

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2021

建設機械施工



Vol.73 No.8 August 2021(通巻858号)

特集 維持管理・長寿命化 リニューアル

立山カルデラ・白岩砂防堰堤(国の重要文化財)

本堰堤63m,7基の堰堤を併せた水脈落差108mは、日本一の規模

巻頭言 インフラ維持管理における技術と技術者の役割

技術報文

- 時速100km走行でのトンネル覆工コンクリート高解像度変状検出手法
- 既設コンクリート構造物の補強工事に伴う削孔作業に適用する自動削孔装置の開発
- 小断面水路トンネルにおけるプレキャスト補修部材の急速運搬・組立工法
- 棧橋上部工点検用ロボットと診断支援システムの開発
- ゲートワイヤロープ保守点検の機械化と運用 他

行政情報

- インフラメンテナンス国民会議の活動
- 農業農村整備事業におけるストックマネジメントの取組紹介

交流の広場

暴れ川「常願寺川」の砂防と河川改修 他

すいそう

奇跡の森と真言密教 他

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

イーグルアイビュウシステム
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

SK125SR-7は申請予定。



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

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和3年度版

∞ ∞ ∞ 改定・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

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定され、令和3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3年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、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3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3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)



◆改定内容

国交省基準の改定に伴う歩掛等の改定のほか、令和2年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編
 - ・架設用仮設備機械組立解体歩掛の諸雑費率の改定
 - ・現場溶接用ストロングバックの名称、形状の改定
 - ・鋼製橋脚工現場溶接工歩掛の一部改定
 2. PC橋編
 - ・ポストテンション桁製作工歩掛の改定
 - ・プレキャストセグメント主桁組立工7分割歩掛の策定
 - ・ポストテンション場所打ホロースラブ橋工、ポストテンション場所打箱桁橋工、横組工のPCケーブル工歩掛の改定
 - ・セラミックインサート設置工歩掛の策定
 3. 橋梁補修編
 - ・疲労き裂の諸雑費率内訳と1箇所定義の掲載
 - ・湿式剥離剤工法における環境対策資機材及び安全衛生保護具の説明文と使用数量の改定
 - ・積算例の改定
- 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3年5月26日

関係部署にも御回覧をお願いします。

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2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2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、令和元年9月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版」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が改正され、令和2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、これまで隔年で発刊しておりました大口径岩盤削孔工法の積算を改定し「大口径岩盤削孔工法の積算 令和2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2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2編 工法の概要

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第4編 パーカッション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

第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

令和元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標準積算の改正に伴う改訂

アースオーガ掘削工法に用いるクローラ

クレーンの排出ガス対策型への移行

標準積算例に解りやすく解説

国土交通省基準に準拠した機械等損料表の改定

最新の施工実績に更新

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。

● 発刊 令和2年5月15日



令和3年度版 建設機械等損料表

- 発売日 : 令和3年5月7日
- 体裁 : A4判 モノクロ 約480ページ
- 定価 : 一般価格 8,800円 (本体8,000円+税10%)
会員価格 7,480円 (本体6,800円+税10%)
【郵送を希望される場合は、送料別途となります】

■内容

- I. 機械損料の構成と解説
- II. 関連通達・告示等
- III. 損料算定表の見方(要約版)
- IV. 建設機械等損料算定表
- V. 船舶損料算定表
- VI. ダム施工機械等損料算定表
- VII. 除雪用建設機械等損料算定表



一般社団法人 日本建設機械施工協会

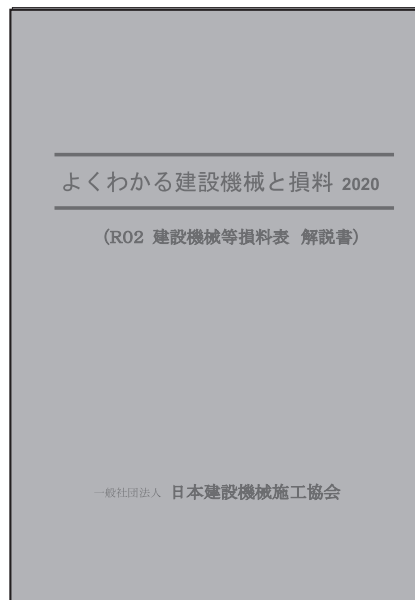
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:田崎 忠行)は、5月下旬に書籍「よくわかる建設機械と損料 2020」を下記の通り発売します。

本書は先に発刊した書籍「令和2年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、多くの特長を持っています。

単に損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに対する幅広い知識を得るという点においても有効・有益な資料と考えます。是非ご活用下さい。

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売日：令和2年5月

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円

会員：5,100円

■内容・特長

- (1) 損料用語を平易な表現でわかりやすく解説
- (2) 換算値損料や損料補正值の計算例を紹介
- (3) R02損料算定表の主な改正点を表にして紹介
- (4) 19件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (5) 建設機械器具のコード体系を大分類別に図示
- (6) 損料算定表に掲載の大半の機械器具について、その概要・特徴を写真・図を添えて紹介
- (7) 主要な建設機械については、メーカー・型式名を表にして紹介
- (8) 索引でヒットしない機械について、その要因と対処方法を表にして紹介

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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2019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2019 電子書籍（PDF）版		建設機械スペック一覧表、 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 注）タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・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	55,000（3年間）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（3年間）
10	利用期間	3年間		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

令和元年5月 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

2019年版日本建設機械要覧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、2016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2019年版を含めると1998年から2018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。



お問合せ先：業務部 鈴木英隆 TEL：03-3433-1501 E-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

2019年版 日本建設機械要覧

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

平成31年3月

体 裁

- ・ B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・ 2016年版より外観を大幅に刷新しました。

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

2019年版日本建設機械要覧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2016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2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

2019年版 内容

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

◆ 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 2019年版	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）
- ②民 間：（本部へ申込）FAX
（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 太陽生命仙台本町ビル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 建設クリエイティブビル	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、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.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）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

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/> をご覧ください。

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3年8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 3 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和3年度版	11,000	9,350	900
2	R 3 年 5 月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
3	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
4	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
5	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
6	R 2 年 5 月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
7	R 元年 9 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
8	R 元年 6 月	日本建設機械要覧 2019年電子書籍（PDF）版	66,000	55,000	－
9	R 元年 6 月	建設機械スベック一覧表 2019年電子書籍（PDF）版	60,500	49,500	－
10	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
12	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
13	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
14	H29 年 4 月	ICTを活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
15	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
16	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
17	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
18	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
19	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
20	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
21	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
22	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
23	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
24	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
25	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
26	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,048		250
27	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,238		250
28	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）*	3,520		250
29	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
30	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
31	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
32	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
33	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
34	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
35	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
36	H11 年 5 月	建設機械化の50年	4,400		700
37	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
38	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
39	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
40	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
41	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
42	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
43	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
44	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
45		建設機械履歴簿	419		250
46	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。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄をご参照ください。

特集	維持管理・長寿命化・リニューアル
巻頭言	4 インフラ維持管理における技術と技術者の役割 横田 弘 北海道大学 名誉教授
行政情報	5 インフラメンテナンス国民会議の活動 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 (インフラメンテナンス国民会議事務局)
特集・ 技術報文	10 農業農村整備事業におけるストックマネジメントの取組紹介 柳 雅之 農林水産省 農村振興局 整備部 水資源課 施設保全管理室
	14 曲線函体推進工法による通行止めを回避したトンネル路面 変状対策 まがる一ふ工法を応用した曲線函体推進工法による施工 仲野谷 渉 ㈱熊谷組 首都圏支店 土木事業部 土木部
	19 時速 100 km 走行でのトンネル覆工コンクリート高解像度 変状検出手法 高速道路の点検の高度化に向けた高速カメラの活用 早川 智彦 東京大学 情報基盤センター 特任准教授 石川 正俊 東京大学 情報基盤センター 特任教授 亀岡 弘之 中日本高速道路㈱ 技術本部 高度技術推進部 専門主幹
	24 鉄道沿線斜面監視のための IoT センサの開発と整備 神谷 弘志 東日本旅客鉄道㈱ JR 東日本研究開発センター フロンティアサービス研究所 土木メンテナンスグループ 主幹研究員
	28 3次元点群データを活用した構造物点検 インフラドクターの点検活用事例 得能 智昭 首都高技術㈱ インフラデジタル部 インフラドクター課 課長代理
	33 鋼床版上ゲースアスファルト舗装の局部補修方法 宇田 陽亮 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 研究員 橋本 雅行 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 副主幹 中山 義雄 本州四国連絡高速道路㈱ 保全部 道路保全課長代理
	40 既設コンクリート構造物の補強工事に伴う削孔作業に適用する 自動削孔装置の開発 三澤 孝史 ㈱奥村組 技術研究所 土木技術開発専門部長 西山 宏一 ㈱奥村組 東日本支社リニューアル技術部 技術課 課長 有川 健 ㈱奥村組 東日本支社東京土木第1部 主任
	47 小断面水路トンネルにおけるプレキャスト補修部材の急速運 搬・組立工法 モール・シールドビルダー工法施工の実際と課題 山地 宏志 三井住友建設㈱ 技術本部 主席研究員 中森純一郎 三井住友建設㈱ 技術本部 主席研究員 野澤 是幸 三井住友建設㈱ 土木本部 顧問
	52 管きょ更生工法の施工機材と施工事例 SPR 工法, SPR-SE 工法, SPR-NX 工法 久保 善央 日本 SPR 工法協会 技術部 部長
	58 栈橋上部工点検用ロボットと診断支援システムの開発 田中 敏成 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 インフラ DX 研究領域 メタロボティクス研究グループ グループ長, 博士 (工学)
	63 ゲートワイヤロープ保守点検の機械化と運用 ゲートワイヤメンテナンスシステムによる精密点検 齋藤 勲 東京電設サービス㈱ 土木事業本部 土木保全工事センター 課長

	70	ICT を活用した曲面形状のコンクリート構造物(固定堰)の 改修事例	菊川 雅司 真柄建設㈱ 北陸土木事業部 越田 誠 真柄建設㈱ 北陸土木事業部 本田 忠大 真柄建設㈱ 北陸土木事業部
	74	専用架台と2種類のカメラを用いた集水井内の点検	高澤 忠司 ㈱興和 技術開発室 課長代理 堀松 崇 ㈱興和 調査部 部長代理 志太 智春 ㈱興和 調査部 技師
交流のひろば	78	暴れ川「常願寺川」の砂防と河川改修 災害と水系一貫の治水の歴史	成瀬 龍也 富山県 立山カルデラ砂防博物館 館長
	83	先人達の多大な苦勞により確保された農業用水の恩恵を未来 に引き継ぐ活動 吉野川分水～この水を未来に引き継ぐ～	新井 宏巳 大和平野土地改良区 事務局長
ずいそう	86	奇跡の森と真言密教	山口 文章 総本山金剛峯寺執行山林部長・高野山真言宗総長公室長・高野山霊宝館長
	88	あの時、梅干しのおにぎりでなかったらこの発明は生まれなかった 「ハイブリッド・サイフォン送水装置」開発の裏話	馬淵 和三 ㈱山辰組 代表取締役会長、博士(農学)
CMI 報告	90	トンネル点検支援技術の性能カタログ作成における技術検証	伊藤 良介 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第一部
	95	新工法紹介	機関誌編集委員会
	97	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	99	主要建設資材価格の動向	機関誌編集委員会
	103	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
	104	行事一覧 (2021 年 6 月)	
	108	編集後記 (山本・松本)	

◇表紙写真説明◇

立山カルデラ・白岩砂防堰堤 (国の重要文化財)
本堰堤 63 m, 7 基の堰堤を併せた水脈落差 108 m は、日本一の規模
写真提供: 富山県立山カルデラ砂防博物館

わが国有数の急流荒廃河川である常願寺川の基幹施設として、立山カルデラの狭窄部に造られ、この部分を抑えることによってカルデラ内に堆積する 2 億 m³ と言われる土砂の流出を防止している。

本施設は、本堰堤、副堰堤、床固め及び方格枠からなり、本堰堤の高さ 63 m, 7 基の堰堤をあわせた水脈の落差 108 m は、いずれも日本一の規模を誇る。2009 年 6 月に国の重要文化財に指定されている。1999 年から 2005 年まで右岸側の岩盤崩落対策が実施され、最近は無人工化施工や新たな土砂管理手法の開発、ライフサイクルコストを考慮した長寿命化対策などの取り組みが実施されている。

巻頭言

インフラ維持管理における技術と技術者の役割

横 田 弘



インフラは、国土の保全、防災・減災、豊かな経済社会活動等を実現し、長期間かけて文明の創造に寄与する。このようなインフラが所要の期間その役割を十分に果たすためには、それを適切に計画・設計し、施工し、維持していくことが求められる。

2012年12月に発生した笹子トンネルの天井板崩落事故が契機となり、わが国のインフラ維持管理の立ち後れが顕在化した。これを受けて、国土交通省は2014年5月に「インフラ長寿命化基本計画」を策定し、インフラの維持管理・更新等の中期的な取組の方向性を示し、インフラ管理者は行動計画に基づき個別施設毎の長寿命化計画を策定することを求めた。そして、インフラの適切な維持管理を推進するための各種施策が展開されてきた。例えば道路では、2014年7月に定期点検に関する省令・告示が施行され、5年に1回の近接目視による点検が法定化された。それから7年が経過して定期点検が一巡し、2019年度からは二巡目の定期点検に入っている。

一巡目の点検結果等に基づき、全国のインフラの健康度をAからEの5段階で評価したインフラ健康診断書が土木学会から公表されている。最新の2020年版では、例えば道路部門で、橋梁はC、トンネルはD、路面（舗装）はCとの評価である。ここで、Cは要注意、Dは要警戒であり、は現状の管理体制が改善されない限り健康状態の改善や維持が難しく、老朽化が進んでいくことを示す。多面的な維持管理の施策が展開されている一方で、多くのインフラの状態が改善されないのはなぜであろうか。いくつかの理由が考えられるが、点検は定期的に行われるようになったものの、問題のあるインフラへの補修等の対応がまだ十分でないことが一つの要因ではなかろうか。

インフラが健康を害した場合、その理由を理論的・経験的に推測することはおおむね可能であるが、確実に行うことは容易ではない。インフラの維持管理は、

医者と病気の関係のアナロジーとして捉えられることが多いが、人間と違って話のできないインフラは、症状や思い当たる理由を医者に訴えることはできない。代わりに、医者である技術者がその原因を探ることになるが、そのためには、コスト、時間、知識、経験が必要である。同時に、技術者の知識と経験に裏付けられた、原因から結果に至るプロセスの想像力が求められる。

インフラを長く使い、長寿命化を実現するためには、インフラ建設時の設計・施工と補修を含めた使用時の維持管理の確実な連携を図らなければならない。これがインフラのライフサイクルマネジメントである。インフラに早期に見られる不具合のほとんどは、設計のミスか施工上の不具合によるものである。情報技術がめざましい発展を遂げる中で、BIM/CIMやAI等の支援を受けた的確な設計および施工が要望される。そしてそれらのデータを基にしてICT技術の支援を受けた維持管理が行えるようになれば、より戦略的なインフラの長寿命化が達成できる可能性がある。ただし、あくまでも「支援」である。インフラの構造詳細、施工品質、置かれた環境、使われ方は多種多様である。よって、現れる不具合には空間的かつ時間的に大きなばらつきがある。そのような中で、どういう点検を行えばいいのか、どのような補修をすればいいのか、どういう機器類を使えばいいのか、適切な方法を技術者は探る必要がある。高度化された技術がこれからも多く生み出されていくと思われるが、ユーザである技術者もこれに合わせて高度化されていかねばならない。いかに優れた技術が生み出されても、維持管理は技術者の想像力に基づく補完が必要である。技術とそれを使う人の能力が両輪となって維持管理が進歩する。

行政情報

インフラメンテナンス国民会議の活動

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課（インフラメンテナンス国民会議事務局）

「インフラメンテナンス国民会議」（以下、「国民会議」という。）は、インフラを良好な状態で持続的に活用するために産学官民が一丸となってメンテナンスに取り組む社会の実現に向けて、様々な主体が参画し、理念の普及、課題の解決及びイノベーションの推進を図るために2016年11月に設立されたプラットフォームである。本稿では、国民会議の設立経緯や目的・推進体制とともに、活動概要について紹介する。
キーワード：老朽化対策、産学官民連携、革新的技術、自治体支援、市民参画

1. 国民会議設立の経緯

(1) インフラ老朽化の現状と国土交通省の取り組み

我が国のインフラは、その多くが高度経済成長期以降に整備され、今後、建設から50年以上経過する施設の割合は加速度的に増加する見込みである。例えば、全国約72万の道路橋については、建設後50年を経過する施設の割合は、2019年3月時点では27%であったが、2029年3月には52%へと急増することが予想されている（建設年度不明の約23万橋については、割合の算出に当たり除いている（2017年度集計））。

全国の道路橋の9割以上は地方自治体が管理しており、特に市区町村が7割近くを管理していることから、地方自治体を中心に適切なインフラメンテナンスを実現することが大きな課題となっている。

(2) 国民会議の設立及び位置付け

インフラは、豊かな国民生活、社会経済を支える基盤であり、急速に老朽化が進行する中で、施設管理者は限られた予算と人員の範囲内でメンテナンスの対応を行わなければならない、効率化、効果的に行うことが課題となっている。

国民会議は、社会資本整備審議・交通政策審議会技術分科会技術部会提言「社会資本のメンテナンス情報に関わる3つのミッションとその推進方策」（2015年2月）において設置が提言され、日本再興戦略－改定2015－（同年6月30日閣議決定）では、「インフラ長寿命化計画（行動計画）等を実行するための基盤となるインフラメンテナンス産業の育成・活性化を図るため、来年度より、産官学が総力を挙げてこれに取り組

むプラットフォームとしてインフラメンテナンス国民会議（仮称）を設立する」ことが明記された（図－1）。

これらを受け、インフラメンテナンスに強い関心を有する産学官民の様々な分野の方々と意見交換会や準備会を重ね、会長には（株）経営共創基盤 IGPI グループ会長の富山和彦氏、副会長には政策研究大学院大学教授の家田仁氏を迎え、199の会員により国民会議が設立された（図－2）。

2. 国民会議の概要

(1) 目的

インフラメンテナンスを効率的、効果的に行う体制の確保が課題である一方、豊かな国民生活を送る上でインフラは国民一人ひとりにとって重要なものであり、インフラメンテナンスに社会全体で取り組むことが重要である。

このため、国民会議では以下の5つを目的として掲げ、国民会議の趣旨に賛同し活動に意欲のある企業、研究機関、施設管理者、市民団体等が連携するプラットフォームとして、会員による主体的な運営を行っている。

【5つの目的】

- ①革新的技術の発掘と社会実装
- ②企業等の連携の促進
- ③地方自治体への支援
- ④インフラメンテナンスの理念の普及
- ⑤インフラメンテナンスへの市民参画の推進

設立の背景(平成28年11月28日設立)

- インフラは豊かな国民生活、社会経済を支える基盤であり、急速にインフラ老朽化が進む中で施設管理者は限られた予算の中で対応しなければならず、インフラメンテナンスを効率的、効果的に行う体制を確保することが喫緊の課題
- 豊かな国民生活を送る上でインフラメンテナンスは国民一人ひとりにとって重要であることから、インフラメンテナンスに社会全体で取り組むパラダイムの転換が必要

目的

1. 革新的技術の発掘と社会実装
2. 企業等の連携の促進
3. 地方自治体への支援
4. インフラメンテナンスの理念の普及
5. インフラメンテナンスへの市民参画の推進

国民会議の性格

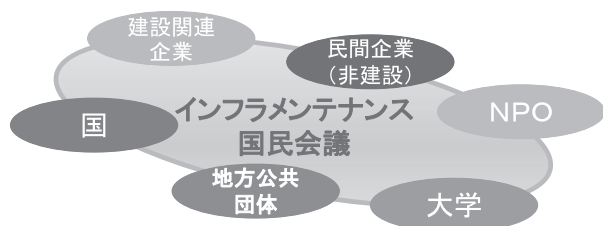
産学官民が連携するプラットフォーム



設立の位置付け

- 社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会 提言(平成27年2月)
「社会資本のメンテナンス情報に関わる3つのミッションとその推進方策」
- 日本再興戦略改訂2015-未来への投資・生産性革命-(平成27年6月30日閣議決定)
- 日本再興戦略2016-第4次産業革命に向けて-(平成28年6月2日閣議決定)
- 政務官勉強会 提言(平成28年7月29日)

図一 国民会議設立の背景、目的等



図二 国民会議の概念

(2) 推進体制

国民会議の会員は、設立から4年余りを経た令和3年5月末時点で、2,351者まで拡大した。そのうち、地方自治体の行政会員は全国の自治体数の過半数を占める1,068団体にまで増加している。また、企業会員は建設関連のみならず、設備・機械、システム開発分野など幅広い業種からの参画があり、国民会議の活動の裾野は着実に全国に広がっている。

国民会議の推進体制は、全体の方針を決定する「実行委員会」、企画や広報などにおける実施事項を決定する「部会」、様々なテーマで具体的な活動を実施する「公認フォーラム」により構成されている(図一3)。

3. 国民会議の活動

(1) 活動概要

各フォーラムでは、設立以来、新技術のニーズ・シーズのマッチングなど、インフラメンテナンスの技術導入を支援するイベントを全国で149回開催しており、

以下の活動を通じ、会員同士のオープンな議論等による連携・交流の結果として自治体間協働、企業間連携、官民マッチング等が着実に生まれている。その結果、これまでに8技術、延べ73件が社会実装を実現している。

①革新的技術の社会実装

課題解決につながる技術開発・新技術導入に向けた実証実験等のコーディネートにより、技術の社会実装を促進している(写真一)。

②地方自治体への支援

施設管理者のニーズや課題に対し、ピッチイベント(複数企業が短い時間で順番に製品等を紹介する催し)やマッチングイベント等によりシーズ技術とのマッチングを行っている(写真二)。

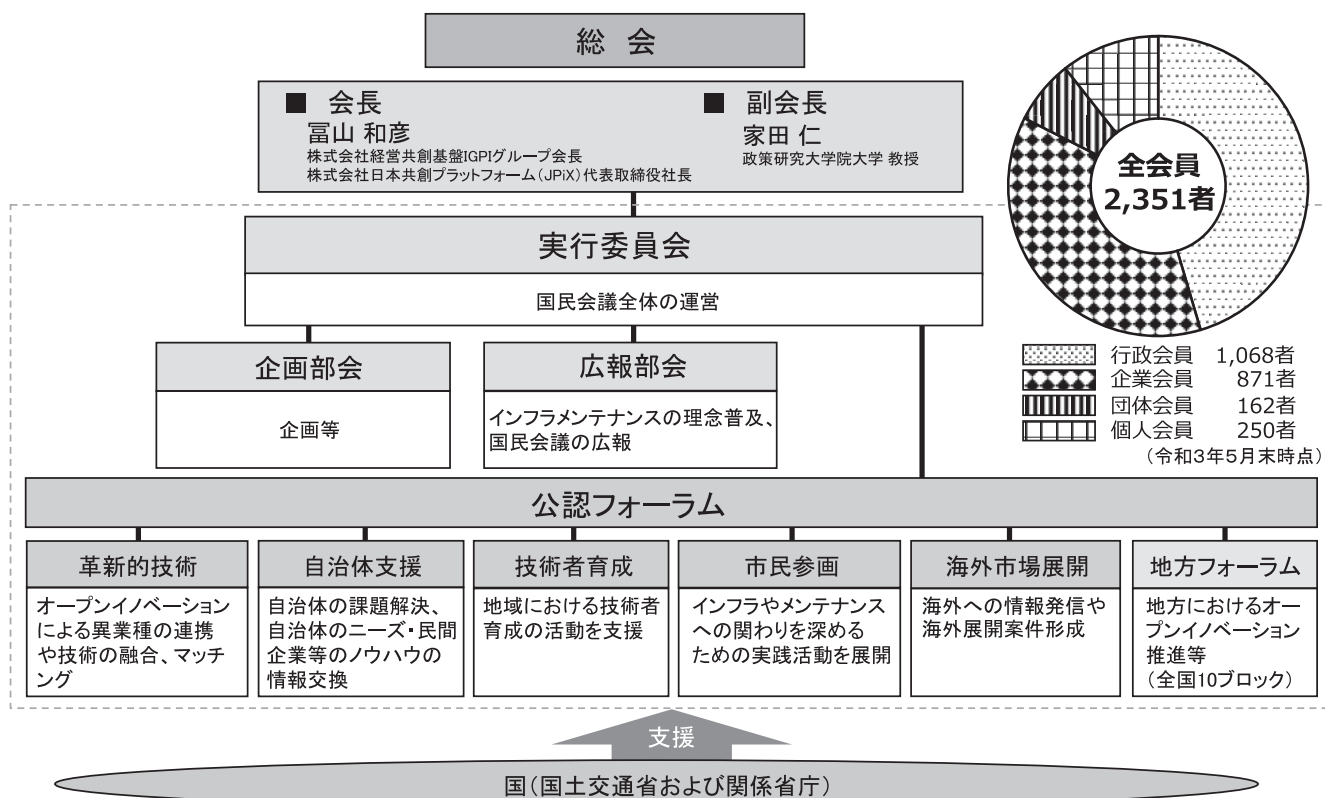
③企業等の連携促進

シンポジウム・セミナー等での最新動向や関連技術の紹介等を通じ、オープンイノベーションにより技術開発を後押ししている(写真三)。

(2) 公認フォーラムの主な活動

(a) 革新的技術フォーラム

革新的技術フォーラムは、施設管理者のニーズや技術の課題を明確化して、解決策となりうる会員が有する技術・サービス等について集約・情報提供を行うとともに、社会実装に向けた課題を整理し、インフラメンテナンスの効率的運用を目指している。



図一 国民会議の推進体制

写真一 実証実験の様子
(舗装路面の損傷状態を点検する技術)写真二 ピッチイベントの様子
(複数企業からシーズ技術を順番にプレゼンテーション)

写真三 セミナーの様子 (ドローンによるインフラ点検・診断技術をテーマにしたセミナー)



(b) 自治体支援フォーラム

前述のとおり老朽化の懸念されるインフラの大多数を管理しているのは地方自治体である。自治体支援フォーラムは、自治体の支援を目的として、行政会員の持つニーズや課題、好事例などの情報共有を行うとともに、包括的民間委託、技術者派遣、市民協働などの制度・体制に関する全国的テーマについての情報交換を行うフォーラム等を継続的に開催している。

(c) 技術者育成フォーラム

技術者育成フォーラムは、包括民間委託、技術者派遣等の新たな民間ノウハウを活用する手法において、担い手側に求められる企業連携やマネジメント体制の確立に向けたシンポジウムを地方フォーラムと連携して開催し、インフラメンテナンスの課題解決の具体方策として求められる技術者の役割や資格・制度の枠組み等について検討を進め、試行・実装を目指して活動している。また、地方フォーラムでのインフラメンテナンス時代のリーダーの育成を目指す先進的な取り組みを支援している。

(d) 市民参画フォーラム

市民参画フォーラムは、インフラメンテナンスにおける市民参画の意義を認識し、市民と行政の協働を促進しようとする機運のある地域に対し、その理解を深め実現を支援するため、インフラメンテナンスにおける市民参画についてのイベントやワークショップ等他のフォーラム活動と連携して実施している。

(e) 海外市場展開フォーラム

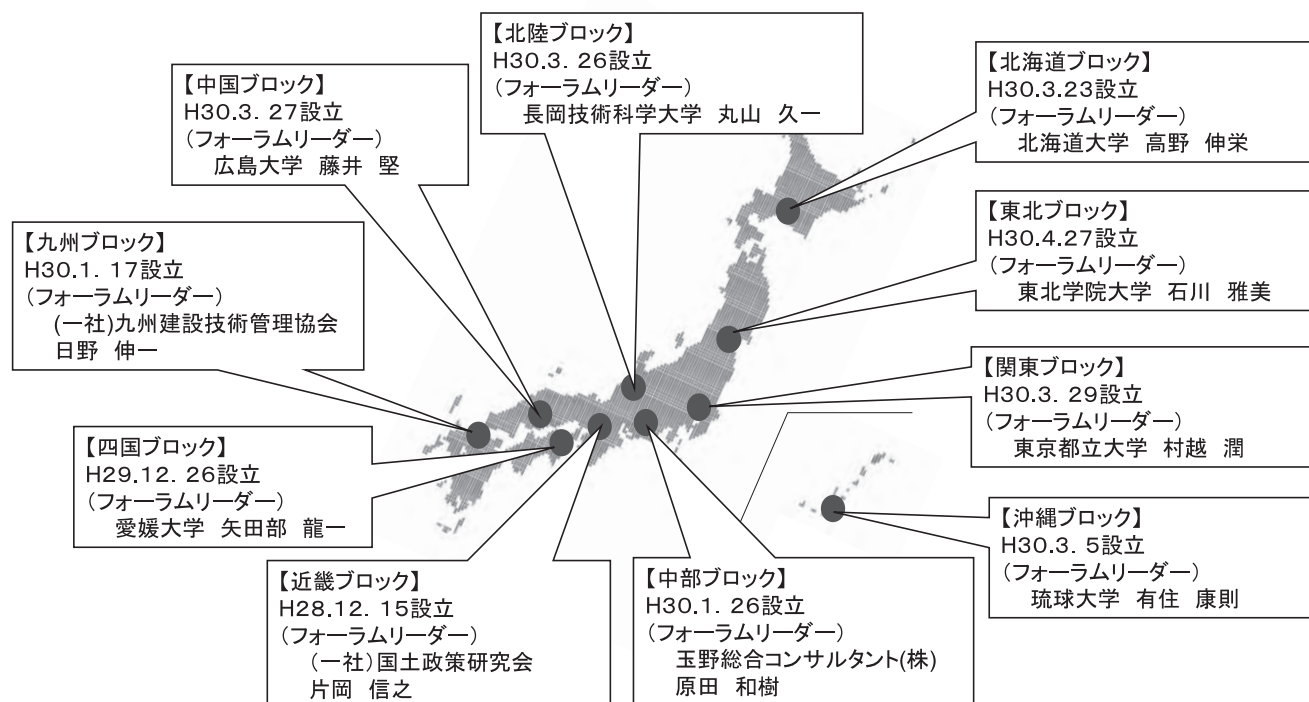
海外市場展開フォーラムは、海外進出を希望する会員を対象として、海外で活用できる技術の整理、海外における技術需要の調査、海外での知名度向上を図る取り組みを行うとともに、海外展開の促進を目的とした活動を行っている。

(f) 地方フォーラム

全国の10ブロック（北海道、東北、関東、北陸、中部、近畿、中国、四国、九州、沖縄）で地方フォーラムを設立し、地方のインフラメンテナンスの課題解決の基盤となる活動を行っている（図—4）。地域がインフラ施設を自律的・継続的に維持管理することが可能な仕組みづくりが必要であり、地方フォーラムでは、その仕組みの構築を目指し、地域の自治体とともに産学官民で課題解決を図っている。

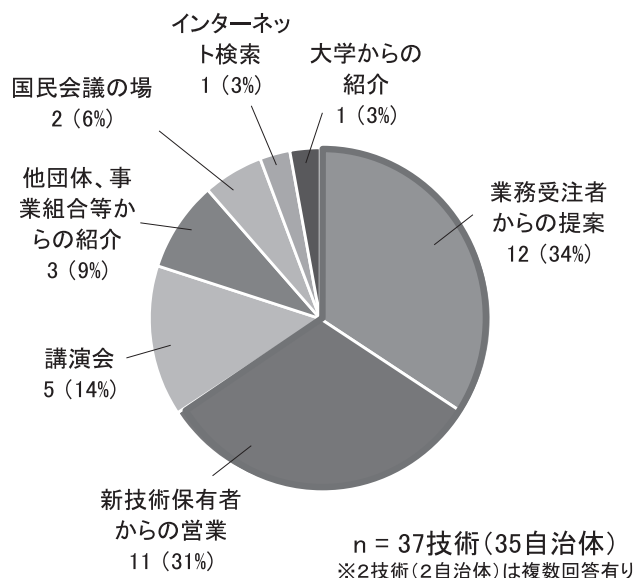
4. 今後の取り組み

会員数が順調に拡大し、関係者のネットワーク化が進展する一方で、これまでに国民会議を通じて社会実装した技術数は8技術・延べ73件に留まっている。革新的技術の社会実装が進まないという課題に対して、令和2年度に、国民会議のイベントにおいて自治体と企業のマッチングが成立した事例を対象に、自治体担当者に対してヒアリング調査を実施した。その結果、実装した新技術を知ったきっかけは、「業務受注



図—4 地方フォーラム

者（コンサルや点検業者など）からの提案」や「新技術保有者からの営業」が全体の6割を占める一方、「国民会議の場」や「インターネット」はわずか1割と、自ら主体的に新技術に触れる機会が限定的であった（図—5）。加えて、自治体においては新技術の有効性等の評価が困難な場合があり、導入にあたっては職場内の合意形成に苦勞していることなどが分かった。



図—5 令和2年度ヒアリング結果
(実装した新技術を知ったきっかけ)

これらの課題に対しては、オンライン環境も含め、新技術への出会いの場を提供できる仕組みの構築や、令和3年3月に国土交通省が作成した「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、さらにブラッシュアップするなどし、地方自治体が革新的技術を導入しやすい環境整備を行って参りたい。

また、令和3年度には、国民会議に「インフラメンテナンス市区町村長会議」（以下、「市区町村長会議」という。）を新たに設立する予定である。市区町村長会議は、メンテナンスに高い関心を有する市区町村長が今後のメンテナンスの方向性について意見交換・情報発信等を実施する場となるものであり、地方自治体における予防保全への本格転換や新技術の活用など、効率的・効果的なインフラメンテナンスの実現を目的としている。

市区町村長会議の活動を通じ、多くのインフラを管理しながら職員数や技術力が十分でない基礎自治体において、首長自身が自らの管理するインフラのメンテナンスにリーダーシップを発揮し、トップダウンにより新技術の社会実装や先進的な取組の横展開が行われていくことが期待される。

国民会議では設立以降、インフラメンテナンスの重要性と理念の普及に取り組んできた。今後さらに新技術・データの活用など効率的なメンテナンスや予防保全へ向けた取組を全国に共有・展開し、産学官民が一体となったインフラメンテナンスに対する理解や社会全体で取り組む気運を高めて行きたいと考えている。

5. おわりに

令和2年7月豪雨など、近年、毎年のように全国各地で自然災害が頻発し、甚大な被害が発生している。整備されたインフラが事前防災対策として効果を発揮するためには、平素からの維持管理が不可欠である。こうした認識のもと、令和2年12月に閣議決定された「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」の柱の一つとして、政府全体で概ね2.7兆円程度（うち、国土交通省分で概ね1.5兆円程度）を目途に「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」が盛り込まれ、重点的かつ集中的に実施し、取組の更なる加速化・深化を図ることとなっている。国民会議としても、各施設管理者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効率的かつ適切に行われるよう、側面支援して参りたい。

国民会議では随時会員を募集しており、入会すると、各フォーラムへの参加を通じて会員間の交流機会が得られるほか、会員向け情報を定期的に受け取ることができる。

インフラメンテナンスが抱える課題を様々な主体が自分事として向き合い、未来世代により良いインフラを継承していくための議論と活動にぜひ参画いただきたい。

JICMA

■ インフラメンテナンス国民会議 WEB ページ
(<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/im/>)

行政情報

農業農村整備事業におけるストックマネジメントの取組紹介

柳 雅 之

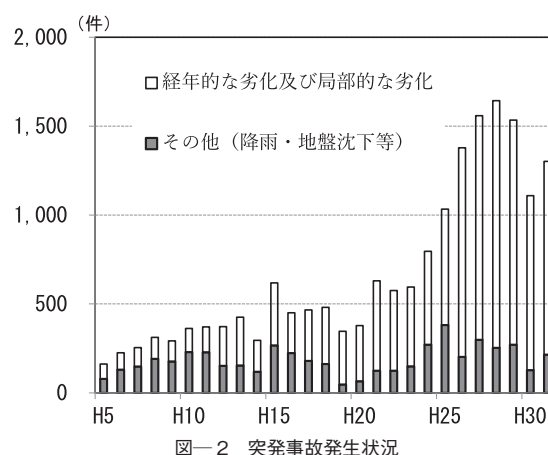
我が国の農業水利施設の相当数は、戦後から高度成長期にかけて整備され、老朽化が進行し、標準耐用年数を超えた基幹的農業水利施設は2割を超えている。こうした施設老朽化への対策として、農業農村整備事業においては、施設の管理段階から、機能診断を踏まえた対策の検討・実施とその後の評価、モニタリングまでをデータベースに蓄積された様々なデータを活用しつつ進めることにより、リスク管理を行いつつ、施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減を図る「ストックマネジメント」を推進している。本稿では、このストックマネジメント制度について紹介するとともに、創設の経緯等についても紹介を行う。

キーワード：農業農村整備事業、農業水利、ストックマネジメント、維持管理

1. はじめに

我が国の農業水利施設の相当数は、戦後から高度成長期にかけて整備され、老朽化が進行している状況にある。標準耐用年数を超えた基幹的農業水利施設は基幹的農業水利施設全体数の2割を超え、今後10年を経た段階においては、約4割が標準耐用年数を超過する見込みとなっている（図—1）。これら農業水利施設の老朽化の進行に歩調を合わせるかのように、パイプラインの破裂といった自然災害等に起因しない突発事故数も増加傾向にあり、農業用水の安定供給など農業水利施設の果たすべき機能を発揮させるため、施設の適切な維持・更新は重要な課題となっている（図—2）。

一方、農業生産の主たる現場である農村地域に視点を当てると、農業者の減少や高齢化、集落に占める非農業者の割合の増加に加えて、近年は農地利用集積の進展や大規模経営体の増加など、旧来にはなかった社会情勢の変化が急速に進行している状況にある。この



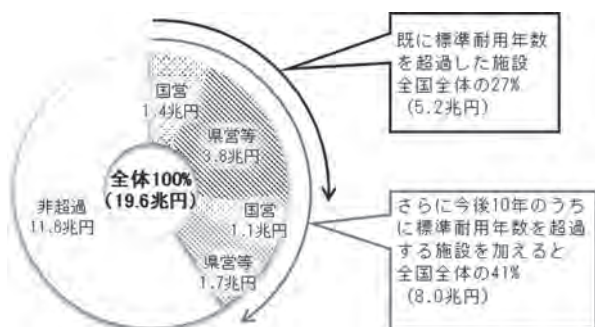
図—2 突発事故発生状況

ような変化は、農業水利施設の主たる管理者である土地改良区等にとって、今後大きな負担となりかねない事態である。

農業水利施設の維持管理施策に関しては、上記社会情勢の変化や「食料・農業・農村基本法」、「土地改良法」等関係法令の施行・改正等に併せ、適正な管理制度となるよう数次の制度創設、制度拡充を行ってきたところである。本稿では、農業農村整備事業におけるストックマネジメント制度創設の背景から関連事業制度の変遷について記す。

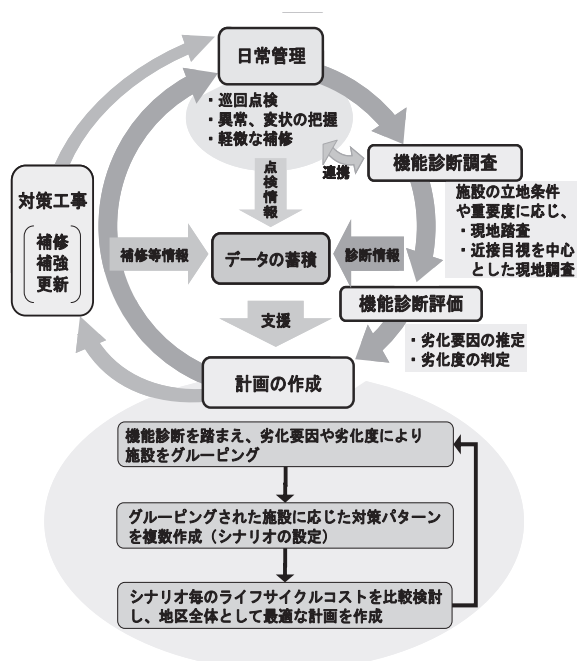
2. スtockマネジメントの定義

農業農村整備事業におけるストックマネジメントとは、施設の管理段階から、機能診断を踏まえた対策の検討・実施とその後の評価、モニタリングまでをデー



図—1 基幹的農業水利施設の老朽化状況 (平成30年度末)

データベースに蓄積された様々なデータを活用しつつ進めることにより、リスク管理を行いつつ、施設の長寿命化とライフサイクルコスト（施設の建設に要する経費に、供用期間中の運転、補修等の維持管理に要する経費及び廃棄に要する経費を合計した金額）の低減を図るための技術体系及び管理手法の総称を指し、具体的には図—3のサイクルを繰り返すことにより実施されるものである。



図—3 スtockマネジメントサイクル

3. スtockマネジメント制度創設の経緯

(1) 国の方針等の変遷

土地改良法は昭和24年に制定され、以降同法に基づく水源開発や頭首工、用排水機場、用排水路等の農業水利施設の造成が本格的に進められ、一定規模以上の基幹的農業水利施設は、平成30年度末時点の再建設費ベースで約19.6兆円にのぼる。これら農業水利施設は、食料の安定供給に不可欠なかんがい用水の供給機能のみならず、国土の保全、水源のかん養、自然環境の保全、良好な景観の形成などの多面的機能を発揮しており、重要な社会共通資本と考えられている。

こうして整備された農業水利施設は、平成初期の段階で更新が必要な時期を迎えつつあり、stockマネジメント制度の導入前は、農業水利施設の機能保全に関して、劣化の進行に伴う施設性能の著しい低下や、営農形態の変化等に伴う施設改良の必要が生じた時点で、全面的な更新整備により対応することが一般的であった。他方で、国及び地方においては財政事情が厳

しい状況となっていた時代であり、平成9年度には、農業水利施設を含む社会資本整備を持続的に着実に進めるために、平成9年度から平成11年度までの3年間で平成8年度比10%以上のコスト削減を目指す「公共工事コスト削減対策に関する行動指針」が策定され、その後も、平成12年度に「公共工事コスト削減対策に関する新行動指針」が策定された。

このような社会情勢を踏まえ、農業農村整備事業の実施にあたり、工事コストの低減だけではなく、工事の時間的コストの低減、施設の品質向上によるライフサイクルコストの低減等も含めた総合的なコスト削減対策を計画的に推進することとした、「農業農村整備事業等の新コスト削減計画」が平成12年度に策定された。これが、農業農村整備事業等において、ライフサイクルコストの低減も含めたstockマネジメントの考え方が本格的に検討されはじめたきっかけと考えられる。

食料・農業・農村基本法に基づき、食料・農業・農村に関し、政府が中長期的に取り組むべき方針を定める「食料・農業・農村基本計画」（概ね5年ごとに変更）においては、平成17年変更時に、農業水利施設を社会共通資本としてとらえ、施設の老朽化や劣化に対して施設の長寿命化を図り、ライフサイクルコストの低減に資することとした「農業水利施設等の適切な更新・保全管理」を記載し、農業水利施設のstockマネジメントを政府の大きな施策の一つとして初めて位置づけた。

土地改良法に基づき、土地改良事業の計画的な実施に資するため作成する「土地改良長期計画」（5年を一期とする）においても、第6次計画（平成20年）で、stockマネジメントを「農業用排水施設のstockマネジメントによる安定的な用水供給機能の確保」として初めて位置づけ、現行のstockマネジメント関連事業の絵姿が整備された。

その後も、これら計画の中でstockマネジメントの記載は引き継がれ、社会情勢等の変化を踏まえながら、変更を行っている。「食料・農業・農村基本計画」（平成22年）及び第7次「土地改良長期計画」（平成24年）においては、機能監視・診断等によるリスク管理、補修・更新履歴や機能診断結果等の情報の蓄積を推進することなどを記載し、戦略的な保全管理を推進することとした。「食料・農業・農村基本計画」（平成27年）及び第8次「土地改良長期計画」（平成28年）においては、突発事故等不測の事態への対処を強化することや、機能診断結果等の情報の蓄積等を通じ関係者による一体的な保全管理体制の構築を推進すること

などを記載した。最新の「食料・農業・農村基本計画」(令和2年)及び第9次「土地改良長期計画」(令和3年)においては、将来の保全管理コストの最小化や施設の点検等の省力化等を図るため、施設の集約・再編、統廃合等によるストックの適正化、柔軟な水管理を可能とするICTを活用した整備、ドローン等のロボットやAI等の利用及び状態監視技術に関する研究開発、実証調査を推進することなどを記載している。

(2) スtockマネジメント関連事業制度の変遷

国の方針等の変遷と同じく、具体的な施策実施ツールとしての関係事業も創設、改正等を重ねてきたところである。各農業水利施設における修繕工事や補強工事等に対応できる事業は、ストックマネジメントの理念が構築される前から存在していたものの、広義でのストックマネジメント関連事業の走り出しは、平成11年度に創設された、長寿命化に配慮した更新整備計画等の策定を行う「広域基盤整備計画調査」や、平成14年度に県営造成施設を対象として創設された「農業水利施設保全対策事業」、平成15年度に国営造成施設を対象として創設された「国営造成水利施設保全対策事業」であると考えられる。

平成19年には、「農業水利施設の機能保全の手引き」(以下、「手引き」という)が、農林水産省の政策諮問機関である、食料農業農村審議会の農業農村部会技術小委員会において、取りまとめられた。具体的には、農業水利施設の適正な維持・管理に向けた具体的な手法としてストックマネジメントサイクルについて、①施設の性能評価を行い、劣化の見通しを立てる、②老朽化のリスクを評価する、③農業水利施設の箇所毎の劣化状況に応じた適時の対応を考える、④予防保全を含む様々な機能保全対策を想定し、コスト比較によって適切な対策を選択的に実施する、⑤平均的なマニュアル対応から、個別施設毎の対応に変える、とした手順を示した。

以降、各農業水利施設の機能診断や管理水準を定め、それを維持するための中長期的な手法を取りまとめる機能保全計画の策定、同計画に基づく機能保全対策工事を一体的に実施する「基幹水利施設ストックマネジメント事業」を平成19年に創設、平成20年には、基幹的農業水利施設の仕組みに準じる形で、団体営造成施設を対象とした「地域農業水利施設ストックマネジメント事業」を創設した。また同平成20年には、ストックマネジメント技術の高度化を図るため、対策工法の有効性及び耐久性の検証等を実施する「ストックマネジメント高度化事業」を創設し、造成主体を問わ

ず、技術的な課題解決に向けた施策を事業制度として立ち上げるなど、国として農業水利施設のストックマネジメントサイクルに取り組む姿勢を、具体的な事業施策においても明確に示したところである。その後も、平成23年度には、国が造成した基幹的農業水利施設を対象に、造成した施設の長寿命化対策として機能診断を行い、施設長寿命化計画を策定した上で補修・補強等を行う「国営施設機能保全事業」や、機能低下が顕著な基幹的農業水利施設を対象に、施設機能の監視を行いつつ、補修・補強等を災害・事故リスクが高い箇所から適宜実施する「特別監視制度」を、平成24年度には自然災害等を除く不測の事態に緊急に対応する「国営施設応急対策事業」を創設するなど事業制度の拡充が進められた。

平成27年度には、農業水利施設の機能保全を取り巻く諸情勢が変化していることを踏まえ、「手引き」を改訂し、リスク管理の概念を明示的に導入し、蓄積されたデータを反映するなどした。平成30年度には、平成15年度以降に創設された「国営造成水利施設保全対策指導事業」等を再編する形で、①耐震診断を含む機能診断の実施、機能保全計画の策定や施設管理者への指導・助言、②現地での実践を通じたストックマネジメント技術の高度化、③施設の保全に係る区分地上権等の設定及び更新を行う「国営造成施設ストックマネジメント推進事業」、都道府県や市町村、土地改良区等が造成した農業水利施設の長寿命化を図るための補修・更新、機能診断等の実施を行う「農業水路等長寿命化・防災減災事業」、土地改良施設の突発事故に迅速に対応するため「土地改良施設突発事故復旧事業」が創設されるなどし、現在に至っている(図一4)。

区分	国営造成施設	県営・団体営造成施設	農地周りの水路等
機能診断	国営造成水利施設 ストックマネジメント 推進事業 (H15創設、H19、H30再編)	水利施設等保全高度化事業 (実施計画策定事業) (H24創設、H30、H31再編)	
機能保全対策	国営かんがい排水事業 (国営施設機能保全事業) (H23創設、H30再編) 国営施設応急対策事業 (H24創設、H30再編)	水利施設等保全高度化事業等 (基幹水利施設保全型) (H19創設、H24、H30、H31再編) 水利施設等整備事業 (地域農業水利施設保全型) (H20創設、H24再編)	多面的機能支払交付金 (H20)
機能向上	国営かんがい排水事業 等	水利施設保全高度化事業 水利施設等整備事業 等	

図一4 スtockマネジメント関連事業

(3) スtockマネジメント技術の体系化

農業水利施設の維持管理を巡る諸課題を解決するに

あたって、実際の取組を行う現場にあつては、多様な履歴を有する農業水利施設を個々に診断し、対策の時期と工法を判断するきめ細かでありかつ高度な技術が不可欠であると考ええる。加えて、施設の機能保全をより効率的に実施する観点や新たな技術等の積極的な導入を後押しする視点から、農業水利施設の各工種の特徴を踏まえた機能保全の考え方を整理した手引き（工種別編）が平成21年度の「パイプライン」から順次策定されてきたところである。

また、実際の事業実施においては、「計画」面と「設計・積算・施工」面を一体的に考えることとし、うち「計画」面においては、各種工種別の手引きの整備、工種や地域を踏まえた劣化予測など、実践を通じた計画の精度向上を図ることとした。「設計・積算・施工」面においては、補修・補強技術の体系化をめざし、技術情報のデータベースを通じて、より効果的・効率的な対策工法の検討や、新技術の導入支援等の体制の構築を行うこととし、これらをストックマネジメント技術の体系化として一体的に整理することとしている。

また、近年では、新技術等を活用し、施設の点検や機能診断等の更なる省力化・高度化を図るため、農業水利施設における UAV を活用した機能診断手法の基本的な考え方と実施方法の枠組みを総論的に整理した「UAV を活用した機能診断調査マニュアル（案）」（図

—5）や、農業用施設機械（ポンプ設備）を対象に、ポンプ設備の点検、機能診断作業の効率化等を目的とした「農業用施設機械（ポンプ設備）における状態監視の手引き（案）」の作成、画像診断技術等の AI を活用した機能診断技術を確立するための実証試験の実施などを行っている。

4. おわりに

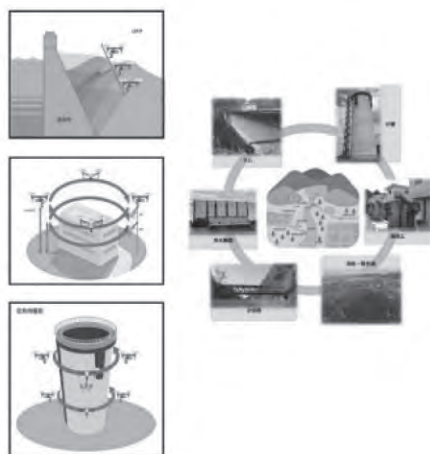
農業水利施設は、農業が持続的に発展し、農産物の安定供給及び多面的機能の発揮という役割を果たしてきた一方で、その多くは戦後の高度経済成長の時代に急速に整備が進められたもので老朽化が進行していることに加え、農業者や農村人口の高齢化・減少、自然災害の頻発化・激甚化が今後更に見込まれる中、農業水利施設を適切に継承していくには、戦略的な保全管理を推進していく必要がある。また、現代社会が抱える課題に対応するため、デジタルトランスフォーメーションや脱炭素社会の実現にも取り組む必要がある。

こうした中、農林水産省では、将来の保全管理コストの最小化と平準化を図るため、施設の集約や再編、統廃合等のストック適正化、柔軟な水管理を可能とする ICT を活用した整備を推進し、維持管理費の節減を図ることとしている。また、施設の点検や診断等を更に省力化・高度化するために、UAV や AI 等の利用及び状態監視技術に関する研究開発、実証調査を引き続き推進していくこととしている。

社会情勢の変化や技術革新、気候変動等に対応した政策立案やマニュアルの改訂等を通じて、国、都道府県、市町村、土地改良区等それぞれの関係機関が協力し、農業水利施設の機能が持続的かつ十分に発揮され、戦略的な保全管理が推進されるよう努めて参りたい。

J C M A

UAV を活用した
機能診断調査マニュアル（案）



図一5 UAV を活用した機能診断調査マニュアル（案）

〔筆者紹介〕

柳 雅之（やなぎ まさゆき）
農林水産省 農村振興局
整備部 水資源課
施設保全管理室



曲線函体推進工法による通行止めを回避した トンネル路面変状対策

まがる一ふ工法を応用した曲線函体推進工法による施工

仲野谷 渉

供用中の高速道路トンネルにおいて、路面隆起による路面変状対策として通行止めを伴わないインバート新設工事を施工した。

本稿では当社で開発した主に大断面地下空間の構築を目的とした、「まがる一ふ工法」（以下「開発した工法」という）を応用した曲線函体推進工法により道路中央部を非開削で掘削しインバート設置を施工したので報告する。

キーワード：トンネル維持管理、供用中トンネル、インバート新設、非開削工法、曲線推進

1. はじめに

既設トンネルにおいて、膨張性地山では地山の経年劣化（風化）により外圧が発生し路面変状が生じ、交通への支障が発生している。

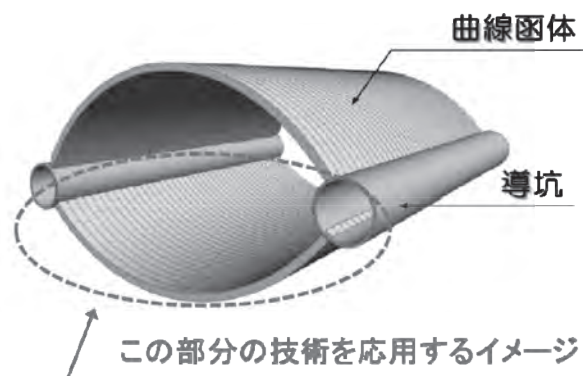
2014年の「国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」が決定され道路管理者のインフラの計画的な維持管理・更新が進められており、トンネルの長期安定性を確保するために盤ぶくれによる変状発生区間においてインバートを設置する工事が進められている。

発生箇所が多いため、建設会社各社が研究開発を行っており、様々な工法により安全に早く変状を収束させる対応を進めている。

今回紹介する事例は供用中の高速道路において曲線函体推進工法を用いて、通行止めをせず1車線の通行を確保してインバートを設置した工事である。

右の図一1が開発した工法による大断面のイメージ図である。先進した導坑から曲線函体推進により先行支保（プレライニング）を設置した後、内部掘削を行う事で安全に大断面を構築するものである。

この工法を応用した曲線函体推進工法により供用線を通行止めすること無くインバート設置工事を行った。



図一1 開発した工法による大断面構築

通行を確保することで迂回道路となる一般道への影響を押さえる施工を求められている。

長野自動車道一本松トンネルの盤ぶくれ対策工事において、当社が都市部における大断面トンネルの施工技術として開発を進めていた工法の技術を基礎に、供用線を通行止めせず施工できる曲線函体推進工法を開発し、1車線の通行を確保しながらインバート新設する工事を2013年（平成25年）11月に無事完了した。

曲線函体推進工法による施工では、曲線施工となるので2分割施工と同様に必要以上に地山を掘削せず通常のインバート設置の多芯円形状に近い施工となっている。

2. 曲線函体推進工法による施工

(1) 施工経緯

供用中の高速道路におけるインバート設置工事は、通行規制に伴う社会的影響を軽減するために1車線の

(2) 施工方法

一本松トンネル施工に当り車線規制時に第1種第4級の道路幅員（ $0.75 + 3.25 + 0.75 = 4.75$ m）を確保する必要があった。

次の図一2、写真一1に示すように中央部を非開削

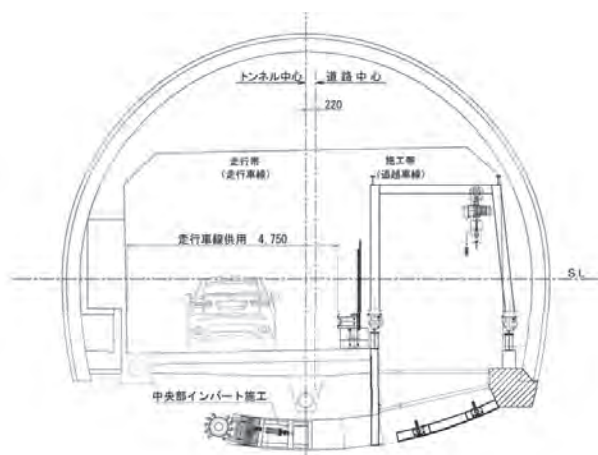
による施工とすることで、1車線の幅員を確保し、規制箇所と施工箇所を分離させることで3分割施工を行った。

施工手順は、まず追越車線を規制しインバート設置面までの掘削を行う。設備設置後、図―5、6に示す推進機を所定の位置に設置し中央部の曲線函体推進を行う（写真―2～5）。推進機は引き出すことができる構造であるので（図―5、写真―6）、引抜後に函体内にコンクリートを充填した（写真―7）。次に追越車線側の開削部にコンクリートを打設し養生後埋め戻し復旧した。

追越車線側完了後、図―3に示すように走行車線を規制し監視員通路等を撤去後掘削し、コンクリートを打設し養生後埋戻し復旧した（写真―8）。その後に図―4に示すように監視員通路等施設の復旧と路面切削オーバーレイを行い完成した（写真―9）。

今回施行した曲線函体推進工法は、様々な地質に対応できる汎用機械のツインヘッダーを用いた推進機（図―5、6）による施工である。また供用線への影響を排除するため順次掘削埋戻を繰り返す施工を実施した。このことにより情勢に応じ臨機応変に施工範囲の変更が可能な工法として確立することが出来た。

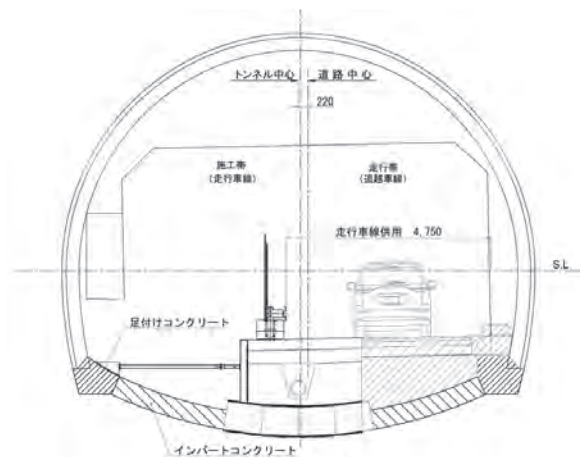
施工手順の写真を次に示す。



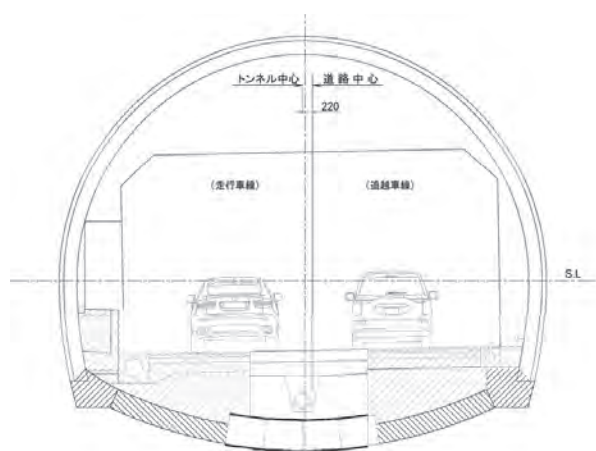
図―2 追越車線規制・中央部施工



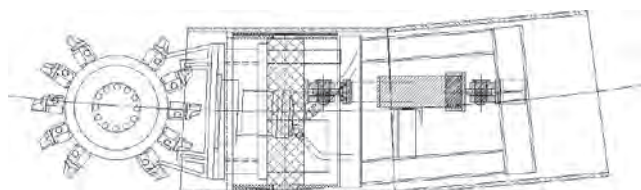
写真―1 車線規制状況（仮設ガードレール設置）



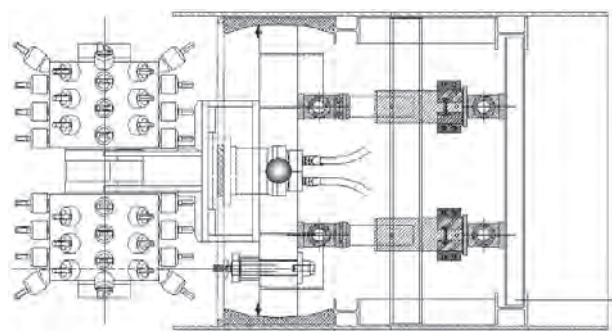
図―3 走行車線規制



図―4 3分割によるインバート設置断面図



図―5 推進機断面図



図―6 推進機平面図

3. 一本松トンネル施工後の改良

一本松トンネルでのインバート設置施工において



写真一 2 発進架台設置状況



写真一 6 推進機引き抜き状況

写真一 3 推進装置全景
(先端に汎用機のツインヘッド取付)写真一 7 コンクリート充填完了
(ストラット支保工設置)

写真一 4 推進機設置状況



写真一 8 走行車線規制状況



写真一 5 函体推進状況



写真一 9 完了

は、初めての施工ということもあり改良する課題が上げられ、その課題に関し改善改良を行った。

(1) 曲線函体の設置精度の不揃い

先行函体と 100 mm 程の段差が発生する箇所が見られたので、①②のような改良を行い ± 30 mm の精度を確保した。

- ①函体ガイドの開発（先行する函体に対するガイドを開発し精度を上げた）

先行函体をなぞって推進することで簡便に方向制御を行った（写真—10）。

- ②浮き上がり防止装置の開発

推進時に函体後部が浮き上がることで設置精度が悪化したため、函体にチルトタンクをセットし発進架台に沿わせて推進することで浮き上がりを防止した。またチルトタンクを坑口に設置し函体の沈み込みを防止した（写真—11）。

(2) 函体推進時のトラブルによる推進の遅れ

ツインヘッダーの停止位置がずれることによる引抜不良、排泥管の閉塞等が発生したことから以下の改良を行った。

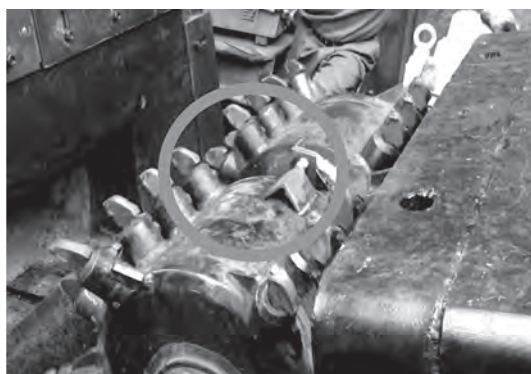
- ①推進機引抜時のツインヘッダー停止位置の制御不良
函体より大きな断面を掘削する必要があることから、ツインヘッダーの上下のビットを無くし掘削後にツインヘッダーを函体内から引抜く事として

いた（図—5）。この位置決めがうまくいかなかった。

磁気センサーによるヘッダー位置検知装置の開発をした。この装置によりヘッダーの停止位置を確実に把握することが出来引拔が容易になると共にヘッダーの回転数が数値として確認出来るため安定した推進が可能となった（写真—12）。

- ②バキューム排泥管の閉塞による推進中断

今回の施工は地下水下でも施工できる閉塞型の製作機を使用した。掘削土は配管によりバキュームで排出するが、配管の閉塞による中断が見られた。今回の施工で掘削面の状態を確認したところ自立していることが見られたので開放型の推進機を製作し掘削の確認を行った（写真—13）。



写真—12 ヘッダー回転検知装置



写真—10 ガイド板による推進（○の位置がガイド板）



写真—11 浮き上がり防止用チルトタンク（初期発進時の方向制御）

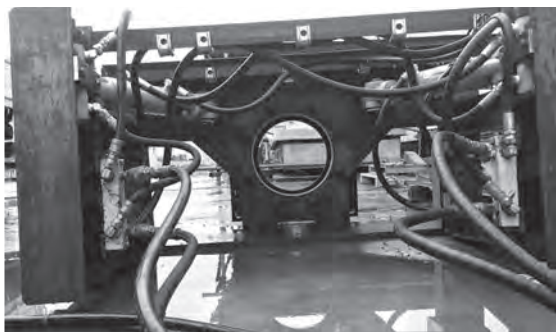


写真-13 開放型隔壁 閉塞防止対策

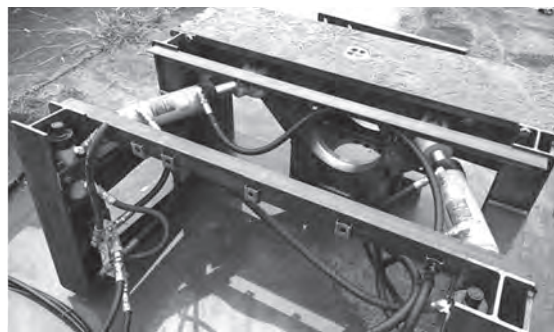


写真-14 車載型油圧ユニット

(3) 施工効率の向上検討

函体推進工法は汎用機を活用出来る工法として、切削にツインヘッダーを使い、バックホーの油圧配管を使って駆動させる工法である。

ツインヘッダーの安定した回転の確保と設備設置撤去の簡便化として、車載できる油圧ユニットを製作し施工効率の向上を確認した（写真-14）。

4. おわりに

今回紹介した「曲線函体推進工法」は、既に変状が発生しているトンネル内において大規模な掘削による新たな変位を発生させない施工方法であり、機械の小型化や設備配置を検討し通行帯の確保を容易にした機械化施工となっている。また通行止めを必要としないことから社会的影響を軽減できる事例となっている。

本工事において改善を図った結果、推進に掛かるサイクルタイムが実績の6割での施工が可能であることが確認された。また、片側先行で変状を抑制した後に反対側の施工を行い完成させるなど分割施工が可能であることから、交通規制関係の短縮及び繁忙期を避けた施工が可能になるものと思慮される。

供用幅の変化に伴い2分割施工が可能なトンネルも増えてきているが、それでもトンネル断面が小さかったり、設備の関係で2分割施工ができないトンネルも多数あることから、供用中トンネルのインバート新設工事では曲線函体推進工法が有用であると考えられる。

今回の施工を基にさらなる改良を行いインフラ長寿命化における変状対策を推進していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) トンネルと地下 2014年、通行止を回避した新たなトンネル変状対策技術の適用, 東日本高速道路(株) 関東支社 改良チーム チームリーダー 鈴木 雄吾, (株)熊谷組 土木事業本部 トンネル技術部 技術部長 岩永 茂治
- 2) 建設機械施工 2013年、超大断面トンネル構築技術, 曲線函体推進工法「まがる一ふ工法」, (株)熊谷組 土木事業本部トンネル技術部 岩永 茂治, 小田原 秀明

【筆者紹介】

仲野谷 渉 (なかのや わたる)
(株)熊谷組 首都圏支店
土木事業部 土木部



時速 100 km 走行でのトンネル覆工コンクリート 高解像度変状検出手法

高速道路の点検の高度化に向けた高速カメラの活用

早 川 智 彦・石 川 正 俊・亀 岡 弘 之

高速道路を始めとしたインフラの老朽化が進む中、人による点検に加えロボットやセンサを用いた点検やメンテナンスの導入が求められている。開発したモーションブラー補償システムは回転ミラーを用いた光軸制御により、時速 100 km で走行中に 0.2 mm のひび割れを 4K レベルの高解像度で撮像・検出可能である。更に、赤外線サーモカメラによる撮像にも有効であるため、浮きや剥離といった内部変状を観察できる。従来の 5 年に 1 度の詳細点検と比べ、交通規制が不要な走行型の点検車両による高頻度な点検により、安全で強靱なインフラの実現を目指す。本稿では、時速 100 km で移動しながら 0.2 mm のひび割れを撮影可能なシステムの実証実験について紹介する。

キーワード：トンネル、点検、高速カメラ、赤外線サーモカメラ、モーションブラー、ひび割れ、モニタリング、高速道路

1. はじめに

高速道路の総延長は 2019 年度末時点で 9,062 km となり、利用台数とともに年々増加している。人や物の移動を担うインフラであり、安全に長期間使用するために維持・管理の重要性が高まっている。しかしながら道路や橋梁、トンネルの老朽化は進んでおり、そのなかでも高速道路のトンネルのうち約 4 割が供用後 30 年以上経過しようとしている（2018 年度末時点）。国土交通省が提言した『インフラ長寿命化基本計画』ではインフラメンテナンスにセンサやロボットを活用することで、安全性を高める高効率な点検の導入が期待されている。現在は 5 年に一度の近接目視や打音による詳細点検が道路トンネル定期点検要領によって規定されているが、点検のための交通規制や点検員の安全、定量的な評価が困難であった。トンネルの変状は利用者の頭上に発生することから、わずかな変状でも重大な事故に繋がる可能性があり、詳細なモニタリングが求められている。また、日々変化していく劣化・損傷の具合を追跡するために高頻度な点検が可能なシステムの活用が重要である。点検作業による交通規制や渋滞を回避するために、走行型のシステムが有効であり特に高速道路の速度基準に準拠したものであることが望ましい。一方、走行速度や画像の露光時間に応じて、手振れ等の「ぶれ」の一種であるモーションブラーが撮影画像中に発生してしまうため、画質の劣化

が生じてしまうことが問題であった。そこで、従来の走行型のシステムでは、モーションブラーの影響を避けるために高輝度の照明と短い露光時間の撮影によって解決してきたが、高輝度の照明は装置の大型化により特殊車両である必要性が生まれ、わき見運転の誘発の可能性がある。

本稿では、時速 100 km で移動しながら 0.2 mm のひび割れを撮影可能なシステムの実証実験について紹介する。なお、本システムは東京大学と中日本高速道路(株)との共同研究において開発された。

2. モーションブラー補償システム

カメラが移動する状況や移動する対象を撮影する際は、その移動量に応じて画像にぶれが発生する。このぶれをモーションブラーと呼ぶ。身近な例としてシャッターを切る時に手やカメラが動いてしまう「手振れ」が挙げられ、デジタルカメラには「光学的手振れ補正機能」が搭載されており、撮影時の振動や撮影者の動きを補償して撮影される。だがこの技術はあくまで手振れで発生する程度のぶれを対象としており、動きの速度を計測するセンシングスピードも動きを補償する内部のモーターのスピードもそれ以上の動きに対しては不足しており、高速移動時のモーションブラーは補償できない。高速道路の法定最低速度は、時速 50 km となっており、この速度に対応することが

必須であり、また、渋滞による二次災害を防ぐためにも、周囲の車両の走行速度に合わせた走行をするため、一般的な最高走行速度である時速 100 km にも対応することが望ましい。そのため、時速 100 km に準拠した速度で走行中に撮像するためには、新たに高速イメージングを行えるシステムの開発が必須であった。

(1) システム概要

本システムでは、車両の移動速度に応じて高速カメラの前に設置したガルバノミラーを回転させることで、移動によって発生するモーションブラーを補償する。ミラー回転の角速度は、取得した 2 枚の画像の移動距離から推定速度を計算し、その移動速度を打ち消すために必要な制御値を算出し、回転させる。一般的に車両の移動速度を知るためには、車両の車輪に搭載された回転を検出するセンサのパルスが利用されているが、本手法では連続した 2 枚の画像のみ利用するため、ハードウェア構成を減らしたシステムの実現を可能としているだけでなく、例えば車輪の内部圧力の増減や路面状態に伴う摩擦による影響を受けにくい。

1 回の撮影の間は、ミラーが回転し移動する撮影対象を追従し、撮影が終わる度にガルバノミラーの角度はリセットされる。これを高速に繰り返すことによって、高速度で移動しながらモーションブラーが補償された鮮明な画像を撮像することが可能となる。

撮像には高速カメラ (JAI 社 SPARK-12000 M) を使用し 4K レベル (3840 × 1808 ピクセル) のグレイスケール画像を取得する。レンズには焦点距離 200 mm のレンズ (Nikon 社 AF-S NIKKKOR 200 mm f/2G ED VR II) を用いる。

装置は通常車両にルーフキャリアバーを利用して搭載可能であり、高速道路の巡回業務で日々走行している巡回車両に搭載し (写真—1) 撮影・点検を行う。装置の重量は 80 kg 以下で、大きさは 800 × 600 ×



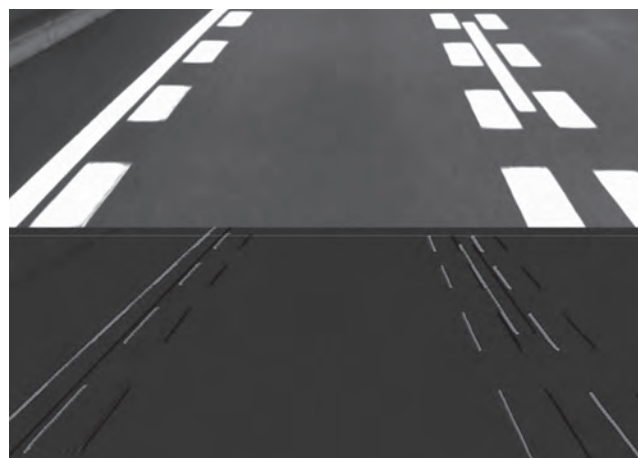
写真—1 装置を搭載した巡回車両

500 mm と小型であり、取り付けの際に特殊な工具は必要ない。電源は車内に搭載する市販のリチウムイオンバッテリーで駆動する。

(2) 白線認識

一度の走行で撮像できる画角は 5 度であるため、走行ごとにサーボモータが撮像角度を切り替え、進行方向へ列状に連続して撮像する。撮像する範囲は白線認識手法により、道路に対する車両の走行位置を自動で推定し、その位置に応じて狙った範囲を帯状に撮影し続ける。

白線認識は、道路を撮像するカメラにより白線画像を取得し、白線の特徴点を抽出する (図—1)。破線や複線を含む白線や汚れで判別しづらい白線にも対応しており、多様な道路の状態においても運用できる。この白線認識手法により、走行中に車線に対して車両の位置が左右に動いた場合であっても、トンネル天井面の狙った箇所を撮影可能となる。そのため運転手は点検撮像中に関わらず通常通りに運転するだけでよく、専用の点検員を必要としないので運用効率が高い。



図—1 (上) 白線認識カメラ撮像画像 (下) 白線認識結果

(3) ひび割れ検出ソフト

システムを利用して撮像を行った後に、モニタリングが必要な変状箇所かどうかを判定するために、ひび割れの検出ソフトを用いる。このソフトは、画像の適応的二値化を行い、画像を走査すると白→黒→白のパターンが線状に検出された箇所をひび割れとし、黒の幅をひび割れ幅として算出した。なお、現状ルールベースのアルゴリズムとなっているが、今後範囲をひび割れ以外に広げることや精度向上を目指し、機械学習等を用いることも検討していく。

(4) サーモカメラによる内部変状検出

トンネルの老朽化による変状はひび割れだけではない。表面からは観察しづらい内部変状であるコンクリートの浮きや剥離も注目すべき点検項目である。高速道路のトンネルという利用者の頭上に存在し、高速で走行する性質上、わずかな剥落でも重大な事故を招く可能性がある。

コンクリートの浮きは目視では診断しづらいため打音や赤外線による点検が有効である。浮きが発生したコンクリートは健全な箇所と比べて温度変化が生じやすい特性があるため、温度分解能の高いサーモカメラを用いることで、内部変状を撮像することができる。内部変状の点検も表面変状のひび割れと同様に、高頻度を実施するために走行型の点検システムが望ましいが、サーモカメラも可視光カメラと同様に移動時にモーションブラーが発生する。そこで可視光カメラを赤外線サーモカメラに置き換えたモーションブラー補償システムを開発した。サーモカメラは日本アビオニクス社の InfReC H9000 を用いた。

3. 実証実験

システムの有効性を確認するため実証実験を実施した。実験では、車線規制されている高速道路及び車線規制されていない高速道路にて通常巡回車両に装置を搭載し、複数回現地試験を行った。

(1) 0.2 mm ひび割れ検出

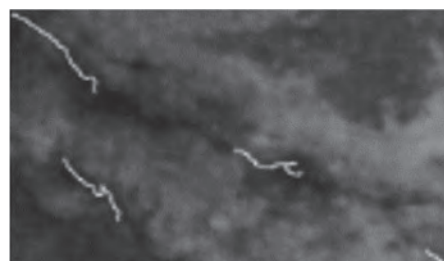
東名高速道路の日本坂トンネルの規制内において時速 100 km で走行し撮像を行った。この際、トンネルの健全度評価で変状とされるひび割れ幅が 0.2 mm 以

上であることから、この数値を検知目標とした。

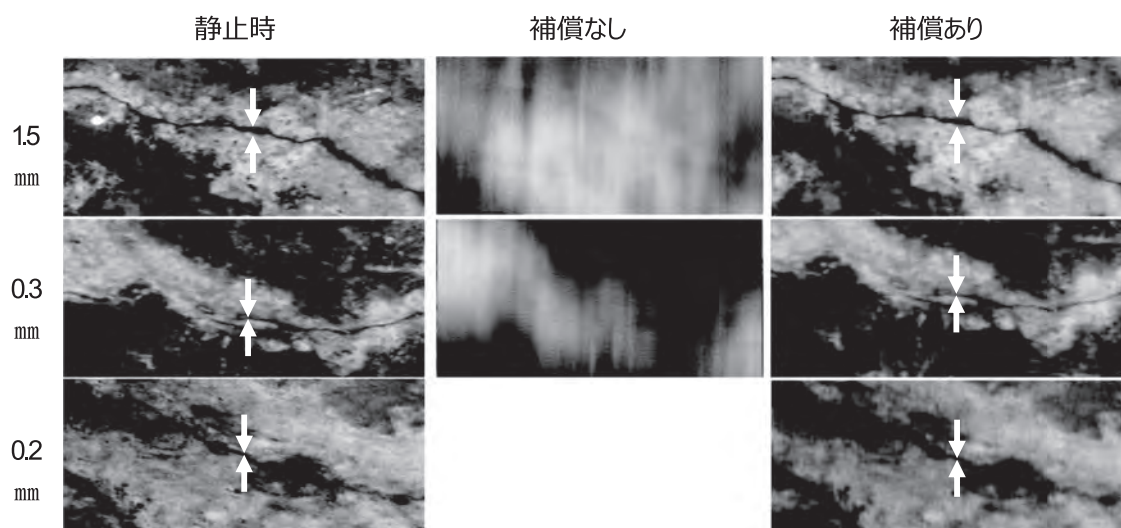
図一2 は左側が静止状態、中央が時速 100 km 走行中にモーションブラー補償なしで撮像した画像、右側が時速 100 km 走行中に補償ありで撮像した画像である。補償なしの画像はモーションブラーが多量に発生し、ひび割れを観察することは困難である。補償ありのものは、静止状態で撮像したものと比較したところ、遜色なく鮮明であり、ひび割れを確認することができる。また、図一3 よりモーションブラー補償を使用して 0.2 mm のひび割れを不完全ながらも検出できたことから、本システムが高速道路での点検に有効であることを示した。ひび割れ検出ソフトについては、2 章でも記したように、今後精度の改善を図る予定である。なお、天井部が排気ガスやすすで汚れており肉眼では変状が観察しにくい箇所であっても問題なくひび割れを検出できたことから、より定量的な評価が期待され、変状検出の品質保証向上への寄与を見込める。

(2) トンネル全周図の作成

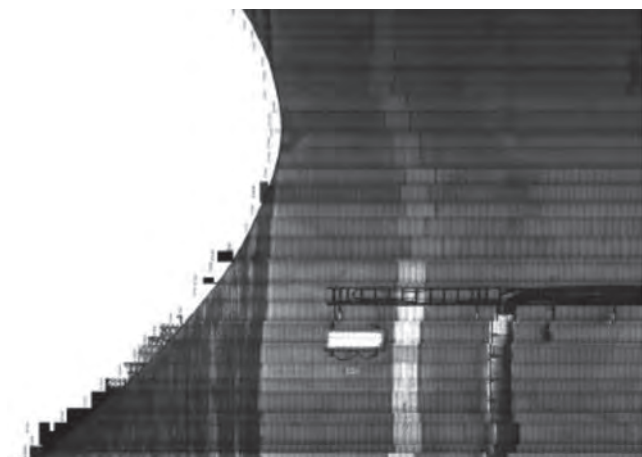
東海環状自動車道の鞍ヶ池トンネルにおいて時速 100 km にて走行し、モーションブラー補償システム



図一3 東名高速道路 日本坂トンネル（時速 100 km）での 0.2 mm のひび割れの検出結果



図一2 東名高速道路 日本坂トンネル（時速 100 km）での撮像結果

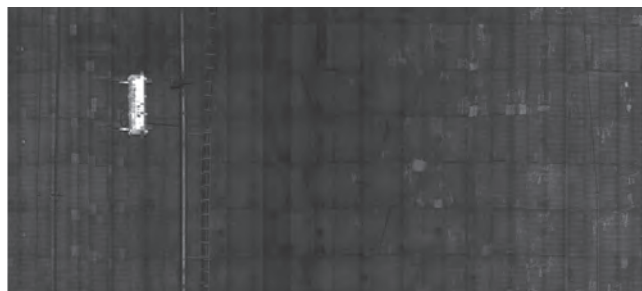


図一 4 東海環状自動車道 鞍ヶ池トンネル抗口付近の全周画像

によってトンネル全周の撮影を実施した。この実験から高速カメラと白線認識により、もれなく撮像可能なことを確認した。また、実験は車両規制されてない環境下で行ったため、高速道路の速度に準拠した走行型の点検システムの要求仕様を満たしている（図一 4）。

図一 4 ではトンネルの坑口付近の図となっているが、全周囲に渡って撮影できることがわかった。なお、この実験の時点では画像貼り合わせソフトが完成しておらず、手動で行ったため、各画像間の境目が目立つ結果となった。

次に、鞍ヶ池トンネルだけでなく、他のトンネルにおける本システムの有効性を検証するため、東海北陸



図一 5 東海北陸自動車道 飛騨トンネル全周画像

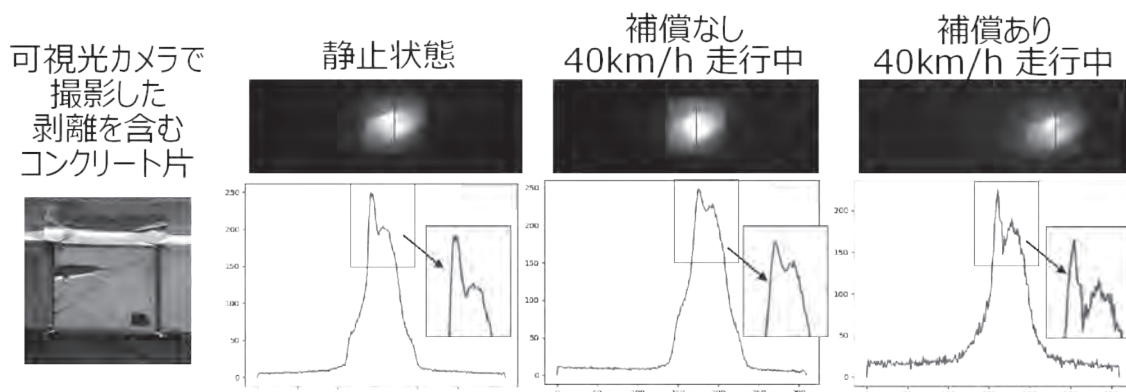
自動車道の飛騨トンネルにおける現地実験を行った。なお、飛騨トンネルでは規制速度である時速 70 km にて走行した。特に飛騨トンネルで撮像を行った領域は RC ライナー区間であるため、通常変状が生じないものとされる。そのため、微細な変化を高頻度で検出可能とする本システムの用途に向いている。現地試験の結果、トンネル全周の展開図を作成した（図一 5）。なお、この際には画像貼り合わせソフトを利用したため、鞍ヶ池トンネルの展開図と比べ、各画像間の境目が目立たない結果が得られた。

(3) サーモカメラによる内部変状検出実験

内部変状の検出に関する実験は施工技術総合研究所の模擬トンネルにて実施した。模擬トンネルに浮きや剥離を模造したコンクリートサンプルを貼り付け、時速 40 km にて走行し撮像した。撮像に使用したコンクリートサンプルの可視光画像とサーモカメラで撮像した結果を図一 6 に示す。モーションブラー補償を使用しない状態では、剥離がある箇所が判別できない。一方で、補償ありでは剥離した箇所の温度の違いが撮像され、内部変状が発生していることを確認できた。これによりモーションブラー補償システムがサーモカメラにも適用可能であり、ひび割れ等の表面の変状だけでなく、覆工コンクリート内の浮きや剥離が撮像可能であることを示した。

4. 今後の運用想定シーン

ここでは開発したシステムの実際の運用シーンについて述べる。巡回車両に搭載されたシステムが日常業務のために走行している状況を想定する。この際、専用の車両や点検員は不要であり、高速道路の速度規定に準拠した速度で一般車両とともに走行する。



図一 6 サーモカメラによる走行中（時速 40 km）での剥離の撮影結果（〔早川智彦，久保田祐貴，望戸雄史，柯毓珊，石川正俊：モーションブラー補償による高速撮像技術のインフラ検査への応用，光学，Vol.50，No.2，pp.61-67（2021）〕より転載）

(1) トンネル全周の撮像

システムの撮像画角が5度であるため、一回の走行で幅50cmの範囲が撮影可能である。撮像範囲の誤差を10cmとすると、4度毎に画角の切り替えをすることで漏れなく全周の撮像を行うことができる。システムで撮像可能な範囲である150度は、約38回の走行でトンネル全周の撮像が完了し、各走行後の撮影画像間の共通部の画像特徴量による貼り合わせを行うことで、トンネルの展開図が作成される。トンネル全周の撮像には従来交通規制が必要であったが、本システムにより全周図の取得が従来よりも容易になり、高頻度の実施できる。

(2) 局所モニタリング利用

トンネルのひび割れは、工法にもよるが天端部に発生しやすい。変状の種類によっては早急な補修は必要ないが、劣化が進行した際に速やかに補修する場合がある。そういった変状は走行型点検車両が重点的に撮像することで高頻度なモニタリングが可能となる。

変状を高頻度で撮像し、必要に応じて補修を行うことで、安全性の向上とコストの削減になり、ひいてはトンネルの長命化へ繋がる。いずれの運用状況においても、巡回車両は日常業務のために複数回走行しているため、業務の増加を招くことがない。

5. おわりに

インフラの老朽化が避けられないなかで、安全性を確保し低コストで運用するために、点検にセンサやロボットの導入が進められている。また、高速道路は人

の移動や物流に欠かせない重要なインフラであるため、点検や修繕のために大規模な交通規制を行うことは経済的な損失へ繋がる。コストや安全性の観点から、健全性や性能に不具合が生じてから大規模な修繕を行うよりも、変状が軽微な段階で予防的に修繕を行う方が望ましい。そのため、本研究では光学的にモーションブラーを補償する手法を利用することで、高頻度に安全に点検を実施可能な走行型のモニタリングシステムを提案した。複数回の実証実験を通じて、本システムが高速道路のトンネルにおいて変状検出に有効であることを確認した。今後人による点検に加え、システムによる点検を高頻度を実施することによって、従来の5年に一度の詳細点検とあわせて、より安全性の向上に寄与できると考えられる。

J|C|M|A

【筆者紹介】

早川 智彦（はやかわ ともひこ）
東京大学 情報基盤センター
特任准教授



石川 正俊（いしかわ まさとし）
東京大学 情報基盤センター
特任教授



亀岡 弘之（かめおか ひろゆき）
中日本高速道路㈱
技術本部 高度技術推進部
専門主幹



鉄道沿線斜面監視のための IoT センサの開発と整備

神谷 弘志

鉄道沿線斜面からの落石と列車との衝撃を回避するために、地表踏査を基本とした定期的に落石に関する検査等を実施しているが、多大な労力がかかる上に危険な作業となっている。そのため、IoT センサを開発して整備を進めている。バッテリーだけで長期間の稼働を可能とするため、計測機器の構成や計測頻度、通信規格等を整理して開発した。実際の整備を進めるとともに、活用の拡大や検討も進めている。本稿では、鉄道沿線斜面監視のための IoT センサの開発と整備について報告する。

キーワード：鉄道沿線斜面、落石斜面検査、傾斜角、加速度計、傾斜感知、LPWA

1. はじめに

JR 東日本では、さらなる人口減少等の経営環境の急激な変化を先取りしていくため、2018 年 7 月にグループ経営ビジョン「変革 2027」を策定した。設備や車両においては、それぞれの状況に応じたスマートメンテナンスを実現することや、業務改革によって生産性を向上させること、ヒトならではの創造的役割に注力すること等を目指している（図—1）。

さらに、新型コロナウイルス感染症と緊急事態宣言をきっかけとして、人々の意識や価値観が大きく変化した。このような不可逆的な構造変化を踏まえて 2020 年 9 月には変革のスピードアップを目指すこととして、これまでの取組みを加速させている。

鉄道のトンネルや橋りょう等の土木構造物は明治に整備されたものも多く、他のインフラの土木構造物と比較しても高齢化が進んでいる。そのような土木構造物を引き続き確実にメンテナンスするためには、より

一層の生産性向上や適切な措置の計画や迅速な実施のための判断業務に注力することが必要である。

これまでも設備管理システム、電子線路平面図、防災情報システムの整備・改良や専用検査車の導入、タブレットやクラウドの活用等に取り組んでおり、さらにそれらの発展も含めて現在デジタル技術を活用した業務変革（DX）に取り組んでいる。

本稿では、鉄道沿線斜面監視のための IoT センサの開発と整備について報告する。

2. 鉄道沿線斜面の落石に関する検査

(1) 落石に関する検査等のこれまでの取組み

鉄道沿線斜面からの落石に関する維持管理については、国鉄時代の 1977 年 3 月に上越線津久田・岩本間の大規模落石による列車脱線災害が発生したことを契機に防護設備の強化等が継続的に進められてきた。また、JR 東日本では 1996 年から 3 年間「落石災害の予知に



図—1 「変革 2027」の一部

関する研究委員会（委員長：元中央大学鈴木隆介教授）」において、落石に関する維持管理をよりの確に行うために、調査・検査方法、評価手法および対策工法を整理した「落石検査マニュアル」を整備、定期的な検査および検査結果に応じて防護設備の強化を進めている。

また、落石が発生した場合に、列車を緊急停止させ落石との衝撃を回避するために「落石検知装置」を開発、必要な箇所を整備する取り組みも進めている¹⁾。

(2) 落石に関する検査の具体的な内容

鉄道沿線斜面のうち、落石のおそれのある斜面について「落石検査区間」、その中で特に継続的に監視が必要と判断された箇所を「落石重点監視箇所」と定め、2年毎の通常全般検査ならびに10年毎の特別全般検査において地表踏査を実施して、斜面の変状もしくは既変状の進行の有無および線路周辺的环境変化を確認している（写真—1）。



写真—1 地表踏査

落石重点監視箇所の設定にあたっては、専門技術者が地表踏査を実施して、監視すべき箇所や監視の方法等を示した「カルテ」を作成して検査に活用している。

具体的な監視の方法としては、転石等の下部侵食の有無や転石自体の動きの有無、岩盤の開口割れ目の拡大の有無を目視および測定によっておこなっている。

落石重点監視箇所は急傾斜かつ線路から高い位置にあることが多く、かつ数も多いため、検査や監視のための地表踏査が多大な労力がかかる上に危険な作業となっていることが課題である。

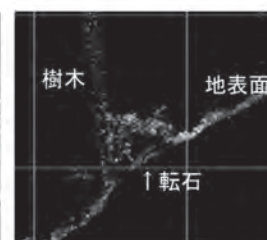
一方、特に注意を要する岩盤や斜面に対して変位計や伸縮計、傾斜計等の計測機器を設置して監視することもある²⁾が、通信や電源のための配線等の電気工事が必要であるために費用を要するためであり、これも課題であった。

(3) 最近の取り組み

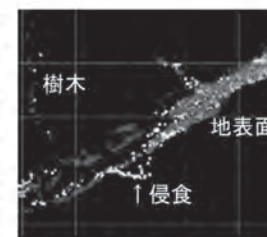
(2)の課題に対して、ドローンによる空中から写真撮影した画像を活用した検査に取り組んでいる。ただ、斜面には樹木があるために、地表面や岩盤の画像を取得することが難しいことが多く、ドローンに搭載したレーザースキャナで取得した点群を活用した検査手法の開発を進めている（図—2）。

また、合わせて計測機器を設置して監視することも拡大していくために、外部供給電源不要で無線伝送で効率的に計測データを収集することが可能なIoTセンサを開発して整備を進めている。

転石の抽出



侵食の抽出



白色:1回目 灰色:2回目
※2回目は埋め戻し後

図—2 点群を活用した検査手法

3. IoT センサの開発

バッテリーだけで長期間（概ね10年間）稼働が可能なセンサを開発することを目標とした。そのために以下のような仕様とした（図—3）。

- ・計測機器としては「加速度計」を採用、斜面上の転石自体の動きの有無、岩盤の開口割れ目の拡大の有無を、加速度から算出した「傾斜角」でモニタリングする。
- ・傾斜角の計測頻度および計測結果の伝送頻度は必要最小限とする（30分間隔）。
- ・計測結果を伝送する通信規格としてLPWA（Low Power Wide Area）を採用することとし、定期的にクラウドに送信する。
- ・加速度計とは別に一定の傾斜を感知する「傾斜感知センサ」も採用、感知した作動信号を緊急情報としてクラウドに送信する。一定の傾斜は20度

および30度とする。

今回、通信規格として具体的にはLPWAの一種である「Sigfox」を採用した。

Sigfoxは、フランスの通信事業者Sigfox社が提供する通信規格で、日本でも基地局が整備され2017年からサービスが開始されており、以下のような特徴を有してかつ利用料金が年間数百円であることからセンサ等IoTの分野で活用が広がっている。

- ・長距離通信・低通信速度（100 bps と低速度である一方基地局と最大数十 km 程度まで通信可能）
- ・低消費電力（数十 mA, LTE 通信の 1/10 以下）
- ・少量データ伝送・通信回数制限（1 回最大 12 bytes, 1 日通信回数最大 140 回）

Sigfoxを含むLPWAを採用した傾斜センサはすでに各社が製品やサービスとして提供をしているが、今回開発したIoTセンサは、他社と比較して機能等を限定している一方、長期間の稼働が可能となっていると考えている。



写真—2 IoT センサの整備例（上段：転石，下段：岩盤）

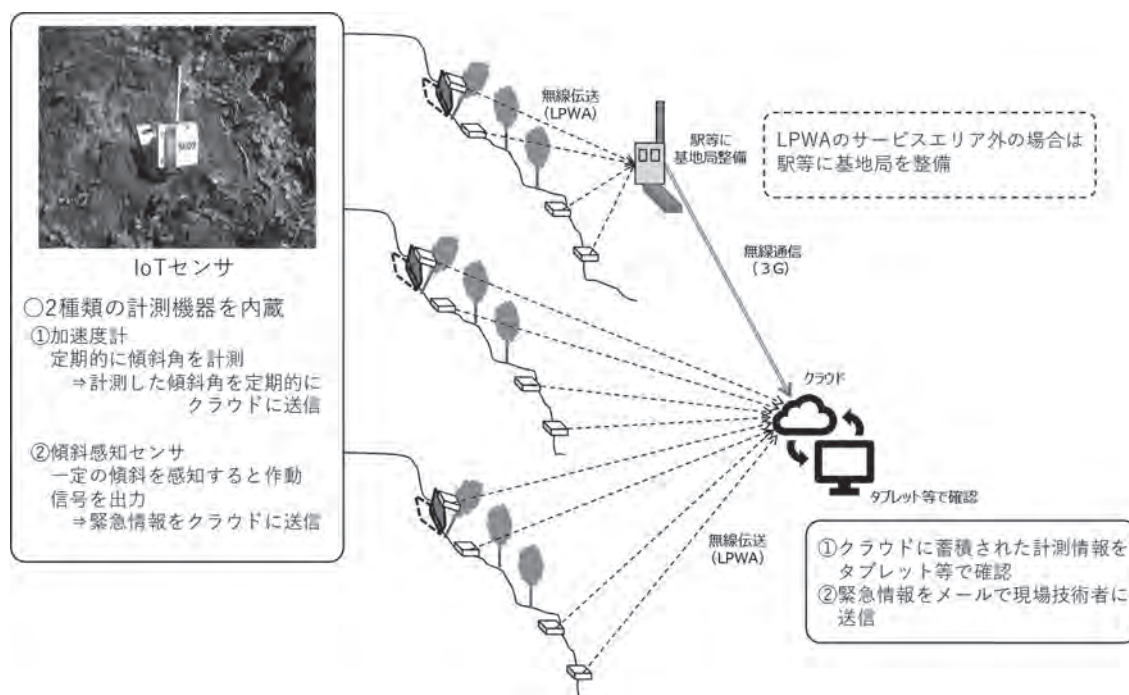
4. IoT センサの整備

IoT センサはこれまでに複数の線区・斜面の岩盤や転石に整備している（写真—2）。

Sigfox のサービスエリアは順次拡大されているが、山間部にある鉄道沿線斜面ではサービスエリア外である場合がある。そのような場合は、基地局を駅等に独自に整備した。駅にある電源を使用したり、ソーラー

パネルを使用したりしている（写真—3）。IoT センサと基地局が数 km 離れることもあるが特に問題なく傾斜角等を送信できている。

クラウドに送信された傾斜角等は PC だけでなくタブレットでも閲覧できるようにするとともに、緊急情報については、あらかじめ登録されたスマホ等に伝送される仕組みを構築している。



図—3 IoT センサの概要



写真一3 基地局の整備例

5. 整備・活用の拡大

落石の恐れがある斜面への整備・活用の他に、降雨等による土砂崩壊の恐れがある斜面に対しては、支柱にIoTセンサを設置して監視するといった活用もされている（写真一4）。

また、一定の傾斜を感知すると緊急情報を送信するという機能を活用して、落石止め柵等にIoTセンサを設置することや簡易な落石止め柵とともにIoTセンサを設置することで、落石検知装置を低コストで整備していくことも可能となる。

また、同じように切取のり面や自然斜面を対象にした土砂崩壊検知装置や溪流を対象にした土石流検知装置にも活用することができる。

6. おわりに

本稿では鉄道沿線斜面の落石に関する検査およびIoTセンサの開発および整備について報告した。

DXの推進は、生産性の向上や判断業務への注力だけでなく、仕事を通じた達成感・充実感といった働き



写真一4 斜面への整備例

がいの向上のためでもある。そのためには「UX（ユーザーエクスペリエンス）」も意識して取組みを進めるとともに、業務の大きな見直し等も必要になる。

リアルなインフラのメンテナンスを継続してきた知見や蓄積されてきた検査・監視や措置に関するデータ、そしてさらにこれまで以上に得られるデータ等も生かして今後も業務変革を推進していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 岸他，長大延長を一括監視可能な落石検視システムの開発，JR EAST Technical Review No.21，2007年秋
- 2) 鴨志田他，上越線巨大岩塊の落石対策工法検討とその対策，日本鉄道施設協会誌 2019年11月号

〔筆者紹介〕

神谷 弘志（かみや ひろし）
東日本旅客鉄道㈱
JR 東日本研究開発センター
フロンティアサービス研究所
土木メンテナンスグループ
主幹研究員



3次元点群データを活用した構造物点検

インフラドクターの点検活用事例

得能 智昭

筆者らは、インフラドクターの機能の一つとして、3次元点群データを活用した点検手法を検討してきた。3次元点群データは、コンクリートの浮きや剥離のような表面の凹凸の損傷の抽出に有効であるが、幅の狭いひび割れの検出は困難である。そこで、高精細デジタル画像を組み合わせることにより、ひび割れの検出を可能にしたインフラドクター点検手法を開発した。筆者らは、この点検手法を用いて、2019年から道路や空港の路面性状調査を、2020年から鉄道トンネルの点検を実施している。この点検手法を現場適用した結果、従来手法と同等の成果が得られることが分かった。また、この点検手法の導入により、点検作業の効率化およびコストの削減が可能となった。本稿では、この手法による路面性状調査およびトンネル点検の概要について紹介する。

キーワード：構造物点検、3次元点群データ、高精細デジタル画像、路面性状調査、トンネル点検、MMS

1. はじめに

現在、社会インフラを支えている多くの構造物は、高度成長期に建設されているため、高齢化が進んでいる。また、大きな社会問題である少子高齢化により、労働力人口の減少や技術者不足が深刻化している。一方で、インフラ構造物の点検に求められる技術水準は、少なくとも現状を確保しなければならない状況でもある。我々は、このような社会状況を踏まえた上で、インフラドクターの開発段階から、構造物を面的に捉えられるという3次元点群データの特徴を活かした構造物点検への適用検討を行ってきた。

2019年2月に国土交通省の定期点検要領が改訂され、「道路トンネル定期点検要領」や「道路橋定期点検要領」等の付録に「機器等を用いて状態を把握する場合について、使用する機器等の選定は、定期点検を行う者がその特性や点検結果の利用方法を検討し、適切に行うものである」という記載が追加された。また、「新技術利用のガイドライン(案)」(2019年2月国土交通省)では、モニタリング・センシング技術などを参考にその特徴を踏まえた活用方法について適切に計画することで、その他の点検支援技術と同様に定期点検においても適宜活用することができることとなった。

このような背景から、筆者らは3次元点群データと高精細デジタル画像の組み合わせによる構造物点検を

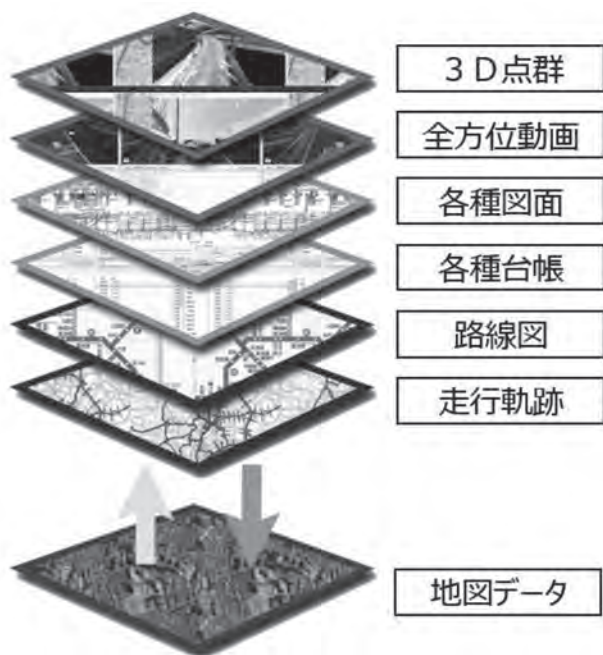
検討し、2019年より道路や空港滑走路の路面性状調査業務に、2020年より鉄道トンネルの点検業務に導入してきた。本稿では、この手法による路面性状調査およびトンネル点検の概要について紹介する。

2. インフラドクターシステム

インフラドクターは、3次元点群データとGISプラットフォームを組み合わせたシステムであり、道路構造物の維持管理業務を支援することを目的に開発された(図-1)。3次元点群データの取得は、毎秒100万点の点群が取得できる高性能レーザスキャナを2台搭載したMMS(Mobile Mapping System)を用いて道路上を走行しながら行う。また、MMSには全方位を撮影できるカメラを搭載しており、これで動画も同時に収録している。そして、取得された3次元点群データと動画は、インフラドクターシステムに搭載される。3次元点群データには位置情報を付与しているため、パソコンの画面上で寸法や距離の計測が可能である。

(1) GISプラットフォームからの迅速な検索機能

GISプラットフォームに搭載した各種構造物の諸元、点検や補修履歴など維持管理に必要な情報は、地図上やキーワードから検索が可能である。これにより、紙での管理に比べ、情報収集の時間を大幅に短縮することが可能である。また、地図上にブックマーク



図—1 インフラドクターのシステム概要

を設定でき、ピンポイントの情報もGIS上で管理することが可能である。

(2) システム上での現地調査・測量

道路構造物の補修・補強設計や工事の施工計画立案などにおいて、道路幅員や構造物の各種寸法を正確に把握することが求められる場合がある。3次元点群データの各点には、位置情報を付与しているため、これを利用することで正確に寸法を計測することが可能である。また、3次元点群データと動画の両方で構造物を確認しながら、事務所で現地調査、測量および建築限界の確認などが可能であるため、現場での作業を省力化することができる。

(3) 構造物の変状検出

構造物の基準面から3次元点群データに付与している位置情報との差分を求めることで、3次元点群データからコンクリート構造物の浮きや剥離などの変状を抽出することが可能である。これにより、構造物の変状を定量的に把握し、詳細な点検が必要な箇所をスクリーニングすることで、点検業務の効率化を図ることが可能である。

(4) 3次元点群データからの図面作成

3次元点群データから構造物の輪郭線を抽出し、任意の断面における2次元CAD図面の作成を支援することが可能である。これにより、図面の存在しない構造物における図面の復元が可能となる。

(5) 現場作業シミュレーション

インフラドクターでは、3次元点群データから3次元モデルを自動作成することが可能である。また、予め用意しておいた施工機械や規制帯などの3次元モデルを用いて、現場での作業状況をシミュレーションすることも可能である。これにより、現場作業の安全性を確保し、作業の手戻りを最小限にすることができる。

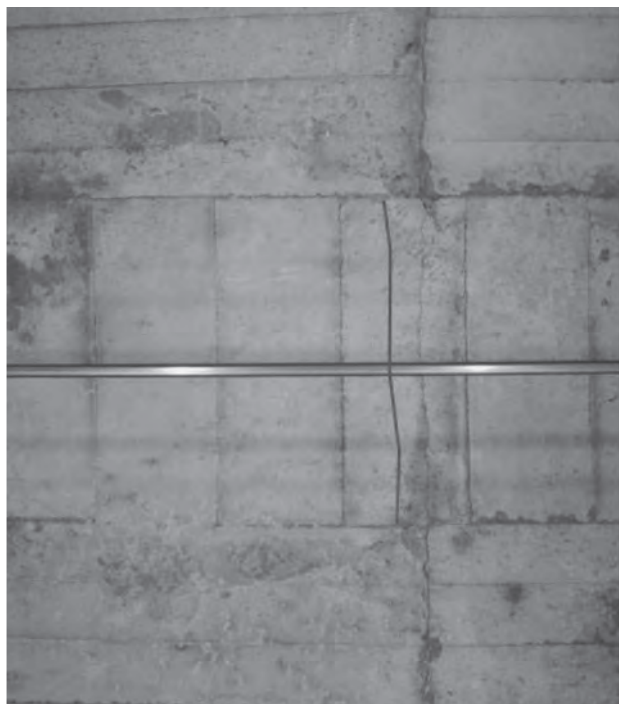
3. 3次元点群データと高精細デジタル画像との組み合わせ

インフラドクターでは、3次元点群データの構造物を面的にとらえる特徴を生かして、変状検出機能を開発した。前章(3)で述べた通り、3次元点群データに付与している位置情報と構造物の基準面からの差分を求めることで、コンクリート構造物の浮きや剥離などの変状を検出することが可能である(図—2)。

目視点検の代替手法として3次元点群データの活用を検討した際、毎秒100万発の高性能レーザスキャナで取得した点密度の高い3次元点群データであっても、ひび割れを判読するには点密度が足りなかった。そこで、この課題を解決するため、高精細デジタル画像を組み合わせることで、1mm以下の幅の狭いひび割れの検出を可能とした(写真—1)。



図—2 3次元点群データによる変状検出



写真一 高精細デジタル画像によるひび割れ検出

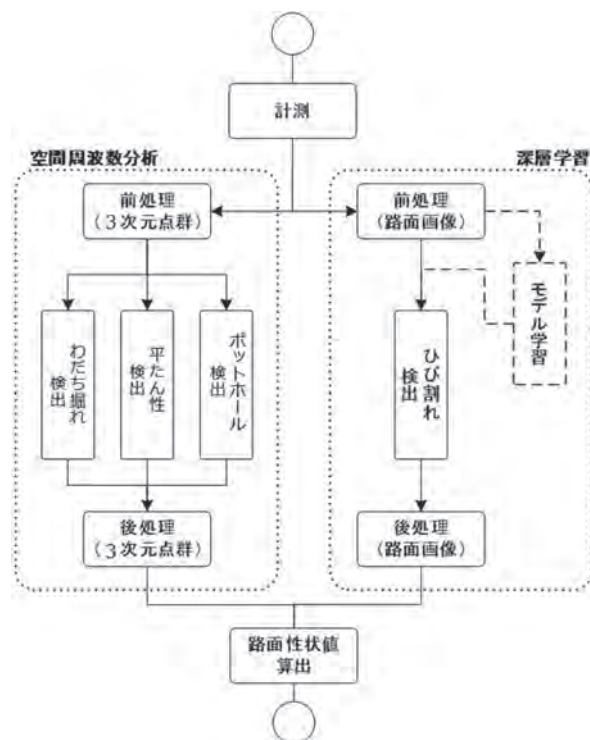
4. インフラドクターによる路面性状調査

(1) 路面性状調査に向けた MMS の改良

MMS を使用して路面性状調査を実施する際、舗装のひび割れを検出するためには、高精細カメラを下向きに搭載させ、路面の画像データを取得する必要がある。また、一度に路面を長距離撮影する必要がある。そこで、高精細カメラには進行方向に対して連続的に撮影が可能なラインセンサカメラを採用した。その結果、3次元点群データからわだち掘れ量、平坦性およびポットホールの検出が、高精細デジタル画像からひび割れ率およびパッチングの検出が可能となり、路面性状調査への適用が実現した(図一3)。



図一3 路面性状調査用 MMS



図一4 インフラドクターによる路面性状調査の全体フロー

(2) インフラドクターによる路面性状調査の概要

インフラドクターによる路面性状調査は、3次元点群データからわだち掘れ量、平坦性およびポットホールを検出し、高精細デジタル画像からはひび割れ率およびパッチングを検出する。これらの舗装の評価指数を算出する際、各種パラメータの設定と処理の実行命令を行う以外は、基本的には人の手を介することなく自動で解析が行われるようにシステムを構築している。図一4はインフラドクターによる路面性状調査の全体フローを表しており、3次元点群データによる空間周波数解析フェーズと路面画像による深層学習フェーズの2通りの処理が実施されることを示している。各フェーズで入力データを解析し、得られた路面性状値を統合することで最終的な舗装表面の調査結果を得ることができる。さらに、得られた結果は、インフラドクターの地図上において可視化することで、舗装補修の計画を立案する際の基礎資料として活用することができる(図一5)。

(3) 業務への適用実績

MMSによる路面性状調査は、2019年より首都高速道路の一部で実施されている。また、2018年4月に「空港舗装補修要領」が一部改訂され、MMSを用いた点検手法が明記されたことから、2019年より空港滑走路などの舗装においても路面性状調査を実施している(写真一2)。



図—5 路面性状調査結果の可視化



写真—2 空港滑走路における路面性状調査の状況

5. インフラドクターによるトンネル点検

(1) トンネル点検に向けた MMS の改良

トンネル壁面に向けて高精細カメラを設置することでトンネル点検への適用を可能とした。また、高精細カメラにはひび割れ幅 0.2 mm まで検出可能なカメラを採用した。その結果、3次元点群データから浮き・剥離を検出し、高精細デジタル画像からひび割れを検出することが可能となった。

(2) 3次元点群データによる近接目視の代替方法

3次元点群データは既に述べた通り、浮き・剥離を検出することが可能である。また、インフラドクターには、3次元点群データを表示する機能の中に反射強度表示があり、この機能を用いることで、漏水跡を確認することも可能である。一方、高精細デジタル画像からひび割れのほか、付属物なども確認できる。このように3次元点群データと高精細デジタル画像を組み合わせることで、近接目視点検の代替手法として活用

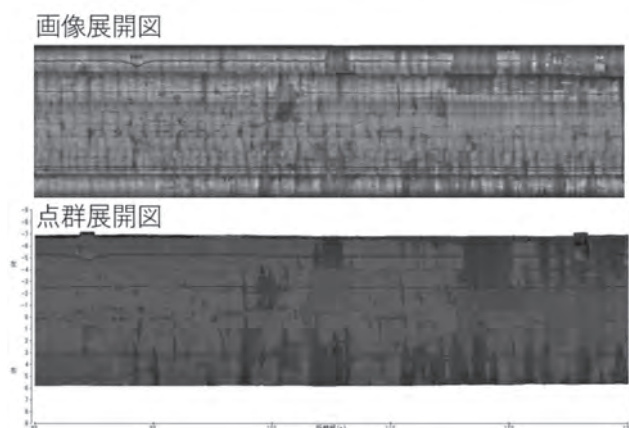
することが可能となった。さらに、3次元点群データと高精細デジタル画像で検出した損傷は、位置情報により一つの図面に落とし込むことが可能である(図—6)。

(3) 鉄道での実証実験

2018年9月に伊豆急行線、2019年1月に東急田園都市線の一部で実証実験を実施した。MMSを鉄道台車に積載してレーザスキャナや高精細カメラによるデータ取得方法の検証を行った。その結果、鉄道構造物においても、詳細なデータの取得および適切な解析が可能であることを確認した。

(4) 伊豆急行線トンネル通常全般検査

前節2件の実証実験で鉄道トンネルへの適用性が確認できたため、2020年にインフラドクターによるトンネル点検を伊豆急行線のトンネル通常全般検査に導入した(写真—3)。インフラドクターによるトンネル点検では、これまでの目視点検に代わり、3次元点群データから浮きや剥離等の変状を、高精細デジタル



図—6 トンネル画像展開図と点群展開図



写真一3 トンネル点検用 MMS

画像からひび割れ等の変状を抽出した。その後、各データから抽出した変状に対し、重点的に打音調査を実施することになる。インフラドクターを代替手法として適用した結果、従来の近接目視点検に相当する検査日数は約8割減少し、検査費用についても約4割減少した。打音調査が必要な箇所の絞り込みについては、最大でトンネル壁面の約7割が打音調査不要という結果が得られたトンネルもあった。

点検記録として必要なトンネル壁面の展開図などは、計測した各データから作成することが可能となるため、事務作業の大幅な省力化を図ることができる。また、位置情報とも連動した正確な記録となるため、今後の検査・保守業務に活用できる。さらに、検査の機械化が進むことで、検査精度のバラつき解消や技術継承の支援などの効果も見込まれる。

6. まとめ

3次元点群データと高精細デジタル画像を組み合わせた構造物点検は、従来手法と同等の精度で実施できることを確認した。インフラドクターによる路面性状調査では、解析作業において基本的には人の手を介することなく自動で行われるようにシステムを構築し

た。インフラドクターによるトンネル点検では、特にトンネルの打音調査箇所の絞り込みに有効であった。また、点検記録においても計測データから作成することが可能となるため、事務作業の大幅な省力化を図ることができる。これらにより、3次元点群データを活用した構造物点検では、点検作業の効率化およびコストの削減も可能となった。

7. おわりに

インフラドクターは首都高速道路などの道路構造物の維持管理にとどまらず、これまでの開発・検証結果から鉄道や空港の維持管理にも適用が可能であることが分かった。今後、モニタリング・センシング技術は、組み合わせ次第で様々な点検の代替手法になり得ると考えられる。インフラドクターでは、今後も3次元点群データを活用した社会に役立つ維持管理手法を検証し、特に構造物点検への適用拡大を目指していきたい。

謝 辞

最後になりますが、実証実験に協力していただいた東急(株)、東急電鉄(株)および伊豆急行(株)の皆様には誌面を借りて心より感謝の意を表したい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 永田佳文、津野和宏：MMS 点群データを活用したインフラマネジメント、建設機械施工、Vol.68, No.8, pp28～33, 2016.8
- 2) 永田佳文、川村日成、高橋洋二、白石宗一郎、石田哲也、水谷司：MMS を用いた舗装の評価手法、月刊「舗装」、2019年6月
- 3) 森友峰、岩瀬祐人：「鉄道版インフラドクター」を伊豆急行線のトンネル検査に導入、建設機械施工、Vol.73 No.6

【筆者紹介】

得能 智昭（とくのう ともあき）
首都高技術(株)
インフラデジタル部 インフラドクター課
課長代理



鋼床版上ゲースアスファルト舗装の局部補修方法

宇田 陽 亮・橋 本 雅 行・中 山 義 雄

本州四国連絡高速道路における鋼床版上ゲースアスファルト舗装では、小規模なプリスタリング等により変状が生じた場合、健全部は残して変状箇所のみを局部的に補修することが基本とされており、止水性や耐久性の観点から最適な補修方法を選択することが望まれている。そこで、施工会社や材料メーカーへのヒアリング調査から補修合材、目地材、施工方法に関する情報収集を行い、止水性・耐久性・施工性・経済性に優れた材料および工法を選定するために、実現場を模擬した要素試験および実物大スケールの屋外輪荷重走行試験を実施し、局部補修方法を検討した。本稿では、これら一連の検討結果について紹介する。

キーワード：鋼床版，ゲースアスファルト舗装，局部補修方法，止水性，耐久性

1. はじめに

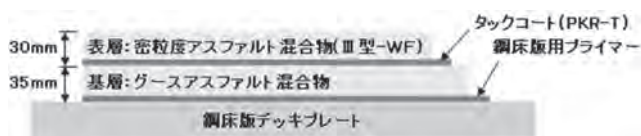
本州四国連絡高速道路における鋼床版上のゲースアスファルト（以下「GAs」という）舗装では、小規模なプリスタリング等により変状が生じた場合、その変状箇所の補修は、既設 GAs の健全部は存置させ、損傷箇所のみを局部的に補修することが基本とされている。この局部補修では、既設と同じ GAs やプレバック合材などが用いられ、境界部側面には止水性を高める目的で目地材を設置することが多い。この際に、既設健全部と補修部の境界における止水対策は、鋼床版および橋面舗装の耐久性の観点から極めて重要であり、様々な既存技術の中から有効な補修方法を選択することは鋼橋の長寿命化にも繋がると考える。

本検討では、舗装会社等に GAs 舗装の補修に関するヒアリング調査を実施し、補修合材、目地材、施工方法に関する情報収集を行った。その知見を踏まえ、実現場を模擬した要素試験を行い、止水性に優れた材料を検討した。そして、各種の補修合材と目地材の組合せにおいて、実物大スケールの屋外輪荷重走行試験により耐久性を確認し、施工性や経済性も踏まえた局部補修方法を検討した。本稿では、これら一連の検討結果について紹介する。

2. 補修材の概要

局部補修方法を検討するうえで、大鳴門橋における舗装構成（図—1）を標準ケースとし、表層を切削し

た後の小規模補修（1～3 m² 程度）を想定して補修合材と目地材を検討した。



図—1 舗装構成

ヒアリング調査結果より、局部補修に適していると考えられる補修合材および目地材を表—1のとおり選定した。目地材については、施工性や施工実績を考慮して成型目地材を選定し、基本性状は表—2に示すとおりである。なお、比較として、既設健全部との境界部側面にタックコートを塗布した仕様についても評価対象としている。

表—1 補修合材および目地材

補修合材	種 別		施工温度範囲	
	通常 GAs		220～260℃	
	プレバック合材	通常タイプ	160～190℃	
		重交通タイプ	160～190℃	

目地材	種別	厚さ		
	高弾性成型目地材（Ⅰ型）	t=10 mm	t=5 mm	t=3 mm
	低弾性成型目地材（Ⅱ型）	t=10 mm	t=5 mm	t=3 mm

表一 成型目地材の基本性状

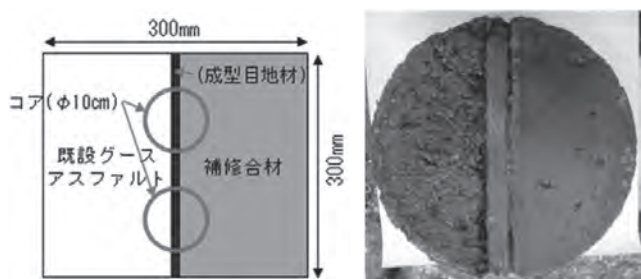
項目	高弾性	低弾性	規格値
針入度：25℃, 円すい針(mm)	3.1	3.3	9 mm 以下(高弾性) 6 mm 以下(低弾性)
軟化点(℃)	105	95	-
流れ：60℃, 75°, 5 h (mm)	0	1.2	3 mm 以下(高弾性) 5 mm 以下(低弾性)
引張量：-10℃(mm)	12	5	10 mm 以上(高弾性) 3 mm 以上(低弾性)

3. 室内試験Ⅰ

補修合材と目地材の各組合せにおいて、実現場を模擬した供試体における境界部の止水性を評価することを目的に、舗装調査・試験法便覧(B017T)に示される加圧透水試験を実施した。供試体の製作状況を写真一1に示す。境界部の付着が弱くなると考えられる冬季施工を想定し、型枠(300 mm × 300 mm × 50 mm)にGAsを舗設し、それを半分にカットした後に5℃環境下でGAs側面部に成型目地材を貼付け、翌日以降に環境室から取り出した直後にカット部分に補修合材を施工した。その後、図一2に示す位置でコアを採取している。



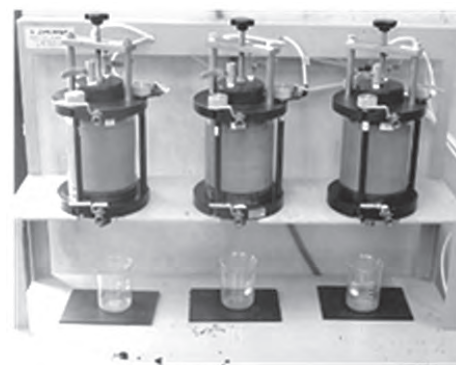
写真一1 供試体の製作状況



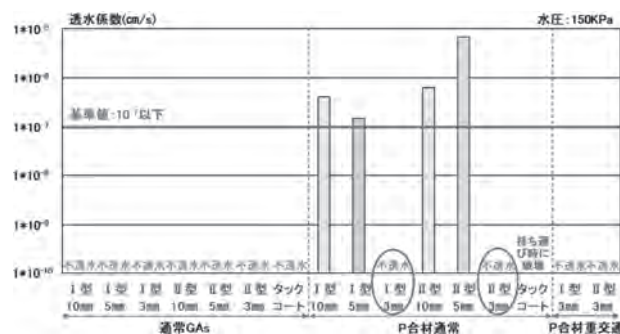
図一2 採取位置とコアの外観

試験状況を写真一2に、試験結果を図一3に示す。プレパック合材通常タイプ（以下「P合材通常」という）と厚さ10 mmおよび5 mmの成型目地材の組合せは、透水係数が基準値を上回る結果となった。これは、施工温度が通常GAsよりも低いため、目地材の

厚さが5 mm以上になると既設GAsに伝わる熱量が小さくなり、目地材と既設GAsの熱溶着が弱くなることが要因であると推察される。なお、この結果より、成型目地材の厚さは3 mmが適していると判断したため、プレパック合材重交通タイプ（以下「P合材重交通」という）と組合せる成型目地材の厚さは3 mmのみを対象としている。



写真一2 加圧透水試験状況



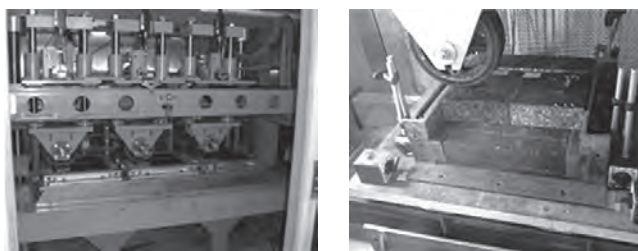
図一3 加圧透水試験結果（施工後）

4. 室内試験Ⅱ

(1) 試験概要

室内試験Ⅰの結果を踏まえ、成型目地材の厚さは3 mmを標準として、高温時（夏季）および低温時（冬季）を想定した輪荷重負荷後における境界部の止水性を確認した。なお、比較として、施工実績がある厚さ10 mmの成型目地材についても評価対象としている。

輪荷重負荷は、ホイールトラッキング試験(WT試験)機を用いて負荷を与えた。舗装調査・試験法便覧(B003)に準拠したWT試験(60℃・686 N・1 hr)と、5℃環境下で供試体下面に厚さ50 mmのウレタンゴム(硬度30)を敷いた状態で負荷を与える低温WT試験(5℃・686 N・2 hr)の試験状況を写真一3に示す。各試験とも負荷後において、コアを採取して加圧透水試験を実施した。



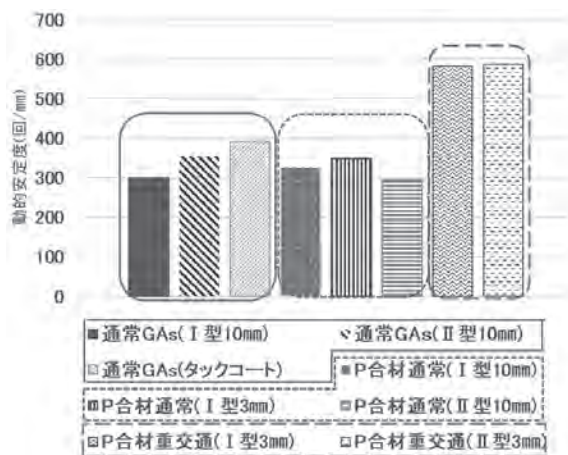
写真—3 WT 試験 (左)・低温 WT 試験 (右)

(2) WT 試験後の加圧透水試験

WT 試験後の供試体を写真—4 に、試験結果を図—4 に示す。動的安定度 (回/mm) は、通常 GAs および P 合材通常を用いた組合せは 300 ～ 400 程度、P 合材重交通を用いた組合せは 550 ～ 600 程度であったことから、耐流動性の観点では、P 合材重交通を用いた組合せが優位であることを確認した。

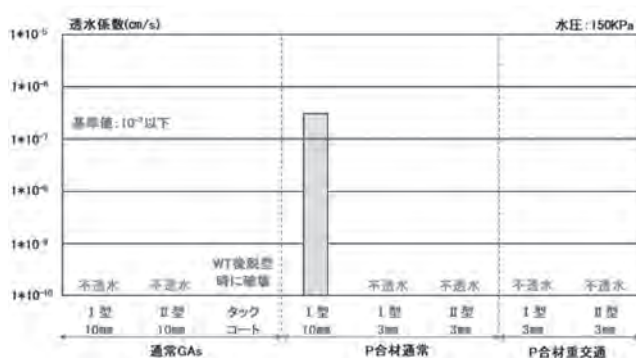


写真—4 WT 試験後の供試体 (上面)



図—4 WT 試験結果

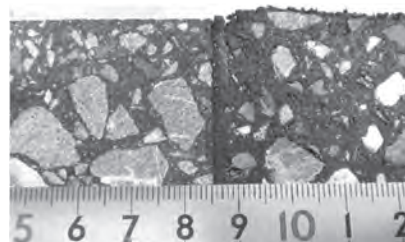
夏季を想定した WT 試験後の加圧透水試験結果を図—5 に示す。厚さ 3mm の成型目地材を用いた組合せは、施工後と同様に全て不透水であった。これは、高温環境下における繰返しの輪荷重負荷によって、混合物および目地材に塑性変形が生じ、馴染みが良くなったことが要因の一つとして考えられる。



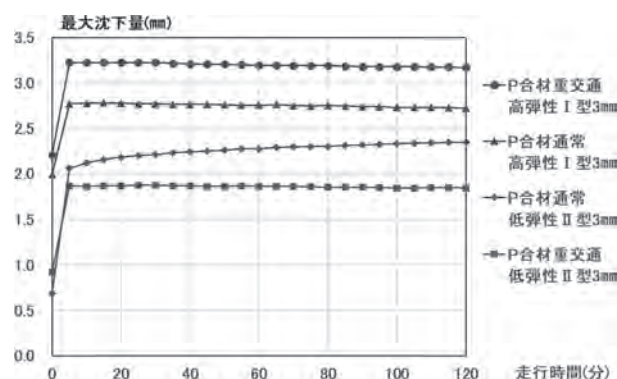
図—5 加圧透水試験結果 (WT 試験後)

(3) 低温 WT 試験後の加圧透水試験

低温 WT 試験後の供試体を写真—5 に、試験結果を図—6 に示す。その結果、目地部近傍の最大鉛直変位量 (最大沈下量) は、低弾性成型目地材 (以下「低弾性 II 型」という) より高弾性成型目地材 (以下「高弾性 I 型」という) の方が大きい傾向 (追従性が高い傾向) であった。また、各供試体の輪荷重負荷後において、目地部近傍を目視観察した結果、成型目地材に剥離やひび割れは確認されなかった。



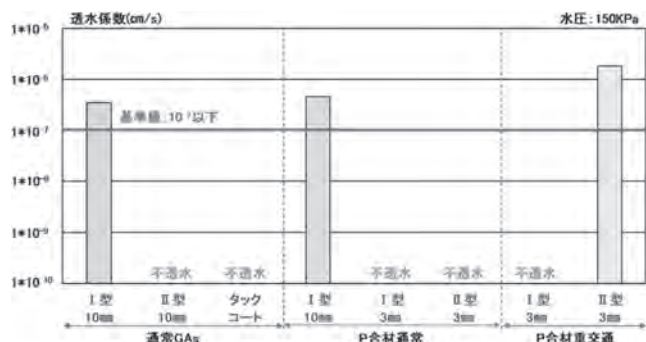
写真—5 低温 WT 試験後の供試体 (側面)



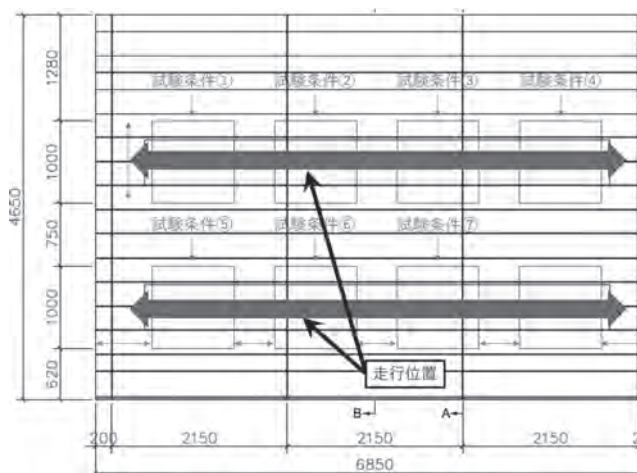
図—6 低温 WT 試験結果

冬季を想定した低温 WT 試験後の加圧透水試験結果を図—7 に示す。厚さ 3mm の成型目地材を用いた組合せにおいて、低弾性 II 型と P 合材重交通を組合せた場合は透水係数が基準値を上回る結果となり、高弾性 I 型と P 合材重交通を組合せた場合は施工後と同様に不透水であった。この結果より、高弾性 I 型

は、低弾性Ⅱ型と比較して低温下における変形追従性に優れ、境界部の付着が切れにくいと考えられる。



図一 7 加圧透水試験結果（低温 WT 試験後）



図一 8 補修箇所と走行位置の関係

5. 屋外輪荷重走行試験

(1) 試験概要

実現場を模擬した実物大の鋼床版試験体を写真一 6 に示す。図一 1 に示す舗装構成を標準として、鋼床版試験体にタックコート散布と基層（GAs）を舗設した後に、要素試験（室内試験Ⅰ・Ⅱ）の知見を踏まえて選定した表一 3 に示す仕様で局部補修を行い、表層の舗設後に屋外輪荷重走行試験を実施した。局部補修箇所と屋外輪荷重走行試験機の走行位置の関係を図一 8 に、局部補修状況と補修後の外観を写真一 7 に示す。

屋外輪荷重走行試験では、自然環境下における実物大の輪荷重負荷に伴う各補修工法の耐久性を評価することを目的に、わだち掘れ量・段差量・ひび割れ発生状況について確認した。



写真一 6 実物大の鋼床版試験体



写真一 7 局部補修状況（左）・補修後の外観（右）

(2) 載荷条件

屋外輪荷重走行試験は、写真一 8 に示す電動ウィンチ駆動方式の 2 軸 4 輪（ダブルタイヤ）の輪荷重走行試験機を使用することとし、載荷位置は図一 9 に示すとおりである。載荷条件については、輪荷重は 294 kN（73.5 kN／輪）、載荷速度は走行距離を考慮して 3.3 往復／分、試験期間は 24 時間連続運転で 122 日（途中の計測や観察のための停止期間は含めず）とした。なお、試験時期は 12 月中旬から 5 月初旬であり、アスファルト混合物が流動変形しやすい夏季を避けて実施している。

輪荷重と試験期間については、舗装設計便覧（日本道路協会：平成 18 年 2 月）に示される累積 49 kN 換算輪数を用いた疲労破壊輪数の考え方を参考にし、大鳴門橋の大型車交通量（3,200 台／日・一方向）の 5 年相当の負荷を想定した期間で設定した。

表一 3 局部補修工法の仕様

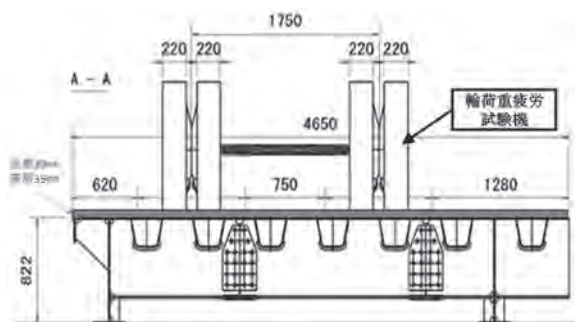
試験条件	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
補修 合材	通常 GAs	通常 GAs	P 合材 通常	P 合材 通常	P 合材 通常	P 合材 重交通	P 合材 重交通
目地材	高弾性 I 型 10 mm	低弾性 II 型 10 mm	高弾性 I 型 10 mm	高弾性 I 型 3 mm	低弾性 II 型 3 mm	高弾性 I 型 3 mm	低弾性 II 型 3 mm



(正面)

(側面)

写真一 8 屋外輪荷重走行試験機



図一 9 載荷位置

(3) わだち掘れ量・段差量の計測

わだち掘れ量の計測状況を写真一 9 に、段差量の計測状況を写真一 10 に示す。計測は、中間経過時と試験終了時において、移動式レーザー変位計により、タイヤ走行部のわだち掘れ量と目地部直上の縦断方向の段差量(補修材料と既設GAsの境界部の段差量)を確認した。

わだち掘れ量の計測結果を図一 10 に、目地部の段差量を図一 11 に示す。補修合材別で試験終了時の値を比較すると、わだち掘れ量は、大きい順にP合材通常(17.8～26.8 mm)、P合材重交通(12.2～13.4 mm)、通常GAs(5.7～6.9 mm)となった。目地部の段差量は、P合材通常(4.2～6.0 mm)が最も大きく、P合材重交通(3.9～4.4 mm)と通常GAs(3.2～5.0 mm)は同程度であった。

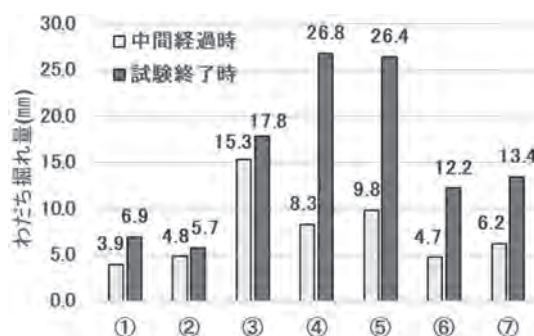
このことから、わだち掘れ量と目地部の段差量の観点においては、通常GAs、P合材重交通、P合材通常の順に耐久性が高い傾向であった。



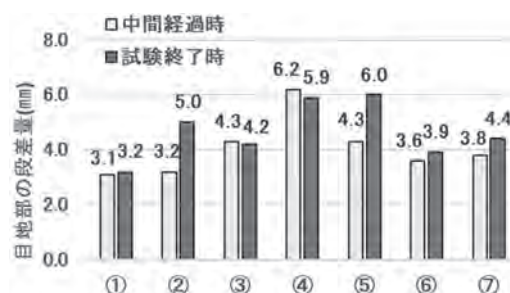
写真一 9 わだち掘れ量の計測状況



写真一 10 段差量の計測状況



図一 10 わだち掘れ測定結果



図一 11 目地部の段差測定結果

(4) ひび割れ調査

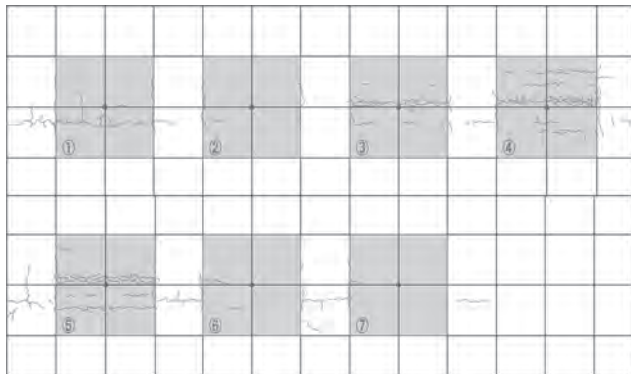
ひび割れ調査は、中間経過時と試験終了時において、舗装表面を50 cm メッシュに区切って目視観察を行った。ひび割れ調査状況を写真一 11 に、試験終了時のひび割れ発生状況を図一 12 に示す。

その結果、試験終了時において、P合材通常は面状ひび割れ、通常GAsは一部で線状ひび割れが発生し、P合材重交通は僅かなひび割れしか発生していない状況であった。中間経過時においては、P合材通常と通常GAsには線状ひび割れが発生していたが、P合材重交通にひび割れは発生していない状況であった。

このことから、ひび割れ発生の観点においては、P合材重交通、通常GAs、P合材通常の順に耐久性が高い傾向であった。



写真—11 ひび割れ調査状況



図—12 ひび割れ発生状況（試験終了時）

6. 局部補修方法

(1) 推奨仕様

本検討では、実現場を模擬した要素試験および屋外輪荷重走行試験を行い、止水性と耐久性の観点から、各種の補修合材と成型目地材の組合せを評価した。加えて、施工性や経済性も踏まえたうえで、既設GAsの局部補修における推奨仕様を下記のとおり選定した。

【補修合材】

高耐久現場加熱型弾性舗装材（重交通タイプ）

※本文中の「P合材重交通」

【成型目地材】

感圧タイプアスファルト成型目地材（高弾性 $t = 3\text{ mm}$ ）

※本文中の「高弾性I型（ $t = 3\text{ mm}$ ）」

推奨仕様に用いられる材料の基本性状を表—4および表—5に示す。なお、局部補修に適用する材料は限定されるものではなく、これらの物性値を満足するものであれば、適用が可能であると考え。

表—4 補修合材の基本性状

施工温度範囲 (°C)	施工最低温度 (°C)	リユエル流動性 (秒)	貫入量 (mm)	動的安定度 (回/mm)	曲げ強度 (N/mm ²)	曲げ破断歪み ($\times 10^{-3}$)
160 ~ 190	160	39	1.94	730	6.9	124

表—5 成型目地材の基本性状

項目	物性値	規格値
針入度：25°C，円すい針（mm）	3.1	9 mm 以下
軟化点（°C）	105	-
流れ：60°C，75°，5h（mm）	0	3 mm 以下
引張量：- 10°C（mm）	12	10 mm 以上

(2) 補修合材の製造装置

本検討で局部補修に用いたプレパック補修合材（P合材通常，P合材重交通）は、移動式の専用溶融機により製造した。専用溶融機は、固形の状態で材料を投入し、自動制御で溶融時の温度管理ができる製造装置である。また、100 kg 製造用と 300 kg 製造用の 2 種類があるため、これらは施工規模に応じて使い分ける。100 kg 製造用は、溶融時間の目安は 20 ~ 30 分程度であり、1 人で移動が可能な小型タイプである。300 kg 製造用は、溶融時間の目安は 30 ~ 50 分程度であり、4 t トラックに積載可能で移動式プラントとしても扱えるものである。なお、材料の溶融時間については、外気温の影響を受けることに留意する必要がある。

専用溶融機の外観を写真—12に示す。本検討では、300 kg 製造用の溶融機を用いて補修合材の製造を行い、良好な施工性を確認している。



写真—12 専用溶融機（300 kg 製造用）

(3) 局部補修の手順

本検討では、推奨仕様において、専用溶融機を用い

て実物大スケールの局部補修を行っており、その際に施工性を確認するとともに、施工に関する各種データを取得している。ここでは、取得した施工データを参考に、推奨仕様における局部補修の手順を図—13のように整理した。



図—13 推奨仕様における局部補修の手順

7. おわりに

本稿では、鋼床版上グースアスファルト舗装の局部補修について、ヒアリング調査から期待のできる材料を選定し、実現場を模擬した要素試験、実物大スケールの屋外輪荷重走行試験による評価を行うことで、止水性・耐久性・施工性・経済性に優れた局部補修方法を確認し、その一連の検討内容を紹介した。なお、本検討は、本州四国連絡高速道路(株)の業務として実施したものである。

JCMA

〔筆者紹介〕

宇田 陽亮（うだ ようすけ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部
研究員



橋本 雅行（はしもと まさゆき）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部
副主幹



中山 義雄（なかやま よしお）
本州四国連絡高速道路(株)
保全部
道路保全課長代理



既設コンクリート構造物の補強工事に伴う 削孔作業に適用する自動削孔装置の開発

三 澤 孝 史・西 山 宏 一・有 川 健

既設コンクリート構造物の補強工事ではあと施工せん断補強工法や増厚工法等が用いられ、あと施工せん断補強鉄筋や、既設と新設のコンクリートの一体性を高めるアンカー筋の挿入孔は、通常、削岩機や電動ハンマードリル等を用いて人力で削孔される。工事によっては削孔数が数千以上となり、機械化・自動化による省力化、効率化が期待されている。また、作業中の粉塵飛散により悪化する作業環境の改善も課題であった。そこで、せん断補強鉄筋及びアンカー筋の挿入孔を削孔する2種類（大径用、小径用）の自動削孔装置を開発し、壁試験体を用いた性能確認実験により性能を確認した。本稿では、本装置の概要及び性能確認実験結果について述べる。

キーワード：補強工事、あと施工せん断補強、削孔、自動化、削岩機、電動ハンマードリル

1. はじめに

既設コンクリート構造物の補強工事において、あと施工せん断補強工法^{1), 2)}及びあと施工アンカーを用いた壁等の増厚工法では、それぞれ、せん断補強鉄筋、増し打ちコンクリートを打設した際に一体性を高めるためのアンカー筋の挿入孔を既設コンクリート構造物に削孔する必要がある。挿入孔は通常、削岩機や電動ハンマードリル等を用いて人力で行われ、削孔数が数千以上にも及ぶ場合もあり、多大な労力を要することから、作業の省力化、効率化が求められている。また、作業中の粉塵の飛散により悪化する作業環境の改善も課題であった。

今回、あと施工せん断補強工法とあと施工アンカーを用いた壁等の増厚工法における削孔作業の自動化に取り組み、それぞれの工法に合わせて壁状部材を対象とした2種類の自動削孔装置を開発した。一つは、あと施工せん断補強工法における削孔作業を対象とし、比較的削孔径が大きく、深い削孔に対応する大径用自動削孔装置³⁾である。もう一つは、比較的削孔径が小さく、浅い削孔に対応する小径用自動削孔装置⁴⁾である。これらの2種類の自動削孔装置について、RC壁を用いた性能確認実験を行い、所定の性能を有することを確認した。本稿では、本装置の概要、性能確認実験結果について述べる。

2. 自動削孔装置

(1) 大径用自動削孔装置

(a) 大径用自動削孔装置の概要

大径用自動削孔装置を写真—1に、主な仕様を表—1に示す。本装置は、あと施工せん断補強工法のせん断補強鉄筋の挿入孔（最大削孔径 $\phi 40$ mm程度）を対象とし、空圧削岩機（以下、削岩機）を用いて自動削孔する装置である。削岩機を削孔方向に最大1200 mm フィード（前進）でき、上下方向の昇降ストローク 1750 mm 及び左右方向のスライドストローク 500 mm のエリア内の移動が可能である。各移動量は、装備したレーザー距離計により計測管理する。本装置本体の移動は、ペンダント操作によりレール上を走行させることにより行う。

本装置は、可動範囲内を予め設定した削孔計画（削孔数、削孔位置、削孔深さ）にしたがって自動で削孔し、削孔位置、削孔深さ、削孔数、削孔時間等の施工結果データを自動的に記録する。削孔計画は、予めパソコンで作成し、本装置の制御装置に無線 LAN（Wi-Fi）で伝送することができる。また、施工結果データを制御装置からパソコンへ伝送することも可能である。

真空圧によりコンクリート表面に吸着するバキュームパッドを本装置上部に2基装備しており、必要に応じてバキュームパッドを使用することで削孔時の反力を確保することもできる。なお、バキュームパッドの



削岩機先端部

写真—1 大径用自動削孔装置

表—1 大径用自動削孔装置の仕様

項目	仕様
外形寸法	横 1742×縦 2215×高さ 2593 mm
質量	980 kg
昇降範囲	1750 mm
スライド範囲（左右方向）	500 mm
フィード長	1200 mm
昇降速度	2.88 m/min（高速モード時）
スライド速度	1.5 m/min（高速モード時）
本体の走行速度	6.79 m/min

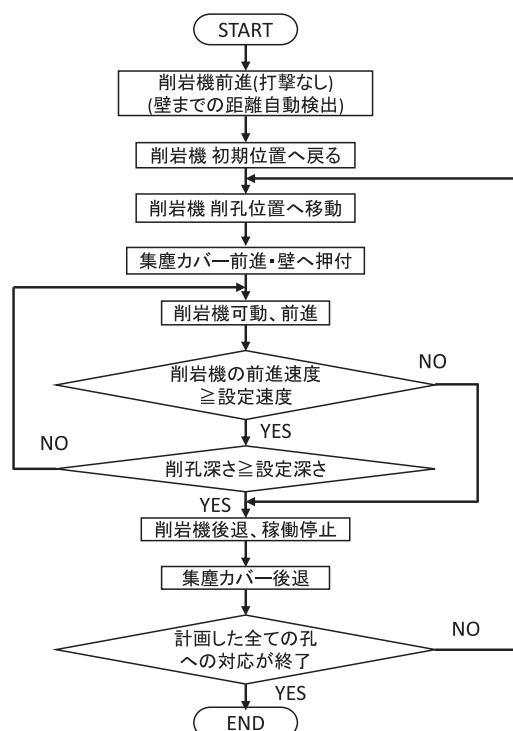
吸着力については、事前にコンクリート表面の状態をパラメータとして、コンクリート試験体を用いた要素実験³⁾により把握した。

削孔中に生じる粉塵は、削岩機の先端部に装備した集塵カバーをコンクリート表面にエアシリンダにより押付け、集塵機により吸引することにより飛散を防止する。

(b) 大径用自動削孔装置の自動削孔時の動作フロー

図—1に自動削孔時の動作フロー図を示す。本装置本体を削孔エリアに移動させ、自動削孔の事前準備として削孔エリア内の原点位置まで削岩機をスライド・昇降させた後、以下の手順により自動削孔するように制御している。

- ①削岩機を稼働させずに、壁にビットが当たるまでフィードさせることにより壁までの離隔を自動計測する。



図—1 大径用自動削孔装置の自動削孔時の動作フロー

- ②削岩機をフィードさせるとともに、集塵カバーを壁面に押し付け、削孔を開始する。

- ③計画の削孔長まで削孔する。

- ④削岩機を引き戻し次の削孔位置までスライド・昇降移動する。

- ⑤計画した全ての孔について②～④を繰り返す。

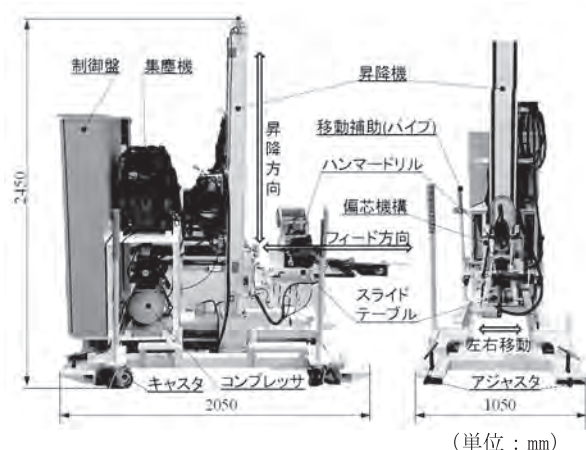
そのエリアの削孔が終了したら、本装置本体を次の削孔エリアに移動させ、同じ手順で自動削孔させる。なお、バキュームパッドを使用する場合は、自動削孔前にバキュームパッドを真空ポンプにより壁表面に吸着させ、反力を確保する。

自動削孔中に削孔速度が設定値以下となった場合、鉄筋等の障害物に接触したものと自動判定し、削孔を中止し、次の削孔位置に削岩機を移動するように制御している。これにより事前に把握していない鉄筋に接触しても、鉄筋の損傷を抑制するように図っている。なお、施工結果データには、計画通り削孔できた場合と鉄筋等に接触して計画通りに削孔できなかった場合の判別ができる記録が残るようにしている。

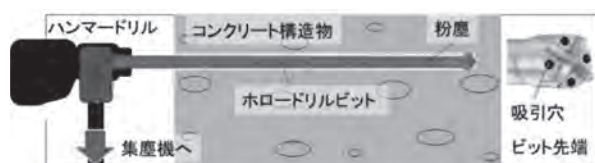
(2) 小径用自動削孔装置

(a) 小径用自動削孔装置の概要

写真—2に小径用自動削孔装置を示す。本装置は、あと施工アンカーを用いた壁等の増厚工法における比較的削孔径が小さく、浅いあと施工アンカー挿入孔(最大削孔径φ25 mm程度)を対象とし、電動ハンマー



写真一 小径用自動削孔装置



図一 二 ホロードリルビットによる集塵の概念図

ドリル（以下、ハンマードリル）により削孔する。削孔ビットには、図一 二に示す、削孔中の粉塵飛散を防止できる中空のホロードリルビット（ヒルティ社製）を用いる。削孔により発生する粉塵が、ホロードリルビット先端の吸引穴から中空部を通り、集塵機に吸引されることにより、粉塵の飛散を防止できる。

表一 二に小径用自動削孔装置の仕様を示す。本装置はハンマードリルを昇降方向に最大 1500 mm 移動させる昇降機と、削孔方向に最大 300 mm フィードさせるスライドテーブルを備えている。昇降機は電動モータにより駆動し、スライドテーブルはコンプレッサによる空気圧で駆動する。スライドテーブルと昇降機はレーザー変位計により移動量を管理する。

本装置本体の移動は、装置下部に設置したキャストにより人力で行う。なお、削孔位置の左右の微調整は、偏芯機構（最大偏芯量 ± 50 mm）を手動で操作することにより、ハンマードリルを搭載したスライドテーブルを左右に動かすことで対応できる。その他、本装置を水平に調整するためのアジャスタを装備している。

表一 二 小径用自動削孔装置の仕様

項目	仕様
外形寸法	横 1050×縦 2050×高さ 2450 mm
質量	650 kg
昇降範囲	1500 mm
フィード長（深さ方向）	300 mm
左右偏芯調整量	± 50 mm
昇降速度	4.5 m/min（高速モード時）

本装置は、大径用自動削孔装置と同様に、予め入力した削孔計画（削孔数、削孔高さ、削孔深さ）に沿って、ハンマードリルを自動で削孔位置まで昇降させ、設定した削孔深さまで、設定した削孔数を連続削孔する。削孔計画及び削孔結果は、大径用自動削孔装置と同様に、パソコンと本装置の制御装置間を無線 LAN（Wi-Fi）で伝送することができる。

(b) 小径用自動削孔装置の自動削孔時の動作フロー
粉塵カバーを用いないことと、スライド（左右）方向への移動がないことを除けば、基本的に図一 一に示した大径用自動削孔装置の動作フローと同様である。

3. 性能確認実験

(1) 実験概要

開発した自動削孔装置の性能を確認するために RC 壁試験体を用いた性能確認実験を行った。

(a) 実験方法

スラブ上に設置した鋼製架台の上に 3 基の RC 壁試験体（寸法：幅 2000 mm × 高さ 2200 mm × 厚さ 800 mm）を設置し、レール（山形鋼）上に載せた大径用自動削孔装置で削孔した。小径用自動削孔装置は、直接、スラブ上に載せて実験を行った。RC 壁試験体の設置状況を写真一 三に示す。RC 壁試験体の実験時のコンクリート圧縮強度は 27.6 N/mm^2 であった。



写真一 三 RC 壁試験体設置状況

(b) 実験ケース

大径用自動削孔装置の実験は、 $\phi 40$ mm のビットを用いて削孔した。実験パラメータは、削孔深さ、バキュームパッド使用の有無、単孔及び連続削孔とした。また、鉄筋接触時に計画した通りに挙動するかを確認するために鉄筋に接触させるケースも行った。実施施工でのあと施工せん断補強を想定して、削孔深さ 400 ~ 1000 mm を中心に実験した。なお、削孔深さ

を 800 mm 以上とした場合は、奥行き（削孔方向）が 2000 mm となるように RC 壁試験体の配置を変えて実験を行った。最終的には、調整時の予備削孔も含め、100 孔以上の削孔を行った。

小径用自動削孔装置の実験では、ビット径 $\phi 20$ mm, $\phi 25$ mm の 2 種類を用い、削孔深さを 250 mm, 削孔間隔を 100 mm として単孔及び連続削孔を行った。また、大径用自動削孔装置と同様に、鉄筋に接触させるケースも行った。最終的には 60 孔以上の削孔を行った。

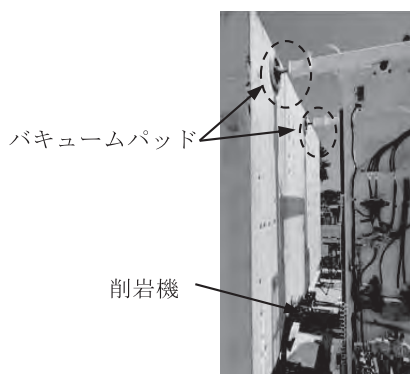
(2) 大径用自動削孔装置の実験結果

実験状況を写真—4 に示す。削孔中は、粉塵カバーと集塵装置により粉塵の飛散を防止できた。

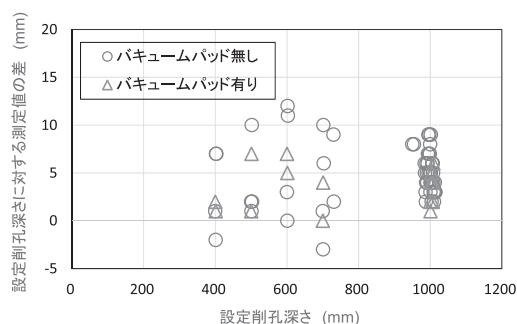
(a) 削孔深さ

図—3 に、設定削孔深さ 400 ～ 1000 mm における、設定削孔深さに対する、削孔後にスケールにより計測した測定値との差を示す。全データは $-3 \sim 12$ mm の範囲にある。また、2 点を除き、全て設定深さ以上に深く（正側）削孔している。

表—3 に、設定削孔深さ 400 ～ 1000 mm における、設定削孔深さに対する測定値との差の平均値、標準偏差、信頼度 95% の精度 ($\bar{X} \pm 2\sigma$) を示す。全体の削孔深さの精度は、 $-1.43 \sim 10.29$ mm である。あと施



写真—4 大径用自動削孔装置の実験状況（バキュームパッド使用時）



注) データが重なるため見易いように、グラフの描画上、設定削孔深さの値を少しずらしている

図—3 設定削孔深さに対する測定値の差

表—3 設定削孔深さに対する測定値の差の一覧

	バキューム パッド使用有り	バキューム パッド使用無し	全体
データ数 (個)	18	50	68
平均値 $\bar{X}$ (mm)	3.61	4.72	4.43
標準偏差 σ (mm)	2.15	3.13	2.93
$\bar{X} \pm 2\sigma$ (mm)	-0.69 ~ 7.91	-1.54 ~ 10.98	-1.43 ~ 10.29

工せん断補強の削孔長の規格値²⁾は、設定削孔長さ $1/2 \times$ 既存主鉄筋（埋込み側）の直径であり、既存主鉄筋径にもよるが実施工において問題のない範囲と考える。また、バキュームパッド使用の有無による削孔深さの精度に顕著な差異はない。

(b) 削孔位置

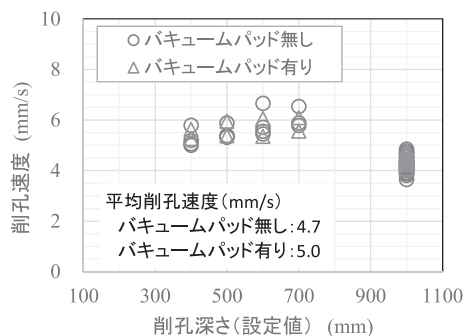
削岩機は、計画した削孔位置へ自動で移動する。この位置精度を確認するために昇降方向及びスライド方向の孔中心の間隔をノギスで測定した。バキュームパッドの使用有り・無しの両ケースにおける連続削孔した場合の設定値に対する測定値の差を表—4 に示す。昇降量の信頼度 95% の精度 ($\bar{X} \pm 2\sigma$) は $-5.88 \sim 4.00$ mm であった。スライド量の精度は、設定スライド量 200 mm では $-9.40 \sim -4.04$ mm, 設定スライド量 300 mm では $-8.39 \sim -4.63$ mm と昇降量に比べ少し大きい。昇降量、スライド量とも、あと施工せん断補強の位置精度の規格値²⁾ ± 10 mm 以内である。スライド量については、制御用のレーザー変位計の受光面に直接、太陽光が射していたケースがあり、レーザー変位計の計測値に影響を与えた可能性がある。これについては、野外の施工では、直接、レーザー受光面に太陽光が射さないようにカバーを設置することで対応可能である。

(c) 削孔速度及び削孔時間

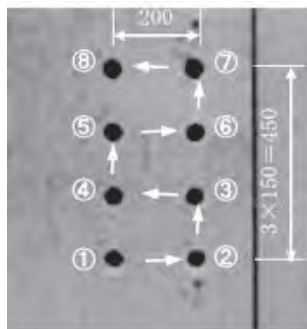
図—4 に、設定削孔深さ 400 ～ 1000 mm における削孔速度を示す。削孔深さが 700 mm までは、全てのデータが 5 mm/s 以上の削孔速度を示した。削孔深さが 1000 mm では、若干、削孔速度が低下した。これは、削孔深さが深くなることにより孔壁とビットとの摩擦抵抗が増加したために削孔速度が低下したと考えられる。また、バキュームパッド使用の有無については、

表—4 昇降量及びスライド量の設定値と測定値の差の一覧

	設定昇降量	設定スライド量	
	150 mm	200 mm	300 mm
データ数 n (個)	40	26	4
平均値 $\bar{X}$ (mm)	-0.94	-6.72	-6.51
標準偏差 σ (mm)	2.47	1.34	0.94
$\bar{X} \pm 2\sigma$ (mm)	-5.88 ~ 4.00	-9.40 ~ -4.04	-8.39 ~ -4.63



図一 4 削孔速度と設定削孔深さの関係

※①→⑧の順番で削孔 単位：mm
写真一 5 連続削孔後の状況

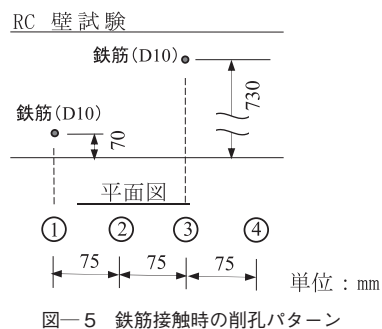
バキュームパッド使用無しの場合の平均削孔速度は 4.7 mm/s、使用有りの場合が 5.0 mm/s と顕著な差異はみられなかった。

写真一 5 に、8 孔を連続削孔したケースの削孔後の状況を示す。横方向の孔間の間隔は 200 mm、上下方向は 150 mm とした。設定削孔深さは 1000 mm とし、このパターンの連続削孔を 2 回行った。

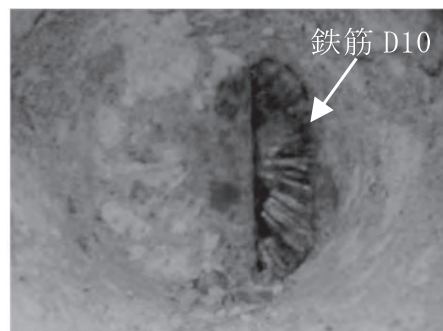
各孔への移動も含めた計 8 孔の全削孔時間は、平均で約 33 分であった。削孔深さ 1000 mm を削孔するのに要した平均時間は約 3.9 分/孔であった。各孔への移動時間の合計は平均で約 1 分であり、削孔位置へ効率的に移動していることがわかる。

(d) 鉄筋接触時の挙動

自動削孔時は、設定した削孔速度以下になると鉄筋等に接触したと自動判定し、その削孔を中止して次の孔を削孔するように制御している。これを実際に確認するために、鉄筋に接触させる実験を複数回行った。一例として、手前側の鉄筋と奥側の鉄筋に接触させるように図った削孔パターンを図一 5 に示す。設定削孔深さは 750 mm とし削孔した。壁の奥側の鉄筋に接触する位置を削孔した孔内を CCD カメラで撮影した。写真一 6 に、図一 5 中の③位置を削孔した時の孔内状況を示す。鉄筋表面に少し傷が見られ、ビットが接触したことがわかる。手前側及び奥側の鉄筋に接触した場合、極力、鉄筋の損傷を抑えて削孔を自動で



図一 5 鉄筋接触時の削孔パターン



写真一 6 孔内状況（鉄筋接触位置を削孔）

中止し、計画した削孔パターンに従い、次の鉄筋に接触しない孔位置に移動し、設定深さまで削孔することを確認した。

(3) 小径用自動削孔装置の実験結果

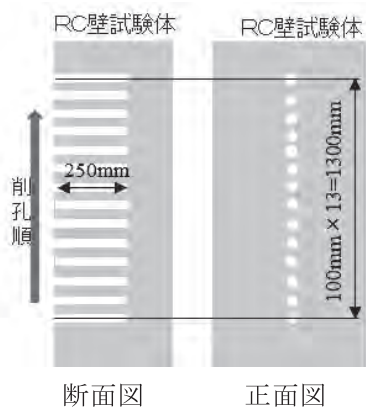
写真一 7 に実験状況を示す。削孔中は、ホロドリルビット及び集塵機により粉塵の飛散を防止できた。

(a) 削孔深さ

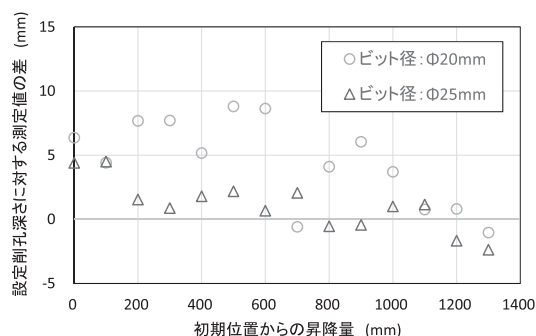
実験結果の一例として、図一 6 に示すように、14 孔を連続削孔した結果について述べる。削孔深さについて、設定削孔深さに対する、ノギスによる測定値との差を図一 7 に示す。全てのデータは、 $-2.4 \sim 8.8$ mm の範囲にあり、設定削孔深さに対し ± 10 mm 以下の差で施工できている。表一 5 に示すように、ビット径 ϕ



写真一 7 小径用自動削孔装置の実験状況



図—6 小径用自動削孔装置による連続削孔パターン



図—7 設定削孔深さに対する測定値の差

表—5 設定削孔深さに対する測定値の差の一覧

設定削孔深さ： 250 mm	ビット径 20 mm	ビット径 25 mm
データ数 n (個)	14	14
平均値 $\bar{X}$ (mm)	4.47	1.08
標準偏差 σ (mm)	3.37	1.97
$\bar{X} \pm 2\sigma$ (mm)	-2.27 ~ 11.21	-2.86 ~ 5.02

20 mm では平均値 4.47 mm, 標準偏差 3.37, ビット径 ϕ 25 mm では平均値 1.08 mm, 標準偏差 1.97 mm であった。

(b) 削孔位置

設定昇降量に対する、ノギスで測定した孔中心の鉛直方向の間隔の測定値との差を表—6 に示す。設定昇降量 100 mm に対する測定値の差は、ビット径 ϕ 20 mm では平均値 0.16 mm, 標準偏差 1.75, ϕ 25 mm では平均値 0.37 mm, 標準偏差 0.90 と、両ケースとも精度良く削孔位置に移動していることがわかる。

(c) 削孔速度及び削孔時間

削孔速度を図—8 に示す。平均削孔速度はビット径 ϕ 20 mm では 5.9 mm/s, ϕ 25 mm では 5.5 mm/s であり、いずれの昇降量においてもビット径によらず概ね同じ値である。

14 孔の削孔及び移動時間の合計は、ビット径 ϕ 20 mm では約 11 分, ϕ 25 mm では約 12 分であった。

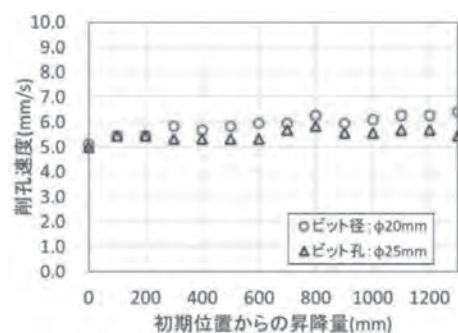
表—6 設定昇降量と測定値の差の一覧

設定昇降量： 100mm	ビット径 20 mm	ビット径 25 mm
データ数 n (個)	13	13
平均値 $\bar{X}$ (mm)	0.16	0.37
標準偏差 σ (mm)	1.75	0.90
$\bar{X} \pm 2\sigma$ (mm)	-3.34 ~ 3.66	-1.43 ~ 2.17

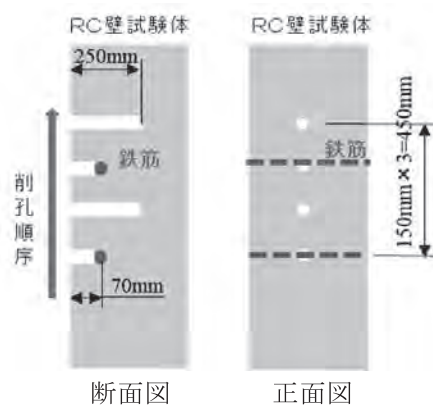
そのうち移動時間の合計は ϕ 20 mm, ϕ 25 mm とともに約 1.3 分であり、孔間隔 100 mm を約 0.1 分と短時間で移動している。また、設定削孔深さ 250 mm における 1 孔当たりの削孔時間は ϕ 20 mm では 43 秒, ϕ 25 mm では 46 秒であり、大きな差異はなかった。

(d) 鉄筋接触時の挙動

大径用自動削孔装置と同様に、自動削孔中に鉄筋に接触した時に、計画通りに挙動するかを確認した。図—9 に削孔パターンを示す。コンクリート表面から 70 mm の位置に配筋した鉄筋に接触する位置と接触しない位置を交互に削孔した。その結果、自動削孔中に鉄筋に接触した際は、計画通りに削孔を自動で中止し、次の孔を削孔することを確認した。



図—8 小径用自動削孔装置の削孔速度



図—9 小径用自動削孔装置・鉄筋接触時の削孔パターン

4. おわりに

大径用及び小径用自動削孔装置について、RC 壁試験体を用いた性能確認実験により、削孔位置、削孔深さは人力施工と同等の精度が確保できるとともに、削孔中の粉塵の飛散が防止され、作業環境が改善されることを確認した。自動化による作業の労力軽減、作業の効率化については、計画した削孔位置に短時間で効率的に移動することを確認した。今後、開発した2種類の自動削孔装置の現場適用を図り、実現場における歩掛を確認する予定である。実施工を通じ適宜、自動削孔装置のブラッシュアップを図っていきたいと考える。

謝 辞

最後に、大径用及び小径用自動削孔装置は、奥村機械製作(株)の協力を受け、開発したものである。ここに改めて深謝する。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山口治, 松本恵美, 三澤孝史, 廣中哲也: 六角ナット定着型せん断補強鉄筋を用いた後施工せん断補強工法の開発, 土木学会第71回年次学術講演会概要集, pp.1017-1018, 2016.9
- 2) (一財) 土木研究センター: 建設技術審査証明報告書 第1506号 後施工六角ナット定着型せん断補強鉄「ベストグラウトバー」, 2018.7
- 3) 有川健, 三澤孝史, 西山宏一, 石井敏之: 既設コンクリート構造物のあと施工せん断補強に伴う削孔作業に適用する自動削孔装置の開発, 令和2年度建設施工と建設機械シンポジウム, 2020.12
- 4) 川澄悠馬, 三澤孝史, 西山宏一, 有川健, 山口治, 石井敏之, 栗本雅裕: 小径のアンカー孔を対象とする自動削孔装置の開発, 土木学会・土木建設技術発表会 2020, 2021.2

【筆者紹介】

三澤 孝史 (みさわ たかし)

(株)奥村組

技術研究所

土木技術開発専門部長



西山 宏一 (にしやま こういち)

(株)奥村組

東日本支社リニューアル技術部 技術課

課長



有川 健 (ありかわ けん)

(株)奥村組

東日本支社東京土木第1部

主任



小断面水路トンネルにおけるプレキャスト補修部材の急速運搬・組立工法

モール・シールドビルダー工法施工の実際と課題

山 地 宏 志・中 森 純一郎・野 澤 是 幸

補修期間が限定される水路トンネルの補修にはプレキャスト部材を利用し、坑内作業時間を極小化することが望ましい。しかし、水路トンネルの大半を占める内空断面 10 m^2 未満の小断面トンネルでは、プレキャスト部材の運搬・組立てに供する大型機器の搬入組み立てが困難なため、ほとんどこれが実施されることはなかった。筆者らは、現場での小さな工夫を集め、体系化・システム化することで、小断面水路トンネルにおいてプレキャスト部材の急速運搬・組立てを可能とする工法を開発した。この工法開発により、内空断面 9.7 m^2 の水路トンネルにおける $40\text{--}50\text{ m}$ 区間のプレキャスト部材による内面補強工を7日間以内に完了することが可能になった。

キーワード：小断面トンネル補修，プレキャスト部材，モール・シールドビルダー工法，着脱式車輪

1. はじめに

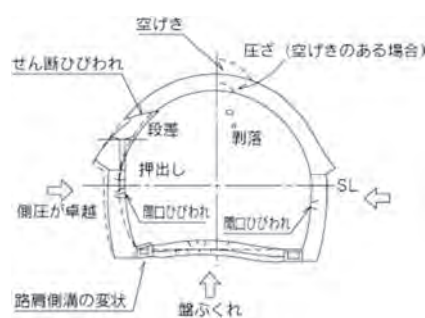
発電導水路トンネル，工業用水トンネル，あるいは農業用水トンネルなどの産業基盤を支えるトンネルの多くは内空断面 10 m^2 未満の小断面トンネル，あるいは 3 m^2 未満の極小トンネルであることが一般的である。また，その多くが老朽化の時期に差し掛かり，適切な維持・補修対策を望まれていることは言を俟たない。

トンネルの劣化形態は，図-1 (a)¹⁾ のように種々の形態が報告されているが，その構造的な補修・補強工法は，現在，図-1 (b)¹⁾ に示す覆工背面空洞充填工，ロックボルト補強工，あるいは内面補強工が最も効果的とされ，劣化形態に応じて適切な補修・補強工を選択することが重要とされる。ところが，これらの補強工を小断面トンネル内で施工することは著しく困難である。その理由は大きく以下の3つに大別することができるであろう。

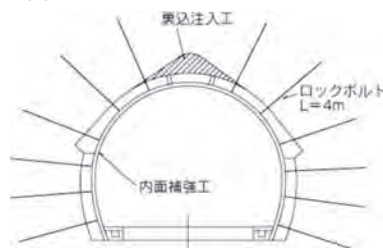
- i) 内空断面が狭小なため，坑内に大型機械を搬入できない。
- ii) トンネル坑内には，補修工の施工に必要な動力源，照明，水，空気等を供給するユーティリティが整備されておらず，限られた断水・落水期間のうちにこれを整備し，撤去しなければならない。
- iii) 小断面でありながら，長大トンネルであることが多いため，一般に換気状況が劣悪で，坑内での内燃機関や有機溶剤を使用できない。

このような，小断面トンネル特有の施工条件下で，

効率的にその補修・補強工を実施するため，われわれは可塑性充填材を $L = 5\text{ km}$ 以上圧送可能な工法（モール・グラウト工法^{2), 3)}）を開発し，大型の混練りプラントを坑内に搬入することなく，長大な小断面トンネルの効率的な覆工背面空洞充填工を可能とした。また，空気配管だけですべての削孔作業を可能とする小型軽量の削孔システムを開発し，狭小な極小断面トンネルの施工空間においても効率的なロックボルト打設を可能とする工法を確立した（モールボルティング工法^{2), 4)}）。



(a) 外力によるトンネル変状の種類



(b) 外力に対する補修・補強工

図-1 外力によるトンネル変状とその対策¹⁾

内面補強工に対しても、この小断面トンネル特有の施工上の制約が課せられる。内面補強工の最も一般的な覆工コンクリート厚の現場増し打ち施工を考えると、限定された断水・落水期間内に、配筋、型枠施工、コンクリート打設、脱型、養生を行わねばならない。併せて、狭隘な坑内を大量の鉄筋、型枠材、コンクリート等を運搬する手段、コンクリートポンプ稼働のための動力源の確保、または代替の打設手段等、検討すべき課題は山積する。

特に、民間が保有する発電導水路や工業用水路等では、断水・落水期間の問題は重要で、工場等の作業を一斉に停止させる7～10日程度のメンテナンス期間内に予定区間の補修・補強を完了させなければ、生産再開が遅延し、重大な経済的な損失を発生させる。したがって、このような水路トンネルの内面補強工には、鋼板やプレキャスト部材による内面補強工が採用されることが多いが、鋼板は外水圧のかかる場合は使用に適さない場合もある。

そこで、本稿はプレキャスト部材による小断面トンネル補修工の合理化・効率化に向けた改良や工夫を体系化した工法（モール・シールドビルダー工法）の施工の実例を示すとともに、改良に向けた課題を整理し、報告する。

2. プレキャスト部材による小断面トンネル内面補強工施工の問題点とその対策

(1) プレキャスト部材坑内運搬上の問題点と対策

プレキャスト部材によるトンネル内面補強工は、専用の運搬・組立て機械により施工することが一般的である。しかしながら、その動力は内燃機関に依存するため、換気状況の劣悪な小断面水路トンネルでは、良好な作業環境を維持することが著しく困難となる。

また、専用機械の坑内への搬入・搬出も難しい。写真—1は水路トンネルへのプレキャスト部材の搬入状況を示すものであるが、この写真から分かるように、一般に水路トンネルへのアクセスは確保されておらず、自走による坑内への搬入はほとんどの場合行えない。したがって、揚重機などによる搬入が必要となるが、水路トンネル坑口近傍には、写真—1のように水門などの水路構造物が存在することが多く、搬入できる資機材の寸法は限定される。

このため、専用機械を分解し、坑内で組み立てる案なども出されたが、揚重機が使えない坑内で、人力だけで専用機を組み立てることは著しく困難であること、および付帯作業である搬入・組み立てに1日、分

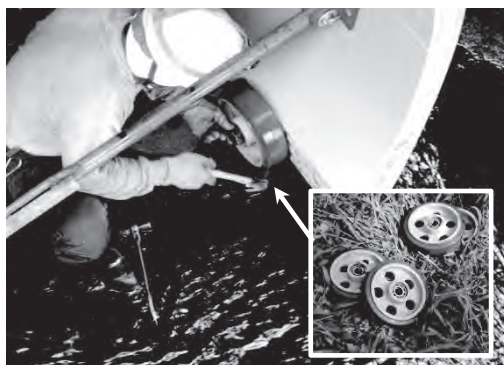


写真—1 プレキャスト部材坑内搬入状況

解・搬出に1日を要し、補修作業期間そのものを大きく制限すること等から採用には至らなかった。以上は、われわれが当該工法の施工計画を立案した際に行った議論の一部であり、交通トンネルなどでは完成した工法であっても、小断面水路トンネルの補修にはそのまま適用できないことを理解いただくために、あえて紹介した。

以上のような議論を経て、最終的に写真—2に示すように、予めプレキャスト部材に車輪を装着できるねじ穴を設け、坑内搬入後にこれを装着し、小型牽引車両でけん引する方式を考案した。このとき、簡便化のため、荷台にプレキャスト部材を搭載し、荷台ごと牽引する方式も検討したが、プレキャスト部材外面と既設覆工内面の余裕がほとんどないため、荷台搭載によるわずかな高さの上昇は、運搬時に部材と既設覆工が接触し、破損する可能性があるかと判断され、採用には至らなかった。

当該工法において、車輪の材質は重要である。大正年間、あるいは昭和初期に運開した水路トンネルは、洗掘による底盤コンクリートの剥離がはなはだしく、これにより形成された凹凸に適した車輪を選定しなければ、円滑で所定の運搬能率を確保した坑内運搬は実現できない。このため、予め数種の候補材を選定し、対象となる補修区間に至る経路の凹凸状況に適した車



写真—2 着脱式車輪とその装着状況

輪を選定できるよう準備した。

また、大正年間頃に運開した水路トンネルは、図面通りの断面が確保されていない区間もあるため、トンネル断面図にだけ頼り坑内運搬を計画した場合、実施工時にプレキャスト部材が通過できない箇所が存在する可能性がある。このため、補修工実施前に、坑口から補修区間までのプレキャスト部材通過を予め確認する必要もある。

これらの車輪材質評価と部材通過確認のため、写真—3のようにプレキャスト部材外周寸法に合わせたゲージ模型を作成し、これに部材自重に相当するウェイトを載荷した坑内通過実験を、年度末の休暇期間中等に実施することを、われわれは標準の事前確認としている。



写真—3 ゲージ通行試験状況

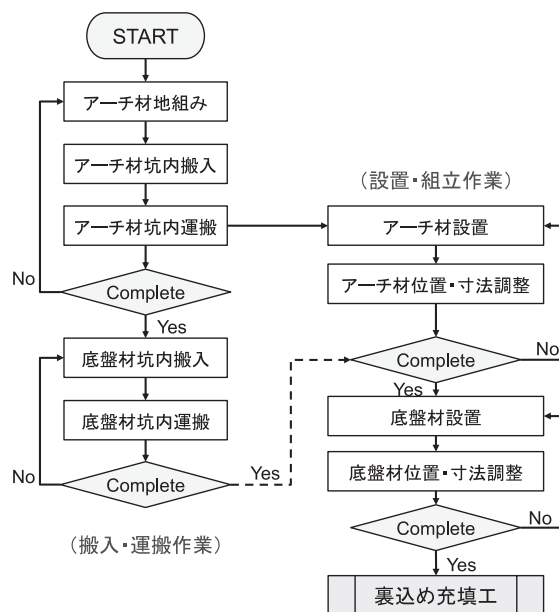
(2) プレキャスト部材設置・組立上の問題点と対策

プレキャスト部材の運搬・組立専用機械を用いない場合、その施工手順は図—2のように整理することができる。ここで重要な点は、プレキャスト部材の搬入・運搬作業と、設置・組立作業が平行作業化される点にある。すなわち、専用機械を用いた場合、各部材を、搬入、坑内運搬、設置・組立しないと、次の部材の組立てに着手できないのに対し、専用機械を用いない場合は、これらが平行作業化されるため、全体の施工サイクルが効率化される。この効率化は、坑口から補修区間までの運搬距離が長くなるほど顕著となる。

一方で、専用機械を用いない場合、動力源の確保が難しいこともあり、設置・組立て作業を人力とブロックチェーンなどの手動工具にのみ頼らざるを得ない。この作業を、小さな工夫で多少なりとも効率化させることが、当該作業の必要な改良点となる。

これらの工夫・改良は以下のように、まとめることができる。

a) レバブロック等の手動工具を利用できるよう、



図—2 専用機械を用いない場合の施工次第

プレキャスト部材に、予めフックなどを取り付けられるよう細工する。この時、可能な限り、既存の注入孔などを利用することを志向する。

- b) 位置調整を容易化するように、部材牽引時に位置誘導できる治具をプレキャスト部材に設置する。
- c) 寸法調整などを容易化するように、二分割されたアーチ部材の接合部を一時的に可変化する。
- d) 狭小な坑内での組み立て作業を、予め、地上でリハーサルし、問題点の抽出と改良を実施する。

写真—4は、これらの工夫のいくつかを示すものであり、写真—4 (a) は、注入孔を利用してレバブロックにより、所定位置に牽引する状況を示した図であり、四角の枠で囲まれた治具が、牽引により後続部材を所定位置に誘導する治具である。また、写真—4 (b), (c) は、同じく注入孔を利用して、レバブロックにより幅員調整作業、ならびに底盤部材の設置作業を実施している状況をそれぞれ示すものである。

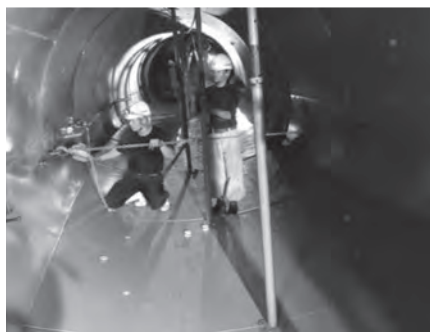
このようにして設置した内面補強工の組立状況を写真—5に示す。写真—5中の支保工は、裏込め注入時の底盤部材の浮き上がり防止を目的とするものである。また、設置後1年経過した内面補強部材の状況を写真—6に示す。

3. プレキャスト部材による内面補強と通水量

水路トンネル内面補強工の設計は、内面補強後に所要の通水量を確保し得るよう設計しなければならない。したがって、補強部材厚さは、所要の剛性と強度を確保したうえで最小化し、かつ坑内運搬可能な範囲



(a) レバーブロックによる後続部材の牽引

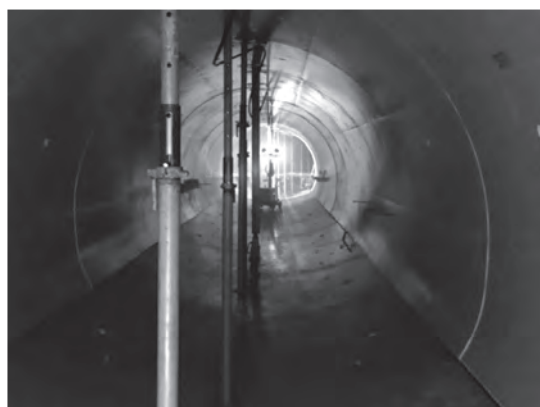


(b) レバーブロックによる部材の幅員調整



(c) レバーブロックによる底盤材の設置状況

写真—4 プレキャスト内面補強部材組立状況



写真—5 組立後のプレキャスト内面補強工設置状況



写真—6 1年経過後のプレキャスト内面補強工状況

で、既設覆工内面とプレキャスト外面の離隔距離を最小化し、内面補強後の内空断面積を最大化することが求められる。

これらの設計的配慮とは別に、一般に、プレキャスト部材の表面には粗度を低減する各種施工がなされている。例えばPCL工法⁵⁾のプレキャスト部材の表面には粗度係数 $n = 0.010$ の樹脂パネル($t = 2\text{ mm}$)がコーティングされている⁶⁾。

この粗度係数は、われわれがプレキャスト部材内面補強を検討した最も小さな水路断面(高さ $H = 2.1\text{ m}$, 幅員 $W = 2.117\text{ m}$)でも、ほとんど通水量の

減少を生じさせない。この事例では、底盤部を除いたアーチ部に、厚さ $t = 100\text{ mm}$ のプレキャスト部材を、既設覆工内面との離隔距離 $d = 5\text{ mm}$ で設置することを計画したものである。このプレキャスト補強部材を設置すると、通水断面積 $A_{pre} = 3.671\text{ m}^2$, 潤辺長 $P_{pre} = 5.486\text{ m}$ が、それぞれ $A_{post} = 3.126\text{ m}^2$, $P_{post} = 5.274\text{ m}$ に減少するが、通水量は $Q_{pre} = 5.179\text{ m}^3/\text{s}$ が、 $Q_{pre} = 5.177\text{ m}^3/\text{s}$ とほとんど変化しない。なお、既設覆工面の粗度係数は $n = 0.014$ と仮定したが、これは安全の側の仮定と考える。

このような、表面粗度の改善は、断面縮小部に流速増大を生じさせるようで、写真—7に示すように内面補強区間では通水の水位低下が確認されている。この水位低下は内面補強工施工後、10年が経過しても変化はなく、樹脂パネルの粗度は、ほとんど増大していないと判断される。

4. おわりに

表—1は、民間所有の水路における当該工法による補修施工実績の一部を取りまとめたものである。当該工事は、毎年、夏季に7日程度、水路を断水し、緊急性の高い区間から、順次、計画的に補修を実施してきた。



写真—7 内面補強区間での水位低下

表—1 モール・シールドビルダー工法施工実績

施工年度	施工場所	施工総延長 (内曲線部延長)		坑内 運搬 距離	PCL 版組立工			地組 日数	棲枠 組立 日数	裏込注入工	
					設置 日数	平均組立数				注入量	注入 日数
2011 年(平成 23 年)	第 5 暗渠	26.0 m	(4.0 m, R=35)	536.0 m	5 日	2.6 組 / 日	(5.2 m/日)	3.0 日	2.0 日	24.0 m ³	2.0 日
2012 年(平成 24 年)	第 4 暗渠	40.0 m	(18.0 m, R=50)	138.0 m	6 日	3.3 組 / 日	(6.6 m/日)	3.0 日	2.0 日	36.0 m ³	1.0 日
2013 年(平成 25 年)	第 4 暗渠	50.0 m		98.0 m	5 日	5.0 組 / 日	(10.0 m/日)	3.0 日	0.5 日	44.0 m ³	1.0 日
2014 年(平成 26 年)	第 4 暗渠	48.0 m		48.0 m	4 日	6.0 組 / 日	(12.0 m/日)	3.0 日	1.0 日	46.0 m ³	1.0 日
2015 年(平成 27 年)	第 2 暗渠	34.0 m		90.0 m	3 日	5.7 組 / 日	(11.4 m/日)	3.0 日	2.0 日	28.0 m ³	1.0 日
2016 年(平成 28 年)	第 1 暗渠	38.0 m	(30.0 m, R=30)	60.0 m	5 日	4.0 組 / 日	(8.0 m/日)	3.0 日	2.0 日	36.0 m ³	1.0 日
2017 年(平成 29 年)	第 1 暗渠	22.0 m		22.0 m	2 日	5.5 組 / 日	(11.0 m/日)	2.0 日	1.0 日	18.0 m ³	1.0 日
2018 年(平成 30 年)	第 3 暗渠	36.0 m		238.0 m	4 日	5.0 組 / 日	(10.0 m/日)	3.0 日	1.0 日	36.0 m ³	1.0 日

年度により、施工条件や補修区間長が異なるが、いずれの条件下でも、所定の施工期間で、問題なく補修工を完了しており、本稿で紹介したモール・シールドビルダーは、十分に実用レベルの工法であると判断する。

しかしながら、当該工法は、その部材の設置・組立作業を人力に頼る工法であり、苦渋作業の排除、省力化をより志向してゆかねばならないことは自明である。これまでも当該作業の機械化による省力化の検討を、種々に、行い、坑内運搬に供する小型電動牽引車両の導入やパワースーツの試験的導入などを実施してきたが、まだまだ十分とは言えない。前述の動力源の確保や、機械の坑内搬入・運搬等の問題解消には、機械化による安全面の問題の発生に配慮が必要になる。例えば、写真—4 (a) に示す、部材の設置牽引に、坑内搬入・運搬が容易な、電動ウインチの利用を検討したが、電動ウインチによる牽引は急制動となるため、微妙な調整が難しく、挟まれ事故を誘発しやすいことが何よりも懸念され採用には至らなかった。また、慣性力が部材に働くと、これを停止することが難しいため、新規設置部材が既設部材に衝突し、破損する可能性も懸念された。

このように、狭隘な空間での作業を要する当該工法の機械化は、省力化・効率化と安全性低下のトレードオフを解消できるよう検討を進めてゆかなければならないが、毎年蓄積される知見を有効に生かし、より安全で、効率的な工法に改良してゆく方針である。

謝 辞

モール・シールドビルダー工法の開発、施工、改良に、ご尽力賜りました三井住友建設(株) 故山田剛弘様、那須野佑司様、高塚浄乃様、(株) IHI 建材工業 内藤泰文様に深甚の感謝を述べ、本文の結びといたします。

J C M A

【参考文献】

- 1) (社) 日本道路協会：道路トンネル維持管理便覧，丸善，1993.
- 2) 山地宏志，高橋直樹，櫻井春輔：小断面トンネルリニューアルシステム工法，電力土木，No.349，pp.106-110，2010.
- 3) 山地宏志，林豊，櫻井春輔：覆工背面空洞充填工における石炭灰有効利用技術の開発，電力土木，No.356，pp.102-106，2011.
- 4) 山地宏志，中野陽一，清水則一：ロックボルトによる極小断面水路トンネル補修の設計と施工法，平成 21 年度建設施工と建設機械シンポジウム講演論文集，pp.23-28，2009.
- 5) PCL 工法協会：PCL 工法，<http://pcl-kyokai.o.o7.jp/>
- 6) JER コンクリート補修協会：「ジックボード工法」カタログ，<http://www.jer.jp/pdf/c-tech/jb.pdf>
- 7) 地方共同法人日本下水道事業団：下水道構造物に対する コンクリート腐食抑制技術及び防食技術マニュアル，2017.

【筆者紹介】



山地 宏志 (やまuchi ひろし)
三井住友建設(株) 技術本部 主席研究員



中森 純一郎 (なかもり じゅんいちろう)
三井住友建設(株) 技術本部 主席研究員



野澤 是幸 (のざわ よしゆき)
三井住友建設(株) 土木本部 顧問

管きょ更生工法の施工機材と施工事例

SPR 工法, SPR-SE 工法, SPR-NX 工法

久保善央

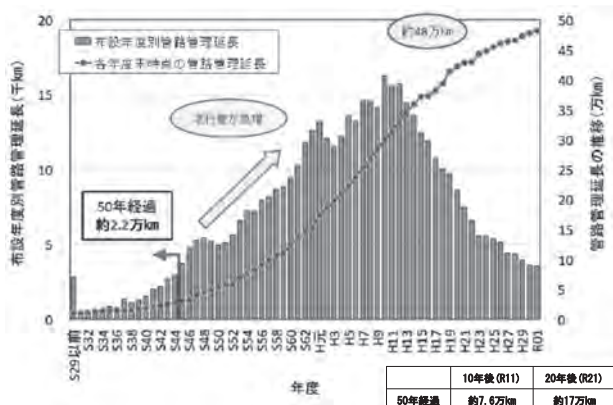
近年、下水道は標準耐用年数 50 年を経過した管きょが、今後、急速に増加し、老朽化対策が急務となっている。この老朽化対策として管きょ更生工法である SPR 工法（以下「本工法」という）が 1987 年に開発・実用化された。本工法は埋設された既設管の中で硬質塩化ビニル製の帯状材料を円形、矩形、馬蹄形等の既設管と同様な形状の管をつくり、既設管とのすき間に裏込め材を注入し、強度復元させる管きょ更生工法である。この管をつくるための施工機材を製管機という。本稿では、この独自開発された製管機と施工事例を紹介する。

キーワード：管きょ更生工法、老朽化、下水道管きょ、SPR 工法、製管機、更生管

1. 下水道管きょの老朽化

全国の下水道普及率は 2019 年度末において 79.7%（下水道利用人口／総人口）であり、全国の下水道管きょの総延長は約 48 万 km という膨大な延長となっている。このなかで、標準耐用年数 50 年を経過した管きょの延長は約 2.2 万 km（総延長の 5%）であるが、10 年後は 7.6 万 km（16%）、20 年後は 17 万 km（35%）と今後、急速に増加する（図－1）¹⁾。管きょが老朽化すると破損やクラック部分から土砂が管内に引き込まれ、道路陥没等が発生する（写真－1）。

下水道管きょはそのほとんどが道路下にあり、水道管、ガス管、電力管、通信管よりも深く埋設されている。そのため、道路を掘って管きょを入れ替える開削工事は、道路の交通規制、水道・ガス・電力などの他企業者との調整や管きょの布設替え、管きょの養生等も必要となり、非常に困難である。



図－1 管路施設の年度別管理延長（R1 末現在）



写真－1 道路陥没状況

2. 管きょ更生工法

近年、老朽化対策として管きょ更生工法の採用が増加している。管きょ更生工法とは、老朽化等により既設管に破損、クラック、腐食等が発生し、安全性や流下能力が保持できなくなった場合、道路を掘らずに既設管の内面から管を構築して、性能回復を図る工法である。

管きょ更生工法のメリットは以下のとおりである。

- ①既設ストックを活用するため、施工コストが安い。
- ②道路を掘らずに施工でき、周辺環境への影響（騒音・振動・交通渋滞）が少ない。
- ③仮設工事がほぼ必要なく、工期が短い。
- ④投入資源や廃棄物、施工時 CO₂ 排出量も少なく、環境負荷が小さい。

管きょ更生工法の歴史は、海外では 45 年以上、日本国内においても 30 年以上の歴史がある。1971 年に英国で発明されたものが最も古く、100 年以上前に布設されたロンドン市内の下水管きょ（レンガ積み卵形管 1175 mm × 610 mm、延長 70 m）に施工された。その後、英国内で発展を遂げ、1970 年代後半にはヨーロッパ諸国、アメリカ、オーストラリアでも実施され

るようになった²⁾。

国内では、1980年に管きょ更生工法が東京都内のガス配管に採用、1983年に広島県内の下水道、成田空港公団（反転・形成）³⁾、1986年に東京都の下水道で本工法の公式実験施工が行われ、翌1987年に実用化。現在は、下水道をはじめとし、農業用水、電力、通信、上水道等あらゆる管路に管きょ更生工法が採用されている。

3. 本工法の概要

(1) 工法概要

本工法は、「下水の流れる管きょ内で施工できること」、「新管と同等以上の流下能力と耐荷力が得られること」、「使用資機材や作業員の出入りはマンホールの開口部とすること」を基本条件として開発された工法である。

構造形式は、既設管の内側に硬質塩化ビニル製の帯状材料（プロファイル）で螺旋状に管をつくり、既設管とのすき間に裏込め材（特殊モルタル）を注入することで、既設管と更生管を一体化させた強固な複合管として更生する管きょ更生工法である。本工法の概要図を図一2に示す。

適用範囲は円形管でφ250～φ5000、矩形きょ・馬蹄形きょで短辺900mm～長辺6000mmである。

(2) 施工手順

施工手順は図一3のとおり、管内を洗浄し、既設管の中にプロファイルで製管（管をつくる）を行い、既設管との端部（管口）をシールする。その後、プロファイルが浮き上がらないように浮上防止を行い、既設管とのすき間に裏込め材を注入して、仕上げる。

製管は、管内に人が入れるかどうかで2種類の方式がある（図一4）。元押し式製管方式は、既設管径φ

900以下の円形管に適用し、製管機をマンホール内に設置して、管内に人が入らずに製管を行い、連続的に既設管内に押し込んでいく方式である。自走式製管方式は、既設管径φ800以上の円形管および矩形きょ・馬蹄形きょ等のあらゆる断面形状に適用し、製管機が既設管内を自走しながら製管を行い、連続的に既設管内に管を構築する方式である。

(3) 特長

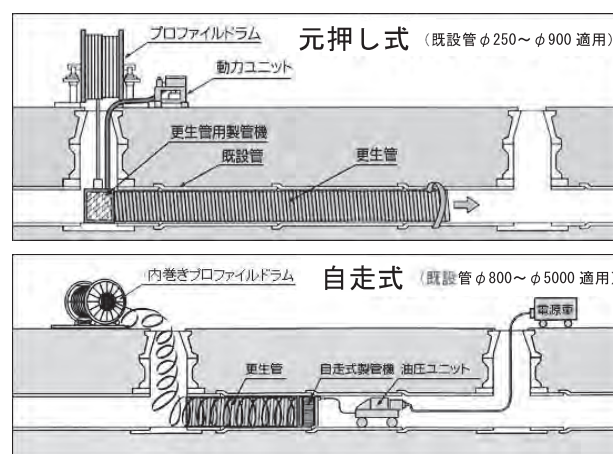
本工法の主な特長は、以下のとおりである。

①下水を流しながら施工できる

本工法は機械で製管するため、管内水位が既設管の30%（上限60cm）以下であれば施工できる（写真一2）。



図一3 施工手順



図一4 元押し式製管方式・自走式製管方式



図一2 概要図



写真—2 供用下で施工状況

②管の形状が自由に設定できる

円形、矩形、馬蹄形、台形、卵形など自由に既設管の形状に応じた製管ができる。

③大口径管きょに対応できる

プロファイルに鋼材（スチール補強材）を組み込むことで剛性を高め、円形管で最大φ 5000、矩形きょ・馬蹄形きょで長辺 6000 mm の大口径管きょの施工が可能である。

④優れた耐食性、水密性、耐震性がある

プロファイルは塩ビ管と同じ材質のため、耐食性に優れている。プロファイルのかん合機構とシール材により水密性に優れている。更生管は継手のない一体管路になるため、地震動による軸方向の変位をかん合部で吸収でき、耐震性に優れている。

(4) 改良型の新たな工法

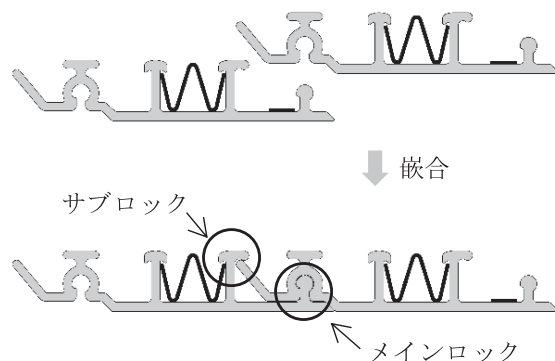
現在、本工法とともに、SPR-SE 工法と SPR-NX 工法（以下「SE 工法」、「NX 工法」という）が開発され、用途・実績が拡大している。SE 工法は、プロファイルの強度が高く、既設管の強度がなくても埋設強度に耐える工法である。NX 工法は、製管機の小型化と、プロファイルの改良により、施工中の流下阻害が少なく、更生断面を大きくできることが特長である。

4. 製管機

(1) 概要

本工法、SE 工法、NX 工法のすべてに共通するのが、施工機材としての独自開発された製管機である。製管機は、図—5 のとおりプロファイルのメインロックとサブロックを嵌合させ、かつ、1 回転するごとに管を構築できる特長があり、元押し式と自走式がある。

プロファイルは、硬質塩化ビニル製だけのものと鋼製のスチールが組み込まれたものの 2 種類があり、また、種類により材料の剛性が大きく異なる。これらの



図—5 嵌合機構

プロファイルを更生する断面にあわせて製管機が設計され、パターン化されている。

(2) 製管機の特長

製管機の特長は次のとおりである。

①下水を流しながら製管できる

②小口径（φ 600）の作業孔でも製管機を搬入できる
元押し式製管方式では製管機を分解でき、また自走式製管方式では製管機のリングを外せばチェーン状になるので、マンホールの形状に関係なく既設管内に製管機を搬入できる。

③不陸・蛇行・段差・曲りに対応できる

管きょに多少の曲りや沈下・浮き上がり等があっても、これに対応して製管をすることができる。

④長距離製管できる

自走式製管方式は既設管内を製管機が自走し、更生管を管内に製管していく方式のため、既設管との摩擦等の影響を受けず、容易に長距離製管できる。

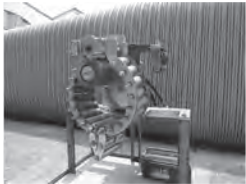
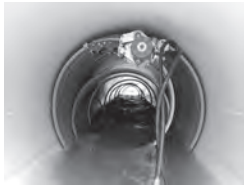
(3) 各工法の製管機

各工法の製管方式と製管機は、表—1 のとおりである。

本工法の元押し式、SE 工法の牽引式は、マンホール内に製管機を設置し、製管機にプロファイルを送り込みながら嵌合させ、回転しながら製管し、管を押し出していく方式である。製管機は更生管径を規制するガイドローラー、プロファイルを嵌合させるための嵌合ローラーで構成されている。また、水中でも駆動できる油圧モーターを使用している。

自走式製管方式は、製管機が管内を自走しながら製管する方式で、鋼製ガイドフレーム、リンクローラー、嵌合ローラーなどで構成されている。嵌合ローラーを油圧ユニットで駆動させ、製管機が 1 回転するとプロファイル幅分だけ前進し、製管する。円形管の場合、嵌合ローラーは 1 個が基本だが、円径管の大口径、矩

表—1 製管機の概要

工法	本工法		
製管方式	元押し式	自走式（円形管）	自走式（矩形）
使用プロファイル (数字は幅・mm)			
製管機			
工法	SE 工法		NX 工法
製管方式	牽引式	自走式	自走式
使用プロファイル (数字は幅・mm)			
製管機			

形きょ・馬蹄形きょの場合、嵌合ローラーを複数個組み込んでいる。

SE 工法と NX 工法では、製管機の他に、剛直なプロファイルに地上であらかじめリング状に巻き癖をつける装置（巻き癖装置）も使用する（写真—3）。

5. 施工事例

各工法の製管方式ごとの施工事例を紹介する。

(1) 本工法（元押し式）

施工場所：東京都内

施工内容：既設管径 $\phi 800$ / 更生管径 $\phi 730$

本現場の概要：

本現場は、元押し式製管方式の円形管更生である。

地上で元押し式製管機のリングを一部はずし、 $\phi 600$ の開口部から搬入できるよう分解したあと、マンホールから製管機を吊り下ろす（写真—4）。製管機はマンホール内で人力で組み立て、マンホール内に設置する。製管機にプロファイルを送り込み、プロファイルを嵌合させながら製管し、管を回転させながら既設管内に押し込んでいく（写真—5, 6）。元押し式製管方式は、既設管に5度の屈曲があっても製管できる。延長は最大 100 m まで可能である。

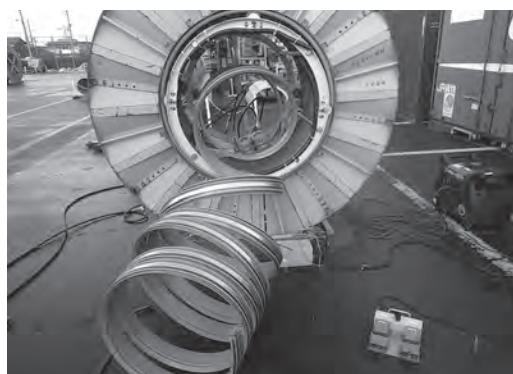
(2) 本工法（自走式・矩形きょ）

施工場所：東京都内

施工内容：既設管幅 5.9 m × 高さ 3.4 m / 更生管幅

5.6 m × 高さ 3.3 m, 延長 184 m

本現場の概要：



写真—3 巻き癖装置



写真—4 製管機の吊り下ろし状況



写真—5 マンホール内での製管機状況



写真—8 製管の吊り下ろし状況



写真—6 製管状況



写真—9 製管機の組立状況



写真—7 製管機の部品



写真—10 製管完了

本現場は、自走式製管方式の矩形きょ更生である。既設管幅が5mを超える大断面のため、製管、支保工、裏込め注入など、すべての工程で足場が必要で、かつ資機材の搬入、製管機の組立・解体、足場の設置・撤去などに相当の時間を要する現場であった。写真—7が製管機の部品を車両に積み込んでいる状況である。製管機は、 $\phi 600$ の開口部から搬入できる状態に分解し、マンホールから搬入する（写真—8）。その後、既設管内で人力で組み立てる（写真—9）。製管が完了した状態が写真—10である。自走式製管方式は、曲率半径5Dまでの曲がり部（D=既設管内径）があっても製管でき、延長は最大500mまで可能である。

(3) SE工法（自走式）

施工場所：茨城県内

施工内容：既設管径 $\phi 1500$ ／更生管径 $\phi 1360$ ，
延長116m

本現場の特長：

本現場は、既設管が腐食劣化しており、既設管の耐力が期待できないため、自立強度のあるSE工法が採用された。1スパンの管きょ延長が116mと長く、水深も30%程度あり、流量の多い現場であった。SE工法はプロファイルを地上でリング状に巻き癖をつけ（写真—11）、マンホールから製管機に材料を送り込み製管を行った（写真—12）。



写真—11 プロファイルの巻き癖付与



写真—13 プロファイルの送り込み状況



写真—12 製管状況



写真—14 製管状況

(4) 事例4 NX工法（自走式）

施工場所：大阪府内

施工内容：既設管径 $\phi 1000 \sim 1100$ ／ $\phi 910 \sim 1000$ ，
延長 440 m

本現場の特長：

本現場は、耐震性向上を目的としてNX工法が採用された。NX工法は、これまでの本工法よりも製管機が小型化され、製管径を大きくできることから更生後の流下能力の向上も期待できる工法である（写真—13、14）。

6. おわりに

下水道は私たちの生活に欠かせない重要な都市施設である。一方、古くから下水道を整備していた都市では老朽化した下水道管きょが急速に増加しており、改築などの対応が急務となっている。

SPR工法は、下水供用下における管きょ更生工法のパイオニアとして、これまでの適用口径の拡大、曲線部や様々な断面形状への対応など、技術と経験に基づく改良・改善に努めてきた。今後は、管きょ更生工

事の需要の増加とともに困難な施工現場も増えることが想定される。

日本SPR工法協会としては、施工現場の安全性の確保はもとより、本工法の更なる適用範囲の拡大、作業環境の改善、施工の効率化などに取り組み、管路更生事業を通して社会に貢献する所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省「下水道の維持管理」
(https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/crd_sewerage_tk_000135.html)
- 2) No-Dig Today, No.98, 一般社団法人 日本非開削技術協会, P.1, 2017.1
- 3) JAGREE 77, 「日本管路更生工法品質確保協会の業務について」, 一般社団法人 農業土木事業協会, P.33

〔筆者紹介〕

久保 善央（くぼ よしてる）
日本SPR工法協会
技術部 部長



栈橋上部工点検用ロボットと診断支援システムの開発

田 中 敏 成

栈橋上部工下面の目視点検作業は、船外機船等に乗った作業員や潜水士により実施されている。しかしながら、波浪や潮汐の影響を受けた場合、狭隘な栈橋下では作業の安全性の確保は容易ではない。また、供用中の栈橋施設においては効率的な点検作業の実施が求められている。

そこで当所では、当該作業の安全性や効率向上を目的とし、陸上からの遠隔操作で栈橋上部工下面を撮影し、その劣化度判定に資する画像データを収集する ROV (Remotely Operated Vehicle) 型の栈橋上部工点検用ロボット (栈橋上部工点検用 ROV) を開発するとともに、収集した膨大な写真を扱う内業を支援する点検診断支援システムを開発した。本稿では、栈橋上部工点検用 ROV と点検診断支援システムについて紹介する。

キーワード：栈橋上部工，目視点検，ROV，点検診断支援システム，劣化度判定

1. はじめに

定期的実施される栈橋の一般定期点検においては、その上部工下面の目視点検作業は船外機船等に乗った作業員により行われている。また、海面とのクリアランスが少なく栈橋下へ船外機船等による進入が困難な施設では、潜水士により点検作業が実施されている。しかしながら、作業中に受ける波浪や潮汐の影響を想定すれば、このような狭隘な空間における作業の安全性の確保は容易ではない。また、供用中の栈橋施設においては、極めて制限された作業時間や期間内での効率的な点検作業の実施が求められている。

筆者が所属する研究開発グループでは、このような点検作業の安全性や効率の向上を目的として、陸上からの遠隔操作によって栈橋上部工下面の変状を撮影し、その劣化度判定に資する画像データを水上無人で収集する ROV (Remotely Operated Vehicle) 型の栈橋上部工点検用ロボット (栈橋上部工点検用 ROV) を 2014 年から開発してきた。2017 年からは ROV の実証試験を実施し、このような特殊な作業環境下においてその確実な操作と運用を実現するために種々の作業支援機能を開発し導入した。代表的な支援機能として、GNSS (Global Navigation Satellite System) を用いない栈橋下における測位機能や写真の撮影位置の管理機能、障害物の衝突回避機能、撮影漏れを防止するための撮影履歴提示機能である。また、現場作業へ

の当該 ROV の導入によって膨大な点検写真が容易に得られることとなるため、それらを用いた点検診断から点検帳票を完成させるまでの内業を支援する点検診断支援システムを併せて開発した。

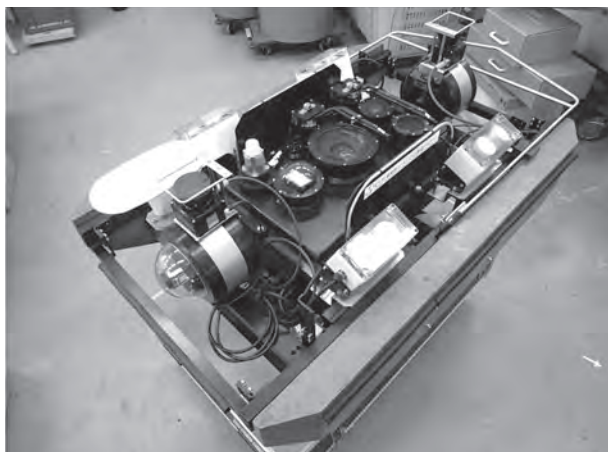
本稿では、栈橋上部工点検用 ROV と点検診断支援システムについて紹介する。

2. 栈橋上部工点検用 ROV

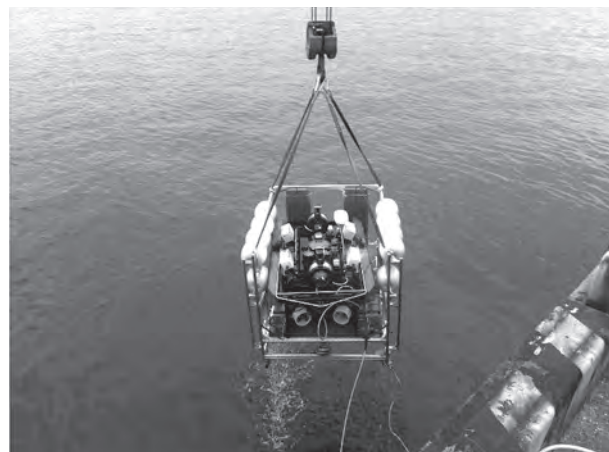
栈橋上部工点検用 ROV は側面に浮体を装備して半没水型 ROV とし、浮心と重心間の距離を大きくとって波浪等に起因する動揺等の外乱に対する耐性を有している (写真—1)。また、6 基のスラスタ (水平 4 基、垂直 2 基) と 3 台の操縦用カメラ (水中前 1 台、気中前後 2 台) を装備して水平移動の自由度と広い視野を備えている。寸法は、突起部と吊具を除いて全長 1200 mm × 全幅 800 mm × 全高 712 mm (最低高設定時)、質量は約 100 kg である。なお、全高と質量は設定と装備により増減する。

構造物を撮影するカメラは、プレビューと画像処理用の GigE カメラ 1 台と点検画像記録用のデジタル一眼レフカメラ 1 台をそれぞれ上向き設置で搭載している。なお、これら上向きのカメラ前面には水滴や汚れを払拭する清掃機能 (ウォッシャーおよびワイパー) を装備している (写真—2)。

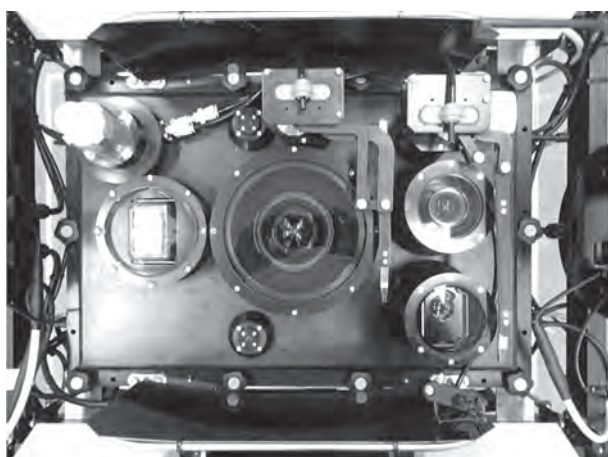
これらのほか、自機の周辺の構造物や障害物等の状



写真一 栈橋上部工点検用 ROV (台車上)



写真三 ケージを利用した ROV の揚収作業



写真二 清掃機能を装備した構造物撮影用カメラ部



写真四 陸上からの ROV の操作状況

況を逐次把握するために2基のLRF (Laser Range Finder) や、自機の方位推定の補助のために方位ジャイロ、構造物までの距離を逐次計測する距離計を装備している。これらを利用した支援機能については次章で詳述する¹⁾。

なお運用時は、ユニック等での海上投入と揚収が必要となるが、専用ケージに入れたまま海上に投入すればランチャー形式で進水できるため、海上での玉外し作業は不要である。また、揚収時においてもケージに帰還させて吊り上げることで、玉掛け作業も不要である(写真一3)。投入されたROVは、陸上から遠隔操作により運用される(写真一4)。

3. ROV の支援機能

(1) LRF 測位機能

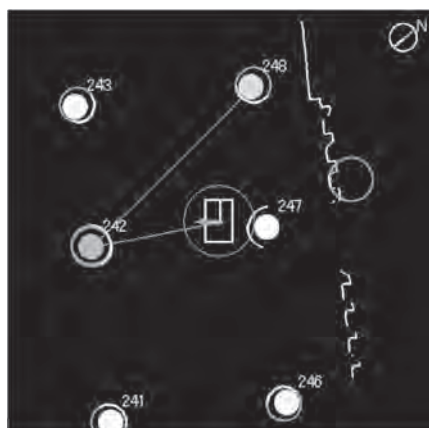
栈橋下ではGNSSを利用できないことから、これに依らない測位技術を開発し実装した。ここでは前出のLRFと方位ジャイロを利用した栈橋下における測位技術について説明する²⁾。

LRFは水平面上270°の走査断面を得ることが可能であり、これを前後に2基設置していることから、前後2方向の走査結果を合成してROV周囲の全周走査画像を作成する。この画像の中から画像処理で杭の形状的特徴を持った杭と思しき物体を検出する。次に、これらの検出杭の位置と地図データベース(杭の配置図)を照合する。照合に成功した杭の位置は既知となることからランドマーク化し、これらの照合杭の位置から見た自機位置や方位を逆演算によって推定することで自機位置を測位することができる(図一1)。また、これらのランドマーク化された照合杭を追跡することで測位が継続される。

なお、照合杭数が2本未満の場合は、自機方位の情報元は前述の方位ジャイロに自動的に切り替えられる。

(2) 衝突回避機能

ここではまず、測位に用いた2台のLRFで観測したROVの全周走査結果から各方位の第1反射点までの距離を抽出する。次に、ROVを中心とした警戒円を設定し、その円に対する各方位の第1反射点の侵食



図一 1 LRF を用いた測位と衝突回避
(オペレータが操作時に参照する周囲走査結果)

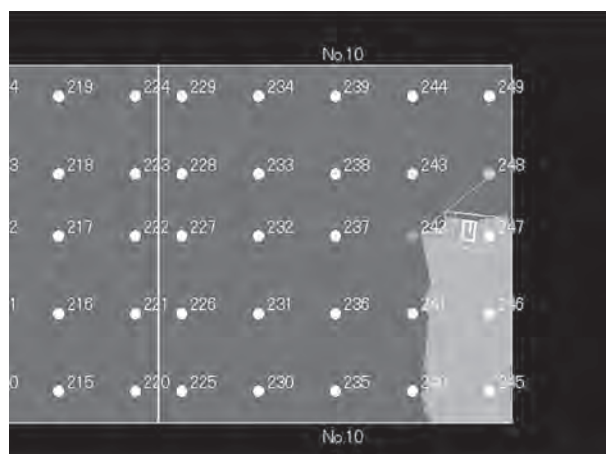
度合いに応じた荷重を求めておく。ここで ROV が衝突を回避するためには、これらの第 1 反射点のうち、警戒円を侵食している全ての反射点を警戒円の外に排除できれば実現可能である。よって、各方位の単位ベクトルに先ほど求めた各方位の荷重を乗じてこれらの総和を取れば、ROV の回避方向ベクトルが算出できる。図一 1 では、中心の ROV から左に伸びる矢印が回避方向ベクトルに相当する³⁾。

当該 ROV は遠隔操作で運用されることから、オペレータの操作に基づく移動指示にこの衝突回避ベクトルを重ねて指示することで、遠隔操作中の自動衝突回避を実現している。ただし、回避動作中においても移動指示にオペレータの意図を反映できるよう、回避動作に充てる推進力に上限を設けた。

(3) 撮影履歴の提示機能

前述の測位によって得られた位置情報を NMEA0183 準拠のパケット情報に変換して撮影と同時にカメラに直接受け渡すことが可能である。この手法により、撮影日時や撮影方位、撮影位置情報等は写真データ中の Exif GPS IFD タグに直接書き込まれて写真と位置情報が一体となって管理可能となり、汎用の地図連動写真ビューアーや GIS アプリケーション上で撮影位置と連動した取得写真の管理や利活用も可能である。これと同時に、撮影動作と同期したログファイルを作成し、同様の情報を書き込んで記録することが可能である。取得写真とこれらの情報の関連付けにより、取得写真を利用した展開図の作成など位置情報を活用した取得写真の二次利用が容易になる。

図一 2 は杭の配置図からなる地図画面上に ROV を表示したナビゲーション画面である。オペレータはこの画面の情報から施設に対する ROV の現在位置を把握し、計画経路に沿った ROV の操縦を行う。なお、

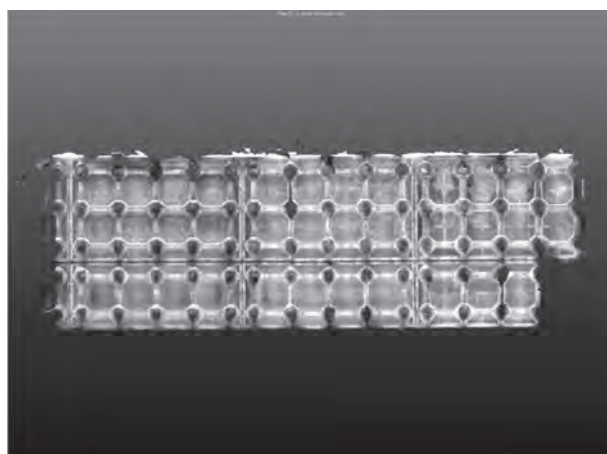


図一 2 杭配置図上における ROV の位置と撮影履歴

ROV を囲む矩形の細線はカメラの撮影範囲を示しており、その撮影範囲をフットプリントとして残しておくことで撮影履歴を提示することができる。この図では右下の明るい塗りつぶし範囲が撮影済み領域となる。この機能により、栈橋下面の撮影済み領域と未撮影領域が容易にリアルタイムで判別可能となり、撮影漏れを防ぐことができる⁴⁾。

4. 点検診断支援システム

現場作業への ROV の導入によって膨大な点検写真が得られることとなるため、点検帳票を完成させるまでの内業を支援する点検診断支援システムを併せて開発した^{5),6)}。帳票作成に際しては、まずドローン測量などでも用いられる市販の SfM-MVS (Structure from Motion-Multi View Stereo) ソフトを用いて取得写真を合成し、栈橋上部工下面の 3D モデルを作成する (図一 3)。ここで作成された 3D モデルが点検診断支援システムへの入力情報の一つとなる。なお、写真のオーバーラップ率が低い場合でも、写真に位置



図一 3 取得写真から SfM-MVS で合成した 3D モデル

情報を付加することで合成可能となるケースが増えることを確認している。

開発した点検診断支援システムは、作成した 3D モデルを部材単位に分解して施設全体の 2D 展開図を自動的に再構成し、この展開図から劣化の可能性のある箇所を変状候補として自動的に抽出することができる(図-4, 5)。ユーザーは抽出された変状候補から劣化の位置と種類を目視で判別し、対象部材の劣化をグレード a, b, c に分類し、以上の工程を経て図-6 のような点検帳票を作成することができる。

5. おわりに

本稿では、コンクリート栈橋上部工の目視点検用の栈橋上部工点検用 ROV とその作業支援機能および内業を支援し省力化する点検診断支援システムについて紹介した。

栈橋上部工点検用 ROV は、水上部無人で栈橋上部工下面の変状を撮影し、その劣化度判定に資する画像データを収集する ROV 型の点検装置である。ここに

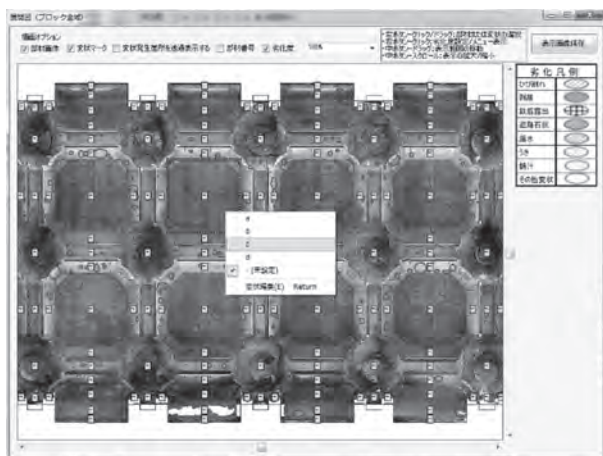


図-5 再構成した展開図上での変状候補の自動抽出

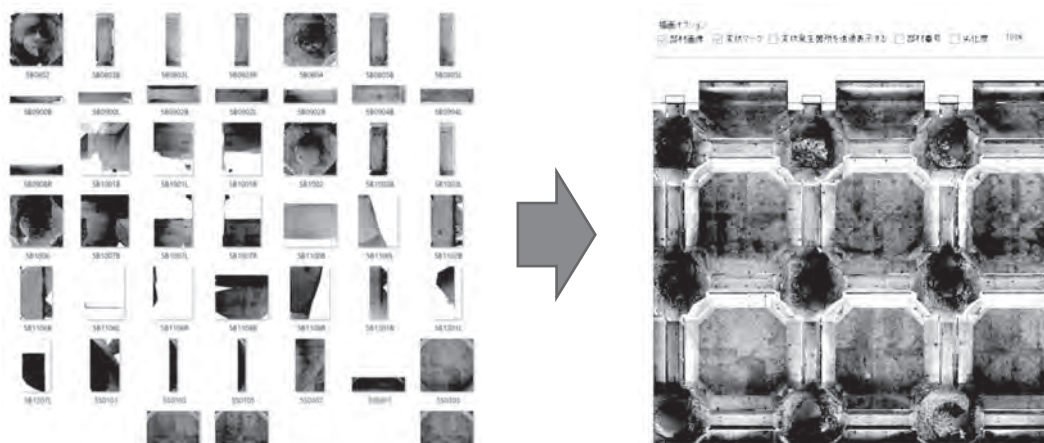


図-4 3D モデルから切り出された部材単位の 2D 展開図(左)とそれらを再構成した 2D 展開図(右)

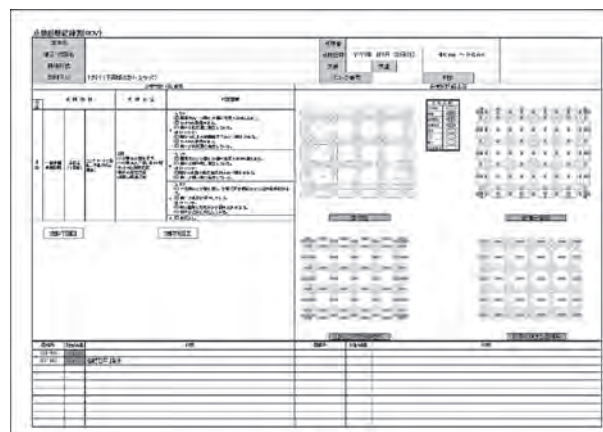


図-6 点検帳票の出力例

実装した種々の作業支援機能は、栈橋下という狭隘で特殊な作業環境下における ROV の安全で確実な操作・運用や利活用の促進に寄与するものである。とりわけ、GNSS を利用できない栈橋下での測位を実現した LRF 測位機能は、このような特殊環境下において運用中の当該 ROV の位置をリアルタイムに把握することを可能とするものであり、他の類似手法と異なる最大の特徴であると言える。さらに、測位の過程で LRF が取得する周囲の障害物の情報は衝突回避にも利用され、その安全で確実な操作に貢献するものである。また、ROV の位置情報は写真の取得位置として撮影履歴の管理に活用できるとともに、客観的に点検位置を把握できることから点検写真の利活用の面でも有用な情報源となるものである。

点検診断支援システムは、ROV が取得した写真から栈橋上部工下面の点検診断を実施してその点検帳票の作成までを行う作業を支援するものであり、ROV によって大量に取得される写真を SfM-MVS ソフトで 3D モデルに合成してから取り扱うものである。当該システムの内部では 3D モデルに合成された写真を再

度2次元に展開して利用することで各部材の各面に対応した部分写真を取得できることから、写真上で部材単位の劣化度判定が可能となる。取得した写真から作成した2D展開図上で各部材の変状図を作成し、劣化度のグレードの最終的な判断はユーザーが行うことから、点検帳票を成果物とする作業の流れは従来手法と類似している。このため、実作業への導入はスムーズであると考えている。

現在、点検診断支援システムの活用促進策として、CIMモデルとの連携技術について取り組んでいる。CIMモデルを有する施設については、点検診断支援システム上で作成した点検診断結果を属性情報として提供することで、施設の維持管理情報のCIMモデル上での一元管理を目指すものである。また、従来からのCIMモデルを持たない施設についても、点検診断支援システム上で劣化度判定を行うだけでなく、維持管理情報の利活用が可能となるような機能を導入中である。

今後10年のうちに日本の労働者構成には大きな変化が見込まれ、生産年齢人口の減少が予測されている。港湾の中長期政策PORT 2030においても、維持管理の生産性向上は目標のひとつとして掲げられており、本稿で紹介した技術もその一助となることを目指している。

J C M A

《参考文献》

- 1) Tanaka T., Nogami S., Kato E. and Kita T., Development of ROV for Visual Inspection of Concrete Pier Superstructure, In *Proc. the 37th ISARC*, pp.954-961, 2020.
- 2) 田中, 加藤, 宇野, 栈橋上部工下における点検装置の測位とその下面の撮影実験, 第17回建設ロボットシンポジウム, O-54, 2017.
- 3) 田中, 加藤, 宇野, 喜多, 栈橋上部工点検用ROVのための遠隔操作支援機能の改良, 第18回建設ロボットシンポジウム, O4-2, 2018.
- 4) 田中, 加藤, 野上, 遠隔操作支援機能を実装した栈橋上部工点検用ROVの現場実証実験, 第19回建設ロボットシンポジウム, O2-5, 2019.
- 5) 野上, 加藤, 田中, 栈橋上部工点検用ROVおよび点検診断支援ソフトによる点検作業の効率化, 土木学会第74回年次学術講演会予稿集, VI-770, 2019.
- 6) Kato E., Nogami S., Kawabata Y. and Tanaka T., Demonstration test for improvement of inspection and diagnosis of concrete pier superstructure by remotely operated vehicle. In *Proc. the 3rd ACF symposium*, S5-3-1, 2019.

【筆者紹介】

田中 敏成 (たなか としなり)
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 インフラDX研究領域
メタロボティクス研究グループ
グループ長, 博士(工学)



ゲートワイヤロープ保守点検の機械化と運用

ゲートワイヤメンテナンスシステムによる精密点検

齋 藤 勲

水門設備のゲートワイヤロープ保守点検は、総足場もしくは吊りゴンドラや高所作業車を使用した高所近接作業によるものが多く見られるが、このような人力による保守点検は作業員の点検技量に依存する部分が多く、点検品質の標準化や定量的な健全度評価が極めて困難である。

また、高所作業床からの墜落災害、洗い油の河川滴下といった環境汚染など様々なリスクが不可分となる作業でもある。

そこで当該作業の機械化を図り、均一で精度の高い保守点検品質を担保しつつ、安全や環境にも配慮したゲートワイヤメンテナンスシステム（以下「当システム」という）を開発した。本稿では、当システムの概要と運用方法について紹介する。

キーワード：水門、ワイヤロープ点検、機械化

1. はじめに

水門設備の構成要素であるゲートワイヤロープは、「設備機能に致命的な影響のある機器・部品」として最重要部品に分類されているものの、点検整備に関しては他の主要部品と比較して低位に見られる傾向にある。

従来の保全方法としては、人力による劣化グリスの清掃（除去）・点検・給油（新規グリス塗布）が行われているが、多くの設備では作業員が容易に近接できる位置にロープがある事が少ないだけでなく、人力作業ではロープに手が届く範囲でしか作業ができないなどの欠点もあり、確実に精度の高い点検・整備を行うことは非常に難しい状況にある。

特に手作業では、劣化グリスを完全に除去することは困難なため、ゲートワイヤロープの寿命に大きな影響を及ぼすニップ断線（谷部の素線切れ）を発見することは極めて難しい。

従って、予防保全の対象となる重要な設備（設備区分レベルⅠ・Ⅱ）¹⁾のゲートワイヤロープについては、年次点検とは別に数年に一度、精密点検や健全度評価（診断）を実施することが望ましいと考える。

2. ゲートワイヤロープメンテナンスシステムによる精密点検

(1) システム概要

当システムは、従来人力で実施（写真—1）していたゲートワイヤロープの清掃・点検・給油作業を機械化したシステム（写真—2）であり、それぞれに特化した装置をワイヤロープ上で昇降させることにより、作業員が高所近接することなく、安全な業務の遂行を実現するものである。

また、洗い油を用いない劣化グリスの完全除去や、ロープ全周の連続点検・測定、圧力給油など、人力作業では実現困難な点検品質を可能としたシステムである。



写真—1 従来のゴンドラ等による手作業



写真一2 当システムによる機械施工



写真一5 油水分離・高圧洗浄ユニット (○印)

(2) システム構成

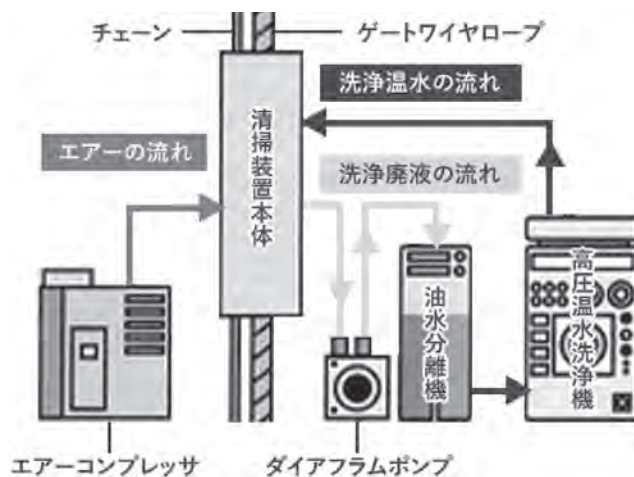
(a) 清掃（洗浄）

洗浄装置（写真一3）はゲートワイヤロープを高圧温水にて洗浄することにより、ロープ表面に固着した劣化グリスを完全に除去できる（写真一4）。そのため、素線やストランド谷部の点検が確実にできるとともに、新規グリスの塗布給脂を効果的に実施することが可能である。

また、洗浄時に発生する排水は洗浄装置内の排水口から油水分離機（写真一5）へと回収し、油脂分を分離後に加温、再利用される（図一1）。

(b) 点検（カメラ点検、外径測定）

カメラ点検装置（写真一6）は4台の CCD カメラ



図一1 洗浄システム概要



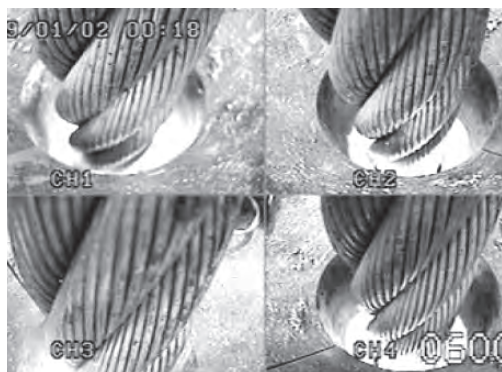
写真一3 洗浄装置



写真一6 カメラ点検装置



写真一4 洗浄前（左）洗浄後（右）



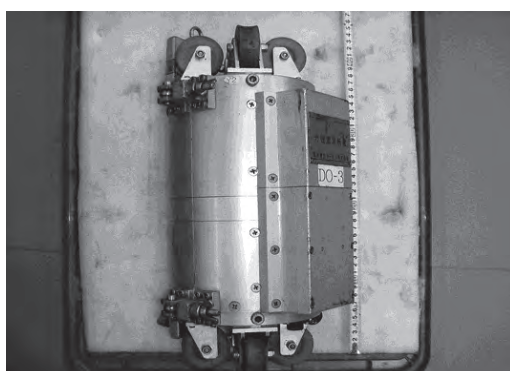
写真一7 モニター画像



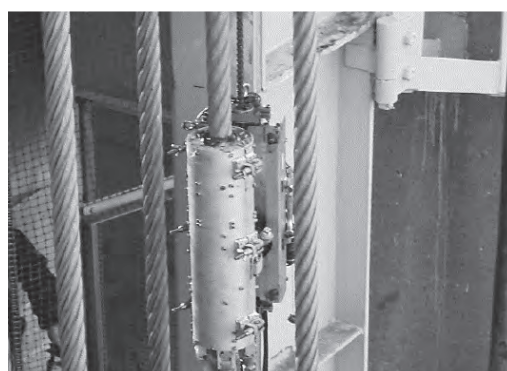
写真—8 モニター目視点検状況



写真—10 給油ポンプ



写真—9 外径測定装置



写真—11 給油装置

を内蔵しており，そこから得られる画像には，ロープ全周を同時に確認できる4画面表示（写真—7）と素線1本の状況まで確認できる1画面拡大表示があり，これらを適宜使い分けることにより，迅速かつ的確にモニター目視点検（写真—8）が可能となる。

モニター画面には常に点検開始位置からの距離が表示され，変状箇所の位置を即座に特定することが可能である。また，画像は録画ユニット内で記録メディアに保存される。外径測定装置（写真—9）は最小2mmピッチの連続測定により，ワイヤロープ全体の細り，扁平などの変状状況を定量的に評価することが可能である。また外径データは専用PCに記録，保存される。

（c）給油

ワイヤロープへのグリス給油は給油ポンプ（写真—10）を用い，給油装置（写真—11）の加圧室へ一定の圧力で送られ，ワイヤロープストランドの奥まで圧力給油される。

従来の手作業による給油と比べ，ロープ全面に密着した均一なグリス給油が可能（写真—12）となり，腐食劣化の抑止による延命効果が期待できる。



写真—12 給油仕上がり状況

3. ゲートワイヤロープメンテナンスシステムの有効性

（1）劣化グリスの完全除去

手作業によるロープ清掃の場合，時間かけて清掃してもワイヤロープの谷部はおろか表面のグリスさえも完全に除去することは困難である。これを除去するには洗い油などを用いる方法もあるが，河川滴下時の環境への影響やロープへのダメージが大きいため，完全除去が可能な当システムの効率性や施工品質などの有効性は高いと考える。



写真13 めっき層の損失状況

(2) 当システムによる洗浄の副次的効果

当システムの洗浄は約9 Mpa、80℃の温水で高圧洗浄するため、手作業では完全に除去しきれないロープ表面の浮錆も除去可能であり、ワイヤロープの延命化に大きく影響するめっき層の状況（写真13）を確実に把握することができる。

(3) 圧力給油の効果

手作業による給油の場合、グリス缶から手持ち缶に小分けし刷毛などで塗布することから、グリス内に空気が混入され密着性が低下し剥離しやすくなってしまふ。

当システムによる圧力給油では、グリス缶から外気に触れることなく直接ワイヤロープへ一気に圧力塗布されるため、密着性の高い給油が可能である。

下図は、手作業と機械圧入を比較した劣化促進試験の結果である。素線切れへの抵抗力では手作業に比べ19%向上（図2）し、錆への抵抗力においても手作業の倍にあたるめっき残存率（図3）を誇っており、機械圧入による密着性の高い給油効果が認められている。

(4) 当システム適用の効果

(a) ワイヤロープ点検精度の向上とワイヤロープの延命化

劣化したグリスを完全に除去できるため、めっき層の状態、素線切れや扁平などの変状状況が詳細に確認可能となり点検精度が極めて向上する。

また、グリス缶から直接ワイヤロープへ圧力給油することで密着した均一なグリス塗布が可能となり、ワイヤロープ寿命の延命化が期待できる。

(b) 安全性の確保と足場コストの削減

ワイヤロープの点検給油に使用していたゴンドラや総足場が不要となり、足場コストが削減される。また、高所近接作業が無くなることで作業員の安全にも寄与する。

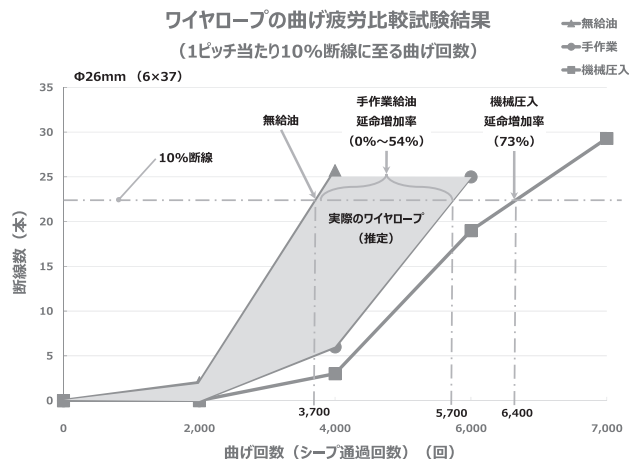


図2 劣化促進試験によるグリス圧力給油の効果（素線切れへの抵抗力）

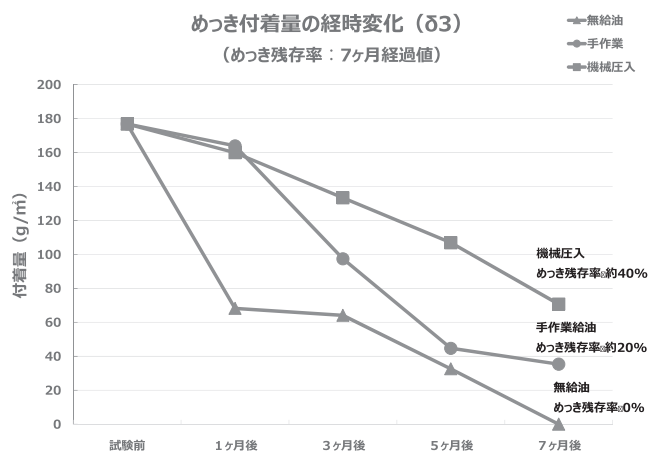


図3 劣化促進試験によるグリス圧力給油の効果（錆への抵抗力）

(c) 環境保全

当システムでは、高圧温水で劣化グリスを溶かして洗浄するため、洗い油の河川滴下による環境汚染リスクが低減する。また、発生する洗浄排水は排水ポンプにより回収し、油水分離プラントにて油脂を分離後、加温され洗浄水として循環させ再利用する。

グリス給油についても圧力給油で行うため密着度が高く、剥離による河川への油脂流出リスクが低減される。

4. ゲートワイヤメンテナンスシステム運用上の条件

当システムの運用方法については、装置を自走させて保守点検を行う「装置自走式」と、装置を固定して保守点検を行う「装置固定式」の二つに大別される。

二つの運用方法にはそれぞれに付帯する運用上の条件があるため、それらを表1～4に示す。

表－１ 対象ゲートの設備条件

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
設備の条件	ワイヤ	ロープ径	φ 20 mm ～ φ 60 mm	
		ロープ間隔	約 15 cm 程度以上	ロープとロープとの間隔は各装置をセットする関係で、ゲート全閉状態でワイヤに張力がない状態では、レバーブロック等で間隔を確保することも可能
	ゲート	ゲート揚程	15 m ～ 20 m 程度まで	洗浄水圧の関係のため、洗浄ユニットと洗浄装置の高低差
		車両の近づき	200 m 以内	洗浄ユニット等と作業対象ゲート間の距離 車両がゲートに近づけない場合、配線等の許容距離
	グリス	グリスの種類	一般のグリスならば可能	

表－２ 当システムの各装置性能

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
装置の性能	共通	簡易足場	簡易足場が必要	ゲートシーブ部に装置脱着作業用の簡易な足場が必要
		各装置の自走	駆動装置に各装置をセット	ゲート上部のドラム部からチェーンを垂らし、モーター駆動の駆動装置をかませて、遠隔操作で昇降、下降させる
	洗浄装置	作業自走速度	1.5 m / 分程度	洗浄は、1 往復（2 回洗浄）が基本
				モリブデン系等の固着グリスなどは、2 ～ 3 往復必要な場合がある
		洗浄水	80 ℃の温水	ボイラーで温水にする
			洗浄水圧 9.4 Mpa	洗浄装置内部の洗浄室で、ワイヤ全面洗浄可能な 4 本の洗浄ノズルにより洗浄
			タンク容量	300 リットル
			廃油水の完全回収	洗浄後の廃油水は、装置内の漏れ止めパッキン及びエアカーテンで装置からの漏れ出しを防止 ダイヤフラムポンプで廃油水を装置内から分離槽まで運搬 3 回の油水分離を行い、廃油は産廃処理、水は洗浄再利用
	点検装置	点検自走速度	1.5 m / 分程度	CCD カメラ 4 台で、ワイヤ全面を撮影、録画
				洗浄装置の上部にセットして、洗浄と同時作業可能
	外径測定装置	測定自走速度	1.5 m / 分程度	ワイヤ断面 XY 十字方向に、自走して連続測定する
				ワイヤの細り、扁平等を把握、ワイヤ取替基準と照査
	給油装置	給油自走速度	1.0 m ～ 3.0 m / 分程度	グリスポンプにより、装置内部のグリス圧力室に送り込み、圧力塗布する
		給油圧力	0.1 Mpa	
		グリスの種類	一般のグリス	あまり、液状なオイルや固形なグリスは不可
		グリス塗布量	0.1 kg/m ～ 0.2 kg/m	ワイヤ径により塗布量は違うが、m 当たりの換算表を参照

表－３ 装置自走式の適用条件

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
洗浄・点検・給油作業	装置自走式	作業条件・方法	ゲートが動かせない	駆動装置により、ワイヤに沿って各装置を自走させて作業
		作業員	5 名～ 6 名程度	装置の脱着 2 名、油水分離装置操作 1 名、装置制御 1 名、ワイヤ上限確認等監視員 1 名、各補助員 1 名（簡易足場設置、手作業（ドラム余巻等の清掃点検給油）を機械施工と同時に施工する場合は、別途作業員（2 名～ 3 名）が必要）
		機械施工不可箇所	ドラム直下のスラブ部	ドラム直下～スラブコンクリート部（装置が入っていない範囲）
			ゲートシーブ内と直近部	
		装置の脱着	ワイヤ巻き数ごと	ワイヤ 1 本当たり、洗浄・点検（同時施工）、外径測定、給油ごとに各装置の脱着 上記作業を、巻き数ごとに繰り返し作業
		実作業日数	3 日～ 5 日 / 門	揚程 10 m 程度、片側ワイヤ 6 本掛けのゲートを想定し、洗浄・点検（2 日～ 3 日）、外径測定・給油（1 日～ 2 日）作業以外に、準備（1 日）、撤収（1 日）を要します

表－4 装置固定式の適用条件

各種条件	設備・装置	性能項目	性能諸元・その他	具体的条件・詳細説明
洗浄・点検・給油作業	装置固定式	作業条件・方法	ゲートが動かせる	各装置をドラム直下に固定させ、ワイヤを動かして作業
		作業員	4名程度	装置脱着、調整、監視2名、油水分離装置操作1名、装置制御1名（その他、別箇所の機械施工不可部の手作業及びドラム余巻の清掃点検給油、装置固定用足場設置等がある場合は、2～3名必要）
		機械施工不可箇所	ゲート全開	ドラム～ゲートシーブ間、上部固定シーブ～ゲートシーブ間、固定端～ゲートシーブ間のワイヤは手作業
		装置の脱着	各作業ごと	ワイヤ1本当たり、洗浄、点検、給油ごとに各装置の脱着 上記作業を、左右岸シーブごとに繰り返し作業
		実作業日数	3日／門	揚程10m程度、片側ワイヤ6本掛けのゲートを想定し、片側洗浄、点検、給油（1.5日）作業以外に、準備（1日）、撤収（1日）を要します

5. 水門設備以外への適用

当システムは水門設備以外のワイヤロープにも適用可能となっており、対象設備条件や需要家の要望に添った内容を提供している。

当システムの条件に適合すれば、給油のみ、カメラ点検のみといった個別運用にも対応している。

(1) スカフォードのキブル用ワイヤロープの例（写真－14）



写真－14 装置固定式によるキブル用ワイヤロープの保守点検状況

(2) テーマパークのアトラクション用ワイヤロープ（カメラ点検のみ）の例（写真－15）



写真－15 水平に展開したアトラクション用ワイヤロープのカメラ点検状況

(3) 新規ゲートワイヤロープへの設置前給油（圧力給油のみ）の例（写真－16）



写真－16 新規ゲートワイヤロープへの給油状況

6. おわりに

河川用ゲート設備は、高度成長期の整備に合わせて集中的に設置され、多くの設備が設置から40年以上経過し老朽化が進んでいる²⁾一方で、自然環境や現場条件に対して確実な操作や稼働をしなければならず、厳しい財政状況の中での的確な点検・整備の実施による機能保持が求められている。

しかしながら我が国では労働力人口の減少が進み、なかでも建設業における若手入職者の減少、作業従事者の高齢化は顕著であり、熟練点検技術者不足は設備管理者にとって非常に深刻な問題となっている。

当システムはすべての作業で標準化されており、均一で精度の高い保守保全を提供するばかりでなく、設備管理者にとって「今」必要な情報を提供することが可能である。当システムの運用により、諸問題解決の一助となれば幸いである。

《参考文献》

- 1) 「ダム用ゲート設備等点検・整備・更新マニュアル（案）」国土交通省，平成 30 年 3 月
- 2) 「河川用ゲート設備点検・整備・更新マニュアル（案）」国土交通省，平成 27 年 3 月

【筆者紹介】

齋藤 勲（さいとう いさお）
東京電設サービス㈱
土木事業本部 土木保全工事センター
課長



ICT を活用した曲面形状のコンクリート構造物 (固定堰) の改修事例

菊 川 雅 司・越 田 誠・本 田 忠 大

「i-Construction」の施策の一つである ICT 活用の新たな取組みとして、コンクリート構造物改修工事における適用拡大を図り、既設に相応した適切な形状の設計、高い精度でのコンクリート下地形成を行った。対象となる既設固定堰（S 字の曲面形状、無筋コンクリート）の計測・設計・施工にレーザースキャナや 3D マシンコントロール油圧ショベル（3DMC）を導入。本稿では 3 次元計測データから最適な補強形状を作成し、3DMC では衛星測位システムを用いた自動制御で飛躍的に生産性を向上させた事例を紹介する。

キーワード：頭首工改修、固定堰、補修、摩耗対策、表面はつり、ICT、高強度パネル

1. はじめに

建設生産プロセスにおける生産性向上を目指す「i-Construction」の施策の一つである ICT（情報通信技術（Information and Communication Technology））をコンクリート構造物改修工事に活用した取組を紹介する。本稿ではその一施工事例として、劣化が進行した頭首工固定堰の表面を精度良くはつり、作業効率や質の大幅な向上を確保した施工事例（ICT 建機活用）を紹介する。

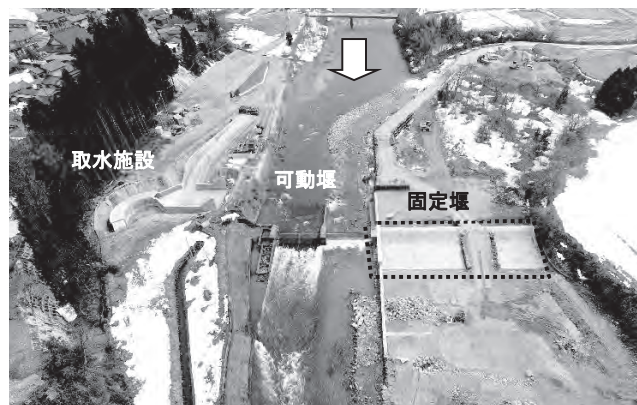
2. 頭首工改修工事の概要

本工事は、国営加治川農業水利事業等により造成された農業水利施設のうち、老朽化が進行している加治川右岸頭首工を改修するものである。本施設は築造から 50 年以上経過し、堰全長 77.6 m、右岸側に可動堰 34.0 m、左岸側に固定堰 43.6 m からなるフローティングタイプ複合堰（直接基礎）である。本工事では、河川幅約 78 m の加治川を半川仮締切りにより可動堰および固定堰を改修する。1 期工事では左岸の固定堰の改修、2 期工事では右岸の可動堰の更新工事を行うものである（写真—1）。

3. ICT 建機導入の背景

(1) 固定堰改修の概要

既設固定堰（無筋コンクリート：面積 658 m²）は、



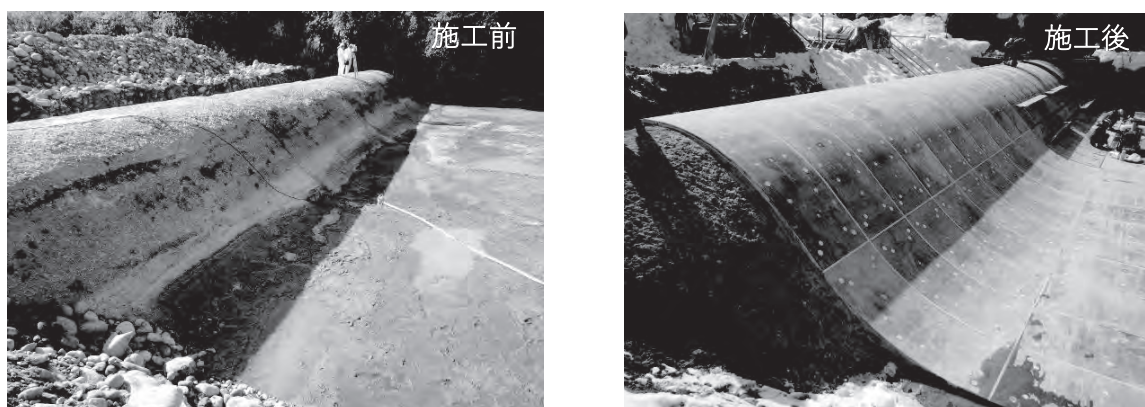
写真—1 頭首工改修工事全景

長年の供用により摩耗が著しく、粗骨材が露出しており、一部に欠損等も見られることから、耐摩耗工法である超高強度繊維補強パネル工法が採用された。この工法は、既設コンクリート表面を平滑に 7 cm まではつり取った上に、厚さ 5 cm の超高強度パネルを設置し、その後、高強度パネルと既設はつり面との空隙（2 cm）にグラウトを充填する工法である（写真—2）。

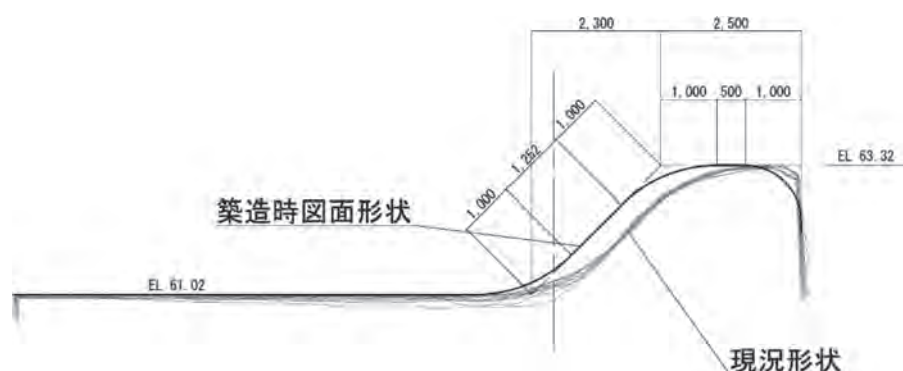
(2) 改修工事における課題

既設固定堰は曲面形状であり、工事着手後の検測の結果、摩耗や欠損が顕著であったことから、築造当時の曲面形状と大きく異なっていることが判明し（図—1）、全貌を把握するには、半川締切り後において周囲の土砂を撤去する必要がある。

特に、既設固定堰が曲面形状であることから、はつり作業の出来形精度の確保と効果的な出来形管理手法



写真一 2 固定堰 施工前と高強度パネル施工後



図一 1 固定堰形状概要図

の確立が必要であり、従来の工法では人力によるはつり作業となり、工程遅延、騒音問題、深掘り（高強度パネルの設置精度低下の要因となる）やグラウト注入量の増大、測量や丁張り設置における人員・時間の増大が懸念された。

そこで、コンクリート構造物である固定堰のはつり工に ICT 建機を活用し、機械化による作業の効率化、施工精度の向上及び施工環境の改善を図ることとした。

ICT 建機の主な活用内容を以下に示す。

- ① レーザースキャナによる既設固定堰 3 次元データの計測およびモデル化により、摩耗・欠損が顕著な既設形状に応じた最適な設計を立案
- ② 打撃で深掘りを伴う人力はつり作業でしか対応できなかった（表面はつり工）に、自動制御によりコンクリート表面を削り取る機能の ICT 建機を採用
- ③ レーザースキャナによる出来形検測と 3 次元データの活用により検査を省力化

4. ICT 建機を活用した改修施工

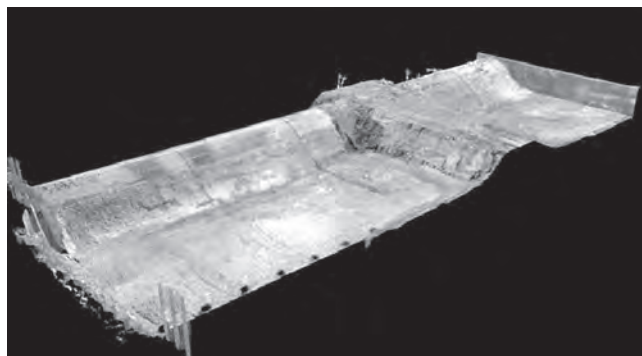
(1) 地上レーザースキャナを活用した既設構造物の計測および最適な修正設計

既設固定堰は曲線形状であり、摩耗が顕著で表面に凹凸が多く見られたため、最適となる補強形状を決定するには、構造物の形状を正確に把握する必要があった。そこで、短時間かつ正確に検測でき、どの方向や位置からでも断面図の作成が可能な地上レーザースキャナを採用し、レーザースキャナ点群データをもとに、現況に最も近く、はつり量の少ない、最も安価で最適な補強形状の修正設計を実現した。図一 2 に計測した点群データを示す。

(2) ICT 建機を活用した無筋コンクリート構造物表面はつり取り

修正設計形状をもとに図一 3 に示す 3 次元設計データを作成した。このデータにより ICT 建機を制御、アタッチメント先端の 3 次元座標を衛星測位システム (GNSS) で制御することで設計面の出来形を管理した (写真一 3)。

ICT 建機によるはつり作業は、「セミオート 3D マシンコントロール油圧ショベル（以後、3DMC と表



図ー2 レーザースキャナ点群イメージ図

記)」にコンクリート表面はつり用にアタッチメント「ツインヘッド」(写真ー4)を装備して施工した。ツインヘッドは、切削方式であるため低騒音・低振動であり、また、ドラム回転による大きな切削能力で切削面も平滑に仕上げることができる。

3DMCには自動停止(設計面でアタッチメント先端が自動停止)および自動整地アシスト(設計面を深掘りしないようアームが設計面に沿って動く)の2つの特徴がある。これにより重機オペレーターは、建機の運転席内に設置された表示画面(写真ー5)を確認しながら操作するだけで、アタッチメント先端が設計面に達するとICT建機が自動制御されることにより深掘りが抑制され、精度の向上を実現するとともに、曲線部の丁張り設置や検測も必要なく施工期間を短縮することができた。

3DMCは土工事の通常バケットによる現行システ

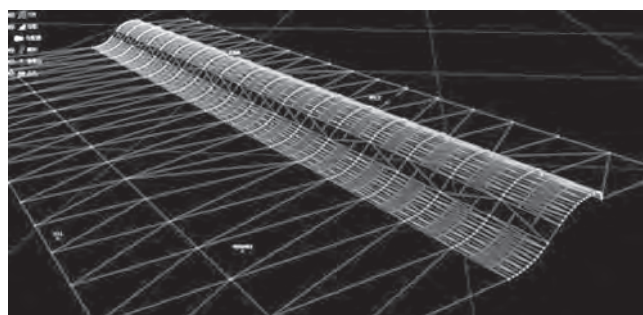
ムを使用した。建機寸法については、通常バケットでは所定の方法でバケット幅・輪郭点等を計測し入力する。本工事では、ツインヘッドを使用するため、仮想輪郭として図ー4のように、最も突出しているビット部をバケット底と仮定し、長方形の法面バケットとしてシステムに認識させた。

精度管理は、あらかじめ設置した基準点において3DMCの座標確認を行う。GNSSは衛星の捕捉数および位置等からTS測量と比較し精度が劣るため、2時間ごとに既知点をGNSS受信機(RTKローバー)で計測しTS測量との整合を確認、削り取り深さや進行に合わせ、緻密にICT建機における衛星測位の誤差補正を行い、精度向上を実現した。

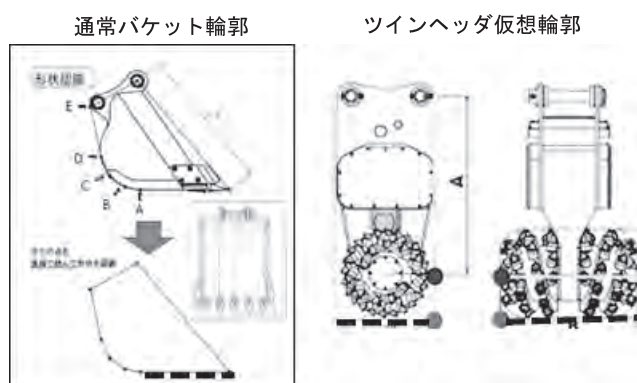
5. 施工後の精度検証

本取組では、地上レーザースキャナを採用した現況形状の高精度計測により最も安価で最適な補強形状の修正設計を実現した。

施工後、レーザースキャナを使って精度検証を行った結果、施工前後の計測結果から不陸を除いた平均はつり厚は、設計値の70mmに対して、出来形は78.5mmとなり、施工における精度は8.5mmとなった。また、平坦部と曲線部に分けて検証したところ、平坦部は7.5mm、曲線部は11.2mmとなった。これ



図ー3 ICT建機入力用3次元設計データ



図ー4 ICT建機入力用 仮想輪郭



写真ー3 ICT建機による固定堰はつり状況



写真ー4 ツインヘッド



写真ー5 運転席内表示画面

らの値は、公表されている、土工事における ICT 建機精度 $\pm 30 \text{ mm}$ と比較しても非常に高い精度であった。はつり施工は、設計値の 70 mm 以上はつり取る必要があることから、出来高不足とならないように深掘りになる傾向があり、また、既設コンクリートの粗骨材寸法が 40 mm であることから、粗骨材のはつり取れによる深掘りになることが多い。このことから、グラウト注入量増大による経済性が低下する事例が多い。

既設コンクリートはつり施工においては、従来の工法では 42 日想定であったが、ICT 建機施工により 20 日で完了し、生産性向上・効率性について確認できた。

以上のことから、当施工において「レーザースキャナ」、「3DMC」や「ツインヘッド」のコンクリートはつり作業への活用は、精度、施工性ともに有効であることが確認できた。

6. おわりに

ICT 施工技術の活用は、従来、高い出来形精度を必要としない土工・舗装・浚渫・地盤改良で行われている。本取組により、高い精度を要求されるコンクリート構造物改修工事において ICT 施工技術を活用した

ことは極めて珍しい事例であったが、非常に効果的であったことが確認された。これにより、今後の ICT 施工技術のインフラメンテナンス分野での飛躍的な活用が期待される。

J C M A

〔筆者紹介〕

菊川 雅司（きくかわ まさし）
真柄建設㈱
北陸土木事業部



越田 誠（こしだ まこと）
真柄建設㈱
北陸土木事業部



本田 忠大（ほんだ ただひろ）
真柄建設㈱
北陸土木事業部



専用架台と2種類のカメラを用いた集水井内の点検

高澤 忠司・堀 松 崇・志 太 智 春

従来の集水井の点検は、直接井戸内に侵入するか、集水井の上蓋に点検孔を設けて吊り下げ式のカメラを井戸内に挿入させることで点検を実施していた。これらの手法は、施設の老朽化に伴う落下事故や酸欠等の危険性が伴うほか、上蓋の削孔やクレーンによる取り外し等により、経済的に負担が大きかった。このため、従来の点検手法よりも効率的且つ安全性や経済性に優れた集水井の点検装置を目指し、専用架台と2種類の撮影カメラを開発した。専用架台は、集水井の上蓋上での作業を排除し、集水井の様々な侵入口の形状等に対応可能である。また、2種類の撮影カメラを使い分けることで、様々な撮影ニーズの対応が可能となる。

キーワード：地すべり施設点検、集水井、維持管理、安全、専用架台、撮影カメラ

1. はじめに

集水井は井戸内に設置した集水管から地下水を排除し、地下水位を低下させることで地すべり活動の抑制を図る地すべり対策施設である。一方で、集水井は全国に1万基を超える施設があるといわれており、近年施設の老朽化に伴いライナープレートの腐食や集水管の閉塞などによる地下水の集水機能低下が問題となっている。集水井の機能を維持し、地すべり活動を抑制させ、国民の安心・安全な生活を守るためには、施設の定期的な点検、維持管理が必須となっている。なお、最新の点検要領¹⁾によれば、対象施設の定期点検実施時期の間隔は、最長10年以下とすることとし、健全度評価により「経過観察」、「要対策」と判定された施設については5年以下を原則として、点検を実施することとされている。

集水井の点検は、従来以下の手法により行われていた。

- ①人が集水井内に直接侵入し点検する方法(写真—1²⁾)
- ②集水井の上蓋を削孔し点検孔(写真—2³⁾)を設け、点検カメラを挿入し地上から点検する方法(写真—3³⁾)

このうち、①手法の場合には、上蓋や昇降梯子の腐食による落下事故、有毒ガスや酸欠などの危険性が伴っていた。さらに、施工後数十年が経過した集水井は、施工当時の仮設道路などが消失しているケースが多く、上蓋撤去のためのクレーンや送風装置運搬に困難が伴っていた。また、②手法の場合は、撮影カメラ

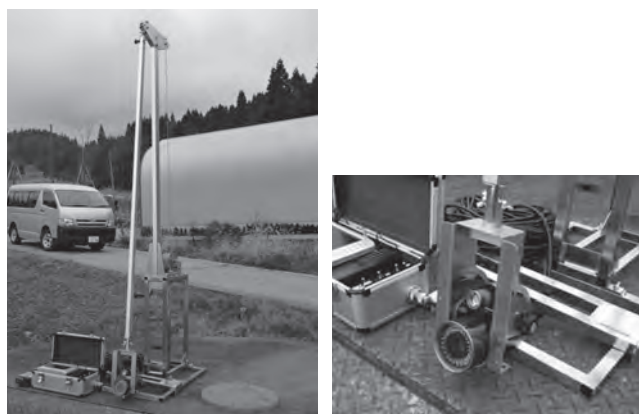
を挿入するために必要となるΦ20 cm以上の点検孔を設置する必要があることと、集水井の上蓋から撮影カメラを降下させるため、上蓋の腐食が進んでいるケースでは安全性に問題があり、仮設足場を設ける必要があった。



写真—1 集水井の点検状況（人が集水井内に直接侵入し点検する方法）



写真—2 カメラを挿入するための点検孔（左：開口時、右：閉口時）



写真一3 集水井内点検用カメラ（左：撮影装置全体、撮影装置拡大）

2. 開発の概要

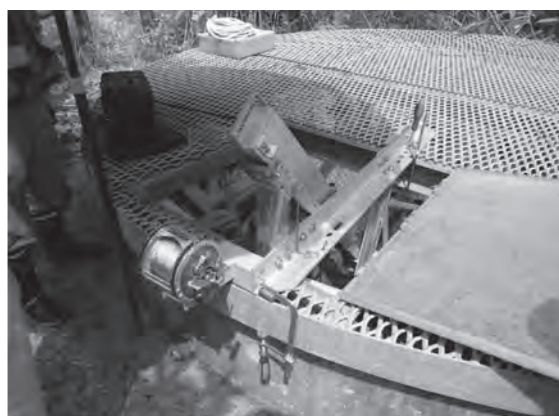
(1) 開発の経緯と目的

本点検装置の開発の経緯は、集水井の機能低下が問題となっている現状と、従来の点検手法における課題を鑑み、従来の点検手法よりも効率的且つ安全性に優れた、集水井の点検装置を開発するに至った。

点検装置の開発にあたり、上蓋の撤去、点検するために必要な仮設、人の井戸内への侵入など、経済性や安全性に劣る作業はすべて排除することを目指した。その結果、集水井侵入口に専用架台を設置し、集水井の中心部から、カメラを昇降させるという撮影方法を採用した。

(2) 専用架台の開発

専用架台は進入角度を変更可能な形式とし、様々な侵入口の形状や昇降階段の形状に適応可能なものとした（写真一4）。また、専用架台は現地で容易に組み立てができる簡易な構造になっているほか、設置の際には、集水井の上蓋で作業が不要となるため、安全に作業を行うことが可能となる。



写真一4 専用架台【特許第 6089069 号】

(3) 2種類の撮影カメラの開発

集水井点検カメラは「全周撮影型」、「回転撮影型」の2種類の撮影装置から構成されている。

全周撮影型は全天球カメラを搭載する撮影装置であり、カメラ上部に照明装置を設けることで撮影範囲全体を照射させるものとした（写真一5）。また照明装置は照射角度の変更が可能であり、集水井壁面が濡れている場合に発生するハレーションによる撮影不良を防止することができる。撮影の際には一度の上下運動だけで撮影が完了するため、短時間で集水井全体の状況把握が可能となる。

回転撮影型は水平方向に360度回転し、また上下方向にも90度回転する機能を有しているため、様々なアングルで撮影が行えるものとした（写真一6）。また、カメラをズームすることで集排水ボーリングの排水状況等、細部を撮影することが可能となる。

「全周撮影型」、「回転撮影型」の2種類のカメラによる撮影に必要な電源は100Vであり、家庭用のポータブル電源や小型発電機で賄うことができる。また、これらの2種類の撮影カメラを用途に応じて使い分けることで、様々な撮影ニーズに対応することが可能となる。



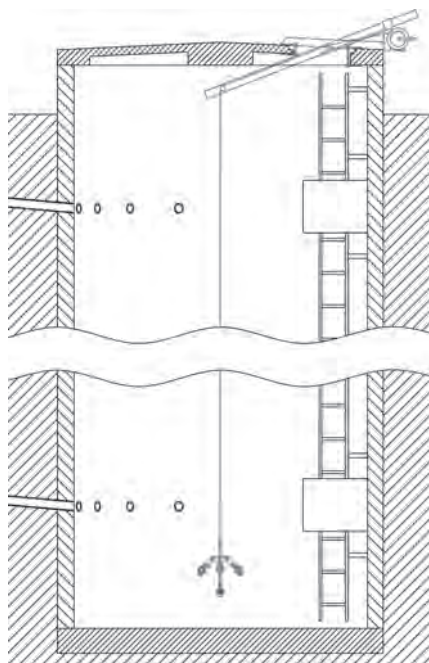
写真一5 全周撮影型カメラ【特許第 6596042 号】



写真一6 回転撮影型カメラ【特許第 6089069 号】

3. 集水井内の点検方法

集水井の侵入口に専用架台を設置し、専用架台のアームを調整することにより集水井の中心を確保した上で、ワイヤーと複数の滑車に取り付けられた懸架装置により撮影カメラを垂直に降下させる（図—1、写真—7）。いずれの撮影カメラにおいても、操作は地上で行うことから、点検の際には集水井内への侵入や上蓋上での作業が発生しないため、安全に点検作業を行うことができる。また、撮影した動画や画像はタブレット端末などで現地での確認が可能であるため、撮影不良や撮り忘れ防止のほか、変状箇所の迅速な把握が可能である。



図—1 撮影状況模式図



写真—7 撮影装置の降下状況

4. 集水井内の点検結果

(1) 全周撮影型カメラ

全周撮影型カメラを用いた点検は、懸架装置を用いた上下運動により集水井内の連続した動画を撮影し、短時間で集水井内部の状況を把握することができる。撮影した動画は任意の深度にて水平方向に360°展開した動画・画像を出力することが可能である（写真—8）。

(2) 回転撮影型カメラ

回転撮影型カメラを用いた点検は、撮影をしたい深度までカメラを降下させ、撮影したい方向にカメラを回転させて動画の撮影を行う。集水ボーリング等の集水管を確認する場合は、集水ボーリングが施工された深度において、回転撮影型カメラを360°展開させて撮影することで、集水管の細部を連続して確認することができ、撮影した動画はパノラマ画像として出力することができる（写真—9）。その他、回転撮影型カメラは鉛直方向に90°回転できるため、変状箇所を多方面から撮影することが可能となる。



写真—8 全周撮影型カメラによる点検画像



写真—9 回転撮影型カメラによる点検画像

5. おわりに

本点検手法は2つの特許（特許 6089069 号，特許 6596042 号）を取得しており，これまでに新潟県内の地すべり防止区域を中心に，約 170 箇所の地すべり防止区域内にある約 750 基の集水井で点検を行った。また，点検可能深度は集水井内部の材質等による電波の取得状況によるが，これまでに最大で深度 60 m 程度の点検実績を有している。

本点検に用いる装置の開発は平成 25 年より開始し，現在も現場からの意見を集約しながら改良が続いている。現段階において作業の省力化を考慮した写真整理ソフトウェアの開発等課題があるため，今後も改良を続けていく予定である。

専用架台と2種類のカメラを用いた集水井の点検手法は，従来の点検手法から危険を排除するだけでなく，効率的に点検を行うことで生産性の向上を実現するための有益なツールであるものと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省砂防部保全課，砂防関係施設点検要領（案），令和 2 年（2020 年）3 月
- 2) 農林水産省，地すべり防止施設の機能保全の手引き～統合版～農村振興局農村環境課，平成 29（2017 年）年 3 月
- 3) 独立行政法人土木研究所土砂管理研究グループ雪崩・地すべり研究センター，地すべり防止施設の維持管理に関する実態と施設点検方法の検討－地表水・地下水排除施設－，土木研究所資料第 4201 号，平成 23 年 6 月

〔筆者紹介〕

高澤 忠司（たかさわ ただし）
（株）興和
技術開発室
課長代理



堀松 崇（ほりまつ たかし）
（株）興和
調査部
部長代理



志太 智春（しだ ちはる）
（株）興和
調査部
技師





暴れ川「常願寺川」の砂防と河川改修 災害と水系一貫の治水の歴史

成瀬 龍也

富山県の地域を昔は越中国^{えっちゅうのくに}といった。「越中は山の国であり、川の国である。」これは、立山の麓^{たてやま}の芦峯^{あしくら}寺に生まれ常願寺川の水で育った佐伯宗義^{さえきむねよし}が『自叙伝^{ひえつ}』で語った言葉だ。急流河川の多い富山県は災害が繰り返されるたびに治水^{しづみ}に尽してきた。それは安政の飛越地震^{ひえつ}によって、源流部の立山カルデラが荒廃して暴れ川となった常願寺川に代表される。明治中頃の近代的河川改修、明治の末に始まった立山砂防、戦後の新しい急流河川工法は、いずれもわが国土木におけるその時代の先駆けだったといえる。時代とともに手法は変遷するが、常願寺川の治水の根本は水系一貫の思想に立った土砂管理である。ここにその歴史を紹介する。

キーワード：急流河川、荒廃河川、治水、河川改修、砂防、土砂管理、砂防堰堤

1. 常願寺川と立山カルデラ（図—1）

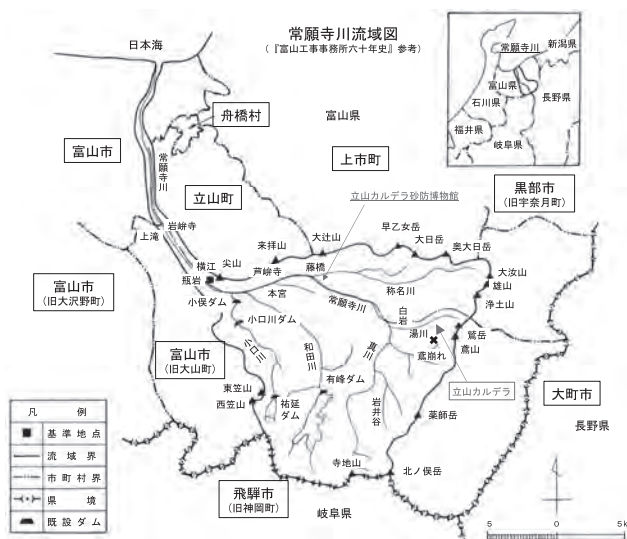
常願寺川は、幹川流路延長 56 キロメートル、流域面積 368 平方キロメートルの一級河川である。三千メートル級の立山連峰を源として上流は険しい山峡を流れ、藤橋（千寿ヶ原）より下流の中流域は両岸に河岸段丘が連なり、上流より下流には典型的な扇状地の富山平野が広がる。わが国屈指の急流河川である。

立山カルデラは、上流の支川湯川の水源地である。東西 6.5 キロメートル、南北 4.5 キロメートルの楕円形をした鍋底のような凹地である。これは長い間に弥陀ヶ原火山の噴出物が侵食され、ときには（おそらく数百年、数千年の周期で）跡津川断層の活動が起こす大規模な山体崩壊によって出来た地形であると考えられる。

下流には、戦国武将佐々成政^{さっさなりまさ}が築いたといわれる佐々堤や富山藩 6 代藩主前田利興^{まえだとしとも}が水防のため丹波国^{たんばのくに}から松苗を取り寄せ植樹した殿様林^{とのさまばやし}などがあり、古くから洪水対策が行われていたとはいえ、昔は、今より川幅が狭く、河床が低く、舟運もあった。どちらかといえば、荒廃のない穏やかな川だったと思われる。

2. 暴れ川の誕生

しかし、安政五年（1858 年）の飛越地震^{おとんとびやま}によって、立山カルデラの南稜線にあった大鷹山^{おとんびくず}と小鷹山の山体が大規模な崩壊を起こした。これを「鷹崩れ」と呼ん



図—1 常願寺川流域平面図

でいる。立山カルデラ内に崩れ落ちた膨大な量の不安定な土砂が、谷を埋め、自然の堰堤（天然ダム）をつくり、川を堰き止めた。旧暦の二月から四月の雪解けから梅雨にむかう季節だった。堰き止められた水が水嵩を増し、天然ダムを破壊し発生した土石流が、二度にわたり、富山県災害史上最大の被害をもたらした。常願寺川は、暴れ川、天井川となったのだ。堤防の内外に点在する巨大な転石が、土石流の凄まじさを物語っている（写真—1, 2）。



写真—1 立山カルデラ全景



写真—2 大場の大転石〈十万貫石〉(推定 400 トン)

3. 富山県の誕生

鳶崩れは常願寺川の危険度を一気に高めた。常願寺川扇状地（富山平野）は庄川扇状地（砺波平野）とともに加賀藩の穀倉地帯だった。藩は常願寺川筋普請（災害復旧）に取り組んだのである。河川整備は廃藩後も継続されるが、常願寺川は毎年のように氾濫を繰り返すようになった。

明治14年（1881年）、大蔵大臣（大蔵卿）の松方正義の緊縮財政により国の補助金が廃止になった。当時、越中は「石川県」の一部だった。大きな「石川県」のなかで、治水に関心をもつ越中人と道路建設に関心を持つ加賀・能登の人との対立が生まれた。そして補助金の廃止が両者の対立を深めたのである。明治16年（1883年）5月9日、「石川県」から分かれて富山県が誕生したが、これには治水事業もからんでいたことから「治水分県」とも呼ばれている。

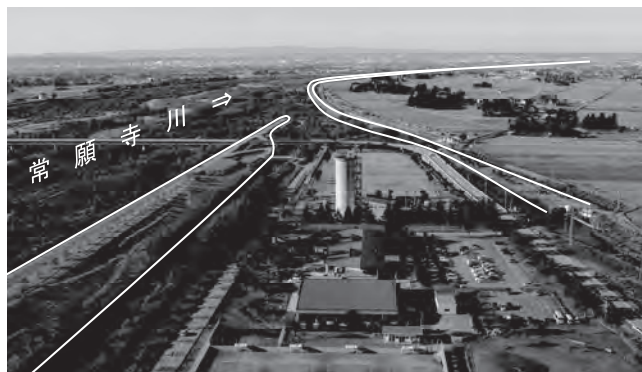
4. 明治の近代的河川改修

明治24年（1891年）、常願寺川の大出水で富山平野に未曾有の被害が出た。第3代富山県知事森山茂は、内務大臣品川弥二郎に、7月25日から8月4日まで、ほぼ連日、10回にわたり「常願寺川水害報告」を提出している。知事は内務大臣に「大技師ヲ派シテ調べテハ下サラヌカ」と要請した。オランダ人の御雇工師デ・レイケに、富山への派遣命令が出された。

8月6日、デ・レイケが水害調査のため富山に来た。9月2日に帰京するまで、神通川、常願寺川、黒部川、早月川を視察した。常願寺川について、デ・レイケは「土砂拵止工事ノ如キハ最モ妙ナレドモ中々民力ノ及ブ処ニアラズ」また「茲ニ一通リ復旧工事ヲ為スハ他ヘ大害ヲ及ボシ畢竟害ヲ大ナラシムルモノナリ」と報告した。これを受けた森山知事は、単なる復旧ではなく抜本的な河川改修を行おうと決断。その事業のために105万円（このうち常願寺川改修費は約80万円）の追加予算を臨時県会に諮る。当時の県当初予算、約24万円の4.4倍だ。しかも、この大事業は全額国費支弁によるものではない。知事の提案は、4分の3の国の補助を見込んでいたが、残りの地元負担が大きかった。県会の採決は、呉東（県東部）の議員の賛成と呉西（県西部）の議員の反対に分かれ賛否同数となった。最後は議長の支持により知事案が承認されたのである。

5. 河川改修のポイント

デ・レイケによる常願寺川改修案のポイントは四つある。その一、新堤を築き旧堤を補強する。その二、河口部や天井川の区間に新たに河道を開く。これは、上流から流れてくる大量の土砂を河床に堆積させず速やかに河口から海谷へ流し出そうとするのが目的だった。その三、常西用水（西岸の灌漑用水）の取入口12カ所を一つにまとめる（「合口」という）。その四、堤防には急流河川の在来工法である「霞堤」の機能を残す。この、今日では六千億円にのぼるともいえる大工事が、富山県技師高田雪太郎の活躍などもあり、わずか16カ月で、明治26年（1893年）に完成した。しかし、上流の対策ができないため、常願寺川は水害が相次いだ（写真—3）。



写真—3 霞堤（不連続堤の開口部）

6. 県営立山砂防

「水源地を治めない限り、富山平野の安全はない」。
 明治35年（1902年）富山県に赴任した第11代県知事李家隆介は常願寺川の源流を視察し、立山カルデラの荒廃した様子を目の当たりにして砂防事業を決意した。現地調査ののち、明治39年（1906年）7月、県営立山砂防が始まった。そして、立山カルデラの出口（白岩）に立山砂防の中心となる大砂防堰堤を築くとともに、泥谷や多枝原、さらに奥部の険しい谷や崩壊した斜面に砂防堰堤、護岸、水路、山腹工などを施工したのである。しかし、県の工事は難航を極めた。幾度も砂防施設が破壊され、大正14年（1925年）、道半ばにして県営砂防は終焉を迎えた。県や地元は国直轄の砂防工事を強く望んだが、当時の砂防法はそれを阻んだ。常願寺川のように一県内だけを流れる河川の砂防工事を国が行うことは法律で認められていなかったのだ。

県営砂防がうまくいかなかった理由として、当時わが国の砂防技術がまだ確立の途上にあったことや県として砂防にばかり予算をつぎ込むわけにかなかったことなどが考えられる。このために県は、万策尽きた形で断念せざるを得なかったのである。

国と県がここ数年来、現地調査などを行ってきた結果、当時の施設が現存し、今なお機能していることが明らかになった。こうした成果をもとに、当館では、本年より「黎明期の立山カルデラの砂防」という展示コーナーを設けて、現地の状況をはじめ県営砂防の取り組みを紹介している。

7. 「護天涯」の碑

湯川にそそぐ溪流に築かれた泥谷1号砂防堰堤の左袖部には、右から左へ「護」「天」「涯」と刻まれた石が、埋め込まれている。そもそもは、県営砂防時代の

大正4年（1915年）頃、泥谷の最上段の砂防堰堤築造に使った巨石に刻まれたもので、碑文は当時の第14代富山県知事浜田恒之助が揮毫したものと伝えられている。大正12年（1923年）に大規模な土石流が発生し、ほとんどの施設が破壊され、この碑も行方が分からなくなっていた。その後、昭和5年（1930年）に湯川と泥谷の合流点付近でこの碑が発見された。あまりの大きさに、直轄事業に携わっていた人たちは、一部分だけを切り出して埋め込んだという。

遠く隔たった土地のことを「天涯」という。^{てんがい}「天涯ヲ護ル」と読むこの碑文からは、土砂災害を未然に防ぐため「天涯」の地、立山カルデラを護るのだという使命感、富山平野にくらす人々の安全を願いつつ「天涯」の地で源流の砂防に打ち込んだ先人の気概が、百年を過ぎてなお伝わってくる。このレプリカが当館の入口に置かれている（写真—4）。



写真—4 泥谷にある「護天涯」の碑

8. 直轄立山砂防

大正13年（1924年）、砂防法が改正され、立山砂防の直轄への道が開かれた。ただし、技術上の課題があったので、内務省土木局は、オーストリアに私費留学していた赤木正雄が帰国するのを待って、直轄施行の可否を決定する方針をとっていた。大正14年（1925年）7月、帰国後の赤木は現地を踏査し、砂防工事が可能であると認めた。こうして大正15年（1926年）、地元悲願の直轄立山砂防が始まったのである。初代所長（立山砂防事務所主任）は赤木だった。ただし、赤木は専任ではなく、本人の意志により、内務省土木局勤務を併任してわが国の砂防事業全体の指導にもあたった。赤木正雄は「わが国近代砂防の父」であり、常願寺川は「赤木砂防」発祥の地ともいわれる。

立山砂防の最も重要な課題は、中心となるべき白岩砂防堰堤の築造方法であった。このため赤木はまず白



写真—5 白岩砂防堰堤右岸 (丹保俊哉撮影)

岩の現場調査を行い、その後に砂防工事全般の計画を立てたのである。赤木の方針は、白岩砂防堰堤を基点として上流の水源部の対策が最優先だった。立山カルデラの整備をしなければ、下流でいくら工事を施しても賽の河原だ、その費用があれば砂防につき込むべきだ、と考えていたという（写真—5）。

9. 河川の砂防堰堤

一方、内務省のなかには、別の意見もあった。それは、中流域の適地に砂防堰堤を築いてその効果（土砂の貯留と調整）を計り、下流の河川改修も有効に進めるべきだというのである。^{かばまこと}蒲宇は「昭和三年七月本川を視察し、重点を本宮及び岩峠寺堰堤の築設に置くべきことを主張したのであるが、不幸容る処とならなかった」¹⁾と述べている。また、昭和4年（1929年）、赤木の後を継いで第2代立山砂防事務所主任になった^{たかはしかいろう}高橋嘉一郎は「立山砂防に従事すること数年具に河状を察し、堰堤地点として本宮地先を以て最好適となした」²⁾と述べている。

昭和9年（1934年）、北陸地方が大洪水に見舞われた。現地を調査した^{とみながまさよし}富永正義は常願寺川の改修計画を立てた。これには二つの特徴がある。一つは、瓶岩（常願寺川の基準地点）より河口に至る区間において計画高水流量を逡減させたこと（上流端の瓶岩で3,100立方メートル毎秒、河口で2,700立方メートル毎秒）。もう一つは、本川中流域に2基の大きな砂防堰堤の築造を当初から計画に盛り込んだことである。場所は本宮と岡田（横江）である。内務省はこの計画に基づき、



写真—6 本宮砂防堰堤 (貯砂量 500 万 m³)

昭和11年（1936年）度より直轄常願寺川改修を始めることにした。

しかし、直轄開始まで待てない県は、着工を1年前倒しするため、昭和10年（1935年）度の県単独河川事業で施工することを決め内務省に委託した。昭和10年4月、内務省が本宮の築堤に着手、機械のフル活用と昼夜兼行の施工により本宮砂防堰堤は翌11年12月に完成した（写真—6）。

10. 十大河川と新河川工法

昭和24年（1949年）2月、治水調査会が開かれ、^{しなのがわ}九大河川（調査の遅れていた信濃川があとから加わり十大河川となる）の一つとして、常願寺川改修改訂計画が決まった。全国を代表する河川のなかで、規模の小さい常願寺川ではあるが、それまでの水系一貫の考えに立った砂防や河川改修の実績が認められたのである。

改訂計画では、河口から水源地までの全川を計画区間とし、上流の砂防区域では、溪谷の安定と土石流の抑制のための工事を行う。また中流域では、まず本宮砂防堰堤の副堰堤をつくり、岡田砂防堰堤（現在の横江頭首工）を完成させ、^{せとくら}ついで瀬戸蔵などの砂防堰堤を築造する。そして下流域では、水制の配置、河床の掘削などを行うこととしたのである。

当時の富山工事事務所長、^{はしもとのりあき}橋本規明は、北陸の第一線の職員を集めて「北陸現場研究会」をつくり、河川も砂防もない、新しい河川のあり方について徹底的に議論した。技術的な研究はすべて現場だったという。コンクリートを使った^{ねがため}根固ブロックや巨大水制は黒部川で現地実験が行われ、常願寺川で実用化されたのである。また、常願寺川下流域の天井川を解消するため、大型タワーエキスカベータを設置して集中的に河床を掘削した（写真—7）。



写真一 7 巨大水制（右岸，立山町岩峠野）



写真一 8 立山砂防工事専用軌道

11. 「44 災」以降

昭和 44 年(1969 年)8 月に県内の各河川で大水害(44 災)があり，常願寺川は戦後最大の洪水を記録した。このため計画高水流量を，瓶岩で 4,600 立方メートル毎秒に改めた。河川改修では，昭和 50 年代以降，護岸の根継ぎや堤防の前腹付けなど，最近は現地の巨石等を用いた河道の維持（河岸防護）などに取り組んでいる。

また，直轄立山砂防では，大正 15 年（1926 年）開始より約 300 の砂防施設を整備してきたが，最近は，無人化施工や新たな土砂管理手法の開発，ライフサイクルコストを考慮した長寿命化対策などに取り組んでいる。白岩砂防堰堤については，平成 11 年（1999 年）より同 17 年（2005 年）まで右岸の岩盤崩落対策を行っている。

12. おわりに

常願寺川水系には，歴史的に重要な三つの砂防堰堤——白岩砂防堰堤，本宮砂防堰堤，泥谷砂防堰堤がある。これらを合わせた「常願寺川砂防施設」が，平成 29 年（2017 年）11 月 28 日，国の重要文化財に指定された。また，この三つの砂防堰堤に立山砂防工事専

用軌道（国登録記念物，写真一 8）を加えた「立山砂防施設群」が，日本イコモス国内委員会の「日本の 20 世紀遺産 20 選」に上位で選定された（平成 29 年 12 月 8 日公表）。

立山砂防は自然と共生した防災遺産であるといえる。富山県では「立山砂防の国際的価値を高める世界文化遺産登録へ挑戦」していくこととしており，当館においてもこの登録の推進に向けて情報発信していきたいと考えている。

J C M A

《引用文献》

- 1) 蒲孚，常願寺川の治水に就て，水利と土木，第 14 巻，第 9 号，P.6，1941 年
- 2) 高橋嘉一郎，常願寺川本宮堰堤に就て，水利と土木，第 10 巻，第 4 号，P.48，1937 年

《参考文献》

- ・監修／白井芳樹，執筆／飯田肇・是松慧美・松島吉信，暴れ川と生きる〔通史編〕，（一社）北陸地域づくり協会，2017 年
- ・監修／白井芳樹，執筆／成瀬龍也・白井芳樹，暴れ川と生きる〔河川編〕，（一社）北陸地域づくり協会，2018 年
- ・監修／白井芳樹，執筆／吉友嘉久子・白井芳樹，暴れ川と生きる〔砂防編〕，（一社）北陸地域づくり協会，2020 年

〔筆者紹介〕

成瀬 龍也（なるせ たつや）
富山県 立山カルデラ砂防博物館
館長





先人達の多大な苦勞により確保された農業用水の恩恵を未来に引き継ぐ活動 吉野川分水～この水を未来に引き継ぐ～

新井 宏 巳

大和平野では昔から深刻な水不足に悩まされ続け、今日の吉野川分水の姿に至るまで 300 年の年月と先人達の苦勞を要した。しかし、都市化混住化の進展、農家の高齢化等により農家だけでは農業用施設の維持は困難なものになってきている。このような状況から、農業用施設を利用した太陽光発電や水源地域と共同で行う「水のつながり」を軸とした農山漁村の活性化を目指した活動を実施している。

キーワード：吉野川分水、水のつながりプロジェクト

1. はじめに

奈良県の大和平野は、古来より深刻な水不足に悩まされ続け、昭和 27 年「十津川紀の川総合開発事業」により、吉野川の水が大和平野に分水された。吉野川分水が通水されてから 50 年以上が経過し、都市化混住化が進展する大和平野では、安定的に供給されてきた農業用水への感謝の気持ちと水不足であった記憶は軽薄化され、農家だけでは農業用施設の維持は困難なものとなり、「維持管理の軽減対策」と「地域一体となった管理体制の整備」が必要となってきた。そこで、農業用水利施設を利用した農山漁村と都市住民との地域間交流を図り、新たな管理体制の構築を行うこととした。

一方、吉野川の水源地域である奈良県川上村は、水源地の村づくりを目指し、「川上宣言」を掲げるなど、精力的に水源環境を保護する様々な取り組みを行ってきた。平成 23 年 3 月 11 日、多くの農業用施設に甚大な被害を出した「東日本大震災」は、安定した営農ができる喜びを思い出すきっかけとなり、平成 23 年 11 月 26 日、大和平野から水源地域への感謝の気持ちとして「おかげ米運動」が実施された。

これを機に、大和平野と水源地域の交流を育み、水でつながった双方の想いを継承し、地域一体となった農山漁村の活性化と持続的経営を目指すため、川上村と共同で「水のつながりプロジェクト」を立ち上げることとなった。

2. 農業用水の恩恵を未来に引き継ぐ活動事例

(1) 太陽光発電

従来より、当区の灌漑排水は通年通水ではなく、夏期のみかつ間断通水による計画となっており、止水中の藻の繁殖に悩まされていた。そこで水路上部に蓋掛けを行うことにより、藻の繁殖を完全に除去することが可能となった。また、蓋掛けを行ったことにより、上部の有効利用が可能となったため、太陽光発電施設を設置し、その売電収入は維持管理費に充当している。この太陽光発電施設を利用した環境学習等を実施することにより農山漁村と都市住民との地域間交流を促し、新たな管理体制の構築を目指している（写真—1）。

この活動の実施により、施設の視察や各種イベント等の中で環境学習や普及啓発を行い、農村資源の多面的機能を地域の特色として発信することで、都市住民との地域間交流に役立っている。発電施設を利用した環境学習参加者は、平成 27 年 1,160 人、平成 28 年度 1,780 人、平成 29 年度 1,480 人、平成 30 年度 1,320 人、令和元年度 1,190 人となっている。

(2) 水源地域との共同活動（活動名：水のつながりプロジェクト）

①田植え・稲刈り・源流体験（小学校交流）

「水をする者」と「水を使用する者」が「水のつながり」を軸とした活動や体験を通じて、それぞれの地域の歴史や魅力、役割などの理解を深める活動となっている。田植え・稲刈り体験では、水源地で生み出された水が大和平野に届いていることを体感し、農業用



写真—1 かつらぎ第1, 第2発電所(奈良県御所市西寺田)

施設の役割と水源地を守る必要性を学習し特に水田の無い水源地域の児童にとっては貴重な体験となっている。また、専門家による「田んぼの生き物観察ミニ授業」を行い、農業用水の多面的な機能についても学んでいる。源流体験では、水源地域の生活や川の生き物観察などの自然開発のための教育(ESD)の観点から、農山漁村を取り巻く環境等について意識を高めるきっかけとなることを期待している。また、これらの活動の実施報告を、教育委員会を通じて奈良県内の全小学校(約200校)に配布、さらに地域住民にも活動の趣旨を直感的に理解できるように、歌「水の旅のはなし」をイメージソングとし、他企画のイベント等で活用し、水のつながりプロジェクト参加者だけでなく、広く啓発できるよう努めている(写真—2)。

②源流トレッキングツアー

吉野川の源流となる川上村三之公原生林を辿る「吉野川分水源流トレッキングツアー」を実施。吉野川分水の水瓶である大迫ダムの見学や、原生林の雄大さや美しさを肌で体感してもらい、農業用施設だけでなく、水を育む森の大切さを学習した。一方、鳥獣被害等により荒廃した森の現状を知ってもらい、トレッキング参加者による間伐チップの覆土作業や鹿避けネット柵の設置等を実施し、森の維持・再生の難しさを体験してもらった。また、その水で育った奈良県産のお

米の美味しさをPRするため、参加者にはお土産として持ち帰っていただくなど、奈良県産米の消費拡大と生産者の意欲向上のきっかけとなることを期待している(写真—3)。

当活動に感銘を受けた方の中には、後日、水源地域で行われた森を再生するボランティア活動に参加する方も出てきており、少しずつではあるが効果が出てきている。

水のつながりプロジェクトの実施により、参加校だけでなく県内の小学校(児童)や地域住民に対しても、農山漁村の維持と活性化、また資源の有効活用について啓蒙できている。



写真—3 源流トレッキングツアー



写真—2 左:田植え体験, 右:源流体験

3. 活動取り組みの詳細 (図—1～4)



図—1 水のつながりプロジェクト活動報告書



図—2 下敷き(啓蒙用)



図—3 新聞記事(稲刈り体験)



図—4 インフラメンテナンス大賞表彰状と盾

4. おわりに

平成24年度から継続してきた水のつながりプロジェクトは今年度で10周年を迎え、水の恵みを受ける者と水を育む者との交流事業を主としてきたが、今後はそれらを守る多くの人がいることを再認識し新たな情報発信を試みる。昨年度オープンした「吉野川分水歴史展示館」も活用し、農山漁村資源の次世代へより良い継承を目指す。

また、河川の水質改善や地域用水などの農業以外にも多面的な役割を果たしていることを更に多方面へ発信していく。

JICMA

【筆者紹介】
新井 宏巳(あらい ひろみ)
大和平野土地改良区
事務局長



ずいそう

奇跡の森と真言密教

山口文章



1. はじめに

SDGs (Sustainable Development Goals) という言葉もすっかり社会になじんできた。

しかし今もしっくりしない感がある。そもそも「Development = 開発」「Goals = 目標」とは何なのか？もちろん「開発」とは自然開発だけでなく、人類の生活を安全で便利で豊かなものにする活動すべてを意味することは明白であり、数値的な「目標」がなければ開発の方向性と規模、スピードをコントロールできないことはよく理解できる。

それでも私は思うのである。何かを目標にして開発をすること自体、「Sustainable = 持続可能」と矛盾するのではないか？この発想の源泉は高野山に現存する巨大杉の森林にある。

2. 現在の日本林業

言うまでもなく、林業は日本を代表する伝統的な一次産業のひとつである。しかし、森林に関係した職業が「生業（なりわい）」でなくなってしまうと久しい感がある。つまり、残念なことに現在の日本林業の多くは経済性を失ってしまっているのである。

その理由は多く考えられる。伝統的な木造住宅が鉄筋コンクリートを中心とした近代的な建築方式に激変したことや、世界的な流通の発達から東南アジアを中心とした安価な輸入木材が国産木材の需要を壊滅的に圧迫したことなどがよく指摘されている。

しかし、高野山に現存する巨大杉の森林は現在も経済性を失っていない。樹齢500年を超す巨大杉は樹高60mに達し、胸高直径は2mを遙かに上回る。優良な品質の巨木杉が1本3千万円で売買されることも珍しくない。この違いはどこから生じているのだろうか？

その答えは比較的容易に導くことができる。それは、林業に対する概念と理論および、施業方法と目的にある。

3. 林業に対する概念と理論

日本林業の根底に流れる理論はドイツ式「造林学」である。私は京都府立大学農学部林学科、同大学院農学研究科林学専攻を通して9年間にわたり造林学を学んだ。それまでに感じていた林業の根底に、かくも統計学に裏打ちされた緻密な学問があることに愕然とした。以来、造林学だけでなく、森林生態学、森林植物学、砂防工学、林業統計学などを貪るように学んだ。

林業と他の一次産業の大きな相違点は、生産物の収穫期の長さである。100kg級のクロマグロを稚魚から養殖するのに5年、真珠の養殖は長くて2年、ほとんどの農作物は単年度の収穫が可能である。しかし、日本の林業は伐期を50年とした。これは、前述のドイツ式「造林学」の根底に古くから流れる「法正林理論」による。法正林とは、林業対象とする森林を区画し、毎年、区画ごとに同一施業を行うというものである。簡単にいうと、ひとつの区画ごとに皆伐を行い、その後植林を行う。全ての区画の皆伐再造林を終えると、最初の区画に植樹した森林が成林しているというのが法正林理論である。

つまり、自分が所有する山林を50等分し、その区画ごとに皆伐再造林を行う。すべての山林を一巡すると、はじめの区画には50年生の林が生育しているので二巡目の施業を行う。毎年、皆伐による収入を得ながら永久に続けることができる。これぞ理想的なSDGsにほかならない。さらに、50年という収穫期は、針葉樹が建材の価値を有する最短期間であるという効率最優先の希薄な理論により裏付けられたものである。

しかし、すでに1800年代に唱えられていたSDGsの先駆けともいえる法正林理論は現実のものとはならなかった。理由は、森林の培地が急峻な山地や平原など多様であるため、農業のように生長量が画一ではなく、平準化できないことが最大の要因である。とくに、ドイツと違って急峻な山脈に覆われた日本では成立するはずのない亡霊のような理論であった。

戦後、高度経済成長期の日本はこの亡霊に取り憑かれた。一斉皆伐一斉造林が生み出す効率の良さと事業費の圧縮。植林後、一区画ごとに同一施業を行う高度

な計画性。一番の魅力は「Sustainable = 持続可能」であったことは疑う余地がない。その結果、所有している森林の土壌や気象環境などを無視して亡霊を追いつけた日本の林業は衰退の一途をたどることとなった。さらに、間違いに気がついてやり直すことができない長い収穫期がとどめを刺した。

4. 奇跡の森の施業方法と目的

高野山には他に例を見ない巨大杉の美林がある。それらは300年以上前に植えられたものがほとんどで、なかには樹齢750年を数える巨木も珍しくない。日本各地から見学に来た多くの林業家や森林生態学者は口を揃えて「奇跡的」と言う。奇跡というのは、ドイツの造林学をアレンジした日本林業の常識を無視して成立していることに起因する。つまり、日本の造林施業の中心は「密度管理」にある。農業と同じく、間引くことにより太陽光や土壌の養分、水分を効率よく植物に分配することである。しかし、高野山には理論上あり得ない密度と樹齢の巨木が林立する。この巨木林を「奇跡的」と評価する私たち現代社会の林業家にとって、その奇跡の森が成立した答えを導くのは容易ではない。

以前、東北地方の山奥で「坪植え」という伝統的な造林方法を見たことがある。天然性林の隙間にできた比較的小さな面積に同一樹種を密植する。密植された木は周辺の高木に守られて育まれる。決して太陽光や養分は多くはないが、自然環境の恵みは合理的に分配され、強い林分に成長する。間伐は極力避け、自然淘汰によって生み出された密度管理に重点を置く。収穫期は条件により様々であり、一定しない。坪植えという施業方法が造林学の教科書には存在しないのは、効率の悪さと生産性の低さにあることが推察される。しかし、高野山にある奇跡の森林は広大な面積の坪植え

に近い。それは人工林でありながら、自然開発とはほど遠い、むしろ、大自然の恩恵を最大の原動力としたものと言える。

さらに、高野山に現存する巨木林が成立した最大の要因は、その目的にある。数百年前に高野山に杉を植えたとき、その目的は「信仰」であり「経済」ではなかったのである。高野山に残る造林記録の初出は長和年間(1012~1017)、祈親上人定誉が行った檜の植林である。祈親上人定誉は、落雷による火災の頻発や高僧の相次ぐ遷化により疲弊していた高野山を復興させた中興の祖としてよく知られている。以来、高野山上の林業の目的は「森厳護持」を大道とするようになった。これは、信仰環境の保全を第一とし、金剛峯寺による厳しい森林政策とともに連綿と今に伝えられている。

5. おわりに

以前「千年の森を作る」と紹介されたことがあるが適当ではないと思った。高野山上には樹齢千年を超える森林は存在しないので、目標とするならば良いかもしれない。しかし、私たちは伐期を設定したことはない。さらに、仮に千年の森が成立したとき、それが高野山という土地で大自然の摂理にかなっているかどうかは誰にもわからないのである。

高野山に現存する巨木林は、林業におけるSDGsの理想的な形かもしれない。しかし、そこにある「Goals = 目標」は収穫期や効率性や経済性ではない。「奇跡の森」が奇跡ではなく、当たり前のように存在するようになったとき、SDGsは日本林業にその理想を実現することになるだろう。そのとき、そこには「Development = 開発」「Goals = 目標」という概念は、なじみが薄い存在になっていることを信じて疑わない。

——やまぐち ぶんしょう 総本山金剛峯寺執行山林部長・
高野山真言宗総長公室長・高野山霊宝館長——

ずいそう

あの時、梅干しのおにぎりでも なかったらこの発明は生まれなかった 「ハイブリッド・サイフォン送水装置」開発の裏話

馬 淵 和 三



私は燃料や電気を使用しないで送水作業ができる「エコ」なサイフォン式送水装置を開発した。もちろん電気や燃料を消費しないため温室効果ガスの排出も大きく削減することができる。2050年を目標とする「脱炭素社会の構築・カーボンニュートラル」に大いに役立つ新技術として世の中に貢献していきたい。

このサイフォン式送水装置の開発のヒントとなったのは1個の「梅干しのおにぎり(写真-1)」であった。



写真-1 発明を生んだ「梅干しのおにぎり」とサイフォン管に挿入される「クーキ・オスボール」



クーキ・オスボール

この送水装置、簡単に言うと最初だけポコポコと軽油を吸んで給油管の中を軽油で満たして手を止めると、その後は汲まなくてもサイフォンの原理で給油をし続ける口径100mm～200mmの巨大な灯油ポンプのようなものだ。もちろん送水装置として「天然ダム」の排水作業や、「防災重点ため池」の低水位管理、事前放流など、水を移動するためのサイフォン送水装置として活用することを目的に開発したものだ。

本サイフォン技術の構造と仕組みを(図-1)に表す。水中ポンプを備えた「水中ポンプ注水ホース(A)」と、サイフォン吸水口を備えた「サイフォン吸水ホース(B)」を、Yの字形状の注水合流部材「ワイ・ガッチャン(Y)」の、一方の二股部を上流側に向けてそれぞれを連結する。「Yの字」の他方を下流側に向け下流端が「吐出し口(D)」となる「送水ホース(C)」を連結する。排水により低下した湛水池の水位と堤防天端の高さとの差(揚程)が7m以内の現場では、配管完了後に起動時だけ1分間ほど電気を使用して水中ポンプ(A)で送水ホース内(C)へ注水して満水状態で流れるようになったら水中ポンプの電源を停止すると「ワイ・ガッチャン」の働きにより自動的にサイフォン吸水ホース側(B)からサイフォン吸水が起動

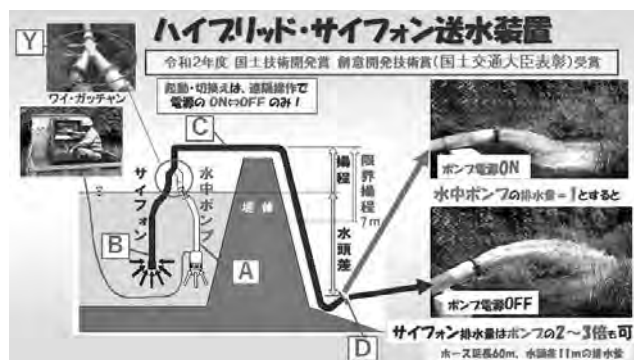


図-1 ハイブリッド・サイフォン送水装置

する。サイフォン作用が起動した後は、電気や燃料を使用しないで送水作業を続ける送水装置「ハイブリッド・サイフォン送水装置」だ(図-1)。

特長が幾つか有る。従来のサイフォン送水装置に必ず備えられている吸水口や吐出し口の開閉弁が無い構造により起動は水中ポンプの電源のON⇔OFFだけの操作でサイフォンが起動する。また、従来の水中ポンプでの排水作業で燃料の使用量が1万ℓを消費する現場でも、このハイブリッド・サイフォン送水装置はわずか7ℓの軽油で同じ水量の排水作業を行うことができる。もちろん燃焼に伴う温室効果ガスの排出量も1万分の7に軽減できるスグレものだ(図-2)。

排水作業中に湛水池の水位が低下し揚程が7m以上となる場合は水中ポンプ併用による排水作業に切り

「水中ポンプと「ハイブリッド・サイフォン」の 燃料消費を伴う稼働時間と環境負荷比較表				
口径=φ150mm、各1台 24時間稼働として				
軽油消費量	機種	水中ポンプ	ハイブリッド・S	
	消費量	120ℓ/日	0.083ℓ/日	
	1ヶ月	3,600	2.5	
	6か月	21,600	15.0	
金額 ※1ℓ=125円換算	12か月	43,200	30.0	
	1ヶ月	450,000	311	
	6か月	2,700,000	1,875	
	12か月	5,400,000	3,750	
二酸化炭素 排出量	排出量	2,644kg-CO2/ℓ	2,644kg-CO2/ℓ	
	1ヶ月	9,500	0.007	
	6か月	57,100	0.042	
	12か月	114,200	0.084	
比率		10,000	7	

図-2 燃料消費量と温室効果ガス排出量が10000:7

替える。揚程7mを超えると管頂部のホース内で、下流側に流下しようとする水と、上流側の湛水池に戻ろうとする水が上下流に分かれて流下しようとするため、ホース内に負圧が生じて気化現象が発生する。これにより水の流れに空洞ができるためサイフォンが停止することとなる。これを防ぐために水中ポンプにより湛水池へ戻ろうとする水を押し上げてやることで、管頂部の負圧による気化現象が消滅してサイフォン作用が持続することとなる。

これらの機能を備えた「ハイブリッド・サイフォン」は、開発に長い期間を費やした。天然ダムや防災重点ため池などで活用することを前提とした場合、資材運搬用の道路が無かったり被災して通行不能となることがあっても人力運搬によってでも現地の排水作業を開始しなければ土石流の発生リスクを抑えることができない。ただし、人力運搬では大型の水中ポンプ（約90 kg～230 kg）や発電機（約200 kg）を運搬することは不可能である。Φ100 mmのハイブリッド・サイフォンは人が通れるスペースがあれば樹林をぬってでも人力で運搬できる範囲の部材で構成した。小型のポータブル100 V発電機（約13 kg）でΦ50 mm水中ポンプ（約10 kg）を稼働してΦ100 mmの大口径のサイフォンを起動させる。平坦な地形では上手くいくが、凹凸が激しい地形では実験を何回繰り返しても凹凸の高い部分に空気残りサイフォンが起動できない点で苦労した。「どうすれば配管全長を満水状態にできるのか？」との思いのまま、時間だけが過ぎていった。

そんなある日、家内が「孫たちを連れて山へお弁当を食べに行きましょう。」と誘ってくれた。孫たちも喜んでついてきた。しばらく遊んで見晴らしの良い場所を選んでお弁当の時間となった。家内が用意してくれたのは、「しぐれ」と「昆布」と「梅干し」のおにぎりや唐揚げなどだ。孫たちも「美味しい」と言って

いっぱい食べたが、私も久し振りに山の新鮮な空気を吸って弁当を美味しく食べた。2個目に食べた「梅干しのおにぎりの種」を口の中から何気なく掌に吹き出した時、「あっ！これだ！」と思わず声を出してしまった。

サイフォンホース配管の高い場所に溜まる空気を外へ押し出す実験を繰り返していたホースの口径は25 mm。「梅干しの種」では少し小さいので発泡スチロールを刻んでボールを作り、ホース内に挿入してその後ろから注水してボールを吐出し口の方向へ押し進めた。溜まっている空気を次々と吐出し口の方向へ押していき、ボールが吐き出された時にはホース内は完全な満水状態の流れになっていた。注水用ポンプの電源を停止すると自動的に満水状態のサイフォンの流れに切り替わった。「梅干しの種」が「クーキ・オスボール（以下、「ボール」と記す）」と命名された瞬間だ（写真—1）。

その後、現地実験でΦ200 mmのサイフォンホースにボールを挿入し（写真—1）Φ50 mmの水中ポンプ1台で注水して、ボールがホース内の空気を下流端の吐出し口の方向へ押していく作業を進めた。ボールが吐出し口から押し出されると、水中ポンプを停止すれば自動的に大容量のサイフォンの流れに切り替わる機能も確認できた。揚程7m以下の場合も、7m以上の場合も注水ポンプの口径がサイフォンホース本体の口径より小さい場合には複雑な地形であってもボールが非常に有効なサイフォン送水工法として開発できたのである。

あの時、梅干しのおにぎり（写真—1）ではなく、しぐれと昆布のおにぎりだけであったら、この発明は生まれていなかったかもしれないと思う。

——まぶち かずみ（株）山辰組 代表取締役会長、博士（農学）——

トンネル点検支援技術の性能カタログ作成における技術検証

伊藤 良介

現在、トンネル点検作業の効率化・省力化を目的として、民間の開発者等により様々な技術開発が進められている。このような中、国土交通省では、トンネル点検支援技術の性能等を取りまとめた性能カタログの公表に取り組んでいる。性能カタログ作成にあたっては、技術の性能を確認するための技術検証を実施しており、当研究所は新技術の導入促進機関として、技術検証を行った。本稿では、性能カタログについて概要を述べ、技術検証における取り組みについて紹介する。

キーワード：トンネル、点検、点検支援技術、性能カタログ、技術検証

1. はじめに

トンネルや橋梁といった道路構造物の点検作業においては、点検作業の効率化等を目的として、新技術の積極的な活用が求められている。国土交通省では、橋梁及びトンネルの点検作業の合理化に資する新技術の検証を行うとともに、新技術選定の際に参考となる点検支援技術の性能カタログ案（以降、性能カタログ）を作成し、公表している。

本稿では、当研究所が新技術の導入促進機関として実施した、トンネル点検支援技術の性能カタログ作成における技術検証について紹介するものである。

2. 新技術導入促進機関

国土交通省道路局では、令和元年12月に開催された「道路技術懇談会（座長：久田真東北大学大学院教授）」において、良い技術は活用するとの方針のもと、異業種・他分野技術や新材料など、これまで必ずしも十分でなかった分野も含めて導入を促進していくことを目的とする道路分野における新技術導入促進方針（案）が示された。また、令和2年4月に開催された道路技術懇談会において、道路局より令和2年度新技術導入促進計画（案）が提示され、有識者等による議論を経て、「道路分野における新技術導入促進方針」ならびに「令和2年度新技術導入促進計画」が公表された。新技術導入促進計画には、導入促進の対象となる技術分野と導入促進機関の関係が示されている。ここでいう導入促進機関とは、国土交通省と連携して

新技術の活用に必要な技術基準類の検討や技術の実証を行うための第三者機関等を指し、公募・選定の手続きを経て、本取り組みの対象となるトンネル分野では、当協会が指定されている。

3. 性能カタログ

（1）性能カタログの概要

性能カタログは、性能カタログ内で定められた標準項目に対する性能値をカタログ形式で取りまとめたものである。定期点検業務の受注者は、新技術の活用を検討するにあたって、性能カタログを利用することで、掲載されている技術の現場への適用性や性能等を確認することができる。発注者においても、受注者が選定した新技術利用の協議にあたり、新技術の性能等を確認するための資料として性能カタログを利用することができる。

（2）技術の分類

性能カタログにおける点検支援技術は、計測手法等の特性に応じて、「画像計測技術」、「非破壊検査技術」、「計測・モニタリング技術」、「データ収集・通信技術」に分類される。表1に、各分類の技術の概要を示す。

（3）性能カタログの構成

表2に、性能カタログを構成する標準項目を示す。性能カタログでは、機器等の仕様・能力に対する開発者の保証及びその前提条件（利用条件等）が、類似の目的や原理の機器間で比較可能になることを意図し、

表—1 技術の分類
(国土交通省：点検支援技術性能カタログ（案）第1章¹⁾を基に作成)

技術分類	技術の概要
画像計測技術	点検対象構造物（橋梁又はトンネル）の画像を撮影又は計測する技術，画像を処理し調書作成を支援する技術
非破壊検査技術	点検対象構造物（橋梁又はトンネル）の変状を外部から非破壊検査により計測する技術
計測モニタリング技術	点検対象構造物（橋梁又はトンネル）をセンシング又はモニタリングする技術
データ収集・通信技術	点検対象構造物（橋梁又はトンネル）に設置したセンサ等により計測したデータを収集し，通信技術によりデータ転送する技術

表—2 性能カタログの標準項目
(国土交通省：点検支援技術性能カタログ（案）
付録1 点検支援技術性能カタログの標準項目²⁾を基に作成)

技術分類	標準項目
画像計測技術	1. 基本事項 2. 基本諸元 3. 運動性能 4. 計測性能 5. 画像処理・調書作成支援 6. 留意事項（その1）（その2） 7. 図面
非破壊検査技術	1. 基本事項 2. 基本諸元 3. 運動性能 4. 計測性能 5. 留意事項（その1）（その2） 6. 図面
計測モニタリング技術	1. 基本事項 2. 基本諸元 3. 運動性能 4. 計測性能 5. 留意事項（その1）（その2） 6. 図面
データ収集・通信技術	1. 基本事項 2. 基本諸元 3. 留意事項（その1）（その2） 4. 図面

表—3 計測性能項目
(国土交通省：点検支援技術性能カタログ（案）
付録1 点検支援技術性能カタログの標準項目²⁾を基に作成)

技術分類	検証項目
画像計測技術	撮影速度
	計測精度（ひび割れ）
	長さ計測精度（長さの相対誤差）
	位置精度
	色識別性能
非破壊検査技術	計測速度
	計測精度（劣化，表面近くの空洞／うき・はく離）
	位置精度
計測・モニタリング技術	計測レンジ
	検出性能
	検出感度
	S/N 比
	分解能
	計測精度
	計測速度
	位置精度
	色識別性能

を同じ尺度で比較可能となることを期待して，標準の検証方法が設定されている。表—3に各分類の計測性能の項目を示す。

国が標準項目や記載方法を指定している。一方で，性能値他の具体的内容の記載は開発者の責任で行われる。

4. 技術検証

(1) 技術検証の概要

技術検証は，技術開発者がカタログ値として記載する性能値を求めるために実施されるもので，検証結果は「性能確認シート」に取りまとめられ，カタログとともに公表されている。検証方法については，各技術

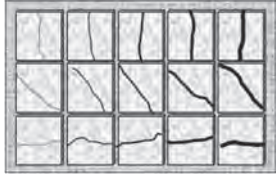
(2) 検証方法の立案

各検証項目に対して，検証方法を立案した。ここでは，一例として画像計測技術の検証方法を表—4～6に示す。

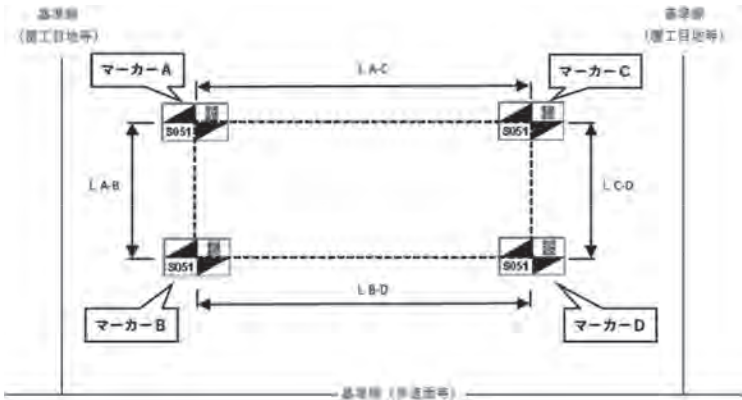
(3) 技術検証の実施

設定した検証項目と検証方法により，各技術の技術検証を実施した。写真—1に，技術検証の状況を示す。表—7は，技術検証等を経て，令和2年6月に公表された性能カタログの掲載技術の一覧である。

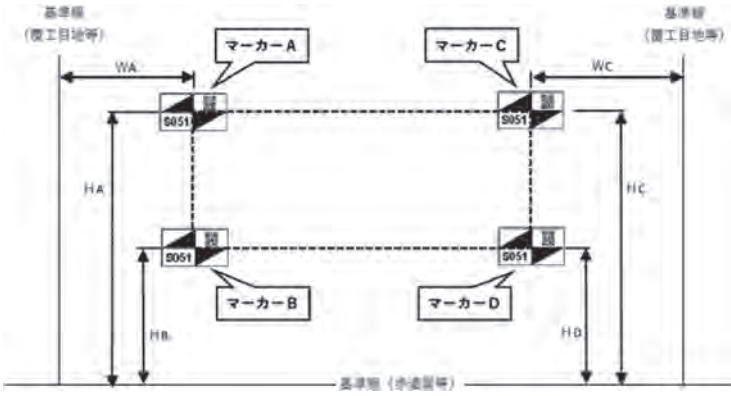
表一 4 画像計測技術（最小ひび割れ幅・計測精度）
（国土交通省：新技術利用のガイドライン（案）³⁾を基に作成）

指標の意図	どこまで細いひび割れ幅を画像から確認でき、画像からひび割れ幅を計測した結果の確からしさを評価する。
試験方法	① 幅 0.1 mm ～ 3.0 mm の間で異なるひび割れ幅を模した供試体を作成する。作成する供試体の内容は以下の通りとする。 (a) ひび割れ幅 0.1 mm ～ 1.0 mm については 0.1 mm 間隔で作成 (b) ひび割れ幅 1.0 mm ～ 3.0 mm については 0.5 mm 間隔で作成 (c) 各供試体につき「縦」「横」「斜め」の 3 種類をそれぞれ作成 (d) 現地でのひび割れ幅が既知の場合、現地でのひび割れを用いても良い ② 最小ひび割れ幅の検証において撮影した画像から各模擬ひび割れ幅の計測結果と真値の誤差（mm）の二乗平均平方根誤差が「計測精度」である。 ③ 環境条件として記載する日照条件として、想定している環境照度のパターンごとに、模擬供試体、あるいは、設定したひび割れのパターンを設置して、撮影する。以下は標準的なパターンだが、カタログの環境条件において別の境界値で定める場合は、それに従う。 ・○ klx 未満（トンネル内の照度） ・○ klx 未満／○ klx 以上の混在（照度差が○ klx 以上） ④ 撮影画像により検出可能なひび割れを判定する。なお、超解像技術等を適用する場合は、同技術適用後の画像に対して検出したひび割れを求める。得られた結果より、最小ひび割れ幅を求める。
参考図	 模擬試験体のイメージ

表一 5 長さ計測精度（長さの相対誤差）
（国土交通省：新技術利用のガイドライン（案）³⁾を基に作成）

指標の意図	画像からひび割れ長さなど、複数の画像を合成したうえで計測した長さの確からしさを評価するもの。
試験方法	① トンネル壁面の 4 箇所に、目印となるマーカーを設置する（下図）。 ・全線直線のトンネルでは任意の 1 箇所（目地をまたがっても良い）に設置 ・曲線を有するトンネルでは曲線区間の任意の 1 スパン（複数の曲率を有するトンネルでは曲率ごとに）の両側の壁面に設置 ② ロボットにより、走行撮影を行う。 ③ トンネル展開画像から、4 箇所のマーカー間の縦断・横断方向の距離を求める。 ④ 上記③で求められたマーカーの間の距離と設置場所の実測値との誤差を算出することによって検証する。 ※計測結果を手動で図面に合わせて伸縮させることで合成する機構の場合は、検証箇所を合成の起点としないこと。
参考図	 マーカー設置イメージ

表－6 位置精度
(国土交通省：新技術利用のガイドライン (案)³⁾ を基に作成)

指標の意図	画像に座標を与えた際の真位置とのズレを評価するもの。
試験方法	① トンネル壁面の4箇所に、目印となるマーカーを設置する（下図）。 ・全線直線のトンネルでは任意の1箇所（目地をまたがっても良い）に設置 ・曲線を有するトンネルでは曲線区間の任意の1スパン（複数の曲率を有するトンネルでは曲率ごとに）の両側の壁面に設置 ② ロボットにより、走行撮影を行う。 ③ 各マーカーの基準線からの距離（覆工目地からの水平距離、路面からの鉛直距離等）を求める。 ④ 上記③で求められた基準線（目地・路面）とマーカー間の距離の実測値との誤差を算出することによって検証する。 ※計測結果を手動で図面に合わせて伸縮させることで合成する機構の場合は、検証箇所を合成の起点としないこと。
参考図	 マーカー設置イメージ



写真－1 技術検証の状況

(国土交通省：点検支援技術性能カタログ (案) 付録2 技術の性能確認シート⁴⁾ より引用)

5. おわりに

現在、性能カタログの改定・更新作業が進められている。今後も技術の登録は続けられる予定であり、技術数も徐々に増えていくことになるとと思われる。性能カタログに掲載された技術が、現場条件や目的に応じて適切に採用され、点検作業の効率化・省力化が進められることを期待する。

JCM A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：点検支援技術性能カタログ (案) 第1章 性能カタログの活用にあたって
令和2年6月 (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/zenbun.html>)
- 2) 国土交通省：点検支援技術性能カタログ (案)
付録1 点検支援技術性能カタログの標準項目
令和2年6月 (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/zenbun.html>)
- 3) 国土交通省：新技術利用のガイドライン (案)
平成31年2月 (<https://www.mlit.go.jp/road/tech/>)
- 4) 国土交通省：点検支援技術性能カタログ (案) 付録2 技術の性能確認シート
令和2年6月 (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/zenbun.html>)
- 5) 国土交通省：点検支援技術性能カタログ (案) の掲載技術一覧
令和2年6月 (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>)

表一 7 性能カタログの掲載技術の一覧（トンネル点検支援技術）
（国土交通省：点検支援技術性能カタログ（案）の掲載技術一覧⁵⁾を基に作成）

技術番号	技術名
TN010001-V0020	画像解析を用いたコンクリート構造物のひび割れ定量評価技術
TN010002-V0020	社会インフラ画像診断サービス「ひびみつけ」
TN010003-V0120	走行型高精細画像計測システム（トンネルトレーサー）
TN010004-V0120	道路性状測定車両イーグル（L&L システム）
TN010005-V0020	社会インフラモニタリングシステム（MMSD [®] II）
TN010006-V0120	走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R（ミーム・アール）/MIMM（ミーム）
TN010007-V0020	一般車両搭載型トンネル点検システム
TN010008-V0120	トンネル覆工表面撮影システム
TN020001-V0020	デジタル打音検査とデジタル目視点検の統合システム
TN020002-V0020	道路性状測定車両イーグル（トンネル形状計測）
TN020003-V0020	レーザー打音検査装置
TN020004-V0020	天秤方式移動型レーダ探査技術
TN020005-V0020	打音検査ユニット
TN020006-V0020	走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R（ミーム・アール）-レーダ探査技術-
TN030001-V0020	OSV を活用したトンネル附属物の監視技術
TN030002-V0020	3 軸加速度センサを用いた傾斜計による、トンネル内付属物（照明器具・標識等）の傾斜角度変位モニタリングシステム
TN030003-V0020	MIMM-R（ミーム・アール）のレーザースキャナを活用したトンネル内装板背面の覆工変状の監視技術

【筆者紹介】

伊藤 良介（いとう りょうすけ）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第一部



新工法紹介 機関誌編集委員会

04-426	移動式クラッシャー 遠隔操作システム	安藤ハザマ 青山機工 タグチ工業
--------	-----------------------	------------------------

▶ 概 要

山岳トンネル工事におけるずり出し作業では、連続ベルトコンベヤー方式を活用する事例が増えている。本方式では、発破により破碎した掘削ずりをホイールローダで集積し、移動式クラッシャーに投入し破碎したずりを、ベルトコンベヤーにてトンネル坑外の仮設ヤードまで搬出する。ダンプ方式によるずり出し作業と比較して、坑内の車両往来を減ずることができるため、排気ガスなどの削減、重機災害の低減など安全面・環境面に効果的とされている。

移動式クラッシャーへの掘削ずり投入においては、掘削ずりの破碎状況に応じてクラッシャーの運転を調整管理する監視員を配置することが多い。監視員は移動式クラッシャー上に立つ必要があるため、粉じんの発生場所での作業となってしまう。また、監視員は重機作業に近接しているため、安全確保も懸念された。これらの問題を解決するため、移動式クラッシャー上での監視員を必要としない、「移動式クラッシャー遠隔操作システム」を開発した。



写真1 遠隔操作システム稼働状況

▶ 特 徴

「移動式クラッシャー遠隔操作システム」は、ホイールローダの運転席に設置されたタブレット型 PC により、従来は監視員が行っていた移動式クラッシャーの操作を、ホイールローダの運転手が操作可能とするシステムである。

ホイールローダの運転手は、自らが移動式クラッシャーの作

業を確認しつつ、状況に応じた動作調整が可能なので、掘削ずりの投入作業が容易となる。また、移動式クラッシャー上に監視員を配置する必要が無いため、安全面・環境面での課題解決のみならず、作業における省力化の効果も持つ。

タブレット型 PC では、カメラ映像操作と、移動式クラッシャーにおける「振動フィーダ」「破碎機」「ベルトコンベヤー」の起動停止と速度調整の操作が可能である。非常停止装置を設置しているが、安易な解除（リセット）・再起動を避けるため、解除を行うのは移動式クラッシャー本体での操作を必須とした。本システムはタグチ工業(株)と青山機工(株)の2社が保有する移動式クラッシャーのそれぞれで後付けが可能となっている。



写真2 ホイールローダ運転席状況

▶ 用 途

- ・山岳トンネル工事における連続ベルトコンベヤー工法
- ・移動式クラッシャーを使用した破碎作業

▶ 実 績

- ・一般国道山岳トンネル工事（NATM）での試験施工

▶ 問 合 せ 先

(株)安藤・間 建設本部土木技術統括部機電部

〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20

TEL：03-6234-3674

青山機工(株) 機械部

〒110-0014 東京都台東区北上野 2-18-4

TEL：03-5830-9512

タグチ工業(株) 営業部

〒812-0029 福岡市博多区古門戸町 3-1

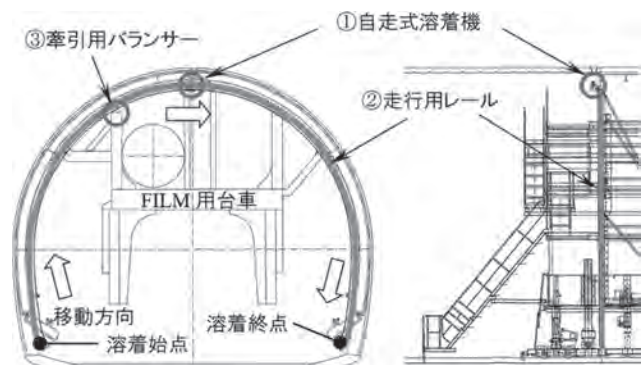
TEL：092-291-8394

新工法紹介

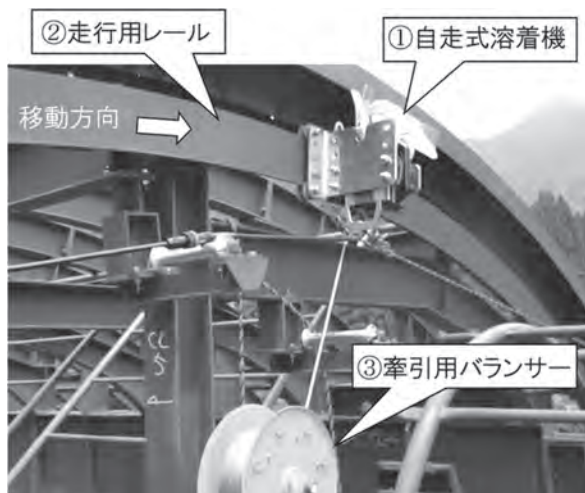
04-427	FILM 用防水シート 自動溶着システム	前田建設工業 岐阜工業 ケー・エフ・シー
--------	-------------------------	----------------------------

▶ 概 要

背面平滑型トンネルライニング工法（FILM）を適用した山岳トンネル工事において、接着する防水シート継目を溶着する必要がある。FILM 用防水シート自動溶着システムは、FILM 用台車、台車に設置した走行用レール、自走式溶着機、牽引用バランスーで構成され（図－1、写真－1）、防水シートを自動溶着することが可能である。トンネル形状に加工された走行レールに沿って溶着機が移動できることから、隣り合う防水シートをトンネル内空形状に沿った適切な重なり具合で溶着することができる。また、溶着機の自動走行は、溶着機ローラー部の動力を利用するとともに、牽引用バランスーにて溶着機を支持することによりスムーズな走行が可能となる（図－2、写真－2）。



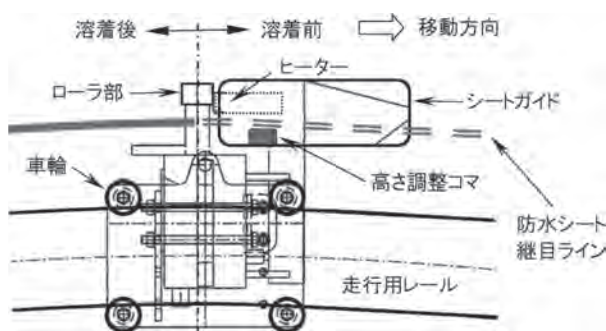
図－1 FILM 用自動溶着システム技術概要図



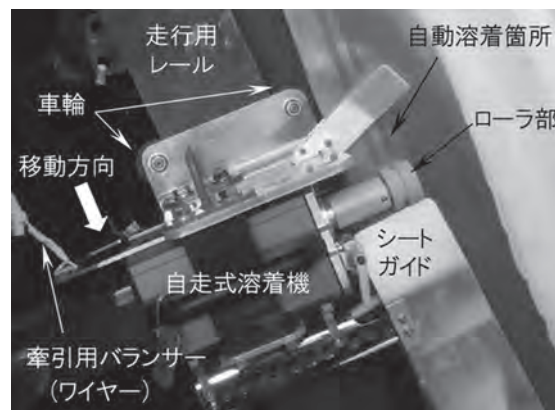
写真－1 システムを構成する設備機器

▶ 特 徴

従来工法では、専用作業台車の上下に配置した3人の作業員が、狭い台車内で1つの溶着機を順次手渡ししながら移動して溶着していた。また、溶着作業は熟練工による技術によりトンネル形状に合わせて行っていた。本技術を導入することにより、半自動の機器を1人で操作する軽微な作業に替えることが可能となる。作業の機械化により、溶着不良の発生リスクを大幅に軽減し、技能取得中の作業員でも高品質かつ安定的に溶着できるため、生産性の向上も期待できる。さらに、狭い空間で複数の作業員を必要とする苦汁作業から解放され、技能労働者不足への対応策として寄与できる。



図－2 自走式溶着機の機能概要側面図



写真－2 防水シートの自動溶着状況

▶ 用 途

・NATM トンネルの工事施工

▶ 実 績

・北海道新幹線、内浦トンネル（静狩）他

▶ 問 合 せ 先

前田建設工業(株) 土木技術部

〒102-0071 東京都千代田区富士見2丁目10番2号

TEL：03-3265-5551 （代表）

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉掘削機械

21-〈02〉-02	タグチ工業 油圧式ワンタッチカプラ ワンキャッチ OC-H OC-122H	'21.2 発売 新機種
------------	--	-----------------

油圧ショベル用アタッチメントの着脱(交換)を容易にするアタッチメント着脱装置である。

一般的なアタッチメントの着脱作業には、作業員あるいは補助作業員による手作業を伴うため、多くの時間と労力が必要となるほか、作業ミスや事故発生の危険性がある。これらの課題を解決するため、着脱装置を油圧ショベルアーム先端部へあらかじめ取付けておくことで、アタッチメントの着脱を容易にかつ安全に行うことができる(写真-1)。

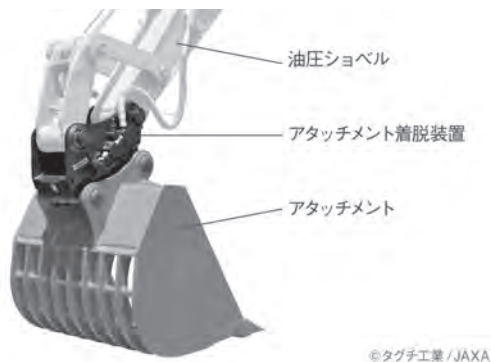


写真-1 タグチ工業 OC-122H ワンキャッチ取付全体

アタッチメント着脱装置には『固定側フック』と『可動側フック』があり、それぞれのフックをアタッチメントに装着された2本の取付ピンを内側から掛け合い、把持する事でアタッチメントの取付けが可能となり、取付ピンからフックを離反させる事でアタッチメントの取外しが可能となる(写真-2)。

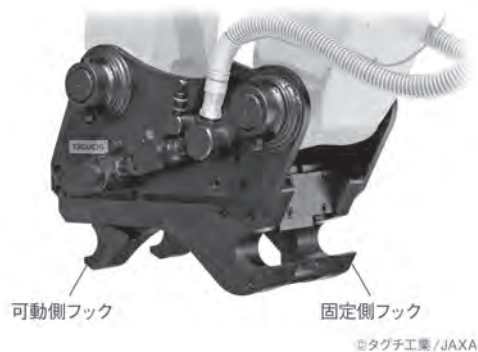


写真-2 タグチ工業 OC-122H ワンキャッチ各部名称

油圧シリンダが内蔵されており、この油圧シリンダが伸縮する事で可動側フックが作動する。作業員は運転席から可動側フックを操作することにより、アタッチメントの着脱を行うことができる。油圧シリンダを作動させるための追加配管は不要であり、既存のアタッチメント用油圧配管を本装置に接続するだけで使用が可能となる。

油圧シリンダを用いる事で危惧される事は、意図しない油圧降下により油圧シリンダの保持力が低下し、可動側フックがアタッチメント取付ピンから離反し、アタッチメントが脱落する危険性があることである。

本装置には、①油圧ホース破損による油圧降下時でも油圧シリンダの保持力が低下しないロック機構、②油圧シリンダの破損による内部リークの場合でも可動側フックが容易に作動しないロック機構、③固定側フックで把持したアタッチメント取付ピンが容易に外れないロック機構、の3つの『トリプルロック機構』が備わっている。これらのロック機構は作業員が直接手で触れて作動させる必要がなく、着脱操作に応じて自動で作動する『オートロック機構』となっている(写真-3)。

これらにより、着脱作業時の作業ミス、事故発生の危険性の減少や、安全性の向上、着脱作業の更なる効率化を図っている。



写真-3 タグチ工業 OC-122H ワンキャッチ 固定側フックロック機構

問合せ先：(株)タグチ工業

〒701-0151 岡山県岡山市北区平野 561 番地の1

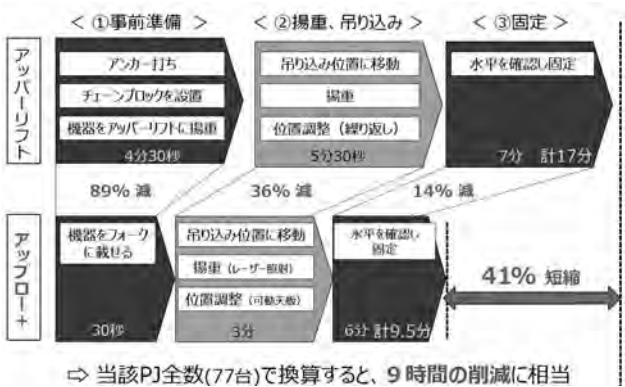
新機種紹介

▶ 〈16〉 高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、横引き工法および新建築生産システム

20-〈16〉-03	カナモト アップロープラス	'20.2 発売 新機種 APL-350-6M

少人数、人手不足の解消と天井高さの高い工場やショッピングセンターでの安全に効率の良い作業が出来るよう開発された機械である。揚程6mを実現するに当たり、マストをフルフリーリフトとし、高さ制限により移動が不可能な場所では、マスト本体にチルト機構を持たせマストを斜めにするることにより、高さ制限がある場所での移動も可能にしている。この機械の最大の特徴は、操作がリモコン式であり、高さ6mまで揚重及び前後左右の移動もスイッチひとつで可能としている。又揚重の際に天井の位置が判るようにレーザーラインも装備している。安全装置として、本体の傾斜角が3度以上になった場合、リフトの上昇が出来ないこと、揚重物を1.5m以上上昇すると走行が停止もしくは、走行不可となるよう安全にも配慮されている。新機能としてフォーク部が±50mm前後左右にスライドする機能を持たせると共に、スライド機能をロックしないと、上昇機構が動かないようにプログラムされている。

又、ほかのリフター系には無い機能で横移動が出来るように前輪が90度回転するようにしていることと、フォーク部分に転がり防止用の輪留めがラチェット式で標準装備されている。従来、高所での位置決めは、難しい作業であったが、レーザーライン及びアップリフトのスライド機能を併用して使うことにより、安全で敏速な作業が可能となっている。



図一1



写真一4 カナモト APL-350-6M アップロープラス

表一1 アップロープラスの主な仕様

最大荷重	350kg
揚げ高	6m
本体重量	860kg
全長	2,398mm
全高	2,675mm
全幅	1,000mm
フォーク長さ	1,200mm
フォーク間隔	1,000～1,500mm
フォーク可動域	500mm

問合せ先：(株)カナモト ニュープロダクツ室
〒105-0012 東京都港区芝大門 1-7-7
TEL：03-5408-5605

主要建設資材価格の動向

1. はじめに

主要建設資材価格の動向について、一般財団法人経済調査会発行の「月刊 積算資料」で発表している2021年7月調査結果を用いて考察した。

表一は、建設資材28資材の直近6カ月の東京地区（大口価格）の価格推移である。14品目で価格が上昇しているが、鋼材、油類、木材、鉄スクラップの高騰が目立つ。

2. 主要建設資材価格の動向

主要建設資材の価格動向（2021年7月調べ、東京地区・大口価格）は以下のとおり。

(1) H形鋼

価格は、200×100でt当たり9万5,000円と前月比5,000円の続伸。メーカーによる度重なる値上げに対し流通側が危機感を募らせたことで、2カ月連続の大幅な上伸となった。

表一 主要建設資材価格推移（東京地区・大口価格）

円（消費税抜き）

資材名	規格	単位	2月調べ	3月調べ	4月調べ	5月調べ	6月調べ	7月調べ	変動額 (7月価格-2月価格)
灯油	スタンド 18ℓ缶	缶	1,422	1,458	1,476	1,476	1,476	1,494	72 円高 (5.1%)
A 重油	(一般) ローリー	kL	56,000	63,000	64,000	65,000	68,000	72,500	16,500 円高 (29.5%)
ガソリン (石油諸税込)	レギュラー スタンド	L	125	129	134	134	136	138	13 円高 (10.4%)
軽油 (石油諸税込)	ローリー	kL	89,000	96,000	97,000	98,000	101,000	105,500	16,500 円高 (18.5%)
異形棒鋼	SD295・D16	kg	78	78	78	79	85	88	10 円高 (12.8%)
H 形鋼 (細幅)	200×100×5.5×8 mm (SS400)	kg	83	83	83	83	90	95	12 円高 (14.5%)
H 形鋼 (広幅)	300×300×10×15 mm (SS400)	kg	83	83	83	83	90	95	12 円高 (14.5%)
普通鋼板 (厚板)	無規格 16~25 mm 3×6 フィート	kg	86	86	86	90	95	100	14 円高 (16.3%)
セメント	普通ポルトランド バラ	t	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	10,800	
コンクリート用碎石	20~5 mm (東京17区)	m ³	4,650	4,650	4,650	4,650	4,650	4,650	
コンクリート用砂	細目洗い (東京17区)	m ³	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	
クラッシャラン	40~0 mm (東京17区)	m ³	4,650	4,650	4,650	4,650	4,650	4,650	
再生クラッシャラン	40~0 mm (東京17区)	m ³	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200	
生コンクリート	強度 21 スランプ 18 cm 20(25) mm (東京17区)	m ³	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	14,700	
アスファルト混合物	密粒度 13 mm (東京都区内)	t	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	9,200	
再生加熱アスファルト 混合物	再生密粒度 13 mm (東京都区内)	t	8,200	8,200	8,200	8,200	8,200	8,200	
ストレートアスファルト	針入度 60~80 ローリー	t	67,000	73,000	73,000	73,000	84,000	84,000	17,000 円高 (25.4%)
PHC パイル A 種	350×60 mm×10 m	本	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	
ヒューム管	外圧管 B 形 1 種 呼び径 300 mm	本	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	10,500	
鉄筋コンクリート U 形	300B 300×300×600 mm	個	1,580	1,580	1,580	1,580	1,580	1,580	
コンクリート積みブロック	滑面 250×400×350 mm	個	640	640	640	640	640	640	
正角材 杉 (KD)	3.0 m×10.5×10.5 cm 特 1 等	m ³	60,000	60,000	60,000	62,000	65,000	75,000	15,000 円高 (25.0%)
平角材 米松 (KD)	4.0 m×10.5(12)×15 ~ 24 cm 特 1 等	m ³	63,000	65,000	65,000	75,000	78,000	88,000	25,000 円高 (39.7%)
コンクリート型枠用合板	無塗装品 ラワン 12×900×1,800 mm	枚	1,220	1,240	1,270	1,310	1,370	1,420	200 円高 (16.4%)
電線・ケーブル	CV 600 V 3 心 38 mm ²	m	1,207	1,280	1,352	1,352	1,425	1,484	277 円高 (22.9%)
鉄スクラップ	ヘビー H2	t	23,000	33,000	30,500	32,500	38,000	39,000	16,000 円高 (69.6%)
ガス管	白管ねじなし 25 A	本	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	1,840	
塩ビ管	一般管 VP 50 mm	本	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230	1,230	

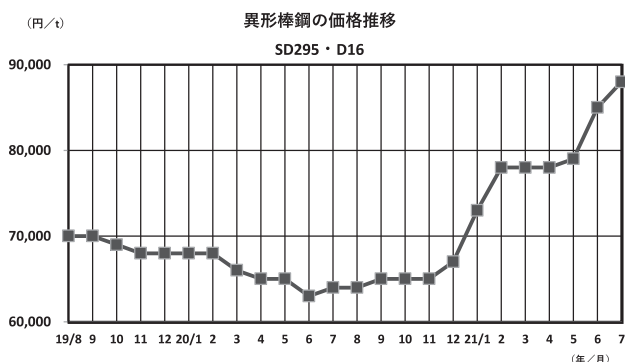
出典：(一財) 経済調査会『月刊 積算資料』

(注) 毎月 10 日までに得られた調査結果

統計

需要が徐々に回復の兆しをみせる中、需要者側は積極的に材料手配を進めており、市中在庫も減少傾向に転じている。このような中、製販側は、値上げ未達分の浸透に向け強気の販売姿勢を継続する構え。先行き、強含みで推移する公算が大きい。

(2) 異形棒鋼



価格は、SD295・D16で前月比3,000円高のt当たり8万8,000円どころと3カ月続伸した。主原料の鉄スクラップ価格の高騰を受け、製販側が強硬な販売姿勢に徹したことで、交渉は売り手主導で展開し、2008年以来的高値水準となった。

RC造などの中小物件の低迷が続く中、棒鋼相場の騰勢を背景とした駆け込み需要が一服。今後の荷動き回復への期待感は後退している。

足元では原料価格が高止まりしており、メーカー側の値上げに対する積極的な販売姿勢に変化はみられない。一方、需要者側は度重なる値上げに反発を強めており、急騰した相場の勢いは鈍化する中でも、じり高で推移するとの見方が大勢。先行き、強含みで推移する公算が大きい。

(3) セメント

セメント協会まとめによる5月の東京地区セメント販売量は14.1%増の19万7,478tと2カ月連続で前年同月比2桁増となった。前年のコロナ禍の影響による落ち込みに対する反動増に加えて、生コン向けの出荷が堅調であったことが要因。今後、都市再開発事業向けの引き合いが需要をけん引するとの見方が強い。

価格は、普通ポルトランド・バラでt当たり1万800円どころと前月比変わらず。販売側は過年度の値上げ未達分獲得に向け、価格交渉を継続している。しかし、主たる需要者側である生コンメーカーは、骨材の調達コスト増などにより収益が悪化しているとして、再値上げの受け入れには慎重な構えをみせている。先行き、横ばい推移の見通し。

(4) 生コンクリート

東京地区生コン協組調べによる6月の出荷量は、前年同月比17.5%増の23万3,327m³と3カ月連続で2桁増となった。出荷が伸長したのは、昨年、コロナ禍による工事の中止や延期の影響を受

けて落ち込んだ反動増に加え、複数の再開発事業が動き出したことが要因。当面は、これらの出荷が需要をけん引するとみられる。

価格は、21-18-20でm³当たり1万4,700円どころと前月比変わらず。同協組が昨春に打ち出した値上げ未達分の獲得に注力する中、流通側でも口銭が圧縮されている状況もあり、売り腰を引き締めている。しかし、すでに値上げの一部を受け入れている需要者側は、もう一段の引き上げに対して強い抵抗を示しており、交渉の進展には時間を要する見通し。先行き、横ばい推移の見通し。

(5) アスファルト混合物

5月の都内向けアスファルト混合物の製造数量は10万9,892tと前年同月比17.1%減（東京アスファルト材協会調べ）。目立った大型物件が少ないことに加え、民需が減少したことが起因となり大幅減となった。今後も需要回復の見込みは薄く、出荷量は低調に推移する見通し。

価格は、再生密粒度(13)でt当たり8,200円と前月比変わらず。主原料のストアス価格が上昇する中、販売側は出荷減による固定費比率の上昇を理由に価格引き上げの機会をうかがっているものの、需給緩和の状況において需要者側の反応は冷ややかで、価格交渉に進展はみられない。先行き、横ばい推移の見通し。

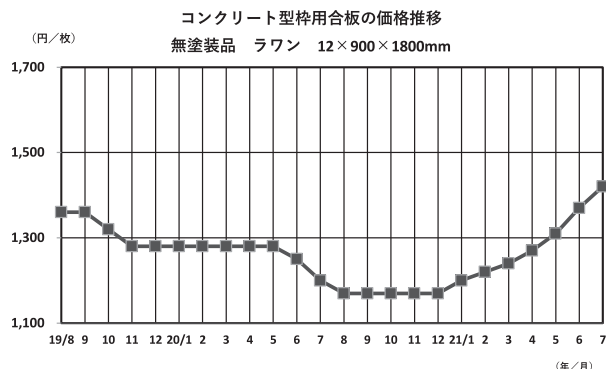
(6) 道路用砕石

需要は、新年度に入り一部河川工事向けがみられるものの、総じて工事物件が少なく低調に推移している。一方、コンクリート廃材の発生量は旺盛で、メーカー各社は在庫を豊富に抱えている状況。東京オリンピック・パラリンピック開催期間中は都心部の解体工事が減少しコンクリート塊の発生が減少することが見られるものの、当面は荷余りの状態が続く見込み。

価格は、再生クラッシャーラン40～0mmでm³当たり1,200円どころと前月比変わらず。販売側は、車両の確保などのコスト増を背景に値上げの意向を示しているものの、在庫が豊富な状況では、売り腰を強めるまでには至っていない。先行き、横ばい推移の見通し。

(7) コンクリート型枠用合板

産地マレーシア全土における完全ロックダウンの発令により移動が制限される中、原木の出材は停滞。工場労働者の出社抑制もあり

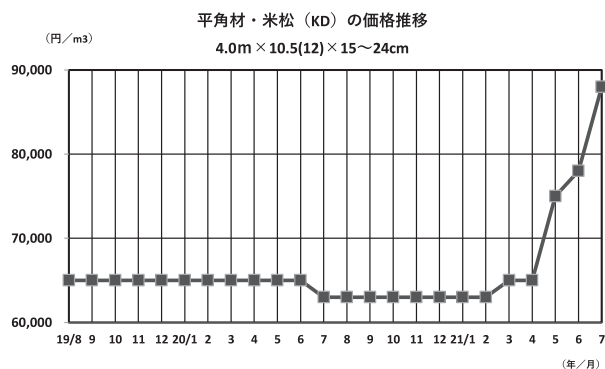


生産量が減少するなど出荷の遅れが生じている。また、中国やアメリカの需要増で原木不足に拍車が掛かり、産地価格は日ごとに上伸している。

こうした中、国内では市中の品薄感が解消されず、売り手優位の状況が継続。流通各社は高値仕入れ分の採算を確保すべく、販売価格を引き上げている。価格は、無塗装品ラワン 12×900×1,800 mm で枚当たり 1,420 円と前月比 50 円の続伸。

販売側は、上昇する仕入れコストに国内相場が追いついていないとして、さらに売り腰を強め価格の引き上げを目指す構え。先行き、強含みで推移する公算が大きい。

(8) 木材



世界的なコンテナ不足や米国の旺盛な住宅需要の影響から輸入材の入荷量は依然として低水準で推移しており、木材の品不足は深刻化している。

米材は、日本国内の米松製材最大手が産地価格や船運賃の高騰を理由に、6月に4回目の値上げを実施。価格は、平角材・米松 (KD) 4.0 m×10.5 (12) ×15 ~ 24 cm 特1級で m³ 当たり 8 万 8,000 円と前月比 1 万円の続伸。

国産材は輸入材の代替として注文が殺到しており、価格は正角材・杉 (KD) 3.0 m×10.5×10.5 cm 特1級で m³ 当たり 7 万 5,000 円と前月比 1 万円の続伸。

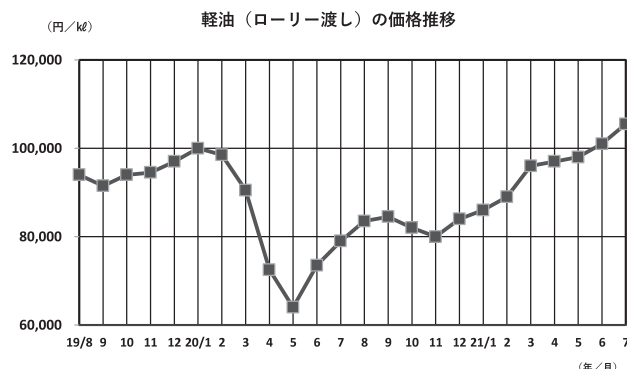
現状、輸入材の入荷量が回復する兆しは乏しく、加えて国産材の生産能力には限りがあることから、需給のひっ迫は当面続くもよう。先行き、国産材・米材とも強含みで推移する公算が大きい。

(9) 軽油

価格は、kL 当たり 10 万 5,500 円どころと前月比 4,500 円の続伸。元売卸価格が続伸したことを受け、流通業者側が価格転嫁を進めた。OPEC プラスの会合中止の影響で、原油相場の先高観はやや後退したことから、流通業者は現行価格水準を維持すべく採算重視の姿勢を継続する構えを示している。目先、横ばい推移の見通し。

(10) ガソリン (スタンド渡し)

価格は、レギュラーで ℓ 当たり 138 円 (消費税抜き) どころと前



月比 2 円続伸。元売卸価格の騰勢が続く中、販売業者は価格転嫁すべく売り腰を強めたことから市況が上伸した。しかし、長引くコロナ禍による需要低迷の影響から、仕入れコストの上昇分を転嫁しづらい状況が続いている。先行き、横ばい推移の見通し。

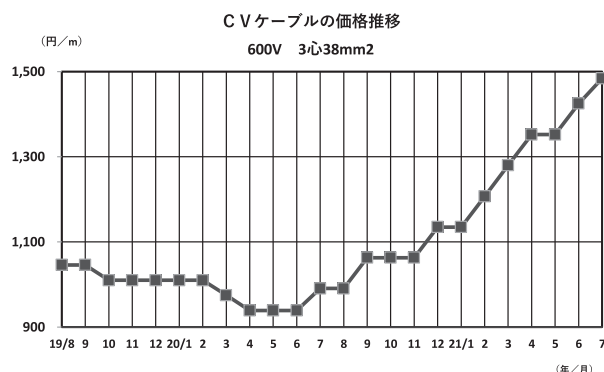
(11) ガス管

価格は、白管ねじなし 25 A で本当たり 1,840 円と前月比変わらず。先行き需要の不透明感から、荷動き、引き合いとも盛り上がり欠いている。高炉メーカーの追加値上げにより 7 月以降に高値玉が入庫することから、流通側は売り腰を強める構え。一方、需要者は慎重な姿勢を崩しておらず、先行き、横ばい推移の見通し。

(12) 塩ビ管

価格は、一般管 VP50 mm で本当たり 1,230 円と前月比変わらず。足元の荷動きは依然として鈍く、先行きの需要も不透明との声が大勢を占めている。メーカーが打ち出した値上げを受け、販売側は売り腰を強めているが、需要者側の購買姿勢は厳しいことから値上げ交渉は難航している。先行き、横ばい推移の見通し。

(13) 電線・ケーブル



日本電線工業会の電線受注出荷速報によると、建設・電販向けの 5 月推定出荷量は約 2 万 2,400 t と前年同月比約 3.3% の増加。16 カ月ぶりに前年実績を上回ったものの、前年実績が緊急事態宣言延長の影響を受けているため、需要回復の兆しはみられない。

統計

一方、7月初旬の国内電気銅建値はt当たり110万円と前月初旬比4万円下落。銅価の上昇基調は一服したものの、流通問屋は高値で仕入れた在庫を抱えており、未転嫁分を解消すべく売り腰を強めている。また、安値在庫が一掃されたことから、需要者側の値上げ受け入れが進み、CVケーブルの価格は、600V3心38mm²でm当たり1,484円と前月比4.1%の上伸となった。

今後も流通側は、採算確保を前提に慎重な姿勢で工事業者と価格交渉を進めるもよう。先行き、横ばい推移の見通し。

※各資材の価格推移グラフの出典は、『月刊 積算資料』。

3. おわりに

図一1は、建設工事で使用される資材について、その価格変動を捉えることを目的とした「建設資材価格指数（全国主要10都市）」である。建設資材需要原単位の対象資材を勘案し、建築資材25品目と土木資材24品目を選択している（表一2参照）。

建設資材価格指数は、2020年に入り下落に転じているが、鋼材や木材の価格上昇を受け、2021年は建築・土木とも大きく上昇している。

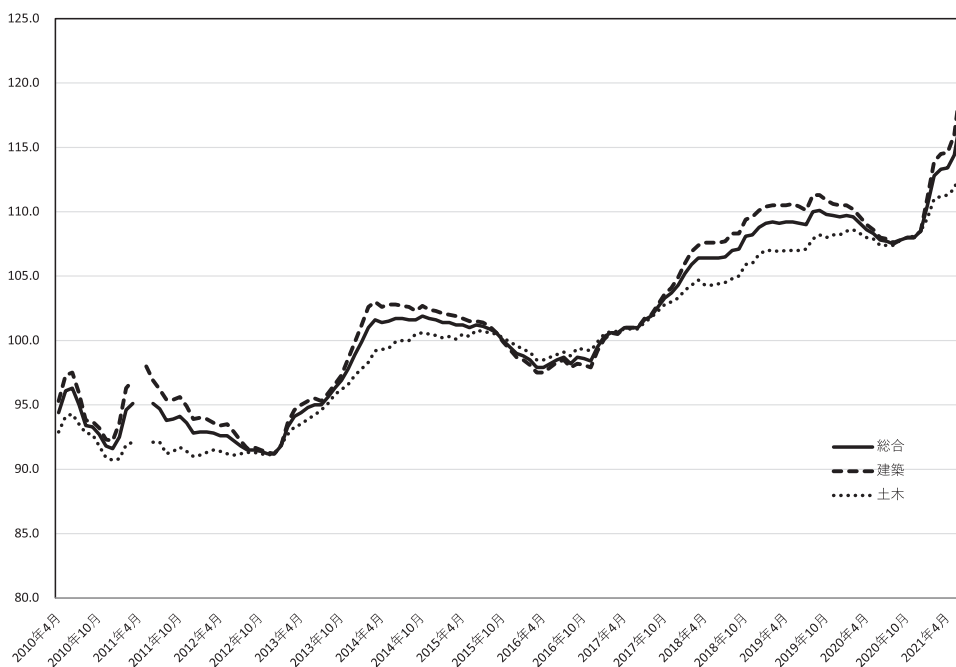
世界的な鋼材需要の増加で原料の鉄スクラップや鉄鉱石価格は高値圏で推移、鋼材価格はじり高の様相を呈している。また、産地の生産量が減少している型枠用合板や、アメリカの旺盛な木材需要とコンテナ不足によるウッドショックが深刻化している木材も価格が高騰している。新型コロナウイルスのワクチン接種が先行する欧米

などの経済活動回復にともなう原料高に対して各資材の流通価格は敏感に反応しており、先行きも建設資材価格の上昇基調は続く公算が大きい。

（文責：坂下）

表一2 建設資材価格指数の対象資材

①建築資材品目		②土木資材品目	
資 材	品 目	資 材	品 目
01.セメント	1 セメント	01.セメント	1 セメント
02.生コンクリート	2 生コンクリート	02.生コンクリート	2 生コンクリート
03.コンクリート二次製品	3 コンクリート管類 4 コンクリートボール・パイル 5 コンクリート縁石・側溝 6 建築用空洞ブロック 7 インターロック型ブロック	03.コンクリート二次製品	3 コンクリート管類 4 コンクリートボール・パイル 5 道路用等コンクリート製品 6 土木コンクリートブロック 7 インターロック型ブロック 8 その他のコンクリート二次製品
04.骨材	8 砂 9 砕石	04.骨材	9 砂 10 砕石
05.瀝青材	10 防水工用アスファルト	05.瀝青材	11 ストレートアスファルト
06.再生アスファルト混合物	11 再生アスファルト混合物	06 再生アスファルト混合物	12 再生アスファルト混合物
07.普通鋼鋼材	12 H形鋼 13 その他形鋼(除くH形鋼) 14 鋼矢板 15 棒鋼 16 構造用鋼管(含むコラム)	07.普通鋼鋼材	13 H形鋼 14 その他形鋼(除くH形鋼) 15 鋼矢板 16 棒鋼 17 厚中板 18 鋼管杭・鋼管矢板 19 構造用鋼管(含むコラム) 20 その他鋼材
08.仮設材	17 仮設材(H形鋼) 18 仮設材(鋼矢板) 19 仮設材(その他)	08.仮設材	21 仮設材(H形鋼) 22 仮設材(鋼矢板) 23 仮設材(その他)
09.その他鋼材	20 その他鋼材 21 特殊鋼鋼材	09.特殊鋼鋼材	24 特殊鋼鋼材
10.木材	22 製材(木造のみ) 23 合板(厚6mm未満) 24 合板(厚6mm以上) 25 損料対象材(合板)		



（一財）経済調査会「建築・土木総合指数」より作成。2015年度平均＝100とした指数。

東日本大震災の影響により2011年4～5月データの一部に欠損が発生したため全国のグラフも欠損データとなっている。

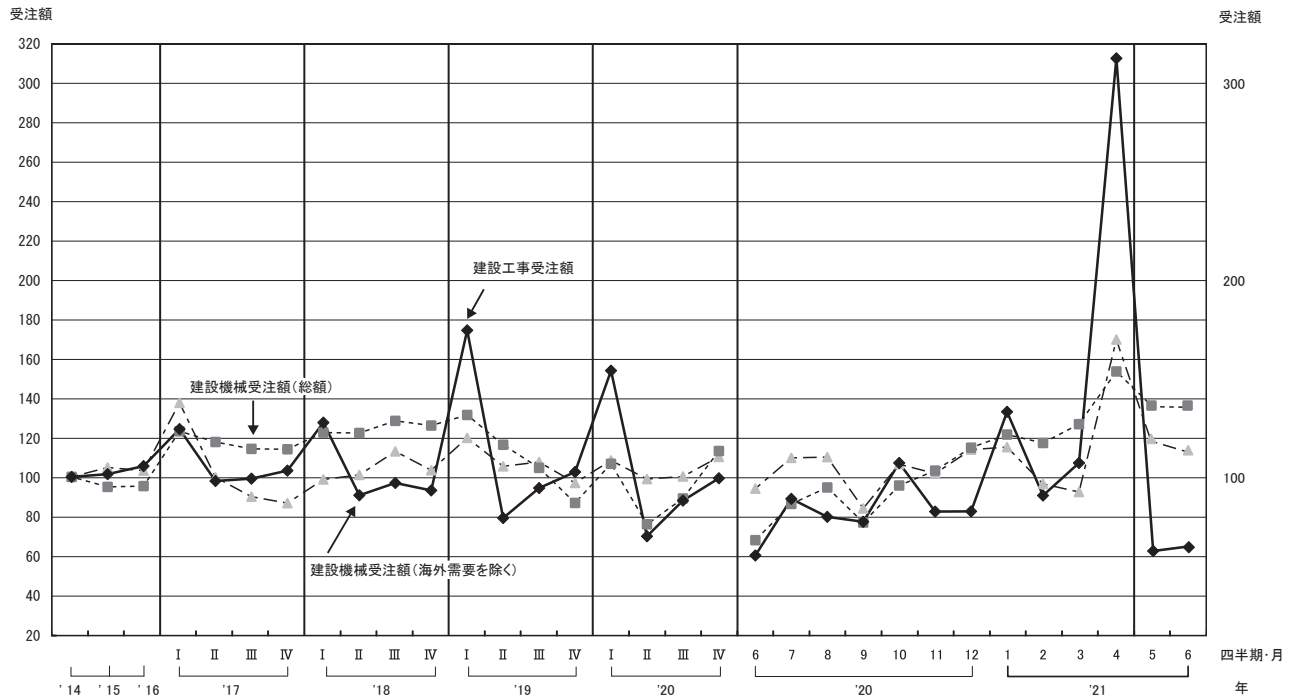
詳細は、（一財）経済調査会HP参照（https://www.zai-keicho.or.jp/price_relative/）。

図一1 建設資材価格指数（全国主要10都市）

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 2013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 2013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							
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
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	14,287
2020 年 5 月	6,956	4,877	1,404	3,473	1,641	352	85	4,675	2,281	174,405	9,289
6 月	10,306	6,725	1,114	5,612	2,971	453	157	5,651	4,655	172,281	12,579
7 月	9,241	5,870	1,622	4,248	2,674	449	248	5,703	3,538	172,468	9,311
8 月	8,945	6,618	1,032	5,586	1,878	382	66	5,914	3,031	171,851	10,264
9 月	12,429	8,684	2,148	6,536	3,235	416	95	8,327	4,102	171,010	13,923
10 月	9,550	6,408	1,298	5,109	2,756	395	- 872	6,500	3,050	171,551	8,961
11 月	9,564	6,486	1,782	4,704	1,895	418	764	6,111	3,452	170,235	10,572
12 月	15,466	10,468	2,390	8,078	4,191	526	281	10,863	4,603	171,740	14,287
1 月	10,502	6,174	1,004	5,171	3,886	337	105	5,667	4,835	173,721	8,776
2 月	12,435	8,190	1,257	6,932	3,293	431	521	7,719	4,716	174,626	10,895
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	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	20 年	20 年 5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	21 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
総 額	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	1,035	1,318	1,446	1,173	1,462	1,577	1,756	1,859	1,793	1,940	2,351	2,089	2,080
海 外 需 要	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	534	733	859	726	894	1,035	1,149	1,245	1,279	1,448	1,444	1,450	1,477
海外需要を除く	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	501	585	587	447	568	542	607	614	514	492	907	639	603

(注) 2014～2016年は年平均で、2016～2019年は四半期ごとの平均値で図示した。

2020年5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

(2021年6月1日～30日)

機械部会



■基礎工事用機械技術委員会

月 日：6月9日（水）（会議室，web 併行開催）

出席者：梶沢淳一委員長ほか16名

議 題：①(株)ワイピーエムの技術プレゼン：会社紹介と各種技術紹介（ICT 地盤改良施工，他）②日本建設機械要覧（2022）編集作業について ③見学会について

■除雪機械技術委員会・ロータリ分科会

月 日：6月14日（月）

出席者：久末忍リーダーほか8名（web 会議で開催）

議 題：ロータリ除雪車 安全装置について討議：各社の進捗状況の報告，国交省報告を含む今後のスケジュール，6/22（火）除雪機械技術委員会への報告内容の確認，すり合せ

■コンクリート機械技術委員会

月 日：6月15日（火）（会議室，web 並行開催）

出席者：木下洋一委員長ほか12名

議 題：①前回の議事録確認 ②技術発表：(株)北川鉄工所「コンクリートプラントの排水処理設備について」③今年度の活動計画についての討議 ④日本建設機械便覧2022年版の編集作業について

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：6月16日（水）（会議室，web 併行開催）

出席者：丸山修委員長ほか10名

議 題：①小断面トンネル工事における機械，設備調査について：保有機械，設備調査結果まとめの確認 ②令和3年度技術講演会について ③見学会について ④幹事以外の委員の活動参加に関する討議 ⑤日本建設機械要覧（2022）編集作業について

■除雪機械技術委員会

月 日：6月22日（火）（会議室，web 併行開催）

出席者：坂井幸尚委員長ほか17名

議 題：①新委員の紹介とご挨拶 ②国交省から：除雪に関する状況報告等 ③ロータリ除雪車安全装置進捗状況報告 ④自動化，情報化対応関連について：ダイナミックマップ基盤(株)との除

雪用の地物について意見交換の報告

⑤ホームページ改訂の報告 ⑥R3年度工場見学会の開催要否について ⑦除雪機械の勉強会（除雪ドーザ）

■ショベル技術委員会

月 日：6月24日（木）（web 会議で開催）

出席者：西田利明委員長ほか11名

議 題：①小型ショベルクラス（ミニショベル）の次期燃費基準の件：アンケート結果報告，今後の活動について ②ショベル最新情報の共有：日立建機：ICT 油圧 ショベル ZX200X-7，ZX330X-7 の紹介，コマツ：リチウムイオンバッテリー搭載のフル電動・オペレーター非搭乗式ミニショベルの紹介 ③日本建設機械要覧（2022）の編集作業について ④建設機械の構造規格銘板に関する討議

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 5（施工現場データ交換）ISO/TS 15143-4（施工現場地形データ）作業結果特設チーム会合

月 日：6月1日（火）

出席者：海外から7名，日本からは正田明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コマツ）ほか1名（Web 参加）

月 日：6月15日（火）

出席者：海外から5名，日本からは正田明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コマツ）ほか1名（Web 参加）

月 日：6月22日（火）

出席者：海外から8名，日本からは正田明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コマツ）ほか1名（Web 参加）

場 所：Web 上（MS Teams）

議 題：作業結果データに関する規定内容の検討及び案文への盛り込みなど

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5（施工現場データ交換）ISO/TS 15143-4（施工現場地形データ）案文集約特設会合

月 日：6月2日（水）

出席者：海外から4名，日本からは山本茂 コンビナー（コマツ）ほか3名（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO ZOOM）

議 題：ISO/TS 15143-4（施工現場地形データ）案文集約

■ISO/TC195/SC1/WG 4トラックミキサー - 安全要求 専門家会合

月 日：6月2日（水）

出席者：清水弘之（KYB 株）コンビナーほか8名（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：日本提案 SC 1/WG 4 NP 19711-2 トラックミキサー - 安全要求 投票結

果対応協議

■ISO/TC 127/WG 17（ISO 5757 再生可能エネルギー貯蔵システム RESS）WG 会議

月 日：6月3日（木）

出席者：海外から14名，日本からは正田明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コマツ）ほか5名（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO ZOOM）

議 題：RESS の範囲を二次電池及び他の蓄圧器その他を含めるかなどの概略論議

■ISO/TC 127/SG 1（路外作業機械業務調整）グループ会議

月 日：6月7日（月）深夜

出席者：海外から13名，日本からは正田明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コマツ）ほか2名（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO ZOOM）

議 題：①各 ISO 専門委員会の標準化状況報告 ②路外作業機械の自動化に関する AEM の白書報告 ③路外作業機械における共通利害のある標準化案件の認識 ④前回会合での共通利害案件とした事案のその後の検討

■ISO/TC 127/SC 2/WG 12（ISO/TR 25398 土工機械 - 搭乗式機械の全身振動暴露の事前評価指針 - 研究機関，団体及び製造業者の国際整合測定データ）国際 WG 会議

月 日：6月8日（火）深夜

出席者：海外から8名，日本からは小塚大介委員（コマツ）ほか1名（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO ZOOM）

議 題：現行版制定時の参照データを，出所を秘匿しつつ，かつ，一般的に利用可能な MS/EXCEL 様式とし，データ入力書式を今後整備して出所秘匿しつつデータ収集する件，また，日程遅延のため，一旦取り下げて再提案する件など

■ISO/TC 214/WG 1「高所作業車」国際 WG 会議

月 日：6月9日（水）夜

出席者：海外から約18名，日本からは事務局1名（Web 参加）

月 日：6月17日（木）夜

出席者：海外から約21名，日本からは事務局1名（Web 参加）

月 日：6月22日（火）夜

出席者：海外から16名，日本からは事務局1名（但し後半だけ）（Web 参加）

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：ISO/PWI 16368（高所作業車 - 設計，計算，安全要求事項及び試験方法）改正案検討

■ ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎 工用機械 - 用語及び定義 国際バーチャ ル WG 会議

月 日：6月11日（金）夜

出席者：山本卓也（㈱技研製作所）委員
ほか10名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① WD 11886 コメント審議（続
き） ② NP 21467 HDD より引用した
案文の検討 ③ 今後の Web 会議日程
（9月8日，9月15日）

■ ISO/TC 195/SC 1（コンクリート機械） 委員会

月 日：6月15日（火）

出席者：川上晃一（日工㈱）委員長ほか
15名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① SC 1/WG 4 NP 19711-2 ト
ラックミキサー - 安全要求 対応協議
② SC 1/WG 9 NP 6085 セルフロー
ディングモバイルコンクリートミキ
サー 投票結果 ③ SC 1/WG 7 FDIS
18650-1 コンクリートミキサー FDIS
投票結果 ④ SC 1/WG 8 PWI 5342
コンクリート機械 - 施工現場情報交換
進捗確認 ⑤ 2021 年 TC 195 国際会
議 対応協議

■ ISO/TC 195/SC 2/WG 2 道路作業機械 及び関連装置 - 路面清掃車 国際バーチャ ル WG 会議

月 日：6月15日（火）夜

出席者：和田悟志（豊和工業㈱）委員ほ
か13名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/AWI 24147 路面清掃車
- 用語及び商業仕様 コメント審議
② 今後の Web 会議日程（10月4日）

■ ISO/TC 82/SC 8/JWG 3（ISO/PWI 3502 高度自動・自律運転の参照枠組み 及び構成）国際 WG 会議

月 日：6月15日（火）夜，16日（水）夜

出席者：海外から14名，日本からは岡ゆ
かり委員（コマツ）ほか3名（Web参加）

場 所：Web上（MS Teams）

議 題：規格案の適用範囲及び概要に関
する検討

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5（施工現場デー タ交換）国際 WG 会議

月 日：6月16日（水），18日（金）

出席者：海外から24名，日本からは山
本茂コンビナー（コマツ）ほか8名
（Web参加）

場 所：Web上（ISO ZOOM）

議 題：ISO/TS 15143-4（施工現場地
形データ）案文検討，その際の外部文
書の参照などについても検討

■ ISO/TC 127/CAG 議長諮問グループ会議

月 日：6月22日（火）夜

出席者：海外から数名，日本からは正田
明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コ
マツ）ほか2名（Web参加）

場 所：Web上（ISO ZOOM）

議 題：2021 年の ISO/TC 127 親委員会
及び各分科委員会総会の日程など検討

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28「ISO 21815 衝突警報及び回避」国際 WG 会議

月 日：6月21日（月）夜，24日（木）
夜，30日（水）夜

出席者：海外から15名，日本からは岡
ゆかりコンビナーほか6名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：ISO/WD 21815-3「土工機械 -
衝突警報及び回避 - 第3部：一般的リ
スク範囲及び程度」案文検討

■ JIS 原案作成委員会（分科会）

月 日：6月24日（木）

出席者：大本康隆（コベルコ建機㈱）委
員ほか7名（Web参加）

場 所：Web上（Zoom）

議 題：① JIS 原案6件の進捗報告
② JIS A 8321 原案に関する協議
③ 今後の予定（JIS A 8339, JIS A
8340-1 分科会）

■ ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネ ルギー使用試験方法 国内有志会合

月 日：6月29日（火）

出席者：正田明平（コマツ）プロジェク
トリーダーほか11名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① WG コンサルテーション意
図説明・国内専門家への依頼事項
② ISO 23274-1, -2（ハイブリッド乗用
車燃費計測規格）に関する説明 ③ そ
の他 慣らし運転・暖機運転に関する
提案 ④ 今後の Web 会議日程（7月
13日，15日）

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5（施工現場デー タ交換）ISO/TS 15143-4（施工現場地 形データ）各特設チーム調整会合

月 日：6月29日（火）

出席者：海外から5名，日本からは青木
充広委員（コマツ）ほか1名（Web参加）

場 所：Web上（MS Teams）

議 題：施工データなどに関する規定内
容の検討など

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16（ISO 23870 土工機械 - セキュアな高速移動体通信の 通則）

月 日：6月29日（火）夜

出席者：海外から5名，日本からは正田
明平 ISO/TC 127/SC 3 国際議長（コ
マツ）ほか1名（Web参加）

場 所：Web上（ISO ZOOM）

議 題：AEF（AEF）との連携関係設
立の件

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 22（ISO 17757 土工機械 - 自律式及び準自律式機械シス テムの安全）

月 日：6月30日（水）

出席者：海外から15名，日本からは岡ゆ
かり委員（コマツ）ほか5名（Web参加）

場 所：Web上（ISO ZOOM）

議 題：ISO 17757 の更なる改善のた
め，小規模現場への適用，機能安全，
自動化の進歩，機械間などの通信，ド
ローン使用との関連などについて論議

■ ISO/TC 195/AG 1 諮問グループ 国際 バーチャル WG 会議

月 日：6月30日（水）夜

出席者：川上晃一（日工㈱）委員長ほか
7名（Web参加）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① 2021 年 TC 195 国際会議 パー
チャル開催・日程調整 ② 2022 年 TC
195 国際会議 開催時期・方法検討

建設業部会

■ 建設業 ICT 安全 WG（JCMA+ 日建連代 表者）打合せ

月 日：6月9日（水）

出席者：副島幸也主査ほか5名（内
WEB参加2名）

議 題：① JCMA アンケート対応
② 日建連との協同対応 ③ その他

■ クレーン安全情報 WG

月 日：6月9日（水）

出席者：久松栄一主査ほか5名（内
WEB参加2名）

議 題：① JCMA について ② 災害事
例報告 ③ その他（2022 年版建設機
械要覧執筆の案内）

■ 機電交流企画 WG

月 日：6月18日（金）

出席者：本多茂主査ほか10名（内 WEB
参加6名）

議 題：① 2021 年度オリンピックセン
ターの中止報告 ② DeepX, フジタ
『油圧ショベル自動化 AI プロジェク
ト』講演依頼途中報告 ③ WEB 講演
会開催について・各社アンケート意見・
奥村組「千代田幹線工事」WEB 視察
の実績報告 ④ その他

■ 建設業 ICT 安全 WG

月 日：6月22日（火）

出席者：岩下正剛主査ほか9名（内
WEB参加4名）

議 題：① 報告事項：日建連との連携

(協同)について ②アンケート結果について(アンケート1の分析:熊谷組 小林委員より報告・意見交換, アンケート2の分析:奥村組 松本委員より報告・意見交換) ③アンケートの活用方針について(i-Construction 推進本部, 日建連, WGのアウトプットとしての活用)

■三役会

月 日:6月22日(火)

出席者:鈴木博士部会長ほか3名

議 題:①WG報告:6/9クレーン安全情報WG・6/18機電交流企画WG, 6/22ICT安全WG(5/26ICT安全WG事前打合せ含) ②映画会情報 ③その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月 日:6月8日(火)

出席者:中村誠一郎分科会長ほか12名(内WEB参加4名)

議 題:①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

■レンタル業部会

月 日:6月10日(木)

出席者:平清二郎部会長ほか16名(内WEB参加3名)

議 題:①部会長挨拶 ②コンプライアンス分科会活動状況報告 ③R3年度現場見学会について ④各社の取組事項, 部会員共通の問題, 課題について ⑤その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日:6月2日(水)

出席者:中野正則委員長ほか28名

議 題:①令和3年9月号(第859号)計画の審議・検討 ②令和3年10月号(第860号)素案の審議・検討 ③令和3年11月号(第861号)編集方針の審議・検討 ④令和3年6月号～令和3年8月号(第856～858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 WEB 開催

月 日:6月16日(水)

出席者:金井孝行委員ほか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回施工技術検定委員会

月 日:6月14日(月)

場 所:北海道建設会館 中会議室

出席者:伊藤正樹技術部会副部会長ほか23名

議 題:建設機械施工管理技術検定(第一次検定)の実施要領と監督要領の打合せ

■建設機械施工管理技術検定(第一次検定等)

月 日:6月20日(日)

場 所:北広島市(星槎道都大学)

受検者:1級(一次検定)266名, (二次検定(筆記))257名, 2級(一次検定)658名(延807名), (二次検定(筆記))647名

東北支部



■EE東北'21

月 日:6月2日(水)～3日(木)

場 所:仙台市 夢メッセみやぎ

来場者:9,900人

WEB会場来場者:6,600人

内 容:出展技術数:319社, 934技術, 新技術プレゼンテーション:38題, 第30回開催記念プログラム ①基調講演:国土交通省 山田邦博技監 ②特別講演:東京大学 全邦釘(チェン・パンジョ) 特任准教授 ③i-Construction 体験広場:12社出展 ④インフラ点検・長寿命化技術デモンストラーション:4社出展 ⑤パネル展

■ICT 施工に関する意見交換会

月 日:6月9日(水)

場 所:太陽生命仙台北町ビル6階会議室

出席者:東北地方整備局:安部剛技術管理課長ほか1名, JCMA 東北支部:鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか7名

議 題:①簡易チャレンジ型 ICT の理解推進・浸透 ②ICT 建機に特化した新たなチャレンジ型の取組提案 ③簡易チャレンジ型 ICT アドバイザーの増員 ④東北管内における ICT 建機の普及状況 ⑤ICT 建機の積極的な活用のアイデア出し ⑥その他

■令和3年度 i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

内 容:①令和3年度の ICT 活用工事 東北地方整備局の取組み ②令和3年度の ICT 活用工事 県の取組み ③ICT 活用工事の実践:その1 3次元計測の特徴, その2 ICT 建設機械施工, その3 施工計画の立案, その4 ソフトウェアの有効活用

主 催:東北地方整備局, 青森県・秋田県・岩手県・山形県・宮城県・福島県, 東北建設業協会連合会, JCMA 東北支部

講 師:①東北地方整備局 ②各県担当者 ③JCMA 東北支部 情報化施工技術委員会メンバー

①青森会場

月 日:6月15日(火)

場 所:青森市 青森県観光物産館アスパム

受講者:50名

②秋田会場

月 日:6月22日(火)

場 所:秋田市 秋田県 JA ビル

受講者:31名

③岩手会場

月 日:6月23日(水)

場 所:岩手産業文化センター アピオ

受講者:50名

■令和3年度 建設機械施工管理技術検定試験

月 日:6月20日(日)

場 所:滝沢市 岩手産業文化センター アピオ

受検者:1級:第一次検定221名, 第二次検定(筆記)204名
2級:第一次検定 共通706名, 第1種100名, 第2種619名, 第3種21名, 第4種55名, 第5種1名, 第6種9名
2級:第二次検定692名

■EE東北'21 i-Construction 体験広場 反省会(対面・WEB)

月 日:6月28日(月)

場 所:太陽生命仙台北町ビル6階会議室

出席者:出展12社のうち7社7名が対面, 4社4名がWEB参加, 東北地方整備局1名, JCMA 東北支部1名

議 題:継続開催に向けた課題の整理と対応策について

北 陸 支 部

■令和3年度けんせつフェア北陸「ICT展示実施計画打合せ」

月 日：6月10日（木）

場 所：興和ビル 10F 小会議室

出席者：堤事務局ほか ICT 推進委員 9名

議 題：①けんせつフェア実施計画(案)について ②出展募集要領及び会員の募集結果について ③けんせつフェア予算計画(案)について ④前回開催(富山2019)に出展企業および「EE東北21」の開催について ⑤屋外 ICT 展示による要望について

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月20日（日）

場 所：朱鷺メッセ（新潟コンベンションセンター）

受検者：1級述べ233名

2級述べ489名 第1種：58名
第4種：40名
第2種：440名
第5種：8名
第3種：11名
第6種：4名

■第4回道路除雪オペレータの手引等改定委員会

月 日：6月25日（金）

場 所：書面審査

議 題：官公庁の意見照会後の「道路除雪施工の手引」について

■新潟県除雪オペレータ担い手確保協議会 第2回本部協議会

月 日：6月30日（水）

場 所：新潟県自治会館 301 会議室

出席者：穂荻正昭企画部会長ほか1名

議 題：①第1回本部協議会の振り返り ②地域協議会における「意見・課題のとりまとめについて ③地域協議会への情報提供について

■「ゆきみらい 2022in 白山」第1回実行委員会事務局会議

月 日：6月30日（水）

場 所：Web 会議

出席者：堤事務局長

議 題：①実行委員会規約改正について ②事業内容(案)について ③イベント実施主体役割分担(案)について ④予算(案)について ⑤今後のスケジュールについて

中 部 支 部

■広報部会

月 日：6月18日（金）

出席者：濱地仁ほか5名

議 題：令和3年度の部会活動及び「中部支部ニュース」第40号について

■建設機械施工管理技術検定学科試験

月 日：6月20日（日）

場 所：愛知学院大学日進キャンパス

受検者：1級210名、2級589名

■建設機械整備技能検定実技試験

月 日：6月21日（月）～24日（木）

場 所：愛知県小牧市ポリテクセンター 中部

受検者：1級38名、2級119名

関 西 支 部

■令和3年度建設機械施工技術管理技術検定試験試験監督者打合せ

月 日：6月10日（木）

場 所：エル・おおさか

議 題：①試験監督要領について ②その他留意事項

■建設用電気設備特別専門委員会（第468回）

月 日：6月16日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①「JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検補修のチェックリスト」審議 ②「JEM-TR121 建設工事用電気設備機器点検保守のチェックリスト」審議

■令和3年度建設機械施工技術管理技術検定試験

月 日：6月20日（日）

場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス

受検者：1級404名、2級805名（1種56名、2種805名、3種2名、4種66名、5種8名、6種17名）

中 国 支 部

■令和3年度建設機械施工管理技術検定試験 試験監督者事前打合せ

月 日：6月10日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：清水芳郎試験実施責任者ほか10名

内 容：実施要領・監督要領についての打合わせ

■令和3年度1級2級建設機械施工管理技術検定試験 第一次検定・第二次検定（筆記）試験

月 日：6月20日（日）

場 所：TKP ガーデンシティ PREMIUM 広島駅前

受検者：1級86名、2級336名

四 国 支 部

■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：6月8日（火）

場 所：国営讃岐まんのう公園（多目的広場）

共催者：（一社）建設コンサルタンツ協会 四国支部、（一社）四国クリエイティブ協会、（一社）日本建設機械施工協会 四国支部、（一社）日本補償コンサルタント協会 四国支部、（株）建設マネジメント四国

参加者：共催団体から8社31名、ドローン11機、支部からは事務局長が参加
内 容：公園休園日を利用して、災害発生時に迅速に対応するため、各社所有のドローンを用いて訓練を実施

■令和3年度建設機械施工管理技術検定 一次検定・二次検定【筆記】試験

月 日：6月20日（日）

場 所：1級：高松センタービル、2級：英明高等学校（高松市）

受検者：1級：170名、2級：545名 計715名

九 州 支 部

■企画委員会

月 日：6月16日（水）

出席者：松嶋支部長ほか10名

議 題：①第10回通常総会の開催報告 ②令和3年度 i-Construction（基礎編）技術講習会の開催について ③今後の九州支部の行事及び活動実施方針について ④その他

■令和3年度建設機械施工管理技術検定 学科試験

月 日：6月20日（日）

場 所：1級（福岡市）博多国際展示場 & カンファレンスセンター、2級（北九州市）豊国学園高等学校

受検者：1級394名、2級1286名

編集後記

帰京の途、東海道新幹線は熱海駅手前から徐行運転となり、熱海駅を過ぎて間もなく、車窓から目を疑うような黒い土石流の爪痕が飛び込んで来ました。今年もまた大雨が7月に入り大きな被害をもたらしました。被災者、被災地の日も早い復旧を願って止みません。

さて、8月号は、「維持管理・長寿命化・リニューアル」がテーマです。これまで整備されたインフラがその機能を将来にわたって適切に発揮できるよう、これまでの取組に加え、「予防保全」への本格転換、新技術の更なる普及、インフラストックの適正化の推進など、「持続可能なインフラメンテナンス」の実現に向けた取組が官民をあげて行われているところではあります。

巻頭言を北海道大学名誉教授の横田弘先生にお願いしたところ、インフラの維持管理の進歩には、高度化された技術と、ユーザーである技術者の高度化の両輪が必要であり、この関係を医者と病気の関係に例え、人間と違って話すことが出来ないインフラの、病気の原因から結果に至るプロセスを想像する力の重要性について、お示しを頂きました。

さて、皆さんは1200年続いている

る維持管理作業があることをご存知でしょうか。そんな維持管理の原点に何か学ばせてもらうことは出来ないだろうか。そんな思いから、総本山金剛峯寺執行・山林部長の山口文章先生に「ずいそう」をお願いしました。高野山には1200年続く奇跡の森があり、樹齢七百年にもなる杉の巨木が立ち並んでいます。造林学からの知見とともに、SDGsの本来あるべき姿についてご執筆を頂きました。

富山県立山カルデラ砂防博物館の成瀬龍也館長には、立山砂防の歴史について、先人の苦難と挑戦、「護天涯」に込められた気概について、「交流のひろば」へご執筆を頂きました。また、本号の表紙に、日本一の高さを誇る「白岩砂防堰堤」の写真をご提供頂きました。

新型コロナウイルス感染症の早期終息を祈りつつ、状況が落ち着けば、是非、高野山の奇跡の森や、立山カルデラの大自然と大規模砂防施設へと足を運び、先人の智慧に触れ、勉強させて頂きたいと思います。

最後に、本号ではインフラメンテナンス大賞を受賞された取り組みを中心に、多くの分野からご執筆を頂きました。何かと制限、影響のある中、ご多忙にもかかわらずご寄稿頂きました執筆者の皆様や関係者に心からお礼を申し上げます。

(山本・松本)

9月号「大規模災害、防災、災害復旧・復興特集」予告

・総力戦で挑む防災・減災プロジェクト ・免震建物用ケーブルラックの開発 ・自動ラック倉庫の制震技術 ・ダイス・ロッド式摩擦ダンパー (DRF-DP) による橋梁耐震技術 ・豪雨・地震の複合災害に備えた盛土強靱化技術 ・監視と作動を自動的に行う自動水門開閉システム ・災害時の信号機倒壊防止に貢献できる高耐久性塗料の開発と実施例 ・建築と屋外の風に関する様々な問題を解決する数値シミュレーションツールの開発 ・軽くて便利な土を使わない土のう ・幾重にも蛇行する地下トンネルを掘進、一次覆工のまま暫定供用を開始 ・東日本大震災復興支援へのレンタル会社の取り組み ・早期復旧に向けた施工技術

【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73巻第8号 (2021年8月号) (通巻858号)

Vol.73 No.8 August 2021

2021 (令和3) 年8月20日印刷

2021 (令和3) 年8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	部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話 (022) 222-3915
北陸支	部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話 (052) 962-2394
関西支	部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話 (092) 436-3322

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	

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
大森 茂樹	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)
佐藤 誠治	(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)
竹田 茂嗣	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)
斉藤 徹	(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)
新井 雅利	(株)加藤製作所
五味 俊彦	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

本誌上への
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

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 ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



8操作
標準型
RC-5808N
15万円〜



12操作
標準型
RC-5812N
17万円〜



16操作
標準型
RC-5816N
19.5万円〜

※ボタン配置自在

タフ ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円〜



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



8操作
標準型
RC-3208N
12万円〜



5操作
標準型
RC-3205M
11万円〜



12操作型
標準型
RC-3212M
14万円〜

マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円〜



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円〜

**ポケットサイズの
本格派!**

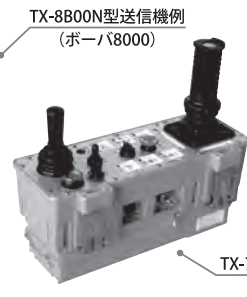
- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーバ (BoBa)

Nシリーズ
7B/8B...微弱電波モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**



TX-8B00N型送信機例
(ボーバ8000)

危険場所設置用(オプション対応)
耐圧防爆箱入り受信機

TX-7B00N型送信機例
(ボーバ7000)

双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円〜

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!

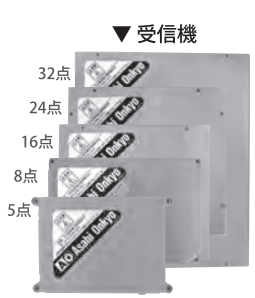


データケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



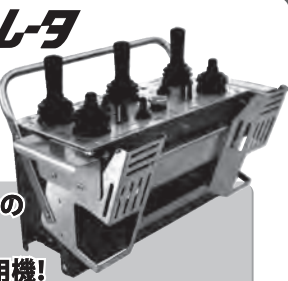
▼受信機

32点
24点
16点
8点
5点

MAXサテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**



マイティサテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

リソーサ 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円〜

- 最大32リレー
- 2段階押し
特殊スイッチ装着可

**価格もサイズも
ハンディー並み!**



* 価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



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

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



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

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAX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：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話：

FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

F
A
X

03-3664-0138



TSURUMI PUMP

ツルミ 高圧洗浄機 HPJ SERIES

エンジン駆動シリーズとモータ駆動シリーズ
豊富なバリエーションで
あらゆるニーズに対応！

▶ 特設ページ



株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

中部支店：TEL.(052)481-8181
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311
中国支店：TEL.(082)923-5171

四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Mikasa 

<http://www.mikasangyo.com>

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)

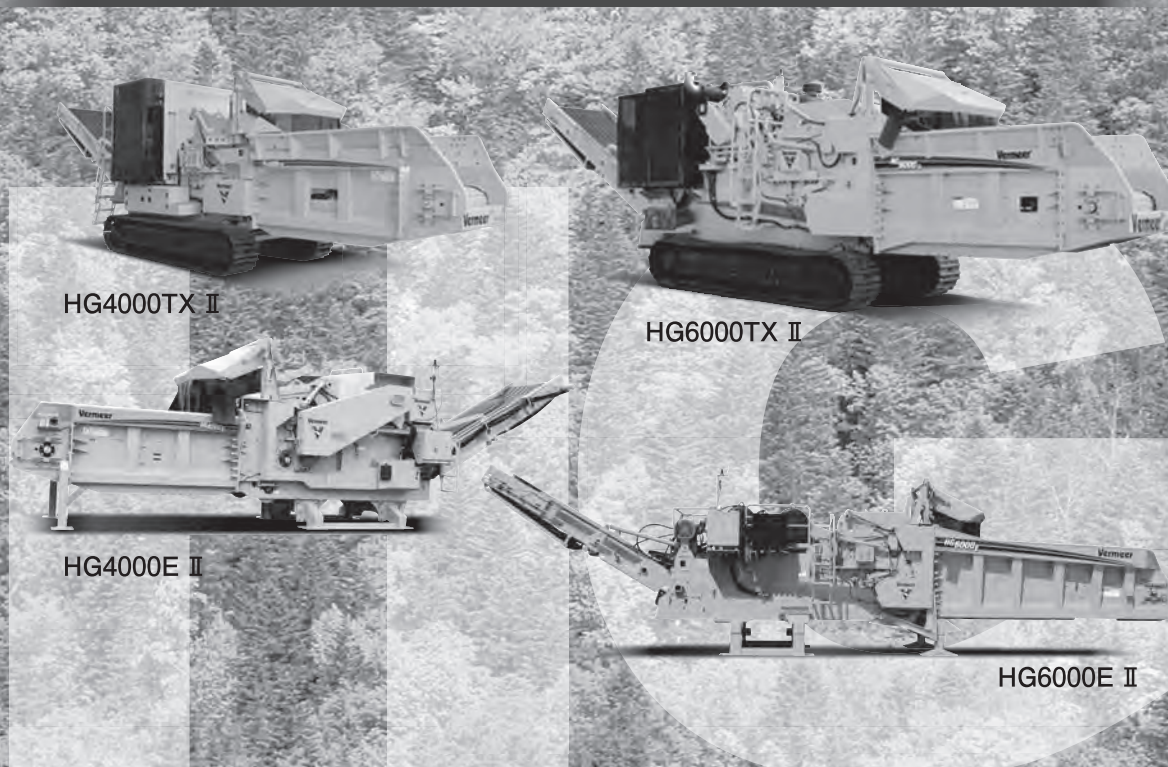
大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

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



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



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。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎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



DCA-25MZ

50Hz-7m
43dB

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



DCW-500LSE

溶接電流 500A
(炭酸ガス/ガウジン/手溶接)
交流電源
三相 25 kVA

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/>

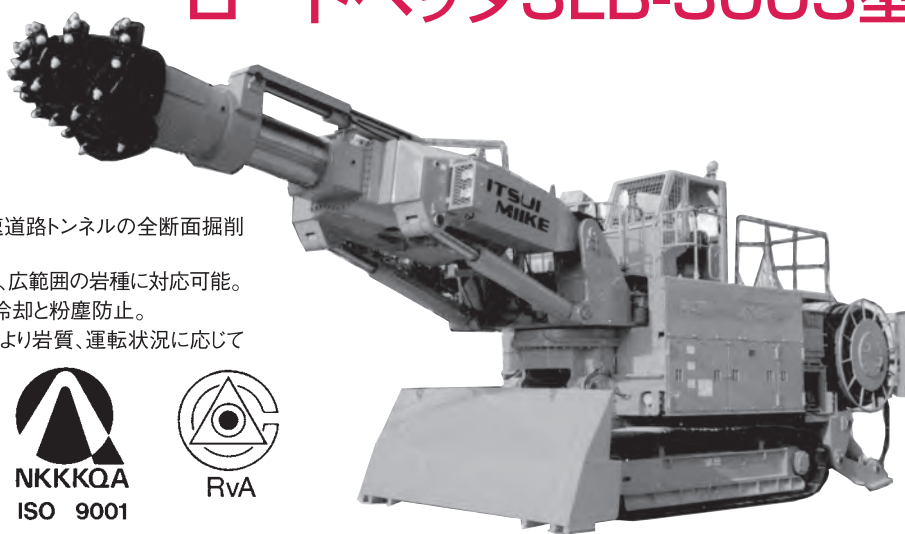
札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



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

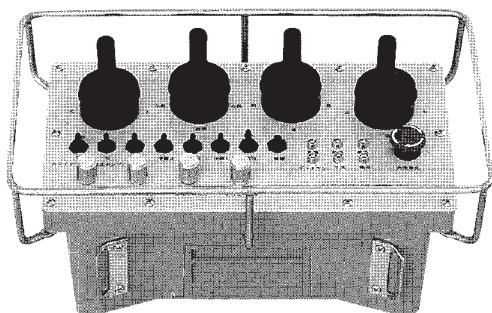
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

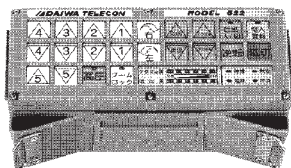
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイム付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

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 mgclub@daiwakiko.co.jp

営業所 東京、大阪、他



繋がり合う
未来が変わる

Realize your
FUTURE

～ 活用広がる拡張現実システムAR ～



AR₀₁



拡張現実システム
(ハンディ Android)
Trimble SiteVision

AR₀₂



拡張現実システム
(ローバー Windows)
Trimble SiteVision

AR₀₃



拡張現実システム
(油圧ショベル)
Trimble EarthWorks AR

※国内発売予定

SITECH[®]
YOUR CONSTRUCTION TECHNOLOGY PROVIDER

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731

Trimble[®]
Authorized Dealer

雑誌 03435-8



4910034350810
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)