

水と土

No. 170
2013
NOVEMBER

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



① 地盤改良の実施状況



② 東日本大震災の被災状況（管継手部の離脱）



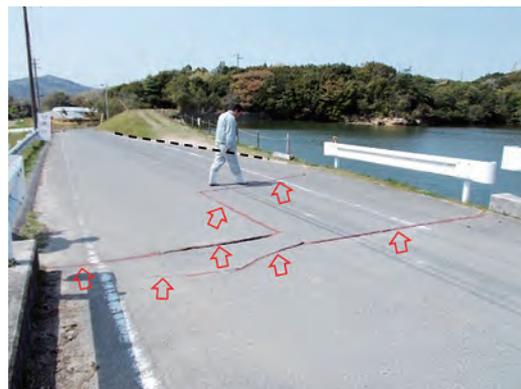
③ 水理模型実験状況



④ 斎宮調整池



⑤ 新堰頭首工



⑥ ため池の被災状況（H25.4.13 淡路島の地震）

◆報文内容紹介	2
◆事務局よりお知らせ	
平成25年度農業土木技術研究会研修会開催のご案内	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

農地集積促進に向けた水利条件の「見える化」	内海 晋	7
-----------------------	------	---

□報 文

キーワード

パイプライン	相関法による小口径管路の漏水箇所調査について	青山 仁・田宮義直・高須賀俊之	8
地盤改良	排水機場（排水樋管）建設工事における地盤改良について	菅野友昭	14
ため池	国営小田川二期地区における大沢内ため池護岸の改修事例について	浅利達朗	22
防災体制整備	両総地区事業完了に向けての防災体制整備について - 東日本大震災被災経験を糧として -	鈴木元和	27
水理模型実験	洪水調整池流入部の水理模型実験について	石村英明・太田知之・松浦正一	32
調整池	斎宮調整池建設における環境配慮について	濱田隆明・金子正巳	38
頭首工	新堰頭首工のストックマネジメントについて	金光晶生・中川 健	47
地震被害	平成25年4月13日の淡路島の地震によるため池の被害	田頭秀和・榎並信行・佐々木俊幸・正田大輔	53
耐震照査	大規模地震に対する長大な既設農業用水路の耐震性調査	竹中一行・大西慶典・渡邊俊介・高橋寛行・佐々木健太	58

□歴史的土壌改良施設

田沢疏水の歴史	井原昭彦・長根秀一	65
A History of TAZAWA Irrigation Canals		

□技術情報紹介

施設管理・調査業務支援のためのAR機能を搭載したモバイルGIS技術	山本徳司・重岡 徹	70
-----------------------------------	-----------	----

◆会告	77
◆投稿規定	78
◆入会案内	79

- 表紙写真●
- ① 報文「排水機場（排水樋管）建設工事における地盤改良について」より（P.16）
 - ② 報文「両総地区事業完了に向けての防災体制整備について - 東日本大震災被災経験を糧として -」より（P.29）
 - ③ 報文「洪水調整池流入部の水理模型実験について」より（P.35）
 - ④ 報文「斎宮調整池建設における環境配慮について」より（P.45）
 - ⑤ 報文「新堰頭首工のストックマネジメントについて」より（P.47）
 - ⑥ 報文「平成25年4月13日の淡路島の地震によるため池の被害」より（P.55）

水と土 第170号 報文内容紹介

相関法による小口径管路の漏水箇所調査について

青山 仁・田宮義直・高須賀俊之

バイブラインの漏水調査手法の一つである相関法は、管体を伝播する振動波（漏水音）の相互関係から漏水位置を特定する調査手法であり、鋳鉄管等の漏水箇所調査においては一般的に実施されているが、振動波が伝播しにくい小口径樹脂製管路への適用事例は少ない。本稿では、小口径樹脂製管路における相関法の適用性について検証した結果を紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.8 企・計）

排水機場（排水樋管）建設工事における地盤改良について

菅野友昭

排水機場の排水樋門は堤防としての機能を有しており、軟弱地盤における支持杭基礎の樋門は基礎地盤や周辺堤防に空洞が発生する例が多いことから、安全性の確保より剛支持形式ではなく柔支持方式で設計することとなっている。

本稿では、柔構造樋門として設計した際の基礎地盤の沈下に対する地盤改良について、設計から施工までの一連の流れについて紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.14 設・施）

国営小田川二期地区における大沢内ため池護岸の改修事例について

浅利達朗

国営施設機能保全事業「小田川二期地区」では、平成17年度より国営小田川農業水利事業で建設された農業用水利施設の改修を実施している。改修予定施設は、機能診断に基づきその施設の状態に応じた改修方法により長寿命化を図っている。本稿では、貯水の制限を受けるなかで施工した、ため池の護岸工等設置工事の実施状況について紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.22 設・施）

両総地区事業完了に向けての防災体制整備について —東日本大震災被災経験を糧として—

鈴木元和

両総農業水利事業所で取り組んだ防災体制整備について、東日本大震災以前に策定した「業務継続計画」などの防災体制の構築の経緯、東日本大震災による被災（管水路施設の損傷、受益地域における津波による塩害など）の状況、被災に対する対応の経緯及び間近に迫る事業完了に向けて防災体制の再構築への取り組み状況について紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.27 設・施）

洪水調整池流入部の水理模型実験について

石村英明・太田知之・松浦正一

洪水調整池流入部の横越流の設計において、水理計算により流入部下流端の堰上げ阻害版の形状を決定し、ピークカット流量及び洪水調整容量の検証を行うため水理模型実験を行った。その結果、計画したピークカット流量及び洪水調整容量が確保できないことが判明したため、阻害版の形状を改良し、再度、水理模型実験により要求性能を満たす阻害版形状を求めたので紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.32 設・施）

さいくう 齋宮調整池建設における環境配慮について

濱田隆明・金子正巳

齋宮調整池は、二つの既設ため池を統合拡張して新設するもので、大規模な土地変換となることから、自主的な環境影響評価（自主アセス）を行い、工事に伴う環境への影響を回避・低減等するため、20項目の環境保全措置を定めて実施した。

本稿では、齋宮調整池建設において実施した環境保全措置の内容について紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.38 設・施）

新堰頭首工のストックマネジメントについて

金光晶生・中川 健

ストックマネジメント事業を効率的に運営し既存農業施設を有効利用するためには、施設のデータベース化、機能診断のマニュアル化、対策の標準化が必要と考える。本稿では、新堰頭首工のストックマネジメントにおいてアルカリシリカ反応により劣化した堰柱の調査・診断・実施設計を行った具体的事例から、マニュアル活用上で直面した課題とその対策について紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.47 設・施）

平成25年4月13日の淡路島の地震によるため池の被害

田頭秀和・榎並信行・佐々木俊幸・正田大輔

平成25年4月13日に発生した淡路島付近の地震による被害ため池のうち代表的な4個を対象に、地震発生当日から翌々日にかけて被害調査を行った。本稿では、天端の堤軸方向亀裂と横断方向亀裂、上流面コンクリート張ブロックの破損やズレ等が確認されたので、その概要について紹介する。

（水と土 第170号 2013 P.53 設・施）

大規模地震に対する長大な既設農業用水路の耐震性調査

竹中一行・大西慶典・渡邊俊介・高橋寛行・佐々木健太

既設の基幹的農業水利施設、特に長大な既設農業用水路について、耐震性を効率的かつ定量的に把握する方法は確立されていないため、各地区で現場の技術者が試行錯誤しながら検討を進めているのが現状である。本稿ではその簡易な方法について、事例地区を整理、検討した結果について報告する。

(水と土 第170号 2013 P.58 企・計)

<歴史的土壌改良施設>

田沢疏水の歴史 A History of TAZAWA Irrigation Canals

井原昭彦・長根秀一

田沢疏水左岸幹線用水路の起源は、190年前の江戸時代後期に新田開発のため計画、造成され、その後放棄された御堰と称された素掘水路にある。

本稿では、田沢二期農業水利事業による用水路等の改修事業の開始を機会に、田沢疏水の歴史を振り返るとともに、仙北平野東部の農業水利開発の変遷について紹介する。

(水と土 第170号 2013 P.65)

<技術情報紹介>

施設管理・調査業務支援のためのAR機能を搭載したモバイルGIS技術

山本徳司・重岡 徹

農業水利施設のストックマネジメントを支援するため、近年急激に高速化、広域化した通信網とAndroidやiPad、iPhone等に代表されるモバイルPCをフル活用し、現場で作業が可能なオンサイト地理情報システムの開発により、効率的な施設管理・調査業務支援が可能となったので紹介する。

(水と土 第170号 2013 P.70)

事務局よりお知らせ

平成 25 年度農業土木技術研究会研修会開催のご案内

農業土木技術研究会では、時代のニーズを反映した技術力の向上と会員間の交流を目的として、下記の予定で「平成25年度農業土木技術研究会研修会」を開催します。プログラムなどの詳細については全国連盟ホームページ及び別途各都道府県担当者宛に案内チラシを配布致しますのでご覧下さい。

記

1. 日 時 平成26年1月23日(木) 10時～16時30分
2. 場 所 東京都千代田区北の丸公園2-1 科学技術館 地下2階
サイエンスホール TEL. 03-3212-8485
3. 参加費 会 員 5,000円(機関誌「水と土」を毎号購読されている方)
非会員 8,000円
4. 申込方法など ①締め切り 平成26年1月14日(火)
②申込み先
東京都港区新橋五丁目34-4 農業土木技術研究会
TEL. 03-3436-1960/FAX. 03-3578-7176
③申込方法
ファックスまたはハガキなど書面でお申し込みください。
④全国連盟ホームページ <http://www.n-renmei.jp>
5. その他 この研修会は農業土木技術者継続教育のプログラム認定を受けております。
継続教育機構会員の方は申込みの際に申込書に会員番号を併せてご記入下さい。

[案内図]

科学技術館への案内図・道順

- 地下鉄
・東西線 竹橋駅下車(1B出口)
・半蔵門線・都営新宿線 九段下駅下車(2出口)
各駅徒歩約7分



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25年3月現在、第1号（昭和45年）から第159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。

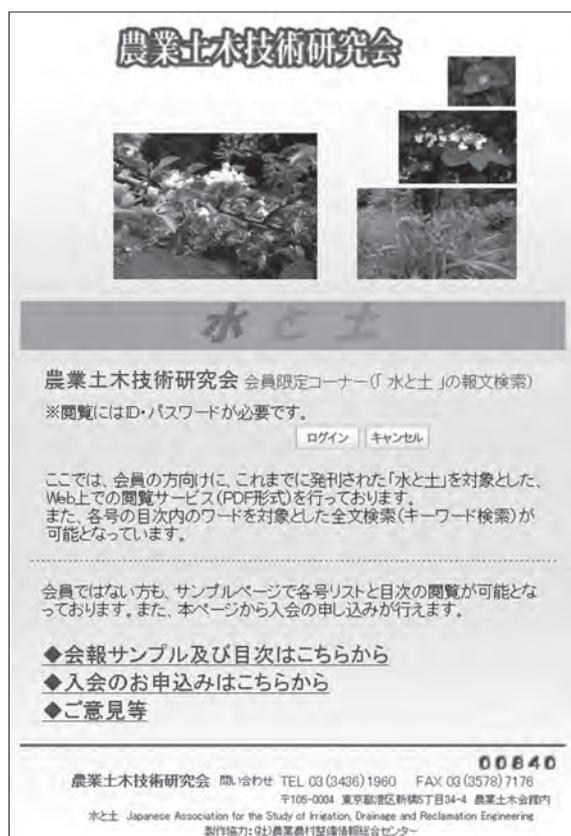


図-1

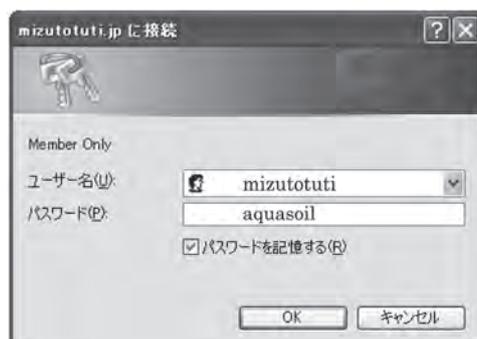


図-2

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	<a href="#">水と土 第2号</a>	68	6.69	<a href="#">目次</a>
昭和45年	<a href="#">水と土 第1号</a>	80	6.41	<a href="#">目次</a>

[ページTOPへ](#)

---

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

図-3

### 3. 検索

#### (1)一覧からの選択

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

#### (2)全文検索

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

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

検索方法は以下のとおりです。

**農業土木技術研究会 会員限定コーナー**

**「水と土」目次内全文検索システム**

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

---

検索式:   [\[検索方法\]](#)

表示件数:  表示形式:  ソート:

図-4

①単一単語検索

調べたい単語を一つ指定するだけのもっとも基本的な検索手法です。

例：ダム

②AND検索

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

例：ダム and 工法

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

③OR検索

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

例：ダム or 工法

④NOT検索

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

例：ダム not 工法

4. 会員申し込み

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

ここでは、入会申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**

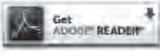
農業土木技術研究会への入会申込みは、以下のいずれかの方法でお申込みください

入会申込みフォームにて [申込みフォーム](#)

FAX・郵便にて (PDF) [FAX・郵便](#)

各職場に研究会連絡員等がおられる場合は、連絡員を通してお申込みください

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



**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

## 農地集積促進に向けた水利条件の「見える化」

内 海 晋*  
(Susumu UCHIUMI)

昨年暮れの新内閣発足以来、林大臣の指導のもと「攻めの農林水産業推進本部」において、新たな農政の展開方向の検討が急ピッチで進められている。これに加えて、内閣に「農林水産業・地域の活力創造本部」が設置され、内閣を挙げて今後の政策の方向性が議論されている。

検討課題のひとつが担い手への農地の集積・集約化であり、その対応策として「農地中間管理機構」が脚光を浴びている。農地中間管理機構の源流をたどれば、昭和40年、41年に国会に提出された「農地管理事業団」法案にたどり着く。構造政策の展開を図るために公的機関の介入により経営規模拡大等を誘導するという画期的な法案であったが、参議院で2回とも審議未了となった。公的介入による選別政策が小農切捨てにつながると危惧されたこと等が背景といわれる。しかし構造政策推進は時代の流れであり、農地管理事業団法案の趣旨は昭和45年の農地法改正で、農地保有合理化法人（いわゆる都道府県農業開発公社）を設立することに生かされた。その後も農地流動化や担い手育成の促進のため様々な施策が実施されてきた。最近では平成21年の農地法改正で、株式会社の農業参入への大幅な規制緩和や遊休農地対策の強化が行われている。

このように農業の構造改革のための施策が段階的に実施されてきているが、一連の施策の流れを見ると徐々に「農地に対する公的介入」の程度が強まってきているように感じる。もとより農地法で農地転用が規制されており、相続税納税猶予制度や農地の災害復旧への補助制度など、従来から「農地」には他の私有財産とは異なる特別な地位が与えられていた。ただし、その特別な地位には「宅地並み課税や大規模災害のような特殊な要因がなければ農家は農地を農地として使い続ける」との前提条件があり、各種施策もその特殊要因の影響を軽減・排除する範囲内で講じられてきたと考えられる。

ところが近年における耕作放棄地の増加は、生産刺激的な補助金が削減された影響も考えられるものの、もはや農家に任せていたのでは農地を農地として守れないのではないかと危惧される状況となってきた感がある。そこで、遊休農地所有者に対する勧告など農地制度面からの対応強化や耕作放棄地再生利用交付金等の財政出動が行われてきている。更に、「農地を農地として維持することに対価を支払う日本型直接支払い」制度の検討が進められており、農地を維持する責務が農家から国に転じたような激変ぶりを感じる。

こうなると、農地よりも公共財としての性格の強い農業水利施設の取り扱いも変化せざるを得ないのではないかと。

今後、多様な担い手への農地集積・集約化に向けて関係者が結束して取り組まなければならないが、その担い手の中には地区外から参入する者や株式会社、場合によっては外国人も含まれるだろう。彼らは借り受ける農地を選択できるので、他の条件が同じなら維持管理費等土地改良負担金の少ない農地を選ぶだろう。例えば水源を高揚程のポンプに依存するために維持管理費が著しく高い地区は、外部から担い手が参入するにはハードルが高いだろう。維持管理費助成制度を充実するか、又は新たな直接支払い制度の算定に地区毎の土地改良負担金を適切に反映することにより、参入条件に大きな差がつかないように配慮が求められるのではないかと。

もっとも、土地改良負担金の額だけが問題なのではない。利水安全度や災害の起こりやすさなども新規参入する担い手にとってはリスクであろう。計画基準上は「1/10」となっているとしても、利水安全度は地区毎に異なるのが実態だし、河川からの取水口での水利権は法定化されていても、地区内の水配分ルールは必ずしも厳密に定められていない。土地改良区に支払う経常賦課金以外の担い手が負担すべき水管理労力等についてはなかなか評価が難しい。今後、農地中間管理機構によって地区外からの担い手参入が一般化するようになれば、こうした水利条件の相違が不透明なことで参入をためらう事態も考えられる。このリスクを事前に評価することが、新たな直接支払い制度での支払額の適切な算定に寄与し、担い手への農地集積の促進に寄与すると考えられるので、農業農村整備部局として研究を進めていく必要があるのではないかと感じている。

(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。)

*農林水産省近畿農政局整備部



今回調査対象とした音標第3号幹線配水路は、口径75mmの硬質塩化ビニル管、延長1,430.30mのパイプラインである。

音標第3号幹線配水路は、町道沿いに配置されているが、車両の通行は少なく、車両通行で生じる振動が測定値に影響を及ぼす弊害はほとんど無い状態である。(写真-1)



写真-1 音標第3号幹線配水路の埋設位置

#### 4. 相関法

今回漏水箇所調査に用いた相関法は、管体を伝播する振動波の相互関係から漏水位置を特定する調査手法であり、管水路を伝播してくる振動波(漏水音)を、漏水箇所を挟むセンサーでとらえ、漏水箇所から各センサーまで伝播する振動波の時間差から漏水地点を特定する方法である。

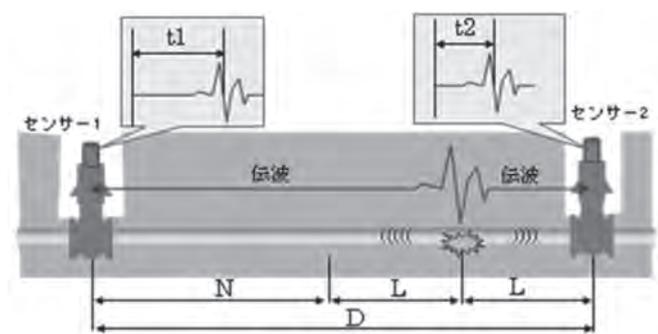


図-2 相関法による漏水箇所特定イメージ

図-2において、センサー1とセンサー2の設置間隔をD、各センサーで捉える振動波の到達時間をt1、t2としたとき、漏水箇所とセンサー2の距離Lは、以下の式(1a)で表すことができる。

$$L = \frac{D - N}{2} = \frac{D - (V \times Td)}{2} \quad (1a)^{1)}$$

ここで、V: 伝播速度、Td: 遅れ時間 (t1-t2)

相関法には音波振動の違いやセンサーの設置手法により、多点相関法、振動測定法、AE法などがある。いずれの方法も、弁栓にセンサーを設置し、ケーブルを配線する(有線の場合)だけであるため、作業が容易である。(写真-2, 3)

また、検知棒を地中に差し込み、管体に接触させた検知棒にセンサーを取り付ける手法もあり、この場合、埋設管位置を確認した上での検知棒挿入孔の掘削を要する。測定に当たり、配管長、口径、配管材質など管路情報が必要となる。



写真-2 相関式漏水探査機 センサー



写真-3 センサー設置状況

漏水箇所からの振動波は、センサーで感知されてはじめてその位置が推定できるが、それぞれのセンサーで捉える振動波が同一のものであるかどうかは、相関率を用いて評価する。2点で感知した振動波の相関率は、完全に一致する場合に100%、全く一致しない場合に0%となる。

これに加え、相関の高い振動波が特定の位置にある振動波であるかどうか、測定結果の再現性(検知回数)と、発生源の推定区間(漏水懸念区間)を加味し、表-1のようにあらかじめ漏水懸念ランクの基準を設定

し、これに準じて計測結果を整理した。この基準は、過去にダクトイル鋳鉄管などパイプラインに対する相関法の調査実績から検知精度をランク分けしたものである。

表-1 漏水懸念ランクの基準²⁾

ランク	相関率 $\gamma$ (%)	検知回数 $n$ (回)	漏水懸念区間 $L$ (m)
A	$75 \leq \gamma$	$4 \leq n$	$L \leq 20$
B	$75 \leq \gamma$	$3 \leq n$	$20 < L$
	$70 \leq \gamma < 75$		$L \leq 20$
C	$70 \leq \gamma < 75$	$2 \leq n$	$20 < L$
D	$68 \leq \gamma < 70$	$2 \leq n$	$L \leq 20$
E	$68 \leq \gamma < 70$	$2 \leq n$	$20 < L$

※ 相関率 $75 \leq \gamma$ 、漏水懸念区間 $L \leq 20$ の場合にランクBとなる検知回数 $n$ は $3 \leq n < 4$ の場合である。

相関率 $70 \leq \gamma < 75$ 、漏水懸念区間 $20 < L$ の場合にランクCとなる検知回数 $n$ は $2 \leq n < 3$ の場合である。

ここで、検知回数 $n$ は、各ランクで規定する相関率が検知された回数であり、本調査においては1調査区間当たり24回の測定により解析を行った。また、漏水懸念区間 $L$ は、その検知箇所が分布する範囲である。

## 5. 調査内容

音標第3号幹線配水路における漏水箇所調査は、最初に聞き取り調査、現地踏査等の事前調査を実施する。その後、多点相関法により全路線に対し漏水が疑われる区間を絞り込み、その漏水懸念区間で流量調査を行うことで漏水の有無を確認する。結果、漏水があると推定される区間に対しては、センサー設置間隔を更に短くした振動測定法による調査を重ねて実施し、漏水懸念箇所の確認を行うこととした。(図-3)

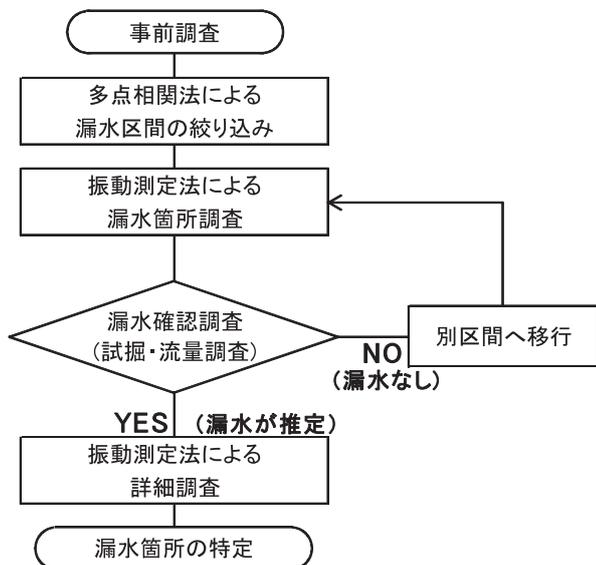


図-3 漏水調査のフローチャート

## 6. 調査結果

### (1) 事前調査

施設管理者への聞き取り調査および、現地踏査を実施した。現地踏査では、管路上の漏水による地表面への滞水、陥没の有無の目視確認を行ったが、漏水していると疑わしい箇所は確認できなかった。

また、この時、付帯施設と曲点工に対し音聴棒を用いて漏水音の有無について補足的に調査したが、明確な異常音は捉えられなかった。

### (2) 多点相関法による漏水区間の絞り込み

多点相関法による調査は、音標第3号幹線配水路全体を3区間に分けて実施した。(図-4)一つの調査区間は、500m程度とし、連続する空気弁工等の付帯施設4箇所にセンサーを設置して、センサー間の測定は4回行い、1回の測定は60秒間行った。

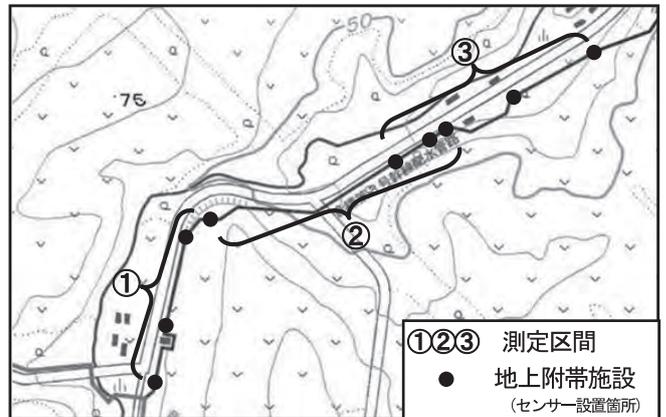


図-4 多点相関法で設定した調査区間

1区間につき、4箇所のセンサーを設置することから測定するパターンは6パターンとなり、6パターン×4回=24回の測定を行い解析した。

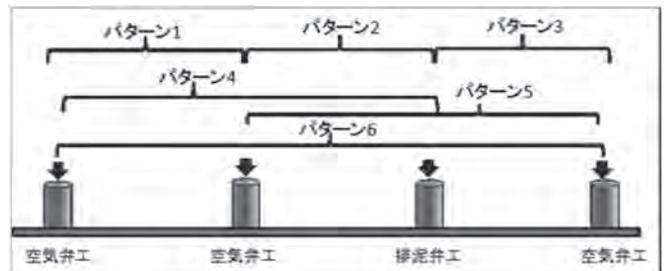


図-5 4箇所のセンサーで測定する相関のパターン

調査した3区間について、それぞれの区間ごとに解析した結果、漏水懸念ランクB:1箇所、C:6箇所、D:2箇所という結果を得た。漏水懸念ランクAについては計測されなかった。

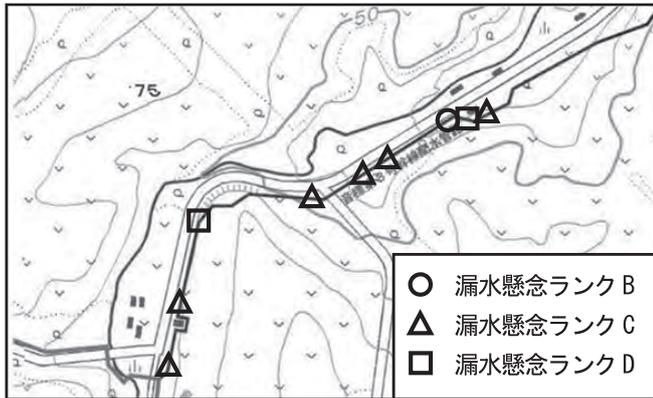


図-6 漏水懸念箇所位置図（多点相関法の調査結果）

図-7に漏水懸念ランクBの相関波形の一例を示す。

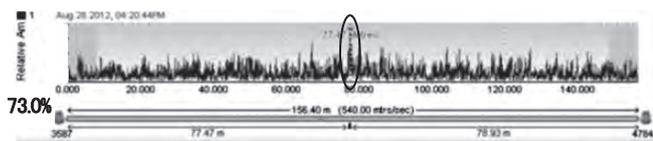


図-7 漏水懸念ランクB 相関波形

ここで、相関波形の横軸は、2つのセンサーを設置した距離を表し、両端がその設置位置である。縦軸は、2つのセンサーでとらえた振動波の相関を表し、グラフの山が高いほど相関性が大きく、その位置から特定の振動波が発生している可能性が高いといえる。この場合の相関率は73.0%となっている。

### (3) 振動測定法による漏水箇所調査

多点相関法により漏水懸念ランクB～Cとなる箇所が、複数区間検知されたという結果を踏まえ、この中から更に漏水区間を絞り込むため、調査区間②において検知された漏水懸念箇所を対象として、振動測定法による調査を行った。この際、検知棒を地中に差し込み、先端を管体に接触させた検知棒に対してセンサーを取り付けることで、より短いセンサーの設置間隔で相関を確認した。(写真-4)



写真-4 検知棒とセンサー設置状況

附帯施設と検知棒によるセンサーの設置間隔は最小7mで合計12パターンの計測を行ったところ、漏水懸念ランクC：2箇所，D：2箇所という結果を得た。これらの懸念区間は、1箇所を除いて多少の差異は有るものの、初めに行った多点相関法の調査と重複する場所であった。(図-8)



図-8 振動測定法のセンサー設置位置と漏水懸念箇所

### (4) 漏水確認調査（試掘・流量調査）

多点相関法および振動測定法で検知した、漏水懸念箇所を包括する区間について上下流の流量差を確認したところ、当該箇所では漏水が発生していないことが判明した。

改めて、上流区間の多点相関法による調査で漏水懸念ランクCであった場所を含む、図-9の試掘1と試掘4の区間で流量計による流量差を測定したところ、193m間での漏水の発生が推定された。

### (5) 振動測定法による詳細調査

漏水確認調査（試掘・流量調査）により漏水が推定された区間を対象に、振動測定法による詳細調査を実施し、漏水箇所を特定するため、図-9に示す試掘1から試掘4の4箇所で管体を露出させた上で、センサーを直接管体に設置して調査を実施した。

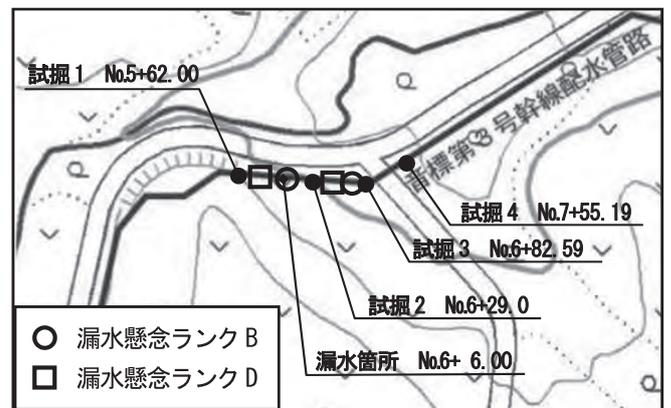


図-9 試掘位置

調査の結果、試掘1から試掘2の区間で漏水懸念ランクB：1箇所，D：1箇所，試掘2から試掘3の区間で漏水懸念ランクB：1箇所，D：1箇所という結果が得られた。

この結果を受け、試掘1と試掘2の間に検知された漏水懸念ランクBの範囲で漏水を確認するため、試掘を行った。この際に試掘箇所の上流側からの湧水が認められたため、その方向に掘削を進めたところ、No.6+6.00において管体破損による漏水が確認された。

振動測定法の検証のため、再度試掘1から試掘2、試掘1から漏水箇所近傍、漏水箇所近傍から試掘2の区間の3パターンで12回の測定を行ったところ、漏水箇所から上流9.5mの区間で漏水懸念ランクBの結果を得た。

また、同区間において、通水量を増大させて再度計測したところ、漏水箇所から上流0.2mの区間で漏水懸念ランクCという結果が得られた。

以下、図-10に、試掘1と試掘2にセンサーを設置した際に得た相関波形を示す。

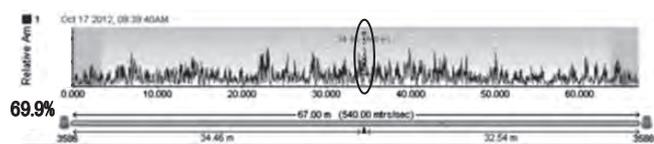


図-10 振動波を捉えた相関波形（試掘1～試掘2）

相関波形では、漏水箇所の上流9.5mの地点で振動波を相関率69.9%で検知しているが、この振動波は漏水に起因する上流側の振動を捉えたものと考えられる。

図-11に、試掘1と漏水箇所近傍間にセンサーを設置した際に得た相関波形を示す。

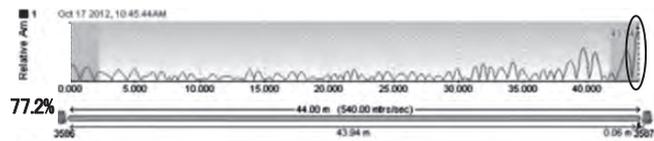


図-11 漏水箇所を捉えた相関波形（試掘1～漏水箇所近傍）

この場合の相関率は77.2%と比較的高い数値を得ている。

一連の調査により漏水に起因する振動波を捉えたのは、67mの間隔で、管体に直接センサーを設置した条件で行った振動測定法であった。

試掘2から試掘3の区間で検知された漏水懸念箇所については、漏水箇所（No.6+6.00）補修後の水張り試験により漏水が無いことを確認したことから、漏水以外で発生する振動波を検知した可能性が考えられる。

## 7. 考察

### (1) 多点相関法の適用性

今回、付帯施設にセンサーを設置した多点相関法で漏水懸念箇所を概定した後、これを確認するため、センサー設置間隔を狭めた振動測定法により漏水箇所を特定するという流れで調査を行った。

しかしながら、付帯施設を利用した多点相関法では複数の漏水懸念箇所が検知され、1箇所に絞り込むことは出来なかった。検知された漏水懸念箇所は上水道が並列配管されていたり、曲点工が存在する場所であり、その水流音を振動波として検知した可能性が考えられ、実際の漏水音と検知された振動波には明確な差異を見出すことは出来なかった。

### (2) 振動測定法の適用性

今回の調査により、75mmの小口径樹脂製管路で現地踏査や音聴調査で漏水箇所の目処がつかない条件下では、①管路を約70mの間隔で区切り、検知棒を用いた振動測定法により開削区間の優先順位を定め、②優先順位に応じ開削を行い、管体にセンサーを設置した振動測定法で漏水箇所を特定する、という2段階の手順を踏んだ調査手法が有効であると考えられる。

検知棒を用いた振動測定法では、開削前に漏水箇所の特定に至らなかったが、この手法は比較的簡易に漏水懸念箇所を調査することが可能である。この調査法を70m間隔で実施することにより、漏水懸念箇所から開削区間の優先順位が定められる。この優先順位を踏まえて、管体にセンサーを設置する振動測定法を行うことで、全体の開削回数を少なくし、漏水箇所を特定出来る可能性がある。

本調査では最終的に67mの間隔で開削して管体に直接センサーを設置することで漏水箇所を特定した。この結果から、75mmの小口径樹脂製管路パイプラインにおいて振動測定法で漏水箇所を特定するには、開削して直接センサーを管体に設置する必要があるといえる。このとき、開削による調査間隔は約70mが妥当と想定される。

今後、この調査間隔を前提とした漏水箇所調査を行う場合、出来るだけ開削回数を少なくすることが重要である。

### (3) 漏水懸念ランクの適用性

漏水地点を含めた多点相関法、振動測定法、振動測定法の検証において検知された漏水懸念箇所の漏水懸念ランクがそれぞれの調査方法により異なる結果であったことや、漏水地点以外の区間の調査においても、多点相関法と振動測定法とでは検知された漏水懸念ランクが異なる結果となったことは、調査区間に設置するセンサーの数及びセンサー間の距離の違いによる要因が大きいことが想定される。（表-2）

表-2 漏水地点付近の漏水懸念箇所検知結果

調査方法	調査区間 延長(m)	センサー 設置数	測定 パターン	測定 (解析)数	検知された 漏水懸念ランク
多点相関法(②区間)	539	4	6	24	C
振動測定法(試掘)	67	3	3	12	B, D
振動測定法の検証	67	3	3	12	B, D

多点相関法及び振動測定法は、漏水地点で発生する振動波（振動音）をセンサーで捉えて解析するものであり、本調査で行っている樹脂製管路のように振動波が伝わりにくい材質の場合、漏水地点を挟んだセンサー間距離の長短により、センサーで捉えられる振動波（振動音）の数量や伝わる時間に対する影響が考えられ、今後の調査においては、センサー間の距離も考慮した漏水懸念ランクの基準を定める必要があると考えられる。

さらに、今回の調査で用いた漏水懸念ランクの基準はダクタイル鋳鉄管や鋼管など振動が伝わりやすい材質での漏水調査実績からランク分けした基準であることから、今後、樹脂製管路の漏水調査実績を積み重ね、漏水懸念ランクの基準について検証・修正を行っていく必要がある。

## 8. おわりに

本研究により得られた知見として、検知棒を用いた振動測定法により、対象路線全体の試掘優先順位を決めるという手法を提案したい。

今後、漏水があるがその場所が不明であるパイプラインに対し、この手法による漏水箇所調査を行うことで、その実用性について更なる知見が蓄積され、より確実な漏水箇所特定調査の手法となることを期待したい。

- 1) 相関式漏水探査機を用いた漏水箇所調査において、距離と振動波が伝播する時間から求められる一般的な概念としての相関式である。
- 2) 本調査において漏水箇所調査を実施した調査会社が、過去にダクタイル鋳鉄管や鋼管での相関法による調査実績から検知精度をランク分けしたものを、本調査の樹脂製小口径管路での相関法による漏水箇所調査に準用したものである。

# 排水機場（排水樋管）建設工事における地盤改良について

菅 野 友 昭*  
(Tomoaki KANNO)

## 目 次

1. はじめに	14	5. パワーブレンダー工法の設計計画	16
2. 地盤改良の必要性	14	6. パワーブレンダー工法の施工管理	18
3. 地盤改良工法の選定	15	7. おわりに	21
4. 地盤改良工法の再検討	16		

## 1. はじめに

本地区は、宮城県の北東部に位置し、一級河川北上川及び旧北上川に囲まれた輪中地帯で、石巻市及び登米市にまたがる約3,200haの県内有数の穀倉地帯である。昔から排水不良で度々湛水被害を受けており、昭和28～44年度にかけて実施された県営かんがい排水事業等により排水機場が建設され、湛水被害の軽減に寄与してきた。しかし、造成後40～50年が経過し、施設の老朽化が著しいこと及び営農形態（水田の畑利用）の変化等により、豪雨時には湛水被害が増大していることから、本事業により排水計画を見直し、排水機場の改修を行い湛水被害及び維持管理費の軽減を図るものである。

本事業で改修する排水機場は後谷地排水機場と鶴家排水機場の2機場あるが、現在先行して進めている後谷地排水機場については、排水量が $12.3\text{m}^3/\text{s}$ から $20\text{m}^3/\text{s}$ となり、洪水時は一級河川追波川を経由して北上川へ排水していた排水形態を一級河川北上川に直接排水する計画としている。また、新しい機場及び排水樋門・樋管の位置の選定については、民家密集地や河川の曲線部を避けるほか経済性等も考慮し、既設機場より数100m上流側に移設する（写真-1）ことから、一級河川堤防内に排水樋門・樋管を新設する必要が生じ、それに係る各種検討において、地盤改良を行うこととなった。

本稿では、排水樋門の基礎部の地盤改良における設計から施工までの一連の流れについて述べる。



写真-1 地区内航空写真

## 2. 地盤改良の必要性

樋門の構造形式は、地盤の沈下への対応特性から柔構造樋門と剛支持樋門に区分できる。

堤防内に設置される樋門の構造形式は、地盤あるいは基礎の沈下・変位に追随し、周辺堤防に悪影響を与えることが少ない柔構造樋門とすることを原則とする。杭基礎等を用いた剛支持樋門は、函体周辺の空洞化や堤防のクラック発生等によって堤防機能を損なうおそれが高いことから、特殊な制約条件がある場合を除いて適用してはならない。

樋門の基礎形式は、地盤の残留沈下量、樋門の構造特性及び周辺堤防への影響などを考慮して検討し、原則として直接基礎または柔支持基礎を選定する。

直接基礎における地盤の残留沈下量の許容値の目安は5cm程度以下とすることが望ましく、地盤の残留沈下量が5cm程度を超える場合及び地盤対策を行ってもそれをを超える場合は、柔支持基礎とする。

柔支持基礎には、基礎地盤が無処理、あるいは地盤改良を行って浮き直接基礎とする場合や浮き固化改良

*東北農政局中津山農業水利事業所工事課  
(Tel. 0225-62-8730)

体基礎や浮き杭基礎によって沈下を抑制する場合などの樋門の沈下を許容する基礎全般が含まれる。

基礎地盤の残留沈下量が許容残留沈下量 30cm を超えない場合は無処理でよいが、超える場合は地盤対策を実施し許容残留沈下量以下とする必要がある。

樋管計画地の地盤は、函体床付面から N 値が 50 以上の層までの層厚は約 55m 程度と深く、沖積世の粘性土と砂質土が存在しており、上から第 1 粘性土層 (N 値: 2)、第 1 砂質土層 (N 値: 5)、第 2 粘性土層 (N 値: 3)、第 2 砂質土層 (N 値: 19)、第 3 粘性土層 (N 値: 9) で構成されている。(図-1)

このような地質状況から、残留沈下として即時沈下と圧密沈下が発生すると予想される。

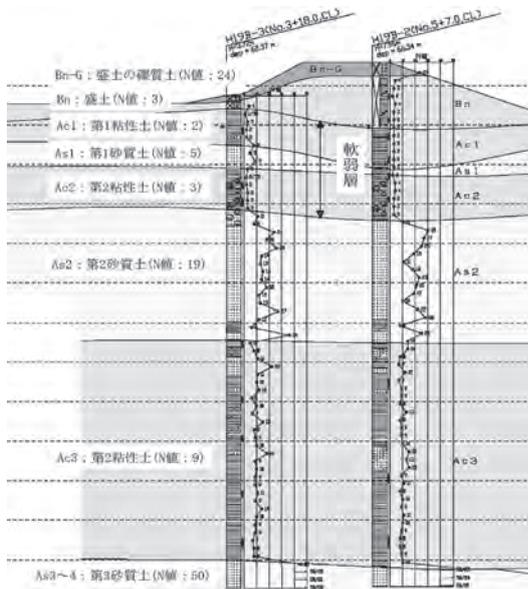


図-1 地質断面図

現況地盤で残留沈下量の計算を行った結果、許容値 30cm を超える結果となった(図-2)ことから、地盤対策を検討した。

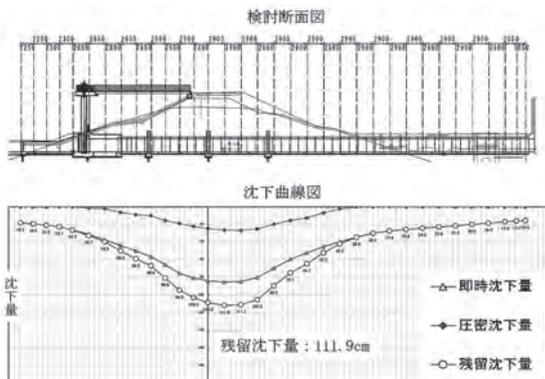


図-2 無処理地盤の残留沈下量

### 3. 地盤改良工法の選定

地盤対策工の一般的な目的としては、圧密沈下の抑制、せん断変形の抑制、漏水防止、液状化の防止等様々であるが、地盤改良工法の概略選定表によれば「深層

混合処理工法」が適している工法となる。

「深層混合処理工法」には、「機械攪拌工法」、「高圧噴射攪拌工法」等があるが、樋管基礎に多くの実績があり、経済的に安価である「機械攪拌工法」とし、また、機械攪拌工法にも「粉体系 (DJM)」、「スラリー系 (CDM)」等があることから、樋管基礎として実績が多く、施工機械が小さくより経済的な「粉体系機械攪拌工法 (DJM 工法)」を採用した。(図-3)

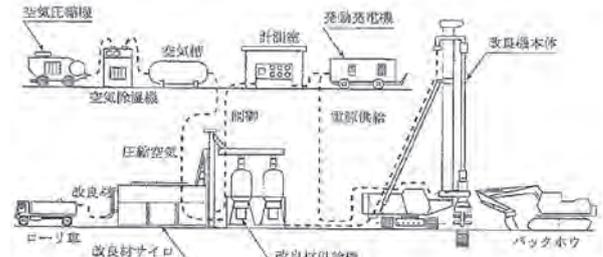


図-3 DJM工法概要図

次に深層混合処理工法において、残留沈下量が 30cm 以内に収まる改良厚を検討した。

検討の結果は表-1 のとおりであり、地盤改良厚は、As2 層 (第 2 砂質土層) を支持層とする 12.0m を採用した。

表-1 改良厚と残留沈下量 (DJM工法)

改良厚	残留沈下量	判定
0m	111.9cm	NG
10.0m	33.7cm	NG
11.0m	25.5cm	OK
12.0m	19.3cm	OK

※改良厚 11.0m の場合でも残留沈下量は 30cm 以内であるが、Ac2 層は軟弱層で実際にどのような挙動を示すか不明であることから、支持層として不採用とした。

地盤対策後の結果、残留沈下量は 30cm 以内となり、相対変位量や支持力の照査についてもすべてを満足する解析結果が得られた。(図-4)

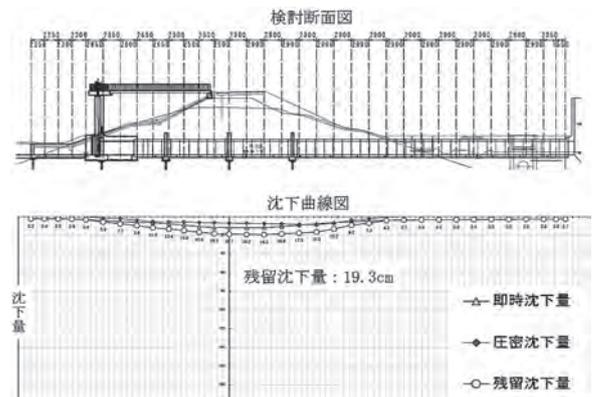


図-4 地盤対策後の残留沈下量

これらの内容で、河川管理者からの同意も得て、早期に施工する予定だったが、平成 22 年度末の東北地方太平洋沖地震（以下、「地震」という。）による地殻変動により設計の見直しが必要となり、平成 24 年度に着工となったところである。

#### 4. 地盤改良工法の再検討

平成 24 年度の施工に向けて、地震による地殻変動を踏まえた設計の見直しを行う過程で、地盤改良工法についても再度検討を行った。

近年、地盤改良工法の技術革新により、バックホウの先端にトレンチャ式攪拌混合機を装着し、現位置の地盤とセメント系固化剤を強制攪拌混合し固化する「浅層中層混合処理工法」が登場した。(写真-2)

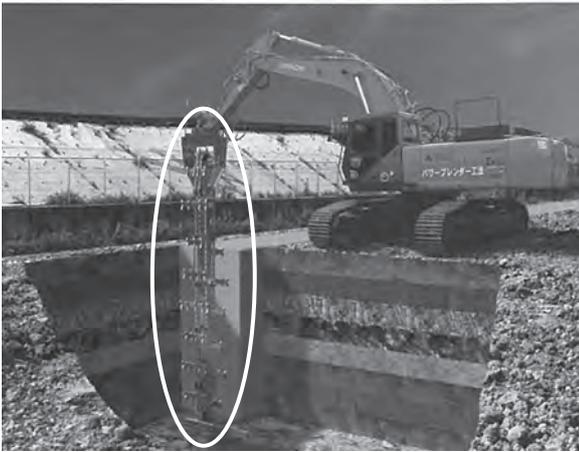


写真-2 パワーブレンダー工法

施工機械にバックホウを用いるため施工性がよく、経済性にも優れ、改良可能深度は平成 21 年度までは 10m 程度であったが、施工が延期となった数年の間に、最大改良深度が 13m 程度までの実績が確認された。

本基礎工の改良深度は 13m 程度であり採用可能であることから、浅層中層混合処理工法及び深層混合処理工法の比較検討により、「DJM 工法」よりも経済性、施工性に優れる「浅層中層混合処理工法」の「パワーブレンダー工法」を採用することにした。

工法を変更したことにより、大幅なコスト縮減及び 20 日間の工期短縮が図られた。また、河川協議においても工法の変更が認められた。

#### 5. パワーブレンダー工法の設計計画

3 項で検討した DJM 工法と同様に表層混合処理工法において、残留沈下量が 30cm 以内に収まる改良厚を検討した。

検討の結果は表-2 のとおりであり、地盤改良厚は、As 層を支持層とする 12.5m を採用した。

表-2 改良厚と残留沈下量（パワーブレンダー工法）

改良厚	残留沈下量	判定
0m	125.8cm	NG
10.5m	35.1cm	NG
11.5m	29.5cm	OK
12.5m	24.2cm	OK

※改良厚 11.5m の場合でも残留沈下量は 30cm 以内であるが、施工時支持力が許容値を満足することができないこと及び Ac2 層（第 2 粘性土層）は軟弱層で実際にどのような挙動を示すか不明であることから、支持層として不採用とした。

※地震により、約 50cm の地盤沈下が発生し、地層も 50cm 沈下したものとして考えており、樋管敷高は地震前後で変わらないことから、改良厚が 50cm 増加している。

地盤対策後の結果、残留沈下量は 30cm 以内となったほか、相対変位量や支持力の照査についてもすべてを満足する解析結果が得られた。(図-5)

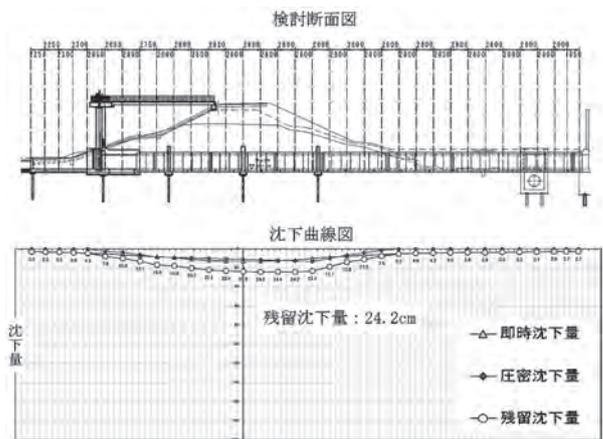


図-5 地盤対策後の残留沈下量

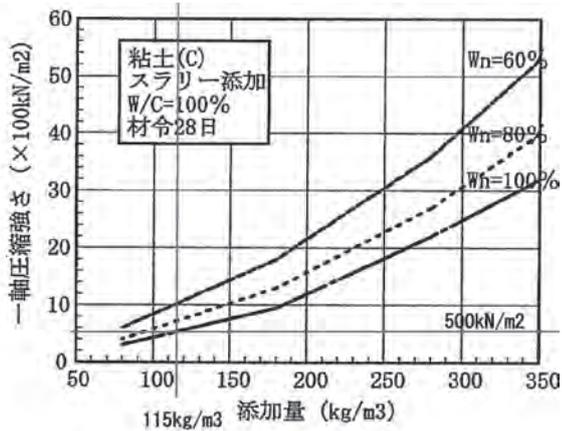
セメント系固化材の配合計画は、改良体に必要とされる現場改良目標強度と必要添加量との関係から求めることとした。

改良体の設計基準強度は、樋門の最大地盤反力以上として  $q_{\text{quick}} = 200\text{kN/m}^2$  とした。室内試験一軸圧縮強度との安全率はパワーブレンダー工法協会の技術資料より、永久施設利用の場合は 0.3 ~ 0.5 とされていることから、中間値の 0.4 とした。

$$q_{\text{quick}} = 200\text{kN/m}^2 / 0.4 = 500\text{kN/m}^2$$

以上より、室内試験により一軸圧縮強度が  $500\text{kN/m}^2$  となる添加量を設計添加量に決定した。

改良対象土は粘性土とし、一軸圧縮強度  $500\text{kN/m}^2$  となる添加量は図-6 より、 $115\text{kg/m}^3$  とした。



「パワーブレンダー工法技術資料 H23.5 パワーブレンダー工法協会 P.22」

図-6 セメント添加量と一軸圧縮強さ

以上より、地盤改良を実施した対策後の結果は表-3のとおりであり、地盤改良の平面計画、縦断計画、横断計画は図-7、図-8、図-9のとおりである。

表-3 地盤対策後の検討結果

工種	表層混合処理工(パワーブレンダー工法)
スパン数	7 スパン
改良厚	橋門標準部下面より 12.5 m改良
対象土層	B _n , Ac1, As1, Ac2, As2 層
改良強度	0.2 N/mm ²

残留沈下量の検討 (単位: cm)				
即時沈下量	圧密沈下量	残留沈下量	許容値 *1	判定
2.7 ~ 12.9	0.0 ~ 13.2	2.7 ~ 24.2	30.0	O.K.

※1柔支持基礎の沈下許容量

	相対変位量の検討 (単位: cm)					
	押込変位量			空洞量		
	設計値	許容値 *2	判定	設計値	許容値 *2	判定
川表胸壁部	1.0	5.0	O.K.	—	-5.0	O.K.
標準部	1.8	5.0	O.K.	-0.5	-5.0	O.K.

※2相対変位量の許容値「構造造橋門設計の手引き p237」

施工時支持力の検討 (単位: kN)		
鉛直力	許容支持力	判定
20314.22	42733.28	O.K.

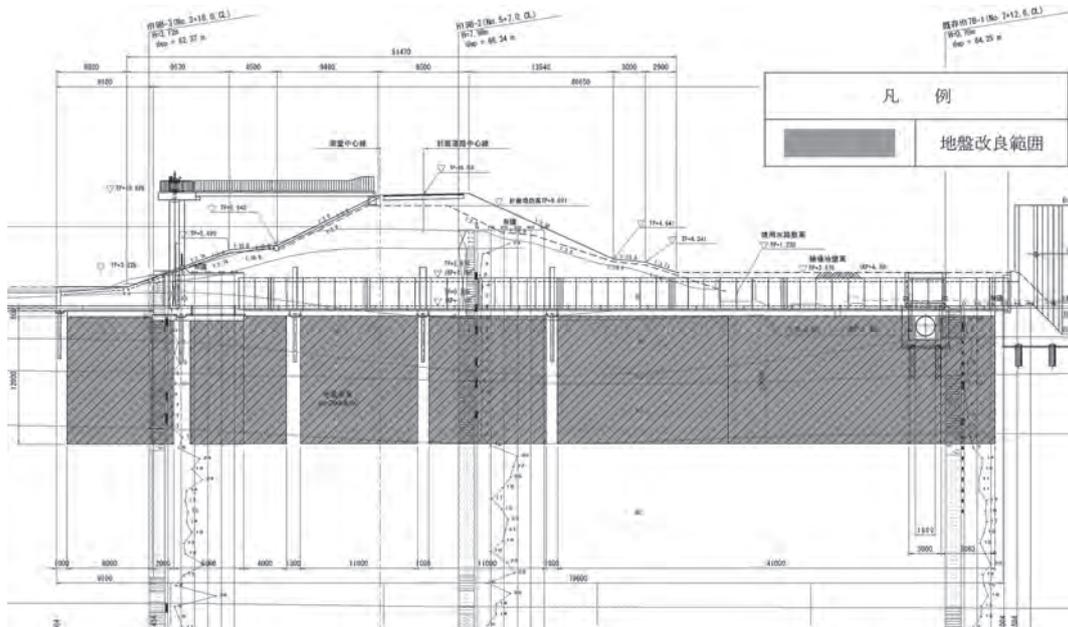


図-7 地盤改良図(縦断図)

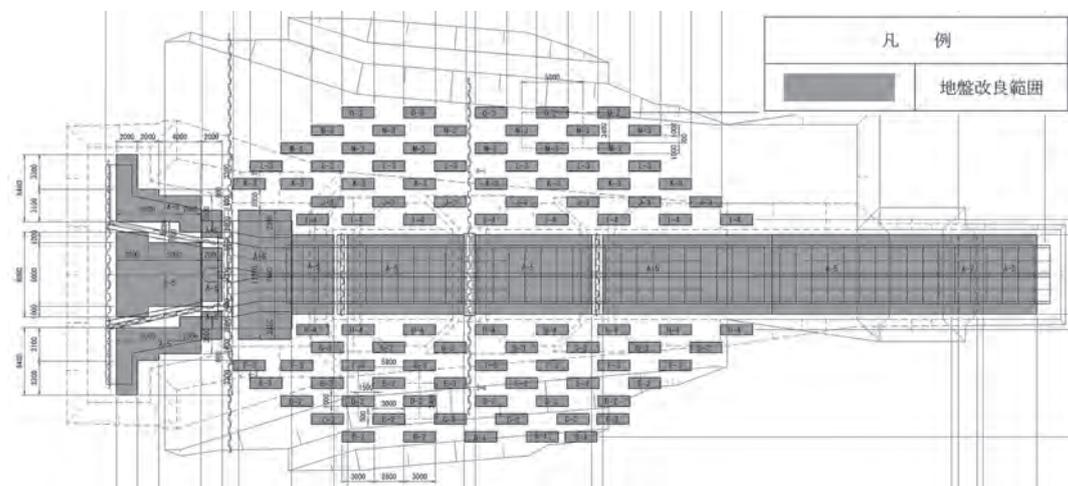


図-8 地盤改良図(平面図)

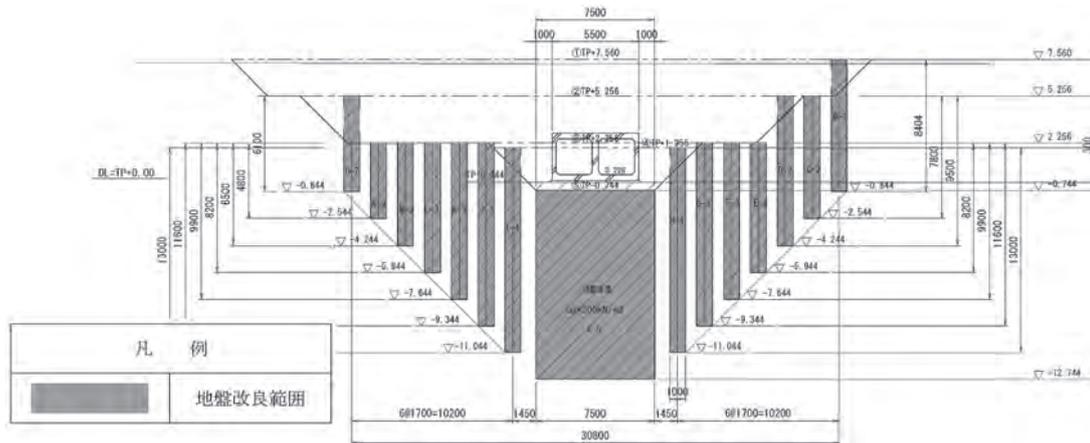


図-9 地盤改良図（断面図）

## 6. パワーブレンダー工法の施工管理

本計画により当該工事を発注し、平成24年10月に契約を行い、2ヶ年国債工事（国土交通省への支出委任工事）で現在鋭意施工中であり、地盤改良工法自体は、発注者側で指定しているものではないが、実際の施工もパワーブレンダー工法で実施され、地盤改良は平成25年7月に了したところである。

以下は施工時の試料採取から配合計算を経て改良後の強度確認までの流れと結果である。

### (1) 試料採取

現場において、地盤改良を実施する試料を採取する。試料採取はボーリングにより行い、堤頂部分1箇所にて実施し、上から堤防盛土部分を混合土①、その下の粘性土層を混合土②、その下の砂粘土層を混合土③とした。

採取した試料の物性値は表-4のとおりである。

表-4 採取試料土の物性値

試料土	湿潤密度 (g/cm ³ )	含水比 (%)	備考
混合土①	1.624	56.9	盛土
混合土②	1.647	57.4	粘性土
混合土③	1.704	50.9	砂：粘=4：6

※混合土①は堤防盛土部分で樋管床付面の改良には関係ないことから、以降除外した。

### (2) 水セメント比の設定

パワーブレンダー工法は、改良全深度までの土層を天地変えする攪拌工法であるため、ある程度の流動性を持たせ、攪拌による品質確保を図る必要があり、原位置土の湿潤密度と改良深度の増加によるトレンチャへの負荷抵抗を低減させて安定した攪拌混合を行うため、原位置土の湿潤密度と改良深度及び攪拌混合の直後における改良土の望ましい流動値（テーブルフロー値）の関係を定めている。また、改良強度を確保する

ためと施工に必要なテーブルフロー値から適切な改良材量と水セメント比を決定する。

テーブルフロー試験結果（図-10）より、目標値を120mmとした。

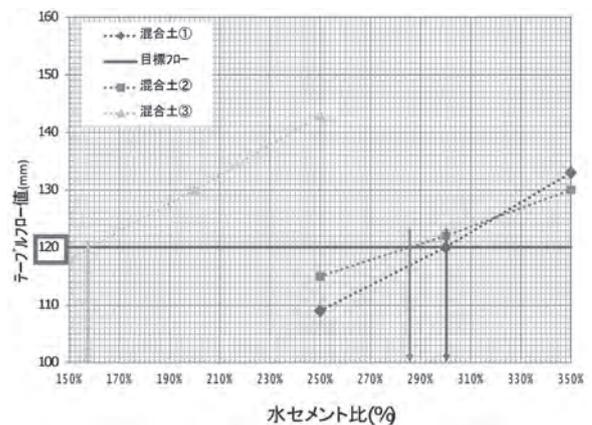


図-10 テーブルフロー試験結果

テーブルフロー試験より求められた水セメント比は表-5のとおりである。

表-5 目標フロー値に対する水セメント比

試料土	目標 フロー値	セメント 添加量	水セメント比
混合土②	120mm	115kg/m ³	290%
混合土③	120mm	115kg/m ³	160%

次に表-5の水セメント比から、室内配合試験に用いる水セメント比を設定する。

水セメント比を設定するにあたり、テーブルフロー値を一定に確保してバラツキの少ない改良体を造成することを目指し、試験を実施した。なお、固化材が水和反応に消費する吸水率（量）は、地盤改良マニュアルにより36%とした。

これらを踏まえ、混練水量から吸水量を引いた純加水量を固定し、各添加量の吸水量と合算した混練水量を添加量で除した値が水セメント比となり、表-6のように設定した。

表-6 試料土の添加量と水セメント比

試料土	添加量 (kg/m ³ )	混練水量 (kg/m ³ )	純加水量 (kg/m ³ )	水セメント比 ( )は改め
混合土 ②	60	314	292	523%(520%)
	115	333	292	290%(290%)
	170	353	292	208%(210%)
混合土 ③	60	165	143	274%(270%)
	115	184	143	160%(160%)
	170	204	143	120%(120%)

(3) 配合計算

それぞれの現場混合土について、前述で決定したセメント添加量及び水セメント比で配合計算を行った。合わせて固化材の種類についても高炉セメントB種のほか、経済性の妥当性の検証のため、特殊土用固化材でも比較を行った。

混合土②及び混合土③の配合計算書は表-7のとおりである。

表-7 配合計算書

試料土	固化材の種類	添加量 (kg/m ³ )	試料土の 計量値(g)	水セメント 比(%)	計量値(g)		配合No.
					固化材	水	
混合土②	高炉セメントB種	60	1800	520%	65.6	341.0	7
		115		290%	125.7	364.5	8
		170		210%	185.8	390.2	9
	特殊土用固化材	60		520%	65.6	341.0	10
		115		290%	125.7	364.5	11
		170		210%	185.8	390.2	12

試料土	固化材の種類	添加量 (kg/m ³ )	試料土の 計量値(g)	水セメント 比(%)	計量値(g)		配合No.
					固化材	水	
混合土③	高炉セメントB種	60	1800	270%	63.4	171.1	13
		115		160%	121.5	194.4	14
		170		120%	179.6	215.5	15
	特殊土用固化材	60		270%	63.4	171.1	16
		115		160%	121.5	194.4	17
		170		120%	179.6	215.5	18

(4) 一軸圧縮試験 (事前)

前項の配合により、供試体を作成し、材齢28日で一軸圧縮試験を実施した。

それぞれの供試体において、セメント添加量と強度の関係をグラフ化し、目標強度500kN/m²となるセメント添加量を推定した結果は表-8のとおりである。

表-8 固化材別目標強度添加量

試料土	高炉セメントB 添加量	特殊土用固化材 添加量
混合土②	196kg/m ³	166kg/m ³
混合土③	149kg/m ³	117kg/m ³

(5) 改良材の決定

前項で決定した固化材ごとの添加量により、材料単価を考慮した経済比較を行った結果、高炉セメントB種が経済的であることから、混合土②・混合土③とも

に高炉セメントB種を採用することとした。経済比較の結果は表-9のとおりである。

表-9 固化材ごとの経済比較

試料土	項目	高炉セメント B種	特殊土用 固化材
混合土②	材料単価	10,800円	14,000円
	添加量	196kg/m ³	166kg/m ³
	材料費	2,117千円/m ³	2,324千円/m ³
	評価	○	△
混合土③	材料単価	10,800円	14,000円
	添加量	149kg/m ³	117kg/m ³
	材料費	1,609千円/m ³	1,638千円/m ³
	評価	○	△

(6) 配合の決定

前項までの配合結果及び経済比較より、固化材添加量及び水セメント比は表-10のように決定した。なお、テーブルフロー値は120mmを確保した。

表-10 決定した配合量

試料土	添加量 (kg/m ³ )	混練水量 (kg/m ³ )	純加水量 (kg/m ³ )	水セメント比 ( )は改め
混合土②	196	363	71	185%(180%)
混合土③	149	197	54	132%(130%)

(7) 施工

これまでの検討結果をふまえた施工を行うにあたり、改良強度及び改良位置・深度の施工管理が重要となる。

改良位置は、パワーブレンダー機械上部にGPSアンテナを設置し、内部に設置されたGPS機械にて、改良深度についてもトレンチャ先端にセンサーがあり、現在の改良深度を常に確認でき、オペレーターが位置・深さを確認しながら作業を行うことができることから、精密な施工管理が行える。(写真-3)

強度については、セメント注入量を確認しながら(写真-4) 攪拌作業を行う。



写真-3  
パワーブレンダー  
機械内部の装置

写真-4 セメント注入量の確認

(8) 一軸圧縮試験（事後）

施工後，改良強度を確認するため，試料を採取し一軸圧縮試験を実施した。

一軸圧縮試験は，改良範囲全体で12箇所行い，1箇所当たり3供試体を採取し，平均強度を求めた。

結果，すべての改良箇所において設計基準強度 $200\text{kN/m}^2$ を満足した。結果は，表-11のとおりである。

※区割り位置は図-11 参照

※施工図は図-12 参照

表-11 一軸圧縮試験結果

施工日	試験日	供試体名	平均強度 ( $\text{kN/m}^2$ )
6/1	6/29	区割 3-58	310
6/3	7/1	区割 3-26	1583
6/5	7/3	区割 15-1	1083
6/5	7/3	区割 15-2	1033
6/6	7/4	区割 5-16	1025
6/7	7/5	区割 5-13	1288
6/10	7/8	区割 5-24	360
6/12	7/10	区割 5-22	755
6/13	7/11	区割 5-19	714
6/18	7/16	区割 6-11	2177
6/20	7/18	区割 4-6	1447
6/21	7/19	区割 5-5	2447

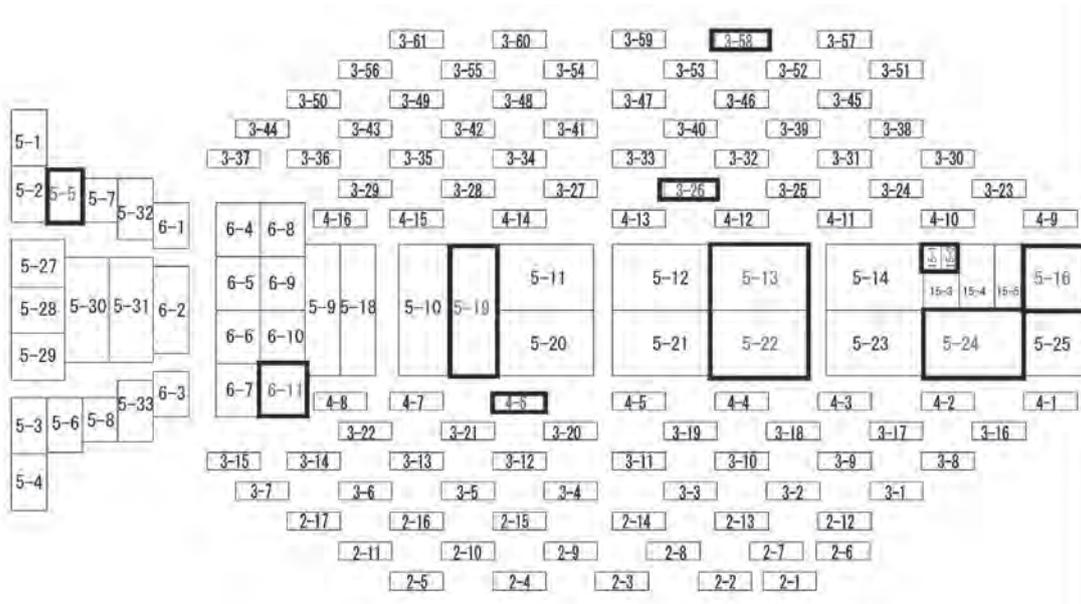


図-11 供試体採取箇所図

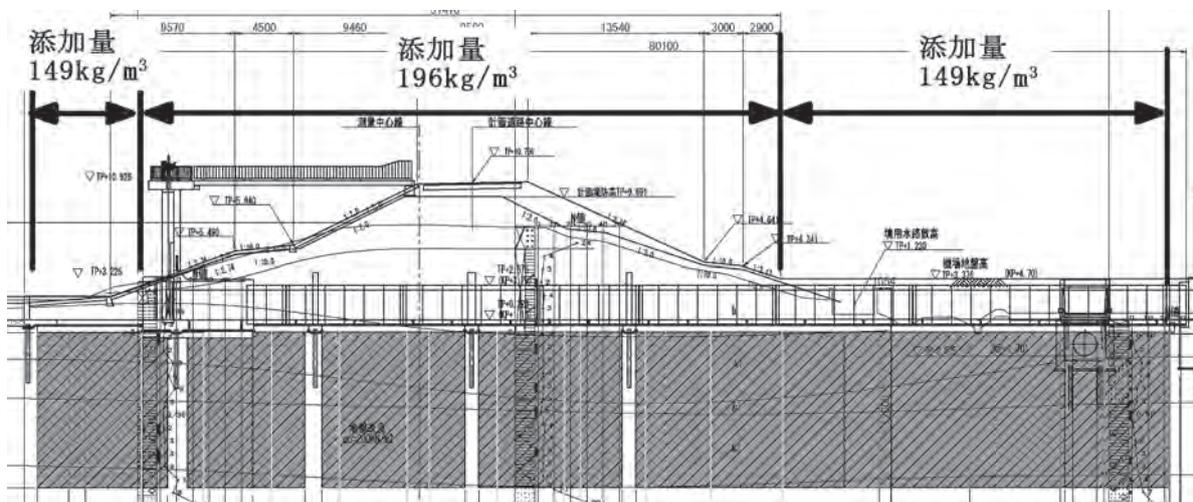


図-12 地盤改良図（施工図）

## 7. おわりに

施工後の一軸圧縮試験では、ほとんどが設計基準強度(200kN/m²)の5倍(1,000kN/m²)以上の強度が出る結果となった。これは、パワーブレンダー工法が施工基面から改良深度までを均一に強制混合攪拌する浅層・中層混合処理方式のため、改良部分の砂質土の混合割合変化が大きく強度に反映された結果と考える。

多くのボーリング調査により、詳細な地層状況の把握ができない堤防部での施工においては、やむを得ないことであり、今後のパワーブレンダー工法の課題と言える。しかしながら、設計基準強度(200kN/m²)の1.5倍(300kN/m²)程度の場合も数箇所あり、室内試験の目標一軸圧縮強度( $q_{\text{uck}}$ )をパワーブレンダー工法協会の技術資料の安全率を用いて『200kN/m² / 0.4 = 500kN/m²』と設定したことは、妥当であったと考える。

パワーブレンダー工法は、狭隘な場所の施工が可能

で、改良深度13mまでは経済的にも優れた工法であることは確認できたが、今後の課題として、施工時における深度毎の砂質土、粘性土の変化への対応が挙げられると考える。

本文をまとめるにあたり、貴重な施工に係る資料提供とご指導・ご助言を頂いた工事関係者に心より感謝申し上げます。

施工状況及び完成写真参照。(写真-5～10)

### 【参考文献】

- 1) パワーブレンダー工法協会技術資料：パワーブレンダー工法協会
- 2) 配合試験報告書、一軸圧縮試験結果、圧縮強度品質管理図表、施工写真、工事図面：施工者(株奥村組)より提供
- 3) 柔構造掘門設計の手引き：(財)国土技術研究センター編
- 4) セメント系固化材による地盤改良マニュアル：社団法人セメント協会



写真-5 施工前



写真-8 施工後



写真-6 施工状況 (全景)



写真-9 パワーブレンダー機械



写真-7 施工状況 (近景)



写真-10 プラント

# 国営小田川二期地区における大沢内ため池護岸の改修事例について

浅 利 達 朗*  
(Tatsuro ASARI)

## 目 次

1. はじめに	22	4. 護岸工の設計並びに基礎対策	23
2. 事業の概要	22	5. ため池貯水等の制限を受ける中での施工	26
3. 大沢内ため池の改修方針	22	6. おわりに	26

## 1. はじめに

国営施設機能保全事業小田川二期地区（平成 23 年度に国営かんがい排水事業から移行）では、「国営小田川農業水利事業」（昭和 41 年度～平成元年度）で建設された農業用水利施設を改修する事業を実施している。事業実施にあたっては施設の機能診断に基づいて改修範囲を区分し、その施設の状態に応じた改修方法により施工を行い長寿命化が図られる様に行っている。

本稿では、当該事業で改修計画としている、ため池 3 カ所の内、護岸工の改修工事に関して貯水の制限を受けるなかで既設護岸の前面に基礎改良等を行いつつ新設護岸を設ける計画並びにこれらを実施した大沢内ため池の施工内容について紹介するものである。

## 2. 事業の概要

本地区は青森県の津軽平野の北西部に位置し、日本海に面する十三湖に合流している一級河川岩木川下流部の右岸側に展開する五所川原市並びに中泊町にまたがる沖積平野地帯で、この一帯は傾斜が 1/100 未満が大部分を占める低平地の水田地域である。

地区の営農は稲作が中心となっており転作田には大豆、麦及び野菜等を組合せた複合経営がなされている。

この地域のかんがい用水は古くから河川、ため池等に依存していたが、恒常的な用水不足をきたしていたことから国営小田川農業水利事業により、ダム、頭首工、用排水機場並びに幹線水路等の築造並びに整備がなされた。

その後、経年変化により施設の老朽化が進行し、管路からの漏水あるいは施設の不具合発生頻度の増大に伴い施設管理に支障をきたす事態を招いたことから、

平成 17 年度から国営小田川二期農業水利事業としてダム、揚水機場、幹線水路並びにため池等を対象に改修事業を行い、用水の安定供給と施設の維持管理の軽減を図り地域農業の維持及び農業経営の安定を図ることとしている。

主な工事の概要は次のとおり。

・小田川ダム	
堤体保護工等改修及び管理設備等改修	1 式
・ため池	
護岸工改修、取水設備改修	3 カ所
・揚水機場	
ポンプ改修等	2 カ所
・頭首工	
ゲート等改修	3 カ所
・幹線用水路	
部分又は全面改修	4 路線

## 3. 大沢内ため池の改修方針

大沢内ため池（堤高 8.2m、有効貯水量 1,510 千 m³、計画取水量 1.26m³/s）からの用水は蒔田揚水機場掛かりの第 5 号幹線用水路に合流のうえ補給用として幹線用水路掛かり受益約 1,010ha に配水されている施設である。（図-1）

大沢内ため池は昭和 7 年に護岸が土地改良区により築造され、昭和 55 年に国営小田川農業水利事業で取水工が築造されている。

護岸堤防部は国道（339 号）と兼用の公用道路として利用されている。また、ため池堤体、貯水池、流域全体は芦野池沼群県立自然公園に位置づけられ、景観への配慮を考慮することとされている。

本ため池は平成 15 年度～16 年度に機能診断を行い、平成 18 年度に地質調査並びに基本設計、平成 19 年度に実施設計を行い、平成 20 年度、平成 21 年度並びに平成 23 年度に工事実施をしている。

*東北農政局津軽農業水利事務所小田川農業水利建設所 工事第二課 (Tel. 0173-54-1212)

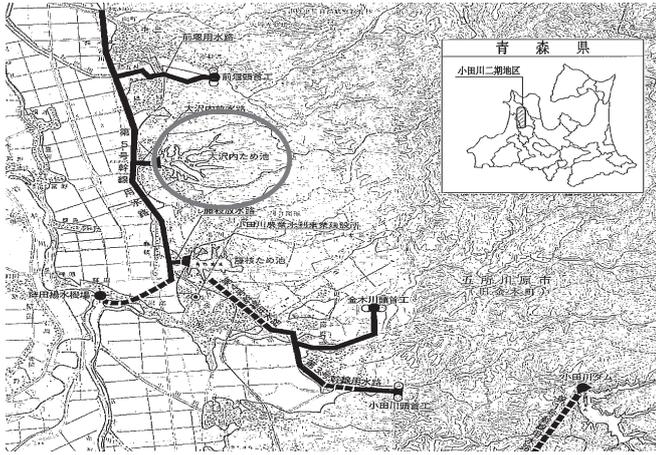


図-1 大沢内ため池と第5号幹線用水路との関連路線図

### (1) 施設状況

堤体規模は延長約 347m、堤高 8.2m で中央部に取水施設（スライドゲート 3 門：平成 21 年度に全面改修済み）、右岸側には側水路式の洪水吐、護岸工はコンクリート擁壁構造で堤体敷きは 2 車線の国道敷地として供用されている。

現況ため池の護岸状況は、既設コンクリート表面のひび割れ、表面のすり減り、骨材の露出などが見られ、一部に欠損あるいは沈下があり、これらが進行している状況にある。（写真-1, 2）



写真-1 既設護岸状況(1)



写真-2 既設護岸状況(2)

### (2) 機能診断関係

①機能診断は護岸工のコンクリート躯体を主に図-2のとおり行った。

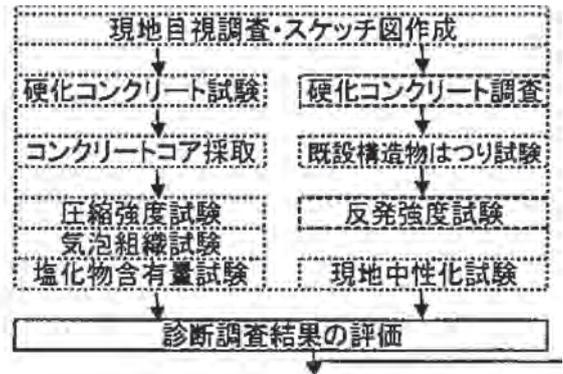


図-2 護岸工のコンクリート躯体の診断フロー

②既設護岸工における診断調査結果による評価は、表-1のとおりであった。

表-1 既設護岸工の診断調査結果

健全度指標	対策の目安	判定に至った評価内容
S-1	改築	<ul style="list-style-type: none"> <li>内部要因として最大ひび割れ幅 5 mm 以上が全体的に広がり、凍害による損傷、剥離が生じている。</li> <li>外部要因として基礎地盤の不同沈下が全体的に生じ、護岸工機能に支障を生じかねない。</li> </ul>

### (3) ため池の改修方針

診断調査結果による評価においては「改築」が必要と判定された。

護岸表面には、水平方向及び鉛直方向に連続した、開きの大きなひび割れが全体的に発生しており、コンクリート護岸としての一体性が失われており、堤体盛土荷重、輪荷重を支える擁壁としての機能が失われつつある。

また基礎の沈下が全範囲にわたり生じ、ため池としての必要天端標高が確保できておらず、堤体全体の安定度に関しても現在の地震係数を与えた場合に不安定と判定されたことから、基礎の改良と併せて護岸工の全面改修を行うこととした。

## 4. 護岸工の設計並びに基礎対策

### (1) 護岸工の改修設計の基本的な考え方

護岸は大沢内ため池の堤体の一部として、波浪による堤体の浸食防止機能及び洪水を一時貯留し堤体下流への洪水被害軽減のための防災機能を有している。また、堤体天端部は国道と兼用されており、護岸工は国道の池側護岸工として社会的機能も有している。

以上の点から計画する護岸は基本的に現路線とし、路線配置に関しては、①施工性が図れるように平面的な変化点を少なくするように計画、②護岸天端嵩上げに伴う盛土区間は国道敷きに入らないように池側にシフトする、③既設取水設備の躯体部の全面には構造物

を避けた護岸路線として計画した。

(2) 護岸構造の選定

護岸構造の選定に当たっては、既設護岸を全面存置とする場合と全面撤去とする場合を含めた、大型ブロック積、現場打もたれ擁壁、盛土工法、大型カゴ枠、コンクリート矢板、鋼矢板工法における複数の候補について施工性並びに経済性等の比較検討を行い、既設護岸工は全面存置とすることが最も有利と判定し、図-3に示す大型ブロック積（既設護岸全面存置+前面抑え盛土（ブロックマット）+背面盛土）で行うことで計画した。なお、景観への配慮として積ブロックは化粧を施している。

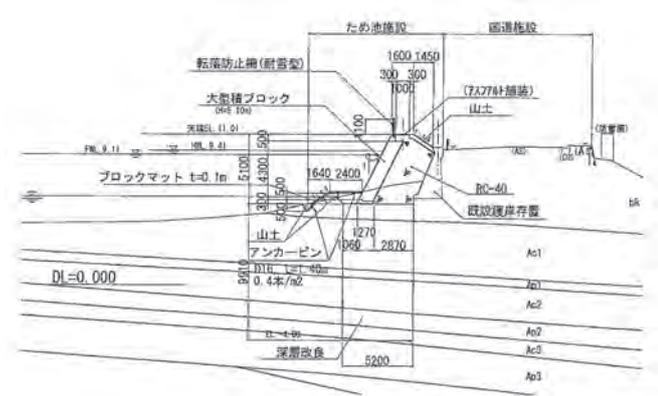


図-3 大型ブロック積施工標準図

(3) 基礎対策

1) 地形概要

大沢内ため池を含むこの一帯の地形は砂礫台地で形成された金木台地内に属し、岩木川の小支川が形成した谷底平野が数多く、これらの谷底平野の一部

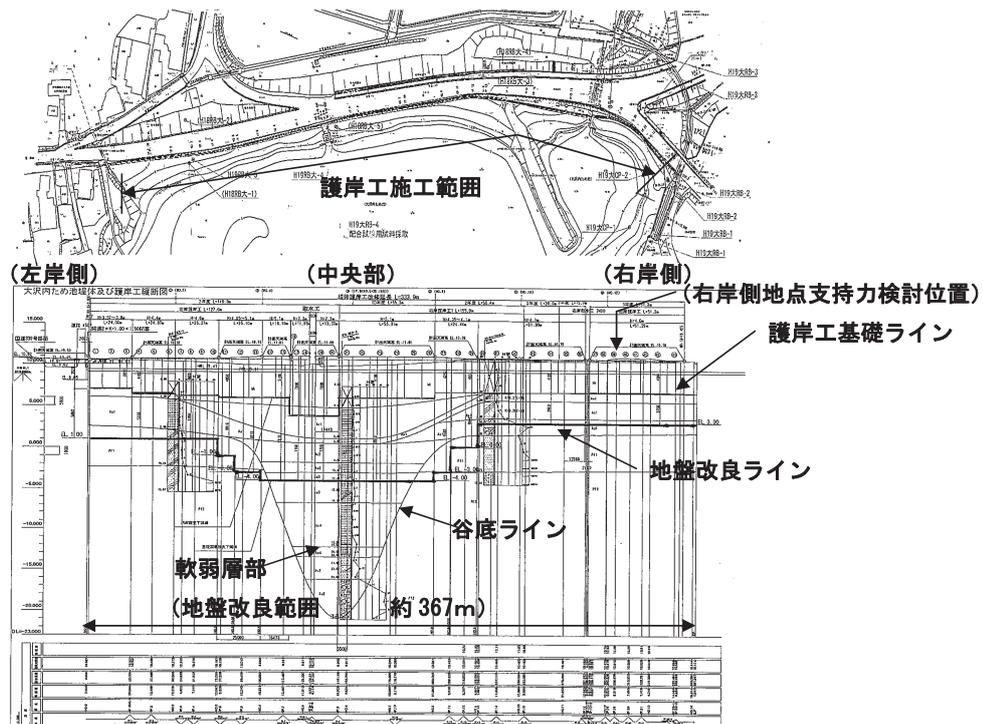


図-4 地質縦断面図

を農業用ため池として利用されている。

2) 地質概要

大沢内ため池周辺の地層は第四紀更新統の鶴ヶ坂層及び立山層を基盤岩として分布し、表層部は第四紀完新統の段丘堆積物、谷底平野堆積物及び沖積低地堆積物で被われ、大沢内ため池の堤防中央部の地質（図-4）は沖積低地帯における深度20m前後まで軟弱なシルト、粘土及び泥炭等（N値で0～10前後、自然含水比は33%～82%、介在している腐食土層285%と高含水比）分布され護岸工設計にあたっては、現況地盤の支持力評価を行ったうえで基礎対策を行うこととした。

3) 現況地盤の支持力評価

地盤の許容支持力度（qa）の算定は以下に示すテルツァーギーの支持力重ね合わせ公式を用いて検討を行った。

$$q_u = (i_c \cdot \alpha \cdot C \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f \cdot N_q)$$

$$q_a = \frac{1}{n} \cdot q_u \dots \dots \dots$$

ここで、常時：qa=1/3・qu 地震時：qa=2/3・qu

現況の許容支持力度の算定に用いる粘着力Cはコーン貫入値を基に以下で設定した。

C=qc/10 より qcはコーン貫入値で360kN/m²から粘着力Cは360/10=36KN/m²とする。

現況地盤の支持力評価は粘着力Cをテルツァーギーの支持力重ね合わせ公式に与えて、計画する擁壁高のケース毎（H=3.57m～7.3m）で求めた許容支持力（qa）は、護岸工計画における地盤への構造物荷重（地盤反力q）の値を下回る結果（表-2）

から、地盤改良により粘着力C値を上げ支持力の増を行う計画とした。

表-2 現況支持力の判定結果

位置	粘着力C	許容支持力(qa)	地盤反力(q)	判定	摘要
右岸側地点	36KN/m ²	46.7KN/m ²	92.8 KN/m ²	NG	常時
壁高H=4.0m	36KN/m ²	75.2 KN/m ²	94.3 KN/m ²	NG	地震時

#### 4) 地盤改良必要粘着力

前項で求めたケース毎の地盤反力 (q) の値から逆算を行い、必要粘着力を設定した。

求めた粘着力Cはケース毎(壁高毎)に80~120KN/m²の範囲で設定した。(表-3)

表-3 地盤改良後の粘着力における判定

位置	粘着力C	許容支持力(qa)	地盤反力(q)	判定	摘要
右岸側地点	80KN/m ²	103.9KN/m ²	92.8 KN/m ²	OK	常時
壁高H=4.0m	80KN/m ²	167.2 KN/m ²	94.3 KN/m ²	OK	地震時

#### 5) 地盤改良設計強度の設定

地盤改良の設計強度は、一軸圧縮強度  $qu = 2C$  より (Cは80~120KN/m²) 160~240 KN/m² で設定した。なお、現場施工管理では現場/室内の強度比はパワーブレンダー工法(原位置土と改良材を鉛直方向に機械攪拌する工法)では0.3~0.4から、 $quf = (160 \sim 240 \text{ KN/m}^2) \div 0.3 = 530 \sim 800 \text{ KN/m}^2$  を目標強度として添加量を設定した。

#### 6) 地盤改良深度

地盤改良の深度は着低部(地盤改良の下端部)のN値より以下で設定した。

- ① N値3以下の軟弱層は原則として地盤改良する。(写真-3, 4)
- ② 盤改良部はN値 = 4~20程度の地層に着定させる。
- ③ ②により難しい場合は未着定型(浮き基礎型)とする。

以上から、改良深は、

- ・護岸左岸側：N値4~5の地層に着定とし、改良厚は5.2m~6.0mとした。
- ・護岸中央部：N値2~5の軟弱層が約17mと厚く、分布より地盤改良工法は着定させる支持杭型は経済的で不利なので浮き基礎タイプとし、改良厚は7.7m~9.9mで設定した。
- ・護岸右岸側：N値10~30の地層に着定とし、改良厚は3.7m~3.8mとした。

なお、護岸の計画天端高は改修後の荷重増加による沈下量を考慮して、護岸高+余裕高(中央部最大40cmを見込む)を見込んだ計画護岸高を設定した。



写真-3 パワーブレンダーによる地盤改良



写真-4 完成後の護岸(大型積ブロック)

#### 7) 地盤改良の施工結果

設計強度に対する地盤改良後の現場強度(一軸圧縮強度  $qu$ )は表-4のとおりで、目標とする設計強度は全てクリアされた。(材料はセメント系固化材)

表-4 地盤改良後の現場強度

設計強度(KN/m ² )	現場強度(KN/m ² )	現場/室内比
160	273~470(平均 371)	0.59~0.34
200	409~706(平均 484)	0.49~0.28
240	317~585(平均 463)	0.75~0.41

#### 8) 地盤改良施工時に生じた国道舗装盤への影響

地盤改良全延長約367mのうち1年目269m施工した直後にため池護岸中央部付近の国道路面の縦断方向に沈下並びに水平変位によるクラックが生じた。沈下は最大41mm、水平移動最大40mmで、既設護岸及び池側の道路路面に影響を及ぼした。原因として①有機質系の軟弱層(含水比285%)が広範囲に分布され強制攪拌で軟弱地盤の強度が一時的に低下し、地盤の緩みが生じたことによる既設地盤の「引き込み」状態(図-5)が生じたと推測した。

対策として、①動態観測の継続、②「隣接区割り」の地盤改良は5日間程度間をおいて開始、③区割り施工順番の見直しを行うこととした。これらの対策により、影響は軽減された。

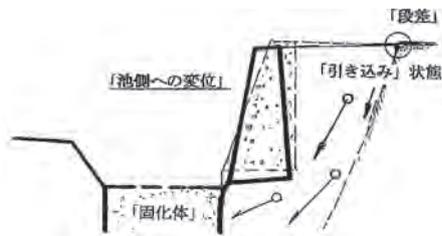


図-5 既設地盤の「引き込み」概念図

## 5. ため池貯水等の制限を受ける中での施工

### (1) 制約条件

- ・かんがい期間及び貯水時期から工事期間は10月1日～翌年1月31日まで。
- ・工事期間中は魚類、周辺環境に配慮してため池内は最低水位を確保し、洪水流下時に工事施工に支障が生じないように配慮が必要。
- ・全体工期は3ヶ年から貯留により池敷き内仮設施設（道路及び仮締切り）は単年度毎に残すので、存置に耐える仮設施設の検討。

### (2) 仮設工の内容

- ・ため池内には護岸施工に用いる工事用道路（幅員4.5m～5.5m、延長約600m）を配置し、軟弱な路体部は厚さ0.5mの地盤改良を行った。
- ・一時貯留等による工事用道路の湛水防止用として、



写真-5 仮締切内施工状況



写真-6 仮締切状況

ため池内に設けた工事用道路沿いに仮締切りを設置した。

- ・仮締切高は10月1日～12月31日間の過去10ヶ年の最低水位+1月の過去の最大水位上昇量に越流水深+余裕高よりEL=6.6mで計画した（仮設道路高はEL=4.5m）。

また、ため池内の最低水位を確保しつつ、洪水等の流下に備えて排水量は $0.435\text{m}^3/\text{s}$ （1/2確率）が流下できるように仮排水路を設置した。

- ・仮締切りは3年間の長期の安定性に耐え、更に経済性より軽量鋼矢板（3B-5型L=6.0m）とし、全て購入として施工した。

### (3) 施工

施工は1年目に仮締切りの軽量鋼矢板を打設し同時に工事用道路の造成（一部路体の地盤改良も施工）を行い、護岸工の基礎処理の地盤改良は全体の約7割を施工し、護岸工は全体の約2割弱の施工を終え、2月初めからの貯水開始により仮設施設は残し貯留を行い、2年目及び3年目の工事では残りの地盤改良並びに護岸工の施工を実施して、その間、仮設締切り内の工事施工には影響無く仮設の撤去等を終え無事に予定どおり完成された。（写真-5,6）

## 6. おわりに

今回、実施した護岸工施工は貯水開始の関係で工事期間が10月～翌年の1月までの4ヶ月間と短期間に完成させなければならないことから施工の段取りが重要となった。施工期間中には、降雨、集中豪雨による洪水あるいは降雪、暖気による不意の流入等施工時の予期しない事態に対して、いかに安全にかつ確実に施工を進めるかが課題であったが、事前の仮設計画を含めた段取りと施工手順等がほどよく進められた結果から工事は関係者の努力により無事に完成がなされた。

また、地盤改良では新設護岸工の荷重増による沈下量（護岸施工の翌年の平成21年度に中央部で最大19mmの沈下が生じ、平成20年度は10mm程度の沈下が生じたものの現在は変化は見られず）とは別に道路路面に対して地盤改良工による「引き込み」と見られる沈下等が生じ、道路管理者にご迷惑をおかけした。沈下は施工後も完成堤防等で動態観測による監視を行い1年目及び2年目の段階で沈下が見られたものの（沈下に伴う道路補修工事は道路管理者と協議を行い復旧済みである）現時点では収束されている。

当地区の事業は計画どおり順調に推移し平成24年度末で約8割の事業進捗となっており、今後は予定した残事業を行いつつ、平成23年度に移行した国営施設機能保全事業（平成30年度まで）において突発的な補修工事等への対応が可能なので、施設管理の負担軽減に寄与できるものと期待がされている。

# 両総地区事業完了に向けての防災体制整備について

－東日本大震災被災経験を糧として－

鈴木 元和*  
(Motokazu SUZUKI)

## 目 次

1. はじめに ……………	27	4. 東日本大震災以降の防災体制の整備 ……………	30
2. 東日本大震災以前の防災体制構築の取り組み ……	27	5. 事業完了に向けての防災体制の整備の取り組み ……	30
3. 東日本大震災時の被災の状況と被災対応 ……………	28	6. おわりに ……………	30

### 1. はじめに

国営かんがい排水事業両総地区の防災体制の整備は、平成22年度に関東農政局の指導のもと、首都直下地震に対応するための「業務継続計画」(BCP: business continuity plan)を作成するところから本格的なものとなった。

そして、奇しくも「業務継続計画」作成直後の平成23年3月11日に、我が国全体の防災体制の根本的見直しを迫ることとなる東日本大震災が発生した。

当地区は、受益地域において震度5強の地震による管水路への被害と津波による塩害の被害を受けた。約18,000haに及ぶ早場米生産地域において田植え時期が迫る中、一部区間が千葉県南部の房総半島地域全体に上水、工水を送る重要なライフラインでもある管水路が地震による被害を受けたことは、非常に衝撃であった。

しかしながら、震災対応においては、「業務継続計画」など一通りの防災体制の整備が行われていたことから、スムーズな初動体制を構築することができたため早期の被災復旧が可能となり、当地区の農業用水及び上工水の供給に大きな影響を与えなかったことは特筆すべきことであった。

東日本大震災後も、引き続きこの経験を踏まえて防災体制の整備を進めているところであるが、国営事業が平成25年度に完了することから、両総農業水利事業所閉鎖後の防災体制については、施設を管理する千葉県及び両総土地改良区にとっては大きな課題となっている。特に、現地において施設全体を実質的に管理する両総土地改良区は職員数約50名の我が国でも屈指の大土地改良区であるが、東日本大震災クラスの震

災が再び襲った場合、十分な対応を行い得るかどうか不安視している。

一方、関東農政局にとっても、事業完了地区の防災体制の整備が関東農政局全体の課題となっている。

このような状況の中で、事業完了を見越した関係機関との連携による防災体制の構築に向けて、当事業所では、様々な状況を想定しての防災訓練を繰り返し実施するなどの努力を行っている。

本報文は、当事業所の東日本大震災以前の防災体制の構築の取り組み、東日本大震災による被災状況と対応の経緯、事業完了に向けての防災体制の整備の取り組みについて報告する。

### 2. 東日本大震災以前の防災体制構築の取り組み

首都圏では、発生の可能性が指摘されている首都直下地震に対応するため、平成17年9月に中央防災会議で決定された「首都直下地震対策大綱」において、発災時の首都中枢機能の継続性を確保するための計画を中央省庁等において策定することが首都直下地震対策として位置付けられた。さらに、平成19年6月の中央防災会議において、中央省庁における計画策定のガイドラインが内閣府から報告され、各省庁において計画の策定を推進することとされた。これを受けて農林水産省では平成20年3月に「農林水産省業務継続計画」を策定した。

また、同計画において、首都圏に所在する地方支分局も計画を策定することとなったため、関東農政局では、平成22年2月に「関東農政局業務継続計画」を策定した。

そして、平成22年度、関東農政局の国営事業所では、首都直下地震に備えるため、事業所毎に「業務継続計画」を作成する取り組みが行われた。

その中で、当事業所においても「業務継続計画」を作成する取り組みを行ったところであるが、実際に作

*関東農政局両総農業水利事業所  
(Tel. 0475-52-6262)

成してみると、災害時の対応及び平常時の防災体制の構築についての細部までを「業務継続計画」に掲載することは困難であることが明らかになったため、「業務継続計画」には基本事項を掲載し、災害時対応の細部については「両総農業水利事業所緊急時等点検要領」に、また、平常時の防災体制の構築については「両総農業水利事業所防災体制整備要領」にそれぞれとりまとめた。（「両総農業水利事業所緊急時等点検要領」と「両総農業水利事業所防災体制整備要領」は、平成23年度に「両総農業水利事業所防災業務計画」として統合。）

そして、平成22年9月1日に「両総農業水利事業所防災業務計画」、「両総農業水利事業所緊急時等点検要領」、「両総農業水利事業所防災体制整備要領」からなる防災体制を整備し、同日に、これらの計画、要領に基づき、震度6弱の地震の発生を想定した事業所防災訓練を実施した。さらに、この防災訓練の結果を踏まえ、計画、要領の見直しを行った。

また、防災訓練の中で、災害発生時には関係機関との連携の必要性が明らかになったため、新たに「両総地区防災体制に関する覚書」を関係機関である千葉県山武農業事務所両総用水管理課及び両総土地改良区の三者で取り交わすこととした。（「覚書」には、平成24年に両総用水の共同事業者である水資源機構房総導水路管理所も加入。）

一方、大災害発生時の施設復旧などの工事実施には迅速な契約手続きが必要であることから、関東農政局の指導のもと「両総農業水利事業所緊急時急工実施要領」も定めた。

こうして、平成22年12月、当事業所の防災体制が整備されたところである。

そして、あの運命の日、平成23年3月11日の東日本大震災を迎えることとなった。

当事業所の防災体制をまさに直前の時期に整えていたことは、東日本大震災における災害対応において僥倖であったことは言うまでもない。

### 3. 東日本大震災時の被災の状況と被災対応

当地区は、受益面積約18,000haを有するとともに、幹線用水路の上流端から末端までの距離は約60kmにも及んでいる。（図-1）東日本大震災では、当地区はほぼ全域で震度5強の地震が観測された。

被災当初の様相は、揚水機場、分土工等の施設や構造物では軽微なクラックの発生程度であったが、幹線用水路では管水路からの漏水が疑われる地表水が各所で見られ、管水路上の道路、農地に沈下や亀裂の発生が多数見られた。（当地区は、北部幹線用水路副水路及び東部幹線用水路を管水路で新設するとともに、北部幹線用水路主水路の改修及び南部幹線用水路の全線

管水路化改修を行う事業であり、東日本大震災発生時、南部幹線用水路の末端部を除いて幹線用水路の新設・改修はほぼ完了していた。）

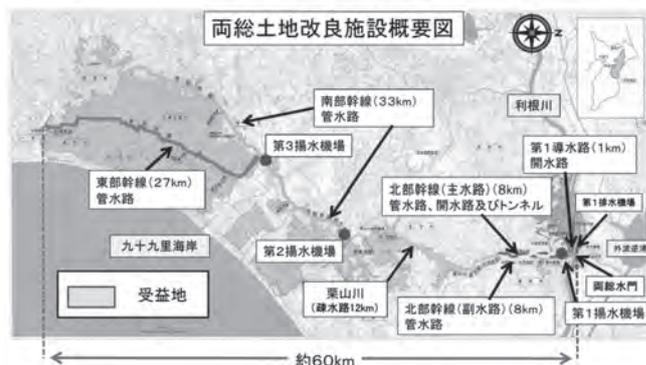


図-1 両総地区土地改良施設概要図

そのため、被災当初は、各所の地表水の湧出や管水路上の道路、農地の沈下や亀裂箇所の点検に追われ混乱を極めたところであるが、点検の結果、通水に支障があると確認された箇所は、北部幹線用水路副水路（2箇所）、東部幹線用水路（3箇所）の5箇所であった。（なお、後日、南部幹線用水路の通水テスト終了11日後に、南部幹線下流部において1箇所確認された。）その被災の程度については、スラストブロックの継目部で管の継ぎ手が一部離脱した東部幹線用水路の1箇所を除いていずれも管水路自体の大きな異常は外見されず、管継ぎ目部の広がりによる漏水であり、内面バンドによる補修が可能なものであることが推定された。

なお、管水路の被災箇所は、国営事業で新設した北部幹線用水路副水路及び東部幹線用水路の低平水田部に埋設された箇所がほとんどであるが、受益地域全体で震度5強の地震が観測されているものの液状化の特徴である大規模な噴砂などの現象が見られなかったため、広域的な液状化の発生はなかったものと考えられた。しかし、漏水地点以外でも地表水の発生や管水路上の道路、農地で多くの亀裂が見られたため、管水路及びその周辺全体が地震により動揺したものと推定された。また、唯一、管の継ぎ手が離脱した東部幹線用水路の箇所は、河川横断サイホン出口部のスラストブロックの曲がり管との接合部であり、スラストブロックのコンクリート巻立部に地震の震動により大きな荷重が発生し、継ぎ手の一部離脱に至ったものと推定された。（写真-1）

一方、受益地域の九十九里海岸沿岸地域（千葉県山武市蓮沼海浜公園付近）では、海岸に沿う幅200mの保安林の土塁を超える津波はほとんどなかったものの、海岸へのアクセス道路などの土塁の切れ目や海岸へ流れ込む河川の河口からの海水の遡上による被害が発生した。津波の遡上による塩害は約550ha（うち受益地域内は約270ha）に及び、その除塩のため大量の



写真－1 管継ぎ手部（φ1,350）の離脱状況  
（東部幹線用水路）

用水を必要とした。なお、この地域での津波の遡上については、河川における海水の遡上距離約8km、最大浸水深地表1.79m、海岸保安林の土塁上の遡上点標高T.P. 5.7mなどの調査結果が報告されている。

この被災において、3月11日というかんがい開始の準備期間の時期であったことは、東日本大震災による被災対応にとって重要なことであった。ちょうど充水作業期間であり、当事業所職員は両総土地改良区と連携して管路の充水作業を行っていたところであったため、充水作業の現場作業から施設点検へとスムーズに作業の移行が行われ、迅速な施設点検から復旧作業へと展開することが可能となった一つの要因であった。

しかしながら、受益約18,000ha全体の田植えを間近に控える時期に被災を受けたことは、復旧作業の時間的余裕がほとんどないという厳しい状況を惹起していた。

また、当地区が早場米生産地域であること、及び当地区の取水源である利根川両総水門から北部幹線用水路、栗山川疎水路までは、水資源機構房総導水路との共同事業として千葉県南部の房総半島地域全体の上水、工水のライフラインになっていることがさらに局面を重大なものにしていた。

このような状況の中、前年度に「業務継続計画」を定めていたこと、関係機関の連携を確認し早急な工事発注の手続きまでも定めていたことは、復旧作業において大きな力となった。

特に、前年9月に防災訓練を行っていたことでスムーズな初動対応ができ、施設点検から復旧作業へと続く一連の流れの起点として、その効果は絶大なものであった。

実際、被災時には、筆者自身も当事業所職員各人も前年9月の防災訓練時を想起し、パニックにならず落ち着いた対応ができ、被災の45分後には両総土地改

良区と連携調整を行ったうえ、第一次の施設点検に出発するという極めて迅速な行動を生み出していた。

また、東日本大震災直後の施設点検においては、携帯電話及び固定電話が通じない状況であったが、主として充水作業に使用するために購入していた小型無線機（14台）が有効に活用された。

そして、被災日は金曜日であったが、週末の土日曜日には更なる点検と部分的通水試験を行い、翌月曜日の段階で概ねの復旧作業の見通しを得ることができ、また、その週末には通水可能範囲での部分通水を再開した。

それでも復旧工事から充水作業、通水テストに掛ける作業は極めてタイトなものであり、現場においてしばしば地元の方から「いつ田植えができるか」と尋ねられ、緊迫した状況の中で一日一日の作業を進めたところであった。

その結果、復旧作業については、管路に充水されていた水の排除、管内調査、資材の調達などに時間を要したため、作業の本格化に至るまでには概ね2週間掛かったが、北部幹線用水路副水路（バイパス水路）を除いては、被災から約1ヶ月で作業を終えほぼ全面通水を再開し、最終的には4月27日までに完全復旧となった（写真－2）。

そして、受益地域全体の田植えがほぼ例年通り行えたことは、当事業所職員及び関係機関の努力の結実であると言える。

一方、九十九里浜沿岸の塩害地域においても、代かきと排水を繰返し行う除塩作業に必要な用水を関係者の努力により確保でき、除塩作業が順調に行われ、ほぼ平年に近い田植作業ができたことも、被災時期及び被災の状況を考えれば特筆に値するものである。

いずれにしろ、当地区の震災対応が順調に行えたのは、前年度に行った一連の防災体制の整備や防災訓練の成果であることは疑いのないところである。



写真－2 内面バンド施工状況（北部幹線用水路副水路）

#### 4. 東日本大震災以降の防災体制の整備

上述のとおり、当事業所における迅速な震災対応は、地元関係者から多くのお礼の言葉を頂くなど一定の評価を得るものであったが、震災対応中には防災体制に多くの不備な点も発見された。

また、東日本大震災時の痛烈な経験により、当事業所職員を含めた各機関の関係者の防災意識は非常に高まることとなった。このことから、東日本大震災後も引き続き防災体制の充実を図る作業が行われ、この経験を踏まえたブラッシュアップが継続されている。

防災訓練においては、より精度を高め、より厳しい状況を想定した実践的なものにレベルが向上された。

また、衛星電話の導入や震災時に通信が途絶する中で一定の効用があった無線機についても、新たな利用方法の確認テストや情報伝達訓練なども行った。

さらに、関係機関との覚書についても、新たに共同事業者である水資源機構房総導水路管理所が加わるとともに、関東農政局などの外部関連機関との関係の確認も行った。

地域の関係者の全てが、東日本大震災の経験により防災意識が非常に高まったことから、日常的にこれら防災体制を充実させる作業が日々積み重ねられるようになったことは、東日本大震災の与えた大きな教訓の賜物である。

#### 5. 事業完了に向けての防災体制の整備の取り組み

当地区の国営事業は間もなく事業完了を迎え、当事業所は閉鎖となるが、千葉県、両総土地改良区など地元関係者による施設管理は事業完了後も半永久的に続くものであることから、地元独自の力で施設管理、防災対応が行えるよう当事業所存続期間中に両総土地改良区などの実力を高めておくことは、事業完了を控えた緊喫の課題と言える。

そのため、当事業所では様々な取り組みを行っており、主な取り組みは以下のとおりである。

##### ①主要施設の操作手順書の作成

当地区の受益面積は約18,000ha、主要施設として揚水機場3箇所、排水機場1箇所、総延長70kmに及ぶ幹線用水路（大口径管水路）と全体として極めて大規模なシステムであるため、主要施設の操作手順を明確にして徹底するよう、主要施設の緊急時対応を含む操作手順書を作成する。

##### ②土地改良区版業務継続計画の作成

両総土地改良区の防災能力を向上させるため、土地改良区版業務継続計画を当事業所の業務継続計画をモデルに両総土地改良区自身で作成する。

##### ③関係機関の新たな防災に関する覚書の作成

現在の関係機関の覚書による防災に関する協力

関係を当事業所閉鎖後も継続するため、新たな覚書を現在の覚書をベースに千葉県山武農業事務所両総用水管理課が中心となって作成する。

##### ④様々な状況に対応するための防災訓練の実施

当地区の場合、利根川の水を大口径のポンプで揚水しており、訓練のみのためのポンプやバルブの操作は不可能であるため、以下内容の訓練を中干し期やかんがい終了時期などに合わせ、本年度中に複数回に分けて実施することとする。

ア) 大流量通水時の緊急操作訓練及び施設機能確認テスト

イ) 夜間緊急連絡訓練

ウ) 地震の際の施設点検実施時に異常を発見した場合の対応訓練

エ) 地震発生による通信途絶状態での施設点検訓練

##### ⑤両総土地改良区職員の当事業所常駐による施設管理情報の円滑な引継ぎ

本年度、両総土地改良区職員2名を当事業所内に常駐させ、施設管理情報の円滑な引継ぎを行うとともに、両総土地改良区職員の技術能力の向上を図ることとする。

##### ⑥幹線用水路の現状の記録及び再点検、補強

事業完了後の施設管理予定者である千葉県及び両総土地改良区への施設管理の全面的な引継ぎに先立ち、九十九里平野の地盤沈下は収束傾向にないことから、将来の維持管理及び被災の際の点検の基礎資料とするため、主要施設の水準測量を実施して現状を把握するとともに、低平水田部に埋設した東部幹線用水路については、管水路を空虚化して内部点検を行い、管の継目間隔が一定値を上回っている場合は漏水（地下水流入）が確認されなくても、内面バンドを施工するなど予防的措置を実施する。

また、この他の取り組み上の課題として、被災時の対応のための資材の備蓄の問題がある。東日本大震災時に当地区の復旧がスムーズに行い得た大きな理由の一つに、内面バンド用の資材を迅速に手配できたことが挙げられる。事業完了後に同様な災害があった場合、今回同様迅速な手配が可能であるか不安のあるところである。水資源機構においては、組織全体として災害対応のための資材を全国の各所に配置しており、実際の資材が活用され、迅速な被災対応が行われた事例もあり、我々も参考とすべき事例と考える。

#### 6. おわりに

奇しくも東日本大震災発生の同年度に行われた首都直下地震の発生を想定した一連の当事業所防災体制の整備は、その年度末の田植え時期前というクリティカ

ルな時期に発生した東日本大震災により、整備直後にその効用を試されることとなった。

「備えあれば憂いなし」の格言のごとく、備えたものが確実に生かされることは、東日本大震災の体験を通じた実感であった。また、震災対応の経験を通じ、関係者の全てが高い防災意識を持ったことは、今後の防災体制の整備にあたっては大きな糧である。

今後の農業農村整備事業においては、ストックマネジメントが大きな位置を占めることとなるが、防災もまた、ストックマネジメントの一部または独立の分野として重要な分野になるものと考えられる。

この一文が、今後の国営事業地区における防災体制の構築に資するものとなれば幸いである。

本報文の作成にあたり、多くの貴重な御示唆を頂いた関東農政局整備部各位及び播磨所長はじめ両総農業水利事業所職員各位に深く謝意を表す。

最後に、東日本大震災で命を失われた多くの方々に、心から哀悼の意を表するとともに、現在も厳しい状況におかれている方々にお見舞いを申し上げ、一日も早い震災からの復興を祈念するものである。

# 洪水調整池流入部の水理模型実験について

石 村 英 明* 太 田 知 之** 松 浦 正 一**  
 (Hideaki ISHIMURA) (Tomoyuki OOTA) (Masakazu MATSUURA)

## 目 次

1. 事業の概要 .....	32	5. 総合検討 .....	36
2. 岸渡洪水調整池について .....	32	6. 工事実施 .....	36
3. 水理模型実験計画 .....	33	7. おわりに .....	37
4. 水理模型実験 .....	34		

## 1. 事業の概要

国営「庄川左岸地区」は、富山県西部の砺波平野に位置し、一級河川庄川から一級河川小矢部川に向かって形成された平均地形勾配約 170 分の 1 の扇状地で、高岡市、砺波市、小矢部市、南砺市にまたがる農地面積約 6,200ha の地域である。本地域の営農は、稲作を中心に水田の畑利用による大麦、大豆を組み合わせた複合経営を展開しており、県内でも有数の農業地帯である。本地区の農業用排水施設（用排水兼用水路）は、昭和初期から県営かんがい排水事業等により順次造成整備され、扇状地の扇頂部に位置する庄川用水合口堰堤で庄川から農業用水を取水したあと、地区内の排水を受けながら樹枝状に分岐・合流を繰り返し小矢部川へ排水している。しかし、近年の都市化の進展は、降雨の地下浸透や、洪水貯留機能を持つ農地を減少させ、その結果、同じ降雨量でも洪水量（地下に浸透しない量）は従来よりも増え、ピーク流量が増大した。（図-1, 2）

このため、庄川左岸農地防災事業では、排水路の新設や改修に加えて、洪水調整池の新設により、排水を一時貯留し、洪水流出のピークカットにより、湛水被害から農地を保全する計画としている。

本稿では、洪水調整池流入部について、水理模型実験により検証を行い、その構造を決定したので紹介する。

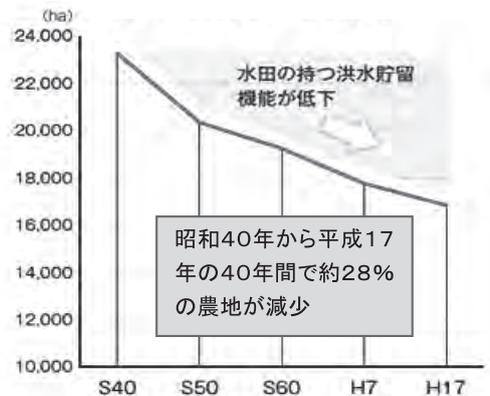


図-1 関係4市の耕地面積の推移

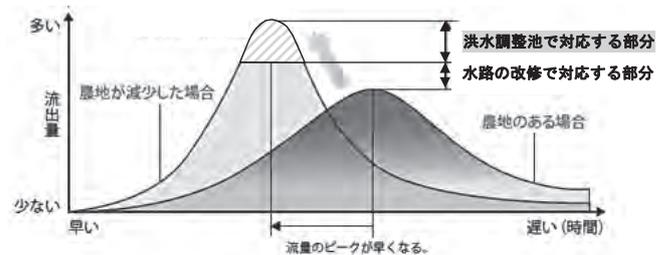


図-2 都市化の進展による洪水量増加のイメージ

## 2. 岸渡洪水調整池について

庄川左岸農地防災事業において計画されている岸渡洪水調整池は、岸渡排水路に横越流型の流入工を設けて、調整池の下流の流下制限流量を超えないために洪水のピークカットを行うとともに、分流量を計画調整容量に収めるものである。洪水調整量は、1/15 確率雨量時に想定されるハイドログラフから算定している。（図-3）

- ・ピーク流量：12.137m³/s
- ・分流量（ピークカット流量）：8.991m³/s
- ・計画調整容量（総分流量）：71,000m³

*北陸農政局庄川左岸農地防災事業所  
 (Tel. 0763-32-1210)  
 **NTCコンサルタンツ(株) 東京支社  
 (Tel. 03-3357-6133)

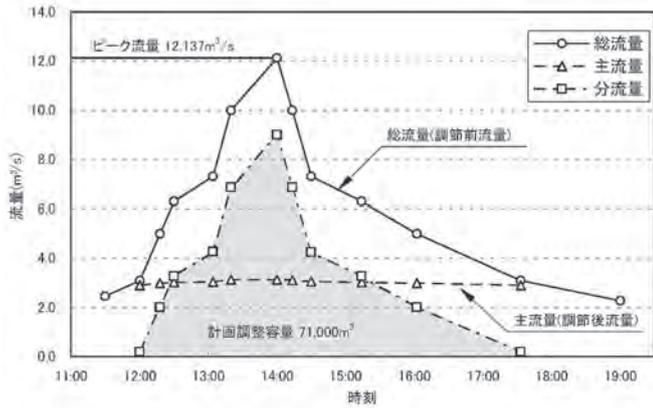


図-3 岸渡洪水調整池 洪水調整計算ハイドログラフ

また、この洪水調整は自然調節（人為的操作管理を必要としない）で行われる施設として計画しており、100 mの横越流型流入工を設置するとともに流入工下流端に阻害版を配置し、阻害版による堰上げ背水により水位を上昇させて、調整池に流入させる構造となっている。（図-4、5）しかしながら、本流入工は、100 mにおよぶ長い横越流堰であり、流入時の越流係数は、水理計算や公式等では把握が困難である。このため、水理模型実験により、所要のピークカット量の流出可否、並びに調整容量の貯留可否の検証を行った。

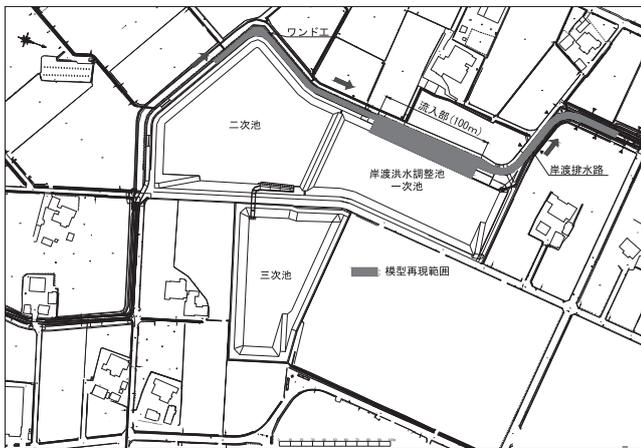


図-4 岸渡洪水調整池平面図（模型実験再現範囲）

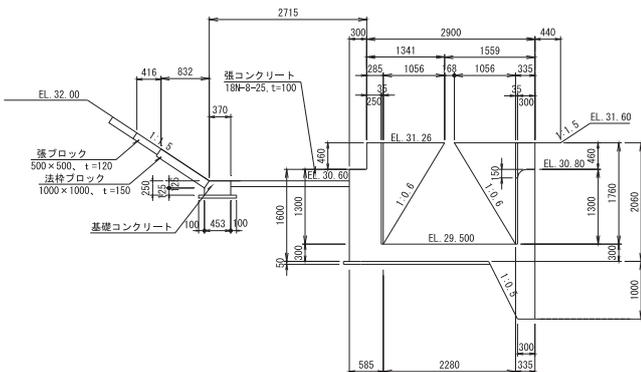


図-5 流入工下流端阻害版（原設計形状）断面図

### 3. 水理模型実験計画

#### 3.1 実験目的

水理模型実験は、岸渡洪水調整池における原設計の流入工（横越流堰）において、以下の事項を検証することを目的とした。

- ①ピーク流量（ $12.137\text{m}^3/\text{s}$ ）流下時における、ピークカット（分流量  $8.991\text{m}^3/\text{s}$ ）の流出可否。
- ②計画洪水波形に対する総分流量について、計画調整容量（ $V=71,000\text{m}^3$ ）の貯留可否。

#### 3.2 相似律

開水路の流れや堰の越流は、重力の影響が支配的であって、水の粘性や表面張力等の影響は非常に小さい。このため、模型と実物との力学的相似関係は、実物と模型のフルード数を等しくする、フルードの相似法則を適用して実験を行った。

#### 3.3 模型縮尺

模型縮尺の検討に当たって、以下の項目を考慮した。

##### 1) 水深規模

越流堰の実験では、水の粘性や表面張力の影響を避け、越流係数の相似性を満たすためには、経験上、越流水深は2～3 cm程度以上となるように模型の縮尺を選定することが必要である。本水理模型実験においては、ピーク流量（ $12.137\text{m}^3/\text{s}$ ）流下時の堰の越流水深（実物値）が0.22 mであり、模型値で2～3 cm程度以上の水深を確保し得る模型縮尺は1/10程度となる。

##### 2) 流速規模

水の粘性や表面張力の影響を無視できる条件としては、上記の水深規模に加えて、乱流域（レイノルズ数が $10^4$ オーダー）とした。

##### 3) 流量規模

模型上の流量規模の検討は、給水施設規模による制限もあるが、給水の安定（模型の水位と給水槽の水位の定常化）のために、模型上の流量は、 $20\text{ l/s} \sim 50\text{ l/s}$ が取扱も容易で一定流量を保つための所要時間も短縮でき、実験上有利と考えた。

これらを踏まえ、模型縮尺と模型諸量を対比すると表-1のとおりとなる。この結果より、模型縮尺は1/10とした。（写真-1）

表-1 模型縮尺と模型諸量の比較

水理量	実物値	模型値				備考
		$K_L=1/6$	$K_L=1/8$	$K_L=1/10$	$K_L=1/12$	
①水深規模						
排水路水深	0.72 m	0.120 m	0.090 m	0.072 m	0.060 m	3cm以上
越流水深	0.22 m	0.037 m	0.028 m	0.022 m	0.018 m	2~3cm程度
粗度係数	0.015	0.011	0.011	0.010	0.010	
②流速規模						
排水路流速	0.845 m/s	0.34 m/s	0.30 m/s	0.27 m/s	0.24 m/s	流入工部最小値
レイノルズ数	1.2E+06	8.2E+04	5.3E+04	3.8E+04	2.9E+04	1E+04以上
③流量規模						
計画最大流量	12.1 m ³ /s	137.6 l/s	67.0 l/s	38.4 l/s	24.3 l/s	20~50l/s
ピークカット流量	9.0 m ³ /s	102.0 l/s	49.7 l/s	28.4 l/s	18.0 l/s	
流下量	3.1 m ³ /s	35.7 l/s	17.4 l/s	9.9 l/s	6.3 l/s	
【模型規模】						
上流水路幅	3.6 m	0.60 m	0.45 m	0.36 m	0.30 m	
下流水路幅	3.3 m	0.55 m	0.41 m	0.33 m	0.28 m	
堰長	100.0 m	16.67 m	12.50 m	10.00 m	8.33 m	
模型再現延長	約421 m	70.2 m	52.6 m	42.1 m	35.1 m	
①水深規模		やや大	適	適	小	
②流速規模		適	適	適	適	
③流量規模		大	大	適	適	
総合評価		×	△	○	△	

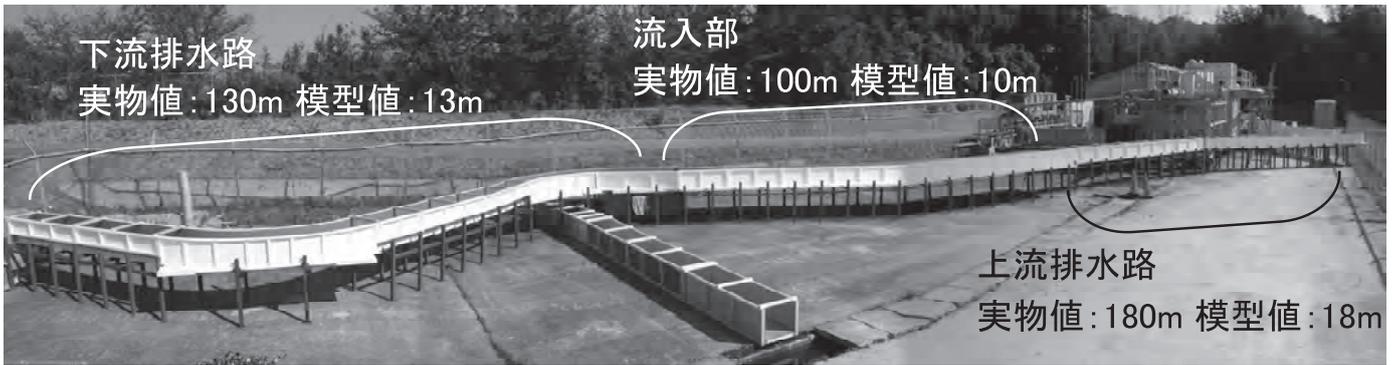


写真-1 岸渡洪水調整池流入部 模型全景

### 3.4 実験内容

#### 1) 分流特性の検討

ピーク流量 (12.137m³/s) を流下させ、流入工による分流量を計測し、分流特性を検証する。

#### 2) 洪水調整機能の検討

ハイドログラフを再現し得る複数流量で定常実験を行い、各流量に対する分流特性(流入量~分流量~流下量の関係)から洪水調整計算を行い、洪水調整量が計画調整容量 (V=71,000m³) を上回らないことを確認する。

### 4. 水理模型実験

#### 4.1 原設計形状における分流特性の検討

水理模型実験の結果、原設計形状においては、ピーク流量 (Q=12.137m³/s) 流下時の分流量は、「設計値 8.991m³/s」に対して、「実験値 6.442m³/s」であり、ピークカット量は、実験結果と設計値で大きく異なった。(図-6、写真-2、3)

この要因は、設計時に想定した流入堰下流端(障害版位置)での水位が等流水深であったのに対して、実

験時の流入堰下流端(障害版位置)水位は、障害版による堰上げ効果が小さく、等流水深よりも低く現れた。この結果、流入堰下流端での越流水深(越流量)は、流入堰下流設計値よりも実験値の方が小さく現れ、想定していた流量の分流ができない状況となった。即ち、所要の分流特性を確保するためには、流入堰下流端で水位の堰上げ高さを大きくする必要があると判断し、障害版形状を改良した実験を試行し、最適な障害版形状を検討した。

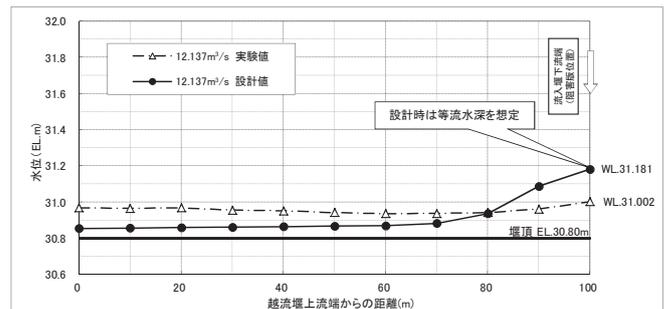


図-6 流入堰縦断面水面形 設計値と実験値の違い(ピーク流量流下時)



写真-2 越流状況(上流から)  
(原設計  $Q=12.137\text{m}^3/\text{s}$ )



写真-3 末端部越流状況(下流から)  
(原設計  $Q=12.137\text{m}^3/\text{s}$ )

#### 4.2 障害版の改良形状の検討

障害版の形状については、維持管理の観点から、排水路底に堆砂等が生じないように、シル等の水路底を塞ぐ形状を避け、水路上部の通水を障害する形状としている。改良形状についても、この設計思想を踏襲し、水路上部の通水を障害する障害版形状を検討した。

原設計案形状の障害版では、通水断面積のうち46%を障害する形状であったことから、水位の堰上げ高さ

を大きくするためには、さらに通水面積を縮小する障害版形状とする必要があると考えた。このため、障害版の改良形状としては、「通水面積を60%障害する形状(改良案1)」、「通水面積を70%障害する形状(改良案2)」および、下部に開口部分を有する「角落とし構造(改良案3)」について改良実験を試行する方針とした。(表-2)

表-2 改良形状実験ケース

障害版形状	原設計形状	改良形状		
		改良案1	改良案2	改良案3
通水断面の障害割合	約45%	約60%	約70%	約77%

#### 4.3 改良形状における分流特性の検討

各改良案について、水理模型実験を行った結果、「改良案1」では、ピーク流量時の分流量は、「実験値  $8.012\text{m}^3/\text{s}$ 」(設計値  $8.991\text{m}^3/\text{s}$ )であり、所要のピークカット機能を満足しない結果となった。一方、「改良案2」では、ピーク流量時の分流量は、「実験値  $9.040\text{m}^3/\text{s}$ 」(設計値  $8.991\text{m}^3/\text{s}$ )であり、所要のピークカット機能を有することが判明した。また、「角落とし構造(改良案3)」については、ピーク流量時のピークカットが可能となる開口高さを、水理実験で試行した。この結果、開口部の高さを0.4 mとした場合、ピーク流量時の分流量は「実験値  $9.017\text{m}^3/\text{s}$ 」(設計値  $8.991\text{m}^3/\text{s}$ )が得られ、所要のピークカット機能を有することが判明した。(表-3)

このため、「改良案2」、および、「改良案3」形状について、洪水ハイドロを再現し得る複数流量で定常実験を行い、流入特性の検証を行った。

表-3 改良形状における分流特性の実験結果

		改良案1	改良案2	改良案3
流況写真	上流側			
	下流側			
ピークカット機能		$8.012\text{m}^3/\text{s} \dots (\times)$	$9.040\text{m}^3/\text{s} \dots (\circ)$	$9.017\text{m}^3/\text{s}$ (開度0.40m) $\dots (\circ)$

#### 4.4 洪水調整機能の検討

所要の分流特性が検証された2案について、ハイドログラフを再現し得る複数流量で定常実験を行った。対象流量は、以下の通り18流量を設定し、詳細に洪水ハイドロを再現した。(図-7)

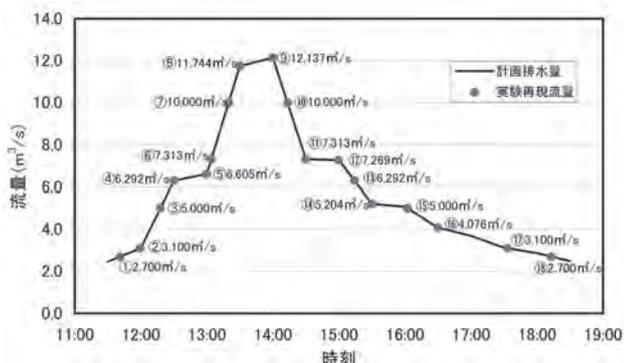


図-7 洪水ハイドロを再現するための実験対象流量

##### (1) 改良案2 (障害版) による流入特性の検証

改良案2のモデルに、各種流量を流下させた時の分流量を計測し、調整池への洪水調整容量を算出した。この結果、計画容量71,000m³に対して洪水調整容量は71,608m³と算出された。このため、計画容量とほぼ同程度の洪水調整機能を有すると評価した。(図-8)

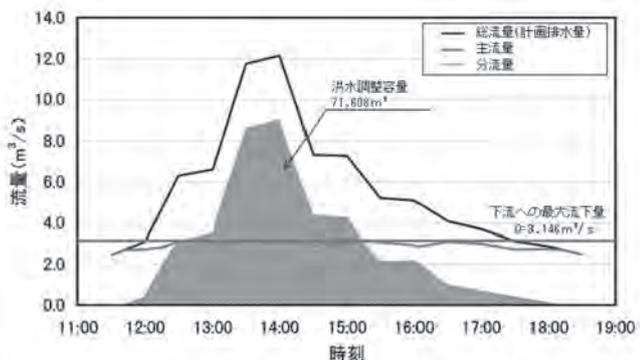


図-8 改良案2 (障害版) の実験結果 (洪水調整容量)

##### (2) 改良案3 (角落とし) による流入特性の検証

同様に、水理実験を行い、調整池への洪水調整容量を算出した結果、計画容量71,000m³に対して洪水調整容量は70,944m³と算出され、計画容量とほぼ同程度の洪水調整機能を有すると評価した。(図-9)

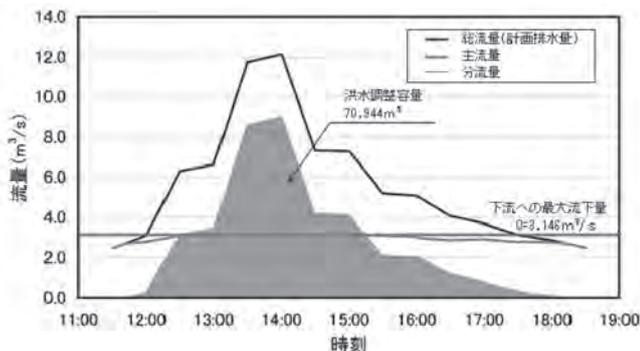


図-9 改良案3 (角落とし) の実験結果 (洪水調整容量)

#### 5. 総合検討

水理模型実験の結果、流入工末端に、「通水面積を70%障害する障害版(改良案2)」, および、「開口高さ0.4mの角落とし構造(改良案3)」を設置した場合、分流特性、並びに洪水調整容量に対して、所要の機能を有し、かつ、自然調節が可能であることが検証され、最終的には、この2案の型式より施工性や維持管理面で優位な角落とし構造とした。

#### 6. 工事实施

工事实施に当たっては、試験貯留の実施(全閉状態で強制的に越流させる)及び洪水調整池より下流部の今後の洪水流下能力の改善を見越した対応(下流の通水能力が改善されれば、障害版の開口部を大きくして、計画以上の洪水にも対応可能)となるように角落としゲート方式からスライドゲート方式に変更し、流量調整機能を与えた。(写真-4, 5)



写真-4 延長100mの横越流部 (下流から)



写真-5 下流端堰上げゲート (下流から)

## 7. おわりに

岸渡洪水調整池をはじめ、洪水調整池等の流入工では、横越流堰が採用されることが多い。横越流堰の設計に際しては、流入時の越流係数の設定方法が課題となることが多く、その越流係数についても多数の水理公式が存在する。岸渡洪水調整池の流入工においても、実施設計の中で最適な水理公式を採用したものの、水理模型実験で検証した結果、実験結果と設計値が大きく異なることが確認された。

このことより、水理模型実験の実施には、ある程度の時間とコストを要するが、水理計算では把握できない、実態の水理現象を施工前に確認することができ、必要に応じて対策や修正が可能となる。このため、複雑な流れが想定される農業水利施設や、更新事業等の限られた条件下での設計、施工において、性能設計のひとつの手法である水理模型実験は有効な手段と考えられる。

また、本水理模型実験結果から導入されたスライドゲートによる堰上げからの横越流方式は、今後計画されている国営附帯事業も含めた他の8つの洪水調整池においても参考事例となるであろう。

※水理模型実験の動画は事業所ホームページでご覧頂けます。

URL : <http://www.maff.go.jp/hokuriku/kokuei/syogawa/mokeizikken.html>

さいぐう  
齋宮調整池建設における環境配慮について

濱 田 隆 明* 金 子 正 巳**  
(Takaaki Hamada) (Masami Kaneko)

目 次

1. はじめに	38	4. 環境保全措置の実施	42
2. 齋宮調整池の概要	38	5. おわりに	42
3. 環境影響評価	38		

1. はじめに

齋宮調整池は、国営宮川用水第二期農業水利事業により、平成 18 年度～平成 21 年度に築造された調整池である。

本地区は、三重県伊勢市外 4 町に跨がる優良農業地帯で、昭和 32 年度～昭和 41 年度にかけて実施された国営宮川用水事業により用水の確保、用水施設の整備がなされ農業の振興が図られ、稲作を中心とした農業経営が行われてきた。

しかし、昭和 30 年代後半に造成された用水施設は老朽化が進み全面的な改修が必要となった。また、その後の農業経営の変化や農地の乾田化・汎用化に伴い用水不足となってきた。

このため、宮川用水第二期事業では、約 4,700ha の農地を対象に、用水計画の見直しと宮川用水事業で造成された水路施設の改修を行うとともに、新たに地区内に調整池を造成するもので、平成 7 年度～平成 24 年度にかけて実施された。

本稿では、齋宮調整池建設において実施した環境保全措置について紹介する。

2. 齋宮調整池の概要

齋宮調整池は、二つの既設ため池（齋宮池、惣田池）を統合拡張し築造したもので、均一型アースフィルダム型式の本堤及び第 1～第 3 副堤の 4 つの堤体を有している。

- ・有効貯水量 (V) 200 万 m³
- ・施設敷面積 (A) 45ha

- ・満水面積 (A) 30ha
- ・常時満水位標高 (E L) 30.4 m
- ・池敷標高 (E L) 22.5 m

齋宮調整池平面図を図-1 に示す。

二つの既設ため池は歴史のあるため池で、惣田池は安土桃山時代の慶長 7 年 (1602 年) に築造され、この地方では一番古いと言われている。その後、広大な開田が行われ、惣田池のみでは不足となったことから、江戸時代初期の寛永元年 (1748 年) に紀州藩の許可を得て齋宮池の築造が開始され宝暦 3 年 (1753 年) に完成したものである。

また、ため池周辺は、良好なコナラ林、浅瀬、水田、湿地等多様な環境が成立し、自然豊かな地域でもあり、地域住民の触れ合い活動の場としても利用されている。

このようなことから、齋宮調整池の建設にあたっては、自然環境の保全に配慮した設計・施工が行われた。

3. 環境影響評価

3-1 環境影響評価

環境影響評価 (環境アセスメント) は、大規模な事業を実施しようとする事業者が、事業計画を策定する段階から、事業の実施により事業実施区域やその周辺の地域に及ぼす環境への影響について、あらかじめ調査・予測・評価するとともに、環境の保全のための措置を検討し、この措置が行われた場合、事業の実施が環境に及ぼす影響について総合的に評価することをいう。

国においては「環境影響評価法」、三重県では「三重県環境影響評価条例」が共に平成 11 年 6 月に施行されている。

齋宮調整池の建設は、大規模な土地改変となることから、事前調査 (平成 7 年度～平成 8 年度) を実施した結果、周辺に貴重な動植物 (オオタカ、ミズニラ等)

* 東海農政局土地改良技術事務所企画情報課  
(Tel. 052-232-1057)  
** 東海農政局農村計画部農村振興課  
(Tel. 052-223-4630)

## 齋宮調整池について

### <工事の内容>

工 事 名：齋宮調整池建設工事  
 工事期間：平成18年3月30日～  
 平成22年3月10日（4年間）  
 貯水量：約2,000千 $m^3$ （ナゴヤドーム1.2杯分）  
 堤 体：4箇所  
 本堤、第1副堤：明和町内  
 第2副堤、第3副堤：玉城町内  
 本堤の高さ：16m  
 水 深：7.9m

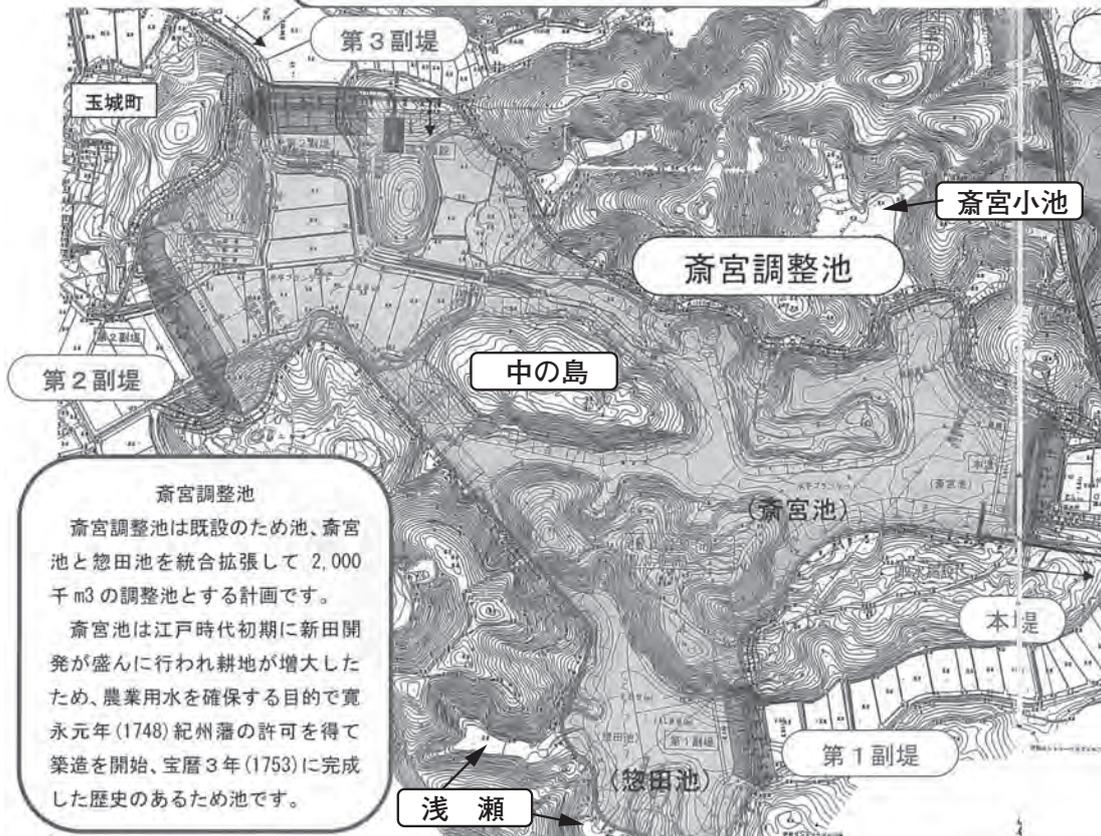


図-1 齋宮調整池平面図

が生息していることが判明した。

このため、齋宮調整池の建設は、事業規模及び建設区域の要件において、環境影響評価法及び三重県環境影響評価条例で規定される対象事業には該当しないが、調整池建設区域の貴重な自然環境と地域住民との関わりなどから、環境に対する影響を極力抑える必要があることより、自主的な環境影響評価（自主アセス）を行っている。

環境影響評価項目の選定にあたり、事業特性及び地域特性に関する情報を基に、調整池建設により考えられる影響要因と影響を受けるおそれのある環境要素を整理し、学識者・専門家等で構成する委員会において専門的な知見による指導・助言を受けて評価項目を選定し、その評価項目毎に環境に及ぼす影響の調査・予測・評価を行い、20項目の環境保全措置を定めた。

環境保全措置一覧を表-1に示す。

### 3-2 環境保全措置の検討内容

検討した20項目の環境保全措置の内容は次のとおりである。

#### ① 工事用進入道路の選定

工事用進入道路の利用目的は、資材搬入及び大型建設機械の搬入が挙げられるが、出来る限り保全対象（小学校、幼稚園、団地、集落）を回避することを念頭に選定。

なお、大型建設機械の搬入は、深夜に実施し、短期間で終わらせる計画とする。

#### ② 工事用車両による騒音、振動等の発生抑制

本工事は、掘削及び運搬処理が主となる土木工事であり、建設発生土を直近に処理することで、運搬距離

表-1 環境保全措置一覧

NO	環境保全措置	環境項目											措置の区分	効果の不確実性			
		大気質	騒音	振動	水質	地下水	地形・地質	陸生動物	陸生植物	水生生物	生態系	触れ合い			景観	廃棄物等	
1	工事用進入道路の選定	○	○	○												回避 低減	—
2	工事用車両による騒音, 振動等の発生抑制	○	○	○												低減	—
3	工事用車両の速度制限	○	○	○												低減	—
4	場内工事用道路の仮舗装	○														低減	—
5	裸地の敷き均し及び建設機械等稼働箇所への散水	○			○											低減	—
6	低騒音型建設機械の導入		○													低減	—
7	斎宮調整池の水量調整				○				△	△						回避 低減	—
8	沈砂池の設置				○				○	○						低減	—
9	斎宮調整池堤防断面等の排水					○	○									低減	—
10	法面等の緑化	○			○		○	○		○		○				低減 代償	—
11	法面の出現の低減						○	○		○		○				低減	—
12	斎宮池小池の保全							○		○	○					回避 低減	—
13	「中の島」の保全							○	○	○	○	○	○	○		回避 低減	—
14	浅瀬の保全・創出							○		○	○					回避 代償	—
15	オオタカ高利用域の工事計画							○			○					低減	○
16	重要な種の移植								○	○	○					代償	○
17	斎宮池落水時の生物の移植									○	○					代償	—
18	生物に配慮した側溝の採用									○						低減	—
19	サクラの植栽											○	○			代償	—
20	建設発生土の再利用													○		低減	—

注) ○印は調査・予測・評価の項目, △印は調査のみの項目。

を短くし、事業実施区域外における民家周辺の工事車両による騒音, 振動等を発生させないものとする。

③工事用車両の速度制限

場内工事用道路及び工事用進入道路は、自主的に速度制限を行う。

④場内工事用道路の仮舗装

場内工事用道路は、必要に応じて砂利舗装等を施工し、降下ばいじんの発生抑制を図る。

⑤裸地の敷き均し及び建設機械等稼働箇所への散水

建設発生土処理場においては、重機による敷き均しを行うことにより、降下ばいじん, 濁水発生の抑制を図る。

場内においては、必要に応じて散水を行い、降下ば

いじん発生の抑制を図る。

⑥低騒音型建設機械の導入

使用する建設機械は、出来る限り国土交通省指定の低騒音型建設機械を導入し、建設作業騒音の発生の低減を図る。

⑦斎宮調整池の水量調整

調整池の流入水量及び流出水量を調整することで、水質悪化の回避・低減を図る。

なお、水位変動による水生生物・生態系への影響に配慮する。

⑧沈砂池の設置

工事中においては、調整池内に仮設の沈砂池を設け、濁水の流出抑制を図る。また、建設発生土処理場にお

いても、3箇所に沈砂池を設け、濁水の流出抑制を図る。

#### ⑨齋宮調整池堤防断面等の排水

調整池の堤防断面について、堤防下流の現地地盤における地表部への湧水の影響を防止するためのドレーン工を設置する。また、建設発生土処理場については、盛土下に地下水排除のための暗渠排水管等を設置する。

#### ⑩法面等の緑化

発生する法面には緑化を実施することにより、降下ばいじん及び濁水の発生抑制、法面の安定性の確保、陸生動物の生息環境の代償、陸域生態系の代償、景観影響の低減を図る。

#### ⑪法面の出現の低減

齋宮調整池の周囲は管理用道路が設置されるため、切土及び盛土法面の発生は避けられない。管理用道路は調整池を周回する計画であるが、計画に際しては、齋宮調整池の周囲に発生する法面を極力少なくするような池敷形状とした。

#### ⑫齋宮池小池の保全

齋宮池と暗渠で接続している齋宮池小池は、コナラを中心とした樹林地に囲まれ、水域には、ヨシ、ハンノキ等の湿性植物が発達しており、水中には重要な種が生息している。また、魚類の生息環境の一部にもなっている。

事業実施に伴い齋宮池及び惣田池内の浅瀬が減少することから、その回避・低減措置として最も効果的な齋宮池小池を掘削区域から除外し、保全することとした。

また、齋宮池小池の周辺に分布するコナラを中心とした樹林地も同様に掘削区域から除外し、存置する。

#### ⑬「中の島」の保全

「中の島」は齋宮池南側に位置するコナラ林で、北側斜面には良好なコナラ高木林が分布しており、哺乳類、鳥類、昆虫類の生息に適した環境といえる。また、「中の島」は、齋宮調整池本堤の正面に位置することから、景観面からの価値もある。

事業実施に伴いコナラ林が減少することから、その回避・低減措置として最も効果的な「中の島」を改変区域から除外し、保全する。

#### ⑭浅瀬の保全・創出

事業実施に伴い齋宮池及び惣田池内の浅瀬が減少することから、回避措置として齋宮池の北側に位置する池を掘削区域から除外し、保全する。

また、代償措置として齋宮調整池管理用道路の外側にある谷間で水を貯水し、浅瀬を創出する。浅瀬には谷からの湧水に加え、齋宮調整池の池水も流入する構造を基本とし、魚類の往来や稚魚の生息場所に重視した環境づくりを行う。

#### ⑮オオタカ高利用域の工事計画

オオタカの営巣木から半径400mの円内では、営巣期（2～7月）に大型建設機械を用いた工事を行わない。また、人の出入りが激しい作業宿舎、資材置き場等を設置しない。

オオタカの営巣木から半径200mの円内には、繁殖期（1～8月）は原則立ち入らない。

低騒音型の建設機械を極力使用する。

#### ⑯重要な種の移植

事業実施に伴い一部の重要な種が消失、もしくは個体群の存続が困難となることから、代償措置として移植を行い、種の個体群の維持を図る。

移植対象種は、基本的にはミズニラ、ミズマツバ及びイバラモの3種とし、移植は専門家の立ち会いのもとに実施する。

#### ⑰齋宮池落水時の生物の移植

齋宮池の落水時に残存する生物については可能な限り採捕し、齋宮池小池に放流（移植）することによる代償措置を行い、種の個体群の維持に努める。

#### ⑱生物に配慮した側溝の採用

道路脇に設置される側溝等は、小動物の保護を目的として、蓋をかけたものや落下しても自力で脱出できる側溝構造の導入を検討する。

#### ⑲サクラの植栽

齋宮調整池工事後にはサクラを植栽することにより、地域住民に憩いの場を提供する。

#### ⑳建設発生土の再利用

場内の掘削工事に伴い発生する建設発生土は、事業地内再利用の観点から、場内の数カ所に設置される本堤、副堤又は仮締切堤の盛土材として出来る限り再利用する。

### 3-3 事後調査の実施計画

齋宮調整池建設工事に係る環境影響評価における「環境の現況並びに環境に及ぼす影響の予測及び評価」の結果を踏まえ、事後調査の検討に当たっては、事後調査の必要性、事業特性及び地域特性に応じ、次の掲げる視点を勘案し、適切な項目を選定した。

- ①予測の不確実性の程度が大きいもの
- ②効果に係る知見が不十分な環境保全措置を講じようとするもの
- ③環境保全措置の効果を確認するまでに時間を要し、継続的な監視が必要なもの
- ④環境影響の程度が大きいものになるおそれのあるもの  
事後調査の項目等を表-2に示す。

表-2 事後調査の項目等

環境要素の区分		影響要因の区分	事後調査を行うこととした理由	調査内容	
				項目	手法
陸生動物	重要な種	【工事中】 ○地形の改変 ○樹木の伐採 ○騒音の発生	○繁殖に与える影響について、予測の不確実性の程度が大きいため。	○オオタカ	○毎年の繁殖の有無とその状況を調査する。
陸生植物	重要な種	【工事中】 ○地形の改変	○環境保全措置である移植の効果を確認するまでに時間を要し、継続的な監視が必要であるため。	○ミズニラ ○ミズマツバ	○移植地点において、移植後の活着状況を目視により調査する。
水生生物	重要な種	【工事中】 ○落水 ○地形の改変	○環境保全措置である移植の効果を確認するまでに時間を要し、継続的な監視が必要であるため。	○イバラモ	○移植地点において、移植後の活着状況を目視により調査する。

#### 4. 環境保全措置の実施

斎宮調整池建設工事に係る環境影響評価で定めた20項目の環境保全措置の実施にあたっては、工事の進捗状況に応じて対応を行った。

また、事後調査(モニタリング)の実施にあたっては、学識者等で構成する委員会を設置し、専門的な知見から指導・助言を得ながら実施した。

実施した20項目の環境保全措置一覧を表-3に示す。

斎宮調整池と生物・環境保全措置の主なものを図-2に示す。

斎宮調整池建設工事中に実施した事後調査の概要を図-3に示す。

#### 5. おわりに

宮川用水第二期地区においては、市町村の田園環境整備マスタープランと整合を図りつつ学識経験者の意見や助言を踏まえ、環境との調和に配慮しながら事業を進めてきた。

その取組は、^あ粟生頭首工、^お斎宮調整池、幹線水路等における施設や工事施工において、環境との調和への配慮に係る対策が講じられてきた。

ここでは、斎宮調整池建設における環境配慮について紹介させていただいたが、事業着手時から事前調査を行い、自主的な環境影響評価(自主アセス)が実施され検討されたこれらの環境保全措置の事例が、他地区の参考となれば幸いです。

#### 【参考文献】

- 1) 斎宮調整池建設工事に係る環境影響評価書 要約書
- 2) 斎宮調整池環境影響事後調査その5業務 報告書
- 3) 宮川用水第二期地区 事業誌

表-3 環境保全措置一覧表【実施】 (1/2)

番号	名称	概要		
1	工事用進入道路の選定	工事用車両の通過による騒音等の影響を小さくするために、工事用進入路は、出来る限り居住地、小学校、幼稚園を回避するように選定した。		
2	工事用車両による騒音、振動等の発生抑制	工事用車両の通過による騒音等の影響を小さくするために、建設発生土は調整池直近で処理した。		
3	工事用車両の速度制限	工事用車両の走行による粉塵等の影響を小さくするために、場内工事用道路及び工事用進入道路は、自主的に速度制限を行った。		
4	場内工事用道路の仮舗装	工事用車両の走行による粉塵等の影響を小さくするために、必要に応じて砂利舗装等を施工した。		
5	裸地の敷均し及び建設機械等稼働箇所への散水	工事用車両の走行による粉塵の影響を小さくするために、必要に応じて散水を行った。また、濁水の発生抑制のため、必要に応じて重機による敷き均しを行った。		
6	低騒音型建設機械の導入	周辺民家等への騒音の影響を小さくするために、建設機械は低騒音型とした。		
7	斎宮調整池の水量調整	調整池の水質悪化を防止するために、斎宮調整池の流入及び流出水量を調整することとした。(供用時)		
8	沈砂池の設置	周辺河川への濁水の影響を小さくするために、場内に沈砂池を設置し、濁水の流出抑制を図った。		
9	斎宮調整池堤防断面等の排水	斎宮調整池の存在に伴う地下水位の上昇を抑制するために、堤体にはドレーン工を施工した。		
10	法面等の緑化	濁水等の発生抑制、早期の自然環境再生を図るために、工事により発生した法面を緑化した。導入植物は、早期緑化及び在来種を考慮して決定した。		
11	法面の出現の低減	自然環境への影響を小さくするために、調整池の形状や左岸管理用道路の線形を考慮し、法面の発生を極力少なくした。		

表-3 環境保全措置一覧表【実施】 (2/2)

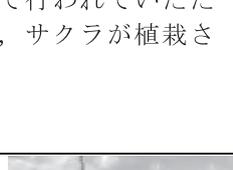
番号	名 称	概 要		
12	斎宮池小池の保全	可能な限り現状の生前環境を保全するために、浅瀬のシンボルである斎宮池小池を事業計画区域から除外して保全した。		
13	「中の島」の保全	自然環境の保全を図り、景観機能を高めるために、コナラ高木林が成立する「中の島」を事業計画区域から除外して保全した。		
14	浅瀬の保全・創出	浅瀬環境が減少するため、調整池堤体の外側にある1箇所の浅瀬を保全し、その他に2箇所浅瀬を創出した。		
15	オオタカ高利用域の工事計画	陸上生態系の頂点に位置するオオタカを保全するために、繁殖期間中は工事計画に配慮した。		
16	重要な種の移植	事業実施区域周辺で絶滅の可能性が高いと判断された重要な植物4種について、種の維持を図るために適地へ移植した。		
17	斎宮池落水後の生物の移植	多くの水生植物が生息する斎宮池が工事改変されることから、種の維持を図るために、可能な限り魚類及び底生動物を採捕し移植した。		
18	生物に配慮した側溝の採用	斎宮調整池周辺に生息する両生爬虫類を保護するために、調整池周回道路の側溝に落下しても自力で脱出できるスロープを設置した。		
19	サクラの植栽	工事前はサクラの花見が斎宮池堤で行われていたため、地域用水環境整備事業により、サクラが植栽されるよう関係機関と調整を行った。 (写真は本堤下の植栽予定地)		
20	建設発生土の再利用	産業廃棄物等を抑制するため、建設発生土は可能な限り再利用した。		



図-2 齋宮調整池で実施した主な環境保全措置

**① 齋宮池小池及び北池の保全**

齋宮池とつながっていた小池及び北池は、工事区域から除外して保全しました。

**② 浅瀬の創出**

多様な自然環境の創出のため、惣田池の一部を利用した浅瀬を2箇所、右岸管理用道路外に創出しました。

**③ 中の島の保全**

良好なコナラ林のある中の島を工事区域から除外して保全しました。

**④ オオタカの繁殖に配慮した大型重機利用計画**

オオタカの繁殖期に、営業木周辺での大型重機による工事を行わないように配慮した施工を行いました。

**⑤ 齋宮池落水時の魚等の移替え**

工事に際して、齋宮池の水を落水した時に取り残された魚等を齋宮池小池や周辺の水路へ移替し、種の個体群の保全及び維持に努めました。

**⑥-1 生きものに配慮した側溝の設置**

道路側溝にカメラ、カエル等が落下した場合、脱出できるようにスロープ付きの側溝を設置しました。

**⑥-2 伐採木材チップの法面保護材利用**

伐採した木材をチップ化して、盛土法面の保護材として利用しました。生物の生息場所にもなっているようです。

**⑦ 稀少な植物の移植**

工事の実施により消失の恐れがあると予測された稀少な植物「ミズニラ」、「ミズマツバ」、「イバラモ」、「イシモチソウ」(レッドデータブック指定種)を採取し、保全・創出した浅瀬等に移植しました。

各種とも移植後は概ね発芽していますが、種を保全するためには、引き続き除草等の作業が必要となります。

雑草が繁茂するミズニラ、ミズマツバの移植地

雑草が倒れて弱ったミズニラ

移植作業状況



# 新堰頭首工のストックマネジメントについて

金光晶生* 中川 健**  
 (Akio KONKOU) (Ken NAKAGAWA)

## 目 次

1. はじめに	47	5. 実施設計におけるマニュアル活用の課題	51
2. スtockマネジメントとマニュアル	47	6. マニュアルの必要性和活用上の限界	51
3. 詳細調査におけるマニュアル活用の課題	50	7. マニュアル活用の改善策	51
4. 保全計画におけるマニュアル活用の課題	51	8. おわりに	52

## 1. はじめに

岡山市の中央を南北に流れる1級河川「旭川」の左岸地域（百間川以西，倉安川以南）の農地は岡山藩が干拓した新田（倉田新田，沖新田）であり，旭川合同堰から取水する祇園用水と，新堰から取水する倉安川によりかんがいされてきた。新堰は岡山市の中心部にあり，日本三名園の一つ「後楽園」の直下流に位置する。江戸時代は渇水対策として築造された仮堰であったが，明治期に固定堰として本格的に整備された。現在の新堰頭首工（写真-1）は県営かんがい排水事業として建設されたもので，受益面積は1,052haに及ぶ。河川幅135m，計画高水量3,800m³/sに対して築造されたフローティング型式の可動堰で，堰長90m（ゲート幅43.25m×高さ5.6m及び幅43.25m×高さ5.1m）の2径間シェルタイプローラーゲートである。

新堰頭首工は建設後32年を経て施設の劣化が顕在化し始めたことから，岡山県は，基幹水利施設ストックマネジメント事業として平成21年度に実施した施設機能保全計画策定業務の中で，不具合箇所の洗い出しを行った。その結果，コンクリート堰柱にアルカリシリカ反応（以下「ASR」と言う。）によるひび割れ発生が認められた。堰柱の保全は施設全体の機能保全に係わることから，平成22年度に行われた実施設計業務では，更に詳細な堰柱の調査を行うことにより対策検討及び実施設計に反映させることとした。本稿では，新堰におけるストックマネジメント事例を通して，直面した課題と改善策について報告する。

## 2. スtockマネジメントとマニュアル

### (1) マニュアルの目的

ストックマネジメントは，国と地方の厳しい財政状



写真-1 新堰頭首工の全景

* 岡山県農林水産部耕地課 (Tel. 086-226-7434)  
 ** 新光技術開発(株) (Tel. 086-273-3341)

況から、既存ストックの有効利用により施設の機能を効率的に保全することを目的とした取組みである。その取組みを推進するための技術指針として、「農業水利施設の機能保全の手引き(平成19年8月)」(以下、「マニュアル」という)が示された。マニュアルは取組みの普及と一般化を図るとともに、施設の機能診断調査、対策検討、データ蓄積等の一連の実施方法について基本的視点を共有化し、取組みの技術水準を確保することを目的としている。

本調査は、「マニュアル」及び同「頭首工(平成19年8月)」(以下、「頭首工マニュアル」という)に基づいて行った。

## (2) 劣化要因の推定におけるマニュアルの活用

A S Rによる被害は、中国地区においては瀬戸内沿

岸と鳥取県に多く報告されている。新堰頭首工は、A S Rによる劣化が国内で問題となってきた時期に当たる昭和48年度から52年度にかけて建設された。被害を予防するための公的規制が本格化したのは昭和61年(1986年)度以降である。新堰の建設時期とA S Rに関する規制の変遷を表-1に示す。

マニュアルには「劣化要因の推定票」や「現地調査例」等が分かり易く示されている。この中で、鉄筋コンクリート構造物の劣化要因を推定する方法が、「施設が置かれた環境と劣化要因との関連性(劣化要因判定表)」(表-2)に示されており、表中の「地域環境」について「A S Rによる損傷が報告されている地域」(図-1)等が示されている。

表-1 新堰建設時期とA S Rに関する規制の変遷

時期	規制者	規制名	規制内容	その他
昭和57年以前				昭和30年頃、鳥取県で被害例1例が報告。 昭和48年～昭和52年 新堰の建設 昭和57年頃阪神地区で損傷事例発見から、塩害とともにコンクリートクラシスの1因となる。
昭和59年6月	建設省技術調査室	通達「土木工事に係わるコンクリート用骨材の取扱いについて」	「過去にアルカリ骨材反応を生じたと思われる骨材に対しては、ASTMの試験をして確認すること」が示された。 また、「アルカリ骨材反応でひび割れを生じた構造物に対して遮水措置をとること」が示された。	
昭和61年6月	建設省技術調査室	通達「アルカリ骨材反応暫定対策について」	「建設省総合技術開発プロジェクト コンクリートの耐久性向上技術の開発」の成果から、以下の4つの対策が示された。 ①骨材の選定、 ②低アルカリ型セメントなどの使用、 ③抑制効果のある混合セメント等の使用、 ④コンクリート中のアルカリ総量の抑制、 同時に骨材の試験法として化学法とモルタルバー法の建設省暫定案が示された。	
昭和61年10月	JIS規格	JIS A 5308 「レディーミストコンクリート」	本文にアルカリ骨材反応対策と盛り込まれ、アルカリ骨材反応の抑制方法を購入者に報告することが義務づけられた。 ①「レディーミストコンクリート用骨材」は、化学法かモルタルバー法により試験し、無害と判定された骨材でなければならない。 ②「セメントの選定等によるアルカリ骨材反応の抑制対策の方法」に、低アルカリ型セメント、抑制効果のある混合セメント等の使用、コンクリート中のアルカリ総量の抑制、の3つの対策を講じた場合には、無害と判定されない骨材も使用可能である。	
昭和61年10月	JIS規格	JIS R 5210 「ポルトランドセメント」	アルカリ骨材反応対策として、低アルカリ型を規定した。	
平成元年7月	建設省技術調査室	通達「アルカリ骨材反応抑制対策について」	昭和61年6月通達「アルカリ骨材反応暫定対策について」のうち、抑制効果のある混合セメント等の使用に関する記述と、化学法およびモルタルバー法の試験方法が改定された。	
平成元年12月	JIS規格	JIS A 5308 「レディーミストコンクリート」	昭和61年10月JIS A 5308 「レディーミストコンクリート」が改定された。	
平成4年3月	JIS規格	JIS A 1804 「コンクリートの生産工程管理用試験方法」	骨材のアルカリシリカ反応性試験方法(迅速法)が制定された。	

表-2 施設が置かれた環境と劣化要因との関連性 (劣化要因判定表)

使用・劣化環境		劣化要因							
		中性化	塩害	ASR	凍害	化学的腐食	疲労	摩耗風化	構造外力
供用年数	供用年数40年以上	2	2	2	2	2	2	2	2
	供用年数20～40年未満	1	1	1	1	1	1	1	1
施工年	1986年以前		1	1					
	1978年以前	1							
鉄筋被り	t < 30mm	3	3						
地域 図2.2.2 図2.2.3 図2.2.5 参照	①塩害を起しやすい(起きた)地域	1	4	1	1				
	②ASRを起しやすい(起きた)地域		1	2	1				
	③凍害を起しやすい(起きた)環境		1	1	2				
	④ASR、塩害複合劣化地域	1	4	2	1				
	⑤塩害、凍害複合劣化地域	1	4	1	2				
	⑥凍害、ASR複合劣化地域		1	2	2				
供用環境	①南向き面の部材	1			2				
	②融雪・凍結防止剤の使用		1		1				
	③接水時間が長い(常時)							1	
材料	①水セメント比60%以上	2	2		2				
	②海砂の使用		5						
	③反応性材料使用			4					
水質	①硫酸分水質(温泉)					2			
	②化学工場・食品加工場等の廃液流入					2			
	③硬度が小さい							2	
土壌・地盤	①腐食性土壌(酸性土壌)	1		1		1			
	②地下水位(高い)			1	1	1			1
	③軟弱地盤								1
地圧	繰返荷重 ①自動車荷重(直接) ②自動車以外の荷重						3		
	①設計荷重を大きく上回る荷重の負荷 ②極端な偏荷重が作用						1		3
	※水路トンネルの場合は地山特性から判断								1
	③過去に地震被害を受けた								1
摩耗条件	①流速がv ≥ 7.0m/s またはキャビテーションが発生しやすい構造物							3	
	②砂礫・転石の流下							3	
評価点合計									
総合評価		1978年以降施工の場合は評価点を1/2にする	1986年以降施工の場合は評価点を1/2にする	1986年以降施工の場合は劣化要因とせず					

評価 5点以上；可能性が高いもの  
2～4点；可能性が否定できないもの  
1点以下；可能性が低いもの

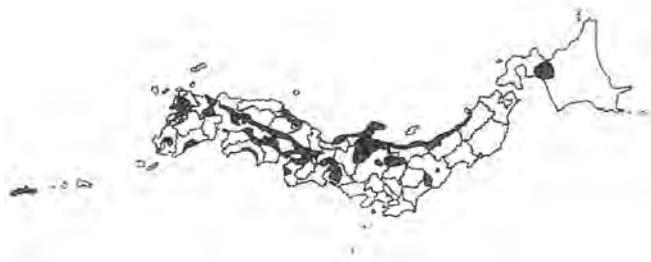


図-1 ASRによる損傷が報告されている地域

これらの図表から、岡山県南部は「ASRによる劣化を考慮すべき地域」に該当し、新堰は1986年以前の建設であることからASRの可能性が高いことが推定できる。マニュアルに示されたこれらの図表及び定点調査票から保全計画に必要な劣化要因の推定が可能であった。

### (3) 機能診断におけるマニュアルの活用

マニュアルによる標準的な機能診断では機器を用いた詳細調査は行わず、頭首工マニュアルの「頭首工(コンクリート施設)の施設状態評価表」を用いることで機能診断評価を行うことができた。マニュアルによる機能診断評価結果がS-4(要観察)以上であるもの

については、当面对策の必要がないため、詳細調査は不要となる。

マニュアルの「標準的な現地調査項目（コンクリート施設）の例」や「頭首工（コンクリート施設）の現地調査（定点調査）票 参考例」における、目視調査以外の現地定量試験項目を表-3に示す。

表-3 目視調査以外の現地定量試験項目

調査項目	調査手法	記録手法
圧縮強度	反応硬度	リバウンドハンマー
中性化	中性化深さ/中性化残り	ドリル法
	鉄筋被り	設計図書等

#### (4) マニュアルを補完する詳細調査の選定

機能診断の結果、健全度がS-3（要補修）以下と評価された場合は劣化要因を特定し、性能低下予測から保全計画を策定する。これらの業務ではマニュアルによる標準的な機能診断調査を補完する調査として、コンクリートの非破壊試験を含む定量的検討を選定する必要がある。更に、専門の詳細評価の結果から適切な対策を検討することになる。

新堰堰柱の劣化要因はASRと推定され、健全度はS-3以下であったことから対策検討が必要となった。対策検討では劣化原因、劣化の進展状況、施設が保有する耐久性、等を把握する必要がある。そこで「コンクリートコアによる各種試験」及び「はつり調査」を実施した。その結果、「コア観察」では反応ゲルが観察されたため劣化原因はASRであることが確認できた。またコアによる「促進膨張試験」の結果から、ASRによる膨張過程は「収束期」（カナダ法による判定は「無害」、日本道路公団北陸支社による判定は「膨張性無し」）にあると判定された。そこで、ASRによる今後のひび割れ進展は小さいと考えられ、ひび割れ注入材に追従性の小さい無機系材料の使用が可能であった。コアによる「塩化物量試験」の結果からは陸上部と湿潤部でコンクリート中の塩化物量が異なることが確認されたため、部位毎の対策検討に反映した。「はつり調査」では、ひび割れ幅毎の鉄筋腐食度を確認した結果、全体的にひび割れ深さは小さく、幅1.0mm未満のひび割れ部において内部鉄筋の腐食進行は認められなかったため、現時点での耐久性低下は小さいと診断した。新堰において実施した調査項目と調査数量を表-4に示す。

表-4 実施した調査項目と調査数量

調査内容	細別	項目	単位	調査数量
現地調査	外観目視調査(高所作業車)	右岸堰柱全面	式	1
		はつり調査(腐食度調査)	箇所	3
	詳細調査(簡易足場上)	コア採取	箇所	6
室内試験	コンクリート試験	圧縮強度試験	試料	3
		中性化試験	試料	3
		コア観察	試料	2
		促進膨張試験	試料	2
		塩化物量試験	試料	3

### 3. 詳細調査におけるマニュアル活用の課題

新堰は3基全ての堰柱に幅の大きいひび割れが見られ、ひび割れ状況も共通していた。そこで河川敷からの調査が可能な右岸堰柱において高所作業車により調査を実施した。調査状況を写真-2に示す。当初、堰柱の劣化状況は「地上部」、「潮の干満影響部」、及び「干潮位以下の水中部」に大別し、水中部の劣化は軽微であると判断した。しかし現地調査の進行過程で水中部にも幅の大きいひび割れが見られた。このため、平成23年度に潜水士を用いた「躯体コンクリート一次潜水調査業務」を追加実施したところ補修を要するひび割れが確認され、ひび割れ状況は水中部位毎に異なることが分かった。水中部調査の状況を写真-3に示す。



写真-2 高所作業車による調査状況



写真-3 水中部調査状況

堰柱水中部の劣化要因は「ASRによる劣化」の他、「ゲートによる河川渦水による外力作用」、「転石等の衝突」、「潮の干満による乾湿交番条件」等が考えられた。それらの劣化機構を詳細に検討するため、水中部の詳細調査および実施設計を行う「水中部設計業務」を更に追加して実施した。

このように劣化要因や環境条件等によっては、定点

調査に追加して実施する詳細調査項目の立案や要否判定は、踏査の段階では容易でない。水中部詳細調査の要否判定を困難にした原因として、水中部の対策技術に関する知見が不足していたことが挙げられる。すなわち、「事前調査から定点調査までの一連調査」と「機能診断調査から実施設計までの一連調査」では、調査技術の専門性に関する差違が大きいことが課題として考えられる。

#### 4. 保全計画におけるマニュアル活用の課題

マニュアルでは保全計画を効率的に行うため、施設を分類しグルーピングを行う。グルーピングは「類似の健全度で括る方法」、「類似の劣化要因で括る方法」、「構造単位で括る方法」、「環境条件で括る方法」等が考えられる。本業務の場合、機能診断業務の段階ではひび割れの「幅」と「密度」に着目した調査結果から「類似の健全度部位で括る方法」が適切と考えられた。しかし、水中部躯体を追加調査し、機能保全計画で「環境条件」を組合せた結果、最終段階では「保全対策の区分で括る方法」が適切と考えた。すなわち、「陸上部」、「乾湿交番部（湿潤部）」、「水中部（没水部）」で括り、耐久性を向上するための保全対策は、各グループに対して以下の表面保護工法を採用することとした。

- ・陸上部に対しては表面含浸工法とし、シラン系含浸材を塗布。
- ・乾湿交番部に対しては防水被覆工法とし、湿潤面用エポキシ樹脂塗料（ペイントタイプ）をハケ塗り施工。
- ・水中部（没水部）に対しては防水被覆工法とし、水中硬化型エポキシ樹脂塗料（パテタイプ又はペイントタイプ）をヘラ、コテ施工。

ひび割れ補修は全ての部位に共通して、超微粒子ポリマーセメント系注入材によるひび割れ注入工法を採用することとした。

調査の進展に伴って健全度評価の把握度が深まり、それに伴ってグルーピングの視点も変化した。対象施設を分類する要素は多様にあるため、現地調査の段階で決定したグルーピングは、健全度評価、対策検討、更に実施設計の段階と調査・設計が具体化するに従い変化した。すなわち機能診断調査と保全計画は一方向の関係ではなく、相方向に密接な関連がある。マニュアルによるグルーピングは保全対策の結果を左右するため、健全度評価結果を十分に把握した上で柔軟に行う必要がある。

#### 5. 実施設計におけるマニュアル活用の課題

マニュアルは、国内で実用化されている代表的な補修・補強工法について、工事概要、単価及び耐用年数を取りまとめている。これらの工法内容是对策検討を行なうには十分であるが、実施設計を行うための具体

的な品質を確保できる内容ではない。マニュアルは実施経歴のデータを継続的に蓄積、分析し、実施効率や技術向上に努めるとしている。しかし、ストックマネジメント事業を適切に行い、取組みの普及と一般化を図るためには、現時点で信頼できる工法を選定し活用していく必要がある。既に多くの研究、開発機関において補修・補強工法の試験工事や事業成果が示されており、品質を規定する技術基準書も多数示されている。優良な実績・成果を有する工法等から、参考とすべき適切な工法を選定できる技術指針の整備が急がれる。

#### 6. マニュアルの必要性と活用上の限界

ストックマネジメントではLCCの低減を図るための「施設に係るデータ蓄積」を目的の1つとしており、担当技術者の技術レベルや主観的判断に影響される部分を極力小さくするためにはマニュアル化が必要である。しかし新堰における事例から、ストックマネジメントではマニュアルの手順で統一に行える調査がある一方、高度な技術や判断を必要とする調査がある。健全度がS-3（要補修）以下の場合の「劣化要因特定」、「性能低下予測」、「対策の実実施設計」等では専門的詳細調査が必要となった。また、機能診断調査と保全計画は密接な関係があり、最終段階の事業化においては対策技術に関する幅広い知見が必要であり、マニュアルの活用に限界があった。

#### 7. マニュアル活用の改善策

「事前調査から定点調査までの調査」と「機能診断調査から実施設計までの調査」は技術の差違が大きい。人の健康診断に例えれば、前者は「問診及び定期健康診断」であり、後者は「精密検査及び治療」の段階に相当する。前者はマニュアルの手順で統一に実施できる調査であり、後者は要求される技術レベルや専門性の高い調査である。また前者は主観的判断を排除し蓄積データの統一化を要する調査であり、後者は質の高い成果が求められる調査である。

従って、前者調査と後者調査は区分して取組む方が適切と考える。本地区においては、一連のストックマネジメントにおける作業フローを「業務Ⅰ」と「業務Ⅱ」に区分し、図-2のとおり整理した。すなわち、事前調査から定点調査までの調査を「業務Ⅰ」とし、対策検討以降の調査を「業務Ⅱ」とした。

「業務Ⅰ」において、健全度評価結果がS-4（要観察）以上の場合、対策が不要なため保全計画までとする。また、「業務Ⅰ」の定点調査において詳細調査が必要と判定された場合は、詳細調査の項目提案と調査数量算出までを行う。「業務Ⅱ」は詳細調査から実施設計までの、施設の機能保全成果を大きく左右する調査である。「業務Ⅰ」において機能診断結果がS

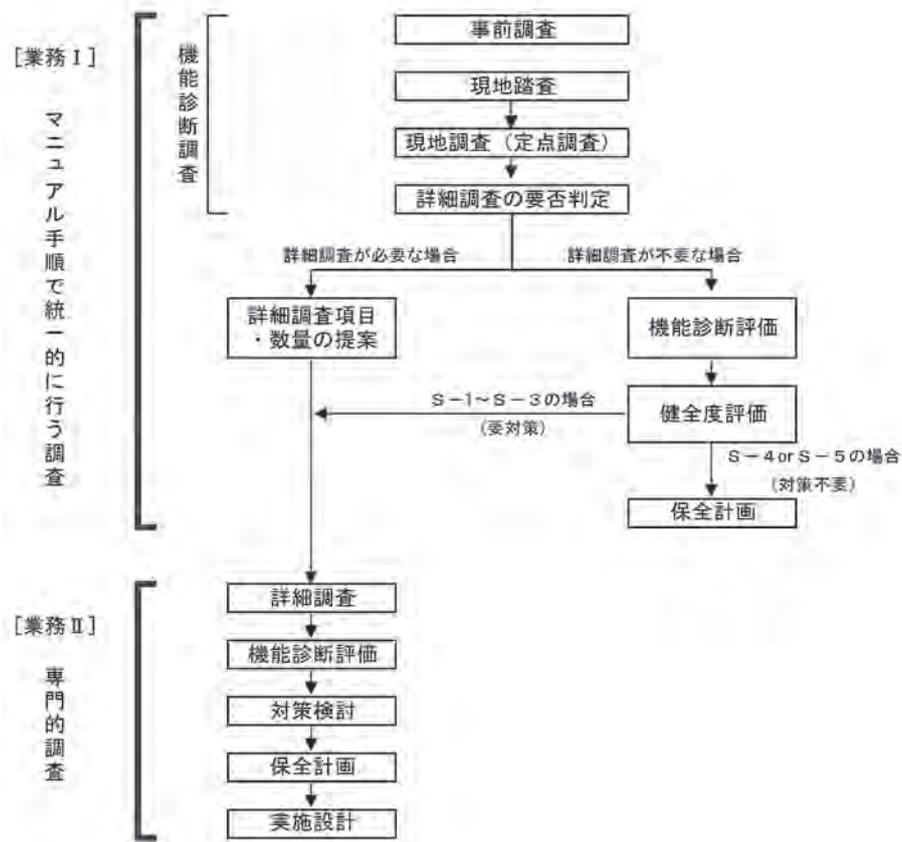


図-2 ストックマネジメントの作業フロー（案）

- 3（要補修）以下となった場合は、「業務Ⅱ」を追加実施する。「業務Ⅰ」と「業務Ⅱ」を技術者の専門性に応じて区分して実施することにより、施設に係る蓄積データの統一化と、機能保全最終成果の品質向上を図ることができる考える。

## 8. おわりに

ストックマネジメントは、高度成長期を経てストックされた膨大な既存施設を有効利用するための経済性向上事業である。事業は長期に亘り継続的に実施することで成果が得られる。今後の事業を効率的に運営するためには、施設のデータベース化、調査のマニュアル化、対策の標準化が必要となる。ストックマネジメントにおける本事例から、マニュアル活用の課題と対策を述べた。本調査では幾つかの困難な事象に直面したが、その都度解決策を模索し一定の成果を得たと考える。本調査における課題は、他の施設に共通する部分もあり、今後のストックマネジメントへの取組みの参考になれば幸いである。

## 【参考文献】

- 1) 農林水産省農村振興局整備部水利整備課施設管理室監修：農業水利施設の機能保全の手引き（平成21年7月）
- 2) 食料・農業・農村政策審議会 農業農村振興整備部会技術小委員会：農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」（平成22年6月）

# 平成25年4月13日の淡路島の地震によるため池の被害

田 頭 秀 和* 榎 並 信 行** 佐々木 俊 幸*** 正 田 大 輔*

(Hidekazu TAGASHIRA)

(Nobuyuki ENAMI)

(Toshiyuki SASAKI)

(Daisuke SHODA)

## 目 次

1. はじめに .....	53	4. 被害調査時の留意点について .....	56
2. 地震の概要 .....	53	5. おわりに .....	56
3. 調査結果 .....	53		

### 1. はじめに

平成25年4月13日5時33分頃、淡路島を震源とする地震が発生した。これに伴い、15個のため池で被害が確認された(平成25年4月19日現在)¹⁾。本稿は、地震発生当日の13日から15日にかけて、被害状況調査を実施したので、そのうちの代表的な被害事例について概要を報告する。

### 2. 地震の概要

震源の位置は北緯34度25.1分、東経134度49.7分(図-1参照)、深さは15kmで、マグニチュードは6.3である²⁾。

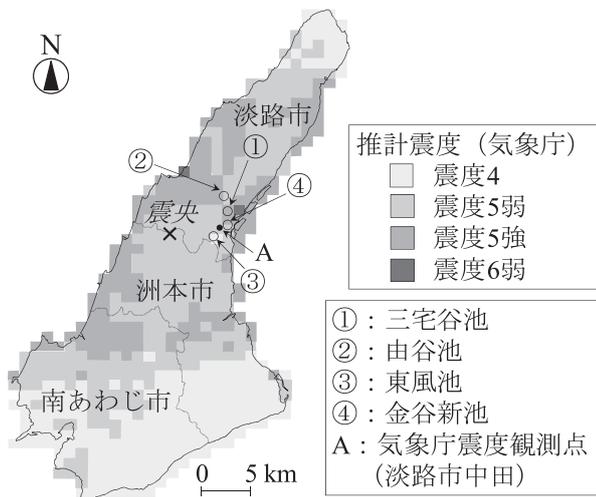


図-1 震央と調査したため池の位置  
(気象庁推計の震度分布³⁾と農地地すべり予測システム⁴⁾を用いて作成)

気象庁震度観測点のうち、震央から最も近く(8.1km)、調査したため池に近接する淡路市中田(図-1のA地点)で観測された地震波を図-2に示す。最大加速度値は、N-S方向、E-W方向、U-D方向、三成分合成の順に、108.7cm/s²、166.1cm/s²、109.6cm/s²、176.2cm/s²である。なお、震度は5弱、計測震度は4.5である(気象庁発表)。

図-1に、気象庁推計の震度分布³⁾を示す。淡路島内では震度4~6弱の揺れが発生したと考えられる。

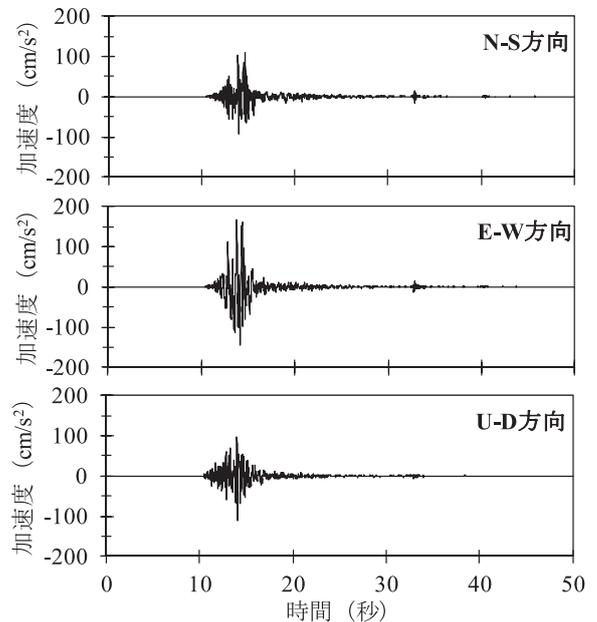


図-2 観測された地震波  
(気象庁震度観測点：淡路市中田(図-1のA地点)、気象庁強震観測データより)

### 3. 調査結果

#### 3-1. 調査したため池の概要

調査したため池は、三宅谷池、由谷池、東風池、金谷新池の4個である。図-1に位置を、表-1に諸元と被災履歴を示す。築造年代はいずれも不明である。

* (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所  
施設工学研究領域 (Tel. 029-838-7570)

** 農林水産省近畿農政局資源課  
(Tel. 075-451-9161)

*** 農林水産省農村振興局防災課  
(Tel. 03-3502-8111)

表-1 調査したため池の諸元と被災履歴

名称	型式 (全てアースダム)	堤高 (m)	堤長 (m)	貯水量 (千 $m^3$ )	所在地 (全て兵庫県)	震央からの距離 (km)	被災履歴
① 三宅谷池	傾斜コア型	5.8	200	78	淡路市志筑	7.2	1995年兵庫県南部地震で護岸に最大幅約3cmの縦断クラック ⁷⁾ が発生。
② 由谷池	傾斜コア型	6.4	100	30	淡路市王子	7.1	①1995年兵庫県南部地震で樋管から漏水 ⁷⁾ ，復旧済み。 ②平成23年に豪雨で被災。堤長100mのうち，右岸側85m長を復旧済み。左岸側（洪水吐の横）15m長は復旧工対象外。
③ 東風池	均一型	9.0	87	56	淡路市曾上	5.3	なし
④ 金谷新池	均一型	11.2	55	30	淡路市志筑	7.1	①平成16年台風23号による豪雨で被災，復旧済み。 ②平成23年に豪雨で被災，復旧済み。

(*各データは，ため池防災データベース^{5),6)}(2009年)に基づく。

### 3-2. 各ため池の調査結果

以下に，各ため池の状況を記す。

#### (1) 三宅谷池

堤体は緩やかな円弧状で，右岸屈曲部には右岸地山に向かう道路と天端中央部に向かう進入路がある。これらに挟まれた三日月状の堤体上にコンクリート製の小屋が設置されている。(図-3)

上記の三日月状の堤体部分の天端に堤軸方向のクラック(長さ約30m，最大幅約1cm，深さ1m以上(ピンポールを挿入して確認))が発生している。(図-3中の①，写真-1)兵庫県職員によると，地震発生当日の調査時に比べてクラック幅が減少しているとのことである。また，洪水吐付近の天端に堤軸方向のクラックが発生している。(図-3中の②)

堤体上流面にはコンクリート張ブロックが全線に渡って設置されているが，コンクリート製の小屋の上流側の箇所，貯水池側への僅かな湾曲が認められ，一部が破損している。(図-3中の③)

なお，右岸地山の堤体直近の民家の庭(図-3中の④)でクラックが発生しているが，宅地の切土と盛土の境界部に沿って発生したものであり，堤体と民家の間を横断している道路にクラックが認められないことと併せて，堤体のクラックとの関連性はないと判断できる。

#### (2) 由谷池

堤体はほぼ直線状であり，左岸下流側から天端に向かう進入路がある。左岸地山取付け部に洪水吐がある。堤体上流面の大部分はコンクリート張ブロックが設置されているが，洪水吐付近堤体は盛土材がさらされた状態(保護材がない状態)である。(図-4)

復旧工対象外の部分で，天端に延長3~4mの微細な横断クラックが3本発生している。(図-4中の①，写真-2)

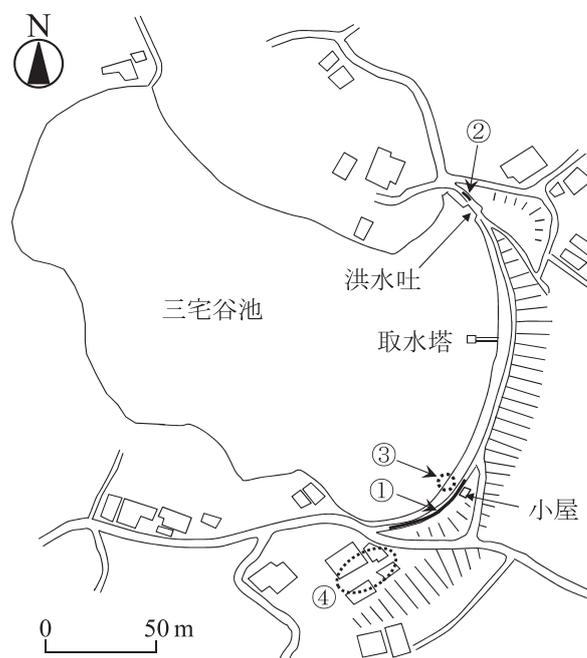


図-3 三宅谷池の被害概要



写真-1 天端の堤軸方向クラック(三宅谷池，図-3中の①)

また、同じ部分の上流斜面に水平クラックが発生している（図-4中の④）が、調査時は水面下にあり、詳細は未確認である。管理者によると、この部分は、平成23年の豪雨災害の復旧工事時に堤体の波浪侵食抑止効果を期待して施工者が自主的に腹付けを施した箇所である。クラック発生の原因が水浸沈下なのか今回の地震なのかは不明であるが、クラックは腹付け層内に留まり、堤体本体には達していない可能性が高いと推測する。

上記の進入路と天端の接合箇所から堤体中央方向に向けて、下流側法肩付近の天端に堤軸方向クラック（長さ約8m）が発生している。（図-4中の②）また、同進入路の舗装に軽微なクラックが発生しているが、連続性は認められない。（図-4中の③）

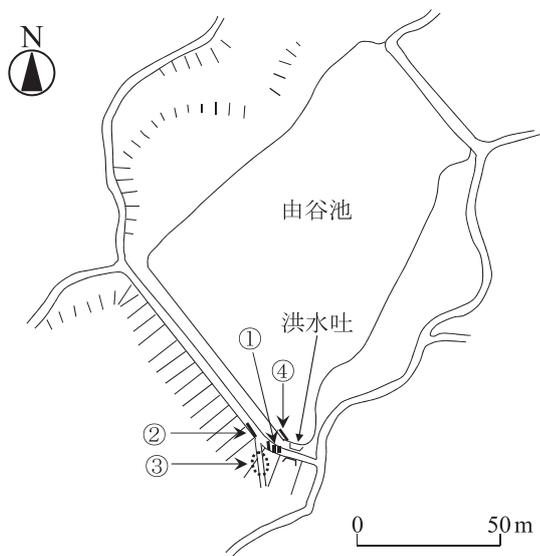


図-4 由谷池の被害概要



写真-2 天端の横断方向クラック  
（3本のうちの2本、由谷池、図-4中の①）

### (3) 東風池

堤体直下の田んぼを挟んだ重ね池の上流側の池であり、堤体は図-5に示すような多段構造になっている。管理者によると、堤体内道路は上水道埋設に伴い拡幅したとのことである。左岸地山取り付け部に洪水吐があり、上流面はその両袖部のみコンクリート張ブロックが設置されている。（図-6）

堤体内道路において、洪水吐横（図-6中の①、写真-3）と右岸寄り（図-6中の③）の2箇所では横断方向クラックが発生しており、前者は、天端を貫通している。

コンクリート張ブロック部では、フレームのクラックや、張ブロックと盛土の境界部に隙間が発生している。（図-6中の②）また、下流側のスラストブロックと盛土の境界部にも隙間が発生している。

道路の貯水池側境界に沿って、洪水吐付近を起点として堤体中央部まで、長さ30m以上、最大深さ1m以上のクラックが発生している。（図-6中の④、写真-3中の破線部）アスファルト路面と堤体盛土部分には段差があり、盛土部分が落ち込んでいる。

また、腰石垣にコンクリートフレームのクラックやブロック間の開きが発生しており（図-6中の⑥）、右岸地山付近の堤体の法先（道路と堤体の接合部付近）では僅かな漏水が認められる。（図-6中の⑤）

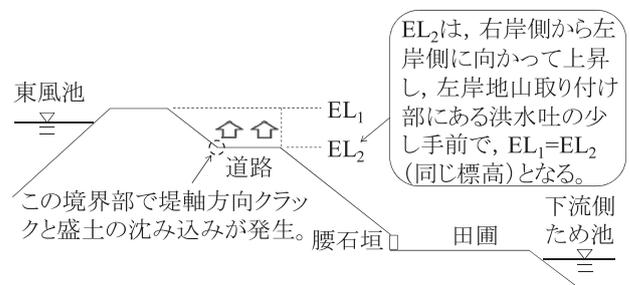


図-5 東風池堤体断面の概念図

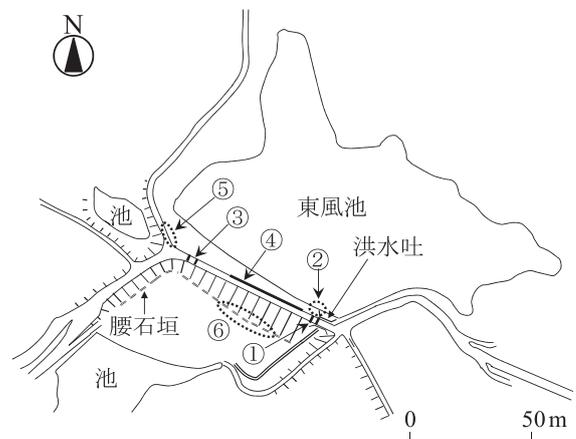


図-6 東風池の被害概要

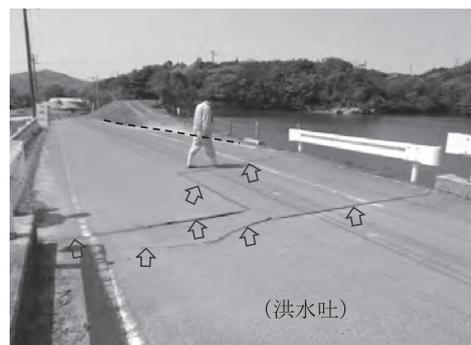


写真-3 洪水吐付近の天端の横断方向クラック  
（東風池、図-6中の①）（破線は同図中の④）

#### (4) 金谷新池

堤体は直線状であり，上流面は全線に渡ってコンクリート張ブロックが設置されている。(図-7)

天端舗装部に多数のクラック(堤軸方向と横断方向)，局所的な窪みがある。クラック面の状態を確認したところ，経年劣化によるクラックが今回の地震によって部分的に進展したり，さらに開口したものである。

上流面コンクリート張ブロックには，全線に渡るズレや落ち込みが認められ，張ブロックの天端コンクリートは全線に渡り，下流側が上流側よりも下がった形状で傾斜している。(図-7中の①)さらに，張ブロック背面土にほぼ全線に渡ってクラックが発生している。(図-7中の②，写真-4)

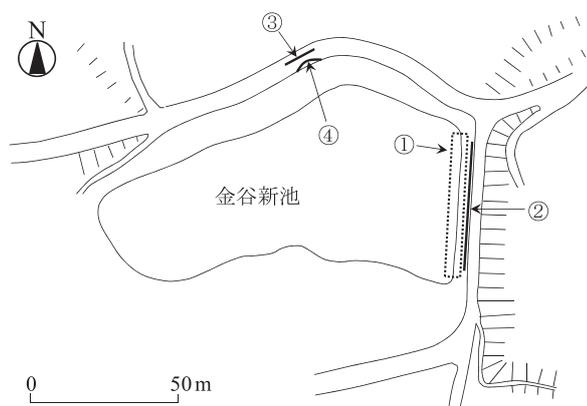


図-7 金谷新池の被害概要

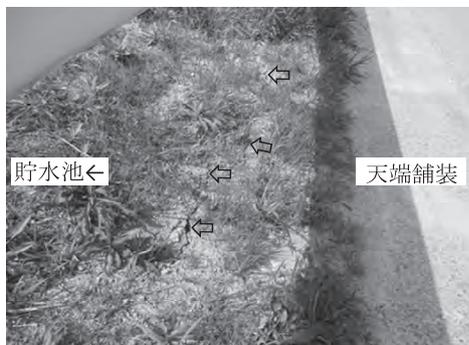


写真-4 張ブロック背面のクラック  
(金谷新池，図-7中の②)

左岸地山道路ではクラックと貯水池側への沈下(すべり)が認められる。(図-7中の③，④)天端のクラックと同様に，経年劣化によるクラックが今回の地震によって進展したものである。

#### 4. 被害調査時の留意点について

表-2に，今回報告した4つのため池の主な被害を示す。限られた調査件数ではあるが，天端の堤軸方向亀裂の発生頻度が高いこと，堤体屈曲部などの構造的変化点の周辺および洪水吐に代表されるコンクリート構造物等の周辺に被害が発生し易いことを確認することができる。これらの事項は従来からの指摘に符合するものである。

3-2(1)で天端の堤軸方向クラック幅が数日間うちに縮小していた三宅谷池の事例を報告したが，上記4個以外のため池で，地震発生から3日後には天端のクラックが完全に閉口して目視確認ができなくなった事例があり，迅速な調査の必要性を再認識した。

クラック発生箇所や深度を把握することは，堤体の安全性の評価だけでなく，災害復旧工事の対象範囲設定や工法選定にとっても重要であるが，無処置のままクラックが閉口すると，開削調査を行っても亀裂の確認が非常に困難になる。そのため，平时に材料を準備しておき，できる限り初回の調査時にメチレンブルーや石こう水をクラックに流し込んでおくことが望ましいと考える。

#### 5. おわりに

兵庫県内のため池については，地震発生当日のうちに兵庫県がほぼ全てのため池の緊急点検を実施するとともに，近畿農政局の水土里災害派遣隊も同日午前から同県等と共同して被害調査を実施し，シートによるクラックの被覆や落水等の必要な処置を講じた。これらの迅速な行為により，ため池堤体の安定性を保ち，二次被害の発生を防止して現在に至っている。

表-2 主な被害の一覧

名称	天端の堤軸方向亀裂	天端の横断方向亀裂	上流面張ブロックの破損	その他
三宅谷池	○ 〔・屈曲部 ・洪水吐付近〕	—	○ (小屋の上流側)	上流側斜面(腹付け箇所)の堤軸方向クラック
由谷池	○ (進入路付近)	○ 〔・洪水吐付近 ・屈曲部〕	—	—
東風池	○ (堤体内段差部など)	○ 〔・洪水吐付近 ・右岸地山付近〕	○ 〔洪水吐両袖部 のみに配置〕	・洪水吐周辺の破損 ・腰石垣の破損
金谷新池	○	○	○	地山道路のクラックと沈下

## 【参考文献】

- 1) 兵庫県災害対策本部事務局（参照2013.5.8）：  
記者発表「平成25年4月13日淡路島を震源とする地震 現在判明している被害と対応状況（平成25年4月19日16:00現在），（オンライン），入手先<<http://web.pref.hyogo.lg.jp/kk03/jishin/documents/jishinkishahappyou0419.pdf>>
- 2) 気象庁（参照2013.5.8）：報道発表資料「平成25年4月13日05時33分頃の淡路島付近の地震について（第2報）」，（オンライン），入手先<<http://www.jma.go.jp/jma/press/1304/13d/kaisetsu201304131130.pdf>>
- 3) 気象庁（参照2013.5.8）：推計震度分布図2013年4月13日05時33分淡路島付近M6.0，（オンライン），入手先<[http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/suikei/201304130533_688/201304130533_688_1.html](http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/suikei/201304130533_688/201304130533_688_1.html)>
- 4) 中里裕臣, 井上敬資, 海野寿康: GISを利用した農地地すべり予測システムの開発, 水土の知, 75 (11), pp.979~982 (2007)
- 5) 谷茂, 小林秀匡, 福原正斗: 高度地理情報を有する「ため池防災データベース」の構築, 情報地質, 10 (2), pp.118~119 (1999)
- 6) 財団法人農業土木総合研究所: 平成11年度ため池防災データベース更新業務報告書 (2000)
- 7) 近畿農政局土地改良技術事務所: 1995年兵庫県南部地震-ため池の被害と復旧-, pp.172~173 (1996)

# 大規模地震に対する長大な既設農業用水路の耐震性調査

竹 中 一 行* 大 西 慶 典* 渡 邊 俊 介**  
 (Kazuyuki TAKENAKA) (Yoshinori OONISHI) (Shunsuke WATANABE)  
 高 橋 寛 行*** 佐々木 健 太****  
 (Tomoyuki TAKAHASHI) (Kenta SASAKI)

## 目 次

1. はじめに	58	5. 耐震解析位置	61
2. 基本的な考え方	58	6. 地震応答対策	62
3. 重要度評価	59	7. 液状化の検討	62
4. 設計地震動	60	8. おわりに	64

### 1. はじめに

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震 (Mw9.0) により、東北から関東地方の広範囲で未曾有の被害が発生し、農地・農業用施設への被害も甚大なものとなった。

また、政府の地震調査推進研究本部は、南海トラフ巨大地震 (東海・東南海・南海連動型地震、マグニチュード 8～9 クラス) の今後 30 年以内の地震発生確率が、平成 25 年 1 月 1 日時点で 60%～70%と公表している¹⁾。大規模地震の発生に伴い震度 6 弱以上の揺れに見舞われる確率が高い地域においても、重要な農業水利ストックが多数形成されていることから、大規模地震に対する耐震性の実態を迅速かつ的確に把握し、大規模地震耐震対策や減災対策を早急に検討することが喫緊の課題である。

このような中、既に平成 20 年度には大規模地震に対する重要構造物の耐震調査の充実を図るため国営土地改良事業地区調査が拡充され、平成 24 年度には国営造成施設の震災対策の強化を目的に国営総合農地防災事業の拡充が図られた。また、国営造成水利施設保全対策指導事業では、被災した場合の影響が大きい施設を対象として耐震診断を行うことが可能となった。

* (一財)日本水士総合研究所調査研究部性能設計技術グループ  
(Tel. 03-3502-1586)

** (現)農林水産省農村振興局整備部設計課  
(Tel. 03-3595-6338)

(前)(一財)日本水士総合研究所調査研究部性能設計技術グループ  
*** (現)西松建設(株) 土木事業本部土木設計部設計課  
(Tel. 03-3502-7638)

(前)(一財)日本水士総合研究所調査研究部性能設計技術グループ  
**** (現)戸田建設(株) 東北支店土木工事部工事課  
(Tel. 022-222-1368)

(前)(一財)日本水士総合研究所調査研究部性能設計技術グループ

現在、頭首工、パイプライン、ポンプ場 (吸水槽) 及びファームポンド等 (ダムは除く) の施設については、「土地改良施設 耐震設計の手引き (平成 16 年 3 月)」(以下、「耐震設計の手引き」という。)²⁾ やレベル 2 地震動を考慮して改定された「土地改良事業計画設計基準及び運用・解説設計基準」(以下、「設計基準」という。)³⁾ に則り、施設毎に大規模地震に対する耐震性の把握を行うことが可能となっている。

しかしながら、長大な既設農業用水路全体としては、耐震性を効率的かつ定量的に把握する方法が確立されていないため、各地区で現場の技術者が試行錯誤しながら取り組んでいるのが現状である。このため本報では、長大な既設農業用水路における耐震性把握の簡易な方法について、先進的な事例地区を整理、検討した結果を報告する。

### 2. 基本的な考え方

長大な既設農業用水路の耐震性を効率的かつ定量的に把握する方法について、現場の技術者が限られた調

表-1 事例地区における既設農業用水路の種類と延長^{4,5,6,7)}

地区名	既設農業用水路の種類 <small>(※水管橋、特種構造施設を除く)</small>	総延長
A	トンネル (岩トンネル、土砂トンネル)	14.1km
	暗渠	0.7km
	パイプライン	6.1km
	サイホン	18.6km
	開水路	7.3km
B	トンネル	8.4km
	暗渠	0.5km
	パイプライン	12.2km
C	トンネル (岩トンネル、土砂トンネル)	15.3km
	サイホン	0.3km
	開水路 (フルーム水路)	1.0km
D	トンネル	50.0km
	パイプライン	119.0km
	開水路 (フルーム水路)	0.4km
E	トンネル	11.2km
	パイプライン	30.3km
	サイホン	6.4km
	開水路 (フルーム水路)	5.7km
F	トンネル	4.0km
	パイプライン	20.3km
G	トンネル	35.5km
	パイプライン	12.2km

査費の中で試行錯誤しながら進めてきた事例地区（表-1）の取組を整理し、検討した。

先ず一連の施設の重要度評価を行った上で、構造物の地震耐力や地震力を考慮して、代表施設・断面数を可能な限り少なく、かつ多くの区間・施設の評価が可能となるよう選定して耐震照査を行い、併せて液状化の検討も実施し、用水路全体の耐震性能を評価する必

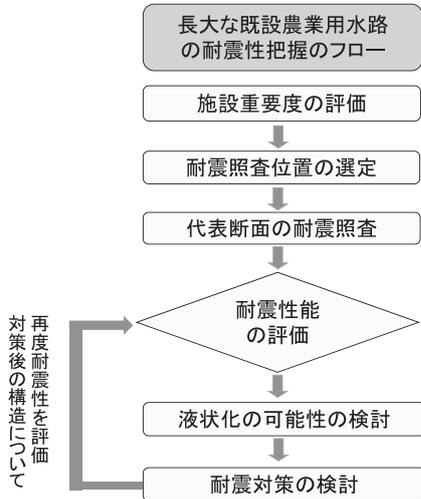


図-1 長大な既設農業用水路の耐震性把握のフロー

要がある。評価の結果、耐震性を有していない施設については、現場の施工条件、経済性、将来の維持管理も含めて耐震対策工法を検討し、検討後には、補修・補強される施設について再度耐震照査を行う。（図-1）

### 3. 重要度評価

長大な既設農業用水路における重要度区分と評価項目等を表-2に示す。表-2には、A～Gの事例地区の重要度区分の判定基準を調査し、その代表例を記載している。

耐震設計の手引きやレベル2地震動を考慮し改定された設計基準「パイプライン」では、施設の重要度評価は、施設を「極めて重要度の高い施設（重要度A種）」、「重要度の高い施設（重要度B種）」及び「被災の影響が少ない施設（重要度C種）」の3種類に区分しており、重要度区分は、「二次災害危険度」、「応急復旧難易度」、「施設規模」の3つの評価項目で判定することとなっている。事例地区では原則として3つの評価項目のうち最上位の評価が総合評価に反映されるようになっており、各評価項目において上位であることをもって決定している場合が多い。（図-2）

表-2 長大な既設農業用水路の重要度区分と評価項目等（各地区を整理したもの）

重要度区分	評価項目	重要度区分の具体的な判定指標の例
重要度区分は、A種、B種及びC種とし、右記3項目の評価項目に基づき設定  A種：3項目いずれか1つにA種がある場合  B種：3項目全てがA種以外でかつ1項目でもB種がある場合  C種：3項目全てがC種	二次災害危険度	<p>【水利施設が被災したときに第三者の生命又は河川、公道、鉄道及びライフライン等重要公共施設に与える影響の度合い】</p> <p>A種：○水利施設に近接して家屋、避難場所、河川、道路、鉄道、ライフライン等重要公共施設があり、水路の破壊による流出水が大量にこれらの場所に流入、湛水し、人命若しくは社会経済的に極めて大きな影響を及ぼすおそれがある場合^{*1} ○又は、水利施設が河川、道路、鉄道、ライフライン等重要公共施設と交差する場合 ^{*1}以下のような場合を想定。 ①浸水深50cm以上が想定される範囲 ②盛土部では、溢水だけでなく、土砂流出や盛土部の崩壊が想定される範囲 ③掘込部では地山の崩壊角を45°と想定し、周辺の家屋や道路に影響する範囲 ④高圧区間で近傍に家屋や避難場所などの重要施設がある場合</p> <p>B種：○水利施設に近接して家屋、避難場所、若しくは重要公共施設があり、水路の破壊による流出水が大量にこれらの場所に流入又は湛水し、人命に重大な影響はないものの社会経済的に大きな影響を及ぼすおそれがある場合^{*2} ^{*2}家屋、工場、商業施設、重要公共施設等の機能に限定的な支障が生じる事態で浸水深50cm未満を想定。</p> <p>C種：A種、B種に該当しない場合を想定。</p>
	応急復旧難易度	<p>【水利施設が被災した場合に直ちに実施すべき応急復旧工事の施工性の難易度】</p> <p>A種：○水利施設に近接して家屋、避難場所、河川、道路、鉄道、ライフライン等重要公共施設があり、水路の破壊による流出水が大量にこれらの場所に流入又は湛水し、人命若しくは社会経済的に極めて大きな影響を及ぼすおそれがある場合^{*3} ○又は、復旧期間が上水、工水が共用する施設2週間、工水のみ共用する施設4週間、施工日数30日以上の場合 ^{*3}以下のような場合を想定。 ①家屋など構造物が近接し、仮設道路が設置できない区間 ②公道、鉄道、河川などの横断区間 ③地すべり危険箇所 ④高圧区間（静水頭100m以上） ⑤管路の傾斜部（15°以上の傾斜部管路、露出配管）、埋設深が5mより深い地中構造物</p> <p>B種：○水利施設に近接して家屋、避難場所、河川、道路、鉄道、ライフライン等重要公共施設があり、水路の破壊による流出水が大量にこれらの場所に流入又は湛水し、人命に多大な影響はないものの社会経済的に大きな影響を及ぼすおそれがある場合^{*4} ○又は、復旧期間が上水、工水が共用する施設1週間、工水のみ共用する施設1～2週間、施工日数20日以上～30日未満の場合 ^{*4}埋設深が5m以下の地中構造物を想定。</p> <p>C種：○水利施設が甚大な被害を受けた場合でも付近の原野、水田等が湛水する程度で、社会経済的な影響が軽微な場合 ○又は、復旧期間が1週間未満若しくは施工日数20日未満、代替水源がある場合やA種、B種に該当しない場合</p>
	施設規模	<p>【供給される用水の中断あるいは、減量が地域の生活機能及び経済活動・生活活動に与える影響の度合い】</p> <p>A種：○農業用水5m³/s以上、又は農業用水1m³/s以上～5m³/s未満でも、工業用水若しくは上水道が2,500m³/日以上ある場合 ○受益面積≧1000ha ○又は、代替施設がなく、破壊した場合に重大な被害を生ずる上工水との共用区間</p> <p>B種：○農業用水1m³/s以上～5m³/s未満 ○又は、1000ha&gt;受益面積≧200ha</p> <p>C種：○農業用水1m³/s未満 ○又は、受益面積&lt;200ha</p>

## 施設重要度の評価

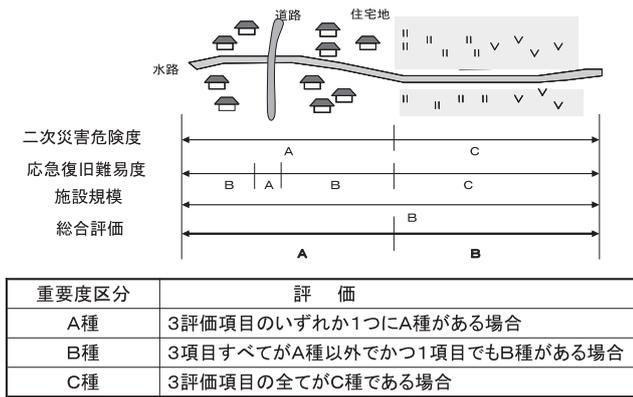


図-2 施設重要度評価の例

## 4. 設計地震動

### (1) 耐震設計の手引きにおける設計地震動

耐震設計の手引きにおけるレベル2地震動は、「一般的に土地改良施設がそのような地震動に遭遇する確率は低い、土地改良施設に与える影響は極めて大きいと考えられる。」と記載されている。また、レベル2地震動は、プレート境界型の地震で大きな振幅が長時間繰り返して作用するタイプI地震動と内陸直下型の地震で継続時間は短い極めて大きな強度を有するタイプII地震動に区分される。

耐震設計の手引きに記載されている一般的な地震動の設定方法の基本的な考え方については、以下の3つの方法が示されているとともに、阪神淡路大震災を踏まえた標準的な設計水平震度、速度応答スペクトル、加速度応答スペクトルが記載されている。

- ① 既往最大による方法
- ② 断層により直接的に地震動を算定する方法
- ③ 観測された地震動及び解析による地震動を統計的に処理し、一定の非超過確率を設定して地震動を

## 決定する方法

なお、レベル2地震動の定義は、「現在から将来にわたって当該地点で考えられる最大級の強さを持つ地震動」⁸⁾となっている。

### (2) 長大な既設農業用水路に適用する設計地震動

長大な既設農業用水路に適用する設計地震動としては、施設毎ではなく水路全体として検討することから、標準的な設計水平震度、速度応答スペクトル及び加速度応答スペクトルが記載されている耐震設計の手引きに加えて、当該地域における中央防災会議の公表地震動を比較検討するとともに、施設管理者や関係機関の意向も踏まえ決定している。ただし、対象とする地震（レベル2地震動）については、必ずしも想定地震動の波形データが公表されていないため、表-3を基に中央防災会議で公表されている入手可能な想定地震動の確認が必要となる。

#### ① 中央防災会議の地震動データ

中央防災会議の地震動のデータは、地震の影響を広域的に評価するために、約1km×1kmのメッシュ単位で工学的基盤面  $V_s=700\text{m/s}$  相当の代表波形が作成されている。

これらは、翠川の方法や一次元地震応答解析（例えばFDEL^{9, 10)}）を用いて、工学的基盤面  $V_s=300\text{m/s}$  相当の地震動データに変換し、耐震照査に使用する。

#### ② 工学的基盤面における地震動予測モデル

中央防災会議で公表されているデータは、当該のメッシュ内の細かな地形、地質の変化などを詳細に反映したものではなく、水路施設周辺の地盤情報を反映できないことや、メッシュ境界での解析結果に信頼性が乏しいなどの課題を抱えている。このため、解決策として3つの事例地区では強震動予測モデル（EMPR）を活用する方法を試みている。

EMPRとは、これまでに得られてきた強震記録を統

表-3 中央防災会議から入手可能な地震動データ^{11, 12)}

地震の種類	地震名		
I 南海トラフの巨大地震	基本ケース及び陸域ケース（2ケース）		
II 東海地震、東南海、南海地震	想定東海 東南海 （6ケース）	東南海+南海 南海	東海+東南海 想定東海+東南海+南海
III 首都直下地震	プレート境界茨城県南部 関東平野北西縁断層帯 都心西部直下 立川断層帯（10ケース）	プレート境界多摩 三浦半島断層群 都心東部直下	伊勢原断層帯 神縄・国府津-松田断層帯 東京湾北部
IV 日本海溝・千島海溝 周辺海溝型地震	根室沖・釧路沖 三陸沖北部	十勝沖 宮城県沖（4ケース）	
V 中部圏・近畿圏の 内陸地震	猿投-高浜断層帯 養老-桑名-四日市断層帯 花折断層帯（中部・南部） 生駒断層帯 中央構造線断層帯（金剛山地東縁-和泉山脈南縁）（13ケース）	名古屋市直下 M6.9 布引山地東縁断層帯東部 阪神地域直下 M6.9 の地震 山崎断層帯主部	加木屋断層帯 奈良盆地東縁断層帯 京都西山断層帯 上町断層帯

計処理し、メッシュで作成されている地震動データを各地点の基盤加速度波形に計算可能なモデル¹³⁾である。3つの事例地区では、標準的な実施設計を視野に200 m間隔の一次元応答解析(FDEL)を用いて、地表面最大加速度や地盤変位を求めている。(図-3) また、翠川の方法を用いて振幅調整を行う場合もある。

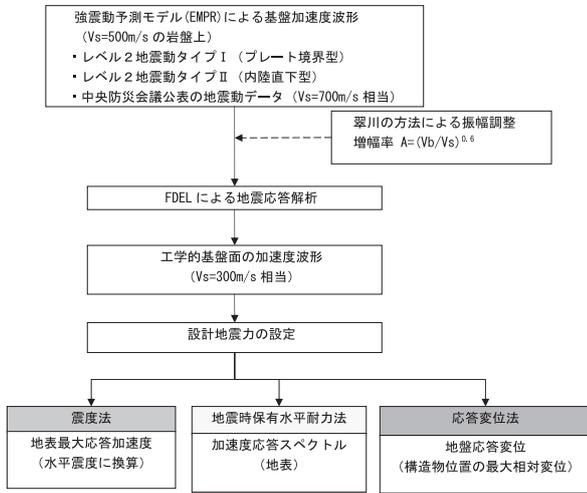


図-3 地震動予測モデルを用いた地震時外力の設定フロー

## 5. 耐震解析位置

耐震解析位置の選定に当たっては、最小の解析箇所ですべて全路線を評価できるように設定することが重要である。ここでは、長大な既設農業用水路の効率的な耐震性把握のため、調査事例地区を調査、整理した耐震解析位置決定の考え方を紹介する。

### (1) 地形・地質の概況把握

地形図、地質図、地盤図、土質柱状図などを用いて、施設の地盤における土質状態やN値からの換算 Vs 速度値による Vs 速度層構成及び工学的基盤面を把握・作成した地質想定縦断面図の他、構造物の設計図書(設計図、業務報告書)、完成図書(竣工図、施工記録等)、当時の設計基準、施工方法・技術、施工材料、事業誌・工事誌等の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者、実施担当者、施工者、管理者等に対して当時の考え方や状況等について聞き取り調査を行うことが重要である。これにより、対象となる既設農業用水路の基礎諸元、設計条件等を整理する。

地質想定縦断面図は、工学的基盤面はもちろんのこと表層地盤モデルの設定や地震応答対策検討箇所の選定及び断層の有無を判別するために必要となる。特に、これらの地形・地質の概況把握は、耐震解析位置決定の際、重要な事項となる。

また、既存の資料が入手できない場合、ボーリング調査や表面波探査などの地質・地盤調査、土質試験に準じた室内土質試験を行うことが重要である。

なお、調査に要する期間や予算に限りがある場合、

他の基準類^{14, 15)}を参考にして耐震照査に必要な各種パラメータを設定することもやむを得ないが、事業実施に当たっては、上記に記載した土質試験・地質調査を十分に実施する必要がある。

### (2) 耐震解析位置

長大な既設農業用水路の耐震性を効率的かつ定量的に把握するために最も重要なことは、耐震解析位置の選定である。

まず、暗渠、パイプライン、開水路等の構造種別でグループ化する。次に、各グループにおいて最少の断面数で耐震解析を行うことにより、グループ全体の耐震性を評価できるように、当初設計の荷重の考え方やそれを踏まえた断面形状・寸法・配筋図、また管種・管径などにより、構造物の地震耐力の強弱を概略把握するとともに、地盤に生じる地震力を考慮して耐震解析断面の位置を選定する。例えば、地震耐力が大きい断面で地震力の小さい地盤において耐震解析を行い、耐震性を有しないと照査された場合は、グループ全体も耐震性を有しないと評価できる。逆に地震耐力が小さい断面で地震力が大きい地盤において耐震解析を行い、耐震性を有すると照査された場合は、グループ全体も耐震性を有すると評価できる。(図-4)

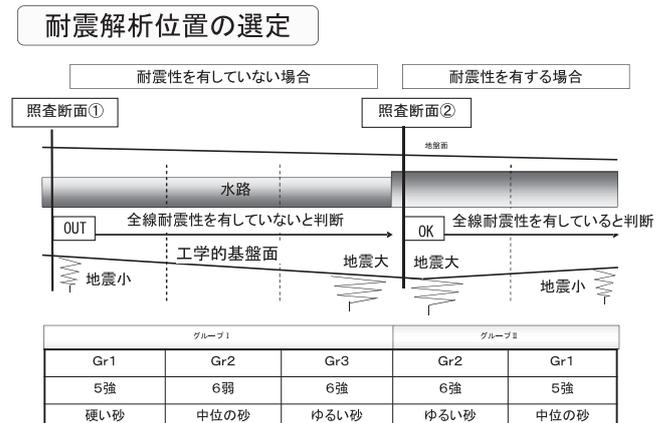


図-4 耐震解析位置の選定

また、表-4の事例地区では、構造種別ごとの地震に対する影響度合いを事前に概略的に判断し耐震解析位置の決定に反映させた地区もある。例えば、作用する地震動が小さい断面において比較的多く影響を受ける暗渠や開水路を選定し耐震解析を行うことで、グループ全体が耐震性を有していない場合となる可能性が高いと推察することができる。一方、作用する地震動が大きい断面において地震に対する影響度合いが小さいパイプラインを選定し耐震解析を行うことで、グループ全体も耐震性を有する場合となる可能性が高いといえる。

なお、地形・地質の概況把握によってトンネル等が工学的基盤面内に設置されている場合は耐震解析位置から除外することが可能である。

表-4 事例地区における構造種別ごとの地震に対する影響度合い

構造種別	地震に対する影響度合い (各断面の埋設条件を単純化したモデルで、 常時荷重及び地震時荷重による断面力の発生 状況を比較し、地震時の影響の強弱を評価)
暗渠 (矩形)	比較的大きく影響を受ける
暗渠 (馬蹄形)	比較的大きく影響を受ける
パイプライン (円形)	影響は小さい
開水路 (フルーム水路)	比較的大きく影響を受ける

## 6. 地震応答対策

平成21年3月に改定された設計基準「パイプライン」には、耐震設計手法が確立していない地盤変状に対する安全性を確保するため、応答変位法などの耐震設計に基づく対策を検討した後、屈曲部、土質変化点、ごく軟弱な粘性土層及びシルト層、液状化の予想される飽和砂質土層など、計算により定量的な対策が得られないものについて、地震応答対策を行うこととなっている。

地震応答対策は、地震動に対する地震応答対策と地盤変状に対する地震応答対策に区分されており、事例地区では、各種基準類^{16, 17, 18)}における考え方を参考にして、簡易的に抜け出し量を算出している。

管接続部の抜け出しの許容値は、漏水による2次災害の防止、継輪の経年変化を考慮して、規格値(土木工事施工基準：農林水産省農村振興局整備部設計課監修)の1/2としている。また、抜け出し量の算出結果は総和であることから、過去の地震被害を踏まえて許容抜け出し量を3本で分担させることや、8本で重み付けをして分散させるなどの設定がなされている。

なお、評価した地震応答対策箇所は以下の4点である。(図-5)

### ①水平屈曲部

### ②鉛直屈曲部

### ③水路付帯施設との接続部

### ④土質変化点(地形変化点、地盤急変部も含む)

## 7. 液状化の検討

液状化の検討は、耐震設計の手引き、設計基準「パイプライン」に記載のある以下の3条件に適合する場合に必要となる。

- ・地下水位が現地盤面から10m以内にあり、かつ現地盤面から20m以内の深さに存在する飽和土層
- ・細粒分率FCが35%以下の土層、又はFCが35%を超えても塑性指数Ipが15以下の土層
- ・平均粒径D₅₀が10mm以下で、かつ、10%粒径が1mm以下である土層

液状化の検討には、ボーリング調査、地下水位調査、土質試験等を行い、N値、FC(細粒分含有率(%))、及びD₅₀(平均粒径)が必要である。

しかしながら、長大な既設農業用水路を対象として液状化の検討を行う場合、水路施設の全範囲を対象とするのは水路延長に対するボーリング調査の回数や耐震解析断面数等の決定方法が不明なことから非効率的である。このため、事例地区ではまず、自治体で公表されている液状化マップや、J-SHIS(地震ハザードステーション)で公表されている微地形区分(250mメッシュ)、航空写真等を参考に、液状化の発生を概略的に検討し、その結果を踏まえてボーリング調査等を実施し、設計基準「パイプライン」の標準の検討方法であるFL値法などによって実施することが効率的である。

図-6はGISを活用して県が公表している液状化危険度マップに農業水利施設を重ね合わせたもので、液状化の危険度を概略的に判断し、評価したものである。ただし、地方自治体が策定している地域防災計画に想定地震動の検討がなされる場合もあることから、各事

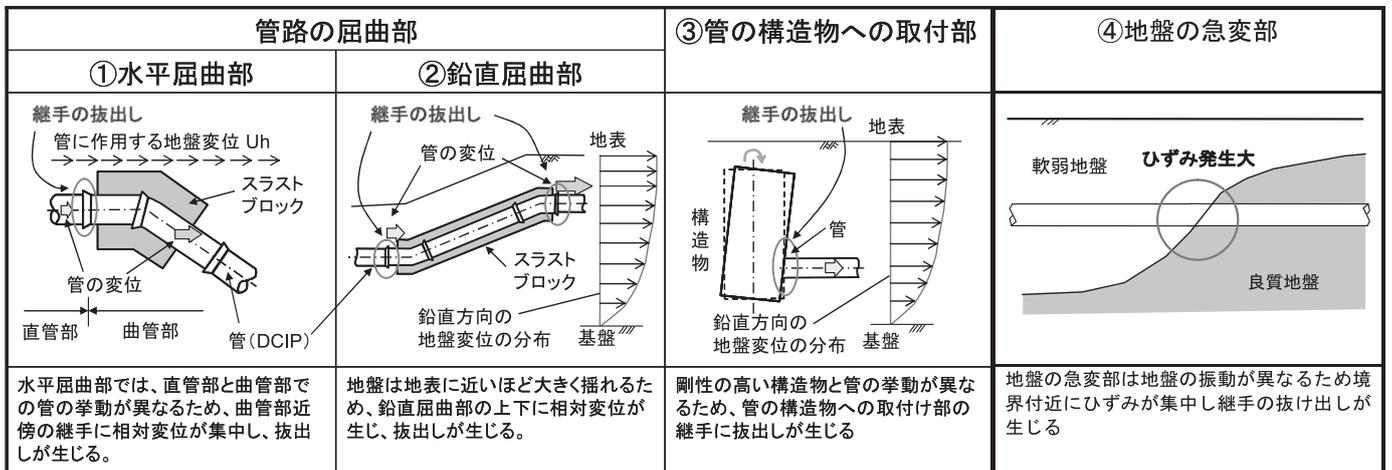


図-5 地震応答対策検討箇所



なお、東日本大震災ではパイプラインの埋戻し土が液状化し被災したため、埋戻し土の土質性状を把握することが重要であり、特に砂基礎が使用されている場合には注意を要する。

## 8. おわりに

これまで報告した耐震調査は、国営地区を対象に試行錯誤しながらまとめた簡易な一手法であり、今後の研究や技術革新により改良の余地は十分あると思われる。会員の皆様のご意見を賜れば望外の喜びである。

長大な構造である既設農業用水路全体の耐震化は、多額の費用を要するだけでなく、過大な構造物となる場合も想定されることから、重要度評価の結果や機能診断の結果も総合して、耐震対策や、ソフト対策を含む減災対策について、関係機関や地元と十分に調整しながらさらに検討を進め、国の大切な資産である農業水利施設を次世代に引き継いでいくことが必要である。

## 【引用・参考文献】

- 1) 地震調査研究推進本部：HP，南海トラフの地震活動の長期評価（第二版）について（2013.5）
- 2) 農林水産省農村振興局：土地改良施設耐震設計の手引き（2004.3）
- 3) 土地改良事業計画設計基準及び運用・解説 設計「パイプライン」（2009.3）
- 4) 財日本水土総合研究所：平成22年度東海農政局大規模地震対策評価検討業務委託事業報告書（2011.3）
- 5) 財日本水土総合研究所：西関東土地改良調査管理国営土地改良事業地区調査三方原用水二期地区大規模地震対策等検討業務（2011.3）
- 6) 財日本水土総合研究所：平成23年度南紀用水地区耐震補強検討業務報告書（2012.3）
- 7) 財日本水土総合研究所：平成24年度吉野川北岸地区耐震対策検討業務報告書（2013.3）
- 8) 土木学会地震工学委員会レベル2地震動研究小委員会：HP，レベル2地震動研究小委員会の活動成果報告書（2000.3）
- 9) 杉戸真太，合田尚義，増田民夫：周波数特性を考慮した等価ひずみによる地盤の地震応答解析法に関する一考察：土木学会論文集，No493Ⅱ-27（1994）
- 10) Sugito, M., Y. Furumoto and T. Sugiyama: Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra, 12th World Conference on Earthquake Engineering, 2111/4/A, CD-ROM, 2001
- 11) 中央防災会議：南海トラフの巨大地震モデル検討会において検討された震度分布・浸水域等に係るデータ提供について（2012.12）
- 12) 中央防災会議：中央防災会議において検討された地震動及び津波に係るデータについて（2007.4）
- 13) 久世益充，杉戸真太，能島暢呂，柳生健司：強震動加速度記録を用いた1999年台湾集集地震における震源過程のインバージョン：第26回地震工学研究発表会講演論文集（2001.8）
- 14) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説V耐震設計編（2012.3）
- 15) 日本道路協会：道路土工擁壁工指針（2012.7）
- 16) 日本水道鋼管協会：水道用埋設鋼管路耐震設計基準（2006）
- 17) 日本ガス協会他：高圧ガス導管耐震設計指針（2004）
- 18) 日本下水道協会：下水道施設の耐震対策指針と解説（2006）
- 19) 国土庁防災局：液状化地域ゾーニングマニュアル（平成10年度版）（1999.1）
- 20) 国土交通省関東地方整備局，公益社団法人地盤工学会：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態解明報告書（2011.8）

# 田沢疏水の歴史

## A History of TAZAWA Irrigation Canals

井原 昭彦* 長根 秀一**  
(Akihiko IHARA) (Syuichi NAGANE)

### 目次

1. はじめに .....	65	5. 第二田沢疏水 .....	68
2. 田沢疏水の始まり .....	65	6. 田沢疏水の改修 .....	68
3. 御堰 .....	66	7. 田沢二期農業水利事業 .....	69
4. 昭和の御堰（田沢疏水） .....	67	8. おわりに .....	69

### 1. はじめに

秋田県南東部を流れる雄物川流域には、南北約60km、東西約15kmにおよぶ横手盆地があり、盆地の北部は仙北平野、中南部は平鹿平野と呼ばれている。(図-1) この仙北平野の東部に現在の田沢疏水がある。田沢疏水の起源は、約190年前に遡る江戸時代後期に新田開発のために計画、造成され、その後放棄された用水路である。昭和に入り山側に路線を移し、資材不足の中建設され、これまでに改修が一度行われ現在に引き継がれている。



図-1 仙北平野（秋田県）

平成23年9月からは、田沢二期農業水利事業により田沢疏水左岸及び右岸幹線用水路、更に東側の奥羽山脈側に位置する第二田沢幹線用水路等に係る施設の改修事業が始まった。

本稿では、新たな改修事業の開始を機会に、田沢疏水の歴史を振り返るとともに、仙北平野東部の農業水利開発の変遷について紹介するものである。

### 2. 田沢疏水の始まり

仙北平野での大規模な農業水利開発は、江戸時代に遡る。江戸時代に秋田を治めていた佐竹藩は、慶長7年(1602年)秋田への移封後、藩財政安定のため新田開発を奨励した。しかし仙北地方では、山地が占める地域が多く、しかも平野は扇状地のため標高差が大きく水利の便が悪いため開発が他地域より遅れていた。江戸時代中期の1705年以降、藩内では宝暦、天明、天保の飢饉や凶作が頻発したため農村が疲弊し、新田開発が停滞したが、秋田藩は財政を改善するため、新田開発の開墾者に対する減免や特典を設けるなどの対策を行っている。

仙北平野では、新田開発に必要なかんがい用水を確保するために農業水利開発が行われてきたが、その一つに現在の田沢疏水の起源となる事業がある。この開発計画では、3,000町歩(約2,980ha)の開田のため仙北郡白岩村(現仙北市角館町)広久内地先の雄物川支流の玉川に堰を設け、左岸から川内池村(現仙北郡美郷町野荒町)に向かう約26kmに及ぶ素掘水路が計画された。

この開発計画は、角館の芦名家遺臣で後に秋田奉行などを勤めた蓮沼沖の計画と進言により、藩財政に携わる高橋新兵衛と六郷村(現美郷町)の資産家数名が協力して行われた。この事業は、佐竹藩主佐竹義厚公の時代の1825年(文政9年)に着手され、新たな水路と

* (現) (一社) 地域環境資源センター集落排水部  
(Tel. 03-3432-6282)

(前) 東北農政局田沢二期農業水利事業所

** 東北農政局田沢二期農業水利事業所工事課  
(Tel. 0187-66-3255)

山林原野約 200ha の新田開発を行い、1833 年（天保 4 年）に完成した。この水路が現在の田沢疏水の起源であり、御堰と称された。御堰は完成後、洪水による河川横断部の掛樋の破損等を修繕しながら利用されたが、1854 年（安政元年）の洪水により玉川の取水口を始め河川を横断する樋管が破壊され、ほとんど使用不可能となった。1904 年（明治 37 年）には、復旧のため秋田県が調査を行ったが、復旧には至らなかった。

### 3. 御堰

御堰の素掘水路跡は、仙北平野でのほ場整備の進展、また耕地や道路用地等として利用されたこと等から、現在ほとんど残っていない。太田町史通史編（大仙市）に、大仙市太田町新田の御堰跡の素掘水路が紹介されている。（写真-1）この御堰跡は約 50 m 程度残っており、水路底の西側が道路擁壁となり、東側は当時の素掘水路の法面と見られる斜面が残っている。水路底から左岸の堤までの高さははっきりしないが、法面は、ほ場整備された水田の畦畔につながっている。



写真-1 御堰跡（下流側から上流方向）

また御堰跡は、秋田県遺跡地図情報によると文化財には指定されていないが、場所等の遺跡情報が 2 箇所登録されている。1 箇所は痕跡が無くなっているが、仙北郡美郷町湯ノ沢には痕跡が残っている。現地確認の際には、地域の住民の方に伺っても御堰について知る人がおられず、集落の古老でないとどこを通過していたのか解らない状況だった。現在の御堰跡は、昨年埋められ畑になっていたが、写真-2（下流側から上流方向）の様に、写真の左手前の盛土状に見える部分及び右側の一段上がった畑の法が素掘水路の堤跡であるとのことだった。また水路の深さは、水路底に立つと、堤から頭が出なかったとのことであり、深さは少なくとも 150～60cm はあったものと思われる。また当時の測量は、夜に松明を使い行つたと父親から聞いたことがあり、建設時の様子も今では語り継がれることもなくなっているとのことだった。

この他、御堰の痕跡が残っている場所は、数カ所あ

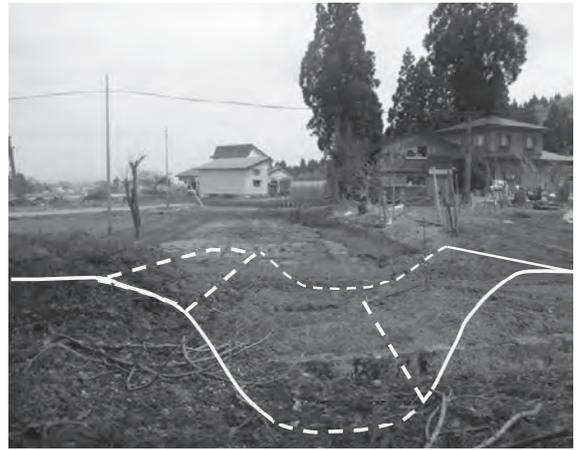


写真-2 御堰跡（下流側から上流方向、点線は推定）

るが、ほ場整備や地域の開発が進められる以前の地形図である旧版地図（5 万分 1 地形図の角館（大正 5 年測量）及び六郷（大正 2 年測量））に、御堰が「土囲」として表示され、御堰の素掘水路がどこを通過していたのかがわかる。（図-2）

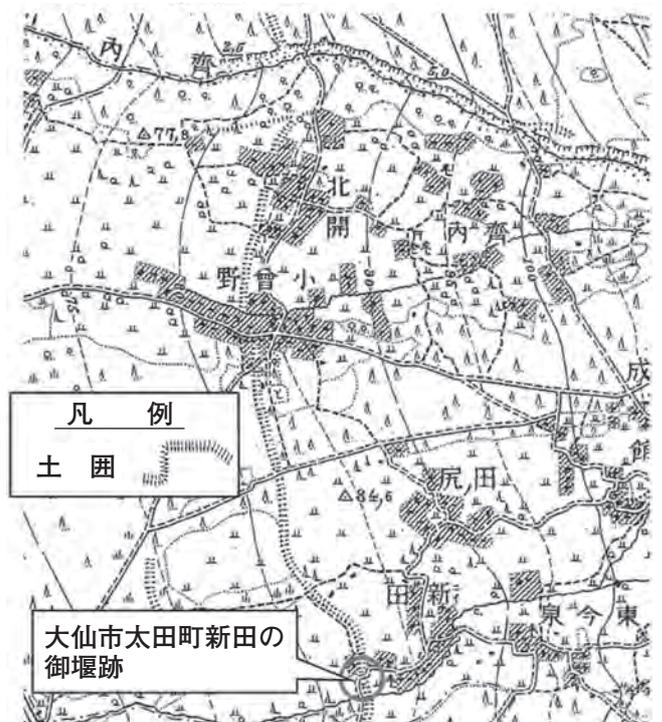


図-2 旧版地図（この地図は、国土地理院発行の 5 万分の 1 地形図（角館）を使用しました。）

また旧版地図より以前の明治 11 年（1878 年）前後に作成されたと見られる公図には御堰が示されており、現在の地積図等と比較すると詳細な路線が解ると思われる。次の図は、旧版地図に表示された御堰の路線を現在の地形図に転記したものである。旧版地図では、現仙北市角館町広久内地先にあったと言われる玉川の取水施設から仙北市角館町白岩までの間や路線の一部で素掘水路の表示が無い。また現仙北郡美郷町六郷付近で素掘水路の表示が無いが、更に下流の美郷町野荒町に御堰の末端部分が表示されている。（図-3）

奥羽山脈西側の麓を最上部に西側に傾斜する扇状地である仙北平野を、御堰は白岩付近で標高約 82 m から末端部では約 62 m までの約 20 m の落差で、南北に等高線に沿って通っていた。この路線は、後述する現在の田沢疏水左岸幹線用水路より 500 m 程度西側の 10 m 程度低い場所となっている。

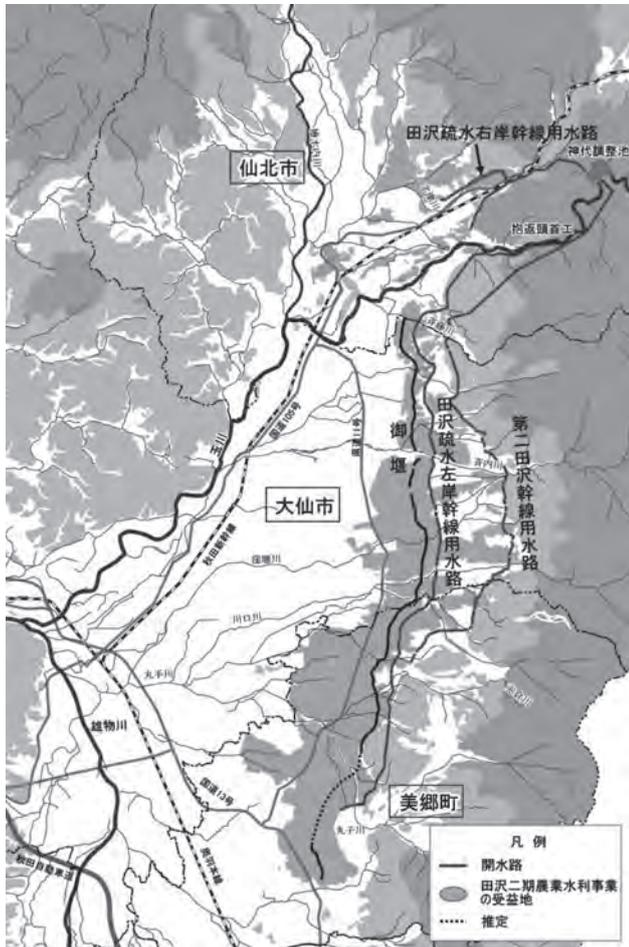


図-3 御堰，田沢疏水，第二田沢幹線用水路

#### 4. 昭和の御堰（田沢疏水）

大正時代に入り幾度か御堰の復旧が計画されたが実現しなかった。この時代は、食糧需給が逼迫していたことから食糧増産が進められており、その対策として、当時の農商務省が全国で集団開墾適地について土地利用計画を立て、耕地拡張事業を促進しようとしていた。仙北地域では、秋田県知事の申請に基づいて、神代村（現仙北市）外 2ヶ町村及び白岩村（現仙北市角館町）他 9ヶ町村の 2地区の土地利用計画が立てられた。この計画は、田沢湖、玉川及び新設のため池等を用水源として、1,640町歩（約 1,630ha）の開墾を行うものであった。一方昭和 11 年 4 月に東北振興電力株式会社が設立され、田沢湖及び玉川の河水を調整利用して玉川に発電事業を行うことになった。その水利用計画については、開墾計画と両立させるために、当時の内務、逓信、農林省の三省間で協議が成立した。農林省は田沢疏水

開墾計画を策定し、昭和 12 年（1937 年）3 月第 70 帝国議会での協賛を得て、国営田沢疏水開墾事業が開始された。（図-4）この事業は、山林原野などの開墾を行い、土地利用を増進し農村経済の改善を図ると共に、開墾地には自作農を増やし優良な農村を創造することを目的とした。かんがい用水は、雄物川支流の玉川の抱返溪谷内にコンクリート重力式堰堤（現在の抱返頭首工（写真-3））から  $12.25\text{m}^3/\text{s}$ 、神代調整池の神代取水門（現在の神代右岸取水口）から  $2.66\text{m}^3/\text{s}$  を取水し、幹線用水路（左岸 31.26km、右岸 2.6km）、開墾地区 2,500 町歩（約 2,480ha）（内 1,700 町歩（約 1,690ha）は地元小農家の増反、800 町歩（約 620ha）は入植者向け）として計画されている。

昭和 12 年から主要工事を農林省、他の工事を秋田県及び地元耕地整理組合が分担し着工している。昭和 18 年の農地開発営団（戦前の食糧増産政策を目的とする特殊法人）の発足と同時に営団に継承されたが、昭和 22 年の営団の閉鎖により再び農林省の直轄事業として行われるという経過を経て、当初の事業期間の 7 カ年は、太平洋戦争のため大幅な延長を余儀なくされている。（写真-4）また開墾工事は、当初人力により行っていたが、昭和 30 年代に入りブルドーザーによる土木工事の時代を迎え、年間 500ha 以上の開墾が可



図-4 田沢疏水開墾地区 事業概要図



写真-3 建設当時の抱返頭首工

能となり、昭和37年度に完了している。

田沢疏水左岸幹線用水路は、玉川での取水位置が御堰の取水位置より高位に計画されたため、御堰より東側の高位部を通り、荒野が開田され、かんがい受益農地を広げることになった。この田沢疏水開墾事業の完成は、江戸時代からの新田開発、農業水利開発にかけた農家、関係者の多大な苦難の歴史の上に完成した昭和の御堰とも言える。



写真-4 幹線水路工事（昭和25年頃）

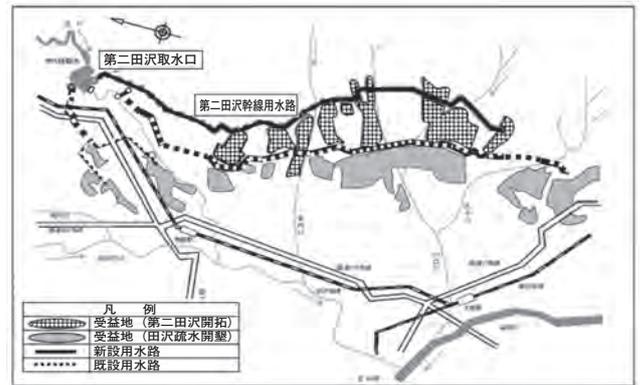


図-5 第二田沢地区 事業概要図



写真-5 完成当時の斎内川水管橋

## 5. 第二田沢疏水

昭和20年8月の終戦後には、厳しい食糧危機に直面したため、食糧増産と戦災、海外引き揚げ者の雇用対策を目的に、開拓を促進するため各種事業が進められた。昭和30年代に入り、開拓から経営規模拡大の動きが活発となった。仙北平野においては、田沢疏水開墾事業により広大な原野が開拓されたが、左岸幹線用水路の更に東の上部地域の開発が取り残されていた。またこの地域の既墾地の水田は乾田化が進み、かんがい用水不足が生じたため地下水が利用され、また経営規模も開墾地域と比べ低くなっていた。このため、第二田沢疏水の要請が関係町村から秋田県に出されている。このような背景から農地造成により経営規模を拡大し、農業構造の改善と自立経営の育成を図るため、開拓と基幹から末端までの水利施設を一貫して施工するモデル事業として開拓パイロット事業制度が制定され、国営、県営等の事業が実施された。

仙北平野では昭和38年、国営総合開拓パイロット事業の全国第1号の地区として実施されたのが、国営第二田沢開拓建設事業である。(図-5)本地区は、既存農家の自立的な農業の基盤を整備するため、玉川水系にある神代調整池の左岸から最大 $3.00\text{m}^3/\text{s}$ を取水する第二田沢取水口、第二田沢幹線用水路25.5kmの新設をはじめ、地区内の支線、小支線、小用水路、農道等まで施工した。(写真-5, 6)また田沢疏水の受益地より更に一段高い東側にある未墾地507haの開拓や既耕地の区画整理366haを行い、昭和45年度に完



写真-6 建設中の斎藤川水路橋

了している。

本事業による仙北平野の東端を通る第二田沢幹線用水路の完成をもって、江戸時代から続く仙北平野東部の農業水利開発、新田開発がほぼ終了したとも言える。

## 6. 田沢疏水の改修

昭和40年代後半には、国営田沢疏水開墾事業により造成された幹線用水施設は、戦中戦後の資材不足の時代に施工され、施工後30年以上が経過し、水路の崩壊が多くあり維持管理費用も増加している状態にあった。このため、田沢疏水左岸及び右岸幹線用水路約31km、抱返頭首工及び神代右岸取水口を更新する

ため、昭和54年度から国営田沢疏水農業水利事業が開始された。当時かんがい用水は、玉川及び溪流小河川に水源を依存していたが、溪流小河川依存地域では、地下水に依存しており、受益面積3,890ha全体にわたる水利用計画の見直しもこの事業で行われた。また国営の関連事業としてはほ場整備事業、暗渠排水事業を行い、農業経営の近代化と営農の合理化を進め、平成元年度に完了している。(写真-7)



写真-7 現在の田沢疏水左岸幹線用水路

## 7. 田沢二期農業水利事業

このように田沢疏水地域では、幹線用水路等の基幹水利施設が長年にわたり整備され、一部は改修が行われ、関連する圃場整備等が進み、現在では秋田県を代表する穀倉地帯となった。しかし、これらの基幹施設は整備後20～40年以上の年数が経過して、老朽化が進みコンクリート水路には亀裂や漏水等が発生し、農業用水の安定供給に支障を来してきているとともに、施設の維持管理に多大な経費と労力を必要となってきた。また、一部のほ場区画が狭小で大型機械による農作業が困難であることや水源が不安定で用水不足となっていることから、効率的な営農の実施にも支障をきたしている状態にある。

このため、本事業は頭首工、取水口及び幹線用水路の改修を行い、また第二田沢幹線用水路掛かりの一部の受益地を田沢疏水左岸幹線用水路掛かりに変更するかんがい用水の再編を行う計画となっている。これにより農業用水の安定的な供給と施設の維持管理の軽減を図るとともに、関連事業により区画整理を実施することで営農の合理化を図り、農業生産の向上と農業経営の安定に資することを目的に国営田沢二期農業水利事業が平成23年度からはじまった。また、本事業では施設の改修に併せて地区内の農業用水が従来から有している、景観・親水、消流雪用水、防火用水等の地域用水機能を、秋田県田沢疏水土地改良区が行っている農業水利施設保全合理化事業と一体的に行い整備を推進していく計画となっている。(図-6)

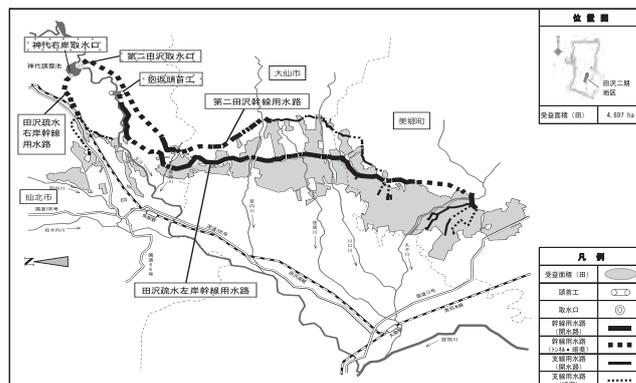


図-6 田沢二期地区 事業概要図

## 8. おわりに

江戸時代からの地域の人々の農業水利開発への思いと努力の結果、現在の田沢疏水左岸幹線用水路や第二田沢幹線用水路等をはじめとする現在の田沢疏水が完成した。また田沢疏水の建設とともに、昭和15年ころから本地域で入植が始まっている。当時の入植農家の当時の苦労話等が、「疏水のながれ」(太田町公民館編)に残されている。昭和30年代のブルドーザーによる開田作業が行われるまでは、人力による抜根や開墾田からの多くの石の排除等、過酷な労働を強いられていた。今では想像も出来ない状況の中での開墾作業であったが、現在では、秋田県有数の水田地帯となっている。

現在、田沢疏水左岸及び右岸幹線用水路、第二田沢幹線用水路等の基幹施設は、秋田県田沢疏水土地改良区を中心に維持管理が行われている。この歴史ある田沢疏水が、土地改良区の適切な維持管理を通じて、仙北平野の農業農村の持続と発展のため引き続き長く利用されることを願う。

なお御塚跡の調査に関して、秋田県大仙市の高橋一倫氏に貴重な情報を提供頂いた。ここに記して感謝の意を表す。

### 【参考文献】

- 1) 仙北土地改良協会：仙北土地改良誌，二巻，pp.1-7, 1989
- 2) 大仙市：太田町史，通史編，pp.277-278, pp.810-824, 2007
- 3) 農林省田沢疎水開拓建設事業所：田沢疎水開拓建設事業概要，pp.1-6, 昭和27年(1952年)5月
- 4) 師岡政夫：田沢疎水開墾國營事業の概要，「耕地」第十二巻第7号抜粋刷，pp.1-5, 1944
- 5) 秋田県田沢疏水土地改良区：疏水の歩みを語る，PP.35-36, 平成9年10月
- 6) 東北農政局田沢二期農業水利事業所：田沢二期地区農業水利事業概要図，平成24年1月
- 7) 太田町公民館編：疏水のながれ，1985年

## 施設管理・調査業務支援のための AR機能を搭載したモバイルGIS技術

山本 徳司* 重岡 徹**  
(Tokuji YAMAMOTO) (Toru SHIGEOKA)

### 目次

1. GIS利用の現状と拡大	70	5. モバイルGISの野帳機能の搭載	73
2. GIS利用の方向性	71	6. AR機能の搭載	75
3. これからのGISに求められる要件	72	7. おわりに	76
4. モバイルGISの基本システム	73		

### 1. GIS利用の現状と拡大

農業農村整備事業において、地理情報システム (GIS) は、土地・水利用、環境・防災、地域振興等において、計画から設計・施工・管理に至る各段階で技術者に利用されている。また、住民参加活動における学習・プレゼンテーションの場に無くてはならないツールとなりつつあり、近年多くの事業現場でGISが導入されつつある。さらに今後、国営・県営規模の農業水利施設のストックマネジメントから地域住民による農地・水保全管理などの末端施設の管理施策を効果的に推進するに当たって、GIS技術の利用拡大が見込まれる。

しかし、その利用実態を見ると、設計コンサルタント等ではGISの本来の特徴を活かした利用がされているが、国・都道府県や自治体の農林行政部局では、まだGISの持つ機能の本格的な利用には至っていない。広域の農林地や水路網等の膨大な地図・地理データが集積されたシステムがあるものの、地図の閲覧、申請確認程度の利用に留まっており、今以上の利用拡大が期待されている。また、利用拡大が進まない要因の一つとして、情報更新の遅れの問題は大きい。GIS情報の更新は末端利用者の人海戦術に頼るところが多く、情報の更新が現場からの要求に対応できずに、普及を遅らせているのも事実である。情報共有の価値が利用者間で認められ、必然性のある情報更新が継続的になされて初めて普及と言え、時期の固定された地理情報をビューア等によって配布する程度では普及とは言えない。

農業農村整備事業での効果的なGIS活用のためには、費用面、保守管理面、操作面の改善による導入促進策も必要であるが、それ以上に、利用場面の拡大と情報更新技術の早急な開発が求められている。¹⁾

基盤となる地図等の更新は、国や都道府県行政側での整備も徐々になされ、市販価格も低下しているため、ある程度事足りてきた。しかし、現場における属性データ (質・状態に関するデータ) の更新は、現場調査者や住民の協力を依らざるを得ないため、GISを活用した調査システムのモバイル化及びその高速化・高度化を実現し、効率の向上を図ることが必要であり、それによって利用頻度は格段に向上する。

そこで、農村工学研究所では、株式会社イマジックデザインと平成18年度～20年度にかけて、官民連携新技術研究開発事業「住民参加型農村計画策定支援システム」²⁾において開発した3次元クライアント&サーバ型農地基盤地理情報システムである「VIMS」を基幹システムとして、平成23年度～25年度において、同じく、官民連携新技術研究開発事業「農業水利施設のストックマネジメントを支援するオンサイト情報システムの研究開発」において、近年急激に高速化、広域化した通信網とAndroidやiPad、iPhone等に代表されるモバイルPCをフル活用し、現場で作業が可能なオンサイト地理情報システムの開発を行った。

本研究における特有用な技術課題としては、1) 情報の入力負荷を低減する位置情報取得精度の向上方法、2) オンサイトで求められかつモバイルデバイスの特徴を利用した容易な情報入力方法、3) AR機能等のシステム活用のための支援システムである。ストックマネジメント自体がこれから拡大する業務であることと、モバイルの性能的課題はあるものの、現場利用の技術はすでに実用に達していることから、本研究開発では、即実用に資する技術開発を目標としながら、一

* (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所  
企画管理部 (Tel. 029-838-7503)

** (独)農業・食品産業技術総合研究機構 農村工学研究所  
農村基盤研究領域 (Tel. 029-838-7534)

歩先に進んだ機能の搭載も行い、実利用の中で詳細な部分についての改良は今後も進めることとしている。GISは初期投資、保守管理が高額で、かなりの経済的負担となる技術ツールであるが、本開発システムは、これまでと比較して、極力費用負担を小さく抑えていることから、費用に見合った効率化が図れる。

開発の主たる目的は、ストックマネジメント業務の支援であるが、モバイル化のために搭載する機能は、災害調査や耕作放棄地等の農地基盤調査の支援にも活用できる。

## 2. GIS利用の方向性

### 2-1. 農地管理ツールとしての対応

農業において利用されているGISとして代表的なものに農地基本台帳がある。現在、農業委員会が法令業務として手作業で行ってきた「旧来の農地基本台帳」(以下「台帳」という。)に電子情報化(データベース化:以下「DB化」という。)を図り、これに対応する地理情報を結びつける(以下「GIS化」という。)作業が進められており、全国で3割ほどが実施済みといわれている。この台帳の「DB化+GIS化」は、土地資産である農地の位置情報と法的位置付け、及び権利関係の情報を一本化してフレキシブルな土地施策を可能とし、また、台帳の情報のチェックも併せて進められているため、精度も向上し、農地基本台帳のGIS利用が進めば、大規模農家や認定農業者らの担い手に早くから求められていた農地利用集積の検索ツールや人・農地プランの策定ツール等、視覚的な基礎資料作成ツールのとしての活用領域の拡大も見込まれる。(図-1)

### 2-2. スtockマネジメントへの対応

土地改良施設の資産価値は基幹的な水利施設で18兆円、全体では32兆円にも及ぶとされているが、その多くは戦後の食糧増産や高度経済成長期に整備されてきたことから、耐用年数を超過した老朽施設が増加している。一方、国と地方ともに財政状況は厳しく、施設の全面的な更新は困難になっており、施設の長寿

命化対策を講じ、既存ストックの有効活用を図ることが求められている。³⁾

現在、基幹的な農業水利施設を対象に、各事業主体や管理主体が保有している情報の一元化を図るとともに、ストックマネジメントの各段階で得られる各種情報を集計・分析するためのツールとして、農林水産省は「農業水利ストック情報データベース」(以下「水利ストックDB」という。)の本格的な運用を2007年度から開始している³⁾。水利ストックDBと農地基盤に関する情報をGIS上で連動することは技術的にはそう難しいことではない。しかしながら、農地基盤の状態と耕作形態、農道や農業水利施設の維持管理状態等の情報が毎年のように変動するため、これに即応して情報更新を行っていかねば、GIS化された「水利ストックDB」は利用価値を失うこととなる。しかし農地に関するデータの更新には多大な労力と費用を要するので、調査の簡便化を図り、その結果を直ちに閲覧でき、情報を継続的に有効活用できる技術を開発することが必要である。

現場における属性データの更新は、現場調査者や住民の協力が頼らざるを得ないため、情報の調査システムのモバイル化・高度化は開発の重要な要件となる。(図-2)また、これに合わせ、現場の情報が直ちにその情報を必要とする者に利用可能となることも、次世代の情報システムとして重要である。



図-2 水利施設の位置と設計図面管理



図-1 農地基盤台帳をGISで整理



### 2-3. 地域自治防災への対応

平成23年の東北地方太平洋沖地震以降、南海トラフを震源とする東海・東南海地震への対応が課題となり、日本全土で防災・減災意識が高まっている。津波被害もさることながら、農村部に多いため池施設の決壊等への対策が大きな課題である。また、近年頻度が高くなった局所豪雨による土石流、洪水についても、地域住民の関心は高く、GISを活用したハザードマップの充実とその公表はもちろんのこと、住民自身が地域に起こりうる災害（被害）を普段の生活の中で意識して想像することで地域の災害リスクを感覚的に認識し、自主的な防災活動方針を明らかにしていこうとする動きも多い。

突発性の高い災害においては、公的な情報開示を待つのでは遅く、自主的な情報収集により、独自の判断ができるようにしたいという意識を住民は持っている。無益な公的責任論より、自身で判断できる情報を共有できることを求めている。

地形や土壌、道路、水路等の既存の空間データだけでなく、住民自身が有する経験知としての過去の災害記憶データ、科学的知見によって得られるシミュレーションに加え、雨量、水位などの観測データを一貫してGISに取り込めば、初期判断を迫られる区長や消防団長が行動判断のための訓練を日常的に行える。

### 2-4. 高度な地域資源管理への対応

多面的機能の発揮において、農村の生態系や景観機能の持続的管理は重要な要件であり、GIS技術の活用が期待されている。緑地と水域の関係性の中で人間がどのような営みによって生態系に影響を与えているのかを土地情報から紐解き、適正な景域計画を施策推進することが、長い年月を生き抜く地域の力を形成する。

田んぼの生き物調査等の全国的な生物資源データが集積され、環境省の環境モニタリングのデータも充実してくるにつれ、GISの役割は大きくなる。また、農地・水・環境の保全にかかる施策の推進に伴い、地域毎に環境への配慮が息づきはじめており、GIS技術は末端での生物モニタリング、水質管理などにも使われるようになるであろう。



図-3 景観・生物資源のモニタリング情報管理

山形県河北町元泉地区は130戸、500人ほどの平地水田地帯で、農地・水保全管理支払交付金（以降「農地水」と略す）の対象地区であるが、先進的に住民ベースでGISを活用し、農地、水路、道路だけでなく、生き物や景観なども含めた地域資源管理を進めている⁴⁾。（図-3）

### 3. これからのGISに求められる要件

農業農村整備事業におけるこれまでのGISソフトウェアの開発は、行政側での利用に資するものが殆どであり、地域住民や小規模の団体等が欲する機能を考えた議論は殆どなされていない。しかし、これからの活用先は、行政そのものよりも住民側、または行政と住民をつなぐ部分であることから、行政が使うソフトであっても、住民側で必要とされる機能とは何かを合わせて設計しなければならない。これまでのソフトウェアは、現場や住民が必要とする機能以上の高度な機能を搭載しており、その結果、利用されないシステムとなることも多く見受けられた。また、住民への情報提供を主としたWebGIS等では、住民は使いやすいが、高度な分析はできない場合が多い。情報整備に予算が限られる今日において、ソフトウェアの選定に当たっては、何よりも「利用者の身の丈に合わせた性能」を考えなければならない。

次に、GISに今後求められる重要な視点として、情報の共有化が挙げられる。分析のためのGISは数多く見られるが、ネットワークで地図情報を共有でき、汎用的に利用できるシステムで安価なものはまだまだ少ない。地域の様々な資産を地図上に整理し、農業農村整備事業が必要とする情報化を行い、それらの有用な情報を地域住民や組織で共有する機能は必須と考える。土地と水の広域の面的把握は農林行政の真骨頂であり、どの省庁よりも包括的な情報共有管理を担うべきであろう。

GISの有効性が認識され、使用する事業所も徐々に増えてきてはいるが、運用上の問題点としての継続性とセキュリティの問題がある。継続性に関しては、データの維持管理が重要となるが、データが有効に使われるためにはGIS運用に関する基本方針や基本設計が大切である。セキュリティの規程をコンサルタントに任せているため、必要十分なものではなく、ややもすれば過剰な規制を設けている機関が見受けられる。各々の事業毎にフレキシブルに設計すべきと考える。個人情報保護についても、もちろん十分に考慮しなければならないが、あまりにも厳格な解釈は、情報利用の観点からは支障となるであろう。

総括すると、GIS導入に当たって求められる要件は、目的に合った性能とコストのバランスが良いこと、情報の共有性が高いこと、情報共有のためのセキュリ

ティも業務目的に沿ったレベルであることと言える。

基盤となる地図等の更新は従来の航空測量を元としたもので必要十分であるが、現場における属性データの更新は、現場調査者の効率性の向上や住民の申請の簡略化に頼らざるを得ない。そのためには調査システムのモバイル化、およびその高度化を実現することが早急に必要である。モバイル端末を使用することにより、現場の地理情報が意思決定権者等の責任者までシームレスにデータ閲覧が可能であることも、次世代GISとして重要である。このようなGISのことを、本報では単純に「モバイルGIS」と呼ぶ。

モバイルGISの開発に当たっては、土地改良技術事務所や調査管理事務所等に対して、ニーズ調査を行った。現在行なわれているストックマネジメントの対象および方法や、本システムが実現し導入された際に考えられる想定メリット、取り扱う情報の具体的な種類や数量・範囲・更新の頻度、システムに望まれる機能などをヒアリングし、実現性や汎用性を考慮した上で、情報を蓄積・分析のためのデータベースサーバやPCソフトウェア整備とモバイル地理情報システムアプリケーションの開発を行った。

#### 4. モバイルGISの基本システム

##### 4-1. 基幹システムの概要

今回開発したモバイルGIS「iVIMS (iPad, iPhoneを利用することからの呼称)」の利用に当たっては、「農地基盤地理情報システム (VIMS)」(機構-Q05)を基幹システム(本部サーバ)として採用し、この基幹システムに、モバイルGISへのデータ配信のための追加機構を開発した。具体的には、オンサイトでの使用を容易にするために、限定した範囲での切り出しおよびデータ形式への変換を実現した。また、本システムで追加される特有のデータをデータベースへ取り込み、PCで閲覧可能とする機能を追加した。(図-4)

##### 4-2. アプリケーションの開発

オンサイトで情報を閲覧および入力するための、モ

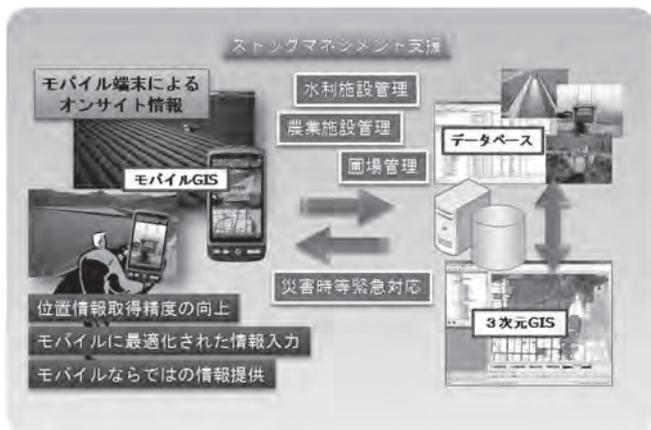


図-4 ソフトウェアの構成とデータの流れ

バイルデバイス(タブレットまたはスマートフォン)上で動作するアプリケーションを開発した。地図や切り出され変換されたデータベースをモバイルデバイス上に取り込み、その地理情報をデバイス上に表示する。ユーザーの操作により、地物に関連した写真や属性データを検索し表示する。これらクライアントPCおよびモバイル双方のアプリケーションソフトウェアに関して、ユーザーのニーズ調査を元にした設計に沿って、必要な機能追加やインターフェイスの調整を行なう。

モバイル機種を選定については、現在のモバイル端末の市場は2010年度で1,085万台、スマートフォンは850万台でタブレットは81万台⁵⁾と10倍以上の規模の違いがあり、OSのシェアとしてはAndroidがスマートフォン60.9%、タブレット端末25.6%⁶⁾と優勢である。それぞれのOSにおけるアプリケーションの開発や配布についての現状を見ると、iOSでは、開発言語は主にObjective-Cで、開発はMacOS X上でを行い、一般への配布は審査のあるAppStoreを通さなければならないので、ウイルスに感染した(不正アプリのインストール等を含む)アプリが出回る可能性は低いものに対して、Androidでは、開発言語は主にJavaで、一般への配布は自由であるが、シェア拡大にともないウイルスや不正アプリの報告も増加している。また、Androidでは今回のバージョン4.0で統一されるものの、メーカー毎のカスタマイズが施されているため、機種によってはアプリケーションが正常動作しない場合も生ずる。以上のことから、iVIMSでは、iPhone 4S(5Sについては検証中。)およびiPad 2(またはその後継機種。2012年3月に新機種(解像度2048 x 1536)が発売された。)を選択した。スペックが問題ないことはもちろんだが、一般に広く使用されている機種であること、OSおよびハードウェアの開発に継続性があり、バージョンアップや後継機種が出た際の対応が比較的容易であると考えられること、スマートフォンとタブレットでプログラムコードなどの共通化が図りやすいこと、ウイルス感染の可能性が小さいことが、その理由である。

#### 5. モバイルGISの野帳機能の搭載

##### 5-1. VIMS とのデータベースの連動

VIMSと新規開発のiVIMSのデータベースは、その構造は同等のものとして構築されているが、PC用はMicrosoft SQL Serverを、モバイル用はSQLiteをその管理システムとして使用しており、これらの間を橋渡しするデータベース同期ツールが必要となる。そこで、Windows上で起動し、単独で動作するアプリケーションとして、サーバ間での同期機能を持つ総合的な同期ツールとして「VIMS Sync Server」を開発し、

モバイル GIS の機能の一つとして組み込んだ。このツールにより、VIMS の地図から必要な場所を切り取り、その範囲のデータベースとともに iVIMS に USB 有線転送することができる。

### 5-2. 関連する属性データの参照と編集

iVIMS の地図画面上で地物のオブジェクト（農地や水路等の地物を表す Polygon や Line のこと）を選択し、表示された吹き出しの右側の右向き矢印ボタンをタップすると、地物に関連付けられている属性データのリストが表示される。関連付けられているデータが通常の属性データの場合は、テーブルのアイコンとそのテーブル名と最終更新日時が表示され、関連ファイルの場合は、ファイル名と最終更新日時が表示される。関連ファイルが画像ファイルの場合は画像のサムネイルが、その他のファイルの場合はファイル種類別のアイコンが合わせて表示される。

リストにて、通常の属性データを示すテーブルをタップすると、保存されているその属性データが表示される。上部のタイトルはテーブル名である。属性データはタブレットのキーボードを使って、直接データ更新を行うことができ、これを本サーバに USB 有線転送すればデータを書き換えることができる。（図-5）ただ、野外現場でのデータ更新作業は、天候条件等により、困難な作業となることから、実際には、以下で

説明する地図メモや写真メモに書き込み、職場に戻ってからデータを更新することの方が多くなるであろう。

### 5-3. 写真メモ機能

現場で写真を撮影すると同時に、位置情報を属性として付加することは、災害時等では重要な共有情報である。そこで、iVIMS には、緯度経度位置情報付き写真を登録できる機能を搭載した。iPhone や iPad のカメラで写真を撮影し、地図にそのアイコンを追加したり、選択された既存の図形オブジェクトに関連付けることができるようにした。写真をアイコンで追加する場合は、シャッターボタンをタップして写真が撮影されると、写真の位置情報の調整画面になる。最初は現在位置が示されているが、地図をドラッグすることで、写真の位置情報を調整することが可能である。ツールバー左の「取得位置」ボタンで、取得された現在位置に戻ることができる。（図-6）また、位置情報の補正モードが手動指定位置になっていない場合は、「補正に使用」ボタンを ON にすれば、取得された現在位置とここで写真を配置する位置の関係を、位置情報の補正のための参照データとして保存することができる（実際に保存されるのは写真が保存されるタイミングである）。



図-5 水路・農地等の地物の属性データの参照・編集の流れ



図-6 写真撮影と写真メモの地図上への登録

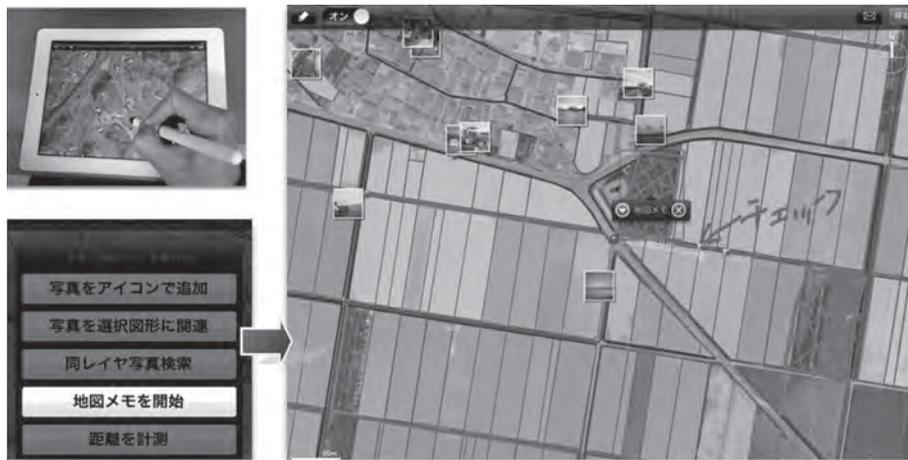


図-7 地図メモの登録と操作の様子

#### 5-4. 地図メモ機能

野帳機能としては、直接地図上にメモを描画して追加したり、既存の地図メモを削除したりすることも必要となる。ストックマネジメントや災害調査においては、損傷箇所や被災箇所の状態を地図に直接書き記すことが、情報共有として有効である。

データツールから「地図メモを開始」を選択すると地図メモの管理画面になる。ただし、レイヤツールで地図メモレイヤが設定されていない場合は地図メモの管理を行えないので、事前に設定しておく必要がある。一度設定されたプロジェクトでは、次のセッションでも設定は有効となる。地図メモ管理画面でツールバー左の鉛筆ボタンをタップすると、新規の地図メモ描画面になる。描画は自由線、直線、距離計測等のツールが用意されている(図-7)。iPadでは、ボタンをタップしてツールを切り替える。iPhoneでは、アイコンのボタンをタップして、表示されるメニューからツールを選択する。

#### 5-5. 送信機能

本開発では、農業農村現場での通信環境が不十分である可能性を考慮し、元のデータベースを直接参照することをせず、ローカル環境においてデータをUSB有線転送する手法を採用しているが、災害時のデータ収集など、場合によってはリアルタイムに取得データが反映されることが重要になるため、メール送信機能を付加した。

地図メモ管理画面でも、写真メモ画面でも、ツールバー右上にメールボタンが表示され、選択されたメモの画像をVIMSのサーバにメール送信することができる。メールの本文は、受信したVIMSサーバが地図メモを自動配置できるように、地図メモの位置座標値やカテゴリ等が記述されているXML文字列となる。通常は、メールボタンで表示されるメール送信ビューでそのまま送信ボタンを押すことで、VIMSのサーバに送信することができるが、アドレスや本文を編集して送信することも可能である。(図-8)

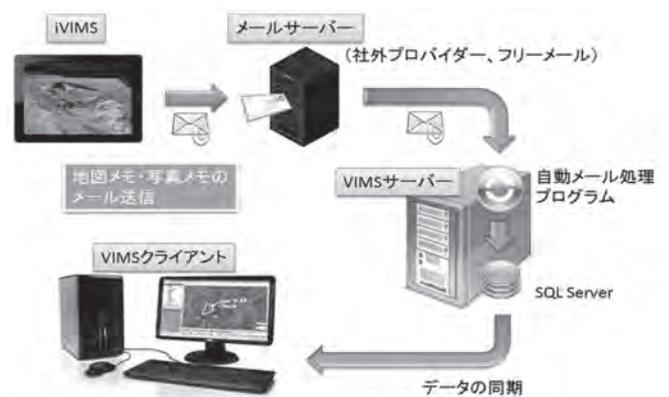


図-8 写真メモ、地図メモのメール配信の流れ

### 6. AR機能の搭載

#### 6-1. 概要

AR (Augmented Reality) は「拡張現実」と訳される機能であり、VR (Virtual Reality) の進化した技術である。VRが一般的に仮想空間の可視化であるのに対して、ARは現実空間に複合的に仮想空間を重ね、様々な情報を付加する。今回の開発では、農地や水路の施設位置や関係する画像や図面情報を重ね合わせる技術を開発しているが、これは、本システムの本来の目的が農業農村整備事業現場において利用されることを想定しているためである。調査時に施設の位置が確認できない場合や埋設管等の地下施設の位置、災害時に施設の本来の位置を確認する場合等に利用する。またこの機能は、観光での利用が想定される文化資源の案内看板や教育面での利用としての子供たちの生物観察のための教材としての利用も可能である⁷⁾。

#### 6-2. AR画面の構成

GIS地図画面の表示ツールから「ARを開始」を選択すると、ARモードになりAR画面が表示される。GPSが有効になっている場合は、デバイスの姿勢(位置と角度)に合わせて、カメラで見えている範囲の地物データをディスプレイに表示する。AR表示部分内の選択可能な地物のオブジェクトをタップすると、そ

の地物が選択され、その地物に関する情報を示す吹き出しが表示される。

地物を選択すると、地物に関連付けられた属性データのリスト、または地物が画像アイコンの場合は、関連付けられている画像が表示される。(図-9)



図-9 AR機能による情報検索支援

### 6-3. 位置情報の補正

位置情報の補正を自動補正にすると、使用しているデータベースに保存されている補正参照データから現在位置における補正值を計算して、位置情報が補正され使用される。補正参照データは、位置情報サービスから取得された位置情報と補正後の位置情報の組からなっており、写真を撮影して画像アイコンとして追加する際にアイコンの位置を決定して保存するときに追加できる。また、位置情報補正参照データの管理モードでも追加することができる。補正参照データに近い場所ほど、その参照データの補正值に近い値になり、どの場所でも最高3つの参照データから補間計算される。補正参照データは推定値であり、場所により、また時間により適正なデータであるという保証はないことに注意が必要である。

## 7. おわりに

GISは、ストックマネジメント、災害・農地調査や地域資源管理等、様々な場面での利用が想定される。これまでのGISはその目的ごとにアプリケーションが開発され、個別に利用されてきた。しかし、スマートフォンがそうであるように、これからは、汎用型GISを共通基盤として、様々なアプリケーションをプラグインで繋いでいくようなシステムが情報共有化の流れの中で重要なGISのシステム要件となる。

また、汎用性については、これまでのような専門家や行政だけが使うシステムでは、その普及拡大は望めず、アプリケーションの開発に当たっては、農業サイドであるから農業経営や農業施設だけということではなく、地域住民が観光、教育、福祉等にも利用できるよう、行政の縦割り構造を取っ払い、安価で設計していかねばならない。

今回紹介したモバイルGIS「iVIMS」は独立行政法

人農業・食品産業技術総合研究機構農村工学研究所が株式会社イマジックデザインと共同研究で開発したもので、基本的なアプリケーションはストックマネジメントに照準を合わせてはいるが、汎用型であるため、被災状況の調査や耕作放棄地の調査にも活用でき、住民の要望に対応し、地物のデータベースやレイヤ構造を自由に作るができることから、地域が求めているシステムを簡単に作成することができるようになっている。さらに、基幹システムであるVIMSはオルソデータやESRI社のShapefileにも対応しており、市販ソフトとの互換性も高いので、他ソフトと併用することが望ましい利用方法である。

「何にでも使えるものは何にも使えない」と、システム開発では良く言われるが、スマート化の中では、選択されるアプリケーションが多いので、十分に選べる時代が来ており、「使えるものがどこかにある」または「使いたいものがすぐ作れる」ようなシステムとなりつつある。農業経営に使いたいから農作業用GIS、施設管理に使いたいから施設管理用GISという利用方法にこだわらず、今そこにある目的から、将来出てくるかもしれない目的もしっかりと定めて、どんなGISが継続的な利用に耐えうるのかを検討されることをお勧めします。

### 【参考文献】

- 1) 農林水産省(2013): 農業農村整備に関する技術開発計画
- 2) 重岡徹ら(2011): 住民参加型地域づくり支援のためのコミュニケーションGISの開発, 農村工学研究所技報, 第211号, 71-95
- 3) 鈴木孝文(2011): 土地改良施設長寿命化技術の体系化, JAGREE 82,34-39
- 4) 農林水産省(2013): 第2回「攻めの農林水産業推進本部」配付資料事例92  
[http://www.maff.go.jp/j/kanbo/saisei/honbu/pdf/5_jirei_noushin.pdf](http://www.maff.go.jp/j/kanbo/saisei/honbu/pdf/5_jirei_noushin.pdf)
- 5) ICT総研(2011): モバイル端末普及動向調査, ICT総研
- 6) インターネットメディア総合研究所(2012): Android利用動向調査報告書2012インターネットメディア総合研究所[編], インプレスR&D
- 7) 小林啓倫(2010): AR-拡張現実, マイコミ新書

## 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25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すること。

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

2. 「投稿票」

- ① 表 題
- ② 本文枚数, 図枚数, 表枚数, 写真枚数
- ③ 氏名 (フリガナおよびローマ字表記), 勤務先と勤務先の電話番号, 職名
- ④ 連絡先 (TEL), (E-mail)
- ⑤ 別刷希望数
- ⑥ 内容紹介 (200字以内)
- ⑦ 対象施設 (報文の対象となっている主な施設を記入: ダム, トンネル, 橋梁, 用排水機場, 開水路, 管水路 等)
- ⑧ キーワード (報文の内容を表すキーワードを記入: 維持管理, コスト縮減, 施工管理, 環境配慮, 機能診断 等)

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

4. 原稿はワープロで作成し, 漢字は当用漢字, 仮名づかいは現代仮名づかいを使用, 術語は学会編, 農業土木標準用語辞典に準じられたい。数字はアラビア数字 (3単位ごとにカンマ (,) を入れる) を使用のこと。

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

写真・図・表の画像データは, 原稿データとは別に添付すること。なお, 図・表については白黒印刷においても判読できるように極力配慮しておくこと。

※データと違いがないかをプリントアウトした原稿で必ず確認すること。

6. 写真・図・表は本文中の挿入個所を明確に指定しておくこと。

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

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

たとえば,

C, K, O, P, S, U, V, W, X, Zの大文字と小文字

O (オー) と 0 (ゼロ)                      a (エー) と  $\alpha$  (アルファ)

r (アール) と  $\gamma$  (ガンマ)                k (ケイ) と  $\kappa$  (カッパ)

w (ダブルユー) と  $\omega$  (オメガ)        x (エックス) と  $\chi$  (カイ)

l (イチ) と 1 (エル)                      g (ジー) と q (キュー)

E (イー) と  $\varepsilon$  (イプシロン)        v (バイ) と  $\nu$  (ウプロシソ)

など

9. 分数式は2行ないし3行にとり余裕をもたせて書くこと。

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

11. 本文中に引用した文献は原典をそのまま掲げる場合は引用文に『        』を付し引用文献を本文中に記載する。孫引きの場合は, 番号を付し, 末尾に原著者名: 原著論文表題, 雑誌名, 巻; 頁~頁. 年号, 又は“引用者氏名, 年・号より引用”と明示すること。

12. 投稿の採否, 掲載順は編集委員会に一任すること。

13. 掲載の分は稿料を呈す。

14. 別刷は, 実費を著者が負担する。

# 農業土木技術研究会 会員の募集

## 1. 発足40周年を迎えた「農業土木技術研究会」

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

### 〈農業土木技術研究会の変遷〉

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

## 2. 技術力向上に資する「農業土木技術研究会」

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

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

## 3. 会員が支える「農業土木技術研究会」

本研究会の活動は、皆様の年会費によってまかなわれています。

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

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

申し込み様式は以下を参考にして下さい。

### 入会申し込み

平成 年 月 日

私は農業土木技術研究会に入会します。

氏名： _____

職場・所属： _____

職場住所（会誌送付先）：〒 _____

電話番号： _____

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

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（170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

私事ですが、本年4月より国土交通本省に出向を命ぜられ、初めての単身赴任生活を送っています。

ゴロゴロしてても文句を言われぬ生活を謳歌しつつ、日々の通勤に加え、休日には近郊の観光地や話題の場所へも公共交通機関と自らの足を使って出かけて行っては、毎日を有意義に過ごしているつもりです。そのおかげか、かなりの存在感を醸していたお腹も徐々に小さくなり、体重も標準体重にはまだ遠いものの、だいぶ減ってきました。

生活の拠点を置く地方は完全な車社会で、どこに行くにも何をするにも車に乗るのが普通になっています。仕事でも現場に出向くには車に乗ることになり、自分の足で長い距離を歩くことはありませんでした。

四十も半ばを過ぎて、たまたま得た出向の機会に通勤で歩くことを余儀なくされ、また、暇つぶしの散策

でも歩き、それらが期せずしてメタボの解消につながりつつある事態になって、健康診断で医師に何度も説かれた「継続した運動」の大切さに気付いた次第です。

農業背番号を着けて二十有余年になりますが、今回の出向が3回目となります。3回ともNN事業とはつながりの薄い部所への配属であり、NN事業や農業土木技術の情報に触れる機会はなかなかありません。

本誌のような、NN事業や農業土木技術に関する情報が満載の刊行物は、私のような出向者の情報源としてはもとより、普段の執務参考資料としてとても有用であると思いますので、末永く刊行が継続できるよう、微力ながらお手伝いさせていただきたいと思えます。

(国土交通省 国土政策局 広域地方政策課 高橋孝広)

## 水と土 第170号

発行所 〒105-0004 東京都港区新橋5-34-4

農業土木会館内

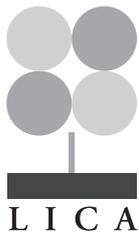
印刷所 〒161-8558 東京都新宿区下落合2-6-22

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 松 本 政 嗣

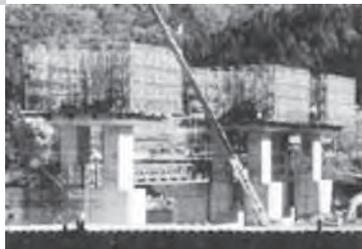


土地改良事業  
の推進



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！

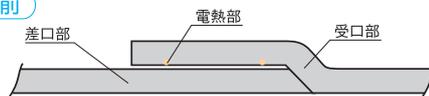
### 管路の一体化による継手部の信頼性！

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。

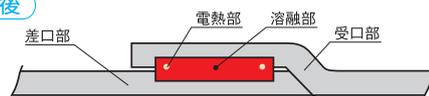
常用使用圧力	0.50 MPa
--------	----------

## EF継手(エレクトロフュージョン)

### 通電前



### 通電後



内圧用ダイプラハウエル管



## 農道下横断管に！

耐圧強度が大きく、  
高盛土下に  
埋設可能！

カルバート工  
として  
実績豊富！



## ため池の底樋に！

柔軟性に優れ、  
地盤沈下にも  
対応！

柔構造樋管  
として  
実績豊富！



ダイプラハウエル管

## 大日本プラスチック株式会社

本社：〒530-0001 大阪市北区梅田3-1-3(ノースゲートビルディング16階)  
TEL.06-6453-9285 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) 092-721-5166 鹿児島(営) 099-227-1577