

水と土

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



①被災状況1 (農道)



②被災状況2 (農地)



③調査状況1 (電気探査による亀裂深調査)



④調査状況2 (ため池堤体法面の被災状況調査)



⑤復旧状況1 (水路の復旧)



⑥復旧状況2 (農道の復旧)

◆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

地方の奮闘と農業農村整備事業	田中久二	7
----------------	------------	---

□報 文

キーワード

水路システム,スタンド分水工	両筑平野用水における水路システムの改築について	井崎 靖	8
ダム,堆砂問題	グアテマラにおける水圧吸引式浚渫機を使用した凝集性土砂の排砂事例	愛宕徳行	13
施設更新	赤川頭首工ゲート更新工事の施工事例について	金内浩一・工藤 衛・能登 薫・豊田裕介・大崎浩二	18
環境配慮,維持管理対策	周辺環境及び維持管理に配慮した水路構造物の設計施工事例	岩本智裕	24
耐震化対策,液状化対策	明治幹線水路西井筋液状化対策の基本的な考え方について	林 静二	28
坑口構造,排水トンネル	排水トンネルにおける坑口構造の設計・施工事例	溝手宗二	33
基礎技術,計画手法	本郷排水機場改修における工事施工計画について - 新旧機場の切り替えに係る留意点 -	鳥海昌彦・根田聖児・山崎博伸	40
維持管理,コスト縮減	クラピア吹付緑化工法について	福田 淳・河田直美	45
ダム,地震計	国営造成農業用ダムにおける地震計システムの整備	北谷康典・黒田清一郎	51

□技術情報紹介

無機系被覆工の付着強度試験に関する一考察	浅野 勇	56
----------------------	------------	----

◆会告	65
◆投稿規定	66
◆入会案内	67

●表紙写真● "熊本地方では4月14日21時26分頃にマグニチュード6.5（最大震度7：前震）、16日1時25分頃にマグニチュード7.3（最大震度7：本震）の地震が発生し、甚大な被害をもたらしました。現在、一日も早い地域の復興に向け、調査・復旧と一歩ずつ前へ踏み出しています。

水と土 第178号 報文内容紹介

両筑平野用水における水路システムの改築について

井崎 靖

管水路区間については、主にオープンスタンド型の分水工が採用されているものの、本地区の特徴として、水源の有効活用の観点から間断かんがいの実施や、スタンド分水工の構造上の特性などから複雑な操作が必要となっており、用水の管理ロスが発生する等の課題も生じている。本稿では、現在実施している二期事業においてこれらの課題を踏まえた施設改築を実施しているため、その技術敵事項について報告するものである。

(水と土 第178号 2016 P.8 設・施)

グアテマラにおける水圧吸引式浚渫機を使用した凝集性土砂の排砂事例

愛宕徳行

国内のダムでは、堆砂の進行が計画で想定した以上に進んでいるケースが確認されており、適切な対策を講じる必要が生じている。ダムの堆砂問題については国際的にも関心が高く、世界のダム技術者・研究者が技術的な課題について情報交換や討議を行う国際ダム会議(International Commission on Large Dams : ICOLD)では貯水池堆砂委員会が設置され検討が行われている。本稿では、同会議の第25回大会において報告された論文のうち、水圧吸引式浚渫機を使用して凝集性土砂を低コストで排砂したグアテマラの事例を紹介する。

(水と土 第178号 2016 P.13 設・施)

赤川頭首工ゲート更新工事の施工事例について

金内浩一・工藤 衛・能登 薫・豊田裕介・大崎浩二

赤川頭首工は、山形県鶴岡市に位置し、水田約10,050haにかんがい用水を供給する基幹水利施設である。

昭和46年の完成後から定期的な整備補修を実施してきたが、ゲート設備の老朽化が進み様々な障害が発生してきたことから、二期事業(H22~H30)により施設の改修を行っている。本報では、土砂吐ゲート及び洪水吐ゲートについて、現場での塗装塗替及び部品交換を実施した際の仮設工法や採用工法について紹介する。

(水と土 第178号 2016 P.18 設・施)

周辺環境及び維持管理に配慮した水路構造物の設計施工事例

岩本智裕

地域用水である瀬戸川左岸幹線水路は、地域用水機能(防火用水、景観)を有しているが、造成から40年以上が経過し、目地からの漏水など施設の劣化が進んでいる。そのため、水路の改修を行うことで地域用水機能の維持・増進を図るために改修を行った。改修に際して、景観・親水機能及び維持管理等を考慮した対策を実施事例を紹介する。

(水と土 第178号 2016 P.24 設・施)

明治幹線水路西井筋液状化対策の基本的な考え方について

林 静二

本稿では、平成26年度に事業着手し国営総合防災事業の大規模地震対策型として実施している、矢作川総合第二期農地防災事業の耐震化対策の一環となる、明治幹線水路西井筋で実施する液状化対策の基本的な考え方について、報告するものである。

(水と土 第178号 2016 P.28 設・施)

排水トンネルにおける坑口構造の設計・施工事例

溝手宗二

直轄地すべり対策事業「高瀬地区」は、農林水産省が高知県吾川郡仁淀川町高瀬地内の地すべり防止区域71.9haを対象に地すべり防止対策を実施するものである。本報では、事業の中で抑制工に位置づけられているD2号排水トンネルにおける坑口構造の設計・施工事例を報告する。

(水と土 第178号 2016 P.33 設・施)

本郷排水機場改修における工事施工計画について —新旧機場の切り替えに係る留意点—

鳥海昌彦・根田聖児・山崎博伸

かんがい排水事業美女地区では、前歴事業により整備された本郷排水機場の改修を行っているところであり、排水機場の新設工事期間中に既設排水機場の稼働が想定されることから、既設排水機場の運転に支障のない工事計画を検討し、施工する必要があった。

本報では、既設排水機場の稼働を想定した工事計画に加えて、新旧排水機場の切り替えに係る工事工程上の留意点について報告する。

(水と土 第178号 2016 P.40 設・施)

クラピア吹付緑化工法について

福田 淳・河田直美

堤防や用排水路法面等で雑草が繁茂すると法面に発生する亀裂や滑り等を見出し難いため、毎年、高額のコストをかけて除草している。用排水路等の管理者にとって、その除草費用の低減が課題となっている。除草費用を低減する技術として、雑草を抑制する効果を持ち、セメント系固着材で地盤強度を高めたアルカリ性土壌でも生育する緑化植物「クラピア」を植栽する「クラピア吹付緑化工法」について報告する。

(水と土 第178号 2016 P.45 設・施)

国営造成農業用ダムにおける地震計システムの整備

北谷康典・黒田清一郎

農業用ダムの安全管理上はもとより、安全性評価を推進する上でも、地震発生時の動的挙動の実態把握は不可欠であり、今後の耐震設計手法の高度化を図るためにも、地震計の観測記録データ（以下「地震動データ」という。）の集積や、地震動データを活用した被災ダムに関する評価・分析が重要である。

本報では、地震動データ取得においてこれまで生じていた課題や現在の地震計設置の考え方を整理し、それらを踏まえ、大規模地震時も想定した今後の農業用ダムにおける地震計観測記録の整理・管理手法および保存・集約手法、さらに全国統一的に運用していくための体制整備の確立に向けた検討状況を報告する。

（水と土 第178号 2016 P.51 企・計）

<技術情報紹介>

無機系被覆工の付着強度試験に関する一考察

浅野 勇

無機系被覆工は摩擦劣化等が進んだ開水路の主要な補修工法の一つである。本報では、被覆工の付着強度試験持つ物理的な意味と試験値の評価方法について、破断状況と付着強度をセットにした評価を行うことを着眼点とした考察を行った。

（水と土 第178号 2016 P.56）

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28年7月現在、第1号（昭和45年）から第171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。

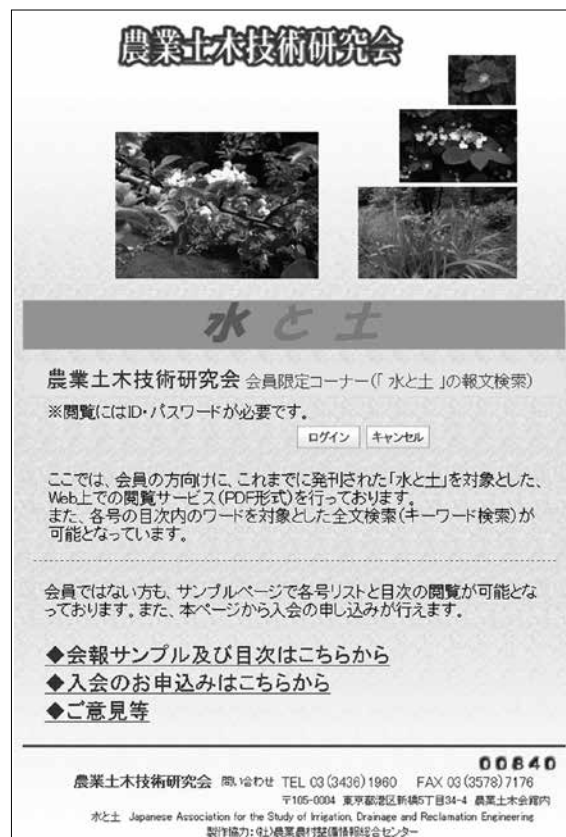


図-1



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 ▲](#)

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

図-3

3. 検索

(1)一覧からの選択

一覧の「図書名」をクリックすると当該号が全てPDFファイルで表示されます。
 また、「目次」をクリックすると、当該号の目次が表示されます。

(2)全文検索

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

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

検索方法は以下のとおりです。

農業土木技術研究会 会員限定コーナー

「水と土」目次内全文検索システム

現在、144 の文書がインデックス化され、6,347 個のキーワードが登録されています。

インデックスの最終更新日: 2007-11-22

検索式: [\[検索方法\]](#)

表示件数: ▼ 表示形式: ▼ ソート: ▼

図-4

①単一単語検索

調べたい単語を一つ指定するだけの最も基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

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

例：ダム and 工法

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

③OR検索

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

例：ダム or 工法

④NOT検索

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

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

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

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

水と土

農業土木技術研究会 入会申込み

年会費・発行等

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

申込み


農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

○入会申込みフォームにて

○FAX・郵便にて (PDF)

○各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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



連絡先・申込み先

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

図-5

地方の奮闘と農業農村整備事業

田中久二*
(Hisatsugu TANAKA)

本稿では、前任地である九州農政局大野川上流農業水利事業所在籍中のことを記述しますが、当地は本年4月中旬からの熊本地震により甚大な被害を受けています。先ずはこの場をお借りしてお見舞いを申し上げますとともに、早期の復旧・復興を祈念します。

現在、全国津々浦々で地方創生の様々な取り組みが行われている。

当事業の受益市町である大分県竹田市、熊本県阿蘇市、産山村でもそれぞれ地方版「総合戦略」が策定され、取り組みが行われている。

これらの市村においても、例に漏れず、人口減少や高齢化により、地域の活力が失われつつあり、この状況に歯止めを掛けることが喫緊の課題となっている。

竹田市長や産山村長と度々、地域の農業振興や地域活性化について率直に意見交換する機会があった。

首長からは、異口同音に、日本全体の人口が減少する中で、住民が生活していくために必要最低限のサービスを持続的に享受できるシステムの構築が不可欠であり、これに対して、限られた財源を「選択」と「集中」により如何に投入していくのかが悩みの種である、という主旨の反応があった。

これまで様々な計画を策定しながらも必ずしも計画どおりに進まなかったが、今回の「総合戦略」の策定に当たって、それぞれの市村は人口減少という現実を受け入れつつも地域社会を如何に存続させるかに主眼が置かれており、この点がこれまでの計画と趣を異にしていると感じている。

大分県竹田市においては、地域資源（温泉、米、野菜、カボス、豊後牛など）のブランド化や交流人口の拡大（「地域おこし隊」の導入等）による農村回帰の推進と都市機能の高度化による地域の維持を目指しており、一方、熊本県産山村においては、地域資源（草原、野菜、熊本あか牛など）の高度活用と観光を契機とした定住促進による地域の維持を目指している。

平成27年国勢調査の速報値によると、我が国の人口は、この5年間で約95万人減少し、全国1,719市町村のうち8割以上の市町村で人口減少が進んでおり、人口が5%以上減少した市町村は、その半数を占める状況となっている。

この調査データは、ごく一部の都市にさらに人口が集中し、我々が施策の対象とする農山村地域の市町村では人口が大きく減少していることを如実に示している。

また、大分県竹田市の状況を見ると、この5年間で市全体で8.5%の人口減少が生じているが、市内各地区のばらつきが大きい。例えば、大野川上流農業水利事業の受益地の多くを占める荻地区（旧荻町）では3.7%の人口減少にとどまっている。これについて市長に伺うと、荻地区では昭和50年代からは場整備事業が積極的に推進され、併せて幅員が大きい基幹的な道路も整備されている。加えて、新規作物（トマト）の導入が軌道に乗り、とまと学校（戦略的産地振興事業により設置した施設を新規就農者研修施設として活用）が設立されたこともあって、地区外からの新規就農者の移住も増えている、とのことである。

この事例だけで基盤整備が、農山村地域における市町村の地方創生の必要条件であるとは言わないが、基盤の条件が比較優位であれば、新たな担い手（新規就農者、企業系法人）の参入が見込める可能性が高くなることは確かであり、それが延いては地域の維持・存続に寄与できるのではないかと考えている。

そういう意味では基盤整備は非常に重要であるが、その他の施策との相乗効果により農業振興が図られることが必要である。我々、農村振興技術者は、基盤整備（ハード）だけでなく、関連施策（ソフト）も所管しており、この双方を駆使して地方創生に寄与できるのではないかと考えている。

また、調査地区も含めて、我々の組織の出先機関（建設事業所、調査管理事務所等）が所管する事業受益地区の市町村の多くは地方創生に向けて悪戦苦闘している。

我々が所管する基盤整備の効果を早期に発揮させるためには、出先機関の長などが関係市町村の農政や地域活性化のアドバイザーになるような気位で地域に入り込んで、市町村の首長や職員と積極的に意見交換を行い、地域のために大いに汗をかくことが求められているのではないだろうか。

*関東農政局地方参事官（各省調整）

両筑平野用水における水路システムの改築について

井 崎 靖*
(Yasushi IZAKI)

目 次

1. はじめに	8	4. 水路システムの再構築と施設改築	10
2. 両筑平野用水二期事業の概要	8	5. 改築後の効果検証	12
3. 現行システムの配水管理における課題	9	6. おわりに	12

1. はじめに

両筑平野用水施設は、昭和50年の管理開始以来、肥沃な農業地帯である両筑平野地域へ農業用水を補給し食糧供給基盤を支える施設としての機能や、福岡・佐賀両県内の生活用水や朝倉市（旧甘木市）工業用水を供給する重要なライフラインとしての機能を果たしてきた。



図-1 両筑平野用水位置図

このうち農業用水施設については、老朽化による機能低下が進行するとともに、営農形態の変化による水利用時期の集中化、また、現行の水路システムにおける構造的特性や両筑平野地域特有の間断かんがいによる水運用が相まって、より複雑且つきめ細やかな対応が求められる等、配水操作を実施するうえでの課題が生じている。

このため、両筑平野用水二期事業（以下「二期事業」

という。）においては、既存の水路システムを含めた施設の改築を実施している。

本稿では、両筑平野用水における水路システムのうち、とりわけ多くの課題が生じている管水路部について、その見直しを前提とした施設改築に関する技術的事項について報告するものである。

2. 両筑平野用水二期事業の概要

両筑平野用水二期事業は、「老朽化した施設の改築・更新」を実施するほか「水路システムの改良」及び「水管理システムの導入」を実施している。その目的は以下のとおりである。

- ①「老朽化した施設の改築・更新」により施設の安全性を回復させ、長寿命化を図る。
- ②「水路システムの改良」の一環として調整水槽を新設するとともに、スタンド分水工を改築し、きめ細やかな配水への対応を行い、水資源の有効活用及び用水の安定供給を図る。
- ③「水管理システムの導入」により、施設を遠方監視制御し、配水の迅速化、操作の効率化を図り、遠方監視することにより緊急時の早急な対応を可能とする。

□ 事業内容

【共用施設】

水源施設	江川ダム利水放流施設改築	1式
導水路	寺内・三奈木導水路改築	約4.2km
頭首工	女男石頭首工改築	1式
水管理施設	水管理用制御処理設備更新等	1式

【農業専用施設】

頭首工	甘木橋頭首工改築	1式
幹支線水路	水路改築	約21.5km
水管理施設	水管理システム新設	1式

□ 工 期 平成17年度～平成29年度

□ 事業費 210億円（変更なし）

*（現）水資源機構 監査室長補佐
(Tel. 048-600-6591)
(前)両筑平野用水総合事業所 調査設計課長

3. 現行水路システムの配水管理における課題

3.1 現行の分水工管理における複雑な操作

現在の水路システムは、山間部を通るトンネルとフリーム水路の開水路系と平野部のヒューム管を主体とした管水路系の異なる搬送速度を有する複合水路系で構成されている。

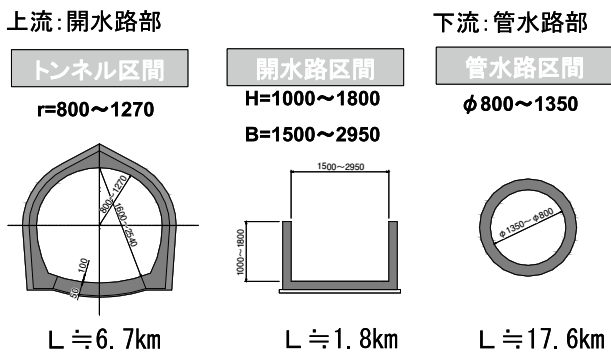
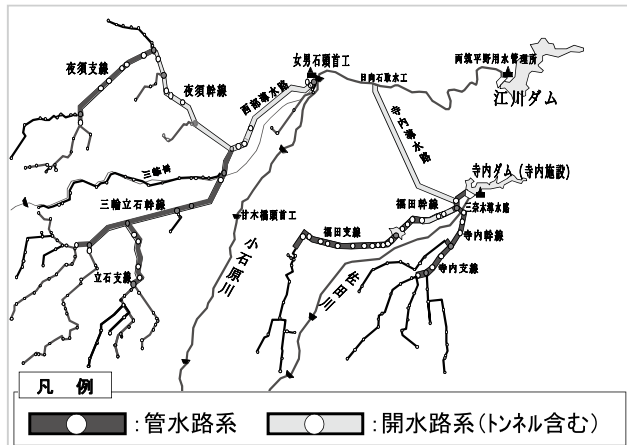


図-2 両筑平野用水施設概要図

また、幹線水路管水路部における分水は、分水水槽を持つスタンド型分水工が主体であるものの、その構造は、図-3に示すとおり、水槽内の中央隔壁底部に設けたゲートを開閉し、アンダーフローにより幹線水路及び分水量の流量調整を行う特性を有しており、この特性が、分水工相互間の流量に干渉し、流量変更の度に上下流の分水工まで開度調整が必要となる等、複雑な配水操作を助長する要因となっている。



写真-1 改築前のスタンド分水工

3.2 空気連行による通水障害

管水路部は、スタンド型分水路を有するオープンタイプパイプラインシステムとなっているものの、その分水工は、図-3に示すとおり、管路呑口部における自由水面からの空気吸込みを防止するためのシール高が不足した構造である。

そのため、流量減少時において、管内に空気を吸い込む事態が発生し、通水障害やエアハンマーによる管体の破損等が危惧される構造となっている。

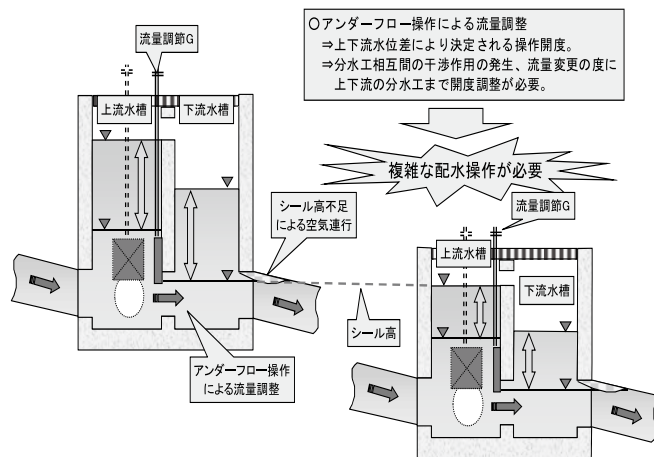


図-3 改築前のスタンド分水工断面模式図

3.3 営農形態等の変化に即した配水管理の複雑化

本地域では、営農形態の変化や水利用時期の集中化により、以前に増してよりきめ細やかな対応が求められているが、その配水操作は、広域な管理範囲且つ管路主体の水路システムにもかかわらず、遠方からの監視・制御設備が未整備であるため、各幹支線への流量配分は、これまで培ってきた経験や感覚を頼りに水到達時間を推定して機側による操作を行っている。

そのため、現状の水管理設備では、広域な管理区域の下、営農形態等の変化に即した効率的且つ効果的な配水管理に支障を来すとともに、施設異常発生時においても迅速な対応が困難な状況である。

3.4 間断かんがいによる通水切替操作

両筑平野用水地域では、限られた水源を有効に活用するため、稲の中干し後の水管理特性を利用した間断かんがいによる配水操作を実施している。この間断かんがいは、農業用水の受益地域を2ブロックに分類し、作物の生育状況や天候、江川ダムの貯水容量に応じて、通水期間と断水期間を定めて交互に運用するものである(図-4)。

間断かんがいの実施にあたっては、各幹線及び支線における通水の切替操作が必要となるが、現行のスタンド型分水工においては、その構造特性より、間断かんがいの切替操作時や降雨時等の通水停止時において、管内の水が下流に抜け(図-5)、無効放流が生じるとともに、通水再開時においても管内への再充水

が必要のため、無効放流及び再充水に伴う管理ロスが発生している。

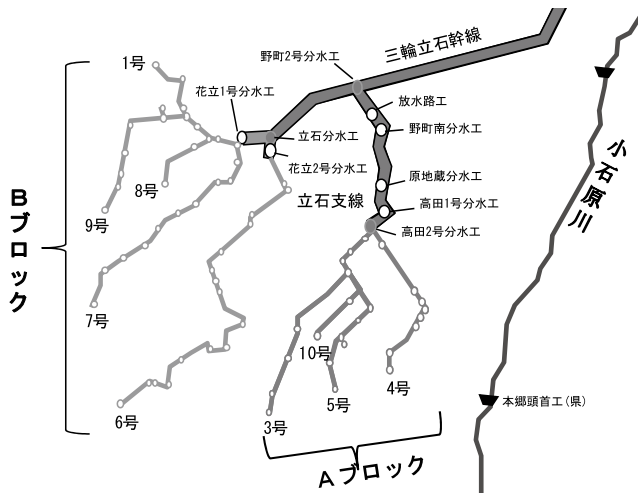


図-4 間断かんがいブロック（三輪立石幹線）

に留めたオーバーフロースタンド型分水工による改築を基本として、幹線水路を水の流れに順応した単純なシステムへ改築することとした。

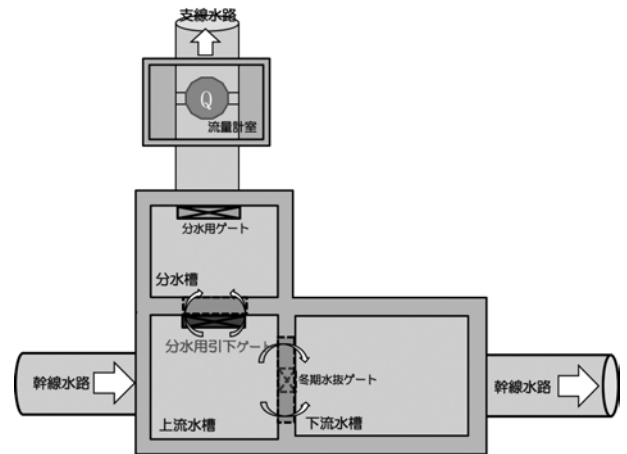


図-6 スタンド分水工平面模式図の一例

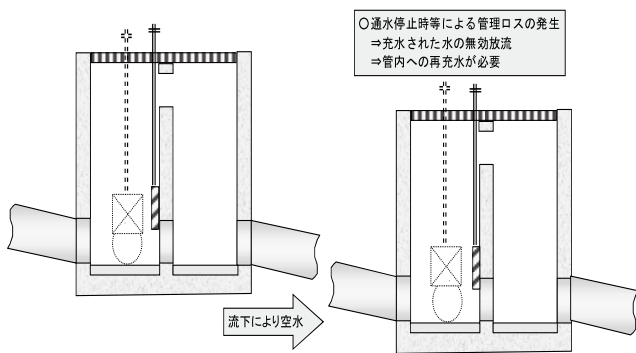


図-5 スタンド分水工断面模式図（改築前送水停止時）

なお、オーバーフロー化に伴い、スタンド分水を適正規模に見直す必要がある。特に下流水槽については下流管径の4～5倍の水槽長とし、空気連行等の障害に配慮する必要がある。また、分水量の調整については、原則オーバーフローとし、幹線流量が減少する間断かんがい時等に計画分水量を分水出来るように分水槽側隔壁上部に設置した分水用ゲートを引き下げて調節可能な構造とした。これらの見直しにより、現行管水路区間において発生している分水工相互間の干渉作用が抑制可能となり、これまでの複雑な配水操作の負担軽減が期待できる。

4. 水路システムの再構築と施設改築

これまで述べてきたとおり、現行の管水路区間では、①流量調整時における分水工相互間の干渉に伴う複雑な配水操作②シール高不足による通水障害③営農形態等の変化に即した配水管理への支障④間断かんがい等による管理ロスの発生が課題となっている。

そのため、二期事業における水路システム改築にあたっては、これらの課題を解消しつつ、配水操作を的確且つ安定的に行うことで、適切な配水による効率的な水利用が実施可能な水管理システムを導入した、より簡素な水路システムを構築することを基本として施設改築を実施するものである。

4.1 水路システムの見直し

現行の水路システムは、スタンド型分水工に設置されている複数のアンダーゲートを調節しながら幹線流量および分水量をコントロールする必要があることから、流量変更時には上下流の分水工相互間の圧力変動に干渉されやすい構造となっている。

そのため、管水路部におけるスタンド分水工については、アンダーフローによるゲート操作を必要最小限

また、オーバーフロースタンド型分水工への改築に伴い、水槽内に設置された隔壁からの落水音が懸念されたことから、メンテナンス用の開口部に鋼製防音蓋を設置する防音対策（写真-2）を実施した。



写真-2 鋼製防音蓋の設置状況

4.2 シール高確保による通水障害の解消

管水路部では、必要シール高が不足しているため、空気連行による通水障害やエアハンマーによる管体への破損等が危惧される状況である。

そのため、前述のオーバーフロースタンド型分水工

への改築に併せて、スタンド分土工の嵩上げ等により各分土工地点での管路呑口部における必要シール高を確保した構造へ改築する（図-7）。

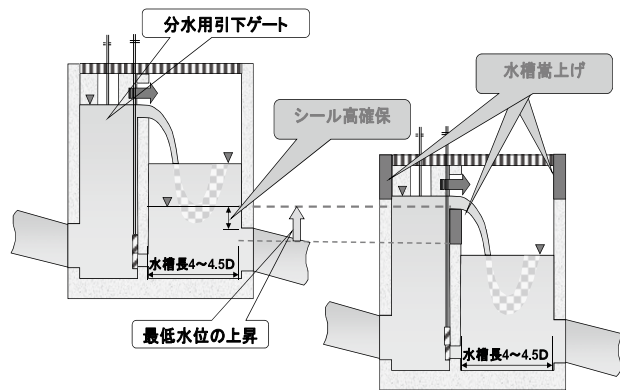


図-7 スタンド分土工断面模式図（改築後送水時）

4.3 切替操作時等の管理ロスの軽減

前述のオーバーフロースタンド型分土工への改築により、通水停止時においても管内の水が全て下流に抜けることが無くなることから、間断かんがい時の切替操作や降雨時等の通水停止時における管理ロスについては、軽減されることが期待できる（図-8）。

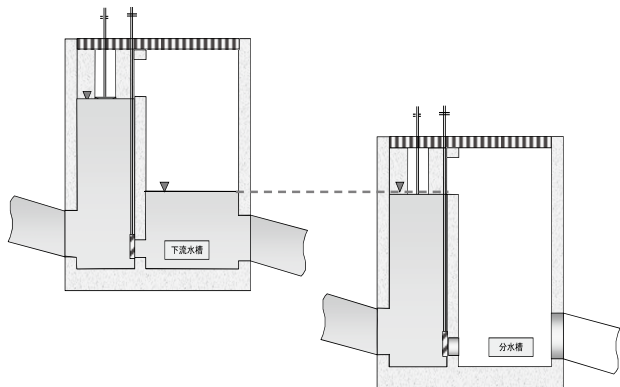


図-8 スタンド分土工断面模式図（通水停止時）

4.4 配水管理改善に向けた水管理システムの導入

水管理システムの導入にあたっては、水路システムの見直しによる煩雑なゲート等操作を改善した上で、分土工施設と一体的に整備することが重要である。また、導入する水管理システムについては、現行の管理形態を踏まえ、将来的な維持管理費の軽減に資するべく、水管理機器の設置は極力抑え、操作は遠方手動操作（一部自動制御を含む）の簡易なレベルを基本とした。

遠方監視制御の対象施設は、表-1を基本として選定し、間断かんがいによる切替操作地点や基幹的な分水操作地点等に流量調整設備を設置すると共に、これらを制御するために必要な水位計及び流量計等の監視設備を整備する計画である。

表-1

【遠方制御対象施設】

幹支線流量調整ゲート・バルブ	○幹支線水路の流量調整及び間断かんがいの切替え等頻繁に調節が必要な主要ゲート・バルブを対象。（取水施設・調整水槽を含む）
分水ゲート・バルブ	○間断かんがい時など操作頻度が非常に多い主要分土工のゲート・バルブを対象とする。

【遠方監視対象施設】

ゲート・バルブ開度	○遠方制御に必要な開度情報の把握
水位	○流量演算のために必要なゲート上下流水位の把握 ○余水発生の有無を把握するための水槽水位
流量	○主要地点の幹線・分水流量の把握
機器情報	○対象機器の状態（異常・正常）の把握



写真-3 分水調整ゲートの遠方監視制御設備

営農形態の変化や水利用時期の集中化が進んでいる本地域において、新たな水管理システムの導入は、広域な管理区域を限られた管理体制の下、よりきめ細やかな配水操作を効率的且つ効果的に実現する事が可能となるとともに、異常発生時（分土工溢水等）のリスク管理等の効果が期待できる。



写真-4 流量監視設備

5. 改築後の効果検証

5.1 オーバーフロースタンド分水工改築による効果

一部の幹線区間においては、改築後の施設による配水管理を行っており、委託管理者の配水操作にも同行して操作上の改善効果や不具合の有無等を確認した。

委託管理者からは、これまでの分水工相互間の干渉により生じていた複雑な配水操作は解消され、その操作頻度も減少しているとした結果が確認された。

5.2 水路システムの検証

水路システムの検証にあたっては、簡易水位計を主要地点に設け、通水障害が生じること無く、送水されていることを確認した。水位計による観測結果の一例を図-9に示す。

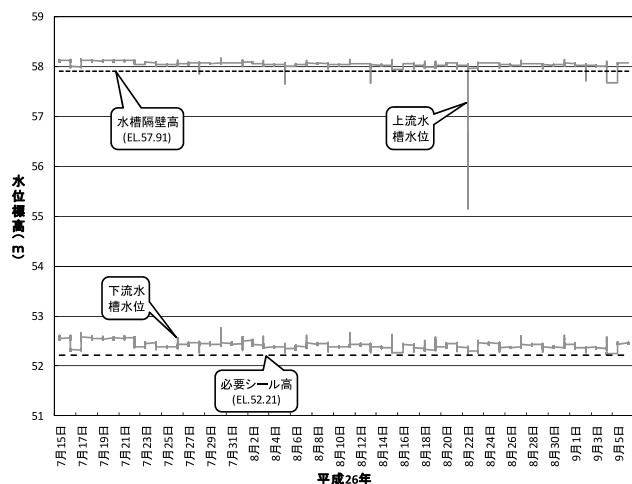


図-9 水位計観測データ（上下流水槽水位）



写真-5 隔壁からの越流状況（スタンド分水工内）

上流水槽水位は、隔壁標高より上位標高で安定しており、オーバーフローによる送水が確認される。また、下流水槽水位は、必要シール高が確保された水位で安定しており、空気連行等の水理異常が生じていないことが確認された。

委託管理者からは、間断かんがいによる切替操作時に発生していた管理ロスについても概ね解消され、とりわけ、管内の再充水については、短縮された結果が確認された。

5.3 水管理システム整備後の効果検証

水管理設備については、平成28年度からの段階的な試験運用を目指し、順次整備を進めている。

試験運用では、機器及びソフトウェアの正常な機能確認として、①演算処理後の流量と実流量の乖離②遠方との送受信確認（データ・制御）③異常時における警報・通報の検知④制御設備の安全装置の動作確認等について、検証することとなる。



写真-6 設置が完了した水管理システム（親局）

6. おわりに

二期事業の現在の進捗については、平成17年度の着工以降、水源施設、頭首工及び幹支線水路の改築工事の進捗を図り、平成28年度かんがい期スタートまでに主要施設の改築は概ね完了する予定である。

また、今回報告したスタンド分水工の改築を含め水路システムの改築が完了した区間では、概ね従前の課題となっていた煩雑な操作や切り替え操作による管理ロスが是正され一定の効果が確認出来たと考えている。

今後は、平成29年度の事業完了に向けて、水管理システム等の整備の進捗を図るとともに、完了施設の試験運用を通して、不具合等の是正や、委託管理者への操作習熟を図っていく予定である。

最後に、二期事業の実施に当たり、ご理解とご協力をいただいた、県、市町、土地改良区をはじめ多くの関係機関、関係者の皆様に深く感謝を申し上げますとともに、引き続き両筑平野用水施設が本地域に有益な効果を持続的に果せるようご指導をお願いしたい。



写真-7 写真-1のスタンド分水工の改築後

グアテマラにおける水圧吸引式浚渫機を使用した凝集性土砂の排砂事例

愛 宕 徳 行*
(Tokuyuki ATAGO)

目 次

1. はじめに	13	4. グアテマラにおける堆砂対策の事例	14
2. 国際大ダム会議における堆砂問題の検討 ..	13	5. おわりに	17
3. 日本国内におけるダムの堆砂問題と対策 ..	13		

1. はじめに

国際大ダム会議 (International Commission on Large Dams: ICOLD) は、ダムとその附帯施設の計画、設計、維持管理技術を進歩させること目的として、1928年(昭和3年)に設立され、ダム工学の知識と経験を交流する場として年次例会を毎年開催するとともに、3年に1回開催される大会において、ダムの技術的課題についての討論会が行われている。1960年代後半からは、ダムの安全、古いダムの見直し、劣化や環境への影響などの課題に重点が移行している¹⁾。筆者は、2015年(平成27年)にノルウェー・スタバンゲルで開催された第25回大会及び第83回年次例会に出席し、世界のダム事業・技術の最新動向に直接接することが出来た。本稿では、国際大ダム会議加盟各国から提出された最新論文のうち、日本でも高い関心のあるダムの排砂技術に関するグアテマラの事例を紹介する。

2. 国際大ダム会議における堆砂問題の検討

国際大ダム会議では、ダムの設計、施工、保守および運用に関する技術について各種委員会を設置し、調査研究を行っており、その成果は小冊子 (Bulletin) として取りまとめられ、会員に公開されている。22の委員会の中の一つに貯水池堆砂委員会が設置されており、ダムの堆砂問題は国際的にも関心が高い。同委員会では来年4月の完成に向けて小冊子を作成中であり、貯水池土砂管理に関する事例研究の章において、日本から黒部川における総合土砂管理、美和ダムにおける恒久堆砂対策、下久保ダムにおける土砂掃流試験などを紹介している²⁾。また、新たなテーマに浚渫管理や堆砂除去技術に関するレビューが提案されるなど

ダムの堆砂についての技術が注目されている。

3. 日本国内におけるダムの堆砂問題と対策

日本国内では、国営造成農業用ダムのうち2ダムで堆砂の進行により農業用水の取水に影響がでたケースや計画の3.5倍のスピードで堆砂が進行しているケースが確認されている^{3), 4)}。平成26年度には会計検査院が調査対象とした国土交通省及び道府県管理の211ダムのうち、20ダムで計画年数(一般には100年)が経過していないにもかかわらず、堆砂量が既に設計堆砂量を上回っていることが確認されている⁵⁾。このように、一部の地域では堆砂の進行が計画で見込んだものよりも上回っており、適切な対策を講じる必要が生じている。

一般に、貯水池の土砂管理方策は、1) 貯水池への流入土砂の軽減対策、2) 貯水池へ流入する土砂そのものを通過させる対策、3) 貯水池に堆積した土砂の排除の3方法に分類される⁶⁾。この分類に応じた具体的な排砂方法を表-1に示す。

表-1 堆砂対策の分類

対策の分類	具体的対策
貯水池への流入土砂の軽減対策	森林整備・治水対策 貯水池周辺法面の安定化 貯砂ダム
貯水池へ流入する土砂そのものを通過させる対策	排砂バイパス スルーシング
貯水池に堆積した土砂の排除	掘削・浚渫 フラッシング 水圧吸引土砂排除

これらの対策のうち、排砂バイパスやフラッシング等の本格的な土砂管理には、土砂を排出・輸送するた

*一般財団法人 日本水土総合研究所
(Tel. 03-3502-1380)

めに流水を用いなければならないことに留意する必要がある。このため、次に示す二式を参考にダムの特性を踏まえた土砂管理手法を検討することが必要であるとされている⁶⁾。

$$\text{貯水池寿命} = \text{CAP} / \text{MAS} \quad \dots (1)$$

$$1 / \text{貯水池回転率} = \text{CAP} / \text{MAR} \quad \dots (2)$$

ここに、CAP：貯水池容量、MAS：平均年間土砂流入量、MAR：平均年間流入量

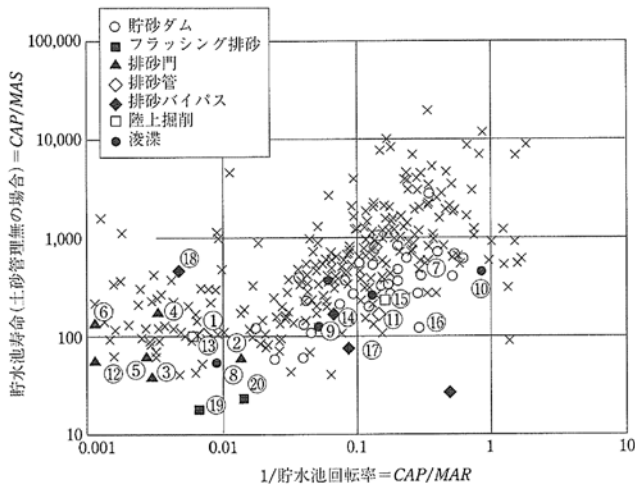


図-1 日本における貯水池土砂管理対策事例⁷⁾

角哲也京都大学教授が日本における代表的な貯水池土砂管理事例について、上述のパラメータを用いて整理している(図-1)。この図から、CAP/MARの増加(貯水池回転率の減少)に伴って、おおむねフラッシング排砂、排砂バイパス、貯砂ダム、掘削・浚渫の順に変化していることが確認できる。これは土砂管理対策が、主に対策が使用できる水量に大きく依存していることを示すものである。今回紹介するグアテマラの事例は、サイホンの原理を用いた水圧吸引土砂排除に区分されるものである。

4. グアテマラにおける堆砂対策の事例

4.1 エルカナダ発電所の概要

グアテマラ西部に位置するエルカナダ発電所は、2003年11月に運転を開始した最大出力47MWの発電所である。発電所はサマラ川の水を利用しているが、周辺に火山があり浸食も激しいため土砂の運搬量が非常に多い河川である。標高1,419.5mの地点でサマラ川からゴム堰製の頭首工により毎秒15m³の水を取り込んでいる。さらに下流へ行くと1.2kmのトンネルが貯水池へ通じている。貯水池は河川の本流外へ設置されており、有効貯水量184千m³で最大出力電力を4時間発電する能力がある。貯水池の水位の変動は8mで底部と貯水池斜面には脆性のプラスチック製材料でライニングが施されている。貯水池から取り込まれる水は全長2.4km、水頭400m、直径1.8～2.15mの導水管

を通して発電所へ送水される。さらに水は下流で出力規模13MWのモンテクリスト第2発電所でも利用され、発電所施設全体では合計60MWの出力となる。

サマラ川では、流域内の営農作業に起因する土壌浸食や熱帯性豪雨により不安定な斜面で頻りに地滑りが生じることにより、土砂の負荷を受けている。頭首工に設置されている土砂流入防止装置は機能しているが、小粒径の土砂がトンネルを通過して下流に運ばれ、貯水池に沈殿する。貯水池は下流に対する砂除去の役割を果たすが、土砂を除去する効率的なシステムがない状況にある。貯水池に溜まる土砂は大部分がシルトと粘土であるため凝集性が高く、貯水池の水位が低下するたびに土砂が固まり、取り除くことが困難になる。年間約50,000m³の土砂が貯水池に流入すると推計されており、2010年11月には、貯水池の60%が土砂で埋まり、最大貯水量が大幅に減少した。

4.2 過去の排砂対策

貯水池は底樋がなく、600mmの排水管が設置されているが、土砂の除去効果は管の先端から数m程度に限られる。重機による除去は、貯水池にアクセス道路がないことと脆性のプラスチック製ライニングがあることにより使用が禁止されているため、実施が不可能である。プラスチック製ライニングを覆うように貯水池全体にコンクリートスラブを設置して重機により土砂を除去することも検討されたが、最終的には従来型の浚渫機を使用することとした。2007年に表-2に示す仕様の浚渫機2基を利用して実施した。

表-2 過去の排砂対策で使用した浚渫機

動力	仕様	
電動浚渫機	処理能力	毎時 3.37m ³
	土砂濃度	3%
	総処理能力	年間 9,764m ³
ディーゼル浚渫機	処理能力	毎時 23m ³
	土砂濃度	6%
	総処理能力	年間 18,882m ³

数年間これらの浚渫機を運用したが、浚渫量は堆積速度に追いついていないため、相殺すると常にマイナスとなり、将来的な見通しが立たないことが判明した。また、浚渫機からの流出水は土砂の含有が低濃度であることから、大量の真水を消費することとなり、その量は中規模の発電所の利用水量に相当する量となる。さらに、浚渫作業にはディーゼルと電力を使用するため高コスト構造となっている。これらのことから、施設管理者は貯水池から土砂を除去するための効率的な新技術を検討した。目標としては、①確実な土砂の除去が出来ること、②除去量が土砂堆積速度を上回ること(当初は年間50,000m³を見積もる)、③初期及び運

用コストが最も低いものの3点を上げた。

4.3 水圧吸引式浚渫機の導入

2011年4月、施設管理者は民間会社の水圧吸引式浚渫システムの導入を決定した(図-2参照)。外部の動力源を必要とせず、サイホン形式により重力を利用して吸引を行うもので、浚渫機は貯水池に既存の600mmの排水管に接続することとなった(図-3参照)。

最初の手順の一つが既設の600mmの排水管に接続するバイパス管の設置であった。バイパス管の設置には、土砂の浚渫を行うことと、他の期間は貯水池の排水を行い本来の機能を維持するという2つの目的がある。バイパス管のそれぞれの支管には調整弁を設置した。これらの管の設置には、数日間貯水池の水位を低下させる必要があった。両方の弁には延長ロッドをつけて、最高制限水位(HRWL)より上にダム堤体から設置したデッキにより作業が可能となるようにした。

バイパス管と弁が設置された後、浚渫機が設置され、

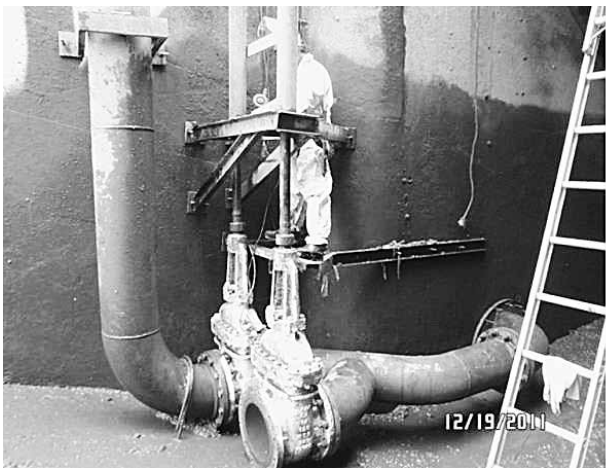


図-3 既存排水管へのバイパス管接続作業

2012年1月から運転が開始された。浚渫機の内容は下記の通りである。

- 1) 吸引口の操作用浮き台
- 2) ノルウェーの民間会社が開発した吸引口(特許取得済)
- 3) 圧密凝集した土砂を分解するのに必要な水噴射システム
- 4) 直径250~300mmの可動式吸引管と固定式吸引管の併用

10"/12"浚渫機による吸引はサイホン形式による重力を動力としている。このため、管内にスクリューなどの制限がなく、残屑や石による閉塞を防止できる。凝集性のある土砂は、強力な水噴射システムで分解し、240mm以下の大型粒子や残屑などの物質を確実に除去できる。吸引口は閉塞することがないように土砂堆積物の上を立てて設置し、継続的な稼働を確保する。

なお、噴射ポンプ、電動滑車、照明器具などの補助部品のための電気設備が必要となる。

浚渫機の導入に当たり、現地受け入れ試験が義務づけられた。試験は2012年1月に実施され、表-3の結果が得られた。

但し、特定の瞬間には、最大処理能力が毎時270m³、最大土砂濃度27%の最大値を計測したこともあった。

最大時の結果は記載された仕様よりも約3倍高い結果となった。性能パラメータの検証は3か月ごとに行

表-3 浚渫機の試験結果

仕 様	
処理能力	毎時 154m ³
土砂濃度	13.5%
推定総処理能力	月間 20,000m ³

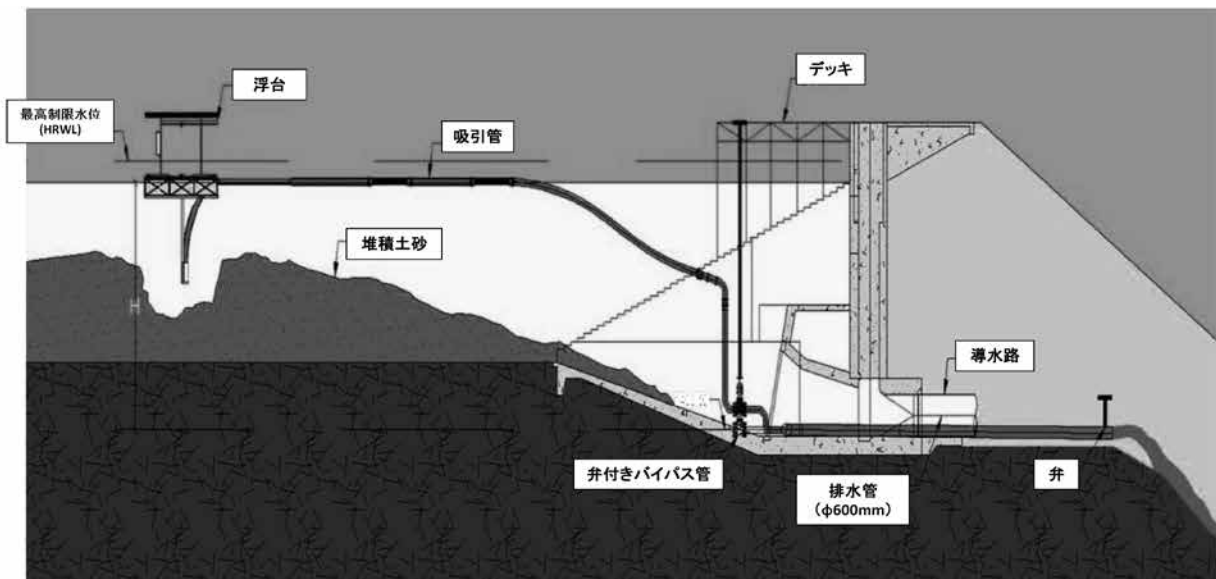


図-2 グアテマラのエルカナダ水力発電所に設置した浚渫機の断面図



図-4 稼働中の浚渫機の (左) 浮台, および (右) 引出管

われている。さらに、土砂濃度を確認するために毎日サンプルを採取している。運用から1か月後には保守管理を目的とする貯水池の水位低下を実施し、浚渫機により既に相当量の土砂を除去できていることが明らかとなった(図-5参照)。2012年1月～6月までの期間(6か月間)、貯水池から120,000m³以上の土砂を除去できたものと推定され、月間平均処理量20,000m³となる。平均で年間土砂流入量は50,000m³程度と推計されていることを考えると、これは目覚ましい成果である。

本水力発電所では、同浚渫機が水中で運転できることから、既存の電動浚渫機は撤去して、保守管理用として陸上に設置した。数か月後、ディーゼル浚渫機も作業現場から撤去し、貯水池の岸辺に設置した。現在、施設管理者は浚渫機に全ての期待をかけている。

浚渫機はこれまでの従来型浚渫機2基を合わせた以上の処理能力を有している。加えて、土砂除去時の1m³あたりの水使用量が少ない。このことは、発電所の電力生産に与える影響が少ないことを意味する。ま

た、発電所の環境認証に関する課題でもあるディーゼルに関して貯水池内での使用を削減することもできた。

4.4 処理能力と稼働率の検証

エルカナダ水力発電所で同浚渫機を稼働させてからほぼ3年が経ち、有益な情報を収集してまとめた。発電所の電力生産という面で大きな恩恵が得られた。使用者が定期的にチェックすべき二大重要要素は装置の処理能力と信頼性である。公式には四半期ごとに検証を行うことになっているが、より詳細な追加検証として毎日の濃度測定も実施している。使用者の仕様最小値よりも浚渫機の実際の能力の方が大幅に上回っている。主な結果を表-4に示す。

表-4 浚渫機の検証結果

年	濃度	稼働率
2012年	12%	86%
2013年	9%	98%
2014年	8%	98%



図-5 浚渫機の(a)実施前および(b)実施後1か月における貯水池の土砂

前記の濃度は毎日の測定値の平均を示している。表からわかるとおり、2012年以降、濃度がわずかに減少している。これは主に土砂の層が薄くなったことが原因であり、3年前に存在した薄めの層と比較すると、より除去しにくいものになっている。一方、装置の安定的に制御された運用および保守管理のおかげで稼働率は向上している。

4.5 浚渫機の信頼性および耐摩耗性

同浚渫機の性能を分析するためには、吸引が重力で行われているという点に注目することが重要である。従って、浚渫に機械構成部品を必要とせず、吸引パイプラインが主要部品となっている。しかしながら、実際には付属構成部品の中に軽微な保守管理または交換を必要とするものがある。

(1) 主要部品

浮台、吸引パイプライン、弁で構成され、これらすべてが3年間の稼働後も損傷していない。パイプラインの摩耗は最小限であり、保守管理は主にフレキシブル吸引管の短い部分の交換に限られている。浮台に関して、形状と性能は十分で、屋根として使用する防水シートの交換のみ必要である。

(2) 付属部品

噴射ポンプ、電動滑車、工具、消耗品で構成される。所定の期間後、電気機械部品として多少の保守管理または交換が必要である点に注目することが重要である。この場合、噴射ポンプには、ベアリング、メカニカルシール、潤滑油の交換といった一般的な保守管理が必要である。電動滑車に関しても同様であるが、実際にはこれは集中的利用の影響をより受けやすい部品である。このような保守管理作業は装置の稼働率には影響を与えていない。これは、同民間会社は上記の部品（噴射ポンプおよび電動滑車）を2組提供しているからであり、保守管理業務を理由に浚渫作業を停止させないことを主な目的としている。

4.6 浚渫機導入についての結論

3年間の使用経験から、同浚渫機が計画された以上に優れた性能を発揮していることが判明した。土砂流入量が予想をはるかに上回っているにもかかわらず、年間土砂量 50,000m³ という年間設計処理能力を何度も上回っており、現在、貯水池は完全有効貯水量を保っている。瞬間土砂除去能力は毎時 147m³ と測定されており、計画上の要件である毎時 50m³ のほぼ3倍となっている。

浚渫機は、フラッシング、機械除去、従来方式浚渫といった他に考えられる解決策と比較しても、優れた土砂除去技術であることがわかった。技術と経済性の両側面から見てメリットがある。技術者は水力発電所の運転開始後に発生した上述の運転上の問題を認識する必要がある。常時満水位貯水池が土砂除去の実際的な方法がない状況で設計されることは非常に多い。具

体的には、底設フラッシングゲートが小さい、もしくははない、貯水池内の機械装置の使用を妨げるプラスチックライニングがもろい、貯水池へのアクセス路がないという状況である。土砂堆積の影響を受けるダムにおいて重力浚渫システムの吐出口の役割を果たすケーシング管の事前設置を推奨する。

5. おわりに

本報告では、日本でも問題となっている堆砂問題とその解決に向けた対策について、国際大ダム会議で発表された報文から有用と考えられる技術を引用して紹介を行った。導入された浚渫機はサイホンの原理を活用して、石油エネルギーを消費しないという優れた経済性や、比較的大粒径の堆砂も吸い出すという有用性が確認されており、土地改良区等が管理する日本の農業用ダムへの適用も検討に値するものである。また、浚渫機の紹介のみにとどまらず、結論の項では土砂堆積を排出するためのバイパス管の設置が推奨されるなど、今後新設、改修を行う際の留意点にも踏み込んだ内容となっている。日本における農業用ダムは、既に新規建設から維持管理への時代に入って久しい。長期供用ダムが増えて行くにつれて堆砂対策は避けて通れない大きな課題の一つである。今後の堆砂対策を考えていく上で、本報文で紹介した事例が参考になれば幸いである。

【引用文献】

- 1) 松本徳久：ICOLDの歴史と活動状況：大ダム第224号：（一社）日本大ダム会議
- 2) 角哲也：国際大ダム会議（ICOLD）第83回年次例会技術委員会報告 貯水池堆砂委員会：大ダム第233号：（一社）日本大ダム会議大ダム
- 3) 農林水産省所管の農業用ダムの総点検結果について：農林水産省 H21.12.22
- 4) 木曾調だよりNo.23：東海農政局木曾川水系土地改良調査管理事務所
- 5) ダムの維持管理について：会計検査院（平成26年10月21日）
- 6) 多目的ダムの建設：（財）ダム技術センター 平成17年度版
- 7) 角哲也：日本における貯水池土砂管理 第3回世界水フォーラム、流域一貫の土砂管理（貯水池土砂管理に向けた挑戦）論文集 2003
- 8) DREDGING OF COHESIVE SEDIMENTS WITH SEDICON DREDGE IN EL CANADA HYDROPOWER PLANT IN GUATEMALA Alberto JIMÉNEZ, Raúl FIGUEROA, Tom JACOBSEN, COMMISSION INTERNATIONALE DES GRANDS BARRAGES, 2015

赤川頭首工ゲート更新工事の施工事例について

金内 浩一* 工藤 衛* 能登 薫*
 (Kouichi KANAUCHI) (Mamoru KUDOU) (Kaoru NOTO)
 豊田 裕介** 大崎 浩二***
 (Yuusuke TOYODA) (Kouji OOSAKI)

目 次

I. 赤川頭首工の概要	18	IV. 工期短縮・安全性向上のための創意工夫	19
II. 赤川頭首工の改修計画概要	18	V. おわりに	23
III. 施工にかかる工程計画	19		

I. 赤川頭首工の概要

国営赤川農業水利事業で造成された赤川頭首工は、山形県鶴岡市の南側に位置し、水田約10,050haにかんがい用水を供給する基幹水利施設である。

頭首工本体については、昭和46年の完成後から県管理により定期的な施設の整備補修を実施してきた。しかし、築造後約40数年が経過し、ゲート設備（鋼構造）の老朽化が進み様々な障害が発生してきたことから、二期事業（H22～30）により施設の改修を行っている。

表－1 赤川頭首工諸元

形式	全可動堰 (フローティング 一部フィクストタイプ)
堰長	166.90m
堰高	3.10m
最大取水量	42.02m ³ /s
洪水吐ゲート	シエル構造ローラゲート 4門 幅29.70m×高さ3.15m
土砂吐ゲート	シエル構造ローラゲート 1門 幅20.0m×高さ3.65m
取水ゲート	ガータ構造ローラゲート 6門 幅5.0m×高さ2.5m
制水ゲート	ガータ構造ローラゲート 6門 幅5.4m×高さ2.5m
サイホン取水ゲート	ガータ構造ローラゲート 1門 幅2.3m×高さ2.5m
サイホン制水ゲート	ガータ構造ローラゲート 1門 幅2.7m×高さ2.5m

今回は土砂吐ゲート及び洪水吐ゲートについて、現場で塗装塗り替え及び部品交換を実施した際の仮設方法や採用工法についての事例を紹介する。

頭首工の主な諸元は表－1のとおりである。

II. 赤川頭首工の改修計画概要

赤川頭首工については、平成19年度に本体工（堤体、堰柱）、機械設備工（各ゲート設備）、付帯工（管理事務所、ゲート操作室）において機能診断を実施している。機能診断の調査項目、作業内容としては①現地調査、②問診、聞き取り調査、③現地踏査と機能診断箇所を選定、④既存資料の整理・検討、⑤二次調査であり、これを踏まえ改修計画を策定した。

赤川頭首工の改修計画概要は表－2のとおりである。

表－2 改修計画概要

洪水吐ゲート	① 扉体・戸当り塗装 ② ローラ類・水密ゴム交換 ③ 開閉装置更新
土砂吐ゲート	① 扉体・戸当り塗装 ② ローラ類・水密ゴム交換 ③ 開閉装置更新
取水ゲート 制水ゲート サイホン 取水ゲート サイホン 制水ゲート	① 扉体・戸当り塗装 ② 扉体補強 ③ ローラ類・水密ゴム交換 ③ 開閉装置更新



写真－1 赤川頭首工 全景（手前が上流側）

* 農林水産省東北農政局赤川農業水利事業所
(Tel. 0235-29-1655)

** 西田鉄工(株) 生産本部 工事グループ
(Tel. 0964-23-1121)

*** 西田鉄工(株) 生産本部 北海道設計グループ
(Tel. 0144-55-3337)

Ⅲ. 施工にかかる工程計画

本頭首工の工事施工可能時期は非出水期である10月1日～3月31日までの6ヶ月となっており、4月以降は取水を開始する都合上、5門のゲートを平成26年度から3ヶ年で改修する計画とした。

表-3 施工計画一覧表

H26	2号, 3号洪水吐ゲート扉体・戸当り塗装
H27	2号, 3号洪水吐ゲート部品交換, 開閉装置更新 1号, 4号洪水吐ゲート扉体・戸当り塗装
H28	1号, 4号洪水吐ゲート部品交換, 開閉装置更新 土砂吐ゲート扉体・戸当り塗装, 部品交換, 開閉装置更新

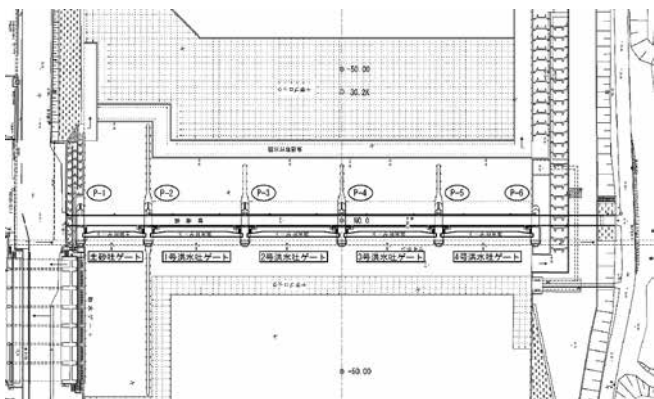


図-1 頭首工計画平面図

Ⅳ. 工期短縮・安全性向上のための創意工夫

1. 扉体塗装作業時の工夫

塗装については、耐久性を考慮し超厚膜型エポキシ樹脂塗料を選定した。現場塗装の仕様は以下のとおりである。

(1) 塗装仕様について

1) 扉体 (外面)・戸当り

表-4 扉体 (外面)・戸当り塗装仕様

施工場所	工程	塗料	標準膜厚 (μm)	塗装方法
現場	素地調整	1種ケレン		
	先行塗	有機ジンクアペイント	40	エアレス
	下塗	超厚膜型エポキシ樹脂	300	エアレス
	中塗	エポキシ樹脂塗料中塗り	40	エアレス
	上塗	エポキシ樹脂塗料上塗り	40	エアレス
計			420	

2) 扉体 (内面)

表-5 扉体 (内面) 塗装仕様

施工場所	工程	塗料	標準膜厚 (μm)	塗装方法
現場	素地調整	3種ケレン		
	先行塗	エポキシジンクアペイント	[15]	エアレス
	下塗 (1)	変性エポキシ樹脂塗料下塗り	100	エアレス
	下塗 (2)	変性エポキシ樹脂塗料下塗り	100	エアレス
	上塗	変性エポキシ樹脂塗料上塗り	100	エアレス
計			300	

※[]数値は、膜厚には含まない。

(2) 塗装にかかる創意工夫

(盛り替え用ジャッキの使用)

1) 発注仕様

扉体をベンド (架台) に下ろし一般的な枠組み足場とし、冬期間の塗装となるため養生用として仮囲いを計画した。

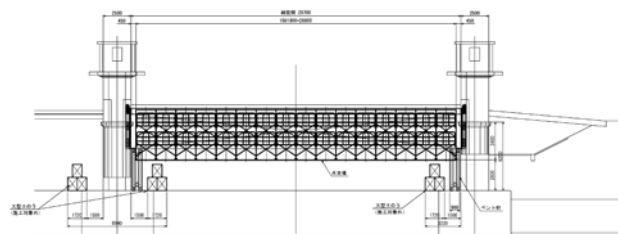


図-2 仮囲い足場発注図 (正面図)

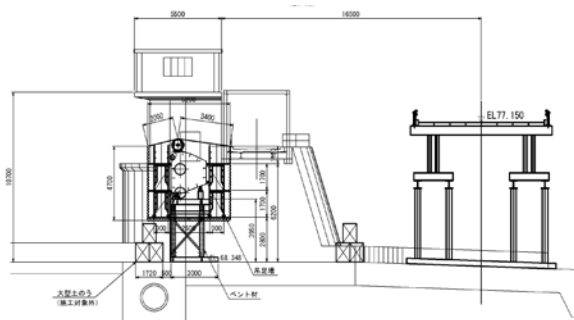


図-3 仮囲い足場発注図 (側面図)

2) 創意工夫内容

現場塗装塗り替えのため、仮囲い吊り足場を設置しているが、既設の扉体に足場を載せ掛けているため、その場所の塗装をするためには足場の移動が必要となる。このため、足場固定用のジャッキ設置箇所を2倍にすることで、足場の移動を行うことなく未塗装箇所の塗装が可能となる構造とした。

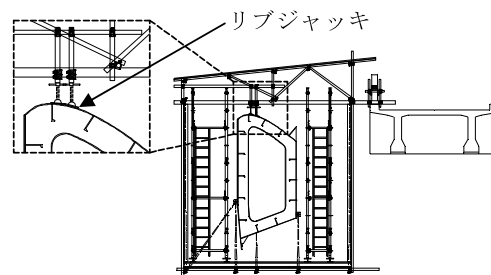


図-4 仮囲い足場施工図 (断面図)

① ジャッキ交換作業フロー



写真-2 盛り替え前



写真-3 未塗装部のジャッキ取り外し



写真-4 盛り替え用ジャッキ設置



写真-5 未塗装箇所の塗装実施

(3) 創意工夫による効果

足場の移動が省略出来たことから、足場の移動を行う施工方法と比較し、1門当り9日程度の工期短縮が図られた。

2. 戸当り素地調整時の工夫

(1) 発注仕様

扉体の塗装時と同様に枠組足場と仮囲いを設置した後、サンドブラストにて施工する計画とした。

(2) 創意工夫内容

戸当りの素地調整用仮囲いは、河川内の仮締め切り内に設置することから囲い面積が狭く、ブラスト作業時にブラスト材等の跳ね返りによる危険性や河川への飛散が懸念された。

そこで、これらの防止のため、ブラストと同等の素地調整が行えるブリストルブラスターにて素地調整を実施した。



写真-6 戸当り施工時の足場構造



写真-7 素地調整実施状況



写真-8 素地調整結果

(3) 創意工夫による効果

ブリストルブラスターはNET I Sに登録されている新技術であり、施工後の状況確認においてもブラストと同様にISO 8501-1 Sa2 1/2相当と確認できた。

また、飛散も少なかったことから旧塗膜材の回収も容易に行えた。

3. 扉体仮置き台（ベンド）の工夫

開閉装置の更新時には、安全性確保の観点から扉体をベンドの上を下ろし、ワイヤーロープの緊張をなくした状態で作業する必要がある。本工事においては、安全性の更なる向上のために以下の工夫をした。

(1) 発注仕様

扉体底部のテーパーに合わせて、高さの異なるジャッキにて固定する。

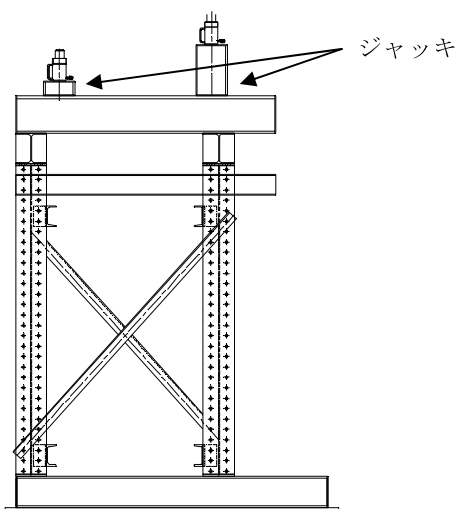


図-5 ベンド構造発注図（側面図）

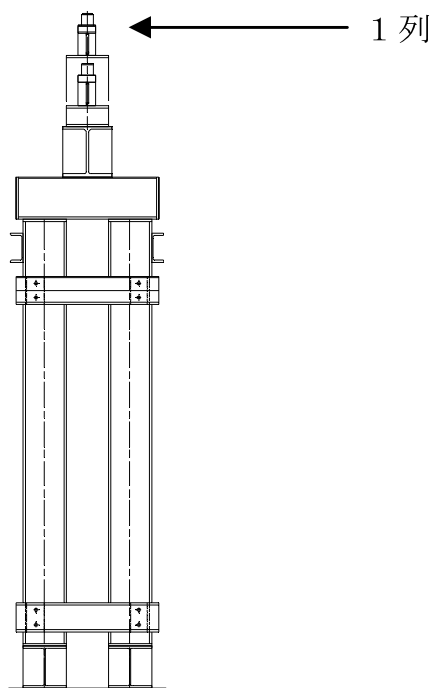


図-6 ベンド構造発注図（正面図）

(2) 創意工夫内容

扉体の底部テーパーに合わせたジャッキ取付材を追加し、ジャッキを扉体に垂直に当てることで安定を図り、併せてジャッキを片側2列（4個）に増やすことで更なる安定性と安全性を確保した。

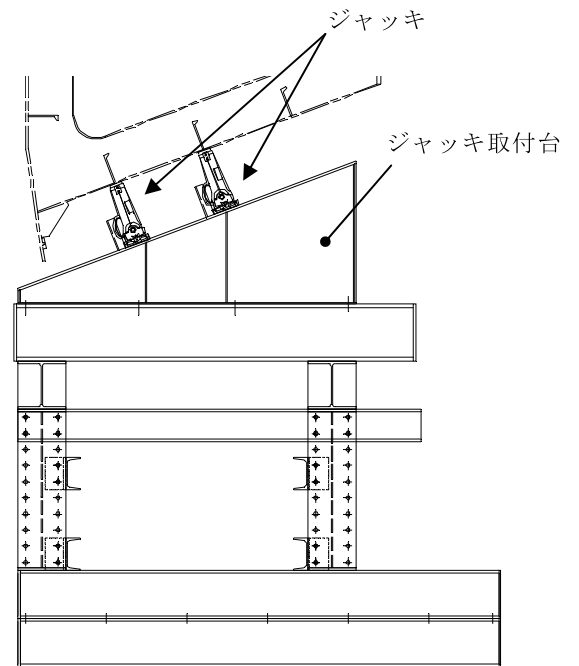


図-7 ベンド構造施工図（側面図）

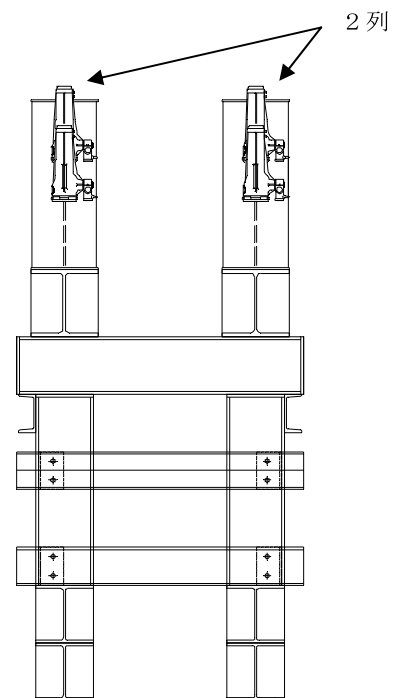


図-8 ベンド構造施工図（正面図）



写真-9 ベンド設置状況



写真-10 扉体仮置き状況

(3) 創意工夫による効果

工事施工箇所は河川内であり、特に冬場においては風が強い場所であったが、安定性を確保出来たことから事故なく開閉機の更新を安全に完了できた。

4. ローラ交換時の工夫

ローラの更新を行う際、上部ローラは容易に取り外しができたが、下部ローラは固着しており取り外しが困難であった。

ローラは更新する計画であったので既設のローラは切断しても問題はなかったが、取付位置が狭小部であったことから切断方法について検討を行い、ランサー棒を燃焼させて対象物を溶断するスーパーランス工法を採用することとした。

この工法は、製鉄所・製鋼所・铸造工場における耐火煉瓦、耐火物、スラグ、鑄物の溶断から普及し、下水道工事や地下掘削工事に伴うシートパイルや鋼管矢板の溶断に用いられている。

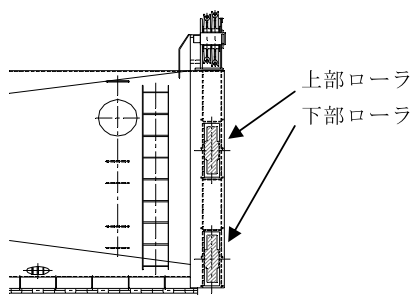


図-9 扉体端部（ローラ位置）図

(1) 作業実施状況

①油圧ジャッキ（2t）にてローラ軸を押し出すことを試みたが取り外すことができなかった。



写真-11 油圧ジャッキ（2t）による作業状況

②油圧ジャッキを30tの規格に変更し取り外しを試みたが取り外しができなかった。



写真-12 油圧ジャッキ（30t）による作業状況

③加熱と冷却（自然）を繰り返して、ローラ軸と錆びを分離させた後に取り外すことを試みたが取り外せなかった。



写真-13 ローラ軸加熱状況

④ローラ軸の取り外しができなかったことからローラ自体を切断して撤去することとした。

しかし、ローラ取付部は狭小な場所であり、かつ、切断する部材は幅が140mm、径が600mmあることからその切断方法を検討した。



写真-14 ローラ部状況

見交換会を行いました。このような場を設けることにより、現場での施工条件に配慮した設計が行われ、工事も順調に進捗するといった好循環な環境が作られていくと思います。

今回、頭首工ゲートの改修事例として報告した創意工夫の内容については、あまり目立つものではありませんが、今後、同様の補修工事を実施する際の設計時及び施工時に参考としていただければと思います。

本報告が少しでも皆様の今後の参考となれば幸いです。

⑤切断方法の決定

狭小部での作業，幅，厚みのある鋼材の切断を行うことを考慮し，スーパーランス工法にて切断することとした。



写真-15 スーパーランス工法によるローラ切断状況

(2) 創意工夫による効果

工法の選定には時間を要したが，切断作業は比較的にスムーズに進み，扉体に損傷を与えることなく，取り外し（切断）することができた。

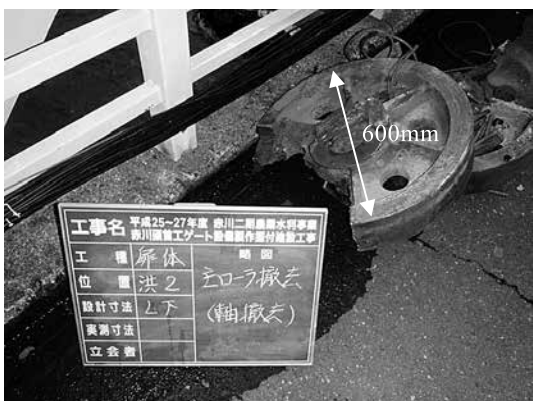


写真-16 切断撤去後のローラ状況

V. おわりに

作業実施中には，同様の改修を計画している調査管理事務所や同事務所の発注している設計業務の受注コンサルに現場に来ていただき施工状況の確認並びに意

周辺環境及び維持管理に配慮した水路構造物の設計施工事例

岩本 智裕*
(Tomohiro IWAMOTO)

目 次

1. 大井川用水地区と瀬戸川左岸幹線水路の概要…	24	3. 設計上の各留意点への対策について ……	25
2. 設計上の留意点 ……	25	4. まとめ ……	27

1. 大井川用水地区と瀬戸川左岸幹線水路の概要

(1) 大井川用水地区の概要

大井川用水地区は、静岡県ほぼ中央部の島田市外7市1町に位置し、大井川及び菊川などの扇状地として形成された沖積平野であり、水田を中心とした7,450haの農業地帯である。本地区の基幹水利施設は、昭和22年度から昭和43年度にかけて実施された国営大井川農業水利事業により整備されたが、事業完了後40年以上が経過し、施設の老朽化による機能低下が生じている。このことから、平成11年度に大井川用水事業により施設の再整備に着手した。また、平成13年度の東海地震想定震源域の公表を契機に地域住民の防災意識が高まったため、本地区の農業用水が従来から持つ地域用水機能（防火用水、景観）の維持及び増進を図る目的から、国営かんがい排水事業（一般型）から国営農業用水再編対策事業（地域用水機能増進型）に移行して実施している。（図-1）

(2) 瀬戸川左岸幹線水路の概要

瀬戸川左岸幹線水路は、県営事業で前歴国営事業の末端水路として施工され、昭和46年に完成したものであるが、平成21年度の国営事業の計画変更により現事業計画に位置づけられ、地域用水機能（防火用水、景観）の維持及び増進を図るため、国営事業により改修を行っている。

本水路は、内瀬戸谷川に設置された青木頭首工を起点として約1.67m³/sの用水を取水し、朝比奈川左岸の焼津市方ノ上までの受益地約670haに配水する全長約10.1kmの水路である。今回紹介する瀬戸川左岸幹線水路整備工事（その4）区間は、整備後の断面寸法（B）1.5m × （H）1.1m～1.5m、水路延長L=248mの開水路である。

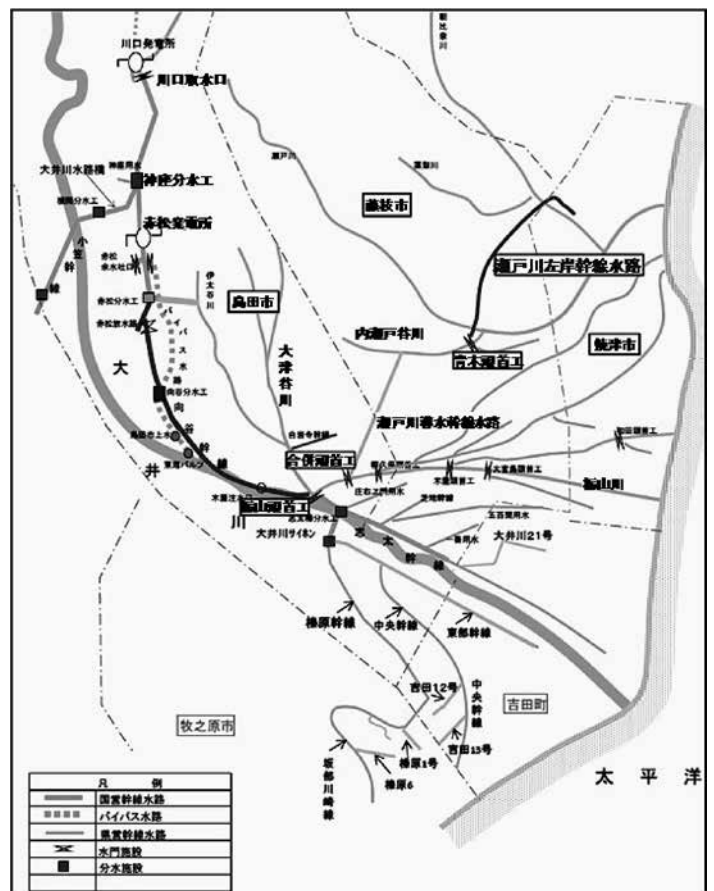


図-1 大井川用水地区の概要と瀬戸川左岸幹線水路の位置

水路に隣接した施設として、集落、地域住民の憩いの場である青池や藤枝市管理の準用河川等があり、本施設の整備に当たっては、関係機関と綿密に調整をとりつつ、景観や安全対策に十分に留意する必要がある（図-2）。

* 農林水産省関東農政局 大井川用水農業水利事業所
工事第一課 (Tel. 0547-32-9093)

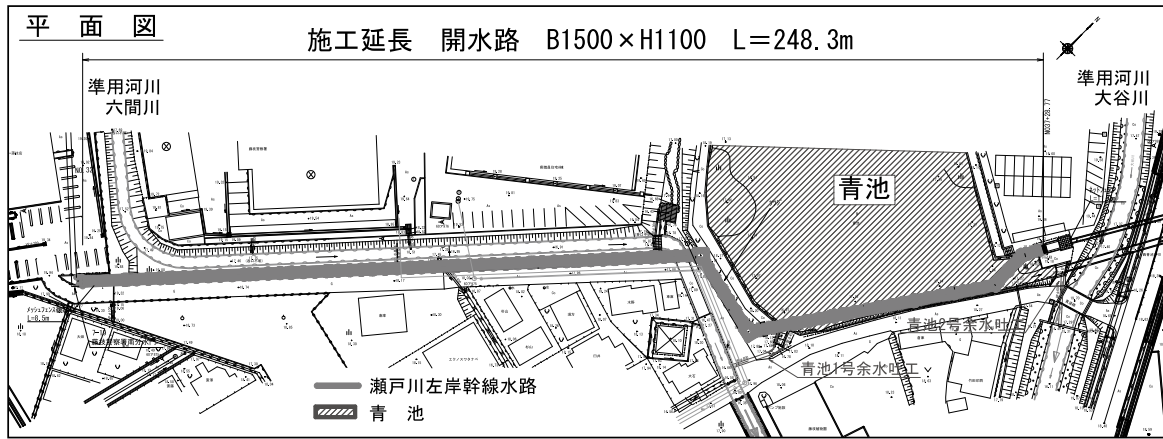


図-2 瀬戸川左岸幹線水路の主要関連施設位置

2. 設計上の留意点

前述の現場条件を踏まえた設計に当たっての留意点は以下の5点であった。

(1) 用水量の変化

用水の区内利用量の変化に伴い、大井川用水へ依存する用水量が $1.2\text{m}^3/\text{s}$ から $1.67\text{m}^3/\text{s}$ 増加したため、施設規模及び形状の変更が必要であること。

(2) 軟弱地盤

ボーリング調査結果より周辺地盤が軟弱地盤であることから、施設の基礎構造を適切に検討する必要があること。

(3) 施設の維持管理

除塵機等の維持管理に支障がない施設配置とすること。

(4) 景観・親水機能

水路周辺には、平成17年度静岡県都市景観賞の優秀賞や平成19年度「みどりの愛護」国土交通大臣表彰を受賞している青池という湧水池があり、元々は農業用のため池であるが、池を含む隣接地一帯は平成12年に青池公園として整備されている。青池公園は、地元の町内会長の集まりである保勝会により清掃、植樹等の管理がなされており、地域住民の憩いの場となっている。そのため、今回の水路整備により公園の利用形態及び景観に悪影響を与えないこと（写真-1）。



写真-1 青池の様子（整備前）

(5) 安全施設

青池公園では、過去に池への転落事故や瀬戸川左岸幹線水路の更に下流部での転落による死亡事故が発生していることから、地域住民の安全性への意識は高く、今回の水路整備に当たっては安全性への配慮が必要であること。

3. 設計上の各留意点への対策について

(1) 用水量の変化への対策

施設規模及び形状の変更に当たり、この工事区間の計画流量 $1.43\text{m}^3/\text{s}$ が流下可能であることが最優先となることから、瀬戸川左岸幹線水路の最下流部より不等流計算を行い、必要な断面の決定を行った。併せて既存施設では屈折していた4箇所を曲線線形に変更することや青池の上に既設水路を通すために発生していた段差を解消することで水理損失の低減を図った（写真-2）。

その結果、既設断面（(B) 1.4m × (H) 1.0m ）から設計断面図（(B) 1.5m × (H) $1.1\text{m} \sim 1.5\text{m}$ ）に変更することとなった。



写真-2 既設水路の屈曲部（整備前）

(2) 軟弱地盤への対策

周辺地盤が軟弱地盤であることを踏まえ、施設の基

基礎構造について以下の流れで検討した結果、PHC 杭による支持杭を杭径 D の 10 倍のスパンで配置する設計とした。

- 1) 水路の型式（現場打ち水路・二次製品水路）の比較検討
- 2) 支持杭（PHC杭），地盤改良，摩擦杭（木杭）の比較検討
- 3) 支持杭（PHC杭）の配置方法（水路橋形式・杭分散形式）の比較検討

(3) 施設の維持管理の対策

写真-3で示すとおり，除塵機等の維持管理のための車両が進入困難な上に転落の危険性もあることから，藤枝市及び土地改良区と協議を行い，水路整備に合わせて青池内の静岡県用地を埋め立て，写真-4のとおり駐車スペースを整備し維持管理の省力化を図った。



写真-3 除塵機周辺の状況（整備前）



写真-4 除塵機周辺の状況（整備後）

(4) 景観・親水機能の対策

青池に隣接する既設水路は，水路橋形式となっており，景観としては池の上に水路が浮かんでいるような独特な形で趣があったが，道路側からは水路壁が高く，池への視界を遮る形となっていた。

今回の設計に当たり，段差を減らし水理損失を減らしていく中で新設水路の高さを下げる必要があった。



そのため，水路の左岸側（池側）に鋼矢板護岸を設置し，土圧に耐えられる形にした上で，水路位置を下げる設計とした。また，地権者である藤枝市と協議を行い，水路と道路の間についても工事の原因者として埋め立てを行い，水路管理者及び地域住民が通行可能となるように整備を行った。

これにより青池が周回できるようになり，また，水路位置を下げたことにより見通しが良くなり，景観機能の向上も図ることができた。

(5) 安全対策

水路位置を下げ，歩行者が水路に近付くことができるようになったため，安全施設の設置について関係者と協議して決定することとなった。安全対策としては，水路への転落防止という観点から転落防止柵とアーチフェンスがあり，メリット・デメリットは表-1のとおり。

表-1 安全施設の比較検討

	転落防止柵	アーチフェンス
設計条件	「防護柵の設置基準・同解説」に基づく，H=1.1mの高さのもの	水路を覆う形であり，ネットフェンスと同程度の強度
安全対策	所定の強度を有しており，もたれかかっても問題ない。	注意喚起にはなるが，基本的に人が乗ることを想定していない構造であり，子供がアーチフェンスに乗ると危険。
維持管理	歩行者が水路内へゴミを投棄する可能性がある。	ゴミの水路への投棄を防ぐことが可能となる。
景観配慮	塗装の色により，視認性を求められる道路隣接部と景観配慮を行う区間を色分けして施工することが可能。 	水路の上に弧を描く形であり，見た目は良くない。 
経済性等	汎用品であり，アーチフェンスよりは安価となる。	手作業による受注生産となり，曲線部を含むと割高となる。

これらを踏まえ，静岡県志太榛原農林事務所，藤枝市（花と緑の課・建設管理課・道路課），保勝会，大井川土地改良区と工事前及び工事中に協議及び現地立会を行った結果，転落防止柵を設置することとなった。



写真-5 青池隣接部の状況（整備前）



写真-6 青池隣接部の状況（整備後）

4. まとめ

今回、事業目的である地域用水機能の維持及び増進を図るために、水路機能を維持した上で周辺の環境に配慮した設計を行った。関連する静岡県、藤枝市、大井川土地改良区をはじめ、青池を管理している保勝会と設計段階から調整を行い、ある程度水路が完成した段階で現場での立会を行うことで、地元で満足してもらえる施設を造成することができた。

正直なところ、完了後はコンクリートで固めた形になったので、地元からの反応が不安ではあったが、完成後に地元の自治会長などからは、「今まで水路によって青池が見えにくかったが、見えるようになって良かった」、「（既存施設の造成後に管理のために設置した余水吐管等がなくなり）外観がすっきりして良くなった」、「水路は転落事故が起きると怖いので転落防止柵で安全対策をしっかりとってくれて助かった」、「水路の横を歩けるようになり、水路の横断もできるようになったことで青池を周回できるようになって良かった」と好評であった。

公共事業は、マイナスイメージを持たれがちではあるが、地元の意見をくみ取り丁寧に対応することで評

価していただけることが実感できた。今後も地元や管理者の意見を可能な範囲で設計・施工内容に反映しつつ、業務を遂行していきたい。

明治幹線水路西井筋液状化対策の基本的な考え方について

林 静 二*
(Seiji HAYASHI)

目 次

1. はじめに	28	5. 液状化対策範囲の検討	30
2. 事業の概要	28	6. 液状化対策工法の検討	31
3. 明治幹線水路西井筋の概要	28	7. 最後に	32
4. 判定に用いた地震動と地震応答解析	29		

1. はじめに

矢作川総合第二期農地防災事業は、明治用水頭首工をはじめとする基幹的な農業水利施設が大規模地震に対し必要な耐震性を有しておらず、大規模地震発生時には甚大な被害の発生するおそれがあることから、耐震化対策を目的として実施している。

本報では、明治幹線水路西井筋における耐震化対策の一環となる、液状化対策の基本的な考え方について、報告するものである。

2. 事業の概要

①地区の状況

本地区は、愛知県の中央部を貫流する一級河川矢作川水系矢作川の中下流域を中心とした安城市外7市にまたがる面積 5,441ha の水田農業地帯である。(図-1 参照)



図-1 計画一般平面図

地区の基幹的な農業水利施設は、国営明治用水土地改良事業（昭和 22 年度～昭和 32 年度）及び国営矢作川総合土地改良事業（昭和 45 年度～昭和 63 年度）により明治用水頭首工、幹線用水路等が造成され、地域の農業をはじめ、愛知県水道用水供給事業、愛知用水工業用水道事業及び西三河工業用水道事業への安定的な用水供給により、社会生活の向上や地域経済の発展に大きく寄与してきた。

②事業の必要性

本地区は東海地震に係る地震防災対策強化地域等に指定された範囲に含まれるなど、大規模地震の発生する確率が極めて高い地域とされており、大規模地震の発生により基幹的な農業水利施設が損壊した場合、農業生産、家屋や重要公共施設等への二次災害が想定され、地域に甚大な被害を及ぼすおそれがある。

このため、本事業により明治用水頭首工、岩倉取水工及び幹線用水路等、大規模地震に対し耐震性を有していない農業水利施設の耐震化対策を行い、大規模地震の発生による災害を未然に防止することにより、農業生産の維持及び農業経営の安定を図り、もって国土の保全に資するものである。

3. 明治幹線水路西井筋の概要

①地形

西井筋は、豊田市南部から安城市北部に位置する明治幹線水路明治本流（全長 11.4km）の、ほぼ中間の広畔制水門地点を始点とする、西へ延びる延長 2.4km（国営区間）の水路である。（写真-1 参照）

西井筋は地形上、挙母面、碧海面と呼ばれる中位段丘面に位置し、標高 28m から 22m の台地状の平坦面にある。挙母面、碧海面の台地には集落が、水路中間付近から猿渡川を横断する区間では、低地となる部分があり水田が広がっている。

*東海農政局矢作川総合第二期農地防災事業所
(Tel. 0566-71-4611)

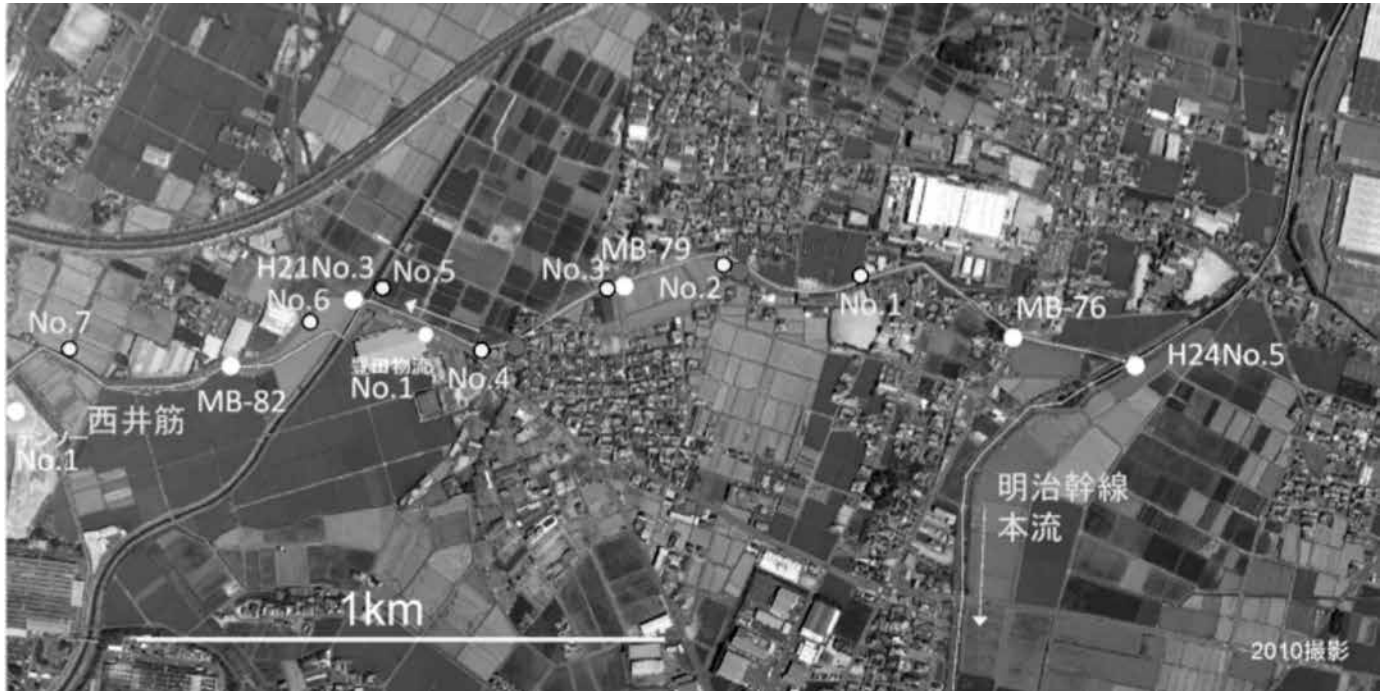


写真-1 西井筋周辺状況

②地質

地質は、大きく分けて碧海面を構成している中位段丘堆積物である碧海層と猿渡川沿いの低地の沖積層からなっている。

碧海層は、礫まじり砂層を主体とし、含まれる礫は一般に下流側ほど細粒となっている。下流部では細礫を含む砂層となり、粘性土の薄層を数多く含んでいる。

沖積層は、軟弱な粘性土及び緩い砂質土より構成されている。

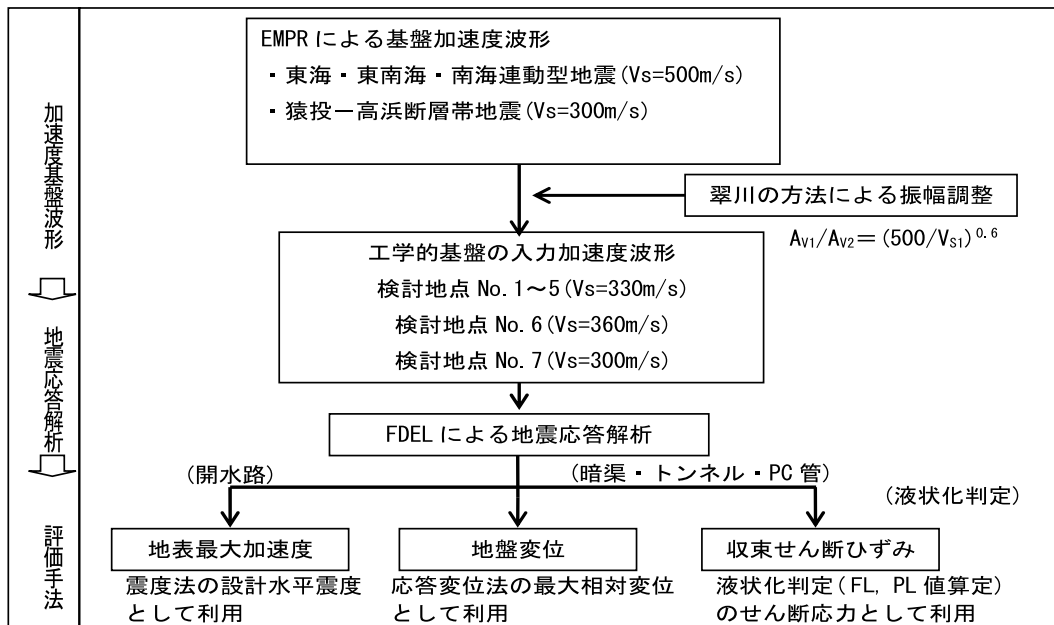
西井筋付近で最も下位（古い）の地層は挙母層である。本層は礫を混在する砂層を主体とし、所々に層厚5～10mの砂層、粘土層を挟んでおり、部分的に細粒となり、礫径も小さくなる、また第三紀層を不整合

に覆っている。

なお、挙母層と碧海層は堆積学的には同じ構成礫種であるため、砂礫試料の目視観察では見分けが付きにくい状況となっている。

4. 判定に用いた地震動と地震応答解析

液状化の検討にあたっては、レベル2地震動として、海溝型（タイプI）の「東海・東南海・南海連動型（3連動）地震」と内陸直下型（タイプII）の「猿投-高浜断層帯地震」を対象に、液状化の判定を行う際に使用する地震時せん断応力の算定の元となる収束せん断ひずみを、強地震動統計的予測モデル（EMPR）と地震応答解析プログラム（FDEL）により算定した。



5. 液状化対策範囲の検討

①地質、土質データ

液状化対策範囲の検討にあたって、前歴事業等の地質調査データ、近隣工場等のデータを活用しつつ地質縦断面図の信頼性の確保や液状化層の判定のための粒度試験に必要なサンプル採取のためボーリング調査（図-2参照）などを実施し、地質縦断面図を作成した。（図-3参照）

②地下水位データ

地下水位データは、西井筋沿いに設置した地下水位観測孔計測データや、ボーリング孔内水位から地下水位を設定した。なお、設計条件としては8～9月の水位（平常時期最高水位）とした。

〈液状化の対象層〉

（道路橋示方書・同解説 V耐震設計編 p134 平成24年3月）

(1) 液状化の判定を行う必要がある土層

沖積層の土層で次の3つの条件全てに該当する場合においては、地震時に橋に影響を与える液状化が生じる可能性があるため、(2)の規定（省略）によって液状化の判定を行わなければならない。

- 1) 地下水位が地表面から10 m以内にあり、かつ、地表面から20 m以内の深さに存在する飽和土層
- 2) 細粒分含有率 FC が35%以下の土層、又は、 FC が35%を超えても塑性指数 I_p が15以下の土層
- 3) 50%粒径 D_{50} が10mm以下で、かつ、10%粒径 D_{10} が1 mm以下である土層

③液状化の判定方法

液状化の判定に当たっては、西井筋で行った液状化

強度試験結果または、標準貫入試験及び粒度試験の試験結果より、地盤の液状化強度比（動的せん断強度比） R を算出し、また想定地震動における地震時せん断応力比 L については、先述の地盤の地震時応答解析に基づいて算出し、液状化に対する抵抗率である FL 値（ $=R/L$ ）の算定を行った。（ $FL \geq 1.0$ で液状化の判定）

また、 FL 値は土質が深さ方向に変わるので、 FL 値も同様に深さ方向に変動する。そのため、深さ方向に重み付けして積分した値である液状化可能性指数である PL 値の算定を行う。

〈 PL 値による液状化対策の考え方〉

$PL > 15$ ：液状化の危険性が極めて高い。液状化に関する詳細な調査と液状化対策は不可避。

$5 < PL \leq 15$ ：液状化の危険性が高い。重要な構造物に対して、より詳細な調査が必要。液状化対策が一般に必要な。

$0 < PL \leq 5$ ：液状化の危険度は低い。特に重要な構造物の設計に際しては、より詳細な調査が必要。

$PL = 0$ ：液状化の危険性はかなり低い。液状化に関する詳細な調査は一般に不要。

なお、洪積層では一般的に N 値が高く、液状化が発生した事例は確認されていないことから原則として洪積層は液状化の対象層としないこととなっている（道路橋示方書・同解説書 V耐震設計編 平成24年3月）。そのため、沖積層のみを対象とした。

これらのことを総合的に判断し、液状化対象地盤は、物理特性から A_s 、 A_g と判断した。

④液状化対策範囲の特定

液状化対策範囲については、液状化判定結果（タイプI（海溝型）の方が、液状化が激しいためタイプI

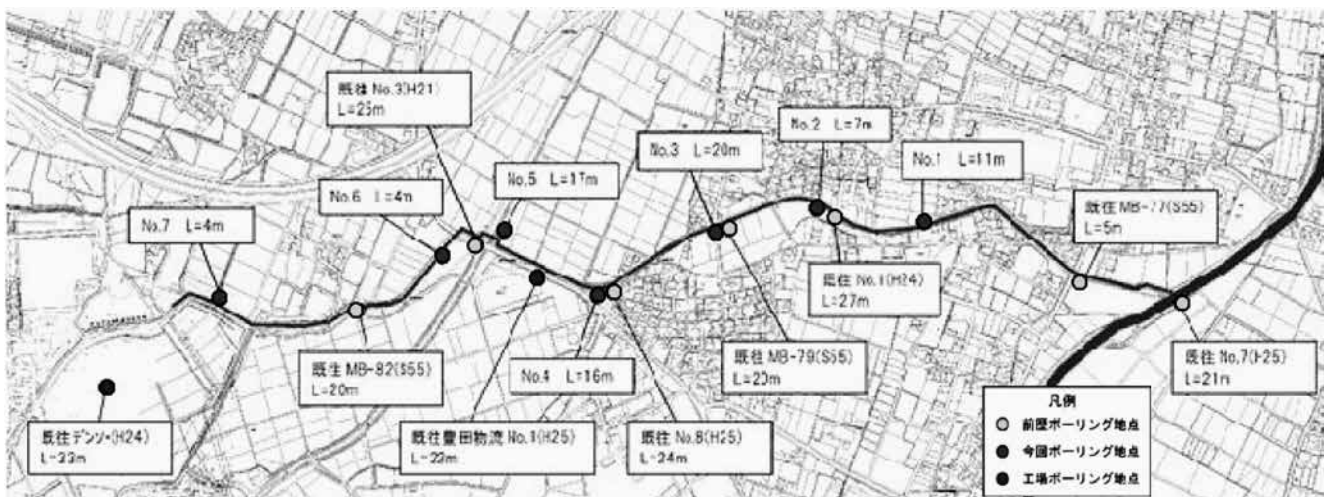


図-2 ボーリング調査状況図

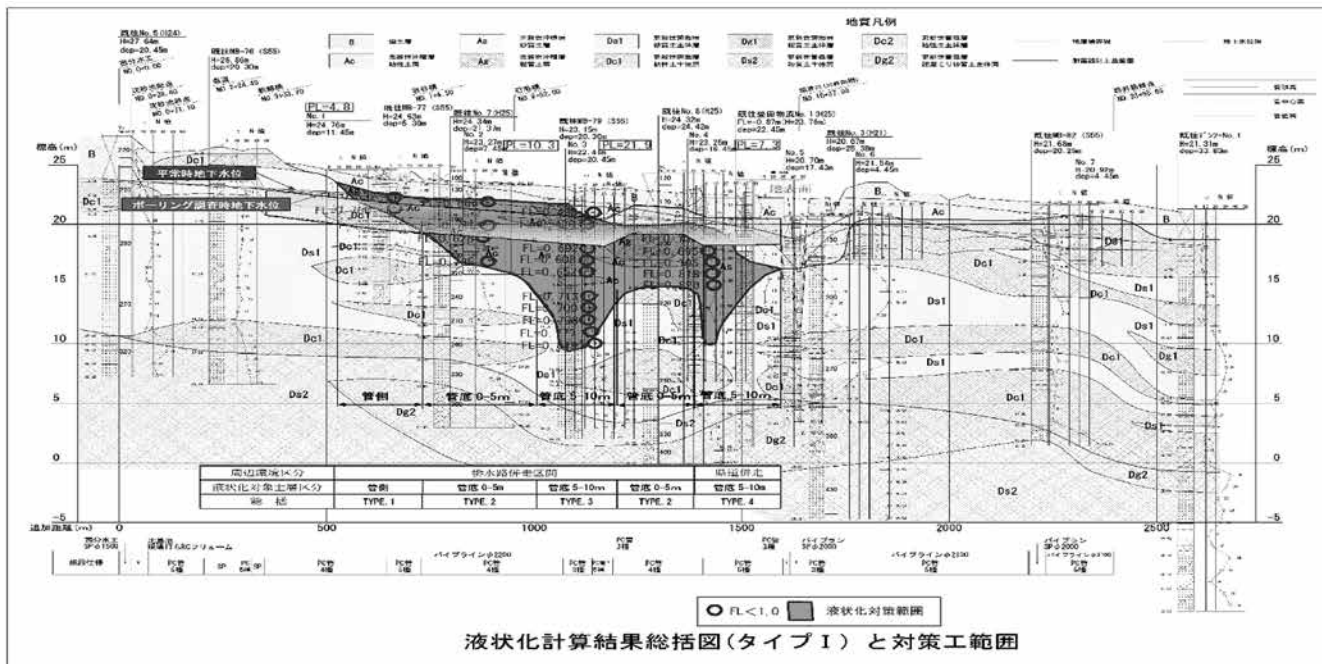


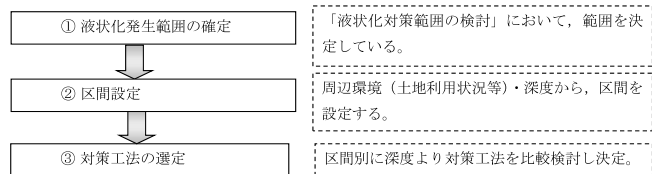
図-3 液化化対策範囲

から)から FL 値< 1.0 の As, Ag 層を対象とした。(図-3 参照)
 測点としては, No.5+15 ~ No.16+12 の区間となった。

6. 液化化対策工法の検討

①液化化検討工法の考え方

液化化対策工法の検討は, ①液化化発生範囲確定の
 のち, ②区間設定を現場状況や地層等によって区分する。
 そして, ③区間毎に対策工法の選定を行う。



②対象区間の区分設定

液化化対策工法の選定における区間割要素としては, 以下のものを考慮した。

- (1) 周辺環境区分 (地上部分の土地利用状況)
- (2) 液化化対象層の性状 (深度, 層厚)

これらを勘案し, 対策工法を選定する上での区間設定を実施した。

TYPE. 1 : 液化化層が管側部の範囲の区間

TYPE. 2 : 液化化層が管底から 5 m の範囲の区間

TYPE. 3 : 液化化層が管底から 5 ~ 10 m の範囲の区間

③液化化対策層の設定

- (1) 設定手順

液化化の判定は PL 値による対策の考え方に従っ

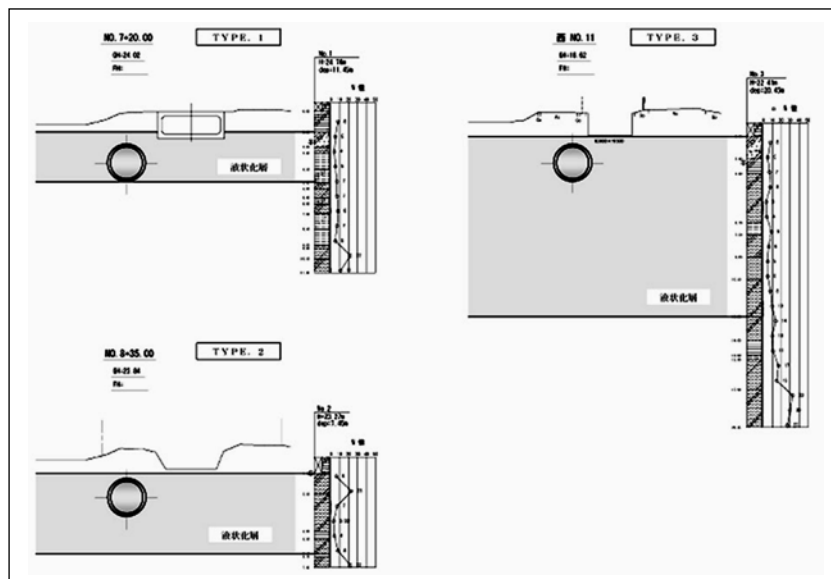


図-4 液化化対策区分図

対策検討を行うが、「水道施設耐震工法指針・解説」では、水道施設の周辺地盤が液状化すると判定された場合には、埋設管路、地中構造物および基礎構造物の設計に用いる土質定数を液状化の程度に応じて低減している。

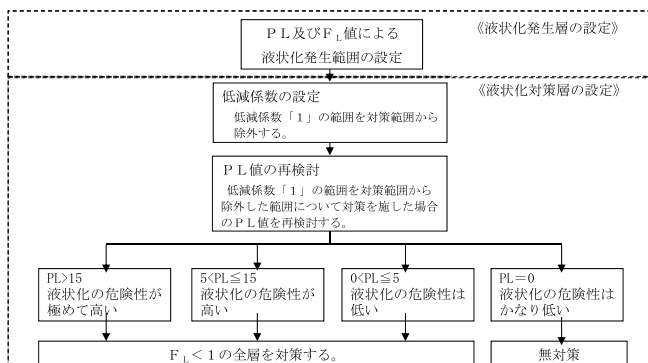
表-1 土質定数の低減係数 D_k

F_L の範囲	現地盤面からの深さ X (m)	動的せん断強度比 R			
		$R \leq 0.3$		$0.3 < R$	
		レベル1地震動に対する照査	レベル2地震動に対する照査	レベル1地震動に対する照査	レベル2地震動に対する照査
$F_L \leq 1/3$	$0 \leq X \leq 10$	1/6	0	1/3	1/6
	$10 < X \leq 20$	2/3	1/3	2/3	1/3
$1/3 < F_L \leq 2/3$	$0 \leq X \leq 10$	2/3	1/3	1	2/3
	$10 < X \leq 20$	1	2/3	1	2/3
$2/3 < F_L \leq 1$	$0 \leq X \leq 10$	1	2/3	1	1
	$10 < X \leq 20$	1	1	1	1

水道施設耐震工法・解説 | 総論 2009 P82より

表-1の低減係数が「1」とされる範囲は、土質定数を低減せずそのまま用いるということなので $F_L \leq 1.0$ であり、液状化は少なからず発生するものの、基礎の安定にまで及ぼす影響が小さいため、土質定数を低減する必要はないものと解釈し、この範囲については液状化対策範囲から除外することが出来ないか引き続き検討することとしている。

液状化対策層の設定は下記フローを基本としている。



④液状化対策工法の検討

本事業の目的として、西井筋等のパイプライン施設においては、大規模地震発生時の漏水防止があげられる。液状化の発生によるパイプラインからの漏水は、「管体の浮き上がり」「管体の沈下」「液状化に伴う水平方向変位」等の発生による継ぎ手の離脱が直接原因となる。そのため、この3項目について検証し、発生が懸念される項目について対策工法を実施する。

(1) 一次選定

液状化対策工法は、多くの一般図書に示されている工法から、本地区に対する浮上、沈下及び水平方向変位対策への適応性を判断した。

表-2は、各対策工法の機構から「浮上」「沈下」「水平方向変位」に対する効果の目安を現場条件も考慮して、整理したものである。

表-2

工法	浮上対策	沈下対策	水平方向変位対策
置き換え工法	○	×	△
間隙水圧消散工法	○	×	○
鋼矢板工法	△	×	○
可とう性継ぎ手工法	×	○	×
地盤固化工法	○	○	○

○：効果が期待できる △：一定の効果が期待できる ×：期待できない

(2) 二次選定

二次選定として、比較検討案を作成し現場条件等から浮上、沈下および水平方向変位に対する対策のいずれが最も重要かについて液状化対策方針を考えた結果、隣接する住宅地、工場、道路及び河川横断などの周辺状況から、効果を満足させる工法として地盤固化工法が最適と判断した。

また、同工法は経済性においても有利な結果となった。なお、地盤固化工法については、多様な工法がある中で比較検討した結果、浸透固化処理工法を選定した。

7. 最後に

今回は矢作川総合第二期農地防災事業所における液状化対策の考え方の概要を報告したが、実施に向けては地域の現場条件、環境条件を考慮し施工計画、仮設計画を検討した上で、対策工法の適用性、対策範囲の検討、対策工法の詳細な仕様の検討を行い、適切な工事を実施して行く方針である。

排水トンネルにおける坑口構造の設計・施工事例

溝 手 宗 二*
(Souji MIZOTE)

目 次

1. はじめに	33	4. 施工	35
2. 地質概要	34	5. おわりに	38
3. 坑口設計	35		

1. はじめに

直轄地すべり対策事業を実施している「高瀬地区」は、高知県北西部の愛媛県境の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）で、国土交通省直轄管理の多目的ダムである大渡ダム堤体よりおよそ0.5km～2.0km上流側に位置した高品質な茶の生産を中心とした農業地域である（図-1）。

本地区は年間降水量が約2,800mmと全国平均の約1.6倍の多雨地域であり、長雨や豪雨による地下水位の上昇に伴う地すべり活動が複数のブロックにおいて継続的に確認されている（図-3）。

この状況を放置すれば、大規模な地すべり災害の発生により、地区内の農地、農業用施設、家屋、一般公共施設などへの甚大な被害が想定されるとともに、地すべり土塊が大渡ダム貯水池に流入することにより、ダムに依存している仁淀川下流地域の農地（高東平野、吾南平野）への農業用水や高知市への水道用水の供給

が阻害されることにもなる。このため、これらの被害を未然に防止するために、平成16年度から直轄地すべり対策事業を実施している。

本地区の地すべりブロックは大きく分けてA～Dの4つに区分されおり、中でも最大規模のDブロックは、斜面長850m、幅420m、深度80mにも及ぶと推定されており、降雨に伴う地下水上昇が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（D1～4号）が計画されている（図-2）。4基のうち、D1号は平成19年度、D3号は22年度、D4号は24年度にそれぞれ完成し、最後のD2号は25年度に着手し、27年度に完成した。

本報ではこのD2号排水トンネルにおける坑口構造の設計・施工事例を報告する。



図-1 位置図

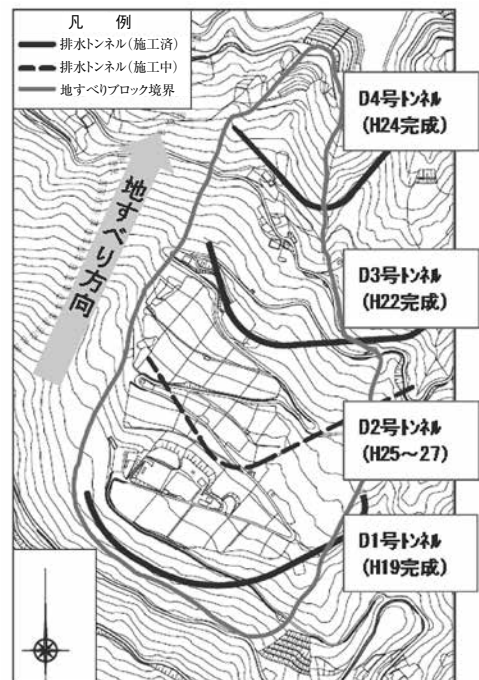


図-2 Dブロック排水トンネル計画平面図

*中国四国農政局高瀬農地保全事業所
(Tel. 0889-20-0201)

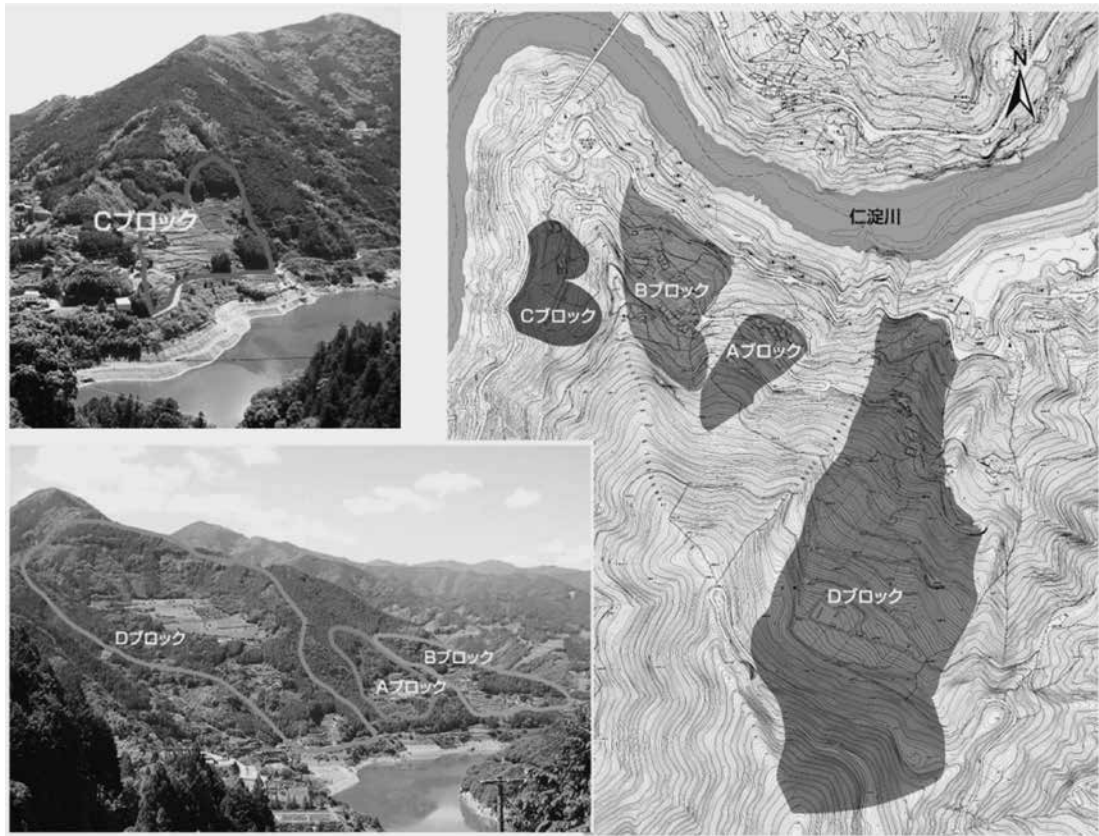


図-3 地すべりブロック位置図

2. 地質概要

四国地方の地質は、中央構造線等の構造線によりおおむね東西方向に区分される。中央構造線の南側では大きく三波川帯、御荷鉾帯、秩父帯、四万十帯に大別され、これらは「付加体」と呼ばれるプレートの沈み込みによって大陸に押しつけられた岩石からなる地質である（図-4）。

本地区が位置する秩父帯は、海底やサンゴ礁で堆積した岩石で構成され、それらの岩石は付加時に形成された衝上断層（スラスト）やその後の構造運動で破碎

されたものが多く、秩父帯には「破碎帯地すべり」と呼ばれる大規模な地すべりが分布している。

本地区には、秩父帯に属する泥質岩（粘板岩）、砂岩、石灰岩、凝灰岩及びチャートが分布しており、これらが基盤岩を構成している。地区内には名野川衝上断層（名野川スラスト）が縦断しているため、名野川スラストに伴う断層破碎帯及びその周辺の岩盤は脆弱化が顕著に認められ、大規模な地すべりブロックが分布している。地すべりブロックは、長雨や豪雨に伴う地下水位の上昇により継続的に活動している（図-5）。

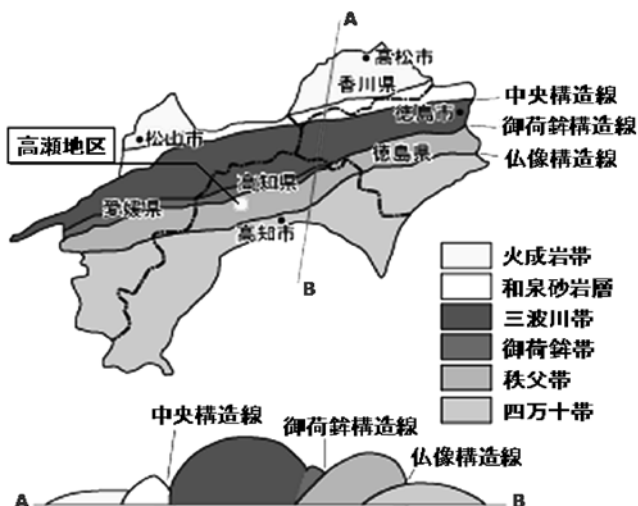


図-4 四国の地質構造

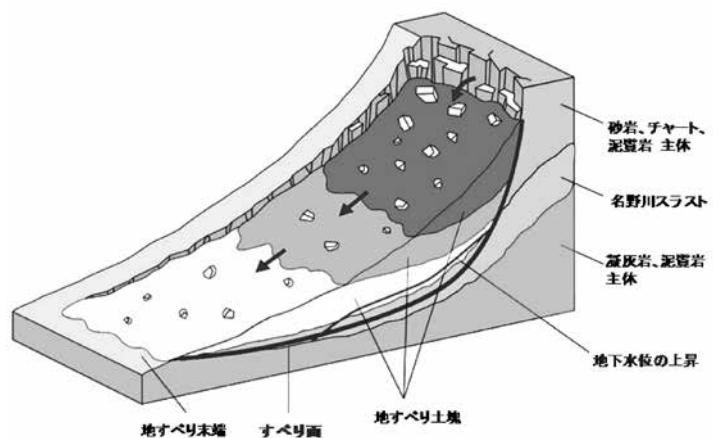


図-5 高瀬地区における地すべり発生のイメージ

3. 坑口設計

3.1 設計条件

本トンネルの坑口は、直上に道路（全幅4.5mの町道）が存在することが特徴である。道路は近隣住民の生活道路として利用されており、通行止めはできない状況である。

坑口付近の地質は、CL級の緑色岩が分布しており、坑口上方に比較的薄い崖錐堆積物が分布するのみで、比較的良好的な地質である。

地山は比較的良好的なものの、直上の道路がトンネル施工期間中も供用する必要があることから、通行車両の安全に配慮する必要がある。また、道路直下のトンネル最小土被りは約1.5mで、切羽天端部の緩みが道路面に及ぶことも考えられ、道路面沈下や切羽天端部の地山崩壊が懸念される（図-6）。

従って、これらを考慮した施工方法を3案比較検討し、施工方法を決定した。

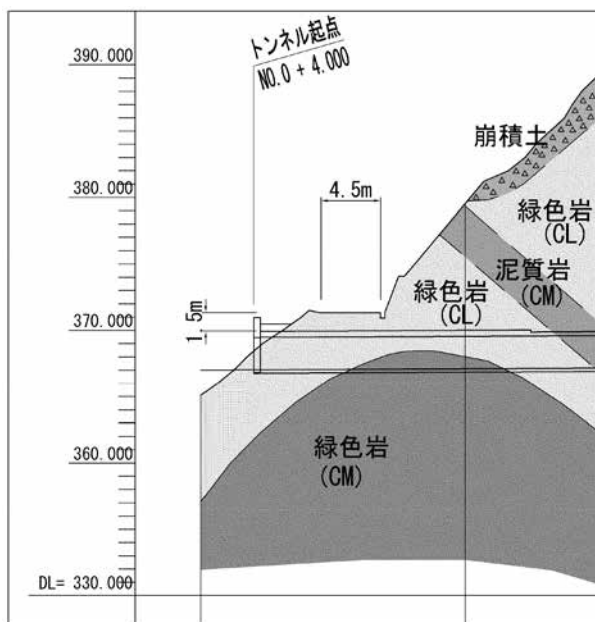


図-6 坑口部地盤縦断面図

3.2 比較設計

3案として、①補助工法（注入式長尺先受工法）により切羽天端部の地山を強化した上で道路下をトンネルで通過させる方法（1案）、②道路部を開削し、仮設橋梁を設置した上でトンネルを施工する方法（2案）③道路部を開削し、プレキャスト・ボックスカルバートを設置し、道路を復旧した上でトンネルを施工する方法（3案）を考案した。その特徴、経済性、評価をまとめると表-1のとおりである。

表-1から、道路下通過時に慎重な施工を要するが、リスクが最も低く、施工性経済性にも優れている1案「補助工法により切羽天端部の地山を強化し上で道路下をトンネルで通過させる方法」を採用した。

3.3 補助工法（注入式長尺先受工法）の設計

トンネル外周沿いに鋼管を配置（打設）し、鋼管から薬液で周辺地山を固結改良し、鋼管の剛性と薬液による地山強度増加により、トンネル掘削時の切羽天端部の自立性を向上させる工法で（図-7）、設計に当たっての外力としては、トンネル上部の土被り荷重と上載荷重としてT-25の自動車荷重となる。

鋼管の設計は、上記荷重を鋼管の剛性で支えるものとし、一端固定の単純梁として計算する。鋼管の配置間隔は、鋼管に発生する「最大曲げモーメント」、「最大せん断力」、「最大たわみ量」がそれぞれの許容値内に収まる最大間隔（45cm）とした。

また、支保工については、上載荷重が鋼管から伝達されるため、断面力の照査と支保工底版反力に対する許容支持力について照査を行ったが、許容値内であった。

固結改良は、地山が比較的硬質で岩芯を残す状況であるものの、亀裂が発達していること、注入は割裂注入形態が主体と考えられることから、注入薬液としては岩塊間を結合させるために、粘着力が大きく、確実な限定注入が可能なウレタン系注入材を選定し、注入量については地山を風化岩と考え、「施工実績による注入量」を参考に、鋼管1本1m当り10kg/mとした¹⁾。

4. 施工

4.1 施工状況

注入鋼管はφ114.3mm、長さ12.5mで、トンネル上半120°の範囲に45cm間隔、9本設置となるが、注入時に隣接鋼管への注入材のリークを防止する目的から最初に奇数孔を打設注入し、その後、偶数孔を打設注入した（図-8）。

注入は長さ12.5mを手前、真ん中、奥の3室に分け、注入室数は3室×9孔=27室、ウレタン系注入材の注入量は10kg/mとした。

注入管理としては、注入量と圧力により行い、以下の2パターンとした。

- ①「初期圧+2.5MPa未満」の時、設計注入量まで
- ②「初期圧+2.5MPa以上」の時、注入中止

奇数孔の注入では、全15室のうち、②により終了したのは3室、①により終了したのは12室、そのうち、初期圧+0.5MPa未満で終了したのは6室。全体の40%（=6/15）が、圧力が上昇していないことから、くまなく地山の隙間に十分充填したとは言いがたく、地山の固結度が向上したとは言えない状況であると判断し、偶数孔については、

③「初期圧+0.5MPa以下」の時、設計注入量の2倍のパターンを設定し、3パターンで注入した。注入結果は表-2のとおりとなった。

表-1 施工方法比較表

施工方法	1 案	2 案	3 案
概要	補助工法（注入式長尺先受工法）により切羽天端部の地山を強化した上で道路下をトンネルで通過させる方法	道路部を開削し、仮設橋梁を設置した上でトンネルを施工する方法	道路部を開削し、プレキャストボックスカルバートを設置し、道路を復旧した上でトンネルを施工する方法
計画図	<p>Plan view of Case 1: Shows a cross-section of a road and tunnel. The road is reinforced with a long precast pile (注入式長尺先受工法). The tunnel is constructed below the road. Labels include: 注入式長尺先受工法 (Injection type long pile precast pile construction), トンネル区間 (Tunnel section), 仮設橋梁 (Temporary bridge), 作業ヤード (Work yard), 掘削面 (Excavation face), 掘削口 (Excavation opening), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口幅員 17.5m (Excavation opening width 17.5m), 掘削口高さ 1.25m (Excavation opening height 1.25m), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000).</p>	<p>Plan view of Case 2: Shows a cross-section of a road and tunnel. A temporary bridge (仮設橋梁) is constructed over the road. The tunnel is constructed below the road. Labels include: トンネル区間 (Tunnel section), 仮設橋梁 (Temporary bridge), 作業ヤード (Work yard), 掘削面 (Excavation face), 掘削口 (Excavation opening), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口幅員 17.5m (Excavation opening width 17.5m), 掘削口高さ 1.25m (Excavation opening height 1.25m), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000).</p>	<p>Plan view of Case 3: Shows a cross-section of a road and tunnel. A precast box culvert (プレキャストボックスカルバート) is constructed over the road. The tunnel is constructed below the road. Labels include: トンネル区間 (Tunnel section), プレキャストボックスカルバート区間 (Precast box culvert section), 掘削面 (Excavation face), 掘削口 (Excavation opening), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口幅員 17.5m (Excavation opening width 17.5m), 掘削口高さ 1.25m (Excavation opening height 1.25m), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000).</p>
断面図	<p>Cross-section of Case 1: Shows the vertical profile of the road and tunnel. The road is reinforced with a long precast pile (注入式長尺先受工法). The tunnel is constructed below the road. Labels include: トンネル区間 (Tunnel section), 掘削面 (Excavation face), 掘削口 (Excavation opening), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口幅員 17.5m (Excavation opening width 17.5m), 掘削口高さ 1.25m (Excavation opening height 1.25m), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000).</p>	<p>Cross-section of Case 2: Shows the vertical profile of the road and tunnel. A temporary bridge (仮設橋梁) is constructed over the road. The tunnel is constructed below the road. Labels include: トンネル区間 (Tunnel section), 掘削面 (Excavation face), 掘削口 (Excavation opening), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口幅員 17.5m (Excavation opening width 17.5m), 掘削口高さ 1.25m (Excavation opening height 1.25m), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000).</p>	<p>Cross-section of Case 3: Shows the vertical profile of the road and tunnel. A precast box culvert (プレキャストボックスカルバート) is constructed over the road. The tunnel is constructed below the road. Labels include: トンネル区間 (Tunnel section), プレキャストボックスカルバート区間 (Precast box culvert section), 掘削面 (Excavation face), 掘削口 (Excavation opening), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口幅員 17.5m (Excavation opening width 17.5m), 掘削口高さ 1.25m (Excavation opening height 1.25m), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000), 掘削口位置 NO.0+4.000 (Excavation opening position NO.0+4.000).</p>

施工方法	1 案	2 案	3 案
特徴	<p>トンネル外周沿いに鋼管を配置（打設）し、鋼管から葉液で周辺地山を固結改良し、鋼管の剛性と葉液による地山強度増加により、トンネル掘削時の切羽天端部の自立性を向上させる工法。</p> <p>トンネル天端に比較的剛性の高い先受部材を配置した工法であり、良好な支保効果が得られるが、固結改良効果に未確定要素があるため、道路面の動態観測が必要。</p>	<p>道路切替</p> <p>↓ 坑口前面の作業ヤード内に付替道路を設置</p> <p>坑口付け（道路部開削）・仮設橋梁設置</p> <p>↓ 坑口付け（道路部開削）後、仮設橋梁を設置</p> <p>現道通行に戻す</p> <p>↓</p> <p>トンネル施工</p> <p>↓</p> <p>道路切替・仮設橋梁撤去</p> <p>↓ 坑口前面の作業ヤード内に付替道路を設置後、仮設橋梁撤去</p> <p>現場打カルバート設置・埋戻</p> <p>↓</p> <p>現道通行に戻す</p> <p>仮設橋梁を設けるため、道路通行車両に対する安全性は良好。坑口付け掘削に伴う法面が現道法面にかかり、大きな法面となるため、斜面对策工を要し、特にトンネル掘削初期時の安定に注意が必要。</p>	<p>道路切替</p> <p>↓ 坑口前面の作業ヤード内に付替道路を設置</p> <p>坑口付け（道路部開削）</p> <p>↓ カルバートを設置する範囲の道路開削と坑口付け掘削</p> <p>トンネル施工</p> <p>↓ カルバート埋戻前にトンネル本体との接合を行うため、数mのトンネル先行掘削</p> <p>カルバート設置・トンネルとの接合・埋戻</p> <p>↓</p> <p>現道通行に戻す</p> <p>開削を行った後、カルバートの構造体で構築するため、道路通行車両等に対する安全性は良好。但し、カルバート部とトンネルとの接合部は地山漏水や地表面沈下を引き起こすことが懸念される。トンネル掘削が坑口後背地に及ぼす影響を考慮した斜面对策を行うことに加え、坑口付け掘削に伴う法面が現道法面にかかり、2案より大きな法面となるため、斜面对策工を要し、特に掘削初期時の安定により注意が必要。</p>
経済性	<p>注入式長尺先受工法： 308,000円/m×12.5m=3,850,000円</p> <p>トンネル施工： 564,000円/m×10.4m=5,865,600円 768,000円/m×3.6m=2,764,800円</p> <p>現況斜面モルタル吹付+鉄筋挿入： 16,000円/m²×106m²=1,696,000円</p> <p>計 14,176,400円</p>	<p>掘削工： 2,500円/m³×200m³= 500,000円</p> <p>仮設橋梁(2年)： 5,500,000円</p> <p>現場打カルバート： 350,000円/m×9m =3,150,000円</p> <p>トンネル施工： 768,000円/m×5m =3,840,000円</p> <p>切土法面保護(吹付法枠+アンカー)： 45,000円/m²×40m²=1,800,000円</p> <p>現況斜面、仮設切土面モルタル吹付+鉄筋挿入： 16,000円/m²×168m²=2,688,000円</p> <p>計 17,478,000円</p>	<p>掘削工： 2,500円/m³×450m³=1,125,000円</p> <p>PCカルバート： 300,000円/m×10.5m=3,150,000円</p> <p>トンネル施工： 768,000円/m×3.5m =2,688,000円</p> <p>止水処理： 50,000円/m×9m = 450,000円</p> <p>切土法面保護(吹付法枠+アンカー)： 45,000円/m²×158m²=7,110,000円</p> <p>現況斜面、仮設切土面モルタル吹付+鉄筋挿入： 16,000円/m²×123m²=1,968,000円</p> <p>計 16,491,000円</p>
評価	<p>道路下通過時は動態観測を行いたがらの慎重な施工を要するが、施工可能と考える。道路の切替を必要とせず、施工性・経済性に優れている。</p>	<p>道路交通に対する安全性は良好であるが、坑口付け掘削に伴う法面の安定性に注意を要する。なお、経済性は最も劣る</p>	<p>道路交通に対する安全性は良好であるが、坑口付け掘削に伴う法面規模が最も大きく、安定性に注意を要する。また、カルバートとトンネルとの接合部において漏水等の長期的なリスクを負う可能性が高い。なお、経済性は劣る。</p>
	○	△	△

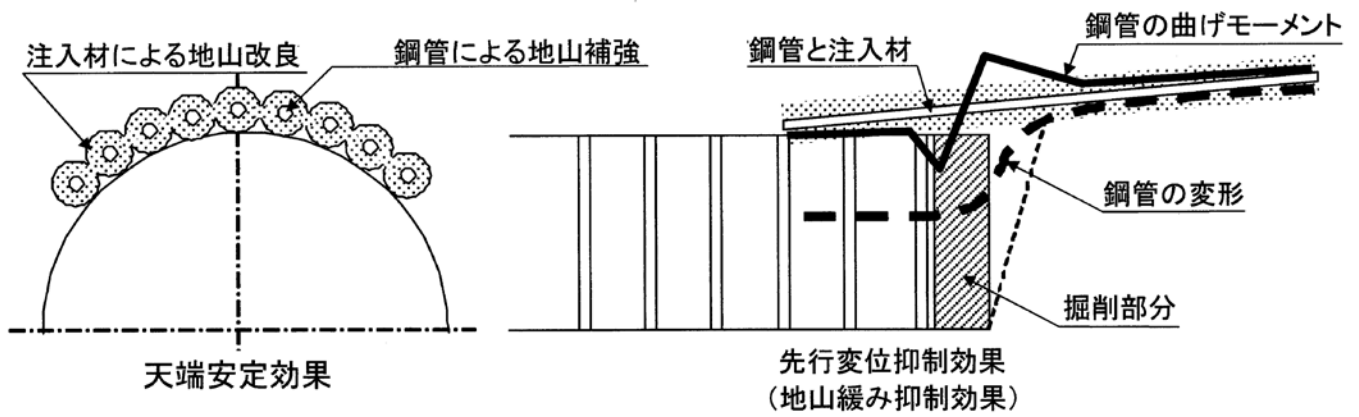


図-7 注入式長尺先受工法の模式図¹⁾

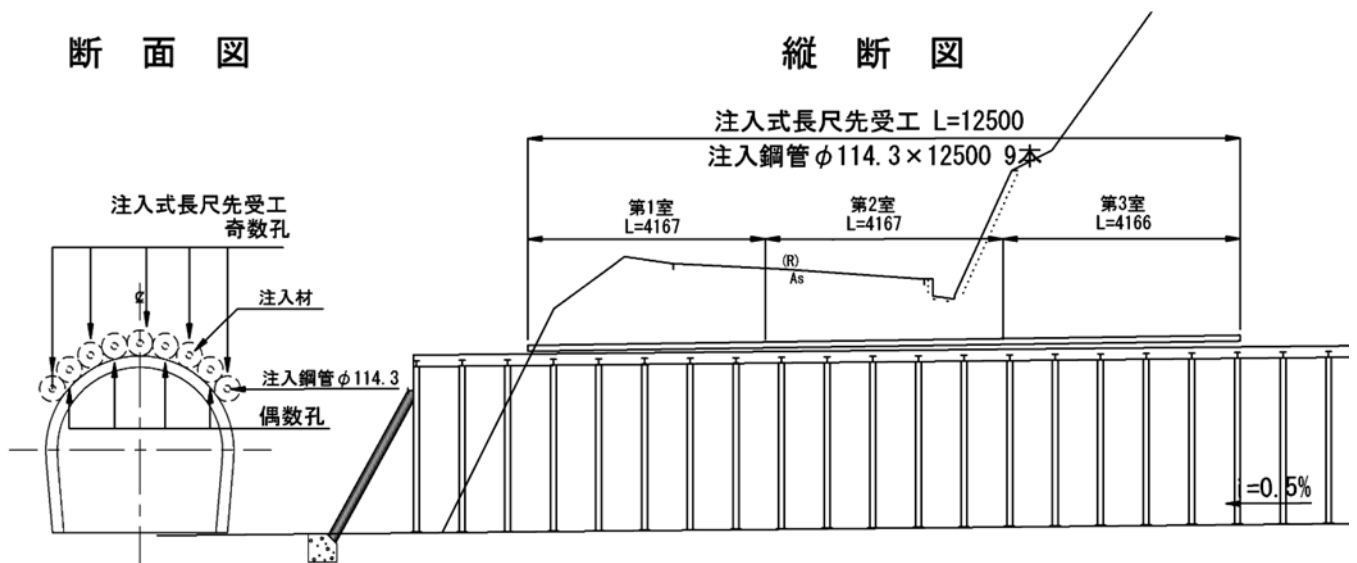


図-8 注入式長尺先受工計画図

表-2 注入結果

パターン	奇数孔	偶数孔	計	割合
①	12室 [※]	3室	15室	56%
②	3室	4室	7室	26%
③		5室	5室	18%
計	15室	12室	27室	100%

※：内6室が初期圧+0.5MPa未満で終了

4.2 動態観測

本工法はトンネル天端に比較的剛性の高い先受部材を配置した工法であり、良好な支保効果が得られるが、固結改良効果に未確定要素があるため、道路面の動態観測を行った。

動態観測地点は坑口から6mの道路面で、坑口掘削開始から徐々に沈下し、切羽が測定地点に達した時の沈下量が4.6mmで、大きな沈下が見られたのは切羽が測定地点より5m進んだところで4mm/3日進行した。最大沈下量は測定地点より切羽が29.4m進んだところで10.1mmとなったが、その後は安定し、沈下量

は収束した(図-9)。なお、目視観測では、道路面、擁壁、法面にクラック等の変状は現れず、安全な状態であった。

5. おわりに

排水トンネル工事は、今回報告した「注入式長尺先受工」も含め、平成28年3月に全工事が完成した。完成時の排水トンネル周辺の地下水位は大きいところで15m以上の低下が見られており、地すべりに対する安全度が増しつつある。

最後に、本工事の計画、設計、施工に、多くの方々のご協力・ご理解をいただいたことに感謝の意を表す。

【参考文献】

- 1) 注入式長尺先受工法 (AGF工法) 技術資料 (六訂版), ジェオフロンテ研究会

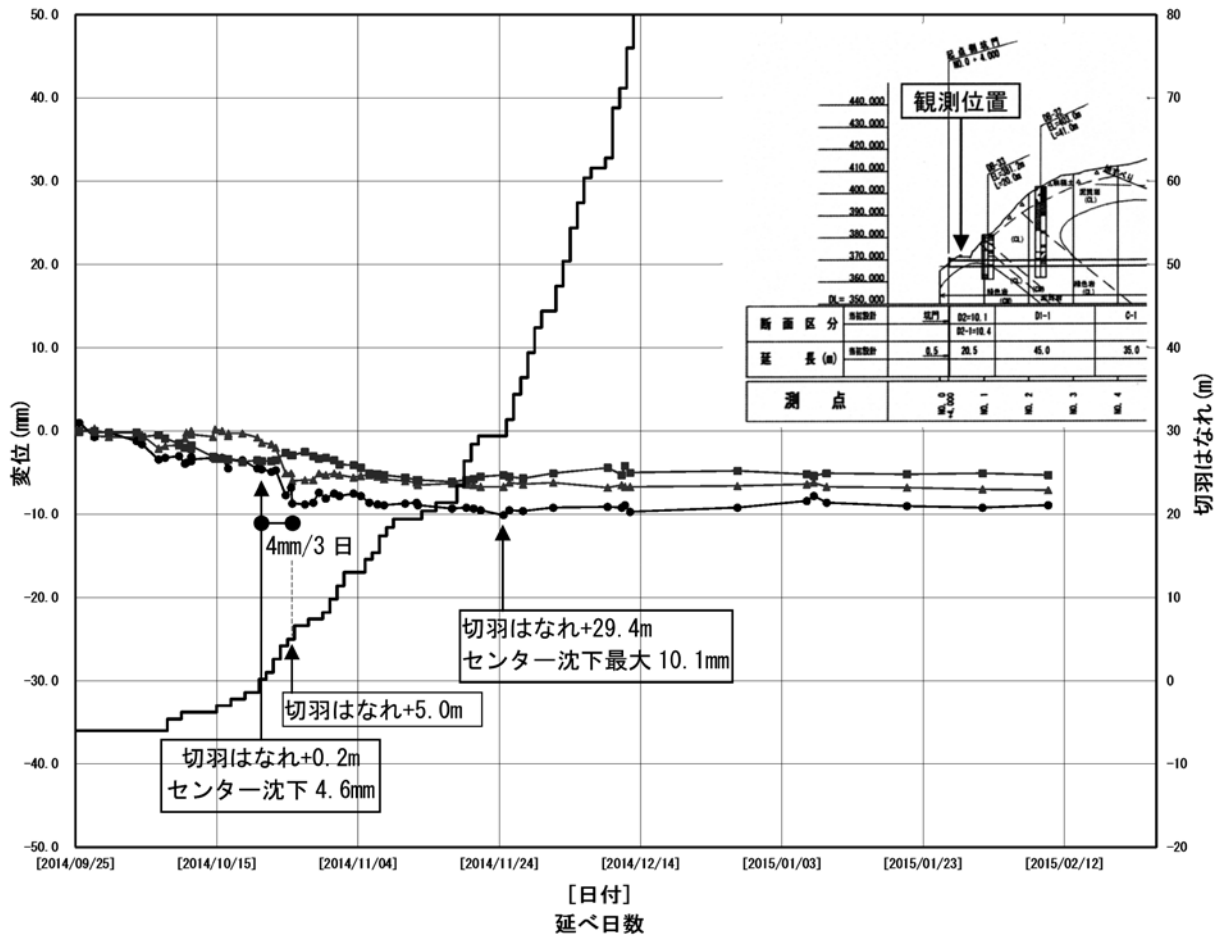


図-9 トンネル地表面沈下変位履歴図

本郷排水機場改修における工事施工計画について

－新旧機場の切り替えに係る留意点－

鳥海昌彦*
(Masahiko TORIUMI)

根田聖児*
(Seiji KONTA)

山崎博伸**
(Hironobu YAMAZAKI)

目 次

1. はじめに	40	4. 接続函渠工事の実施状況	43
2. 排水機場改修における制約	40	5. 今後の予定	44
3. 工事工程の検討	41	6. おわりに	44

1. はじめに

美女地区は北海道オホーツク総合振興局管内の網走郡美幌町及び同郡大空町に位置し、一級河川網走川流域の低平地及び丘陵地に拓けた稲作、小麦、ばれいしょ及び豆類等の畑作を主体とした1,728haの農業地帯である(図-1及び図-2)。

本地区の排水機及び排水路は、国営本郷土地改良事業(昭和46年度～昭和56年度、(以下、「前歴事業」と表す))等により整備されたが、その後の土地利用状況の変化や降雨量の増加に伴い、降雨時の流出量が増加したことに加え、泥炭土に起因して耕地面が沈下したことにより排水路の流下能力が不足している。

また、排水本川である一級河川網走川(網走湖)の水位が高いことから、排水機の排水能力が不足し、周辺農地への湛水被害が発生しており、地区内では、被害軽減のために収穫の前倒しや排水対策への対応等非効率な農作業が行われている状況となっている。

このため、本地区では、前歴事業で整備された排水機及び排水路の改修を行い、農地の湛水に伴う土地生産性の低下や農作業の非効率性を解消し、農業経営の安定と地域農業の振興を図るものとする。

2. 排水機場改修における制約

(1) 本郷排水機場の特色

前歴事業では、旧本郷排水機場(写真-1 以下、「旧機場」と表す)の新設と地区内排水網の整備を行っており、平常時は排水路網を活用した自然排水、洪水時は排水機場を活用した機械排水となるのが一般的であった。



図-1 美女地区位置

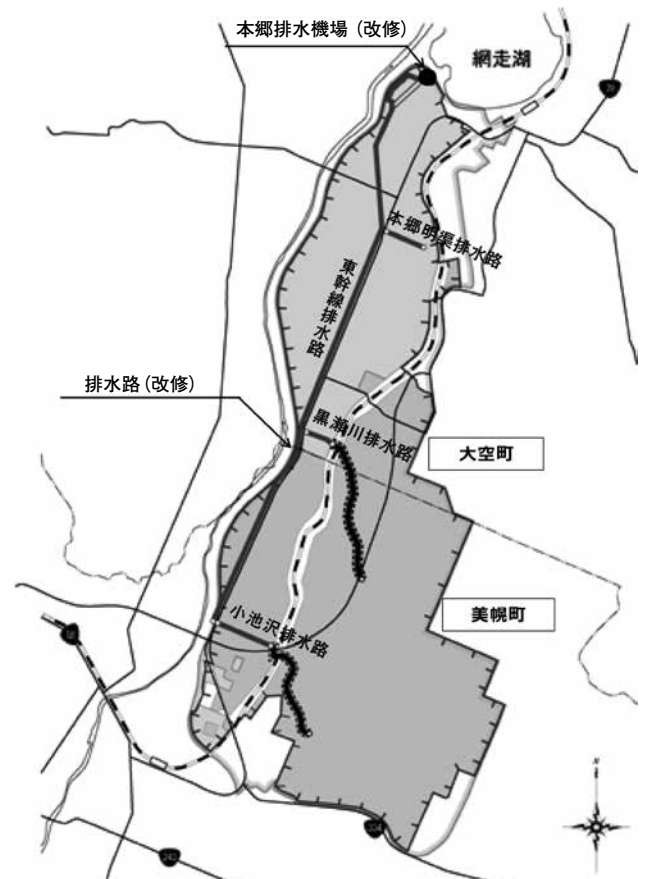


図-2 地区概要図

*北海道開発局網走開発建設部網走農業事務所
第2工事課 (Tel. 0152-44-6960)
**北海道開発局釧路開発建設部根室農業事務所
第2工事課 (Tel. 0153-79-5155)



写真-1 旧本郷排水機場

しかし、本地域は、感潮湖である網走湖の後背地に位置していることから、年間を通して排水先となる網走湖の常時外水位が常時内水位よりも高くなることが多く、自然排水だけでは十分な効果が期待できない状況となっている。

このため、旧機場では、洪水時用ポンプ（φ1,300×2台）に加えて常時用ポンプ（φ700×1台）を設置（写真-2）し、網走湖の常時外水位が常時内水位よりも高くなり、自然排水が不可能となった場合は、平常時であっても常時用ポンプによる機械排水により対応している。



写真-2 旧本郷排水機場ポンプ室

表-1 旧本郷排水機場施設諸元

ポンプ口径	ポンプ台数	ポンプ型式	全揚程	実揚程
φ700mm	1台	横軸斜流	2.58m	2.02m
φ1,300mm	2台		2.58m	2.02m
原動機型式	原動機台数	原動機出力		
電動機	1台	40KW		
ディーゼルエンジン	2台	141KW		

（上段：常時ポンプ、下段：洪水時ポンプ）

（2）本郷排水機場の稼働状況

排水機場の運転期間は、融雪が始まる4月から作物の収穫が終了する11月までの期間となる場合が多いが、その運転期間のうち洪水期（6～10月）を除く

期間については、一般的に稼働実績は少ない。

しかし、旧機場にあっては、先述のとおり平常時であっても常時用ポンプを稼働させる場合が多く、一般的な排水機場に比べて実質的な運転期間が非常に長く（地域の営農期間（4～11月）とほぼ同一）になっている。

なお、近年における旧機場の運転実績では、常時用ポンプの単独運転時間が排水ポンプの全運転時間の80%を占める状況となっており、地区内排水が常時用ポンプによる機械排水に依存していることがうかがえる。

（3）施工工程の制約

本郷排水機場の改修にあたっては、旧機場が完全に運転休止となる期間に新設する新本郷排水機場（以下、「新機場」と表す）への切り替えを完了し、新機場の供用を開始する必要がある。

このため、旧機場の運転期間を確認したところ、融雪が始まる4月から作物の収穫が終了する11月までの8ヶ月間となっているが判明した。

しかしながら、最近の稼働実績では、近年の異常気象に起因する異常出水により、12月上旬及び3月下旬に常時用ポンプを稼働させている状況となっており、旧機場が完全に運転休止と見込まれる12月中旬から3月中旬までを施工期間とした。（図-3）

名称	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
排水機場運転	■■■■■■■■■■											■
運転休止										■■■■■■■■		
（新旧機場切替期間）										←■■■■	■■■■→	

図-3 排水機場の運転期間と新旧機場切替期間

3. 工事工程の検討

（1）新本郷排水機場の施設概要

事業計画では、湛水被害を解消するために旧機場を改修するものとし、排水量の増加に伴うポンプ吐出量の増と内外水位の変更によるポンプ揚程の増が計画されている。

この時、現況施設の既設利用についても十分に検討され、現況の本郷樋門（（写真-3）、以下、「現況樋門」と表す）の既設利用を図ることとしている。

このため、新機場は既設利用する現況樋門との接続距離が最短となる左岸側へ配置し、全面改修することとした。

なお、常時排水ポンプは前歴事業と同様に設置する。



写真-3 現況の本郷樋門

表-2 新本郷排水機場施設諸元

ポンプ口径	ポンプ台数	ポンプ型式	全揚程	実揚程
φ 700mm	1台	横軸斜流	2.40m	1.70m
φ 1,500mm	3台		2.10m	1.80m
原動機型式	原動機台数	原動機出力		
電動機	1台	37KW		
ディーゼルエンジン	3台	170KW		

(上段: 常時ポンプ, 下段: 洪水時ポンプ)

(2) 全体工程

本排水機場の改修に係る全体工程は、平成22年度から平成27年度までとし、新旧機場の切り替えに影響を及ぼさない設備から改修に着手している。

平成22年度には取付水路、平成23年度には吸水槽や吐水槽等の土木構造物、平成24年度から平成25年度にかけては建屋の建築及びポンプ機械設備の製作据付、その後、平成26年度に現況の本郷樋門との接続函渠の施工を行い、平成27年度に旧機場の撤去及び周辺整備を行う計画とした(図-4)。

名称	22年度	23年度	24年度	25年度	26年度	27年度
取付水路	■					
土木構造物		■				
建屋			■			
ポンプ製作・据付			■	■		
接続函渠				■	■	
周辺整備						■
旧機場撤去						■

図-4 全体工程

(3) 接続函渠の施工における問題点

機場の全面改修にあたっては、旧機場に隣接して新機場を建設するため、基本的に旧機場の運転期間の制約を受けずに施工することが可能である。

しかし、新機場において現況樋門と接続することになる接続函渠(図-5)の施工に関しては、前述のとおり現況樋門を既設利用するため、新旧機場で排水先が同一となり、施工にあたって旧機場の運転期間の制

約を受けることになる。

このため、現在、現況樋門と接続している旧機場吐水槽の構造物取壊し工事、新たに現況樋門と接続する接続函渠の工事については、旧機場の運転休止期間である12月上旬から3月下旬までを工事期間として検討する必要がある。

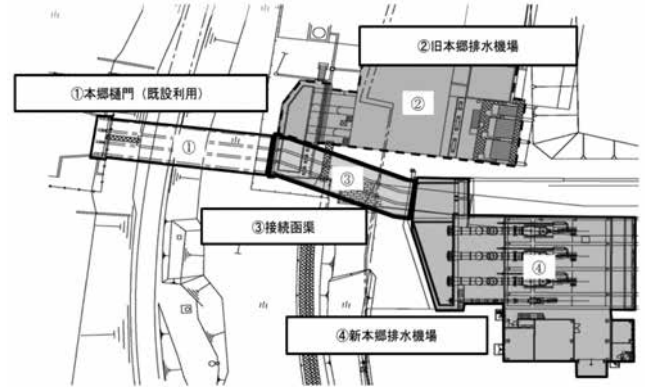


図-5 接続函渠平面図

(4) 接続函渠施工における必要工期の検討

接続函渠の施工に係る工程は、①旧機場吐水槽の取壊し、②新機場接続函渠基礎杭打ち込み、③新機場接続函渠底盤コンクリート打設、④新機場接続函渠側壁天端コンクリート打設、⑤新機場接続函渠埋め戻しの順で施工することになる。

この一連の施工工程について検討したところ、旧機場の運転休止期間である12月中旬から3月中旬までの期間での単年度施工は不可能であることが判明した(図-6)。

このため、当初想定していた単年度施工から2カ年施工に施工計画を変更し、1年目は旧機場吐水槽に影響を及ぼさない範囲まで接続函渠を施工し、2年目に旧機場吐水槽の取壊し及び接続函渠(残分)を施工することとした(図-7)。

これにより、旧機場の運転に影響を与えない工程での新旧機場の切り替えが可能となった。

名称	11月	12月	1月	2月	3月
【1年目】					
準備工	■				
基礎杭工		■			
足場設置、雪寒仮囲工			■		
接続函渠コンクリート工			■	■	
後片付け				■	
【2年目】					
準備工	■				
吐水槽取壊し		■			
基礎杭工			■		
足場設置、雪寒仮囲工			■	■	
接続函渠コンクリート工			■	■	■
後片付け					■

図-6 接続函渠の必要工期

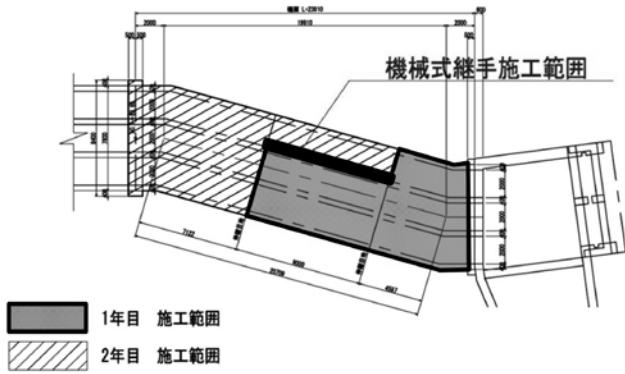


図-7 接続函渠の施工区分図

4. 接続函渠工事の実施状況

(1) 排水機場改修の実施状況

本排水機場の改修は、平成22年度の着手から、平成25年度までに接続函渠を除く全ての施設を完成させている（写真-4, 5）。



写真-4 新設本郷排水機場外観
(奥側右は旧本郷排水機場)



写真-5 新設本郷排水機場内部
(洪水用ポンプ 1,500mm×3台)

(2) 接続函渠工事（1年目）の実施状況

1年目の施工は、旧機場の吐水槽に影響を及ぼさな

い範囲という条件から施工範囲を決定し、接続函渠のおおよそ3分の2程度を施工範囲とした。

接続函渠基礎杭の施工にあたっては、新旧機場に囲まれた狭い範囲での施工となる。特に杭打ち時には新旧機場に影響を及ぼさない様に施工を行った。

また、1年目と2年目の函渠接続の検討を行ったところ接続時における鉄筋の必要重ね合わせ長が確保できない事が判明したため、2年目の施工を考慮し、機械式継手を行うことを前提とした施工を行った（写真-6）。



写真-6 1年目工事完了
(接続函渠より旧吐水槽及び本郷樋門を望む)

(3) 接続函渠工事（2年目）の実施状況

2年目の施工は、旧機場吐水槽の取壊し及び接続函渠（1年目施工残分）を施工範囲とし、旧機場の運転休止期間である12月中旬から3月中旬までの期間に施工を完了することとした。

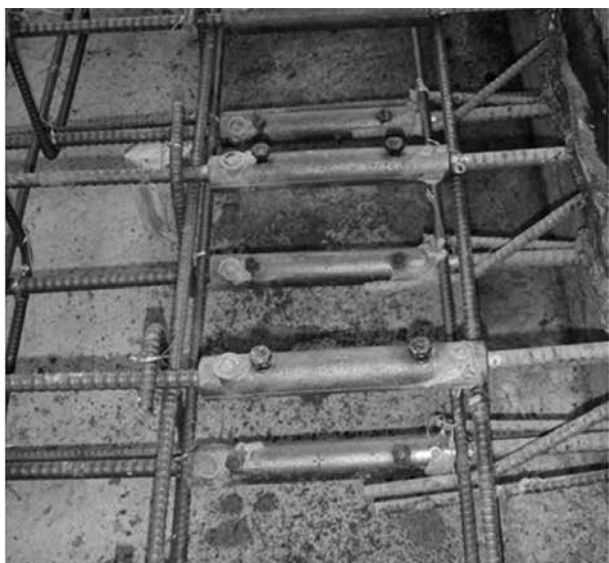
施工にあたっては、特に旧機場吐水槽の取壊し時に既設利用を図る現況樋門に影響が生じないように人力により丁寧にコンクリートのはつり工を行い、細心の注意を払いながら取り壊し作業を進めた（写真-7）。

また、1年目に施工した機械式継手の使用に際して



写真-7 人力はつり状況（既設利用の樋函）

は、施工性を考慮しモルタル充填継手とし、施工前には事前に引張試験を行い、強度の確認を行った。更に現地での施工は事前に技術講習を受講した「機械式継手作業資格者」が行い、品質の確保を行いつつ施工を行った（写真－8）。



写真－8 機械式継手施工完了

5. 今後の予定

平成 27 年 3 月までに接続函渠の施工を完了し、新旧機場の運転切り替えを終えた。

平成 27 年度には、旧機場建屋・機械設備の撤去と新機場の周辺整備を実施し、本排水機場の改修を完了し、平成 28 年度からは施設の本格的な供用を開始する。

6. おわりに

本排水機場は、平成 22 年度から工事着手し、現在、平成 28 年度からの本格的な供用開始に向け進捗が図られている。

改修した排水機場の供用開始にあたり、これまで設計及び工事施工にあたって多大な苦勞とご協力をいただいた数多くの方々にこの場をかりて改めて感謝を申し上げたい。

また、今後、本事業が早期に完成し、農業経営の安定と地域農業の振興の一助となることに期待し、本報告を終わる。

クラピア吹付緑化工法について

福田 淳* 河田 直美**
 (Atsushi FUKUDA) (Naomi KAWATA)

目 次

1. はじめに	45	6. 実証試験その2	
2. クラピア	45	「アルカリ性土壌でのクラピア生育状況」	48
3. 生物多様性の確保	46	7. 吹付工法の施工実績	49
4. クラピアによる緑化	46	8. 費用の検討	49
5. 実証試験その1		9. おわりに	49
「吹付工法による雑草の抑制効果」	47		

1. はじめに

河川堤防や大規模な用排水路等が整備される際、法面の土壤浸食を防ぐため、シバ及びマツバギク等の緑化植物が植栽される。しかし、これらの緑化植物は時間の経過とともにセイタカアワダチソウやヨモギ等の雑草に置きかわり、雑草が広がってしまうという問題が生じている。

草高の高い雑草が繁茂すると堤防や用排水路の法面に発生している亀裂や滑り等を発見し難いため、堤防等の管理者は定期的に除草を行う必要がある。この為、高額な除草費用を用意しなければならず、その費用の低減が課題となっている。

本稿では、除草費用を低減する技術として、雑草抑制効果を持ち、良好な景観を形成する緑化植物「クラピア」を吹付技術で植栽する「クラピア吹付緑化工法」(以下、「吹付工法」という。)について、報告するものである。

2. クラピア

(1) クラピアの開発と品種

クラピアは宇都宮大学の講師であった倉持仁志が、我が国の在来種であるクマツヅラ科イワダレソウ属イワダレソウを品種改良したものである。イワダレソウは、本州(関東地方の南部以西)・四国・九州・沖縄の海岸に自生している¹⁾。図-1にイワダレソウのイラストを示す²⁾。



図-1 イワダレソウ

現在、クラピアは3品種が種苗法によって登録されており、表-1に示すようにS1、2及びK5といった名称で販売されている。S1は最初に商品化された品種で、最も多く流通している。S2は花の色がピンクであるため、茎葉の緑とともに美しい景観を形成することができる」と評価されている。K5は生育がS1及びS2に比べてやや遅いが、温暖過湿時にS1及びS2で時折発生する葉枯れ病に強い耐性がある。

表-1 クラピアの品種

商品名	S1	S2	K5
種苗法登録番号	15871	16143	21386
登録年	2007	2008	2012
花の色	白	ピンク	白
葉枯れ病	温暖過湿時に発生することがある。(注)		ほとんど発生せず

(注) 葉枯れ病が発生しても、気温低下と共に自然治癒する

(2) クラピアの特徴

①短時間かつ緻密な被覆

クラピアはシバの約10倍の速度で横に広がり、茎葉が緻密なマット状に生育するため、図-2に示すように、飛来してくる雑草種子が根付きにくくなり、雑草を抑制することができる。

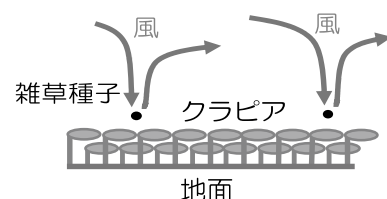


図-2 クラピアによる雑草抑制の仕組み

*東急建設(株) 土木本部 環境技術部 担当課長
 (Tel. 03-5466-5188)

**東急建設(株) 常務執行役員 (Tel. 03-5466-6286)

②低い草高

クラピアの草高は条件によって異なるが、大半は30cm以下であり、クラピア自身の刈込み作業がほとんど不要である。

③耐アルカリ・耐酸性・耐塩性

クラピアは、土壌pH4～11.5、電気伝導度(EC)10程度であっても生育する。しかし、土壌条件が不良な場合には、クラピアの生育速度は低下する。

④地上ほふく茎による増殖

クラピアは種を作らず地上ほふく茎で広がる。このため、クラピアが植栽地から離れた農地等に侵入する可能性はほとんどない。

⑤多年草

一度植栽し適切に管理すれば、多年草のため経年で生育する。関東平野部以西では冬期にシバと同じく冬枯れするが、春には再び生育する。なお、生育適地は5月から10月の月平均気温が15度以上の地域である。

⑥耐踏圧性

シバと同程度の耐踏圧性がある。踏まれた場合、花は咲きにくくなるが、茎葉が矮化し、より緻密なマット状になる。

⑦美観

関東平野部以西では5～10月にかけて直径1cm程度の花を一面に付けるため、良好な景観を形成する。

3. 生物多様性の確保

法面等の雑草抑制のため、従来から利用されている植物にクラピアと同じクマツヅラ科のヒメイワダレソウがある。しかし、ヒメイワダレソウは「侵略性が高く、我が国の生態系、人の生命、身体、農林水産業に被害を及ぼす又はそのおそれのある外来種」として、2015年に重点対策外来種に指定された³⁾。

このため、ヒメイワダレソウの利用を避けることが求められており、雑草を抑制する被覆植物の選定に当たっては、クラピアを含む我が国に固有の植物を活用していく必要がある。

4. クラピアによる緑化

(1) クラピアの植栽方法

クラピアの植栽方法は2種類ある。一つは、ポット植栽であり、もう一つが吹付工法である。

ポット植栽は、人力で1m²当り4ポット植栽するものであり、吹付機械が進入できないような狭い場所でも施工が可能である。

一方、吹付工法は吹付機械を使用するため、大面積での施工に適する工法である。

(2) 吹付工法

①吹付用カット苗

吹付工法では、畑で育成したクラピアを写真-1に

示すようにマット状に切出し、それを専用の切断機でカットし、写真-2のような長さ4cm程度の吹付用カット苗(以下、「カット苗」という。)を作成する。また、カット苗は作成場所から施工現場への輸送中の傷みを防ぐため、冷蔵状態で輸送される。なお、カット苗の製造方法と吹付資材の配合が吹付工法の特許として登録されている⁴⁾。



写真-1 マット状のクラピア



写真-2 吹付用カット苗

②吹付資材

カット苗を吹付用客土、添加剤及び水と混合し、スラリー状の吹付資材とする。吹付資材には吹付後の侵食防止及び乾燥対策等を確保するため、侵食防止剤及び保水剤等を添加している。そして、その吹付資材を客土吹き吹付機械で施工する。吹付け厚の設計仕様は1cmとしている。

③施工

吹付機械はコスト削減のため、一般的な客土吹付機械を使用している。日施工面積は条件によるが約500m²である。写真-3に吹付機械、写真-4に吹付工法の施工状況を示す。

④施工条件

施工可能な法面の勾配は1:1.5より緩い場所である。但し、それより急勾配であってもネット等の対策を取れば施工可能である。



写真-3 吹付機械



写真-4 施工状況

クラピアは日平均気温 15 度以上で生育するため、11 月初旬までにクラピアの被覆を確保する観点から、関東平野部以西では 2 月～6 月までに施工することが望ましい。

5. 実証試験その 1「吹付工法による雑草の抑制効果」

(1) 目的と概要

吹付工法によるクラピアの生育や雑草の抑制等を確認するため、表-2 に示す地区において実証試験を実施した。

表-2 実証試験地区の概要

場所	横浜市神奈川区羽沢町
試験区の規模	3m×3m
勾配	平坦
期間	2015 年 6 月～2016 年 1 月

試験区は、従来、畑として使用されていたが、試験直前にはタデやイネ科等の雑草が生育していた。そのため、刈払等の雑草処理を行った。

試験区においては、表-3 に示すようにクラピアによる雑草抑制の効果を検証した。検証に当たっては、月 1 回程度、目視によりクラピアと雑草による試験区の被覆率を把握した。

なお、クラピアは図-2 に示すように地表面を被覆

することによって雑草を抑制するものであり、被覆が進む以前の段階では除草作業が必要である。本試験の場合には、吹付した約 2 ヶ月後に除草を行った。

表-3 施工内容

	クラピア有区	クラピア無区
吹付前雑草処理(注) [2015 年 6 月 24 日]	有	有
クラピア吹付(吹付厚 1cm) [2015 年 6 月 29 日]	有	無
吹付後除草 [2015 年 8 月 21 日]	有	有

(注) 刈払後に蒸気による地表面の熱処理を行った。

(2) 結果

図-3 に示すようにクラピア有区では、吹付後約 2 ヶ月の 9 月初旬には、クラピアによる被覆率が 95% 程度になっていた。その後も、ほぼこの被覆率を維持していた。緑化工の成績判定の目安は(社)道路協会の指針によると、施工 3 ヶ月後で 70～80% とされている⁵⁾。そのため、本試験のクラピアは、この基準を満足していると評価できる。図-4 に示すように、クラピア無区では 6 月下旬の雑草刈払後約 3 ヶ月の 10 月後半に雑草被覆率が 15% 程度に達していた。一方、クラピア有区の雑草は最大 5% 程度であり、このことからクラピアによって、雑草が十分に抑制されていると言える。なお、12 月以降クラピア無区の雑草被覆率が減少しているのは、それまで生育していた雑草が枯れ始めたためである。

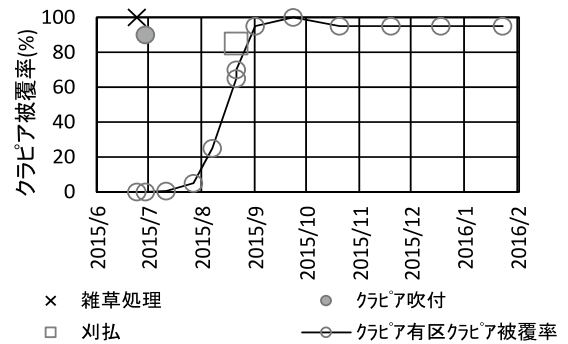


図-3 クラピアの被覆率

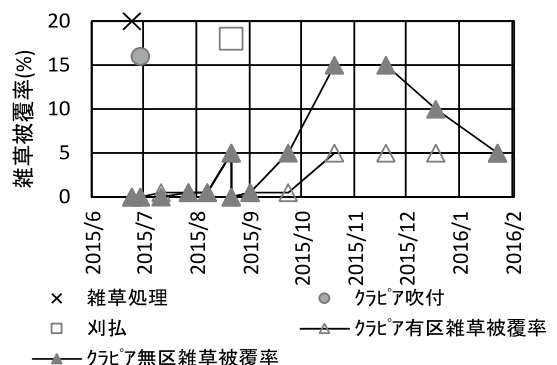


図-4 雑草の被覆率

6. 実証試験その2「アルカリ性土壌でのクラピア 生育状況」

(1) 目的と概要

堤防や用排水路の法面の強度を高くするため、土壌改良材を土壌に添加する機会が多く、結果として、土壌のアルカリ性が強くなる。土壌がアルカリ性に傾くとホウ素や銅等の養分が土壌粒子に吸着されて、植物が養分を吸収しにくくなり、生育が阻害される。このため、土壌が中性及びアルカリ性の状態にある場合、クラピアの生育がどのように異なるかを検証した。

具体的には、吹付工法によるクラピア植栽地において、中性土壌とアルカリ性土壌で、クラピアの生育状況と被覆率がどのように異なるかを検証するものである。実証試験地の状況は、表-4の通りである。なお、中性土壌はpH8.0以下、アルカリ性土壌はpH8.1以上とした⁶⁾。

表-4 実証試験地

記号	土壌	pH	県名	施工日
ア	中性土壌	6.6	三重	2011. 5.24
イ	中性土壌	7.1	神奈川	2010. 1.21
ウ	中性土壌	7.7	沖縄	2011. 8.29
エ	アルカリ性土壌	8.3	愛知	2011. 3. 4
オ	アルカリ性土壌	8.5	岐阜	2011. 5.25
カ	アルカリ性土壌	9.0	佐賀	2015. 3.11

(2) 結果

実証試験地アからカまでの6カ所におけるクラピアの被覆率の変化を図-5に示す。図の横軸は、クラピアが生育する日平均気温15℃以上の日を施工日から累積した日数である。この場合、それぞれの実証試験地において、日平均気温が15℃以上に初めて到達した日を1日目として、それ以降も日平均気温15℃以上の日を加えていった。

中性土壌のア、イ、ウでは、吹付後約80日でクラピアの被覆率が80%以上になり、満足できる結果が得られた。写真-5は、アの状況であり、被覆率は90%程度である。

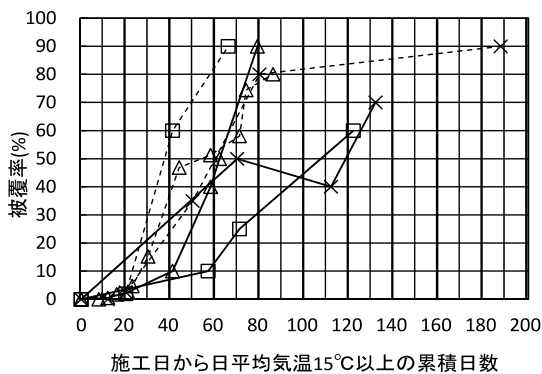


図-5 中性土壌及びアルカリ性土壌でのクラピア被覆率

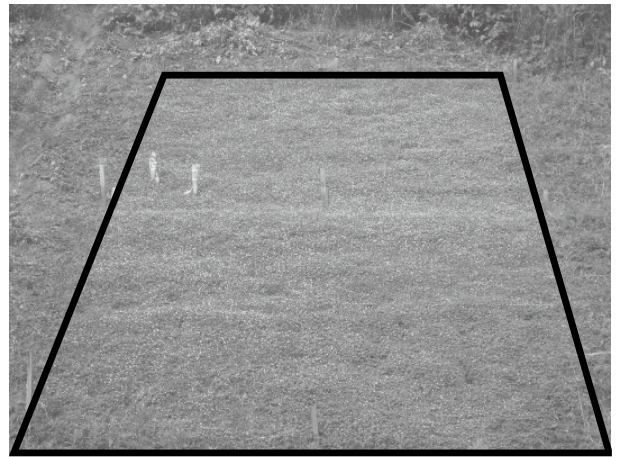


写真-5 アの植栽状況 クラピア植栽枠内
(日平均気温15℃以上66日目 7月28日)

アルカリ性土壌のエとオでは、クラピアの被覆率が概ね60%に達するまでに約120日を要していた。この結果から、中性土壌のア、イ、ウと比べて50日程度遅くなっていることがわかる。一方、クラピアの被覆率が60%程度に達しているということから、アルカリ性土壌を緑化する植物としてのクラピアには一定の有効性があると考えられる。写真-6にエのクラピア植栽率約60%の植生状況を示す。

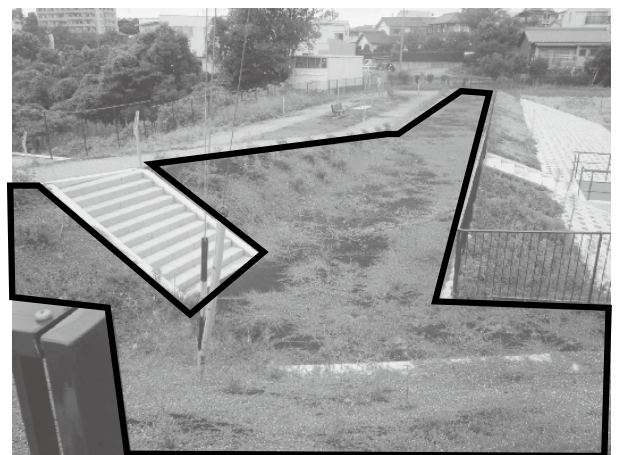


写真-6 エの植生状況 クラピア植栽枠内
(日平均気温15℃以上123日目 8月25日)

アルカリ性が最も高いpH9のカの被覆率の推移は、中性土とほぼ同等であった。カは農業用水水路底の土を浚渫し、セメント改良して護岸に使用した場所であった。農業用水路底の土壌は農地から流れ込んだ栄養分が長年の間に堆積し、栄養分が豊富な土壌であったと考えられる。そのため、アルカリ性土壌であっても必須栄養分が十分にクラピアへ供給され、クラピアが中性土と同様に成長したと考えられる。写真-7にカのクラピア植栽率90%の状況を示す。

このことから、アルカリ性土壌に対して吹付工法を適用する場合、クラピアの成長を促す十分な栄養分を供給しておくことが重要であると言える。

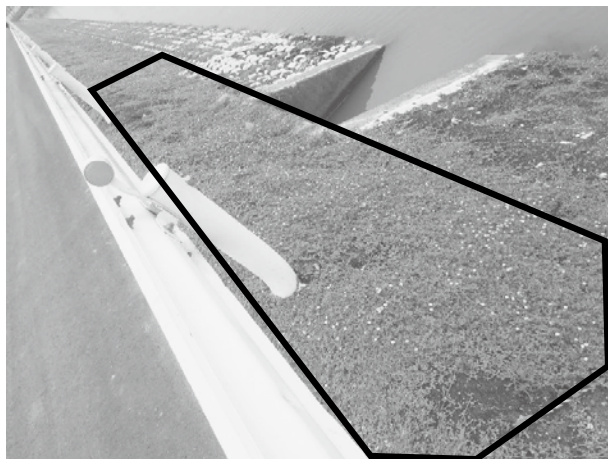


写真-7 カの植生状況 クラピア植栽枠内
(日平均気温15℃以上80日目 6月17日)

7. 吹付工法の施工実績

吹付工法のこれまでの施工実績は、表-5に示すとおりである。クラピア吹付を施工した愛知県宅地造成工事の土壌改良地や佐賀県筑後川下流右岸農地防災事業の盛土はセメント系固化材を混合しており、岐阜県昼飯大塚古墳保全整備工事は石灰系盛土材であったが、クラピアの成長は満足できるものであった。

また、松山市の史跡葉佐池古墳整備工事においては、工事後にボランティアが公園の除草を含む維持管理を行う予定のため、作業の軽減が要望されていた。吹付工法の施工後、除草回数を減らしたり、1回の除草作業量自体が軽減されたという評価が市の関係者からなされている。

8. 費用の検討

吹付工法の初期費用は、施工箇所の広さや傾斜等によって異なるが、事前の雑草費用を含まない10,000m²程度の土地を対象に試算すると、概ね1m²当り1,300

円～1,400円程度となる。ポット植栽(1m²当りφ9cm×4ポット)では、人力で行うことから、1m²当り2,100円程度になる。

一方、従来の緑化植物であるシバの全面張りでは、1m²当り1,400円程度となっており、初期費用では吹付工法もシバの全面張りもほぼ同程度と言える。

維持管理費は、施工した1年目のクラピアの場合、クラピアが被覆するまではシバの全面張りと同程度である。

しかし、クラピアが被覆する2年目以降は雑草の生長が抑制されるため、被覆地において除草回数を減らすことができる。また、除草量の減少が見られるといった評価を関係機関から得ている。今後、クラピア被覆後の維持管理における除草量の減少の度合や費用などの評価を行いたいと考えている。

9. おわりに

河川堤防や大規模な用排水路等の法面において、雑草の発生を抑制する緑化植物としてクラピアを利用することが有利であることは、先に述べたとおりである。また、対象面積が大規模な場合には、吹付工法を採用することによって、初期費用の低減を図ることができる。

一方、今後、クラピアと吹付工法を普及していくためには、取り組まなければならないいくつかの課題があると考えている。

一つは、クラピアの生育温度による適用地域の制約という課題である。2の(2)の⑤で述べたように、クラピアが生育するのは日平均気温15度以上であるため、関東の南部で年度末に植栽された場合、クラピアが地表面を被覆するのは7月頃である。その結果、それまではクラピアで十分に被覆されていない箇所は侵食が起きる可能性がある。この時期には梅雨があり、多量の降雨に見舞われる場合もある。このことに対する対処方法として、年度末の3月に植栽しても概ね1カ

表-5 吹付工法の施工実績

施工時期	都道府県	関係機関	件名	面積(m ²)
2011年3月	愛知県	民間会社	宅地造成工事(注1)	1,307
2012年3月	東京都	国土交通省(羽田空港)	防草緑化試験工事	480
2012年7月	岐阜県	大垣市	昼飯大塚古墳保全整備工事(注2)	2,639
2013年7月	愛媛県	松山市	史跡葉佐池古墳整備工事	980
2016年2月	佐賀県	農林水産省	筑後川下流右岸農地防災事業(注1)	6,086
その他				3,963
合計				15,455

注1:セメント系固化材 注2:石灰系盛土材

月後に地表面を被覆するが、夏にはクラピアに置き換わる被覆植物とクラピアと一緒に吹付ける実験を行っており、一定の成果を得ている。

また、6の(2)のカで示したように、アルカリ性の土壌であっても、適切な肥料を添加することで、クラピアの成長を促すことができるということが期待される。このため、アルカリ性土壌に吹付けたクラピアに対する適切な肥料設計を特定し、中性土壌でのクラピアの成長と変わらぬ成長をアルカリ性土壌でも期待できるようにしていく必要がある。

最後に、実証試験その2では、農林水産省筑後川下流右岸農地防災事業所からクラピアのポット植栽と吹付工法におけるクラピアの成長に関する比較や吹付の実施工において留意する事項など様々な指導を頂いた。ここに感謝の意を表する次第である。

【引用文献】

- 1) 北村四郎他：原色日本植物図鑑 草本偏 (I)，p193, 平成20年改訂, (株)保育社
- 2) 北村四郎他：原色日本植物図鑑 草本偏 (I)，p192, 平成20年改訂, (株)保育社
- 3) 環境省ホームページ
<http://www.env.go.jp/nature/intro/loutline/caution/> 閲覧日2016.3.17
- 4) 発明の名称「栄養生殖で増殖する植物苗の吹き付け方法 (特許第5222259号)」
- 5) (社)道路協会, 道路土工 切土工・斜面安定工指針, p258, 平成21年度版
- 6) 植生基盤整備技術マニュアル, p120, (財)日本緑化センター

国営造成農業用ダムにおける地震計システムの整備

北 谷 康 典* 黒 田 清 一 郎**
 (Yasunori KITATANI) (Seiichiro KURODA)

目 次

I. はじめに	51	IV. 農業用ダム地震計観測記録の 整理・管理手法	53
II. 農業用ダム地震計システムにおける これまでの課題	51	V. 農業用ダム地震計観測記録の 保存・集約手法	53
III. 農業用ダムにおける地震計の設置基準	52	VI. おわりに	55

I. はじめに

農林水産省では、国営土地改良事業により造成した農業用ダム（以下「農業用ダム」という。）を対象に、国土強靱化の観点から、土地改良長期計画に基づき、機能診断に基づく健全性の評価と、レベル2地震動に対する耐震性能照査を併せて行う安全性評価を平成24年度より実施している。

農業用ダムの安全管理上はもとより、安全性評価を推進する上でも、地震発生時の動的挙動の実態把握は不可欠であり、今後の耐震設計手法の高度化を図るためにも、地震計の観測記録データ（以下「地震動データ」という。）の集積や、地震動データを活用した被災ダムに関する評価・分析が重要である。

しかしながら、阪神淡路大震災や東日本大震災等、過去の大規模地震発生時において被災した農業用ダムのうち、地震計のメンテナンス不足や未設置等により、地震動データを得られていないダムも見受けられた。そのようなダムでは、未曾有の大規模地震により、一部のダムにおいては水源として供用できなくなり、被災原因の解明およびそれに基づく改修が必要となったが、地震動データがなく、被災の原因やそのメカニズムの解明が困難な状況となった。

こうしたことを踏まえ、農林水産省では、平成24年度補正予算により地震計および地震計システムを設置・更新し、現在までに農業用ダム190基（ただし、

うち2基は廃止・譲渡のため対象外）のうち、187基に地震計を設置しており、残り1基についても設置を計画している。

これらの地震計を常時健全な状態に保ち、予期せぬ時に発生する大規模地震の強震動データを確実に保存するためには、それぞれのダムの管理者および関係者がその地震計システムの特徴を把握し、適切な設定操作やデータ回収などの作業を行う必要がある。

そこで、これまでの経験を生かし、地震計の適切な更新や定期的なメンテナンスも含めて、地震動データを適切に保存・集約できる体制整備の確立が急務となっている。

本報では、地震動データ取得においてこれまで生じていた課題や現在の地震計設置の考え方を整理し、それらを踏まえ、大規模地震時も想定した今後の農業用ダムにおける地震計観測記録の整理・管理手法および保存・集約手法、さらに全国統一的に運用していくための体制整備の確立に向けた検討状況を報告する。

II. 農業用ダム地震計システムにおけるこれまでの課題

大規模地震発生時の強震動データは、地震時のダムの動的挙動や被災機構などを把握する上で不可欠な情報である。しかしながら、記録媒体の保存容量の限界などといった計器の問題や人為的なミスなどによって、本震時の最も重要な情報が失われる危険性がある。

以下に農業用ダム地震計において過去に発生した課題を挙げる。なお、ダム地震計システムの典型例を図-1に示す。

1. 人為的なミス①

ダム地震計の点検後に、待機状態にしなかったためにトリガーがかからず地震記録が取得できなかった。

*農林水産省農村振興局整備部設計課設計審査班
 (Tel. 03-3502-8111)
 **国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構
 農村工学研究部門施設工学研究領域
 (Tel. 029-838-7570)

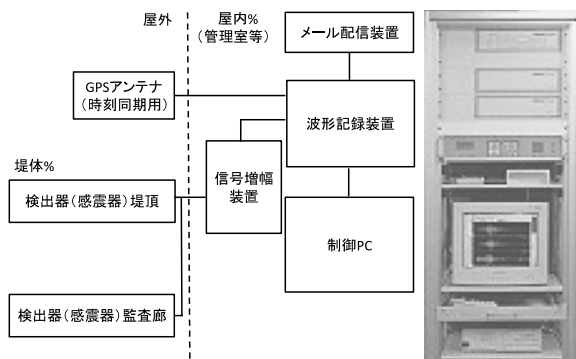


図-1 ダム地震計システムの典型例

2. 人為的なミス②

地震計システムとしては印刷および電子媒体での両方が保存できる仕様になっていたが、印刷出力のみを参考とし、電子媒体の保存は確認しなかったため、電子媒体での保存が行われないモードになったまま稼働されていた。よって本震記録において電子媒体でのデータの取得ができなかった。

3. 余震データの上書きによる本震データの喪失

データ容量不足と地震記録の保存設定が時間順の上書き設定（データ容量がいっぱいになると古い地震データから上書きされる設定）となっていたため、繰り返す余震によって本震データが上書きされ消去されてしまった。

4. 想定外の地震による機器動作の不具合

通常、最長記録可能時間が設定されているが、その想定を上回る継続時間の長い地震が発生したため、地震記録の一部が欠損した。

5. 地震計性能の劣化

長期供用に伴い地震計のダンパー用のオイル（地震計の固有周波数における過度な共振を防ぐための緩衝用）が漏出していたが、見かけ上は地震波形記録が取得されていたため、そのまま使用していた。大規模地震発生後に点検したところ、そのような劣化が生じており正確な計測ができていないことが分かった。

6. 停電による故障

地震発生時に停電となり、監査廊の排水装置が停止したため、監査廊設置の地震計が浸水により故障した。

大規模地震による被害・影響の規模や、管理者および関係者も被災者となる可能性があることも考えると、不可抗力の部分もあるが、以上のような課題については、すべて基本的には管理者および関係者の意識と努力によって未然に防ぐこと、あるいは問題を事前に検知し対応を検討することが可能であり、管理者および関係者が地震計とそのデータの管理について、一定の意識を根付かせることが重要である。

なお、近年、農業用ダムにおいて整備された地震計システムについては、電子記録で保存され、十分な専

用メモリーを有しており、管理制御用PCとも連動しているため、また東北地方太平洋沖地震での経験を踏まえた改良が行われているため、2.3.4.といった課題は発生の可能性が低くなっているものと考えられる。このことから、地震計システムについては可能な限り最新のものに更新を行う意義があるといえる。

Ⅲ. 農業用ダムにおける地震計の設置基準

農業用ダムにおける地震計の設置に関しては、土地改良事業計画設計基準・設計「ダム」¹⁾において、以下の留意事項が記載されている。

また、以下のことにより、まずは、「地震発生後のダムの臨時点検を行うか否かの判断を行い、」次に、「地震時の動的挙動の実態を明らかにしてダムの安全管理に資するとともに、今後の耐震設計手法の高度化のために、地震波に対するデータ（地震の加速度波形）を集積し、ダムの動的応答解析等の高度な解析の実施に役立つ資料を提供するよう努める必要がある。」としている。

1. フィルダム編 (p. II - 383)

堤高 30 m 程度の均一型及び 50 m 以上のゾーン型フィルダム、あるいは特殊な設計のダムでは、堤体の最大断面部の基礎地盤と天端中央の最低 2 箇所以上、それに加えて堤体振動の影響が及ばない地山にも設置することが望ましい。また、堤体中（基礎地盤から 0.6H より上）、左右岸地山、天端と地山の交点等に必要に応じて増設する。

2. コンクリートダム編 (p. III - 280)

全てのダムで地震計を設置することが望ましい。設置位置は、基礎地盤付近の監査廊内、及び堤体天端中央付近に設置する。また、必要に応じて地山基盤の安定した位置、又はリムドラウチングトンネル内に設置する。トンネル内の場合、少なくとも岩盤表面より 20 m 以上奥に設置する。なお、堤体天端の地震計については、洪水吐ピアなどの特殊な構造物付近は避けることが望ましい。

なお、近年では、維持管理という観点だけではなく、防災・減災の観点からも、各ダム地点の震度や正確な地震動データを速やかに把握し、ダムの被災や地域の被害を防止・軽減することが望まれている。

また、公的機関が設置するダム近隣の地震計観測値とダム地点における地震計観測値が大きく異なる場合がある。これは近隣地震計とダム地点地震計の設置地盤の振動特性が異なることに起因しており、仮に両者が距離的に近い場合でも異なる可能性がある。よって、ダムサイトにおける正確な地震動データを収集し、それを有効に活用する必要があることから、適切に地震計を管理する必要がある。

よって、今後は維持管理の観点だけではなく、防災・

減災の観点からも、設計基準に地震計の設置が義務づけられていなくても、全ての農業用ダムに地震計を設置し、国自らが全国統一的に直接管理していくことが必要である。

Ⅳ. 農業用ダム地震計観測記録の整理・管理手法

Ⅱ. Ⅲ. のような状況を踏まえ、各ダム地点の震度や地震動データを確実に把握・集約するためには、ダム地震計や観測記録の情報に関する標準的なフォーマットを作成するとともに、そのデータベース化が必要である。大規模地震発生時には、通常のダム管理者や所管担当者以外のものがその点検調査等の対応にあたることも想定される。そのような場合に、ダム地震計や観測記録の情報が統一的なフォーマットで、関係者間に情報共有されていることが必要と考えられる。また、地震計観測記録の波形情報を図化し整理する事は、地震計の稼働状況や健全性に関して確認を行なうことにもつながり、大規模地震発生という肝心な時に、地震計に不具合が発生したまま放置されていた、というような状況を回避するためにも有効な管理方法と考えられる。

よって、地震計観測記録とその波形情報についても、整理および表示方法について、一定の標準的な方法を提示することが必要である。ただし、そのためのソフトウェア等のツールが整備されていない地区も想定されることから、図化および解析評価を行うための手法の整備も必要と考えられる。

ここでは、標準フォーマットとデータベース化に関する検討状況を述べる。地震計からの情報集約の体制や、その観測記録の波形情報の図化および解析評価に関する検討状況は次項Ⅴ. で述べる。

1. ダムおよび地震計の諸元情報の統一フォーマットによる整理 (表-1)

ダムおよび地震計の諸元情報については、日本大ダム会議の地震観測記録の標準フォーマット²⁾が、一般的に使用されているフォーマットとして存在していることから、これらの項目について全ての情報を含むように整理を行った。項目の事例を表-1に示す。

2. データベース化による諸元情報の管理 (図-2)

既存のシステムを活用し、1. の諸元情報を随時集約の上、必要に応じて表示や参照ができるようにデータベース化を行った。また、過去に整備された農業用ダムデータベースやダム台帳等の情報を参考にし、基本的なダム諸元や各種図面についても対応できるように設定した。

さらに、前述Ⅱ. での課題等も踏まえ、管理上の問題に対応できるように、波形データの上書き設定の仕様など、地震計の設定や管理状況などの情報についても管理できるようにしている。

表-1 標準フォーマットに含まれる項目例

分類	項目	記入例
ダムに関する情報		
	通しNo.	
	ダム名	英語(ローマ字)表記
	ダム型式	R:ロックフィルダム, E:アースダム, G:重力式コンクリートダム(略号を記載)
地震器設置状況に関する情報		
	地震器型式	各メーカーが定める型番を記載
	設置位置	T1:堤頂, F1:基盤, M1:堤体内
	方向成分	A:上下流, B:ダム軸, U:鉛直
	正方向	R:右岸側正, L:左岸側正
	方位角	北北東の場合N22.5° Eと記載
地震情報		
	震央地名	気象庁資料より転記
	発震時刻	気象庁資料より転記
波形記録情報		
	レコード長	秒, サンプル数で記載
	サンプリング間隔	通常は0.01秒(100HZ)
	単位	通常は加速度cm/s ² (Gal)
	ピーク値	

The screenshot shows a web-based data entry form for dam seismic data. The form includes fields for dam ID (0053), dam name (*****ダム), and various management settings like recording method (manual/automatic), sensor type (AccuSEIS Omni), and sampling frequency (100Hz). Below the form is a table for recording seismic data with columns for direction (上下, 左右), amplitude (Gal), and time (年, 月, 日, 時, 分, 秒).

図-2 データベース表示例

Ⅴ. 農業用ダム地震計観測記録の保存・集約手法

1. メール配信システムを用いた地震計情報の集約

近年、設置・更新された地震計システムについては、携帯電話回線網を用いたデータ通信機能が付与されている。この機能は、通信量および通信速度の制限から、地震時の波形情報全てをリアルタイムに送信できるものではないが、震度や最大加速度等の代表値に関する情報を発信することができるものである。大規模地震発生時には、一時的な停電や携帯電話回線網の停止なども懸念される。よって、波形情報全てではなく代表値という限定的な情報のみを共有するということは、災害直後において比較的安全な方法であり、初動体制の整備の観点からも有効と考えられる。

そこで、メール配信システムの活用と情報共有化を図るため、既存のメーリングリストシステムを活用し、大規模地震発生時の各ダム地点の震度や最大加速度を任意の関係者が情報共有できるシステム（地震計メール配信情報共有システム）を構築した。現在、各ダムでのメール配信システムの整備状況を調査・集約中であり、現時点でメール配信システムを有しないダムがあることは判明しているが、将来的な対応に備えて全てのダムに対応できるものとしている。

これにより、図-3の全国統合メール再配信システムへの登録者は、全ての登録ダムについて、大規模地震発生時に震度と最大加速度の情報が入手可能となり、大規模地震発生後の迅速な支援対応などができるようになると思われる。

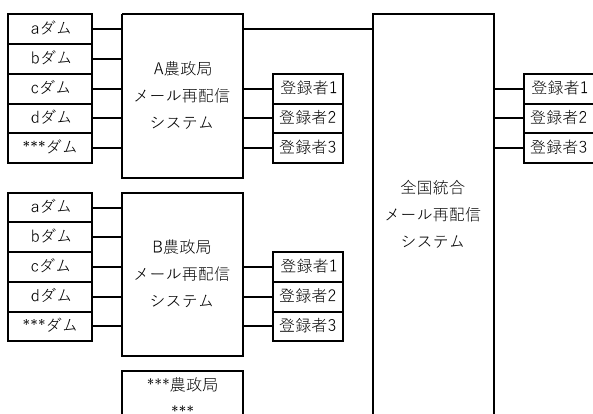


図-3 地震計メール配信 情報共有システムの概要

また、大規模地震発生時だけではなく、毎月1回の保守メールを配信する機能も稼働させることができる。これにより、地震計の稼働状況の定期的な確認が可能となる。さらに、この機能と地震計メール配信情報共有システムとを連動させれば、全てのダム地震計の稼働状況を情報集約し、確認することが可能となる。

このように、メール配信システムを活用し、積極的に配信情報を共有することは、ダムの地震履歴に関する情報を共有できるだけでなく、ダム地震計の健全性の観点からも有効と考えられる。

なお、現在ではモバイルルータなどの普及により農業用ダムが立地するような郊外においても、無線通信回線等の導入が容易になり、その導入およびランニングコストも年々下がりつつある。ダム地点での地震動を考える際には、震度と最大加速度だけでなく、継続時間なども重要な項目であることから、今後は波形情報についても情報共有の可能性について検討を行っていくことも必要と考える。

2. 地震波形データの保存、図化および解析評価手法の整備（図-4）

一定規模以上（「ダム基礎の地震計最大加速度が25gal以上」もしくは「ダム地点周辺気象台で発表さ

れた気象庁震度階が4以上」）の地震発生後には、ダムの臨時点検結果と併せて、震度と最大加速度等の情報が農林水産本省に集約されることになっているが、波形データの確認やその集約については、全国統一的には行われていない。

V. 1. と同様に、地震計が健全な状態に保たれているか、また地震波形データが確実に蓄積されているかを確認するために、地震波形データについても、一元的な保存と管理ができるようにデータサーバを構築しておく必要がある。

また、今後の耐震設計手法の高度化に資するためにも、一定の方法で図化および解析評価が行えるような体制整備も必要である。具体的には、保存された地震波形観測記録ファイルをそのフォルダ構造や各メーカーのファイル形式に対応しながら、IV. のダムおよび地震計の諸元情報に関するフォーマットと同様に日本大ダム会議の標準的な図化フォーマットに従って自動的に図化し（図-5）、地震時の動的挙動の把握のため、再現解析等の参考指標となるスペクトルやスペクトル比といった地震動応答特性等による評価³⁾ができるような体制の整備を検討中である。

このような解析評価は、ダムの振動特性に関する知見の蓄積につながり、耐震設計手法や安全性評価に関

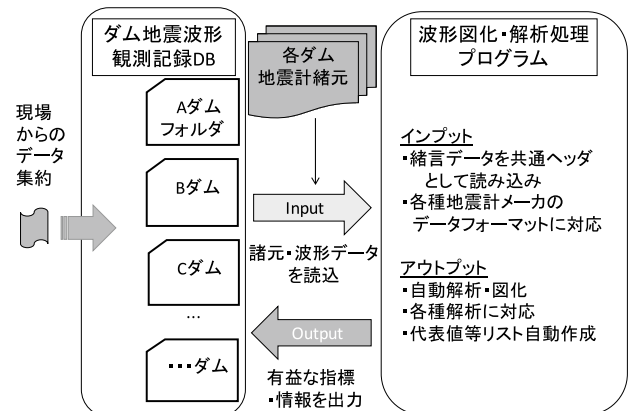


図-4 地震波形データの保存・集約イメージ

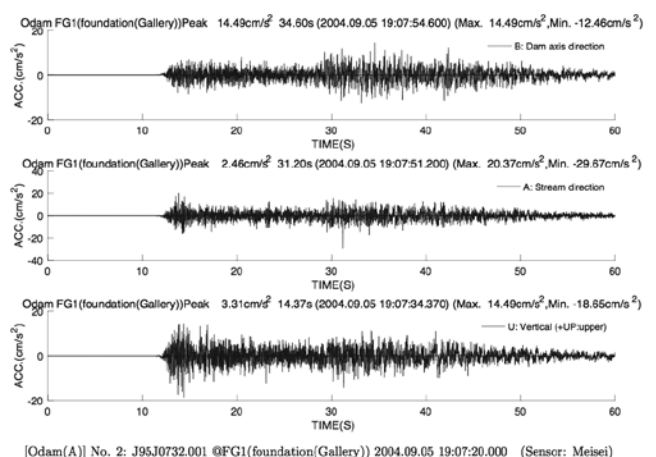


図-5 自動図化表示例

する技術の高度化に資するだけでなく、継続的にかつ頻度高く適用することによって、地震計そのものの健全性の確認にも繋がるのが期待される。

VI. おわりに

地震計の観測記録は、大規模地震発生時の対応および対策のためだけでなく、ダムの動的挙動把握のための再現解析に用いるなど、安全性評価や機能診断においても重要な情報となり、ダムの安全管理と耐震設計手法の高度化に必要不可欠なものである。

そのため、地震計は常時最良の状態に維持され、また更新に当たっては最新かつ最良のものを選定することが必要である⁴⁾。東北地方太平洋沖地震を経て、最新の地震計システムは本震の継続時間が長く、またその後も間断なく余震が繰り返すような大規模地震も想定されており、従前より安定的に観測記録を保管できるようになった。しかしそれでもなお、今般の熊本地震のように大規模地震が長期にわたり頻発するような想定以上の地震も現実に発生するため、大規模地震発生後においては、人命最優先の上、関係者が可及的速やかに一連の観測記録を回収し、確保する必要がある。

今後、東海・東南海・南海地震等の大規模地震が懸念される中、大規模地震が発生した際に、国自らが広範囲のダムを対象に実際にダムの受けた振動や波形を速やかに把握し、そのデータを基に迅速かつ効率的に技術派遣等の、初動体制の構築やその被災原因の究明、対策の検討等を行うことのできる体制を事前に整備しておく必要がある。

また、このような有事の際に適切な対応を行うという観点からも、平時より通常地震の観測記録についても管理を適宜行うことは重要である。その作業は個々の地震計システムの容量などの仕様や機能、操作方法の十分な把握につながるものであり、その経験に基づけば、有事の対応手順を適切に策定できるものと考えられる。

本報では、地震計システム・観測記録の体制整備の確立に向けた昨年度までの検討状況を報告したが、今年度においては実運用のためのマニュアルを作成し、それに基づく体制の構築および試行運用を行う予定である。今後も引き続き、ダム管理者および関係者の方々には御理解・御協力を賜れば幸いである。

【引用文献】

- 1) 農林水産省農村振興局：土地改良事業計画設計基準 設計「ダム」基準書・技術書 (2003.4)
- 2) JAPAN COMMISSION ON LARGE DAMS：ACCELERATION RECORDS ON DAMS AND FOUNDATIONS, No.2 (2002.4)
- 3) 黒田清一郎, 増川 晋, 田頭秀和：土構造物の地

震波伝播特性評価と経年変化監視への適用性, 農業農村工学会, pp.627-681, (2013.8)

- 4) 建設省土木研究所ダム部ダム構造研究室：ダムに設置する地震計の設置位置・設置方法, ダム技術, 126, pp.56-57 (1997.3)

無機系被覆工の付着強度試験に関する一考察

浅野 勇*
(Isamu ASANO)

目次

1. はじめに	56	3. 付着強度試験に関する考察	61
2. 被覆工の付着強度の評価試験	57	4. おわりに	64

1. はじめに

無機系被覆工法（以下被覆工と呼ぶ）は、摩耗劣化等が進んだ開水路の主要な補修工法の一つである。よく似た補修工法に断面修復工法があるが、その評価は被覆工と似通っており以下の考察は断面修復工法にも適用できる。」

被覆工の施工後の付着性の品質管理には、被覆面

に切り込みを入れた後、40×40mm角の鋼製治具をエポキシ樹脂等で対象面に接着し、治具を垂直方向に引っ張り対象の破壊荷重を測定する付着強度試験によって行われる。このような単軸引張試験から得られる試験値は「付着強さ」、「接着強さ」と呼ばれることが多いが、農業用開水路を対象とした各種マニュアルでは「付着強度」に統一されている^{1)・2)}。本報でもこれら試験値を「付着強度」と呼ぶ。

表-1 無機系被覆工を対象とした付着強度試験の区分、試験方法^{1)・2)}

No.	対象	区分	試験項目・条件		試験方法	試験規準	規格値
1	無機系表面被覆工	材料	付着強度試験	標準状態	JSCE-K 561 内径φ50mm以上のコアドリルで、被覆面から基盤に達するまでの切れ込みを入れた後、コアドリルの内径と同寸法の同板状鋼製付着治具をエポキシ樹脂接着剤などで貼りつけ、単軸引張試験を行う。 水中条件における養生条件:試験体作成後、温度20±2℃、相対湿度60±10%で7日間水中養生後、脱型して水中養生を行う。乾湿、温冷を繰り返し回数は10サイクル	工法の性能、材料の配合や構造等が変わる毎に実施	(標準・多湿・低温条件の場合) 付着強度1.5N/mm ² 以上
				多湿状態			(水中・乾湿・温冷条件の場合) 付着強度1.0N/mm ² 以上
低温状態							
水中状態							
乾湿繰返し							
温冷繰返し							
2	無機系表面被覆工	施工	付着強度試験	被覆材の表面に引張用鋼製治具を接着	単軸引張試験 JSCE-K 531に準拠し実施する。引張用鋼製治具(40×40mm角)を被覆またはコンクリート面にエポキシ樹脂等で接着し、健研式接着試験機等を用いて鋼製治具を垂直方向に偏心することなく引っ張り、破壊荷重を測定し、引張治具の面(1,600mm ²)で割り付着強度とする。	表面被覆後500m ³ ごとに3箇所(左右側壁2箇所及び底板)、1箇所あたりの試験数は3個	側壁:個々の試験値が1.0N/mm ² 以上 底板:3個の試験値の平均値が1.0N/mm ² 以上、かつ個々の試験値が0.85N/mm ² 以上
				3			下地処理

注) 補修補強マニュアルおよび長寿命化の手引きを基に再編集した。

* 農研機構農村工学研究部門

(Tel. 029-838-7572)

「付着強度」に用語を統一することは好ましいが、単軸引張試験の測定値は被覆工の真の付着強度を意味しない。単軸引張試験から求まる測定値は被覆工の破壊強さであり被覆工の真の付着強度ではない。すなわち、破壊が生じた位置、破壊状況などを含めて、付着強度の値を評価することが必要となる。つまり、被覆工の付着強度の評価では破断箇所と破断状況の把握および評価が必要不可欠となる³⁾。施工後の品質管理などで現場技術者が被覆工の付着強度試験の評価を難しく感じるのは、この破壊状況を考慮した試験結果の判定が必要になるという点にあると筆者は考える。

本報では、被覆工の付着強度試験の意味と試験値の評価方法について、破断状況と付着強度をセットにした評価を行うことを着眼点とした考察を行う。

2. 被覆工の付着強度の評価試験

被覆工の付着強度試験方法は、試験対象や区分の違いにより表-1に示す3種類に分かれる^{1), 2)}。表-1では試験方法に1~3の番号を振り区別した。本報は、施工管理を目的とした付着強度試験に関する考察を目的とするが、表-1に示す3種類の試験は、基本的な試験方法に大きな差はなく、試験による得られる結果の物理的な意味は同一と考えられる。そこで、まずは、これら付着試験方法について概説する。

2.1 試験対象・区分

被覆工の付着強度試験の対象は表-1に示すように表面被覆する前の旧コンクリート（下地）と表面被覆後の被覆面に分かれる。下地を対象とする付着強度試験は、高圧洗浄等の下地処理の効果確認を目的として実施される。一方、被覆工を対象とする付着強度試験

は、後で述べるように被覆材と旧コンクリート等から構成される複層材料の付着性の確認・評価を目的として行われる。また、区分としては、試験1は被覆材料の付着性の確認を目的とし、試験2, 3は施工時の下地または被覆工の付着性の確認を目的とする。

2.2 試験方法

表-1の中で被覆材料の品質確認を目的とする試験1はJSCE-K 561に従う¹⁾。一方、施工管理を目的とする試験2および3は、JSCE-K 531に準拠した試験を行う²⁾。両者は単軸引張試験であり、基本的な試験方法に差異はないが、細かい点は異なる。ここでは、試験方法の差異について述べる。表面被覆工の単軸引張試験の試験方法の問題点は文献3)に整理されているので参考にされたい。

表面被覆工の付着強度試験規準としては、①ポリマーセメントモルタルの試験方法 (JIS A 1171)、②コンクリート構造物用断面修復材の試験方法 (案) (JSCE-K 561-2013)⁴⁾、③表面被覆材の付着強さ試験方法 (案) (JSCE-K 531-2013)⁵⁾ が代表的な試験方法である。他にも、鉄道、高速道路会社3社等の各機関が独自の試験方法を定めているが、それらはJSCE-K 531に基づくものが多い^{6), 7)}。被覆工の付着強度試験が関係するJSCE-K 561（以下K 561）とJSCE-K 531（以下K 531）の試験方法の違いについて表-2に示す。なお、K 561およびK 531は被覆材料の付着性を確認するための室内試験である。被覆工施工後の品質管理として行われる付着強度試験は、K 531に準拠して行われる現場試験であり、使用する引張試験機等が異なるため、参考として表-2に追加した。

表-2 付着強度試験方法の比較 (JSCE-K 531, 561)^{5), 6)}

試験方法	対象	試験用基盤 (寸法)	被覆材の 養生期間	引張 試験機	荷重速度	付着子	基盤への切り込み	環境負荷 (促進試験項目)
K 531 (2013)	表面被覆材料	モルタル板 (高さ20×縦70×横70mm) 水セメント比50%	7,28日		1,500~ 2,000 N/min	φ50mm以上の鋼鉄製円板付着ジグ	基盤まで約1mmの切り込みを入れる	標準条件 多湿条件 水中条件 低温条件 乾湿繰返し条件 温冷繰返し条件
K 561 (2013)	断面修復材	コンクリート板 (高さ60×縦300×横300mm) 水セメント比50%以下 Gmax 25mm以下 曲げ強度荷重12kN以上	28日	万能試験機	特に規定はない	厚さ10×縦40×横40mmの正方形の鋼鉄製板	基盤に達する切り込みを入れる	標準状態 耐アルカリ性試験 JIS K 511の促進劣化試験
品質管理試験	下地・表面被覆	現場の下地コンクリートまたは被覆工	-	・健研式引張試験機 ・日本建築仕上げ学会認定試験機 ・その他上記の改良型試験機	特に規定はない	厚さ10×縦40×横40mmの正方形の鋼鉄製板	下地コンクリートに2~3mm達する切り込みを入れることを推奨する(筆者) ⁵⁾	-

(1) 試験用基盤の違い

K 561 ではコンクリート板, K 531 ではモルタル板を試験用基盤として用いる。共に水セメント比 50% 以下の比較的強度の高い基盤を使用する。つまり, 材料の付着性を確認する付着強度試験は, 試験基盤は十分な強度を有することを前提とした試験である。一方, 施工後の品質管理として行われる付着強度試験では, 高圧洗浄等で下地処理が行われているものの下地コンクリートの表層部の強度が小さい可能性も考えられる。試験用基盤を用いた室内試験ではそのような下地の強度低下は考慮されていないと考えられる。コンクリート開水路の被覆材料の付着性の品質評価試験は K 561 が適用されている理由としては, 試験基盤が実際の被覆工の下地と同材料のコンクリート板のためと筆者は考えている (モルタル板に比較すれば, コンクリート板の方が実際の供用環境に近い)。

(2) 鋼製付着治具

K 561 では円板状 (内径 ϕ 50mm 以上) の付着鋼製治具を使用する。K 531 では 40 × 40mm 角の板状付着鋼製治具を使用する。切り込みについては, K 561 ではコンクリート用コアドリルで円形の切り込みを入れるが, K 531 ではコンクリートカッタを用いて井桁状に切り込みを入れる。このように付着子の形状と切り込み方法の違いが 2 つの試験方法の最も大きな差異である。表面被覆工の施工時の付着性の品質管理試験が K 531 に準拠しているのは, 実務ではコンクリートカッタが入手し易いこととそれを用いた切り込みの作成もコアドリルに比べると容易なためと筆者は考える。

(3) 単軸引張試験装置

表 - 2 に示すように室内試験を基本とする K 561 および K 531 では単軸引張試験装置として万能試験機を用いる。一方, 現場試験である施工後の付着強度試験では, 機材の入手しやすさ, 取り扱いの容易さから建研式引張試験機, 建研式引張試験機に準拠する試験機, 日本建築工学会認定の油圧式簡易試験機など多くの試験機が使用されているのが実情である³⁾。単軸引張試験機の一例として, 農研機構が保有する建研式の改良型引張試験機を写真 - 1 に示す。写真 - 1 には 40mm 角の鋼製引張治具も示す。

実務では, このようにいくつかの種類の単軸引張試験機が使用されている。数種類の試験機を用いることは, 試験機間の仕様の違いによる精度のばらつきや系統的誤差の混入の可能性があり, 理想的には機器を 1 種類に統一することが望ましい。しかし, 実務では機器の入手のし易さや取り扱いの容易さも品質管理業務を行う上での重要な条件と筆者は考える。精度の高い機械がなければ試験ができないという方針でなく, 手持ちの機器を有効利用するという方針が望ましいと筆



写真 - 1 単軸引張試験機 (建研式改良型)

者は考える。ただし, 手持ちの機械を有効利用する場合も機器の校正を行い, 正しい使用方法に基づき試験を行うことは言うまでもない。現場における付着強度試験の留意点について次節で述べる。

2.3 付着強度試験における留意点

現場における付着強度試験 (試験 2, 3) の留意点について以下に示す。

- ①単軸引張試験機の種類, 型式を記録する。これは, 後々のデータを評価する際に必要となる。
- ②単軸引張試験機は少なくとも 2 ~ 3 年に 1 回は校正した校正済みのものを使用する。試験機の種類にこだわるより正確さにこだわりたい。
- ③被覆後の付着強度試験では, コンクリートカッタを用いて, 下地に 2 ~ 3 mm カッタが確実に貫入するように切り込みを入れる⁸⁾。
- ④鋼製治具を偏心に注意して, 面と垂直方向に引っ張る。偏心すると荷重が極端に低下する。特に側壁を対象とした試験を行う場合は, 機器のセットが難しいため, 偏心せずに載荷できたのか確認することが重要である。
- ⑤文献 1) でも施工後の品質確保のデータシートには付着試験の位置・環境を示す図が添付されているが, それに加えて右岸, 左岸, 水中, 気中などの試験位置に関するできるだけ詳しい記述があると後々のデータ分析に有用である。
- ⑥できるだけ, 試験数 n を多く取る。試験方法, 試験条件に何らかの不安があるときは, 試験数を増すことで平均的な意味で精度の向上が図られる。現場試験では, 多くの場合後からデータを得ようとしてもデータ取得が難しいため, ある程度余裕を持ってデータ数を確保することが有効なデータを得るために重要である。

2.4 付着強度に対する各機関の基準値

被覆工の品質規格は, 材料の付着性に関する基準値 (試験 1) と施工時の付着性に関する品質管理基準値 (試験 2) に分かれる (表 - 2)。農林水産省以外の各

機関においても表面被覆工法および断面修復工法に関する規格値が定められている。ここでは、各機関の基準値について整理する。

土木・建築分野では開水路のように摩耗した面は無機系表面被覆工法を適用することは稀である。そのため、開水路の無機系表面被覆工法と土木・建築分野の表面被覆工法と定義がやや異なる（土木・建築分野では、断面欠損があり被覆厚が5 mm以上と厚いものを断面修復工法と分類し、開水路では豆板、鉄筋腐食などで部分的に大きく断面欠損した部分を断面修復工法と定義しているようだ^{1)・3)・9)・10)}。筆者は開水路の無機系表面被覆工法は、土木・建築分野の表面被覆工法と断面修復工法の間位置するが、どちらかといえば土木・建築分野の断面修復工法の定義により近いと考えている（開水路においても底版部では5 mm以上の厚さの表面被覆を行うことは多い）。そこで、以下の考察では、文献3), 9), 10)については断面修復工法の部分を多く参考とした。

(1) 材料の付着性に関する品質規格値

表面被覆工法および断面修復工法に関する材料の付着性に関する試験方法は機関によって異なるが、K 531に基づくものが多い⁷⁾。また、促進劣化条件についてはK 561の環境負荷を採用する場合もある。促進試験条件下も含めて、各機関の被覆材材料の付着性に関する規格値は平均値で1.0 N/mm²、1.5 N/mm²のいずれかである場合が多い³⁾。農水省の開水路の被覆工の規格値（標準状態1.5 N/mm²）は他機関に比べるとやや厳しい側の値である。

このような規格値がどのような根拠に基づき設定されたかについて記述した文献はほとんど見当たらない。その中で、文献9)では「断面修復材の付着強度は、母材コンクリートと同等な性能を有していればよい」とし、付着強度の設定値として1.0 N/mm²（付着強度はJSCE-K 561（標準状態）に対するものである）を設定する考えを示している。筆者は「断面修復材の付着強度は、母材コンクリートと同等な性能を有していればよい」という考え方に同意する。ただし、あまりにも母材コンクリートが低強度でも問題があるので、下限は存在すると考える。さらに言えば、表層に求められる要求性能には強度も必要であるが耐久性（稠密性）がより重要と考えている。

文献9)では引き続き、この設定値として1.0 N/mm²を与える根拠としては、「これまでの施工実績から断面修復材の付着強度が1.0 N/mm²を超えていれば、総じて修復材と下地コンクリートの一体性に不具合が生じたことがないことから、最低限必要な付着強度と考えて1.0 N/mm²を設定した」と述べている。また、下水道などの厳しい環境におかれる場合は1.5 N/mm²以上が必要とされる場合もあると述べている。さらに、

付着試験方法についても、下地コンクリートの品質や下地処理状態が、付着強度に大きく影響をすること、そのため試験結果を評価するためには下地コンクリートの品質および下地処理状態を十分確認し、供試体の破断状態なども考慮した判定が必要だと述べている。

以上述べたように、各機関の規格値は理論的に明確に示された値ではなく、施工実績等から判断された経験的な値であると考えられる。また、入手した各機関の材料の付着性の規格値（標準状態）は概ね1.0 N/mm²以上であり、文献10)の記述も含めて、被覆材料の標準状態の付着性の規格値の下限としては1.0 N/mm²と認識されていると思われる。前にも述べたように開水路の被覆工の規格値（標準状態1.5 N/mm²）は他機関に比べるとやや厳しく設定されている。これは、開水路に被覆工が導入されて日も浅いこと、乾湿繰返しを受けるなど、土木・建築構造物と環境条件が大きく異なることなどが考慮されたものと推測される。また、現在、現場で使用されている断面修復材料の付着強度試験データ（開水路の被覆工のデータが整理されていないので代用した）を見ても、付着強度の範囲は1.6～3.4 N/mm²と農林水産省の規格値を十分クリアできる製品の製造が可能であり¹⁰⁾、実務上の問題はない。今後は、施工実績などから規格値の妥当性を検討することが望ましい（規格値を低減することにより、被覆材料のコストを大幅に低減できるなどのメリットがあれば良いが、1.0 N/mm²未満にするためにはなんらかの理論的あるいは統計的な根拠が必要と筆者は考える）。

この被覆材の付着性に関する試験がどのような意味を持つ試験であるかは、促進試験も含めて後ほど考察する。

(2) 施工後の付着性に関する品質規格値

表面被覆工法および断面修復工法に関する他機関の施工後の品質規格値に関する文献は少なく、現状では情報が十分入手できていない。そこで、工法は異なるが、被覆工と同じく建研式引張試験機を用いて単軸引張試験により施工後の品質管理を行うタイル工事の品質規格を例に施工時の品質規格値について考える。

タイル工事の施工後の品質規格値を表-3に示す。この品質規格はあと張りタイル工法を対象とする。あと張りタイル工法とは、張り付けモルタルを下地面に塗り、さらにタイルの裏面全体にも張り付けモルタルを貼りながら壁面に押しつけタイルを貼る工法である。なお、タイル工法では付着強度を接着強度と呼ぶが、以下では付着強度で統一する。

表-1の試験2と表-3を比較すると両規格値には以下の違いがある。

- ①タイル工法の付着強度の規格値（平均値）は0.4 N/mm²と被覆工にそれに較べかなり小さい。
- ②タイル工法では「接着境界」での破壊に着目し、

表-3 あと張りタイル工事の施工後の品質規格値¹⁾

適用	区分	試験方法	試験規準	接着強度及び破壊状況
陶磁器質 タイル張り の場合 (セメント モルタル 張り)	施工	単軸引張試験 接着力試験機による引張接着 強度を測定する。切り込みは コンクリート面まで達する者 とする。	試験材齢は強度が発現し たと思われるとき。 100m ² ごとに1個以上、 全体で3個以上とする。	0.4N/mm ² 以上、かつ、コンクリート下地の接着 界面における破壊率が50%以下

接着境界での破壊が卓越する場合(50%を超える)は不合格と判定している。このような判定基準は被覆工にはない。

③被覆工の規格値では、試験平均値以外に各試験値の下限を設定している。個別試験値の下限を設定することは結果的に施工のばらつきの管理が必要であることを意味する。

①については、将来的に被覆工の施工後の規格値を見直す際に有効な情報と考える。被覆工とタイル工では工法および環境が異なるが、タイル工での剥離による第三者影響度は被覆工に較べるとはるかに大きい。このような第三者影響度が大きなタイル工において0.4 N/mm²という品質規格値により施工管理が行われてきたという実績は重要であり、被覆工の施工後の品質規格値を低減できる可能性を示すと筆者は考える。前項で述べたのと同じく、施工後の付着性の品質管理規格値も現状ではその妥当性を理論的に示すことは困難と考える。今後は、現場における施工管理の実績を踏まえ、施工管理に用いるのに妥当な規格値に関する検討が必要と考える。

②については、タイル工法では破断面の位置を考慮した規格値を定めている。このような破断面を考慮した規格値の設定が被覆工でも必要であろう。

③については、個々の試験値に対する下限を規格値に設定するのはばらつきの管理としては有効であるが、現状の規格値としてはかなりハードルが高いと感じる。これについては説明が必要であろう。図-1は、施工後の底版の付着強度試験値の平均がちょうど1.0 N/mm²になると仮定した現場の付着強度試験値の分布を表す。分布は正規分布を仮定している。図-1の尖った分布は付着強度のばらつきが少ない現場、裾が広く扁平な分布は逆に付着強度のばらつきが大きな現場を表す。この図-1を用いて、表-1の試験2の底版の規格値「3個の試験値の平均値が1.0 N/mm²以上、かつ個々の試験値が0.85 N/mm²以上」の意味を考えると、この規格値の意味は図-1のグラフの斜線部(試験値が0.85 N/mm²未満となり不適合となる割合)をできるだけ小さくすることと同義となる(面積が小さくなると、0.85 N/mm²未満の試験値が出現しにくくなる)。ではどのようにしたらこの面積を小さくする

ことができるのであろうか? 答えは、①分布を右に移動(平均値を高める、図-1の実線の分布を右の点線の分布に移動するイメージ)し平均値を高める、②分布の幅を狭め、ばらつきを小さくする、ということになる。

少し試算を行う。図-1の分布を仮定し、品質管理として付着強度が0.85 N/mm²未満となる確率を5%未満に管理することにする(規格には付着強度が0.85 N/mm²未満となる試験値をどの程度まで制限するかについての記述はないが、ここでは一般にいうところの2σ管理(σは標準偏差)、つまり100回の付着強度試験を行うとき不合格を5回未満に抑えることを目指す)。被覆工の施工後の付着強度試験値のばらつきがどの程度かについては十分なデータがないが、筆者が現場で行った底版(n=21)および側壁(n=48)の試験結果からは変動係数に直すと50%程度であった。ここでは、付着強度の変動係数を小さい目に30%と仮定する。この場合の標準偏差は0.3 × 1.0 N/mm² = 0.3 N/mm²となる。詳細は省くが、個々の試験値が0.85 N/mm²未満となる確率を5%未満にするためには、図-1の分布を目標下限値の0.85 N/mm²から右側に2σ移動すればよい(平均値を高める)。すなわち、品質管理の規格値を満足するためには、付着強度の目標平均値を0.85 + 0.3 × 2 = 1.45 N/mm²として施工管理すればよいが、底版の被覆工でこの値をクリアするのはなかなか困難な現場もあるのではないか。一方、付着強度のばらつきを小さくする施工管理を行っても規格値をクリアすることができる。付着強度の平均値が1.0 N/mm²の場合は、付着強度試験値の標準偏差σを0.075

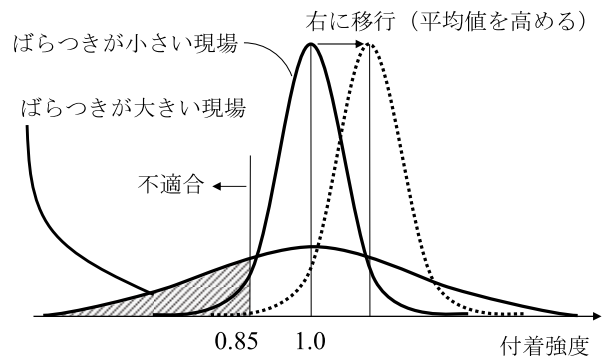


図-1 付着強度のばらつきと品質確保

N/mm² ($2\sigma = 0.15 \text{ N/mm}^2$ から) 未滿に, 変動係数に直せば7.5%未滿とするように施工管理すればよいが, 全国の生コン工場での圧縮強度の変動係数が15%程度であることを考えると, このような小さいばらつきの範囲に付着強度をコントロールするのは極めて困難であろう。

以上述べてきたように③に関して言えば, 表-1の試験2の規格値は現実にはかなり厳しめの基準値と思われる。技術の進歩に従って, これらの基準値も見直しが必要と考えるが, その際のポイントは以下の通りである。

- ①施工後の付着強度の「平均値」および「ばらつき」が被覆工の耐久性にどのように影響するのかを施工実績等から分析・評価する。このような評価を行うことにより, 施工実績に基づく耐久性の観点から見たより妥当な品質管理値(「平均値」と「ばらつき」)を定めることができる。
- ②被覆工の施工実績を分析することにより, 全国の被覆工での平均付着強度, 付着強度のばらつきを求めることができる。このような評価を行うことにより, 現状での被覆工の施工レベルに基づくより妥当な品質管理値の検討が可能となる。

3. 付着強度試験に関する考察

2章では, 現状の被覆工の付着強度試験方法および規格値について考察した。3章では, 付着強度試験結果をどのように評価すればよいか考える。

3.1 付着強さを決めるもの

— 界面破壊と凝集破壊 —¹²⁾

図-2に被覆工を下地コンクリートと被覆材に分けた2層モデルを示す。この2層モデルを仮想的に上下に単軸引張した場合の破壊形態を考える。破壊が生じる位置は, ①2つの材料の境界面, ②2つの材料の内部, となる。今回は, 簡単のために下地コンクリートは高強度であり破壊しないと仮定する。その場合, 図-2に示すモデルの破壊箇所は, ①材料の境界面, ②被覆工の内部, となる。これからは, 界面で生じる破壊を「界面破壊」, 材料内部で生じる破壊を「凝集破壊」と呼ぶことにする。単軸引張試験から求まる付着強度はこの「界面破壊の強度」と「凝集破壊の強度」の大小関係により決まると考えられる。つまり, 界面の強度が凝集破壊の強度より大きい場合は, 付着強度は界面破壊の強さの指標となる。逆の場合には付着強度は材料の凝集破壊の強さの指標となる。このように, 破壊箇所の違いにより試験値の物理的な意味が異なっている。このことが, 本報の冒頭で述べた「被覆工の付着強度試験値が被覆工の真の付着強度を意味しない」の内容である。単純な2層モデルで考えた場合でも, 単軸引張試験から求まる付着強度は, 被覆工の「界

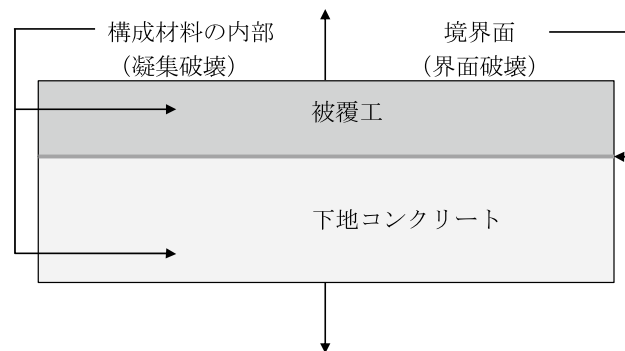


図-2 被覆工の破壊と破壊発生箇所の関係

面破壊」あるいは「凝集破壊」, もう少し複雑に考えれば両者の混合モードの破壊強度を意味することになり, 付着強度の評価を行う際には破壊形態を考慮することが必要であることがわかる。複数の材料から構成される多層の被覆工の破壊形態はさらに複雑になる。しかし, 多層の場合も破壊の位置に着目すると評価を単純化できる。要は, 「界面で破壊するか」, 「材料内部で破壊するか」を着眼点にし, 破壊する場所を考慮した試験値の評価を行えば良いと考える。

3.2 材料の付着性に関する試験値の評価

前項で述べた付着強度試験の結果を「界面破壊」と「凝集破壊」とに区別し評価する考えを用いて, 2.1の(1)で説明した被覆材料の付着性に関する品質規格試験(K 561)の意味と目的について考える。

表-1に示すようにK 561に基づく試験では供試体に乾湿繰返し, 温冷繰返し等の環境負荷を与えた促進劣化試験を行う。試験の概要を図-3に示す。2.2の(2)で述べたようにこの試験で用いる試験基盤は水セメント比50%以下のかなり強度の高いコンクリート板である。試験の環境負荷としては乾湿(60℃気中⇔60℃水中), 温冷(20℃→-20℃→50℃)等を用いる。しかし, 繰返しサイクルは10回と少なく, この程度の環境負荷では試験基盤が強度低下する可能性は小さいと考えられる。つまり, この試験では試験基盤が強度低下を起こす可能性は小さい。このことを考慮すると, この試験は, ①環境負荷が被覆材料の凝集破壊に影響するのか, ②環境負荷が界面破壊に影響するのか, を確認するが目的と考えられる。すなわち, 温冷繰返し等の促進環境負荷を与え被覆材または界面

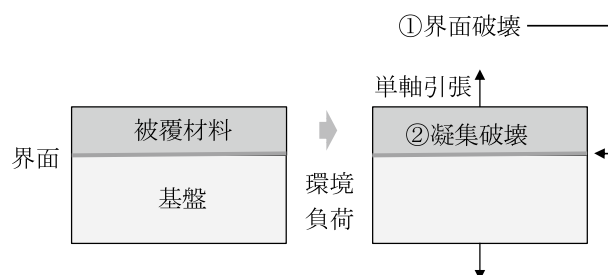


図-3 被覆材料の付着性に関する試験 (K 561)

の強度低下を確認する試験といえる。

上に述べた考察を基に、材料の付着性に関する品質確認試験値の破断状況を考慮した評価の仕方について、破断状況を以下に示す3パターンに分け考察する。

- ①基盤破壊（付着強度試験値は品質規格値を超える）：試験基盤に発生した引張応力が基盤の引張強度を超えたために基盤破壊したと考えられる。試験値が品質規格値ぎりぎりの場合は、試験基盤の品質自体に問題がないか確認する。試験値が品質規格値を大きく超える場合は、被覆材の強度および界面の強度は試験値以上とであるという評価になる。ただし、試験値が十分大きい場合でも、環境負荷後に供試体の破壊モードが特徴的に変化した場合（例えば試験値は規格値を十分超えるが、標準状態供試体では基盤破壊が卓越したのにもかかわらず乾燥収縮後の供試体で界面破壊が卓越する場合）には、その要因について検討を行うことが望ましい。
- ②界面破壊：試験値が品質規格値を超えた場合は界面の破壊強度は品質規格値以上と評価できる。ただし、環境負荷後の供試体に界面破壊が卓越するあるいは標準状態供試体に比較して試験値が低下するなどの場合は、環境負荷により界面の強度が低下した可能性が考えられる。この場合は、試験値が品質規格値を超えたとしても、環境作用による界面強度の低下の要因を検討することが望ましい。
- ③凝集破壊：試験値が品質規格値を超えた場合は被覆材料の破壊強度は品質規格値以上と評価できる。ただし、環境負荷後の破壊モードとして凝集破壊が卓越し、標準状態試験の試験値が低下する場合は、環境負荷により被覆材料の強度が低下した可能性も考えられる。界面破壊の場合と同様に、試験値が品質規格値を超えたとしても、環境作用

による被覆材料の低下の要因を検討することが望ましい

3.3 施工後の付着性に関する試験値の評価

施工後の被覆工の付着性に関する現場試験（表-1の試験2,3）に対する破断状況を考慮した評価方法について考察する。

施工後の付着強度試験では図-4に示すような4箇所所で破壊が生じるとモデル化する。参考のため、図-4にはそれぞれの破壊状態に対応する破断面の一例を画像にて示した。図-4に示すように、破壊箇所としては、界面破壊（①治具界面、③被覆材-下地界面）が生じる箇所と凝集破壊（②被覆材、④下地）が生じる箇所に分かれる。前項の考察と異なるのは、現場では下地コンクリートの強度が被覆材の強度および他の界面強度より小さくなる場合も想定される点にある。

（1）被覆工を対象とした付着強度試験

施工後の被覆工の付着強度試験を対象とした破断状況とその評価の一例を表-4に示す。表-4の中で注意が必要なのは、「④下地の凝集破壊」の中で試験値が品質管理値未満となる場合である。この場合の試験値は下地の破壊強度を表すと考えられる。つまり、被覆材および被覆材と下地の界面の破壊強度が十分得られているにもかかわらず下地の強度が小さいため試験値が規格値を下回る可能性がある。下地に起因するこのような破壊状況は、文献9)に示された「断面修復材の付着強度は、下地コンクリートと同等な性能を有していればよい」という条件には合致するが、この条件のみで補修の効果が期待される期間中で被覆工の要求性能が満足されるかについては現状では不明である。下地の強度不足が原因と推測されるこのような破壊状況に対して、将来的な被覆工の一体性の評価をどのように行うかについては今後検討が必要な課題と考える。筆者の考えとしては、付着試験において下地コンクリートの凝集破壊が卓越する（②被覆材の凝集破壊

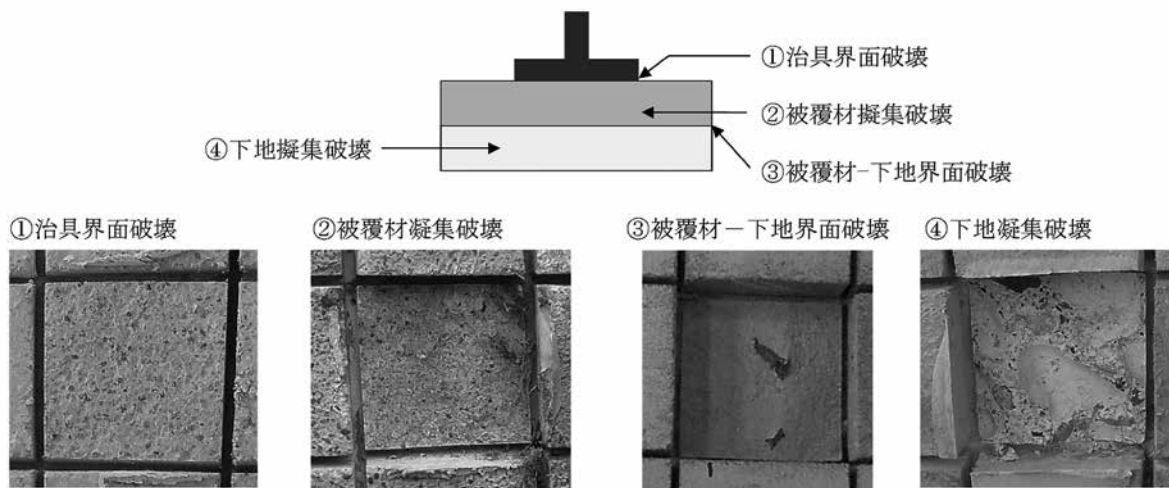
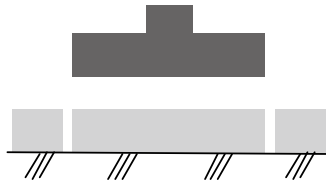
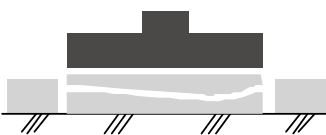
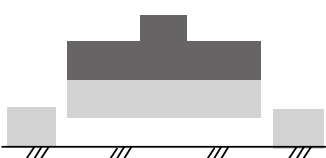
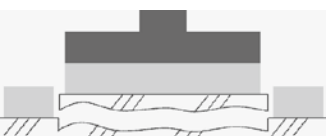


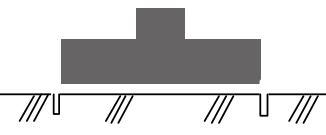

図-4 施工後の付着強度試験における破断位置と破断状況の一例

表-4 施工後の付着強度試験における破断状況と評価の一例（被覆工）

破壊箇所・状況	試験値と品質規格値との比較	評価	備考
①治具界面での破壊（治具の剥離） 	品質規格値未満	①被覆材表層部に弱層などの存在が考えられる。 ②治具の接着方法に問題がある（治具表面の油、汚れ、使用接着剤の硬化不足、接着剤の適用外使用） ③被覆材表面の条件：水分、汚れ、ひび割れ等の影響が考えられる。	鋼製治具界面での破断が頻発する場合は、品質規格値以上の値が得られたとしても、試験方法が適当であるかという観点から、治具界面での破断を少なくするための要因分析、対策の検討が望ましい。
	品質規格値以上	①被覆材、被覆材と下地の界面、下地の破壊強度は試験値以上	
②被覆材の凝集破壊 	品質規格値未満	①被覆材の強度不足が考えられる。 ②被覆材の配合、練り混ぜ、塗布、左官作業、養生（乾燥・温度）などについて原因の検討が必要	品質規格値ぎりぎりでも合格となった場合は、凝集破壊が卓越する要因について検討が望ましい（将来的な強度低下などを考えると）
	品質規格値以上	①被覆材の破壊強度は試験値以上 ②被覆と下地界面の破壊強度は試験値以上	
③被覆材と下地の界面での破壊 	品質規格値未満	①界面の破壊強度不足と考えられる。 ②下地処理不足（洗浄水分、弱層を取り除けていない、凹凸）の影響が考えられる。 ③界面処理の不足（汚れ、水分、プライマー処理、水浸し処理等）	品質規格値ぎりぎりでも合格となった場合は、界面破壊が卓越する要因について検討が望ましい（将来的な強度低下などを考えると）
	品質規格値以上	①被覆材と下地の界面の破壊強度は試験値以上	
④下地の凝集破壊 	品質規格値未満	①下地全体の破壊強度が小さい。 ②下地表層部に脆弱層が存在し、破壊強度が小さい。 ③被覆材の破壊および被覆材と下地の界面の破壊強度は試験値以上。	被覆材および被覆材と下地の界面の強度はこの結果から直接的にはわからない
	品質規格値以上	①被覆材、被覆材と下地の界面の破壊強度は試験値以上	

注) 文献(6) を参考に作成した。

表-5 施工後の付着強度試験における破断状況と評価の一例（下地）

破壊箇所・状況	試験値と品質規格値との比較	評価	備考
①治具界面での破壊 	品質規格値未満	①下地表層部に弱層などの存在が考えられる。 ②治具の接着方法に問題がある（治具表面の油、汚れ、使用接着剤の硬化不足、接着剤の適用外使用） ③下地表面の表面条件：水分、汚れ、ひび割れ等の影響が考えられる。	鋼製治具界面での破断が頻発する場合は要因分析、対策の検討が望ましい。
	品質規格値以上	①下地の破壊強度は試験値以上	
②下地の凝集破壊 	品質規格値未満	①下地全体の強度不足が考えられる。 ②下地表層に脆弱層が存在する。	下地の破壊箇所を考慮した原因の検討が重要
	品質規格値以上	①下地の破壊強度は試験値以上	

壊や被覆材と下地との界面破壊が起こる確率が低い場合は、下地コンクリートの破壊強度に下限値を設け、品質規格値とするのが一つのアイデアと思う。この場合、下地コンクリートに求める強度の限界値を設定する必要があるが、現状の規格値よりは小さくかつタイル工法の付着性の規格値である 0.4 N/mm^2 以上の範囲で施工実績を勘案し検討する方向がまずは考えられる。

(2) 下地を対象とした付着強度試験

施工時における下地の付着強度試験を対象とした断状況とその評価の一例を表-5に示す。下地コンクリートの付着強度試験は下地処理後に行われるのが一般的であるが、下地コンクリートの状態によっては、①治具界面での破壊が発生しやすい。特に次のような場合は、下地処理を含めて検討が必要となる。

- ①下地コンクリートの表層に脆弱部が存在する場合（薄皮状に膜が生じる場合は目視でも判別できるが、摩耗劣化等により自然に表層が脆弱化しているときは判別がつきにくくかつ脆弱層の深さを求めることが難しい）
- ②摩耗による下地コンクリートの凹凸が大きな場合
- ③下地コンクリートの骨材粒径が大きな場合
- ④底版等の下地コンクリートの水分量が多く接着剤の硬化不良を生じる場合。
- ⑤冬期施工などにより、気温が低く接着剤の効果不良を生じる場合。

4. おわりに

本報では、被覆工の付着強度試験の意味と試験値の評価方法について、試験時の破断状況を考察した評価を行うことで、試験結果の評価を行う方法について考察した。すなわち、被覆工の付着試験結果での破断状況を「材料内の凝集破壊」と「材料間の界面破壊」に分けて評価することで試験値の物理的な意味を明確に捉えることができると考える。ただし、今回の考察は基本的な破壊状況の整理に留まったものである。実際の現場の付着試験では、「凝集破壊」と「界面破壊」が同時に発生するいわゆる混合モードによる破壊状況が多々生じる。このような混合モードの試験結果をどのように評価するかについては、今後の検討課題である。また、今回の報告では、実際の現場試験結果を示すことができなかったが、これらのデータについても機会があれば報告したい。

本文でも一部触れたが、施工後の付着性の品質管理試験結果はばらつきも多く評価も難しい。また、規格値自体やや厳しめな値が設定されている面もあると考える。これらの試験方法および規格値をより妥当なものにしていくためには、全国での施工試験の結果等を整理・分析し、現状の技術水準での被覆工の付着強度

の平均値やばらつきとしてどの程度の値が得られかを明らかにしていくことが重要と考える。全国的な被覆工に関する施工後の付着強度に関する平均値等が明らかになれば、今後の被覆工の現場では全国平均値と現場での試験値を比較することにより、対象とする現場環境・状況の難易を評価することができる。現場の難易度が明らかになれば、難易に合わせた適切な対策を立案することができると思う。全国で施工されている被覆工の様々な施工管理データをうまく活用し、より低コストで長寿命な補修工法に関する研究・技術開発が進むことを期待する。

謝辞：本報のアイデアは、筆者が参画させて頂いた農水省のストックマネジメント関係の委員会の議論の中から生まれた。委員会に参画された関係各位に対して、ここに記して、深く感謝の意を表します。

【引用文献】

- 1) 農林水産省 (2013) : 農業水利施設の補修・補強工事に関するマニュアル【開水路補修編】 (案)
- 2) 農林水産省 (2015) : 農業水利施設の長寿命化の手引き
- 3) 国土交通省近畿整備局 (2009) : コンクリート構造物 (水中部) の表面保護材料選定の手引き (案) 資料集
- 4) 土木学会 (2013) : 表面被覆材の付着強さ試験方法 (案) (JSCE-K 531-2013)
- 5) 土木学会 (2013) : コンクリート構造物断面修復材の試験方法 (案) (JSCE-K 561-2013)
- 6) セメント協会 (2011) : セメント系補修・補強材料の基礎知識 (第2版), 技報堂出版株式会社
- 7) 山田卓司 (2014) : コンクリート構造物に用いられる表面被覆工法の耐久性評価手法に関する研究, 京都大学博士論文
- 8) 川上昭彦他 (2015) : 切り込み深さが引張荷重強度に及ぼす影響について, 平成27年農業農村工学会大会要旨集, 690-691
- 9) 土木学会 (2005) : 表面保護工法設計施工指針' (案) [工種別マニュアル編], コンクリートライブラリ119
- 10) 土木学会 (2005) : 表面保護工法設計施工指針' (案), コンクリートライブラリ119
- 11) 国土交通省: 公共建築工事標準仕様書 (建築工事編) 平成28年度版, 129-130
- 12) 高田忠彦 (2000) : 接着の科学 (TSS文化大学講演資料), <http://home.hiroshima-u.ac.jp/masters/TSS-gakumon-sanpo/24-8-takada.pdf>.

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28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

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して下さい。

〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4 農業土木会館内, 農業土木技術研究会

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) として下さい。なお, 写真・図・表はヨコ8.5cm×タテ6cm大を288字分として計算して下さい。

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て下さい。数字はアラビア数字 (3単位ごとにカンマ (,) を入れる) を使用して下さい。

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データ等にて提出して下さい。

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付して下さい。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下さい。

※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して下さい。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定して下さい。

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して下さい。

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下さい。

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 (ブイ) 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いて下さい。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさけ, どちらかにして下さい。

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して下さい。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”と明示して下さい。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任して下さい。

13. 掲載の分は原稿料が支払われます。

14. 別刷は, 有料になります。

15. CPDの登録が可能です。1ページ10CPD, 上限40CPDとなります。申請 (本人) に当たっては, 証拠書類 (論文, 掲載号の表紙, 目次) が必要となります。

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

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（178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

「ダムカレーをご存じですか」
みなさんは“ダムカレー”なるものをご存じですか。
“ダムカレー”とは、その名の通りダムをモチーフにしたカレーです。
ごはんは堰堤、カレーは貯水池を表現しています。
日本ダムカレー協会によると2009年頃から全国的に増え始めたそうです。
もちろん土木技術者ではなく、料理人（食堂のおばちゃん？）によって築堤（調理）されるものですが、驚く事なかなかなか精度の高い造形美をなしています。
アーチダム・フィルダム・重力式コンクリートダム……。中には福神漬け等を駆使して、放水路などを表現しているものもあります。
とは言いつつも、ダムに詳しいK係長曰く、「これは〇〇ダムとしては不適切。再現できていない！」と厳しいコメントも。
いずれにしても、なかなか馴染みのないダムがこのような形で親しまれることは良いと思いますし、「ダムカード」との連携でもっと親しまれるようになればと思います。

なお、我々農業土木技術研究会会員の皆様が携われてきた農業用ダムでも“ダムカレー”を作成しているところもあるようです。

“ダムカレー”の多くは、ダム造成地の近くの食堂等で用意されているようですので、実物のダムを見学に行きながら、“〇〇ダムカレー”を食べに足を運んでみてはいかがでしょうか。

最後に、この編集後記が掲載されているページの上半分は、「水と土」通信となっております。本号で興味を持たれた報文、本号の編集についてのご意見、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送り頂きますと、今後の編集方針の参考となります。読者の方々のご興味に添える会誌にするため、ご意見等を反映させたいと考えております。

今後の本会の発展、会誌「水と土」の活性化のためにも、こちらにもご意見・ご感想をお送りいただき、ご協力頂きますようお願いいたします。

（農村振興局整備部設計課 吉野英和）

水と土 第178号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

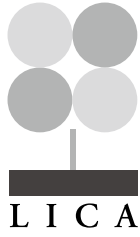
印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

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



大地に刻む農の文化
.....

一般社団法人 土地改良建設協会

Land Improvement Construction Association of Japan

会 長 宮 本 洋 一

専務理事 齊 藤 政 満

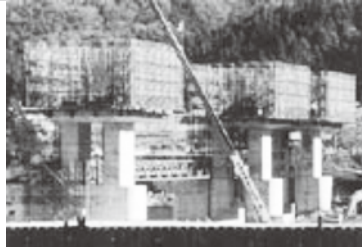


土地改良事業
の推進



土地改良事業の
建設工事に関する
広報活動

工事施工技術に
関する
調査研究



公共事業の
円滑な実施
に関する
調査研究



〒105-0004 東京都港区新橋 5-34-4 (農業土木会館)

TEL 03-3434-5961 FAX 03-3434-1006

<http://www.dokaikyo.or.jp/>

ダイプラハウエル管[®] (高耐圧ポリエチレン管)

信頼性の高い、本埋設管として様々な公的機関で認可されています。

規格

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)

NETIS

国土交通省 新技術登録 (NETIS CB-980025-V) カルバート工
(NETIS CB-980024-A) 柔構造樋管
22年度・23年度 準推奨技術 新技術活用システム検討会議 (国土交通省)
「ダイプラハウエル管による道路下カルバート工の設計・施工方法」

道路基準

日本道路協会 道路土工 カルバート工指針
日本道路公団 設計要領第二集カルバート編
農林水産省 土地改良事業計画設計基準 (農道)
林野庁(日本林道協会) 林道必携 技術編

電気技術規定

J E S C 水力発電設備の樹脂管 (一般市販管) 技術規定

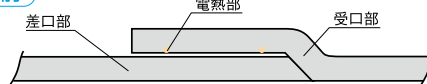
農業用水のパイプラインに！

管路の一体化による継手部の信頼性！

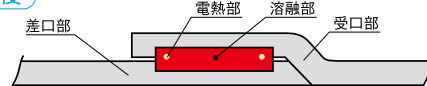
EF継手は電熱線の通電により溶融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

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

dp 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.06-6453-9285 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.daip्ला.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) 092-475-1350 鹿児島(営) 099-227-1577