

水と土

No. 164
2011
November

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



① PC鋼線中性化試験状況



④ 水抜きボーリング施工状況



② ケーソン発進立坑



⑤ 調圧水槽施工状況



③ 荒瀬ダム



⑥ 東日本大震災による排水機場被災状況

水と土

Contents

2011 NOVEMBER No.164

◆報文内容紹介	2
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて	4
□巻頭文	

東日本大震災の現場にて思う 宮森俊光 …… 7

□報文

キーワード

塗装工法	ライフサイクルコスト低減に向けた鋼製ゲートの塗装工法検討事例 野澤一博・五十嵐壽晃 …… 8
排水機場	「一歩ずつ前へ」被災した排水機場の仮復旧について 三由 晃 …… 15
維持管理	職員の土地改良区への派遣(OJT)について 腰田洋祐 …… 21
調圧水槽	十郷用水路調圧水槽のひび割れ制御の検討 A study of crack control on a surge tank construction 美濃谷茂次・猪谷幸司・寺田大輔 …… 26
ケーソン	シールド発進立坑(変形五角形)のニューマチックケーソン沈下管理について 堺 政弘 …… 34
機能診断	河内ダム(淡路市)の取水施設等における基幹水利施設ストックマネジメント事業について 西尾彰洋 …… 42
効果算定	大規模地震対策便益評価の導入について 萩野憲一・山中義樹・梶原義範 …… 48
排水トンネル	高瀬地すべりにおける排水トンネルの設計・施工について 寺戸有希 …… 52
ダム	荒瀬ダムの監査廊施工におけるプレキャスト工法を用いた合理化施工の検討 入山 優 …… 60
地下ダム	伊江地下ダムにおける基盤岩確認手法の検討 宮川 誠・高野直人・清藤伸哉・芥川充志 …… 68
機能診断	木曾川用水のPC管の機能診断調査と保全対策について — 施設緊急改築の事業化 — 三上順央 …… 74

□歴史的土壌改良施設

西蒲原における悪水抜き 戸澤康博 …… 82

□技術情報紹介

環境同位体を指標とした扇状地地下水の涵養源の分類 土原健雄・吉本周平・石田 聡・今泉眞之 …… 87

◆会告	90
◆入会案内	91
◆投稿規定	93

- 表紙写真●
- ① 報文「木曾川用水のPC管の機能診断調査と保全対策について」より (P.77)
 - ② 報文「シールド発進立坑(変形五角形)のニューマチックケーソン沈下管理について」より (P.41)
 - ③ 報文「荒瀬ダムの監査廊施工におけるプレキャスト工法を用いた合理化施工の検討」より (P.61)
 - ④ 報文「高瀬地すべりにおける排水トンネルの設計・施工について」より (P.58)
 - ⑤ 報文「十郷用水路調圧水槽のひび割れ制御の検討」より (P.29)
 - ⑥ 報文「一歩ずつ前へ」被災した排水機場の仮復旧について」より (P.16)

ライフサイクルコスト低減に向けた 鋼製ゲートの塗装工法検討事例

野澤一博・五十嵐壽晃

頭首工をはじめとする水門等は、鋼材を保護するため塗装を幾度も行っており、維持管理費低減の阻害要因となっている。

本報では、頭首工ゲートにおいて、数種類の塗装工法による試験施工を行い、品質変異のデータを蓄積することにより、耐久性塗装の有効性を実証することを目的として、平成21年度に試験施工に係る塗装仕様選定の検討内容及び試験施工の実施結果を報告するものである。

(水と土 第164号 2011 P.8 設・施)

「一歩ずつ前へ」 被災した排水機場の仮復旧について

三由 晃

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴い発生した大津波により機能停止したポンプを運転させるために、排水機場の機能点検と点検結果に基づく必要最小限の仮復旧を実施した内容について報告する。

(水と土 第164号 2011 P.15 設・施)

職員の土地改良区への派遣(OJT)について

腰田洋祐

今後、国営造成施設の更新事業が主体となっていくなか、国職員の施設の利用、点検及び診断等の維持管理に係る技術的な能力向上が重要である。このようななか、関東農政局西関東調査管理事務所では、土地改良区における施設の維持管理に係るOJTを通じて、維持管理に係る技術力及び機能診断能力の向上を図り、ひいては国営施設機能保全事業等業務の推進に資することを目的として職員の派遣を行っている。

本稿では、この取組の途中経過を報告する。

(水と土 第164号 2011 P.21 企・計)

十郷用水路調圧水槽のひび割れ制御の検討 A study of crack control on a surge tank construction

美濃谷茂次・猪谷幸司・寺田大輔

十郷用水路調圧水槽建設工事は、壁高30.0m内径36.0m総貯水量約30,000m³の現場打PC構造物である。側壁の部材厚が0.55mのマスコングリート構造物であり、最大で30mの水圧がかかることから、ひび割れが発生した場合は水漏れが懸念され、長期的な耐久性の問題も生じる。本報告は施工に先立ち温度ひび割れ解析を実施し、その結果に基づき講じたひび割れ抑制対策及び実際の施工結果について報告するものである。

(水と土 第164号 2011 P.26 設・施)

シールド発進立坑(変形五角形)の ニューマチックケーソン沈下管理について

堺 政弘

ニューマチックケーソン工法で施工したシールド発進立坑の沈下管理について報告する。本発進立坑は、シールド工事の完了後にはサイホンへの流入水槽となる本体構造物である。既設水路との取付位置の関係から「変形五角形」の平面形状となり、ケーソンの掘削沈下において偏土圧が発生し、沈下掘削時に相当の水平移動等のトラブルが想定された。

沈下管理はケーソン本体に設置した沈下計や傾斜計のデータを中央管理室に送信して監視・演算処理をするとともに、中央管理室からケーソン作業室で作業中の作業員が携帯している情報端末表示器にフィードバックし、常に最新のデータを把握しながらの掘削作業を可能にした。また、五角形の各角にポイントを設けて各点の沈下量差を傾斜計の値から算出して、掘削調整作業を行った。その結果、良好な施工管理と出来形が得られた。

(水と土 第164号 2011 P.34 設・施)

河内ダム(淡路市)の取水施設等における 基幹水利施設ストックマネジメント事業について

西尾彰洋

河内ダム(淡路市)は昭和60年に北淡路地区農村基盤総合整備パイロット事業の一環として建設されたダムである。しかし、整備から約20年が経ち取水施設の老朽化が激しく施設の延命化を図るため、ストックマネジメント事業を実施した。その施設更新のコスト縮減策および課題となった点について報告する。

(水と土 第164号 2011 P.42 設・施)

大規模地震対策便益評価の導入について

荻野憲一・山中義樹・梶原義範

今般の東日本大震災により、農業水利施設の耐震対策の必要性が改めて認識され、今後、大規模地震対策のための補強工事等を行う事業の増加が見込まれる。このため、今回新たに「大規模地震対策による効果」を「新たな土地改良の効果算定マニュアル」に追加し、大規模地震対策のための補強工事等に伴う掛かり増し費用の計上方法や大規模地震対策実施による便益の計測手法を策定したので、その概要について報告する。

(水と土 第164号 2011 P.48 企・計)

高瀬地すべりにおける排水トンネルの 設計・施工について

寺戸有希

直轄地すべり対策事業高瀬地区におけるDブロックは、降雨に伴う地下水位上昇が地すべり活動の誘因となっていることから、主要対策工として排水トンネル工が計画されている。

本報では、施工済み又は施工中の排水トンネル工の設計・施工の概要(トンネル本体工及び水抜きボーリング工)及び施工後の排水状況・地下水位の低下状況等について報告する。

(水と土 第164号 2011 P.52 設・施)

荒瀬ダムの監査廊施工におけるプレキャスト工法を用いた合理化施工の検討

入山 優

荒瀬ダム（ロックフィルダム）は、基礎掘削を終え、ブランケットグラウチングを施工中であり、これから監査廊工、盛立工へとダム工事が本格化していく。しかし、平成26年度の試験湛水開始までの限られた時間内で盛立工、閉塞工を終えるため、あらゆる工種について工程短縮の検討を行う必要に迫られた。検討の過程で、河床部盛立工のクリティカルとなる監査廊工の工程短縮が大きな課題となり、いかにして河床部監査廊工の工程短縮を図るかが大きなテーマとなった。そこで、監査廊施工におけるプレキャスト工法を導入することにより、安全に工程短縮を図ることができないか検討した結果、導入することとなった。

本報では、フィルダムでは施工例の少ない監査廊施工へのプレキャスト工法を導入したことによる効果を整理し、その有用性を報告する。

（水と土 第164号 2011 P.60 設・施）

伊江地下ダムにおける基盤岩確認手法の検討

宮川 誠・高野直人・清藤伸哉・芥川充志

国営伊江農業水利事業で築造中の伊江地下ダムでは、調査ボーリングから得られた基盤岩のデータを基に設計基盤線を決定している。このため、調査地点間（ボーリング孔間）の基盤線が正確に示されているとは限らない。本稿では、ボーリング孔間の基盤線分布を連続的に把握する試みとして、比抵抗トモグラフィ調査や音響トモグラフィ調査を行った結果を紹介する。

（水と土 第164号 2011 P.68 設・施）

木曽川用水のPC管の機能診断調査と 保全対策について

— 施設緊急改築の事業化 —

三上順央

木曽川用水右岸地区では、PC管の劣化状況を定量的に把握するべく、平成15年度から縦ぎ手調査を始め、その後、PC管を適切に予防対策するべく機能診断を進め、平成20年度には施設機能保全計画を策定した。本稿は、右岸地区における機能診断および保全計画策定の取り組みについて報告するとともに、右岸緊急改築事業の一部を紹介するものである。

（水と土 第164号 2011 P.74 設・施）

<歴史的土壌改良施設>

西蒲原における悪水抜き

戸澤康博

新潟平野のほぼ中央に位置する西蒲原地区における歴史的土壌改良施設として、「悪水抜き」と言い伝えられている自然排水施設として、①西川の排水を日本海に放流するための「新川暗闇」という底樋を含む新川開削工事と、②悪水を日本海に直接放流するために弥彦・角田山麓に造られた樋曾山隧道等を紹介する。

（水と土 第164号 2011 P.82）

<技術情報紹介>

環境同位体を指標とした扇状地地下水の 涵養源の分類

土原健雄・吉本周平・石田 聡・今泉眞之

水田農業主体の扇状地である手取川扇状地を対象に、環境中に天然に存在する同位体（環境同位体）である水素・酸素安定同位体比を測定し、その分布特性から地下水涵養源の分類を行う。地下水に涵養源の情報を付与する本手法は、涵養源別の地下水賦存量の評価、揚水量を含めた地下水管理、冬季湛水等の地域における地下水涵養施策の推進、流出した地下水が水温・水質環境に及ぼす影響の評価等への活用が期待できる。

（水と土 第164号 2011 P.87）

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23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。

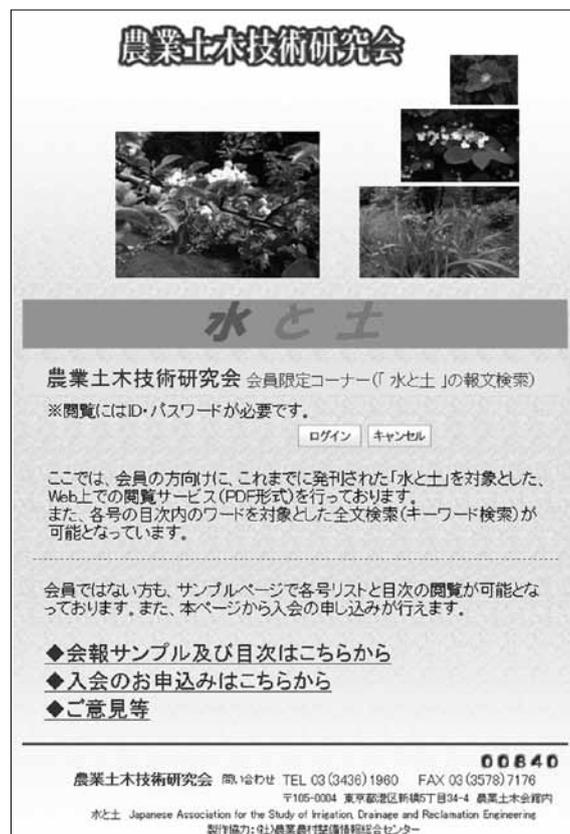


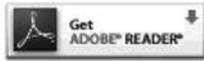
図-1



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	水と土 第144号	120	14.9	目次
平成17年	水と土 第143号	84	12.9	目次

昭和45年	水と土 第2号	68	6.69	目次
昭和45年	水と土 第1号	80	6.41	目次

[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もっと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、入会申し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）。

農業土木技術研究会 入会申込み

年会費・発行等

- 年会費2300円/1人
- 会誌「水と土」年間4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 [申込みフォーム](#)

FAX・郵便にて (PDF) [FAX・郵便](#)

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

[Get ADOBE® READER](#)

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

東日本大震災の現場にて思う

宮 森 俊 光*
(Toshimitsu MIYAMORI)

1. 津波の力

津波被災地の姿を目の当たりにした時、想像を絶する自然の力に怖れを感じた。私も官庁技術者として、これまで様々な力学方程式を利用してきたが、所詮、エネルギーが保存されると仮置き可能な（本物の自然界と比較すると）およそ小さな系で通用する便宜的定理であることを改めて認識した。

津波が高かったので堤防を越えた…という水位の問題では無かった。津波は全てを飲み込みながら後背地をキロ単位で駆け上がっていった。さらに引き波で人造物を根こそぎ破壊した。こうした現象が沿岸部全線で発生した。また、海岸堤防から遡上した海水が、抵抗の小さな経路を見つけ様々な流線を持ちながら移動したという指摘もある。

人間の物差しからすると圧倒的なボリュームを有する海に対し、地震由来のM9のエネルギーが作用した時に、津波という形をもったエネルギーが、「構造物の設計者が想定した系」に対し、空間的にも時間的にも波状的に侵入し、系の定理で成立している人工世界を破壊した。

2. 原子力問題と技術

発電所の設計が津波のリスクを適切に考慮していなかったと批判された。この批判は、原発事故被害の特殊性に対する認識の問題が基本だろうが、「構造物の設計者が想定した系」の観点からすると、技術の総合化に対する指摘とも受け止めたい。地震、津波、堤防、発電（おそらく、この分野も相当数の技術に細分化されているだろう）等々の技術者が、お互いの系の関係性に、もっと敏感で謙虚であったなら、発電所の設計思想に違いが出ていたようにも感じられる。

特に、一つの系が破壊された場合に何が起きるのか？隣の系にどのような連鎖反応を起こすのか？全体の被害を最小化するためには、あらかじめ系相互の関係性をどのように設定しておくのか？

単なる設計条件の引き継ぎではない、リスク含みの技術の総合化が求められた経験としたい。

3. 技術者の原点

今回の震災を現地で経験して、つくづく、ニーズは現場にあることを再認識した。地震直後の湛水の排水促進、次のステップの排水路のガレキ除去、そして排水機場のポンプの仮復旧といったタイムリーな応急対策は、全て、土地改良区に代表される施設管理者も含めた現場ニーズが原点となった。特に、長年に亘る施設管理の経験者の知見は頼りになった。

現場に「系」の区分は無い。施設の建設段階では、設計諸元として現場条件を抽象化しながら、系を小分けして検討するきらいがある。しかし、実際の施設管理では、設計値を超える事象が発生しても、逃げ場はない。施設が、その時々地域から期待される役割を果たすため、何が出来るかを模索し続ける作業が不可欠である。当然、あらゆる系を見渡す眼力が必要であるし、全ての系の複合体こそが現場である。

技術は、高度化するとともに細部化されて発展してきた。しかし、今回の災害は、あらためて技術の総合化や全体知の共有の必要性を指摘していると思う。

現場は、技術ニーズが無秩序ではあるが、しかし全ての要素を内蔵している。この現場ニーズの顕在化・秩序化が技術者の原点であり、現場条件の複雑性あるいは変化の可能性に対し常に謙虚であることが技術者の良心といえる。

*東北農政局整備部次長

ライフサイクルコスト低減に向けた鋼製ゲートの塗装工法検討事例

野澤 一博* 五十嵐 壽晃**
 (Kazuhiro NOZAWA) (Toshiteru IGARASHI)

目 次

1. はじめに	8	6. 塗装仕様の検討	10
2. 地区の概要	8	7. 機能保全コストの検討	12
3. 試験施工箇所	8	8. 試験施工	13
4. 頭首工の概要	8	9. 試験塗装のモニタリング計画	13
5. 施設現況調査	9	10. 塗膜劣化追跡調査	13

1. はじめに

頭首工をはじめとする水門等は、鋼材を保護するため塗装を幾度も行っており、維持管理費低減の阻害要因となっている。

これを解消するには、塗装周期が長い耐久性塗装が有利である。

本報では、直轄かんがい排水事業三石地区（以下、「三石地区」という）で造成された頭首工のゲートにおいて、数種類の塗装工法による試験施工を行い、品質変異のデータを蓄積することにより、耐久性塗装の有効性を実証することを目的として、平成21年度に試験施工に係る塗装仕様選定の検討内容及び試験施工の実施結果を報告するものである。

2. 地区の概要

北海道の日高地方中央部に位置する本地区では、1,250haの水田への用水補給を行うため、昭和46年度～平成4年度にかけて、ダム1箇所を造成する他、頭首工1箇所、用水路1条を整備するとともに、水田と710haの畑の排水改良を目的として排水路2条が施工されている。

3. 試験施工箇所

今回、試験施工を行った箇所は、日高郡新ひだか町内（図-1）に三石地区で建設した歌笛頭首工のゲートで、土砂吐1門、洪水吐ゲート2門を有する堰長

53.5mの全面可動堰である。

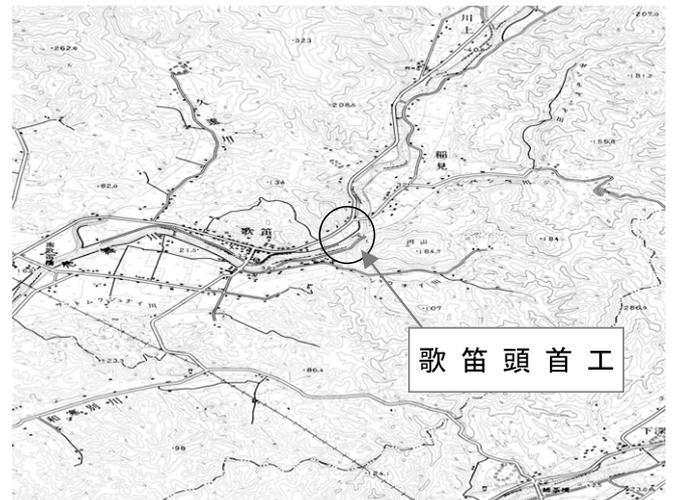


図-1 試験施工箇所

4. 頭首工の概要

頭首工ゲート諸元は表-1、表-2のとおりである。

①土砂吐ゲート

表-1 土砂吐ゲート諸元

形式	越流型鋼製ローラーゲート	
純径間×扉高	11.00 × 1.90m	
設置数	1 門	
設計水深	2.4m	土砂堆積 0.50m
操作水深	2.4m	土砂堆積 0.50m
揚程	5.81m	
材質	SS41（扉体）	

* (現)北海道開発局旭川開発建設部農業整備課
 上席農業開発専門官 (Tel. 0166-32-3487)

(前)北海道開発局室蘭開発建設部農業開発課
 農業施設専門官

** 北海道開発局室蘭開発建設部農業開発課
 上席農業開発専門官 (Tel. 0143-25-7049)

②洪水吐ゲート諸元

表-2 洪水吐ゲート諸元

形式	越流型鋼製自動転倒ゲート
純径間×扉高	① 20.00 × 1.40m ② 20.00 × 0.60m
設置数	2門
設計水深	① 1.90m ② 1.10m
操作水深	転倒時① 1.9m ② 1.1m 起立開始時 ① 1.40m ② 0.60m
揚程	5.81m
材質	SS41 (扉体)



写真-4 洪水吐ゲート②



写真-1 頭首工全景



写真-2 土砂吐ゲート



写真-3 洪水吐ゲート①

5. 施設現況調査

(1)目視調査

頭首工の各ゲートについて、目視調査を行った。
目視調査では、土砂吐ゲート及び20m×0.6mの洪水吐ゲート（洪水吐ゲート②）では塗装面に顕著な劣化は見られなかったが、20m×1.4mの洪水吐ゲート（洪水吐ゲート①）はスキンプレート上流側のほとんどの部分で塗装面が消失していた。

施設管理者への聞取調査では、平成13年にゲート及び管理橋・連絡橋の塗替塗装を行ったことが明らかとなったが、塗装仕様の詳細については不明であった。

(2)塗装厚

試験塗装計画の検討に当たり、現況の劣化状況の調査を行った。

調査箇所は表-3のとおり、合計27箇所を設定した。

塗装仕様が不明のため、塗装仕様をジンクリッチペイント+エポキシ樹脂系（a-1B系）と仮定して検討した結果、基準値を満たしていない箇所が多く見られた。

表-3 塗膜厚調査結果整理表

ゲート名	調査箇所数	平均塗膜厚を満たしている箇所数	最小塗膜厚を満たしている箇所数
土砂吐ゲート	10箇所	3箇所	7箇所
洪水吐ゲート①	10箇所	0箇所	0箇所
洪水吐ゲート②	7箇所	0箇所	2箇所

6. 塗装仕様の検討

(1) 塗装仕様選定のための外部条件

① 水質

現地より採取した水質調査の結果、PH値、塩化物イオン濃度とも「機械工事塗装要領（案）・同解説」に示されている一般的な水質条件に適合している。このため、塗装仕様の選定に当たっては、これらを考慮せずに選定を行うこととした。

② 気象条件

本頭首工が設置されている地域の気象は、年間平均気温は8℃程度、冬は積雪量が少なく、平均気温は-5℃前後であり、道内では比較的温暖な気候である。

本頭首工近傍の幌舞川は冬期間も氷結せず、大気中に暴露される土砂吐ゲートの表面には雪氷が付着する。

(2) 塗装に求められる必要条件

① ゲート塗替塗装の条件設定

本頭首工ゲートにおける塗装仕様の基礎条件は以下のとおり整理される。

- ・河川水質は一般的な淡水であり、特別な考慮を要しない。
- ・気象条件は道内としては比較的温暖で、河川の氷結はないが大気にさらされる箇所では雪氷の付着がある。
- ・土砂吐ゲートは、かんがい期のみ水中にあり、洪水時や融雪期は全開となる。
- ・洪水吐ゲートは洪水時及び非かんがい期に倒伏し、流水及び砂礫による摩擦の影響を受ける。
- ・塗替塗装の施工時期は非かんがい期であり、気温が低い時期の施工となる。

② 塗膜の性能に関する着目点

塗替塗装を行う時期については、塗膜劣化状況から検討が必要とされており、一般には塗膜劣化程度の小さいうちに行うことが防食上、有利とされている。しかし、本頭首工の場合、直近の塗替塗装から7年が経過し、ほぼ全面において基準塗膜厚を確保できていないことが確認されており、塗膜の劣化が進行している。

このため、塗装そのものの持つ性能のうち、特に以下の性能項目に着目して塗装仕様の抽出、選定を行った。

- ・耐用年数
- ・耐候性
- ・耐湿・耐水性
- ・耐物理性（衝撃・摩耗）

③ 塗装施工上の着目点

塗替塗装の施工に当たっては、ゲート本体を一旦分解して工場へ運搬し、工場内で下地調整及び塗替塗装する方法と、現地において下地調整及び塗替塗装を一連で行う方法があるが、本頭首工の場合、ゲート規模が大きくゲートの分解取り外し及び塗装後の据付に大型クレーン等の導入が必要となるため、現場塗装により行うこととした。

また、塗替塗装の施工時期は、非かんがい期に限定され、10月以降の施工では塗装施工及び塗料の乾燥に必要な気温が確保できないため、防寒養生等により気温条件の改善を図ることとした。

塗装仕様の選定では、塗装施工上の条件として、低温時における乾燥性の優劣や塗料そのものの取扱性、塗装の作業性等について検討が必要であり、特に着目する塗装施工上の条件は、下記のとおりである。

- ・塗料の取り扱いやすさ
- ・塗装の作業性
- ・低温時の乾燥性

(3) 塗装仕様の抽出

① 一般的な塗装仕様

頭首工における一般的な塗装仕様としては、現況塗装系であるa-1B系（有機ジンクリッチペイント+エポキシ塗装系）が相当する。

② 長期耐久性塗装仕様

一般的な塗装仕様よりも更に長期にわたる耐久性を向上させた塗装仕様が各メーカーにより開発されている。また、NETIS（新技術情報提供システム）においても、従来の塗装仕様と比較して、より強力な防食性能を有する工法がいくつか提案されている。これらの中から、本試験塗装において着目した塗装性能及び塗装施工上の条件に適合する工法を表-4に示す。

表-4 検討対象とした長期耐久性塗装

	塗装系（工法名）	主要塗料種別	特徴	摘要
仕様1	超薄膜型エポキシ塗装	エポキシ樹脂塗料	2,400 μ mの塗膜を形成し、防食性、耐久性に優れる	
仕様2	ウレタンエラストマー塗覆材	ポリオールイソシアネート系	2,500 μ m厚の塗覆材で超速乾性、耐久性、弾性がある	
仕様3	ガラスフレーク塗料	ビニルエステル樹脂系塗料	低温硬化性が高く、耐摩耗性、耐衝撃性に優れる	
仕様4	マイティ CF-CP 工法	無機系防錆材料	アルカリ性を有し、防錆能力を長期間保つことができる	NETIS登録No. CB-020016-A

(4)塗装仕様の選定

①塗装仕様の比較検討

長期耐久性塗装系について、各条件に対して比較検討し、試験塗装に採用する塗装系を選定した。比較検討表を表-6に示す。

②塗装仕様の選定

これらの中から、各条件に対して比較検討した結果、仕様1及び仕様2については、施工面で大きく劣り、今後40年間の塗替塗装コストを算定すると、本報文では省略するが、通常の塗装仕様（エポキシ塗装）よりもコストが上回る結果となり、これら2つの塗装仕様は、本試験塗装への採用を見送ることとした。

以上の検討の結果、長期耐久塗装系としては、

表-5のとおり、仕様3（ガラスフレーク塗料）及び仕様4（マイティCF-CP工法）を選定することとし、比較対象として、一般的な塗装系（有機ジンクリッチ+エポキシ塗装系）を選定した。

表-5 選定した塗装系

塗装系 (工法名)	選 定 理 由
ガラスフレーク塗料	耐衝撃性、耐摩耗性にすぐれ、冬期低温下における施工性にも問題がない。
マイティCF-CP 工法	一般的塗装系よりも耐摩耗性が高く、塗膜の長期耐久性、長期の防錆性に優れる。コストが安価。
エポキシ塗装 (a-1B系)	長期耐久性塗装系との比較のため採用する。

表-6 水門扉塗装仕様比較検討表

工 程		仕 様 1	仕 様 2	仕 様 3	仕 様 4
仕 様 名		超厚膜型エポキシ樹脂	ウレタンエラストマー塗覆材	ガラスフレーク塗料	マイティCF-CP工法
仕 様	素地調整	1種ケレンプラスト処理 (ISO-Sa2.5) 錆及び劣化塗膜を完全に除去する。			3種ケレン
	下 塗	エポキシプライマー 20 μ	プライマー 15 μ	ビニルエステルプライマー 150 μ	マイティCF-CP 170 μ
	下 塗	超厚膜エポキシ	—	—	マイティCF-CP 170 μ
	下 塗	—	—	—	マイティCF-CP 170 μ
	中 塗	—	—	ビニルエステルガラスフレーク 300 μ	ポリウレタン塗料 中塗 30 μ
	上 塗	超厚膜エポキシ 1200 μ	ウレタンエラストマー 2500 μ	ビニルエステルガラスフレーク 300 μ	ポリウレタン塗料 上塗り 30 μ
塗料の組み合わせ		超厚膜エポキシ	ウレタンエラストマー	ビニルエステルガラスフレーク	無機系防錆材
合計膜厚 (μ m)		2420	2515	650	570
塗り回数		3回	2回	3回	5回
塗膜性能	耐水性	◎	◎	○	◎
	耐衝撃性	◎	◎	◎~○	○
	耐摩耗性	○	◎	◎	◎
施工性能	塗料の取扱い易さ	△	△	○	○
	塗装作業性	△	△	○	○
	低温乾燥性	△	○	◎	○
塗替塗装費 (m^2 当り素地調整含む)		24,868 円 / m^2	24,280 円 / m^2	10,663 円 / m^2	7,448 円 / m^2
塗膜耐用年数		30年以上	30年以上	20年以上	30年以上
総合評価		△	△	◎	◎
特長及び塗装工事における留意点		<ul style="list-style-type: none"> 耐衝撃、耐摩耗性に優れている。 低温時の乾燥が遅く、湿気の影響も受けやすい。 特殊塗装機が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 耐衝撃、耐摩耗性に優れている。 超速乾性 (20℃で1時間) で高耐久性を有する。 専用塗装機と熟練作業が必須 	<ul style="list-style-type: none"> 耐衝撃、耐摩耗性に優れている。 使用塗料は全て低温時の乾燥に優れている。 乾燥不良による工事遅延は少ない。 	<ul style="list-style-type: none"> 強いアルカリ性を有し、鋼材の腐食進行を抑制する。 海上構造物で20年以上の実績を有する。 油分の十分な除去を必要とする。

なお、マイティCF-CP工法は鋼橋塗装や栈橋、水槽補修に用いられた実績があり、道内の橋梁の防錆び工事に用いられた実績があるが、ゲート設備では1件の採用実績があるのみである。

また、ビニルエステルガラスフレーク塗料はダム放流ゲートや管内面塗装に多く用いられているが、起状ゲートへの適用については、実績がない。

③各ゲートへの適用について

(ア)マイティCF-CP工法

マイティCF-CP工法のみが素地調整程度を3種ケレンで十分としており、ブラスト材を使用しない。

土砂吐ゲートは、足場を設置しての素地調整作業となるため、ブラスト材の回収等には困難が伴うことから、土砂吐ゲートには、ブラスト材を使わないマイティCF-CP工法を採用することとした。

(イ)ガラスフレーク塗料

ガラスフレーク塗料の場合、長耐久性を保持するためには、素地調整程度は1種ケレンとする必要がある。

ブラスト材の捕捉・集積・回収を容易にするには、地上作業可能な洪水吐ゲートが有利である。

なお、洪水吐ゲート2門のうち、本塗装系の適合性を調査する上ではゲート高が高く、塗装面積としても大きい洪水吐ゲート①に採用することとした。

(ウ)エポキシ塗料

エポキシ塗料は比較対象とするために採用したが、素地調整による劣化度合いの差を除去するために、素地調整程度は1種ケレンとし、洪水吐ゲート②に採用することとした。

以上の結果、各ゲートへの適用箇所は図-2のとおりとなる。

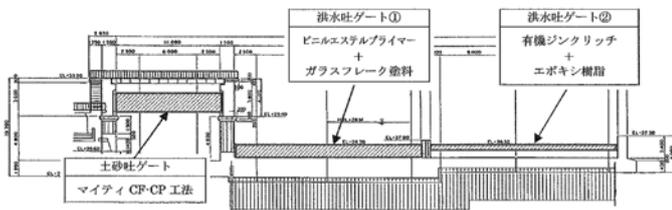


図-2 各塗装仕様の適用部位

7. 機能保全コストの検討

(1)塗膜耐用年数

本試験塗装に採用した各種の塗装仕様について、メーカーにより提示されている耐用年数を整理すると、表-7のとおりとなる。

表-7 各種塗装仕様の耐用年数

塗装仕様	採用箇所	耐用年数	備考
マイティCF-CP	土砂吐ゲート	30年	メーカー提示値
ガラスフレーク	洪水吐ゲート①	20年	メーカー提示値
エポキシ	洪水吐ゲート②	8年	当該頭首工の実績

(2)塗装コストの算定

マイティCF-CP及びガラスフレークについては、一般的な塗装仕様エポキシと比較すると塗装にかかる費用が高くなる。しかし、耐用年数が長くなることにより、機能保全コストの低減が期待される。

保全対策期間を40年とした場合の各種塗装系における塗替塗装（部分塗替含む）時期に対し、各年における塗替塗装費を合算し残存価値を控除して、期間全体の機能保全コストを算定（仮設含まず、現在価値化、直工費）すると表-8のとおりとなる。

表-8 各種塗装仕様の塗替コスト一覧

(100㎡当り)

経過年数	保全対策工事費(千円) (現在価値化)			備考
	マイティCF-CP	ガラスフレーク	エポキシ	
0	744.8	1,066.3	624.7	
8	-	-	624.7	
16	-	-	624.7	
20	-	1,066.3	-	
24	-	-	624.7	
30	744.8	-	-	
32	-	-	624.7	
合計	1,489.6	2,132.6	3,123.5	
節減率(%)	52.3	31.7	-	仕様3を基準
順位	1	2	3	

この結果、エポキシ塗装系コストが最も高く、ガラスフレーク塗料、マイティCF-CP工法の順にコストが低減される結果となった。

以上の結果より、今回採用する高耐久性塗装工法は、通常の塗装仕様であるエポキシ樹脂塗装系と比較して、初期費用は高くなるが、40年間を対象とした塗替塗装コスト全体からみれば有利であると見られる。

8. 試験施工

本試験塗装は、頭首工ゲートの塗替塗装であることから、平成21年度の非かんがい期に行い、塗替塗装の仮設に当たっては、以下の点に留意した。

- ①冬期施工となるため、塗料乾燥のための防寒囲い（防護工併用）を施し、防寒養生を行うこと。
- ②自動転倒ゲート（洪水吐ゲート①②）の塗装に当たっては、仮締切によりドライ条件での塗装作業ができるようにすること。
- ③ローラーゲート（土砂吐ゲート）の塗装に当たっては、クレーンを設置することが難しく吊り足場の採用が困難なため、人力での資材運搬が比較的容易な枠組足場を設置すること。
- ④施工に当たっては、ケレンかすやブラスト材、吹付塗装による塗料が河川水に混入しないよう、扉体下部に板又はシートを渡してケレンかすや塗料を捕捉し、足場周辺には飛散防止シートを張って対応すること。



写真-5 仮設状況



写真-6 塗替塗装施工状況

9. 試験塗装のモニタリング計画

(1)調査項目と調査方法

耐久性塗装の頭首工ゲートにおける塗装仕様の有効性を確認するため、試験塗装により施工した塗膜の経年的な劣化を把握するため、追跡調査（モニタリング調査）を行う。

調査項目は、塗膜の劣化に関する以下の点についてである。

- ①塗膜の外観観察（発錆度合、塗膜のふくれ、われ、はがれ、変退色）
- ②膜厚調査
塗膜の外観観察では、さび、ふくれ、われ、はがれの発生面積率に応じて評価点を与え、変退色については、その程度に応じて評価点を付与し、これらの評価点により塗膜の劣化状況を評価し記録する。

膜厚測定は、施設現況調査と同様の調査により、1ゲートにつき9測点程度を設定し、毎回の調査と同じ位置とする。

③塗膜インピーダンス測定調査

インピーダンス計測器を用いて塗膜抵抗値、静電容量値を測定する。

10. 塗膜劣化追跡調査

試験塗装実施1年後の平成22年度に塗装劣化追跡調査として、扉体の外観調査、塗装膜厚調査、塗膜インピーダンス調査を行った。

(1)調査箇所

各ゲートの調査箇所は表-9に示す。

表-9 調査箇所

構造物区分	位置	数量	外観調査	塗膜厚測定	インピーダンス測定
		(門)	式	箇所	箇所
土砂吐ゲート	上流側	1	1	3	3
	下流側	1	1	3	3
洪水吐ゲート①	上流側	1	1	3	3
	下流側	1	1	3	3
洪水吐ゲート②	上流側	1	1	3	3
	下流側	1	1	3	3
合計箇所数			1	18	18

(2)外観調査及び塗膜厚測定調査

調査の結果を以下に示す。

①土砂吐ゲート扉体

塗装系：マイティCF-CP工法

【上流側】

- ・塗膜が厚く管理されており，全体に良好な状態である。

【下流側】

- ・塗膜厚が厚く管理されており，全体的に良好な状態である。
- ・下部アンダーフロー部も良好な塗膜を維持している。

②洪水吐ゲート①

塗装系：ビニルエステルガラスフレイク塗料

【上流側】

- ・塗装系が物理的に優れた塗料を施工しており，一般的に良好な状態である。
- ・流砂や転石が多い箇所のため，塗膜の摩耗があり，塗膜厚が減少しているものの，健全な塗膜厚を維持している。
- ・測定箇所1箇所に流砂，転石の影響と推測され思発錆が溶接ビートに見られる。
- ・スポイラーエッジ部に発錆が見られる。

【下流側】

- ・乾湿繰り返しであるが起状堰下流面は上流面に比べて腐食環境は緩やかで，物理的衝撃も殆どなく，塗装時の膜厚を保持している。

③洪水吐ゲート②

塗装系：エポキシ系塗装

【上流側】

- ・測定箇所2箇所に流砂，転石の影響と推測され発錆が溶接ビートに見られる。

【下流側】

- ・スポイラーエッジ部に1箇所発錆が見られる。

(3)塗膜インピーダンス測定調査

各ゲートの上流側，下流側ともに，抵抗値(R)，静電容量値(C)，傾斜角も良好で異常なしの状態である。

(4)今後のモニタリング計画

モニタリングについては，昨年度(H22)を初年目とし，3年後(H24)，5年後(H26)，10年後(H31)，15年後(H36)，20年後(H41)に行う予定である。

なお，次回の計測後に劣化予測曲線を作成して劣化予測を行い，各工法の評価に繋げたいと考えている。



写真-7 塗膜厚測定状況



写真-8 溶接部摩耗による発錆状況



写真-9 スポイラーエッジ部の発錆状況

「一歩ずつ前へ」被災した排水機場の仮復旧について

三 由 晃*
(Akira MIYOSHI)

目 次

1. はじめに	15	4. 現在の対応	19
2. 現地調査時の状況	15	5. おわりに	20
3. 排水機場の仮応急復旧対応	16		

1. はじめに

平成23年3月11日14時46分仙台合同庁舎6F執務室内は突然、まわりの人の携帯電話が「ブウブウ……」と、聞き慣れない音が一斉に鳴り響き、同時に、横揺れが大きく始まった。

立っていることも困難な揺れで、見る見るうちに机の上の書類は床に叩き落とされ、辺りは足の踏み場もない書類の海と化した。また、キャビネットも倒れ、通路を塞がれ、職員は非常用階段から退出した。

青森、岩手、宮城、福島などに未曾有の被害を出した東北地方太平洋沖地震である。平成23年8月23日時点で東日本大震災における被害は、阪神淡路大震災を大幅に超え、死者・行方不明者約2万人、農林水産関係被害額は約2兆2千億円におよび、農業への被害では、推定約2.4万haの農地がかん水し、被害額は8,418億にのぼっている。そのうち農業用施設等の損壊は21,867箇所、3,911億円の被害額におよんでおり、東北

から関東にかけて東日本一帯に甚大な被害をもたらしている。¹⁾

本報では、東北地方太平洋沖地震に伴い発生した大津波により機能停止した排水機場の仮復旧についてその対応状況を中心に報告する。

2. 現地調査時の状況

震災後直ちに行った農業用排水施設の現地調査へ向かう際、大津波により無数の家屋が破壊、流され、所々に車が折り重なり、海に浮いているはずの漁船が陸に打ち上げられている状況を目の当たりにし、津波の破壊力の大きさを感じさせられた。

突然襲ってきた大津波は、防潮林をなぎ倒し貞山運河を越え、楽々と排水機場を飲み込み、その使命である排水機能を停止させただけでなく、農地や農業用排水路を大量のガレキで覆い尽くした。これらの施設復旧に相当な時間がかかるであろうこと想像させるには十分すぎる光景であった。



写真-1 機場周辺をガレキや土砂で覆いつくされた相の釜排水機場

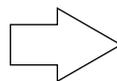


写真-2 侵入した流木や土砂に埋もれるポンプ室内

*東北農政局整備部設計課 (Tel. 022-263-1111)



写真-3 機場の建屋壁を破壊された大畑浜排水機場

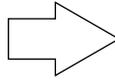


写真-4 海水が侵入し操作不能となった電気設備



写真-5 機場の建屋壁全てを打破された大堀排水機場

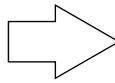


写真-6 ポンプ補機類をなぎ倒し流木で充満した建屋内

3. 排水機場の仮応急復旧対応

仮復旧は、東北地方太平洋沖地震に伴い発生した大津波により機能停止した排水機場の点検，機能診断調査を行う。また，調査結果を基に主ポンプ設備の一部について，応急的な対策工を実施するものである。

被災した排水機場の仮復旧は，以下のとおり。

(図-1参照)

排水機場の被災により，農地の湛水が排除出来ず，また二次災害防止の観点から，機能低下したポンプを稼働させるために震災から一ヶ月後に，排水機場の機能点検を行い，点検結果に基づく必要最小限の仮復旧を以下のとおり実施した。(表-1参照)

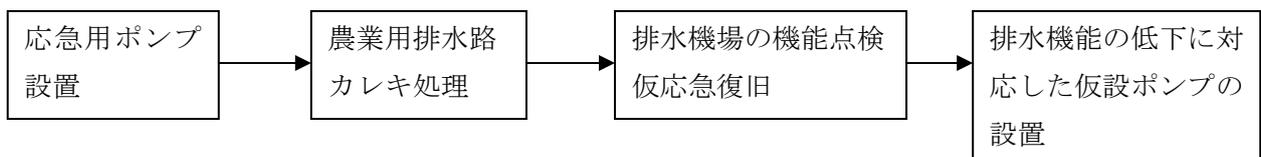


図-1 農業用施設の仮復旧フロー

表-1 国営相の釜排水機場の仮復旧内容

機器名称	実施内容	実施結果	仮復旧後の問題点
主ポンプ	現地分解点検 部品交換	外観及び内部羽根車等に極めて著しい、破損・変形等は見受けられないが、水中軸受・メカニカルシール・外部軸受に不具合が認められたため、部品交換や清掃・手入れを実施し再使用とした。	再使用した部品類は、長期的使用には不適切でポンプ回転体の回転バランスに異常を来した場合、ベアリングの損傷、水中軸受・外部軸受の焼損事故が発生する。
電動機	既設電動機撤去 仮設電動機製作・据付	既設電動機は、海水の浸水により内部に大量の砂が侵入し、腐食が発生、絶縁不良により再使用不能であったため、仮設電動機を製作し据付を行った。	既設電動機と仮設電動機では、その形状・大きさが違うため据付ベースが不一致で、長期安定運転や調整が出来ない状況である。
ディーゼルエンジン	現地分解点検 部品交換	分解点検の結果に基づき、エンジン内部やシリンダーヘッドの錆、腐食が発生している各主要部品の交換・整備・調整を実施し、再使用とした。	再使用した主要部品類は腐食し、摺動部の状態は良好なものではない。長期的には不適切であり計画的に交換する必要がある。このまま使用するとピストンやクランク軸等の動作不良による焼き付き事故が発生する可能性が懸念される。
減速機	現地分解点検 部品交換	外観及び内部歯車部に極めて著しい、破損・変形等は見受けられないが、海水の侵入による腐食が発生しているため、部品交換を実施し再使用とした。	再使用した歯車は腐食したため、歯面の状態は良好なものではない。長期的使用には不適切で、歯当たり不良による焼き付け事故、ベアリングの損傷が発生する。
真空ポンプ	現地分解点検 部品交換	ベアリング、グランドパッキンを交換し、水没の影響が少なかったその他の部品については再使用とした。電動機は水没の影響により使用不能であり交換を行った。	主排水ポンプ起動時において重要な補機ポンプであるが、再使用した部品類については、長期的使用には不適切である。予備機もない状態であり故障した場合は全ポンプ機動不能となる。
燃料移送ポンプ	交換	ポンプ本体及び電動機は海水の水没により、運転不能状態であることから、ポンプ及び電動機を製作し据付を行った。	屋外燃料タンクが津波の影響で使用不能状態なため、仮設ホームタンクにて対応しているが、燃料貯蔵量が絶対的に少ないため、長時間運転に対応出来ていない。また、燃料移送ポンプも1台しか設置しておらず予備機がないため、非常時故障した場合にポンプ運転が出来ない。
仮設操作盤	製作・据付	操作盤は海水の侵入により操作不能となったことから、補機操作用仮設操作盤の製作・据付を実施した。仮復旧であることから、操作スイッチは簡易な電動機のON-OFF操作のみとした。	本仮設操作盤の操作回路は電動機のON-OFFのみであり保護回路が考慮されていない。補機類との連動回路、吸込水位の保護回路も構成されていないため、運転管理が非常に困難である。



写真-7 主ポンプの分解点検状況



写真-8 インペラー分解点検状況



写真-9 エンジンの分解点検状況

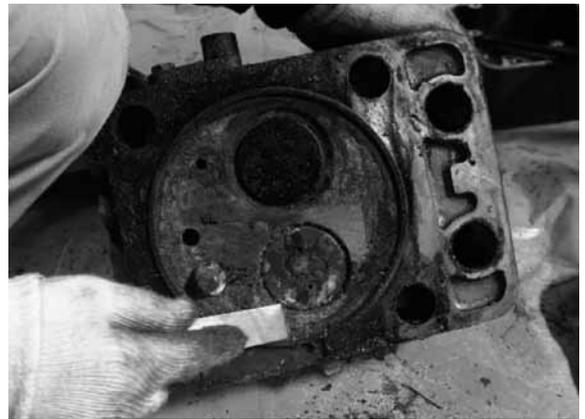


写真-10 シリンダーヘッドの整備状況



写真-11 スラストベアリングの交換



写真-12 グランドパッキンの交換

ここに、被災時から仮復旧後の対比状況を以下のとおり示す。

被災時の状況

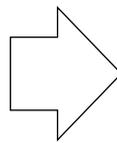


吸水槽など機場周囲に瓦礫が堆積

仮復旧後の状況



瓦礫類の撤去後



流木・土砂等が浸入



ポンプの仮応急復旧後

写真-13 排水機場の仮復旧状況

4. 現在の対応

宮城県内で津波被害を受けた国営排水機場（10箇所、ポンプ台数；27台）の仮復旧は、8月末までに25台のポンプ仮復旧を実施し、機能停止した排水機場のポンプ運転可能な状態までに至っており、残りの大津波により流没したポンプ2台については、仮復旧不可能であるため仮設水中ポンプにより排水対策を講じている。しかし、これら仮復旧により応急的に排水機能

の回復を図ったが、地盤沈下の影響も伴い、地域の排水機能が大きく低下したことから、平成23年度第一次補正予算（災害対策支援機械費）により仮設水中ポンプ（φ200mm）等を被災地に配備し、台風、集中豪雨や農地の除塩実施等に備えている。

今回の仮復旧は、あくまでも応急的な手当てであり、今後は津波対策や家屋移転などを踏まえた復興計画と連携等を図りながら本復旧に移行することになる。

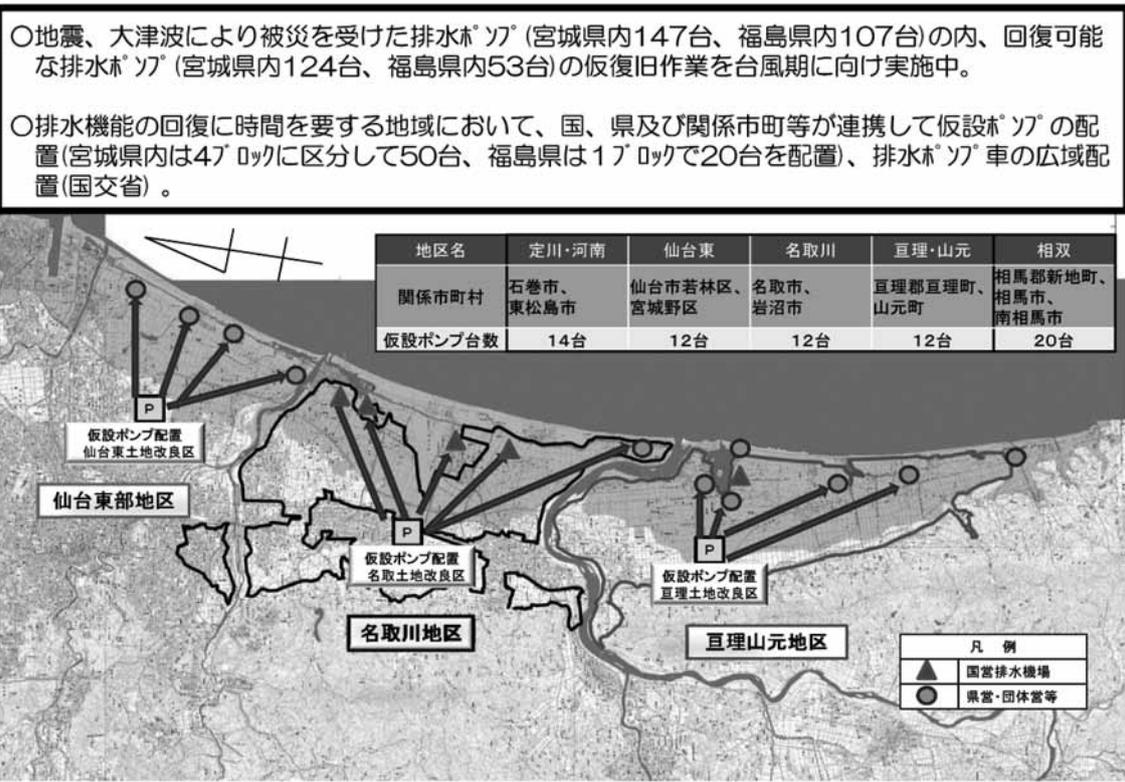


図-2 宮城県沿岸南部地域における排水機場の機能低下に対応した仮設ポンプの設置状況

5. おわりに

未曾有の大災害となった東北地方太平洋沖地震からの復旧・復興に関しては、全国の農村振興技術者のご支援、ご協力を頂き進めているが、尊い人命が失われ、生活環境が激変したことから、震災前と同じ生活に戻るのには今しばらくの時間を要するであろう。

今私たちに出来ることは、避難先で暮らしている人々に一日でも早く平穏な生活が営まれるよう多くの力を結集して、生活環境、生産活動などの復旧・復興に取り組むことと考える。

幾多の艱難辛苦を乗り越え「一歩ずつ前へ」突き進む気持ちで努力して行きたい。

出典

1) 農林水産省、「東日本大震災による農林水産業への影響と対応（平成23年9月12日現在）」

<<http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo02/fukkou/index.html>>（アクセス2011年9月12日）

職員の土地改良区への派遣(OJT)について

腰 田 洋 祐*
(Yousuke KOSHIDA)

目 次

1. 趣旨	21	4. 維持管理業務について	22
2. 牧之原地区の概要	21	5. 維持管理における課題について	24
3. 牧之原土地改良区の概要	22	6. 今後について	25

1. 趣旨

国営土地改良事業において、今後造成施設の更新事業ニーズが一層高まっていくなか、事業完了後の施設の利用状況や管理状況を国の職員が自ら把握するとともに、点検及び診断等の維持管理に係る技術的な能力の向上を図ることが重要となっている。このような状況に鑑み、関東農政局西関東土地改良調査管理事務所では、土地改良区におけるOJTを通じて、維持管理に係る技術力及び機能診断能力の向上を図り、ひいては国営施設機能保全事業等業務の推進や国営造成施設の適切な管理に資することを目的として、平成23年4

月より1年間の試行で牧之原畑地総合整備土地改良区（以下、「土地改良区」という。）へ職員の派遣（調査業務の一環）を行っている。

筆者は、その派遣職員として土地改良区に週3日間のOJTを実践中である。

以下に現在までの状況を報告する。

2. 牧之原地区の概要

牧之原地区は静岡県の中西部に位置し、島田市外4市に跨る地域で、大井川最下流部右岸の洪積台地上の一大茶園地帯と果樹園及び砂丘地の普通畑から成る農業地帯である。（写真-1）



写真-1 牧之原地区の営農状況

* 関東農政局西関東土地改良調査管理事務所
(Tel. 0537-35-3251)

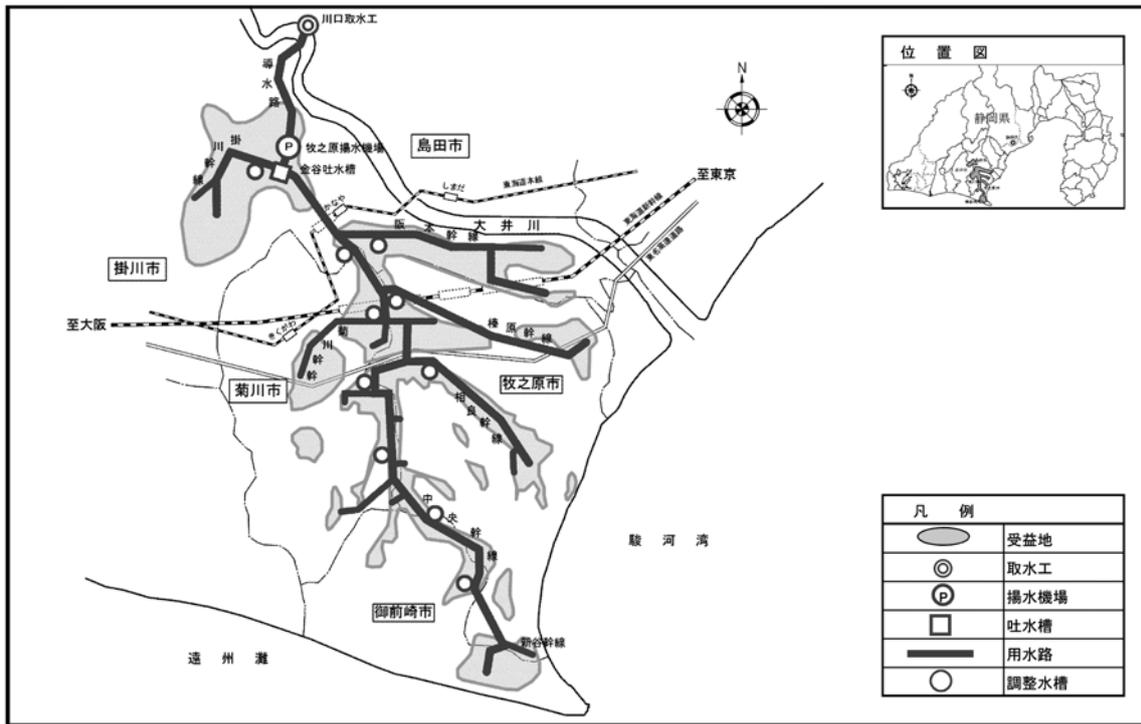


図-1 牧之原地区概要図

受益地は、大井川右岸に開けた洪積層の台地とその周辺に発達する開析谷の傾斜面を含む南北30km、東西14kmの楓葉状の地帯で、大半が3°以下の傾斜であるが、海岸部の受益である砂丘部の普通畑地帯は平坦である。

気候は、温暖な海洋性気候に属し、年平均気温は15℃であり、年平均降水量は2,360mmであるが、降水時期は梅雨や台風時に偏っている。

本地区の農業は茶を主体とした営農が行われているが、水源施設に乏しく、かつては防除用水やかんがい用水は台地下にある集落から運搬している状況であった。

このため、農業用水を確保し、畑地かんがい施設を整備するとともに関連事業により土地基盤を整備し、生産性の向上と農業経営の安定を図ることを目的として、昭和53年度から平成9年度にかけて国営かんがい排水事業「牧之原地区」が実施された。(図-1参照)

3. 牧之原土地改良区の概要

(1)土地改良区組織体制

土地改良区の事務局は総勢11名、組織体制は4課(総務課、業務課、管理第一課、管理第二課)及び中央管理所である。

(2)土地改良区業務

土地改良区は大きく分けて4つの業務を担っており、各課の業務分担については下記のとおりである。

なお、中央管理所の業務については管理課職員を中心に兼務(8人)により行っている。

総務課：庶務及び経理等業務

業務課：償還金及び賦課金関係、受益管理等業務

管理課：水利調整、施設財産管理、各種補助事業等業務

中央管理所：中央管理所関係業務

4. 維持管理業務について

(1)維持管理対象施設

牧之原地区における施設は、国営及び関連事業で整備された川口取水工から各調整水槽、ファームポンド(以下、「FP」という。)を経由し、末端パイプラインに至るまでの範囲である。

各ほ場への配水方法は、地域ごとに第1ステージ(県営FP給水スタンドまで)、第2ステージ(各ほ場給水栓まで)、第3ステージ(各ほ場スプリンクラーまで)までの3つの区分により、地域の要望に応じた「段階的な整備」の手法を導入して整備されたものである。

これらの施設の中で、土地改良区が維持管理(市からの受託も含む)を行う施設は、川口取水工から各調整水槽(10か所)までの区間であり、それより下流は各FP掛かりの水利組合により維持管理されている。

(図-2参照)

牧之原農業用水施設 土地改良区管理区分と体制

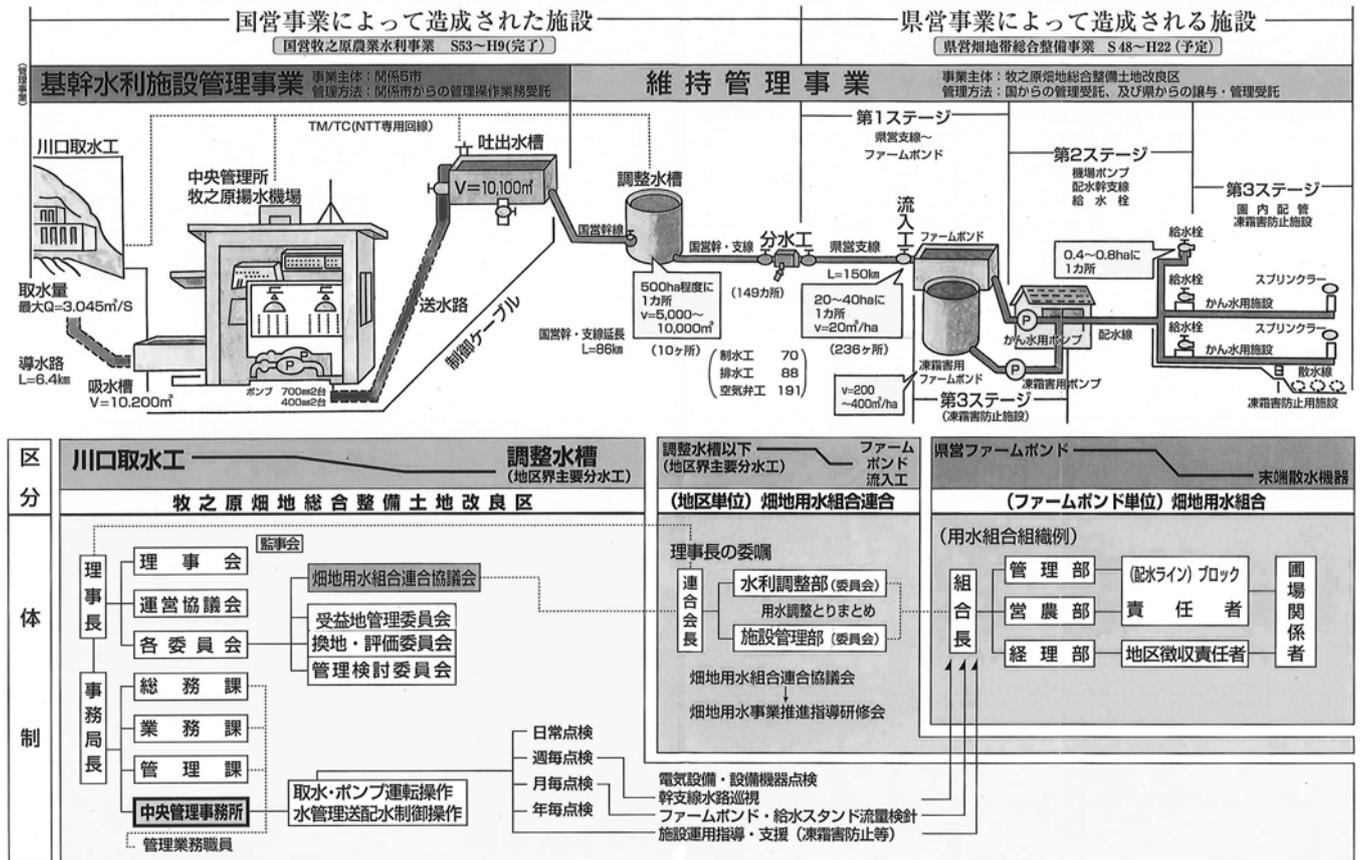


図-2 土地改良区管理区分と管理体制

(2)維持管理業務内容について

土地改良区が主に行う具体的な維持管理業務は、以下のとおりである。

- ・中央管理所（牧之原揚水機場）における施設監視、ポンプ運転操作、各調整水槽ゲート操作等
- ・各末端FPにおける使用量の計測及び施設点検（毎月1回、234か所）

その他、定期的な電気施設及びポンプの点検や不具合があった施設については適宜点検等を行っている。

(3)維持管理費について

各農家から使用水量に応じた賦課金を徴収し維持管理費に充当しているが、それ以外にも各市からの助成金や各種補助事業を活用しつつ土地改良区を運営している。

現在土地改良区が実施している補助事業等の種類は以下のとおりである。

【補助事業】

○基幹水利施設管理事業

（取水工～揚水機場～吐水槽）

川口取水工の農水専用施設、導水路工、機場関連施設、金谷吐水槽の点検・整備

○国営造成施設管理体制整備事業

（調整水槽～各幹線、支線水路）

国営調整水槽、国営幹線・支線水路の点検

○維持管理適正化事業

（施設の長寿命化を図るための維持保全）

畑地用水組合が行うポンプ設備補修、電動弁等の補修、配水管路補修等

○県単独農業農村整備事業

（突発的事故、他の補助事業対象外等の対応）

畑地用水組合が行う流入弁の修理、電磁式流量計の交換、フロートバルブの交換補修等

【保険】

○施設賠償責任保険

（他人や他人のものへの損害。土地改良施設の瑕疵による第三者への損害賠償金及び裁判費用）

○施設総合保険

（第2、第3ステージで設置された加圧機場の損害。屋内施設の火災・水災・落雷・盗難等による事故の損害）

○土木構造物保険

（末端ステージで設置された水位計、管路の損害。）

屋外にある施設の火災・落雷・盗難・操作ミス等による事故の損害)

○困障施設保険

(施設保護のためのネットフェンス、門扉の損害)

○水中ポンプ保険

(給水スタンド用水中ポンプ設備、電源機器等の損害)

(4)派遣職員業務

派遣職員については、下記の業務を主体的に行っている。

①配水管理等に係る施設の操作

中央管理所のポンプの運転管理、国営幹線水路の調整水槽や分木工等の送・配水状況の監視及び制御等を行う。(写真-2)

②施設の点検・診断

国営・県営幹線水路及びFP等の巡回パトロールを行い、各施設の点検や機能診断等を行う。

③施設の補修

不具合のある施設については、その状況に合った補修工事等の設計、積算及び施工を行う。



写真-2 中央管理所操作盤

5. 維持管理における課題について

今回OJTにおいて、土地改良区職員と一緒に業務を行う課程で把握できた維持管理に関する課題は以下のとおりである。

(1)ポンプの自動運転

当初事業計画においては、水需要に応じて自動で取水ゲート及びポンプ運転が連動して吐水槽水位を確保する計画となっていたが、その後の河川管理者との協議において取水量は一日を通じて一定量の取水とすることに変更されたため、現在は機場吸水槽の貯水状況を見ながら手動操作でポンプ運転を行っている。

基本的には、土地改良区職員が中央管理所にいる場合は手動操作でポンプ運転を行い、職員が不在となる夜間については自動運転(吐水槽における設定水位により、運転・停止が行われる)を行っている。ポンプの自動運転中に吐水槽の異常を検知すると、運転停止する設定となっているが、最近は原因不明の異常を検知したことによる運転停止が頻繁に起こる傾向にある。自動運転が停止した場合、使用水量が少ないときには翌朝の復旧までの間は各調整水槽の貯水されている量で対応できることが多いが、夏場や凍霜害時期(3~4月)などの使用水量が多い期間においては翌朝調整水槽が空になってしまう恐れがある。そうなった場合は、管水路も空になり、用水を止めて管内の充水作業等を行う必要があるため、管理業務への大きな負担となっている。特に凍霜害の時期の水管理は、一番茶の収穫に大きく影響するため、非常に気を使っている。

実際、昨年夏場に自動運転が停止し、水を止めなければならぬ事態となり管理業務に支障が生じた。現在土地改良区では、水使用の多い時期には中央管理所に長時間勤務し、手動操作により確実に吐水槽及び各調整水槽の水位を上げることで、自動運転の時間を減らし、自動運転の停止時のリスクを抑制している。

しかし、このような業務の形態では深夜に及ぶ対応となるため、ポンプ運転操作業務は土地改良区職員の大きな負担となっている。

今後、本年度着工した国営造成土地改良施設整備事業(特別機能監視制度)により水管理設備の更新を行う予定であるが、設備更新にあたっては、今後の水需要や土地改良区の体制を踏まえた設備となるよう、土地改良区と十分に調整を図る必要がある。

(2)土地改良区職員数

現在の職員数が11名であるが、ここ数年は新規採用を行っていないため、高齢化(半分以上が50歳以上)が顕著になってきている。

運営予算が厳しい状況にある中、主に施設管理業務として、必然的に現場作業(施設の点検監視、周辺整備(草刈り)等)を自前で行っているが、作業を行える職員も限られているため、土地改良区にとって大きな負担となっている。また最近、漏水事故や施設の不具合が年々増加傾向になっており、職員主体による対応が困難な業務が増えている。土地改良区では、将来を見据え、長い期間現場作業等の業務を担うことができる若い職員の採用を望んでいる。

近隣土地改良区のように、県や市の職員に出向してもらうことも考えられるが、土地改良区は、数年で異動する出向者に各種施設の位置や状況を把握させ、時間をかけて一から業務を教えることについて、否定的な見方である。

特に、施設（ポンプ及び各調整水槽流入ゲート）の操作は長年の経験を元に、用水需要や気象条件を考慮して行う必要があるため、数年で土地改良区職員と同じような操作ができるものではないとのことである。

今後、国営造成土地改良施設整備事業（特別機能監視制度）で行う水管理設備の更新により、維持管理に係る業務が省力化され土地改良区職員の負担軽減につながると思われるが、突発的に漏水事故等が発生し、緊急に現場対応しなければならない場合や、ポンプの自動運転が停止し水路管内が空になり、早急に充水作業を行わなければならない場合は、やはり一定の人員が必要となるため、対応策を早期に検討する必要がある。

6. 今後について

4月からの週3日間のOJTを通じて、中央管理所における基本的なポンプ運転操作や調整水槽ゲート操作を習得した。しかし、基本操作ができるようになったとはいえ、各水槽の特性や末端の用水使用状況により、常に操作盤を注視しつつ各水槽のゲートの開け閉めを行わなければならない、効率的に用水配水することの難しさを実感しているところである。

また、他の土地改良区も同様と思われるが、職員が施設に長時間張り付いて操作を行っていたり、関連施設の不具合が生じれば駆けつけて対応策を検討したり、土地改良区の負担が増えつつあることがOJTを通じて認識できた。

近年表面化してきている土地改良区の課題のいくつかを挙げたが、それらの課題の解決策につながるようなアイデアや、派遣職員として今後どのような支援ができるのかを引き続き土地改良区職員と一体となって考えていきたい

十郷用水路調圧水槽のひび割れ制御の検討

A study of crack control on a surge tank construction

美濃谷 茂 次* 猪 谷 幸 司** 寺 田 大 輔*
 (Shigeji MINOYA) (Koji INOTANI) (Daisuke TERADA)

目 次

1. はじめに	26	5. 試験充水前のひび割れ補修	30
2. 調圧水槽の要求性能	27	6. 試験充水後の漏水発生状況及び補修	31
3. 事前解析 (温度応力解析)	27	7. まとめ	33
4. 試験充水前のひび割れ発生状況及び補修	29		

1. はじめに

福井県北東部に位置する福井・坂井平野では、施設の老朽化、都市化・混住化による水質悪化や用水配分の不均衡、塩害の発生、夏場の用水不足などの問題を抱えており、『国営農業用水再編対策事業』により、鳴鹿大堰より取水している地域の開水路をパイプライン化し維持管理の軽減を図るとともに、パイプライン化によって創出される用水を利用し、用水不足や水質悪化地域への水源転換等農業用水の再編を行い用水の安定供給を図ることを目的としている。

十郷調圧水槽（以下「調圧水槽」）は、パイプライン下流受益地（水田）への安定的な供給水圧確保を目的とした施設であり、壁高30.0m、内径36.0m、総貯水量約30,000m³、側壁の厚さ0.55m、底版の厚さ0.9mの現場打PCタンクである。

建設地点は、JR北陸本線から約80m東側に位置し常に乗客の目にとまることになり、かつ農村地帯で周囲に高い構造物が無いことから、地域住民から見た場合ランドマーク的な存在となる。（図-1参照）

また、調圧水槽内の最高水圧が静水圧で30m近くあり、側壁部に貫通ひび割れが生ずるとひび割れ内に劣化因子が侵入しコンクリートの劣化が促進され内部の構造鋼材（鉄筋、PC鋼材）の腐食を招き耐久性が損われたり、二次エフロレンスの析出や内面からの水分の浸み出しによるコンクリート表面へのカビの発生等により美観への影響及び浸み出し、水の凍結融解に

よる劣化やその進展などが懸念され長期的な使用性やユーザー及び第三者への不安に対する影響が心配される。

コンクリート構造物の性能に影響を及ぼすひび割れは、『①温度応力によるひび割れ』『②収縮によるひび割れ』『③荷重によるひび割れ』等があり、本施設のように耐久性、水密性の確保が重要な構造物においては、ひび割れの発生を少なくする事が大切である。今回は、これらのひび割れのうち比較的影響度合の大きい『①温度応力によるひび割れ』に対して事前解析による検討を行い、事前解析の困難な『②収縮によるひび割れ』、『③荷重によるひび割れ』に起因すると考えられるひび割れについては施工の進展に伴い①と併せて事後対策を行った。

調圧水槽の側壁厚さは、下部を除き55cmあり、1.8m毎に打ち継ぎ、リフト下端が拘束されるためコンクリート標準示方書で示される壁厚50cm以上のマスコンクリートに該当する。マスコンクリートではセメント水和熱による構造物の温度変化に伴って生じる温度応力により、構造物にひび割れが発生しやすく、構造機能を低下させてしまう貫通ひび割れや水密性を確保する上で有害な幅のひび割れが発生しないように施工することが求められるため、ひび割れ抑制対策が必要である。

本報告は、施工に先立ち温度応力によるひび割れ解析を実施し、その結果に基づき講じたひび割れ抑制対策及び実際の施工における試験充水前のひび割れ発生状況と補修及び試験充水後の漏水状況及び補修について報告するものである。

*北陸農政局九頭竜川下流農業水利事業所
 (Tel. 0776-68-5500)

**東海農政局木曾川水系土地改良調査管理事務所
 (Tel. 052-761-3191)

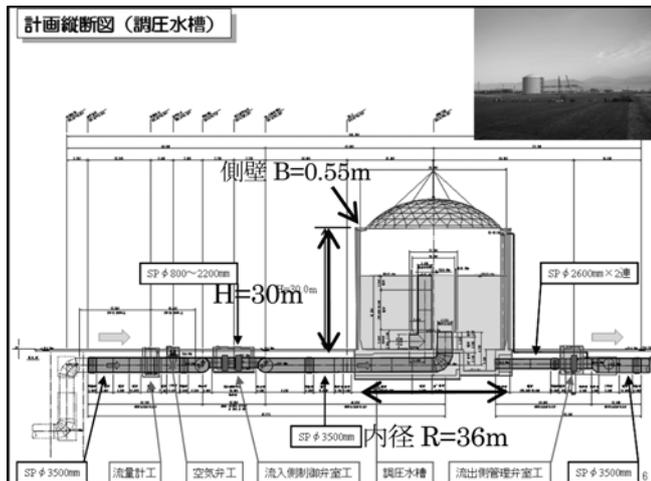


図-1 調圧水槽断面図

2. 調圧水槽の要求性能

温度ひび割れの発生は、内部拘束応力によるものと外部拘束応力によるものに大別される。(図-2参照)

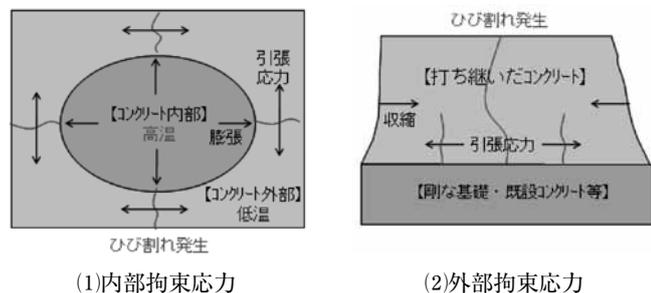


図-2 ひび割れ模式図

このうちマスコンクリート内部と外部の温度差により発生するものが、内部拘束応力によるひび割れであり、既設構造物に拘束され新設コンクリートの自由な熱変形が阻害されることにより発生するものが、外部拘束応力によるひび割れである。外部拘束応力によるひび割れは、躯体を貫通するひび割れとなる可能性が高いため、水密性が要求される調圧水槽にとっては、ひび割れの発生を抑制することが基本である。

よって、本施設は、着手前の実施設計段階の「狙いの品質」として水密性が要求される重要な部材であることを念頭に、コンクリート標準示方書(設計編)P181解説表12.2.1より、ひび割れ発生の有無を照査する際に用いられる「ひび割れ発生をできるだけ制限したい場合」の安全係数(γ_{cr})1.45(ひび割れ発生確率25%)以上を目標値とし、コンクリートの引張強度

(特性値)と温度差によって構造物中に生ずる引張応力(算定値)の比をひび割れ指数 I_{cr} と定義して双方を比較し照査する。

また、耐久性及び漏水抵抗性確保の観点から解析によるひび割れ指数が目標値の1.45を満たさない場合は、ひび割れの許容値を0.2mm(有害なひび割れ幅=0.2mm)として設定し、この幅以内に抑えるための温度ひび割れ対策を行うこととした。

また、近年の工学的知見では、補修を要しないひび割れ幅として、0.05mm以下が提案されているが、ひび割れ幅やその分布状況等からコンクリート中の漏水の流れを評価することは現行技術では極めて難しい。また、現実的な対応としては、既往の施工実績などから、補修対象のひび割れ幅の許容値の目安を0.1~0.2mmに設定している例がほとんどであり、今回は比較的事例の多い0.2mmを許容値(設計値)として温度ひび割れ対策を検討することとした。

なお、ひび割れ発生に対する安全係数(γ_{cr})1.45の設定に際しては、過去の大規模農業水利施設の施工事例(H13~H18)から採用例が多かった値を参考とした。

3. 事前解析(温度応力解析)

3.1 解析方法

土木学会「コンクリート標準示方書」設計編(2007)に準拠し、温度解析および温度応力解析を2次元有限要素法により実施した。

3.2 解析対象

解析対象は調圧水槽および付帯構造物とするが、報告の対象は側壁部(H=30.0m B=0.55m(ハンチ部除く))とした。

3.3 解析条件

打設間隔は中6日を基本とし、実工程に基づき設定した。リフト高さはハンチ部0.9m側壁部1.8m最上部2.1mの計18リフトの施工とした。コンクリートは実際の配合計画値を採用し、材料物性値の解析パラメータは、コンクリート標準示方書を採用し、外気温度については、近傍の気象庁気象統計情報である福井市の日平均外気温を採用して試算した。

3.4 解析のポイント

温度応力解析の結果で目標ひび割れ指数 I_{cr} 1.45以上(≒安全係数 γ_{cr} 1.45以上)を満足させるため、現場で対応可能なひび割れ抑制対策を順次追加し解析を繰り返した。本現場で対応可能な対策として、セメント種類の変更、混和材・混和剤、打設方法、養生方法等がある。

また、これらの対策を全て行っても目標ひび割れ指数1.45(安全係数 γ_{cr} 1.45)を満足できない一部の箇所については、別途対策を検討した。

3. 5 解析結果に基づく対策の段階的検討

解析結果および条件を以下に示す。当初設計の解析を行った結果、下位リフトの壁厚や上・下リフト拘束の影響で、低いリフトほどひび割れ指数が低くなり、ひび割れ発生の確率が高いことがわかった。よって今回の報告では特に水密性が重要となる最下位リフト（1リフト目）に着目し、段階的に対策を検討した。

なお、施工条件は施工計画に基づき行った。

(1)当初設計：未対策。

→【ひび割れ指数0.88】（図-3参照）

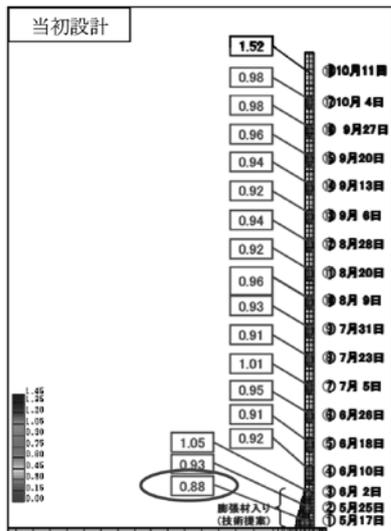


図-3 温度応力解析結果（当初設計）

(2)STEP1：セメント材料をコンクリートの水和熱を下げ温度上昇抑制等を目的として、断熱温度上昇量及び自己収縮ひずみ量が小さくなるように高炉セメントB種から普通ポルトランドセメントに変更。

→【ひび割れ指数1.05】（図-4参照）

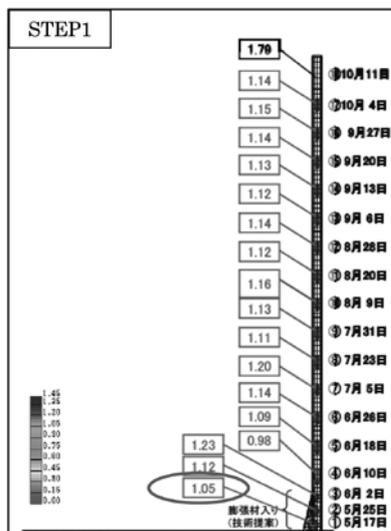


図-4 温度応力解析結果（STEP1）

(3)STEP2：さらにコンクリート硬化初期における自己収縮を補償するための膨張材（混和材）の追加、コンクリートの単位セメント量を下げ温度上昇抑制を目的として高性能AE減水剤を追加。

→【ひび割れ指数1.11】（図-5参照）

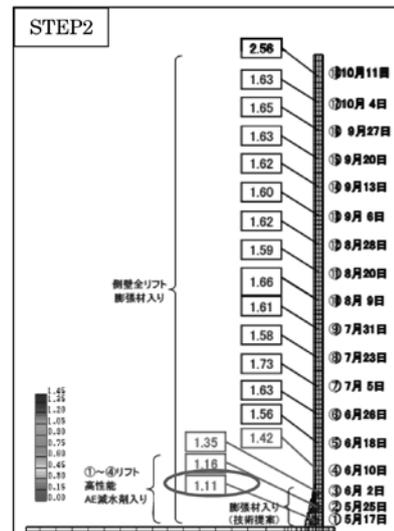


図-5 温度応力解析結果（STEP2）

(4)STEP3：さらに養生方法を改善し温度上昇を抑制する事を目的として、シースキューリング（PC鋼材挿入用の管を利用して外気を送り、コンクリートを冷却する方法）を追加。

→【ひび割れ指数1.18】（図-6参照）

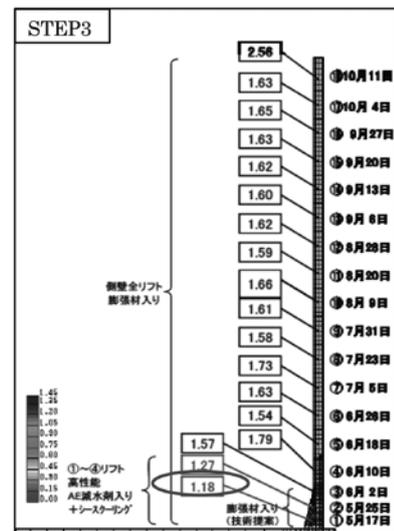


図-6 温度応力解析結果（STEP3）

3. 6 ひび割れ指数を満足しないリフトの追加対策検討

現場で対応可能なひび割れ抑制対策を行ったにもかかわらず、解析の結果1～2リフトについては目標としているひび割れ指数1.45は満足できず、更なる改善策が必要となった。

最大ひび割れ幅とひび割れ指数は、密接な関係があり、ひび割れ指数と鉄筋比により最大ひび割れ幅を推測することができる。

「マスコンクリートのひび割れ制御指針2008」解説表-3.2.4, 解説表-3.2.5, 及び「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針2009」表-4.2.1より、ひび割れ幅を0.2mm以内に抑えることを目標として、最大ひび割れ幅を抑制することに有効な鉄筋比の増加について検討した。

検討を行った結果、鉄筋をD16からD19に変更し鉄筋量を増やす(0.14%増)ことにより、最大ひび割れ幅が0.16mmとなり、有害ひび割れ幅0.2mm以下に抑制することが可能と考えられ、これを採用することとした。(図-7参照)

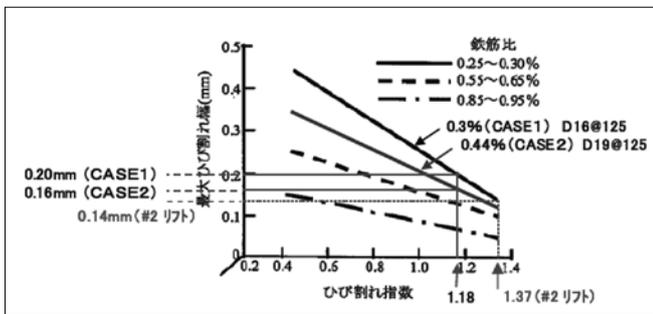


図-7 ひび割れ指数とひび割れ幅の関係

4. 試験充水前のひび割れ発生状況及び補修

4.1 ひび割れ発生状況



写真-1 施工状況 (2月)

実際の施工におけるリフト別のひび割れ発生状況は以下のグラフに示すとおりである。(図-8参照)

解析上で、一番懸念していた1~2リフトについては、ほとんどひび割れが発生せず想定を上回る良好な結果を得ることが出来た。

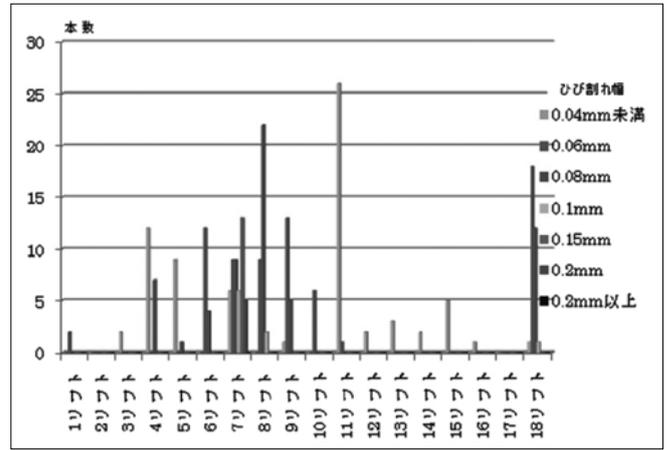


図-8 ひび割れ発生状況グラフ

また、4~6リフトにかけて多くのひび割れが発生したが、発生部位や発生パターン、ひび割れ幅等から、内部拘束応力が卓越したひび割れと推定され、貫通ひび割れが無いため構造、品質に影響がほとんど無いひび割れであると評価される。

しかし、7リフトにおいては、90本のひび割れが発生し、そのうち無処理のままでは有害と思われる貫通ひび割れ及び0.2mm以上のひび割れが7本確認された。

8リフト以降は、ひび割れ幅が小さい内部拘束応力によるひび割れ(表-面ひび割れ)や収縮によるひび割れ(自己収縮及び乾燥収縮ひび割れ)と評価される。

4.2 相対的にひび割れが多く発生したリフトについて

今回の7リフトのひび割れの発生状況について調査したところ、「リフト天端から発生」、「リフト中間から発生」、「リフト下端より発生」の3つのパターンがあることがわかった。(図-9参照)

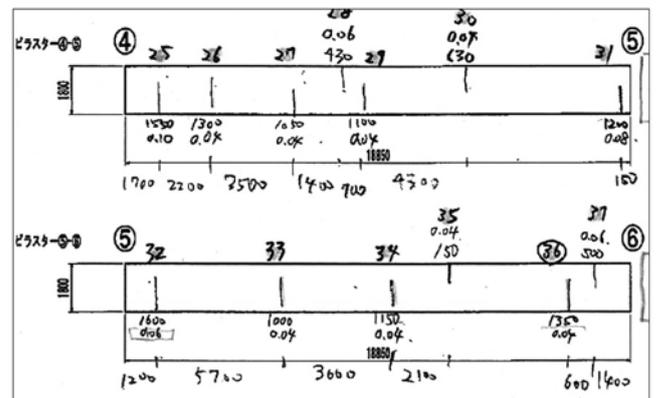


図-9 ひび割れ発生記録票 (7リフト一部抜粋)

①リフト天端からの発生

上部リフト(8リフト)打設前に発生したひび割れは外部拘束の影響を受けないため、発生状況からコンクリートの硬化に伴う自己収縮によるひび割れと考えられる。【90本中49本発生】

②リフト中間からの発生

外部拘束の影響や自己収縮の影響を受けること少ないため、発生状況からコンクリート内外温度差に起因する内部拘束によるひび割れと考えられる。【90本中20本発生】

③リフト下端からの発生

上部リフトとの打設間隔が長いことから、下部リフト（6リフト）からの外部拘束が生ずるため、発生パターンから外部拘束応力が卓越しているひび割れと考えられる。【90本中21本発生】

4. 3 外気温

本夏は気象庁の観測史上最高気温となる記録的な猛暑であり、特に6～8リフト打設時の外気温は平年（解析）より高温であったため、事前解析値と実測値を比較するとコンクリートの温度降下量の差が大きく事前解析時より大きな拘束力（内部拘束，外部拘束等）が発生し、予想より多くのひび割れが発生したものと考えられる。（図-10，表-1参照）

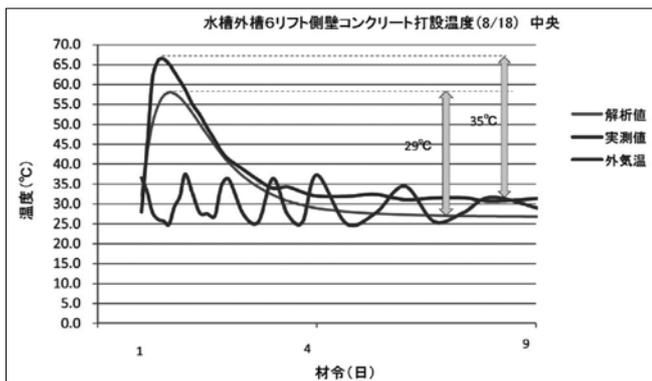


図-10 外気温・コンクリート温度グラフ

表-1 温度比較表

	打設日	解析外気温 (気象庁平年値)	現場測定 平均気温 (打設後4日間)
6リフト	8/18	26.7°C	30°C(24~36°C)
7リフト	8/27	26.1°C	32°C(26~41°C)
8リフト	9/17	22.1°C	25°C(18~33°C)

4. 4 施工状況（7リフト）

他のリフトでは上のリフトのコンクリート打設まで1週間であったが、7リフトでは上部の8リフト打設前にPC鋼材の緊張作業があり、シース内に養生水が入ってグラウト効果が低減されることを防ぐため一時的に散水養生を中断し8リフト打設まで高温下に直接晒された期間が3週間と長く、他のリフトに比べリフト天端部で長期間乾燥したため、自己収縮を助長したことが大きかったと考えられる。

また、コンクリートの型枠は鋼製を使用しており、特に7リフト養生時に猛暑による高温や直射日光の影響を受け実際の計測気温より高温となっていた可能性が大きい。

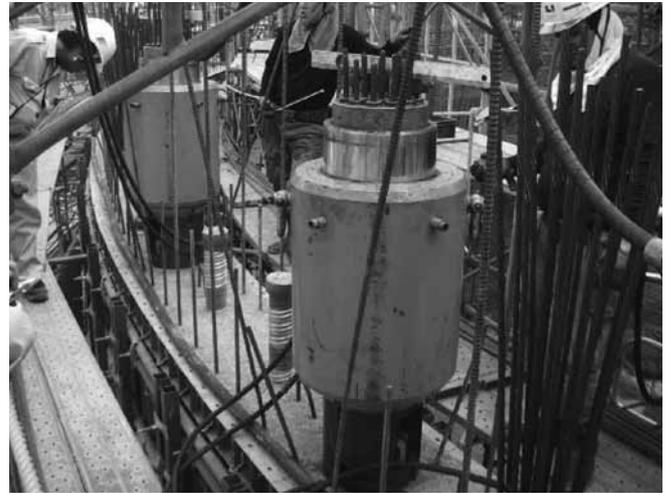


写真-2 PC鋼材緊張作業状況

4. 5 ひび割れ発生原因の推定

施工に先立ち調圧水槽側壁マスコンクリートの温度応力解析に基づき、現場で対応可能なひび割れ抑制対策の検討を行い、ひび割れ幅を抑制し水密性の確保という要求性能を満足させるため、ひび割れ指数1.45を「狙いの設計品質」の目標として設定した。

しかし、実際の施工では、事前の解析に基づき施工管理を徹底して対策を実施したにもかかわらず、想定を超えた気象庁の観測史上最高気温となる記録的な猛暑の影響で事前解析値と乖離の大きかった7リフトにおいて想定を上回るひび割れが発生し、中には貫通ひび割れや幅0.2mmに達した有害なひび割れと考えられるものもあった。

有害ひび割れ発生要因として考えられるのは、今夏の記録的な猛暑により全体的にコンクリートの自己収縮が促進された事に加え、PC鋼材の緊張作業で散水養生が中断されたことによって、コンクリート表面の急速な乾燥及び外気温の影響を直接受けるなど、事前解析条件と異なる過酷な条件が重なったことが7リフトにおけるひび割れ発生要因として推定される。

また、当初解析上では、0.2mm未満の幅のひび割れ発生を皆無にすることは、全てのリフトで困難であったが、2リフトや17リフトでは、目視によるひび割れ発生は確認されないという予想外れの良好な結果であった事を事前対策の成果として報告しておきたい。

5. 試験充水前のひび割れ補修

5. 1 補修対象ひび割れ

ひび割れによる漏水の防止及び鉄筋腐食による機能

低下の防止を目的として、調圧水槽充水に先立ちひび割れの補修対策を検討した。

ひび割れ補修の対象は、「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針2009 4.2 評価Ⅰ」の適用を基本とし、外的要因（外気温の低温の程度、水槽の貯水圧の有無）などがひび割れに及ぼす影響も考慮し、段階的な補修効果もその都度確認できる様に検討した。

まず、充水前の段階では、漏水防止対策として水の浸入元である側壁内面側のひび割れ幅に着目し、現時点で工学的に推奨されている0.05mm以上のひび割れを対象とし、側壁外面では構造的な長期耐久性を確保する観点から劣化因子侵入の防止によりコンクリート劣化や内部鋼材の腐食を防止するために既往の施工実績から、0.2mm以上のひび割れ幅を対象とした。

更に、ひび割れ発生調査の結果より、内面と外面のひび割れ発生位置が近接している場合は、ひび割れ発生パターンの類似性等も踏まえ貫通のひび割れの可能性が高いと判断し、水密性確保の観点からひび割れ幅を意識せずに補修することとした。

したがって、今回のようにひび割れ指数と許容ひび割れ幅の設定による事前対策を行って、発生するひび割れを極力少なくし、有害な幅のひび割れが発生しない様、対策を実施した結果、限定的に発生したひび割れについて、順次漏水が確認された箇所を対象に補修を行っていくことが、最も単純で確実であり無駄が少ないといえる。

5.2 ひび割れ補修工法

ひび割れ補修工法は「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針2009 6.3 補修工法」を採用した。

貫通ひび割れの可能性が低いひび割れは、ポリマーセメント系塗膜防水材料による「被覆工法」、貫通のひび割れの可能性が高いひび割れは、可とう性エポキシ樹脂を充填する「充填工法」とした。

なお、外面の0.2mm以上のひび割れは、外観に配慮し補修跡が目立たない「低圧注入工法」とした。（図-11～図-13参照）

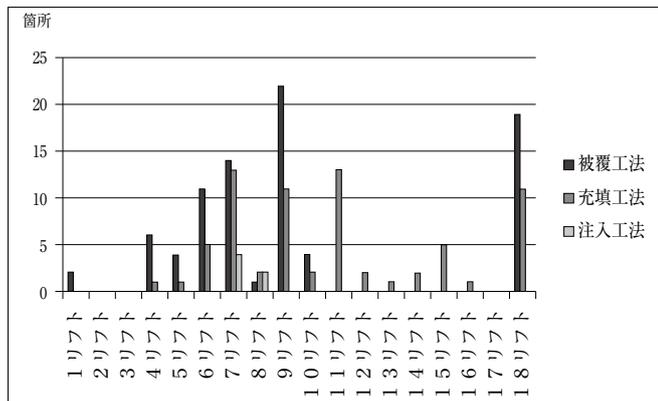


図-11 ひび割れ補修グラフ

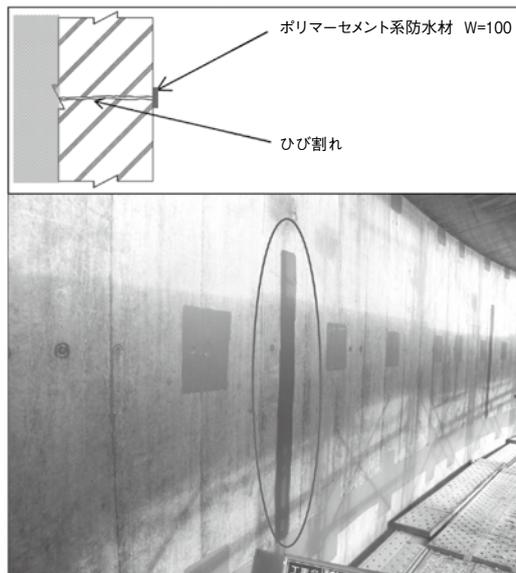


図-12 被覆工法

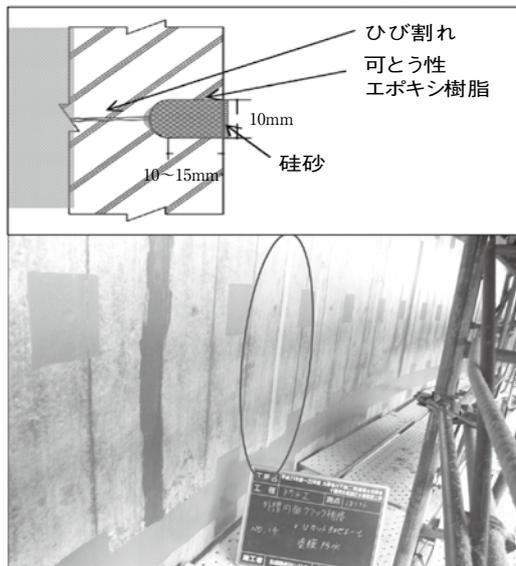


図-13 充填工法

6. 試験充水後の漏水発生状況及び補修

6.1 漏水発生状況

平成23年1月13日に、調圧水槽 HWL34.95m（水槽底板から28.45m）までの試験充水を実施した。

試験充水途中に7リフトで漏水が発生し、時間の経過とともに漏水箇所が増え、試験充水後12日間で合計121箇所の漏水が発生した。（図-14参照）

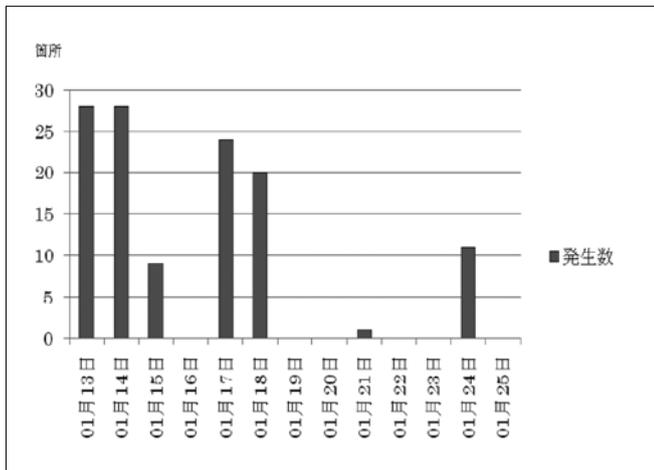


図-14 発生頻度の推移

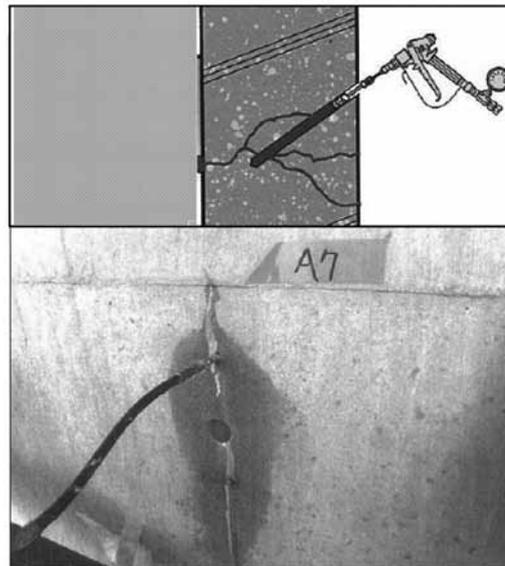


図-15 水反応性グラウトの高圧注入工法



写真-3 発生状況

6. 2 漏水補修

漏水補修対策として、試験充水後は調圧水槽内の水を抜くことが出来ないこと及び水槽内は常時水圧が約30mかかっている条件を踏まえ、「水反応性グラウトの高圧注入工法」を選定した。

1月15～18日に高圧注入工法による補修を行い初期の漏水は収束したが、補修後の1月18日以降から、水の浸み出しが発生し、1月20～22日・26日に追加の補修を実施した。

なお、1月26日以降の水の浸み出しは見られなくなった。(図-15参照)

6. 3 漏水原因の推定と補修対策の考察

充水前に行ったひび割れ補修は、漏水とひび割れ幅の関連性をきちんと評価する事が現行技術では極めて難しいため、発生した全てのひび割れを対象として補修を実施しておらず、明らかに有害と思われるひび割れ幅や貫通性が高いと思われるものを対象とし、限定して補修を行ったが、その後の充水水圧や外気温の更なる低下などの影響も考えられ微細であったひび割れが拡大するなどして、漏水箇所が発生したものと推察している。

漏水発生位置とひび割れ発生記録表のひび割れ発生箇所が概ね近接しているが、ひび割れ発生箇所以外でも漏水が発生している位置がある。

これは、エポキシ樹脂によるひび割れ補修箇所の引張強度は通常のコンクリート健全部より遙かに大きいので、充水前の補修時より気温が下がりコンクリートが収縮した時に、エポキシ樹脂で補修した箇所ではなく、その周辺部に新たなひび割れが生じた可能性がある。

なお、充水前のひび割れ補修時の平均気温は1.7～3.8℃で、補修後の平均気温は、-0.7～3.0℃、最低気温は-4.3℃を記録している。

更に、ひび割れ補修を行った周囲にも目に見えにくいひび割れ(マイクロクラック)が発生していた可能性があり、試験充水で調圧水槽側壁に対する水圧による応力が作用し新たな微細なひび割れとなったのか、或いは、補修後の低温により微細なひび割れが更に拡がって、漏水を発生させた可能性もある。

また、充水前の補修対策を側壁内面は、水密性確保の観点から、0.05mm以上のひび割れを対象とし、側壁外面は鉄筋腐食等、構造的に有害なひび割れ0.2mm

以上を対象として補修したが、ひび割れの一般的なアスペクト比（幅と奥行きの深さの比率）は、約2,000～3,000倍程度と云われており、0.2mm弱のひび割れは、厚さ55cmの側壁を貫通しているものもあったと思われ、それが側壁内側では、目に見えない微細なひび割れとして存在し、補修後の更なる低温で拡大していった可能性がある。

結果的にはそのひび割れも充水時の厳寒期で最もコンクリートが収縮する時期に全て漏水補修が終えて止水効果が確認できたことでこれらの予想が裏付けられたものと考えている。

最終的には、充水後の漏水ヶ所に水反応性グラウトの高圧注入工法を行い漏水も止まり、その後も現在まで安定的に推移していることから調圧水槽に必要な性能は満たされたと判断している。

7. まとめ

今回のひび割れ制御に関する一連の対応を振り返ると、事前解析の「狙いの品質」で設定した許容ひび割れ幅は、一部のリフトを除いて達成された。外れた箇所は外気温などの外的要因の差によるところが大きい。充水前の補修では、内面側からは漏水に対する止水性の観点から、外面側からは、劣化因子の侵入防止等耐久性の観点を主に対策を実施した。この段階では、全ての漏水の止水を予見している訳でなく、その後の外気温の低下や水槽への貯水圧の影響等の実態をリアルタイムで把握しながら、コンクリートが最も収縮する条件下（1月の厳寒期）において発生する漏水箇所を確実に止水処理できた事は、水密性確保の点では非常に効果が大きかったと考えている。

温度応力によるひび割れについて、事前解析から事後処理（補修）まで一貫して検討し、対策を実施したが、他に『収縮によるひび割れ』に関してもコンクリート中の水と結合材の約1割は収縮すると云われており、その影響は見逃せないものと思われる。現段階では、収縮によるひび割れを予測する解析手法は試行が始まったばかりで確立されていないが、今後は、この手法についても情報を収集し、温度応力によるひび割れと同時に解析し、事前対策を講ずる手段として活用していきたいと考えている。

コンクリート標準示方書〔施工編〕では、耐久性やひび割れ発生の照査に関する事項は、本来設計段階で行うべきこととして、2007年〔設計編〕へ移行された。今回は、この主旨を踏まえる形で試行したが、調圧水槽のコンクリートひび割れ温度応力解析、工事施工、ひび割れ補修工、試験充水、漏水補修工を通じ、コンクリートのひび割れ制御の難しさと、ひび割れ発生の皆無を経済的に目指すことの困難さを改めて痛感した。

今回の事前解析と実際のズレをどの様に改善したら「出来ばえの品質」が「狙いの品質」に近づけることができるのか今後も類似の構造物に携わる機会があれば更に検討を深めたいと考えている。

コンクリートのひび割れは、施工管理、気象条件に大きく左右され、解析通りの結果にならず、想定を上回るひび割れや漏水が発生した。

また、一部では逆に解析予想に反して、ひび割れが発生しないという好ましい方向に外れた結果も確認できた。

最終的には各種補修対策工法により止水し必要な水密性を確保することが出来た。試験充水が厳寒期となりコンクリートが最も収縮しひび割れ幅が最大となる状況が確認できたことから、最適な時期に補修対策を実施できたと考えている。一方で、調圧水槽内の水位変動や外気温の影響（昼夜の外気温差など）で再び漏水が発生する可能性がないとは言えないため状況の継続調査が必要である。

最後に、今回の調圧水槽工事を経験して、決められた工期内に良質なコンクリート構造物を建設するための施工管理の重要性と状況に応じて柔軟に補修工法を適用することの重要性を痛感させられるとともに、農業土木技術者として非常に大きな経験を得ることができた。

今回得た知識と経験を糧として、コスト縮減に配慮しつつ良質なコンクリート構造物を造成する事がストックマネジメントにおける第一走者の役割であると認識して、さらにコンクリート工事全般に関する技術力の向上に努力していきたい。

参考文献

- 1)コンクリート標準示方書 2007 土木学会
- 2)マスコンクリートのひび割れ制御指針 2008 日本コンクリート工学協会
- 3)ひび割れ補修・補強指針 2009 日本コンクリート工学協会

シールド発進立坑(変形五角形)の ニューマチックケーソン沈下管理について

堺 政 弘*
(Masahiro SAKAI)

目 次

1. はじめに	34	5. ケーソンの沈下計算	37
2. シールド発進立坑の立地条件	35	6. ケーソン沈下掘削(沈設)の施工計画	38
3. シールド発進立坑の構築工法	35	7. ケーソン沈下管理の実施	39
4. ケーソンの施工管理	36	8. おわりに	41

1. はじめに

国営総合農地防災事業「新濃尾(二期)地区」は、宮田導水路の改修を行い、農業水利施設の機能を回復し災害を防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定化を図り、併せて国土の保全に資することを目的としている。

宮田導水路は、愛知県犬山市内の木曾川本川に位置する犬山頭首工の左岸から取水した用水(約27m³/s)を、開水路・水路トンネル・暗渠によって濃尾平野の中央部に位置する都市近郊農業地帯に導水する農業用水路であり、築造から約50年が経過している。

この間、導水路周辺の宅地化が進行し、住宅地からの家庭雑排水が導水路に流入して農業用水の水質が悪化し、また、流水による摩耗等で水路表面の粗度係数が大きくなり、施設に機能低下が生じている状況であったため、本事業により用排水分離等の導水路改修工事が実施されている。

4ヶ年国債として発注した「宮田導水路1号サイホン建設工事」の工事内容は、延長約2.0km、内径3,500mmのサイホン(シールドトンネル)とサイホンへの流入水槽、流出水槽および各水槽から既設導水路への取付水路を施工するものである。

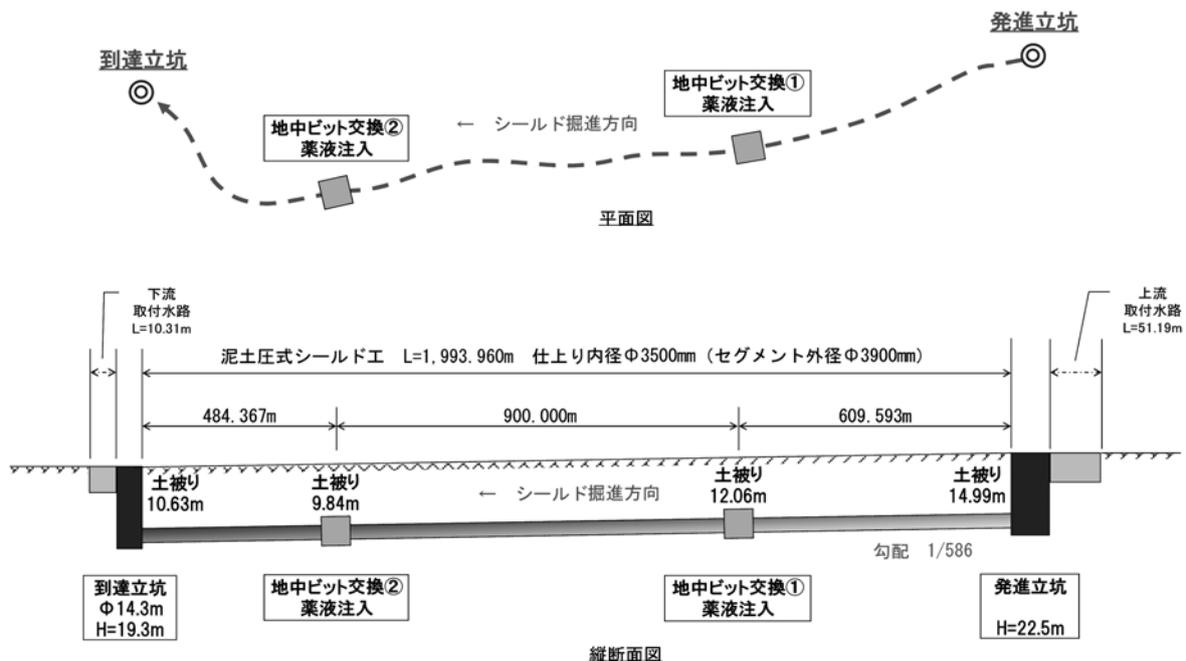


図-1 宮田導水路1号サイホン建設工事 模式図

*東海農政局土地改良技術事務所
(Tel. 052-232-1057)

流入水槽の建設位置は、犬山頭首工から木曾川本堤防沿いに約2km流下した扶桑町地内にあり、この流入水槽は、シールドトンネルの掘進時には発進立坑として利用されることから、全体工期の初期段階に建設する必要があり、シールド工事完了後に内部構築を行って流入水槽の本体構造物となる。

シールドトンネルを建設する区間の既設宮田導水路は、両側に民家や公共施設が立ち並ぶ町道の道路下に埋設されている暗渠（B=4.5m, H=2.3m）であるが、道路敷地の制約から新たに排水路を併設することが困難なため既設暗渠を排水路として利用し、その数m直下に導水路（1号サイホン）を新設する計画である。

今回は、ニューマチックケーソン工法で施工したシールドトンネル発進立坑（流入水槽）の沈下管理について報告するものである。



写真-1 シールド発進立坑建設位置周辺状況

2. シールド発進立坑の立地条件

1) シールド発進立坑の平面形状

シールドトンネル区間の宮田導路上流部では、冬期であっても畑地かんがい用水を流下させる必要があり、年間を通して長期間の断水はできない。したがって、流入・流出水槽は導水路に隣接した用地を確保して建設し、サイホン完成後に用水を既設導水路から切り替えて転流する必要がある。既設導水路との取付やサイホン流入への位置関係から流入水槽の形状が決定されているが、S字状の線形となりその一部であるシールド発進立坑は「変形五角形」の形状となった。

2) 発進立坑位置の地質条件

シールド発進立坑（流入水槽）の建設位置は木曾川沿いであり、ボーリング調査の結果、以下の地質が確認されている。

- ①玉石（流紋岩）混じり砂礫層を卓越層とし、玉石想定最大粒径はφ900mmと非常に大きく、その混入率も高い。

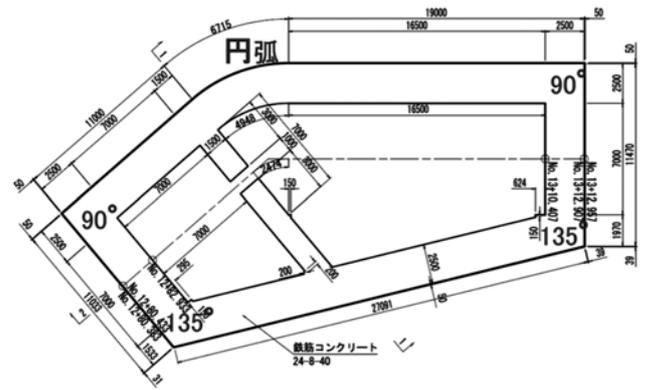


図-2 シールド発進立坑平面図

- ②玉石の強度も132~376MN/m²と非常に硬い。
- ③細粒分も1~4%程度のところがあり、切羽（地山）の自立は望めない。
- ④透水係数 $1 \times 10^{-2} \sim 5 \times 10^{-1} \text{cm/s}$ と透水性が高い上に地下水位が高く地下水流動が川のような状況である。

3) 発進立坑周辺の環境条件

発進立坑を建設する現場周辺の環境は、近接して養護施設や老人ホームなどの福祉施設や機械部品製造・塗装工場があること、また、苺栽培のビニールハウスも隣接しているため、騒音・振動のみならず防塵と通気に対しても十分な配慮・対策を行う必要があった。

3. シールド発進立坑の構築工法

本工事では発進基地の敷地造成を行い、シールド発進立坑となる流入水槽を先行して構築し、その立坑から泥土圧シールド工法で水路トンネルを掘進する。また、シールド掘進と同時進行で流出水槽となる到達立坑を構築する工程である。

シールド発進立坑の構築工法として一般的に用いられるものには、ケーソン系として、ニューマチックケーソン工法、オープンケーソン工法、根入れ土留系として、鋼矢板工法、SMW工法、地中連続壁工法等がある。立地条件等から適用可能なニューマチックケーソン工法およびオープンケーソン工法を選定し施工性や経済性等の比較検討を行って、本工事においてはニューマチックケーソン工法を採用した。

1) 本工法の概要

ニューマチックケーソン工法は、ケーソン本体下部に気密な作業室を設け、ここに地下水圧に見合った圧縮空気を送り込むことにより地下水の侵入を抑える。そして、ドライな状態での掘削・排土と本体構築を繰り返しながら所定の地盤まで本体を沈下し、沈下完了後に作業室に中埋めコンクリートを打設して立坑を構築する。

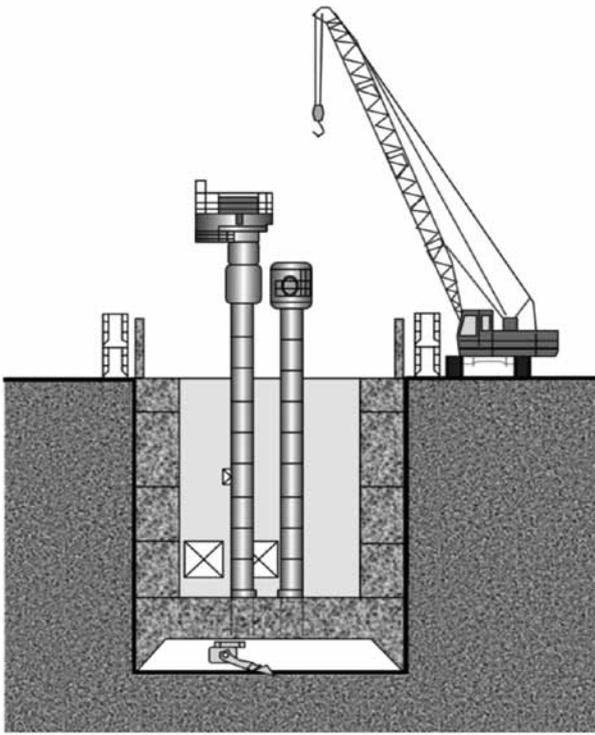


図-3 ニューマチックケーソン工法の概要図

2) 本工法の構造的性

- ①ケーソン本体をそのまま水路本体の床版と側壁として利用するため、後構築（内部構築を除く）の工期を必要としない。
- ②常に必要深度で本体を止めることができる。

3) 本工法の施工性

- ①地山を直接確認しながら正確な掘削ができるため、沈下精度が高い。
- ②あらゆる土質に対応できるため、N値>50の玉石混じり砂礫の当該地盤に対しても、補助工法を必要としない。
- ③高気圧で作業室を空洞化し、地下水位を低下させないため、周辺地盤の井戸涸れやボイリングに伴う地盤沈下等が発生しない。
- ④掘削土砂は普通土処理ができるため、リサイクル利用が可能である。

4. ケーソンの施工管理

農林水産省が制定している「土木工事施工管理基準」では、オープンケーソン工事の施工管理基準値を示しており、ニューマチックケーソン工事においてもこの値を基準値として準用することとなる。

ニューマチックケーソン工法における施工管理では、6リフトに分けて構築するケーソン本体の鉄筋コンクリートの品質管理は当然であるが、シールド工の発進立坑としてのケーソン沈下精度を確保することが最も重要である。

ケーソンを所定の位置に正確に沈下させるためには、一般的には四隅の鉛直・水平方向の変位測量を実施し、ケーソンの傾斜や移動が施工管理値を越えた場合には、速やかに掘削パターンの変更等により位置修正を行うことが必要となる。しかしながら、測量のみのデータ収集ではその処理に遅延が生じることがあるため、近年では沈下精度向上のために各種計測機器を用いた沈下管理を行っている。特に大型のケーソン施工においては、計測管理による情報化（沈設管理システム）施工が必須となっている。

沈設管理システムは、ケーソン本体に設置した傾斜計、沈下計等の計測機器データを地上の中央管理室に送信し、モニター上でリアルタイムに監視しながら、さらに、計測情報を作業室内へ迅速にフィードバックさせる施工管理のシステムである。

計測項目には、ケーソンの姿勢制御（固定傾斜計）、沈下量管理（レーザー式距離計）、作業室内気圧測定、マンロック内気圧測定等がある。姿勢制御ではケーソンの傾きを確認するため、直交する2方向に固定傾斜計を設置し、その傾斜量を中央管理室のモニターで確認できるとともに、作業室では表示器により確認することができる。また、今回の沈設管理システムにおいて、作業室内の酸素濃度、有害ガス等の自動計測を付したことで、労働環境の改善も図っている。

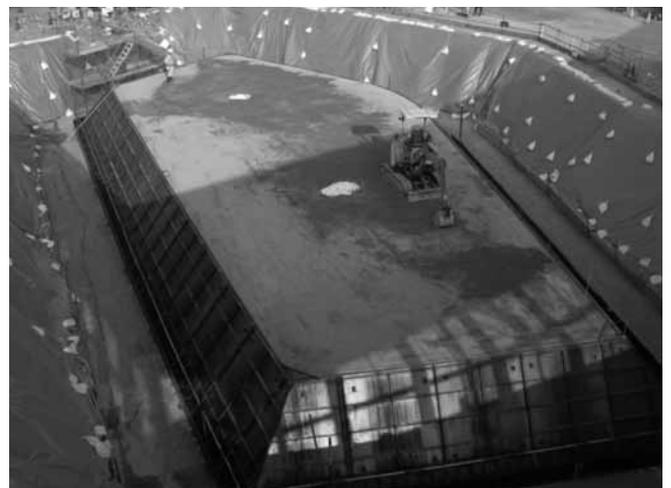


写真-2 ケーソン最下部の作業室刃口の構築（土砂セントル）

5. ケーソンの沈下計算

ケーソンは、構造物として安定計算および部材計算を満足するとともに、施工時の検討である沈下計算を満足しなければならない。そのため、ケーソンが支障なく沈下するか否かを事前に検討しておく必要がある。

1) 沈下力

沈下力としては以下のものがある。

①ケーソン本体重量

ケーソン本体重量として、各リフトのコンクリート重量を算出する。

②載荷荷重

沈下力が不足する場合には載荷を行う。今回はケーソン中空部に水荷重を載荷させる。

③舩装設備重量

ケーソン沈下時、ケーソン中空部に設置する舩装設備の重量は、沈下力として考慮することもできるが、全体重量に対して占める割合が小さいので無視する。

2) 沈下抵抗力

沈下に抵抗する力としては、作業室内の気圧による揚圧力と側面のコンクリートと周面地盤との間に作用する周面摩擦力およびケーソン本体最先端の刃口下の地盤支持力がある。

周面摩擦力度の値は、ケーソンの外壁面の材料、地質、深度などにより変化するものであり、その正確な値を求めることは非常に困難である。このため、道路

橋示方書に周面摩擦力度を推定する目安値が示されているため、これを参考に施工条件を十分考慮したうえで、適切な値を設定する必要がある。

3) 沈下可能性の判定

ケーソンが沈下する状態とは、沈下力=沈下抵抗力で力が釣り合っている状態から、ケーソン作業室内の底面を掘削することにより刃口付近の地盤支持力が低下して力のバランスが崩れ、沈下力>沈下抵抗力となるときである。

ケーソンの沈下関係を一般的に示すと、次のようになる。

$$W_c + W_w > U + F + Q$$

(沈下力) (沈下抵抗力)

W_c : ケーソン本体重量 (kN)

W_w : 水の載荷荷重 (kN)

U : 理論気圧又は作業気圧による揚圧力 (kN)

F : ケーソン本体側面に作用する周面摩擦力 (kN)

Q : 刃口下の地盤支持力 (kN)

$W_c + W_w \leq U + F + Q$ では、ケーソンは静止安定している状態である。

4) 沈下関係図

ケーソン沈下作業を安全かつ要求される精度で所定の深度へ施工するために、初期掘削時から最終沈下に至るまでの全沈下深度にわたり、沈下力と沈下抵抗力のバランスを計算し、沈下関係図を作成する。その結果から、全沈下過程において沈下力>沈下抵抗力となれば沈下は可能であり、ケーソンは沈下する。

表-1 沈下バランス

リフト NO.		総沈下力 (kN)			総沈下抵抗力 (kN)			沈下 バランス (kN)
		躯体自重 W	水荷重 G	合計 W+G	周面摩擦力 F	揚圧力 U	合計 F+U	
1L	前後	31,500		31,500	0	0	0	31,500
	前後	31,500		31,500	5,596	0	5,596	25,904
2L	前後	47,606		47,606	5,596	0	5,596	42,010
	前後	47,606		47,606	10,158	7,826	17,984	29,622
3L	前後	65,349		65,349	10,158	7,826	17,984	47,365
	前後	65,349		65,349	14,319	22,712	37,031	28,318
4L	前後	90,361		90,361	14,319	22,712	37,031	53,330
	前後	90,361		90,361	23,058	47,381	70,439	19,922
5L	前後	100,193		100,193	23,058	47,381	70,439	29,754
	前後	100,193		100,193	27,210	59,715	86,925	13,268
6L	前後	104,228		104,228	27,210	59,715	86,925	17,303
	前後	104,228		104,228	34,428	75,026	109,454	-5,226

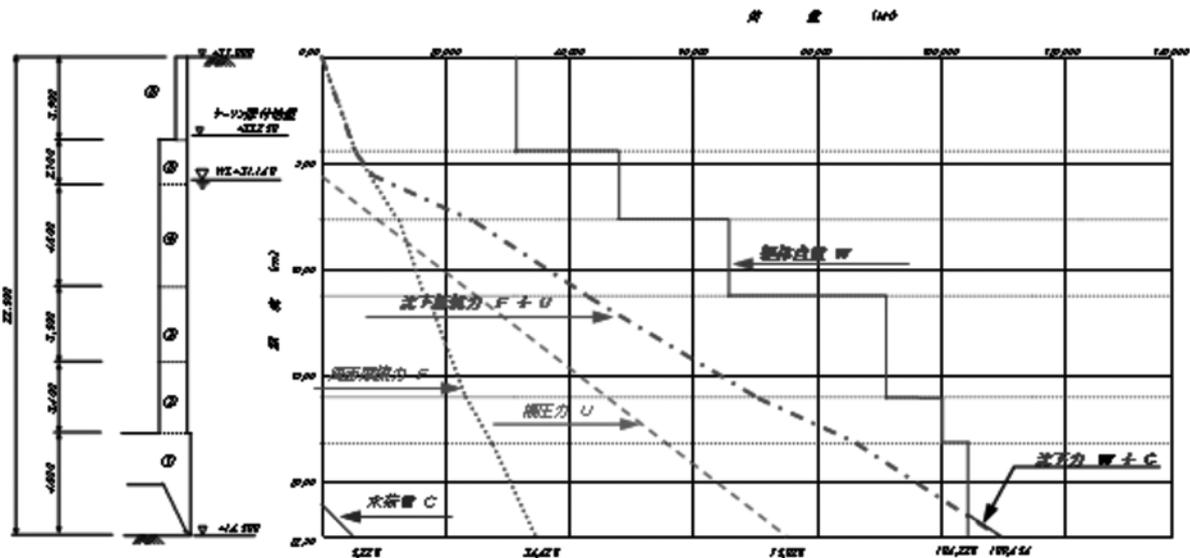


図-4 沈下関係図

6. ケーソン沈下掘削(沈設)の施工計画

ケーソンの沈下掘削は、沈下関係図に基づいて掘削方法や載荷荷重等を決めるが、沈下の際はケーソンの傾斜や移動及び急激な沈下を起こさないように注意する必要がある。

また、沈下関係図は、周面摩擦力等仮定の要素を含めて作成したものであるため、計画と実施が一致しない場合がある。従って、沈下掘削中はその動向を常に注視して、現場条件等が沈下関係図と相違する場合には、適宜、修正して状態の変化に対応して施工することが重要である。

今回のケーソン沈下掘削では作業室天井のレールに配置した3台の天井走行式ショベルを使用して施工する。また、高気圧作業となることから施工のあたっては、労働安全衛生法、同規則・高気圧作業安全衛生規則・酸素欠乏症防止規則・クレーン等安全衛生規則を遵守して作業を行っていく。

1) 傾斜対策方法

ケーソンの傾斜を防止するには、傾斜が発生する原因を理解し、その状態にならないようにするのが第一であり、次に現状から今後の変化を予測し、事前に対策して傾斜を予防することにある。万一、傾斜した場合は、極力早い時点で傾斜修正を行わなければならない。

ケーソンの傾斜の発生する原因として以下のものが考えられる。

- ①掘削のバランスが悪い
- ②支持地盤の支持力が、平面的に不均一である
- ③地層が傾斜している
- ④ケーソンに偏土圧、偏荷重が作用している

これらは、以下の傾斜修正方法と後述するケーソン沈下計測工による情報化施工を取り入れることによ

り、ある程度は防ぐことができる。

- ①刃口高の低いほうの土砂を多く残し高いほうを掘削することにより、刃口抵抗を大きくすることで傾斜修正を行う。
- ②刃口高の低いほうにサンドル（木製井桁）を組み、支持面積を増加させ、高いほうを掘削して傾斜修正を行う。

しかし、本工事で施工するケーソンは、形状が非対称であるばかりか、床版や壁厚が厚く本体重量が大きく沈下力が大きいため、沈下掘削時には軸方向および軸直角方向のバランスを図ることが重要となる。また、ケーソン本体のコンクリート打設時は偏荷重が作用しないようにケーソンの傾きを確認しながら、コンクリート打設ポイントで調整しながら打設を行う必要があり、ケーソン工事の経験が豊富な施工者ではあったが、相当の難しさが予想された。

2) ケーソン沈下計測

本ケーソン施工における沈下計測では、次の項目を対象として計測機器を設置した。

①ケーソンの鉛直変位（函体沈下計）

ケーソンの沈下精度を高めるためには、ケーソンの鉛直変位を把握することが最も重要である。特に、沈下初期段階での沈下量は地質状況により異なることから、掘削土量や掘削範囲の判断に不可欠である。このため、ケーソン本体に函体沈下計を設置しケーソンの沈下速度及び沈下量を把握した。

②ケーソンの傾斜変位測定（固定式傾斜計）

ケーソン本体の傾斜量を把握することは、傾斜修正のタイミングの判断と傾斜修正量の把握に加え安全管理上極めて重要で、傾斜変位測定をすることで沈下精度は高まる。

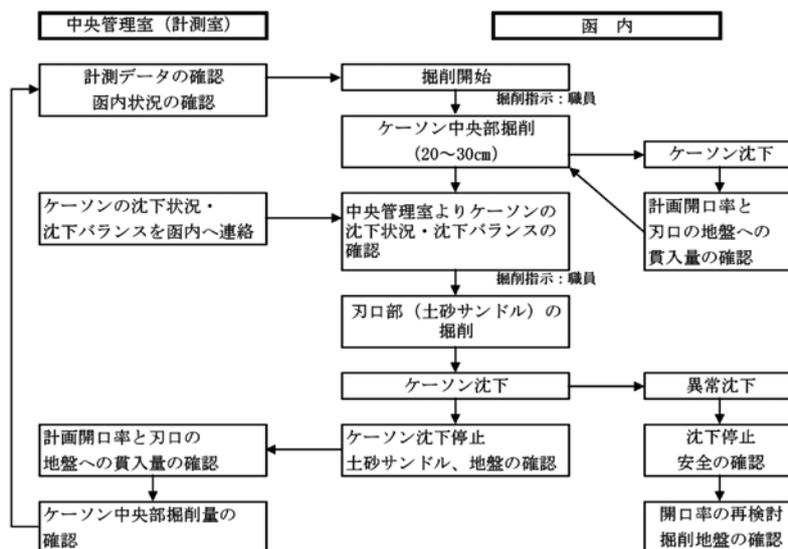


図-5 ケーソン沈下管理フロー図

7. ケーソン沈下管理の実施

1) 沈下掘削作業の施工状況

本ケーソンの施工量は、沈下深度が地表面下20.20m，掘削土量7,600m³，設計地下水位は-5.0m，最終沈下時の作業気圧は理論気圧で0.18MPaである。

ニューマチックケーソン工法では、地上部で構築したリフトを順次沈下させることでケーソン本体を沈設するが、本工事で施工したケーソンの各リフトの高さとコンクリート重量は、表-2のとおりであった。

表-2 リフト高さとしリフト重量

リフト NO.	リフト高さ (m)	リフト重量 (kN)
1	4.80	31,500
2	3.40	16,589
3	3.50	17,743
4	4.80	24,529
5	2.10	9,832
6	3.90	4,035

ケーソン本体第1～第2リフトの構築は、沈下掘削開始前の地表部における静止状態の施工，第3～第6リフトの構築は沈下掘削と並行作業での施工となる。沈下掘削は実働120日で、コンクリート打設日および養生期間中は沈下掘削作業を休止した。

沈下掘削作業は午後5時～午前2時までの夜間作業を標準とし、土砂搬出時に土砂ホッパーと落下土砂の衝撃音が発生し音量が大きいため、土砂の搬出は騒音

規制基準の厳しくなる午後10時前までとした。午後10時以降は刃口周辺を掘削して1日の沈下量が20～30cmとなるようにケーソンの沈下作業を進め、掘削土（約100m³/日）は作業室の中央部に集積して、翌日の日中に搬出するパターンを繰り返し行った。



写真-3 ケーソン沈下掘削（作業室内）

2) ケーソン沈下管理の情報化施工

施工計画書と実際の施工段階では、一般に各所で相違してくることが多い。本ケーソン施工においても、計画段階では想定できなかった巨礫（長辺140cm）が出現した。また、地下水位の変化に伴って施工計画時に作成した沈下関係図に修正が生じた。このように突如に発生するトラブルに迅速に対応するために、情報化施工（沈設管理システム）を導入している。

このシステムでは、姿勢情報を得るために沈下計、傾斜計の自動測定と、ケーソン各ポイントの相対傾斜量を算定している。

採用した沈設管理システムは、函体沈下計、固定式傾斜計のデータをリアルタイム（10秒間隔）に中央管理室へ送信し、パソコンで瞬時値のデータを模式図に表示するとともに、整理・分析してグラフ化表示が可能であり、ケーソン下部の作業室にフィードバックして傾斜表示器に表示する。

ケーソンの傾斜表示は、本ケーソンが変形五角形であるため各コーナーの5点について、直交する2方向の傾斜角度から沈下量を演算で求め、最も低い点を0mmとし、他の4点は高度差を数値化して沈下量差として表示する方式を採用した。

本工事において初めて試みた装置としては、作業室内で沈下掘削を行っている各作業員が、作業中にどの体勢でも監視できるように携帯情報端末表示器を配備したことである。携帯情報端末表示器には、5ポイントのケーソン沈下量差と、函内気圧、日沈下量および累計沈下量も表示できるようにした。

これらのシステムによりリアルタイムな情報が作業員に届き、作業の即応性と高効率化を図ることができた。

3) 沈下最終結果

土木工事等施工管理基準では、管理基準値として基準高で±65mm、平面的なズレ（偏位）で200mmが示されている。しかし、これらの値はケーソン本体の沈下最終時のものであり、沈下作業時は作業室内の掘削によりケーソン本体は傾斜を伴いながら沈下するため、その施工管理基準値として特に定められた値はなかったが、施工時は沈下量差の目標値として20mmを設定していた。

第2リフト（2R）の施工までは沈下荷重が大きく、また、比較的大きな玉石が刃先に出現したことから除去するために多少の傾斜が生じてしまった。修正掘削を直ちに行って体勢を立て直したところ沈下量差は最大で60mm程度であった。

第3リフト（3R）の沈下付近から沈設管理システムの効果が発揮され、一時的には沈下量差が最大で20mmという沈下もあったが、所定の沈設精度を十分に確保してケーソン沈下掘削工事を終えることができた。

ケーソンの沈下成果は下記グラフのとおりであった。



写真-4 ケーソン沈下管理画面



写真-5 携帯情報端末画面

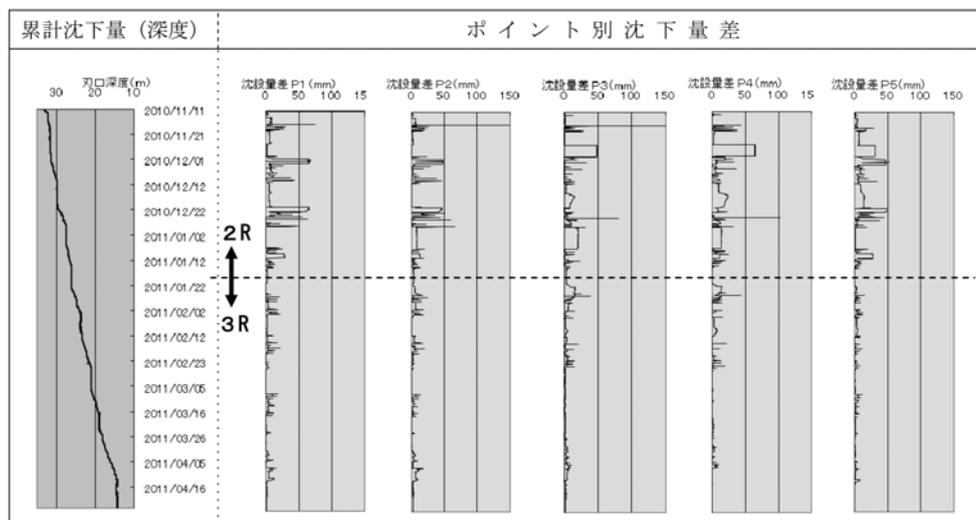


図-6 ケーソン沈下データ整理表

全体を通したケーソン沈下管理としては、当初に想定した異常沈下や偏土圧の影響による水平移動等も見られず、施工管理の数値においても良好な結果が得られた。

最終時点の各ポイントの沈下量差と本体偏位量を以下に示す。

8. おわりに

本工事で施工した発進立坑は、床版や外壁のコンクリート厚が2.5mと非常に厚く、鉄筋量も多い重量構造物であった。さらに、変形五角形の平面形状でニューマチックケーソン工法では事例の少ない非対称なケーソンの沈設であり、その施工には困難が予想されていた。

しかし、結果は予想に反し良好な作業状況と沈設精度が高い出来形を残した。これは、情報化施工を駆使したことによって、リアルタイムなデータに基づく掘削管理とデータ分析による異常発生の予測が可能で

あったことによると考えられる。重量構造物である大型ケーソンを自分の体のように細部まで神経を研ぎ澄ませて、些細なトラブル原因も見逃さず早期に対応してきたことが要因と考えている。

現場作業に携わった施工者のリスク回避に対する意識と高い技術力は言うに及ばないが、エレクトロニクスと情報通信技術の発展も今回の成功に寄与していることは間違いないと確信している。

このような情報通信技術の利活用による事例紹介が、今後の農業農村整備事業における各種工事施工の一助となれば幸いである。

表-3 ケーソンの沈下最終結果

沈下量差	1ポイント	2ポイント	3ポイント	4ポイント	5ポイント
	1 mm	2 mm	3 mm	2 mm	0 mm
本体偏芯量	シールドセンター方向に対して北に 31mm、着底高さは+ 5 mm				



写真-6 ケーソン発進立坑完成写真

河内ダム(淡路市)の取水施設等における 基幹水利施設ストックマネジメント事業について

西尾 彰 洋*
(Akihiro NISHIO)

目 次

1. はじめに	42	4. 機能診断に関して	42
2. 地区の概要について	42	5. 実施設計に関して	43
3. 基幹水利施設ストックマネジメント事業に至る 経緯について	42	6. 注意点および課題について	47
		7. おわりに	47

1. はじめに

基幹水利施設ストックマネジメント事業「淡路地区」は、兵庫県淡路市河内に位置している河内ダムの取水設備および観測計器を更新することを目的としている。河内ダムは、昭和60年に旧津名郡東浦町（現在淡路市）の北部地域を対象に農業生産基盤と農村の生活環境の整備を総合的に実施した県営農村基盤総合整備パイロット事業「北淡路地区」の一環として建設されたダムである。しかし、整備から約20年が経過し、取水施設の老朽化が激しく、施設の延命化とコスト縮減を図るためストックマネジメント事業を実施した。その事業の実施内容、コスト縮減策および課題となった点について報告する。



図-1 河内ダム位置図

2. 地区の概要について

本地区は淡路島の北部に位置し、東は大阪湾に面し、西は急傾斜地を背景に棚田が発達している農村地域で、瀬戸内海の温暖な気候に恵まれている。

老朽化している施設は、取水施設開閉装置、調整バルブ、計測機器、取水施設配管、建屋であった。それらの劣化状況を診断し、施設管理者と調整をはかりながら更新・改修計画を立て、対策を実施した。施設は耐用年数が経過しており全面改修が必要であったが、コスト縮減を図るため、劣化状況を把握し改修方法を検討することとなった。詳細な内容については後述するが、調査設計において機能保全計画を策定し、実施設計において詳細な対策について検討した。

3. 基幹水利施設ストックマネジメント事業に至る 経緯について

河内ダムは工事完了後20年以上が経過し、施設全体の老朽化が進行し、更新時期を迎えていた。施設の更新は、施設の長寿命化を図ることによって財政負担を平準化し、ライフサイクルコストを低減しながら施設の活用を行う必要がある。このため、既存施設の有効利用を図り、効率的な対策を推進するため機能保全計画を作成し、計画に基づく対策を行うため基幹水利施設ストックマネジメント事業を実施し、機能を効率的に保全することとした。

4. 機能診断に関して

事業実施にあたり、機能保全計画を策定するため調査設計を行った。以下にその内容を記載する。

① 予備調査

施設管理者聴き取りにより補修履歴や日常管理、施工図面の有無について確認した。施設全体の目視調査

*兵庫県淡路県民局洲本農林水産事務所
洲本土地改良事務所 整備第2課
(Tel. 0799-26-2122)

により、現地調査地点及び調査項目を決定した。

②診断結果

現地調査に基づき、劣化要因を推定した。主な劣化要因は、施工後約20年が経過したことに伴う老朽化であった。

現地調査の結果、堤体、洪水吐については、現時点では漏水、変状等がないことからS-4と判断した。

斜樋門1、斜樋門2は水位を下げることにより作動するものの、取水施設開閉装置（油圧ユニット）は22、3年経過しており老朽化が進行し、油漏れが見られた。また、誤作動による開度が合わなかった状態から補修が必要でS-3と判断した。

油圧シリンダーは錆びているが現時点では開閉に問題がないと思われるのでS-3と判断した。

取水施設配管、調整バルブは腐食、錆が著しく手回しが困難な状態でS-2と判断した。

漏水量測定器は、老朽化が進行して機能していない状態から、S-1と判断した。

間隙水圧計は一部動作不良がみられるのでS-3と判断した。

なお、S-1～S-4については、施設機械設備における健全度ランクである。

③対策

健全度評価に応じた対策を検討した。

- ・取水施設開閉装置（斜樋門1油圧シリンダー・油圧ユニットの更新、斜樋門2油圧シリンダー・油圧ユニットの更新、底樋油圧シリンダー・油圧ユニットの更新）の補修
- ・取水施設配管L=162.2m、調整バルブ（仕切弁600×1、仕切弁250×3、仕切弁150×4、仕切弁100×1、空気弁φ25）の補修
- ・流量計、漏水量測定器の補修
- ・間隙水圧計の補修

④機能保全シナリオ

機能保全コスト、施設の立地条件及びシナリオ毎に想定されるリスク等を総合的に評価し、最も経済的なシナリオを実施することとした。

5. 実施設計に関して

河内ダムの取水施設のうち、現状に不具合が生じている以下のものについて、機能保全計画に基づき老朽化、劣化状況を診断し、改修、更新等の整備方針を策定した。

(1)施設概要について

1)取水施設

- ・取水施設斜樋門1

斜樋ゲートφ300；4門の油圧操作ユニット、油圧シリンダー

- ・取水施設斜樋門2

取水ゲートφ200；4門の油圧操作ユニット、油圧シリンダー

- ・底樋土砂吐ゲート

土砂吐ゲート700×700の油圧操作ユニット、油圧シリンダー

- ・予備ゲート

予備ゲート1,000×1,000の油圧操作ユニット、油圧シリンダー

2)取水施設の状況

斜樋ゲートφ300、4門の開閉装置として操作室に手動式油圧ユニットが設置してある。（図-2参照）油圧シリンダーは、斜樋φ300に直結式により設置してある。油圧配管は、縞鋼板蓋を架けた配管ピット内に設置してある。（図-3参照）取水ゲートφ200、4門の開閉装置として手動式油圧ユニットが設置してある。（写真-1）取水ゲートの油圧シリンダーは、斜樋ゲートφ300の築造後に設置されたものである。土砂吐ゲート700×700の開閉装置として手動式油圧ユニットが操作室内に設置してある。油圧配管は、斜樋門と同様に縞鋼板蓋がかかったピット内に設置してある。予備ゲート1,000×1,000は、操作室内に油圧操作ユニットが設けられているが、ゲート1,000×1,000の本体がどのように設置されているか管理図書がないため不明であった。また、現況ではダム底に堆積土砂があり、現地に設置されているか不明で、関連図面もなかった。



写真-1 土砂吐ゲート700×700
および取水ゲートφ200油圧操作ユニット

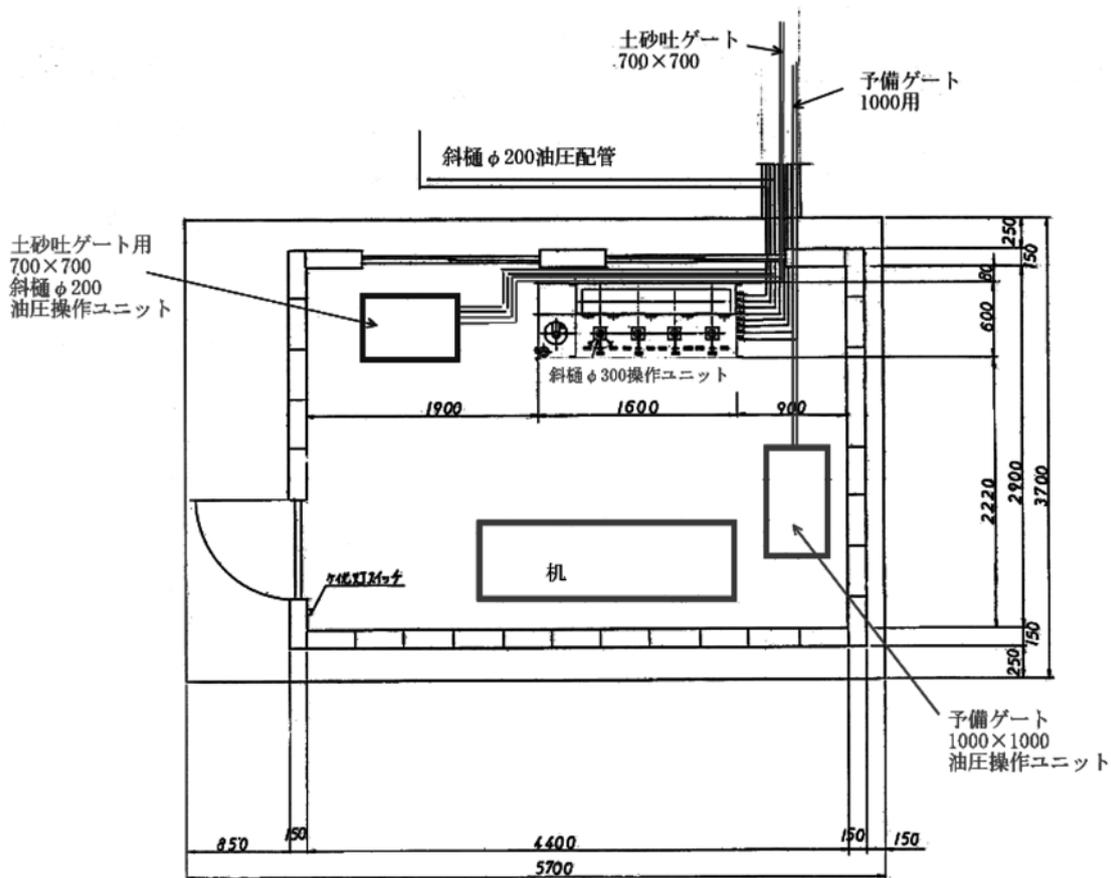


図-2 操作ユニット配置図

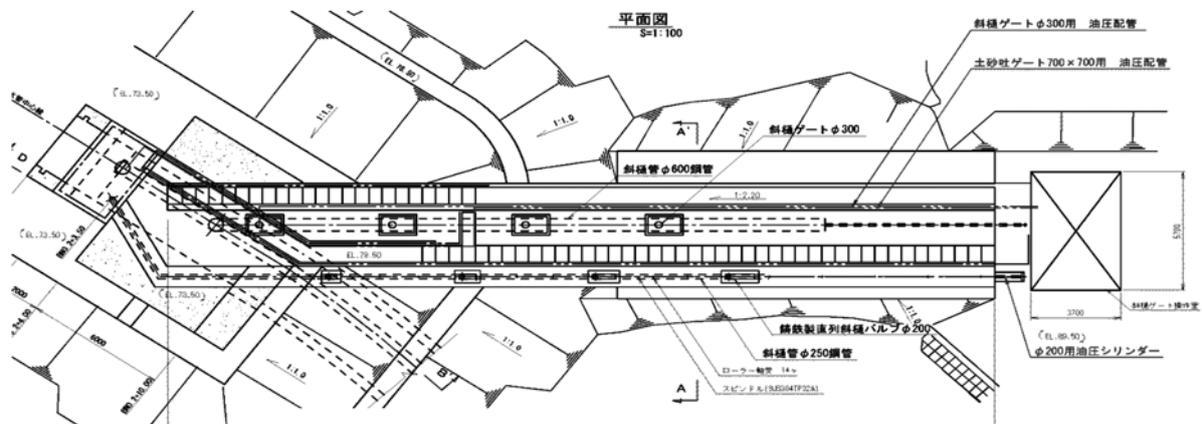


図-3 斜樋平面図 (油圧配管・油圧シリンダー)

3) 取水施設配管

取水施設配管 (鋼管SGP φ250) L=162.2m (調整バルブ1基含む延長)

4) 取水施設配管の状況

斜底樋から底樋につながる送水配管で、トンネル内に配管されている。現状施設の不具合は、さび、塗装の剥離である。

5) 調整バルブ (図-3参照)

取水施設配管 (鋼管 φ250) のトンネル内に設けられた制水弁 φ250-1基

取水施設配管の露出配管部 (鋼管 φ250, φ150,

φ100) に設置された制水弁 φ250-2基, φ150-4基, φ100-1基, 及び空気弁 φ25-1基

底樋放流管 (鋼管 φ600) のトンネル内に設けられた制水弁 φ600-1基

6) 調整バルブの状況

送水管の露出配管部に設置された流量調整としてのバルブで、全開、全閉操作により水系毎に各圃場へ送水している。現状施設の不具合は、外面塗膜の剥離があり発錆箇所が多いことと、バルブ操作が固く、開閉が困難なことである。

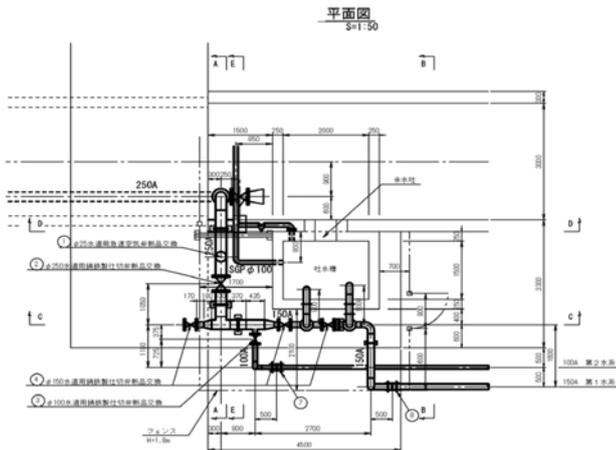


図-4 送水配管図



写真-3 漏水量計

7) 流量計

取水施設配管（鋼管φ250）露出配管部に設置された超音波流量計

8) 流量計の状況

取水施設配管のトンネル出口屋外配管部φ250に超音波流量計の検出器が設置されており、そこから約25m離れた間隙水圧計室に変換器、記録計が設けられている。現状施設の不具合は、さびおよび計測が出来ないこと（機器の動作不良、及び故障）である。



写真-2 超音波流量計

11) 間隙水圧計

間隙水圧計（親ゲージ1個、個別ゲージ34個、及び接続チューブφ8）

12) 間隙水圧計の状況

堤体内部に設置された間隙水圧計と堤体背面の間隙水圧計室内に配備された循環式圧力計及び圧力ゲージにより、堤体の間隙水圧を計測するものである。

現状施設の不具合は、配管チューブ内に藻、及びカビの発生および圧力ゲージの作動不良である。



写真-4 間隙水圧計のダイヤルゲージ

9) 漏水量計

ダム堤体からの漏水量を測定するために設置された漏水量測定器

10) 漏水量計の状況

コンクリート柵内に設置された三角堰の越流水深をフロート式水位計で計測し、堤体からの漏水量を把握している。現状施設の不具合は、屋外器盤の破損・水位計の損失・計測が出来ないことである。

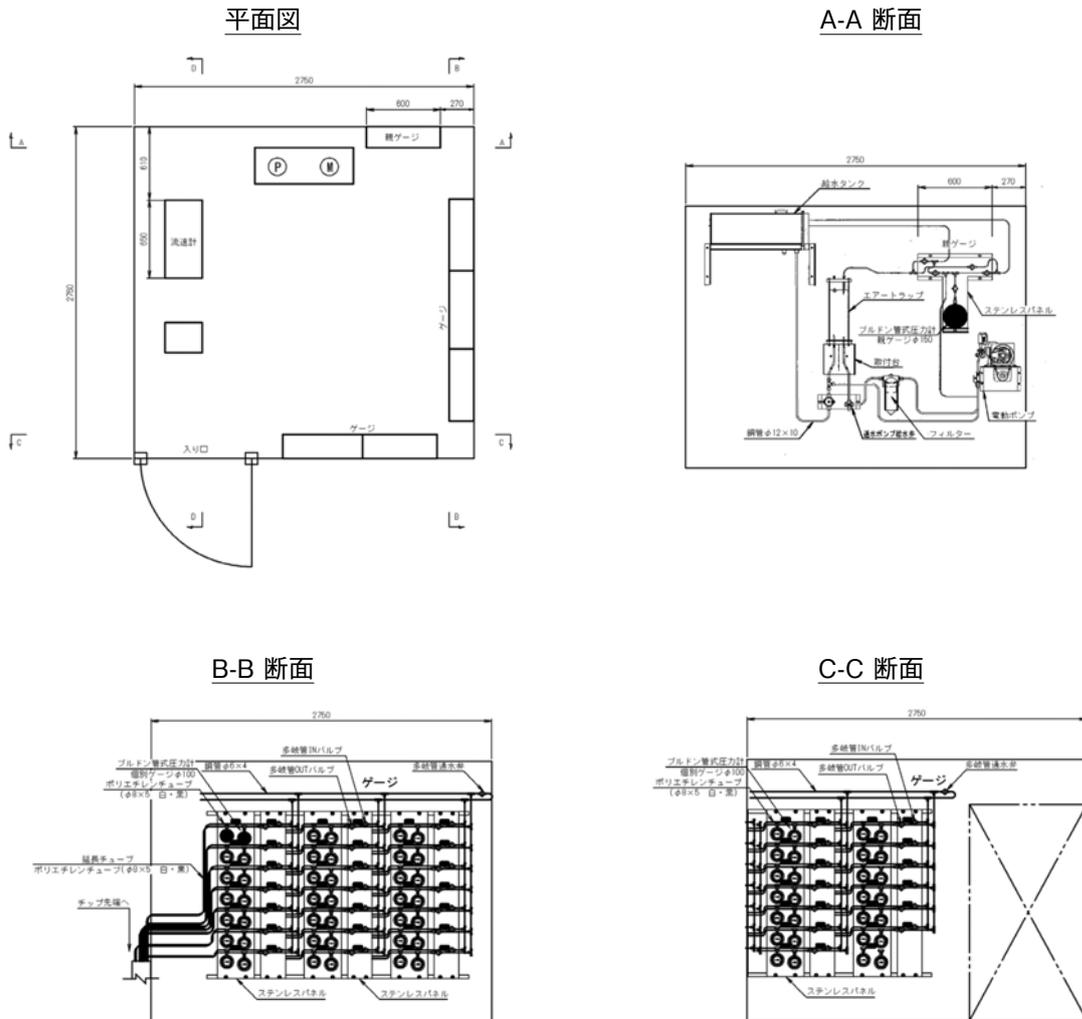


図-5 間隙水圧計配置図

(2)整備・改修方法

1)取水施設開閉装置

○底樋（土砂吐ゲート700×700）の油圧操作ユニット，油圧シリンダー，油圧配管
不具合が認められる以下の機器について，改修および更新する。

- ・油圧シリンダー（直結式） 1基-更新
- ・油圧ユニット（形式；手動油圧ポンプによる操作）-更新
- ・油圧配管（SUS304TP 10A Sch40 L=58.3m）-更新
- ・シリンダカバー及び架台（塗替え塗装のみ）-改修

○斜樋門1（斜樋ゲートφ300：4門）の油圧操作ユニット，油圧シリンダー，油圧配管
不具合が認められる以下の機器について，改修および更新する。

- ・油圧シリンダー（直結式） 4基-更新
- ・油圧ユニット（形式；手動油圧ポンプによる操作）-更新

- ・油圧配管（SUS304TP 10A Sch40 L=220.9m）-更新

・油圧配管ピット保護カバー（縞鋼板からSUS304へ材質変更）-更新

○斜樋門2（取水ゲートφ200：4門）の油圧操作ユニット，油圧シリンダー，油圧配管等

不具合が認められる以下の機器について，改修および更新する。

- ・油圧シリンダー（直列式） 1基-更新
- ・油圧ユニット（形式；手動油圧ポンプによる操作）-更新
- ・油圧配管（SUS304TP 10A Sch40 L=5.0m）-更新
- ・シリンダカバー及び架台（塗替え塗装のみ）-改修

2)取水施設配管

取水施設配管（SGPφ250）L=162.2mは，現況調査結果（超音波厚さ測定器による管厚測定等）にもとづき現場塗替え塗装による継続使用とした。また，トンネル出口の露出配管部（SGPφ250，φ

150, φ100) は、トンネル内同様に調整バルブを除く本管は全て継続使用とし、現場塗替え塗装による改修をおこなう。

3) 調整バルブ

取水施設配管の管路、また配水管への流量調整をおこなう各制水弁、空気弁は腐食が激しく、また動作不良があるためそれぞれ更新する。

- ・仮排水トンネル内 取水施設配管 始点部 調整バルブ
水道用仕切弁7.5K φ250 1基－更新
- ・取水施設配管 地上部露出配管部 調整バルブ
水道用仕切弁7.5K φ250 2基－更新（手動1基、電動1基）
φ150 4基－更新、φ100 1基－更新、
急速空気弁 φ25 1基－更新
- ・仮排水トンネル内 底樋放流管 放流部 調整バルブ
水道用仕切弁7.5K φ600 1基－改修（現場塗替え塗装による継続使用）

4) 計測機器

① 流量計の更新

取水施設配管トンネル出口のφ250に設置された超音波流量計（2測線式）検出器、及び間隙水圧計室内の本体（変換器、記録計）について、老朽化し動作不良のため機器一式を更新する。検出器と本体間の電機配線、及び接続ケーブルも併せて更新する。

② 漏水量測定器の更新

漏水量測定ピット内のフロート式水位計の損失、地上部の変換器、演算器の故障により一式を圧力計式水位計により更新する。

③ 間隙水圧計の二次診断

圧力計、圧力ゲージ等個々の作動状況、装置の漏水箇所、またポンプの作動状況等、詳細な故障箇所の把握が困難なため、今後二次診断を実施し、改修・更新の範囲及び工法の決定をおこなう。

6. 注意点および課題について

(1) 実施設計後に問題となった点

- ① 造成時の設計図書の不備により、予備ゲート1,000×1,000の設計が十分に検討できなかった点
- ② 専門性が高いため間隙水圧計の更新設計が十分に検討できなかった点
- ③ 現状の調査が出来なかったことため、底樋が堆積土により目視できないため設計できなかった点

(2) 解決策

①・③ダムの水位を下げ、堆積土砂を排除し確認した。②間隙水圧計については、二次診断が必要であっ

たため専門業者に調査を依頼し、調査結果に基づき改修を実施した。

7. おわりに

今後、このようなダム関連施設の更新が増加するのは必然なこととなるだろう。そのため、維持管理を進めていく中でコスト縮減を図りながらストックマネジメントについて検討することは重要となってくる。

今回のケースでは、実施設計においていくつかの不備があったが、コスト縮減を大幅に行えた。不備については、これまでに様々な施設に対してストックマネジメント事業が行われていないため、そのノウハウが蓄積しておらず、手探りのように設計をしなければならなかったからである。しかし、実施設計時に、施工方法を明確にしなければ工事ができない。今後適切な工事を実施するために、次の点に注意が必要である。

- ・施設全体の把握を正確に行うこと。（ダム施設の観測計器類を含む）
- ・実施設計においては、施設機械類および観測計器類の設計が分かりづらいので、専門業者による施設状況の把握を調査段階において実施しておくこと。
- ・施設を管理している団体は、約20～30年前の設計資料を大切に保管し、更新時期に役立てるように整理しておくこと。

以上3点をまとめとしたい。

農業農村整備事業においても、国および地方自治体の財政状況を考えると、施設の長寿命化をはかっていくことは必要なことである。

このような事例が今後のストックマネジメント事業に役立てれば幸いである。

この事業に関わった方々に謝意を表して末筆とさせていただきます。

参考文献

- 1) 農林水産省関東農政局 利根川水系土地改良調査管理事務所 保全技術センター：農業用施設機械ストックマネジメントマニュアル【共通編】

大規模地震対策便益評価の導入について

萩野 憲一* 山中 義樹* 梶原 義範**
 (Kenichi OGINO) (Yoshiki YAMANAKA) (Yoshinori KAJIWARA)

目 次

I. はじめに	48	III. おわりに	51
II. 大規模地震対策の費用と便益の算定	49		

I. はじめに

近年、大規模な地震が頻発し、農作物の被害をはじめとして、農地・農業用施設についても甚大な被害が発生している。また、今般の東日本大震災により、農業水利施設の耐震対策の必要性が改めて認識されている。

国営、県営事業等で造成された基幹的農業水利施設（本報では、受益面積が概ね100ha以上の農業水利施設。）のうち、今後30年以内に震度6弱以上の揺れが発生する確率が3%以上の施設は、再建設費ベース（本報では、同じ機能、構造のもと現在の一般的施工水準及び現在価値化をもって再建設する費用。）で6.5兆円程度であり、特に、東海・東南海地震の発生が予測される地域に多く存在している（図-1）。このた

め、このような地域を中心に、今後、大規模地震対策のための補強工事等を行う事業が増加することが見込まれる。

しかし、現在の「新たな土地改良の効果算定マニュアル」では、大規模地震を想定した農業水利施設の更新や補強工事に伴う掛かり増し費用の計上方法や大規模地震対策を実施したことにより発生する便益の計測手法が整理されていない。

このような背景から、今回新たに、「大規模地震対策による効果」の算定手法を策定し、現行の費用対効果の算定指針に基づき策定された「新たな土地改良の効果算定マニュアル」の「その他効果」に位置付けたところである。

本稿では、その概要について報告する。

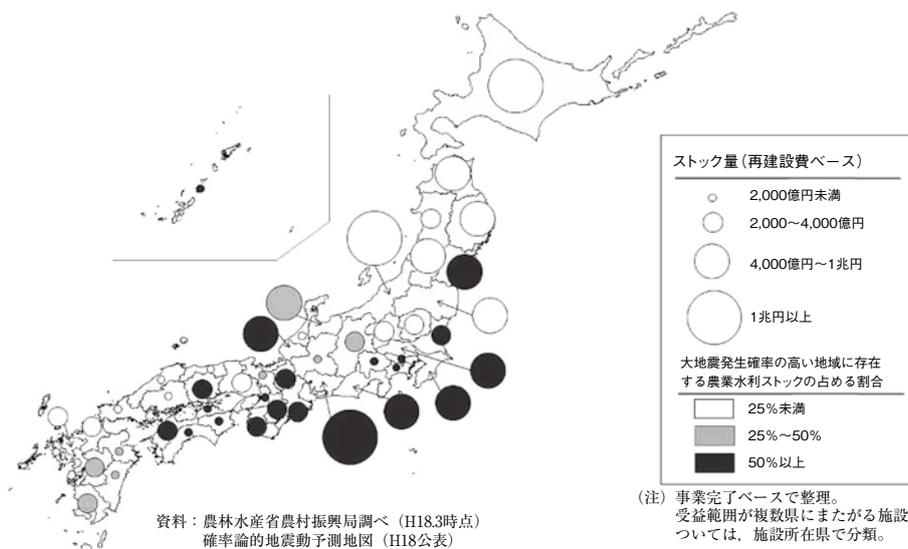


図-1 基幹的農業水利施設と大規模地震発生確率との関係（仮）

*農林水産省農村振興局整備部設計課
 計画調整室広域計画班 (Tel. 03-3502-8111)
 **九州農政局北部九州土地改良調査管理事務所
 (Tel. 0942-27-2160)

II. 大規模地震対策の費用と便益の算定

1. 費用の算定

(1)費用算定の考え方

現在では、地震対策にあたっては、対象とする地震動を、従来から設定している地震動であるレベル1と大規模地震対策であるレベル2に区分し、施設の重要度に応じてレベル1又はレベル2を設定し、耐震性能の評価を行うこととしている¹⁾。

このため、大規模地震対策を行った場合、一般的には、通常的设计・整備水準における工事費(c)に、追加投資分(掛増し経費)(c')を含めた費用が全体工事費(C=c+c')となる。

掛増し経費の考え方は、以下のとおりである。

①更新整備の場合

レベル1以下の地震動に対応した現況施設を、レベル2地震動に対応できるように、性能(強度)を高めるための耐震工事費

②新設整備の場合

レベル1以下での想定工事費との差分

(2)掛増し経費の事例

掛増し経費が必要なケースとしては、地震時のリスク軽減のために実施する水路の複線化や耐震のための補強などが想定される。

①新設水路において、シールドのセグメントや鉄筋の規格を上げることにより大規模地震時の外力に対応する場合(図-2)

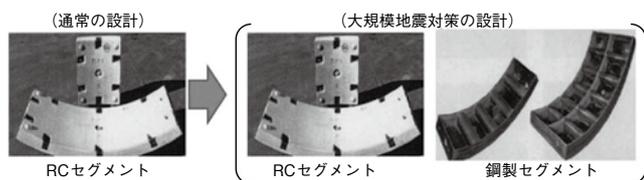


図-2 資材の規格による経費(イメージ)

②既設の開水路の更新において、水路を地中化し、耐震型継ぎ手のパイプライン大規模地震対策を実施する場合(図-3)

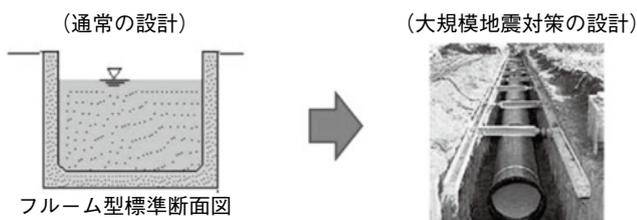


図-3 開水路とパイプラインによる経費(イメージ)

(3)総費用の算定

総費用は、当該事業及び関連事業の事業費(耐震掛増し費用を含む)、一体的に効果が発揮される施設の評価期間内における再整備費、着工時点における既存施設の資産価額の総和から、評価終了時点における資産価額を差し引いたものとなる(図-4)。

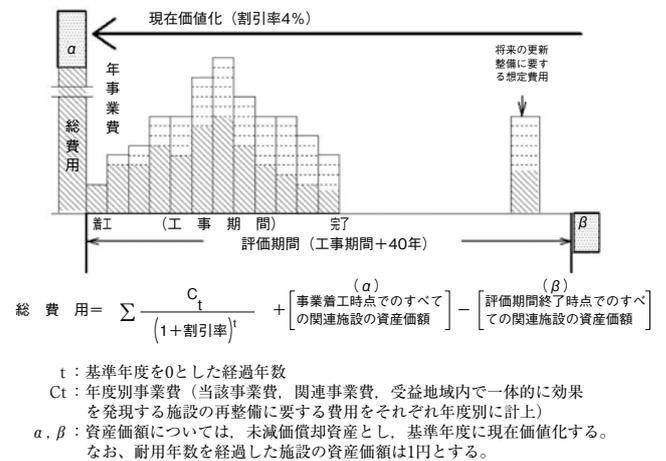


図-4 総費用の算定(イメージ)

2. 効果の算定

(1)効果算定の考え方

大規模地震対策による効果は、大規模地震発生により農業用施設の損壊に起因して農業生産が減少することを防止する効果のほか、さまざまな災害防止効果や多面的機能に関する効果が考えられるが、大規模地震対策の直接的な効果と考えられる①災害時の作物減産防止効果、②災害時の湛水被害防止効果、③災害時の復旧対策費軽減効果の3つの効果項目について算定する。

(2)各効果項目の算定方法

①災害時の作物減産防止効果

災害時の農業用水の断水による作物の生産の減少を耐震対策により軽減する効果(図-5)

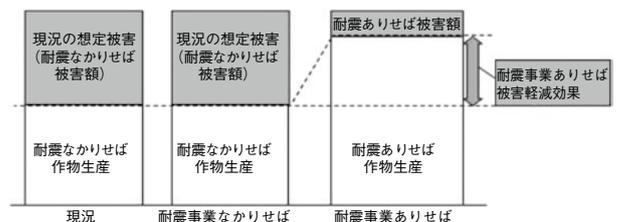


図-5 災害時の作物減産防止効果(イメージ)

②災害時の湛水被害防止効果

災害時の用水氾濫や排水機場停止による農地・農業

用施設への被害及び一般・公共資産への湛水被害を耐震対策により軽減する効果（図-6）

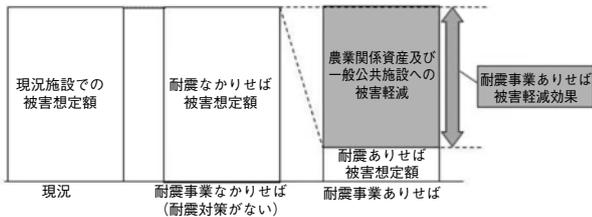


図-6 災害時の湛水被害防止効果（イメージ）

③災害時の復旧対策費軽減効果

災害時の農業水利施設の損壊に伴う復旧工事を耐震対策により軽減する効果（図-7）

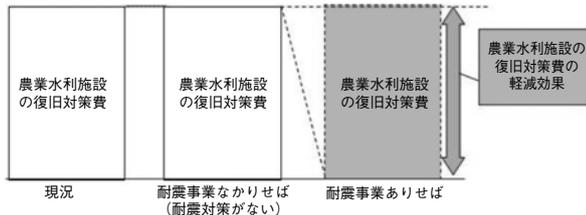


図-7 災害時の復旧対策費軽減効果（イメージ）

(3)効果算定にあたってのシナリオ設定

上記の3つの効果項目は、想定する被害要因が同じであり、相互に関連していることに加え、各効果項目毎に最大の効果を算定した場合、重複が生じる可能性があるため、効果の算定に当たっては、大規模地震発生時における一連の確からしいシナリオ、つまり、地震発生から復旧までのより現実的な過程を想定して設定することとする（図-8）。

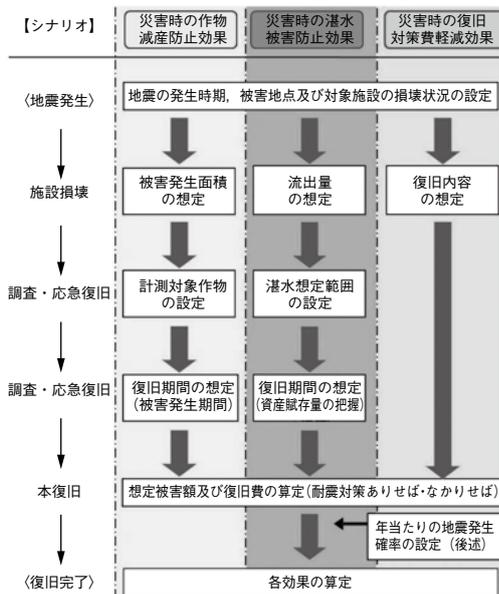


図-8 大規模地震発生時の算定シナリオ（イメージ）

(4)地震の発生確率の設定

年効果額は、上記のシナリオ設定に基づいて算出される「大規模地震対策ありせば・なかりせば」の想定被害額及び復旧費に、年当たり地震発生確率を乗じることにより各効果額を算定する。

地震発生確率は、文部科学省地震調査研究推進本部が定める「全国地震動予測地図」（<http://www.j-shis.bosai.go.jp/>（地震ハザードステーション：J-SHIS））において、当該地域の今後30年以内に震度6弱以上の揺れが発生する確率とする。

また、各年の地震発生確率は、上記の「今後30年以内に震度6弱以上の揺れが発生する確率」からポアソン過程にしたがう（評価期間の各年度の地震発生確率は一定）ものとして算出する。

(5)年当たり地震発生確率の算出例

今後30年以内に震度6弱以上の揺れが発生する確率を P_{30} とした場合の1年間の発生頻度（ ν ）は、ポアソン過程より、以下の式となる。

$$\nu = -\ln(1 - P_{30}) / 30 \dots\dots\dots (1)$$

愛知県西三河地域では、今後30年以内に震度6弱以上の揺れが発生する確率は、「全国地震動予測地図」によると70.3%となっており、本地域における1年間の発生確率は、式(1)に当てはめると年当たり地震発生確率は4%となる（図-9）。

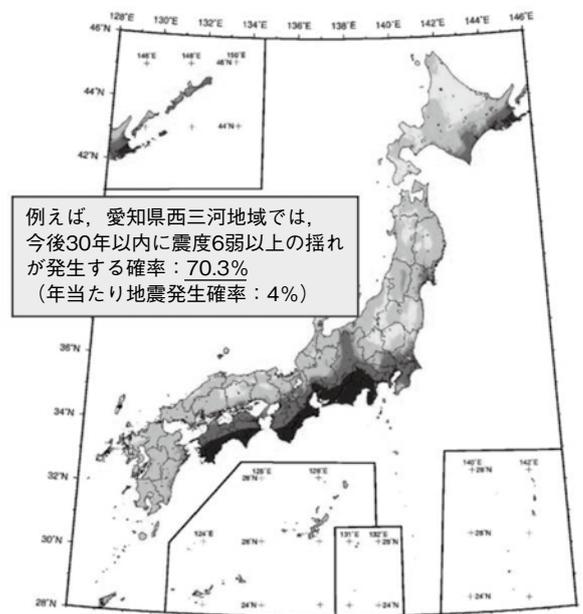


図-9 今後30年以内に震度6弱以上の揺れが発生する確率

また、大規模地震発生後の復旧の整備水準がレベル2の地震動対応とした場合は、整備後に大規模地震が発生した場合にあっても被害を受けないと想定されるため、 N 年目に初めて地震が発生する確率 B_N は、以下の式となる。

$$\begin{aligned}
 B_N &= P_N - P_{N-1} \\
 &= (1 - P_{N-1}) \times P_I \\
 &= \exp(-\nu \cdot (N-1)) \times (1 - \exp(-\nu)) \dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

$P_{30} = 70.3\%$ の場合、式(2)に当てはめると B_N のグラフは以下のとおりとなる (図-10)。

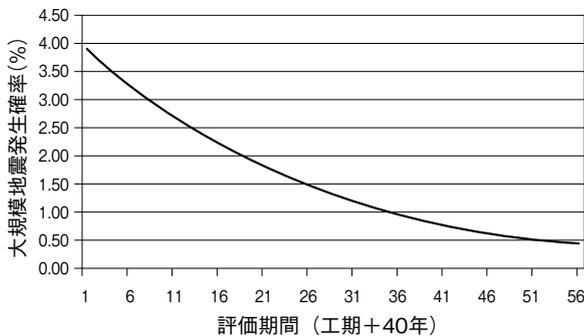


図-10 N年目における地震発生確率 (イメージ)

(6) 総便益の算定

大規模地震対策の便益は、評価期間 (工期+一定期間 (40年)) 内における各年度の効果額を社会的割引率 (4%) を用い現在価値化したものの総和となる (図-11)。

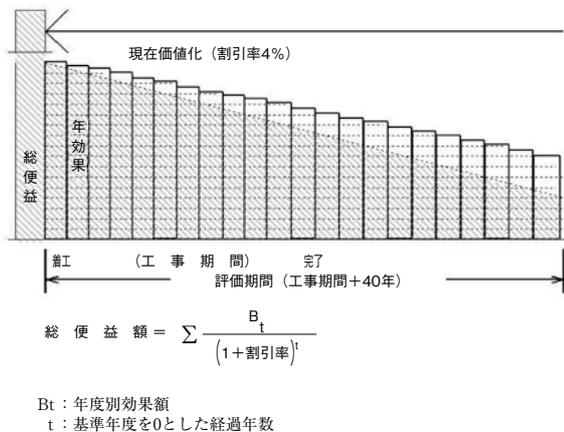


図-11 総便益の算定 (イメージ)

Ⅲ. おわりに

平成19年3月に新たに「土地改良事業の費用対効果分析マニュアル」を策定してから4年が経過した。

このマニュアルの「位置付け」には、「記述している算定方法については、現時点の農業情勢や事業内容を踏まえ定量化が可能な効果について示しているものであり、土地改良事業の経済効果の測定については、できる限り定量化することを目的として常に試行錯誤しながら、的確かつ厳格な事業評価につながるよう、算定手法の改善に適宜取り組む必要がある。」とある²⁾。

大規模地震対策の便益評価は、今後、耐震対策を進める上で費用対効果を適切に算定する必要があることから、平成21年度、22年度の2ヶ年にわたって、試行錯誤しながら検討してきたものである。

今回の整理を踏まえ、本年6月に「大規模地震対策便益評価マニュアルの解説」の通知を発出したところであるが、さらなる算定手法の改善に向けて検討を重ねていきたいと考えている。

今回の算定手法の追加が、耐震対策を促進する上での一助になれば、幸甚の極みである。

最後に、大規模地震対策の便益評価の検討にあたって、重要なアドバイスを頂いた「土地改良事業の費用対効果分析に関する検討委員会」の先生方や調査中の地区を対象に効果算定を行った東海農政局をはじめとする関係者の皆様にはこの場を借りて感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 農林水産省農村振興局：土地改良施設「耐震設計の手引き」(2004)
- 2) 農林水産省農村振興局企画部土地改良企画課・事業計画課：新たな土地改良効果の算定マニュアル(2007)

高瀬地すべりにおける排水トンネルの設計・施工について

寺 戸 有 希*
(Yuki TERADO)

目 次

1. はじめに	52	4. 構造設計	54
2. 地質概要	53	5. 施工	56
3. 設計計画	54	6. トンネル施工後の状況	58

1. はじめに

高瀬地区は高知県北西部の愛媛県境に近い吾川郡仁淀川町にあり、一級河川仁淀川の右岸側斜面（北向き斜面）で、国土交通省管轄の大渡ダム堤体よりおよそ0.5～2.0km上流側に位置する地すべり地であり、平成16年度より農林水産省直轄地すべり対策事業が実施されている。

高瀬地区は、A～Dの4つの地すべりブロックで構成されており（図-1）、中でも最大規模のDブロックは、斜面長870m、幅450m、深度80mに及ぶと推定されている。

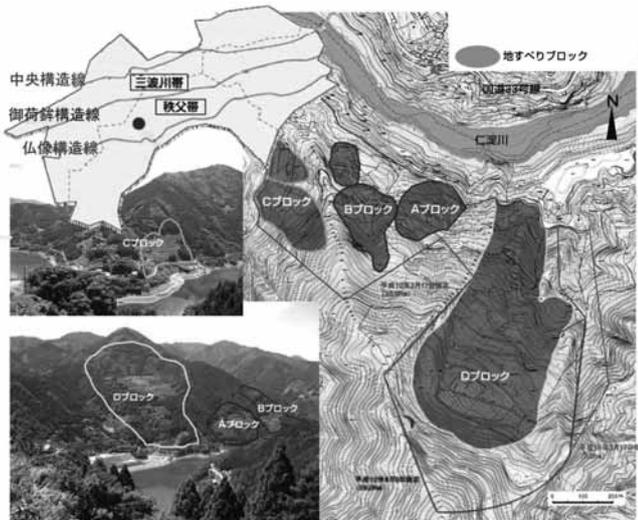


図-1 高瀬本村地すべり防止区域

高瀬地区周辺は年平均降水量が2,500mm弱と比較的雨が少なく、5,000mmに達する年もあり、降雨に伴う地下水位上昇がDブロックにおける地すべり活動の誘因となっていると考えられるため、主要な対策工として地下水位の低下を目的とした4基の排水トンネル工が計画されている（図-2）。

本報告では、施工済み又は施工中の排水トンネル工の設計・施工の概要及び施工後の状況について述べる。

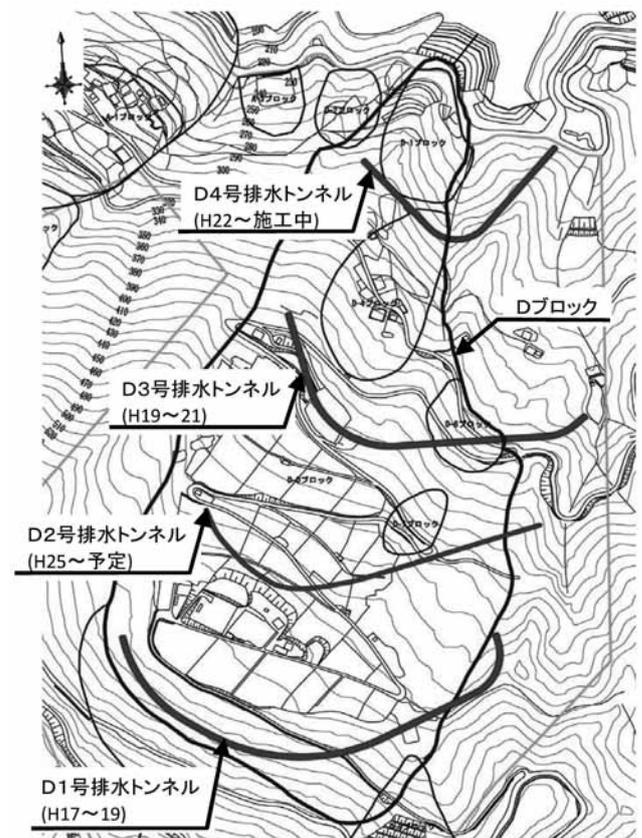


図-2 Dブロック排水トンネル計画平面図

*中国四国農政局高瀬農地保全事業所
(Tel. 0889-20-0201)

2. 地質概要

四国地方の地質は、中央構造線により西南日本内帯と同外帯に区分され、外帯はさらに北から御荷鉾構造線及び仏像構造線により3つの地質帯に区分される。地質帯は北から三波川帯、秩父帯、四万十帯と名付けられ、高瀬地区はこのうち秩父帯に属する。

高瀬地区周辺の地質は、仁淀川ユニットと中津山ユニットに区分される基盤岩と、被覆層の崖錐堆積物、崩積土から構成される。基盤岩の両ユニットは、名野川スラスト（衝上断層）によって境され、見かけ上、仁淀川ユニットの上位に中津山ユニットが分布する。

仁淀川ユニットは、Dブロックの東部に広く分布する玄武岩類を主体とする。玄武岩は赤紫色の塊状をなし、緑灰色の礫状もしくは層状を呈する部分が所々に

混入する。地表では急崖をなし、溪床では滝を形成することもあるが、不規則な割れ目が発達し、比較的脆い。岩級はCM～CL級程度である。

中津山ユニットは、泥質岩を主体とし、片状の粘板岩を基質としてチャート・緑色岩・石灰岩のオリストリスを多く含む箇所と、砂岩および泥岩の互層状で泥岩中に異質岩片を混入しない箇所がある。岩級はD～CL級を主体とする。構造は、ほぼ東西の走向で南にゆるく傾斜していると推定される。

名野川スラストは、Dブロックの東側側方部を通り、北東-南西走向で、北西へ20～30°傾斜していると推定される。周辺の地質は、断層活動の影響で大きく擾乱された状態を呈している。

図-3, 4にDブロックの地質平面図及び断面図を示す。

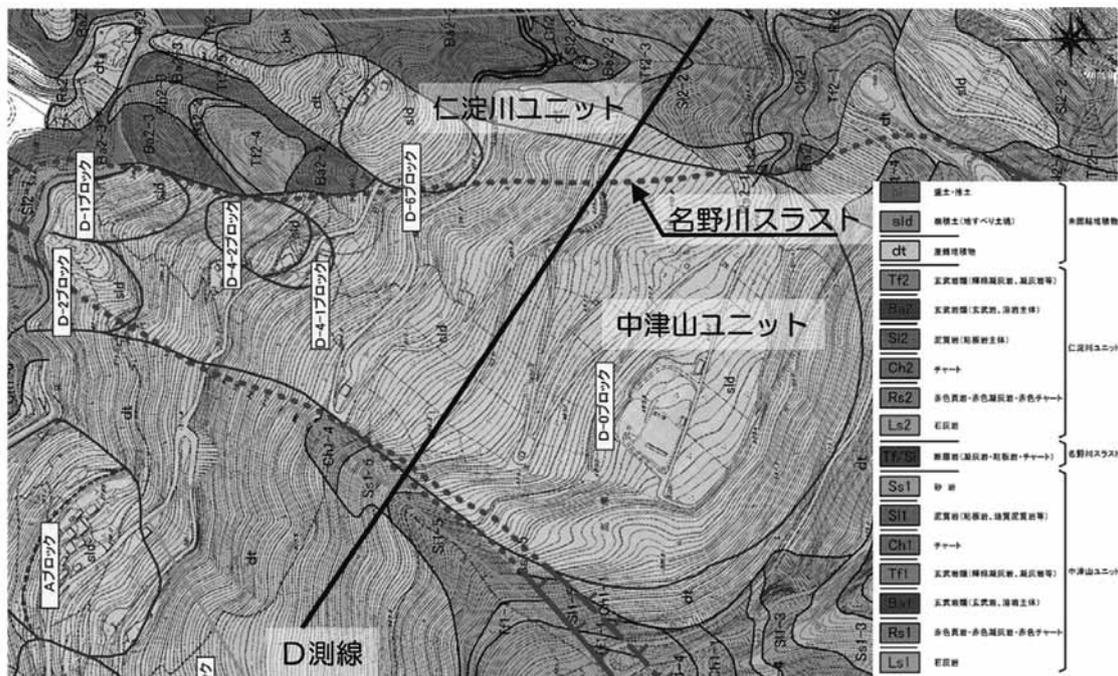


図-3 Dブロック地質平面図

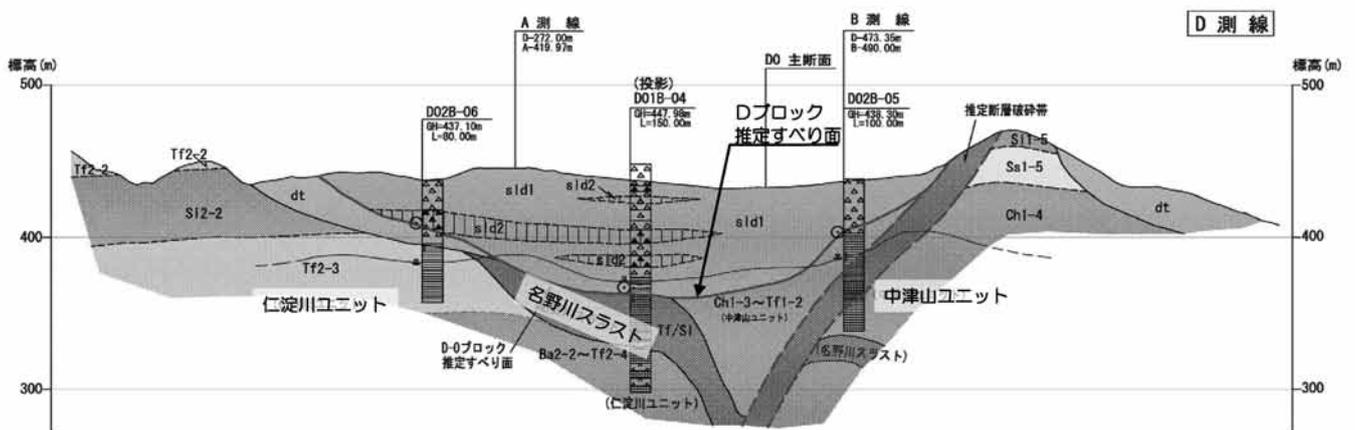


図-4 Dブロック地質断面図 (D測線)

3. 設計計画

3.1 平面線形計画

排水トンネルは、トンネル内から地すべり面付近の地下水を効果的に排除することが重要であるため、地すべりブロック下方に設置し、地下水流路を直角に遮断する方向に、地すべりブロックの幅に応じ延長を決定した。

また、排水トンネル内から効率的に水抜きボーリングを行うには、トンネルと地すべり面との離隔は小さい方がよい。このため、地形・地質条件、坑口や施工ヤード造成位置等の制約条件及び最小曲線半径等の施工条件を考慮し可能な範囲で、地すべり面等高線に沿って曲線を入れることとした。

3.2 縦断計画

トンネル完成後の坑内湧水を自然流下させるには、当地区の排水トンネルのように湧水が相当多いと想定される場合は0.5%程度の勾配が必要¹⁾であること、水路トンネルに多用されるレール方式の最急勾配は「労働安全衛生規則」第202条に「動力車を使用する区間の軌道勾配は50/1000以下にする」と示されていることから、縦断勾配は0.5%～5%の範囲において、機関車の牽引能力による経済性、仮設ヤード施工位置等の諸条件を考慮し決定した（D1、4号は0.5%、D3号は1.5%を採用）。

また、トンネル掘削に伴うゆるみの影響によって地すべりを誘発しないよう、想定地すべり面からトンネル天端までの最小離隔は、トンネル掘削直径（約3.2m）の2倍以上となる10mとした。

図-5にはD3号排水トンネル当初設計における縦断計画を示す。

4. 構造設計

4.1 トンネル施工方法及び掘削工法

(1) 施工方法

当地区の排水トンネルは断層破碎帯である名野川スラストを通過するため、名野川スラスト横断部分が施工時の課題となると考えられた。名野川スラストは大部分が礫～粘土状であり、透水係数は $1 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ 程度と高いため、湧水等によって掘削時の剥落・崩落等のおそれがある。このため、比較的切羽の自立性がよく²⁾、また地山状況が急激に悪化した際に切羽面への吹付コンクリート等の迅速な補強対策が対応可能なNATM工法を採用することとした。

(2) 掘削工法

当地区のトンネル工における地山地質については、仁淀川ユニットと中津山ユニットはCL～CM級岩盤が主体、名野川スラストはD級主体の断層破碎帯であり、地山条件としては概ね一軸圧縮強度 49N/mm^2 以下、弾性波速度 3km/s 以下の軟岩と想定されるため、機械工法での掘削が適用可能である。

また、当地区のトンネル工は、地すべり地区に建設されるため、発破振動が地すべりを誘発するおそれもあることから、トンネル掘削工法については基本的に機械掘削工法を採用することとした。

4.2 トンネルタイプ及び断面形状

(1) 断面形状

トンネルの断面形式としては、馬蹄形とホロ型が一般に採用されるが、当地区のトンネルでは、水抜きボーリングを施工する必要があるため、内空断面が作業空間として有効にとれるホロ型の採用を基本とした。ただし、名野川スラスト等の断層破碎帯が広範囲に分布

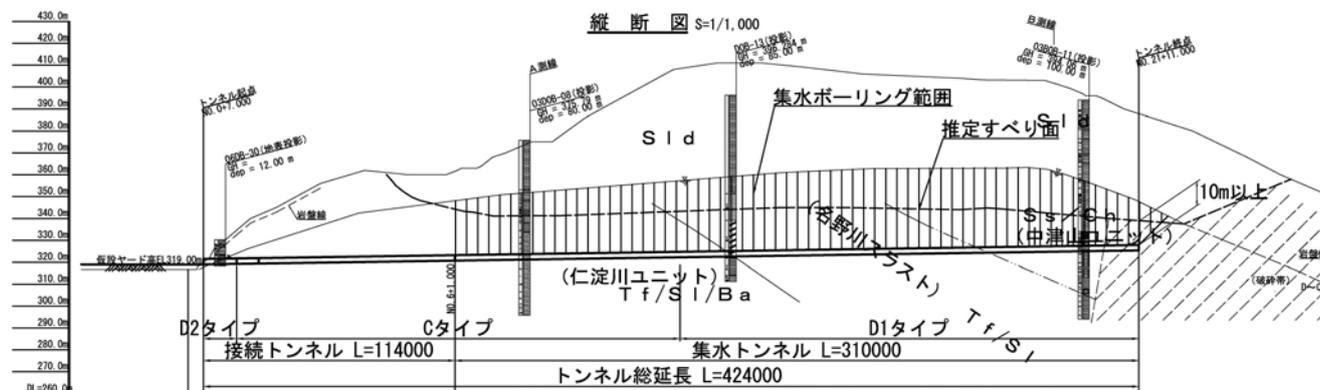


図-5 D3号排水トンネル計画縦断図（当初設計）

していることから、Dタイプを採用する区間については土砂地質等の地圧に対して構造的に有利な馬蹄形を採用した。

(2)内空断面

トンネル内空断面検討にあたっての条件は、①トンネル施工機械の走行が可能な断面を確保すること。②覆工後において、水抜きボーリングが施工できる断面とすること。の2つが挙げられる。トンネル及び水抜きボーリング施工機械等から検討した内空断面は、先述の①を満足するためには $R=1.2m$ 、②を満足するためには $R=1.25m$ が最小断面となった（ただし、Cタイプについては①・②とも $R=1.25m$ となった）。

このため、水抜きボーリングを施工する区間（集水トンネル部）までの接続トンネル部と、集水トンネル部の複断面を採用することとした。

(3)トンネルタイプ及び支保パターン

当該地区において採用した主要なトンネルタイプ及び支保パターンの特徴を以下に示す。

・Cタイプ

仁淀川ユニット、中津山ユニットのうち比較的地山の良好な部分に用いるタイプで、鋼製支保工（H-100）、ロックボルト（D25、 $L=1.5m \times 4本$ ）を1.2m間隔で設置する。吹付コンクリートは10cmである（図-6）。

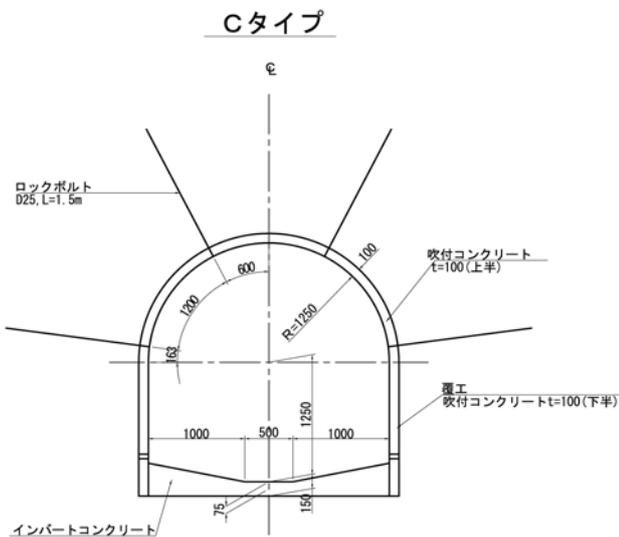


図-6 Cタイプ支保工パターン図

・D1タイプ

主に名野川スラスト等の不良地山に用い、支保構造はFEM解析により検討された。鋼製支保工（H-125：インバートストラット付）、ロックボルト（TD24、 $L=2.0m \times 7本$ ）は0.9m間隔で設置し、吹付コンクリートは20cmである。また、先受け補助工として、注入式フォアボーリング（ $L=2.0m$ 、5.5本/断面）を用いる（図-7）。

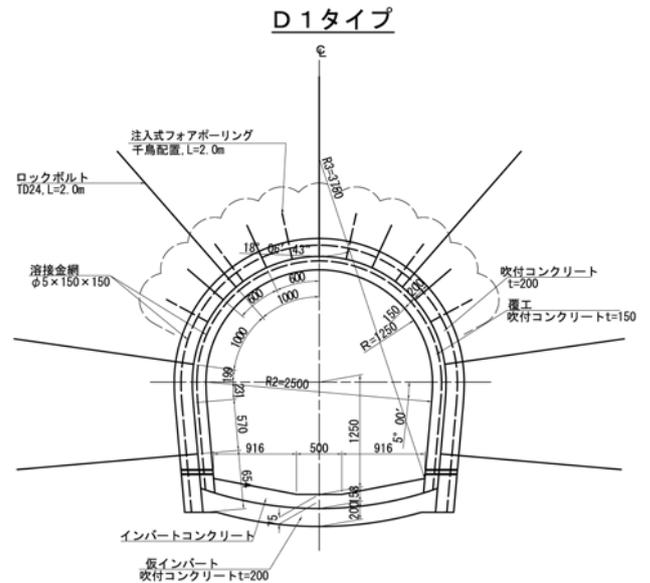


図-7 D1タイプ支保工パターン図

・D2タイプ

主に坑口部分に用い、鋼製支保工（H-100）、ロックボルト（D25、 $L=2.0m \times 4本$ ）を0.8m間隔で設置する。吹付コンクリートは20cmである。なお、坑口部分については、崖錐層及び風化岩が主体となり、土被りも薄いことから、天端の安定を図るため先受け補助工として、注入式フォアボーリング（ $L=2.0m$ 、5.5本/断面）を用い、覆工は鉄筋コンクリートライニングとした（図-8）。

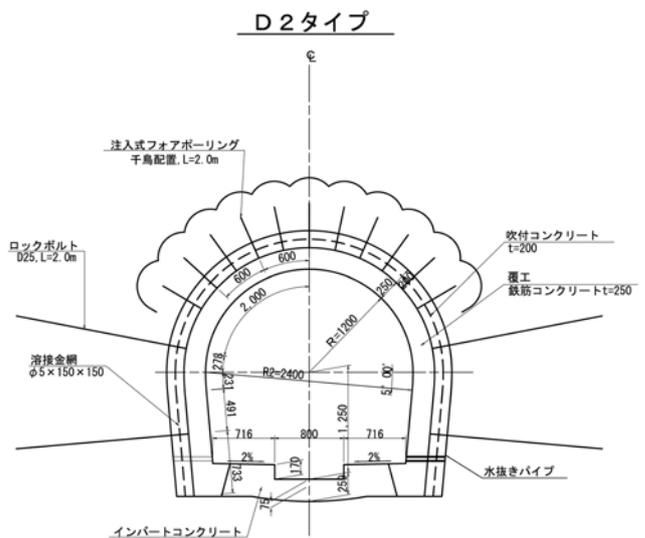


図-8 D2タイプ支保工パターン図

(4)トンネル覆工

当該地区のトンネルは、地すべり対策工としての排水トンネルであり、トンネル本体完成後に水抜きボーリングが施工可能な断面及び水抜きボーリングからの排水を流下可能な断面が確保できれば機能を果たすこと

ができる。また、NATMにおける覆工は掘削後の地山の変形が収束した後に施工されるため、一般的に覆工には荷重が作用しないものと考えられている。

このため、比較的地山の良好なCタイプについては覆工を行わないこととし、地山状況が悪く不均質と予想されるD1タイプについては吹付コンクリートで覆工する計画とした。

なお、インバートは排水路として利用するため、水理性を考慮してコンクリートライニングとした。

4. 3 水抜きボーリング工

当地区の水抜きボーリングは、主にすべり面付近の被圧地下水の排除を目的に、トンネル縦断方向に対して直角方向にそれぞれ水平50m程度の範囲で斜め上方に、想定すべり面を5~10m程度貫通するように計画した（最大仰角50°、最大延長80m）（図-9）。なお、ボーリングはトンネル縦断方向に対し5m間隔で施工することとした。

ボーリングマシンは5.5kW級ロータリー式ボーリングマシンを想定し、トンネル覆工及びインバート完了後にトンネル内から行うものとした。

保孔管はストレナ加工（φ5mm、100mm間隔×4列千鳥）を施したVPφ40を使用することとした。

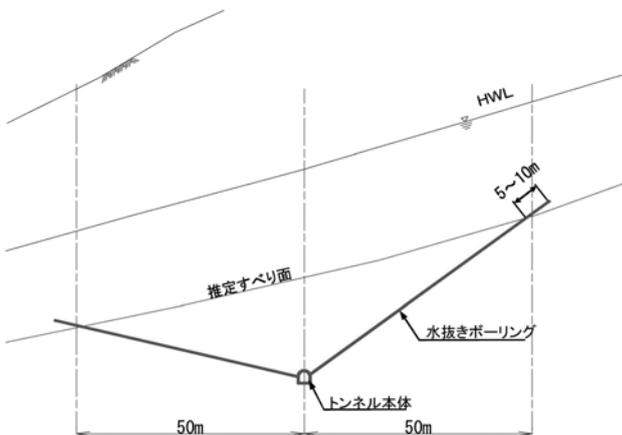


図-9 水抜きボーリング工標準断面図

5. 施工

ここでは、平成19年度～21年度に施工したD3号排水トンネルの概要について述べる。

5. 1 トンネル掘削工

(1)始点部～名野川スラスト（仁淀川ユニット）

トンネル掘削はミゼットマイナー（駆動電動機出力49kW級）による機械掘削にて施工を開始したが、始点より150m付近より部分的に亀裂の少ない硬質な玄武岩（写真-1）が出現し、1サイクルの掘削に最大16時間を要するなど、機械による掘削のみでは進行確保

が困難となり、部分発破を行った。なお、発破に伴う地すべりへの影響は、付近の傾斜計等の観測データからは特段認められなかった。

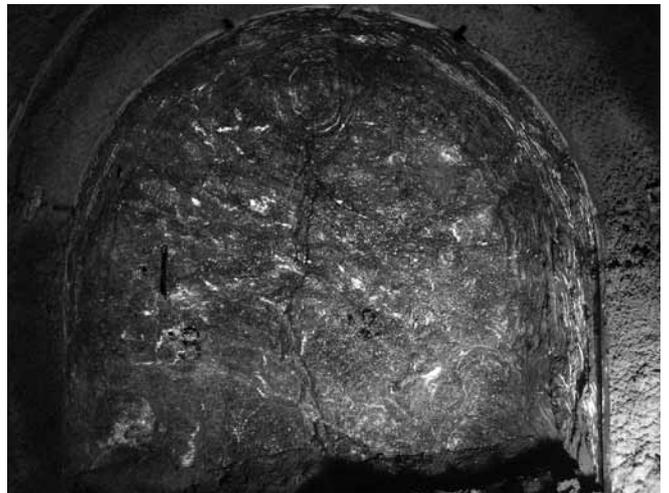


写真-1 仁淀川ユニットの硬質玄武岩

(2)名野川スラスト横断部～終点（中津山ユニット）

掘削開始～250m地点付近において断層破碎帯に到達したとみられる破碎・粘土化した切羽が出現したことから、トンネルタイプをこれまでのCタイプからD1タイプ（先受工有り）に変更したが、2m程度進行した地点で切羽より多量の湧水（200L/min程度）が出現し、天端が進行方向に長さ2m、幅1m、深さ50cm程度崩落した（写真-2）。このため切羽に吹付コンクリートの実施及び水抜きパイプの設置を行い、湧水量の減少を待つて次のような対策を施した。



写真-2 名野川スラスト部の天端崩落箇所

- ①湧水対策，天端安定対策として，これまでの先受工（注入式フォアボーリングL=2.0m，10kg/m）をL=5.0m（自穿孔タイプ）に変更した。また，トンネル側面より前方に向かって水抜きボーリングを追加した。
- ②切羽は粘土化しており，自立が困難なことから，グラスファイバー製注入ボルト（L=2.0~3.0m×8本／断面）による切羽安定対策を追加した。

- ③さらに，状況に応じ切羽に吹付コンクリートを施工した。
名野川スラストの粘土帯は約20m区間に亘って出現し，上述の支保パターン（図-10）を採用した区間は約30m続いた（図-11）。その後，中津山ユニットに入り，徐々に切羽は安定し，終点部付近にかけては泥質岩が主体の地質となった。

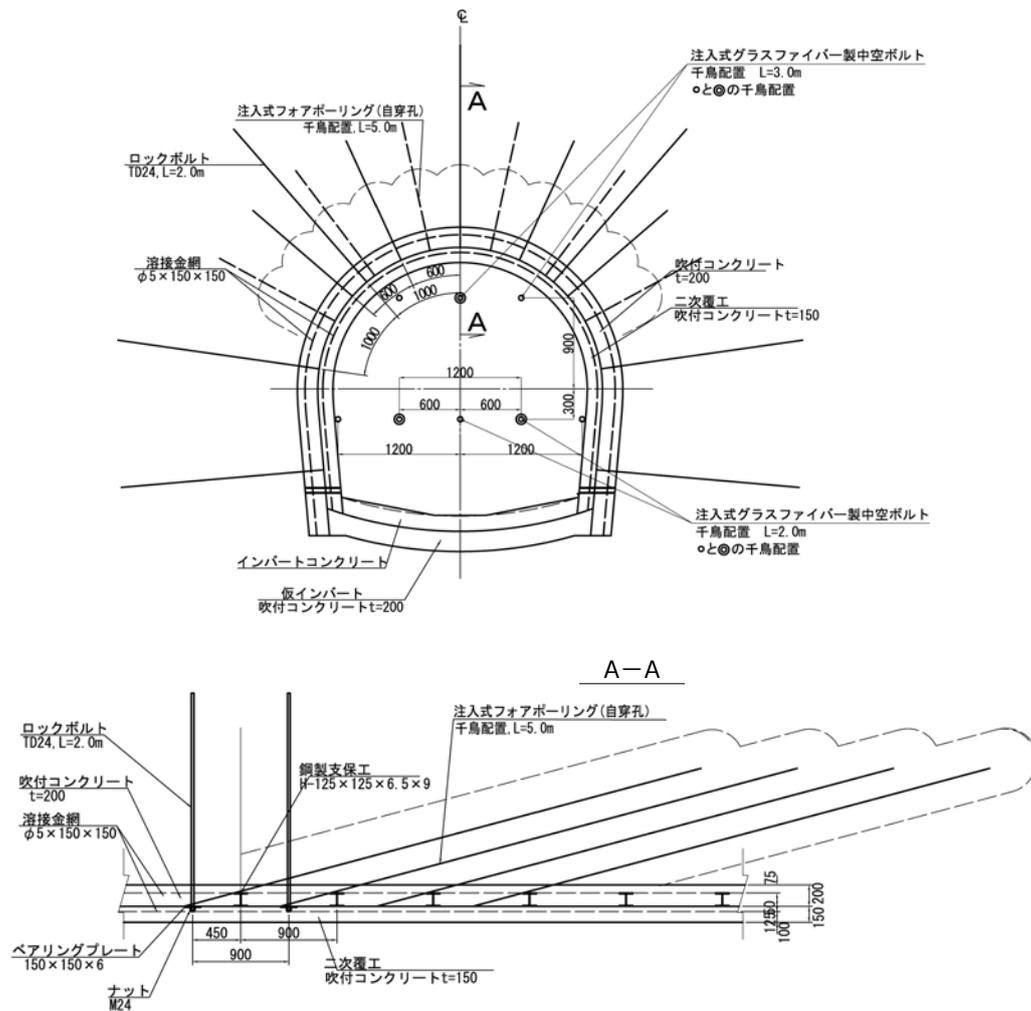


図-10 名野川スラスト部の変更支保パターン図

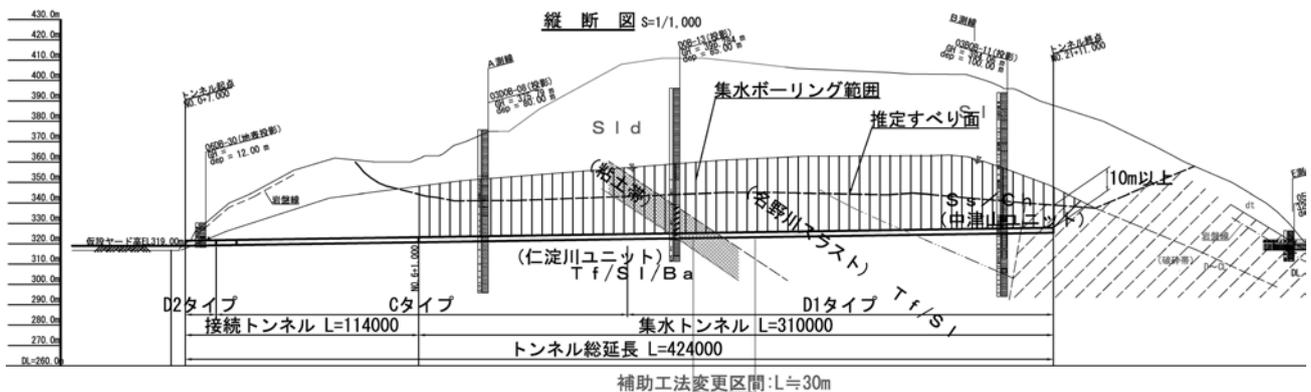


図-11 D3号排水トンネル計画縦断図（変更設計）

5. 2 水抜きボーリング工

水抜きボーリング工は設計で想定した機械に対し、施工ではロータリーパーカッション式ボーリングマシン（55～81kW級）を採用した（写真-3）。ボーリングからの湧水の少ない箇所については比較的順調な施工進捗が図られたが、名野川スラスト付近の多量の湧水を伴う箇所については、保孔管挿入後にケーシングパイプを引き抜く際に孔壁が崩壊し、ケーシングパイプと保孔管との間に湧水と共に流れ込んだ土砂が噛み込むことにより、保孔管がケーシングパイプと一緒に引き抜かれる現象（共下がり）を起し、保孔管が破損・挿入不能となるなどのトラブルが頻発した（写真-4）。このため、VPの保孔管の挿入が不可能な区間については、鋼管（SGP40A）をストレナ加工し挿入することで概ね対処することができた。



写真-3 水抜きボーリング工施工状況



写真-4 共下がりに伴う保孔管(VP)の破損状況

6. トンネル施工後の状況

現時点において、D1号及びD3号排水トンネルの2基が完成しており、3基目となるD4号排水トンネルを施工中である。完成した2基の排水トンネルからは、梅雨等の多雨時では2,000L/minを超える排水量が観測されている（写真-5）。



写真-5 水抜きボーリング工からの排水状況
(D3号排水トンネル)

また、各トンネル近傍の地下水位観測孔は、最大20m以上の地下水位低下を示しており、排水トンネルの効果が認められる（次頁 図-12, 13）。

なお、今後は排水トンネル工施工に伴う地すべりブロックの安定度の評価を三次元安定解析等により随時実施していくこととしている。

参考文献

- 1) トンネル標準示方書 [山岳工法]・同解説（2006年制定），社団法人 土木学会，p.10
- 2) 土地改良事業計画設計基準・設計「水路トンネル」基準書・技術書（平成8年10月），農林水産省構造改善局，p.388

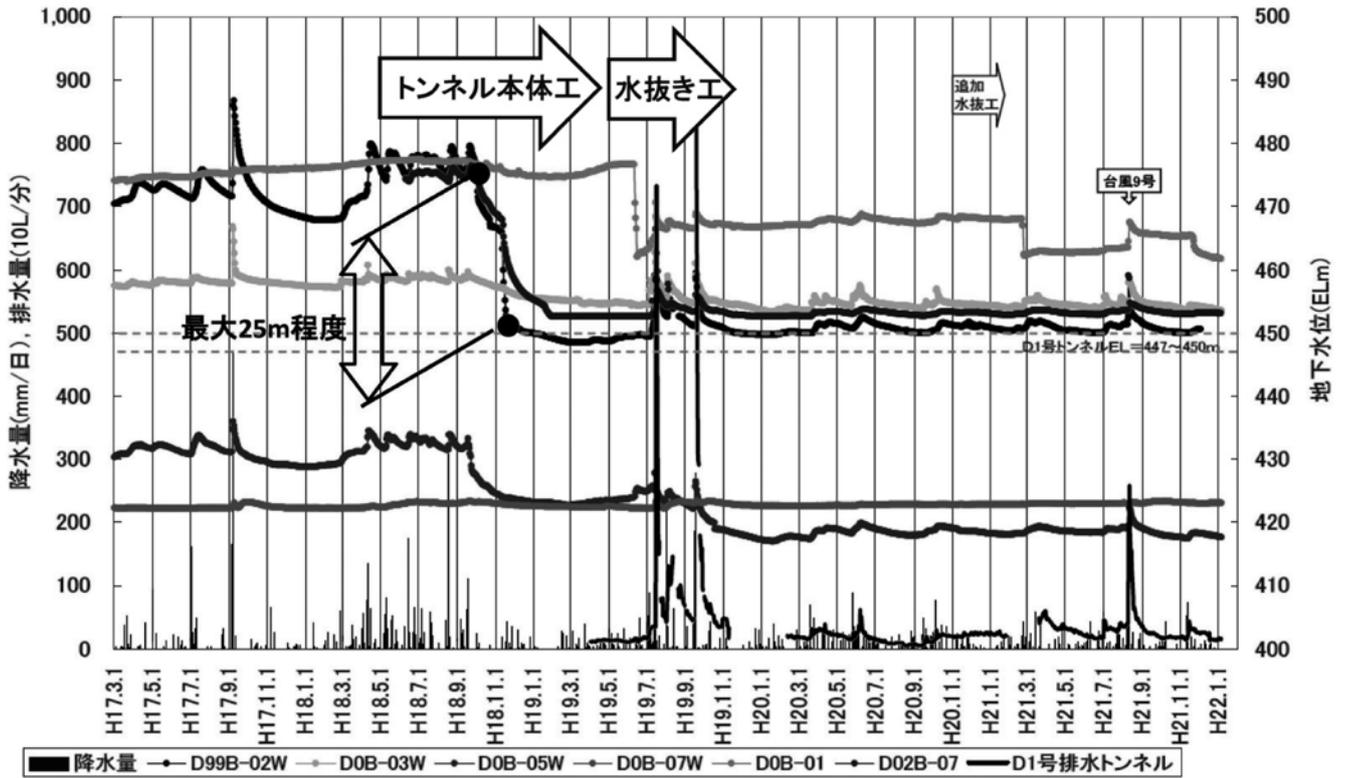


図-12 D1号排水トンネル付近の地下水位低下状況

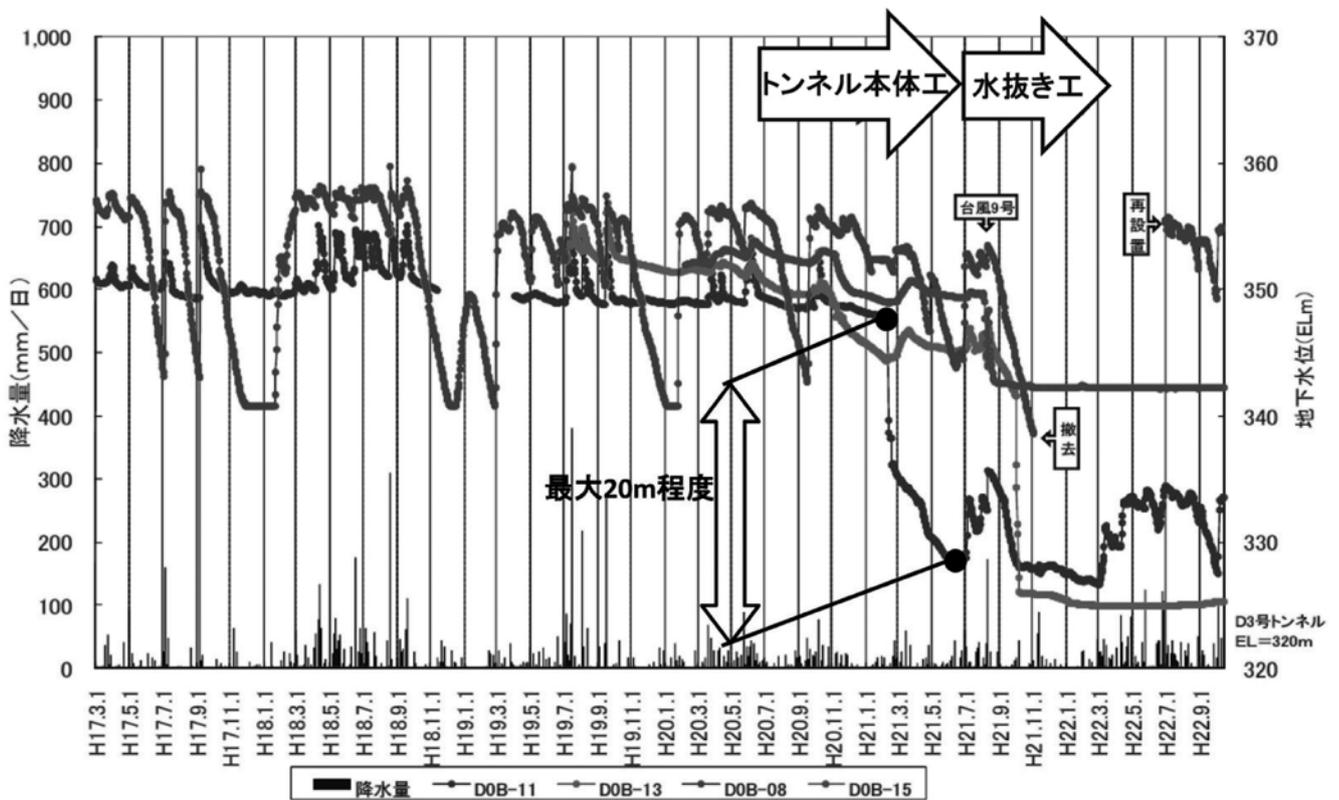


図-13 D3号排水トンネル付近の地下水位低下状況

荒瀬ダムの監査廊施工におけるプレキャスト工法を用いた 合理化施工の検討

入 山 優*
(Suguru IRIYAMA)

目 次

1. はじめに	60	4. プレキャスト工法と在来工法の工期の比較 ..	64
2. 監査廊におけるプレキャスト工法の概要 ..	62	5. 監査廊プレキャスト工法の課題に対する検討 ..	67
3. 荒瀬ダムの監査廊において、プレキャスト工法を用いる ことによる工期短縮の可能性についての検討	63	6. 終わりに	67

1. はじめに

肝属中部農業水利事業は、鹿児島県南東部の大隅半島中部に位置する一級河川肝属川沿いの鹿屋市・肝付町にまたがる1,537haの畑作農業地帯を対象としている。

本地区では、地域の農業産出額の過半を占める畜産を支える飼料作物やかんしょ等を主体とした営農が展開されているが、畑地については、シラス台地上に分布し、かんがい施設が未整備なこと、また、区画も一部不整形なことから、農業の生産性の向上が阻害されている。

そこで、本事業により、畑地への新規農業用水確保のために一級河川肝属川水系荒瀬川に荒瀬ダムを築造するとともに、ダムに貯めた水を地区内へ運ぶための用水路等を整備し、農業の生産性の向上と農業経営の安定を図ることとしている。

そこで、本事業により、畑地への新規農業用水確保のために一級河川肝属川水系荒瀬川に荒瀬ダムを築造するとともに、ダムに貯めた水を地区内へ運ぶための用水路等を整備し、農業の生産性の向上と農業経営の安定を図ることとしている。

本事業の主要工事である荒瀬ダムは、堤高65.6m、堤長407.5m、堤体積1,663千 m^3 、有効貯水量2,180千 m^3 の中心遮水ゾーン型ロックフィルダムであり、図-1-1に堤体の標準断面図を示す。平成23年度7月現在における工事の進捗状況は、基礎掘削を完了し（図-1-2）、ブランクセットグラウチングを平成23年6月から施工しているところである。今後、平成26年度の試験湛水開始を目指し、監査廊の施工、築堤へとダム工事が本格化していく予定であるが、特に監査廊工は、基礎処理、盛立工等の工程に先行する工種であり、早期に完成させ施工現場を後続工種に引き継ぐ必要がある。

当ダムの監査廊は、図-1-3に示す通り、全長約430m、73ブロックからなり、そのうちF15～Nブロッ

クまでの26ブロックを「河床部」と称している。図-1-4に示す通り、1ブロックをインバート部、側方置換部、アーチ部（本体）に分けて施工することとしている（インバート部は監査廊の底部、側方置換部は監査廊本体の両側にある逆台形部）。

現在の現場条件を鑑みて工程を検討すると、平成26年度の試験湛水開始までの限られた時間内で盛立工、閉塞工を終えるためには、あらゆる工種について工程短縮の検討を行う必要に迫られた。特に、前述の通り盛立工のクリティカルパスである監査廊工において、いかにして河床部監査廊工の工程短縮を図るかが大きなテーマとなった。

通常、監査廊工において、本体コンクリート打設のための内部型枠はスライドセントル型枠を転用する形式をとり、河床部の施工を急ぐには、複数班のスライドセントル型枠を用意し、型枠の解体、アーチ部の養生期間中に次ブロックを打設することが考えられる。しかし、スライドセントル型枠は、巻上機によりスライドさせて搬入するので、次ブロックが施工中であると搬入できないことやスライド型枠の撤去・搬入には手間及び人手がかかることから、複数班のスライドセントル型枠を用意しても施工効率が向上しない上に安全性に問題がある。

そこで、荒瀬ダムでは、監査廊施工において、型枠を兼ねたプレキャスト部材による施工方法を導入し、一年間で55mという記録的な盛立工を安全かつ合理的に施工した榎谷ダム（北陸農政局、フィルダム、堤高100.4m）を参考に、当ダムでも監査廊施工におけるプレキャスト工法を導入することにより、安全に工程短縮を図ることができないか検討し、導入に至った。

本報では、フィルダムでは施工例の少ない監査廊施工へのプレキャスト工法の検討過程を整理し、その有用性を報告する。

* 農林水産省九州農政局
肝属中部農業水利事業所工事第一課
(Tel. 0994-40-9033)

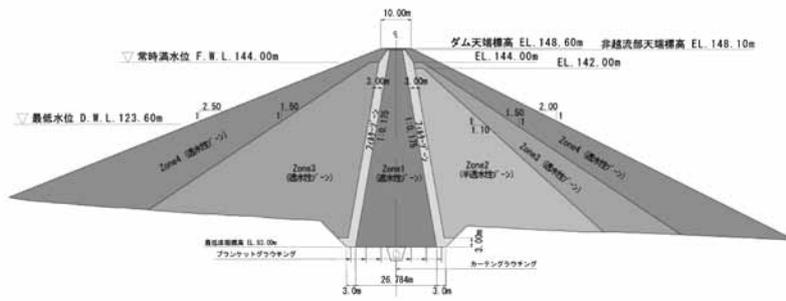


図-1-1 荒瀬ダム標準断面図



図-1-2 荒瀬ダム航空写真（平成22年10月）

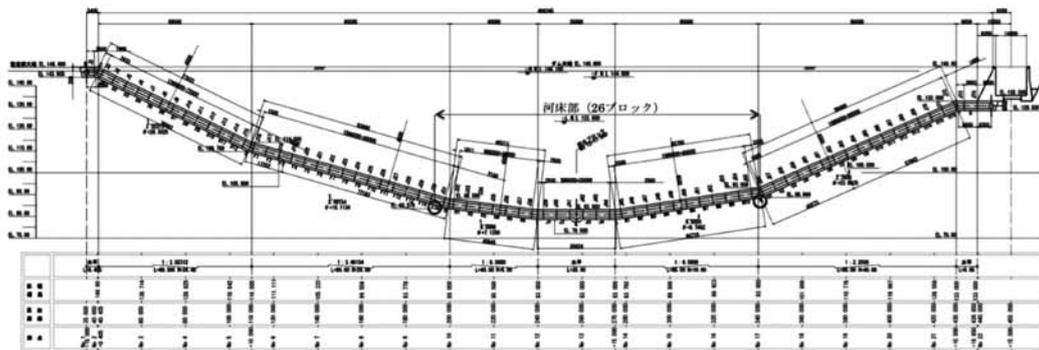


図-1-3 監査廊縦断面図

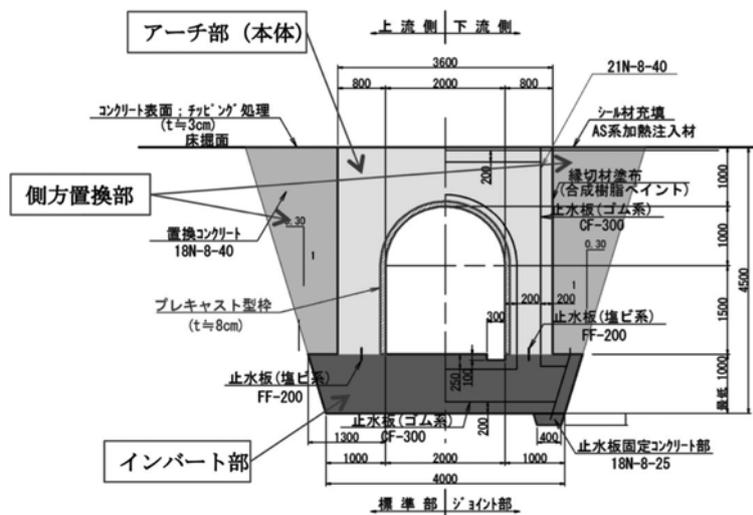


図-1-4 監査廊標準断面図

2. 監査廊におけるプレキャスト工法の概要

2.1 荒瀬ダムにおける監査廊工の概要

本ダムの監査廊延長は、図-1-3に示すように、監査廊延長は約430m、73ブロックであり、河床部は26ブロックを計画している。また、荒瀬ダムでは従来の「逆台形型」の監査廊ではなく、土地改良事業計画設計基準（ダム・pII-146）及び図-1-4に示す「長方形断面」の標準断面形状を採用している。本ダム監査廊部基礎は新鮮な花崗岩で、監査廊トレンチ部を平坦に仕上げることが困難である由に、置換コンクリートの打設が必要となることが予想されたことから、岩盤との縁切効果に対する優位性が認められた木之内川内ダム（九州農政局、フィルダム、堤高64.3m）の例を参考に「長方形断面」の監査廊を採用することとした。

2.2 プレキャスト工法の概要

プレキャスト工法は建設工事の様々な場面で用いられている。一般にコンクリート構造物は、建設現場において型枠を設置し、コンクリートを打設して造られる現場打ち工法が用いられるが、プレキャスト工法は、現場外の専用工場においてあらかじめコンクリート製品を製作した後、現場へ運搬して設置をする工法であり、施工の合理化、それに伴う安全性の向上、品質の向上、熟練工の省人化が図られる。

2.3 当ダムの監査廊プレキャスト工法の構造

当ダムで採用したプレキャスト型枠の構造は、図-1-4のように、逆U字型をしており、上部には幅2.0m×高さ1.0mの円弧を、下部には高さ1.5mの側壁を有する構造である。プレキャスト部材同士はボルトにて接続し、部材厚は榎谷ダムと同様に80mmとした。

なお、当ダムで採用しているプレキャスト型枠は、平成9年～11年度にわたり官民連携新技術研開発事業による「フィルダムの監査廊の合理化施工法の開発」

により開発され、榎谷ダムを始めとした数ダムにおいて採用実績がある。

2.4 監査廊プレキャスト工法の施工方法のメリット

一般的な監査廊の施工方法である在来工法では、図-2-1に示すように、監査廊本体コンクリートを打設するための型枠であるセントルを設置し、コンクリート養生を待ってから、セントルを巻上機によってスライドさせて、次のブロックの打設に移る。そのため、一方向への線的な施工となる。

それに対し、プレキャスト工法では、図-2-1及び図-2-2のように監査廊本体コンクリートを打設するための型枠としてプレキャスト部材を用い、脱型が不要であることから、水平部においては、複数ブロックのコンクリート打設が同時にできる。そのため、施工箇所を点在させることができる点的な施工となり、工程の短縮を図ることができる。

在来工法でも、屈曲部等で用いられるバラセントル型枠を用いることで、プレキャスト工法のように点的な施工方法が可能であるが、セントルの組立てを狭隘空間で行う作業が必要であり、施工の安全性が問題になる上に、スライドセントル型枠よりも組立・脱型に時間がかかり、熟練技術工を多く確保する必要があるという問題がある。

また、コンクリート養生中の温度管理の観点からも、プレキャスト工法にメリットがある。在来工法の場合は、セントルをスライドする際に一時的に外気を遮断するための養生扉を撤去しなければならないが、プレキャスト工法の場合は、型枠を移動する必要がないために外気に曝されないことから、温度応力クラックの可能性を低減させることができる。

以上の比較から、プレキャスト工法の方が、施工の工期、安全性、さらには温度管理の観点において優位性がある。

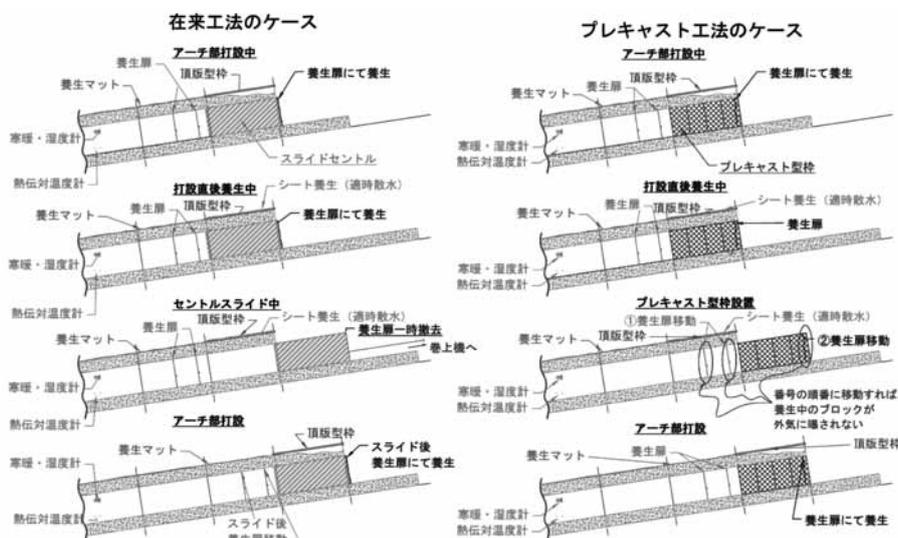


図-2-1 コンクリート養生の比較（プレキャスト工法と在来工法）

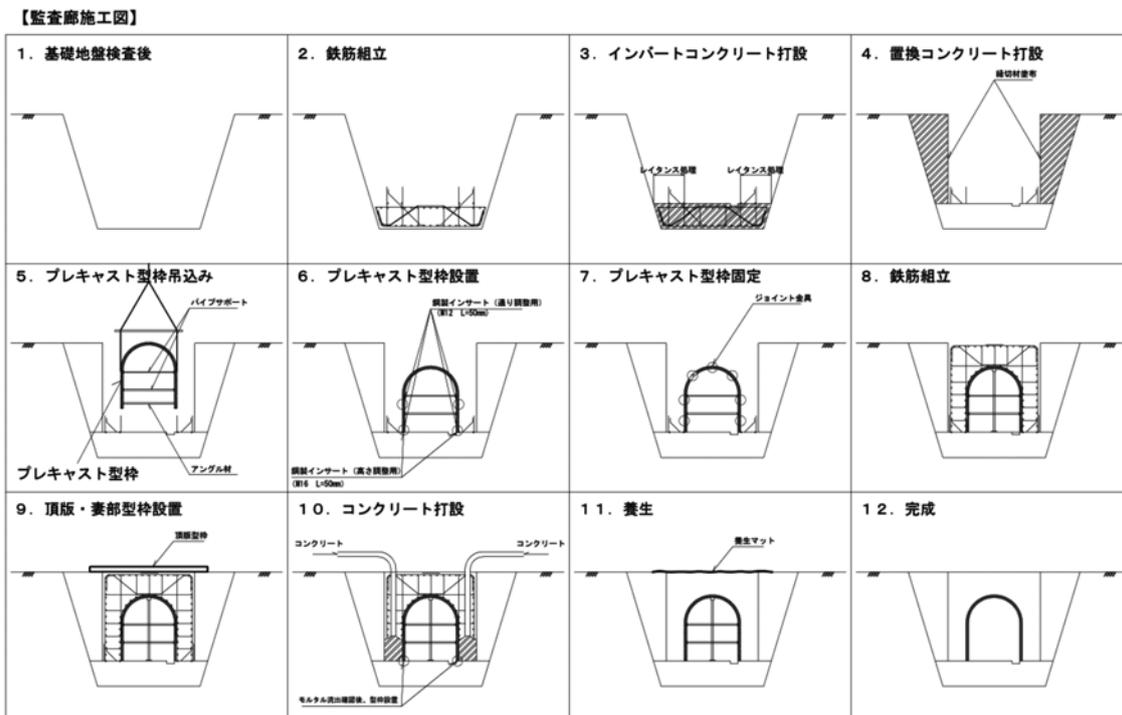


図-2-2 プレキャスト工法の施工手順

2. 5 監査廊プレキャスト工法の課題

ダムの監査廊においては、コンクリートダムのプレキャスト工法は一般的になりつつあり、現場での型枠・鉄筋作業をなくし、大幅な合理化を実現している。その一方で、フィルダムについては、採用されたケースが少なかった。

その理由のひとつとして、土地改良事業計画設計基準（ダム・pⅡ-140）にあるように、監査廊コンクリートと監査廊上部の遮水性材料の剛性は著しく異なるために、盛土による監査廊への応力集中が生じることから、コンクリートダムに比べて、プレキャスト部材の鉄筋量が多くなることで重量が重くなることが挙げられた。その結果、設置のための吊り荷重の大きなクレーンが必要になり、施工性が低下する恐れがあった。

また、物性の異なるプレキャスト部材と現場打ちコンクリートとの一体化の課題もあった。監査廊の役割のひとつに、築堤後における基礎地盤の変位の把握がある。基礎地盤に変位が生じた場合に、監査廊の継目には開口やズレの変位とともに、監査廊コンクリートにクラックを生ずる可能性がある。このような変位は、基礎地盤に生じている変化を示すサインであり、このサインを早期に把握し、ダム全体の監視体制に反映することが重要である。仮にプレキャスト部材と現場打ちコンクリートとが一体化していなければ、現場

打ちコンクリートに応力がかかりクラックを生じて、監査廊内から目視できるプレキャスト部材には応力が伝わらず、クラックを生じないために基礎地盤に生じた変位を把握できない恐れがあった。

3. 荒瀬ダムの監査廊において、プレキャスト工法を用いることによる工期短縮の可能性についての検討

冒頭で述べたように榊谷ダムの事例を得て、荒瀬ダムでもプレキャスト工法を導入による工程短縮の検討を行った。

まず、榊谷ダムと荒瀬ダムの監査廊形状を比較した。図-3-1に榊谷ダムの監査廊縦断面図を示す。榊谷ダムでは、監査路廊延長約400m（71ブロック）のうち、約75%にあたる左右岸の傾斜部の約300m（53ブロック）にてプレキャスト工法を導入し、一年間で55mという記録的な盛立工を安全かつ合理的に施工した。榊谷ダムの監査廊形状と荒瀬ダムの監査廊形状（図-1-3）を比較すると、荒瀬ダムの方が、傾斜が緩く比較的的水平部が多いことがわかる。プレキャスト工法の特徴は、傾斜部については脱型を要しないというメリットがあるが、水平部についてはそれに加え点的施工による工程短縮という相乗効果が期待できることから、榊谷ダムに比べ水平部が多い荒瀬ダムにプレキャスト工法を導入するメリットが大きいと判断した。

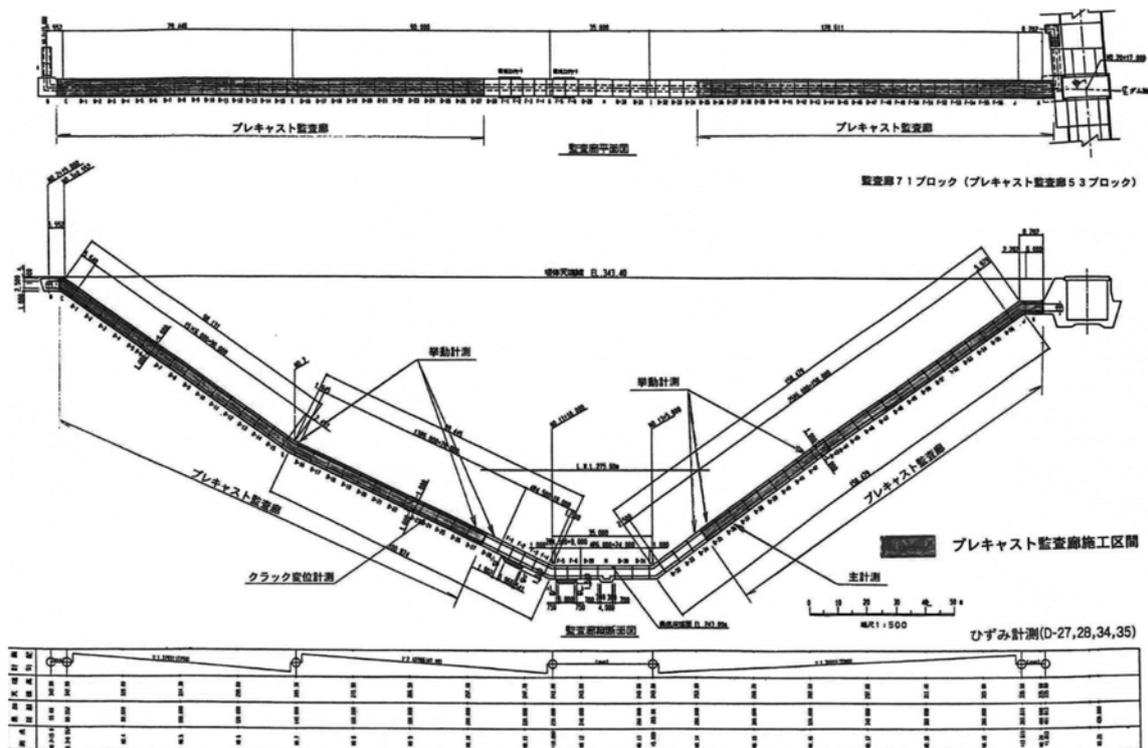


図-3-1 榎谷ダム 監査廊縦断面図

4. プレキャスト工法と在来工法の工期の比較

プレキャスト型枠を採用した場合、工程上のゆとりや工期短縮がどの程度図られるかを検討した。なお、各工程の作業日数は、施工業者等への聞きとり等をもとに設定した。

4.1 監査廊打設にかかる工期の比較 ～監査廊工1ブロックあたり～

監査廊工1ブロックあたりにおける作業工程は、表-4-1に示す日数を要する。この表から、在来工法（スライドセントル）もプレキャスト工法も、インバート部、側方置換部の作業日数はそれぞれ9日、10日と同じであるが、アーチ部については、在来工法（スライドセントル）の場合は14日、プレキャスト工法の場合は12日と、1ブロックあたり約6%（2日）施工日数が縮減できることがわかる。これを基に実際のダム工程でどの程度の効果があるのか検討するため、河床部（水平部）及び傾斜部の工程等に関する比較を行った。

4.2 監査廊打設にかかる工期の比較（河床部）

河床部（水平部）での工期比較の前提条件は、表-4-1及び次のとおりである。

- ①検討対象は、河床部26ブロックとした。
- ②監査廊施工は、平成23年度10月1日よりインバート部打設開始とした。
- ③在来工法（スライドセントル型枠）は、河床部から左右岸方向に分けた2班体制（線的施工）とした。
- ④プレキャスト工法は、施工作业はクレーンによる設置作業のみで、型枠撤去作業がないことから、河床部を3に分けた3体制（点的施工）とした。

その試算結果は、図-4-1に示すとおりであり、平成23年10月から平成24年1月までの4ヶ月間で、インバート部からアーチ部まで施工できるブロック数は、在来工法は11ブロック（約3ブロック/月）であるのに対し、プレキャスト工法は24ブロック（約6ブロック/月）であり、ほぼ河床部の施工が完了することがわかる。その差は13ブロックであり、在来工法ではインバート部の打設は完了するが、右岸側の7ブロック及び左岸側の6ブロックのアーチ部の施工が完了しておらず、その施工には、約3ヶ月（右岸側：14日/ブロック×7ブロック=98日、左岸側：14日/ブロック×5ブロック+18日/ブロック×1ブロック=88日）を要する。つまり、河床部における施工期間を約40%（約3ヶ月）短縮できることが分かる。

表-4-1 1ブロックあたりの作業日数（プレキャスト工法と在来工法）

在来工法			プレキャスト工法		
	工種	作業日数		工種	作業日数
インバートコンクリート	脱型およびペイント塗布	0.75	インバートコンクリート	脱型およびペイント塗布	0.75
	鉄筋架台組立	0.75		鉄筋架台組立	0.75
	鉄筋組立	1.5		鉄筋組立	1.5
	接型枠・天端型枠組立	2.25		接型枠・天端型枠組立	2.25
	パイプ・計器類設置	(0.5)		パイプ・計器類設置	(0.5)
	打設前清掃	0.75		打設前清掃	0.75
	コンクリート打設	1.5		コンクリート打設	1.5
	養生	1.5		養生	1.5
	計	9		計	9
側方置換コンクリート	型枠組立	3	側方置換コンクリート	型枠組立	3
	足場組立	1.5		足場組立	1.5
	打設前清掃	0.75		打設前清掃	0.75
	コンクリート打設	1.5		コンクリート打設	1.5
	養生	3		養生	3
	計	10		計	10
バラセトル箇所	バラセトル組立	4.5	バラセトル箇所	プレキャスト設置	0.75
	鉄筋組立	3		鉄筋組立	3
	接型枠・足場組立	1.5		接型枠・足場組立	1.5
	パイプ・計器類設置	0.75		パイプ・計器類設置	0.75
	打設前清掃	0.75		打設前清掃	0.75
	コンクリート打設	1.5		コンクリート打設	1.5
	養生	3		養生	1.5
	脱型	3		脱型	1.5
	計	18		計	12
スライドセトル箇所	スライドセトル設置	1.5	スライドセトル箇所	スライドセトル設置	1.5
	鉄筋組立	3		鉄筋組立	3
	接型枠・足場組立	1.5		接型枠・足場組立	1.5
	パイプ・計器類設置	0.75		パイプ・計器類設置	0.75
	打設前清掃	0.75		打設前清掃	0.75
	コンクリート打設	1.5		コンクリート打設	1.5
	養生	3		養生	3
	脱型	1.5		脱型	1.5
	計	14			

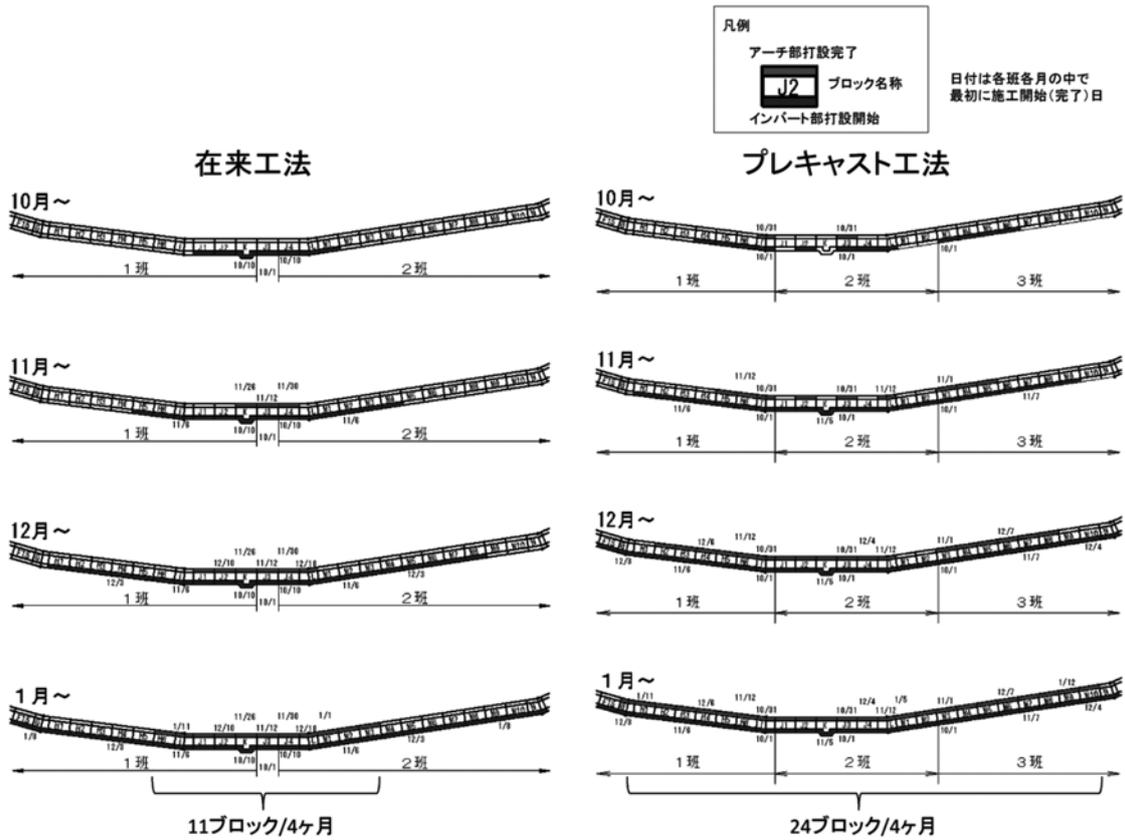


図-4-1 河床部における工期比較（プレキャスト工法と在来工法）

4.3 監査廊打設にかかる工期の比較（傾斜部）

前項では、プレキャスト工法の採用により、河床部における監査廊が大幅に工期を短縮することがわかった。ここでは、傾斜部の工期比較を加え、監査廊工の前提となる基礎地盤検査を考慮した盛立工程を検討する。

前提条件は、表-4-1及び次のとおりである。

- ①基礎地盤検査の受検回数は、近年の九州農政局管内の実績を参考として14回の受検とした（盛立部分に関連する受検は、13回）。
- ②監査廊施工は、平成23年度10月1日よりインバート部打設開始とした。・在来工法（スライドセントル型枠）は、河床部から左右岸方向に分けた2班体制（線的施工）とした。
- ③プレキャスト工法は、先の条件と同様に、河床部は3つに分けた3班体制（点的施工）とし、傾斜部は左右岸の2班体制とした。
- ④盛立能力は、同一条件とした。

その試算結果は、図-4-2に示すとおりであり、河床部の班編成が異なるため、プレキャスト工法と在来工法で開始ブロックが異なるが、在来工法と比較して約3ヶ月の工程短縮が可能であることがわかる。また、傾斜部ではプレキャスト工法と在来工法では工程は大きく変わらないこともわかる。これは、監査廊工が盛立工のクリティカルとならないためであるが、在来工法では左右岸共に標高118mまで監査廊工は休む間もなく施工をすることとなる一方、プレキャスト工法は傾斜部左岸では標高98.5mに約3ヶ月、傾斜部右岸でも標高92.5mに約2ヶ月、標高108.5mに約3ヶ月の「ゆとり」を持つこともわかる。傾斜部においてプレキャスト工法を採用した場合も、工程的な「ゆとり」を持つことが可能である上に、この「ゆとり」を短縮（例えば基礎地盤検査受検の前倒し等）することにより、築堤工程の短縮の検討も可能となり、更なる工程短縮可能性の検討も視野に入れることができる。

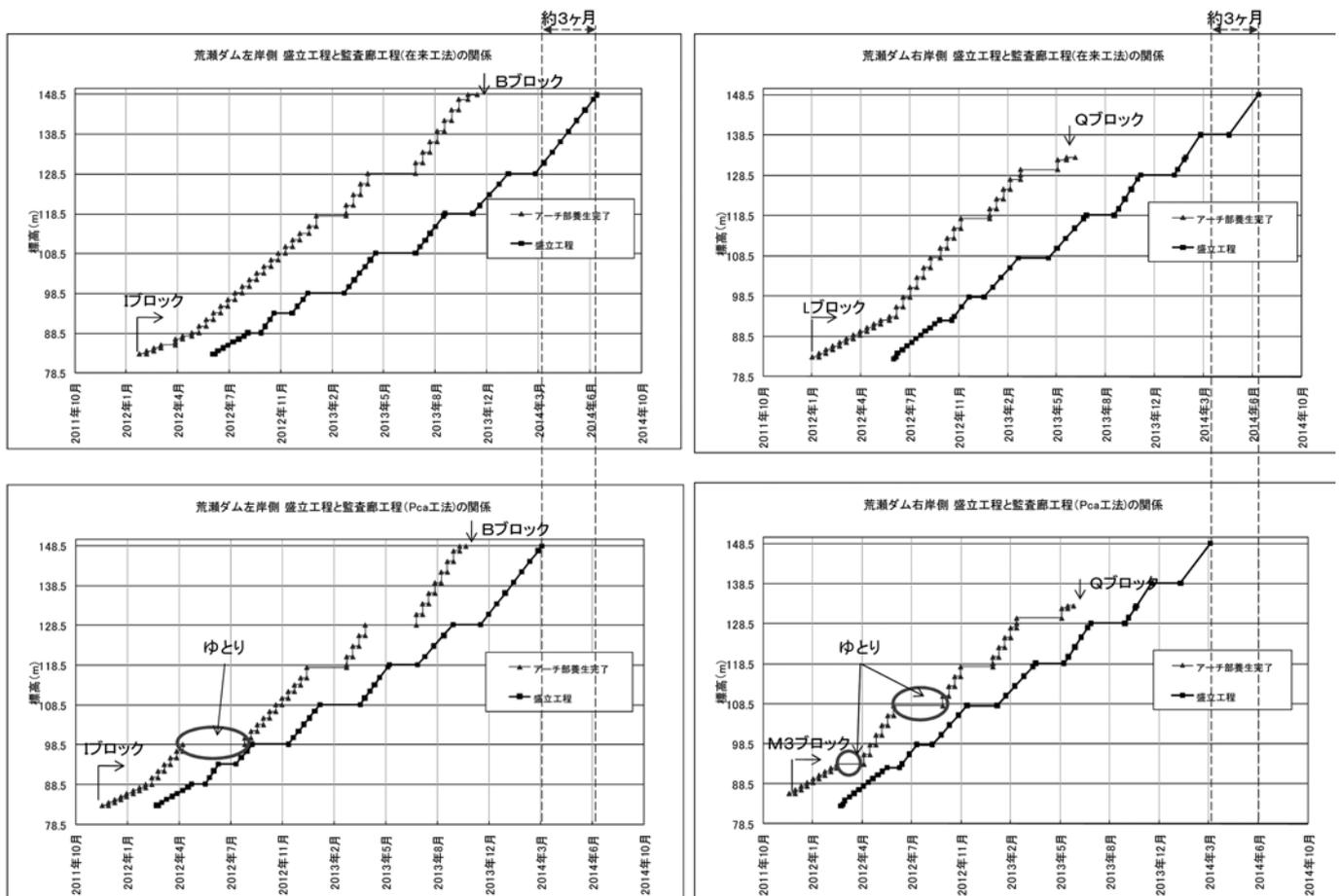


図-4-2 基礎地盤検査を考慮した監査廊工程と盛立工程（プレキャスト工法と在来工法）

5. 監査廊プレキャスト工法の課題に対する検討

2.5で述べたように、鉄筋量が多くなり部材重量が重くなること及びプレキャスト部材と現場打ちコンクリートとの一体化という課題に対し、本ダムにおいては以下のように検討した。

部材重量が重くなる課題については、榑谷ダムの事例から、従来のように逆台形型の全てではなく、その型枠のみをプレキャスト化することで部材重量が重くなることを回避した。

また、現場打ちコンクリートの一体化についても、「フィルダム監査廊のプレキャスト型枠工法と一体化試験（赤坂雄司，原夏夫，横沢和夫，白根勇二，2001年）」において一体性を確認する試験が行われ、プレキャスト型枠表面に目粗を施すことにより、プレキャスト型枠と周囲に後打設する本体コンクリートとの一体性は確保できることが報告されていることから、一体化についても問題ないと判断した。

以上のことから、当ダムでは、フィルダムにおいて採用実績が少なかったプレキャスト工法は、在来工法と同様に監査廊としての機能を果たすことができると判断し、採用することとした。

6. 終わりに

本ダムは、平成23年10月から監査廊施工に入る予定であり、監査廊工事が進んでいくと築堤工事が開始され、これからダム工事が本格化していく比較的新しいダムである。

これまで、日本全国に数多くのダム等が建設されてきており、その過程において幾多の技術的課題が生じ、多くの技術者がその課題を乗り越えてきた。これらの先人の知恵を最大限に生かして、設計がなされるべきであると考え。そのひとつが、今回紹介させていただいた監査廊におけるプレキャスト工法である。今後建設されるフィルダムにおいて、経済性のみではなく、工期短縮や施工の安全性を勘案すれば、プレキャスト型枠を採用した監査廊工は、従来用いられてきたスライドセントル型枠等に代わりうるものと考え。

今後、世界において人口増加が予想され、食料需要が高まる情勢の中、我が国だけではなく、発展途上国をはじめとした農業生産性のポテンシャルを秘めた数多くの国において、水需要が高まりダム建設といったツールを利用することが考えられる。その際に、我が国が今まで蓄積してきた技術力を世界へ提供するためにも、報文等を通じて技術的経験を発信し、技術者の間で情報を共有しておくべきであると考え。

参考文献

- 1)赤坂雄司，原夏夫，横沢和夫，白根勇二：フィルダム監査廊のプレキャスト型枠工法と一体化試験（2001）
- 2)平成13年度 榑谷ダム技術検討委員会資料（北陸農政局）

伊江地下ダムにおける基盤岩確認手法の検討

宮川 誠* 高野 直人**
(Makoto MIYAGAWA) (Naoto TAKANO)

清藤 伸哉*** 芥川 充志****
(Shinya SEITOU) (Atsushi AKUTAGAWA)

目 次

1. はじめに	68	4. 基盤岩確認のための試み	69
2. 伊江地下ダムの特徴	68	5. おわりに	73
3. 施工に係る問題点	69		

1. はじめに

伊江島（伊江村）は、沖縄本島の本部半島より北西約9kmの洋上に浮かぶ周囲約22km、東西に約8.4km、南北は幅の広いところで約3.6km、総面積22.73km²の1島1村の離島である。（図-1）



図-1 位置図

伊江島は、平坦な地形を利用した畑作地帯であり、人口の約2割は農業従事者である。主要作物は、葉たばこ、花卉、さとうきび、野菜であり、近年の年間農業生産額は、30億円前後となっている。なお、農家1戸当たりの生産額は県平均の約2倍である。

しかしながら、伊江島で農業を行う上での課題は、沖縄の多くの離島がそうであるように、島内に河川が無い場合、畑作に必要な用水は降雨と既設ため池に依存せざるを得ないことにある。このため、県内の有数な農業地帯にもかかわらず、十分な用水手当がなされていないことから、生産額は、ここ数年横ばいとなっており、安定的な農業用水の確保が望まれている。

このため、国営伊江かんがい排水事業では、伊江島において安定的な農業用水を確保し、農業生産性の向上及び農業の近代化を図り、農業経営の安定に資することを目的として、伊江島の668haの畑を対象に農業用水を供給する伊江地下ダム（堤高55.9m、堤長2.612m、有効貯水量754千m³）を築造するとともに、用水路8.3km、揚水機2箇所を整備し、併せて関連事業による末端用水路、給水栓等の整備を行っている。

地下ダムとは、地中に水を通さない壁を作り、これまで海に流れ出ていた地下水を堰き止め、地下水を貯めて利用する施設である。地下ダムは、ダム築造後の地表部を従来通り利用できることや、生態系・景観などへの影響が少ないことなどの利点がある。

本文では、伊江地下ダムを築造するにあたっては、止水壁の施工深度を決定する上で基盤岩上面の深度が重要だが、想定よりも深いところで基盤岩上面が確認される場合があるので、比抵抗や音響によるトモグラフィ調査を用いた基盤岩確認手の検討を行った。

2. 伊江地下ダムの特徴

伊江島の地層は、中・古生代の粘板岩、チャート、緑色岩、古期石灰岩からなる伊江層を基盤とし、上位

*内閣府沖縄総合事務局伊江農業水利事業所
工事第二課 (Tel. 0980-50-6411)

**内閣府沖縄総合事務局伊江農業水利事業所
調査設計課 (Tel. 0980-50-6411)

***(株)熊谷組首都圏支店土木事業部土木部
(Tel. 098-862-7829)

****西松建設(株)九州支社土木部
(Tel. 092-771-3124)

に第四紀更新世の琉球層群基底部層や琉球石灰岩、さらに表土・岩錐堆積物が表層部を薄く覆っている。

これまで沖縄管内の地下ダムは、高透水性で多孔質な琉球石灰岩を帯水層とし、かつ不透水層である第三紀島尻層泥岩を基盤として、断層により明確な地下谷を形成している地下ダムサイトで建設が進められてきた。このような立地条件は、①良好な貯留層の存在、②地下水の受け皿となる不透水基盤の存在、③豊富な地下水涵養量、④施工可能な遮水ゾーン深度といった地下ダム建設の条件に合致したものであり、地質・地下水条件的に恵まれた地下ダムサイトといえる。

これに対して伊江地下ダムは、伊江層の粘板岩や緑色岩といった第三紀島尻層泥岩より比較的透水性の高い岩層を基盤としている。また、伊江地下ダムは浸食によって形成された地下谷を貯留層とし、このため大深度施工区間がある一方で、断層で形成された地下谷と比較すると、地下水を貯留するためのポケットが小さいという特徴がある。その他にも、地下の浸食谷に不均質な粘土混じり砂礫の基底部層が堆積していることなど、これまでの地下ダムにない特徴がある。

(図-2、図-3)

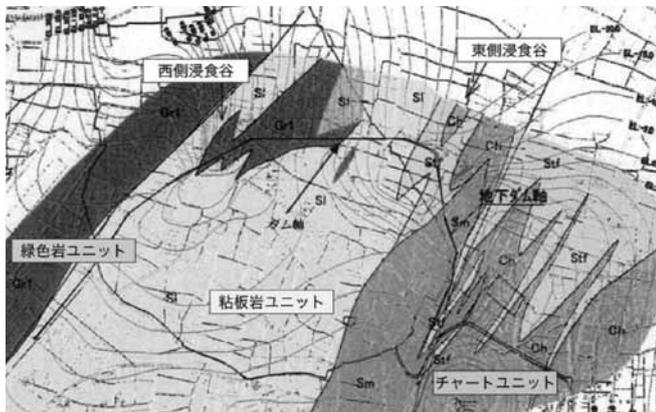


図-2 伊江地下ダム基盤平面図

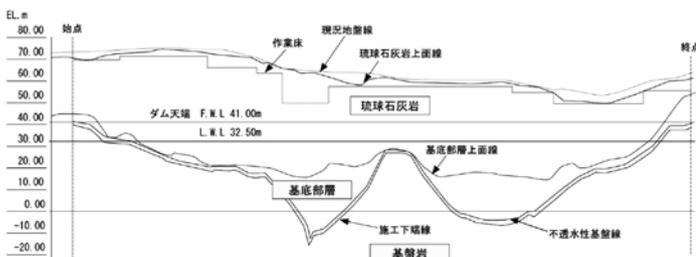


図-3 伊江地下ダム ダム軸の基盤縦断図

3. 施工に係る問題点

伊江地下ダムでは、止水壁の大部分をSMW工法（原位置攪拌工法）により築造している。本地区は、削孔の対象が硬質地盤（琉球石灰岩）であることから、多軸削孔の負担を軽減し、削孔精度向上を図るため短軸オーガによる先行削孔を行っており、また、先行削孔の精度を高めるため上部はケーシング削孔を行い、下部は削孔液を注入しながら削孔を行っている。先行削孔完了後は、三軸オーガにより削孔を行い、最後に固化液を注入しながらオーガを引き上げ、止水壁を築造する。(図-4)

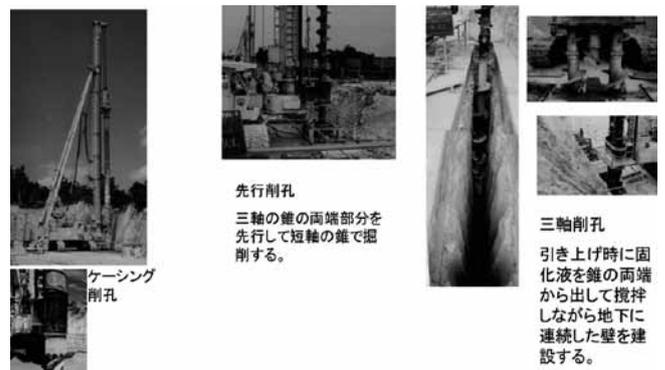


図-4 止水壁施工手順

止水壁は、高透水性の琉球石灰岩の下部にある不透水層（基盤岩）へ定着（根入れ1m）させ築造する。

止水壁の施工深度（設計基盤線）は、ダム軸上に約10~20m間隔の調査ボーリングを行い基盤岩上面の位置を確認し、地質縦断図を作成して決定している。

また、止水壁の施工では、基盤岩の深度に応じて作業床の高さや削孔の機種を選定し工事を行っている。

しかしながら、これまでの施工結果では、①設計基盤線より深いところで基盤岩が確認されたり、②基底部層の中に硬質な岩塊が存在し、オーガの高止まりや偏心が発生しており、施工を行う上での大きな課題となっている。

なお、②の硬質な岩塊に対する対策としては、削孔に用いる錐を特殊ビットにすることでオーガの高止まりを抑制している。また、偏心については、ターニング作業を行いズレの修正作業を行っており、偏心の幅が大きい場合には調整杭（補足の三軸オーガによる止水壁）の施工を行い確実に連続した止水壁の築造を行っている。

4. 基盤岩確認のための試み

地下ダムの設計基盤線は調査ボーリングから得られた点のデータを基に決定していることから、調査地点間（ボーリング孔間）の基盤線が正確に示されている

とは限らない。

このため、現行ではオーガの吊り荷重や減速機の電流値を解析し、基盤岩への岩着を確認するとともに、チェックボーリングにより最終的な出来型を確認している。なお、施工中に設計基盤線の変更が生じた場合には、施工を中断し該当区間で調査ボーリングを行い再度基盤岩の確認を行うなど非効率な施工を行わざるを得ない状況である。

そこで、止水壁の基盤岩への確実な根入れを確保し、かつ効率的な施工が可能となるよう、以下に示す比抵抗トモグラフィ調査や音響トモグラフィ調査により、地下ダム止水壁の築造箇所の地盤情報を可視化して、ボーリング孔間の基盤線分布を連続的に把握することを試みた。

(1)比抵抗トモグラフィ調査

1)比抵抗トモグラフィとは

地盤の電気的性質を測定して、地盤の地質及び土木工学的な性状を解析する手法を総じて電気探査と呼んでおり、比抵抗トモグラフィはその一種である。

比抵抗とは、地盤の電気抵抗すなわち「電気の通りにくさ」を示す物理量を、単位断面積を通る電流に対する単位長さあたりの値で評価したものである。比抵抗法の測定原理としては、地表に4本の電極を設置し1対(2本)の電極に電流を流した時に地盤に発生する電位差をもう1対の電極で計測し比抵抗値を求める。

比抵抗トモグラフィでは、地表だけでなくボーリング孔等を用いて地盤深度方向にも電極を設置し、対象領域を取り囲んで探査することでより精度の高い地盤解析を行うことができる。

但し、ボーリング孔内において地下水より上の地盤では、伝導体となる水が無いことから電流が流れず正確な測定は不可能である。そこで、今回の探査では地下水より上に伝導体として界面活性剤のミストを充填し測定を可能にした。

表-1に代表的な地質・土質の比抵抗値、表-2に岩石・土質の状態と比抵抗の関係、表-3に各層における代表的な比抵抗値一覧表を示す。

2)調査方法

測定装置の概略図は図-5の通りである。

ダム軸上のボーリング孔は調査対象領域の1.5倍の深度をとる。また、上述の通り地下水より上については界面活性剤ミストを充填する。遠電極は測定最大電極間隔の10倍程度測定領域から離して設置する。

3)測定手順例

図-6の様に各電極間の電位差を測定しデータを集める。今回の探査では、ボーリング孔が4孔で地表に電極を設置せずボーリング孔内に35極設置した。

表-1 代表的な地質・土質の比抵抗値

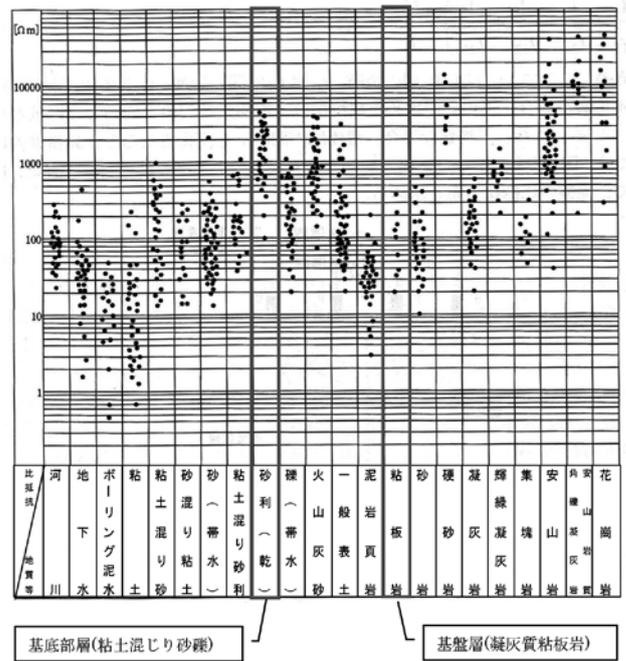


表-2 岩石・土質の状態と比抵抗の関係

状態	岩石・土の比抵抗の変化		備考
	低	高	
地下水・間隙水の比抵抗	低	高	塩分濃度、塩水棲
水飽和度	高	低	
間隙率(飽和状態)	大	小	
粘土分	多	少	
風化・変質程度	強	弱	
温度	高	低	地熱

表-3 各層における代表的な比抵抗値一覧表

土質・地質名	地質区分	代表的な比抵抗値(Ω·m)
基底部層 (粘土混じり砂礫)	粘土混じり 砂利	30~1,000
基盤層 (凝灰質粘板岩)	粘板岩	20~400

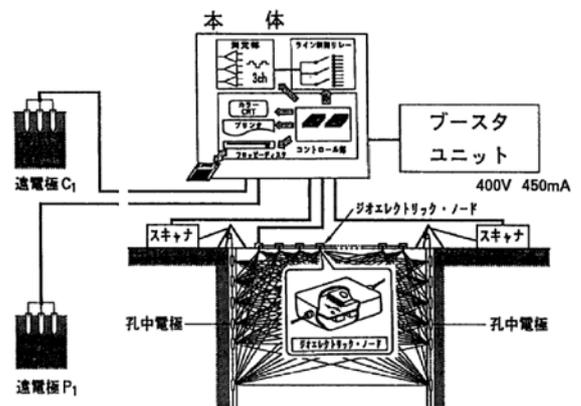


図-5 測定装置の概略図

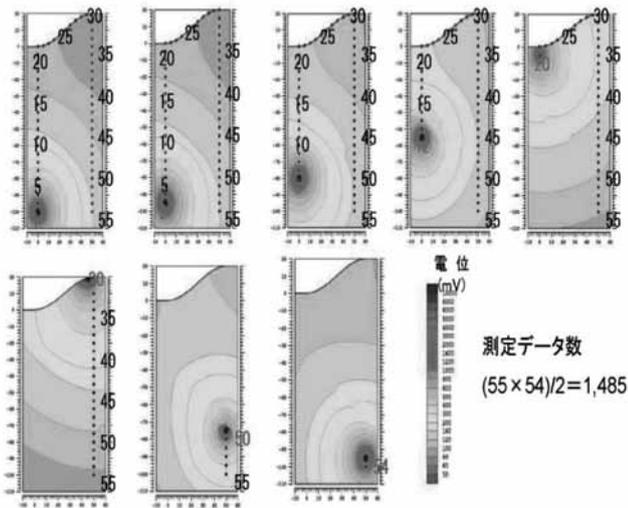


図-6 電極間の電位差



写真-1 電極設置



写真-2 測定状況



写真-3 ボーリング孔内ミスト充填

4) 調査結果

比抵抗トモグラフィ解析結果を図-7に示す。解析結果より、琉球石灰岩における比抵抗値は500~10,000 $\Omega \cdot m$ を主体としており、下位の基底部層及び基盤岩より高い比抵抗値を示した。琉球石灰岩の中で、所々低い比抵抗値を示す箇所が認められるが、これらは粘土分を含む箇所又は局所的に水が飽和している箇所と考えられる。また、基底部層における比抵抗値は80~800 $\Omega \cdot m$ 、基盤岩における比抵抗値は10~160 $\Omega \cdot m$ を示しており、表-3に示す代表的な比抵抗値と概ね一致していた。

今回の比抵抗トモグラフィ調査による基盤岩の境界は、ボーリングデータ及びボーリング調査間の比抵抗トモグラフィの縦断面図の比抵抗値の等高線の変化位置により想定することが出来る。

しかし、No.15及びIP-3付近における基盤岩上面付近に比抵抗値1,000 $\Omega \cdot m$ 程度と高い値を示す箇所が存在した。この要因としては、表-1に示す安山岩のような基盤岩内に緻密堅硬な塊状岩塊が存在するためと考えられる。

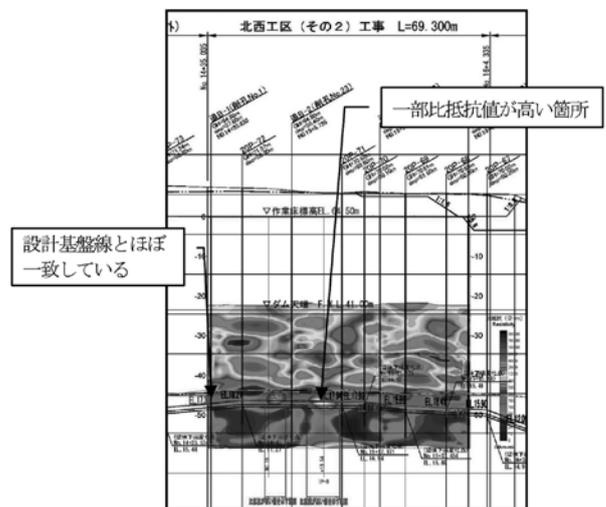


図-7 調査結果縦断面図

(2)音響トモグラフィ調査

1)音響トモグラフィとは

音響トモグラフィは圧電式の孔内発振器（ピエゾ震源）と多連の受信器（ハイドロフォン）を2つの計測孔に配置して、この孔間断面の受信波速度、減衰率分布を可視化し、そこから読み取れる地盤の間隙率や粒子の硬さに起因する強度、粒径や亀裂の分布などから地質構成を面的に評価する物理探査技術である。計測概念図を図-8に示す。



図-8 計測概念図

本技術は超音波と地震波の中間の周波数帯域である音響波（可聴波）を用いることに特長がある。これにより、高い精度を維持しながら、従来の弾性波探査と同等の計測距離を確保することができる。これは、通常の弾性波探査や地震探査などと異なり、発振波形にパルス波ではなく連続波の一種である疑似ランダム波を用いていることから、出力の小さい孔内発振器でも数10m～数100mの計測を行うことができる。

本技術はこれまでの探査技術と異なり、以下の特徴を有する。

- ・潜水艦のソナー技術の応用により、計測距離を維持したまま、高周波数の音響波による高精度の計測が可能である。音響波を用いるという点で類似の弾性波探査よりも高精度な調査が可能である。
- ・高周波数域の音響波を使用することで、交通騒音などの影響を受けにくい。
- ・電気や電磁波を用いる探査のように都市部の高圧線や電波ノイズの影響を受けない。
- ・従来の弾性波探査ではP波速度のみで評価していたが、振幅減衰情報を合わせて評価することで、より詳細な地盤構成評価を可能としている。
- ・内径50mmの孔内保護管に設置可能な小型計測機器を用いる。

2)調査方法

ア. 標準測定手順

計測概念図及び計測フロー図を図-9に示す。受信器を所定の深度に設置した後、発振・受信と発振器移動を繰り返すことにより、音の走査線が対象断面全体を切るように計測を行う。受信器に設置した

センサーの受信波形からセンサー毎に到達時間とその振幅を読み取る。このデータから逆計算により速度分布と減衰率分布を計算し、トモグラムとして出力する。

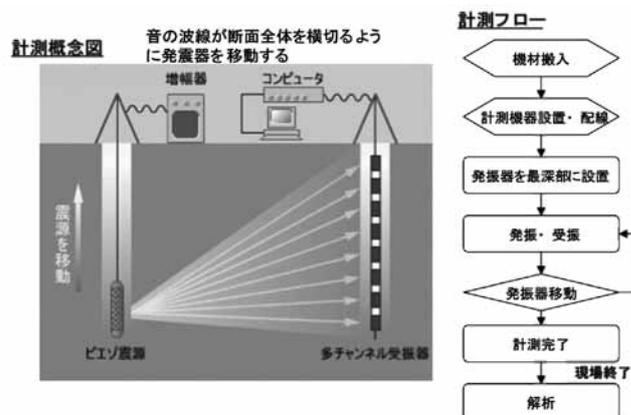


図-9 計測概念図及び計測フロー図

イ. 試験施工仕様

表-4に示す測定仕様により、ダム軸上において音響トモグラフィ計測を行った。

表-4 測定仕様

項目	仕様明細
計測孔	削孔(φ110mm)後、孔内保護管(塩ビ管φ50mm)を建込み、孔壁と塩ビ管の間はセメントベントナイトで充填
計測距離	40m
計測深度	基盤層付近:EL.7m～EL.30m
計測周波数	1kHz
計測点数	1.0mピッチ(深度23m)=24点
断面数	1断面

3)調査結果

ア. 速度分布

図-10に計測結果の速度分布を示す。計測の結果、P波速度 $v = 3.1\text{km/s}$ の等速度線が音響トモグラフィから求めた基盤線の計測結果である。設計基盤線と比較するとほぼ一致しているが、1m程度の差異が見られる。

計測範囲内のボーリングデータの例(No.3)を図-11に示す。伊江層上端面は下位に風化の影響を受け、上位に円礫を含む基底部層が存在する。ボーリングデータを精査するとNo.3においては、設計基盤下に風化に由来する比較的強度が低い区間(EL19.35～EL20.55)が存在する。音響波の速度分布は地盤の強度に比例するため、この設計基盤下位

の低強度の風化帯の影響で、さらに下位の強度境界を基盤線として計測していると考えられる。これらのことから、各ボーリングデータを精査し、風化や基底部層中の円礫の影響を加味して強度の境界と考えられる深度を強度境界として図-10に記載した。これら強度境界と音響トモグラフィの計測結果は非常に一致している。

また、同様の測定仕様において、周波数2kHzの音響波を用いた測定を行い、音響波が伝播することを確認した。使用周波数が大きくなると計測精度は向上する関係にあるため、同条件の計測ではさらに精度の高い計測が可能であると考えられる。

イ. 減衰率分布

図-12に計測結果の減衰率分布を示す。減衰率分布は主に粒径や亀裂に影響を受ける。基底部層上端面においては、減衰率分布の明確な区別は困難であった。これは基底部層上位の石灰岩が泥質化及び礫質化している影響と考えられる。但し、ボーリング20P75, No.4に見られる泥質石灰岩が存在している部分では、減衰率が比較的低くなっている。こ

れは泥質化により粒径が比較的小さな部分であるため、減衰率が低下していると考えられる。

5. おわりに

比抵抗トモグラフィ及び音響トモグラフィによる調査の結果、当初想定していた設計基盤線と調査結果は概ね一致していたものの、1m程度の誤差や明らかな差が生じている箇所も確認された。これは地質の硬軟や風化状況、基底部層中の礫の存在等に起因するものであり、結果としては当初想定していた設計基盤線が妥当であったため、調査結果から設計基盤線を変更する必要はなかった。

止水壁の基盤岩への根入れ長が1mであることを考えると、両調査ともに現時点においてはボーリング調査に変わる高精度の基盤確認技術とは言えない。しかし、ボーリング孔間の地質情報を可視化し、基盤形状を大まかに想定することは可能であると考えられることから、今後、より精度が向上した場合には止水壁の基盤岩への根入れ深度の精度向上や止水壁の効率的施工に寄与するものと考えられる。

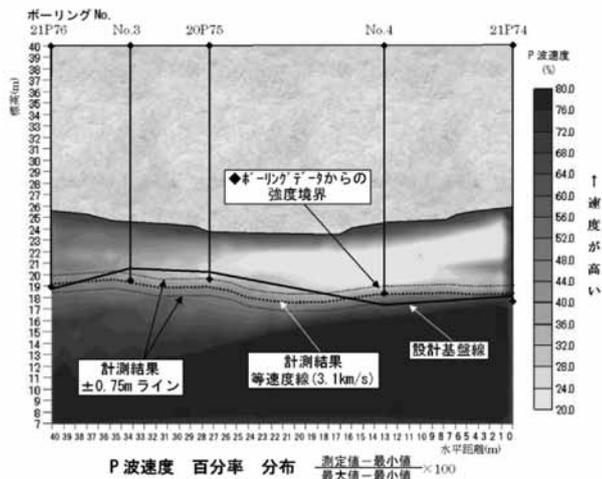


図-10 速度分布図

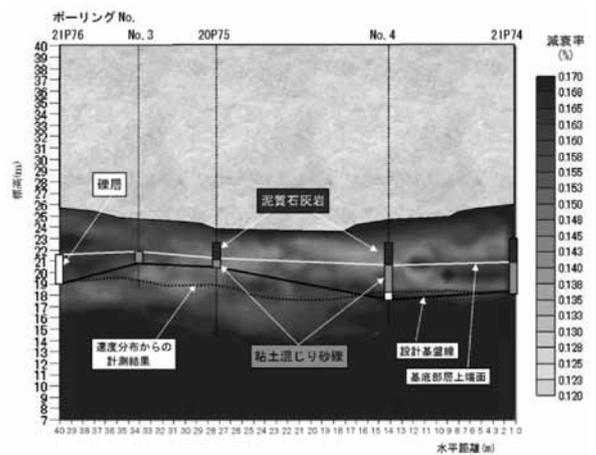


図-12 減衰率分布図

ボーリングNo.3 柱状図

標高 (m)	深度 (m)	柱状図	岩種	色	硬軟	割れ目の形状	風化	変質	記	コア採取率 (%)	岩級
45.00	21.80	44.40	凝灰質砂礫	灰白	D V d				隙間性粘土を含む砂質性石灰質砂礫。φ1cm未満のチャートおよび凝灰質板礫の円礫を含む砂質性石灰質砂礫からなる。指面により変形する。45.35m以降、凝灰質粘板岩層の粘土を主体とする。	0	CL
46.00	20.55	45.40	凝灰質砂礫	灰白	E VI d				凝灰質粘板岩および凝灰質砂礫が混在する凝灰質粘板岩。45.45~46.65m 層まで風化を著し褐色を呈する。指で強く押すと変形する。46.65~46.95m 高角度風化帯から成り、亀裂面は著しく脆化を著し褐色を呈する。	50	CL
47.00	19.35	46.65	凝灰質粘板岩	灰白	D IV e					100	CL
48.00	18.40	47.60	凝灰質粘板岩	灰白	C III y						CL

風化により強度が

図-11 ボーリングデータの例 (No.3)

木曾川用水のPC管の機能診断調査と保全対策について

— 施設緊急改築の事業化 —

三 上 順 央*
(Nobuhisa MIKAMI)

目 次

1. はじめに	74	5. PC管の保全対策	78
2. 右岸施設の概要	74	6. 右岸施設における先駆的な取組	79
3. PC管の出水状況と劣化要因	74	7. 木曾川右岸施設緊急改築事業	80
4. PC管の機能診断	75	8. おわりに	81

1. はじめに

木曾川用水の右岸施設は岐阜県中濃地域に位置し、独立行政法人水資源機構（旧水資源開発公団。以下「水機構」という。）が、昭和43年度から昭和57年度にかけて用水供給施設を造成し、昭和58年度から管理を開始し、美濃加茂市をはじめとする2市5町に農業用水及び都市用水を供給している。

当該用水供給施設は管水路を主体とした施設であり、プレストレストコンクリート管（以下「PC管」という。）をはじめとする数種の管で構成しているが、用水供給開始以降、PC管の継ぎ目からの出水が多発し、近年は管体が破損する出水も生じる状況となっている。

このため、水機構では、PC管の劣化状況を把握するべく平成15年度から継ぎ手調査（継ぎ目間隔・ゴムリング状態等）を始め、その後、PC管の適切な予防対策に係る機能診断を進め、平成19年度から施設機能保全計画（以下「保全計画」という。）を策定している。

また、平成21年度からは、保全計画に基づき、劣化したPC管を更新することを主体とした木曾川右岸施設緊急改築事業（以下「右岸緊急改築事業」という。）を実施している。

本稿は、右岸施設における保全計画策定の取り組みについて報告するとともに、右岸緊急改築事業の一部を紹介するものである。

2. 右岸施設の概要

2-1. 用水供給量

右岸施設の用水供給量は、地域の約3,050haの農地に対する農業用水として最大7m³/s、岐阜県の水道用水として最大0.75m³/s、工業用水として0.18m³/sとなっている。

2-2. 施設の概要

用水供給施設は、飛騨川からの取水施設である白川取水口、導水路施設である白川導水路、右岸幹線水路、左岸幹線水路、用水路及び支線水路、調整池等で構成され、水路の総延長は約109kmである。

このうち、左岸幹線水路、用水路及び支線水路はクロード式の管水路であり総延長は約91kmである。管水路はPC管、ダクタイル鋳鉄管、塩化ビニル管、強化プラスチック複合管（FRPM管）等を用いており、このうちPC管の総延長は、約30km（表-1）である。

口径は500～1,500mm、最大静水圧は約0.70Mpaと高内圧で、一部区間を除き通年通水を行っている施設である。

2-3. 管水路の埋設環境

左岸幹線水路は、飛騨川左岸の山裾に沿って埋設しており、用水路及び支線水路はそのほとんどが公道下に埋設されている。

表-1 木曾川右岸施設PC管設計数値

口径	500 mm～1,500 mm
延長 (800 mm以下)	約 19 km
延長 (800 mm以上)	約 11 km
合計	約 30 km
最大静水圧	0.70Mpa
埋設経過年数	29年～40年

* (独)水資源機構木曾川用水総合管理所
(Tel. 0587-97-3710)

3. PC管の出水状況と劣化要因

3-1. PC管の出水状況

右岸施設のPC管では昭和58年度からの管理開始以降、220件余りの出水が発生しており、出水箇所は図-1に示すとおりである。

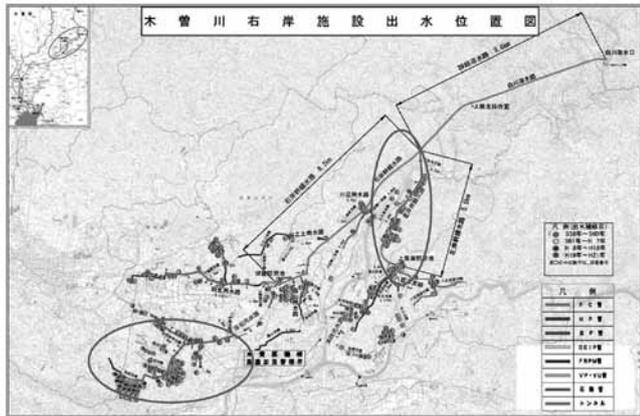


図-1 右岸施設出水位置図

出水は左岸幹線水路と一部の用水路及び支線水路に集中しており、そのほとんどはPC管の継ぎ目からの出水である。出水の度に、管内面から継ぎ手部の止水、管外面からのコンクリート巻き立てなどによる復旧を行ってきたが、平成17年度に支線水路で発生した出水は、管体が破損するという大規模な出水であった。

(写真-1)

また、水機構の他地区においてもPC管本体の破損による出水が発生し、地表に直径約9mの巨大な陥没を生じさせた。(写真-2)



写真-1 右岸施設坂祝支線の出水 (H17.1)



写真-2 PC管の破損による出水 (H15.4)

3-2. PC管の出水形態と劣化要因

水機構では、水機構が管理する全国の各地区でPC管の劣化が顕著となる中、全社的にPC管の劣化に関する調査を進め、PC管本体に関し、整理できた範囲で「PC管本体の劣化に関する調査・診断マニュアル(案)(水機構内部資料)」としてとりまとめている。

同マニュアルでは、PC管の出水形態別の劣化要因を図-2のとおり整理しており、右岸施設の劣化診断等もこの劣化要因に基づき進めた。

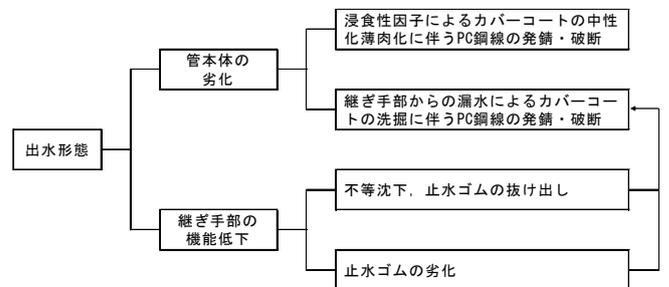


図-2 PC管の出水形態と劣化要因

4. PC管の機能診断

4-1. 機能診断の必要性

前述のとおり、これまでの右岸施設の出水対策は、出水が発生してから対応するいわゆる事後対策であった。これは、管水路が地下埋設物であり目視では劣化状況が確認出来ず、劣化状況に関する情報も体系的に蓄積されていないためであった。

このため水機構では、平成17年度の管体の破損を契機に、今後はPC管において適切な事前対応を可能とすべく、劣化要因の整理とあわせ、劣化要因に着目した各種調査を行い、機能保全計画を策定することとした。

なお、この取り組みは、農林水産省の農業水利施設ストックマネジメントマニュアル（以下「マニュアル」という。）を基本に、PC管の劣化要因と劣化状況を独自に考慮することで進めたものである。

4-2. 施設の状態評価

4-2-1. 調査ユニットの区分

マニュアルでは、概ね1kmを目安に、分水工、制水弁等で区分される水理ユニットを調査ユニットとしているが、右岸施設では地下水に含まれる浸食性因子等（地下水の水位変動・流れ、土壌の腐食性等）にも着目して、地下水水位や土地利用区分も考慮した独自の調査ユニットに区分し、左岸幹線水路で14ユニット（うちPC管10ユニット）、用水路・支線水路で154ユニット（うちPC管54ユニット）を設定した。

4-2-2. 既存資料の収集整理

右岸施設の全施設を対象に設計・施工内容に関する資料、維持管理費・補修履歴（定期・突発的）に関する資料を収集し、施設情報として調査ユニット毎に整理した。

4-2-3. 現地踏査

現地踏査では、PC管全ユニット（64ユニット）について地形・埋設環境等を確認し、調査ユニット区分の修正を行うとともに、後に行う詳細な現地調査で確認する地下水調査、漏水量調査及び試掘調査箇所を選定した。

調査ユニットの区分と調査位置の一例を図-3に示す。

4-2-4. 現地調査

前述の現地踏査で選定した箇所において、①地下水調査（33箇所：9路線）、②漏水量調査（4箇所：4路線）、③試掘調査（24箇所：10路線）を実施した。

各調査における調査内容は表-2のとおりである。

表-2 現地踏査及び現地調査

調査項目	調査内容	調査範囲・数量	
（概地踏査）	現地踏査	周辺状況変状等確認	
		PC管区間全線	
現地調査（精査）	地下水調査	既設井戸による水位及び水質調査（浸食性遊離炭酸、pH、ランゲリア指数等）	
	漏水量調査	漏水量把握	
	試掘調査	カバーコート厚測定	24箇所（10路線）
		中性化試験	
		PC鋼線の発錆・破断状況確認	
		カバーコート表面目視観察	
		土壌調査	
水質調査			

4-2-5. 右岸施設におけるPC管劣化要因

現地調査のうち試掘調査結果の一例（坂祝用水路）を表-3及び表-4に示す。

試掘調査により、地下水に浸食性遊離炭酸等が高濃度で存在し、PC管のカバーコートの浸食や中性化の進行を確認した。（写真-3及び写真-4）

このことにより、PC管本体の主な劣化要因は、①不等沈下やゴムの劣化による継ぎ手部の機能低下とともに、②地下水に含まれる浸食性因子等（浸食性遊離炭酸等）によるカバーコートの浸食及び中性化と推測された。

23. 坂祝支線①（φ1,000～φ700）

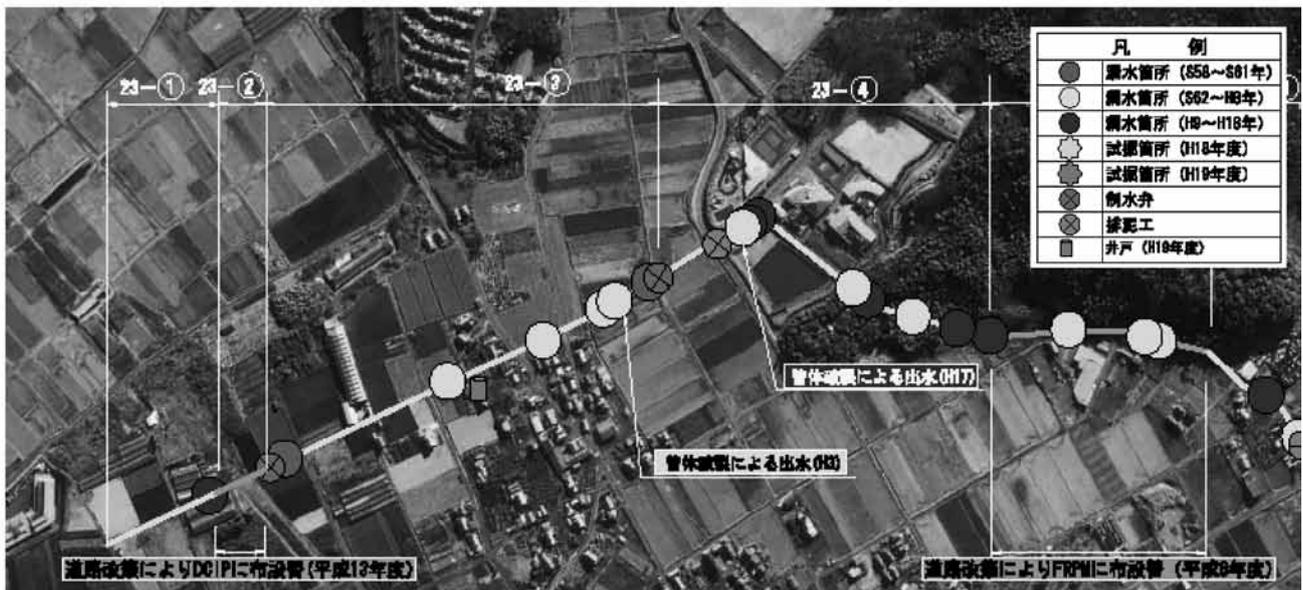


図-3 ユニット区分と調査位置の例

表-3 水質調査結果の例

水質分析結果		
ランゲリア指数 (腐食性)	—	-2.4
水温	°C	19.0
水素イオン濃度	—	6.0 (19°C)
カルシウム硬度	mg/L	55
溶解性蒸発残留物	mg/L	140
総アルカリ度	mg/L	66
総酸度	mg/L	160
浸食性遊離炭酸	mg/L	83
遊離炭酸	mg/L	150
従属性遊離炭酸	mg/L	62
塩化物イオン	mg/L	7.1
硫酸イオン	mg/L	31
硝酸イオン	mg/L	1.0

表-4 PC管劣化調査結果の例

項目		PC鋼線 (mm)	カバーコート厚 (mm)	中性化深さ (mm)	中性化残り (mm)
路線名	調査位置				
坂祝用水路 <概要> 管径: φ1.200 土被り 上流側: 3.23m 下流側: 3.20m	頂①	4.58	21.76	2.64	14.54
	頂②	4.55	21.70	1.31	15.84
	頂②	4.56	21.76	4.60	12.60
	頂②	4.54	21.72	3.29	13.89
	頂②	4.59	19.75	2.62	12.54
	頂②	4.56	19.38	3.67	11.15



写真-3 PC鋼線・中性化確認状況



写真-4 カバーコート表面確認状況

表-5 S-5, S-4, S-3の評価区分

評価項目			評価区分				評価の流れ		
健全度ランク			S-5 (対策不要)	S-4 (要観察)	S-3 (補修)	S-2 (補強)	変状別 評価	主要因 別評価	主要因 別評価
内部要因	管路 自体の 変状	漏水量 (L/日・cm・km)	150未満	150以上~300未満	300以上	—	S-3	S-3	S-3
		管内粗度 (=調査時のC/設計時のC)	80% ≤ Cq	—	80% > Cq	—			
外部要因	管内面の 状態	管割れ	0.2mm未満	0.2~0.6mm	0.6mm以上	—	S-5	S-3	
		たるみ・蛇行・沈下	無	管口径の1/3未満	管口径の1/3以上から1/2未満	—	S-3		
その他 の要因	事故 歴 調 査	継手間隔	挿入長の90%以上	挿入長の80~90%	挿入長の80%未満	—	S-3	S-3	
		進行性	有りの場合は1ランクダウン(経年変化がみられるもの)				/	/	
		管口径	φ300mm以下の場合は1ランクダウン						
		使用圧力	1.0MPa以上の場合は1ランクダウン						
土壌・地盤	強酸性土壌(泥炭等)又は軟弱地盤の場合1ランクダウン								
その他 の要因	事故 歴 調 査	漏水事故率 a (件/年・km)	ACP, PC, RC, FRPM	a=0	0 < a < 0.4	a ≥ 0.4	—	S-3	S-3
		増加傾向	有りの場合は1ランクダウン						

(農水省の「農業水利施設のストックマネジメントマニュアル」より)

4-2-6. 健全度評価

施設の健全度評価は、表-5のとおりマニュアルに基づき漏水量や管内面の状態等を評価基準としてS-5, S-4, S-3までの一次評価を行い、表-6に示すカバーモルタルの中性化深さやPC鋼線の露出状況の評価基準としてS-2, S-1の二次評価を行った結果、健全度評価別の施設延長は表-7のとおりとなった。

4-3. 性能低下予測

PC管の劣化予測は、PC管の主部材がコンクリートとPC鋼線であることから、鉄筋コンクリート構造物と同等な経年劣化傾向を示すと仮定し、標準的な「単一劣化曲線」を用いて、図-4のように性能低下予測を行った。

なお、性能低下予測に係る評価時点は平成19年度とし、暫定通水を開始した昭和55年度を起算としている。

表-6 S-2, S-1の評価区分

評価項目		評価区分			
劣化度(グレード)		(参考) I	(参考) II	Ⅲ(S-2相当)	Ⅳ(S-1相当)
対策判断			要注意	必要	必要(緊急)
試掘調査結果	管外観の変状	—	あり	あり	あり
	健全カバークートかぶり厚	12mmより大きい	10mmより大きく12mm以下	10mm以下	10mm以下
	PC鋼線(露出)	—	—	—	あり
	PC鋼線(発錆)	—	—	あり	全面的にあり
	PC鋼線(破断)	—	—	—	あり
非破壊調査結果	【超音波法】 健全カバークートかぶり厚 ①10mm以下(劣化) ②10mmより大きく12mm以下(要注意) ③12mmより大きい(健全) 【電磁誘導法】 PC鋼線の発錆等の状況 ①発錆・破断の可能性あり(劣化) ②発錆の可能性あり(要注意) ③発錆なし(健全)	電磁誘導法:③ かつ 超音波法:③	電磁誘導法:② または 超音波法:② ※ただし、Ⅲ、Ⅳを除く	電磁誘導法:① かつ 超音波法:③ または 電磁誘導法:② かつ 超音波法:①か② または 電磁誘導法:③ かつ 超音波法:①	電磁誘導法:① かつ 超音波法:①か②

(水機構の「PC管本体の劣化調査に関する調査・診断マニュアル(案)」より)

表-7 健全度評価別施設延長

健全度評価	対策内容	左岸幹線水路		用水路・支線水路	
		PC管	PC管以外	PC管	PC管以外
		延長	延長	延長	延長
S-1	更新	2,702 m	—	532 m	—
S-2	補強	345 m	—	4,614 m	—
S-3	補修	410 m	—	4,140 m	—
S-4	要観察	700 m	—	3,829 m	—
S-5	対策不要	444 m	852 m	11,507 m	62,022 m
計		4,601 m	852 m	24,622 m	62,022 m

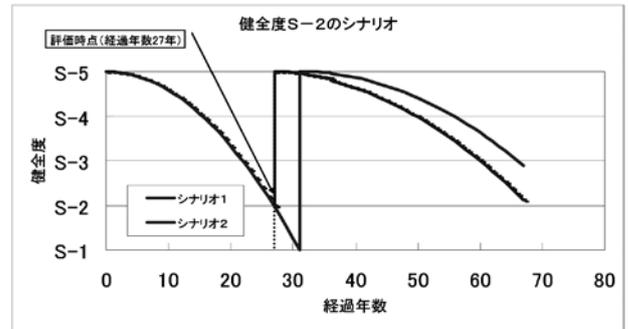


図-5 健全度S-2のシナリオ

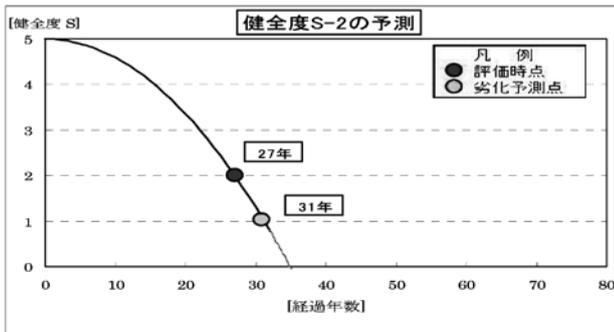


図-4 健全度S-2の性能低下予測

5. PC管の保全対策

5-1. 機能保全対策の検討

5-1-1. 対策工法の選定

浸食性因子等が劣化要因と推測される健全度S-1及びS-2の調査ユニットは、布設替え又は管更生による対策とし、管継ぎ手部の機能低下が劣化要因と推測される健全度S-3の調査ユニットは、継ぎ目の止水工法による対策とした。また、健全度S-4及びS-5の調査ユニットは経過観察するものとした。

5-1-2. 対策時期

機能診断実施時点から向こう40年間を対象に調査ユニット毎に将来の性能低下予測を行い、上記の対策工法と実施時期を検討し、複数の対策シナリオを作成した。一例を図-5に示す。

5-2. 機能保全計画の策定

作成した複数のシナリオ毎に機能保全コストを算出し、それぞれの経済比較を行った。一例を図-6に示す。

前述の複数のシナリオのうち、施工可能で最も経済的なシナリオを最適シナリオとし、一連の健全度評価等も含めて機能保全計画としてとりまとめた。

なお、機能保全計画には今後の調査内容及び調査時期も盛り込んでおり、機能保全計画の精度向上を図ることとしている。

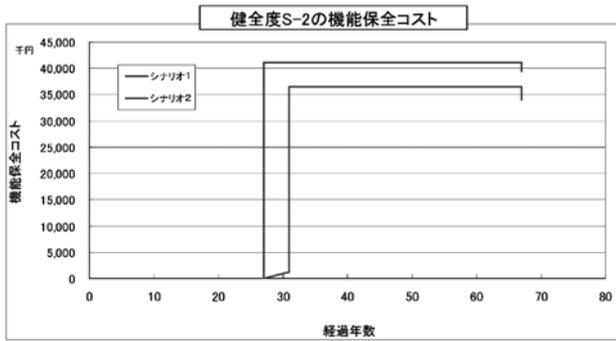


図-6 健全度S-2の機能保全コスト

6. 右岸施設における先駆的な取組

6-1. PC管劣化対策委員会の発足

水機構中部地区の事務所で実施したPC管劣化調査では、隣り合う管で劣化の度合いが大きく異なることがある等、劣化要因が必ずしも一様な進行具合にならず、右岸施設の全てのPC管が一様に劣化していると言える結果では無かった。そのため、学識者で構成する『木曾川用水施設PC管劣化対策委員会』（以下「委員会」という。）を発足（表-8）させ、「PC管の出水形態と劣化要因」の妥当性の検証と、これを踏まえた要対策区間の絞り込み、優先度の検討等を行った。

表-8 木曾川用水施設PC管劣化対策委員会の履歴

	開催日	主な内容
第1回	H18. 12. 26	PC管機能診断手法の検討状況
第2回	H19. 1. 25	対策区間の考え方
第3回	H19. 3. 26	対策区間、PC管劣化評価
第4回	H19. 10. 25	対策区間選定と優先度の考え方

6-2. 木曾川用水上流部施設整備検討委員会

委員会の検討結果を踏まえ、具体的な対策を検討するため、関係利水者、水機構（事務局）で組織する『木曾川用水上流部施設整備検討委員会』（以下「上流部検討会」という。）を設置（H19.8）し、対策範囲（優先度）、対策工法、全体整備構想等、PC管への対応策を検討した。（表-9）

以下に上流部検討会の目的を記す（上流部検討会設置要領から抜粋）。ここからも明らかなように上流部検討会は施設の長寿命化を念頭に置いた事業化検討委員会でもあった。

木曾川右岸施設の機能保全に向け、既存施設の長寿命化等を図りつつ、効率的な更新整備のあり方についての検討を行うとともに、当面緊急を要するPC管の劣化対策について、具体的な早期事業化に向けた緊密な連絡調整を行うため、関係者からなる木曾川用水上流部施設整備検討委員会を設置するものである。

なお、本委員会を進めていくにあたり、必要に応じてPC管劣化対策委員会の指導・助言を得ていくこととする。

右岸施設における対策範囲は、PC管全延長約30kmのうち約25kmを想定していたが、上流部検討会での審議結果を踏まえ、劣化の進んでいる約8kmの対策に絞り込んだ。

表-9 木曾川用水上流部施設整備検討委員会・幹事会の履歴

	開催日	主な内容
第1回委員会	H19. 8. 1	施設の状況説明
第1回幹事会	H19. 8. 31	対策範囲選定、対策工法の考え方
第2回幹事会	H19. 9. 26	優先度の考え方
第3回幹事会	H19. 10. 29	全体整備計画構想
第2回委員会	H19. 11. 5	検討状況報告、今後の検討方針
第4回幹事会	H19. 12. 17	PC管劣化対策の事業量と事業費
第3回委員会	H19. 12. 21	建設事業の合意
第5回幹事会	H20. 4. 22	機能保全計画、負担金、今後のスケジュール
第4回委員会	H20. 6. 20	H21 概算要求
第6回幹事会	H21. 1. 15	負担金、今後のスケジュール、事業実施計画（案）

なお、上流部検討会では、試掘現場確認（写真-5）や劣化したPC管の現地確認が実施され、PC管劣化対策の必要性について、関係者間の認識を深めることができた。



写真-5 上流部検討会の様子

6-3. 右岸施設のストックマネジメント

上流部検討会では、対策検討の根拠となる施設の劣化進行予測及び劣化要因の特定と予算規模を念頭に置いた対策範囲の絞り込みが課題であった。

そこで、上流部検討会の進捗と並行してストックマネジメントの考え方である健全度評価（5段階の状態評価）を踏まえた対策検討を実施し、劣化具合と対策優先度及び対策内容を審議した。

なお、上流部検討会での審議結果を踏まえた機能保全計画書として取りまとめ、平成20年度の上流部検討会で了承されたものである。

6-4. 右岸施設緊急改築の事業化

上流部検討会による議論、検討の積み重ねの結果、関係利水者とは、早期に対策が必要なユニットを対象にした建設事業により、施設機能を維持することで合意した。

これは、関係利水者が劣化PC管の実物を目の当たりにするなどして危険性の認識を共有出来たことが大きな要素であったといえる。

7. 木曾川右岸施設緊急改築事業

右岸緊急改築事業は、劣化PC管を鋼管又はダクタイル鋳鉄管に布設替えする事業であり、緊急を要する施設に限定した改築事業を計画した点で水機構では初めての事業でもある。さらに、土地改良区をはじめ、関係利水者とともに事業量を確定していったことは特筆すべき点である。

しかし、右岸緊急改築事業は機能保全計画S-1及びS-2に評価された区間のみの更新であり、S-3～5に評価された区間は、当面、経過観察することとなる。

しかし、S-3評価された区間は、平成25年にはS-2の評価まで性能低下することが予測されている等、事業対象外となった評価区間の対応策が今後の課題でもある。

また、PC管以外の右岸施設（トンネルやサイホン）についても供用開始後30年以上が経過し、施設の老朽化が懸念されている。これらの施設は健全度評価が未了なため、機能保全計画が未策定であることから、今後必要な調査及び健全度評価を行い、機能保全計画を策定していく必要がある。

7-1. 上流部検討委員会との連携

右岸緊急改築事業は、事業規模、対策範囲等を上流部検討会における確認を経て計画されたものであることから、事業の円滑な推進には、上流部検討会との緊密な連絡調整が必要となる。

このため、事業化した後は、この上流部検討会を事業管理の場として位置付けている。

事業の対象となっている評価区間は漏水や突発的な出水が発生し、劣化のレベルが進行している区間であり、事業実施中にも漏水や出水が発生する可能性が危惧されている。

事業を進めるにあたっては、事業実施中の出水等を

未然に防止するとともに、評価区間毎に施工の優先度を設定する必要がある。

このため、対策工事の実施位置や実施時期、予算の必要額等についてその都度見直しを行い、上流部検討会の場で説明し合意を得ている。

7-2. 右岸緊急改築事業の留意点

工事計画については、年度毎の事業費、施工優先度を勘案して策定しているが、本事業の改築対象区間は、施設の健全度が低いとされている区間の改築であることから、改築事業期間中の漏水や出水等も踏まえながら、適宜、施工優先度を見直す必要がある。

なお、事業着手後においても、改築対象区間において表-10のとおり漏水等が発生しており、本事業の緊急性及び重要性が裏付けられているところである。

表-10 事業着手後の漏水等発生状況

漏水発生日	施設名	原因
H22. 1. 29	左岸幹線水路	継ぎ目からの漏水
H22. 2. 19	左岸幹線水路	管体クラックからの漏水
H22. 2. 20	坂祝支線水路	管体破損による漏水

特に、平成22年2月20日、坂祝支線水路で発生した管体破損による出水（写真-6）は、PC管劣化の状況を顕著に物語っており、地元からも早期の対応を求められている。



写真-6 坂祝支線水路の出水〔地元役場撮影〕

7-3. 事業の特性

本事業は、改築後はすぐに供用を再開する管水路の布設替えを行う事業であり、仮廻しの関係から施工期間が冬期に限られるなど、ストックマネジメントに基づく改築事業として計画された本事業には、次のような事業特有の取組が必要である。

○改築対象区間の絞り込みは上流部検討会で確認しており、円滑な事業の進め方についてはこの上流部検討会で協議していく必要がある。

○ストックマネジメントの考え方に基づく機能診断で性能が低下しているとして事業区間を決定しており、改築・更新には適宜対策範囲及び施工優先度を見直す必要がある。

○改築事業で布設替えするPC管は、貴重なデータの採取が可能であり、右岸施設で経過観察としている評価区間の診断技術の精度向上に資する。

7-4. 事業が抱える諸課題

1. コスト縮減を考慮した事業管理

右岸緊急改築事業は、事業工期6年間、総事業費40億円で認可されている。

平成23年8月時点では、2工区工事のみを完了した段階であるが、コスト縮減を念頭においた事業管理が求められている。

2. 工期内事業完了に向けた課題

前述のとおり、事業着手後も事業範囲内で出水が発生しており、早期の改築を強く求められていることから、昨今の財政状況は厳しいが、関係利水者の理解を求めながら、改築の優先度を決め、着実に事業を進めていくことが必須となっている。

3. 既設PC管埋設位置の把握

既設PC管の埋設位置については、建設当時（S43年～58年）の座標データ等が存在しないことから、工事の出来形図、地上構造物等により埋設位置を想定して改築事業の計画を進めているものの、工事着手後において、既設PC管埋設位置のずれが生じている。

従って、今後の計画においては、必要に応じて試掘調査を行いながら、設計の手戻りや設計変更に対応する工事発注を行う必要がある。

4. 上流部検討会との継続的な連携

上流部検討会は、喫緊の課題であったPC管の劣化対策の事業化という当面の目的を達したが、上述のような課題に対処するため引き続き連携が重要となっている。

8. おわりに

今回、右岸施設のPC管を対象に、ストックマネジメントの考え方に基づく機能診断により、施設の健全度を評価するとともに、保全対策を検討して機能保全計画を策定した。さらに、機能保全計画に基づき、劣化したPC管を更新する事業を、関係利水者と共に国に働きかけ事業化した。

改築事業により布設替えするPC管の状態把握が、今後の右岸施設に残されているPC管の劣化予測に活用できること、事業中における障害発生の懸念など、これまでの改築にない対応を求められている。

今後とも、これらに留意し、円滑な事業進捗に努めていくとともに、残された施設の機能診断を引き続き実施し、施設機能保全計画の更なる精度向上を図ることとしている。

最後に、本稿が同様の課題を生じている他地区の参考になれば幸いである。

参考文献

- ・独立行政法人水資源機構：木曾川用水施設におけるストックマネジメントの概観（平成21年度技術研究発表会発表論文）
- ・独立行政法人水資源機構：木曾川右岸施設緊急改築事業におけるPC管更新工事と今後の課題（平成22年度技術研究発表会発表論文）
- ・窪野拓未：木曾川右岸地区PC管の劣化診断と保全対策について、農業土木事業協会、JAGREE78.2009

西蒲原における悪水抜き

戸澤 康博*
(Yasuhiro TOZAWA)

目次

1. はじめに	82	4. もう一つの悪水抜き	85
2. 地区概要	82	5. おわりに	86
3. 西蒲原の悪水抜き	84		

1. はじめに

その昔から新潟平野が洪水の常習地帯であり、多くの排水改良事業が行われてきた地域であることをご承知の方が多いでしょう。本稿では、新潟平野のうち、^{にしかんばら}西蒲原地区において「悪水抜き」と言われる歴史的な自然排水施設を紹介します。



図-1 西蒲原地区位置図

2. 地区概要

西蒲原地区（西蒲原平野）は、新潟平野のほぼ中央に位置し、東側は大河信濃川の下流部とその分流である中ノ口川、西側は弥彦・角田山麓と新潟砂丘、南側は信濃川の放水路である大河津分水路に囲まれた、約35,000haの低平な輪中地帯です。

そのうち約20,000haが農地であり、コシヒカリを代表作物とする水田がほとんどを占めています。関係市町村は、県都新潟市、燕市、弥彦村の2市1村ですが、平成17年の市町村合併以前は13市町村でした。なかには平成8年に全国で初めて常設型の住民投票条例を制定し、原発計画の是非を問い、反対多数により中止となった旧巻町を含みます。後ほどご紹介する樋曾山隧道の吐口は、原発予定地だった場所のすぐ近くにあります。「米百俵」で有名となった三根山藩の陣屋跡もこの近くです。

西蒲原平野の標高は、海拔-1.5m～+1.0mの常時機械排水に依存する地域が約10,000haもあり、一番高いところでも、大河津分水付近で標高10m程であり、勾配が緩く排水がたまりやすい地形となっています。

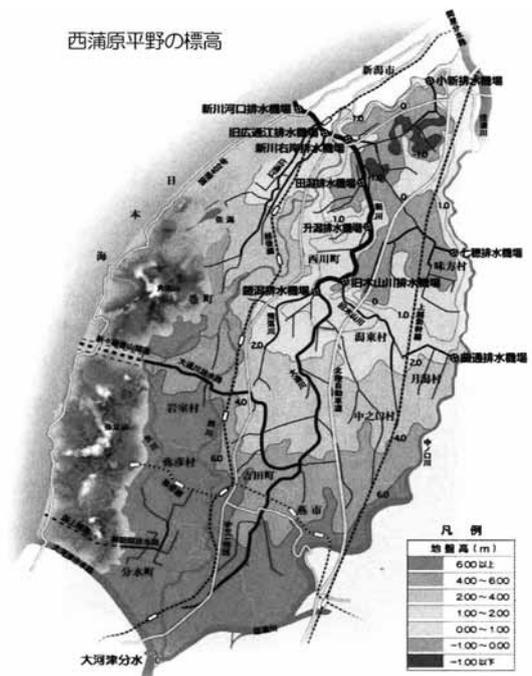


図-2 西蒲原地区の標高図

*北陸農政局整備部水利整備課

(Tel. 076-232-4724)



図-3 西蒲原地区 概要図

太古、新潟市から長岡市にかけて、山地以外のほとんどが海だったとされています。そこへ信濃川や阿賀野川などの河川が上流から運んでくる堆積土砂により土地が生まれ、河口部では季節風と荒波によって砂丘がつくられたと言われています。一般に、長年の河川の働きによって扇状地が形成されるものですが、新潟平野では、扇状地が形成されるだけの砂礫が運ばれていないことや、油田や天然ガスの産地であるように地質学的な特徴等を理由として扇状地が形成され難い地域となっています。

そのため、平野部では河川の氾濫、蛇行が多く、川筋が定まっていなかった時代もあり、無秩序に自然堤防が作られていく中で多くの潟と呼ばれる湖沼が残されています。



図-4 1089(寛治3)年の越後絵図



写真-1 干拓前の鑑潟 中央は弥彦山
(西蒲原土地改良史 写真編)

農民は水との戦いを余儀なくされ、江戸期から戦後まで350年間に100回もの洪水に見舞われ、その度に家屋や水田などを失い、3年1作と言われるほど過酷な様相でした。

なかでも1896（明治29）年に発生した水害は、後に「横田切れ」と語り継がれており、信濃川の左岸堤防（大河津分水よりやや下流、現在の燕市横田地先）が破堤し、西蒲原平野の水田18,000haが泥海に沈み、浸水家屋も45,000戸以上という惨状でした。

3. 西蒲原の悪水抜き

西蒲原における水との戦いの歴史のなかで、「悪水抜き」と語られている今で言う内水排除の代表が「新川開削」です。

そもそも、本地区の洪水対策の抜本的な解決策として考えられていたのは2つの案でした。

一つは、洪水の主原因である信濃川の流量を減らす外水排除として、信濃川を上流でショートカットして日本海に放流する大河津分水路の開削案です。この構想は江戸時代からありましたが、莫大な費用等のため、すぐには実現しませんでした。現在の大河津分水路は、1909（明治42）年に着手し、完成したのは、1922（大正11）年です。

もう一つの案が、西蒲原の下流域に湛水する悪水を、水位の高い西川の底を潜らせて日本海に流そうとした新川の開削です。それ以前の新川は信濃川に合流していました。1818（文政元）年から着手し、述べ数100万人の農民が工事にあたり、10年ほどで砂丘が切り崩されました。その後も拡幅や底樋の増築など、新川の開削工事は、1913（大正2）年に完成する「新川暗閘」に代わるまで5回の工事が繰り返されています。

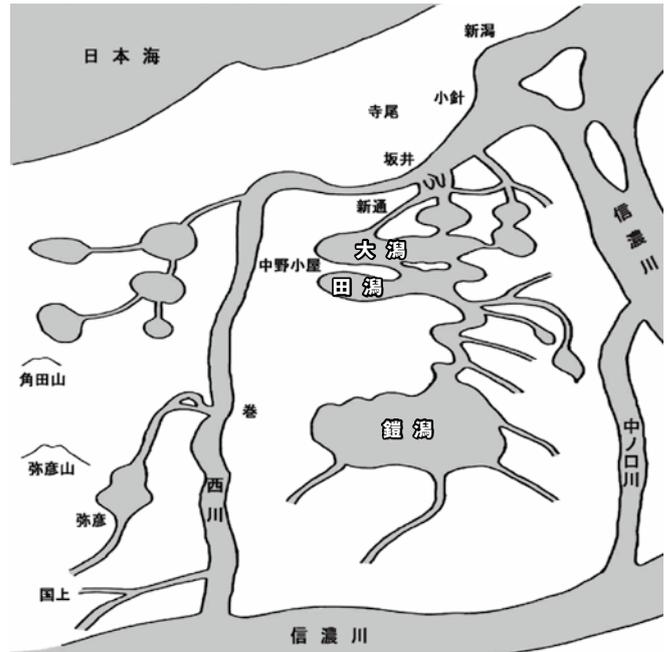


図-5 江戸時代の西蒲原
(西蒲原土地改良区ホームページより)



写真-2 アーチ9門の新川暗閘
(西蒲原土地改良史 写真編)

現在は、新川という二級河川の上を西川という一級指定河川が水路橋で横断しているという構造に代わっていることから、「悪水抜き」と言われた先人の苦勞をすぐさま思い起こすことは難しいかもしれませんが、土地改良施設の歴史散策には欠かせない見所だと思います。

また、このような水害との戦いの歴史を知っているのかどうかわかりませんが、珍しい「立体交差している川」としてマニアックな見学者もいるようです。ちなみに、低平な新潟平野には、立体交差している川は他にも多数存在します。



写真-3 新川を横断する現在の西川水路橋
(西蒲原土地改良区ホームページより)

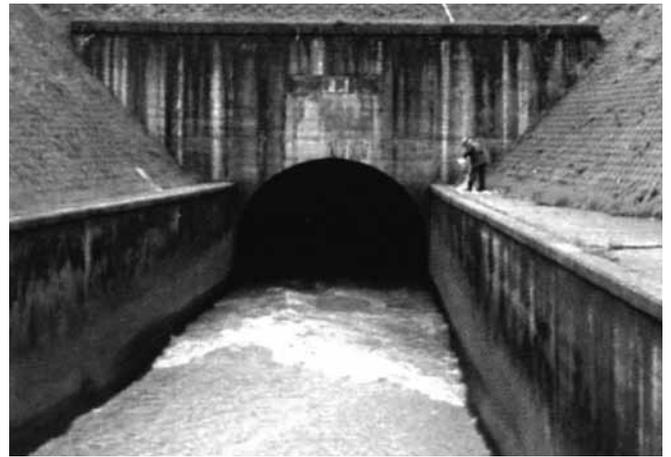


写真-5 新樋曾山隧道の呑口

4. もう一つの悪水抜き

もう一つの悪水抜きと言える施設が「樋曾山隧道^{ひそやまづい}」です。前述の新川開削や大河津分水路と同様に、樋曾山隧道もショートカットによる日本海への直接放流という手段です。樋曾山隧道は、西川の支線である矢川の流域を水害から守るため、県営排水改良事業として1939（昭和14）年に完成した延長約3kmのトンネル放水路です。1947（昭和22）年の落盤により約20m³/sあった通水能力が半減してしまいました。



写真-4 樋曾山隧道の呑口

さらに、樋曾山隧道の共用開始後も、その能力を上回る水害に見舞われたことなどをきっかけとして、1961（昭和36）年、樋曾山隧道から150mほど南へ離れたところに、新たな県営排水改良事業によって新樋曾山隧道が着手され、1968（昭和43）年に完成しました。この2本のトンネル放水路によって、矢川流域は約59m³/sの悪水抜きが可能となりました。

実は、樋曾山隧道と新樋曾山隧道の間には、もう1本のトンネル放水路である新々樋曾山隧道が建設されています。新々樋曾山隧道は、前述の2本のトンネルとは流域を異にし、西蒲原平野の上流域約7,000haの排水を大通川放水路を経て日本海へショートカットするために、国営西蒲原排水農業水利事業で造られ、1997（平成9）年に完成した洪水時排水専用のトンネルです。高速道路や新幹線のトンネルよりも大きな断面で、約106m³/sの能力があり、近年のゲリラ豪雨などでも効果を発揮しています。

これら隣接する3本のトンネルの呑口付近は、公園としても整備されている他、すぐ近くには、かつて宿場町として栄え、将棋の棋聖戦の舞台となることが多い旅館もある岩室温泉街があり、温泉客の散歩コースとしてもお勧めです。



写真-6 樋曾山隧道の吐口周辺

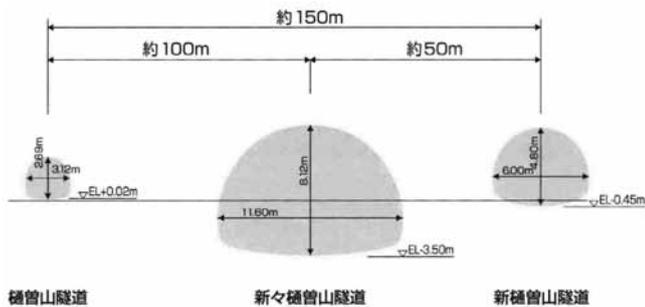


図-6 樋曾山隧道の断面図

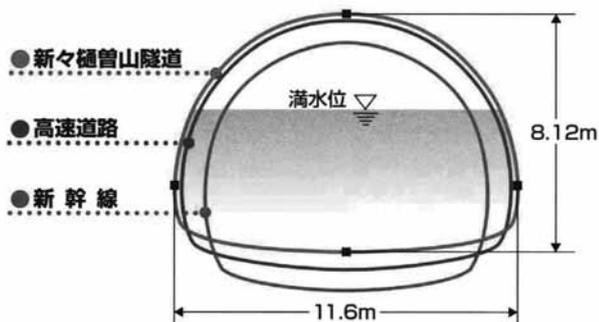


図-7 新々樋曾山隧道の断面図

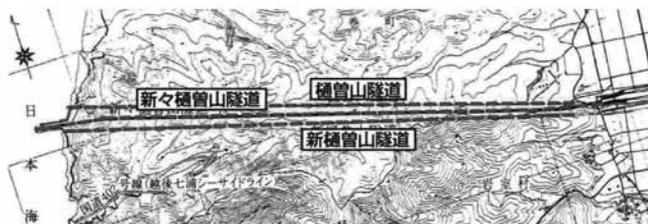


図-8 樋曾山隧道の平面図

5. おわりに

先にご紹介した他にも、日本海に排水を放流している箇所がいくつかあります。

国営西蒲原排水農業水利事業では、1991（平成3）年には、御新田放水路からの排水を日本海に放流するためのくがみ隧道も完成されました。国上隧道は、西蒲原地区の上流に位置する弥彦村、旧分水町の一部約3,400haの排水を直接日本海に放流するために造られました。

また、前述の矢川流域では、西蒲原平野唯一の山麓である弥彦・角田山麓からの流出水も受けることや、降雨強度の増大などの対策として治水安全度を向上させるために、矢川流域として3本目の矢川放水路という延長約4km、計画流量55m³/sのトンネル放水路が県の河川事業により2005（平成17）年に完成されています。

西蒲原平野は、1892（明治25）年に初めて排水機を設置して以来、今では口径4,200mm×6台の、東洋一と言われる240m³/sの排水能力を持つ新川河口排水機場を筆頭に、多くの排水機場により地区の排水能力が維持・向上されていますが、それと同時に、先人達の知恵と努力による自然排水機能を活かした施設も農地を守るために継承され、機能を発揮し続けていることに感慨を覚えます。

参考／引用文献

1) 西蒲原排水 事業誌

西蒲原農業水利事務所 平成16年3月

2) 新々樋曾山隧道誌上一般公開 ひそやま

西蒲原農業水利事務所 平成10年3月

3) 西蒲原平野二〇〇年のあゆみ（パンフレット）

西蒲原農業水利事務所 平成15年

4) 西蒲原土地改良史 上巻, 下巻, 年表, 写真編

西蒲原土地改良区 昭和56年11月

5) 西蒲原土地改良区のあゆみ

西蒲原土地改良区 平成18年4月

6) 土地改良267号

(社)土地改良建設協会 平成21年10月

7) 参考ホームページ

西蒲原土地改良区

水土の礎

環境同位体を指標とした扇状地地下水の涵養源の分類

土原 健雄* 吉本 周平**
 (Takeo TSUCHIHARA) (Shuhei YOSHIMOTO)
 石田 聡** 今泉 眞之**
 (Satoshi ISHIDA) (Masayuki IMAIZUMI)

目次

1. 水素・酸素安定同位体比とは	87	3. 地下水の涵養源の分類	88
2. 水素・酸素安定同位体比の分布	87	4. おわりに	89

日本の低地全体の半分強（約54%）を占める扇状地では、扇頂部で取水された河川水はネットワーク状に広がる用水路を通じて水田に供給され、さらにかんがいされた用水は水田から地下水を涵養している。しかし、農業用水利用に伴う地下水涵養量の変化、河川への地下水の流出、伏流等の地表水と地下水の交流現象については十分に解明されているとはいえ、実証的な調査・研究例が不足しているのが現状である。ここでは、水田農業主体の扇状地である手取川扇状地を対象に、環境中に天然に存在する同位体（環境同位体）である水素・酸素安定同位体比を測定し、その分布特性から地下水の涵養源を分類した事例を紹介する。

1. 水素・酸素安定同位体比とは

水分子を構成する水素・酸素の安定同位体であるD(²H)、¹⁸Oは自然界における存在率が非常に小さいため、標準試料の同位体比からの千分偏差δ(‰)として表され、それぞれδD、δ¹⁸Oと表される。一般にδ値が大きいほど重い同位体に富むことから重い水、逆にδ値が小さいほど軽い水とよばれる。海水が蒸発して水蒸気となり、凝縮して雨や雪となって地表に降ってくる過程において、同位体分別のプロセスを簡略化すると、軽い同位体ほど大気中にとどまりやすく、重い同位体ほど降水として分離されやすいといえる。このため、降水中のδ値の分布には空間的に差異が生じる特性がある。測定は、安定同位体比質量分析計(Thermo Fisher Scientific社製、DELTA V Advantage)により行った。水素・酸素安定同位体比の測定誤差はそれぞれ2‰、0.05‰であった。

2. 水素・酸素安定同位体比の分布¹⁾

調査地とした手取川扇状地(図-1)は、白山市鶴来を扇頂部として金沢市南から能美市根上にかけて広がり、扇面面積は191km²、手取川の集水域は750km²に及ぶ。扇頂部で取水された手取川の河川水は、扇頂部から扇端部にかけて樹枝状に広がる用水路を通じて、水田にかんがい用水として供給される。扇状地堆積物は、沖積統の砂礫層(AG(f))、洪積統の砂礫層(DG(f))、粘土と砂礫の互層(D-T層)に大別され²⁾、それぞれが第一、第二、第三帯水層に相当する。地下水面は時期により上下するが第一、二帯水層中に現れている。ここでは第一、二帯水層中の地下水を浅層地下水、第三帯水層中の地下水を深層地下水とする。

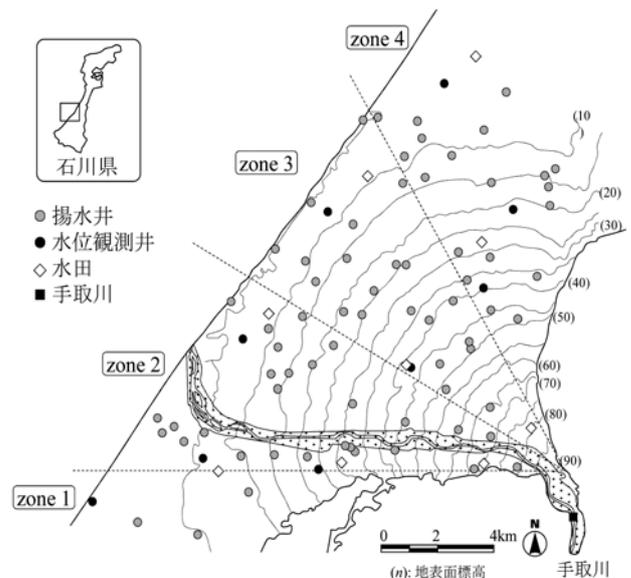


図-1 調査地点位置図

* 農林水産省農林水産技術会議事務局研究開発官
 (食料戦略)室 (Tel. 03-6744-2214)
 ** 農研機構農村工学研究所資源循環工学研究領域
 (Tel. 029-838-7200)

手取川流域の地表水の $\delta^{18}\text{O}$ を測定した場合、標高が高い白山(2,702m)周辺の地表水は同位体比が小さく、扇状地に近い沿岸側の地表水ほど同位体比は大きくなる(図-2)。これは、同位体分別効果の一つである高度効果とよばれ、採水地点より上流側の集水域の標高と $\delta^{18}\text{O}$ の間には負の相関がある(図-3)。ただし、手取川は後背流域の地表水を集水しているため、沿岸部の扇状地内の降水の $\delta^{18}\text{O}$ (-8.07%)よりも相対的に低い値(-10.28%)を示す。

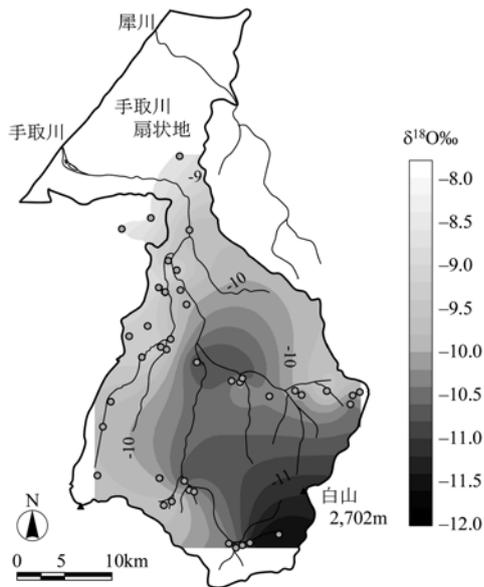


図-2 手取川流域地表水の酸素安定同位体比

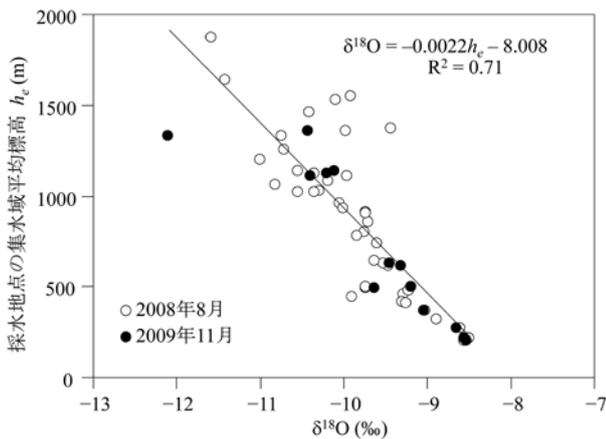


図-3 集水域の平均標高と酸素安定同位体比の関係

図-4は2008年8月の手取川扇状地の浅層地下水の $\delta^{18}\text{O}$ 分布を示している。手取川から扇状地内帯水層へ同位体的に軽い水である河川水の浸透が生じており、特に扇状地右岸側から扇状地にかけて河川水の浸透領域が拡大していくのがわかる。扇状地を扇頂部から30度ずつに4つのzoneに分割した場合、扇状地北東部のzone 4における浅層地下水の $\delta^{18}\text{O}$ は、かんがい

期・非かんがい期の時期別の平均値が $-8.71\sim-8.60\%$ であり、手取川近傍のzone 2の浅層地下水($\delta^{18}\text{O}$ 平均値 $-10.11\sim-9.84\%$)よりも相対的に大きい。これより、扇状地北東部では河川水の浸透の影響は小さく、水田及び降水による涵養の影響が大きいと考えられる。これらの分布はかんがい期、非かんがい期を通じて見られる。

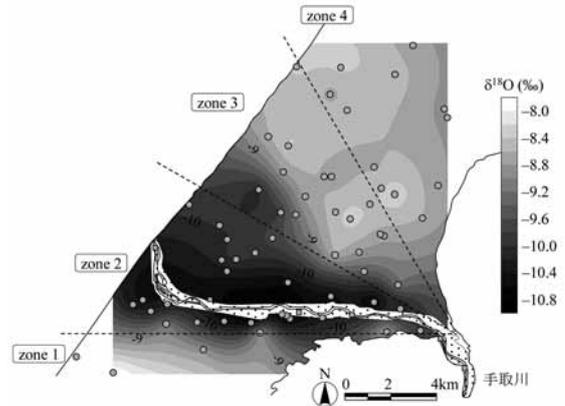


図-4 手取川扇状地の浅層地下水の酸素安定同位体比(2008年8月)

3. 地下水の涵養源の分類¹⁾

手取川扇状地の浅層地下水の涵養源は、同位体比分布から、手取川からの河川浸透、水田からの浸透、降水といえる。ゾーン別の浅層地下水、手取川河川水、降水、田面水の δD と $\delta^{18}\text{O}$ の関係(δ ダイアグラム)を図-5に示す。一般に天水を起源とした水は、 δ ダイアグラム上において傾き8の天水線とよばれる線上に分布する。扇状地内で採取された降水の同位体比から、同地域の天水線の傾きは8.05である。かんがい用水は扇頂部で手取川から取水され、扇状地内の各水田へ配水される。このため、手取川の河川水とかんがい用水の同位体比は同一であるが、かんがいされた用水は、水田での湛水中に蒸発の影響を受ける。蒸発の影響を受けた水は、傾きが8の天水線から外れた、傾き4~7の蒸発線上に分布する。扇状地内の9ヶ所の水田において採取した田面水の蒸発線は傾きが4.71であった。これは、水面からの蒸発時の分子拡散速度の差に起因する動的同位体分別の影響³⁾といえる。水田に供給された手取川の水は、蒸発に伴う同位体濃縮により、蒸発線に沿って重い水の方へシフトしている。

δ ダイアグラムにおいて、複数の涵養源で構成される手取川扇状地の浅層地下水の分布は、かんがい期2時期・非かんがい期1時期を対象とした場合、傾きが6.31の地下水混合線で表された(図-5)。混合線は、天水線と蒸発線の間にあることから、浅層地下水は天水起源と水田涵養起源の水の混合により形成されるといえ、さらに同位体比的に軽い手取川からの浸透水の

混合の影響を受ける。つまり、手取川扇状地の地下水は、河川水（手取川）、降水、水田からの涵養水の三成分を涵養源としている。

ここでは、河川水、降水、水田からの涵養水の平均 δ 値をそれぞれの涵養源を代表する成分（EM1, EM2, EM3）とし、地下水における各涵養源の寄与を、EM1～3からの距離として計算する。EM1として手取川の $\delta^{18}\text{O}$ と δD の平均値、EM2として降水の $\delta^{18}\text{O}$ と δD の平均値を選定した。田面水の同位体比は湛水中の蒸発により、蒸発線上ではほぼ線形的に変化するため、水田からの涵養水は田面水と河川水の間値をEM3として適用している。ただし、zone 1の地下水は他の浅層地下水と異なる水質組成を示すことから、他と異なる涵養特性を有すると判断し、以下の検討からは除外している。

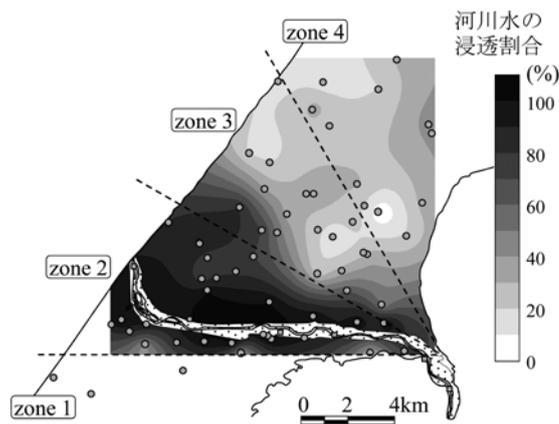


図-6 浅層地下水への涵養に占める河川浸透の割合 (2008年8月)

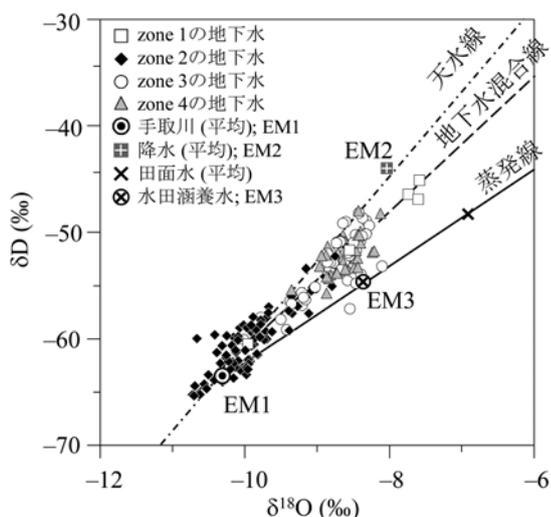


図-5 浅層地下水の δ ダイアグラム

図-6は推定された浅層地下水への涵養に占める河川浸透の割合を示している。zone 2の浅層地下水への手取川からの浸透による寄与割合は76.8%と算定され、zone 2の地下水は河川の水位変化の影響を受けやすいといえる。zone 3の地下水では河川浸透の寄与割合は26.3%に低下するが、手取川から最も離れたzone 4の地下水であっても、河川水の浸透の寄与は18%程度あることが示された。この結果は、扇頂部付近からzone 4へ向かって河川水の浸透が地下水面形状から推測されることと整合的である。また、手取川の流量観測結果から扇頂部付近から手取川は失水河川の状態にあり、扇頂部付近から手取川扇状地の帯水層へ河川水の浸透が開始し、zone 2の浅層地下水へ寄与していると推測される。ただし、zone 2の手取川近傍の地下水については、手取川の $\delta^{18}\text{O}$ 、 δD 平均値よりも低い値を示すものが含まれ、ここで設定したEM1では河川水の浸透割合を過大評価している可能性がある。今後はさらに同位体データを蓄積し、検証する必要がある。

4. おわりに

本報告では、環境同位体である水素・酸素安定同位体比を指標とすることで、地下水の流動状況を把握し、地下水の涵養源の分類が可能となることを示した。地下水の流れは、涵養-流動-流出といった空間的、時間的な広がりや考慮して捉える必要があり、地下水資源を保全・管理するためには、使用している地下水がどこで涵養され、どのように流動してきたかの情報が重要となる。環境同位体により地下水に涵養源の情報を付与する本手法は、涵養源別の地下水賦存量の評価、揚水量を含めた地下水管理、冬季湛水等の地域における地下水涵養施策の推進、流出した地下水が水温・水質環境に及ぼす影響の評価等への活用が期待できる。

謝辞

本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「地球温暖化が農業分野に与える影響評価と適応技術の開発」及び石川县委託研究「農業用水を核とした健全な水循環に関する研究」の支援を受けて実施された。ここに記して深謝の意を表す。

引用文献

- 1) 土原健雄, 吉本周平, 石田 聡, 今泉眞之 (2011): 水質及び同位体分布特性からみた水田主体扇状地における地下水涵養源の分類, 農村工学研究所技報, 211, pp.21-34.
- 2) 渡辺影隆 (2002): 手取川流域の自然環境Ⅲ 手取川扇状地の地下水系と水管理計画, 地学教育, 55(4), pp.149-172.
- 3) 芳村圭, 一柳錦平, 杉本敦子 (2009): 気象学における水安定同位体対比の利用, 日本気象学会, 128p.

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23年度の年会費は2,300円です。なお、別紙のPR版を作成しましたので会員の勧誘に活用いただければ幸いです。

2. 報文投稿の募集

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

- ① 事業地区の段階は、企画、調査、計画、設計、施工、管理に分けられるので、構造物の施工の有無に関わらず、コスト縮減、創意工夫、新技術導入、環境配慮などの視点から取りまとめた報文
- ② ダム、トンネル、橋梁、揚排水機場等の大規模工事や長期にわたる債務負担行為工事等について、調査、計画、設計、施工の各段階での検討や実績を取りまとめた報文
- ③ 農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

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

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 α (アルファ)

r (アール) と γ (ガンマ) k (ケイ) と κ (カッパ)

w (ダブルユー) と ω (オメガ) x (エックス) と χ (カイ)

l (イチ) と 1 (エル) g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と ε (イプシロン) v (バイ) と ν (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。

「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（164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

このたびの東日本大震災で被害にあわれた方々に謹んでお見舞い申し上げます。また震災以降、復旧、復興に向けてご尽力されている会員の皆様に対して深く敬意を表します。

未曾有の規模の地震発生からようやく半年が過ぎ、今回の災害における農地の復旧・整備に関して、津波による被害に対しては除塩等の道すじが概ね示されたところですが、原子力発電所における事故からの復旧については、我が国の広範な農地等が放射性物質に汚染される事態は初めてのことであり、本格的な除染等の実施については実証試験等の結果を踏まえ対応が検討されるようです。

今回の事故は、想定外の天災とされる一方人災とも言われておりますが、農業農村に関する技術に関しても、想定を超える事態への対処や諸々の基準値の持つ

意味について意識することになる出来事であったかと思えます。

現在、土地改良事業の計画基準に関する業務に携わっていることから、これまでの計画基準の前提についても今一度原点に立ち戻りつつ、新たな時代の要請や革新的な技術を取り込み、想定を超える事象に対してもより柔軟に適応でき、時を経てより活力ある（持続可能な）地域形成の一助となる基準ができればと考える次第です。

最後になりますが、今後も全国からそれぞれの立場における取組が被災地を支え、地域の復興の礎になることを願いつつ後記を終えたいと思います。

（農村環境課 塩見祐介）

水と土 第164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!

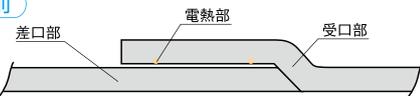
管路の一体化による継手部の信頼性!

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。

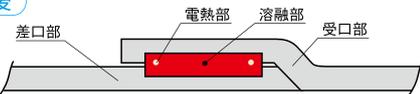
常用使用圧力	0.50 MPa
--------	----------

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