

水と土

No. 172

2014
JULY

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



①水路底のレベル測量概況



②クレーン付き台船による新材設置



③ 岡島頭首工全景写真



④ 完成後の伊太発電所



⑤ 鴉ヶ島頭首工

水と土

Contents

2014 JULY No.172

◆報文内容紹介	3
◆会員向けに「水と土」のWeb検索サービスについて	4

□巻頭文

ナレッジマネジメントによる技術の普遍化	青山健治	7
---------------------	------------	---

□報 文

キーワード

大型フルーム	北海幹線用水路の応力解析について	山田樹予成・中島敬太郎・池下裕幸	8
補修工法	水窪ダム捨石改修工事について	渡邊勇浩	14
パイプライン	砂質地盤(高地下水位)におけるパイプライン基礎の液状化対策の検討について	新井尉介	20
小水力発電	大井川用水を利用した小水力発電施設「伊太発電所」について	鈴木 登	24
グラウチング	市野新田ダムにおけるグラウチング試験の概要	壽時正伸	31
耐震補強	岡島頭首工における堰柱の耐震補強工事について	吉田知永	37
設計VE	貴志川サイホンその4改修工事の施工について	中井 雅・大亦昌史・安部芳和	42

□歴史的土壌改良施設

大江用水路沿革	佐藤 浩	49
---------	------------	----

□技術情報紹介

水田冠水に伴う水稻被害量を推定するための模擬冠水試験法 - 試験手法の提案と水稻減収尺度策定の試み -	皆川裕樹 増本隆夫 名和規夫 吉田武郎 工藤亮治 北川 巖	52
--	-------------------------------------	----

◆会告	59
-----------	----

◆投稿規定	60
-------------	----

◆入会案内	61
-------------	----

- 表紙写真●
- ① 報文「北海幹線用水路の応力解析について」より (P.12)
 - ② 報文「水窪ダム捨石改修工事について」より (P.18)
 - ③ 報文「岡島頭首工における堰柱の耐震補強工事について」より (P.38)
 - ④ 報文「大井川用水を利用した小水力発電施設「伊太発電所」について」より (P.25)
 - ⑤ 歴史「大江用水路沿革」より (P.50)

水と土 第172号 報文内容紹介

北海幹線用水路の応力解析について

山田樹予成 中島敬太郎 池下裕幸

北海幹線用水路は約80km、水路幅は最大14mから6.3mとなる大規模な断面をもった水路である。水路幅の変化に伴い、フルーム形式と分離型形式の2つの適用が経済性と合理性から考えられる。後者の形式では作用する外力に対し、その挙動や内部発生応力の検証が重要である。一連期間において、土圧、間隙水圧、水位等の計器と内部応力を推定するための鉄筋ひずみ等による指示値を分析し水路の構造的安定性を確認したので報告する。

(水と土 第172号 2014 P.8 企・計)

水窪ダム捨石改修工事について

渡邊勇浩

山形県米沢市にある水窪ダム(中心コア型ロックフィルダム)は築造から40年近くが経過した基幹水利施設であり、老朽化が著しいことから国営かんがい排水事業米沢平野二期地区として各種補修工事を実施している。

本稿は米沢平野二期地区において実施した水窪ダム堤体ロック材の劣化部補修に係る、機能診断から補修工事までの実施事例を紹介するものである。

(水と土 第172号 2014 P.14 設・施)

砂質地盤(高地下水水位)におけるパイプライン基礎の液状化対策の検討について

新井尉介

高地下水水位で砂質地盤条件下における農業用パイプラインの液状化対策の検討を行い、適用工法について提案する。

(水と土 第172号 2014 P.20 設・施)

大井川用水を利用した小水力発電施設「伊太発電所」について

鈴木 登

本事業では、農業用水路の改修にあわせて本地区の農業水利施設の維持管理費の低減を図るため、落差工を利用した再生可能なクリーンエネルギーである「小水力発電」を行う発電所の建設を行い、H25年6月に完成し7月から供用開始している。

(水と土 第172号 2014 P.24 設・施)

市野新田ダムにおけるグラウチング試験の概要

壽時正伸

本稿は、北陸農政局が新潟県柏崎市において建設中の市野新田ダムにおけるグラウチング試験について報告するものである。

本ダムの基礎地盤は、割れ目が少なく変形性が大きい軟岩であり、最も一般的かつ経済的なステージ工法によるグラウチングが困難であると懸念されてきた。

このたび、グラウチング試験を行いステージ工法の適用可否を確認したので、試験の計画、経過、及び結果を報告する。

(水と土 第172号 2014 P.31 設・施)

岡島頭首工における堰柱の耐震補強工事について

吉田知永

岡島頭首工について行った耐震検討から、第1堰柱及び第4堰柱についてせん断耐力が不足したため、せん断補強鉄筋を施工する事としたが、本報文では、平成25年度に施工した第1堰柱に対する施工事例を紹介するもの。

なお、「水と土 第165号 2012」で調査・設計として報告した「岡島頭首工の耐震対策の検討について」の施工編を報告するもの。

(水と土 第172号 2014 P.37 設・施)

貴志川サイホンその4改修工事の施工について

中井 雅 大亦昌史 安部芳和

国営大和紀伊平野土地改良事業で改修することとなった貴志川サイホンの工事は、河川を横断する約160mのφ800のダクタイル鋳鉄管の設置と既設管の撤去を非出水期(10月15日～3月31日)の間に行う必要のある工事である。このため、左右両岸からの工事用道路・仮設ヤード造成や河川内仮締切工、鋼矢板打設等の仮設工等の施工管理に工夫を要した。そこで、近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所では、工事の施工前にインハウス型設計VEを実施しコスト構造も含めて施工計画の改善を検討した。本報では設計VEの結果及び本工事の施工経過と結果について報告する。

(水と土 第172号 2014 P.42 設・施)

<歴史的土壌改良施設>

大江用水路沿革

佐藤 浩

大江用水路は、新潟県の中央部、見附市及び長岡市に位置し江戸前期に開削され、昭和30年代に県営事業により改修され、447haの水田に用水を供給しているが、築造から50年以上経過し老朽化が著しく、素掘隧道は内部の崩落・脆弱化が進行している。一方、山地排水を受け河川に排出する多面的機能を有しており、一刻も早い改修事業が必要となっている。

(水と土 第172号 2014 P.49)

<技術情報紹介>

水田冠水に伴う水稲被害量を推定するための模擬冠水試験法

—試験手法の提案と水稲減収尺度策定の試み—

皆川裕樹 増本隆夫 名和規夫 吉田武郎 工藤亮治 北川 巖

水稲の冠水被害量を推定するためには冠水条件と被害量の関係を表わした減収尺度の活用が有効である。その尺度策定のために不可欠な実証試験として、模擬冠水試験法を新たに考案した。本試験は実圃場内に試験区を設けることで水管理等の労力を減らし、複数の冠水条件を同時に発生するよう工夫している。実際に実施した試験結果より冠水による水稲生育への影響を詳細にみるとともに、収量調査結果を用いて減収尺度の策定を試みた。

(水と土 第172号 2014 P.52)

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26年3月現在、第1号（昭和45年）から第165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。

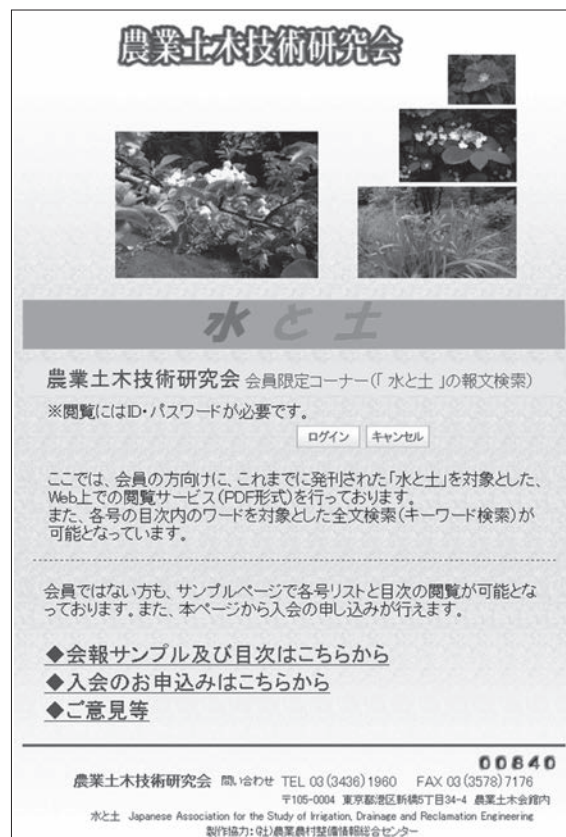


図-1



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
<hr style="border-top: 1px dashed #000;"/>				
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

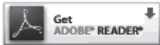
農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

○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

ナレッジマネジメントによる技術の普遍化

青山 健治*
(Kenji SEIYAMA)

我々は一匹狼の技術屋ではない。農業農村整備に携わる技術者集団（組織）の一員である。

技術は、技術者または技術者集団のたゆまぬ努力や、日々の経験（「挑戦」と言い換えることが出来るかもしれない。）の積み重ねにより進化（深化）していくものと考え。一方で、国・地方ともに財政は厳しく、近年は公共投資の総額が抑制傾向にあることから、技術者の経験の「場」もそれに比例して減少している。しかしながら、我々は農業農村整備に携わる組織の一員であり、決して個人商店や一匹狼ではない。様々な場で、意識している、していないに関わらず、組織の仲間に支えられながら課題解決に向けて取り組んでいる。

本会のような集まりにより、一人ひとりの技術者の経験が共有化され組織全体の技術として普遍化される仕組みは、現在のように「場」が限られた時代であるからこそ意義あるものと考え。即ちナレッジマネジメント（個人の持つ知識や情報を組織全体で共有化・明確化し、有効活用すること。）である。

中国四国農政局管内の香川県では、既設の農業用水路を管更生工法や表面被覆工法等を用いて改修する国営事業が実施されている。国営造成土地改良施設整備事業「香川用水地区」はこのうちの一つであり、平成21年の着工以来30億円の事業費を投じて平成25年度に完了している。

香川県に広がる讃岐平野においては、昭和43年度～55年度の間で実施された国営香川用水土地改良事業により東西分水工、幹線用水路等が造成され、これらを通じ地区内の優良農地へ吉野川を水源とする豊かな水が配水されてきたが、建設から約30年が経過したことから施設の老朽化等による機能低下が著しくなっていた。このため、農業用水の安定供給を確保することを目的とした「香川用水地区」が実施されたわけだが、この時に採用された工法の一つが管更生工法である。老朽化している既設管の中に更生材を挿入し、内部に新しい管を形成するという工法である。

もう一つの事業がある。国営かんがい排水事業「香川用水土器川沿岸地区」である。この事業は、平成20年度に着工し、既存コンクリート水路を主に表面被覆工法やレジンコンクリートまたはFRPMパネルによるライニングによって改修している。

これら事業の特徴は、ストックマネジメントの考え方にに基づき対策工事として全面更新ではない手法を採用しているということであろう。建設後の経年変化による機能低下により施設の再整備が必要になってきたこと、高度経済成長期に一斉に造成された施設が同時期に老朽化する中で再整備のために必要な予算の総額が増嵩してきたこと、財政状況が厳しくコストの抑制が必要なこと、施設建設後に生じた宅地化等の進行によって改修工法に制約があることなどから、これらの要請に応える形で新技術が開発され、土地改良事業の工法としても採用されてきた。

一方で、このような技術は、新設や全面更新の考え方にに基づく工法と比較すれば当然に組織全体では経験値が限定されたものになっており、一部の工事担当者が有する「経験」になっているのではないかと感じている。今後は、このような技術も多くの農業農村整備に携わる技術者または組織が有するものとして普遍的なものにしていく必要がある。また、それを実現する仕組みづくりが必要である。

ナレッジマネジメントとは、個人の持つ知識を組織全体で共有化・明確化する手法であるが、これより組織全体・組織の構成員である技術者一人ひとりの技術力を向上させ、将来に起こると想定される課題への対応能力をも高めることが可能になると考える。更に言えば、この「知識」は言語化・マニュアル化された形式知に止まらず、勘といった言語化が難しい「暗黙知」も含むかもしれない。

管更生工法や表面被覆工法等のまだまだ経験値の少ない技術の普遍化はナレッジマネジメントの一つの場である。この他にもナレッジマネジメントに取り組むべき場が我々の周りには数多くある。なかなか思っても具現化することは数少ないのであるが、一つひとつの仕組みづくり（仕掛け）が様々な場所で展開される必要があると考える。
(なお、本稿の内容や意見は執筆者個人に属し、農林水産省の公式見解を示すものではありません。)

*中国四国農政局整備部設計課

北海幹線用水路の応力解析について

山 田 樹 予 成* 中 島 敬 太 郎* 池 下 裕 幸**
 (Kiyonari YAMADA) (Keitarou NAKASHIMA) (Hiroyuki IKESHITA)

目 次

1. はじめに	8	4. 計測結果と考察	9
2. 用水路の挙動計測の方法	8	5. 設計条件と曲げモーメントの検討	12
3. 用水路の設計条件と構造断面略図	9	6. おわりに	13

1. はじめに

北海幹線用水路は赤平市に位置する北海頭首工より灌漑用水を最大 44m³/s で導水し、空知地域の砂川市、奈井江町、美唄市、三笠市、岩見沢市、南幌町の4市2町の農地約 17,000ha に送水する延長約 80km の長大で大規模な断面をもった水路である。当該水路は先行事業の「国営かんがい排水事業美唄地区 (S32～S54年度)」と「国営かんがい排水事業空知中央地区 (S54～H20年度)」により整備されたが、古いものでは水路本体の劣化が進んでおり、現在、「国営かんがい排水事業北海地区」により順次、更新整備を進めている。

水路の改修にあたり、最上流地域の水路では幅員 14m、側壁高 2.6m、最下流地域の水路は幅員 6.3m、側壁高 1.9m と、水路システムのなかで上流と下流で水路幅が倍以上の差となる。水路幅は長さとともに地盤反力等の外力により大きなモーメントが作用し、床版を厚くしたり、鉄筋量を増やしたりする必要があり、建設コストが高くなる。このため、水路幅が広い区間では、床版と側壁を縁切りした分離型水路を採用した(現行では水路幅約 10m を境に分離型水路と一体型のフルーム水路に採用を分けている)¹⁾。その設計の着目点の妥当性と実際の作用力や発生する内部応力を検証すべく土圧計、間隙水圧計、鉄筋ひずみ計等の計測機器による監視と分析を実施した。本報では調査区の水路の建設初期から冬期・融雪期・通水期・落水期の一連の期間の計測結果と構造的安定性の確認結果を報告する。

* 国土交通省北海道開発局札幌開発建設部
 岩見沢農業事務所第1工事課(Tel. 0126-22-1761)

** (現)農業水産部農業整備課水利第3係長
 (Tel. 011-709-2311)

(前)国土交通省北海道開発局札幌開発建設部
 岩見沢農業事務所第1工事課計画係長

2. 用水路の挙動計測の方法

(1) 計測機器の配置

図-1, 2に美唄工区一体型フルーム水路と赤平工区分離構造型水路での計測機器の配置を示した。

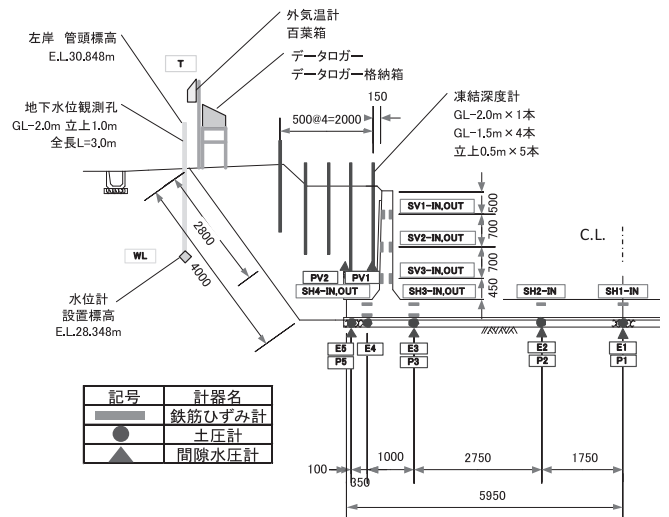


図-1 フルーム水路型式(美唄工区)での機器配置

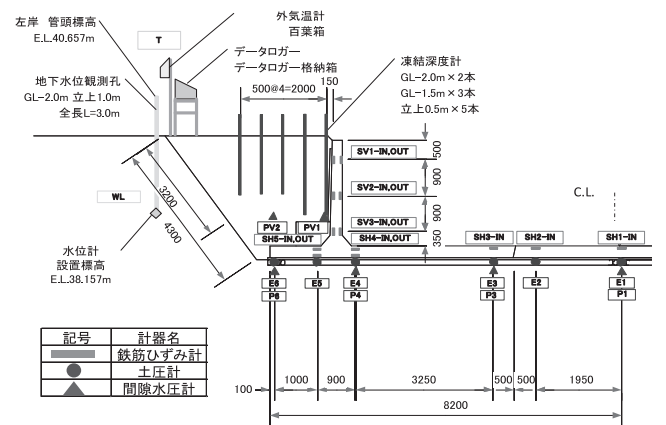


図-2 分離型水路(赤平工区)での機器設置

a. 鉄筋ひずみ計の配置

鉄筋ひずみ計（測温機能付き）の配置は、水路各部位に生じる曲げモーメントの逆推算ができるように、側壁部では3標高位置に内空側（- INと称する）と背面側（- OUTと称する）に配置し、床版・底版部（かかと部・つま先部）では適切な位置に、上面側（- INと称する）と下面側（- OUTと称する）の対、あるいは上面側のみ配置した。鉛直の側壁はSVシリーズ、水平な部材はSHシリーズと称した。

b. 土圧計・間隙水圧計・水位計の配置

床版・底版部に作用する地盤反力や浮力、側壁に作用する水圧の大きさと分布を確認するために土圧計と間隙水圧計を設けたほか、農地側（地山相当）の地下水位を計測した。

c. 凍結深度計・気象観測

側壁背後の凍結の様子や凍上力の解析のため凍結深度計を側壁背面に配置した。また、現地の気温等を把握するための気象観測ユニットを設けたほか、積雪時期には積雪の状態を適宜観測した。

その他、用水路の通水時と落水後の用水路のレベル測量等を行い、試験工区の地盤の状態を分析・評価した。

(2) 計測期間における事象の特徴

両工区の施工着手時期は異なり、美唄工区の試験区は平成23年の秋期末の10月末にRC打設を行い、赤平工区の試験区は床版を同年10月中旬に打設し、分離型である側壁部は初冬の同年12月上旬にRC打設を行った。計測は赤平工区の側壁部打設後から1時間置き自動計測とし、表-1のようにRC打設初期～積雪寒冷期～融雪期～通水期～落水期にわたって観測を行った（途中、一部欠測や落水時期での計測時間間隔を10分とした変更を含む）。本解析期間での用水路に生じる事象は表-1である。

表-1 計測や観察で分析する主な事象

外的環境の変化/時期 (イベント)	美唄工区		赤平工区	
	水平部位 ¹	鉛直部位 ²	水平部位 ¹	鉛直部位 ²
RC打設(全体、側壁部)				
・水和反応/乾燥収縮等 ・型枠脱型	緩やか収縮	自重影響大	緩やか収縮	自重影響大
背面埋戻し				
・背面土圧/水圧作用	浮力作用	背面圧作用	浮力作用	背面圧作用
積雪寒冷環境				
・雪底力作用 ・凍上力作用	(積雪荷重)	雪底力大 凍上力大	(積雪荷重)	雪底力大 凍上力大
融雪時環境				
・地下水位変化(浮力) ・背面土圧変化	浮力作用	背面圧	浮力作用	背面圧
通水期(水管理、水制御)				
・内水圧作用 ・地下水位変化	水重負荷	内外水圧	水重負荷	内外水圧
落水時期				
・内水位と間隙水圧 ・地盤変位(リバウンド)	浮力作用	内外水圧	浮力作用	内外水圧
		変位量と地盤反力		相対変位量と地盤反力
↓				
落水後～冬期まで		環境変化と挙動観察		

水平部位¹: 底版(全体)、水平部位²: 先行打設の床版、側壁下部のつま先部とかかと部
鉛直部位: 側壁の鉛直部分

表-1に示したように、①側壁の高さが高い場合では、打設直後のスランプ的な沈下量の大きさ把握、②大きな躯体での継続的に進む硬化収縮量の把握、③埋戻しにより初めて土圧を受けた場合の部材の内部応力の発生状況の把握、④積雪寒冷地特有の雪底力や凍上力による部材の内部応力の発生状況の把握、⑤水路利用時期や落水時期の地下水位（間隙水圧）と水路内水荷重とのバランスの把握、さらに、⑥これら各時期の計測値等の分析と水路型式による照査を通じて、設計条件とする地盤反力分布等や部材の構造的安定性を検証することが肝要である。

3. 用水路の設計条件と構造断面略図

用水路の特徴的な設計条件は次のようである¹⁾。

(1) 地盤反力の分布

図-1のようにフーチング部（かかと部）を有する一体打ちの水路の底版では、フーチング部を除く底版に一樣分布の地盤反力が発生する。

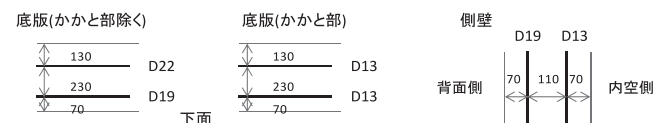
図-2のように分離型水路では、床版部は縁切りした自立構造とし、そのために、（自重+内水重）と地盤反力は均衡し、一体型のような大きなモーメントを想定しない。

水路内空虚時で床版底面から浮力を受ける場合に、側壁つま先部との突合わせ（傾斜面の突合わせ固定）による曲げモーメントを考慮する。

(2) 構造設計方法等

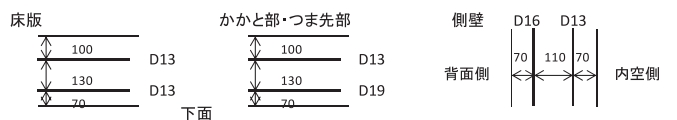
分離型水路の側壁（かかと部とつま先部を含む）は、逆T擁壁として構造計算するほか、床版に浮力が想定される場合では、そのつまさき荷重を考慮した安定計算を行った。

これらの条件や諸量から、図-3、4のような断面（縦断方向）の配筋で用水路を建設した。



* D22のみ鉄筋間隔は125mmピッチ、その他の鉄筋は250mmピッチ

図-3 フルーム型水路(美唄工区)の部材厚と鉄筋配置



* 鉄筋間隔は250mmピッチ

図-4 分離構造型水路(赤平工区)の部材厚と鉄筋配置

4. 計測結果と考察

(1) 鉄筋ひずみ計の計測結果概要

表-2、3にそれぞれフルーム型水路（美唄工区）と分離型構造水路（赤平工区）での鉄筋ひずみ計の指示値の変化を要約した。（慣例的な表現により、鉄筋

ひずみ計の指示値が小さくなる場合が収縮（圧縮）である。また、鉄筋計を応力として換算することなく、バイナリーデータのひずみ量として解析することが現象を理解しやすい。）

鉄筋ひずみの初期値を何時に置くかは課題があるが、RC打設1日後程度のスランプ的収縮後を初期値として、ひずみ量変化が比較的大きな計器（100 μ）を枠塗りしている。

表-2, 3では側壁部の鉄筋ひずみ量の変化が比較的大きく、また、フルーム型水路のかかと部（フーチング）下面側での伸張（引張）と側壁下部部の水路側での収縮（圧縮）が特徴的である。とくに側壁の-

IN, - OUT 対の収縮（圧縮）では、外力のほかに継続的な水と乾燥収縮が変動量に含まれることを理由に、問題と考えないが、対の一方側の収縮（想定外力の圧縮側、美唄工区 SV3 - IN）や伸張（引張、美唄工区 SH4 - OUT）には留意が必要である。

(2) 冬期の鉄筋ひずみ計の推移

各試験工区における積雪深と凍結深の推移を表-4に示した。美唄工区での凍結は側壁に近い領域に限られるが、冬期にいたっても工事を行った赤平工区では側壁背面の広い領域に凍結が見られた。凍上力・雪庇力が作用する冬期では、以下のような鉄筋ひずみの変化を得た。

表-2 フルーム型水路（美唄工区）の鉄筋ひずみ計指示値

時期(時間)	外的環境の変化 (イベント)	底版部位の鉄筋ひずみ(概数)・μ						側壁部の鉛直部位の鉄筋ひずみ(概数)・μ					
		SH1-IN	SH2-IN	SH3-IN	SH3-OUT	SH4-IN	SH4-OUT	SV1-IN	SV1-OUT	SV2-IN	SV2-OUT	SV3-IN	SV3-OUT
H23.10.28.13:00	コンクリート打設	1210	1890	870	10	-1060	-2035	550	-220	-2120	270	-2130	-390
H23.11.3.12:00	水和反応/乾燥収縮 側壁型枠脱型	不測	不測	不測	<-80>	<-1140>	<-2085>	<450>	<-330>	<-2260>	<110>	<-2240>	<-500>
H23.11.4.12:00	打設1週間後	1135	1815	795	-10	-1180	-2015	360	-380	-2300	30	-2330	-590
H23.11.12~13	側壁背面埋戻し												
H23.11.25.12:00	打設28日後	1235	1895	865	40	-1140	-2000	50	-400	-2530	70	-2580	-440
H24.3.31.12:00	積雪荷重 雪庇作用、凍上作用 (通常の)冬期終了	1175	1840	830	55	-1155	-1995	-100	-390	-2550	90	-2570	-410
H24.8.1.11:00	融雪 通水状態 水利用・水管理の状態反映												
H24.8.1.11:00	通水状態	1100	1780	795	25	-1125	-1985	-150	-520	-2560	-15	-2540	-470
H24.8.30.(17:00)	落水期(変化前)	1080	1765	790	25	-1125	-1975	-100	-495	-2550	-10	-2540	-475
H24.9.1.(20:00)	落水期(変化後)	1080	1755	750	15	-1130	-1985	-170	-525	-2635	-35	-2610	-490
現在	H24.10.24.14:00	1180	1850	820	10	-1130	-1980	-105	-485	-2665	-5	-2615	-495

凡例 水和反応/乾燥収縮(打設後1日)から100 μ 以上の変化

表-3 分離構造型水路（赤平工区）の鉄筋ひずみ計指示値

時期(時間)	外的環境の変化 (日時)	床版、側壁のつまさき部・かかと部の水平部位の鉄筋ひずみ(概数)・μ							側壁部の鉛直部位の鉄筋ひずみ(概数)・μ					
		SH1-IN	SH2-IN	SH3-IN	SH4-IN	SH4-OUT	SH5-IN	SH5-OUT	SV1-IN	SV1-OUT	SV2-IN	SV2-OUT	SV3-IN	SV3-OUT
H23.12.8.9:00	側壁打設	(-2330)	(-1360)	-100	-2110	80	-1135	-810	190	-1000	-1610	270	1320	210
H23.12.10.12:00	水和反応/乾燥収縮 型枠脱型			<-150>	<-2150>	<40>	<-1155>	<-830>	<40>	<-1090>	<-1770>	<100>	<1240>	<140>
H23.12.15.8:00	側壁打設1週間後	(-2345)	(-1360)	-140	-2100	100	-1145	-790	0	-1200	-1810	70	1230	140
H23.12.22	サイドドレーン埋戻し													
H24.1.5.8:00	側壁打設28日後	(-2340)	(-1330)	-40	-2010	180	-1080	-730	0	-1120	-1820	150	1260	250
H24.1.12.12:00	側壁背面大端埋戻し													
H24.3.31.23:00	積雪荷重 雪庇作用、凍上作用 (通常の)冬期終了	(-2340)	(-1320)	-70	-2055	185	-1070	-755	-30	-1075	-1775	210	1210	340
H24.4.30.14:00	(通常の)融解期現象 欠測	(-2390)	(-1350)	-120	-2090	140	-1095	-775	-150	-1170	-1950	145	1150	280
H24.5.8.14:00	通水開始 通水状態 水利用・水管理の状態反映	(-2360)	(-1325)	-120	-2090	120	-1100	-780	-130	-1180	-1920	135	1170	275
H24.8.1.10:00	通水状態	(-2405)	(-1360)	-220	-2210	20	-1160	-850	-270	-1360	-1980	0	1090	170
H24.8.30.(17:00)	落水期(変化前)	(-2405)	(-1360)	-225	-2220	15	-1185	-870	-270	-1365	-1990	0	1065	165
H24.8.31.(12:00)	落水期(変化後)	(-2400)	(-1360)	-225	-2220	10	-1185	-870	-280	-1375	-1990	-5	1070	160
現在	H24.10.24.10:00	(-2380)	(-1330)	-200	-2190	40	-1180	-850	-200	-1300	-2010	30	1120	185

凡例 水和反応/乾燥収縮(打設後1日)から100 μ 以上の変化

表-4 試験工区（赤平工区、美唄工区）における積雪深と凍結深

観測日	赤平工区						美唄工区					
	積雪深 (m)	凍結深度(m)					積雪深 (m)	凍結深度(m)				
		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
H23.12.23	0	0	0	0	0	0	0.70	0	0	0	0	0
H23.12.28	0	0	0	0	0	0	0.95	0	0	0	0	0
H24.1.6	0	0	0	0	0	0	1.00	0	0	0	0	0
H24.1.13	0	0	0	0	0	0	1.62	0	0	0	0	0
H24.1.20	0.08	1.40	1.40	1.35	1.35	1.50	1.40	0	0	0	0	0.05
H24.1.27	0.30	2.00	1.60	1.46	1.33	1.25	1.63	0.60	0.07	0	0.05	0
H24.2.3	0.27	2.00	1.52	1.32	1.24	1.16	1.40	0.69	0.20	0	0	0.05
H24.2.10	0.54	2.00	1.44	1.25	1.18	1.09	1.78	0.70	0.24	0	0	0.05
H24.2.17	0.75	2.00	1.42	1.22	1.16	0.77	1.83	0.79	0.36	0	0	0
H24.2.24	0.61	2.00	1.34	1.14	1.10	0.66	1.63	0.77	0.40	0	0	0
H24.3.3	0.52	2.00	1.32	1.13	1.06	0.62	1.53	0.81	0.43	0	0	0
H24.3.9	0.41	2.00	1.32	1.11	0.92	0.61	1.39	0.81	0.42	0	0	0

< 一体型フルーム水路 >

美唄工区では底版部 SH3 (側壁下部ハンチに近い水路側), および側壁の中位 SV2 と下位 SV3 にそれぞれ図-5, 6, 7 の鉄筋ひずみの推移がみられた。

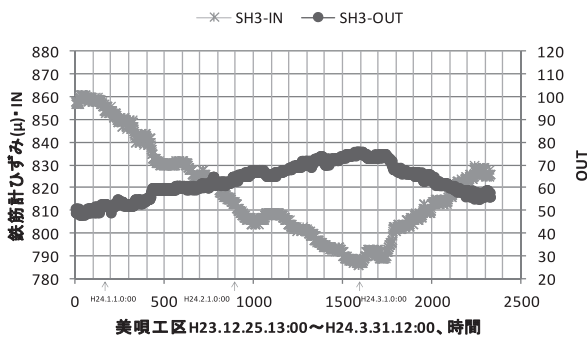


図-5 側壁に近い底版部位での鉄筋ひずみ変化

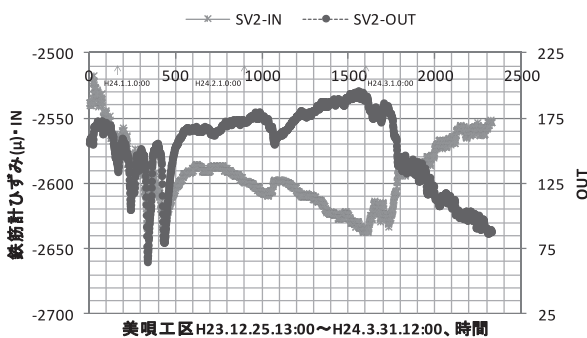


図-6 側壁中位SV2の鉄筋ひずみ変化

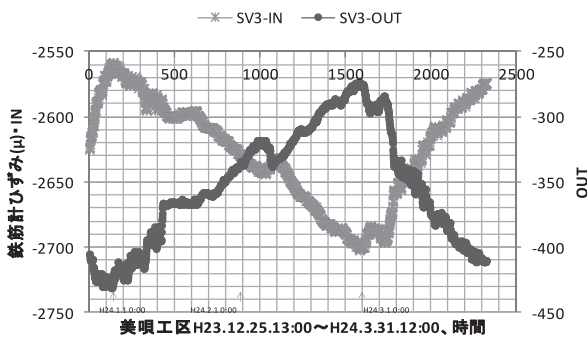


図-7 側壁下位SV3の鉄筋ひずみ変化

側壁上位では曲げモーメントが発現しないようであるが, 中位や下位の箇所では比較的大きな曲げモーメントが作用し, 水路側へと屈曲 (側壁背面で伸張 (引張), 水路側で収縮 (圧縮)) する応力が作用している。

また, 大きな曲げモーメントではないが, 側壁に近い部位の底版に, 上面側で収縮 (圧縮) と下面側で伸張 (引張) が生じているのが特徴的である。

< 分離構造型水路 >

赤平工区では床版には, 特徴的な変化は皆無であり, 側壁 (分離型擁壁) ハンチ部に近い底版部位 (水路

側, 背面側) と側壁下位において冬期の特徴的な鉄筋ひずみ変化を計測できた。側壁下部ハンチに近い水路側 SH4, 同背面側 SH5 および側壁下位 SV3 の鉄筋ひずみをそれぞれ図-8, 9, 10 に示した。

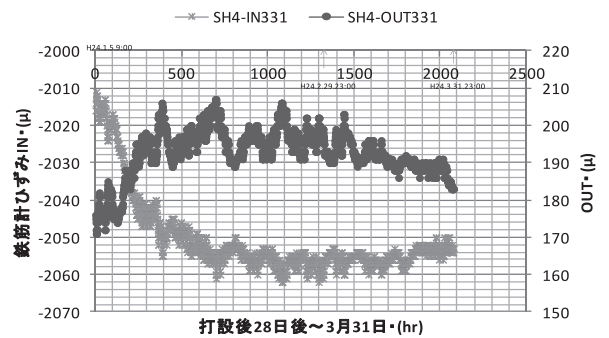


図-8 側壁に近い底版部位SH4の鉄筋ひずみ変化

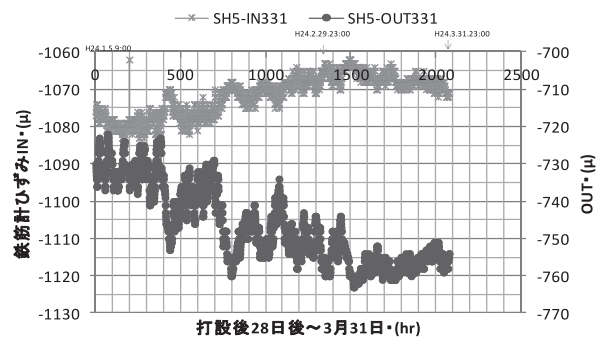


図-9 側壁に近い底版部位SH5の鉄筋ひずみ変化

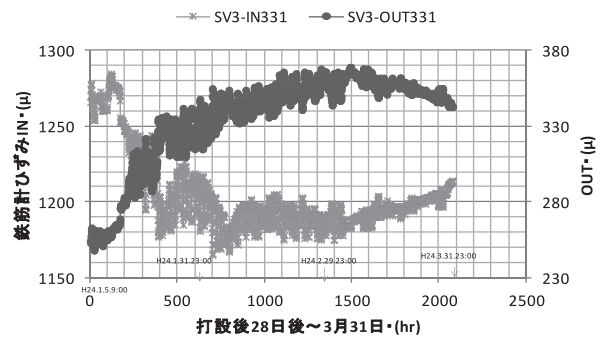


図-10 側壁下位SV3の鉄筋ひずみ変化

側壁下位において比較的大きな曲げモーメントが発現する。底版部においては, 水路側では内空側凹な変位 (上面側収縮 (圧縮), 下面側伸張 (引張)), 背面側では上面側が伸張 (引張), 下面側で収縮 (圧縮) となる逆T型の特徴が表れている。これらの鉄筋ひずみの変化量を使って, 後述の曲げモーメントの照査を行った。

(3) 地下水水位・間隙水圧・土圧の測定結果

赤平工区における通水時と落水時の水路躯体へ作用する浮力 (間隙水圧) の推移を図-11, 12 に例示した。

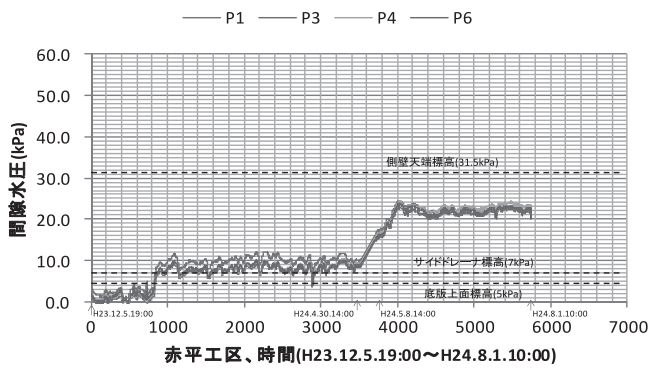


図-11 水路底部の間隙水圧の推移 (冬期～通水時期)

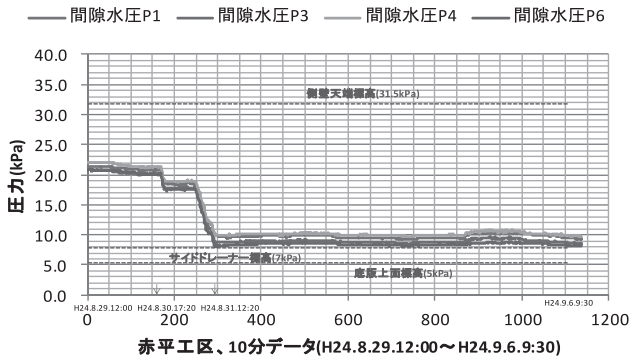


図-12 水路底部の間隙水圧の推移 (落水時期)

間隙水圧は地山の水位よりは、埋戻し断面内の水位に影響を受け、また、図-11、12のように断面内で等しい水圧が生じている。ほぼ水路内の水位変動に追従して、間隙水圧は発生する。また、落水後は図-12のように、間隙水圧はサイドドレーナ標高程度に低下する（美唄工区では、水路近辺の土地形状等の影響を受け、幾分高い位置水頭で残る。）。

美唄工区においても、間隙水圧の大きさは均等であることを確認した。

土圧（全応力）の測定は、受圧面に応力集中したりするなど測定では、設置と解析に留意が必要である。分離型構造水路（赤平）では、先行設置の床版と側壁（逆T擁壁）のつまさき部との隣接付近での土圧（地盤反力）の連続性が重要である。図-13は通水期の土圧分布の解析1例である。図-13では、かかと部の背

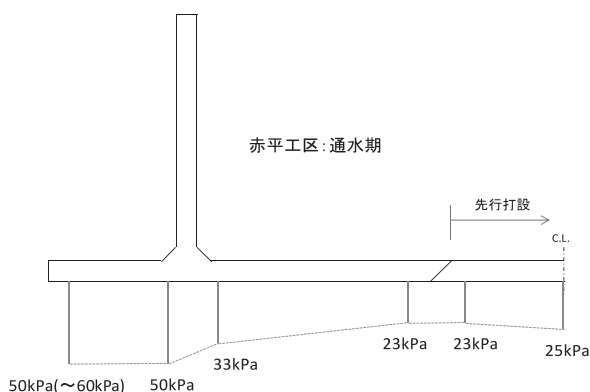


図-13 分離型水路における土圧（全応力）分布

面土塊の重量や側壁の自重により、側壁下端に偏した土圧（地盤反力）が発生しているが、底板と床版にはおよそ等しい土圧が連続して発生しており、突合わせ構造がうまく機能していることが確認された。

(4) 水路のレベル測量

試験区の地盤条件および分離型水路での床版とつま先部との相対変位の有無等を注目し、通水時と落水時（赤平工区は1m水位低下後）の水路の変位を計測した（写真-1参照）。水重の有無によるリバウンド量は小さく（美唄工区で1cm以下、赤平工区で約1cm）、両試験区とも比較的堅固な地盤とされ、また、分離型水路の相対的変位が無いことを確認できた。



写真-1 水路底のレベル測量概況（通水時）

5. 設計条件と曲げモーメントの検討

地盤反力分布の検証事例として、図-14に赤平工区（分離型水路）における通水時期の地盤反力分布の推定を示した。前出の図-13と同時期の地盤反力分布である。

地盤反力の総和は、躯体の自重・通水中の水重・か

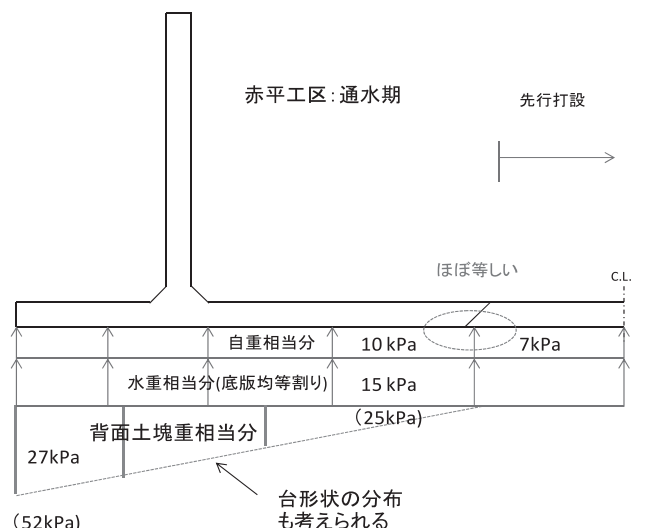


図-14 分離型水路における地盤反力分布推定

かと部にかかる側壁背面楔土塊重量に相等しい。図-14のように躯体自重と水重を等分とし、背面土塊重量を側壁底版に三角形分布荷重とした重ね合わせは、図-13の実測した分布と符合が良い。設計時に想定した重要な点-床版での鉛直方向の外力の釣合い（このことにより床版には大きな曲げモーメントが生じない）-および-床版と底版の突き合わせ部における外力の釣り合い-を検証することができた。一方、かかと部を有し、背面土塊重量が作用する場合には、底版での分布の様子をさらに継続して検証することが肝要とされる。

計測した鉄筋ひずみ計の指示値の大きさでは、コンクリートの曲げ耐力を評価するより、鉄筋応力と弾性解析手法を用いて、曲げモーメントの大きさを逆推定の方が便益的である。すなわち、換算断面2次モーメントによる方法²⁾を使い、内部応力から発生している曲げモーメントを逆算する。このとき、中立軸まわりの換算断面2次モーメントは圧縮コンクリート、引張コンクリート、圧縮鉄筋、引張鉄筋の4成分の和として求めた³⁾。

周年の時期の中で大きな曲げモーメントが発生しやすい冬期（土圧、凍上力、背面地下水圧および底部での浮力等が作用）の鉄筋ひずみから逆算した曲げモーメントの計算例は表-5のとおりである（計算には、側壁背面土の埋戻し直前の鉄筋ひずみの指示値と冬期に最大の変化を示す時点との階差およびヤング係数比 $n=10$ を使用）。

表-5 鉄筋ひずみから逆算した曲げモーメント(赤平)

部位	鉄筋ひずみ計	ひずみ増減(μ)	推定曲げモーメント(kN・m)	
			計算値	平均値*
床版	SH1-IN	ほぼ変化なし	0	-
	SH2-IN	ほぼ変化なし	0	-
かかと部 つまき部	SH3-IN	約15 μ 収縮	5.2	(5.2)
	SH4-IN	約45 μ 収縮	-15.6	-10.1
	SH4-OUT	約20 μ 伸張	-4.6	
	SH5-IN	約15 μ 伸張	-5.2	-6.1
	SH5-OUT	約30 μ 収縮	-6.9	

* -IN(上面側)と-OUT(下面側)で求めた曲げモーメントの平均鉄筋ひずみ計の較正係数は、全ての鉄筋計で約0.077MPa/ μ

部位/位置	鉄筋ひずみ計	ひずみ増減(μ)	推定曲げモーメント(kN・m)	
			計算値	平均値*
側壁/上位	SV1-IN	(硬化)収縮継続	-	-
	SV1-OUT	(硬化)収縮継続	-	
側壁/中位	SV2-IN	(硬化)収縮継続	-	(0)
	SV2-OUT	ほぼ変化なし	0	
側壁/下位	SV3-IN	約80 μ 収縮	-14.9	-17.9
	SV3-OUT	約110 μ 伸張	-20.9	

* -IN(通水断面側)と-OUT(背面側)で求めた曲げモーメントの平均鉄筋ひずみ計の較正係数は、全ての鉄筋計で約0.077MPa/ μ

表-5によれば、床版には小さな曲げモーメントも生じず、また、底版突き合わせ先で約5kN・m、その他の位置で10kN・m以下程度の比較的小さな曲げモーメントが生じたとされる。これらの曲げモーメントは設計時に予測した値に比べて小さく安全であり、分離型水路により水路底部での大きな曲げモーメントの発生を制御できたものと思われる。

また、側壁の上位・中位では曲げモーメントは観測されず、下位で観測される。その大きさは20kN・m程度以下であるが、一体型のフルーム水路側壁部で観測される曲げモーメントのオーダー相当である。

ここでは割愛したが、その他の時期の設計条件での照査、また、一体型フルーム型水路についても設計値との検証を行った。

6. おわりに

およそ1年の周年的な事象を通じて、2つの異なるタイプの水路の構造的安定性が目視観察や当該のような解析により確認された。一方、設計としての外力の大きさや作用範囲については、今後も精査が望まれる。とくに気候に左右され易い凍上外力や雪底力については、引続き計測と分析を行い、精度と確度のある設計手法として確立したい。

謝辞：本試験の計画にあたり、独立行政法人寒地土木研究所水利基盤チーム等の関係機関から有益な助言を頂いたほか、調査や解析では(株)農土コンサル秀島技術本部長からも多くの助言を頂いた。ここに深謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 上野豊ら(2012)：北海幹線用水路の設計の考え方及び検証方法について、第55回(平成23年度)北海道開発技術研究発表会論文集、CD-ROM版
- 2) 吉川弘道(1995)：鉄筋コンクリートの解析と設計、p75、丸善
- 3) 岡本寛昭(2012)：擁壁・カルバートの限界状態設計、pp4-5、鹿島出版会

水窪ダム捨石改修工事について

渡 邊 勇 浩*
(Yuko WATANABE)

目 次

1. 事業概要	14	5. 捨石改修調査	15
2. 水窪ダム捨石改修工事について	14	6. 改修に用いる捨石材料の選定	17
3. 前歴事業での水窪ダムの設計及び施工状況	14	7. 施工計画	17
4. 改修に至った経緯及び調査・検討の実施	14	8. 最後に	18

1. 事業概要

本地区は、山形県の南部に位置し、米沢市外1市2町にまたがる8,804haの水田地帯である。

本地区の基幹水利施設の水窪ダム、頭首工、揚水機及び用水路は国営米沢平野土地改良事業（昭和43年度～昭和57年度）等で造成されましたが、築造後相当の年数が経過していることによる老朽化が著しいことなどから、施設の維持管理に多大な労力と経費を要している。また、近年の営農形態の変化及び河川流量等の減少により用水不足の状況にあり、番水を行うなど不安定な水利用を余儀なくされている。

このため、本事業により平成18年度から平成26年度の工期で揚水機場の新設、ダム貯水量増及びため池に水源を求めるなどの施設の改修を実施中である。

2. 水窪ダム捨石改修工事について

築造から40年近くが経過する水窪ダムでは、その堤体を保護するロック材（以下「捨石」という）の劣化の進行、植生の増加を考慮し、米沢二期農業水利事業において、捨石改修工事を行った。

本報文は、捨石改修の調査・設計・施工についてまとめたものである。

3. 前歴事業での水窪ダムの設計及び施工状況

フィルタイプダムとした理由の一つに、約2,000mの近距離から、良質のロック材（花崗岩）が採取できることがあげられる。

原石山は、3方を凝灰岩で覆われた花崗岩であり、その物性値は以下のとおりである。

表-1 岩石の物理的性質

比重	吸水率	単位体積重量		硫酸ナトリウムによる安定性	ロスアンゼルス自然状態	圧縮強度 (kg/cm ²)		
		軽装	標準			自然状態	強制乾燥	強制湿潤
2.69	1.94%	1392 (t/m ³)	1640 (t/m ³)	83%	(40~80) m ³ /m ³ 32%	600	800以上	800以上

原石山から採取されるロック材の粒度については、ボーリング及び試掘横坑による岩質調査により、亀裂や破碎帯の少ない均質な硬岩であり、径20cm以上のものが70～80%採取可能と判断された。よって、比較的大きい（最大粒径1.2m）硬岩を法面付近に配置してロックⅠとし、比較的粒径の小さい（最大粒径0.8m）硬岩をロックⅠの内側に配置し、ロックⅡとした。

捨石の設計については、設計基準「フィルダム編」9.1.10 堤体保護工により、経済性及び施工性を考慮し、捨石工（施工厚さ1m）を選定。

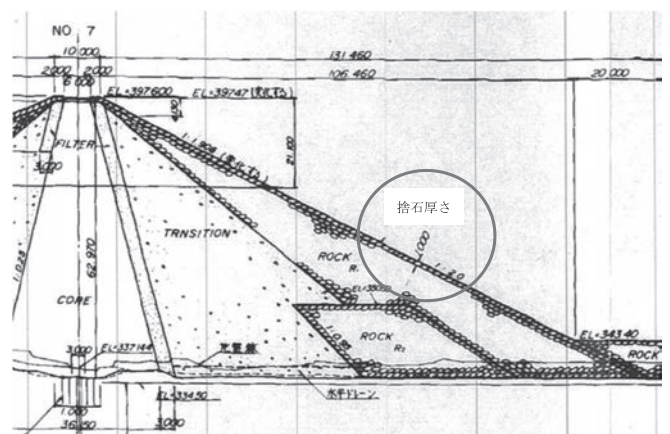


図-1 標準断面図（下流側）

4. 改修に至った経緯及び調査・検討の実施

本ダムの河川管理者によるダム定期検査（H7年度）において、「捨石に劣化がみられるので所要の処置を講ずるように」との指摘を受けたことから、各種調査・

*東北農政局米沢平野農業水利事業所水窪支所
(Tel. 0238-26-1610)

表-2 ダム定期検査における指摘事項

平成 7 年 9 月 26 日	捨石に劣化が見られるので、調査を実施し場合によっては対策を講ずること。
平成 9 年 10 月 20 日	前回指摘事項の捨石状況について、報告内容を検査した結果、堤体そのものに影響を及ぼす様な状況でないことを確認した。ただし、表面に浮き石が見られることから、積み替え等の補修による処理をすべきである。
平成 11 年 10 月 20 日	平成 7 年度および 9 年度のダム定期検査で指摘した、捨石の劣化部分の対策については、年次計画を策定し対処すること。
平成 18 年 10 月 24 日	ダム堤体の捨石劣化については、調査結果が出ているところであるが、その対応方針も出されているが、対策工事の実施まで、引き続き劣化状態の調査を継続すること。

表-3 調査・検討の実施概要

平成 8 年度	堤体表層の捨石張材の風化度について調査
平成 12 年度	第 1 回ダム検討会「堤体試掘調査等の実施提案」
平成 13 年度	第 2 回ダム検討会「テストットによる堤体捨石劣化状況調査の実施提案」
平成 17 年度	堤体捨石劣化状況調査実施 ・捨石状況調査 (23 箇所・182m ²) →劣化程度を 4 段階に区分 (劣化判定基準(案)作成) ・テストット調査 (深度的な劣化状況把握・5 箇所) →劣化は表層のみで深部の岩塊はすべて堅硬、岩塊間の細粒分はよく詰まった状態 ダム検討会「劣化判定基準了承、グレードⅢ・Ⅳの改修方針了承等」
平成 19 年度	水窪ダム堤体表面保護工測量実施設計業務実施 ・測量 (中心線測量の基準線に基づき、堤体表面を 5m×5m のグリッドに分割) ・捨石劣化状況調査 (上流: EL371.9m 以上、下流: 全面) 劣化岩塊 (グレードⅢⅣ) 上流 2,064 個、下流 1,624 個 ・捨石改修計画実施設計
平成 20 年度	ダム検討会「表層下の岩塊劣化状況について」→土砂化したグレードⅣの下にある岩塊に劣化は認められず健全であった
平成 23 年度	水窪ダム堤体表面保護工機能診断業務 ・捨石劣化状況調査 (上流: EL361.9~371.9m) 劣化岩塊 (グレードⅢⅣ) 上流 189 個 ・捨石改修計画補足設計

検討を行い、岩塊の特性及びダムの安全性に問題ないことを確認したが、劣化の進行及び植生の増加を考慮し、捨石改修を実施することとなった。ただし、劣化割合は全体の数%であるため、捨石材の全面改修ではなく、部分改修とした。

5. 捨石改修調査

(1) 捨石劣化判定基準

水窪ダムの捨石材について表層部の岩塊の劣化状況から表-4に示すグレードⅠ~Ⅳを作成した。

また、捨石材の改修は劣化の著しいグレードⅢ、Ⅳを堅硬な岩塊に置き換えることとした。

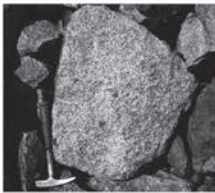
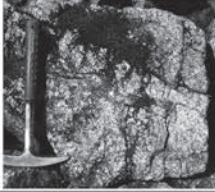


(2) 改修の範囲及び箇所数調査

1) 調査方法

水窪ダム堤体全斜面の調査は、中心線測量において 20m 間隔で設定した基準線に基づき 5m×5m のグリッドに分割し、更に現地調査では 2.5m×2.5m のマス目に分割して写真撮影を行い詳細な調査を実施した。

調査グリッドの標記は、上流側を「U」、下流側を「D」とし、さらに側線 NO.8 (下流斜面階段位置) を基線

表-4 捨石材劣化判定基準 (案)

グレード	状況写真	ロック状況区分				物性値				補修の要否	備考	
		硬軟	形状	亀裂間隔	汚染・変質	ハンマー打撃音等	絶対比重 GB (g/cm ³)	吸水率 Q (%)	シュミットハンマー反発度 (%)			安定性損失重量比 (%)
Ⅰ		硬	塊状	なし または 30cm 以上	造岩鉱物の汚染・変質はほとんど認められない。	金属音を発する。容易には割れない。表面は滑らかである。	2.624 ~ 2.625	0.8	39 ~ 61 【平均値】 51.6	0.2	ロック材は健全であり、現段階では補修を必要としない。	
Ⅱ		硬 ~ 一部軟	塊状	5~10cm 以下	造岩鉱物の一部に汚染、緑泥石が認められる。	大部分、金属音を発するが、亀裂沿いは濁音となる。亀裂沿いは割れやすい。表面はざらつく。	2.554 ~ 2.564	1.4 ~ 1.6	35 ~ 60 【平均値】 48.4	55.6 ~ 62.6 【平均値】 59.1	一部、亀裂沿いに劣化は認められるが、今後劣化が進行する恐れが低いことから現段階では補修を必要としない。	
Ⅲ		軟	塊状	1~2cm 以下	造岩鉱物に汚染、緑泥石が明瞭である。	ハンマーの打撃で岩片は容易に潰れる。表面は細く、指圧で鉱物が分離できる。表面は粗い。	2.375 ~ 2.409	3.7 ~ 4.6	10 以下 ~ 25 【平均値】 14.7	100	凍結・融解により劣化が進行中である。補修の必要がある。	
Ⅳ		極軟	砂状~粘土状	-	岩組織はほとんど確認できない。	ハンマーのピックが突き刺さる。苔、草木類が繁殖する。	-	-	-	-	補修の必要がある。	

本ダムの捨石材の原岩は閃緑岩である

として右岸側を「R」、左岸側を「L」とした。

図-2にグリッドのイメージ図を示し、グリッド写真撮影においては、グリッド中心にグリッド番号を記入した用紙を置き、図-3のように4分割した写真に用紙が入るように撮影した。図-4に写真撮影例を示す。

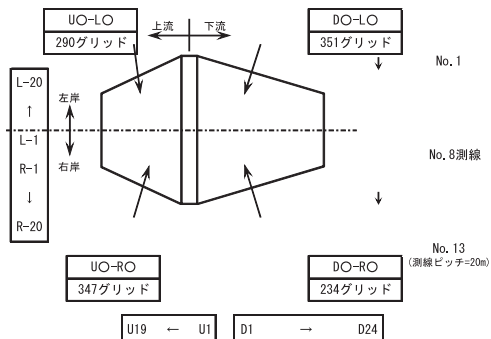


図-2 グリッドのイメージ図

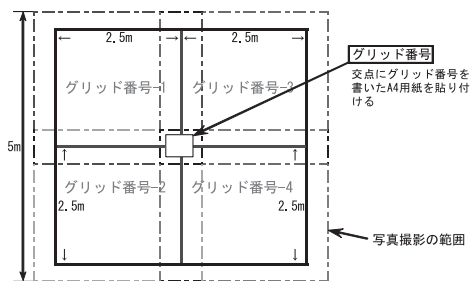


図-3 写真撮影のイメージ図

2) 劣化岩塊の分布状況の把握

劣化岩塊の調査表を、改修対象となるグレードⅢ、Ⅳ全ての岩塊について作成した。

調査表はグリッド内における劣化岩塊の位置を示すタイプと個別岩塊の位置や写真を示すタイプの構成とした。(表-5参照)

表-5

表-5.1.4 劣化岩塊調査表(位置抽出タイプ)		表-5.1.4 劣化岩塊調査表(個別抽出タイプ)	
水窪ダム 堤体表面保護工測量実施設計業務			
調査日	平成23年11月1日	天候	晴
調査員	アモ		
劣化岩塊の位置	グリッドNo.	長さ	幅
劣化岩塊の大きさ	長さ	幅	高さ
劣化グレード	グレードⅢ	劣化岩塊の位置	劣化岩塊のスケッチ
劣化岩塊の位置	グリッドNo.	長さ	幅
劣化岩塊の大きさ	長さ	幅	高さ
劣化グレード	グレードⅢ	劣化岩塊の位置	劣化岩塊のスケッチ
劣化岩塊の位置	グリッドNo.	長さ	幅
劣化岩塊の大きさ	長さ	幅	高さ
劣化グレード	グレードⅢ	劣化岩塊の位置	劣化岩塊のスケッチ

3) 調査結果

水窪ダム全面調査における、劣化岩塊数量を示す。(表-6)

また、グリッド別劣化岩塊数量図を図-5に示す。

以上の調査結果を踏まえ捨石材の改修範囲を決定した。

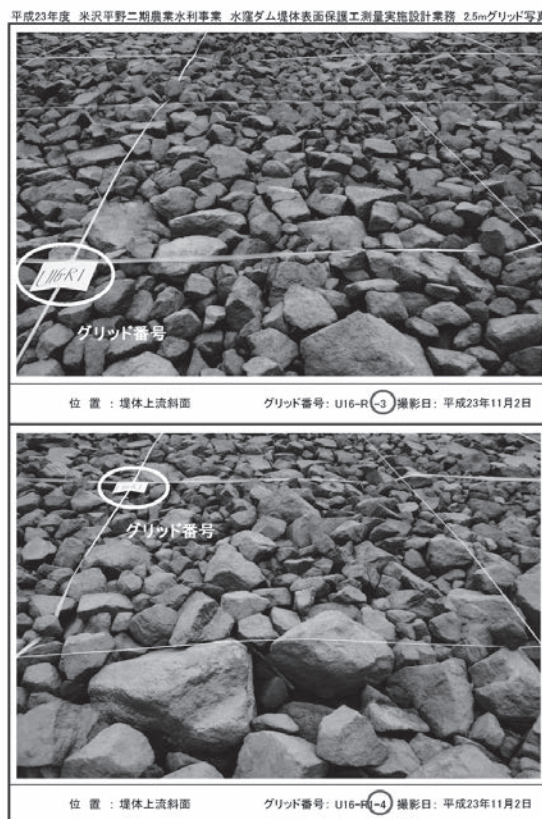
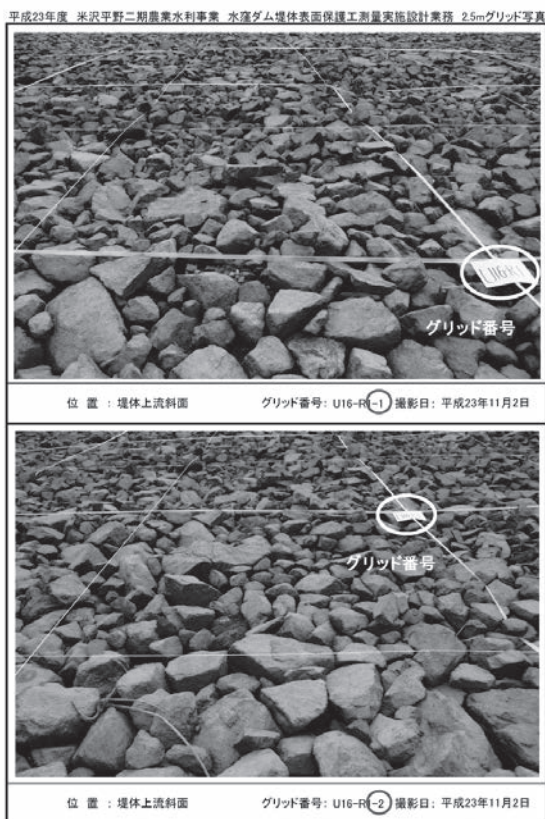


図-4 グリッドの写真撮影例

水窪ダム 堤体表層踏査結果一個数(全体)

	L20	L19	L18	L17	L16	L15	L14	L13	L12	L11	L10	L9	L8	L7	L6	L5	L4	L3	L2	L1	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	R11	R12	R13	R14	R15	R16	R17	R18	R19	R20	計								
D24											0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0																				4							
D23											1	0	0	2	3	2	1	1	5	6	3	1	2	0																		27							
D22										1	1	3	1	3	2	1	2	6	10	4	1	3	0	<凡例>																		38							
D21										0	0	0	3	2	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0																	9								
D20									0	4	3	3	2	1	1	1	0	1	1	1	2	3	2	0																	25								
D19									3	5	3	1	0	0	2	1	0	1	3	1	0	0	4	2	0																26								
D18									1	3	0	3	3	2	0	1	1	4	2	4	2	2	2	3	0																	33							
D17									2	4	2	2	2	4	2	0	1	1	2	1	0	1	0	0	0																	24							
D16									0	0	3	1	4	6	2	2	1	4	4	0	0	4	1	0	0																	35							
D15									0	2	2	1	1	3	4	6	5	3	2	10	3	1	3	5	6	4	0	0														61							
D14									1	1	3	3	2	1	4	6	3	2	2	9	3	2	4	4	3	8	2	0	0													63							
D13									1	2	2	1	1	3	3	2	1	3	0	2	0	2	4	5	5	3	3	1	0	0												44							
D12									1	5	3	1	2	0	0	2	4	3	2	2	3	5	2	3	7	2	7	3	12	2	0												73						
D11									4	5	2	2	2	2	0	4	4	2	6	3	3	3	0	3	3	7	6	6	6	4	6	1	0										84						
D10									12	7	1	1	4	5	3	1	7	4	3	3	3	6	4	4	5	3	2	6	5	1	1	3	0	0									94						
D9									1	3	1	2	3	2	2	3	3	4	5	3	2	3	4	3	1	2	2	3	1	5	3	4	2	3	0	0							70						
D8									0	2	2	2	0	1	0	1	6	4	3	2	4	4	2	1	2	3	3	5	3	4	1	2	3	0	0								69						
D7									0	6	1	3	2	3	5	1	1	3	3	2	3	2	2	1	4	4	6	3	4	2	9	3	1	2	3	2	0	0	0				81						
D6									3	4	2	4	7	5	3	1	3	9	6	2	4	3	2	4	2	2	1	6	3	5	4	3	2	4	5	3	3	0	2	0			107						
D5									0	5	2	4	7	6	4	3	4	4	2	2	2	2	1	6	3	5	6	2	0	0	2	4	7	4	5	2	3	3	4	1	0			107					
D4									0	2	4	3	6	2	3	7	5	2	3	4	2	1	5	2	1	3	2	6	3	2	3	3	5	3	9	6	1	5	6	3	5	1	0	120					
D3									2	2	2	5	3	4	1	3	4	2	4	3	2	3	2	2	3	3	0	4	5	8	1	2	1	0	3	4	0	1	3	3	5	4	2	1	0	97			
D2									4	2	4	4	7	5	6	5	6	6	5	6	6	6	3	7	3	7	5	3	3	6	4	3	2	5	9	3	5	2	6	6	5	2	3	4	1	4	2	175	
D1									4	2	6	8	3	2	3	5	3	3	7	4	5	4	8	2	1	3	4	5	4	3	5	4	2	3	3	1	4	4	5	4	8	2	8	2	3	7	4	158	
U1									3	1	0	3	4	5	2	2	2	1	7	10	2	0	3	2	0	2	2	2	6	4	3	3	6	5	5	0	3	0	1	1	3	5	8	6	5	4	4	1	124
U2									1	2	1	1	1	1	1	2	7	2	0	1	2	2	0	2	2	1	1	1	4	3	10	3	3	0	1	2	1	4	6	4	6	2	2	1	3	1	90		
U3									0	1	4	6	1	8	1	7	6	6	5	4	6	8	6	1	1	5	3	8	2	8	4	14	6	5	1	2	4	6	6	1	5	2	3	4	0	3	2	167	
U4									0	1	4	3	3	3	6	8	4	6	5	3	4	2	1	1	4	5	5	5	3	6	4	11	4	0	0	4	2	1	4	1	4	1	0	2	0	6	126		
U5									2	1	2	3	4	6	2	7	8	7	4	3	0	2	1	0	3	8	2	2	5	7	4	8	0	2	2	3	7	4	8	6	4	7	4	5	0	143			
U6									0	5	5	14	2	5	2	7	5	9	6	5	4	1	4	14	17	30	17	6	13	8	10	8	2	15	2	5	9	3	7	7	12	2	4	2	0	267			
U7									3	10	8	8	7	4	6	2	7	3	7	3	0	5	8	8	11	5	9	15	2	6	3	7	5	14	5	7	6	3	2	9	3	1	4	2	206				
U8									0	6	6	6	7	8	6	6	3	7	1	3	7	4	10	6	5	12	13	6	2	7	4	1	3	4	5	8	9	10	6	4	13	6	3	207					
U9									0	1	5	6	3	2	3	4	3	3	2	3	2	10	13	6	5	3	6	4	4	1	2	6	5	10	5	4	4	6	5	1	5			142					
U10									1	6	2	3	6	8	15	4	6	3	5	5	10	12	5	5	10	11	3	8	4	5	0	1	8	12	7	6	6	2	4	11	3			197					
U11									1	5	5	3	6	5	5	5	4	8	5	4	7	6	1	6	5	6	4	2	0	1	5	2	4	3	2	4	4	6	1					130					
U12									1	6	2	4	1	3	7	6	13	7	7	8	6	8	3	9	6	12	5	2	5	4	6	3	2	5	5	5	5	5	2	3	1			162					
U13									2	2	1	7	3	5	0	2	2	2	1	2	4	3	4	1	2	1	3	1	1	2	3	1	3	5	1	3	0	1					68						
U14									2	2	3	1	4	4	1	4	1	0	2	3	7	2	3	1	2	1	1	5	0	2	2	1	3	3	2	1	2	0					85						
U15									0	2	3	2	6	0	2	0	3	1	3	2	2	1	2	3	3	1	0	0	1	0	1	0	1	2	0	3	2	3	2	3	3			54					
U16									1	1	0	1	1	2	1	0	2	2	2	0	0	2	3	3	3	1	0	0	0	1	0	3	1	2	3	1	0	0					36						
U17									0	0	3	1	0	1	1	0	2	0	0	2	4	1	0	2	1	2	3	0	0	2	0	3	1	1	1	0	1	0					32						
U18									2	0	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	2	2	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0					15						
U19									2	0	0	1	0	1	2	1	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	3	0	1	2	4	0	0					22						
計	8	10	18	34	54	78	107	106	124	140	120	137	150	147	128	118	88	121	185	159	157	170	173	155	144	132	111	55	104	88	95	108	103	95	91	75	69	43	30	10	3877								

平成23年度実施

図-5 水窪ダムグリッド別劣化岩塊数量図(グレートⅢ,Ⅳ)

表-6 水窪ダム劣化岩塊数量表(単位:個)

位置		Ⅲ		Ⅳ		合計	
上流	左岸	892	2098	102	155	994	2,253
	右岸	1206		53		1259	
下流	左岸	276	602	691	1,022	967	1,624
	右岸	326		331		657	
計		2,700		1,177		3,877	

表-7

項目	設計基準	選定土場
材質	花崗岩類等	花崗せん緑岩類
比重	2.5以上	乾燥2.63, 絶乾2.59
吸水率	3%以下	1.44%
圧縮強度	40MN/m ² 以上	121MN/m ²
損失重量比	12%以下	4%

6. 改修に用いる捨石材料の選定

捨石材として使用する岩石は、

上流側：4.9t クローラクレーン付き台船を使用した置き換え工法

下流側：Y型ケーブルクレーンを使用した置き換え工法

(2) 施工計画

- 1) 上流側① 改修範囲：EL361.9～EL396.0m
改修数量：2,171箇所（個）

・改修方法

上流側①はクローラクレーン4.9t付き台船により貯水位の低下に追従して劣化岩塊を置換える計画とした。

- 2) 上流側② 改修範囲：EL396.0～EL397.2m
改修数量：82箇所（個）

・改修方法

上流側の上端部は4.9tクレーン付き台船では満水時でも届かないためEL396.0～EL397.2mは、天端道路上からクローラクレーン4.9tにより置換える計画とする。

- 3) 下流側 改修範囲：EL343.4～EL397.2m
改修数量：1,624箇所（個）

・改修方法

下流側は、谷地形となっていることから、索道を張りケーブルクレーンによる運搬による置換えを行う。

(3) 捨石改修仮設平面図、仮設断面図

次頁の図-6, 7参照。

8. 最後に

本改修工事は、平成25年3月に工事の契約を行い、平成25年11月に仮設備撤去も含め完了した。

捨石材の改修はあまり前例がなく、慎重に改修範囲、改修計画を決定した。また、実際のダム上流面の施工では予期せぬ降雨で所定の水位まで下がらないなどの不測の日数を要した。

本工事で改修した範囲は、引き続き監視の継続を考えている。また、本報文で報告した対策結果が他地区の少しでも参考になれば幸いである。



写真-1 クレーン付き台船による新材設置



写真-2 新材設置後



写真-3 ケーブルクレーン上部右岸鉄塔



写真-4 ケーブルクレーンによる新材吊り下げ状況

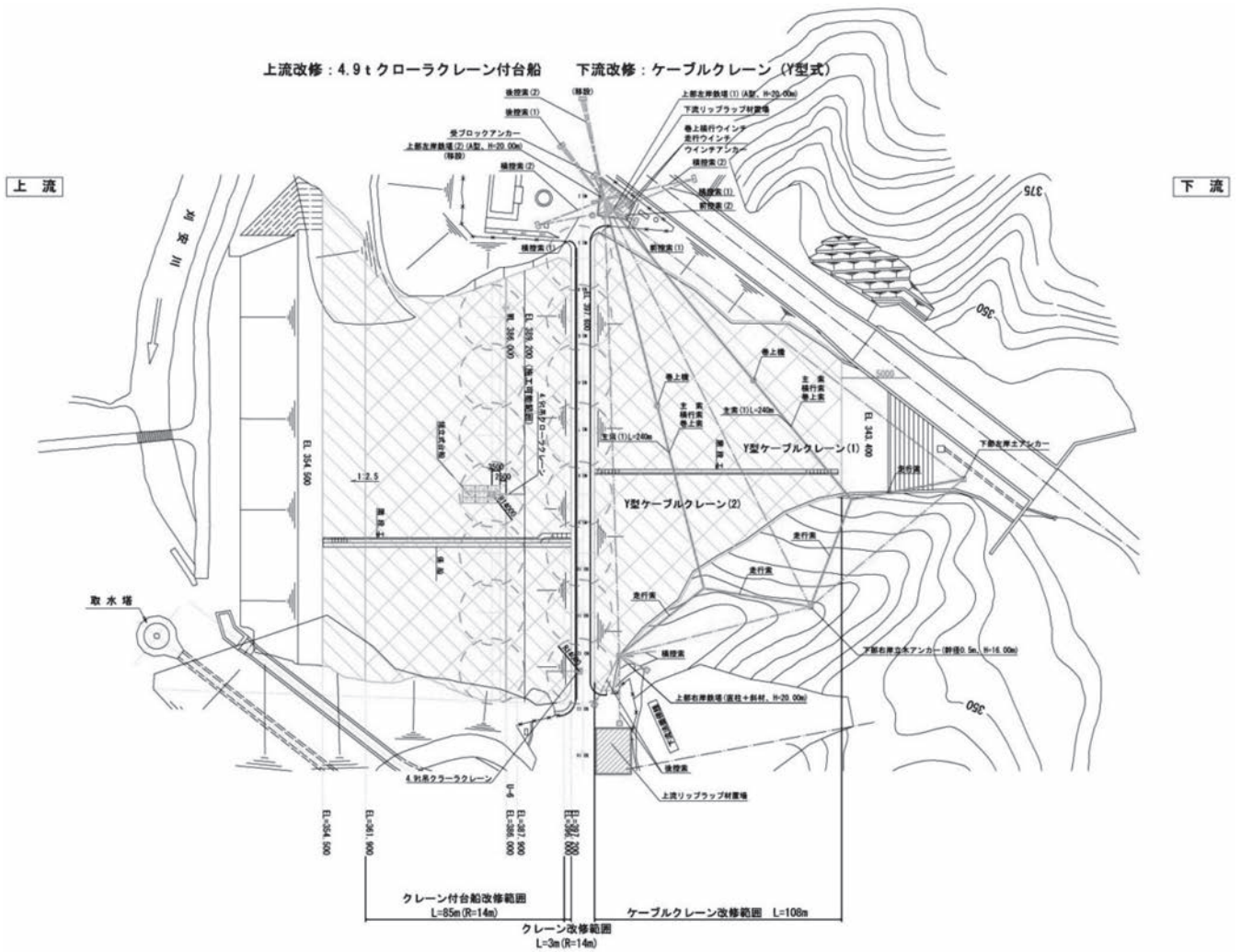


図-6 捨石改修仮設平面図

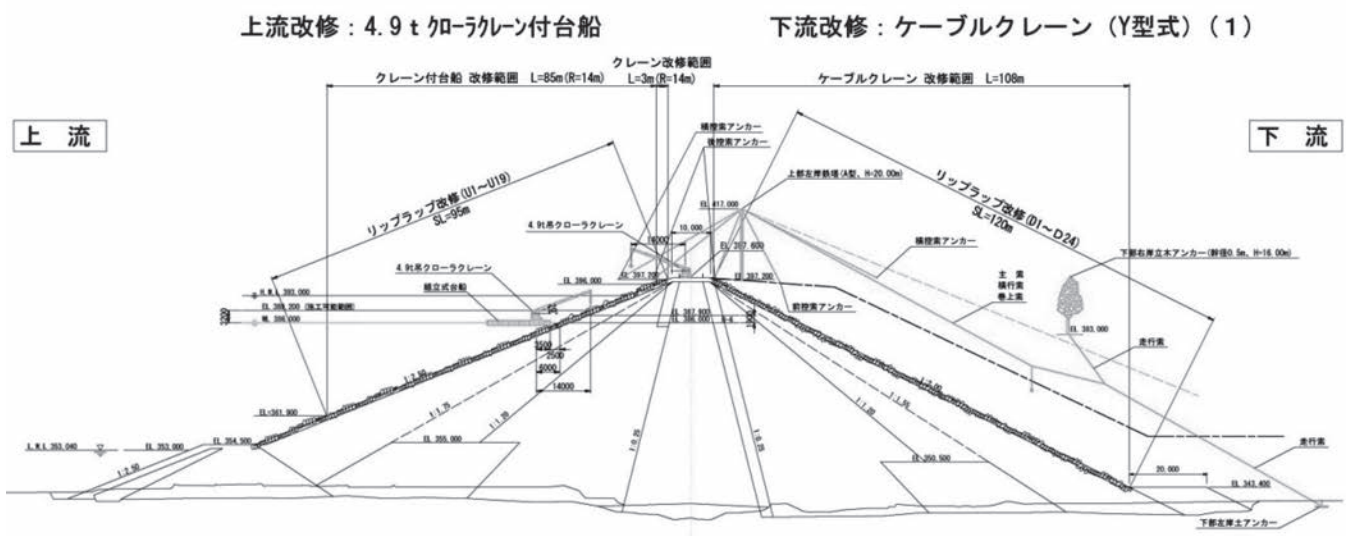


図-7 捨石改修仮設断面図

砂質地盤(高地下水位)におけるパイプライン基礎の 液状化対策の検討について

新井 尉 介*
(Yasuyoshi ARAI)

目 次

1. はじめに	20	4. 対象地震動との適合性	22
2. 検討内容	20	5. 管路条件との関係を考慮した適用性	22
3. 実験結果	21	6. おわりに	22

1. はじめに

農業用パイプラインは、その利用目的から比較的地下水が高い現地条件(周辺が水田等)での布設が多く、さらに、大河川や海の沿岸地域では地盤全体が砂質土層である場合が多い。2011年3月11日の『東北地方太平洋沖地震』(以下、「震災」という。)では、東北地方及び関東地方の沿岸地域を中心にパイプラインの沈下・陥没及び接合部の離脱等の被害があった。

土地改良事業計画設計基準「パイプライン」(以下、「設計基準」という。)P.373では、地盤変状に対する地震応答対策として、①埋戻し土②現地盤③管路でそれぞれの対策例が記載されているが、現場においては①埋戻し土に対する対策が現実的で経済的であると思われる。液状化対策として一般的には基礎材に碎石が用いられることが多いが、地域によっては採石場が少なく、現地発生土が砂基礎材(SF相当以上)として流用可能な場合もある。そのような条件下での有効な対策工法の可能性について検討し、類似条件下における他地域の目安とできないか考察を加えた。

2. 検討内容

検討にあたり、まず比較検討ケースを設定し、その後、ケースごとに模型モデル振動実験を行いその効果を検証した。

(1) 方策の選定

前述より、砂質の発生土を利用した埋戻し土(管体基礎含む)に対する対策としては、

- a. 埋戻し密度を改善する
- b. 管周りの砂と地山を縁切りする

c. 固化させる

などが挙げられる。なお、b.は管周りの埋戻し土が流亡(移動)しなければ液状化の影響は緩和されるという発想である。以上を踏まえて想定されるケースを以下のように整理した。

【使用土】震ヶ浦砂(土質分類:砂)

最大乾燥密度:1.510 g/cm³

ケース①:発生土(D値85%)

ケース②:発生土(D値90%)

ケース③:②+不織布巻立て

ケース④:発生土固化処理(セメント系)

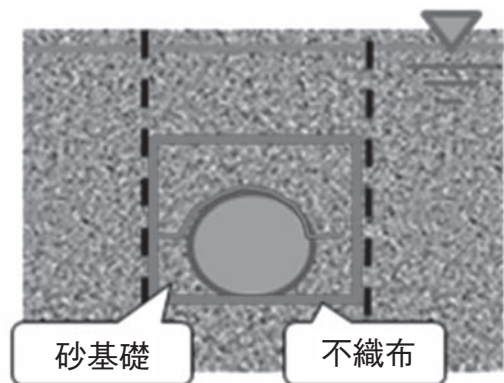


図-1 ケース③の標準断面

各ケースについて、①は通常の埋戻し状態(土木工事施工管理基準よりD値85%以上)とし、②は締め密度を上げる方法、③は②に不織布(吸い出し防止材)を巻き立てる方法を併用し土の流亡(移動)を抑制する方法であり(図-1参照)、④は新設対応を想定した現地での粉体攪拌・流動化処理、あるいは既設対応のグラウト工法などとして、代表的なセメント系固化処理土とした。

(2) 振動実験概要

模型作製は振動台用せん断土槽(B1.5m×L2.0m×H0.85m)内に模型地盤を作成し、計測器(加速度計、

* (現)関東農政局土地改良技術事務所
建設技術課調整係長 (Tel. 048-250-1876)
(前)関東農政局両総農業水利事業所

間隙水圧計，土圧計，変位計）を設置，パイプ模型を塩ビ管（VP φ 200：土槽規模から模型モデル断面を決定）とし，管内空虚状態とした。

加振条件は周波数5Hzの正弦波（SIN波）で加振加速度を段階的に増していくステップ加振で実施した。なお，加振は加速度を50gal，100gal，200galとし，地盤が液状化する，もしくはパイプ模型が表面に浮上するまで加振するものとした。なお，本実験による加速度と震度の関係は図-2のとおりである。

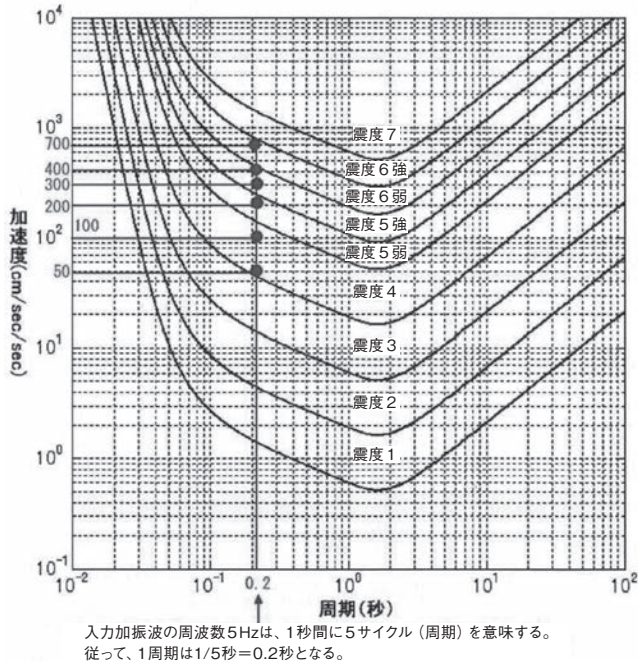


図-2 加速度と震度の関係

3. 実験結果

実験結果（各ケースにおける加速度とパイプ模型の累積浮上量の関係）を図-3に示す。

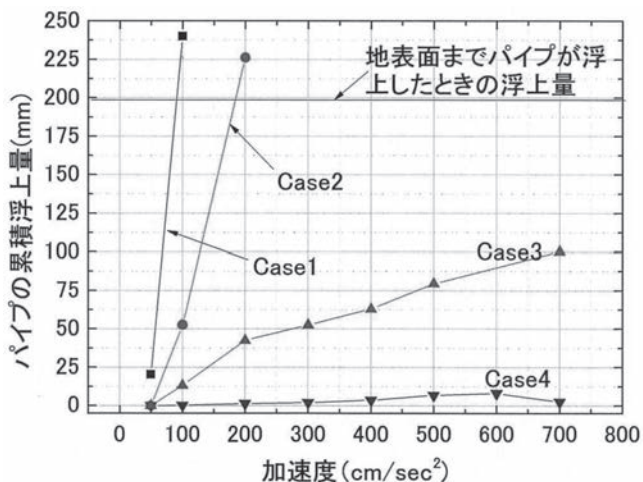


図-3 加速度と浮上量の関係

ケース①の場合，50galの加速度でパイプ模型は浮上を始め，100galで完全に浮上した。ケース②は

200galで完全に浮上したが，ケース①と比較すると，締固め度を上げることで地盤の液状化抵抗力が増加することが確認された。ケース③の場合，パイプ模型が浮上を開始したのはケース②と同様に100galの加振時であるが，その浮上量はケース②の25%程度であり大幅に小さい。200gal以降の加振においても加振ごとに浮上はみられるものの，地表面まで浮上することはなかった。実験終了後に模型地盤を掘りだして確認した不織布の位置を図-4に示す。管頂部の位置は，浮上に伴い実験前より上部にある。一方で，上面の両端部は沈下しているものの，全体としてはほとんど浮上していない。このような状況から加振時の挙動は以下のように推察される。

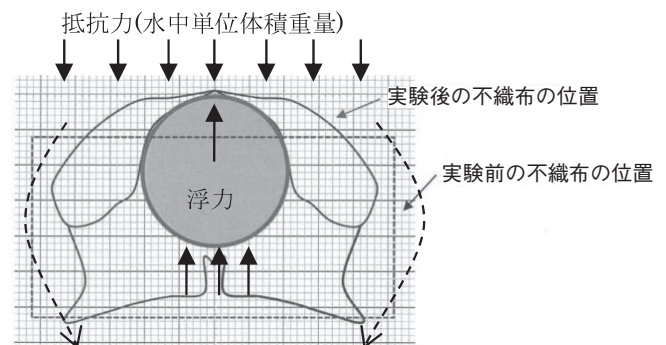


図-4 ケース③の実験後状況

- ①地震動の作用により過剰間隙水圧が増加し，地盤が液状化する。
- ②過剰間隙水圧の増加に伴いパイプ模型に作用する浮力が増加し浮上する。
- ③不織布とパイプ模型の接する箇所では上向きの力が作用する。その結果，上部の土の水中単位体積重量が抵抗する力となり不織布全体に下向きの抵抗力として作用する。

- ④パイプ模型の浮上に伴い管下部には空洞が生じる。この空洞に不織布内部の液状化した地盤が流れ込み，さらに不織布外部からも地盤が流れ込む。

上記より明らかなように，パイプ模型と不織布内部地盤は完全に一体化しているわけではないことから，不織布内部の地盤重量全てが抵抗力として見込めるわけではない。また，パイプの浮上量は不織布自体の曲げ剛性（引張強度）にも影響を受けると考えられる。

ケース④の場合，パイプ模型の浮上はほとんど見られず，これはパイプ模型と固化処理土が一体化したために，浮力に対する抵抗力が大幅に増加し，浮上を抑制したものと考えられる。（図-5参照）

また，全ケースにおいて，せん断土層内には間隙水圧計を深さ方向と水平方向に配置し，加振時の過剰間隙水圧を測定した。ケース①とケース②の50gal加振時結果より，ケース①は有効上載圧に達しているが，

ケース②は全ての深さ方向において有効上載圧に達しておらず液状化していない。相対的に液状化抵抗力が高いことが確認された。しかし、100gal加振時には、②③④ケース全てにおいて有効上載圧に達しており、液状化による浮力が生じていることが確認された。

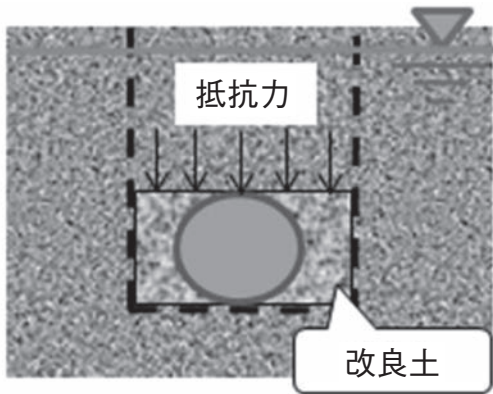


図-5 ケース④の標準断面

締固め密度について、一般的な締固め区分Ⅰで平均90%としているパイプラインは、その他構造物に比べた場合、液状化に対しては低い設定であり、土木分野において90%では液状化に対して充分ではないと認識されている。例を挙げると現在は設計基準P.302の締固めⅠ（締固め度90%平均、±5%誤差）と土木工事施工管理基準の締固めⅠの現場密度管理（規格値：85%以上）の違いから、施工箇所により品質管理の平均値が90%を下回る箇所があることが想定される。施工管理基準はあくまで最低限守るべき管理値であり、設計基準との整合を考えると、耐震性能向上の見地からも施工時に最低限レベルⅠ地震動を想定して、現場密度管理90%以上を満足出来るよう管理することが望ましい。この工夫は施工費の増高にも影響は大きくないと考える。但し、レベルⅡ地震動に対する対策を考慮する場合は、それ以上（現場密度管理95%以上）の締固めが必要と考えられるが施工の確実性からは埋戻し材料を変更すべきと思われる。

4. 対象地震動との適合性

前述の結果より、砂質である現地発生土を基礎とする場合は、固化処理土が最も優れているが、実情としてそれが当該現場に適合しているか、言葉を変えれば、その地域（構造物）の対象地震動をどう設定するかが工法選定時には重要となる。例えば、レベルⅡ地震動を想定すれば、砕石基礎もしくはケース④のような固化処理や流動化処理、薬注工法等が考えられるが、その際には現場条件（立地条件、仮設計画など）や経済性などを考慮して判断することが望ましい。

5. 管路条件との関係性を考慮した適用性

前述の「4.対象地震動との適合性」とは別に、パイプラインの場合、線的な中で管路条件（直線部、屈曲部、構造物周り）によって地震時に受ける被災の程度が違うことは、一般的に理解されているところである。それらと今回の検討結果を踏まえ、以下に管路条件に応じた工法の適用を提案する。

【弁室との接合部、曲管部及び片落ち管部等】

弁室など構造物周辺では、構造物とパイプで比重が異なることなどから、液状化時の浮上量が異なりズレが生じることがある。

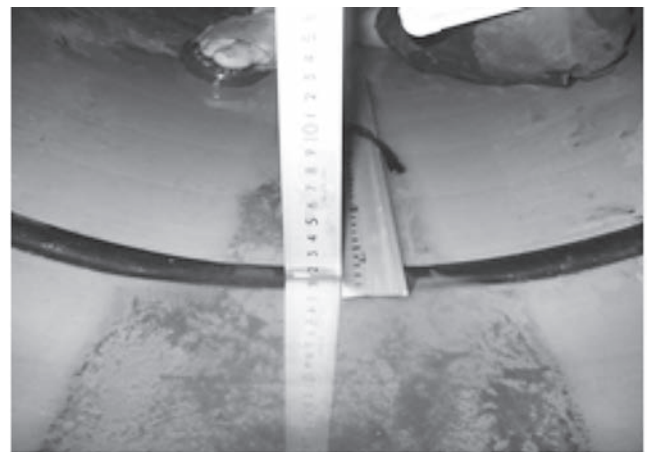


写真-1 継ぎ目部の段差（20mm程度）

この現象を避けるためには弁室上下端部の範囲及び上下流に接続する管数本までの範囲については、砕石基礎又は流動化処理等による埋戻しとすることが望ましい。

曲管・片落ち管周辺では、通常スラスト力に対して地盤で抵抗しているものが液状化により抵抗力が低下し、パイプが動いて継手部が抜け出す可能性が高いことから、上記と同様に砕石基礎又は流動化処理等による埋戻しが望ましい。

なお、流動化処理土は仮設プラント等を要する一方、現地発生土の活用が可能である場合が多く、管底・管側部の施工を確実に出来るメリットもある。

【直管部】

レベルⅠ地震動が適用となる対象区間（砂基礎）において、今回実施した試験ケース①<②<③<④の順に効果が向上する。但し、現場条件や経済性、ケース③については吸出し防止材の巻きこみ作業効率も考慮し、総合的に判断することが望ましい。

6. おわりに

今回の検討にあたっては、締固め度増加や不織布の利用により一定の浮上抑制効果を確認することが出来

たが、埋戻し工法選定時には、その設定する地震動の大きさや許容するパイプラインの被害程度（浮上量の規模）の設定が重要なポイントといえる。しかし、液状化によりパイプラインが浮上した場合の浮上量の程度（許容量）について記載された文献（基準、指針）がないのが実情である。管種によって、継ぎ手に可とう性（許容曲げ角度）を有している場合（鎖構造）は、地盤の挙動に追従（変位を吸収）する機能があり、地盤ひずみに対する伸縮及び曲げ角に係る規定はあるが、浮上量については定量的な判断指標がない。構成されるパイプライン全体の不陸（浮上・沈下）の度合いによっては継ぎ手箇所の許容曲げ角度以内の浮上量であっても管頂部の隆起や地盤の亀裂等で周辺に影響する可能性があり、また、管内水の状態によってもその影響に違いが出るものと思われる。浮上の問題については、今後の課題として検討を進めていくことが望まれる。

本稿が震災からの復旧復興と今後の地震応答対策の確立の一助となることを期待する。

最後に、本実験計画の策定・実験・評価について多大なる指導・助言を頂いた^(独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所の毛利領域長及び有吉研究員に深謝いたします。

大井川用水を利用した小水力発電施設「伊太発電所」について

鈴木 登*
(Noboru SUZUKI)

目 次

1. はじめに	24	4. 供用開始後の状況	29
2. 事業概要	24	5. おわりに	30
3. 伊太発電所の概要	24		

1. はじめに

新たな土地改良長期計画では、小水力発電等地域資源を活用した自立・分散型のエネルギーシステムへの移行と美しい農村環境の再生・創造を政策目標に掲げ、平成 28 年度までに約 1,000 地域で農業水利施設を活用した小水力発電等の計画作成に着手することを目標とするなど積極的にその導入を図ることとしている。

本報では、前歴事業である国営大井川農業水利事業で造成した幹線水路の落差工を改修する機会に、その落差を利用して建設した小水力発電施設「伊太発電所」について紹介する。

2. 事業概要

本地区は、静岡県ほぼ中央に位置する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にあって、島田市他 7 市 1 町に跨る水田 6,861ha、畑 586ha の計 7,450ha の地域であり、温暖な気候と良好な交通条件のもと、県内有数の農業地帯である。

本地区の農業水利施設は、昭和 22 年度から昭和 43 年にかけて建設された国営大井川農業水利事業より整備されたが、事業完了後、約 40 年が経過し、老朽化による機能低下が生じるとともに、営農形態の変化、周辺地域の開発等による還元水の減少やため池の減少等による用水不足を解消するために、平成 11 年度に国営大井川用水農業水利事業が開始された。

近年、地域住民の防災意識が高まり、平成 19 年に地域用水環境整備計画が取りまとめられ、平成 21 年度の計画変更を経て、農業用水が従来から有している防火用水や親水などの「地域用水機能」の維持・増進を図るために、国営農業用水再編対策事業（地域用水

機能増進型）として実施している。

総事業費：565 億円（一期 220 億円，二期 345 億円）

受益面積：7,450ha（水田 6,861ha，畑 586ha）

主要工事：（一期）取水工 1 ヶ所，頭首工 1 ヶ所，幹線水路 約 12km

（二期）頭首工 1 ヶ所，用水路 約 18km（小水力発電施設を含む），末端用水路 約 74km，水管理施設 1 式

主要作物：水稲，レタス，トマト，イチゴ，メロンなど

事業工期：平成 11 年度～平成 28 年度（予定）

なお，一期事業は平成 21 年度完

関係市町：静岡県島田市，焼津市，掛川市，藤枝市，袋井市，御前崎市，菊川市，牧之原市，榛原郡吉田町の 8 市 1 町

関係土地改良区：大井川土地改良区，大井川右岸土地改良区，神座土地改良区，金谷土地改良区

受益者数：約 2 万 5 千人

3. 伊太発電所の概要

(1) 建設位置

伊太発電所は、川口取水工から約 7 km 下流にある赤松幹線水路から伊太トンネルで山を抜け、伊太谷川に注水する直上流にある 3 段落差工を利用して設置されている。島田市伊太地内に設置したので、「伊太発電所」と呼称している。

改修前の 3 段落差工の高低差は、7.6m あり、防音、防湿及び安全対策のためコンクリート蓋で覆われていた。周辺には自動車部品工場、宅地が隣接していた。

* 関東農政局大井川用水農業水利事業所
施設機械課 (Tel. 0547-32-9094)



図-1 発電所の位置図

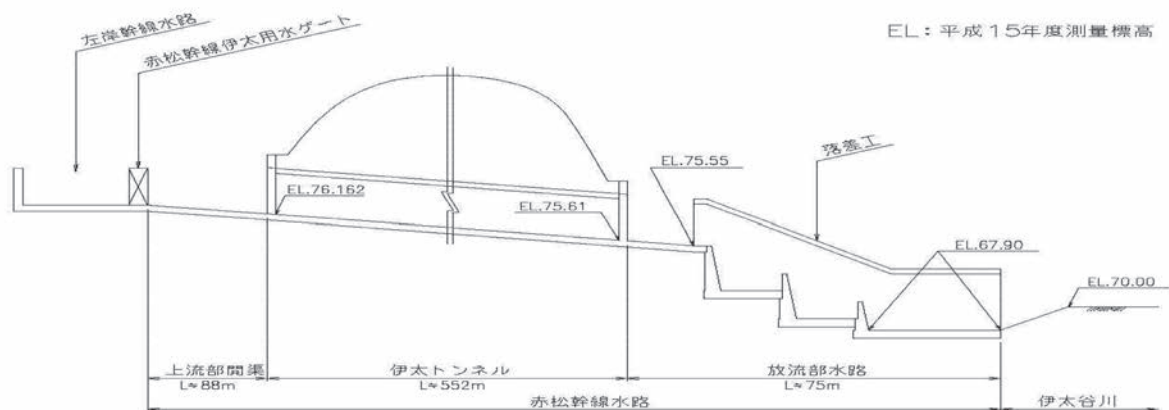


図-2 赤松分水工～落差工縦断図（発電所設置前）



写真-1 改修前の落差工



写真-2 完成後の伊太発電所

(2) 伊太発電所の概要

表-1 発電水利権流量

取水口	かんがい期 (m³/s)				非かんがい期
	4月11日~	5月6日~	6月6日~	9月1日~	
伊太かんがい用水	6.323	19.035	18.951	18.228	6.823
伊太発電用水	6.323	17.000	17.000	17.000	6.823

所在地：静岡県島田市伊太地内

発電方式：流れ込み方式（水路式）

最大落差：約7m

使用水量：約17m³/s（かんがい期）（表-1）

約7m³/s（非かんがい期）

最大出力：893kW

年間発生可能電力量：約4,300Mwh^{※1)}

- ・この電力量は、一般家庭の概ね1,200戸分に相当し、二酸化炭素排出削減効果は、約2,200トン/年≒16万本が吸収する量に相当。

- ・発電水利権は「かんがい用水水利権の完全従属型」

〔建設経緯〕

- ・昭和56年
大井川土地改良区により2年間調査、検討
- ・平成11年
国営大井川用水農業水利事業着手
- ・平成23年3月31日
水利使用許可
- ・平成23年8月2日
伊太発電所建設工事着手
- ・平成24年10月23日
RPS法^{※2)}の設備認定通知
- ・平成24年11月27日
再生可能エネルギー発電設備に関する系統連系申込
- ・平成25年6月30日
伊太発電所建設工事完了
- ・平成25年7月1日
伊太発電所運転開始（供用開始）、系統連系・受給開始日

※1) 1MWh=1,000kWh

※2) RPS法：電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法（Renewable Portfolio Standard法）

(3) 伊太発電所の特徴

- ①発電水利権は、かんがい用水水利権の完全従属としたため、比較的短期間に許可された。
- ②非かんがい期の水量は約7m³/sあり、通年発電が可能である。
- ③落差工を取り壊し水路本線に発電所を建設するため、流れが直線となり、一般的な水路式発電所で採

用されているバイパス方式と比較して効率がよい。

- ④都市河川である伊太谷川の氾濫防止のために、豪雨時や大雨洪水警報発令時等は取水がなされず、発電停止となる。
- ⑤住宅地に近く、接続する電線の送電容量にも余裕があり、系統連系地点までの距離が極めて短い。
- ⑥上流にある赤松発電所の除塵機により、大きなゴミは除去されることから、除塵施設が比較的小さい。
- ⑦周辺が住宅地のため、きめ細かな騒音、振動対策が必要。

(4) 発電機械設備の概要

表-2 発電施設の仕様

水車形式	横軸円筒可動羽根S形プロペラ水車
発電機	横軸回転磁気三相同期発電機・容量940kVA・60Hz
増速機	平行歯車増速機（増速比720/233min ⁻¹ ）
調速機	電気式調速機（ハイブリッド・サーボモータ）

導水路	赤松幹線伊太トンネル（無圧トンネル L=552m）
ヘッドタンク	鉄筋コンクリート造・ボックスタイプ半地下式（上流側幅B=3.5m、発電室側B=8.4m、延長L=26.60m） ヘッドタンク容量約900m³（有効容量500m³）
流入ゲート	発電側水圧鉄管入口ゲート・2.8m×2.8m ロ-ゲート
放流ゲート	水槽余水放流ゲート・2.2m×2.2m ロ-ゲート

- ・伊太発電所は、有効落差が7mと小さく、流量は17m³/sと多いことからプロペラ水車（S型チューブラ水車）を採用している。
- ・単独運転が可能で安定した電圧、周波数が得られ、電圧降下を起こさず安定的に系統連系が出来ることから同期発電機を採用している。
- ・ヘッドタンクは一定水位を保つように越流壁が設置されている。
- ・かんがい用水全流量の放流可能な横越流壁の余水吐構造となっている。
- ・かんがい用水水利権約19m³/sが流下する場合は、発電側に最大17m³/sが、2m³/sは越流壁より放水管で流下する。
- ・点検、メンテナンス等の発電停止時や異常停止の場合には、かんがい用水は放流ゲート（バイパスゲート）より放流管を流下し、伊太谷川に注水している。
発電の自動運転は、ヘッドタンクの水位を一定に保つように、可動翼を付けた「ガイドベーン」（16枚）と「ランナベーン」（4枚）の角度を調整し、発電機効率が最も高くなるように運転を制御している。
発電運転状況は、4km離れた大井川土地改良区事務所内の伊太発電管理事務所まで遠方監視できるシステムとなっている。

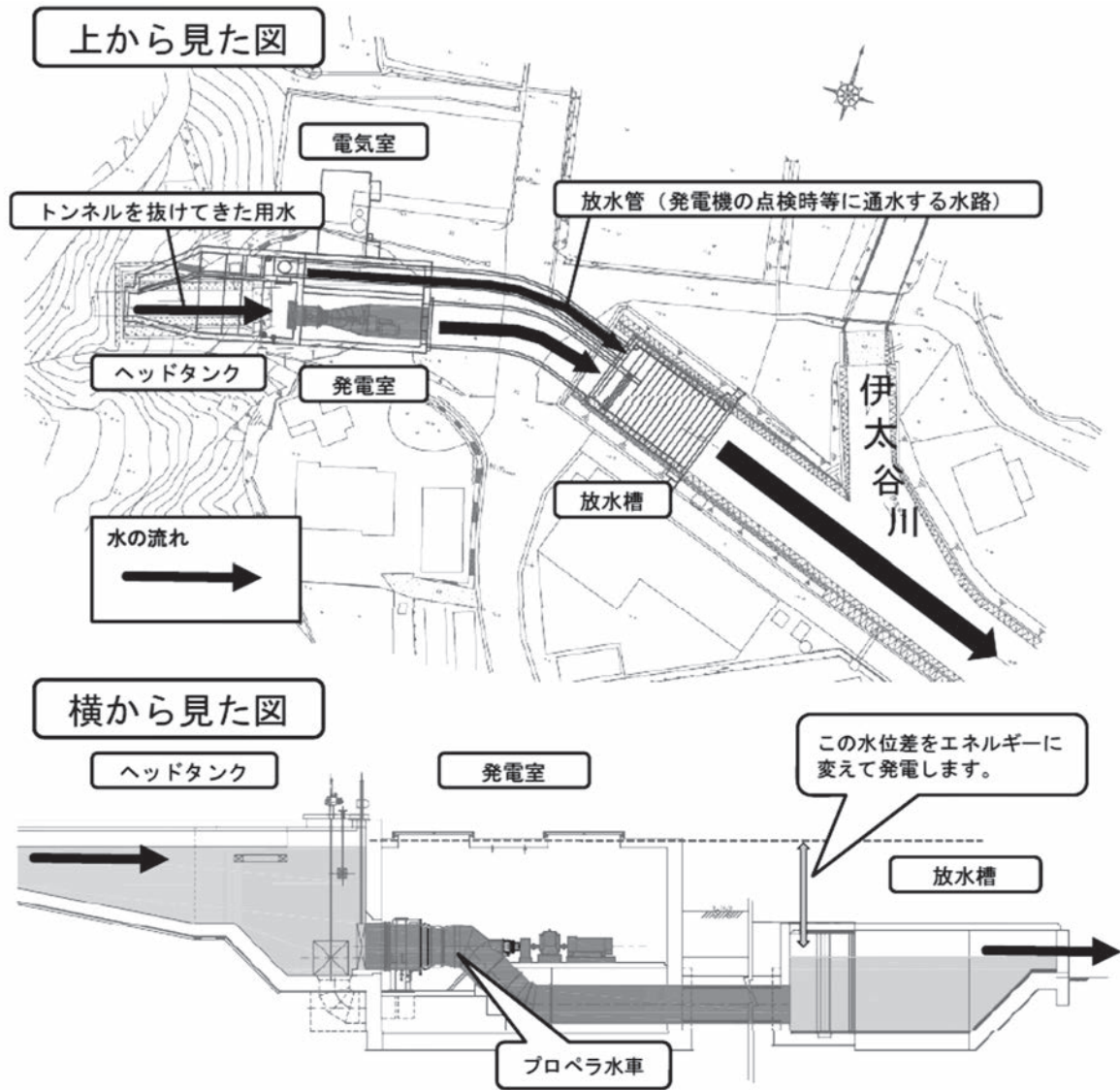


図-3 水車・発電機全体図

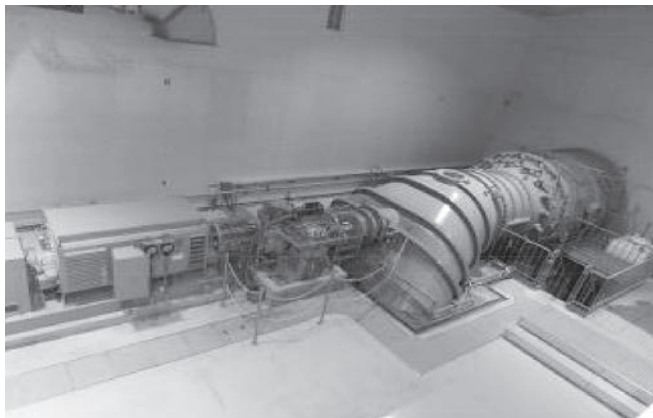


写真-3 水車・発電機

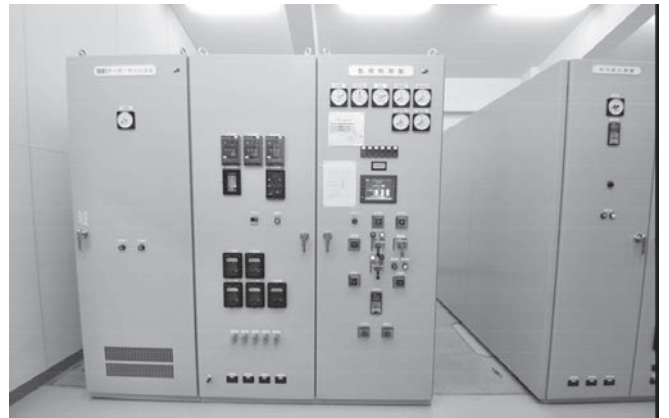
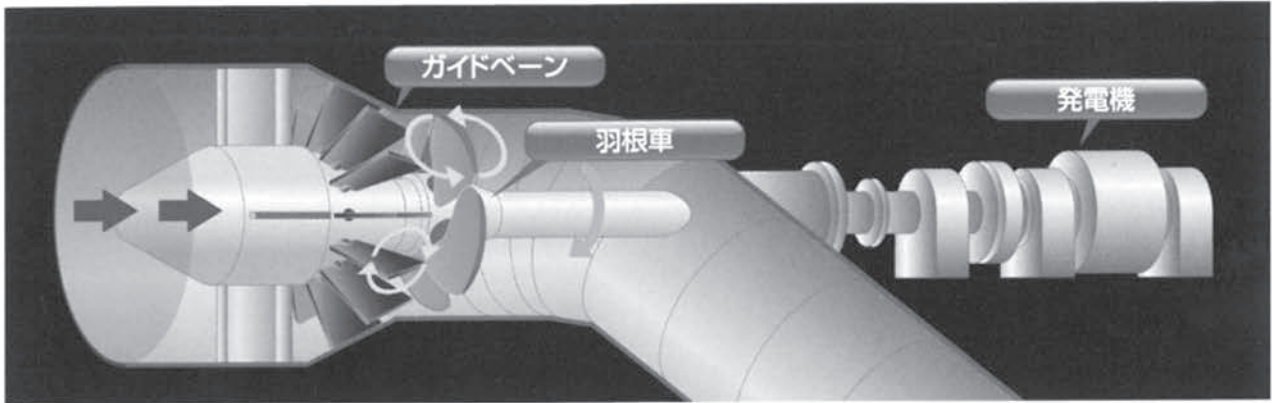


写真-4 電気室の発電制御盤

S形チューブラ水車の機能

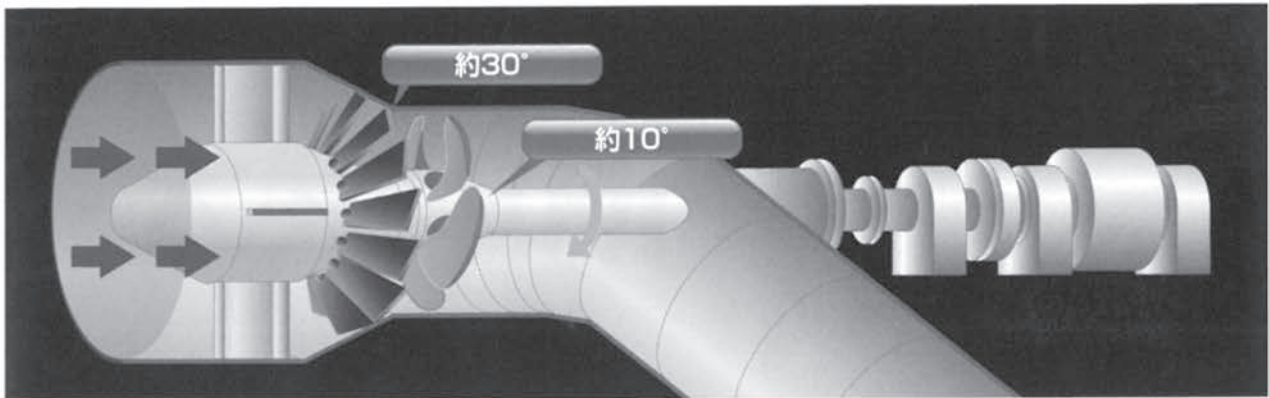


伊太発電所で使用する水車は、ガイドベーン（案内羽）の角度で流量を調整し、羽根車（ランナ）の角度を変えてヘッドタンクの水位を一定にすることにより、効果的な発電を行なうことができます。



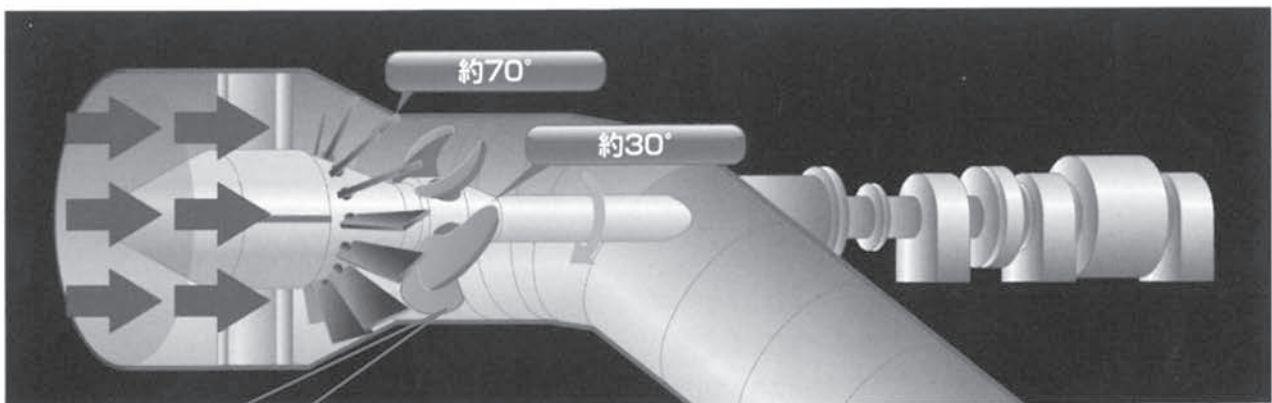
流量が少ない場合
(非かんがい期 6.823m³/s)

ヘッドタンクから水が流入し、水車を回転させることで発電します。



流量が多い場合
(かんがい期 17.000m³/s)

ガイドベーン約30° 羽根車約10°



ガイドベーン約70° 羽根車約30°

※イラストはイメージです。

(5) 伊太発電所建屋の概要

発電室	鉄筋コンクリート造・ボックスタイプ半地下式 (幅B=12m, 長さL=18m, 高さh=6.7m) ※3
放水槽	鉄筋コンクリート造・ボックスタイプ半地下式
余水吐工	ヘッドタンクには横越流壁L=19mと放流ゲートが有り バイパス構造としている。
放水管	放水管口径1,900mm(鋼管)

※3：側壁表面は防音材（グラスウール）を施してある。

発電室屋根部はメンテナンス時に使用する2ヶ所の開口部を有し、アルミ製屋根で覆われている。(大型施設機械の交換の頻度が低いことから、天井クレーンは不採用)

除塵設備は、発電所周辺には設置する余地がないため、上流側の伊太トンネル入口側に設置している。なお、赤松幹線上流部に赤松発電所があり、大きなゴミは除去されるが、赤松幹線に流入する沢より、枯れ木、草、生活ゴミ等が混入するため、除塵機(目幅40mm)を設置している。

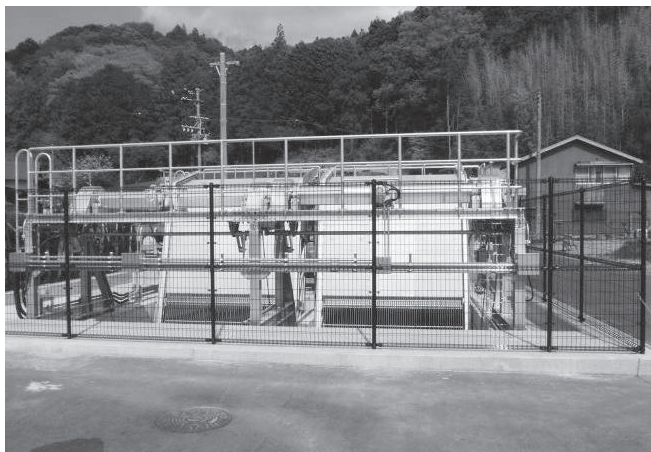


写真-5 伊太トンネル上流側に設置された除塵機

(6) 建設工程

伊太発電所の土木建設工事は、平成23・24年国債工事と平成25年度に周辺整備工事を実施し整備した。

小水力発電施設機械製作据付建設工事は、平成23・24・25の3ヶ年国債工事と小水力発電施設機器製作据付工事等の電気工事を実施し整備した。また、除塵設備は平成24年度に設置している。

[初年度]

- ・土木工事は平成23年10月から半年間を完全断水して既設落差工を撤去。
- ・底盤掘削区間の軟弱地盤層は、地盤改良工で固めた後、掘削。
- ・ヘッドタンク部、仮回し水路を兼ねた放水管(SPΦ1,900mm)の設置と放水槽及び角落としゲートを施工。

[二年度]

- ・平成24年4月からのかんがい期は断水せずに、バ

イパスの放水管(図-3参照)にて最大19m³/s通水しながら、発電室及び電気室建屋工事を施工。

[三年度]

- ・平成25年4月から、発電室に水車本体、増速機、発電機の搬入据付を行い、5月に発電施設の無水試験を実施、5月末に角落としゲートを撤去後、発電流入ゲートより通水し、6月初めから有水試験を実施し発電施設の性能確認。
- ・工事完了検査、河川協議に関係する検査、建築申請に関係する検査等を受検。
- ・平成25年6月26日に施設完了。
- ・平成25年7月1日より関係4土地改良区委託管理。(大井川土地改良区、大井川右岸土地改良区、神座土地改良区、金谷土地改良区)



写真-6 発電室掘削状況

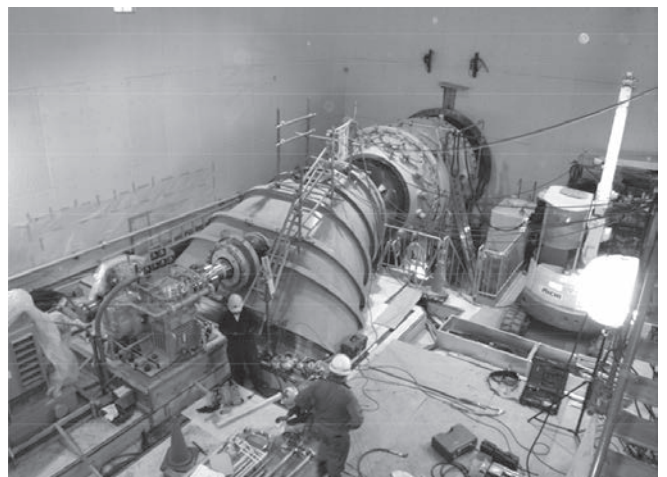


写真-7 設備据付状況

4. 供用開始後の状況

(1) 発電機の操作

①発電施設の運転は、基本的に自動制御方式となっている。

自動制御は応水運転、水位調整運転、自動電圧調整装置(AVR)、力率調整の制御方法が組み込まれて、『水位一定制御方式』で運転している。

②運転は、伊太発電所においてダム水路主任技術者が行っている。

③伊太発電所上流の赤松幹線は、伊太谷川の氾濫（溢水）を防止するため、大井川土地改良区では、豪雨や大雨洪水警報等が発令された時は取水及び発電を停止する。

(2) 発電電力量

供用開始後9ヶ月間の発電電力量 3,090MWh の実績があり、H26年4月から6月まで通常発電量が確保されれば、年間可能発電電力量 4,300MWh は達成できる状況にある。

供用開始後4ヶ月間で2回の封水用井戸ポンプの「緊急停止」があり、施設管理者と協議し、安定した封水確保のために、井戸水から水道水へ切り替え、発電施設の稼働を行っている状況である。

(3) 発電施設見学者

伊太発電所の供用開始後、視察者及び見学者は多数訪れている。

供用開始から平成26年3月までに、静岡県、関係首長、近隣町内会関係者、JICA研修生、タイ国王室灌漑局、愛知県土地連、北海道企業局等の国内外及び管内外関係者を中心に延べ790人余の視察見学者があった。



写真－8 静岡県知事と島田市長の視察状況

5. おわりに

大井川用水地区は、戦後間もなく前歴事業により農業用水の確保及び農業水利施設の整備がなされたが、その後、都市化や混住化の進展に伴い、前歴事業をあまり知らない第二世代、第三世代は、前歴事業の恩恵に浴した第一世代に比べて、地域資源としての農業用水、農業水利施設という意識が希薄になりつつあった。しかし、平成19年に土地改良区により地域用水環境整備計画がとりまとめられ、現在、農業用水が従来より有している地域用水機能の維持・増進を図るため、地域一体となって地域用水水路の改修等が進められている。

今回報告した伊太発電所は、農業用水の有する多面的機能を体現できるとともに、農業水利施設の維持管理費低減を図るための重要な施設であり、今後も安定的な運転の確保が期待される。

市野新田ダムにおけるグラウチング試験の概要

壽 時 正 伸*
(Masanobu JUJI)

目 次

1. はじめに	31	5. グ라우チング試験計画	32
2. 市野新田ダムの概要	31	6. グ라우チング試験経過	34
3. 基礎地盤の透水性	31	7. グ라우チング試験結果	35
4. グ라우チング計画	32	8. おわりに	36

1. はじめに

本稿は、北陸農政局が新潟県柏崎市において建設中の市野新田ダムにおけるグラウチング試験について報告するものである。

本ダムの基礎地盤は、割れ目が少なく変形性が大きい軟岩であり、最も一般的かつ経済的なステージ工法によるグラウチングが困難であると懸念されてきた。

このたび、グラウチング試験を行いステージ工法の適用可否を確認したので、試験の計画、経過及び結果を報告する。

2. 市野新田ダムの概要

市野新田ダムは、新潟県の中越地方に位置する柏崎市の2級河川鶴川水系石橋川に設置される傾斜遮水

ゾーン型フィルダムで、堤高26.7m、堤頂長199.0m、堤体積156千 m^3 、有効貯水量1,600千 m^3 の農業用ダムである。

ダムの基礎地盤は、新第三紀鮮新世の火砕岩からなる米山層と、鮮新世後期から第四紀更新世の礫層からなる駒の間層で構成されている。堤体の床掘部（コアトレンチ部）は、CL級以上を基礎地盤とし、堤敷部はD級以上を基礎地盤とする。図-1に堤体標準断面図を示す。

3. 基礎地盤の透水性

本ダムの遮水軸におけるルジオンマップを図-2に示す。河床部では、地表から10m以浅の風化又は緩みゾーンにおいては10Lu以上の透水性を示すが、床掘面-5m（EL.210m付近）以下では5Lu未満の難透

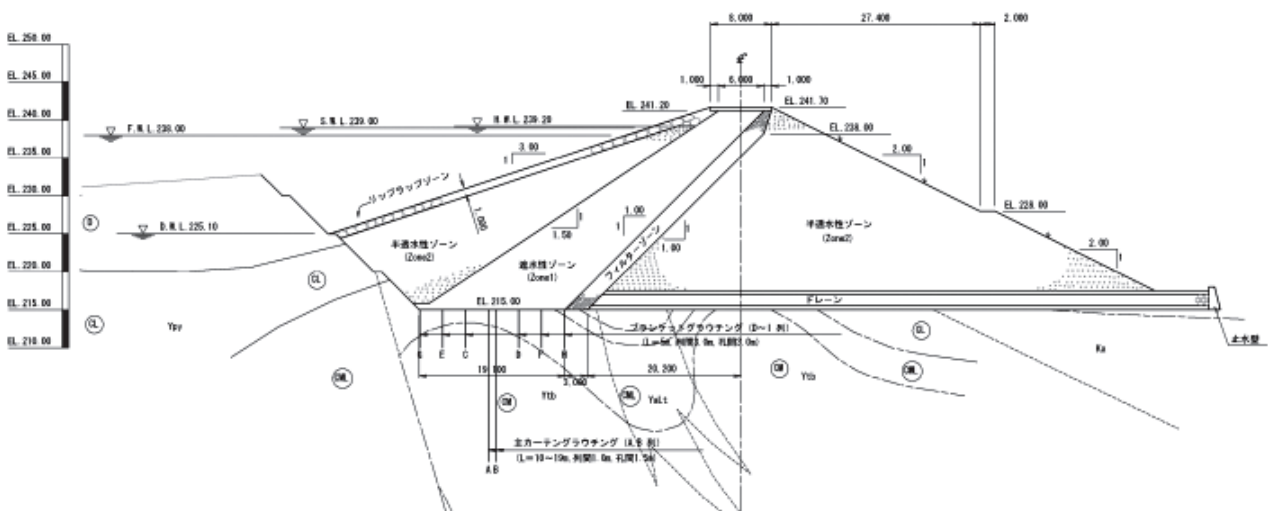


図-1 市野新田ダム堤体標準断面図

*北陸農政局柏崎周辺農業水利事業所市野新田支所
(Tel. 0257-24-5731)

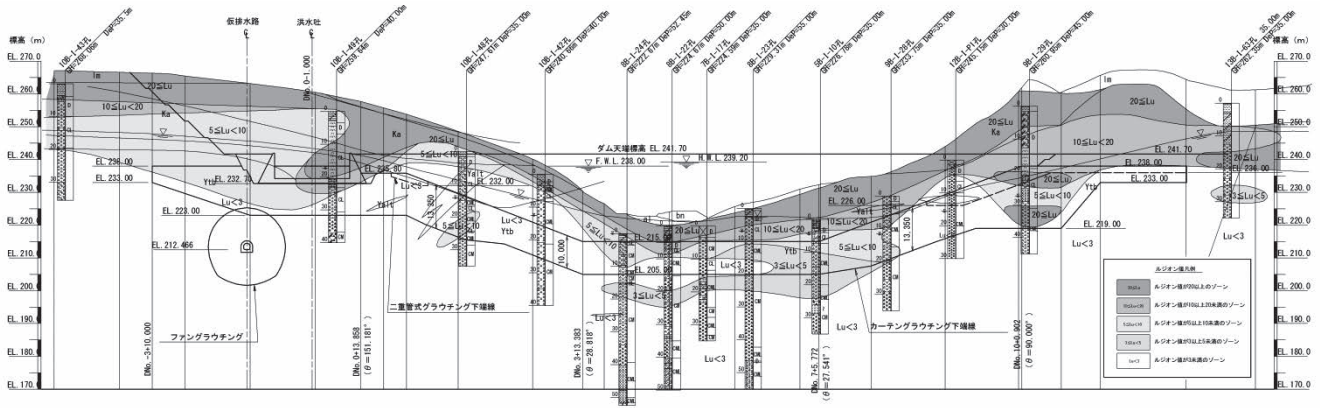


図-2 市野新田ダム遮水軸ルジオンマップ

水性の地盤である。また、EL.195m 以下では 3 Lu 未満となっている。

左岸側では CML 級以上の地盤が浅層部より分布し、地表から 10m 程度で 3 Lu 未満の難透水性である。従って、左岸側のコア敷は概ね難透水性地盤が基礎となっている。ただし、洪水吐付近では、20Lu を超える高透水性帯が深部に及ぶ部分がある。

右岸側では、低位部は地表から 5～10m までが 10Lu を超える透水性を示すが、これらの多くは基礎掘削で取り除かれる。床掘面 - 5～15m の範囲が 5～10Lu であるが、以深は 5 Lu 未満の難透水性である。中～高位部は CL 級を主体とする地盤が分布し、河床レベル程度 (EL.220m) まで 20Lu を超える高い透水性を示すが、CML 級が主体となる河床レベル以深は 5 Lu 未満の難透水性となっている。

4. グ라우チング計画

コアトレンチ部では、ブランケットグラウチングとカーテングラウチングが計画されている。

ブランケットグラウチングは、コア着岩部と基礎掘削面の開口亀裂を充填し、パイピングを引き起こす原因となる堤体直下の浸透流の抑制を目的とする。

カーテングラウチングは、ダムの基礎地盤及びリム部の基礎地盤において、動水勾配が大きい部分及び貯水池外への水みちを形成する恐れのある高透水部の遮水性を改良することを目的とする。

4.1 ブランケットグラウチング計画

ブランケットグラウチングの平面施工範囲は、本堤遮水性ゾーン全域とする。

孔間隔は 3～6 m の実績が多いが、本ダムの基礎地盤は注入圧力が大きく設定できない軟岩であり、グラウチング効果が発生されにくいと想定されることから 3m の格子状としている。

孔深度は、5～10m の実績が多いが、本ダムは堤高が 26.7m と低いこと及び床掘面付近に 20Lu 以上の高透水部が存在しないことから一律 5.0m としている。

グラウチング試験以前の計画で、改良目標値は Lu

≦ 10 (非超過確率 85%) とし、改良効果の確認はチェック孔で行うものとする。

4.2 カーテングラウチング計画

カーテングラウチングの平面施工範囲は、改良目標値を満足しない透水性ゾーンを包括する範囲及び左右岸部において常時満水位と地下水位が交わるまでの範囲とする。

孔配置は、2列配列とし、列間隔 1.0m、孔間隔 1.5m とする。

孔深度は、パイロット孔によるルジオンマップからグラウト改良目標値を包括するように下端線を設定する範囲までとする。

グラウチング試験以前の計画で、改良目標値は深度が堤高の 1/2 以浅は 5 Lu 以下 (非超過確率 85%)、深度が堤高の 1/2 以深は 10Lu 以下 (非超過確率 85%) とする。改良効果の確認は、チェック孔で行うものとする。

5. グ라우チング試験計画

5.1 目的

本ダムの基礎地盤における一般ステージ工法によるブランケットグラウチング及びカーテングラウチングの改良性並びに施工性を確認し、グラウチング本施工時の注入仕様を決定することを目的として、以下のとおりグラウチング試験を実施した。

5.2 試験箇所の概要

グラウチング試験は、本ダム右岸リム部において実施した。

5.2.1 パイロット孔の基礎処理軸部の地質区分

掘削面及びパイロット孔のコアより、リム部の岩相は次の 3 相である。

① 硬質安山岩巨礫まじり凝灰岩 (Ytb1)

下流側に分布する玉石や巨礫状の硬質安山岩を含む。巨礫の無いマトリックス部は③と類似。

② 雑色の腐り礫を含む凝灰角礫岩 (Ytb2)

右岸リム部及び堤敷の主体を成す凝灰角礫岩。

③ 黄褐色凝灰角礫岩

含まれる礫が白く、全体的には黄褐色を呈する。黒色脈（マンガン分，鉄分）を伴う。

5.2.2 岩盤分類

表層部は弛み部を含め CL 級が分布しているが，注入上端以下は CML 級が主体となる。また，透水性部では硬質礫を多く含み，亀裂が発達し，CL 級となっている。

5.2.3 透水性分布

カーテン最長部の根拠となったカーテン折れ点の調査ボーリング孔(9B-I-29)に見られた透水性部は，パイロット孔 A-180 では認められず，概して難透水性であった。ただし，既往調査の無かった試験面中央部には，試験ヤードを斜めに横断して遮水敷に向かう割れ目沿いに 20Lu 以上の透水性部が深部に及んでいる(図-3)。

透水性部においては一般孔でも高ルジオンを示す部分があり，それらを考慮すると透水性部はパイロット孔だけから推定した場合よりも水平方向の分布範囲が広がってくる。

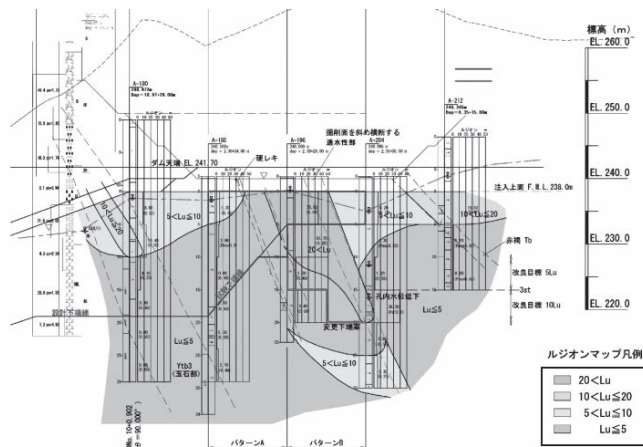


図-3 パイロット孔によるルジオンマップ

5.3 試験孔配置

試験孔配置は，グラウチング本施工に即した配置とした(図-4，図-5)。

ブランケットグラウチング試験の孔配置は，グラウチング本施工と同様の 3m 格子状配置とした。列配置は，グラウチング本施工の 7 割近くを占める 3 列配置とした。1 次孔～2 次孔を規定孔とした。

改良目標値に改良されているか否かを確認するため，最終次数孔のうち最大ルジオン値を示す孔に近接してチェック孔を設置した。

カーテングラウチング試験の孔配置は，2 列で，列間隔は 1.0m，孔間隔は 1.5m の千鳥配置とした。亀裂が少ないこと，また図-6 に示すように限界圧力が低い地盤であることを考慮し，以下の A，B の 2 パターンにて実施し，改良性の優劣を確認することとした。

① パターン A：A 列改良(1～3 次孔)，B 列改

良(4 次孔)とする中央内挿法とする。規定孔は 1～4 次孔とし，4 次孔にて追加孔要否を判定する。

② パターン B：完全複列配置とした中央内挿法とする。規定孔は 1～3 次孔とし，3 次孔にて追加孔要否を判定する。

パイロット孔は，遮水軸 A 列上に 1 ブロックに 1 孔設置した。チェック孔は，A 列と B 列の間に，1 ブロックに 1 孔設置した。

なお，両パターンでブランケットグラウチングの有無による条件差を生じさせないため，パターン B 部にもカーテングラウチングに隣接する 1 列だけブランケットグラウチングを施工した。

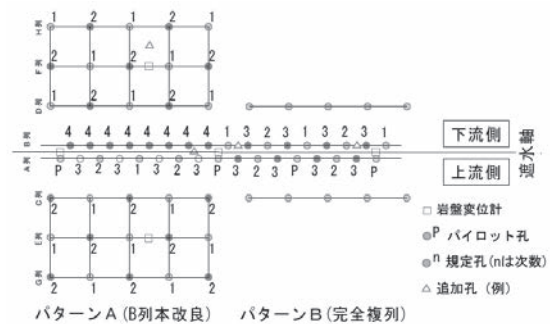


図-4 グラウチング試験孔配置平面図

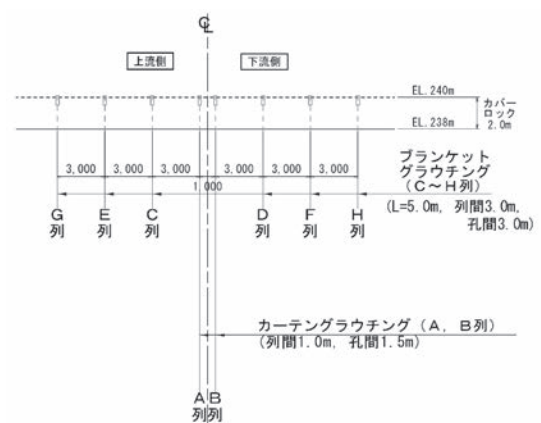


図-5 グラウチング試験孔配置横断面図

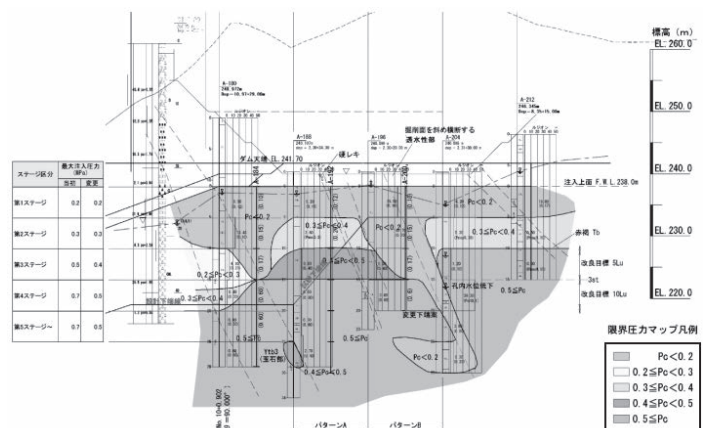


図-6 パイロット孔による限界圧力マップ

6. グラウチング試験経過

6.1 施工性

計画段階では軟岩ゆえに孔壁の自立性及びパッカーの圧力による孔壁の破壊が懸念されたが、孔壁は自立し、パッカーの圧力による孔壁の破壊も生じず、ステージ工法による施工性が確保できることが分かった。

6.2 リーク対策

リーク対策として、カバーロック 2m に加え、カバーコンクリート 20cm、スラッシュグラウチング（1m 格子）及び 0 ステージグラウチングを実施し、優劣を比較した。

カバーコンクリートとスラッシュグラウチングの比較では、ブランケットグラウチング 1 次孔から 2 次孔にかけてのルジオン値の逓減がスラッシュグラウチングにおいて相対的に大きかったものの、両者で地盤条件が完全に同一でないことも勘案すると、優劣の判断に至るものではなかった。また、孔口リーク以外のリークも多く発生したため 0 ステージグラウチングは採用しないこととした。

本施工でのリーク対策は、上記の結果と傾斜部の施工性の優劣を踏まえて以下のとおりとする。

- ① 河床部（平坦部）：カバーロック（2m）＋カバーコンクリート（20cm）
- ② 左右岸アバット部（傾斜部）：カバーロック（2m）＋スラッシュグラウチング（1m 格子）、地盤状況によりモルタル吹付を追加。

6.3 水押し試験及び透水試験の圧力段階

水押し試験では、作業を効率化するためルジオンテストに比べ圧力段階を簡略化することが一般的だが、限界圧力を的確に把握するために水押し圧力段階を 3 段階から 8 段階に変更することとした。

グラウチング試験実施以前の計画では、昇圧段階は 3 段階（0 → 0.05 → 0.10 → 0.20MPa）を予定していたが、昇圧段階が粗いために限界圧力を把握すること

なく地盤を破壊し、ルジオン値の判定が困難になった孔があった（図-7）。

また、透水試験中に単位透水量が急激に上昇する現象が見られた。これは限界圧力以上の試験水压により地盤に亀裂が入ったものと思われる。このような孔では亀裂が水みちとなり、セメント注入量が増大した可能性がある。

前述のような事象を受け、試験途中から昇圧段階を 8 段階（0 → 0.02 → 0.05 → 0.07 → 0.10 → 0.12 → 0.15 → 0.17 → 0.20MPa）に細分化し、限界圧力をより正確に把握することとした。

6.4 最大注入圧力

水押し試験及び透水試験における最大注水圧力、並びに改良材の最大注入圧力は、限界圧力に合わせて変更することとした。

パイロット孔施工の結果、試験地盤の限界圧力は第 1～2 ステージでは 0.2MPa 以下、第 2～4 ステージでは 0.2～0.5MPa、第 3～5 ステージでは 0.5MPa 以上であることが分かった。

水押し試験及び透水試験時に限界圧力を生じたステージ（概ね第 3 ステージ以降）では、改良材の注入量が増大した。もともと難透水性と評価される地盤に限界圧力を超える水压を与えたことで、水みちとなる亀裂を生じさせたことが原因と考えられる。

そこで、最大注水圧力及び最大注入圧力について、第 3 ステージは 0.5MPa から 0.4MPa に、第 4 ステージ以降は 0.7MPa から 0.5MPa にそれぞれ下げ、地盤に対する最適化を図った。

前述の昇圧段階の細分化と併せ、難透水である地盤に不要に亀裂を入れてまで改良を行うことがなくなり、適切なセメント量での施工が可能となった。

6.5 超微粒子セメントの使用

グラウチング改良材の配合は、グラウチング試験以前の計画ではセメント＋水＋ベントナイト＋AE 減水剤としていた。

セメント富配合への切替え時に、急激に注入量が低下する事象が見られたため、改良材の粘性を増すベントナイトを添加しない配合や、セメントをより微細な超微粒子タイプとする配合を検討することとした。

カーテングラウチングにおいて、高炉セメント B 種による配合で注入した規定孔（パイロット孔、1 次～4 次孔）及び、超微粒子セメントによる配合で注入した追加孔（5 次孔～6 次孔）のルジオン値および単位セメント量の状況は、以下のとおりである。また、ルジオン値逓減図（カーテングラウチング試験）を図-8 に示す。

- ① 規定孔（パイロット孔、1 次孔～2 次孔）にかけては、ルジオン値及び単位セメント量の逓減が大きい。

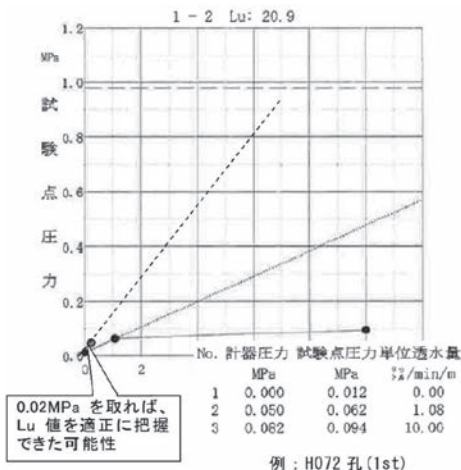


図-7 限界圧力に対し注水昇圧段階が粗く、ルジオン値の判定が困難になった例

- ② 規定孔（3次～4次孔）にかけては、ルジオン値及び単位セメント量は緩やかに逓減する。
- ③ 追加孔（5次～6次孔）にかけては、注入材料を高炉セメントB種から超微粒子セメントに変更した。規定孔（2次～4次孔）に比べ追加孔（5次～6次孔）の方が、単位セメント量が増加しルジオン値の逓減傾向が大きくなる。

以上の結果から、超微粒子セメントを使用することにより改良効果が大きくなることが分かった。

ただし、超微粒子セメントをすべての改良に使用すると経済的に不利となるため、孔数の多い規定孔には高炉Bセメントを用いることにした。規定孔の透水試験結果やチャートから改良材の入りが悪いと判断される場合は、追加孔において超微粒子セメントを用いた配合に切り替えることとした。

なお、ベントナイトは、高炉Bセメントとの組み合わせにおいては添加することとした。地盤変位の生じた箇所において注入圧力を下げても変位は減少しなかったことから、本地盤の変位は塑性的であると見られ、変位部に注入されたグラウトがブリージングして空隙が発生する懸念がある。このような場合、吸水膨張性をもつベントナイトの添加は有利であると判断したためである。

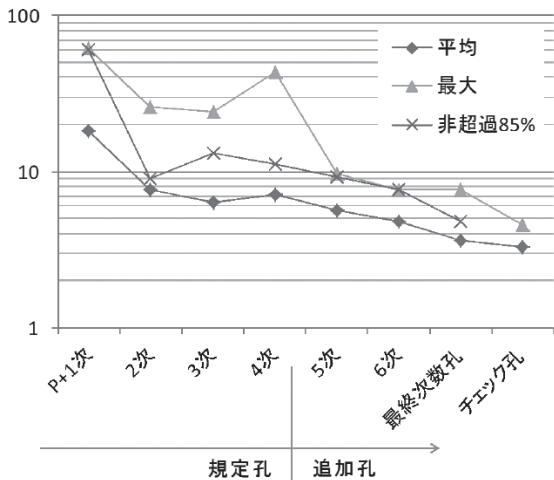


図-8 ルジオン値逓減図(カーテングラウチング試験)

7. グラウチング試験結果

7.1 ブランケットグラウチング試験結果

ブランケットグラウチング試験の結果をまとめると以下のとおりである。

- ① 規定孔である1次孔から2次孔に向かって、ルジオン値の明らかな逓減効果が認められる(図-9)。
- ② 2次孔で改良目標値を上回る孔も、追加孔(3次孔及び4次孔)で改良目標値10Lu以下に達している(図-9)。
- ③ 追加孔基準の妥当性を確認するために、現行の追加孔基準(図-10)によると3次孔が発生しな

かった全ての3次孔位置において、水押し試験を実施した。この結果、改良目標値10Luを上回る孔(3k-375孔:15.3Lu)が1孔確認された(図-11)。

上記①及び②より、ブランケットグラウチングの孔配置は計画どおりの仕様で改良が可能であることが確認された。一方、上記③より、現行の追加孔基準では、局所的な高透水部を改良できない恐れがあることが分かった。より確実な改良を行うため、ブランケットグラウチングの仕様については次の点を変更することとした。

- ① 2次孔のうち、改良目標値の1.5倍(15Lu)以上の孔がある場合、隣接するすべての2次孔間に追加孔を実施する。
- ② 改良目標値の非超過確率(85%)について、最終次数孔においてすべて改良目標値10Lu(非超過確率100%)を満足する方針に変更とし、チェック孔の施工は行わない。

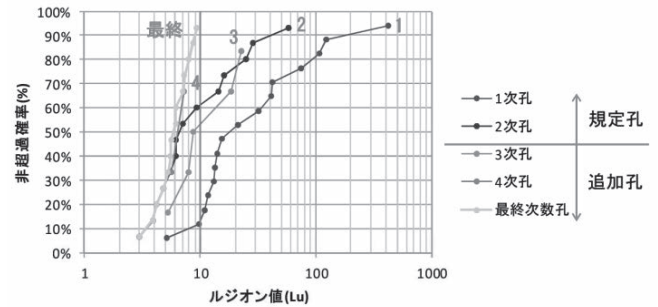


図-9 ルジオン値非超過確率図(ブランケットグラウチング試験)

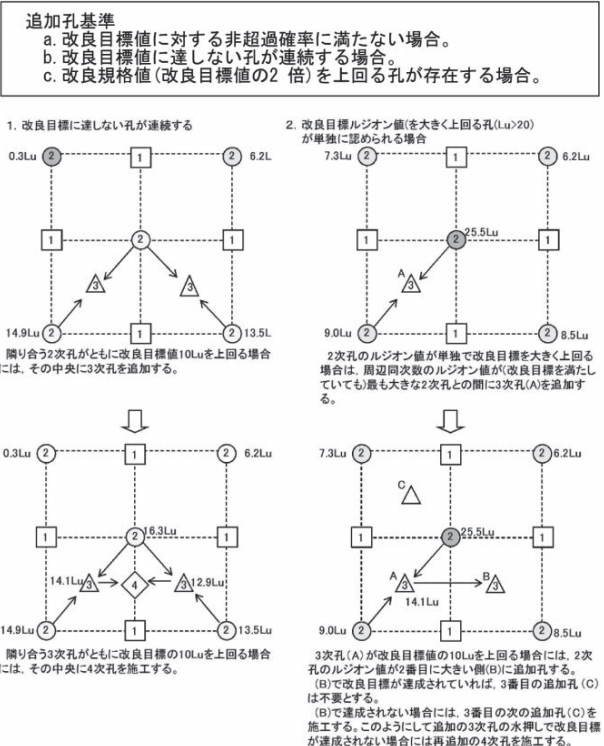


図-10 ブランケットグラウチング追加孔基準(グラウチング試験以前)

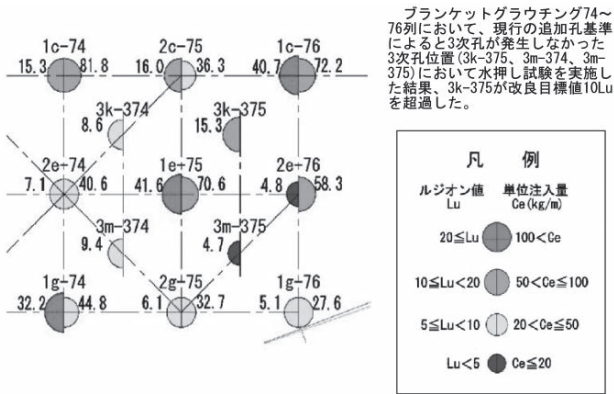


図-11 3次孔位置における水押し試験結果(74～76列)

7.2 カーテングラウチング試験結果

カーテングラウチング試験は、パターンAとパターンBにて実施した(図-4)。優劣を比較した結果、パターンAを採用することとした。結果をまとめると以下のとおりである。

第1ステージにおけるパターンA及びBの注入状況は次のとおりで、概ねパターンAが優れた改良性を示した。

- ① 両パターン共に規定孔(パターンA: 1～4次孔, パターンB: 1～3次孔)のルジオン値にはばらつきが見られ、逓減傾向は認められない(図-12)。
- ② 追加孔になると、パターンA(5～6次孔)ではルジオン値の逓減傾向が明瞭に現れている。一方、パターンB(4～5次孔)では明瞭な逓減傾向は認められない(図-12)。
- ③ 追加孔のルジオン値(平均値)をみると、パターンAでは6Lu(5次孔), 5Lu(6次孔)であり、改良目標値5Luと同程度まで改良されている。一方、パターンBでは17Lu(4次孔), 26Lu(5次孔)と改良目標値5Luに対し大きい値で推移しており、本パターンでは改良目標値に到達することは困難と考えられる(図-12)。

パターンAについては、改良性が以下のように確認され、本仕様での改良が可能であることが確認された。

- ① 次数を追うごとに高いルジオン値(Lu > 10)は少なくなり、超微粒子セメントを注入した5次孔及び6次孔は、すべて10Lu未満となる(図-8)。
- ② 最終次数孔では、改良目標値5Luに対し非超過確率は85%以上となる。
- ③ チェック孔は、全ステージで改良目標値5Luを下回り、遮水性に対し問題ない結果が得られた。

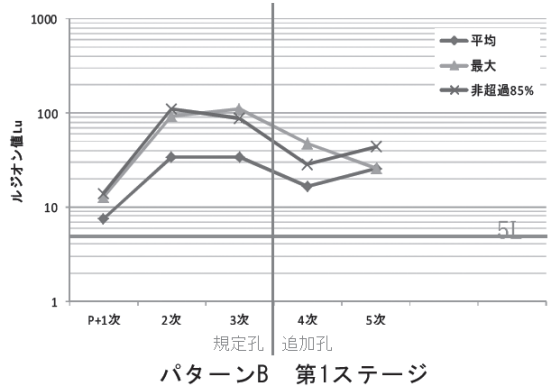
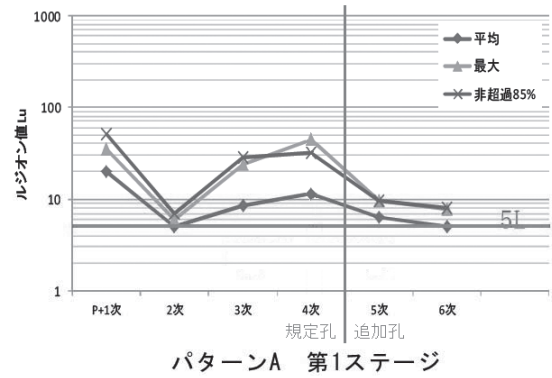


図-12 ルジオン値逓減比較図(カーテングラウチング試験)

8. おわりに

特性のある本ダム基礎地盤に対してのグラウチング試験は、施工中多くの問題を生じたが、丁寧な施工を続けることによりひとつずつ解決された。

試験の結果をうけ、本ダムではグラウチングにおけるステージ工法の採用が決定し、工事費が大幅に削減されるものとなった。

今後、市野新田ダムは基礎掘削ののち、グラウチング本施工に臨むこととなる。グラウチング試験結果を踏まえた慎重な施工を行い、発生する事象について臨機応変に対応し、よりよい施工を目指して参りたい。

本報告が、他地区における同様の業務の参考事例として役立つことがあれば幸いである。

岡島頭首工における堰柱の耐震補強工事について

吉 田 知 永*
(Tomonaga YOSHIDA)

目 次

I. はじめに	37	V. せん断補強工法（耐震補強）の概要	39
II. 事業の概要	37	VI. せん断補強工法（耐震補強）の施工	40
III. 岡島頭首工の概要	37	VII. 施工管理	41
IV. 耐震設計の概要	38	VIII. おわりに	41

I. はじめに

本報文では、「水と土 第165号2012」において報告した「岡島頭首工の耐震対策の検討について」に対する施工編を報告するが、調査・設計についてもその概要を説明し、耐震補強の必要性和施工までの流れが理解できるよう整理した。

調査・設計の詳細な内容については、「水と土第165号2012」を参照願いたい。

II. 事業の概要

国営かんがい排水事業「西濃用水第二期土地改良事業」（以下、二期事業）は、岐阜県南西部に位置し、一級河川揖斐川沿いの大垣市外6町にまたがる水田5,249ha、畑93haの地域で、水稻を中心に水田畑利用による小麦、大豆、飼肥料作物、露地野菜を組み合わせた土地利用型農業を展開する県内有数の農業地帯である。

前歴事業である国営かんがい排水事業「西濃用水土地改良事業」により造成された岡島頭首工や幹線水路は、地域の農業用水の安定的な供給に寄与したが、施設造成後38年余りが経過して、老朽化が進行し、農業用水の安定的な供給に支障が生じるとともに、維持管理に多大な経費と労力を要する状況であった。

このため、平成21年度から二期事業に着手して、岡島頭首工、幹線水路及び水管理施設の改修を行い、農業用水の安定供給と施設の維持管理費を軽減することによって、農業生産や農業経営の安定に資することとしている。

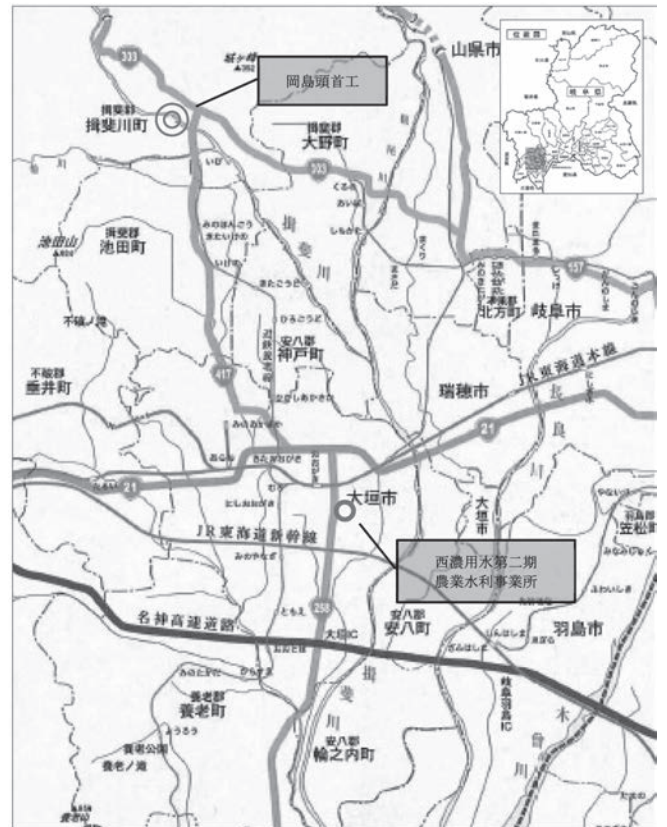


図-1 岡島頭首工位置図

III. 岡島頭首工の概要

岡島頭首工は、一級河川揖斐川の中流に位置し頭首工の両岸から農業用水を取水し、下流域に広がる農用地5,342haへ3本の幹線水路を通してかんがいしているフローティングタイプの可動（一部固定）堰であり、頭首工の諸元等は次のとおりである。

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

表-1 岡島頭首工諸元表

位置	(左岸) 岐阜県揖斐郡揖斐川町前島2864番地先 (右岸) 岐阜県揖斐郡揖斐川町上岡島106番の1番地				
河川名	1級河川 木曾川水系揖斐川				
計画洪水量	2,300 m ³ /s				
取水量	最大21.7 m ³ /s				
堰体	フローティングタイプ 堰長171.0m 可動堰90.0m 固定堰69.0m				
可動堰	洪水吐: ローラーゲート2門 幅30.0m 高さ2.3m 土砂吐: フラップ付き, ローラーゲート1門 幅30.0m 高さ3.1m				
付帯設備	魚道: 右岸 呼び水式 2連 幅5.00m 長さ52.50m 中央 階段式+粗石付斜路式 2連 幅6.85m 長さ89.85m 管理橋: 幅6.5m 長さ218.5m				
取水水門	ローラーゲート: 右岸2連 幅2.3m 高さ2.5m 左岸2連 幅1.85m 高さ2.0m				



写真-1 岡島頭首工全景写真 (左岸上流より)



写真-2 第1堰柱
(左岸上流より)



写真-3 第4堰柱
(右岸上流より)

IV. 耐震設計の概要

1. 施設の重要性と保持すべき耐震性能

頭首工の耐震設計を行うに当たっては、「土地改良事業計画設計基準「頭首工」(平成20年3月)」に基づき「被災による二次災害」、「被災による本来の機能に与える影響」を総合的に判断し、施設の重要度区分をAA種(支配面積5,432ha > 5,000ha)とし、保持すべき耐震性能をレベル1地震動に対して、「健全性を損なわない」、レベル2地震動に対して、「限定された損傷に留める」性能をそれぞれ確保することとした。

2. 耐震照査

具体的な耐震対策の検討では、レベル2の地震動における動的解析を用いて詳細な検討を行った結果、表-2のとおり第1堰柱及び第4堰柱の堰軸方向のせん断耐力が不足していることが明らかになり、これらの堰柱に対するせん断耐力の補強が必要となった。

表-2 耐震照査結果

		第1堰柱		第4堰柱	
		堰軸方向	流心方向	堰軸方向	流心方向
門柱	せん断耐力	0.86<1.0 -ok-	0.74<1.0 -ok-	0.72<1.0 -ok-	0.64<1.0 -ok-
	曲げ耐力	0.07<1.0 -ok-	0.12<1.0 -ok-	0.06<1.0 -ok-	0.08<1.0 -ok-
堰柱	せん断耐力	1.33>1.0 -NG-	0.48<1.0 -ok-	1.05>1.0 -NG-	0.54<1.0 -ok-
	曲げ耐力	0.28<1.0 -ok-	- (塑性化しない)	0.53<1.0 -ok-	- (塑性化しない)
残留変位量	機能回復	門柱部	1/281<1/100 -ok-	1/900<1/100 -ok-	1/300<1/100 -ok-
		堰柱部	1/500<1/100 -ok-	-	1/341<1/100 -ok-

なお、耐震照査を行うに当たり、せん断補強の規模を低減するために、「減衰定数の最適化」及び「ディープビーム効果（「既設橋梁の耐震補強工法事例 H17.4（海峡架橋・橋梁調査会）P II-304」より）」を考慮して耐震照査を行った。

その結果、ディープビーム効果を考慮した場合に第1堰柱のせん断耐力が大きくなり、せん断補強を行う範囲を小さくすることができた。

図-2に第1堰柱の検討結果を示す。

また、せん断補強鉄筋の施工位置を図-3に示す。

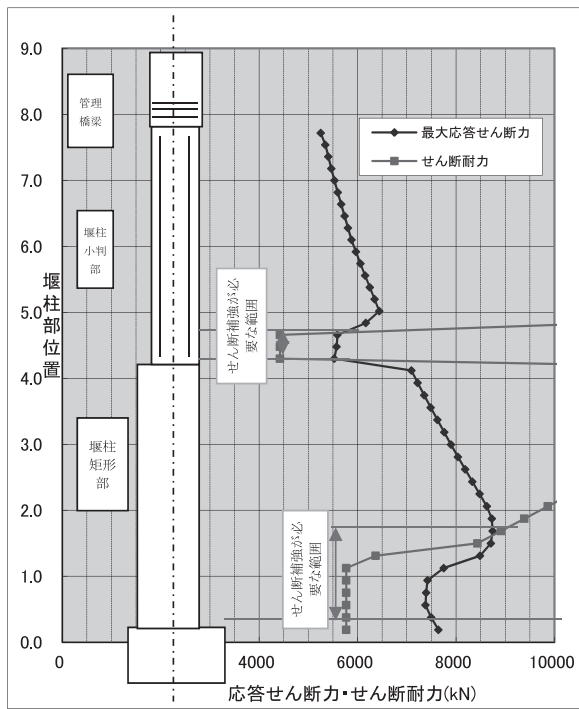


図-2 第1堰柱の応答せん断力・せん断耐力の分布

V. せん断補強工法（耐震補強）の概要

せん断補強工法の選定に当たっては、河川管理者から河川の流下断面に対する阻害率を現況以上に増やさないよう条件が付けられたため、①河川の流下断面を現状以上に阻害しないこと、②施工が容易で信頼性が高いこと、③経済的に有利であること、を基本に検討を行った。

その結果、躯体への定着方法と削孔後の充填材の種類により表-3に示す「ポストヘッドバー工法」と「RMA工法」を選定し、更には、この中から施工が容易で信頼性と経済性に優れた「RMA工法」を採用した。

表-3 せん断補強工法検討表

工法	ポストヘッドバー工法	RMA工法
略 図		
概 要	定着装置をプレート及び変形付の異形鉄筋を特徴グラウト材を用いて定着させる。	プレミックスの無機系モルタルを紙カプセルに詰められた製品で、従来のカプセルアンカーの考え方を取り入れた工法。打撃による施工を可能にしたあと施工アンカーによるせん断補強工法である。
施工性	挿入側には、プレート型の定着部を設けるので、別途、拡大削孔を行う必要がある。モルタル充填は、ホースにより行った後鉄筋を挿入し、空気を抜く必要がある。メーカーから専門の技術指導を受ける必要がある。	コンクリート削孔後に、モルタルカプセルを挿入し、鉄筋挿入過程で、攪拌しながら充填させるための他の施工方法に比べ容易な施工が可能である。
経済性(道工)	第1堰柱 4,300(千円) 第4堰柱 1,400(千円)	第1堰柱 3,300(千円) 第4堰柱 1,400(千円)
評 価	RMA工法と比較し、本数は同数、鉄筋径は小口径となるが、経済的に不利。	使用する鉄筋は、特別加工することなく市場性に富み、経済的である。

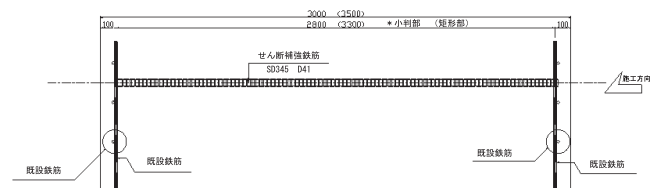


図-4 せん断補強鉄筋詳細図

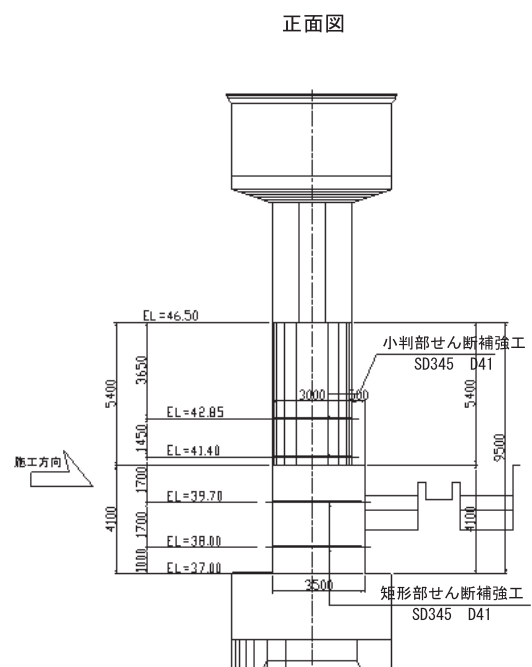
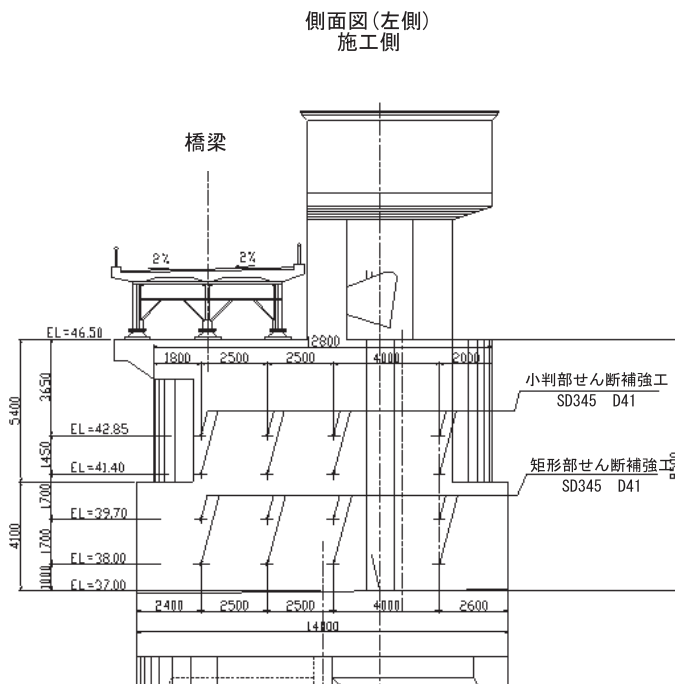


図-3 第1堰柱せん断補強鉄筋施工位置

VI. せん断補強工法（耐震補強）の施工

1. せん断補強工の施工手順

施工手順は図-5のとおりである。

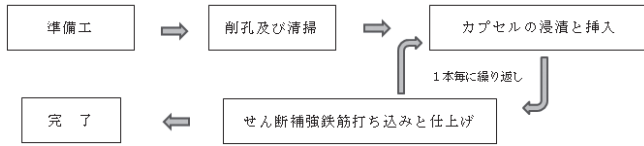


図-5 せん断補強鉄筋施工フロー

本工法に用いた資機材は、表-4のとおりである。

表-4 資機材一覧

名称	規格・記号	寸法	備考
せん断補強鉄筋	SD345、D41	2,810mm(小判部)3,310mm(矩形部)	写真-4
無機系セメントモルタルカプセル	Q-4442	42mm×420mm	D41用 写真-5
コンクリートコアドリル	削孔径 53mm	—	削孔用 写真-6
ハンマードリル	—	—	打設用 写真-7

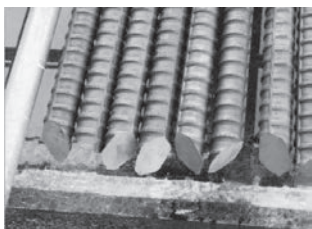


写真-4 せん断補強鉄筋D41



写真-5 無機系セメントモルタルカプセル



写真-6 コンクリートコアドリル



写真-7 ハンマードリル

2. 施工手順

(1) 準備

せん断補強鉄筋（以下、補強鉄筋）の施工位置は、既設の鉄筋位置をRCレーダー等の鉄筋探知機を使って既設鉄筋に干渉しない場所とし、堰柱の有効部材厚から求められる必要間隔をもとに図-6に示す検討フローに基づき全体の配置を決定した。第1堰柱小判部における決定事例を図-7に示す。

フロー①：削孔位置変更の際の注意点は、第1堰柱小判部の有効部材厚 2,900mm の1/2である 1,450mm 以内とすること。(矩形部 3,400mm の1/2 以内)

フロー②：施工裏面の鉄筋に干渉した場合は、その時点で削孔は中止し完了とする。

フロー③：設計削孔長の90%を確保する。

フロー④：設計削孔長が90%を下回る場合は、補強鉄筋が必要量を満足しないため、当初設計の断面積を上回る補強鉄筋を配置する。

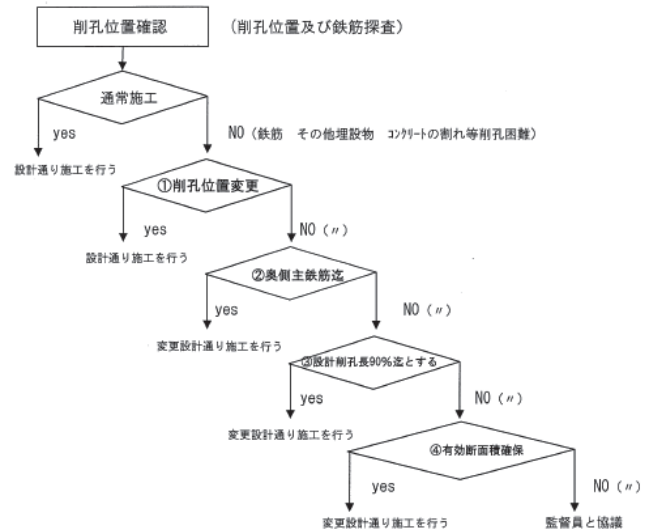


図-6 せん断補強鉄筋位置検討フロー

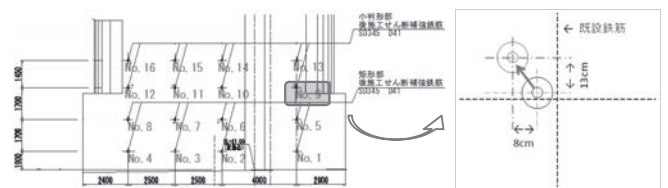


図-7 せん断補強鉄筋位置決定事例（小判部NO.9）

(2) 削孔及び清掃

補強鉄筋を正しい位置に施工するためには、削孔機を躯体取り付け面に対して直角に設置する必要がある。

また、設計どおりの削孔長（小判部：2,810mm、矩形部：3,310mm）を直線的に削孔するためには、削孔機の振動や削孔音を確認しつつ、削孔速度を調整して作業を進める。

ドリルは、コンクリートに含まれる粗骨材の堅さを考慮し、コンクリートコアドリルを用いた。

また、施工裏面の既設鉄筋を過掘によって切断しないようコアチューブにマーキングを行った。

削孔の結果、3本が施工裏面の既設鉄筋に干渉したが、削孔内を照射して鉄筋表面を目視し、傷の程度を確認した上で、念のため採取したコアに鉄筋の付着がないことを確認し、影響はないものと判断した。

干渉したことによって、削孔長が設計値に満たなくなった3本の補強鉄筋については、打ち込み前に長さを短くして所定の被りが確保できるよう調整した。

削孔後に行う孔内の清掃は、補強鉄筋と躯体の一体化に影響がでないよう、清水を用いて孔内を洗浄し、バキュームポンプでノロを除去した。

(3) 無機系モルタルカプセルの浸漬及び挿入

孔内の清掃が終了した後、定着材である無機系セメントモルタルカプセル（以下、カプセル）を真水に浸漬させる。使用前のカプセルは乾燥状態であるため、使用直前に2～5分程度浸漬させ、水面に浮かび上がる気泡が消えれば使用可能と判断する。



写真-8 削孔状況



写真-10 補強鉄筋の打ち込み状況

本工事では、補強鉄筋 D41mm，削孔径 53mm，削孔長 2,810mm（小判部）及び 3,310mm（矩形部）であることから，1孔に必要なカプセルは5個若しくは6個となり，これを順次突き棒で挿入する。

カプセルの浸漬後の可使用時間は水温により変化するが，水温 20℃の場合で浸漬開始から約 10 分と短時間であるため，浸漬から補強鉄筋の打ち込みまでを 1 行程とし，1 孔毎に施工した。



写真-9 カプセルの浸漬状況



写真-11 モルタルの充填状況

(4) せん断補強鉄筋の打ち込みと仕上げ

補強鉄筋の打ち込みは，削孔長が 2,810mm 及び 3,310mm と長い上に，使用した鉄筋径が D41mm と太く，重量もそれぞれ 30kg 若しくは 35kg と重いことから，通常の打撃に加え回転も可能なハンマードリルを用いて，写真-10 のとおり 3 人体制で施工を行った。

補強鉄筋の先端が孔底に達したときには，施工裏面の躯体コンクリートの欠損を防止するために速やかに停止するよう留意した。

なお，定着材の充填状況は写真-11 のとおり，孔内から溢れてくるモルタルを目安に判断した。

打設翌日に定着材として使用したカプセルを浸漬させ，躯体表面の削孔跡に充填し，表面仕上げを行い，全ての作業が完了する。

Ⅶ. 施工管理

補強鉄筋は，小判部 8 本（削孔長 2,810mm）及び，矩形部 8 本（削孔長 3,310mm）の合計 16 本を施工し，小判部で 1 本（△ 50mm）及び矩形部で 2 本（△ 50mm，△ 60mm）の合計 3 本が施工裏面の既設鉄筋との干渉のため設計値より短くなった。設計長との差は約 2% と小さく，誤差率の基準値△ 10% 以内にあることから，出来形には問題がないものと判断した。（土木建設技術シンポジウム 2003 論文集 p263～p270 より）

Ⅷ. おわりに

岡島頭首工の耐震補強工事は，不足するせん断耐力を補うため後施工アンカーと同様に施工できる RMA 工法を採用し，平成 24 年度及び 25 年度の 2 ヶ年間をかけて第 4 堰柱と第 1 堰柱の耐震補強工事を実施した。

本工事の施工事例が，大規模地震等に備えた耐震補強対策の参考になれば幸いです。

貴志川サイホンその4改修工事の施工について

中 井 雅* 大 亦 昌 史** 安 部 芳 和***
 (Masashi NAKAI) (Masafumi OOMATA) (Yoshikazu ABE)

目 次

1. はじめに	42	4. 工事の発注と施工計画	45
2. 貴志川サイホン改修の必要性	42	5. 施工時の課題と設計変更	46
3. 設計 VE の実施	43	6. 終わりに	48

1. はじめに

山田ダム水路（左岸）貴志川サイホンは、和歌山県海南市七山（右岸側）及び紀の川市貴志川町長原（左岸側）にある最大通水量 0.827m³/s、口径φ 800mm、L=159mの一級河川貴志川を横断するサイホンで、近畿農政局大和紀伊平野農業水利事務所紀伊平野農業水利事業建設所では、国営大和紀伊平野土地改良事業により今回改修したものである。

2. 貴志川サイホン改修の必要性

貴志川サイホンは、国営十津川紀の川土地改良事業（昭和 25～58 年度）により昭和 32 年に完成した山田ダムを水源とし左岸側を流下する水路で、和歌山県営事業により昭和 36 年度に建設されたものであるが、管水路部では目地の開きや目地からの漏水が多く見られ、漏水についての苦情も多く寄せられる等、老朽化の進行により改修の必要が生じていた。

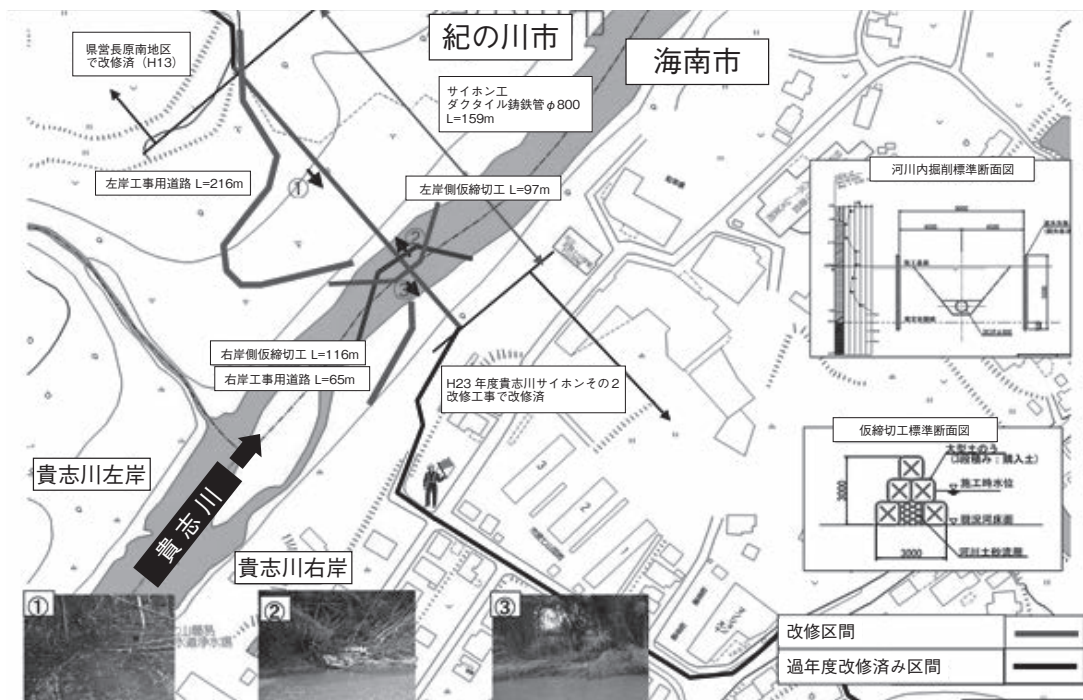


図-1 貴志川サイホン工事の概要

* 近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所
 ** (前)近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所
 *** (現)九州農政局沖永良部農業水利事業所
 (前)近畿農政局紀伊平野農業水利事業建設所

このため、当建設所では平成23年度に「施設機能診断マニュアル（調査編）（案）Ⅳ．パイプライン編〔パイプラインの機能診断〕」に従い機能診断を実施し、①漏水・湧水状況②たわみ③内面塗装腐食状況等を調査した結果、鋼管の内部が錆びており部分的に必要な厚さを満足していなかったこと（平成24年2月13日膜厚試験実施）等が判明した。更に平成24年9月24日に貴志川サイホン区間の水張り試験を行った結果、許容漏水量を大きく上回る漏水を確認し、漏水箇所を特定できなかったが左岸側で同時期に湿地となったことにより、過年度の調査結果と合わせて全面改修が必要と判断した。

3. 設計 VE の実施

(1) 本件工事の設計においては、以下の制約条件とした。

〔法令等〕

- ①河川内工事は、非出水期（10月16日～6月15日）に行う必要がある。
- ②本河川には、漁業組合がある。アユの生息区域であり、工事による濁水を極力出さない。（このため、工事は3月31日までに終える必要がある。）

〔現場条件〕

- ①既設の旧管は、撤去する。（河川管理者との事前協議では、今回の布設替えにあわせて旧管を撤去することの同意は得ていた。）
- ②工事期間中（非出水期）の河川流量は約70m³/sec程度（非出水期の10年確率（最近年の10ヶ年）の流量である（流域145km²））
- ③周辺道路は、右岸側では道路幅員は広いが住宅地が隣接している。（過去2ヶ年にわたり本事業による水路改修工事を行っている。）

一方、左岸側では、農道が近くまで通っているが、工事区域までには竹林が存在しており竹林内は人がやっと通れる里道しかない。

- ④河床は垂角礫φ30mm～50mm主体であり、岩盤が想定される。

(2) 現況施設の状況と改修施設の概要は以下のとおりであった。

〔現況施設〕

- ①改修対象施設は一級河川貴志川を横断するサイホンのうちL=159m（河川区域内60m）である。
- ②既設サイホンは、口径φ800mm、管種は鋼管（左岸の竹林内の一部L=55mはHP管）。
- ③完成年は、昭和36年（1961年）で造成後52年が経過している。
- ④河川部横断管の埋設深（土被り）は、河床の下、概ね4m～2mである（県営竣工図より）。
- ⑤昭和36年当時の施工記録によれば管の埋設位置

周囲の地質は軟岩である。

⑥昭和36年当時の施工は開削により行われている。
〔改修施設〕

- ①設計時点では、水密性が高い口径φ800mmダクタイル鋳鉄管又は鋼管の管種とし、コンクリート巻立ては行わないことで河川管理者と協議を行った。（事前協議で、河川管理者の管種、二重管構造の指定はない。）

このため、実施設計については、平成24年度紀伊平野山田ダム水路山東支線他調査測量設計業務を発注したが、更なるコスト構造の改善のためインハウス型設計VEを実施して仮設計画と施工方法について検討を加えることとし、第1回を平成25年1月8日、第2回を平成25年2月5日に開催した。設計VEチームは、当建設所駐在次長をリーダーに近畿農政局土地改良技術事務所専門技術指導官、建設所長・技術専門官・用地第二課長・工事第一課長と担当する工事第二課課長・係長・係員からなる事務局で構成し、オブザーバーとして設計業務を受注した(株)内外エンジニアリングの担当者が出た。

(3) 第1回設計VE検討会（平成25年1月8日）

- 1) オブザーバー（本件の設計業務受注者）より仮設計画案と施工方法案の提案があった。

① 仮設計画（案）

a) 工事前仮設道路の計画

- ・現況には河川内の工事区間へ近づくために必要な道路が無い。したがって施工場所へ重機、管路資材を運搬するための工事前仮設道路が必要である。工事前仮設道路は現地条件から左岸、右岸側各々からの進入路が必要である。
- ・右岸側は公園用地及び掘込み河川の護岸（竹林）を借地して進入する。
- ・左岸側は右岸側と同様に竹林を借地して進入する仮設道路を設置する。
- ・場内道路に現況腹付けする。勾配10%～15%の腹付け盛土を構築する。
- ・資材、掘削土のストックヤードとして、右岸は公園敷、左岸は竹林の平場を借地する。

b) 仮締切工の形式

- ・仮締切は半川締切で行う。河川流量より河川の水深は1.5m程度であることから仮締切の構造は大型土のうとする。
- ・水替えは排水ポンプで処理する。

② 施工方法（案）

a) 管理設工

- ・掘削土のうち良質なものは埋め戻し材として流用する。
- ・埋戻し流用土は仮置を行い、また、掘削土のうち不良土は指定土捨て場へダンプトラックにて

搬出する。

b) 管体工

- ・河床面からバックホウにて掘削し旧管を撤去する。
- ・新管はバックホウ（クレーン機能付き）にて吊り降ろす。

2) 以上の条件をふまえて第1回設計VE検討会では代替え案について以下のとおり論じ、アイデア発想と概略評価を実施してVE提案項目を取りまとめた。

① 仮設計画

a) 仮設道路：

- ・河床には兩岸からトラックが進入できるよう計画する。
- ・左岸側仮設道路は提案の勾配10%より急な勾配12%～15%で仮設ヤードを含めてコンパクトになるよう検討する。（経済性から勾配が急な15%が有利と思われる。）
- ・左岸側：既設の里道を拡幅し仮設道路を設置する案もある
- ・左右岸：仮設ヤード敷地を小さくできないか検討する。

b) 仮締切工：

- ・川砂利を使って大型土のうを製作する案が考えられるが、河川管理者と協議する。

② 施工方法

a) 管体工：管種は河川協議により決定するが、現時点では溶接が不要で前後の管種と同等のダクタイル鋳鉄管とすることを基本とする。（コンクリート巻立てなし）

b) 施工：河川内工事であり、大型土のうでの遮水であるが、透水性が非常に高く水替えポンプのみではドライワークで施工できないことが想定される。よって、遮水のための鋼矢板設置を検討する。（県営にて建設した当時も鋼矢板にて遮水を行った経緯がある。竣工図および県関係者への聞き取りから遮水矢板が必要との見解であった。）

- ・鋼矢板の目的から次の3案を比較検討する。

- 1案：鋼矢板は遮水用とし、管理設断面は素掘とする
- 2案：鋼矢板は遮水用とする。埋戻し材（c-30）施工数量減のため簡易土留とする。
- 3案：鋼矢板切梁を管布設断面とする（土留遮水兼用）

(4) 第2回設計VE検討会（2月5日）

本工事より下流の貴志川にて橋梁ピアを建設中の諸井橋付替工事（和歌山県那賀振興局建設部発注）鋼矢板締切工事において遮水方法等の現地調査を実施した後、オブザーバーより仮設計画（案）の検討結果説明を受けて仮設計画（案）を検討し、設計VE結果を取りまとめた。

1) VE検討結果

合計450万円の縮減。CD率5.0%（VE実施前の想定工事費90百万円から85.5百万円に）という結果を得てコスト改善に貢献した。設計VE結果の概略は次のとおりである。

2) 工事中仮設道路計画（左岸側の仮設道路計画）

工事中道路の設置については、路線及び勾配変更により延長L=350mからL=330mとし、約270万円の縮減となった。これは、左岸側工事中仮設道路の路線を、できるだけ工事中道路の延長を短くして工事中道路の計画範囲を小さくし、かつ資材置場の仮設ヤードと一体的になるように検討した。

① 最小半径R=15m

② 最大縦断勾配I=15%（10%以下は敷砂利舗装、10%～15%は滑止めのコンクリート舗装）

3) 仮設計画と施工方法

仮締め切り工については、大型土のうの中詰め土の一部を現地発生土利用とすることで約180万円の縮減となった。その他、下記の事項についても検討した。

① 鋼矢板施工方法の比較

河川内は透水性が非常に高く水替えポンプのみではドライワークで施工できないことが想定される。このため、遮水のための鋼矢板設置を検討した。

鋼矢板施工方法の選定に当たっては、「硬質地盤対応圧入工法（硬質地盤クリア工法）」を採用した。工事的には「油圧パイロハンマ工法（ウォータージェット併用）」の方が安価であったが、同工法はウォータージェット使用による汚濁が発生し漁協の許可を得ることが困難と予想されたことや「アースオーガ併用工法」は、今回の設定地盤には適用不可であることから最大N値50以上の硬質地盤への圧入・コンパクト化により施工スペースが狭い等の厳しい施工条件下の施工・排土の抑制施工が可能な「硬質地盤クリア工法」を採用した。

② 管路埋設方法（埋設断面）

- ・管種・管径：ダクタイル鋳鉄管、φ800mmとする。
- ・管理設断面の比較：最も経済的であると判断した「遮水矢板+素掘り掘削」を「遮水矢板+建て込み簡易土留め案」と「遮水矢板兼用切梁式土留め案」と比較して採用した。

③ 仮締切計画

・ 施工期間中の仮締切流量の算定は、河川流量は非出水期（11月～4月）として算定した。算定には、貴志観測所の過去10年間（2002年～2011年）の流量データを使用した。過去5ヶ年の非出水期年間最大流量（日流量最大）は2009年3月14日の $85.78\text{m}^3/\text{s}$ で、これは過去10ヶ年でも2位になるため「設計便覧（案）」（土木工事共通編平成16年近畿地方整備局）より、これを採用した。

・ 本工事は貴志観測所の上流3.5kmの地点にあるため、貴志観測所地点との流域面積比により流量を算定した。

$$\text{貴志川流域面積比} = 234.96\text{km}^2 (\text{本工事地点}) / 260.00\text{km}^2 (\text{貴志観測所}) = 0.90$$

この結果、仮締切流量を $Q=0.80\text{m}^3/\text{s}$ （ $\equiv 85.78\text{m}^3/\text{s} \times 0.9 = 77.2\text{m}^3/\text{s}$ ）とした。

・ 粗度係数：0.035（河床の玉石交じり砂礫層の中間値）、河床平均勾配1/160として Manning式で等流計算を行い、等流水深1.959m（ $\equiv 2.0\text{m}$ ）を算出した。

この結果、大型土のうによる締切高を $H=2.5\text{m}$ （水深2m + 余裕高0.5m）とした。

4. 工事の発注と施工計画

その他、本工事の実施にあたっては、河川協議（95条）、漁協・公園関係等との協議を了し、本工事は、「平成24年度大和紀伊平野農業水利事業（二期）紀伊平野山田ダム水路（左岸）（貴志川サイホンその4）改修工事として平成25年5月30日に発注した。工事内容は以下のとおりである。

施工延長 L=159.107 m

（山田ダム左岸水路）施工始点 測点No.31+89.373, 施工終点 測点No.33++48.480

内訳 ダクタイル鋳鉄管 NS形 S種 $\phi 800\text{mm}$
L=74.697m SL=77.064m

ダクタイル鋳鉄管 K形 DD種 $\phi 800\text{mm}$
L=84.410m SL=86.115m

施工にあたっては、①準備工（伐採等）→②左岸工事用道路設置→③左岸仮締め切り工（大型土のう485袋）→④左岸遮水矢板工→⑤左岸管水路工→⑥排泥工→⑦右岸工事用道路設置→⑧右岸仮締切工（大型土のう現地発生土で95袋+左岸から転用485袋）→⑨右岸遮水矢板工→⑩右岸管水路工→⑪復旧工→⑫後片付けの順で施工した。

工期は平成25年5月30日から平成26年3月26日までであった。

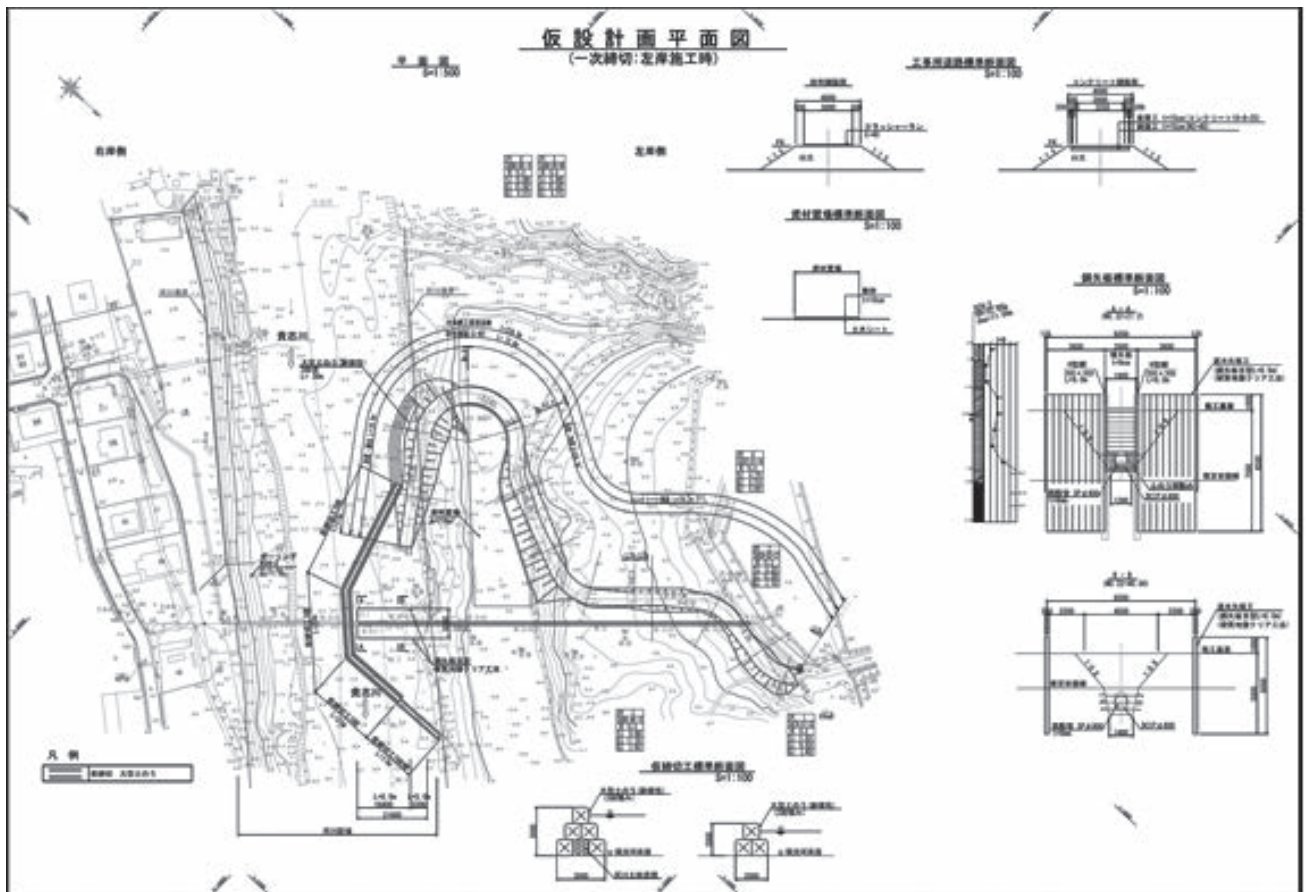


図-2 一次施工（左岸側）仮設計画図

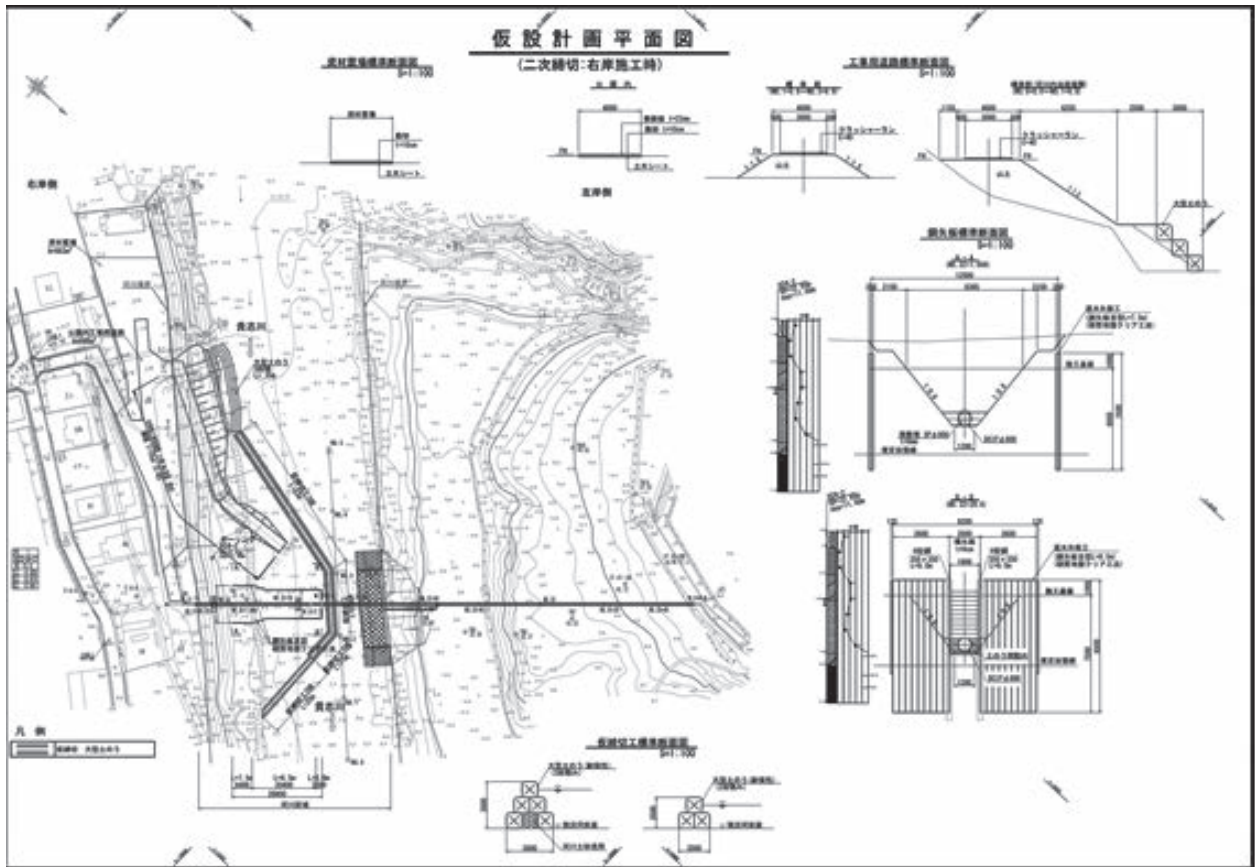


図-3 2次施工（右岸側）仮設計画図

5. 施工時の課題と設計変更

施工時に設計 VE で検討した内容については大きな設計変更は生じなかった。又、仮締切の越流等の重大な問題も生じなかったが、ここでは設計 VE で検討した事項を含めて工事着手後に設計変更が生じた主な事項について記載する。

〈施工状況 写真-1～4〉



写真-2 遮水矢板打設（左岸）



写真-1 遮水矢板打設（左岸）



写真-3 右岸工所用道路



写真-4 右岸管布設



写真-7 容積確認

(1) 湧水への対応

当初計画では、遮水矢板を設けることで漏水量の発生は少量と考え湧水等を想定した水替え工は計上しないこととし、施工にあたり水替えが必要となるような湧水等が発生した場合には、監督職員と協議の上対策を講じることとした。そのため、本工事においては遮水矢板内掘削作業時において湧水量を測定し、水替え工が必要か判定することとした。

〈湧水量計測状況 写真-5～8〉

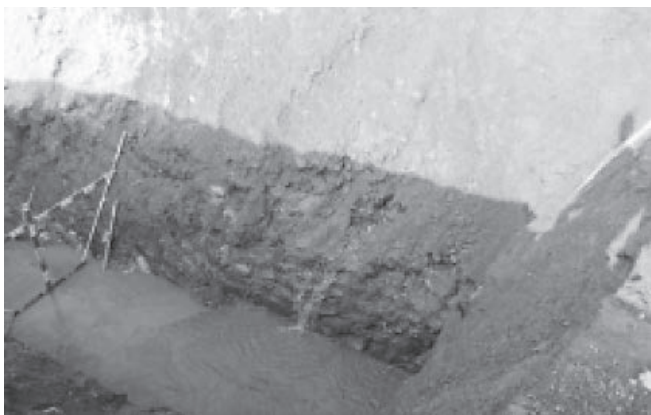


写真-5 状況写真



写真-8 計測状況



写真-6 水替え工状況

- 1) 1秒間あたりの湧水量は水槽容積 5.4m^3 ($H=3.0\text{m}, B=1.8\text{m}, L=3.0\text{m}$) の水槽が満量になるまでの時間を測定して計測した。時間計測結果は 5.4m^3 の水槽が満量になるまで1分56秒。この結果、 $Q=5.4\text{m}^3/116\text{秒} = 0.0466\text{m}^3/\text{sec} = 2.796\text{m}^3/\text{min} = 167.8\text{m}^3/\text{h}$ となった。
- 2) この結果を基に、工事現場内における湧水量を遮水矢板内掘削作業時に想定湧水量 $Q_{\text{max}} = 168\text{m}^3/\text{h}$ 、排水方法は常時排水として、水替え工を変更追加した。
- 3) 当初、既設管撤去及び新管布設部の締切は、H鋼を打設し親杭横矢板式で計画し既設管（新設管）の周りに土のうを間詰めして河川及び地下水の浸入を防ぐ計画であったが、想定以上の浸水があったため河川縦断方向に遮水矢板工を追加した。追加したのは、
 - ・一次施工（左岸）：当初は、遮水矢板を97枚（Ⅲ型 $L=5.5\text{m}$ ）打設、23枚存置。締切追加（河川縦断方向）で遮水矢板（Ⅲ型 $L=8.5\text{m}$ ）18枚。締切追加（河川縦断方向）で親杭横矢板工

(H=350mm 9m) 2本。

- ・二次施工(右岸):当初は、遮水矢板を52枚(Ⅲ型 L=7.0m)+96枚(Ⅲ型 L=5.5m)。

締切追加(河川縦断方向)で遮水矢板(Ⅲ型 L=8.5m)16枚。

変更追加で一次施工よりの存置区間に遮水矢板38枚。

締切追加(河川縦断方向)で親杭横矢板工を(H=350mm 9.5m)2本。

(2) 仮設道路工の変更

大きな変更は生じなかったが、次のような変更が生じた。

- 1) 仮設道路(左岸)地権者の要望により左岸工事用道路の山林部については存置することになったため、残土処分の減が生じた。

6. 終わりに

本工事は、平成26年3月末までに旧管撤去と新管布設を終え、無事完了した。

本工事の施工にあたっては、事前に設計VEを実施した他、和歌山県公文書館から既設管の施工当時の図面を借り出し、又、既設管の施工当時の和歌山県の担当者を2名訪問(平成24年10月16日、10月31日)して当時の状況を聞かせて頂いた。更に貴志川の下流で県道橋の橋脚工事のため河川仮締切等を施工していたのを見学させて頂き参考とした。

このような事前の準備と検討が、旧管撤去と新管布設を、非出水期に施工が限定され、左右岸からの施工が必要という制約条件がある中での工事の完成に導いたと考えている。

大江用水路沿革

佐藤 浩*
(Hiroshi SATO)

目次

1. はじめに	49	3. 今日の課題	50
2. 用水路築造の歴史	49	4. おわりに.....	51

1. はじめに

大江用水路は新潟県のほぼ中央に位置し、一級河川信濃川水系刈谷田川より取水し見附市から長岡市に至る447haの水田を灌漑する延長13.7kmの農業水利施設（取水量1.881m³/s、L=13,174m、H=1.20m、上幅W=3.30m、下幅W=2.00m）です。

江戸時代前期、越後長岡藩の積極的な開田政策に対応するため築造された大江用水路の生い立ちと、現在の課題を紹介します。

2. 用水路築造の歴史

長岡藩公（牧野藩主）は元和4（1618）年、長岡に移封されてから領内の荒地を積極的に開墾することを勧めました。藩の勧めに従って、百束・福井（現長岡市）、漆山・耳取・鳥屋脇（現見附市）の五ヶ村が新田を開発したため、必要な用水が不足し耕地に行き渡らなくなりました。

そこで正保元年（1644）、漆山の平右衛門と福井の利右衛門の二人（大江開祖として漆山善久寺境内にお墓あり）は、用水不足を補うため時水・和田・名木野の山々から渓流水を集めて古川池に堤を築く工事を献策し、藩に新しい江溝（水路）を開削する請願書を提出しました。これが大江用水開削の始まりです。

慶安元年（1648）工事は竣工しましたが、更に五ヶ村と流域の村々で開墾が進み新田が拓かれると、再び用水不足が生じたため、和田から更に上流の刈谷田川水系である神保川（現在の稚児清水川）までの江筋掘削工事を藩に願い出て、承応元年（1652）工事が認可されました。

この区域には観音坂の岩盤崖があり、岩盤を掘り抜く高度な技術が必要であったため、測量や岩盤掘削の土木技術に優れ、人足の統率力と人望があった明戸島

村の市川太郎兵衛（祭神として本明町諏訪神社境内「大江神社」に祭る）に普請奉行は掘削工事を命じました。

明暦元年（1655）になると更に新田開発が進み、不足した用水を求めて河野の村下から刈谷田川の岩淵を掘り抜き取水する水路工事を献策して奉行に普請の嘆願書を提出し、認可され起工しました。明暦2年（1656）、岩淵に江口を開けて取水しましたが、水量が少なく流域の灌漑は困難を極め、そのため更に宮之原の村下の刈谷田川に江口を開き取水を試みましたが、取水量も少なく成果は得られませんでした。

明暦3年（1657）、更に水路を延長し、鴉ヶ島の村下で刈谷田川に江口を開く江筋工事を藩から認可され、万治元年（1658）宮之原の岩江の岩盤を切り抜く難工事も突破して苦難の末に竣工し、刈谷田川からの取水量は充分となり、大江用水は豊富な水量を確保することが出来ました。（写真-1）



写真-1 大江用水路の隧道

鴉ヶ島隧道（素掘り）L=330.00m W=2.00m H=2.50m
宮之原隧道（素掘り）L=188.00m W=2.00m H=1.50m

暴れ川で有名な刈谷田川が氾濫や洪水を起こすたびに流れは繰り返し変化するため、大江用水取水口の堰はその都度補修工事をしなければなりません。このため現在の鴉ヶ島頭首工は明治36年に鴉ヶ島の

*福島江土地改良区 (Tel. 0258-22-6111)

村の下をトンネルで掘削し、村の上流に取水口を設ける大規模な改修工事を実施し、明治38年に完成をみました。

近年では、昭和39(1964)年、災害復旧事業により取水堰がフローティングタイプ全幅固定堰に改修(写真-2)され、昭和45(1970)年には県営猿橋川上流部用排水改良事業により三面舗装工事が施工(写真-3)され、現在に至ります。

また、昭和61(1986)年、稚児清水川改修事業の補償工事として太田落差工がラバーダム(L=16.00m H=1.70m)に改良(写真-4)され、平成3(1991)年には県営ため池等整備事業(河川工作物応急対策)により護床工と取水樋門が施工(写真-2)されました。



写真-2 鴉ヶ島頭首工 (L=70m)



写真-3 大江用水路

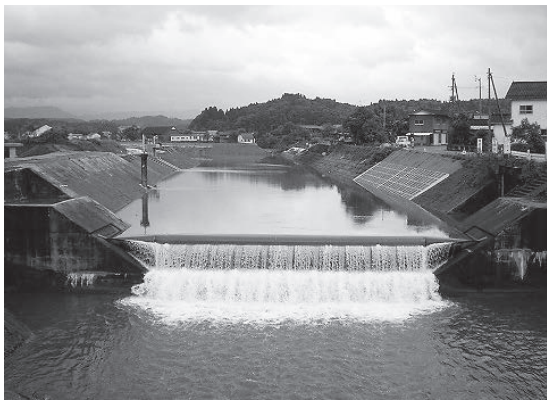


写真-4 稚児清水川平面交差部

3. 今日の課題

昭和34年から県営事業により改修された大江用水路ですが、築造から50年以上が経過し耐用年数も経過し老朽化が著しい状況であり、素掘隧道は内壁の崩落や脆弱化が進行しており、一刻も早い全面改修が望まれています。(写真-5, 6)

長年の懸案事項であった改修事業ですが、上流側から順次、県営事業により改修を進めるため調査計画を行っています。受益農家の方々も全線に亘り改修が進むよう期待を寄せています。



写真-5 空積ブロックの剥離状況



写真-6 鴉ヶ島隧道の側壁の状況

一方、447haの水田を灌漑する大江用水路は、見附市南部の山地と一級河川刈谷田川との間を流下しており、ひとたび雨が降ると山地・宅地などの流域約600haの排水を受け、河川に排出する機能を有した水路でもあります(写真-7)。近年の局地的豪雨により度々溢水し、住宅等への被害(写真-8)も発生しています。このため排水量で改修断面を決定せざるを得ず、また近年の集中豪雨・雨量の増加による施設規模の拡大に伴い、全面改修時における総事業費の増高が予想されます。

更に刈谷田川と山地に挟まれた細く長い受益地域の形状のため、受益面積の割に水路延長が長く、10a当り地元負担額も相当な金額になることが予想される事から今まで全面改修に踏み切れなかったという経緯が



写真-7 山地からの排水流入状況
(平成25年7月30日)



写真-8 住宅地への排水溢水状況
(平成25年7月30日)

あります。しかしながら、前述のように老朽化が激しく改修が喫緊の課題となっている農業用水路であるため、農業水利施設保全合理化事業を活用し事業着手に向け、調査計画を行っております。

4. おわりに

これからの課題としては多大な農家負担の軽減を図るべく、排水路としての機能を有する本用水路の特徴を踏まえ、市などの行政機関と負担割合等について協議しながら全線改修に向けて進めていかなければならないと考えております。447haの水田を灌漑する大江用水路が一日も早く改修できることを受益農家の皆様と共に願いながら、大江用水路の沿革を紹介致しました。

【参考 / 引用文献】

- 1) 「大江用水の開削」
- 2) 「見附市史」上巻 (1)
- 3) 「郷土史・村の歩み」第4編 大江水利関係記録



水田冠水に伴う水稲被害量を推定するための模擬冠水試験法

－ 試験手法の提案と水稲減収尺度策定の試み－

皆川 裕樹* (Hiroki MINAKAWA) 増本 隆夫** (Takao MASUMOTO) 名和 規夫* (Norio NAWA)
吉田 武郎* (Takeo YOSHIDA) 工藤 亮治* (Ryoji KUDO) 北川 巖*** (Iwao KITAGAWA)

目次

1. はじめに	52	4. 水稲減収尺度の策定例(2012年試験結果より)	57
2. 模擬冠水試験法の概要	52	5. おわりに	57
3. 模擬冠水試験による水稲への影響調査結果	55		

1. はじめに

水稲栽培はわが国の農業の根幹であり、水田面積は全国農地の54%にあたる247万haにも及ぶ(H24年現在:農林水産省, 2013)。これらの水田の多くは流域内の低平部に広がっており、排水難により水田湛水・冠水被害が頻発する地区もあったが、排水施設の整備等により状況の改善が進められてきた。しかし、現在でも水田の冠水被害は主な水稲減収要因の一つとなっている。例えば風水害が発生した水田の述べ面積は全国で約49万ha/年にもなり、その水稲被害量は約16万トン/年にもおよぶ(農林水産省作物統計調査・作況調査資料平成16年～25年結果より集計)。被害金額としても年間数十億円規模(但し、風害を含む)に上る場合もあることから、冠水被害が農業に与える経済的損失は大きい。また、長期間の冠水は稲の不稔歩合や不完全米(着色米、死米等)比率の上昇による品質低下を招く調査結果も示されている(例えば農林省宮城統計調査事務所, 1951)。玄米品質は等級判定に関わり、その結果は玄米買い取り価格に影響するため、農家収入に直結する被害ともいえる。このような水害の原因となる豪雨は近年でも度々観測されているが、その規模や頻度は今後上昇すると予測されており(例えば気象庁, 2013)、それに伴い水田冠水による水稲被害リスクは将来的に増加すると予想される。これらの対応策の検討のためにも、冠水被害による経済損失を含めたリスク評価手法の開発は重要といえる。

一方、この水稲の被害度合いは、冠水時の水深や継続期間、発生時期などの諸条件により大きく異なるこ

とが知られており、一律条件での評価は不適である。その評価では、様々な冠水条件と水稲被害の関係を予め明らかにした減収尺度の活用が有効といえる。その代表的なものとして水稲減収推定尺度(農林省農林経済局統計調査部, 1957)があり、現在でも使用されている(例えば農業農村工学ハンドブック改訂七版本編p196にも掲載)。しかし、この尺度策定当時から現在までに栽培品種が大きく異なっており、使用時には注意を要する。同様の尺度は本来、栽培品種や地域毎に策定されるのが望ましいが、その基礎データを得るには、冠水条件をコントロールでき詳細な調査が可能な実証試験が不可欠といえる。水稲の人工冠水試験はこれまでに多数行われているが(例えば氏家ら, 1956; 岡ら, 1960)、これまでに統一された手法が提示されておらず、新たに試験を実施する場合には試験手順や冠水方法において実施者の判断に委ねられる部分が多い。また、冠水方法によって試験毎に水稲の置かれる環境が異なる他、場合によっては試験のための水管理に労力がかかるなどの課題もある。

そこで、筆者らは、この水稲の冠水被害を推定するための減収尺度策定を目的とし、その基礎データを得るための新たな模擬冠水試験法を提案してきた(皆川ら, 2013)。これまでに同試験を2012, 2013年の2カ年実施している。本稿では、その冠水試験に必要な試験区の設定法や一連の手順について詳細に述べるとともに、試験中の水稲生育調査結果と最終的に実施した収量調査の結果を報告する。さらに、得られた収量調査結果を用いた水稲減収尺度の策定例を示す。

2. 模擬冠水試験法の概要

2-1 試験に用いる水稲の栽培準備

使用する水稲品種は自由に選定できが、ここでは作付面積シェアが他品種に比べて圧倒的な割合を占め(全国で36～38%程度)、相対的に冠水被害を受ける

* 農研機構農村工学研究所水利工学研究領域
(Tel. 029-838-7538)

** 農研機構農村工学研究所資源循環工学研究領域
*** 農研機構農村工学研究所農地基盤工学研究領域

可能性が高いと考えられるコシヒカリを選定した。水稲は、栽培試験用のワグネルポットを用いたポット栽培を行う。ポットサイズは1/2000aと1/5000aがあるが、本試験では後者を選定した（写真-1）。

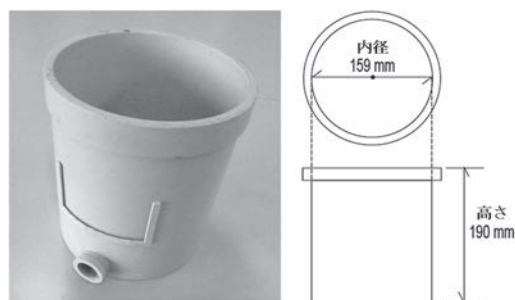


写真-1 使用したワグネルポット (1/5000 a サイズ)

栽培前の準備として、まずポットの上端から5cm程度下まで水田の土を投入する。次に、代かきの代替として水を入れながら土をかき混ぜることで、土中の空隙を無くす。この作業は、ポットの水の漏れが少なくなるまで複数回繰り返した。苗を移植する前には、実際の栽培時と同様に基肥を投入し、栽培に必要な状況を整える。ここでは茨城県農業総合センターによる普通作物栽培基準（2010）にある施肥基準を参照し、1ポットあたりの施肥量が、10aあたりに換算した場合に窒素（N）4kg、リン酸（P）8kg、カリウム（K）8kgとなるように調整した。その後、別途発芽させた苗を、1ポットにつき3本ずつ移植し、準備が完了となる（写真-2）。



写真-2 水稲のポット栽培開始時の様子

2-2 試験手順および冠水条件の設定

模擬冠水試験は以下の手順で行った。まず、苗を移植したポットを試験時期が来るまで通常の水田同様の状態で栽培した。設定した生育段階になると、ポットごと水深の深い区画に移動させ決められた条件下におき、一定期間冠水させる。冠水期間が終了するとポットを取り出し、再び通常栽培状態に戻す。試験終了後はそのまま栽培を続け、最終的に収穫する。なお、試験は各ポットで1回のみとし、冠水状態から引き揚げた後は特別な被害低減措置は施さず、そのままの状態を保つ。また、栽培期間中は生育概況に関わる項目を継続的に測定し生育段階の判定を行うとともに、冠水試験前後での水稲の変化を捉える。収穫後には収量調査を行い、減収尺度策定のための基礎データを得る。

表-1に、本試験で設定した冠水条件を示す。ここでは1条件につき3反復で試験を行うこととし、さらに結果の比較用として、無冠水で通常栽培のみを行う対照区を15ポット用意した。さらに予備として9ポットを準備した結果、合計で105個のポットを準備した。

試験を行う生育段階は、既存の水稲減収推定尺度を参考に、分けつ期、穂ばらみ期、出穂期、成熟期の4通りとした。それぞれの段階は、実際に水稲生育状況を観察しながら判断する。冠水状況は植物体全体を水面の下にする完全冠水を基本とするが、特に被害を受けやすいと報告されている穂ばらみ期では、葉先の一部（10～15cm程度）が水面より露出した場合（葉先露出）の影響もみることとした。また、実際の豪雨時には土砂を含む濁度の高い水が水田に流入する場合があることから、分けつ期を除く各時期では、冠水させる水の状態を濁りの少ない清水（通常の水田用水）と濁度の高い濁水に分け、両者の影響の違いを見られるよう工夫した。そのため、本試験で用いる試験区では、濁度の違う水で試験を行えるよう工夫している（2-3参照）。冠水日数はそれぞれの条件で1日、3日、5日の3通りとした。但し、これらの試験条件や使用品種は、実施者が必要とする情報を得られるよう、試験を行う度に自由に設定できる。その他、冠水中の水は停滞していると仮定して流速は考えないこととし、水温等の状況は試験中に観測することで把握する。

表-1 模擬冠水試験で設定した冠水条件

生育段階	分けつ期	穂ばらみ期									出穂期			成熟期		
		完全冠水			葉先露出			完全冠水			完全冠水					
冠水期間	1日	3日	5日	1日	3日	5日	1日	3日	5日	1日	3日	5日	1日	3日	5日	
水の 清濁	清水	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	濁水	—	—	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

※一条件につき3反復で試験を実施

2-3 試験区的设计手順

次に、本試験で用いる試験区的设计概要について述べる。考案した試験区は通常的水稻栽培が行われている実水田内に設置することとし、本試験での設置場所は、農村工学研究所内にある精密圃場内とした。試験区は、水深が浅く水稻の通常栽培を行うための通常栽培区（以下、通常区）と、水稻を模擬的に冠水状態下におくための、水深が深く保たれた模擬冠水区（冠水区）から構成される（図-1）。両区画は圃場の田面を人工的に掘り下げて構築しており、通常の水田水管理を行うだけで決められた水深が保たれるため、試験のための特別な水管理を必要としないよう工夫している。また水田内で試験を行うため、実際の冠水災害状況と可能な限り近い状況を再現している点が特徴である。また後述するように、冠水区では使用する水深や水の濁度などを複数設定可能であり、複数の冠水状況を同時に発生できる点も特徴である。

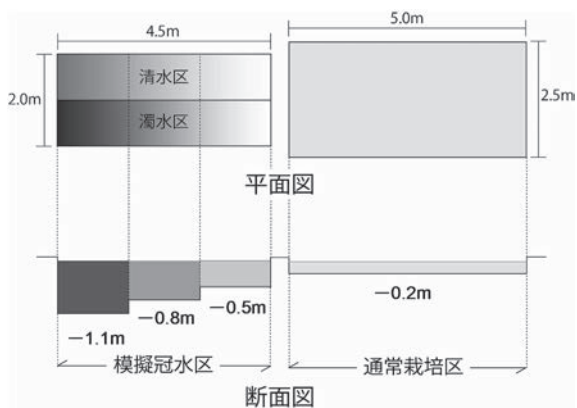


図-1 模擬冠水試験に用いる試験区的设计概要

写真-3に、試験区構築の様子を示す。この試験区の構築に必要な材料は、区画の補強に用いるコンポジットパネル（以下、コンパネ）、木杭、畔シート等である。また、必要に応じて田面を掘り下げるための重機を使用する。これらの機材に係る費用は、整備する区画の規模にもよるが、数万～十数万円程度と想定される（但し、作業に係る人件費は含まない）。本研究では、試験区の構築に農村工学研究所研究農村技術支援チームの協力を得た。各区画的设计手順は以下のようなものである。

まず通常区の規模（区画面積）を、ポット栽培を行う水稻の個数を基に設計する。ポットを密に並べると、日光を遮断するなど互いの生育に悪影響を与えることが想定されるため、実際の田植え時に設定される条間0.3m、株間0.15m等の間隔を最低限確保できるように区画面積を計算する。ここではポット1つあたり0.25m×0.45mの面積を想定した結果、全体で約12m²となるように設計した。通常区では全体で水深は一定とし、その深さは使用するポットの上端から用水が供給されるよう0.2mに設定した。最後に、周囲は区画が崩れ

ないように畔波シートで囲い、底面にはコンパネを敷き詰めた（写真-4）。

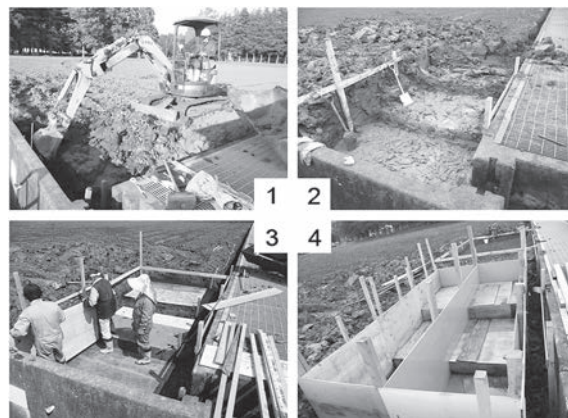


写真-3 実圃場における試験区の設定過程

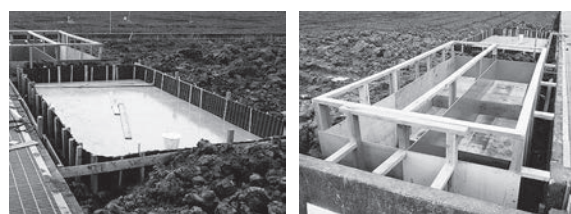


写真-4 完成した通常栽培区(左)と模擬冠水区(右)

冠水区では、区画内の水深を3段階に設定する工夫を行った。水深は、収穫時期における水稻草丈の最大値(コシヒカリでは0.9m程度)が水没できるよう、0.3m、0.6m、0.9mを想定した。となるよう、ポットの高さを加えて0.5m、0.8m、1.1m掘り下げた。このように段階的に水深を変えることで、試験時の水稻の生育段階に合わせて最適な水深区画を使い分けることが可能となり、さらに同程度の草丈の水稻で試験を行う場合にも完全冠水・葉先露出の状態を容易に作り出せる。さらに、区画中央をコンポジットパネルで区切り、濁度の異なる2種類の水を同時に設定できるように設計した（写真-4）。その濁水発生方法では、区画内に土を適量投入した後に水中ポンプを用いて区内の水を吸い上げ、その水をホースを通じて再び濁水区に戻すことで水を攪拌する方法をとった。この作業は冠水試験期間中には1日に1～2回（1回あたり10分程度）実施することで、濁り状態を保つようにした。その結果、濁水区の濁度は試験期間中の平均で約400mg/l程度であり、清水区（同、約100mg/l）とは明らかに異なる値であったことが観測によって確認された。

これにより、本試験区を用いることで水深と水の濁度の組み合わせにより6通りの冠水状況を同時に発生させることが可能となった。写真-5は穂ばらみ期に試験をしている様子であるが、異なる水深区画を用いることで同程度の草丈の水稻でも完全冠水・葉先露出の状況を容易に設定でき、さらに濁度も変えることで同時に複数の冠水状況を発生できている。

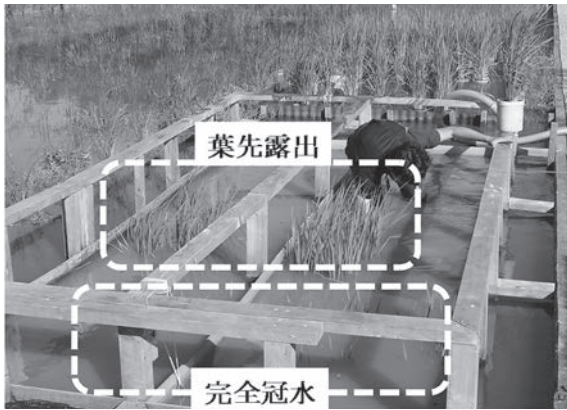


写真-5 冠水試験中の様子 (穂ばらみ期)

2-4 模擬冠水試験時の調査項目

2-4-1 生育概況調査

水稻の栽培開始から収穫までの期間中は、生育概況に関わる項目を継続的に測定する。観測項目は草丈 (cm)、稈長 (cm)、葉数 (枚)、莖数 (本/株)、穂数 (本/株) 等であり、各ポットで目視およびメジャーによる計測を行う。また葉色を表わし葉緑素含有量と相関がある SPAD 値も、葉緑素計 (コニカミノルタ社製 SPAD-502 など) を用いて測定する。それぞれの項目について、対照区では移植直後から収穫時期まで継続して観測し、試験予定ポットについては、試験開始の直前に測定を開始した。観測結果は水稻の生育段階の判定に用いる他、冠水前後での生育の変化をみる指標として用いる。生育概況以外の項目として、冠水中の試験区内濁度、水深、水温等を観測し冠水時の環境を把握する。

2-4-2 収穫後の収量調査

水稻は収穫時期まで栽培した後、すべてのポットで収穫する。収穫後に測定する項目ではまず、水稻全重 (わら重 + 穂重) および穂重がある。これらを測定した後に収量調査のための籾すり作業を開始するが、その際には最終的な収量に大きく関係する玄米のロスをなるべく少なく抑えるよう注意を払う必要がある。厳密な作業を行うためには小型の機械が望ましく、卓上籾すり機 TR-200 Rice Husker (Kett 社) 等が候補となり得る。籾すりが終了すると、各試験条件毎に粗玄米重 (屑米を含めたすべての玄米重量) を測定し、結果は冠水条件毎に試験を行った 3 ポット (対照区は 15 ポット) の平均値で整理する。粗玄米重を測定し終わると、最後に試験条件毎の玄米品質を測定することで冠水による品質低下の影響を把握する。その測定には、穀粒判別器 (例えば RGQI 10B, サタケ社) が有用である。本器は玄米 1 粒毎に、長さ、幅、厚み、白度といった形質を測定できるうえ、整粒、胴割粒、未熟粒 (乳白粒、基部未熟粒、青未熟粒、他)、被害粒 (碎粒、斑点粒、奇形粒、他)、着色粒 (全面着色粒、部分着色粒、他)、死米 (青死米、白死米) などの細目に玄米を自

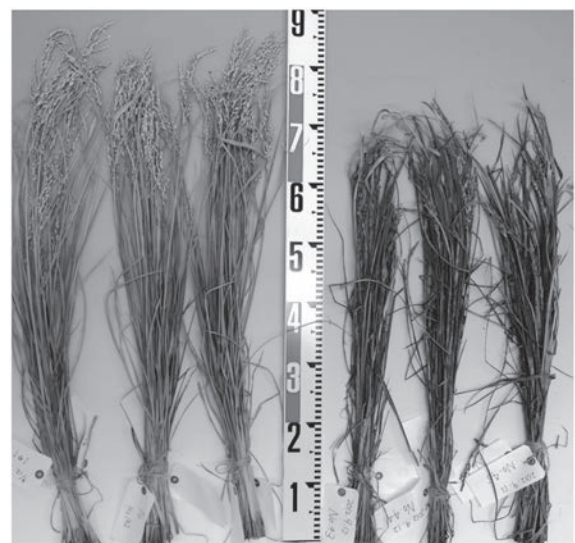
動分類できる。試験水稻で得られたこれらの結果を対照区の値と比較することで、様々な冠水条件と被害度合いの関係を明らかにする。

3. 模擬冠水試験による水稻への影響調査結果

分けつ期の試験は最高分けつ期を迎える少し手前を狙い、2012 年は 6 月 22 ~ 27 日、2013 年は 6 月 26 ~ 7 月 1 日に試験を行った。穂ばらみ期は目視により判断し、8 月 2 日 ~ 7 日および 8 月 1 日 ~ 6 日に実施した。また、出穂期は穂ばらみ期の概ね 1 週間後である 8 月 10 日 ~ 15 日と 8 月 12 日 ~ 17 日に、成熟期は穂が色づき熟していることを確認できた 9 月 4 日 ~ 9 日と 9 月 5 日 ~ 10 日に試験を行った。最終的に、茨城県の平年の収穫最盛期に合わせて両年とも 9 月 12 日、13 日の 2 日間ですべてのポットで刈り取り収穫した。

3-1 冠水による生育概況変化の特徴

以下に、2012 年試験結果より得られた生育概況への変化を示す (詳しくは皆川ら、2013 参照)。分けつ期に冠水させた水稻では、冠水中に草丈が通常より伸長する傾向が見られた他、冠水後には分けつ速度が鈍化し莖数が対照区より少ない状態が続いた。しかし、この両方とも収穫前には対照区と同程度となり、最終的には大きな変化が見られなかった。穂ばらみ期に冠水させた水稻では、他の期間と比較して外部形態に最も大きな変化が現れた。特に濁水区で冠水させた水稻では、試験直後には明確な変化は見られなかったものの、通常栽培していくうちに枯れた葉や莖が目立つようになり、最終的には草丈も大きく減少した (写真-6)。さらに、完全冠水させたポットで出穂の遅れが目立ち、特に濁水区でその傾向が顕著であった。最終的には穂数が増加し、対照区と同等かそれ以上の本数となったものの、既に枯れた穂や高次分けつ莖から出た短小穂



対照区

穂ばらみ期
濁水・5日完全冠水

写真-6 冠水による水稻外部形態の変化(2012年試験結果より)

が多く、収量増には結びつかないことが容易に見て取れた。出穂期に試験を行った水稻では、草丈や茎数の変化に大きな変化は見られなかった。穂数に関しても、試験時点である程度穂が出揃っていたため、冠水による大きな出穂遅れはみられなかった（最終的な穂数は対照区と同等かやや少ない結果であった）。成熟期に試験を行った水稻は、冠水終了後に間もなく収穫したため、特に生育状況に変化は見られなかった。

3-2 複数年試験結果の比較による水稻被害の再現性評価

本試験法による水稻の冠水被害の再現性をみるため、収穫後に測定した水稻全重（わら重+全穂重）および全穂重について2年分の結果を比較した（図-2）。

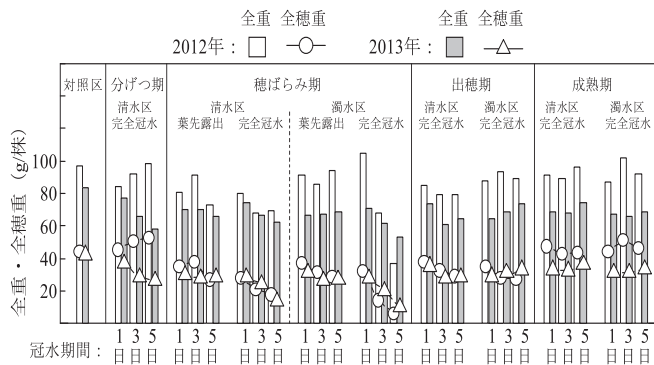


図-2 収穫後に測定した水稻全重および全穂重の比較

図より、水稻全重の測定結果は2012年のほうが対象区及び試験水稻で全体的に重い結果となった。このように水稻生育状況は試験年度によって多少異なり、これは準備する苗の状態や気象その他の生育環境によっても変化すると考えられる。この2年においては特に茎数に差が見られたことが（対照区の茎数は2012年では平均26本、2013年では22本）全重の差に影響していると考えられる。一方で全穂重を比較すると、対照区ではほぼ同様の結果となっていた。さらに試験水稻でも、各冠水条件で多少の差はあるものの、減少傾向は全体的に同じ傾向を示していた。このことから、模擬冠水試験法によって年度毎に水稻の生育状況に多少差はあるものの、収量に大きく関係する穂重では試験条件毎の被害傾向を概ね再現可能であることが示された。

3-3 粗玄米重の測定結果

収穫した水稻は籾すり後に粗玄米重を測定する。ここで、一般的な水稻調査基準では、玄米の水分率を15%に統一した値で粗玄米重を算出するため、玄米重の測定後に補正を行う必要がある。玄米水分は米麦水分計（ライスタ f2, Kett 社）等を用いて測定できる。

図-3に、2012年度試験で得られた各冠水条件の粗玄米重を示す。図より、対照区の粗玄米重は1ポットあたり平均で約35.4gであった。条件毎に粗玄米重を

比較すると、生育概況への影響も大きく現れた穂ばらみ期で最も収量が少なく、次いで出穂期で減少していた。特に穂ばらみ期に完全冠水させた水稻では顕著に被害が現れ、冠水が3日～5日間継続するとほぼ収量が見込めない。一方、同時期に葉先露出させた水稻では被害が軽減されているため、被害量を推定する際には冠水状況として草丈と水深の関係を把握することが重要といえる。対照的に、分けつ期、成熟期に冠水させた水稻では、対照区よりやや粗玄米重が減少しているものの、その変化量は軽微であるといえる。この傾向は、図中に同時に示している整粒重量比（1,000粒中）でも同様に現れていた。

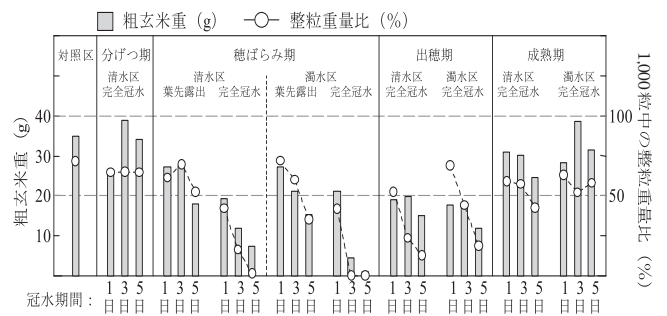
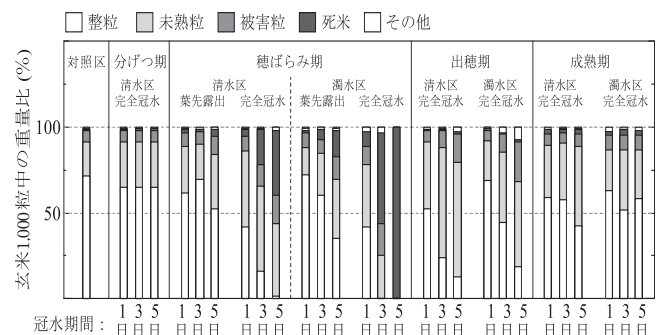


図-3 試験条件毎の粗玄米重および整粒重量比(2012年)

3-4 試験条件毎の穀粒判別結果

次に、穀粒判別器による各試験条件の判定結果を図-4に示す。対照区では整粒の重量比は約70%であったが、この値は玄米の等級を判別する検査規格（農林水産省 HP, http://www.maff.go.jp/j/seisan/syoryu/kensa/kome/k_kikaku/index.html）において1等米に判別されるための下限値と等しい。冠水による品質への影響としては、整粒歩合の減少とそれに伴う被害米あるいは死米の増加が挙げられるため、冠水下水稻では玄米の等級低下が懸念される。等級は玄米買い取り価格にも影響するため、農家の経済的な損失にも繋がるといえる。品質被害の特徴を試験時期別にみると以下のようなであった。

分けつ期では、対照区と比較して整粒割合がやや低



※穂ばらみ期に満水区・完全冠水5日間の条件で得た結果については日視によりすべで死米と判定

図-4 試験条件毎の粗玄米重および整粒重量比(2012年)

下しているものの、冠水期間に関わらず被害度合いは軽微である。この時期は栄養成長期にあたり、葉鞘の中で幼穂ができる前の時期にあたるため、玄米品質への影響が微少であるといえる。穂ばらみ期に冠水させた水稲では、生育概況の変化や粗玄米重と同様に、最も顕著に品質低下がみられた。特に、3日以上完全冠水させた場合では死米割合が増加する特徴があり、5日間完全冠水させると整粒率はほぼ収穫できない。しかし、葉先露出させることで穂への被害が軽減され、品質の低下が抑えられることが確認された。一方、出穂期では冠水の影響として未熟米割合が増加することが特徴である。整粒歩合も穂ばらみ期に次いで低下しており、穂ばらみ期～出穂期に該当する時期（関東近辺では概ね7月下旬～8月中旬）は特に冠水耐性が低い時期であるといえる。また成熟期では、未熟粒の割合がわずかに増加しており、大きな被害ではないものの冠水には気をつける必要があるといえる。その他の被害として着色粒や胴割粒等の発生も見られたが、これらの割合は全体としては少なく、冠水により劇的に増加するわけではないことが確認された。

4. 水稲減収尺度の策定例（2012年試験結果より）

以上の結果を用いて、冠水条件と水稲減収率の関係を表わす減収尺度を策定する。本研究では粗玄米重と玄米品質を詳細に測定しており、冠水による収量の低下に加えて品質への影響も考慮するために、粗玄米重から屑米（未熟粒、死米など）を除いた精玄米重を尺度策定の基礎データとした。精玄米重は、ここでは図-3に示す粗玄米重と整粒重量比の積として得られた

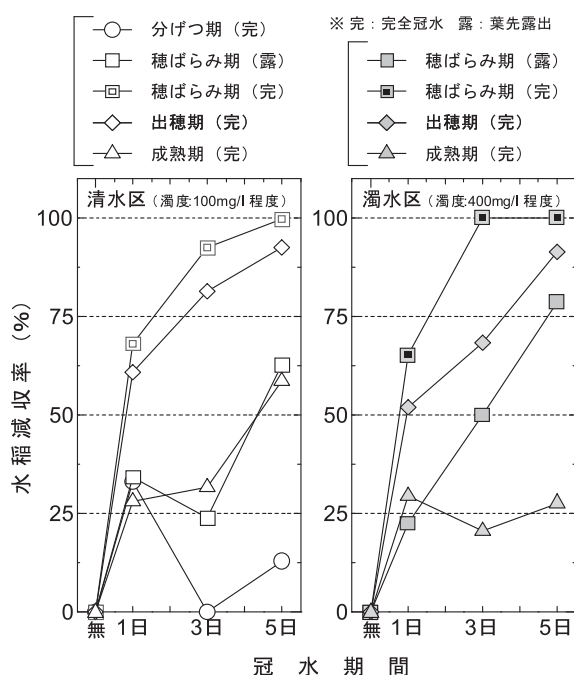


図-5 生育段階毎に策定した水稲減収尺度 (2012年度の試験結果より策定した例)

値とした。減収率の算定基準には対照区の精玄米重を用い、各冠水条件の値を比較してその減少割合(= (対象区の精玄米重 - 各条件の精玄米重) / 対象区の精玄米重)として計算した。その結果を水稲生育段階毎に整理すると、図-5に示す減収尺度が得られた。

図より、減収率は生育段階と冠水期間によって大きく異なるといえる。また穂ばらみ期の結果より、完全冠水と葉先露出で減収率に大きな差があることから、冠水発生時の水深と草丈の関係(水深が草丈を超えているかどうか)を把握することも肝要となる。清水区と濁水区の結果では濁水区の方がやや減収率が大きいものの、本試験では極端な差は見られなかった。この結果は単年度の試験結果より策定したため、一部では冠水期間と減収率の関係や濁水区と清水区の減収率が逆転している部分がある。これらは水稲の生育の差や収量調査時の誤差が影響したものと考えられる。これらについては、冠水試験を複数年継続してデータ蓄積を図り、尺度を更新していくことで補正される。

5. おわりに

本報では、水稲の冠水被害量の推定に用いる減収尺度の策定を目的とし、その基礎データを得るための模擬冠水試験法を提案した。さらに、試験結果から暫定版の減収尺度の策定を試みた。ここで提示した試験法は、水田内のわずかなスペースで実施可能であり、試験区整備に係る費用も安価といえる。また、冠水条件や水稲品種は自由に設定できるため、その組み合わせにより試験実施者が必要とするデータを得ることができる。2カ年の試験結果の比較により水稲被害の再現性もあることが確認されたため、複数年試験を実施しデータを蓄積することで、より精度の高い尺度の策定が可能となる。現在栽培されている様々な品種で同様のデータが蓄積されることで、それぞれの地域特性や栽培品種に対応した詳細な評価のための有益な情報となることを期待する。本尺度は冠水条件毎に詳細な水稲被害量が算定できるため、例えば排水解析シミュレーションの結果である水田湛水深・継続期間へ適用することで(皆川ら, 2014)、将来起こり得る様々な豪雨時の地区内の水稲被害量推定等への活用が想定される。

【引用文献】

- 1) 茨城県農業総合センター: 普通作物栽培基準(含む、工芸作物), http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/hozen_type/h_sehi_kizyun/pdf/101122sakumotu.pdf, 2010 (確認日: 2012/11/05)
- 2) 気象庁: 地球温暖化予測情報 第8巻, <http://www.data.kishou.go.jp/climate/cpdinfo/GWP/index.html>, 2013 (確認日: 2013/10/22)
- 3) 皆川裕樹, 増本隆夫, 堀川直紀, 吉田武郎, 工藤亮治,

- 北川巖, 瑞慶村知佳: 水稻減収尺度の策定のための実水田圃場内に清水・濁水区を設けた模擬冠水試験 — 試験手法の提案と生育概況調査 —, 農村工学研究技報, 214; pp.111-121, 2013
- 4) 皆川裕樹, 増本隆夫, 堀川直紀, 吉田武郎, 工藤亮治, 名和規夫: 模擬冠水試験に基づく収量からみた水稻減収尺度の策定とその活用による冠水被害量評価の試み, 応用水文, 26; pp.82-91, 2014
 - 5) 農林水産省大臣官房統計部生産流通消費統計課: 作物統計作況調査, http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/sakumotu/sakkyou_kome/index.html#r, 2014 (最終確認日 2014/4/18)
 - 6) 農林水産省大臣官房統計部統計企画管理官: 平成 24 年耕地及び作付面積統計, <http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/10.html>, 2013 (確認日: 2013/10/22)
 - 7) 農林省宮城統計調査事務所: 昭和 23 年水害に依る水稻被害減収推定尺度の種々相, pp.14-22, 1951
 - 8) 農林省農林経済局統計調査部: 水稻減収推定尺度, pp.12-13, 農業技術協会, 1957
 - 9) 岡正, 窪田忍: 水稻の冠水対策に関する試験第 1 報幼穂伸長期における冠水被害について, 日本作物学会九州支部会報, 16; pp.52-54, 1960
 - 10) 氏家四郎, 斎藤豊治, 加藤力: 水田冠水被害による形態的变化について, 農業気象第 12 (3); pp.91-94, 1956

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26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をして下さい。

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 (バイ) と ν (ウプロシン)

など

9. 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書いて下さい。

10. 数表とそれをグラフにしたものとの並載せはさげ, 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。

農業土木技術研究会 会員の募集

1. 発足40周年を迎えた「農業土木技術研究会」

本研究会は、全国の農業土木技術者の自主的な研究会です。その歴史は、昭和28年の「コンクリートダム研究会」にまでさかのぼり、事業の展開方向に即して変遷してきました。現在の「農業土木技術研究会」としても、平成21年度には発足40周年を迎えた歴史ある研究会です。

〈農業土木技術研究会の変遷〉

- 昭和 28 年 「コンクリートダム研究会」の発足：会誌「コンクリートダム」の発刊
- 昭和 31 年 フィルダムを含めて「ダム研究会」に拡大：会誌「土とコンクリート」に変更
- 昭和 36 年 「水路研究会」の発足：会誌「水路」の発刊
- 昭和 45 年 両研究会の合併
「農業土木技術研究会」の発足：会誌「水と土」の発刊

2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

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

研究会では、現場の技術報文を中心とした会誌「水と土」を年間3回発行し会員の皆様にお届けしています。また、時代に即した技術的な情報を提供する研修会も開催しています。

3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

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

入会の手続きは、研究会へ直接又は各職場の連絡員に会費を添えて申し込んで下さい。

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）：〒 _____

電話番号： _____

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

「水と土」通信

FAX 宛先：農業土木技術研究会 03 - 3578 - 7176

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

1. 本号（172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

関東地方にも梅雨明け宣言が出されました。

今年の関東地方の梅雨明けは、平年よりも1日、昨年よりも16日遅いそうです。梅雨入りが平年より3日、昨年より5日早いことを考えると、昨年よりも梅雨の期間が20日間程度長かったこととなります。

全国的には近畿や東海で梅雨の期間の降水量が平年よりも少なかった一方、東京では、今年の梅雨の期間の降水量は、平年の同じ期間の1.5倍程度だそうです。なお、宇都宮では633.0mmで、平年の同じ期間の2.0倍程度だそうです。

梅雨が明けていよいよ夏本番となり、セミの声もその勢いを増してきました。近年では、ゲリラ豪雨の発

生が頻発し、生活の場では床上床下浸水の被害が多く出ています。農業の場では、風や雹の被害を多く受けています。夕方の天気には注意し、身に降りかかる危機を予測して行動したいと思います。

今年も五穀豊穡となり、実り多い秋を迎えられることを切に願います。

(農村振興局整備部設計課 金子武将)

水と土 第172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

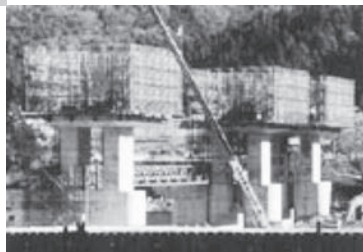


土地改良事業
の推進



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

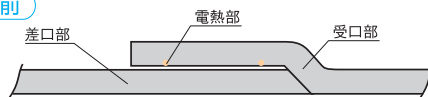
農業用水のパイプラインに！

管路の一体化による継手部の信頼性！

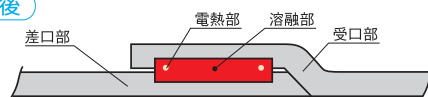
EF継手は電熱線の通電により熔融し、受口、差口を一体化させ、万全の気密性を保持できます。また、融着品質のばらつきがなく、作業が容易なため、工期短縮・コスト縮減が実現出来ます。

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