

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2022

建設機械施工



Vol.74 No.6 June 2022 (通巻868号)

特集 河川・ダム治水対策、 維持管理、点検補修



ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や
有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発

巻頭言 流域治水からSDGsに貢献する流域マネジメントへ

技術報文

- 千五沢ダム再開発事業
- 再堆積しにくい河道掘削形状の設計にあたっての留意点
- ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発
- 水中構造物のメンテナンス 他

交流の広場

清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」のV字崩壊から復活までの取り組み

行政情報

- 国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)第2次計画を策定
- 「流域治水の本格的実践」を進めるために
- マスプロダクツ型排水ポンプの実証試験とその結果

投稿論文

無人化施工における施工効率低下要因の検討

すいそう

永良部リリーを訪ねて

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

掘削サイクル
タイムアップ
8%
従来機とのHモードでの比較



新型13t 特設サイト

Performance **X** Design

それは未来に挑むための 次世代のパフォーマンス。

サイクルタイムを8%向上させた掘削性や NETIS に新規登録された先進技術。

快適性、操作性を高めたインテリアデザイン。

数々の技術を磨き上げ、進化を遂げたSK135SRの誕生です。

NETIS登録

省エネ技術搭載型バックホウ
登録番号:KT-200147-A

イーグルアイビューステム
登録番号:KT-200085-A

2020年燃費基準達成建設機械 ★ ★ ★
国土交通省 燃費基準達成建設機械認定制度



SK135SR
SK125SR SK130SR+

コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111 www.kobelco-kenki.co.jp

橋梁架設工事の積算

令和4年度版

∞ ∞ ∞ 改定・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

令和4年5月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓 時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和4年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和4年度版」を発刊することと致しました。

また、前年度版同様に橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和4年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆内容

令和4年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉 第1章 積算の体系
- 第2章 鋼橋編
- 第3章 PC橋編
- 第4章 橋梁補修
- 第5章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)



◆改訂内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂のほか、令和3年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編
 - ・架設用仮設備機械複合損料の改定
 - ・積算例の改定
2. PC橋編
 - ・架設機械複合損料、支保工賃料の改訂
 - ・滑動防止付きパッド支承歩掛の策定
 - ・変位拘束構造（アンカーバータイプ）歩掛の策定
3. 橋梁補修編
 - ・枠組足場（タイプG）歩掛の改定（損料から賃料へ改定及び橋軸方向複数列設置に対応）
 - ・部材荷揚工（裏面吸音板）歩掛の諸雑費率を改定
 - ・ブラスト及び湿式剥離の養生シート工歩掛を改定（損料から全損へ改定及び中段足場用歩掛を策定）
 - ・湿式剥離剤工の施工フローを改定（複数回施工に対応）

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・本編改定内容を反映

- A4判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 200 頁 セット

●定価

一般価格：11,000 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,350 円（本体 8,500 円）

- ※ 別冊のみの販売はいたしません。
- ※ 送料は別途。
- ※ また、複数または他の発刊本と同時に申込みの場合についても送料は別途とさせていただきます。

- 発刊予定 令和4年5月20日

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和4年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和4年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓 時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、令和2年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、令和4年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 令和4年度版」を発刊することと致しました。

つきましては、大口径岩盤削孔工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆ 内 容

令和4年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

参考資料

第2編 工法の概要

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

令和2年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・「国土交通省土木工事積算基準」平成4年度版改訂、及び「建設機械等損料表」平成4年度版改訂に伴う修正、並びに各種単価表を構成する設計労務単価、燃料費、材料費等の修正
- ・第2編のダウンザホールハンマーの掘削径、縮径の変更に合わせた修正
- ・第3編の標準積算例の修正、及び各種単価表の修正
- ・参考資料編の「施工実績」として改訂した3工法の実績、「施工条件等に対応した岩盤削孔技術例」には新しく「技術審査証明」を取得した技術を追加紹介

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,600円（本体6,000円）

会員価格：本体5,610円（本体5,100円）

※ 送料は別途

※ また、複数または他の発刊本と同時申込みの場合についても送料は別途とさせていただきます。

● 発刊予定 令和4年5月20日



令和4年度版 建設機械等損料表

■発売日 : 令和4年4月25日

■体裁 : A4判 モノクロ 489ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 本体 8,000円 会員価格 本体 6,800円

■構成

第Ⅰ章 機械損料の構成と解説

第Ⅱ章 関連通達・告示等

第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)

第Ⅳ章 建設機械等損料算定表

第Ⅴ章 船舶損料算定表

第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表

第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表



■内容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料算定表の構成・用語を解説
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載

一般社団法人 日本建設機械施工協会

<図書紹介>

よくわかる建設機械と損料 2022

(令和4年度版 建設機械等損料表の解説書)

■発売: 令和4年5月27日

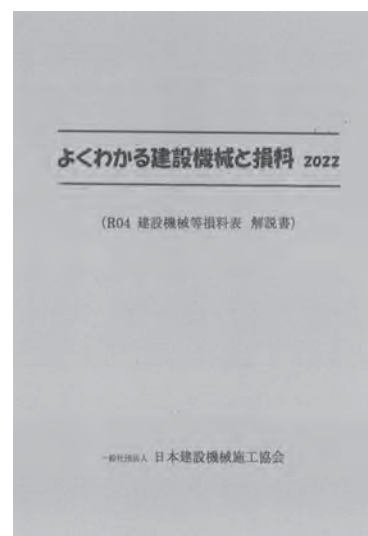
■体裁: A4判、一部カラー、320ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般:6,000円 会員:5,100円

■特長

- ★損料用語を平易な表現で解説
 - ★換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
 - ★損料算定表の主な改正点を表にして紹介
 - ★関連通達類の位置付けと要旨を解説
 - ★建設機械器具のコード体系を大分類(下記01～50)別に図示
- | | |
|---------------------|--------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 船舶及び機械器具等(作業船) |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |
- ★大半の建設機械器具の概要・特徴を写真・図入りで紹介
 - ★主要な建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
 - ★索引でヒットしない場合、その要因と検索方法を表にして紹介



一般社団法人 日本建設機械施工協会

日本建設機械要覧 2022

発売のご案内

本協会では、国内における建設機械の実態を網羅した『日本建設機械要覧』を1950年より3年ごとに刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。



発 刊 日

令和4年3月25日

体 裁

・B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特 典

「日本建設機械要覧 2022」購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から2019年版までの全ての日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2022年版を含めると1998年から2021年までの建設機械データが活用いただけます。

2022年版 内容

- | | | |
|-----------------|-----------------|------------------|
| ・ブルドーザおよびスクレーパ | ・骨材生産機械 | ・ICT建機、ICT機器 |
| ・掘削機械 | ・環境保全およびリサイクル機械 | ・高所作業車、エレベータ、 |
| ・積込機械 | ・コンクリート機械 | リフトアップ工法、横引き工法 |
| ・運搬機械 | ・モータグレーダ、路盤機械 | および新建築生産システム |
| ・クレーン、インクラインおよび | および締固め機械 | ・空気圧縮機、送風機およびポンプ |
| ウインチ | ・舗装機械 | ・原動機および発電・変電設備等 |
| ・基礎工事機械 | ・維持修繕・災害対策用機械 | ・建設ロボット |
| ・せん孔機械およびブレーカ | および除雪機械 | ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、 |
| ・トンネル掘削機および設備機械 | ・作業船 | ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤 |
| | | および作動油、検査機器等 |

今後の予定

好評をいただきました2019年版につづき「日本建設機械要覧 2022」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2022	冊
---------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官 公 庁 名			
会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
	FAX		
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ()		
必 要 事 項	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通 () 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする(該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共） E-mail（本部 tosho-hanbai@jcmnet.or.jp）
 ②民 間：（本部へ申込）FAX E-mail (" ")
 （支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
 ※北海道支部はFAXのみ
 ※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（<http://www.jcmnet.or.jp/privacy/>）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

日本建設機械要覧2022 電子書籍(PDF)版

発売のご案内

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2022年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

このたびこの建設機械要覧に関して更に便利に活用いただくよう新たに次の2種類の電子書籍（PDF）版を発売いたしますので、ここにご案内申し上げます。

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2022 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表2022 電子書籍（PDF）版
2	形態	電子書籍（PDF）		電子書籍（PDF）
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス
4	内容	要覧全頁		spec一覧表
5	改訂	3年毎		3年毎
6	新機種情報	要覧クラブで対応		要覧クラブで対応
7	検索機能	1.単語検索		1.単語検索
8	附属機能	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	36,300	36,300
		非会員	42,900	42,900
10	利用期間	無期限		購入から3年間
11	同時ログイン	3台		3台
12	認証方法	ID+パスワード		ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）		WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

2022年6月1日 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

日本建設機械要覧2022およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2019年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2022年版を含めると1998年から2021年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



お問合せ：一般社団法人 日本建設機械施工協会 TEL：03-3433-1501

当協会HP（<https://jcmanet.or.jp/books/yoran2022/>）の「要覧2022お問合せフォーム」よりお問い合わせください。

論文投稿のご案内

日本建設機械施工協会では、学術論文の投稿を歓迎します。論文投稿の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿のご案内をご覧ください。

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

建設機械、機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的、横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。なお、施工報告や建設機械の開発報告も対象とします。

- (1) 理論的又は実証的な研究・技術成果、あるいはそれらを統合した知見を示すものであって、独創性があり、論文として完結した体裁を整えていること。
- (2) この分野にとって高い有用性を持ち、新しい知見をもたらす研究であること。
- (3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。
- (4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

★部門

- (1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門
- (2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会 費：年間 9,000円(不課税)

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入することができます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された団体です。建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。

■主な出版図書

- ・建設機械施工(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F

TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生 年 月 日
氏 名		昭和 平成 年 月 日
勤 務 先 名		
所 属 部 課 名		
勤 務 先 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自 宅 住 所	〒 TEL _____ E-mail _____	
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。)	
そ の 他 連 絡 事 項	令和 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
 - 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として全額をお支払い頂きます。
 - 会費には機関誌「建設機械施工」の費用(年間12冊)が含まれています。
 - 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
- また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

○個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 ○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。

○会費額は総会の決定により変更されることがあります。 ○次の場合、会員の資格を喪失します: 1.退会届が提出されたとき。 2.後見開始又は保佐開始の審判を受けたとき。 3.死亡し、又は失踪宣言を受けたとき。 4.1年以上会費を滞納したとき。 5.除名されたとき。 ○資格喪失時の権利及び義務: 資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 ○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 ○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは <http://www.jcmnet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（令和 4 年 6 月現在）

消費税 10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 4 年 6 月	日本建設機械要覧 2022 電子書籍 (PDF) 版	42,900	36,300	—
2	R 4 年 6 月	建設機械スペック一覧表 2022 電子書籍 (PDF) 版	42,900	36,300	—
3	R 4 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	700
4	R 4 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和 4 年度版	11,000	9,350	900
5	R 4 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和 4 年度版	6,600	5,610	700
6	R 4 年 4 月	令和 4 年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
7	R 4 年 3 月	日本建設機械要覧 2022 年版	53,900	45,100	900
8	R 3 年 9 月	道路除雪施工の手引	4,950	3,960	700
9	R 3 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和 3 年度版	11,000	9,350	900
10	R 3 年 5 月	令和 3 年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	R 3 年 1 月	情報化施工の基礎 ～ i-Construction の普及に向けて～	2,200	1,870	700
12	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
13	R 2 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和 2 年度版	6,600	5,610	700
14	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
15	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
16	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
17	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,200	1,980	700
18	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
19	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,600	5,604	700
20	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
21	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
22	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
23	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
24	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
25	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
26	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,933	700
27	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
28	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)【CD-R 販売】	5,238		250
29	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針(案)道路管理施設等設計要領(案)【CD-R 販売】	3,520		250
30	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
31	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,980		700
32	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,980		700
33	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
34	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第 3 版)	6,600	6,160	700
35	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第 2 版)	2,724	2,410	700
36	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,360		700
37	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,400		700
38	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
39	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R 販売】	3,960	3,520	250
40	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
41	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
42	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
43	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
44	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	11,000	9,900	700
45	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R 販売】	6,600		250
46		建設機械履歴簿	419		250
47	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年 12 冊 9,408 円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」から「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項をご記入のうえ、FAX またはメール添付してください。

特 集

河川・ダム治水対策、維持管理、点検補修

巻頭言

4 流域治水から SDGs に貢献する流域マネジメントへ

角 哲也 京都大学 防災研究所 水資源環境研究センター 教授

行政情報

5 国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）第2次計画を策定

水越 一斗 国土交通省総合政策局 社会資本整備政策課 社会資本整備企画係長

10 「流域治水の本格的実践」を進めるために

萩原 健介 国土交通省 水管理・国土保全局 治水課

15 マスプロダクツ型排水ポンプの実証試験とその結果

日出山慎人 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課
黒田 浩章 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課

特集・
技術報文

20 千葉県一宮川の事例からみる流域治水の取組と展開

岡安 徹也 (一財) 国土技術研究センター 河川政策グループ 副総括(研究主幹)
朝日向 猛 (一財) 国土技術研究センター 河川政策グループ(併) 都市・住宅・地域政策グループ 都市防災チームリーダー、首席研究員
竹内 康彦 (一財) 国土技術研究センター 河川政策グループ 主席研究員

26 TRD 工法の河川堤防と都市部雨水貯留対策での適用事例

黒木 義富 TRD 工法協会 技術部会長
日置 洋介 TRD 工法協会 事務局長

33 堤防 DM 補強工法 地震や津波にも十分耐える粘り強い堤防を目指して

徳永 幸彦 CDM 研究会 事務局 事務局長

40 マルチビームソナーを活用した河床掘削におけるリアルタイム水中可視化技術

新開 貴行 鹿島建設㈱ 北陸支店 大河津分水路新第二床固改築工事事務所 機電課長
関原真之介 鹿島建設㈱ 北陸支店 大河津分水路新第二床固改築工事事務所 機電課長代理

44 せんござわ 千五沢ダム再開発事業 サステイナブル時代への取組み

山田 史章 清水・青木あすなろ・あおい特定建設工事共同企業体 所長

51 画像解析技術を活用した「土石流検知アラートシステム」の紹介

望月 優生 いであ㈱ 情報システム事業本部 情報システム事業部 防災情報システム部 グループ長
鄧 朝暉 いであ㈱ 情報システム事業本部 情報システム事業部 防災情報システム部 エキスパートエンジニア
久保山敬介 いであ㈱ 情報システム事業本部 情報システム事業部 防災情報システム部 シニアエンジニア

56 再堆積しにくい河道掘削形状の設計にあたっての留意点 自然堤防帯区間の河川を対象として

福島 雅紀 国土技術政策総合研究所 河川研究部 河川研究室 室長

62 「群馬県リアルタイム水害リスク情報システム」の開発

高見澤直寿 群馬県県土整備部河川課 副主幹

67 自然エネルギーを活用したダム堆砂対策技術 潜行吸引式排砂管の開発

宮川 仁 国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム 主任研究員
石神 孝之 国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム 上席研究員
高田 翔也 国立研究開発法人土木研究所 河道保全研究グループ 水工チーム 研究員

72 ダム堆砂分別吸引アタッチメントの開発

佐野 和幸 大成建設㈱ 土木本部 機械部 メカ・ロボティクス推進室 次長
新井 博之 大成建設㈱ 土木本部 土木技術部 ダム技術室 課長

	79	ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発	浅田 英幸 ダム水源地上砂対策技術研究会 技術委員会 技術委員長（所属会社：東亜建設工業） 片山 裕之 ダム水源地上砂対策技術研究会 技術委員会 技術副委員長（所属会社：五洋建設） 峯松 麻成 ダム水源地上砂対策技術研究会 技術委員会 技術副委員長（所属会社：東洋建設）
	84	手取川流域農業水利事業白山頭首工建設工事 施工報告 固定堰石張改修の工夫	川本 喜憲 ㈱安藤・間 北陸支店 土木部 木沢川橋作業所 所長
	89	架設桁を上下部工の構築に利用した河川内橋梁 架け替え工法の開発 KPY ダブルユースガーダー工法	神崎 恵三 ㈱熊谷組 土木事業本部プロジェクト技術部 部長 白水 晃生 ㈱横河ブリッジ 技監 竹内 聖治 ㈱横河ブリッジ 技術本部 技術開発部 技術開発課 主査
	94	水中構造物のメンテナンス	北詰 哲朗 アジア海洋㈱ 谷口 一平 アジア海洋㈱
投稿論文	99	無人化施工における施工効率低下要因の検討	橋本 毅 国立研究開発法人土木研究所主任研究員 技術推進本部 山内 元貴 国立研究開発法人土木研究所研究員 技術推進本部 山田 充 国立研究開発法人土木研究所研究員 技術推進本部 油田 信一 芝浦工業大学客員教授 SIT 総合研究所
交流のひろば	105	清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」の V 字崩壊から 復活までの取り組み インフラメンテナンス大賞（国土交通大臣賞）の受賞	森山 崇 四万十市 副市長 山崎 剛 四万十市 西土佐総合支所・産業建設課 管理土木係長
ずいそう	109	永良部リリーを訪ねて	淵山 省三 アンダーウォーターテクノロジー
JCMA 報告	112	令和 3 年度 合同部会開催報告	松本 寛子 （一社）日本建設機械施工協会 業務部
統計	119	建設業における労働災害の発生状況	機関誌編集委員会
	125	建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会
	126	行事一覧（2022 年 4 月）	
	130	編集後記（松澤・飯田）	

◇表紙写真説明◇

ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や
有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発

写真提供：東亜建設工業㈱

ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進することを目的に開発したダム堆砂分級装置を、現場実証実験のために千葉県市原市にある高滝ダム貯水池内の堆砂掘削エリア近傍に設置した状況である。本ダムは 1990 年の完成以来、ダム流域の養老川における活発な土砂生産の影響を受け、定期的に堆砂対策を実施している。

2022 年（令和 4 年）6 月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱……………後付 8
アルテアエンジニアリング㈱……………後付 10
ヴィルトゲン・ジャパン㈱…表紙 4

【カ】コベルコ建機㈱……………表紙 2
【ク】デンヨー㈱……………後付 7
大和機工㈱……………後付 4

【マ】マシンケアテック㈱……………後付 2・3
マルマテクニカ㈱……………後付 6
三笠産業㈱……………後付 5
㈱三井三池製作所……………表紙 3
㈱メッセ・ミュンヘン・ジャパン

……………後付 1
【ヤ】吉永機械㈱……………後付 4

巻頭言

流域治水から SDGs に貢献する 流域マネジメントへ

角 哲 也



近年の度重なる豪雨災害を受けて、国土交通省は「流域治水」政策を進めている。発電ダム、農業用ダム・ため池・水田などの農業セクター、河道周辺の旧氾濫原の遊水地化などにおける貯留を最大活用するとともに、氾濫リスクの高い地域の土地利用の転換も促進する。気候変動影響も想定した洪水外力の増大に対する備えとして、河川管理者である国土交通省が、その行政的な枠を超えて流域内関係者の連携を主導することは大変意義ある取組と考えられる。

しかしながら、その連携は想定される「超過外力」に対する危機管理的な備えが中心であり、何か足りない。その先にあるのは、「水循環」、「物質循環」、「資源・エネルギー循環」ではないだろうか。球磨川は「緑の流域治水」を目指すとしてされている。この意味するところは、Eco-DRRとも読めるし、通常の「流域治水」を超えて、流域内の様々な循環を持続的に維持するとも読める。

似たような取り組みとして「流砂系総合土砂管理」がある。特に生産土砂量が多く、山地から河川・海岸までを視野に入れた管理が必要な流域を、沿岸漂砂域までを含めて流砂系と定義し、安全かつ健全な流砂環境の維持をキーワードに関係者の連携を進めるもので、例えば宮崎県耳川などは極めて先進的な取組と評価される。

「流域治水」と「流砂系総合土砂管理」の概念のどちらが大きいかを比較するのは必ずしも適切ではないかもしれないが、私は、洪水と流砂を同時に扱う点、また、流砂災害のみをターゲットにするのではなく、ダムの持続的な通砂を実現し、流砂の上下流の連続性を目指している点で後者がより大きい概念ではないかと考えている。

また、河川などの表流水と地下水を組み合わせた水管理を進めるための「水循環基本計画」がある。その代表例が福井県大野市の取り組みであり、河川側からのアプローチとして、裸地河原の再生を行うことで大野盆地の帯水層への地下水涵養を促進するメニューが盛り込まれている。大野では、水田の冬季湛水（冬水

たんぼ）も行っており、住民の地下水保全意識（文化）の醸成と合わせて、まさに総合的なアプローチが進められている。

先日、環境省主催の「既存インフラを活用した再エネ導入促進セミナー」において、砂防ダムや既設ダムを利用した小水力発電の促進、ダム湖流木や河道内樹林を活用したバイオマス発電の促進について議論を行った。これらは、流域内の水資源やバイオマス資源を活用した地産地消型のエネルギー開発・利用であり、このような取組の拡大が今後期待される。

先日発足した大野市の水循環推進協議会の初会合では、大野市は九頭竜ダムなどの既存の水力発電の水源地であるが、今後は、流域内の天然自然を最大活用したエネルギーの地産地消にも取り組むべきと指摘させていただいた。

これら一連の考え方を「流域治水」に適用させれば、利水ダムの事前放流が単なる治水貢献だけではなく、同時に発電価値の向上に資するような柔軟な運用ルールを確立させることが求められる。ダムの事前放流に関しては、SIP「国家レジリエンス（防災・減災）の強化」において、長時間アンサンブル予測を活用して、「数日～1週間程度前からの事前放流を実現し、洪水貯留機能の拡大（治水WIN）と水力発電増大（発電WIN）を実現すること」を目標とする技術開発を進めてきた。アンサンブル予測には、降水量のみならず、気温、日射量や風などの様々な気象要素が含まれており、再生可能エネルギー増大下での自然エネルギーの発生予測や需要予測を行って、水力発電のベースロード電源や調整電源としての特性を活かした年間を通じたシームレスな最適運用を行うことが期待される。

球磨川関係の有識者会議で、河川整備計画にSDGsの言葉が全く出て来ないとの指摘があった。今後は、365日の流域治水、さらには、SDGsに貢献する流域マネジメントを目指したい。

行政情報

国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）
第2次計画を策定

水 越 一 斗

令和3年6月、国土交通省は令和3年度からの5年間を計画期間とするインフラ長寿命化計画（行動計画）の第2次計画を策定した。今後の取組の方向性として、「計画的・集中的な修繕等の確実な実施による「予防保全」への本格転換」、「新技術・官民連携手法の普及促進等によるメンテナンスの生産性向上の加速化」や「集約・再編やパラダイムシフト型更新等のインフラストックの適正化の推進」を掲げている。本稿では、国土交通省のこれまでの取組や、第2次計画を踏まえた今後の目指すべき姿「持続可能なインフラメンテナンスの実現」に向けた取組について紹介する。

キーワード：インフラ長寿命化、老朽化対策、予防保全、持続可能なインフラメンテナンス

1. はじめに

近年、自然災害が激甚化・頻発化し、それに伴う被害も毎年発生しているところである。自然災害発生時には、その被災状況に着目されがちであるが、一方で、これまで整備・維持管理してきたインフラにより、人々の生命・財産が守られている例もある。平成30年台風21号では大阪湾の潮位が既往最大を記録したが、堤防や水門等の整備及びその後の適切な維持管理により浸水被害はゼロであり、約17兆円の被害を防止することができたと推定されている（写真—1）。

このようにインフラは国民の安心・安全を確保するとともに、社会経済の基盤となり、人々の生活を豊かにする役割を担うものであり、国土交通省においては、道路、河川、港湾など多岐に渡るインフラを所管している。しかし、インフラが持つ機能を適切に発揮させるためには、整備した後も適切な維持管理を実施していく必要がある。

我が国のインフラは高度経済成長期に多数整備されたが、今後においてはそれらの施設の老朽化が進展していく。一定年数が経過したからといって、危険であり、直ちに更新しなければならない、ということは決してないが、人々の生活を支えるインフラであり続けるためには、常に健全な状態に保たせるための適切かつ計画的なインフラメンテナンスを実施していかなくてはならない。



平成30年の台風第21号（9月）では、木津川水門が市街地の高潮浸水を防止。
写真—1 高潮から市街地を守る木津川水門（大阪府提供）

2. 国土交通省におけるインフラ長寿命化に関するこれまでの取組

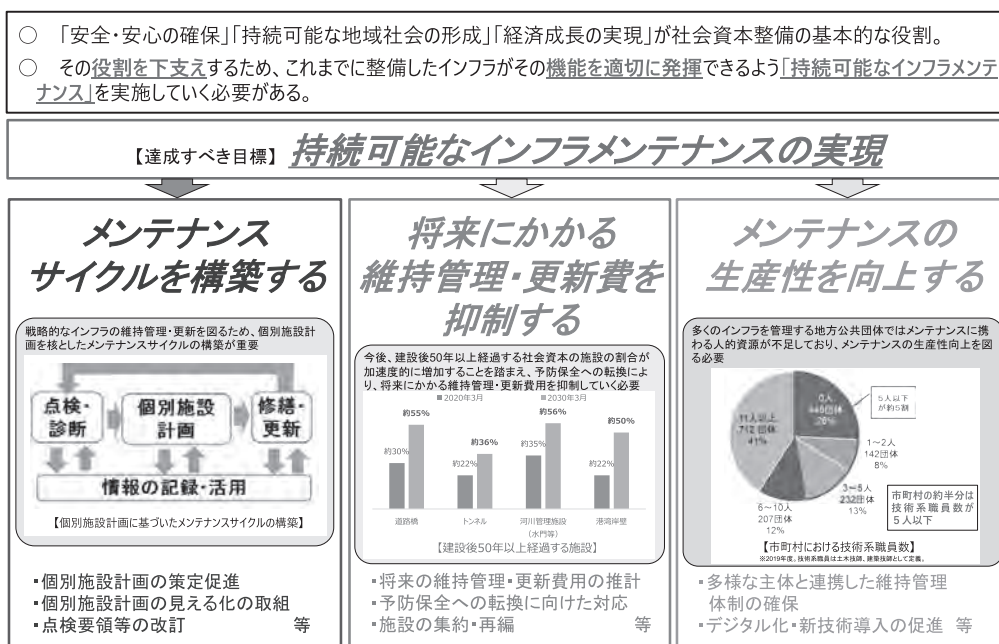
国土交通省では、平成25年を「社会資本インフラメンテナンス元年」と位置づけ、それ以降、インフラの長寿命化、適切なメンテナンスの実施に向けた様々な取組を実施してきた。それらは主に以下の3つに分類される。

- ・メンテナンスのサイクルを構築する
- ・将来の維持管理・更新費を抑制する
- ・メンテナンスの生産性を向上する

これらの取組は、インフラが将来に渡ってその機能を発揮し続ける「持続可能なインフラメンテナンスの実現」に繋がるものである（図—1）。

(1) メンテナンスのサイクルを構築する

インフラのメンテナンスにあたっては、施設の状態を的確に把握し、劣化・損傷が確認された場合は修繕



図－1 国土交通省のインフラ長寿命化の取組の概要

等を行い機能回復させる、といった一連のサイクルを構築することが重要である。そのサイクルの核としての役割を担うのが各施設の個別施設毎の長寿命化計画である「個別施設計画」であり、国土交通省を含む政府全体の目標として、令和2年度までに個別施設計画を策定することとされている。

国土交通省所管分野における令和2年度末時点での個別施設計画の策定率は（表－1）のとおりであり、7分野にて計画策定が完了した。一方で、6分野においては未策定施設が残っている状況であり、これらの分野については、早期の策定完了に向け、引き続き取組を推進していく必要がある（令和3年度末時点での策定状況については現在調査中）。

また、各々のインフラにおいて定められた点検サイクルに基づき、施設健全度の把握を着実に実施している。例えば、橋梁、トンネルなどの道路施設は点検を5年に1度行うこととなっているが、平成26～平成30年度の5年間で全ての点検が完了した。令和元年度から2巡目の点検に入っているが、より効率的な点検を実施するため、ドローンをはじめとする新技術の開発・普及に伴い、点検要領等の改訂を実施している。

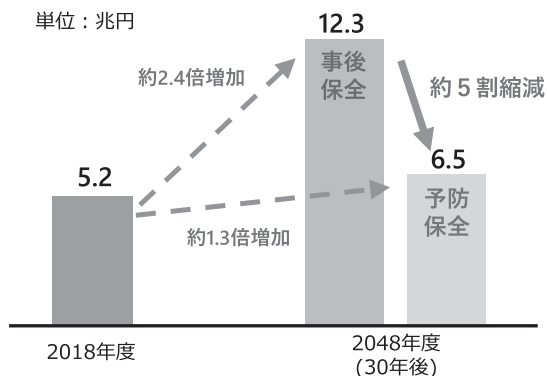
（2）将来の維持管理・更新費を抑制する

インフラの維持管理・更新にあたっては、損傷が軽微なうちに修繕を行う「予防保全」と、損傷が甚大になってから大規模な修繕・更新を行う「事後保全」がある。国土交通省では、所管する12分野における将来の維持管理・更新費を推計しており、予防保全の場

表－1 個別施設計画の策定率（令和2年度末時点）

＜各分野における個別施設計画の策定率（令和3年3月31日時点）＞

分野	対象施設	策定率	分野	対象施設	策定率
道路	橋梁	96%	鉄道	鉄道（線路（橋梁、トンネル等構造物））	100%
	トンネル	83%		軌道（線路建造物）	100%
	大型の構造物	82%	自動車道	橋	100%
河川・ダム	主要な河川構造物	100%		トンネル	100%
	ダム	99.6%	公園	大型の構造物（門型標識等）	100%
砂防	砂防設備、地すべり防止施設、急傾斜地崩壊防止施設	100%	航路標識	航路標識（灯台、灯標、立標、浮標、無線方位信号所等）	100%
海岸	堤防・護岸・胸壁等	99.5%	公園	都市公園（国営公園）	100%
下水道	管理施設、処理施設、ポンプ場	100%		都市公園	95%
港湾	係留施設	99.6%	住宅	公営住宅	94%
	外郭施設	98%		UR賃貸住宅	100%
	臨港交通施設	99%		公社賃貸住宅	100%
	廃棄物埋立護岸	99%	官庁施設	庁舎等	100%
	その他（水域施設、荷さばき施設、旅客乗降用固定施設、保管施設、船舶役務用施設、海浜、緑地、広場、移動式旅客乗降用施設）	96%		宿舍	100%
空港	空港土木施設（滑走路、誘導路、エプロン）	100%			
	空港土木施設（幹線排水、共同溝、地下道、橋梁、護岸）	100%			
	空港機能施設（航空旅客の取扱施設）	100%			



図一 2 将来の維持管理・更新費の推計結果

合、事後保全と比較して1年あたりの費用が30年後には約5割縮減、30年間の累計でも約3割縮減の見込みとなった(図一2)。早期の安全・安心の確保を図るとともに、インフラを長寿命化させ、将来の維持管理・更新費を可能な限り抑制し、財政負担を軽減する観点からも、予防保全型インフラメンテナンスへの転換が重要な手段であると言える。

一方で、例えば道路橋梁では約7万橋(全橋梁の約1割に相当)が早期に修繕等の対策が必要な状況にあるなど、損傷により予防保全の管理水準を既に下回っている状態の施設が多数存在している(写真一2)。これらの施設は、修繕等により機能を回復させないと予防保全型のインフラメンテナンスに移行できないが、特に地方公共団体が管理する施設において修繕等の遅れが発生している状況である。

国土交通省では、地方公共団体が計画的・集中的にインフラの老朽化対策が実施できるよう、交付金による財政的支援のほかに、令和2年度に個別補助制度を設立した(道路メンテナンス事業補助制度、水門等河川管理施設の大規模更新事業)。さらに、令和4年度からは、個別補助制度の拡充(橋梁の単純撤去に対す

る個別補助、河川管理施設の個別補助対象の拡充、港湾施設における個別補助制度の設立)を行っており、地方公共団体への更なる財政的支援を実施している。

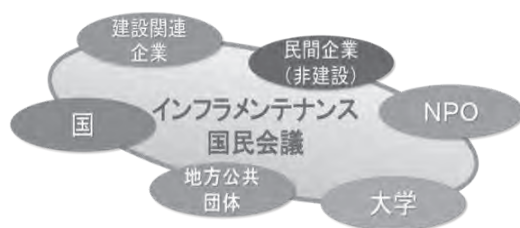
(3) メンテナンスの生産性を向上する

地方公共団体、特に市町村において多くのインフラを所有、管理されているものの、技術系職員などのメンテナンスに携わる人的資源が不足している状況である。しかし、そのような状況においてもメンテナンスを的確に実施していかなくてはならず、効率的・効果的なインフラメンテナンスの実施が必要である。

国土交通省では、行政の縦割りを超えた多様な主体との連携、新技術導入・データの利活用の促進など、地方公共団体が管理する施設も含めたメンテナンスの生産性向上に向けた取組を推進してきた。例えば、地方整備局や直轄事務所が中心となり、地方公共団体職員も含めた研修の実施、地方公共団体等が参画し情報共有や意見交換を定期的に行うメンテナンス会議の開催、市町村のニーズを踏まえて都道府県が点検・診断業務



写真一 3 広域的な連携による維持管理体制の確保



※国民会議の会員数は2,000者を突破、これまでに約130回の各種イベントを開催し、8技術・延べ73件の社会実装を創出。



内部の鉄筋が露出した橋梁



陥没した港湾施設のエプロン部分

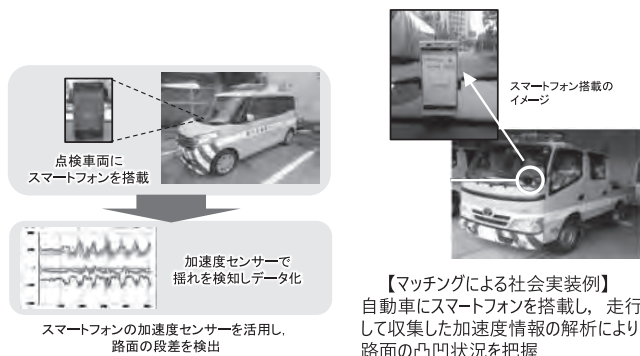


老朽化した海岸堤防



クラックが生じた河川護岸

写真一 2 早期に対応が必要な施設が多数



図一 3 インフラメンテナンス国民会議を活用した新技術の例

を地域単位で一括発注する取組など、広域的な連携による維持管理体制の確保を促進している（写真—3）。

また、インフラメンテナンスの理念普及等を目的に平成28年に設立された「インフラメンテナンス国民会議」(令和4年3月時点の産学官民の会員数2,508者)では、フォーラムや各種イベントを全国各地で開催しているが、企業の技術シーズと行政ニーズをマッチングする取組を行っており、令和4年3月時点で8技術、延べ73件の社会実装を創出した（図—3）。

3. 国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)の第2次計画(令和3年度～令和7年度)

先述したとおり、国土交通省は令和3年度からの5年間を計画期間とするインフラ長寿命化計画(行動計画)の第2次計画を策定した。次からは、第2次計画の主な取組内容について紹介する。

(1)「予防保全」への本格転換

先述したように、予防保全に基づくインフラメンテナンスへ転換していくには、現時点で予防保全の管理水準を既に下回る状態の施設に対して修繕等を実施し、機能を回復させる必要がある（図—4）。安全・安心の早期確保とともに、将来の維持管理・更新費の抑制を図っていくため、計画的・集中的な修繕等による予防保全への本格転換に向け、分野毎に施設の修繕率の数値目標として設定し進捗管理を行いながら、取組を推進していく。

なお、令和2年12月に閣議決定した「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」において「予防保全型インフラメンテナンスへの転換に向けた老朽化対策」が柱の一つとして位置づけられた。インフラが今後一斉に老朽化していき、適切に管理に対応しなければ我が国の行政・社会経済システムが機能不全に陥ることが懸念されることから、政府全体としても、予防保全型インフラメンテナンスへの転換の加速化を図っていくこととしている。

(2) 新技術等の一層の普及促進

地方公共団体等が適切かつ効率的なインフラメンテナンスを将来的に実装していけるよう、メンテナンスの生産性向上に資する取組を一層加速化させていく必要がある。

コスト削減や省力化が見込まれる新技術等の採用を予定している事業に対して、交付金の重点配分の対象にするなど、令和3年度から財政的インセンティブの仕組みを導入している。また、令和3年3月に作成した「インフラ維持管理における新技術導入の手引き(案)」を周知するとともに、更なるブラッシュアップを行い、地方公共団体の新技術導入の契機、環境整備を図っていく（図—5）。先述したインフラメンテナンス国民会議を通じた新技術のシーズとニーズのマッチング支援により、各々の現場に合った新技術の導入促進を図っていく。

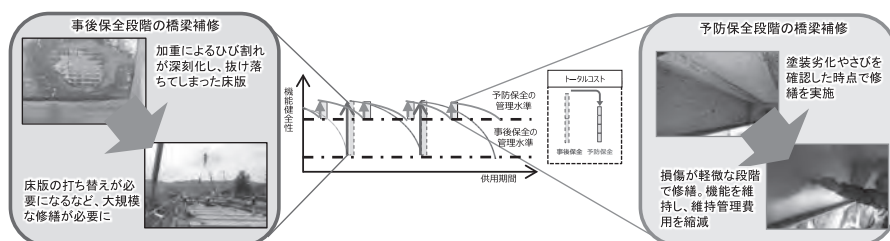
また、よりよい行政サービスの提供やメンテナンスの効率化を図るため、維持管理分野に官民連携手法を導入し、民間企業が持つ知見・ノウハウ・技術力を活用していくことも重要である。道路・公園など複数施設や巡回・維持など複数業務をまとめて委託する「包括的民間委託」など、官民連携手法の導入を検討する地方公共団体に対する支援や知見の横展開などを進め、民間活力による効率的なインフラメンテナンスを推進していく。

(3) インフラストック適正化の推進

予防保全等に向けた取組等により、可能な限り施設



図—5 インフラ維持管理における新技術導入の手引き(案)



図—4 事後保全と予防保全のメンテナンスサイクル

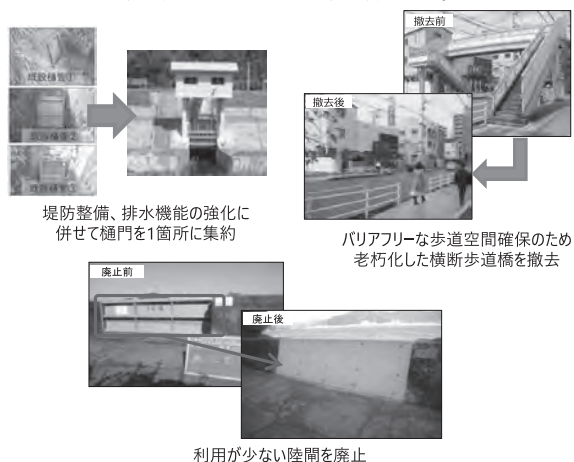
を長寿命化していくものの、いつかは更新等を行わなければならない時期が来る。その際に、これまでと同様のものに単純に更新するだけではなく、社会情勢の変化や利用者ニーズ、将来のまちづくり計画等を踏まえて、施設の撤去や集約化、再編等を行い、インフラストックの適正化を図っていくことも重要である。

国土交通省では、インフラの集約・再編等に関し、事例や考え方をまとめたガイドライン等の作成、交付金等による財政的支援を実施している（写真—4）。引き続き集約・再編等の取組を推進していくとともに、例えば道路分野での「施設の集約・撤去、機能縮小等を検討した地方公共団体の割合」など、分野毎に集約・再編に関する取組を数値目標として設定のうえ、進捗管理を行い、時代に合ったストック効果の更なる向上を図っていく。

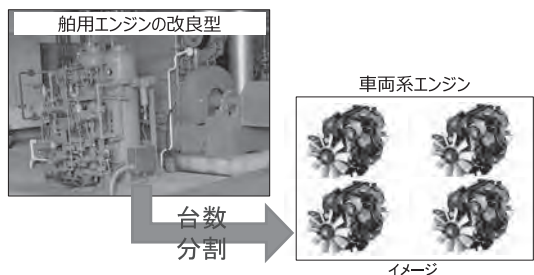
また、施設更新時に新技術の恩恵を享受し機能向上を付加するなど、更新時のパラダイムシフトを図っていくことも重要な視点である。先行事例として河川機械設備とし、大量生産品の導入による「マスプロダクト型排水ポンプ」の技術研究開発を実施していく（図—6）。

社会情勢等の変化に応じた施設の集約・再編

- 集約・再編等の事例や考え方をガイドライン等にて周知するとともに、交付金等により財政的支援を実施。



写真—4 集約・再編等の取組事例



施設更新時にマスプロダクト型への推進により、コスト縮減・リダンダンシー確保を実現

図—6 パラダイムシフト型更新の検討

(4) 個別施設計画の内容の充実化

メンテナンスサイクルの核となる「個別施設計画」は現時点で未策定の分野が残っているものの、概ね順調に進捗してきた。一方で、計画策定後においても、各インフラを所管する地方公共団体等におけるメンテナンスの取組状況を通じて、計画内容の更新や内容をより充実していくことが望ましい。

国土交通省では、各地方公共団体の個別施設計画の記載内容を一覧にとりまとめ、ホームページに公表する「見える化」の取組を実施している。

（URL：<https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/maintenance/index.html>）

さらに、コスト縮減に向けた短期的な数値目標等の具体的な方針を個別施設計画へ記載することを、インフラ老朽化対策にかかる補助金・交付金の要件化とするなど、計画内容の更なる充実化に向けた取組を推進していく。

4. 施策を実行していくにあたっての視点

今回紹介した第2次計画を策定したほぼ同時期に、中長期的な視点から社会資本整備に取り組むための道しるべである「社会資本整備重点計画」の第5次計画が閣議決定された。「持続可能なインフラメンテナンス」を含む6つの重点目標が設定され、その目標達成に向けては『3つの総力（主体・手段・時間軸）』『インフラ経営（インフラを国民が持つ「資産」と捉え、その潜在能力を引き出すとともに新たな価値を創造）』の視点を取り入れることとされている。

これらの視点に基づくメンテナンスの施策として、先述したような中長期的な財政負担軽減に向けた予防保全への本格転換、新技術活用によるメンテナンスの高度化・効率化、官民連携によるインフラの維持管理、集約・再編によるインフラ全体の最適化などが挙げられ、その実施主体はインフラ管理者にとどまらず、住民も含めた様々な主体が参画し、取組を進めていくことが重要である。

人々の生活を支えるインフラを将来の世代に確実に引き継いでいくため、先に掲げた取組等を確実に推進していく。

J C M A

〔筆者紹介〕

水越 一斗（みつこし かずと）
国土交通省総合政策局 社会資本整備政策課
社会資本整備企画係長



行政情報

「流域治水の本格的実践」を進めるために

萩原 健介

気候変動の影響による水災害の激甚化・頻発化等を踏まえ、国や流域自治体、企業・住民等、あらゆる関係者が協働し、ハード・ソフトを総動員した「流域治水」の取組を推進しております。

流域治水の本格的な実践に向けて、各流域において流域の土地利用や水害リスクを踏まえた様々な工夫がなされており、本誌では先進的な「流域治水」の取組事例について紹介します。

キーワード：流域治水、流域治水プロジェクト、雨水貯留浸透施設、土地利用規制

1. はじめに

近年、我が国では毎年のように各地で深刻な水災害が発生し、甚大な人的被害や経済損失をもたらしています。昨年も7月から8月にかけての豪雨により、国が管理する六角川や江の川の氾濫に加え、九州や中国地方を中心に都道府県が管理する多くの河川の氾濫による浸水被害が発生しました。

今後、気候変動の影響により、降雨量や洪水発生頻度が全国で増加することが見込まれています。このような状況を鑑み、新たな水災害対策として、河川の上流から下流、本川、支川に及ぶ流域全体を俯瞰し、国や流域自治体、企業・住民等、あらゆる関係者が協働し、ハード・ソフトを総動員した「流域治水」への転換を推進しています。

この「流域治水」は、堤防の整備や河道掘削、ダムの建設・再生等の河川管理者が主体となって進めてきた治水対策を一層加速しつつ、利水ダムも含めた既存ダムの事前放流による洪水調節機能の最大限発揮、地方公共団体や個人・民間企業等による雨水貯留浸透施設の整備、保水・遊水機能を有する土地の保全等、関係者との協働による治水対策を推進し、流域の水災害リスクの一層の軽減を図る考え方です。

2. 流域治水プロジェクト～「本格的実践」に向けたスタートライン～

「流域治水」の取組を進めるため、各水系を単位として、国、都道府県、市町村、民間企業等の機関が参画する協議会を立ち上げ、令和2年度末に全ての1級

水系（109水系）において、それぞれが流域内で重点的に実施する治水対策の全体像を「流域治水プロジェクト」として取りまとめました。

プロジェクトでは様々な対策を以下の3つの対策に分類し、実施主体を明示（図—1）しました。

①氾濫をできるだけ防ぐ・減らすための対策（堤防整備、河道掘削、ダム建設・再生、砂防関係施設の整備、雨水排水網の整備など）

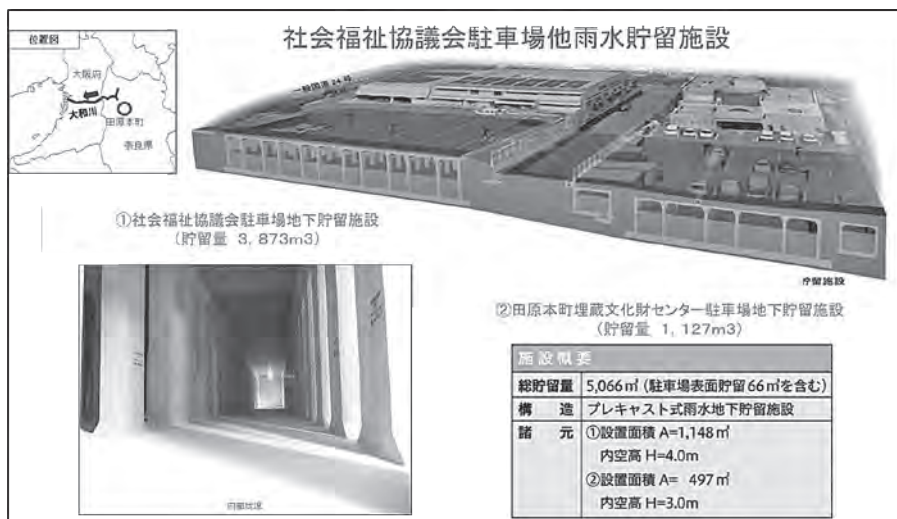
河川管理者が実施する河川区域での治水対策のみならず、下水道管理者や流域自治体による集水域での雨水貯留対策なども該当します。

②被害対象を減少させるための対策（土地利用規制・誘導、止水板設置、不動産業界と連携した水害リスク情報提供など）

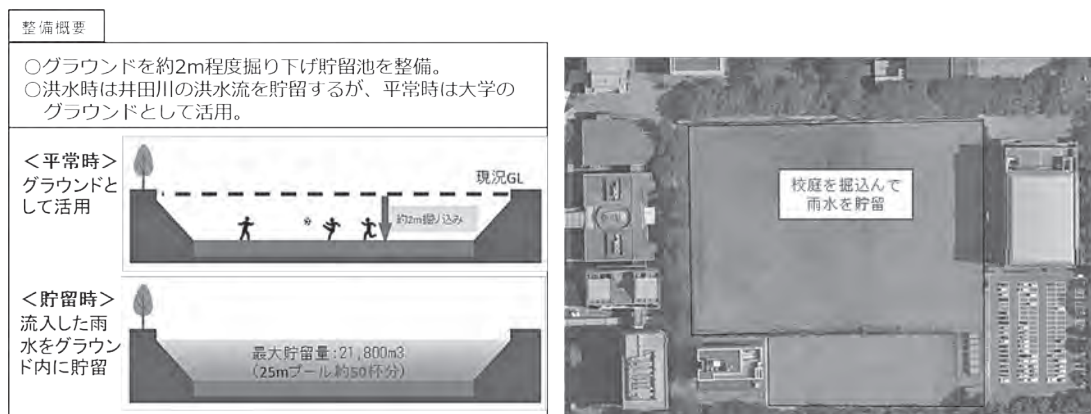
氾濫した場合を想定した、被害を回避するためのまちづくりや住まい方の工夫を図る対策や、氾濫した場合の浸水地域をコントロールする対策が該当します。例えば一部の自治体では、浸水リスクが高い箇所における地盤嵩上げに対する助成制度の創設や、条例による災害危険区域の設定（河川の氾濫や高潮等による危険の著しい地域に対する建築規制）が進められております。

③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策（マイ・タイムラインの活用、危機管理型水位計、カメラの設置など）

氾濫の発生に際し、確実な避難や経済被害軽減、早期の復旧・復興のための対策が該当します。例えば、住民一人ひとりが、台風の接近によって河川の水位が上昇する時に、自分自身がとる標準的な防災行動を時系列的に整理することで、避難判断のサポート



図—2



図—3

②被害対象を減少させるための対策

1) 輪中堤の整備 (長野県中野市ほか)

輪中堤は、土地の利用状況を考慮し、連続した堤防ではなく一部区域の氾濫を許容した堤防を整備することで、下流への洪水流量を増やすことなく早期に家屋の浸水被害を解消することができる対策です。長野県中野市で平成23年に完成した千曲川の輪中堤(図—4)は、令和元年東日本台風でも輪中堤内の集落を浸水から守りました。

2) 条例による土地利用規制 (高知県日高村ほか)

度重なる仁淀川の氾濫被害に対して、放水路トンネル等のハード整備が進められている高知県日高村では、「無秩序な低地開発はこれまでの努力を無駄にしてしまう」との思想のもと、村みずから、概ね80年に1度の頻度で発生する規模の降雨に対する浸水予想区域を指定し、区域内の建物については、居室の高さを浸水深以上とすることを義務付けています。加えて、宅地等にす

るための土地の形質の変更や土地の舗装など、雨水の貯留・浸透を阻害する行為にあたっては事前の届出が義務付けられています(図—5)。このような条例に基づく水災害リスクを考慮した住まい方や土地利用の工夫が、各地で進められています。

③被害の軽減・早期復旧・復興のための対策

1) 高台整備による避難場所確保(埼玉県川島町ほか)

荒川沿いに位置する埼玉県川島町では、大規模な水害時には町内全域が浸水するおそれがあることから、町外への広域避難を推進しています。あわせて広域避難が間に合わない場合に備え、緊急的な避難先として高台の整備を推進しており、現在は入間川流域緊急治水対策プロジェクトにおいて、堤防に近接する土地と廃校になった小学校を活用した高台避難場所の整備に取り組んでいます。

2) 企業BCPの策定支援(静岡県浜松市ほか)

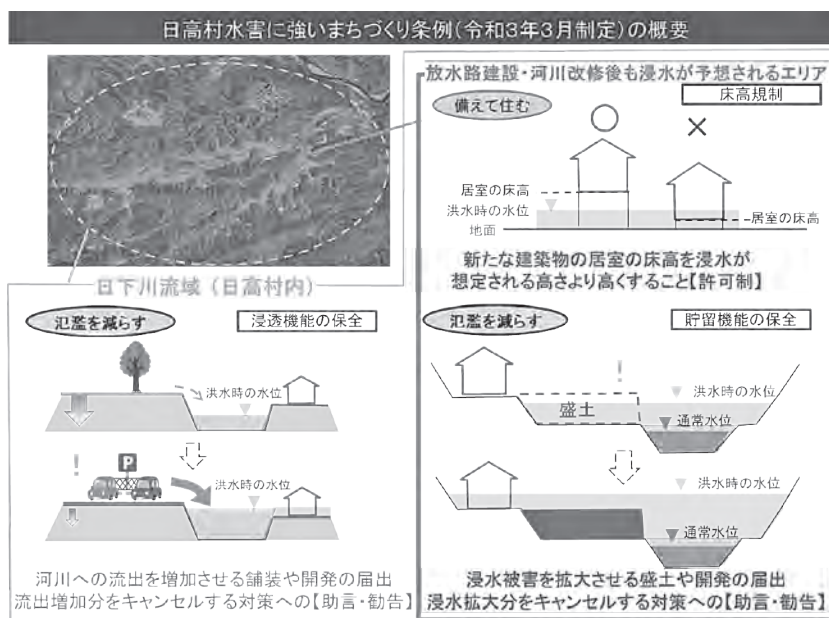
中部地方整備局浜松河川国道事務所が主催し、

- 床上浸水被害等の早期解消のため、連続堤での整備ではなく、土地の利用状況を考慮し、一部区域の氾濫を許容した輪中堤を整備することで、効果的な家屋浸水対策を実施。
- 長野県中野市古牧地区(千曲川)では、令和元年台風第19号時、輪中堤内の集落は浸水を免れた。

<長野県中野市古牧地区(千曲川)輪中堤による家屋浸水被害の解消>



図—4



図—5

浜松市の地域経済を支える浜松商工会議所の所属企業を対象に、企業BCP(水害版)作成支援の勉強会を開催しました。勉強会では企業BCP作成支援ツールの活用や、ハザードマップの閲覧による自社の想定浸水深の確認、各企業の検討状況を共有した上での意見交換などを通じ、15社の作成が完了しました。

4. 「本格的実践」を進めるために～流域治水の見える化～

河川整備の事業効果や進捗、及び流域の関係者の代表的な取組状況をわかりやすく示すため、令和3年度

末に全国の一級水系の流域治水プロジェクトにおいて取組状況の「見える化」を行いました。

浸水範囲と浸水頻度(10年に1度、50年に1度など)の関係を図示した「水害リスクマップ」を活用し、概ね5年後の事業による効果を示すとともに、農地・農業用施設の活用や立地適正化計画における防災指針の作成状況、避難確保計画や個別避難計画の作成による高齢者等の避難の実効性確保など、ハード・ソフト一体で多層的な流域治水の取組状況を指標により定量的に示しました(事例は図—6)。

これらのツールは、流域関係者間での相互理解を深め、連携の強化を図るとともに、流域治水の実践にあたり全国の先行事例を参考として頂くことを狙いとし

流域治水プロジェクトの充実

～一級水系で「流域治水の見える化」 全国の二級水系で約400プロジェクト策定～



図-6

ております。

5. おわりに

二級水系においても、都道府県が事務局となった流域治水協議会での議論を経て、約400の流域治水プロジェクトが策定・公表されております。引き続き、あらゆる流域の関係者により、治水対策の着実な進捗と、前述した先駆的な事例を踏まえた多様な取組の検

討が図られ、関係者全員で気候変動による水災害の激甚化・頻発化のスピードに立ち向かうことが重要と考えており、国土交通省が旗振り役となり、全国各地での取組を牽引してまいります。

J C M A

【筆者紹介】

萩原 健介 (はぎわら けんすけ)
国土交通省 水管理・国土保全局
治水課

行政情報

マスプロダクツ型排水ポンプの実証試験とその結果

日出山 慎人・黒田 浩章

マスプロダクツ型排水ポンプ実証試験では自動車業界とポンプ業界が初めて異業種連携を行うことで、治水対策のイノベーションを起こし、排水ポンプ設備の冗長性及び維持管理性の大幅な向上とライフサイクルコストの削減を目指す。今回は、現場での実証試験に先立ち、国立研究開発法人土木研究所と連携し、その実験施設を用い、自動車の量産エンジンで従来ポンプの排水運転ができることの確認を行ったので、その中間報告を行う。

キーワード：マスプロダクツ、排水ポンプ、実証試験、河川機械設備小委員会、リダンダンシー

1. はじめに

ポンプ設備等の河川管理施設は、設置後40年を経過した施設が急増し、今後、老朽化施設の更新が一斉に必要となる「大更新時代」が到来するとともに、激甚化・頻発化する水害により排水施設の新設、増設の要望も高まっている。こういった背景のもと、「リダンダンシーの向上」「メンテナンス性の向上」「コスト削減」をしつつ効率的かつ効果的に河川ポンプ設備の更新を行う手法及び技術開発が必要となっていることから、マスプロダクツを活用した新たな排水ポンプ設備等の整備を促進することを目的としている（図—1）。令和3年度は、現場での実証試験を行うに先立ち、実験施設で試験装置を用いた試験を行った。

2. 実証試験内容の検討

実証試験の実施にあたり、試験装置、試験項目及び計測項目の検討を実施した。試験装置については、マスプロダクツ型排水ポンプ機器構成（図—2）のうちポンプは従来のもの、エンジンは自動車の量産エンジ



図—2 マスプロダクツ型排水ポンプ機器構成イメージ

ンを用いることとし、ここでは減速機等動力伝達装置の検討を行った。なお、試験装置の検討にあたってはマスプロダクツ型排水ポンプへの適合性（マスプロダクツ化の目的、ポンプやエンジンの始動特性等）、試験条件による制約、機器の信頼性、維持管理性を考慮した。

(1) ポンプ・エンジン

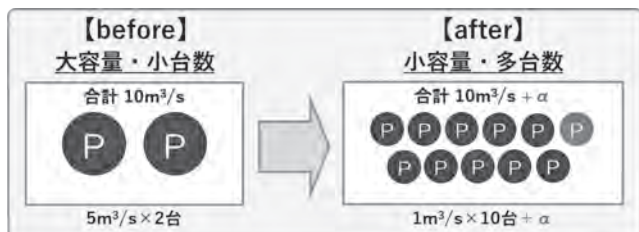
「マスプロダクツ型排水ポンプ技術の開発・導入・活用に関するプロジェクト公募実施の公示（令和3年1月12日）」において選定されたポンプ2台（表—1）、エンジン（ディーゼル機関）3台（表—2）を用いることとした。

表—1 マスプロダクツポンプ計画仕様

項目	横軸斜流ポンプ①	横軸斜流ポンプ②
形式	横軸斜流	横軸斜流
吸込方向	横方向	横方向
計画吐出量	1 m ³ /s	1 m ³ /s
計画全揚程	6 m	6 m
口径	600 mm (吸込口は700 mm)	700 mm
軸動力	ポンプ計画点 83 kW	ポンプ計画点 70 kW
回転方向 ^(注1)	右回り	右回り
定格回転数 ^(注2)	448 min ⁻¹	445 min ⁻¹
質量	約 1.6 t	約 2.3 t

注1：回転方向は、取合いカップリング側から見た方向を示す。

注2：ただし減速比の計算においては、回転数を①446、②446 (min⁻¹)とする。



図—1 マスプロダクツを活用した新たな排水ポンプ設備等の整備イメージ

表一２ マスプロダクツディーゼル機関計画仕様

項目	ディーゼル機関①	ディーゼル機関②	ディーゼル機関③
使用燃料	軽油	軽油	軽油
最高（定格）出力	130 kW	107 kW	125 kW
最大（定格）トルク	450 N・m	380 N・m	520 N・m
質量	230 kg	180 kg	350 kg
回転方向 ^{（注１）}	左回り	左回り	左回り
回転数 ^{（注２）}	2,200～3,400 min ⁻¹	2,750～3,500 min ⁻¹	1,900～2,500 min ⁻¹

注１：回転方向は、取合いカップリング側から見た方向を示す。

注２：ただし減速比の計算においては、回転数を① 3,400、② 3,400、③ 1,900 (min⁻¹) とする。

（２）動力伝達装置

排水ポンプを自動車の量産エンジンで駆動するための動力伝達装置の検討を行った。検討にあたり、構成要素となる減速機、クラッチについては個別システムとして検討し、形式・仕様を決定した。構成機器の決定にあたっては従前からポンプ駆動システムとして使用されてきたものに、技術動向を把握し、実証試験の仕様の決定を行うために設置した技術研究会で取り上げられた新たなものを加えて検討したうえで、調達性と信頼性を考慮し実績のあるものから選定した。

（a）減速機

減速比は各ポンプの回転数（表一１）及び各ディーゼル機関の回転数（表一２）を用いた。検討の結果、本実証試験に用いる減速機を以下のとおり選定した。

- ・ディーゼル機関①②用：平行軸歯車減速機２段減速（減速比 7.62）２台
- ・ディーゼル機関③用：平行軸歯車減速機２段減速（減速比 4.26）１台

なお、減速比は歯車の歯数の組合せにより決定するため、厳密には仕様値と一致しないが、平行軸歯車の場合は小歯車（ピニオン）と大歯車（ギヤ）の歯数の

異なるギヤセットに交換することで減速比を変更できる。また、減速機の冷却方式は空冷とすることで付属機器の簡素化を図った。

（b）クラッチ

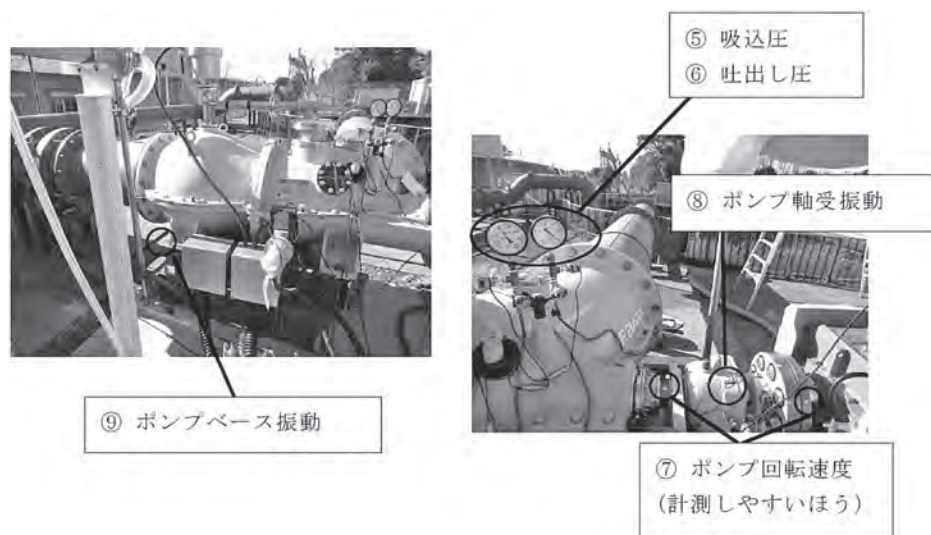
陸用ディーゼル機関では圧縮空気始動によりポンプとの直結始動が可能な機種があるが、マスプロダクツ型エンジンはセルモータ始動のため、エンジン始動時はクラッチによりポンプの駆動軸を切り離しておく必要がある。今回は試験対象機器に適合するクラッチ形式を湿式多板油圧クラッチ（減速機に内蔵）とし、接続時間調節範囲は最大８秒とした。

（３）試験項目

以下のとおり試験を行い、状態観察及び計測を実施した（写真一１，２）。

（a）始動試験

ポンプ始動時において、クラッチ接続時にエンジンストールがなく、エンジン及びポンプが所定の回転速度になるまで異常なく運転できることを確認し、ポンプ回転速度等の計測を実施した。なお、横軸斜流ポンプ①を対象に始動時の回転速度とトルクを連続計測



写真一１ 計測箇所（横軸斜流ポンプ①の場合）

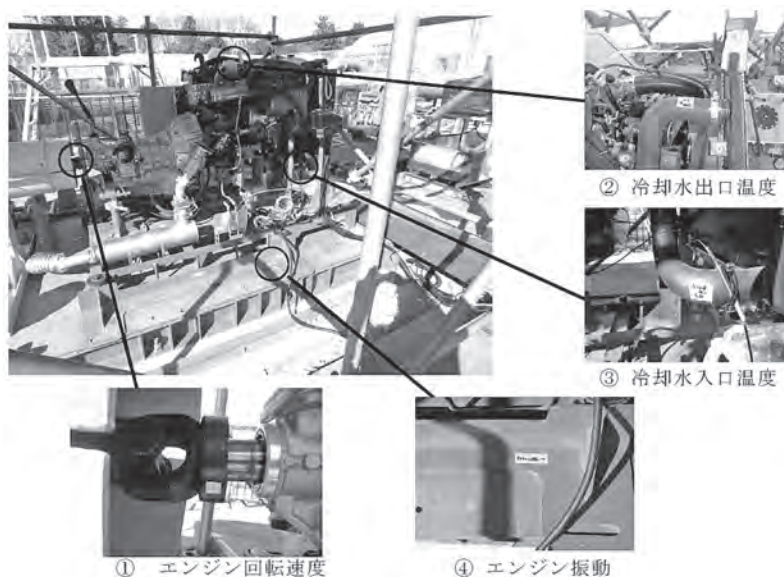


写真-2 計測箇所（ディーゼル機関①の場合）

し、始動時負荷特性を把握した。

(b) 負荷変動試験

吐出し弁操作によりポンプの運転点を計画（設計）揚程運転及び吐出し弁全開運転に変えてエンジンの負荷変動による回転速度の大幅な変化がないこと、定格点（計画点）での運転においてポンプにキャビテーション発生兆候がないこと等を確認した。ポンプ揚程はポンプ付属の圧力計、連成計から読み取り、ポンプ回転速度を回転計で計測した。

(c) 連続運転試験

吐出し弁操作によりポンプの運転点を計画（設計）揚程として一定負荷条件のもとで2時間の連続運転を行い、ポンプ、エンジンに異常音、異常振動が起きないことを確認した。さらにラジエータの冷却水出入口温度を計測して連続運転時の温度上昇を確認した。なお、走行風が得られないことにより運転可能温度以上となる場合は、別置きを送風機によりラジエータに送風した。

なお、実証試験で行う試験パターン（ⅠからⅤまで）は以下のとおりとした（各番号は表-1、2参照）。

- ・試験パターンⅠ：横軸斜流ポンプ①と
ディーゼル機関①
- ・試験パターンⅡ：横軸斜流ポンプ②と
ディーゼル機関②
- ・試験パターンⅢ：横軸斜流ポンプ①と
ディーゼル機関②
- ・試験パターンⅣ：横軸斜流ポンプ②と
ディーゼル機関①
- ・試験パターンⅤ：横軸斜流ポンプ①と
ディーゼル機関③

3. 実証試験結果と課題整理

(1) 実証試験結果

実証試験は国立研究開発法人土木研究所（以下「土木研究所」という。）構内の試験水槽を用いて実施した（写真-3）。当日は試験装置を図-3のとおり配置し、ポンプ2台を常設とした。エンジン3台（減速機含む）については着脱式として順次換装を行い、運転時の各種計測を実施した。

(a) 始動試験結果

試験対象のすべてのポンプ、エンジン、動力伝達装置の組合せにおいて問題なく始動可能であることが確認された。また、今回の各エンジンとポンプの組合せ5パターンではクラッチ接続時に異常事象の発生は確認されず、2秒でクラッチのかん合が可能であった（図-4）。一方、始動時のアイドリング運転では振動、騒音が発生しており、暖機運転を行う場合は回転速度をアイドリング速度より高く設定する等の対応が必要



写真-3 実証試験の実施状況

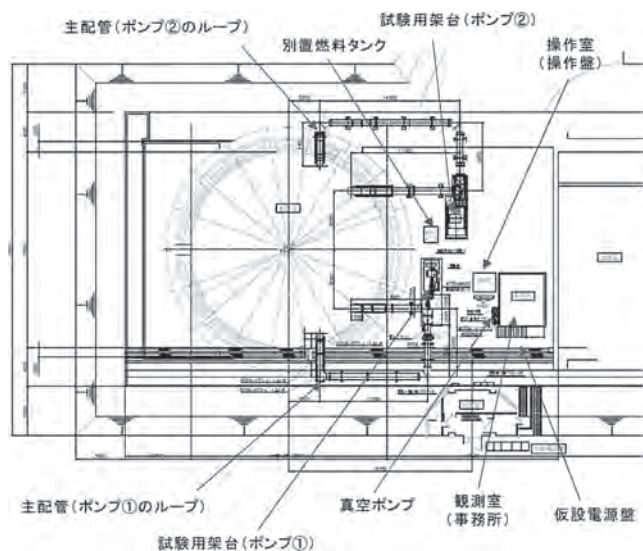


図-3 試験装置の全体図面

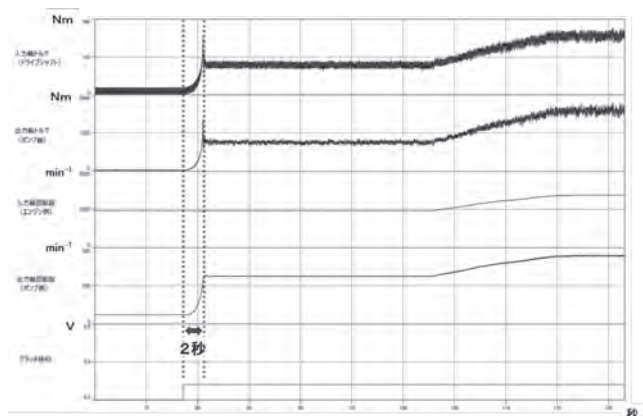


図-4 連続計測記録データ（試験パターンⅠ：クラッチ接続時間2秒）

と考えられる。

(b) 負荷変動試験結果

始動試験結果と同様に試験対象のすべての組合せにおいて、負荷状態を変えてもポンプ性能を発揮できる回転速度に制御できることが確認された。また、運転状態を変えた場合においてもキャビテーション等の有害な事象発生の兆候はなかった。

(c) 連続運転試験結果

2時間にわたる $1 \text{ m}^3/\text{秒}$ の連続排水負荷運転を行った結果、運転時間の変化や温度の異常上昇がないことが確認された（図-5）。なお、本来はエンジン出口温度が入口温度より高くなるが、逆転していた。しかし、連続運転による温度変化は微小であったことから、冷却機能の問題はないと判断した。また、騒音レベルは 90 dB 程度となり、既存設備（陸用ディーゼル機関）と同等以下であることが確認された。

(2) 課題整理

今後、開発目的に適ったマスプロダクツ型ポンプ設

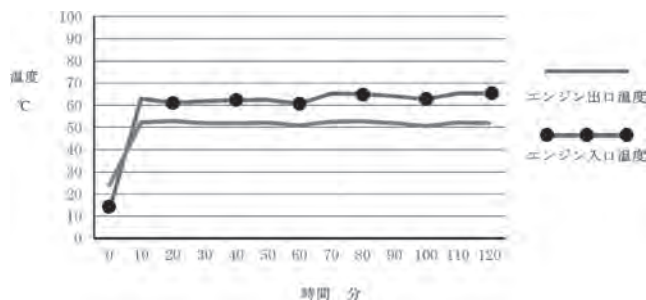


図-5 連続運転試験時の冷却水温度の変化（試験パターンⅠ）

備を実現するための主な課題を以下に記す。

(a) 共通ベースの一体化

今回の実証試験では共通ベースが一体化されたものと分割されたものがあったが、分割されたものはポンプ、エンジン、減速機の個々の機器が独立されたベースのため、それぞれのベースを据付基準線に合わせ、水平に設置しなければならないため据付精度が要求され、据付・調整に時間を要した。そこで、ポンプ、エンジン及び減速機の共通ベースを一体化したものと、設計条件や寸法を統一し標準設計とすることにより、今後の現場実証試験時の据付の効率化を図ることが可能となる。ただし、共通ベースの設計・製作に関しては十分な検討が必要である。

(b) エンジン、艀装装置のパッケージ化

今回の実証試験では、主原動機の構成機器であるラジエータ、燃料ポンプ、排気装置等は艀装装置として別途、艀装メーカーにより設計・製作された部分があり、パッケージ化することで共通ベースの一体化と同様、交換時における位置決め、芯出し等現場作業の効率化を図ることが可能となる。

(c) 技術基準類の策定

今回の実証試験では技術基準による規定がなく、各社独自の技術基準で設計されており、技術水準が統一されていなかった。そのため、既製品、動力伝達装置や操作制御設備等、マスプロダクツ型排水ポンプ設備に係る技術基準を策定することで、当該設備が備えるべき機能等の技術的水準を明確にし、「リダンダンシーの向上」「メンテナンス性の向上」「コスト縮減」の実現に向けてマスプロダクツ型ポンプ設備の整備を図る必要がある。

4. おわりに

今回の実証試験は初の試みであったにもかかわらず、全ての試験パターンにおいて総合的に判断基準を満たす結果となった。このことから、「マスプロダクツ型排水ポンプ技術の開発・導入・活用に関するプロ

ジェクト公募実施の公示（令和3年1月12日）」において選定されたポンプ技術・エンジン技術についてマスプロダクツ型排水ポンプとして求められる基本性能を有すると評価された。しかし，社会実装に向けた実現性を検討した結果，未だ多くの課題が残っている。

令和4年度は耐久性，操作性，現場適用性，維持管理性等の検証を目的とし，土木研究所から全国6か所の実現場へ場所を変え，現場実証を予定している。引

き続き土木研究所と連携し，マスプロダクツ型排水ポンプの実証試験を進めていく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

日出山 慎人（ひでやま しんと）
国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課

黒田 浩章（くろだ ひろあき）
国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課



千葉県一宮川の事例からみる流域治水の取組と展開

岡 安 徹 也・朝 日 向 猛・竹 内 康 彦

本論文は、一宮川流域における流域治水の取組と成果を報告するものである。

一宮川流域の流域治水は、一定水準の河川整備を行うとともに、その水準を超過する洪水氾濫に対しては、流域全体で浸水被害を低減させるものである。

流域治水の検討体制の構築、大規模水害を契機とした中小河川の流域治水スキーム、リスクコミュニケーションを通じた地域合意形成について報告する。

一宮川流域の取組事例を踏まえ、他の流域への汎用性及び留意点を提案する。

キーワード：流域治水、検討体制の構築、再度災害対策、リスクコミュニケーション、合意形成

1. 一宮川流域の特徴と課題

水害の激甚化・頻発化や気候変動を背景にして、河川管理者が行う河川整備に加え、流域の関係者が協働して被害を軽減させる「流域治水」が必要となっている。本号の行政情報等でも扱われるように、河川管理者を筆頭とする流域治水の推進、利水ダムを含む既存ダムの洪水調整機能を強化する事前放流や農林水産部局による流出抑制の取組など、各方面から関係者の協働による具体施策の検討が進められている。

本稿では、被災を契機に個別具体の流域で進められる流域治水の取組として、千葉県一宮川流域の事例を紹介する。

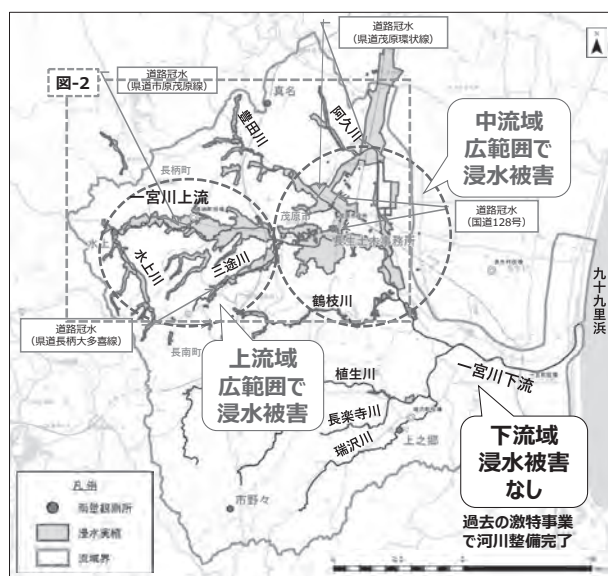
一宮川では、河川整備の計画規模を上回る令和元年10月25日の大雨（以下、「今次降雨」という）により、甚大な浸水被害が生じた。

一宮川は、千葉県中央部の房総丘陵から太平洋に向かって流下する流域面積203km²、流域内に6市町村が立地する中小規模の流域であり、河床勾配が緩やかになる中流で幾つもの支川が合流する。中流域には茂原市が位置し、河川沿いの低平地に市街化、宅地化が進行しており、広域地盤沈下も進んでいることから、浸水被害を受けやすくなっている。これらの特徴から、平成以降の約30年間だけでも、今次降雨を含め4回の浸水被害が発生している。

過去の河川整備で、下流の洪水流下断面は概ね確保されたが、中流では十分でなく、上流域・支川はほぼ未整備である。

今次降雨では、一宮川上流に位置する長柄町水上で時間雨量77mm、3時間雨量204mm、12時間雨量360mmと観測地点最高値を記録（点雨量では年超過確率1/90程度）し、特に中上流域の茂原市、長柄町、長南町では約1,760haが浸水し、7名の人的被害（うち関連死1名）、家屋約4,000戸、官庁舎、病院、要配慮者利用施設などに甚大な浸水被害が生じた（図—1）。

今次降雨による水害をふまえ、県及び一宮川流域市町村で構成する「一宮川流域減災対策会議」は、令和11年度末迄に河川整備と内水対策、土地利用施策が連携した事業を実施することとし、中流域では河川激甚災害対策特別緊急事業による河道断面の拡大等を緊



図—1 今次降雨による一宮川流域における浸水状況

急的に実施するとされた。

一方、上流域・支川では、河川整備を行ってもなお残余する浸水リスク（以下、「残余リスク」という）の流域対策が課題であった。これまで未計画・未整備である上流域・支川の早期の河川整備が、地域から強く求められていること、計画超過降雨に対し、短い事業期間内で、上流域・支川のリスクを低減させ、かつ、中下流域のリスクを増大させないで流域全体の浸水被害リスクを最小化すること、再度災害防止にあたり、河川整備と残余リスクの流域での対応について、地域合意のもと浸水対策案にとりまとめる必要があった。

2. 一宮川流域における流域治水及び検討過程

浸水対策案の検討に際しては、複数の分野、自治体にまたがる検討が必要であるため、それを可能とする体制で臨むこととされた。また残余リスクに加えて上下流バランスを図る観点から、対策案の検討プロセスでは、地域住民や市長を含む関係者と丁寧な意見交換が行えるプロセスがデザインされた。

(1) 複数の分野、自治体にまたがる対策の検討体制

上流域・支川での浸水対策の検討に当っては、学識者、国、県、被災した市町からなる「一宮川上流域・支川における浸水対策検討会（以下、「検討会」という）」を2020年5月に設置するとともに、下流域も含めた流域の全市町村長と県からなる「一宮川流域減災対策会議」により流域全体で合意を図るという2層構造を取ることであった。

検討会の委員構成は、複数分野を横断的に検討するため、学識者（河川2名、都市計画1名）、県から河川、都市、建築、農林の関係部局、市町から副市長等とした。座長は、複数分野の対策の必要性や地域住民の主體的協力・参画のコーディネートから、都市計画・まちづくりの学識者とした。

また、地域の協力に基づく流域対策を進めるため、検討の進捗に合わせて地域住民や首長らとの対話をこまめに行う場を設け、反応や意見を反映させたり、検討会委員の勉強会により、理解促進を図るなど、丁寧なプロセスが心掛けられた（表—1）。

関係者は多様なため、当初は、相互理解が不十分な点、認識のズレも散見されたが、徐々に河川整備の限界と流域治水の考え方について共通認識の形成が図られ、今次降雨に対して一定程度の浸水を前提とした河川整備案と今後、気候変動をも視野にいれて流域関係者が連携して流域対策に取り組んで行くことについて

表—1 検討会及び意見交換会の開催状況

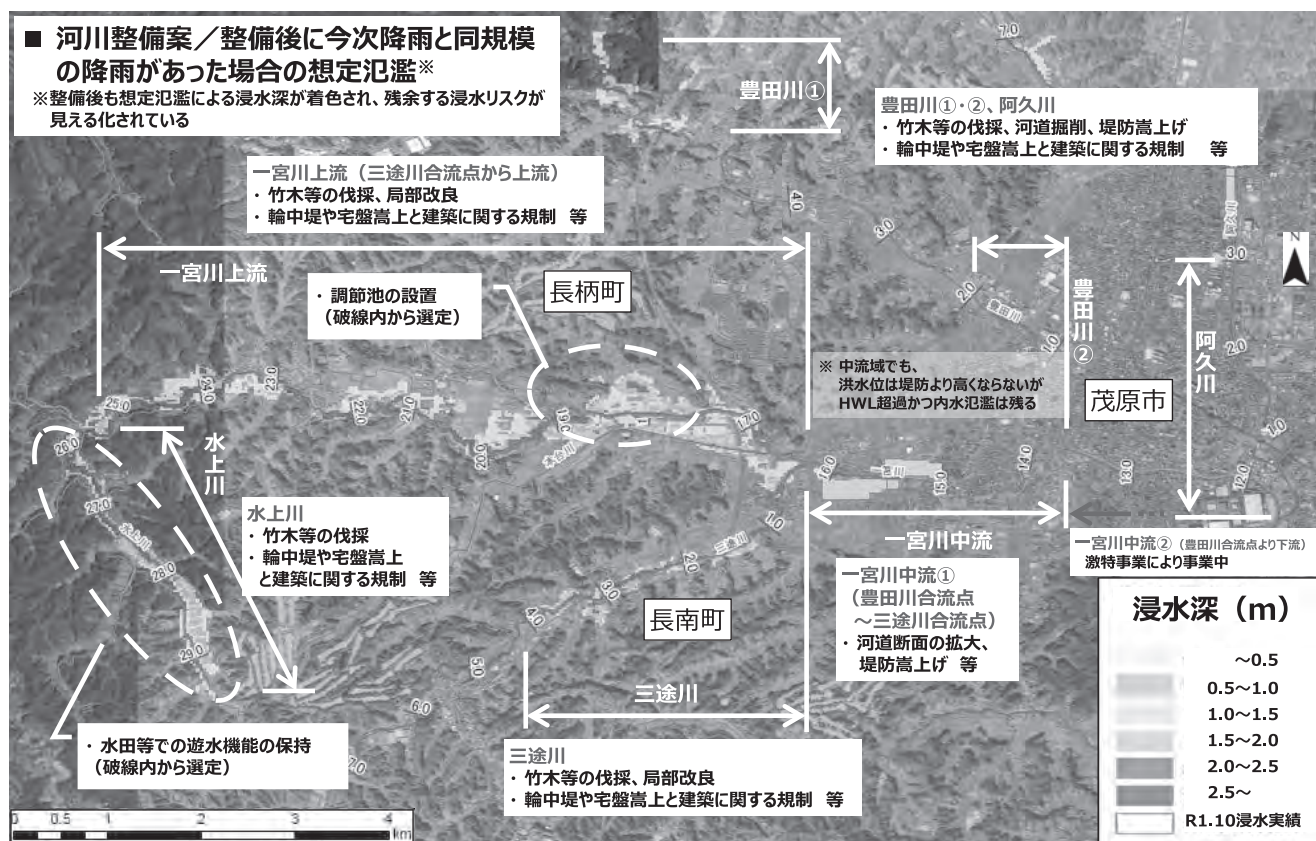
一宮川上流域・支川における 浸水対策検討会等	地元意見交換会* ※長柄町、長南町の町議会議員、区長出席
一宮川減災対策会議（R25/28） ・検討会の設置	
委員現地調査（6/9, 6/24）	
第1回検討会（6/29）	
	第1回意見交換会（8/1, 8/8） ・今次水害メカニズム ・浸水対策の考え方
第2回検討会（8/12）	
第3回検討会（9/2）	
	第2回意見交換会（9/27） ・整備シナリオ、残余リスク
委員現地調査（10/6）	
第4回検討会（10/16）	
	第3回意見交換会（11/15） ・河川整備及び輪中堤等の整備概要及び目標 ・水田における被害軽減
流域治水勉強会（11/16） ・市町村長、県・市町村職員	
第5回検討会（11/30）	
委員現地調査（12/1）	
一宮川減災対策会議（12/21） ・浸水対策案を合意	

合意形成が図られた。

(2) リスクコミュニケーションを通じた地域合意形成

リスクコミュニケーションにおいては、関係者に対して氾濫シミュレーション等を活用して分かりやすく提示し、以下に示す議論の基礎となる知識と情報をすべての関係者で共有した。

- ①今次降雨が極めて大規模であり、気候変動の影響により降雨規模は今後も増大の可能性がある。
- ②河川沿いの低平地に、浸水を考慮しない建て方の家屋等が進出し被害を増大させてきた。
- ③上流の洪水流下のみを重視すれば、中下流の浸水リスクが助長され、その解消には、長期を要する下流からの再整備が必要となるなど、リスクや対策は相互（相反？）関係にある。
- ④完了スケジュールを明示した一定水準の河川整備により浸水リスクを低減するが、今次降雨のような計画超過降雨では残余リスクが生じる（図—2）。
- ⑤上記①～④を踏まえ、河川整備と併せて、流域関係者の協働による流域対策が必要である。



図一 河川整備の概要と整備後の残余リスク（浸水対策案¹⁾図を加筆・修正）

3. 一宮川上流域・支川における浸水対策案

地元意見交換会での意見を踏まえ、検討会でとりまとめた「一宮川上流域・支川における浸水対策案¹⁾」(以下、「浸水対策案」という)が、2020年12月21日に「一宮川流域減災対策会議」で合意された。概要を以下に記述する。

(1) 浸水対策の構成

浸水対策案では、流域全体の目標を示す「浸水対策ビジョン」、河川管理者が短期的（事業期間10年間）に取り組む「河川整備案」、多様な関係者が主体的に取り組む流域対策の方向性を示す「流域対策の概要」、今後の取組の方向性として「今後の取組」で構成された。

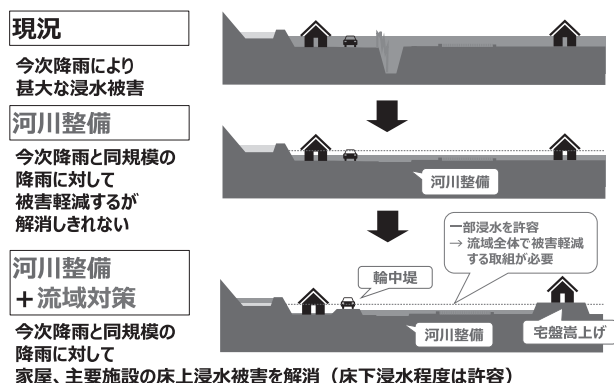
(2) 浸水対策ビジョン

浸水対策ビジョンでは、基本的な考え方として、河川、集水域、氾濫域に3区分し、各役割分担を明確にした上で、河川整備水準を大幅に上回る降雨があるため、流域全体で取り組むことが必要不可欠であること、残余リスクに対し、水防災意識を地域社会で醸成することの重要性を述べている。

浸水対策案の目標は、①気候変動を踏まえた想定最

大規模、②今次降雨と同規模、③県内河川の整備水準程度の降雨（年超過確率1/10）に対し、多層的に設定された（図一3）。

- ①気候変動による水害の激甚化・頻発化に備え、想定最大規模に対して人的被害ゼロ、市役所・役場等の災害対応拠点施設の機能を維持する。
- ②今次降雨と同規模の降雨に対し、家屋及び主要施設の浸水被害ゼロ（なお、上流域・支川については、家屋や役場、要配慮者利用施設の床上浸水被害の解消（床下程度の浸水を許容）とする。農地については浸水後も営農を継続できる被害レベルまで軽減する（図一2）。
- ③県内河川の整備水準程度の降雨に対して、外水氾濫



図一 3 一宮川上流域・支川における家屋等の被害軽減イメージ

させない（遊水機能を保持する区間を除く）。

なお、この目標設定は、河川整備の目標ではなく、流域全体の目標として位置づけている。

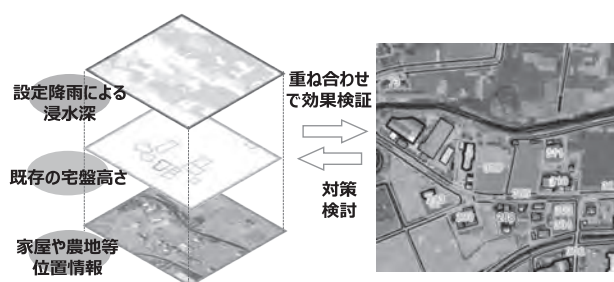
(3) 河川整備案

今次降雨は計画規模を上回っているため、一定水準の河川整備を行った上で、その他の対策と連携・対応することとなるが、現時点では計画論が確立していない（手引き等の不在）。

そのため、一宮川水系河川整備計画の計画降雨規模、県内河川の整備水準、事業期間での実現性を踏まえ、年超過確率 1/10 相当の降雨に対して、外水氾濫させないように河川整備を行うこととし（遊水機能を保持する区間を除く）、今次降雨と同規模の降雨による残余リスクに対しては、輪中堤や宅盤嵩上げ等の局所的な対策により、家屋及び主要施設の浸水被害を軽減することとされた。

浸水対策の検討にあたっては、氾濫ブロックごとの氾濫想定最大の包絡ではなく、25 m 格子での氾濫解析により浸水状況を想定し、降雨規模と河川整備シナリオに応じた分析を行った。

輪中堤や宅盤嵩上げの配置素案について、河川整備後の想定浸水深図と家屋の位置、宅盤の標高を重ね合わせ、輪中堤等による上下流や左右岸など流域内の他の地域への影響を検証しながら、全ての家屋の床上浸水被害が解消するよう収束するまで繰り返して、対策案を検討した（図—4）。



図—4 各要素の重ね合わせと繰り返し検討イメージ

(4) 流域対策の概要

流域対策では、早急に実施すべき、避難計画の見直し等の人命を守るための対策、事業期間内に実施を目指す対策として、田んぼダムやため池の活用などの浸水深を低減させる対策、農業被害の軽減や住宅の耐水構造化等の洪水氾濫の浸水被害を軽減する対策、長期的に取り組む対策として、用排水路の活用や被害が生じた場合の経済的補填策等の検討が列举された。

(5) 流域対策の具体化に向けた体制

流域対策に関しては、方向性とメニューの列举にとどまっている。流域対策の具体化に向けて、県の部局横断的な体制による支援のもと、県・市町村が連携し、地域住民と協働できる体制の必要性について記述され、2020年12月にはその体制として「一宮川流域治水協議会²⁾」が設置された。

4. 上流域・支川検討後の展開

2021年3月には、中小河川では全国の先がけとなる一宮川水系流域治水プロジェクト³⁾を策定し、具体の事業展開を図るものとされた。

河川整備では、中下流で実施されている河川激甚災害対策特別緊急事業等に加え、上流域・支川でも対策を実施するために河川整備計画や事業化が検討され、継続的な治水機能を強化・維持していくこととしている。

流域対策については、地域に応じた具体の対策及び実現にあたる検討のために、一宮川流域治水協議会に、より地域に根ざした検討のための市町村部会が設置され、試験施工や地元との意見交換を踏まえた対策効果が検討される。田んぼダム等の検討や残余リスクに対する輪中堤等の浸水防止対策と土地利用、住まい方の工夫に関する建築ルールの検討が実施され、各進捗に併せたプロジェクトへの位置付けが予定されている。

また流域対策の具体化には、河川整備後の残余リスク及び流域対策の効果を見える化と、それによるリスクコミュニケーションが不可欠となる。見える化の検討を進め、上・中・下流域の浸水リスク及び流域対策に関する貢献度・今後のポテンシャルを共有するための流域の総合的な計画を検討し、流域治水の理念及び具体的な貯留目標量について合意形成を図っていくこととしている。

さらに流域の理解のため、積極的な防災教育の展開が必要であり、令和3年度に一宮川流域治水シンポジウムが開催され意識醸成が図られた。上述した今次降雨による水害のふり返りに始まり、流域治水の必要性が討議されたほか、防災の文化に昇華させる必要などが取り上げられた。また、不特定の住民向けに開催されたシンポジウムポスター展において、災害の記憶や教訓を伝える自然災害伝承碑を印象的とする声も聞かれ、地域に根ざした意識醸成が重要と考えるところである。

これら先行的に検討される内容から効果的な対策を

効率的に流域全体へ水平展開することが必要である。

流域対策の実行性の担保にあたっては、一宮川流域治水協議会において、プロジェクトのフォローアップを行うとともに、市町村において、総合計画や都市計画マスタープラン（立地適正化計画を含む）、地域防災計画等の行政計画に位置付けることを視野に入れる必要がある。

また、2021年11月に全面施行された流域治水関連法（特定都市河川浸水被害対策法等改正）のように制度面も拡充されつつあり、法定計画化によるプロジェクトの推進も考えられる。

流域治水実行のためのあらゆる関係者の協働では、建設業界の寄与も大変重要となる。従来から行われる治水のハード対策や災害協定等に基づく有事の対応はもちろんだが、整備の加速化や安全で効率的な作業には建設機械施工技術分野の進展も必須と考える。

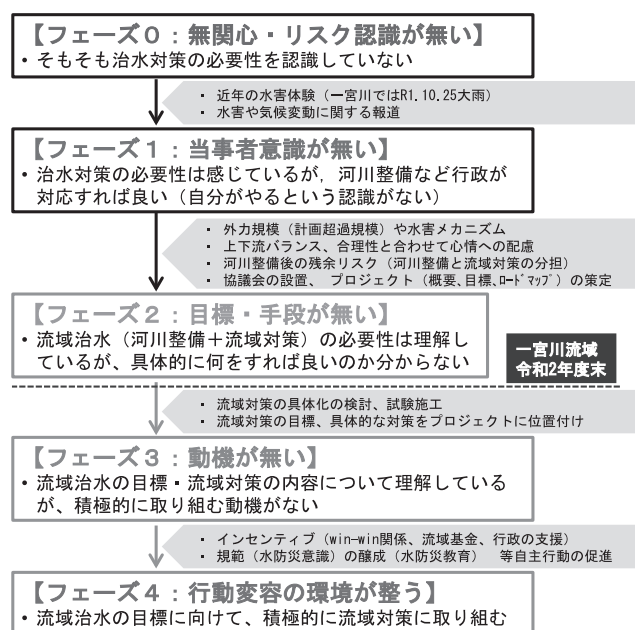
流域治水は各流域の特性を流域の関係者が理解した上で、関係者が参画することが重要となるが、例えば、流域の把握には三次元計測技術を活用し、分かりやすく伝える技術なども必要となる。一宮川の事例では外力、河川整備前後や浸水防止対策の有無による差を氾濫解析し、効果・影響を示すことでリスクコミュニケーションが行われており、これらのツールも合意形成にあたり重要な役割を持つ。

また、地域に根ざす業種である建設業は、業務を通じて地形などの物理的な条件や流域の社会構造を把握していることが多く、流域治水の第一歩である流域の把握に明るいと考えられる。住民としての目線も持ち合わせた人材が豊富であり、住民を含む「あらゆる関係者」の協働を先導出来得るのではないだろうか。

5. 他の流域への適用性

流域治水の初期の検討・取組フェーズを模式化すると、概ね図—5に示す5段階に整理される。一宮川流域の取組は被害の発生と多様な主体との丁寧なリスクコミュニケーションによる主体的な意識形成により、令和2年度末においてフェーズ2に到達し、令和3年度には、流域治水の目標設定、一宮川流域治水協議会での検討、主体的に取組に向けたフェーズ3目前である。

今後の気候変動を踏まえると、他の中小河川流域においても、計画規模を超える降雨による被災リスクが懸念され、一宮川流域と同様に、河川整備後の残余リスク、上下流バランスの問題、流域対策の検討の体制づくりに直面すると想定される。



※ フェーズは流域内でも単一ではなく、これまでの歴史、文化から、既にフェーズ4に相当する地域もありうる。一方で、下流側の市街地では一般的にフェーズ0が多いと考えられる。

図—5 流域治水の推進にあたってのフェーズ及び課題

本事例は、流域圏が顔の見える程度の比較的小規模であり、経済圏とも重複した中、過去複数回の水害経験により理解の素地が醸成されていた等の特徴には留意が必要であるものの、流域単位での浸水対策検討に臨むスタンスや策定までの合意形成プロセスが、全国の中小河川の参考になると考えられる。

今回の取組を振り返り以下①～③の特徴を挙げる。

①流域治水の取組体制の構築

流域市町村長・県による行政会議、学識者（都市、河川）・国・県（河川、都市、建築、農林）・関係市町による技術検討会議、地域住民の代表との意見交換会等、流域内の異なる分野、立場の関係者により、検討・意見交換、理解促進を通じて合意した。

②大規模水害を契機とした中小河川流域治水スキーム

限られた期間での事業、かつ、河川整備の計画規模を上回る降雨外力に対する再度災害防止にあたり、河川の整備水準を一定とし、浸水が生じる事を前提として流域対策も含めた流域治水により対応していくこととした。

この合意のために、河川の整備水準規模、今次降雨と同規模、気候変動による激甚化・頻発化と複数の外力に対して、それぞれ目標を設定した。

③リスクコミュニケーションを通じた地域合意形成

多段階の降雨外力に対して、複数の河川整備案を組合せたシナリオごとの残余リスクを見える化し、行政及び地域の代表者等の関係者で共通認識を形成したうえで、河川整備案及び流域対策に取組んでいくことについて合意形成を図った。

今後、流域対策の具体化や、実際の行動変容の取組により、上・中・下流のあらゆる関係者が出来ることを実施し、相互に支援、理解しあうような関係が構築されることを期待したい。

付 記

本稿は、千葉県からの委託業務を通じた議論を踏まえて取りまとめた（一財）国土技術研究センターの第35回技術研究発表会での研究報告⁴⁾等を再編・拡充したものです。

J C M A

《参考文献》

- 1) 千葉県一宮川改修事務所：一宮川上流域・支川における浸水対策（案）について、2021。
<https://www.pref.chiba.lg.jp/cs-chousei-s/shinnsuitaisakuann.html>
- 2) 千葉県一宮川改修事務所：一宮川水系流域治水協議会 2021。
<http://www.pref.chiba.lg.jp/cs-chousei-s/ichinomiyaagawaryuuikichisuiyougikai.html>
- 3) 千葉県一宮川改修事務所：一宮川水系流域治水プロジェクト、2021。
<https://www.pref.chiba.lg.jp/cs-chousei-s/documents/ichinomiyaagawaproject.pdf>

- 4) （一財）国土技術研究センター：第35回技術研究発表会について、2022。
<https://www.jice.or.jp/reports/recital/35th>

【筆者紹介】

岡安 徹也（おかやす てつや）
（一財）国土技術研究センター 河川政策グループ
副総括（研究主幹）



朝日向 猛（あさひな たけし）
（一財）国土技術研究センター 河川政策グループ（併）
都市・住宅・地域政策グループ
都市防災チームリーダー、首席研究員



竹内 康彦（たけうち やすひこ）
（一財）国土技術研究センター 河川政策グループ
主席研究員



TRD工法の河川堤防と都市部雨水貯留対策での適用事例

黒木 義富・日置 洋介

近年、気候変動の影響により全国各地で降雨災害が激甚化、頻発化している。この影響は河川の氾濫を招き、越水、洗掘、浸透などによる堤防の破堤や想定を超える降雨量による都市部の広範囲な浸水など甚大な被害を及ぼしている。TRD工法（等厚式ソイルセメント地中連続壁工法）はソイルセメント地中連続壁を造成する技術として、土留め止水壁以外にも河川堤防の遮水性と耐久性を確保する遮水壁、河川の自然環境を配慮した多自然型護岸、さらには都市部の雨水貯留調節池などに多くの実績を有しており、これら治水対策としての適用事例について本稿で紹介をする。

キーワード：ソイルセメント地中連続壁、川表遮水工、多自然型護岸、地中控え護岸、雨水貯留調節池

1. はじめに

我が国の治水事業は、従来の最大降雨実績に基づく治水計画から、気候変動による降雨量の増加を見込んだ計画の見直しに加え、流域全体の関係者が協働して取り組む「流域治水関連法」が令和3年5月に施行された。TRD工法（以下、「本工法」という）は、わが国で発案、開発された工法で、軟弱な地盤から玉石混じりの硬質地盤までの幅広い地盤への対応、優れた遮水性能、低重心設計の施工機械などの技術的な優位性や特徴を有しており、本工法の専用施工機械は鉛直壁用と傾斜壁用機械の2種類がある。令和4年3月末現在、国内での施工件数約850件、累計壁面積450万 m^2 の実績を有し、図-1に示すように様々な用途に採用されている。

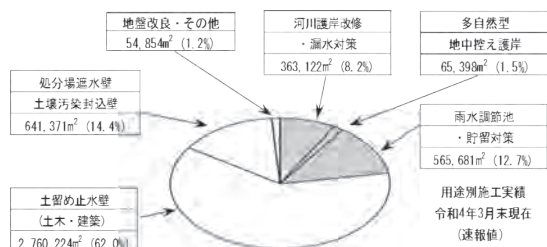


図-1 用途別施工実績

2. 本工法の概要

地中連続壁には構造物の荷重、自重を考慮した基礎壁として用いられる本体壁と、地下構造物築造時の周

辺地盤の土圧、水压を一時的に支え、かつ地下水の流入を防ぐための仮設壁に大別される。本工法は図-2に示すように原位置土とセメント系懸濁液を機械的に混合攪拌するソイルセメント地中連続壁の一つであり、以下の特徴を有する工法である。

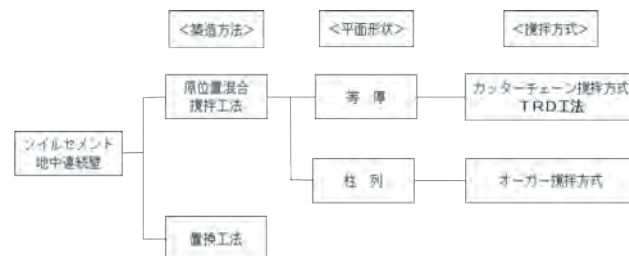


図-2 本工法の位置付け

(1) 工法の特徴と壁体品質

(a) 施工機械の安定性

低重心設計により機械高は、地中にカッターポストを継ぎ足すことにより、図-3に示すように壁深度に関わらず機械高約10mの一定の高さで重心が低く安全な施工が可能である。

(b) 壁の連続性、芯材間隔の任意設定が可能

造成する等厚壁は横方向へ連続的に移動しながら攪拌混合するため、目違いが無く遮水性の高い高品質の壁が実現できる。また図-4に示すように壁形状が等厚であるため任意の芯材間隔で建込みが可能であり、H形鋼材以外の鋼矢板、鋼製地中連続壁用部材やコンクリート矢板、PC壁体なども挿入建込みが可能である。

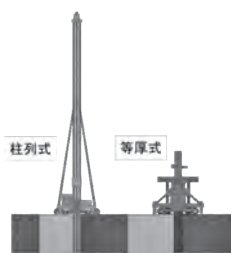


図-3 TRD 施工機械(右)

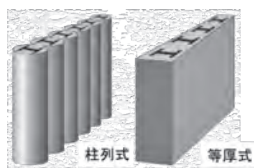


図-4 地中連続壁の形状

(c) 硬質地盤への対応と深度方向に均質な壁品質
掘進機構は図-5に示すように地中に挿入したカッターポストを地盤に、横進行方向へ押し付けた状態でカッターチェーンを鉛直方向に周回することにより換算 N 値 100 以上の硬質地盤も掘削が可能であり、鉛直方向に異なる互層地盤の掘削土と固化液を全層攪拌混合することにより、深度方向の壁強度や透水性能のばらつきが少ない均質な、透水係数 1×10^{-8} m/sec 以上の高い遮水性を有する壁を造成することができる。

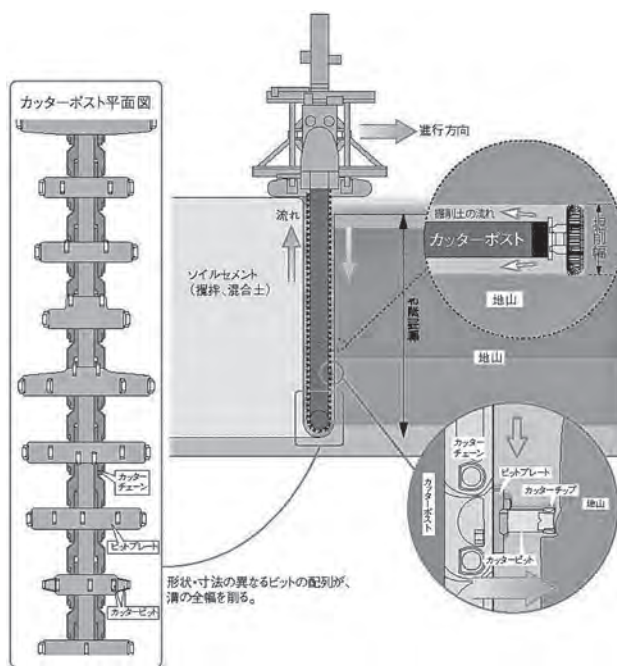


図-5 TRD 機械の掘削機構図

図-6は互層地盤におけるオールコアサンプリグによる壁体品質確認の例で、本工法の上下攪拌機構により土層に関わらず、深度方向の強度分布はバラツキが少なく均質であった。また、透水試験では砂礫層 GL-33 m 付近で $k = 1.09 \times 10^{-7}$ cm/sec (10×10^{-9} m/sec) と良好な結果が得られている。

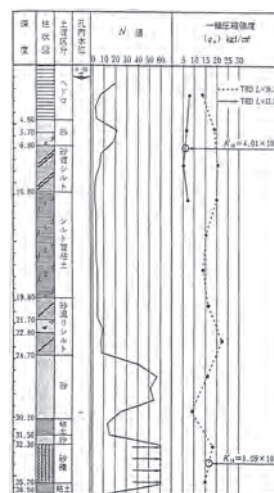


図-6 壁体の品質確認結果

(d) 高精度な施工が可能

地下構造物築造時には高い鉛直精度が求められるため、本工法では基準値 1/250 以内としている。地中内のカッターポストの挙動は、カッターポスト内に装着した多段式傾斜計で、X 軸、Y 軸の 2 方向を運転席上の専用モニターで計測し、常に監視しながら壁造成作業を行うことができる (図-7、写真-1、2 を参照)。

また、掘削時の変位計測データを指定画面からアウトプットできるソフトを新たに開発し運用している。

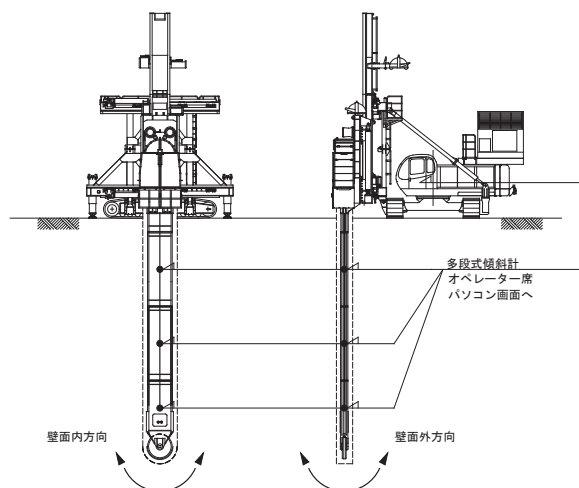


図-7 多段式傾斜計位置説明図

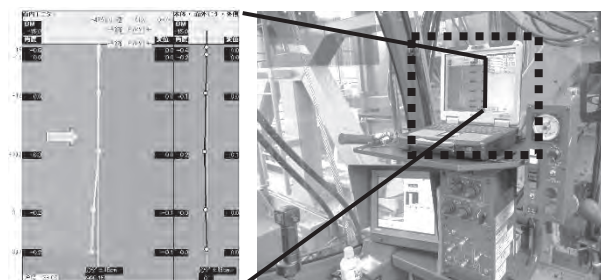


写真-1 モニター画面



写真-2 運転席モニター設置状況

(2) 施工機械の種類と適用範囲

施工機械の種類には、最大壁深度 60 m、最大壁厚 1.2 m まで施工可能な鉛直壁用（写真—3）と、地中控え護岸工に用いる俯角 35～45 度、壁体長 12.5 m まで対応可能な傾斜壁用（写真—4）の 2 タイプがある。



写真—3 TRD Ⅲ-2 型（鉛直壁）



写真—4 TRD I 型（傾斜壁）

鉛直壁用と傾斜壁用の適用範囲と機械諸元を、表—1 と表—2 にそれぞれを示す。

表—1 鉛直壁の種類と諸元

項目		鉛直壁			
施工機械	種別	I 型機	Ⅱ 型機	Ⅲ 型機	Ⅲ-2 型機
施工仕様	最小壁厚	450 mm	550 mm		
	最大壁厚	550 mm	700 mm	850 mm	
	TRD-wide	－	－	900～1,200 mm＊	
	最大壁深度	20 m以下	35 m以下	60 m以下	
適用土質	砂質土・粘性土	N<40	換算 N<100		
	礫・玉石	礫径50 mm	礫径 100 mm以下		
	軟 岩	－	qu≤5 MN/m ²		
機械諸元	機械高さ	9.980 m	12.052 m	10.101 m	
	ゝ(低空頭)	5.260 m	－	6.490 m	
	機 械 幅	6.700 m	7.200 m	7.218 m	7.200 m
(ポストを除く)	機械質量	64 t	139 t	162 t	177 t

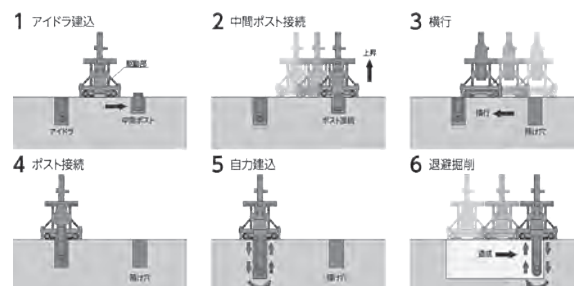
※ TRD-wide の壁厚は、深度と土質条件によって異なる

表—2 傾斜壁の種類と諸元

項目	種別	地中控え護岸		
施工機械	種別	I 型機（傾斜壁対応機）		
	俯 角	35°	40°	45°
施工仕様	最 小 壁 厚	450 mm		
	最 大 壁 厚	550 mm		
	最 大 壁 体 長	12.5 m		
	最大垂直深度	7.460 m	8.357 m	9.198 m
適用土質	砂質土・粘性土	N≤50		
	礫・玉石	礫径 50 mm 以下		
機械諸元	機 械 高 さ	7.398 m	7.897 m	8.434 m
	ク（低空頭）	5.249 m	5.946 m	6.577 m
	機 械 幅	5.491 m		
（ポストを除く）	機 械 質 量	64 t		

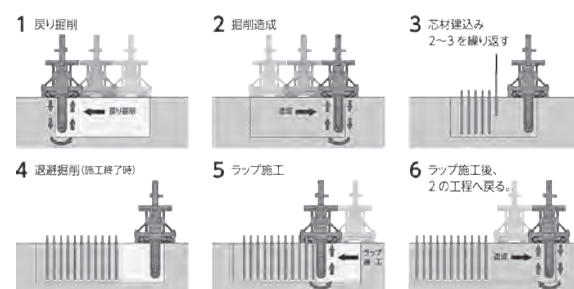
(3) 施工方法

本工法の施工手順については、図—5 に示すカッターポスト（I 型 3,500 m / 本、II、III 型 3,655 m / 本）を図—8 に示す手順で 1 本毎に所定の設定深度まで建込み作業を行う。



図—8 カッターポスト建込み手順

次に土留め壁造成などの場合には、図—9 に示すとおりベントナイトなどの掘削液を注入しながら地山を先行掘削し、戻り掘削で開始地点まで戻った後、固化液を注入しながら壁造成を行い芯材挿入後、再び先行掘削を行う。この一連の手順を「3 パス施工」と称する。



図—9 「3 パス施工」施工手順

一方、芯材が不要な漏水防止目的の遮水壁など比較的透水層が浅く、N 値 50 以上の硬質地盤が介在しない場合は、掘削液と固化液の混合スラリーを同時に注入攪拌しながら「1 パス施工」することによって工期短縮、コスト縮減ができる。

また最近では、周辺地盤の土圧、水圧をあまり考慮しない漏水防止の遮水壁や汚染土壌の封じ込め壁などで、セメント系固化材の代替品として自然由来の粘土系鉱物を採用する施工事例も増加し、低炭素化社会の実現に向けて今後の活用が期待されている。

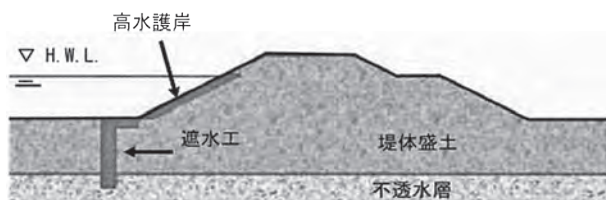
3. 河川堤防への適用事例

本章では河川堤防での適用事例について「川表遮水護岸工」と「地中控え護岸工」の2例を紹介する。

2例はいずれも平成12年9月に発生した東海豪雨による甚大なる被害を被った愛知県下を流れる矢作川と庄内川における河川堤防の適用事例である。

(1) 川表遮水護岸工

矢作川中流部の豊田市区間では、豪雨により計画水位を超過し堤防の越水や堤体内の浸透が発生したため、様々な堤防補強対策が進められている。本工法を用いた川表遮水対策工は図—10に示すとおり、河川水の基礎地盤への浸透を抑制あるいは防止することを目的に川表法尻部に鋼矢板打設や地中連続壁構築をするものである。



図—10 川表遮水工

本工法による施工は、国土交通省 中部地方整備局 豊橋河川事務所発注区間（図—11）で、平成14年1月より豊田市竜宮橋から豊田大橋の区間（38～40 km 付近、施工総延長 3,085 m）と平成26年1月より高橋区間（右岸 40 km 付近、施工総延長 320 m）の2区間で行われた。両区間とも図—12に示すようなN値50を超える玉石が混在する砂礫主体の硬質地盤であり、鋼矢板打設は補助工法が無くしては困難であったことから、本工法による川表遮水護岸工が採用された（表—3参照）。

平成29年度に施工した矢作川豊田高橋下部工事は、図—12に示す土質柱状図（抜粋）よりGL-10～20 m付近にN値50以上の砂礫層が介在し、採取した土の粒度試験結果では礫分8%，砂分60%，シルト・粘土分32%，湿潤密度試験では2.05 g/cm³であった。表—4に施工数量を、表—5に壁体品質試験結果をそれぞれ示す。

壁体品質は互層地盤においても品質要求性能（壁強度、透水係数）を満足する結果となった。写真—5に橋梁下施工時の低空頭に改造した施工機械（機械高約6.5 m）を示す。

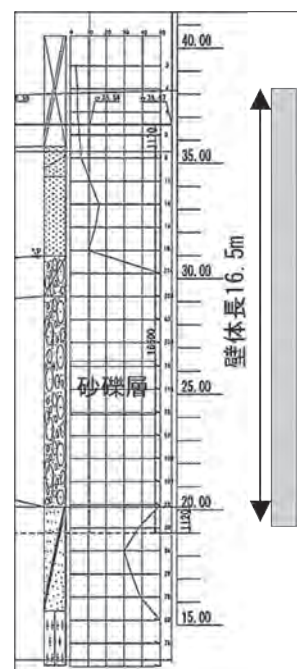
表—3 施工数量*

	工事名称	施工延長	壁面積
1	H14 矢作川瑞穂築堤護岸工事	193 m	2,520 m ²
2	H14 矢作川竜宮護岸工事	259 m	2,537 m ²
3	H14 矢作川砂町護岸工事	298 m	3,782 m ²
4	H14 矢作川竜宮護岸（その2）工事	427 m	4,360 m ²
5	H14 矢作川白浜護岸工事	468 m	8,379 m ²
6	H14 矢作川寺部護岸工事	248 m	2,007 m ²
7	H14 矢作川川端護岸工事	859 m	11,426 m ²
8	H17 矢作川白浜漏水対策工事	638 m	7,146 m ²
9	H26 矢作川白浜漏水対策工事	286 m	4,940 m ²
10	H29 矢作川豊田高橋下部工事	32 m	550 m ²
	計	3,708 m	47,647 m ²

※出典元：TRD 工法協会



図—11 矢作川対策区間



図—12 土質柱状図（抜粋）

表—4 施工数量

施工延長	32.0 m
壁 深 度	17.5 ～ 18.9 m
壁 厚	550 mm
壁体強度	quf = 0.5 N/mm ²
透水係数	k = 1.0 × 10 ⁻⁸ m/s

表—5 壁体品質試験結果（平均値）

品質確認結果	壁体強度	透水係数 m/s
設 計	0.50 N/mm ²	1.0 × 10 ⁻⁸
室 内 配 合 試 験	1.65 N/mm ²	2.15 × 10 ⁻⁸
ウェットサンプリング	2.09 N/mm ²	4.12 × 10 ⁻⁸
コアサンプリング	2.01 N/mm ²	6.90 × 10 ⁻⁸



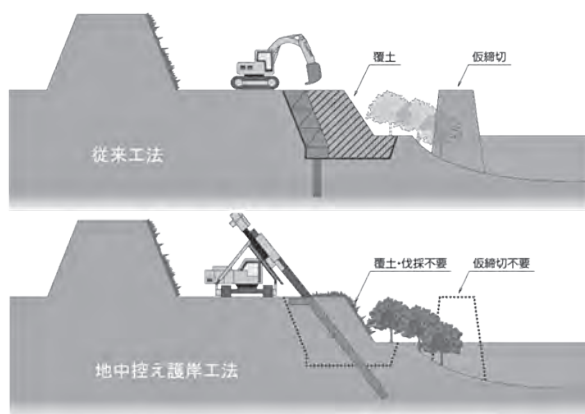
写真—5 橋梁下での低空頭施工機械

(2) 地中控え護岸工

河川整備計画を推進する上で、河川が本来有している生態系の環境保全と景観維持もまた重要である。

「多自然川づくり」の方針の一つである「多自然型護岸工法」は、かごマット、連節ブロック、法覆い工など様々な工法が採用されている。これらの工法はいずれも水際に護岸を設置するため、河岸に手が加わることや河川側に仮締切が必要となるなど一時的に自然環境へ影響を与え、また出水時には施工が制約されるなどの問題点が指摘されてきた。

こうした背景をもとに従来、鉛直地中連続壁として利用されていた本工法を傾斜地中壁へ応用検討した結果、平成9年度に国土交通省関東技術事務所とTRD工法協会により「地中控え護岸工法」として実用化された。図—13に従来工法との比較図を示す。

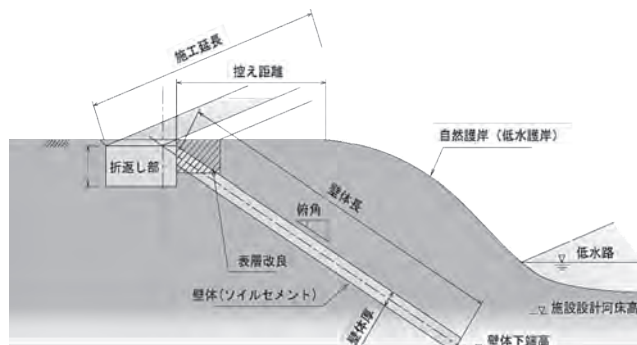


図—13 多自然型護岸 従来工法（上）と地中控え護岸工法（下）

地中控え護岸工法は洪水時に河岸前面の土砂浸食を防ぐことを目的とし、河川低水敷上よりソイルセメント地中連続壁を地中に造成し、洪水後の土砂の再堆積により河岸の自然再生を考慮した工法となっている。

地中控え護岸の基本構造は図—14に示すとおり、鉛直壁と同様の手順で原位置土と固化液で混合攪拌して造成する「壁体部」とソイルセメントを材料とする「折返し部」から構成される。

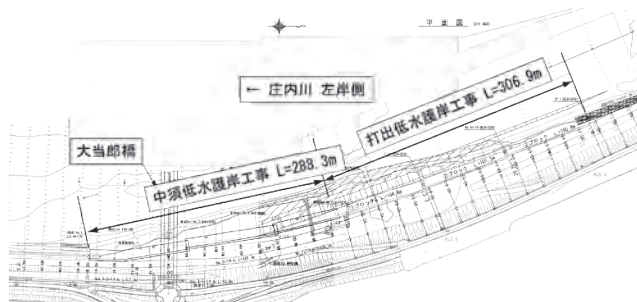
令和4年3月末現在、地中控え護岸工法の累計施工件数は27件、累計護岸総延長は約7.3kmの施工実績を有しており、平成21年4月にはNETIS準推奨技



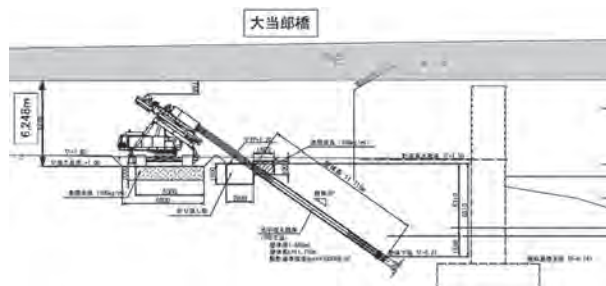
図—14 地中控え護岸の基本構造図

術（KT-980128-V）に選定されている。

平成26年に実施した中部地方整備局庄内川河川事務所発注の庄内川左岸「H26 庄内川中須低水護岸工事」、「H26 庄内川打出低水護岸工事」の平面図を図—15に、大当郎橋桁下部の断面図を図—16にそれぞれ示す。



図—15 中須低水護岸工事・打出低水護岸工事平面図



図—16 「大当郎橋」桁下部断面図

両施工箇所は河道の浸食が進行しているため高水敷を防護する低水護岸の構築が必要となり、従来工法の自立式鋼矢板護岸では捨石を高い位置まで設置する必要があり、施工性、経済性に有利な本工法による地中控え護岸工法が採用された。また大当郎橋の桁下空間は6.3mであるため、施工基盤を50cmほど下げて低空頭型に改造した施工機械により施工を行った。

なお両施工箇所は低水護岸設置後に河道掘削を行うため、計画河床高への壁体根入れ部分を考慮して壁体長11.75m、俯角は河川堤防の勾配1:2に近い35度とした。写真—6に施工箇所上流側からの施工状況、

写真—7に橋梁の桁下部施工中の低空頭型仕様機を示す。



写真—6 庄内川（左岸側）の施工状況



写真—7 大当郎橋桁下の施工状況

地中控え護岸の壁体設計基準強度は、コンクリート護岸より強度の劣るソイルセメントによる地中連続壁のため強度 3.0 M/m^2 を基準としている。表—6に各ブロック(壁体)のセメント(高炉B種)添加量とウェット、コア両サンプリングによる壁体平均強度を示す。なお、コアサンプリングは壁体上、中、下の位置に地表面から鉛直ボーリングを行って採取した。

今後の課題としては、固化液に短繊維を混入して曲げモーメントに対するじん性を高めるなど、地中控え護岸の壁体強度の向上が求められている。

表—6 壁体品質試験結果 (H26 庄内川打出低水護岸工事)

ブロック	固化材添加量 (kg/m^3)	ウェット平均強度 (kN/mm^2)	コアサンプリング		
			上 (kN/mm^2)	中 (kN/mm^2)	下 (kN/mm^2)
①	353	4.10	4.77	3.90	4.11
②	353	5.28	7.07	5.65	5.40
③	387	13.28	14.3	13.9	13.5

4. 雨水貯留調節池による治水対策

増水した雨水を一時的に貯留する地下式や掘り込み式の調節池の遮水壁に本工法は多く採用されており、特に首都圏(1都3県)では全国実績(壁面積)の2/3を占めている(表—7参照)。

表—7 首都圏の雨水貯留調節池での本工法の採用実績*

地区別	件数	壁面積 m^2	比率	最大深度
首都圏 計	71	377,065	66.70%	49.2 m
東京都	7	59,071	10.40%	42.5 m
埼玉県	14	86,046	15.20%	24.2 m
千葉県	41	135,517	24.00%	47.0 m
神奈川県	9	96,431	17.00%	49.2 m
首都圏以外	40	188,616	33.30%	51.5 m
全国合計	111	565,681	100.00%	51.5 m

※出典元：TRD 工法協会

(令和4年3月末現在)

東京都は現在、「中小河川における都の整備方針(H24.11)」をもとに多摩地域で時間最大降雨量を 50 mm/時間 から 65 mm/時間 に引き上げ、流域治水対策に取り組んでいる。平成30年度に実施した東京都三鷹市の「野川大沢調節池」第二貯留池では3.1 m掘り下げる雨水貯留量拡張工事において、図—17に示す位置に本工法の遮水壁工が採用された。



掘込式調節池の例(野川大沢調節池)

図—17 遮水壁施工位置

本工法の遮水壁面積は $17,297 \text{ m}^2$ で、計画雨水貯留量は $158,000 \text{ m}^3$ となっている。

遮水壁工の壁体長は難透水路(壁体長最大GL-26.3 m)までの根入れとし、土質条件は最大換算N値250の砂礫主体の硬質地盤であったが、壁体強度、透水係数とも設計値を満足する品質結果が得られた(表—8施工数量、表—9壁品質、図—18土質柱状図参照)。

表—8 施工数量

施工延長	709.0 m
壁 深 度	22.3 ~ 26.3 m
壁 厚	550 mm
壁体強度	$q_{uf} = 0.5 \text{ N/mm}^2$
透水係数	$k = 1.0 \times 10^{-8} \text{ m/s}$ 以下

表—9 壁体品質試験結果（平均値）

品質確認結果	壁体強度	透水係数 m/s
設計	0.50 N/mm ²	1.0×10^{-8} 以下
室内配合試験	1.04 N/mm ²	4.2×10^{-9}
ウェットサンプリング	2.1 N/mm ²	4.12×10^{-9}
コアサンプリング	—	—



図—18 土質柱状図と施工・砂礫分布状況

5. おわりに

本工法は現在まで河川護岸、雨水調節池など約 200 件の治水対策工事に採用されてきた。また本稿では紹介することができなかったが、海外の事例では米国フロリダ州最大の湖（Lake Okeechobee）で、老朽化した石灰岩質の築堤修復対策として堤防直上から施工する遮水壁構築工法の一つに本工法が採用されている。

国内でも各水系で流域治水プロジェクトが開始されているが、大規模な水災害を防ぐために本工法が脆弱な築堤箇所の堤防補強、浸透・パイピング防止、堤防法面崩壊防止及び都市部浸水対策の一助になるよう更なる普及展開を目指していきたい。

謝 辞

本稿の執筆にあたり、国土交通省中部地方整備局豊橋河川事務所、庄内川河川事務所ならびに東京都建設局北多摩南部建設事務所の方々には、写真、図面等の掲載ご承認とご助言を賜り心より感謝申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) TRD 工法協会 技術・積算マニュアル 鉛直壁用 2020 年 7 月版
- 2) TRD 工法協会 地中控え護岸工法 技術・積算マニュアル 2020 年 7 月版

〔筆者紹介〕



黒木 義富（くろき よしとみ）
TRD 工法協会
技術部会長



日置 洋介（ひおき ようすけ）
TRD 工法協会
事務局長

堤防 DM 補強工法

地震や津波にも十分耐える粘り強い堤防を目指して

徳 永 幸 彦

東日本大震災では大津波が海岸堤防を越流して、その水の流れが多く、堤防を破壊した。震災後、種々の対策工法が提案されているが、堤防法面の破壊を許容しつつ天端高さを保つ工法が「堤防 DM 補強工法」(以下、本工法という)である。特に、堤体中央部に壁状や格子状の改良体を埋め込んだ堤防に対して遠心力場で振動を加えた実験ならびに津波越流を再現した実験では、堤防の法面は崩れるが、天端高さはほぼ保たれることが確認できた。本工法は、地震動に対しても津波越流に対してもともに有効であり、海岸堤防のみならず、同様の外力である地震や越流によって被害を受ける河川堤防にも適用可能な工法である。本稿では、その概要、設計、効果確認のための実験、施工に関する留意点、今後の展望などを紹介する。

キーワード：堤防、地震動、津波越流、液状化対策、CDM 工法、格子状改良

1. はじめに

1995 年の阪神・淡路大震災では、直下型地震による液状化によって多くの河川堤防が破壊し(写真—1)、2011 年の東日本大震災では、発生した大津波によって多くの海岸堤防が被災した(写真—2)。後者の被災した堤防の多くでは、津波が堤防を乗り越え、越流した水の流れが裏法面や裏法尻を洗堀して崩壊に至っていた^{1)~4)}。また、津波が到達する前に、地震動によって原地盤などで液状化が発生し堤防が被害⁴⁾を受けることも十分に想定される。現在、津波に対処するため、法面の保護を強めたり、法尻を強くしたりする方法などが提案され、長時間の越流に対して堤防が崩壊しないように対策が進められている。

一方、軟弱な地盤上に構築された堤防は、津波に先行する地震動によっても変形・破壊し、特に液状化が発生すると津波が来襲する前に天端が大きく沈下することが想定され、地震と津波の複合災害に対処できる経済的で粘り強い構造形式の開発が望まれている。

揺れによる液状化や津波の複合災害に対応可能な粘り強い海岸堤防の具体策として、優れた靱性を有する鋼材料を活用した二重鋼矢板構造が着目され実施に至っている⁵⁾。天端高さを保つ材料として、鋼材の代わりに安価な固化処理土も候補として考えられる。

筆者を含む研究グループは、堤防中央部に液状化対策に多数の実績を有する深層混合処理工法による格子状の固化処理土壁⁶⁾を構築し、地震動や津波越流が

作用しても液状化を防止⁵⁾し、かつ天端高さを保てる本工法を開発した。なお、本稿の模型実験についての記述は、文献^{7), 8)}を抜粋したものである。



写真—1 地震による液状化で被災した堤防

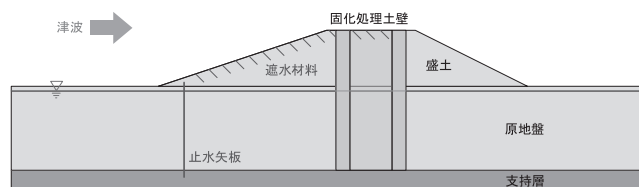


写真—2 津波・越波で破壊した堤防

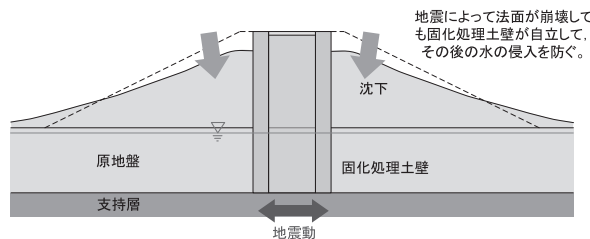
2. 本工法の概要

(1) 本工法とは

本工法は、図—1に示すように堤防内部の中心部に深層混合処理工法によって固化処理土壁を構築する工法である。



図—1 本工法の概念図



図—2 地震および津波来襲時の状況

図—2に示すように地震後においても天端高さを保持することで、津波の侵入を低減できる。法面が崩れたとしても固化処理土壁が自立するように設計することを念頭においているため、ある程度の幅のブロック状または格子状の改良形状とすることを基本とする。また、津波来襲時に固化処理土壁付近の間隙水圧が高まることを防げば有利な設計が可能となることから、堤防や格子内部の地盤内への水の侵入を防ぐ遮水構造を併用することも想定した工法である。

(2) 本工法の特徴

本工法の特徴を以下に示す。

①優れた経済性

堤体全体を構築するような大掛かりな施工は不要で、堤防の地盤を改良するために高価な施工材料も不要であるため、経済性に優れる。

②粘り強さ

法面が崩れても固化処理土壁が天端高さを保持して、性能を粘り強く発揮できる。

③固化処理土壁の施工信頼性

豊富な施工実績がある深層混合処理工法を利用するため、施工の信頼性が高い。

④堤防的な設計の実現

堤防内部の地盤への水の侵入を防ぐことで、より合理的な設計が可能である。

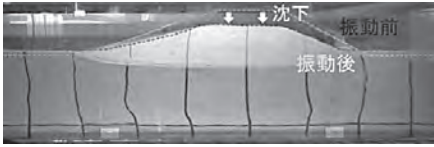
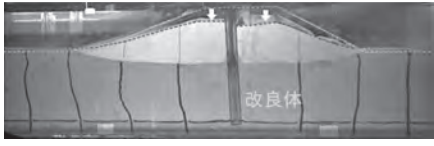
(3) 性能設計

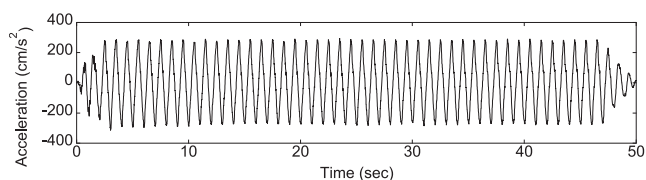
本工法は、表—1に示す設置目的、機能、作用、性能（目的達成性能、安全性能）を満足するためにレベル1およびレベル2地震動および津波来襲時の越流に対する設計を行う。耐震性性能照査は、堤防の機能および構造、堤体背後地の重要度、地盤高等を考慮し、

表—1 海岸堤防に関する設置目的、機能、作用、性能⁹⁾

項目	要求性能
設置目的	・ 海岸背後にある人命・資産を高潮、津波および波浪から防護する ・ 陸域の浸食を防護する
機能	・ 高潮若しくは津波による海水の侵入を防止する機能 ・ 波浪による越波を減少させる機能 ・ 海水による浸食を防止する機能 （これらの機能に加え、堤防の損傷等を軽減する機能） いずれか、または全ての機能
作用	（海岸保全施設全般）高潮、波浪、地震、津波等 ※水圧、土圧、風圧等も含まれる
目的達成性能	所定の機能が発揮されるよう適切な性能を有する [照査] 堤防の設置目的を達成するための性能は、原則として天端高、表法勾配、天端幅、裏法勾配等の組合せにより評価
安全性能	設計高潮位以下の潮位の海水、設計波、設計津波、設計の対象とする地震およびその他の作用に対して安全な構造とする [照査] 波力、地震力、土圧等の作用に対して安全な構造とするとともに透水をできるだけ抑制し得るものとする

表—3 各実験ケースにおける振動後の堤防の変形状況と考察

実験ケース名	改良深さ	改良体材料	振動直後の堤防の変形状況	考 察
UN (無改良)	—	—		原地盤は左右に広がって側方流動が生じ、堤体は大きく沈下するとともに左右に広がった。
Ac-B (壁式改良)	着底	アクリル		改良体脇の法面が崩れていたが、改良体自体は大きな変形や破壊を免れた。
Tr-G (格子式改良)	着底	固化処理土 ($q_u \approx 1,500 \text{ kN/m}^2$)		改良体脇の法面が崩れていたが、改良体自体は大きな変形や破壊を免れた。



図—6 模型に入力した加速度

(2) 津波・越流実験⁸⁾

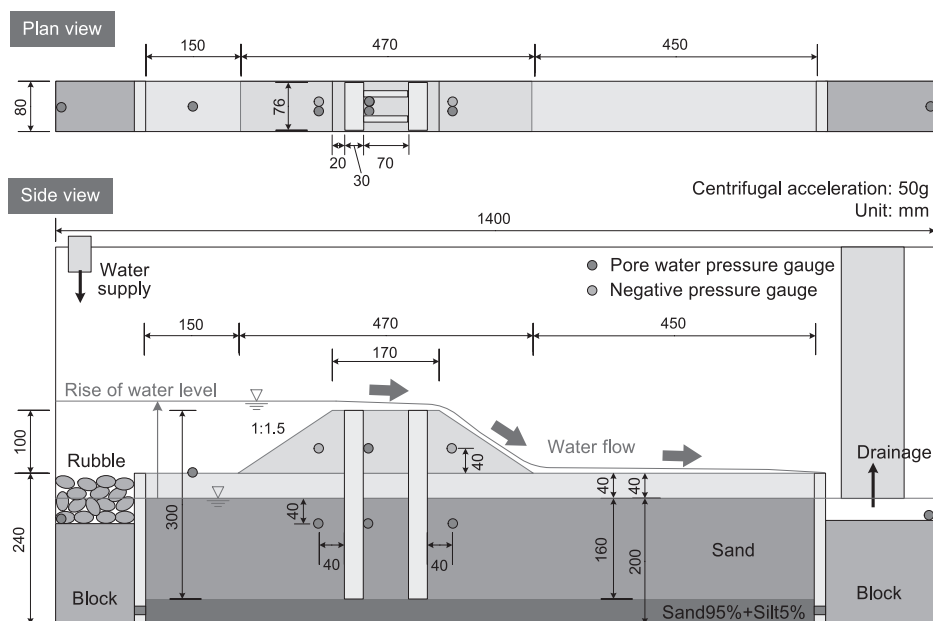
図—7に示す模型に対して遠心力場で越流を発生させ、補強した堤防の越流時の挙動について調べた。実験ケースと越流直後と越流継続後の堤防の状況をまとめて表—4に示す。改良形式としては壁式と格子式とし、脆性破壊しにくいアルミ、固化処理土を材料とした。

堤防模型に遠心加速度 50 g を負荷した状態で、試

料容器上部に設置した給水タンクから試料容器端部に水を流し越流を発生させ、遠心力場においては堤防模型が瞬時に破壊するため、その破壊挙動を遠心力場でも作動する耐 G カメラで撮影した。

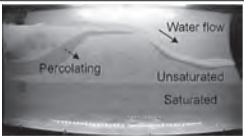
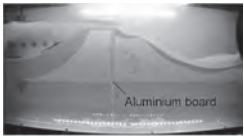
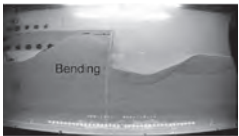
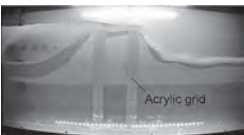
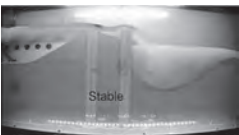
無対策の堤防では裏法面とその法先が洗掘し、最終的には堤体全体が洗掘によって喪失した。一方、堤体に改良体を埋め込むことで、裏法面の洗掘は改良体で止まり、裏法面は洗掘されるが表法面の崩壊は免れた。

これらの結果より、堤体中央部に壁状や格子状の改良体を埋め込むことで、改良天端高さを維持できて、津波の陸域への侵入を大幅に低減できることが確認された。ただし、改良体が壁状である場合、壁が屈曲する可能性があるため、慎重に構造設計を行う必要がある。



図—7 模型の概略図

表一４ 実験ケースおよび越流直後と越流継続後の堤防の状況

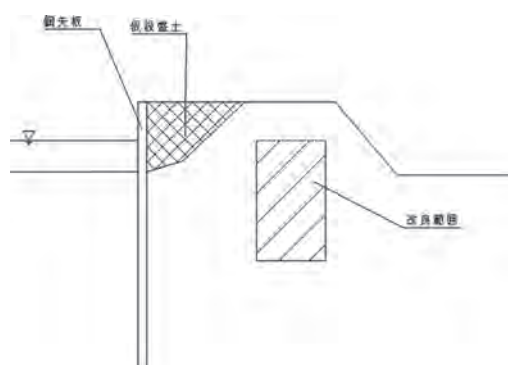
実験ケース名	材 料	厚 さ	越流直後の画像	越流継続後の画像	考 察
UN（無改良）	—	—			越流した水の流れが強く当たる裏法先での洗掘は激しく、最終的には堤体全体が洗掘によって喪失。
Al-B（壁式） 鋼矢板を想定	アルミ U 形鋼矢板 II 型程度の 曲げ剛性	3 mm 実物スケール 換算で 0.15 m			裏法面が喪失した後は、表法面から作用する大きな土圧に抵抗するために矢板が屈曲している。矢板の曲げ強度が小さい場合には、完全な崩壊に至っていた可能性がある。
Tr-B1（壁式）	固化処理土 $q_u=477$ kPa 現場での強度よりも小さい	10 mm 実物スケール 換算で 0.5 m と薄い。			越流が発生して裏法面が洗掘し、表法面からの土圧に耐えられず固化処理土壁において曲げ破壊が発生したため、堤防の天端で洗掘が進み、最終的には堤体が洗掘によって喪失。
Ac-G（格子式）	アクリル	30 mm 実物スケール 換算で 1.5 m			越流が生じて裏法面が洗掘するが、裏法面の洗掘は格子式の改良体で止まり、天端もほとんど洗掘せず。改良体を格子式としたため、裏法面が洗掘した後も変位がほぼ生じず、安定性が高い。

4. 施工に関する留意点

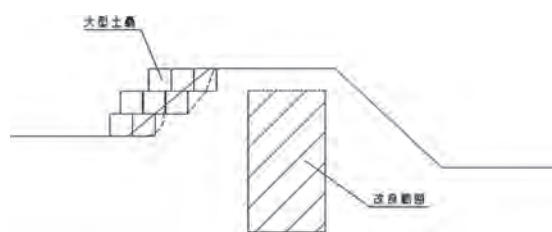
本工法に適用される深層混合処理杭の貫入長は、根入れ深さも考慮して 25 m 以下を標準とする。貫入長が短いことは施工機械の取扱いとしては有利になるが、対象地盤が一般的に砂質地盤であることを留意すると、処理機およびベースマシンの容量は通常の深層混合処理工法に適用するものより大きめに選択することが望ましい。また、堤防天端からの改良となるため、現場条件によっては施工範囲が限られるので、処理機およびベースマシンの大きさやタイプ（二軸、単軸）や組合せを適切に選定する。また、法肩に近い箇所の改良においては、処理機およびベースマシンの安定性および作業スペースが必要なため、一時的な堤防の拡幅等も考慮することが望ましい。堤防に CDM 工法を活用する場合には、堤防の天端が狭い状況が多いので、以下にその対策について示す。

（1）堤防天端が狭い場合の対策

通常の施工とは異なり堤防天端幅が狭いために、2 軸施工の可能な小型施工機、または単軸施工機械を使用する必要があることは言うまでもないが、仮想的に天端幅を広げて施工することも考えられる。図一 8 および図一 9 にその方法を示す。



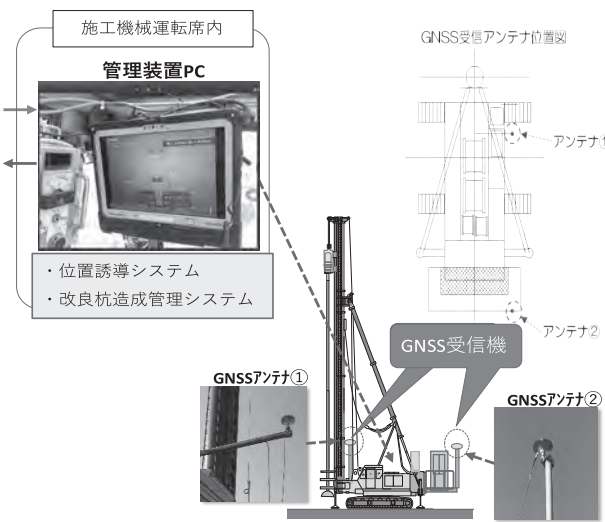
図一 8 前面側に矢板を打設して仮設盛土を設置する方法



図一 9 堤防裏面に土のうを設置する方法

（2）CIM 施工について

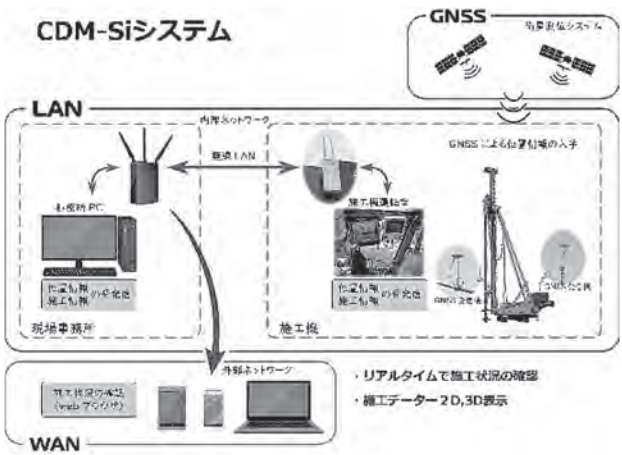
堤防天端という狭隘な場所での施工となるため、従来の誘導員による施工機の誘導は危険であることは否めない。近年、GNSS（全世界測位システム）による測位情報精度が向上し、ICT 技術を利用したシステム（例えば、CDM-Navigate）により、施工機の施工



図一 10 CDM 施工機誘導システム (CDM-Navigate)

位置への移動がスムーズになった。図一 10 に示すように、重機オペレーターが画面に表示される指示に従うことで Navi 感覚で正確な位置に移動することができる。誘導人員を不要とすることで接触災害の低減や、事前の設計施工位置のマーキングを残置することが困難な状況での誘導が期待できる。

また、深層混合処理工法で造成した改良体の施工データ（深度、スラリー量、電流値等）を 2 次元および 3 次元で可視化することで、あらかじめ記憶させた地盤改良設計データに基づき改良体の施工管理および判定を行うことができる。このシステム（CDM 施工



図一 11 CDM 施工情報管理システム (CDM-Si)

情報管理システム：CDM-Si) により、施工状況および施工結果を複数人が外部タブレット端末で確認することで、施工時の人的ミスの削減が期待できる（図一 11）。

5. 今後の展望

令和元年（2019 年）10 月の台風 19 号において全国 142 箇所もの堤防が決壊し、各地で甚大な被害が発生したことを受け、河川堤防の強化、とりわけ越水に対する堤防強化対策を中心に技術的な検討が進められている¹¹⁾。また、地震、津波、越流など有事の際に機能を発揮することはもとより、長期的にも堤防として

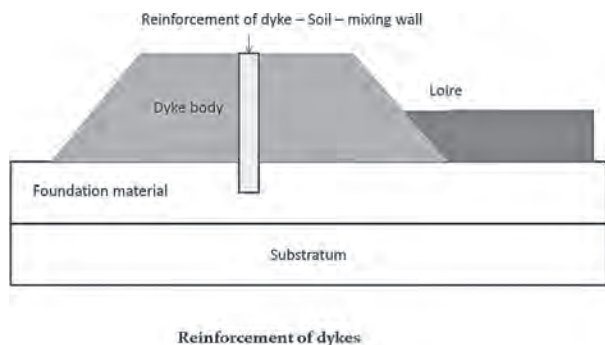
表一 5 堤防補強で考慮すべき事項と堤防 DM 補強工法の評価

評価項目 (堤防補強で考慮すべき事項)	堤防 DM 補強工法の評価
環境及び景観との調和	・外観は堤防と同様、土で被覆することにより植生が繁茂することで、自然環境および景観との調和を図ることができる。
構造物の耐久性	・地盤改良体は土中にあるので、劣化は生じにくい。 ・表層部からの被りが浅い場合には被覆等、留意が必要となる。
維持管理の容易性	・地盤改良体は土中にあるので、維持管理に留意する必要性はほとんどない。 ・表層部からの被りが浅い場合には被覆等、留意が必要となる。 ・堤防と同様に表層に陥没や沈下等の形で表れやすく、目視等で発見しやすく維持管理が容易である。
施工性	・地盤改良体は、低騒音、低振動の深層混合処理工法により施工可能なため、施工しやすい。 ・大型の施工機械では足場に留意が必要。
事業実施による地域への影響	・材料の搬入に関して、地域への影響を考える必要がある。 ・変位低減型深層混合処理工法を用いることで、施工中の周辺の地盤や施設にほとんど影響を与えない。 ・地下水の水質への影響はないが、流動阻害については検討を要する。
経済性	・地盤改良体は格子状改良でも改良率が高くなく、比較的安価な施工が可能。 ・腐食対策が不要で、二重鋼矢板に比べて相対的に安価である。
公衆の利用	・堤防と同様に考えれば、緩傾斜化等によって、ふれあいおよび交流の場としての公衆の利用が可能である。

求められる基本性能を維持できる補強工法であることが求められている。表—5に堤防補強で考慮すべき事項と本工法の評価を示す。

同表に示す通り、本工法は、劣化しにくく、景観を損ねず、維持管理が容易などの堤防本来のメリットを損なわずに補強ができる工法であると言え、今後の海岸堤防や河川堤防での適用が大いに期待される。国内での実績は現時点ではないが、海外では遮水のための施工ではあるが、図—12に示すように河川堤防の堤体内部に固化処理土壁を適用した事例がある。

施工面では、深層混合処理施工機の硬質地盤対応、変位低減型、大口径化、高性能小型化など現場ニーズに応じた改善・改良がなされる一方で、今後はBIM/CIMを活用した3次元モデルでの情報共有化による地盤改良工事の効率化・高度化、さらにはAI技術の導入による自動化が進んでいくものと思われる。



図—12 堤体内部に鉛直の固化処理土壁を造成した事例(セメント協会編:文献¹²⁾より転載)

6. おわりに

大きな地震動や津波越流に対して、たとえ法面が崩れても固化処理土壁が天端高さを保持して、性能を粘り強く発揮できる「堤防DM補強工法」は、国土交通省港湾局の委託を受けて国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所が検討したものであり、海上・港湾・航空技術研究所港湾空港技術研究所とCDM研究会理事会社(五洋建設㈱、㈱清水建設、㈱竹中土木、東亜建設工業㈱、東洋建設㈱、㈱不動テトラ)による「深層混合処理工法の有効活用技術に関する共同研究」の一環として発展させた

工法である。海岸堤防のみならず同様の外力である地震や越流によって被害を受ける河川堤防にも適用可能な工法であり、越水に対しても決壊しないことを保証できる補強技術としても有効であると考えられる。今後は、さらに有効な施工機械の開発、長期的な機能の維持、損傷した場合の復旧等についても検討し、適用の拡大を図っていきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) Kato, F., Noguchi, K., Suwa, Y., Kimura, A., Kawai, M., Takagi, T., and Omata, M: Field survey on coastal dike damage and scouring in the southern part of the Sendai plain induced by the great east japan earthquake tsunami, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering), Vol.68, Issue 2, pp. L1396-L1400. (in Japanese), 2012.
- 2) Mikami, T., Shibayama, T., Esteban, M. and Matsumaru, R.: Field survey of the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami in Miyagi and Fukushima Prefectures, Coastal Engineering Journal, Vol.54, No.1, 1250011, 2012.
- 3) Ogasawara, T., Matsubayashi, Y., Sakai, S. and Yasuda, T.: Characteristics of the 2011 Tohoku Earthquake and Tsunami and its impact on the northern Iwate Coast, Coastal Engineering Journal, Vol.54, No.1, 1250003, 2012.
- 4) Tokida, K. and Tanimoto, R: Lessons for countermeasures using earth structures against tsunami obtained in the 2011 Off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake, Soils and Foundations, Vol. 54, Issue 4, pp. 523-543, 2014.
- 5) 古市ら：地震・津波の複合災害に耐える鋼矢板堤防補強法に関する研究，地盤工学ジャーナル，Vol.10, No.4, pp.583-594, 2015.
- 6) 鈴木吉夫，斉藤聰，鬼丸貞友，木村玄，内田明彦，奥村良介：深層混合処理工法を用いた格子状地盤改良による液状化対策工，土と基礎，Vol.44, No.3, pp. 46-48, 1995.
- 7) 高橋英紀：深層混合処理工法で補強した堤防の地震時振動特性，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol.76, No.2, pp. I_426-I431, 2020.
- 8) 高橋英紀：深層混合処理工法で補強した海岸堤防の越流実験，土木学会論文集B3（海洋開発），Vol.77, No.2, pp.I_859-I_864, 2021.
- 9) 全国農地海岸保全協会，全国漁港漁場協会，全国海岸協会，日本港湾協会：海岸保全施設の技術上の基準・同解説，日本港湾協会，2018.
- 10) Takahashi, H., Fujii, N., Morikawa, Y., and Takano, D.: Development of Hyogo-Geotechnical Centrifuge PARI Mark II-R, Technical Note of the Port and Airport Research Institute, No.1353, pp27, 2019.
- 11) 国土交通省ホームページ：http://www.mlit.go.jp/river/shinngikai_blog/gijutsu_kentoukai/index.html
- 12) セメント協会：防災・減災，国土強靱化に資するセメント系固化材による地盤改良，pp.107, 2021.

【筆者紹介】

徳永 幸彦（とくなが さちひこ）
CDM研究会
事務局
事務局長



マルチビームソナーを活用した河床掘削におけるリアルタイム水中可視化技術

新 開 貴 行・関 原 真之介

バックホウ浚渫船による河川の掘削工事は、河床形状をリアルタイムに把握することが困難であり、測量船によるマルチビーム深浅測量または潜水士の目視やビデオ撮影により河床形状を確認し、その結果を基に追加施工や仕上げ掘削を実施している（写真—1）。本稿では、バックホウ浚渫船に装備されたマシンガイダンス機能と新たに設置したマルチビームソナーの測量結果を連携させ、掘削中の河床形状がリアルタイムに把握できるシステムの開発について報告する。

キーワード：土木、バックホウ浚渫船、河床掘削、マシンガイダンス、マルチビームソナー

1. はじめに

バックホウ浚渫船による掘削工事は、事前に実施する起工測量や進捗に合わせて実施する測量の結果や岩盤の地質調査結果などの数少ない情報を基に施工するため、オペレータの経験と技量に頼るところが大きい。しかし、現場で作業する技能者の高齢化や建設業のハードな労働環境のイメージから若手離れが進み、人手不足が深刻化している現状の中で、熟練したオペレータによる効率的な施工が非常に難しく、ICT・IoTを駆使した技術力向上により人を選ばない施工の実現が求められており、水中施工の技術開発分野では水中可視化技術の開発が多く取り組まれている。

本稿では、バックホウ浚渫船のブームに取り付けた傾斜計とGNSSを組み合わせたマシンガイダンス機能と、新たに設置したマルチビームソナーで入手した点

群データをリアルタイムに連携させて画面に表示することにより、河床形状、掘り残しや土砂がバケットからこぼれる状況などをリアルタイムに確認できるシステム（以下、本システムという）を開発したので報告する（写真—2）。



写真—2 バックホウ浚渫船の掘削工事状況

マルチビームソナー

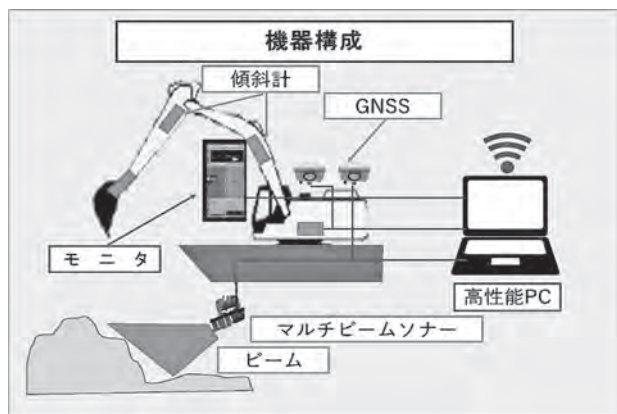


写真—1 測量船による深浅測量状況

2. 機器構成

本システムは、バックホウ本体に取り付けたマシンガイダンスとバックホウ浚渫船の船底船首側に取り付けたマルチビームソナーに大別される。本システムの機器構成を図—1に示す。

マシンガイダンスの構成は、バックホウブームに取り付けた傾斜計とバックホウ本体に取り付けたGNSSからなり、バケットの刃先位置が把握できる。マルチビームソナーは、掘削作業時でも障害が少ない船首側に取り付けた。

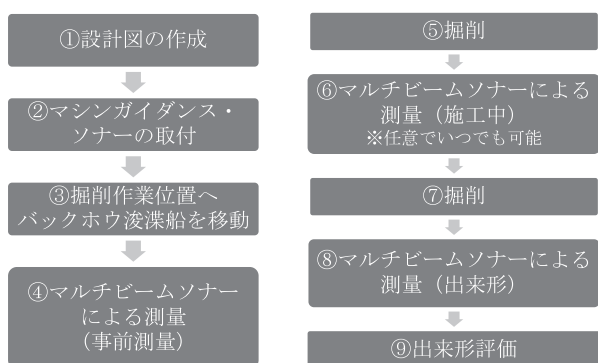


図一1 システムの機器構成

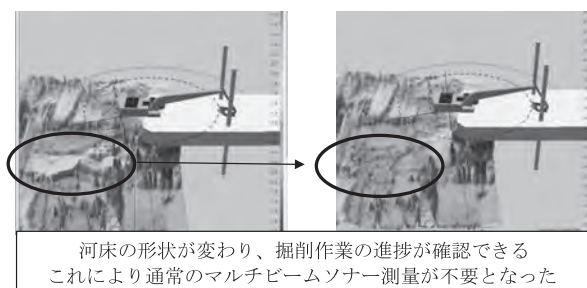
本システムの出力は、マシンガイダンスによるバケット刃先位置情報とマルチビームソナーで入手した点群データを連携させ、操縦席に設置したモニター画面に表示される。また、マルチビームソナーによる測量結果は、オペレータと掘削状況を共有することで掘削方法の検討や設計に対する過不足を即座に把握することを目的に、クラウドアプリを介して関係者全員が情報を確認できるようにした。システム活用フローを図一2に示す。

3. マルチビームソナー

本システムで使用しているマルチビームソナーは、任意のタイミングで測量を行うことができるため、掘



図一2 システム活用フロー

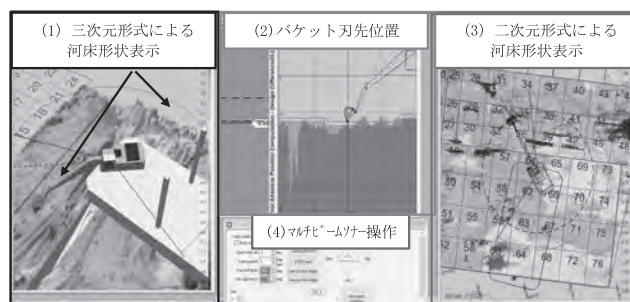


図一3 マルチビームソナーによる河床形状確認

削中の障害物の有無、掘削深度の深浅状況などを好きなタイミングで確認することが可能であり、河床の形状変化を簡単に確認することが可能である(図一3)。

4. モニタ画面

モニター画面は操作室に1画面が設置しており、バケット刃先位置と河床形状がリアルタイム(任意のタイミング)で表示される。また、モニター画面は以下に示す表示内容を選択し、切替えることができる(図一4)。



図一4 モニタ表示状況

(1) 三次元形式による河床形状表示

マルチビームソナーの測量結果が、すぐに三次元で表示される。河床深度が色分けされるので、直感的に深度の把握が可能となる。

(2) バケット刃先位置表示

バケット刃先位置と河床形状の詳細を確認するとき、拡大された断面として表示される。

(3) 二次元形式による河床形状表示

マルチビームソナーの測量結果が、すぐに二次元で表示される。河床深度が色分けされるので、直感的に深度の把握が可能となる。

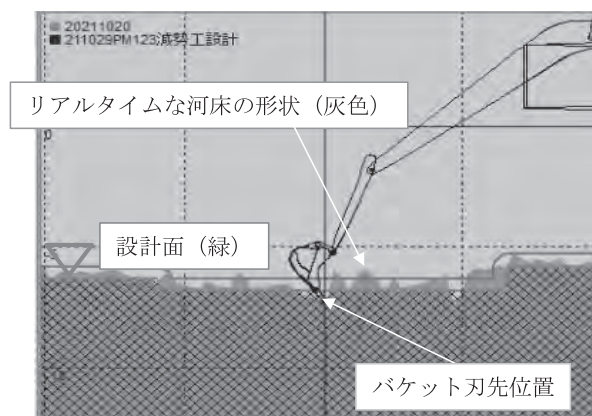
(4) マルチビームソナーの操作

マルチビームソナーの測量開始と停止を行う。

5. 品質の確保・向上に対する効果

本システムは、マルチビームソナーによる測量を実施するごとに河床の形状が更新されるため、掘削作業中でもオペレータは図一5に示すモニター画面を確認し、リアルタイムに河床形状や掘削状況を確認できるので精度の高い施工が実現できる。

本システムの精度は、測量船によるマルチビーム深



図—5 作業中のモニタ表示

ビームソナーの精度確認をした結果の一例を示す。確認方法は、測量船によるマルチビーム深淺測量結果と、バックホウ浚渫船に設置したマルチビームソナーによる測量結果を比較した。精度確認は、2箇所の違う場所でバックホウ浚渫船による掘削前と掘削後の2回実施した。掘削前の精度確認では、上記記載の測量結果の比較によりデータ数 22,422 のうち ± 10 cm 以内となったデータ数が 98.13%，掘削後では、データ数 22,289 のうち ± 10 cm 以内が 95.53% となり、良好な結果を確認することが出来た。

6. 施工管理の効率化・高度化に関する効果

本システムは、マルチビームソナーの測量結果がリアルタイムに河床深度で色分けされるため、直感的に深度を把握できる。オペレータは河床掘削状況をリア

ルタイムに把握でき、施工の効率化が可能となった。また、河床の状況が可視化されるため、熟練オペレータでなくても画面を見ながら的確な操作が可能となった。

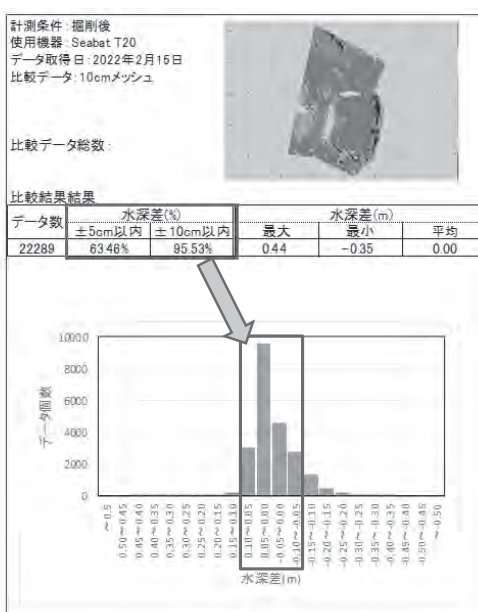
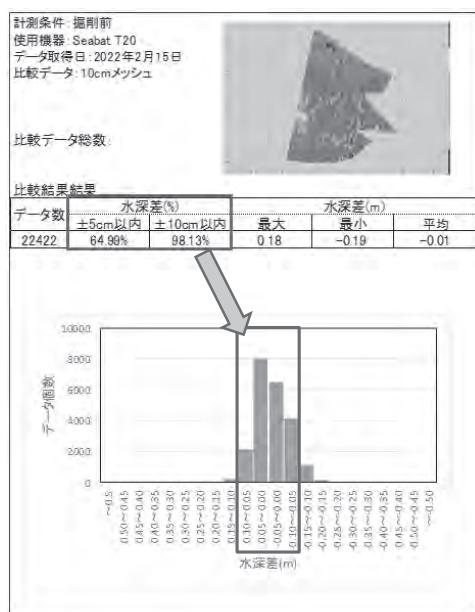
これまではオペレータ任せになっていた掘削作業が、作業に携わる全員がそれぞれの PC 画面で河床形状が情報共有でき、掘削方法や作業の進捗状況が明確になり、掘削の過不足に対する追加施工の指示や岩盤に対する掘削方法・順序の再検討など、多面的で詳細な施工管理が可能となった。水中可視化技術が発展することにより、陸上での掘削工事同様の施工管理、品質管理を行うことが可能となるため管理者が直接的に関与でき、更なる効率アップに繋がると考えている。また、ソナー測量結果は、世界測地系による .asc の点群データで出力できるので土量計算や出来形判定を行うことも可能となり、これまで必要としていた深淺測量を省略できる（図—7）。

7. その他の効果

これまで、品質や施工に対する効果について述べたが、本システムの導入によりその他にも得ることができた効果を以下に記載する。

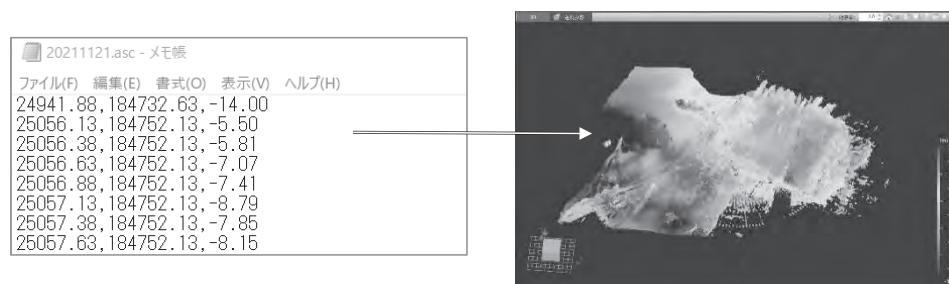
(1) 測量作業による環境負荷低減

従来に比べて、測量作業時間を短縮することが可能となり、化石燃料の消費が約 1.4 t 程度削減することができた。



※水深差: 測量船によるマルチビームソナー深淺測量結果を基準として、本システムのマルチビームソナー測量結果との差異

図—6 マルチビームソナー精度確認の結果



図ー7 取得した点群データおよび土量計算ソフトでの表示

短縮日数 : 1 日
 作業時間 : 8 h
 一時間あたりの燃料消費量 : 71 L/h
 CO_2 排出係数 : 2.58 kg-CO₂/L
 $1\text{日} \times 8\text{h} \times 71\text{L} \times 2.62\text{kg-CO}_2/\text{L} = \blacktriangle 1,488.16\text{kg-CO}_2$

(2) 導入の簡易さ

本システムは、市場にある機器を選定しており、既存のバックホウ浚渫船全てに搭載可能である。

8. おわりに

従来の中掘削作業は、オペレータの経験や技量に頼るところが大きいが、今回開発したリアルタイム水中可視化技術は、マシンガイダンス機能とマルチビームソナーの測量結果を連携させたシステムを構築したことで、河床形状をリアルタイムに把握、多面的で詳細な施工管理の実現が可能となり、生産性向上を達成することができた。

しかし、マルチビームソナーは高価な機材であり導入費用が高額となった。今後のマルチビームソナーの

流通量が増加し、リース費用が低減することを期待する。

本システムが、河川などの濁りや水流による河床地形変化が確認できない水中での掘削工事や浚渫工事などで活用され、さらに海上や湖畔など水中作業全般で生産性向上や出来形向上に繋がるように今後も開発を継続したい。

J C M A

【筆者紹介】

新開 貴行 (しんかい たかゆき)
 鹿島建設(株) 北陸支店
 大河津分水路新第二床固改築工事事務所
 機電課長



関原 真之介 (せきはら しんのすけ)
 鹿島建設(株) 北陸支店
 大河津分水路新第二床固改築工事事務所
 機電課長代理



特集>>> 河川・ダム治水対策、維持管理、点検補修

せんござわ

千五沢ダム再開発事業

サステイナブル時代への取組み

山田 史章

近年のインフラ整備では、SDGs（Sustainable Development Goals）の観点からサステイナブルが求められており、ダム工事においてもリニューアルが注目されている。千五沢ダム再開発事業は、かんがい専用ダムの空き容量を活用して治水機能を付加するため、既設洪水吐きの改築を行うものである。本稿は、改築後のラビリンス堰による洪水調節の仕組み、及び施工に当って取組んだ3Dモデリングと工程を連携させたCIM化、施工設備の変更など、4年に渡って構築したラビリンス堰施工の詳細を記すものである。

キーワード：ラビリンス堰、ダム再開発、リニューアル、SDGs、3Dモデリング

1. はじめに

近年、我が国では、ダム工事は新設工事よりリニューアル工事が主流となっている。SDGs（Sustainable Development Goals）の観点からサステイナブルが求められており、リニューアルが注目されている。

千五沢ダム再開発事業は、かんがい専用ダムに治水機能を付加するため、既設洪水吐きの改築を行うものである。昭和42年の建設当初、千五沢ダムに計画されたかんがい面積は約4,000 haであった。その後、農業をめぐる情勢が大きく変化し、国営母畑開拓事業完成間近の平成6年には、かんがい面積が約半分の2,100 haと減少、ダムのかんがい容量に大きな空きが生じる結果となった。この空き容量を、洪水調節を行うための治水容量として活用するものである。

2. 千五沢ダムの概要

(1) 概要

福島県石川郡石川町の阿武隈川水系北須川に建設された千五沢ダムは、「国営母畑開拓建設事業」の基幹施設として、東北農政局により昭和50（1975）年3月に完成したかんがい専用ダムである。

千五沢ダムは、堤高43.0 m、堤頂長176.5 mの中央コア型アースダムである。地元石川町をはじめ、3市1町2村（郡山市・須賀川市・白河市・石川町・玉川村・中島村）のかんがい用水として利用されている。

再開発事業では、主に洪水吐き流入部の改築、管理棟の移設、重力式ダム及び水位低下設備の新設等を行

う（表—1、図—1～3）。

(2) 洪水吐きの構造

改築後の洪水調節方式は自然越流方式とし、治水ダムとしてのダム設計洪水流量 $1,690 \text{ m}^3/\text{s}$ を安全に流下させるため、必要な越流長370 mを確保できる、4つの先端部を有するラビリンス型洪水吐きを採用してい

表—1 既設千五沢ダムの諸元

水系及び河川名	阿武隈川水系北須川
場 所	福島県石川郡石川町
目 的	かんがい用水の補給
ダ ム 型 式	中央コア型アースダム
堤 高	43.0 m
堤 頂 長	176.5 m
集 水 面 積	111.0 km^2
湛 水 面 積	0.88 km^2
総 貯 水 容 量	13,000,000 m^3



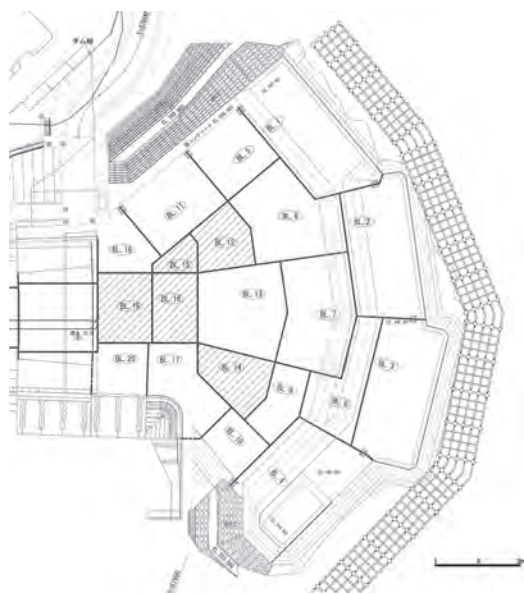
図—1 千五沢ダムの位置

3. モデリング (CIM) への取組

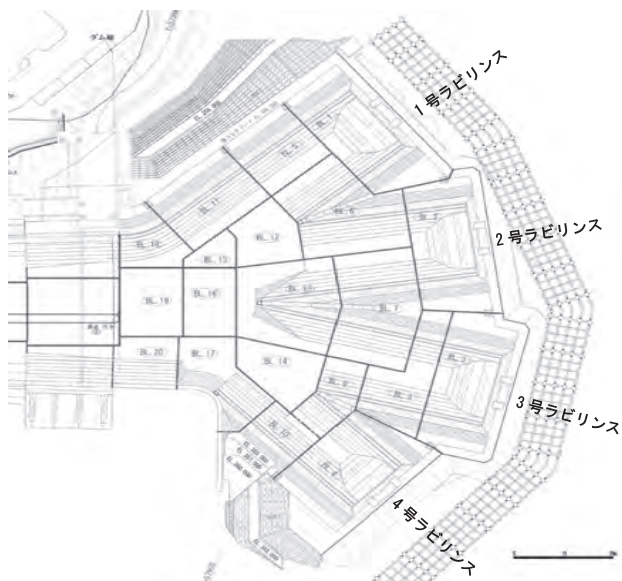
(1) リフトスケジュール上の課題

千五沢ダムのラビリンス洪水吐きは、上流側に開口部（オリフィス）を有した4系統の越流堰で構成されており、平面的に手の平を広げたような配置で3次的に複雑な形状が特徴である（図—6, 7）。

リフトスケジュール立案に当たっての構造的な課題として、①3次的に変化に富んだ躯体形状、②各々異なる形状をした20のブロック構成、③上流側基礎地盤は脆弱部（D級）を除去した掘削構造、④中央水叩き部には揚圧力対策として1.4mメッシュで浮上り防止筋（D38 L=2.8m）を配置（※岩着部1層打設後に、



図—6 流入部ブロック割図（掘削形状版）
（※斜線部は浮上り防止筋配置ブロック）



図—7 流入部ブロック割図（躯体形状版）



写真—3 浮上り防止筋施工状況

ボーリング—鉄筋挿入—グラウト注入）等が挙げられる（写真—3）。

また農業用かんがいダムとしての機能を維持したまま改築工事を行うため、工程・気象条件の課題として、①かんがい期・洪水期を避けた厳冬期（1, 2月）を含む寒中コンクリート施工、②洪水発生時は上流仮締切越流前に退避の必要性、③農業用水供給開始までに常時満水位に回復させるため、2月末より貯水開始（実質打設期間は約4ヶ月間）等が挙げられる。

工事着手以降、10月に台風・前線の影響による既設洪水吐ゲート放流を伴う洪水に見舞われるケースが多く発生しており施工エリアが水没すると、既存の低水位放流設備だけでは施工水位に戻るまでに1ヶ月以上要す等、気象条件によって甚大な影響を受けることになる。

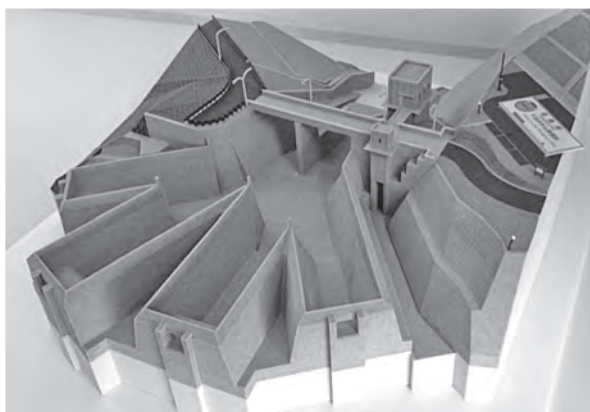
(2) リフトスケジュール上の課題への対応

これらの諸課題を解決し効率的なリフトスケジュールを策定するために、先ず複雑な形状の可視化を試み、3Dパースのデータから3Dプリンターによる模型製作を行った。これにより、2次元図面だけでは読み取り辛い複雑なラビリンス形状について、誰でもあらゆる角度からチェックが可能となり、構造変化点や接合部の取合い、3次的な段差の有無等を容易に確認することが可能となった（図—8）。

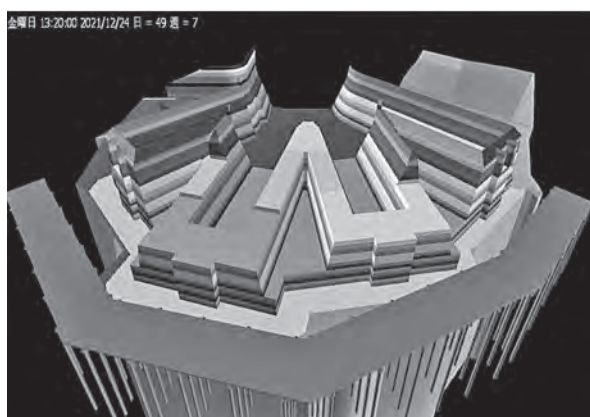
次にブロック・リフト毎の形状に区分した3D-CADデータを構築。そのデータに打設ボリューム、工程の時間軸を付与した4D-CIM化に取り組んだ（図—8～10）。

これにより日毎に変化する躯体形状についてパソコン上で容易に再現可能となったことから、打設機械の配置状況や生コン搬入ルート確保状況の他、打設ブロックの組合せパターンを何度もシミュレーション可能となり、最適なリフトスケジュールを構築するため

のツールとして活用した。結果として躯体構築1年目は、中央に仕上掘削を残したクレーンヤードを配置し周囲の底盤部を構築、2年目は残りの仕上掘削を実施して全体の底盤部を構築、3年目は洪水期越流ブロックを残す形で1号4号ラビリンス堰を構築。最終4年目は残りの2号3号ラビリンス堰を構築して完成する



図ー8 千五沢ダム改築後 3D プリンター模型



図ー9 3D-CIM 化画像（施工途中段階）

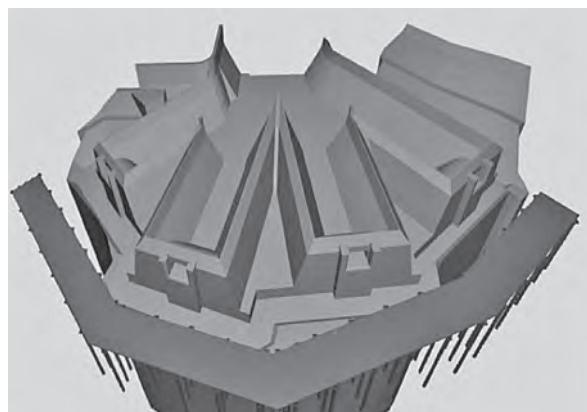
リフトスケジュールを考案した（図ー11）。

4. 流入部（ラビリンス堰）の施工

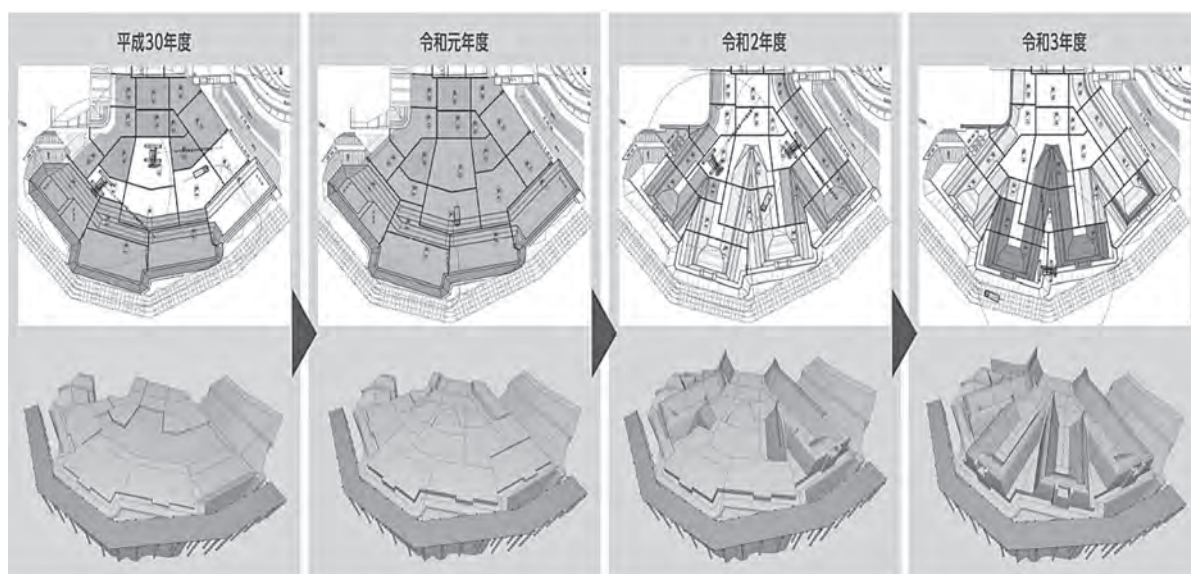
(1) コンクリート打設設備

考案したリフトスケジュール達成のためには、日々の打設の効率化が必要不可欠であり、コンクリート打設設備についての見直しを併せて実施した。

当初計画の打設方式は、ダム本体下流の積替設備（栈橋+コンクリートホッパー）にて、生コンプラントからミキサー車で運搬してきたコンクリートをホッパーへ投入、下部で待機したベッセル搭載ダンプに積替え、約1.0 km 離れた打設場所へ運搬、通常円形バケツに積替えてクレーン打設またはダンプ直送打設する計画であったが、搬入路が狭く片側交互通行が必要な上に、ミキサー車とダンプ走路が重複し、スムーズな運行は困難であると予測された。また複雑なブロック割、浮上り防止筋の施工など打設場所における運搬路



図ー10 3D-CIM 化画像（完成形）



図ー11 年次毎のリフトスケジュールモデル

確保も課題であった。そこで打設機械の組合せを200tクローラクレーン+水平バケットによる打設方式へ変更した。

これにより生コンのバケットへの投入は通常ダンプトラックで可能となり、栈橋形式の大規模な積替え設備を省略、打設場所から約0.3kmの左岸天端にL型擁壁で段差を付けた簡易な積替設備を設けてミキサー車からダンプへの積替えを実施、積替回数も減少し、待機時も保温カバーによりコンクリートの温度低下を抑制でき、品質の低下を防止した（写真—4～6）。

(2) 流入部（ラビリス堰）施工経過

これまでの流入部（ラビリス堰）施工経過について、写真—7～10に示す。

構築1年目は、考案したリフトスケジュール以上に打設を実施、2年目の施工時には千五沢ダムの管理が

始まって以来既往最大となる台風19号洪水に見舞われた（写真—11, 12）。

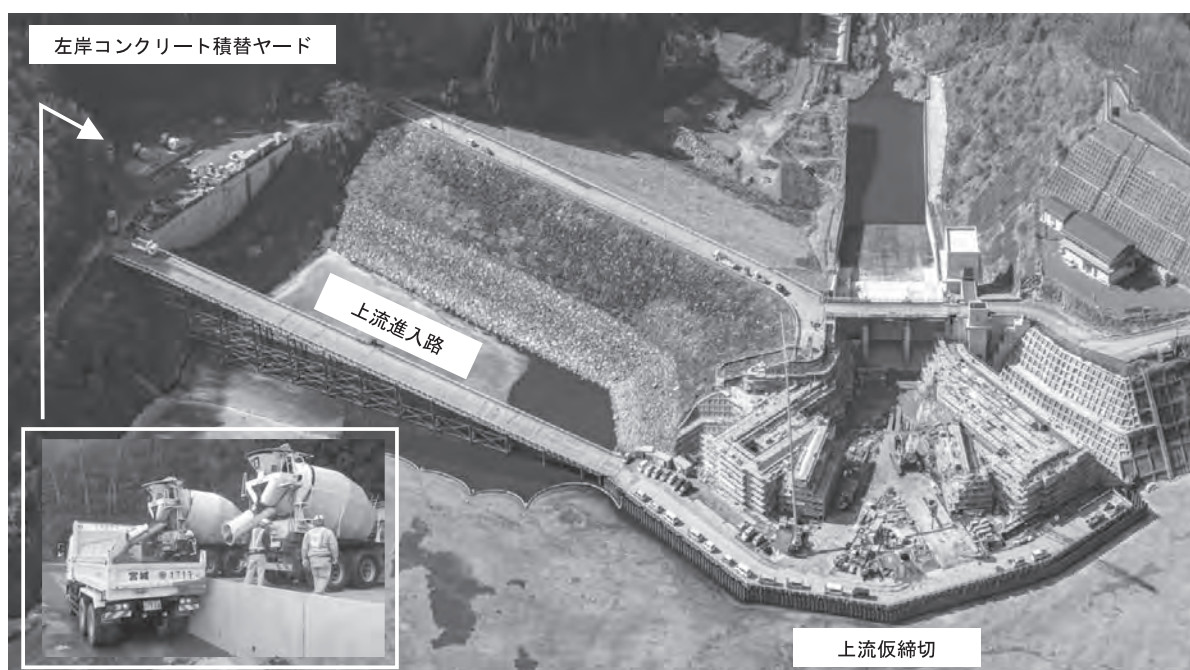
既に流入部施工に着手、基礎地盤検査の仕上掘削を行っていたエリアもあったが、台風襲来前に退避を完了させ大きな被害は免れた。しかしながら水没した施工エリアが元の施工水位に戻るまでに1ヵ月以上を要した他、基礎地盤掘削形状の見直しもあり、大幅なリフトスケジュールの見直しが必要となったが、4D-CIMを活用して最適な打設ブロックの組合せによる効率的な工程を導き出した。これにより、毎シーズンの貯水による水没、仮設備の撤去・復旧を繰り返しながらも構築4年目にして計画通りラビリス堰の完成に至った（写真—13）。



写真—4 流入部打設状況（通常ダンプでの積替）



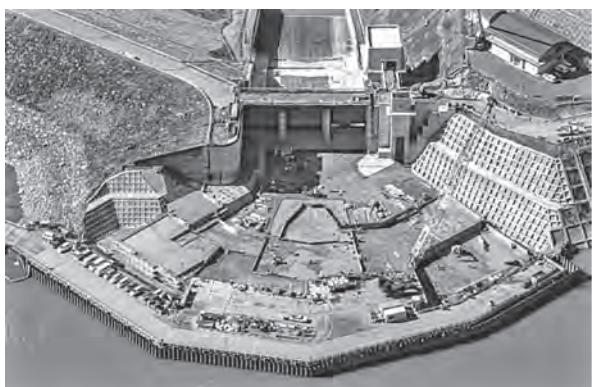
写真—5 流入部打設状況（水平バケット打設）



写真—6 流入部施工設備・打設状況



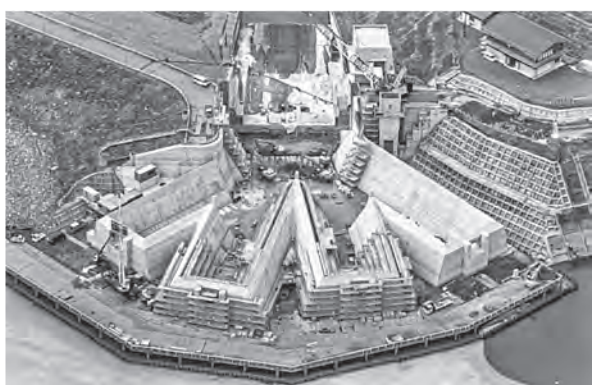
写真一七 流入部 躯体構築1年目 (H30年度)



写真一八 流入部 躯体構築2年目 (R1年度)



写真一九 流入部 躯体構築3年目 (R2年度)



写真一〇 流入部 躯体構築4年目 (R3年度) 完了貯水前



写真一一 R1年台風19号洪水 放流状況



写真一二 R1年台風19号洪水 貯水池側



写真一三 流入部 躯体構築4年目 ラビリンス堰完成

5. おわりに

千五沢ダム改築工事は、現在、新設管理橋下部工・周辺整備の施工に移行しており、令和5年度（2023年度）10月からの試験湛水に向け、安全・品質を第一に鋭意施工を推進中である。

今後も、発注者・協力業者と連携しながら一つ一つ課題を解決し、早期の完成を目指す所存である。

謝 辞

福島県県中建設事務所の皆様のお陰で、概ね、躯体が完成したことに、感謝を申し上げます。

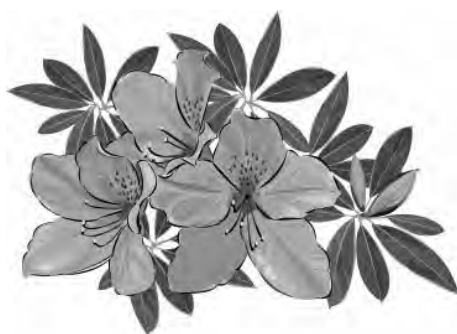
J C M A

《参考文献》

- ・渡邊 晋（福島県県中建設事務所事業部 ダム建設課長）：千五沢ダム再開発事業について－CIM化への取組－，ダム技術 第425号（2022年2月号），一般財団法人 ダム技術センター，PP.61～67，2022年2月

[筆者紹介]

山田 史章（やまだ ふみあき）
清水・青木あすなろ・あおい特定建設工事共同企業体
所長



画像解析技術を活用した 「土石流検知アラートシステム」の紹介

望 月 優 生・鄧 朝 暉・久保山 敬 介

近年では毎年のように発生する土砂災害により、人命被害や家屋流失等が頻発している。土砂災害による被害の軽減のためには、土石流の発生をいち早く検知することが重要である。

本稿では、カメラ映像を利用した非接触型の「土石流検知アラートシステム」の技術開発の成果と、その検証事例及び今後の課題・展開について紹介する。

キーワード：土石流検知センサー、画像解析、リアルタイム、PIV 解析、自動監視システム

1. はじめに

土石流発生検知の技術の例として、接触型のワイヤーセンサーや、衝撃センサーが挙げられるが、ワイヤーセンサーは一度切断された場合は都度人の手で張り直す必要があり、落石や動物などにより切断・誤報の可能性がある。また、衝撃センサーや振動センサーは、落石等で誤検知が発生しやすく、精度を上げるためにはセンサーを複数台設置する必要があるなどの課題がある（表－1）。

また、接触型のセンサーは、土砂による破損や埋没等によりセンサー自体が機能しないことが問題として挙げられる。

表－1 接触型のセンサーの課題

センサー型	課 題
ワイヤーセンサー	- ワイヤーが切断されることで異常検知が可能であるが、一度切断された場合は、再度張り直す必要があり、その間は欠測となる。 - 落石や動物等により切断・誤報の可能性がある。
振動センサー	- 地面の中にセンサーを埋め込み、土石流が発する地盤振動を捉える仕組みであるが、埋め込み作業が大がかりとなる。 - 精度を上げるためには、センサーを複数台設置することが必要となる。
衝撃センサー	- 杭等を設置し、その杭への衝撃等を検知する仕組みであるが、落石等で誤検知が発生しやすい。 - 精度を上げるためには、センサーを複数台設置することが必要となる。

そこで本稿では、画像解析技術を活用し、カメラ映像から非接触で安全かつ誤検知等が少なく土石流発生監視が実施できる「土石流検知アラートシステム」について開発し、さまざまな環境下でも適応可能な仕組みの開発と、その精度検証について記載する。

2. 土石流検知アラートシステムの概要

(1) 画像解析による土石流検知手法の検討

本システムは、カメラ映像を利用して、土石流の発生を突発的に流下する土石流を瞬時に捉え、アラートメールを関係者に送信することが可能なシステムである。画像を用いた非接触型センサーであるため、継続した土石流の検知が可能である。

(2) 新たな土石流検知のしくみ

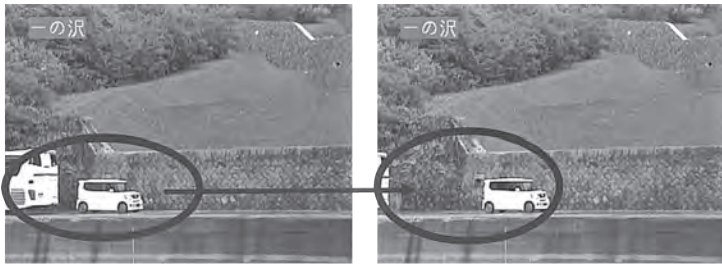
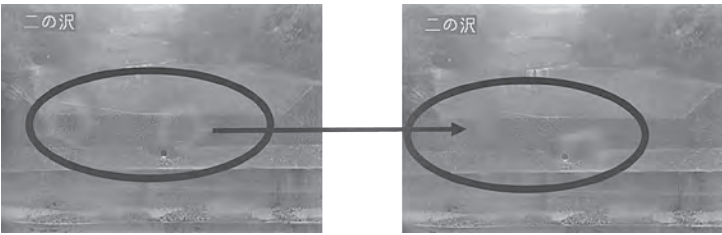
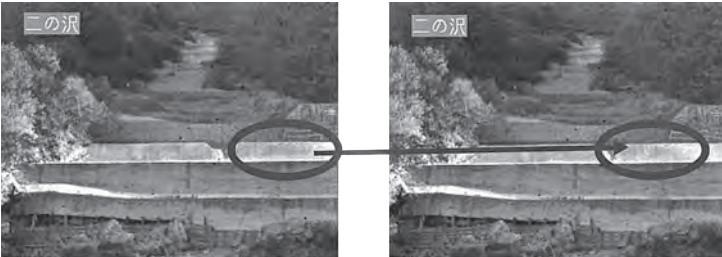
従来の画像解析による土石流検知の手法としては、画像差分法が挙げられる。しかし、カメラ画角内に土石流以外の物体が移動した場合や、降雨により雨粒がレンズに付着した場合、光の陰影による画面内の色調に変化が発生した場合など、さまざまな要因で誤検知が発生していた（表－2）。

このような背景から、誤検知を極力抑えて適切に土石流を検知する仕組みとして PIV（粒子画像流速測定法：Particle Image Velocimetry）手法による土石流検知について検討した。

(a) PIV 手法による土石流検知のしくみ

PIV 手法は、時間経過で変化する水面を撮影した動画像から、画像の小領域内の粒子の移動量を、パターンマッチングで求める技術で、画像から流体の瞬時的

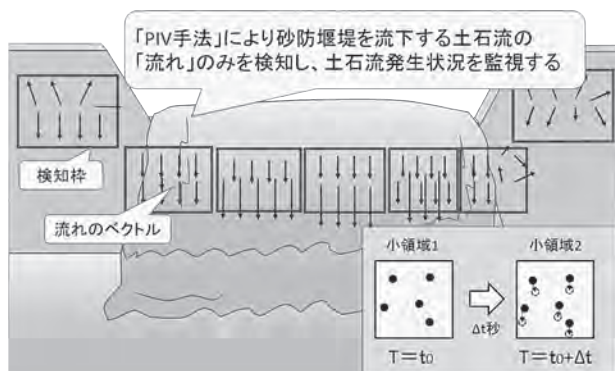
表一 画像差分法による土石流検知の主な誤検知要因

	状 況
土石流以外の物体の移動	自動車検知枠を通過した際に、誤検知が発生 
降雨の影響	雨粒がカメラレンズに付着し、検知枠内の映像が歪み、誤検知が発生 
光の陰影	検知枠内の太陽光の照射具合の変化により誤検知が発生 夜間の自動車等のライトが検知枠内に入り、誤検知が発生 

な流向・流速を求める手法の一つである。このPIV手法を利用して、砂防堰堤の法面を突発的に流下する土石流の「流れ」を捉えることで、土石流の検知を行う(図一1)。

(b) 土石流検知の検知枠・計算点の設定

本手法では、砂防堰堤を映しているカメラの画面内に検知枠(縦12ピクセル×横12ピクセル)を複数個設置する。その検知枠内には、縦横2ピクセルを1つ

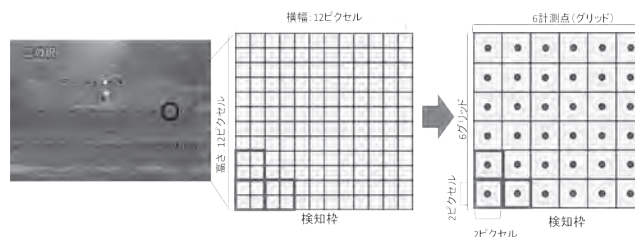


図一 PIV手法による堰堤越流部の土石流検知イメージ

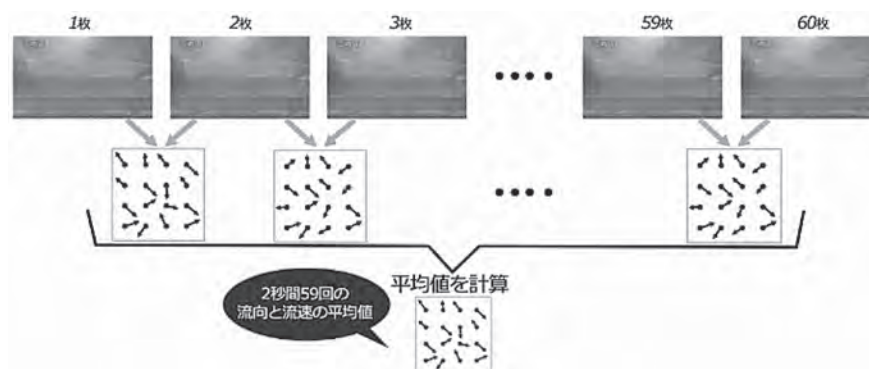
の計測点のグループとした、縦6×横6の合計36個の計測点を設定した、PIV手法によりそれぞれの計測点の流向および流速の解析を行う(図二)。

(c) 計測点の流向流速の傾向解析

PIV手法による解析では、連続する画像2枚の画像をもとに、時間経過における計測点の流向と流速を解析する。一定時間におけるそれぞれの計測点の流向と流速の平均値を算出し、解析した動画の検知枠内における流向と流速の傾向を解析することで、土石流の流れを検知する。本手法による解析では、土石流の検知を行うために2秒間60枚の動画像を使用した(図三)。



図二 検知枠内のピクセルと計測点(グリッド)の設定

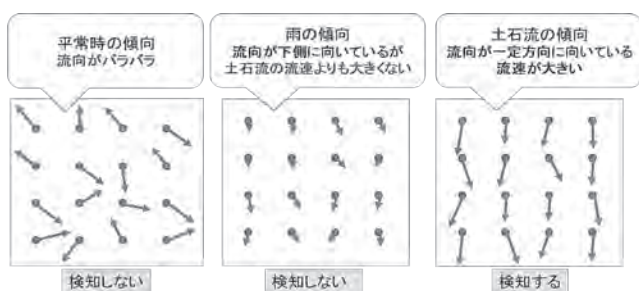


図ー3 土石流発生による検知の有無の分類例

(d) 土石流発生検知の判定条件

土石流発生を検知する条件は「①計測点の流速が2ピクセル以上であること」、「②計測点36個のうち、15個以上（約40%）が土石流の流下方向に移動していること」の2点を採用した。

上記2つの条件を同時に満たした場合、土石流と判断することとし、これにより土石流発生時と、それ以外（平常時や雨等）を判別することが可能となった（図ー4）。



図ー4 土石流発生による検知の有無の分類例

3. PIV 手法における土石流検知の検証結果

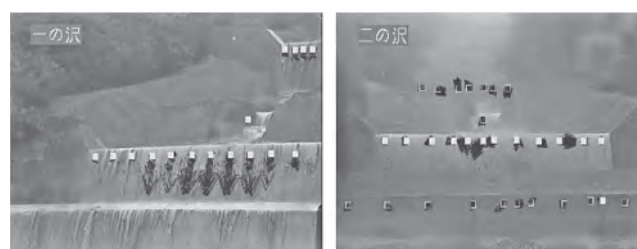
(1) 土石流検知の検証結果

「PIV 手法」による土石流検知について、土石流の発生映像をもとに検証を行った。その結果、突発的に発生する土石流を適切に検知できることを確認した（図ー5）。

また、従来法である画像差分法では誤検知となっていた現象について、新手法である PIV 手法において同様の状況においても誤検知が回避できるか検証を行った。検証の結果、従来法である「画像差分法」では誤検知となった状況（人や車等の移動、雨滴の付着、環境光の変化）において、新手法の PIV 手法では誤検知しない仕組みとなったことを確認した（図ー6）。



図ー5 誤検知を回避した事例



図ー6 土石流発生の瞬間を PIV 手法で検知した事例

(2) 画像差分法と PIV 手法による精度検証結果

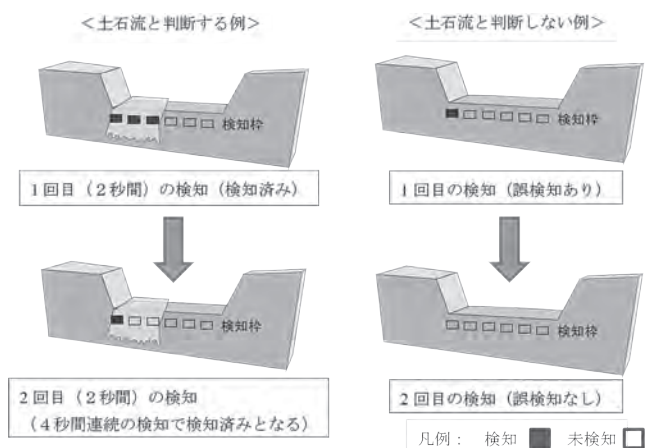
1 時間 40 分間の映像を利用し、従来法である画像差分法と新手法である PIV 手法で精度比較の検証を行った。この結果、画像差分法では 73 回の誤検知が確認されたが、PIV 手法では土石流発生までに 2 回しか誤検知が発生しないことを確認され精度が向上したことを確認した（図ー7）。

PIV 手法での単発の誤検知については、雨滴がカメ



図ー7 画像差分法と PIV 手法の検知状況の比較結果

ラレンズを流れ落ちることにより発生していることがわかっており、システム側で「連続した土石流の検知」を行った際に土石流発生と判断させることで、誤検知を回避する対策を行った（図—8）。



図—8 検知枠内の画像の色調傾向の数値化のイメージ例

(3) グレーレベル同時生起行列フィルタによる統計的な誤検知対策

しかし、PIV 手法による土石流検知でも、濃霧や夜間照明によるハレーションなど、様々な要因により誤検知の発生が見られることがわかっている。

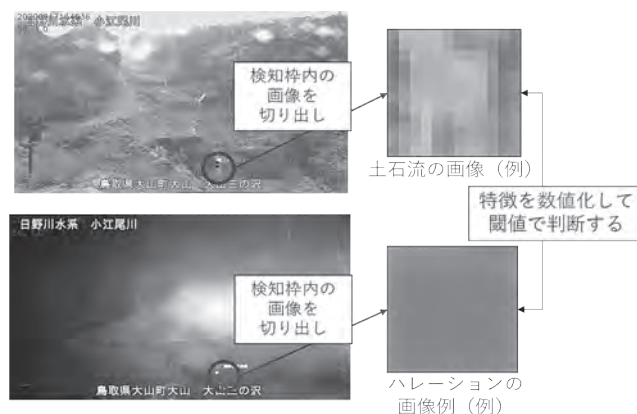
そのため、ここではグレーレベル同時正規行列フィルタリングによる統計的な誤検知対策について検討を行った。

グレーレベル同時生起行列 (Gray Level Cooccurrence Matrix; GLCM) フィルタとは、画像のテクスチャに関する情報を抽出するために設計された解析手法であり、画像内のエッジの強さ等の特徴量を数値化し、その測定値から画像の分類を行う手法である。

グレースケール画像（またはカラー画像の各成分）では、画像のテクスチャは輝度値の変動量や空間スケール、空間的パターンによって定義される。グレースケール画像の領域には、広い範囲にわたってグレーレベルでの輝度がほとんど変動していない領域がある。このような領域は視覚的に滑らかに見え、狭い範囲でグレーレベルに多くの大きな変化が見られれば、視覚的に粗く見える特性がある（図—9）。

グレーレベル同時生起行列フィルタを利用して検知枠内の画像の特徴（コントラスト・均質性・分散）により雨粒・霧・ハレーションであるかを判別し、土石流検知を行わない仕組みを検討した。

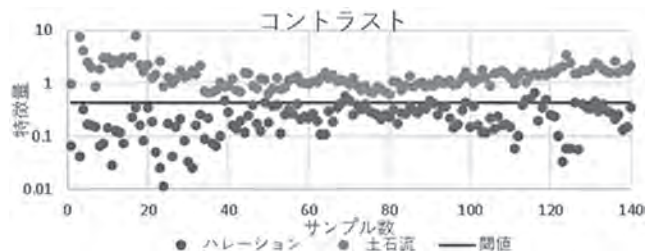
土石流発生時の動画および、ハレーション発生時の動画をもとに、検知枠内の画像の特徴量を数値化し、それぞれの事象が発生した際の画像の特徴量を算出した。



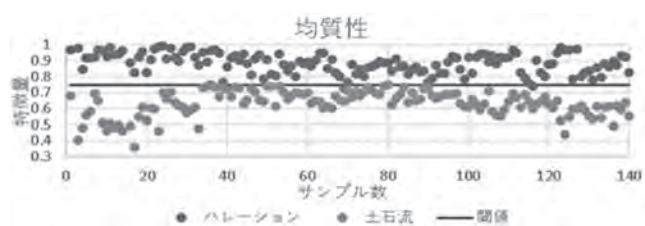
図—9 検知枠内の画像の例

ハレーションが発生した際の特徴量の数値を整理したところ、コントラスト値が0.01~0.65、均質性値が0.72~1.00、分散値が0~0.34の範囲に集中している結果となった（図—10~12）。

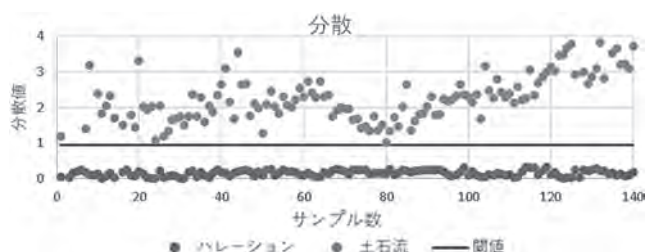
検知枠内の画像コントラスト値が0.5以下かつ均質性が0.75以上、または分散値が0.95以上となった際に土石流の現象として検知できたことから、これらの数値を閾値として設定し、閾値を超過した際は雨、霧、ハレーションのいずれかである現象として自動判別する仕組みとした（図—13）。



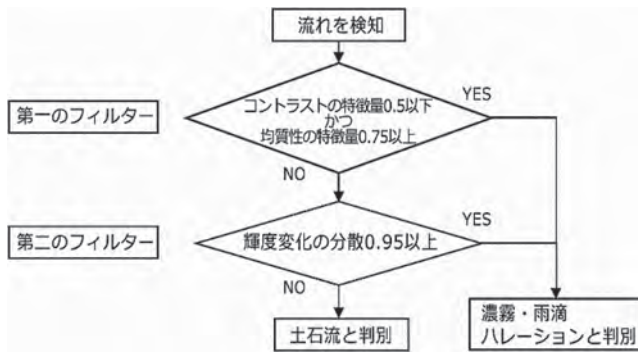
図—10 土石流発生時とハレーション発生時におけるコントラスト値の特徴量の傾向



図—11 土石流発生時とハレーション発生時における均質性値の特徴量の傾向



図—12 土石流発生時とハレーション発生時における分散値の傾向



図一 13 フィルタリングのフローチャート

4. 今後の展望

本検証では、砂防施設における土石流発生検知を画像解析手法の一つである「PIV 手法」を利用することで、誤検知率を抑え確実に土石流発生を検知できることが検証結果より明らかになった。

また画像の特徴を数値化して、土石流発生を検知か、霧・雨滴・ハレーション等の影響による誤検知であるかを自動で判別する仕組みを導入することができた。

これまでの検証結果をもとに「土石流検知システム」さらなる精度向上を進めており、土石流発生時の瞬間映像や土石流流下時の映像がさらに蓄積されることで、検知精度の向上・検証が進められていくものと期待している。

5. おわりに

本検討では、国土交通省中国地方整備局日野川河川事務所より土石流発生時における過去映像のご提供および、土石流発生検知手法における改善策等のご指導を頂いた。ここに記して謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 第72回中国地方技術研究会 画像解析技術を活用した土石流検知および流量算出システムの検討
- 2) 令和3年度砂防学会研究発表会 画像解析技術を利用した「土石流検知システム」の検討

【筆者紹介】

望月 優生（もちづき ゆうき）

いであ㈱

情報システム事業本部 情報システム事業部

防災情報システム部

グループ長



鄧 朝暉（ドン ジャオホイ）

いであ㈱

情報システム事業本部 情報システム事業部

防災情報システム部

エキスパートエンジニア



久保山 敬介（くぼやま けいすけ）

いであ㈱

情報システム事業本部 情報システム事業部

防災情報システム部

シニアエンジニア



再堆積しにくい河道掘削形状の設計にあたっての留意点

自然堤防帯区間の河川を対象として

福島 雅紀

河道管理の現場では、掘削後の河道が土砂堆積と河岸形成を繰り返す状態を維持し、掘削によって確保した河積をできるだけ長持ちさせるように、近傍で過去に実施された掘削後の変化を分析し、河岸再形成が起こりにくい掘削形状となるように設計が試みられている。その一方で、エコトーンの確保といった環境上の機能も期待して低水路拡幅を行う事業も行われており、“維持管理の容易性”と“良好な河川環境の維持”の両者を踏まえて掘削形状を決定する必要がある。本稿では、自然堤防帯区間の河川を対象として、河道掘削後の再堆積が生じにくい河道掘削形状を現地データの調査結果および河床変動計算結果に基づいて考察し、河道掘削形状の設計にあたって留意点を整理した。

キーワード：河道掘削、樹木伐採、再堆積、再繁茂

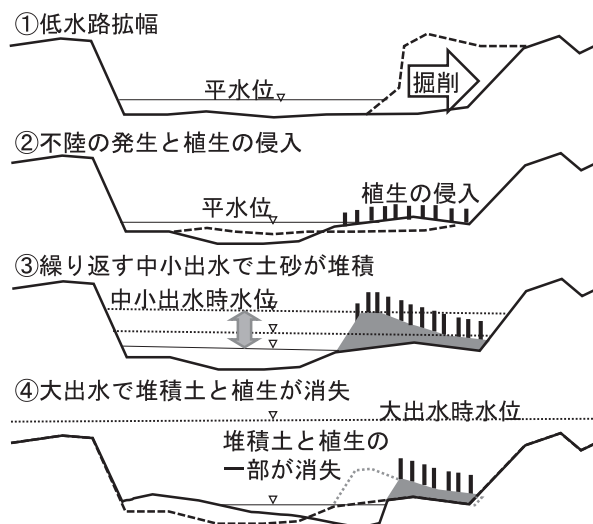
1. はじめに

河川の流下能力確保のために、全国で河道掘削が行われている。その際、低水路に隣接する高水敷を平水位以下あるいは小出水で冠水する高さまで切り下げる「低水路拡幅」(図—1①)が行われることが多い。低水路拡幅は、掘削土量に対して効率的に流下能力を確保でき、水棲生物や利水等への影響が少ないという利点を持つ。一方、自然堤防帯区間(河道特性としてはセグメント2-1、2-2に相当)の河川では、水面上に露出した砂州の高位部等に植生が形成され、出水時に浮遊砂やウォッシュロードを捕捉することで¹⁾、拡幅から数年程度で河岸が再形成し、流下能力を大きく低減させてしまう場合がある(図—1②③)。その後は、堆積土と植生の一部が消失し砂州の一部が回復するのか(図—1④)、滞筋が完全に固定化し、いわゆる二極化が進行するかのいずれかとなる。特に二極化は、流下能力の低下だけでなく護岸や橋脚基礎の被災、自然環境の単調化等を引き起こすおそれがあり、河道管理上注意が必要である。

河道管理の現場では、掘削後の河道が土砂堆積と河岸形成を繰り返す状態を維持し、掘削によって確保した河積をできるだけ長持ちさせるように、近傍で過去に実施された掘削後の変化を分析し、河岸再形成が起こりにくい掘削形状となるように設計が試みられている^{2)、3)}など。その一方で、エコトーンの確保といった環境上の機能も期待して低水路拡幅を行う事業も行わ

れており、“維持管理の容易性”と“良好な河川環境の維持”の両者を踏まえて掘削形状を決定する必要がある。

本稿では、図—1③で出現する堆積部分(平水位よりも高いが高水敷よりも低いことから、以下「中水敷」と呼ぶ)に着目して実施した分析結果について報告する。具体的には、中水敷となると、その多くは直ぐに高水敷化してしまうのか、それとも河岸侵食によって砂州の一部が回復するのかについて、現地データの整理や数値解析をもとに考察した結果を報告し、これらの結果をとりまとめ、自然堤防帯区間の河道掘削において留意すべき事項を述べる。



図—1 低水路拡幅後の植生の消長と地形変化

2. 現地データの整理

表—1 に示す 3 河川の自然堤防帯区間を対象に、整備計画規模相当の大規模な出水（対象出水）前後での地形や植生の変化について現地データの整理を行った。

表—1 調査対象河川の概要

河川名	延長 (KP)	河床勾配 (1/I)	代表粒径 (mm)	対象出水 (m ³ /s)	整備計画流量 (m ³ /s)
雄物川	0.0 ~ 13.0	4,160	1.1	3,951 (H29.7)	6,800
	13.1 ~ 30.0	4,218	18.0		
斐伊川	0.1 ~ 1.8	1,500	1.2	2,400 (H18.7)	2,500
	2.0 ~ 25.8	860~1,200	2.0		
	26.0 ~ 29.3	700~1,000	3.0		
由良川	0.0 ~ 15.2	2,314~3,440	7.4	5,300 (H25.9)	5,600
	15.4 ~ 24.8		12.0		
	25.0 ~ 37.4	887~1,719	20.0		
	37.6 ~ 40.0	681	31.0		

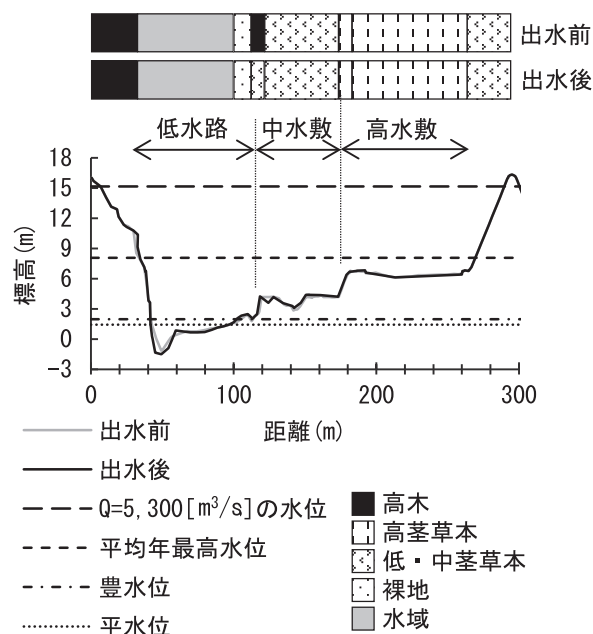
(1) 横断形状と地被、河川水位の関係

出水前後での横断形状および植生分布の変化の一例として、由良川 24.6KP の調査結果を図—2 に示す。地被の分類としては、水域、裸地に加え、植生に覆われた箇所を高木、低木、高茎草本、低・中茎草本とした。出水前後に植生図が河川事務所等によって作成されていれば、その情報を利用した。植生図が作成されていなければ、航空写真画像から判読し植生図を作成した上で、横断測線上の地被の情報を利用した。なお、当該断面に低木は存在しない。

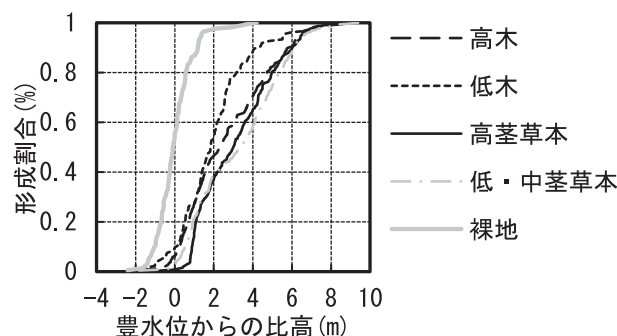
裸地については、高水敷の利用や河川工事等の人為的に改変された場所以外ではほとんど確認することができず、平水位から豊水位程度の高さの狭い場所、中水敷の低水路側にわずかに存在する状況であった。平水位よりも 4 m~5 m 高い高水敷上は全面的に高茎草本で覆われる状況であった。低水路と高水敷との間には、平水位よりも 0 m~3 m 程度高く、高木や低・中茎草本で覆われた中水敷が存在した。このような中水敷は砂州の発達によるものと考えられ、湾曲部内岸の固定砂州（ポイントバーとも言う）や中州も含めると、調査対象河川に比較的多く存在していた。大出水や大規模河川改修事業の後でなくとも、中水敷が存在していることを航空写真や横断図等から確認でき、調査対象河川においては、ある程度の期間にわたり維持される仕組みが存在することが示唆された。

図—3 は、地被ごとに水面（豊水位）からの比高

で形成割合を整理した結果である。図—2 の植生分布図において、同一地被であっても標高の変化点や出水前後で地被が変わった境界で分割し、その代表高さとして平均標高を与え、全ての断面の情報を集計した結果である。なお、水位観測所間の測線での豊水位は不等流計算の結果を参考にして内挿しているため、一定の誤差を含んでいる。これを見ると、低木は中水敷に相当する比高 0 m~3 m の間に集中していて、高水敷に相当する比高 4 m 以上の地点には少ない。それ以外の高木、高茎草本、低・中茎草本に関しては、既往研究⁴⁾では、植生の種類によって比高別の棲み分けが一定程度あることが報告されているが、今回の調査対象河川では、豊水位以上の幅広い比高の箇所分布して差が見られなかった。裸地については、比高 -1 m~1 m くらいの間に集中的に分布している。豊水位程度の箇所を除き、中水敷のほとんどの植生が形成され、土砂堆積が進む可能性がある場所であることがわかった。



図—2 由良川 24.6KP 横断面の断面形状と植生分布の変化、水位との関係

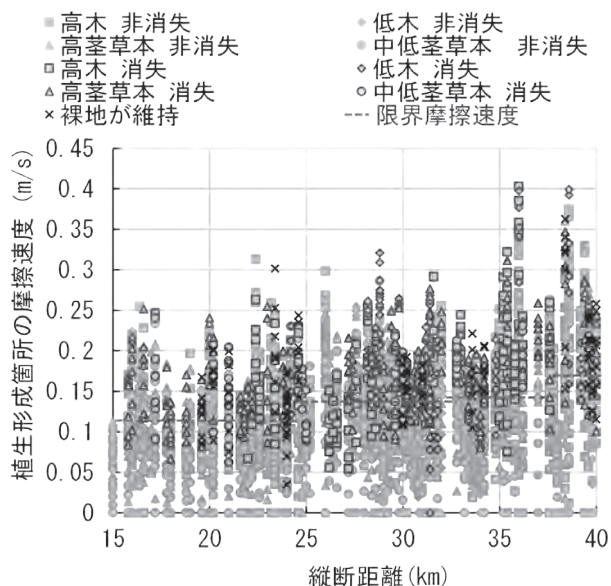


図—3 地被の比高別分布

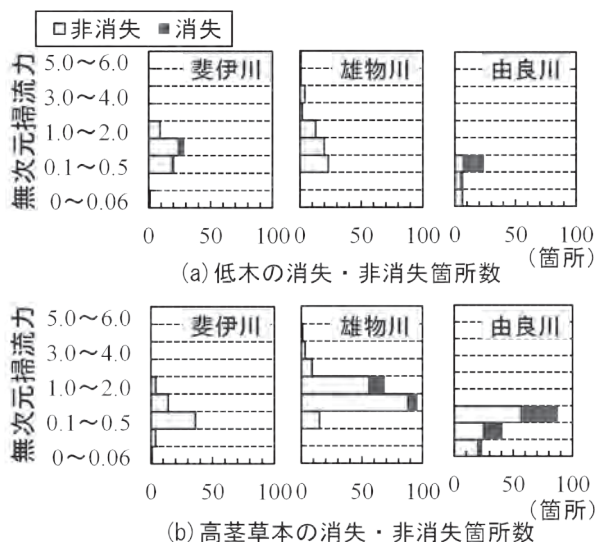
(2) 出水による植生消失の状況

中水敷を維持するために必要な条件を確認する。図—4は、各断面においてピーク流量時に作用した摩擦速度を地敷ごとに整理した結果である。ここで、摩擦速度は出水前の河道形状および植生分布を与えて算定した値である。植生が消失した箇所のデータを黒い線で囲み、消失しなかった箇所のデータを灰色の線で囲んだ。由良川では、平成25年9月出水によって15KP～40KPの広い範囲で植生の消失が生じており、比較的摩擦速度が大きい箇所で植生が破壊されていることが分かる。一方で、点線で示す河床材料の移動限界摩擦速度以下でも植生が破壊されていたり、移動限界摩擦速度以上でも植生が残存していたりと、移動限界摩擦速度だけで単純に説明できないことが分かる。

図—5は、低木と高茎草本に着目して、それぞれ



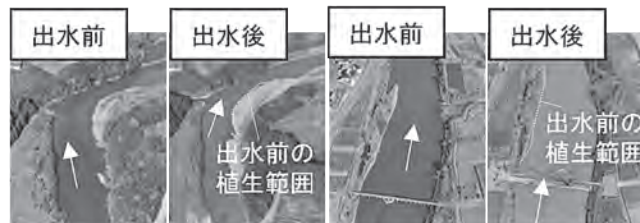
図—4 植生の消失状況（由良川調査区間）



図—5 低木と高茎草本形成箇所に作用する無次元掃流力と消失の有無

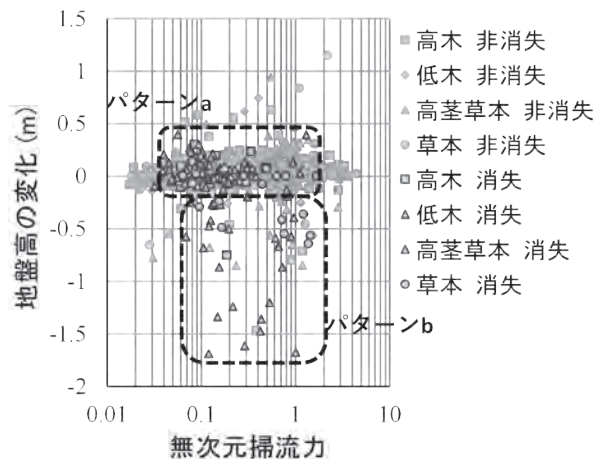
の地敷に作用する無次元掃流力と消失・非消失の箇所数の関係を整理した結果である。ここで、無次元掃流力は出水前の河道形状および植生分布を与えて算定した値である。由良川では、無次元限界掃流力相当の0.06を超えると消失箇所の割合が増えるが、他の2河川では同様な傾向を確認することができなかった。

ここで空中写真から植生消失の発生状況を確認すると、主に図—6に示す2つの破壊パターンに分類されることが分かった。1つめのパターンaは湾曲部の内岸の固定砂州上の植生が消失するものであり、調査対象河川の中で、特に河道が湾曲している由良川で多く見られた。一方で、蛇行の発達に伴う湾曲部外岸での侵食はほとんど確認されなかった。これは、調査対象河川のほとんどの湾曲部外岸に根固めブロックが敷設され侵食が抑制されていたためと考えられた。パターンaの発生箇所では、無次元掃流力が無次元限界掃流力を超過していた。もう1つのパターンbは、主に直線部にある寄り州や中州が下流に移動して植生が消失するものである。植生消失地点の掃流力が小さくても、砂州上流側の外縁部が側方侵食されて植生が消失していた。図—7には、各地点の出水前後の地盤高の変化と無次元掃流力の分布を示した。河床低下が顕著な箇所（パターンb）では植生がほとんど消失しており、地盤高の変化が小さいものの無次元掃流力



(パターンa)湾曲部固定砂州 (パターンb)直線部砂州

図—6 調査対象河川の調査期間で見られた植生の主な破壊パターン

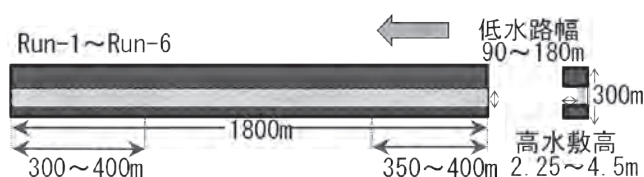


図—7 地盤高の変化と植生の消失の有無との関係

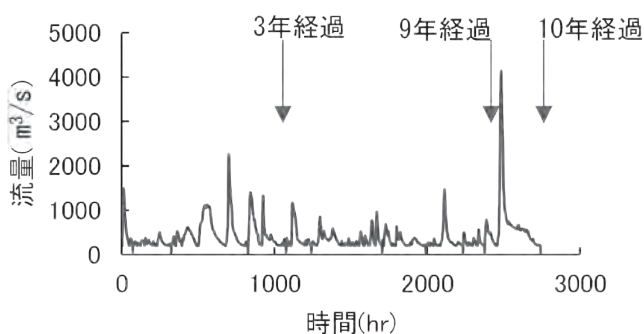
が河床材料の移動限界無次元掃流力を超えている箇所（パターン a）では植生消失が見られる。

3. 低水路横断形状と植生消失に関する数値計算

現地データに基づいて植生の破壊を調査した結果、湾曲部内岸の固定砂州上での破壊（パターン a）については無次元掃流力によって一定の評価を行えるものの、砂州の移動や変形に伴う破壊（パターン b）については関係性を見いだせなかった。具体的には、河道掘削形状を設定する上での知見を見いだせなかった。そこで、砂州の移動・変形に伴う植生の消失頻度が低水路の横断形に応じて、どのように影響を受けるかの傾向を確認するために平面 2 次元河床変動計算⁵⁾による感度分析を実施した。図—8 に示す複断面直線河道を対象に、10 年分の流量ハイドログラフ（図—9）を作用させ河床変動計算を実施した。断面諸元と流量条件は、自然堤防帯区間の実河川を参考に設定し、低水路の幅と深さは表—2 に示す組み合わせとした。



図—8 数値計算の対象とした河道の形状



図—9 計算時の流量ハイドログラフ

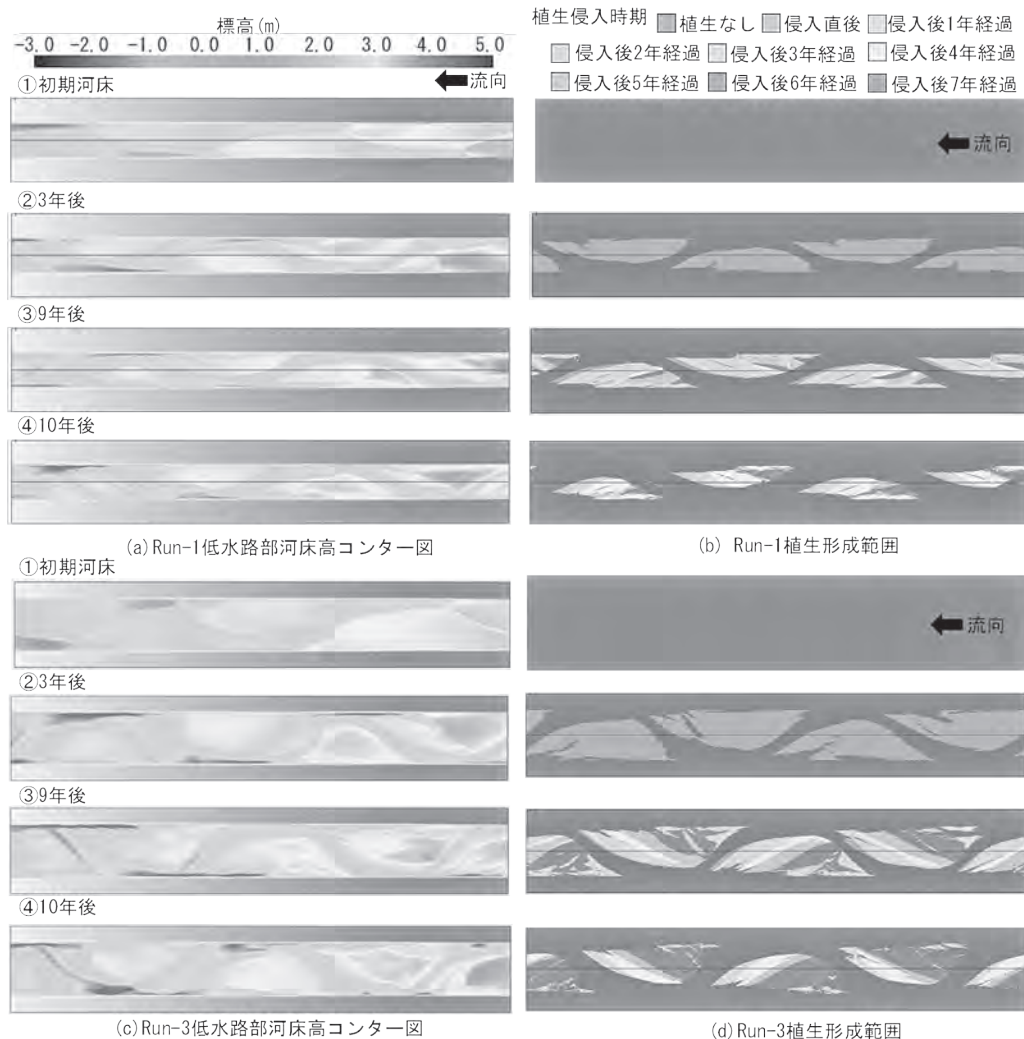
表—2 検討ケース

ケース	低水路幅 (m)	高水敷高 (m)	河床 勾配	低水路の 流下能力 (対 Run-1)
Run-1	120	3.00	1/700	1
Run-2	150	3.00		1.25
Run-3	180	3.00		1.5
Run-4	90	3.00		0.75
Run-5	120	3.43		1.25
Run-6	120	3.82		1.5

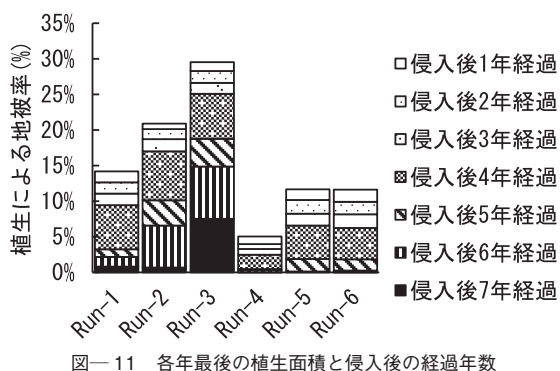
河床変動計算にあたって、植生の侵入や遷移については藤田らのモデル⁶⁾、河岸侵食については長谷川⁷⁾や関根⁸⁾を参考にした。また、各年の流量ハイドログラフを作用させた後で、流量を豊水流量程度まで低下させ、豊水位以下の水際には植生が侵入しないこととした。非出水期に植生を消失させるような洪水は発生しないが、初期状態で設定した平水位を基準に植生の侵入範囲を決定することは、水際の土砂堆積量の際現に影響が大きいと想定して取り入れたモデルである。冠水による植生繁茂抑制については、信濃川⁹⁾や六角川¹⁰⁾などでの試験施工事例がある。

図—10 に、計算結果の一例として Run-1 及び Run-3 の地形及び植生形成域を示す。Run-1 の結果 ((a) 及び (b)) に着目すると、まず、②3 年経過時点において、砂州が下流側に移動するとともに下流に延びた三日月型の形状になった。これは、由良川等の自然堤防帯区間で一般的に見られる形状である。中小規模の出水を繰り返し受けた③9 年経過時点においては、砂州の移動によって、②時点に侵入した植生で残存するのは約 10% 程度である。大規模出水を経た④10 年経過時点では、更に砂州の植生消失が進み、②時点で侵入した植生で残存する面積は約 3.5% であった。このような河道条件では、中水敷が高水敷化せずに維持されるものと考えられる。一方で、低水路幅を 50% 拡幅した Run-3 の計算結果 ((c) 及び (d)) を見ると、豊水流量が Run-1 と同じであるため、植生形成域は②3 年経過時点においても Run-1 の約 1.6 倍存在する。また、②時点に侵入した植生が、③9 年経過時点で約 30%、④10 年経過時点でも約 20% 残存しており、これらについては高水敷化する可能性が高い。

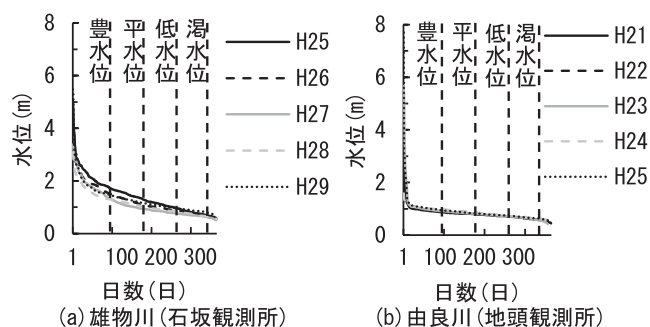
図—11 に、各ケースにおける砂州上の植生地被率の経年変化の比較を示す。低水路幅の狭い Run-4、低水路水深の大きい Run-5、6 では、植生地被率が小さくなる結果が得られた。これらのケースでは砂州移動が顕著であり、植生が消失しやすい状態にあったことを確認している。よって、低水路幅が狭く、低水路水深が大きいほど、砂州冠水頻度が高まって大きな掃流力が働くことから、洪水時の砂州移動が顕著となり、河岸が再形成されやすい傾向にあることが確認された。一方、砂州上の植生侵入は、平水位以下の頻度が重要となると考えられる。これは、平水位等の位況を確認することの重要性を指摘しているが、過去 5 年間の位況を確認してみると（図—12）、由良川のように年ごとに位況が安定している河川もあれば、雄物川のように年ごとに平水位が 0.5 m 程度も異なる河川もある。長期間の湛水を期待して掘削したにもかかわらず



図一 10 計算結果 (Run-1, Run-3。河床高：左側の濃い色は標高が低い。植生：初期着色箇所は植生なし)



図一 11 各年最後の植生面積と侵入後の経過年数



図一 12 河川ごとの位況の違い

ず、平水位が低い年が続く植生が繁茂することがあるので留意が必要である。

4. おわりに

自然堤防帯区間の河川における河道掘削後の高水敷再形成過程を説明した上で、高水敷を低く切り下げた箇所形成される中水敷の変化を現地データおよび数値計算結果に基づいて考察した。その結果、大出水や大規模河川改修後でなくとも中水敷は存在しており、ある程度の期間にわたり維持されることが確認された。中水敷上には、豊水位を基準として比高が -1 m ～ 1 m 程度の範囲、いわゆる水際に裸地が存在することが多く、豊水位よりも高い範囲には種々の植生が繁茂し、土砂堆積が進む可能性が高いことが確認された。中水敷が維持される仕組みとして、湾曲部内岸の固定砂州上の植生が洪水流によって破壊されるパターン、直線部河道の砂州の移動や変形に伴う植生基盤の消失によって植生が破壊されるパターンが確認され

た。特に直線部河道においては、低水路幅が狭く、低水路水深が大きいほど、砂州冠水頻度が高まって水際の裸地化が生じやすいことが確認された。また、水際（豊水位からの比高が±1 m）は冠水によって植生が繁茂しにくく、その結果として土砂堆積が生じにくいことも影響していると考えられた。

河道掘削断面の設計にあたっては、「低水路幅を広げ過ぎ、侵食による中水敷の破壊頻度を極端に低下させないこと」、「位況の安定性を考慮した上で平水位や豊水位を設定すること」の2点が留意点として挙げられた。なお、河道掘削後の河道の応答については、河道特性や上流域から土砂供給条件、当該河川に繁茂する植生の種類等によって異なる。そのため、河道掘削後の土砂堆積状況や植生繁茂状況を確認し、再堆積しにくい河道掘削形状であったのかについて定期的に見直すことが重要である。治水機能と環境機能を維持するためにはPDCA型の管理が必要であり、掘削後の河道の応答を評価すること（PDCAのCに相当）が最適な河道掘削形状を見つけ出す近道と言える。

最後に、本稿は文献11を再編集して作成したものであることを付記する。

J	C	M	A
---	---	---	---

《参考文献》

- 1) 藤田光一, John A. MOODY, 宇多高明, 藤井政人: ウォッシュロードの堆積による高水敷の形成と川幅縮小, 土木学会論文集, No.551/II-37, pp.47-62, 1996.
- 2) 森英高, 大坪摩耶, 津田匠, 今井勝一, 瀬崎智之, 福島雅紀: 遠賀川支川穂波川における再堆積を見込んだ維持管理計画の検討, 河川技術論文集, 第26巻, pp.533-538, 2020.
- 3) 武内慶了, 服部敦, 藤田光一, 佐藤慶太: 細粒土砂堆積による高水敷再形成現象を1次元河床変動計算に組み込んだ河積変化予測手法, 河川技術論文集, 第17巻, pp.161-166, 2011.
- 4) 石川慎吾: 揖斐川の河辺植生 I. 扇状地の河床に生育する主な種の分布と立地環境, 日本生態学会誌, 第38巻, 第2号, pp.73-84, 1988.
- 5) iRIC-Nays2DH
<https://i-ric.org/solvers/nays2dh/> (2022年4月20日確認).
- 6) 藤田光一, 李參熙, 渡辺敏, 塚原隆夫, 山本晃一, 望月達也: 扇状地礫床河道における安定植生域消長の機構とシミュレーション, 土木学会論文集, No.747, II-65, pp.41-60, 2003.
- 7) 長谷川和義: 非平衡性を考慮した側岸侵食量に関する研究, 土木学会論文報告集, 第316号, pp.37-50, 1981.
- 8) 関根正人: 斜面崩落モデルを用いた網状流路の形成過程シミュレーション, 土木学会水工学論文集, 第47号, pp.637-642, 2003.
- 9) 木伏重男, 若杉康夫: 信濃川下流における環境に配慮した河道掘削の取組
https://www.mlit.go.jp/river/kankyo/main/kankyoutashizen/pdf/h29_2_1.pdf (2022年4月20日確認).
- 10) 佐藤博志, 永尾豪也, 川崎裕之: 牛津川における河道内ガタ土の堆積調査とヨシ植生管理のモニタリング
http://www.qsr.mlit.go.jp/n-shiryo/kensyu_ronbun/04/24.pdf (2022年4月20日確認).
- 11) 大坪摩耶, 瀬崎智之, 福島雅紀: 自然堤防帯区間の河川における植生の消失に関する研究, 河川技術論文集, 第27巻, pp.421-426, 2021.

〔筆者紹介〕

福島 雅紀（ふくしま まさき）
国土技術政策総合研究所
河川研究部 河川研究室
室長

「群馬県リアルタイム水害リスク情報システム」の開発

高見澤 直 寿

群馬県では、河川の水位上昇や浸水発生の水害リスクを早期に把握するために、数時間先の河川水位や外水・内水による浸水範囲等をリアルタイムで解析・予測する「群馬県リアルタイム水害リスク情報システム」を開発した。

予測情報は、県や市町村等の行政機関で共有し、洪水・氾濫が予想される際に市町村長による迅速かつ的確な避難指示発令や早期の水防活動を実施するための判断材料として活用する。

キーワード：水害リスク、洪水予測、システム開発、水防活動、タイムライン

1. はじめに

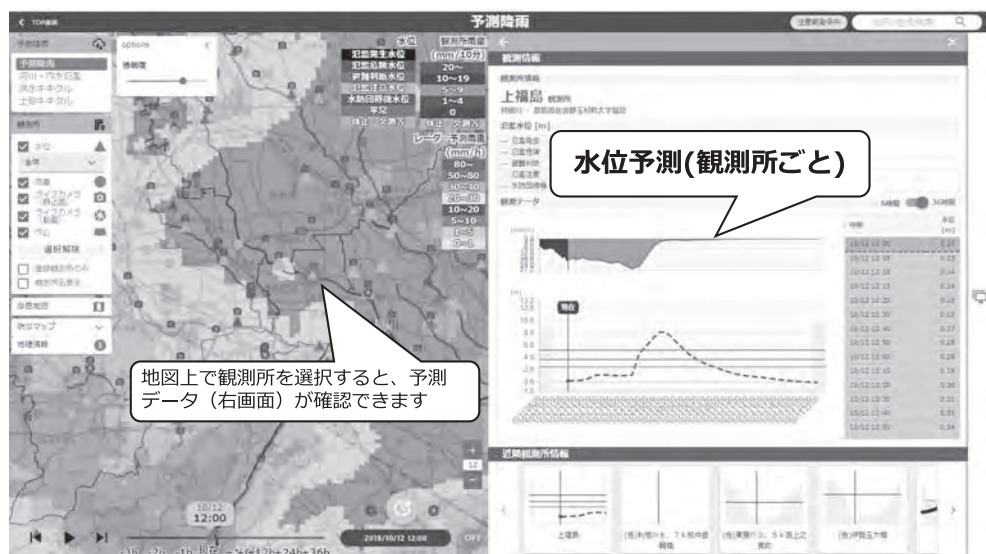
近年、気候変動等の影響により水災害が激甚化・頻発化しており、住民の命や資産を守るために河川氾濫等の水害リスクを早期に把握することが急務となっている。令和3年の水防法改正では、洪水予報河川や水位周知河川以外の河川においても、洪水浸水想定区域図の作成が義務づけられ、水害リスク情報の空白域の解消に取り組んでいるところである。

群馬県では、平成30年に全ての県管理河川について浸水解析を行い、洪水浸水想定区域等を「群馬県水害リスク想定マップ」として公表しており、県内35市町村のうち18市町村で中小河川の洪水浸水想定区

域を反映したハザードマップが作成・公表済となっている。

しかし、中小河川の多くは水位上昇速度が早く、避難リードタイムを考慮した基準水位の設定が困難で、避難計画等を検討するうえでの課題となっている。

このため群馬県では河川の水位上昇や浸水発生の水害リスクを早期に把握し、迅速かつ的確な避難指示発令や早期の水防活動を実施するための判断材料として活用することを目的に、36時間先までの河川水位、6時間先までの浸水発生等を解析・予測する「群馬県リアルタイム水害リスク情報システム」を開発し、令和4年4月から本運用を開始した（図－1）。



※令和元年東日本台風時の予測降雨量データによる再現

図－1 システム画面のイメージ

2. システムの構築

(1) システムの概要

気象庁の降雨量予測データを取り込み、各河川の地形や氾濫特性に応じた解析モデルにより、全ての県管理河川の36時間先までの河川水位・6時間先までの浸水範囲等を10分間隔で予測する（図－2、3）。

(2) 予測モデルの構築

各河川の氾濫特性（氾濫原勾配・氾濫流下幅）やバックウォーター現象の影響、河川整備計画での解析モデル等を参考に、流下型氾濫・拡散型氾濫・貯留型氾濫に分類し、流出・河道・氾濫それぞれの現象に特化した解析モデルを選定した（図－4）。

ゲリラ豪雨による内水氾濫、本川水位上昇によるバックウォーター現象等も表現でき、また各観測所の

実測水位データをリアルタイムでフィードバックし、計算結果を補正する事が可能な予測モデルを構築した。

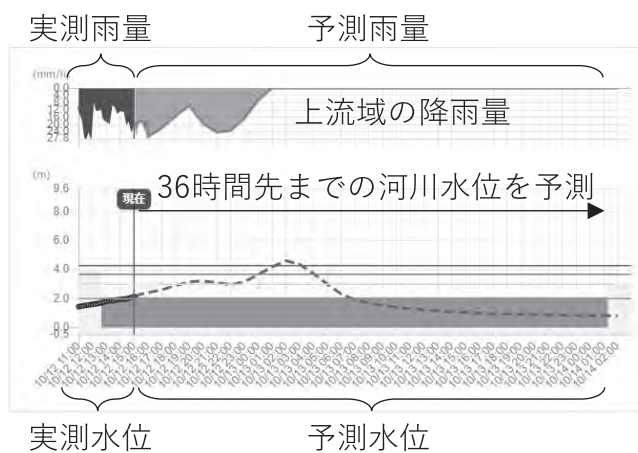
なお、計算水位に基づく破堤の発生判定は不確実性を含むことから、本システムの浸水予測においては、破堤の解析までは行わず、越水・溢水によって発生する浸水の範囲や深さを解析している。

(3) 予測精度の検証

(a) 河川水位の予測精度の検証

河川水位の予測モデルは、令和元年東日本台風をはじめとした既往10洪水（県内10圏域ごとに選定）で観測した雨量データや水位データをもとに計算パラメータを調整して構築した。

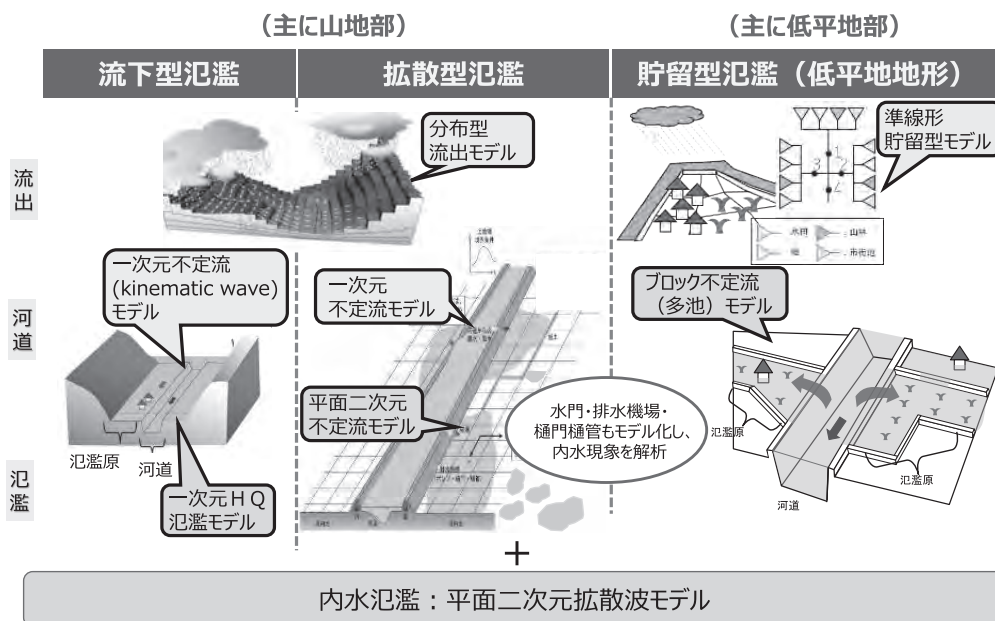
対象10洪水は、観測された水位や浸水被害の発生状況、降雨成因（台風・前線・低気圧など）を考慮し



図－2 水位予測のイメージ



図－3 浸水予測のイメージ



図－4 河川特性に応じた解析モデル

て選定した。

計算パラメータは予測精度向上のため適宜調整を行う予定であり、今後発生する台風やゲリラ豪雨等による洪水も検証の対象とし、ピーク水位や水位上昇開始タイミングの誤差が小さくなるよう調整する(図—5)。

(b) 浸水区域の予測精度の検証

外水氾濫による浸水予測は、既存の洪水浸水想定区域図等と、同条件の外力(想定最大規模・計画規模)により予測される浸水範囲を比較し、浸水範囲や浸水深の予測精度の検証を行った。解析条件の違い(破堤氾濫の有無など)が原因と思われる誤差は見られるが、概ね再現可能であることを確認した。

内水氾濫による浸水予測は、既往洪水で発生した内水被害実績等との比較を行うことで精度検証を行い、浸水状況を概ね再現可能であることを確認した(図—

6)。しかし、内水被害の調査記録は事例が少なく、調査結果の精度も低いことから、今後も引き続き、内水被害の情報収集等を行い、浸水区域の予測精度向上を図っていく。

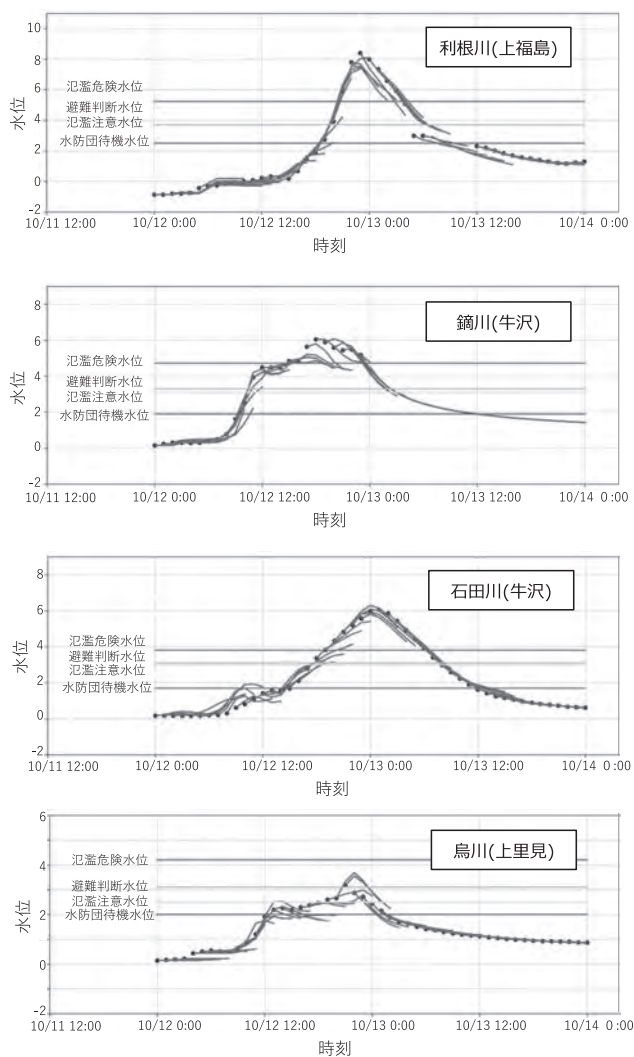
3. 附属機能の実装

(1) 水防警報等支援システム

従来、水防活動時に河川管理者が行う水位到達情報、水防警報及びダム放流通知等は、手作業での通知文作成・FAX送信、電話での受信確認があり、大規模洪水発生時などには膨大な作業量となり、水防体制下の限られた人員で行う場合、伝達の遅延などが発生する恐れが懸念された。

そのため業務の迅速化・人為的ミスの排除・作業量の軽減を図るため、水防活動の伝達業務をシステム化し、各種発表文の自動作成、メール・WEBによる関係機関へ通知する機能を実装した(図—7)。

東日本台風時の予測降雨に基づく水位予測



●：水位観測所の実績水位
—：各実績水位から6時間先までの予測水位波形

図—5 河川水位予測の精度検証

内水氾濫解析結果と浸水実績の比較



※太線範囲：令和元年東日本台風 浸水実績

図—6 内水氾濫モデルの予測精度検証

観測所で基準水位の超過を観測すると、観測所名や観測水位を記載した通知文が自動作成され、発送ボタンを押すだけで登録されている関係機関にメールやFAXで送付することが出来るようになっており、またシステム上で通知文の送付履歴や送付先での受信状況が確認できるようにすることで、通知文の未送付や二重送付等のミス防止を図っている。

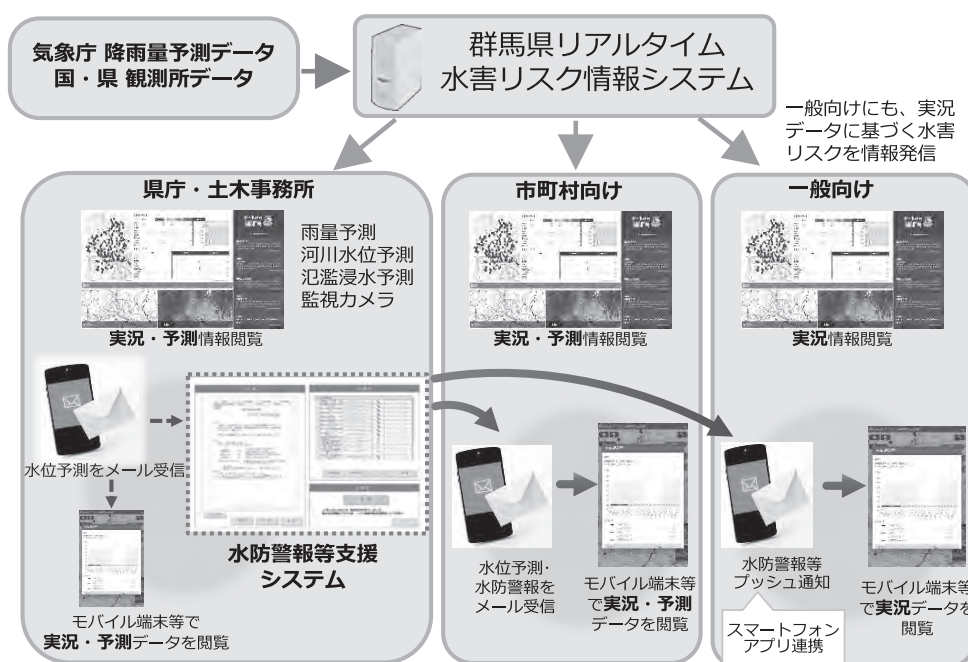
また、スマートフォンアプリと連携したプッシュ通知機能や数時間先に基準水位の超過が予測される観測所がある場合のアラートメール発出機能等も実装し、早期の水害リスクの把握・情報提供に活用する。

(2) 防災情報の集約

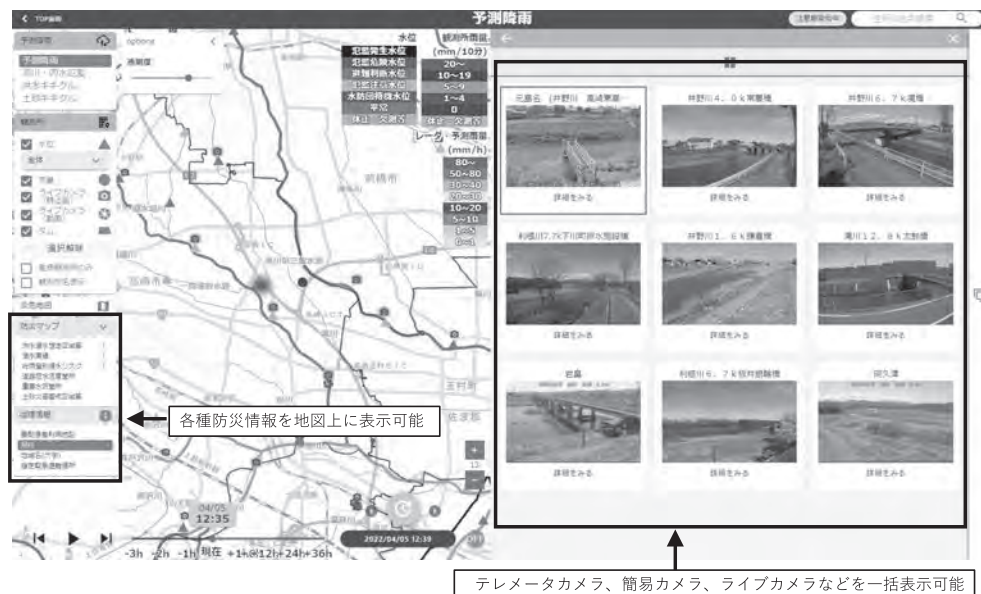
これまで防災情報の拡充を図るためにテレメータ雨量計・水位計の設置をはじめ、危機管理型水位計や簡易カメラの設置、河川カメラの動画配信などに取り組んできたが、それらの情報は個々のウェブサイトで公開されており、複数のウェブサイトを開覧しなければならない状況であった。

そのため、システム開発にあたり上記の河川防災情報をはじめ、洪水浸水想定区域や土砂災害警戒区域の防災マップ情報等を集約し、本システムで同時に閲覧することが出来るよう改善を図った（図—8）。

令和3年度に実施した試験運用に参加した市町村等



図一 水防警報等支援システム



図—8 防災情報の集約

からは、河川以外の防災情報や市が設置した水位計やカメラの情報も本システム上で確認できるようにしてほしい、といった要望も多いことから、関係機関との連携を進め、更なる防災情報の集約、拡充に取り組んでいく。

(3) 一般向け防災情報の発信

一般への防災情報の発信は、行政機関用ウェブサイトとは別に作成した一般公開用ウェブサイトを通じて行い、現況水位情報や河川カメラ映像、洪水浸水想定区域等の防災情報を公開する。

本システムで解析する河川水位や浸水区域の予測情報は、気象業務法により公開できないため、一般公開用ウェブサイトでは表示されない。

一般住民の自主的な避難行動を促すための情報発信の拡充として、スマートフォンアプリと連携した現況水位情報(基準水位超過の水防警報等)を各個人にプッシュ通知する機能を実装した。

4. システムの活用について

中小河川の多くは避難判断水位等の基準水位が設定

されておらず、避難情報の発令基準や避難確保計画に基づく行動開始基準等の設定が困難であるため、本システムの予測情報を活用したタイムライン作成を市町村に促していく。

また、任意の降雨量を付与することで、簡易な浸水想定区域図が作成できることから、防災まちづくり等の基礎資料となる中高頻度の浸水想定区域図の作成に活用する。

今後も引き続き、水害リスク情報の拡充、関係機関との情報共有を図り、安全・安心な社会の実現に向け、ハード・ソフト一体となった防災・減災対策に取り組んでいく。

J C M A

[筆者紹介]

高見澤 直寿(たかみざわ なおひさ)
群馬県県土整備部河川課
副主幹



自然エネルギーを活用したダム堆砂対策技術

潜行吸引式排砂管の開発

宮 川 仁・石 神 孝 之・高 田 翔 也

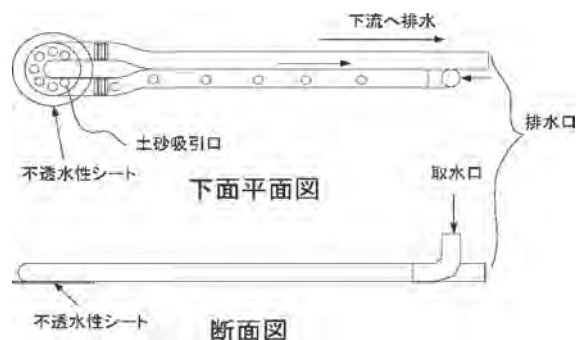
土木研究所では、ダムの上下流の水位差によるエネルギーを活用し、輸送管としてフレキシブル管を用いた排砂手法（通称：潜行吸引式排砂管）の研究開発を行ってきた。室内実験の結果として、管径 300 mm 管で管内流速 3 m/s 程度での施設が設置できれば、浚渫などの従来技術よりも低コストで 50 m³/h/ 系統の排砂能力（4 系統用いると約 1 万 m³ の堆砂を 2～3 日で吸引、下流へ排砂できる能力）を有することを確認した。また、一様粒径では 20 mm 程度、混合粒径では 0.075 mm～75 mm 程度であれば安定的に排砂が可能となることも確認した。本報告では、潜行吸引式排砂管の適用範囲を明らかにした実験を中心に実績を紹介するとともに、ダムでの適用のための排砂設備の設計手法を紹介する。

キーワード：堆砂対策、潜行吸引式排砂管、吸引工法、設計手法、水理実験

1. はじめに

土木研究所では、ダム貯水池の堆砂対策およびダム下流の流砂環境の保全・改善のために、より広範囲な貯水池条件に適用可能で、かつ、経済的な堆砂対策手法として、ダムの上下流の水位差によるエネルギーを活用し、輸送管としてフレキシブル管を用いた排砂手法（通称：潜行吸引式排砂管（以下、「排砂管」という））の開発を行ってきた。研究の結果、室内試験で管径 300 mm において管内流速 3 m/s 程度での施設が設置できれば、浚渫などの従来技術よりも低コストで、50 m³/h/ 系統の排砂能力（4 系統を用いれば、約 1 万 m³（国土交通省所管管理ダム（約 540）の約半数の年堆砂量をカバーできる量）の堆砂を 2～3 日で吸引、下流へ排砂できる能力）を有することを確認した。また、一様粒径では 20 mm 程度、混合粒径では 0.075 mm～75 mm（平均粒径 d_m ：12 mm）程度であれば安定的に排砂が可能となることも確認した。本報告では、排砂管の適用範囲を明らかにした実験を中心に実績を紹介するとともに、ダムでの適用のための排砂設備の設計手法を紹介する。

取水口としている。使用材料は、取水口から折り返し部（以下、吸引部）までがフレキシブル管（サクションホース）、吸引部は重量を持たせて主に鋼製とし、底面に天然ゴム製の不透水性シートを配している。吸引部から排水口側は輸送管としてフレキシブル管（サクションホース）としている。また、鋼製の吸引部と取水口側のフレキシブル管の底面には管径の半分



図—1 潜行吸引式排砂管の構造



写真—1 排砂管（裏返した状況）

2. 潜行吸引式排砂管の概要

(1) 潜行吸引式排砂管

排砂管の構造を図—1、写真—1に示す。形状はフレキシブルな管路をU字状に折り返した形で、一方

の大きさの穴を設けて土砂の吸引口とする構造となっている。排水口側はダム下流まで延ばすものである。

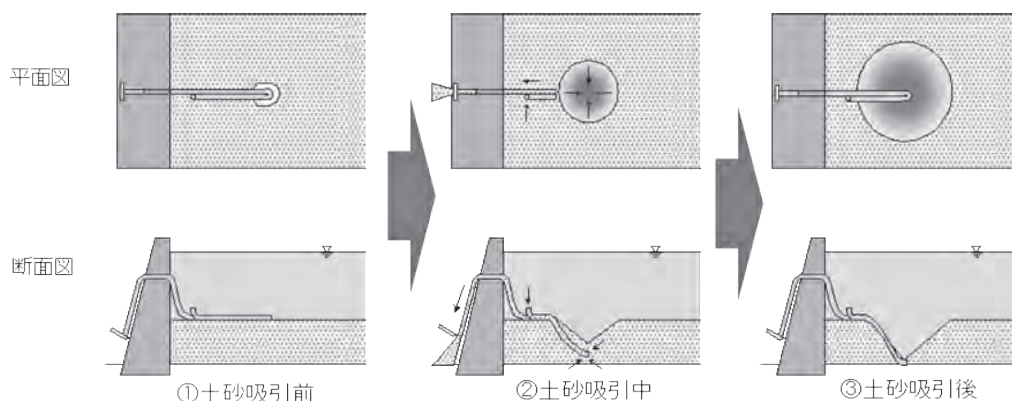
(2) 排砂メカニズム

排砂管の操作イメージを図—2に示す。まず、①平水時に排砂管を堆砂の表面に設置し、その後、②出水時に排砂管下流のバルブを開くことにより、堆砂を吸引・放流する。堆砂はすり鉢状を形成しながら吸引され、吸引部は堆砂内に潜行していく。吸引部が底面に達した後も吸引部と上流部の管底面に設置された穴から土砂を吸引し続け、③最終的には排砂管は再び堆砂の表面に現れるという仕組みにより排砂を行う。この技術は貯水池の水位と放流地点の水位差を利用して、水位差で生じる管路内の通水に伴い、吸引口から堆砂を管内へ吸引し、輸送管を通じてダム下流河川へ排出するものである。

3. 実験実績と室内実験結果

表—1に主な実験実績を示す。管径毎の実績を見ると、排砂可能な粒径は0.053 mmから吸引口径程度(50 mm～150 mm)の大きさとなっているが、吸引口径程度の粒径が多数存在する場合は吸引性能が低下することを確認している¹⁾。また、清水時で管内流速2.3 m/s～3.7 m/sが確保できれば、土砂濃度5%程度での排砂が可能な技術であることを確認している²⁾。また、管径が大きくなると時間当たりの排砂量が多くなることが見受けられる。本稿では、排砂管の室内実験を通じて得た排砂管の適用範囲を明らかとした実験を紹介する。なお、現地実験も実施しているが、実用化に向けての適用性が十分に検証できていないため、本稿での紹介は割愛する。

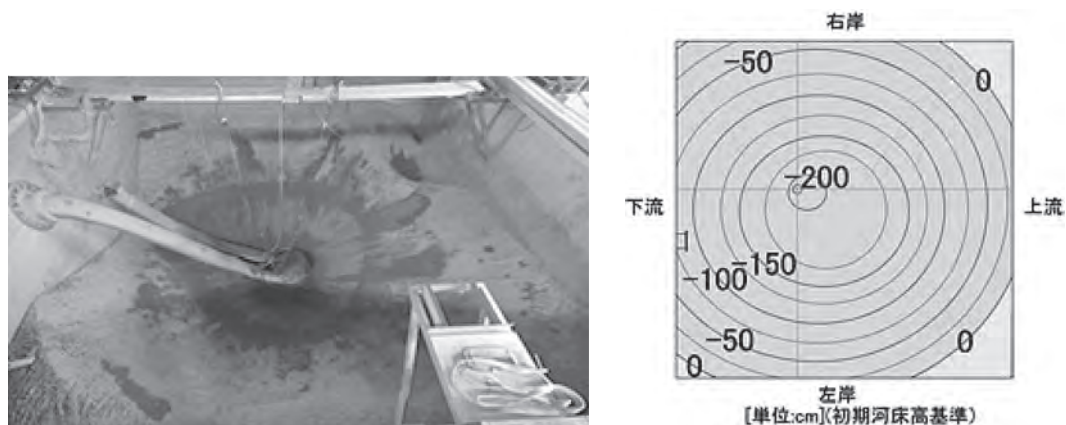
室内実験(表—1⑤)の状況を写真—2に示す。また、実験は図—3に示す水槽で実施した。排砂管は、土砂を水槽内に床板から約2.5 mの高さまで投入した



図—2 潜行吸引式排砂管の操作イメージ

表—1 主な実験実績

番号	管径	吸引口径	実施年	場所	落差	管距離	排砂可能粒径	流速 (清水)	排砂時間	排砂量 (空隙込)
①	100 mm	50 mm	H29	室内	2.6 m	約 16 m	0.053 mm～3.35 mm	2.8 m/s	約 4.5 時間	約 30 m ³
②			H29	発電所沈砂池	3.2 m	約 36 m	0.1 mm～50 mm (長径 80 mm)	2.3 m/s	15 分	約 1.2 m ³
③	200 mm	100 mm	H25	高滝ダム貯砂ダム	1.6 m	約 18 m	0.1 mm～100 mm (長径 140 mm)	2.4 m/s	15 分	約 5.5 m ³
④	300 mm	150 mm	H26	高滝ダム貯砂ダム	1.6 m	約 18 m	0.1 mm～150 mm (長径 180 mm)	2.6 m/s	2 時間	約 21 m ³
⑤			H30	室内	2.4 m	約 16 m	0.053 mm～3.35 mm	3.4 m/s	約 1 時間	約 50 m ³
⑥			R1	松川砂防堰堤	11.6 m	約 70 m	0.1 mm～150 mm (長径 200 mm)	3.0 m/s	7 分	約 3 m ³
⑦			R2～3	室内	2.4 m	約 16 m	0.075 mm～75 mm	3.2 m/s	約 0.25 時間	約 7 m ³



図一七 実験後の水槽内の状況と河床高

最大粒径 106mm、 $dm_{61.6mm}$ の実験

(実験前水槽内)



(実験後水槽内)



(実験後水槽外)

最大粒径 75mm、 $dm_{12.2mm}$ の実験

(実験前水槽内)

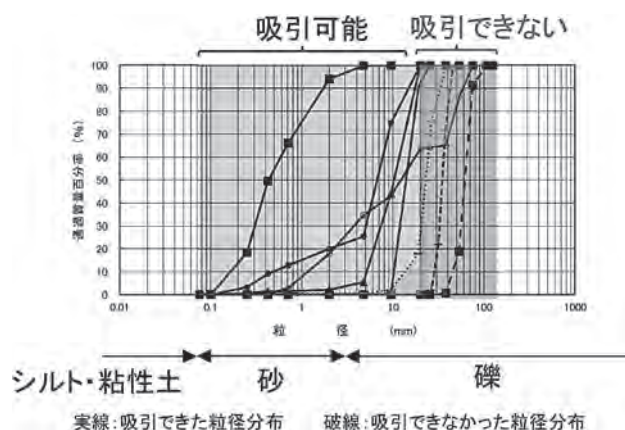


(実験後水槽内)



(実験後水槽外)

図一八 粒径別の実験前後の状況



図一九 粒径別の吸引可否実験整理結果

4. 排砂管の設計手法

(1) 基本的設計事項

排砂管を実際に使用するには、堆砂の位置・水位差

等の情報を基に適切に設備設計を行わなければならない。これまでの実験を通じた検討から確認した施設設計の流れは図一 10 に示す。設備設計にあたって最も重要な事項は、適切な管内流速を設定することである。最初に使用する管径を設定し、堆砂位置等を基に管延長・水位差を想定して管内流速を算定することとなり、算定した管内流速から吸引可能な土砂粒径・土砂量（土砂濃度）・管内圧力等の確認を行う必要がある。表一 1 に示した、これまでの実験等の結果から、目標土砂濃度を 5% 程度とすると、その時の管内流速 3 m/s 以上が必要と考えられる。一方、管内流速が大きい場合は、最高標高位置で管内圧力が低下して、排水が停止する可能性があることも留意しなければならない。なお、管径については、吸引部に接続するフレキシブル管の可撓性を考慮すると、現時点では管径 300 mm を上限と想定している。

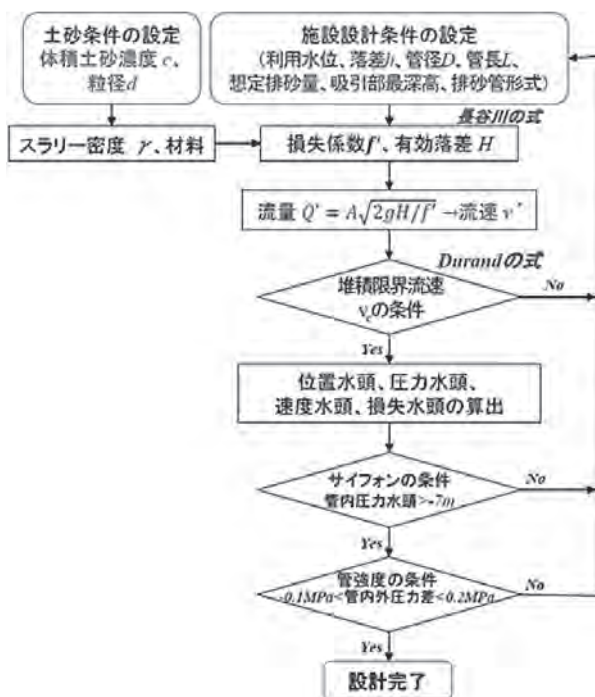


図10 排砂設備設計の流れ

また、排砂管内の水は土砂を含むものとなっており、水のみに対して重い流体となっていて流れていることに留意する必要がある。このため、水位差（水位－吐口標高）と管内流速の関係は、(1)式に示すとおり管内比重および吸引部標高を考慮したものとする必要がある。

$$(H_n - H_i) + \gamma(H_i - H_o) = \gamma \frac{v^2}{2g} + F\gamma \frac{v^2}{2g} \quad (1)$$

ここに、 H_n ：貯水位 (m)、 H_i ：吸引部標高 (m)、 γ ：管内比重、 H_o ：吐口部標高 (m)、 v ：管内流速 (m/s)、 F ：全管路損失係数、 g ：重力加速度 (m/s²) を表す。

(2) 配慮事項

ダムでは水位差が大きいため、管径 300 mm の配管の土砂輸送に適した流速（約 3 m/s）に対して管内流速が大きくなりすぎた場合の対応が必要となる。最も簡易に対応する方法としては、吐口部に設置したバルブの開度を小さくし、管内流速を 3 m/s の流速まで低下させることである。しかしながら、土砂を含んだものであるため、バルブ部での閉塞が想定される。このため、ダムでは、配管を途中で管径を小さく（300 mm を 200 mm に縮小）することで対応し、閉塞などの問題が生じない形で排砂する工夫を行うことが挙げられる²⁾。

5. おわりに

排砂管について、室内実験の結果ではあるが、排砂能力として 50 m³/h の土砂量を、一様粒径では 20 mm 程度、混合粒径では 0.075 mm 以上最大粒径 75 mm（平均粒径 d_m ：12 mm）程度であれば安定的に排砂可能となることを確認した。また、設計手法として、管径 300 mm の配管の土砂輸送に適した流速として想定している管内流速約 3 m/s 以上を確保する方策も紹介した。

なお、現地の貯水池内堆積物は実験室の理想的な砂礫とは異なり、沈木や巨礫が混じっている。現地に適用する際には、吸引前に沈木や巨礫を処理できる大成建設(株)との共同研究成果の活用等も考えられる。これについては、大成建設(株)の記事を参照いただきたい。

これまでの水理実験においては、関係者の多大なご協力をいただきました。ここに謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 土木研究所：令和2年度研究開発プログラム報告書「12.2.3 吸引管を用いたダムからの土砂供給技術に関する研究」, 2021
- 2) 土木研究所：令和元年度研究開発プログラム報告書「12.2.3 吸引管を用いたダムからの土砂供給技術に関する研究」, 2020

【筆者紹介】



宮川 仁（みやかわ まさし）
国立研究開発法人土木研究所
河道保全研究グループ 水工チーム
主任研究員



石神 孝之（いしがみ たかゆき）
国立研究開発法人土木研究所
河道保全研究グループ 水工チーム
上席研究員



高田 翔也（たかた しょうや）
国立研究開発法人土木研究所
河道保全研究グループ 水工チーム
研究員

ダム堆砂分別吸引アタッチメントの開発

佐野 和幸・新井 博之

ダムにおける堆砂処理は、貯水容量の長期に亘る確保、ダムの長寿命化を図るための重要な課題である。これまで（国研）土木研究所との「吸引工法によるダムからの土砂供給（排砂）技術に関する共同研究（2016年～2020年）」に参画し、土木研究所がダムの上下流に生じる水位差による自然エネルギーを活用した土砂管理技術として研究する潜行吸引式排砂管（以下排砂管）を用いた土砂供給技術の実用化に向けた検討を行ってきた¹⁾。本稿は共同研究の中で開発したダム堆砂分別吸引アタッチメント「T-A Dredger」の開発に至るまでの経緯を紹介する。

キーワード：堆砂、長寿命化、潜行吸引式排砂管、水中施工技術、シャフト式水中作業機、ポンプ浚渫

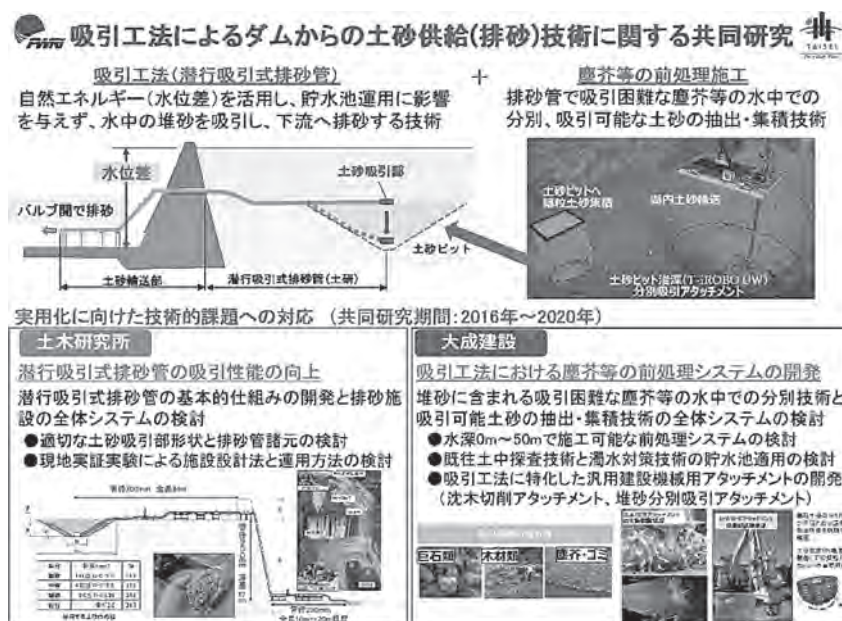
1. はじめに

（国研）土木研究所との共同研究の概要を図—1に示す。排砂管の実用化に向け、自然堆砂中の沈木・巨石・塵芥等の異物を取り除き、吸引排砂可能な粒径に分別した土砂のみを集積して一時ストックする前処理技術の開発が必要となった。これらの前処理作業を効率的に行うための簡単・コンパクトなダム堆砂分別吸引アタッチメントの開発に至るまでの経緯を紹介する。

2. 開発経緯と要件

(1) 開発経緯

貯水池内の自然堆砂中に存在する沈木・巨礫・塵芥等の吸引困難な異物は、シャフト式水中作業機 T-iROBO UW（以下、本作業機という）等の活用による水中施工技術によって前処理作業が可能と考えた。本作業機は汎用型バックホウがベースとなっているため、用途に応じて水中作業機のアタッチメントを交換することで様々な作業に適用できる利点がある。本作業機の概要を図—2に、各種アタッチメントによる



図—1 土木研究所との共同研究概要



図—2 T-iROBO UW の概要



図—3 各種アタッチメントによる作業イメージ

ダム堆砂内異物処理作業のイメージを図—3に示す。このように堆砂中の比較的大規模な異物は、アタッチメントを使用して分別作業を行うことで除去可能となるが、排砂管の実用化には吸引排砂可能な土砂粒径にさらに分別する必要がある。このため、水中の自然堆砂を直接分別吸引して湖内輸送できるポンプ浚渫タイプのアタッチメントを新たに開発することとした。

(2) 開発要件と手順

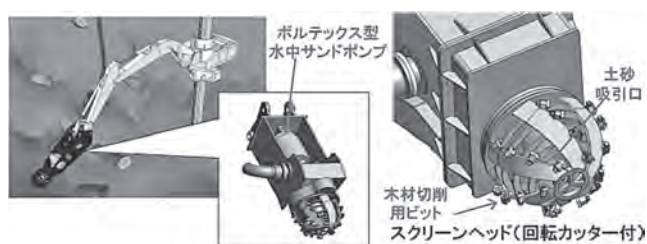
新たなアタッチメントの開発では、土砂粒径を分別できるスクリーン機構を有した上で、本作業機で適用可能な水深 50 m からでも浚渫揚砂可能なポンプ性能を有しかつ水中作業機に搭載可能な重量 (2.5 t 以内) に収めることが開発要件であった。開発にあたっては、まず小型サイズのプロトタイプモデルで設計と試作を行い、現場実験等により仕様・構造・性能を確認するとともに機械仕様や構造面での課題を抽出した。そして実装モデルでの改良設計と改良アタッチメントの製作及び性能試験を行い、課題の改善状況と実用ベースの作業能力を確認し、実ダムにおける実証試験で検証する開発手順とした。

3. プロトタイプモデルによる検討

(1) 構造検討・試作

プロトタイプモデルでは、堆砂をほぐしながら吸引できるスクリーンヘッドによって最大径を 100 mm に選別できる条件とし、アタッチメントに搭載するポン

プは汎用リース品である口径 150 mm (6 インチ)、出力 26 kW、吐出量 $2.0 \text{ m}^3/\text{分}$ のボルテックス型水中サンドポンプを選定した。アタッチメントの目標能力は吸引土砂濃度 10%、浚渫能力 $30 \text{ m}^3/\text{h}$ とした。プロトタイプモデルの構造を図—4、機械仕様を表—1に示す。アタッチメントの吸引部先端のスクリーンは回転式とし、スクリーンメッシュで礫と木材等の長尺物を選別できるものとした。またスクリーンドラム表面に取り付けたツインヘッド型沈木切削アタッチメントに使用したビットを回転カッターとし、吸引中に沈木等に当たっても切削により土砂吸引に支障がないようにした。



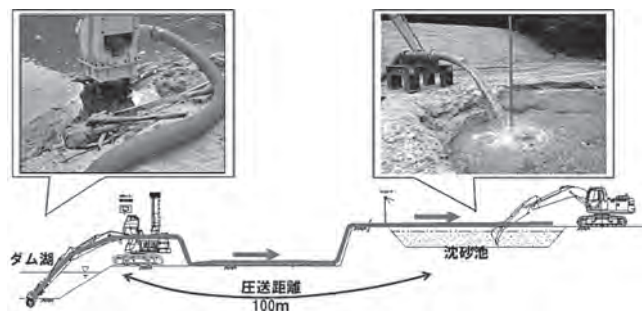
図—4 プロトタイプモデルの構造

表—1 プロトタイプモデルの機械仕様

ポンプ出力	26 kW
電圧	220 V
周波数	60 Hz
吸引・吐出口径	150 mm (6 インチ)
最大揚物径	100 mm (スクリーン対角)
揚程	17 m
流量	$2 \text{ m}^3/\text{min}$ (最大 $3.7 \text{ m}^3/\text{min}$)
定格回転数	10 ~ 60 rpm (可変)
定格出力トルク	2,620 Nm
重量	約 1,600 kg

(2) 現場実験の概要

試作したプロトタイプモデルにおけるスクリーンの有効性及び連続運転による土砂濃度 (体積濃度) を確認するため、長野県片桐ダム貯水池内の堆積土砂をポンプ吸引して上流沈砂池まで輸送 (輸送距離 100 m, 実揚程 2 m) する現場実験を行った (図—5)。なおこの実験では、水中作業機の代用機として、水深 3 m 程度までの水際作業可能な水陸両用バックホウを使用した (図—6)。また土木研究所が水理実験で用いている流量・土砂濃度計測装置²⁾を使用し、リアルタイムに管内の流量と圧力、土砂濃度の計測監視を行った。



図—5 プロトタイプモデル現場実験概要



図—6 水陸両用バックホウ

(3) プロトタイプモデルの現場実験結果と課題

浚渫前の貯水池水際の堆砂粒度は、表層部では粒径 5 mm 以下の砂分が 80% 以上で比較的細かい材料であったが、深部や表層が洗われた部分では 20 mm 以上の粗礫材が 40% 程度あり、最大粒径も 150 mm 程度であった。一方、沈砂池に揚砂した土砂の粒度は、ポンプ先端のスクリーンにより概ね 75 mm 以下であった。礫と木材を除去しながら高濃度の土砂を分別吸引できることを確認し、スクリーンの有効性を確認した。また実験では配管閉塞をしないよう流速が管理流速 3.0 m/s (限界沈殿流速 $V = 2.63 \text{ m/s}$) を下回った場合、清水を吸って流速を維持させるようアーム操作をオペレータが実施していたため、土砂濃度が安定しない時間が多かったものの、良好な連続運転時には土砂濃度 10% 程度、浚渫能力 $25 \text{ m}^3/\text{h}$ 程度 (プロトタイプモデル目標性能の 80%) を確認できた。

しかし、揚砂時の土砂濃度急増による流速低下による配管閉塞や粗礫 (75 mm 程度) の噛み込みによる配管閉塞が数回発生し、①吸引粒径と配管径のバランス、②流速低下に対するポンプ能力、③揚砂時の土砂濃度管理が課題として抽出された。

4. 改良アタッチメントの検討

(1) 改良検討

プロトタイプモデルの現場実験における課題を踏ま

えて改良点を検討し、実装モデルでは以下の 4 項目について機械仕様の変更および構造改良を行った。

a) スクリーン開口幅とポンプ口径の見直し (粗礫噛み込み閉塞の防止)

ポンプおよび配管口径 150 mm (6 インチ) に対してスクリーン開口幅が 100 mm としていたことが、粗礫の噛み込みによる閉塞の原因と考えられたため、ポンプ口径を 200 mm (8 インチ) に拡大し、スクリーン開口幅は 60 mm に縮小変更した。

b) ポンプ能力の増強 (砂分沈殿閉塞の防止)

揚砂時の土砂濃度増加に伴う配管抵抗増によって管内流速が低下し、限界沈殿流速を下回ると配管閉塞を起こす。このためポンプ出力を増強して流速低下要因を減らすこととし、口径 200 mm, 出力 55 kW, 吐出量 $6.0 \text{ m}^3/\text{分}$ の水中攪乱型サンドポンプ (変更前: 出力 26 kW, 吐出量 $2.0 \text{ m}^3/\text{分}$) に機械仕様を変更した。

c) 清水供給機構の追加 (土砂濃度の抑制)

実験では土砂濃度の急増による配管閉塞を完全に排除できない問題があった。これを解決するため、揚砂時の配管が閉塞しないよう常に清水を一定量供給できる構造として、二重管式吸引管を考案した (図—7)。これにより、上部から取り込んだ清水を外管と内管の間から吸引先吸引バランスを調整する機能として、高濃度土砂水の吸引口となる先端開口度を可変できる構造にした。



図—7 二重管による清水吸引機構

d) 回転式スクリーンへの切削チップ設置 (土砂濃度の制御)

実験ではオペレータから水中の土砂吸引状況が見えないことから、高濃度土砂水の吸引過多による配管閉塞が危惧されたため、オペレータが流量と土砂濃度を確認しながらアームを上下させて土砂吸引量を抑えていた。このため土砂濃度の安定、浚渫効率の低下防止に課題があった。これを解決するため、回転式スクリーンドラムに取り付けていた沈木切削ビットをすくい角のある切削チップに変更 (図—8) し、堆砂を切削・切崩しながらスクリーンドラムの

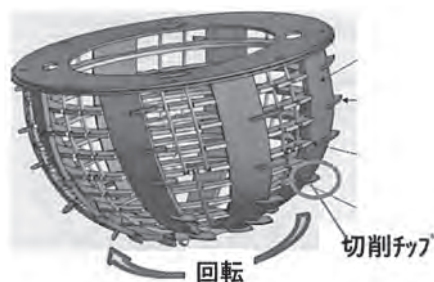


図-8 回転式スクリーンドラムと切削チップ

回転数によって、土砂掻き込み量を調整して吸引土砂の供給量を制御できる構造とした。土砂濃度の抑制・制御機構による土砂濃度管理のイメージを図-9に示す。

(2) 性能確認実験の概要

アタッチメント製作工場内の試験水槽を使用し、改良アタッチメントで水槽内の土砂を吸引、土砂スラリーを配管輸送（配管延長 150 m）後に水槽へ戻して循環させる方法によって性能確認実験を行い、土砂濃度の制御状況と土砂吸引能力の確認を行った。改良アタッチメントの機械仕様を表-2、性能確認実験平面図を図-10に示す。

(3) 改良アタッチメント性能確認実験結果

先端開口度を3水準（46,62,80%）、スクリーン回転数を3水準（20,40,60 rpm）とし、清水と土砂スラリーにおけるポンプ流量と圧力、土砂濃度を計測した。実験結果を表-3に示す。なお先端の開口度は調整管を使用して行った。調整管イメージを図-11に示す。

先端開口度を絞れば、吸引流速が上がり土砂濃度が増加すると想定していたが、結果は同一回転数で比較すると開口度を絞ることで逆に土砂濃度が低下し、流量は増加している。これは開口度を絞ることで、二重管による清水供給量を増加させる効果の方が大きくなり、土砂濃度を低下させたと考えられた。一方、スクリーン回転数を上げれば、土砂の掻き込み量が増加して土砂濃度が比例的に上昇すると想定していたが、40 rpm 以上では遠心力で掻き込み量が減少し、濃度が逆に小さくなる傾向となった。

次に流量・土砂濃度の経時変化について、先端開口度 80%・ケーシング回転数 20 rpm 時のポンプ圧力と流量・土砂濃度の履歴図を図-12に示す。土砂濃度は 10% 程度で安定していることを示しており、土砂濃度抑制機構の効果が表れた結果となった。

また今回導入した清水吸引機構の効果を検証するため、清水取込口を鉄板で塞いで土砂濃度の経時変化を

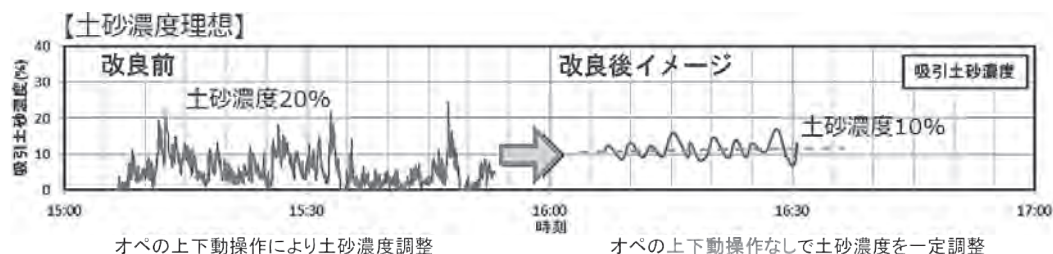


図-9 改良後の土砂濃度管理のイメージ

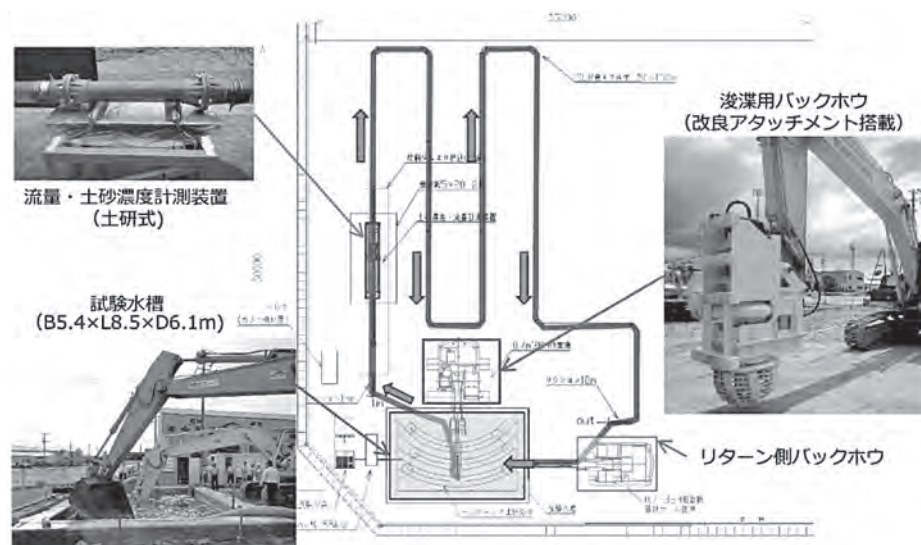


図-10 改良アタッチメントの性能確認実験平面図

表-2 改良アタッチメントの機械仕様

ベース機	汎用型バックホウ (0.8m ³ 級)
搭載ポンプ出力	55kW
吐出口径	200mm (8インチ)
最大揚物径	60mm
揚水流量	7.0m ³ /min以上
スクリーンドラム径	φ890mm
スクリーン回転数	0～60rpm
切削チップ数	24歯
総重量	2,500kg

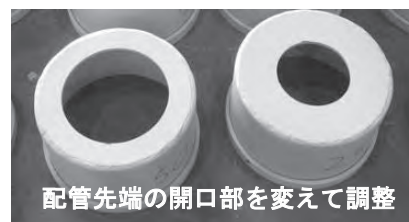
表—3 改良アタッチメントの性能確認実験結果

先端開口度 (%)			42% (6B 相当)			62% (7B 相当)			80% (8B 相当)		
回転数 (rpm)			20	40	60	20	40	60	20	40	60
流体	清水	流量 (m³/min)	9.55	9.59	9.53	9.44	9.44	9.48	9.57	9.54	9.57
		圧力 (MPa)	0.078	0.078	0.080	0.077	0.076	0.075	0.077	0.077	0.079
		負荷電流 (A)	101	102	103	100	98	99	97	97	103
	土砂 スラリー	流量 (m³/min)	9.13	8.92	8.69	8.38	8.27	8.55	8.71	8.59	8.39
		土砂濃度 (%)	6.8	7.6	9.0	10.3	10.7	8.5	10.7	11.4	11.0
		浸漬量 (m³/h)	62.4	67.8	78.0	86.4	88.8	72.6	93.0	98.4	92.4
		圧力 (MPa)	0.096	0.096	0.101	0.111	0.112	0.106	0.107	0.110	0.111
		負荷電流 (A)	120	131	136	126	137	133	131	141	142

※1 外形管は9B（先端開口度 100%）

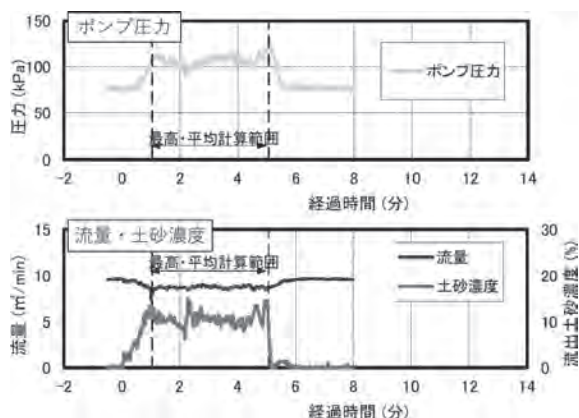
※2 流量・土砂濃度値は連続運転時の平均値

※2 ポンプ定格電流値は 102A、表黄色枠はオーバーロード

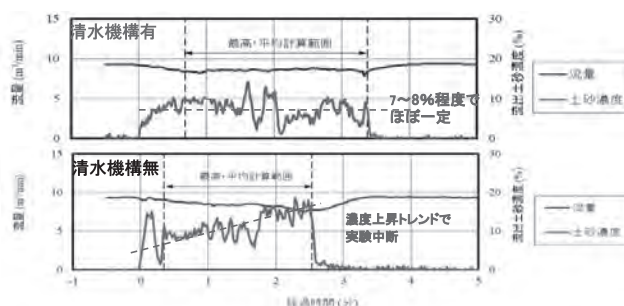


配管先端の開口部を変えて調整

図—11 調整管イメージ図



図—12 各計測値の履歴図（開口度 80%, 20 rpm）



図—13 清水吸引機構有無による土砂濃度比較（開口度 80%, 20 rpm）

比較した。流量・土砂濃度履歴結果を図—13に示す。清水吸引機構の無い場合、濃度が徐々に高くなり 20% 程度に達して配管閉塞する恐れがあったため、実験を途中で中断打ち切りにした。一方で清水吸引機構がある場合は多少の上下はあるものの 7～8% 程度でほぼ一定となっており、清水吸引機構の効果が示された。

5. 堆砂分別吸引アタッチメントの現場実証試験

(1) 実証試験概要

ダム堆砂処理に特化して開発した堆砂分別吸引アタッチメントの実用性を確認するため、天竜川水系美和ダム貯水池内の堆砂土砂をポンプ吸引し、湖内輸送 500 m を圧送する現場実証試験を行った。実証試験の

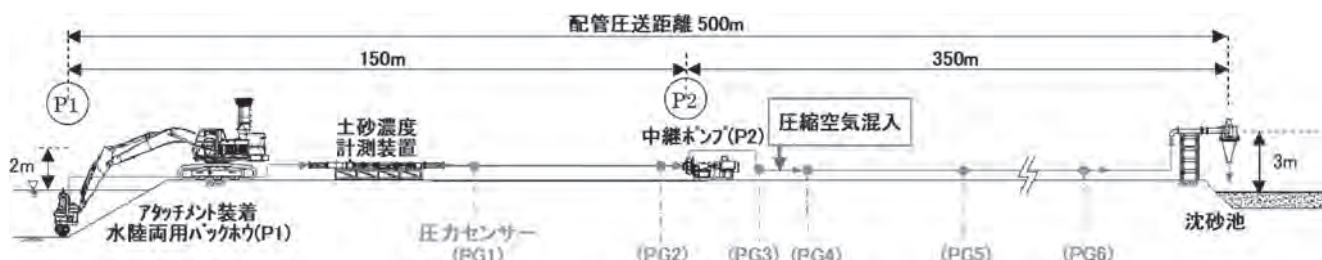
概要を図—14に示す。

試験では、本機 (P1) を装着した 0.8 m³ 級水陸両用バックホウを使用して水際の堆砂吸引を行った。また長距離圧送に対応するため、ブースターとして出力 140 kW の中継ポンプ (P2) を直結配管して使用した。なお P2 が過吸引すると P1 のオーバーロードが発生するため、P2 前後の圧力を管理して P2 吐出量をインバーター制御により調整した。また P2 直下流で圧縮空気を混入し、圧送性への影響も確認した。試験計測項目は、土研式の流量・土砂濃度計測装置を使用したリアルタイムの管内流量と圧力、土砂濃度とし、あわせて圧送ライン上の 6 ヶ所に設置した圧力センサーによる管内圧力とした。

(2) 実証試験結果

a) ドラム回転数による土砂濃度の確認

美和ダム堆積土砂（固結シルト質）におけるドラム



図—14 現場実証試験概要図

回転数と土砂濃度の関係を表—4に示す。この結果から、平均土砂濃度が10%程度となるようにドラム回転数を50 rpmに設定して試験を行うことにした。

表—4 ドラム回転数と土砂濃度の関係

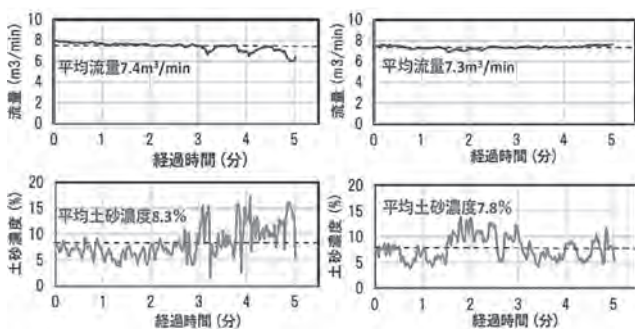
ドラム回転数 (rpm)	10	20	40	50
平均流量 (m ³ /min)	7.8	7.8	7.4	7.1
土砂濃度最高 (%)	2.5	2.8	9.8	17.4
土砂濃度平均 (%)	0.9	1.3	2.5	10.6

b) 連続運転での浚渫能力の確認

圧縮空気を混入しないケースで5分間の連続運転を2回行い、吸引流量と土砂濃度を計測した。計測履歴を図—15に示すが、2回とも安定した流量と土砂濃度による圧送ができ、平均土砂濃度8%程度、平均流量8.3 m³/分であり、浚渫能力50 m³/hを確認できた。

c) 圧縮空気混入による圧送性への影響

圧縮空気を0～3 m³/分混入した各ケースの管内圧力計測値から算出した流量係数Cを表—5に示す。PG4～PG6の区間(270 m)では、0から1 m³/分にすると土砂水でCがわずかに大きくなったが顕著な差はなかった。一方、2～3 m³/分に増やすと



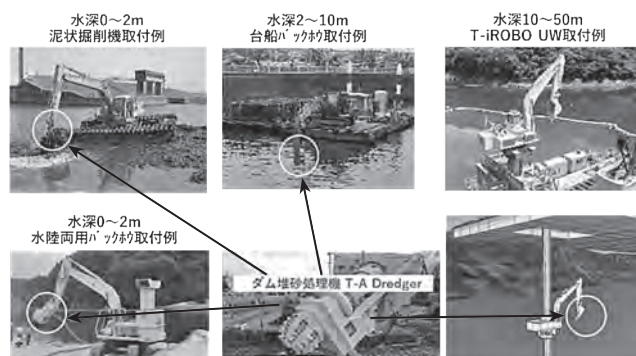
図—15 連続運転時の流量と土砂濃度履歴

清水・土砂水ともCは小さくなり、管内抵抗が増加する結果となった。今回は土砂濃度が比較的低い条件であったが、圧送性向上の可能性がある空気量は1 m³/分以下とわかった。高濃度条件による圧縮空気混入時の圧送性への影響については、今後再確認が必要と考えられる。

6. おわりに

巨礫等を含む土砂から細粒土砂を分別吸引し、堆砂の土質や粒度の違いに対して先端開口度とスクリーン回転数の組合せにより土砂濃度調整可能な分別吸引アタッチメントの開発ができた。堆砂の土質や粒度の違いに対して調整可能なパラメータを装備することにより、多様な性状の堆砂に対応可能であることを示すことができた。

今回開発したダム堆砂分別吸引アタッチメント「T-A Dredger」は、実証試験に用いた水陸両用バックホウでの浅水深(水深3 m程度)浚渫以外にも、図—16に示すようなあらゆる水深の浚渫に適用できる特徴を持つ。また表—6に示すように大規模な仮設が不要で、コンパクトな設備でありながら、従来工法に匹敵する浚渫能力50 m³/hを実現できるメリット



図—16 水深に適応したベース機への装着例

表—5 空気混合量と流量係数の関係

	空気量 (m ³ /min)	流量 (m ³ /min)	土砂 濃度 (%)	損失水頭 hf (m)		動水勾配 S		流量係数 C	
				PG1-2	PG4-6	PG1-2	PG4-6	PG1-2	PG4-6
清水	0	7.52	0.10	3.16	13.62	0.043	0.050	169	156
	1	8.00	0.00	3.67	15.35	0.050	0.057	166	155
	2	7.59	0.10	3.16	15.76	0.043	0.058	171	145
	3	7.21	0.29	2.96	14.94	0.040	0.055	168	142
土砂水	0	7.33	4.43	4.10	14.75	0.056	0.055	143	145
	1	7.41	4.41	4.13	14.55	0.057	0.054	144	148
	2	7.33	4.85	4.21	16.00	0.058	0.059	141	139
	3	7.29	4.54	3.91	15.83	0.054	0.059	146	139

表ー6 従来の浚渫方法との比較

	グラブ浚渫	バックホウ浚渫	ポンプ浚渫	本法
使用機械	グラブ浚渫船	バックホウ浚渫船	①マイクロポンプ船 ②ポンプ浚渫船	①浅水バックホウ ②バックホウ台船 ③T-iROBO UW (クレーン台船)
運搬方法	土運船	土運船	パイプライン圧送	パイプライン圧送
適応土質	粘性土～礫混り土	粘性土～礫混り土	粘性土～砂質土 (礫混り不可)	粘性土～礫混り土
巨礫・沈木対応	浚渫後陸上で選別	浚渫後陸上で選別	浚渫不可	水中で選別
適応水深	-2～25m	-2～10m	①-2～-10m ②-2～-25m	①0～-2m ②-2～-10m ③-10～-50m
能力	100m ³ /hr (2.5m ³ /バケット)	50m ³ /hr (1.0m ³ /バケット)	50m ³ /hr (150kWポンプ)	50m ³ /hr (55kWポンプ)

がある。本機が今後のダム堆砂対策工事（浚渫等）に広く活用していければと考えている。またダム堆砂処理を含みニューアル事業の推進が期待されている中、本稿の技術がその一助になれば幸いである。

JCM/A

《参考文献》

- 1) 宮川仁、本山健士ら：吸引工法（潜行吸引式排砂管）の現場適用に向けた塵芥等の前処理手法に関する一検討，土木学会第72回年次学術講演会，Ⅵ，pp.1703-1704，2017
- 2) 宮川仁ら：スラリー輸送における土砂濃度計測の自動化の試みと潜行吸引式排砂管の排砂特性，土木学会第73回年次学術講演会，Ⅱ，pp.149-150，2018

【筆者紹介】

佐野 和幸（さの かずゆき）
大成建設㈱
土木本部 機械部
メカ・ロボティクス推進室
次長



新井 博之（あらい ひろゆき）
大成建設㈱
土木本部 土木技術部
ダム技術室
課長



ダム貯水池掘削・浚渫土の下流土砂還元や有効利用を促進するダム堆砂分級工法の開発

浅田 英幸・片山 裕之・峯松 麻成

ダムが持つ洪水調節や利水等の機能の健全性を保つうえで、ダム堆砂対策は必要不可欠な維持管理項目である。ダム貯水池の掘削・浚渫工法は堆砂対策として最も一般的であるが、土砂にシルト・粘土等の細粒分が多く含まれると、置土による下流土砂還元や建設材・養浜材等への有効利用が図り難く対策の障害となる。「ダム堆砂分級工法」は、掘削・浚渫土に含まれる細粒分および粗礫・夾雑物を粒度分級により取り除き、品質の良い砂分を抽出する工法である。本稿では、分級システム実機を用いたダム現地分級実験の成果、分級処理の経済性検討、実装化に向けた取組みや展望について紹介する。

キーワード：ダム堆砂，分級，掘削・浚渫，下流土砂還元，有効利用，細粒分除去

1. はじめに

近年、気候変動の影響を受けて豪雨による水災害が頻発化・激甚化している。ダムは洪水時に下流河川の水位を下げ、万一の場合にも流域の浸水被害を軽減するための洪水調節機能を有するのをはじめ、生活用水・農業用水・工業用水を都市に供給する利水機能、そして地球温暖化対策としての再生可能エネルギーを生産する水力発電機能など様々な役割を担う。こうしたダムの諸機能を健全に維持するうえで、ダム貯水池の有効貯水容量を安定して確保することが重要な課題であり、ダムで捕捉される堆砂を計画的に排除する対策を継続して実施することが必要となる。

国土交通省が策定した「ダム再生ビジョン」¹⁾では、既設ダムの機能を半永久的に維持していくとの理念に立ち、各ダムの堆砂特性等に考慮しつつ早期に堆砂対

策を検討・実施することが望ましいとされている。これは対策の前倒しにより、その技術的難易度や投入コスト、環境負荷等を抑制するアセットマネジメントの考え方に基づくものである（図-1²⁾を参照）。

堆砂対策の中心をなす排砂工法の詳細分類を図-2

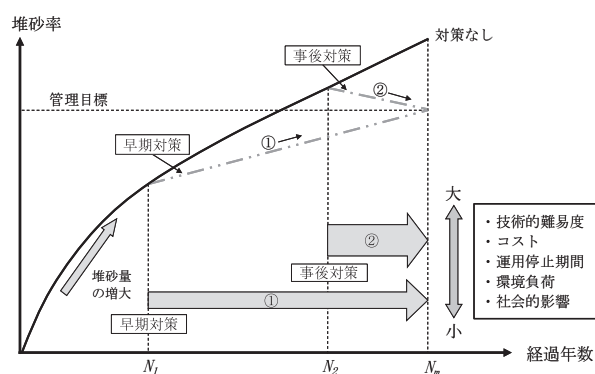


図-1 アセットマネジメントの堆砂対策への適用イメージ²⁾

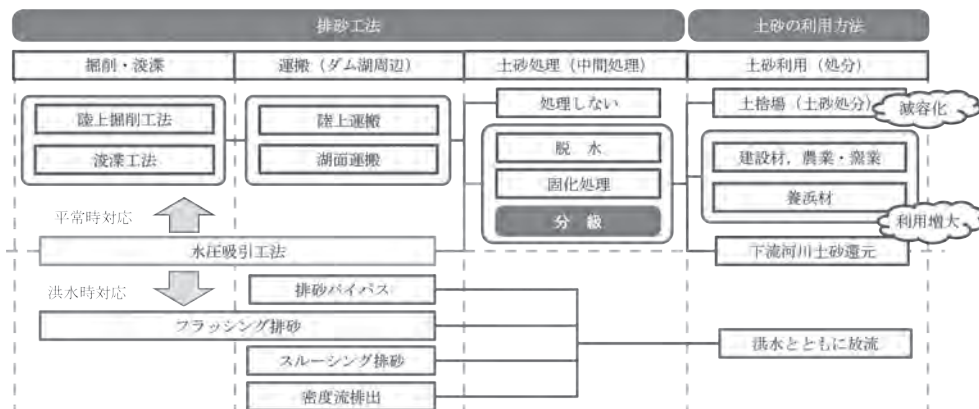


図-2 主要な排砂工法の分類

に示す。このうち、ダム堆砂の掘削・浚渫工法は、平常時に実施可能な最も一般的な排砂工法であるが、対象土に細粒分が多く含まれると、下流還元材（＝掘削・浚渫土をダム堤体下流河川に置土し流下させる）としての適性や有効利用先が限定され、堆砂対策推進の障害となる場合もある。そのため、筆者らは掘削・浚渫土の粒度特性を改善することにより土砂の品質を高め、下流還元量の増加や有効利用先の拡大を図ることを目的とした「ダム堆砂分級工法」の開発を進めている。

2. ダム堆砂分級工法の概要

ダム堆砂を置土として下流土砂還元させる場合、河床変動の抑制、河床材料の粗粒化改善、生物環境の維持・保全といった目的に応じた粒度特性を示す土砂を用いることにより、下流河川の環境改善効果がより高まるものと期待される。また、掘削・浚渫土に含まれる細粒分を除去することにより、置土の固結化防止や下流還元時の濁りの低減も期待できる。ただし、置土による下流土砂還元は洪水流を外力とする自然営力のみを利用する対策行為であり、これに細粒分除去のプロセスを追加することによるコスト増加は、ダム管理者への負担を増やすことになるため、低コストの細粒分除去技術の開発が望まれる。

ダム堆砂には分級処理をはじめ、脱水処理、安定処理、高度処理と段階別の処理方法と様々な有効利用が検討され、その用途から建設材料、農業利用、窯業利用、環境利用に区分されることが知られている³⁾。開発中のダム堆砂分級工法は、掘削・浚渫土砂に含まれる細粒分（＝粒径 0.075 mm 以下のシルト・粘土分）を機械的に取り除くもので、抽出した砂や礫は、表—1 に示すように下流還元材のほか、骨材、盛土材、ドレーン材等の建設材料、養浜材等の環境材料として有効利用が可能となる。細粒分含有率（Fc）が規定値を満たし、利用ニーズに適した分級土砂であれば、有

価物としての提供が見込めるため、その便益を分級処理に掛かる費用から差し引くことができる。また、除去された細粒分を最終的に土砂処分する場合でもその土量が減容化され、土砂処分場の延命化につながる。

ダム堆砂を対象とした分級検討の事例⁴⁾はこれまでもあるが、対象土の土質特性や、確保できる作業ヤードの広さ、水処理の制約条件等に影響を受けるため、対象サイトを選定しての現地実験やケーススタディを行い、分級技術の適用性を十分に確認することが望ましい。そこで、「① 広範囲な分級レンジに適用できる技術」、「② 低コスト技術」、「③ 多様な細粒分処理技術の提供」を目標に、千葉県・高滝ダムにおいてダム堆砂分級工法の現地実験を実施した。

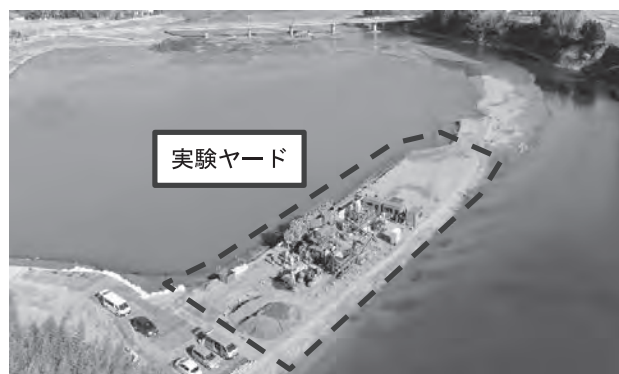
3. 高滝ダム現地分級実験

高滝ダムは千葉縣市原市にある洪水調節と水道用水等の利水容量を有する多目的ダムである。1990 年の完成以来、ダム流域の養老川の活発な土砂生産の影響を受け堆砂が進行している。ダム堆砂対策としての堆積土砂の掘削・浚渫が行われているほか、試験的な置土・下流還元の実績も有する。現地分級実験は、高滝ダム管理事務所の協力の下、写真—1 に示す上流側の導流堤上を実験ヤードとして、写真—2 に全景を示す分級処理システム実機をセットし、ダム関係者への見学会を兼ねた公開実験として実施した。

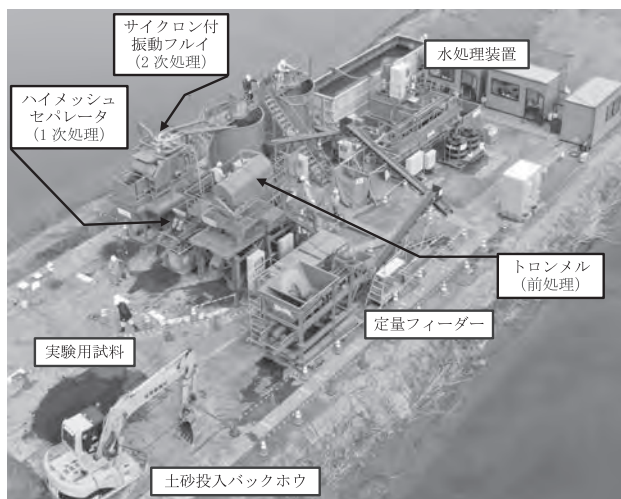
分級処理システムは、写真—3 に示すとおり 10 mm 以上の塵芥・礫を除去する前処理として回転フルイに水洗浄を付加したトロンメル、2 mm 以上の砂礫分を除去する 1 次処理に振動フルイに水洗浄を付加したハイメッシュセパレータ、0.075 mm 以上の砂分を抽出する 2 次処理としてサイクロンと水処理を付加した振動フルイを組み合わせ、実験試料量に適した処理能力 50m³/日の分級システムを構築した。なお、1 次処理、2 次処理のフルイ工程は網目サイズを変え

表—1 利用分野別の用途と土砂粒度範囲の例

利用分野	用 途	粒度 (mm)	Fc の規定
環境材料	下流還元材 (置土)	10～0.075	5% 程度以下
	養浜材 (実績例)	75～0.075	8% 程度
建材	珪砂 7 号代替材	0.3～0.075	18% 程度
地盤材料	埋戻し用砂	5.0～0.075	10% 以下
	サンドコンパクション用砂	5.0～0.075	10% 以下
	サンドドレーン用砂	5.0～0.075	5% 以下
コンクリート材料	SC 細骨材	5.0～0.15	2～10% 以下



写真—1 高滝ダム分級実験ヤード



写真—2 実験用分級システム

目標粒度：0.075mm～2.0mm（細粒分混入率（Fc）は10%以下）
 （ふるい網目やサイクロンの処理容量・流入圧力を変えることで分級レンジは可変）



写真—3 分級処理システムの構成

ることで、また2次処理のサイクロンは処理容量や流入圧力を変えることで分級レンジを変えることが可能である。

2次処理を通過した泥水の貯留処理には、写真—4に示す細粒分を凝集沈殿処理する水処理設備を用意した。なお、分級過程では土砂解泥用に加水（＝湿式分級）を行うが、分級後の泥水を水質環境基準に適合したPAC+高分子凝集剤により凝集沈殿させ、その上水を循環・再利用することで水使用量を抑制したうえ、実験中にダム湖への放流等は行わないようにした。

この実験で選定した分級処理装置の組合せは、いずれも汎用性があり、安定した稼働実績を持つ機械設備の基本セットであるため、ダムの持つ様々なニーズに合わせて、適切な機種・能力・セット数を組み合わせることが可能である。

4. 現地分級実験の結果

現地分級実験は日程を分けて、都合3回を実施した。1回あたり約10m³の土砂を、前処理、1次処理、



サイクロンオーバー泥水 浄化槽（シクナー） 水処理槽（凝集剤添加）

- ・分級の過程で土砂解泥のために加水（＝湿式分級）を行う
- ・2次処理後の泥水中の細粒分をPAC+高分子凝集剤（＝水質環境基準適合品）により凝集沈殿させたうえ、循環・再利用（＝水使用量の抑制）

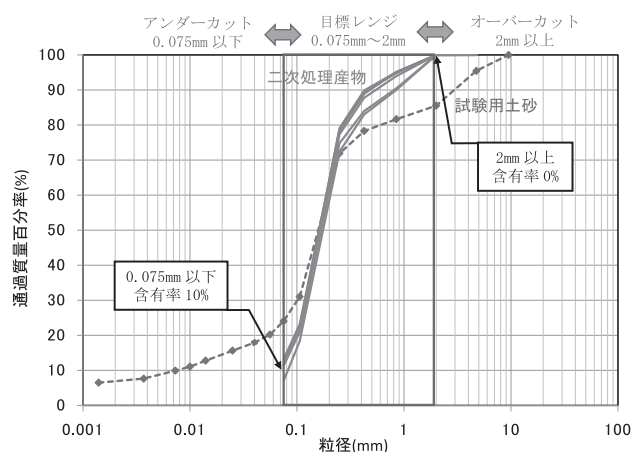
写真—4 細粒分を凝集沈殿処理する水処理設備

2次処理、水処理の一連の処理工程を連続して行った。また、試験用土砂の粒度分布に偏りが生じないように、実験当日の処理開始前にバックホウで適度に混合した。

実験結果のうち、2次処理（＝サイクロンアンダー＋振動フルイ）により抽出された砂分（＝目標分級レンジ：0.075mm～2mm）の粒径加積曲線を図—3に示す。予備稼働2回と本実験3回を合わせ、得られた5回分の分級砂の粒度分布はいずれもほぼ等価で、本システムによる高い分級処理品質の再現性が確認された。

分級砂のオーバーカットレンジである2mm以上の含有率はほぼ0%になっており、目的の性能が確認された。一方、アンダーカットレンジの0.075mm以下の細粒分含有率（Fc）は目標としていた10%を概ね満足した。細粒分については、実験ヤードと水処理の制約から水洗浄能力がやや不足していたと考えられること、また試験で用いた浚渫土砂が陸上ヤードに一定期間仮置きされ細粒分の固結が進んでいた点や、木切れや落葉片が比較的多く混入し、これらに付着した細粒分を十分に除去しきれなかった点も影響したと考えられる。

ただし、前出の表—1のとおり、一般的な建設材料としての細粒分含有率（Fc）の規定値は10%前後であり、シルト・粘土塊や木片等は、解泥や比重分級



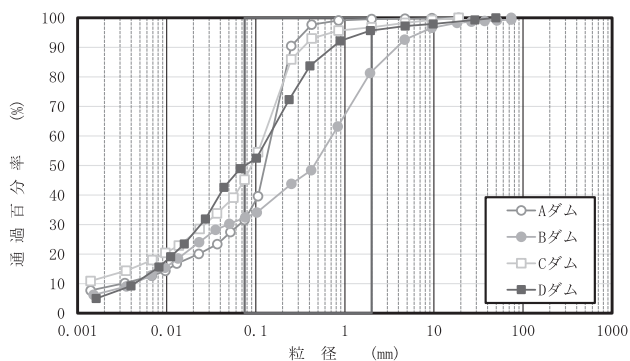
図—3 分級処理土（2次処理）の粒径加積曲線

工程を追加・改良することで除去精度を上げることができる。全体的には目標とした分級レンジの処理性能が確認され、要求に応じた粒度品質の土砂を安定して供給できるシステム構築ができたと考えられる。

5. ダム堆砂分級工法の経済性検討

分級処理によりダム堆砂の下流土砂還元や有効利用が促進されれば、様々な便益を生む一方で、分級処理プロセスを追加することはダム堆砂対策コストを増加させるため、それに係る費用を精度良く把握することが、事業の実施・継続判断に不可欠である。本検討では、立地条件や堆砂特性の異なる4つのダムを対象に、分級コストと分級装置の配置計画について分析・評価を行った。

検討対象のA～Dの4ダムは、いずれも堆砂問題が顕在化し、貯水池内の堆砂浚渫・掘削工事が長期に亘り行われている。各ダムにおける堆砂の粒径加積曲線の一例を図一4に示す。分級コストシミュレーションは、この粒度組成に基づき行った。各ケースの検討条件を表一2にまとめる。分級処理は年間を通じて行うものとし、各ダムの掘削・浚渫実績または公開されている計画に基づき最大処理土量を設定、その50%の土量とした場合も検討ケースに加えた。現地分級実験から、分級過程で発生する余水（泥水）の処理コストが全体費用に占める割合が大きいことが明らかとなったため、余水処理の有無もケースに反映する。



図一4 各ダムにおける堆砂の粒径加積曲線の例

表一2 分級コストシミュレーションのケース

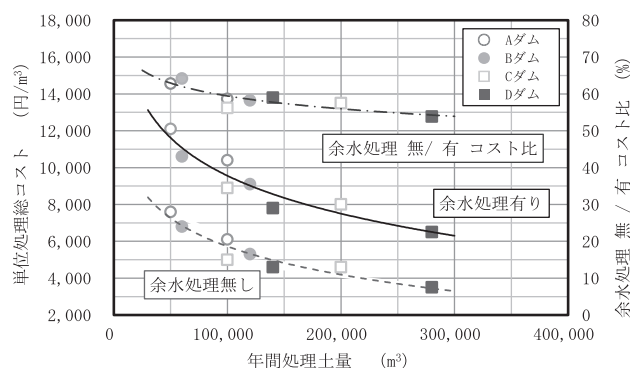
ダム名称	年間処理土量 (m ³)		余水処理		Fc (%)	装置運搬距離 (km)
	最大	1/2				
A ダム	100,000	50,000	有	無	32	10
B ダム	120,000	60,000	有	無	32	390
C ダム	200,000	100,000	有	無	45	130
D ダム	280,000	140,000	有	無	50	330

分級装置は新規購入とし、首都圏内の基地工場からダム現地まで陸送する。検討ケースは全16ケース（＝4ダム×2土量×余水処理有・無）となる。なお、分級処理装置は現地分級実験と同様のシステム構成とし、処理土量に応じたセット数を配置するものとした。

分級コストシミュレーションで得られた年間処理土量と単位 m³ 当りの処理総コスト（以下、単位処理総コスト）の関係を図一5に示す。各ダム検討条件に応じ多少のばらつきは見られるものの、処理土量が5万～28万 m³ の間でその増加とともに単位処理総コストは減少する。また、同図中に示した余水処理「有り」に対する「無し」のコスト比は60%前後となり、これも処理土量の増加とともに漸減する。

表一3には単位処理総コスト中の工事比率を示す。最も割合の高い費目は機械購入費であり、全体の58～68%を占める。一方で、直接工事費は施工費と仮設費を合わせて30%前後となっている。また、単位処理総コストをイニシャルコストとランニングコストに分解すると、処理土量や余水処理の有・無に依らず、イニシャルコストが約80%を占めることが分かる。ただし、本検討では、機械購入費を1年間の工事に一括計上しているが、長期運用で設備費を減価償却すれば、年間コストを抑制することが可能である。

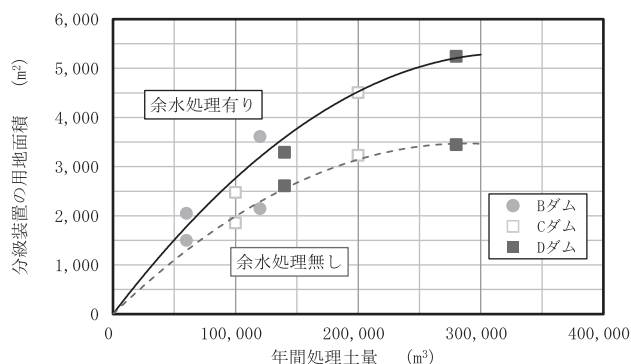
続いて、分級処理装置の配置に必要な用地面積を図一6に示す。ただし、搬入土砂と搬出分級土砂のストックヤード面積は含んでいない。処理土量約15万 m³ までは用地面積がほぼ直線的に増加するが、それ以上では面積の伸びは緩やかになる傾向を確認できる。



図一5 処理土量と単位処理総コストの関係

表一3 単位処理総コスト中の工事費比率

余水処理の有無	工事費比率 (%)				イニシャルコスト	ランニングコスト
	直工・施工費	直工・仮設費	電力費	機械購入費		
有り	18～20	8～13	4～6	63～68	79～80	20～21
無し	18～21	10～16	4～6	58～67	77～80	20～23



図一六 処理土量と分級装置の用地面積の関係

6. 分級精度向上と低コスト化に向けて

高滝ダム現地分級実験の結果から本分級システムにより、一定の分級品質を確保できることが確認された。ただし、当初の開発目標達成のためには、変化に富んだ土質特性を有する様々なダム堆砂への適用性を高めるとともに、分級フローを集約しシステムの簡素化を図ることが重要である。中でも細粒分の除去精度を向上させるには、一定期間陸上に仮置きされ、細粒分の固結が進行した土砂を十分に加水・解泥してから分級することが有効である。

現在、写真一5に示すようなドラムウォッシャーを前処理に組み込み、固結した細粒分の解泥効果の確認を行っている。また、これにより十分に解泥され安定した濃度の土砂スラリーを分級装置に送ることが可能となれば、多段階分級からサイクロン付き振動フルイを中心とする分級工程に集約できるため、設備の簡素化と分級処理コストの削減に繋がると考えられる。



写真一五 ドラムウォッシャー（実験機）と解泥確認状況

7. おわりに

2020年度の時点で国土交通省が所轄する全国571ダムのうち、洪水調節容量内への堆砂が進行してるダムは310ダムあり、そのうち洪水調節容量の余裕の範囲（=2割程度）に収まっていないダムも16ダムある⁵⁾。16のダムとも、既に堆砂対策を実施中あるいは検討中ではあるが、これら対策緊急性の高いダムに限らず頻発・激甚化する豪雨災害への備えとして、早期に堆砂対策に取り組むことがいずれのダムでも重要と考える。

本工法の適用によりダム堆砂の下流還元や有効利用が促進できれば、技術的難易度が比較的低い掘削・浚渫工法は、多くのダムで早期計画・着手が可能な堆砂対策となり得る。ダム堆砂分級工法の一刻も早い完成を目指して今後とも開発を続けていく。

なお、ダム堆砂分級工法の開発にあたっては、(一財)水源地環境センターのご支援・ご指導を頂いている。ここに記して、感謝の意を表します。

J C M A

【参考文献】

- 1) 「ダム再生ビジョン」、国土交通省水管理・国土保全局、2017年6月
- 2) 「ダム貯水池土砂管理の手引き(案)」, 国土交通省水管理・国土保全局、2018年3月
- 3) 「ダム堆砂リサイクルのコスト分析とPFIによる事業化検討」, 大矢通弘・角哲也・嘉門雅史, ダム工学, No.13 (2), pp.90-106, 2003年
- 4) 「ダム堆砂の簡易処理・河川還元に関する研究」, 角哲也・小坪洋巳・久保田明・三反畑勇・天明敏行・小高志郎, ダム工学, No.19 (3), pp.165-171, 2009年
- 5) 「国土交通省所管ダムの堆砂状況について」, 国土交通省 HP, (https://www.mlit.go.jp/river/dam/taisa/taisha_joukyouR2.pdf)

【筆者紹介】



浅田 英幸 (あさだ ひでゆき)
ダム水源地土砂対策技術研究会
技術委員会
技術委員長
(所属会社：東亜建設工業)



片山 裕之 (かたやま ひろゆき)
ダム水源地土砂対策技術研究会
技術委員会
技術副委員長
(所属会社：五洋建設)



峯松 麻成 (みねまつ まなり)
ダム水源地土砂対策技術研究会
技術委員会
技術副委員長
(所属会社：東洋建設)

特集>>> 河川・ダム治水対策、維持管理、点検補修

手取川流域農業水利事業 白山頭首工建設工事 施工報告

固定堰石張改修の工夫

川 本 喜 憲

石川県有数の穀倉地帯である手取川扇状地を潤している用水を取水する白山頭首工は完成後 70 年以上が経過し、堤体の劣化等の老朽化が著しい状況であった。よって、施設の安全確保や用水の安定供給のため 6 ヶ年を掛け改修工事を行った。白山頭首工の既設固定堰は自然石による石積構造となっていたが、地元の要望を受け、景観を保全するべく既設同様の石張工法にて改修を行った。本稿では石張改修において実施した様々な工夫について報告する。

キーワード：白滝再現、石材再利用、固定堰、石張、老朽化

1. はじめに

国営手取川流域農業水利事業にて改修を行った「白山（しらやま）頭首工」が位置する手取川は、その源を霊峰白山（標高 2,702 m）に発し、下流部は白山市鶴来地区を扇の要とする扇状地を流れる一級河川である。流路延長は約 72 km、流路面積約 809 km²を有している。河口から水源までの平均河床勾配は 1/27 と日本で有数の急流河川で、古来より日照りが続くと水が枯れ、一雨来れば洪水となる暴れ川と呼ばれている。

「白山頭首工」は、昭和 12 年に完成した農業用水最大約 56 m³/s を発電用水とともに合口取水するフィクストタイプの複合堰であり、受益地域は 5 市 1 町の 7,402 ha にまたがる。農業用水だけでなく、北陸電力（株）や七ヶ用水土地改良区、宮竹用水土地改良区が発電に利用している他、消雪や防火など地域用水としても利用されている。

施設は、北陸電力（株）により適切に維持管理され、完成後 70 年以上にわたって用水の安定供給に寄与してきたが、堤体および基礎部の劣化、護床部の洗掘等、老朽化が進行し、国営事業にて 6 箇年で全面的な改修を行うことになった。なかでも固定堰部は自然石を使用した石張構造となっているが、今回の改修工事においても、石張工法が採用された。

2. 概要

(1) 施設概要

表—1 に白山頭首工改修前の施設の概要を示す。

写真—1 に改修前写真を示す。

(2) 改修概要

(a) 工事概要

工 事 名：手取川流域農業水利事業

白山頭首工建設工事

工事場所：石川県能美市和佐谷町地内（左岸）

表—1 白山頭首工施設概要

項目	内容
竣工年度	昭和 12 年（北陸電力）
主な経歴	昭和 24 年：固定堰堰上げ、農水用取水口追加、土砂吐改修（農水省） 昭和 36 年：固定堰被災補修（農水省）
施設管理者	北陸電力（株）
最大取水量	55.95 m ³ /s
構造規模	固定堰：表面石張無筋コンクリート 堤高 5.8 m、堤長 127.9 m 取水口：電力用 5 門、かんがい用 1 門 土砂吐：2 門 魚 道：階段式



写真—1 改修前（平成 26 年 9 月）

石川県白山市白山町地内（右岸）

工 期：平成 26 年 9 月 1 日～令和 2 年 6 月 30 日

本工事では、堤長約 128 m の構造物を 5 ブロックに分割し、各年度の非出水期に 1 ブロックずつ「仮締切設置～本体構築～仮締切撤去」を行った。

(b) 改修内容

表—2 に施設の改修内容を示す。

表—2 白山頭首工 固定堰補修内容

施設	回復すべき機能	対策工法
固定堰	・躯体表面の耐摩耗性、耐衝撃性の回復	・石張工法
	・基礎部における所要の根入れの確保	・カットオフ新設 ・下流エプロン延長
	・漏水の防止、空隙などにより低下した安定性の向上	・グラウト工法

3. 石張改修における課題及び問題点

(1) 白滝の再現

石張改修において、固定堰を越流する水が白く滝のように流れる景観（以下「白滝」と称す。）を守ることが、事業計画時の環境に関する情報協議会で提案された。そのため、今回の改修においても石張工法が採用されたのだが、発注者に白滝景観保持だけではなく、発生位置を全面的に均一にして欲しいと要望された。そのため、白滝発生メカニズムを把握する必要があるが生じた。写真—2 に改修前の白滝発生状況を示す。全面的に均一な白滝発生は見られず、一部白滝が欠損している。

(2) 石材再利用

固定堰下流エプロン部については、撤去した既設石材を再利用する計画であるが、寸法が不揃いの既設石材を施工するには熟練した石工が必要であり、弱部となる目地が大きくなることも懸念された。また、水平

面での胴込めコンクリート充填不足も懸念された。

この課題に関しては、発注者より「固定堰補修工の石張の再利用に係る施工上の工夫について」として技術提案を求められた。写真—3 に既設石張の状況を示す。増水による石材の欠損補修痕が見られ、寸法不揃いの石材を積んでいるため目地幅も大きい。



写真—3 既設石張

4. 技術的提案及び創意工夫

(1) 白滝の再現

(a) 現況の把握

白滝の再現にあたり、まず現況の把握を行った。実施した内容は以下のとおりである。

- ・既設固定堰の 3D 観測
- ・河川流量（越流水位）による白滝の発生状況

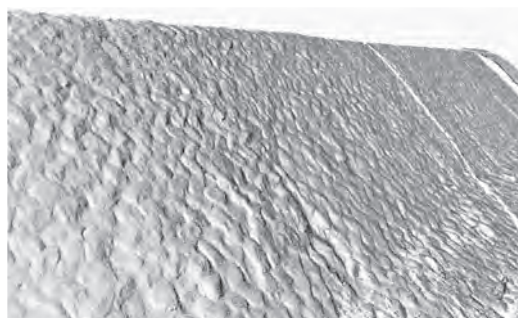
3D 観測の結果、既設石張の石材表面の凹凸は 5 cm 程度であった。図—1 に 3D 観測イメージを示す。また、既設堰堤の天端高さは堰中央が高く、左岸側が低い傾向にあった。写真—2 と比較すると、白滝の発生は天端高さ（越流水深）と相関関係にあることが判明した。

今回の改修に伴い、堰堤天端高さを均一に仕上げることで、河川全幅において越流水深が均一となり白滝の発生位置の高低差は生じないと想定できた。

河川流量の増減による白滝の発生状況を観察した結



写真—2 改修前の白滝発生状況



図—1 3D 観測



写真—4 白滝発生状況
(上流の土堰堤の影響で越流水位が低い位置のみ白滝が発生している。)

果、写真—4に示すとおり、越流水位によって発生位置が異なることが判明した。これは水理計算でも証明されることである。この観察より河川流量が多い場合には白滝が発生しないことを、発注者に理解して頂いた。

(b) 試験施工

石材表面凹凸の差による白滝の発生を検証するため、事前に石材の表面加工及び施工方法（石の積み方）の違う、以下の表—3に示す3種類で試験施工を実施した。表面加工について設計では明示がなかったが、No.3が当初計画に近い方法である。

表—3 試験施工

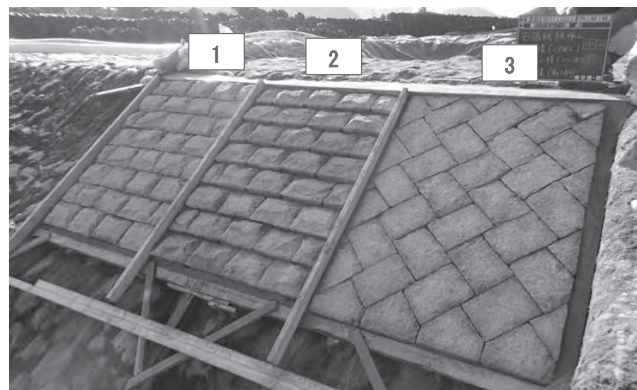
No.	石材表面加工	凹凸	積み方
1	こぶだし	45 mm	布積
2	こぶだし	90 mm	布積（鎧積）
3	割り肌	20 mm	谷積

写真—5に試験状況（通水前）を示す。通水試験の結果、表面の凹凸により白滝の発生状況に差異があることが分かった。白滝の発生は、 $1 \div 2 > 3$ であった（写真—6参照）。ただし、流砂、流石による耐磨耗の観点および現況計測の結果より過度の凹凸は避けるべきと判断した。

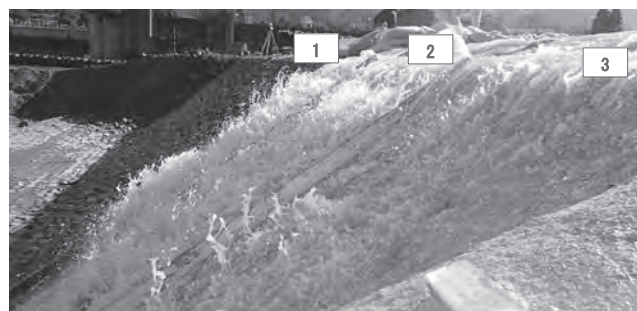
(c) 実施工

現況の白滝のような景観を保持するためには、現況に近い凹凸を再現することが最善であると判断した。また、既設堰堤の越流部は角張っていたが、今回改修に伴い、越流部が曲線形状で滑らかになることより、石材の凹凸はより重要であると考えられた。

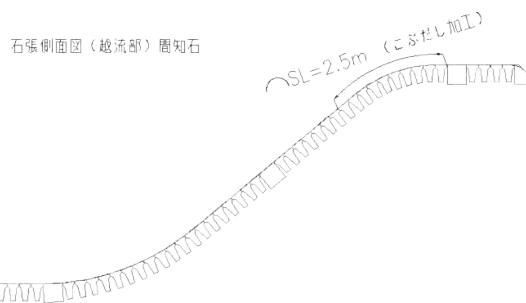
よって、観測や試験施工の結果を踏まえ、石材表面の加工を50 mmのこぶだしとした。ただし、越流上部で白滝が発生してしまえば、越流下部は追隨して発生するため、こぶだし加工石材の設置範囲は図—2に示すとおり、 $SL=2.5\text{ m}$ （R2700区間の前後）とし、その他は割り肌加工とした。



写真—5 試験施工（通水前）



写真—6 試験施工（通水時）



図—2 こぶだし加工石材 設置範囲図

(2) 石材再利用

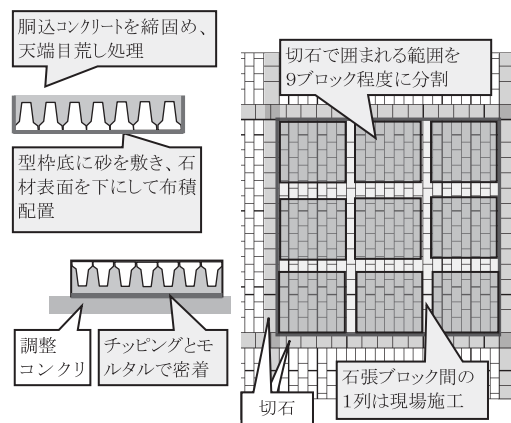
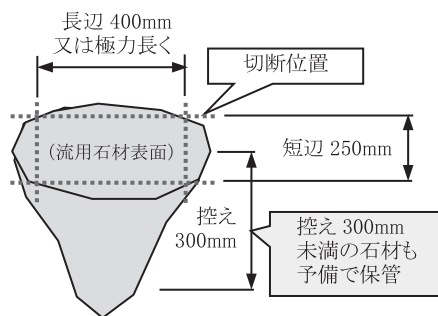
既設石材の再利用について、以下のとおり石材のユニット化を提案した（図—3参照）。

①再利用石材の切断加工

- ・再利用石材の強度を確認し、硬岩 100 N/mm^2 以上を選別する。
- ・購入石材（ $250 \times 400 \times$ 控え 300 mm ）より大きな石は、購入石材寸法に切断する。長辺だけが 400 mm に満たない石は短辺 250 mm （横目地間隔）を揃え、長辺は極力長く切断する。また、控え 300 mm 未満の石も予備として保管し、石材不足に備える。

②石張ブロックの事前製作

- ・切石で囲まれる再利用石材使用の各区画を9ブロック程度に分割し、石材仮置場でブロック毎の型枠を製作する。



図一3 再利用石材ユニット化

- ・型枠内に石材を「逆さ」にして布積み状に配置する。その際、型枠底に砂を敷き、表面へのコンクリート付着を防止する。
- ・胴込コンクリートを十分に締固めし、充填を目視確認する。
- ・密着性向上のため高圧水で表面を目荒しする。

③石張ブロックの据付

- ・調整コンクリートをチップングし、モルタルを敷く。
- ・クレーンを使用し、事前製作した石張ブロックを据付ける。
- ・ブロック間の石材1列と切石は現場施工し、一体化する。

また、施工に際し、以下のメリットがあった。

品質：目地幅を最小にすることができ、洗掘されにくい（耐摩耗性向上）。

石材を逆さ配置するため、胴込コンクリート打設・締固め時の施工性が向上し、充填状況が目視確認できる。

目地が通り見栄えが良い。

工程：事前製作でき、工程短縮となる。

安全：河川内工事量を削減でき、洪水時の被害が軽減できる。

環境：河川外で製作することで、胴込コンクリート打設によるアルカリ排水流出の懸念が無い。

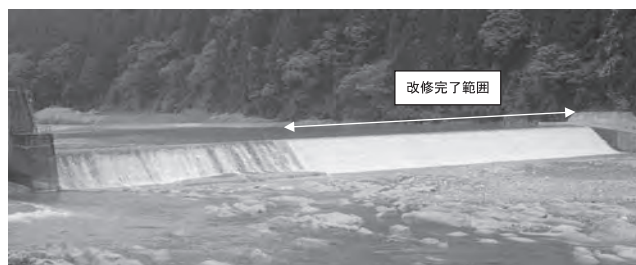
写真一7にユニット化した再利用石材ブロックを示す。



写真一7 再利用石材ブロック



写真一8 石張完了写真



写真一9 白滝発生状況（2期完了時）

5. 施工結果

写真一8に石張工完了写真、写真一9に工事2年目の完了時の白滝発生状況を示す。

通常の河川流量においては、均一できれいな白滝が

発生している。施工する上で留意した点は、計画通りの石張形状になるよう、形状を犯すような突出した箇所が出ないように管理徹底して施工したことである。また、使用石材（計18種類）の間違いがないよう、



写真—10 完成（令和2年6月）

識別を徹底した。

再利用石材の施工も含めて、発注者や地元の方に高い評価を頂いた。仮締切を撤去し、通水後に白滝が発生した時の感動は忘れがたいものとなった。

6. おわりに

工事は6箇年で既設頭首工を改修する計画であったが、固定堰の石張改修は左岸側より1期で42m、2期で24m、3期で31m改修した。工事完了時には全面に渡ってきれいな白滝が発生している（写真—10参照）。

工事は急流河川である手取川を半川締切で非出水期（10月16日～6月14日）に行ったが、工事期間中は異常出水による仮締切堤の決壊を幾度となく経験した（写真—11、12参照）。最も大きな出水量は、非出水期にも関わらず、当該年度の仮締切堤対象流量（ $1,040 \text{ m}^3/\text{s}$ ）を大幅に超える $1,634 \text{ m}^3/\text{s}$ に達した。

しかし、過去の最大出水データを基に退避基準を設定していたこと、上流の河川情報（雨量、ダム放流量）の収集を徹底して行ったこと、増水を想定した避難訓練を毎月1回実施し、油漏れの恐れがある発動発電機は車両に搭載し迅速に退避行動ができるようにしていたことなどの現場独自の工夫により、異常出水による人的災害、油流出等の災害は起きず、無事竣工を迎えた。

最後に本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力を頂いていた皆様に感謝申し上げます。



写真—11 仮締切設置（平成27年11月）



写真—12 仮締切破堤（平成27年12月）

J C M A

【筆者紹介】

川本 喜憲（かわもと よしのり）
（株）安藤・間
北陸支店 土木部 木沢川橋作業所
所長



架設桁を上下部工の構築に利用した 河川内橋梁架け替え工法の開発

KPY ダブルユースガーダー工法

神 崎 恵 三・白 水 晃 生・竹 内 聖 治

近年、橋梁の老朽化や、異常気象により河川が氾濫し橋梁が流出することによる、橋梁架け替え工事が増加している。これらは河川内での工事となるため、通年施工を行うことができず、工事が長くなるのが通常である。また、橋梁の架け替え工事にともない、車両や歩行者が橋梁を利用できずに迂回を余儀なくされたり、交通渋滞を引き起こす場合が多いため、少しでも早く工事を終えることが課題となっている。そこで、筆者らは、上部工の解体や架設工事に使われてきた架設桁（ガーダー）を下部工の撤去や構築にも利用する新たな橋梁架け替え工法の開発を行った。本稿では工法概要、適用事例について述べる。

キーワード：KPY ダブルユースガーダー工法、河川内施工、橋梁架け替え、架設桁、急速施工

1. はじめに

近年増加傾向にある橋梁の架け替え工事は、河川内での施工となる場合が多い。河川内の工事は流量の少ない渇水期（一般に渇水期は11月から翌年4月まで）に行われ、流量の多い出水期は、工事休止となることが一般的であり、他工事と比較して工期を費やすことが課題となっていた。また、河川内の旧橋下部工撤去や新橋下部工構築には、渇水期に栈橋を用いて行うのが一般的である。ただし、栈橋は計画高水位（HWL：以下HWL）や河積阻害率を考慮して設置されないため、出水期には栈橋を撤去する必要がある。約半年の渇水期施工期間に栈橋の設置と撤去を行う必要が生じることとなり、その期間は本施工を行えず、これも生産性が悪化する要因の一つとなっていた。

河川内工事におけるこれらの課題を解決するために開発したKPY ダブルユースガーダー工法（以下、本工法という）について、以下に概要と適用事例と課題についてを記載する。

2. 本工法の概要

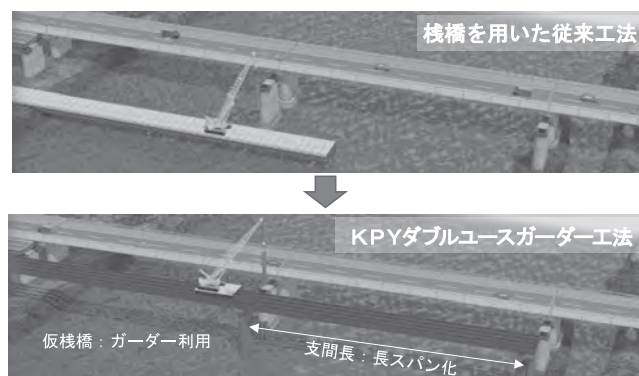
河川内の旧橋の解体工法のひとつに、架設桁（ガーダー：以下ガーダー）を用いる工法がある（写真—1）。この工法は、トラスやアーチなどの比較的支間長の長い橋梁にも適用できるのが特長である。また、橋梁の架け替え工事は、新橋を旧橋とほぼ同じ位置に架け替える場合が多い。これら条件に適合するものとして、



写真—1 架設桁を用いた橋梁の解体事例

本工法を開発した。本工法は、旧橋撤去に用いたガーダーを、更新する橋梁の上部工や下部工に再利用する工法である。具体的には、ガーダーを栈橋のように渇水期と出水期ごとに設置と撤去を繰り返すのではなく、河積阻害率を考慮して新橋もしくは旧橋と同様の支間割で、かつHWL以上の位置に設置する。これにより、ガーダーを出水期に撤去する必要がなくなり、工期短縮や工費縮減につながると考えられる。これまで上部工の解体や架設工事に使われてきたガーダーを下部工の撤去や構築にも利用することから、本工法を命名した（図—1）。

本工法の特長を、橋梁上部工の構造型式が下路式2径間連続トラス橋を仮定し、従来工法と上下部工全体として比較した場合を示す（表—1）。



図－1 KPY ダブルユースガーダー工法概要図

表－1 従来工法との比較事例

	従来工法	本工法
架設工法	ケーブルエクシジョン架設工法	KPY ダブルユースガーダー工法
長 所	- 河川内にベントが不要である - 施工実績の多い工法である	- 様々な橋梁形式にも適用可能 - 仮橋（架設桁）を出水期にも残置可能 - 既設下部工撤去時にも架設桁を利用可能
短 所	難易度が高く、工期短縮に不向きである	- 工事期間中は、仮橋（現橋）の片側交互期間が必要となる - 上下部一体発注方式が望ましい
工 期	一般に3年程度	従来工法より9ヶ月短縮
コスト	－	従来工法よりやや高価

3. 本工法の適用条件

(1) 本工法の適用可能な橋梁形式

＜上部工形式＞鋼鈑桁橋，鋼箱桁橋，鋼下路アーチ橋，鋼下路トラス橋，PC T 桁橋，PC I 桁橋，PC 箱桁橋

＜下部工基礎＞直接基礎，杭基礎（既製杭），鋼管矢板基礎

(2) 本工法を適用できる条件

- ・ガーダーの支間長が120 m 以下で，ほぼ直線の橋梁
- ・橋梁架替え位置は，現橋位置又は現橋位置の直近上下流側
- ・ガーダーの下部工基礎が，鋼管杭，鋼管矢板井筒基礎など比較的大規模な施工機械・設備を必要としないもの
- ・ガーダー上のジブクレーン（650 t・m），クローラークレーン（100 t）程度

(3) 本工法適用にメリットがない条件

- ・支間長が短く（工期が短い），仮橋橋の設置・撤去に手間がかからない工事
- ・流水路ではない場所での施工が可能な場合
- ・ガーダーを組立てるスペースが確保できない場合

4. 本工法の適用事例1（橋梁の老朽化にともなう架け替え工事）

橋梁の老朽化にともなう旧橋の解体と新橋下部工の構築を行う場合に，本工法の適用を考える。条件として，上り線と下り線が分かれて併設する橋梁で，片側橋梁の架け替え工事を行うものとする。交通動線は橋梁の架け替えを行わない橋梁側に移し，工事中は片側交互通行とする。

まず，渇水期に，架け替えする旧橋の橋梁上にクレーンを設置し，ガーダー用下部工（支持杭）を打設したのち，ガーダーの設置と旧橋の橋梁上部工を撤去する。出水期はガーダーをHWL 以上に設置しているため，そのまま存置可能となる。次の渇水期は，ガーダーを旧橋の位置から架設用下部工位置に横取りを行い，移動したガーダー上から旧橋下部工を撤去する。さらに，次の渇水期において新橋下部工を構築するものである。

施工フロー図（図－2）と，施工フローから抜粋したステップ図（図－3）を示す。さらに次のステップとして，ガーダーを新橋下部工の上に横取りして，新橋上部工を送り出し工法にて架設することも可能である。



図－2 施工フロー図

Step1: 旧橋からのガーダー用下部工構築



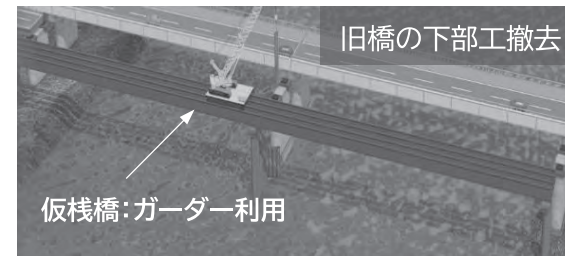
Step2: ガーダーを用いて旧橋を解体



Step3: ガーダーをガーダー用下部工へ横取



Step4: ガーダーを用いて旧橋の下部工を撤去



Step5: 出水期はガーダーを存置



Step6: ガーダーを用いて新設下部工を構築



図一3 施工ステップ図

本事例で本工法を使用することの長所として、以下の2つが挙げられる。

- ・従来の橋梁工事では、旧橋の撤去と新橋の構築は、上部工と下部工に分離して施工が行われてきた。今回のように旧橋上部工の撤去に用いるガーダーを栈橋に転用し、旧橋下部工の撤去・新設や新橋上部工の構築に用いることで工事費の縮減につながる。
- ・本工法では、河川内の橋梁更新工事で用いられることの多かった栈橋の代わりに、河積阻害率に配慮してHWL以上の位置にガーダーを設けることで、渇水期ごとの栈橋の設置と撤去をなくし、出水期でも残置できる構造とすることで工期の短縮が可能となる。

5. 本工法の適用事例2 (災害復旧など急速施工を必要とする架け替え工事)

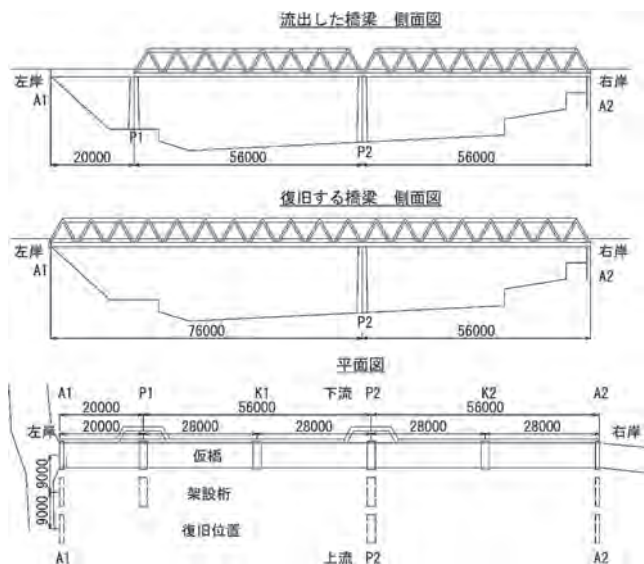
昨今頻発する台風や集中豪雨により河川が氾濫し、橋梁が流失する災害が全国で増えている。2020年7月には球磨川が氾濫し多くの橋梁が流出し、現在復旧工事が本格化している(写真一2)。流出した橋梁は地域住民にとって不可欠な生活道路であるため、復旧に向けてはこの写真からわかるように、まずは緊急的な対応として仮橋の構築を行う。復旧のための橋梁は、仮橋を供用した後に、多様な検討を経て構築されることが多い。仮橋は、支間長が最大でも30m程度であり、河積阻害率を満たさないことも多く、河川の流量が多くなれば、また流失する可能性も高くなるため、なるべく早く本橋を復旧することは社会的にも取り組むべき課題であると考えられる。

ここで、特に急速施工が求められる復旧のための橋梁構築工事に本工法の適用について、条件として旧橋の撤去はなく、流出した橋梁の位置に仮橋が架けられた状態での上部工の復旧について検討する。



写真一2 復旧工事状況

流失した橋梁と復旧する橋梁の側面と平面位置を示す（図—4）。復旧する橋梁では支間長を長くし、橋梁のタイプは、旧橋と同様のトラスとした。仮橋の位置が流失した橋梁の位置である。それに隣接してガーダーを設け、さらにその隣に復旧する橋梁を設ける配置と仮定している。ガーダーを用いて、復旧する上・下部工の構築を並行して進めることができる配置としている。



図—4 流失した橋梁と復旧する橋梁の側面図、平面位置図

施工ステップは以下の通りとなる。

Step1：仮橋を利用してガーダー用下部工を構築する。

Step2：仮橋上にガーダーを組立てる。

Step3：ガーダー用下部工上へガーダーを仮橋上から横取りする。

Step4：復旧する下部工の構築と並行して、ガーダー上にトラス橋を構築する（図—5）。

Step5：復旧するトラス橋を下部工上へ横取りする。

Step6：復旧したトラス橋に交通動線を移す（ここで供用開始となる）。

Step7：ガーダーを引き戻す。

Step8：ガーダー用下部工を仮橋から撤去する。

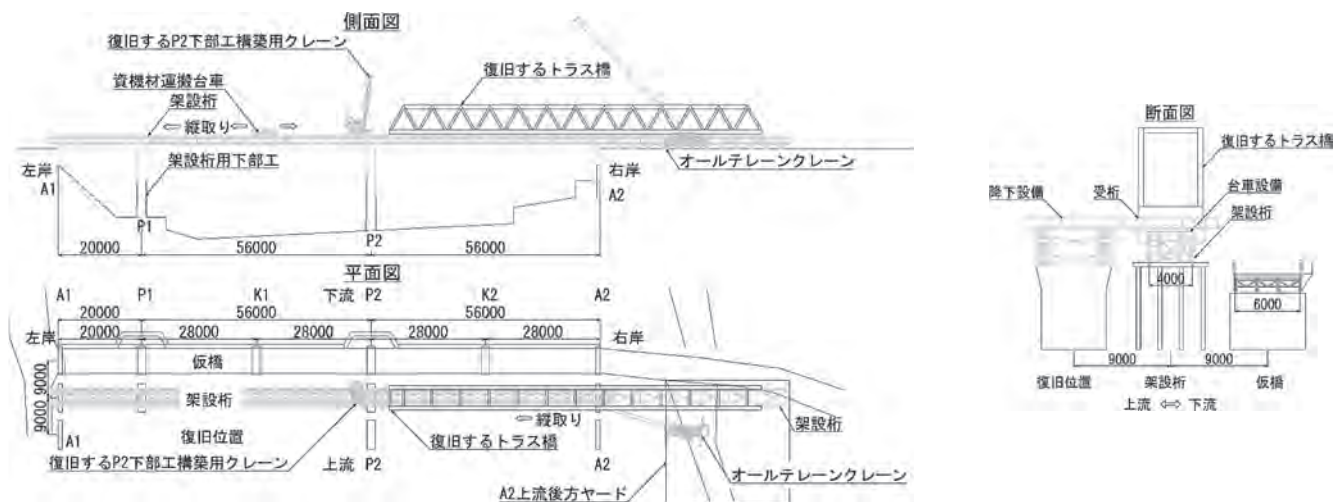
これで、橋梁の復旧を終えることとなる。なお、仮橋の撤去は、ガーダーを利用して行ってもよい。特長として、上・下部工の構築を並行して行えることが供用開始までの工期の短縮を可能としている。

さらに、山間部の下路トラス橋の架設には、地形的な要因からケーブルクレーン工法が用いられることが多く、本工法との工程の比較を行った（図—6）。提案工法では、復旧する橋梁の下部工構築とガーダー上でのトラス橋の組立作業を並行して行うことができる。また、ケーブルクレーン工法のように単数ではなく、複数のパーティで施工できるため、工期短縮につながる。本ケースの場合、工事着手から供用開始までに約9ヶ月程度の工期短縮が可能であることがわかった。また、ガーダー上に復旧する上部工を多点支持で構築していくことにより、橋梁形式の選択において制約の多いケーブルクレーン工法と比較して、下路アーチやトラス、上路箱桁といった橋梁形式選定の自由度の拡がりが期待できる。

6. 本工法の課題

本工法を実工事に適用するための課題として、以下の二つが考えられる。

- ・ 同じガーダーを異なる工種で利用することの課題
本工法は、同じガーダーを旧橋の撤去や新橋の下部工の施工に用いることに特徴がある。事業の契約として、上下部工工事が一体として発注されれば、同じ施工者が、同じガーダーを旧橋の撤去や新橋の下



図—5 復旧する上・下部工の構築図

■従来工法の場合

No	工種	内容	1年目										2年目										3年目										4年目											
			出水期					非出水期					出水期					非出水期					出水期					非出水期					出水期					非出水期						
			6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	準備 片付け工	ヤード整地																																										
2	仮橋橋工	設置・撤去																																										
3	新設橋梁	下部工 A1, P2, A2																																										
4		上部工 (トラス橋)																																										

■本工法を活用した場合

No	工種	内容	1年目												2年目												3年目												4年目											
			出水期						非出水期						出水期						非出水期						出水期						非出水期						出水期											
			6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10							
1	準備 片付け工	ヤード整地 仮橋車道拡幅 仮橋歩道設置	準備工																																															
2	仮橋橋工 (架設桁)	架設桁用 下部工													設置																																			
3		架設桁													設置																		9ヶ月の工程短縮																	
4	新設橋梁	下部工 A1, P2, A2	A2、A1												P2																																			
5		上部工 (トラス橋)													下部工構築後、横取り・降下・掘付												★供用開始																							

図一6 工程比較図

部工，上部工の施工に用いることが可能となるが，上下部工工事を一体とした発注事例が現時点では少なく，契約上の問題が課題となる。

- ・水面から高い位置での下部工構築を行うことへの課題

本工法は，同じガーダーを HWL 以上の位置に設置することから，場所打ち杭やケーソン基礎などの場合，施工基盤を下げる必要があり，水面に近い位置でのステージの改良や構築が必要となる。

7. おわりに

今回，老朽化する橋梁の架け替え工事では，出水期にガーダーを存置できることで工期や工費の縮減効果があり，また，災害により流出した橋梁の復旧工事では，橋梁下部工の構築と並行して，トラス橋の組立にガーダー上を作業ヤードとして使うことにより，急速施工につながる事例を示した。

一方で，新橋を旧橋と同じ位置に架け替える場合には，施工上の制約等からケーソン基礎などの既設基礎を新橋下部工の一部として活用する選択肢もあるため，今後は既設構造物の長期健全性評価の重要性が増

していくことも想定される。

今後は，課題を見据えて，KPY ダブルユースガーダー工法の実工事における適用に向けて取り組みたいと考える。

J C M A

[筆者紹介]

神崎 恵三 (かんだき けいぞう)
 (株)熊谷組
 土木事業本部プロジェクト技術部
 部長



白水 晃生 (しろず あきお)
 (株)横河ブリッジ
 技監



竹内 聖治 (たけうち せいじ)
 (株)横河ブリッジ
 技術本部 技術開発部 技術開発課
 主査



水中構造物のメンテナンス

北 詰 哲 朗・谷 口 一 平

近年増加傾向にある既存ダムの維持管理・改修工事において、安全性や作業性の観点から ROV や水中施工機械を用いることが増えている。本稿ではそれらの現状と今後の課題について述べていく。

キーワード：ダムのメンテナンス、保守点検、維持管理、機械化、ROV、水中機械、ダイバーレス

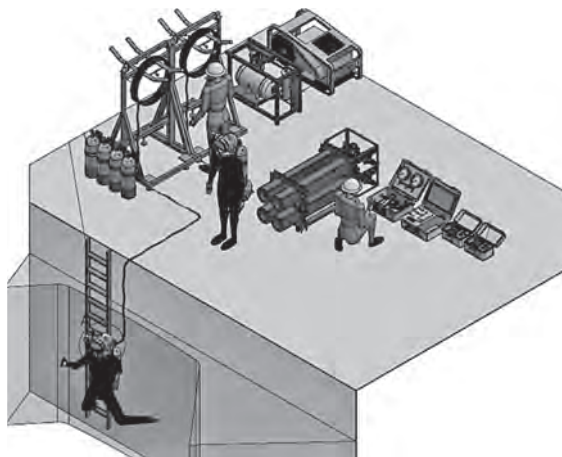
1. はじめに

政府のダム再生ビジョン¹⁾では既設ダムの長寿命化、効率的かつ高度なダム機能の維持、治水・利水・環境機能の回復・向上、地域振興への寄与など、既設ダムを有効活用するダム再生を推進するとされている。これに伴い既設ダムを有効活用する為の維持管理、リニューアル工事の案件が増えている。

本稿ではダムで活用される維持管理や堤体改修に用いられる技術に焦点を当て、課題と今後の展望について述べる。

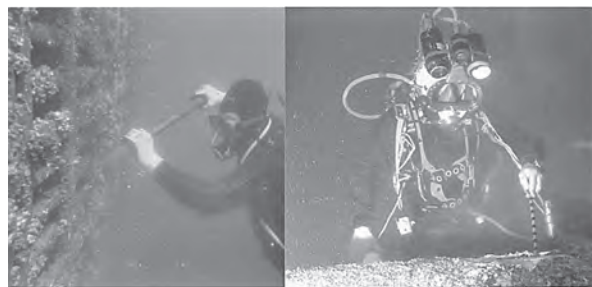
2. 従来の水中構造物の維持管理とその課題

従来の水中構造物の検査は、潜水士による方法が一般的であり、図一1に空気潜水の機器概略図を示す。アンビリカルホース・ケーブルにより、気中で圧縮された空気を送気すると共に、カメラ等の電力供給および水上管理者との通話を行い作業する。



図一1 空気潜水機器概要²⁾

潜水士による検査には、目視、寸法実測等があり、検査の際に簡易的な付着物の除去、触診等の必要に応じた柔軟な対応も可能となる（写真一1）。



写真一1 潜水士による簡易的な清掃³⁾・検査状況⁴⁾

さらに詳細な検査が必要となる場合、鋼材の超音波肉厚測定等の非破壊検査を実施する。その際、部材表面を露出させる必要があり、高圧ジェット等を用いた清掃作業を行う。潜水士作業では、清掃時に構造物の塗装に損傷を与えないよう人の感覚による微調整も可能となる（写真一2）。



写真一2 高圧ジェットを使用した清掃⁴⁾・肉厚測定⁵⁾

従来から潜水士により行われてきた作業が多い中、近年は世界的な流れとしてダイバーレス化が求められている。その理由は以下の3点がある。

第一に人的安全性である。人が直接作業をすること

により、身体的な事故のリスクは避けられない。

第二に作業コストである。作業水深が浅ければ潜水作業時間の制約も少なく比較的安価であるが、作業水深が深くなるにつれ、減圧時間を含めて作業時間に制約が発生して人員増加に繋がり、必要な専用機器も増えることより、高コストに繋がる。

第三に将来的な潜水土不足である。土木関係に従事する潜水土の減少や高齢化などにより、将来的な潜水土不足が予想される。

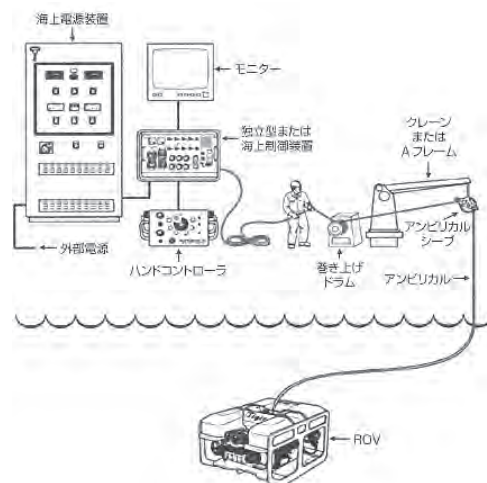
3. 水中施工の機械化とその課題

従来の施工方法の課題解決のため、潜水土が行ってきた作業を水中機械を用いて施工する、いわゆる機械化の動きが活発になってきている。この水中施工の機械化には、水中環境に起因する技術的課題を克服して陸上施工機械と同等の機能を発揮することが目標の一つに挙げられ、さまざまな水中施工機械が開発されている。

水中施工機械を大別すると、水中作業の汎用キャリアとして多用されている ROV (Remotely Operated Vehicle) と、個別目的に応じて開発された水中専用機械がある。

(1) ROV

アンビリカルケーブルと呼ばれる有索にて遠隔操作し、自航する無人潜水機を総称して ROV と呼ぶ。使用する ROV によりアンビリカルケーブルの仕様は異なり、電力、油圧等の動力源の供給の他、航行や搭載機器の制御情報およびカメラからの映像信号等をリアルタイムで水上に伝送する情報通信機能も担う。図一



図一 一般的な ROV システム構成⁹⁾

2 に ROV 運用時の一般的なシステム構成を示す。

ROV は一般に、出力、対応水深、ペイロード（有効搭載荷重）等の能力で観察用 ROV (Observation Class)、軽作業用 ROV (Light Work Class)、作業用 ROV (Work Class) 3つのタイプに分類される。表一に市販されている ROV とその仕様の例を示す。

観察用 ROV は出力が約 20 HP 以下で、画像による観測や簡易な計測（寸法等）、ダイバー支援に用いられる。軽作業用 ROV は出力が約 20～75 HP 程度で、簡易なマニピュレーター（ロボットアーム）を装備して、検査、観察のほか、簡易的な水中作業に用いられる。作業用 ROV は出力が 75～150 HP 程度で、強力なマニピュレーターを装備して掘削支援、施設の建設や修理作業、清掃、水中機器の操作等、さまざまな作業に用いられる。

近年 ROV に搭載するツールの開発が進んでおり、ROV による検査技術の向上、非破壊検査、また地質

表一 各種 ROV の区分一覧^{7)～9)}

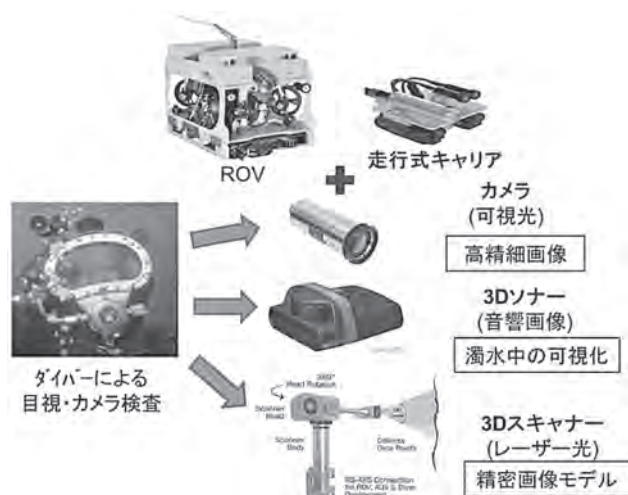
仕様・名称	Seabotix vLBV300	Falcon	Tiger	Triton XLX
メーカー	Teledyne Marine社	Saab Seaeye社	Saab Seaeye社	FET社
クラス	観察用 (Observation Class)	軽作業用 (Light Work Class)	軽作業用 (Light Work Class)	作業用 (Work Class)
参考写真				
駆動方式	電動	電動	電動	電動油圧
対応水深	300m	300m	1000m	4000m
本体サイズ (mm)	625x390x390	1000x500x600	1030x590x700	2180x3550x1800
ペイロード	8 kg	14 kg	32 kg	250kg
TMS	無し	無し	ケージタイプ	トップハット
主な用途	観察	調査 軽度な作業	調査 軽度な作業	深場での調査 パイプライン敷設等の建設支援

調査など多岐にわたり、以下のようにさまざまな分野で ROV が活用されている。

- ・検査・計測：外観（目視）検査，寸法・形状計測（採寸，形状画像等），非破壊検査（内部状況），物理値計測（電位，温度，塩分等）
- ・作業：ロボットアーム作業（取り付け，ボルト回し，切断等），サンプリング（土質，海水）

図－3 に従来潜水士が行ってきた目視や水中カメラによる構造物の外観検査を機械へ置き換えた場合の一例を示す。

写真－3 は ROV に搭載し光学カメラでは認識できない条件の水中で，探知範囲にある構造物や物体をリアルタイムに可視化する 2D イメージングソナーの例



図－3 潜水士業務の機械化の一例



写真－3 イメージングソナー¹¹⁾

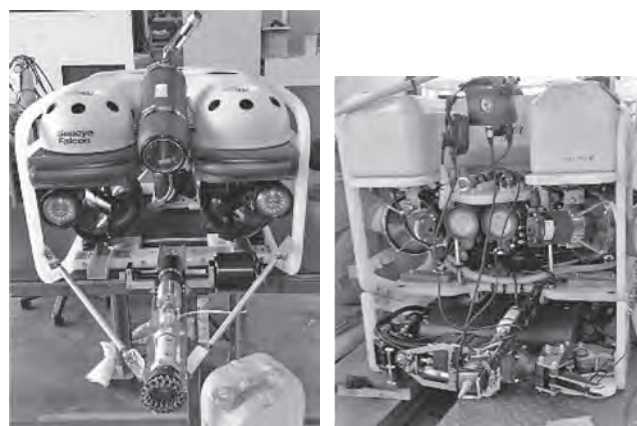
を示す。水中の明暗，透明度に左右されないため，ROV の水中作業効率を向上させる。

また，写真－4 に 3D スキャナーを使用し撮影したチェーンの精密デルを示す。

軽作業 ROV でも搭載可能で軽量のツールの開発も進んでおり，実施可能な作業が増えている。写真－5 に軽作業用 ROV に清掃ツール，電位測定用の端子を装着した状態を示す。



写真－4 3D スキャナーによる精密画像モデル²⁾



清掃ツールを装着した状態 電位測定用の端子を装着した状態
写真－5 ROV ツール²⁾

写真－6 に作業用 ROV に搭載した油圧トルク工具を使用し，サブシーパネルを操作しているイメージ図を示す。主に大水深の海底石油・ガス生産設備用いられており，施設は ROV のマニピレーターで操作できるように設計・製作されている。

(2) 水中専用機械

水中専用機械は個別の目的に応じて開発される機械を示し，ダム堤体，石油生産プラットフォーム，パイプラインなどを対象とし，建設・維持管理・解体等の用途に用いる。その事例を以下に紹介する。



写真-6 作業用 ROV 作業イメージ 10)

(a) 水中チェーンソー (写真-7)

岩盤、若しくはコンクリート等を、一自由面から切削する目的で開発されたダイヤモンドビット・ブロックチェーン回転式チェーンソーである。

ダムの改修工事等で既存構造物の切削が必要な場合に用いられる。



写真-7 水中チェーンソー 2)

(b) 水中ワイヤーソー (写真-8)

水中でコンクリートや鋼で構成される合成構造物を効率よく切断する目的で開発されたダイヤモンドワイヤービーズ回転式ワイヤーソーである。

鉄筋コンクリートやコンクリートコーティング鋼管などの切断に用いられ、やはりダムの改修工事等で既存構造物の切削が必要な場合に用いられる。



写真-8 水中ワイヤーソー 2)

(c) 沈木回収機 (写真-9)

シリンダーにより2本のアームが開閉することにより沈木を回収する。グラブバケットやクラムシェル沈木回収機が軽量であることからより小型のクレーンでの対応が可能となり作業範囲が広がっている。また、作動流体として水圧駆動にすることで水源の環境への影響も考慮されている。

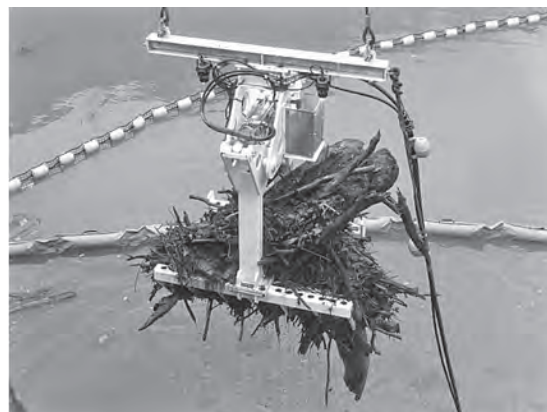


写真-9 沈木回収機 2)

(d) 水中クレーン (写真-10)

主に海に用いられる。船上で監視しながら、XYZの3軸方向の姿勢制御を行い、海底で揚貨作業を行う。着底している為、波浪の影響を受けにくく安定して緻密な作業を可能としている。

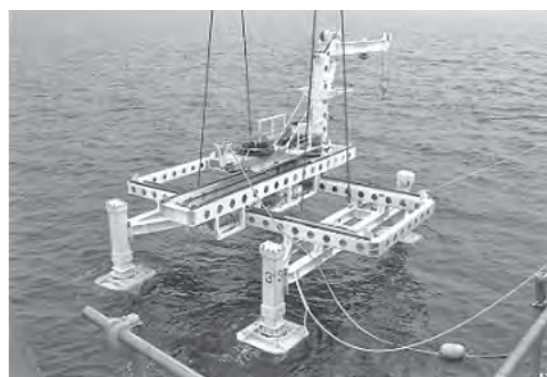


写真-10 水中クレーン 2)

(3) 機械化の課題

目視検査は最も基礎的な検査であるが、ダムでは水が濁っているのが通常で、視程が50 cm程度ということも珍しいことではない。その中でどのように対象物を効率的に観察するかが一つの課題となる。現在、ソナーが普及し対象物の可視化は可能になっている。しかし、3次元的な表示やリアルタイムでの表示はコスト等の面から汎用性はまだ十分ではない。

また機械制御や画像・映像等の情報の大容量化が求

められ、アンビリカルケーブルには光ファイバーによる水上との大容量有線通信を行っている。光ファイバーは周辺機器を含めると高額であり屈曲等の扱いにも注意を要する。また有線であるため、アンビリカルケーブルが構造物と接触したり、海上であれば船舶のスクリューへ巻込まれたりする恐れがあるため、今後制御・通信が無線化されることが望まれる。現在、水中無線通信技術の開発が進められているが、通信距離と容量の増大化が望まれる。

また、潜水士が現物に触れることで判断できる事象、例えばボルトのゆるみや物の硬さ・軟らかさなども有意義な情報となる。しかし、現在実用化されているマニピレーターでは指の開閉度合いなどから目視による判断しかできない。現場にいる人の触覚でしか得られない情報をリモート化するには、ハプティクス技術（触覚技術）を利用することでロボットアームでも潜水士同様、触覚により対象物の状況を推し量ることができる。この技術が水中で実用化されると動作状況の画像モニターでしか認識できない“手作業”を、安全な場所にいるオペレーターが肌感覚で対象物の状況を知ることに非常に役立つ。

このように緻密な作業を含む動作をリアルタイムで臨場感を持ってリモート操作できるような技術・装置が望まれる。

4. おわりに

ダム再生ビジョンにも書かれているように近年の我が国の厳しい財政状況や生産年齢人口の減少などの状況の中、トータルコストを縮減しつつ、既存ストックを有効活用することが重要となる。ダムの長寿命化、維持管理における高効率化・高度化、高機能化のための施設改良を行う際には陸上施設に対するのと同等の正確な検査、環境条件を克服して安全かつ効率的な施工を実現する必要がある。そのためにはリスクを回避しつつ効率を向上する機械と運用する人材が重要な要素となる。

ROV等の水中機械化技術開発はこれまで海洋石油・ガス開発や海洋調査の領域で発展してきているが、その適用対象は限られていた。しかし、この技術をベースに今後展開されるダム再開発へ、機械化作業の適用範囲が広がっていくことが予測され、今後のダム再開発に適した水中作業の機械化は欠かせないものになると見込まれる。本稿で紹介した事例はこれまでに開発されてきた一例であり、今後のニーズに合わせて、より良い技術と機械・装置が開発され実用化されることが望まれる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局 ダム再生ビジョン 平成29年6月
- 2) アジア海洋㈱
- 3) DMR (Ship Repair Technical Supply & Services Trade Co. Ltd) [https://dmrshipping.com/diver inspection, underwater repairs-cleaning-recording](https://dmrshipping.com/diver%20inspection,%20underwater%20repairs-cleaning-recording)
- 4) TWI Ltd. CSWIP 3.4U Underwater Inspection Controller DIS4
- 5) Cygnus 社 <https://www.smp-ltd.com/shop/cygnus-instruments-cygnus-1-underwater-digital-thickness-gauge/>
- 6) Yong Bai (著), Qiang Bai (著) 尾崎 雅彦 (翻訳) サブシー工学ハンドブック サブシー構造物と機器
- 7) Teledyne marine 社 <http://www.teledynemarine.com/seabotix>
- 8) SAAB SEAEYE 社 <https://www.saabseaye.com/>
- 9) Forum Energy Technologies 社 <https://fe-t.com/subsea/vehicles/work-class-rovs/>
- 10) Oceaneering 社 <https://www.oceaneering.com/well-intervention/>
- 11) TELEDYNE MARINE 社 Marine Technology Products and Solutions-Teledyne Marine

【筆者紹介】

北詰 哲朗 (きたづめ てつろう)
アジア海洋㈱



谷口 一平 (たにぐち いっぺい)
アジア海洋㈱



|| 投稿論文 ||

無人化施工における施工効率低下要因の検討

橋本 毅¹・山内 元貴²・山田 充²・油田 信一³

¹正会員 国立研究開発法人土木研究所主任研究員 技術推進本部 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)
E-mail: t-hashimoto@pwri.go.jp

²正会員 国立研究開発法人土木研究所研究員 技術推進本部 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)
E-mail: yamauchi-g573bs@pwri.go.jp

E-mail: m-yamada@pwri.go.jp

³芝浦工業大学客員教授 SIT 総合研究所 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)
E-mail: yuta@ieee.org

近年我が国では様々な災害が多く発生している。これら災害発生後に行われる復旧工事は、2次災害の危険がある場所での施工になる場合が多い。そこで、遠隔操作ができる建設機械を用い、危険地域から離れた安全な場所からオペレータが操作を行う「無人化施工」が日本独自の手法として開発されている。しかし、無人化施工は通常施工と比較して施工効率が低下するといわれており、無人化施工の導入を促進し、災害復旧工事を安全かつ迅速に完了させるためには、施工効率を改善することが必要とされている。

施工効率改善のための研究開発を推進するためには、無人化施工における施工効率低下原因を明確にし、その原因に対処するための研究開発にリソースを注力することが重要であると考えられる。しかしながら、低下原因を定量的に検証した研究はこれまで行われていない。

そこで本研究では、無人化施工時の施工効率低下原因を把握することを目的として、実際の遠隔操作建設機械を用いた実機実験による検討を行った。

キーワード: *unmanned construction, remote control, construction equipment, working efficiency*

1. はじめに

近年我が国では、豪雨による土砂災害、地震災害、火山災害等が多く発生している。これら災害発生後に行われる復旧工事は、2次災害の危険がある場所での施工になる場合が多い。そこで安全に復旧工事を行うため、遠方より遠隔操作ができる建設機械を用い、危険地域から離れた安全な場所からオペレータが操作を行う施工方法が開発されている(図-1)。この施工方法は日本で独自に開発されたと言われており¹⁾、「無人化施工」と呼ばれている。初めは1969年の常願寺川応急復旧工事より導入が開始され、1993年に開始された「雲仙普賢岳無人化施工試験工事」を契機に大幅に発展し、実用的な施工手法として確立された。その後、有珠山噴火、新潟県中越地震、東日本大震災、紀伊半島大規模土砂災害、熊本地震などの災害現場で導入され、国内にて200件近くの導入実績がある^{2)~6)}。

しかし、一般的に無人化施工は通常施工と比較して施工効率が低下するといわれており⁶⁾、茂木らにおける定量的な研究成果でも、遠隔操作時の施工効率は搭乗操作の約45%程度であることが示されている⁷⁾。無人化施

工の導入を促進し、災害復旧工事を安全かつ迅速に完了するためには、無人化施工の施工効率を改善することが必要である。

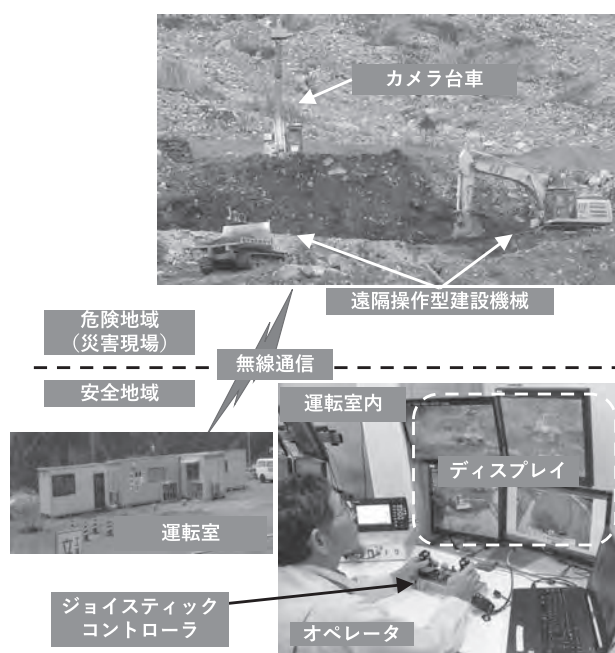


図-1 無人化施工概要

施工効率改善のための研究開発を推進するためには、無人化施工における施工効率低下原因を明確にし、その原因に対処するための研究開発にリソースを注力することが重要であると考えられる。しかしながら、施工効率低下の原因を発表論文数やオペレータへのヒアリングにて把握した例はあるが⁸⁾、低下原因を定量的に検証した研究はこれまで行われていない。

そこで本研究では、無人化施工時の施工効率低下原因を把握することを目的として、実際の遠隔操作建設機械を用いた実機実験による検討を行った。

2. 実験概要

遠隔操作が搭乗操作と比べ施工効率が低い原因は、オペレータが搭乗操作時と異なる環境で操作していることにあると考えられる。

現在一般的な無人化施工における遠隔操作は図-1に示すように、運転建屋内で、遠隔操作のジョイスティックコントローラを用い、操作する建設機械に搭載されたカメラ(以下車載カメラ)および作業状況全体を見れる位置に設置したカメラ(以下外部カメラ)などの複数の映像をディスプレイにて視覚し操作している。したがって、搭乗操作時との相違点は大きく分けて下記の3点であると考えられる。

1) 周辺状況把握のための視覚情報の相違

搭乗操作時：建設機械運転席からの直接目視にて周辺状況を把握する

遠隔操作時：車載カメラ映像および外部カメラ映像をモニタにて周辺状況を把握する

2) 操作インターフェース(以下操作IF)の相違

搭乗操作時：建設機械運転席に設置されている操作レバーにて操作する

遠隔操作時：遠隔操作ジョイスティックコントローラ(以下JS)にて操作する

3) 体感情報の相違

搭乗操作時：機体の傾き、振動、エンジン音などを体感できる

遠隔操作時：上記情報を得ることができない

これまでの先行研究では^{1), 7), 9)~11)}、様々な施工効率低下要因が挙げられている。代表的なものを例示し、上記1)~3)に分類すると表-1のようになる。

本実験では、搭乗操作環境から遠隔操作環境へ向け、上記の相違点の一つずつ変化させていき、各条件で同様のタスクを行いその完遂時間を比較することで、どの相違点が施工効率低下に最も寄与しているかを明らかにすることを試みた。

表-1 先行研究にて挙げられた施工効率低下要因例

先行研究にて挙げられた要因例	本研究の分類
カメラ映像の遅延	1)
カメラ映像の解像度不足	
カメラ映像の奥行き感不足	
カメラ映像の画角不足	
操作レバーが短い	2)
操作レバーの反応が異なる	
音や振動などのフィードバックが異なる	3)

表-2 油圧ショベル仕様

外観	
型式	HITACHI ZX120
運転質量	12,000 kg
バケット容量	0.5 m ³

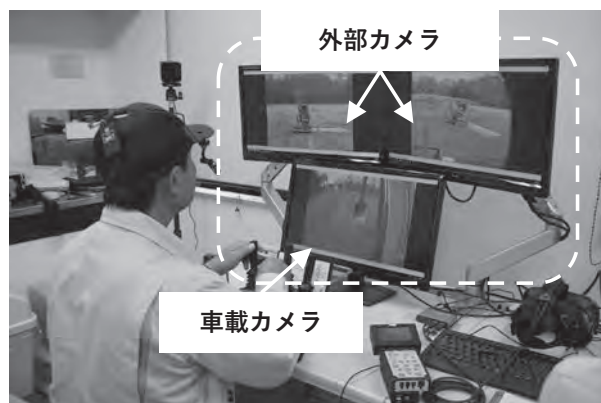


図-2 遠隔操作実験環境

実験は土木研究所が保有する搭乗操作も可能な遠隔操作型油圧ショベル(表-2)を用い、目標となる遠隔操作環境は、図-2に示す一般的な無人化施工と同様なものとした。

搭乗操作から図-2に示す遠隔操作へ操作環境を変化させていく場合、施工効率への影響要因を明確にするためには各変化を最小限にする(例えば、操作IFの変化のみにする)ことが重要である。そのため本実験では、参考文献12)にて開発したHMDと、参考文献13)にて開発した運転席型遠隔コントローラを活用し、各変化を最小限にするよう工夫した。HMDは、装着することで図-2の3つのディスプレイを同等の大きさ、位置に見えるように設定している(図-3)。また、運転席型遠隔コ

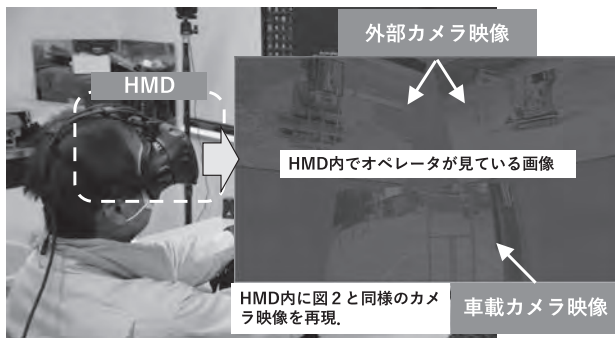


図-3 HMD システム



図-4 運転席型遠隔コントローラ

表-3 比較実験を行った操作環境の条件

実験条件	① 搭乗	② 搭乗+HMD	③ 操作室+HMD +運転席型	④ 操作室+ディスプレ イ+運転席型	⑤ 操作室+ディスプレ イ+JS
操作IF	運転席レバー	運転席レバー	運転席レバー	運転席レバー	JS
視覚情報	運転席から直接目視	カメラ映像 (HMD)	カメラ映像 (HMD)	カメラ映像 (ディスプレイ)	カメラ映像 (ディスプレイ)
体感情報	有	有	無	無	無
↑ 視覚情報の相違 ↑ 体感情報の相違 ↑ 画像表示の相違 (HMD or ディスプレイ) ↑ 操作IFの相違					

ントローラは、表-2に示した油圧ショベルの運転席および操作レバーと同一のもので構成され、それらを用いて遠隔操作ができるようになっている(図-4)。表-3に比較実験を行った操作環境の条件を示す。実験条件①・②間では視覚情報のみ、②・③間では体感情報のみ、③・④間では画像情報のみ、④・⑤間では操作IFのみが異なっており、HMDと運転席型遠隔コントローラを活用することで、前述の1)～3)の相違に加え、画像表示の相違の実験条件変化をつくり出すことができた。また、HMDと運転席型遠隔コントローラ以外の実験に使用した機器を表-4に示す。現在一般的に無人化施工にて使用されている機器は、表-4に示す機器と技術レベルはほぼ同等であるため、本実験にて現在の無人化施工効率低下原因を把握可能である。なお、HMDはオペレータによっては後述のように測定困難となる場合があるため、実験実施は慎重に行った。

実験を行ったオペレータを表-5に示す。本研究では、今後無人化施工を広く普及するために、無人化施工の経

験のないオペレータが初めて無人化施工を実施した場合の施工効率低下原因を把握することを目的とし、オペ

表-4 実験機器

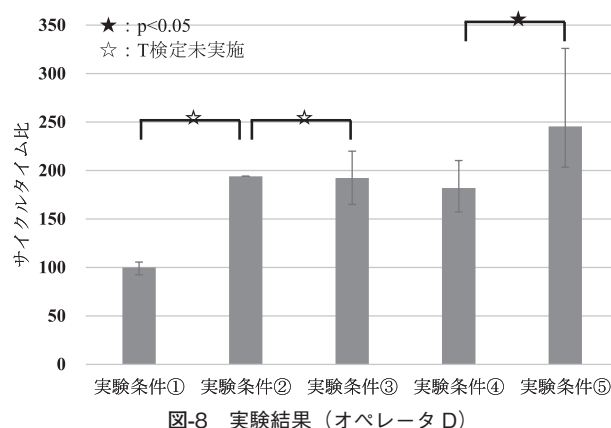
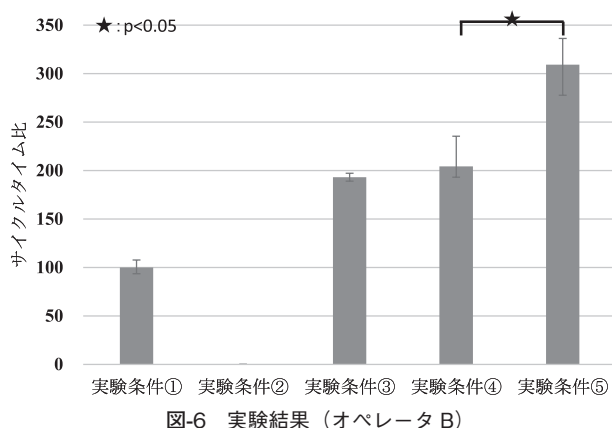
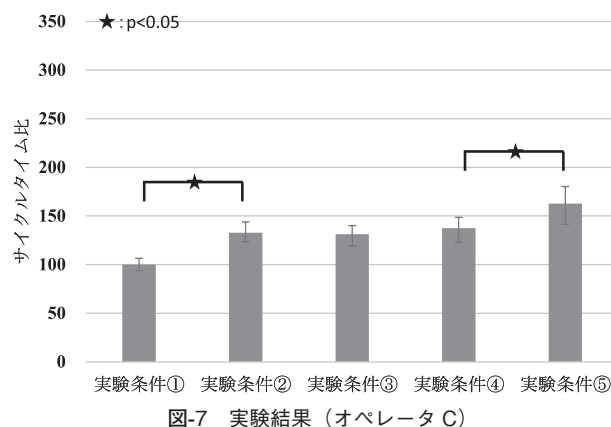
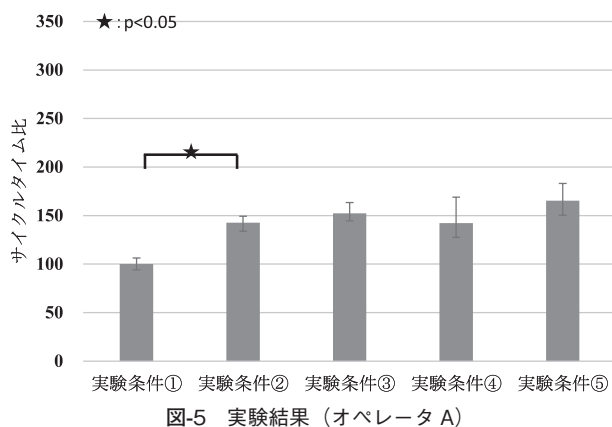
名称	型式
車載カメラ	AXIS Q1615-MKII
外部カメラ (2台)	AXIS Q6155-E
無線LANアクセスポイント	icom SE-900
ディスプレイ (3台)	iiyama X2382HS
JS	日立建機純正 特定小電力無線

表-5 オペレータ

	年齢	経験年数
オペレータ A	49	24
オペレータ B	64	30
オペレータ C	65	20
オペレータ D	64	44

表-6 実験結果 (サイクルタイム平均 (秒))

	実験条件①	実験条件②	実験条件③	実験条件④	実験条件⑤
オペレータ A	166	237	253	236	274
オペレータ B	161	—	310	328	497
オペレータ C	203	270	267	279	331
オペレータ D	184	358	355	336	453



レータは日常的に油圧ショベルの運転を行っているが無
人化施工の経験はない4名を選定した。

また、搭乗操作、JS、運転席型コントローラのレバー
操作パターンは、すべてのオペレータが日常的に操作し
ているパターン(通称日立パターン)とした。

各条件にて実施するタスクは、茂木らが参考文献14)
にて提案したモデルタスクⅡ(油圧ショベルによる走
行、対象物把持、対象物移動、対象物設置、を行う一連
のタスク)とした。オペレータは各条件において本モデ
ルタスクを練習2回、本番5回の計7回行い、本番のタ
スク完遂時間(以下サイクルタイム)を計測した。

3. 実験結果

各実験条件における5回のサイクルタイム平均を表-6
に示す。サイクルタイムはオペレータによって差がある
ため、各データを実験条件①(搭乗操作)5回のサイクル

タイム平均を100とした値(以下サイクルタイム比(%))
で表したものを図-5～8に示す。ここで、オペレータ
Bの条件②では、HMD装着に強い違和感を覚えたため
データは取得できなかった。また、オペレータDの条
件②では、同様の理由で実験回数が1回しか実施できな
かったため、1回のデータのみで表している。また実験
条件の相違によるサイクルタイム比の差が有意であるか
サイクルタイム5回分のデータを用いてt検定を行い、
有意確率pが0.05より小さい場合は有意差があるとし、
グラフに★印を追記した。ただしオペレータDの条件
①②間、および②③間は、上述の通り条件②のデータが
1つしかないため、t検定を行っておらず、グラフに☆
印を追記している。図-5～8によると実験条件⑤のサ
イクルタイム比の平均は220.6であり、実験条件①(搭
乗操作)に対する施工効率は約45%となっている。これ
は先行研究7)の結果と一致している。

さらに実験条件間のサイクルタイム比の差を表-7に

表-7 サイクルタイム比の差 (%)

実験条件	①→②	②→③	③→④	④→⑤
相違点	視覚情報の相違	体感情報の相違	画像表示の相違	操作 IF の相違
オペレータ A	42.6 ★	9.7	-10.1	23.1
オペレータ B	-	-	11.2	104.8 ★
オペレータ C	32.8 ★	-1.5	6.2	25.3 ★
オペレータ D	94.1 ☆	-1.7 ☆	-10.3	63.5 ★

示す。数値が正の場合はサイクルタイムが増加している、すなわち施工効率が低下していることを表しており、逆に数値が負の場合は施工効率が向上していることを表している。またグラフと同様に有意差がある環境間には★印をつけている。

4. 施工効率低下原因の検討

表-7 より、各操作環境の相違が本実験条件において施工効率低下にどのように影響しているか検討を行った。

1) 視覚情報の相違(実験条件①→②)

表-7 によると、データが取得できた3名中t検定を実施できた2名のオペレータにおいて、視覚情報の相違によるサイクルタイム比の変化に有意差がありその値は増加している(約33～43%)。また残り1名のデータにおいても、サイクルタイム比の差は大きく増加していることがわかる(約94%)。このことから視覚情報の相違は施工効率低下の要因であると考えられる。

2) 体感情報の相違(実験条件②→③)

表-7 によると、データが取得できたオペレータ3名中2名では体感情報の相違によるサイクルタイム比の差に有意差があるとは言えない。残り1人においても、そのサイクルタイム比は減少、すなわち施工効率は改善しており、かつその差は非常に小さいことがわかる(約2%)。このことから体感情報の相違は施工効率低下の大きな要因ではないと考えられる。

3) 画像表示の相違(実験条件③→④)

表-7 によると、すべてのオペレータにおいて画像表示の相違によるサイクルタイム比の差に有意差があるとは言えない。このことから画像表示の相違は施工効率低下の大きな要因ではないと考えられる。

4) 操作 IF の相違(実験条件④→⑤)

表-7 によると、オペレータ4名中1名では操作 IF の相違によるサイクルタイム比の差に有意差があるとは言えないが、他すべてのオペレータにおいて、操作 IF の相違によるサイクルタイム比の変化に有意差がありその値は増加をしている(約25～105%)。この

ことから操作 IF の相違はオペレータによっては施工効率低下の大きな要因であると考えられる。

上記1)～4)の検討により、無人化施工による施工効率低下の大きな要因は、視覚情報の相違と操作 IF の相違であると言える。

次にどちらの方がより影響が大きいか検討する。表-7 によると、視覚情報の相違と操作 IF の相違の両方のデータが取得できた3名のオペレータにおいて、視覚情報の相違によるサイクルタイム比の差の方が操作 IF の相違によるものより若干大きい。従って、視覚情報相異の影響の方が大きいと考えられる。

5. おわりに

無人化施工における施工効率低下要因について検討するため、搭乗操作環境から遠隔操作環境へ向けて、相違点の一つずつ変化させていき、各条件で同様のタスクを行いその完遂時間を比較することで、どの相違点が施工効率低下に最も寄与しているかを明らかにすることを試みた。この実験結果から、以下の点が明らかとなり、無人化施工施工効率低下要因の把握に一つの解答を得ることができた。

- (1)無人化施工時の施工効率低下の大きな要因は「周辺状況把握のための視覚情報の相違」「操作 IF の相違」の2つである。
- (2)「周辺状況把握のための視覚情報の相違」「操作 IF の相違」では前者の方が施工効率への影響が若干大きいと考えられる。
- (3)「体感情報の相違」「画像表示の相違」は施工効率低下の大きな要因ではない。

上記(1)～(3)の結果は、モデルタスクのような油圧ショベルによる掘削作業のみにおけるものであり、他の作業、例えば不整地での走行や、ブレーカによる破碎作業などの施工においては、機体の傾きや音、振動などの体感情報が重要となる可能性がある。これについては今後さらなる様々な施工条件での検討を行いたい。

また今回の実験では、表-3 に示す実験条件①～⑤の実施順番はすべてのオペレータで同一であった。順番を

変化させることによる影響も今後検討を行いたい。

無人化施工は災害に対応するのみではなく、通常の施工現場でも活用することで、オペレータの働き方改革や昼夜作業による生産性向上にも資する技術として期待される。そのためには施工効率の改善は必須であり、今後さらなる研究を進めていきたい。

参考文献

- 1) 古屋弘, 栗生暢雄, 清水千春: 3D 画像と体感型操縦を用いた「次世代無人化施工システム」, 大林組技術研究所報, No.76, pp. 1-10, 2012.
- 2) 藤野健一: 無人化施工の現状と展望 – 技術開発状況と今後の展開について, 建設機械, Vol.39, No.3, pp. 1-6, 2003.
- 3) 山元弘: 建設工事における無人化施工, 建設マネジメント技術, No.349, pp. 17-22, 2007.
- 4) 建設無人化施工協会技術委員会: 雲仙普賢岳火山砂防事業における無人化施工の最新技術, 建設の施工企画, No.740, pp. 48-52, 2011.
- 5) 植木陸央, 猪原幸司, 北原成郎: 「無人化施工」による災害復旧と今後の取り組みについて, 建設マネジメント技術, No.421, pp. 45-53, 2013.
- 6) 新田恭士: 災害復旧に貢献する無人化施工技術, 土木技術, Vol.67, No.4, pp. 16-23, 2012.
- 7) 茂木正晴, 藤野健一, 油田信一: 無人化施工におけるヒューマンインターフェースの作業効率評価, 日本ロボット学会誌, Vol.33, No.6, pp. 426-429, 2015.
- 8) 山口崇, 吉田正, 石松豊: 遠隔操作におけるマンマシンインターフェースに関する実態調査, 土木学会第 59 回年次学術講演会概要集, Vol. 59, pp. 373-374, 2004.
- 9) 伊藤禎宣, 坂野雄一, 藤野健一, 安藤広志: 無人化施工において遠隔操作の映像環境が作業効率へ与える影響について, 土木学会論文集 F3, Vol. 73, No. 1, pp. 15-24, 2017.
- 10) 伊藤卓正, 辻敏夫, 栗田雄一, 佐伯誠司, 山崎洋一郎: 座席振動フィードバックを用いた油圧ショベル遠隔操作システム, ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集 2018, 2A2-B03, 2018.
- 11) 植弘隆, 松井宗廣, 溝口裕也, 五十嵐勇気, 田村圭司, 前田昭浩, 水田貴夫, 松尾陽一: 砂防工事における無人化施工の実態と課題について, 平成 23 年度砂防学会研究発表会概要集, pp. 482-483, 2011.
- 12) 橋本毅, 山内元貴, 新田恭士: 無人化施工の迅速展開に向けた頭部装着型ディスプレイの活用について, 土木技術資料, Vol.61, No.12, pp. 24-27, 2019.
- 13) 茂木正晴, 西山章彦, 橋本毅, 藤野健一, 油田信一: 油圧ショベルの遠隔操作における視覚及び操作系インターフェースの違いによる作業効率の向上について, 第 16 回 建設ロボットシンポジウム論文集 (CD-ROM), O6-4, 2016.
- 14) 茂木正晴, 油田信一, 藤野健一: 油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案, 建設機械施工, Vol.66, No.8, pp. 71-79, 2014.

(2021.9.10 受付, 2022.2.27 採用決定)

STUDY ON CAUSES OF DECREASED CONSTRUCTION EFFICIENCY IN UNMANNED CONSTRUCTION SYSTEM

Takeshi HASHIMOTO¹, Genki YAMAUCHI²,
Mitsuru YAMADA², and Shinichi YUTA³

¹ Senior Researcher, Advanced Technology Research Team, Public Works Research Institute

² Researcher, Advanced Technology Research Team, Public Works Research Institute

³ Guest Professor, SIT Research Laboratories, Shibaura Institute of Technology

In recent years, many disasters have occurred in Japan. Restoration work performed after these disasters may be executed in extremely dangerous places where there is a risk of a secondary disaster. Therefore, “unmanned construction”, in which the operator operates from a safe area away from the dangerous area using a construction machine that can be operated remotely, has been developed as a unique method in Japan. It is said that unmanned construction is generally low efficiency construction so an improvement of efficiency has been needed.

In order to efficiently promote the improvement of construction efficiency, it is important to clarify the cause of the decrease in construction efficiency in unmanned construction and to focus resources on research and development to deal with the cause.

So, in this study, Therefore, in this study, in order to understand the cause of the decrease in construction efficiency during unmanned construction, we conducted an examination by an actual machine experiment using an actual remote-controlled construction machine.



清流四万十川のシンボル「岩間沈下橋」のV字崩壊から復活までの取り組み インフラメンテナンス大賞（国土交通大臣賞）の受賞

森 山 崇・山 崎 剛

四国最長 196km を誇る四万十川は、流域が国の「重要文化的景観」として選定され、その構成要素として沈下橋が大自然に溶け込む風景が広がる。四万十川に架けられている沈下橋のうち、全体の風景が最も美しいと言われている岩間沈下橋は、2017 年 11 月に橋脚が沈下し路面が V 字に陥没した。早期復旧を望む地域住民やサポーターから寄付金等を募り、メンテナンス事業に活用した。また、地域住民が主体となり、交流活動拠点「岩間四万十茶屋」を整備、川とともに生きる文化の継承と景観や環境を守る活動を行っている。

本稿では、岩間沈下橋の沈下発生から 3 年 5 カ月ぶりに全面開通に至るまでの橋梁メンテナンスの取り組みについて報告する。

キーワード：沈下橋、メンテナンス、景観保全、義援金、ふるさと納税、交流拠点整備

1. はじめに

「日本最後の清流」と呼ばれる四万十川を財産に生きてきた四万十市は、川と人との近い暮らしがある独特の地域であるとともに、環境社会のなかで大きな責任を担っている。四万十川の代名詞である沈下橋は、地域住民の日常に欠かすことのできない生活道路であるとともに、文化的景観の重要な構成要素となり、沈下橋が大自然に溶け込む美しい風景を一目見ようと多くの観光客が訪れる貴重な観光資源となっている。

岩間沈下橋は、観光スポットとして最も人気の高い沈下橋だが、度重なる洪水の損傷により 2017 年 11 月に橋の一部が V 字に崩壊した（写真—1）。地域住民の生活といつまでも変わらない自然風景を守るため、1 日も早い復旧が求められた。復旧にあたっては、岩間沈下橋のメンテナンスを支える活動として、全国からの寄付金やふるさと納税を募り、沈下橋のメンテナンス費用に充てることでインフラ機能の維持に繋げて

いる。また、景観に配慮した復旧工法の採用、地域が主体となった交流拠点・観光施設の整備、地域協働での維持管理体制の構築、沈下橋の現状やメンテナンスの取り組みに係る情報発信など、本市として注力してきたインフラ機能の維持に貢献する活動を報告する。

2. 岩間沈下橋の概要

岩間沈下橋（正式名：岩間大橋）は、高知県四万十市の四万十川上流に架かる 9 つの沈下橋の 1 つである。台風や大雨で増水することの多い四万十川において、増水時に水面下に沈むように設計された橋梁で、欄干を設けず流水の抵抗を受けにくくしているのが特徴である。

場 所：高知県四万十市西土佐岩間

施 設：市道岩間茅生（かよう）線 岩間大橋（岩間沈下橋）

橋 長：L=120.0 m（10 径間）

幅 員：W=3.5 m

上部工形式：プレテンション方式 PC 単純床版橋

下部工形式：鋼管パイルベント橋脚（突出式）

架設年：昭和 41 年（1966 年）

設計荷重：TL-6 相当

《経 過》

2017. 11 月 橋脚の沈下発生【全面通行止め】
水中部の緊急調査



写真—1 身近で貴重な資源の崩壊

2018. 03 月～ 緊急応急対策の実施
 2018. 04 月～ 補修設計、関係機関協議
 2019. 11 月～ 撤去および補修工事開始
 2020. 03 月 新たに橋脚の沈下発生
 2020. 05 月 橋脚の応急対策完成
 ～ 2021.04 月末 すべての工事完了【全面開通】

3. 復旧費と継続的な維持費の確保

重要な生活インフラかつ観光資源である岩間沈下橋の早期復旧には、復旧費と継続的な維持費の財源確保が必要であるとともに、地域住民の想いや景観の保全を取り組みに反映するなど重要な課題があった。重要文化的景観活用計画検討会での専門家の意見を踏まえ、景観に配慮した復旧工法（極低周波渦電流検査：水中でも高速で板厚計測ができる、鋼製当て板工法：近景でも橋脚の補修跡が目立たない等）が検討された（写真－2～5）。

V字に崩壊した橋を市長が支える画像とともに沈下橋のメンテナンスを支えるモデル的取り組みとして積極的に情報発信したことで、地域や全国の様々な分野のサポーター獲得に繋がった（写真－6）。

地元商工会（経済団体）では、早期復旧を祈念したチャリティーTシャツとタオルを販売する活動を通



写真－4 全ての橋脚を調査



写真－5 併せて断面欠損部はグラウトを注入し応急対策

**四万十川の沈下橋が...！ 早期復旧を目指して
皆様からのご支援・応援をお願いします！！**



写真－6 寄付金、ふるさと納税を全国へ募集



写真－2 重要文化的景観活用計画検討会における文化や景観を保全する最適工法の検討



写真－3 鋼製当て板工法の採用



写真－7 チャリティーグッズの販売

じて、早期復旧を望む地域住民やサポーターからの支援を募り、売り上げの一部がメンテナンス事業に活用された（写真－7）。また、NHK 紅白歌合戦の出場経験を持つ高知県出身の演歌歌手・三山ひろし氏（本市観光大使）に支援活動の広告塔となって頂いたこと

で、ファンの募金・支援金，サポーターとなって頂いた企業・団体，個人からの寄付金やふるさと納税が全国から集まり，更なる財源確保に繋がった。

4. 交流拠点を整備し，沈下橋の現状やインフラメンテナンスの必要性を広く発信

中山間地域である岩間沈下橋周辺では，沈下橋や四万十川観光といった地理的好条件を活かした地域づくりを住民自ら進めるため，地域住民が主体となり，四万十川と岩間沈下橋の風景が一番に展望できる空間整備を行ったことで，国道 441 号沿いの新たな観光名所となっている。今では岩間沈下橋を見下ろせる休憩施設として，地域の交流拠点となる「岩間四万十茶屋」，観光シーズンにも対応可能な「駐車場」，沈下橋を復旧する際に再利用した「床板ベンチ」，高知県出身の演歌歌手・三山ひろし氏の楽曲『四万十川』の「歌碑」と「演奏装置」などが整備された（写真—8,9）。

これら交流拠点においては，生涯学習として四万十川や岩間沈下橋の現状や四万十川の観光情報を積極的に発信すること，また，三山ひろし氏が歌う『四万十

川』の「歌碑」や「演奏装置」を設置し多くの方に PR することで，沈下橋のインフラメンテナンスの必要性を広報する役割を担っている。今後，「岩間四万十茶屋」を拠点にメンテナンスを踏まえた沈下橋の変遷について，ガイド講習を実施し住民自らが来訪者に説明できるような仕組みづくりなど，地域とともに継続した取り組みを進めていく予定である。

5. 新たな維持管理体制の構築

沈下橋の復旧を機に 5 年に 1 回の定期点検のなかで，独自に橋脚等の水中調査の義務付けを行った。また，今回のメンテナンス事業を通じて，地域住民と日頃の維持管理における重要性を共有できたことにより，地域住民や「岩間四万十茶屋」に常駐する管理人などが，日常生活の中で沈下橋を確認し，些細な異常でも道路管理者（市産業建設課）へ報告して頂くなど，橋の現状を迅速かつ適正に把握することが可能になった（写真—10）。今後も，このような取り組みを継続し，多様な主体による維持管理体制の構築に努めていく所存である。



写真—8 景観を活かしたふるさと継承の拠点づくり



写真—10 交流・情報発信拠点 岩間四万十茶屋



写真—9 「四万十川」歌碑，演奏装置を設置

6. 景観地域づくり分野への波及

2020 年 10 月に本市で開催された全国景観会議全体研修会（国土交通省及び地方整備局ほか都道府県より景観地域づくり分野の約 80 名の実務担当者が参加）において，沈下橋の景観に配慮した復旧工法の採用や橋梁メンテナンスを支える活動を景観地域づくり分野における好事例として紹介させて頂いた（写真—11）。



写真—11 全国景観会議全体研修

7. インフラメンテナンス大賞への応募

沈下橋の早期復旧に対する地域の想い及びメンテナンスを支える活動を全国に届けるべく、インフラメンテナンス対象への応募を行った。令和3年度で5回目となる今回、メンテナンス実施現場における工夫、メンテナンスを支える活動、技術開発の3部門で247件の応募があり、各大臣賞、特別賞、優秀賞の33件が決定した。このうち、岩間沈下橋の本取組みが、メンテナンスを支える活動部門で国土交通大臣賞を受賞した。四万十川の景観に配慮した復旧工法を選定するなどの工夫を行った点、行政だけでなくこの橋を愛する地域と全国サポーターが一丸となり、市民活動や人材育成等のインフラ機能の維持に貢献した点などを評価して頂いた（写真—12）。



写真—12 第5回インフラメンテナンス大賞の表彰式

8. おわりに

復旧が完了した岩間沈下橋が2021年4月29日より3年5か月ぶりに全面開通となった。この日を待ち望んでいた関係者の皆さまには、早期復旧にかける思いとともに、多大なご支援を頂き、心から感謝申し上げます。

「地域の生活道としての機能を確保すること」、「昔から変わらない、沈下橋が四万十川の大自然に溶け込む美しい風景を守ること」、「川とともに生きるまちとして歴史と文化を継承すること」を使命に、今後も貴重な財産、皆さまから愛される沈下橋として、後世に残す活動に取り組んでいく所存であり、引き続きのご支援、ご協力をお願いします。



写真—13 地域や全国サポーターの想いを乗せた事業が完了

J C M A

【筆者紹介】

森山 崇（もりやま しゅう）
四万十市
副市長



山崎 剛（やまさき たけし）
四万十市
西土佐総合支所・産業建設課
管理土木係長



ずいそう

永良部リリーを訪ねて

淵 山 省 三



沖縄返還を2か月後に控えた昭和47年3月、沖永良部島への気楽な一人旅に出かけました。沖縄返還前の日本の最南端は与論島、その北にあるのが沖永良部島で、当時若者の間で人気の島でした。夕方、鹿児島港から貨客船にりましたが客船といってもほとんどが貨物で家畜のおいも漂っています。客室（雑魚寝部屋）の枕元には洗面器が並んでおり、東シナ海に出たところから当然のようにこの洗面器のお世話になりました。

翌朝、島の南東部に位置する知名港に入港しましたが、接岸できる岸壁がないため舢舻^{はしけ}に乗り換えて上陸しました。幸い天気良かったので経験しませんでした。雨の日はブルーシートをすっぽりかけられるそうです。

栈橋のすぐ横の坂を50mほど登った右側の小高い場所に予約した民宿が見えました。宿に入った瞬間、宿のおかみさんが血相を変えて私のジャンパーを指さし、「すぐに脱いで、島を出るまで決して着ないように」ときつく注意されました。上野のアメ横で手に入れた米軍放出品のジャンパーで、階級章や所属部隊名などはすっかり取り外されているのですが、背中に蛍光塗料を塗りこんだ大きな十字マークが入っていました。島内に米軍のレーダー基地がありヘリポートが併設されていたのですがその誘導員が着用しているジャンパーにそっくりだったので無用のトラブルを避ける必要があったのです。

沖永良部島は鹿児島市から南へ552km、周囲55.8km、面積93.8km²の隆起サンゴ礁の島で、車だと半日もあれば一回りできるほどの広さです。当時はレンタカーもありませんでしたので民宿の息子さんがバイクで島内を案内してくれました。

- ・田皆岬（写真—1）…島の北西部にある断崖で、国会議事堂や皇居にも用いられたトラバーチン（大理石の一種）の碎石場（跡）があります。
- ・暗川^{くらこう}…地下河川が流れる石灰岩洞穴（写真—2）で、狭い穴を20mほど下ると幅2mほどの川が流れています。（ここは今でも地元の大切な水源です。）
- ・昇竜洞…昭和39年に発見された鍾乳洞で当時はほとんど整備されてなく、入り口を覗く程度でした。



写真—1 田皆岬

写真—2 ^{くらこう}暗川入り口

・フーチャ…島の北海岸特有の絶壁が浸食された潮吹き洞窟。台風時には70mも潮を吹き上げるそうです。……等々……

一日もあれば回れる小さな島ですので、特にやることもなく、波に侵食されて芸術的？な形をした奇岩と白い砂の浜辺にぼんやり座って、遠くでアオサを取っているおばあさんを眺めていましたが、島の言葉を教えてほしいくなり、そのおばあさんに教わった言葉「ワヌ、ウラァ、シキヤシガ、ワァ〜ツジ、ナラジェ？」（私はあなたを好きだ。私の嫁になってくれないか）

いよいよやる事がなくなり、民宿のご主人と契約して船が着くたびに宿の旗をもって波止場に立つアルバイトを始めました。報酬は夕飯とパイアの味噌漬けを肴に飲む黒糖酒です。この時飲んだ黒糖酒の名前が「永良部リリー」です。

沖永良部島では百合の花（永良部ゆり 和名テッポウユリ）の栽培が盛んです。

2週間後に再びあの貨客船に乗って鹿児島港に戻りました。帰りは波も穏やかで、洗面器のお世話になることもありませんでした。

令和4年は沖縄返還50周年、私が沖永良部島を旅して50年がたったこの年の3月、再び沖永良部島を訪れました。那覇空港からターボプロップ機ATR42-600（48人乗り、写真—3）で約1時間弱の旅です。この機種は座席の一例目が対面シート（客同士が向き合う）になっていて、ここに座ると離着陸時に通常とは逆のGを経験できます。



写真—3 ターボプロップ機

和泊港に隣接したホテルに宿泊しましたが、港湾設備が立派に整備されて、当時はきれいな砂浜があった場所もすっかりコンクリートで覆われていました。

今回は明確な目的をもった二泊三日の夫婦旅です。一つは思い出の地をたどること。もう一つ主な目的は「永良部リリー」を探すことです。（ネット上では見つけることができませんでした）

飛行機の都合上、島内をめぐるのは2日目だけしかできません。見るべき場所は事前に調べてあるので、現地で調べることは「永良部リリー」の消息です。

夕食を取った居酒屋で聞いたところ、現在3つの酒造会社がありそうです。黒糖酒のメニューに「永良部リリー」の名はありませんでしたが、「天下一」という勇ましい(?)黒糖酒がありました。明日はまずこの酒造会社を訪ねることにしました。

翌朝、ホテルで手配したレンタカーで思い出巡りに出かけました。国頭小学校の校庭にある樹齢123年の日本一のガジュマル（写真—4）を見て、50年前とは逆のコースで島内をめぐるしました。道路はすっかり舗装され、平成29年に奄美群島国立公園に指定されたこともあり、田皆岬やフーチャには遊歩道やトイレ



写真—4 日本一のガジュマル

が整備されていました。永良部ユリはまだ咲いていませんが、鹿児島県のブランド品として切り花が各地に出荷されています。

「天下一」の蔵元を調べると、知名町にある新納酒造さんです。訪ねてみるとここは50年前にお世話になった民宿と交差点を隔てた向かい側にありました。舁で渡った波止場は今では知名漁港として整備されて跡形もありませんし、民宿もありませんでしたが、舗装されたとはいえ波止場から民宿までの坂道は50年前を思い出すには十分な景色でした。「永良部リリー」はこの蔵元ではありませんでしたがそれが存在したことはご存じでした。和泊町にある沖永良部酒造は島内にある複数の蔵元の黒糖酒を販売しているので訪ねてみてはどうかとアドバイスをいただきました。

沖永良部酒造を訪ねると私と同年配と思われる御婦人にお話を聞くことが出来ました。

特徴的な容器（四角い）のこと、「永良部リリー」という名前のこと、すべてが記憶と一致しました。そのうえご婦人は知名町の沖永良部酒造のすぐ近所の出身で、うる覚えだった民宿の名前も「大蔵」と確認できました。「永良部リリー」の銘柄はすでに消えていましたが、その流れをくむ酒として紹介していただい



写真—5 黒糖酒と沖縄焼物（ヤチムン）

たのが「古酒白ゆり」という黒糖酒です。運転中なので試飲はできませんがこれと確信して1本買い求めました。

翌朝、今回の旅の目的を達成できた満足感と、早く飲みたいという欲求を抱きながら沖永良部空港から那覇港へ戻り、その日のうちにボーイング787で羽田に

戻ってきました。

今、その「古酒白ユリ」のお湯割りを飲みながらこの原稿を書いています（写真—5）。

——ふちやま しょうぞう アンダーウォーターテクノロジー——



JCMA 報告

令和3年度 合同部会開催報告

松本 寛子

合同部会は業種の垣根を越え、普段協会活動にご参画いただいている会員の皆さまから、その年の研究情報や各社の取組を発表していただき、建設業界における最新情報や課題を共有していただく貴重な場として、開催を続けております。

1. はじめに

2022年2月に開催を予定し、案内を発信した2021年12月頃は、丁度増大し続けていた新型コロナウイルスの感染者数の減少と度重なる緊急事態宣言の解除も相まって、ソーシャルディスタンスを維持すべく聴講定員を収容人員の半数に設定した、機械振興会館B2ホールでの会場聴講に対し、非常に多くのお申込みを頂きました。会場聴講者の定員があっという間に定員オーバーになりそうな状況には嬉しい戸惑いを味わいました。もしかしたら令和3年度の合同部会はコロナ禍前の状況（2019年頃程度）に戻せるのではないかと期待を抱くも、それはぬか喜びとなります。

年が明け2022年に入るとまたしてもウィルスは変異を遂げ、今度はオミクロン株による感染拡大が始まり、会場聴講希望者の「Zoom聴講に変更したい」という連絡が相次ぐようになり、『ニューノーマルは社会生活』をいよいよ受け入れないとならなくなった事を痛感させられます。

しかし、そんな社会状況下だからこそ、より多くの方に伝えたかった「新たな時代を生き抜く建設業界の技術開発や政策」が、聴講者にとってより身近で厚みを持ったものに昇華される企画の実現に繋がられたのではないかという印象に残る開催でした。

以下に、令和3年度合同部会当日の開催内容を感想も織り交ぜつつ報告させていただきます。

2. 令和3年度合同部会概要

開催日：令和4年2月24日（木）
場所：機械振興会館 地下3階 研修-1号会議室（定員60名／120収容部屋）
参加方法：会場聴講、Zoom聴講（上限500ライセンス受付）



写真—1 ソーシャルディスタンスを考慮した会場



写真—2 開会挨拶 建設業部会鈴木部会長



写真—3 司会 建設業部会宮川副幹事長

時間：13時30～17時00分

(13 時 00 分より受付)

参加者数：合計 155 名（内 WEB 聴講者 120 名）

プログラム：

(1)「道路橋メンテナンスにおける AI/ICT の活用」

〔発表者〕 国立研究開発法人 土木研究所技術推進本部
先端技術チーム 主任研究員 茂木 正晴 様

(2) 「クレーン遠隔操作 TawaRemo[®]」

〔発表者〕 竹中工務店 生産本部 生産企画部
副部長 内藤 陽 様

(3)「働く人を中心とした，建設現場のテレワークシステム K-DIVE CONCEPT」

〔発表者〕コベルコ建機(株) 新事業推進部
部長 山崎 洋一郎 様

(4) 最近の建設施工行政の動向について～インフラの建設・維持管理における DX の取り組み～

〔発表者〕 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課
施工安全企画室 室長 新田 恭士 様

3. 各講演のご紹介

(1) 「道路橋メンテナンスにおける AI/ICT の活用」

今回、研究に着手されました国立研究開発法人 土木研究所様（以下土木研究所）は、「道路橋メンテナンスにおける AI/ICT の活用」をご講演される上で合同部会という性質上、普段「橋梁」とは関わることのない会員様の為に、まず「橋梁のメンテナンス」における基本的な知識を予備情報として、国内に建設された橋の種類・本数から、構造について等を丁寧にご説明頂きました。

日本国内の土木インフラは、現在メンテナンスを要する老朽化が激しく、その件数の多さから維持管理コストの上昇や対応できる熟練技術者の高齢化といった課題を抱えています。本講演では、従来、道路橋梁点検士によって行われていた「目視点検」を、ロボットやAIを導入、支援することで、先に述べた課題解決に繋げることを述べておりました。

なお、茂木氏が携わった本研究は、国土交通省が令和2年に発表された図—1「定期点検における新技術活用の方向性（案）」の下部に四角く囲ったLEVEL1画像計測技術、非破壊検査技術による作業の効率化、状態把握の質の向上に該当します。

土木研究所では、“AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究（平成30年度～令和3年度）”（このうち点検AI（画像解析）開発）により、点検ロボット（点検アプローチ支援）、点検時に取得



図一 1 「国土交通省点検支援技術の開発の方向性について」

出展：令和2年12月15日「国土交通省点検支援技術の開発の方向性について」抜粋

された変状等の情報の自動検出・選別を可能とする AI の開発（非破壊技術）に着手されました。

点検 AI の研究開発では、点検結果に基づき変状等の情報から診断・措置を適切に進めるうえで、点検時に取得される画像を中心とした点検結果の整理に AI を支援技術として活用することを目指し、点検 AI を活用する「(ひび割れ) 変状の自動検出～変状の種類」といった『AI による仕分け』を可能とする技術開発を取り組まれました。講演で述べられた、教師データ側の詳細設定によって導き出された「推論値」と「真値」(目視による点検結果)の差異を埋める許容値設定が難しい課題である旨を伺えたことは非常に貴重でした。なお、その課題について講演では、点検 AI 性能の評価時に「道路橋点検士視点による評価」を擦りあわせることで対応し、点検 AI の活用にあたり、人の代替技術ではなく支援技術であることを述べられました。

また、部材の座標取得を可能とするドローン活用は、三次元モデル化を容易にし、今後の維持管理が「建設現場のICT施工」に近いものになると述べられました。特に点検ロボットや点検AIの現場での将来的な導入プロセスは、情報化施工のような、MG→MC→自動化といった流れに類似するものと述べられました。

質疑応答：

Q1. ご発表は従来の目視点検の置き換えといった認識ですが、今後は目視点検では限界（鋼橋の溶接ルート側等）となる「部材内部の損傷検知」に対しての研究開発はされるのでしょうか？

A1. 現在、橋梁の「橋梁定期点検要領」上に明記されている 26 項目の損傷項目より「コンクリート橋のひび割れ」を第一段階として適用対象とし



図一 2 インフラ点検（橋梁）における AI の活用のスライド



図一 3 「道路橋点検士視点の評価」から AI を評価する際の説明スライド



写真一 4 講演講師：茂木 正晴 様



写真一 5 講演講師：茂木 正晴 様



写真一 6 場内からの質問

ております。今後、段階的に対象を増やしてい
く予定です。

(2) 「クレーン遠隔操作 Tawa Remo[®]」

建設業の分野から、(株)竹中工務店様よりタワーク
レーンオペレータの働き方改革を目指し、鹿島建設(株)、
(株)アクティオ、(株)カナモトと4社で協同開発を進めて
いるタワークレーン遠隔操作「TawaRemo[®]」(以下、
本遠隔操作という)についてご講演くださいました。

タワークレーンは近年、高自立化が進み、設置状況
によるが、オペレータは設置場所から40m程度垂直
式タラップを毎日登る必要があり、肉体的負担が非常
に大きい。また、運転席は狭小空間であり、クレーン
作業により常に揺れる環境の中、終日拘束される上、
トイレや食事の面での課題も多く、タワークレーンオ
ペレータは担い手不足に加えて高齢化が進んでおり、
タワークレーンは確保ができていても技量の高いクレー
ンオペレータの配置ができないというケースが散見され
ていました。タワークレーンオペレータの確保は建設
会社共通の喫緊の課題となっていることが、開発の背
景だと述べられました。

本遠隔操作を使い、実際に作業を行っているオペ
レータの声として「実機の運転と同様にクレーン作業
ができる」「休憩がしっかりとれ、関係者とのコミュ
ニケーションも取りやすい」と非常に好評とのこと。

「突発的な作業」「数回だけの短時間作業」等のスポ
ット作業にもタイムリーに対応することができることが
実証されていました。

また、玉掛け状況が目視できる場所に、コンクピッ
トを設置することで玉掛けおよび吊荷の目視確認がで
き、作業所における安全性向上にも大きく寄与しました。

2022年度は、作業所への適用を進めながら、オペ
レータの効率的な運用のための「複数台クレーン操
作」、また、オペレータのさらなる働き方改革実現に
向けた「遠隔地におけるオペレーションセンターの設
置」に向けて、技術実証および、所轄監督署との協議



図ー４ ２種類のコックピット：左）簡易コックピット，右）専用コックピット（通称egg）



図ー５ 作業所への適用紹介スライド

を進めているとの事。本遠隔操作の普及展開によりタワークレーンオペレータの担い手不足の課題が解決され、タワークレーン以外への建設機械への応用により、業界の課題解決、魅力向上につながることを期待したいです。

質疑応答：

- Q1. タワークレーンは、安衛法上「離席」はダメなはずですが、オペレータのそういった行動はどのように確認されているのでしょうか。
- A1. コックピットにて離席時は、鍵をかけさせている。着席した時、離席時に操作電源を必ず押すこととしており、このルールで監督署の了解を得ています。
- Q2. ドライブレコーダーの様に操作履歴はわかるようになっているのか。
- A2. 画像は録画ができ、操作履歴は開発済のシステムで取得ができているため、何か災害が発生した場合、履歴を負うことができます。
- Q3. 遅延の計測方法は。
- A3. ブラウザ時計を使用。

<https://03labo.com/clock/index.php>

カメラにブラウザ時計を映し、モニター越しの時計とスマホ画面の時計を撮影しタイムラグを計測しています。

- Q4. 事故が発生した場合の責任区分はどのようになりますか？
- A4. 監督署と詰めている最中ですが、通常のクレーンと同世に「遠隔だから」といって特段決めている項目はありません。通信異常の場合は停止するので、オペレータのミスか玉掛け者のミスのいずれかとなります。
- Q5. オペレータの資格条件にはどのような影響が？
- A5. 普通のクレー免許と同じ資格を必要とします。
- Q6. 使用時の「通信環境に縛りは」ありますか。
- A6. 多様な現場環境がありますので、機械を借りる段階でカナモトさんに相談されるといいです。
- Q7. クレーン作業時、コックピットも揺れる（動く）ということですが、どのように検知されているのか。
- A7. 本体の振動、傾斜は本体に設置した、振動センサーから拾っています。



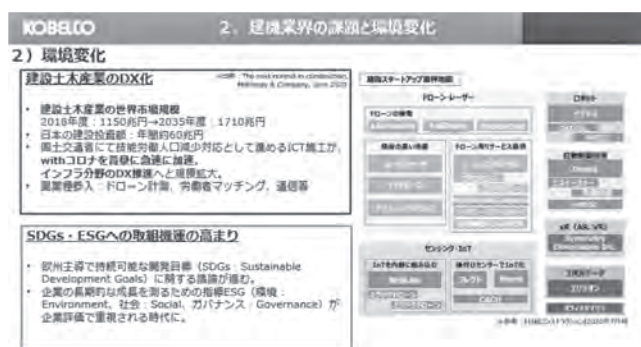
写真ー７ 講演講師：内藤 陽 様



写真一 講演者：内藤 陽 様

(3) 「働く人を中心とした、建設現場のテレワークシステム K-DIVE CONCEPT」

製造業の分野から、今年はコベルコ建機様にご講演いただきました。ご講演テーマの開発経緯の裏側にある建設業界の課題等は、先にご講演頂いた方々とはほぼ共通でした。しかし、日本の労働人口の減少による商品の供給減に陥らない為の設計・製造・販売・お客様へのアフターフォローという経営構造による製造業は、最近よく耳にする「DX化・SDGs」といった現代社会における環境変化がよりダイレクトに関わってくる業種なのだという特性に気づかされました。



図一 6 界の課題と環境変化についてのスライド

そんな社会状況と業界特性の中でご講演いただきましたコベルコ建機様は、「ユーザー現場主義」という経営理念に基づき、「お客様の現場・経営DXの支援を通じてより良い社会実現に貢献」を目指し、「K-DIVE CONCEPT」（以下、本システムという）を開発されました。

本システムは、「重機の遠隔操作システム」と、「操縦履歴・遠隔重機データ活用」を繋げることで「建設現場の“テレワークシステム”」を実現。

操作システムにおいて、従来の運転操作時と同様オペレータの五感にうったえる動作環境の再現（ハプ

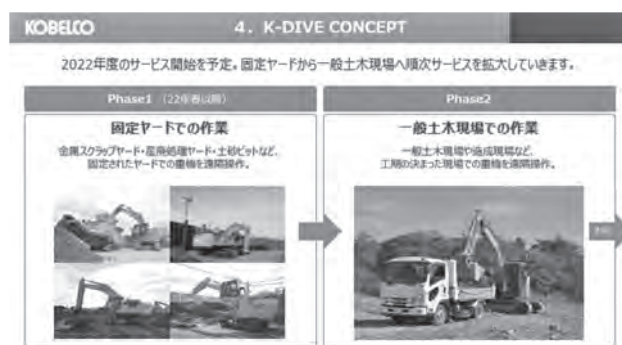
ティクスフィードバック機能）や、1台の操作室で複数台の重機操作（多接続機能）、顔認証・よそ見・姿勢機能による安全な操縦環境構築、遠隔重機の稼働情報をリアルタイムで確認（リアルタイムマップ情報）、重機作業中でも現場管理者やダンプ運転者らとTeamsを活用してコミュニケーションを可能に。そしてそれらの作業情報をクラウド管理するシステム（パフォーマンスレポート、操作動画録画機能）まで開発することで、業務の効率化や繁忙調整の実現に繋がっていました。

最後に、施工会社の本システムを導入された事例。北海道と広島を結ぶ約1,800 kmの超長距離遠隔操作の実証実験を通し、本システムの具体的な利点を紹介していただき、導入実証を進める現場における生の声は見事に開発段階で解決目標に掲げられた課題が回収され、製品の開発～普及～改善のサイクル構築・機能されていました。

経営理念の象徴の様な本システムの将来的な展開が「重機・オペレータ・現場のマッチングサービス」というお話には、業種の垣根を超えた経営戦略であり、実現した際には建設業界における重機製造メーカーの役割と位置付けに変革をもたらすのは間違いなさであろうと「時代の転換」を痛感させられる発表でした。

質疑応答：

Q1. 本システムは、ショベル以外の機種も対応して



図一 7 K-DIVE CONCEPT についてのスライド



写真二 講演者：山崎 洋一郎 様



写真—10 講演講師：山崎 洋一郎 様

いるのでしょうか。

- A1. 環境リサイクル機械は対応しています。
- Q2. 一人のオペレータが複数工程に対応することが実現された事は、合理的で作業の効率化という側面では有効な結果だとは思いますが、一人で担う作業時間（仕事量）はその分倍増します。その倍増を負担と捉えた時、実状が相反関係を生み出していることはどう思われますか。
- A2. 本システムの導入を希望されたお客様のご感想からすると、一つの作業が終わるまで次の作業に着手できず、発生する「待機時間」が無くなる事。実際重機のある場所まで移動や、機械への昇降。ブレーカー作業の際に身体に伝わる振動といった「身体的ストレスからの開放」の方が大きく、複数台数対応することにはストレスを感じさせないようです。
- Q3. 北海道と広島を結ぶ1,800 kmの超長距離遠隔操作の実証実験の時の通信の遅延時間はどのくらいだったのでしょうか。
- A3. 超長距離遠隔操作の場合、コベルコでは専用の光回線を使用している為、マイクロ秒オーダーレベルの遅延しか確認していません。「光回線は距離とともに減衰する」ということはあり、増幅に必要な信号変換器端末の数だけ処理時間にかかる遅延は起こします。しかし実証実験では、近距離施工と1,800 kmの超長距離にほぼ変わらない結果です。

関連 HP：

『超長距離および多接続切り替え遠隔操作に関する実証実験の実施について』kobelcocom-global.com

(4) 最近の建設施工行政の動向について～インフラの建設・維持管理における DX の取り組み～

例年、合同部会では官庁の方からもご講演を組んでおり、前年に引き続き、今年も国土交通省（以下、国交省）の公共事業企画調整課新田様（以下、新田氏）

にご講演いただきました。

新田氏は、行政の視点から国交省の DX 政策の背景にある問題意識やニーズを掘り下げて解説。冒頭に自動運転車で世界をリードする米国 TESLA 社が、構想する人型ロボット“TeslaBOT^{※1}（テスラボット）”を紹介。TeslaBOT は、建設現場などで単調で危険な作業から労働者を解放する目的で開発されるという。身長 172 cm 程度の TeslaBOT の心臓部には毎秒 9 ペタフロップ（1 秒間に 9,000 兆回）の計算能力を有する FSD（Full Self-Driving）コンピュータが搭載される、その計算速度は一世代前のスーパーコンピュータ「京」の処理速度に相当します。この小さな FSD コンピュータが、人に代わって自動車を運転するという。複数のカメラ動画を瞬時に統合し 3 次元空間を認識、車の影に隠れる歩行者の動きを推測し適切なタイミングで車線変更や加減速を行う。このために Tesla 社は、AI 開発のためにコンピュータも自前で開発しました。

「人工知能（AI）や自動化技術の技術革新は、想像を上回り加速している。数年前のスパコンに匹敵する性能を、自動車メーカーが人に持てるサイズの FSD にして実現したことは衝撃だ。建設現場も遠くない将来、自動化・自律化が当たり前になるだろう。」

新田氏が紹介した米国 TESLA 社の Youtube 動画からは、他にも AI の開発手法や 3 次元レンダリング技術などに先進性が窺えます。新田氏は、この動画について「Elon Musk 氏が、ここまで詳しく技術開発手法やアーキテクチャなど、開発中の技術について情報発信するのは、世界中から最も優れた人材を集めたいからに他ならないのではないか」という。

建設業の担い手不足について、直近 10 年間の生産年齢人口が 88 万人減少する一方、65 歳以上や女性の就業者数が 480 万人増加している点に着目。「ICT やロボットを上手に活用することで、省人化が可能となるだけでなく、障がいを持った方の活躍が可能となり、多様な人々の参画が可能となる。」とし、人間の機能を拡張することで、危険でつらい作業や疲労感を低減した米国自動車産業の事例などを紹介しました。

さらに「建設産業には、まだまだ危険を伴う作業が残っています。例えば、トンネル切羽近傍での作業、単純な繰り返し作業の自動化や、さらに AI を搭載した自律化機械などを導入することで、人は安全で快適な場所で、生産性を高めることが見込める」と指摘。「JCMA が国内審議団体となる ISO でも、建設機械施工の自動化に向け、自動運転レベルを国際標準

※1 『Tesla AI Day』 <https://youtu.be/j0z4FweCy4M>

化する審議が始まりました。建設現場の自動化は、安全確保が重要であり、日本では労働安全衛生法の下、建設業やメーカーが現場で改善を積み上げてきた歴史がある。安全に対する意識が高い日本こそが議論をリードすべき。」と発言し、国交省が設置した「建設機械施工の自動化・自律化協議会」を3月に立ち上げたことを紹介しました。

さらに新田氏は、建設施工の歴史と将来展望を1枚のスライドで示し、国交省が公共工事の機械損料や歩掛等の積算基準の整備し、さらに技術認定制度を活用した『環境対策』や『安全対策』を推進していることについて紹介。

とりわけ革新的技術の導入には、民間投資だけでなく実現現場での実証が重要である点を強調しています。これまでも国交省はICT施工の技術基準の策定にあたり、毎年、既存基準の改善や新規策定の必要性について意見公募を行い、現場の声を反映してきたという。特に、今年度は、中小建設業へのICT拡大を意図した後付マシンガイダンスやスマホ搭載のLiDARによる出来形計測の利用が可能となり選択肢が増えたとのこと。

地球温暖化対策では、現場のCO₂排出量の可視化の重要性を指摘。建設機械の「テレマテティクスデータ」等を活用し建設工事のCO₂排出量推計手法の開発と標準化に取組みたいと意欲を見せました。

安全対策では、テーマ設定型の新技術公募など積極的に導入を進めていることを紹介。さらにトンネル掘削現場での発破作業時の安全性向上に向け、有効な新技術の導入や危険作業の自動化への期待を語りました。

また、人間拡張技術として疲労低減につながるパワーアシストスーツの現場実証を紹介。今後も、テレグジスタンス／アバター、VR/ARを現場に取り入れる事で、建設生産における“身体的負担の軽減”や“判断の支援”を目指すとししました。

「最近の建設施工企画行政の取組について」というタイトルから推測されがちな難解で真面目な講演のとはずが、まるで新田氏の「脳内旅行」に同行したようで、知的好奇心を始終刺激させる講演という印象を受けました。



図—8 スパコンに匹敵するDojo D1チップを紹介するGanesh氏 YouTube「Tesla AI Day」より



図—9 建設施工現場のデータ利用イメージのスライド



写真—11 講演講師：新田 恭士 様

4. おわりに

業種の垣根を超え、業界発展の為に素晴らしい御講演をしてくださった講演者の方々のご協力によって、多くの会員の皆様方へ有意義な時間をご提供できたことを、事務局一同感謝しております。

J C M A

〔筆者紹介〕
松本 寛子（まつもと ひろこ）
（一社）日本建設機械施工協会
業務部

建設業における労働災害の発生状況

1. はじめに

建設工事は現場毎に施工条件が異なるとともに、屋外作業、高所作業等を伴うため、建設業の労働災害は他の産業に比べ多くなっており、工事事故が発生する危険性が高いと言える。

建設業における労働災害の発生状況については、本誌においてもこれまで取り上げて来ているが、データ分析の再認識を主眼として、最近の国土交通省、中央労働災害防止協会、建設業労働災害防止協会及び（一社）日本建設業連合会の公表資料により紹介する。

2. 労働災害発生状況

(1) 死傷者及び死亡者数の推移

始めに、建設業労働災害防止協会の労働災害統計から、我が国の全産業と建設業の労働災害の推移を図－1と表－1に示す。

図－1は昭和28年から令和2年までの労働災害の推移を示したものである。全産業と建設業の傾向は似ており、昭和53年以降平

成に入っても減少が続いたが、近年は横ばい状態となっている。

そこで、近年の状況を確認するために、表－1に平成26年～令和2年の死傷者数と死亡者数を示す。

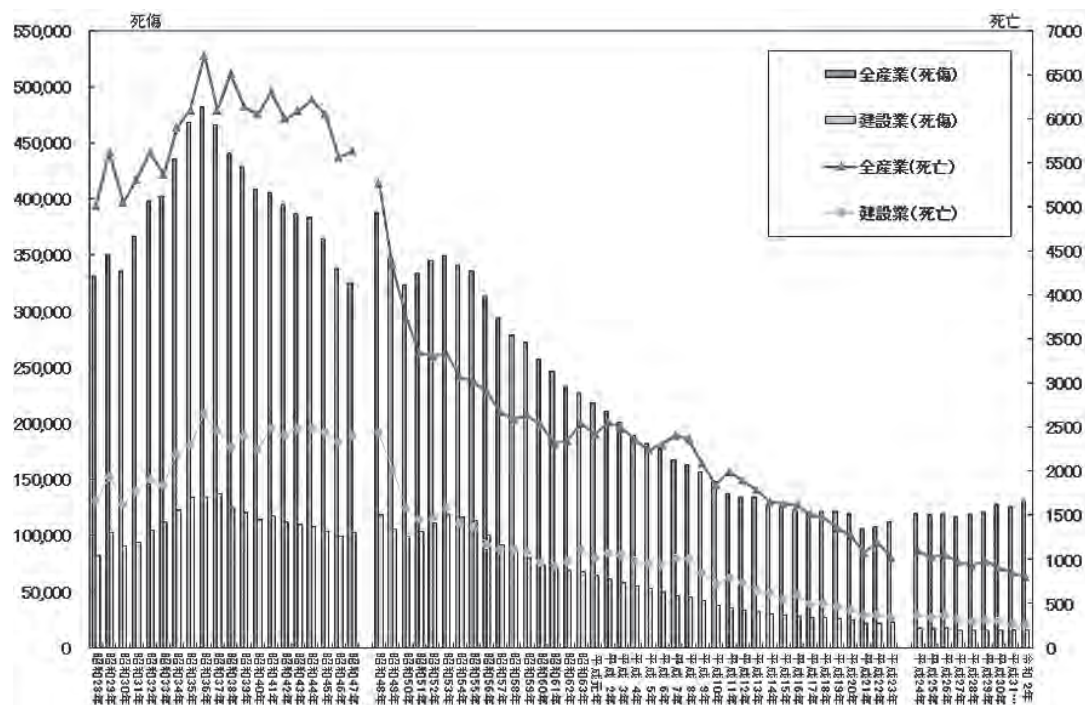
死傷者数は建設業の占める割合が平成26年は全産業119,535人に対して17,184人の13.4%であったが、令和2年では全産業が131,156人と増加したのに対して14,977人の11.4%と、死傷者数・比率とも減少している。

また、死亡者数でも建設業の占める割合が平成26年は全産業1,057人に対して377人の35.7%から、令和2年では全産業802人に対して258人の32.2%と死傷者数と同様に減少している。

(2) 建設業就業者の推移

（一社）日本建設業連合会の建設業ハンドブック2021から建設業就業者の推移について図－2と図－3に示す。

建設投資額は平成13年（2001年）から平成22年（2010年）まで減少し、その後概ね増加しているが、建設業就業者数は、減少傾向の継続が見られる。令和2年（2020年）を平成13年（2001年）



1. 昭和47年までの休業6日以上死傷災害件数については、労働者死傷病報告による。
2. 昭和48年以降平成23年まで休業4日以上死傷災害件数については、労災給付データによる。
3. 平成24年以降の休業4日以上死傷災害件数については、労働者死傷病報告による。
4. 死亡災害件数については、「死亡災害報告」による。
5. 平成23年は、東日本大震災を直接の原因とする死傷者を除く。

図－1 我が国の労働災害の推移

統計

表一 死傷者及び死亡者数の推移（平成26年～令和2年）

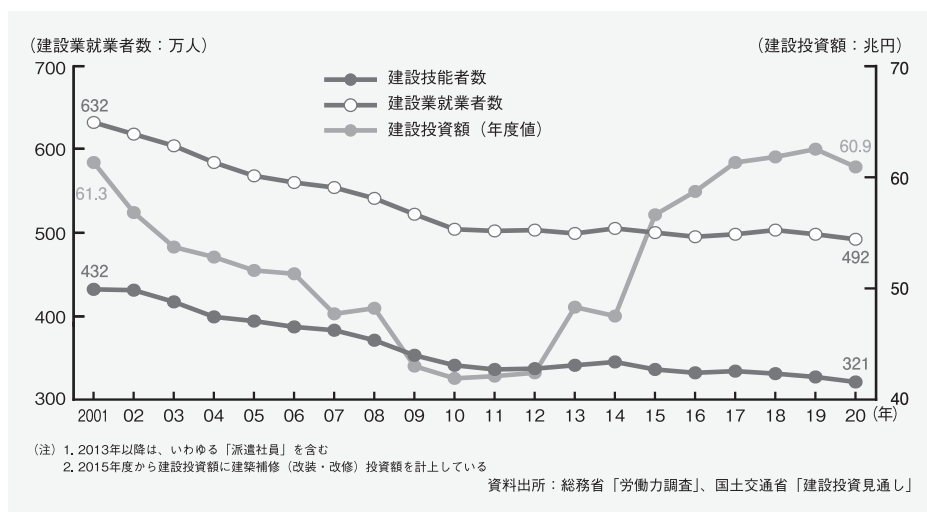
（人）

区 分		年 次	平成26年	平成27年	平成28年	平成29年	平成30年	平成31年 令和元年	令和2年
死傷者	全産業		119,535	116,311	117,910	120,460	127,329	125,611	131,156
	建設業 (建設業／ 全産業)		17,184 (13.4%)	15,584 (14.4%)	15,058 (12.8%)	15,129 (12.6%)	15,374 (12.1%)	15,183 (12.1%)	14,977 (11.4%)
死亡者	全産業		1,057	972	928	978	909	845	802
	建設業 (建設業／ 全産業)		377 (35.7%)	327 (33.6%)	294 (31.7%)	323 (33.0%)	309 (34.0%)	269 (31.8%)	258 (32.2%)

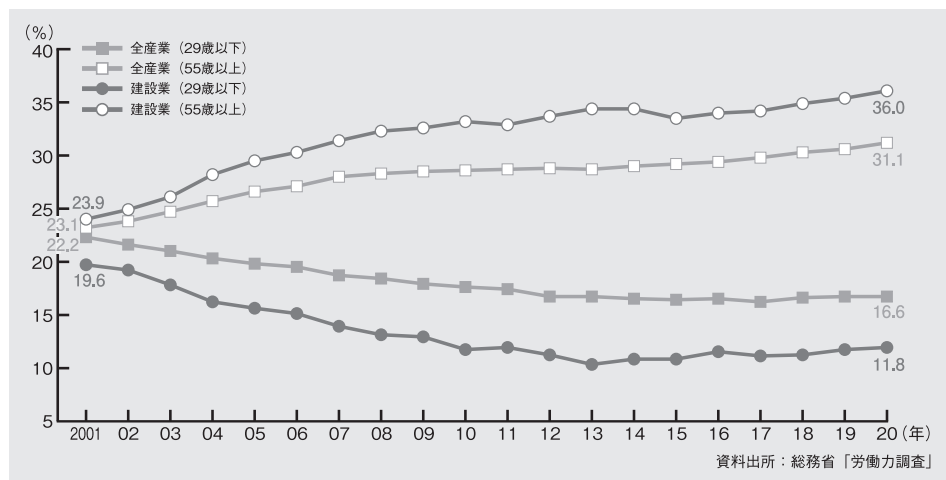
と比較すると、建設業就業者数は140万人（22.2%）、建設技能者数は111万人（25.7%）の減少となっている（図一2参照）。

建設業就業者は、令和2年（2020年）には55歳以上が36%、29歳以下が約12%と他産業と比べ高齢化が著しく高くなっている。

建設業の生産体制を将来にわたって維持していくためには、若年層の入職促進と定着による円滑な世代交代が不可欠である（図一3参照）。



図一2 建設業就業者数の推移



図一3 建設業就業者の年齢別構成比の推移

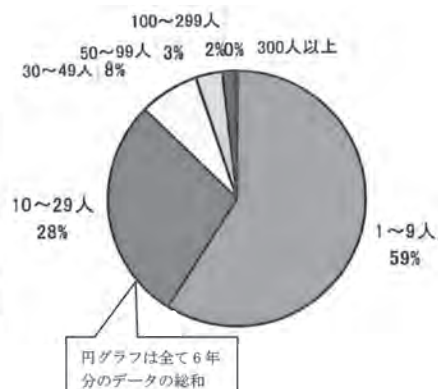
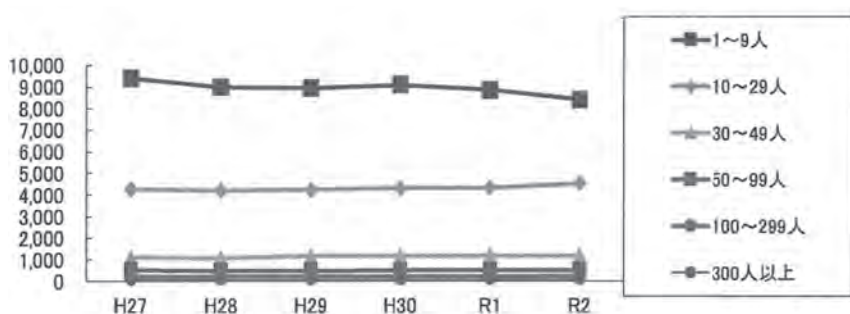
(3) 建設業の労働災害のデータ分析

中央労働災害防止協会の労働災害データ分析から建設業の平成27年～令和2年の6年間の発生状況を図一4～7に示す。

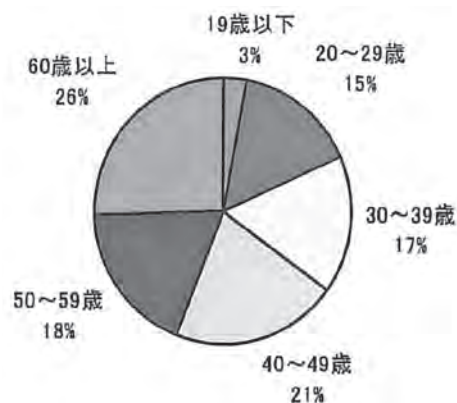
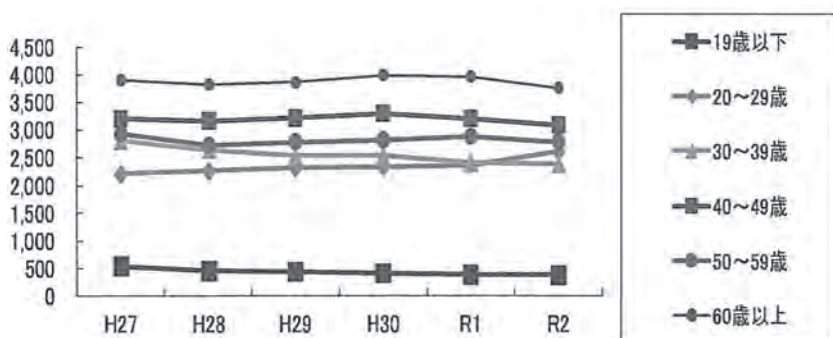
各分析毎の6年間の傾向はほぼ同様であるのが特徴的である。

- ・事業場の規模別では、30人未満の事業場で87%と多くを占めている（図一4参照）。

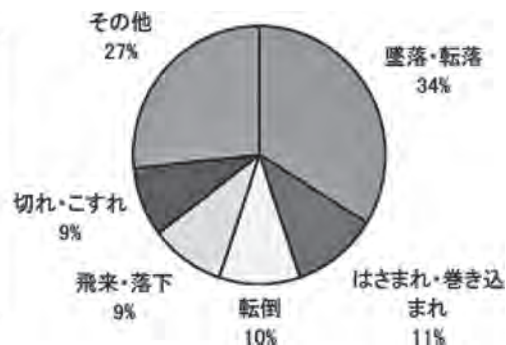
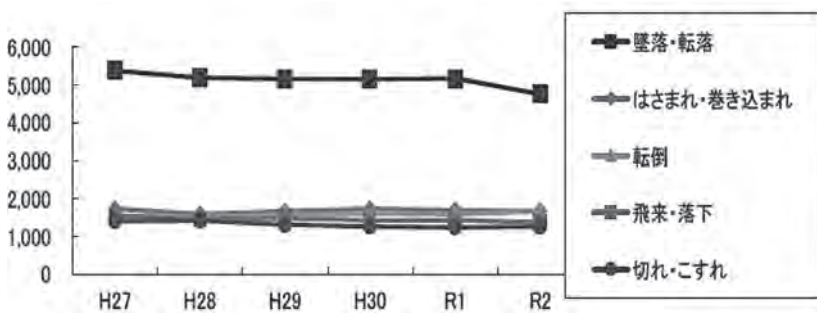
- ・年齢別では、最年少の19歳以下が、従事者が少ないためであると思われるが、3%と最も少なく、高齢の60歳以上が26%と最も多くなっている（図一5参照）。
- ・事故の型別では、墜落・転落が34%と他の型の約3倍と突出して多くなっている（図一6参照）。
- ・起因物別でも、仮設物、建築物、構築物等が29%と他の起因物より突出して多くなっている（図一7参照）。



図一4 事業場規模別発生状況の推移

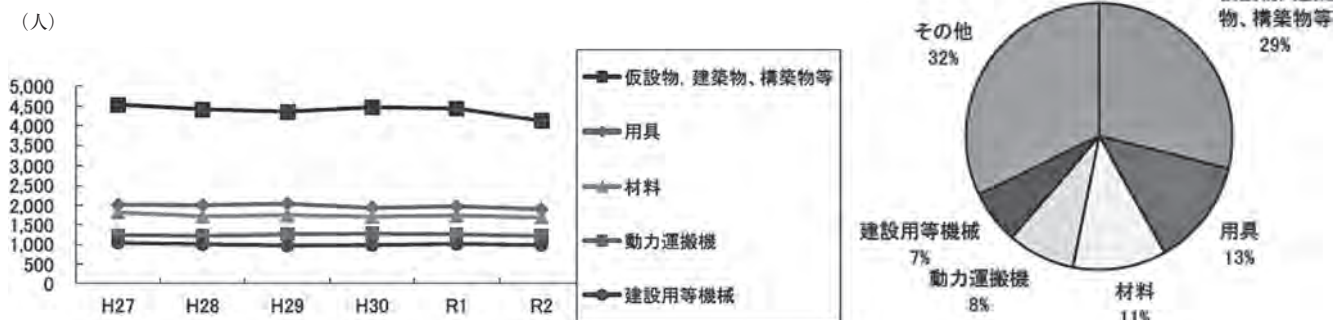


図一5 年齢別発生状況の推移



図一6 事故の型別発生状況の推移

統計



次に、令和2年建設業における死亡災害を工事の種類別で見ると、トータルでは土木工事と建築工事は同数の102人（39.53%）、設備工事は54人（20.93%）となっている。

災害の種類別では、トータルで墜落が95人（36.82%）と最も多く、次いで自動車等が40人（15.50%）、建設機械等が35人（13.57%）となっている（表一2参照）。

表一2 令和2年建設業における死亡災害の工事の種類・災害の種類別発生状況

[出典：建設業労働災害防止協会]

	土木工事													建築工事					設備工事				合計	割合 (%)
	水力 ダム	トン ネル	地下 鉄	鉄道	橋梁	道路	河川	砂防	土地 整理	上下 水道	港湾	その他	小計	ビル	木造	建築 設備	その他	小計	電気 通信	機械	その他	小計		
墜落	0	0	0	1	4	6	1	3	0	1	1	8	25	17	12	1	25	55	1	6	8	15	95	36.82
飛来落下	0	1	0	0	3	1	1	0	1	0	0	4	11	1	0	0	1	2	3	1	2	6	19	7.36
倒壊	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	4	3	1	0	2	6	2	1	2	5	15	5.81
土砂崩壊等	0	0	0	1	0	2	1	0	2	3	0	0	9	1	0	0	0	1	0	1	0	1	11	4.26
落盤等	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.39
クレーン等	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3	0	0	0	1	1	0	1	1	2	6	2.33
自動車等	0	1	0	2	0	4	4	2	0	2	0	2	17	9	0	3	1	13	6	0	4	10	40	15.50
建設機械等	0	4	0	0	1	4	2	1	1	3	0	5	21	2	1	1	5	9	0	0	5	5	35	13.57
電気	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	0	0	1	3	1.16
爆発火災等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1	1	3	1.16
取扱運搬等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	3	1.16
その他	0	0	0	0	1	1	1	0	0	2	1	5	11	2	2	1	6	11	0	2	3	5	27	10.47
合計	0	7	1	4	9	20	11	6	5	12	3	24	102	36	16	7	43	102	13	13	28	54	258	100.00
割合 (%)	0.00	1.94	0.39	1.55	3.49	7.75	4.26	2.33	1.94	4.65	1.16	9.30	39.53	13.95	6.20	2.71	16.67	39.53	5.04	5.04	10.85	20.93	100.00	

(4) 国土交通省の「公共工事事故データベース(SAS)」によるデータ分析

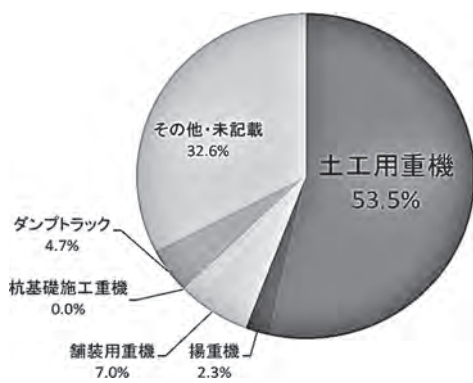
国土交通省の安全啓発リーフレット（令和3年度版）参考資料には平成27～令和元年度SASデータにより分析された事故発生状況が紹介されている。その中から、大型建設機械である「重機の事故」に関して表一3及び図一8～10に、発生件数が多い「墜落事故と飛来・落下事故」に関して図一11～14に、「事故が起きる時期」に関して図一15～18に示す。

「重機の事故」の発生状況については以下のとおりである。

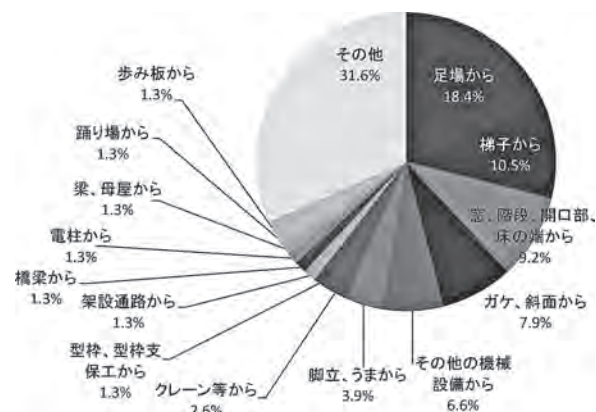
・令和元年度重機の種類別事故発生状況では、バックホウ等の土工用重機と作業員の接触が23件、53.5%と半数を超えている（表一3・図一8参照）。

表一3 重機の種類別事故発生状況（令和元年度）

重機名称	事故件数 (件)	割合 (%)
土工用重機	23	53.5%
揚重機	1	2.3%
舗装用重機	3	7.0%
杭基礎施工重機	0	0.0%
ダンプトラック	2	4.7%
その他・未記載	14	32.6%
計	43	100.0%

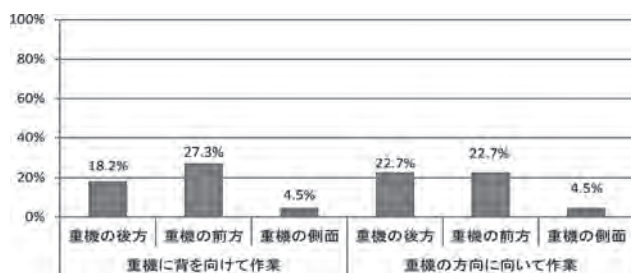


図一8 重機の種類別事故発生状況（令和元年度）



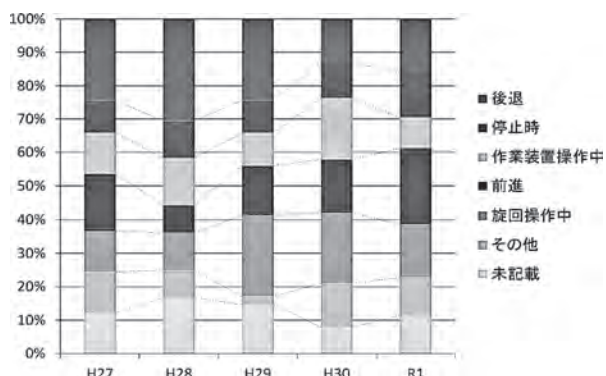
図一11 墜落事故の場所別発生割合（令和元年度）

・被災者と重機の位置関係は、「重機の側面」よりは「重機の前方」と「重機の後方」での事故が多く、合図・確認の不徹底、誤操作が原因と思われる（図一9参照）。



図一9 被災者と重機の位置関係（平成27～令和元年度）

・重機の動作状況別の事故件数の推移において、「旋回操作中」の事故に比べて、「前進」や「後進」の事故発生比率が大きく、増加傾向にある（図一10参照）。

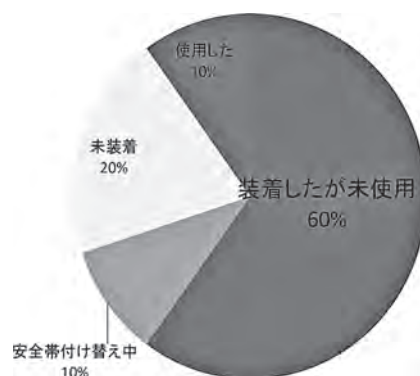


図一10 重機の動作状況別の事故発生割合（平成27～令和元年度）

・令和元年度の墜落事故のデータ分析では、場所別発生割合の最も多いのは「足場から」であり、次に「梯子から」「窓、階段、開口部、床の端から」「ガケ、斜面から」の順番が多い。

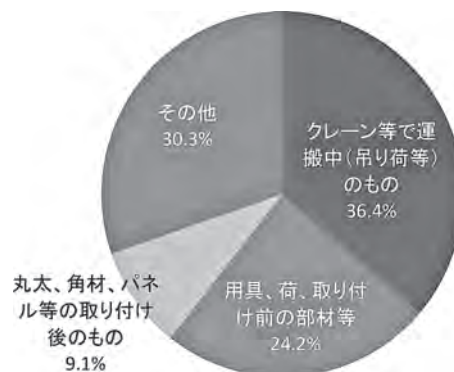
・「足場から」「梯子から」「窓、階段、開口部、床の端から」を合わせると墜落事故の38.1%を占めることになる（図一11参照）。

・「足場から」の墜落事故の保護具使用状況は、「安全帯を装着したが未使用」が60%であり、安全帯を正しく使用していれば防げた事故が多い（図一12参照）。



図一12 足場からの墜落事故時の保護具使用状況（令和元年度）

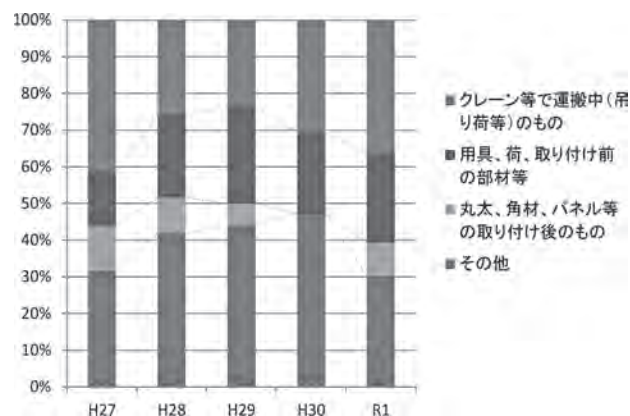
・飛来・落下事故のデータ分析では、令和元年度は「クレーン等で運搬中（吊り荷等）のもの」が36.4%と最も多くを占め、「用具、荷、取り付け前の部材等」が24.2%と次に多い（図一13参照）。



図一13 飛来・落下事故の発生割合（令和元年度）

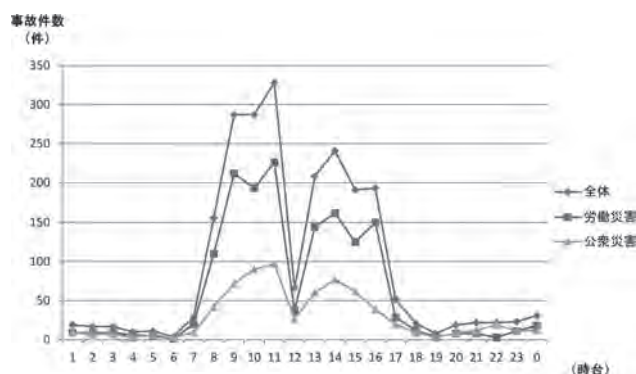
統計

・クレーン等で運搬中（吊り荷等）の間接的な原因として、「吊り荷の下に入る」「上下作業を行っている」「吊り荷が動揺する」「玉掛け作業時」などが想定される（図—14 参照）。



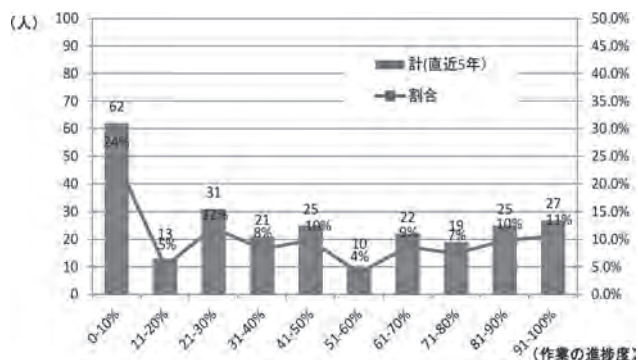
図—14 飛来・落下事故の発生割合の推移（平成27～令和元年度）

・時間帯別の事故データ分析では、午前11時台に事故発生ピークが出現し、午後は14時台が多くなる（図—15 参照）。



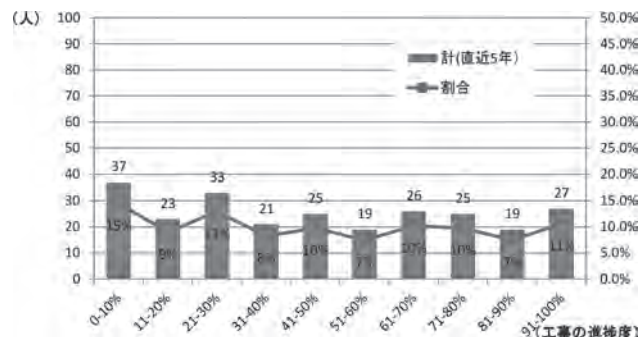
図—15 時間帯別事故発生件数

・「工事・作業進捗度別の事故」のデータ分析では、作業初期段階（0～10%）における事故件数が全体の24%を占めており、飛びぬけて多い（図—16 参照）。



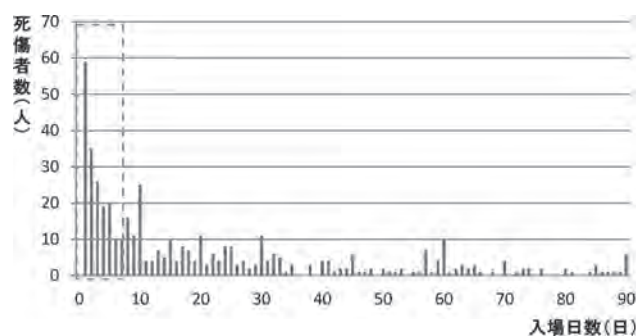
図—16 作業進捗度別の事故について（平成27～令和元年度）

・工事では、工期の着手時（0～10%）及び工期末（91%～100%）における事故件数が全体の約26%を占めている（図—17 参照）。



図—17 工事進捗度別の事故について（平成27～令和元年度）

・入場日別の傾向では、入場1週間で全体の1/3の事故が発生し、特に初日の死傷者数が突出している（図—18 参照）。



図—18 入場日数別の事故について（平成27～令和元年度）

3. おわりに

建設業の近年の労働災害の死傷者及び死亡者数はピーク時と比較して大きく減少しているが、各データ分析結果の傾向にはピーク時の時代と大きな変化はなく、ほとんど同じであると言える。また、各データ分析図には、それぞれのピーク値が示されているが、これと同じような傾向が見られる。

既に建設業の労働災害防止活動において取り組まれていることと思われるが、今後の活動においても各データ分析図におけるピーク値の項目の低減を重点目標とされることが望まれる。

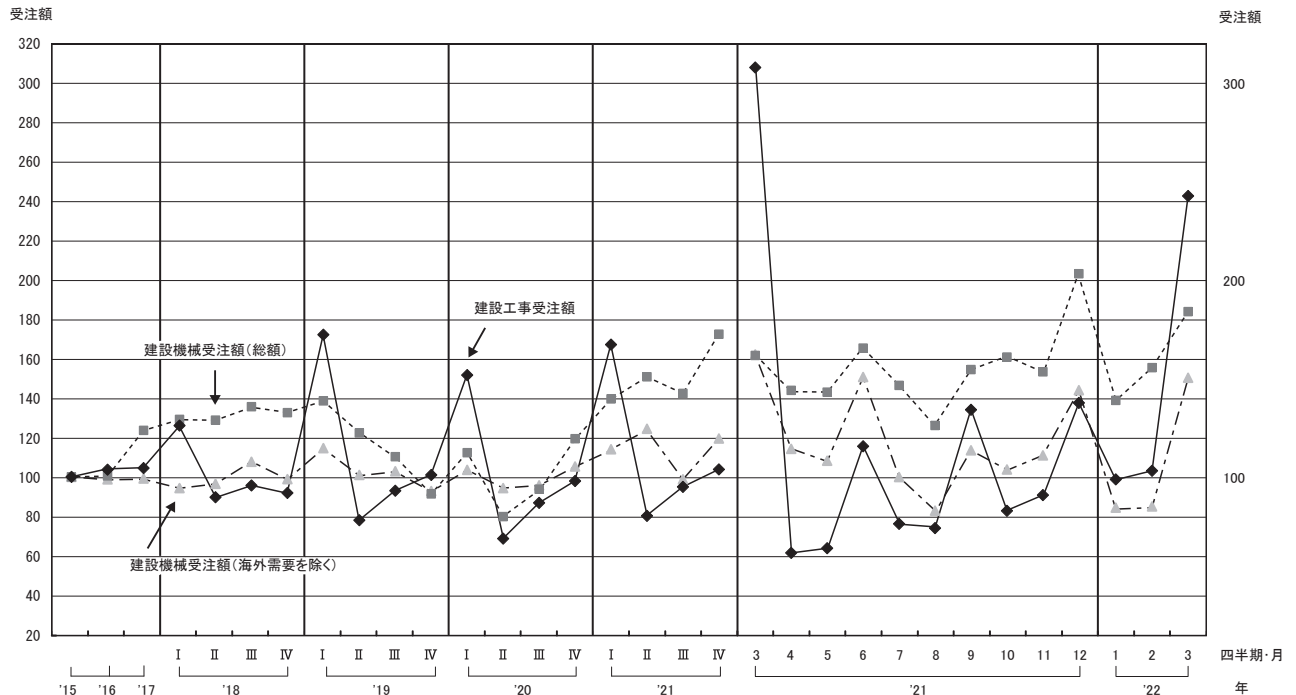
これからの建設業は、ICTの活用等による更なる技術力の向上による工事事品質確保、効率化等とともに、若年層の社会資本整備の担い手の確保のために、魅力のある安全・安心な建設現場の実現を図っていくことが大変重要なポイントであると思われる。そのための取り組みの一つとして、官民一体となった建設労働災害発生防止活動の継続・強化が期待される。

[文責：古澤]

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2015年平均=100)
建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2015年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高	
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木			
		計	製 造 業	非製造業								
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136	
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037	
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220	
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691	
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510	
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261	
2021 年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853	
3 月	36,395	26,029	3,932	22,097	8,640	499	1,226	24,517	11,879	191,713	18,787	
4 月	7,252	4,965	1,141	3,824	1,711	396	181	4,239	3,014	188,230	8,931	
5 月	7,470	4,666	940	3,726	2,440	332	33	4,576	2,894	186,346	8,999	
6 月	13,631	9,020	1,807	7,213	3,611	500	501	9,074	4,557	187,713	12,869	
7 月	8,925	6,244	2,042	4,202	2,324	305	51	6,069	2,855	188,502	8,489	
8 月	8,766	6,304	2,156	4,149	2,059	370	32	6,285	2,481	187,177	10,180	
9 月	15,826	12,449	1,698	10,750	2,780	419	179	11,984	3,842	188,820	14,729	
10 月	9,753	7,135	2,003	5,132	2,202	360	57	6,806	2,947	190,874	8,975	
11 月	10,676	7,495	2,213	5,282	2,269	351	561	6,782	3,894	191,232	10,790	
12 月	16,208	12,569	2,335	10,235	2,841	371	427	12,316	3,892	192,900	15,433	
2022 年	1 月	11,656	7,955	1,408	6,547	2,892	322	487	8,014	3,641	194,534	9,787
2 月	12,152	9,464	2,400	7,065	2,280	365	43	8,766	3,387	193,576	11,606	
3 月	28,665	21,001	4,095	16,906	6,090	496	1,078	18,978	9,687	－	－	

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	21 年 3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	22 年 1 月	2 月	3 月
総 額	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	2,351	2,089	2,080	2,405	2,132	1,833	2,245	2,341	2,229	2,955	2,017	2,263	2,675
海 外 需 要	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	1,444	1,450	1,477	1,562	1,574	1,371	1,611	1,762	1,609	2,150	1,546	1,789	1,834
海外需要を除く	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	907	639	603	843	558	462	634	579	620	805	471	474	841

(注) 2015～2017 年は年平均で、2017～2020 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2021 年 3 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2022年4月1日～30日)

機械部会



■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：4月12日（火）（会議室での対面開催）

出席者：丸山修委員長ほか9名

議 題：①令和4年度調査活動についての討議：2つの調査活動への委員参画状況の報告、調査の進め方等総会での説明について ②見学会について見学会候補地と実施時期に関する討議 ③令和4年度総会（4/27（水）開催）について議題内容に関する討議

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：4月13日（水）（会議室での対面開催）

出席者：草刈成直委員長ほか18名

議 題：①各社トピックス：三井住友建設㈱「床版取替工事の省力化・省人化を実現する新たな床版架設機の開発・適用」について ②今後のスケジュールについて ③西尾レントオール㈱東日本テクノヤード見学会（5/18（水）開催予定）に関する説明 ④㈱高知丸高の技術プレゼン：会社概要、事業紹介と基礎工事・棧橋工事の新技術・工法の紹介

■トラクタ技術委員会

月 日：4月15日（金）

出席者：大場元樹委員長ほか7名（Web会議で開催）

議 題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」進捗状況に関する情報共有 ②安全施工WG（3/23（水）開催）の概要報告 ③各社トピックス：ヤンマー建機㈱「ミニショベル ブレード 3D マシンコントロールの紹介」 ④R3年度活動報告について ⑤革新的建設機械に関する情報提供依頼の件

■コンクリート機械技術委員会

月 日：4月19日（火）（Web会議で開催）

出席者：角南大輔委員長ほか11名

議 題：①前回の議事録確認 ②技術発表：三笠産業㈱「マイコン制御コンクリートパイププレタの紹介」 ③南摩ダム施工現場見学会（6/7（火）開催予定）の概要説明 ④R4年度活動スケジュールについて

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：4月20日（水）（会議室、Web並行開催）

出席者：美野隆委員長ほか11名

議 題：①新任幹事の紹介と挨拶 ②今年度の活動計画の内容と役割分担の確認、今後の進め方について ③現場・工場見学会の計画 ④上期総会の発表内容と日程について討議

■機械整備技術委員会

月 日：4月21日（木）

出席者：小室実委員長ほか8名（Web会議で開催）

議 題：①整備作業の法規制、規格に関する調査について：各社提出の必要資格調査結果のまとめ ②ICT 機器の不具合対応の情報交換 ③人材不足の対応についての意見交換 ④航空会社整備工場見学会の日程調整の件

■ショベル技術委員会

月 日：4月22日（金）（Web会議で開催）

出席者：西田利明委員長ほか9名

議 題：①エネルギー消費試験方法_油圧ショベル編のISO化について：国際会議の概要報告 ②安全施工WG（3/23開催）の概要報告 ③その他：インフラ整備に係る各種規制に関する調査協力依頼の件、ホームページ更新について

■建築生産機械技術委員会（ラフテレーン作業燃費分科会）

月 日：4月26日（火）（Web会議で開催）

出席者：石倉武久委員長ほか5名

議 題：①ラフテレーンクレーンの燃費基準達成建設機械の申請にあたりJCMAS H023改正に関する討議：作業燃費試験方法の課題についての説明、JCMAS H023改正に関する討議

■トンネル機械技術委員会・総会

月 日：4月27日（水）（会議室、Web並行開催）

出席者：丸山修委員長ほか会場参加者21名、Web接続10回線

議 題：①R3年度活動報告 ②R4年度活動計画の説明：全体計画説明、R4年度調査活動について、見学会実施計画の説明 ③技術講演「応用地質㈱の紹介と山岳地質や地盤リスクの調査などの各種技術紹介」応用地質㈱

■油脂技術委員会・高粘度指数作動油規格制定に関する小委員会

月 日：4月28日（木）（Web会議で開催）

出席者：山本徹朗幹事はほか14名

議 題：「建設機械用高粘度指数油圧作動油」規格制定に関する討議：日本ルーブリゾール殿のデータの紹介とそれに関する討議、せん断安定性についての妥当性検証方法に関する討議、流動点および低温粘度規格値の妥当性検証方法に関する討議

標準部会



■ISO/TC 127/SC 2/WG 30 ISO 6683 シートベルト 改正 国際バーチャル WG 会議

月 日：4月4日（月）夜

出席者：イタリア INAIL 国立労働災害保険協会 VITA コンビナー・米・スウェーデンなど海外から14名、日本から日立建機片桐頭委員ほか4名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/DIS 6683 受領意見検討継続 ②次の工程（FDIS 投票） ③その他 ④次回会合

■ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎工事用機械-用語及び定義 国際バーチャル WG 会議

月 日：4月6日（水）夜

出席者：山本卓也（㈱技研製作所）委員ほか12名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：WD 11886 穿孔及び基礎工事用機械-土壌及び土壌/岩石の穿孔並びに基礎工事用機械-語彙及び商業仕様 WG 意見照会コメント審議 ②次回の予定（5月16日（月）：WD 11886_2 第2次 WG 意見照会結果の審議、18日（水）：DIS 21467 審議）

■ISO/TC 127/SC 2/WG 24 FDIS 19014-2 国内専門家会合

月 日：4月12日（火）

出席者：コマツ田中昌也委員ほか13名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：ISO/FDIS 19014-2 土工機械-機能安全-第2部：機械制御系の安全関連部品のハードウェア及び構成の設計及び評価①投票方針検討 ②提出意見検討（編集上の要修正箇所を指摘しつつ賛成投票することとなった）

■ISO/TC 127/SC 2/AG 1 運転員保護構造の規格（の整合化）国際バーチャル WG 会議

月 日：4月12日（火）夜

出席者：米国斗山 Bobcat 社 NEVA コンビナーなど海外から13名、日本専門家はコマツ小塚大輔委員ほか1名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：各種の運転員保護構造の規格の整合化に関して検討 ①前回事録確認

認 ② SC 2/JWG 31-ISO 7021 活動報告（鋼材と締結部材以外も対象とするのかとの指摘もあったが未だ論議に達していないとされた）③以前の SC 2/AH 2 の各保護構造規格に関する意見検討（ISO 3471 附属書 B など）

④その他（DLV の許容傾斜・適用機種拡大可能性など論議）⑤次回合（9月14日）

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 31 (TC 23/SC 15 森林用設備合同作業グループ) ISO 7021 運転員保護構造の材料要求事項 国際バーチャル WG 会議

月 日：4月13日（水）夜、14日（木）夜

出席者：米国斗山 Bobcat 社 NEVA コンビナーなど海外から13名、日本専門家はコマツ小塚小輔委員ほか4名
場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：ISO/AWI 7021 土工機械及び林業機械－運転員保護構造－材料要求事項 検討 ①前回議事録確認（関連して日程確認）②WG 聴取意見検討及びまとめ（用語を修正、また、鋼材以外の材料の要求を追加する可能性に関して序文を修正など）③その他：規格の構成の見直しの可能性論議④次回合（5月19日・20日）

■ ISO/TC 195/SC 1 (コンクリート機械) 委員会

月 日：4月19日（火）

出席者：川上晃一（日工機）委員長ほか14名（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：①2022年度 ISO/TC195 委員及び SC 1 分科委員委嘱 ② SC 1/WG 4 CD 19711-2 「トラックミキサー－第2部：安全要求」対応協議 ③ SC 1/WG 8 PWI 5342 「コンクリート機械－施工現場情報交換」進捗報告 ④ SC 1/WG 9 DIS 6085 「セルフローディングモバイルコンクリートミキサー」投票状況 ⑤ SC 1/WG 7 ISO 18650-2・SC 1/WG 6 ISO 21573-1・SC 1/WG 2 ISO 13105-1、-2 見直し状況報告 ⑥ ISO 事務総長レター

■ ISO/TC 127/SC 4/WG 6 - ISO 7334 自動運転/分類 国際バーチャル WG 会議

月 日：4月19日（火）夜、21日（木）夜

出席者：米国 Deere 社 TAHA コンビナーなど海外から12名、日本専門家は国土交通省新田恭士委員ほか7名
場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：ISO 7334 自動運転の分類 検討 ①規格案文検討（用語の定義など）

②日程確認 ③当面の作業（用語の定義の対比表の Google Drive に保管、日程確認など）④各用語及び定義検討 ⑤次回合（5月4日としていたが、日本の休日なので、5月下旬に変更）

建設業部会



■ クレーン安全情報 WG

月 日：4月15日（金）

出席者：中島康弘主査ほか8名

議 題：①ラフテレーンクレーンのモーメントリミッター機能追加の件について、今後の進め方について。※三役会からの指摘を含め R04 活動計画の再検討 ②事故事例発表 ③その他（活動の提案）

■ 機電交流企画 WG

月 日：4月22日（金）

出席者：本多茂主査ほか9名（内 Web 参加者3名）

議 題：① R04 年度の活動準備報告・講演会 アンケート報告・見学会 アンケート報告 ②パンフレット改訂について ③その他

■ 建設業 ICT 安全情報 WG 代表打合せ

月 日：4月25日（月）

出席者：齋藤貴之主査ほか3名

議 題：①令和4年度の活動計画策定に向けた打合せ・本 WG の設立経緯からこれまでの活動確認・類似委員会、国交省の方針再確認 ②その他

■ 三役会

月 日：4月28日（木）

参加者：鈴木博士部会長ほか6名（内 Web 参加者3名）

議 題：①各 WG 活動報告 ◆4/15 クレーン安全情報 WG：・ラフタークレーンのモーメントリミッター設置に絡む活動見直し・その他新規活動の方向性について、◆4/22 機電交流企画 WG：・就活パンフレットの見直し・若手機電技術者意見交換会代替企画（講演会・見学会）について、◆4/25 建設業 ICT 安全 WG 代表者打合せ ②部会としての企画（講演会・見学会）について ③ JCMA 事 R03 業報告書案について（5/9 〆切） ④その他

レンタル業部会



■ コンプライアンス分科会

月 日：4月5日（火）（Web 会議併用）

出席者：飛山分科会長ほか10名

議 題：①部会長、分科会長挨拶 ②レ

ンタル業としてのトラック輸送業における運賃について ③各社からの報告事項・情報交換 ④その他

各種委員会等



■ 機関誌編集委員会

月 日：4月6日（水）

出席者：中野正則委員長ほか29名

議 題：①令和4年7月号（第869号）計画の審議・検討 ②令和4年8月号（第870号）素案の審議・検討 ③令和4年9月号（第871号）編集方針の審議・検討 ④令和4年4月号～令和4年6月号（第866～868号）進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■ 新工法調査分科会

月 日：4月13日（水）

出席者：北川博一委員ほか3名（内 Web 参加1名）

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■ 第1 回広報部会広報委員会

月 日：4月8日（金）

場 所：北海道支部会議室

出席者：古賀修也広報委員長ほか3名

内 容：令和3年度建設機械優良運転員・整備員の被表彰候補者の選定等

■ 第1 回企画部会

月 日：4月22日（金）

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：川村和幸企画部会長ほか12名

内 容：①令和3年度事業報告（案） ②令和3年度決算報告（案） ③令和4年度事業計画 ④令和4年度収支予算 ⑤その他（第1 回運営委員会及び第11 回総会関係）

■ 建設機械損料担当者打合せ

月 日：4月25日（月）

場 所：札幌市、北海道建設会館

出席者：堺実調査部会調査委員長ほか19名

内 容：①令和4年度建設機械等損料の改正等について ②その他

■ 支部会計監査

月 日：4月26日（火）

場 所：北海道支部会議室

出席者：熊谷一男支部監査役ほか2名

議 題：令和3年度支部事業及び決算書の監査

■第1回運営委員会

月 日：4月26日（火）

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか23名

内 容：①令和3年度事業報告（案）承認の件について ②令和3年度決算報告（案）承認の件について ③令和4年度事業計画に関する件について ④令和4年度収支予算に関する件について ⑤役員の交代（案）に関する件について ⑥その他（第11回総会関係、感謝状贈呈者、優良運転者・整備員表彰）

東 北 支 部

■EE東北'22 インフラ DX (ICT) 体験広場 出展者会議（第3回）（対面＋Web会議）

月 日：4月4日（月）

場 所：仙台市 太陽生命仙台本町ビル 6階会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか5名＋Web参加6名

議 題：①レイアウトの確認について ②削減の対応について ③デモンストラーションのスケジュールについて ④役割担当について

■第1回広報部会

月 日：4月8日（金）

参加者：浅野公隆広報部会長ほか4名

内 容：①「支部たより183号」の編集計画について ②原稿執筆依頼について ③表紙写真について ④本部機関誌「建設機械施工」令和4年10月号ずいそう原稿執筆について ⑤その他

■第1回 情報化施工技術委員会（対面＋Web会議）

月 日：4月18日（月）

場 所：仙台市 ハーネル仙台

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか16名＋Web参加14名

内 容：①新副委員長の任命について ②新規参画委員について ③みちのくi-Construction 奨励賞受賞について ④委員会活動方針の策定について ⑤令和4年度の活動予定について ⑥ICTサポーターの認定報告について

■EE東北'22 第2回実行委員会作業部会（Web会議）

月 日：4月20日（水）

出席者：澤田敏樹東北技術事務所副所長ほか16名

内 容：①EE東北'22開催概要 ②EE東北'22実施方針（案） ③EE東北'22予算（修正案） ④今後の予定

■令和4年度 第1回 ゆきみらい担当者会議打合せ（Web会議）

月 日：4月22日（金）

出席者：東北地方整備局 企画部 浅野宣幸技術企画官ほか13名

議 題：①令和3年度 実施事項について ②確認事項について ③次回担当者会議について ④スケジュール、役割分担について

■令和3年度 支部監査

月 日：4月25日（月）

場 所：東北支部会議室

出席者：浅野博之支部監査役ほか1名

内 容：令和3年度の事業及び決算の監査全般

■第1回 企画部会（対面＋Web会議）

月 日：4月27日（水）

参加者：木村信悦企画部会長ほか3名＋Web参加3名

議 題：第1回 支部運営委員会ほかについて

内 容：①令和3年度 事業報告（案）について ②令和3年度 事業決算（案）について ③役員の改選（案）について ④第11回 東北支部通常総会について

北 陸 支 部

■令和3年度 北陸支部 支部監査

月 日：4月26日（火）

場 所：北陸支部事務室

出席者：本間久雄、二宮康行支部監査役

議 題：①業務監査（支部業務全般にわたる適正、適法性の監査） ②会計監査（貸借対照表、正味財産増減計算書、財産目録の適正・適法性の監査）

■除雪機械整備技術検討会 打合せ会

月 日：4月28日（木）

場 所：北陸地方整備局 5F 企画部打合せ室

議 題：①「除雪機械整備検討会とりまとめ」確認事項及び回答 ②機械購入入札説明書の改定について ③出張工数に伴う休日及び夜間の単価の設定について

中 部 支 部

■令和4年度天竜川上流総合水防演習連絡調整会議

月 日：4月21日（木）

場 所：Web会議

参加者：永江豊事務局長

内 容：演習本番に向けての調整会議

■支部会計監査

月 日：4月28日（木）

監査役：中川義治氏、岡智明氏

内 容：令和3年度業務及び会計監査

関 西 支 部

■建設用電気設備特別専門委員会（第476回）

月 日：4月13日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①見直し規格の意向調査について ②新規の機器メーカーの参画について ③その他

■支部監査

月 日：4月21日（木）

場 所：関西支部 会議室

出席者：田口定一支部監査役、神谷敏孝支部監査役

内 容：令和3年度決算報告及び関係書類に基づく監査の実施

■企画部会

月 日：4月26日（火）

場 所：関西支部（Web併用）

出席者：村中浩昭企画部会長以下3名

議 題：①令和3年度事業報告（案）の件 ②令和3年度決算報告（案）の件 ③令和4・5年度運営委員選任の件 ④優良建設機械運転員等表彰の件 ⑤令和4年度本部会長表彰の件 ⑥会員の推移 ⑦総会後の講演会について ⑧その他

中 国 支 部

■第1回部会長会議

月 日：4月15日（金）

場 所：書面会議

出席者：塩形幸雄企画部会長ほか12名

議 題：①運営委員会（春季）について ②その他懸案事項

■DX・i-Con セミナー 2022【広島会場・Web】

月 日：4月21日（木）

場 所：広島県民文化センター 多目的ホール

参加者：広島会場 155名 Web118名

講演内容：①（講演）国土交通省 i-Construction の取組…総合政策局公共事業企画調整課課長補佐 岡本由仁氏 ②（講演）中国地方の建設現場の生産性向上について…中国地方整備局企画部建設情報・施工高度化技術調整官 樋野義周氏 ③（事例紹介）静岡県が目指す VIRTUAR SHIZUOKA による近未来サービス…静岡県交通基盤部政策管理局建設政策課 杉本直也氏 ④（講演）令和4年度 ICT 活用工事基準類の改定について…（一社）日本建設機械施工協会施工技術総合研究所 藤島崇氏

■ DX・i-Con セミナー 2022【米子会場】

月 日：4月22日（金）

場 所：米子コンベンションセンター 小ホール

参加者：80名

講演内容：①（講演）国土交通省 i-Construction の取組…総合政策局公共事業企画調整課課長補佐 岡本由仁氏 ②（講演）中国地方の建設現場の生産性向上について…中国地方整備局企画部建設情報・施工高度化技術調整官 樋野義周氏 ③（事例紹介）静岡県が目指す VIRTUAR SHIZUOKA による近未来サービス…静岡県交通基盤部政策管理局建設政策課 杉本直也氏 ④（講演）令和4年度 ICT 活用工事基準類の改定について…（一社）日本建設機械施工協会施工技術総合研究所 藤島崇氏

■支部会計監査

月 日：4月26日（火）

場 所：中国支部事務局

出席者：高倉寅喜支部監査役ほか3名
内 容：令和3年度業務及び決算報告について関係書類に基づく監査の実施

■春季運営委員会

月 日：4月27日（水）

場 所：書面会議

参加者：河合研至支部長ほか34名
議 題：①令和3年度事業報告に関する件 ②令和3年度決算報告に関する件 ③令和3年度支部監査に関する件 ④令和4年度建設の機械化施工優良技術者表彰について ⑤令和4年度運営委員及び専門部会について

四 国 支 部



■ R3 四国支部会計及び業務監査

月 日：4月25日（月）

場 所：支部事務局

監査者：中山義男支部監査役及び堀具王支部監査役

内 容：1. 会計監査…①経理事務全般 ②資産・負債・財産・収入及び支出の適正処理について ③財務諸表・財産目録等の適正管理について 2. 業務監査…①会員の入退会処理について ②事業計画・事業報告・予算決算の適正処理について ③その他、職員の法定福利等関係書類の整理について

■ R4 第1回（春季）[企画・施工・技術] 合同部会幹事会

月 日：4月26日（火）

場 所：建設クリエイティブビル（高松市）

出席者：宮本正司企画部会長外20名

内 容：① R3 事業報告（案）について ② R3 決算報告（案）について ③ R4 事業計画について ④ R4 予算書について ⑤ R4 団体会員、永年勤続役員、優良建設機械運転員・整備員表彰者について ⑥ 人事異動等に伴う役員等の変更について

九 州 支 部



■令和4年度 i-Construction 施工による九州支部生産性向上推進会議 第1回幹事会

月 日：4月21日（木）

場 所：リファレンスはかた近代ビル 103 会議室

出席者：鈴木勇治幹事長ほか15名

議 題：① i-Construction セミナー開催方針について ②自治体独自の講習会開催の協力要請について

■支部監査

月 日：4月27日（水）

場 所：九州支部 会議室

出席者：支部監査役2名

議 題：令和3年度会計及び業務監査

■企画委員会

月 日：4月27日（水）

場 所：九州支部 会議室

出席者：原尻克己企画委員長ほか10名

議 題：① R3 年度第3回運営委員会の開催報告 ②令和4年度支部総会について ③ i-Construction 推進会議幹事会の報告 ④その他

編集後記

今年も沖縄で5月初旬に梅雨入りしたのを皮切りに、北海道を除く東北地方までの梅雨入り予想が発表されました。全般的に平年よりも早い梅雨入りの予想です。降雨量としては平年並みの地域が大部分を占めますが、沖縄・奄美では平年よりも多くなり、大雨への備えについて注意喚起されています。本号は、梅雨だけではありませんが、雨と関係の深い「河川・ダム」の治水対策、維持管理、点検補修」を特集テーマに纏めました。

さて、本編では京都大学の角教授に、SDGsに貢献できる流域治水を実現することで、様々なところにWINな効果が期待できることを巻頭言で提言していただきました。治水域では、継続的に様々なエネルギーを蓄えていること、活用することで周辺地域へ利益をもたらすなど、改めて考える機会になりました。行政情報においては、国土交通省インフラ長寿命化計画の第2次計画、ハードとソフトの両面から推進されている流域治水、今後各所で更新が必要となる河川管理施設の構成機器である排水ポンプの開発についての取り組みなどを紹介いただきました。これらの取り組みを実現することが、災害報道の回避や軽減に繋がると考えます。特集報文では、様々な治水対策の取り組みや対策に関連する工法や技術、現在の活用状況に則したダムを改築した珍しい形状のラビリンス型洪水吐きについて紹介いただいています。維持管理として

は、効果的な設計に関する調査、ダム堆砂を持続可能に対処する技術の紹介、景観にもこだわった土砂吐の改修工事についての紹介ではいろいろな工夫が素晴らしい景観という結果に結びついたのではないかと思います。点検・補修としては近年増えつつあるダムのメンテナンスに使用できる水中機械の説明と今後望まれる技術開発について触れていただきました。水中における触覚などの感触も遠隔で得ることができるようになることを期待するところです。交流のひろばでは、インフラメンテナンス大賞を受賞された清流四十川のシンボル「岩間沈下橋」復活までの取り組みを紹介いただきましたが、地域だけでなく全国のサポーターに愛されていることを感じました。ずいそうでは、記憶に残っているお酒にまつわる話でしたが、自身の若かりし頃を思い出してみたくくなりました。皆様のご協力により、今回の特集号も幅広い内容とすることができました。

今回執筆いただいた中には、施工中に異常出水を乗り越えられた工事についての紹介もあり、繰り返される自然災害を可能な限り軽減できるように対策と心構えを忘れてはならないと考えさせられました。水害など自然災害以外にも原因はありますが、全ての人々が平和に暮らせる社会の実現が望まれるところです。

最後になりますが、貴重なお時間をいただき、ご執筆いただいた方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(松澤・飯田)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	見波 潔

編集委員長

中野 正則	日本ファブテック(株)
-------	-------------

編集委員

菊田 一行	国土交通省
垂井 保典	農林水産省
細田 豊	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
阿部 靖	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
川崎 智博	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
小黑 誠	(株)加藤製作所
園田 満	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

7月号「建設施工のDX特集」予告

・国土交通省が推進するインフラ分野のDX ・建設機械分野のDXの取り組み ・人流データの開発 ・AIによる画像解析技術が拓く土木分野の課題解決へのアプローチ ・建設業におけるデータを活用したDXへの取り組み ・建築DXへの取り組み ・横濱ゲートタワーにおけるスマート生産の取り組み ・BIMを活用したVRシミュレーションを通して工事の検討精度を向上させ、設計・施工工数の削減を目指す ・鉄道工事でのBIM/CIMの活用事例 ・地中調査結果を搭載したICT建設機械の活用による地下埋設物の保護 ・建設機械メーカーにおける営業のデジタル変革 ・自律施工の促進と普及を目的とした自律施工技術開発基盤OPERAの提案 ・無線ネットワーク環境で重機のスムーズな遠隔操縦を実現するサービスの紹介 ・発破用せん孔機の自動化技術と複数台遠隔操作ベンチリモート ・「建設RXコンソーシアム」ゼネコン16社がロボ・IoTで連携 ・量子コンピュータを活用したダンプトラックの土運搬経路の最適化 ・画像による山岳トンネルの切羽地質評価技術の開発

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

建設機械施工

第74巻第6号(2022年6月号)(通巻868号)

Vol.74 No.6 June 2022

2022(令和4)年6月20日印刷

2022(令和4)年6月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話 (022) 222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話 (052) 962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話 (092) 436-3322

本誌上への
広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY

bauma, ミュンヘン開催 2022年10月24日-30日

第33回 国際建設機械・建設資材製造機械・鉱業機械・建設車輛・関連機器専門見本市



入場券販売開始
bauma.de/tickets



Boost your success: 建設機械産業の未来は、baumaから始まる
キープレイヤー、トレンド、イノベーションを一堂に集め、ビジネスを成功に導く

bauma.de

お問合せ: メッセ・ミュンヘン日本代表部
Tel: 03-6402-4583 / info@messe-muenchen.jp

bauma

VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT



ペイブアシスト&コンパクトアシスト

ボルボのオペレーター支援システムで施工温度や施工状況が見える化出来ます。詳しくはボルボ正規ディーラーまでお問い合わせください。



マテリアルマネージャで施工管理が便利で楽になります。

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

ボルボ建機道路機械正規ディーラー

マシンケアテック株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

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

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

- 特長**
- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
 - 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
 - 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
 - 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>



建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル, ブルドーザ, 振動ローラ
クローラダンプ, 鑿岩機, その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高機能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
TEL: 0569-84-8582(直通) FAX: 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mekatoro@daiwakiko.co.jp

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
 札幌営業所 TEL: 011-892-6920
 仙台営業所 TEL: 022-238-1521
 新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
 長野出張所 TEL: 080-1013-9542
 中部営業所 TEL: 052-504-3434
 金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
 四国出張所 TEL: 087-868-5111
 九州営業所 TEL: 092-431-5523
 南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

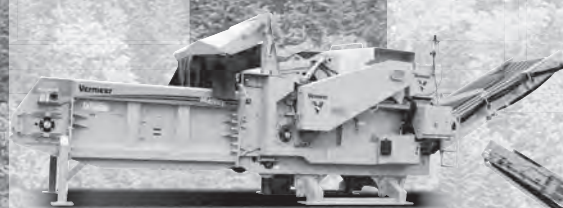
マルマテクニカのホリゾントルグラインダー



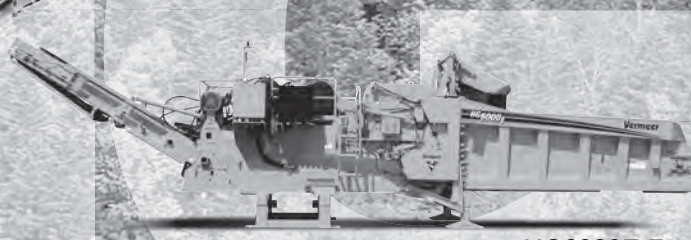
HG4000TX II



HG6000TX II



HG4000E II

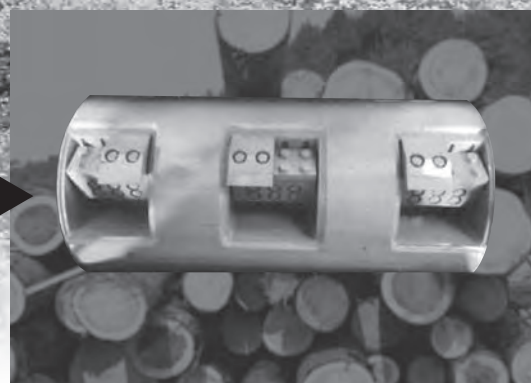


HG6000E II

1台の破砕機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別を選ぶ2タイプ。



破砕部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破砕機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくするため、Vermeer 社破砕機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジン/手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D



●技術で明日を築く

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL: 03(6861)1122 FAX: 03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221	東京支店 03(6861)1122	大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611	横浜営業所 045(774)0321	広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311	静岡営業所 054(261)3259	高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791	名古屋営業所 052(856)7222	九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570	金沢営業所 076(269)1231	

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

N微弱電波 U429MHz帯特定小電力 G1.2GHz帯特定小電力
M315MHz帯特定小電力 S920MHz帯特定小電力

スリムケーブルス 5000型

緊急停止スイッチの オプション対応スタート！

- ・微弱、429MHz特小、1.2GHz特小 全て対応
- ・8点、12点、16点仕様 全て対応
- ・表示用LED取付他、従来のオーダー対応可

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



充電台に置いて充電

ご要望の多かったクレードルタイプを
オプションにてご用意！



RC-5800U/G

2段押3組 準標準型
好評発売中！

- ・インバーター制御のクレーンに最適！
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク スイッチ

429MHz・1216MHz(送信出力1mW)
の2種類の周波数から選択可能

429MHz、1216MHzが
同価格！！

ハンディタイプ シリーズ

タフケーブルス
《RC-8600N/U/G》



チップケーブルス
《RC-3205M・3212M・3208N》



マイコンケーブルス
《RC-6000N/U/G》

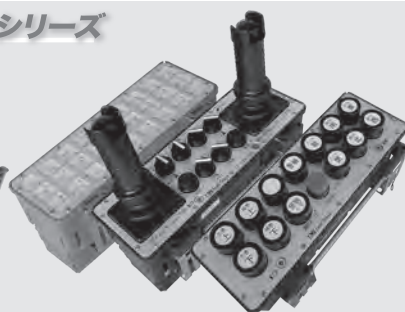


ケーブルスミニ
《RC-4400N》



ショルダータイプ シリーズ

MAXサテレータ
《RC-9300U/G》



マイティサテレータ
《RC-7100・7200N/U/G》

データケーブルス シリーズ

双方向データケーブルス
《TC-1000808S》



データケーブルス
《TC-1300・1400N/U/G》



常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1(本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索



建設機械施工

広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械 等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械 等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

サントナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前： 所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： F A X：

E-mail：

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サントナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138



ATCx 建機・農機

持続可能な社会の実現を目指し、建設機械や農業機械は電動化や省人化、効率化が進められ、ICT、5G、無人運転、遠隔操作などの新しい技術が必要とされています。また、生産性、信頼性、安全性、快適性を高めるための開発要求も複雑化しています。

「ATCx 建機・農機」では、建機、農機の開発トレンドに対する最新のソリューションをご紹介しますとともに、ユーザー様より適用事例をご講演いただきます。建機、農機の開発に関わる皆様のご参加をお待ちしています。



開催日：2022年 **7月22日**（金）
13:00-16:40

会 場：オンライン

対 象：建機・農機メーカー、
建機・農機開発に携わる方

参加費：無料（事前登録制）

※競合企業や同業他社の方は参加をご遠慮いただく場合がございますのでご了承ください。



ユーザー講演

大型ブルドーザにおける複数アンテナ搭載時の
指向特性を考慮した5GHz帯電波伝搬解析



コマツ

開発本部 ICT システム開発センタ
コンポハード開発グループ 技師
藤岡 昌彦 様

農業機械における
EDEMを用いた解析技術の紹介



株式会社クボタ

次世代技術研究ユニット
解析センター
上田 秀哉 様

ATCx シリーズ

アルテアエンジニアリング
では、1999年よりユーザー
会を開催しています。ATCx
は、大規模ユーザーイベン
トの分科会シリーズです。

自動車・
次世代モビリティ



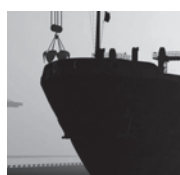
6月30日7月1日（木・金）

生産・製造技術



7月5日（火）

造船技術



7月29日（金）

電機



8月5日（金）

医療・ヘルスケア



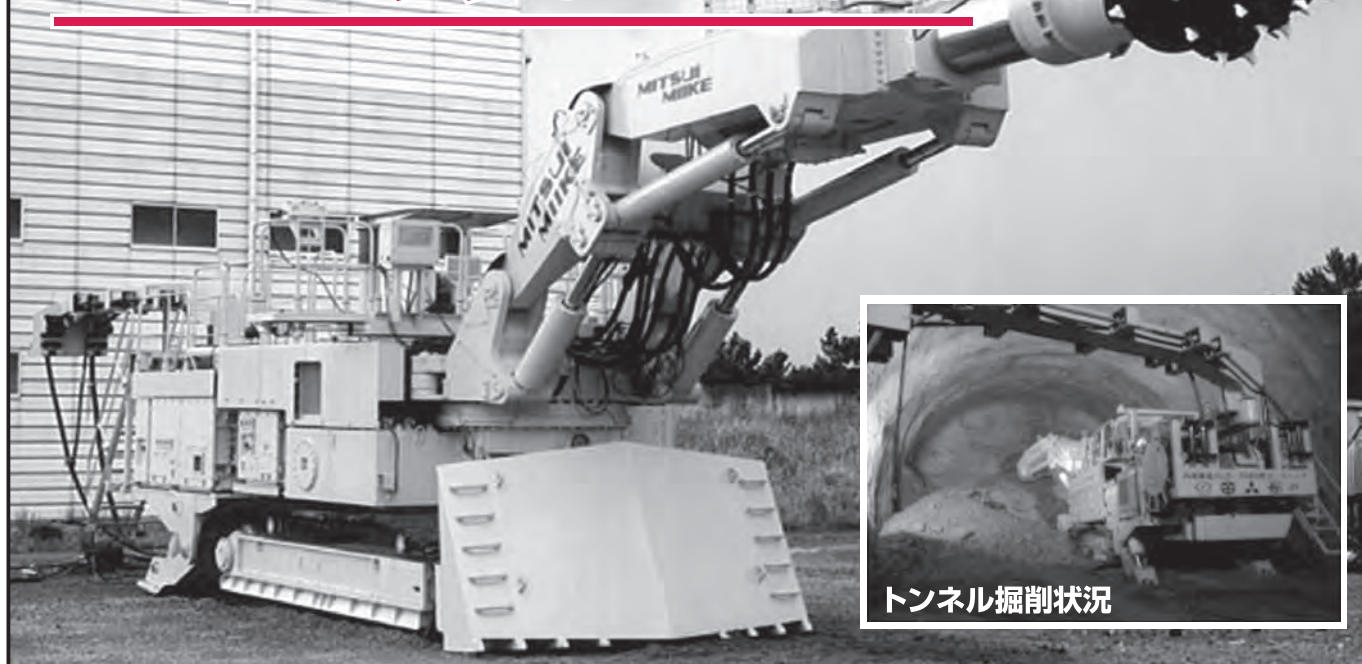
8月26日（金）



アルテアエンジニアリング株式会社 / altairjp.co.jp / jp-marketing@altair.com

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッドSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。
※1,2

よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店／〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

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

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

A WIRTGEN GROUP COMPANY



信頼のインテリジェンス

▶ www.wirtgen.com/milling

ヴィルトゲン新型路面切削機はデジタル化された切削システムで作業を効率化し、生産性を向上します。切削品質も最適化され、必要に応じて書面レポートを自動作成するオプションも実現します。経験豊富なユーザー様の情熱に傾聴し、効率的にデザインに取り入れて更なる革新を共に目指します。

ヴィルトゲン・ジャパン株式会社

東京都千代田区神田神保町2-20-6・tel 03-5276-5201・fax 03-5276-5202・www.wirtgen-group.com/japan

雑誌 03435-6



4910034350629
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)