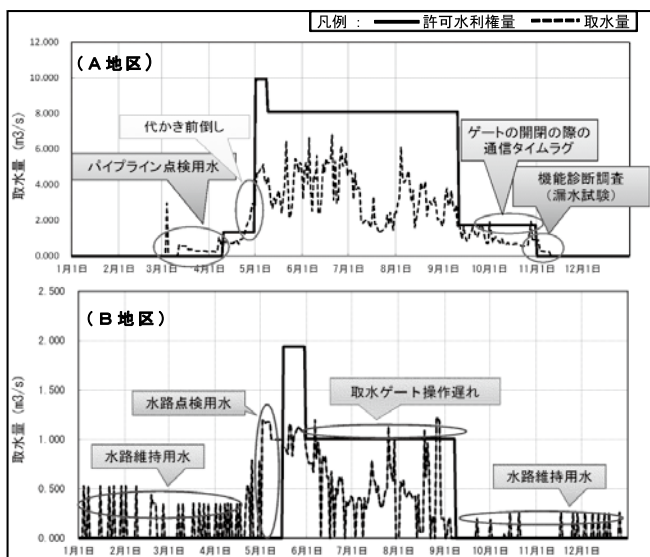


図-1 不適正な取水の例

\*東北農政局整備部

(Tel. 022-221-3807)

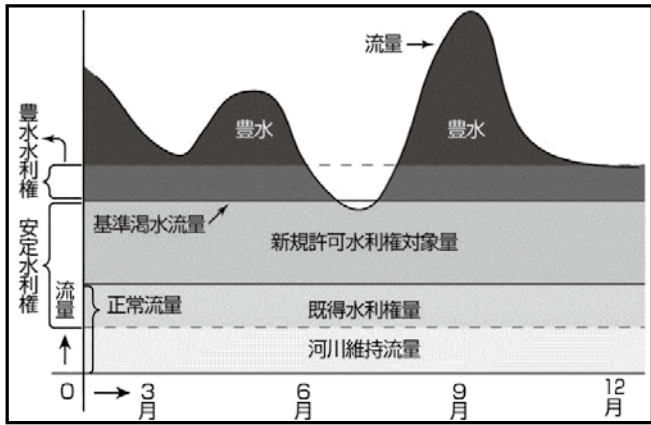


図-2 基準渇水流量と安定水利権の関係

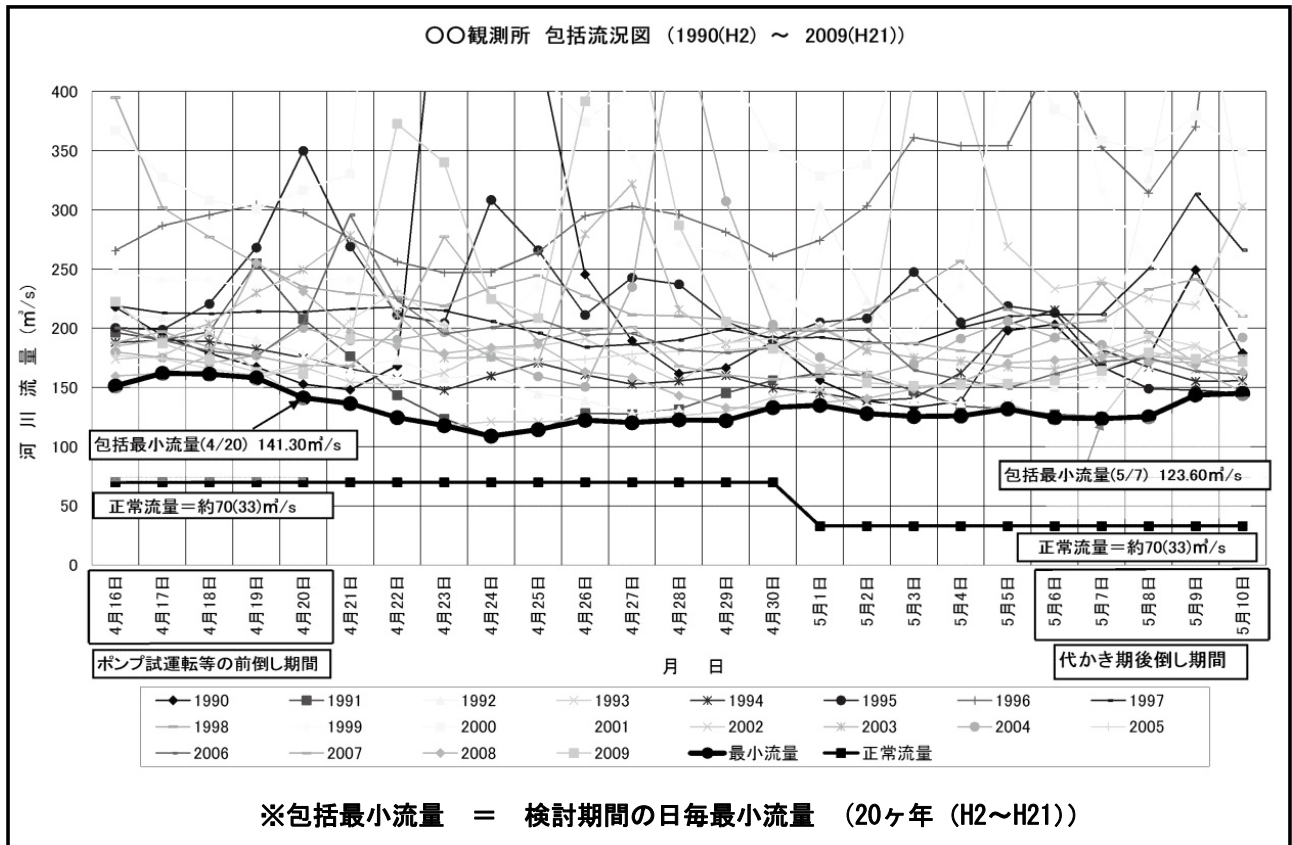
水路点検用水が必要となる雪解け時は、河川にあふれんばかりに水がある。また、必要取水量を取水して基準渇水流量を下回る日が発生するのは夏場や冬季である。すなわち、雪解け時に前倒し用水や水路点検用水を取水してもこの期間に基準渇水流量を下回ることはいずれも、水利用実態上基準渇水流量を下回る日は増えない。

このため、東北地方整備局独自のルールとして、取水期間（日毎）における20年間の河川最小流量（いわゆる「包括最小流量」（図-3））で、基準渇水流量を下回らない範囲で取水可能であれば、水利権として認めることとしている。

ただし、この場合でも、①取水地点の上・下流基準点間に存する既得水利権者の同意を得ること、②関係する既得水利権者から今後同様の用水を要求されても問題とならないよう、これら既得水利権者が同様の用水を取水しても基準渇水流量を下回らないことという二重の許可条件を求められている。しかし、この2つの条件は、既得水利権の権利保護の観点からは重複しており、①の既得水利権者の同意があれば②までは不要、また②まで確認できれば①は不要と考える。現在、東北局における河川自流からの前倒しや水路点検用水を確保する場合は、基準渇水流量ではなく、包括最小流量で協議しているが、上記の許可条件まで求められるのであれば、例えば、20年の第2位の包括最小流量（1/10渇水流量相当）で許可を得ることや既得水利権者の同意の簡素化等について協議できないかと考える。

## 2. 水路点検用水

今回の不適正な取水の原因の中で、新たな水需要として確認されたのが水路点検用水である。これは、農業水利施設の老朽化に伴い、春の取水前に水路からの漏水や揚水ポンプ施設の点検に必要な水である。これとともに、水路点検用水は、水路内に堆積した土砂や藻などをフラッシュして排除する水としても求められている。



※包括最小流量 = 検討期間の日毎最小流量 (20ヶ年 (H2~H21))

図-3 包括最小流量の検討事例

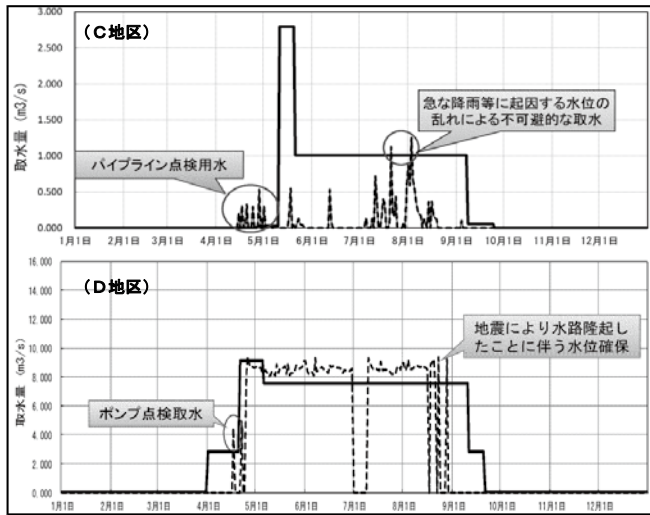


図-4 水路点検用水による不適正な取水の例

現在、パイプラインや用水ポンプの水路点検用水については必要性が認められ、水利権として確保される見込みであるが、開水路の水路点検用水は難航している。開水路の水路点検用水の必要量は、点検に必要な水というより、土砂等のフラッシュに必要な水量として協議している。このような考え方はこれまで非かんがい期の水路維持用水を確保する際に用いており、開水路においては水路点検用水と水路維持用水の概念が似通っている。その背景には、過去の河川協議で非かんがい期の水利権を失った地区や水路維持用水として非かんがい期の水利権を確保できなかったという背景がある地区もある。すなわち、水路維持用水として非かんがい期全体で水利権を確保できない場合に、取水期間を限定して水利権確保を図るものが水路点検用水とも言える。東北管内では開水路の水路点検用水について、フラッシュに必要な流速（0.7m/sec）以上を確保するのに必要な水量等として協議している。

### 3. 水路維持用水の必要量の考え方

平成9年の河川法改正、これは河川法の目的に「環境」が位置付けられた改正である。この際に農水省と当時の建設省の4室長間で結ばれた覚書において、「地域のいわゆる環境用水等のための水利使用については、かんがいのための水利使用とあわせて、一体的な農業水利権として、河川法第23条の許可の対象となり得る」とされた。その後、環境用水等の取得に関するガイドラインづくりやモデル調査地区での実証試験が試みられた。当時、地域用水的機能を発揮するための用水は、実態上水路維持用水として認めてきており、改めて地域用水として許可しなくても実態上問題ないのではないかと議論があった。このことは、フラッシュに必要な流速（0.7m/sec）以上を確保する水量で認められてきた水路維持用水には、地域用水も含まれていることを意味する。

近年、河川管理者から、維持管理用水として0.7m/secという流速が実際にフラッシュに必要なか、現場で実証させられる場合がある。一方、農政局サイドでも、維持管理用水の根拠が河川協議上のものであり、現場の実態とは違うことを十分認識せず、フラッシュに必要な水として他地区との整合上流速0.7m/secに固執した協議を行い、同流速による必要水量が安定取水できなければ、水利権取得することをあきらめている面もある。

地域用水を農業水利権と一体的な水利権として取得する取り組みはその後あまり進んでいないようである。当時の議論では、慣行水利権の中に地域用水機能があったものが許可化に際し喪失した場合や現に地域用水機能を有する農業水利権においては、地域用水を考慮した水利権確保は可能であるが、地域用水として現在の水利権量を増やす場合は、農業水利権として取得するのは困難ではないかとの考えがあった。

このような過去の議論を踏まえると、水路維持用水については安定取水可能な水量の範囲で水路維持用水としての農業水利権を取得した上で、市町村が防火用水、消流雪用水としての豊水水利権を取得する、これにより地域で必要な用水をトータルとして確保することで農家、地域住民に応えることが可能ではないだろうか。

### 4. 水路点検用水の水利権上の扱い

新たな水路点検用水の河川協議において、開水路の場合、特定の地区のみ必要という整理はできないとの見解が河川管理者から示されている。一方、要求する側としても、開水路では必要水量が地区ごとに異なり、定量的な基準で整理することが困難な面もある。

そもそも水路点検用水は、施設の老朽化に伴いその老朽度合いに応じて必要が生じたものであり、また施設が更新されれば必要なくなる場合もある。また、開水路の場合、水路点検用水は地域用水のように非消費性の水でもある。

このような水路点検用水については、かんがい目的の水利権のように、安定的かつ恒久的な水利権として確保する必要はないという考え方もあるのではなかろうか。パイプライン以外の水路点検用水については、豊水を条件に臨時的な取水として許可することで、地方局間で整理できないものかと考える。

### 5. 包括最小流量と多点取水

同一受益で2つ以上の取水口から取水することを「多点取水」という。水利権取得に当たっては、多点豊水でなく多点安定となるよう、例えば、取水口ごとの受益を期別固定するなどして河川協議が進められる。

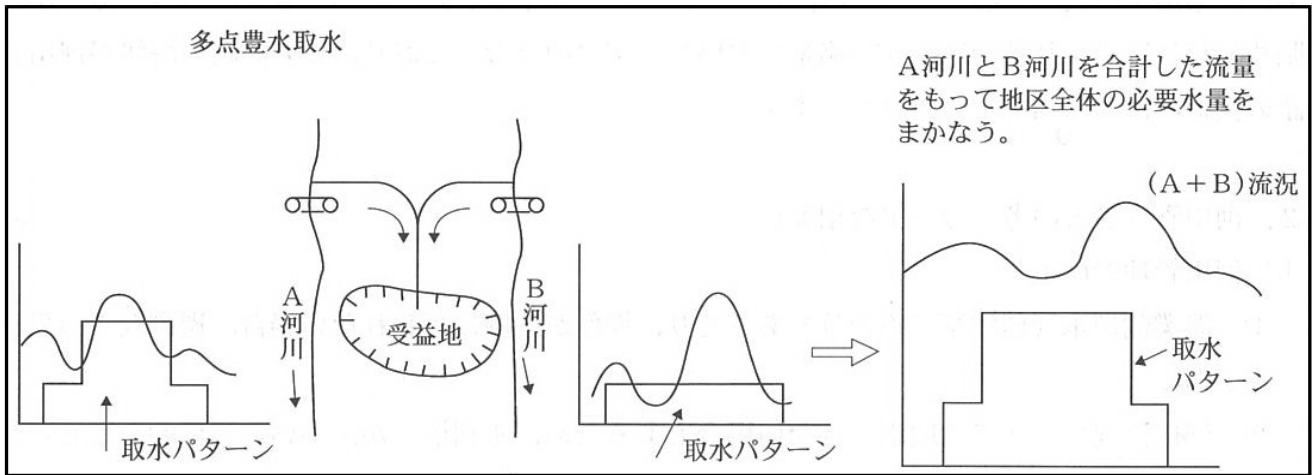


図-5 多点豊水取水の概念

このような多点取水の河川協議においても、東北管内では包括最小流量の考え方を導入している場合がある。一方の取水口からの取水が基準渇水流量を下回らないことの代わりに、取水期における20年間で2番目の最小流量（1/10渇水流量相当）から河川維持流量を差し引いた水量まで水利権を認めている。

このことは河川管理者が地域の水実態を踏まえて協議に応じて頂いているものと評価する。とはいえ、このような取水量の設定は、河川には20年間のうち18年も水利権水量を上回る水があるため、多点取水地区の場合、もう一方の取水口で水利権相当の取水に支障が生じた際、当然取水したくなる。この場合でも下流基準点流量に支障を及ぼす取水となることは起きにくいのが実態である。多点取水は、取水管理が徹底できれば、最も効率的に取水できる仕組みとも言える。このため、実取水において、2点での取水量合計を満たす範囲で弾力的に取水運用することを現場レベルで了解できないものかと考える。

## 6. 営農の変化途上への対応

今回の不適正な取水の原因の一つである営農の変化として、直播栽培や水稲品種の変更などがある。直播栽培は代かき期の前倒しが、水稲品種の変更は東北の場合、普通期の後ろ倒しが必要となる。問題は、これらの水需要が変化途上にあることである。直播栽培も水稲品種の変更も今後増えることが見込まれても、現状ではまだわずかしかない。このような変化途上の水の水利権をある段階で確保しても、数年後には実態に合わなくなってしまふ。福島県の会津地域のように、直播栽培面積が相当の割合まで増大した状況になれば、水利権の前倒し協議ができるのだが、その他の地区では既得水利権水量の範囲内で取水してもらわざるを得ないが、河川に豊富に水があるとなかなか農家は我慢できない。

農業用水はかんがい期間によって大きく変動するため、水利権取得の際、期間別に水利権量を設定する。水稲品種や栽培暦に基づく代かき期間の決定など、営農形態をその時点の最新情報で細かく設定して協議している。営農の変化により、取水期間が変更となる場合は、当然水利権の変更協議が逐次必要となる。

これでは、水利権の変更は近年の営農の変化にはなかなか対応できない。重要な点は、農地面積が変化しない場合、取水期間別の必要水量は変わっても、かんがい用水として年間必要総水量は大きく変わらないことである。最近では水利使用規則に農業用水の水利権水量として年間総取水量を表示させられている地区が多い。このような地区においては、営農の変化途上の水需要に対し、年間総取水量の範囲内でかつ下流基準点流量を守る範囲での弾力的な取水を可能とするような運用が現場レベルの協議においてできないものであろうか。

## おわりに

河川管理者と我々との河川協議に臨むスタンスの大きな違いは、土地改良区等の取水管理者をある意味、性悪説と性善説で見ている違いである。性善説で望む我々の立場からすれば、河川管理者から理解されるよう、守るべき点は守るといったことを徹底しなければならない。一方で、取水の実態を身近で感じられる地方局間では、地域の特性や弾力性をもった水利権の許可が望まれる。私の経験でも、地区別協議が本省間協議まで上がってしまうと、原則論に陥りがちであった。東北から問題を発生させてしまったがために、国交本省からの指導が東北農政局、農水本省のみならず、他の地方局間の協議まで厳しいものになってしまい、誠に申し訳ない限りであるが、再び地方局間を中心とした河川協議となることを切にお願いしたいところである。

# 鹿山排水路における機能診断結果と対策工法について

堀内 隆\* 國見 圭嗣\*  
(Takashi HORIUCHI) (Keishi KUNIMI)

## 目 次

1. はじめに .....	14	5. 対策工法の検討 .....	18
2. 施設の概要 .....	15	6. 試験施工およびモニタリング .....	19
3. 機能診断 (詳細調査) .....	16	7. おわりに .....	21
4. 凍上の発生要因 .....	18		

### 1. はじめに

北海道開発局帯広開発建設部内における基幹的な農業水利施設について、長寿命化及びライフサイクルコストの低減を図るため、平成15年度から管内の基幹的な農業水利施設について機能診断を実施している。

管内には、ダム3箇所、頭首工4箇所、機場8箇所、用水路190箇所、排水路102箇所の計307施設があり、機能診断は、平成23年度末までに終了する。

機能診断の手順としては、まず、劣化状況を確認するために施設管理図や問診調査結果を参考に現地踏査を実施、さらに現地調査(定点調査)にて施設健全度評価を行っている。次に、健全度評価を基に対策工法や今後の監視計画を含めた機能保全対策を検討し、機能保全計画の策定を行っている。

これら施設の多くは、老朽化が進行し更新が必要な時期を迎えているが、効率的な更新を行うためには様々な課題があり、機能保全対策の確立が急務になっている。

この機能診断のうち、平成19年度に実施した国営草地開発事業「上陸別地区」の鹿山排水路(図-1)について、一部区間において傾倒が確認された(写真-1)。

本地域は、北海道の中でも有数の寒冷地域であり凍害危険度も極めて大きい。現地踏査の結果、積雪寒冷地特有の現象である凍上により傾倒が生じたものと推測した。

凍上による排水路傾倒を防止するためには、凍上のメカニズムを把握し、凍上の発生要因を除去する対策を講ずることが重要である。



図-1 位置図

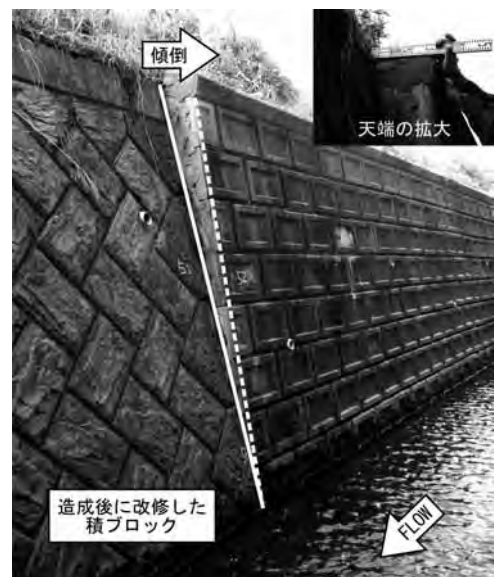


写真-1 積ブロック傾倒状況

\*北海道開発局帯広開発建設部農業計画課  
(Tel. 0155-24-3192)

本報では、凍上を要因とした排水路の傾倒について、現地調査等を実施し、発生要因を踏まえた対策工法の検討及び選定された対策工法の実証結果について報告を行うものである。

## 2. 施設の概要

### (1)地区概要

鹿山排水路は、十勝総合振興局管内の陸別町に位置する国営草地開発事業「上陸別地区」（昭和54年～平成元年）において造成された、全長1,537mの排水路であり、竣工後20年以上が経過しており、護岸形式は、連結ブロック及び積ブロックとなっている（図-2）。

### (2)施設現況（聞き取り調査）

本排水路の現況について、機能診断の実施前に施設管理者である陸別町に聞き取りを行った。

聞き取りの結果、本排水路の積ブロック区間において、数年前に傾倒を確認していること、原因が特定されていないこと、このまま放置した場合はブロックの破損や倒壊に陥る恐れがあることが明らかになった。

### (3)現地踏査

本排水路（積ブロック区間）の傾倒は、背面から

の外力の影響を想定し、その要因を、①凍上、②残留水圧、③土圧（盛土）、④上載荷重（積雪、農作業機械、牛舎）の4つに仮定した。また、施設現況確認と周辺環境を把握するため、現地踏査を行った。

現地踏査の結果（図-3）、積ブロック区間の傾倒は、背面盛土、農作業機械による荷重、牛舎等の上載荷重の有無にかかわらず、路線全体にわたり確認された。

また、積ブロック区間は水抜孔が設置されており、水圧の除去も機能していることから、傾倒要因は土圧、上載荷重、残留水圧によるものではなく、凍上による可能性が高いと考えた。

### (4)凍上について

地盤の凍上は、冷氣、土質、水分の三要素が全てそろった状態で発生する土壤中の氷晶（アイスレンズ<sup>1)</sup>）により引き起こされる。なお、一般的に積雪地域では、雪による断熱効果があるため、冷氣の地盤への侵入が生じにくいと考えられている。

しかし、本排水路における積ブロックは、法面勾配が1:0.4と急であることから、ブロック面に着雪せず冬期間を通してブロック前面からの冷氣の侵入が推測される（図-4）。

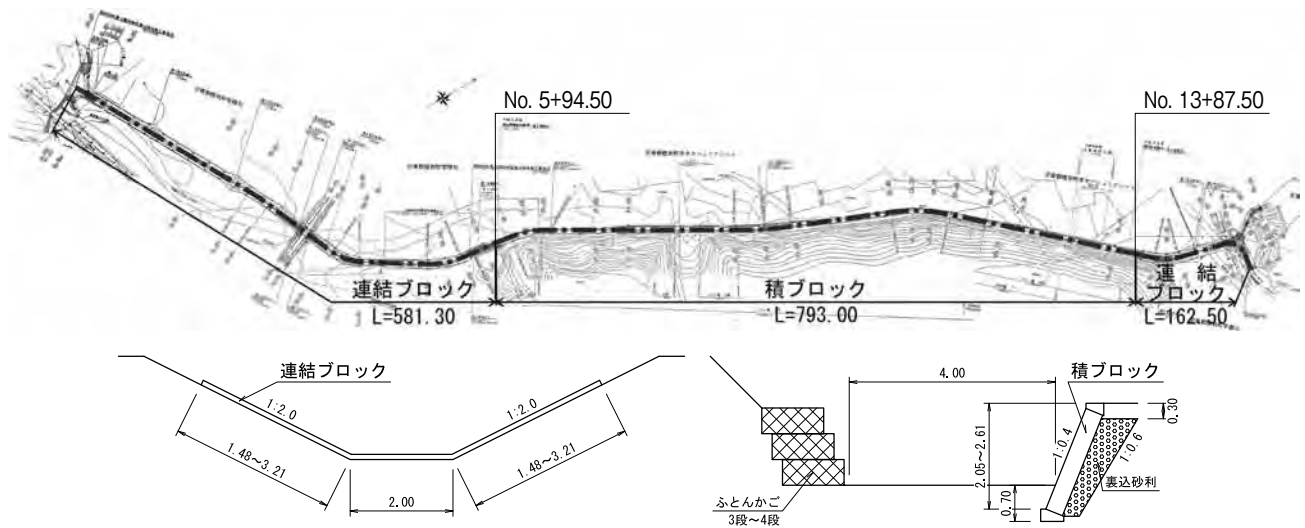


図-2 平面図と標準断面図（単位：m）

No. 5+94.50																																																
積ブロック番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43					
背後地の状況	農地、盛土なし																																															
積ブロック傾斜角度	71	70	70	69	71	74	74	69	72	71	73	75	74	72	73	71	69	71	70	71	70	70	71	71	70	68	68	68	69	68	69	69	70	70	68	70	69	69	69	69	69	69	68					
特記事項																																																
定点調査番号	3					4							5																																			

No. 13+87.50																																																				
積ブロック番号	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81														
背後地の状況	集積場、盛土															牛舎、盛土										バドック、盛土																										
積ブロック傾斜角度	69	70	69	70	70	68	69	69	75	71	72	71	74	70	72	70	71	70	69	69	68	70	74	75	73	71	70	71	71	71	71	70	71	71	69	70	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69	69				
特記事項																																																				
定点調査番号																																																				

積ブロック傾斜の凡例 68.1度が造成角度(1:0.4) □ : 70~72度 ■ : 73~74度 ■ : 75度  
 特記事項 ① 6、35はブロックにひび割れが見られる。 ② 72だけ積ブロックが割れている。河床低下による沈下と考えられる。

図-3 現地踏査結果と定点調査箇所（積ブロック区間の抜粋）



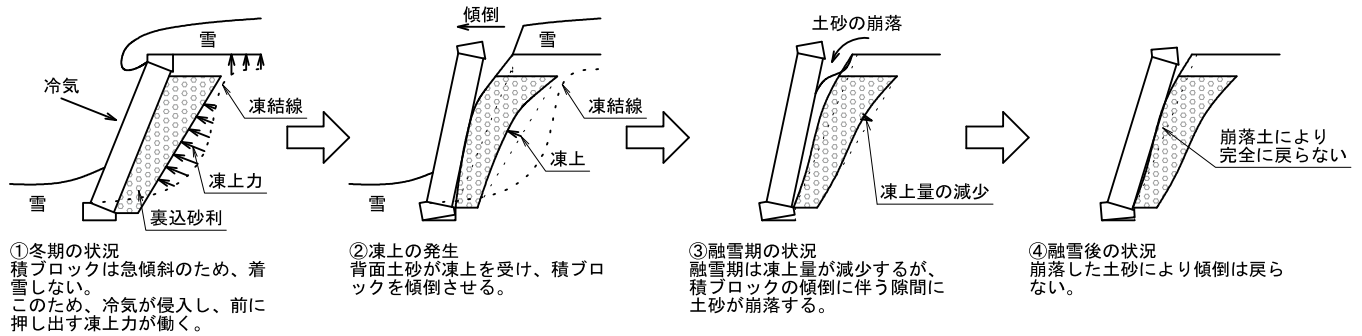


図-4 凍上による傾倒メカニズムの推定

また、排水路水位は冬期間も維持されているため、河川から十分な水分供給が行われるものと推測される。

以上のことから、凍上発生の要素である冷気と水分の条件が整っていることから、凍上の発生要因を確認するため、機能診断（詳細調査）が必要であると判断した。

### 3. 機能診断（詳細調査）

#### (1) 現地調査（定点調査）箇所決定

現地踏査の結果から、施設の変状（洗掘、積ブロックの傾き、ひび割れ等）の程度を整理するとともに、積ブロックの凍上に伴う変状について詳細を把握するため、図-3に示す19箇所の定点調査箇所を選定した。

#### 凍上調査手法の検討

凍上に関する現地調査は、以下の手順で行った。

- ①変状の把握（傾斜度測定、裏込砂利の沈下量調査）
- ②背面土の凍上性調査（土層構成、室内凍上試験等）
- ③冬期間の状況確認（凍結深度、地温、地下水位等）

実施した調査項目を表-1に示す。なお、本報では裏込砂利の外側（農地側）の地山を背面土とする。

表-1 調査項目一覧

目的	調査内容	調査数	箇所
①変状の把握	水路傾斜度	19箇所	定点3~21
	裏込砂利の沈下量	19箇所	定点3~21
②背面土の凍上性調査	土層構成	3箇所	定点5, 15, 19
	室内土質試験	1箇所	定点11
	凍上試験	3箇所	定点5, 15, 19
③冬期間の状況確認	積雪状況	全区間	
	凍結深度	1箇所	定点11
	地温	1箇所	定点11
	地下水位	1箇所	定点11

\*背面土とは、裏込砂利より外側（農地側）の地山をいう。

\*定点調査数は、劣化（洗掘、傾き、ひび割れ等）の程度や調査地点間隔を考慮して選定した。

#### ①変状の把握

凍上を要因とする変状を把握するため、横断測量により施設造成時からの積ブロックの傾倒（排水路傾斜度）と裏込砂利の沈下量を測定した。

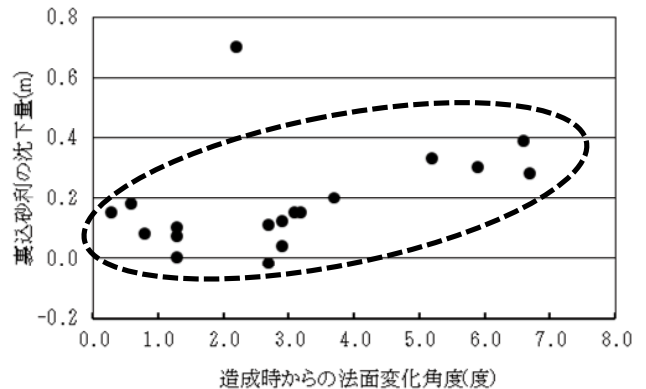


図-5 造成時からの法面変化角度と裏込砂利の沈下量

測量の結果（図-5）、積ブロックの傾倒が大きくなるに従い、裏込砂利の沈下量が増加する傾向が見られ、図-4の④に示す状況が、現地で確認された。

#### ②背面土の凍上性調査

凍上の要素の1つである土質の評価を行うため、オーガーボーリングによる土層構成調査及び凍上試験（3箇所）と室内土質試験（1箇所）を行った。

調査の結果、本排水路の背面土の土層構成はシルトが厚く堆積するものであった。凍上は、水の毛管上昇による水分供給の観点からシルトで最大<sup>2)</sup>となることから、凍上の起きやすい土層構成であり、かつ室内土質試験（粒度試験）の結果、凍害を受けやすい土の粒度範囲<sup>3)</sup>であることが判った（図-6）。

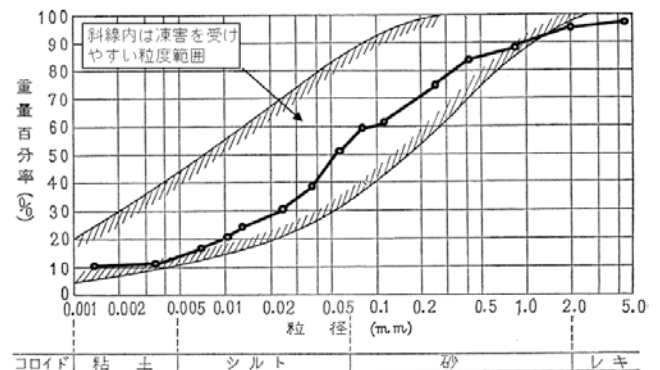


図-6 凍害を受けやすい土の粒度範囲と背面土の粒度分布

また、凍上試験では、3箇所すべてにおいて地中の水分が凍結する結果となり、凍上対策が必要<sup>4)</sup>である土と判定された。

以上のことから、排水路の背面土は、凍上の危険性が高い土性であることが判った。

### ③冬期間の状況確認

前述までの調査結果から、積ブロックの傾倒要因として、凍上の可能性が高いと考えられる。

しかし、積ブロック背面は凍上を抑制するための裏込砂利が設けられていることから、冷氣による凍上の影響（凍結ライン）が、裏込砂利を越えて背面土まで侵入している状況を確認する必要があった。

このため、冬期間における凍結深度、地温、地下水位、積雪状況を把握するため現地調査を行った。

調査は、図-3に示す定点調査番号11で行い、また積雪状況調査を全区間で目視により行った。

凍結深度はメチレンブルー凍結深度計、地温は熱電対を用いて測定した。凍結深度計の長さは2.0mとし、熱電対はGL-0.5m、-1.0m、-1.5mに設置した。これらの観測機器は、積ブロック天端前面から農地側に0.5mの位置に設置した。

地下水位観測は、凍結深度計から農地側に2mの位置に設置した。観測機器の設置状況を図-7に示す。

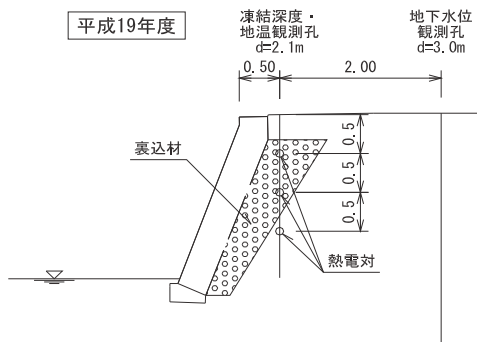


図-7 観測機器設置状況 (定点11, 単位: m)

調査頻度は、凍結深度、地下水位の計測は2回/月、地温の計測は1回/hrとし、平成20年1月15日から観測を開始した。

調査の結果、凍上については、地下水位観測孔を設置する際のボーリングコアにおいて、背面土にアイスレンズが存在したことから、凍上の発生を確認した。積ブロックの積雪状況は、2.(4)で想定したとおり、着雪はほとんど見られなかった(写真-2)。また、積雪深も1月下旬まで20cm以下であった。

このことから、本排水路は積ブロック前面及び背面農地の表面の2方向から冷氣が侵入しやすい環境条件であると考えられる。

地温の観測結果を図-8に示す。観測年は平年よりも冬期の気温が低い年であり、地温は1月18日以降、



写真-2 着雪状況 (H20.2.13, 定点15)

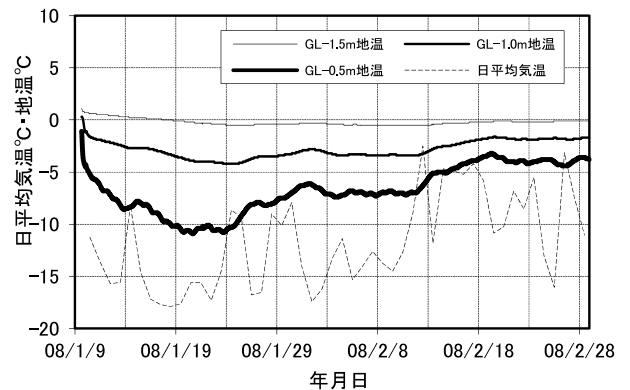


図-8 地温観測結果 (気温は陸別アメダスの観測値)

表-2 観測結果一覧

	1月15日	1月21日	1月30日	2月13日	2月20日	
凍結深(GL-m)	1.54	1.66	1.75	1.80	1.81	
地下水位(GL-m)	1.85	1.89	1.89	2.36	2.50	
地温(°C)	GL-0.5m点	-8.0	-10.4	-7.0	-5.1	-10.8
	GL-1.0m点	-2.7	-4.0	-3.2	-2.8	-3.9
	GL-1.5m点	0.2	-0.3	-0.4	-0.5	-0.2
積雪(cm)	0*	0*	17	16	14	

\*機器設置時に除雪(1月9日)

全ての調査深度で0°C以下であった。最も深いGL-1.5mでは、2月13日に最低の-0.5°Cを観測した。

凍結深度、地温、地下水位の観測結果を表-2に示す。凍結深度は、観測当初から裏込砂利の範囲であるGL-1.3mを超え、背面土下部まで達していた。

地下水位は、1月下旬までGL-1.85m~-1.89mであり排水路水位より高かったが、2月になると急激に低下し、2月20日の時点では排水路水位(GL-2.08m)より低くなっている。

しかし、凍結深度計の測定結果によると、2月20日時点における凍結範囲の下端は、地下水面から約0.69m上方の位置にあるものと想定されており、凍上の要因と考えられる背面土への水分供給(地下水の毛管上昇)が行われているものと考えられた。

なお、着雪状況、凍結深度、地温、地下水位については継続調査を実施しており、平年より冬期の気温が

高かった平成20年度についても、背面土に達する凍結が確認された。

#### 4. 凍上の発生要因

前述までの調査結果から、本排水路における凍上の発生要因について整理すると、以下のとおりである。

- ①背面土が、凍上の起きやすい土層構成である。
- ②積ブロック前面及び背面農地の表面からの冷気の影響（凍結範囲）が背面土まで達している。
- ③凍結範囲の背面土に、排水路から水分が供給されている。（平成20年1月時点）

上記の発生要因を踏まえ、本排水路における対策工法について検討を行った。

#### 5. 対策工法の検討

傾倒要因が凍上であると判断されたことから、この対策工法としては、凍上の要素である、冷気、土質、水分のいずれかを取り除く工法を検討した。これらの要素それぞれに対する対策工法の検討フローを図-9に示す。これは、積ブロックに対する凍上対策を兼ねた補修や補強を行う工法の既往実績が少ないことから、当排水路において複数の工法を比較・検討する試験施工を前提にしたものである。

凍上対策工法として最も一般的な工法は、水分が凍

結する範囲に分布する凍上性の背面土を非凍上性材料に置き換える置換工法である。しかし、積ブロックは一体構造ではないため、背面側を大きく掘削すると倒壊する危険性が高く、背面土上部の部分的な対策では、深部での凍上の発生により効果に疑問が残ることから採用を見送った。また、水分供給を絶つことも対策工法になるが、排水路という性格から地下水位を低下させることは困難である。以上から、冷気の侵入を防止する工法の採用が適当と考えた。

冷気の侵入防止対策においても、背面側を掘削しての対策は難しいことから、積ブロック前面側から断熱を行う対策とした。ただし、断熱材は流水に対する耐久性に問題があるため、断熱材の表面を保護する必要がある。表面の保護層として、現場打ちコンクリート系（コンクリート保護工法）、パネル系（PCパネル工法、GRCパネル工法、FRPMパネル工法）、シート系（遮水シート工法）の5つの工法が考えられ、これらについて比較・検討した。

傾倒が大きく、力学的に不安定となっている箇所は積ブロックの改修を計画し、コンクリートフリーム水路で一般的に用いられている背面側に断熱材を配置する工法を比較対象とした。

断熱材は、主に建築資材として使われているもので、施工性や耐久性等の観点からボード状断熱材

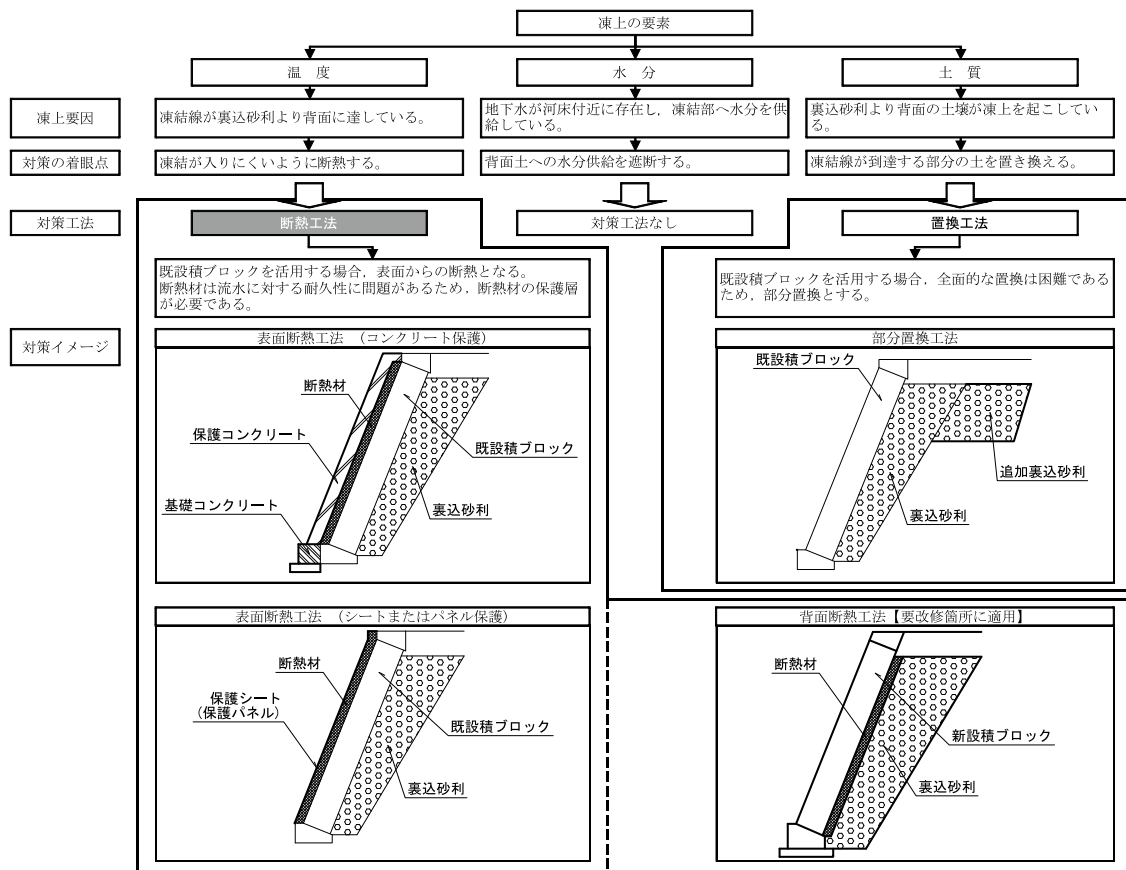


図-9 対策工法検討フロー

表-3 工法比較表

工 法	断熱材	機能保全コスト (千円/10m当り)		耐 久 性	施 工 性	総 合 判 定
コンクリート 保護工法	ボード	520	◎	一般的な材料であり、流水に対する耐久性も高い	◎	◎
	吹 付	398				
PCパネル工法	ボード	1,514	×	柵渠にも用いられており、流水に対する耐久性は問題ない	◎	◎
	吹 付	1,392				
GRCパネル工法	ボード	1,344	×	水路に用いられた実績不明	×	○
	吹 付	1,222				
FRPMパネル工法	ボード	908	○	管路、水路に用いられており、流水に対する耐久性は問題ない 土砂や流木の衝突によりひび割れを生じる可能性がある	○	○
	吹 付	786				
遮水シート工法	ボード	658	◎	ため池等の静水に用いられており、流水に対する耐久性は低い 耐用年数は15年程度と考えられ、他の素材に比べて極端に短い	×	◎
	吹 付	440				
背面断熱工法	ボード	885	—	一般的な材料であり、流水に対する耐久性も高い	—	判定 基準

※機能保全コストの算定における耐用年数は40年を採用した。ただし、遮水シート工法については15年とした。

※PC:プレストレストコンクリート, GRC:ガラス繊維補強セメント, FRPM:ガラス繊維強化プラスチックと樹脂モルタルの積層材

表-4 工法の施工延長

工 法	施工延長
FRPMパネル工法(ボード断熱)	L=20.00m
FRPMパネル工法(吹付断熱)	L=20.00m
背面断熱工法	L=29.14m

(押し発泡ポリスチレン)と吹付け断熱材(硬質ウレタンフォーム)の2種類を比較することとした。なお、断熱材の必要厚さは10年確率の凍結指数と凍結期間を用いた1次元解析式<sup>5)</sup>により4cmを採用している。

上述の6工法の機能保全コストを算定するとともに、耐久性、施工性から総合的に比較した(表-3)。なお、各項目の判定は新設に近い工法である背面断熱工法を基準としており、1項目でも「×」となるものは、総合判定を「×」とした。

これらのことから、試験施工における補修工法としては、FRPMパネル工法(ボード断熱及び吹付断熱)、背面断熱工法を選定した。なお、コンクリート保護工法は防寒養生等の対策を行うことで冬期施工が可能である(その他の工法については通年施工が可能)。

## 6. 試験施工およびモニタリング

### (1)試験施工

対策工法の選定に基づいて、平成21年11月21日から



写真-3 FRPMパネル工法(吹付断熱)の施工状況



写真-4 背面断熱工法の施工状況

平成22年3月25日に表-4に示す試験施工を行った(写真-3, 写真-4)。

(2) 施工後のモニタリング

試験施工後のモニタリングとして、平成22年度冬期から、施工した3工法および未施工箇所において表-5に示す調査を実施している。

それらの具体的な結果は次のとおりである。

表-5 モニタリング調査項目

調査内容	試験区名*				備考
	No.1	No.2	No.3	No.4	
凍結深度調査	○	○	○	○	
地下水位観測	○			○	
温度測定		○	○	○	FRPMパネル、積ブロック保護層表面及び断熱材背面
着雪深計測	○	○	○	○	
部材劣化調査		○	○	○	
断面形状調査		○	○	○	
気温測定			○		
積雪深測定			○		

※No.1:未施工 No.2:FRPMパネル工法(ボード断熱)  
No.3:FRPMパネル工法(吹付断熱) No.4:背面断熱工法

1) 凍結深度調査

試験区毎にメチレンブルー凍結深度計を設置し、2回/月の頻度で凍結深度を計測した。凍結深度計の配置は、積ブロック表面から0.50m, 0.75m, 1.00mの3箇所を基本としているが試験区No.1のみは積ブロック表面から1.25mの地点にも設置した(図-10)。

凍結が最も進んだ平成23年3月1日の測定結果によると、No.1地点では凍結線が裏込砂利の背面に達したが、凍上対策を行ったNo.2~4地点では裏込砂利の内部に収まった。

2) 地下水位観測

地下水位が凍結線に最も近づいたのは、平成23年3月1日であり、凍結線から地下水位までの距離がNo.1地点では0.7m, No.4地点で1.4mであった。No.1地点は未施工箇所であり断熱を行っていないため、凍

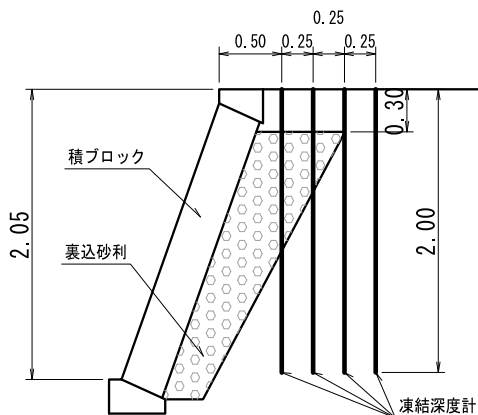


図-10 凍結深度計の配置(断面図, 単位:m)

結線から地下水位までの距離が、凍上量に大きく影響を与えるとされる1.0m以下<sup>6)</sup>となっていた。

3) 温度測定(保護層表面・断熱材背面・気温)

各施工箇所における温度測定結果を表-6に示す。最低気温が-30.6℃まで低下したものの、断熱材背面の最低温度はNo.3地点の-6.2℃であった。また、No.2地点とNo.3地点に比べ、No.4地点では表面の温度変動幅が小さかった。これは、No.2地点とNo.3地点の表面はFRPMパネルであり、雪が滑りやすいのに対し、No.4地点は表面に凹凸のあるコンクリートブロックであるため、着雪による断熱効果があったためと考えられる。

表-6 最高温度と最低温度

試験区名*	部位	温度(℃)		
		最高	最低	変動
No.2	保護層表面	18.0	-19.3	37.3
	断熱材背面	2.5	-5.5	8.0
No.3	保護層表面	23.3	-23.0	46.3
	断熱材背面	4.7	-6.2	10.9
	気温	7.8	-30.6	38.4
No.4	保護層表面	5.8	-8.0	13.8
	断熱材背面	1.9	-1.2	3.1

※No.1:未施工 No.2:FRPMパネル工法(ボード断熱)  
No.3:FRPMパネル工法(吹付断熱) No.4:背面断熱工法

4) 着雪深計測・積雪深測定

積ブロック表面における着雪深は、2回/月の頻度で図-11に示す位置で計測した。

最大着雪深はいずれの試験区も50~68cmであった。平均ではNo.1地点およびNo.4地点が23~28cm, No.2地点およびNo.3地点は13~18cmと差があった。これは、前項で述べたとおり、表面素材の違いによるものと考えられる。

排水路背面農地の積雪深は、平成22年12月中旬に断熱効果を発揮するとされている20cmを超え、最大は58cmであった。

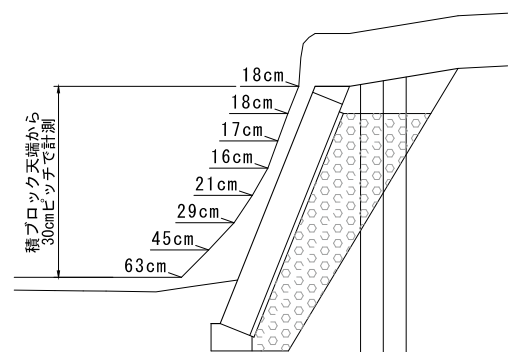


図-11 着雪深の計測位置と着雪形状 (H23.2.4, No.3地点での測定例)

着雪や積雪は降雪量とそのときの気温に大きく影響をうけるが、表面がなめらかな素材では着雪しにくく、雪による断熱効果が小さい傾向にある。

#### 5) 部材劣化調査

試験施工から一冬が経過した融解後の調査においても、パネルにはキズや割れ等の破損がなく、上下流の接合部にも劣化や損傷が確認されなかった。また、積ブロック区間においても損傷や目地部の段差・開きは生じていなかった。

#### 6) 断面形状調査

凍結前と融解後に各施工箇所の横断測量を行った。No.2地点およびNo.3地点の変化はほとんど観測されなかったが、No.4地点では15mm程度の傾倒を確認した。

No.4地点は着雪による保温効果により凍結の侵入量が小さいにも関わらず、他地点より大きな前傾が確認された。これは、本地点が新設区間であることから、埋め戻された背面土表層部等に水分がたまり、これが凍結し、背面土が凍上したことが考えられる。なお、他の施工箇所は既存施設を利用していることから、供用開始以来、毎年凍上力を受けており、平年並みの寒さでは変位がごくわずかであったと考えられる。

### 7. おわりに

鹿山排水路では、平成23年度も引き続き試験施工後のモニタリング調査を行っている。同一地点においても凍上量は気象（気温・積雪）条件や地下水位によって大きく異なることから、今後2年程度はモニタリングを継続し、凍上量が最大になった条件下でのデータを比較するとともに、各工法の耐久性についても検証していく予定である。

謝辞：本調査等にあたり、日頃より指導助言等のご協力を頂いている独立行政法人寒地土木研究所水利基盤チームをはじめ関係各位の皆様に末筆ながら深く感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 社団法人日本道路協会：道路土工－排水工指針，pp158－162（1987）
- 2) 木下誠一「凍土の物理学」，pp41，森北出版（1982）
- 3) 河上房義「土質力学<第6版>」，pp251，森北出版（1992）
- 4) 社団法人日本道路協会：道路土工－排水工指針，pp242－243（1987）
- 5) 社団法人日本道路協会：道路土工－排水工指針，pp244－250（1987）
- 6) （社）地盤工学会北海道支部：寒冷地地盤工学－凍上被害とその対策－，2009，pp3－7

# げとう 夏油頭首工魚道模型実験

秋 本 雅 幸\*  
(Masayuki AKIMOTO)

## 目 次

1. はじめに	22	5. 模型実験（ケース2：改良案1）	26
2. 魚道設置の前提条件	22	6. 模型実験（ケース3：改良案2）	28
3. 模型実験の内容	22	7. 総合検討	28
4. 模型実験（ケース1：現設計）	24	8. おわりに	28

## 1. はじめに

和賀中部農業水利事業では、平成18年より老朽化したダム取水口や頭首工・用水路の改修工事を行っている。

北上川水系夏油川に設置された夏油頭首工は約40年前に設置され、老朽化が著しいことから、本事業で改修することとしており、現施設には設置されていない魚道を新設する計画である。

本報文は、模型実験を通じて魚道の水利特性を検証した結果を報告するものである。

## 2. 魚道設置の前提条件

### (1)魚道を設置する上で配慮すべき点

夏油頭首工に魚道を新設するに当たっては、地形上の制約等から以下の事項に配慮する必要がある。

- ・夏油川の河川勾配は急であり、もともと上下流の落差が大きい上に、河床低下が生じているため、頭首工築造時よりもさらに大きな落差が生じている。
- ・河川の平面線形におけるカーブの位置に頭首工があることから、魚道の設置延長に制限がある（最大で60m程度）。
- ・河川維持流量 $Q=0.52\text{m}^3/\text{s}$ を確実に流下可能な形式とする。
- ・多様な魚類に適応可能にするため、魚道内で流速に変化をつける。
- ・魚の突進力だけではなく、スタミナを考慮する。
- ・土砂・転石や草木、ゴミ等が流入しても速やかに排除できる、清掃などの維持管理作業が容易な形式とする。

- ・改築ではなく補修主体の更新工事を計画していることから、魚道幅は固定堰と土砂吐ゲートの間3m幅の範囲で設置する。

### (2)対象魚種

設計対象魚種は、調査で確認された種類から遊泳魚・底生魚の中でも突進速度の遅いもの（遊泳魚：エゾイワナ、底生魚：カジカ）をそれぞれ選定し、スロット部・越流部と滞留域の対象速度<sup>1)</sup>を設定した。

#### ①スロット部・越流部の対象速度

エゾイワナの突進速度：1.9m/s

カジカの突進速度：0.78m/s

#### ②滞留域の対象速度

エゾイワナの巡航速度：0.76m/s

カジカの巡航速度：0.31m/s

### (3)魚道構造の選定

魚道構造の選定に当たっては、代表的な3つのタイプについて、表-1のとおり比較検討を行い、「傾斜導壁型」を採用することとした。

## 3. 模型実験の内容

### (1)模型実験の目的

傾斜導壁型魚道は、不規則に流向や流速が変化し、複雑に蛇行した流れとなることが想定される。このような蛇行流では、水理計算や公式を適用することが困難であることから、設計で扱う流速や水位等は、あくまでも概略的な推定値となる。また、この魚道形式で $I=1/10$ 程度の急勾配の採用実施事例がないことも不確定要素のひとつである。

このため不確定要素についての検証を行い、魚道形式決定のための基礎資料を収集することを目的として、模型実験を行うこととした。

なお、実験に際しては、和賀中部地区環境保全委員会において魚類専門委員を務めていただいている泉完

\*東北農政局和賀中部農業水利事業所工事第一課  
(Tel. 0197-71-7725)

表-1 魚道構造の比較検討

	第1案 全面越流型	第2案 ハーフコーン型	第3案 傾斜導壁型
構造形式			
概要	隔壁を越流する流れにより、各プールが連なる構造で、隔壁天端が一樣。隔壁全幅を越流する形式。	半楕円錐柱状型の隔壁を2組ずつ交互にセットする形式。	導壁を水平・垂直方向に傾斜させた導壁型魚道で、スロット部は水路式、傾斜導壁は越流式のハイブリッド型。
対象流量	Q=0.522m <sup>3</sup> /s ○	Q=0.147m <sup>3</sup> /s ×	Q=0.522m <sup>3</sup> /s ○
対象流速	越流壁 V1=1.400m/s 潜行 V2=1.715m/s ○	円筒部 V1=1.143m/s コーン部 V2=0.808m/s ○	スロット部 V1=1.715m/s 越流壁 V2=0.990m/s ○
水路勾配	I=1/10程度の急勾配の実施例も多数あり、支障はない。 ○	I=1/10程度の急勾配の実施例も多数あり、支障はない。 ○	I=1/10程度の急勾配の採用実施例はなく、想定した水力条件通りの流況となるかが懸念される。特にスロット部の流況に懸念が残る。 ×
水理性能	水位変動により、スタンディングウェーブが発生するなど流況が乱れやすい。 ×	水位変動により横揺れが発生しやすく、流況が乱れやすい。 ×	流速分布に幅があり、水位変動しても緩流速経路が確保される。 ○
維持管理	隔壁により仕切られているため、土砂やゴミによる閉塞に対応できない。 ×	清掃は比較的容易。 ○	排砂機能に優れているため維持管理の面からは最も有利。 ○
総合判断	水位変動への対応は、魚道プールを大きくする等の配慮が必要だが、現場条件から魚道延長は困難。 △	幅員を拡幅しても通水能力の確保が難しいことから、別途、呼び水水路の設置が必要。 △	事例の少ない形式であるため、模型実験によって水理性能を検証することが望ましいと考えられるが、適用性のある構造と判断。 ○

教授（弘前大学農学博士）にアドバイスをいただいた。

(2)実験諸元

実験で使用する模型は導壁の長短反転を含んだ部分模型とし、範囲は魚道下り口～魚道に至る18m区間（模型寸法 s=1/4, 全長4.5m）を再現することとした。

模型実験における物理量の縮尺は表-2のとおり。

表-2 基本物理量の縮尺

基本量		
長さ	L	K <sub>L</sub> =1: 4.00
時間	T	K <sub>T</sub> =1: 2.00
流速	L T <sup>-1</sup>	K <sub>V</sub> =1: 2.00
流量	L <sup>3</sup> T <sup>-1</sup>	K <sub>Q</sub> =1: 32.0
圧力水頭	M L <sup>-1</sup> T <sup>-2</sup>	K <sub>P</sub> =1: 4.00
粗度係数	L <sup>-1/3</sup> T	K <sub>n</sub> =1: 1.26

(3)模型の製作

水力模型はNTCコンサルタンツ(株)の水力模型実験室（愛知県三好町大字黒笹）内に設置した。模型構造は以下の通りとし、許容誤差1mmの製作精度とした。

模型架台：足場パイプ・鉄骨により堅固な構造とする（写真-1）

魚道：底面、側面は合板で製作し、砂等の吹きつけにより粗度を確保する。導壁には合成ペイント塗装を施し、平滑に仕上げる（写真-2, 写真-3）



写真-1 架台組立・模型レベル出し





写真-2 魚道模型据付

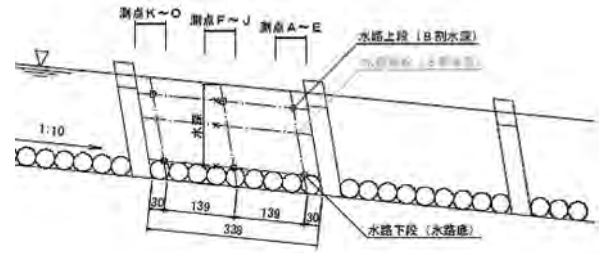


図-2 流速の観測箇所（縦断面図）

#### 4. 模型実験（ケース1：現設計）

##### (1) 実験結果（ケース1）

###### ① スロット部の流況・流速

魚道内の水脈はスロット部に集中し、速い流速で流下する状況となった。このため、傾斜導壁型魚道の特性である、スロット部の速い流れと導壁を越流する遅い流れが共有する状況にはならなかった（写真-4）



写真-3 導壁設置・完成



写真-4 スロット部流況（ケース1）

##### (4) 粗度調整の再現

魚道内面については、底面を玉石張、側面を石張り風の化粧型枠とする予定であり、粗度係数が0.035程度（空石積み）になると想定されることから、フルードの相似則により、模型の粗度係数が0.025程度となるように製作するのが一般的である。

しかしながら、泉教授から「内面粗度係数を再現するよりも、石張形状を再現すべき」という助言をいただいたことを踏まえ、本実験では模型の内面に石張形状を再現することとした。

##### (5) 観測箇所

模型における流速の観測箇所は図-1、図-2のとおりである。

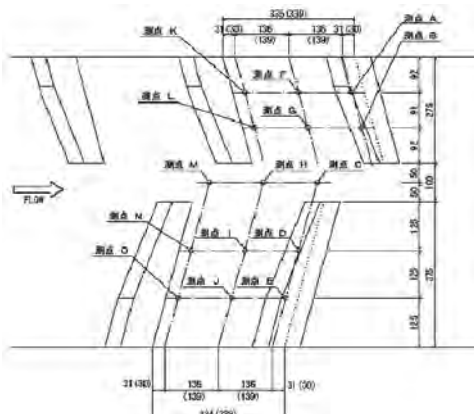


図-1 流速の観測箇所（平面図）

一方、過度の波立ちや顕著な水面変動、セイシュ（固有振動）等は認められなかった。

###### i) 上中層の流速（エゾイワナ）

いずれの観測箇所においても、ほぼ許容流速（ $V=1.9\text{m/s}$ ）を越えている。最小値は許容流速値以下だが、発生頻度が少なく、対象魚種の遡上は困難であると判断される。（表-3、表-4）

###### ii) 下層の流速（カジカ）

いずれの観測箇所においても、許容流速

表-3 上層の流速

	実流速 (m/s)	
	水平方向	鉛直方向
最小値	1.221	0.107
最大値	3.037	1.123
平均値	2.127	0.412
標準偏差	0.335	0.205

表-4 中層の流速

	実流速 (m/s)	
	水平方向	鉛直方向
最小値	1.680	0.117
最大値	3.350	1.152
平均値	2.724	0.340
標準偏差	0.281	0.156

表-5 下層の流速

	実流速 (m/s)	
	水平方向	鉛直方向
最小値	0.762	0.098
最大値	2.861	0.879
平均値	1.984	0.289
標準偏差	0.395	0.146

( $V=0.78\text{m/s}$ ) を越えており、対象魚種の遡上は困難であると判断される。(表-5)

②導壁背面の流況・流速

i) 上中層の流速 (エゾイワナ)

いずれの観測箇所においても、許容速度 ( $V=0.76\text{m/s}$ ) 以下に収まっている。

また、図-3、図-4に示す流速ベクトル図のように流速の遅い循環流を形成していることから、対象魚種の休息場所になり得る状況であると判断される。

ii) 下層の流速 (カジカ)

概ね許容速度 ( $V=0.31\text{m/s}$ ) 以下に収まっている。許容値を越える箇所においても、図-5vに示す流速ベクトル図のように流速の遅い循環流を形成していることから、対象魚種の休息場所になり得る状況であると判断される。

iii) 水位

実験の結果、魚道内の水脈はスロット部に集中しており、傾斜導壁型魚道の特徴である「導壁を越流する流れ」になっていないことが判明した。

水位計測結果を見ると、水深は0.42~0.69mであり、設計水深である0.8mよりも低くなっている(図-6)。

つまり、魚道内の水深が設計水深よりも小さくなったことにより、導壁を越流できなくなったことが原因であると推察される。

(2)明らかとなった課題・改良案

実験によって、以下の効果と課題が明確になった。

(効果)

・導壁背面部では、流速の遅い循環流が形成されて

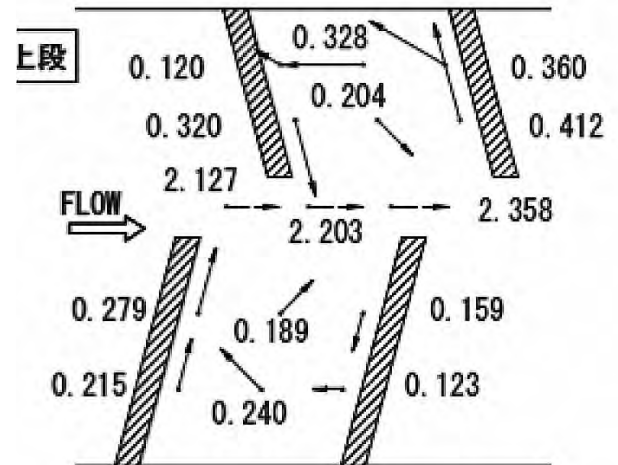


図-3 上層の流速 (ベクトル図)

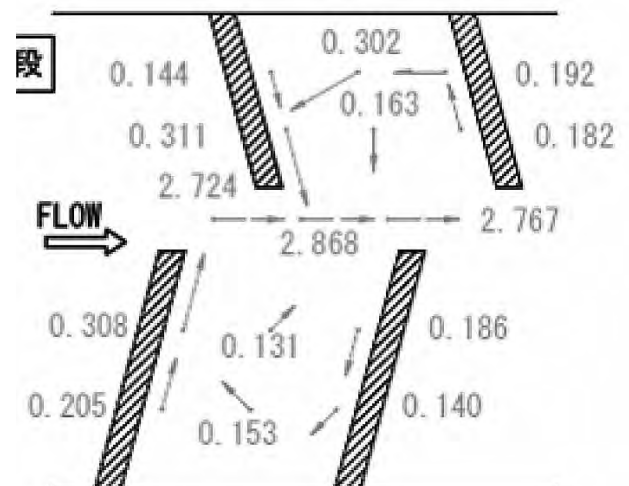


図-4 中層の流速 (ベクトル図)

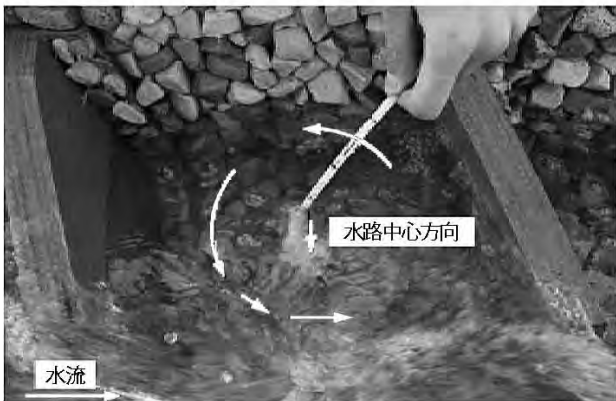
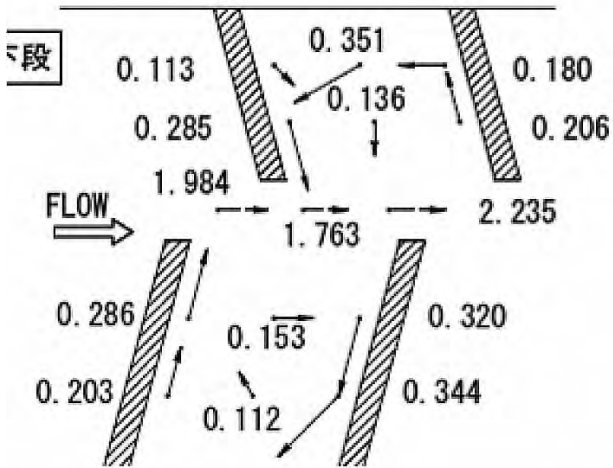


図-5 下層の流速 (ベクトル図)

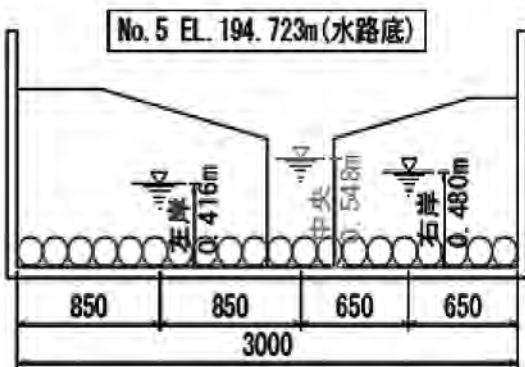


図-6 導壁部水深

いることから対象魚種の休息場所になり得る状況である。

(課題)

- ・魚道内の水脈はスロット部に集中し、傾斜導壁型魚道の特徴である「導壁を越流する流れ」とはならなかった。
- ・魚道内スロット部の流速が、対象魚種の突進速度を大きく上回った。

この結果を踏まえ、図-7のように導壁高さを下げる改良を行い、越流可能な流況をつくりだすこととした。

具体的には、導壁高さ(スロット側)を現設計の0.65mから0.2m程度(設計水深0.8m-スロット部平均水深0.598m $\div$ 0.2m)下げることで、導壁を越流する流れが発現するものと考えられる。

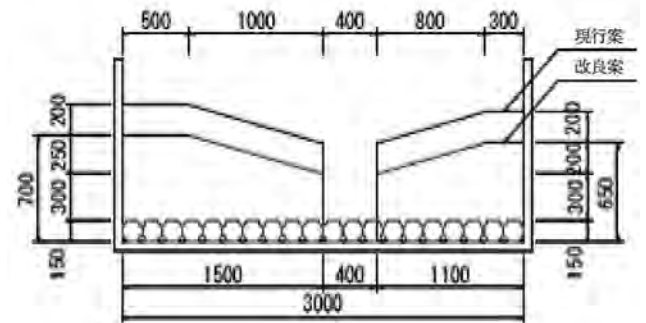


図-7 導壁部改良案

## 5. 模型実験 (ケース2: 改良案1)

### (1) 実験結果 (ケース2)

#### ① スロット部の流況・流速

導壁の高さを下げたことにより越流が確認された。

しかしながら、導壁の短壁対面箇所(長短反転部)付近では、スロット間隔が拡幅するため水位が低くなっていた(写真-5)



写真-5 スロット部流況 (ケース2)



写真-6 短壁部流況（ケース2）



写真-7 長壁部流況（ケース2）

②導壁背面部の流況

i) 短壁

アルミ粉を用いて、壁背面の表層を観察した結果、循環した流れを呈して滞留しており、流速の遅い循環流を形成していることがわかった（写真-6）

さらに色素を用いて下層流を観察した結果も同様であり、上・下層ともに流速の遅い循環流を形成していることから、対象魚種の休息場所になり得ると判断される。

ii) 長壁

短壁と同様に上・下層とも流速の遅い循環流を形成している（写真-7）ことから、対象魚種の休息場所になり得ると判断される（図-8）

③導壁越流部の流速

改良によって、魚道内では導壁を越流する流れが発現した。この越流部の流速を計測するとともに、魚類の遡上経路となり得る導壁端部（スロット側）についても、計測を追加した。

導壁を越流する流れは、左右岸ともに概ね許容流速（ $V=0.78\text{m/s}$ ）以下に収まっており、底生魚、遊泳魚ともに、遡上可能な流速となっている。

一方、導壁端部（スロット側）では、許容流速（ $V=0.78\text{m/s}$ ）以下に収まる箇所と、上回る箇所の両者が認められた。流心上にある導壁付近では速い流速が、外れた導壁付近では遅い流速が計測される傾向にあり、流心が蛇行していることに起因するものであると推測される。

④水位

スロット部と導壁越流部との水位高低差が小さくなり、導壁の越流が全ての箇所で確認された。

導壁の短壁対面箇所では、水位が下がる傾向が見られた（図-9）

(2)明らかとなった課題・改良案

改良案1の実験において、すべての箇所で導壁の越流が見られた一方、以下のような課題が確認された。

- ・導壁の短壁対面箇所（長短反転部）付近ではスロット間隔が拡幅するため、上下流の水位差が大きい。
- ・カジカの遡上は可能なものの、突進速度を満足する遡上経路は限定される。

このような状況を解消するため、図-10のような長壁対面とする改良案2を試行してみることにした。

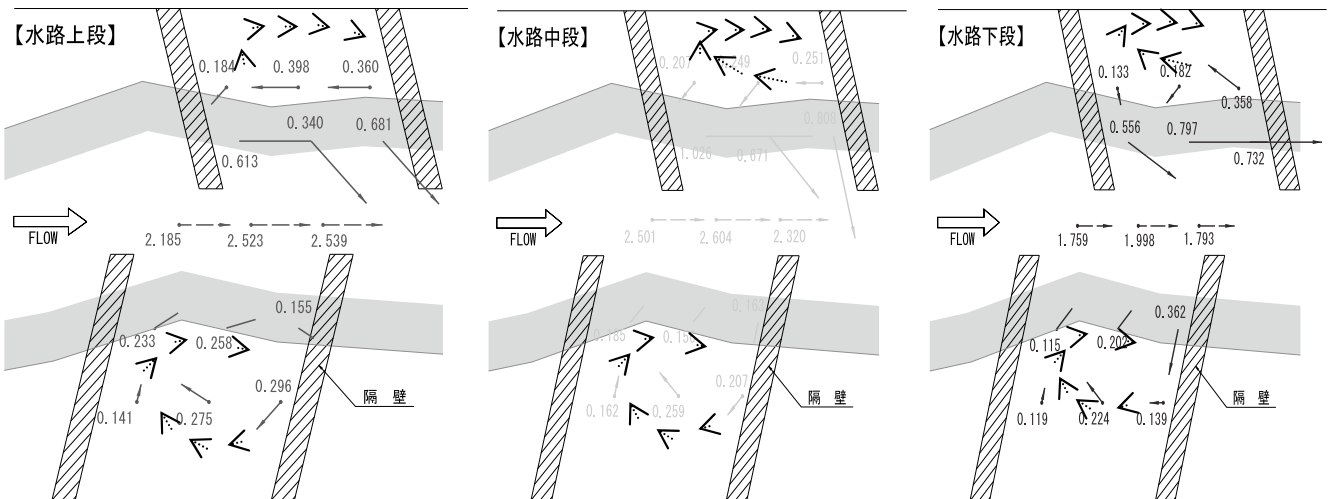


図-8 水路各段における流況・流速

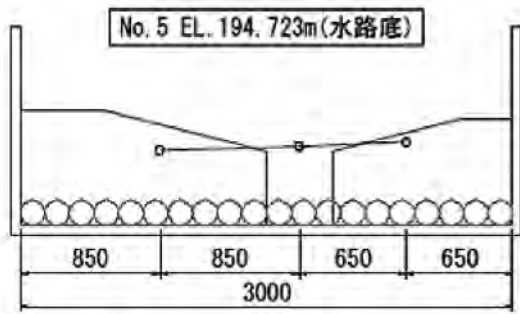


図-9 改良案1の水深



写真-8 スロット部流況 (ケース3)

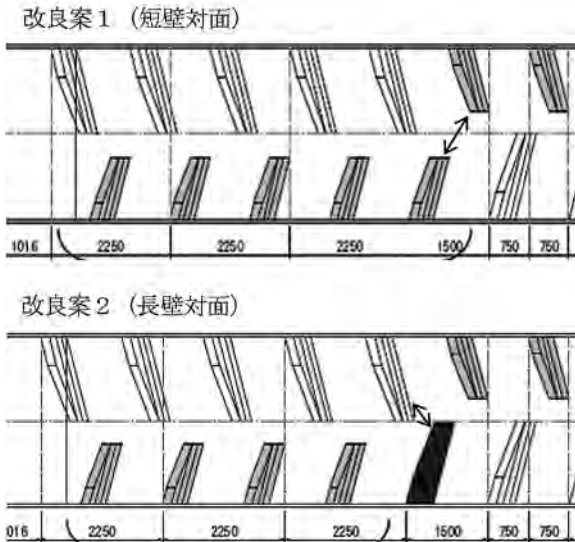


図-10 改良案1と改良案2との比較

## 6. 模型実験 (ケース3: 改良案2)

### (1) 実験結果 (ケース3)

#### ① 流況

導壁の短壁対面を長壁対面に変更したことにより、上下流での水位差は小さくなった。

また、通水断面の急縮によって上流側水位が高くなり、導壁を完全越流する流況が確認された。この結果、水脈蛇行は小さくなり、直進して流下するようになった (写真-8)

流速は改良案1に比べ、多少、速くなっているが、過度の波立ちや顕著な水面変動、セイシュ (固有振動) 等は認められなかった。

#### ② 水位

改良案1と比べ、水位は高くなった。

## 7. 総合検討

2回の改良を含めた3ケースの実験結果について、表-6に整理した。

改良により導壁を越流する流れが発生し、魚道内に対象魚種の突進流速程度の流れが発現した。

改良案2では導壁越流部の流速が速くなることから、改良案1の方が流速の低減の面で、対象魚種の遡

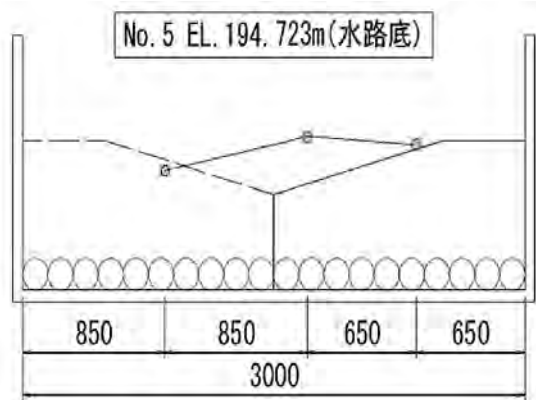


図-11 改良案2の水深

上に有利であると判断される。

これらの結果から、夏油頭首工の魚道では改良案1の形状を採用することとした。

## 8. おわりに

模型実験の実施は、手間やコストがかかるものの、机上の設計だけではわからない課題が明らかになり、それに対する改良を加えることができる点で有意義である。結果として、良質な魚道設計の成果を得られたものと考えている。

模型実験にあたって、様々な指導・助言をいただいた弘前大学の泉教授、実験場所を提供いただいたNTCコンサルタンツに感謝したい。

表-6 実験結果

ケース		現設計	改良案1	改良案2
流況	スロット部	<ul style="list-style-type: none"> <li>水脈はスロット部に集中し、導壁を越流する流れとはならない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>導壁の越流が発現し、蛇行流を形成。</li> <li>短壁対面箇所（長短反転部）付近では上下流の水位差が大きくなる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>改良案1に対し上下流水位差が解消。</li> <li>導壁の越流が発現し、蛇行流を形成。</li> <li>水脈の蛇行は改良案1よりも小さい。</li> </ul>
	導壁背面	<ul style="list-style-type: none"> <li>遅い流速で循環流を形成している。</li> </ul>	同左	同左
流速	スロット部	<ul style="list-style-type: none"> <li>魚類の突進速度を大きく上回る。</li> </ul>	同左	同左
	導壁背面	<ul style="list-style-type: none"> <li>対象魚種の巡航速度よりも小さく、休息場所になり得る。</li> </ul>	同左	同左
	導壁越流部	<ul style="list-style-type: none"> <li>発現せず。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エゾイワナの遡上が可能。</li> <li>経路は限定されるが、カジカの遡上も可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>エゾイワナの遡上が可能。</li> <li>経路は限定されるが、カジカの遡上も可能。</li> <li>流速は改良案1よりも速い。</li> </ul>
評価（順位）		3	1	2

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局整備部設計課監修：よりよき設計のために「頭首工の魚道」設計指針, p22, (2002)

# 機能診断に基づくゲート改修事例

－ 国営両総土地改良事業における篠本堰ゲート改修計画について －

鈴木 元和\* 永井 安市\*  
(Motokazu SUZUKI) (Yasuichi NAGAI)

## 目 次

1. はじめに .....	30	5. 改修工法の検討 .....	33
2. 篠本堰の概要 .....	30	6. 機能保全コスト算定による比較検討 .....	34
3. 機能診断調査の実施 .....	31	7. 改修工法の決定 .....	35
4. 機能診断調査の結果 .....	32	8. まとめ .....	37

### 1. はじめに

両総用水は、千葉県香取市に所在する利根川両総水門より取水（最大14.47m<sup>3</sup>/s）し、受益14市町村（千葉県香取市、成田市、匝瑳市、山武市、東金市、茂原市、神崎町、多古町、横芝光町、九十九里町、大網白里町、白子町、一宮町、長生村）の17,970ha（水田13,560、畑4,410）の農地にかんがいを行っている。前

歴事業は、昭和18年に農地開発営団事業両総用水灌漑排水改良事業として着工し、昭和22年からは、農林省直轄事業国営両総用水土地改良事業に継承され、昭和40年度に完了した。

現在実施中の国営両総土地改良事業は、老朽化した施設の再整備を行うとともに、パイプライン化により、効率的な水管理と適正な用水配分を可能とする事業であり、平成5年度に着工し、平成25年度完了を目前としている。

利根川両総水門より取水された用水は、第1揚水機場、北部幹線用水路を経て、一旦、栗山川に注水されたのち、第2揚水機場において、再取水し、南部幹線用水路及び東部幹線用水路により、沿線の九十九里海岸沿岸の受益地に配水されている。

篠本堰は、栗山川中流部に位置する県営事業で造成された頭首工であるが、農業取水の安定と維持管理の合理化を図るため、篠本堰周辺の中小的取入れ口や揚水機場等4ヶ所を統合し、栗山川統合機場（揚水量0.929m<sup>3</sup>/s、受益面積1,270ha）の取水堰として活用するものである。

本施設は、既に40年経過した取水施設であり、綿密な機能診断調査を行い、その結果から、より合理的な補修計画を策定し、国営事業により改修工事を実施することとした。

### 2. 篠本堰の概要

篠本堰は、昭和41年に造成され、施設管理者は千葉県（山武農業事務所）で、操作管理は両総土地改良区が行っている。

なお、これまでの補修履歴は、施設管理者である千葉県により、年1回の定期点検整備が行われている。また、平成2～3年には、開閉装置の更新が行われた。

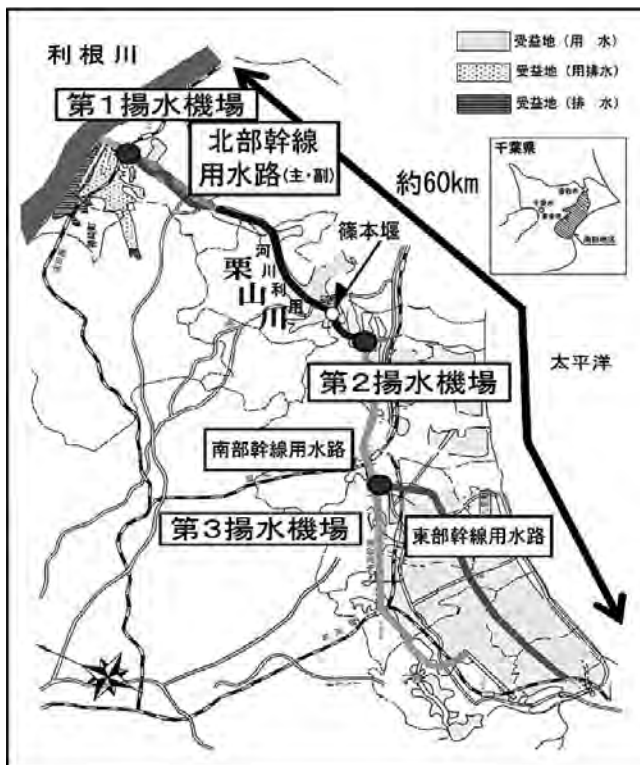


図-1 概要図

\* 関東農政局両総農業水利事業所  
(Tel. 0475-52-6262)

**〔施設の概要〕**

頭首工タイプ：フローティング  
 ゲート形式：鋼製ローラゲート  
 純径間×扉高：12.80m×2.80m×5門（1号ゲート～5号ゲート）  
 最大設計水深：3.91m 最大越流高：1.11m  
 水密方式：前面三方水密  
 開閉装置：電動ワイヤーロープウィンチ式  
 揚程：4.90m（巻上速度：0.3/min）  
 電動機規格：3.70kW，6P，200V，930rpm  
 操作方式：機側（2号，4号機は，遠隔可能）



写真-1 篠本堰全景

**3. 機能診断調査の実施**

機能診断は，ゲート設備，電気設備，遠隔操作盤，土木構造物（堰柱及び管理橋）について，「農業水利施設の機能保全の手引き」，「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」，「農業水利施設ストックマネジメントマニュアル」，「農業用施設機械設備ストックマネジメントマニュアル（案）」に準拠して行うこととした。

調査は，事前調査（資料調査，問診調査），現地踏査（調査に必要な仮設の必要性や作業の安全性の確認），現地調査（概略診断調査，詳細診断調査）の三段階で行い，詳細診断調査では，土木構造物，ゲート

設備について，それぞれ表-1の事項を調査した。

表-1 詳細診断調査事項

土木構造物	ゲート設備
a. コンクリート表面のひび割れ計測	a. 板厚測定
b. コンクリートの浮き，剥離・剥落，析出物・錆汁	b. 主桁の撓み測定
c. 磨耗・すりへり	c. 扉体の片吊り測定
d. 鉄筋露出	d. 戸当りの変形測定
e. シュミットハンマーによる圧縮強度試験	e. 開閉装置の試運転
f. コンクリート中性化試験（ドリル法）	f. ワイヤロープの測定
g. 構造物の変形等	g. 塗装状態の確認
	h. 絶縁抵抗，接地抵抗の測定
	i. 非常用発電機の始動試験



写真-2 コンクリート中性化試験（ドリル法）



写真-3 扉体主桁板厚測定（2号ゲート）

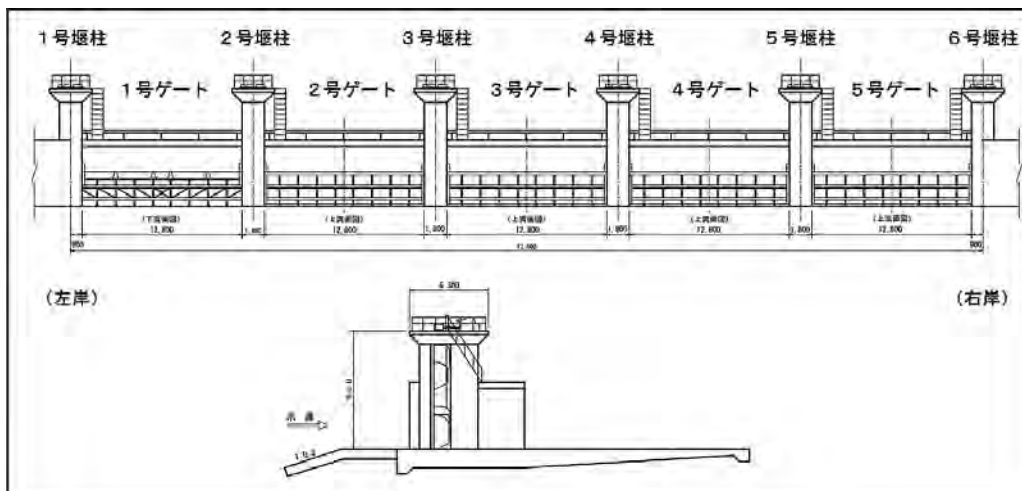


図-2 篠本堰設備全体図



#### 4. 機能診断調査の結果

##### ①土木構造物

2号堰柱及びその周辺の管理橋やエプロンも含めた健全度評価の例を表-2に示す。

堰柱のひび割れは、最大ひび割れ幅が1mmを越えるものもあるが、初期ひび割れが経年に伴い大きくなったと想定され、他に劣化要因がないことから進行性はないと考えられる。一部にエフロレンセスと疑われる析出物も見られたが、錆汁を伴うひび割れは見られなかった。

堰体上部の劣化はほとんど進行しておらず、表面劣化はほとんど見られない。

しかし、下部（特に導流壁部の流水が当たる部分）は、粗骨材の水流による摩耗が進行している。

圧縮強度試験（21N/mm<sup>2</sup>以上）や中性化試験（残り10mm以上）結果より、コンクリート劣化は見られなかった。

管理橋は、コンクリート舗装面のひび割れが多数見られるが、舗装打ち替え等の補修で機能維持できると判断された。管理橋下面から確認したひび割れ等につ

いても、主桁本体構造に直接影響を及ぼすものではないと判断できる。

以上のとおり、土木構造物の劣化過程は進展期から加速期へ移行する段階と想定され、全体評価としてS-3評価（補修）であった。

##### ②ゲート設備

2号ゲート健全度評価の例を表-3に示す。また、ゲート部位別の健全度評価をまとめたものを表-4に示す。

スキンプレートについて建設当時の水門鉄管技術基準で構造計算の照査をしたところ、全てのゲートで必要板厚は満足していた。しかし、1、3、4及び5号ゲートは、S-3評価以上であるが、2号ゲートは変形が大きいので、S-2評価となった。

また、補助桁は、いずれも腐食が著しく、S-2評価であった。

主桁は、腹板で必要板厚を満足していない部位（主にゲート端部）があるうえ、2及び4号ゲートでは、全体にわたり必要板厚を満足できていないため、2及び4号ゲートではS-2評価、それ以外のゲートは、全体としてS-3評価となった。

表-2 2号堰柱の健全度評価

評価項目	評価事項	状況	評価	評価の流れ→		
				変状別評価	主要因別評価	総合評価
内部要因	ひび割れ	初期ひび割れ	最大ひび割れ幅 1.0mm 以上	S-3	S-3	S-3
		ひび割れ付随物 (析出物, 錆汁, 浮き)	無	S-5		
		ひび割れからの漏水	無	S-5		
		ひび割れ段差	無	S-5		
	ひび割れ以外の劣化	浮き	無	S-5	S-3	
		剥離・剥落	無	S-5		
		析出物(エフロレンセス・ゲルなど) (ひび割れを含むものを除く)	部分的	S-5		
		摩耗・すりへり	細骨材露出	S-5		
		摩耗・すりへり(堰柱下部)	粗骨材剥落	S-3		
		鉄筋露出の程度	無	S-5		
		圧縮強度	反発強度法(鉄筋)	21N/mm <sup>2</sup> 以上		
中性化(鉄筋)	ドリル法(中性化残り)	残り10mm 以上	S-5			
外部要因	変形・歪み	変形・歪みの有無	無	S-5	S-5	
	欠損・損傷	欠損・損傷の有無	無	S-5	S-5	
		戸当り周辺, 巻上機周辺損傷	局所的	S-3	S-3	
	不同沈下	構造物の沈下, 蛇行	無	S-5	S-5	
	構造物周辺の変状	エプロン・護床工周辺河床	エプロン直上流局所洗掘, 下流側 護床工消失・沈下, 深掘れ	局所的	S-3	S-3
		エプロン・床版下部	床版・エプロン下からの噴水 及び空洞の有無	無	S-5	S-5
		護岸工周辺地盤	背面土の空洞化	無	S-5	S-5
	周辺地盤の沈下・陥没・ひび割れ		無	S-5	S-5	
その他要因	管理橋	橋桁や床版の損傷	全体的	S-3	S-3	
		沓座・堰柱張出し部の損傷	局所的	S-4		
	操作室	雨漏り・壁・柱の損傷・ひび割れ	局所的	S-4		S-4

S-5 対策不要, S-4 要観察, S-3 補修, S-2 補強, S-1 改築

表-3 2号ゲートの健全度評価

調査部位			参考耐用年数	経過年数	調査項目	調査方法	2号ゲート			
扉体	スキンプレート	全体	40	44	変形	計測	S-2	S-2	S-2	
					腐食	板厚計測	S-4			
					応力	応力計算	S-4			
		底部			変形	計測	-	-		
					腐食	板厚計測	-			
					応力	応力計算	-			
	桁材	主桁フランジ	40	44	変形	計測	-	S-4	S-2	
					たわみ	計測	S-4			
					腐食	板厚計測	S-4			
					応力	応力計算	S-4			
					主桁腹板	変形	計測	-		S-2
						たわみ	計測	-		
		腐食	板厚計測			S-3				
		補助桁	腐食		目視	S-2	S-2			
			主ローラ		ローラ	40	44	変形		計測
軸	40			44	作動	作動確認	S-3			
滑り軸受	20	44				S-3				
シーブ	軸	40	44	作動	作動確認	S-4	S-4			
	滑り軸受	20	44			S-4				
接合部	溶接	40	44	切損	目視	S-4	S-3			
	ボルト			ゆるみ・脱落	検査	S-4				
	リベット			ゆるみ・脱落	検査	S-3				
戸当たり	側部戸当たり	ローラ踏面板	40	44	変形	計測	S-4	S-4	S-2	
					切損	目視	S-4			
					摩耗	計測	S-4			
		腐食			目視	S-2	S-2			
		水密板			変形	計測	S-4	S-4		
					摩耗	計測	S-4			
腐食	目視		S-2	S-2						

S-5 対策不要, S-4 継続監視, S-3 劣化対策, S-2 至急劣化対策, S-1 更新

表-4 ゲート部位別健全度評価一覧表

部位	1号ゲート	2号ゲート	3号ゲート	4号ゲート	5号ゲート
スキンプレート	S-4	S-2	S-3	S-3	S-3
主桁	S-3	S-2	S-3	S-2	S-3
補助桁	S-2	S-2	S-2	S-2	S-2
主ローラ	S-3	S-3	S-3	S-3	S-3
戸当たり	S-2	S-2	S-2	S-2	S-2
開閉装置	S-4	S-4	S-4	S-4	S-4

注: 1, 3, 5号ゲート主桁の一部はS-2。開閉装置のロープ弛み検出装置は, S-2。

以上から、扉体について、比較的健全な部位と対策が必要な部位を区分すると、図-3のように図示される（濃い着色部分がS-2評価＝至急劣化対策）。

また、主ローラは設置後、参考耐用年数40年を超過（44年）し、動作に問題はないものの、S-3評価であった。

なお、戸当たり部は、いずれもSS材で表面が腐食しているため、S-2評価であった。

さらに、開閉装置は設置後、参考耐用年数の20年をほぼ経過（19年）し、いずれのゲートも弛み検出装置がS-2評価であるものの、開閉装置本体、操作機器

等は総体としてS-4であった。

### 5. 改修工法の検討

土木構造物については、S-3評価であり、最小限度の補修で対応することができる。

ゲート設備の改修については、時期未定であるが河川改修が予定されていること、施工期間や仮設方法に多くの制約があるなどの特殊条件があることから、インハウス設計VE検討会を開催し、検討を行うこととした。VE検討会においては、SUS材により全面更新する案をVE基本案として、コスト縮減が可能となるアイデアを組み合わせ、総合比較により検討を行うこととした。

検討にあたっては、以下のA～C案（各案に2案づつのケース案）を対象として、ライフサイクルコスト低減の観点から工法の適用性について検討を行った。

#### A案…全面更新案

SUS材を使用し、ランニングコストの低減を図る案。

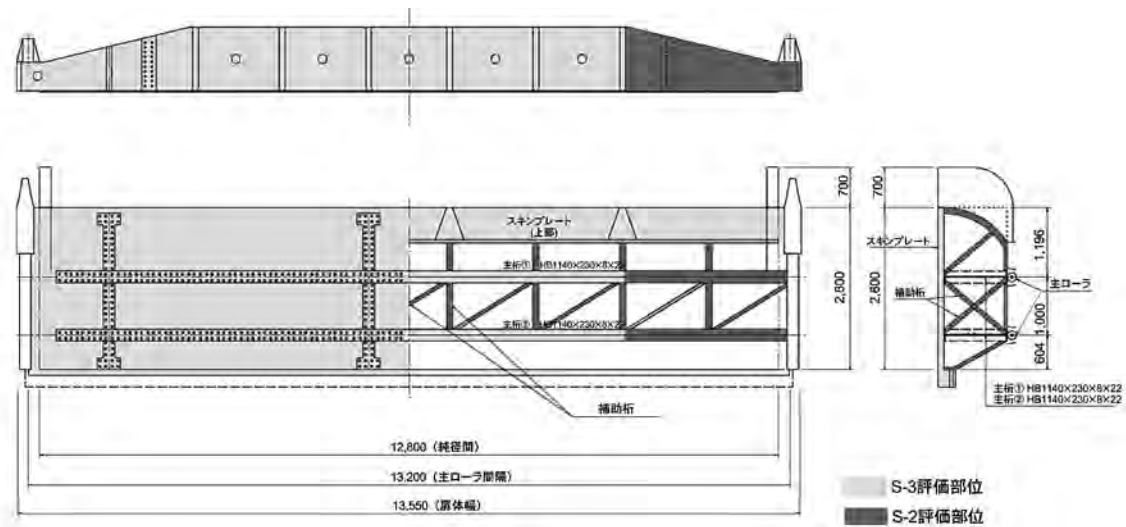


図-3 比較的健全な部位と対策が必要な部位を区分（3及び5号ゲートの例）



写真-4 堰柱及び扉体スキンプレート劣化状況  
（5号堰柱，5号ゲート上流面）



写真-5 扉体主桁添接部リベット頭部腐食状況  
（4号ゲート）

(A-1案)

S-2評価である扉体，戸当たりの更新の他，S-4評価である開閉装置も同時更新する。

(A-2案)

開閉装置は現況利用し，更新時期を遅らせる。

B案・・・更新+補修複合案

劣化が進行している2及び4号ゲートは，更新，他は補修し，補修したゲートは，20年後に更新する案。

(B-1案)

補修するゲートの戸当たりを更新する。

(B-2案)

補修するゲートの戸当たりは，使用限界まで現況利用し，次の扉体更新に合わせて更新する。

C案・・・全面補修案

全てのゲートについて，補修を行い，将来的（20年後）に全面更新する案。

(C-1案)

ゲートの補修に合わせて戸当たりを更新する。

(C-2案)

戸当たりは，使用限界まで現況利用し，次の扉体更新に合わせて更新する。

## 6. 機能保全コスト算定による比較検討

当初設計案を含む計7案について，河川改修の要素を考慮せず，機能保全計画策定時点から40年間の機能保全コストの算定により比較を行った。

なお，機能保全コストの算定条件は，「農業水利施設ストックマネジメントマニュアル〔共通編〕」による以下の条件によることとした。

- ①評価期間：機能保全計画策定時点から40年を標準とする。
- ②残存価値の考え方：定額法で耐用年数経過後の残存価値はゼロ
- ③社会的割引率：特段の事情がない限り4.0%を使用
- ④日常管理費：保全対策シナリオにより日常管理費

に大差がない場合は割愛できる。

河川改修の要素を考慮せず、機能保全計画策定時点から40年間の機能保全コストの算定を行ったA-1案の例を表-5に示す。

また、当初設計案を含む計7案について、機能保全計画策定時点から40年間の機能保全コストの試算の比較を行った結果の総括を表-6に示す。

表-6の機能保全コスト算定比較総括表に示すように、B案、C案の改修による対策工法は、初年度工事費は全面更新案(A案)よりも安価となるが、継続的な、補修、あるいは塗装の塗り替えなどのメンテナンス費用が必要となる。

また、B案、C案については、戸当たりを「更新する」、「更新しない」の選択により、機能保全コストの合計に大きな差がでる。

戸当たりの現行材質はSS材であり、錆等の腐食が認められることからS-2評価となっているが、機能的には問題はない。また、戸当たりは、簡易な補修方法

が無い場合、手を加えれば、扉体を全て撤去して鋼材を入れ替える必要がある。

表-6に示すように、機能保全コストの単純比較では、戸当たりを更新しないC-2案、全面SUS材で更新するA-1案、2及び4号ゲートを更新し、戸当たりは更新しないB-2案の順に有利となる。

ただし、ここで留意すべきは、各案において、更新されたSUS材の耐用年数を60年として、評価期間終了時に残存価値を評価し、機能保全コストから差し引いている。すなわち、SUS材で更新されたゲートについては、評価期間経過後も、さらに継続使用が可能なことである。

## 7. 改修工法の決定

機能保全コストのみの観点からみると、上記「6」で示したように、最小限の補修によるC-2案が最有利となるが、現実的には、構造物の所在する地域の特殊性やその他の外部条件の特殊事情を勘案する必要も

表-5 A-1案の機能保全コスト算定表

(単位：千円)

対策時期	設備名	保全対策工法	保全対策費用		現在価値化した対策費用	年数	割引率	機能保全コスト計	
			1門当り	全門当り					
1年目	扉体・戸当り・開閉装置・機側盤	全面更新	78,600	393,000	393,000	0	1	初期費用	432,400
	(仮設工事費)			39,400	39,400	0	1		
6年目	開閉装置	点検整備	300	1,500	1,233	5	0.8219	10年	433,633
11年目	扉体	水密ゴムの取替え	1,500	7,500	5,067	10	0.6756		
	開閉装置	塗替え塗装	300	1,500	1,013	10	0.6756		
		点検整備	300	1,500	5,067	10	0.6756		
	(仮設工事費)			4,900	3,310	10	0.6756		
16年目	開閉装置	点検整備	300	1,500	833	10	0.5553	20年	448,923
21年目	扉体	水密ゴムの取替え	1,500	7,500	3,423	20	0.4564		
		ブッシュ類の交換	1,000	5,000	2,282	20	0.4564		
	開閉装置	塗替え塗装	300	1,500	685	20	0.4564		
		点検整備	300	1,500	685	20	0.4564		
	機側操作盤	操作盤の更新	3,000	15,000	6,846	20	0.4564		
	(仮設工事費)			4,900	2,236	20	0.4564		
26年目	開閉装置	点検整備	300	1,500	563	25	0.3751	30年	465,643
31年目	扉体	水密ゴムの取替え	1,500	7,500	2,312	30	0.3083		
		ワイヤロープ交換	2,000	10,000	3,083	30	0.3083		
	開閉装置	塗替え塗装	300	1,500	462	30	0.3083		
		点検整備	300	1,500	462	30	0.3083		
	(仮設工事費)			4,900	1,511	30	0.3083		
36年目	開閉装置	点検整備	300	1,500	380	35	0.2534	40年	473,853
40年目	残存価値ステンレスゲート(60年-40年)=20年 393,000×20年/60年				-131,000				
合計			504,600	342,853					

表-6 篠本堰ゲート改修機能保全コスト算定比較総括表

(単位：千円)

	当初設計案	A案		B案		C案	
		A-1案	A-2案	B-1案	B-2案	C-1案	C-2案
初年度対策							
扉体	全面更新	全面更新		2及び4号更新 1, 3及び5号補修		全面補修	
扉体の材質	SS材+塗装	SUS材		SUS材(2及び4号) SS材+塗装(1, 3及び5号)		SS材+塗装	
戸当たり	SUS材更新	SUS材更新		SUS材更新	補修するゲートは既設利用	SUS材更新	既設利用
開閉装置	全面更新	全面更新	既設利用	既設利用(補修+機側操作盤更新(遠隔操作対応))			
更新計画							
次回更新時期	40年後	60年後		1, 3及び5号20年後, 2及び4号60年後		20年後	
更新後の扉体材質	SS材+塗装	SUS材		SUS材		SUS材	
戸当たり更新	(40年後)	(60年後)		(60年後)	20年後	(60年後)	20年後
その他	10年毎塗装	—	—	1, 3及び5号は10年ごとに機能診断調査		2及び4号は5年ごとに機能診断調査	
更新及び維持管理概要	扉体及び開閉装置を全面更新(SS材)。SS材であるため、10年毎に塗装を行う。	扉体及び開閉装置を全面更新し、扉体はSUS材で更新する。耐用年数は60年。	扉体はA-1案と同じくSUS材による全面更新であるが、開閉装置は、11年目に更新する。	2及び4号ゲートのみ全面更新(SUS材)とし、1, 3及び5号は補修を行う。補修後のゲートは21年後に全面更新(SUS材)する。開閉装置は11年目に更新する。		全5門とも既設ゲートの補修を行う。補修後のゲートは21年後に全面更新(SUS材)する。開閉装置は11年目に更新する。	
コストへの影響		計画期間終了時の残耐用年数は20年となる	更新時に大型仮設が必要となり、A-1案よりもコストが高くなる。	必要最小限の改修であるため初年度工事費は安価であるが、 ・補修費用が高価であるため、補修延命によるコストの低減額は小さい。 ・既設扉体(SS材)は、更新するまでの期間、塗装の塗り替えが必要。 ・S-2評価の部位は、初年度無対策案では、詳細な機能診断調査を10年毎(C案5年毎)に行い、劣化状況を確認する必要がある。			
初年度工事費(順位) (差額)	386,900 (6) (258,200)	432,400 (7) (303,700)	322,400 (5) (183,700)	262,100 (4) (133,400)	214,100 (2) (85,400)	227,900 (3) (99,200)	128,700 (1) —
保全総コスト(維持管理費用を加算)	465,285	473,853	469,738	429,213	453,120	466,765	404,076
残存価値	0	131,000	112,018	84,262	98,866	74,251	74,251
機能保全コスト(40年)(順位)	465,285 (7)	342,853 (2)	357,720 (4)	394,951 (6)	354,252 (3)	392,514 (5)	329,825 (1)

あることから、篠本堰の最終的なゲート設備の改修工法の決定に当たっては、当該施設に係る河川改修計画と施工期間の地域事情を考慮して、更に検討を行った。

①河川改修計画

篠本堰が設置されている栗山川は、河川改修予定があるものの、現時点で具体的な改修時期は決定されていない。いずれ篠本堰を全面改修することを前提とした場合、河川改修時の施設の残存価値は評価することが出来ない。そこで、河川改修があることを前提に、評価期間終了時に残存価値を評価せず経済比較を行うこととした。

具体的には、河川改修が10年後、20年後、30年後のどの時期に実施されても、経済的に有利となる工法とする。

②施工期間の制約

篠本堰は、3月1日～8月31日までを取水期間としており、栗山川の非出水期は11月1日～5月31日であ

り、工事実施期間は、非出水期のかんがい始期までの期間(11月1日～2月28日)に制限されることから、各工法の所要工期が制約期間内に収まることも決定要因となる。

③改修工法の決定

①、②の条件を考慮し、先に示した表-6の機能保全コストの算定を再整理し、篠本堰ゲート改修の各整備水準案についての比較を表-7に示した。

評価項目としては、(ア)経済性(初期費用と40年間の維持管理費用)、(イ)施工性、(ウ)再改修発生リスクに区分して評価し、総合的に判断して改修工法を決定することとした。

その結果、経済性では最小限を補修するC-2案が最も有利であるが、施工性の他、特に維持管理面において、2及び4号ゲート扉体や全門の戸当たりがS-2評価となっている部位に対する対策が将来的にリスクとなる可能性がある。また、河川改修時までは何とか

表-7 篠本堰ゲート改修整備水準比較総括表（工法決定表）

	当初設計案	A案		B案		C案	
		A-1案	A-2案	B-1案	B-2案	C-1案	C-2案
(ア) 経済性							
初期費用		(単位：千円)					
初年度工事費 (順位)	386,900 (6)	432,400 (7)	322,400 (5)	262,100 (4)	214,100 (2)	227,900 (3)	128,700 (1)
(差額)	(258,200)	(303,700)	(183,700)	(133,400)	(85,400)	(99,200)	—
評価		(高価)			△	△	○
維持管理費用		(単位：千円)					
10年後保全総コスト (順位)	388,133 (6)	433,633 (7)	323,633 (5)	263,333 (4)	215,333 (2)	229,133 (3)	129,933 (1)
20年後保全総コスト (順位)	415,055 (5)	448,923 (7)	447,891 (6)	401,777 (4)	353,777 (2)	368,928 (3)	269,729 (1)
30年後保全総コスト (順位)	452,449 (3)	465,643 (6)	464,609 (5)	474,085 (7)	447,991 (2)	461,638 (4)	398,949 (1)
評価		×			△	△	○
(イ) 施工性 (初年度工事)		<ul style="list-style-type: none"> <li>戸当りの施工が伴うため、止水矢板が必要</li> <li>ゲートの仮置き場は不要</li> <li>ゲートを新規に製作するため、発注が早ければ工期はコントロールしやすい。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>戸当りの施工が伴うため、止水矢板が必要。</li> <li>ゲートの仮置き場が必要（2門仮置き）</li> <li>補修が工事前半2門、後半1門であり、工期は比較的コントロールしやすい</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>戸当りの施工が伴わない場合は、仮設は中規模。</li> <li>ゲートの仮置き場が必要（3門仮置き）</li> <li>ゲート取り外し後に補修範囲が増える可能性あり。</li> </ul>	
		◎		○		△	
(ウ) 再改修発生 リスク	塗装の塗り 替えが必要 である	扉体はSUS材で更新するため、メンテナンスフリーとなる		使用頻度が高く、また既設がS-2評価である2及び4号を更新することにより、施設全体の機能回復効果としてはA案の次に評価できる（SUS材で更新するためメンテナンスフリー）。B-2案は、1、3及び5号の戸当たり（S-2評価）のリスク管理が必要。		2及び4号のS-2評価に対してS-3評価レベルまでの補修であるため、リスク管理が必要。また、C-2案は、戸当たり（S-2評価）が無対策であるため、戸当たりのリスク管理も必要である。他の案に比べ、更新時期が早まる可能性がある。	
	×	◎		○		△	
総合評価	河川改修の 時期が早期 になった場 合のロスが 大きい ×	河川改修の 時期が早期 になった場 合のロスが 大きい ×	河川改修の 時期が早期 になった場 合のロスが 大きい ×	経済性で劣る うえ、戸当 りの交換に よる、工期 が長くなり 施工上非 効率 ×	コスト面でC 案より劣る が2号、4 号ゲートの S-2対策が 不用となり 、故障リス クが小さい。 ○	経済性で劣る うえ、戸当 りの交換に よる、工期 が長くなり 施工上非 効率 ×	経済性に優 れているが 、水位調整 ゲートとし て常時運用 している2 号、4号ゲ ートに非常 に大きいリ スクが残る。 ×

注：10年後、20年後、30年後に河川改修が行われた場合を想定

機能を維持していくことが肝要であることから、初期費用が比較的安く抑えられるとともに、トラブル発生による将来的な再改修発生リスクの少ない、2及び4号ゲートを更新し、補修するゲートの戸当りを既設利用するB-2案（更新+補修複合）を採用案とするこ

## 8. まとめ

本報では、既存の頭首工を有効に活用するという計画の中で、今後、多用するストックマネジメント手法を適用し、施設の機能診断調査を行い、コストの算定を行いつつ、地域事情を考慮し、最終的な改修計画の策定を行った。

検討に当たって明らかになった課題は、①河川改修計画がある場合のストックマネジメント手法の適用と現場での判断、②土木構造物と鋼構造物、機械設備等の組み合わせからなる重要構造物の総合的評価手法のあり

方等である。

今後は、本改修計画により補修された篠本堰が地域の中で、愛着を持って、親しまれ、末長く、適時適切な維持管理と改修により、地域農業の発展に寄与していくことを期待するところである

# 小スペースにおける除塵施設の新たな取り組み

平本 雅志\* 高橋 市朗\*  
(Masashi HIRAMOTO) (Ichiro TAKAHASHI)

## 目 次

1. 事業概要 .....	38	4. 設計方針 .....	39
2. 現況の施設について .....	38	5. 新たな除塵施設の詳細な構造 .....	39
3. 既存の取水施設の構造 .....	39	6. おわりに .....	42

## 1. 事業概要

石川県白山市河内町南部に位置する吉岡地区は、一級河川手取川沿岸に階段状に広がる中山間部の農村地帯である。

現況の農地は、山間部の斜面に谷内田状に広がって

いたものを、昭和50～53年にかけて行った砂利採取事業を機に10a区画に整備したものであるが、農道は狭く用排水施設も老朽化しており、生産効率が悪い状況となっていた。

このため、平成18年度から中山間地域総合整備事業に着手し、用水路2,397mの改修と区画整理11.6haを実施し、平成22年度に完成したところである。

## 2. 現況の施設について

本地区は、約300m離れた取水口から山間部の渓流水を導水し、農業用水として利用している。しかし、取水施設にはスクリーンが設置してあるものの、木くずや落ち葉、流木、転石が多く、頻繁に目詰まりを起こし用水が停止するなど、営農に支障を来すとともに、スクリーンに引っかかった雑物の除去作業など取水施設の維持管理に多大な労力を要する状況であった。

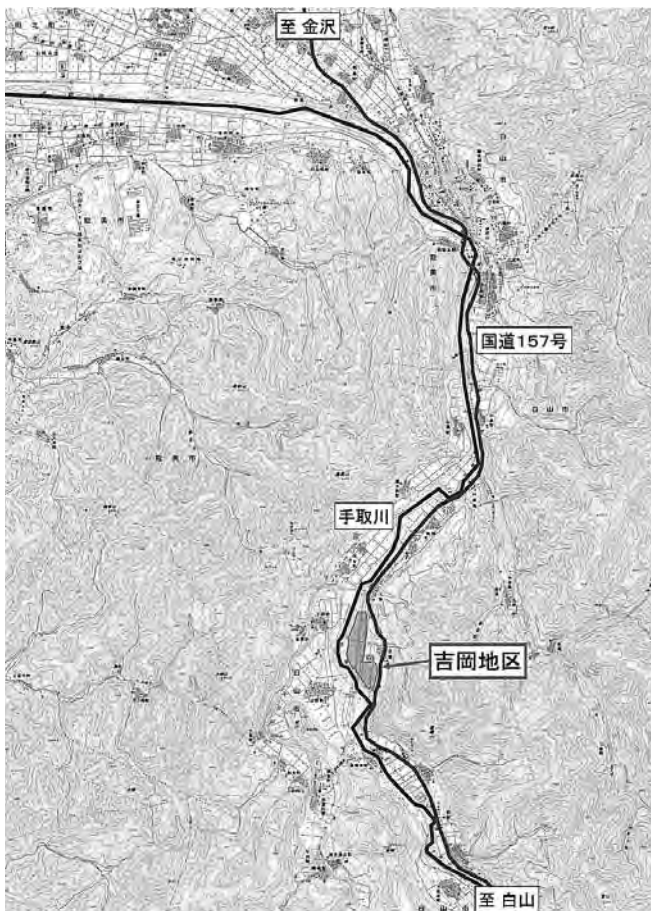


図-1 吉岡地区位置図



図-2 除塵施設位置図

\*石川県石川農林総合事務所

(Tel. 076-276-0526)

### 3. 既存の取水施設の構造

既存の取水施設の構造は、導水した渓流水を写真-1の水門1で堰止め、用水路側に取り入れる構造となっており、用水路側の水門2で取水量を調節できるようになっている。

水門2の上流側には写真-2のようにスクリーンが設けられているが、木くずや落ち葉がスクリーンに大量に引っかかり、取水不能となることが多く、雑物除去作業を一日に何度も行わなければならないことが頻繁に生じていた。



写真-1 現況取水口（下流より）

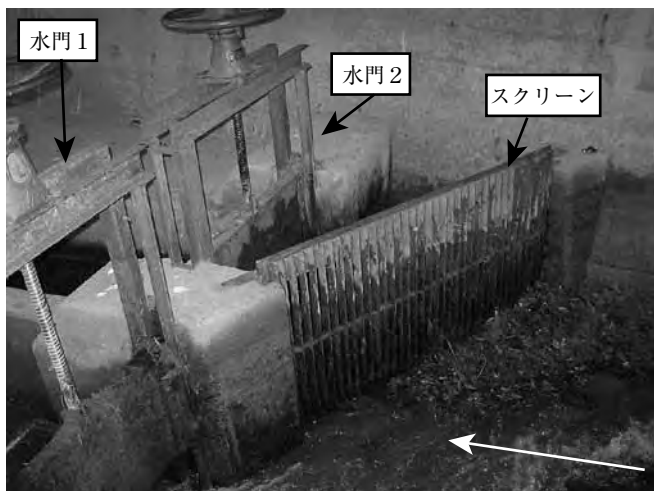


写真-2 現況取水口（上流より）

### 4. 設計方針

そこでこの場所に設置する除塵施設の設計に際しては、

- ①いかにスクリーンの雑物除去に対する労力を軽減するか
- ②限られたスペースの中で、どのような除塵施設を設置するか
- ③除塵機を設置することによる地元の新たな維持管理費用をどれだけ安く抑えられるか

という点に主眼を置いて検討することとした。

限られたスペースの中でどのような除塵施設を設置するかという点では、レーキ型などの動力式除塵機を地元が当初要求していたが、現地の用水路の幅が1m、深さ0.5mと小規模な上に、引き揚げた雑物を処理するスペースや機材を設置するスペースが確保出来ない状況であることや、また、動力式にした場合には、毎年メンテナンス費用が必要となることから、設置は難しいと判断した。

そこで動力式ではなく別の方法を検討するに至った。

本来、スクリーンに詰まる雑物は、渓流水によって運ばれて来たものであることから、渓流水自体の水流の力をそのまま利用出来ないかという点に着目し、検討を更に進めることとした。

また、既存のスクリーンは縦目方向40mm間隔のものが設置されており、これに引っかかった雑物は目詰まりしやすく、外れにくい構造となっていた。このためスクリーンを横方向に設置することとし、目幅を100mmの荒目スクリーンに入れ替えることによって、大きな流木や転石の侵入のみをこのスクリーンで防止することとした。そして、水門2の下流に目幅30mmの細目スクリーン（写真-5参照）を設け、二段階で雑物を除去する方式を採用した。

また、二段目のスクリーンは斜めに設置し、下流部に放流口を設け、更に整流板という可動式の2枚の板により放流口に水を集中させることで、「渓流水が運んで来た雑物を、その渓流水の力で除去する自然流下式除塵機」を検討し、地元の方々の維持管理労力の低減を図ることとした。

そして完成したものが図-3の施設である。

### 5. 新たな除塵施設の詳細な構造

#### (1)既設縦目スクリーンの改修

先に述べたとおり、写真-3、4にあるように水門2の上流側の既設縦目スクリーンを横目スクリーンにすることで、雑物の引っかかりを軽減する。また、目幅間隔を100mmと大きくすることで、このスクリーン1は大きな転石や流木をせき止める役割とし、小さな雑物は通過させる。

#### (2)スクリーン2の除塵構造

スクリーン1を通過した落ち葉や小枝などは、目幅間隔30mmの細かいスクリーン2（写真-5）で除去する。このスクリーン2に雑物が引っかかり水流を妨げると、スクリーン2の前後で水位差が発生する。スクリーンの前後にはそれぞれ水位計を設置し、常時水位差を計測する仕組みとした。（写真-6）スクリーンに雑物などが詰まり、前後に生じる水位差が設定値に達した時点で、自動的に除塵施設が稼働する。



除塵施設が稼働すると、スクリーン2直上流の側壁にあるスライドゲートBが開き、水路本線へ放流口が開放される。その後スライドゲートAが閉まり（写真-7）、用水本線の流れを遮る。そして、元々水路に対して並行に向いていた2枚の整流板が斜めに向きを変え、水流を変化させる。（写真-8、9）

これらの動作により水の流れを放流口に集中させることで、スクリーン2に付着した雑物を水流の力を借りて放流口から流し落とす。（写真-10、図-4）

目詰まりが解消されてスクリーン前後での水位差が

なくなると、水位計が感知し自動的に整流板等は施設稼働前の状態に戻る。

また、本施設を設置するにあたり外部から電気を引き込んでおり、上記の一連の除塵動作は、水路脇の操作盤で制御されている。操作盤では除塵動作に移行する時の水位差の設定や、水を放流し続ける時間などの設定を変更できるようになっている。加えて、ゲートや整流板の動作はパワーシリンダという電気モーターを用いた装置で行っており、構造的に単純であるためメンテナンス性に優れたものとなっている。

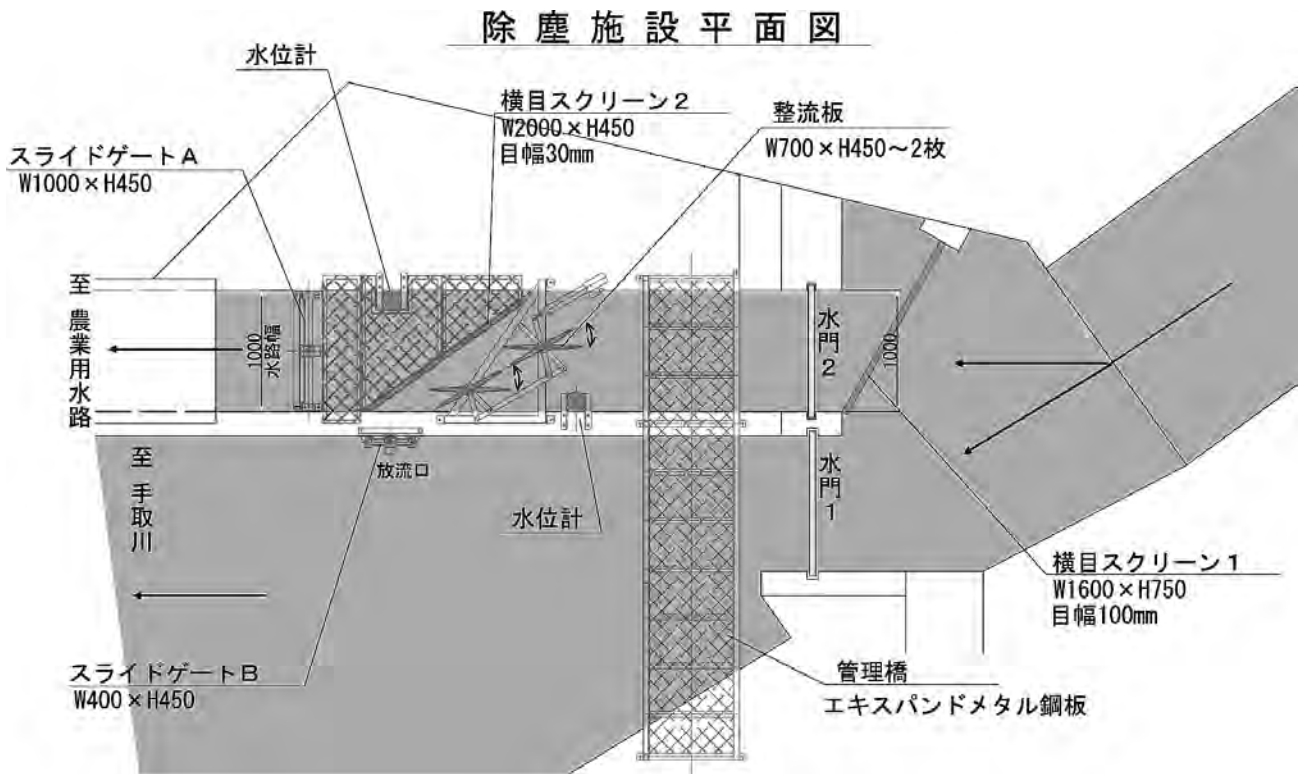


図-3 除塵施設概要

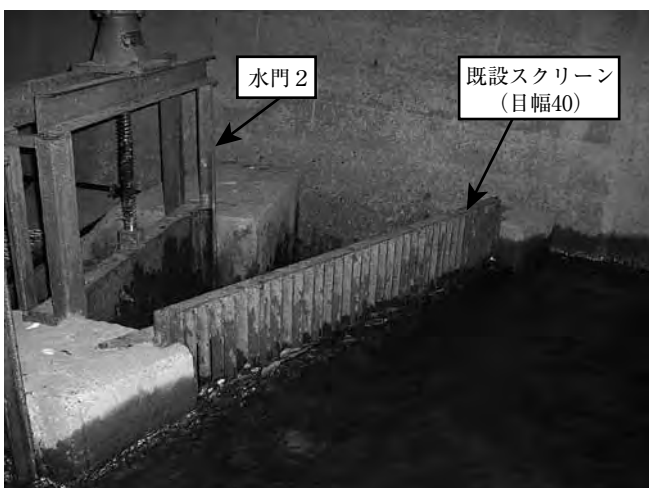


写真-3 既設縦目スクリーン

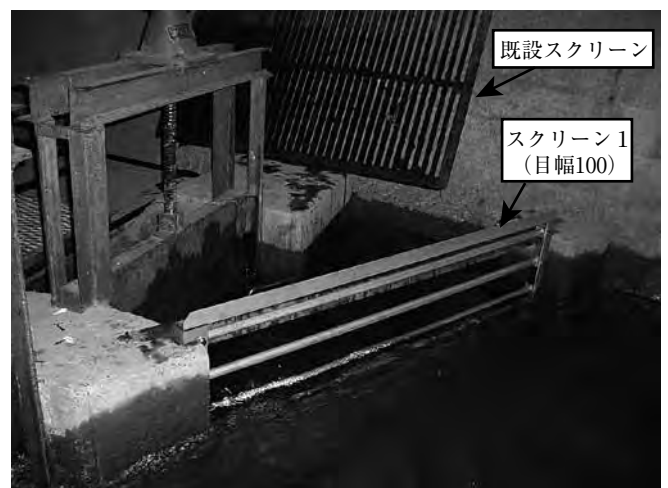


写真-4 スクリーン1



写真-5 スクリーン2



写真-6 除塵施設

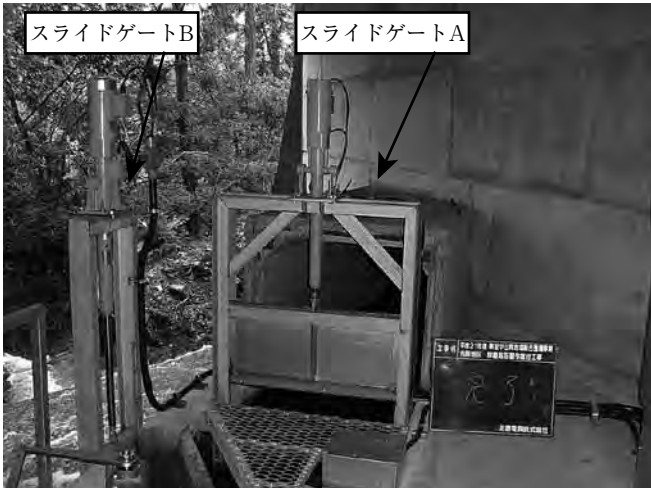


写真-7 スライドゲートA・B



写真-8 整流板 (通常時)

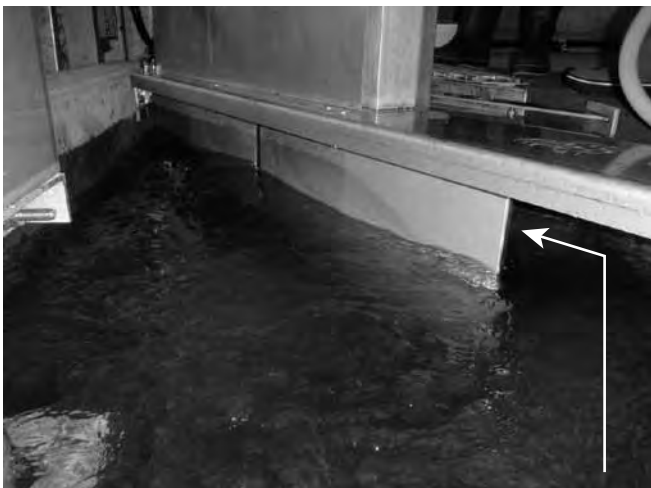


写真-9 整流板 (除塵時)



写真-10 除塵時放流状況

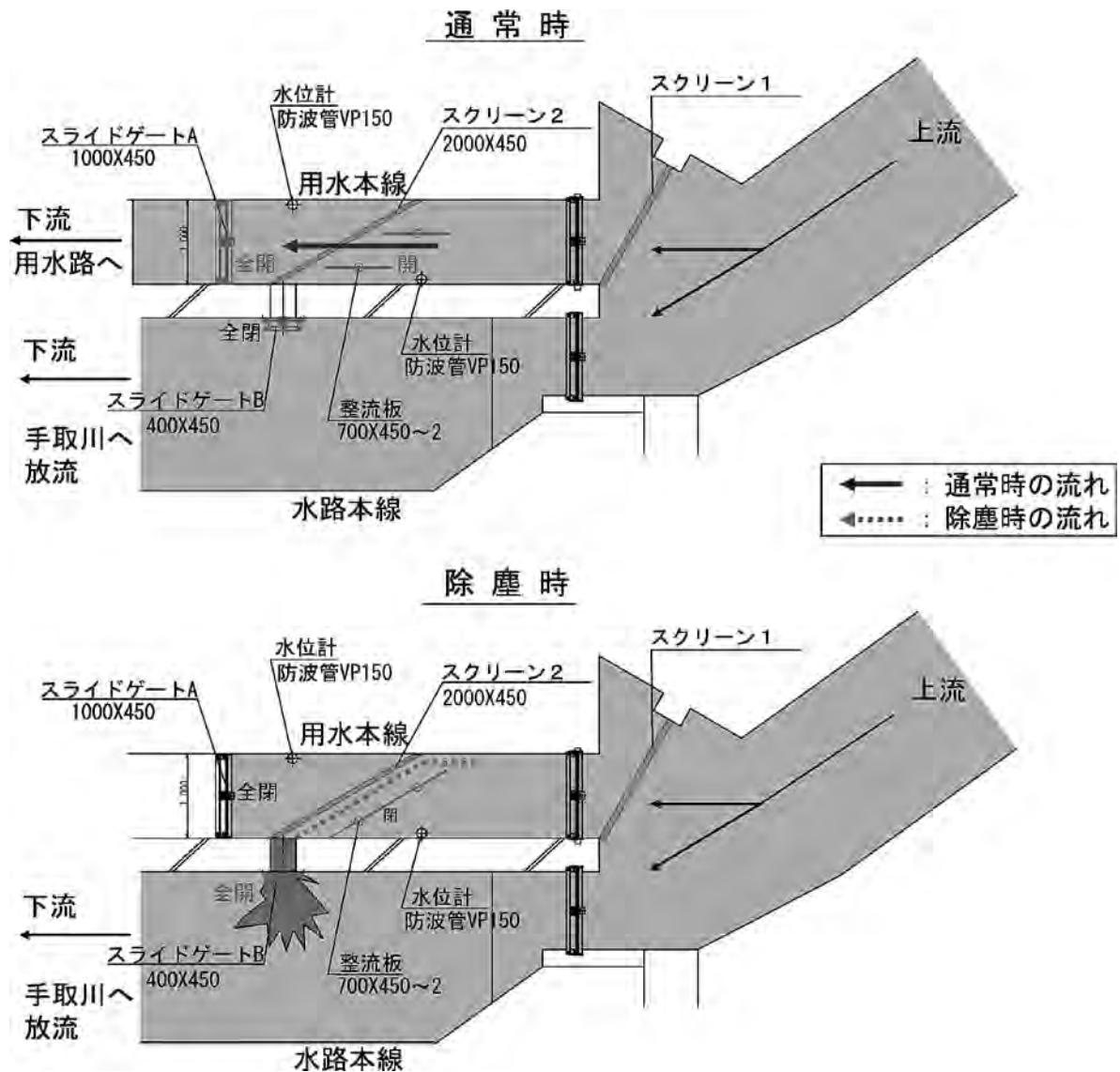


図-4 通常時と除塵時の水の流れ



写真-11 除塵施設全景

## 6. おわりに

平成22年12月の試運転でスクリーンについての雑物が

水自体の持つ力で流し落とされることが確認でき、平成23年の営農においても問題なく稼働している。地元の方々からは、今期は目詰まり除去作業の頻度が激減したとの言葉をいただいている。また、施設の稼働にかかる月々の電気代も600円程度であり、これまでの維持管理作業と比較すると経済的にも負担は軽減されていると考える。

既設の用水施設は、営農期間はんがいがい用水として利用されているが、冬期においては消雪用水としても利用されており、今後も除塵施設が年間を通じて地域住民の生活に役立つことを期待している。

また、維持管理面でスクリーンの雑物除去作業が多大な負担となっていたこの地区において、水力という自然エネルギーを活用した除塵施設を設置することができたことは、今後の土地改良施設の整備を検討していく上で、1つのモデルケースになるのではないかと考えている。

# 岡島頭首工の耐震対策の検討について

川 崎 学\*  
(Manabu KAWASAKI)

## 目 次

1. はじめに .....	43	5. 地質 .....	44
2. 事業の概要 .....	43	6. 耐震対策の検討 .....	46
3. 岡島頭首工の概要 .....	43	7. 耐震補強工法 .....	50
4. 施設の重要度 .....	44	8. おわりに .....	52

## 1. はじめに

これまでに整備されたダム、頭首工及び水路等の基幹的な農業用排水施設は耐用年数を経過し老朽化のピークを迎えており、膨大な農業水利ストックの機能を効率的に整備することが課題となっている。

西濃用水地区の岡島頭首工も前歴事業である国営かんがい排水事業「西濃用水土地改良事業」により造成され36年経過し老朽化が進行していることから、国営かんがい排水事業「西濃用水第二期土地改良事業」（以下、西濃二期事業という）において局部的な改修及び耐震補強を行うこととしている。

本報では、岡島頭首工の耐震対策の検討内容及び対策工法の概要について報告するものである。

## 2. 事業の概要

西濃二期地区は、岐阜県南西部に位置し、一級河川揖斐川沿いの大垣市外6町にまたがる水田5,249ha、畑93haの地域で、水稻を中心に水田畑利用による小麦、大豆、飼肥料作物、露地野菜を組み合わせた土地利用型農業を展開する県内有数の農業地帯である。

前歴事業である国営かんがい排水事業「西濃用水土地改良事業」により、揖斐川上流の横山ダムに水源を確保し、揖斐川中流部に岡島頭首工を新設し、導水路、幹線水路の新設や改修が行われ、農業用水の安定的な供給が図られた。

しかしながら、近年、岡島頭首工や幹線水路及び水管理施設の老朽化が進行しており、農業用水の安定的な供給に支障が生じるとともに、維持管理に多大な経



図-1 岡島頭首工位置

費と労力を要している。

このため、西濃二期事業では、岡島頭首工、幹線水路及び水管理施設の改修を行い、農業用水の安定供給と施設の維持管理軽減することによって、農業生産や農業経営の安定に資することを目的としている。

## 3. 岡島頭首工の概要

岡島頭首工は、揖斐川の両岸から取水し、左右岸に広がる受益面積5,342ha（建設当時は7,082ha）への農業用水を送水している。形式はフローティングタイプ

\*東海農政局西濃用水第二期農業水利事業所  
(Tel. 0584-77-6541)

(一部固定堰)であり、頭首工諸元及び現在の状況写真は以下のとおりである

表-1 岡島頭首工諸元表

位置	(左岸) 岐阜県揖斐郡揖斐川町前島2864番地先 (右岸) 岐阜県揖斐郡揖斐川町上岡島106番の1番地
河川名	1級河川 木曾川水系揖斐川
計画洪水量	2,300m <sup>3</sup> /s
取水量	最大21.7m <sup>3</sup> /s
堰体	フローティングタイプ 堰長171.0m 可動堰90.0m 固定堰69.0m
可動堰	洪水吐:ローラーゲート2門 幅30.0m 高さ2.3m 土砂吐:フラップ付き、ローラーゲート1門 幅30.0m 高さ3.1m
付帯設備	魚道:右岸 呼び水式 2連 幅5.0m 長さ52.5m 中央 階段式 1連 幅3.0m 長さ41.5m 管理橋:幅6.5m 長さ218.5m
取水水門	ローラーゲート:右岸2連 幅2.3m 高さ2.5m 左岸2連 幅1.85m 高さ2.0m



写真-1 岡島頭首工航測写真



写真-2 岡島頭首工写真(右岸上流より)



写真-3 堰柱写真(右岸より)

## 4. 施設の重要度

### (1)施設の重要度区分

頭首工の耐震設計を行うに当たっては、「土地改良事業計画設計基準「頭首工」(平成20年3月)」に基づき「被災による二次災害」,「被災による本来の機能に与える影響」を総合的に判断し施設の重要度区分を決定することとなっている。具体的には、表-2に示す重要度に応じてAA種, A種, B種の3種類に区分を行う。

岡島頭首工の重要度区分は、大規模な頭首工であり農業水利上重要な施設(支配面積5,432ha>5,000ha)であることからAA種となる。

表-2 頭首工の重要度区分

区分	内容	判断をする上での参考指標
重要度 AA	次の①~③の何れかに該当する施設 ①被災により治水上重大な影響を及ぼす施設。	・洪水ハザードマップによる被害想定区域等を勘案する。 ・河川整備計画等に基づく堤防の改修状況を勘案する。
	②被災により利用上重大な影響を及ぼす施設。	・大規模な頭首工であり農業水利上重要な施設である。(例えば、支配面積が概ね 5,000(畑 2,000)ha 以上の施設)
	③被災により災害リスク管理上重大な影響を及ぼす施設。	・上部工が地域防災計画に位置付けられている。
重要度 A種	AA種、B種以外の施設	
重要度 B種	地震による被災の可能性が小さく、また被災した場合でも治水上の影響が極めて小さいと考えられる。	・固定堰や床土工等。 ・溪流取水口等。

### (2)保持すべき耐震性能

重要度区分毎の保持すべき耐震性能は、土地改良事業計画設計基準「頭首工」において決められており、岡島頭首工では表-3の耐震性能が要求される。

表-3 保持すべき耐震性能

重要度区分	レベル1地震動	レベル2地震動
重要度区分 AA	健全性を損なわない。	限定されて損傷に留める。

注) 1.健全性を損なわない:降伏状態を超えるような損傷を生じないこと。(補修不用)  
2.限定された損傷に留める:施設の機能の回復をより速やかに行うため、機能維持がされていること。(場合により、修復必要)

## 5. 地質

### (1)地質の概要

頭首工附近の基盤を構成する岩盤は、美濃帯と呼ばれる中・古生代に堆積した砂岩・泥質岩の互層を主体に、チャートや石灰岩を挟む構成となっている。このうち頭首工が位置する揖斐川南部は「上麻生ユニット」と呼ばれる基盤岩が分布しており、主にチャートや砂岩から構成されている。

### (2)頭首工附近の地質の概要

頭首工地点の地質は、大きく沖積第1礫質土層(Ag1), 沖積第1砂礫層(Asg1), 洪積第1砂礫層(Dsg1)および洪積第1砂礫層以下層(洪積第3礫質

土層あるいは洪積第4礫質土層)の4つに大きく区分することができ、さらに13層に細分できる。

表層部を覆う沖積層は、礫質土層および砂礫層主体の地質であり、硬質礫から構成されるもののN値は50未満を示すルースな地層(No.1地点は除く)である。

洪積層については、大きくDsg1層とDsg1以下層の2層に区分される。

上位層である沖積層との相違は、N値が相対的に異なる(50以上を示す)こと、弾性波(S波)検層においては、洪積層における速度上昇(300m/s)も確認されており、耐震上の基盤面となりえるものとして判断することができる。

Dsg1以下層については、弾性波検層においてもPS波とともに最高速度層として確認されている。同層のP波速度は1.4~2.3km/s、S波速度は370~730m/sであった。

表-4 地質・岩級区分凡例表

地層区分	記号	地層	層厚(m)	N値	特 徴
盛土層	B	玉石混じり礫	—	—	玉石とφ2~60mm程度の礫から構成
沖積礫質土層	Ag1	玉石混じり礫	3.0~5.6	4~50	礫と粗砂および玉石から構成され、細粒分はほとんど含まない。 透水性が高く、漏水等が確認される。
沖積砂層	As1	礫混じり砂	0.65程度	4	No.4で確認されるAg1下に分布する砂層。 φ30mm未満の礫を含む。
沖積礫質土層	Ag2	砂混じり礫	0.35程度	—	No.4で確認されるAs1下に分布する礫層。 φ30~60mm未満の礫を含む。
沖積砂礫層	Asg1	粘土混じり砂礫	0.9~4.3	14~42	No.2~No.4に分布し層厚変化に富む。 粗砂粘土を含み、玉石を含有する。
洪積砂礫層	Dsg1	粘土混じり砂礫	1.6~9.1	50以上	全ての地区に分布する細砂礫を主体とし、粘土分が確認される。時玉石が含まれる。
洪積礫質土層	Dsg2	玉石	0.30未満	50以上	玉石から構成される。 Dsg1に包含され、レンズ状を呈す。
洪積砂層	Ds1	礫混じり砂	0.7	50以上	No.4付近で確認される。 粗砂を主体とし、φ10~50mmの礫を含む。
洪積礫質土層	Dsg3	砂混じり礫	2.10未満	50以上	No.1~No.3で確認され、細砂をマトリクスとする。 薄層として分布し、No.3付近で層厚増加する。
洪積砂礫層	Dsg2	砂礫	0.45	50以上	No.4で確認される薄層である。 φ5~10mmを主体とする。
洪積粘性土層	Dsg1	礫混じり粘土 礫混じりシルト	0.75未満	50以上	φ5~10mm程度の礫を含む粘性土である。 現河川部下位に薄層として存在する。
洪積礫質土層	Dsg2	粘土混じり礫 シルト混じり礫	1.7以上	50以上	粘性土を含む礫層である。 深度15m以下である程度の層厚を有するものと推定。
洪積礫質土層	Dsg3	シルト混じり砂礫	1.7程度	50以上	粘性土を含む砂礫層である。 Dsg1に包含されるような形状を示す。

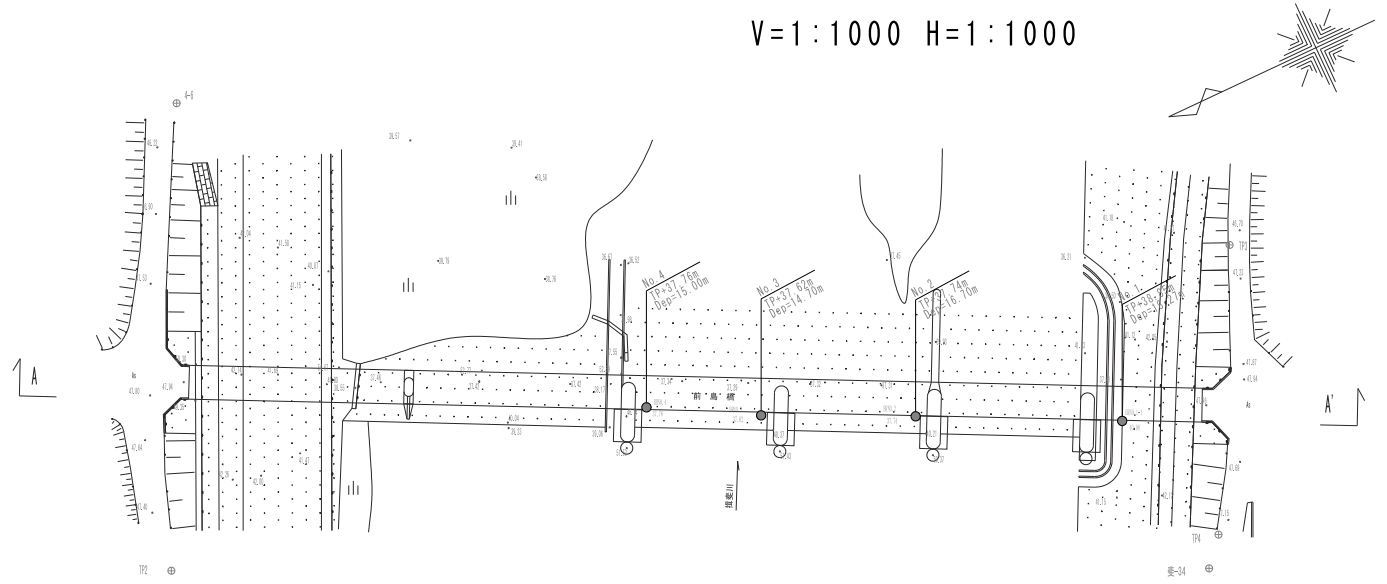


図-2 岡島頭首工地質平面図

V=1:400 H=1:1000

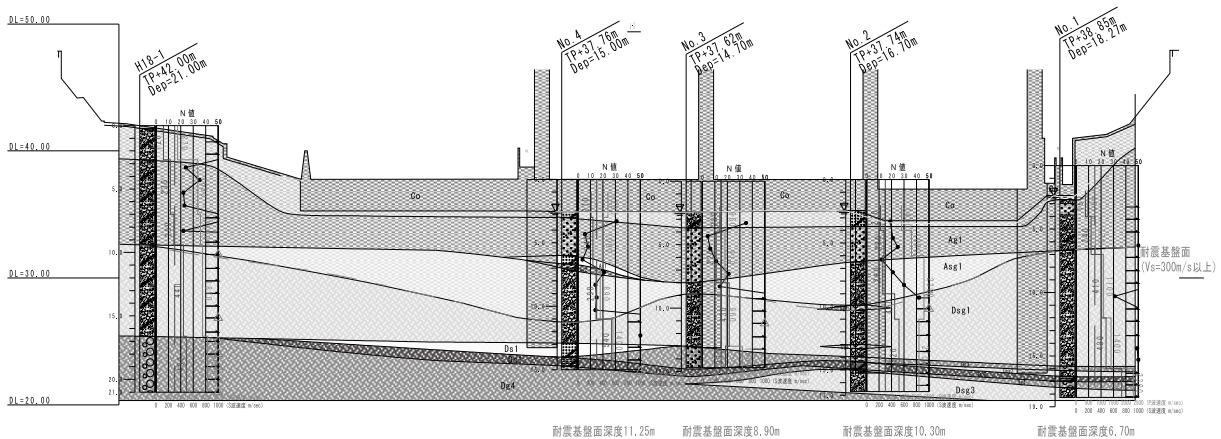


図-3 岡島頭首工地質横断面図

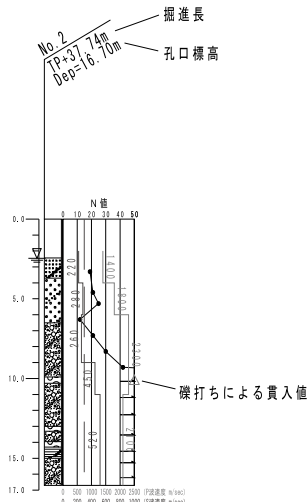


図-4 柱状図凡例図

表-5 動的変形係数ED (kN/m<sup>3</sup>)

	第1堰柱	第2堰柱	第3堰柱	第4堰柱
沖積第1礫層(1) Ag1	82,000	-	268,000	154,000
沖積第1礫層(2) Ag1	211,000	169,000	178,000	206,000
沖積第1砂層 As1	-	-	-	206,000
沖積第1砂礫層 Asg1	-	285,000	1,043,000	309,000
洪積第1砂礫層(2) Dsg1	935,000	1,217,000	1,043,000	-
洪積第1砂礫層(2) Dsg1	-	1,619,000	-	1,648,000
洪積第2砂礫層 Dsg2	1,328,000	-	-	-
洪積第3砂礫層 Dsg3	-	-	843,000	-

(3)地盤物性(強度)について

堰柱の動的挙動の把握と地盤の液状化の判定を行うために、標準貫入試験のほか、地盤検層試験、各層の粒度分析試験を実施した。地盤検層試験は、地震時の基礎工を動的練成バネとしてモデル化するために、各層の密度、弾性波速度(Vs:S波速度、Vp:P波速度)を用いて、表-5に示すとおり、動的変形係数EDを得た。

6. 耐震対策の検討

(1)耐震照査

耐震診断は、設計基準「頭首工」に示される考え方を用いて振動特性を把握すると共に、動的解析を用いて構造物が本来持ち得る耐震性能を適切に把握しながら、図-5に示すとおり詳細に検討をおこなった。

また、堰柱の解析の条件は、表-6のとおりとした。

(2)耐震照査結果(表-8)

照査結果として、第1堰柱及び第4堰柱の堰軸方向のせん断耐力が不足する結果となった。

これは、岡島頭首工の管理橋の構造が3径間連続RC床版鈹桁鋼橋であり、第2堰柱部及び第3堰柱部では自由支承であるが、第1堰柱及び第4堰柱においては固定支承の構造となっていることから、管理橋の上

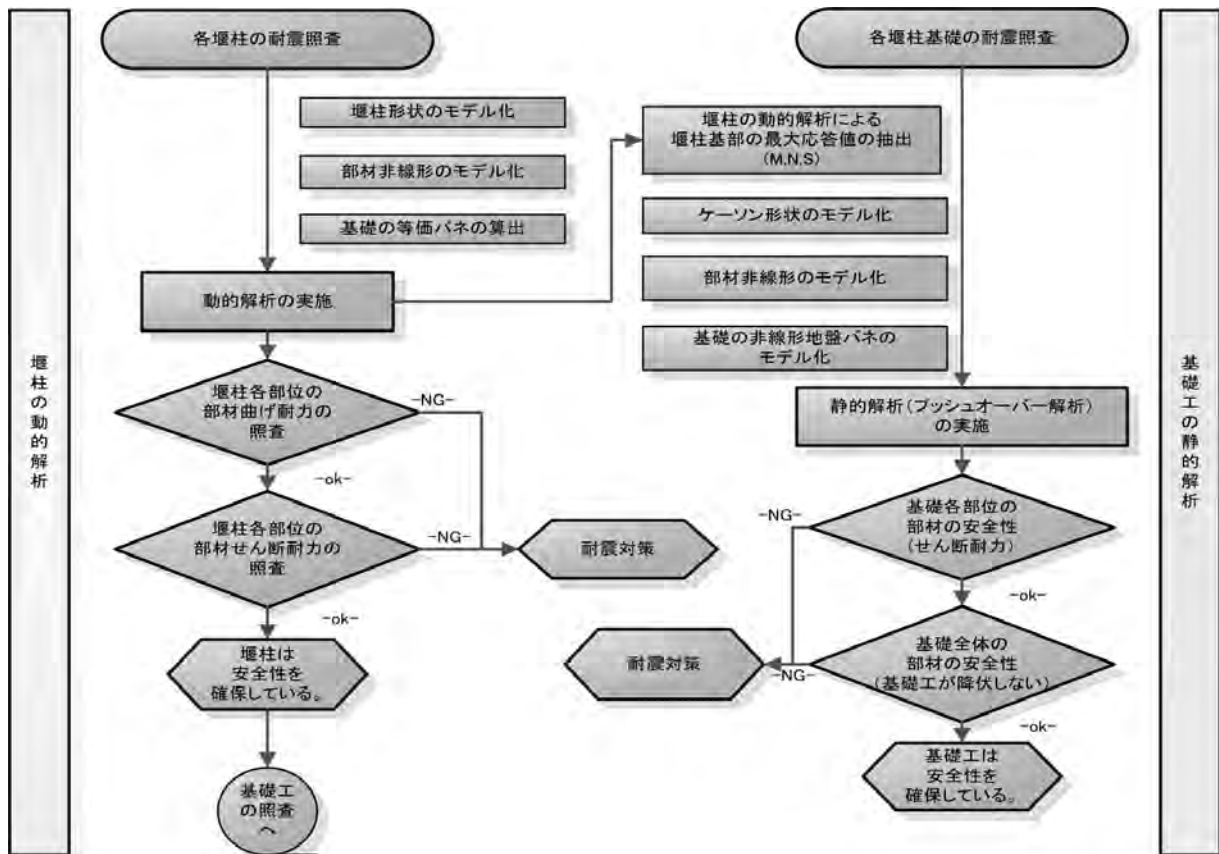


図-5 耐震照査の流れ

表-6 堰柱耐震解析条件

区分	条件
堰柱形式	可動堰のラーメン構造門柱を有する堰柱
基礎形式	ニューマチックケーソン基礎(小判型形状)
地域区分	A地域
重要度区分	重要度 AA
地盤の種別	I種地盤
地震動レベル	レベル2 タイプI, タイプII (設計基準「頭首工」の標準値)
堰柱のモデル形式	多層モデルとした全体系
水位状況	空虚時
扉体の開閉	開扉
部材のモデル	トリニアモデル
基礎のモデル	等価パネモデル
減衰定数	堰柱(塑性化部材) 2% " (弾性部材) 5% 基礎工 30%
地震波形	表-7の表層波形を構造物の質点(拘束点)に作用させる。 応答値は各波形で得られる平均値と照査する。
動的解析手法	種類:時刻歴応答解析 手法:直接積分法 積分方法:Newmark $\beta$ 法( $\beta=1/4$ ) 積分間隔: $\Delta t=0.01$ 減衰マトリックス:要素別レイリー減衰

表-7 耐震照査に用いる表層波形

地震動タイプ	地震名	マグニチュードM	記録場所
タイプI	1978年宮城県沖地震	7.4	開北橋周辺地盤上LG
	1978年宮城県沖地震	7.4	開北橋周辺地盤上TR
	1993年北海道南西沖地震	7.8	七峰橋周辺地盤上LG
タイプII	1995年兵庫県南部地震	7.2	神戸海洋気象台地盤上N-S
			神戸海洋気象台地盤上E-W 猪名川架橋予定地点周辺地盤上N-S

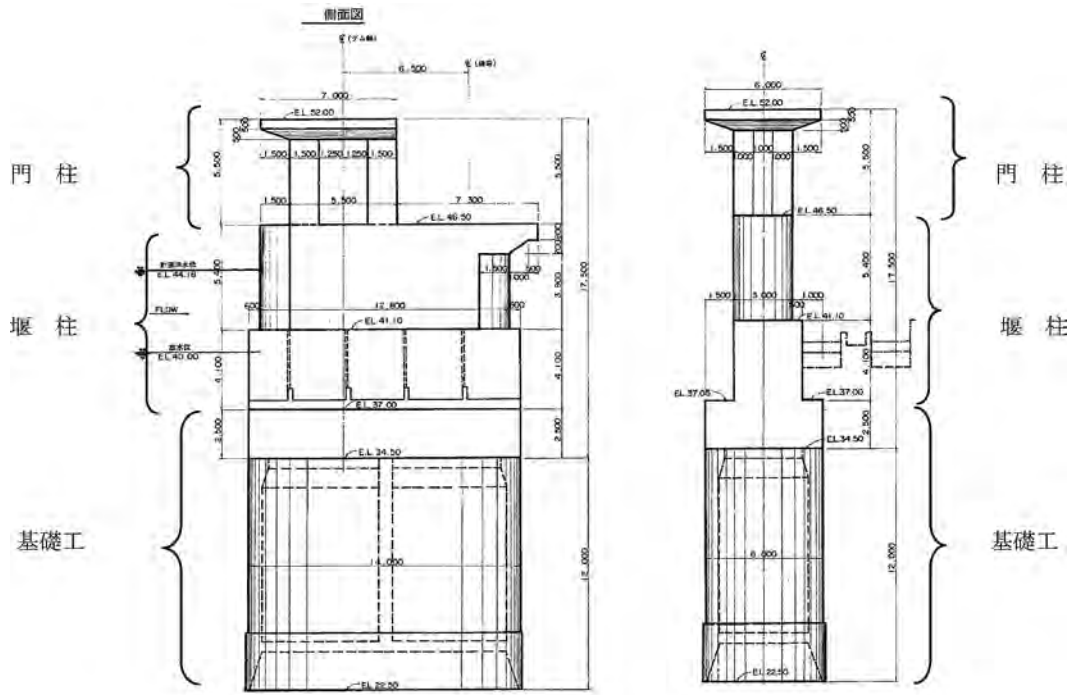


図-6 岡島頭首工堰柱断面図

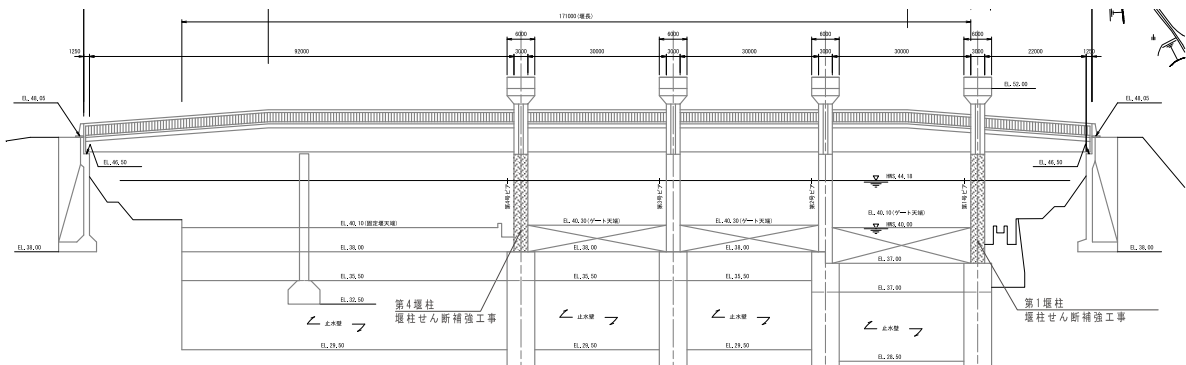


図-7 岡島頭首工縦断面図



表-8 耐震照査結果

		第1堰柱		第2堰柱		第3堰柱		第4堰柱		
		堰軸方向	流心方向	堰軸方向	流心方向	堰軸方向	流心方向	堰軸方向	流心方向	
門柱	せん断耐力	0.86 < 1.0 -ok-	0.74 < 1.0 -ok-	0.95 < 1.0 -ok-	0.77 < 1.0 -ok-	0.80 < 1.0 -ok-	0.69 < 1.0 -ok-	0.72 < 1.0 -ok-	0.64 < 1.0 -ok-	
	曲げ耐力	0.07 < 1.0 -ok-	0.12 < 1.0 -ok-	0.10 < 1.0 -ok-	0.16 < 1.0 -ok-	0.07 < 1.0 -ok-	0.10 < 1.0 -ok-	0.06 < 1.0 -ok-	0.08 < 1.0 -ok-	
堰柱	せん断耐力	1.33 > 1.0 -NG-	0.48 < 1.0 -ok-	0.97 < 1.0 -ok-	0.60 < 1.0 -ok-	0.97 < 1.0 -ok-	0.56 < 1.0 -ok-	1.05 > 1.0 -NG-	0.54 < 1.0 -ok-	
	曲げ耐力	0.28 < 1.0 -ok-	- (塑性化しない)	0.31 < 1.0 -ok-	- (塑性化しない)	0.37 < 1.0 -ok-	- (塑性化しない)	0.53 < 1.0 -ok-	- (塑性化しない)	
残留変位量	機能回復	門柱部	1/281 < 1/100 -ok-	1/900 < 1/100 -ok-	1/321 < 1/100 -ok-	1/346 < 1/100 -ok-	1/375 < 1/100 -ok-	1/643 < 1/100 -ok-	1/300 < 1/100 -ok-	1/900 < 1/100 -ok-
		堰柱部	1/500 < 1/100 -ok-	-	1/531 < 1/100 -ok-	-	1/536 < 1/100 -ok-	-	1/341 < 1/100 -ok-	-
	ゲート操作	-	土砂吐(堰軸方向) $\theta_{R1} = 1/500 < \theta_{R0} = 1/190$ -ok-		洪水吐(堰軸方向) $\theta_{R1} = 1/500 < \theta_{R0} = 1/140$ -ok-		洪水吐(堰軸方向) $\theta_{R1} = 1/417 < \theta_{R0} = 1/140$ -ok-			

部工の地震時慣性力が固定支承である第1堰柱及び第4堰柱に集中したことによるものである。

(3)せん断補強規模低減の方策

前述の図-7及び表-8に示すとおり「第1堰柱堰軸方向のせん断耐力不足」及び「第4堰柱堰軸方向のせん断耐力不足」であることからせん断耐力の補強を行う必要がある。

また、せん断耐力補強に当たっては、以下の3項目によりせん断補強規模低減の方策も考慮し検討を行った。なお、(a)、(b)両方は直接的低減を目指し、(c)は間接的な低減方法である。

(a)減衰定数の最適化

コンクリート部材は塑性化すると減衰定数が低下することがわかっており、頭首工の照査においては、簡便的に塑性化しないことが確実な部材以外の堰柱、門柱とも全体を塑性化部材として扱っている。

しかしながら、地震時応答値の部材の減衰定数(設計基準「頭首工P.286」)は、非線形部分では「h=2%」、と線形部分では「h=5%」とされていることから、解析モデルの各要素に、塑性部材要素と弾性部材要素に区分して減衰定数を与え地震時応答値の低減を図ることとする。

減衰定数とは  
地震による振動を部材の粘りにより、元に戻ろうとする割合を指し、部材が健全であれば値が大きく、部材が損傷すれば小さくなる特徴がある。

(b)ディープビーム効果を考慮した照査

設計基準「頭首工」等では、せん断耐力には部材耐力のトラス効果を見込んでいないが、昨今の研究「既設橋梁の耐震補強工事事例集H17.4(海峡架橋・橋梁調査会)」等から塑性化の度合い(応答蘇生率にて評価)により、ディープビーム効果を見込んだせん断耐力評価を行う。

具体的な適応は、部材の塑性化により判断され、「応答塑性率 $\mu_r=1.0$ 以下(弾性域)が望ましいが、剛性の低下率が小さい $\mu_r=1.5$ 程度までは、せん断耐力の低下が生じずその効果を見込むことができる」(既設橋梁の耐震補強工法事例集Q&Aより)とされている。そこで、今回は、 $\mu_r=1.5$ までの部材(要素)に対してディープビーム効果を見込むこととする。

### ディープビーム効果とは

図-8に示すとおり、斜めせん断ひび割れが進展したあとも荷重点と支点を結ぶコンクリートが圧縮力に抵抗し、トラス的な耐荷機構が形成されることにより、水平力に抵抗することができる効果をいう。このことから、頭首工の堰柱など、壁厚に対して堰柱高が小さい場合には、せん断破壊がトラス的な耐荷力を有することになる。

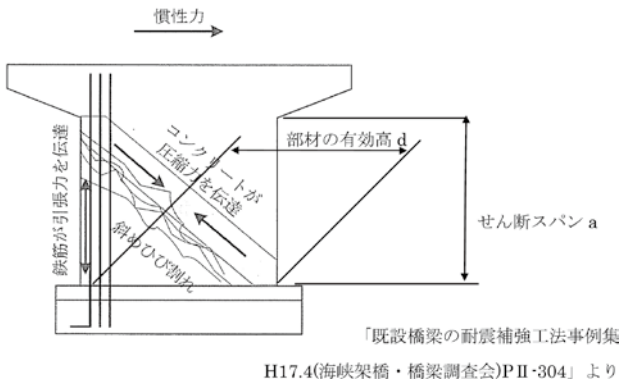


図-8 ディープビーム効果模式図

### (c)ダンパーストッパーによる荷重分散

前述の照査結果から、管理橋の荷重が第1堰柱と第4堰柱に集中していることに着目し、地震時水平力を他の堰柱や橋脚そして橋台に分担させる方法を検討する。

そこで、低速な動きには荷重が作用せず、高速に桁が振動し始めたなら固定されるダンパーにて荷重を分散させる検討を行う。(地震時慣性力は、支承条件が固定支承である第1堰柱及び第4堰柱に集中していることから、図-9のとおり第2堰柱及び第3堰柱のダンパーストッパー設置し地震慣性力の分散を検討する。)

具体的な検討フローを図-10に示す。

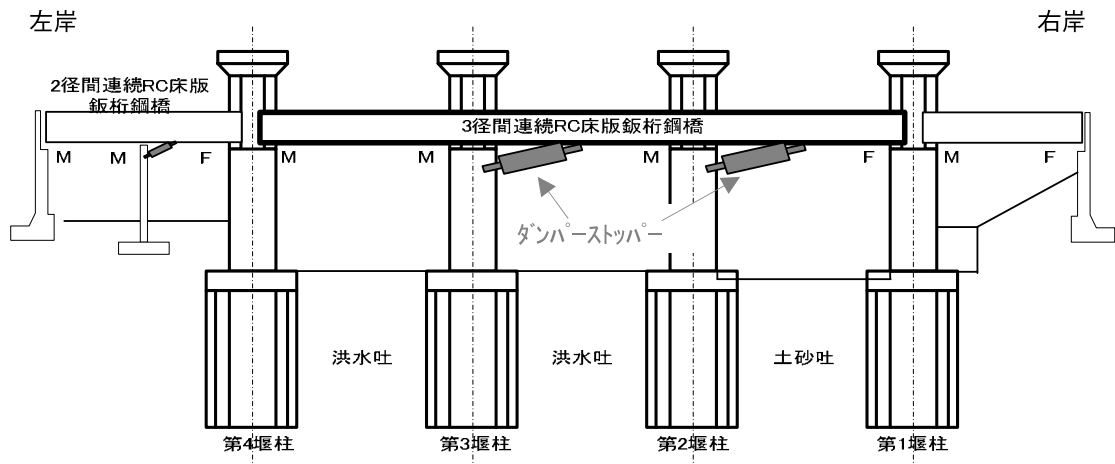


図-9 ダンパーストッパーによる荷重分散

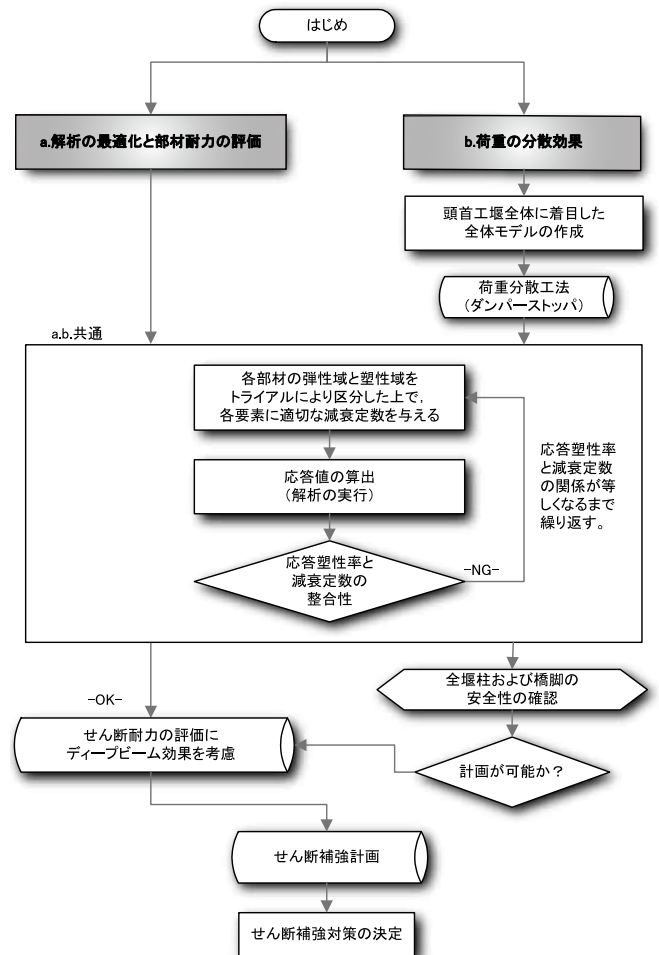


図-10 検討フロー

### (4)せん断補強の低減対策の結果

せん断補強の低減対策の結果は図-11に示すとおりである。

減衰定数の最適化による応答せん断力は、最もせん断力が不足する堰柱下端にて約5%の低減が図ることができたが、補強の範囲を小さくするまでは至らなかった。

また、ディープビーム効果を見込むことによって第1堰柱ではせん断耐力が大きくなりせん断補強を行う

範囲が小さくなり効果が得られた。

なお、ダンパーストッパーによる荷重分散による低減検討は、管理橋荷重が第1堰柱に集中していることに着目し、地震水平力を他の堰柱へ分担させ応答せん断力の減少を図った。

しかしながら、分散効果はあるものの第1堰柱の補強に加え他の堰柱も補強が必要となる結果となったことから低減対策としては不適切と判断した。

## 7. 耐震補強工法

せん断補強工法として、改修に当たっての河川協議において河川管理者から河川阻害を現況以上に犯さないことが条件とされていることから、「躯体内にせん断補強筋を挿入する」方法を選定した。

しかし、現在、既設構造物への耐震補強筋施工には、施工の確実性と耐震補強の信頼性としては、躯体

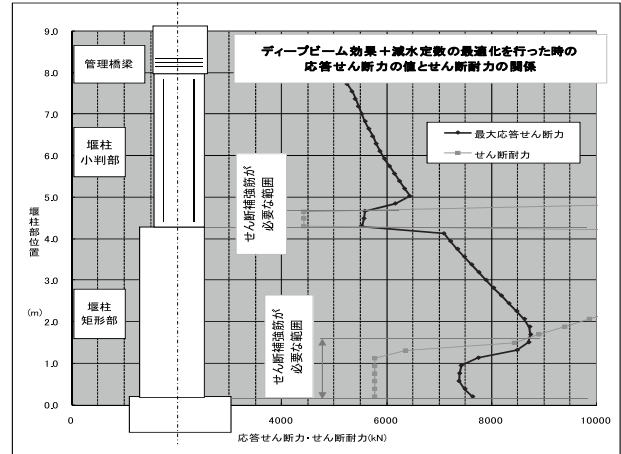
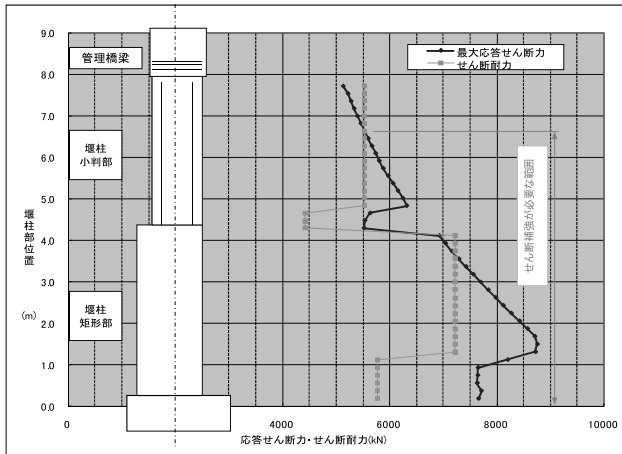


図-11 第1堰柱におけるせん断力とせん断耐力の分布図

表-9 第1堰柱におけるせん断補強低減結果表

### <堰柱矩形断面部> [低減対策を行わない場合]

補強材		異型鉄筋	
工法名		(ポストヘッドバー)	(RAM)
規格		SD345	SD345
せん断耐力が不足する区間の応答せん断力S		N/m	7,747,283
コンクリートが負担するせん断耐力Sc		N/m	5,770,100
せん断耐力の不足量		N/m	<b>1,977,183</b>
せん断補強材の諸元	径	mm	D25
	断面積	mm <sup>2</sup>	506.7
	降伏耐力	N/mm <sup>2</sup>	345
	定着部の低減係数α	N/本	174,812
	1段あたり本数	本	7
	1段あたり耐力	N/段	978,944
	部材の有効高さd	mm	3,400
	鉛直方向ピッチ	mm	1,300
有効高当り鉛直方向段数		2.6	
鉛直方向補正係数		1/1.15	
補強材によるせん断耐力 <sup>*)</sup> Ss		N	2,226,362
せん断耐力 Ps = Sc+Ss		N/m	7,996,462
安全性 S/Ps			0.97
穿孔径		mm	φ 3.2
せん断補強材必要配置高		mm	4100
最下段設置高(設置ピッチの1/2)		mm	650
鉛直方向実段数		段	3
全本数		本	21
断面方向の最小ピッチ		: 短辺の長さ	
せん断スパン方向の最小ピッチ		: 部材有効高さの1/2以下	

### [低減対策を行った場合]

補強材		異型鉄筋	
工法名		(ポストヘッドバー)	(RAM)
規格		SD345	SD345
せん断耐力が不足する区間の応答せん断力S		N/m	7,785,250
コンクリートが負担するせん断耐力Sc		N/m	6,177,817
せん断耐力の不足量		N/m	<b>1,607,433</b>
せん断補強材の諸元	径	mm	D25
	断面積	mm <sup>2</sup>	506.7
	降伏耐力	N/mm <sup>2</sup>	345
	定着部の低減係数α	N/本	174,812
	1段あたり本数	本	6
	1段あたり耐力Ps'	N/段	839,095
	部材の有効高さd	mm	3,400
	鉛直方向ピッチs	mm	1,400
有効高当り鉛直方向段数	(d/s)	2.4	
鉛直方向補正係数		1/1.15	
補強材によるせん断耐力 <sup>*)</sup> Ss		N/m	1,772,002
せん断耐力 Ps = Sc+Ss		N/m	7,949,819
安全性 S/Ps			0.98
穿孔径		mm	φ 3.2
せん断補強材必要配置高		mm	3,197
最下段設置高(設置ピッチの1/2)		mm	700
鉛直方向実段数		段	2
全本数		本	12
断面方向の最小ピッチ		: 短辺の長さ	
せん断スパン方向の最小ピッチ		: 部材有効高さの1/2以下	

### <堰柱小判断断面部> [低減対策を行った場合]

補強材		異型鉄筋	
工法名		(ポストヘッドバー)	(RAM)
規格		SD345	SD345
せん断耐力が不足する区間の応答せん断力S		N/m	5,563,900
コンクリートが負担するせん断耐力Sc		N/m	4,424,400
せん断耐力の不足量		N/m	<b>1,139,500</b>
せん断補強材の諸元	径	mm	D22
	断面積	mm <sup>2</sup>	387.1
	降伏耐力	N/mm <sup>2</sup>	345
	定着部の低減係数α	N/本	133,550
	1段あたり本数	本	7
	1段あたり耐力	N/段	747,877
	部材の有効高さd	mm	2,900
	鉛直方向ピッチ	mm	1,450
有効高当り鉛直方向段数		2.0	
鉛直方向補正係数		1/1.15	
補強材によるせん断耐力 <sup>*)</sup> Ss		N	1,300,656
せん断耐力 Ps = Sc+Ss		N/m	5,725,056
安全性 S/Ps			0.97
穿孔径		mm	φ 3.2
せん断補強材必要配置高		mm	7,907
最下段設置高(矩形部の最上段)		mm	3,250
鉛直方向実段数		段	3
全本数		本	21
断面方向の最小ピッチ		: 短辺の長さ	
せん断スパン方向の最小ピッチ		: 部材有効高さの1/2以下	

### [低減対策を行った場合]

補強材		異型鉄筋	
工法名		(ポストヘッドバー)	(RAM)
規格		SD345	SD345
せん断耐力が不足する区間の応答せん断力S		N/m	5,564,567
コンクリートが負担するせん断耐力Sc		N/m	4,424,400
せん断耐力の不足量		N/m	<b>1,140,167</b>
せん断補強材の諸元	径	mm	D25
	断面積	mm <sup>2</sup>	506.7
	降伏耐力	N/mm <sup>2</sup>	345
	定着部の低減係数α	N/本	174,812
	1段あたり本数	本	6
	1段あたり耐力Ps'	N/段	839,095
	部材の有効高さd	mm	2,900
	鉛直方向ピッチs	mm	1,450
有効高当り鉛直方向段数	(d/s)	2.0	
鉛直方向補正係数		1/1.15	
補強材によるせん断耐力 <sup>*)</sup> Ss		N/m	<b>1,450,296</b>
せん断耐力 Ps = Sc+Ss		N/m	5,884,696
安全性 S/Ps			0.95
穿孔径		mm	φ 3.2
せん断補強材必要配置高		mm	6107.3
最下段設置高(矩形部の最上段)		mm	2100
鉛直方向実段数		段	2
全本数		本	12
断面方向の最小ピッチ		: 短辺の長さ	
せん断スパン方向の最小ピッチ		: 部材有効高さの1/2以下	

表-10 工法検討表

工 法		ポストヘッドバー工法	RMA工法
概 要		定着装置をプレートおよび突起付の異型鉄筋を特殊グラウト材を用いて定着させる。	プレミックスのモルタルを無機系として紙カプセルに詰めた製品で、従来のケミカルアンカーの考え方を取り入れた工法である。
せん断補強筋の鉄筋径		第1堰柱:D22 第4堰柱:D16	第1堰柱:D41 第4堰柱:D22
施工の 適応性	可能な方向	上・下・横	上・下・横
	工 程	1次穿孔→2次拡大削孔→シーリング→グラウト注入→鉄筋挿入→表面処理 (グラウト材は別途現場で調合する必要がある)	削孔→カプセル挿入(事前に水の浸漬)→鉄筋挿入 (紙カプセル破壊)
	削孔径	グラウト材を充填させるためにRMA工法より大きく開ける必要がある。	奥まで挿入したカプセルを破壊することから、削孔径は小さくて済む。
構 造 性		鉄筋の耐震定着を可能としているため、耐震対策上の構造の安定性には優れる。ただし、せん断耐力は、定着の低減として80%を見込んでいる。	鉄筋の耐震定着は、躯体との摩擦により得る関係から、定着装置のある左記の工法からすると劣る。ただし、せん断耐力は、定着の低減として60%を見込む事により、安全性を確保している。
施 工 性		挿入側には、プレート型の定着部を設けるので、別途、拡大削孔を行う必要があり、施工が煩雑となる。 モルタル充填をホースにより行ったあと鉄筋を挿入し、空気を抜く必要があり、メーカーから専門の技術指導を受ける必要がある。	コンクリート削孔後に、モルタルカプセルを挿入し、鉄筋挿入過程で、攪拌しながら充填させるため、他の案に比較すれば最も容易に施工が可能である。なお、本現場では、鉄筋長が最大3.3mとなり、カプセルアンカーを鉄筋によりかき混ぜるため、最低鉄筋径はD22となる。
実 績		約30	約20
評 価		既設への埋め込みは、小径のみであり本数が多くなるので、経済性に不利である。	2010年5月にNetis登録された新工法である。51mmまでの大径の異型鉄筋が使用できるので、本数の低減効果が高い。また、鉄筋は、特別加工することがなく、市場性に富む。よって、本工法を採用する。
経済性 (直工)		△ 第1堰柱 4,300(千円) 第4堰柱 1,400(千円) ----- 計 5,700(千円)	○ 第1堰柱 3,300(千円) 第4堰柱 1,400(千円) ----- 計 4,700(千円)

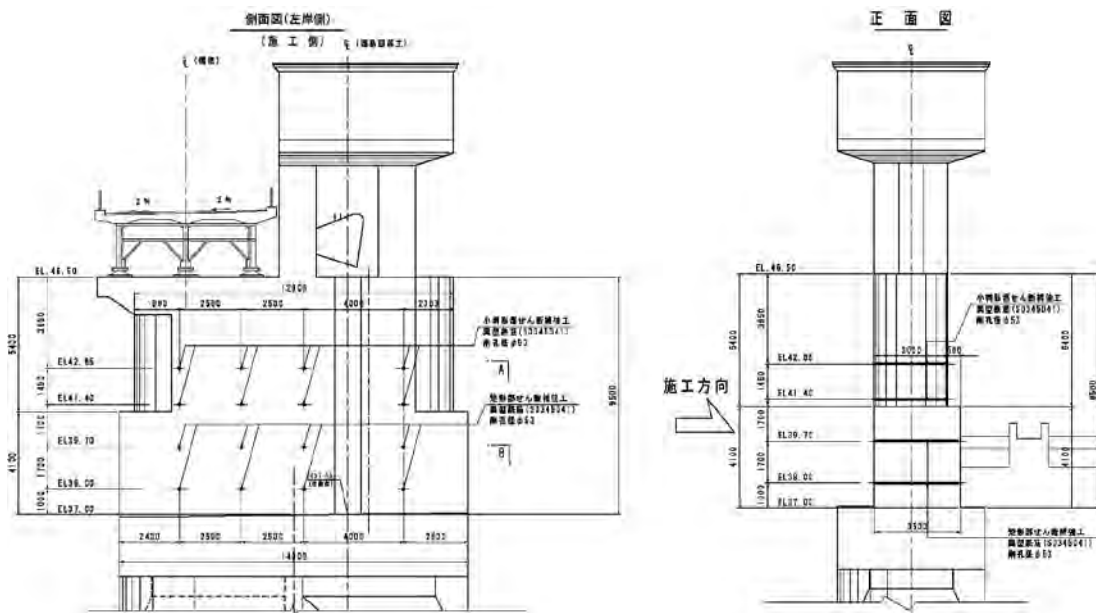


図-12 第1堰柱せん断補強施工図

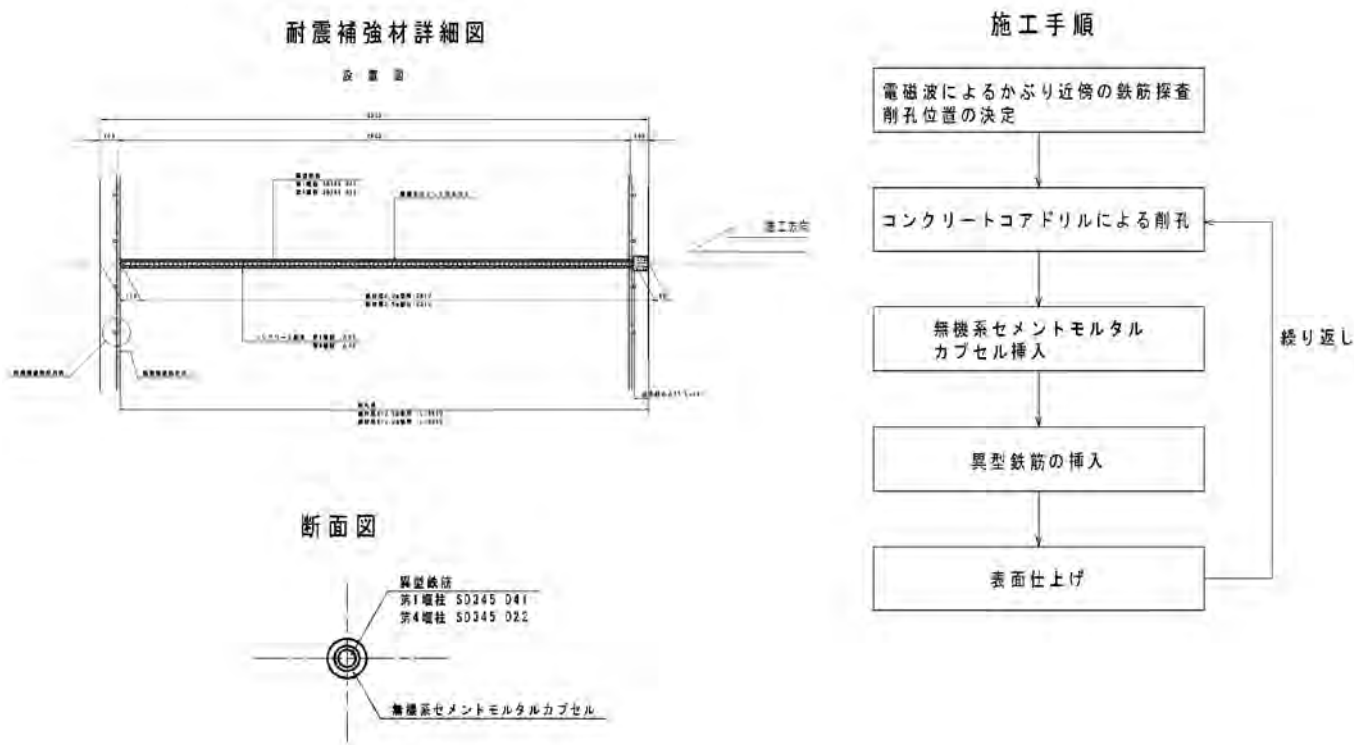


図-13 せん断補強工詳細図及び施工手順

への定着方法と削孔後の充填材の種類により「ポストヘッドバー工法」及び「RMA工法」があるが、表-10に示すとおり、これまでの施工実績、経済性を検討した結果「RMA工法」を採用することとした。

## 8. おわりに

本頭首工の耐震対策の検討を行うに当たって、他の耐震補強工事の事例が殆どなかったことから設計基準「頭首工」をベースに設計をとりまとめた。また、国土交通省の堰の耐震補強の事例がいくつかあったことから、これらも参考にとりまとめた。

本検討における耐震補強（せん断補強）の低減方策として「ディーブーム効果」及び「低減定数の最適化」を考慮し設計を行ったことが特徴的である。

なお、本頭首工の耐震補強工事は、平成24年度及び平成25年度の工事实施を予定しており、また、機会があれば耐震補強（せん断補強）工事における施工上の課題などについても報告ができればと考えている次第である。

さらに、昨年の東日本大震災においては基幹的な農業用施設においても重大な被害を受け、今後、耐震対策の考え方、あり方が大きく変わっていくようにも思えるが、本頭首工の耐震対策がひとつの事例として、今後、何かの役にたてれば幸いである。

# 三次元レーザー形状計測の機能診断への適用と効果の実証

森 上 浩 伸\* 石 山 明 彦\* 谷 口 尚 道\*  
 (Hironobu MORIKAMI) (Akihiko ISHIYAMA) (Naomichi TANIGUCHI)

## 目 次

I. はじめに	53	IV. サイホンにおける取組み	55
II. 事例地区の事業概要	53	V. 水路トンネルにおける取組み	56
III. 課題の概要	53	VI. まとめ	58

### I. はじめに

近畿農政局淀川水系土地改良調査管理事務所では、平成21年度から国営土地改良事業地区調査「東播用水二期地区」を実施中であり、国営東播用水土地改良事業（昭和45年度～平成4年度）で造成した幹線水路の変状対策等について検討を行い、事業計画書の策定を行うこととしている。本稿では、地区調査における機能診断調査の一環として実施した三次元レーザー形状計測を中心とした機能診断技術の高度化への取り組みについて紹介する。

### II. 事例地区の事業概要

国営東播用水土地改良事業は、水田7,510haに対する用水補給、畑地140haの用水確保、未利用の山林330haの開畑とその用水確保及び介在する水田60haの区画整理を行い、併せて県営ほ場整備等の農業基盤整備により、機械化体系の拡充と土地利用率の向上等による農業経営の近代化と安定を図った。また、兵庫県企業庁水道用水供給事業との共同事業として、土地改良事業区域を含む周辺地域に水道用水を供給している。

水源対策として加古川の最上流の篠山川に川代ダム、加古川支流の東条川に大川瀬ダム、同じく支流の山田川に吞吐ダムの3つのダムを建設し、これらを繋ぐ2本の導水路や幹線・支線水路の総延長は約100kmに及んでおり、これらの国営造成施設と附帯する県営造成水路、地区内に存在する約1,200個にのぼるため池等によって壮大な水利ネットワークが形成されている。「図-1」に東播用水地区の概要図を示す。

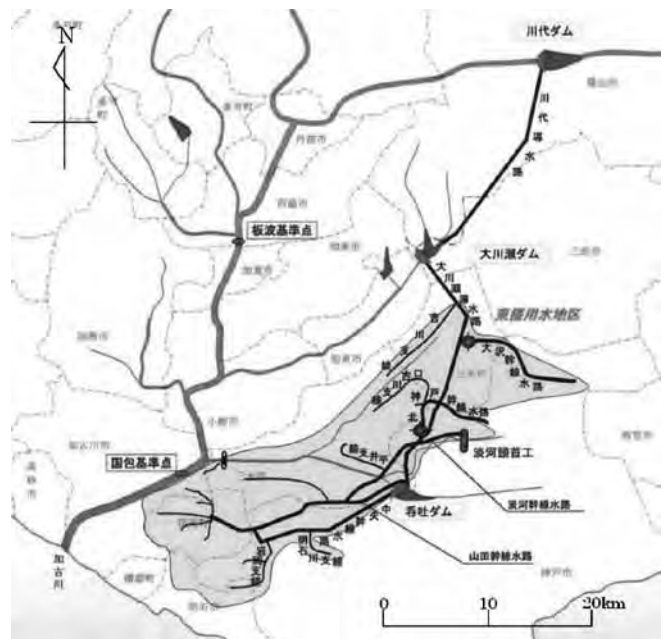


図-1 東播用水地区概要図

### III. 課題の概要

#### (1)施設の変状状況

本地区の幹線水路の多くは地中構造物（水路トンネル・サイホン等）であるが、多くの施設が建設後20年以上を経過しており、サイホンの大規模な漏水事故や一部水路トンネルにおけるクラックの進行などが見受けられる。

「図-2」に大川瀬導水路の位置図を示す。特に大川瀬ダムと吞吐ダムを繋ぐ大川瀬導水路の8号サイホン、9号・10号トンネルでは、許容値を超える管体の「たわみ」や水路トンネルにクラックが生じるなどの変状が確認されており、対策の要否や工法の決定において、その原因究明が課題となっていた。

\*近畿農政局淀川水系土地改良調査管理事務所  
 (Tel. 075-602-1313)

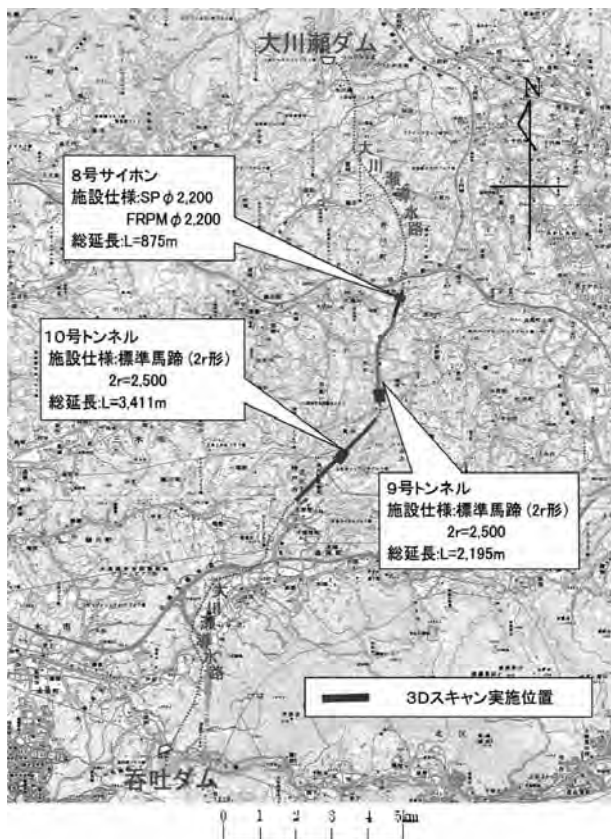


図-2 大川瀬導水路位置図

【主な施設諸元】

- 大川瀬導水路8号サイホン  
仕 様：普通鋼管φ2,200mm 延長L=875m（調査区間L=410m） 竣工年：昭和61年
- 大川瀬導水路9号・10号トンネル  
仕 様：標準馬蹄形（2r=2,500mm）  
トンネルタイプ=B及びC  
（9号トンネル）延長L=2,195m（調査区間L=250m）  
（10号トンネル）延長L=3,411m（調査区間L=110m）  
竣工年：（9号トンネル）昭和59年  
（10号トンネル）昭和56年

①大川瀬導水路8号サイホンの変状

大川瀬導水路8号サイホンでは、平成12年度からたわみ計測を継続して実施しており、一部で許容値5%を超えるたわみが確認されている。また、過年度の調査結果と比較すると、平成12年度の調査時に許容値内であったのに対し、平成21年度の調査時に許容値を超過している等たわみの進行が確認されている。

②大川瀬導水路9号・10号トンネルの変状

大川瀬導水路9号・10号トンネルでは、覆工コンクリートのアーチ部や側壁、インバート部での1cm以上のクラックや施工目地のズレ等の著しい変状が確認されている。「写真-1」に変状状況を示す。



写真-1 大川瀬導水路9号・10号トンネルの変状

「図-3」に9号・10号トンネルのクラック展開図の過年度比較を示す。対象施設は、平成12年度から定点調査を実施しているが、過年度の調査結果と比較したところ、平成21年度の調査時に新たなクラックが確認されており、変状が進行していることが確認されている。クラックの特徴は、10号トンネルでは側壁を中心にクラックが生じているのに対し、9号トンネルは側壁だけでなくアーチ、インバートにもクラックが及んでおり、また斜め方向にも生じるなど非常に複雑な形態を成している。

(2)三次元レーザー形状計測技術を中心とした機能診断手法の高度化

①取組の目的

サイホンや水路トンネル区間における目視主体の機能診断には多大な労力が必要である。また、大口径サイホンのたわみやトンネル変形に対する作業員による直接計測は、現場の作業条件や作業員の技量に左右されることがあり、統一的な視点での診断や経過観察を行うことに課題がある。さらに、変状が生じた施設について想定される原因は様々であり、その特定のためは、ボーリング調査や材料試験等様々な調査を実施する必要がある。

そこで、これら機能診断における課題を踏まえ、三次元レーザー形状計測（以下、「3Dレーザー計測」という）を中心とし、次のような機能診断技術手法の確立を目的とし、各種調査を実施した。

- 1) 3Dレーザー計測により施設の状態を正確かつ効率的に把握
- 2) 取得したデータを分析し変状原因を推定
- 3) 推定から必要な詳細調査を的確に行うことで変状原因を特定

②3Dレーザー計測の概要

3Dレーザー計測は、ノンプリズムの光波測距儀の一種であり、三次元座標を持った点群データを取得

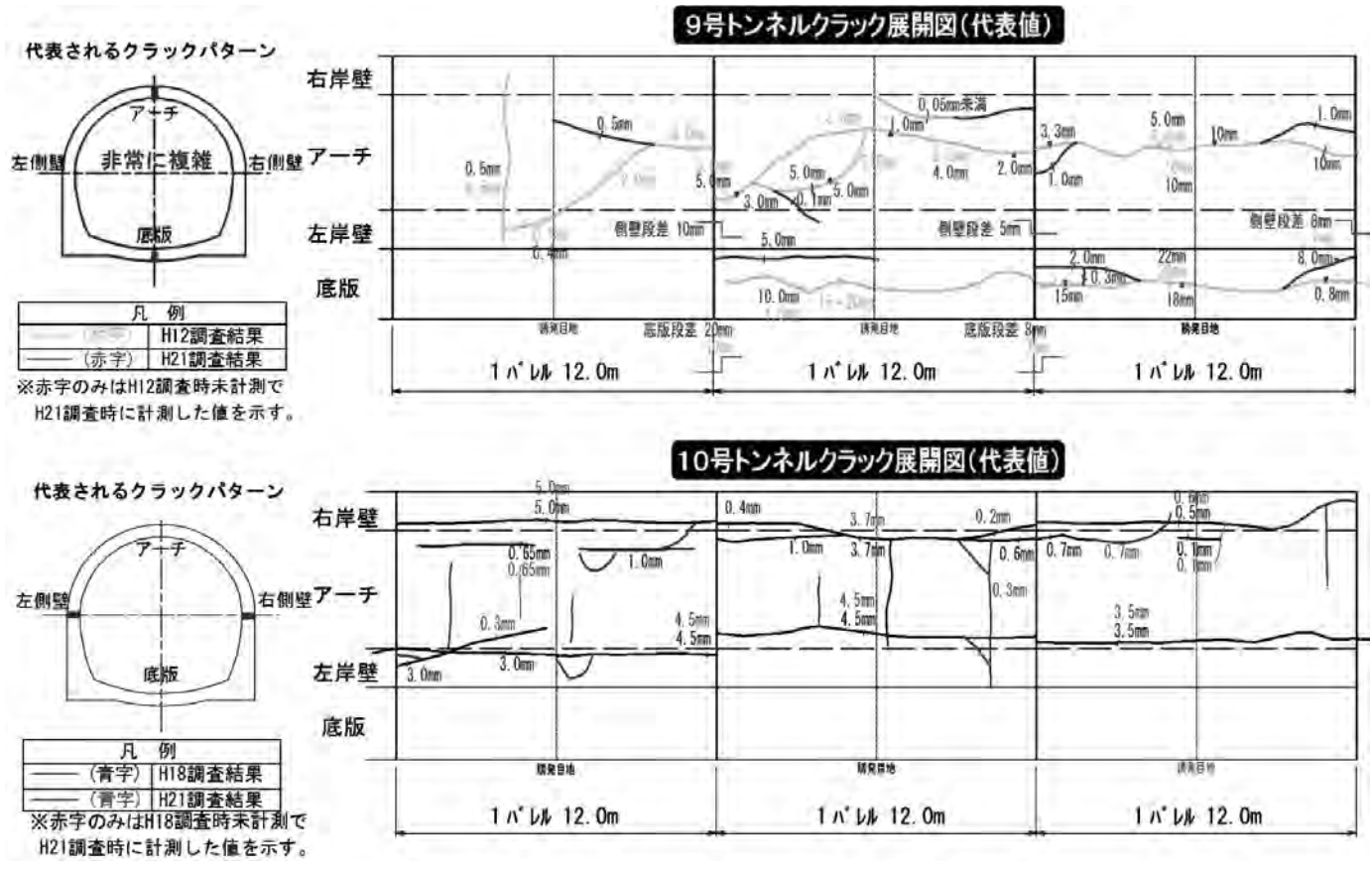


図-3 大川瀬導水路9号・10号トンネルのクラック展開図

し、4～6mm精度（50m離れた地点）の空間データを作成する計測技術である。地形・地物の位置を計測する際、一般的な光波距離計に比べ高速計測、高密度計測が可能であり測定効率が高いことが特徴である。

「写真-2」に3Dレーザー計測の状況を示す。3Dレーザー計測器の基本性能について以下に示す。

【3Dレーザー計測器の基本性能】

- 測定範囲：水平360度 垂直270度
- 測定距離：半径300m@90%反射率  
／半径130m@18%反射率
- 測定精度：位置精度6mm@50m  
／距離精度4mm@50m
- 測速度：最大4,000点/秒



写真-2 3Dレーザー計測の状況

【3Dレーザー計測の効果】

- 縦横断方向・平面の複合的な変形を詳細かつ立体的に把握することで、複雑な荷重方向（地すべりや偏土圧等）と施設の変形形状との相関を確認できる。
- 継続して三次元データを取得すれば、高精度な変位、変形の動態観測が可能である。
- 変形形状から発生応力を推定し、施設の健全度を評価できる。

IV. サイホンにおける取組み

(1)施設周辺の現場条件と想定される変状原因

大川瀬導水路8号サイホンでは、対象地域が新生代古第三紀始新世～漸新世の神戸層群吉川累層下部の豊岡凝灰岩部層が分布する地すべり地域であることから「地すべり」、その他「管体基礎の強度低下」の可能性を想定して調査を実施した。

(2)3Dレーザー計測による変状原因の推定

3Dレーザー計測により計測した3Dデータ（画像）を「図-4」に示す。8号サイホンにおいては、埋設管の他、地表についても計測を行い、埋設管の位置・変状と周辺地形との相関を確認することとした。図に示した3D画像は、座標を持った点群データの集まりであり、視点を変えることで、横断方向、縦断方向、様々な位置から対象を確認することができる。



### ①断面形状の分析

「図-5」に3Dデータから得た断面図を示す。たわみの形状を詳細に分析したところ、同じたわみ率の楕円に対し管の下側がよりたわんでいることが判明した。この変形から、管体基礎（砂基礎）が何らかの原

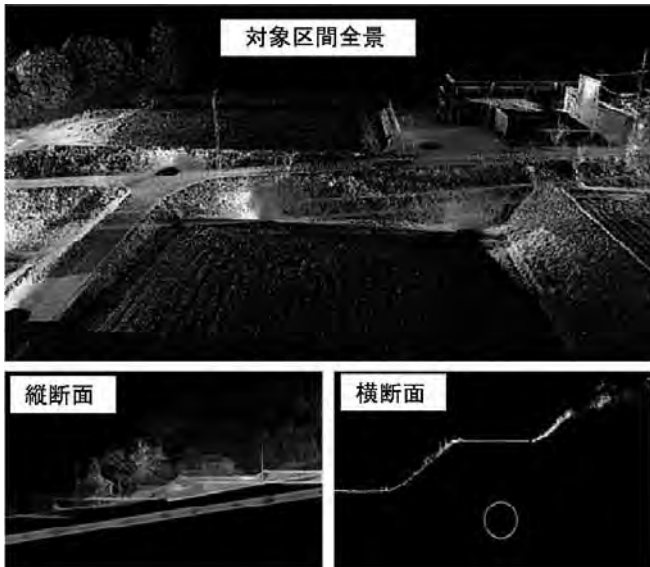


図-4 3Dレーザー計測によって得られた3D画像

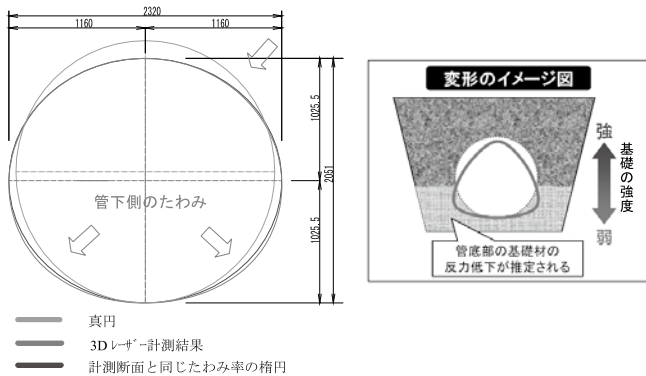


図-5 3Dデータから作成した断面図

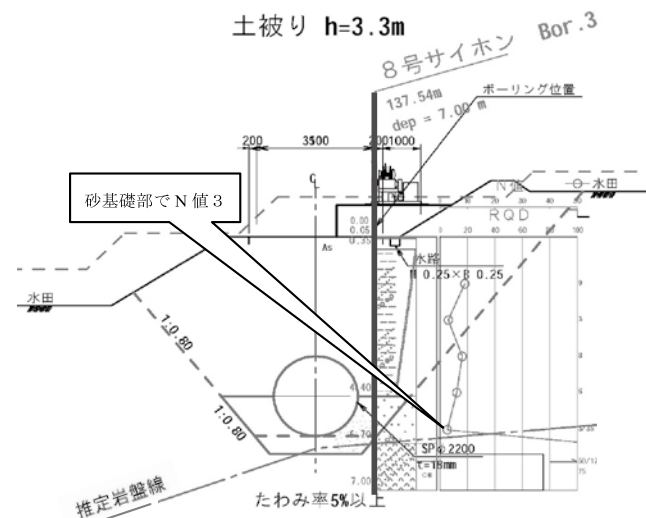


図-6 管体基礎位置でのボーリング調査結果

因で軟弱化し基礎反力が低下したことが推定された。また、わずかであるが、直上の地形横断条件において右岸側の土被りがより大きいことに起因すると考えられる左右非対称なたわみ形状も確認された。

### ②蛇行・不陸の分析

サイホンの平面線形や縦断線形を分析したところ最大90mm程度の蛇行や不陸が確認された。しかし、蛇行・不陸と変状との相関は確認されなかった。

### (3)詳細調査の実施による変状原因の特定

たわみの原因は、「管体基礎の強度低下」もしくは「地すべり」のいずれかの要因によると推定し、ボーリング調査を実施した。

「図-6」に管体基礎位置でのボーリング調査結果を示す。管水路のごく側部においてボーリング調査を実施したところ、施工時に入念に締固め強固なはずの管体基礎（砂基礎）部においてN値3との結果が得られ、基礎材が極度に強度低下していることが判った。3Dレーザー計測による推定（たわみ形状）とも一致した。

また、ボーリング調査では、地すべり面となりうる層は数箇所確認されたが、いずれも近年の変動を伺わせるようなコア状況（軟質化等）は確認されず、地すべりが変状原因である可能性は低いと考えられた。これらの結果から、管体のたわみは、「管体基礎の強度低下」が主な原因と特定した。

### (4)施設の健全度評価と変状対策

局所的な変形（管下側のたわみ）の健全度評価を行うため、計測断面形状から発生応力を推定した。詳細な変形形状をフレーム計算で再現し、管体の発生応力を求めたところ、鋼管の許容応力度を超過していることが判った。また、土地改良事業計画設計基準「パイプライン」技術書の構造設計に基づいて水平たわみ量から求めた管体の発生応力より、フレーム計算で局所的な変形を反映した発生応力は約16%大きいことが判った。ただし、発生応力は鋼材の降伏点までは達していないため、継続して監視を行うこととした。継続監視により今後の対策が必要と判断される場合は、埋戻土の撤去により生じている応力を解放し一旦元の応力状態に戻した上で、基礎の強度低下を改善するグラウト注入工を行う対策等を検討している。

## V. 水路トンネルにおける取組み

### (1)施設周辺の現場条件と想定される変状原因

大川瀬導水路9号・10号トンネルは、神戸層群淡河累層下部の奥谷凝灰岩部層が分布する地すべり地域である。このことから第一に「地すべり」、次いで「神戸層群における凝灰岩等の塑性化」、「地山の亀裂の発達等による緩み」の順に三つ可能性を想定して調査を実施した。

## (2) 3Dレーザー計測による変状原因の推定

### ①断面形状の分析

「図-7」に3Dデータから得た9号トンネルの断面図を示す。9号トンネルの断面形状を詳細分析したところ、インバート部に大きなクラックが生じている198バレル付近において、インバート部の隆起が確認された。

### ②縦断面方向の分析

「図-8」に3Dデータから得たインバートの縦断面図を示す。9号トンネルの縦断面線形を詳細分析したところ、断面の結果と同様に198バレル付近でインバート部の隆起が確認され、クラックはインバート下面から上向きの外力によって生じたものと考えられた。隆起の原因が地山上部の緩みである可能性は考えにくい。よって、変状原因は、「地山の塑性化」による可能性が高く、次いで「地すべり」のいずれかであると推定された。

### (3)詳細調査の実施による変状原因の特定

「地山の塑性化」及び「地すべり」を変状原因として推定し、ボーリング調査とコアサンプルによる岩石試験を行った。

#### ①ボーリング調査

ボーリング調査は、地表からとトンネル坑内からの2種類を実施した。地表からのボーリングは、地すべり、地山の塑性化や緩みを確認することを目的とし、

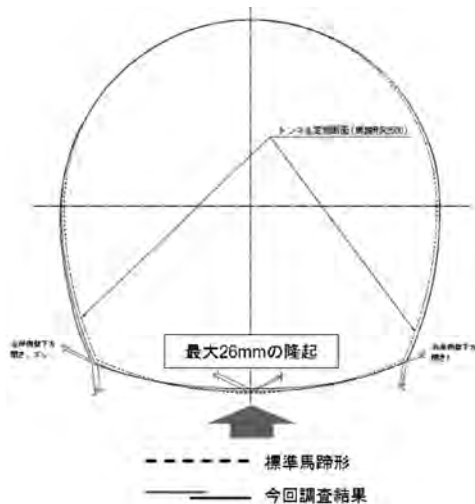


図-7 3Dデータから作成した断面図（9号トンネル）

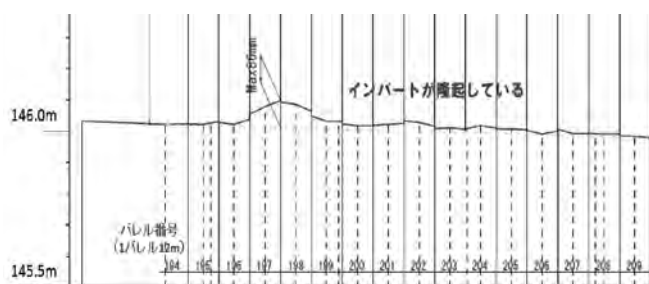


図-8 3Dデータから作成した縦断面図（9号トンネル）

トンネル覆工から1m程度間隔を取った位置で実施した。またトンネル坑内からのボーリングは、覆工背面の地山状況を直接確認し、トンネルに生じる塑性圧等をより詳細に把握することを目的とし、一断面当たり8方向のコアを採取した。「写真-3」に坑内からのボーリング状況を示す。

「図-9」に9号トンネルのボーリング調査結果を示す。地表からのボーリング調査の結果、トンネル深度において、神戸層群特有の凝灰岩が確認された。9号トンネル変状区間の周辺地山の特徴は、トンネルの上半分が非常に硬質な礫岩、下半分が凝灰岩（凝灰岩・砂質凝灰岩）であった。またトンネル坑内からのボーリング調査では、覆工背面の凝灰岩が塑性化を引き起こしていることが確認された。

#### ②岩石試験

地表からのボーリング調査によって得た新鮮な凝灰岩のサンプルを、一軸圧縮試験、浸水崩壊試験、膨張圧試験、陽イオン交換容量試験等を実施した結果、凝灰岩の非常に強い浸水崩壊性・吸水膨張性が確認された。また、膨張圧は最大で480kN/m<sup>2</sup>、膨張量は吸水



写真-3 トンネル坑内からのボーリング

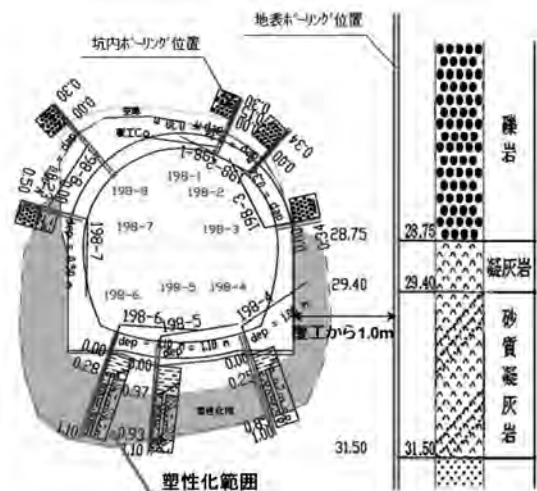


図-9 9号トンネルボーリング調査結果

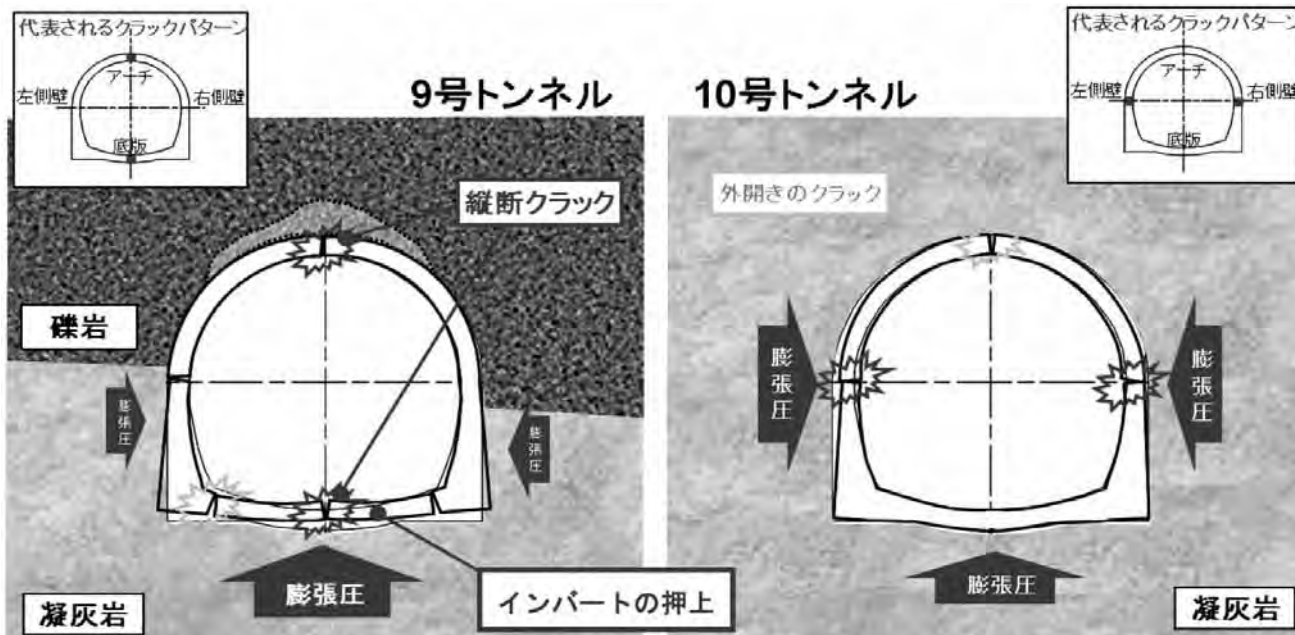


図-10 トンネルの変状発生のイメージ

により体積比で約2倍以上となる部分があることが判った。

### ③変状原因の特定

以上の調査結果からトンネルの変状主要原因は、トンネル周辺地山における凝灰岩の膨張性（塑性圧）と特定した。9号トンネルのクラックは、底版部及びアーチ部に縦断的に発生する傾向を示しており、これはトンネル下半分の凝灰岩による高い膨張圧に起因する押上を受けたものと考えられる。また、クラックパターンが複雑に発生する要因として、凝灰岩と礫岩が互層をなす地質形態や部分的な覆工背面の空洞により、膨張圧及びそれに対する反力が、複雑に発生しているためと考えられる。一方、10号トンネルは全周から凝灰岩の膨張圧を受けたため、側壁にクラックが生じたと考えられる。「図-10」に変状発生のイメージを示す。

## VI. まとめ

本取組みにおける3Dレーザー計測では、サイホン及びトンネルの詳細な変形や縦横断的及び平面的な連続した変状を捉えることが可能で、外力の作用している方向や変状原因の推定に有効であった。また、その結果を踏まえた詳細調査の結果、効率的に変状原因を特定することができた。さらにサイホンでは詳細な変形形状の把握により発生応力を定量的に求める等3Dレーザー計測を実施しなければ判明しない事柄もあった。

3Dレーザー計測によって得た3次元の位置情報は、今回取組のような変状原因の究明に限らず、経年観測により、変状の進行を高精度で捉えることも可能であり、今後の有効な機能診断技術の一つとして期待

出来る。

# 香川用水における用水計画の見直し

末 吉 修\* 安 永 功\*\* 亀 高 巧\*\*  
 (Osamu SUEYOSHI) (Isao YASUNAGA) (Takumi KAMETAKA)

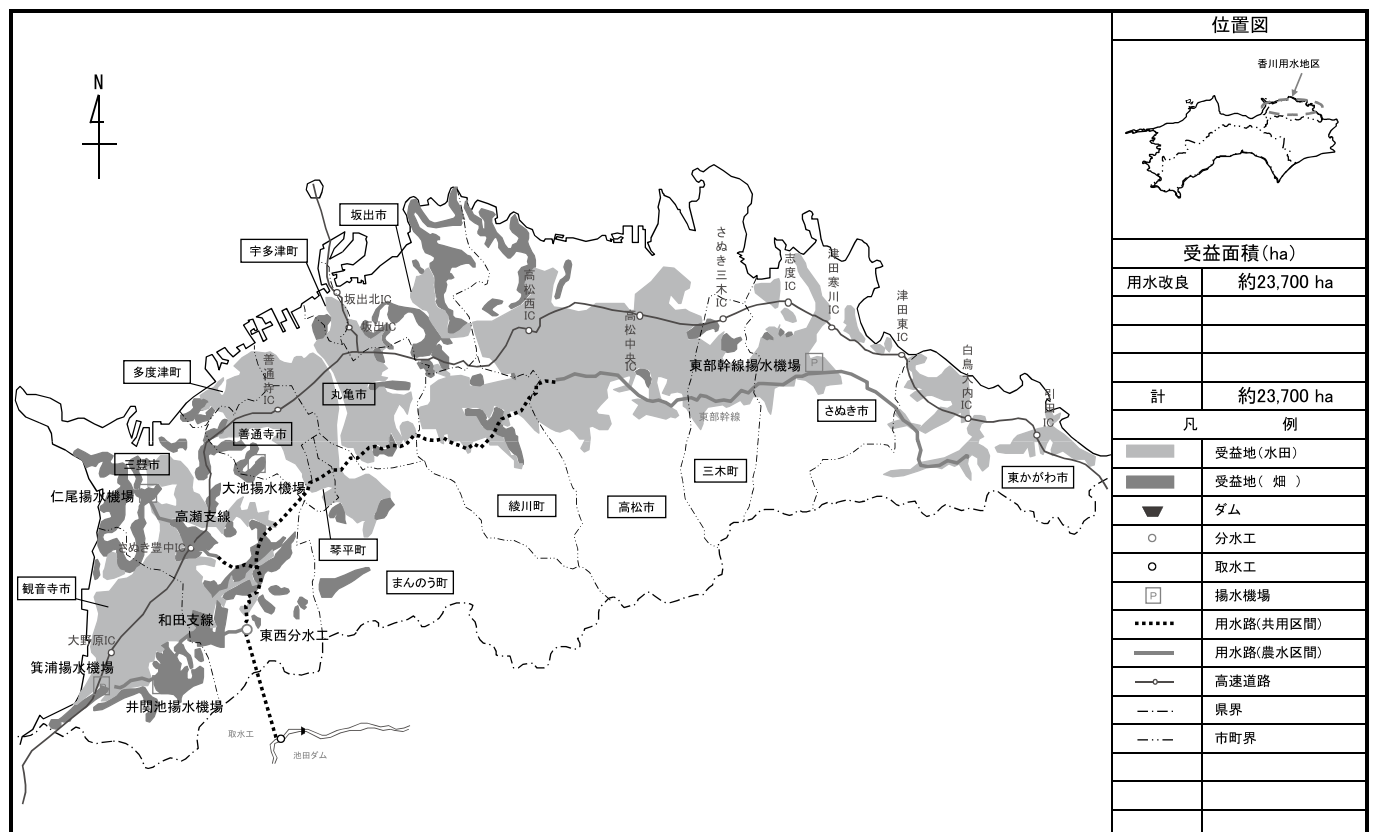
## 目 次

1. はじめに .....	59	4. 用水計画の見直し .....	63
2. 用水計画の特徴 .....	60	5. おわりに .....	63
3. 水利用の変化 .....	61		

### 1. はじめに

香川用水は、吉野川総合開発事業の一環として早明浦ダムに水源を依存し、香川県本土のほぼ全域への農業用水の補給と香川県水道局の都市用水（上工水）を送水する長大開水路系の用水路であり、幹線水路延長

は106kmに及ぶ。農業用水と都市用水が共用する区間は旧水資源開発公団（現水資源機構）で、農業用水専用の区間は国営かんがい排水事業及び県営等の補助事業で整備された。また、共用区間（L=47km）の管理者は水資源機構であり、農水専用区間（L=59km）は香川用水土地改良区である。（図－1）



図－1 香川用水地区の概要図

\* 中国四国農政局香川用水土器川沿岸農業水利事業所  
 (Tel. 0877-59-7370)

\*\* 中国四国農政局四国土地改良調査管理事務所  
 (Tel. 0877-56-8260)

昭和55年度の国営事業完了以降30余年を経過し、用水路施設の老朽化の進行と共に受益面積の減少や営農形態の変化により水利用形態が大きく変化してきていることから、国営事業で造成した幹支線水路の更新整備と併せて、水利用実態の変化に対応した用水計画へ見直しを行うべく平成20年度から地区調査を進めている。

また、都市用水と一括して水資源機構が同意を得ている水利権の許可期限がH25.3に迫っていることから、変更河川協議にも対応できるよう用水計画策定作業を進めていところであり、今回は「香川用水における用水計画の見直し」と題して、他地区でも参考となり得る用水計画諸元の変更とその考え方について報告する。

## 2. 用水計画の特徴

### 2.1 ため池の調整機能

香川県は、年間降水量が基準年で915mm程度（平均1,080mm程度）と少なく水稻の干ばつ被害があり、古来から米作と併せて麦の生産が盛んで「讃岐うどんの文化」が生まれた風土が伺える。

降水量が少ないため、県内には日本最大級の満濃池を始め大小さまざまな規模のため池が築造されている。香川用水の当初計画でも比較的規模が大きく安定水源として期待できる4,007箇所のため池が地区内水源として計上され、当初計画の純用水量285百万 $m^3$ のうち、ため池で107.5百万 $m^3$ （37.7%）を供給するとされている。（図-2）

香川用水通水後のため池は、従来の地区内水源として用水供給する機能に加えて、①香川用水水路より下流にあるため池は、香川用水からの送水を一時貯留し半旬毎に変動する需要量を平準化することで吉野川から香川県への最大導水量を低減させる機能（導水トンネルの施設規模縮減）を、また、②香川用水に全量依

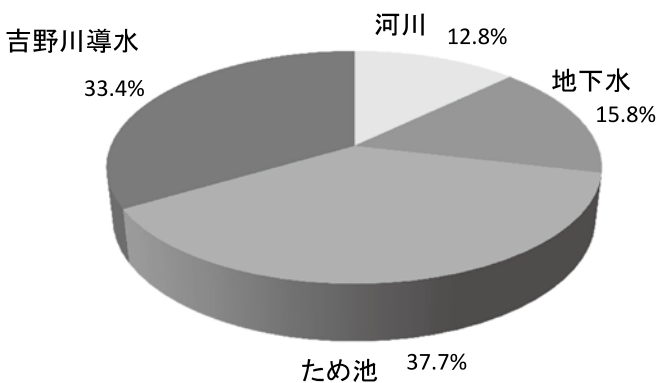


図-2 水源別年間依存量割合

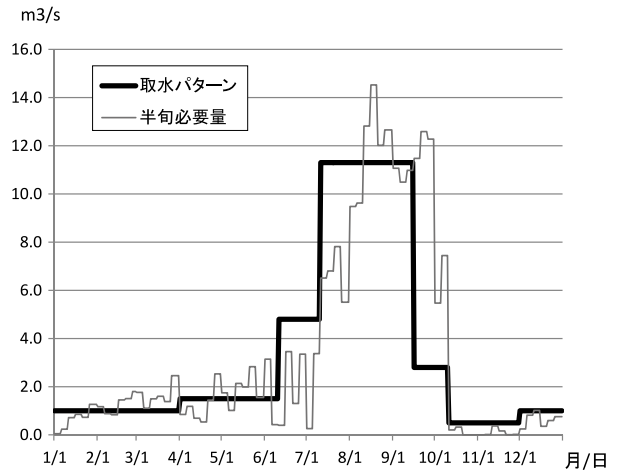


図-3 取水パターンと半旬必要量

存する畑地かんがい用水をため池に振り替え供給する機能（畑かん地区近傍までの用水路建設の省略）を新たに持つことになった。（図-3）

なお、香川県ではため池のかい廃を防止するため昭和41年にため池の保全に関する条例を制定し、上記ため池機能の維持・保全を進めている。

### 2.2 小さい減水深

香川用水計画は、昭和30年代に計画されている。また、吉野川総合開発計画では四国四県間の水資源配分調整により早明浦ダムからの供給量が決まったという経緯がある。そのため顕著なのが減水深の少なさにある。近年の一般的な国営地区における水田の減水深は、通常20~25mm/day当たりが常識的な値と言えるが、香川用水の減水深は当初計画では平均12.7mm/dayと半分程度とされている。これは、早明浦ダムからの分水量を香川県本土のほぼ全域に配水するために少なめの減水深を採用したとの見方もあるが、一方では昭和30年代の香川県は水源が乏しいため輪番・間断かんがい定着しており、当時の水管理の状況下での実測値としては適正な値だったとも考えられる。

また、香川用水の水田地帯は、砂壤土（SL）～壤土（L）～植壤土（CL）の乾田が主体であり、土壌タイプ等による標準的減水深に当てはめると減水深は下表のとおりであり、平均では約20mm/day強と推定される。

また、近年、香川県に隣接する徳島県、愛媛県、岡

表-1 標準減水深から推定される本地区の減水深

香川用水における土性区分	標準減水深表における土壌区分等		
	土 壌 型	平均減水深	土壌タイプ等
砂壤土（SL）	乾田 砂 土 型	25.7mm/day	65 灰褐色土壌・砂土マンガン型他
壤 土（L）	乾田 壤 土 型	22.3mm/day	63 灰褐色土壌・壤土マンガン型他
植壤土（CL）	乾田 粘 土 型	18.3mm/day	61 灰褐色土壌・粘土層構造マンガン型他
平均（推定）		20mm/day 強	

山県で実施した7国営事業地区の土地改良事業計画書から、平均減水深及び最大減水深を整理すると下表のとおりであり、いずれの地区に比べても香川用水の減水深はかなり小さい値であることが分かる。

表-2 近隣県の国営事業地区における減水深

事業地区名	県名	平均減水深	最大減水深	備考
国営吉野川下流域地区	徳島県	29mm/d	45mm/d	除塩用水
国営吉野川北岸地区	徳島県	19mm/d	35mm/d	
国営那賀川地区	徳島県	26mm/d	43mm/d	
国営道前道後平野地区	愛媛県	19mm/d	25mm/d	
国営岡山南部地区	岡山県	19mm/d	92mm/d	最大値は旧河道部
国営吉井川地区	岡山県	19mm/d	52mm/d	下流は干拓地
国営児島湾周辺地区	岡山県	17mm/d	20mm/d	9割が干拓地
香川用水(当初計画)	香川県	12.7mm/d	20.1mm/d	

### 2.3 水稲作期(手植えによる移植計画)

当初計画では、大苗(40日苗)を手植えで移植することを前提としており、約7割を晩生種が占めている。作期は7月11日から代掻きを開始し10月10日までかんがいするもので、6月10日から代掻きする普通期を含めても平均かんがい期間は96日と短く、機械移植による稚苗・中苗植に対応したかんがい期間となっていない。

### 2.4 雨なし取水パターンでの年間総取水量

一般的に最大取水量は、期別に雨なしピーク必要水量で設定され、降雨により必要水量が減少する性格を考慮し、ダムあり地区等では、有効雨量を控除した半旬ごとの必要水量の年間積算値を年間総取水量として表示している。

しかしながら、本地区は、半旬毎に変化する取水量をため池により調整(事前放流・事後放流)することで吉野川からの取水量を平準化しているため、取水パターンどおりに取水することで初めて年間総取水量が取水できるようになっている。(図-4)このことから、仮にかんがい期前半の多雨であっても、後半の少雨に備えて取水パターン通りの取水を行わざるを得

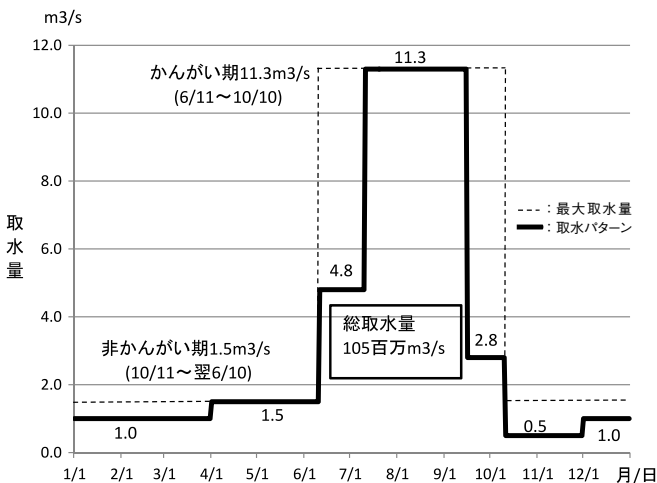


図-4 最大取水量-取水パターンと年間総取水量の関係

ず、結果として豊水年か渇水年かに関わらず年間総取水量に年々の大きな変化は見られない。

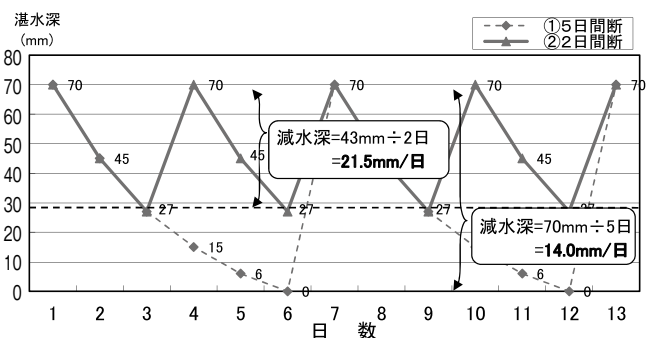
## 3. 水利用の変化

昭和30年代に香川用水当初計画が策定されて以来50余年を経過し、都市化・混住化により、受益面積は当初計画の30,700haから約23,700haに減少している。また、昭和50年代からの田植機の普及や早期米の定着などによる水稲作期の前倒しとかんがい期間の延長、香川用水の通水開始や農家の高齢化等を契機とした輪番・間断かんがいの減少により、水需要の時期と水量に変化が生じている。

### 3.1 減水深の増加要因のシナリオ

昭和30年代に計画された香川用水は、当時行なわれていた輪番・間断かんがいを初めとする地区内水源のみに依存した節水的水管理下で減水深を測定したことから、全国の標準的な減水深の1/2程度となっている。

しかしながら、受益面積の減少等に伴い、計画水量に対して潜在的な余剰が発生した結果、一般地区における通常の水管理(厳格な輪番・間断かんがいをしなくても)で水田に取水できるようになりつつある。例えば従来5日毎に取水していたものが、2日毎に取水できるようになっているとすれば、平均減水深に影響すると考えられる。減水深の太宗を占める降下浸透が田面の湛水深にほぼ比例すると仮定すれば、湛水深が大きい数日の平均を採ると減水深は大きく、長い日数で平均すると小さくなるというシナリオは成り立つ。初期湛水深を70mmと仮定すると、5日間で湛水深0mmとなった場合の平均減水深は14.0mm/day、同じ条件で2日毎に取水するとした場合の平均減水深は21.5mm/dayとなり、間断日数の違いにより平均減水深は大きく変化するのはではないかと想定される。(図-5)



	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	平均減水深
① 5日間断	25mm	18mm	12mm	9mm	6mm	14.0mm/day
湛水深	70→45mm	45→27mm	27→15mm	15→6mm	6→0mm	
② 2日間断	25mm	18mm	25mm	18mm	25mm	21.5mm/day
湛水深	70→45mm	45→27mm	70→45mm	45→27mm	70→45mm	

図-5 間断日数による減水深変化のイメージ (減水深14.0mm/day←21.5mm/day)

### 3.2 減水深増加シナリオの検証

上記の減水深増加のシナリオを確認し、計画減水深の妥当性を検証するためH4～H7及びH20～H22の実測資料（733地点の自記記録紙）を基に、湛水初日から24時間毎に減水深を再調査し、初期減水深に対する低減率を整理した。その結果、日数の経過とともに減水深は徐々に減少し、減少割合も小さくなることが明らかになった。

減水深の増加には、本シナリオだけでなく地下水の低下による縦・横浸透の増加等他の要因も含まれているが、その影響を定量的に評価することは困難であるとともに、本地区の水田は旧来から殆どが乾田であることから、地下水位の要素は考慮していない。

香川用水地区の実測データ（図-6-1及び2）から、2日毎に取水とした場合の平均減水深は約26mm/dayとなり、全国の一般的な減水深（例えば20～25mm/day）に近い値となるが、5日毎に取水する場合は約14mm/dayと大きく減少することが分かった。しかし、14mm/dayを採用するとしても、当初計画の平均12.7mm/dayに比べて増加することとなるが、全国の一般的な減水深よりかなり小さく、依然として水が乏しい地区であると言える。

### 3.3 かんがい期間の延長

一般に、代掻きの前倒しは、①収穫前の台風被害の防止や②食味の良い品種に対するニーズにより早生品種の作付けが増えたことが主な要因と言われている。しかしながら、香川県では中生種のヒノヒカリが主要品種であり早生品種の作付けが主な要因ではない。

本地区における代掻き期の前倒し取水の主因は、機械移植のための中・稚苗植えに伴うかんがい期間の延長が、結果として代かき時期の早期化につながっていると想定できる。

当初計画では手植を前提としており、「日本農業と水利用；第3章 水稲と水利用（1960年農地局）」には、「40日間で本田移植期を迎え・・・90日間のかんがい期を経て刈取期に入る」とされていることから、かんがい期間（代かき期間+普通かんがい期間）は、約100日（10日+90日）だったと推測できる。

しかしながら、現在の田植え機による移植では、苗

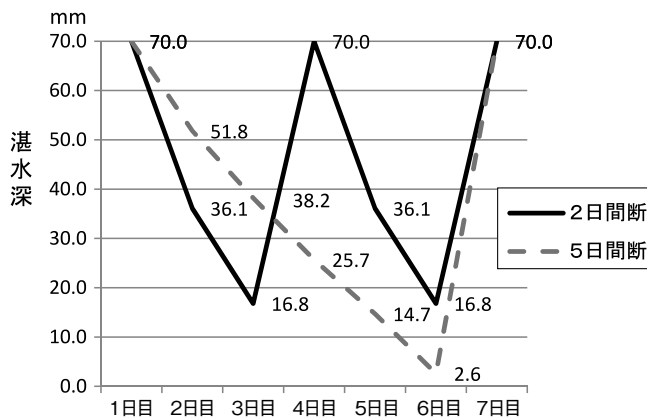


図-6-1 湛水深の変化（2日～5日間断）

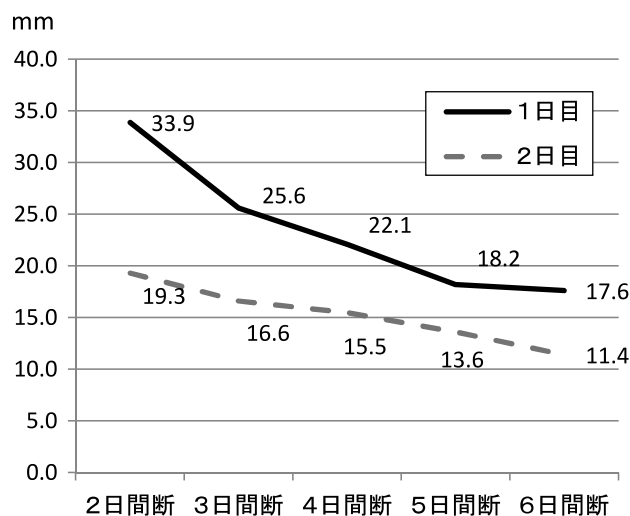


図-6-2 間断日数と日減水深の変化

箱に播種後20日（稚苗）～30日（中苗）を移植することにより、当初計画に比べて移植までの育苗期間が短くなった（手植え40日→機械植え20～30日）分、移植（田植え）～収穫までの期間は10～20日間の延長が必要となっている。

稚・中苗植えに伴い20日程度早い移植が必要となっていることは、当初計画のかんがい期間が約100日弱であったのに対し、現在の稲作暦から平均を求めると約120日になっていることから伺える。

作付け	期間	日数	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月
当初	普通期作	6/11～9/15			代かき				
	晩期作	7/11～10/10				代かき			
見直し	早期作	4/21～8/20	代かき						
	短期作	5/26～9/15		代かき					
	普通期作	6/11～10/10			代かき				

図-7 当初計画と見直し計画における稲作暦

## 4. 用水計画の見直し

### 4.1 見直しの基本条件

香川用水地区は、他地区に比べて小さい減水深で厳格な水管理を行っており、受益面積が減少した現在でも決して水が潤沢とは言えない地域である。一般の地区と同様の減水深を採用した場合、現在早明浦ダムから補給を受けている105百万m<sup>3</sup>/年を大きく上回る不足量が発生するが、この水量を新たに確保することは困難な現状であるため、既存の水源施設能力をフル活用して可能な範囲で水利用の変化に対応することを目指さざるを得ない。

その際、香川用水から補給された水を地区内のため池に一端貯留し、それを降雨等により変動するその時々々の需要量に応じて供給出来るという特徴から、本地区の用水計画の見直しにおいて最も重要視すべきは年間総取水量（吉野川依存量）の決定である。受益面積が約3/4に減少した一方で、かんがい期間の延長やほ場での節水的な水管理が緩和されつつあることによる減水深の増加などの用水計画諸元値の変更を、適切に総取水量の算定に反映させる必要がある。

また、最大送水時以外の期別導水量（取水パターン）は、変更しないことが望ましいと考えている。その理由は、①本地区が水資源開発指定水系であることから取水パターン（時期・水量）を大幅に変更した場合「水資源開発基本計画」の既開発水量（かんがい期間平均水量）や早明浦ダムの放流計画に変更を来す懸念があること、②ため池貯留水の先行利用により現行の取水パターンで営農が出来ており土地改良区等の関係者も取水パターンの変更を望んでいないこと等である。

### 4.2 水計算の手順

通常の地区では、 $[(\text{かんがい面積} \times \text{消費水量 (減水深)}) - \text{有効雨量}] \div [\text{かんがい効率}] - [\text{地区内利用可能量}] = [\text{不足水量}]$  の計算を行い年間総取水量を、有効雨量を控除しない必要水量計算から期別最大取水量を算定し、水利権水量を決定するのが一般的である。

しかしながら、香川用水では、①既設水路の送水・分水能力の変更を行わないこと、また、②半旬毎の必要水量をため池で調整し取水量の平準化を行っていることから、雨あり半旬別の水収支計算（年間総取水量を含む）を行った上で、現取水パターン及び現況幹支線水路の通水・分水能力で送水が可能との確認計算（必要水量送水の実行性の確認）を行うこととしている。

### 4.3 水収支計算の状況

現在、農業情勢や水利用の変化に応じ、①受益面積の減、②かんがい期間の延長、③減水深の増加及び④

作付け計画の変更（転作を考慮）等の用水計画諸元を（表-3）のとおり変更し、不足水量計算を実施中である。

表-3 主な用水計画諸元値対比表

項目	区分	当初計画	見直し計画
受益面積		約30,700ha(田25,000ha, 畑5,700ha)	約23,700ha(田19,800ha, 畑3,900ha)
水田の畑利用等		ALL水田(転作なし)	転作あり(転作率約32%)
水稲かんがい期間		平均約100日間	平均約120日間
減水深		平均12.7mm/day	平均約14mm/day程度(予定)
計画基準年		昭和37年	同左
畑地かんがい消費水量		樹園地平均2.6mm/day	同左 転作畑・裏作等は新たに設定

上の用水計画諸元の変更及び不足水量計算の結果（現水利権の年間総取水量105百万m<sup>3</sup>以上の不足量があること）を河川管理者に提示し、諸元変更、計算方法の考え方及び当初計画程度の不足量があることについては概ね理解を得ているところ。今後、現行の取水パターンによる取水で、地区内の各用水ブロックに過不足なく送水できる旨の確認作業を進め、早急に河川協議の予備協議に移行する予定である。

## 5. おわりに

環境問題への国民の関心が高まり、また財政が逼迫する中、新規のダム開発や大規模水利施設の新設が困難になった現在、農業水利施設ストックを有効活用することが求められており、既存施設の長寿命化の推進とともに、時代の要請に即した水利用計画への見直しが、進むべき方向と考える。

昭和30年代に計画された香川用水は、国営事業が完了し30余年を経過し、受益面積の減少や営農形態の変化により水利用形態が大きく変化してきていることから、これに対応できる用水計画への見直し作業を進めて、河川管理者サイドが受け入れられるか否かを見極めながら調整を進めている。

本編で述べたとおり香川用水の用水計画は一般の地区とは異なる特徴を持っており、他地区の見直しの考え方を直ちに適用することには無理があると考えられる。しかし、減水深の変化や水稲作期の延長等用水諸元値の変更理由や考え方は一定普遍な部分もあり、昭和30～40年代に計画された同様の課題を持つ地区に適用できる場合もあると考えており、本報告の一部でも活用頂ければ幸いである。



# フィルダムの管理区分の移行

松田 貢一\* (Kouichi MATSUDA) 巽 勝弘\*\* (Katsuhiko TATSUMI)  
 溝口 恵美子\*\* (Emiko MIZOGUCHI) 吉田 貴司\*\* (Takashi YOSHIDA)

## 目 次

1. はじめに .....	64	3. データ整理と分析 .....	64
2. 対象施設の概要 .....	64	4. おわりに .....	70

### 1. はじめに

土地改良施設管理基準「ダム」によれば、フィルダムにおける管理区分を2期から3期へ移行するに当たっては、漏水量、変形、浸潤線が長期的に安定している（定常状態に達している）ことが判定の目安である。具体的には、漏水量では貯水位一定の状態に急増しない状態であること、変形では長期の残留変形量及び沈下速度が一定値に収束傾向にあること、浸潤線は施工中の間隙水圧が消散することで浸潤線形状がなめらかな曲線を示し、設計時の仮定とほぼ一致し、かつ貯水位一定において局所的な間隙水圧の急増がみられないこととある。

一方、これまで供用してきたダムにおいて2期から3期への移行に際して、技術的資料を整理した地区は少ない。

本報は、国営曾於東部地区の中岳ダムにおける管理区分を2期から3期へ移行するにあたって、2008年7月から2010年8月までの約2年間の間隙水圧、変位、浸透量のデータを整理分析した事例報告である。

### 2. 対象施設の概要

本ダムは、国営かんがい排水事業「曾於東部」地区（昭和61年～平成17年）で鹿児島県曾於市末吉町に造成された、堤高69.9m、堤頂長312.5m、堤体積1,570千m<sup>3</sup>の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムである。

ダムの盛立ては、2004年9月に完了し、2006年3月から試験湛水を開始した。その後、満水保持期間6ヶ月を含む1年6ヶ月の期間をかけて2007年7月に試験湛水を完了し、河川管理者の完成検査を経て、同年10

月供用開始した。供用開始後のダム管理は表-1に示す2期の管理区分にて2010年3月までの3年6ヶ月継続してきた。

表-1 ダム管理区分（2期）

計測項目	計測機器	計測方法	設置箇所	二期	
				設置数量	頻 度
浸透量	堤体ドレーン	自動計測	漏水観測ピット	5系統	通常体制 1回/週 注意体制 1回/日
満 水	満水計	ポータブル	漏水観測ピット	5系統	1回/週 1回/日
間隙水圧	間隙水圧計	自動計測	堤体内及び基礎	28箇所 (No. 28-19断面 Zone I) 6箇所 (No. 28断面 基礎内)	1回/週 1回/日
変位(表面)	表面変位計	測量計測	6測線	27点	1回/月 1回/週
変位(内部)	クロスアーム 層別沈下計	手動計測	No. 28+5.0断面	13段	1回/月 1回/週
基礎内水圧	浸透圧観測孔	自動計測	観音窟	20箇所	1回/週 1回/日
地震力	地震計	自動計測	堤体天端及び 観音窟基礎	2箇所	その都度 その都度
巡 視	目視調査	目視	-	-	1回/週 1回/日
監 査	目視調査	目視	-	-	1回/日 2回/日
地 山	左岸地山地下水	地下水位計	自動計測	地山	8箇所 1回/週 1回/日
	貯水池巡視	目視調査	目視	-	1回/月 1回/週

本ダムの総貯水量は430万m<sup>3</sup>であるが、直接流域面積は1.9km<sup>2</sup>と極めて小さいため、間接流域の安楽川から揚水して貯留することから、試験湛水は水位上昇、満水保持、水位下降を天候の影響を受けずに計画的に実施できた。供用後もダム管理者は維持管理費軽減のため必要水量だけを揚水していることから、満水位標高354mに対して5m程度低いEL345m～350mで管理している。（図-1参照）

### 3. データ整理と分析

#### 3-1. 間隙水圧

本ダムの間隙水圧計は、盛土施工中に発生する間隙水圧と試験湛水中の浸透水圧を測定するために堤体に36カ所（最大断面に23カ所、中間断面に13カ所）及び基礎8カ所の合計44カ所に自動計測装置を設置している。（図-2参照）

最大断面における試験湛水中（2007年5月）と供用後（2010年5月）の間隙水圧の変化を図-3に示す。

全体ポテンシャルは試験湛水時よりも飽和域が広がり実測値（図の実線）が目標値（図の点線）に近似しつつあり、安定しており問題ないと判断した。個別に

\*九州農政局農村計画部農村振興課  
 (Tel. 096-211-9111 内線4618)  
 \*\*NTCコンサルタンツ(株)  
 (Tel. 052-261-1321)

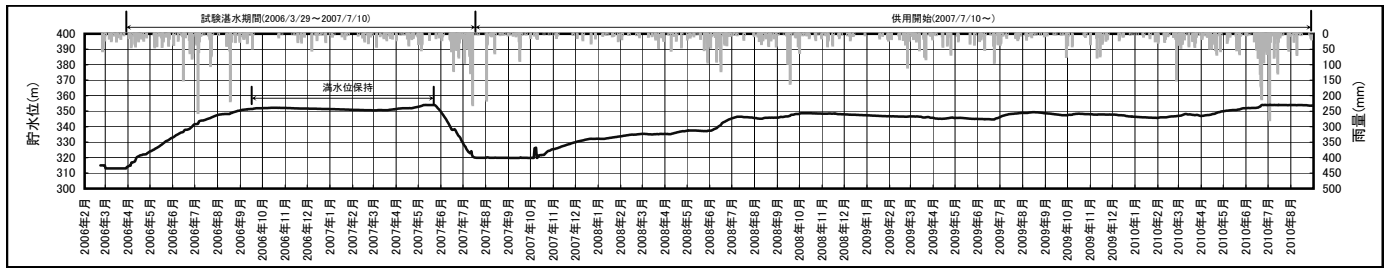


図-1 試験湛水から供用後の貯水位と雨量の関係図 (2006.2~2010.8)

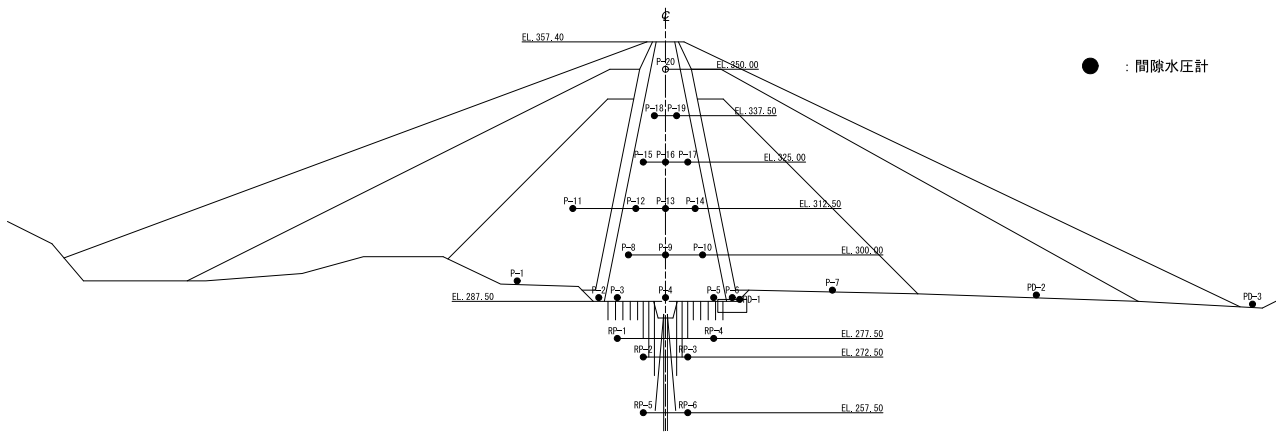


図-2 横断面 (最大断面)

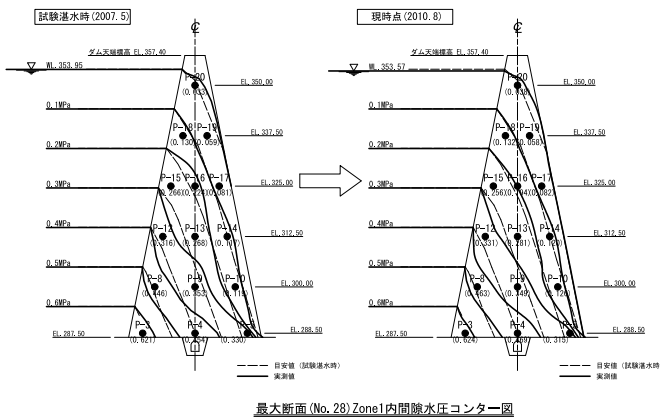


図-3 最大断面の試験湛水中と供用後の間隙水圧

見ていけば、完全に飽和していない部分（実測値が目標値の左側にある部分）や間隙水圧が抜けきっていない部分（実測値が目標値の右側にある部分）があるが、その理由としては、材料や締固め度等の施工のバラツキや測定誤差などが考えられる。

飽和領域が広がったことを最大断面のEL325.0mに設置した土圧計E-6（間隙水圧計P16と同じ位置）でみると、図-4に示すように0.15MPaの間隙水圧時に試験湛水時0.33MPaから現時点0.35MPaと0.02MPa上昇している、つまり空隙に水分が混入し飽和領域が広がった分空隙は狭くなり全土圧が上昇したものである。

### 3-2. 変位

2期の管理における変位（鉛直変位と水平変位）は月1回、6測線27点の定点測量により変位の大きさと方向

を把握している。検討結果としては、長期の残留変形量の減少速度が一定値に収束傾向にあり、また、水平変位も土木研究所で定めた目安値の範囲内にある。

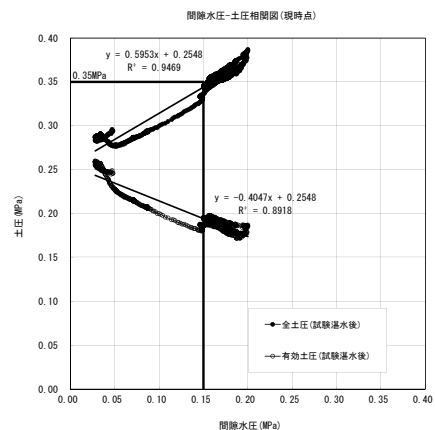
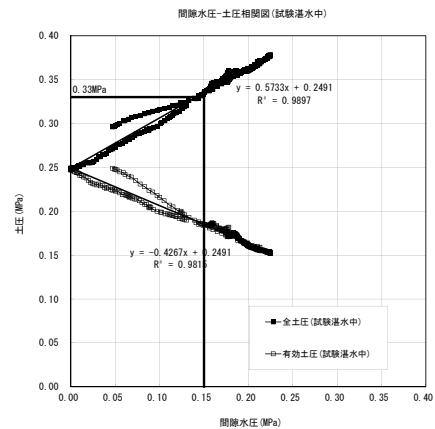


図-4 最大断面における代表地点 (E-6) の土圧と間隙水圧の相関

(1)鉛直変位（沈下）

沈下は、試験湛水時ダム軸下流EL.320.0～325.0m付近（表面水位計D-24）で局所的に観測された20mm程度の沈下は、2010年8月時点においては全体的な沈下となり、解消されている。（図-5に示すようにダム下流部とダム左岸部の2カ所が解消）一方、ダム天端中央部（No.22～No.32付近）で50～60mmの沈下がみられるが、沈下量コンター図から見ても局所

的な沈下ではない。また、層別沈下計の測定値からみても、図-6に示すように全沈下量（施工中の沈下量126.1cmを含む）はほぼ140cm程度に収束しつつあり、また沈下速度も表-1に示すように0.075cm/100日（0.27cm/年）と非常に小さな値となっており、収束に近い状態と判断される。なお、最終沈下量の予測値は、これまでの沈下量と経過時間の関係から双曲線法、沈下速度、星楚法の3手法で整理した。

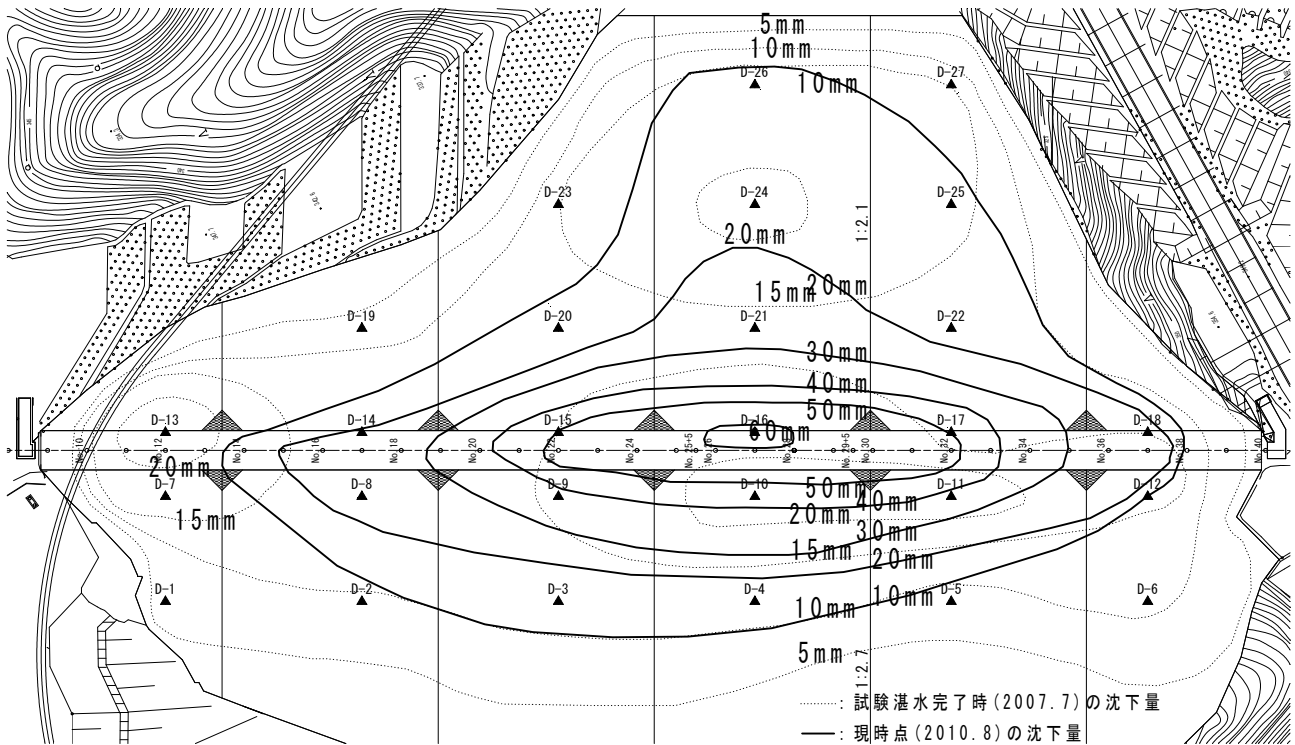
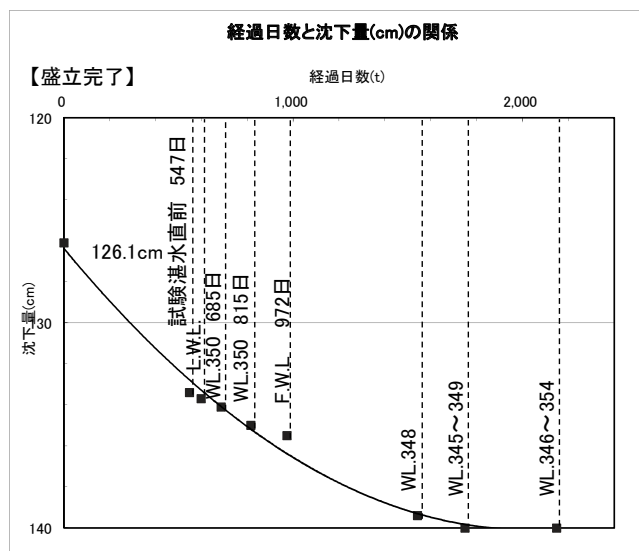


図-5 試験湛水時と供用後における満水時の沈下コンター図の比較



測定期間	経過日数 t day	沈下量 S cm	Δ S cm	沈下速度 cm/day
①盛土完了 2004/9/18	1	126.1		
②試験湛水直前 2006/3/8 (547)	547	133.4	7.3	$1.33 \times 10^{-2}$
③L.W.L. 2006/4/24 (51)	598	133.7	0.3	$5.88 \times 10^{-3}$
④W.L.350 2006/7/24 (87)	685	134.1	0.4	$4.60 \times 10^{-3}$
⑤W.L.350 2006/12/4 (130)	815	135.0	0.9	$6.92 \times 10^{-3}$
⑥F.W.L. 2007/5/7 (157)	972	135.5	0.5	$3.18 \times 10^{-3}$
⑦水位低下～ 二次湛水(WL.348) 2008/11/26 (569)	1,541	139.4	3.9	$6.85 \times 10^{-3}$
⑧W.L.345～349 2009/6/22 (208)	1,749	139.6	0.2	$9.62 \times 10^{-4}$
⑨W.L.346～354 2010/7/26 (399)	2,148	139.9	0.3	$7.52 \times 10^{-4}$

	最終沈下	10年後	20年後	2010/7/23
双曲線法	148.0	142.6	144.9	139.9
沈下速度	144.6	141.1	142.2	
星楚法	139.7			

図-6 経過日数と沈下量の関係図、沈下量予測表

(2)水平変位（ダム上下流方向及びダム軸方向）

フィルダムにおいてダム上下流方向へ変位する要因は貯水位の変動である。つまり、上下流の変位は水位が上昇すると水圧の影響を受けて下流側へ移動し、水位が下降すると変位は上流側へ戻るがその量は試験湛水時の水位下降時及び供用中の水位下降時とも小さい。（図-7参照）

堤体表面の水平方向の動き（矢印の向きと矢印の大きさ）は図-8に示すように、ダム軸及びダム下

流動きはダム上流と比べて大きい、その変位量は土木研究所で定めた目安値（堤高70m×0.1%=7cm）の範囲以内であり、問題ない。水平方向の代表点としてダム中央部の天端付近D-16の動きを見ると、ダム水位の上昇に伴いダム軸直交方向に対して30°、最大32mm動いた後、ダム水位の下降に伴いダム軸直交方向に対して30°方向に12mm戻っていることがわかる。

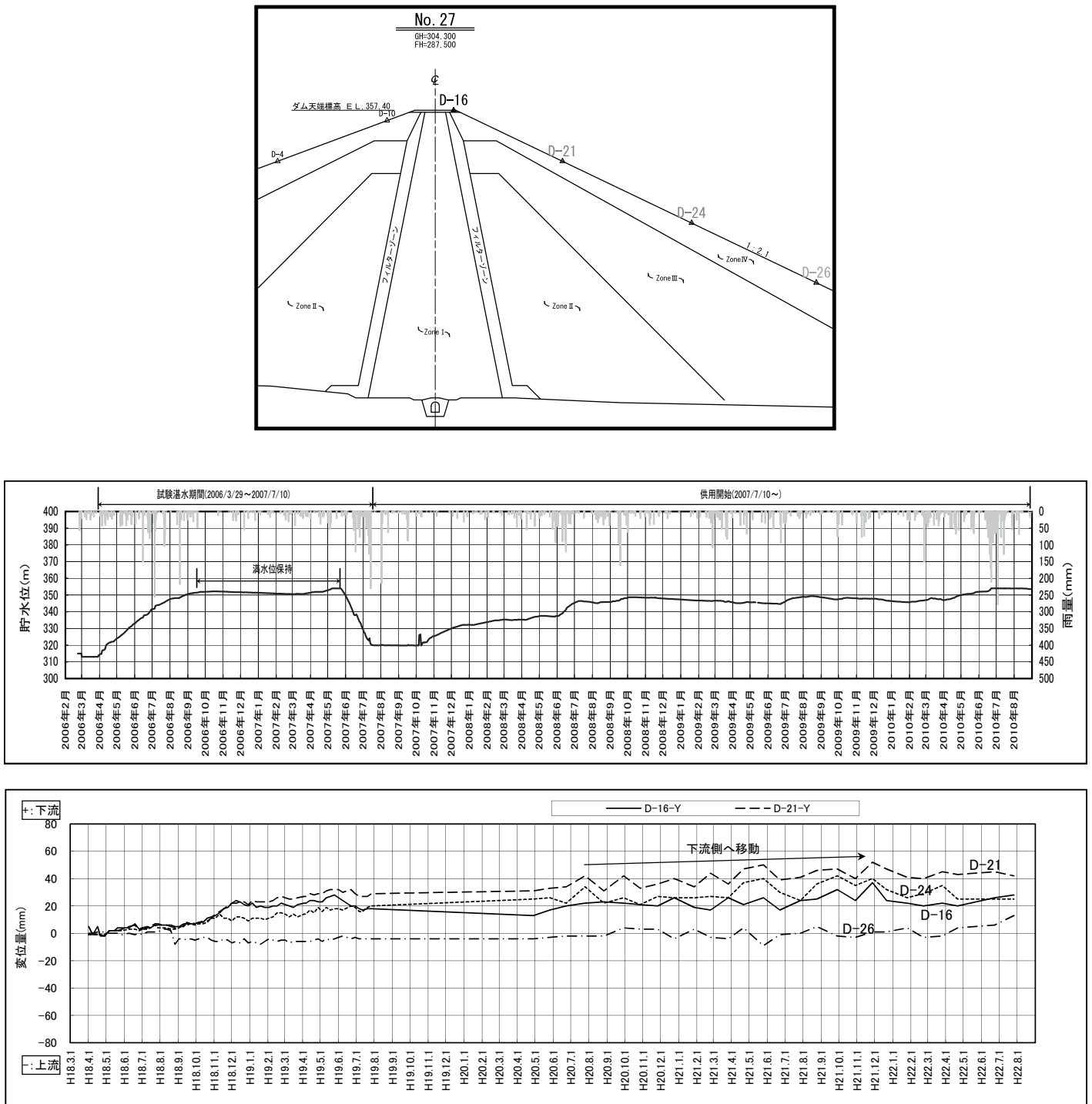


図-7 上下流方向変位

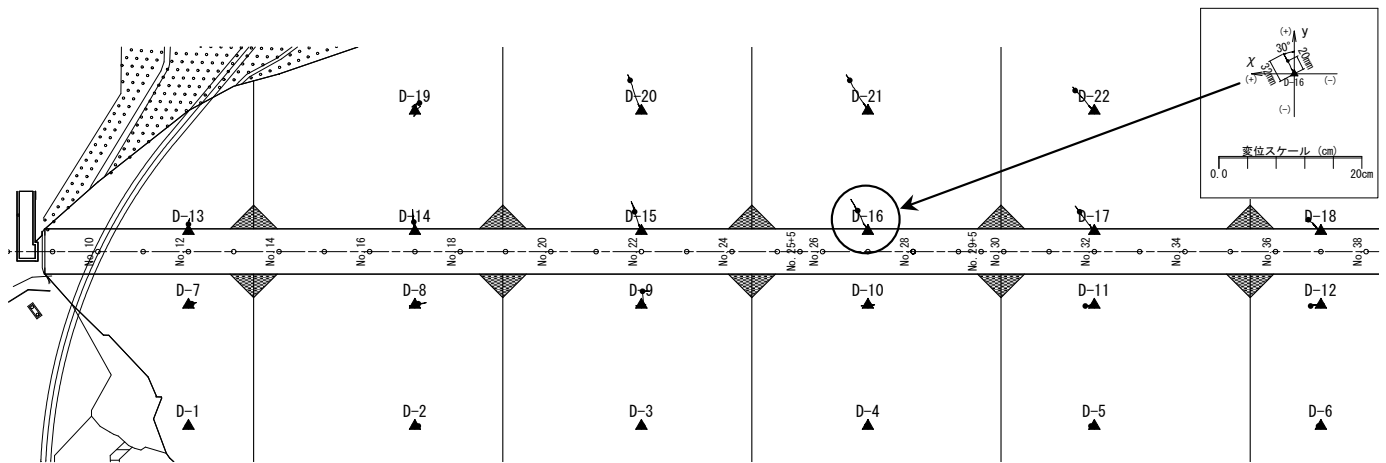


図-8 水平方向の変位

### 3-3. 浸透量

#### (1) 浸透水量の減少

本ダムは、左岸地山、左岸堤体、河床、右岸堤体、右岸地山の5系統で計測している。表-2に示すように本ダムにおいては、試験湛水時の浸透量が約1,700ℓ/minと多かったが供用後は約1,000ℓ/minと減少している。試験湛水時に浸透量が多かった理由

表-2 浸透量の比較 (試験湛水中と供用後)

	左岸地山		左岸堤体		河床	
	試験湛水中	供用後	試験湛水中	供用後	試験湛水中	供用後
貯水位影響分 F.W.L	34.4	11.1	64.8	33.6	881.5	424.3
基底	4.5	4.6	24.0	16.2	541.5	456.0
合計(減少分)	38.9	15.7 (23.3)	88.9	49.8 (49.1)	1,423.0	880.3 (542.7)

	右岸堤体		右岸地山		合計	
	試験湛水中	供用後	試験湛水中	供用後	試験湛水中	供用後
貯水位影響分 F.W.L	2.3	4.6	139.4	69.2	1,122.4	542.8
基底	4.1	2.8	5.7	5.6	579.8	485.2
合計(減少分)	6.3	7.5 (増1.135)	145.0	74.7 (70.3)	1,702.2	1,027.9 (674.2)

( ) 内数値は試験湛水中-供用後浸透水量で減少分を表している。

は、当時の河床部だった現地盤を20m掘削した結果、河床部の地下水を引き込んだためと考えられる。その後の浸透量の減少要因について、①浸透ドレーンの目詰まり、②地下水迂回浸透経路の目詰まり、③基盤からの浸透経路の目詰まりが想定された。

#### (2) 原因分析

##### ① 浸透ドレーンの目詰まり

ドレーンに目詰まりが起きると、ドレーン内で水頭が上昇し間隙水圧が発生するため、図-9に示すようにドレーン敷に設置した間隙水圧 (PD-1~PD-3) のチェックを行ったが、最大でも0.01MPaと間隙水圧の発生は極めて小さく、またドレーン観測室においても濁りを確認していない (管内のダムにおいてマンガン成分がドレーンで目詰まりした事例報告があった) ことからドレーンが詰まったことにより浸透水量が少なくなったとは考えにくい。

##### ② 迂回浸透経路の目詰まり

左岸の地山地下水水位は、図-10に示すように地下水

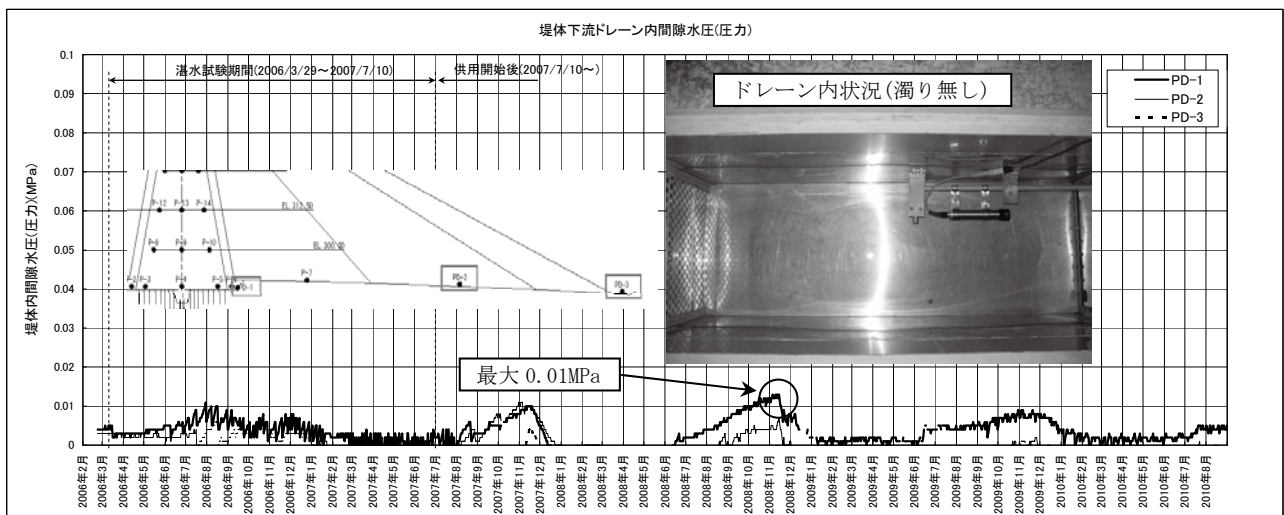


図-9 堤体内間隙水圧 (PD-1~PD-3)、ドレーン室内写真



試験湛水中(2007年5月23日)



供用後(2010年10月12日)

図-10 左岸の地山地下水コンター図

位EL.350mに着目すると試験湛水中はダム左岸岸辺付近にあったが、3カ年の貯水により左岸部山手方向まで後退している。これは、貯水位の上昇により左岸地山地下水をリムグラウトに沿って押し上げていることを示している。一方、EL350m以下のダム軸下流の地山地下水に注目すれば、地下水コンターは上昇していないことから迂回浸透経路で目詰まりしたとは考えにくい。(なお、右岸地山の地下水位は試験湛水中と同様に貯水位よりも高い位置にあり、洪水吐が設置されていることによって河床部への迂回浸透は少ないと想定した。)

③ 基盤浸透経路の目詰まり

基盤浸透経路の目詰まりについては、基盤内の間隙水圧(RP-1~RP-6)の挙動を図-11に示すように満水時における試験湛水中と供用後はほぼ同じ値であ

り、間隙水圧の上昇は認められない。データ個々の間隙水圧の大きさもRP-5→RP-6→RP1, 2→RP3, 4の順番となっている。これは、カーテングラウトが目的どおり有効に働いていることを示しており、基盤浸透経路で目詰まりしたとは考えにくい。

(3)管理基準値の見直し

浸透量は、試験湛水時と現時点と比べると700 $\frac{1}{min}$ (約4割)減少しているが、その原因を特定することはできなかった。漏水量の減少傾向は試験湛水完了後から始まり、貯水位が回復した2008年9月頃も漏水量は試験湛水時よりも減少したまま現時点まで推移している。このため、試験湛水時に回帰曲線で設定した浸透量の管理基準値が、供用開始後は整合が図られなくなったことから、現時点の漏水量と比べてほぼ同じ状況になった2009.12以降について多変量回帰式を用

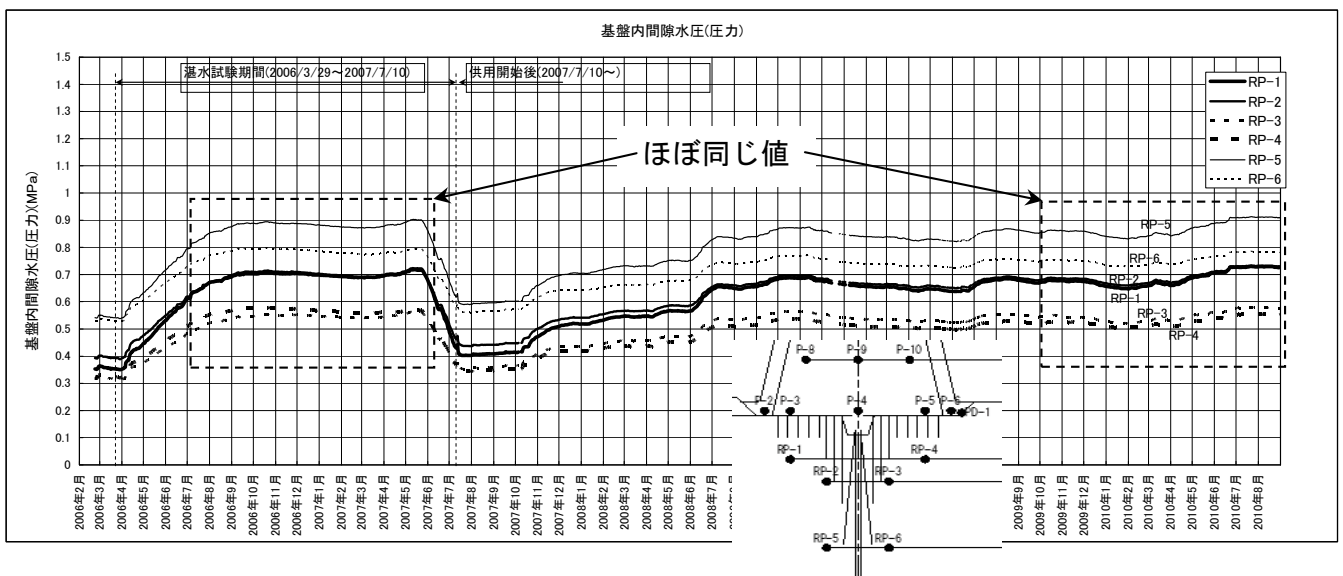


図-11 基盤内間隙水圧 RP-1~RP-6

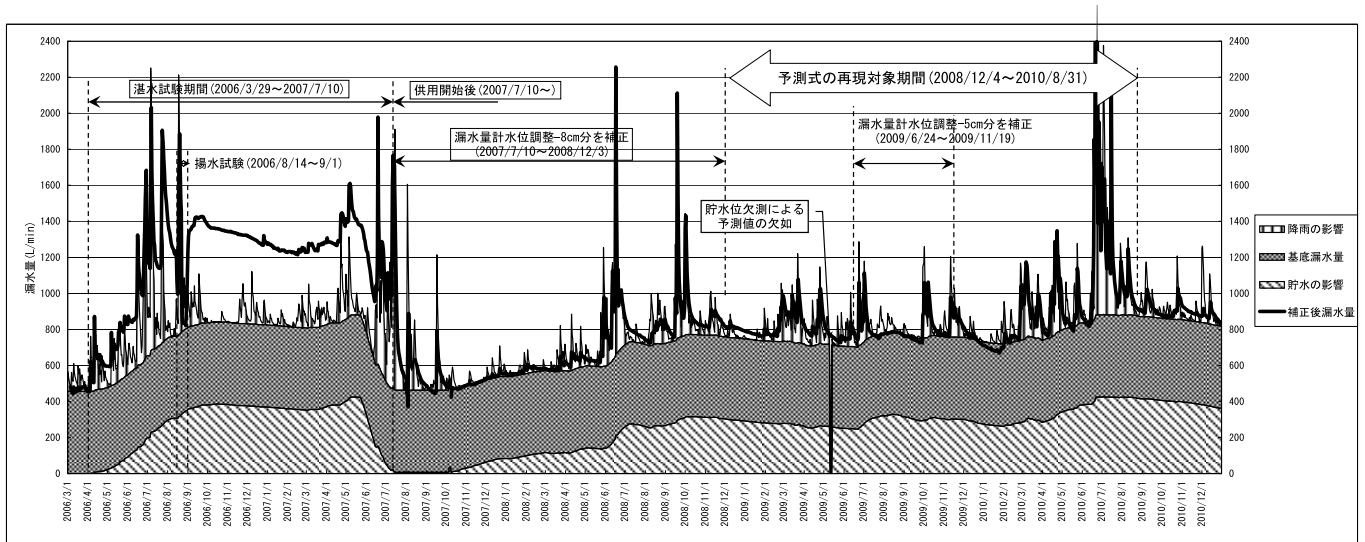


図-12 供用後の浸透量再現モデル

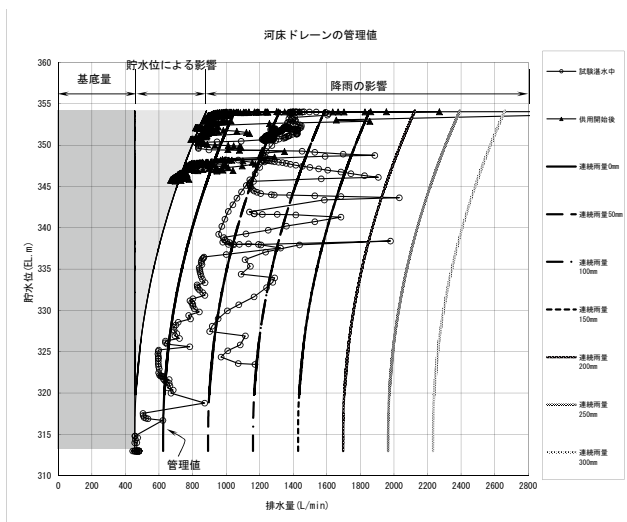


図-13 河床ドレーンの浸透量管理図

いて再解析し管理基準を見直した。(図-12参照)

また、左岸地山、左岸堤体、河床、右岸堤体、右岸地山の5系統の浸透量の管理基準値についても見直した。(図-13参照)この管理基準値は、ダム管理者が管理しやすいように基底流量、貯水位及び降雨の影響を考慮して作成している。

#### 4. おわりに

今回整理した間隙水圧、変位、浸透量について、昨年2月、農政局ダム技術検討委員会へ説明し、助言を踏まえてダム管理区分を3期へ移行することを妥当と評価した。これを受け、同年3月、ダム管理者に対してダム管理区分を3期へ移行する通知を行ったところである。

今後も安全で適切なダム管理のため表-3に示すように定期的調査を適正に行っていくこととしているが、実測値が設計値(目安値)に近づきつつあることを代表ポテンシャル毎に統計処理して実測値と設計値

表-3 ダム管理区分(3期)

計測項目	計測機器	計測方法	設置箇所	三期	
				数量	頻度
浸透量	堤体ドレーン	自動計測	漏水観測ピット	5系統	1回/日
浸透量	潮度計	ポータブル	漏水観測ピット	—	—
間隙水圧	間隙水圧計	自動計測	堤体内及び基礎	28箇所(No.28,19断面 Zone I)	1回/3ヶ月
変位(表面)	表面変位計	測量計測	6測線	6箇所(No.28断面 基礎内)	1回/3ヶ月
変位(内部)	クロスアーム	手動計測	No.28+5.0断面	—	—
基礎内水圧	浸透圧観測孔	自動計測	観音座	20箇所	1回/3ヶ月
地震力	地震計	自動計測	堤体天端及び	2箇所	その都度
監視	目視調査	目視	—	—	1回/3ヶ月
監視	目視調査	目視	—	—	1回/3ヶ月
左岸地山地下水	地下水位計	自動計測	地山	3箇所	1回/3ヶ月
右岸地山地下水	地下水位計	自動計測	地山	1箇所	1回/3ヶ月
貯水池監視	目視調査	目視	—	—	1回/3ヶ月

の相関を出し、3期の管理に反映させることや満水位から5m下がりの水位で管理されているため貯水位が下がった状況になった場合、間隙水圧、変位、浸透量の変化について監視していくことが重要である。

#### 参考文献

- 「中岳ダム技術誌」平成22年3月 九州農政局曾於農業水利事務所
- 「エクセル土木統計解析入門」山海堂 環境流体研究所 田中修三
- 「土地改良事業計画設計基準 ダム技術書フィルダム編」平成15年4月 農林水産省農村振興局
- 「農業用ダム機能診断マニュアル 計測データ分析用(案)」平成22年農林水産省農村振興局
- 「土地改良施設管理基準 ダム編」平成16年3月社団法人農業土木学会

# 群馬用水の水路トンネルの機能調査と評価について

曾 我 力\*  
(Chikara SOGA)

## 目 次

はじめに .....	71	5. 調査結果 .....	75
1. 群馬用水の概要 .....	71	6. ひび割れ状態の監視 .....	76
2. 施設機能調査の概要.....	71	7. 有馬トンネルの評価 .....	77
3. 有馬トンネルの調査と結果 .....	72	おわりに .....	78
4. トンネルの地上部について .....	75		

## はじめに

水資源機構は全社的取り組みとして、水路施設のストックマネジメントを現第2期中期計画期間中（H20～24年度）に実施することとし、群馬用水でも施設機能調査を進めている。

平成22年2月の調査において、榛名幹線有馬トンネルの覆工コンクリートにひび割れ等大きな変状が確認された。有馬トンネルは完成後40年以上経過し、通水開始以来初めて調査したもので、トンネルアーチ部に連続した縦断方向のひび割れが数箇所発生しており、既に最大10mmの段差が生じるなど劣化が著しい状態であった。また、覆工コンクリート背面には、広範囲の空洞や緩み層が確認された。

この変状が更に進行した場合、トンネル崩落等の危険性が高まり、水道用水や農業用水の供給に甚大な影響を及ぼすこととなることから、平成22年度に詳細な変状状況や周辺地盤の状態を把握する調査を行い、トンネルの機能状態を評価した。

本稿は、機能診断調査の内容及び施設機能の評価内容、現在の監視状況を紹介するものである。

### 1. 群馬用水の概要

群馬用水は、昭和39年に建設事業に着手、昭和45年より管理を開始している。

取水地点は沼田市岩本の利根川右岸で、約4km先の赤榛分水工で赤城幹線・榛名幹線に分水し、幹線の分水口、調整池等を経由し、農業用水として前橋市など7市町村の耕地約6,300haに最大12.44m<sup>3</sup>/s、水道用

水として前橋市、高崎市、渋川市など8市町村の地域に最大4.119m<sup>3</sup>/sを供給している。

施設の構造別の延長は、水路全延長約62kmのうち、トンネル約27.2km（38ヶ所44%）、サイホン約10.6km（60ヶ所17%）、水路橋約1.3km（16ヶ所2%）、暗渠約6.2km（55ヶ所10%）、開水路約16.5km（84ヶ所27%）である。

### 2. 施設機能調査の概要

#### 2-1 群馬用水の施設機能調査

群馬用水では、平成元年以降施設の状態監視として機能調査を開始し、平成20年度からは、ストックマネジメント手法に基づく調査方法で実施している。平成22年度末での調査の進捗状況は表-1のとおりである。

表-1 機能調査進捗表（単位：km）

区 分	対象延長	済 区 間	未了区間
導水幹線	5.6	0	5.6
赤城幹線	24.6	22.2	2.4
榛名幹線	18.5	18.5	0

#### 2-2 機能調査の内容

機能調査の内容は次のとおりである。

調査は施設全体を対象とする全線調査と定点を対象とする定点調査に区分している。トンネルでは、覆工背面の空洞状況の確認のため、衝撃弾性波も実施している。

##### ① 全線調査

・ひび割れ、浮き、析出物、摩耗、漏水、目地の劣化等についてバレル毎にスケッチと写真撮影。

\*水資源機構群馬用水管理所

(Tel. 027-251-4266)



- ・ハンマー等を用いてコンクリート表面近傍の浮き、剥離、空洞の有無の確認。
- ・構造物全体を目視し、側壁の変形・傾きや水路全体の不同沈下、蛇行の有無の確認。

② 定点調査

定点調査の対象とする箇所数は、開水路、暗渠等では、施設毎に特に変状が進んでいる箇所と、標準的な変状箇所の2箇所（バレル）を選定している。トンネルでは、坑口（2箇所）と中央部1箇所及び劣化の程度から要観察と判断される箇所の合計4箇所を対象としている。

- ・ひび割れ長さ及び幅の測定。
- ・左右側壁でシュミットハンマーによるコンクリート強度試験。
- ・中性化深さ測定。（ドリル法）

2-3 調査時間の制約

機能調査を行うには水路の断水が必要である。群馬用水は水道用水も供給していることから、利水者との協議の結果により、調査は週1日で1日当たりの調査可能時間は概ね4～5時間に制限されている。

この調査可能時間は、水路施設への乗り込みから退去までの時間であり、出入口から調査地点への移動時間を除くと、実質的に調査が出来る時間は概ね3～4時間であり、この制約の中で適切に機能評価を行うための調査方法や対象区間を選定しなければならない。

3. 有馬トンネルの調査と結果

3-1 トンネルの概要

図-1に位置、表-2に諸元、図-2に断面を示す。

変状が確認されたトンネルは榛名幹線の中流部の施設であり、赤榛分水工から約13km下流にある。

表-2 トンネル諸元

項目	施設概要
水路名	群馬用水 榛名幹線
トンネル名	有馬トンネル
延長	約1,700m
竣工年	昭和42年12月
半径	内径2R = 2,800m (標準馬蹄形)
縦断勾配	1/2,400
施設能力	7.51m <sup>3</sup> /s
工法	矢板工法(在来工法)

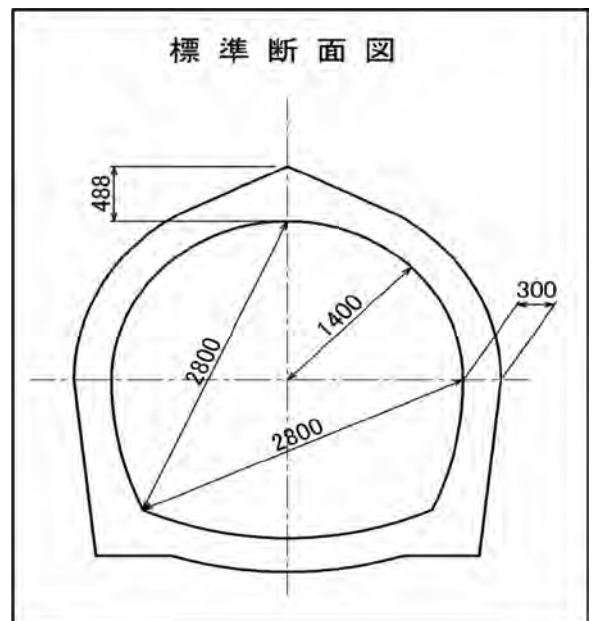


図-2 有馬トンネル標準断面図

このトンネルの上流側にはサイホン（水管橋）、下流側は標準馬蹄形暗渠（約200m）が連続しており、出入口が限られている。トンネル内への入坑は、上流側はサイホンとトンネルの接合部にある人孔（1.5m×2.1m、H=5.5m）、下流側は暗渠出口（開水路からの出入り）のみである。

3-2 対応方針の立案

平成21年度の調査は限られた時間の中で、他の区間と同様に、目視によるスケッチ、定点でのシュミットハンマー、中性化、衝撃弾性波探査（空洞調査）の調査のみであった。

この調査で大きな変状が確認されたことから、その後の対応方針を定め対策の検討を行うために、詳細な状態の把握及びボーリング調査等を平成22年度に実施した。

対応方針のフローを図-3に示す。



図-1 有馬トンネル位置図

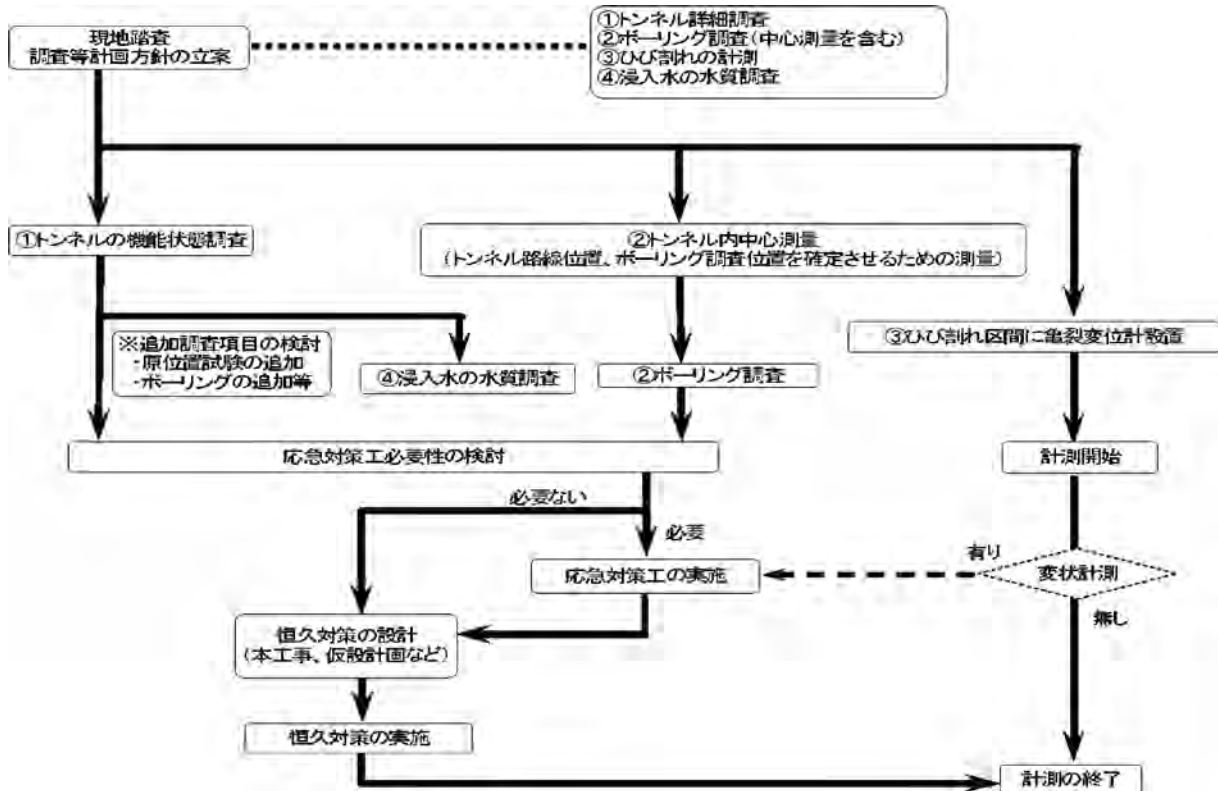


図-3 対応方針フロー図

### 3-3 調査内容

平成22年度に実施した主な調査項目は次のとおりである。

#### ① ボーリング調査

トンネル上部の地表面からトンネルセンター横5mの地点で2箇所（深さはトンネルの底盤より約5m下までで、45m及び33m）のボーリングを実施。地盤の状態や地盤の透水性を確認するとともに、地下水の状況を把握することを目的とした。

#### ② 圧縮強度試験

覆工コンクリートのコア抜き（φ50mm）を行い、コンクリートの状態把握のため圧縮強度試験を実施。

#### ③ 衝撃弾性波探査による空洞調査

平成21年度の調査では、ひび割れ等が確認された部分の一部を対象としたが、平成22年度は変状が確認された区間全体について、覆工上部の空洞及び地盤の緩みを確認した。

また、別途レーダー探査により、空洞の状態及び覆工厚について確認した。

### 3-4 トンネルの変状

大きな変状が確認された箇所は、トンネル始点部より約700m地点から約1,300m地点の区間である。

機能調査において確認された主な変状を写真-1から写真-4に示す。

#### ① 浸入水が顕著な区間

継目や欠損部からの浸入水が顕著な区間は、トン

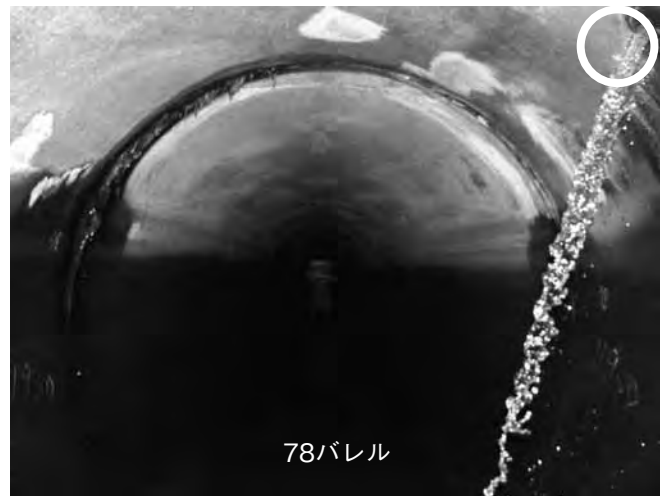


写真-1 毎分約80Lの浸入水の状況



写真-2 毎分約100Lの浸入水の状況



※白色はチョーク痕であり、ひび割れはその横にある。

写真-3 縦断ひび割れの状況

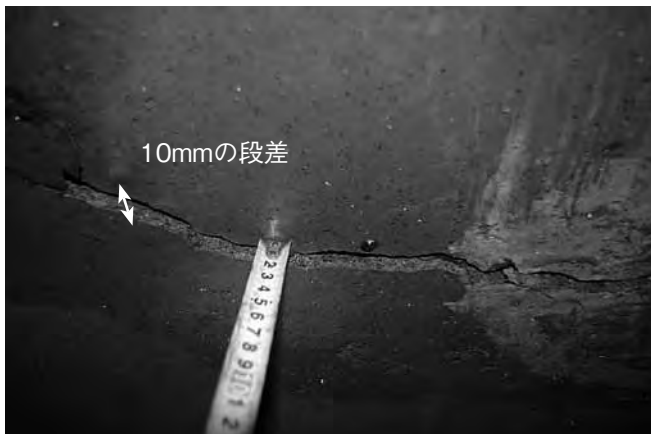


写真-4 段差を伴うひび割れの状況

ネル始点部より約700m地点から約930m地点の230mの間で確認されており、多い箇所では毎分80L/min～100L/minの噴出状態である。

### ② ひび割れが顕著な区間

ひび割れが顕著な区間は、トンネル始点部より約1,200m地点から1,300m地点で、トンネルアーチ天端部やアーチ肩部に5～10mmの段差を伴う縦断ひび割れが約30m連続する箇所が確認されている。

また、123バレル（1,300m付近）では、横断部にも顕著なひび割れが見られるとともに、120バレル～123バレル（1,260m付近～1,300m付近）にかけては底盤のズレや浮きも見られる。ひび割れ箇所は全体的に背面土砂細粒分の流出が見られる。

### 3-5 調査及び試験結果

有馬トンネルで実施した各試験等の結果は表-3～表-7のとおりである。

衝撃弾性波探査やレーダー探査を行った全測線で空洞や緩み層が確認されている。

### 3-6 地質ボーリング結果

変状が確認された箇所の上部の地質構造を把握するため、浸入水が顕著な区間、ひび割れが顕著な区間各々1箇所ずつφ86mmにてボーリング調査を実施した。

表-3 シュミットハンマーによるコンクリート強度試験結果

区 分	調査数	平均強度
浸入水が顕著な区間	12 箇所	30.7N/mm <sup>2</sup>
ひび割れが顕著な区間	12 箇所	21.2N/mm <sup>2</sup>
その他区間	18 箇所	25.0N/mm <sup>2</sup>

※コンクリート設計強度は21.0N/mm<sup>2</sup>である。

表-4 中性化試験結果

区 分	調査数	中性化深さ
浸入水が顕著な区間	30 点	3.0 mm
ひび割れが顕著な区間	30 点	3.4 mm
その他区間	50 点	3.9 mm

※中性化深さは、残り 10mm 以上であれば S-5 ～ S-4 と評価される。

表-5 コア抜きボーリングによる圧縮強度試験結果

区 分	調査数	平均強度
浸入水が顕著な区間	3 供試体	37.4N/mm <sup>2</sup>
ひび割れが顕著な区間	1 供試体	31.5N/mm <sup>2</sup>

※ひび割れが顕著な区間は、コンクリートコアの状況が悪く1供試体分のみ実施した。

※コンクリート設計強度は21.0N/mm<sup>2</sup>である。

表-6 衝撃弾性波による空洞調査結果

区 分	最大の空洞値
浸入水が顕著な区間	約 380mm
ひび割れが顕著な区間	約 650mm

※最大の空洞値は、空洞値+緩み層厚の合計値である。

表-7 レーダー探査による覆工厚調査結果

区 分	最小の覆工厚
浸入水が顕著な区間	250mm
ひび割れが顕著な区間	160mm

※設計巻厚は 300mm 以上である。

ひび割れが顕著な区間では、トンネル周辺の基盤である凝灰角礫岩のトンネル上部での分布が、浸入水が顕著な区間に比べ薄いことが分かった。また、トンネル土被りは測定の結果から、浸入水が顕著な区間では約37m、ひび割れが顕著な区間では約25mであった。

浸入水が顕著な区間の柱状図を図-4、ひび割れが顕著な区間の柱状図を図-5に示す。

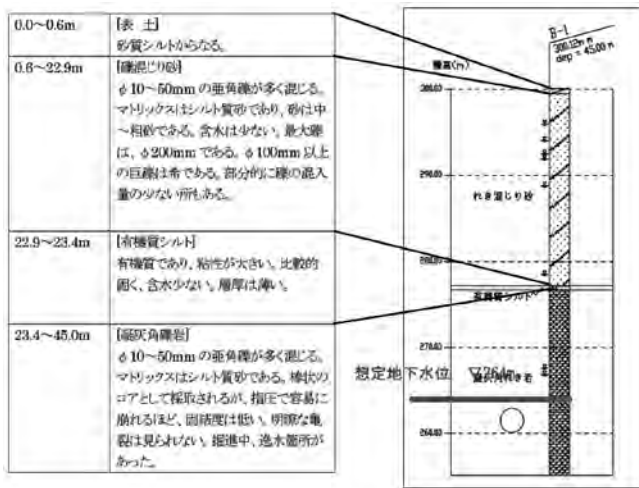


図-4 浸入水が顕著な区間 柱状図

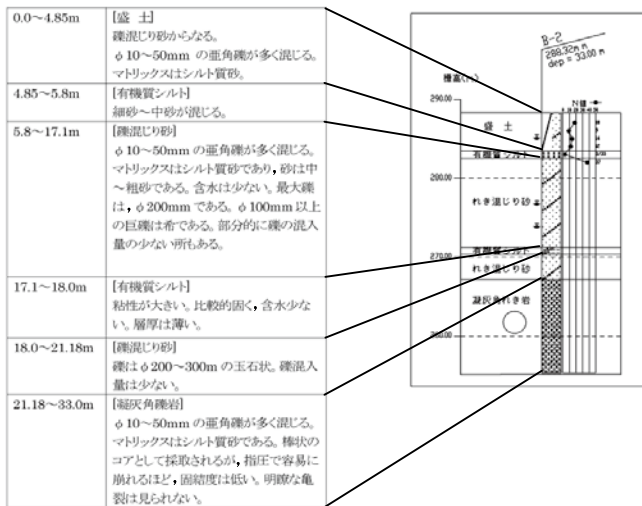


図-5 ひび割れが顕著な区間 柱状図

#### 4. トンネルの地上部について

##### 4-1 有馬トンネルの地上部の状況

トンネルで変状が確認されたことから、周辺の地形状況の確認が重要であると考え、有馬トンネルの地上部の状況について調査を行った。

トンネル始点部は渋川市の防災ダムの上流端に位置し、ここから山間部、丘陵地の下を通り約600m下流では沢部を潜っている。その後また丘陵地の下を通っているが、約1,000m下流の地上部にはトンネル建設後に造成され工場が立地している。その後は耕地、集落の下を抜け上野田暗渠へと繋がっている。

変状区間とトンネルの縦断の関係を図-6に示す。

調査の結果、地表面の陥没やトンネルに影響するような大きな地形改変は認められなかった。

#### 5. 調査結果

##### 5-1 調査結果のまとめ

覆工コンクリートは設計強度も満足し、中性化も小さいことから、トンネル全体としてコンクリート自体の劣化は少ない状態である。しかし、部分的に覆工厚が小さい箇所や強度が小さい箇所があった。

特にひび割れが顕著な区間では、覆工上部に空洞が縦断的に存在していること、大きなひび割れが発生していることから、覆工に外力が作用しており、正常なアーチ作用が損なわれている状態である。また、底盤の浮上も確認されており、地下水位の作用の影響等も考えられる。

衝撃弾性波探査の結果では、覆工上部の地盤の緩みもあり、緩んだ地盤が覆工上部に堆積し、外力として作用していることも考えられる。

トンネル周囲の凝灰角礫岩の被り厚さは浸入水が顕

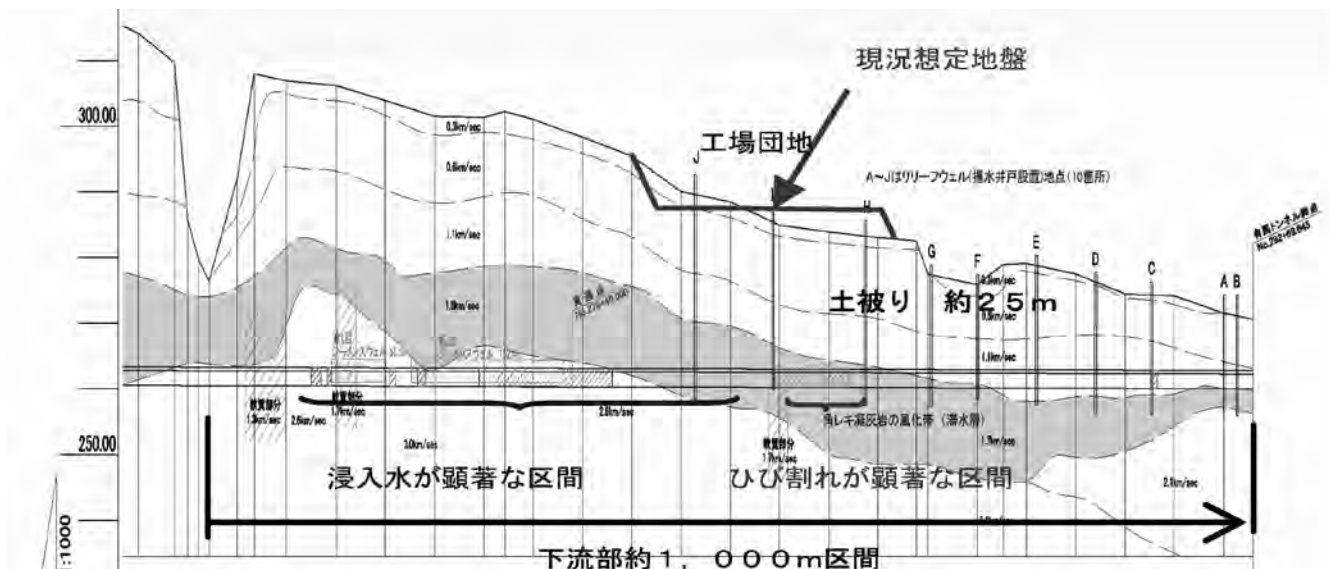


図-6 トンネル下流部縦断図

著な区間とひび割れが顕著な区間では異なり、ひび割れが顕著な区間ではトンネルの基盤となる岩盤の層厚が小さい。これが、ひび割れの変状の発生状況に影響していることも考えられる。

地下水がトンネル内へ浸入する際に、周辺地盤の吸出しによる空洞の拡大や緩み層の崩落、また外力による変形の進行も今後懸念される状態であり、最悪の場合は、トンネルの崩落や地表部の沈下等の危険性もある。

## 6. ひび割れ状態の監視

### 6-1 ひび割れの監視

確認されたひび割れが進行した場合には、緊急の対応が必要となる。一方、トンネルは通年通水しており度々断水して状況を確認することが困難であるため、次の5項目を目的として亀裂変位計を設置し、ひび割れ幅の変位状況を坑外で確認できるようにして状況を監視している。亀裂変位計の設置状況を写真-5、写真-6に示す。

目的1：トンネルの変状が進行する場合の緊急対策や詳細確認



写真-5 亀裂変位計設置状況（遠景）



写真-6 亀裂変位計設置状況（近景）

変位が急激に進行した場合に、迅速にトンネル崩落対策としての緊急対策を講ずる。更にトンネル本体の変状の進行、流水の濁り、地表部の変状等を詳細に把握する。

目的2：迅速な通水減量等による二次災害防止対策変位の進行状態や流水の濁り等から、急激な進行が想定される場合には、通水量の減量や河川放流等の対応を迅速に行い、水路周辺への二次災害防止を図る。

目的3：迅速な利水者への状況伝達と対応の決定利水者に対して迅速かつ確かな情報を伝達することにより、利水者側の対策や体制準備に資する。

目的4：対策工事等作業の安全確保やコスト縮減恒久対策としてのトンネル対策工事は3~4年を要する長期施工となり、作業の安全性を確保するため、亀裂変位を把握・監視する。

目的5：データの蓄積及び技術向上

トンネル亀裂を連続して計測することにより、トンネル規模等に応じた挙動の把握や対策検討のためのデータを蓄積するとともに、機構全体のトンネル亀裂観測の調査技術の向上にも活用する。

亀裂変位計は、亀裂幅や段差の違いなどを考慮し表-8に示す6地点を選定し設置した。

表-8 亀裂変位計設置箇所

No,	位置	亀裂幅	段差	亀裂方向
1	116バレル	2.0mm	0mm	縦断
2	117バレル	1.0mm	0mm	
3	120バレル	2.5mm	5.0mm	
4	121バレル	3.0mm	10.0mm	
5	122バレル	5.0mm	10.0mm	
6	123バレル	7.0mm	0mm	横断

### 6-2 亀裂変位計の設置

亀裂変位計の設置のためのトンネル内作業は1回の作業時間が3~4時間と限られている中、位置出し、アンカー設置、ケーブル引き込み、亀裂変位計設置、調整と多くの工程を踏む必要があり、少しでも施工時間を確保するため、ケーブル延長が約1,300mと長くなるが、水位低下の早いトンネル始点側を基点とした。

作業は連続しない5日間で延べ約100人の作業員を投じて実施した。

### 6-3 計測結果

3月下旬からひび割れの変位状況の計測を開始した。途中、計器の不具合等の影響を受けている期間もあるが、計測結果は図-7に示すとおりである。

夏に向けて全ての亀裂計で、ひび割れ幅が小さくな

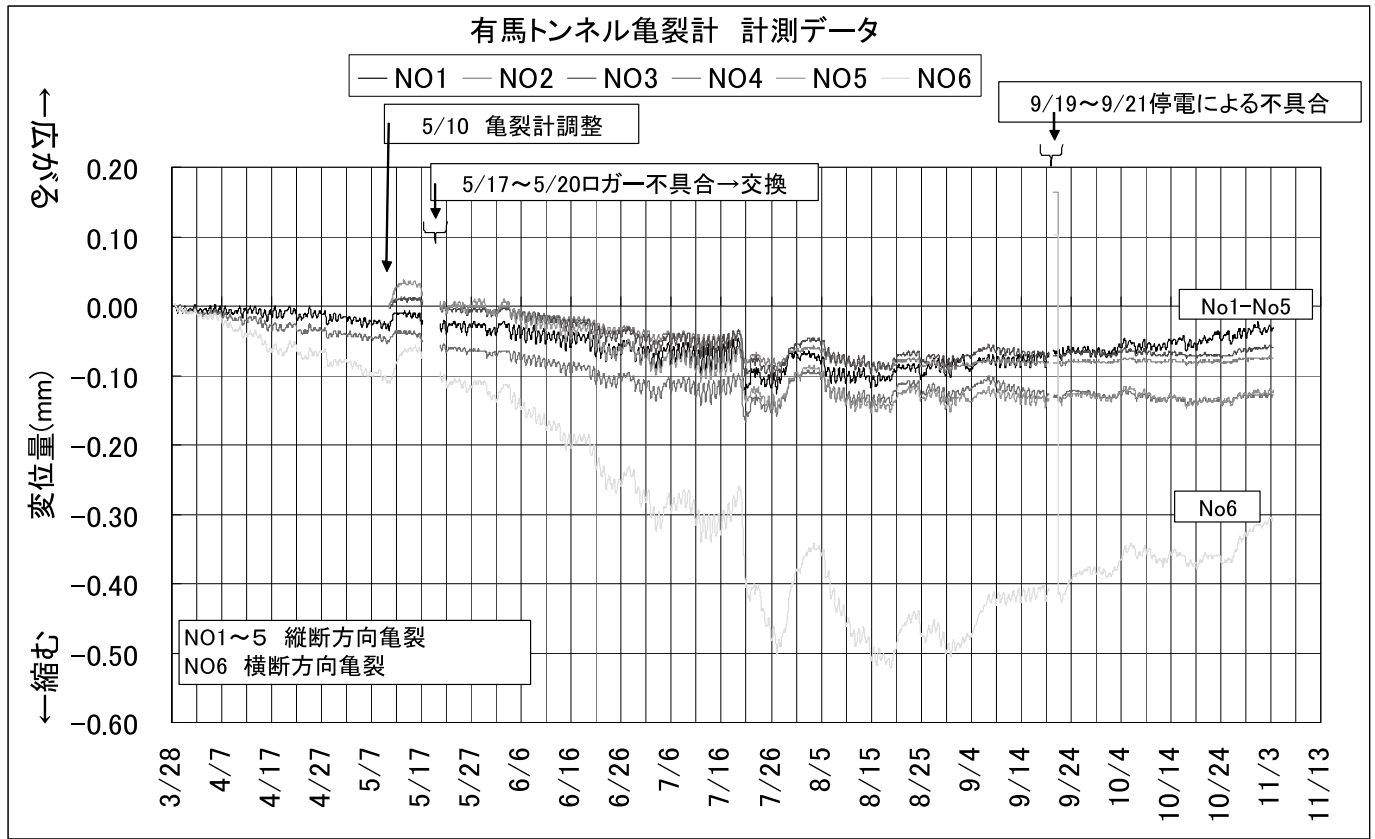


図-7 計測データ

る傾向となっている。これは、気温の上昇にともなうコンクリートの膨張の影響と考えている。また、小さな変動は1日の中での変動となっており、水温の日変動による影響と考えている。

現在のところ、温度変化によるひび割れの変化が観察されている状態であり、外力等による大きな変化はないと考えているが、今後も状況を注視していくこととしている。

## 7. 有馬トンネルの評価

### 7-1 状態評価

ストックマネジメントの手法により、調査結果を基に施設の状態を評価した。農水省のストックマネジメントマニュアルでは、覆工が「鉄筋」か「無筋」かで評価が区分されており、変状のある区間の実際の覆工構造から「無筋」を適用した。

状態評価はS-1～S-5までの5段階評価であり「状態評価表」の項目を、評価基準に従い評価した。

今回の調査結果では、「最大ひび割れ幅」及び「ひび割れからの浸入水の流水、噴出」の評価はS-2であり、背面土の空洞化はS-3となる。S-2とは「施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる」の状態と定義され、対応する対策の目安は「補強（補修）」とされている。

各項目の評価のうち最も低い健全度で評価を行い、

最終的な総合評価は、総合的な技術的判断によることとされている。

今回の総合評価では、変状の状態は「重大な影響の現象例である傾斜や転倒などの顕著な変形」には至っておらず、また、対策としても補強による対応が可能な範囲であると考え、S-2評価とした。しかし突発的な崩落のリスクを抱えた状態であり、S-1に至らないよう早急に補強対策を進める必要があると考えている。

表-9 健全度指標

健全度ランク	施設の状態	現象例	対応する対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態。	① 新設時点とほぼ同等の状態（劣化過程は潜伏期）	対策不要
S-4	軽微な変状が認められる状態。	① 無筋コンクリート覆工の場合、躯体に部分的に0.2mm～5.0mm程度のひび割れがみられる。 ② 目地や構造物周辺に軽微な変状が認められるが、通常の維持管理に支障がない。	要観察
S-3	変状が顕著に認められる状態。劣化の進行を遅らせる補修工事などが適用可能な状態。	① 無筋コンクリート覆工の場合、躯体に0.2mm～5.0mm程度のひび割れが全体的にある。あるいは部分的にでも5.0mm以上のひび割れがある。 ② 摩耗の進行により、骨材の脱落が生じている。 ③ 目地の劣化により顕著な漏水（流水や噴水）が生じており、放置すると水道が形成され、背面土砂の洗い出しが懸念される状態	補修（補修）
S-2	施設の構造的安定性に影響を及ぼす変状が認められる状態。補強を伴う工事により対策が可能な状態。	① 無筋コンクリート覆工の場合、躯体に5.0mm以上のひび割れがあり、かつ全体的にひび割れがある。 ② コンクリートの断面が一部で欠損している状態。 ③ 地圧の増加によりコンクリート躯体に明らかな変形が生じている状態	補強（補修）
S-1	施設の構造的安定性に重大な影響を及ぼす変状が複数認められる状態。近い将来に施設機能が失われる。又は著しく低下するリスクが高い状態。補強では経済的な対応が困難で、施設の改築が必要な状態。	① S-2に評価される変状が更に進行した状態で、傾斜や転倒などの顕著な変形が見られる。 ② 補強で対応するよりも、改築した方が経済的に有利な状態	改築

## 7-2 今後の対応

有馬トンネルの継続的な安定通水を確保するためには、早急な対応が必要と考えている。しかし長時間の断水が困難で、トンネルの出入口から距離がある地点で施工性の良くない場所であるため、対策の方法や施工計画について十分な検討が必要である。対策工実施に向けて検討を進めるとともに、対策が完了するまでの間は、亀裂変位計の観測を継続することで状態監視を行い、ひび割れ状況の急激な変化が観測された場合は、緊急的な対応等も必要になる。

具体的な対策検討については、関係利水者等とも十分な協議を行い進めていく。

### おわりに

群馬用水のこれまでの機能調査の中で、これだけの変状が確認されたのは有馬トンネルが初めてであり、早急な対応が必要な状態であると判断される。

有馬トンネルが崩落した場合には通水不能となり、他にバイパス水路や代替水源が無いことから関係利水者へ与える影響は甚大であるため、その対策が急がれる。しかし、水道用水・農業用水の通水確保から長時間の断水は困難な状況であり、水質にも十分配慮した工法や材料の選択など対策工の実施にも制約条件が大きいことから、どのような対策が安全性、施工性、コスト等総合的に判断して最良の対策手法となるか十分な検討が必要となる。

今回の調査で詳細に状態の確認が出来たことが大きなストマネ調査の成果であるとともに、改めて定期的な施設点検の重要性を認識した。

今後、関係利水者等と協議しながら対策について検討を進め、早急な対策の着手に向け取り組んでいくこととしている。

なお、群馬用水地区で震度5強が観測された東日本大震災後も、ひび割れに大きな変化はみられていないことから、その影響は小さいと判断される。

本稿は、群馬用水の施設で大きな変状が確認された水路トンネルの機能診断調査の内容及び施設機能の評価内容、現在の監視状況を紹介したものであるが、農業土木技術者の業務の参考となれば幸いである。

# 地域に愛されて

－ため池百選 美幌温水ため池の紹介－

西野 敏朗\*  
(Toshirou NISHINO)

## 目次

1. はじめに .....	79	4. 美幌温水ため池を核とした地域活動 .....	82
2. 美幌温水ため池の概要 .....	79	5. まとめ .....	83
3. 美幌温水ため池の自然 .....	81		

### 1. はじめに

北海道網走郡美幌町に位置する美幌温水ため池(写真-1)は、農業用水の水源として地域農業を支えると共に、多様な生物の生育・生息の場となり、豊かな自然環境とのふれあい・やすらぎの場や環境教育の場となるなど地域振興の核となっていることが評価され、北海道で唯一「農林水産省ため池百選」に選定された。

本報告では、美幌温水ため池の多面的機能と豊かな自然、ため池における様々な活動について報告する。

### 2. 美幌温水ため池の概要

#### 2-1 美幌温水ため池整備の経緯

美幌温水ため池のある旧美幌土地改良区(美幌町字稲美・都橋・福住)地域は、美幌町において最も古い水田開発の歴史を有している。

この地域では、明治38年に水稲の試作が行われて以来、開田が進み、美幌川及びチエンブンオンネナイ川から取水していたが、かんがい期間中の平均水温が13.1℃と低温であることと、冷涼な気候のため、稲の

生育不良をたびたびおこしていた。このため、水稲生産の安定を図ることを目的に美幌温水ため池が整備されることとなった。

#### 2-2 事業・施設の概要

この温水ため池施設は、当時の網走支庁耕地部が事業実施主体となり、源流水温平均13.1℃を15.6℃まで平均2.5℃上昇させ、受益地での水稲増加収量148.6 t(58kg/10a)の効果を目指して昭和41年度に事業採択され昭和45年に施設は完成した(写真-2)。



写真-2 遊水地の整地状況



写真-1 温水ため池の全景

\*北海道オホーツク総合振興局産業振興部  
東部耕地出張所 (Tel. 0152-45-3144)



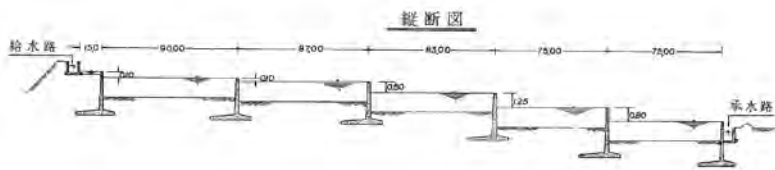
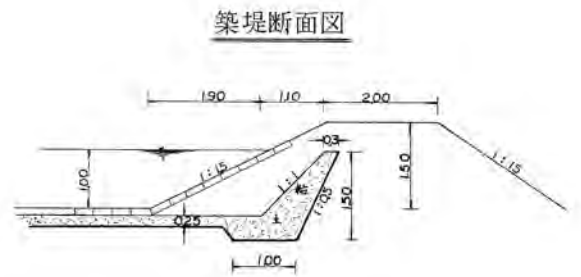
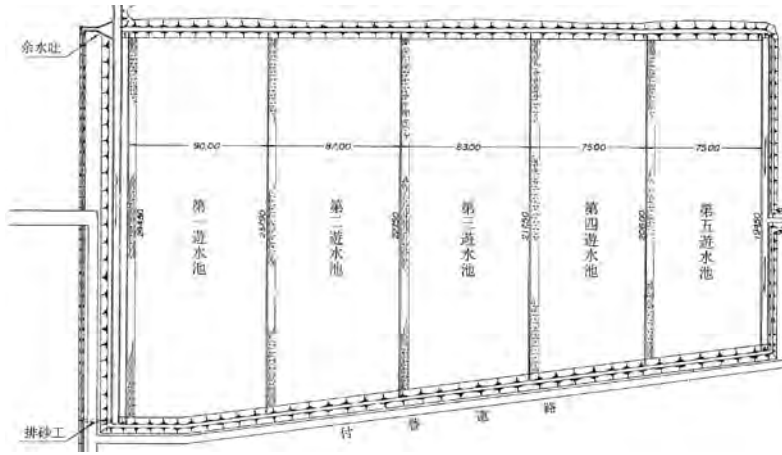


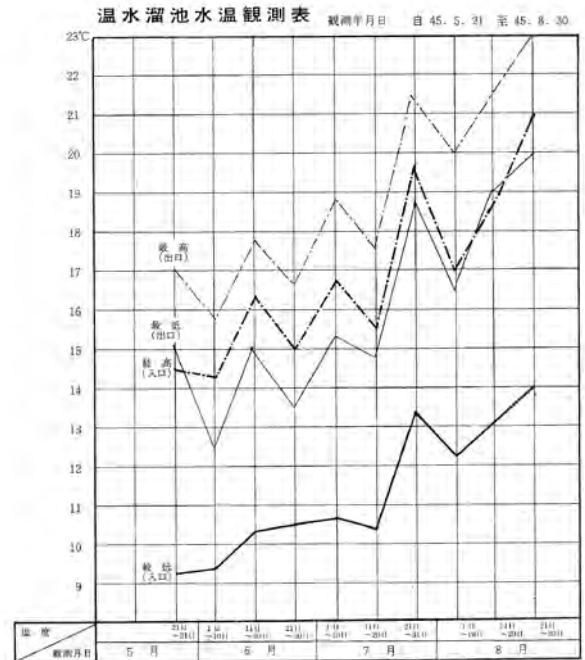
図-1 温水ため池平面図・断面図

事業概要 (図-1)

事業名・地区名	道営温水施設事業 美幌地区
ため池の所在地	網走郡美幌町字福住
受益地域	美幌町字福住, 都橋, 稲美
受益面積	256.27ha
受益戸数	118戸
総事業費	208,800,000円
事業費	ため池 (遊水地 5) 水路装工延長4,284m
工事期間	昭和41年度～昭和45年度
ため池形式	平地階段式溜池
施設内容	導水路工 (取付工 1, 落差工 1, 余水吐工 1, 水路工 L=40m) ため池工 (整水池 1, 遊水地 5, 越流堤工 6, 承水路 191.70m) 連絡水路工 (急流工 1, 落差工 1, 防護柵 76m, 水路工 L=129.35m)
満水面積	93,076m <sup>2</sup>
ため池貯水量	92,239m <sup>3</sup>
1日利用水量	90,290m <sup>3</sup>
平均池水深	1m
堤塘高	1.5m
水温上昇度	源流水温平均13.1℃, 上昇15.6℃, 平均上昇温度2.5℃

2-3 温水ため池の効果

美幌温水ため池の施設完成に伴い、昭和45年5月から8月にかけて、施設の効用を検証するために水温調査が行われ、最低水温が平均で4.7℃上昇したとの観測記録が残されている (図-2)。



(本観測は最高、最低表示の水位計で観測し、10日ごとの平均をグラフにしたものである。)

温度表示 入口 | 最高 (出口) 水温上昇 (最高 平均 2.5度)  
最低 (入口) 最低 平均 4.7度  
出口 | 最高  
最低

図-2 温水ため池水温観測表

### 3. 美幌温水ため池の自然

美幌温水ため池がある美幌町の地名由来は、アイヌ語の「ピ・ポロ」（多くの清流が合流した水多く大いなる所）からと言われているが、その名のとおり、本地域には平成14年度に清流日本一に選定された美幌川をはじめ多くの清流と自然に囲まれている。

この清流美幌川を取水源としている美幌温水ため池は、施設が造成されてから現在まで、既に約40年が経過しており、数多くの鳥類・水生動物・植物・昆虫などが生息する貴重な生息環境が維持されている。

ここでは、その一部について、平成11年度から平成12年度に網走支庁（現オホーツク総合振興局）東部耕地出張所が実施した調査データを元に最新の知見もあわせて紹介する。

#### 3-1 植物（写真-3）

美幌温水ため池付近で確認された植物種は68科235種に及びその内8科10種が環境省のレッドリスト等で絶滅の恐れがある種となっている。温水ため池西側斜面のカラマツ・トドマツ植林地（写真-1手前）には、クマイザサが林床を覆っており、スズランが点在している。斜面ふもとに位置する西側段丘地のシラカンバ・ミズナラ林地帯は、林床が明るくクマイザサが主であるが、キタミフクジュソウやエゾノレイジンソウの群生も見られる。美幌温水ため池西側に接する地帯は、ヤナギ湿生林となっており、シラカンバ・ヤチダモ・オノエヤナギ等の湿生林が発達している。また、美幌温水ため池東部の河畔二次林には、ヤナギ類・シラカンバ・ハルニレ・ホザキシモツケ・ホザキナナカマド等が帯状に続いており、エゾオオヤマハコベやウスイロスゲの小群落も点在している。

出現植物がこのように豊富であることは平野部の水



写真-3 スズラン

源地帯に丘陵地帯が接している立地条件により、幅広い環境条件が備わっているためと考えられる。これらの豊富な植物相は様々な鳥類や小動物などに生息環境を提供している。

#### 3-2 水生昆虫類（写真-4）

美幌温水ため池で確認された水生昆虫類はカゲロウ目5種、カワゲラ目1種、トビケラ目5種、カメムシ目3種、コウチュウ目9種、トンボ目32種、ハエ目7種であるが、特にトンボ目が豊富な環境となっている。

堪水直後の6月においては、泥の中で越冬したと推測されるトンボ類の幼虫が多数出現する。6～8月にかけて、ルリイトトンボ・アオイトトンボ等のイトトンボ科の成虫、シオカラトンボ、ヨツボシトンボ等のトンボ科の成虫、カラカネトンボ等のエゾトンボ科の成虫等、多数のトンボ目の成虫がため池周辺に現れる。7月にはルリボシヤンマをはじめとするヤンマ科は羽化し、成虫が美幌温水ため池で交尾・産卵を行うようになる。

タイリクアカネやアキアカネ等のアカネ属の成虫は6月後半から羽化するようになり、10月にかけて、美幌温水ため池内で盛んに繁殖活動をしているのが確認されるようになる。



写真-4 ルリイトトンボ（上）アキアカネトンボ（下）  
（写真提供美幌博物館）

#### 3-3 魚類

温水ため池内では、ヤマメをはじめとする10種類の

魚類が確認され、その内4種は環境省のレッドリストで絶滅の恐れがある種に指定されているものであった。大部分は美幌川から河川水とともに流入したと考えられているが、一部は、美幌温水ため池内で越冬しているものと推測されている（写真-5）。



写真-5 落水時の小水域での魚  
(写真提供美幌博物館)

### 3-4 鳥類

平成12年度的美幌温水ため池における定点調査では9科15種類のカモ科、シギ科、チドリ科など水辺に生息する種が確認された。

5月の湛水前には、美幌温水ため池は湿地状態となっており、コチドリ、タカブシギ、イソシギなどが採餌している姿が確認されている。また、その後の湛水期間は一部の鳥類の繁殖時期と重なっており、美幌温水ため池内でのマガモの営巣・繁殖が確認されている。

### 3-5 美幌温水ため池の豊かな生態系

このように美幌温水ため池は、6月中旬以降に美幌川の水が供給されて湛水される一方、9月上旬には落水されることにより部分的に小水域を残した湿地状態となる。このような特殊な環境の中、地域の豊かな自然環境とかわりながら環境省のレッドリストで絶滅の恐れがある種を含む生き物の豊かな生息が確認されている。

## 4. 美幌温水ため池を核とした地域活動

### 4-1 日本最東端での田んぼの学校（写真-6）

美幌温水ため池での地域活動は、平成12年に実施された、「田んぼの学校」（第2回「田んぼの学校」企画コンテスト金賞受賞）が契機となって始まった。

この「田んぼの学校」の活動は、貴重なビオトープである美幌温水ため池での豊かな自然を生かし、従来の田んぼの学校で一般的だった農業体験実習に加えて自然環境学習を実施することで、市街地の住民と農村地域の交流の場にするとともに農業の多面的機能の啓



写真-6 田んぼの学校（2009年）

蒙に努めるもので、網走川土地改良区・網走支庁東部耕地出張所・美幌町らにより「日本最東端の田んぼの学校」として始まった。

その後は網走川土地改良区により、継続して毎年実施され、現在では美幌町市街の水利公園内施設へと実施位置を変えて行われているが、当初に美幌温水ため池で実施されたこの活動を契機に、地域の温水ため池への認知度が高まり、またこの豊かな生態系への関心から、様々な他の活動が生まれてきた。

### 4-2 水土里の杜づくり

—森は水土里のパートナー—（写真-7）

平成20年度から毎年実施されているこの活動は、水土里ネット北海道が事業主体となり、美幌町、水土里



写真-7 水土里の杜づくり

ネット網走川、オホーツク総合振興局東部耕地出張所などが協力し、農業用水安定のために必要不可欠な水源涵養林について理解を深める目的で、網走川流域の市町村在住の小学校児童らとその保護者70名程度が参加して実施している。

活動内容は、FSC森林認証\*を取得した町有林で水源森の大切さについて学習し植樹を実施したり、温水ため池において、生態系の学習・魚捕り等を行っている。

また、農作業体験や地元農家から提供された野菜・肉を使った夕食のカレーライスも好評で、次の年に再度参加される方も多いのが、この活動の特色となっている。

\*：FSCはForest Stewardship Council（森林管理協議会）の略称。FSCは「森林管理のための10の原則と56の基準」に基づき、適正に管理された森林を認証する。

#### 4-3 豊住用水路探検隊（写真-8）

この活動は、農地・水・環境保全向上対策の活動組織である大空町の豊里・住吉両資源保全組合が農村環境向上活動の一環として、オホーツク総合振興局東部耕地出張所や水土里ネット網走川と連携して平成21年度から開催しているものである。

大空町立豊住小学校の全校児童約30名が総合学習の一環として参加しており、平成22年度の取組では、地域の用水源流探検の一環として美幌温水ため池での学習が行われている。

児童らは地域用水供給の要である東幹線頭首工（昭和初期に造成され昭和49年から昭和52年にかけて直轄河川改修事業で改修）で、頭首工の役割などの説明を受けた後、美幌温水ため池の説明を受けるとともに、引率の先生と児童2～3名が1組となってゴムボートに乗り込み、ため池内を探検したり、美幌博物館の鬼丸学芸員らの指導によりため池の生き物調査を実施し、捕まえた魚類やトンボの観察・生態の学習を実施した。



写真-8 豊住用水路探検隊

#### 4-5 びほろふるさと体験隊

美幌町教育委員会が主催しているこの取組では、集団での体験活動を通じて美幌町の自然や産業を知り、ふるさとについての理解を深めることや子供たちが一緒になって交流を深めることを目的に、毎月町内在住の小学4年生から6年生30名を定員として実施している。

プログラムは毎回変わるが、年1回程度、美幌博物館の学芸員や地域の有識者の協力により、温水ため池での生き物調査や農業学習が開催されている。

#### 4-6 学校教育活動（写真-9）

北海道美幌高等学校・美幌町立旭小学校により、理科の授業の中で、地域の自然環境を実際に触れてみて感じる体験を重視したテーマ学習や、放課後などでの自然科学同好会の活動による、温水ため池での生き物調査などの学習活動が、美幌博物館の協力により平成16年から実施されている。

これらの取り組みでは、児童・学生らの温水ため池に対する理解を深めるだけでなく、活動結果を学校祭で発表したり、町内施設や他校へ配布するなど、地域に対しての情報発信にもつながっている。



写真-9 美幌高校生の学習風景

## 5. まとめ

美幌温水ため池では、豊かな自然環境が地域の多くの人から認知され、温水ため池を活用した様々な活動が、現在も広がりを見せながら継続して取り組まれている。一方で、地域の水稲作付が転作により減少し、温水ため池のもつ本来の機能が問われ温水ため池の存続について議論された経緯もある。

平成12年度に網走支庁東部耕地出張所が、地域住民である福住・都橋・稲美在住の56戸224人を対象に実施したアンケート調査によると、非農業従事者の約4割の方が、温水ため池の位置や目的が分からない状況にあった。また、次代を担う子供たちには、まったく

目的が知られていなかった(表-1, 2)。

そのような中、この貴重な温水ため池の多面的機能について、地域へ粘り強くPRを続けてきた地域の農業者と網走川土地改良区・美幌博物館の方々の取り組みにより、事業当初に想定していなかった温水ため池の価値が一般市民にも広く認知され、現在では「この温水ため池を守っていこう」との声が、大きな高まりをみせている。

農業を取り巻く環境は厳しさを増している。特に農業農村整備事業費は予算確保が厳しい状況となっております。

り、農村地域をどのように発展させていくか、農業農村整備施設をどう活用していくか等が課題となっている。「ため池百選」の受選を契機にクローズアップされた美幌温水ため池の取り組み方は、これらの課題解決へ向け、ひとつの回答を示唆してくれた。

今後は農業農村整備施設のもつ多面的な機能を農村部だけでなく都市住民にも積極的にPRし理解を深めていきたいと考えている。

表-1 温水ため池の位置認知状況

質問1: 温水ため池の位置を知っていますか?

属性等		知らないとする回答 回答数(割合)	
現住所	福住	3	(12.0%)
	都橋	0	(0.0%)
	稲美	13	(14.0%)
	その他町内	4	(40.0%)
職業	農業者	7	(6.1%)
	他産業従事者	11	(45.8%)
	学生・生徒	1	(25.0%)

( )内はそれぞれの属性における割合を示す。

表-2 温水ため池の目的認知状況

質問2: 温水ため池の目的を知っていますか?

属性等		知らないとする回答 回答数(割合)	
現住所	福住	2	(8.0%)
	都橋	2	(13.3%)
	稲美	13	(14.0%)
	その他町内	2	(20.0%)
職業	農業者	7	(6.1%)
	他産業従事者	10	(41.7%)
	学生・生徒	4	(100.0%)

( )内はそれぞれの属性における割合を示す。



写真-10 ため池百選選定広報状況  
(美幌町 仲町緑道祭にて)

# 平成23年度農業土木技術研究会研修会レポート

## 「農業水利施設に関する防災・減災対策」

編集事務局

平成23年度の農業土木技術研究会研修会は、平成24年1月26日に東京都千代田区の科学技術館において、全国より188名の参加者を得て開催された。  
その概要について以下に報告する。

### I. 研修会の概要

1. 研修日時 平成24年1月26日（木） 10：00～16：30
2. 場 所 科学技術館（サイエンスホール） 03-3212-8485  
東京都千代田区北の丸公園2-1 （交通）地下鉄東西線「竹橋」徒歩7分  
地下鉄半蔵門線「九段下」徒歩10分
3. プログラム
  - 10：00 開会挨拶 農業土木技術研究会 会長 中條 康朗
  - 10：10 研究会賞授与式
  - 10：30 防災・減災対策の在り方  
農村振興局 整備部 防災課  
海岸・防災事業調整官 佐藤 具揮
  - 11：10 農業水利施設に関する耐震設計強化の論点について  
農村振興局 整備部 設計課 施工企画調整室  
課長補佐（設計基準班） 森井 秀之
  - 11：50 （ 昼 食 ）
  - 13：00 国営造成施設における耐震性能照査  
東海農政局 木曾川水系土地改良調査管理事務所  
計画課長 野々村圭造
  - 13：40 愛知県におけるため池の耐震点検調査事例  
愛知県 農林水産部 農林基盤担当局 農地計画課  
排水対策グループ 主査 近藤 修平
  - 14：20 京都府におけるため池ハザードマップの作成事例  
京都府 農林水産部農村振興課 管理防災担当  
副課長 池垣 明彦
  - 15：00 （ 休 憩 ）
  - 15：10 低平な新潟平野における内水対策事例  
～排水機場の運用と田んぼダムの取組～  
新潟県 農地部 農地建設課  
課長補佐 土田 一也
  - 15：50 大規模災害に対する減災対策と復旧の考え方  
～研究の現状と普及への展開～  
(独)農研機構 農村工学研究所  
施設工学研究領域長 毛利 栄征
  - 16：30 閉会挨拶 農業土木技術研究会 理事 鮫島 信行

## II. 研究会賞授賞式

研修会に先立ち、昨年度、会誌『水と土』に掲載された報文のうち、優秀と認められるものについて、第41回農業土木技術研究会賞・奨励賞の「企画・計画部門」、「設計・施工部門」における表彰を行った。

今年度の研究会賞・奨励賞については、会誌『水と土』161号～163号に掲載された報文32編について、まず、全国より任意に選出された150名の一般会員による投票を行う。その結果について、24名の編集委員で構成する編集委員会で、①執筆者が会員かどうか、②報文内容が技術情報発信に優れているかどうか、③今後の事業展開に大きく貢献する内容かどうか、等について審査を行う。

一般会員による投票に、編集委員の投票を加算し、その得票総計に基づき、最も得票数の多かった報文を「研究会賞」、得票数が次点のものを「奨励賞」として選考した。

### 【企画・計画部門】

#### ○研究会賞

『農業用パイプラインにおける漏水箇所特定手法の検討』  
(161号掲載)

門脇 一生 近畿農政局 大和紀伊平野農業水利事務所  
第二十津川紀の川農業水利事業建設所

#### [選考理由]

本報文は、漏水の確認された農業用パイプラインにおいて漏水箇所を特定するため、複数の方法にて調査・検証を行い、各手法の特徴や課題を評価・整理したものである。

現場において各手法の実証的な比較検討を行ったことに加え、導入する際のメリットや留意点が体系的に整理されており、他地区における調査に対して非常に参考となることから、本年度の企画・計画部門の研究会賞として選定した。

#### ○奨励賞

『農業用水再編を契機とした冬期湛水田に関する考察 ～営農改善と生物多様性配慮による実証試験から～』  
(163号掲載)

吉田 弘明 国土交通省 水管理・国土保全局 水資源政策課  
(前任 北陸農政局 九頭竜川下流農業水利事業所)

東 麻里子 北陸農政局 九頭竜川下流農業水利事業所  
井上 健一 福井県 農業試験場  
小木 芳恵 福井県 農業試験場

#### [選考理由]

本報文は、大規模圃場整備で乾田化された水田を対象として冬期湛水の試験を行い、営農改善、生物多様性配慮の両面から検証を実施した事例を紹介したものである。

収量調査、生物生息調査などの現場実証試験に基づいた冬期湛水の普及可能性と課題提言がなされたことが高く評価されるほか、農業土木分野が営農部局や地元農家等とタイアップした取り組みとして、今後の普及が期待されるため、本年度の企画・計画部門の奨励賞として選定した。



写真-1 受賞者の皆様（代理受賞者含む）



写真-2 受賞式の様子

## 【設計・施工部門】

### ○研究会賞

『土砂トンネルの安全性に関する実証調査及び解析』（161号掲載）

松田 貢一 九州農政局 農村計画部 農村振興課  
(前任 九州農政局 南部九州土地改良調査管理事務所)

長嶋 秀昭 若鈴コンサルタンツ株式会社

上見 謙太 若鈴コンサルタンツ株式会社

#### [選考理由]

本報文は、地表陥没が頻発しているトンネルにおいて、その原因究明と対策検討を行うとともに、破壊解析等によって老朽化トンネルの応力状態を判断し、力学的安全性を評価した事例を報告したものである。

現場試験と数値解析結果に基づき、最適な対策工法を提示した本事例は、今後のストックマネジメント技術の向上や施設管理・施設保全を見据えた取り組み事例として貴重な内容であり、大変有益な情報を提供する内容となっていることから、本年度の設計・施工部門の研究会賞として選定した。

### ○奨励賞

『馬見サイホン円筒分水工に係る騒音低減対策』（162号掲載）

菊本 勝 近畿農政局 南近畿土地改良調査管理事務所

#### [選考理由]

本報文は、都市化の進展が著しい地域における円筒分水工の改修に際し、近隣住民の要望に配慮して、最適な越流堰の形状検討、防音壁の設置による騒音低減対策を実施した事例を報告したものである。

現状の騒音実態把握、経済比較及び景観配慮に基づいた最適工法の選定、効果の検証まで分かりやすく整理されており、都市化という近代の主要課題に対する対応策を論じた本報文は、他地区の参考になる事例として評価されるため、本年度の設計・施工部門の奨励賞として選定した。

## Ⅲ. 講演の概要

講演に先立ち、中條農業土木技術研究会会長より開会挨拶がなされた。

「農業土木技術研究会は、全国農業土木技術者の自主的な研究会であり、昨年、発足40周年を迎えた。本日講師をお引き受け頂いた方々、研修会に参加された皆様に感謝申し上げます。本年度は災害の年であり、東日本大震災によって地域の営農に多大な影響を及ぼしただけでなく、台風に伴う豪雨による農業水利施設への被害も発生した。また、農業における重要な水源であるため池は、江戸時代以前に造られたものが大部分を占めることから、堤体や洪水吐等の設計内容の確認が困難である。さらに、年間500程度の基幹的農業水利施設が耐用年数を超過する状況にある。このように農業水利施設の老朽化が進む中、地震や洪水等に対する防災・減災対策が重要な課題となっている。

防災・減災に関する制度等の検討状況や、各地で実施された取り組みの中から、他地区の参考となる事例や研究を取り上げ、自由な意見交換を行うことにより、防災・減災に対する意識高揚や技術力向上を図ることは有意義と考え、今回の研修テーマを設定した。本日の研修会が、皆様にとって実り多きものとなるよう祈念する。」



写真－3 中條会長の開会挨拶

## 1. 防災・減災対策の在り方（佐藤講師）

農村振興局整備部防災課の佐藤講師からは、防災・減災に係る新たな制度、技術体系、技術者の育成について説明がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

東日本大震災は、農地・農業用施設に未曾有の被害をもたらした。その被害額は8,000億円を超え、特に津波による被害が甚大であり、多くの農地が冠水した（岩手・宮城・福島3県では冠水面積の約5割が農地であり、農業面



での被害が大きいことが特徴)。農林水産省では、これまでにない規模・内容の災害からの復旧に向け、土地改良法特例法を5月に制定し、除塩事業、農地復旧と併せて行う区画整理、国直轄の災害復旧事業等について高い補助率で実施できるよう措置した。現在、国・地方が一体となって地域毎の営農再開時期をにらみながら復旧に取り組んでいるところである。

今回の被災において、今後の防災のあり方を検討していく上で明らかとなったことは、①津波により、多くの人命が犠牲となり、海岸堤防などの構造物に頼ることの限界が明らかとなった。とにかく自ら避難することが重要であり、その備えとしてのハザードマップは最大クラスの災害を想定し、かつ、正確なシミュレーションに基づくものでなければならず、何よりも住民に十分周知されていることが必要。②基幹的排水施設は地域排水も担っており、その応急復旧が地域のあらゆる復旧の前提となった。排水機場等は、応急復旧が可能な程度の被災にとどまる様な設計の工夫や、機動的な対応が可能となる仕組等が重要。③築造年度が古い規模の大きなため池が地震により決壊し、8名が犠牲となった。ため池の耐震照査やソフト対策が重要。

この様な被災実態を踏まえ、例えば海岸堤防では、頻度の高い津波に対しては海岸堤防で護り、最大クラスの津波に対しては、避難を軸に多重防御で対応することとし、この多重防御やソフト対策を全国展開するための「津波防災地域づくり法」も制定された。

土地改良施設についても、次期土地改良長期計画の中間とりまとめにおいて、これまでの「防災」と併せ、被災しても人命が失われないことを最重視し、被害を最小化する「減災」の考え方に基づく災害対策が重要としている。耐震対策として、制度面では、国営総合農地防災事業拡充やため池等の震災対策に係る補助事業をH24に予算措置した。また、今後、耐震設計のあり方やハード・ソフト対策を講じる対象施設の特定のあり方の検討も深めることとしている。

千年に一度の大災害に立ち会った我々農業土木技術者の責務として、今回の震災からの復旧及びこれを踏まえた全国防災に官・民・学一体となって全力で取り組み、その成果を将来に引き継いでいくことが何よりも重要である。

## 2. 農業水利施設に関する耐震設計強化の論点について（森井講師）

農村振興局整備部設計課施工企画調整室の森井講師からは、東日本大震災の被災状況及びこれを踏まえた耐震設計の検討方向について紹介がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

東日本大震災では、マグニチュード9.0の地震動及びこれに起因する津波等により農地・農業用施設に未曾有の被害をもたらした。その被害額は約8,300億円にのぼり、伊勢湾台風、阪神・淡路大震災等の過去の災害を遙かに上回る。

農林水産省では、地震動、液状化、津波破壊などの様々な発災要因が大きな影響を及ぼした地域とそれらが農業用施設にもたらした作用と影響の類型化を進めてきた。

この検討を通じて、①福島県の南部では他の地域に比べて大きな地震動が観測されておりこれに起因して水源施設の被災が多発していること、②旧利根川河道地域では大規模な液状化により農地やパイプラインに被害が発生していること、③沿岸部では津波により海岸堤防が流出するとともに排水機場の機能が消失したことが農地・農業用施設の特徴的な被災形態であることが明らかになった。

このため、これらの地域を中心に、現行の耐震設計の妥当性の検証、耐震設計を強化すべき工種及び設計上の論点の整理等を鋭意実施している。



写真－4 佐藤講師による講演



写真－5 森井講師による講演

現在までの調査結果を踏まえれば、阪神淡路大震災を踏まえて導入した大規模地震動（レベル2地震動）を対象とした耐震設計は概ね妥当であったと考えている。一方で、今回の事象を踏まえれば、①ため池の一部へのダム並みの耐震設計の導入、②パイプラインの液状化対策の強化、③排水機場の津波対策の強化が工種別の耐震設計強化の大きな論点になると考えている。

さらに、国土交通省等と共同で実施している海岸堤防の構造の検討や建築学会で実施している長周期地震動に対する検討等を踏まえつつ、マクロ的な観点からも農業用施設の耐震設計のあり方を検討していくことが重要と考えている。

### 3. 国営造成施設における耐震性能照査（野々村講師）

東海農政局木曾川水系土地改良調査管理事務所の野々村講師からは、大規模地震対策を目的とした「矢作川総合第二期地区」における耐震性能の照査手法について紹介がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

愛知県の西三河地方に位置する本地区は、東海・東南海地震の防災対策推進地域に指定されており、近い将来の大規模地震の発生が懸念されている。本地区の基幹的水利施設は大規模地震に対する耐震性能を有していないため、地震発生時には甚大な被害が発生する恐れがあるため、早急な耐震対策が必要となっている。

耐震照査を進めるにあたっては、学識経験者等で構成する東海農政局大規模地震対策評価委員会を設置し、平成20年度から平成22年度にかけて合計8回の委員会を開催し、本地区の国営造成施設の耐震評価を行った。

施設に求められる耐震性能は、施設の社会的な重要度と地震動の大きさとの組合せによって決まる。重要度が高い施設ほど求められる耐震性能も高くなるが、大規模地震に対しては、その発生確率と対策費用を考慮すると、求められる耐震性能は、ある程度までの損傷は許容するが、致命的な損傷を防止するレベルに設定される。逆に、重要度が低い施設では求められる耐震性能も低くなる。本地区には新幹線、東名高速などの交通の大動脈が通過し、地区の都市化も進んでいるため、施設の大多数で重要度は高くなる。また、地震動の算定には中央防災会議で発表された加速度を基にして、各地表面での最大加速度や地盤変位波形などを算定した。

耐震照査にあたっては、静的解析を基本とし、各施設の構造特性を踏まえて耐震設計法や部材の照査方法を選定したが、液状化の恐れがある区間や震動特性が複雑な施設については、動的解析が採用された。その結果、頭首工についてはケーソン、沈砂池、管理橋など、幹線水路については岩トンネルの取水口および開水路部分などに耐震性能が不足する事が分かり、必要となる対策方法が委員会で検討された。

矢作川総合第二期地区は、平成20年から平成23年度まで地区調査を行った後、平成24年度から平成25年度まで全体実施設計を行い、平成26年度から事業に着工する予定である。



写真－6 野々村講師による講演

### 4. 愛知県におけるため池の耐震点検調査事例（近藤講師）

愛知県農林水産部農地計画課の近藤講師からは、愛知県でこれまでに実施したため池の耐震点検の内容について、事例を交えた報告がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

愛知県は、県内のほぼ全域が地震防災地域に指定され大規模地震への備えが急務となっている。このため、県独自の施策として「あいち地震対策アクションプラン」を策定し、地震防災対策を総合的かつ計画的に実施している。その具体策の一つである、「農業用ため池の耐震点検」は、万一決壊した場合に甚大な被害が想定される「貯水量10万立米以上」の大規模なため池などを対象として県が先導的に耐震点検を実施した。

このため池の耐震点検は、地震動による安定性の検証と、液状化に伴う安定性の検証に区分される。地震動による安定性の検証は、常時満水位の上・下流側、水位降下時の上流側の3パターンを震度法（静的解析）により解析、液状化による安定性の検証は、常時満水位の上・下流側の2パターンに対し、液状化判定実施の必要性を判断

した後、簡易液状化解析（FL法）を行い、必要に応じ堤体の安定計算（ $\Delta U$ 法）を行うものである。本講演では愛知県で実施した2つのため池を例に、土質試験や解析手法などを紹介する。

これまでに、愛知県ではため池88か所の耐震点検を実施しており、38か所（約4割）で耐震性不足が判明している。築造年代、堤体改修年代、堤高、貯水量別に耐震性不足の結果をまとめたが、サンプル数が少ないこともあり、はっきりとした傾向が読み取れない状況であった。今後も引き続き耐震点検を実施し、こうしたデータを積み重ね、総合的かつ重み付けを行うことにより、耐震点検優先度の判断材料としていくこととしている。

東日本大震災以降、ため池の耐震に対する意識が高まり点検を要望する市町が急増しており、市町が要望するため池に対し優先順位の判断基準としてこれらの活用を考えている。この他、ハード対策と併せ、ソフト対策への取り組みも今後の課題と考えている。

## 5. 京都府におけるため池ハザードマップの作成事例（池垣講師）

京都府農林水産部農村振興課の池垣講師からは、簡易な方法によるため池ハザードマップの協働作成を通じ、住民に維持管理の重要性を認識してもらう取組の紹介がなされた。講演の要旨は以下のとおり。

平成16年の台風23号の災害をきっかけに、ため池に係る防災対策として、ため池ハザードマップの作成に平成16年度から試行的に取り組んだところである。適正な維持管理の実践が最良の防災対策と考え、ため池決壊時の潜在的な破壊力を洪水到達範囲で表現するとともに、そのようなことが生じないためには大雨時に貯水位を下げるとか、洪水吐を清掃する等の維持管理の重要性を農家に再確認・実践してもらうことを目的としてハザードマップの作成に着手した。工学的にシビアな解析が必要なため池は当然あるが、ここでは、洪水流出範囲の推定を目的と考えないため、簡易な解析手法で十分であると割り切っている。

作成は①地形図の収集、②現地調査、洪水地の標高測量、③等流解析による洪水範囲の決定及び④地元との協働活動でマップに仕上げる流れで進めている。

作成時に気づいた点を述べると、①行政側から「ハザードマップを作りますか。」との地元へのアプローチでは行政責任での改修要請の話が予想されるため難しい。よって、「改修をしたいが地元同意が不十分である。」との相談があった場合の当面の防災対策としてハザードマップの取り組みを紹介した地区も多い。②洪水流出量は農地防災事業便覧の流量公式を使用して洪水深が50cm以上を洪水とした。（なお、同流量公式は出典が不明であり堤高が高い場合には著しく大きな洪水流量になるため注意が必要。筆者談）③地元との協働活動で、洪水エリアの妥当性や避難場所を確認しつつ、維持管理の方法を具体的に記載していった。この地元との協働活動がマップの公表を可能とする条件の一つである。

ハザードマップはA3版の両面刷りで、ハザード情報を示す面と通常時や緊急時の維持管理内容を示す面があり、エクセル機能で職員自らが作成できる程度の描画表現とした。「決壊時の避難は時間的には無理ではないか。」「ハザードマップという言葉は年寄りには難しい。」「昔の災害の話は古老から聞こう。」という発言が出だすところのものどわくわくしつつ、地域防災支援に取り組んでいる。



写真－7 近藤講師による講演



写真－8 池垣講師による講演

戻り砂や原地盤の液状化によって、浮上、蛇行や離脱などの壊滅的な被害を受けた。一方で埋戻し材料に砕石を用いた路線では、パイプラインの機能を維持することができている。このことから、耐震性を確保するためには、埋戻し材料として砕石や固化処理土を用いることが強く示唆される

広域災害を回避するためには、従来の「防災」の考え方をさらに一歩進めなければならない。施設と地域の災害に対する脆弱性を認識して、それぞれの災害因に対する減災技術を開発することによって、将来に備える必要がある。社会基盤を支える施設工学技術は、「防災」から「減災」へと視点を移し、人文社会科学や環境研究とのベストミックスを図りながら、地域社会の被災からの迅速で確実な再生・復興に貢献する総合技術を提示する必要がある。

#### IV. おわりに

各講演後、農業土木技術研究会の鮫島理事より、参加者及び講師に対する謝意が述べられるとともに、以下の閉会挨拶がなされた。

「今年度は、東日本大震災を初めとする多数の災害に見舞われた。「防災・減災」はこれから全国的に重要な課題となると思う。このような背景を受けて防災・減災対策をテーマとした研修会を開催した今回の研修会は、非常に意味のあるものであり、各講師の素晴らしいご講演に感謝申し上げます。

当研究会は、会員相互の情報交換と技術力向上を目的として設立されており、現場の技術情報が重視されるものである。積極的にご入会いただき、会誌『水と土』へのご投稿をお願いしたい。また、来年度も引き続き本研修会に参加していただきたい。」

今回の研修会では、「農業水利施設に関する防災・減災対策」のテーマに即し、各講師より、防災・減災に関する施策の展開方向、現場で取り組まれている地震対策事例や洪水対策事例等について、写真や映像を交えたパワーポイントにより、分かりやすい説明がなされた。

今年度、相次ぐ災害によって農業水利施設に多大な被害が発生し、各地域・各機関で防災・減災に対する様々な検討が行われていることが報告された。研修参加者からも全ての講師に対して質問があり、閉会後も活発な意見交換や議論がなされるなど、非常に盛会であった。また、会場で実施したアンケート調査では、本研修が業務の参考になったとする意見が殆どで、大変有意義な研修会となった。

◇ 編集事務局と致しましては、今回の研修会の成果やアンケート調査結果を基に、今後の研修会の一層の充実を図りますとともに、会誌『水と土』についても、会員の皆様の期待に応えるべく、現場技術情報の発信に努めて参ります。今後とも当研究会に対するご支援並びに会誌『水と土』に対する積極的なご投稿を宜しくお願い致します。



写真－11 鮫島理事の閉会挨拶



写真－12 研修会の様子

## 6. 低平な新潟平野における内水対策事例（土田講師）

新潟県農地部農地建設課の土田講師からは、河川管理者と連携した排水機場の運用、水田の貯留能力を活用した内水対策の取組が紹介された。講演の要旨は以下のとおり。

戦前まで「地図にない湖」と形容された亀田郷や白根郷など、海拔ゼロメートル地帯を含む低平な新潟平野は、約10万haのうち約6万haが排水機場により機械排水され洪水から守られている。本地域において昨年7月の新潟・福島豪雨の際に、河川管理者と連携した排水機場の運転や「田んぼダム」などのソフト対策により減災に努めた事例を紹介する。

亀田郷では、新潟・福島豪雨時は総雨量319mmの降雨があったが、内外水位や降雨の状況を見極めながら、親松排水機場（農水省建設）と鳥屋野潟排水機場（国交省建設）を順次運転することで、適時適切に信濃川へ排水し被害の発生を防止できた。

また白根郷では、中之口川へ排水する4つの排水機場（農水省建設）のうち2つの排水機場については、河道疎通能力が整備されるまでの間、排水規制を義務づけられており、河川の氾濫危険水位を超えたため排水機場の運転を止めた。しかし、郷内の約5割の水田で「田んぼダム」に取り組んでいたことから湛水被害は約4割の農地にとどまったが、降雨後の検証によれば、取組がなければ約7割の農地で湛水していたことがわかった。

田んぼダムとは、水田一筆毎の口径150mmの落水口に小径（50mm）等の調整板を設置することで、水田に一時的に水を貯め、排水路や河川へゆっくりと排水し水位上昇を抑え、田んぼダム周辺農地の浸水被害を軽減することを目的としている。現在、県内10市町村53地区、約9,200haで取り組まれ、年1回から2回程度発生する50mm/日程度以上の降雨から水田に貯留が始まり効果が発現する事例が確認されている。調整板の構造により効果の発現度合いが異なることや、水田の貯留能力に限界があり河川流域全体の洪水被害を抑える効果は限定的であると考えられており、現在も技術的な検証を行っている。

近年、局地的な豪雨が頻発し、防災・減災対策が喫緊の課題となっている中で、地域防災力の強化に向けて、排水施設を整備するハード対策と田んぼダムなどのソフト対策を組み合わせた取組を展開していくことが重要である。



写真－9 土田講師による講演

## 7. 大規模災害に対する減災対策と復旧の考え方（毛利講師）

〔独〕農研機構 農村工学研究所の毛利講師からは、東北地方太平洋沖地震による施設被害状況の特徴が紹介されるとともに、広域災害に備える施設の維持管理、設計施工などに関する研究成果が紹介された。講演の要旨は以下のとおり。

東北地方太平洋沖地震は、広範囲の海岸部の津波被害とともに内陸部の基幹施設にも甚大な被害をもたらした。海岸堤防が破堤している岩手県、宮城県、福島県では、津波の浸入によって後背農地は壊滅状態となり、地盤沈下のために排水ができないなど、地震と津波による多重災害を受けている。粘り強い堤防の開発だけではなく排水不良の地域をどのように復旧し、農村地域の復興につなげるかが大きな課題となっている。

ため池やダムなどの土質構造物は、地震動によって堤体天端に縦断的なクラックが発生し、一部では堤体のすべり破壊を生じている。これらの耐震基準の整備されていない時代の施設構造物の安全性については、堤体土質とその密度、地震動による強度低下と想定する地震の特性（大きさと継続時間）など一貫性のある耐震性評価を実施する必要がある。パイプラインや水路などの線状の構造物は、埋



写真－10 毛利講師による講演

## 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24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、コスト削減、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 農村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

# 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 (フリガナおよびローマ字表記), 勤務先と勤務先の電話番号, 職名
- ④ 連絡先 (TEL), (E-mail)
- ⑤ 別刷希望数
- ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- ⑦ 対象施設 (報文の対象となっている主な施設を記入: ダム, トンネル, 橋梁, 用排水機場, 開水路, 管水路 等)
- ⑧ キーワード (報文の内容を表すキーワードを記入: 維持管理, コスト縮減, 施工管理, 環境配慮, 機能診断 等)

3. 1回の原稿の長さは原則として写真・図・表を含め18,000字程度 (ワープロで作成の場合, A4版8枚程度) までとする。なお, 写真・図・表はヨコ8.5cm×タテ6cm大を288字分として計算すること。

4. 原稿はワープロで作成し, 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単位ごとにカンマ (,) を入れる) を使用のこと。

5. ワープロで作成した原稿データについては, プリントアウトした原稿 (写真・図・表入り) とともにCDデータ等にて提出すること。

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付すること。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。

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認すること。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。

7. 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。

8. 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)

l (イチ) と 1 (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

9. 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。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさげ, どちらかにすること。

11. 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。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

13. 掲載の分は稿料を呈す。

14. 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. 発足40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21年度には発足40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3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  
〒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 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（165号）で興味をもたれた報文について記載下さい

(1) 報文タイトル：\_\_\_\_\_

(2) 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

会員の皆様は趣味をお持ちでしょうか。趣味でなくとも興味がある分野については、関係する雑誌を購読又はチェック（立ち読みとも言う）されていることと思う。

かく言う私も釣りが趣味であり、釣りと名がつく雑誌の類は毎月一通りチェックしているが、最近の雑誌は、マスターするために膨大な時間と費用を要する最新の釣りテクニックの紹介に偏るものも多く、子育ての傍ら限られた時間と予算の中で釣りを楽しんでいる我が身を興奮させる材料となりにくい。

他方、関東の堤防の釣りを紹介する雑誌があるのだが、その雑誌は、「道具は最低限のものでいいので、近くに海辺があれば色んなところで釣り糸をたれてみましょうよ。それほど沢山は釣れないかもしれないけど、こんな一工夫すれば意外な発見があって楽し

いよ。」といった釣りの紹介に徹している。私は記事を読むとすぐに実行に移したくなり、週末が楽しみでしようがない。

話は変わって、私は本年から本誌の編集作業のお手伝いをしているが、まさに「水と土」に求められている立ち位置は、紹介した釣り雑誌に近いのではないかと。限られた予算・時間・マンパワー（釣り道具）であっても、現場でのちょっとした工夫で成功した（釣れた・楽しめた）事例を取り上げ、農業土木技術者（釣り人）間で共有する。

会員の皆様、読者の方々がすぐに行動に移したくなるような情報提供をお待ちしております。

（設計課 鶴田晋也）

### 水と土 第165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

# ダイプラハウエル管 (高耐圧ポリエチレン管)

φ300~3000

経年劣化が少ない材料により長期寿命を実現!

外圧に強い中空リブ構造で高盛土にも適応!

柔構造物なので軟弱地盤でも適応!

コンクリート基礎不要で工期短縮が可能!

## 公的機関への認可

- 日本工業規格 耐圧ポリエチレンリブ管 (JIS K 6780)
- 下水道協会規格 下水道用リブ付ポリエチレン管 (JSWAS K-15)
- 国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025) カルバート工 (NETIS CB-980024) 柔構造樋管
- 農林水産省 土地改良事業計画設計基準 (農道)
- 日本道路公団 設計要領第二集カルバート編

## 農業用水のパイプラインに!

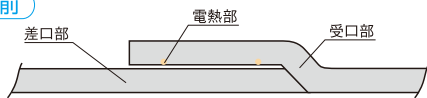
### 管路の一体化による継手部の信頼性!

EF継手は電熱線の通電により溶融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。

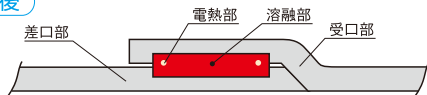
常用使用圧力	0.50 MPa
--------	----------

## EF継手 (エレクトロフュージョン)

通電前



通電後



内圧用ダイプラハウエル管



## 農道下横断管に!

耐圧強度が大きく、  
高盛土下に  
埋設可能!

カルバート工  
として  
実績豊富!



## ため池の底樋に!

柔軟性に優れ、  
地盤沈下にも  
対応!

柔構造樋管  
として  
実績豊富!



ダイプラハウエル管

**大日本プラスチック株式会社**

本社: 〒530-0001 大阪市北区梅田3-1-3(ノースゲートビルディング16階)  
TEL.06-6453-9270 FAX.06-6453-9300  
東京支社: 〒108-6030 東京都港区港南2-15-1(品川インターシティA棟30階)  
TEL.03-5463-8501 FAX.03-5463-1120

<http://www.daipla.co.jp>

札幌(営) 011-221-3053 仙台(営) 022-223-0761  
東京(営) 03-5463-8501 名古屋(営) 052-933-7575  
大阪(営) 06-6453-9285 広島(営) 082-221-9921  
福岡(営) 092-721-5166 鹿児島(営) 099-227-1577