

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2020

建設機械施工



Vol.72 No.6 June 2020 (通巻844号)

特集 維持管理・長寿命化 リニューアル



既設フィルダムの洪水吐き新設による設計洪水流量の増大化

巻頭言 インフラ維持管理に関わる地域格差の現状と未来の建設に求められるもの

行政情報

- 国土交通省におけるインフラ維持管理に関する取組
- インフラ維持管理へのAI・ロボット等
新技術の導入に向けた取組
- 民間等電子基準点に関する取組み

部会報告

ISO/TC 国際作業グループ会議報告

技術報文

- システムズエンジニアリングを用いた建設機械の故障解析
- 線路設備モニタリング装置の本格導入
- 道路構造物・設備等のインフラ計測・解析・管理支援技術
- 建設機械保全におけるオイル状態監視の自動化
- 3Dスキャナーを用いた大規模空間のリノベーション施工方法の開発 他

一般社団法人 日本建設機械施工協会



KOBELCO

90th
anniversary

創りつづけてきたのは、
未来でした。

国産建機誕生、90 周年。

私たちが国産初のパワーショベルを完成させたのは、1930年のこと。

それはコベルコの挑戦の歴史のはじまりでした。

それ以来、時代ごとにお客様の声に耳を傾け、新たな課題を追求し、

多くの新しい技術を生み出してきました。

コベルコは、これからもユーザー現場主義に基づき、未来へ向けて次の挑戦を続けていきます。



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2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正され、令和2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2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2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2年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

◆改訂内容

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

1. 鋼橋編

- ・架設用仮設備機械複合損料の改定
- ・現場溶接用ストロングバック切断歩掛の策定
- ・トラベラクレーン、ケーブルクレーンによる合成床版架設工歩掛の策定

2. PC橋編

- ・架設機械複合損料、支保工賃料の改訂
- ・PC橋片持架設工、架設支保工工法、外ケーブルPCケーブル工の供用日数改訂
- ・架設支保工工法の支保工数量適用範囲の改訂

3. 橋梁補修編

- ・二段足場（橋脚回り足場用）歩掛の策定
- ・チェーン盛り替え工（裏面吸音板用）歩掛の改定
- ・鉛、PCB別に必要な環境対策資機材と衛生保護具を確認できる表に変更および単価の改定（湿式剥離剤工法）
- ・排水管撤去工、仮排水設備工歩掛の策定

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 令和2年5月20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3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

第2編 工法の概要

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

令和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に申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊予定 令和2年5月15日



令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日：令和2年5月15日

■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

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



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2020」も併せてご活用ください。

(特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ・主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
- ・機械の俗称・旧称から掲載ページ検索が可能

一般社団法人 日本建設機械施工協会

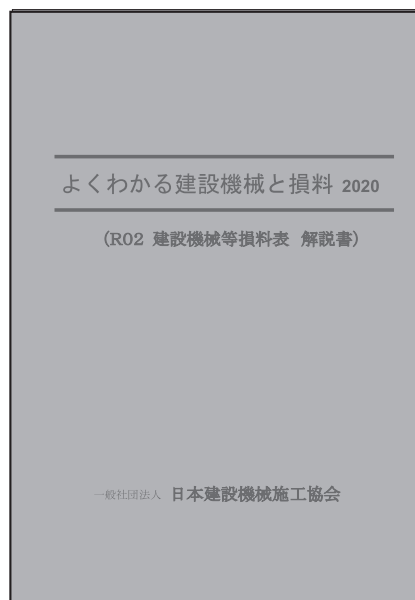
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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 *****

■発売予定日：令和2年5月下旬

■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.jcmanet.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2年6月現在） 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 2 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
2	R 2 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和2年度版	11,000	9,350	900
3	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
4	R 2 年 5 月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
5	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
6	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	—
7	R 元年 6 月	建設機械スペック一覧表 2019 年電子書籍 (PDF) 版	60,500	49,500	—
8	R 元年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
9	R 元年 5 月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
10	H31 年 3 月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
11	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
12	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
13	H30 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版	6,600	5,610	700
14	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
15	H30 年 5 月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
16	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
17	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
18	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
19	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
20	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
21	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
22	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
23	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
24	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
25	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
26	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
27	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
28	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
29	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,238		250
30	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
31	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
32	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
33	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
34	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
35	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
36	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
37	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
38	H11 年 5 月	建設機械化の50年	4,400		700
39	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750		700
40	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
41	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
42	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
43	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
44	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
45	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	11,000	9,900	700
46	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
47		建設機械履歴簿	419		250
48	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関わる地域格差の現状と未来の建設に求められるもの

久田 真 東北大学大学院 工学研究科 教授、東北大学インフラ・マネジメント研究センター センター長

行政情報

- 6 国土交通省におけるインフラ維持管理に関する取組

松岡 禎典 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 調整官

- 12 インフラ維持管理への AI・ロボット等新技術の導入に向けた取組

川口 貴大 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工企画係長

- 18 民間等電子基準点に関する取組み

檜山 洋平 国土地理院 測地観測センター 電子基準点課

特集・
技術報文

- 23 システムズエンジニアリングを用いた建設機械の故障解析

大川 聡 博士（システムエンジニアリング学）、『建設機械要覧』編集委員、元慶応義塾大学 SDM 研究所、元コマツ

- 31 線路設備モニタリング装置の本格導入

ビッグデータを活用した保線業務の変革

渡邊 綾介 JR 東日本 鉄道事業本部 設備部 保線戦略グループ 副課長

- 36 早期劣化が発生した橋梁に対するメンテナンスマネジメントシステムの構築

鳥居 和之 金沢大学 名誉教授

深田 宰史 金沢大学 理工研究域 地球社会基盤学系 教授

- 41 インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発
VirA

能美 仁 アルウェットテクノロジー(株) 代表取締役

- 46 道路構造物・設備等のインフラ計測・解析・管理支援技術
三菱インフラモニタリングシステム（MMSD[®]）

梅山 聡 三菱電機(株) 神戸製作所 社会システム基盤技術部 技術課 課長

佐久嶋 拓 三菱電機(株) 神戸製作所 社会システム基盤技術部 技術課 担当課長

中田 雅文 三菱電機(株) 神戸製作所 社会システム基盤技術部 技術課 担当課長

- 52 建設機械保全におけるオイル状態監視の自動化

建設機械状態監視システムの高度化

小倉興太郎 PT Hexindo Adiperkasa Tbk（日立建機アジア事業部・インドネシア正規代理店）
プロダクトサポートアドバイザー

倉迫 彬 日立建機(株) 開発・生産統括本部 研究・開発本部先行開発センタコンポーネントグループ 技師

秋田 秀樹 日立建機(株) 開発・生産統括本部 研究・開発本部先行開発センタコンポーネントグループ 主任技師

- 58 塩害リスクのある RC 構造物に加熱改質フライアッシュを適用

齋藤 隆弘 ㈱奥村組 技術研究所 施工・材料チームリーダー

皆川 浩 東北大学大学院 土木工学専攻 准教授

佐藤 貴之 日本製紙(株) 技術本部生産部 主席技術調査役

- 63 クライミングクレーンの長寿命化への取組み

伊佐 良伸 産業リーシング(株) 技術施工本部技術部 執行役員技術部長

- 67 シートパイル補強工法で液状化の被害から基礎構造物を守る

佐名川太亮 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 基礎・土構造 副主任研究員

神田 政幸 鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 部長

- 72 安価にして高速施工を可能にする床版更新工法の開発

スマート床版更新（SDR）システム

村瀬 諒介 鹿島建設(株) 機械部 技術 2 グループ

伊藤 大 鹿島建設(株) 機械部 技術 2 グループ

三室 恵史 鹿島建設(株) 機械部 技術 2 グループ次長

	78	既設フィルダムの洪水吐き新設による設計洪水流量の増大化 特殊な条件下での高度技術適用	太田 親 (株)大林組 広島支店 千本ダム工事事務所 所長 高橋 勲 (株)大林組 大阪本店 川上ダム JV 工事事務所 工事長 西村 貴志 (株)大林組 札幌支店 石狩 LNG4 号タンク工事事務所 所長 溝口 晃一 (株)大林組 本社 土木本部 プロジェクト部 プロジェクト第四課 副課長
	86	3D スキャナーを用いた大規模空間のリノベーション施工方 法の開発	渡邉 和久 (株)竹中工務店 九州支店 大分営業所 FM グループ 主任 浅井 隆志 (株)竹中工務店 九州支店 生産統括部 プロダクトグループ 課長 鳥居 勇一 (株)竹中工務店 九州支店 生産統括部 技術グループ 副部長
	91	地中レーダ探査技術を活用した路面切削システムを開発 位置情報+舗装厚みデータによる自動制御	越村 聡介 大成ロテック(株) 生産技術本部 機械部 課長代理 高山 拓也 大成ロテック(株) 生産技術本部 機械部 機械技術センター 主任 森 康行 大成ロテック(株) 生産技術本部 機械部 機械技術センター 主任
交流のひろば	95	地域の子供たちに喜ばれ続け 20 年 「鯉のクレーンのぼり」安全イベント	千場 一洋 (株)三和重機 代表取締役
	98	「みて☆つくって☆体験して！」建設産業の魅力を PR 建設産業ふれあい展の開催について	北海道 建設部 建設政策局 建設管理課
ずいそう	102	海外現場 見てびっくり 聞いてびっくり	林 利成 東京安全研究所 所長
	104	春の思い出	山本 将登 ヤマモトロックマシン(株)
部会報告	106	ISO/TC 国際作業グループ会議報告	標準部会
	112	新工法紹介	機関誌編集委員会
統計	113	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
	114	行事一覧 (2020 年 4 月)	
	116	編集後記 (玉記・中川)	

◇表紙写真説明◇

既設フィルダムの洪水吐き新設による設計洪水流量の増大化

写真提供：(株)大林組

当麻ダムは、昭和 21 ～ 42 年度の国営開墾建設事業により建設された農業用フィルダムである。
ダム流域内の開発等に起因する洪水流出形態の変化により、洪水吐きの流下能力が著しく低下してい
るため、大雨洪水時に広域的な災害が発生する恐れが生じていたことから、改修工事が計画された。

2020 年(令和 2 年)6 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)…………… 後付 1
【カ】コベルコ建機(株)…………… 表紙 2

コマツ…………… 表紙 4
【ク】デンヨー(株)…………… 後付 7
大和機工(株)…………… 後付 4

株鶴見製作所…………… 後付 6
【マ】マシンケアテック(株)…………… 後付 2・3
マルマテクニカ(株)…………… 後付 8

三笠産業(株)…………… 後付 5
株三井三池製作所…………… 表紙 3
【ヤ】吉永機械(株)…………… 後付 4

巻頭言

インフラ維持管理に関わる地域格差の現状と未来の建設に求められるもの

久田 真



我が国のインフラ維持管理の系譜を俯瞰すると、1984年にNHK特集「コンクリートクライシス」が放映されて以降、インフラの維持管理の重要性が社会問題として大きく取り上げられることになったと言って良い。したがって、我が国においてインフラの維持管理が広く認識されるようになってから35年が経過したことになる。

今日に至るまで、我が国の多くのインフラを所掌する国土交通省を中心として、様々なインフラ維持管理に関する取組が進められているが、2012年に笹子トンネルの崩落事故が発生し、インフラの安全性を改めて問いただすこととなった。国土交通大臣は2013年を「メンテナンス元年」と位置付け、同年には総務省が「長寿命化基本計画」を策定した。これに併せて、関連各省庁が管理する公共施設に対して「行動計画」を策定し、2016年にはインフラメンテナンス国民会議が発足するなど、インフラの老朽化対応に関する取組みも活発になっている。

その一方で、1995年の阪神大震災や2011年の東日本大震災、2018年の西日本豪雨や2019年の台風水害など、これまでの既存インフラの機能水準では太刀打ちし得ないレベルに激甚化した自然災害が頻発し、インフラにはより一層の防災機能と強靱化が求められるようになっている。このような状況下で、我が国の建設技術者が担う社会的使命は果てしなく大きくなりつつある。

さて、以前から懸念されていたことではあるが、2017年の初めに公表された国勢調査の集計結果によれば、程度の差はあるものの、我が国の人口減少が全国的に加速し始めたことが明らかとなった。この事実と、おおよそ70万橋ともいわれている代表的なインフラである既設橋梁の情報を組み合わせると、単純な計算で、いったい、各地方自治体は1つの橋を何人で支えているか？というインフラの維持管理に関わる「地域格差」を数値化できたので、そのいくつかを紹介

介したい。

まず、人口動態そのものについてであるが、例えば秋田県の人口（約102万人）は、仙台市の人口（約108万人）よりも少ない状況であった（最近の地方紙上では、秋田県の人口については2017年度に入って100万人を下回ったという記事が出ていた）。また、東北で最大の人口を擁する宮城県（約233万人）ですら、名古屋市ひとつの人口（約229万人）とほぼ同等の規模であること、また、東北6県の人口の合計（約898万人）は、もはや神奈川県1県の人口（約912万人）よりも少なくなっていることも明らかとなった。

さて、地方自治体（都道府県と市町村）が管理する橋梁数（2m以上）の実態については、全国で進められている道路メンテナンス会議等が公表している情報等で入手することが可能である。これらの情報に基づいて、1つの橋を支えている人口を地方自治体ごとに計算してみた。まず、我が国の総人口が約1億2,700万人であり、自治体が管理する橋梁が約66万橋であったので、日本としては1つの橋を192人で支えているという結果となった。また、地方別に集計したところ、東北6県の平均では約130人で1つの橋を支えており、この人数は九州7県の平均でもほぼ同等であったが、四国4県の平均では、90人弱で1つの橋を支えなければならない状況にあることなどが判明した。

さらに、これらの集計を市町村別にまで分析すると、東京や神奈川、大阪などの大都市部においては、数千～数百人で1つの橋を支えているのに対し、地方部では数百～数十人で支えるといった状況であった。なお、このような傾向は、政令指定都市であれば裕度があるかと言えばそうでもなく、1つの橋を100人以下で支えなければならない政令指定都市も存在することがわかった。ちなみに、日本中に約1,750ある市町村のうち、最小値として「1つの橋を住民5人で支える自治体」が存在することが判明したが、この状況は、見方によっては社会保障に対する惨状を窺い得るのではないだ

ろうか？

これらに加えて、全国の地方自治体は、総務省が平成26年4月に公示した「公共施設等総合管理計画の策定要請」への対応に直面しており、橋梁や道路、トンネルや河川、港湾や上下水道のみならず、学校、病院、農林水産施設、庁舎、ホール、集会所など、あらゆる公共施設の維持管理を進めなければならない状況にある。国や県といった大規模な組織であれば、それぞれの公共施設はそれぞれの担当部署で対応できるであろうが、小規模な市町村においては、全ての公共施設を限られた人員で対応しなければならないのが実態であり、特段に危機的な状況にあると言わざるを得ない。

ご存知の通り、現在、我が国を含め、国連の加盟国には2030年までに達成しなければならない17の目標が定められている。いわゆる「持続可能な達成目標(Sustainable Development Goals: SDGs)」であるが、その考え方には、地球上の誰一人として取り残さない(leave no one behind)ことが明記されている。地球上の誰一人として取り残さないのであれば、ヒト、モノ、カネの全てにおいて地域格差に直面し、将来の担い手の確保に苦勞し、AIやICTなどの技術革新の恩恵を受けない地域が、先進国と称されてきた我が国に存在することは、SDGsの理念に反するのではないか。

ところで、近年の我が国の科学技術イノベーションの動向を眺めていると、2014年から開始された戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)ならびに革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)をはじめ、2016年から国交省の主導で動き始めたi-Constructionならびにインフラメンテナンス国民会議、さらには2018年から開始された官民研究開発投資拡大プログラム(PRISM)など、大規模な予算が措置されてインフラ分野に大きなイノベーションをもたらすための取組みが進行してきた。これらのプロジェクトでは、ロボットやIT技術、AIなどを駆使して、将来の見通しが懸念される我が国の建設分野を大きく変革し、その成果を社会に実装させ、かつ国外へも展開するといった戦略目標が定められていることが理解できる。

さらに、2019年度からは、ムーンショット研究開発事業という新たな大規模事業が始動した。当該webには、本事業は「未来社会を展望し、困難だが実現すれば大きなインパクトが期待される社会課題等を対象として、人々を魅了する野心的な目標(ムーンショット目標)の達成に向け、挑戦的研究開発を推進すべき分野・領域等を定めた研究開発構想に基づき、

研究開発を実施するもの」とある。昨今のデータ駆動型社会の構築における国際競争においては、米国と中国が覇権争いを繰り広げており、両国に対して真っ向から立ち向かっていこうとしても、限りなく勝ち目はないであろう。諸外国と比較して、我が国は少子化、高齢化が進行し、資源が乏しいといった「課題先進国」である。しかしながら、企業の技術力、大学の研究開発力、高い教育水準の人材、利用価値の高い膨大なデータを有するといった強みも持っている。将来において諸外国も我が国と同様の課題に直面することを想定すれば、これらの問題を克服することが、国際的な先進事例(お手本)となり、我が国が再び世界をリードすることも可能となる。そのための「ムーンショット」であろうと筆者は理解している。では、ムーンショット事業で描かれている建設分野はどう記されているか？

2019年12月に、ムーンショット事業のキックオフとなる国際シンポジウムが開催された。その際に公表された資料によれば、本事業の目標の中心には「世界から尊敬・信頼される科学技術立国日本の復活」とあり、これを取り巻く大分類として「サイエンスとテクノロジーでフロンティアを開拓する」「地球環境を回復させながら都市文明を発展させる」「急進的イノベーションで少子高齢化時代を切り開く」といった3つの目標が明記されており、これらは13の中目標に分類され、さらに25の細分化された具体的目標が示されている。この25の具体的な目標には、建設分野に関連するものがいくつか見受けられるが、その中のひとつに「2040年を目途に建設工事の完全無人化」という文言が記されているのである。このような未来社会における建設分野には、建設機械が不可欠であろうし、むしろ、建設機械による無人化施工の実現が、今後の我が国における建設の未来を切り拓く重要な糸口になるであろうと思われる。

最後になるが、この原稿のとりまとめ時期に、新型コロナウイルスによる世界的な災禍に見舞われ、極端な諸々の制約の中で、新たに多くの課題が露呈しつつある。ここで記したインフラ維持管理の分野においても、様々なリスクを回避し得る遠隔技術など、テレワークでも対応できるような展開が加速する可能性もある。いずれにせよ、未来のインフラ維持管理に求められる事項は山積しているのは間違いない。

行政情報

国土交通省におけるインフラ維持管理に関する取組

松岡 禎典

高度経済成長期以降に整備し、老朽化したインフラの割合が加速度的に高くなる中で、国民の安全・安心や社会経済活動の基盤となるインフラの維持管理・更新を計画的に進めていくことが重要である。一方、土木に携わる技術者は大幅に減少しており、持続的・効率的な維持管理・更新を行うために、新技術の導入などにも取り組んでいくことが必要である。本稿では、予防保全への転換、自治体への支援に関する取組、新技術・データ活用に関する取組など、国土交通省におけるインフラの老朽化対策に係る主な取組について紹介する。

キーワード：インフラメンテナンス、維持管理、予防保全、自治体支援、新技術、データ活用、点検・診断、補修・修繕、社会資本整備審議会

1. はじめに

災害が頻発化・激甚化する中で、整備したインフラが事前防災として効果を発揮するためには、例えば、令和元年東日本台風の際に狩野川放水路等において、適切な維持管理が事前防災の効果の十分な発現に繋がった教訓を踏まえると、平素からの維持管理が不可

欠であることが分かる。また、高度経済成長期以降に整備し、老朽化したインフラの割合が加速度的に高くなる中で、国民の安全・安心や社会経済活動の基盤となるインフラの維持管理・更新を計画的に進めていくことが重要である。一方、土木に携わる技術者は大幅に減少しており、持続的・効率的な維持管理・更新を行うために、新技術の導入などにも取り組んでいくこ

表1 社会資本の老朽化対策に関するこれまでの経緯

平成24年 7月	社会資本整備審議会・交通政策審議会に対し、国土交通大臣が「今後の維持管理・更新のあり方について」を諮問
12月	上記を受け、技術部会の下に「社会資本メンテナンス戦略小委員会」を設置し、技術的な検討に着手
平成25年 1月	中央自動車道笹子トンネル天井板落下事故
3月	社会資本の老朽化対策会議 設置
10月	社会資本の老朽化対策会議 ○「社会資本の維持管理・更新について当面講ずべき措置」(工程表)決定
11月	インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 設置 インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 ○「インフラ長寿命化基本計画」決定
12月	「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について」答申
平成26年 4月	社会資本整備審議会・交通政策審議会技術部会 「社会資本メンテナンス戦略小委員会(第2期)」において答申の施策の具体化に向けた検討に着手
5月	社会資本の老朽化対策会議 ○「国土交通省インフラ長寿命化計画(行動計画)」決定
8月	「社会資本メンテナンスの確立に向けた緊急提言：民間資格の登録制度の創設について」の公表
平成27年 2月	「社会資本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法」の公表 「市町村における持続的な社会資本メンテナンス体制の確立を目指して」の公表
平成29年12月	社会資本整備審議会・交通政策審議会技術部会 「社会資本メンテナンス戦略小委員会(第3期)」における検討に着手 主な検討事項 ・これまでの取組のレビュー 1) 市町村における持続的な社会資本メンテナンスの体制 2) 社会資本のメンテナンス情報 3) 民間資格の登録制度 4) 答申以降の国土交通省や地方自治体の取組等の動向 ・今後の取組の方向性
平成30年11月	「国土交通省所管分野における社会資本の将来の維持管理・更新費の推計」の公表
令和 2年 2月	小委員会の下に「民間活力活用促進ワーキンググループ」を設置し、検討に着手 小委員会の下に「新技術導入促進ワーキンググループ」を設置し、検討に着手

とが必要である。

国土交通省では、2012年12月に発生した中央自動車道笹子トンネルの天井板落下事故を契機に、2013年を「社会資本メンテナンス元年」として位置付け、2014年5月に戦略的な維持管理・更新に関する基本的な考え方や国土交通省が取り組むべき施策を取りまとめた「インフラ長寿命化計画（行動計画）」を策定して、この行動計画に基づき、インフラの老朽化対策に係る取組を推進している。また、2017年12月から、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社会資本メンテナンス戦略小委員会（第3期）において、議論を行っている（表—1）。

本稿では、国土交通省におけるインフラの老朽化対策に係る主な取組について紹介する。

2. インフラの老朽化対策に係る主な取組

（1）予防保全への転換

2018年11月、国土交通省は、経済財政諮問会議のワーキンググループにおいて、所管する分野のインフラの今後30年後までの維持管理・更新費の推計の結果を示した。インフラの維持管理・更新について、不具合が生じてから対策を講じる事後保全から、不具合が生じる前に対策を講じる予防保全へ移行することに

より、30年間の維持管理・更新費の合計費用が約3割縮減される結果となった（図—1、表—2）。

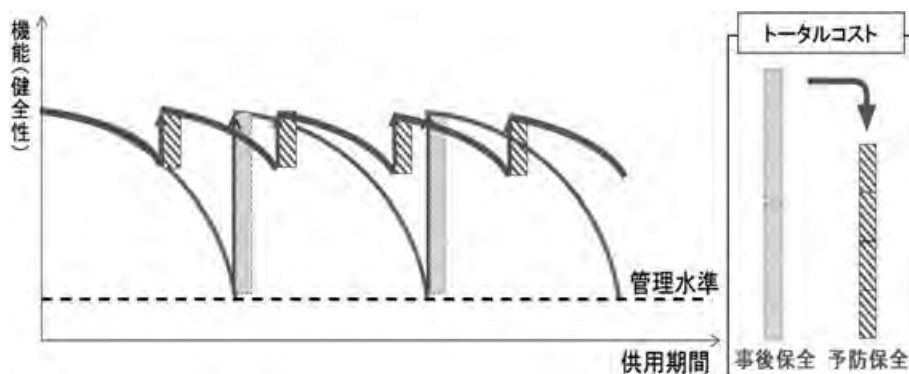
この結果からも明らかな通り、今後、事後保全から予防保全へ転換させることにより費用の縮減・平準化を図ることで、持続的・効率的なインフラメンテナンスを推進することが必要である。

しかしながら、例えば、道路の橋梁については、点検の結果、約72万橋のある橋梁のうち10%程度の約7万橋が、不具合が生じる可能性が高い状態にあり、予防保全に本格的に転換するには、まずはこれらに対して早期に措置することが必要である（表—3）。

（2）自治体への支援に関する取組

インフラのメンテナンスにおいて、特に困難な状況に直面しているのは、市町村である。道路・下水道・住宅・公園などの非常に多くの施設を管理する必要があるにもかかわらず、維持管理に関わる土木部門の職員は減少しており、点検・補修を行う予算も十分ではない。

そこで、国土交通省は、地方自治体に対して、今年度から新たに老朽化対策にかかる個別補助制度を創設し、地方自治体が計画的かつ集中的に老朽化対策を進めることが可能となる支援を行い、早期に対策を行うことで、予防保全型の維持管理・更新への移行実現を



図—1 事後保全と予防保全のサイクル（イメージ）

表—2 「予防保全」の推計と「事後保全」の試算との比較（長寿命化等による効率化の効果）

	2018年度	5年後 (2023年度)	10年後 (2028年度)	20年後 (2038年度)	30年後 (2048年度)	30年間 合計 (2019～2048年度)
①平成30年度推計 (予防保全を基本)	5.2	[1.2] 5.5 ～ 6.0	[1.2] 5.8 ～ 6.4	[1.3] 6.0 ～ 6.6	[1.3] 5.9 ～ 6.5	176.5 ～ 194.6
②平成30年度試算 (事後保全を基本)	5.2	[1.6] 7.6 ～ 8.5	[1.6] 7.7 ～ 8.4	[1.9] 8.6 ～ 9.8	[2.4] 10.9 ～ 12.3	254.4 ～ 284.6
長寿命化等による 効率化の効果 (①-②/②)	-	▲ 29%	▲ 25%	▲ 32%	▲ 47%	▲ 32%

凡例：[]の値は2018年度を1.0とした場合の比率

表—3 早期に対策が必要な施設数

分野※2		点検対象施設数※3	うち 要緊急対策施設数
道路	橋梁	717,391施設(H31.3.31)	69,051施設(H31.3.31)
	トンネル	10,718施設(H31.3.31)	4,416施設(H31.3.31)
	道路附属物等	39,873施設(H31.3.31)	6,062施設(H31.3.31)
河川※4		堤防:約14,300km 樋門・樋管・水門:約8,500施設(R2.3.31)	堤防:約3,600km 樋門・樋管・水門:約1,800施設(R2.3.31)
砂防		砂防設備:約83,000基 地すべり・急傾斜:約37,000区域(R2.3.31)	砂防設備:約3,000基 地すべり・急傾斜:約6,000区域(R2.3.31)
海岸(海岸堤防等)		約5,900km(H31.3.31)	約780km(H31.3.31)
下水道(管路施設)		4,274km(H31.3.31)	11.6km(H31.3.31)
港湾		58,839施設(H31.3.31)	10,178施設(H31.3.31)
空港(土木施設※5)		80空港(H31.3.31)	7空港(H31.3.31)
航路標識		2,400施設(H31.3.31)	267施設(H31.3.31)
公園		86,662施設(H31.3.31)	21,480施設(H31.3.31)
公営住宅		2,162,484戸(H31.3.31)	1,150,506戸(H31.3.31)
官庁施設		9,283施設(H31.4.1)	743件※6(R1.8.20)

※1:各施設数は括弧内の時点の数字

※2:要緊急対策施設がない分野は除く

※3:点検対象施設数には点検未了のものも含む

※4:点検対象施設数、要緊急対策施設数は直轄施設のみ

※5:空港土木施設(幹線排水、共同溝、地下道、橋梁、護岸)

※6:老朽を理由とした修繕計画のうち、緊急を要すると判定された計画の件数

目指している。

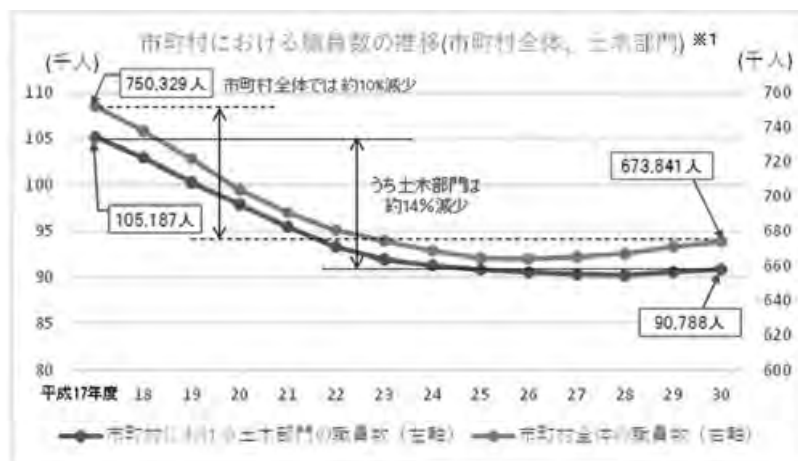
また、新技術やデータ活用の推進等の市町村の実行力を高める取組、「道路メンテナンス技術集団」による直轄診断等の市町村に対する直接的支援、関係機関の連携拡大による支援などの市町村を対象とした取組を推進している。

関係機関の連携については、道路・河川・港湾・空港の各分野で、国・地方公共団体等の施設管理者が一堂に会するメンテナンス会議を通じた技術的支援、情報共有の継続や、PFIや包括的民間委託等による民間活力の活用の推進を図っている(図—2～4)。

(3) 新技術・データ活用に関する取組

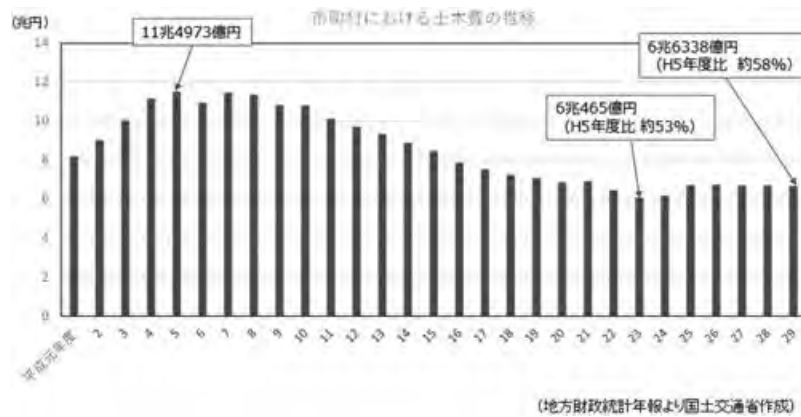
維持管理・更新費の増大や担い手不足が懸念されているなかで、新技術の現場への導入による作業の省人化・効率化を図る必要がある。

そのための取組の一つとして、インフラメンテナンス国民会議(2020年2月時点:会員数1,949者)を通じ、施設管理者のニーズと民間企業のシーズのマッチングによる新技術導入の支援等を進めている。国民会議を通じて紹介された技術の社会実装数は着実に増加している(2019年3月時点:6技術,71件)(図—5,写真—1)。

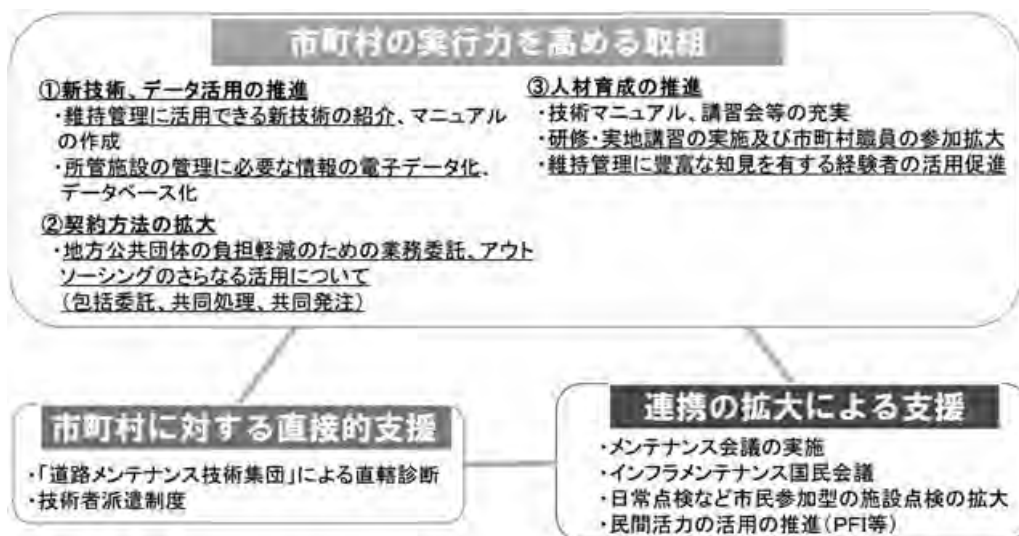


※1:地方公共団体定員管理調査結果より国土交通省作成。なお、一般行政部門の職員を集計の対象としている。また市町村としているが、特別区を含む。

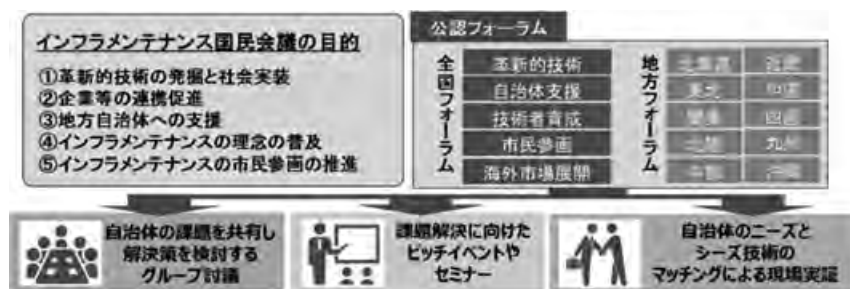
図—2 市町村における職員数の推移



図ー3 市町村の土木費の推移



図ー4 地方公共団体の支援に重要な3つの観点



図ー5 インフラメンテナンス国民会議の概要

(東京都品川区)

- ・道路の凹凸情報の解析技術
- 自動車にスマートフォンを搭載し、走行して収集した加速度情報から解析。



スマートフォン搭載のイメージ

(福島県郡山市)

- ・道路のひび割れ情報の解析技術
- 自動車に市販ビデオカメラを搭載し、走行して収集した映像から解析。



ひび割れの自動検出のイメージ

写真ー1 現場ニーズと技術のマッチング等による新技術の社会実装の事例

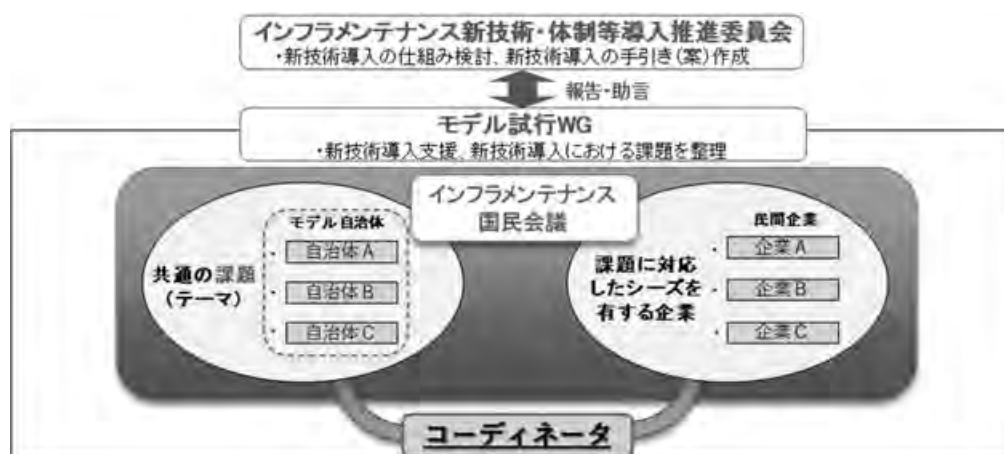
また、新技術の活用に向けて、小規模自治体等が単独で技術導入を検討するのは困難であるため、自治体横断的な新技術の普及・展開を図る必要がある。そこで、自治体のインフラメンテナンスにおける新技術の普及・展開を推進するため、2018年度から「官民研究投資拡大プログラム（PRISM）」を活用し、モデルケースの実施を通じて、新技術導入に資する手引きを作成することとしている（図－6）。

インフラメンテナンスサイクルにおける新技術の活用により、計測・点検・補修等の膨大なデータが得られるようになる。これらの情報を活用するためには、各管理者がそれぞれに保有している維持管理情報をデータベース化していくことが必要である。そこで、国土交通省や地方自治体が保有する維持管理に関するデータベースの整備・連携方法について検討しており、モデル地方自治体で試行を行っているところである（図－7）。

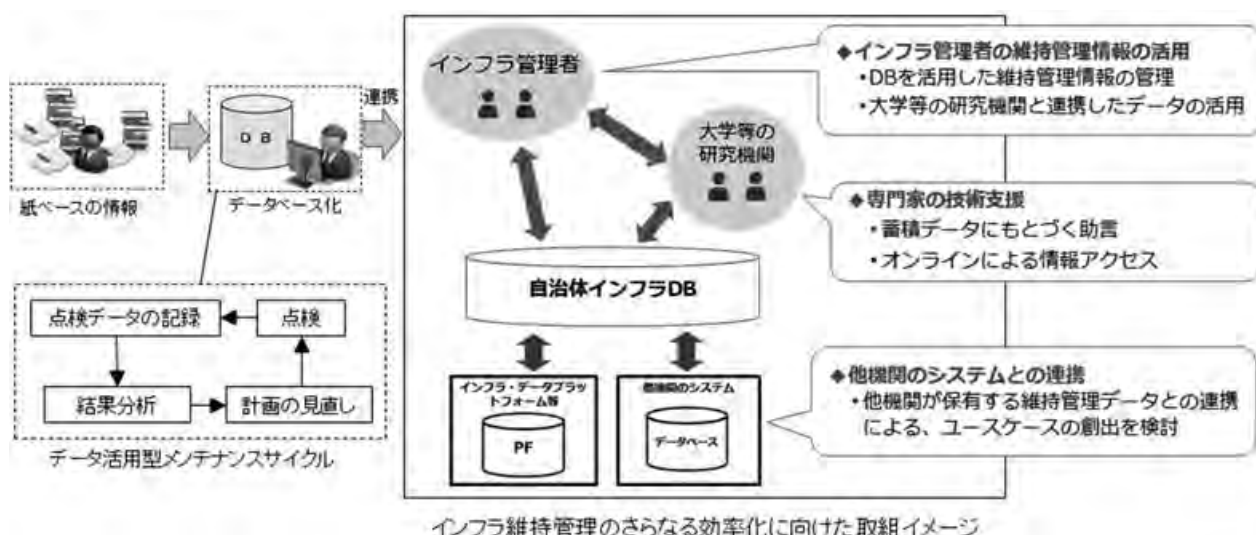
3. 社会資本メンテナンス戦略小委員会

社会資本メンテナンス戦略小委員会では、2013年を「社会資本メンテナンス元年」と位置付け第1期、第2期を通じて、様々な取組を進めてきたところであり、第3期では引き続き、施策の進捗状況や市町村の動向等を把握して、これまでの取組のレビューを行うとともに今後の取組の方向性について検討を行っている。

第3期において、小委員会はこれまでに6回開催されており（2020年4月現在）、昨年開催された第6回の小委員会においては、一部の項目については、ワーキンググループを設置して、より具体的な検討を進める旨議論がなされている。このことを踏まえ、令和2年2月に、民間活力活用や新技術導入の促進をテーマとしてワーキンググループにおける議論を開始したところである。



図－6 インフラメンテナンス新技術・体制等導入推進委員会



図－7 地方自治体が保有する維持管理に関するデータベースの整備・連携方法について

4. おわりに

本稿では、国土交通省におけるインフラの老朽化対策に係る主な取組について紹介した。

本稿で紹介した取組の中でも、特に予防保全への本格的な転換は非常に重要であり、不具合が生じる可能性の高い状態の施設等に早期に措置を行うなどすることにより、予防保全の早期実現を目指してまいりたいと考えている。そのほかにも、より一層新技術等を活用して、効率的にインフラメンテナンスに取り組んでいく必要があり、様々な施設管理者が新技術等を活用できるような環境づくりを進めてまいりたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

社会資本メンテナンス戦略小委員会 HP

http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s201_menntenannsu01.html

〔筆者紹介〕

松岡 禎典（まつおか さだのり）

国土交通省

総合政策局 公共事業企画調整課
調整官



行政情報

インフラ維持管理への AI・ロボット等新技術の導入に向けた取組

川口 貴大

国土交通省では、社会インフラの維持管理や災害対応分野におけるロボットの開発・導入を促進し、現場実装を支援することを目的に「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」（以下、現場検証委員会とする）を平成26年2月に設置し、平成30年度までの5年間にわたって現場検証・評価を行ってきた。本稿では、現場検証委員会における取組の概要とともに、現場検証委員会を通じて開発・導入されたロボットに関する更なる活用範囲の拡大検討状況として、ロボットにより取得した大量の画像データを基に、構造物の損傷等を判読するAIの開発支援を行う取組や、画像から既設構造物の3次元モデルを作成し、モデル上で損傷等を管理する取組を紹介する。

キーワード：維持管理，AI，ロボット，3次元，点検，技術開発支援

1. はじめに

現在、我が国の社会インフラを巡っては、老朽化が進む施設数の急激な増加や、地震及び風水害等の災害リスクの高まり、人口減少・少子高齢化等の課題に直面しており、社会インフラの維持管理や災害対応に関しては、これらをより効果的かつ効率的に実施するため、作業を支援するロボット技術の開発・導入を迅速且つ集中的に進めていくことが求められている。

そこで、国土交通省及び経済産業省では、社会インフラの現場ニーズに基づき、国内外の異分野も含めた産学の技術シーズを踏まえ、「維持管理・災害対応（調査、施工）」という重要な場面におけるロボットについて、その開発・導入分野を明確化するなど実用化に

向けた方策を検討するため、「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を平成25年7月16日に設置し、「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野（5つの重点分野）」を平成25年12月25日に策定した（図－1）。

これを受け、国土交通省では、社会インフラの維持管理や災害対応分野におけるロボットの開発・導入を促進し、現場実装を支援することを目的に「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」（以下、現場検証委員会とする）を平成26年2月に設置し、技術の現場検証・評価を行うこととした。現場検証委員会には、維持管理分野として「橋梁維持管理部会」、「トンネル維持管理部会」、「水中維持管理部会」の3部会、災害分野として「災害調査部会」、「応急復旧部会」の



図－1 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入重点分野（5つの重点分野）

2 部会、合計 5 つの部会を設置し、5 つの重点分野それぞれに対して詳細な検討を行うこととした。

2. 現場検証委員会の取組と成果

H26, H27 年度は 5 つの重点分野に関する様々な技術を公募し、検証・評価を通じて実用性を高めるための技術改良を促進した (H26 年度:67 技術, H27 年度:70 技術)。災害分野については、2 年間の取組を通じて H28 年度より現場での導入が可能となった。一方、維持管理分野については、点検を支援し効率化を図るために必要な点検精度や作業の効率性について課題が残る技術も多く、H28 年度以降も検証を引き続き行うこととした。

H28, H29 年度は H27 年度に検証・評価を受けた一部の技術に対して、ロボットによる点検支援の位置付け (ユースケース) を想定した上で、実用化に向けて達成すべき要求性能を設定し、精度検証や作業時間の短縮に伴う経済性等の検証を実施した (H28, 29 年度:16 技術)。検証を行ったロボットの例を図—2 に示す。



図—2 インフラ点検用ロボットの例

以上の取組を通じて、H30 年度にはそれぞれの分野において技術を活用する手法をマニュアル等にとりまとめ、実現場において技術を活用できる環境を整備した。

水中 (ダム) 維持管理及び道路 (橋梁, トンネル) 維持管理については、マニュアル等の位置付けを以下に詳述する。

(1) 水中 (ダム) 維持管理

国土交通省直轄ダムにおけるダム堤体については、ダム総合点検実施要領・同解説 (国土交通省水管理・国土保全局河川環境課 平成 25 年 10 月) に基づき、ダム管理者が行う日常管理における巡視・点検、ダム

管理者が専門家の意見を聴いて長期的観点から行うダム総合点検、ダム管理者以外の専門家等が行う定期検査により実施している。また、本要領の制定前より、国土交通省直轄ダムにおいては、管理開始後 30 年を目途に総合点検を実施してきた。

しかし、コンクリートダム堤体上流の水中部については潜水土等に頼らざるを得ず、安全性の問題や、調査時間 (潜水時間)・潜水深度の制約等の問題があるため、ロボットの活用が効果的と考えられる。

ただし、ロボットによる水中部点検では取得する映像・画像が主体となり点検方法は限られるため、ロボット活用の適否・調査対象等の決定に際しては、ダム総合点検等の目的を十分理解するとともに、ロボットの特性を踏まえて点検を行う必要があることから、ロボットによる水中部点検の対象選定手法や点検手法等を「水中部点検におけるロボット活用マニュアル (案) 【ダム堤体編/ダム放流設備編】平成 31 年 2 月」にとりまとめた。

(2) 道路 (橋梁, トンネル) 維持管理

道路構造物に関しては、老朽化する施設数の急速な増加を背景に、道路法施行規則の一部を改正する省令及び道路トンネル等の健全性の診断結果の分類に関する告示が平成 26 年に公布、施行されたことで、道路トンネルや道路橋等の定期点検は近接目視により 5 年に 1 度の頻度で行い、その健全性を段階的に評価することとなった。

平成 30 年度には点検の一巡目が終了し、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会における定期点検要領改定に関する議論を通じて、平成 31 年 2 月に道路橋定期点検要領が改定され、同年 3 月に道路トンネル定期点検要領が改定された。

また、定期点検要領の改正までの過程の中で、インフラ点検用ロボット等「点検支援技術」は「点検に必要な知識及び技能を有する者」が点検の対象部位・部材・範囲や使用目的を判断した上で定期点検に活用するという方向性が示された。

そのため、国土交通省では上記を踏まえた点検支援技術の性能を示す標準的な性能評価項目を策定した上で、その開発者から現場検証等を通じて提出された性能値を記載した「点検支援技術 性能カタログ (案) 平成 31 年 2 月」を整備するとともに、定期点検業務等において受発注者が点検支援技術を活用する際に、技術を選定し点検業務内で活用するまでの業務プロセス等を「新技術利用のガイドライン (案) 平成 31 年 2 月」にとりまとめた。

3. 更なる点検業務の効率化に向けた取組

前章にて示したインフラ点検用ロボット等（以下、点検支援技術等とする）は、ひび割れ等の損傷が判読可能な点検記録用の写真を撮影することで、写真より損傷を判読し損傷図を作成することが可能となり、点検記録の作成支援を実現した。これにより、現地でのチョーキングやクラックスケールを用いた計測等を簡略化でき、人の作業を効率化するとともに、交通規制による損失時間を削減することが期待される。

点検支援技術等の活用環境整備により、現場で点検記録写真を取得する作業は省力化が可能となった。その一方で、点検支援技術等を用いて取得した写真の取扱いには注意が必要である。

点検支援技術等によって得られる高精細な写真は、画角が狭く撮影場所を理解しにくく、単純に写真を蓄積していくだけでは膨大な写真の整理だけに内業の工数を要する恐れがある。また、構造物の損傷を判読する作業は、点検写真と過去の点検成果等をもとに人手で行う必要があり、この作業の効率化には至っていない。

膨大な写真の整理手法の一つとして、点検写真から点検対象物の全体構造を示す3次元モデルを作成し、損傷の経時的な変化を把握出来るビューアを用いて管理する手法が考えられる。また、点検写真から構造物の損傷を判読する作業の効率化手法として、人工知能(AI)を用いた損傷の自動判読技術が有効であると考えられる。

以下、現在国土交通省にて検討を進めている上記二つの手法を紹介する。

(1) 3次元モデルを活用した損傷表現

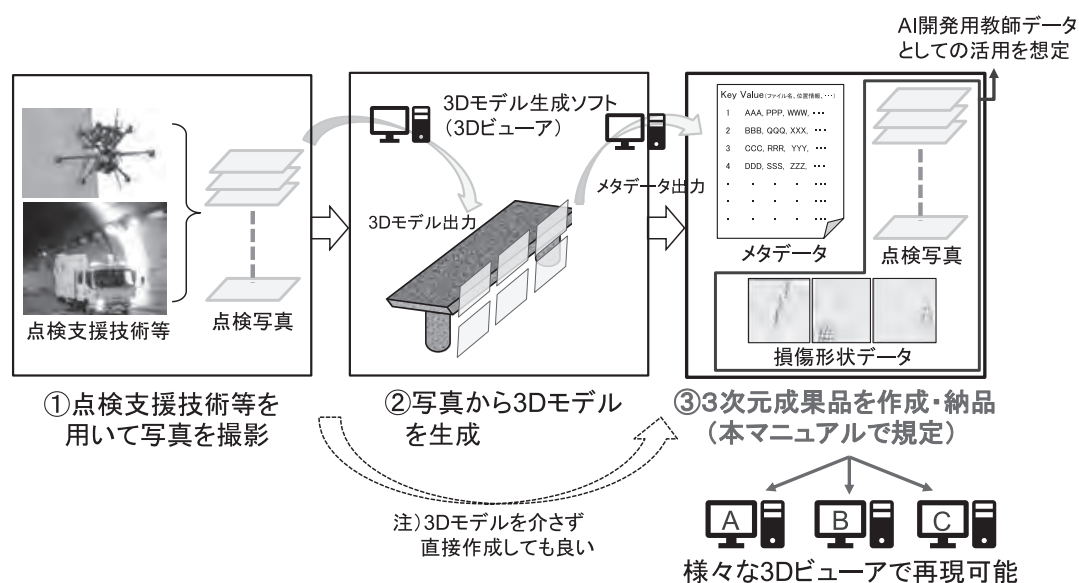
現在の点検業務においては、点検支援技術等によって撮影した写真の全てを納品する必要はなく、損傷が認められた箇所の写真や損傷情報等を帳票等によって記録を残せば、納品物としては十分である場合が多い。

しかし点検支援技術等によって撮影した高品質かつ膨大な画像から3次元モデルを生成し、正確な損傷位置を3次的に記録・蓄積することが出来れば、構造物の変状の経年変化を比較可能な形で構造物の点検記録を蓄積することが可能となり、点検成果の情報量向上により診断等を行う技術者の判断への貢献も期待される。

納品物を3次元モデルが生成可能な点検記録とするためには、撮影した写真に関する位置情報等のメタデータや、損傷の位置、形状等を撮影した写真や3次元モデルに付加した損傷形状データを納品する必要がある。しかし、これらのデータ項目や仕様の標準を規定しない場合、これは3次元モデルを生成し損傷を管理するアプリケーションのみに依存することとなり、互換性・継続性のないデータが蓄積されてしまう。

そこで、国土交通省では3次元モデルの作成に必要なデータに関する共通のデータ項目や仕様を規定し、点検支援技術等により取得した点検写真から、3次元モデルを生成するアプリケーション等を介して成果品を作成し納品する方法（図—3）を示す「点検支援技術（画像計測技術）を用いた3次元成果品納品マニュアル（トンネル編／橋梁編）（案）平成31年3月」を作成した。

今後、定期点検業務等を通じて撮影した写真を用いた3次元モデル作成の検証を行い、3次元モデルの活用場面の検討等を行い本マニュアルの見直しを図るこ



図—3 3次元成果品の納品までの流れ

とで、このような3次元モデルを活用した点検業務の高度化を目指す。

なお、本マニュアルで規定している納品物は「点検写真」、「損傷形状データ」、「点検写真のメタデータ」の3種類であり、それぞれの詳細は以下のとおりである。

(a) 点検写真

点検支援技術等により撮影した写真の生データを示すものであり、3次元モデルを作成するためには、損傷部のみの写真だけでなく、損傷部以外の写真も必要であるため、損傷部以外も撮影対象となる。

点検写真については、その精度を適切に担保するため、点検写真の撮影条件を定めて、これに基づき適切に精度管理を実施する必要がある。本マニュアルでは、撮影した写真を後述するAIの技術開発に必要な教師データ作成のための写真として納品する場合の撮影条件を参考に示している（表—1）。

(b) 損傷形状データ

損傷形状データは、損傷の概略、損傷の位置・形状、損傷の範囲などの情報であり、3次元モデルまたはレイヤ構造図画ファイル（2D）のいずれかの方法から選択してデータを作成することとなる。

3次元モデルによる損傷形状データは、損傷を示す3次元のポリライン（ひび割れ等）、ポリゴン（腐食、遊離石灰等）を3DCAD等によって図示し、作成する。また、レイヤ構造図画ファイル（2D）による損傷形状データは、点検写真と分離可能なレイヤ構造を持たせて重畳された2次元図面上に損傷を示すポリライン、ポリゴンを図示し、作成する。

これは、従来の点検調書では損傷図として納品されていたデータに相当する。

(c) 点検写真のメタデータ

点検写真のメタデータとは、対象となる構造物が位置する座標系情報、点検写真またはカメラの位置座標・角度情報等を記載したテキストデータ（CSVファイル）のことである。

特に、位置座標・角度情報については撮影した写真が3次元空間上のどの位置、角度に存在するかを表現するために必要な情報であり、この表現方法には①点検写真の中心位置座標・角度②カメラの中心位置座標・角度③点検写真の四隅座標等が考えられる。

本マニュアルでは、これらメタデータの表現方法を規定しており、その一例を表—2に示す。

表—1 橋梁用教師データ作成用写真の撮影条件

幅0.1 mmのひび割れを検出する場合、0.3 mm/画素以下とする。 使用するカメラに応じて、撮影範囲（視野サイズ）を決定する必要がある。 長手方向の視野サイズ（mm）＝長手方向のカメラ画素数×0.3 mm 縦方向の視野サイズ（mm）＝縦方向のカメラ画素数×0.3 mm		
	仕様	留意点
カメラ機種	ミラーレス一眼カメラまたは同等以上	安定した高画質を確保するために必要
		センサーサイズは、APS-C以上
		コントラストAFは使用しないこと
		被写体深度を確保するために必要
ISO感度	ISO200以下	ISO感度を上げてしまうと画像が平滑化してしまいひび割れが検出できない場合がある
ラップ率	オーバー・サイド30%以上を確保	平面展開図への合成処理時に必要となる
撮影角度	正対を原則とする	環境条件によるが、概ね10度までとする

表—2 点検写真のメタデータ項目の一例

項目	入力条件	説明
位置座標記入方法	必須	位置座標の記入方法が、写真中心位置座標であれば0、カメラ中心位置座標であれば1、写真四隅座標であれば2を記入する。
位置座標	必須（位置座標記入方法「0」の場合）	・点検写真の中心位置を表すXYZ座標（ x, y, z ） ・点検写真の傾きを表すオイラー角（ α, β, γ ）または四元数（ $q0, q1, q2, q3$ ）
	必須（位置座標記入方法「1」の場合）	・カメラの中心位置を表すXYZ座標 ^{*1} （ x, y, z ） ・カメラの傾きを表すオイラー角（ α, β, γ ）または四元数（ $q0, q1, q2, q3$ ）
	必須（位置座標記入方法「2」の場合、3点以上）	・点検写真四隅（右上、左上、右下、左下）のXYZ座標（ $x_{UR}, y_{UR}, z_{UR}, x_{UL}, y_{UL}, z_{UL}, x_{DR}, y_{DR}, z_{DR}, x_{DL}, y_{DL}, z_{DL}$ ）

(2) 人工知能 (AI) を用いた損傷の自動判読

先述のとおり、現在は点検支援技術等を用いて取得した大量の写真から、人手により損傷を判読しているが、将来的には人工知能 (AI) を活用して損傷を自動判読することにより、点検記録の作成に必要な人の作業を支援することが出来ると考えている。点検フローの将来像について、図—4 に示す。

従来点検では、人が構造物を近接目視し、その視覚情報 (入力) を頼りに点検要領 (ルール) に基づき点検記録 (結果) を作成していた。この流れを AI で実現する場合、まず、点検で取得した写真 (入力) と点検技術者が判断した点検記録 (結果) から、AI が点検技術者の暗黙知やノウハウを学習するための教師データを用意し、これをもとに AI が個別に有するアルゴリズム (学習モデル) により学習を行う必要があ

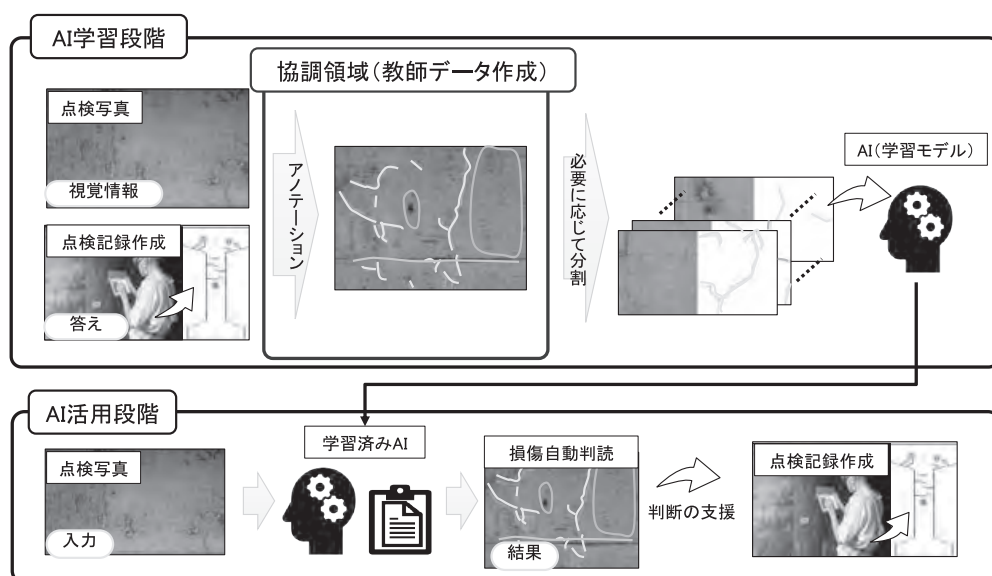
る。学習を経た AI は、入力から結果を推論できるようになるため、損傷を自動判読が出来るようになる。

このような AI の開発を行い、高精度な自動判読が出来る AI へと成長させていくためには、AI に学習させるための教師データを大量に準備する必要がある。教師データの作成自体は、点検で取得した写真のどこに損傷があるかを写真上にタグ付け (アノテーション) するだけであるが、点検写真が管理者の所有物であること、また、点検技術者の知識や技能を必要とするアノテーションの精度管理が困難であることなどから、教師データの整備をまずは協調領域として国が行うことで、民間の AI 開発を支援することが出来ると考えている。

上記の損傷を自動判別する AI の学習や、調書作成補助の流れは図—5 のとおりである。



図—4 点検フローの将来像



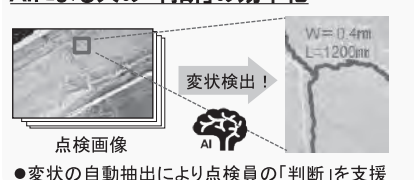
図—5 AI 学習に必要なデータと AI 活用のイメージ

【目指すところ】

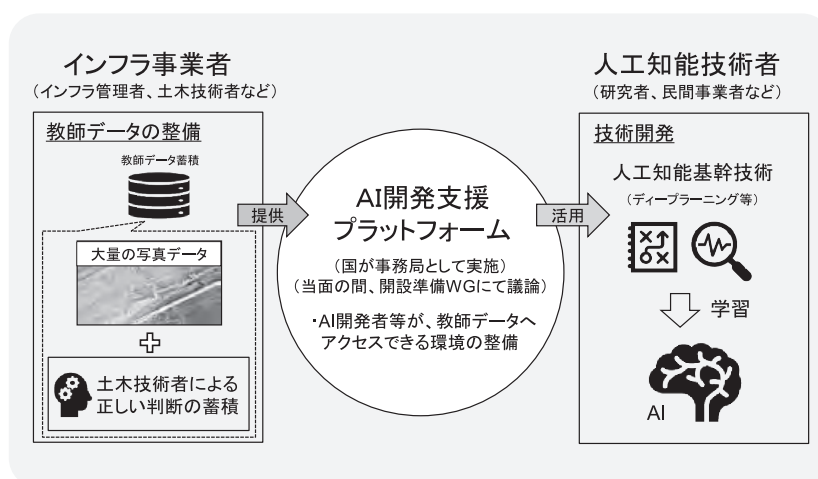
ロボットによる人の点検「作業」の効率化



AIによる人の「判断」の効率化



【取組の概要】



図一六 AI開発支援プラットフォームの全体像

そこで、国土交通省では、教師データを作成し、これをAI開発者へ提供しAI開発を支援するとともに、開発されたAIの性能評価等を行うことを目的に「AI開発支援プラットフォーム」の設立を検討している（図一六）。

本プラットフォームの設立に先立ち、良質で効率的な教師データ整備のあり方や、点検に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤のあり方の検討等を行うために「AI開発支援プラットフォームの開設準備ワーキンググループ」（以下AI-PF準備WG）を設置し、検討を進めている。

第1回のAI-PF準備WGは平成30年11月27日に開催し、教師データとする元写真に求める仕様やアノテーションの仕様を検討してきた。第2回は令和元年7月16日に開催し、教師データ提供に関する規約の検討や、今後の教師データ提供・プロトタイプAI開発に向けたスケジュールの共有を行った。また、第3回を令和元年11月19日に開催し、試作した教師データに対する意見聴取を行い、今後協調領域として整備する教師データの仕様の見直しを行った。

また、今後AIの開発や精度向上を目指し、点検業務の高度化を推進していくためには、より多くの写真等を蓄積していく必要がある。そのため、点検支援技術の技術進展を踏まえた構造の撮り方を検証し、前節で述べた「点検支援技術（画像計測技術）を用いた3次元成果品納品マニュアル（トンネル編／橋梁編）（案）」に適宜フィードバックして行くことも必要となる。

4. おわりに

建設技能労働者数が減少し、老朽化が進むインフラを数多く抱える我が国においては、既存のインフラを効果的、効率的に維持管理していくことが重要である。

点検支援技術等の様々な次世代社会インフラ用ロボットが市場に現れ、インフラ点検における人の作業の支援が図られる中、本稿で述べたロボットの更なる活用に向けた取組は、そのようなロボットの開発・導入を加速するだけでなく、インフラ維持管理全体の更なる効率化・高度化につながることを期待している。

本取組をより良い成果に繋げるためにも、常に民間の技術シーズや現場のニーズの動向に注目しながら、国の役割、着手すべき協調領域を適切に見極め、新しい技術の社会実装による建設現場の生産性向上に貢献して参りたい。

J C M A

《参考文献》

- ・道路の老朽化対策
<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>
- ・次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会
https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000024.html
- ・AI開発支援プラットフォームの開設準備WGの設置（平成30年7月27日記者発表）
<https://www.mlit.go.jp/common/001247205.pdf>

【筆者紹介】

川口 貴大（かわぐち たかひろ）
国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課
施工企画係長



行政情報

民間等電子基準点に関する取組み

檜 山 洋 平

国土地理院は、全国約 1,300 点の GNSS 連続観測局（電子基準点）の運用を行い、信頼性の高い観測データ及び測位結果を安定的に提供している。一方、スマート農業等で民間等による GNSS 連続観測局が設置され、位置情報サービスに利用され始めている。そこで、国土地理院では、信頼性の高い衛星測位によるサービスを安定的に享受できる環境を確保するため、国家座標（位置の基準）への準拠及び一定の精度の確保を目的として、当該 GNSS 連続観測局の規格等を定めた「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領」を令和元年 10 月 4 日に制定した。これに基づく登録制度の運用を令和 2 年 4 月 1 日に開始したところであり、今後は引き続き民間等電子基準点の登録制度について周知を図るとともに、ICT 活用工事（土工）をはじめとする様々な分野における民間等電子基準点の利用の拡大に努めていくこととしている。

キーワード：GNSS，電子基準点，位置情報サービス，ICT 活用工事

1. はじめに

国土地理院は、全国約 1,300 か所に設置した電子基準点（図—1）と茨城県つくば市の中央局からなる GNSS 連続観測システム（GEONET^{※1}）を運用している。電子基準点では、GNSS 衛星からの測位信号を 24 時間 365 日連続で観測している。GNSS とは、GPS（米国）、準天頂衛星システム「みちびき」（日本）、GLONASS（ロシア）、Galileo（欧州連合）等を含む衛星測位システムの総称である。電子基準点は、高さ

約 5 m のステンレス製の柱の形状をしており、上部に GNSS 衛星からの電波を受信するアンテナ、内部には受信機と通信用機器等が格納されている（写真—1）。電子基準点の観測データは、離島等の一部地域を除き、1 秒ごとに国土地理院の GEONET 中央局に集められる。国土地理院は、収集した観測データを、逐次、解析することにより、電子基準点の位置やその変動を高精度に算出するとともに、得られた観測データや位置情報を提供し、各種測量の基準点、地殻変動の監視、ネットワーク型 RTK^{※2}—GNSS 等の位置情報サービスに幅広く利用されている（図—2）。

※1 GNSS Earth Observation Network System

※2 Real Time Kinematic



図—1 電子基準点配点図



写真—1 電子基準点の形状と内部の機器

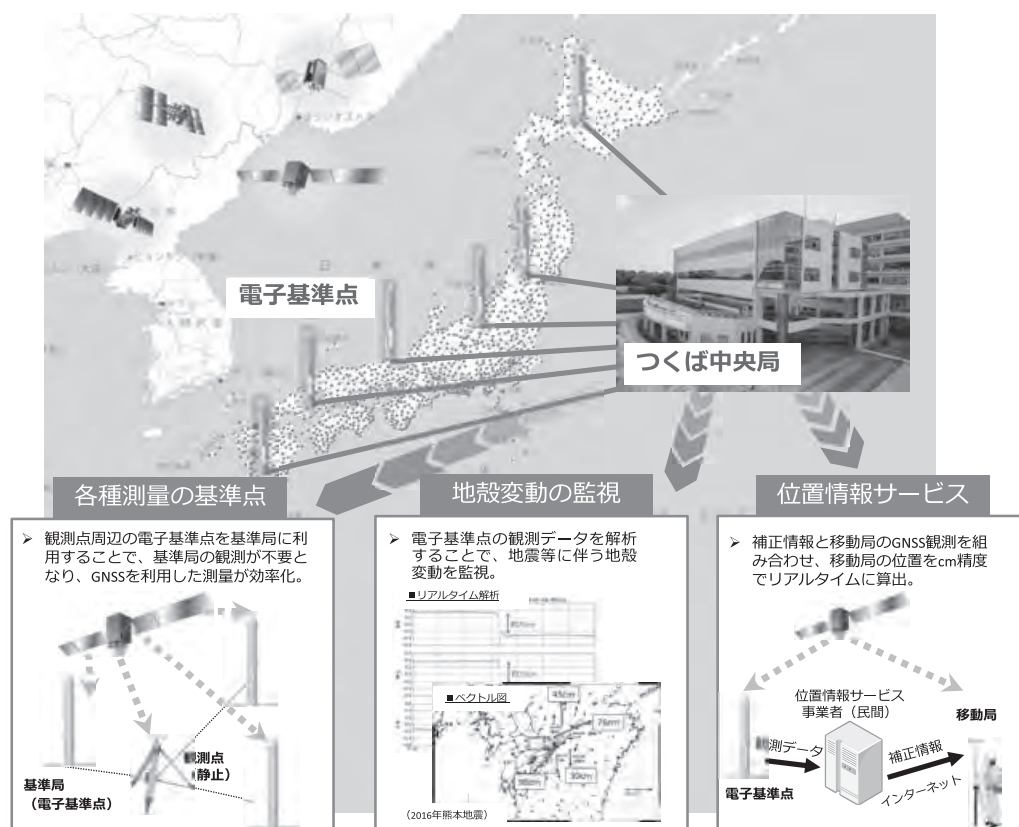


図-2 電子基準点の役割

2. 民間等による GNSS 観測局の活用

近年、スマート農業等での利用を目的とした民間等による GNSS 連続観測局が設置され始めてきていることを踏まえ、国土地理院測量行政懇談会「測位基盤検討部会」（部会長：佐田達典日本大学教授）（平成 30 年 3 月）において、高精度な衛星測位に向けて高品質のデータを取得する観測点をさらに高い密度で配置することを目的として、民間等の GNSS 連続観測局のデータを取り入れる仕組みの検討が提言された。これを受け、国土地理院では平成 30 年度から信頼性の高い高精度な位置情報サービスを利活用するための環境整備に取り組んでいる。例えば、電子基準点のリアルタイムデータの配信を行う公益社団法人日本測量協会と協力し、同協会が設置した GNSS 連続観測局の観測データを、インターネット経由で位置情報サービス事業者まで顕著な遅延なく配信し、補正情報が生成可能であることを確認している。

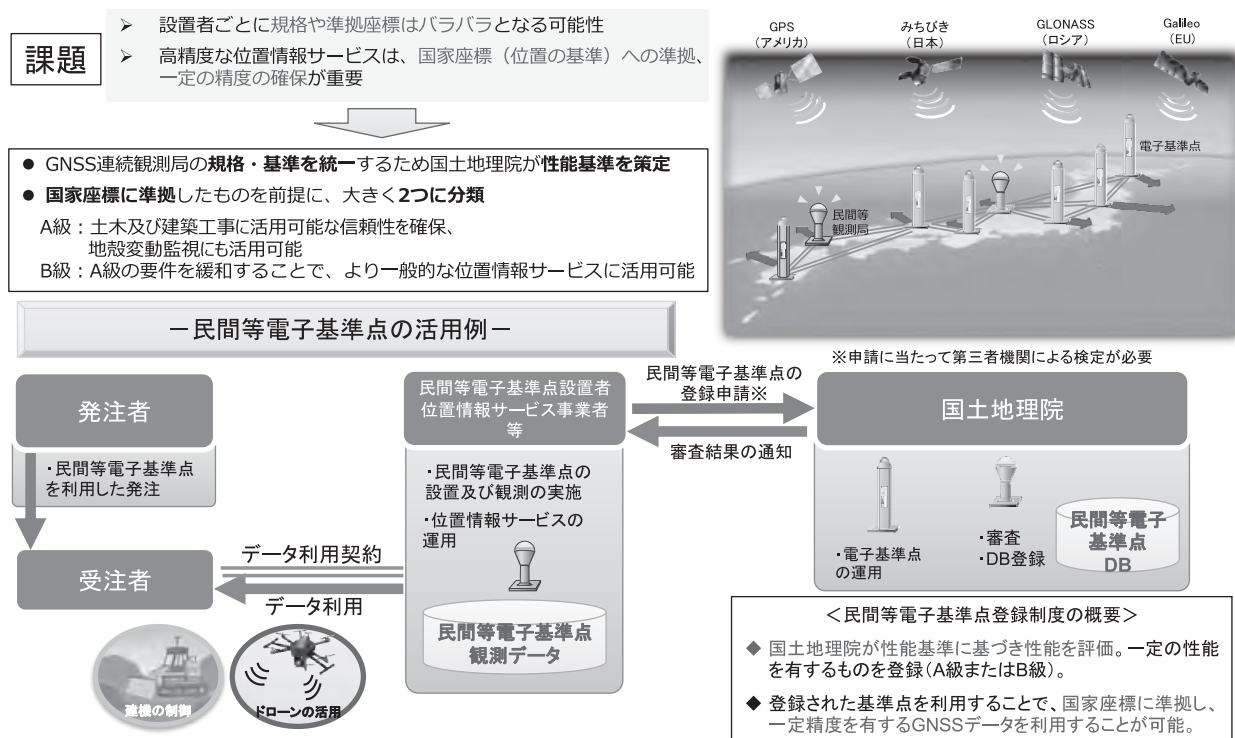
3. 民間等電子基準点の性能基準及び登録要領の制定

さらに最近では、携帯電話事業者を中心に、新たな位置情報サービスの展開を目的として独自の GNSS

連続観測局を設置する動きが急速に進められている。GNSS 連続観測局は、位置情報サービスの要であり、もし設置者ごとに規格や準拠座標がバラバラである場合、提供される位置情報がサービスごとに変わり利用者に混乱を生じる可能性がある。日本国内では、共通の位置の基準である「国家座標」が国土地理院によって維持管理されており、様々な位置情報サービス（ドローン制御、自動運転等）が、国家座標へ準拠することで、誰もが安心して位置情報サービスを利用できる環境となる。

そこで、地理空間情報活用推進基本法（平成 19 年法律第 63 号）第 3 条第 3 項の「信頼性の高い衛星測位によるサービスを安定的に享受できる環境を確保」とともに、測量法（昭和 24 年法律第 188 号）第 1 条の「測量の正確さ」の確保、さらに、測量の効率的実施に資するため、国土地理院は、GNSS 連続観測局の規格・基準を統一するための性能基準の策定に着手した。令和元年 5 月 31 日から 7 月 5 日まで「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領（案）」のパブリックコメントを実施し、いただいた意見を踏まえ、10 月 4 日に「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領」（以下、「基準及び要領」という）を制定した。

GNSS 連続観測局は、国家座標に準拠したものを前提に、大きく次の 2 つに分類することとし、測量法第



図ー3 民間等電子基準点の登録制度（概要）

5条に規定する公共測量又は同法第6条に規定する基本測量及び公共測量以外の測量により設置されるGNSS連続観測局のうち、一定の基準を満たす性能を有する観測局を「民間等電子基準点」と定めた(図ー3)。

- ・A級（土木及び建築工事に活用可能な信頼性を確保、地殻変動監視にも活用可能）
- ・B級（A級の要件を緩和することで、より一般的な位置情報サービスに活用可能）

(1) パブリックコメント

基準及び要領の制定に先立ち、令和元年5月31日から7月5日までパブリックコメントを実施し、広く一般の皆様からの意見を伺った。期間中13名から74件の意見が寄せられた。以下に、パブリックコメントでいただいた主な意見とそれに対する考え方を紹介する。

- ・普及の観点から、性能や安定運用の要件を緩和したC級以下の基準も加えるべき。
 - 当面の間はA級及びB級以外の区分の設定は行わない。ただしB級が備えるべき要件を緩和する（停電対策はA級のみ求める等）。
- ・提出したGNSS観測データの用途、提出したGNSS観測データを他社へ提供しない旨を明記すべき。
 - 国土地理院に提出されたGNSS観測データは、精度評価のために使用し、一定期間保存するも

のの被登録者の承諾を得た場合を除き第三者に提供しない。

- ・民間等電子基準点の評価の基準を明確にしていきたい。
 - 条件を満たすかを判断する具体的な数値は、別に「民間等電子基準点の性能基準及び登録要領運用基準（案）」（以下、「運用基準」という）を定めることとする。

(2) 基準及び要領の概要

基準及び要領で定める主な基準項目は以下のとおりである。

(a) 設置環境

- ・構造に由来する観測点の変位が見られないこと
- ・上空視界の確保
- ・強風・降雨等への耐久性
- ・地盤が強固である（傾斜地又は盛土でない）こと
- ・土砂災害特別警戒区域等を避けて設置（A級のみ）
- ・設置架台がステンレス、コンクリート等強固な材質で作成（A級のみ）

(b) アンテナ及び受信機

- ・国土地理院に登録された1級GNSS測量機であること（A級のみ）
- ・マルチGNSS対応（A級のみ）

(c) データ品質

- ・電子基準点の統計値を基にマルチパス、測位性能

件を満たす場合は申請により更新することができる)。令和2年5月15日現在、国土地理院に登録された民間等電子基準点の検定機関は「公益社団法人日本測量協会」及び「一般社団法人日本測量機器工業会」である。また、令和2年4月1日から、国土地理院において民間等電子基準点の登録申請の受付を開始した。登録までの流れは図—4に示すとおりである。

5. ICT 活用工事での民間等電子基準点を利用した位置情報サービスの活用

民間等が設置したGNSS連続観測局のデータを活用した測位サービスをICT活用工事に採用するには、当該GNSS連続観測局が国土地理院に登録された「民間等電子基準点」に登録されている必要がある。具体的には、ICTの全面的な活用の推進に関する実施方針の別紙—4「ICT活用工事（土工）実施要領（令和2年4月1日以降適用）」において、以下のように規定されている。

【特記仕様書】記載例

第〇〇条 ICT活用工事について

5. ICTを用い、以下の施工を実施する。

③ ICT建設機械による施工

5. ②で作成した3次元設計データを用い、下記に示すICT建設機械により、施工を実施する。位置・標高をリアルタイムに取得するに当たっては、国土地理院の電子基準点のほか、国土地理院に登録された民間等電子基準点を活用することができる。

なお、位置情報サービス事業者が提供する位置

情報サービスの利用においては、当該サービスが国家座標に準拠し、かつ、作業規程の準則（平成20年国土交通省告示第413号）付録1測量機器検定基準2—6の性能における検定基準を満たすこと。

6. おわりに

携帯電話事業者をはじめとした民間等によるGNSS連続観測局の設置運用の動きが急速に展開される中、信頼性の高い衛星測位によるサービスを安定的に享受できる環境を確保するため、国土地理院は国家座標（位置の基準）への準拠及び一定の精度の確保を目的として、当該GNSS連続観測局の規格等を定めた基準及び要領を制定した。また、令和2年4月から民間等電子基準点の登録制度の運用を開始し、その活用については、ICT活用工事（土工）実施要領（令和2年4月1日以降適用）において規定されたところである。今後は引き続き民間等電子基準点の登録制度について周知を図るとともに、利用の拡大に努め、我が国の測量・位置情報サービスの発展に向け、取り組んでまいりたい。

J C M A

【筆者紹介】

檜山 洋平（ひやま ようへい）
国土地理院
測地観測センター 電子基準点課



システムズエンジニアリングを用いた 建設機械の故障解析

大 川 聡

欧米と中国ではシステムズエンジニアリング（以下 SE）が普及しており、既に 2004 年には ISO 規格化がなされている。日米の建設機械と自動車業界でも徐々に SE の導入が始まっている。日本の建設機械業界と建設業界では、SE を導入することで新規開発の成功率を上げたり、あるいは故障や不具合の解析と対策を改善できる可能性が考えられる。そこで、本稿ではこの新しい SE の概要について解説し、SE を応用して建設機械の故障解析を行った例を紹介する。また、モデルベースシステムズエンジニアリング（MBSE）言語である SysML（Systems Modeling Language）を用いて故障を記述することで、人的な要因の解析と複雑なメカニズムを解析した例も取り上げる。

キーワード：システムズエンジニアリング、TQM、FTA、SysML、エンジン、ハイドロリックシステム

1. はじめに

日本ではプラン・ドゥ・チェック・アクション（以下 PDCA）を基本とした TQM（あるいは TQC）が、広く建設機械業界および建設業界で採用されている。しかし、製造業においては、PDCA サイクルが継続的な改善活動であるため、マンネリに陥るおそれが指摘されている¹⁾。建設業では、一工事が完了すると同時に PDCA サイクルは終わるために、TQM は立ち消え状態になることが指摘されている²⁾。一方では、TQM を継続しながら新商品開発に成功している会社がある。この例として、筆者の知る建設機械メーカは TQM を長く採用しているが、コムトラックス（機械稼働管理システム）あるいは無人ダンプなど画期的な商品を世界に先駆けて実用化している。これには TQM と共に、1961～80 年に導入した初期のシステムズエンジニアリングの考えが役立っていると思われる³⁾。

近年、欧米と中国では最新のシステムズエンジニアリング（以下 SE）⁴⁾ が普及しつつあり、これによるシステムあるいは機械の設計方法が開発されている。2004 年に SE は ISO 規格⁵⁾ に制定されており、日米の建設機械と自動車業界では徐々に SE の導入が広がっている^{6)～9)}。

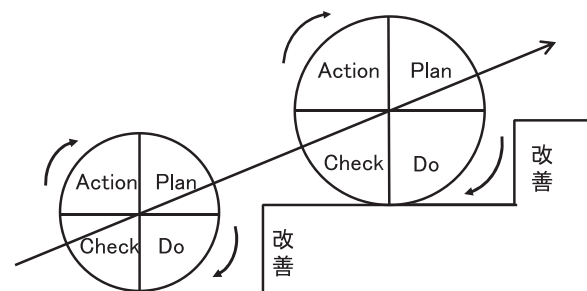
本稿では最新の SE の概要について述べ、これを応用して建設機械の故障解析を行った例を紹介する。また、モデルベースシステムズエンジニアリング（MBSE）

言語である SysML（Systems Modeling Language）¹⁰⁾ を用いて故障を記述することで、その複雑なメカニズムを解析した例を紹介する。

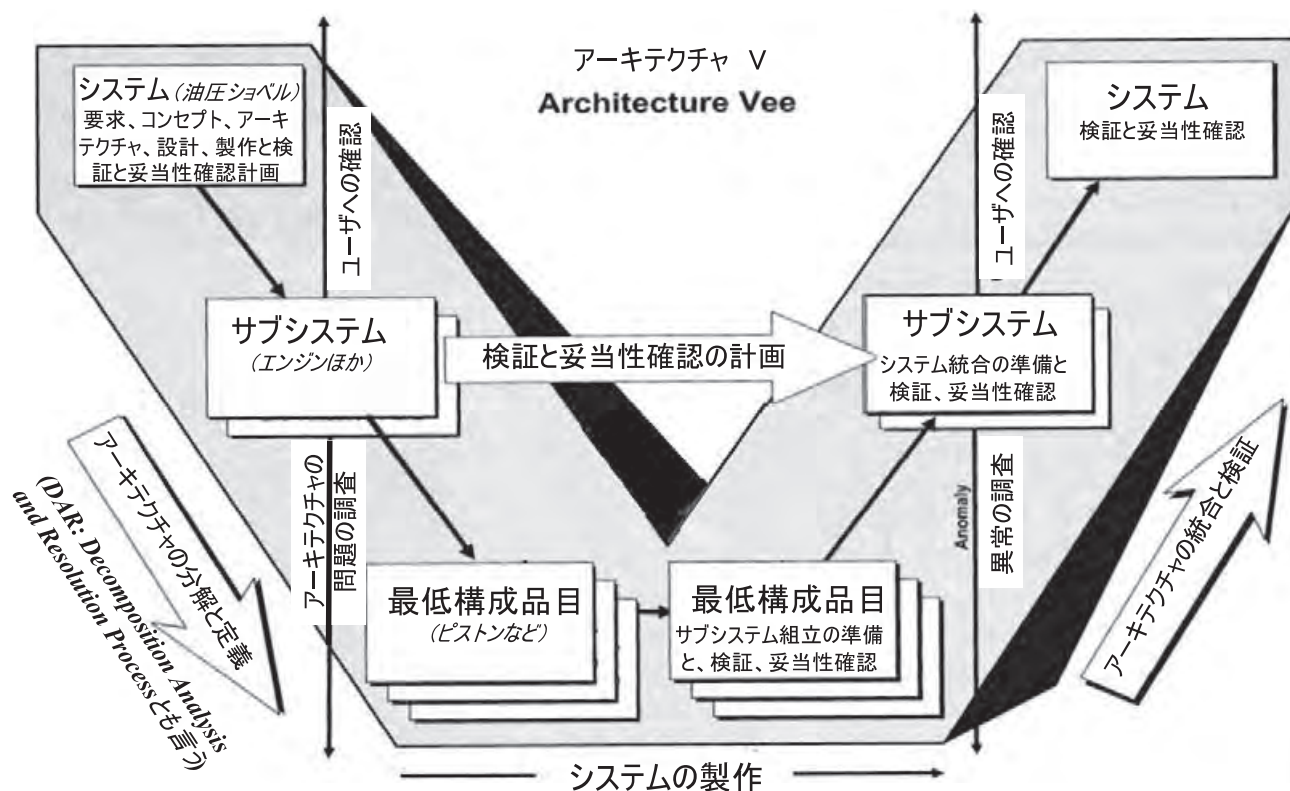
2. TQM とシステムズエンジニアリング (SE) の基本的な考え方について

図—1 は TQM の PDCA サイクルの例¹¹⁾を示す。PDCA を回して機械を改善してモデルチェンジを行い、さらに次の改善に向かって PDCA を回すのが TQM の基本である。したがって、定期的なモデルチェンジを行う自動車と建設機械のメーカに適した手法と言える。

これに対して SE は、図—2 に示すアーキテクチャ V⁴⁾ がシステム開発の基本の考えである。例えば、油圧ショベルをシステムの例とすると、アーキテクチャはこれら一連の機種の基本コンセプトになる。最初に油圧ショベルに関わる全ての利害関係者の要求を分析



図—1 TQM での PDCA サイクル¹¹⁾

図一2 システムズエンジニアリングの基本となるアーキテクチャ V⁴⁾

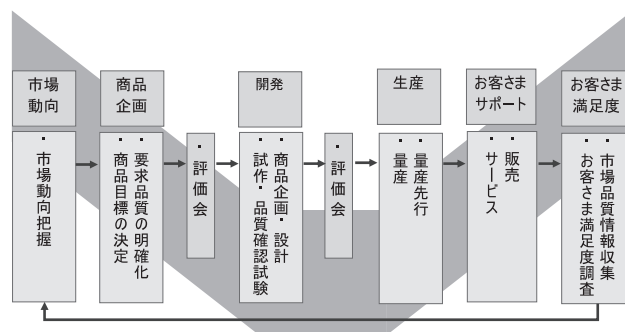
注) (斜字体)：筆者追記

して、基本コンセプトを考えて設計の仕様と試験の計画を練る。これをサブシステム（例えばエンジン、油圧機器、終減速など）から最低構成品目（それぞれの部品）まで徹底的に分解して階層化する。それぞれの段階で設計および制御プログラムの開発を行い、同時に検証（Verification）と妥当性の確認（Validation）の方法を計画する。途中の過程では、作り上げるアーキテクチャの問題点の調査と、ユーザの確認などを都度反復する。すなわちサブシステムや構成品目などの設計、製作方法あるいは試験方法に問題がないか調査し、同時にユーザ要求を満足しているかを検証して確認する。これはTQMにおける各PDCAステップ内で行うPDCAの繰り返しにも通づる考え方である。次いでこれら部品を組立て、サブシステムの試験により性能と耐久性の検証を行う。さらに油圧ショベルを組立て統合した実車の試験によって、製品の性能と耐久性について妥当性の確認をする。最終製品についてはユーザ要求を満足するか確認をする。TQMと異なるのは継続的な繰り返しの改善ではなく、SEは新規のシステム開発が特徴であり、学際的（分野横断的）・社会的アプローチも重要視されている。

システム開発の一連の作業の中で特に重視されるのが、V字左側のDAR（Decomposition Analysis and Resolution Process）と言われるアーキテクチャの分解分析と解決プロセス（あるいは定義）である。

3. 建設機械メーカーで採用している初期のSEについて

図一3は建設機械メーカーの商品開発とその品質保証の仕組み¹²⁾を、SEのV字に合わせたものである。基本的にSEの考えと合致しており、PDCAサイクルではない。SEでは、開発の節目毎にデザインレビューを行うべきとしている。建設機械メーカーでは開発目標のQCD（品質・コスト・納期）の妥当性をレビューする商品検討会があり、その後の開発の各段階でレビューする製品評価会では関係部門の専門家およびユーザを招いて実施する¹³⁾。これら一連のデザインレビューのタイミング、文書化された評価項目などはSEのプロジェクトサイクル⁴⁾と合致する。初期のSEに基づく考え方は建設機械メーカー社内に根付いて



図一3 アーキテクチャ V に沿っている建設機械メーカーの品質保証の仕組み

おり、コムトラックや無人ダンプだけでなく全ての開発がシステマティックな考えで進められている。後述する筆者が実施した故障解析と対策についても、アーキテクチャVに沿うように進める社内の仕組みがあるため、社内の利害関係者の理解と協力を容易に得られた。ただし、新しいSEの特徴である徹底した階層化の考え、あるいはSysMLの利用については欧米の先進企業が一步進んでいる。

4. 故障対策へのSEの応用について

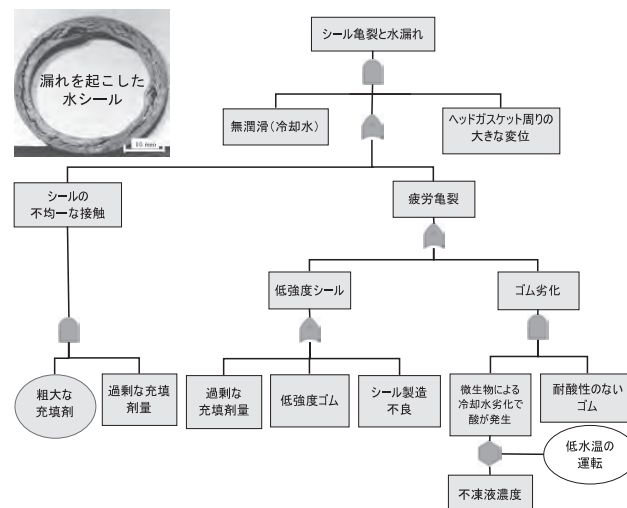
建設機械は使用条件が厳しいために、故障が生じることがある。これら故障原因の解析と対策を進める上で、FTA (Fault Tree Analysis) または FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) を用いることが一般的である。それらの手法を用いて解析するには専門的な技術と長い経験が必要であるため、近年のベテラン技術者の不足などにより十分解析されずに故障が再発することが懸念される。

そこで、本章では新しいSEの階層化を応用した故障解析の1例と、SysMLによる記述で解明した故障解析の2例を紹介する。最初の例はエンジンの水シールの漏れであり、2例目は誤った燃料の混合により引き起こされたエンジン損傷の例である。一般に技術者は人的な要因を解析することに慣れていないが、SysMLで記述することにより別の原因に気付くことができた例である。3例目は、低品質の作動油によって油圧バルブの作動不良が起きた例である。

(1) エンジン用水シールの漏れ故障のSEによる再解析

図—4は、エンジンの冷却水用シール（以下水シール）が異常な亀裂を生じて水漏れを起こした例¹⁵⁾とそのFTAを示す。この故障はFTAに示すように複雑な原因が絡みあっている。FTAは古くから活用され、ある程度階層化するので、故障原因の解析には分かり易い方法であるが、担当者以外の人には各事象の影響度あるいは位置付けなどを直感的に捉えることが難しい。この図は、冷却水による無潤滑の状態に加えて、高出力化したエンジンにより大きな変位がある状態において、不均一なシール接触あるいは疲労亀裂のいずれかが生じると水漏れが起こることを示している。その下位の事象が漏れにつながる理由はこの図で理解はできるが、シール製造不良、冷却水の劣化あるいはゴム成分との関連などは分かり難い。

そこで、前述アーキテクチャVのDARの考えを、



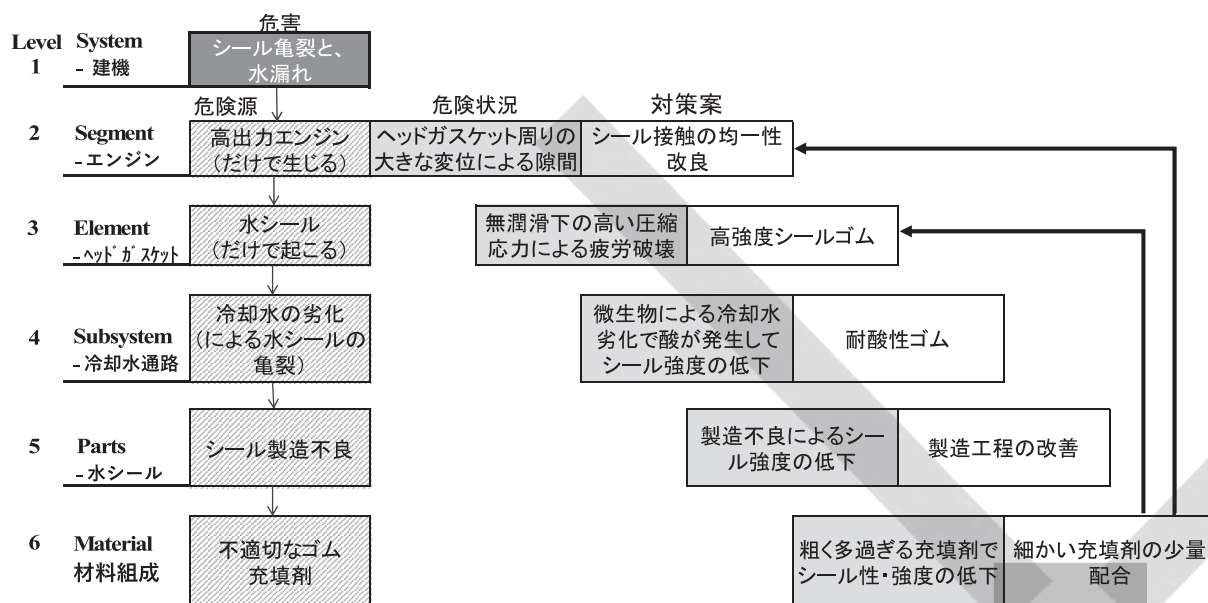
図—4 水シールの亀裂の写真とシール亀裂・水漏れについてのFTA³⁾

この問題について新たに適用したのが図—5である。水シールの亀裂と水漏れを危害と定義して、エンジンから材料組成まで、階層化した危険源を左縦列に示す。階層毎の危険状況と対応する対策案をDARに相当する右側2列で示す。危害は(1)式に従って生じるとする。

$$(\text{危険源}) + (\text{危険状況}) = (\text{危害}) \quad (1)$$

レベル1の建設機械では水シールの亀裂と水漏れの危害が発生している。レベル2のエンジンでは、高出力エンジンだけ（危険源）に漏れが生じるという問題がある。レベル3のヘッドガスケットでは、水シールだけ（危険源）に漏れが生じる問題があったが、同じゴム材料を用いた油シールでは漏れは全くない。レベル4の冷却水通路では、冷却水の劣化（危険源）により生じる水シールの亀裂の問題があり、レベル5の水シールでは製造不良（危険源）の可能性があった。レベル6の材料組成では、ゴムの充填剤が不適切の可能性（危険源）があった。これらの危険源に対して危険状況が発生して、亀裂と水漏れの危害に至る。

危険状況と対策案を上階層からたどると、レベル2のエンジンは、高出力でヘッドガスケットに大きな変位が生じるのが危険状況である。この時シールの接触が不均一でシールに隙間ができると水漏れが生じる。この対策には変位の大きさによらず接触が均一となるシールが必要である。レベル3の冷却水では、シール表面が滑らず変位に追従できないため、シールに繰り返し高い圧縮応力が掛かることが危険状況である。これにより疲労亀裂を生じるので、高強度のゴム材料の採用の対策が必要である。レベル4では、冷却水のメンテナンス不良で微生物が生じると、酸が発生してシール強度が低下することが危険状況で、これにより



図—5 水シールの亀裂・水漏れについてのDARを用いた解析と対策案³⁾

亀裂が生じる。この対策には耐酸性ゴムの採用が必要である。レベル5での水シールの製造の不適切な品質管理は、潜在的なシール強度低下につながる危険状況であった。これに対しては製造工程の改善が必要である。レベル6での粗大で過剰な充填剤の量は、シールの不均一な接触の危険状況を引き起こし、ゴム強度も低下させて疲労破壊の危険状況を生じて水シール亀裂が生じる。これが亀裂と漏れの主要原因である。そこで、対策として細かい充填剤を少量の配合にすることで、レベル2の対策のシールの接触均一化と、レベル3のシールゴムの高強度化を図ることができる。前述のFTAに基づいてレベル4と5の対策も過去実施していたが、このSEによる再解析で初めて全体的なメカニズムを把握することができた。

DARを適用した故障の整理により、故障の原因となりうる危険源と、危害を引き起こす危険状況に関連づけて理解して、その対策を導き出すことができる。

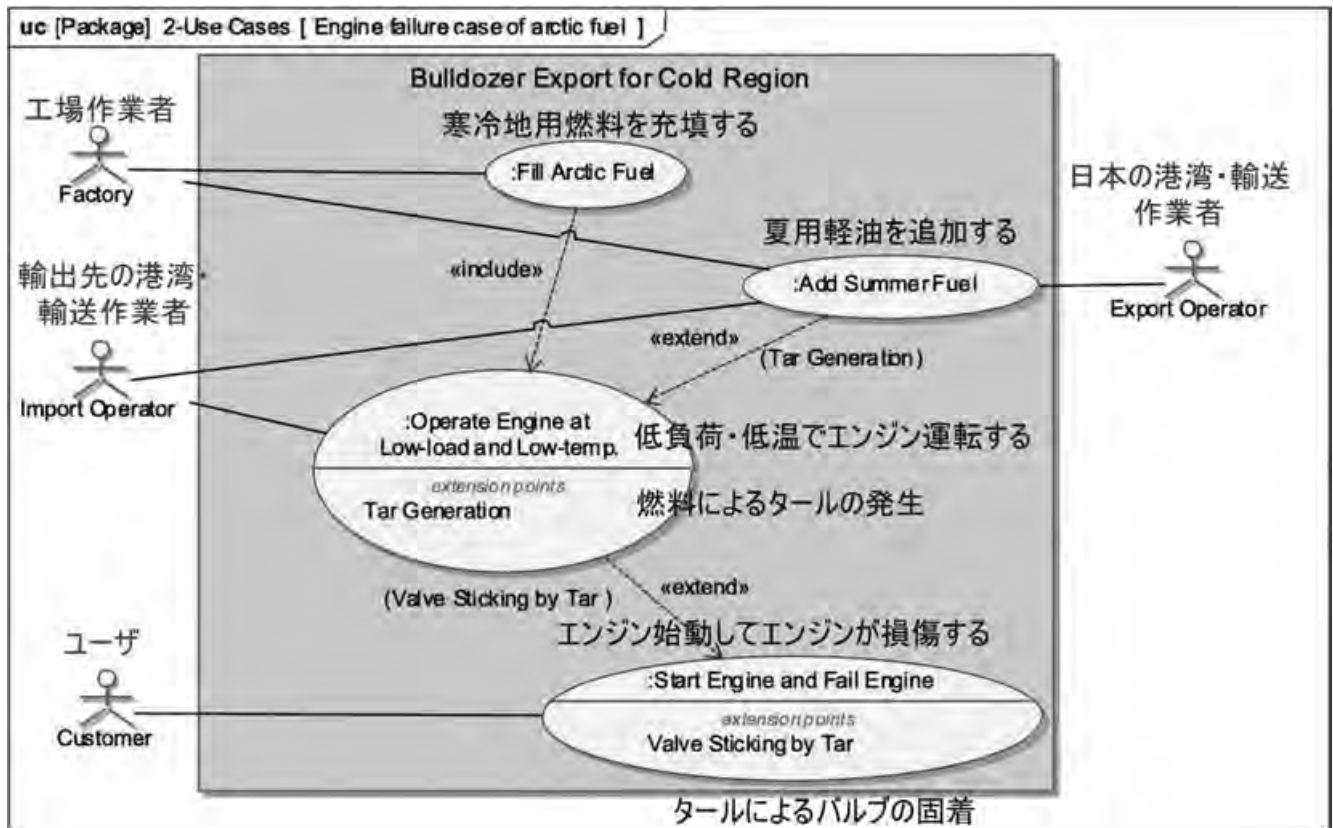
(2) 燃料の誤混合によるエンジン損傷について SysMLの記述を用いて検討した解析例

SysMLとは、システムの要求、構造、振る舞いを図的に表現して、検証および妥当性確認をサポートするモデリング言語である。SysMLには9種類のダイアグラムがある¹⁰⁾が、ここではユースケース図で記述して解析した例を示す。なお、SysMLの全ての図は基本的に英文表記のため、ここでは日本語を付記している。

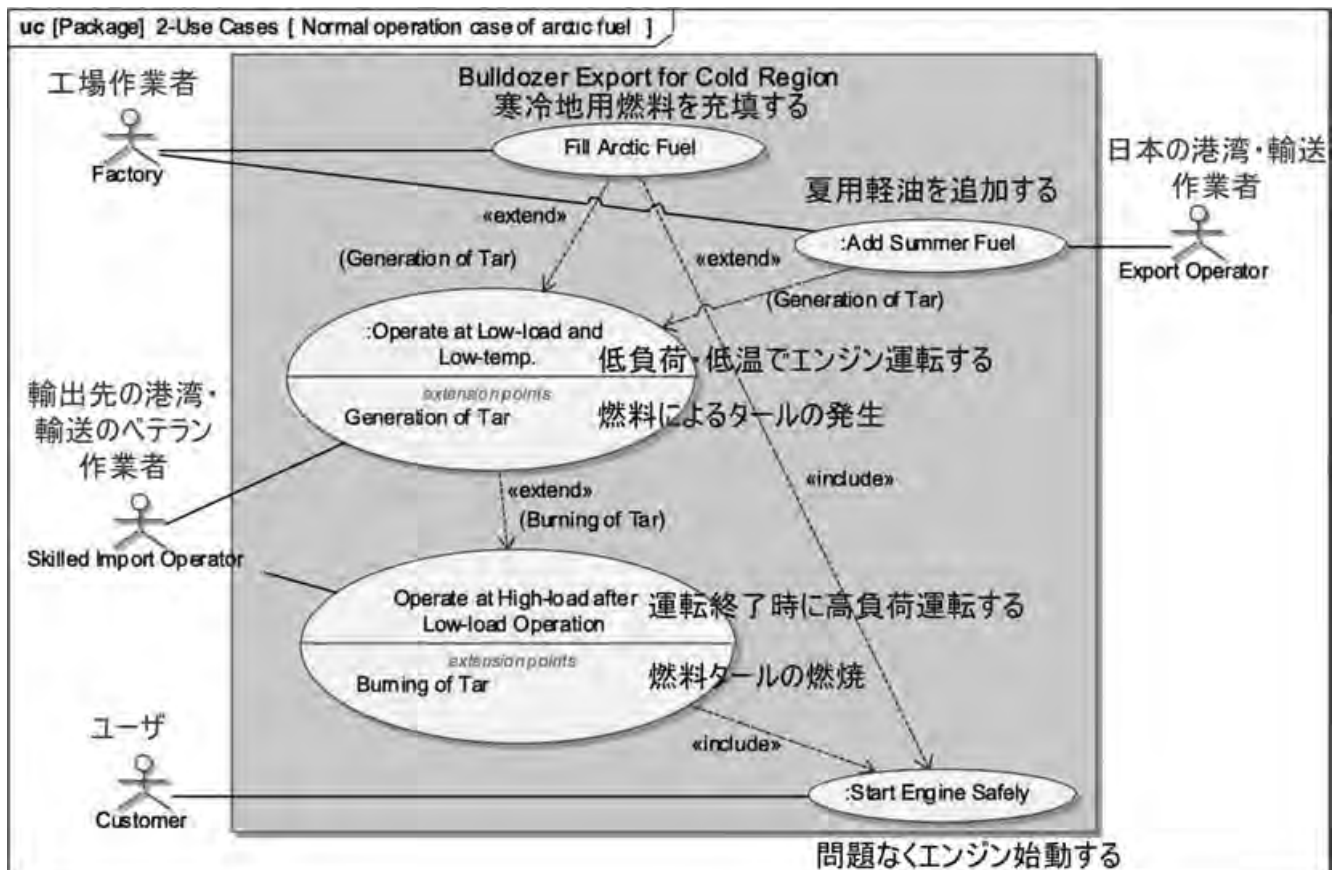
通年で工場充填に用いる寒冷地用のエンジン燃料はその凍結温度だけでなく、着火性と蒸留性状にも特殊

な要求がある。この寒冷地用燃料に一般の夏用の軽油が混ざってブルドーザのエンジン損傷が起きた例があった¹⁵⁾。当時検討されたエンジン損傷に関わった作業員（SysMLではアクター）と、それら作業員の行う精円で示す操作（ユースケース）を、図—6のユースケース図に整理して示す。工場作業員は必要最小限の量の寒冷地燃料を充填する。一方、別の工場作業員が出荷運転中に消費した燃料分の軽油を補充する可能性があった。日本側と輸出先の双方の港湾・輸送作業員も同様に軽油を補充する可能性があった。寒冷地である輸出先の港湾・輸送作業員は、ブルドーザ移動のため低負荷・低温でエンジンを動かす。このような操作により、エンジンは失火して、燃料中の軽油の熱分解により粘り気のある茶褐色の液体（タール）を生じてエンジンのバルブに付着する。ブルドーザがユーザに渡る迄に、付着したタールは酸化して硬くなりバルブが動かない状態（固着）になる。ユーザがエンジンを始動すると、バルブが固着しているためにピストンと衝突してエンジンが損傷した。この事例では、筆者らは軽油の補充を禁ずるプレート燃料タンクに着ける対策を行った。しかし、なぜ過去にはエンジン破損が発生していなかったが明らかでなかった。

筆者はこの問題に関するユースケース図を記述して検討して、新たに図—7のようなユースケースに気が付くことができた。通常は輸出先に港湾・輸送のベテラン作業員がおり、運転終了時に高負荷運転することで作業中に発生した燃料タールを燃して除去する。建設機械メーカーのベテランのサービス員は、寒冷地でのこのような運転終了法は常識であると指摘してい



図ー6 エンジン損傷を起こした港湾・輸送についてのユースケース図



図ー7 エンジン損傷が起きない状況を推定したユースケース図

た。この作業によりユーザは問題なくエンジンを始動できる。

輸出先の港湾・輸送で経験不足の作業者が運転した場合は、前述のようにエンジン損傷が起こる。過去に同様なエンジン損傷が起きていなかった理由は、輸出先にベテラン作業者がいたためであると、このユースケースで理解できる。したがって、より効果的な対策は経験不足の作業者にもわかるように、寒冷地での適切なエンジン運転終了方法の説明プレートをブルドーザに貼付することであった。このように図的に検討することで、より確実な対策方法に気付くことが可能となる。

(3) 生分解性作動油による油圧シヨベルの作動不良の SysML の記述を用いて検討した解析例

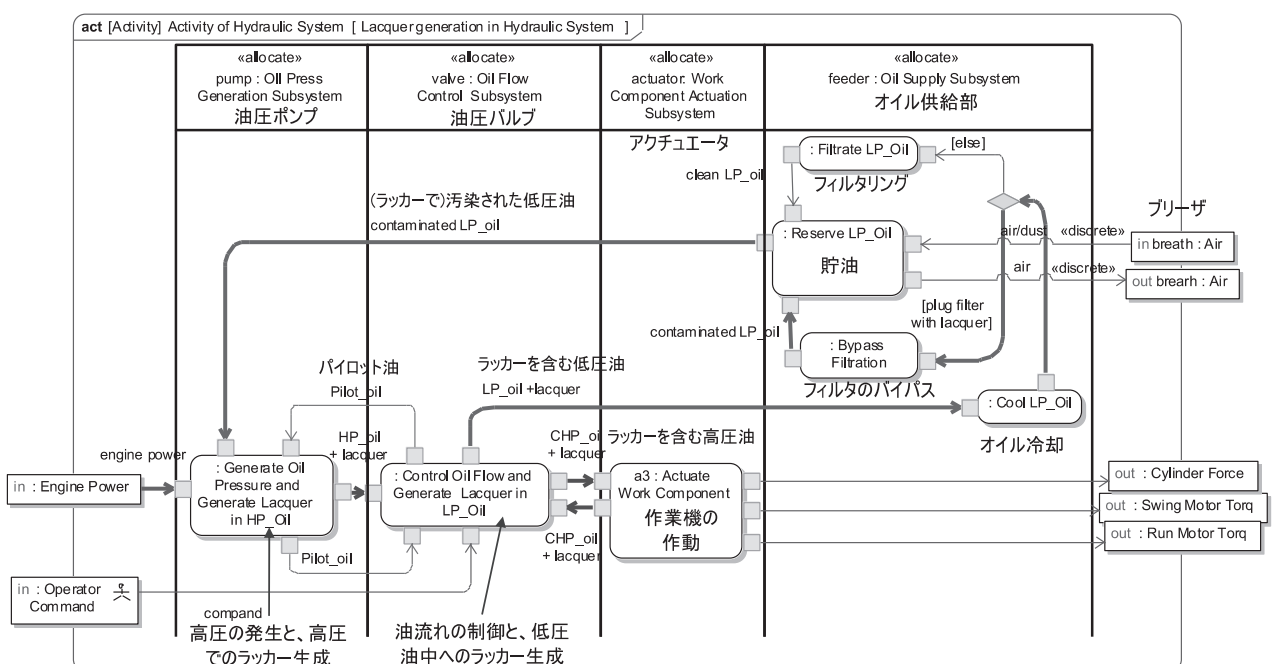
本節では SysML のアクティビティ図の記述により検討して原因解析した例を示す。

生分解性作動油（以下バイオ油）は 1990 年代から欧州の環境保護地域で使用が義務付けられた合成エステルまたは菜種油などを基油とする作動油である。現在その品質は ISO 規格になっているが、酸化安定性が低い、油膜強度が低い、ゴム膨潤を生じる、錆止め性が低い、湿式ブレーキの摩擦トルクが不足するなど多くの欠点がある。これらバイオ油の欠点に対して、筆者らは全社的なプロジェクトチームを立ち上げて全ての建設機械の油圧システムへの対策を講じた¹⁶⁾。対象は油圧ポンプ、油圧モータ、油圧シリンダ、油圧ホース、作動油タンクなどであった。しかし、これら

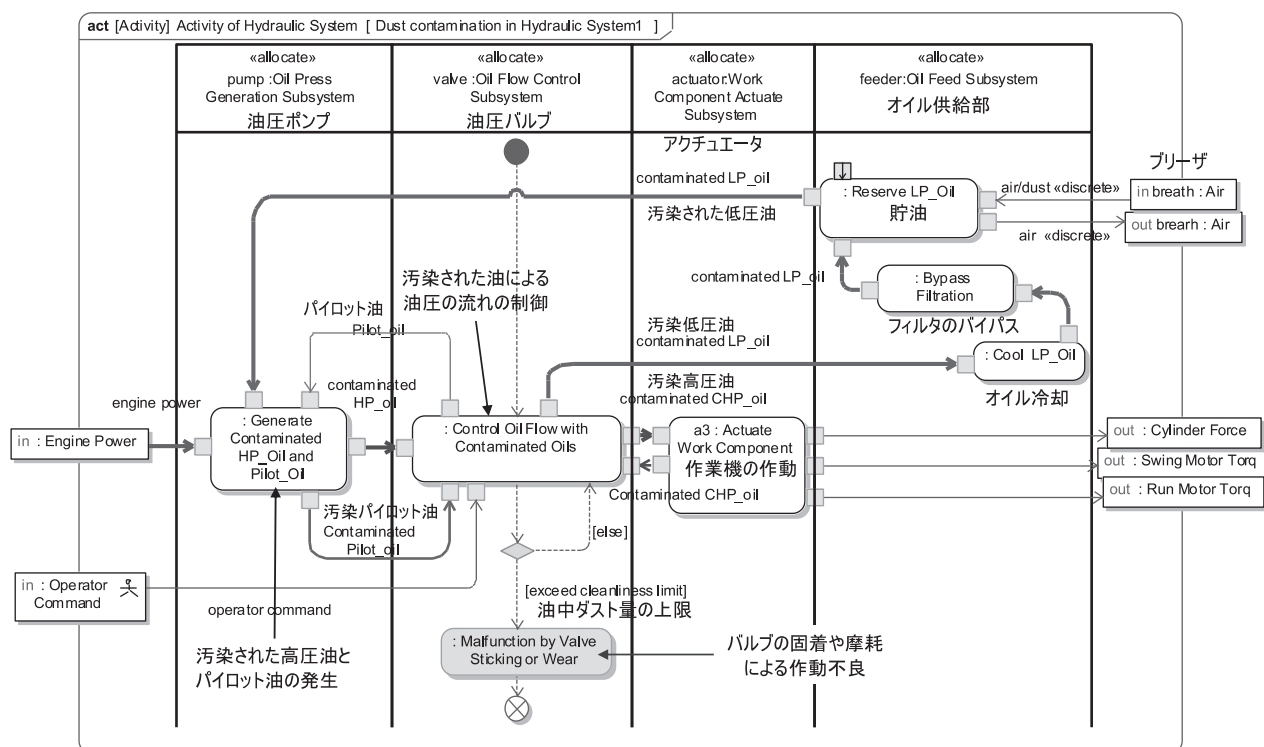
一連の対策が取られた後も、油圧バルブの作動不良により建設機械が誤作動を起こす問題が未解決のままであった。

この残された作動不良の問題を検討するために、SysML を用いて油圧システムでのバイオ油の振る舞いを記述したのが図—8 のアクティビティ図である。図は次の 4 区画に分けている。左から油圧ポンプ、油圧バルブ、アクチュエータならびにオイル供給部の区画である。各区画内にバイオ油の振る舞いを角丸四角で示す。油圧ポンプは高圧を発生するが、この時に気泡混入による断熱圧縮が起こると、高圧油が局部的に 1400℃ 以上になる場合がある。そのため、酸化安定性の低いバイオ油は多量の劣化物粒子（以下ラッカー）を生成する。その後高圧油は、油圧バルブにより油圧シリンダ、旋回と走行の油圧モータの 3 箇所のアクチュエータに振り分けられて、それらを作動させた後に再び油圧バルブに戻る。油圧バルブの作動により高圧油が急激に減圧して低圧油になる時に、油圧バルブが損傷する位の激しいキャビテーションが起こる。このキャビテーションでは局部的に 4700℃ 以上となる場合があり、ラッカーが生成して低圧油に排出される。ラッカーはオイル供給部のフィルタで除去されるが、バイオ油による多量のラッカー発生によって早期のフィルタの目詰まりが生じることが考えられる。

図—9 はラッカーによる早期のフィルタ目詰まりが生じた時の、油中ダストの振る舞いについてのアクティビティ図である。フィルタ作用が失われるため、稼働中の油圧ポンプとアクチュエータからの摩耗粉ダ



図—8 油圧システムでのバイオ油によるラッカー生成の振る舞いを表すアクティビティ図



図—9 ダストにより汚染されたパイオ油による作動不良の振る舞いを表すアクティビティ図

スト、そして作動油タンクのブリーザから空気と水分と共に混入する外部ダストが、稼働中に次第に油圧システム内で濃度を高める。油中ダストの濃度が上限値を超えると（図中◇）、油圧バルブの隙間にダストが噛み込んだり、あるいはエロージョン摩耗が生じたりして作動不良が起こる。このようにアクティビティ図の記述により、従来解明できていなかったパイオ油による作動不良の原因の推定ができた。

暫定対策としては、パイオ油にオイル交換する時にエア抜き作業を義務付ける方法が考えられる。その効果として気泡の断熱圧縮とキャビテーションを防ぐことができる。恒久対策として、ラッカー詰まりを防ぐ高性能フィルタの採用が考えられる。

作動不良の問題は、ある時期から全く発生しなくなっていた。この理由を調べるために、経緯をたどてみると、工場でパイオ油を充填する際にエア抜き作業を追加することにより、作動不良がある程度治ったようであった。その後、オイル交換時間延長の目的で新型の高性能フィルタが採用された結果、ラッカーによる目詰まりが無くなり作動不良が皆無となったと考えられる。このようにSysMLの記述により未解決であった原因を解明できて、検討した対策の有効性についても経緯を調べることで確認できた。

5. おわりに

SEは継続的な繰り返しの改善ではなく、新規のシステム開発を目標としているため、建設機械業界での開発と建設業界の仕事に役立つと考えられる。

SEのアーキテクチャV中のDARの考えは、故障の解析と対策に応用できることを見出した。複雑な原因を階層化して危険状況と対策を分かりやすく整理できる。これにより見過ごしている危険源と危険状況、ならびに新たな対策を発見できる可能性がある。FTAと併用して用いることを提案したい。

技術者が苦手とする人的な故障原因を解析するにはSEのSysMLのユースケース図による記述が有効である。

未解決であった油圧システムの作動不良について、SysMLを用いて油圧システムでのパイオ油の振る舞いを記述することで、作動不良のメカニズムを推定できた。

このようにシステム全体を考えながら、個々の装置・部品または人的な要因で生じる複雑な故障原因を解析できることがSysMLを含むSEの利点である。本稿では技術者が日常的に遭遇する故障解析の例を用いて最新のSEを紹介した。参考になれば幸いである。

なお、本稿についての詳細は筆者の博士学位論文³⁾を参照されたい。

《参考文献》

- 1) 梅田弘之：実践プロジェクト管理入門，翔泳社，2004.
- 2) 新倉健一：転換期市場における企業再生戦略—日本の順大手ゼネコンを事例として—，高知工科大学大学院，工学研究科学位論文，2009.
- 3) 大川聰：建設機械の駆動システムでの潤滑油類が起因となる故障への対策—システムズエンジニアリングアプローチからの再考—，慶應義塾大学大学院，システムデザイン・マネジメント研究科学位論文，2019.
- 4) K. Forsberg, H. Mooz and H. Cotterman: Visualizing Project Management, Wiley, New York, 2005.
- 5) ISO, Systems Engineering - System Life Cycle Processes, 15288, 2004.
- 6) 大谷和弘，南条孝夫，筒井昭（コベルコ）：油圧ショベルの動力系開発プロセスの構築，R&D Kobe Steel Engineering Reports, 57, 1, p52-57, 2007.
- 7) T. Costly: Associations team up to help advance simulator, SAE OFF-HIGHWAY ENGINEERING ONLINE, 22-Nov-2013, 2013.
- 8) R. Hales: Structural Durability Validation - Test-Centered Versus Simulation-Centered Approaches, OEM Off-Highway, Dec. 25, 2020.
- 9) 中澤孝志：システムズエンジニアリングを用いた新エンジン開発，日本機械学会誌，Vol.119, No.1177, p658-661, 2016.
- 10) S. フリーデンタール，A. ムーア，R. スタイナー（西村秀和 監訳）：システムズモデリング言語 SysML, 2012，東京電機大学出版局
- 11) コマツ・KCC: Quality Control Hand Book, p4, 1994.
- 12) コマツホームページ環境・社会活動（CSR）<https://komatsu.disclosure.site/ja/themes/81>
- 13) 菅野文友，額田啓三，山田雄愛 編：日本のデザインレビューの実際，p151-177, 1993, 日科技連出版.
- 14) S. Ohkawa, K. Iwakata and Y. Kawashima: Coolant Seal Elastomer for Diesel Engine Head Gasket, SAE Transactions Journal of Commercial Vehicles-V102-2, SAE Technical Paper, 932375, 1993.
- 15) 大川聰，益子知幸，加藤敏夫，中野平：ディーゼルエンジンの排気バルブ固着に及ぼす軽油性状の影響，内燃機関，Vol.30, No.383, p70-76, 1991.
- 16) 大川聰，尹善吉，日比谷孟俊，西村秀和：生分解性作動油に適合する建設機械用油圧システム開発の新しい手法—故障解析における要素解析手法とシステムモデルを用いた総合解析手法の統合事例—，Synthesiology, Vol.12, No.2, p57-74, 2019.

【筆者紹介】

大川 聰（おおかわ さとし）
 博士（システムエンジニアリング学），
 『建設機械要覧』編集委員，
 元慶應義塾大学 SDM 研究所，元コマツ



線路設備モニタリング装置の本格導入

ビッグデータを活用した保線業務の変革

渡 邊 綾 介

JR 東日本では、将来の生産人口減少に伴う労働力不足等の経営環境の変化を踏まえ、2018年7月より線路設備モニタリング装置（以下「本装置」という）を本導入し、効率的で革新的なメンテナンスの実現を目指している。

本装置の導入により、従来より実施していた「徒歩による巡視」の周期を延伸したほか、動的検修（仕上がり検査の車上化）や線路設備モニタリングシステム「RAMOS」（以下「本システム」という）の導入など、保線業務の仕組みを変革し、効率化を図っている。

今後は本装置から得られたビッグデータをさらに活用することで、予防保全型のメンテナンスを推進するとともに、人力による線路補修量を削減し、最適な施工計画を策定する取り組みにも力を入れ、本装置の価値を最大限に引き出して、さらなる成果をあげていきたい。

キーワード：線路設備モニタリング装置、軌道変位、軌道材料、巡視、動的検修、MTT、整備基準値

1. はじめに

鉄道の線路は、列車走行時の荷重により、レールのゆがみ（軌道変位）が発生するとともに、線路を構成する各種部材（軌道材料）の劣化を招く。これを放置すると、乗り心地の低下や走行安全性を脅かすことになるため、定期的な検査や計画的な補修工事が必要不可欠であり、“線路を良好な状態に保持する”保線業務は、鉄道運行を支えるうえで重要な役割を担っている。

一方、JR 東日本の保線業務はこれまでも、作業の機械化や、検査台帳および補修工事の計画策定といった各種業務のシステム化など、生産性向上に資する取り組みを実施してきたが、将来の生産人口の減少に伴う労働力不足が懸念され、より一層のメンテナンス体制の最適化が求められている。

これを踏まえ、2018年7月に「保線部門におけるメンテナンス体制の最適化2020」施策を実施し、より一層効率的な業務執行体制の構築を図った。本装置の本格導入については、この最適化施策を担う主たる位置づけの一つとして実施され、得られたビッグデータを活用した効率的で革新的なメンテナンスを目指している。

本稿では本装置の導入状況とビッグデータを活用した各種取り組みをその概要とともに報告する。

2. 本装置の概要

本装置は、軌道変位を測定する「軌道変位モニタリング装置」とレール締結装置等の軌道材料を画像として収録する「軌道材料モニタリング装置」の2つの装置で構成される。

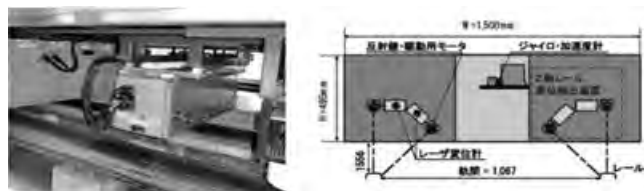
これまで軌道変位の測定は、年4回の周期で走行する検測車両によって実施され、軌道材料の状態把握は、主に徒歩等の巡視や検査により実施されていたが、この本装置を営業列車の車体床下に搭載することにより、高頻度にデータを取得し、リアルタイムに軌道状態を把握することが可能となった（図-1～4）。

軌道変位データには、(株)日本線路技術に設立されたモニタリングセンターを介して、高精度な位置合わせ等のデータ処理が施され、当社の現場第一線で線路メ

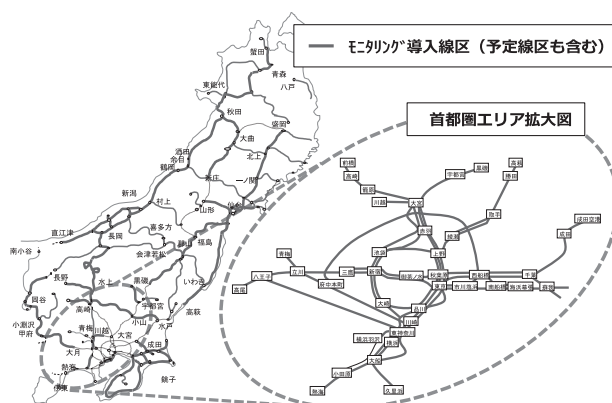


図-1 本装置

メンテナンス業務に従事する保線技術センターに伝送され活用される「分析系データ」と、「生」データとしてリアルタイムに伝送される「監視系データ」がある（図－5）。



図－2 軌道変位モニタリング装置概要



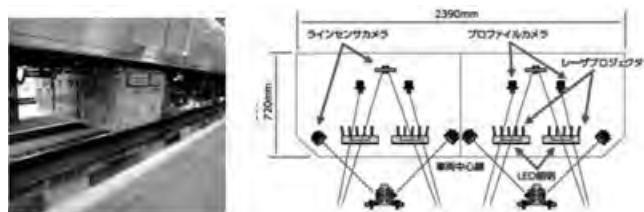
図－6 導入線区図

3. 線路設備モニタリング巡視の導入

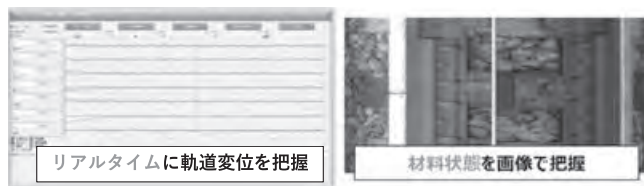
保線で実施している巡視には、「①線路の総合的な保守状態」、「②建築限界の支障の有無」、「③沿線環境の変化の有無」の3点に大別される目的があり、これまでは「徒歩による巡視」と「列車添乗により実施する巡視」を組み合わせで実施してきた。特に「徒歩による巡視」においては、定められた周期を満足して実施するために、多くの人員を費やすとともに、目視や手検測等により設備状態を確認していたため、生産性の向上が課題だった。

これに対して、本装置の導入線区については、高頻度なデータ取得により、上述した巡視の目的のうち、「①線路の総合的な保守状態」について、より効率的かつ精緻に把握することが可能となったことから、「線路設備モニタリング巡視」を新たに導入し、「徒歩による巡視」を補完することで、その周期を延伸させている（表－1）。

これにより、これまで巡視のために、一律的に現場へ出動していた時間を、不良箇所の状態把握や原因の特定にターゲットを絞った効率的な現場調査の実施や検測結果の分析、施工検討等に費やすことができるようになった。



図－3 軌道材料モニタリング装置概要



図－4 得られるデータのイメージ



図－5 データ伝送体系のイメージ

軌道材料データは、モニタリングセンターにて、自動判定処理のほか、スクリーニング（状態不良箇所の選別）処理を経て保線技術センターに伝送され、保線技術者により確認・判断を行う仕組みとなっている。

なお、本装置の新規搭載は2020年度末までに、当社管内の本線軌道延長の約7割にあたる約6,500 km、計50線区に導入予定である（図－6）。

表－1 本装置導入区間における徒歩巡視周期の延伸

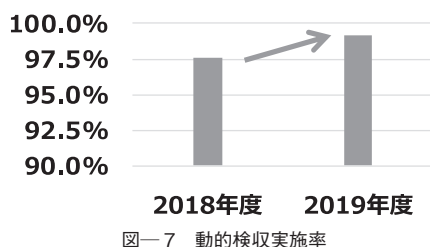
線路 等級	巡視の頻度	
	変更前	変更後
1級線	1回/週or2週	1回/3ヶ月
2級線	1回/3週	
3級線	1回/6週or2ヶ月	

4. 動的検収の導入

列車荷重がかかった状態で軌道工事の仕上りを確認する「動的検収」は、当社の新幹線保線部門で既に実施しているが、本装置の導入した線区においても同様に実施することとした。

「動的検収」を実施することにより、現地で人による引継検査が不要となるほか、動的軌道変位による施工評価が定着化することで、軌道工事における施工指示能力や施工品質の向上が求められ、軌道改善に資する取り組みがさらに期待できる。

2019年度における「動的検収」の実施状況は、本装置搭載車両の運用等で動的検査を実施できない場合を除き、ほぼ100%の割合で実施している（図一7）。



図一7 動的検収実施率

5. 本システムの導入

本装置から取得されるデータの各種取り扱いや分析を実施するための業務支援システムとして、「線路設備モニタリングシステム (Railway track MOonitoring System 以下、RAMOS)」を開発し、各保線技術センターにおいて実用化している（写真一1）。

本システムには、単に本装置で得られた各種データを参照する機能だけでなく、軌道変位の急進性把握や将来予測等を行う軌道変位分析機能のほか、MTT（マルチプルタイタンパー 線路保守用の大型機械：レールのゆがみを補修する保線機械）の施工計画策定機能、MTT施工後評価機能等の各種アプリケーションが実装され、ビッグデータを活用したより高度なメンテナンスを実施



写真一1 本システムを使用した業務の様子

するための機能を有していることが特徴の一つである。

以下に本システムの各種機能を解説する。

(1) 【軌道変位分析機能】急進性把握

任意の測定日のデータを2つ選択し、一定値以上の軌道変位進みが発生している箇所を急進性箇所として抽出する機能である。1m単位で一覧表出力され、急進性箇所の軌道変位チャートも確認することができる。急進性箇所の出力は、1週間で3mm以上進んだ箇所を抽出する方法（定期急進性把握機能）と、任意にデータ間隔と急進性の閾値を設定して抽出する方法（フリー急進性把握機能）の2種類の機能が実装されている（図一8）。

急進性を把握することで、必要な個所にタイムリーな補修が可能となるため、より安全性の高い線路維持につながっている。

基準値到達日予測結果一覧帳票

支社 ■ 課 支社

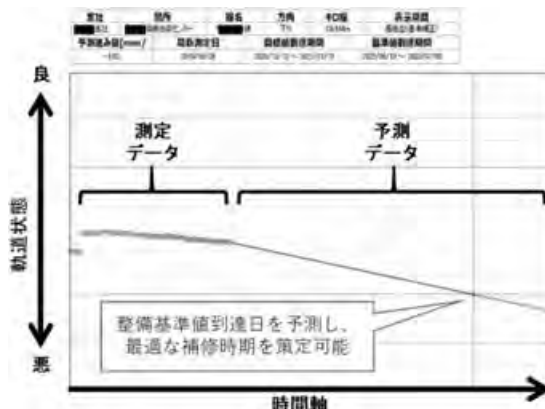
No	箇所	線名	方向	キロ程	項目	最新測定日	変位量 (mm)	基準値 (mm)	基準値到達日	予測進み量 (mm/日)
1	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	0+672m	左進(基準補正)	2020/02/27	-18.8	-20.0	2020/06/27	0.01
2	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	35+234m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-13.1	-23.0	2020/09/01	0.06
3	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	12+477m	左進性	2020/03/01	-13.4	-23.0	2020/09/01	0.06
4	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	37+204m	左進性	2020/03/01	-14.3	-23.0	2020/09/22	0.04
5	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	5+831m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-13.6	-23.0	2020/10/11	0.04
6	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	35+401m	過り左(基準補正)	2020/03/01	-13.2	-23.0	2020/11/01	0.04
7	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	18+628m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-13.9	-23.0	2020/11/02	0.04
8	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	2+811m	高低右(基準補正)	2020/03/01	-12.9	-23.0	2020/12/07	0.05
9	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	5+270m	左進性	2020/03/01	-14.5	-23.0	2021/01/03	0.01
10	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	37+755m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-13.9	-23.0	2021/02/24	0.03
11	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	5+932m	左進性	2020/03/01	-13.6	-23.0	2021/03/08	0.02
12	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	15+635m	左進性	2020/03/01	-14.7	-23.0	2021/05/21	0.02
13	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	2+811m	高低右(基準補正)	2020/03/01	-14.0	-23.0	2021/05/22	0.02
14	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	15+734m	高低右(基準補正)	2020/03/01	-14.4	-23.0	2021/06/10	0.02
15	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	35+463m	左進性	2020/03/01	-12.9	-23.0	2021/07/26	0.01
16	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	2+811m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-14.3	-23.0	2021/08/04	0.02
17	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	35+257m	左進性	2020/03/01	-11.4	-23.0	2021/08/11	0.02
18	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	5+935m	左進性	2020/03/01	-11.5	-23.0	2021/09/01	0.02
19	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	2+811m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-14.1	-23.0	2021/11/09	0.01
20	〇〇〇〇〇〇〇〇〇〇	〇〇〇〇〇	下り	15+700m	高低左(基準補正)	2020/03/01	-13.2	-23.0	2021/12/11	0.01

図一8 急進箇所一覧表 帳票イメージ

(2) 【軌道変位分析機能】軌道変位予測

鉄道総合技術研究所提供の「傾向値算定プログラム」を使用して、軌道変位の進みを将来予測し、整備基準値（必ず補修を行わなければならない軌道変位の閾値）・整備目標値（補修対象とする軌道変位の目安値）に到達する日を一覧表として出力する機能である（図一9）。

本機能を活用することにより、線路補修の計画的な策定が可能となっている。



図一9 軌道変位予測グラフ

(3) MTT 施工計画策定機能

これまでも MTT の施工計画策定業務に使用していた鉄道総合技術研究所提供の「MTT 最適計画作成プログラム」を本システムにも導入している。

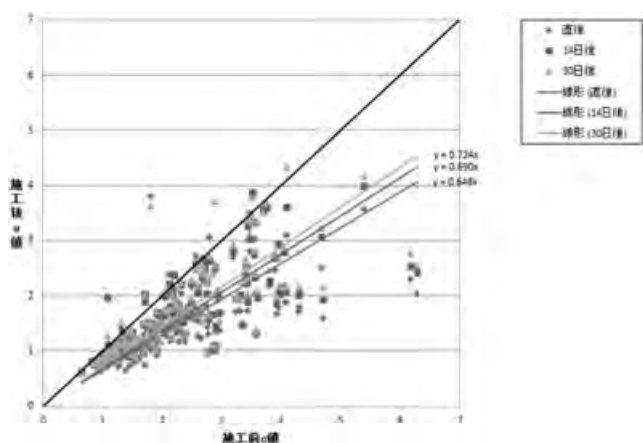
導入の際には、線路設備モニタリング装置で取得する軌道変位データを用いた機能に改修するとともに、従来、支社保線課でのみ実施していた MTT 運用条件の設定や MTT 施工計画の出力を各保線技術センターでも実施できるように改修され、実装されている。

本機能により、軌道変位の目標管理値や基地に関する情報を設定することで、必要な MTT 投入回数を算出し、より効率的な施工計画の策定が可能になっている。

(4) MTT 施工後評価機能

MTT 施工前後の軌道状態（ σ 値）から改善度（施工後 σ 値／施工前 σ 値）を求め、施工後の評価を行う機能であり、MTT 施工後評価グラフ（図—10）を出力することができる。

これは縦軸を施工後 σ 値、横軸を施工前 σ 値にとった散布図であり、近似線形の傾きが改善度を示し、傾きが小さいほど改善度が高い。これにより、線区全体や個別ロットにおける施工品質（仕上がりや補修効果の持続性）を評価することができるようになっている。



図—10 MTT 施工後評価グラフ（全体評価）

6. 線路設備モニタリングに関わる情報共有・教育等の取り組み

2018 年 12 月より毎月、線路設備モニタリングに関する情報誌「モニタリングレター」を発刊し、各支社等での線路設備モニタリングに関する取り組み内容や業務知識の解説等の情報共有を図っている。

また、2017 年度より線路設備モニタリング研修を

導入し、各支社において核となる人材育成に取り組み、3 年間で 140 名以上の社員が受講しているほか、線路設備モニタリング技術向上会議として、年に 2 回、各支社を代表する保線技術センターが、本装置の活用検討や新たな可能性を見出す取り組みなどを報告、発表する機会を設け、線路設備モニタリングに関する技術向上や情報共有、教育等にも力を入れてきた（図—11）。



図—11 各種取り組みイメージ

7. 効率的なメンテナンスの実現に向けて

本装置の本格導入から 1 年以上が経過し、線路モニタリング巡視や動的検収については概ね順調に推移しており、定着化が図れているところである。

今後は本装置で得られたビッグデータを活用し、保線業務の最適化に資する具体的な成果が求められており、効率的なメンテナンスの実現をさらに目指さなければならない。

そこで、以下の取り組みを推進したいと考えている。

(1) 軌道変位検査における整備基準値の予防保全

当社で実施している軌道変位検査には、整備基準値という線路を補修の実施するための閾値が設定されており、この整備基準値を越えた際は、15 日以内に補修を行わなければならない。

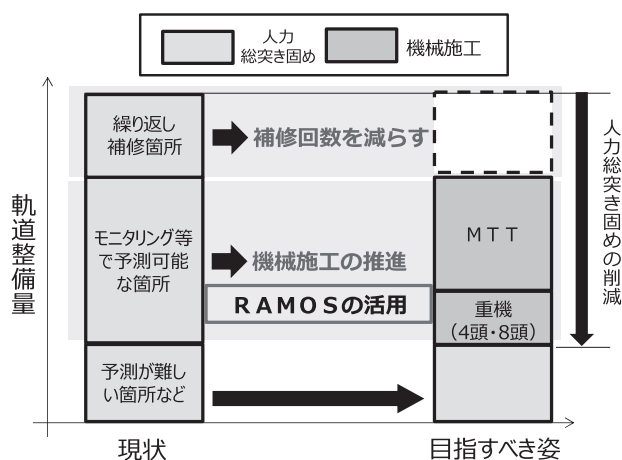
整備基準値の予防保全に向けた取り組みは、既に多くの支社や保線技術センターにおいて、独自にルール等を定めて取り組んでいる内容ではあるが、本システムに実装されている軌道変位分析機能等を活用し、整備基準値に達する前に適切なタイミングで修繕を実施することで、達成することができるものと考えており、そうした業務サイクルの定着化を図っていきたい。

(2) 人力による総突き固めの削減

人力による総突き固め（レールのゆがみを補修する作業）は、整備基準値超過箇所等における緊急的な軌道整備という位置づけで施工されるケースが多いと考

えられる。

本システムに実装されている MTT 施工計画策定機能のロジックは、整備基準値超過が想定される箇所から優先的に施工対象区間として計画され、その後 MTT 施工効果が最も高く、効率的な運用を考慮した施工計画を任意の制約条件下で策定する仕組みとなっている。このため、本機能を十分に活用することで、人力による総突き固めが必要となると予測される箇所を MTT にて適切なタイミングで施工することを目指し、人力による総突き固めを削減し、軌道整備の施工方法についても効率化していきたい（図—12）。



図—12 人力による総突き固めの削減イメージ

8. おわりに

本装置線路設備モニタリング装置は2008年頃から開発に着手し、10年という歳月をかけて実用化に辿り着いた。

今後は本装置の価値を最大限に引き出し、引き続き効率的なメンテナンスの実現に向けた取り組みを展開していきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 葛西亮平, 西藤安隆, 小松佳弘, 小木曾清高, 矢作秀之, 小西俊之: 線路設備モニタリング装置の概況と今後の方向性, JR EAST Technical Review No.55, 2016
- 2) 佐久間浩二, 佐藤惇一: 線路メンテナンス(保線)におけるモニタリング状態基準保全(CBM)の実現に向けて一, JREA Vol.60 No.10, 2017
- 3) 大庭啓輔, 町田幸成: CBMクラウドとRAMOSの開発, JREA Vol.62 No.1, 2019

〔筆者紹介〕

渡邊 綾介 (わたなべ りょうすけ)
JR 東日本
鉄道事業本部 設備部
保線戦略グループ
副課長



早期劣化が発生した橋梁に対する メンテナンスマネジメントシステムの構築

鳥 居 和 之・深 田 幸 史

北陸 SIP では、北陸地方全体を網羅した、金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学および長岡工業高等専門学校の5大学、2高専による大学間連携に加え、民間の技術者、インフラ管理者、大学が一体となった産官学連携体制により、北陸地方における橋梁などのインフラ維持管理の重要かつ喫緊な課題である、コンクリート構造物の塩害やアルカリシリカ反応（ASR）などの早期劣化問題の解決策を提案することにより、地方で持続可能なメンテナンスマネジメントシステムを構築した。

キーワード：ASR、塩害、フライアッシュコンクリート、流電陽極方式電気防食工法、衝撃加振装置、インフラ統合データベースシステム

1. はじめに

本研究開発は、平成26年度にSIP（内閣府）で採択された「コンクリート橋の早期劣化機構の解明と材料・構造性能評価に基づくトータルマネジメントシステムの開発」の研究テーマのもと、北陸地方全体を網羅した、金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校、長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学および長岡工業高等専門学校の5大学、2高専による大

学間連携に加え、民間の技術者、インフラ管理者、大学が一体となった産官学連携体制により5年間の研究活動を行ってきた。本研究開発では、北陸地方におけるインフラ維持管理の重要かつ喫緊な課題であるコンクリート構造物における塩害やアルカリシリカ反応（ASR）による早期劣化問題の解決と橋梁などのインフラ構造物のメンテナンスマネジメントシステムの構築を目的として、精力的にプロジェクトを推進してきた。本研究開発で構築したメンテナンスマネジメント



図一 北信越地方のインフラ構造物を対象としたメンテナンスマネジメントシステム

システムの概要を図-1に示す。北陸地方の橋梁が抱える塩害や ASR などの実態を把握するための「現地調査・点検」に始まり、偏光顕微鏡などを用いた岩石および鉱物学的な視点からの分析や現場での載荷試験などの「分析・試験」、分析や試験などで得られた知見を評価、判定したものを統合型データベースシステムに取り入れる「評価・判定」、実際に早期劣化が生じている橋梁に対してどのような補修および補強などの対策が必要であるのか検討を行い、合理的かつ経済的な対策を講じる「対策」、最後に対策後の経過観察または要対策になった橋梁監視のための「モニタリング」という一連のメンテナンスサイクルを構築した。

本稿では、北陸 SIP の成果として、これらのメンテナンスマネジメントシステムから代表的なものを紹介する。

2. 北陸地方における早期劣化橋梁の実態と対策

(1) ASR 劣化の実態とフライアッシュコンクリートによる ASR 抑制対策の提案

北陸地方において ASR の要因となる岩種構成^{1)~4)}と ASR 劣化橋梁の分布を図-2に示す。北陸地方には、白山や立山などの火山があり、火山系岩石（安山岩や流紋岩、流紋岩質溶結凝灰岩など）による ASR がほぼ全域で発生している。能登半島では安山岩碎石による深刻な ASR 劣化橋梁が多く見られる。また、各県の河川流域において ASR による劣化が顕在化しているところは、それぞれの河川流域から採取された反応性骨材がコンクリートに長年にわたり使用されたことによるものである。わが国では、ASR 抑制対策以後（昭和 61 年度）、ASR 発生が次第に減少してきたが、石川県能登産の安山岩碎石や富山県産の河川骨材を使用したコンクリート構造物では、現在でも ASR が一部に発生している。北陸 SIP で実施した調査では、使用骨材の反応性の大小と組成ベシマム（反応性と非反応性骨材の組合わせにより、アルカリ量が少なくても ASR が発生する現象）の影響により、アルカリ総量が $2.2 \sim 2.4 \text{ kg/m}^3$ の条件でも、実際に ASR が発生していることが確認されている。

このような状況下において、地域の事情を考慮した、経済的な ASR 抑制対策としては、北陸地方で活用が望まれている、フライアッシュコンクリートによる対策がもっとも有効であった。分級フライアッシュ（平均粒径が $7 \mu\text{m}$ の細かいもののみを選別）と高炉スラグ微粉末による ASR 抑制効果を富山県の代



図-2 北陸地方の ASR 劣化橋梁と反応性岩種の分布

表的な常願寺川産骨材に対し、2 種類のモルタルバー法 (JIS A 1146 とデンマーク法 (飽和 NaCl 溶液浸漬)) により検証した結果より、分級フライアッシュ 15% 置換は高炉スラグ 42% 置換よりも優れた ASR 抑制効果を発揮した。JIS A 1146 でとくに優位であった理由として、SEM-EDS で確認された微細な粒子周囲 (ボゾラン反応層 (C-S-H)) の反応率の増大と 0.9 程度の低 Ca/Si 比の C-S-H の生成によるアルカリ吸着がもたらす細孔溶液のアルカリ減少の効果がもっとも大きいと推察された⁵⁾。フライアッシュコンクリートによる ASR 抑制効果については、工場製作した PC 桁や PC 床版を使用した金沢大学での耐荷性の検証試験からも明らかとなった⁶⁾。

北陸地方には、石川県七尾市と福井県敦賀市に PC 桁の製造工場があり、両工場はフライアッシュの供給元である石炭火力発電所にそれぞれ隣接し、フライアッシュコンクリートの地域実装に適していた。このような状況を背景にして、ASR 抑制対策だけでなく、PC 桁の高耐久化および施工性の改善を目的とし、フライアッシュコンクリートを使用した新設工事の PC 桁橋⁷⁾や RC 床版の更新工事としてプレキャスト PC 床版⁸⁾への実装事例がある。なお、北陸新幹線敦賀延伸工事は平成 28 年度から本格化しており、現場打ちの PC 橋梁のコンクリートにおいてもフライアッシュコンクリートが積極的に採用されている。

(2) 塩害劣化の実態と流電陽極電気防食工法を用いた鋼材の腐食緩和工法

北陸地方の沿岸部では、冬期の季節風による飛来塩分の影響を受けた塩害による劣化橋梁が散見される。また、凍結防止剤の散布により橋台部や防水層がないコンクリート床版において塩害による劣化が多く見られる。これらの劣化により建設から20年から30年でひび割れや錆汁、浮きや剥落が生じる橋梁も発生している。とくに、ASRとの複合劣化を生じた場合には、さらに早期に劣化が進行する事例も数多くある。

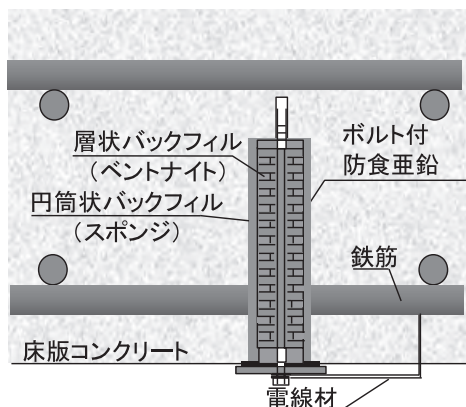
凍結防止剤の散布による塩害対策としては、通行規制を伴う断面修復工法、部分打換工法およびプレキャスト床版への更新などが挙げられる。その一方で、マクロセル腐食の促進に起因した再劣化、長期間通行規制によるコスト増といった課題があり、大規模な更新ともなればさらなる費用が必要となることが危惧されている。このため、より確実な補修工法を開発し、早期に適用することで床版の延命化と維持管理費用の平準化ができる対策が求められている。

そこで本研究開発では、鋼材の腐食を完全に抑制させる、従来からの電気防食工法ではなく、床版更新まで腐食の進行を緩和させ10～20年程度の延命によるコスト縮減を可能にする考え方から、外部電源の要らない鋼材腐食緩和工法として流電陽極材を用いた補修工法（Znカートリッジ工法）を開発した。本工法は床版下面から施工し、床版上面の鋼材も腐食抑制することが可能で、さらに消耗した流電陽極材を容易に取替えることができる特徴を有しており、まず実験室レベルならびに撤去床版で、その有効性を確認している^{9), 10)}。開発した腐食緩和工法の概要図を図—3に示す。本工法はアンカー、流電陽極材、バックフィル材、抑えプレート、収納カバーから構成されている。アンカーは流電陽極材の直径40mmのコア内部への固定を目的としており、流電陽極材は全ネジボルトに直径30mm

の層状の防食亜鉛を鋳込んだもので、その長さはコア深さが床版の中立軸以下となる深さに合わせている。

電気防食による防食基準として「100 mV以上の復極量」が広く採用されている。流電陽極工法を電気防食工法とした場合には、同じ防食基準を採用する必要がある。しかし、床版のLCCを考慮して、電気防食工法の防食効果と比較し腐食緩和工法のそれを低下させることで施工コストの大幅な縮減が可能となることが判明した。復極量100 mVを確保した時の防食効果に対する各復極量における防食効果の比率を防食率と定義すると、試験条件で相違するものの復極量25 mVで防食率は0.9程度、復極量50 mVで0.9以上あり、復極量100 mVを確保しなくとも十分な防食率を有していると考えられる。そこで本工法では過去の研究成果を参考に復極量50 mVを確保することで鋼材腐食が緩和されていると判断し、その値を目標復極量として管理することにした。

さらに、本工法の性能把握のために流電陽極材の発生電流量や鉄筋電位をチタンワイヤセンサー¹¹⁾（写真—1）により計測した。チタンワイヤセンサーは、鋼材の自然電位を計測する先端のセンサー部と電線との接続部から構成され、センサー部は、直径3mmの高純度チタンにコンクリート中で電位が安定するように酸化貴金属皮膜を施したものである。センサー部の長さは30mm以上とし、その長さを任意に設定することが可能である。これにより、従来からの自然電位計測に比べて安価でかつ長期にわたり安定的に床版の上筋範囲まで計測ができるようになった。塩害対策の両工法に関しては平成29年度末までに特許出願とNETIS登録が完了し、その後JRや電力、NEXCOなどの施設での実装が進んでいる。



図—3 腐食緩和工法の概要図



写真—1 チタンワイヤセンサーの設置状況

3. 衝撃加振装置を用いた床版の劣化診断技術

北陸地方の早期劣化橋梁のなかには床版の劣化も多く散見された。本研究開発では、重錘落下により衝撃荷重を床版に作用させることにより簡易に床版の劣化診断ができる衝撃加振装置 SIVE (Self-propelled Impact Vibration Equipment) を開発した(写真—2)。本装置により重錘を任意の高さから床版上に落下させることにより、その際に得られた床版のたわみ分布から床版の曲率を算定し、見かけのヤング係数を同定することで床版の剛性変化に基づく劣化診断をするものである。なお、試験では載荷点、載荷点を中心とした床版の両支持桁、載荷点と支持桁を結ぶ線上の中間点に加速度計を設置し、得られた加速度波形を積分処理することによりたわみに変換することで床版のたわみ分布を得ている。載荷荷重は載荷版上のロードセルにより計測している。



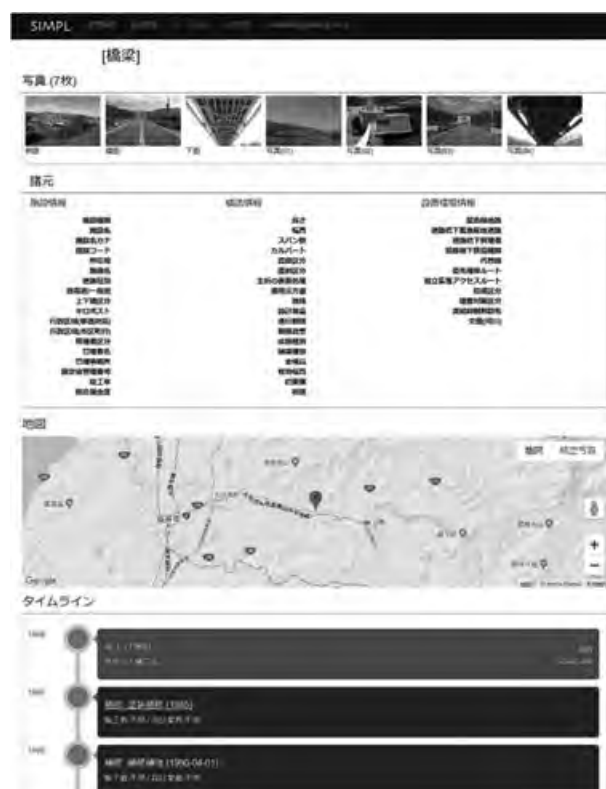
写真—2 衝撃加振装置 SIVE (Self-propelled Impact Vibration Equipment)

SIVE を用いた加振試験により得られるたわみ分布は、劣化が進展することでたわみが増加するため、それに伴う曲率半径の逆数である曲率の変化を算定する。ヤング係数—曲率関係は床版厚さとの関係が解析から明らかとなっている。その結果、本試験から曲率が得られれば、床版厚さとの関係のみでヤング係数が同定できることになる。なお、本試験では、ひび割れが生じてたわみが増加していく過程を見かけのヤング係数の変化として捉え、その値が $n=15$ の一般的な鉄筋コンクリート構造の引張無視のヤング係数を下回ると「早期措置段階」に相当するものとし、さらに $n=30$ を下回れば「緊急措置段階」として評価している¹²⁾。

4. インフラ統合データベースシステムの実装展開

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP)、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術として NEXCO 東日本チームが開発したインフラ統合データベースシステムは、同チームの東北大学が山形県に初めて DBMY¹³⁾ という名称で実装した。2018 年度には東北大学と金沢大学が連携して福井県にこのデータベースシステムを導入し、2019 年度から本格的に運用することになった。福井県に導入したデータベースシステムは、山形県が導入した DBMY の機能強化版を福井県の管理手法に合わせて最適化し、SIMPL という名称で実装している。

福井県で運用されている SIMPL は橋梁だけでなく、トンネル、標識、舗装、河川、インフラ構造施設など様々なデータを拡張できるようになっている。本システムは、利用者に合わせて様々なモードが用意されており、地図検索、橋梁の絞込検索、データ出力などがある。また、施設カルテ画面(図—4)から橋梁ごとの写真、諸元、地図、点検、診断、補修履歴を閲覧することができる。とくに、点検、診断、補修履歴を時系列ごとに表示しているため、これまでどのようなことが当該橋梁で行われていたのか非常にわかりやすくまとめられているのが特徴である。さらに、



図—4 施設カルテ画面

Google マップのストリートビューと連動させた地図機能があるため、位置関係を地図上で容易に把握できる。また、データ出力からは、フリーソフトのPower-BIと連動させており、様々な統計処理やその図化が容易になっている。

謝 辞

本研究開発は、金沢大学、金沢工業大学、石川工業高等専門学校長岡技術科学大学、福井大学、富山県立大学および長岡工業高等専門学校の5大学、2高専による大学間連携と民間の技術者、インフラ管理者および研究者の産官学連携により成し得たものであります。関係者各位に厚く御礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 広野真一, 鳥居和之: 北陸地方を代表する安山岩系骨材のアルカリシリカ反応性とフライアッシュによる抑制機構, セメント・コンクリート論文集, No.66, pp.499-506, 2013.
- 2) 広野真一, 山田一夫, 佐藤友美, 鳥居和之: わが国の代表的な反応性骨材と ASR 発生に関するデータ整理, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1035-1040, 2016.7.
- 3) 小笠原正継, 須藤定久: 地質標本館グラフィックスシリーズ 8 日本の鉱物資源, 産業技術総合研究所, 2003.
- 4) Yamada, K, Hirono, S. and Miyagawa, T.: New Findings of ASR Degradation in Japan, Proceedings of the 13th International Congress on the Chemistry of Cement, No.589, 2011.7.
- 5) 広野真一, 安藤陽子, 大代武志, 鳥居和之: フライアッシュと高炉スラグ微粉末による ASR 抑制効果の比較, セメント・コンクリート論文集, No.67, pp.441-448, 2014.
- 6) 深田宰史, Ha Minh Tuan, 小林和弘, 鳥居和之: フライアッシュ混入が反応性骨材を用いたPC桁の耐荷力性能に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.2, pp.355-360, 2017.
- 7) 山村智, 桜田道博, 小林和弘, 鳥居和之: フライアッシュコンクリートのPC橋梁への適用に関する実用化研究, プレストレストコンクリート, Vol.57, No.5, pp.46-53, 2015.
- 8) 鳥居和之, 深田宰史, 浦修造: フライアッシュコンクリートを使用した高耐久プレキャスト PC 床版の開発と社会実装, プレストレストコンクリート, Vol.58, No.2, pp.96-103, 2017.
- 9) 浦修造, 鴨谷知繁, 石井浩司, 鳥居和之: 塩害劣化 RC 床版に対応した取替えが容易な流電陽極工法の開発と通電性状に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.39, No.1, pp.673-678, 2017.7.
- 10) 亀田浩昭, 青山敏幸, 石井浩司, 鳥居和之: 塩害が生じた撤去 RC 床版への流電陽極工法を用いた鋼材の腐食緩和対策に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.753-758, 2018.7.
- 11) 杉浦尚樹, 青山敏幸, 石井浩司, 鳥居和之: チタンワイヤセンサーを用いたコンクリート中の鉄筋簡易腐食診断への適用性, コンクリート工学年次論文集, Vol.38, No.1, pp.1233-1238, 2016.7.
- 12) 横山広, 牧祐之, 角間恒, 深田宰史, 榎谷浩: 道路橋床版の曲率を用いた劣化度評価に関する研究, 構造工学論文集, Vol.64A, pp.551-559, 2018.3.
- 13) 工藤重信: 山形県 DBMY の取り組み, 建設マネジメント技術, pp.24-28, 2018.8.

【筆者紹介】

鳥居 和之 (とりい かずゆき)
金沢大学
名誉教授



深田 宰史 (ふかだ さいじ)
金沢大学
理工研究域 地球社会基盤学系
教授



インフラモニタリングのための 振動可視化レーダーの開発

VirA

能 美 仁

橋梁や大型建造物のたわみ量などの微小変位や振動を、簡単に計測することが可能な振動可視化レーダー（VirA:Vibration Imaging Radar）（以下「本システム」という）を開発した。遠隔からマイクロ波のレーダー信号を観測対象に照射することで、観測対象の各部の振動や変位を面的に、 $10\mu\text{m}$ 程度の振幅精度で計測することが可能である。計測する対象にセンサや反射器を取り付ける必要がないため、従来の方式と比較して大幅な省力化と、高所作業等のリスクを避けることが可能になる。2015年から3年間の内閣府主導の戦略的イノベーション創造プログラムでプロトタイプを開発した。現在はさらに小型、高精度化した製品化を行っている。本稿では本システムの評価例、今後の方向を紹介する。

キーワード：インフラ、振動計測、変位計測、レーダー、画像

1. はじめに

近年、橋梁、高架道路等のインフラ構造物の老朽化が進み、構造物の健全度を早急に調査することが求められている。健全度の調査には従来から目視、打音検査等が行われているが、加速度センサを用いた固有振動数を計測する方法も提案されている。それらの作業には多くの時間、コストが必要なだけでなく、高所作業等の危険性もあり、これらの手法に代わる、今までにない、より安全でより効率・効果的な計測技術が強く求められている。

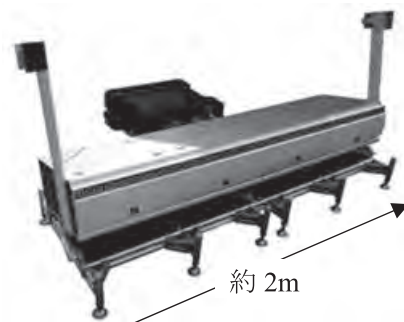
2015年に内閣府が主導するSIP（戦略的イノベーション創造プログラム）でインフラモニタリングを行うための革新的な技術の公募があった。当社は創業以来、航空機や人工衛星に搭載するレーダーを開発しており、地表面を画像化し、その微小変位を検出する基盤技術を有していた。その基盤技術を応用し、インフラ構造物の振動や微小変位を画像として面的に計測する本システムを提案し、採択され、開発が開始された。2015年から3年間でプロトタイプを開発し、また2018年にはさらに小型高精度化を図ったミリ波本システムの開発を行った。現在はその商品化を完了し実際の現場で評価を行っている。

本稿では、本システムの概要と、応用事例を紹介する。

2. 本システムの概要

本システムは、遠隔から観測対象にマイクロ波のレーダー信号を照射し、処理画像から観測対象の振動や微小変位を計測するレーダーである。観測対象に反射板やセンサを取り付ける必要がなく、現場到着後すぐに計測が可能である。足場建設、加速度計等のセンサ取付け工事、配線工事、また周辺の交通の通行止め等は不要なため、計測時間、計測コストの大幅な低減を期待することができる。図—1にSIPで開発した本システムのプロトタイプ外観を示す。

図—2に本システムの計測原理を示す。送信信号を観測対象に照射し、観測点からの反射信号と送信信号の位相差の変化から反射点の距離の変化を計測する。レーダーの波長を λ 、位相変化を Φ とすると、反射点の変位を d は図—2の式のようにあらわされる。反射点が振幅 d 、周波数 ω で振動しているとき、受信



図—1 本システム

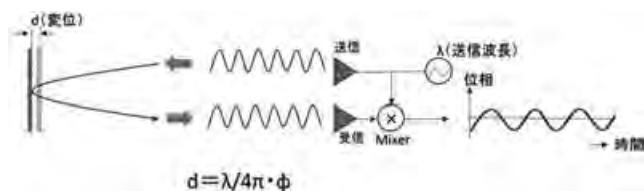


図-2 本システムの計測原理

信号には位相が周波数 ω ，位相振幅 ϕ で振動した信号が得られる。

従来の一般的なレーダーはアンテナ（レーダービーム）を走査して画像を得るが、本システムはレーダービームを走査するのではなく、デジタルビームフォーミング（DBF）技術を用いることで、観測対象全体にレーダー波を1回照射することで、観測対象全体の二次元画像を1枚生成することができる。従来型レーダーのようにレーダービームを走査する必要がないため、毎秒最高15,000枚のレーダー画像を得ることが可能である。そして、画像上各点の位相情報から10ミクロン以上の距離変化（振動）を計測する。そして、観測対象全体の微小な揺れやたわみ、複雑な振動を可視化することができる。

本システムはSIPで開発した17GHzのプロトタイプのほか、図-3に示すようなさらに小型高精度化したミリ波の本システムが製品化された。



図-3 ミリ波の本システム外観

マイクロ波の本システムとミリ波の本システムは計測距離、精度、計測振動数、及び計測環境に応じて本システムを選択して計測、または組み合わせて計測を行うことができる。

ミリ波の本システムは特定小電力無線局として運用するため、無線従事者の資格がなくても運用することができる。表-1に本システムの仕様を示す。

表-1 本システム仕様

型名	マイクロ波 VirA	ミリ波 VirA
周波数	17 GHz	79 GHz
計測距離	50 m ~ 10 km	1 m ~ 200 m
振動周波数	< 500 Hz	
計測振幅	> 20 μ m	
画角	32 度	30 度
方位分解能	> 0.5 度	> 0.5 度
距離分解能	> 50 cm	> 4 cm
送信電力	100 mW	10 mW
サイズ	横幅約 2 m	横約 30 cm
無線従事者資格	必要	不要

3. 本システムの精度検証

本システムと従来から使用されている他のセンサの同時計測を行い、その計測結果を比較して精度評価を実施した。

(1) レーザー変位計（LDV）との比較評価

電波無響室内で振動台にマイクロ波を反射するCR（コーナリフレクタ）を取り付けて、約10m後方からLDV（レーザ変位計）と本システムで同時計測を行った。図-4のように振動台上にCRを取付け、そのCRにLDVのレーザー光を当て、5Hzで振動させた時の計測結果を図-5に示す。この図ではLDVの計測値と本システムの計測値がほとんど同じで完全に重なり表示されている。その計測差は、約20 μ mであることを確認した。



図-4 振動台上のCR

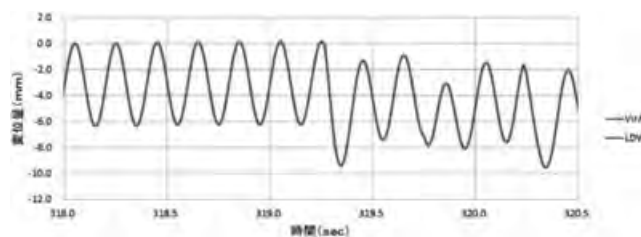
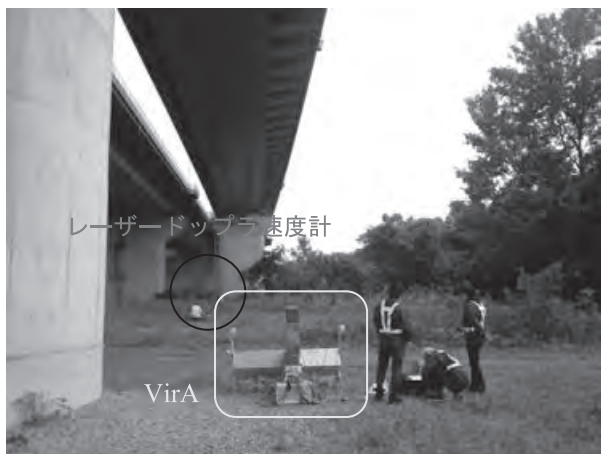


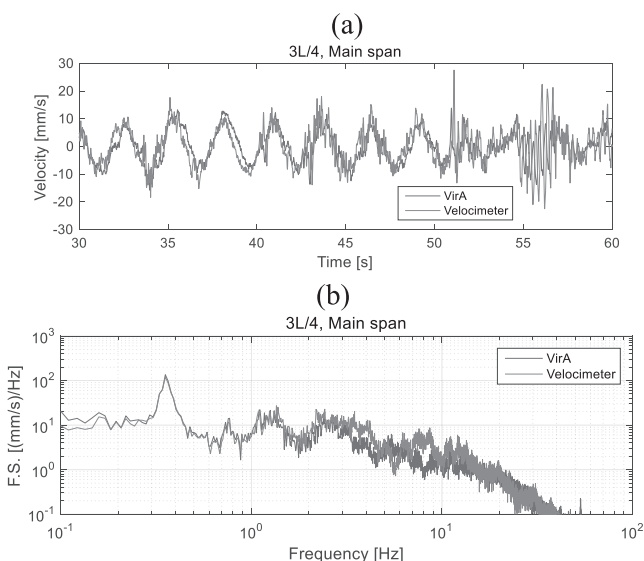
図-5 5 Hz 振動加振

(2) 速度計との比較評価

実際の橋梁の振動を本システムで計測を行った時、同時にサーボ型速度計で同時計測を行った。図—6にその時の状況を示す。サーボ型速度計で計測した値を積分し変位データとして、本システムで計測したデータと比較評価した。約30秒間の変位をプロットした図を、図—7(a)に示す。また、周波数スペクトルの比較を図—7(b)に示す。図—7に示すように、サーボ型速度計の計測結果は比較的高い振動数の成分が多く含まれているが、卓越振動数成分である低い振動数成分は、両者で概ね一致していることが分かる。一方、1 Hz ~ 10 Hz の振動周波数成分は、本システムとサーボ型速度計の結果に差異が見られるが、その原因として本システムの計測ポイントと、サーボ型速度計の設置位置が若干ずれていたことが考えられる。



図—6 サーボ型速度計との比較計測



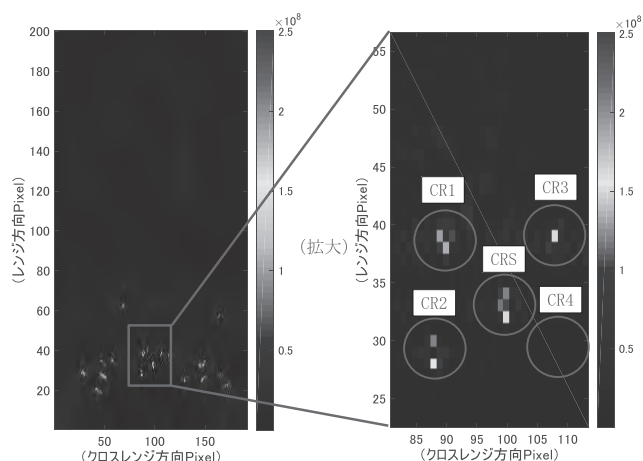
図—7 本システムとサーボ型速度計の比較

(3) 微小変位計測の評価

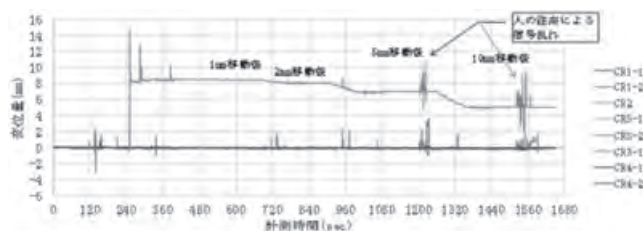
実際の土木工事現場で鉛直方向微小変位の計測精度を評価した。この実験では計測対象部位の特定を容易にするためレーダー波を強力に反射するCR(コーナリフレクタ)を計測範囲内に配置した。計測時の状況を図—8に示す。図—8に示すようにCRS(微小移動用CR)を中心に四隅にCRを配置した。CRSは手で鉛直方向に1 mm → 2 mm → 5 mm → 10 mm と変化させて、本システムでその変位を計測した。計測時の本システム観測画像を図—9に示す。なおCR4は送信アンテナのビーム幅から若干外れているため他のCRと比較して受信強度が低くなっている。CRSを鉛直方向に変化させたときの本システムによる計測結果を図—10に示す。図—10に示す大きな変化は、CRS変化設定時の人の移動により受信信号を遮ったことによる乱れである。



図—8 CRS計測状況



図—9 本システム観測画像



図—10 CRS、及びCR1～CR4変位計測結果

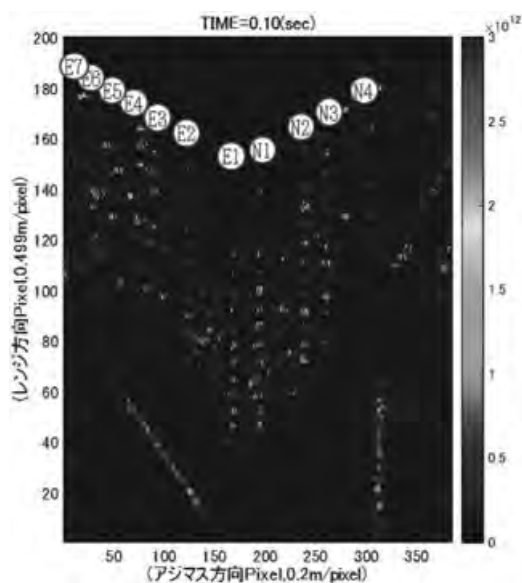
4. フィールドでの計測例

(1) 高層ビル計測例

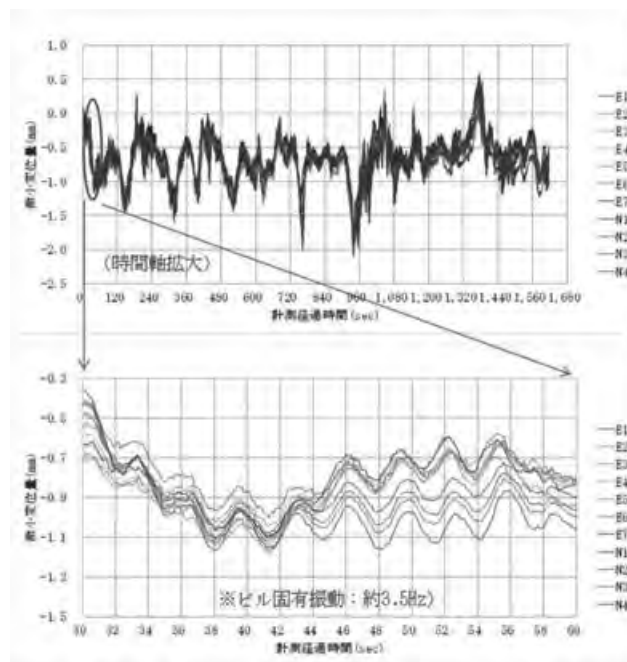
振動計測を行った27階高層ビルを図—11に示す。高層ビルの手前約50mの所に本システムを設置し、仰角約30度で計測を行った。計測した時の本システム観測画像を図—12に示す。また、振動解析の一例として高層ビルの最上階部11点(N1～N4, E1～E7)の振動解析を行いその結果を、図—13に示す。このように本システムを用いた計測は、1,000回/秒毎に振動計測を面的に計測しており、電波の反射がある限り、任意の点の振動、微小変位の解析が可能である。なお図—13の解析結果から、計測対象の高層ビルの固有振動数は、約3.5Hzであることが解る。本システムが計測しているのは観測対象との距離変化の直距離成分である。複数の本システムを時間同期させて観測することで、実際のビルの動揺による変位量を計測することが可能である。



図—11 計測対象高層ビルのイメージ図



図—12 本システム観測画像



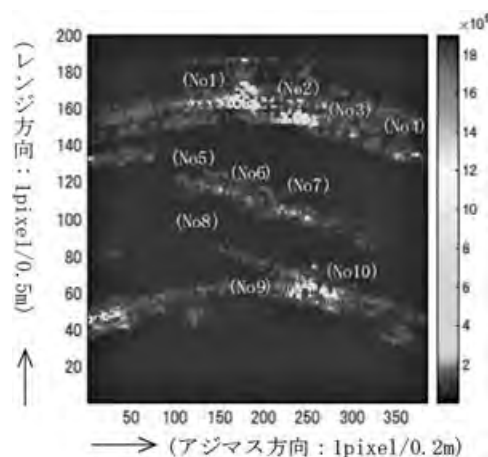
図—13 変位状況プロット図

(2) 大型インフラ（ダム）計測例

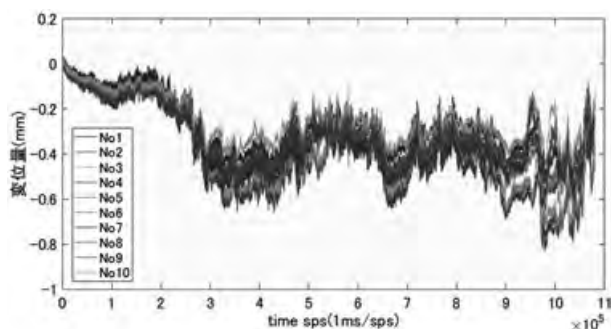
大型インフラの計測として、図—14に示すアーチダムの計測を実施した。本システムで計測したレーダー画像を図—15に示す。この画像から比較的受信



図—14 計測状況



図—15 受信強度画像

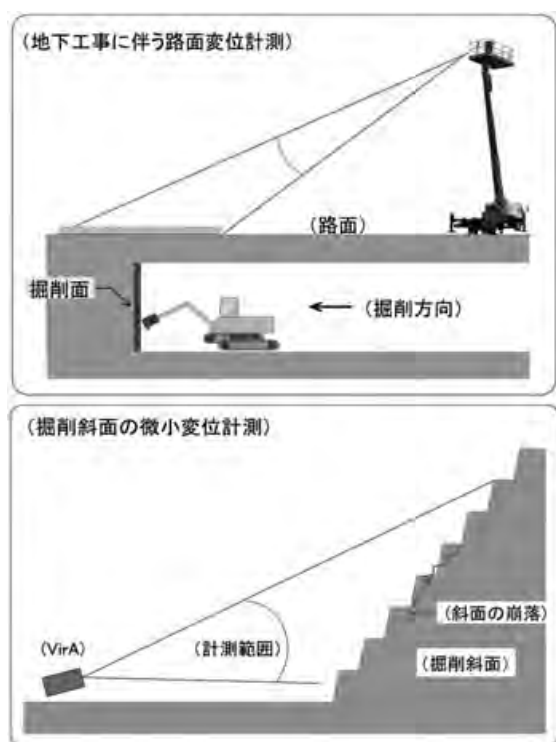


図—16 変位状況プロット図

強度が強い点 10 点 (No1 ~ No10) を選択して変位解析を実施した。変位解析は、ダム上部の天端から 4 点、及びキャットウォークから各 3 点の変異解析を行った結果を図—16 に示す。軸の各数値は、スラントレンジ方向 (SR) 及びアジマス方向 (AZ) の解析点の数を示す。図—16 に示すように、時間と共に変位量がマイナス方向に変位していることから、ダムの壁面が全体的に手前に変位していることを示している。また、ダム天端部の道路を通過する大型車両により変位していることが判る。

(3) その他計測例

その他の計測例を、図—17 に示す。この斜面の崩落については、微小変位、若しくは微小振動などの閾値が統計的に把握できれば崩落の予兆としてアラームを出すことが可能である。小さな送信電力のレーダー



図—17 その他計測例

であるが、長時間積分を行うことで、10 km 近い長距離の観測が可能である。そのため噴火の可能性のある火山を観測し、山体膨張を長期的に観測して噴火予知などなどにも応用されている。

5. 今後の開発

本システムレーダー画像は光学写真と異なり、形状が複雑な場合、実際の対応点を同定するのが困難な場合がある。現在、Laser-Lidar または 3D 光学カメラ等で取得した画像と本システムのレーダー画像を重ね合わせて表示し、マンマシンインタフェースを向上させることを計画している。

6. おわりに

開発過程で評価した確認試験、及び各フィールドでの実証試験を通じて約 $20 \mu\text{m}$ の精度で変位量の計測及び画像化を行うことが確認出来た。今後、図—16 に一例を示すように様々なフィールドでの実証確認及びデータの蓄積を行い、インフラの維持整備や各種工事現場で活用されることを期待している。

謝 辞

最後になりますが本システム「振動可視化レーダー」は、総合科学技術・イノベーション会議の SIP (戦略的イノベーション創造プログラム)「インフラモニタリングのための振動可視化レーダーの開発」(管理法人:JST)によって実施した。本システムの開発では、ソフトウェアは早稲田大学のご協力を、計測及びデータ評価は橋梁専門チームとして東京大学、埼玉大学に参加頂いた。

またミリ波振動可視化レーダーの研究開発は、総務省 SCOPE (受付番号 175003007) の委託を受けて開発したものである。

ここに関係各位には心より感謝の意を表したい。

J|C|MA

【筆者紹介】

能美 仁 (のうみ ひとし)
アルウェットテクノロジー(株)
代表取締役



道路構造物・設備等の インフラ計測・解析・管理支援技術

三菱インフラモニタリングシステム (MMSD[®])

梅 山 聡・佐久嶋 拓・中 田 雅 文

我が国では、2012年の笹子トンネル天井板崩落事故を受け、2013年の道路法改正によりトンネルや橋などインフラ構造物の点検が義務化され、2014年には道路法施行規則改正により5年に1回の近接目視点検が義務化された。一方で、少子高齢化などによって建設産業で労働力不足、地方自治体では技術者不足の課題が顕在化してきていることから、国土交通省は、インフラ老朽化に伴う点検作業にインフラ点検ロボットの開発・導入を加速する動きを見せており、2019年2月に近接目視を補完・代替・充実する技術の活用を認める形でトンネルや橋梁の点検要領を改定した。

そこで、上記の社会背景の中で、インフラ構造物管理事業者が現在実施している近接目視点検と同等以上の精度実現を目標に2世代の計測車両を開発し、鉄道と道路分野から適用を開始した。上記計測車両は、高密度レーザと高解像度カメラを搭載しており、インフラ構造物を交通規制なく計測可能である。計測データを独自開発したソフトウェアで解析することにより、トンネル変状展開図作成支援をはじめ、鉄道分野では建築限界計測、道路分野ではトンネル内のボルト取り付け状態等の設備の現況を把握する点検支援技術を提供している。今後は、時間軸で計測データを管理し、インフラ構造物の経年変化を把握するシステム開発や、リスク判定を含む効率的な維持管理計画を支援するシステム開発を進めインフラ構造物全体の維持管理業務の効率化に貢献していく所存である。

キーワード：インフラ構造物、老朽化、インフラ点検ロボット、トンネル点検、維持管理、点検支援技術

1. はじめに

我国では建設後50年を超過した老朽化インフラが急増している。全国の道路構造物に関してトンネルは1万箇所、橋梁は73万箇所存在し、これを高速道路会社、国土交通省、都道府県・政令市等、市町村で管理している^{*1}。限られた予算の中で、計画的かつ効率的にインフラ構造物の老朽化対策と維持更新を実施することが喫緊の課題となっている。

2012年の笹子トンネル天井板崩落事故を受けて、道路法が改正され2014年には5年に1回の近接目視点検が義務化、またそれに伴い点検要領が改定された^{*2}。点検要領改定から5年が経過した2018年に一巡目の目視点検が完了し、2019年度より二巡目に入っている。国土交通省は、二巡目を節目として、現場で実証されたインフラ点検ロボット技術を適用するガイドライン及び点検支援技術性能カタログを公開し、点検現場でロボット技術の適用を進めていく方針である。

そのため、インフラ点検ロボットにあたる「三菱インフラモニタリングシステム」(MMSD[®]) (以下「本システム」という)を開発し、国土交通省が公募した

新技術情報提供システム (NETIS: New Technology Information System) テーマ設定型 (技術公募) に参画し、上記の性能カタログへの掲載を申請した。本稿では点検業務を支援し、現在実施している目視点検と同等以上の精度を実現するために開発した計測車両と解析技術の概要について紹介する。さらに今後開発予定である時間軸も含めた三次元データを管理する仕組みである多次元設備管理と維持管理業務の効率化を支援する維持管理支援技術の概要についても述べる。

2. 計測・解析技術

(1) 本システムのI期車両による計測・解析

現在、乗用車に1秒間に200回転、100万点を取得できる高密度レーザ及びGPS (Global Positioning System) とIMU (Inertial Measurement Unit) を搭載することで、走行しながら対象物の形状を三次元計測する車両 (I期車両) を開発し、2015年10月から三次元データを用いた高精度な計測・解析を可能とした本システムによる計測・解析を開始した。I期車両の外観を写真1に示す。



写真1 本システムのI期車両外観

走行しながら計測するため、交通規制が不要となり、短時間で三次元計測が可能となる。高精度な計測により、構造物や設備の微小な経年変化の把握と、これまで時間を要した建築限界（交通の安全を確保するため道路、軌道、鉄道上において障害となる工作物や構造物の設置が許されない空間範囲）への支障状況の確認が可能となる（図-1）。また、GPS衛星電波が受信できないエリアにおいても三次元計測データを短時間に取得・解析することにより鉄道沿線全体の設備



図-1 3次元点群データを活用した建築限界解析の一例

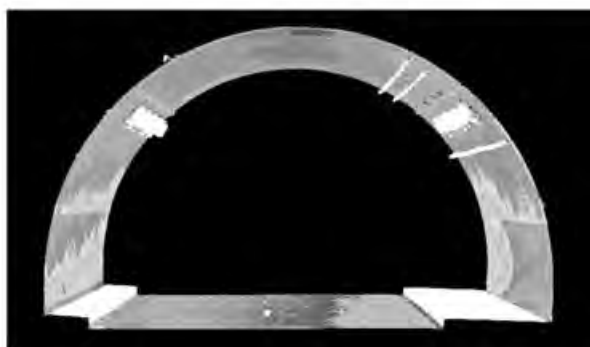
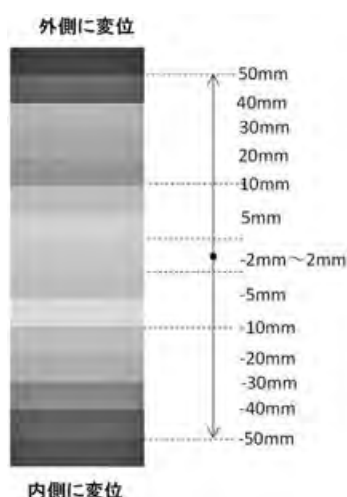


図-2 トンネル内コンター図の一例

が正確に計測できる。これらにより、これまで目視に頼っていた点検・計測作業の省力化の実現と作業のばらつきを防止し、技術者不足を解決する。

また、高密度レーザは、トンネルの内面形状を精緻に計測でき、正確なトンネル覆工面の変状解析、路面の変状解析の作業時間短縮に貢献する。具体的にはトンネルの形状から外側に変位、内側に変位している箇所をコンター（階調）表示し、トンネル全体の形状変化を把握する（図-2）。さらに計測した三次元データから三次元CADデータを生成することができ、設計図面として活用することも可能である（図-3）。

(2) 本システム^{※3}のⅡ期車両による計測・解析

I期車両に続き、軌陸車に高密度レーザと高解像度ラインカメラを搭載し、道路・鉄道・トンネルの高精度な計測・解析を可能とした「三菱インフラモニタリングシステムⅡ（MMSD[®]Ⅱ）」（以下「本システムⅡ」という）による計測・解析サービスを2017年11月より開始した。Ⅱ期車両は、I期車両と同じく昼夜を問わず、交通規制を行わずに道路や線路上を走行しながら道路・鉄道・トンネルを計測する。また、I期車両と同じ高密度レーザ、GPS、IMUに加えて8Kのラインカメラと鉄道線路の走行装置を備えており、Ⅱ期車両では、I期車両と同様の計測・解析サービスが可能

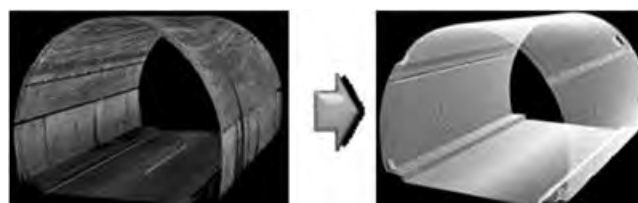


図-3 三次元点群データから三次元CADデータへの変換



写真一2 本システムのⅡ期車両外観

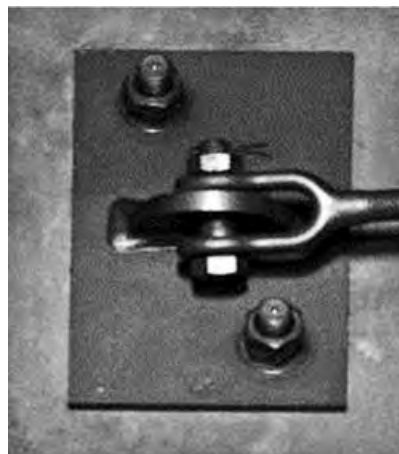
であるとともに、自動焦点機能を搭載した8K 高解像度ラインカメラとレーザ照明によって、走行しながらトンネル壁面全周を高精細に撮影できる。Ⅱ期車両の外観を写真一2に示す。

Ⅱ期車両では、Ⅰ期車両と同様に高密度レーザを搭載しており、従来の計測・解析サービスが可能なことに加えて、自動焦点機能を搭載した8K 高解像度ラインカメラとレーザ照明により、走行しながらトンネル壁面全周を高精細に撮影する。撮影したラインカメラ画像に画像貼り合せ技術を適用し、画像に実トンネルの三次元座標を付与することで、実形状に基づくトンネル内の画像を二次元に展開可能である(写真一3)。

また、解析サービスでは、独自技術の画像解析アルゴリズムによる幅0.3 mmのひび割れ検出、高密度レーザを使った三次元データ解析結果とひび割れ解析結果から、ひび割れに起因するうき・はく離等の変状検出ソフトウェアの開発を進めている。画像解析アルゴリズムを適用することで検出した結果を変状展開図に反映し、今まで手作業で作成していた点検報告用図面の



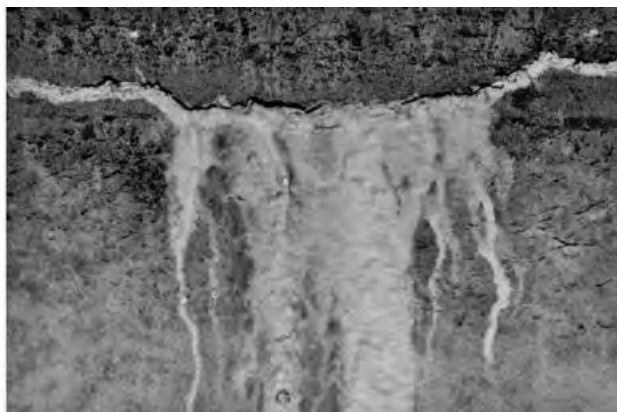
写真一3 ラインカメラ画像の自動貼り合せ



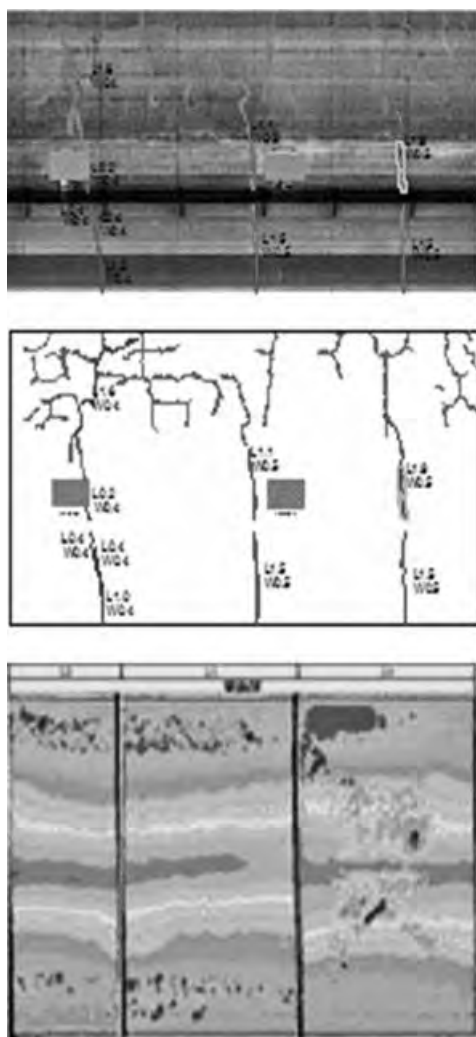
写真一4 ボルト取り付け状態画像

作成時間を削減する(図一3)。

Ⅱ期車両の計測精度を確認するための検証を、平成30年に北陸地方整備局管内国道8号線芭蕉が丘トンネル(写真一6①)で、平成31年に神奈川県宮ヶ瀬



写真一5 0.3 mm ひび画像と遊離石灰・漏水画像



図—3 変状展開図とコンター図の自動作成例

ダム北岸林道青山トンネル（写真—6②）で、施工技術総合研究所の立会の下、実施している。芭蕉が丘トンネルでは、現場に設置された試供体のひび割れを撮影し、撮影した画像をソフトウェアで解析して、ひび割れ幅を算出した。また、青山トンネルでは、現場に設置されたマーカーを計測し、マーカー間の横断・縦断方向の距離を計測した。これらの計測結果は、今年度国土交通省より発出が予定されている点検支援技術性能カタログの根拠資料として、同省に提出済である。

3. 多次元設備管理システム

本システムで計測・解析したデータは、従来から管理されている構造物台帳や点検様式と関連付けた管理が必要である。従来データとロボットを適用し新たに計測・解析したデータを併せて体系的に保存・管理する三菱多次元設備管理システム MDMD^{®※4}を開発した（図—4）。多次元設備管理システムでは、①本システムで計測・解析したデータ（三次元点群データ）、②施設・設備の諸元データ（台帳データ）、③施設・設備の故障や点検等の履歴に関するデータ（履歴データ）、④施設・設備の状態を数値化したデータ（評価データ）を管理しており、これらのデータを使い、以下に示す機能を提供する。



①最小ひび割れ性能試験 現場写真（赤枠 ひび試供体）



②長さ精度・位置精度性能試験 現場写真（赤枠 位置確認用マーカー）

写真—6 性能検証現場写真（①ひび割れ性能検証試供体②長さ精度・位置精度検証試供体）

(1) 時系列データ管理機能

対象の施設・設備の複数の時系列のデータを比較表示し、経年による変化を可視化・表示する（図—5）。

(2) 空間系列データ管理機能

トンネルや橋梁のように規模の大きな構造物や施設は、区間や領域等を所定のサイズで分割し、系列管理する。この系列ごとのデータ（例：変状数や健全度）を比較表示し、空間的な傾向を可視化・表示する（図—6）。

4. 維持管理支援システム

今後提供を予定しているもう一つの技術として三菱 CIM アセットマネジメントシステム CIMD[®]※³ による維持管理支援技術があり、MDMD[®]で管理するデータを活用して、構造物の劣化状況やリスク判定結果を使った推奨更新時期のレポートを作成し、提供する。

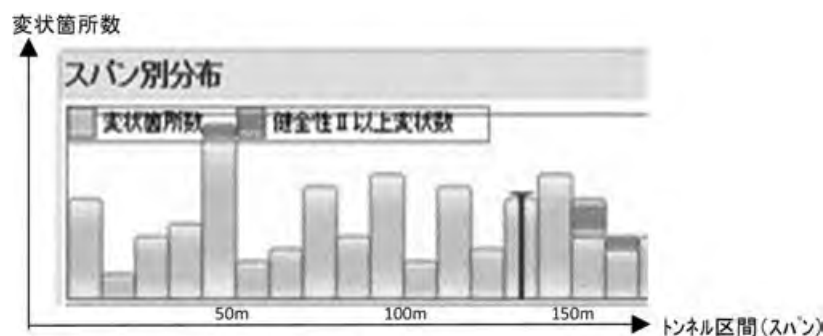
各施設・設備の更新に係る費用や年毎の維持管理予算に関する情報を組み合わせることで、予算に見合った修繕・更新計画の策定を支援するデータの提供をお



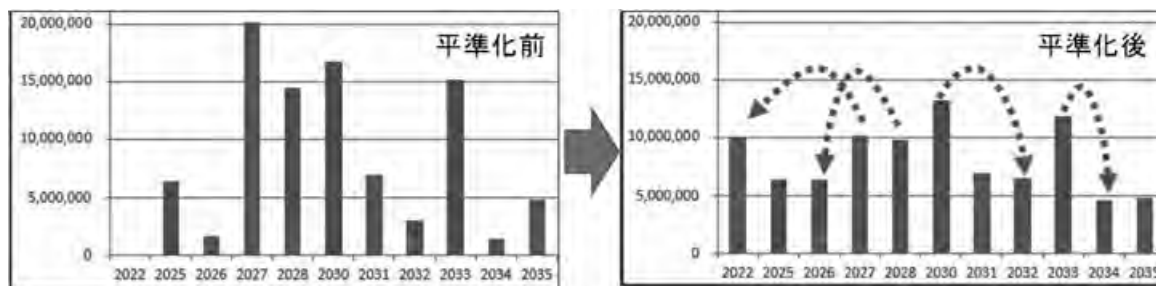
図—4 多次元設備管理サービス



図—5 時系列データ管理機能画面



図—6 空間系列データ管理機能画面



図ー7 予算平準化 イメージ

こなう予定である（図ー7）。

5. おわりに

本稿では、インフラ構造物の点検業務を支援することを目的に、当社が開発した本システム三菱インフラモニタリングシステムによる計測・解析技術を中心に述べた。今後三菱多次元設備管理システムと三菱CIMアセットマネジメントシステムの開発を進め、計測・解析技術に加えて多次元設備管理システムと維持管理支援システムの提供を実現し、インフラ構造物全体の維持管理業務の効率化に貢献していく。

略称・参照資料：

- ※1 国土交通省 道路構造物のメンテナンスの現状
http://www.soumu.go.jp/main_content/000497036.pdf
- ※2 国土交通省 調査検討事項①定期点検の見直しについて <http://www.mlit.go.jp/common/001265451.pdf>
- ※3 三菱インフラモニタリングシステム（MMSD[®]）：Mitsubishi MMS for Diagnosis
- ※4 三菱多次元設備管理システム（MDMD[®]）：Mitsubishi Multi-dimensional Data Management for Diagnosis
- ※5 三菱CIMアセットマネジメントシステム（CIMD[®]）：Mitsubishi Construction Information Management by Diagnosis

〔筆者紹介〕

梅山 聡（うめやま さとし）

三菱電機㈱

神戸製作所 社会システム基盤技術部 技術課
課長



佐久嶋 拓（さくしま たく）

三菱電機㈱

神戸製作所 社会システム基盤技術部 技術課
担当課長



中田 雅文（なかつ まさふみ）

三菱電機㈱

神戸製作所 社会システム基盤技術部 技術課
担当課長



建設機械保全におけるオイル状態監視の自動化

建設機械状態監視システムの高度化

小 倉 興太郎・倉 迫 彬・秋 田 秀 樹

建設機械業界では、ICTを活用した機械稼動情報提供サービスを逐次開始している。その中で、潤滑油性状の常時監視の要望は非常に強いものがある。より効果的な予防保全を実施するには状態監視保全が重要であるという認識からである。またこれまでは、潤滑油は主に定期時間間隔でオイルを採取して油分析が行われているが¹⁾、分析間隔の間においては突発的なオイル性状を捉えることは難しいためである。この解決策として、定期的なオイル分析とともにセンサを用いてオイル性状の常時監視を提案し、上市している。本稿ではオイル状態監視システムの概略とその運用事例を紹介する。

キーワード：建設機械、油圧ショベル、保守・補修技術、オイル、トライボロジー、状態監視

1. はじめに

建設機械の中でも特に中大型油圧ショベルや港湾・鉱山等で稼働をする超大型ショベル、ダンプトラック等は、稼働現場において突発的な不具合が発生し稼働不能となると、機械補修にかかる費用が大きくなるだけでなく、現場の工期や生産性に直接影響を与えるため、これら不具合は最小限に留めることが求められる。そのため、重量の大きい機械になればなるほど、突発的な機械不具合の影響は大きく、可能な限りの予防保全を行うことでその発生を最小限に抑えようという傾向にある。ミニショベルと呼ばれる小型の油圧ショベルや、小型のホイールローダ等の建設機械においても、大型の建設機械に比べ程度の差はあるものの、現場での不具合はユーザにおける施工の着実な実施に影響を与える為、予防保全は常に関心事である。

オイルの状態監視による予防保全は、日本機械学会・日本トライボロジー学会がISO18346-4 準拠として資格認証を行っている機械状態監視診断技術者（トライボロジー）にてその実践が推進されている通り、建設機械に限らず航空機や船舶、大型設備機械等でも状態監視手法の一つとして確立し活用されており、世界各地にそれら分析を担う分析会社が存在している²⁾。

建設機械におけるオイルの状態監視と予防保全の取り組みも盛んであり、建設機械メーカー各社が推進しており、また世界各地にあるオイル分析サービスを主とする分析会社も展開しており、全世界で様々なタイプの建設機械と油脂について採油がされ、今日現在の

ユーザの状態監視の手段として活用がされている^{3), 4)}。

2. 建設機械におけるオイルの状態監視

本章では遠隔自動化されたオイルの状態監視の前段として、その概要を述べる。

一般に機械内部におけるオイルについては、人間に置き換えると血液に例えられることが多い。血液が良い状態でなければ、各種臓器に日々ダメージが蓄積され、ある時点から病として発症する。逆に、何かしら突発的に臓器で病が発症した際、その影響が血液に現れ、血液検査などから病状が明らかになることもある。同様の事が機械におけるオイルでも述べることができる。

汚染や劣化したオイルを使用し続けると、性能を低下させる要因となり、また機械内部の主要機器の寿命を日々削り続け、やがて主要機器の補修もしくは交換が必要となる。また逆に、予期せず突発的に主要機器の内部で不具合が発生した際も、オイルの状態を監視することで早期の段階で正常ではない状態を把握し、対策を講じることで、被害を最小限に抑えることが可能となるケースがある。図-1にこれら機械とオイルの関係性を示す。前者が①、後者が②のイメージとなる。

以上のことにより、オイルの状態監視を行うことは人間で例える血液を監視することに等しく、機械の健康寿命を保ち、突発的な不具合や休車、大きな修理を伴う故障を未然に防ぐ、もしくは最小限に抑えること



図一 機械とオイルの関係性

ができるため、オイルの状態監視は予防保全に有効な手段となる。

オイルの状態を監視する際、オイルの色や匂い、触感等の感覚で判断することは一般的に行われている。これは安価、かつ感覚的訴求効果により、容易にオイルの状態を判断できるという考えからである。しかし、機械の健康状態を維持できる適切なオイルの状態を人間の感覚で判断できるようなときには、既に状態悪化が進行しているようなことが稀にあるため推奨されない。写真—1にASTM D1500にて評価した作動油の新油から劣化油、水分による汚染油の比較した例を示す。確かに人間の感覚で色相の変化により劣化したオイルを、「劣化している」と安全側の判断として評価することはできるかもしれないが、更油が推奨される水分量が混入している作動油は、まだ安全領域とされているオイルの色相と大きく変わりが無く判別が難しい。そのため、劣化しているオイルに「劣化をしていない」と誤って評価されることは大いにあり得る。よって、適切なオイル状態監視を実現するには、適切な監視機器を用いて客観的に判断されることが望ましい。

建設機械に使用されている機器によって、推奨されるべきオイル状態監視項目は、その機器の特性、使用環境、使用されるオイルの種類により異なる。ここでは建設機械における最も重要な機器であるエンジンや



写真—1 ASTM D1500にて評価した作動油の新油、劣化油、水分による汚染油の比較
左から新油 (L0.5)、安全領域の使用油 (3.0)、注意領域 (4.0)、更油領域 (5.0)、水分混入油

表—1 オイルの状態監視項目と推定されるオイルや機器の異常な状態²⁾

状態監視項目	状態監視により想定可能な機構、オイルの状態
動粘度	燃料、水分による希釈、劣化、異種油混入等
塩基価	使用時間超過、劣化に伴う添加剤減少等
酸価	使用時間超過、酸化劣化等
水分量	結露や冷却水、外部からの水分の混入等
煤量	燃焼不良、不適正燃料の使用等、
燃料希積分	燃焼不良、DPF システム不良等による燃料混入等
微量夾雑物	外部からの塵埃の混入、回路内における腐食、油脂の劣化に伴うスラッジ等
金属定量	機器の異常摩耗等

油圧機器で監視される項目を述べる。表—1は一般に実施されるオイルの状態監視項目と、それに起因する想定可能な機構、オイルの状態の関連性を示す²⁾。

この関連性を説明するために、図—1①②各々の例を紹介する。最初に図—1①の具体例として、機械が高温下に晒され、ラジエター等の冷却性能がメンテナンス不良等により低下した場合の機器の異常な状態について説明する。例えば冷却性能低下により、オイルが通常よりも高温な状態が続くと、オイルの酸化劣化の進行が加速する。これは表—1における分析項目の酸価や塩基価等からその傾向を確認することができる。この状態を更に放置し適切なメンテナンスを行わないでいると、オイルの潤滑性能が機器の性能を維持できない状態まで低下、機器に異常摩耗が発生し、最悪破損に繋がる。この状況は金属定量分析等で確認することができる。

次に図—1②の具体例として、エンジンのオイルに燃料が混入した例について示す。エンジンのインジェクタに不具合が発生した際、燃焼不良が発生することはよく知られている事象である。燃焼不良が発生すると、その兆候は煤量の異常増加や、燃料希積分の増加、あるいは動粘度の異常な低下から確認することができる。このような兆候をいち早く確認し、機械不具合の早期な段階で対策を講じることで被害を最小限に抑えることが可能である。しかしながら、こういった兆候に気付くことができず、対策に時間を要してしまうと、前例と同じように機器に異常摩耗が発生し、最悪破損に繋がる。このようにインジェクタの不具合等から始まる燃料希釈、煤量増加、動粘度低下を放置すると、最低限必要なオイルの潤滑性を維持できなくなり、主要パーツが異常摩耗を引き起こし、最終的には機器そのものの破損に繋がる。エンジンのような動力源が建設現場で破損すると建設機械はただの鉄の塊と化し、復旧は容易でなく、機械の修理にかかる費用だ

けでなく施工を止めざるを得ないことにより発生する経済的損失は甚大なものとなる。

これら損失を最小限に留める為のオイルの状態監視は1章にて紹介したように広く一般的に認知され、建設機械の予防保全においても活用が進められている。

3. オイル監視センサによる遠隔自動監視

(1) 稼働する建設機械でのセンサを用いたオイルの常時状態監視の利点

これまでは、実際に機械から採油を行いその時のオイルの状態を確認し、その結果を基に機械の状態を判断することの必要性について説明した。時間毎におけるオイルを細かく確認し、次のメンテナンス計画の材料とすることの利点は非常に大きいものだが、実際に機械から採油を行う工数や分析費用、採取作業に有する機械の休車時間等機械稼働計画への影響を考慮すると、頻繁なオイルの採油、分析は現実的でない。よって、現場では250時間に一度、あるいは500時間、1,000時間に一度といった定期メンテナンスのタイミングで採油、分析を行っている。以降、これを定期オイル分析と述べる。これは人間の健康診断が年に一回程度という頻度で行うことと同じ感覚で理解ができると思われる。

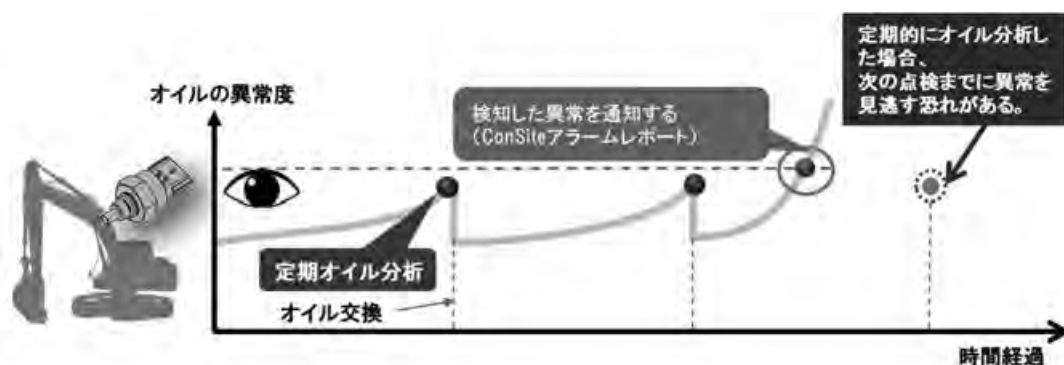
しかしながら、人間の定期健診の間で急速に健康状態が悪くなり、次回検診時には手遅れとなるケースも存在する。同様に定期オイル分析を実施していても、

急速に状態が悪化することがある。この例えのように、オイル分析の採取時間の設定は、現場のユーザの事情により様々なケースがあり課題である。

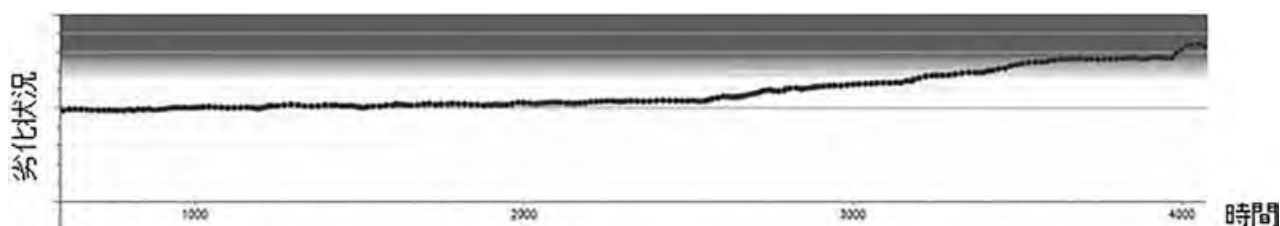
このような課題がある中で、稼働中常にオイルの状態を監視できれば、オイルの変化に対する即応性と、分析頻度の課題は解消される。これは人間においてスマートウォッチで心拍数や血圧を確認するか、あるいは現時点では難しいと思われる血中酸素量や血中細菌の量を常々計測し続けるような状況に等しい。定期的にその瞬間のオイルの状態をオイル分析により監視することを「点での監視」と例えるなら、センサによる監視は「線での監視」と感覚的に理解が可能である。図—2に考え方を示す。建設機械稼働中のオイルの異常度と時間経過との関係は図—2で描写されるが、図—2における関係を示した黄色の線を関数と見た時、その微分値は建設機械に齎された瞬間的なダメージと考えることができる。

(2) 稼働する建設機械でのセンサを用いたオイルの常時状態監視の具体例の紹介

先ほどは建設機械に対してオイル監視センサを用いたオイル監視の考え方や利点について紹介した。ここでは実際に測定された例を基に説明する。図—3にその具体例を示す。これは20tクラス油圧ショベル作動油の監視状況の一例である。図中の赤いエリアは作動油の劣化を判断するハザードエリアである。この機体を例にした理由は掘削作業を主とした作業を行っ



図—2 オイル監視センサによるオイル監視の利点



図—3 稼働する建設機械のオイル監視状況：20tクラス油圧ショベル ZX200-5G・作動油の例

ているため、作動油に異種オイルが混入することが少なく、計測値の推移が容易に判断できるためである。この図の例では作動油は約 2,500 時間まで微分値の変化も少なく劣化する兆候は見られなかったが、2,500 時間を経過した頃から徐々に微分値が増加し、劣化が進んだと思われた。さらに 4,000 時間程度経過した時点で、ハザードエリアに到達している。これら結果より、日々観測されるデータで推察される劣化の傾き、いわゆる微分値は約 3,000 時間までは小さく推移し、その間は機械へのダメージは少ない状態で維持されたと考えられる。その後は劣化が進んだため微分値も増加に転じ 4,000 時間経過後は作動油の交換を推奨するような状態になった。このことはオイル分析結果からも明らかになっている。これら結果からオイル監視センサによりオンラインにてオイルの状態監視が可能であることが分かる。また、ハザードエリアの設定についてであるが、この設定は予防保全の観点から安全側に設定をしているものであり、ただちにそのオイルの寿命を迎えたり、建設機械の異常を明示したりするものではなく、それら可能性の示唆により詳細な点検を推奨するものとしている。また、このハザードエリアの設定については、全世界の機械から蓄積されるデータを統計処理することにより傾向を読み取り、機種及びオイル銘柄毎に適宜改訂される。

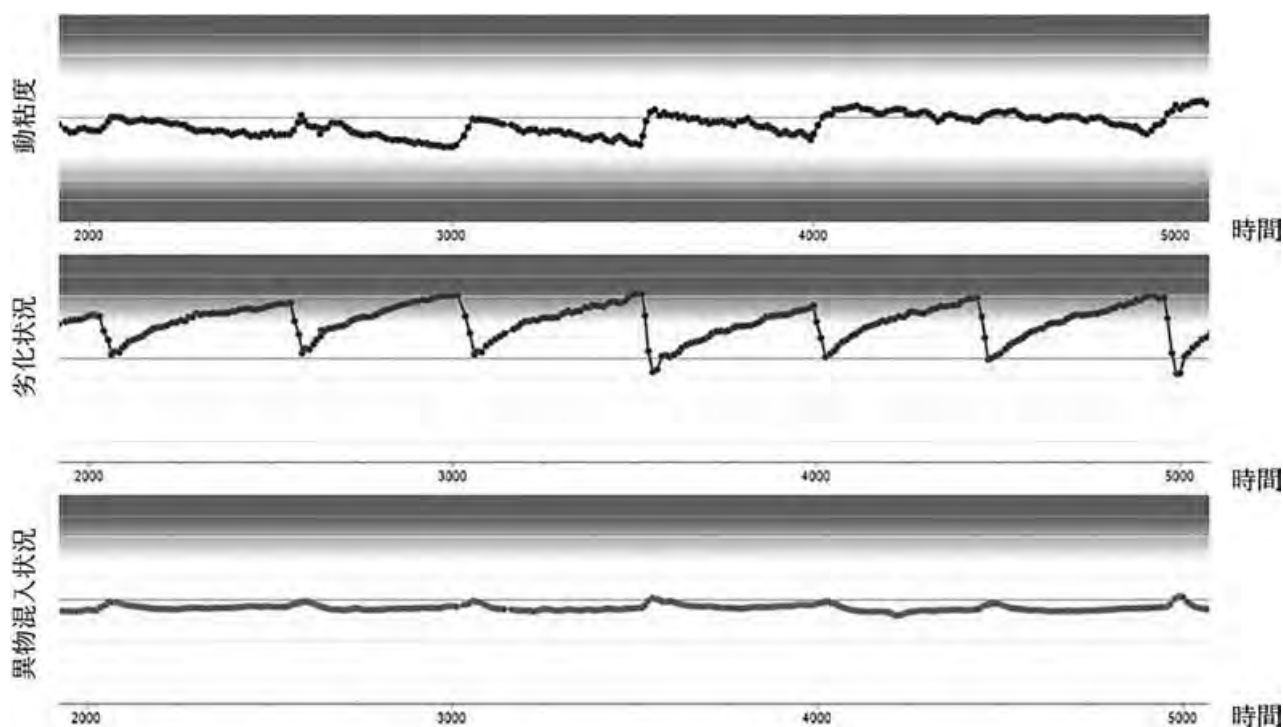
最後にオイルセンサによるメンテナンス履歴の管理について説明する。エンジンオイルのメンテナンスは基本的には一定の時間計画メンテナンス（TBM：

Time Based Maintenance）に基づいて実施されている。この考えを基に建設機械のエンジンオイルにおいても 500 時間毎のメンテナンスが要求される。図—4 にエンジンオイルに関する具体例を示す。図中の横軸は稼働時間、縦軸は上段から動粘度、劣化状況、異物混入状況を示す。この図における劣化状況の推移から、エンジンオイルはオイル交換後から時間経過と共に変化する。これはエンジンオイルが劣化すること起因する。そして、オイル交換を実施すると各値が初期の状態に戻り、そのようなサイクルがオイル交換毎に繰り返される。このことから、この図よりオイル交換は稼働 2,000 時間から 5,000 時間までの 3,000 時間の間に計 6 回行われたことがオイル状態監視システムより確認できた。ヒヤリングからも同様なエンジンオイル交換履歴が得られている。

このようにオイル監視センサのシステムを用いることにより、オイル起因による機器の劣化、損傷の度合い、メンテナンス履歴を見える化することが可能となる。これまではこれら機器の劣化、損傷について分解調査やオペレータの官能評価に頼ってきっていたが、これらを数値化することにより機械の状態の評価、例えば機械のメンテナンス時期の推定や中古車として転売をする査定時の一つの目安として、工数、費用の観点から非常に有用である。

(3) 遠隔自動監視の手法と実運用への適応

これまで紹介したオイル監視システムは、様々な構



図—4 稼働する建設機械のオイル監視状況：20tクラス油圧ショベル ZX200-5G・エンジンオイルの例

成要素により成り立っている。センサは、液体の物性値である粘度、密度、誘電率、温度が計測可能な一般的に市販されているセンサを使用している。既にオイルの異常を判別可能な様々なセンサ計測システムが上市されているが、複数の物性値測定や搭載要件に合致した本センサを選定した。オイルセンサにより得られた計測データの演算、統計処理システムはクラウドサーバーによりデータ処理や閾値判定が行われ、その結果に基づいてクラウドサーバーによりディーラー、顧客に機械のオイル監視情報として送られる。また、監視後に必要に応じて行うオイル分析についても同様にクラウドサーバーにて処理が行われ適切な対応に結び付ける。このようにオイル監視センサと実際のオイル分析を合わせて一体運用を行う独自のオイル監視システムの構築をした。図-5にオイル状態監視システムを用いたサービスフローを示す。基本的にはオイル監視センサがオイルの状態を監視し、特に異常が無い時にはユーザや代理店が能動的にアクションを取る必要は無い。何か異常が観測されたとき、データを受け取るクラウドサーバーが内部に持つ診断のロジックや閾値により異常を診断しユーザや代理店にeメール

やアプリケーションを介して通知を行う。通知を受け取った代理店はユーザにコンタクトを行い、必要なメンテナンスや、オイル分析の為の採油を行い、分析を進める。分析結果は再び分析結果を判定するクラウドサーバーにより配信され、分析結果に応じた適切な指示を代理店に対して自動で行う。代理店は分析結果に応じて適切なメンテナンスを行う。

基本的にオイルの状態監視を行うのはオイル監視センサであり、詳細な原因の深堀はオイル分析により対応を行うこととしている。これは、オイル監視センサの常時監視できる強みと、詳細を見ることが出来る分析の強みを組み合わせ、顧客にとってリーズナブルなオイル状態監視サービスを提供するものである。オイル監視センサがあれば、定期オイル分析がその意味を成さないというわけではない点を留意したい。これは人間の健康診断と同じで、スマートウォッチで血圧を測っていれば定期健康診断が必要ないかというと、そうではないということに等しい。日々の状態監視はオイル監視センサに委ね、何か異常が観測されたときは詳細なオイル分析を行い、加えてより確実なオイルの状態監視が求められる場合は定期オイル分析も実施す

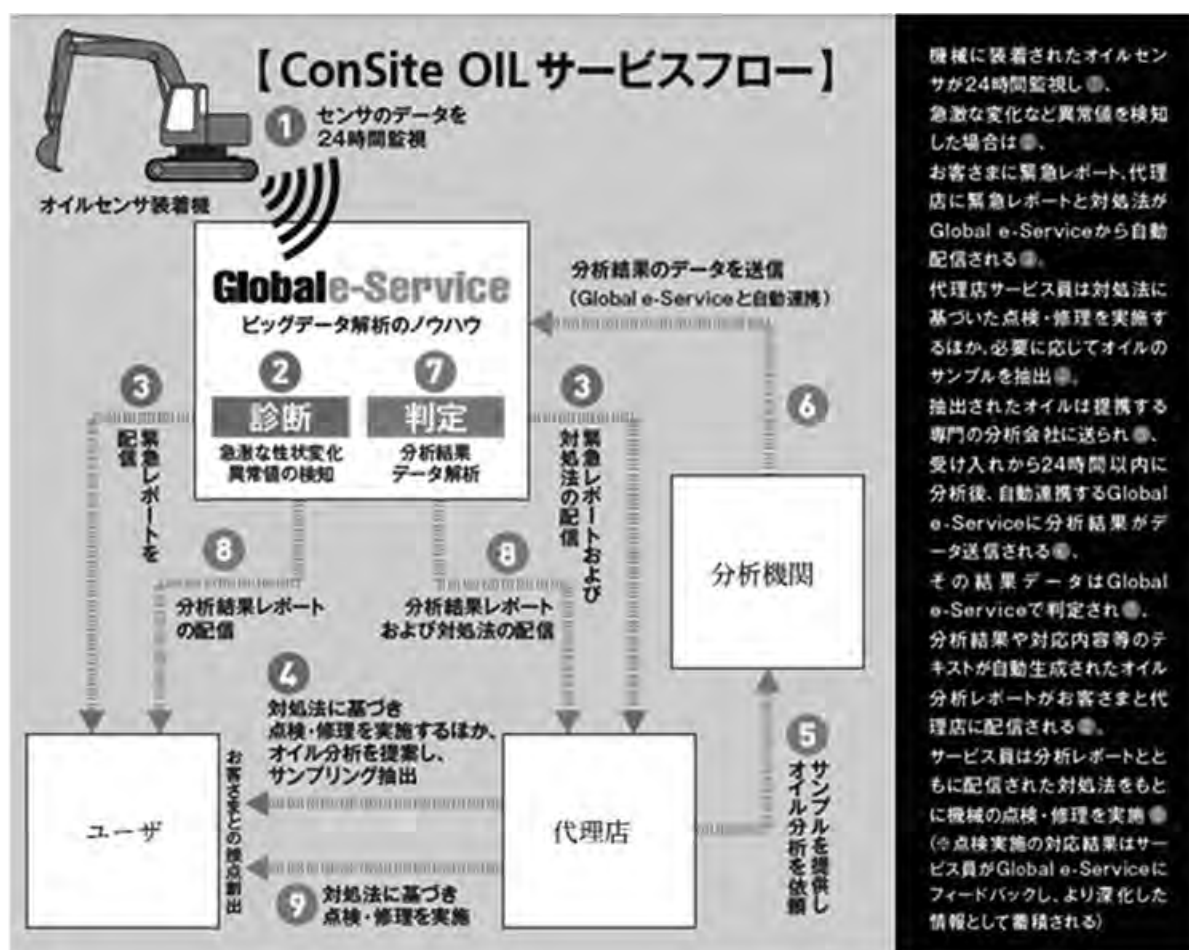


図-5 ConSite OIL によるサービスフロー



図ー6 イメージ：4つのインデックスからオイルに発生する現象を推定

ることが推奨される。

オイル状態監視システムではセンサ計測システムのみでは無く、オイル分析システムを含むオイル監視システム全体に対しての構築を目指したため、センサの計測技法、計測値の分析・識別ロジック、異常値発報ロジック全てを当社独自で開発した。特に計測値の分析ロジックについては、稼働中の作動油・エンジンオイルに対して物性値計測およびその処理を精度良く行う必要があった。これらについては、当社独自のビックデータ処理アルゴリズムを構築できた事により、信頼に値する計測値を抽出、マシンダウンにつながる4つの指標である粘度、密度、誘電率、温度を基にしたオイル監視システムを運用する事が可能となった。図ー6にそれら指標と主な監視対象について示す。オイルセンサが監視する粘度、密度、誘電率、温度の指標データをもとに、油の劣化、異物混入、異種油混合などの現象を推定することが可能なシステムとなっている。

4. おわりに

これまで建設機械のオイルの状態監視では、定期的に機械から採油を行い分析機関に発送し、得られた分析結果からその機械の傾向を判断することで、メンテナンス計画の一つの目安としてきた。しかしながら実際に機械から採油方法の管理、分析機関を用いた場合の費用負担を無視することはできない。オイルの状態監視が予防保全に貢献することは公知のことであるが、同様のサービス、精度を建設機械向けに展開するにはハードルが高い。今回オイルセンサを用いたオイル状態監視システムを建設機械に導入することにより、これまでオイルの監視を行えなかったユーザに対してもリーズナブルな形でオイル状態監視サービスを

提供できるようになっただけでなく、これまで定期オイル分析を行ってきたユーザには、より確実なオイルの状態監視のサービスが可能となった。このオイル状態監視システムは2017年10月から欧州での導入がスタートし、2020年3月時点で日本、中国、東南アジア、オセアニア、南アフリカで展開されており、今後も展開地域を更に拡大していく予定である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 秋田秀樹：建設機械のメンテナンス・トライボロジー，トライボロジスト，59，6（2014）345-350.
- 2) 一般社団法人日本トライボロジー学会：ISO18436-4 準拠機械設備の状態監視と診断（トライボロジー）カテゴリ I 第1版（2019）
- 3) Caterpillar 社ウェブページ
(https://www.cat.com/en_US/by-industry/construction/cat-connect/services/equipment-management/sos-fluid-analysis.html)
- 4) 日立建機株式会社ウェブページ
(<https://www.hitachicm.com/global/jp/solution-linkage/consite/consiteoil/>)

【筆者紹介】

小倉 興太郎（おぐら こうたろう）
PT Hexindo Adiperkasa Tbk
（日立建機アジア事業部・インドネシア正規代理店）
プロダクトサポートアドバイザー
（2020年3月末まで日立建機営業統括本部ライフサイクルサポート本部カスタマーサポート事業部 ConSite 開発部兼 ConSite OIL プロジェクトに主任として在籍）



倉迫 彬（くらさこ あきら）
日立建機㈱
開発・生産統括本部
研究・開発本部先行開発センタコンポーネントグループ
技師



秋田 秀樹（あきた ひでき）
日立建機㈱
開発・生産統括本部
研究・開発本部先行開発センタコンポーネントグループ
主任技師



塩害リスクのある RC 構造物に 加熱改質フライアッシュを適用

齋藤 隆弘・皆川 浩・佐藤 貴之

岩手県山田町大沢川水門の躯体 RC 構造物のうち、水門の両側に位置する翼壁部のコンクリートに、耐久性向上と施工性向上を目的として、含有未燃炭素を 1% 以下とした加熱改質フライアッシュ (CfFA[®]/Carbon-free Fly Ash) をコンクリート用混和材として適用した。本稿では、加熱改質フライアッシュ適用の背景、施工性、コンクリートのひずみ、電気抵抗率などの計測結果について報告する。

キーワード：加熱改質フライアッシュ、RC 構造物、塩害、実施工

1. はじめに

大沢川水門は、二級河川大沢川の山田湾河口に建設中の水門であり、東日本大震災時の津波により破壊された旧大沢川水門を取り壊し、新たに建設中の防潮堤と一体型の水門として計画されている。被災後の大沢川水門と新しい水門の完成予想図を図一 1 に示す。この大沢川水門の翼壁部に使用する鉄筋コンクリート部材は河川水面に接しているが、満潮時に河川内に流入する海水に含まれる塩分がコンクリート内部に侵入するため、当該部材は鉄筋の腐食リスクが比較的高い環境に曝されている。

こうした環境にある RC 構造物の鉄筋を海水による劣化から守るためには、鉄筋を保護する役割を果たすコンクリートを塩分が浸透しにくい緻密なものにし、且つ、密実に施工する必要があった。このため、コン

クリートに混和することにより、コンクリートを緻密化することが知られるフライアッシュを、加熱改質処理により未燃炭素を 1% 以下に除去して適用した。

2. 加熱改質フライアッシュの概要

フライアッシュをコンクリートに配合した場合に、その組織構造を緻密化する効果があることが知られている。また、フライアッシュの粒子は球形であるためフレッシュコンクリートの流動性を高める効果もある。一方で、フライアッシュは石炭火力発電施設の産業副産物で、微量の未燃炭素を含む。この未燃炭素は、フレッシュコンクリートの流動性や空気量を制御する各種化学混和剤を吸着することでその効果発現を阻害し、硬化後のコンクリートの物性に影響を及ぼす場合がある。加熱改質フライアッシュは未燃炭素を化学混



東日本大震災により被災した大沢川水門



新しい大沢川水門の完成予想図

出典：岩手県提供

図一 1 被災後の大沢川水門と新しい水門の完成予想図

和剤の効果発現に影響を与えない1%以下に除去しており、通常のフライアッシュに比べて高い品質安定性を有している。

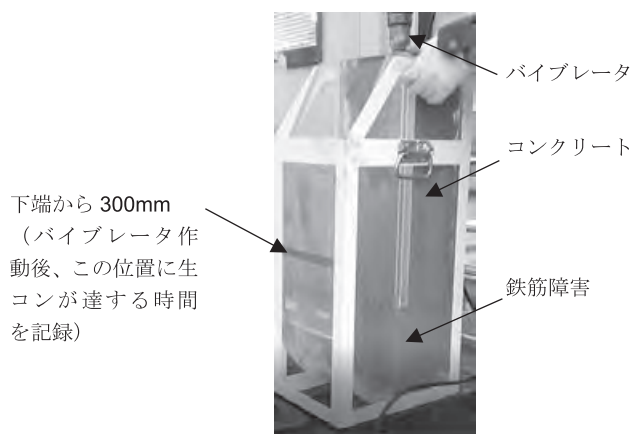
この加熱改質フライアッシュをコンクリートに混ぜることにより、以下の効果が得られることをこれまでの研究¹⁾により確認した。

- ①通常のフライアッシュを使用した場合と比較して、フレッシュコンクリートの空気量や流動性が安定する
- ②鉄筋間の通過しやすさを示す間隙通過試験の結果を図—2に示す。通過時間がおおよそ半分に低減、つまり間隙通過速度が約2倍に向上したことから、コンクリートの充填性の向上が期待できる
- ③塩化物イオンの通過しやすさの目安となる電気抵抗

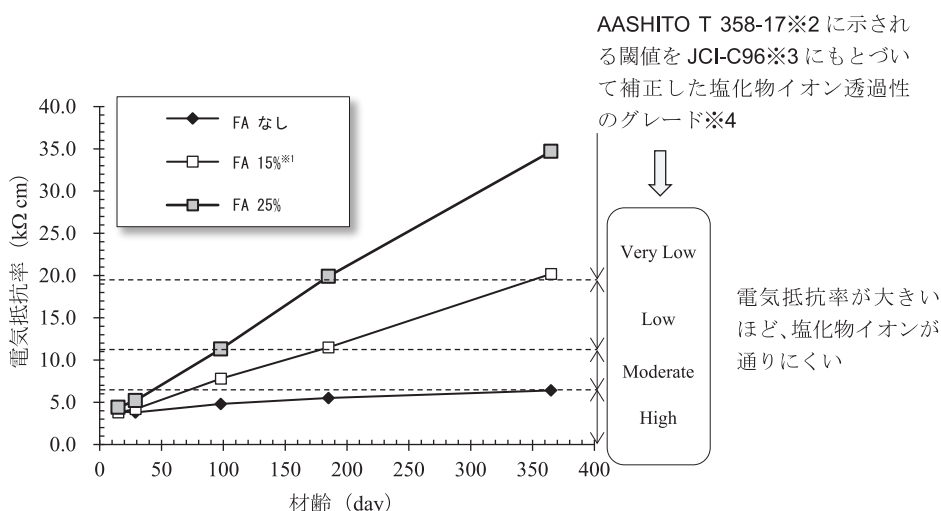
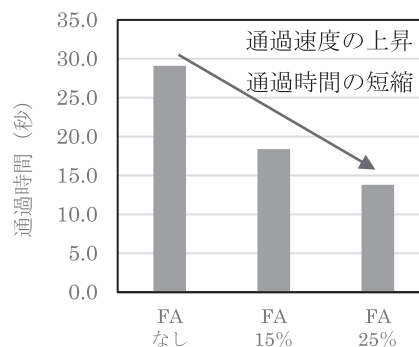
率試験結果を図—3に示す。セメントの15%を加熱改質フライアッシュに置換した場合、加熱改質フライアッシュ無添加の場合に比べて、塩化物イオンの透過しやすさに関するグレードが、5段階のうち「高い」と「中庸」の境界から「とても低い」まで向上した。このことから、コンクリート構造物の耐久性向上が期待できる

3. 実工事への適用

大沢川水門は大沢川と現在施工中の防潮堤が交差する箇所に設けられた、津波・高潮による陸地への海水流入を防ぐための水門である。図—4に現場平面図および断面図を示す。水門の構造物の最も海側に位置



図—2 間隙通過試験の試験状況と結果



※1：今回の施工で用いた配合に最も近い実験ケース

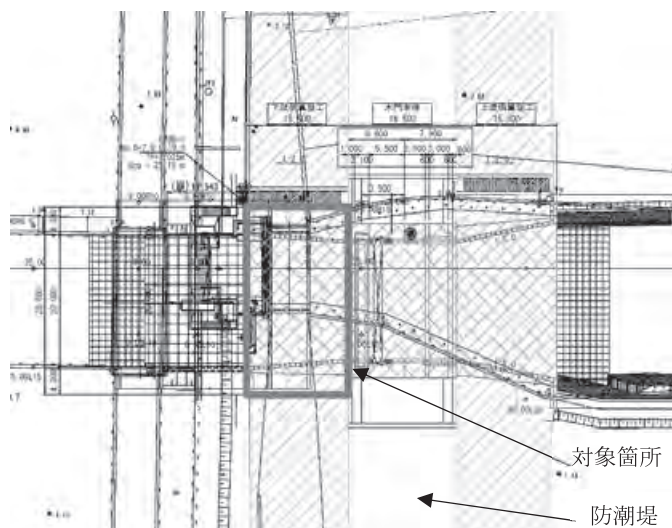
※2：AASHTO T 358-17：

Standard Method of Test for Surface Resistivity Indication of Concrete's Ability to Resist Chloride Ion Penetration

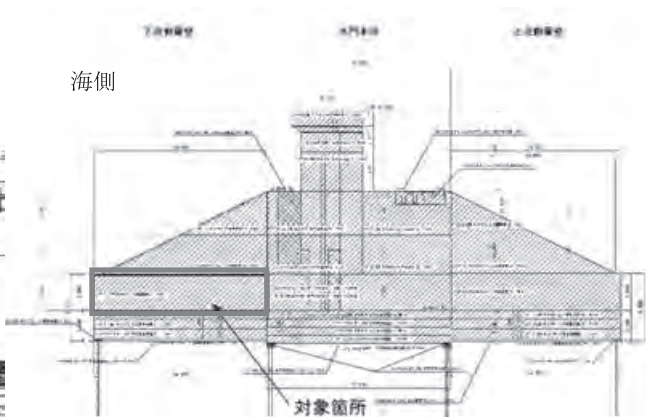
※3：JCI-C96「電気化学的手法を活用した実効的維持管理手法の確立に関する研究委員会 報告書」

※4：Very Low（とても低い）の上位に Negligible（無視できる）があるが、一般のコンクリートの範囲外であるため記載していない

図—3 電気抵抗率試験結果



平面図



断面図

図—4 現場平面図および断面図



写真—1 打設状況



写真—2 脱型後の状況

する下流側翼壁部は、満潮や波浪の影響を受けやすいコンクリート構造物であり、その最下部(下床～3.3m)は、鉄筋腐食のリスク発生が懸念された(図—4)。大沢川水門の構築にあたり、塩分の浸透を抑制することで将来的な劣化のリスクを低減することに加え、コンクリートのワーカビリティを改善し施工効率の向上を図るため、この部位のコンクリートに、 1m^3 あたり40kgの加熱改質フライアッシュを使用した。打設箇所の写真を写真—1, 2に示す。混和量(使用量)は、耐久性、施工性の向上効果と経済性、プラントでの投入の作業性等を勘案し、決定した。加熱改質フライアッシュは、20kg/袋とし、写真—3に示す内包用袋(水解紙充填袋)を使用し、開梱することなく袋をそのままミキサーに投入することで作業の軽減と粉塵飛散抑制による作業環境の改善を図った。

なお、水解紙充填袋がコンクリートの諸物性に影響を与えないことは別途確認されている。

大沢川水門に使用するコンクリートの設計スランプ



写真—3 フライアッシュ投入(内包用袋に水解紙充填袋を使用)

は8cmであり、普通コンクリートを使用する場合は、ポンプ圧送作業において稀に脱水等の材料分離に起因するポンプ閉塞等が発生する恐れがある。しかし、加熱改質フライアッシュを使用した場合、同スランプでも材料分離によるポンプ閉塞等が発生することなく、安定した空気量を確保したうえで、良好な施工性を確

認することができた。

4. 長期暴露試験

実打設に用いたコンクリートを使用し、各種供試体を作製した。該当箇所以外で用いられるコンクリートは温度ひび割れ等を抑制するために膨張材を混和しており、該当箇所ではこれをベースに加熱改質フライアッシュを使用した。該当箇所以外で使用した配合を配合 N、加熱改質フライアッシュを使用した配合を配合 CfFA と称す。実施工には用いられていないが、膨張材を使用していない JIS 配合のコンクリートについても供試体を採取した。これを配合 N と称す。配合を表―1 に、主な試験項目を表―2 に、採取した供試体の状況を写真―4 に示す。ひずみを測定した供試体は雨掛りのある屋外にて暴露した。大型供試体は雨掛りのある屋外かつ塩分の飛来が想定される沿岸部で暴露しており、将来的にコアを採取したのち試験を行う予定である。

図―5 に、コンクリート表面から 20 mm の位置に

おけるコンクリートの内部ひずみ測定結果を示す。膨張材を混和した配合 CfFA と配合 N を比較すると、ひずみの差は各位置、各材齢でほとんど差はなく、加熱改質フライアッシュの混和の有無はひずみの発生にほとんど影響しないことがわかる。膨張材を混和していない配合 JIS と比較すると、膨張材を混和したケースでは各材齢で 200×10^{-6} 程度収縮ひずみが低減しており、加熱改質フライアッシュを混和しても、混和しない場合と同様、膨張材の効果が得られるといえる。

図―6 に、採取した円柱供試体 ($\phi 100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$) の電気抵抗率を示す。なお、電気抵抗率の測定に際しては、標準養生もしくは封緘養生後、真空脱気装置を用いて供試体を飽水処理した。配合 CfFA では、材齢の進行に伴う電気抵抗率の増加が著しく、材齢 182 日において、いずれの養生条件でも $10 \text{ k}\Omega\text{cm}$ 以上の数値を示している。配合 N および配合 JIS では、材齢 182 日で $10 \text{ k}\Omega\text{cm}$ 以下であり、材齢 91 日以降の上昇も小さい。これらのことから、加熱改質フライアッシュの混和により電気抵抗率が長期にわたって上昇していることがわかる。また、配合 CfFA では

表―1 コンクリート配合

配合名	W/C	単位量							備考
		セメント	膨張材	CfFA	水	細骨材	粗骨材	混和剤	
	(%)	(kg/m ³)							
JIS	45	349	－	－	157	707	1115	3.84	施工に使用せず。供試体採取のみ 標準配合
N	45 ※	311	20	－	149	723	1131	3.91	
CfFA	45 ※	295	20	40	149	720	1099	3.91	CfFA 使用配合

※ セメント、膨張材、フライアッシュの 40% をセメントとみなした場合の水セメント比

セメント：普通ポルトランドセメント 膨張材：低添加型コンクリート用膨張材 混和剤：AE 減水剤（標準型）I 種

表―2 試験項目

試験項目	試験項目	目的	供試体
①	内部ひずみ測定	CfFA がコンクリートの乾燥収縮ひずみに与える影響を把握	300mm 角 立方体形状供試体
②	電気抵抗率試験	CfFA がコンクリートの電気抵抗に与える影響を把握	$\phi 100 \text{ mm} \times 200 \text{ mm}$ (打設時採取) $\phi 100$ コア供試体



コア採取用 (90 cm × 90 cm × 20 cm)



ひずみ計測用 (打設前型枠 30 cm 角)

写真―4 供試体採取状況

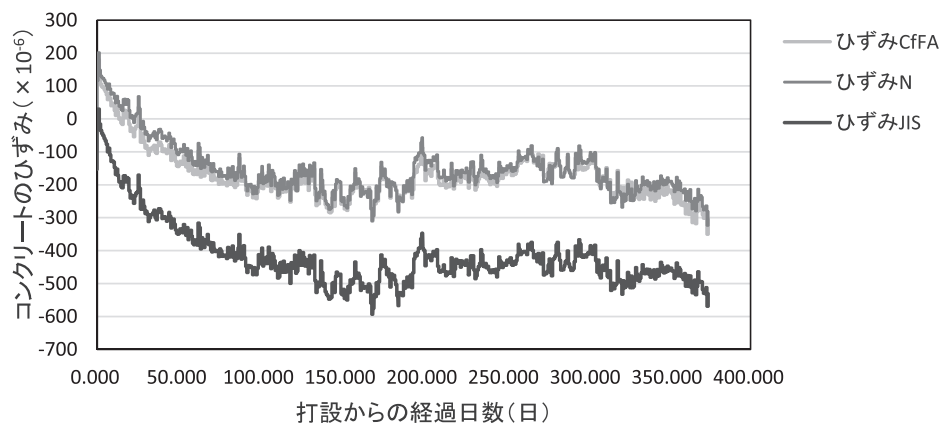


図-5 コンクリートひずみ（表面から 20 mm）

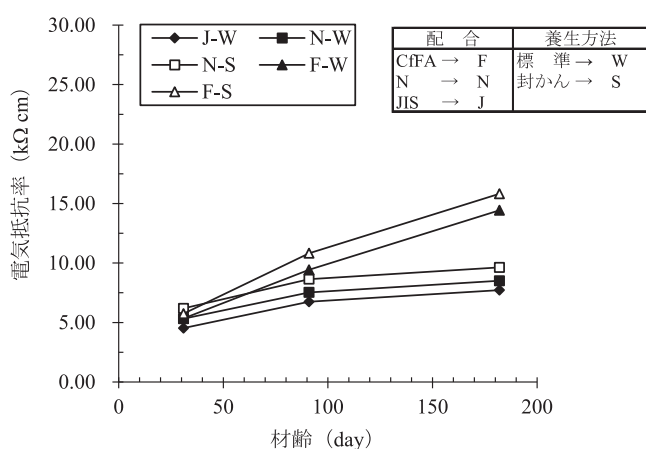


図-6 電気抵抗率測定結果（φ100×200 供試体）

膨張材を混和しているが、膨張材は加熱改質フライアッシュの混和による電気抵抗率の向上を阻害していない傾向が得られた。

5. おわりに

加熱改質フライアッシュの現場適用により、施工性に関する効果を確認するとともに、コンクリートの耐久性向上に関する効果を確認できた。本稿に記載した計測項目は、実施している項目の一部であり、今後も長期的な計測を継続する予定である。これについても検証の上、報告したいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 齋藤隆弘, 秋山勇介, 上本洋, 皆川浩: 加熱改質フライアッシュを用いた現場打ちコンクリートの諸特性, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, 2018

〔筆者紹介〕

齋藤 隆弘（さいとう たかひろ）
 ㈱奥村組
 技術研究所 施工・材料チームリーダー



皆川 浩（みながわ ひろし）
 東北大学大学院
 土木工学専攻 准教授



佐藤 貴之（さとう たかゆき）
 日本製紙㈱
 技術本部生産部 主席技術調査役



クライミングクレーンの長寿命化への取組み

伊 佐 良 伸

クライミングクレーンは、屋外の建設現場の荷揚げ作業に欠かすことは出来ない。しかし、工事の進捗に伴い短期間で組立・クライミング・解体を繰り返して使用することが多く、屋内に設置する定置クレーンと比較すると劣化が著しい。

クライミングクレーンは、高価で製造納期が長いにも拘らず、一現場あたりの使用期間は比較的短い。また、現場で故障すると、設置条件上修理が困難な場合が多く、工期の延長につながる。

本稿では、構造部分・機械部分を含めたクライミングクレーンの長寿命化の取組みについて紹介する。
キーワード：クライミングクレーン、長寿命化、使用条件、経年劣化、点検・整備

1. はじめに

現在、日本で建築工事用に使用されているクレーンの内、クライミングクレーンを取り上げて現状の問題点を整理し、長寿命化に寄与する為どうしたら良いか考えた。

近年、クレーンによる災害は減少傾向にあるが、災害を示唆するヒヤリ・ハットは多くみられ、本質的な改善がなされていないのが現状である。そのため貸与者に対する課題は急増しており、また建築物は高層化し、更に機械の老朽化などの厳しい環境・工程条件による機械化の要求も急増してる。

そこで今回は、クレーン災害の大きな要因のひとつとして考えられるクレーンの整備・点検業務に関する取組みについて記述する。



写真—1 クライミングクレーン

2. 貸与者の課題

(1) 整備業務の充実

近年のクレーンによる災害は、クレーンの運転者や、作業員の合図や玉掛け作業に関する知識・技能の低下、クレーンの点検不良等による、クレーン使用者に関することが要因となっているところが大きかった。

しかし、明らかに整備不良によると思われる要因もあり、貸与者としてもクレーンを出荷するにあたり、クレーンの整備・出庫前検査・組立完了検査・点検が確実に実行出来る体制の整備に努めなければならないのはいうまでもない。

貸与者の保有する多くの主力クレーンが、製作・購入後10年余を超えている現在、各メーカーの整備基準を基に、より木目細かな整備・点検を実施することが求められている。しかし整備コストは経年対策整備により上昇傾向にあるため、貸与者は品質とコストの間で、非常に苦しい局面に立たされているのが現状である。品質の確保が最優先である中で、弊社としては、25年前よりISO-9001に基づく技術標準（作業手順・要領・検査要領）・整備基準（分解・交換・検査基準）を策定し、整備業務を行っている。

(2) 整備業務に対する具体策（写真—2, 3）

①クレーン使用にあたり、アワーメーター等による実稼動時間のチェックを行い、より正確なクレーンの管理・整備計画を実施する。



写真一2 現場点検



写真一3 整備試運転検査

②各クレーンメーカーとの連携により、詳細にわたる整備基準を設定し、定期的に主要部を分解点検し交換部品を記録する。

③稼動期間中の使用状況を、月例・年次の定期点検による「点検報告書」とクレーン運転士が作成する「運行管理業務報告書」にて把握し、不具合箇所があれば次回の出荷前整備時に完全に修復する。

④最終検査・試運転調整においては、下記の要領にて検査を行う。

- ・各動作を無負荷運転にて動作確認をして、駆動部の作動チェック（振動・異音・制御）を行い、各データを確認し記録する。
- ・主要構造部の目視検査を行い、整備基準に基づきカラーチェック検査にて溶接・フック部分を確認し記録する。

3. 長寿命化

(1) 長寿命化を考慮した技術標準・整備基準の改訂
主力クレーンの経年劣化が進行している為に、先に述べた具体策により、部品の交換・分解点検を行っている。しかし、経年劣化対策整備による更新部分の不具合は減少しているものの、新たな箇所において不具合が発生している現状もある。新たに発生した不具合を集積し、検証・分析を行い、技術標準・整備基準を、タイムリーに改訂を行っていかなければならない。

①一般的整備要領の検証を各種整備機種事例毎に実施する。

②不具合を集積したデータを、整備上・使用上・ク

レーンメーカー・機種・電気系統・機械系統別に分類する。

③分類した不具合の原因・修理内容を、整備業者・使用現場・停止時間・不具合対応人員を含めて精査し、解明する。

④電気系統の不具合の多くは、制御系の不具合事例が多い。

また、従来機における制御装置の制御基盤は、製造中止あるいは修理に時間を要する物があり、臨機に対応できない事態が予想される。そのためクレーンの電気制御は、サイリスタ1次電圧制御からインバータ制御に更新を実施し、品質確保に努めている。

⑤電気系統のもう一つの大きな不具合の要因は、配電盤内のタイマーやマグネット・補助リレー等の劣化である（メーカーの交換推奨は平均7年から10年）。

制御系の不具合、モーメント関連の不具合とも密接に関連しており、各部品の取替えだけではなく配線を含めた配電盤の交換等も実施している。

⑥機械系統のボルトについては、高張力ボルトの更新基準について検証を行っている。高張力ボルトは検査機関に引張り試験を依頼し定期的に検査を実施しているが、ボルトの破断荷重がJIS規格から外れることは無かった。そのため、試験体のサンプリング方法に問題があることも検証し、最近では試験体のサンプリング方法の技術標準・整備基準の改訂を行い、クレーン使用期間・仕様構成及び、荷重応力の大きい部分のボルトを試験体と定めて引張り試験を行っている。それにより、ボルトの仕様・使用部分によって劣化の進行度が異なることが分かり、それに見合ったボルトの仕様・使用部分によって交換基準の改訂を行い、ボルトの年号管理・定期的な更新を実施している。今後も検査機関による引張り試験を継続して実施し、データを集積・分析を行い技術標準・整備基準を見直していく。

⑦主要構造部の溶接部については、技術標準・整備基準に基づき行っているジブ部・マスト部・架台部等のカラーチェック検査の記録を検証している（写真一4）。

⑧その他、シープの交換基準・ブッシュ・ピンの使用限度基準・フックイコライザーワイヤの交換基準・フックの交換基準・油脂の交換基準・電動機の分解基準・プレーキユニットの使用限度基準等についても、技術標準・整備基準を見直していく

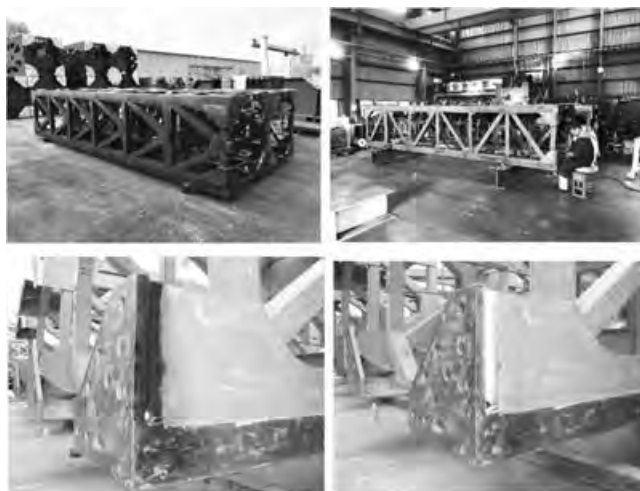


写真-4 カラーチェック検査



写真-5 フック分解検査

(写真-5)。

機械系統の大きな問題点として、各部に使用されているワイヤロープについて検証している。クレーン用のメインワイヤ（ペンダントロープ）は技術標準・整備基準に基づき更新を行っている。しかし、駆動用ワイヤロープ（巻上・横行・起伏用等）は毎回使用時に交換しているにもかかわらず、近年において若干の素線切れ等の現象が、クレーン使用中の定期点検にて出現している。

発生した素線切れの原因を調査する為、ワイヤロープメーカーに素線切れを起したワイヤロープの破断試験を含めた調査を依頼した。結果は、ワイヤロープ全長の一定範囲にて摩耗が発生していた。発生した摩耗部分においては素線特性低下がみられていたが、ロープ破断荷重と伸びについてはJIS規格の許容範囲内にあった為、疲労初期の状態であるという検証報告書がワイヤロープメーカーから提出された。

その要因を検証したところ、コンクリート打設等にクレーンを使用する特定作業において、ワイヤロープの一定範囲だけに曲げ荷重が繰り返しかかっている。このような負荷応力が、ワイヤロープの一定範囲での疲労を発生させたのではないかと推測している。

対策についてワイヤロープメーカーと検討し、ワイヤロープは油脂補給を定期的に行うことでその寿命が



写真-6 駆動ワイヤの調査

1.5倍程度になるという試験結果があるということがわかった。このことから、技術標準・整備基準の見直しを行い、「稼動中の給油点検手順」を新たに制定した。そして、点検実施者に対しては月例時の定期点検での確認と、クレーン運転士に対しては作業開始前点検での確認と、作業手順書の遵守・クレーン運転士による給油の重要性を、再度教育指導を行い徹底した(写真-6)。

(2) 長寿命化に対する課題

①電機的要因

制御ユニットの更新及びオーバーホールを考えると、電気メーカーの製品のモデルチェンジが定期的に行われ、旧製品との互換性の問題が少なからず発生する。そして、オーバーホールに関しては旧型製品の部品供給期間が大きな問題となり、オーバーホールが可能な製品と不可能な製品とが発生する。

機械部品も、摩耗による破壊、消耗部品などは定期的な交換が必要となり、電気部品と同様に、部品の供給期間が問題となると考える。

②構造的要因

現状、昼夜の機械稼動が想定される。その為、クレーンメーカーが想定する累積荷重負荷回数の推定が設計条件を超えていく可能性がある。これによりクレーン構造部分へ疲労が累積し、今までより早い段階で想定外の破壊が発生する事が考えられる。今後、クレーン構造規格の見直しと、メーカーの設計条件の見直しが必要となると考える。

③整備的要因

①②を考慮し、電機的要因の部品の在庫確保はもとより、その機械的な部品交換の技術者確保及び技術の伝承が課題となる。

4. おわりに

国産のクライミングクレーンが誕生から60年を迎える。この間技術の進歩は著しいものがあり、安全面での向上・大型化・高性能化と発展してきた。一方で、

クレーンの構成部品の進歩・更新も著しく、部品を修理・交換しようとしても生産が終了し入手不可の事態が増加している。

貸与者としては、クライミングクレーンは財産であり長寿命化させたく忸怩たる思いがあるものの、点検・整備を入念に行い、安心して使用して頂くことにこれからも努めたい。また、近年では、熟練整備工など労働力不足も顕著になってきており、OJTによる技術の伝承や先手管理手法の教育を実施することが急務となっている。今後、クレーンメーカーとの協議の上、必要部品の在庫確保及び代替部品の検討、経年劣化が

予想される構造部分の点検手法を加味した整備要領の見直し、そして点検・整備に掛かる整備技術者の育成と、技術の伝承に取り組んでいきたい。

J C M A

【筆者紹介】

伊佐 良伸（いさ よしのぶ）
産業リーシング(株)
技術施工本部技術部
執行役員技術部長



シートパイル補強工法で 液状化の被害から基礎構造物を守る

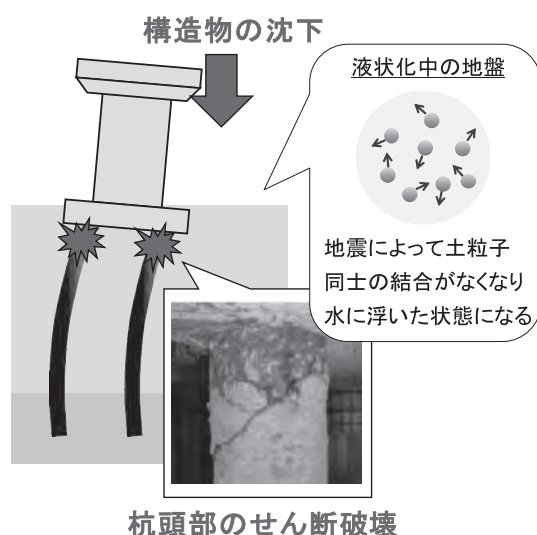
佐名川 太 亮・神 田 政 幸

地震時に地盤の液状化が発生した場合、地盤は急激に剛性ならびに強度を失うため、基礎構造物に著しい変位が生じ橋梁に大きな被害が発生した事例が報告されている。既設基礎構造物の耐震補強工法として一般的である増し杭工法は、平面寸法の大幅な拡幅が必要であるため、特に狭隘地の構造物においては適用が不可能であった。本稿では、寸法の大幅な拡幅が不要で、かつ施工性・経済性にも優れた基礎構造物の耐震補強工法として、鉄道総研が開発したシートパイル補強工法について紹介する。

キーワード：シートパイル補強工法、耐震補強、液状化、耐震設計法

1. はじめに

地震時に地盤の液状化が発生した場合、地盤は急激に剛性ならびに強度を失うため（図—1）、橋梁に大きな被害が発生した事例がこれまでに報告されている^{例えば1)}。このような被災事例の発生を背景に、現行の鉄道構造物の設計基準においては、液状化の影響を考慮して基礎構造物の設計を実施する設計体系となっているものの、建設年代の古い構造物の中には液状化の影響が反映されていないものが少なくない。鉄道分野においてはこのような建設年代の古い構造物を維持管理を行いながら数多く供用しており、これらの構造物に対して液状化対策を含めた耐震補強の計画・実施が進められている。

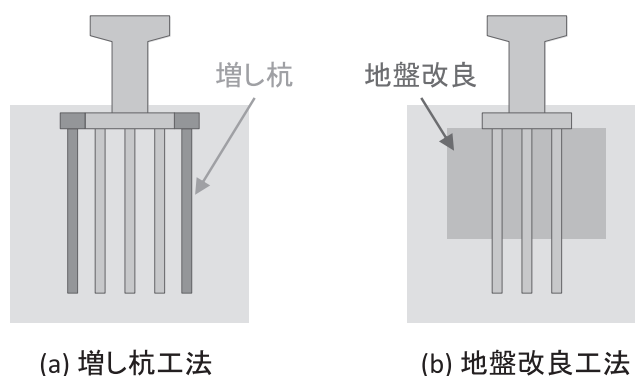


図—1 液状化による基礎構造物の被害

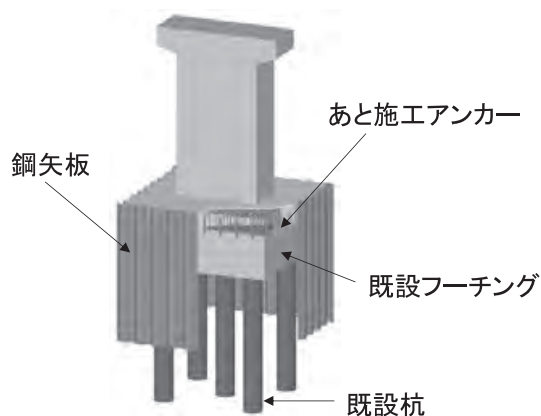
2. シートパイル補強工法の概要

従来実施されてきた基礎構造物の耐震補強工法のうち代表的なものを図—2に示す。最も一般的である増し杭工法を実施する場合には、橋脚基礎の平面寸法を大幅に拡幅する必要がある。都市部における構造物の耐震補強が優先されているが、他の構造物が隣接している狭隘地に位置することが多く、このような橋梁・高架橋については耐震補強対策の実施が非常に困難であった。また、施工が可能な場合であっても、基礎構造物の耐震補強工法全体に共通して施工コストに課題を有していた。

そこで、平面寸法の拡幅を抑制でき施工コストにも優れた工法として、シートパイル補強工法²⁾（図—3）が開発された。この工法は、既設フーチングを取り囲むように鋼矢板（シートパイル）を打設し、既設フーチングの上面に打設する増しフーチングを介して鋼矢板と既設基礎構造物とを一体化することで、地震に対



図—2 従来の基礎構造物の耐震補強工法⁶⁾

図—3 シートパイル補強工法の概要⁴⁾図—4 油圧式杭圧入引抜機³⁾

する抵抗力の向上を図るものである。既設フーチングから最低で 500 mm 程度の拡幅で済むため、用地制限のある狭隘地の橋梁・高架橋にも適用可能である。また、空頭制限下においても施工可能な油圧式杭圧入引抜機³⁾ (図—4) を用いることで、桁下や高压電線下などの条件下においても鋼矢板の打設が可能である。さらには、低騒音・低振動による施工が可能であり、掘削汚泥や泥水等の産業廃棄物の排出がなく、建設発生土も少ないことから環境にやさしい工法といえる。

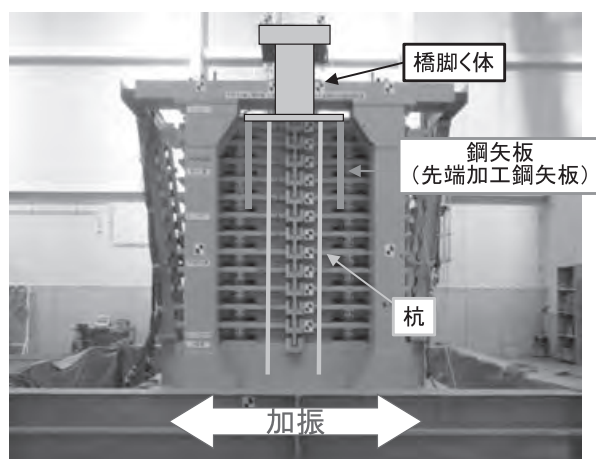
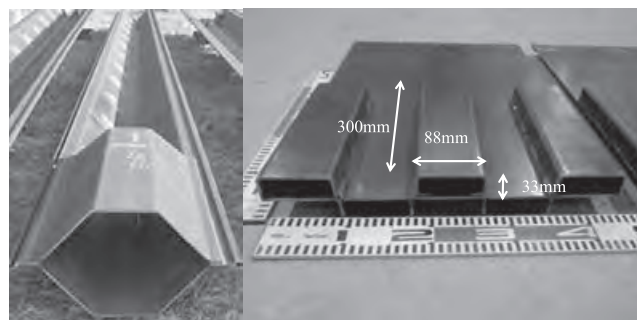
開発当初は比較的中小規模（フーチング幅で 5～10 m 程度）の既設杭基礎橋脚を主な対象としており、かつ地盤条件が比較的良好な場合について費用対効果に優れることが確認されていた。一方で、都市部においては地震時に液状化の発生が懸念される地域が数多く存在するため、狭隘地に位置しかつ液状化地盤中の基礎構造物へのシートパイル補強工法適用のニーズが高まっていた。そこで、模型実験等を通じて液状化地盤中の基礎構造物への適用拡大に関する検討を実施した。

3. 模型実験による液状化地盤中の補強効果の確認^{4)～6)}

液状化地盤中の基礎構造物に対するシートパイル補強工法による耐震補強効果を検証するため、筆者らはこれまでに様々な模型実験を実施してきた。ここでは、鉄道総研が所有する大型振動試験装置を用いた大型模型振動実験の概要を紹介する。

模型実験の概要を図—5 に示す。補強対象構造物のプロトタイプは杭基礎模型（く体高さ 6.0 m、橋脚の等価固有周期 $T_{eq} = 1.34 \text{ sec}$ 、地盤の固有周期 $T_g = 1.95 \text{ sec}$ ）とした。基礎形式は $\phi 500 \text{ mm}$ の PHC 杭を用いた打込み杭とし、杭本数は 2×2 の 4 本である。補強に用いる鋼矢板はハット形鋼矢板の 25H を想定し、先端を非液状化層まで打込んだ。振動実験で用いた模型はプロトタイプの 1/6 スケールとし、相似則を考慮して諸元を設定した。杭模型は $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ 、厚さ 1.6 mm の角型鋼管、鋼矢板模型は厚さ 4.5 mm の鋼板とし、鋼矢板模型の先端部には鉛直抵抗に優れる先端加工鋼矢板⁷⁾ を模擬して高さ 33 mm、幅 88 mm のコの字型の先端加工部を 300 mm の区間に溶接した (図—6)。

この橋脚模型ならびに模型地盤はせん断土槽内に構

図—5 大型模型振動実験の概要⁶⁾図—6 先端加工鋼矢板⁷⁾と模型

築した。せん断土層は内寸法が幅 3000 mm、奥行 1100 mm、高さ 3000 mm であり、土層天端から 2400 mm の区間が 12 段のせん断枠で構成されている。各せん断枠はリニアガイドで個別に支持されており、地震時のせん断変形に追従して変形することができる。せん断土層内部にはゴム製のメンブレンを設置しており、この中に橋脚模型を設置後、模型地盤を構築した。模型地盤材料は珪砂 6 号とし、模型地盤構築後に土槽底面から水を注入することで模型地盤を飽和させた。加振波形は鉄道構造物の耐震設計で用いられる L2 地震動（スペクトル I）⁸⁾ の基盤波を相似則に従い時間軸を圧縮したものを用いた。

模型実験結果の概要を図-7 に示す。レベル 2 地震動加振時の最大応答値の比較により補強の効果を見ると、鋼矢板の水平・鉛直抵抗により慣性力に対する杭の発生断面力が抑制され（せん断力で約 30%，軸力で約 20% 低減）、鉛直地盤抵抗により橋脚の回転挙動を抑制された（回転角で 30% 程度低減）。一方で、本実験ならびに別途実施した遠心場における模型振動実験⁹⁾ の結果から、鋼矢板の内部と外部で液状化に至る挙動に有意な差は見られなかった。すなわち、シートパイル補強工法による補強メカニズムは、鋼矢板内部の液状化の発生を抑制する効果はないものの、橋脚上部慣性力に対して鋼矢板の地盤抵抗が発揮され、杭体断面力の発生ならびに既設基礎構造物の変形が抑制されることが明らかになった。

4. 構造解析モデルの検証^{4)~6)}

液状化地盤中のシートパイル補強工法の地震時挙動を表現可能な構造解析モデルの提案を目的として、一般的な鉄道橋梁・高架橋の耐震設計で用いられる 2 次元の梁ばね解析モデルを用いた数値解析を実施し、モデルの適用性を検証した⁵⁾。

構造解析モデルの概要を図-8 に示す。上部構造物-下部構造物をモデル化した梁要素に加えて、地盤を模擬した土柱モデルと杭・鋼矢板を相互作用ばねで接続しており、地盤の応答変位が地盤ばねを介して基礎に入力される。今回は、模型実験で計測された各土層における地盤変位量を土柱モデルに与えた。これにより、構造物との間に生じる相互作用の影響を直接動的解析において考慮することができる。水平相互作用ばねには変位レベル依存性を詳細にモデル化するため R-O モデルを適用し、過剰間隙水圧比の値に応じて低減を考慮した。部材の剛性については、模型の検定結果から設定している。

再現解析結果として、時刻歴応答波形を図-9 に、杭の最大曲げモーメント分布図を図-10 に示す。補強の有無にかかわらず模型実験の挙動を精度よく表現できており、一般的な鉄道構造物の設計手法と同様に、2 次元の梁ばねモデルでも液状化地盤におけるシートパイル補強工法の地震時挙動を評価できることが確認された。

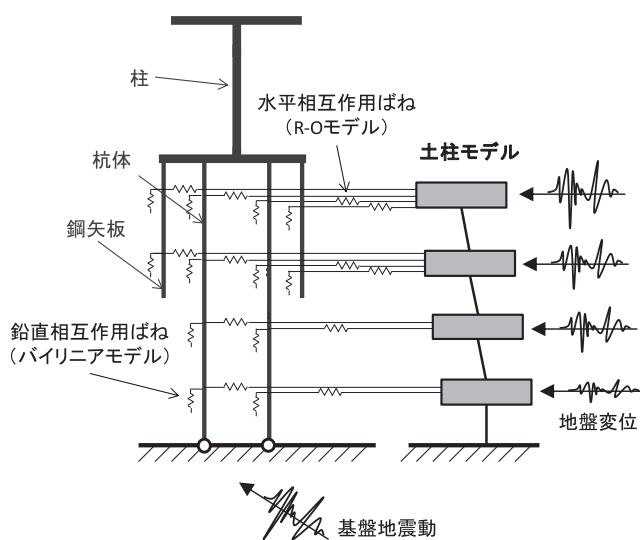


図-8 構造解析モデルの概要⁵⁾

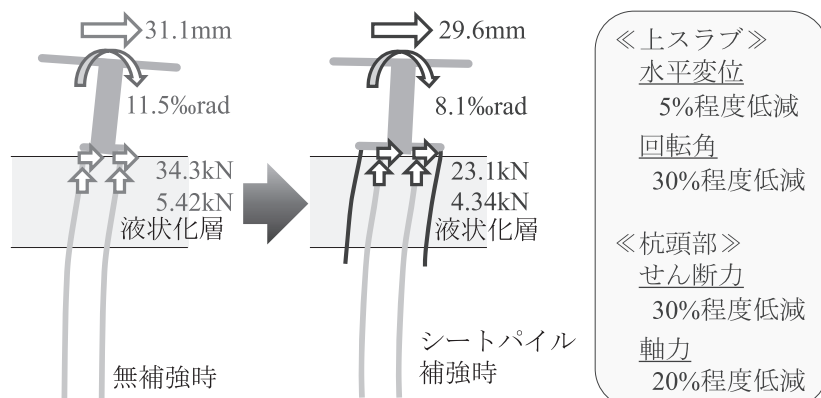


図-7 模型振動実験結果の概要⁶⁾

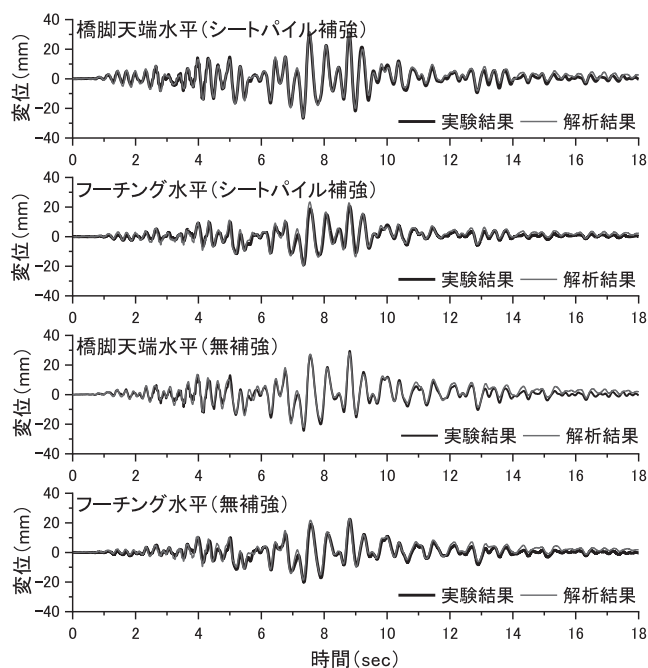


図9 実験結果と解析結果との比較（時刻歴応答変位波形）

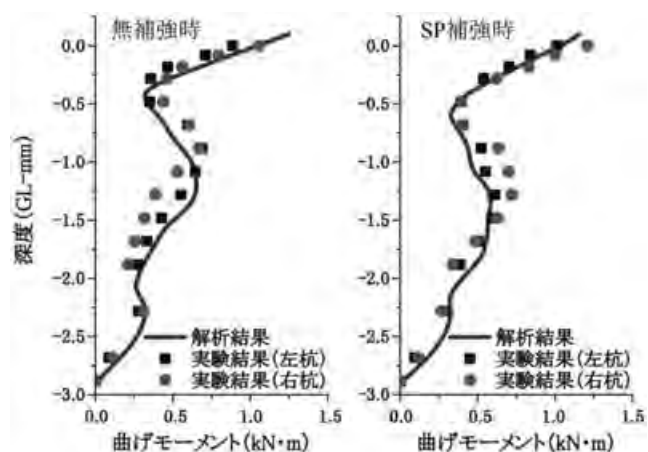


図10 実験結果と解析結果との比較（杭の最大曲げモーメント分布）⁵⁾

5. 設計・施工マニュアル（案）の概要

模型実験や数値解析から得られた知見を基に、液状化地盤に対応したシートパイル補強工法の耐震設計手法を提案した。提案した設計手法は「シートパイルを用いた既設鉄道構造物基礎の耐震補強工法（シートパイル補強工法）設計・施工マニュアル（案）」¹⁰⁾で取りまとめている。2011年に「シートパイルを用いた既設鉄道構造物基礎の耐震補強設計マニュアル（案）第2版」を発行していたが、2016年に発刊した第3版では、以下の点が改訂された。

- ・2012年に「鉄道構造物等設計標準・同解説 基礎構造物」が性能照査型に改訂されたことを受け、第3版ではこの改訂に完全対応するとともに、より実務者向けに具体的な設計・施工の取り扱いを掲載し

た。

- ・模型実験等から得られた知見を基に液状化時の構造解析モデルを示した。基本的には、「鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計）」に準拠した設計応答値の算定法が適用できる。

また、鋼矢板と増しフーチングとの接合部に孔あき鋼板ジベル（図11）を活用した場合の設計法についても改訂した。この方法を活用することで、接合部における配筋の煩雑さを解消し施工性を改善するとともに、補強に伴う基礎平面寸法の拡幅量を最小限に抑えることができる。

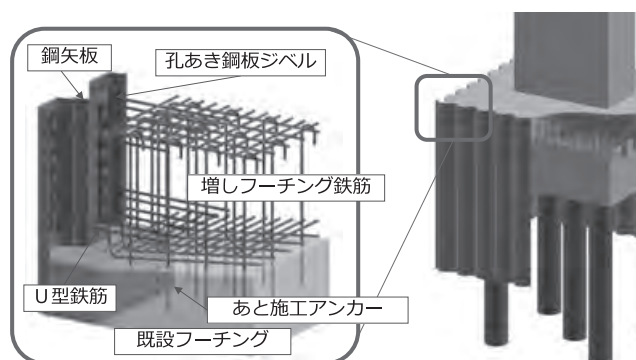


図11 鋼矢板と既設フーチングとの結合部の概要⁶⁾

ただし、シートパイル補強工法の適用範囲には限界があることが試算から明らかになっている。具体的には、液状化程度が著しい場合や側方流動が発生する場合、また長大橋のように上部工慣性力が著しく大きい場合にはシートパイル補強工法では補強効果が十分ではないため、地盤改良のような補助工法の併用が必要となる。本四備讃線の大東川橋梁における耐震補強工法の検討¹¹⁾においては、橋梁が埋立地に位置しており液状化程度が大きかったことと上部工が桁長300mの4径間連続橋であったことから、シートパイル補強工法のみでは補強効果が十分ではなかった。そこで、鋼矢板内部の地盤改良を併用することで対応した。具体的な施工方法としては、既設フーチング周囲に鋼矢板を打設後、鋼矢板内部を高圧噴射工法により地盤改良を行い、既設フーチングと鋼矢板を接合した。この方法により、補強による平面寸法の拡幅を可能な限り抑制した上で、構造物に要求される耐震性能を満足することを設計で確認した。

6. おわりに

本稿では、液状化地盤中の基礎構造物の耐震補強工法として、シートパイル補強工法を紹介した。この工

法を活用することで、既存音基礎構造物の平面寸法を大幅に拡幅することなく耐震補強を実施することが可能となる。近年では鉄道分野以外の構造物についても適用される事例が増加しつつあり、現在では計100基以上の施工実績となっている。ただし、構造形式や地盤条件によって適切な補強形式が異なるのに加え、施工方法により設計のモデル化が変化するため、本工法の適用を検討する際には十分注意が必要である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会編：阪神・淡路大震災調査報告1 土木構造物の被害，土木学会，1996
- 2) 西岡英俊，西村昌宏，神田政幸，山本忠久，樋口俊一，杉江茂彦：鋼矢板とフーチングの一体化による既設杭基礎の耐震補強工法，鉄道総研報告，Vol.23，No.12，pp.23-28，2009
- 3) ㈱技研製作所 HP：https://www.giken.com/ja/wp-content/uploads/SilentPiler_F101.pdf
- 4) 戸田和秀，佐名川太亮，西岡英俊，樋口俊一，松浦光佑，妙中真治，乙志和孝：液状化地盤におけるシートパイル補強工法の耐震設計法の提案，鉄道総研報告，Vol.30，No.5，pp.47-52，2016
- 5) 佐名川太亮，西岡英俊，松浦光佑，樋口俊一，戸田和秀，妙中真治：液状化地盤におけるシートパイル補強杭基礎の地震時挙動に関する実験および数値解析の検討，地盤工学ジャーナル，Vol.12，No.2，pp.197-210，2017
- 6) 佐名川太亮，神田政幸：シートパイル補強工法で液状化の被害から基礎構造物を守る，RRR，Vol.76，No.10，2019
- 7) 中山裕章，妙中真治，永津亮祐，原田典佳，加藤篤史：先端部に閉塞断面を設けた鋼矢板の支持力特性評価，土木学会第66回年次講演会，pp.III-219-220，2011.
- 8) 国土交通省監修 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，2012
- 9) 松浦光佑，西岡英俊，妙中真治，樋口俊一，戸田和秀，乙志和孝：液状化地盤において杭基礎に適用したシートパイル補強の効果検証に関する遠心実験（その1：実験概要と加速度・応答変位），第51回地盤工学研究発表会，pp.1729-1730，2016
- 10) 鉄道総合技術研究所，大林組，新日鐵住金：鋼矢板を用いた既設鉄道基礎構造物の耐震歩行工法（シートパイル補強工法）設計・施工マニュアル（案）第3版，2016
- 11) 笠原康平，佐名川太亮，笹岡良治，中田裕喜：大東川橋梁における耐震補強工法，基礎工，Vol.45，No.12，pp.79-81，2017

[筆者紹介]



佐名川 太亮（さながわ たいすけ）
鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部 基礎・土構造
副主任研究員



神田 政幸（こうだ まさゆき）
鉄道総合技術研究所
構造物技術研究部
部長

安価にして高速施工を可能にする床版更新工法の開発 スマート床版更新（SDR）システム

村 瀬 諒 介・伊 藤 大・三 室 恵 史

高度経済成長期に整備された道路橋は、大型車の通行量増加や凍結防止剤の散布などにより、急速に劣化が進行しており、適切な維持管理および更新は喫緊の課題となっている。道路橋の床版更新工事にあたっては、工事に伴う社会的損失を低減するため、交通規制の期間や範囲を最小限にする技術に加え、近接する交通や周辺施設への安全確保、既設の主桁への負担を少なくする施工法を求められている。

このような社会的要請に対し、床版更新工事を安価・高速・安全に実施できるスマート床版更新（SDR）システム（以下「本システム」という）を開発した。本稿では、開発したシステムと使用する機械について解説する。

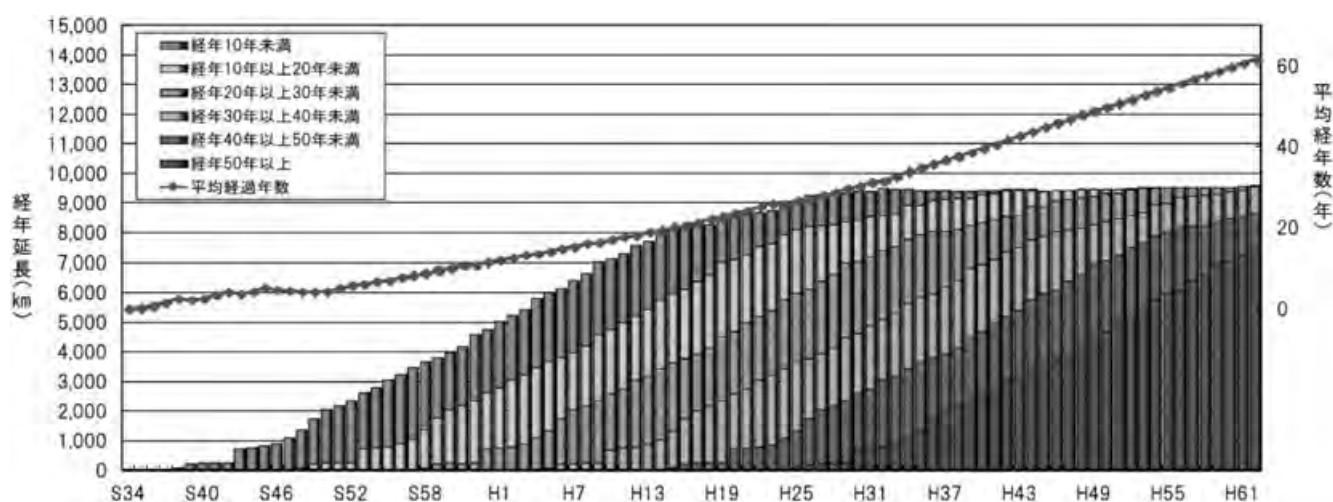
キーワード：道路橋、老朽化、床版更新、高速施工、自動化、ソーシャルロスの低減

1. はじめに

東・中・西日本高速道路(株)（以下、高速道路3会社）の管理する高速道路は、1963（昭和38）年7月16日に最初の高速道路として名神高速道路・栗東～尼崎を開通して以降、順次整備は進められ、2019年時点において総延長約9,600 kmの供用となっている。利用台数は約790万台／日（2018年）^{1)～3)}に達し、主要路線における大型車の混入率は40%（2018年）を超える⁴⁾など、国民生活に欠かせない社会インフラとなっている。しかしながら、供用後の経過年数を30年以上とする区間は2019年に約5,000 kmとなり⁵⁾、大型車の通行量の増加や凍結防止剤の散布などにより急速

に劣化は進行し、適切な維持管理および更新は喫緊の課題となっている（図—1）。これに対し、2014年に公表された高速道路3会社の大規模更新・修繕計画（案）では、鋼橋の劣化した鉄筋コンクリート床版をプレキャストPC床版に取り替える工事は、総延長224 km、事業費16,429億円⁶⁾、実施期間15年として盛り込まれており、2015年3月25日に国土交通大臣より特定更新工事として事業許可を受けている。

一方、高速道路の大規模更新・修繕工事にあたっては、工事実施に伴う長期的な交通規制によって発生する渋滞等による社会的損失（ソーシャルロス）が懸念される。また、工事を行う際に近接する交通や周辺施設への安全確保や既設の主桁への負担を少なくする施



図—1 高速道路の経過年数の推移⁷⁾

工法を求められるなどの課題は多い。

このような社会的要請に対し、床版更新工事を安価・高速・安全に実施できる本システムを開発した。

2. 本システムの開発

(1) 床版更新工事の標準的な施工方法

標準的な床版更新工事の施工方法（図—2）では、次に示す①～④の作業を順次実施し、床版取替を行う。

①床版撤去工

既設床版は予めコンクリートカッタによって適当な大きさに切断し、既設床版を主桁から引き剥がして、トラッククレーン（120～160 t吊）にて積込み搬出する。

②主桁ケレン工

主桁フランジ上面のケレン清掃作業を行い、防錆塗料を塗布する。

③フランジシール工

床版の高さを調整するための硬質ゴムと無収縮モルタルの漏れ止めのソールスポンジを貼り付ける。

④床版架設工

搬入された新設床版をトラッククレーンにより主桁上に設置する。

①～④の作業を終えた後、次の施工範囲に移動する。1サイクルに施工できる範囲はトラッククレーンの能力に依存するため、1方（7時間）の床版取替は3～4枚（道路延長方向長さ6～8 m）を限界とする。

また、標準的な施工方法では、既設床版の搬出、新

設床版の搬入時にトラッククレーンによる旋回作業を要し、吊荷を道路幅員の外側に大きくはみ出させることによる周辺に対する安全性や、アウトリガの反力による主桁への影響も課題となる。

(2) 高速施工技術の開発

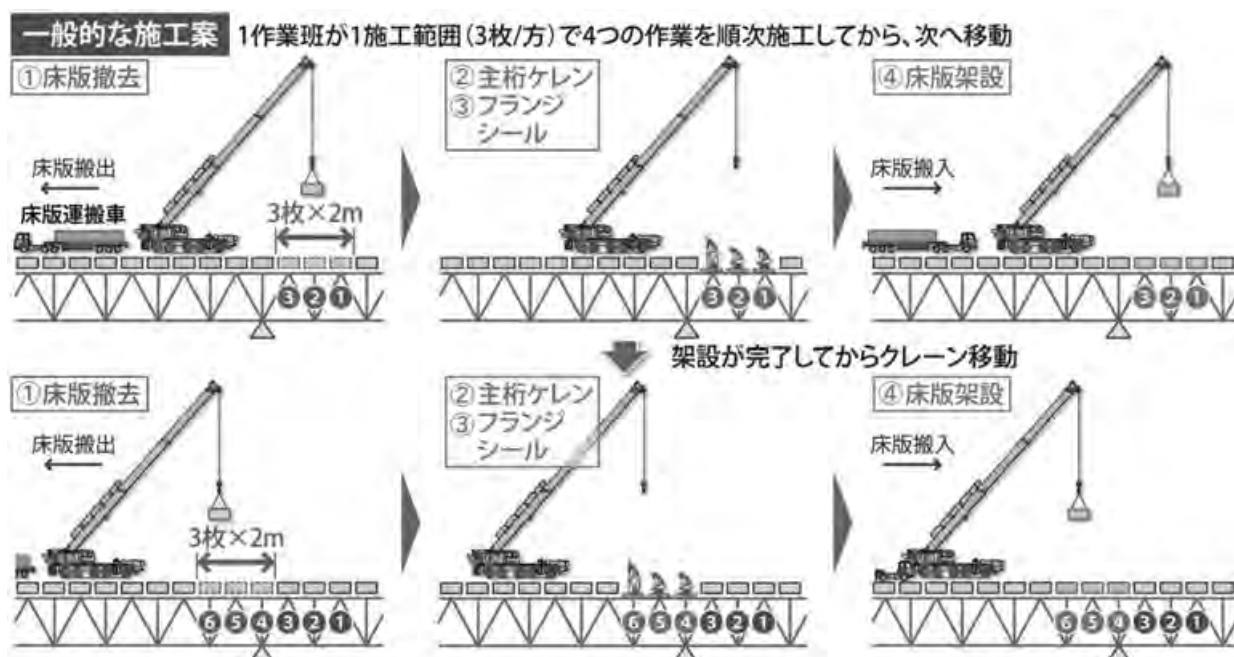
トラッククレーンを用いる標準的な施工方法に代わる床版更新工法として、本システム（図—3）を開発した。本システムでは、既設床版の撤去、主桁フランジ上面のケレン清掃、高さ調整工、新設床版の架設を同時並行で施工する。トラッククレーンに代わり床版撤去工と架設工それぞれに専用機械を開発し同時並行による施工を可能とした。専用機械はいずれもトラッククレーンと比較し、軽量なため主桁へ作用する荷重を低減している。また、トラッククレーンによる旋回を伴う床版の揚重作業は不要となるため、交通規制範囲の最小化、近接する交通や周辺施設に対する高い安全性を確保できる。

加えて、人に代わり作業可能な箇所においては、ロボットによって自動化することにより、人員削減と生産性向上を図った。

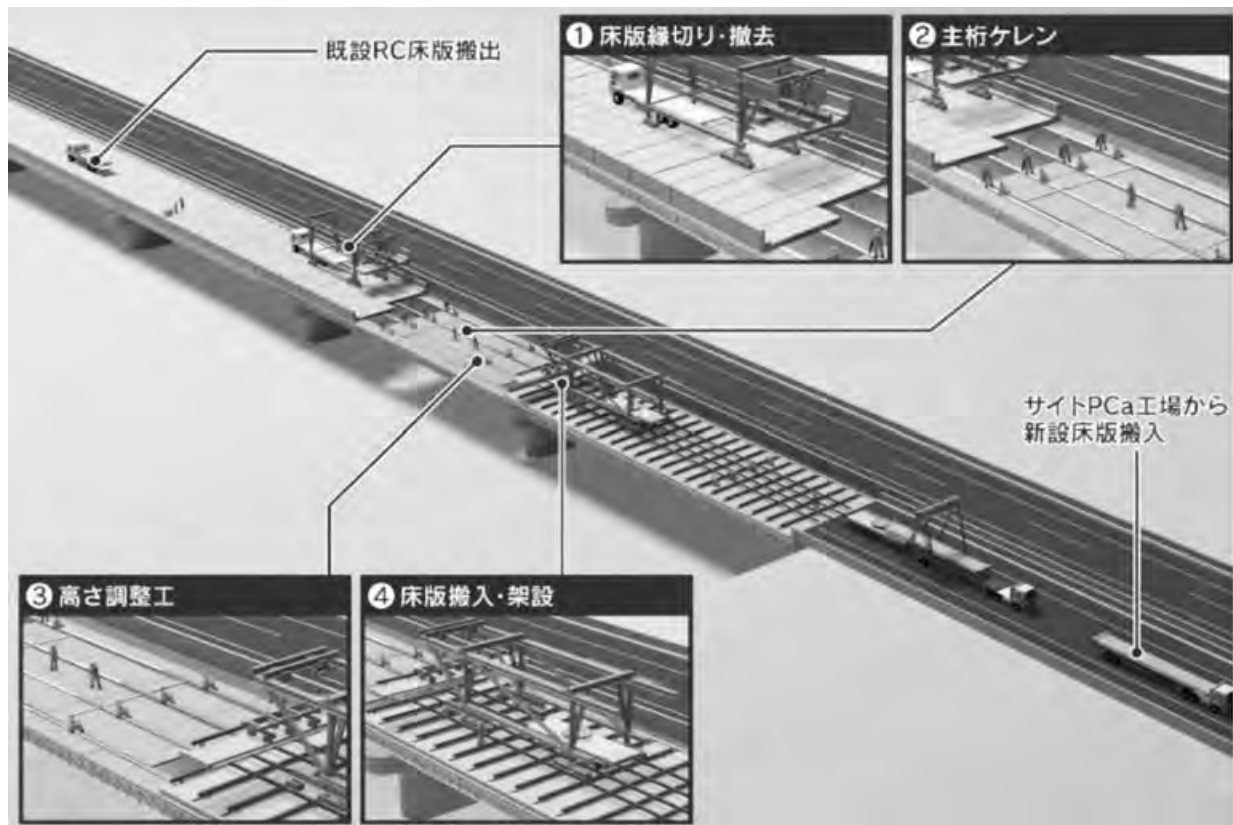
(3) 専用機械の概要

(a) 床版撤去機

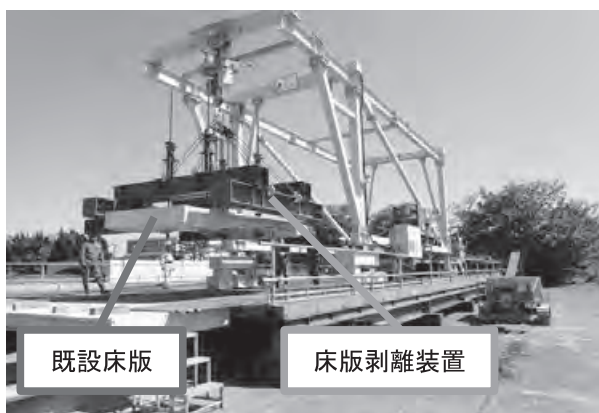
標準的な床版更新工事では、大型のトラッククレーンを既設の床版上に設置して施工を行うが、その際のアウトリガ反力は約60 tと大きいため、主桁補強などを必要とする。それと比較し、当システムに使用す



図—2 床版更新工事の標準的な施工方法



図ー3 本システム



写真ー1 床版撤去機と床版剥離装置



写真ー2 床版架設機

る床版撤去機（写真ー1）は、カウンターウエイトを含めた総重量は約16tであり、複数の車輪によって荷重を分散させるため輪荷重は約5tとなることから、主桁へ作用する荷重は低減され、主桁の補強を不要とするか、もしくは大幅に減らすことができる。

この床版撤去機は、門型構造になっており、機械の内側に搬出用トラックを誘導することができる。また、撤去機は床版剥離装置を吊り下げており、幅員を2分割に縁切りされた床版を剥離装置のジャッキによって主桁から引き剥がす。そして剥離装置ごと吊り上げ、撤去機内に誘導されたトラックの荷台に既設床版を積み込んだ後、場外に搬出して撤去は完了する。



写真ー3 ターンテーブル付き床版運搬台車

(b) 床版架設機および床版運搬台車

床版架設機（写真—2）とターンテーブル付き床版運搬台車（写真—3）は、主桁にのみ荷重を作用させるよう設置されたレール上を走行し、新設床版に荷重を作用させることなく施工できる。また、架設機の総重量は約 21 t であり、輪荷重は約 5 t となるため、撤去機と同様、主桁に作用させる荷重を低減できる。

標準的な床版更新工事では新設床版を架設する際、大型トラッククレーン旋回時に作業半径は施工範囲の車線を大きく越えるため、交通規制範囲は広くなり周辺施設との接触の危険性も課題となる。

そこで本システムでは、専用架設機とターンテーブル付き運搬台車を使用することで、架設時に交通規制範囲の最小化と周辺施設への安全性を確保した。架設機は門型構造であり、新設床版を乗せた運搬台車が、架設機の内側を通過できるようになっている。運搬台車により新設床版を架設場所まで移動させ、床版をターンテーブルで橋軸直角方向に旋回し架設する。

また、床版架設機に自動開閉フック（写真—4）を導入した。これにより、床版の玉掛作業を自動化することによって人は床版を上り下りする必要はなくなり、生産性と安全性の向上を図った。フックは吊り金具に近づいた時、マグネットにより吊り金具を引き寄せ、正しい位置にフックを閉じることによって玉掛され、床版を吊り上げることが出来る。

(c) 自動ケレンロボット

主桁の上フランジ両端部へ無収縮モルタル漏れ防止のソールスポンジを貼り付けるためには、発生した錆や古い塗料をケレンし（図—4）除去する必要がある。このケレン作業を自動化するために、自動ケレンロボット（写真—5）を開発した。マグネット式により簡易に取り付け可能なレールを使い、レール上を自動的に移動してフランジ両端部のケレンを行うことによって生産性の向上を図った。



写真—4 自動開閉フック



図—4 主桁ケレン部

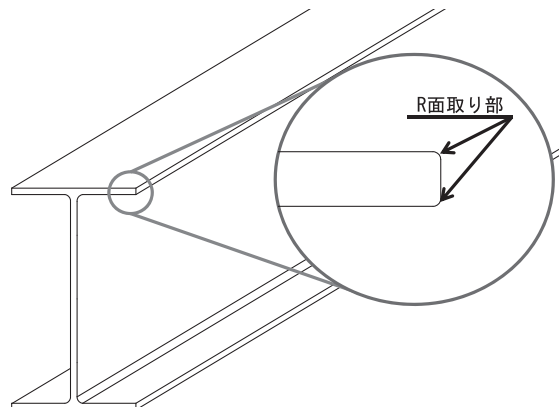


写真—5 自動ケレンロボット

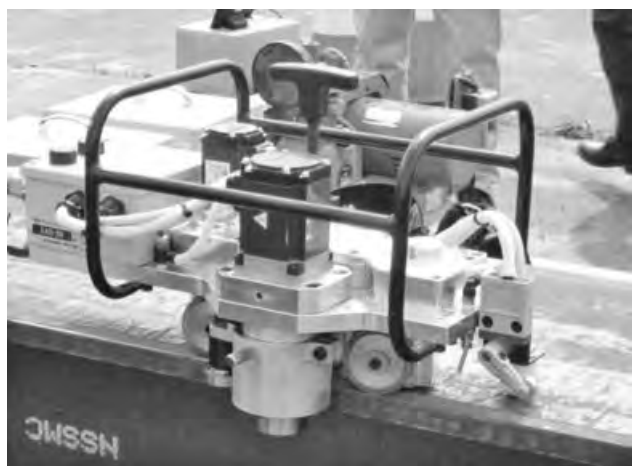
また、本機は集塵機能を装備しており、発生した粉塵屑を自動的に集塵するため、屑の飛散防止となり作業中の環境維持にも寄与している。

(d) 自動 R 面取りロボット

床版撤去後、主桁の錆による経年劣化を防ぐために、防錆塗料の塗布を行う。この際、フランジの隅角部（図—5）の防錆塗料の膜厚を確保するため、曲率半径 2 mm 以上の面取り（以下 R 面取り）を行う必要がある。そこで自動 R 面取りロボット（写真—6）を開発し、作業の自動化を図った。自動 R 面取りロボッ



図—5 主桁 R 面取り部



写真一6 自動R面取りロボット

トは、主桁上をウレタン車輪により走行し、刃口を押し付けながらR面取りを自動に行うことによって人員削減と生産性向上を図った。

(4) サイクルタイムの検証

当システムの施工実証実験において、サイクルタイムの検証を行った。

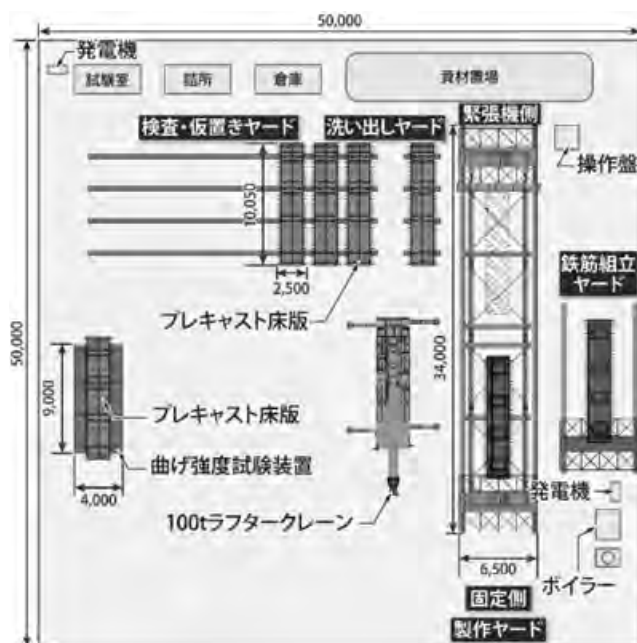
同時並行により行う作業のうち、クリティカルパスとなるのは床版架設工である。今回の実証実験では床版1枚あたり23分以内に施工できることを確認した。よって1方(7時間)では18枚(道路延長方向長さ36m)以上の床版取替を可能とする。

1方(7時間)に3～4枚の床版取替を行う標準的な施工方法と比較して、床版取替工程を約1/6に短縮している。このことから、当システムを用いることによって床版更新工事の高速施工を実現した。

3. プレキャストPC床版の調達に関する開発

床版更新工事に使用する床版をPC 専門業者から購入する場合に、プレキャスト工場の繁忙度による調達の不確実性やプレキャスト工場から現場までの輸送コストは課題となる。これらの床版の調達に関する課題を解決するために、床版製作工場を社有地に設置し、当工場から出荷する道路橋用プレキャストPC床版のJIS 認証(JIS A 5373)を取得した。

当工場の概要を図一6に示す。当工場は、型枠設備と緊張設備を擁する床版製作ヤード(写真一7)、鉄筋組立ヤード、目粗し処理等を行う洗い出しヤード、製品検査ヤード、そして蒸気養生用の簡易ボイラ設備によって構成されている。また、これらの設備は、工事現場の近傍に再設置することを想定して設計・計画している。例えば緊張設備については、その殆どの



図一6 ヤード配置図



写真一7 製作ヤード(緊張設備)

部材を山留材で構成しているため、各現場によって異なる床版の寸法に合わせて容易に組み換えが可能である。なお、生コンクリートは近くの工場から購入することを想定している。

床版製作工場を工事現場の近傍に設置することによって、床版の製作経費や運搬費を削減できる。さらに、本システムと合わせて施工することによって、工事費の2割程度低減を見込めるため、安価な施工を可能とする。また、床版の運搬距離削減により車両運搬に伴う騒音や振動、交通渋滞、及びCO₂排出等によるソーシャルロスの削減も可能となる。さらに、地元企業からの生コンクリート調達を可能として、地元との協業を図ることもできる。

4. おわりに

本稿において、急速に劣化を進行させている道路橋

の適切な維持管理や更新の必要性について言及した。今後本格化する道路橋の床版更新工事に対して、安価にして高速施工を可能とする本システムスマート床版更新（SDR）システムの提案を行い、交通規制等によるソーシャルロスを低減させる等の常に効率的な道路橋床版更新工事の実現に寄与していきたい。併せて、自動化をはじめとした機能向上についても研究開発を進め、本システムの更なる生産性向上を図る所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 東日本高速道路(株)：会社概要
- 2) 中日本高速道路(株)：事業エリア
- 3) 西日本高速道路(株)：会社概要
- 4) 東・中・西日本高速道路(株)：高速道路における大型車の利用状況，平成31年1月30日
- 5) 東・中・西日本高速道路(株)：東・中・西日本高速道路(株)が管理する高速道路における大規模更新・大規模修繕について，平成26年1月22日
- 6) 萩原 直樹：NEXCOにおける大規模更新の現状，第32回鋼構造基礎講座 鋼橋の大規模修繕・大規模更新—最新動向と今後の展望—，2016年
- 7) 高速道路資産の長期保全及び更新のあり方に関する技術検討委員会報告書，平成26年1月22日

[筆者紹介]

村瀬 諒介（むらせ りょうすけ）
鹿島建設(株)
機械部 技術2グループ



伊藤 大（いとう だい）
鹿島建設(株)
機械部 技術2グループ



三室 恵史（みむろ けいじ）
鹿島建設(株)
機械部 技術2グループ次長



既設フィルダムの洪水吐き新設による設計洪水流量の増大化

特殊な条件下での高度技術適用

太 田 親・高 橋 勲・西 村 貴 志・溝 口 晃 一

当麻ダムは供用中のダムであり、改修工事中も農業用水を供給する必要がある、かんがい期(4月～9月)での貯水池内工事が行えない。従って、年間降雪量が約 740 cm、最深積雪が 1 m 以上、最低気温が -20°C 以下に達する厳冬期にコンクリート打設を行い、品質を確保する必要がある。また、既設洪水吐を撤去した後の新設堤体盛立においては、ダムを供用しながら、狭小な施工ヤード盛立、既設堤体との接合処理、工種毎の施工時期の調整などを行うことが求められた。本稿では、当麻ダム洪水吐き建設工事において、特殊な条件下での施工に高度な技術をもって取り組んだ事例を紹介する。

キーワード：フィルダム、リニューアル、油圧コンパクタ、ICT 技術活用

1. はじめに

当麻ダム（当麻町）は昭和 21 年度～42 年度にかけて実施された国営開墾建設事業「当麻地区」により築造された農業用フィルダム（中心遮水ゾーン型フィルダム）である（図—1）。

当麻ダムの洪水吐は、ダム流域内の開発等に起因する洪水流出形態の変化により、流下能力が著しく低下しているため、大雨洪水時に広域的な災害が発生する恐れが生じていることから、洪水吐の改修工事が計画された。（流下能力： $141\text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 268\text{ m}^3/\text{s}$ ，越流長：45.0 m $\rightarrow$ 85.0 m，H元.8.23 発生 $150.9\text{ m}^3/\text{s}$ ）。

供用中のため工事中も農業用水を供給しなければならず、かんがい期は貯水池内の工事が行えない。従って、年間降雪量が約 740 cm、最深積雪が 1 m 以上、最低気温が -20°C 以下に達する厳冬期にコンクリート

打設を行う必要があった。

また、既設洪水吐を撤去した後の新設堤体盛立においては、ダムを供用しながら、狭小な施工ヤード盛立、既設堤体との接合処理、工種毎の施工時期の調整など特殊な条件下での施工が求められた。

2. 工事概要

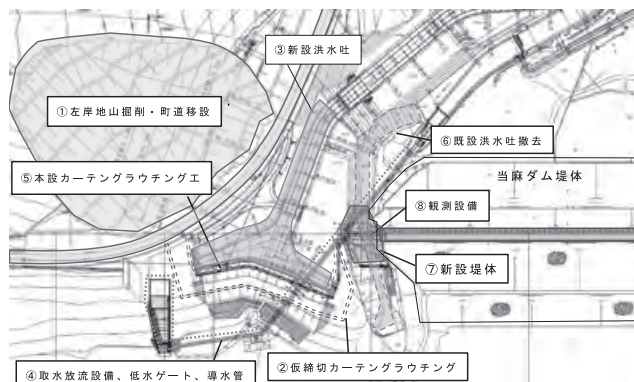
表—1 に工事概要を、図—2 に平面図を、図—3 に施工フローを示す。

表—1 工事概要

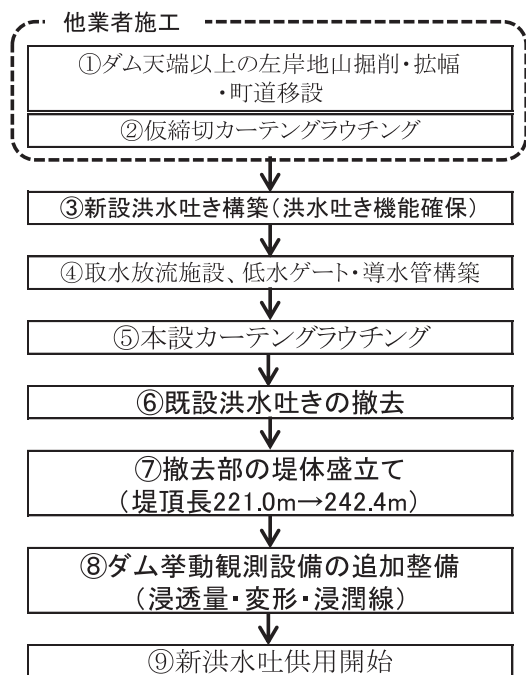
工事名称	とうま農地防災事業 当麻ダム洪水吐建設工事
発注者	国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部
工期	平成 25 年 12 月～平成 29 年 1 月
主要工種	洪水吐新設、盛立工、取水放流施設新設
主要数量	洪水吐 9,200 m^3 、盛立工 3,500 m^3



図—1 当麻ダムの位置



図—2 当麻ダム平面図



④、⑤ 非かんがい期施工（9月～2月）

③、⑥～⑧ 供用中施工（満水位を保持）

図一 3 当麻ダム施工フロー

3. 洪水吐コンクリート品質向上の取り組み

厳冬期施工でもコンクリートの品質を確保するため、新技術を複数実施した。各課題に対して提案した技術と実施工における適用範囲、適用効果を述べる。

（1）冬期施工するコンクリート躯体の温度管理

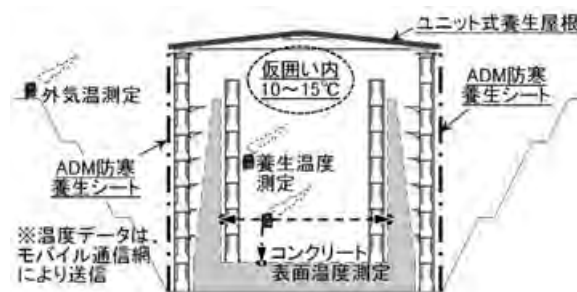
新設洪水吐は、内空幅11m、高さ10.8m、延長270mの鉄筋コンクリート構造物である。冬期のコンクリート養生では、強度発現促進のためストーブ等を用いた保温が必要である。洪水吐の施工は、高さ4.5m毎に、足場設置から型枠解体・移動まで1スパン当り90日の工程を繰り返すため、コンクリート養生のための被覆施設には移動が容易で、かつ当地の降雪量に十分耐えられる強度を有するコンクリート全体を覆う屋根構造が求められた。

そこで、洪水吐全体を雪寒仮囲いで被覆し、標準案を上回る温度と保温期間を確保する施工管理方法を適用した（表一 2 養生温度管理参照）。図一 4 に雪寒仮囲い構造断面を、写真一 1 に雪寒仮囲いの外観を示す。

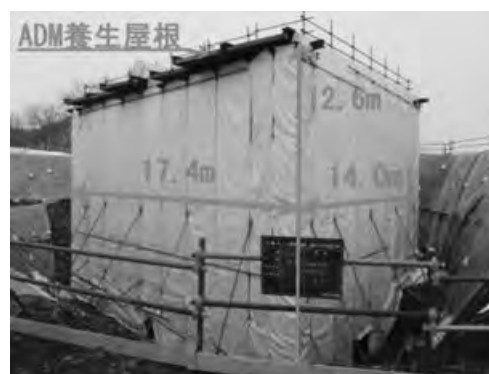
被覆屋根は構造物のコンクリート打設に用いる足場をそのまま被覆施設の柱として使用でき、かつ、保温機能が高いユニット式の養生屋根を採用した。壁面

表一 2 養生温度管理

技術提案	標準案
・10～15℃で9日間（設定温度以下で警報）	・5℃以上で9日間
・以降0℃以上で材齢28日間保持	・以降0℃以上で2日間保持



図一 4 雪寒仮囲い構造断面図



写真一 1 雪寒仮囲い外観

は、断熱効果を有する養生シートを足場の上部から吊り下げ設置する工法を採用した。

被覆施設内では、コンクリートの強度発現促進のため、ジェットヒーターをコンクリート表面積100m²毎に1台の割合で設置した。養生温度については、外気温、施設内養生温度、コンクリート表面温度について24時間リアルタイム計測を行い、設定温度を下回る場合はパトライトとサイレンによる現場内周知と職員の携帯端末へ通知し、温度低下を防ぐ体制をとった。

（2）洪水吐壁面の乾燥抑制

加温養生に伴うコンクリート壁面の乾燥によるクラック発生や強度増進の遅延を防止するために、養生水散水用の有孔管と全体を湿潤化させる不織布等からなる養生システムにより壁面全体に均一な水膜を形成し、水中養生と同等の環境を維持した（図一 5、写真一 2）。

（3）底版コンクリートの強度確保

寒冷地のため、洪水吐底版コンクリートの表層部は

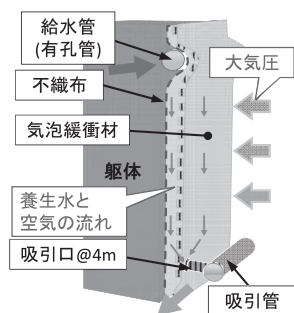


図-5 養生システムの概要

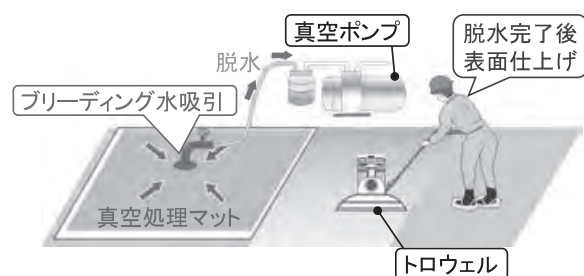


図-6 真空脱水処理システムの概要



写真-2 壁面の養生状況



写真-3 施工状況

押え仕上げ後、初期凍害を受けやすいため、長期耐久性向上対策が必要であった。底版表層部の長期耐久性を確保するためには、コンクリート表面の緻密化が必要である。

そこで、底版コンクリートの表面仕上げ後の初期凍害防止および流水に対する耐久性向上のために、真空脱水処理システムによりコンクリート締固め後の表面のブリーディング水の除去および圧密効果によるコンクリート表層部の緻密化した（図-6、写真-3）。

4. クレスト二次施工部の品質確保

新設堤体の仮設計画のため、流入クレスト部 2.5 m を打設しない状態で暫定的に新設洪水吐を供用することとした。クレスト部一次施工が完了してから二次施工の開始まで 1～2 年経過することとなり打継面の放置期間が長く、丁寧な打継面処理対策が求められた。

そこで、下記の対策を行った。

- ① 小型バックホウに取り付けたスパイクハンマーにより長期放置面のチッピング処理を行う（写真-4）。
- ② 高圧洗浄水にてチッピングかす、水垢などのよごれを人力にて丁寧に除去する。
- ③ 打継目の止水を確実にするため、一次施工コンクリート面の縦断方向に溝切りを設け、水膨張性止水



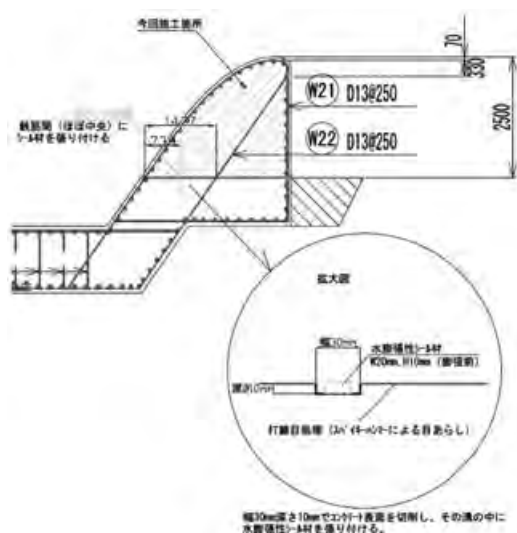
写真-4 スパイクハンマー

ゴムを貼り付けて止水処理を実施する。なお、溝切りを設けた理由は、コンクリート打設時での止水ゴムの剥がれを防止するためである（図-7、写真-5、6）。

また、クレスト下流面は高速流を受ける箇所であり、耐久性が求められる。透水性シートを下流面に貼り付けることで、コンクリート表面のあばたの発生を低減し、中性化進行の抑制と凍結融解抵抗性を高め、耐久性の向上を図ることとした（写真-7）。

5. 新設堤体盛立工

新設堤体は堤高 7.80 m を有し、既設堤体と同じ「鋼土（遮水材）」「抱土（ランダム材）」「鞘土（透水材）」の 3 ゾーンで構成される（図-8）。



図一七 クレスト施工時 打継目



写真一五 溝切り状況



写真一六 止水ゴム設置状況



写真一七 透水性型枠シート

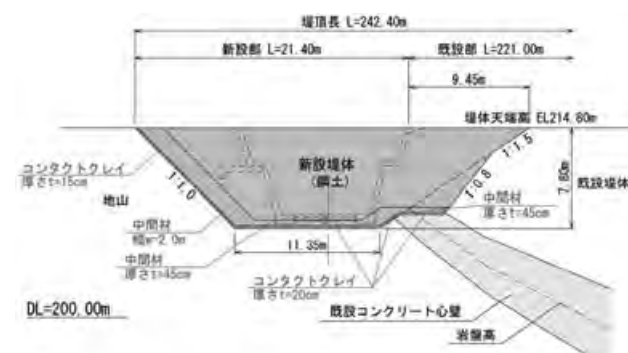
鋼土と岩盤との接合面には、表面の不陸や地山の変形に対して追従するよう「コンタクトクレイ」を配置し、その上部には、移行材として「中間材」を配置する。縦断方向のゾーニングは、図一九に示す通りであり、左岸側は地山（岩盤）、右岸側は既設堤体等に接合する。

(1) 中間材転圧仕様

中間材転圧では、汎用的な小型振動ローラが一般的であるが、施工場所が狭隘なことから「油圧コンパクタ」の適用を検討した。油圧コンパクタは、プレートコンパクタに似た性質を有し、約 60 cm × 80 cm のプレートを振動させながら転圧する機械である（写真一八参照）。転圧試験の転圧回数と D 値（締固め度）との関係を図一十に示す。3 回転圧は 2 回より密度



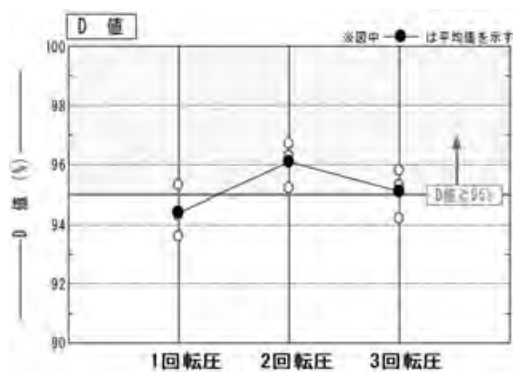
図一八 新設堤体断面のゾーニング



図一九 縦断方向のゾーニング



写真一八 油圧コンパクタ



図—10 転圧回数とD値



写真—11 転圧状況

が低下しており過転圧や側方移動による密度低下であるものと考えられる。最も密度の高くなる2回転圧が適切であると判断し、中間材の管理基準とし本施工に適用した。

(2) 油圧コンパクタの改良と他工種への適用

中間材の施工を進める段階で、油圧コンパクタの改良を行った。中間材は最適含水比より1～2%程度湿润状態を保っており、コンパクタの振動エネルギーにより材料が側方に移動し、めくれ上がってしまう現象がみられた(写真—9)。そこで、プレート面にアンクル(L-50)および鉄筋棒(D16)を平行に溶接することとした(写真—10)。適用により以下の効果が得

られた。

- ①材料の側方移動を拘束して転圧効果をより高めることができた(写真—11)。締固め度は96.0～99.0%が得られた(基準95%以上)。
- ②転圧面にスジ状の凹みができるので次層とのなじみがよくなり、人力レーキングが省略できる。
- ③粘性材料のプレートへの付着が低減できる(転圧試験時には付着が問題となっていた)。
- ④既設堤頂部盛立は、施工幅が非常に狭く、運転操作を誤れば転落・横転の危険がある。油圧コンパクタでの転圧を採用したことで、転落の危険性の高い法肩部も安全に施工することができた(写真—12, 13)。



写真—9 めくれ上がり



写真—12 堤頂部鋼土転圧



写真—10 鋼材取り付け



写真—13 天端保護層転圧



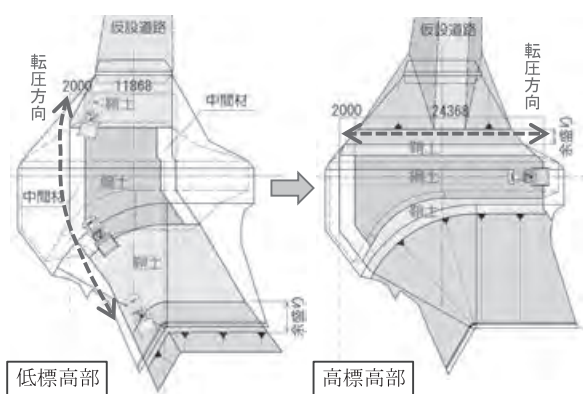
写真—14 フィルター転圧

- ⑤リップラップ下地であるフィルター層の転圧にも適用し、斜面部の出来形確保に有効であった（写真—14）。

(3) 新設堤体の転圧管理の工夫

盛立材料の転圧は、ダム軸方向に行うのが一般的である。しかしながら本ダムの縦断長は、図—11に示すとおり基盤面で $L=11.35\text{ m}$ と狭く、転圧レーンの切り返しが煩雑になると共に、切り返し部における鋼土の過転圧（練返しによる密度低下）が懸念された。

縦断長<断面幅となる低標高部では上下流方向に、縦断長>断面幅となる高標高部ではダム軸方向とする転圧方向の切替えに加えて、過転圧とならない軌跡管理が必要であった。



図—11 転圧方向の切り替え（点線が転圧方向）

撤出し層厚の誤差や転圧ムラ・過転圧を防ぐためにGPSと加速度センサを用いた面的な締固め管理システム「3次元情報と α システムによる情報化施工」を導入し、リアルタイムで面的な盛立の品質管理を行った（図—12）。これは、敷均し機械と締固め機械にはGPSと車載PCを、締固め機械に加速度センサと解析装置を搭載するものであり、オペレータは、撤出し厚や転圧回数を車載PCでリアルタイムに確認しながら、規定の厚さや転圧回数を全面にわたり管理する。

本手法による効果として、⑦オペレータと盛立管理者が高度な情報を共有してダブルチェックするため、未転圧部を防止できる。④盛立全面の品質（締固め度など）のばらつきを解消し均質化できる。締固め管理システムの導入により過不足ない締固め管理が確保できた。

一般部の転圧は、前述したとおり低標高部で上下流方向、高標高部でダム軸方向に行った。両方向とも、鋼土2層（ $2 \times 20\text{ cm}$ ）と上下流鞘土各1層（ $1 \times 40\text{ cm}$ ）を1工程として、撤出し・転圧を行った。転圧方向を変更することで切り返しによる過転圧を低減できた。

6. ICT 技術による合意形成の迅速化

(1) 3D プリンタによるモデル作成

新設堤体部の複雑な形状を把握するために3Dプリンタを導入した（写真—15）。これは、発注者が幹事となり主催する「当麻ダム技術委員会」の各委員にわかりやすく説明する方法を発注者より求められたことによるものである。3Dプリンタにより新設堤体モデル（写真—16, 17）を作成し、平成28年6月に行われた委員会にて各委員に配布することで、施工計画の補足説明が可能となり合意形成の迅速化が図れた（写真—18）。当初は委員の先生方への説明を目的として導入したが、①見学者への説明、②既済部分検査、一部使用検査（写真—19）、③現場施工でのオペレータへの説明（写真—20）、など、それ以外の説明にも幅広く活用できた。



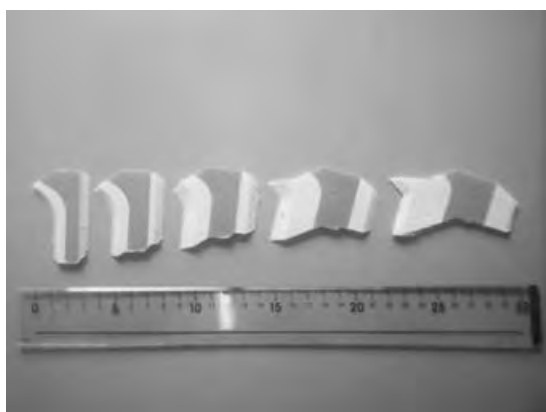
図—12 転圧管理システム



写真—15 3D プリンタ



写真—18 委員会現地確認



写真—16 新設堤体スライス



写真—19 一部使用検査



写真—17 新設堤体モデル



写真—20 オペレータへの説明

(2) ドローンの活用

航空写真はコストもかかり、年に数回程度しか撮影できないが、ドローン（写真—21）を活用すれば必要に応じて上空からの全景写真、あるいは接近した写真をいつでも撮影することができる。この技術を、①通常の定点写真撮影だけでなく、②協力会社との打合せ・工程会議での説明資料などに適用した（写真—22, 23）。そのほか、③有識者による施工技術委員会の資料提供、など幅広く活用した。



写真—21 ドローン



写真—22 既設洪水吐撤去前
(協力会社作業予定打合せなどで使用)



写真—23 新設堤体周辺状況
(心壁撤去前状況)

7. おわりに

盛立作業は、運用中のダムであるため水利用への影響を最小限に抑えること、冬期間を避けること、次工程作業や一部使用許可申請が控えていることなどから、7月～8月の2ヶ月間の天候が不順な時期に、また施工日数の限られた工程の中で完了させる必要があった。

盛立中の記録的な豪雨による作業中止等に見舞われたこともあったが、工事遅延条件に対して生産性向上に取り組んだ結果、工事工程に余裕を作り出し、所定の期間内に工事を完了させることができた。本稿が、ダム耐震補強工事や洪水吐改築工事など、今後のダムのリニューアル工事の参考になれば幸いである。

JCM A

【筆者紹介】



太田 親 (おおた ちかし)
㈱大林組
広島支店 千本ダム工事事務所
所長



高橋 勲 (たかはし いさお)
㈱大林組
大阪本店 川上ダム JV 工事事務所
工事長



西村 貴志 (にしむら たかし)
㈱大林組
札幌支店 石狩 LNG4 号タンク工事事務所
所長



溝口 晃一 (みぞぐち こういち)
㈱大林組
本社 土木本部 プロジェクト部 プロジェクト第四課
副課長

3D スキャナーを用いた大規模空間のリノベーション施工方法の開発

渡 邊 和 久・浅 井 隆 志・鳥 居 勇 一

ドームやアリーナなどの大空間でリノベーションが行われる場合、高所となるため仮設足場や高所作業車などの仮設物が必要となり、建物の使用を中断せざるを得ないが、それほど長い期間建物の使用を中断して工事を行われることが無い。

そのため工事は短工期になることが多く、施工者の負担が多くなっている。本稿では今回、3D スキャナーを用い、短工期の工事を精度よく、余裕をもって完了することができたので、その取組を説明する。

キーワード：大空間、リノベーション、短工期、3D スキャナー、デジコン

1. はじめに

近年、ドームやアリーナのような大空間を有する建築物が増加する一方で、過去に建設されたそれら大空間建物の老朽化や設備更新時期が迫り、リニューアルや用途に合わせた改修工事が増加している。しかしながら、ドームやアリーナは稼働率が高く、建物を使用しない期間が短いため、大掛かりな工事を長期間にわたって行うのが困難な場合が多い。

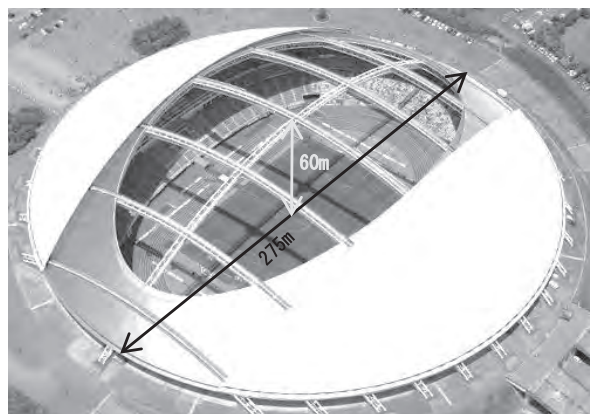
本報告で紹介する大分スポーツ公園総合競技場においても、ラグビーワールドカップ2019大会の開催会場のひとつとして選出され、開催要件の照度を確保するため照明器具の増設が必要となったが、シミュレーションの結果、取付け位置は屋根を支えるアーチトラスの中間部となり、大掛かりな仮設工事を伴う、長期的な工事になることが予想された。

立体的に構成されたアーチトラスは3次元的で複雑な部材配置となっている上に、鉄骨の自重や屋根荷重による変形、熱による伸び縮みの影響を受けており、設計図通りの位置にアーチトラスがあるとは限らない。さらに照度解析により、照明器具の設置高さの精度はグランドレベル（以下 GL）から取付け位置に対し±20 mm と非常に厳しく、下地鉄骨をアーチトラス内に、求められる高さの通りに取付けることが極めて困難となることが予想された。

本稿では今回、3D スキャナーを用いた既存アーチトラスの位置情報の把握により、精度の高い下地鉄骨の製作と照明器具の取り付けが短期間で実現できたため、ここに報告する。

2. 建物の特徴

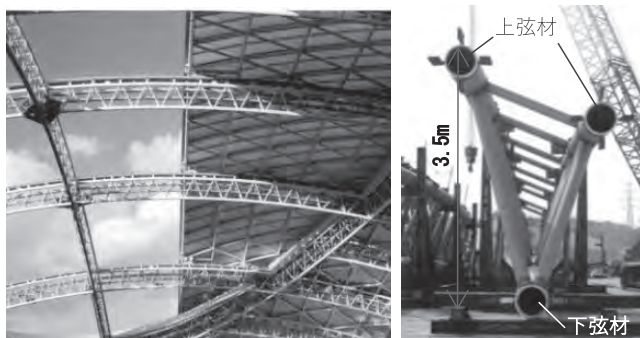
本建物は、2002 年 FIFA ワールドカップ会場の1つとして建設され、現在は J1 大分トリニータのホームスタジアムとなっている。図—1 に建物概要を示す。直径 275 m、最高高さ 60 m の楕円形屋根をアーチトラスで支える鉄骨造の建物で、2 枚の稼働屋根が開閉する構造となっている。写真—1 にアーチトラスの構成を示す。アーチトラスはメインとなるφ600 mm の3本の鋼管をφ216.3 mm の鋼管でトラス状につなぎ



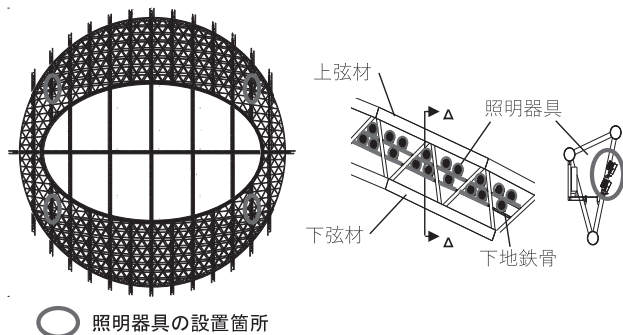
建物概要

竣工：H13.3.15
屋根直径：275m、最高高さ：60m、外周：約 800m
建築面積：51,830 m²、延床面積：92,882 m²
座席数：40,000 席
フィールド：107m×71m
トラック：
陸上第一種公認全天候型トラック 400m/9 レーン
サッカーFIFA 基準適合

図—1 建物概要



写真一 アーチトラスの構成



図一 照明器具の増設箇所



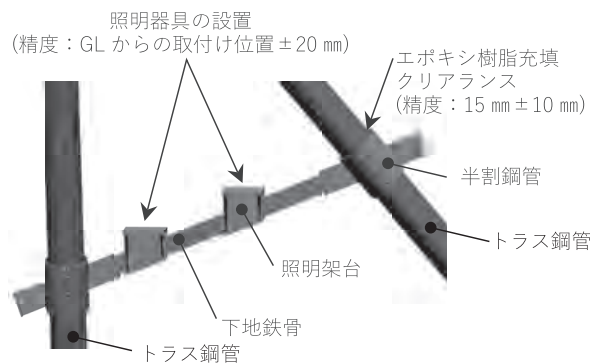
写真二 施工時の吊り足場の状況

合わされた構成をしており、高さは約 3.5 m である。

3. 照明器具増設工事の概要

図一に照明器具の増設箇所を示す。今回増設する照明器具はドームの四隅のトラスに配置されており、上弦材と下弦材の間に取付けることとなっていた。写真二に施工時の吊り足場の状況を示す。下地鉄骨の取り付けは、現地のアーチトラスに吊り足場を設置して行われた。吊り足場への移動はアーチトラス内に設置されているキャットウォークを使って行われた。

図三に照明下地鉄骨の構成図を示す。照明を取付けるためにはまず下地鉄骨と照明架台を取付ける必要があるが、既存のアーチトラスには鉄骨の自重や屋



図三 照明下地鉄骨の構成図

根荷重などの大きな力が作用しているため、下地鉄骨との溶接接合が不可能となっていた。そのためトラス鋼管と下地鉄骨の隙間にエポキシ樹脂を充填し、固定する納まりとなった。施工方法としては半割した鋼管でトラス鋼管を挟み込み、その隙間にエポキシ樹脂を充填することとした。

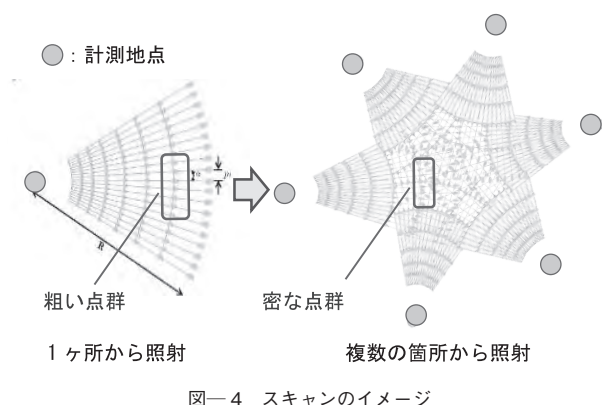
エポキシ樹脂を充填するためのクリアランスは 15 mm±10 mm であり、照明架台の高さの精度は GL から取付け位置に対し±20 mm 以内であり、非常に厳しい管理値が設けられていた。工事は J リーグオフシーズンの3ヶ月で行う計画であったが、現地実測から下地鉄骨の製作、取り付けまでの期間を考慮すると、J リーグのシーズン中に実測しないと間に合わない状況であった。

4. 下地鉄骨図の製作

(1) 現地実測

J リーグのシーズン中に、フィールド内に仮設足場や高所作業車を配置して高所のアーチトラスを実測することは不可能なので、3D スキャナーでアーチトラスを測量し、3DCAD モデルを作成し必要な寸法を測る計画とした。使用した 3D スキャナーの精度は水平、垂直ともに 10 m で誤差 1 mm であったが、測量する距離が最長 60 m 程度であり、誤差が大きくなることが予想されたことから、遠距離測量の精度向上が課題となった。

3D スキャンはレーザーを照射し、対象物を点の集合体『点群』として取得する。今回はその点群モデルを基に、3DCAD モデルを作成する計画であった。図四にスキャンのイメージを示す。対象物の距離が遠くなるとレーザーの照射間隔が広がるため、粗い点群モデルとなり、3D モデルを正確に作成するのが困難となる。そこで、点群の密度を上げる対策、すなわち対象物を複数の位置から測量し、別々の場所で得ら



図—4 スキャンのイメージ

れた点群データを重ね合わせ補正することで、密な点群モデルを作成し、精度の高い3Dモデルを作成することとした。

(2) 図面の作成

3Dスキャンによって得られた点群データを基に、アーチトラスの3DCADモデルを作成した。3DCADモデル化は、点群データをCADモデルに変換する専用ソフト『GeomagicDesign』を用いて行われた。

図—5に下地鉄骨図の作成の流れを示す。アーチトラスの3DCADモデルに、照明と下地鉄骨の3DCADモデルを配置し干渉チェックを行い、モデル内で位置調整を行った。

位置調整を行ったあと、下地鉄骨の3DCADモデルから2次元の製作図を作成して、下地鉄骨を製作した。プレートの向きや角度など、取付ける位置により寸法が異なり、トラスの微妙な形状をうまく測量出来ていることが伺えた。

5. 下地鉄骨の取付け

(1) アーチトラスへの位置出し方法

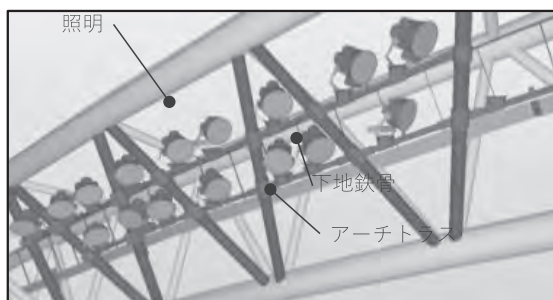
製作した下地鉄骨を正確に取付けるためには、正確な位置出しを行う必要があるが、既存のアーチトラスは鋼管でできており、現地で寸法を測ることが困難で、正確に位置を出すことができない。そこで、光波のレーザーを使い、下地鉄骨を取付ける位置にピンポイントでレーザーを照射し位置出しを行うこととした。

光波のレーザーを現地のアーチトラスに照射するために、まずは3DCADモデル内で、光波を設置する位置と部材を取付けるために基準となる位置の座標を特定し、その情報を光波に入れて、現地でレーザーを照射することとした。

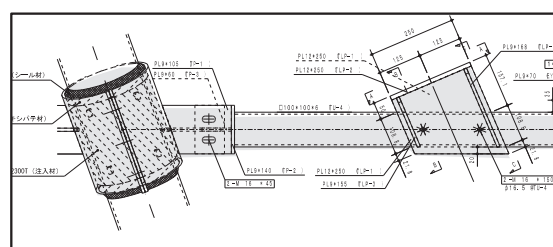
写真—3に現地での位置出しのイメージを示す。既存のアーチトラスの下地鉄骨を取付ける位置に、ピ



点群モデル



3DCADモデルで干渉チェック



下地鉄骨図の作成

図—5 下地鉄骨図の作成の流れ



写真—3 現地での位置出しのイメージ

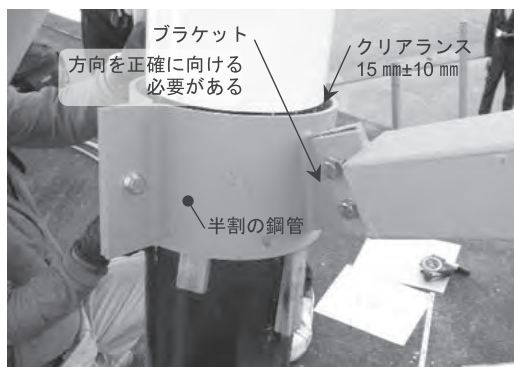
ンポイントで光波のレーザーが当たるため、取付ける位置を正確に特定することができ、下地鉄骨を容易に取付けることができた。

(2) 下地鉄骨の取付け精度確保と施工効率の向上
アーチトラスと下地鉄骨は半割の鋼管にエポキシ樹脂

脂を注入して固定する納まりとなっていたが、変形を伴うアーチトラスに対し、クリアランスを管理値の範囲内で取付け、さらにブラケットの位置を正確な方向に向けて固定するのは非常に困難である。写真—4に下地鉄骨の仮固定の状況を示す。一般的にクリアランスを設けながら金属物の固定を行う場合は、木製のくさびを何個も差し込みながら微調整が行われる。今回はアーチトラスの縦部材の鋼管に半割の鋼管を被せ、さらにブラケットの向きを正確に合わせなければいけないため、角材の固定に比べはるかに調整が難しい。実際に試験施工で固定方法の確認を行ったが、調整中にくさびが落ちたり、ブラケットの位置が定まらなかったりし、固定するまでにかなりの時間を要した。また、クリアランスにはエポキシ樹脂が注入されるが、仮固定でくさびが残ったままだとエポキシの充填後にくさびが抜けられないため、品質や美観的にも問題が残る。そのため、作業手順や固定方法を見直す必要があることが分かった。

写真—5にゴムパッキンの取付け状況を示す。ゴムパッキンの厚さをエポキシ充填のクリアランス値より5 mm 大きい20 mm とし、半割の鋼管に均等に貼り付け、トラス鋼管に被せてボルトで締め込む納まりとした。

写真—6にボルトの締め付、仮固定状況を示す。ボ



写真—4 下地鉄骨の仮固定状況



写真—5 ゴムパッキンの取付け状況



締め込み状況

仮固定完了

写真—6 ボルトの締め付、仮固定状況

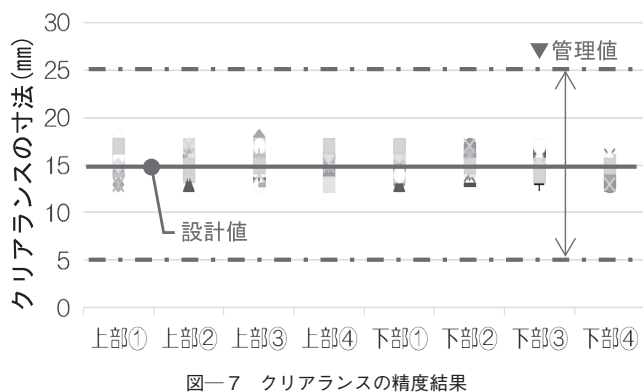
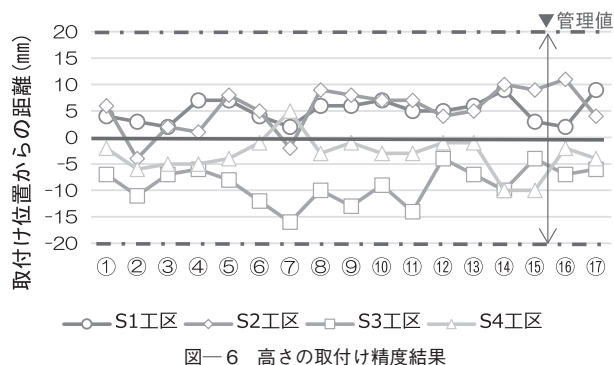
ルトの締め込みにより硬質ゴムが圧縮されて半割の鋼管が固定されるため、くさびで微調整しなくてもクリアランスを保持し、半割の鋼管を固定することができた。さらに、均等に硬質ゴムを配置することで、硬質ゴムの圧縮がほとんど一定となり、クリアランスを精度よく確保することができた。この結果、実際の施工でも半割の鋼管の取り付けがスムーズに進み、作業の効率化を図ることができ、さらにエポキシ充填のクリアランスの管理値 $15 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ に対し、 $\pm 3 \text{ mm}$ 以下の精度を確保し、要求品質を非常に高い精度で確保することができた。

6. 成果および効果の確認・検証

写真—7に工事完了状況を示す。すべての下地鉄骨を取付けた後で、再度現地を3D スキャナーで測量し位置精度の確認を行った。図—6に高さの取付け精度結果を示す。スキャンデータと最初に測量したデータを重ね合せ、取り付け精度を確認したところ、高さについてはGLから取り付け位置の精度管理値 $\pm 20 \text{ mm}$ に対し最大16 mm と、要求性能を満足する結果となった。図—7にクリアランスの精度結果を示す。エポキ



写真—7 工事完了状況



シ充填のクリアランスについては設計値 15 mm で管理値 ± 10 mm に対し ± 3 mm となり，非常に高い精度で要求品質を満足することができた。

工期についても，実際現地で施工可能な工期が 3 ヶ月と厳しかったが，3D スキャナーを用いた事前測量や下地鉄骨の取付け方法の改善により，無事完了することができた。

7. おわりに

3D スキャンのデータを基に，既存のアーチトラスを 3DCAD モデルで再現し，下地鉄骨の製作から，取付けまで幅広く活用することで，短期間での照明増設工事を竣工させることができた。記載を省略したが，製作段階での失敗や，位置出し，取り付け段階での失敗が何度もあった。試験施工を重ねながら，手探りで今回の取組を行ったが，良い結果につながったこと到大変満足している。さらに特許を 2 件申請することができた。今回の取組が大空間でのリノベーションの改善に大きくつながり，建設業の発展に寄与することが出来れば幸いである。

最後に，今回の取組に際し，協力して頂いた方々に感謝申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

渡邊 和久（わたなべ かずひさ）
㈱竹中工務店 九州支店
大分営業所 FM グループ
主任



浅井 隆志（あさい たかし）
㈱竹中工務店 九州支店
生産統括部 プロダクトグループ
課長



鳥居 勇一（とりい ゆういち）
㈱竹中工務店 九州支店
生産統括部 技術グループ
副部長



地中レーダ探査技術を活用した 路面切削システムを開発

位置情報+舗装厚みデータによる自動制御

越 村 聡 介・高 山 拓 也・森 康 行

トータルステーションや GNSS 測位を活用した 3 次元マシンコントロール技術は、飛躍的な進歩を遂げ、現在では定着した技術となりつつある。しかしその中で路面切削機の ICT 施工においては、事前検討が必要な事項も多く、実際には好条件の現場における適用に限定されてしまうケースが少なくない。

本稿では今回開発に至った路面切削機のマシンコントロールシステムについて紹介する。

キーワード：維持管理、路面切削、ICT、マシンコントロール、コンクリート床版

1. はじめに

近年は新設工事と比較し、予防保全のインフラメンテナンスをはじめとした修繕工事が増加基調にある。また、舗装工事における ICT 技術は飛躍的に進歩し、現在では一般的な技術として幅広く活用されている。しかしながら、路面切削機のマシンコントロール技術（以下、MC 技術）については、運用の難しさ等から導入メリットが見出せず、敬遠しがちな施工者も少なくないのが現状である。

この状況に対応すべく、昨今ではトータルステーション（以下、TS）を使用せず、GNSS 測位のみで施工可能な制御システムも開発・展開されている。これにより、敬遠されがちであった施工開始前の TS の設置などの煩わしさが大幅に解消された。しかし、道路工事における路面切削はその他にも問題を抱えている。例えばコンクリート床版橋（以下、RC 床版）の修繕工事における舗装切削では、橋梁の強度により上部工にたわみが生ずること等から、従来のシステムのみでは高さ（切削深さ）制御が困難であることが分かっている。

そこで、今回、橋梁上に敷設された既設舗装版の厚みを地中レーダ（写真—1）で計測し、施工データに反映することで、設計深さ（厚み）通りに切削を行うことが可能なシステム（以下、当該システム）の、ベース機の開発に至った。本稿では、当該システムについての概要、および今後の展開について報告する。



写真—1 地中レーダ探査機

2. 背景および開発経緯

（1）路面切削における MC 技術の問題点

（a）遮蔽物の影響による施工の中断

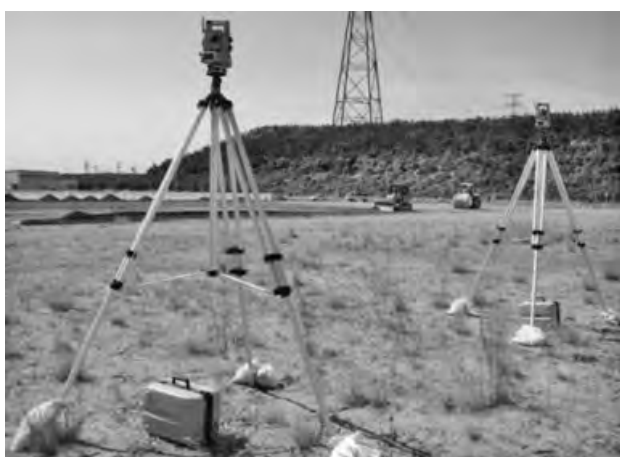
前項で述べた通り、切削工における MC 技術についてはいくつかの課題がある。例えば自動追尾式 TS を使用した場合、交通車両や街路樹、標識などが遮蔽物となり、自動追尾が停止し、施工が中断する事象も確認されている（写真—2）。従って、設置場所の入念な事前検討や、後続の路面清掃車などによる追尾の遮断を防止するため、高所に器械を設置可能な特殊機材等が必要となる（写真—3）。

（b）TS の盛替えによる時間ロス

通常の MC 技術と同様、路面切削機においても、施工距離に応じて TS を盛替えていく必要がある。路面切削機は、他の施工機械と比較して施工速度が速く、約 10 分間で 100 m 以上進むケースもあり、1 日



写真一 2 市街地における MC 施工の状況



写真一 3 TS 設置状況

当たりの施工延長も長い。従って TS の盛替え作業等に人・手間を要していた。

(2) RC 床版上の舗装切削における問題点

RC 床版の出来形規格値は、基準高 ± 20 mm となっている。従って、実際に切削を行うまでは、RC 床版上の既設舗装の厚みを把握することは不可能である。切削ドラムが既設舗装版より深く入り過ぎた場合、床版の母体を傷付け、強度を減退させてしまうことが懸念されるため、数回の行程に分けて切削を行わざるを得ない。また、橋梁の強度にもよるが、路面切削機やダンプトラックの重量により上部工がたわみ、標高が数 cm 単位で変動するため、品質への影響も懸念される。従って、標高値を基準とした設計データを使用する方法では、所定の品質を得るのは困難であった。

3. 当該システムの紹介

(1) データ作成から施工までの流れ

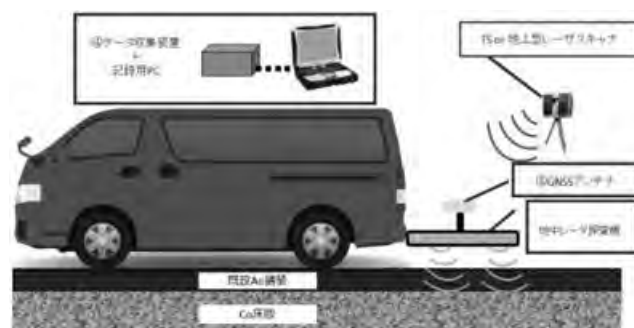
通常の MC 施工は、位置情報および標高のデータ

を基に施工データを作成するが、当該システムは標高の代わりに舗装版の厚みデータにより切削ドラムの高さを制御する。切削オーバーレイの場合、切削深さは標高値から計画高を減じた値が舗装厚となる。一方、RC 床版の既設舗装版における切削の場合は、地中レーダにて計測した舗装厚がそのまま制御に使用可能なデータとなる。

データ作成から施工までの手順は、「事前計測作業」と「施工」に大きく分けられる。事前計測作業では、切削オーバーレイ、RC 床版共に TS、もしくは地上型レーザスキャナ（以下、TLS）を使用した現況観測を行う。切削オーバーレイの場合は、計測した現況観測データ、および計画高を使用し、2つの TIN メッシュデータを作成する。一方 RC 床版の場合は、現況観測データおよび、地中レーダにて計測した舗装厚のデータを使用し、同じく 2 面の TIN メッシュデータを作成する。最後に、それぞれ作成した 2 面のメッシュデータを制御 PC に取り込み、施工を行う、といった流れである。地中レーダによる計測のイメージを図一 1 に、計測状況を写真一 4 に示す。

(2) システム構成

当該システムの構成を写真一 5 に示す。



図一 1 地中レーダによる事前計測



写真一 4 計測状況



写真—5 システム構成

①制御 PC

各機器からの情報を集約し、アクチュエータに制御信号を送信する。

②GNSS アンテナ

取得した位置情報を制御 PC へ送信する。

③レーザー距離センサ

路面切削機の切削ドラムから路面までの距離を計測し、制御 PC へ送信する。

4. 精度検証試験

当該システムの施工精度を検証するため、下記の要領で試験施工を実施した。試験施工の概要を表—1に示す。

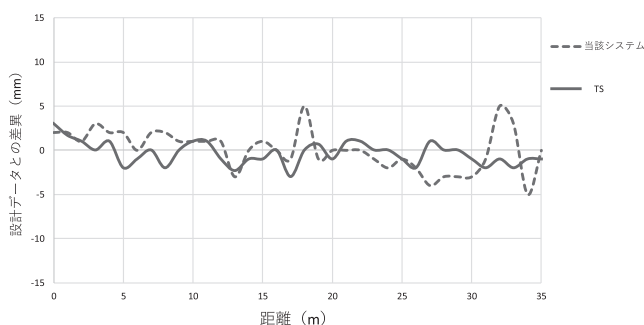
表—1 試験施工概要

使用機械	大型路面切削機（ホイール式）
	スキャニングトータルステーション
	GNSS アンテナ, レーザー距離計, 傾斜センサ
施工面積	施工面積 150 m ² (延長 30 m × 幅員 5 m) 平均切削深さ 45 mm

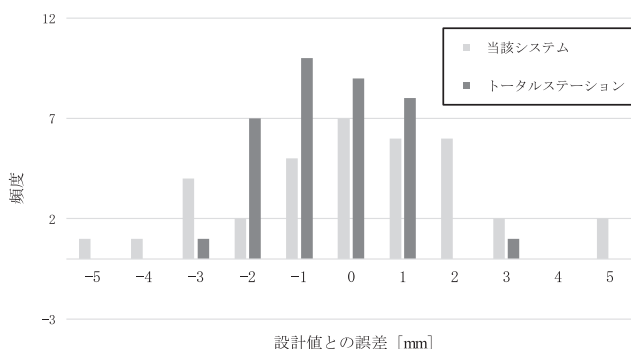
路面切削機はホイール式の大型切削機を使用し、スキャニングトータルステーションにより現況路面の事前計測を行った。また、TS による MC 施工との精度比較を行うため、今回は切削オーバーレイを想定した試験とした。計測した現況路面および計画設計データはそれぞれ 20 cm 角の TIN メッシュデータに変換し、2 面の設計データを制御 PC に取り込んだ。

5. 試験結果

当該装置を使用した場合と、TS 制御による MC 施工の 2 ケースにおいて、路面切削を行った。測定結果を図—2に、施工精度比較を図—3に示す。施工精度のばらつきに関しては予測通り、若干 TS による MC 施工の方が良好な結果を得られる結果となったが、測定結果をみると、TS とほぼ同等の精度を得られていることが確認できた。また、標準偏差は、当該装置が 2.28 mm、TS 制御が 1.28 mm であった。



図—2 測定結果



図—3 施工精度比較

6. まとめ

従来の路面切削における MC 施工の課題を抽出し、今回開発を行った当該システムで、切削オーバーレイを想定した精度検証試験を実施し、良好な結果を得ることができた。

当該システムは、次のステップである、RC 床版における路面切削のベースとなるシステムであり、現在も改良を進めている状況である。

7. 今後の展開

(1) 制御システムの改良

RC 床版は、通常の道路を対象としたコンクリート舗装とは異なり、路面には凹凸が目立つ。そのため、

作成したデータ通りに施工を行った場合、路面の凸部と路面切削機のビットが接触し、床版を傷めてしまう恐れがある。

当該システムは、2面の設計データから、施工エリア全域の舗装厚を制御PC上で把握することが可能である。従って、事前計測にて取得した既設舗装版の表面の凹凸性状と、同位置における舗装厚から作成した設計データ、および切削ドラムの現在の位置を照合することで、切削幅内部におけるRC床版の凹凸性状も考慮しながら、正確な切削深さを導き出すことが可能であり、現在もシステムの改良を行っている。

(2) 地中レーダによる計測データの蓄積

地中レーダで得られるデータの波形は、アスファルト混合物の種類や劣化の程度により反射強度も異なるため、若干差異が生じる。現時点においてはそのデータ数が少ないため、今後も積極的にデータ収集を行い、精度を高めていきたい。

8. おわりに

i-Constructionの推進に伴い、道路建設におけるICT技術は著しく進歩しているが、それらのシステムを使いこなせる労働者が不足しているのも現状であ

る。そのため、システムの利便さはもちろん、実際に使用するオペレータの馴染みやすさという面も重要であると考ええる。そういった面では、建機のエンジン始動後、自動制御のスイッチ操作のみで施工が開始できる、というのも当該システムの魅力であるといえる。今後とも、新たなニーズや課題を抽出し、さらなる改良を行うことで、将来技術の一助となれば幸いである。

JCM A

【筆者紹介】

越村 聡介（こしむら そうすけ）
大成ロテック(株)
生産技術本部 機械部
課長代理



高山 拓也（たかやま たくや）
大成ロテック(株)
生産技術本部 機械部 機械技術センター
主任



森 康行（もり やすゆき）
大成ロテック(株)
生産技術本部 機械部 機械技術センター
主任



交流のひろば/agora—crosstalking—



地域の子供たちに喜ばれ続け 20 年 「鯉のクレーンのぼり」安全イベント

干 場 — 洋

日本の伝統文化である「鯉のぼり」をクレーンで上空に揚げて地域の人たちに元気と夢を与えよう！そんな思いから始まった活動が今年で 20 年経過した。今ではすっかり風物詩となり、行政やマスコミを巻き込んで、交通安全活動や防災活動にも貢献するようになった。

この活動を通して人に喜んでもらえる幸せを感じ自律した社員さんを育成する方針を掲げている。

キーワード：鯉のぼり、クレーン、伝統文化、自主性の発揮、地域貢献、忘己利他の精神

毎年 5 月になると、地元の北海道北広島市で「鯉のぼり」を揚げています。

お蔭様で、20 年目を迎えることができましたが、これも偏に地域住民のご支援とご協力の賜物であると感謝しております。

鯉のぼりは、クレーンによって地上 80 メートルの高さにまで達します。住民から預かった鯉のぼりも一緒に泳ぐので、鯉のぼりの数は現在では 80 匹ほどに増えました。

空高く悠然と泳ぐ姿はなかなかの迫力で、まさに圧巻の一言。地元の子供たちも毎年この鯉のぼりイベントを楽しみにしてくれています。

地域住民との交流をより深めるため、イベント中は会社の敷地を一般開放し、来場者には「高所作業車の体験」や「クレーン・トラックのコックピット体験」を楽しんでもらったり、屋台を出店して綿あめやポップコーンなどを無料提供をしています。

また、地元の警察署と消防署に協力を仰ぎ、「交通安全ブース」や「消防車展示」も併設し、交通安全意識や防火意識の啓発にも力を入れています。当社のイベントをお祭りのような感覚で楽しんでいただいております。毎年、子供連れの家族で賑わっています。

「通勤の途中で鯉のぼりを見かけると、この季節が来たんだなって季節感を感じています」という地元住民からの温かい声は、いつも励みになっています。

1. 鯉のぼりイベントのきっかけ

鯉のぼりイベントは、いまから 20 年ほど前、社員さんの何気ない一言ではじまりました。



写真—1



写真—2

「今の子供はこいのぼりを見た事ないんだろうな」

2000年代初頭は、ライフスタイルが昔と比べていくぶん季節感の薄れたものへと変わっていった時代でした。「5月といえば鯉のぼり」ということは誰もが知識として知っているけれど、自宅の庭に鯉のぼりを揚げる家庭はそう多くはなかったように思います。

むしろ、年々減ってきているという実感がありました。5月は子供の大事なイベント。

なのに鯉のぼりがどこにも泳いでいない——そんな現状を寂しく思った社員さんたちは、「それならばウチのクレーンでいっちょ鯉のぼりを揚げてみようか!」と声をあげてくれました。

記念すべき第一回目の年は、社員さんの家族や知り合いから集めた鯉のぼりが空を泳ぎました。会社は国道274号線に面しているため、クレーンで高々とかがげられた鯉のぼりは、すぐに人々の注目を集めました。地元の子供たちも大はしゃぎ。以来、住民の方から「今年もこいのぼりイベントやるんですか?それならうちのこいのぼりも一緒に揚げてください」という問い合わせが後を絶たなくなりました。

2. 子供たちの笑顔で社員さんが笑顔に

鯉のぼりイベントを企画しているのは、社員同士の親睦を深める「三和会」が中心となって率いてくれています。普段の三和会は、ボーリング大会などのレクリエーションの企画が主ですが、毎年恒例の鯉のぼりイベントの際は、社員総出で大張り切りです。

4年前から鯉のぼりイベントに携わり、今年の主催者でもある社員の岡田理恵子さん。「祖父からもらったこいのぼりを息子に見せてあげたいので、鯉のぼりを託したい——ある住民の方からそう声をかけていただいたとき、このイベントがどれだけ地域住民に受け入れられているかを実感しました」



写真—3

住民から託された鯉のぼりを補修するのも、当社の大事な仕事のひとつです。社員さんたちが、和気あいあい、会話を弾ませながら傷んだ鯉のぼりを修理する光景はもはや会社の風物詩のひとつになっています。見た目がちょっぴり怖いおじさん社員さんが「去年来たあの子、今年も来るのかな?」なんてことを言うのがとても微笑ましい光景です。鯉のぼりの企画を通じて、社員同士の交流も深まっています。

3. クレーン屋でも本業以外で社会貢献ができることを知った

「当時は、業界全体に不景気感が漂い、みんなが内向きな思考をしていた時代でした。業績のことばかり考えていて、気持ちに余裕があまりなかったのです。そんな時、社員さんから鯉のぼりを揚げたいなんて言われて、最初は“何言ってるんだ!?”って正直思いました。でもゴールデンウィークは仕事が暇な時期だったので、機械設備も待機状態だったということもあり、



写真—4



写真—5

それならやってみたらと了承したんです。そして実際に準備が始まると、社員さんは誰に指示をされたわけでもないのに自発的に作業をして、とても生き生きとしていたことに気づいたんです。

鯉のぼりにはしゃぐ子供たちを見て、社員さんが喜んでいました。その姿に、私は心を打たれました。当時は、私があれやれ、これやれと指示命令ばかりで組織を動かしていましたが、「地域の子供に喜んでもらいたい」という目的を掲げて、「誰かのために役に立つ」という意識を持つと、こんなにも人は生き生きとするのだなと実感しました。

我が社の社是に「忘己利他の精神」があります。自分の都合でなく、相手の事を考えて、相手が喜ぶことをするという理念です。普段の仕事では業界の中でしか活躍の場がない社員さんが、地域のために役に立とうと知恵を出し合い、頑張る姿は、まさしく「忘己利他の精神」そのものだったのです。建設業界が逆風の只中にあった20年前、“何とかしなければ”と目の前のことに一生懸命だった私は、すっかり視野が狭くなっていたのかもしれない。鯉のぼりのイベントを通じて、社員さんたちから大切なメッセージをもらったのだと考えています」。

4. 社会貢献活動は採用にも役立つ

現在では「鯉のぼりのクレーン屋さん」として知られています。鯉のぼりをはじめとする様々な地域社会貢献活動の様子はメディアでも度々取り上げられています。「忘己利他の精神」に基づく社会貢献活動は、やがて“嬉しい誤算”をもたらすことになりました。

それは「求人」でした。

ホームページには、社是だけでなく、鯉のぼりなどの社会貢献活動内容が記載されています。就職や転職

を考えている方たちが、それを見て共感を示してくれて「誰かの役に立ちたい」という想いをもった良い人材が自然と集まってきてくれるようになったのです。「忘己利他の精神」ではじめた鯉のぼりイベントでしたが、このような社会貢献活動は、めぐりめぐって企業側にも恩恵があるということを感じました。

また地域と関わる活動がメディアに取り上げられることによって、建設業界のイメージアップにも繋がっていると思います。

5. 社員さんの自律した精神を育む会社

自発的に活動して、より自律した社員さんを育て、社会に貢献する集団を創ることが人材育成のテーマです。

この活動を通じて人との出会いや社会との繋がり、地域と繋がることの楽しさや重要性を実感し、その体験をそれぞれの人生や仕事に活かしてもらいたいと考えています。

また、鯉のぼりのイベントは日本人の伝統文化を残し伝えると同時に、普段クレーンに関わりのない人たちにその体験を通して新しい発見や価値を感じていただければ幸いです。今後も交通安全活動をはじめ地域の安全、安心と活性化に寄与できればと思います。

J C M A

【筆者紹介】

干場 一洋（ほしば かずひろ）
㈱三和重機 代表取締役





「みて☆つくって☆体験して！」

建設産業の魅力を PR

建設産業ふれあい展の開催について

北海道 建設部 建設政策局 建設管理課

2020年1月11日（土）と12日（日）に、北海道と札幌市の共催で「建設産業ふれあい展」を開催しました。このイベントは、建設産業の将来の担い手確保につなげるため、広く道民の方に建設産業の魅力や役割を知っていただき、建設産業のイメージアップを図ることを目的としており、建設産業関連団体が工夫を凝らしたブースを出展し、親子連れをはじめ、多くの方に来ていただくことができました。本稿では、イベントの内容について紹介します。

キーワード：建設産業、担い手確保、仕事体験、ものづくり

1. はじめに

本イベントは、札幌駅前通地下歩行空間で、建設産業の魅力や役割を広く道民の方々に知っていただくため、毎年、子供たちも参加しやすいよう冬休み期間に開催しており、今年で5回目になります。今年は全部で17のブースを設置して開催しましたが、2日間の各ブース延べ来場者数は約21,000人と昨年の約16,000人から大きく増加し、大盛況のうちに終わることができました。

2. 開催の趣旨

近年、道内建設産業においては、生産年齢人口減少の影響などから、若年者の入職が進まず、一方で就業者の高齢化が進み、熟練者から若年者への技術・技能の承継が困難となり、社会資本整備など建設業本来の役割が果たせなくなることが懸念されています。

こうした状況を踏まえ、北海道では、建設産業の担い手確保のため、関係団体等と連携・協力しながら様々な取組を行っていますが、平成27年度から、広く道民の方々に建設産業の魅力や役割を知っていただき、建設産業のイメージアップを図るため、体験型イベント「建設産業ふれあい展」を開催しています。

開催に当たっては、開催場所や時期、イベントの内容、参加団体の募集等について、地元の建設産業団体と調整を図りながら決めていきました。当初は北海道主催でしたが、2回目からは札幌市との共催となり、来場者は年々増えています（図—1）。



図—1 令和元年度「建設産業ふれあい展」チラシ

3. 開催場所

開催場所については、毎年、札幌市の都心にある「札幌駅前通地下歩行空間」を使用しています。ここは、地下鉄南北線のさっぽろ駅から大通駅を結ぶ約520mの歩行者専用道路で、都心部が活性化することを目的として平成23年3月に開通しました。この道路の両側に、イベントを開催できる広場が多数設置されており、毎日様々なイベントが行われています。今年はこの広場の10ヶ所を使用して開催しました。

ここでの開催のメリットは、地下なので天候に左右されずに開催できるということもありますが、なんといっても最大のメリットは、都心なので人通りが多く、イベントの開催を知らずに偶然通りかかった方々にもPRできることです。ただ、道路が520mもある

ので、ブースを設置する広場と広場の間隔が離れてしまうため、イベント全体の一体感が薄れてしまうことが課題です。

4. 開催時期

北海道では、冬期間、寒さや雪の影響で、子供たちが屋外で遊んだり、家族でどこかへ出かけたりする機会が少なくなります。そこで、子供たちの冬休み期間に、建設産業の魅力をPRする体験型のイベントを開催し、親子で参加してもらおうと考えました。仕事体験やものづくりのブースが多いことから、冬休みの自由研究に本イベントを活用しているお子さんもいるようです。

5. 参加団体

イベントの開催に当たっては、毎年5月頃に、建設産業団体に参加意向を確認しています。参加団体は毎年14、15団体で、参加団体が決まると、開催までに数回打合せを行い、各団体のブースの配置やイベ

ントの内容等について決めていきます。前年開催の反省点などについても協議し、イベントが円滑に開催できるように努めています。

どの団体も、来場者の方に少しでも建設産業の魅力を感じてもらおうと、前年より体験コーナーや展示物を増やすなど、毎年、内容に工夫を凝らして参加しています。

6. イベントの内容

(1) 仕事体験・ものづくり

建設産業の仕事体験を通して、その楽しさや魅力を感じてもらおうと、各団体では様々な体験コーナーを設置しています。左官の壁塗り、鉄筋の切断・結束、ミニチュア足場の組立、小さなイス作り、測量体験など、子供たちは、普段できないことを体験し、楽しんでいます。ものづくりのブースでは、実際に作ったものを持ち帰ることができるため、すぐに予約でいっぱいになるところもあるほどです。

また、毎年、来場者から、「職人さんの教え方が優しくてわかりやすい」との声が寄せられています（写



写真一 左官の壁塗り



写真二 鉄筋の切断



写真三 鉄筋の結束



写真四 ミニチュア足場の組立



写真五 小さなイス作り



写真六 測量体験

真—1～6)。

(2) 建設現場のバーチャルリアリティ体験

パソコンを使用し、最新のVR（仮想現実）技術で製作した3D映像で、実際の建設現場にいるような臨場感を体験できるコーナーです。高層ビルでの建設作業体験では、そのリアルさに驚き、足がすくんで動けない方もいるほどです（写真—7、8）。

(3) パネル展

建設産業の仕事の内容や役割、地域で活躍する姿等を紹介したパネルを展示し、PRしています。また、映像を使ってPRしているブースもあります（写真—9）。

(4) クイズラリー

会場にあるヒントを手がかりに、建設産業に関するクイズに挑戦し、景品をゲットするイベントです。来場者の方に多くのブースを見てもらうために行っていますが、これを楽しみに来られる方もおり、親子が頭をひねりながら参加しています（写真—10）。

(5) その他

そのほか、ミニ重機を使ったゲームや、水道管を使った輪投げやパットゴルフなどもあり、子供たちが遊びながら建設産業に親しめる催しのほか、北海道が主催した大規模工事現場の見学やものづくり体験などを行うバスツアーの写真展や建設産業から別の産業（新分野）に進出した企業の商品を紹介するブースもあります（写真—11～14）。

7. アンケートについて

来場者の方には、毎年、アンケートで、本イベントに参加した感想などについて回答していただいているが、「親子で楽しめた」「普段できないことが体験できた」「来年もまた開催してほしい」といった声が多数寄せられています。

イベントを何で知りましたかとの設問には、「知人・友人から聞いた」という回答が最も多く、次いで「地下鉄・路面電車広告」となっています。イベント自体が5回目となり定着してきたことや、今年新たに取り組んだ札幌市内の地下鉄及び路面電車での中吊り広告



写真—7 VR体験



写真—8 ドローンシミュレーション



写真—9 パネル展



写真—10 クイズラリー



写真—11 ミニ重機



写真—12 水道管輪投げ



写真—13 バスツアー写真展



写真—14 新分野進出企業商品展示

掲載が来場者の増加につながったといえます。

しかしながら、早期に担い手となり得る高校生や大学生の来場者が少ないことから、高校生や大学生に興味をもってもらえるようなブース企画を検討していくことが今後の課題です。

また、イベント終了後には、参加団体にもアンケートを行い、良かった点や改善すべき点などについて意見をいただき、次回のイベントに活かしています。これまでも、来場者の受付方法やブースの設営・撤収方法、開催時間などについて改善してきました。

8. おわりに

本イベントについては来年も開催する予定ですが、北海道では、このイベント以外にも、建設産業の役割や魅力をPRするセミナーや、女性が建設産業で活躍できることをテーマにしたセミナーのほか、前述のバスツアーや高校生と若手建設産業就業者との意見交換会などを開催しています。

少しでも多くの方に建設産業の魅力や役割を知っていただき、将来の担い手の確保につながっていけば、と願いながら取り組んでいます。

J C M A

〔筆者紹介〕

北海道 建設部 建設政策局 建設管理課

URL : <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/kn/ksk/index.htm>

ずいそう

海外現場 見てびっくり 聞いてびっくり

林 利 成



「百聞は一見に如かず」とは、よく言ったものだと思います。

安全担当として、5回海外視察団に参加し、多くの国の建設現場を視察させていただきました。実際に工事現場を駆け巡り、多くのことを見分させていただきました。カルチャーショックも受けました。

特にヨーロッパの現場は、3回にわたり視察いたしましたが、「彼らが何を考えて安全を進めているのか」、少しは理解できることができました。

建設現場を見て、安全担当者のみでなく、所長、職長から話を聞くことにより、わが国の安全管理とは少し違う、安全管理が行われていることを実感しました。

わたくしが、「見てびっくり、聞いてびっくり」したことのいくつかをご紹介しますと思います。

1. ヘルメットは必要なければかぶらない

われわれの工事現場では、ヘルメット無しで作業をしている作業員は見かけません。もしヘルメットをかぶっていない作業員がいると、職長が飛んできて、ただちにかぶらせることになります。工事現場に一歩足を踏み込めば、「ヘルメットの着用」は絶対に守らないといけない義務となっています。

写真—1, 2に紹介しているのは、ベルリンの工事現場の作業員です。

作業員は、「上から物が落ちてくる、飛来してくる」、「墜落の恐れがある」という場合にはヘルメットを着用します。しかし、その必要がないと思えば、着用しない、という選択も認められています。

作業員は、「自分の安全は、会社を守ってもらっているだけでなく、自分自身で守っている」と考えています。安全は、会社と作業員で支えているという考え方です。

だから、安全と思えば、「ヘルメットはかぶらない」という判断は、自分です。また、その権利もあると考えています。

日本の安全管理は、「規律的安全管理」であるのに対して、ヨーロッパでは、「自主的安全管理」が基本であるといえます。



写真—1



写真—2

この考え方は、「安全文化」にもつながっています。

1986年の国際原子力安全グループ（INSAG）がまとめたチェルノブイリ原子力発電所事故に関する報告書で、初めて「安全文化」が取り上げられ、「安全文化とは、組織の安全問題が、何物にも勝る優先度を持ち、その重要性を組織及び個人がしっかりと認識し、それを起点とした思考、行動を組織と個人が恒常的に、しかも自然にとることができる行動様式の体系である」とされました。

ここには、「組織と個人」という表現が、2回出てきますが、工事現場に置きなおせば、「会社と作業員」ということになるでしょう。

2. この建物を作ったのはわたしです

1923年に建設されたストックホルムの旧市舎は、ノーベル賞の授賞式祝賀晩餐会が開催されることで有名です（写真—3）。



写真—3

旧市庁舎の委員会室の入り口に、この建物を建設した作業員の代表の胸像が飾られています。これは、ストックホルム市民が、建設に従事した作業員に対する敬愛の念を込めて作られ、かざられているものです（写真—4）。



写真—4

スウェーデンは、建設労働者の社会的貢献を正しく評価してくれている国の1つです。

3. デコレーション仮囲い

シカゴの工事現場の仮囲い、見ていて楽しいものでした。「働く人のプライド宣言～この工事で働くことを誇りに思います」が出されていたのにも、感銘を受けました。市民の評判もよかったと聞いております（写真—5、6）。



写真—5



写真—6

ずいそう

春の思い出

山本将登



今までの人生の中このような企画に投稿させて頂いた経験が無く、どのような事を書けばいいのか全く頭に浮かばない。私自身特にこれまで建設業界で何か貢献した実績もなく、建設機械施工誌を購読される皆様のお役に立てるような経験を語れる訳でもないのだった。何について書くか悩んでいる時にこのコロナ禍が世界中に大きな影響を及ぼし、中でもアメリカ国内の状況が大きく変化していくのを令和2年2月及び3月の滞在中に目の当たりにしながら記憶に蘇ってきた、春から夏にかけての小生のアメリカ高校生生活の思い出について書かせて頂きたいと思う。

私は高校時代4年間をアメリカで過ごした。日本という中学3年がアメリカの高校1年（アメリカでは小学校から学年を数えるので9年生）なので、4年間になるのである。4年間のアメリカ生活は非常に有意義で楽しい思い出ばかりであった。1年目はもちろん、ホームシックにもなり日本に帰りたくて広大な大空の夕焼けを眺めながら遠い空の向こうにある我が国を恋しく思い泣いたこともあった。しかし、数か月経って言葉もある程度聞き取れるようになり、なんとか片言の英会話でコミュニケーションを取れるようになってきた頃から段々と現地での生活が楽しくなってきた。その中でも最も楽しい時期が5月から夏休みにかけてである。一般的にアメリカの高校は6月の第一週に学年度を終え、約2か月半の長い夏休みに入る。休みの間はただ遊び呆ける者も沢山居るが、世界一高額と言われる大学の学費を稼ぐ為に一生懸命アルバイト

に励む者もいる。私は外国人留学生ということで合法的な労働が認められずアルバイトをすることは出来ず、夏休みは日本に帰国してすごしたのが1年目及び2年目の夏休み。3年目は帰国せずサマースクールに通った。そして、4年目は当然ながら卒業の年である。

高等学校の卒業式は一般的に6月第一週にあり、その少し前に高校4年生のシニアが主役であるプロムと呼ばれるダンスパーティーが開催される。アメリカの高校では新学期である秋にホームカミングと呼ばれるダンスパーティーも含めた大きなイベントも開催されるが、殆どの生徒、特に女子生徒にとってはプロムが最も大切に楽しみにしている卒業前の一大イベントである。基本的には卒業予定のシニア（12年生）が主役ではあるが、ジュニア（11年生）も参加することが出来、その他の学年はシニアかジュニアどちらかの生徒から誘われない限りは参加出来ない。プロムには同伴する相手がいないと参加できないので、付き合っているパートナーが居らず気が早い生徒は年が明けて2学期が始まると同伴相手を探し始める。普段はあまり誘われことのない男子生徒もプロムの時だけは別で、私もこの時期には数人の友人や友人の姉妹等から誘われた。必ずしも好意を持っている相手であるわけ



ではなく、普通に仲のよい友人であったり相手が居ないので誘われたりと人それぞれ事情は違ってくる。

基本的に服装は女子生徒がドレスで男子生徒はタキシードを着用する。女性はドレスを購入するケースが多かったように記憶していますが、男子生徒は一般的にはタキシードをレンタルします。その為、プロムの同伴相手が決まるとまずは女子生徒のドレスを決めてもらい、その後男子生徒のタキシードを選ぶ。一般的にはネクタイやジレの色を女子生徒のドレスと合わせることが多い為、この順番になるのである。私の場合は彼女のドレスがブルーだったので、ブルーのネクタイとカマーバンドを選択した。

当日は金曜日で普通の登校日である為、放課後帰宅してから急いで準備にかかります。シャワーを浴びてタキシードに着替えいざ出発ですが、出発前には普段とは全く違ういで立ちの我が子の姿を両親が嬉しそうに撮影します。そして、女子生徒宅へ迎えに行き改めてご対面となり男子生徒は女子生徒にコサージュと呼ばれる腕飾りを、女子生徒はブートニアと呼ばれるジャケットのボタンホール若しくはポケットに付けるコサージュを交換した後に2人若しくはグループで食事に出かける。大抵の場合は普段よりもぐんと背伸びして高めのレストランに行く場合が多く、私の場合ジュニアの年は古い邸宅を改装した川沿いのレストランへ、シニアの時は彼女が用意してくれた手作の料理を彼女の自宅で楽しんだ。

食事を終えるとパーティー会場へ向かいます。地方の高校では体育館や講堂を使うのが一般的だが、人数の多い高校になると学校外の施設を借りる場合も多いようです。会場内部はまさにアメリカ映画で見るままだと言えるような装飾が施され、雇われたDJが流行りのものから定番のヒット曲をプレイする中、同伴者だ

けでなく仲の良い友達とも一緒に踊ったり、ドリンクを飲みながら会話を楽しんだりして過ごします。そうして夜が更けていき、うろ覚えですが23時頃にお開きだったと記憶しています。その後は帰宅したりホームパーティーに行ったりと様々です。

こうしてプロムが終わってしばらくすると5月下旬から6月上旬にかけて Commencement と呼ばれる卒業式が行われるのですが、アメリカの高校の卒業式も日本に比べると一大イベントで、特に卒業式後に開催されるパーティーは地元学区やPTAが卒業生の為に会場の準備からパーティーのプログラムまで全て行ってくれる至れり尽くせりのイベントである。そこで私達は持ち物検査を受けて（アルコール類の持ち込みを防ぐため）から会場入りしてそこで同級生一同が揃う最後の夜を仲間と楽しく過ごして4年間の高校生活に区切りをつけることになる。

私は4年間のアメリカ留学の中で、4年生が最も楽しく最も思い出深い年であった。この高校4年生はとても特別な年であり、アメリカの学生生活の中では最も思い出に残る大切なイベントが多々開催される。今年2020年の卒業生も普通の高校生として、当然のように楽しみに準備をしていたであろうこれらのイベントがことごとくキャンセルとなり、4年間の高校生活を共に過ごした同級生と一緒に過ごす最後の思い出を作る機会無く、高校を卒業してしまうことが非常に残念でならない。

この原稿が掲載される頃にはこの世界的コロナ禍が収束に向かっていることを強く願わずにいられない。そうすると他人を思う心が強いアメリカ人は、2020年の卒業生の為に思い出作りの機会を時期が遅れてでも開催してくれるものと信じている。

——やまもと まさと ヤマモトロックマシン(株)——

部 会 報 告

ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 フリート管理システムと自動システム管制の Interoperability

2019 年 10 月 オーストラリア・パース国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82（鉱山）傘下の国際作業グループ ISO/TC 82/SC 8/JWG 2（ISO 23725 フリート管理システムと自動システム管制の Interoperability）会議が 2019 年 10 月にオーストラリア国パース市で開催され、前回に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家（Expert）として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2019 年 10 月 9 日（水）～10 日（木）
- 2 開催地：オーストラリア国 西オーストラリア州 パース市 BHP 社内の会議室

3 出席者：19 名

カナダ（Project Leader 含む）、米国、オーストラリア、日本、スウェーデン、ドイツ、フィンランド、スイス

4 会議概要：

トラック等のフリート管理システム（FMS：Fleet Management System）と移動機械自動システム（例えば AHS：Autonomous Haulage System）管制間の通信仕様（Interoperability）に関する WG で、2019 年 2 月に行われた第 1 回に引き続き第 2 回目。前回の会議ではプロジェクトリーダーの話聞くという姿勢が大半を占め議論はあまりなかったが、今回は米国の専

門家を中心とした議論が活発に実施された。この WG に関するスコープの合意が明確になされていないところから、議論の着地点を探るのは難しくなっているという印象。

5 議事：

1) Scope

Project Leader が実施したいと考えているスコープ（思い）は、FMS がすでに使われている既存の顧客に対して AHS が入っても顧客が現在使用している FMS は使い続けられるようになること、即ち、

1. Brown field（すでに FMS を使っている顧客サイト）に新規 AHS が入った時、FMS を変更せずに使い続けられるようにすること
2. 将来的には、AHS と FMS の組み合わせによらないシステムにする

であったが、今回の WG の議論の状況を見る限り、このスコープ提案に対して WG 内で共通理解が生成されたとは言えない。ただ、システムの利用者である鉱山会社から参加した 2 名の専門家からは、この提案に対して異論を出されることはなかった。今回の WG ではスコープの合意、結論は実施されず、次回以降に持ち越された。

2) ユーザーインターフェース

FMS と AHS で別のユーザーインターフェース用スクリーンを用意しなければならないような仕様は問題である、という意見。WG 内でこの議論に対する一部の反対意見はあったが、全体としては FMS と AHS が同じスクリーンで実施すべきという意見に合意していたという理解。

3) FMS のステータス

AHS-FMS 間のステータス管理を標準化する必要はないのでは、という議論。この部分は、特に各社の FMS や AHS が微妙に異なるステータス定義を持っていることが予想されるため、標準化が難しいという主張あり。

最終的には標準化する必要がない（あるいは標準化



ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 会議風景

が難しい)とWG内で合意され、関連する条項が削除されることとなった。

4) Production cycle

FMS内部のステータス管理に関する議論。実際は様々なオペレーション形態があるため標準化することは難しい。また、FMSのステータス管理であるため、この標準(AHS-FMS間のインターフェース定義)にはそぐわないのでは、という意見もあった。

5) データ

AHS-FMS間のデータのやり取りに関して、どのようなデータがあるのか定義するという議論。特に米国専門家とProject Leaderの間で合意が得られなかった

ため、後日、データに関する議論を両者で実施することとなった。

6) 安全

上記に関連して、FMSのデータは安全懸念があるかどうかという議論。Project LeaderはFMSからのデータは安全懸念がないとしていたが、WG内の議論では安全懸念があるのではという意見。この件に関しても、意見の一致は見られていない。

6 今後の予定：

次回会合は、2020年2月に(ISO 21815と同じタイミングで)日本で実施されることとなった。

以上



部 会 報 告

ISO/TC 82/SC 8/JWG 1 鉱山機械の遠隔停止 2019 年 10 月オーストラリア・パース国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 専門家 竹田 幸司（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 82（鉱山）傘下の国際作業グループ ISO/TC 82/SC 8/ JWG 1（ISO 23724 鉱山機械の自動停止）会議が 2019 年 10 月にオーストラリア国パース市で開催され、前回に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家（Expert）として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2019 年 10 月 10 日（木）～ 11 日（金）
- 2 開催地：オーストラリア国 西オーストラリア州 パース市 BHP 社内の会議室

3 出席者：19 名

カナダ、米国（コンビナー含む）、オーストラリア、日本、ドイツ、フィンランド、スイス

4 会議概要：

カナダの専門家が推進している、人が携帯できるストップボタンで鉱山内の自動機械の動きを止める装置の国際標準化提案に関する第 2 回 WG 会議。

もともとは人が携帯できるストップボタンに関する標準を策定するために招集された WG であったが、スコープが TC 127 の規定する機械上にインストールされる通信コマンドのインターフェースに拡大されるような勢い。

機能安全に関する議論もあったが今回の WG では判断は持ち越された。機能安全は他の WG も含めて常に問題になることであり、将来的に機能安全の考え

方が問題になる可能性がある。

5 議事：

1) スコープ

まずは以下で話が進む

- ・ 1 つのボタンですべての移動機械を止めることができる。
- ・ Remote Control でオペレーション中の移動機械も止めることができる。
- ・ 有人オペレーション中の移動機械停止はスコープ外。（ISO 21815 Collision avoidance/awareness で対応する）
- ・ Remote Stop のボタンが押されたことを他のオペレータが理解できるようにする

2) 要求

停止する機器への距離

具体的な距離（? メータ）で定義をすると、位置情報依存のシステムになる。位置情報をロバストに精度よく取得できるシステムを実現することは難しいので位置情報依存のシステムは難しいというのがワーキンググループの総意。

停止コマンドの通信手段として使われる無線のパワーなどを規定するのが落としどころと考えられている。

停止

どのような停止にするのかという議論。ISO 17757 でも定義、議論がされている Controlled stop で safe state を維持して停止ということで話がまとまっている。

その他の機器（例えばエクスカベータの旋回や、ダンプトラックのボディ上げ下げ等）にも対応できる、とされている。

3) 技術的内容案

- ・ Remote Stop ボタンが押されたことで近くにいる機械を止める。Remote Stop ボタンが押されている限り停止された機械は再スタートさせない。新たにボタンが押されている Remote Stop に機械が近づいてきたらその機械を止める。
- ・ 何らかの認証を受けた Remote Stop ボタンでの



ISO/TC 82/SC 8/JWG 1 会議風景

み、機械を止めることができる。

- ・どの Remote Stop ボタンデバイスか、区別がつくようにする。
- ・Remote Stop ボタンを押したデバイスのみが停止を解除することができる。同時に、このリセットに対する制約のオーバーライドの方法も考えなければならない。
- ・Diagnosis に対する考慮が必要。
- ・機械が Remote Stop ボタンによって停止したことを、何らかの方法でフィードバックする必要がある。
- ・すべての Remote Stop ボタンデバイスが停止を解除したことで機械の halted state が解除される。
- ・Remote Stop ボタンが押されたシステムが認識されていることを、フィードバックする必要がある。
- ・環境試験に対する考慮
- ・Ergonomics に関する考慮

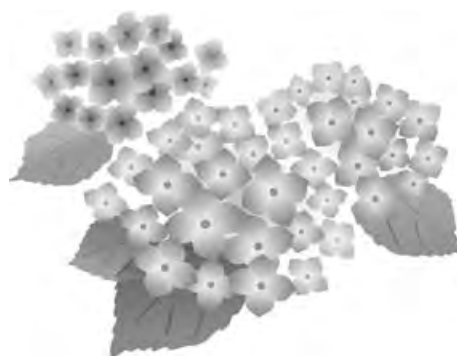
Simple design, Easy to use, Single button, Carried by person, Resistance of accidental activation

- ・電源に関する考慮
バッテリーライフなど
- ・Performance
Manufacturer が機能に対して明確にする必要がある。
例えば Remote Stop ボタンが押されてから機械が停止するまでの Latency など
- ・機能安全（おそらく後回しになりそうな気配）
- ・データロギング

6 今後の予定：

次回会合は未定, 2020 年 3 月頃が予定されていたが, COVID-19 の影響で延期。COVID-19 の状況が改善した場合は 2020 年の 8 月頃に Calgary で実施される予定。

以上



部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 自律式機械 2019 年 10 月オーストラリア・ブリスベン国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127/SC 2/WG 22 専門家 竹田 幸司（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/ WG 22（ISO 17757 土工機械—自律式機械）会議が 2019 年 10 月にオーストラリア国ブリスベン市で開催され、前回に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から専門家（Expert）として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

- 1 開催日：2019 年 10 月 14 日（月）～ 15 日（火）
- 2 開催地：オーストラリア国クイーンズランド州ブリスベン市 Christie Centre

3 出席者：26 名

米国 12 名（コンビナー含む）、カナダ 1 名、オーストラリア 8 名、ドイツ 1 名、日本 4 名

4 会議概要：

1 日目は、ISO 17757 の利点等から、次のスコープを決定しようと試みた様子だが、議論がまとまらず。続く 2 日目は、今度のプロジェクト案の議論。色々な議論があったが、専門家の結論としては“今すぐに何かを実施しなければならない”とはならなかった。

今回は 2020 年 9 月の TC 82 の総会に合せて実施予定。ただ、TC 82 の総会自体が Minexpo の日程と重なっている為、おそらくスケジュールが変更されるのでは、という意見であった。

5 議事：

次のスコープを決定しようと、次から次へと様々な

議題を扱う会議となった。

1) 機能安全

ISO 19014 でカバーされているという理解。

ISO 17757 では“Risk Assessment を実施”となっているが、どのように実施すべきかが明確でない。ISO 17757 にはガイドラインが必要。

2) 自動化レベル

TC 127 で現在議論されている。SAE の automation level のようなものを定義する必要があるのではという議論。

3) Ergonomics

オペレータが誤操作をしないようなデザインにすることは重要である。特にコンビナーは Ergonomics の専門家なのでこれに対する思いが強い。

4) Configuration management

ISO 10007 に以下の 4 つが規定されており、カバーする必要がある。

Identification hardware & software

Security for change

change management (design and testing)

status accounting

5) Simple system

以前の議論では、ロードコンパクタなどには他の機械が必要としているような複雑なシステムは必要ない筈なので、そのような機械に対する標準が必要とされたので、この点に関する議論を再度実施。

ただし議論はあまりまとまらず、様々な自動機器に対する対応が必要、という議事録の記述になったのみ。

6) V2X

できるかぎり自動車の技術を活用すべきであり、他のグループとの議論を継続すべき。

7) Drone

すでに鉱山等の日々のオペレーションの中ではいろいろ使われており、今後は対応していく必要がある。

また、違うシステムとの Interoperability についても考慮しなければならない、ということであった。

8) Data

Incident Review や Process compliance, 自動機械



ISO/TC 127/SC 2/WG 22 会議風景

の Performance チェックのために必要。

ISO 15143 にもデータに関する記述があり, TC 127/SC 3/WG 5 との連携が必要。

9) まとめ

技術動向を見極めつつ, 新たな技術的課題がないか, 次回の WG までに各自が検討していく。

6 今後の予定：

2020 年 9 月オーストラリアで次回 WG を TC 82 の総会とともに実施し, 次回の ISO 23724 の会議の際に, Tele-conference が実施される可能性もあったが, COVID-19 の影響等で白紙。最新の提案では COVID-19 の状況が改善した場合 2020 年の 8 月 Calgary で実施する提案がされている。

以上



新工法紹介 機関誌編集委員会

04-415	タワークレーンを用いた コンクリート自動運搬システム	大林組 北川鉄工所
--------	-------------------------------	--------------

▶ 概要

コンクリートダムを建設するうえで、コンクリート運搬工程の安全性向上と効率化は、工事の進捗に影響する最重要事項である。その運搬工程のうち、クレーン作業における安全性と効率化は、オペレーターの技量に大きく依存する。安全に運搬するためには荷の振れを最小限に抑える熟練技術が必要であるが、長時間にわたる繰り返しの運搬は、オペレーターに大きく負担がかかることから、2～3時間で交代することが一般的であった。しかし近年、熟練技術を有したクレーンオペレーターが不足していることから、安全性の確保や効率化と同時に、作業の省人化も求められていた。

本システムはティーチングプレイバック方式を採用した自動運転システムであり、クレーンオペレーターの操作レバー入力を記憶し、それを再生することで2つの定点間の繰り返し自動運搬を行っている。このシステムをダム用タワークレーンに応用したコンクリート自動運搬システムは、ダム情報化施工技术「ODICT™」(※1)に集約された主要な技術の一つとして開発された。



図ー1 システム稼働イメージ図

▶ 特徴

(1) 熟練オペレーターによる最適な運搬を再現

ダム施工におけるクレーン作業は、一定の地点間で毎回ほぼ等しい重量の荷を何度も繰り返し運搬する。本システムのティーチングプレイバック方式は、熟練オペレーターによる荷の振れを最小限に抑えた効率的な運搬を一度、記憶させることで、その動作を繰り返し再現することができる。そのため、経験の浅いオペレーターが搭乗しても熟練の技能を再現した最適

な運搬を繰り返し行うことが可能である。

将来的には複数台のクレーンにおいて本システムを運用し、稼働状況を一人のオペレーターが監視・管理を行うことで省人化を図り、生産性の向上を推進することが可能である。

(2) オペレーターが操作の負担から解放され安全性が向上

従来のコンクリート運搬作業では、長時間の繰り返し作業によりオペレーターに大きな負担がかかり、集中力の低下を招く可能性があった。

本システムでは、自動運搬作業の間、オペレーターはクレーンの操作から解放され、監視作業に集中することができる。単調な繰り返し運搬をシステムに任せることで、より安全に運搬作業を進めることが可能である。

またオペレーターの作業負担を軽減することができ、オペレーターの運転従事時間を、これまでと比べ5割程度延ばすことが可能である。

(3) 手動による補正操作を必要としない連続した自動運搬

クレーンや各設備に設けたセンサー等により、バケット位置や荷振れを確認し、常にバケットの位置が目標値に収まるように、自動で補正動作を加えることで、オペレーターによる補正操作を挟むことなく、連続した自動運搬が可能である。また、周辺の状況変化等により、急な運搬ルート変更が生じた際には、オペレーターがレバー操作を行うことで、自動運搬が終了し、瞬時に手動操作に切り替えることが可能である。

(4) 他のクレーン接近を検知し自動で停止

本システムは、GNSS などによりクレーンのブーム先端の位置をリアルタイムに認識しており、他のクレーンとの接近を検知することができる。接近を検知した場合は、オペレーターへアラートを発すると同時に自動で停止する。

※1 Obayashi-Dam Innovative Construction Technology

AI、ICTなどの最先端技術を駆使した施工オートメーション化技術の総称

▶ 用途

・ダムコンクリートの運搬

▶ 実績

・川上ダム建設工事

(独)水資源機構発注、三重県伊賀市)

▶ 問合せ先

(株)大林組 コーポレート・コミュニケーション室

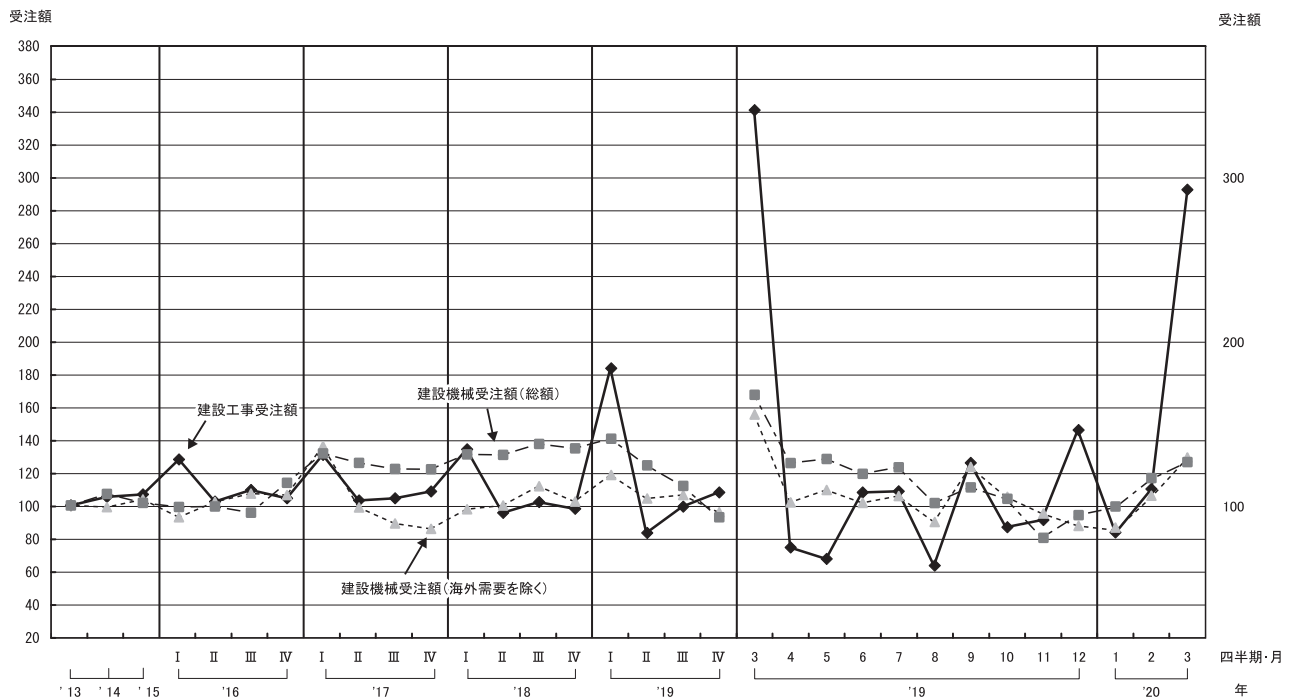
〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2

TEL: 03-5769-1014

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							
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019 年 3 月	37,732	29,551	3,326	26,225	6,349	426	1406	29,178	8,554	181,913	21,085
4 月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5 月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6 月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7 月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8 月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9 月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10 月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11 月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1570	6,137	3,897	172,241	11,100
12 月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020 年 1 月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	171,126	9,299
2 月	12,135	8,202	1,743	6,459	3,075	423	436	7,563	4,572	171,571	12,006
3 月	32,354	22,796	3,515	19,282	6,807	506	2244	20,538	11,816	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	19 年 3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	20 年 1 月	2 月	3 月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	2,397	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,558	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920	633	873	954	1,097	1,111	
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	839	549	590	547	570	484	666	567	512	471	466	571	697

(注) 2013～2015 年は年平均で、2016～2019 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2019 年 3 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2020年4月1日～30日)

標準部会



■ISO 11152 エネルギー消費試験方法 国際Web会議

月 日：4月1日(水)

場 所：Web上 (ISO Zoom)

出席者：正田明平(コマツ) プロジェクトリーダーほか15名

議 題：①JCMAS H020の説明 ②現在のJCMAS H 020に至るまでの経緯 ③対応すべき事項 ④次回会合の計画

■JIS 原案作成分科会

月 日：4月1日(水)～2日(木)

場 所：協会会議室及びWeb上 (Zoom)

出席者：原茂宏(コマツ) 委員ほか13名
議 題：JIS 原案4件の審議 (JIS A 8312 機械安全ラベル, JIS A 8316-1, -2 電磁両立性, JIS A 8338 物体検知装置)

■ISO/TC 195/SC 1 (コンクリート機械) 2020年度第1回委員会

月 日：4月9日(木)

場 所：Web上 (ISO Zoom)

出席者：川上晃一(日工株) 委員長ほか15名

議 題：①JCMAの活動紹介 ②日建連殿の活動紹介 ③中国PWI「コンクリート機械—施工現場情報交換」今後の進めかた・意見交換 ④中国新業務提案「全断面トンネルボーリング機械の国際標準化」に関する報告・議論 ⑤SC 1/WG 6 DIS 21573-2 コンクリートポンプ-第2部：技術パラメータの試験方法 投票結果 ⑥SC 1/WG 7 DIS 18650-1 コンクリートミキサ-第1部：用語及び一般仕様 投票準備状況 ⑦SC 1/WG 4 PWI 19711-2 トラックミキサ-Part 2 進捗 ⑧ISOでのコロナウイルス対応状況/10月12～16日 TC 195 国際会議@鄭州に向けた準備 ⑨2020年度ISO/TC195委員及びSC 1分科委員 委嘱 ⑩今後の対応、宿題事項、目標期限等

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：4月7日(火)

出席者：見波潔委員長ほか

議 題：①令和2年7月号(第845号)

計画の審議・検討 ②令和2年8月号(第846号) 素案の審議・検討 ③令和2年9月号(第847号) 編集方針の審議・検討 ④令和2年4月号～令和2年6月号(第842～844号) 進捗状況報告・確認

※資料書類審査にて実施

■新工法調査分科会 (web 会議)

月 日：4月15日(水)

出席者：石坂仁委員長ほか5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

■新機種調査分科会 (書面審議)

月 日：4月16日(木)

出席者：上田哲司委員ほか4名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

■建設経済調査分科会 (書面審議)

月 日：4月23日(木)

出席者：持丸修一分科会長ほか7名

議 題：①「令和2年度 公共事業関係予算」原稿検討(執筆：小笠原委員) ②その他

支部行事一覧

北海道支部



■第1回広報部会広報委員会

月 日：4月9日(木)

場 所：北海道支部会議室

出席者：古賀修也広報委員長ほか3名
内 容：令和2年度建設機械優良運転員・整備員の被表彰候補者の選定等

■支部会計監査

月 日：4月23日(木)

場 所：北海道支部会議室

出席者：熊谷一男支部監査役ほか2名
議 題：令和2年度支部事業及び決算書の監査

東北支部



■第1回広報部会(書面会議)

月 日：4月7日(火)

参加者：浅野公隆部会長ほか7名

内 容：①「支部たより179号」の編集計画について ②「支部たより179号」の原稿執筆依頼について ③「建設機械施工10月号」ずいそう原稿執筆者の推せん ④その他

■令和元年度支部監査

月 日：4月20日(月)

場 所：東北支部会議室

出席者：浅野博之支部監査役ほか2名

内 容：令和元年度の事業及び決算の監査全般

■企画部会(書面会議)

月 日：4月22日(水)

参加者：木村信悦企画部会長ほか6名

議 題：第1回支部運営委員会について
内 容：①令和元年度事業報告(案)について ②令和元年度事業決算(案)について ③役員の改選について

■令和2年度 i-Construction (ICT 活用工事) セミナー 第1回打合せ

月 日：4月24日(金)

場 所：東北支部 事務局会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか3名

内 容：①開催日程の変更について ②テキストの内容について ③カリキュラム(案)について

■第1回支部運営委員会(書面表決)

月 日：4月27日(月)

参加者：高橋弘支部長ほか26名

内 容：①令和元年度事業報告(案)について ②令和元年度事業決算(案)について ③役員の改選について

北陸支部



■「除雪機械施工管理技術講習会のあり方」に関する検討打合せ

月 日：4月7日(火)

場 所：北陸地方整備局 5F 打ち合わせ室

出席者：柴澤一嘉普及部会長、堤雄生事務局長

議 題：①除雪講習会のあり方検討について ②R01 除雪講習会の北陸3県の区域別受講企業について ③R01 除雪講習会のアンケート取りまとめ結果について ④指定機関の除雪機械乗務基準の実態について

■令和元年度 北陸支部 支部監査

月 日：4月22日(水)

場 所：北陸支部事務局

出席者：本間久雄、高村直哉支部監査

議 題：①業務監査(支部業務全般にわたる適正、適法性の監査) ②会計監査(貸借対照表、正味財産増減計算書、財産目録の適正・適法性の監査)

■令和2年度 第1回企画部会

月 日：4月24日(金)

場 所：書面審議

議 題：令和元年度決算報告について

中部支部



■支部会計監査

月 日：4月22日（水）

監査役：高原和彦氏，中川義治氏

内 容：令和元年度業務及び財産監査

関西支部



■支部監査

月 日：4月14日（火）

場 所：関西支部 会議室

出席者：田口定一支部監査役，神谷敏孝
支部監査役

内 容：令和元年度決算報告及び関係書類に基づく監査の実施

■企画部会

月 日：4月15日（水）

場 所：書面会議

出席者：村中浩昭企画部会長以下5名

議 題：①令和元年度事業報告（案）及び決算報告（案）の件 ②令和2・3年度運営委員選任の件 ③優良建設機械運転員等表彰の件 ④令和2年度会長表彰の件

■運営委員会

月 日：4月23日（木）

場 所：書面会議

出席者：深川良一支部長以下31名

議 題：①令和元年度事業報告（案）及び決算報告（案）の件 ②令和2・3年度運営委員選任の件 ③優良建設機械運転員等表彰の件 ④令和2年度会長表彰の件

中国支部



■第1回部会長会議

月 日：4月9日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか9名

議 題：①運営委員会（春季）について ②第9回支部通常総会について ③その他懸案事項

■支部会計監査

月 日：4月20日（月）

場 所：中国支部事務室

出席者：高倉寅喜支部監査役ほか2名

内 容：令和元年度業務及び決算報告について関係書類に基づく監査の実施

■春季運営委員会

月 日：4月24日（金）

場 所：書面会議

参加者：河原能久支部長ほか28名

議 題：①令和元年度事業報告について ②令和元年度決算報告について ③令和元年度監査報告 ④令和2年度建設の機械化施工優良技術者表彰について ⑤令和2年度運営委員の選任について ⑥その他懸案事項

四国支部



■R2第1回（春季）[企画・施工・技術]合同部会幹事会

月 日：4月17日（金）

場 所：書面による会議

出席者：宮本正司企画部会長ほか25名

内 容：①R元事業報告（案）について ②R元決算報告（案）について ③R元事業計画について ④R2予算書について ⑤R2団体会員，永年勤続役職員，優良建設機械運転員・整備員表彰者について ⑥人事異動等に伴う役員等の変更について

■R元四国支部会計及び業務監査

月 日：4月22日（水）

場 所：支部事務局

監査者：中山義男支部監査役及び堀具王

支部監査役

内 容：1. 会計監査…①経理事務全般 ②資産・負債・財産・収入及び支出の適正処理について ③財務諸表・財産目録等の適正管理について 2. 業務監査…①会員の入退会処理について ②事業計画・事業報告・予算決算の適正処理について ③その他，職員の法定福利等関係書類の整理について

九州支部



■企画委員会

月 日：4月7日（火）

場 所：九州支部 会議室

出席者：原尻克己企画委員長ほか4名

議 題：①令和元年度第3回運営委員会について ②令和2年度支部総会について ③本部長表彰・支部長表彰について ④その他

■令和2年度 i-Construction 施工による九州支部生産性向上推進会議 第1回幹事会

月 日：4月21日（火）

場 所：九州支部 会議室

出席者：鈴木勇治幹事長ほか2名

議 題：①令和2年度 i-Construction セミナーの実施方針について ②宮崎県建設技術センター研修の対応について ③その他

■支部監査

月 日：4月24日（金）

場 所：九州支部 会議室

出席者：玉石修介支部監査役

議 題：令和元年度会計監査及び業務監査

編集後記

今月は「維持管理・長寿命化・リニューアル」が特集テーマです。

インフラ施設の老朽化や社会資本ストックの更新など、昨今、保全業務への取組みについて、産学官が連携し様々な技術や手段の開発・提案がされています。

本号では、それらの情報の一端を幅広い分野から紹介できればと考え、技術報文はJCMA 非会員の方々にもお声がけし、多くの記事をお寄せいただきました。

その取組みや技術を知ることでも何か得るものがあれば幸いです。

さて、順序が逆になりましたが、巻頭言は東北大学大学院の久田先生にお願いしました。

産学官の連携の中核であり、知の拠点である大学がインフラ施設の維持管理技術の普及・発展の役割を担うことは、インフラの長寿命化が国民の安全に繋がるといふ、とても貴重なご提言をいただきました。

交流の広場は2件とも北海道発の情報です。個人的には1年前まで札幌に赴任し既知のイベントですが、このような形で読者の皆さまにご紹介できることを嬉しく感じています。

地域住民やこの国の明日を担う子供たちとの交流をとおして、建設業や建設機械への興味なり魅力が、将来、必ずや大きな果実になって帰ってくることを願ってやみません。

— ㊦ —

新型コロナウイルス感染症の拡大や政府の緊急事態宣言の発出もあり、テレワークや外出自粛等、以前の日常生活や業務への環境が変化し様々なその影響がある中、ご執筆いただきました方々のご尽力もあり無事に発刊することができました。

改めて深く感謝するとともに、厚く御礼申し上げます。

兎にも角にも、感染症の一刻も早い収束を願うばかりですが、今年も暑くなってきました。読者の皆さまには熱中症や体調管理にもお気を付けてください。

(玉記・中川)

7月号「建設のBIM/CIM, XR 特集」予告

・国土交通データプラットフォームの取組 ・テレグジスタンス—新しい働きかたと生き方
・BIM連携を可能とした建設ロボットプラットフォームの開発と取組み ・BIM/CIMとICT
施工の融合 ・ICTをフル活用した大規模盛土管理の効率化・高度化 ・重機稼働をAI識別してCIM上にリアルタイム表示 ・建設会社が取組むデジタルツイン ・先進技術を活用した建設現場の労働生産性向上への取組み ・無人化施工VR技術の開発 ・他業界から得る建築に必要なAR・VR技術の活用事例 ・MR技術を活用したトンネル維持管理システムにおける作図機能の開発 ・無人化施工の迅速展開を目的としたHMD映像表示システムの提案 ・タワークレーンの遠隔操作技術の開発と取組み

【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72巻第6号(2020年6月号)(通巻844号)

Vol.72 No.6 June 2020

2020(令和2)年6月20日印刷

2020(令和2)年6月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎忠行

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

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
安井 清貴	農林水産省
瀧本 順治	(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)
玉記 聡	(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)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	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
小六 陽一	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
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 頑強ケーブルレス

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!**

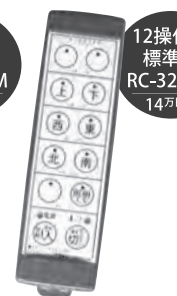
- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



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段階押し追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**

TX-6B00N/U型送信機例
(ボーパー6000)



TX-8B00N型送信機例
(ボーパー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
(ボーパー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



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!**

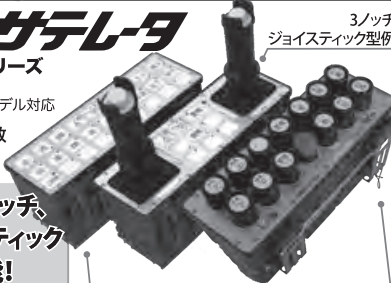


マイティサテラ

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～

**価格もサイズも
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・
特殊スイッチ装着可



* 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

VOLVO アスファルトフィニッシャー

VOLVO アスファルトフィニッシャーは、

- ・ベスト舗装
- ・力強さと正確さ
- ・究極な運動性能
- ・優れた視界性
- ・メンテナンスをより短時間に且つ、より短時間にこれらをお約束します。



クローラフィニッシャー

クローラ機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・回転式コントロールパネル
- ・クローラオートテンション
- ・スクリードテンショニングデバイス
- ・スクリードロードデバイス
- ・ダブルタンパースクリード取付可能 (VDT-V タイプスクリード)

ホイール機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・レールスライド式コンソール
- ・前輪油圧式ライドレベラー付ステアリング
- ・前輪駆動負荷トルク制御
- ・スクリードテンショニング装置



ホイールフィニッシャー

マシン ケアテック 株式会社

〒361 - 0056 埼玉県行田市持田 1 - 6 - 23
TEL 048 - 555 - 2881 FAX 048 - 555 - 2884
<http://www.machinecaretech.co.jp/>

VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT



GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



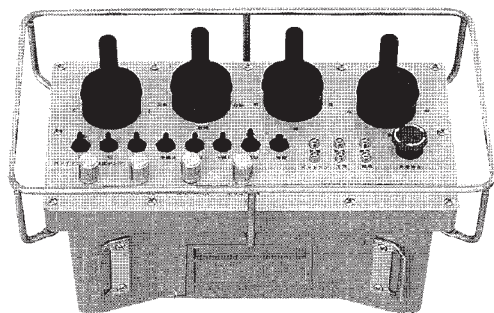
マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.machinecaretech.co.jp/>

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

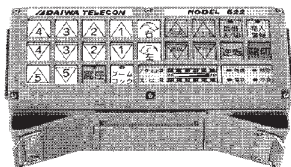
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
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

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>

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

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



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: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328



ツルミクローラ洗浄装置

TCW型

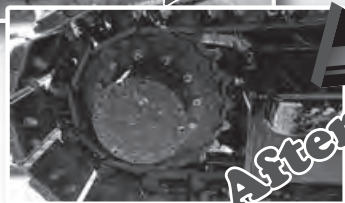
簡単 パワフル 洗浄!

- ・自動洗浄で「省力化」に大きく貢献!
- ・スタートボタンを押すだけの簡単操作!
- ・特殊ノズル / 水中ポンプによる、優れた洗浄力!
- ・洗浄作業後の「床洗浄」機能付!

Powerful
wash



Before



After



床洗浄



特殊ノズル

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

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/ガウジン/手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D



●技術で明日を築く

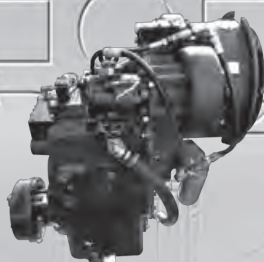
本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL: 03(6861)1122 FAX: 03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221	東京支店 03(6861)1122	大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611	横浜営業所 045(774)0321	広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311	静岡営業所 054(261)3259	高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791	名古屋営業所 052(856)7222	九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570	金沢営業所 076(269)1231	

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



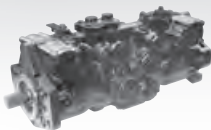
建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

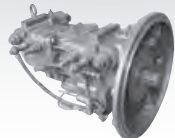


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



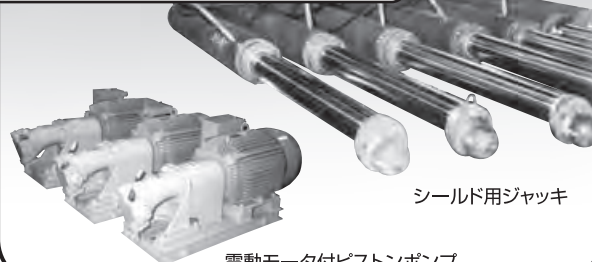
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

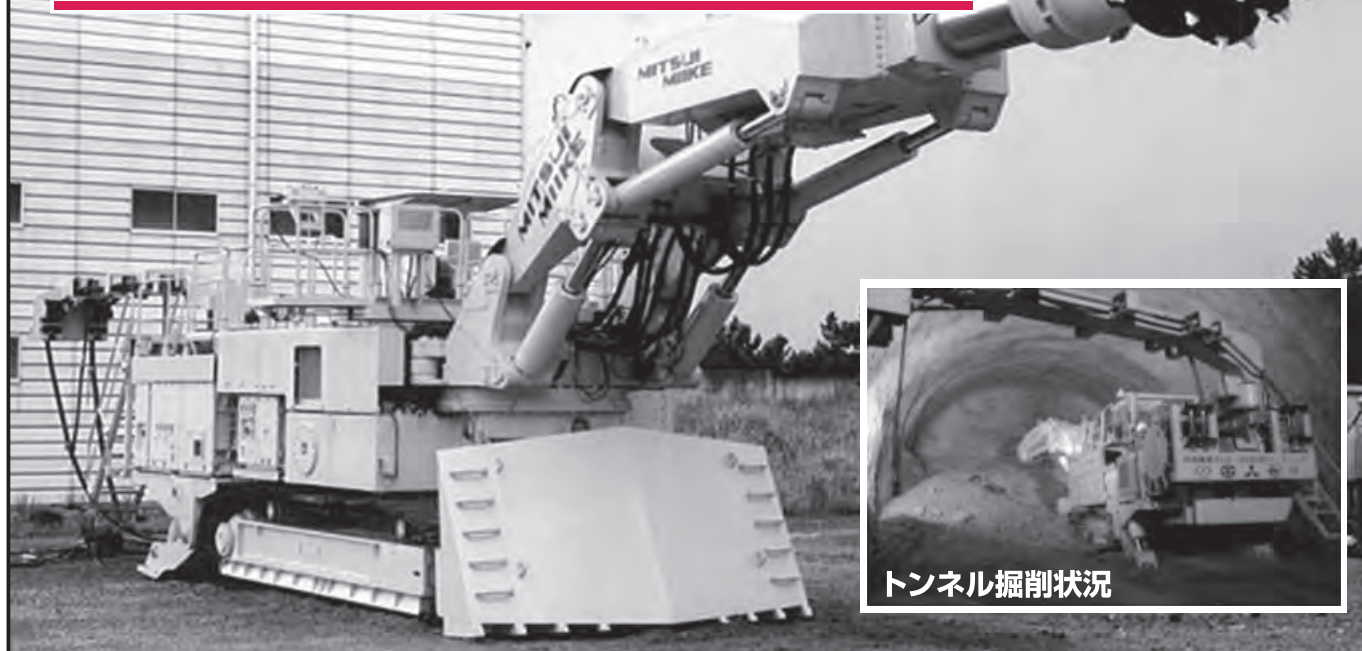
愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッドSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッド単独での走行が可能です。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。

よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。



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

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の位置情報、施工設計データをもとに、作業機操作のセミオート化を実現した世界初のマシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS (Global Navigation Satellite System) GPS、GLONASS等の衛星測位システムの総称。



PC200i

PC300i

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、シュースリップが起これないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。さらに、事前に設定した設計面に近づく自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi

D61PXi

D65PXi/EXi

D85PXi/EXi

D155AXi

KOMATSU

コマツ国内販売本部

〒108-0072 東京都港区白金1丁目17-3 <https://home.komatsu.jp/kcsj/>

動画で紹介

