

建設機械施工 **11**

Vol.72 No.11 November 2020 (通巻849号)

特集 道路



ニュージーランド ウォータービュー高速道路プロジェクト
ウォータービューコネクショントンネル北坑口と接続ランプ

巻頭言 道路インフラの整備・更新事業の生産性向上に思うこと

技術報文

- 移動式防護柵「ロードジッパーシステム」
- ウォータービュー高速道路プロジェクト
- プレストレスジョイントを用いた道路橋床版更新技術の開発
- 高速道路舗装の長寿命化に向けた高耐久路盤用混合物の開発と施工事例
- 生産性と安全性の向上を目指した締固め機械の特徴紹介 他

行政情報

- 道路分野における新技術導入促進の取組
- 道路維持管理の高度化・効率化に向けた取り組み

JCMA報告

令和2年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その2)

CMI報告

道路橋床版防水層の健全性評価システムの開発

ダム工専用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



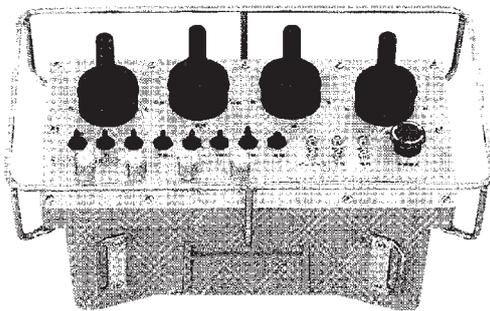
吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

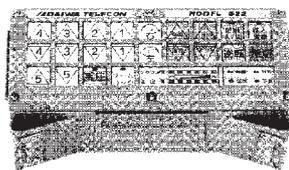
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。
平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。
本協会では、令和元年9月に「大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、令和2年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、これまで隔年で発刊しておりました大口径岩盤削孔工法の積算を改定し「大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版」を発刊することと致しました。

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

◆ 内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲	第2編 工法の概要
第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算	第4編 パーカッション掘削工法の標準積算
第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算	第6編 建設機械等損料表

◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

アースオーガ掘削工法に用いるクローラ
クレーンの排出ガス対策型への移行
標準積算例に解りやすく解説
国土交通省基準に準拠した機械等損料表の改定
最新の施工実績に更新

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

● 発刊 令和2年5月15日



令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日：令和2年5月15日

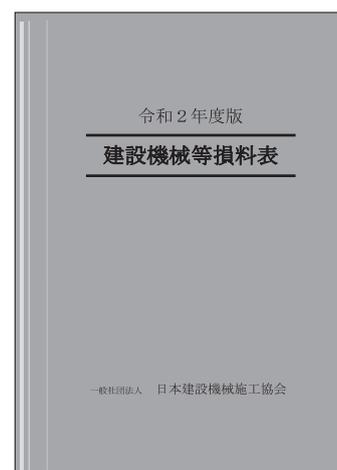
■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■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

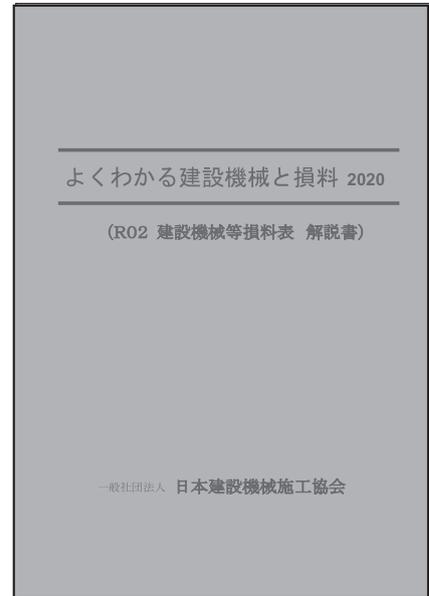
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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 *****

■発売日：令和2年5月

■体裁：A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般：6,000円 会員：5,100円

■内容・特長

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

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2019年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版	建設機械スプック一覧表、 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プ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

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

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ーカ
- 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	印	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

当協会機関誌へ掲載します。

★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処にあたります。(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。

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R2年5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
2	R2年5月	橋梁架設工事の積算 令和2年度版	11,000	9,350	900
3	R2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	R2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	S63年3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
46	S60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

道路

巻頭言

4 道路インフラの整備・更新事業の生産性向上に思うこと

前川 宏一 横浜国立大学 都市イノベーション研究院 教授, 国土交通省 コンクリート生産性向上検討協議会議長

行政情報

5 道路分野における新技術導入促進の取組

国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画室

11 道路維持管理の高度化・効率化に向けた取り組み

国道（国管理）の維持管理のあり方についての中間とりまとめを公表

岸本 達彦 国土交通省 道路局 国道・技術課 道路メンテナンス企画室 係長

特集・
技術報文

18 移動式防護柵「ロードジッパーシステム」

澤田石貞彦 東日本高速道路㈱ 技術本部 事業創造部 事業創造部長

24 ウォータービュー高速道路プロジェクト

佐藤 誠治 ㈱大林組 ロボティクス生産本部 課長

30 円形セグメントとパイプルーフを用いた非開削トンネル工事の高速化・省人化 スーパーリング K-UP 工法の開発

増田 昌弘 鹿島建設㈱ 東京土木支店 土木部 専任役

36 山岳トンネル工事におけるホイールローダ遠隔操作システム トンネル切羽近傍の掘削ずり運搬作業を無人化

山下 雅之 西松建設㈱ 技術研究所 主席研究員
吉田 道信 ㈱カナモト ニュープロダクツ室 室長
塚田 純一 ジオマシンエンジニアリング㈱ 代表取締役社長

40 プレストレスジョイントを用いた道路橋床版更新技術の開発

岡本 信也 阪神高速道路㈱ 管理本部 神戸管理・保全部 保全事業課 担当課長
伊佐 政晃 阪神高速道路㈱ 管理本部 大阪保全部 保全事業課
小林 顕 清水建設㈱ 名古屋支店 土木技術部 部長

47 高速道路舗装の長寿命化に向けた高耐久路盤用混合物の開発 と施工事例

菅野 勝一 ㈱高速道路総合技術研究所 道路研究部 舗装研究室 主任研究員
高橋 茂樹 ㈱高速道路総合技術研究所 道路研究部 舗装研究担当部長
白井 悠 ㈱NIPPO 技術研究所 主任研究員

52 みちびきの位置情報を付与した水系下がり検測デジタル化技術の開発

其田 直樹 ㈱NIPPO 総合技術部 ICT推進グループ 係長
相田 尚 ㈱NIPPO 総合技術部 生産開発センター センター長
桐生 敦行 ㈱横河技術情報 技術部 第二課 主任

57 アスファルト舗装の品質と安全性の向上を目指した取り組み アスファルト舗装温度管理システム

小池 祐毅 大成ロテック㈱ 南関東支社 新東名伊勢原北IC～秦野IC間舗装工事事務所 課長
長山清一郎 大成ロテック㈱ 生産技術本部 技術部 技術推進室 課長代理
池田 直輝 大成ロテック㈱ 生産技術本部 技術部 技術推進室 主任

	62	2020年中国の舗装紹介 渡邊 哲也 住友建機㈱ 道路機械技術部 第一設計グループ
	66	生産性と安全性の向上を目指した締固め機械の特徴紹介 後藤 春樹 酒井重工業㈱ 次世代事業開発部 部長代理
ずいそう	70	朱鷺の野生復帰に思う 後藤 文夫 S&G コンサルティング
JCMA 報告	71	令和2年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その2)
CMI 報告	89	道路橋床版防水層の健全性評価システムの開発 榎園 正義 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 次長 橋本 雅行 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 主任研究員
	94	新工法紹介 機関誌編集委員会
	97	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	104	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
	105	行事一覧 (2020年9月)
	108	編集後記 (石倉・斉藤)

◇表紙写真説明◇

ニュージーランド ウォータービュー高速道路プロジェクト
ウォータービューコネクショントンネル北坑口と接続ランプ

写真提供：㈱大林組

ウォータービュー高速道路プロジェクトは、ニュージーランドの中心都市オークランドで長年未完成であった高速道路区間を延長2,400mのシールドトンネル（上下線2本）により接続する同国最大規模のインフラプロジェクト。日本からの技術移転により、ニュージーランド初となる大断面シールドトンネル（掘削径14.5m）を採用。幹線道路交差点での大がかりな迂回や工事のための開削、覆工といった周辺交通への影響を回避。同高速道路は、オークランド市の渋滞緩和と利便性向上に寄与している。

2020年(令和2年)11月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱……………後付6
【カ】コベルコ建機㈱……………後付1

コマツ……………表紙4
【ク】大和機工㈱……………表紙2
㈱鶴見製作所……………後付3

【マ】マルマテクニカ㈱……………後付2
三笠産業㈱……………後付4

【ヤ】㈱横河技術情報……………表紙3
吉永機機㈱……………表紙2

巻頭言

道路インフラの整備・更新事業の生産性向上に思うこと

前川 宏 一



道路インフラの新規整備、既設の維持管理および更新事業の生産性向上が、次世代に向けた喫緊の課題に上ってから既に久しい。遅い歩みではあるが、過去10年に未来に向けて前進してきたことは間違いない。さらに歩みを速めるべく、関係各位に応援の声を届けたいと思う次第である。

インフラの蓄積を既に得ている先進諸国の国民一人当たりのセメント消費量は、地域にあまり変わりなく300 kg/年ぐらいである。これは社会インフラを維持し、更新するのに必要な基本線と理解される。一方、これを支える日本全体の就業人口の減少は、大きな社会リストである。現場での機械化と情報化が生産性向上と効率化のカギであることは、製造業やトンネル施工技術の推移などから見て取れる。道路構造の施工をユニットに分割して並列と直列で繋ぐ一つの方法としてプレキャスト化があり、道路構造に関わる手引きやガイドラインが整備されてきた。あわせて全断面鉄筋接合、スランプ12 cm標準化、高流動コンクリートの規準化などが進められてきた。

これらの要素は、いずれも現場の機械化につながるものである。ただし、従来の設計施工の流れの中で一部を入れ替えただけでは、コストアップとなる場合が少なくない。省人化と工期短縮を進める上で、設計施工の連携を強めることがさらに必要と考えている。海外は言うに及ばず、国内でも施工計画と一体で構造設計が行われる体制で、実利を挙げた成功例は少なからず存在する。ただし、殆どは民間の鉄道、道路、電力事業である。公共事業の設計施工の分離契約は日本の特長でもあるが、新技術の認証や設計施工計画の審査鑑定の仕事みを納税者に見える形で整えることは、設計と施工計画とのつながりを強化する面でも有効ではないかと思う。既設インフラの維持管理に関わる事業も同様であり、土木学会から説得力のある提言が出されていることに注目したい。

新設と既設の差はあるものの、社会基盤整備と更新事業の姿形が情報技術の一層の導入で変化することは、中期的に見ても間違いないと確信している。生産

性向上の柱は、必要なことは確実に実行、そのためにも無駄なことは止めることである。コンクリートの圧縮強度試験やスランプ試験は、製造プラントから建設現場に至る流れのなかで複数回行われ、生産者-使用者-発注者の多くの時間を奪っている。また、それに見合う品質確保が得られているかが改めて問われる。

しかし、今日、スランプ値は動画とAIで判別可能であり、品質管理の王道たる全数検査が安価に、人の手を介さず、可能である。情報共有によって、不具合が発生したときのトレスバックも確實、容易となろう。即ち、生産者と使用者間の責任が明確になり、いわれなき責任の押し付けに対して自らの身を守れる体制が形成される。今日、構造物の出来高や耐久性に深く関わるかぶり厚も楽に検査可能となってきたので、発注者は工程管理による保証から、最終成果物に対する直接的な受け入れ検査で、検収の判断が可能となってきた。ここでは施工工程をルールで縛ることに意味がなくなる。鉄道分野では、既にコンクリートのスランプ値は施工者の選択事項と位置付けられている。漸く事業工程の中で性能設計、性能保証が実質化される時が近づいてきた、との思いがある。

新設および既設道路に関わる事業の流れの中で、所有権と結びついたインフラ関連情報は、技術的には関連するセクター間で共有は可能だが、これを社会実装するには、明確な公共政策が不可欠であることは言をまたない。皆の歯車が一緒に回ってこそ、皆が恩恵に与ることができる。大きな公共政策課題であり、産官学で協力して進めていきたいものである。維持管理においては、検査データが膨大に蓄積されつつある段階にきた。しかし、信頼度の高い診断を得るに相応しい技術がまだ伴っておらず、PDCAの歯車はまだスムーズに回らない。そのための材料-構造-施工-管理等の知識と学術の統合は、大学が責任をもって進めなければならない事項の一つと申し上げたい。

—まえかわ こういち 横浜国立大学 都市イノベーション研究院 教授、国土交通省 コンクリート生産性向上検討協議会議長—

行政情報

道路分野における新技術導入促進の取組

国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画室

国土交通省道路局では、令和2年4月に「道路分野における新技術導入促進方針」をとりまとめ、新技術の積極的な活用・導入促進に向けた取組を進めているところである。毎年度の取組を「新技術導入促進計画」という形で見える化し、道路管理者側のリクワイヤメントと技術開発のシーズとのマッチングを促進しつつ、技術公募等を通じて新技術の導入を加速化していきたいと考えている。令和2年度は、11の技術テーマを対象として新技術導入促進計画を策定した。特に、点検に係る新技術の導入については、平成31年2月の定期点検要領の改定や、令和2年6月の点検支援技術性能カタログ（案）の拡充等、新技術の積極的な活用に先行して取り組んでいるところである。本稿ではその概要について紹介する。

キーワード：新技術，導入促進，道路構造物，技術基準類，定期点検要領，橋梁，トンネル

1. はじめに

道路分野ではこれまで、国民や社会の多様なニーズに応える形で、排水性や保水性等を有する舗装技術、明石海峡大橋の建設に代表される長大橋建設技術、東京湾アクアラインの建設に代表される大断面シールドのトンネル技術等を開発し、世界をリードしてきた。

近年では、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」等の施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図るとともに、魅力ある建設現場を目指す取組であるi-Constructionを進めている。

また、新型コロナウイルス感染症対策を契機として、これまでの取組を超えて、BIM/CIMを活用し、公共事業について、設計・施工から維持管理に至る一連のプロセスやストック活用をデジタルで処理可能とすること等により抜本的な生産性向上を図るとともに、非接触・リモート型へ転換することを目指し、インフラ・物流分野等におけるDX（デジタルトランスフォーメーション）を進めていくこととされている。

民間や大学では、鋼やコンクリート以外の新材料や新工法、IoT、デバイスの進化、AIといった様々な技術が登場してきている。これらの技術を組み合わせたり、横断的に活用したりすることで、道路の調査・計画・設計・施工・管理・運用の個別工程の最適化だけでなく、道路行政の全工程を改善し、ライフサイクルを通じて、低コストで安全かつ高品質なサービスを

革新的に向上させていく必要がある。

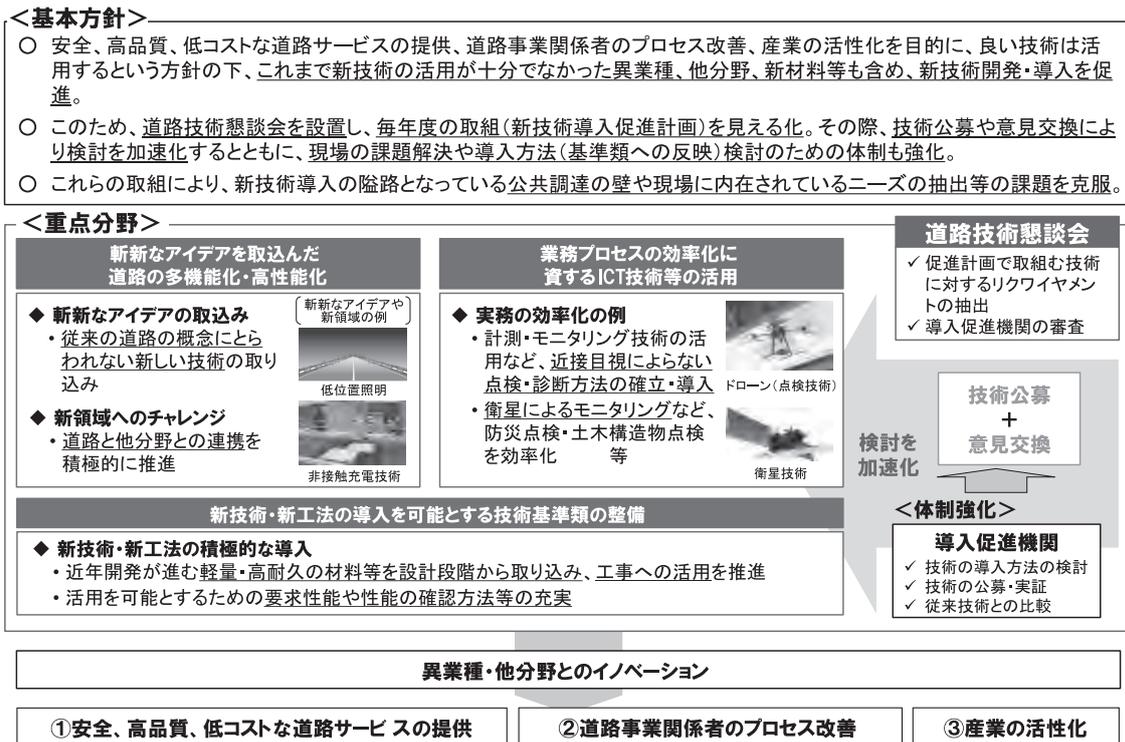
このような認識の下、国土交通省道路局では、令和2年4月に「道路分野における新技術導入促進方針」（以下「促進方針」という。）をとりまとめ、新技術の積極的な活用・導入促進に向けた取組を進めているところであり、本稿ではその取組の概要について述べる。

2. 促進方針の概要

国土交通省道路局では、道路における新技術の開発・導入の促進方策や体制強化に向けた検討にあたって助言いただくことを目的に、「道路技術懇談会」（以下「懇談会」という。）を令和元年12月に設置した。令和2年4月に第2回懇談会を開催し、促進方針をはじめ、第三者機関である導入促進機関と連携した体制の構築等について決定したところである。

促進方針では、基本方針として①安全、高品質、低コストな道路サービスの提供、②道路事業関係者のプロセス改善、③産業の活性化を掲げ、「良い技術は活用する」との目的の下、これまで新技術の活用が十分でなかった異業種、他分野、新材料等も含め、新技術開発・導入を促進しようとするものである（図1）。

具体的には、毎年度の取組を「新技術導入促進計画」という形で見える化し、道路管理者側のリクワイヤメントと技術開発のシーズとのマッチングを促進しつつ、技術公募や意見交換を通じて新技術の導入に向けた検討を加速化していきたいと考えている。



図一 道路分野における新技術導入促進方針

さらに、これらの検討を着実に進めるための体制を構築するため、導入促進計画に掲げる技術テーマごとに導入促進機関を設置することとした。

促進方針では、新技術・新材料の導入を可能とするために必要な技術基準類の整備など、3つの「重点分野」も設定した。新技術導入の「隘路」を解消し、最先端の技術がスムーズに道路分野に導入されるよう、これらの取組を積極的に進めてまいりたい。

3. 令和2年度の取組について

促進方針に基づき、令和2年度は11の技術テーマを対象として、新技術導入促進計画を策定した(表一1)。今後、技術公募や技術の検証を行っていく予定である。

なお、各技術テーマの設定の背景・課題等については、第2回道路技術懇談会の資料にまとめているので、適宜参考にしていただければと思う。

(<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/dourogijutsu/pdf02/03.pdf>)

4. 点検に係る新技術の導入促進

橋、トンネルといった道路構造物の定期点検を行うにあたっては、例えば道路橋定期点検要領(平成31年2月)においては、「定期点検を行う者は、健全性

の診断の根拠となる道路橋の現在の状態を、近接目視により把握するか、または、自らの近接目視によるときと同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握しなければならない」とされている。

今般の新型コロナウイルス感染症対策を契機として、道路管理業務などのエッセンシャルワークについて、リモート化等により持続性の強化を図ることも求められている中、構造物点検においても新技術の活用が進むことが期待されている。

道路局ではこれまでに、定期点検における新技術の活用促進を目的として、新技術利用のガイドライン(案)の策定や、点検支援技術性能カタログ(案)の拡充等を行ってきている。国土交通省のHPからダウンロードできるので、是非参考にさせていただきたい。
(<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobohozen.html>)

(1) 新技術利用のガイドライン(案)

業務委託等により定期点検を実施する際に点検支援技術を活用する場合において、発注者及び受注者双方が使用する技術を確認するプロセスや、受注者から協議する「点検支援技術使用計画」を発注者が承諾する際に確認すべき留意点等を参考として示したものである。後述する点検支援技術性能カタログ(案)とあわせて活用していただくことを想定している(図一2)。

表一 R2 年度 新技術導入促進計画

令和2年4月30日公表

新/継	重点分野	技術名	ニーズ	導入規模	リクワイアメントの視点(※)			改定予定の技術基準	導入促進機関
					①	②	③		
継続1	②	橋梁の点検支援技術	①点検実務の省力化 ②点検の質の確保・向上 ③点検コストの低減	約72万橋	見えない又は見えにくい部材等の状態をより詳しく把握できる	構造物の残存強度を推定し、診断の定量化が可能	従来の近接目視や監視に比べて安価	道路橋定期点検要領	(一財) 橋梁調査会
継続2	②	トンネルの点検支援技術		約1.1万箇所	健全性の診断のための情報を定量的に把握できる	構造物の残存耐力等を推定し、診断の定量化が可能		道路トンネル定期点検要領	(一社) 日本建設機械施工協会
継続3	③	軽量で耐久性に優れた新しい横断歩道橋の床版技術	①腐食片落下による第三者被害の抑制 ②補修補強の際に既存の構造に影響を与えない ③補修・維持管理コストの低減	約1,700橋(直轄管理)	腐食しない又は腐食しにくい高耐久性を有する	従来の床版よりも軽量(320kg/m ² 以下)	従来の床版よりも安価に施工・維持管理が可能	立体横断施設技術基準	(一財) 橋梁調査会
継続4	①	新たな道路照明技術	①落下・転倒による第三者被害の抑制 ②今後の維持管理の省力化 ③維持管理コストの低減	約59万灯(直轄管理)	落ちない又は落ちにくい構造	従来よりも維持管理の際の通行規制が少ない	従来よりもライフサイクルで低コスト	道路照明設置基準	(一社) 建設電気技術協会
新規1	③	繊維補強コンクリート床版技術	①補修後に同じ損傷を生じさせない ②補修の際に既存の構造に影響を与えない ③通行規制の時間を短くできる	約400橋(直轄管理)	交通荷重や水の影響を受けにくく、高耐久性を有する床版	従来の床版よりも軽量な床版	従来の床版よりも安価に施工・維持管理が可能	道路橋示方書	(一財) 土木研究センター
新規2	③	はく落の発生を抑制するとともにはく落の予兆を発見しやすい覆工技術	①うき・はく離の状態把握など、変状を効率的に把握 ②ひび割れが進展しても直ちにはく落に至らない ③点検や補修の施工性が高く、低コスト	約1.1万箇所	従来よりも、はく落の予兆を発見しやすい覆工材料	ひび割れ等が進展しても直ちにはく落に至らない耐久性を有する覆工材料	従来よりも低コストで施工・維持管理が可能な覆工材料	道路トンネル技術基準	(一社) 日本建設機械施工協会
新規3	①	道の駅等の防災拠点の耐災害性を高める技術	①大規模災害時でも電源を確保し、継続的に道路管理できる ②災害時でも安定した情報収集・通信手段を確保	約200駅(直轄管理)	道路施設として発電・給電できる 災害時にも他の施設に依存せず、通信できる	道路施設として所要の性能(耐荷・耐久)を確保 従来よりも簡易に遠距離通信ができる	低コストで施工・維持管理が可能	各種基準類(技術に応じて新規策定又は改定)	(一財) 日本みち研究所(※) (※) 検討する技術に応じて導入促進機関の追加もあり得る
新規4	①	除雪機械の安全性向上技術	①除雪作業時の死角の解消 ②除雪機械ワンマン化に伴う安全管理の補助性の向上	約2,000台(除雪トラック、除雪グレーダ、除雪ドーザ、ロータリ除雪車)	作業装置を含め機械全周囲を死角なく把握できる	車体が屈折する除雪機械にもカメラで追従できる	夜間や除雪等においても低コストで安全が確認できる	各種基準類(技術に応じて新規策定又は改定)	(一社) 日本建設機械施工協会
新規5	③	広域において安定供給可能なアスファルト舗装技術	①遠いプラントからもアスファルト混合物を調達して舗装できる ②従来と同等以上の耐久性の確保 ③舗装のLCC抑制、再生利用が可能	全国約122万km	従来よりも広域への運搬(1.5時間以上)が可能なアスファルト混合物	従来と同程度以上の耐久性を有する	従来と比較してLCCおよび再生利用の観点において同等以上	舗装の構造に関する技術基準	(一財) 国土技術研究センター
新規6	③	超重交通に対応する長寿命舗装技術	①国際コンテナ交通に対応した舗装技術の開発 ②補修時の通行規制時間を短くできる ③舗装のLCC抑制、再生利用が可能	約35,000km(重要物流道路(H31.41指定))	44t国際コンテナ車両連行に対応した耐久性を有する	従来よりも少ない時間で施工・交通解放が可能	従来と比較してLCCおよび再生利用の観点において同等以上	舗装の構造に関する技術基準	(一財) 国土技術研究センター
新規7	②	土工構造物点検及び防災点検の効率化技術	①近接目視等によらない長大法面・斜面の点検 ②災害要因や安定度等の適切な判読など点検の質の向上 ③点検時(現場作業や記録時)の安全性確保と労力の軽減	特定土工点検17,000か所(直轄管理)	近接目視によらず土工構造物の変状の有無を確認できる 現地確認や地形判読によらず、点検対象区間の選定や安定度の確認ができる	土工構造物の経過観察箇所、防災点検の要対策箇所やカルテ箇所において、従来と同程度以上の精度で定期的な確認ができる	従来よりも現場作業及び記録管理で省力化(低コスト化)できる	道路土工構造物点検要領 防災点検要領	(一財) 土木研究センター

① 斬新なアイデアの取り込みや道路の周辺にある技術分野との連携による道路の多機能化・高性能化

② ICT 技術を積極的に活用し業務プロセスを改善

③ 性能規格化及び性能を確認する手法の明示により新材料・新工法の実証を推進

重点分野

※コストの制約の中で新たなニーズに対応するために、リクワイアメントの視点を全て満たした上で、トレードオフとなる部分(例えば装置等の寿命や精度、外観、使用性等)についての提案も積極的に取り入れて検討を進める。

○ガイドラインは、定期点検業務の中で受発注者が使用する技術を確認するプロセス等を例示。
 ○性能カタログは、国が定めた技術の性能値を開発者に求め、カタログ形式でとりまとめたもので、受発注者が新技術活用を検討する場合に参考とできる。

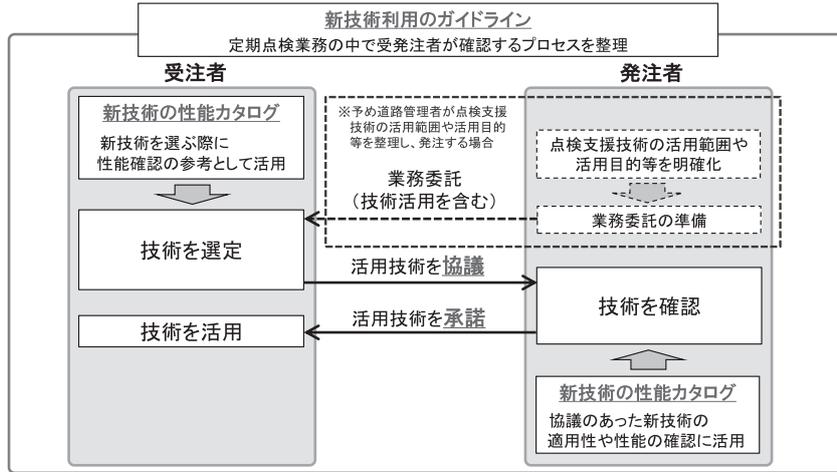


図-2 ガイドライン・性能カタログの概要

(2) 点検支援技術性能カタログ (案) の拡充

技術の性能値を標準項目として開発者に求め、カタログ形式でとりまとめたもので、受発注者が新技術活用を検討する場合に参考となるものである。画像計測技術、非破壊検査技術のほか、令和2年6月に「計測・モニタリング技術」を新たに追加した。今回の拡充により、計80技術が掲載されている (図-3, 4)。

例えば画像計測技術では、ドローン等の活用により、ハイピアや橋梁下部など、近接目視がやりづらい箇所を効率的に確認することが可能な技術や、構造物のひび割れを自動検出する技術等が掲載されている。なお、これらの技術の活用にあたっては、定期点検を適正に行うために必要な知識と技能を有する者が判断することとなり、この点、定期点検要領にも記載して

いるので、あわせて参照いただきたい。

(3) 定期点検要領の参考資料の充実

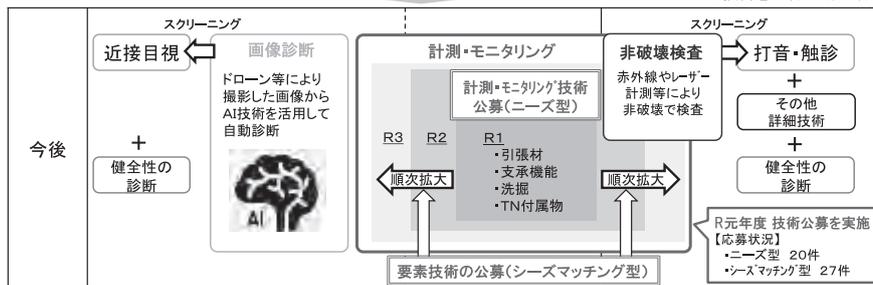
定期点検要領の参考資料は、定期点検要領の付録の内容のうち特定の項目について必要に応じて参考にできる事例・モデルや詳細な技術情報等を随時提供するものである。

今般、計測・モニタリング技術を点検支援技術性能カタログ (案) に掲載したことも踏まえ、定期点検を行う者が調査目的に応じて機器等を用いた調査 (計測) 計画の立案や結果の活用等を適切に行えるよう、「モニタリング技術も含めた定期点検の支援技術の使用について」をはじめ、新たに4つの参考資料を令和2年6月に策定した。

損傷	外観から見える損傷		外観から見えない損傷
	近接目視	外観から見えにくい損傷	
現在	近接目視		打音・触診
	又は 画像撮影技術		その他詳細技術
	健全性の診断		健全性の診断

近接目視によらない点検・診断方法を確立・導入

※技術を適材適所に活用



AIを活用した点検・診断技術の開発、計測・モニタリング技術の検証を進め、近接目視によらない点検方法をベストミックス

図-3 近接目視によらない点検方法の開発

- 応募技術の特徴を踏まえ、**画像計測技術、非破壊検査技術、計測・モニタリング技術、データ収集・通信技術**に分類
- 技術分類ごとに国がカタログ案を作成し、1月～2月の試験を通じて開発者がカタログ項目に対する性能値を整理

橋梁60技術、トンネル17技術、その他3技術 ⇒ 合計80技術を掲載(令和2年6月に16技術から80技術に拡充)

技術の分類		検出項目	カタログ分類
画像計測技術 (橋梁:24技術) [トンネル:8技術] 非破壊検査技術 (橋梁:11技術) [トンネル:6技術]	点検技術者が目視の範囲で 残存強度や負荷を推定し、 健全性を診断	腐食・斜材の変状(2技術)	画像計測技術 カタログ(既存拡充)
		ひびわれ(22技術)[8技術]	
非破壊検査技術 (橋梁:11技術) [トンネル:6技術]	点検技術者が目視の範囲で 残存強度や負荷を推定し、 健全性を診断	腐食(1技術)	非破壊検査技術 カタログ(既存拡充)
		き裂(1技術)	
		うき(7技術)[6技術]	
		漏水・滞水(1技術)	
		塩化物イオン濃度(1技術)	
計測・モニタリング技術 (橋梁:25技術) [トンネル:3技術]	定量的な推定値に基づき 残存強度や負荷を判断し、 健全性を診断	変位(10技術)[1技術]	計測・モニタリング技術 カタログ(新規)
		張力(3技術)	
		反力(1技術)	
		振動特性(7技術)[1技術]	
		電位(1技術)	
		3次元座標(3技術)[1技術]	
データ収集・通信技術 (3技術)		データ収集・通信(3技術)	データ収集・通信技術 カタログ(新規)

図-4 点検支援技術 性能カタログ(案)の掲載技術

以上のほか、令和6年度からの3巡目点検に向けて、適材適所に新技術を活用し、点検そのものを効率化・高度化していくことを目指し、求められる点検支援技術をレベルで区分(図-5)し、各レベルの技術開発が進展するよう、今後検討を進めるとともに、点検技

術者の知識・技能の確保の観点から、技術者資格制度(図-6)についても検討を進めていくことを考えている。具体的には、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会において今後議論を進めていく予定である。

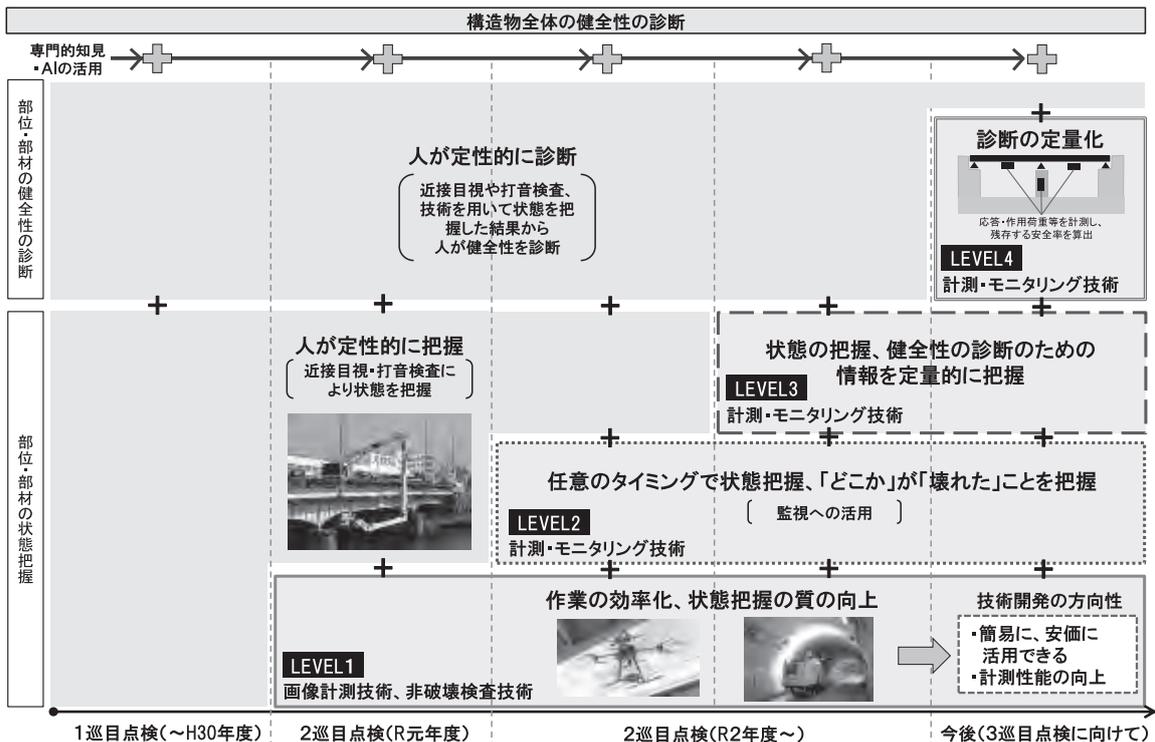


図-5 定期点検で活用する技術のレベル分け(案)

	2019(令和元)	2020(令和2)	～	2024(令和6)
定期点検要領	「近接目視」 or 「近接目視による場合と同等の診断」ができる方法			施設ごとに最適な手法を選択して点検を実施
参考資料 〔解釈基準〕	・溝橋 ・水中部	・溝橋 ・水中部 + ・モニタリング技術 (定期点検・監視) ・トンネル覆工・付属物の状態把握	引き続き拡充 施設ごとに様々な技術を組合せて実施することが合理的	<技術活用の判断の考え方> 参考資料を拡充し、技術活用を判断できる方法を整理 ・構造部材ごと ・部位ごと ・損傷ごと に整理 +
新技術 〔性能カタログ〕	点検支援技術 (16技術) 〔画像計測 非破壊検査〕	点検支援技術 (49技術) 〔画像計測 非破壊検査〕 + 計測・モニタリング技術等 (31技術)	引き続き拡充	<点検に活用できる新技術> ・近接目視 ・点検支援技術 ・計測・モニタリング技術 ・その他技術
点検者	「知識と技能を有する者」が行う			<点検技術者資格> 最適な手法(技術)を選択できる技術力を持つ技術者

図一6 3巡目定期点検の方向性について(案)

5. おわりに

道路分野における新技術の導入に向けた取組は、促進方針等の策定を機に、大きな転換期を迎えている。ポストコロナの新たな生活様式や、今後の技術開発の

進展も見据えながら、新技術が導入されるまでのスピードアップを図る必要がある。この歩みを止めることなく、継続的に取り組んでいきたい。

J|C|M|A

行政情報

道路維持管理の高度化・効率化に向けた取り組み 国道（国管理）の維持管理のあり方についての中間とりまとめを公表

岸本 達彦

国土交通省では平成 25 年 4 月に「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案）」を策定している。最近の動向や情勢の変化を踏まえ、令和元年 9 月より管理状況のフォローアップを行うとともに、道路及び他分野での ICT・AI 等の新技術の活用事例のヒアリングや有識者からの提案をいただき、国道（国管理）の維持管理の高度化・効率化について議論を重ね、令和 2 年 5 月に中間とりまとめを行った。本稿では、その概要について紹介する。

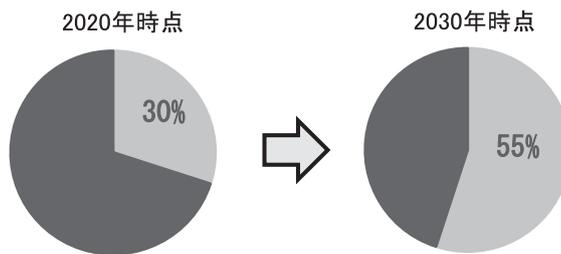
キーワード：維持管理，メンテナンス，高度化・効率化，デジタル

1. はじめに

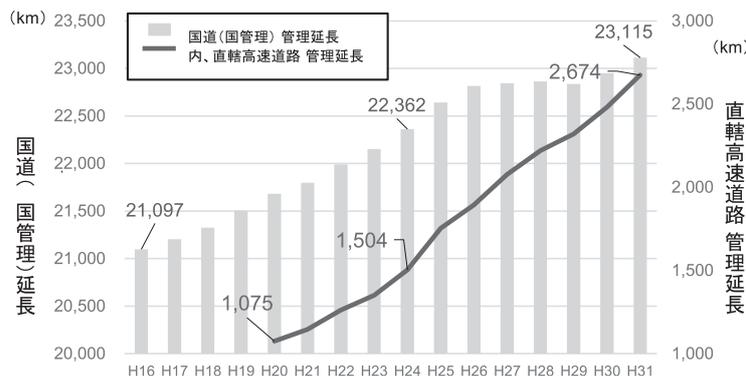
直轄国道の維持管理については、平成 25 年 3 月に「国道（国管理）の維持管理等に関する検討会」（以下、「検討会」と記載）のとりまとめを受け、同年 4 月に「国が管理する一般国道及び高速自動車国道の維持管理基準（案）」（以下、「維持管理基準」と記載）が策定されてから 6 年以上が経過した。

以降、維持管理基準に基づき、我が国の経済や社会生活を支える国管理の国道の維持管理を実施してきたが、この間にも、増加する道路の老朽化施設への対応、直轄高速をはじめとする国が管理する道路延長の増加、頻発かつ激甚化する災害への対応等による業務量の増加、維持管理に従事する建設業就業者の高齢化や担い手不足など取り巻く状況は大きく変化している（図—1～4）。

建設後 50 年を経過した橋梁の割合は、10 年後（2030 年度）には約 55% に急増

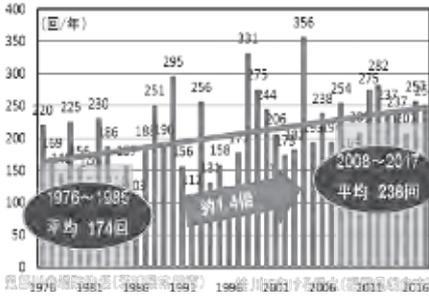


図—1 建設後 50 年を経過する橋梁の割合



図—2 国道（国管理）の管理延長の推移

■ 1時間降水量50mm以上の年間発生回数
(7マス1,000地点あたり)



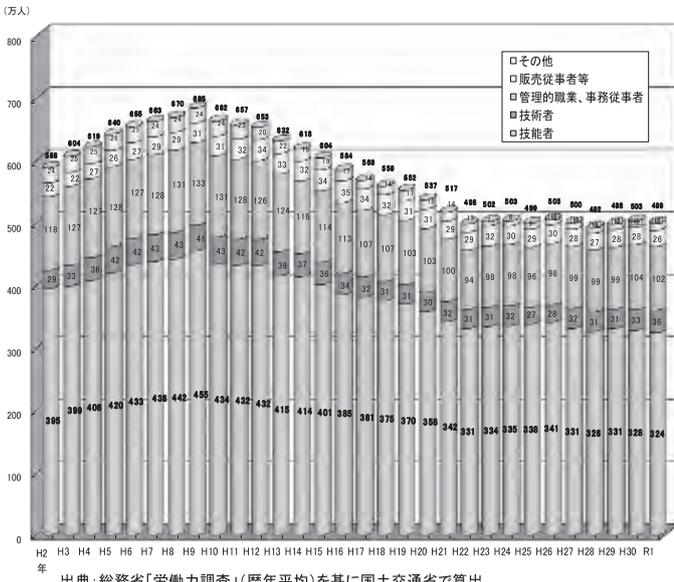
■ 近年発生した自然災害の一例

	地震	風水害	雪害
H25		鳥根県・山口県における大雨 (H25.7.26~8.3)	
H26		平成26年8月豪雨 (H26.7.30~8.26)	関東地方における大雷・暴風雪 (H26.2.14~2.19)
H27		平成27年9月関東・東北豪雨 (H27.9.7~9.11)	
H28	平成28年熊本地震 (H28.4.14, 4.16)	台風第7号、第11号、第9号、第10号及び前線による大雨・暴風 (H28.8.16~8.31)	北陸地方における大雷 (H28.1.24~1.25)
H29		平成29年7月九州北部豪雨 (H29.6.30~7.10)	中国地方における大雷 (H29.1.23~1.24)
H30	大阪北部地震 (H30.6.18) 平成30年北海道胆振東部地震 (H30.9.6)	平成30年7月豪雨 (H30.6.28~7.8) 台風第21号による暴風・高潮等 (H30.9.3~9.5)	首都圏における大雷 (H30.1.22~1.23) 福井を中心とした大雷 (H30.2.3~2.8)

図一 3 近年の災害の発生状況

技能者等の推移

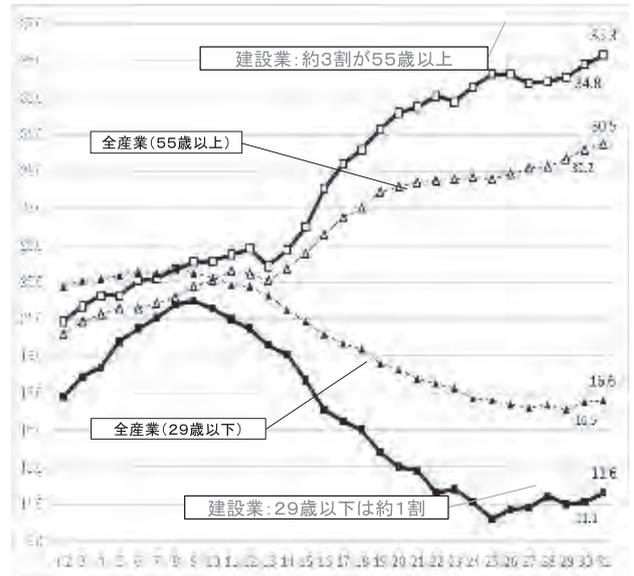
- 建設業就業者： 685万人(H9) → 498万人(H22) → 499万人(R1)
- 技術者： 41万人(H9) → 31万人(H22) → 36万人(R1)
- 技能者： 455万人(H9) → 331万人(H22) → 324万人(R1)



出典：総務省「労働力調査」(暦年平均)を基に国土交通省で算出
(※平成23年データは、東日本大震災の影響により推計値)

建設業就業者の高齢化の進行

- 建設業就業者は、55歳以上が約35%、29歳以下が約11%と高齢化が進行し、次世代への技術継承が大きな課題。
※実数ベースでは、建設業就業者数のうち平成30年と比較して55歳以上が約1万人増加、29歳以下は約2万人増加。



出典：総務省「労働力調査」を基に国土交通省で算出

図一 4 建設業就業者の推移

一方、ICT や AI 等の新技術が急速な勢いで進展しており、道路をはじめとする様々な社会インフラで、維持管理業務への ICT・AI 等の新技術活用が広がってきている。

今回、最近の動向や情勢の変化を踏まえ、令和元年9月より検討会を再開し、現行の維持管理基準に基づく管理状況のフォローアップを行うとともに、道路及び他分野での ICT・AI 等の新技術の活用事例のヒアリングや委員からの提案をいただき、国道(国管理)の維持管理の高度化・効率化について議論を重ね、令和2年5月に中間とりまとめを行った。

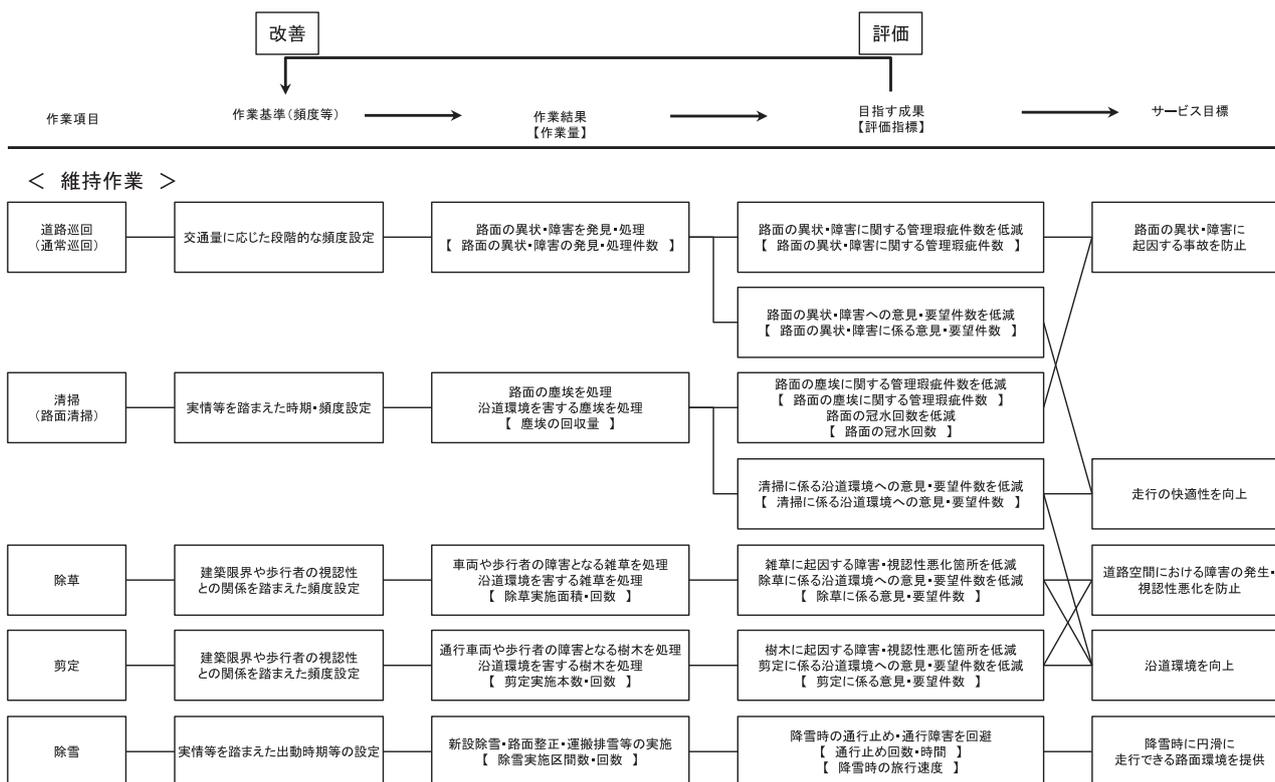
2. 国道(国管理) 管理状況フォローアップと今後の検討・改善

平成25年4月に策定された維持管理基準では、国が管理する一般国道及び高速自動車国道を対象に、道路巡回、清掃、除草、除雪などの作業項目毎に、道路巡回では1日あたり交通量が5万台以上の道路は1日1回、除雪では新雪5~10センチ程度の積雪量を目安に実施するといった標準的な作業基準を定めている(図一5)。

また、維持管理基準では、サービス目標を踏まえた維持管理を進めることとされており、維持作業の分野においては、「路面の異状・障害に起因する事故を防止」、「走行の快適性を向上」等5つの目標が設定され



図一5 維持管理基準(案) 抜粋と維持作業の内容

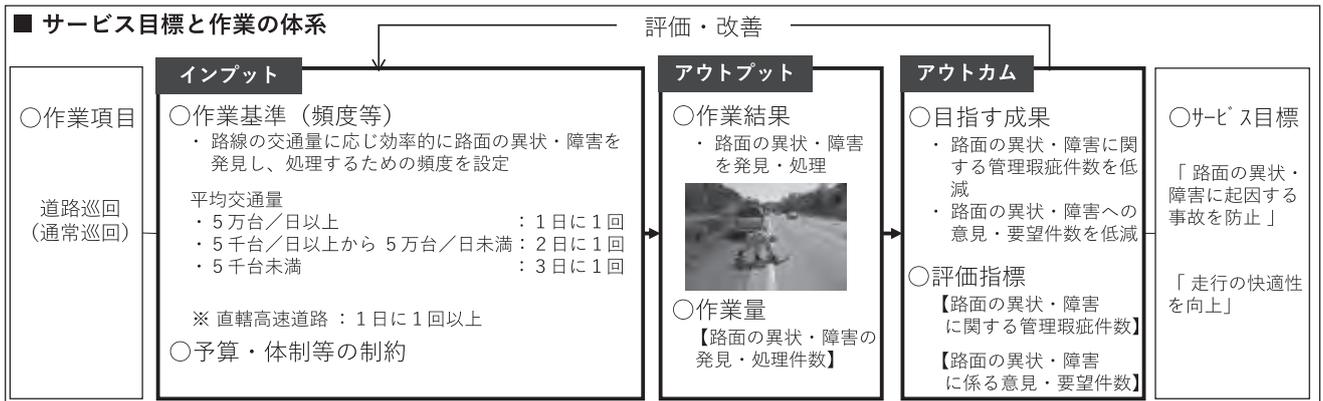


図一6 維持管理におけるサービス目標と作業の体系

ている。また、維持管理の改善のため、作業量（アウトプット）及び評価指標（アウトカム）に関するデータの取得に努め、それらを評価することとされている（図一6）。

(1) 国道（国管理）の維持管理基準に基づく管理状況のフォローアップについて

今回、作業項目毎に作業量（アウトプット）や評価指標（アウトカム）に関するデータを整理し、その推移等を確認することで、これまでの管理状況のフォローアップを行った（図一7）。



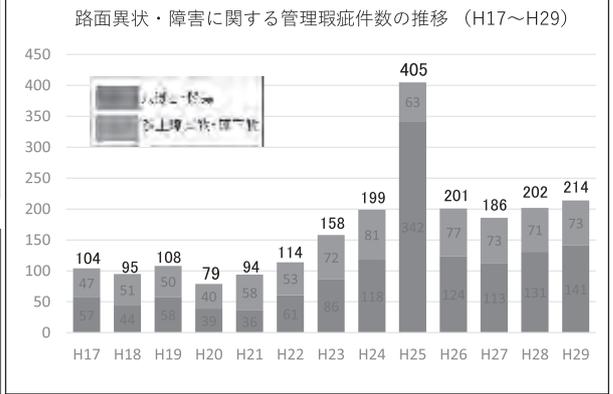
■ 作業量 (アウトプット) ・ 評価指標 (アウトカム)

- ▶ 作業量 (アウトプット)
 ・路面の異状・障害の発見・処理件数は、国道(国管理)全体で、年間70~80万件で推移し、落下物処理が大半を占める
- ▶ 評価指標 (アウトカム)
 ・路面異状・障害に関する管理瑕疵及び意見要望の件数は増加又は横ばいで推移(年間約200件)し、低減はしていない
 ・積雪寒冷地では降雪期、その他の地域では大雨後に意見要望が多くなる傾向
 ・直轄国道に比べ、直轄高速道路の巡回頻度は高いが、意見要望件数は約2倍

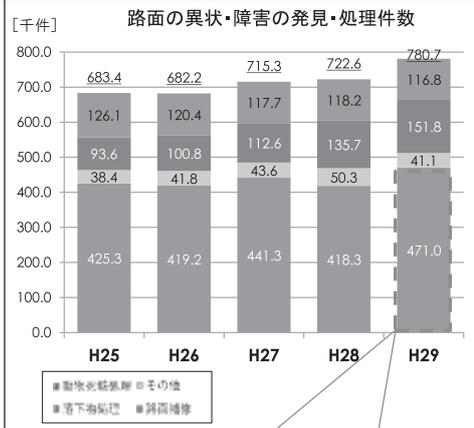
■ 評価・改善

- ▶ 路面異状・障害に関する管理瑕疵及び意見要望の件数は横ばいで推移し、低減はしていない状況や意見要望が気象条件に左右され特定の地域・時期等に多くなる傾向などを踏まえ地域属性や季節変動に配慮した効率的・弾力的な作業の検討を行う必要
- ▶ 直轄高速道路は高いサービス水準を求められており、引き続き高頻度の巡回が必要だが、管理延長が今後も増加することからも、維持管理のあり方について検討が必要

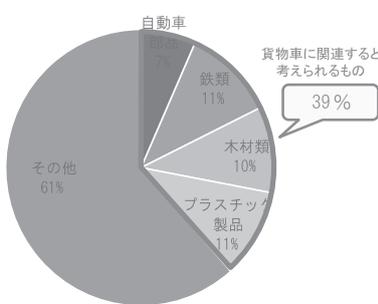
■ 評価指標 (アウトカム)



■ 作業量(アウトプット)



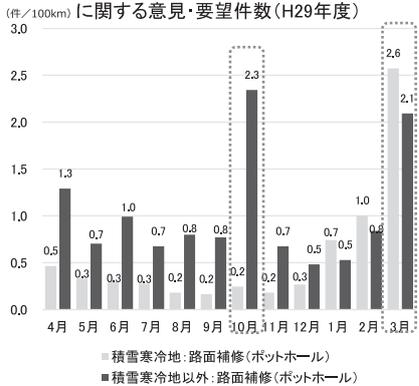
落下処理物の内訳(H29年度)



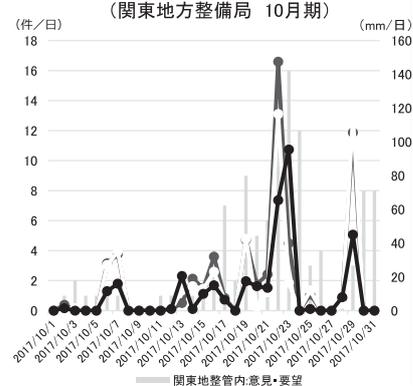
■ 評価指標(アウトカム)



月別地域別管理延長あたりの路面補修(ポットホール)



ポットホールに関する意見・要望と降水量の関係 (関東地方整備局 10月期)



図一七 通常巡回のサービスレベルの評価フォローアップの例

(2) 今後の検討・改善

今回の管理状況のフォローアップを踏まえ、国道(国管理)の今後の維持管理のあり方について、円滑で安全な交通機能の確保や、賑わいをはじめとする多様なニーズに応える道路空間の形成など、道路が備えるべき機能確保を目指し、以下の検討・改善項目が示された。

- (a) 地域属性や季節変動に配慮した弾力的な運用
 - ・評価指標の値は、気象状況や季節特性、交通状況、沿道利用状況等と密接な関連がみられることから、地域属性や季節変動に配慮した弾力的な運用により、管理の効率化を図る。
 - ・地域毎に評価指標と周辺環境(気象状況、季節特性、交通状況、沿道の土地利用状況等)との関係を分析し、また箇所・時期と管理瑕疵や意見要望発生傾向を把握して、意見要望を受け処置する事後対応から、予め処置する計画対応へ転換を図るべき。
 - ・自転車の利用増加に伴い、自転車の管理瑕疵の件数が増えている状況も踏まえ、道路の利用状況の変化への配慮が必要。
- (b) 地域や民間等との連携促進
 - ・地域や民間等との連携を一層促進し、地域の実情を踏まえた維持管理を実施し、道路の機能維持と良好で魅力的な道路空間の創造を進めるべき。
 - ・道路空間を活用した収益活動と公的活動を合わせて行う団体を指定する「道路協力団体制度」を活用した取組を促進し、良好で魅力的な道路空間の形成、地域の実情に応じた維持管理を図るほか、得られた収益を維持管理に還元する取組も進めるべき。
 - ・道路利用者団体と協力して、ドライバーに対して落下物防止の啓発に関する取組を展開し、未然防止に取り組むこと。
- (c) 進展が著しい ICT・AI 等の新技術の積極的な活用
 - ・ICT・AI 等の新技術の積極的な活用により、限られた人員、予算の中で、道路サービスレベルの維持・向上を図るべき。
 - ・国管理のうち直轄高速は管理延長が増加する中、高いサービスレベルを求められており、特に効率的な維持管理の検討をすべき。

(3) まとめ

今回、国道(国管理)の管理状況についてフォローアップを行ったが、引き続き作業量や評価指標に関す

るデータを継続して収集・整理を行い、維持管理の政策立案に反映することが求められた。

さらに、交通状況等と評価指標の関連性など、よりきめ細やかな分析を行い、現行の受動的・事後保全的な取り組みから、能動的・予防保全的な取り組みへの移行を図る方向性が示された。

3. 国道(国管理)の維持管理における ICT・AI 等の新技術の活用に向けて

検討会においては、技術開発が幅広く行われ、その進展が早いことも踏まえ、道路管理者や他のインフラ管理の分野で開発・活用されている技術を広く求める視点から、委員からの提案をいただくとともに、道路管理者や他のインフラ管理者での ICT・AI 等の新技術活用事例についてヒアリングを実施し、議論を行った。

その上で、維持管理の高度化・効率化について以下に示す今後の方向性が示された。

(1) 取り組み方針

国道(国管理)の維持管理において、道路の安全・安心を確保するとともに、道路のサービスレベルの維持・向上を図るために、ICT・AI 等の新技術の積極的な活用を進め、効率的なメンテナンスオペレーション体制の構築を図ることで、維持管理に係る技術開発の促進、熟練技術者の減少が見込まれる中での技術・ノウハウの蓄積・継承、新たなサービスや価値の創出を目指す。

また、その際の留意点として下記の項目が示された。

- ・ICT・AI 等の新技術の活用にあたっては、道路以外のインフラ分野の活用事例も参考に、現場ニーズやシーズ、研究・開発状況等を踏まえ、広く技術を求める。
- ・Small Start で機動的に導入を図り、試行錯誤しながら継続的に取り組んでいく姿勢が重要であり、その結果を検証し、改良を行う。
- ・維持管理データ(道路構造物の点検・診断結果、補修履歴等)の解析、可視化を進め、組織内(本省・地方整備局・事務所・出張所)で共有、評価して維持管理の方針決定を行う等、インパクトのある技術活用を進める。
- ・自動運転等新たな道路の利用も念頭に、今後の維持管理基準やサービス水準のあり方も視野に入れつつ、新技術の活用を検討する。
- ・ICT・AI 等の新技術の導入にあたっては、地方

管理の道路への展開を視野に、コスト面、作業性等を検討しつつ、積極的に活用を行う。今後、新技術活用指針やデータ蓄積等のガイドライン等を整備し、全国の道路におけるデータ統合や連携の枠組みを検討する。

- ・道路は上空や地下を含めて重層的に使用されていることから、道路空間に収容される地下埋設物等の各種インフラデータを一元的に管理することも検討する。
- ・道路は一般に広く利用されるため、安全・安心を確実に担保する必要があることから、技術の信頼性・確実性を検証し、導入・展開を進める必要がある。

(2) 取り組みを支える制度・基準の整備及び体制確保、人材育成について

ICT・AI等の新技術の導入にあたっては、既存の制度・基準等が対応していないことが考えられることから、開発や実証の状況を踏まえ、技術導入に必要な制度、基準等（維持管理基準、業務・工事の積算基準、調達・契約制度）の見直し等の検討を行う。

また、実行するための体制確保の検討や、人材の育成・教育のため地方整備局、地方自治体の技術者を対象とした研修会や実技訓練を実施する等、サポートや

フォローを行う仕組みづくりも重要。

(3) ICT・AI等の新技術の導入に向けて

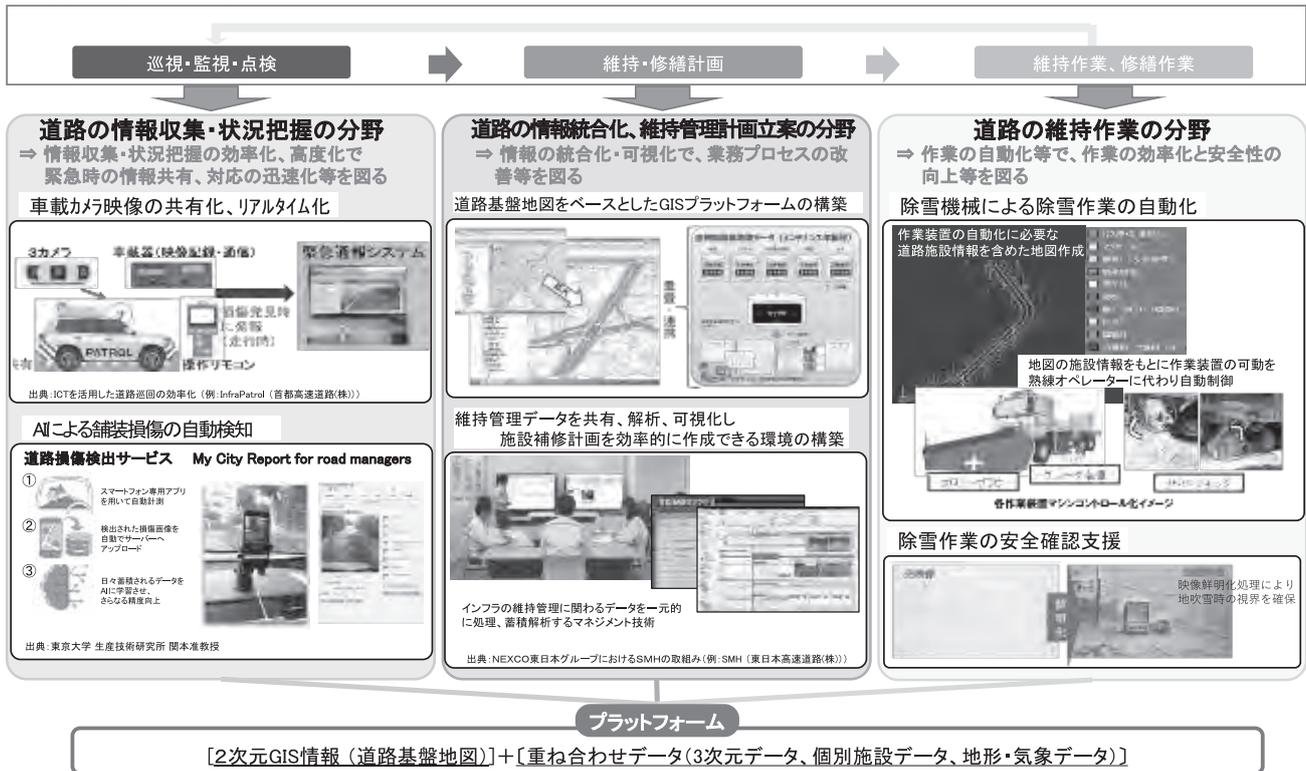
国において、今回の提言を基に、直轄国道の日常的な維持管理に新たな技術を活用するための「道路デジタルメンテナンス戦略」を策定し、維持管理の技術開発の促進や技術・ノウハウの蓄積・継承、新たなサービスや価値の向上を目指していく（図—8）。

また、新技術の段階的な導入を目指し、「道路の情報収集・状況把握」、「道路の情報統合化・維持管理計画立案」、「道路の維持作業」の各分野における導入技術のロードマップを作成した（図—9）。

4. おわりに

今回、国道（国管理）のフォローアップを実施したが、引き続き作業量や作業指標に関するデータを継続して収集・整理し、定期的に管理状況の確認に務め、維持管理の政策立案に反映するべきと考える。また、地域の属性に応じた適切な維持管理の実施、例えば、降雨後の巡回頻度を増やしたり、除草の重点実施期間を設けたりするなど基準の弾力的な運用を行うことも必要である。今後は要望を受けてから事後的に対応するのではなく、どのようなカ所、時期に異状が多く発

(メンテナンスオペレーション)



図—8 道路デジタルメンテナンス戦略イメージ

分野	導入技術	現在の状況	ステージ (今後の予定)					
			R2 (2020)	R3 (2021)	R4 (2022)	R5 (2023)	R6 (2024)	R7 (2025)
A 道路の信頼収集・状況把握の分野	① AIを活用した道路状況の効率化を支援する技術	①地盤(中部圏)で現場実証中	現地実証	評価改良	標準			
	② AIを活用し、CCTV画像から交通障害を自動検知する技術	②地盤(関東・近畿)で現場実証中	現地実証	評価改良	標準			
	③ AI・ドローン等の工機連携による効率的な道路点検・点検データの活用・緊急時の対応の効率化を支援する技術	R2夏頃より、現場実証開始	調査・研究	現場実証	評価改良	標準		
	④ AIを活用し、路面状況から道路の劣化を自動検知する技術	R2夏頃より、現場実証開始	調査・研究	現場実証	評価改良	標準		
	⑤ GINT等の活用による道路の信頼収集・状況把握の効率化を支援する技術	R2夏頃より、現場実証開始	調査・研究	現場実証	評価改良	標準		
	⑥ 緊急時等に利用される緊急車両の優先通行を支援する技術	R2夏頃より、現場実証開始	調査・研究	現場実証	評価改良	標準		
B 道路の信頼収集・状況把握の分野	① 10年以降の経年劣化を予測するGISプラットフォーム技術	構築中		標準	実証			
	② AIを活用した道路点検・点検データの活用・緊急時の対応の効率化を支援する技術	R2夏頃より、現場実証開始	調査・研究	現場実証	評価改良	標準		
	③ 設計・施工時の3Dモデルを維持管理へ活用する技術	—	調査・研究		現場実証	評価改良		
	④ 地下埋設物データベース(共用体など)の三次元データベースを統合化する技術	—	調査・研究		現場実証	評価改良		
C 道路の信頼収集・状況把握の分野	① 作業効率向上・作業安全向上を支援する技術	③地盤(北陸・東北・北海道)で現場実証中	現地実証		評価改良	標準		
	② 維持作業(点検・清掃等)の効率化を支援する技術	—	調査・研究		現場実証	評価改良		
	③ 緊急時等に利用される緊急車両の優先通行を支援する技術	—	調査・研究		現場実証	評価改良		

※今後の予定は、あくまでも現時点の想定であり、調査研究や現場実証等の進捗状況により、変更等が生じる場合があります

図一 導入技術ロードマップ (素案)

生ずるかという傾向を把握することで、予防保全的な維持管理への転換を目指したい。

さらに、「道路デジタルメンテナンス戦略」を推進し、維持管理の高度化、効率化により、道路サービスレベルの維持・向上を目指していきたいと考えている。

JCMA

【筆者紹介】
 岸本 達彦 (きしもと たつひこ)
 国土交通省
 道路局 国道・技術課 道路メンテナンス企画室
 係長

移動式防護柵「ロードジッパーシステム」

澤田石 貞 彦

高速道路上の工事に伴う車線規制において、規制内への一般車両の誤進入防止などの安全性および規制作業の効率性向上のため、新たな交通規制技術として高速道路リニューアルプロジェクト（大規模更新・修繕事業）などの交通規制および交通運用に移動可能な防護柵「ロードジッパーシステム（Road Zipper System）」（以下「本システム」）を活用している。本稿では、導入にあたっての効果検証から高速道路の車線規制および車線運用への活用に伴う安全性の向上と渋滞抑制の効果、並びに今後の展開等について報告する。

キーワード：高速道路，老朽化，リニューアル工事，防護柵，交通規制，移動式

1. はじめに

日本における高速道路インフラの整備が始まって約半世紀が経ち高速道路の老朽化が進むなか、各高速道路会社では安全・安心を次の世代に繋ぐために橋梁やトンネルなどの大規模更新・修繕事業を行う高速道路リニューアルプロジェクト（以下「リニューアル工事」）を順次実施している。リニューアル工事においては、通行止めによる工事実施も一部あるものの、多くは一般車両を通行させながら行うため、従来の「ラバーコーン」による規制では一般車両の規制内への誤進入を完全に防止することはできず作業員の危険性は高いものとなっている。

一方で「ラバーコーン」より硬固な「仮設カードレール」による規制においては、設置にクレーン等を使用するため作業に時間が掛かり渋滞発生の要因にもなっている。そのため、東日本高速道路株（以下「NEXCO 東日本」）では、走行車両の誤進入防止による安全性の向上とともに規制作業の効率化による渋滞抑制を図るため、新たな交通規制技術である専用の作業車両 Barrier Transfer Machine（以下「専用作業車」という）を用いた移動可能な防護柵（本システム）（写真—1）を導入・活用している。

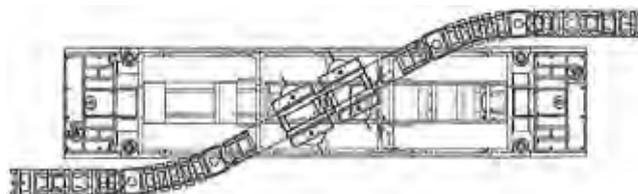
本システムは米国の Lindsay Transportation Solutions Sales & Service LLC（以下「LINDSAY 社」）が開発・製造・販売したシステムであり、NEXCO 東日本グループが LINDSAY 社と契約締結し、日本国内での販売・リース等を全て行っている。システムの概要は専用作



写真—1 専用作業車の作業状況（海外の事例）

業車の床下に曲線ガイドケーブルを装着したコンベアシステム（図—1、写真—2）により専用の防護柵ブロックの位置を車線横断方向に 3.0 m ～ 5.5 m の範囲で移動させるものである。

使用する防護柵ブロックは 3 種類あり、主に使用するのは鉄筋コンクリート製防護柵ブロック（写真—3）で高さ 810 mm，幅 460 mm，延長 1,000 mm，1 基当りの重量は約 680 kg あり、それ以外は道路線形や縦断勾配に追従するために一定間隔に配置する伸縮可能な鋼製エクステンション（写真—4）と、車両の衝突等を緩和するために規制端部に設置する緩衝用防護柵



図—1 専用作業車構造概念図



写真一 2 専用作業車およびコンベア部



写真一 5 緩衝用防護柵

(写真一 5) で構成される。



写真一 3 コンクリート製防護柵ブロック



写真一 4 鋼製エクステンション

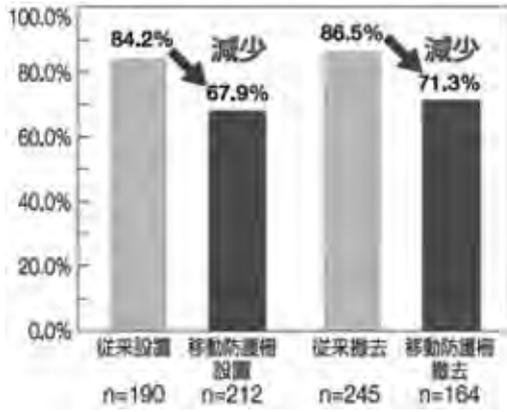
2. 本システム導入にあたっての検証

NEXCO 東日本グループでは、本システムの日本への初導入にあたって有用性の確認検証のため実証実験(常磐自動車 2016.4～7)を実施(写真一 6)し、ラバーコーンによる従来規制方式と比較して本システムが走行車両(運転手)に与える安全性および走行信頼性の高いことを確認している。具体的には高速道路上でラバーコーンおよび本システムそれぞれの規制を同時に実施して、規制区間を走行する車両の挙動を跨道橋上に設置した固定カメラとラバーコーン設置車両および専用作業車の追従カメラを用いて撮影し、画像分析を行った。その結果、規制の設置・撤去作業時において、車両が避走挙動する割合はラバーコーン方式と比べ 15% 程度低下し(図一 2)、車線の規制時では、走行車両がブレーキを踏む挙動はラバーコーン方式と比べ減少した(図一 3)。

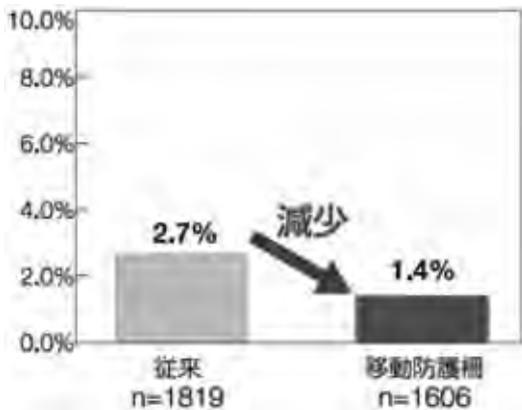
その後、東京外かく環状道路の建設工事や関越自動車道の付加車線設置工事の規制への活用を進め、本システムの特長である規制材の迅速かつ効率的な設置・撤去および安全の確保等を確認し、本格的にリニューアル工事での活用を進めており、その具体的な事例・取組みを以下に紹介する。



写真一 6 常磐自動車道での実証実験(規制比較)



図一 2 車両の挙動比較 (避走挙動)



図一 3 車両の挙動比較 (ブレーキ挙動)

3. 本システムの本格導入・活用

(1) 道央自動車道 島松川橋リニューアル工事

道央自動車道 (以下「道央道」) のうち、供用から約 49 年が経過し雪氷対策作業による凍結防止剤等の影響を受けて老朽化が顕著な島松川橋の床版取替工事の実施にあたり、渋滞抑制等への対応として車線運用・交通規制に本システムを活用した。

(a) 区間の概要

本システムを活用した島松川橋は、北海道の玄関口の新千歳空港と主要都市の札幌を結ぶ北海道内の高速道路のうちでも重要な路線および区間である道央道恵庭 IC ~ 北広島 IC 間に位置し日断面交通量は約 40,000 台が通行する上下線各 2 車線の区間である。

(b) 交通規制の検討

本工事は上下線のうち上り線側の橋梁床版を取替る工事であるが、先の記載のとおり重要路線かつ区間であることから長期間にわたって上り線を通行止めすることは困難であるため、下り線を規制して対面で通行させる交通規制の検討を行った。一方、当該区間の交通特性として新千歳空港を利用するお客さまや札幌を中心とした物流・営業車などの影響により月曜日～土

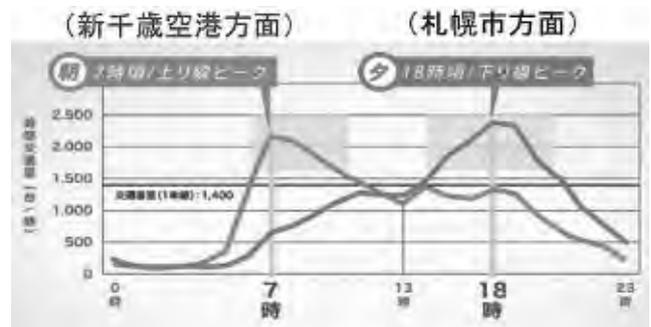
曜日の利用交通量は、午前は上り線 (札幌⇒新千歳空港) が多く午前 7 時頃がピーク、午後は下り線 (新千歳空港⇒札幌) が多く 18 時頃がピークとなっており、上下線の時間帯交通量の差が顕著でそれぞれのピーク時の時間交通量は共に 1 車線の交通容量 (1,400 台/h) を超える交通量であることから対面での通行規制では日々渋滞が発生すると予測された (図一 4)。

① 時間帯別車線運用計画の検討

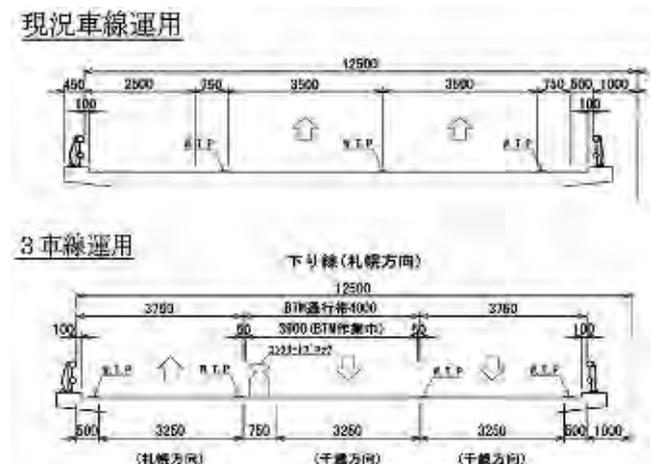
そのため渋滞抑制対策として、路肩および車線の幅員をそれぞれ 1.25 m → 0.50 m, 3.50 m → 3.25 m に可能な範囲で縮小し、下り線において 3 車線分を確保し「上り 2 車線・下り 1 車線」⇔「上り 1 車線・下り 2 車線」と月曜日～土曜日の交通特性に合わせて時間帯による車線切替えを計画した (図一 5)。なお、日曜日の利用交通量は午後もし上り線は 1 車線交通容量を下回らないことから、新千歳空港へのアクセスの定時性を確保するため、終日上り線は 2 車線運用とした。

② 交通規制・運用計画の検討

日々の対面通行の車線切替に関して、日本で対面通行規制に使用実績のある簡易中分 (ポストコーン) での規制では、交通管理者から「重交通区間では正面衝突等の重大事故の発生リスクが高い」との意見があったことや、通行止めを伴わずに車線切替を行うこ



図一 4 上下線別時間交通量図



図一 5 車線運用図

とは不可能であることから、通行車両の安全性の確保および規制材設置作業の効率化が図られ、欧米で車線切替の実績のある本システムの活用検討を進め、交通管理者と「防護柵ブロックによる仮設中央分離帯の構築、時間帯に応じた中央分離帯の切替による車線数の変更計画」の協議を行い、その結果、日本国内で初めてとなる高速道路本線上での2車線⇔1車線への車線切替、交通規制を本システムにより実施した。

(c) 交通規制の実施

実際の交通規制は、2018年5月末から7月中旬（日曜日を除く）まで、毎日昼12時～13時および深夜0時～翌1時の時間帯で本システムでの仮設中央分離帯の移動による上下線の車線数の切替を実施した（図-6、写真-7）。

(d) 本システムの導入効果

今回、本システムによる交通規制を実施した結果は、各1車線での対面通行規制を通常どおり実施した場合、平日（月曜日～土曜日）での渋滞日数および最大渋滞長の予測は上り線で37日・18km、下り線で27日・18kmに対して実際の渋滞発生は上り線で0日・

0km、下り線で6日・3.4kmとなり、休日では渋滞日数・最大渋滞長の予測は上り線で5日・14km、下り線で6日・8kmに対して実際の渋滞発生は上り線で0日・0km、下り線で6日・5.1kmと、予測に対して渋滞は軽減され、平日・休日とも渋滞抑制効果が得られた。また大きな事故もなく、防護柵ブロックによる中央分離帯突破の回避などお客さまの安全にも寄与したものと考えられる。

(2) 北陸自動車道 高瀬橋リニューアル工事

北陸自動車道（以下「北陸道」）のうち、供用から約42年が経過し老朽化・劣化が顕著である高瀬橋の上り線（長岡方面）の床版取替工事において渋滞抑制等への対応として交通規制に本システムを活用した。

(a) 区間の概要

本システムにより交通規制を実施した高瀬橋は、北陸道 長岡JCT～中之島見附IC間の長岡JCTの分岐手前に位置し、長岡JCTの北陸道（富山方面）への分岐ランプ（変速車線部）を含んでおりJCTのランプ車線を含めると3車線分の幅員が確保されている。

(b) 車線運用・交通規制の検討概要

当該区間の交通量は、日断面交通量 約32,000台と比較的多く、通常、床版取替工事を行う際の交通規制は、上り線の工事の場合、上り線を通行止めして下り線の2車線を活用してそれぞれ1車線に絞って対面通行により交通を確保するが、今回、通行車両を1車線に絞った場合には、上下線ともそれぞれ大きな渋滞の発生が予測され大規模な交通規制が必要となる。そのため、当該橋梁の幅員が3車線分ある特色を活かし、更に通常の1車線3.5mの幅員を3.25mに縮小して床版取替の施工範囲を幅員方向に3分割し、通行可能車線を2車線確保しながら1車線ずつ床版を取替る施工方法と交通規制検討を進めることとした。

これにより、いずれかの車線を施工する際でも通行可能車線を2車線確保することができ、広い施工ヤードを必要とするラフタークレーンの作業では交通量の少ない時間帯に通行可能車線を1車線に絞って作業ヤードを2車線分確保して、日々、時間帯によって規制車線の切替を行うこととした（図-7）。

(c) 本システムの導入効果

2018年8月下旬～11月中旬での交通規制の実施にあたっては、平日（月曜日～土曜日）の時間交通量が多い7時～12時の間は通行可能車線を2車線確保し、それ以外の12時～翌7時は2車線を規制して通行可能車線は1車線に設定して規制した2車線で工事を実施した。また休日は7時～20時の間、2車線の通行

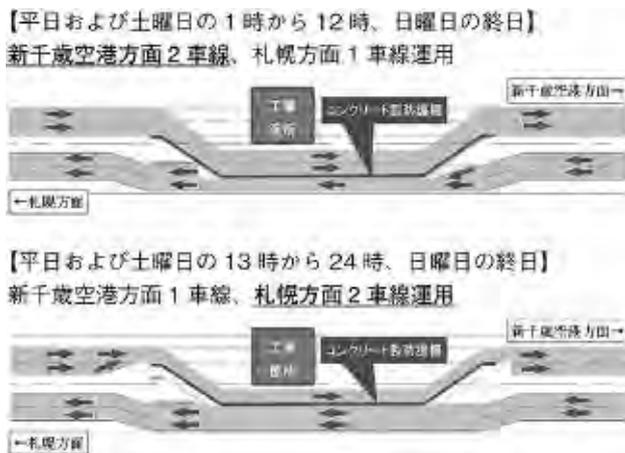
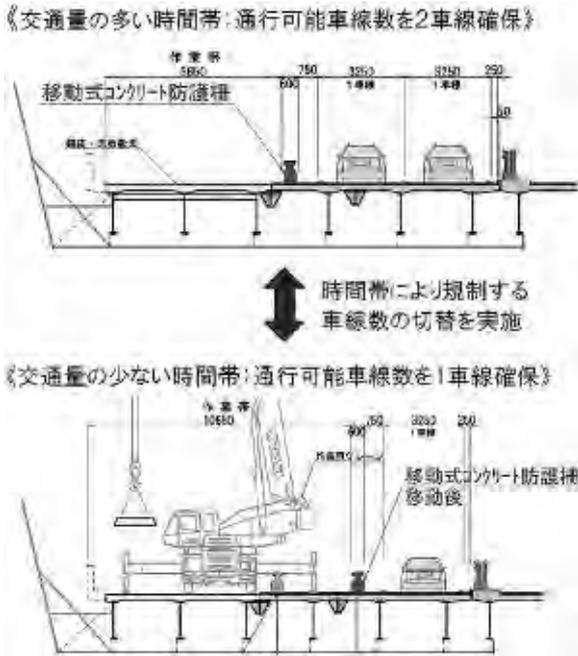


図-6 交通規制図（道央道）



写真-7 交通規制状況（道央道）



図一七 施工時の幅員構成図（北陸道）



写真一八 交通規制状況（北陸道）

可能車線を確保し、それ以外の20時～翌7時は通行可能車線を1車線として防護柵ブロックの切替を本システムにより実施した（写真一八）。

なお、工事実施期間は雨天日が多く、床版取替に付随する工事が降雨の影響を受けて作業の工程管理に苦慮されたものの予定期間内で床版取替を完了することができた。その間、工事による渋滞は最大3.0kmの渋滞が30分程度、最大1.7kmの渋滞が2時間程度と2回発生したものの、いずれも比較的小規模であり、工事規制による渋滞の観点からはお客さまへの影響は最低限に抑えられ、防護柵ブロックによる中央分離帯突破の回避、大きな事故も無くお客さま並びに作業員の安全の確保にも寄与したものと考えている。

(3) 他的高速道路会社による活用事例

本システムはNEXCO 東日本が日本で初めて導入したものの、当社以外にもNEXCO 中日本の東名高速道路リニューアル工事の交通規制に本システムが活

用されており、下記の工事においては対面通行規制の仮設中央分離帯に防護柵ブロックを設置し、車両の中央分離帯突破による重大事故の防止および仮設中央分離帯の設置・撤去に要する期間の短縮を図るために本システムが活用された。

- ・2017年度 東名リニューアル工事（東名高速道路 沼津IC～富士IC間）
規制種別：昼夜連続・対面通行規制
工事内容：赤渕川橋（下り線）床版取替
- ・2018年度 東名リニューアル工事（東名高速道路 裾野IC～富士IC間）
規制種別：昼夜連続・対面通行規制
工事内容：下長窪橋（上り線）および愛鷹橋（上り線）床版取替

4. 今後の展開について

(1) 更なる本システムの活用

令和2年現在、NEXCO 東日本およびNEXCO 中日本のリニューアル工事を中心に多くの工事で本システムの活用が進められる中、新たにNEXCO 西日本においても中国自動車道リニューアル工事で本システムによる工事規制・車線運用が計画され、日本各地の高速道路工事において本システムの活用が進められてきている。

(2) 更なる効率化に向けて

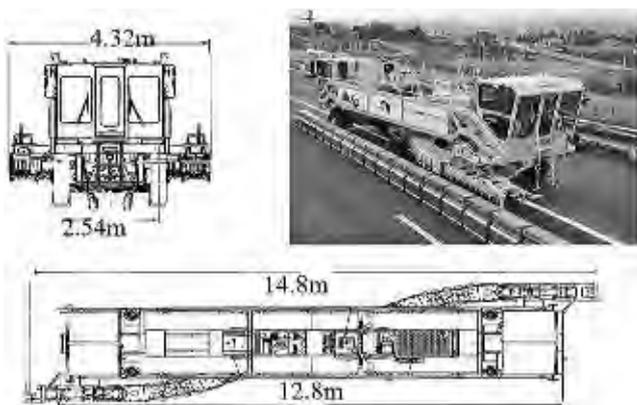
高速道路工事で本システムが多く活用される一方で、本システムの活用における課題もあり、米国を含め海外で多く使用されているものの、専用作業車の形状等は車線数も多く広い海外の道路に適合した大型となっており、その数値は表一1のとおりとなっている。

現在、専用作業車の輸送は、日本の大型特殊車両形状の一般制限値を超え各種規定値に適合していないためコンベアを取外した上で低床トレーラーに積載しての運搬となり、かなりの時間・労力・費用を要している。

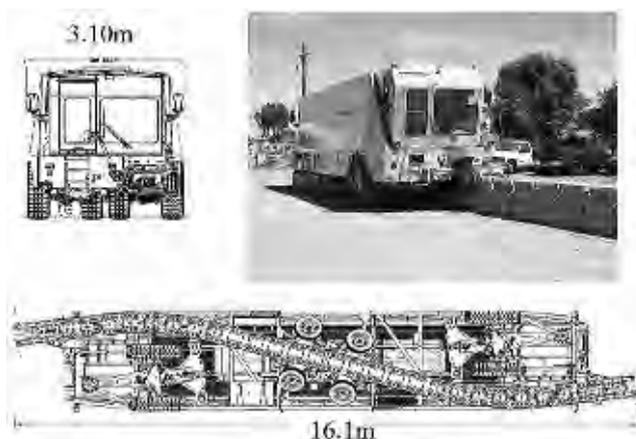
また、工事規制用の専用作業車（図一8）の他に車線運用に使用する専用作業車（図一9）があり、車線運用の専用作業車は日本の1車線内に収まるが車両重

表一1 専用作業車形状数値

工事規制用専用作業車	
（ ） コンベア外し数値	
幅	4.32 m (2.54 m)
車両長	14.8 m (12.8 m)
重量	22 t (20 t)



図一8 工事規制用専用作業車



図一9 車線運用専用作業車

量が25t以上で橋梁等を通行するには過重関係の確認が必要で、いずれの専用作業車においても移動に際してかなりの時間と労力が掛かるものとなっている。

このためNEXCO東日本グループでは、より安全に効率的に本システムを活用するために専用作業車のコンベア部を外さずに工事規制内（1車線内）での走行が可能で、特別な低床トレーラーではなく通常のトレーラーで運搬可能な車両のサイズなど、日本の仕様検討とともに専用作業車の小型化の開発をLINDSAY社とともに進めている。

5. おわりに

高速道路を末永く安全にご利用頂くため、今後、高速道路リニューアル工事は更に増える見込みであり、一方で高速道路上における工事の交通規制への一般車

両の誤進入による事故対策や、重交通量かつ長期間となる交通規制内作業の安全性確保が課題となっている。また、併せて夜間等の限られた時間帯で交通規制内作業を効率良く行う必要があり、これらの工事規制の安全性・効率性の向上に本システムが寄与するとともに工事の渋滞対策として多くの機関に活用されることを望んでいる。

JCMA

[筆者紹介]

澤田石 貞彦（さわたいし さだひこ）
東日本高速道路(株) 技術本部 事業創造部
事業創造部長



ウォータービュー高速道路プロジェクト

佐藤 誠 治

ウォータービュー高速道路プロジェクトは、ニュージーランドの中心都市オークランドで長年未完成であった高速道路区間を延長 2,400 m のシールドトンネル（上下線 2 本）により接続する同国最大規模のインフラプロジェクトである。

日本からの技術移転により、ニュージーランド初となる大断面シールドトンネル（掘削径 14.5 m）を採用。幹線道路交差部での大がかりな迂回や工事のための開削、覆工といった周辺交通への影響を回避した。工期短縮、コスト削減に寄与しこのプロジェクトを実現したことが高い評価を受け JAPAN コンストラクション国際賞を受賞することとなった。本稿ではその概要を報告する。

キーワード：交通の円滑化、施工の合理化、トンネル、工期短縮、コスト縮減

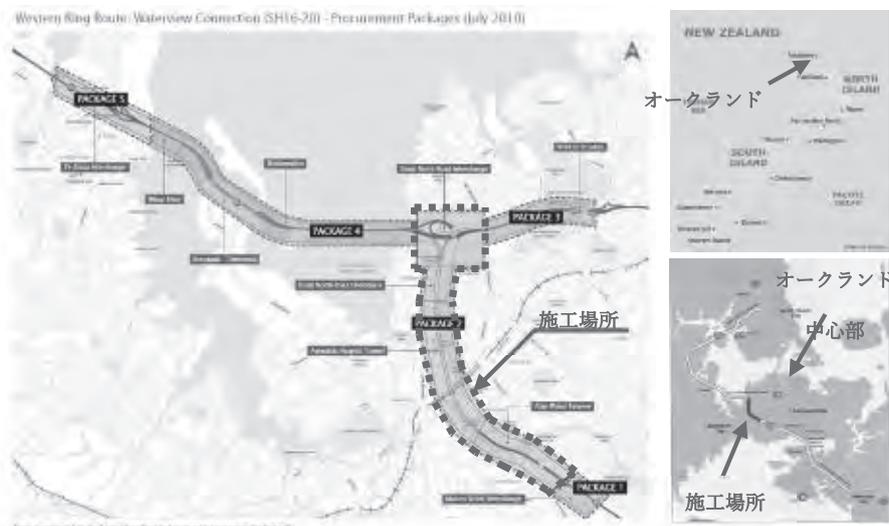
1. はじめに

ニュージーランドの北島北部に位置するオークランド市は、ニュージーランド最大の都市であり、総人口の約 3 分の 1 が集中する経済・商業の中心地である。しかし、都市部の交通渋滞は、悪化の一途をたどっており、その緩和が喫緊の政策課題となっていた。ニュージーランド政府は、経済成長支援のために欠かせない国道を 10 年計画で整備している。このプロジェクトは、この整備計画の一環で、途中まで建設が完了し供用されていた高速 20 号線を延伸し、既設の高速 16 号線に接続することで、オークランド市内を通過する高

速 1 号線の渋滞緩和と、西部地区の利便性向上を目的としたハイウェイネットワーク（図—1）を完成させる、ニュージーランド最大の道路プロジェクトである。本稿では、掘削外径 14.46 m の泥土圧シールドで 2.4 km の 3 車線双設道路トンネルを掘削し、プロジェクトの実現に至った成果を報告する。

2. トンネル工事概要

上下線各 2.4 km の道路トンネルを掘削外径 14.46 m の泥土圧シールド（気泡シールド）で掘削し、外径 14 m、内径 13.1 m、セグメント幅 2 m の SFRC セグ



図—1 施工場所

表一 トンネル工事概要

工事名称	Waterview Connection Tunnels and Great North Road Interchange (ウォータービュートンネルおよびグレートノースロードインターチェンジ建設工事)
発注者	The New Zealand Transport Agency (ニュージーランド交通局)
工事場所	ニュージーランド オークランド市
工期	2011年11月～2017年6月開通
工法	泥土圧(気泡)シールド
施工延長	往路:南行き線 2,406 m 復路:北行き線 2,422 m
掘削外径	Φ 14,460 mm
セグメント	SFRC, RC, スチール(一部) φ 14,000 mm (外径), φ 13,100 mm (内径) 幅 2,000 mm, 10 分割

メント, RCセグメントにより構築されている。トンネルは, 1台のシールド機を使用し, 往路の南行き線を掘削, 北開部にて回転し, 復路の北行き線を掘削した。トンネル工事の概要を表一に, 図一に現場位置図を示す。

(1) トンネル線形

シールドは, 南開削部から土被り約 12 m, 下り勾配 5% で発進し, 土被り 7.72 m, 上り勾配 3.5% で北開削部に到達した。回転後に, 北開削部から再発進し, 同様の線形で南開削部に到達した。最大土被りは約 38 m であった (図一2)。

(2) 土質条件

土質構成は, 埋土 (F), 玄武岩 (B), 沖積粘性土 (A), 風化軟岩 (ER・EW), 一軸圧縮強度が約 5 MPa の軟

岩 (EU1・EU2) および層内に局所的に存在する一軸圧縮強度が最大で 70 MPa の亀裂性中硬岩 (EU3) からなる。シールドは地表面に存在する一軸圧縮強度の高い玄武岩 (B) を避けるように縦断線形を計画し, 主に軟岩と亀裂性中硬岩を掘削した。

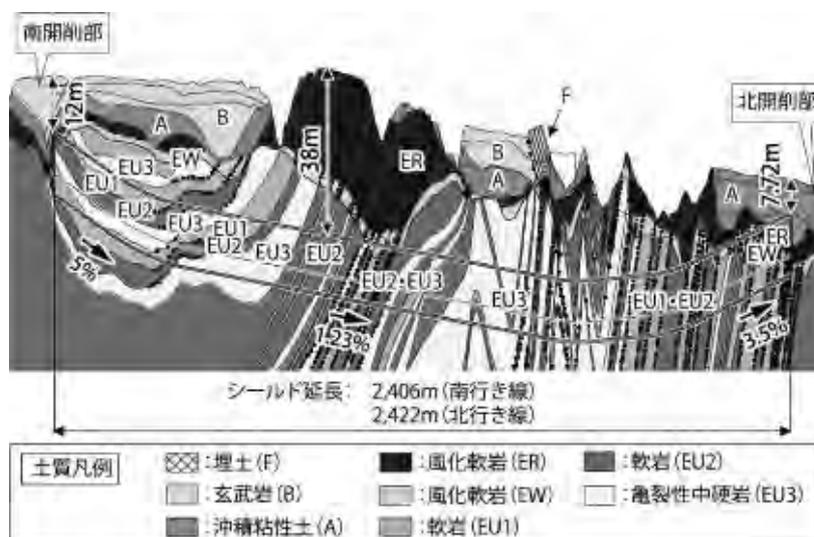
3. シールド施工

(1) シールド機

シールド機は, 岩盤の一軸圧縮強度が約 5 MPa の軟岩 (EU1・EU2) が主体土層であるため, 密閉型シールドを採用した。ニュージーランドでは, シールド工事が少ないため, 泥水処理設備や防音ハウスの調達が困難であったこと, 発進基地が住宅密集地にあり, 泥水処理設備による騒音が懸念されたことから, 設備の調達, 騒音対策が容易な泥土圧シールドを採用した(写真一1, 図一3, 表一2)。カッタービットは, 軟岩および亀裂性中硬岩に対応するため, カッターヘッドのカッター装着部をハウジング構造 (図一4) とし, 先



写真一1 シールド機



図一2 土質縦断図

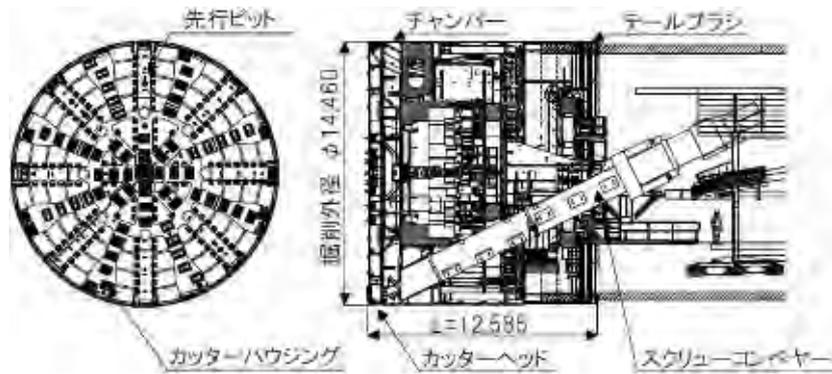


図-3 シールド機

表-2 シールド諸元

掘削形式	泥土圧 (気泡)
推進速度	80 mm/分 (全数作動時)
総推力	199,500 kN
中折れ	なし
シールドジャッキ	3,562.5 kN×3,000 mm×56 本
カッタートルク	68,220 kN・m (a 値=22.5)
排土機構	軸付きスクリーンコンベヤー φ 1,400 mm

安全かつ安定した掘進が実現できる。当工事に採用した装置を写真-2 に示す。往路トンネル (南行き線) の初期掘進区間では、気泡混合率を気泡シールド技術資料 (シールド工法技術協会) の算定式により計算し混合していたが、チャンバー内閉塞の傾向が見られた。これは、掘削により土砂状となった軟岩 (砂岩) の粒径がシルトの粒径に近く、掘削土砂が粘性を呈したこと、気泡の性状の違いにより当初計画の気泡の混合率が低すぎたことが原因と考えられる。そこで、チャンバー内土砂流動管理システムの解析結果を運転席に設置したモニターで確認した結果、カッター中央部での閉塞が顕著であったため (図-5)、カッター中央部への気泡注入量を増やし、最適な塑性流動状態になるように調整しながら掘削を続けた。その結果、チャンバー内は、閉塞傾向から良好な塑性流動状態に移行し、その後も、閉塞や噴発の傾向をその都度確認しながら掘削することで、良好な塑性流動状態を最終到達まで維持できた。

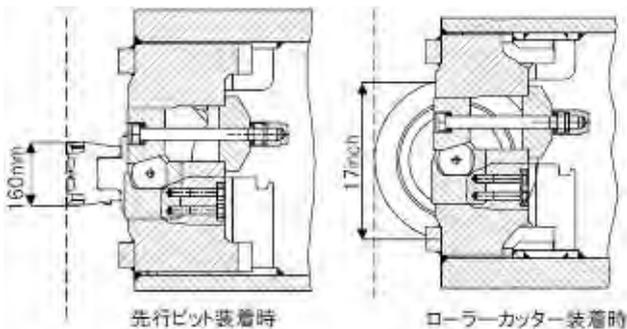


図-4 カッターハウジングの構造

行ビットとローラーカッターのいずれも装着できる構造とした。

(2) チャンバー内土砂流動性管理システム

通常、泥土圧シールドの掘進管理は、土砂の排土性状やカッタートルクなどを観察し、経験や定性的な判断によって行われ、入念な切羽管理により周辺地盤の変状を抑制することが重要である。

このプロジェクトでは土砂の塑性流動性をリアルタイムに管理する目的で、「チャンバー内土砂流動管理システム」を採用した。チャンバー内土砂流動管理技術は、泥土圧シールドの隔壁に設置したフラッパー (1基) を回転させ、フラッパーの回転トルク値から、チャンバー内の土砂の塑性流動状態を把握し、定量的な評価にもとづく掘進管理を実施することで、シールドの



写真-2 チャンバー内土砂流動管理システム装置

リング番号	44リング掘削時	50リング掘削時
解析結果		
チャンバー内の状態	閉塞状態	良好な塑性流動状態

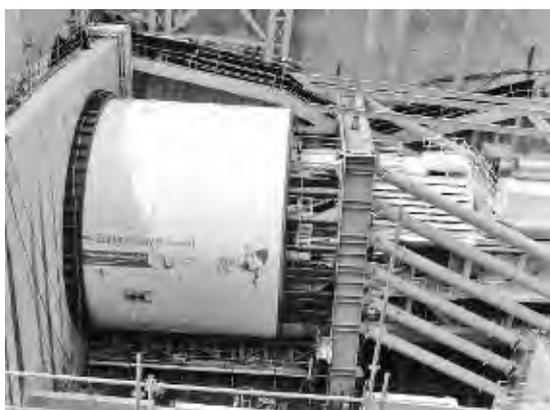
図-5 土砂流動管理システム解析結果



写真一三 南開削部発進部



写真一五 シールド機回転途中



写真一四 シールド機発進状況



写真一六 シールド機回転後

(3) シールド発進

シールドの発進部は、シールドの後方をセグメントと同じ半径のハーフパイプ状に掘削した(写真一三)。トレンチ内に後続台車を配置し、初期掘進時から後続台車を牽引しながらシールドの掘進を開始した。反力支保工には、鋼材量低減を目的として、斜材に水平方向、鉛直方向のどちらに対しても剛性が確保できる鋼管を使用した(写真一四)。

(4) シールド回転

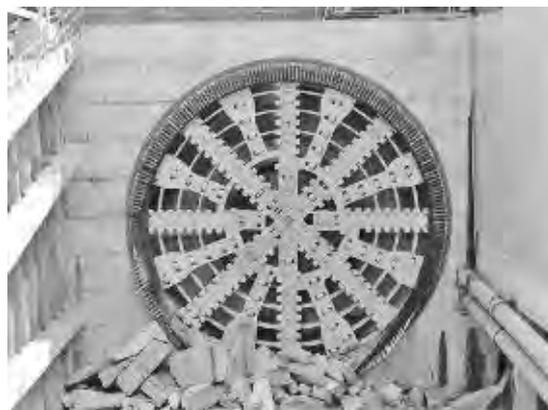
往路トンネルを掘削したのち、北開削部にてシールドの回転を行った。シールドの回転は、底盤コンクリートを鉄板にて養生した後、湿式摩擦低減材を塗布し、シールドを受台ごと回転させた(写真一五、六)。湿式摩擦低減材には環境への影響を配慮し、生分解性に優れたラノリンを主成分としたグリースを採用した。ラノリンは羊から採れる脂でニュージーランドでは馴染み深く、入手しやすかった。

鉄と鉄との摩擦係数を0.2とし、100t油圧ジャッキ8本で回転する計画としていたが、実際の施工では、100t油圧ジャッキ4本のみで回転させることができた。摩擦係数の実測値は平均で0.08であり、計

画時の摩擦係数0.2に比べ、40%程度であった。

(5) シールド到達

シールドは2014年の9月に北開削部に到達し、回転・再発進後、2015年の10月に南開削部に到達した(写真一七)。到達では、シールド通過部を無筋コンクリートとした妻壁を直接切削して到達させた。妻壁の背面に、無筋柱列杭をトンネル延長方向に8m施工し、到達防護工とした。本工事の開削部の土留め壁は排水構造であり、地下水位はトンネル下端以深であったため、



写真一七 南開削部への到達

到達防護は、止水目的ではなく、地盤の安定性確保のみを目的とした。シールドは開削部本体構造物へ到達させるため、妻壁に作用する推力を低減させる必要があった。そのため、到達防護工（無筋柱列杭）掘削中に切羽圧を徐々に低下させ、妻壁手前で切羽圧がゼロになるように掘削した。本工事のシールド機は、カッター交換時に地山に貫入しているカッターヘッドを後退させるため、油圧ジャッキによりカッターヘッドを前進・後退できる構造となっている。これにより、妻壁切削時には、シールド本体を停止させたままカッターヘッドだけを、5 mm/分で前進させて切削し、300 mm 掘削後、カッターの回転を停止し、ジャッキを引き込みながらシールド本体を前進させるサイクルを繰り返した。この結果、妻壁に作用する推力を低下でき、振動や衝撃による本体構造物への影響を低減した。

4. カルバートの同時施工

本工事では、工期短縮の目的で、シールド掘進と並行して本設の配管およびケーブル布設用のカルバートをトンネル内に設置し、カルバートの両側（一次）と上部（二次）を粒調砕石で埋め戻した。応札当初は、施工性および経済性から配管を路盤内に布設する計画であったが、発注者の要望により、メンテナンスの利便性を考慮したカルバート構造に変更した。カルバートの設置は、シールドとは別にシールドの後方で独立可動するカルバート設置台車により行った（写真—8）。シールドの掘進に影響がないように、設置台車の前方にスロープを設け、セグメント運搬台車がインバートにアクセスできる構造とした。カルバートの投入は、カルバート設置台車中央に設けたスライド式ゲートより行った。セグメント運搬台車がカルバート設置台車を通過し、切羽でのセグメントの荷卸し中に、ゲートを開放した。ゲート開放後、セグメントの



写真—8 カルバート設置台車



写真—9 カルバート設置状況

荷卸しが完了するまでにカルバートを2基投入し、その後ゲートを閉鎖してセグメント運搬台車の通過に備えた（写真—9）。

5. プロジェクトの受賞

国土交通省が主催する「第3回 JAPAN コンストラクション国際賞（国土交通大臣表彰）」の建設プロジェクト部門において、「ウォータービュー高速道路プロジェクト」が受賞した。

今回の受賞では、供用後維持管理も含めて日本の質の高いインフラを実現したこと、原住民であるマオリ族との交流により遺構の保存や芸術的要素を構造物へ



写真—10



写真—11

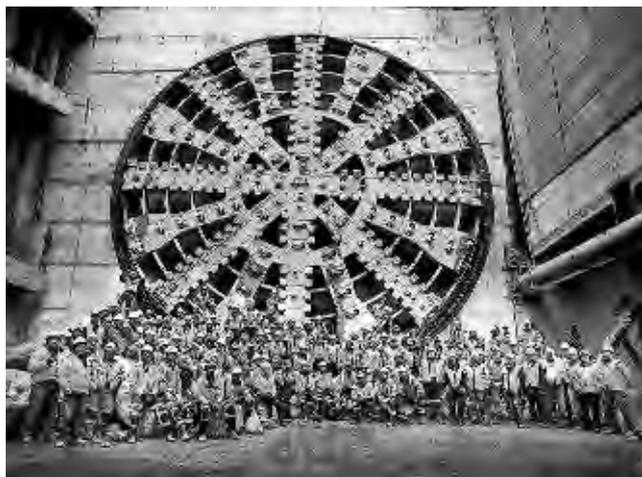


写真-12

反映したこと、さらに、一つのシールドマシンを1本目のトンネル完了時に解体、再組み立てせずにUターンさせて2本目のトンネルを掘削し、工期短縮、コスト削減を実現したことが高く評価された。

6. おわりに

2017年6月、高速道路の完成によりオークランド市中心へのアクセスや通過が飛躍的に向上し、一日6万台以上が利用するようになった。

本プロジェクトでは、日本の建設技術やノウハウをインフラ整備に活かし、安全で安心して暮らせる社会の実現に海外でも貢献できることを示すことができた。

今後のグローバルなインフラ整備プロジェクトの発展が期待される中、40以上の国籍の違う人々が集結したプロジェクトにおいて活躍できる事例として参考となれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】

佐藤 誠治 (さとう せいじ)
 (株)大林組
 ロボティクス生産本部
 課長



円形セグメントとパイプルーフを用いた 非開削トンネル工事の高速化・省人化

スーパーリング K-UP 工法の開発

増田 昌弘

都市部において道路や鉄道の下をアンダーパスする際に用いられる非開削工法では、狭隘な地下空間における周辺環境に配慮しながらの施工となるため、多くの時間と労力を要する。その課題を解決するために、円形に打設したパイプルーフと円形セグメントを用いたフルプレキャスト工法を組み合わせた「スーパーリング K-UP (Kajima Under Pass) 工法」(以下「本工法」という)を開発した。形状を円形にすることで構造と施工を簡素化し、アンダーパス工事の高速化・省人化を図るものである。本稿ではその概要を紹介する。

キーワード：都市土木、非開削トンネル、アンダーパス、円形、プレキャスト工法、パイプルーフ工法、パイプルーフアーチ工法、スーパーリング工法

1. はじめに

交通量の多い都市部では近年、渋滞緩和、輸送能力の増強を目的として、立体交差事業やバイパス道路の新設が行われている。既に過密状態にある既存の交通網を避けてこれらの事業を推進するために、非開削工法によるアンダーパス工事が広く行われている。

アンダーパス工事においては、一般に横断対象物の両側に立坑を設けてトンネル掘削と躯体構築を行うが、地上に影響を与えないための支保工や補助工法が必要であり、本体の躯体構築も狭隘な地下空間で行わなければならない、工事が長期化する傾向にある。また、

近年の建設労働者不足は深刻で、特にアンダーパス工事のように特殊な技能労働者を長期間拘束する建設工事においては、省人化や生産性の向上は喫緊の課題となっている。

そのような課題を克服するために開発した本工法は、立坑から円形に打設したパイプルーフによって地山を支えながら、そこに円形のフルプレキャスト部材をスライド挿入してトンネル本体を構築する工法である。自立した地下空間に躯体を挿入するシンプルな施工法であるため、従来の非開削工法と比較して、大幅な工期短縮と現地作業の軽減が可能となる。図-1に本工法のイメージを示す。

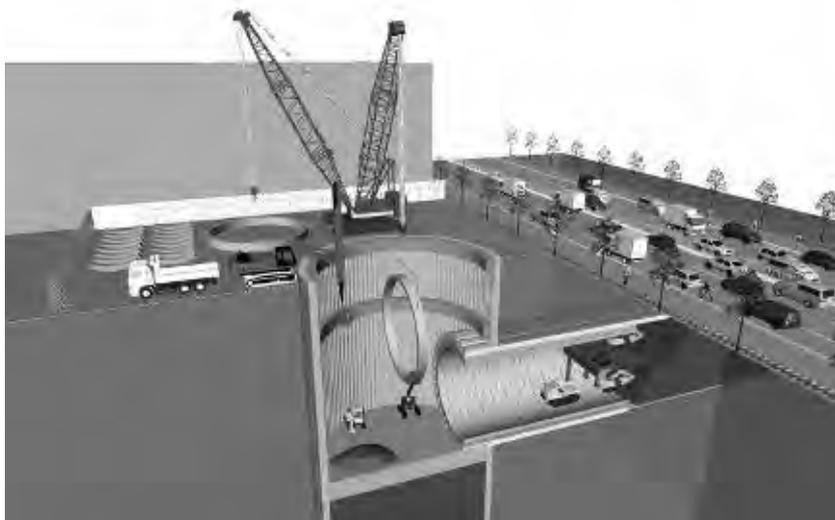


図-1 本工法イメージ図

2. 施工手順と施工法の詳細

(1) 全体施工手順

図-2に構造図を、図-3に施工手順を示す。はじめに、立坑内から円形にパイプルーフを打設し、必要に応じてその外周に止水のための薬液注入を行う。

[STEP-1,2]

次に、パイプルーフの内側を掘削しながらパイプルーフ間にモルタルを打設して、周辺土圧を支える鋼・モルタル合成リングを形成する（=パイプルーフアーチ工法）。[STEP-3,4]

さらに、地上で地組みし、円周方向にプレストレスを導入して一体化した円形セグメント（=スーパーリング）を立坑内に吊り下ろし、先行リングと連結し、順次トンネル内にスライドさせて、パイプルーフアー

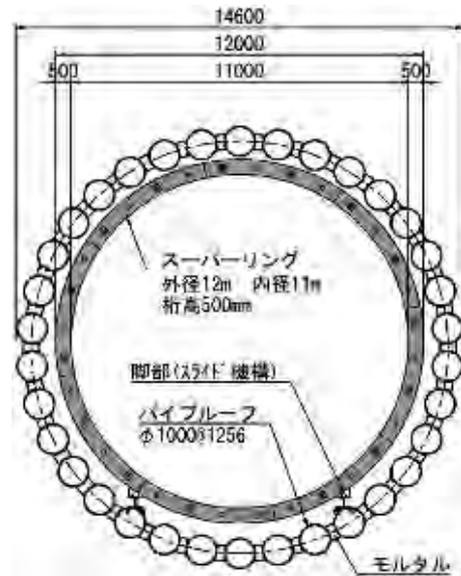


図-2 本工法構造図

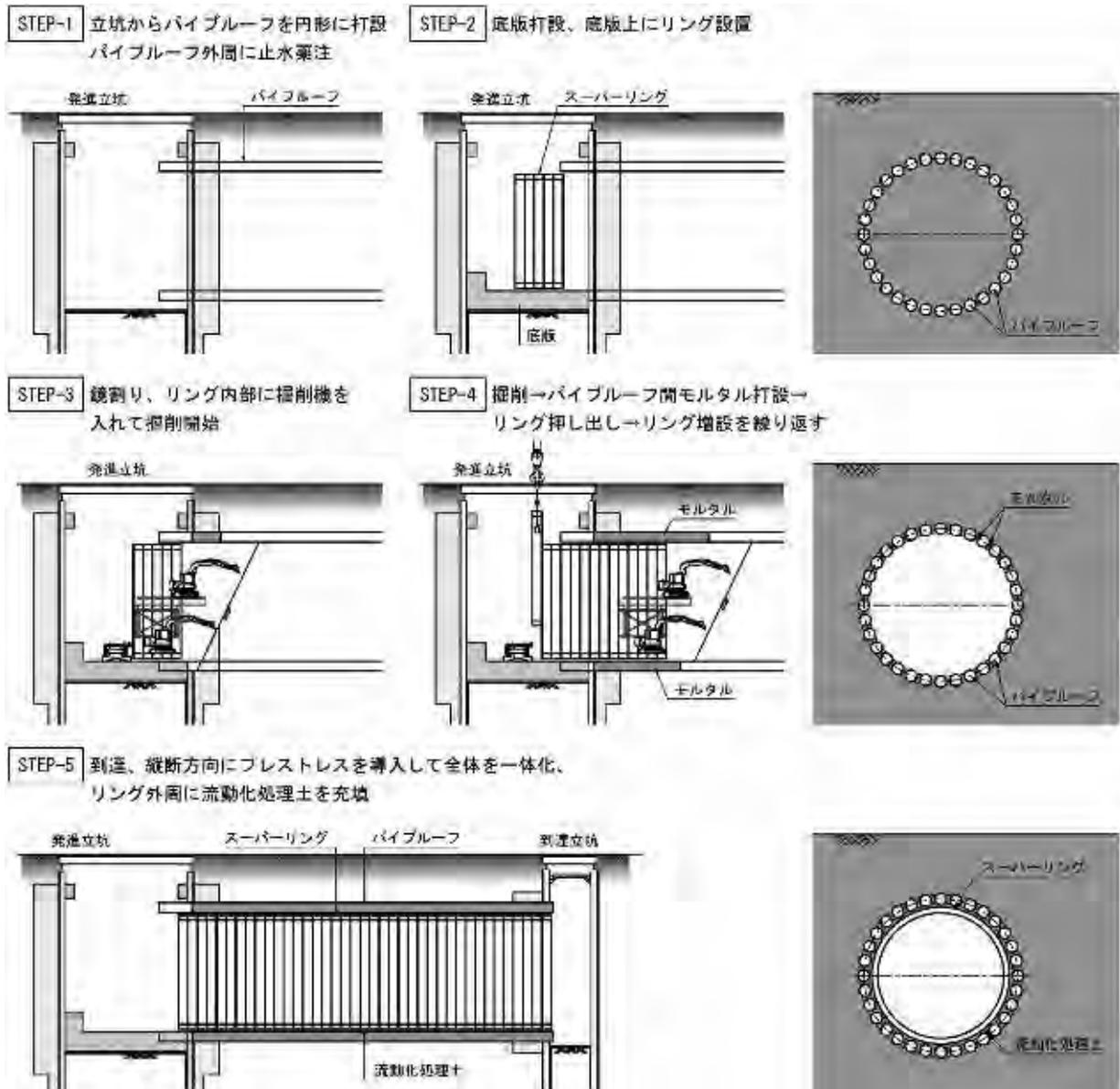


図-3 施工手順図

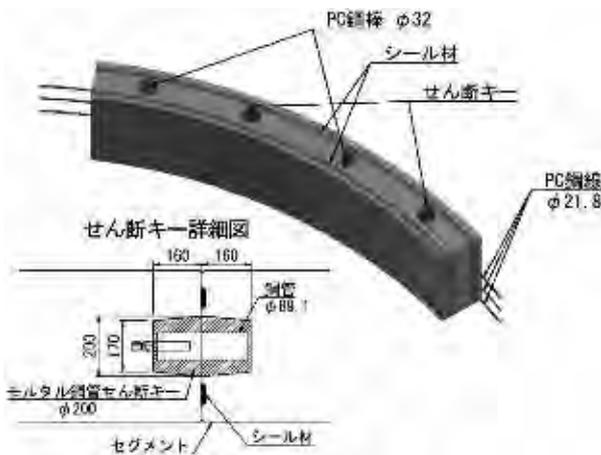
チの内部空間にトンネル本体を構築する。パイプルーフ内の掘削とスーパーリングの挿入を交互に行う。[STEP-3,4]

到達後に、縦断方向にPC鋼材を通して緊張、全体を一体化し、スーパーリングとパイプルーフの隙間に流動化処理土を充填して固定する。[STEP-5]

次節以降に主要工種の詳細を述べる。

(2) スーパーリング

トンネル本体をなす円形プレキャストで、シールド工法のように複数の円弧状のセグメントを組み合わせて1リングを形成する。セグメントの構造概要を図一



図一 4 セグメント構造図

4に示す。地上で水平に置いた状態で組み立て、円周方向にPCケーブルを通して緊張し一体化する。セグメント間の継手は緊張力の導入によりボルト類が不要となるため、平滑な突合せ継手としている。リング間には、地震時に目開きしてもせん断力が伝達できるようせん断キーを設ける。継手面にはシール材を貼付し、それを緊張力で潰して止水性を確保する。

写真一は、開発過程で実施した施工実験の様相である。外径12m(厚さ500mm, 8等分割)のセグメントを4リング製作し、地組み→吊上げ→設置→スライド→連結という一連の作業を行い、下記のような良好な結果を得た。

- ①目違いなくほぼ真円に地組みできた(内径最大誤差; 地組み時4.16mm, 立起し時15.65mm)
- ②施工中の応力度, 変形, 継手の目開きは予測の範囲内であった
- ③止水実験で漏水は認められなかった
- ④7人という少人数で全ての工程を円滑に施工できた(1日/リング)

(3) パイプルーフアーチ

周囲からの土圧・水圧を支え、スーパーリングを挿入するための自立した円形空間を生み出すのがパイプルーフアーチ工法である。この工法は、首都高中央環状品川線五反田出入口工事で採用され(写真二),



(1) 地組み

(2) 立起し

(3) 4リング組立完了

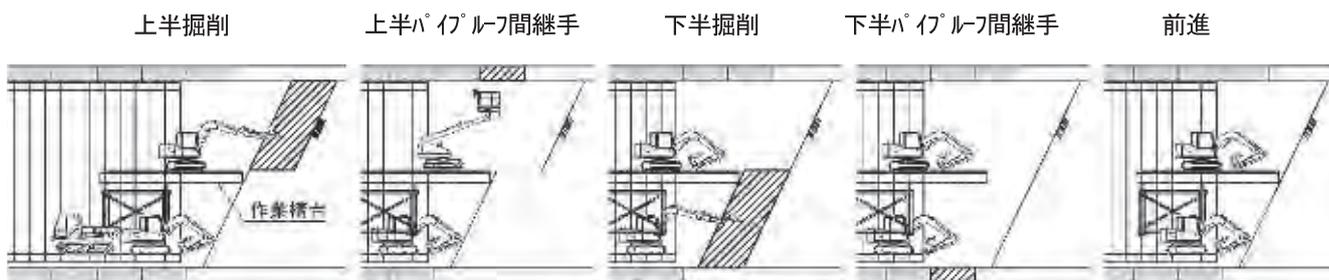
写真一 スーパーリング工法施工実験



(a) 構造図

(b) 掘削完了時

写真二 パイプルーフアーチ工法の実績



図一五 掘進詳細手順図

アーチのみで大空間を安定して保持し、地表への影響もわずかであった。

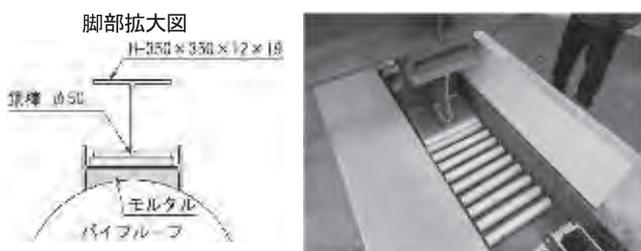
本工法では、内部掘削後、直ちにパイプーフ間の土砂を洗浄除去し、型枠を設置してモルタルを充填する。詳細手順を図一五に示す。この作業は掘進3mごとに行う。

(4) 掘進、スライド

道路トンネルのような大断面では作業の安全に配慮して、図一五のような作業構台を用いて上下2段で掘削を行う。作業構台はリング本体の先端部に固定し、リングとともに前進する。残土の搬出にはキャリアダンプやベルトコンベアを用いる。

掘進とパイプーフ間の継手の施工は交互に行う。上下2段施工の場合には、上半掘削→上半パイプーフ間継手→下半掘削→下半パイプーフ間継手→前進を繰り返す(図一五参照)。

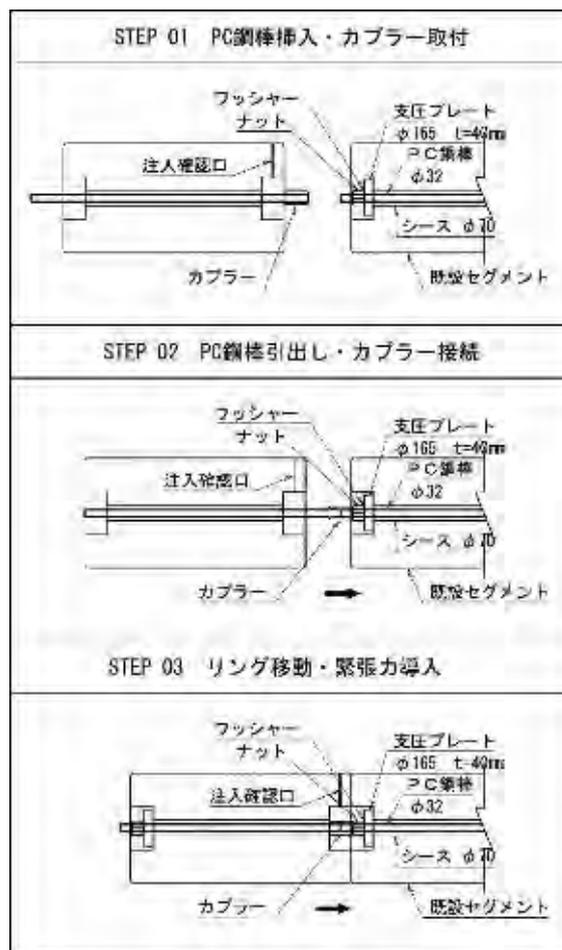
リングのスライド方法には、ベアリング球方式、テフロン板方式、チルトタンク方式などがある。施工実験ではコストと走行安定性から鋼棒方式を採用した。これは溝状のレール内に鋼棒を敷き、その上を転がす方法である。図一六にその概要を示す。実験ではリングの総重量約190tに対し、摩擦係数 $\mu \approx 0.05$ で移動することができた。



図一六 スライド機構(鋼棒方式)

(5) リングの連結

リングは掘進時には1リングずつカブラーで鋼棒を連結、緊張し(仮連結)、全てのリングの設置終了後、PC鋼材を挿入し端部で緊張・定着する(本連結)。



図一七 仮連結手順図

仮連結の手順を図一七に示す。外径12mのリングであれば、連結孔は全16ヶ所で、そのうち4ヶ所程度を仮連結に使用する。

3. 本工法の特長

(1) 躯体構造の合理化(軽量化)

地中において円形は力学上合理的な形状であるため、部材を薄くできる。2車線の道路トンネルで比較した場合、矩形断面では部材厚が1.0~1.5mとなるのに対し、円形構造では厚さを500mmに抑えることができ、その結果、躯体重量は約1/4に軽量化できる

表一 従来工法との比較

	従来工法 (パイプルーフ+場所打ちコンクリート)	本工法
形状		
躯体重量	371 t/m	92 t/m (46 t × 2)
工期	1.0	0.6
必要人員(躯体)	100	10

(表一参照)。このことは、施工の高速化・省人化以外に、コンクリート量の縮減によりコスト上昇を抑える効果も生み出す。

(2) 施工の高速化・省人化

- ①プレキャスト工法で大断面の地下構造物を構築する場合、重量的な制約から幾つかのピースに分割し、地下で組み立てる必要があり、狭隘な地下空間での組立作業に多くの人手と時間を要する。本工法では、躯体を軽量化したことで、1リング単位で地組み、吊降しができ、地下での組み立て作業が不要となる。
- ②従来の函体推進工法においては、地山や外周ルーフと函体との摩擦を切って函体を圧入する必要があり、ジャッキや反力受け設備等が大掛かりとなり、施工速度も制約される。本工法では、自立した円形空間の中にリングをスライド挿入するため抵抗が少なく、施工がスムーズで施工速度が速い。また、推進設備も軽微ですむ。
- ③従来の函体推進工法は、立坑内で函体を組立てた後、切羽で掘削しながら圧入する方法が一般的である。それに対して本工法は、地上のリング地組み作業と地下の掘削作業を同時にできるため、工程を短縮できる。

上記①～③の特長により、従来の非開削工法と比較して工期を6割に、躯体構築人員を1/10に低減できる(表一参照)。

(3) 耐震性・止水性に優れた地下躯体

力学的に有利な円形構造であることに加えて、円周方向にプレストレスを与えて各セグメントを強固に一体化することで、耐震性に優れたトンネルとなる。

また、工場製作したセグメントを平置きした状態で地組みするため、セグメント間、リング間の完全な面タッチが可能で、目開きや目違いがほとんどないこと、継手面に貼付したシール材をプレストレスで均等に潰せることなどから、止水性に優れた躯体となり、外防水は不要である。

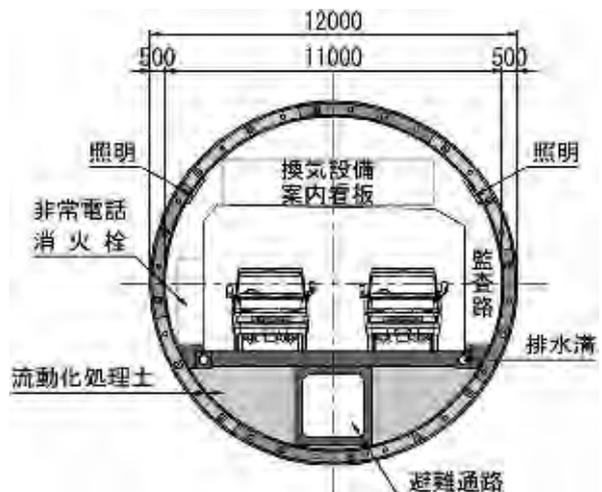
(4) 道路トンネルとしての機能

(a) 道路設備

道路トンネルに適用した場合の一例を図一8に示す。換気設備、案内看板、照明、非常電話、消火栓、監査路などの設備は、上方または側方の空きスペースに配置する。また、路面下のスペースを避難通路やケーブル・配管ダクトとして有効利用することもできる。

(b) 耐火性能

耐火性能は一般のシールドトンネルと同様に、セグメント内面の耐火吹付け、耐火パネルの設置や、耐火型セグメントなどで確保する。



図一8 道路トンネルの一例

(c) 維持管理

維持管理の点検項目、点検方法は、通常のシールドトンネルと同様である。PC 鋼線の腐食に対しては、PC 橋梁の考え方を踏襲し、シース管内のグラウト充填を確実にすることで、基本的にはメンテナンスフリーとしている。

4. 今後の展開

本工法スーパーリング K-UP 工法は、道路トンネルのような大型地下構造物はもとより、中・小口径にも適用できる。また、円周方向にプレストレスを導入す

るため、水路等の内圧管や貯留管にも適用可能で、幅広い応用が期待できる工法である。今後は、早期に実工事への適用を図り、都市部の交通問題など社会的課題の解決に寄与していきたい。

JICMA

【筆者紹介】

増田 昌弘 (ますだ まさひろ)

鹿島建設㈱

東京土木支店 土木部

専任役



山岳トンネル工事における ホイールローダ遠隔操作システム トンネル切羽近傍の掘削ずり運搬作業を無人化

山下 雅之・吉田 道信・塚田 純一

山岳トンネル工事の生産性向上を目指した建設機械の遠隔操作技術確立に向けた取り組みを進める中で、掘削サイクルの多くを占めるずり出し作業において使用されるホイールローダの遠隔操作システムを開発した。ホイールローダは、トンネル掘削で使用される建設機械の中でも走行速度が速く、さらに複雑なステアリングやアーム・バケット操作が必要であるため、遠隔操作を適用する建設機械としては難度が高いと言える。その一方で、この遠隔操作技術を確立させることで、他作業において使用される建設機械への応用が期待できる。本稿では、本システムの概要について述べるとともに、屋外ヤードやトンネル現場への適用実験状況を紹介する。

キーワード：山岳トンネル，ホイールローダ，遠隔操作，無人化施工，生産性向上

1. はじめに

我が国における高齢化に伴う労働人口減少の流れは今後さらに加速し、それに伴う建設業就業者の減少・高齢化も着実に進むものと予測されている。そのような状況の中、とくに山岳トンネル工事においては坑内の過酷な環境下にて特殊技能を要する作業が多く、技能労働者の確保や高齢化対策が喫緊の課題となっている。このような課題に対しては労働環境の大幅な改善や労働生産性の向上が不可欠であり、それを解決する方策の1つとしてトンネル掘削の無人化（遠隔操作）・自動化施工技術の導入が望まれている。しかしながら、山岳トンネルの施工では狭隘な坑内において多種にわたる特殊機械を使用する作業が必要とされており、自動化・無人化技術の導入が進んでいないのが現状である。

このような背景から、現在、トンネル施工に使用する個別の建設機械に対する遠隔操作技術を開発し、それらを効果的に組み合わせて施工全体の無人化・自動化を実現する取り組みを進めている。その中で、開発を優先すべき建設機械の選定にあたっては、トンネル掘削時の施工サイクルの約30%を占めるずり出し作業に着目し、その作業に使用されるホイールローダの遠隔操作システムの開発を進めた。また、ホイールローダによるずり運搬作業では狭隘な坑内での高速移動や複雑なバケット操作が必要であり、この遠隔操作技術を確立させることにより他作業で使用される建設機械へ

の応用も期待できる。

本稿では、開発技術の概要を述べるとともに、屋外ヤードにおける遠隔操作実験およびトンネル施工现场における試行状況を紹介する。

2. システムの概要

ホイールローダ遠隔操作システムの概要図を図1に示す。本システムは、切羽近傍におけるずり運搬作業に使用されるホイールローダの運転操作を遠隔で行うものであり、『遠隔操作システム』、『映像・操作信号通信システム』および『安全走行システム』で構成される。

(1) 遠隔操作システム

本システムは運転操作に必要な遠隔操作装置で構成される。ホイールローダには、ステアリングやペダル操作等を無線受信により機械的に作動させる遠隔運転制御装置が取り付けられている（写真1）。ステアリング操作については、ステアリングホイールに円形ガイドギアを固定し、このギアを電動モータで駆動させてステアリングの操作を図った。ブレーキやアクセル等のペダル操作については、ペダル背面から電動モータでチェーンを介してペダル操作する手法を導入した。アーム・バケット操作は、レバーに操作ロッドを設置し、その操作ロッドを電動モータにより往復運動させてレバーの操作を図った。また、これらの装置



図一 システム概要



写真一 遠隔運転制御装置



写真二 遠隔操作室および運転コックピット

を設置した状態で通常の有人運転も可能な構造としており、有人運転および無人（遠隔）運転の切り替えを容易に行うことができる。

遠隔操作室内には、実機と同じ仕様の操作コックピットおよび9画面モニタが設置されており、このモニタに表示される映像や走行データを見ながら操作コックピットにおいて走行・バケット操作を遠隔で行う（写真一2）。さらに、運転時の実機振動や作動音をコックピットに伝える装置も備えており、実機運転とほぼ同じ環境下での遠隔運転が可能となっている。

(2) 映像・操作信号通信システム

ホイールローダには、7台のFHDカメラおよび5

台の送受信機が「ホイールローダ (WL) 搭載ユニット」として設置されている（写真一3）。また、切羽後方約50～100mに配置された連続ベルトコンベア先端設備（テールピース台車）およびその周辺には、3台の固定送受信機、複数の固定カメラおよび通信ケーブル変換（SDI/HDMI変換、HDMI・RS232/光ファイバ変換）BOX等で構成される「坑内固定ユニット」が設置されている（写真一4）。車載カメラの映像データは、WL搭載ユニットの送受信機から無線で坑内固定ユニットの送受信装置へ伝送され、そこから光ファイバケーブルを介して遠隔操作室へ有線伝送される。同時に、走行速度や走行経路、バケット稼働圧等の運転データも遠隔操作室に伝送されて専用PCに蓄積されるとともに、その情報の一部はコックピットモニタに表示される（写真一5）。一方、操作信号は同様の通信設備を使用して遠隔操作室からホイールローダに伝送される。主要通信設備の仕様を表一に示す。



写真一3 映像・制御信号通信システム (WL 搭載ユニット)



写真一4 映像・制御信号通信システム (坑内固定ユニット)

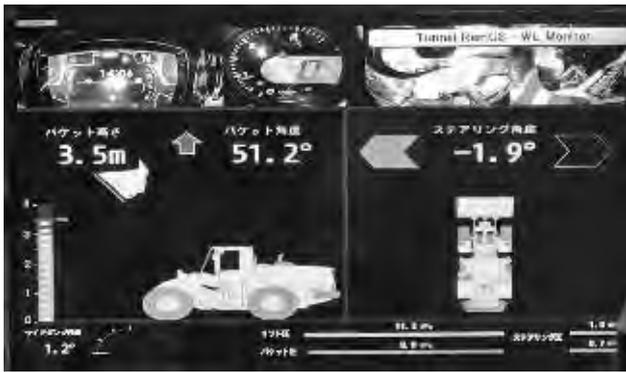


写真-5 走行データ表示例

表-1 主要通信設備の仕様

機器	仕様
映像・制御信号 伝送装置 (小電力無線)	フォーマット：HD-SDI/HDMI1.4(映像信号) RS-232/422 (制御信号) 周波数：5 GHz 帯 無線 LAN：IEEE802.11ac (W52/W56) 伝送遅延：95-140 msec (実測値)
カメラ	1/2.8 型 CMOS, 有効画素：約 200 万
光ファイバ	4 芯 SC, CL コネクター

(3) 安全走行システム

無人運転時の安全を確保するため、ホイールローダの運転操作を自動的に緊急停止（ブレーキ作動・エンジン停止）させるシステムを備えている。これらの緊急停止は、写真-6 に示すようにホイールローダへの人の異常接近を AI が認識した場合や無線通信にトラブルが発生した際に自動的に作動するが、コックピットや携帯式のスイッチ BOX から強制的に作動させ

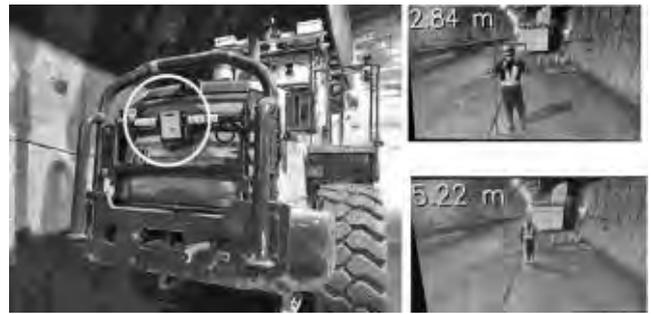


写真-6 AI 接触防止システム

ることができる。また、ホイールローダ周辺の安全状況や坑内設備との接近については、ホイールローダに設置された全周囲カメラによる合成映像を遠隔操作室の操作コックピットにおいて確認することができる。

3. 開発システムの適用

(1) 屋外ヤード実験

トンネル現場へのシステム適用に先立ち、屋外ヤードにおける遠隔操作実験を実施した（写真-7）。実験ヤードにはトンネル断面を模擬したフレームを 1.5 m 間隔で組上げて約 15 m 区間のトンネル空間を構築し、そこにクラッシャの代用として 10 t ダンプを配置して仮想のホイールローダによるずり投入位置とした。さらに、模擬トンネル区間を含めて約 50 m のずり運搬走路を確保してその端部を仮想切羽とし、遠隔操作室は模擬トンネルから約 50 m 離れた位置に設置した。実験では、φ 0～80 程度の再生砕石を掘



写真-7 屋外ヤードにおける遠隔操作実験状況

削ずりとして仮想切羽の位置に置き、ホイールローダによる掘削ずりの積み込みや10tダンプへのずり運搬・投入を遠隔操作によって繰り返し行った。

実験当初は遠隔操作装置の作動や映像・通信状況の不具合が発生したが、実験を進める過程でシステム改良や車載カメラ・通信機器の配置等の調整を繰り返した結果、最終的には遠隔操作に大きく影響を及ぼすような映像・操作遅延もなく一連の遠隔運転動作を概ね円滑に行うことができた。

(2) トンネル施工現場への試験導入

屋外ヤードの試験により遠隔操作の基本システムの動作性が確認できたため、続いてトンネル現場への試験導入を開始した。今回導入したトンネルは、北海道開発局小樽開発建設部発注の「一般国道5号 仁木町外 新稲穂トンネルR側仁木工区工事」である。本試験では図-1で示したような配置で坑内にシステムを設置し、切羽から約200m後方に配置した遠隔操作室において切羽〜クラッシュ間のホイールローダによるずり運搬作業の遠隔操作を実施した。

現在は、システムの調整・改良を続けながら写真-8に示すようなホイールローダの坑内無人走行やずり投入時のバケット操作といった基本動作試験を実施しているところであるが、この実験により坑内において



写真-8 トンネル坑内における遠隔操作実験状況

表-2 導入初期段階の運転効率比較

	ずり運搬 片道距離 (m)	平均往復時間 (sec)	平均作業速度 (m/sec)
実施工 (有人運転)	34	34	2.0
遠隔操作実験 (無人運転)	29	59	1.0

も基本的な遠隔運転動作に問題がないことが確認された。ただし、本システム導入初期段階の運転実験においては、表-2に示すように遠隔操作によるずり運搬作業の効率が実施工時（有人運転）の50%程度であった。これについては、遠隔操作に合わせた運転方法（走行経路など）の確立や運転オペレータの経験の蓄積、さらなる操作システムの改良等を継続的に行うことで、遠隔操作による作業効率のさらなる改善が可能であると考えている。

4. おわりに

トンネル掘削サイクルの多くを占めるずり出し作業の無人化を目指して、ホイールローダ遠隔操作システムを開発した。現在、坑内における無人運転試験を実施しながらシステム改良・調整を重ねており、早期の実掘削作業への適用を目指している。なお、本技術は国土交通省の「2020年度 建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト（追加公募）」に採用されており、本システムの映像・操作信号の伝送に5G通信技術を導入する試みも開始している。

これら遠隔操作技術の早期確立を目指すとともに他作業で使用する建設機械への展開も図ることで、山岳トンネル施工の労働生産性向上に役立てていきたいと考えている。

JICMA

【筆者紹介】

山下 雅之（やました まさゆき）
西松建設(株)
技術研究所
主席研究員



吉田 道信（よしだ みちのぶ）
(株)カナモト
ニュープロダクツ室
室長



塚田 純一（つかだ じゅんいち）
ジオマシンエンジニアリング(株)
代表取締役社長



プレストレスジョイントを用いた 道路橋床版更新技術の開発

岡 本 信 也・伊 佐 政 晃・小 林 顕

道路橋の床版更新工事におけるプレキャスト床版の橋軸方向の継手としては、現状は場所打ちの鉄筋コンクリート（以下、RC という）構造が多く採用されている。しかし、設計および施工上の改善の余地があると考え、著者らは急速施工が可能でかつ接合部にプレストレスを導入できるジョイント（プレストレスジョイント以下、PS ジョイントという）の技術開発に取り組んでいる¹⁾。

PS ジョイントを用いたプレキャスト床版（以下、PS ジョイント床版という）は、より早くより高品質な道路橋の床版更新を可能とする技術であり、本稿ではこれまでに取り組んだ技術開発の概要について述べる。

キーワード：道路橋, 床版更新, プレキャストプレストレスコンクリート床版, プレストレスジョイント, 軽量化, 急速施工, 耐久性確保

1. はじめに

昭和 30 年代後半から昭和 40 年代に建設された高速道路は供用後 40 年以上が経過しており、一部の橋梁では各種の劣化が顕在化している。高速道路会社では、このような劣化した構造物を長期的に維持管理していくために、橋梁などを対象として、大規模更新・修繕事業が進められている。本稿で対象とする RC 床版は、阪神高速道路では、昭和 48 年より前の道路橋示方書で設計され、その後、鋼板接着補強された RC 床版のうち、耐疲労性の低下が懸念される径間・パネルを事業の対象とし、耐疲労性の低下の程度に応じて、補修、補強、取替えなどの対策を予定している。

このうち、床版の更新（取替え）に関するニーズとしては、1) 既設床版と同等以下の重量で、橋梁下部構造および基礎に影響を与えない軽量構造、2) 更新時の通行止めによる社会的影響、騒音などの環境負荷を抑制できる、急速かつ確実性の高い施工方法、3) 更新した床版における高い耐久性の確保などが挙げられる。

これらのニーズに対応した一方策として、プレキャストプレストレスコンクリート床版（以下、PCa 床版という）の橋軸方向の接合構造に着目した。現状では、橋軸方向の接合構造は、場所打ちの RC 構造が多く採用されているが、1) ループ継手の使用により PCa 床版厚の増加、2) 継手部の配筋、型枠組立て、

間詰めコンクリートの打設・養生など、一定の現場作業を必要とする、3) 場所打ち RC 構造部における長期的な耐久性の懸念など、設計および施工上の改善の余地があると考えている。本稿ではこれらの改善点に対応すべく取り組んできた PCa 床版の橋軸方向の接合部に適用できる継手構造の開発の概要について述べる。

2. 構造概要

現在、開発中の PS ジョイントはシールドセグメントのリング間継手（長手方向継手）として使用されているピン挿入型継手の技術を PCa 床版に適用させて、急速施工、高性能化、環境負荷の低減を目指すものである。PS ジョイントは、施工時にオスボルトをメスケース内の皿バネに押し付けられた楔型のコマに押し込むことでボルトをワンタッチで接合させる仕組みで、接合後はコマとフタの楔機構により引抜き力を伝達する機械式継手である（図-1、2 参照）。

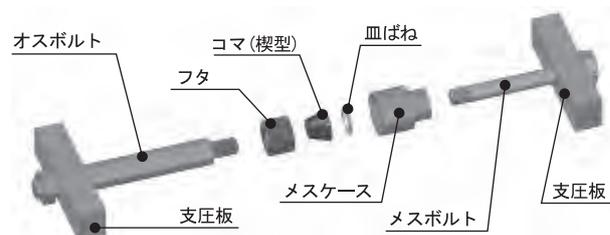
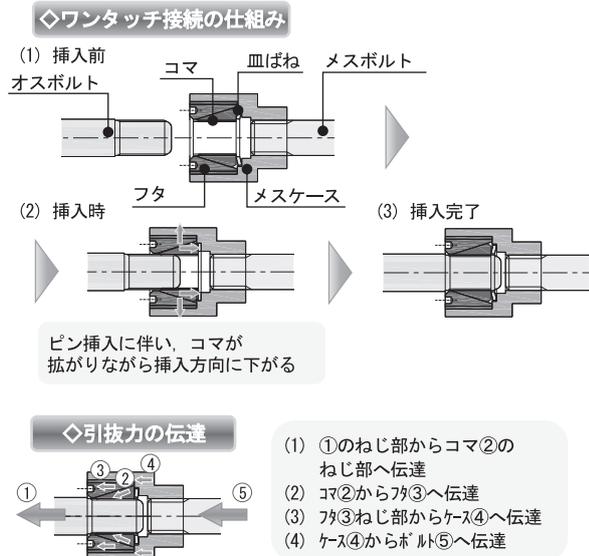


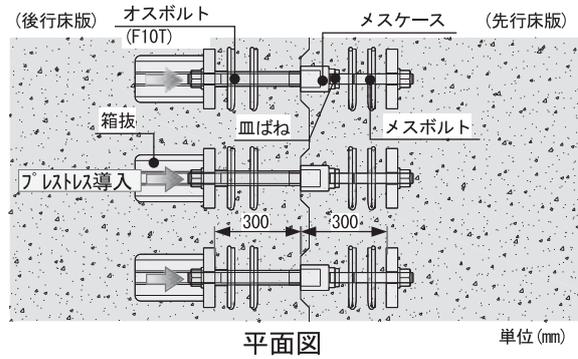
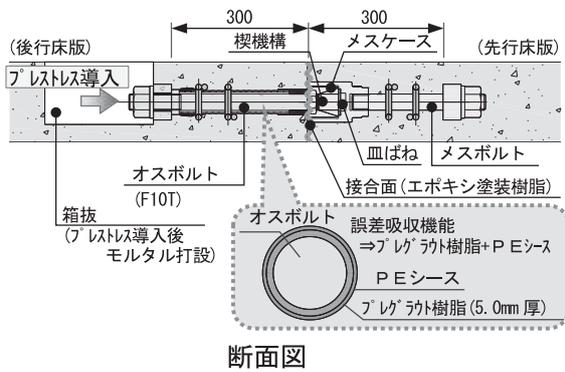
図-1 PS ジョイント図



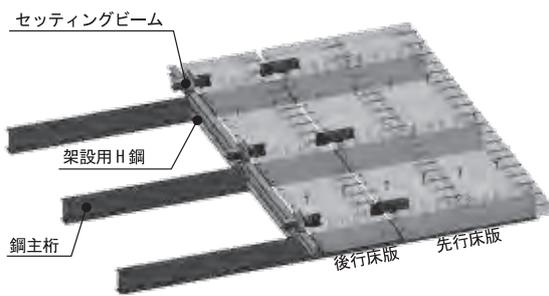
図一 2 PS ジョイント接続機構

PS ジョイント床版 (図一 3 参照) は、1) PCa 床版の接合面に PS ジョイントを埋め込み、床版同士を押し込むことで一体化を図り、プレストレストコンクリート床版 (以下、PC 床版) の薄厚化 (軽量化) および急速施工が可能となる、2) オスボルトをポリエチレンシース (以下、PE シースという) で被覆し、プレグラウト樹脂を注入しておくことで必要な可動域を設けることにより施工誤差を吸収できるとともにグラウト作業が不要となる、3) 接合部にプレストレスを導入することにより継手部の耐久性が向上するなどの特徴を有する。

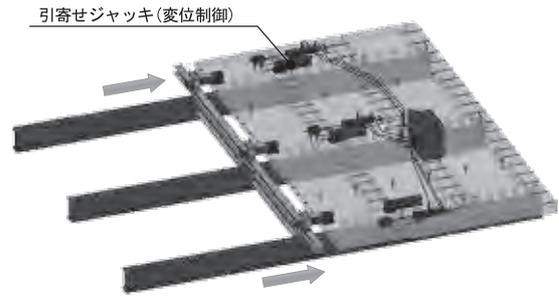
図一 4 に PS ジョイント床版の施工順序のイメージを示す。先行架設した床版を鋼主桁に固定し、後行架設する床版にセッティングビームを設置し、変位制御機構を有するジャッキを用いて引き寄せ、PS ジョイ



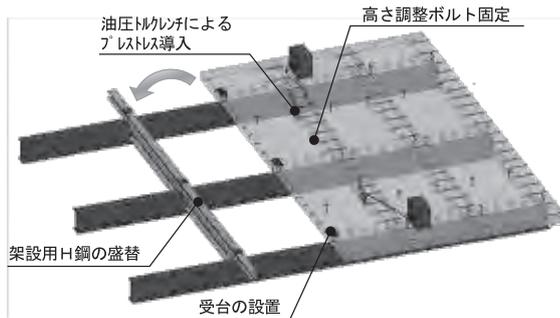
図一 3 PS ジョイント床版概要図



1) PS ジョイント床版の架設



2) 引寄せ・接合



3) プレストレス導入

図一 4 PS ジョイント床版の施工順序

ントのオスボルトとメスボルトを楔機構で接合する。各ボルトの接合は床版の隙間を計測することにより確認する。その後、PS ジョイントに油圧トルクレンチを用いてプレストレスを導入し、これらの施工を繰り返すことでPCa床版を一体化する。最後に一体化したPCa床版と鋼主桁を結合し、プレストレス導入用の箱抜部を後埋めする。

PS ジョイント床版は、1) 場所打ちRC構造部の解消、2) 薄厚化（軽量化）による鋼主桁や下部構造および基礎への影響低減、3) 接合部にプレストレスを導入することによる長期耐久性の向上を期待した構造である。

3. PS ジョイントを用いた床版の設計

(1) 床版厚さおよびコンクリートの設計基準強度

PS ジョイント床版を対象として、床版の厚さを变化させた比較設計を実施した結果、その中から床版厚180mmを選定した。この床版厚さは、接合面のPSジョイントの配置(ボルト径, 配置間隔), 工場製作性, 取替えの対応となり得る保有ストック数などを総合的に評価したものである。なお、床版厚さ180mmは従来のPCa床版より薄く、輪荷重による押抜きせん断破壊およびPSジョイントのプレストレスによる支圧力の双方に対する抵抗性を確保するため、コンクリートの設計基準強度を 70 N/mm^2 とした。

(2) PS ジョイントによるプレストレス導入

PS ジョイントはトルクによりプレストレスを導入できる緊張材として設計を行った。使用した緊張材の材質はF10T, ボルト径はM36である。設計ではPSジョイントの導入力は、道路橋示方書ⅡのF10Tの引張接合用高力ボルトの許容値²⁾を満足するとともに、PSジョイントをPC鋼材と見立てて道路橋示方書Ⅲの許容値³⁾も満足するように設定した。PSジョイントの配置間隔は、PCa床版の接合部において設計荷重時にフルプレストレスになるように定めた。なお、PSジョイントの初期導入力は、コンクリートのクリープ・乾燥収縮、弾性変形およびPSジョイントのリラクセーションを考慮するが、最終的にはこれらの値は現在実施している試験結果を反映して定める予定である。

(3) PS ジョイントによる支圧力の検討

PS ジョイントのボルト径をM36とした場合、180mmの床版厚さに対して600kNを上回るプレストレスを導入するため、支圧力に対して補強法を検討する必要があった。そのため、日本建築学会プレストレスコンクリート設計施工基準⁴⁾に従い、補強鉄筋量および支圧プレート形状を決定した。その後、3次元FEM解析にてPSジョイントによる付加応力の確認を行い、PSジョイント締付け用の箱抜周辺に発生する局所的に大きな引張応力に対して補強鉄筋を配置した。以上の検討を踏まえたPSジョイント床版の概要図を図-5に示す。

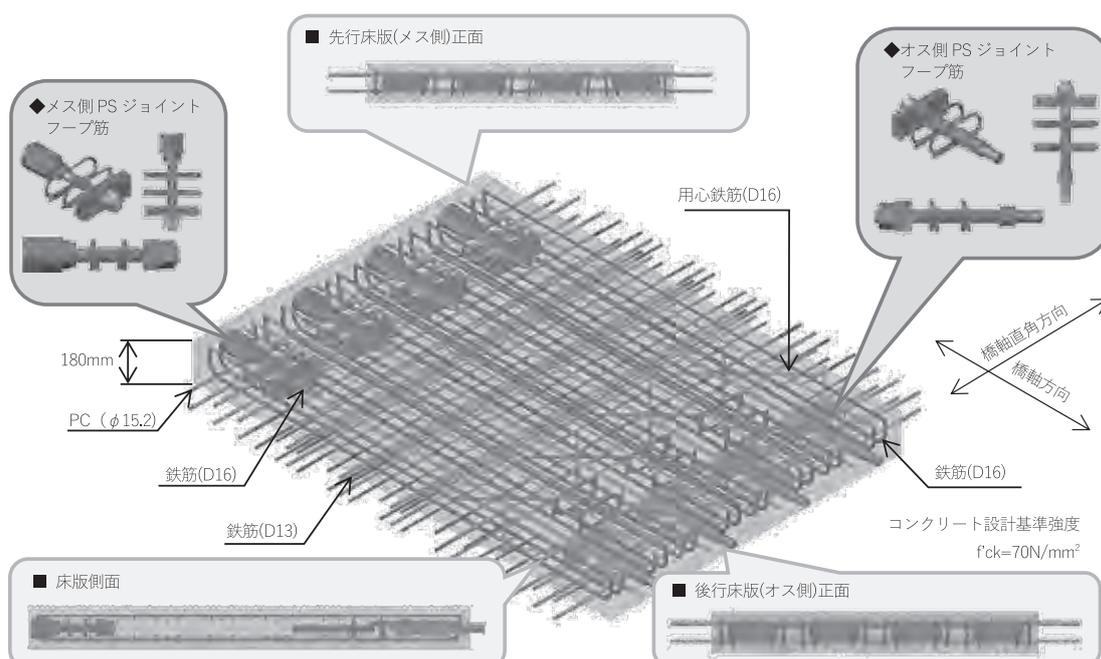


図-5 PS ジョイント床版概要図

4. PS ジョイントボルトの性能確認

PS ジョイントは、設計に必要なプレストレスを導入できる材質であることに合わせて、床版製作や接合時の作業性、ボルトの取扱いなどを踏まえて仕様を決定した。

PS ジョイント床版同士の一体化に用いる PS ジョイントのオスボルトとメスボルトの嵌合に必要な押込み力を確認することおよび嵌合された PS ジョイントが設計引張力に対して十分な強度を有することを確認するため、押込みおよび引抜き試験を実施した。押込み試験状況を写真-1に示す。押込み試験では、ねじ部の摩擦を安定化させる潤滑処理を施すことで押込み力が安定することを確認した。引抜き試験では、引張荷重までの荷重-変位関係は直線関係となっており、構造的にも機能上も問題ないことを確認した。なお、PS ジョイントは円周方向に 5 mm の施工誤差を吸収できる構造となっている。実施工では PS ジョイント



写真-1 押込み試験状況

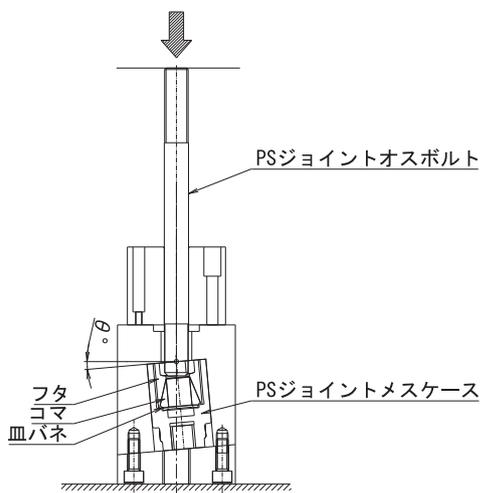


図-6 押込み試験状況図 (偏芯有)

が 5 mm の範囲で芯ずれした状態で嵌合する可能性も考えられたため、オスボルトがメスボルトに対して傾いて押し込まれることを想定した押込み試験、引抜き試験も行った。試験状況図を図-6に示す。オスボルトの傾きによって、押込み荷重は大きくなったが接合可能な範囲であることを確認し、その後の引抜き試験では、嵌合部の拔出しなどの異常が無いことを確認した。その他、PS ジョイントの機械的性能、耐食性などの確認試験も行い、良好な結果を確認した^{5), 6)}。

以上の性能確認や別途実施した施工性確認試験の結果、PS ジョイントに適用するボルトは、材質は F10T、ボルト径は M36、ねじピッチは 2.0 mm とし、熱処理後転造してダクロダイズド塗装を施したものを採用して検討を進めている。

5. PS ジョイント床版の接合部に関する安全性の確認

PS ジョイントボルトを床版に適用した場合の接合部に関する安全性の確認を静的曲げ試験および耐疲労性試験で行った。接合部を設けない床版でも同様の試験を実施し比較検討を行った。

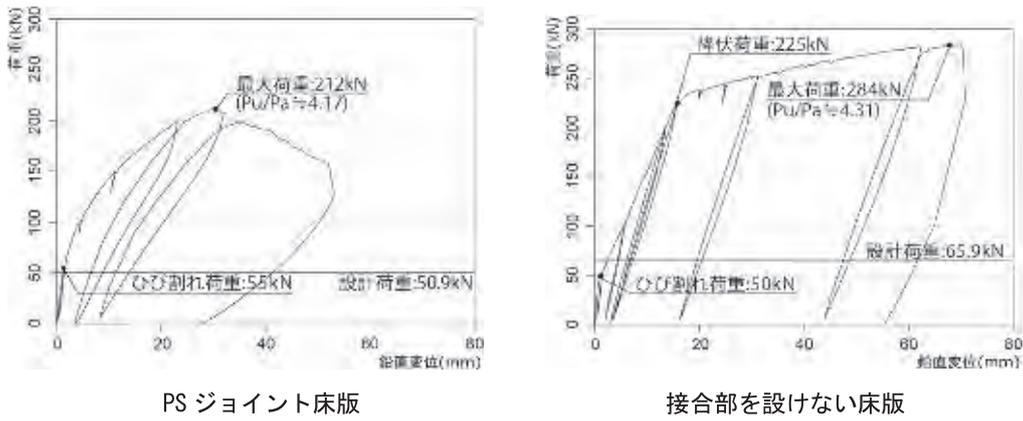
(1) PS ジョイント床版の静的曲げ試験

静的荷重に対する曲げ試験では、ひび割れ性状、曲げ耐力、破壊形態を確認した。また、荷重の載荷は、支間長さ 3,000 mm で単純支持した試験体の中央一点に道路橋示方書で示される輪荷重幅 (200 × 500 mm) で一点載荷を行い、載荷・除荷を繰り返す一方向漸増繰返し載荷で行った。試験状況を写真-2に示す。

試験で得られた荷重-変位関係を図-7に示す。PS ジョイント床版は、設計荷重時を上回る荷重で継手位置の外側に曲げひび割れが発生し、最大荷重と設計荷重の比率は 4.2 倍となった。最大荷重時に上縁側



写真-2 静的曲げ試験状況



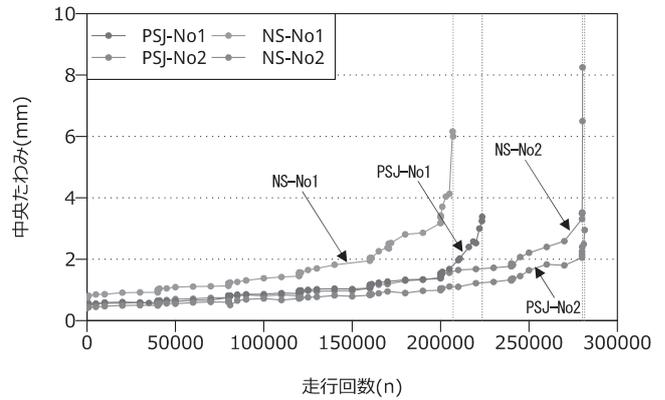
図一七 静的曲げ試験による荷重—変位曲線

に水平ひび割れが確認され、PS ジョイントボルトは降伏していないため、破壊形式は曲げ圧縮破壊と判断した。除荷時にはPS ジョイント床版は、接合部を設けない床版に比べて残留変位が小さくなる原点指向性が強い挙動を示した。一方、接合部を設けない床版は、設計荷重以下で曲げひび割れが発生し、最大荷重と設計荷重の比率は4.3倍となった。破壊形式は鉄筋降伏による曲げ引張破壊であり、PS ジョイント床版に比べて多数のひび割れが確認された。以上より、PS ジョイント床版は接合部を設けない床版と比較して同等以上の曲げ性能を有し、設計荷重時における接合部のひび割れを防止できることが確認された⁷⁾。

(2) PS ジョイント床版の耐疲労性試験

耐疲労性試験は、輪荷重走行試験を実施して確認した。輪荷重の走行方向と平行に試験体を単純支持し、輪荷重幅 300 mm、走行範囲 1,200 mm で載荷を行った。荷重は初期荷重を 100 kN に設定し、走行回数が 4 万回ごとに荷重を増加させる階段状荷重漸増載荷とした。試験状況を写真一三に示す。

試験より得られた走行回数—中央たわみ関係を図一八に示す。図一八中の PSJ がプレストレスジョイント



図一八 走行回数—中央たわみ関係

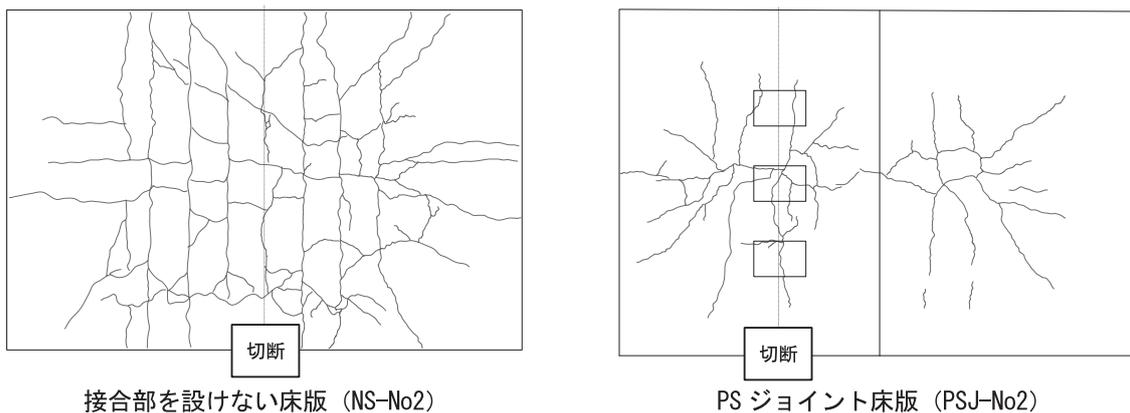
床版、NS が接合部を設けない床版の結果である。いずれの試験体も走行回数の増加に伴いたわみが徐々に増加し、最終的にはたわみが急増した時点で破壊に至ったと判断した。試験体間にばらつきは見られるものの、PS ジョイント床版と接合部を設けない床版の間に明瞭な違いは確認できず、破壊モードはいずれも押抜きせん断破壊であった。試験体のひび割れ性状を図一九、一〇に示す。ひび割れ性状は、接合部を設けていない床版は試験体下面に格子状のひび割れが発生していたが、PS ジョイント床版は接合部のプレストレスの効果によって接合部周辺のひび割れは少なく、それぞれに製作した床版パネルの中央部分を中心にひび割れが進展し、PS ジョイント床版定着板付近には複雑なひび割れの発生が見られた。以上の結果より、PS ジョイント床版は継手部で生じるひび割れ性状は異なるものの、接合部を設けない床版と同等の耐疲労性を有していることを確認した⁸⁾。

6. 活荷重合成桁への適用性検討

PCa 床版を用いた床版更新工事では、ずれ止めを配置し既設鋼桁と床版の一体化を図る必要がある。通



写真一三 輪荷重走行試験状況



図一 9 試験体下面ひび割れ性状

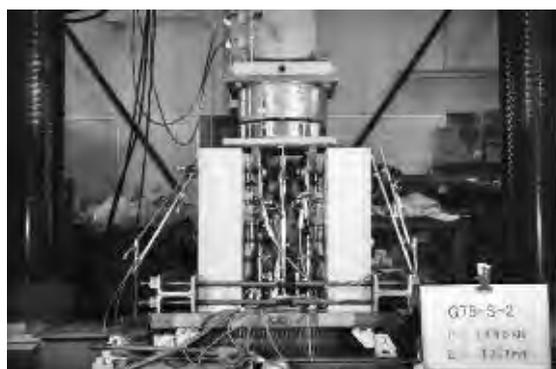


図一 10 試験体内部ひび割れ性状

常, PCa 床版に設けたジベル孔開口部から鋼桁上に所定の頭付きスタッドを溶植した後, スタッド孔開口部より床版と鋼桁フランジ間の隙間を無収縮モルタルで充填する。その後, スタッド孔開口部は収縮補償用膨張コンクリートで後埋めをする。しかし, PS ジョイント床版内部には PS ジョイントボルトや鉄筋, 横締め PC 鋼材が配置されており, スタッド孔の配置が制限される。そのため, 特に合成桁においては, 道路橋示方書に準拠したスタッド配置が困難なことから, PS ジョイント床版のスタッド孔にスタッドをグループ配置した場合の耐荷力の実験的検討を行い, 設計・施工への適用を検討した。写真一 4 に押抜きせん断試験の状況を示す。また, 写真一 5 はスタッドをグループ配置しスタッドの周囲にスパイラル鉄筋を設けたケースの押抜きせん断破壊後の状況である。今後, 実設計への適用を試みる予定である。



写真一 5 試験終了後のスタッドの状況



写真一 4 押抜きせん断試験状況

7. 今後の取組み

種々の検討を重ねた結果, PS ジョイントは床版更新の橋軸方向の接合技術として, 接合部を設けない一般的な RC 構造部と同等以上の性能を保有していることが確認できた。現在は, これまでの試験や検討で得られた課題に対する改善を図り, 実橋への適用に向けた品質管理手法の確立や設計および施工法の標準化に向けたマニュアル整備を行っている。今後, 実橋における詳細設計, 施工計画および試験施工を経て, PS ジョイント床版を用いた実際の床版更新工事への適用を目指している。

8. おわりに

本報告は、道路橋床版更新技術として橋軸方向の接合構造である、PS ジョイントの技術開発について述べた。PS ジョイントを適用したPS ジョイント床版は、1) PC 床版の薄厚化（軽量化）および急速施工が可能となる、2) オスポルトを PE シースで被覆し、プレグラウト樹脂を注入しておくことで施工誤差を吸収できるとともにグラウト作業が不要となる、3) 場所打ち RC 構造部を解消し接合部にプレストレスを導入することにより継手部の耐久性が向上するなどの特徴を有し、より早くより高品質な橋梁の床版更新を可能とする技術である。実橋への適用に向けて様々な課題の解決、改善を重ね、老朽化が加速する高速道路橋梁の床版更新事業の推進に貢献したいと考えている。

謝 辞

本稿は、阪神高速道路(株)、清水建設(株)、ユニタイト(株)、住友電気工業(株)、昭和コンクリート工業(株)による HS プレストレスジョイント工法に関する共同研究成果の一部を報告したものである。本共同研究の遂行に対し、ご指導いただいた関係各位に深く謝意を示します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 小林顕, 新名勉, 奥石正己: プレストレスジョイントを用いた PCa 床版の設計, コンクリート工学年次論文集, PP.499-504, 2018.7
- 2) 日本道路橋協会: 道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, PP.149-154,

PP.232-236, PP.488-493, 2012.3

- 3) 日本道路橋協会: 道路橋示方書・同解説Ⅲコンクリート橋編, PP.133, 2012.3
- 4) 日本建築学会: プレストレストコンクリート設計施工基準・同解説, PP.209-224, 1987
- 5) 大島克仁, 新名勉, 奥石正己, 宮田勝治: プレストレスジョイントの開発および性能確認試験, プレストレストコンクリート Vol.61 No.52, PP.50-55, 2019.9
- 6) 小林顕, 岡本信也, 伊佐政見, 陶昭男: プレストレスジョイントのねじピッチ, 締付けトルク値に関する検討, 第 29 回プレレストコンクリート発展に関するシンポジウム, 2020.10 (投稿中)
- 7) 奥石正己, 新名勉, 林大輔, 小林顕: プレストレスジョイントを用いた PCa 床版の静力学特性, 第 27 回プレレストコンクリート発展に関するシンポジウム, PP.401-404, 2018.11
- 8) 新名勉, 林大輔, 小林顕, 奥石正己, 国井優嗣: プレストレスジョイントで接合したプレキャスト PC 床版の耐疲労性評価, 第 10 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, PP.17-22, 2018.11

【筆者紹介】

岡本 信也 (おかもと のぶや)
 阪神高速道路(株)
 管理本部 神戸管理・保全部 保全事業課
 担当課長



伊佐 政見 (いさ まさあき)
 阪神高速道路(株)
 管理本部 大阪保全部 保全事業課



小林 顕 (こばやし けん)
 清水建設(株)
 名古屋支店 土木技術部
 部長



高速道路舗装の長寿命化に向けた 高耐久路盤用混合物の開発と施工事例

菅野 勝一・高橋 茂樹・白井 悠

高速道路における長期供用路線の損傷実態を調査した「解体新書プロジェクト」では、上層路盤底面からの疲労ひび割れや下層路盤の軟弱化が確認されている。こうした損傷の修繕には通常では路盤層からの打換えが有効であるが、実際の現場では困難な場合が多い。舗装をより長寿命化していくためには、修繕の際に路盤の高耐久化を図ることが有効であり、路盤高耐久化のための新たな材料開発として、海外で実績の多いアスファルト混合物 HiMA に着目して高耐久路盤用混合物を検討した。本検討では、高耐久路盤用混合物が我が国の一般的な混合物に対して疲労抵抗性等の耐久性に優れていることを確認した。また、実道での試験施工においても所定の性能を有することを確認したので本稿ではその内容を紹介する。

キーワード：高速道路，舗装，長寿命化，上層路盤，HiMA，疲労抵抗性，スティフネス

1. はじめに

高速道路においては、長期供用に伴い路盤の損傷が顕在化してきており、供用後約 20～40 年を経過した箇所を対象に実施した「解体新書プロジェクト」¹⁾により、その損傷実態が明らかとなっている。調査結果によると、アスファルト混合物層の厚さが 20 cm 程度と比較的薄い箇所や下層路盤の損傷箇所において、疲労ひび割れの発生が高速道路で初めて確認されている。

こうした損傷に対しては、路盤も含めた損傷箇所までを打ち換えることが通常の施工方法であるが、交通規制時間の確保や修繕に伴う費用などの観点から、その実施は困難なことが多い。このため、路盤の性能が長期にわたり維持されるように、修繕する際に路盤の高耐久化を同時に図っていくことが有効であるといえる。

そこで、筆者らは上層路盤に従来のアスファルト安定処理路盤に代わる、疲労抵抗性に優れ、かつ脆弱化した下層路盤に対しても作用荷重が軽減できるような、剛性の高いアスファルト混合物（以下、混合物）が必要であると考えた。

ここで、海外に目を向けると、これに該当する混合物として、ハイモデュラスアスファルト混合物（High Modulus Asphalt）（以下、HiMA）が挙げられる^{2),3)}。HiMA は、1990 年代にフランスで開発され⁴⁾、その後はイギリスをはじめ欧州各地に広まり、現在では、世界の多くの国で広く使われている。この HiMA は、

低針入度（10～40 1/10 mm 程度）のアスファルトバインダ（以下、バインダ）を使用し、バインダ量を多く、かつ空隙率を小さくすることで、スティフネスや疲労抵抗性、はく離抵抗性や水密性等を高めた混合物である。そこで、基本的な考え方は海外のものを踏襲しつつ、わが国の実情に合った HiMA として高耐久路盤用混合物を検討した。

高耐久路盤用混合物の開発では、最初に上述した 4 つの混合物性状について、わが国で表基層や路盤に使用されている一般的な混合物と比較しつつ室内試験により検討を行った。次に、構造解析により舗装体として下層路盤への負荷低減効果や疲労抵抗性能について検討した。そして最後に、実道適用に関する検討として試験施工を行った。本稿ではこれら結果について紹介する。

2. 高耐久路盤用混合物の検討

(1) 高耐久路盤用混合物のバインダと配合

海外の HiMA では低針入度アスファルトを使用しているが、わが国では汎用性および価格の面において課題がある。このため、高耐久路盤用混合物のバインダは、経済性、および汎用性を考慮してストレートアスファルト 60/80（以下、ストアス 60/80）に硬質特殊添加剤（以下、添加剤）を加えたものを用いることとした。

高耐久路盤用混合物の配合は、海外の事例²⁾を参

考に定めた。この配合は、最大粒径は 20 mm、粒度はわが国の粗粒度アスファルト混合物 (20) (以下、粗粒 (20)) の中央粒度に近く、0.075 mm 通過質量百分率は粗粒 (20) よりも 2~3%多いものとなっている。設計アスファルト量は水密性等を確保するために空隙率が 2~3%となる量に設定した。ここで、検討に用いた高耐久路盤用混合物 (以下、高耐久路盤) とわが国で一般的に用いられている 4 種類の混合物の配合を表一に示す。

表一 検討に用いた混合物の種類と粒度および配合

混合物の種類	高耐久路盤	密粒 (13)	粗粒 (20)	As処理(30)	大粒径(30)
バインダーの種類	添加剤 + ストアス 60/80	ストアス 60/80			
通過質量百分率 (%)	31.5 mm	-	-	100.0	100.0
	26.5 mm	100.0	100.0	100.0	96.0
	19.0 mm	98.2	100.0	98.7	75.6
	13.2 mm	75.4	99.2	82.4	58.2
	4.75 mm	48.0	62.9	44.9	41.6
	2.36 mm	32.1	43.1	27.2	28.1
	0.6 mm	19.4	23.8	15.9	14.9
	0.3 mm	13.2	15.5	10.3	10.4
	0.15 mm	8.6	9.7	6.3	7.2
	0.075 mm	6.3	6.7	4.5	5.2
アスファルト量 (%)	5.3	5.7	5.3	3.8	4.5
基準密度 (g/m ³)	2.456	2.395	2.406	2.443	2.429
空隙率 (%)	2.7	3.4	4.1	5.2	4.1
骨材間隙率 (%)	15.3	16.6	16.4	14.1	14.6
飽和度 (%)	82.4	79.5	75.1	63.2	72.3
マーシャル安定度 (kN)	13.1	11.8	8.5	10.2	9.5

(2) 試験項目と評価基準値

高耐久路盤の検討では、ステイフネス、疲労抵抗性、はく離抵抗性や水密性などの耐水性について試験を実施した。本検討に用いた試験項目と評価基準値の一覧を表二に示す。冒頭にも記したが、HiMA は多くの国で実績があり、また標準化されている。本検討における適用にあたっては、わが国で実施可能な試験法を用いている国の基準値を採用した。ステイフネスはイギリス⁵⁾、疲労破壊回数はポーランド⁶⁾の基準値を準用した。また、はく離抵抗性と水密性などの耐水性に関しては設計要領第一集舗装保全編 (東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株) (以下、NEXCO)) に示されている水浸ホイールトラッキング試験と、加圧透水試験により測定されるはく離率と透水係数の基準値を用いて評価した。なお、ポーランドでは疲労試験での载荷周波数は 10 Hz であるが、本検討では、試験装置の制約から後述するように、载荷周波数は 5 Hz としており、試験条件が異なるものの、疲労破壊回数の評価基準値は表二に示す値をそのまま準用した。

表二 試験項目と評価基準値

項目	試験方法	要求	適用国または機関
ステイフネス (20℃, 124 ms)	NAT による ITSM 試験	5,500 MPa 以上	イギリス
疲労破壊回数* (10℃, 10 Hz, 130 μ)	4 点式繰返し曲げ試験機による疲労試験	1 × 10 ⁶ 回以上	ポーランド
はく離率 (60℃, 6 時間)	水浸ホイールトラッキング試験	5.0% 以下	NEXCO
透水係数 (150 kPa, 10 分)	加圧透水試験	1 × 10 ⁻⁷ cm/s 以下	NEXCO

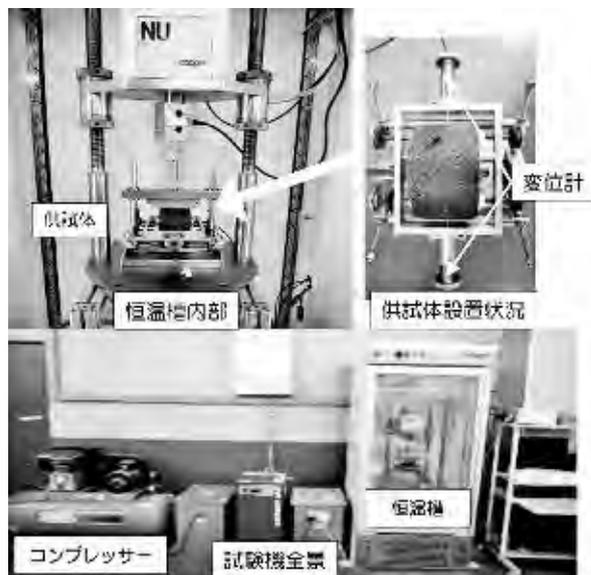
※本検討では、载荷周波数は 5 Hz とした。

(3) 混合物性状

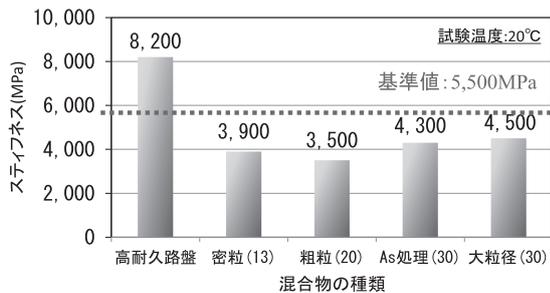
(a) ステイフネス

ステイフネスは、写真一に示す Nottingham Asphalt Tester (以下、NAT) を使用した、Indirect Tensile Stiffness Modulus (以下、ITSM) 試験方法により測定した。この試験法は BS EN12697⁷⁾ に準拠したもので、円柱供試体を用いて繰返し間接引張試験によりステイフネスを測定するものである。試験条件は、①試験温度：20℃、②荷重载荷モード：ハーバーサイン波、③荷重载荷時間：124 ms (8 Hz)、④最大横方向変位：5 μm とした。なお、ステイフネス算出に用いるポアソン比は 0.35 とした。

測定結果を図一に示す。図一より、高耐久路盤のステイフネスは 8,200 MPa となっており、他の混合物よりも高い値を示し、As 処理 (30) と比較すると 1.9 倍大きい結果となっている。また、高耐久路盤は、他の混合物と異なり、表二に示した海外の基準値 (≧ 5,500 MPa) を満足していることがわかる。これは、バインダに用いた添加剤の効果によるものであるといえる。



写真一 NAT 試験機



図一 各混合物のスティフネス

(b) 疲労破壊回数

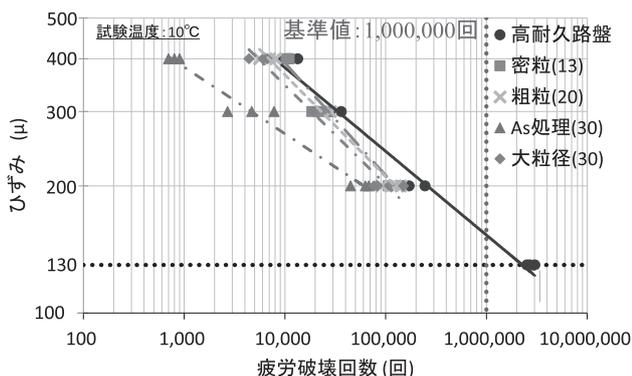
疲労破壊回数（以下、破壊回数）の検討は、舗装調査・試験法便覧（（公社）日本道路協会）B018Tに準拠して実施した。試験条件は、①供試体寸法：50×50×400 mm，②試験温度：10℃，③載荷周波数：5 Hz，④載荷波形：正弦波，⑤ひずみ：200μ，300μ，400μの3水準（高耐久路盤のみ130μを加えた4水準）とした。

結果を図一2に示す。図一2より、高耐久路盤と他の混合物を比較すると、高耐久路盤が疲労抵抗性に優れることが判る。また、高耐久路盤のひずみ130μにおける破壊回数をみると1,000,000回を超え、表一2に示す海外の基準値を満足する結果となった。

(c) 耐水性

耐水性の検討は、水浸ホイールトラッキング試験（以下、水浸WT試験）によるはく離率、および加圧透水試験機による透水係数で評価した。水浸WT試験はNEXCO試験方法244-2005に準拠し、加圧透水試験は舗装調査・試験法便覧B017Tに準拠した。

結果を表一3に示す。表一3より高耐久路盤のはく離率は表一2に示した基準値を満足し、その他の混合物では基準値を満足しなかった。また、透水係数は高耐久路盤と密粒（13）は表一2に示した基準値を満足したが、他の混合物は水密性が不十分であった。以上より、高耐久路盤は他の混合物よりも十分な耐水性を有していることを確認した。



図二 各混合物の疲労破壊回数

表一3 耐水性試験結果

混合物の種類	高耐久路盤	密粒 (13)	粗粒 (20)	As処理 (30)	大粒径 (30)
はく離率 (%)	4.8	13.7	26.0	38.9	30.9
基準値	5.0 以下				
透水係数 (cm/s)	0	0	予備加圧段階で多量の漏水が発生し、試験打ち切り。		
基準値	1 × 10 ⁻⁷ 以下				

3. 構造解析による高耐久路盤用混合物の適用効果

(1) 解析方法

高耐久路盤を上層路盤へ用いた場合の下層路盤への負荷低減効果や疲労抵抗性に対する適用効果を確認するため、多層弾性解析ソフト「GAMES」を用いて構造解析を行った。本解析では、図一3に示す舗装断面（交通量区分N6，設計CBR20%，設計期間10年，信頼度90%）を対象に、輪荷重（49 kN）が載荷した時の上層路盤下面の最大引張ひずみ（以下、 ϵ_r ）と下層路盤上面の最大圧縮ひずみ（以下、 ϵ_z ）を算出した。この計算は上層路盤に高耐久路盤とAs処理（30）を用いたそれぞれの場合について行った。

計算条件は図一3に示すとおりで、スティフネスは表層から上層路盤までは室内試験での実測値、下層路盤の弾性係数は舗装設計便覧（（公社）日本道路協会）の一般的な値（200 MPa）、路床の弾性係数はCBR20%に相当する値（200 MPa）を用いた。なお、下層路盤への負荷低減効果の検討にあたっては、脆弱化した下層路盤に高耐久路盤を適用した場合の荷重作用による負荷軽減の程度を確認するために、下層路盤の弾性係数の値を100から250 MPaまで変化させた時の ϵ_z も算出した。



図一3 計算条件

(2) 下層路盤への負荷低減効果の検討

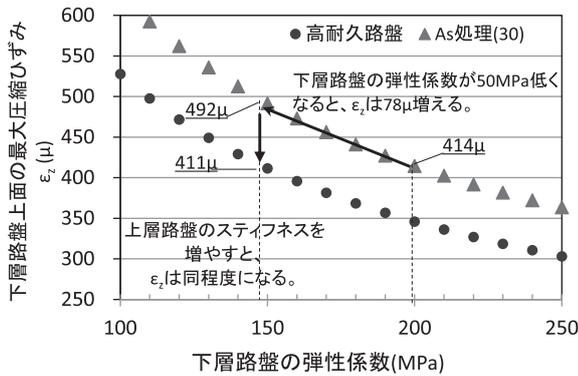
下層路盤の弾性係数が 200 MPa の場合の解析結果を表一 4 に示す。この様に、高耐久路盤は As 処理 (30) よりもスティフネスが大きいことから、両ひずみともに小さくなる結果となった。

次に、下層路盤の弾性係数を変化させた場合の弾性係数と ϵ_z との関係を図一 4 に示す。図一 4 より、上層路盤が As 処理 (30) で、下層路盤が健全とみなせる場合 (弾性係数 200 MPa) は、 ϵ_z は 414μ となっている。これに対し、下層路盤が脆弱化して弾性係数が 150 MPa まで低下したと想定した場合、 ϵ_z は 492μ まで増加する結果となった。一方、上層路盤に高耐久路盤を用いたとすると、 ϵ_z は 411μ にまで軽減されることがわかった。

以上より、限られた条件下ではあるが、高耐久路盤は As 処理 (30) よりも下層路盤への負荷低減が期待でき、下層路盤が脆弱化している場合でも荷重作用による負荷を軽減できる可能性を有していることを確認した。

表一 4 下層路盤の弾性係数が 200 MPa の場合の解析結果

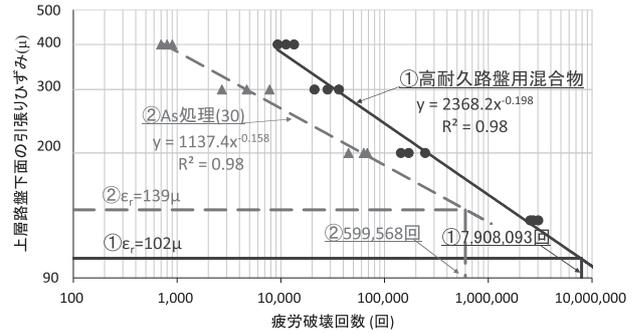
混合物の種類	①高耐久路盤	② As 処理 (30)
上層路盤下面引張ひずみ ϵ_x (μ)	102	139
下層路盤上面圧縮ひずみ ϵ_z (μ)	346	414



図一 4 下層路盤の弾性係数と上面の最大圧縮ひずみの関係

(3) 疲労抵抗性能の検討

図一 5 は、前述の疲労試験により得られた疲労曲線の近似式に、表一 4 に示した解析ひずみの ϵ_r を代入して、高耐久路盤と As 処理 (30) との破壊回数を求めた結果を示している。図一 5 より、高耐久路盤の破壊回数は、As 処理 (30) に比べると約 13 倍大きくなっている。これは、前述したように、高耐久路盤は As 処理 (30) よりも疲労抵抗性に優れることと、スティフネスが大きく発生ひずみが小さくなることか



図一 5 構造解析で算出した疲労破壊回数

ら破壊回数に差が現れたものと考え。

以上より、本検討においても、限られた条件下での試算ではあるが、高耐久路盤を上層路盤に適用することで、疲労抵抗性が增大し As 処理 (30) よりも疲労ひび割れの発生を抑制することが期待できるものと考え。

4. 施工事例

(1) 試験施工の概要

試験施工は、NEXCO 東日本関東支社長野管理事務所管内にある上信越自動車道のの上り線、信州中野 IC ~ 小布施 PA 間の走行車線において延長 250 m で実施した。

本試験施工で用いるバインダは、ストアス 60/80 に添加剤をプラントミックスしたものを用いた。配合試験の手順は、最適バインダ量 (以下、OBC) を決めた後に、添加剤の添加量 (対アスファルト量内割り) (以下、添加量) を設定した。OBC は、合成粒度を設定した後、添加剤を添加しないストアス 60/80 でマーシャル安定度試験を実施して、所定のマーシャル基準値を満足する中央値を OBC とした。添加量は、スティフネスと平均はく離率の両方の配合目標値を満足する添加量から設定した。室内配合試験の結果を表一 5 に示す。

表一 5 室内配合の結果 (高耐久路盤)

項目	値	目標値
最適アスファルト量 (%)	5.3	-
密度 (%)	2.405	-
空隙率 (%)	2.3	2 ~ 3
スティフネス (MPa)	10,020	5,500 以上
動的安定度 (回/mm)	6,280	1,000 以上
平均はく離率 (%)	4.2	5.0 以下
透水係数 (cm/s)	不透水	1×10^{-7} 以下

(2) 実機による試験練りと試験施工の実施

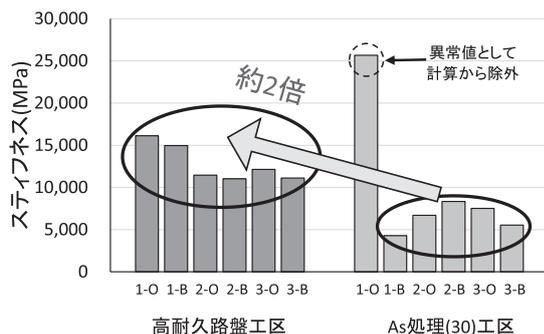
試験練りはバインダ量を OBC, OBC+0.3%, および OBC-0.3% の 3 点で実施した。また, 1×1 m の簡易試験施工を行い仕上がり面の状況を確認した。結果, OBC では混合物にガラツキが見られ, 空隙率も室内配合よりも小さくなった。一方, OBC-0.3% は, 仕上がり面にバインダの浮きは無く, 空隙率は 2.3% で基準値を満足した。これより, 設計バインダ量は OBC-0.3% の 5.0% に設定した。

本線施工に先立ち, プラント製造混合物の性状確認と施工条件を設定することを目的に構内試験舗装を実施した。混合物の性状確認では, 粒度, バインダ量, 密度等, 試験練り時と同等な性状となることを確認した。また, 本施工に使用予定の機械編成として, 敷き均しにはアスファルトフィニッシャ, 初期転圧にはマカダムローラ, 二次転圧にはタイヤローラを用いたときに所定の厚さ, 締固め度を確保するための転圧減, 転圧回数, 締固め温度について検証し, 本施工に向けて最適な施工条件を設定した。

(3) 本線試験施工

本線での試験施工の工区割りは, 高耐久路盤工区を延長 200 m, 比較工区として As 処理 (30) 工区を延長 50 m とした。本線試験施工では, 転圧時の落ちつきもよく, 施工性にも特に問題は見られなかった。また, 締固め度は両工区とも管理基準値を満足した。

ここで, 各工区の推定スティフネスの算出結果を図一6に示す。推定スティフネスは, FWD 測定から得られた時系列データを逆解析して算出した。FWD 測定は, 上層路盤面で工区ごとに 6 箇所測定し, 逆解析には Wave-BALM を用いた。解析モデルは上層路盤層, 下層路盤層, 路床の 3 層モデルとした。図一6に示すように, 高耐久路盤工区は As 処理 (30) 工区よりも, 2 倍近い推定スティフネスが得られ, 施工直後の推定スティフネスは高く, 所定の性能を有することを確認した。



図一6 構造解析で算出された疲労破壊回数

5. おわりに

本稿では, 高速道路舗装の長寿命化に向けた取り組みの一つである, 高耐久路盤用混合物とその施工事例について紹介した。本技術は, 路盤の高耐久化を図るうえで有用な混合物として期待している。今後は, 実道施工を重ねて本技術の普及を目指す予定である。

謝 辞

最後に, 本線試験施工にあたり, 試験施工場所を提供して頂きました NEXCO 東日本関東支社長野管理事務所に感謝の意を表します。

JICMA

《参考文献》

- 1) 高橋ほか: 高速道路におけるアスファルト舗装の「解体新書」プロジェクト, 舗装工学論文集第 20 巻, pp.I_93 ~ 104, 2015.
- 2) D.Sybilski (IBDiM) ほか: Laboratory and field implementation of high modulus asphalt concrete. Requirements for HMA mix design and pavement design. SPENS, 2009.
- 3) M.NKGAPEL ほか: Construction of a high modulus asphalt (HiMA) trial section ethekweni: South Africa's First Practical Experience With Design, Manufacturing and paving of HiMA, Abstracts of the 31st Southern African Transport Conference, 2012.
- 4) Jean- Francois Corte: Development and Uses of Hard-Grade Asphalt and of High-Modulus Asphalt Mixes in France, TRANSPORTATION RESEARCH CIRCULAR No.503, 2001.
- 5) M. McHale ほか: Evaluation of EME2 type mixtures incorporating softer grade binders-Phase I progress report, Transport Research Laboratory, 2012.
- 6) Laszlo Petho ほか: High Modulus High Fatigue Resistance Asphalt (EME2) Technology Transfer, Austroads Ltd, 2014.
- 7) British Standards Institution: Bituminous mixtures-Test methods for hot mix asphalt-Part26, 2004.

【筆者紹介】



菅野 勝一 (かんの しょういち)
 (株) 高速道路総合技術研究所 道路研究部 舗装研究室
 主任研究員



高橋 茂樹 (たかはし しげき)
 (株) 高速道路総合技術研究所 道路研究部
 舗装研究担当部長



白井 悠 (しらい ゆう)
 (株) NIPPO 技術研究所
 主任研究員

みちびきの位置情報を付与した 水糸下がり検測デジタル化技術の開発

其 田 直 樹・相 田 尚・桐 生 敦 行

道路舗装修繕工事の切削オーバーレイ工では、施工前、切削後、舗設後に基準となる高さに水糸を張り、スケールの読みを測って厚さを検測している。通常、3～4名必要な作業をデジカメ測量技術によって1人で検測可能とした。さらに、写真撮影箇所のエビデンスとして、準天頂衛星みちびきから得られる座標データを自動的に計測測点に紐づける技術を開発した。尚、当該技術は、昨年度国交省「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」で採択され実施した。本稿ではその概要について報告する。

キーワード：舗装修繕工事，水糸下がり代替，デジカメ測量技術，みちびき対応，座標付与

1. はじめに

従来、道路舗装修繕工事では、工種毎の厚さや幅の仕上がり確認のため、水糸による下がりとメジャーによる幅の検測を実施している。この検測作業方法は数十年に渡り変わっていない(写真—1)。写真—1より、水糸下がり検測に必要な人員は、撮影者1名、手元3名の計4名であることがわかり、水糸下がり検測と同時に施工幅員の検測も行っている。この検測作業を現場の決められた工事測点毎に素早く正確に行うことが次工程への円滑な移行に繋がるものである。また、計測した測定値はメモを取り、施工担当者が事務所に戻った後、速やかにその日の出来形を帳票にしており、このような事務所での内業も効率化が求められている。さらに、計測精度において、切削オーバーレイ工の規格値¹⁾(表—1)は、ミリメートル単位であり、



写真—1 水糸下がり検測状況

表—1 切削オーバーレイ工規格値

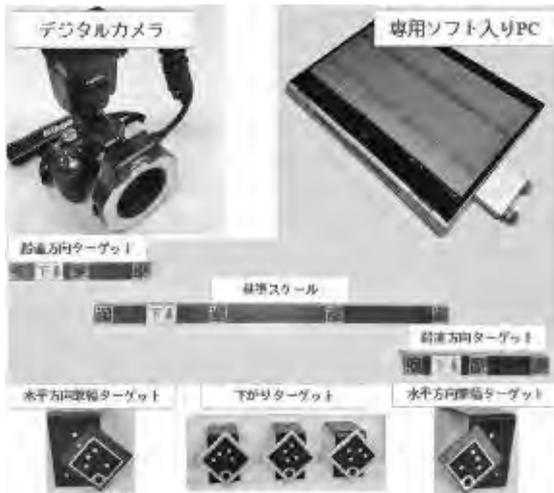
単位：mm

工 種	測定項目	規 格 値	
		個々の測定値 (X)	平均の測定値 (X ₁₀)
切削オーバーレイ工	厚さ t (切削)	-7	-2
	厚さ t (オーバーレイ)	-9	
	幅 W	-25	

高精度な計測精度を要求されるため、水準測量と同程度の精度を有した計測手法が求められる。

2. 水糸下がりデジタル化技術の開発と課題

筆者らは、水糸下がり検測の省人化、均一化を目的に、デジカメ測量技術を活用した一人での検測と帳票の自動作成が可能な水糸下がり代替技術を開発した²⁾。写真—2に計測機材一式を示す。デジカメ測量技術を活用した水糸下がり代替技術は、特殊なターゲットを水糸下がり計測の標尺と同一の路面位置に設置し、デジタルカメラにて複数の観測点から撮影する。約3.5m幅員の計測の場合、左端部から一歩ずつ中央に移動しながら左端部の水平方向兼幅ターゲットが映り込むように4枚撮影した後、同様に右端部の水平方向兼ターゲットが映り込むように4枚撮影、計8枚の画像を撮影する。写真—3に計測状況を示す。撮影さ



写真一2 計測機材一式



写真一3 計測状況

れた画像は、専用のソフトウェア（図一1）を介して読み込み解析され、その場で舗装の出来形を確認することができる。ターゲット設置から撮影、読み込み解析、ターゲット撤去の一連の検測作業は、約5分程度で実施可能である。

従来の水糸下がりによる検測では、黒板に記した工事測点や検測箇所の背景を写真で記録することで検測位置を特定できた。デジカメ測量技術を活用した水糸下がり代替技術では、ターゲットのみを写すことでターゲットを配置した箇所の高さや幅を計測する技術であることから、検測位置の特定は帳票に入力する必



写真一4 解析用画像

要がある。写真一4に解析に用いる写真を示す。

アナログな検測方法をデジタル化し、更に位置情報を自動取得することは、舗装出来形の立会い検査を省略するための確固としたエビデンスになる。そこで、様々な方法を検討した結果、みちびき対応マルチGNSS受信機を組み込んだシステムの開発に至った。以下に概要を記す。

3. システム構成

(1) GNSS 受信機の選定

人工衛星から得られる座標情報を付与し、検測位置のエビデンス確保のため、写真一5に示す受信機を選定した。選定理由として、本受信機は日本版GPSである準天頂衛星「みちびき」をはじめ各国衛星システムに対応し、サブメートル級精度の測位が可能であ



写真一5 みちびき対応マルチGNSS受信機

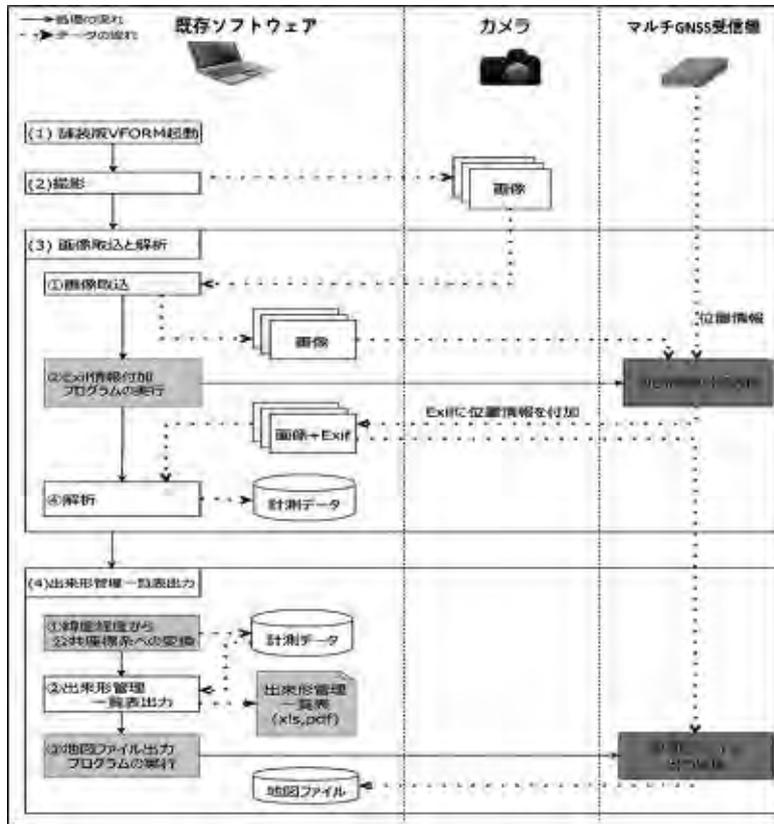


図一1 専用ソフトウェアの画面一例

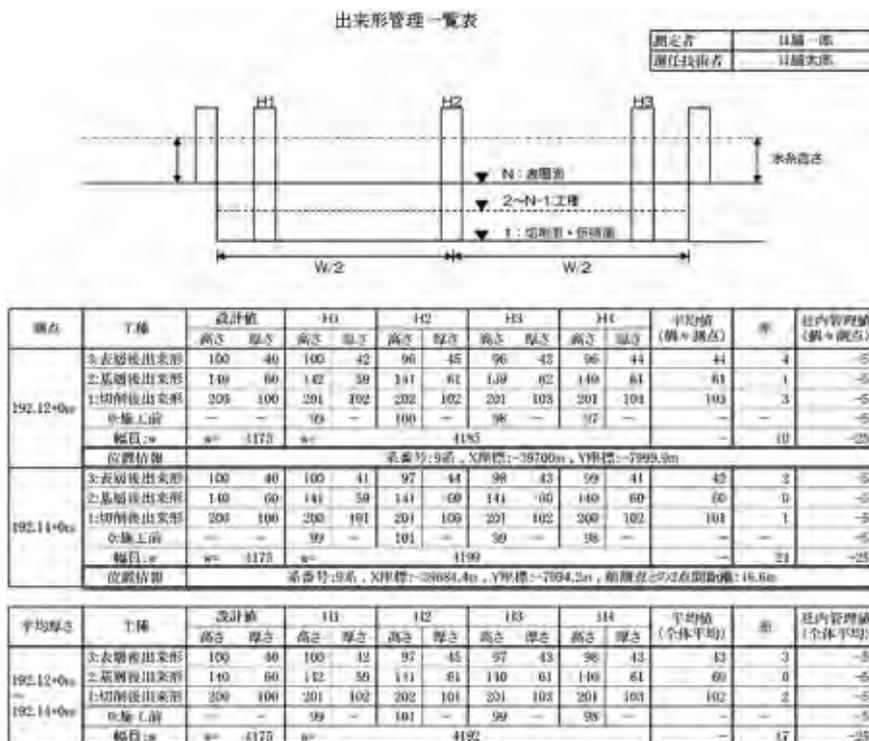
り、小型、軽量、安価であることが挙げられる。舗装修繕工事の出来形管理は、数十メートル毎の頻度であるため、検測位置の判定はサブメートル級精度で十分だと判断した。

(2) システムの解析処理フロー

みちびき対応マルチGNSS受信機で取得する座標データを既存ソフトウェアにシステムマッチさせる解析処理フローを図一2に示す。計測位置の信頼性確



図一2 解析処理フロー



図一3 位置情報を付与した出来形管理一覧表例

保のため、みちびき対応マルチGNSS受信機で取得した座標は撮影画像の時刻と同期させ、画像のExif情報に記載し保存する仕様とした。また、取得した座標を自動作成される出来形帳票に反映させ(図-3)、簡易に計測位置を確認できるように地図上で計測位置をプロットできる仕様とした。

4. 選定GNSS受信機の測位精度検証

(1) 検証方法

選定したGNSS受信機の測位精度検証のため、RTK測位方式により得られた座標を真値とし、真値との差とバラつき度合いを確認した。1地点あたり約5分間の測位を実施した。座標取得時間帯の測位箇所上空に存在したGNSSの軌跡を図-4に示す。GNSSの軌跡と数より、測位条件は良好であった。また、GNSS信号の搬送波の信号強度を示すCNR値も良好な数値であった。

(2) 精度検証結果

測位精度の結果を表-2に示す。

表-2より、選定したGNSS受信機の水平方向の

バラつき(RMS_E-W, RMS_N-S)は、ほぼ1m以内で収まっていることが確認できた。また、取得座標の中心点座標と真値座標の差も各地点でほぼ1m以内であったことが確認できた。

(3) 出来形検測の位置確認

本システムを現場試行し、計測位置を地図上に自動プロットした(図-5)。20m毎の検測頻度であったが、舗装出来形の検測位置を十分把握できるものであった。

5. 労働生産性向上に関する考察

本システムを労働生産性の視点からその有効性を考察した。本システムを用い舗装出来形立会いを省略した場合と実施した場合の出来形管理作業の比較を表-3、図-6に示す。また、参考として従来検測手法「水糸下がり」も同様に比較した。

表-3、図-6より、検測位置の座標付与によって舗装出来形立会いが省略されれば約24%の労働生産性の向上が期待できる。



図-4 検証実施時の衛星信号強度



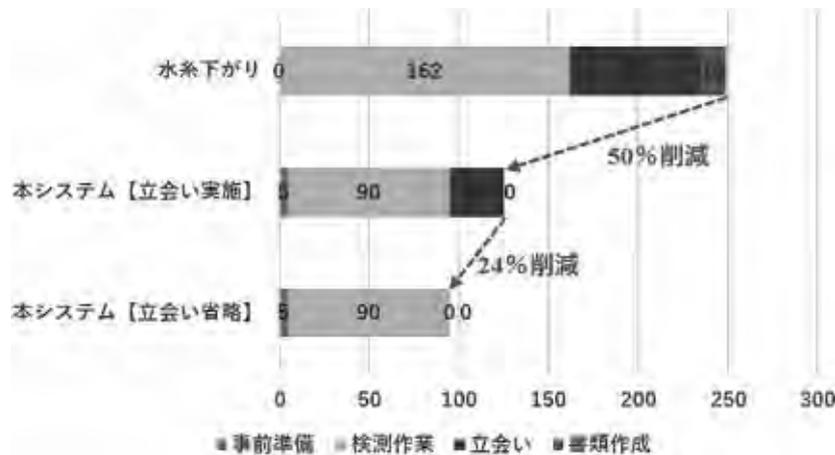
図-5 検測位置の確認

表-2 測位精度の結果

周期	地点	RMS(m)			2DRMS	Lat	Lon	Hgt	真値との差(m)
		E-W	N-S	U-D					
1	1	0.499	0.541	1.919	1.472	36.97281	137.60886	66.9681	0.690
	2	0.214	0.199	1.399	0.584	36.97279	137.60875	66.6578	0.075
	3	0.272	0.476	2.298	1.097	36.97276	137.60864	67.6679	0.350
	4	0.723	0.411	0.666	1.664	36.97275	137.60853	65.5255	0.745
	5	0.405	0.298	1.713	1.006	36.97272	137.60842	67.3473	0.242
	6	0.835	0.508	0.482	1.955	36.97270	137.60831	66.2650	0.081
2	1	0.468	0.220	0.816	1.035	36.97280	137.60885	65.6547	0.413
	2	0.438	0.338	0.386	1.108	36.97279	137.60875	65.6098	0.309
	3	0.423	0.166	0.641	0.909	36.97276	137.60863	66.0276	0.297
	4	0.247	0.365	0.695	0.882	36.97275	137.60853	65.3637	0.135
	5	0.496	0.620	1.052	1.587	36.97273	137.60841	65.3007	0.714
	6	0.429	1.080	1.530	2.324	36.97271	137.60831	65.8915	0.982
	7	0.384	0.935	0.741	2.023	36.97267	137.60809	65.9128	0.904
	8	0.213	1.075	0.670	2.191	36.97261	137.60782	66.8130	1.032

表一 3 作業時間の比較表

	内業	事前準備				書類作成				total	備考
		人工	時間/回	回数/日	時間/日	人工	時間/回	回数/日	時間/日		
水糸下がり	内業	0人	0分	0回	= 0分	1人	15分	1回	= 15分	15分	施工延長300m×2層切削0L 検測3分/箇所 (@50m) 立会い8分/箇所 (検測3分+待ち5分) (切削、基層、表層の各層1回)
	外業	3人	3分	18回	= 162分	3人	8分	3回	= 72分	234分	
本システム 【立会い実施】	内業	1人	5分	1回	= 5分	0人	0分	0回	= 0分	5分	施工延長300m×2層切削0L 検測5分/箇所 (@50m) 立会い10分/箇所 (検測5分+待ち5分) (切削、基層、表層の各層1回)
	外業	1人	5分	18回	= 90分	1人	10分	3回	= 30分	120分	
本システム 【立会い省略】	内業	1人	5分	1回	= 5分	0人	0分	0回	= 0分	5分	施工延長300m×2層切削0L 検測5分/箇所 (@50m) 立会い省略
	外業	1人	5分	18回	= 90分	0人	0分	0回	= 0分	90分	



図一 6 作業時間の比較

6. おわりに

小型、軽量、安価なサブメートル級測位精度のGNSS受信機でも舗装出来形の検測位置のエビデンス確保が可能であり、舗装出来形立会いの省略に十分な有効性を示すことができた。舗装修繕工事の出来形立会いは、全体業務に占める割合からすれば小さい業務だが、現状においてアナログな業務をデジタル化することが労働生産性向上の一步に繋がると考えている。今後、更なる検証を重ね、舗装工事におけるデジタルトランスフォーメーションを進めていく所存である。



【参考文献】

- 1) 国土交通省, 土木工事施工管理基準及び規格値(案), 2018年3月
- 2) 其田他, 検測作業の省力化に向けたデジカメ検測技術の開発, 第33回日本道路会議, 2019年11月

【筆者紹介】



其田 直樹 (そのだ なおき)
 (株)NIPPO
 総合技術部 ICT推進グループ
 係長



相田 尚 (あいた ひさし)
 (株)NIPPO
 総合技術部 生産開発センター
 センター長



桐生 敦行 (きりゅう あつゆき)
 (株)横河技術情報
 技術部 第二課
 主任

アスファルト舗装の品質と安全性の向上を目指した取り組み

アスファルト舗装温度管理システム

小池 祐毅・長山 清一郎・池田 直輝

アスファルト舗装工事では、アスファルト混合物の品質管理で重要となる温度と、温度低下に影響する運搬時間を管理することで品質低下を防ぐことが重要となる。この品質を向上させることを目的に、アスファルト混合物の温度情報と運搬状況がリアルタイムで管理できるシステムを開発し、自社施工現場において検証し、アスファルト舗装工事の品質と安全性、省人化向上に取り組んでいる。

本稿では今回開発に至った“アスファルト舗装温度管理システム”について紹介する。

キーワード：アスファルト舗装、品質管理、安全、省人化、IoT

1. はじめに

近年、各地で豪雨災害をはじめとした自然災害が多く発生しているが、道路は災害時において、救援活動や緊急物資の輸送、避難路や避難場所として様々な役割を果たす等、重要なインフラ施設である。今後も道路が果たす役割を維持していくには、「安全・安心」の確保に加え、将来における担い手、建設業を魅力的な産業とするための働き方改革、生産性向上に取り組む必要がある。本稿では、魅力ある現場とするために、効率的な品質管理、生産性向上、労働環境改善、安全性の向上に取り組んだ事例について報告する。

2. 背景および開発経緯

(1) 品質管理および生産性の課題

高品質な舗装を構築するためには、アスファルト混合物の製造時および施工時（アスファルト混合物の敷均し、転圧）に適切な温度を管理することが重要となる。アスファルト混合物は温度依存性を有しており、製造や敷均し、転圧時の温度のような高温領域ではアスファルトの粘度は小さく施工（締固め）がしやすい。一方で、供用時のような常温（低温領域）では粘度が大きくなるため、車両の通行に耐えることができる（表一）。

アスファルトはこうした特性を有しているため、舗装工事では品質管理項目として各施工段階において適切な温度管理が重要となってくる。

しかしながら、現状の温度管理は各段階で温度管理

表一 アスファルト混合物の特性

管理段階	アスファルト温度	粘度	施工性	温度管理者
製造	高（170℃程度）	小さい	易	1名
現場到着	高（160℃程度）			1名
敷均し	中（150℃程度）			1名
転圧	中（140℃程度）			2名
供用	小（50℃以下）	大きい	難	-

者が必要となり、工事管理者の生産性を下げる要因となっている。

(2) 情報共有の課題

舗装工事では各段階で温度管理者が必要となってくるが、アスファルト混合物の出荷時刻、出荷温度、運搬車位置、到着時間、到着温度、運搬車待機中の温度等々、各温度管理者しか把握されていないのが現状である。これらの情報を収集するには、工場への電話連絡や運搬車同士の無線連絡で情報収集する必要があり、効率的な管理をするためには情報共有の課題がある。

(3) 労働時間・省人化の課題

温度管理データは、施工完了後に現場事務所にて、伝票の整理および帳票の作成を残業にて行われることが多い。この業務を行うために現状では、工務担当者の配置もしくは残業時間を増やすことで対応している。労働環境の改善および長時間労働の是正が課題となっている。

(4) 安全管理の課題

アスファルト混合物は、アスファルトプラントで製造された後、運搬車に積み込まれ舗装工事現場に運搬される。品質管理上、適切な温度で製造、運搬、現場搬入されているか温度管理を行うために、運搬車の荷台に昇り温度計測を行うが、荷台からの墜落・転落災害の恐れがある（写真—1）。また敷均し時の温度計測もアスファルトフィニッシャの真横での計測となり、巻込まれ、接触事故の恐れがあり、出荷温度、到着温度の温度管理と合わせて安全管理上の改善が必要となっている（写真—2）。



写真—1 運搬車への昇降



写真—2 従来の敷均し温度測定

3. アスファルト舗装温度管理システムの概要

(1) システムの流れ

当該システムの流れを図—1に示す。

アスファルト舗装温度管理システム（以下、システム）は、既存の生コンクリートの製造・運搬・品質管理システム¹⁾をアスファルト舗装工事に応用したものである。また、運搬車両の位置情報は、“TranSeeker”²⁾という機器を用い連携させている。アプリケーションは、Webアプリを使用しているため、Webにアクセスできる環境であれば、どこからでも情報を共有できるシステムとしている。

(2) システムの機能

(a) 運搬車の位置情報取得

運搬車の位置情報は、“TranSeeker”を使用し取得する。当該機器は、携帯電話回線を利用し、運搬車両の位置情報を約3分ごとにWebサーバへ発信する小型機器（L16 cm × W4 cm × H2 cm）で、運搬車の助手席等に置いてても運転の妨げにならない大きさとしている（写真—3）。運搬車の位置や走行履歴は、Googleマップ上にリアルタイムで表示され、運搬車



写真—3 TranSeeker 配置（助手席）



図—1 アスファルト舗装温度管理システムの流れ

のステータス（運搬中、待機中、回送中）を色別のピンマークで表示させることができる。また、ピンマークを押下げすると、運搬車番号、出荷時刻、温度情報等を確認できる仕様とした（図一2）。

(b) 温度情報

温度情報は、前述した TranSeeker に棒状の熱電対（有線）を接続して（写真一4）、位置情報と同様、携帯電話回線を利用して、温度情報を Web サーバに発信する。送信された温度情報は、システム画面上でリアルタイムでの閲覧が可能で、確認できる情報としては①出荷台数、②車番、③時刻（出荷、現場入場）、④運搬経過時間、⑤アスファルト混合物温度（最新、入場、敷均し、初期転圧）となっている（図一3）。



図一2 システム画面（運搬車位置情報）



写真一4 TranSeeker + 熱電対

①	②	③	④	⑤	登録時刻	登録時刻	登録時刻	登録時刻	登録時刻
品名	車番	時刻	時刻	時刻	時刻	時刻	時刻	時刻	時刻
1	00000	09:00	09:00	17	172	171			
2	00000	09:06	09:06	28	175	175			
3	00000	09:10	09:10	30	174	175	174	09:00	AP-1
4	00000	09:40	09:40	39	170	179			

図一3 システム画面（温度情報他）

なお、アスファルト混合物温度の「最新」は、出荷・運搬・待機中のリアルタイムのアスファルト混合物温度を表示している。

(c) 施工段階ごとの温度自動記録化

本システムでは、施工段階（出荷、現場入場、荷卸し、敷均し時の時刻および温度）を自動記録できる仕様としている。出荷段階の記録は、図一2の赤色円（プラント範囲）を出てから、位置情報が更新された時点で自動的に出荷時刻・温度がシステム画面に記録される。現場入場段階は、出荷と同様に青色円（現場範囲）に入場し、位置情報が更新された時点で入場時刻・温度が記録される。現場待機中の温度は、「最新」温度にて逐次確認を行うことができる。段階が「待機中」から「舗設中」に変わるには、運搬車に差し込んだ熱電対を外し「最新」温度が10℃以上下がると、自動的に「舗設中」に変わる仕様とした。敷均し温度については、「舗設中」になった時点で、アスファルトフィニッシャのスクリー部に取付けた記録機器によって（写真一5）、自動的に「敷均し温度」の欄に記録される。なお、「転圧温度」については、現時点では自動記録化に至っておらず、工事管理者による直接記録となっている。



写真一5 スクリュー部に取付けた熱電対

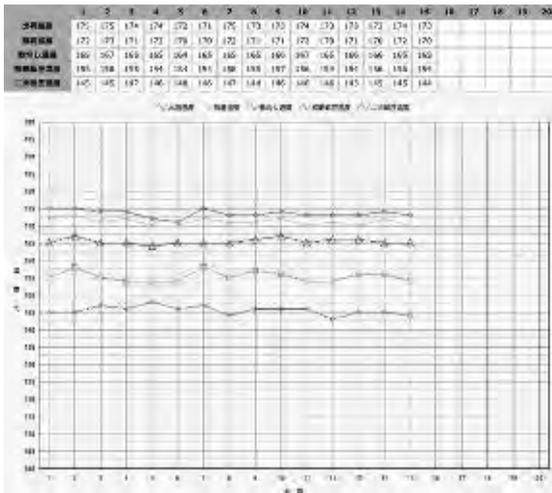
(d) 帳票出力

記録された温度記録は、自動的に帳票（EXCEL）として出力ができる。帳票の様式は、発注者や現場事務所によって異なることを想定して、これに対応できるように汎用性を持たせている（図一4）。

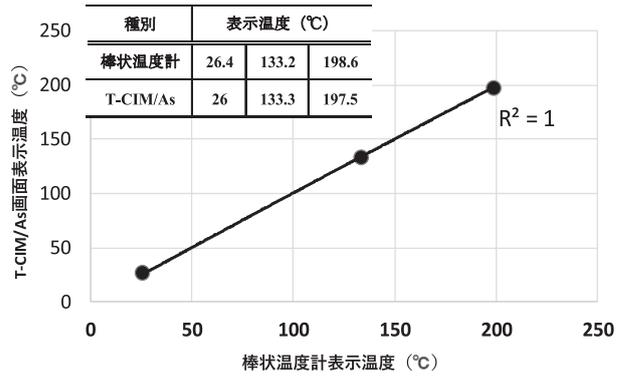
4. 適用事例と導入効果

(1) 適用事例

千葉県で施工した舗装工事に本システムを導入し、実工事における温度管理、帳票自動作成を実施した。運用状況を写真一6, 7に示す。現場は、プラントか



図一4 帳票画面の例



図一5 室内における温度差確認結果



写真一6 運搬車熱電対設置状況



写真一8 現場における温度差確認

163℃（システム画面温度）とほぼ同程度の温度を示した（写真一8）。



写真一7 システム確認状況

ら1時間程度の距離で、運搬車5台を3周りする舗装工事であり、出荷温度から転圧温度までを管理した。従来行われている棒状の温度計とシステムに示される温度に差が生じないか、あらかじめ室内にて「高温領域」、「使用温度領域」、「低温領域」にて温度差を確認したが、使用上問題ないと判断している（図一5）。本現場においても、発注者立会いのもと、温度差を現地にて確認したが162.3℃（棒状温度計）に対し、

(2) 導入効果

本システムを現場へ導入した効果として以下に示す4つの効果が期待できた。

(a) 品質管理および生産性の向上

温度情報が自動的に記録されることによって、通常5名程度必要な工事管理者（表一1参照）が2名（転圧温度測定）で管理を行うことができた。3名削減できたことで、翌日の段取りや細かな舗装仕上りの指示、他現場への従事等、生産性や出来栄への向上にも期待できることがわかった。

(b) 情報共有

舗装工事は、温度管理が重要であることから、運搬車が現場に向かっている、もしくは待機している状況では、施工を続けざるを得ない。本システムによって、運搬位置情報が現場とプラントで共有できたことで、効率的に作業員の休憩時間を確保でき、適切な労働環境の改善に期待できることがわかった。

(c) 安全性の向上

出荷温度および到着温度の計測のために、運搬車荷台への昇降およびアスファルトフィニッシャ横での敷

均し温度計測を省くことができたことで、安全性の向上に期待できることがわかった。

(d) 書類作成の簡素化

温度管理の帳票出力ができたことで、今まで施工完了後に行っていた伝票整理および温度計測のデータまとめを行う必要がなくなったため、事務所への移動時間を含め約1～3時間の残業削減につながったと考えている。

5. おわりに

本システムを導入することで、舗装工事における品質管理、生産性の向上と安全性の向上につながる可能性を見出すことができた。現在は、熱電対（有線）を用いて温度測定を行っているが、今後は非接触かつ無線で適切な温度管理ができるよう改良を重ね、転圧温度も省人化できるようシステムを深化させていく所存である。



《参考文献》

- 1) 大成建設㈱ HP : http://www.taisei.co.jp/about_us/release/2016/1439233213224.html
- 2) 日建リース工業㈱ HP : <https://construction.tiisys.com/75561/>

【筆者紹介】

小池 祐毅 (こいけ まさのり)
大成ロテック㈱

南関東支社
新東名伊勢原北 IC～秦野 IC 間舗装工事事務所
課長



長山 清一郎 (ながやま せいいちろう)

大成ロテック㈱
生産技術本部 技術部 技術推進室
課長代理



池田 直輝 (いけだ なおき)

大成ロテック㈱
生産技術本部 技術部 技術推進室
主任



2020 年中国の舗装紹介

渡 邊 哲 也

スマートフォン用アプリケーションを始めとする IT 分野での進歩のスピードは有名だが、中国は様々な分野で開発スピードが速く最先端の技術を取り入れている。舗装も例外ではなく数年で工法や機械が大きく変化している。本稿では厚層舗装、薄層舗装、自動化・無人化施工等、最新の中国市場の施工について紹介する。

キーワード：アスファルトフィニッシャ、舗装、中国、厚層舗装、薄層舗装

1. はじめに

中国は近年急速な経済発展を遂げ、道路舗装率は数十年前と比較し非常に高くなり、高速道路も中国各地で毎年新しく開通し、インフラ開発のスピードは世界トップレベルである。日本を含め欧米の先進国では道路舗装率は一定の水準で高止まりし、補修舗装が中心の市場となっている。一方中国では「一帯一路計画」に向け既に中国西側エリアでは新規開発のインフラ整備が始まっている。また東側沿岸部の北京・上海・広東エリアを中心に早くから開発が行われた地区では、舗装の老朽化が進み先進諸国同様に補修舗装に対する要求が増えてきている。

多種多様な施工のニーズが入り混じった中国市場向けに HA90C-2 という最大舗装幅 9 M, エンジン出力 132 kW の大型アスファルトフィニッシャを開発し販売をしている(写真-1)。本稿では当機の販売、アフターサービス経験から中国の最新施工情報を紹介する。

2. 新設道路施工での厚層舗装

近年日本では路盤施工においてモータグレーダの熟練オペレータ不足が話題として挙がるが、中国も同様でありモータグレーダのオペレータが不足している。そこでアスファルトフィニッシャを使用して路盤材を舗装する施工が非常に多くなっている。以前は古くなった長時間稼働機や中古機を使用して路盤を施工していたが、近年インフラ開発速度向上要求や施工効率向上要求の為に 30 cm 以上の舗装厚で舗装幅 7.5-9 m の 2 車線が同時に施工できる機械が求められるようになった(写真-2, 3)。

これにより中国国産メーカーの機械ではアスファルト合材舗装よりも路盤材料舗装に力を入れた最大敷均し厚さ 50 cm, 最大舗装能力 1000 t/hr 以上に対応した機械が開発されている。日本や欧州では 50 cm の敷均し厚さに対応しているアスファルトフィニッシャは少なく、中国の施工事情から独自に進化したアスファ



写真-1 HA90C-2



写真-2 新設道路での 2 車線基層路盤材施工



写真—3 舗装厚 30 cm の基層路盤材施工

ルトフィニッシャである。路盤材舗装に特化したアスファルトフィニッシャの特徴として舗装厚調整部であるシクネスの可動範囲を増やしたり、路盤材による摩耗に耐えるために各部補強されたり板厚が厚くなっている。且つ材料供給能力向上の為エンジンも大型の物が搭載され 170-200 kW クラスのエンジンを搭載している機種が多い。例えば日本で主流に使用されている 6 m クラスのアスファルトフィニッシャが 90 kW 前後のエンジン出力であることを考えると、ほぼ倍のエンジン出力と材料敷均し能力を持っている。しかし材料の供給が間に合わなければアスファルトフィニッシャを大型化しても能力は発揮できないが、この様な能力の違いの大きな理由は材料輸送用のダンプトラックの大きさにある。日本の一般的なダンプトラックの積載量は 10 トン未満、欧州のトレーラタイプのダンプトラックでも 30 トン前後である。それに対し中国のダンプトラックは 50 トン前後が一般的で、大きな物では 70 トンもの積載量がある（写真—4）。

この様な大容量の材料輸送能力が大規模な施工を支えている。そんな路盤材料に特化した中国メーカーのアスファルトフィニッシャも万能ではなく、合材施工時



写真—4 中国 50 トン積載ダンプトラック

の仕上がりや平坦性の面で日本や欧州の機械には及ばず、高速道路をはじめとする高規格道路では今でも輸入機のアスファルトフィニッシャで施工を行っている。

その為輸入機各社中国市場向けには HD (Heavy-Duty) 仕様やロングホッパー仕様を中国向けに専用設計で市場に投入している。具体的な仕様として各社共通で対応している部分は、大型ダンプトラックの材料供給を受けるホッパ部分を延長し、また路盤材施工にも耐えるように各部耐摩耗鋼板の板厚アップや硬度アップの補強を施した中国仕様機を製作し、路盤材による基層施工からアスファルト合材での表層施工まで、マルチに対応できる機械を投入している（写真—5）。



写真—5 中国大型ダンプ対応で延長したホッパ

3. 維持補修施工での薄層舗装

中国都市部では既に耐用年数を迎えた舗装が多くなり、補修工事が道路施工の中心となっている。補修施工の主流は日本と同様に切削オーバーレイであるが、中国都市部では経済発展により自動車保有数が年々増加し、交通渋滞が社会問題となっている。補修施工を行う為には車線規制や道路閉鎖が必要となり、交通渋滞がさらにひどくなっていくことから、そこで規制時間を短くし、1回の施工での施工量を増やすことが求められる。10数年前まではシンプルで取扱いの容易な固定式エクステンションスクリッドを装備しているアスファルトフィニッシャが広く使われていたが、昨今の新車販売では施工準備時間が短い油圧伸縮式スクリッドが選択されている。その中でも最大施工幅の広いモデルが好まれ日本式の3段伸縮式であれば 2.8-7.5 m、欧州式の2段伸縮式であれば 3.0-6.0 m のスクリッドが第一選択となっている。油圧伸縮式に更に外側に固定のエクステンションを取り付けることで 9 m 前後まで施工できるモデルが最も販売台数の多いクラ



写真一六 市街地補修施工での2車線同時施工

スとなる。日本の補修施工では機械の小型化が進んでいるが、それと比較すると1-2クラス大きな機械がスタンダードとなっている。これは都市部の補修施工とは言え、国土が広大で車線数が多い中国では2車線同時に補修施工を行うニーズに合わせた国土事情によるものである(写真一六)。

多車線の高速道路補修施工においても、従来は固定式エクステンションスクリーンを組み立てた大型機や、伸縮機でも外側にエクステンションスクリーンを取り付けた機械が使用されていた。しかし近年では①舗装面仕上がり品質の確保 ②舗装速度の向上 ③エクステンションスクリーン組立の技術を持った熟練オペレータ不足等を理由に、エクステンションスクリーンを取り付けずに複数台の伸縮機を使用し補修施工するケースが増えている(写真一七)。



写真一七 複数台の伸縮機を用いた高速道路補修施工

近年補修コストの低減と施工速度の更なる高速化の為に無切削でのオーバーレイ薄層舗装も都市部を中心に開始されており、骨材粒径5mm、施工厚15mmという薄層施工が行われている(写真一八)。

中国では従来締め装置は締め力の強いダブルタンパ式のスクリーンの人気が高く中国国産アスファル



写真一八 無切削オーバーレイ15mm薄層舗装

トフィニッシャの殆どは今でも路盤材施工に向けてダブルタンパ仕様である。しかし薄層舗装でダブルタンパ式の様な高締め固めスクリーンを使用すると骨材割れや舗装面のクラックが発生し仕上がり面不良が起きやすい。そこで日本の機械の主流であるストライクオフを備えるスクリーンが薄層舗装では有効であり、補修を主に行う施工業者からは3段伸縮式の最大施工幅とストライクオフによる薄層舗装の仕上がりから日本製の機械の評価が高まっている。今後は路盤材と厚層舗装を主に施工する機械と、補修と薄層舗装を施工する機械の2極化が進むのではないかと予想している。

また政府方針から大規模な試験施工が行われることもある。2014年には北京の二環状線を8台のアスファルトフィニッシャを用いて高速薄層補修施工を実施した。舗装速度20m/minという非常に速い速度で施工を行い、一晩で環状線1周約32.7kmの補修施工を完了させた実績もあり、この試験施工では6年の寿命増加と補修コスト30%減を見込み、現在も継続して経過が観察されている。

4. 省人化と自動化, 無人化施工

1979年から2015年に一人っ子政策が実施され、施工現場での若い労働力不足と高齢化が進み、機械化や自動化が急速に進んでいる。舗装厚を自動的に調整するために日本でも超音波式や接触式のセンサーが使用されるが、中国ではビッグスキーと呼ばれる更に高精度な厚さ制御が可能となる複数のセンサーを備えた高価な機器が、国道や高速道路の高規格道路では施工の入札条件になるほどポピュラーに使用されている。更に市街地の補修舗装でもレベリング作業の省力化の為にビッグスキーを使用するケースも増えている。これは施工発注元が不慣れなオペレータであっても高精度なセンサーを使用することで平坦性を確保したいとい



写真-9 市街地補修施工でのビッグスキーを使用した舗装

う考えると、センサーに厚さ制御は任せて省人化したいという考えからビッグスキーの使用が非常に多くなっている。最近の販売実績からするとビッグスキーの装着率は中国が世界的に見ても圧倒的に多い。しかしビッグスキーは通常のセンサーブラケットには取付けが出来ず、スクリードアームを加工して取り付けなければならない為に、各社中国向けの機械はスクリードアームにビッグスキー専用の取付けブラケットを用意して対応している（写真-9）。

最近の若いオペレータは簡単且つ快適に使用できる機械を望み、運転席に日よけとなるキャノピーの装着やスクリードの各調整部は油圧式が好まれる。スクリードの加熱方式はガス加熱式と電気加熱式を顧客が購入時に選択できるが、施工の度に重たいガスポンペを運搬する煩わしさを嫌って、一部廉価版の中国国産機を除き、輸入機ではほぼ全て電気加熱式となっている。

将来更なるオペレータの担い手不足を危惧して、すでに中国ではICTを利用した無人化アスファルトフィニッシャの開発も始まっている。アプリケーション開発や制御プログラム開発のスピードは非常に速く、既に一部の中国国産建機メーカーとGPS測位技術関連企業での合弁開発から自動運転のアスファルトフィニッシャが登場している。まだ正式に道路施工では使用されていないが、実際に無人運転での試験施工等は開始されている。中国では無人運転のタクシーが既に一部エリアで試験的に営業運転をスタートし、ドローンによる宅配便配達も開始されている現状を考えると、無人のアスファルトフィニッシャが施工をする日もそう遠くはないかもしれない。

5. おわりに

とても速いスピードで変化していく市場ニーズと、広大な国土の為に様々な舗装種類のニーズが入り混じっている中国市場での機械販売、アフターサービスを通じて、自動化や省力化、ICTを含む技術力の更なる向上を図り、今後もインフラ整備を通じて社会貢献していく所存である。

JICMA

【筆者紹介】
渡邊 哲也（わたなべ てつや）
住友建機㈱
道路機械技術部 第一設計グループ



生産性と安全性の向上を目指した 締固め機械の特徴紹介

後 藤 春 樹

現在、建設業界はインフラの整備・維持や災害復旧等、国民生活や社会経済を支える大きな役割を担っているにも関わらず、熟練労働者の減少による人手不足が深刻化している。このような状況下、建設現場の更なる生産性と安全性の向上を実現する為、ICT導入による現場の見える化や、建設現場のIoT化による新たな顧客サービスの提供が必要になってきている。本稿では、特に締固め機械に特化して、締固め品質と安全性および生産性の向上を目指した転圧管理システム、緊急ブレーキシステムおよび自律走行式ローラを紹介する。

キーワード：転圧管理システム、CCV、加速度応答法、緊急ブレーキシステム、自律走行式ローラ

1. はじめに

現在、建設業界はインフラの整備・維持や災害復旧等、国民生活や社会経済を支える大きな役割を担っているにも関わらず、熟練労働者の減少による人手不足が深刻化している。このような状況下、建設現場の更なる生産性と安全性の向上を実現する為、ICT導入による現場の見える化や、建設現場のIoT化による新たな顧客サービスの提供が必要になってきている。

そこで、本記事では、特に締固め機械に特化して、締固め品質と安全性および生産性の向上への取り組みと各々のICT機器の特徴を紹介する。その取り組みの代表的な製品として、転圧管理システム、緊急ブレーキシステムおよび自律走行式ローラを取り上げた。転圧管理システムは、締固め度の指標となるCCV（ローラ加速度応答法）を標準搭載することでより高い品質管理を実現し、締固め品質向上を目指したICT機器である。また、緊急ブレーキシステムは、転圧路面上に生じる水蒸気や土埃をできる限り対象物とみなさない独自技術により、緊急ブレーキが必要以上に作動することなく転圧作業をすることができると共に、ロールをロックさせずに停止することで舗装面への品質にも配慮する等、安全性と施工性の両立を実現させている。更に、自律走行式ローラに関しては、無人走行が可能となる未来のローラ思想を取り入れた締固め機械である。これらのICT機器は、締固めにこだわった、より専門的で、より使い勝手の良い製品であり、将来はAIの活用を視野に入れ、新たな付加価値の創造を

お客様へ提案する事を目指している。

2. 転圧管理システム

(1) 概要

図-1に本転圧管理システムの概要図を示す。本転圧管理システムは、GNSS（全球測位衛星システム）およびクラウドネットワークサービスを使用した締固め管理装置である。国土交通省の管理要領に基づく転圧回数管理や走行軌跡管理、層別転圧管理を行うだけでなく、締固め度の指標である加速度応答法を用いたCCV（Compaction Control Value）による締固め管理機能を標準装備し、より高い品質管理と生産性向上を実現している。CCVは、室内試験や試験施工で得られる密度とのデータ相関結果に基づき、CCVという



図-1 転圧管理システムの概要図

管理基準を設ける事が可能となっている。この他、別途アスファルト舗装用温度センサを接続することで、表面温度の管理も可能であり、土工工事から舗装工事までの締固め施工管理が可能となっている。

また、初期設定項目の簡素化と分かり易い画面構成となっているため、締固め作業従事者であれば、簡単に理解して操作が可能である。各種設定項目も、例えば使用締固め機械の機種名を選択することで、GNSSアンテナ位置が自動設定される等の仕組みを採用している。これらはクラウドネットサービスの利点を生かして、施工現場の各種データを離れた現場事務所、管理事務所でも確認することが出来、効率の良い施工および進捗管理を可能としている。

(2) 転圧管理システムの使用実績

ここでは、締固め度の代替指標となり得るCCVの適用性を、過去の報告例をまとめながら改めて紹介する。

(a) 道路路床試験でのCCVの有効性判定

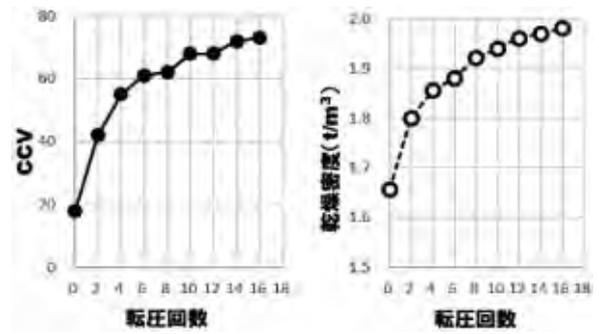
道路路床の品質管理手法として、CCV管理手法を確立する為に実施した試験¹⁾について紹介する。表一1に道路路床試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図一2に転圧回数、CCVおよび乾燥密度の関係を示す。この試験では、CCVは転圧回数の増加に伴い地盤の締固め効果を良好に評価できた事が証明された。

(b) 粗粒材料試験でのCCVの有効性判定

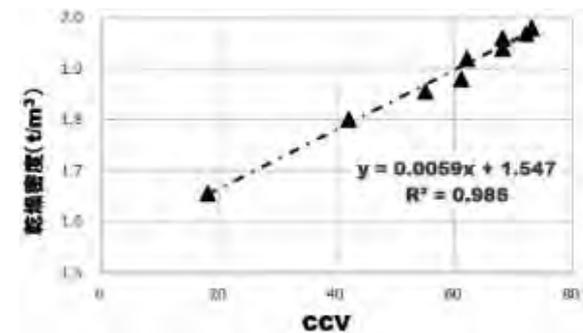
大規模土工現場での施工合理化の効果をj得る為に、盛土締固め施工において粗粒材料でのCCVの有効性を確認した試験²⁾について紹介する。表一2に粗粒材料試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図一3に転圧回数、CCVおよび乾燥密度の関係を示す。この試験では、CCVは乾燥密度やRI密度の代替指標として盛土の品質を評価する一つの指標となり得る事が証明された。

表一1 道路路床試験の土質条件等

地盤材料の 工学的分類	分類	—	G-S
	土粒子密度	t/m ³	2.644
	最大粒径	mm	75.0
	均等係数	—	16.7
	最大乾燥密度	t/m ³	1.902(E-b法)
	最適含水比	%	12.0
振動ローラの 概略仕様	施工時平均含水比	%	8.3
	型式	—	SV510DV
	総質量	kg	11,400
	起振力	kN	226
	振動数	Hz	30.0



(a) 転圧回数との関係



(b) CCVの有効性判定

図一2 道路路床でのCCVの有効性判定

表一2 粗粒材料試験の土質条件等

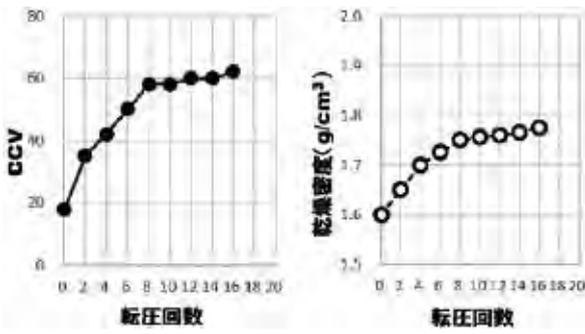
地盤材料の 工学的分類	分類	—	細粒分砂混じり礫
	土粒子密度	g/cm ³	2.616
	最大粒径	mm	75.0
	細分37.5mm残留率	%	32.5
	細分2.0mm残留率	%	84.2
	粘土分75μmフレイ逸出分	%	6.6
	最適含水比	%	13.7
振動ローラの 概略仕様	最大乾燥密度	g/cm ³	1.839(E-b法)
	型式	—	SV160DV
	総質量	kg	17,800
	起振力	kN	343
	振動数	Hz	26.5

(c) 路盤材料試験でのCCVの有効性判定

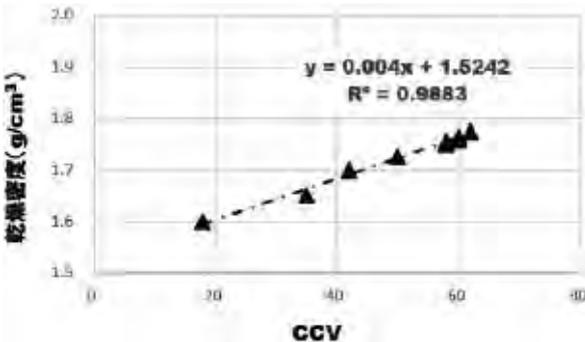
舗装工事の施工の効率化、コスト低減および品質向上を目指して、路盤工事におけるCCVの有効性とブルーフローリングの代替ツールとしての適用性を確認した試験³⁾について紹介する。表一3に路盤材料試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図一4にCCVと地盤反力係数の関係を示す。この試験では、CCVはハンディーFWDを用いた地盤反力係数と高い相関が得られただけでなく、締固め不足等による不良個所の特定を行う事ができ、ブルーフローリングの代替ツールとしての適用性が証明された。

(d) 盛りこぼし橋台における路床材料でのCCVの有効性判定

高速道路での橋梁構造物の縮小化の為に、高盛土部の縁部に盛りこぼし橋台が採用されている。この盛りこ



(a) 転圧回数との関係



(b) CCV の有効性判定

図-3 道路路床での CCV の有効性判定

表-4 路床材料試験の土質条件等

名称	分類	C-40		
		過剰分選り砂置換	砂置換U級分選り砂	
路床材料の工学的分類	土約子特性	g/cm³	2.720	2.680
	含水率	%	2.1	2.0
	最大粒径	mm	37.5	3.0
	砂分	%	59.5	7.5
	砂分	%	30.0	55.9
	細砂分	%	10.2	30.0
振動ローラの概略仕様	最大振幅	g/cm³	2.298(E-手法)	2.080(E-手法)
	振幅含水率	%	5.0	8.7
	名称	-	10t重載ローラ	1t重載ローラ
	型式	-	SV512D-1	TW502S-1
	運転質量	kg	11,960	3,640
	振動の強	mm	2,130	1,300
起振力/高	kN	191.060	26.634.3	
振動数/高	Hz	33.6(28.0)	55.0(58.0)	

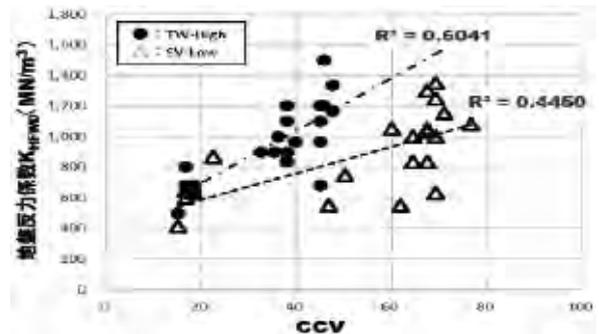


図-5 路床材料での CCV の有効性判定

表-3 路盤材料試験の土質条件等

地盤材料の工学的分類	分類	-	路盤材料
	下層路盤材料名称	-	再生クラッシャーラン
	下層路盤分類	-	RC40
	下層路盤置出厚	cm	20
	上層路盤材料名称	-	再生粒状珪石
	上層路盤分類	-	RM40
振動ローラの概略仕様	上層路盤置出厚	cm	20
	型式	-	TW502
	総質量	kg	3,540
	起振力	kN	34.3
	振動数	Hz	55.0

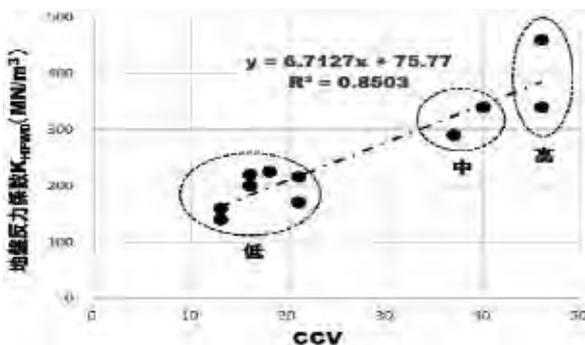


図-4 路盤材料での CCV の有効性判定

試験では、CCV がハンディー FWD を用いた地盤反力係数と高い相関が得られた事でその適用性が証明された。

(e) CCV の適用性試験結果のまとめ

上記の結果より、CCV は路床、盛土、路盤等の各種材料への転圧指標として、十分に適用性があることが証明された。また、CCV 管理が従来のプルーフローリングの代替として適用可能な事、下層の剛性と振動エネルギーの影響により、CCV の評価深さが約 70 cm に達することもある事なども同時に明らかにした。但し、加速度応答法特有の注意点として、高含水比の粘性土等、十分な地盤反力が得られない土質では適応が難しい点に留意されたい。

なお、直近の動向として、国土交通省は ICT 導入協議会にて ICT 路盤工に関し、本年 (2020 年度) に ICT 施工基準を整備し、令和 3 年 (2021 年度) から適用していくという指針を示している。ICT 路盤工は、振動ローラに加速度計を取付け、加速度応答によって品質管理を行う手法で、砂置換法による密度管理の計測作業と分析時間を大幅に短縮と点管理から面管理に移行する事による施工品質の向上と併せて、路盤工の生産性向上に寄与する狙いである。この他、アスファルト舗装工事に赤外線式温度計を利用した品質管理手法も提案されている事を付記する⁵⁾。

3. 緊急ブレーキ装置の概要

後進用緊急ブレーキ装置付きのタイヤローラ、マカ

ほし橋台では、良質な路床材料を用いる事が一般的であり、品質向上の一環として CCV による現場管理手法への適用性を確認した試験⁴⁾ について紹介する。表-4 に路床材料試験の土質条件と締固め機械の概略仕様を、図-5 に CCV と地盤反力係数の関係を示す。この



図-6 緊急ブレーキ装置の概念図

ダムローラおよびコンバインドローラは、トリプルセーフティー（対象物を検知した際に、運転席ディスプレイへのカメラ映像による可視化と警報、音声と警告音で運転者と周囲作業員への注意喚起および緊急ブレーキの作動）の設計思想で運転者の“うっかり・まさか”等のヒューマンエラー防止を補助している。図-6にマカダムローラに設置された緊急ブレーキシステムの概念図を示す（コンバインドローラは広い視野で目視確認が可能な為、バックカメラは搭載していない）。

物体を検知した際には、車両の速度が速い場合には遠くの位置から、車両の速度が遅い場合には近い位置から緊急ブレーキを作動させることで、緊急ブレーキが必要以上に作動せず、また、ロールをロックさせずに停止させることで、舗装面への品質、すなわち、施工性と安全性の両立を図っている。その他に、検知幅を転圧幅に合わせることで、壁際転圧作業等においても、必要以上に緊急ブレーキが作動することを防ぎ、安全を確保しながら連続した施工作业を可能にしている。また、ストックヤードでの駐車やトレーラ積込時には、手動で緊急ブレーキを解除でき、使い勝手の良い設計となっている。

4. 自律走行式ローラの概要

図-7に自律走行式ローラの運転状況を示す。自



図-7 自律走行式ローラの運転状況

律走行式ローラに関しては、未だ開発段階ではあるが、運転精度の高い直進性と滑らかなステアリング制御を追求し、運転者の技量に依らない均一な転圧を実現すると共に、転圧管理システムや緊急ブレーキ装置も含めて締固め品質、安全性および生産性の向上を目指した自動走行が可能な締固め機械である。

5. おわりに

本稿では、締固め機械に特化したICT機能（製品）を、転圧管理システム、緊急ブレーキシステム、自律走行式ローラの順に紹介してきた。特に施工品質の向上を目指した転圧管理システムやCCVを用いた管理手法を重点的に解説し、十分な適用性が得られていることを改めて証明した。

国土交通省の動向は前述したが、路盤工に関し、令和3年から適用していくという指針が出ており、加速度応答（CCV等）を用いて品質管理する手法で、砂置換法による密度管理の計測作業と分析時間を大幅に短縮と点管理から面管理に移行する事による施工品質の向上と併せて、路盤工の生産性向上を目指す事になる。

今後益々、舗装工事での品質基準にCCVを適用する事案が増加するので、舗装工事現場での適用性に関して、報文化を実施する予定である。また、同時に、更なる施工品質や安全性、生産性の向上を目指した新たな締固め機械も開発していく所存である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 藤岡・内山他：ローラ加速度応答法を用いた道路路床の品質管理に関する研究（その1,その2）：第39回地盤工学研究発表会（2004年7月）
- 2) 横田・内山他：振動ローラの加速度を利用した締固め管理の検討—大規模土工における情報化施工に関する研究—：第37回地盤工学研究発表会（2002年7月）
- 3) 上野・小栗他：情報化施工における転圧管理システムCISの適用事例について：建設機械シンポジウム（2009年11月）
- 4) 中村・内山他：粗粒材料を対象としたローラ加速度応答法の大型土槽試験（その1,その2）：土木学会第68回年次学術講演会（2013年9月）
- 5) ICT施工の対象工種の拡大に向けた取組（資料-2）：国土交通省ホームページ資料

【筆者紹介】

後藤 春樹（ごとう はるき）
酒井重工業(株)
次世代事業開発部
部長代理



ずいそう

朱鷺の野生復帰に思う

後藤文夫



2020年3月現在、佐渡における野生化で確認された朱鷺の個体数は401羽だそう。

また、朱鷺が棲める豊かな生態系を維持した里山と、生物多様性を保全する農業の姿が認められ、「トキと暮らす郷づくり」を進める佐渡の里山が2011年に日本で初めて世界農業遺産に認定されている。

高度成長期のまっただ中の1968年、朱鷺の絶滅を危惧し国内最後の朱鷺「キン」を保護の為に捕獲した。其の年は、私は自身の成長を期待して佐渡を離れ、東京へと向かった年でもあった。

その後、私は建設機械の開発及び企画販売に従事し、2017年母の都合で佐渡に帰郷し、現在は業務を一部継続しつつ、佐渡の自然を満喫している。

一方、朱鷺は上記のとおり絶滅しかかったにもかかわらず、現在は大幅に増加しているわけである。朱鷺の野生復帰の背景を考えると、小生が約半世紀前から島外で関わってきたことと「自然」という言葉で結びついてきた。

朱鷺は字のとおり朱（赤色）の鷺（サギ）という漢字で記し「トキ」と読む。学名はニッポニア・ニッポンと言い、日本を代表するきれいな鳥である。昔は日本全国に沢山棲んでいたが、年とともに減少し最後のすみかとして選んだのが能登と佐渡のようだ。そして、佐渡の朱鷺が国内最後となった。

佐渡は中世鎌倉・室町時代には順徳上皇や日蓮など有名な人が流されてきた。さらに関ヶ原の戦いの次の年にここで金鉱が見つかり、江戸時代には、金、銀、銅が沢山掘り出され、まさにゴールドラッシュだったとのこと、その為、人口も現在の約2倍（約10万人）となっていた。

それらの人々の食を賄うために朱鷺の餌場となる棚田をはじめとした水田を多く作ったことに加え、1000m級の山々が連なり、山や深い森がもたらす恵みは、朱鷺にとっては絶好の棲み処だったとのこと。

しかし、明治期において一般庶民の狩猟が開始され明治後期に規制されるまで、狩猟により減少した。さらに太平洋戦争を経て1955年くらいまでには、森林の伐採が急速に進み、佐渡の経済を支えた金山も衰退していき、山の中の田んぼ（特に棚田）は耕す人が少なくなり水はけが悪くなった。またその他の田んぼもその後は、農業を使い朱鷺のえさになるような

じょうやかえるなどの生物が少なくなってしまい、どんどんその数が減少していった。

その対策として、1981年には先に捕獲したキンに加え5羽全てを捕獲し、人工増殖を試みたが、全て失敗に終わった。そして2003年には、国内最後の朱鷺「キン」が死亡した（人間であれば約100歳位）。しかし、幸いにも1999年には中国よりペアを贈呈され、朱鷺保護センター内で人工増殖に成功した。そのころには森林の整備も進み、また、「朱鷺と共生する農業システム」の構築を実践してきた結果、2008年には、全野生個体保護から27年間の空白期間を超えてふたたび佐渡の野山に放鳥を行えるまでになり、又2010年にはなんと31年ぶりに放鳥された朱鷺の営巣を確認できたそう。そして冒頭に述べたように今や、多くの野生化した朱鷺を確認するまでになっている。

思えば、私が関係した建設機械の開発も1990年代半ばまでは、大型化、高性能化そして省人化、省熟練化などが主な開発のテーマであり、最終的には全自動型ロボットの機械なども世に出してきた。自然に対する問題意識が大きくなったのは、国内で保護された朱鷺の繁殖をあきらめ、中国より贈呈された朱鷺に期待をかけた前前年、1997年の気候変動枠組条約第3回締約国会議（COP3、京都会議）での京都議定書が採択されたところである。その頃より、自然を配慮した排出ガス対策型建設機械や工法を次々に開発するようになった。そして現在、国内では特定特殊自動車排出ガス規制（通称：オフロード法）2014年基準が市場に出され、欧州では欧州ノンロードディーゼル第5次排出ガス規制（EU Stage V）になっている。同時にそれを使う工法や出来上がる構造物なども、自然に配慮したものが多くなってきている。

朱鷺のような鳥を含め自然の中の生き物は食物連鎖という鎖の環でつながっているとされている。この鎖の環が切られていけば、地球のバランスが崩れると同時に、人間も大きな打撃を受ける。そして健康的な生活が出来なくなる可能性もある。最近続く異常な豪雨はもちろんのこと、今問題の新型コロナウイルスのまん延の一因もここにあるとの説もある。

佐渡での朱鷺のみごとな野生復帰を目の前にして、いわゆる自然遺産が棲む自然を保つことが次の世代への我々の大きな義務であると、改めて感じる次第である。

JCMA 報告

令和2年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その2)

大賞部門 最優秀賞

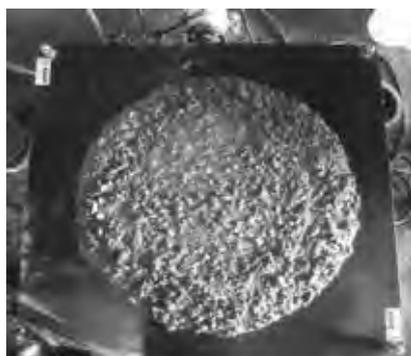
トンネル覆工コンクリート自動施工ロボットシステム

清水建設(株), 西日本高速道路(株), 岐阜工業(株)

1. 業績の行われた背景

建設現場の生産性向上「i-Construction」では、測量・設計から、施工、維持管理に至る全プロセスにIoT/ICTを取り入れることで、「設計データ」と「施工・機械データ」「出来形（品質）データ」を同時多次的に3Dモデルデータとリンクさせることができる、デジタル管理を活用したロボット化・自動化生産システムが求められている。

トンネル覆工コンクリートの施工においても、高度な技術を有する熟練技能労働者が急激に減少するなかで、当該工種の施工合理化・省力化が、生産性向上に大きく寄与することが期待されている。トンネル覆工コンクリートの施工10m強の延長を有する施工1スパンにおいて、中流動コンクリート（写真—1）の材料特性を最大限に活かした施工生産システムの開発が急務となっていた。（類似技術なし）



写真—1 中流動コンクリート（加振時フロー状況：30 cm → 50 cm）

2. 業績の詳細な技術説明

2.1 新規性（写真—2, 3）

本技術は、トンネル覆工コンクリートの施工において、打設配管切替えにマニピュレータ方式を採用することで、従来スライド型枠の検査窓から配管投入していた生コンクリートを、所定打上げ高さまでのコンクリート充填を吹上げ打設方式とする新しい機構とした。複数の圧力、温度、加速度センサー群から得られるデジタル信号と機械システムを連携制御することで、覆工作業主任者を含む2名体制での施工が可能となった。また、施工状態を可視化することにより、デジタルデータ駆動型の覆工コンクリート自動施工を実現している。

2.1.2 システム構成および機構（写真—4～15）

本技術は、覆工コンクリートスパン割り延長12.5mを基本としたスライド型枠とコンクリートポンプ装置、コンクリート圧送時の圧力、速度、吐出送量のデジタルデータ取得システム、マニピュレータ方式によるコンクリート配管切替え装置、シャッターバルブ付きコンクリート打設孔（左右天端11カ所）、コンクリート検知センサー（全30箇所）、型枠パイプレータ（全60箇所）、締固め加速度計（全19箇所）、スライドセントル表面での圧力温度計（全13箇所）、天端覆工裏面側に設置する埋め込み充填センサー（全3箇所）、制御盤、通信・制御PCシステムおよび表示デバイス（モニターおよびタブレット）から構成されている。

打設孔から打込まれた生コンクリートに対して、コンク



写真—2 マニピュレータ方式配管切替え装置



写真—3 覆工コンクリート自動施工状況

リート検知センサーが接触反応すると型枠バイブレータが起動。締固めは、設定した累計加速度に達するまで継続される。左右5箇所+天端1箇所の打設孔は、配管が自動的に脱着される機構となっており、下半部から側壁部、そしてトンネル肩部から天端部へと、所定高さの位置で打設を順次繰り返しながらコンクリート打込みと締固め作業がデ

ジタル信号に連動して行われる。

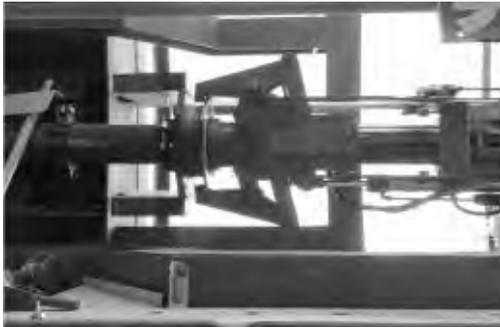
一方、肩部から天端部にかけてはコンクリート未充填の空隙箇所が発生しないように、コンクリート圧力温度センサーと裏面の埋め込み充填センサーによる並行測定し検知される。設定した所定の締固め加速度値、充填圧力値が、双方に満足していることを制御しながら打設管理するもの



写真一4 ポンプ圧送デジタルデータパネル



写真一8 型枠バイブレータ



写真一5 自動配管脱着機構



写真一9 加速度センサ



写真一6 シャッターバルブ付き打設孔



写真一10 圧力温度センサーモニター



写真一7 コンクリートセンサ



写真一11 打込み締固めモニター（断面）



写真-12 打込み締固めモニター (展開)



写真-14 安全装置



写真-13 自動施工システム制御盤



写真-15 統合管理モニター (事務所)

となっており、最終的に圧力充填値が、実績理論値に達したことを確認しての打ち上げ打設終了となる。

2.2 優秀性

デジタルモニター値によるコンクリート打設施工は、覆工作業主任者を含む2名体制での施工が可能である。

マニピュレータ方式による打設配管の機械的な切替えは狭隘空間での重量配管組バラシ作業がなくなり、安全性が向上するとともに切替え時間が短縮されることから、打継ぎ品質が確保されるとともに、施工時間が1時間半程度短くなった。打設完了後からのコンクリート強度発現の状況は、圧力温度センサーの積算温度換算値より確認することができ、打設スパンの養生・脱型枠時期を予測することが可能となっている。

各制御要素の設定値は、各試験施工で得られたベース値を基に、中流動コンクリートの出荷工場特性値を加味して決定するが、インプット情報（受入れ生コン、気温環境）からプロセス情報（圧送、打込み・締固め、打止め・養生）、アウトプット情報（出来形品質、出来栄え）までが、一貫通貫のデジタルデータとしてBIM/CIM3Dモデルに紐づき保存可能で、作業者の技量に依存することなく施工改善が容易に行えるものとなっている。また、これらプロセスデータを維持管理段階へ引き渡すことで、コンクリート構造物の予測診断手法への適用可能性も広がるものとなっている。

2.3 応募技術の適用範囲

本技術の要素技術は、平成27年4月より開発に着手し、フェーズ1：中流動コンクリートの適正締固め・打止めパ

ターンの構築と、フェーズ2：打設配管・切替え装置の自動化システムの構築の2段階とした。

フェーズ1では、コンクリート打込み・締固めエネルギー、時間・圧力、養生環境特性の適正化、覆工養生方法と弱材令強度パラメータ測定方法と覆工コンクリート性能評価を求めて型枠パイプレータの配置間隔（高さ、延長方向）、打込み高さや打込み速度、打込み量単位、側部左右の配管切替え高さ、密閉養生台車による噴霧湿潤養生の設定、テストハンマーによる強度推定試験、Torrent法による表面透気試験を繰り返し、プロセス仕様のパターン化を行った。途中、性能保証が得られた段階でフェーズ2を並行スタートさせた。

フェーズ2では中流動コンクリートの性能特性を最大限利用する打設孔の位置および配管の自動脱着機構について、要求性能検討と設計精査を実施。接合部の気密性、コンクリートの圧送圧力に耐える接合ロック機能、簡素な切離し機構、制御機構の軽量化、可動部の安全性能および安全柵機能、耐久性について、モックアップ製作や性能評価試験を実施した（写真-16、17）。最終製作段階では、可動設備巻き込まれ災害を防止するために、塗装配色検討までを実施した。

発注者からの、システム機能の検査、実施時の検査および覆工品質向上のための検査を通じた評価・改善策の技術指導・実施承諾・検査協力も頂きながら（写真-18～20）、中流動コンクリートに対する自動施工への適用性について、精度の高い開発評価と導入方針を得られたことか



写真—16 モックアップ試験（接合機密）



写真—20 システム機能ワーキング



写真—17 モックアップ試験（配管脱着）



写真—21 タブレット端末モニター 2



写真—18 現地立会状況



写真—22 タブレット端末モニター 2



写真—19 発注者立会確認

ら、早期の導入展開につながっている。

3. 技術的効果・経済的効果

本技術は、受入れコンクリートの圧送から打設孔の配管切替え、打込み・締固め、打止め・脱型枠管理までを完全自動化した日本初の技術である。以下に直接的・間接的効果を示す。

3.1 直接的効果

作業時間・サイクルの短縮、省人化、施工管理の効率化、長寿命化、単純化の次の効果を得た。

3.1.1 コンクリート打設時間の短縮と養生時間の延長

配管切替え時間が20分から5分に短縮され、合計で約1～1.5時間の作業時間短縮効果が得られた。

これより、養生開始の前倒しと養生時間の延長が図られ、高品質・高密度なコンクリートとなっている。

3.1.2 施工管理の効率化・作業人員の削減・省人化

通常5名体制での覆工施工において、ポンプ圧送制御、打込み・締固め、配管切替え・清掃、打止め作業等、2名体制作業が可能となった。この間、他の3名は、既施工スパンの養生作業と次スパンの準備が可能となり、品質向上と作業サイクル短縮を実現している。デジタル化により遠隔モニタリングも可能となった（写真—21, 22）。

3.1.3 長寿命化・熟練技能労働者不足の解消

コンクリート圧送から打止め・脱型枠管理までの全てのプロセスにおいてデジタルデータによる可視化管理が可能となり熟練技能者の技量に依存しないガイダンスシステムとして、表層緻密性（表面透気試験：0.001～0.1良好：写真—23）が常時確保できる高品質な施工システムとして証明された。これにより、覆工作業主任者などの特別技能労働者と作業経験の無い地元土工業者との混成人員編成での施工が可能となっている。



写真—23 透気試験状況

3.2 間接的効果

魅力ある建設業、建設現場の生産向上化、インフラデータプラットフォームへの帰属性への効果がある。

3.2.1 魅力ある建設業（人材確保遅延発生0%）

従来のトンネル覆工施工は、狭隘部での施工、重量配管の人力による組バラシ、生コンクリートによる汚れ、坑内汚気環境下での作業で苦渋労働環境であり、魅力ある職場環境とは言えず定着率が低い事から、作業編成技量が低下して工程遅延が時折発生することがある。これに対し、定常的にサイクル労働作業をロボット化・自動化することで判断指揮・施工管理型に特化した技能労働者として定職率改善と地位向上に貢献し、人員確保による施工遅延発生0%としている。

3.2.2 建設現場の生産工場化

（施工管理指示・教育時間ロス0%）

各箇所のセンサ群より得られるデジタルデータ駆動型の施工体制を組めることから生コン出荷プラントとの同時連携や遠隔地からの検査管理・監視体制を構築することができた。デジタルデータによる評価・可視化により、誰もが同時に共通の認識基準を持つことができることから、技術の平準化と改善方策へのプロセス行動が早くなった。これにより、表面の緻密性が確保されるとともに、剥離性、気泡・色むら、打重ね線等のない、表面不良発生率0%の高品質化コンクリートを実現している。

3.2.3 インフラデータプラットフォームへの帰属性能

（BIM360DOCS 試行開始：NEXCO 西，NEXCO 中）

施工過程で得られる一気通貫のデジタルデータ（インプットデータ（生コン情報や坑内環境情報など）、プロセスデータ（打込み・締固め、打止め・脱型枠管理情報など）、アウトプットデータ（出来形/品質・出来栄情報など）の自動集約など、3Dモデルに属性化されてデータサーバーに集約保存されることから、インフラ予測診断や対策工程の策定など、施工段階からのフロントローディング検討が可能となり、維持管理段階での業務効率化が図られるものと期待される。

4. 施工実績

平成29年より、川辺第一トンネルでの半自動打設検証

を経て、令和元年12月に川辺第二トンネルでの完全自動打設検証を完了している。

5. 波及効果

5.1 社会的意義

今日、我が国では、建設業就業者数は年を重ねるごとに減少し、また高齢化も進んでいる。今後更なる技能労働者不足が懸念されるところは周知であり、その対策は急務となっている。その一方で、世界の全産業においては、AI、IoTなどの革新的技術の導入が急速に始まっており、ICTやロボット化・自動化などのデータ駆動型の情報生産活動（モノ売り切りではなく、モノをベースとするサービスソリューションを売る時代）へと移行している。そのような社会的環境の中で、土木施工の労働集約型生産体系から脱却するために、産官学一体となった「i-Construction」の推進、発注応札の段階からの、いわゆる国土交通省での「新技術導入促進Ⅱ型」や「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト（PRISM）」など、技術革新が強力に推し進められており、受注者は、開発予算組込み型発注や技術開発導入促進の期待に応じてゆく義務がある。

これら技術開発に期待する核心の部分は、「あらゆるデータが、各種プロセスから自動的に吸い上げられるとともに、多面的な解析・評価によるガイダンス・コントロールによって、全体最適化が図られることにより、社会活動が飛躍的に豊かになる時代を目指す（Society5.0）」ところにある。建設生産活動により生み出されるインフラ・サイクルは、人の生活サイクル（1年）や都市オペレーションサイクル（都庁任期4年など）に比べて、50～100年単位と長い時間軸を有している。このため、他の生産活動に比べてデジタルデータの有用性が広く一般に目立つことはないが、国民生活を支えるインフラデータプラットフォームの最も重要な基盤データであることから、これらデータの存在により予測診断が可能になるなど、重大なインシデント・リカバリーを効率化（デジタルツイン/サイバーフィジカルシステムの創出と活用）できる意義は、大きくなっている。

5.2 発展性

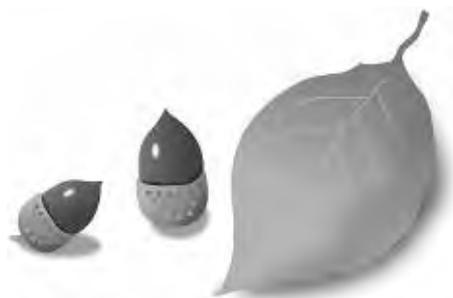
本技術の核心は、最少人数の管理者が、施工プロセスを一気通貫でデジタルデータ化できることである。海外でのシンガポール政府の「スマートネーション構想」は、スマートシティ構想の一部であり、社会生産プロセスをすべてリアルタイムにデジタルデータで吸い上げて、社会基盤管理に活かす方策となっている。一方でシンガポールでの建設施工においては、外国人労働者の受け入れを制限する発注仕様などもあり、特に、海外施工などで熟練工の確保が難しい場合など、繰り返し単純作業におけるロボット化・自動化された建設機械のニーズは高いものとなっている。

高度成長する各国においても、自国の生産体系を脅かす外国人労働者の流入問題は、解決すべき課題として広がる可能性を有しており、本技術のシステム自身とコンセプトは、他分野への展開可能性も大きく期待できる。

最後に、本技術は、(株)高速道路総合技術研究所 NEXCO 総研により、トンネル覆工コンクリートの将来像を予測し、トンネル覆工コンクリートに特化して開発された「中流動コンクリート」材料の標準仕様化・展開が、高額な研究開発投資を可能とした（新規材料の創出・標準化が、適正な生産技術を生み出すパターン）、発注者の検査・施工承諾を得た、高品質の高度生産システムである。

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。



大賞部門 優秀賞

1人乗り除雪グレーダの安全性向上の検討 —近接車両検知システムの開発—

国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所

業績の概要

東北地方整備局の主力除雪機械である除雪グレーダは、従来はオペレータと助手の2人乗りだったが、排出ガス規制への対応により、オペレータのみの1人乗りとなった。

これをうけ、作業時の安全確保などにおいて重要な役割を担ってきた助手に代わり、安全確認のサポートを行う、新たな支援システムの開発が必要になった。

この「近接車両検知システム」は、レーダーセンサーを用いて、後方から接近する後続車を検知し、ブザー音とLEDランプの点灯で接近する車両の存在を通知することで、助手の役割を補完する支援システムである。

業績の特徴

◇「検知装置」は、1つのレーダーセンサーで、車両中央後方・右後方・左後方の3車線をカバーし、後方30m程度から、時速5km以上の速度差で接近する車両を検知する。

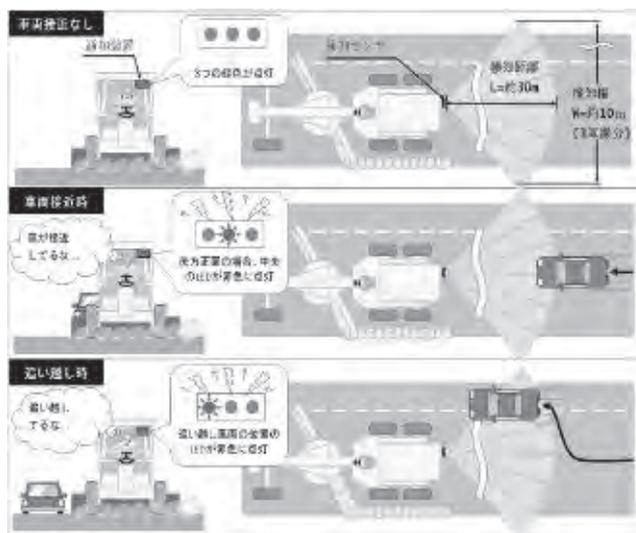
検知装置は、低温・降雪環境下において対象物を確実に検知できる能力が必要であることから、(国研)防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの風洞装置による検証実験(共同研究)を踏まえ選定している。

◇「通知装置」は、未検知は緑色に、接近車両を検知すると赤色に点灯し、検知した車線に応じて赤色点灯する位置が変化することにより、接近する車両の方向が一目でわかるものとなっている。

あわせて、車内の騒音に混在せず、ラジオや無線を邪魔しない音色のブザーを用いることによりLEDランプにあわせて「音」でも通知する。

◇実証試験の結果、システムの導入により1人乗り運行時に低下した周囲の確認回数が、2人乗りの場合と同等以上の確認割合に改善され、2人乗りに近い作業環境により、これまでどおり安全にオペレーター一人でも除雪作業に従事できる事が確認されている。

詳細報文は「令和元年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集」参照。



環境に配慮した鋼橋の予防保全工法

ヤマダイインフラテクノス(株)

業務内容

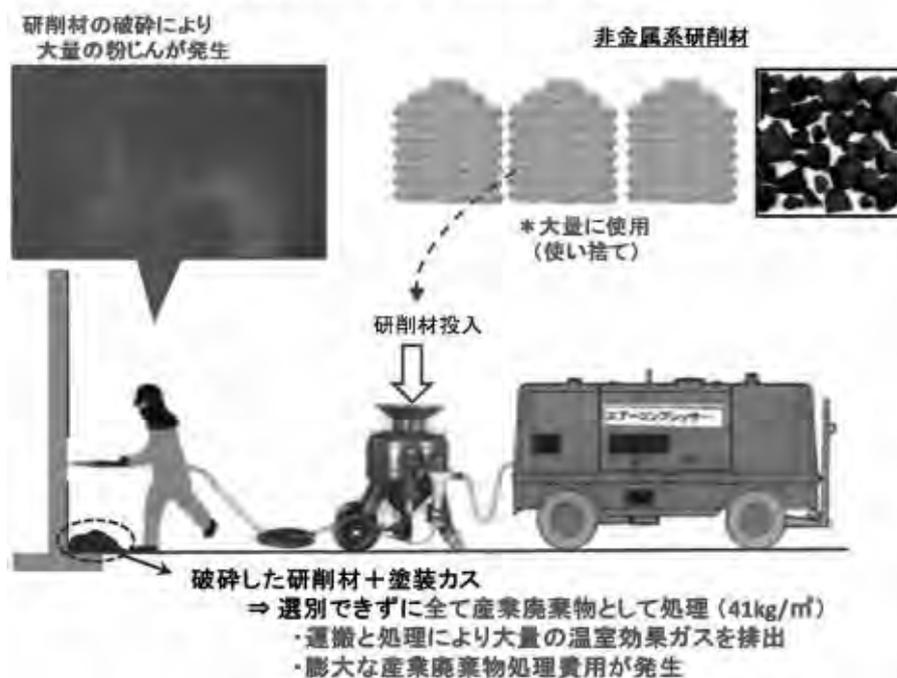
a. 業績の行われた背景

高度経済成長期に一気に建設され、日本経済の発展を支えてきた橋梁が高齢化を迎え、多くの損傷が発生している。鋼橋における代表的損傷は「腐食」である。集中的にサビが発生した状態、あるいはサビが極度に進行し、板厚の減少や断面が欠損した状態で、放置すれば橋の構造に支障をきたす恐れがある重大な損傷である。かつてはこの腐食を予防するため、サビや劣化した部分の塗膜を削り取り、その上から塗装を塗り重ねる方法が採用されていた。しかし長寿命化の観点から、平成17年に「鋼道路橋塗装・防食便覧（現在の鋼道路橋防食便覧）」において、塗替え塗装仕様が耐久性に優れた重防食塗装系を基本とするように規定され、中でも一番効果が高いRc-I塗装系が標準仕様として推奨されるようになった。Rc-I塗装系とは、ブラスト工法による素地調整程度1種でサビと旧塗膜を完全に除去すると同時に、塗膜の防錆効果を高めるため鋼材面に適度な粗さを付与し、塗料の密着性を良くしたうえで重防

食塗装を施す仕様である。これに伴いブラスト工法の需要が一気に高まった。

しかし、長寿命化のための工法とはいえ、従来のブラスト工法には大きな課題があった。ブラスト工法とは、研削材と呼ばれる1mm程度以下の小さな粒を圧縮空気により塗装面に叩き付けることで旧塗膜やサビを除去する工法だが、従来ブラスト工法では、高炉スラグ等の非金属系の研削材を使い捨てで使用していた。この非金属系研削材は1度塗装を剥すと破碎してしまい、剥した塗装カスと混じって選別できなくなり、産業廃棄物として処理しなければならなかった。その量だが、1m²の塗装を剥すための研削材の標準使用量は40kgだが、これが破碎し産業廃棄物になる。一方、塗装は既設塗膜厚により差はあるが、1m²当たりの剥離量は1kg程度である。つまり、1m²のブラストで発生する産業廃棄物発生量は破碎した研削材と塗装カスを合わせて41kgとなる。1kgの塗装を剥すために40kgのゴミを発生させていた事になる。産業廃棄物の大量発生は、その運搬と処理行為に伴い温室効果ガスを大量

従来ブラスト工法の課題



に排出し、膨大な処理費用がかかる。旧塗膜には高確率で鉛・PCB等の有害物質が混入しており、その処理費用はかなり高額となる。また、研削材の破碎によって大量の粉じんが発生し、作業環境を悪化させる。これにより作業員の視界は妨げられ、作業効率が悪くなり、プラストの品質を落としかねない。

従来プラスト工法のこれらの課題は、鋼橋長寿命化を推進するにあたり大きな足かせとなっていた。筆者らは、このゴミを何とか減らしたいと考えた。

b. 業績の詳細な技術的説明

筆者らは、従来プラスト工法の課題を克服するためには、塗装を剥した際に破碎せず、何度も再利用できる金属系の研削材を採用するしかないと考えた。

元来プラスト工法の研削材は、研削能力が高い反面、重くて湿気の影響を受けやすい金属系のものは、設備の整った工場で主に使用され、軽くて扱いやすく湿気の影響を受けにくい非金属系のものが主に現場で使用されてきた。この重く湿気に弱い金属系研削材を既設の鋼橋において、いかに回収し、そして何度も再利用するためには、剥した塗膜カスと研削材をどう選別するかが課題克服のための大きなポイントであった。

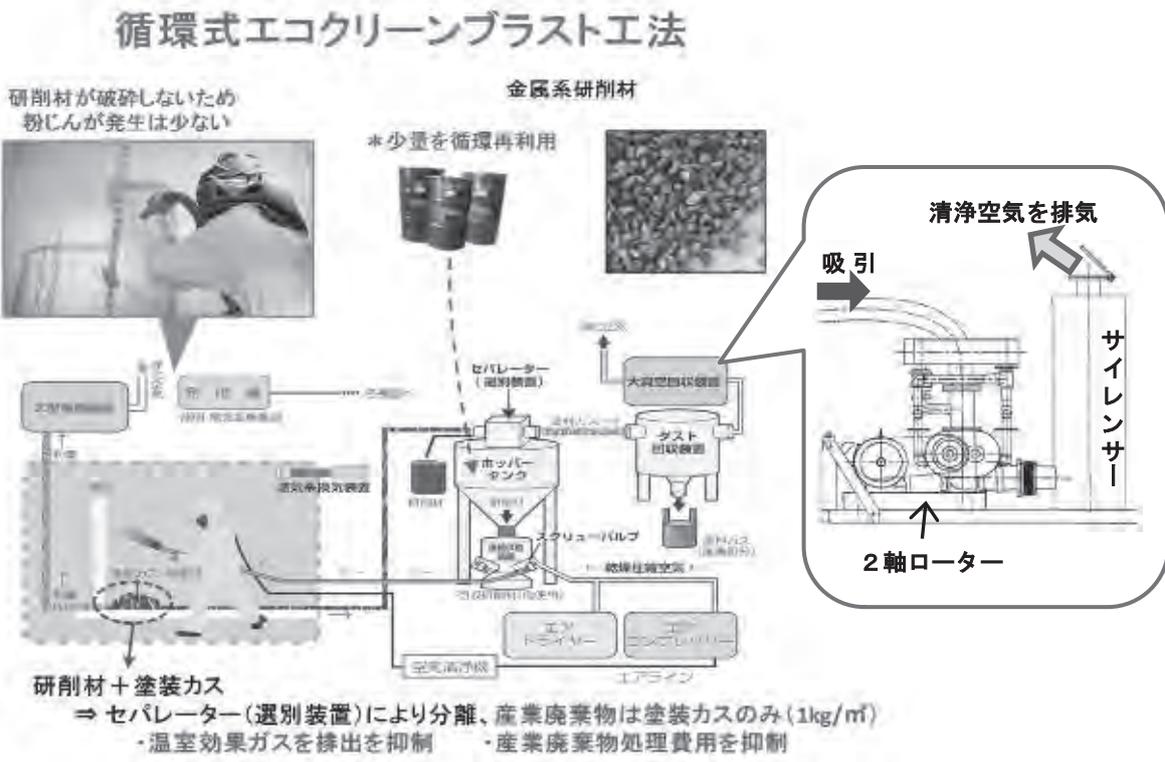
まずは重い金属系研削材を回収するための真空回収装置を開発した。これは2軸ローターの回転により効率よく真空吸引を行い、付属のサイレンサーにより騒音を低減し、吸引したエアーを高性能浄化装置により清浄空気として排

気する装置であり、現場での騒音低減と周辺環境への配慮を考えたものである。回収された金属系研削材には塗装カスが混じっている。これを選別するための装置がセパレーターである。これは、研削材と塗装カスを重量差により選別する。重い研削材はホッパータンクに落ち、軽い塗装カスは、吸引エアーと共にダスト回収装置に溜まっていく。ホッパータンクに落ちた研削材は、連続供給装置により送り出され、コンプレッサーによる圧縮空気によって再び噴射され再利用されるが、この際エアードライヤーを導入したことで、圧縮空気は乾燥圧縮空気となり、金属系研削材は発錆や固結をすることなくスムーズに循環再利用することが可能となっている。これが「循環式エコクリーンプラスト工法」のシステムである。

c. 技術的効果

「循環式エコクリーンプラスト工法」は研削材を循環再利用するシステムのため、従来プラスト工法のように研削材の破碎に起因する産業廃棄物は発生しない。選別された塗装カスのみが産業廃棄物として処理されるのである。したがってその量は1m²あたり1kgであり、従来プラスト工法の約1/40となる。これに伴い、温室効果ガスの排出量や産業廃棄物処理費用も大幅に削減されることとなる。

さらに、研削材が破碎しないため、大量の粉じんが発生することはない。作業環境が大幅に改善され、作業効率や品質の確保につながる。



d. 経済的効果

塗装は、以前その性能を上げるために、塗料の中に鉛やPCB等を含ませていた時期があった。PCBは1966年から1974年に製造された塩化ゴム系塗料に可塑剤として、鉛は2008年のJIS改訂で廃止されるまで錆止めとして多く使用されてきた。従って、ブラスト対象となる古い塗膜には、ほぼ間違いなく鉛が含有しており、PCBも塗装された時期によっては、高い確率で含まれていることになる。PCB含有塗膜は2027年3月までに処分することが義務付けられており、鉛含有塗膜も人体に悪影響を及ぼすとして、適正な安全設備の元で処理することとなっている。これらは特別管理産業廃棄物となり、その処理費用が一般産業廃棄物と比べて高価となる。

循環式エコクリーンブラスト工法は、金属系研削材を回収し塗装カスと選別し循環再利用するシステムを有しており、使用機材が大掛かりとなるため、施工費用は従来ブラスト工法に比べ割高となる。橋種や施工規模により異なるが、一般的には従来ブラスト工法単価に対し、循環式エコクリーンブラスト工法単価は約3割ほど高くなる。しかし、産業廃棄物処理費用を含んだトータル費用で比較すると、鉛含有の場合、一般的に500m²程度以上の施工規模であれば循環式エコクリーンブラスト工法の方が安価となる。PCB含有の場合、処理費用が1,000,000円/tと非常に高価なため、施工規模に関係なく循環式エコクリーンブラスト工法の方が安価となる。

限られた予算の中で鋼橋の長寿命化政策を行うためには、この削減費用は大きな経済的効果といえる。

e. 施工または生産・販売実績

「循環式エコクリーンブラスト工法」の累計施工実績は

2019年度末時点で約108万m²となっている。

なお、発注者別に集計した実績は以下ようになる。

国土交通省：約47万m²、高速道路：約20万m²、地方自治体：約39万m²、民間等：2万m²

この約108万m²の施工実績を、従来ブラスト工法で施工したと場合に比べどれだけ産業廃棄物を削減した事になるかを算出すると、約43,000tとなる。また、この産業廃棄物発生量に伴う温室効果ガス排出量を、産業廃棄物の種類別に定められたCO₂換算係数を用いて算出すると約9,400t-CO₂（東京ドーム4.3個分の容積に匹敵）となる。

f. 類似工法または機械との比較

循環式エコクリーンブラスト工法と従来ブラスト工法との比較を下表に示す。

なお、ブラスト時の粉じん発生状況の比較については、当社内ラボにて同条件で5分間1m×1mの鉄板にブラスト処理を行った結果である。集じん機は使用していない。研削材については、非金属系は比較的粉じんの発生が少なくとされているフェロニッケルスラグの「ネオブラスト」を、金属系研削材は工事で使用済みの「スチールグリット」を使用している。

g. 波及効果

筆者らは、“ゴミを減らして世界を変える”の精神の下、循環式エコクリーンブラスト工法の開発、普及に努めてきた。当初は、施工費用が従来ブラスト工法よりも高くなってしまいう点がネックとなり、なかなか採用されなかったが、特別管理産業廃棄物の処理費用の高騰もあり、処理費用を含んだトータル費用として安価になる点が徐々に理解されはじめ、NETISへの登録とも相まって、少しずつだが本

循環式エコクリーンブラスト工法と従来ブラスト工法の比較

比較項目	従来ブラスト工法	循環式エコクリーンブラスト工法
使用する研削材	非金属系研削材の1回使用（使い捨て）	金属系研削材を循環再利用
塗膜カス・研削材の回収方法	ブラスト処理の終了したエリアを、人力あるいはバキューム車により回収し、塗膜カス・研削材ともに運搬・処理をする。	真空回収装置により、ブラスト後に順次回収し、セパレーターにより塗膜カスと研削材を選別する。
日当り施工量	55m ² /日	68m ² /日
資機材設置スペース	機械スペースは少なくすむが、大量の研削材を置くスペースが必要となる。	機械スペースはある程度必要になるが、4t車による車載式により日々回送も可能
施工時の発生粉じん量	大量	少量（従来工法の約1/20）
産業廃棄物発生量	約41kg/m ² （塗膜カス+破砕した研削材）	約1kg/m ² （塗膜カスのみ）
温室効果ガス排出量	大量 （産業廃棄物発生量に比例）	少量 （産業廃棄物発生量に比例）

（当社比）

ブラスト時の粉じん発生状況の比較

循環式エコクリーンブラスト工法
スチールグリット
(他工事使用済み品)



従来ブラスト工法
ネオブラスト
(非金属系研削材)



1分後

5分後

* 当社ラボ内にて試験
(集じん機は未設置)



試料名称	粉じん付着量 (mg)	粉じん濃度 (mg/m ³)
スチールグリット	7.97	320
ネオブラスト	155.20	6,200

スチールグリットは非金属系研削材に比べ
粉じん発生量が約1/20に抑制できる。

工法が採用されるようになり、実績を伸ばすことができた。

一方、平成26年5月の厚生労働省通達により、作業員の鉛中毒対策として鉛含有塗膜のかき落としは湿式工法(塗膜剥離剤など)を原則とされたが、塗膜剥離剤では鏝は落とせず素地調整にはならない事、塗料によっては全く剥がれない事、1度の施工では塗膜が剥せず複数回施工が必要になり費用が大きく膨れ上がる事などが徐々に判明してきた。

元々ブラスト工法は、粉じん障害防止規則によって特定粉じん作業に定められており、作業員は鉛作業の際に着用を義務付けられている「電動ファン付きマスク」よりもはるかに安全性の高い「送気マスク」が義務付けられている。このため、ブラスト作業は、鉛中毒予防規則により湿式施工から除外されている。

このような流れの中、法令に基づいた万全な安全対策を行うことで、乾式(ブラスト工法)による鉛除去が可能である事に多くの発注者様が理解を示されるようになり、さらに、従来工法よりも産業廃棄物排出量が少なく、作業環境も良い「循環式エコクリーンブラスト工法」をブラストの標準工法に指定していただける発注者様も出てきた。

現在、同工法は技術審査証明の認定申請中である。

ところで、鋼橋の腐食に次ぐ重大損傷として「疲労き裂」があげられる。ブラスト施工後にも多くの橋でき裂の発生を確認している。筆者らは、鋼材の疲労強度を向上する技術である「ショットピーニング」に使用する特殊鋼球が、

研削材と同程度のサイズであることに着目し、循環式エコクリーンブラスト工法のシステムを活用し、研削材をピーニング用特殊鋼球に置き換えることで、既設鋼橋への疲労強度を2等級向上できる「エコクリーンハイブリッド工法(NETIS CB-180024-A)」を開発した。岐阜大学と共同研究を行い効果の検証も行っており、実績も徐々に増えてきている。

ブラスト施工後に、必要に応じて疲労き裂の予防ができるエコクリーンハイブリッド工法という選択肢が追加されたことは、循環式エコクリーンブラスト工法の大きな優位性であり、鋼橋の長寿命化に一石を投じる事ができると確信している。

h. 特許、実用新案のタイトル

関連する特許(すべて国内)を以下に示す。

1. 鋼構造物の予防保全工法、及びこれに用いられる循環式ブラスト装置
特許第6304901号 登録日:平成30年3月16日
2. 鋼構造物の保全塗装工法、及びこれに用いられる循環式ブラスト装置
特許第6444232号 登録日:平成30年12月7日
3. 鋼橋用ブラスト方法
特許第6474306号 登録日:平成31年2月8日
4. 既設の鋼橋の予防保全方法
特許第6501718号 登録日:平成31年3月29日

i. 他団体の表彰等

他団体の表彰（応募中を含む）について以下に示す。

1. 第16回 国土技術開発賞 地域貢献技術賞（平成26年7月）
2. 中部カーボンオフセット大賞 貢献賞（平成27年2月）
3. 第49回 グッドカンパニー大賞 特別賞（平成28年2月）
4. 22017 愛知環境賞 優秀賞（平成29年2月）
5. 環境賞 環境大臣賞（平成30年6月）
6. 平成元年度土木学会環境賞（応募中）

お断り

このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。



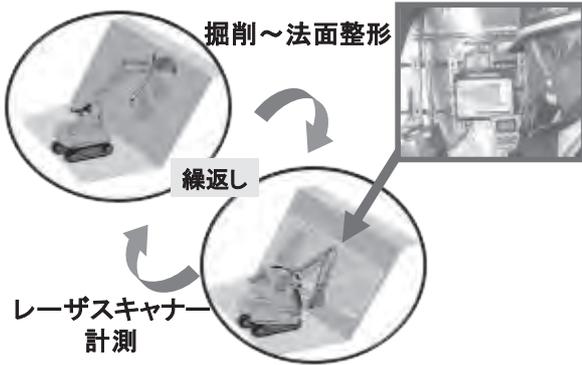


図-2 出来形計測手順

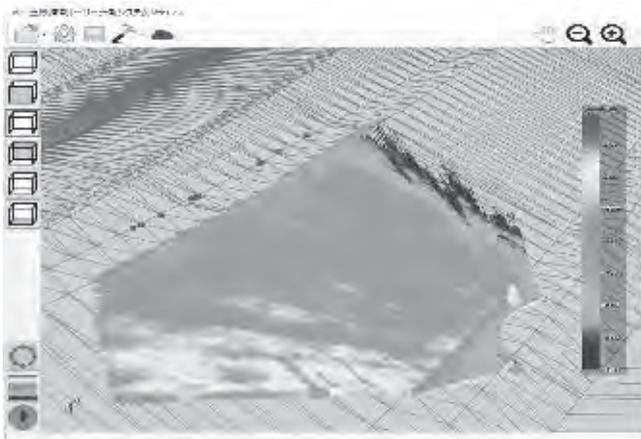


図-3 ヒートマップ図

出来形合否判定総括表

工程 道路土工		測点	
種別 掘削工		合否判定結果	
測定項目	規格値	判定	
平均値	32.6mm ±70mm		
最大値(差)	137mm ±160mm		
最小値(差)	-82mm ±160mm		
データ数	118	1点/㎡以上(97.5%)	
評価面積	96.5m ²		
棄却点数	0	0.3%未満(0点以下)	
平均値			
最大値(差)			
最小値(差)			
データ数			
評価面積			
棄却点数			
		法面の合否判定	規格値の±50%以内のデータ数 112(94.3%) 規格値の±50%以内のデータ数 91(77.5%)

図-4 出来形合否判定

表-1 主要仕様

測定範囲	レーザー計測距離：3～15m
測定視野	上方向45°下方向75°/水平方向90°
測定頻度	25Hz
測定速度	12万点/秒の3Dデータ取得

c. 業績の特徴・効果

本システムの特徴・効果を以下に示す。

- ・屋外用の2次元LSを使用し、重機を回転させて計測することで3次元データを即時に取得できるため、高価かつ耐久面で課題のある3次元LSに比べ汎用性と普及性が高い
- ・国土交通省が示す出来形計測の基準±50mm以内(計測距離15m以内)を満たす
- ・重機に後付けで容易に搭載でき、計測は運転席のタッチスクリーンで操作が可能
- ・UAV測量のように雨天・強風など作業環境や地形条件の影響を受けずに安定した計測が可能
- ・計測時間が短いため、測量作業が大幅に省力化され土工の生産性が向上

主要仕様を(表-1)に示す。

d. 施工実績

- ・国土交通省：平成30年度革新的技術の導入・活用プロジェクト

「土岐口開発造成工事(1)」施工現場における労働生産性の向上を図る技術の試行業務

(評価A)

e. その他

重機LSは、作業中にリアルタイム3D出来形計測が可能な技術で、作業を中断することなく法面形状や出来高土量が把握できるため、施工効率の向上に大きく貢献可能な技術である。

今後は、さらに機能向上を図り、より使いやすいシステムに改良を進め、土工以外でのトンネル、ダム等の施工管理へ展開していく所存である。

お断り

このJCMA報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

大賞部門 選考委員会賞

パイロット孔が不要な押し切り式ワイヤーソー装置 「ディープノンループカッター」

(株)大林組, (株)コンセック

業績の概要

コンクリート構造部の解体作業において、ワイヤーソー工法は低騒音・低振動工法として用いられる。

従来のワイヤーソーは対象物に対してワイヤーを環状に巻きつけて、引きながら切断するが、対象物の裏面や側面にワイヤーを巻き付ける必要があり、そのための作業スペースが必要であった。ディープノンループカッターは対象物に対して前面からワイヤーを押しつけて切断するため、対象物の背面にアクセスできない場合でも、切断作業が可能となる。

業績の特徴

①準備作業の省力化

・ディープノンループカッターはシンプルな構造であるため切断箇所への設置が容易であり、かつ構造物の前面から切断が可能である。そのため、引き切りワイヤーソー工法では必要な装置の組立、対象物へのワイヤーの巻き付け、パイロット孔の削孔など、手間を要する事前準備が不要になり、準備作業の省力化が可能となった（図—1, 2）。

②解体（切断）精度の向上

・対象構造物のコンクリートを余分に切断することなく、必要な部分のみを精度良く切断することが可能である。これにより、対象構造物を箱抜き解体することや精度の良いブロック片として解体することができる。

なお、切断後の断面の仕上げ作業は不要である（図—3）。

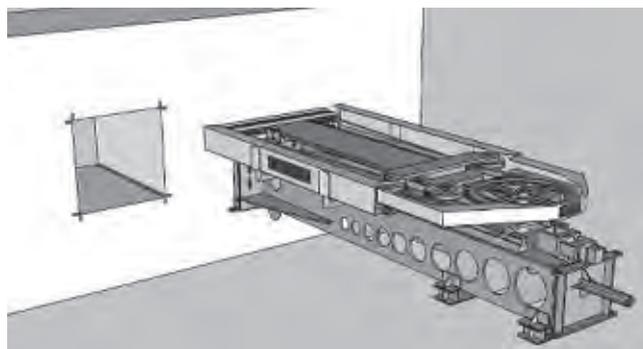
③幅広い施工条件に対応

・押し切り切断する工法であるため、対象構造物の周囲にワイヤーを巻き付けるスペースが無くても施工可能であり、また、床や壁面に対する切断作業も可能である。

・装置が小型のため狭隘部での施工が容易である。

・乾式専用ワイヤーと集塵機を装備することで、湿式切断だけでなく乾式切断にも対応可能である（図—4）。

詳細報文は「建設機械施工」誌 2020年9月号 Vol.72 No.9 September (847号) 参照。



図—1 ディープノンループカッター切断モデル



図—2 垂直切断貫通時



図—3 箱抜き解体状況



図—4 乾式切断状況

3D マシンガイダンス 【E三・S】

(株)佐藤工務店

業績の概要

弊社が開発した3Dマシンガイダンス【E三・S】イーサン・エス（以下、【E三・S】）は、建機、測量機材メーカーではなく、建設会社が追求した今までにない3Dマシンガイダンス（以下、3DMG）である。現場の使い慣れたTSワンマン測量システムをそのまま3DMGとして利用することで仕組みはシンプルで高精度な施工が可能である。

・構成

【E三・S】は、耐衝撃全周囲プリズム付バケット勾配目視装置（以下、勾配目視装置）と自動追尾トータルステーション（以下、自動追尾TS）から構成されており、E三Sをバケットに取付ける事で3DMG施工が可能となる。

・仕組み

（使い慣れた自動追尾トータルステーション（以下、自

動追尾TS）とE三Sの組合せ、取付も簡単で実用的である。）TSワンマン測量システムの原理と同じである。

【E三・S】は持ち運びが可能なので、他の現場でも使用可能である。特に工区が離れている工事ではバックホウから、バックホウへ【E三・S】を脱着するだけで使用できる。

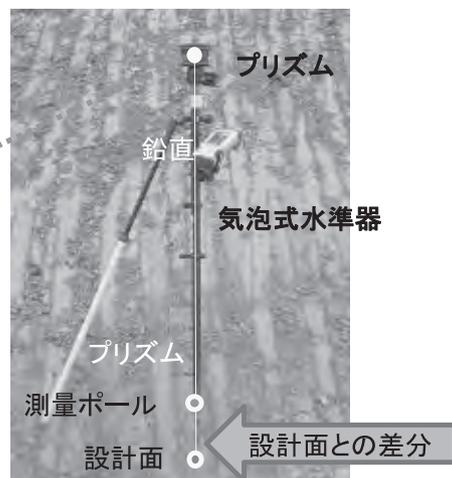
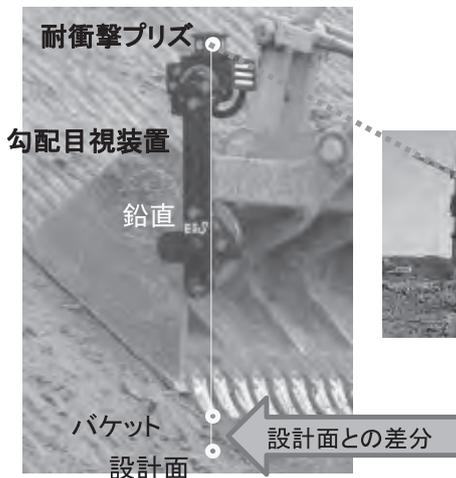
ICT専用機の重機の移動は必要なく、環境面にも貢献している。

業務内容

a. 業績の行われた背景

現状は設置・脱着などで建機メーカーや測量機器メーカーの対応がないとICT施工は難しく、重機はICT専用機やセンサー類が大掛かりになることが多い中、3Dマシンガイダンスをもっとシンプルに、そして建設会社が必要な時にいつでも自分たちで取付が可能ですぐに使用でき、

- E** E…… Economy(経済的)
- 三** 三……勾配目視装置の三(三次元)
- S** S…… System



データは最小限で構成部品も少なく高精度な施工が可能な方法がないかと考え、建設施工会社が追求したシンプル ICT 施工である。

b. 業績の説明

【E三・S】は特に切土、盛土の法面整形で精度が高い施工が可能となる。自動追尾 TS とバケットに取付けた E三 S によってワンマン測量と同じ原理でバケット刃先に位置情報（座標）を取得することにより、現況と設計データとの差異はキャビン内に設置してあるモニターによって一目で確認でき（図一1）切出し位置もガイダンスにて誘導可能である。オペレーターは設計勾配の角度になっているかについてはバケットに取付けられた E三 S（勾配目視装置）で目視することができる（図一2）。丁張の削減も可能になり、作業員の重機との接触がなくなり安全性についても向上が図れるものである。

c. 業績の効果

技術的検証

国土交通省東北地方整備局の工事で本システムを導入。検証を行った結果として精度は -2 cm ~ 3 cm の範囲で施工可能。

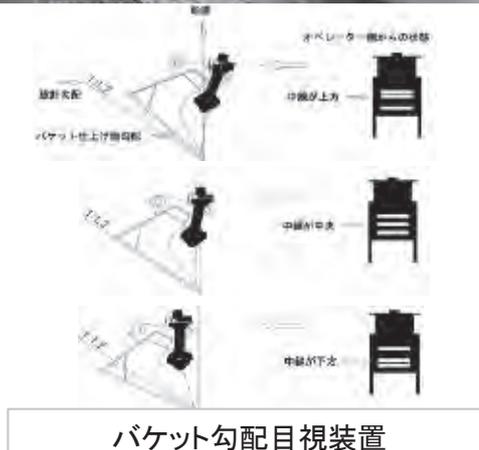
丁張による施工と【E三・S】を使用した施工では、ばらつきが少なく施工精度が向上。施工時間も 31% 削減。



図一1 キャビン内で確認できる設計面との差異



図一2 バケットの角度は勾配目視装置で確認



バケット勾配目視装置

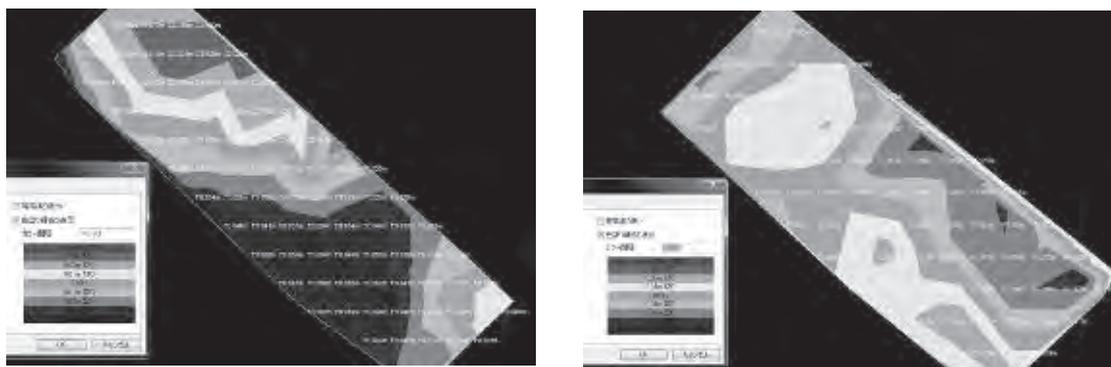
図一3

【E三・S】の説明（メリット）

- ①現場で使い慣れているバックホウや自動追尾型 TS を使用でき、初期導入費用を抑えて高精度な 3DMG の導入が可能である。機材の運用効率が上がり、機器の運用コストの低減になると考える。
- ②測量と同等の精度でバケット刃先座標の取得が可能で高精度な施工が実現できる。自動追尾型 TS を使用するため、設計データとの差異を容易に確認でき、法面の勾配はバケットに取付けた勾配目視装置で常時安定した設計勾配を表示可能である。
- ③自分たちで取付脱着が可能で必要な時にすぐに施工可能である。
バケットに取付ける際はボルトで固定することで、バケットに穴あけや溶接は必要なく取り付け可能である。
バックホウは大きさを問わず切土・盛土・平地でも使用可能で、汎用性がある。
- ④作業効率の向上と作業の早期習熟が図れる。
丁張を減らせることで常時安定した勾配を示せることで、バケットからの視線移動が少なく、より分かり易く勾配を確認できるため作業効率の向上が図れる。また、オペレーターの作業の早期習熟も期待できる。

d. 施工または生産・販売実績

公共工事（国土交通省他）では 17 件の使用実績がある。



グリッド間隔2.0m 着色間隔 0.010m 数値 C:切(実測値が高い) F:盛(実測値が低い)
 丁張による法面整形 C0.03m~F0.06mの差分 【E三・S】による法面整形 C0.02m~F0.03mの差分

図-4

その結果、規格値の50%以内の出来形が可能となった。

e. 地域への貢献度

バックホウの大きさを問わず、通常バックホウが高精度

な3DMG仕様のバックホウに変わるため、土工量の少ない小規模現場の施工でも機材効率も上がり効果的と考える。

お断り

このJCMA報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

道路橋床版防水層の健全性評価システムの開発

榎園 正義・橋本 雅行

1. はじめに

近年、橋梁やトンネル等に代表されるインフラ構造物の老朽化が社会問題となっており、モニタリングによる状態監視や健全性の評価が重要な課題となっている。現在は、予防保全の重要性が認識されている中で、各種の課題解決に向けた多くの取り組みが異分野技術の利用を含め活発に行われている。

道路橋のコンクリート床版における床版防水層の維持管理においては、アスファルト舗装とコンクリート床版に挟まれた部分に位置することから直接的に目視等により点検する事は不可能である。そのため床版防水層のモニタリング手法としては、一般に路面（舗装の変状）や降雨後に床版下面の状態（防水層の機能喪失に伴う漏水）を目視で観察する間接的な方法を実施しているが、防水層の維持管理における点検や調査の面からも、供用中の路線において防水層の健全性を非破壊で確実に評価できる検査技術の開発が望まれている。

本稿では、舗装とコンクリート床版との電気抵抗の変化に着目した計測システムを考案し、床版防水層の防水効果の有無を非破壊で評価する手法の開発に向けた実験的研究^{1)~3)}を行った結果の概要について報告するものである。

2. 実験概要

(1) 防水層の防水効果判定システムの原理

防水層の防水効果（健全性）判定システムの原理を図-1に示す。

道路橋床版は、コンクリート床版、防水層およびアスファルト舗装の三層一体の構造となって機能し、水等の劣化因子をコンクリート床版に到達させないことを基本としている。また、各構造部材の材料を電気抵抗に着目し整理すると、表-1に示すとおりとなっており、表中①と④は電気を比較的良く通す半導体で、②と③は電気を全く通さない絶縁体である。ここで、アスファルト舗装上面からのひび割れが発生・成長し、次いで防水層が損傷した場合には、損傷箇所から水分

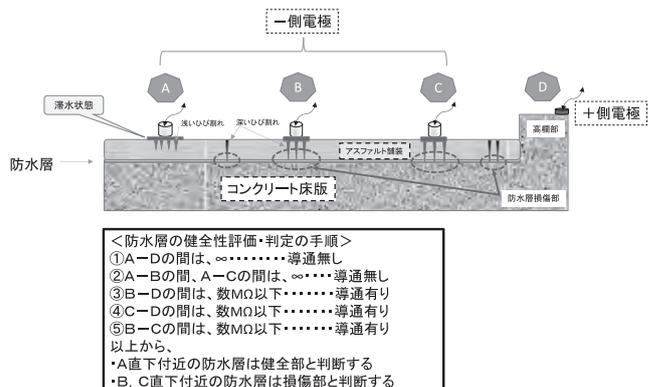


図-1 防水効果判定システムの原理

表-1 材料の種類と電気抵抗の目安

材料の種類	電気抵抗の目安
①コンクリート床版	数十 kΩ ~ 数 MΩ
②防水層（塗膜系、シート系）	2000 MΩ 以上の絶縁体
③アスファルト舗装	2000 MΩ 以上の絶縁体
④雨水等の水	数十 kΩ 程度

が浸入することから、電気の導通が容易となり、電気抵抗値が極端に低下することで防水機能の喪失が検知可能と考えた。

- ・ 図中 A は、供用時の負荷により、アスファルト舗装上面に発生した浅いひび割れ状態の電極を示す。
- ・ 図中 B は、舗装上面からのひび割れが成長し、防水層が損傷した状態の電極を示す。
- ・ 図中 C は、B と同様に防水層が損傷し、防水性能が低下した状態の電極を示す。
- ・ 図中 D は、高欄部コンクリートに固定設置状態の電極を示す。

ただし、ここで測定対象とする電気抵抗とは、一般的な固定抵抗とは異なり、雨水等の液体やコンクリート構造物等の特殊な材料を対象としていることから、表面抵抗や体積抵抗であり、印加する電圧によって電気抵抗の測定値は変動するものと考えられる。

(2) 計測システム開発のコンセプト

計測システム開発のコンセプトは、次のとおりとした。

- ①低抵抗値から 600 MΩ 程度の高抵抗まで、レンジ

切換無しで測定できること。

- ②再現性のある安定した測定結果が得られること。
- ③印加電圧が比較的安く、安全に使用できること。
- ④軽量、小型で屋外での取扱いが容易であること。

(3) 電気抵抗測定器の選定と主な仕様

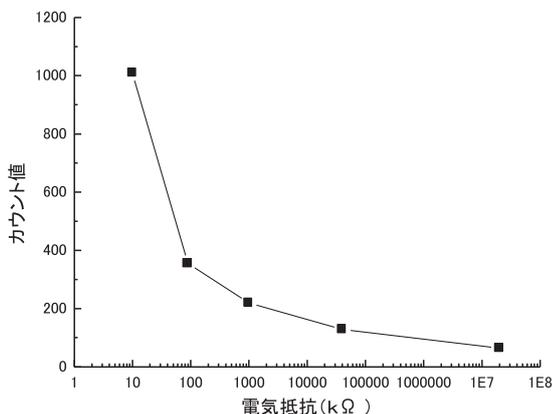
測定対象が特殊な材料であることから、印加する試験電圧によって電気抵抗の測定値が変化する可能性がある。そのため、試験電圧の違いによる測定器の適用性を確認する必要があることから、下記の①から④に示す印加電圧や機能の異なる市販の電気抵抗測定器 3 機種と電気抵抗式の水分計（電気抵抗換算値）1 機種の合計 4 機種の要素実験結果を基に適用性を検討し、この中から機種 B を選定した。さらに、機種 B に適合する電極延長用の特殊アダプターと専用電極を新たに開発することとした。

- ①機種 A：デジタルマルチメータ
(DT4281, 印加電圧：4.5 V 以下, 最大 600 M Ω)
- ②機種 B：電気抵抗式水分計
(HI-100, 印加電圧：20 V)
- ③機種 C：絶縁抵抗試験器
(ST5520, 印加電圧 25 ~ 1000 V, 最大 2000 M Ω)
- ④機種 D：超絶縁抵抗計（商用電源 100 V 仕様）
(SM-8220, 印加電圧：10 ~ 1000 V)

なお、機種 B（道路橋床版用電気抵抗式水分計⁴⁾）を選定した理由は、印加電圧が低いにもかかわらず、レンジ切換無しでカウント値（最小 10 ~ 最大 990）表示が可能だからである。これは電気抵抗に換算すると図—2 に示すように最小値 10 (約 820 G Ω) から最大値 990 (約 10 k Ω) と極めて測定範囲が広い唯一の機種である。

(4) 実験内容

本研究では「要素実験」, 「基礎実験」および「検証実験」の 3 段階で実験を行い、本稿では基礎実験と検



図—2 カウント値と電気抵抗の関係 (機種 B)

証実験の概要について以下に述べる。なお、要素実験では前述 (3) に示す 4 種類の電気抵抗測定器を用いて、電極部に使用する水の種類に関する実験、アスファルト舗装面上ひび割れの判別に関する実験、各種防水層を有する床版および防水床版の舗装上面側からの適用可能性の評価を行っている。

3. 基礎実験

(1) 目的

機種 B（電気抵抗式水分計）を用いて現地での計測を想定し、実物大コンクリート構造物での測定距離が計測値に及ぼす影響を把握するための基礎実験を行った。

(2) 実験概要

(a) 試験体

実物大のコンクリート構造物として、以下の 2 種類の試験体を使用した（写真—1 参照）。



(a) PC 桁試験体全景 (室内) (b) コンクリート舗装全景
写真—1 コンクリート構造物の計測状況

- ① PC 桁試験体（全長約 18 m, 端部 ~ 10 m の区間）
- ② コンクリート舗装（延長 10 m 区間）

(b) 測定方法と測定条件

測定方法は、機種 B の片側を固定側の電極+とし、もう一方を移動側の電極-として 1 ~ 10 m までの測線区間を 1 m ピッチで計測した。また、測定条件として、両電極部の下面には布を設置した上に界面活性剤入りの水を十分に散布し、測定するコンクリート表面と電極間を湿潤状態とした。

(3) 実験結果

(a) PC 桁試験体

室内に仮設置された PC 桁試験体の桁軸方向のカウント値は、図—3 に示すように測定距離 1 ~ 10 m の区間は 511 ~ 825 の範囲と大きく、PC 桁コンクリート表面は含水した導通状態であると考えられる。また、測定距離とカウント値との間には相関は認められない。特に、測定距離 6 ~ 8 m 区間のカウント値が 625 ~ 825 と局部的に高くなっている。この要因としては、

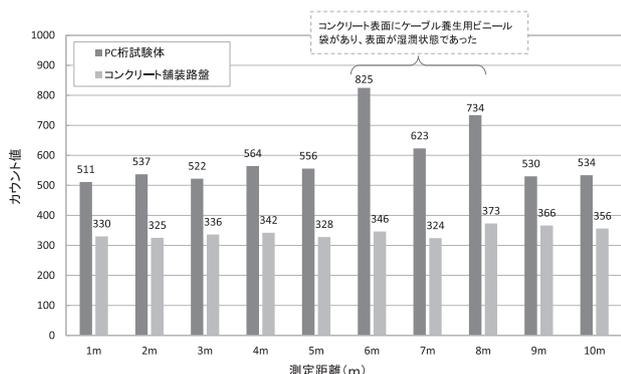


図-3 コンクリート構造物の測定距離とカウント値の関係

この範囲には配線ケーブル養生用のビニール袋が設置されており、計測時に移動したため、この範囲の表面は変色していたことから、部分的に結露した(湿潤)状態となっていたものと考えられる。

以上のことから、室内に仮設置されているPC桁コンクリート表面のカウント値は511～564の範囲となったが、測定距離とカウント値との間には相関は無く、測定距離の影響は認められない。

(b) コンクリート舗装 (図-3 参照)

屋外で晴天が3日以上続いて乾燥したコンクリート舗装上のカウント値は、コンクリート舗装の測定距離1～10m区間では、カウント値は324～373の範囲でほぼ均一な値となり、測定距離とカウント値との間に相関は認められない。また、コンクリート舗装の測定距離4.8m、9.7mの2箇所コンクリート打継ぎの目地部があるが、その影響は認められない。

(4) まとめ

実物大のコンクリート構造物を用いて電極を設置する測定距離が電気抵抗(カウント値)に及ぼす影響を確認する実験を行った結果、以下の知見が得られた。

- ①屋内設置のPC桁試験体のカウント値は511～825と高く、屋外で乾燥状態のコンクリート舗装のカウント値は324～373と低い結果となった。
- ②両試験体ともに、測定距離とカウント値(電気抵抗換算値)との間には相関が無く、測定対象がコンクリートであれば電極間の測定距離の影響を受けずに計測が可能であることが確認された。

4. 検証実験 I

(1) 目的

防水層が敷設されている実橋からの切出し床版を対象として、アスファルト舗装上面と床版コンクリートとの間の電気抵抗の変化を測定することで、防水効果

の有無を判定可能かどうかの確認実験を行った。また、電気抵抗値に大きな変化のある箇所から採取したコアを用いて、防水性能を確認するため防水性試験Ⅱ⁵⁾による検証実験を行った。

(2) 実験概要

(a) 試験体 (No.1～No.3の3体)

種類の異なる防水層が敷設されている表-2に示す切出し床版試験体3体(2.2m×4.5m)を使用した。

表-2 切出し床版試験体の種類

試験体	防水層の種類別	負荷の履歴	床版上面の状況
床版 No.1	塗膜系(従来型)	供用後(負荷有り)	・施工目地部 ・ひび割れ部 ・貫通穴部
床版 No.2	シート系(従来型)	供用後(負荷有り)	・ひび割れ部
床版 No.3	シート系(高機能型)	防水工試験施工(負荷無し)	・防水層のみ ・コンクリート部 ・削孔部

(b) 測定項目と測定方法

1) 電気抵抗(カウント値)

コンクリート面を固定側の電極+とし、もう一方を移動側の電極-として、アスファルト舗装上面を横断方向に0～4.5mまでの測定区間を0.5mピッチでカウント値の測定を行った。また、計測ではアスファルト舗装の一般部の他に、施工目地部、ひび割れ部、およびコンクリート部等に注目した測点を設定した。

2) 防水性試験Ⅱ

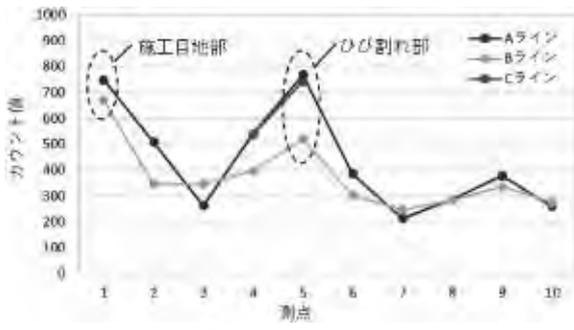
カウント値が大きく異なる箇所においてコアを採取し、この採取したコアを用いて「道路橋床版防水便覧」で規定されている防水性試験Ⅱを実施し、防水性能を確認した。

(3) 実験結果と考察

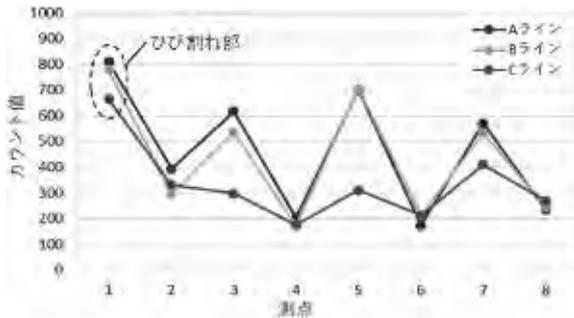
(a) 電気抵抗(機種Bによるカウント値)

切出し床版3体の各測線(A～Cライン)とカウント値との関係を図-4に、各床版の測定状況例を写真-2に示す。カウント値は、

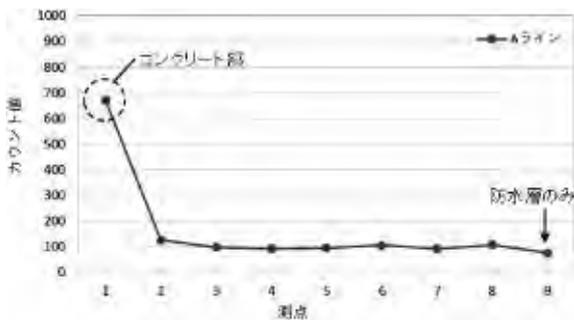
- ①床版 No.1(塗膜系;従来型)の舗装一般部は、214～540、施工目地部では670～749、さらにひび割れ部では520～768と大きく、全体的に防水性能は低下し導通した状態と推定される。特に、変状部では大きくなる傾向がある。
- ②床版 No.2(シート系;従来型)は、部分補修箇所の施工目地部に入ったひび割れ部では、664～810と非常に大きく、防水性能は低下し導通した



(a) 床版 No.1 (供用後；負荷有り)



(b) 床版 No.2 (供用後；負荷有り)



(c) 床版 No.3 (未供用；負荷無し)

図一 4 測点位置とカウント値の関係



(a) 床版 No.1 (供用後；負荷有り) (b) 床版 No.3 (未供用；負荷無し)

写真一 2 カウント値の測定状況

状態と考えられる。また、舗装一般部のカウント値は、174～707の範囲と変化が大きく、測点によって防水性能に差があるものと考えられる。

③床版 No.3 (シート系；高機能タイプ) は、防水層上 (測点9) のカウント値が77と非常に小さく、防水性能を有していると考えられる。また、舗装一般部のカウント値は、92～107 (測点2は127) と非常に小さく、防水性能は良好と考えられる。なお、防水層の無いコンクリート部のカウント値は、672と導通状態の非常に大きな値を示す結果となった。

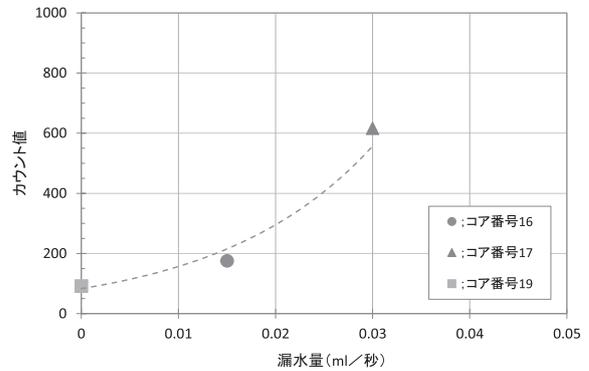
以上から、防水層の防水性能が「良好」な場合のカウント値のしきい値は100以下が妥当と判断される。

(b) 防水性試験Ⅱ

切出し床版からカウント値の異なるコア3体を採取 (φ100) した。採取したコアのカウント値と防水性試験Ⅱの結果を表一3に示す。また、採取コアの防水性試験Ⅱの結果による減水量から時間 (s) 当たりの漏水量に換算し、漏水量 (ml/秒) とカウント値との関係を図一5に示す。

表一3 コア試験体とカウント値の測定結果

試験体	コア (位置)	カウント値	漏水確認結果
No.2	No.16 (C4)	176	漏水無し
	No.17 (A3)	616	漏水有り
No.3	No.19 (A7)	92	漏水無し



図一 5 漏水量とカウント値との関係

コア番号16 (カウント値176, 漏水無し) の減水量は10分間で約9mlであり0.015ml/秒, コア番号17 (カウント値616, 漏水有り) の減水量は5分間で約9mlであることから0.03ml/秒となる。また, コア番号19 (カウント値92, 漏水無し) の減水量は短時間であれば0ml/秒と考えられる。その結果, サンプル数は少ないものの漏水量とカウント値との間には, 正の相関があり, カウント値が小さいと漏水は無く, カウント値が大きいと漏水量が増加する傾向が確認され, 防水性能 (効果) をカウント値により判定することが可能であると判断できる。

(4) まとめ

本検証実験の結果, 防水性試験Ⅱの漏水量とカウント値との関係には正の相関があり, カウント値が小さいと漏水は少なく, カウント値が大きくと漏水量が増加する傾向が確認された。したがって, 道路橋床版防水工の防水性能をカウント値の変化で評価する方法は短時間で, 且つ簡易に防水層の健全性を評価できることから極めて有効である。

また、防水層の防水性能が低下し、コンクリート間と導通している湿潤状態のカウント値は250～400で、さらに防水性能が喪失して滞水状態の場合は400～990の範囲と考えられる。現段階での防水層の健全性評価の目安として、カウント値で暫定的に評価した結果例を表—4に示す。

表—4 防水層の健全性評価の目安（暫定）

防水層の状態	カウント値の目安
① 健全 (損傷なし)	10 ~ 100
② やや健全	100 ~ 200
③ やや不良	200 ~ 250
④ 不良 (湿潤状態)	250 ~ 400
⑤ 損傷大 (滞水状態)	400 ~ 990

電気抵抗式水分計（カウント値）

5. 検証実験Ⅱ

(1) 目的

防水層（高機能型）が敷設されている切出し床版の防水層を対象として、防水層の欠陥部（ピンホール、或は損傷）のサイズとコンクリート床版のカウント値の変化を測定することで、欠陥部のサイズによる違いを検出可能かどうかの検証実験を行った。

(2) 実験概要

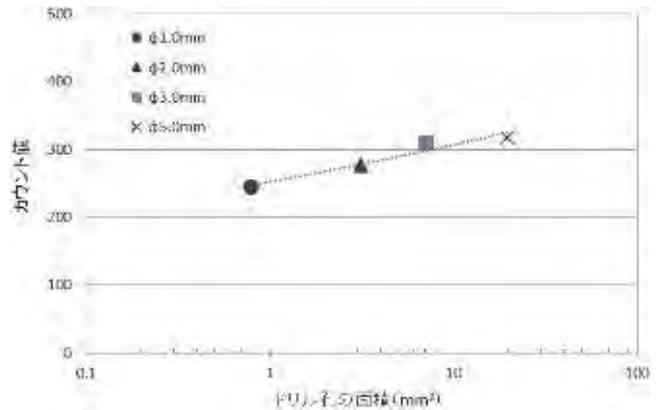
高機能型の防水層が敷設されている表—2の切出し床版 No.3の防水層の上面から、防水層上にドリル（孔径φ 1.0～φ 5.0 mm）により損傷を与え、ドリル径とカウント値の変化を測定し、欠陥部のサイズによる影響を把握する実験を行った。

(3) 実験結果と考察

防水層上のドリル径とカウント値の測定結果を図—6に示す。この図から、ドリル径φ 1.0 mmでカウント値は245、φ 2.0 mmで277、φ 3.0 mmで310、およびφ 5.0 mmでは305～317とドリル径が大きくなるにつれて、カウント値も増大しており、正の相関が認められる。したがって、カウント値から欠陥部のサイズが推定可能と考えられる。

6. おわりに

本研究においては、道路橋床版のアスファルト舗装



図—6 ドリル直径（孔の面積）とカウント値の関係

上面とコンクリート床版との間の電気抵抗（カウント値）を測定することで、防水層の防水効果（健全性）を評価する新たな非破壊検査方法を提案した。その結果、現地から切出した床版アスファルト舗装上面から非破壊で防水層の防水効果を調査することが可能であり、防水層の健全性評価に有効であることを確認した。

今後は、ここで開発した防水層の評価システムを既設、或は新設の実橋梁において活用し、現場における測定方法や測定条件等の標準化を行うことによって、より精度の高い健全性評価を行うことが可能となり、防水層の性能向上に寄与するものとする。

JICMA

《参考文献》

- 1) 三浦康治, 榎園正義, 長尾千瑛: 道路橋床版防水層の健全性評価システムに関する実験的研究, 土木学会第73回年次学術講演会, CS8-021, pp.41-42, 2018
- 2) 榎園正義, 橋本雅行, 長尾千瑛, 豊田雄介: 床版防水層の防水性評価に関する実験的研究, 日本非破壊検査協会平成30年度秋期講演大会, pp.119-122, 2018
- 3) 三浦康治, 榎園正義, 日向正, 勝呂翔平: 床版防水層の健全性評価システムに関する実験的研究, 日本非破壊検査協会2019年度秋季大会, pp.43-46, 2019
- 4) 谷倉泉, 榎園正義, 後藤昭彦: 床版防水工における水分計の適用性に関する研究, 構造工学論文集, vol.59, pp.1112-1123, 2013.3
- 5) (社)日本道路協会: 道路橋床版防水便覧, 平成19年3月

【筆者紹介】



榎園 正義 (えのきぞの まさよし)
 (一社)日本建設機械施工協会
 施工技術総合研究所
 研究第二部 次長



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

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-419	山岳トンネルの 覆工コンクリート打設用 ホース伸縮式連続打設システム	大林組 北陸鋼産
--------	--	-------------

▶ 概 要

大林組は、山岳トンネルの施工における生産性を飛躍的に向上させる山岳トンネル統合システム「OTISM™ (Obayashi Tunnel Integrated System)」の開発に取り組んでいる。本システムは、トンネル施工における掘削作業の安全性向上および覆工の品質向上を図り、それぞれの作業の一連の工程を省力化することで、全体の生産性を向上させるものである。このうち、覆工 (LINING) に係る品質向上・省力化を実現するシステム「OTISM/LINING™ (オーティズム/ライニング)」について、今回「ホース伸縮式連続打設システム」を開発した。

「ホース伸縮式連続打設システム」は、覆工コンクリートの打設時に、左右1列に配置したホースをコンクリートの打ち上がりの高さに合わせて自動で引き上げることで、鋼製配管の切り替え作業をせずに連続して打設ができるシステムである (図-1)。



写真-1 ホース伸縮連続打設システム全景



図-2 ホース伸縮連続打設システムを用いた打設状況

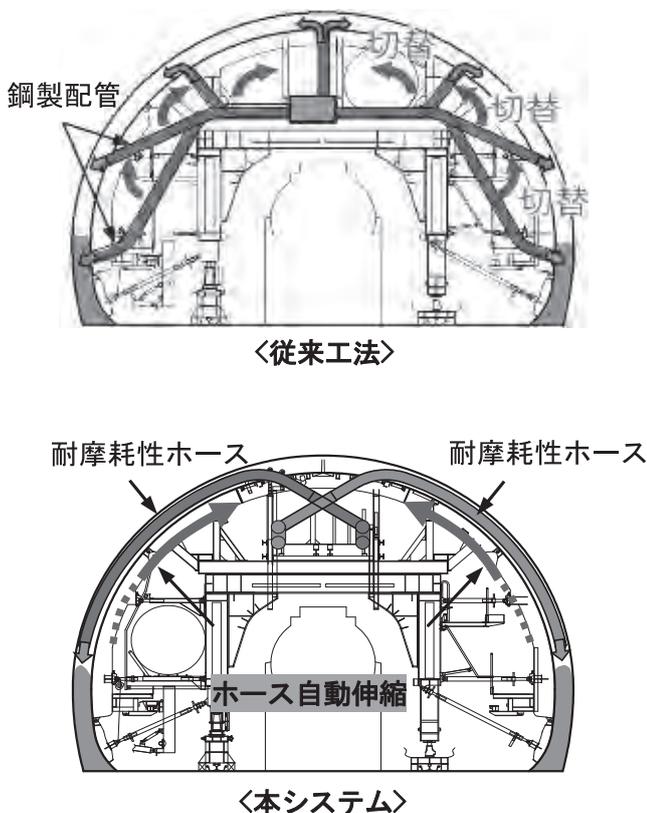


図-1 従来の覆工コンクリート打設作業とホース伸縮式連続打設システム

▶ 特 徴

従来の覆工コンクリート打設作業では、限られた打設口からコンクリートを流し込む山岳トンネル特有の打設方法を採用していたため、筒先からの落下高が大きくなることがあり、コンクリートの材料分離や余剰空気を巻き込むリスクがあった。また、打ち上がりの高さにあわせて、狭い施工空間で重量物である鋼製配管を作業員が都度切り替えて打設している。そのため、配管の切り替え作業や清掃作業に時間と労力がかかっており、それらの作業が遅延した場合、所定の時間内に打ち重ねが終わらずにコールドジョイントが発生している。

「ホース伸縮式連続システム」は、打ちあがりの高さに応じてホースを引き揚げるため、最小限の落下高での打ち込みが可能となり、材料分離や余剰空気の巻き込みを防ぎ、配管切り替えによる打ち重ね時間の超過や苦渋作業も解消される。

▶ 用 途

- ・トンネルの覆工コンクリート打設作業

▶ 実 績

- ・米子自動車道 江府トンネル他1トンネル工事

▶ 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

新工法紹介

04-421	トンネルリモートビュー	安藤ハザマ
--------	-------------	-------

概要

山岳トンネル工事では、トンネル先端の切羽で掘削作業が行われているが、それと並行して、切羽の後方では数百メートルにわたってインバート工や覆工などの作業が行われており、切羽掘削時の掘削ずりの搬出や資材運搬は、後方のインバート工や覆工などの作業の合間を縫って行われている。そのため、全体作業の効率化にはトンネル坑内全体を俯瞰して、後方作業の位置関係を適切に管理していくことが重要となるが、日々、重機や仮設備の配置が変わっていく中で、それらを詳細に把握し、短時間で可視化することは困難だった。

このような背景を踏まえて、トンネルが疑似的な一次元空間（直線・曲線）であるという特性と、360度方向の映像が取得可能なカメラに着目して、トンネル全線にわたる坑内の任意の位置で、360度方向に静止画像を閲覧できる「トンネルリモートビュー」を開発した。

本システムは、360度方向の映像が取得可能なカメラ、トンネル坑内を走行する車両、車速センサー、データの変換・閲覧を行うパソコンから構成される（写真—1）。パソコンには、360度映像データと車速データを蓄積し、撮影位置を推定するための専用ソフトをインストールしており、データの取得は、車両に本システムを取り付けてトンネル坑内全線を走行しながら行う。

特徴

トンネル坑内ではGNSS等を使用して位置推定を行うことができないため、専用ソフトを用いて、走行時間と車速データから走行距離を算出する。その後、走行距離と映像から、任意の位置ごとのフレームに抽出した360度方向の静止画に変換する。

データの閲覧は、専用ソフト上の閲覧画面（図—1）で行う。スライダーをドラッグすることで、任意の位置に移動し、画面をドラッグすることで視点が回転し、360度任意の方向の画像を確認することができる。本システムを活用することで、施工中のトンネル坑内の詳細な状況を可視化することが可能である。

現場では、昼夜作業交代時などの作業の合間にデータを取得し、取得したデータを作業打合せに活用することで、日々変化する坑内状況をその場で情報共有でき、作業間の調整や仮設備計画の合理化につなげることができる。また、撮影データを社

内共有サーバーに保存することで、現場事務所のみならず、本支店などからでもトンネル坑内の詳細な状況を確認することができ、工事の進捗確認や安全管理に活用することができる。

用途

- ・山岳トンネル工事の施工管理

実績

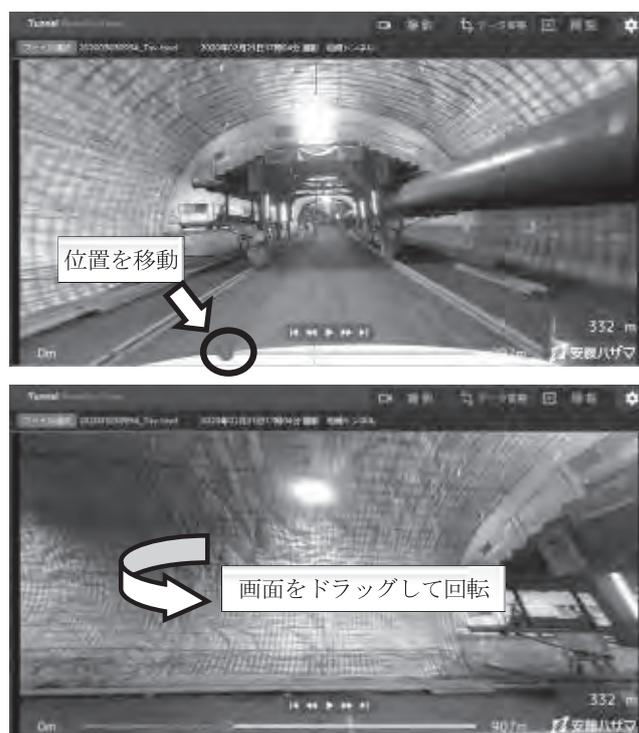
- ・国道8号柏崎トンネル工事
- ・玉島笠岡道路六条院トンネル工事
- ・水海川導水トンネル2期工事

問合せ先

(株)安藤・間 建設本部 先端技術開発部
〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20
TEL：03-6234-3786



写真—1 トンネルリモートビューによる映像取得状況



図—1 閲覧画面

新工法紹介

11-118	電力線通信を活用した建設現場 IoT プラットフォーム「TSUNAGATE」	竹中工務店
--------	--	-------

概要

近年、建設業は高齢化の進行や就業者数の減少による深刻な労働力不足に直面しており、モバイル端末を用いた施工管理、センサー、カメラや建設ロボットの活用など、情報通信技術（以下、「ICT」）の活用による生産性向上に向けた取り組みを業界全体で進めている。ICTの活用には、デバイス、クラウド、ユーザー間をつなぐ通信インフラが欠かせない。

しかし建設現場では、高層階、地下、トンネルなど、キャリア通信（LTE、5G など）の電波が届かない場所が多く存在しており、有線、無線 LAN 環境を追加整備するための費用や工期が別途必要になるなど、長年にわたり ICT 活用の障壁となってきた（図-1）。

建設現場 IoT プラットフォーム「TSUNAGATE」は、建設現場で用いる仮設電源を利用して簡易に通信環境を整備する技術である。交流電源に高周波の信号を重畳させ通信を行う PLC（電力線通信：Power Line Communication）を適用し、現場に予め敷設されている仮設電源線を通信線として利用することで、LAN 配線や小型アンテナを別途設置する場合に比べ、簡易・低コストで通信環境を整備することができる。

我々は実地試験を重ね、建設現場では通信速度が低下すること、速度低下の要因が仮設分電盤に内蔵されている漏電遮断器（ELB）と電動工具などによる電源ノイズであることを突き止めた。つぎに、独自に確立した PLC 伝送特性の解析技術を用いて、課題を解決するフィルター技術を開発し、建設現場での試験により対策の効果を確認した（図-2）。

また、現場への適用事例を重ねることで、フィルターや機器を後付けする労力や費用の発生という現場での新たな課題を抽出した。そこで、これらを一体化し内蔵した IoT 分電盤を開



図-1 建設現場で電波が届かない箇所

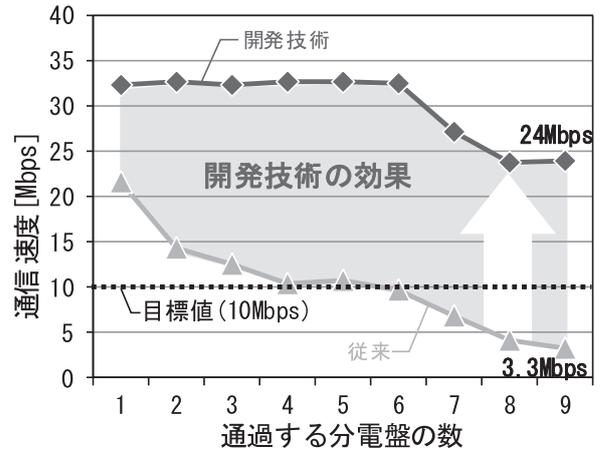


図-2 開発技術の効果

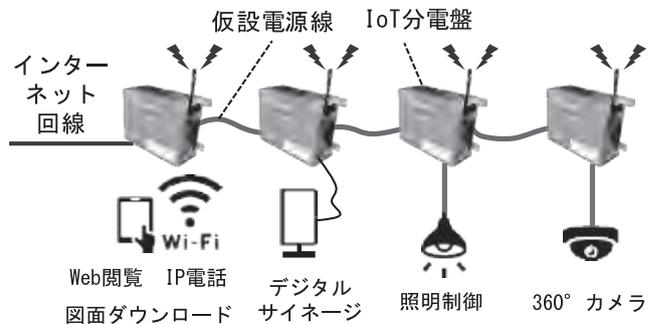


図-3 TSUNAGATE 概要

発することでこの課題を解決した。

特徴

IoT 分電盤を中心として構成される建設現場 IoT プラットフォーム「TSUNAGATE」を導入することで、通信インフラとしての機能だけでなく、デジタルサイネージや 360 度定点ライブカメラ、センサーなど、様々な機能を IoT 分電盤にインストールして活用することができる。これにより、建設現場への IoT・ICT 導入がより簡易に実現できる（図-3）。

用途

- ・地下や高層階等、キャリア電波の届かない建築現場における通信環境の構築
- ・遠隔照明制御、デジタルサイネージ制御、定点 360 度カメラ

実績

- ・集合住宅、商業施設、複合施設、工場、物流倉庫、研究施設（東京、沖縄、福岡、神奈川、徳島、茨城、大阪）計 12 件

問合せ先

（株）竹中工務店 技術研究所 建築環境部 西野高明

〒270-1395 千葉県印西市大塚 1-5-1

TEL：0476-47-1700

▶ 〈05〉 クレーン，インクラインおよびウインチ

20-〈05〉-05	加藤製作所 ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) SL-850Rf II PREMIUM	'19.11 発売 新機種
------------	--	------------------

平成 26 年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制に適合した最大吊上げ荷重 80 t の 4 軸ラフテレーンクレーンである。車幅を 2.85 m とし、狭地への進入性の確保と走行時の運転者の負担軽減を図っている。

走行の安全性を向上させるため、①クリアランスソナーシステム、②サラウンドビューシステムと③人検知アシストシステムを搭載している。①は、6 箇所のセンサーにより人や障害物を感知し、ランプと警報音で告知する。②は、6 つの魚眼カメラによる映像を合成してモニタに表示し、車両周囲 360 度を映し出す。③は、3 つのカメラから確認しにくい箇所の人を検知し、警告音を発すると共に警告表示する。これらの映像は運転室内に設置された 12.1 インチの大型タッチモニタにより確認が可能となっている。また、ボタン式シフトセレクターにより足元の空間が拡大し、キャビン内の居住性が向上している。

ブームは、ロックピン式とフルパワー式を融合した『HYBRIDZOOM』を採用し、ブーム長さ 10 m から 24 m ではロックピンを用いて重量物の吊上げに対応できる。ブーム伸縮方法はフルパワー式と同等のため、ロックピンを用いながらも迅速なブーム長さの変更が可能である。

ジブは、最長 18 m の 3 段油圧伸縮起伏方式で、高揚程作業に対応できる。また、簡単・安全・省スペースで装着・格納が可能な『EJIB』により、ジブ装着・格納作業時における高所作業を不要とし、運転室への昇降回数も 2 回に抑えて運転者の負担を軽減している。

補巻巻上用ワイヤロープには、フックの回転が少なく、耐疲労性の高い多数ストランド難自転性ワイヤロープを採用し、ルースタシープ作業時の性能が従来の最大 5.0 t から最大 5.6 t に向上している。

エンジンは、インタークーラターボ付き日野 E13C-YS であり、排出ガス後処理装置として DPF と尿素 SCR を装備している。DPF を併用することにより、尿素 SCR 単体処理の場合と比較し尿素水の使用量が少なく、尿素水の調達・補給の負担が軽減されている。

別送式のカウンタウエイトは質量 5 t で、装着時には最大作業半径約 55 m (前方領域ジブ作業時) までの作業が可能である。また、積載型クレーンでの吊上げ・輸送に対応するために 2 分割とし、作業現場への事前配送・事後回収を可能としている。

ACS (過負荷防止装置) 外部表示灯や作業灯等の灯火類に LED を標準設定している。オプションとしては、タイヤ空気圧モニタリングシステムと、アウトリガ操作用ラジコンを新規設定している。前者は、インフォメーションディスプレイに空気圧とタイヤ内温度を表示し、異常時に警告表示する。後者は、ポケットサイズの送信機を使用し、アウトリガを直視しながらの操作が可能である。クレー

ン作業時の燃費改善のため、エコスイッチと、オートミニマムコントロールを搭載している。前者は負荷の少ない作業や夜間作業などに使用し、クレーン作業時のエンジン最高回転数を燃料消費量や騒音の少ない最適な回転数に調整できる。後者は、クレーンを操作しない状態が一定時間続くと油圧ポンプの吐出量を自動的に少なくし、エンジン負荷を削減する機能であり、いずれも環境負荷軽減に有効である。

表—1 SL-850Rf II PREMIUM の主な仕様

ブーム最大吊上げ荷重	(t)	80
ジブ最大吊上げ荷重	(t)	4.2
最大地上揚程 ブーム/ジブ	(m)	46.0/64.0
ブーム長さ	(m)	10.0 ~ 45.0
ブーム起伏角度	(度)	0 ~ 84
ジブ長さ	(m)	9.52 ~ 18.0
ジブ起伏角度	(度)	5 ~ 60
旋回後端半径 (カウンタウエイト無)	(m)	3.55
車両総重量 (カウンタウエイト無)	(t)	41.155
エンジン最高出力	(kW / min ⁻¹)	275 / 1,800
エンジン最大トルク	(N · m / min ⁻¹)	1,510 / 1,300
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	(tan θ)	0.59
最小回転半径 4 輪操向 / 8 輪操向	(m)	11.8 / 7.4
アウトリガ最大張出幅	(m)	7.6
全長 × 全幅 × 全高 (走行姿勢)	(m)	13.260 × 2.850 × 3.750
価格 (税抜き)	(百万円)	99.0



写真—1 加藤製作所 SL-850Rf II PREMIUM ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム型)

問合せ先：(株)加藤製作所 国内営業本部
〒140-0011 東京都品川区東大井 1-9-37

新機種紹介

20-(05)-06	加藤製作所 ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) SL-500Rf II PREMIUM	'20.01 発売 新機種
------------	--	------------------

平成26年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制に適合した最大吊上げ荷重50tの3軸ラフテレーンクレーンである。車幅2.75mとブーム長さ40.0mを実現し、道路走行時の運転者への負担軽減を図ると共に、50tクラスの吊り上げ性能を有している。

走行の安全性を向上させるため、①クリアランスソナーシステム、②サラウンドビューシステムと③人検知アシストシステムを搭載している。①は、6箇所のセンサーにより人や障害物を感知し、ランプと警報音で告知する。②は、6つの魚眼カメラによる映像を合成してモニタに表示し、車両周囲360度を映し出す。③は、3つのカメラから確認しにくい箇所の人を検知し、警告音を発すると共に警告表示する。これらの映像は運転室内に設置された12.1インチの大型タッチモニタにより確認が可能となっている。また、ボタン式シフトセレクターにより足元の空間が拡大し、キャビン内の居住性が向上している。

ブームは5段油圧伸縮方式により、最縮小10.1mから最長40.0mまで伸長できる。ブーム伸縮にA、B2つのモードを設定し、強度域性能に優れたモードAは2段ブームの伸長の後、3、4、5段ブームが伸長する。安定域性能に優れたモードBは3、4、5段ブームの伸長の後、2段ブームが伸長する。これらの使い分けにより、多様な作業状況に対応が可能である。

ジブは最長13.7mの2段油圧伸縮起伏式で、油圧シリンダにより長さおよびオフセット角度を自在に変えることができる。また、簡単・安全・省スペースで装着・格納が可能な『EJIB』により、ジブ装着・格納作業時の運転席からの出入りが2回のみで高所作業もないことから、運転者の負担軽減と安全性の向上、作業時間の短縮を図っている。

補巻巻上ワイヤロープには、フックの回転が少なく、耐疲労性の高い多数ストランド難自転性ワイヤロープを採用し、ルースタシーブ作業時の性能が従来の最大5.0tから最大5.6tに向上している。

エンジンは欧州EURO6に適合したMTU製6R1000であり、排出ガス後処理装置は尿素SCRのみで、DPFを装備していないため、煤燃焼のための燃料消費が発生せずメンテナンスも不要である。

ACS(過負荷防止装置)外部表示灯や作業灯等の灯火類にLEDを標準設定している。オプションとしては、タイヤ空気圧モニタリングシステムと、アウトリガ操作ラジコンを新規設定している。前者は、インフォメーションディスプレイに空気圧とタイヤ内温度を表示し、異常時に警告表示する。後者は、ポケットサイズの送信機を使用し、アウトリガを直視しながらの操作が可能である。クレーン作業時の燃費改善のため、エコスイッチと、オートミニマムコントロールを搭載している。前者は負荷の少ない作業や夜間作業などに使用し、クレーン作業時のエンジン最高回転数を燃料消費量や騒

音の少ない最適な回転数に調整できる。後者は、クレーンを操作しない状態が一定時間続くと油圧ポンプの吐出量を自動的に少なくし、エンジン負荷を削減する機能であり、いずれも環境負荷軽減に有効である。

表一2 SL-500Rf II PREMIUMの主な仕様

ブーム最大吊上げ荷重	(t)	50
ジブ最大吊上げ荷重	(t)	4.2
最大地上揚程	ブーム/ジブ (m)	41.1/54.8
ブーム長さ	(m)	10.1~40.0
ブーム起伏角度/ジブ起伏角度	(度)	0~84
ジブ長さ	(m)	9.4~13.7
ジブ起伏角度	(度)	5~60
旋回後端半径	(m)	3.55
車両総重量	(t)	35.695
エンジン最高出力	(kW/min ⁻¹)	254/2,000
エンジン最大トルク	(N・m/min ⁻¹)	1,400/1,200-1,600
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	(tanθ)	0.60
最小回転半径	2輪操向/6輪操向 (m)	10.8/6.7
アウトリガ最大張出幅	(m)	7.6
全長×全幅×全高(走行姿勢)	(m)	12.390×2.750×3.730
価格(税抜き)	(百万円)	77.0



写真一2 加藤製作所 SL-500Rf II PREMIUM
ラフテレーンクレーン(伸縮ブーム形)

問合せ先：(株)加藤製作所 国内営業本部
〒140-0011 東京都品川区東大井1-9-37

▶ 〈07〉 せん孔機械およびブレーカ

20-〈07〉-02	古河ロックドリル 全自動ドリルジャンボ J32RX-Hi ROBOROCK®	'20.06 発売 新機種
------------	--	------------------

ドリルジャンボは、岩石を破碎する鉱山やトンネル土木工事の発破工法における主要機械であり、近年、山岳トンネル施工現場では、①作業員の安全性確保、②発破工法の約6割を占めるせん孔作業の効率化・高精度化、③熟練作業員確保の困窮等を解消することを目的して開発された機械である。このドリルジャンボは、センシング技術を駆使した全自動化を図り、コンピュータ制御システムにより、熟練作業員でなくても一人で高精度な、せん孔作業ができる全自動ドリルジャンボとなっている。

主な特徴としては、せん孔計画（ドリルプラン）に沿ってガイダンスするナビゲーション機能に加え、ロボット工学では一般的な逆運動学を使用したせん孔ブームの自動位置合わせ機能を追加することで、3式あるブームがケージを含め互いに干渉することなく、予め設定したせん孔位置・角度に最短ルートで自動ポジショニングするコンピュータ制御を可能にしている。また、岩盤の変化に対応してせん孔操作の肝となるフィード・回転・打撃の3要素を自動調整することで、スムーズな全自動せん孔を実現している。これにより各段におけるせん孔作業の効率化・高精度化を図っている。さらに、補助ベンチ付全断面掘削工法*に対応した“スライド格納式大型チャージングケージ”を2式搭載し、補助ベンチ長約4.5mまで作業可能な“3段伸縮式チャージングブーム”を採用し、補助工法や付帯作業の作業性向上を図っている。

※切羽の安定性と安全性を目的として、切羽の上段と下段で2.0m程度の前後差をつけ全断面を同時に掘削する工法。



写真-3 古河ロックドリル J32RX-Hi ROBOROCK® 全自動ドリルジャンボ

問合せ先：古河ロックドリル 営業企画部
〒103-0027 東京都中央区日本橋一丁目5番3号 日本橋西川ビル8F
TEL：03-3231-6961

表-3 J32RX-Hiの主な仕様

質量	(kg)	52,000
油圧ドリフタ		HD250 × 3
ガイドシエル		GH833-IV × 3
ブーム		JE331L-DN × 3
スライド式チャージングケージ		720L × 3
エンジン		VOLVO TAD572VE (オフロード法2014年基準に適合)
定格出力	(kW/min ⁻¹)	160/2,300
せん孔用油圧バック電動モータ		75 kW × 3
コンプレッサ用電動モータ		11 kW
水ポンプ用電動モータ		7.5 kW
水平せん孔範囲		幅 16,000 mm × 高 10,460 mm
さし角3°せん孔範囲		幅 16,400 mm × 高 10,660 mm
チャージングケージ作動範囲		幅 17,000 mm × 高 9,950 mm (ヨークスライド長 3,570 mm)
せん孔径	(mm)	Φ 45 ~ 76 (Φ 102)
価格	(百万円)	582

新機種紹介

▶ 〈19〉建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

20-〈19〉-05	古河 AS 建機・農機周辺監視レーダ MMR1C	'20.6 発売 応用製品
------------	--------------------------------	------------------

工場屋内外や土木・建設現場等の様々な環境下において、近距離・広角度で車両周辺の死角に存在する人や障害物を検知することで、安全システム等に利用可能なレーダである。周辺監視する手段としては、レーザ、超音波、カメラなどがあるが、レーダは、物体の移動に伴う電波のドップラ遷移の検知が可能であり、視界が悪い状況でも性能劣化が少ないという特徴がある。

表—4 周辺監視センサ比較

方式	レーダ	レーザ	超音波	カメラ
相対速度直接検出	○	×	×	×
耐候性（霧，雨，雪）	○	△	×	△
低視界（暗闇，埃）	○	○	○	△

○：適している，△：利用可能，×：利用不可能

MMR1C が利用する準ミリ波帯（24 GHz 帯）の電波は、ミリ波帯（76 GHz 帯）に比べて波長が3倍程度長いいため、降雨やレーダ表面に付着した水幕などの影響を受けにくく、より厳しい環境に適用できるという優位性がある。しかし、電波法上の割り当て帯域幅が200 MHz と狭いため、一般的には、距離方向に近接する物体の分離が難しい。

これらのことから、MMR1C では、変調方式として連続波方式ではなく、10 ns 程度のパルスを開欠的に送信するパルスドップラ方式を採用することで、距離方向の高分解化と、相対速度検知が可能となり、ターゲット分離性能の向上を図っている。

表—5 MMR1C の主な仕様

変調方式		パルスドップラ
周波数帯域	(GHz)	24.05 ~ 24.25
動作温度範囲	(℃)	-40 ~ +85
動作電圧範囲	(VDC)	9 ~ 16
計測距離範囲	(m)	0 ~ 75
計測角度範囲	(度)	-60 ~ +60
相対速度検知	(km/h)	-80 ~ +80
外形寸法	(mm)	W131 × D129 × H23
外部通信インターフェース		HS-CAN
価格	(円)	- (オープン)

表—6 建機・農機要件の主な特徴

項目	特徴
検知対象物体	強反射物（壁，建機等）付近の作業員，岩石，土も対象となることがある。
使用環境	野外，工場の屋内外，土木作業現場等
搭載車両の走行速度	低速
運動特性	登坂，旋回など多様

他方、建機・農機においては、検知対象や、自車両の走行特性が乗用車とは異なるため、車載センサをそのまま適用することは困難である。MMR1C の量産対応に向けては、顧客と基礎的な評価・検討により適用性を共有し、カスタマイズ対応を実施している。



写真—4 古河 AS MMR1C 建機・農機周辺監視レーダ

問合せ先：古河 AS(株) 営業本部 営業企画部
〒100-8322 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号
URL：<https://www.furukawaas.co.jp/contacts/products/>

新機種紹介

20-〈19〉-06	日立建機 Aerial Angle [®] STEP III 物体検知+動作制限システム	'20.06 発売 新機種
------------	---	------------------

油圧ショベルの始動時における接触事故低減に寄与する運転者支援装置である。

油圧ショベルが関与する労働災害は機体の接触が一番多く、そのうち約90%は始動時（車体の動き始め）に発生している。本装置は始動時（特に旋回、走行）の接触事故低減を目的としており、オペレータが容易に機械の周囲確認が可能な「視界補助機能」、機械周囲の物体（人や障害物）を検知してオペレータ・周辺作業者に通知する「検知警報機能」、物体を検知した場合に旋回・走行の動作を制限する「動作制限機能」で構成されている。

視界補助は、車体左右後方のカメラ付き赤外線センサで取得した周囲映像を合成し、運転席内のモニタ上に俯瞰映像として映すことにより行っている。物体検知は赤外線センサで行い、検知状況はオペレータと周辺作業者の双方へ通知可能である。これにより、オペレータは周囲状況を把握し適切な操作を行うことができ、周辺作業者には退避を促すことが可能である。一方で、オペレータ及び周辺作業者が警報に気付かない場合を想定し、動作制限機能を備えている。

検知範囲は車体からの距離に応じ ZONE1, 2, 3 に区分されており、各 ZONE において表一八に示す動作制限機能が作動する。走行中や旋回中に物体を検知した場合は、エンジン回転数を下げ、モニタ上の警告とブザー音によりオペレータに注意喚起と回避行動を促し機械との接触事故低減を図っている。

オペレータが意図しない機械の停止により発生し得る、車体転倒などの二次被害を考慮し、動作中の機械を自動停止する機能は備えていない。

表一七 対象機種と価格

対象機種	ZX120-6, ZX135US-6, ZX200-6, ZX225US-6, ZX225USR-6
価格（税抜）（百万円）	2.7

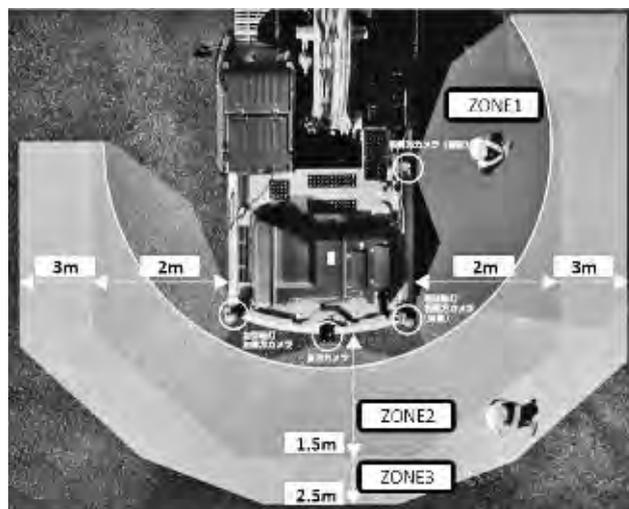
表一八 動作制限対応表

検知範囲	動作制限 (待機中)	動作制限 (旋回中)	動作制限 (走行中)
ZONE1	旋回・走行始動抑止 エンジン回転数低減	エンジン回転数 低減	エンジン回転数 低減
ZONE2	走行始動抑止	なし	エンジン回転数 低減
ZONE3	なし	なし	なし

始動抑止：操作レバーを操作しても機械は動き出さない



写真一五 物体検知、通知システムの構成



写真一六 赤外線センサの検知範囲

問合せ先：日立建機(株)ブランド・コミュニケーション本部広報・IR
部広報グループ
〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目16番1号

新機種紹介

20-(19)-11	サンドビック ロックボルト自動打設機 ロボルト DS511-C	2019年 新機種
------------	--	--------------

日本の山岳トンネル工法に適應した削孔、注入、ロックボルト挿入、ボルトニングの工程を全自動化したロックボルト自動打設機である。またメッシュ施工にも利用でき作業員が一人で施工を完結できるよう、ホース経路からボルトニングヘッドの配置を離し、キャビンからの視界確保や高い操作性に配慮している。エアコン付き密閉式キャビンは、FOPS/ROPS準拠の高い安全性と、後方へ10度まで傾斜可能な角度調整機能により最大リーチでの打設にも対応できる設計となっている。

ボルトニングヘッドは、アンカーポイント周辺を同時に移動する2本のワーキングラインにより、掘削からボルトニングまでの操作が簡単となり、条件の厳しい作業環境にあっても、操作の容易さと高い耐久性を持たせている。

打設するボルトは、日本の多種多様な地質に適應できるように、セメントやレジン、アンカーポイント、スプリットセットや水膨張式の全ての種類を選択でき、ボルト長さも最大6mまで適應している。

またこれまで注入材の供給装置は本体とは別であったが、可動式供給装置を本体に搭載し、地上からの直接材料投入を可能にしている。

ボルト削孔位置、長さ、本数、セメントスラリー流量、注入圧力などの施工データを記録・保存し、コンピュータジャンボの削孔時のデータとともにCIMモデルに統合でき、ロックボルト工程全体の可視化およびデータ管理化を図っている。

自動打設では削孔終了からボルトニング作業の開始まで、15秒、ボルトニング所要時間目安は、良環境下では1時間当たり18～20ボルト、標準的な環境下では1時間当たり12～15ボルト、悪環境下では1時間当たり10ボルト以下で打設作業を行うことができる。

表-9 DS511-Cの主な仕様

最小ドリフトサイズ	(m)	5×5
ドリフター打撃出力	(kW)	14
ボルト長さ	(m)	1.5～6
旋回半径	(外径, mm)	9,250
全幅	(輸送時/作業時, mm)	2,740/3,440
全高走行時	(キャビン/キャノピー, mm)	3,320/3,600
全長	(輸送時/作業時, mm)	11,370/10,950
重量	(t)	25 (オプションによる)
価格(必須)	(百万円)	-



写真-7 ロボルト DS511-C 全景



写真-8 ロボルト DS511-C キャビン内から切羽をのぞむ

問合せ先：サンドビック(株) SMRT カンパニー 営業部
〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-15-16
NMF 新横浜ビル 5階

新機種紹介

20-〈19〉-12	コマツ スマートコンストラクション・ レトロフィットキット	'20.4 国内市場導入 新機種
------------	-------------------------------------	------------------------

既存の従来型建機に取り付けることで、3D-マシンガイダンスやペイロード機能など ICT 建機と同程度（※1）の ICT 機能を利用可能にする後付けキットである。

（株）ランドログ（社長：井川甲作）を通して、日本国内に導入開始した。

コマツ製の建機だけでなく、油圧ショベルであれば機種を問わず後付け可能。また、ICT 機能をより利用しやすいように、3D 施工時に必要な「GNSS 補正情報配信サービス」や 3D 設計データの送信や施工履歴を管理するスマートコンストラクション・レトロフィットキット用アプリ「SMARTCONSTRUCTION Pilot」を併せて開発・提供する。同アプリは市販のタブレットをモニターとして利用出来るようにするなど、「スマートコンストラクション・レトロフィットキット」の利便性を高めながら低価格化を図った。

◆スマートコンストラクション・レトロフィットキットの内容

〈1. 主な機能と特徴〉

- ・3D 設計データによる 3D マシンガイダンスを利用した施工
- ・ペイロードメータ※2（オプション）
- ・油圧ショベルであれば機種を問わず後付け可能
- ・予定価格 70 万円（消費税、取付費用は含まない）
- ・提供開始時期 2020 年 4 月下旬より（順次対象機種を拡大予定）

※1：国土交通省 i-Construction の ICT 活用工事における ICT 建機に必要とされる機能

※2：ペイロードメータオプションについては、機種毎のパラメーター設定が必要なため、導入初期はコマツの機種のみが対象予定



写真-9 スマートコンストラクション・レトロフィットキットアプリ「SMARTCONSTRUCTION Pilot」（アプリのデザインは変更される場合がある。）



図-1 機器構成イメージ

注)
 ・タブレットおよび LTE ルータは、「スマートコンストラクション・レトロフィットキット」には含まれない。
 ・使用中のタブレットおよび LTE ルータを利用するか、別途購入通信契約が必要。

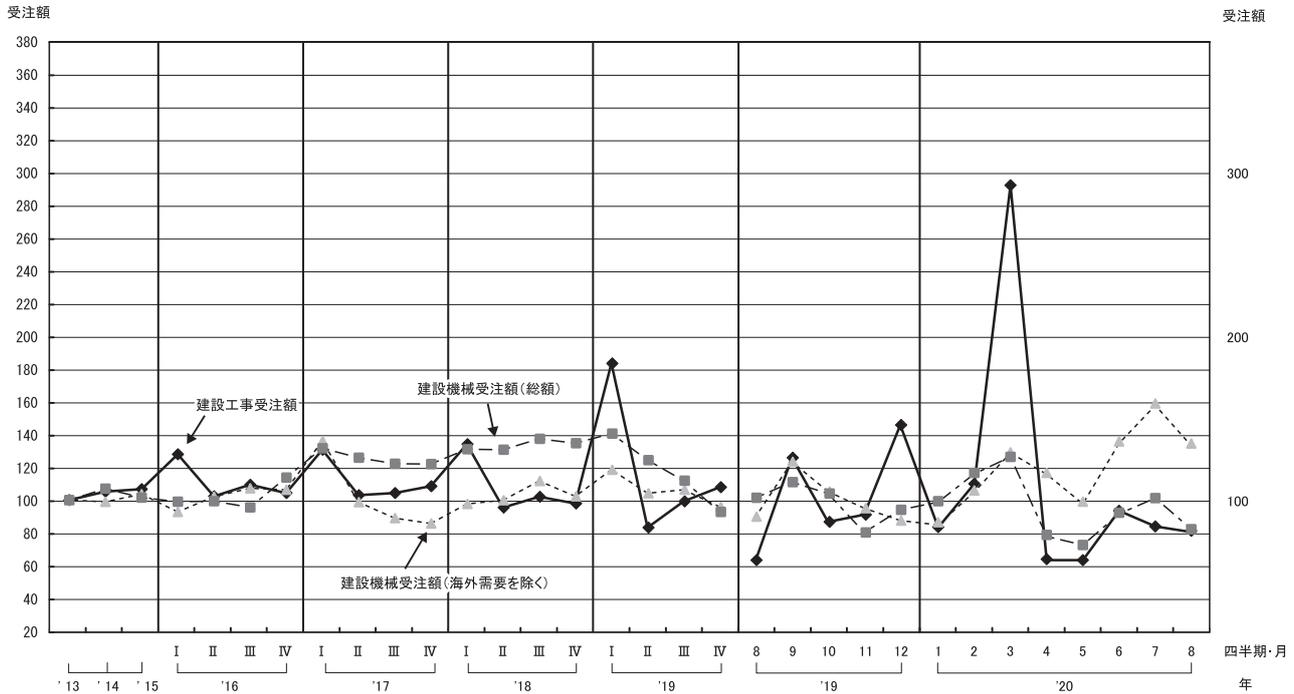
問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
 〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

表-10 従来型建機と ICT 機能を有する建機との機能比較

	従来型建機	コマツ ICT 建機 	スマートコンストラクション・ レトロフィットキット 後付け建機
3D 設計データを利用した 3D 施工	3D 施工不可	3D 施工可能	3D 施工可能
3D 制御	不可	可能 半自動	不可 ガイダンス機能のみ
丁張・補助作業員	必要	不要	不要
3D 施工履歴	取得不可	高精度 3D データ 取得可能	高精度 3D データ 取得可能

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	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019年 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	1,570	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	2,244	20,538	11,816	179,841	22,488
4月	7,023	4,434	941	3,493	1,993	542	54	4,437	2,585	177,186	8,282
5月	6,956	4,877	1,404	3,473	1,641	352	85	4,675	2,281	174,405	9,289
6月	10,306	6,725	1,114	5,612	2,971	453	157	5,651	4,655	172,281	12,579
7月	9,241	5,870	1,622	4,248	2,674	449	248	5,703	3,538	172,468	9,311
8月	8,945	6,618	1,032	5,586	1,878	382	66	5,914	3,031	-	-

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 8月	9月	10月	11月	12月	20年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668	1,808	1,124	1,035	1,318	1,446	1,173
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	965	920	920	633	873	954	1,097	1,111	629	534	733	859	726
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	484	666	567	512	471	466	571	697	495	501	585	587	447

(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8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

行事一覽

(2020年9月1日～30日)

機械部会



■コンクリート機械技術委員会

月日：9月2日(水)

出席者：清水弘之委員長ほか10名

議題：①前回の議事録確認 ②各社技術紹介：大成建設㈱「新型ダムコンクリート運搬設備紹介」 ③今年度のJIS見直し調査依頼の件

■原動機技術委員会

月日：9月3日(木)(web会議で開催)

出席者：赤城二郎副委員長ほか19名

議題：①前回の議事録確認 ②建設機械の次期燃費基準の件：進捗状況の報告 ③次期排出ガス規制対応部会の概要報告：第十四次答申(案)が審議・了承された件の情報共有 ④海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：欧州 Stage V 移行期間延長に関する改定の情報共有

■建築生産機械技術委員会(ラフテレーン作業燃費分科会)

月日：9月3日(木)(web会議で開催)

出席者：石倉武久委員長ほか5名

議題：ラフテレーン作業燃費基準について：現行基準の変更内容(80t以上の枠等)について、次期燃費基準に対する対応検討

■基礎工用機械技術委員会

月日：9月9日(水)

出席者：梶沢淳一委員長ほか18名

議題：①東亜利根ボーリング㈱の技術プレゼン：地中連続壁工法の工法説明、地中連続壁工法の掘削機の説明等 ②各社トビックス：鹿島建設㈱「ロボット技術の建設分野への適用検討に関する紹介」

■機械整備技術委員会

月日：9月11日(金)

出席者：小室豊委員長ほか8名(web会議で開催)

議題：①過去の成果物のホームページ掲載について ②整備作業の法規制、規格に関する調査について討議 ③各社の近況報告、およびサービスマンの技術伝承取組についての意見交換

■除雪機械技術委員会・幹事会

月日：9月15日(火)(web会議で開催)

出席者：太田正樹委員長ほか10名

議題：①除雪機械の自動化に関する勉強会の対応について ②タコグラフ(運行記録計)、塗装基準に関する討議 ③その他

■路盤・舗装機械技術委員会 総会

月日：9月17日(木)

出席者：山口達也委員長ほか46名

議題：①委員長挨拶 ②令和2年度上期活動経過報告 ③環境保全、地球温暖化への対応技術の発表(2件) ④建設機械最新技術の動向に関する発表(4件) ⑤特別講演「はたらくじどうしゃ博物館」 ⑥令和元年度見学会の案内 ⑦標準部から：ISO/DIS 20500(自走式道路建設機械-安全要求)について

■ショベル技術委員会

月日：9月18日(金)

出席者：西田利明委員長ほか10名

議題：①次期燃費基準の件：基準値案に関するアンケート調査結果について、基準値案についての討議 ②次期排出ガス規制対応部会の概要報告：第十四次答申(案)が審議・了承された件の情報共有 ③安全施工WG(9/9開催)に関する情報共有

■情報化機器技術委員会

月日：9月25日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか10名(web会議で開催)

議題：①自動車のサイバーセキュリティ、自動運転機能安全規格等の情報共有 ②規制・規格の最新情報の共有 ③安全施工WG(9/9開催)に関する情報共有 ④上期活動内容のまとめ

標準部会



■ISO/TC 195/SC 1(コンクリート機械)

2020年度第3回委員会

月日：9月2日(水)

出席者：川上晃一(日工㈱)委員長ほか14名(Web参加11名含む)

場所：機械振興会館会議室/Web上(ISO Zoom)

議題：①SC 1及びTC 195 パーチャル総会対応協議 ②SC 1/WG 8 PWI 5342「コンクリート機械-施工現場情報交換」専門家登録状況 ③イタリア新業務提案 ④SC 1/WG 7 DIS 18650-1 DIS 投票結果 ⑤SC 1/WG 6 FDIS 21573-2 最終文書検討 ⑥SC 1/WG 5 PWI 19720-2 コンビナー任期更新CIB ⑦SC 1/WG 4 PWI 19711-2 NWIP 準備状況 ⑧SC 1/WG 2 ISO 13105-1、-2 見直し進捗状況 ⑨TC 195 傘下

SC, WG 及び CEN/TC 151/WG 8 状況

■ISO/TC 127 土工機械委員会 国内総会

月日：9月24日(木)

出席者：関宮崇幸(コマツ)委員長ほか25名(Web参加)

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①ISO/TC 127 親委員会/SC 1～SC 4 各分科会活動計画及び進捗状況報告 ②その他トビックス・ISO 11152 エネルギー消費試験方法・IEC TC 105 燃料電池の進捗報告…投票案件の状況報告、ヤンプロ講座開催のお知らせ、ISO 文書配布システムの変更

■BIM/CIM 関連・bsJ との IFC 懇談会及び ISO/TS 15143-4 対応有志会合

月日：9月25日(金)

出席者：新田恭士(国土交通省公共事業企画調整課)ほか約50名(Web参加)

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①ISO/TS15143-4(TC127/SC3/WG5) 検討体制について ②bSIにおけるインフラ分野のIFC拡張スケジュールについて ③情報化施工に関するISO技術仕様書案について ④bsj-Industry Foundation Classes(IFC)並びにMVDモデルビュー定義に関して

■ISO/TC 195/SC 1(コンクリート機械)

国際バーチャル総会(第1日)

月日：9月28日(月)夜

出席者：川上晃一(日工㈱)SC 1 国際議長ほか22名(Web参加)

場所：機械振興会館会議室/Web上(ISO Zoom)

議題：①SC 1 コミッティマネージャー報告 ②WG 5, WG 6 コンビナー任期更新 ③WG 4 PWi 19711-2 作業状況 ④SC 1 定期見直し投票中の案件 ⑤イタリア新業務提案の紹介 ⑥ISO/TPM より報告

■ISO/TC 195/SC 3/WG 1(穿孔及び基礎工用機械) 国際バーチャルWG会議

月日：9月29日(火)夜

出席者：山本卓也(㈱技研製作所)ほか12名(Web参加)

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①前回WG会議(2020/6/23 Web)議事録の承認 ②特設グループ活動報告 ③今後の方針

■ISO/TC 195/WG 5(道路建設及び維持用機器) 国際バーチャルWG会議(第1日)

月日：9月30日(水)夜

出席者：小倉公彦(JCMA 標準部)ほか8名(Web参加)

場所：Web上(ISO Zoom)

議題：①FDIS 15643 投票結果報告

② DIS 15878 投票結果コメント審議

建設業部会



■三役会

月 日：9月10日(木)

出席者：福田智之部会長ほか4名(内WEB参加2名)

議 題：①第24回機電技術者意見交換会の中止と11/4代替企画について
②クレーン安全情報WG報告 ③安全施工WG報告 ④その他

各種委員会等



■機関連編集委員会

月 日：9月2日(水)

出席者：見波潔委員長ほか27名

議 題：①令和2年12月号(第850号)計画の審議・検討 ②令和3年1月号(第851号)素案の審議・検討 ③令和3年2月号(第852号)編集方針の審議・検討 ④令和2年9月号～令和2年11月号(第847～849号)進捗状況報告・確認 ※通常委員会及びZoomにて実施

支部行事一覧

北海道支部



■令和2年度除雪機械技術講習会(第1回)

月 日：9月2日(水)

場 所：札幌市(ホテルライフオート札幌)

受講者：183名

内 容：①除雪計画 ②除雪の施工方法
③冬の交通安全 ④除雪の安全施工
⑤除雪機械の取り扱い

■令和2年度除雪機械技術講習会(第2回)

月 日：9月8日(火)

場 所：小樽市(小樽経済センター)

受講者：97名

内 容：上記第1回と同じ

■令和元年度除雪機械技術講習会(第4回)

月 日：9月11日(金)

場 所：旭川市(道北経済センター)

受講者：145名

内 容：上記第1回と同じ

東北支部



■第1回技術部会

月 日：9月1日(火)

場 所：支部会議室

出席者：小野由則技術部会長ほか12名

内 容：①東北地方整備局主催「総合防災訓練」への参画の仕方について

②現場研修会の計画について

■ICT・UAV(i-Construction)基礎技術講習会(主催：東北土木人材育成協議会)

【座学】①東北地方整備局におけるi-Constructionの取り組み ②各県・仙台市における取り組み ③3次元測量の概要と留意点(3次元測量の基礎知識、安全対策、事例等) ④ICT活用工事の監督・検査の留意事項 ⑤点群ソフト、3D設計データ ⑥ICT建機 ⑦TS、GNSS 3次元計測(検査等現場計測)

【実習】①ICT建機操作実習 ②TS、GNSSローバー計測実習

①秋田県会場

〈座学〉

月 日：9月2日(水)

場 所：秋田県自治研修所

受講者：58名

〈実習〉

月 日：9月3日(木)

場 所：(株)ほくとう横手営業所

受講者：46名

②山形県会場

〈座学〉

月 日：9月16日(水)

場 所：山形県村山総合支庁 西村山地

域振興局 講堂

受講者：40名

③仙台市会場

〈座学〉

月 日：9月23日(水)

場 所：仙台市役所6階 第1会議室

受講者：22名

④福島県会場

〈座学〉

月 日：9月28日(月)

場 所：福島テルサ3階 大会議室

受講者：40名

〈実習〉

月 日：9月29日(火)

場 所：コマツIoT センタ福島

受講者：40名

⑤宮城県会場

〈座学〉

月 日：9月30日(水)

場 所：宮城県庁2階 講堂

受講者：45名

■地元工業高等学校 特別授業への講師派遣

月 日：9月14日(月)

場 所：学校法人北杜学園 仙台工科専門学校 仙台校舎

受講生：環境土木工学科2年生 25名

講 師：情報化施工技術委員会 鈴木勇

治委員長

内 容：①〈座学〉i-Constructionについて ②〈座学〉これからの土木業界

■除雪講習会

①弘前会場

月 日：9月23日(水)

場 所：弘前市 弘前文化センター

受講者：62名

②青森(1)会場

月 日：9月24日(木)

場 所：青森市 ホテルクラウンパレス

青森

受講者：84名

③青森(2)会場

月 日：9月25日(金)

場 所：青森市 ホテルクラウンパレス

青森

受講者：79名

④山形(1)会場

月 日：9月29日(火)

場 所：山形市 山形ビッグウイング

受講者：96名

⑤山形(2)会場

月 日：9月30日(水)

場 所：山形市 山形ビッグウイング

受講者：95名

■令和2年度 総合防災訓練

月 日：9月28日(月)

場 所：支部会議室

出席者：新田哲雄技術部会副部会長ほか10名

内 容：①東北地方整備局主催「令和2年度総合防災訓練」の情報伝達訓練に参加

北陸支部



■ゆきみらい2021in白山(除雪展示・実演会)事前打合せ会議

月 日：9月15日(火)

場 所：興和ビル10階会議室

出席者：樋口昌幸 ICT 推進委員長ほか6名

議 題：①ゆきみらい2021in白山 第1回実行委員会事務局会議の報告 ②除雪展示・実演会の開催場所について ③今後の計画及び実施スケジュールについて ④除雪機械展示・実演会の確認事項について ⑤延期に関する意見照会について

■JCMA 北陸支部 親睦ゴルフ大会

月 日：9月16日(水)

場 所：ノープルウッドゴルフクラブ

参加者：北陸支部会員 16名

■新任者のための除雪オペレータ技術研修会（新潟県主催）

月 日：9月24日（木）

場 所：長岡商工会議所 7階大会議室

受講者：60名

■第2回除雪機械整備技術検討会

月 日：9月30日（水）

場 所：興和ビル 10階会議室

出席者：水澤和久 技術検討会委員長ほか9名（整備局課長補佐含む）

議 題：①除雪機械整備技術検討会の設置目的について ②検討内容及び検討スケジュールについて ③整備局管内の整備回送距離と会社の実態について ④製造業及び整備業のアンケート（案）について ⑤建設機械整備標準作業工数（除雪偏）の販売数及び問い合わせの実態について

中 部 支 部



■広報部会

月 日：9月7日（月）

出席者：濱地仁広報部会長ほか7名

議 題：「中部支部だより」第80号について

■公共工事（ポンプ関係）の諸課題に関する個別意見交換会

月 日：9月8日（火）～10日（木）

出席者：中部地方整備局施工企画課長ほか3名、ポンプ設備各社1～2名

議 題：ポンプ設備工事における不調、不落等について

■建設 ICT 出前授業

月 日：9月10日（木）

場 所：国立豊田高等専門学校

受講者：第5学年50名

協力会員：㈱シーティーエス

■技術・調査部会

月 日：9月23日（水）

出席者：青木保孝部会長ほか11名

議 題：技術講演・発表会の発表テーマの選出について

関 西 支 部



■令和2年度 建設機械施工技術検定試験（実地試験）

月 日：9月6日（日）～7日（月）

場 所：キャタピラー教習所(株)及びコベ
ルコ教習所(株)

延受験者数：214名(1級68名,2級146名)

■「建設技術展 2020 近畿」主催・共催者会議（第3回）

月 日：9月16日（水）

場 所：大阪マーチャングイズ・マートビル

出席者：松本克英

議 題：①「建設技術展 2020 近畿」のプログラム及び全体概要について ②開会式出席依頼について ③注目技術賞の審査員について ④当日の動員体制について

■建設用電気設備特別専門委員会(第460回)

月 日：9月16日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①「JEM-TR121 改正案」審議 ②その他

■令和2年度 1級建設機械施工技術検定試験（学科）試験監督者打合せ

月 日：9月30日（水）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下11名

議 題：①学科試験監督要領について ②その他留意事項

中 国 支 部



■第3回広報部会

月 日：9月16日（水）

場 所：Web会議

出席者：錦織豊部会長ほか4名

議 題：①広報誌（CMnavi）56号の編集・発行について ②協会機関誌「建設機械施工」のずいそうへの執筆者の選考について ③広報活動について ④その他懸案事項

■第1回企画部会

月 日：9月24日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：塩形幸雄部会長ほか8名

議 題：①令和2年度部会事業実施計画について ②中国地方整備局との意見交換会について ③情報伝達訓練について ④その他懸案事項

■建設機械施工技術検定 1級学科試験監督者事前説明会

月 日：9月25日（金）

場 所：中国支部事務所

出席者：新宅清人総括試験監督者ほか3名

内 容：建設機械施工技術検定1級 学科試験実施要領説明

四 国 支 部



■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：9月1日（火）

場 所：国営讃岐まんのう公園（多目的広場）

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

参加者：共催団体から6社45名、ドローン12機、JCMS 四国支部会員会社から1社8名参加、支部からは事務局長が参加

内 容：公園休園日を利用して、災害発生時に迅速に対応するため、各社所有のドローンを用いて訓練を実施

■令和2年度建設機械施工技術検定【実地】試験

月 日：9月5日（土）

場 所：日立建機日本(株)四国支店構内(善通寺市)

受験者：1級：18名、2級：58名、計76名（延べ人数）

試験監督者：小松修夫総括試験監督者ほか8名

九 州 支 部



■企画委員会

月 日：9月16日（水）

場 所：九州支部 会議室

出席者：原尻克己企画委員長ほか11名

議 題：①建設機械技術検定試験（実地試験）の開催報告 ②第2回運営委員会の開催について ③建設行政講演会の開催について ④その他

編集後記

昨年10月号の編集後記で、「東京オリンピック・パラリンピック大会の開幕が待ち遠しい。」と書いたのですが、本号の編集作業を始めた3月下旬に、新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大により、大会の1年延期が発表されました。

その後、国内における緊急事態宣言や解除後の2次感染拡大、および世界的なさらなる感染拡大で、大会の開催が危ぶまれましたが、9月にIOCから「新型コロナウイルスに関係なく大会を開催する。」と公表されました。

今後、新型コロナウイルス感染症が収束して、東京オリンピック・パラリンピック大会が無事に開催され成功することを祈っています。

さて、11月号は、「道路」特集です。道路事業における様々な課題に対する取り組みに関する行政情報、および道路管理者やJCMA会員の最新情報（新技術・施工事例等）を紹介しています。

巻頭言は、横浜国立大学の前川教授に、次世代に向けた喫緊の課題である「道路インフラ整備・更新事業の生産性向上」についてのご提言をいただきました。

行政情報は、国土交通省道路局の「道路分野における新技術導入促進の取組み」および「道路維持管理の高度化・効率化に向けた取組み」について最新情報を紹介していただきました。

特集報文としては、道路に関連するトンネル、橋梁、斜面、舗装、建設機械など広い分野における、交通の円滑化、交通安全、施工の合理化、工期短縮、コスト縮減、生産性向上、耐災害性強化、耐久性向上、長寿命化、施工の高速化、省人化、無人化、遠隔操作、工事の安全性向上などをキーワードとした報文を執筆していただきました。

最後になりましたが、新型コロナウイルス感染症拡大による仕事環境の変化への対応を求められるなか、ご忙中にもかかわらずご執筆頂いた著者の皆様に深く御礼申し上げます。（石倉・斉藤）

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)
佐藤 誠治	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
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

12月号「先端土木／建設技術の開発／実用化特集」予告

・国土交通省における ICT 施工の導入状況 ・深層学習およびアンサンブル学習を用いた切羽評価システム ・建設機械の EMC 試験に対応可能な大型電波暗室建設:新欧州 EMC 試験要求 (EN ISO 13766) が開始 ・転圧プロセスの自動化により一貫した締固め作業を実現する半自動振動ローラ締固めシステムの開発 ・5G 高速通信システムによる建設機械遠隔操作技術 ・吹付枠工省力化技術の開発 ・長時間飛行可能な有線給電ドローンを開発 ・コンクリート構造物を「現場で直接プリント造形」 ・建設用 3D プリンタを用いた PC 構造体の設計施工デモ実証と今後の展望 ・自律走行式床面ひび割れ検査ロボットの開発 ・人と重機の接触災害リスク低減システムの開発 ・生産性向上、WLB に寄与する建設ロボット開発の最新状況と今後の課題 ・山岳トンネルのロックボルト打設自動化を実現

【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 11 号 (2020 年 11 月号) (通巻 849 号)

Vol. 72 No. 11 November 2020

2020 (令和 2) 年 11 月 20 日印刷

2020 (令和 2) 年 11 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

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

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。

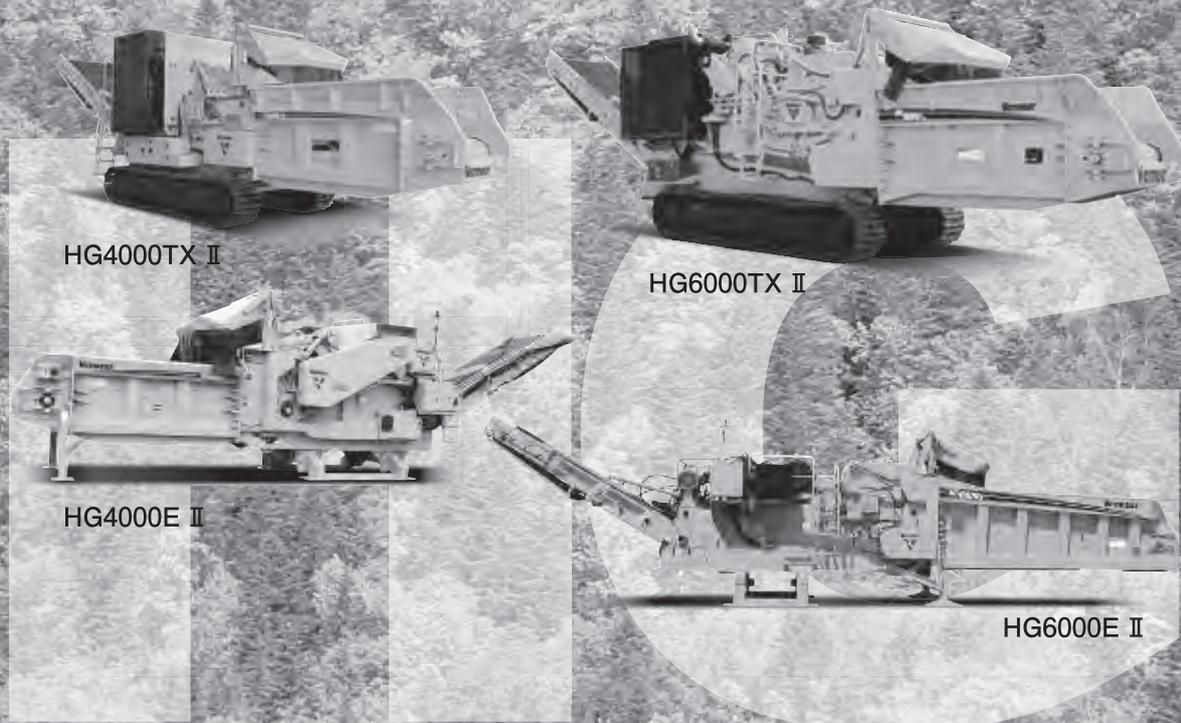


コベルコ建機株式会社

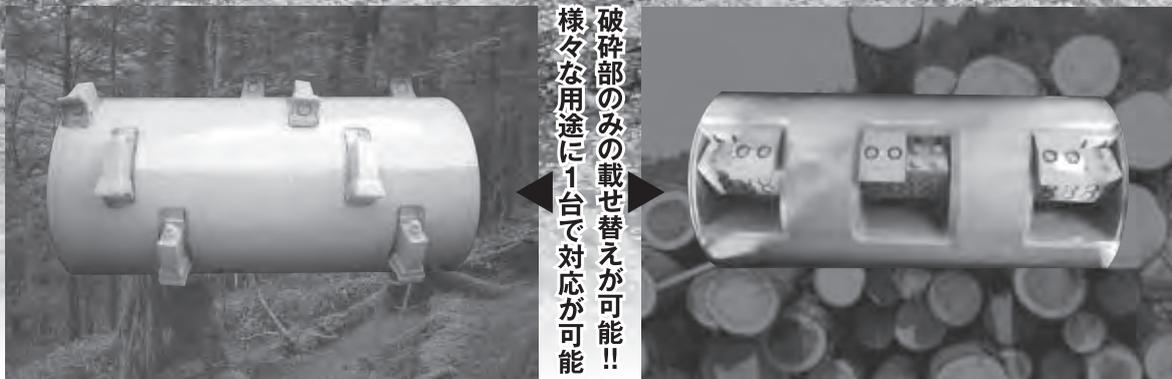
東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111

www.kobelco-kenki.co.jp

マルマテクニカのホリゾントラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。

 **マルマテクニカ株式会社**

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

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp



大深度地下工事や大規模トンネル工事にも最適。
大水量・高揚程仕様のLH型ラインナップ。

『大水量・高揚程タイプ』の
LH10110型(110kW)とLH12185型(185kW)が
ラインナップしました。
新型LH型は、深化する大深度地下工事や大規模トンネル
工事で大いに貢献します。

大水量
高揚程
仕様

耐久性
の
向上

メンテナンス性
の
向上

全面水路円筒形構造



浸水検出器装備



電極型

フロート型

底部から、羽根車・ケーシング・メカニカルシール・下部軸受等の部品交換ができます。

水切構造

ケーブルメンテナンス蓋

モータ保護装置

オイルリフターを装備

オイルリフターは、メカニカルシール(軸封装置)のシール(密封)性能アップによる水中ポンプの品質・信頼性向上を目的にツルミが開発しました。



両吸込型羽根車



大水量・高揚程仕様

LH型(110kW-185kW)

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
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385 東京支店：TEL.(03)3833-0331 中部支店：TEL.(052)481-8181 近畿支店：TEL.(06)6911-2311 四国支店：TEL.(087)815-3535
東北支店：TEL.(022)284-4107 北関東支店：TEL.(027)310-1122 北陸支店：TEL.(076)268-2761 中国支店：TEL.(082)923-5171 九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Mikasa

http://www.mikasas.com

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H

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

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工 / 建設機械メーカー / 商社 / 官公庁・学校 / サービス会社 / 研究機関 / 電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械 / 運搬機械 / 工事用機械 / クレーン / 締固機械 / 舗装機械 / 切削機 / 原動機 / 空気圧縮機 / 積込機械 / 骨材機械 / 計測機 / コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。 ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： _____ 所属： _____

会社名(校名)： _____

資料送付先： _____

電話： _____ F A X： _____

E-mail: _____

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

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

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz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!



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



マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円~



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円~

**ポケットサイズの
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (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!**



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!

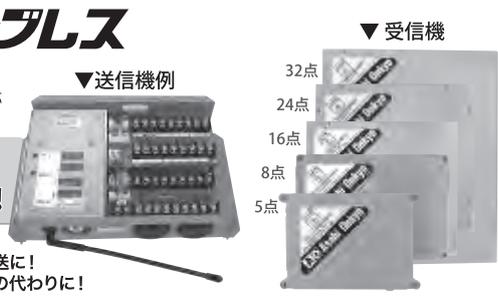


データケーブルレス

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!



MAXサテライト

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!**

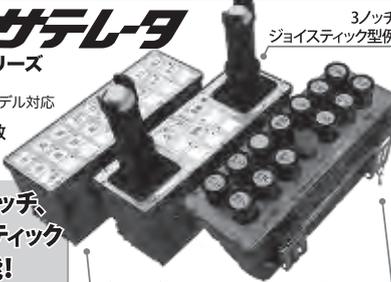


マイティサテライト

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!**



リソーサー 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

NEW



これからの舗装厚検測システム

バイフォーム

舗装版VFORM

一人で
計測可能

ミリ単位の
高精度計測

短時間で
帳票出力



舗装厚検測は、デジカメを使って「一人」で「高精度」の時代へ

水系下がりからデジタル計測へ、VFORMなら一人で、短時間、高精度

一人でのターゲット設置と計測が可能

寸法の自動計算/帳票の自動作成

ミリ単位の高精度計測

様々なクラウドに対応し情報共有が可能

短時間での計測、帳票の出力

トレーサビリティも確保



数人で設置
目測で計測

従来の計測



一人で設置
デジタル計測

舗装版VFORM



株式会社 横河技術情報

〒108-0023 東京都港区芝浦4-4-44 横河ビル

TEL: 03-5442-1703 FAX: 03-5442-1704

URL: <http://www.yti.co.jp/> Email: vform-sales@yti.co.jp

KOMATSU

KomVision 人検知衝突軽減システム 標準搭載

PC200-11



停止制御
エリア 約2.5m

検知エリア
約2.0m

※検知エリアについては周囲環境によって変化致します。

- 本システムは、あらゆる条件で衝突を軽減する装置ではありません。性能には限界があります。システムに頼った使い方や間違った使い方を行った場合には、事故が発生する可能性があります。
- 本システムをお使いになる前には、必ず取扱説明書をお読み頂き、システムについて理解し、正しくお使い下さい。
- 本システムは、わき見操作や漫然な操作など、オペレータの不注意を防止するための装置ではありません。
- 高速または中速走行、旋回中や作業機の稼働に関しては、停止制御を行っていません。
- 前方や作業可動域、カメラで検知できる範囲外に対象物がある場合、機能は作動しません。

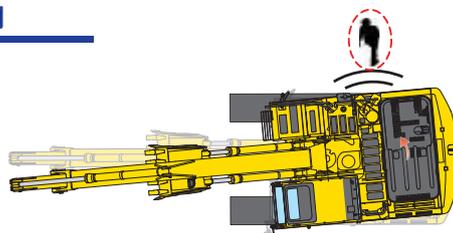
- 検知する対象物の状況（走ってくる、しゃがんでいる、周囲の色と明暗が少ない服装等）、カメラの状況（レンズ面の付着物、くもり等）、作業環境（悪天候、薄暗い、逆光、または夜間、水蒸気や煙が漂う等）によって、人を正しく検知できない可能性があります。
- 下記の条件の際、本システムにより機体が急停止して不安定になる可能性があるため、周囲の安全を確保して運転操作下さい。
(つり荷走行、急斜面での作業、滑りやすい路面や地盤の柔らかい現場での作業)
また、トレーラへの積み込み、積み下ろしの際に、本システムにより機体が急停止し不安定になるため、人検知衝突軽減システムを OFF にして下さい。

4台のカメラによる合成画面のモニターに加え、
人を検知したら、ブザーで**注意喚起/機体停止**



機体停止制御

停止状態から走行するとき、また走行中(低速のみ)でも、停止制御エリアで人を検知すると走行を停止します。



停止状態から旋回するとき、停止制御エリアで人を検知すると旋回の発進を停止させます。

コマツ 国内販売本部

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3481-5512

PC200-11の
カタログは
こちらから



雑誌 03435-11



4910034351107
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)