

建設機械施工



Vol.74 No.4 April 2022(通巻866号)

特集 建設施工の生産性向上



赤谷3号砂防堰堤工事における
大型プレキャストブロックの自動据付



巻頭言 ロボット化による生産性向上のために

技術報文

- 新幹線軌道工事における電子化の取組み
- 大型プレキャストブロック据付の自動化施工
- 3次元レーザースキャナを用いた配筋検査システムの性能確認とデバイス認証システム
- カルシア落下混合船による施工の効率化
- 日本電子回路工業会の生産性向上 他

行政情報

官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針

すいそう

定年後結構忙しいです 他

部会報告

令和3年度 若手現場WEB見学会の開催報告

KOBELCO

掘削サイクル
タイムアップ

↑
8%

従来機とのHモードでの比較



新型13t 特設サイト

Performance X Design



それは未来に挑むための 次世代のパフォーマンス。

サイクルタイムを8%向上させた掘削性や NETIS に新規登録された先進技術。
快適性、操作性を高めたインテリアデザイン。
数々の技術を磨き上げ、進化を遂げたSK135SRの誕生です。

NETIS登録

省エネ技術搭載型バックホウ
登録番号:KT-200147-A

イーグルアイビューステム
登録番号:KT-200085-A

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



SK135SR

SK125SR SK130SR+

コベルコ建機株式会社

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

令和4年度版 建設機械等損料表

■発売日(予定) : 令和4年4月25日

■体 裁 : A4判 モノクロ 約490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

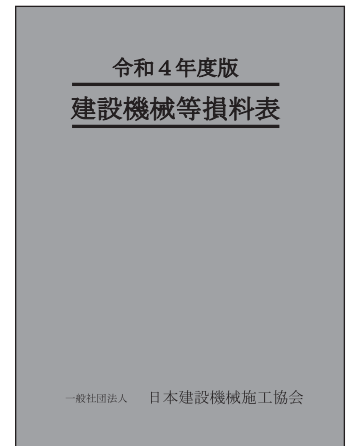
- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・損料算定表の構成・用語を解説
- ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
- ・損料の算出例を掲載

■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2022」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



書籍の表紙イメージ

「令和4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 2022」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：金井道夫)は、5月下旬に書籍「よくわかる建設機械と損料 2022」を発売します。

本書は先に発売した書籍「令和4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。是非ご利用下さい。

— 記 —

■発売日：令和4年5月下旬(予定)

■体裁：A4判、一部カラー、約340ページ

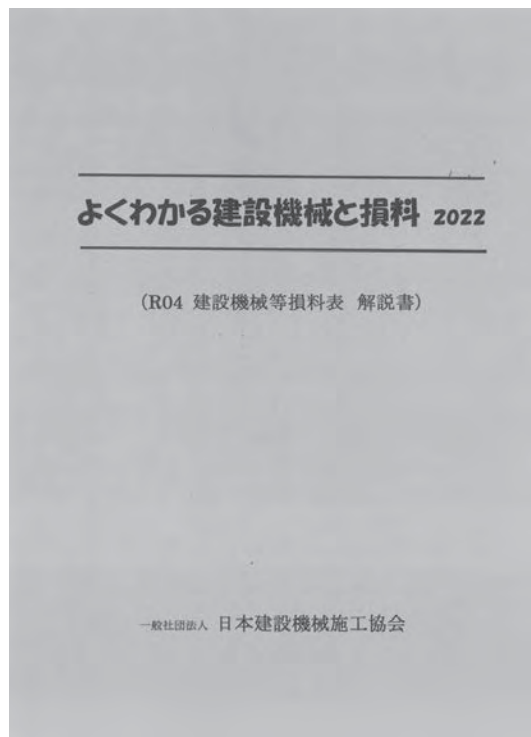
■本体価格(税別・送料別)

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) 令和4年度版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 —



書籍の表紙イメージ

■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)

日本建設機械要覧 2022

発売のご案内

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

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



発刊日

令和4年3月25日

体裁

・B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特典

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

2022年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパー
- ・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
- ・せん孔機械およびプレーカ
- ・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
- ・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

今後の予定

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2022	冊
---------------	---

上記図書を申込み致します。令和 年 月 日

官公庁名 会社名			
所 属			
担当者氏名	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） E-mail（本部 tosho-hanbai@jcmanet.or.jp）
- ②民間：（本部へ申込）FAX E-mail（ " " ）
 （支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ
- ※沖縄の方は本部へ申込

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	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は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

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

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

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

日本建設機械要覧2022 電子書籍(PDF)版

近日発売のご案内

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2022 電子書籍（PDF）版	建設機械スペック一覧表 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	36,300
		非会員	42,900
10	利用期間	購入から3年間	購入から3年間
11	同時ログイン	3台	3台
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期（予定）

2022年5月末 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★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。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和4年4月現在) 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 4年 4月	令和4年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
2	R 4年 3月	日本建設機械要覧 2022	53,900	45,100	900
3	R 3年 9月	道路除雪施工の手引	4,950	3,960	700
4	R 3年 5月	橋梁架設工事の積算 令和3年度版	11,000	9,350	900
5	R 3年 5月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
6	R 3年 1月	情報化施工の基礎 ~ i-Construction の普及に向けて~	2,200	1,870	700
7	R 2年 5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
8	R 2年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
9	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	-
10	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	-
11	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
12	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
13	H29年 4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
14	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
15	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
16	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
17	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
18	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300		250
19	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
20	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
21	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
22	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
23	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
24	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
25	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)【CD-R販売】	5,238		250
26	H15年 7月	道路管理施設等設計指針(案)道路管理施設等設計要領(案)【CD-R販売】	3,520		250
27	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
28	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
29	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
30	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
31	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
32	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
33	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
34	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400		700
35	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750		700
36	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル 【CD-R販売】	3,960	3,520	250
37	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
38	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
39	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
40	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
41	S 63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD版】	11,000	9,900	700
42	S 60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 【CD-R販売】	6,600		250
43		建設機械履歴簿	419		250
44	毎月 25日	建設機械施工	880	792	700

定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)

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

特集

建設施工の生産性向上

巻頭言

4 ロボット化による生産性向上のために

大隅 久 中央大学 理工学部 精密機械工学科 教授

行政情報

5 官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針

国土交通省 大臣官房 官庁営繕部 整備課 施設評価室

特集・
技術報文

7 新幹線軌道工事における電子化の取り組み

野田 遼斗 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 九州新幹線建設局 軌道課

12 大型プレキャストブロック据付の自動化施工

自動運転技術を実施工に導入

青野 隆 鹿島建設(株) 機械部 担当部長

増村 浩一 鹿島建設(株) 機械部 次長

土井原美桜 鹿島建設(株) 機械部

18 低床式AGVを複数台連携させた資材自律搬送システムの開発

AGV が交互に乗降して仮設エレベーターの稼働率を向上

井田慎太郎 ㈱大林組 技術本部 技術研究所 生産技術研究部

大本 絵利 ㈱大林組 ビジネスイノベーション推進室 副課長

金子 智弥 ㈱大林組 DX 本部 生産デジタル部 担当部長

23 プレストレスジョイントを活用した道路橋床版更新の
生産性向上

長畑 友貴 阪神高速道路(株) 管理本部 神戸管理・保全部 保全事業課

越野まやか 阪神高速道路(株) 管理本部 管理企画部 保全技術課

安田 篤司 清水建設(株) 土木技術本部 橋梁統括部 主査

30 3次元レーザースキャナを用いた配筋検査システムの
性能確認とデバイス認証システム

石田 靖 鉄建建設(株) 土木本部 i-Con 推進部 部長

小澤 一雅 東京大学大学院 工学系研究科 特任教授

35 カルシア落下混合船による施工の効率化

安藤 満 五洋建設(株) 環境事業部海域環境グループ 専門部長

松本 歩 五洋建設(株) 船舶機械部開発グループ 開発グループ長

40 著しく腐食した栈橋鋼管杭の杭頭部に対する補修工法
鋼板接着併用型タフリードPJ工法

田中 亮一 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター 新材料・リニューアル技術グループ 主任研究員

網野 貴彦 東亜建設工業(株) 技術研究開発センター 新材料・リニューアル技術グループ グループリーダー

45 プレキャスト床板接合技術「Head-bar ジョイント」を開発
道路橋床版取替え工事の施工性向上による工期短縮を実現

川口 哲生 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 先端基盤研究室 先端工法チーム 課長

武田 均 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 先端基盤研究室 先端工法チーム チームリーダー

趙 唯堅 浙江大学 教授

54 場所打ちコンクリート拡底杭における引抜き抵抗力の
経済的な設計手法の開発

水谷 剛 佐藤工業(株) 技術センター 副センター長

山口 薫 佐藤工業(株) 技術センター 建築研究部長

内田 崇彦 佐藤工業(株) 技術センター 建築研究部

61 サイフォン送水で大幅な「コスト縮減」を達成！

送水作業時に電気(燃料)が不要 = 「コスト縮減」 = 「カーボンニュートラル」
に貢献 ハイブリッドサイフォン送水装置の開発

馬淵 和三 ㈱山辰組 代表取締役 会長, 博士 (農学)

	67	クラウド環境を活用した山岳トンネルの遠隔臨場支援システム 谷口 翔 (株)安藤・間 建設本部 先端技術開発部 土木技術開発グループ グループ長 池村 幹生 (株)安藤・間 建設本部 先端技術開発部 土木技術開発グループ
	73	日本電子回路工業会の生産性向上 業界の人材育成にどう取り組んで来たか 山本 治彦 日本電子回路工業会副会長, 超高効率電子回路生産システム研究会代表幹事, JPCA ものづくりアカデミー校長
投稿論文	81	小規模工事用 3DMG システムの開発と検証 先村 律雄 群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 半谷 一晴 (株)クリーンデータ 大手 一信 (株)大手組 花岡 雄矢 (株)大手組 大橋 祥子 (株)大手組
ずいそう	91	定年後結構忙しいです 村岡 正 日立建機(株) OB
	94	私の趣味 (水泳) 菊岡 良治 日立造船(株) 中国支社長
部会報告	96	令和3年度 若手現場 WEB 見学会の開催報告 ～千代田幹線整備事業～ 建設業部会 機電交流企画 WG
	101	新工法紹介 機関誌編集委員会
	105	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	109	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
	110	行事一覧 (2022年2月)
	114	編集後記 (花川・細田)

◇表紙写真説明◇

赤谷3号砂防堰堤工事における大型プレキャストブロックの自動据付

写真提供：鹿島建設(株)

バックホウを用いた大型プレキャストブロック自動据付システムの施工状況。

奈良県五條市で施工中の赤谷3号砂防堰堤工事は、出水期に崩落を繰り返している斜面直下での築堤作業であり、安全確保のため遠隔操作施工を採用している。遠隔操作施工の課題点は、有人施工と比較して、60～70%に施工効率が低下する点にあり、プレキャストブロック据付作業を自動化することで施工の効率化を図った。また、プレキャストブロックの位置計測には、AR（拡張現実）技術を応用した「AR 測量」を用いた。

巻頭言

ロボット化による生産性向上のために

大 隅 久



超高齢社会の日本において、生産年齢人口の減少に伴う人手不足が深刻さを増している。一方で、社会保障制度維持のためにも、あらゆる産業において生産性向上が喫緊の課題となっている。建設業においても、人手不足の解消、生産性向上を目指して、ICT技術の活用、作業の自動化、ロボット化等、様々な手段による取り組みが行われている。ただしその効果は限定的なものも多く、更なる生産性向上のための模索が続いている。

日本は他の先進国と比べ、多くの産業において生産性が低く、IT化の遅れが原因として指摘される。本来、業務がIT化されると、データが電子化され、その後の処理、手続きは一瞬で終了するはずである。しかし、その後の処理手順が電子化に対応していないと、新型コロナウイルス対策での特別定額給付金申請手続きのように、データをプリントアウトして担当者が目でチェックするといった本末転倒の事態となる。つまりIT化では、業務そのもの、更には組織体制の見直しが伴っていないと、その効果が発揮されない。日本の生産性が他国と比べて低い原因がここにあり、最後は雇用形態に行き着くという指摘もある。

現場にロボットを導入したが、その保守管理のために負担が増えた、といった事態も同様である。作業者に代わるロボットは、うまく活用できれば人手不足の解消に役立つのは間違いない。ただし、入れ方が適切でないと効率化は実現しない。ロボットという言葉は、それまでなかった用途に対して開発される新しい機械に用いられ、実績の無いものがほとんどである。そのため、安全性、ロバスト性、有効性の検証が必要となり、現場利用での実証を通じて実用性が判断される。その際にはコスト的なメリットも重要で、これが無いとロボット導入の意味も半減する。例えば紐を結ぶという作業を想定すると、器用な多指ハンドを持つ双腕ロボットを利用すれば、数十秒かけて実現できそうなイメージは持てる。ただしシステムは大がかりなもの

となり、この技術の延長に実用的なシステムのイメージを持つことは難しい。このように、人にとっては簡単で、誰にでもできる作業ほどロボット化が難しい。

ロボット導入のためには、作業がロボット化にふさわしい内容、手順となっているか、あるいは新たなロボット技術導入により、作業効率の向上を必然的に見込むことができるのか、が重要である。情報技術の分野では、ムーアの法則に従って、電子機器の性能は指数関数的に向上し、それにあわせて多くの革新的技術が開発され実用化されている。GNSS、通信、画像処理やAI等、近年飛躍的に進歩した技術の活用は、生産性向上のための大変有効な手段となり得る。また、空間移動の自由度を飛躍的に向上させたドローンも、3次元情報収集の手段として活用が始まっている。一方、物理法則に支配されエネルギーを要する機械には、このような飛躍的な技術進歩が無い。世間では、AI技術の進展と共にロボットも進化していることが前提のように捉えられているが、頭脳と肉体のうち進化したのは頭脳だけで、肉体の方の進化は限定的である。

しかし、人手不足への対応に、ロボットの利用は欠かせない。今後、ロボット化、自動化を進める上で、製造業における生産自動化のための取り組みが参考となる。そこでは自動化のポイントとして、組立の自動化は製品設計から、というのがある。また、無駄な工程が無いか、簡単化できる部分はないか、を絶えず問いかける姿勢も重要であることが説かれている。つまり、自動化、ロボット化の要点はそのための準備にあり、限られたロボットの機能、性能を最大限発揮できる環境を整備することである。生産性向上への取り組みは、最新技術の導入によるロボットの機能向上だけでなく、工程の見直し、効率的な運用、様々な工夫、アイデア等を含む総力戦であり、永遠の課題と言える。

行政情報

官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針

国土交通省 大臣官房 官庁営繕部 整備課 施設評価室

建設業での働き方改革と生産性向上の推進のため、官庁営繕部では、生産性向上技術の活用方針を定め、BIMの活用、情報共有システムの活用、ICT建築土工の試行等を含めた様々な生産性向上に関する取組を実施している。

キーワード：生産性向上、官庁営繕、建築分野、BIM

1. はじめに

現在、建設業では働き方改革とともに生産性の向上が求められている。

「未来投資戦略2018」(平成30年6月15日閣議決定)において、2025年度までに建設現場の生産性の2割向上を目指すことが掲げられ、i-Constructionの深化に向け、建築分野を含む全てのプロセスを対象を拡大すること、官庁営繕工事において、施工段階のBIMをはじめとした施工合理化技術の採用を発注者指定で行い、発注・完成時の評価項目への反映を行うこと等が盛り込まれた。

このような背景を踏まえ、官庁営繕部では、生産性向上技術の活用方針を定め、BIMの活用を含めた様々な生産性向上に関する取組を実施している。

2. 官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針

官庁営繕部では、2018年度から「営繕工事における生産性向上技術の活用方針」を定め、営繕工事における生産性向上技術の導入促進を推進してきた。2020年度に、それまで工事のみであった取り組みを、設計業務にも拡大した「官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針」(以下「活用方針」という。)および「官庁営繕事業における生産性向上技術の導入の手引き」を定め、営繕工事および業務における生産性向上技術の導入を促進する取り組みを進めている。2021年度の活用方針¹⁾に基づく主な取組は、以下の通りである(図-1参照)。

(1) BIMの活用

官庁営繕部では、「官庁営繕事業におけるBIMモデルの作成及び利用に関するガイドライン」(以下「BIMガイドライン」という)を2018年8月に改定し、発注者の指定によるBIMの活用と施工段階におけるBIMの活用について記載を充実させた。

BIMガイドラインの改定を踏まえ、官庁営繕事業において発注者の指定により2018年度には4件の新築工事において施工BIMを試行し、2019年度には施工BIMの活用対象を改修工事にも拡大して2件の改修工事で行った。また、設計段階においてBIMを用いて基本設計図書を作成及び納品する試行を2件実施した。

2020年度に着手した長野第1地方合同庁舎の設計業務では、工事の受注者へのデータ提供を見据えた設計段階でのBIM活用の試行と、受注者によるBIM実行計画書(BIMを用いた業務の実施方法、関係者の役割等を定め文書化したもの)の作成および汎用的なオブジェクトの活用の試行を実施している。2021年度は、同様の試行を行うほか、PFI事業である名古屋第4地方合同庁舎整備事業において、施工段階に加え、維持管理段階へのデータ提供を見据えた、一貫したBIMの活用を前提とした設計図書の作成及び納品、施工段階、維持管理段階でのBIM活用の試行に着手する。

また、官庁営繕事業における設計から施工、維持管理まで一貫したBIMの活用促進に向け、学識経験者及び業界団体からの意見等を踏まえた課題の把握及び今後の方策の検討を行うため、官庁営繕部に「官庁営繕事業における一貫したBIM活用に関する検討会」(座長：蟹澤宏剛 芝浦工業大学建築学部建築学科教授)



図一 2021年度 官庁営繕事業における生産性向上技術の活用等

を2020年度に設置した。今後、BIMを活用した試行・先行事例の調査、課題整理と対応方法の検討を行い、その結果をBIMガイドラインに反映させるなどの対応を図る予定としている。

(2) 情報共有、打合せ等の更なる円滑化

(a) 情報共有システムの活用

営繕工事における情報共有システムの活用について、小規模または工期が短い工事等を除き原則として全ての営繕工事を対象に発注者指定により実施し、当該工事の工事監理業務、設計意図伝達業務でも活用する。また、設計業務について、引き続き、受注者が希望する場合における試行を行う。

(b) 建設現場の遠隔臨場

ウェアラブルカメラ等による映像・音声の双方向通信を使用し、公共建築工事標準仕様書等で定める「監督職員の立会い」、「監督職員と協議」、「監督職員の検査」及び「監督職員の調整」に関する試行について対象を拡大して行う。

(c) WEB会議の活用

工事及び設計業務に係る打合せ等の実施にあたり、WEB会議環境の対応状況等を踏まえつつ、受発注者間で協議のうえ、WEB会議システムを活用できることとする。また、入札契約手続におけるヒアリングにおいても、本人確認の実施等に配慮したうえで、WEB会議システムを活用できることとする。

(3) 生産性向上技術の更なる導入促進

(a) 個別の生産性向上技術の活用の試行

指定する設計業務において、生産性向上技術（「PCa

庇・階段」「鉄筋の工場先組・現場地組」)の活用を前提とした設計を試行する。

(b) 設計段階における生産性向上への配慮

引き続き、設計業務委託契約の特記仕様書に、設計にあたり工事現場の生産性向上に配慮する旨を明記する等の取組を行う。

(c) ICT建築土工の試行継続

引き続き、根切り・土工事に、3次元マシンコントロール技術又は3次元マシンガイダンス技術を用いたバックホウを用いた施工の試行を行う。

(d) 工事発注時及び工事完成時の評価

引き続き、総合評価落札方式技術提案評価型(S型)の工事において、生産性向上技術に関する技術提案を求め、その評価の対象とする生産性向上技術を入札説明書等に明記する取組を行う。

また、受注者が入札時又は工事中に生産性向上技術の提案を行い、その効果が確認できた場合には、請負工事成績評定要領に基づき評価する取組を行う。

(4) おわりに

官庁営繕部では、業界団体とも連携し、官庁営繕事業における更なる生産性向上に向けた取組を推進するとともに、それらの取組について、地方公共団体等へ情報提供することとしている。

JICMA

《参考文献》

- 1) 「官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針」(令和3年3月31日)
https://www.mlit.go.jp/gobuild/seisanseikojo01_00002.html

新幹線軌道工事における電子化の取り組み

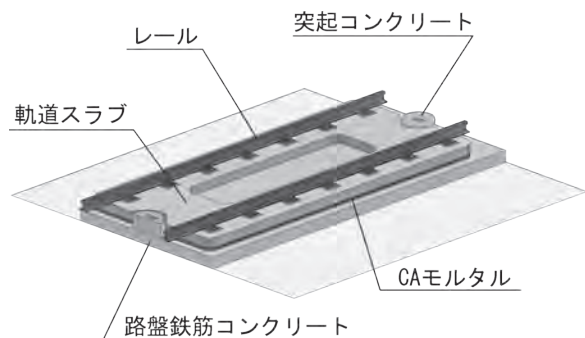
野田 遼斗

鉄道・運輸機構が建設している整備新幹線ではスラブ軌道を標準軌道構造としている。従来、スラブ軌道施工時の情報共有は手交やメールなど、非効率で労力を要することが問題であった。一方、発注者職員、受注者社員とも減少しており、従前のマンパワーに頼る方法では限界にきている。また、建設業界においては生産性向上のため、情報化施工が推進されている。このような背景から、整備新幹線の軌道工事において、効率化・省力化を目指してRFID タグの活用や業務のシステム化による電子化に取り組んでおり、本稿ではその成果を報告する。

キーワード：整備新幹線、スラブ軌道新設工事、情報化施工、軌道工事情報電子化、申請手続き電子化

1. はじめに

鉄道・運輸機構が建設を進めている整備新幹線はスラブ軌道を標準軌道構造としている（図—1）。スラブ軌道の施工は複数の受注者が関係して進めており、発注者と受注者だけでなく受注者相互の情報共有が重要である。しかし、これまでは情報を手交やメールで送信する方法で行っており、非効率な業務で労力を要することや情報共有が不確実であることが問題であった。一方、従前のマンパワーに頼る方法では業務運営に限界がきている。また、建設業界においては生産性向上のため、情報化施工が推進されており、国土交通省でも導入に対して積極的な取り組みを行っている。このような背景から、整備新幹線の軌道工事においても、業務の効率化・省力化を目指して電子化に取り組んだ。

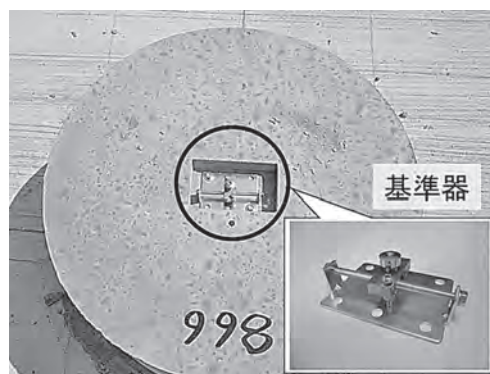


図—1 スラブ軌道構造模式図

2. 軌道工事における電子化

(1) 基準器情報の電子化

スラブ軌道の敷設工事では、完成した土木構造物を測量して線形計算を行い、その結果に基づいて突起コンクリートに基準器（写真—1）を設置し、線形情報を記載した諸元シールを基準器近傍に貼付していたが（写真—2）、このシールは鳥に剥がされることや、紫外線で印字が消えてしまうことがあった。また、工事完成後に建設キロ程から管理キロ程に変更するため、シールを再度貼付しており、シールの貼付けや管理に多大な労力を要していた。そこで、固有のID番号を有するRFIDタグ（以下、タグという）を基準器に取り付け、タグのID番号と線形情報を紐づけてサーバーに保存することで、タグリーダーで読み取った際にスマートフォン等の端末に線形情報を表示するシステム（図—2）を開発し、諸元シールを廃止した。これに



写真—1 突起コンクリートに設置した基準器

東北新幹線	672k345m00		
No.	0469	W	717.5
V	14.5	HR	204.0
C	160.0	HS	-10.0

写真-2 諸元シール例

線別	上り線
キロ程	0k678m00
基準器番号	1
正矢(V)	15.0
カント(C)	63.0
レール距離(W)	717.5
レール高さ(HR)	219.0
スラブ高さ(HS)	5.0
終点高さ(HS)	
スラブ勾配(%)	0.0
記事	
識別ID	0414DAC2C9
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; font-size: 2em; font-weight: bold;">読取</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">切断</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; margin-top: 5px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px;">戻る</div> </div>	

図-2 線形情報システム画面

より、基準器設置作業を省力化することができた。タグは、タグリーダーからの電波を電源とし、電池交換が不要で長期間使用できるタイプを採用した。また、タグをゴム管とステンレスカバーで覆い、ステンレスカバーにはスリットを設ける構造とし、屋外での長期使用に耐え、コンクリートやモルタルに埋め込んでも読み取りやすいタグとした。今回選定したタグを（写真-3）に示す。



写真-3 採用したRFIDタグ

(2) デジタル三点ゲージの開発

軌道スラブを敷設する際には「三点ゲージ」という器具を軌道スラブ上に設置し、軌道スラブの位置や姿勢（カント・勾配など）を確認しながら調整を行っている。従来の三点ゲージは、諸元シールに記載された線形情報に合わせて、作業員がダイヤルや遊標を調節し、水準器の気泡を確認しながら軌道スラブの位置や姿勢を調整しており、取扱いには熟練を要していた。今回、基準器情報の電子化に伴い、デジタル三点ゲージ（写真-4）を開発した。



写真-4 デジタル三点ゲージ

デジタル三点ゲージは、タグリーダーで基準器タグを読み取ることで端末に記憶している線形情報を読み出すため、作業員がダイヤルや遊標を調節する必要がなくなる。また、水準器の代わりに姿勢センサを搭載しており、姿勢センサより得た現在の姿勢と比較して、調整量や調整の方向をモバイル端末に表示する（図-3）。これにより、作業員は端末に表示された矢印や数字の指示通りに調整を行えば良くなったため、施工が迅速・容易になり、作業員の習熟度による差を解消することができた。

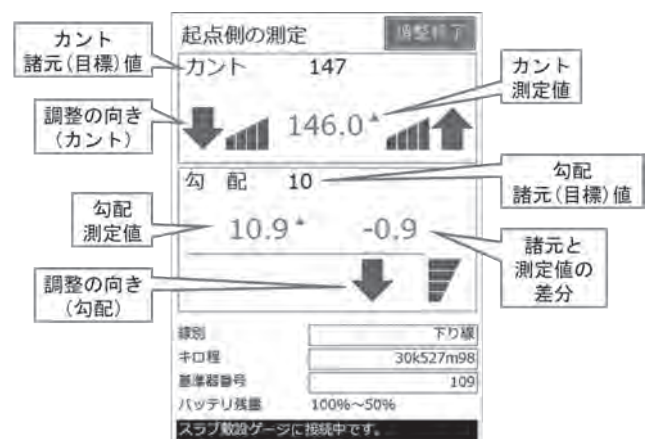


図-3 デジタル三点ゲージ端末画面

(3) 路盤調査システムへの応用

軌道スラブと路盤鉄筋コンクリートの間隙に注入するCAモルタルは、最低注入厚が40mmに制限されており、路盤鉄筋コンクリートの不陸によっては注入厚不足が生じる恐れがある。このため、所定の注入厚が確保できるか事前に調査する必要がある。従来は実物大の軌道スラブを模した治具を敷設して確認していたが、取り扱うには多数の作業員が必要であった(写真一5)。そこで、路盤鉄筋コンクリートの不陸をスキャンして、注入厚不足箇所を判定するシステムを導入した。測定作業は以下の手順で行う。

- ① タグリーダーで基準器タグを読み取り、端末に記憶している測定位置の線形情報を読み出す。
- ② 三次元測量を行い、現況路盤の凹凸をスキャンする。
- ③ スキャンした結果と線形情報を基に仮想的に敷設した軌道スラブを端末上に重ね合わせて、CAモルタルの注入厚不足箇所を判定する(図一4、5)。

上記システムの導入により、CAモルタルの注入厚調査を大幅に省力化できた。

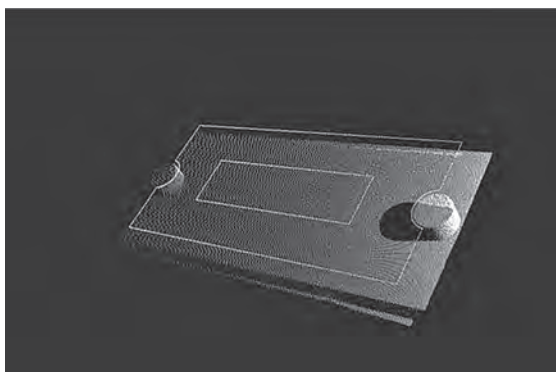
(4) 軌道スラブ製作情報の電子化

基準器情報電子化の取組みと併せて、軌道スラブにもタグを取り付け、更なる電子化に取り組んだ。

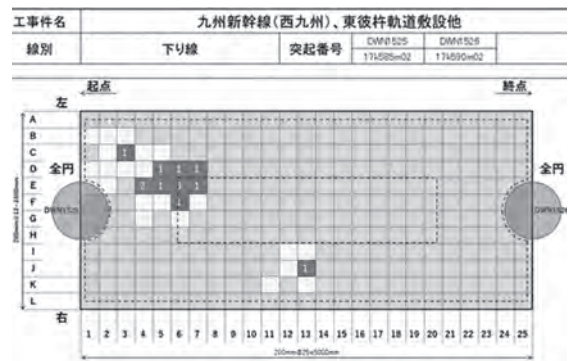
軌道スラブは、全数量に製品番号を付して製作日や



写真一5 従来の路盤調査方法（治具による確認）



図一4 現況路盤上に重ねた仮想軌道スラブ



図一5 注入厚不足箇所の判定

検査結果の管理を行っている。しかし、製品番号はスタンプを使って人力で印字しているため、番号の重複や敷設後に経年で印字が消えてしまう事象が発生していた。そこで、鉄筋かごにタグを取り付けた軌道スラブを製作し、タグの固有番号と製品番号を紐づけることで製作情報を管理できるシステムを開発した。システムは一般的に工場などで製品検査を行う設備点検確認用ソフトをベースとしており、軌道スラブの製作データ(生コン強度や完成検査結果など)は端末に入力後、タグ番号と紐づけてサーバーにアップロードする(写真一6)。タグの使用によって付番ミスが防止できることに加え、タグの読取りさえできれば半永久的に製品番号を把握することが可能となり、現地で製作情報を入力してアップロードするため製品管理業務を省力化することができた。

(5) 施工情報管理システムの開発

基準器と軌道スラブの情報を電子化したため、この両方を組み合わせれば「どこに」「どの」軌道スラブを敷設したかという、軌道スラブの敷設情報も電子化できると考えた。具体的な内容を下記に示す。

- ① 予め基準器と軌道スラブの情報をダウンロードした端末を現地に持参し、各々のタグを順番に読み取ると、軌道スラブ敷設台帳が自動で完成する。



写真一6 軌道スラブタグ読み取り状況

②軌道スラブの受入検査やCAモルタルの注入厚など、その他の施工結果も端末に入力する。

③上記①、②のデータをサーバーにアップロードする。

これにより、軌道スラブ敷設時の施工情報管理を省力化でき、受注者は前述の軌道スラブの製作情報と合わせて、各施工情報をリアルタイムで確認できるようになった。以上の一連のシステムを「施工情報管理システム」として整備した(図-6)。

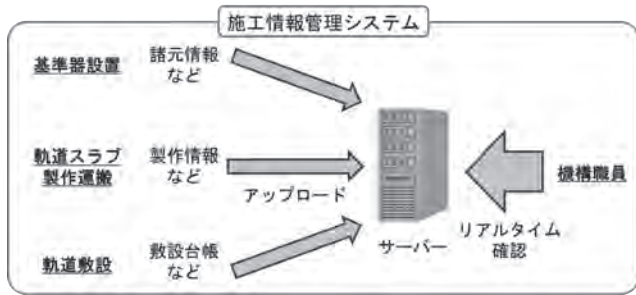


図-6 施工情報管理システム概念図

(6) 監査・検査への応用

開業前に行う監査・検査では、現地で確認した不具合の内容と写真を指摘事項整理表に記入・整理している。従来、指摘事項整理表は現地で手書きした指摘事項整理表をパソコンにデータ入力する作業や、デジカメで撮影した写真と指摘事項を組み合わせる作業などに労力を要していた。そこで、施工情報管理システムを応用することで、監査・検査についても効率化できると考えた。手順を以下に示す。

- ①キロ程情報をダウンロードした端末を持って行き、不具合があればタグリーダーで基準器タグを読み取り、不具合がある場所のキロ程を取得する。
- ②不具合の内容をその場で端末に入力し、端末のカメラで不具合の状況を撮影する(図-7)。
- ③入力・撮影したデータを現地からサーバーにアップロードする。

部門 軌道部門		【現場写真】	
基本情報 監査・検査区分: 準則下監査 検査日: 2021/5/26 指摘番号: TB00146 指摘者: 入力者: 検査班: スラブ班		指摘箇所 箇所: 鋪設装置 詳細: タイプレート 入力: 写真:	
指摘場所 キロ程: 20k610n81 上下線別: 上り線 左右レール: 右レール 軌間内/外: 軌間内側 積込位置: 築3結核 区/積点: 内側/外側: その他入力: <small>* 指摘事項の発生には、指摘の程度として次の番号を記入する。 (1) 工事実施計画 (2) 新幹線数量実施基準 (3) 設計図書 (4) 技術基準 (5) その他(掘削機等)</small>		指摘内容 指摘内容 No: 31 設計図書 内容: タイプレート内外差 入力: 写真:	
		処置方針 正しい向きに直す	

図-7 入力した指摘事項整理表

④事務所で待機する職員は、サーバーからデータをダウンロードして印刷し、当日の監査・検査検討会の準備を行う。

このシステムでは基準器タグからキロ程情報を取得するため、指摘箇所の記録ミスを防止できる。また、現地で端末に入力するため、指摘事項整理表作成の労力を大幅に軽減できる。加えて、現場から事務所に戻った後、指摘事項整理表の入力作業を省略して直ちに検討会を行うことが可能となり、監査・検査を効率的に行うことができるようになった。

3. 各種手続きの電子化

スラブ軌道敷設作業や施工情報管理の電子化と並行して、工事用運行ダイヤや作業統制など、施工にあたって実施する各種手続きについても電子化に取り組んだ。

(1) 運行ダイヤシステムの開発

仮軌道敷設後は様々な工事用車両が軌道上を走行するため、安全な運行のために毎日の運行ダイヤを作成している。従来、工事用運行ダイヤの作成は申請書面を受け付け、担当者がCADやExcelでダイヤを作成していた。申請から承認、ダイヤ交付まで時間が限られるうえ、作業の変更でダイヤを再度作成することもあり、対応に多大な労力を要していた。そこで、運行ダイヤシステムを開発した。

運行ダイヤシステムでは、受注者が直接システムに車両使用計画を入力し、システム上で申請することで自動的にダイヤが作成される(図-8)。機構は申請内容を確認・承認する。完成したダイヤはシステム内(受注者向け)や社内掲示板(機構内向け)で共有することが可能であり、必要に応じてダウンロードでき



図-8 作成されたダイヤ

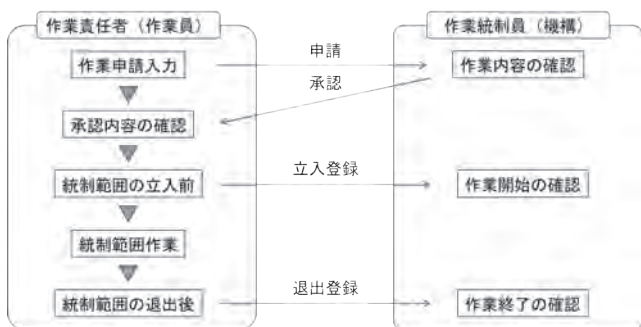


図-9 作業統制管理システム申請フロー

る。これにより、大幅な業務の効率化が可能となった。

(2) 作業統制管理システムの開発

新幹線工事の終盤には、架線への加圧が始まる。そのため、工事関係者の感電事故防止や安全確保のため、施設内への立入を制限する必要がある（作業統制）。従来は各受注者から提出された申請書から作業リストを作成し、作業当日は電話連絡により統制範囲内の立入・退出を管理していた。このため、機構の作業統制員は、電話対応のために統制室に常駐する必要があり、多大な労力を要していた。そこで、運行ダイヤシステムの仕組みを応用して申請を電子化し、作業リストが自動的に作成される「作業統制管理システム」を構築した。申請から作業までの手順を下記に示す。

- ①作業責任者はシステム上に作業情報を入力し、申請を行う。
- ②申請を受けて作業リストが自動的に作成される。作業統制員は内容を確認し、承認または却下する。
- ③承認後、作業責任者に「承認メール」が送られる。
- ④作業当日、柵内に立入／退出する際には「承認メール」に記載のリンクから作業状態（立入・退出）を更新する。
- ⑤統制員はリアルタイムに作業の進捗状態が確認できる。

作業統制管理システムの申請フローを（図-9）に示す。作業統制管理システムにより、統制業務の大幅な省力化が可能となった。また、作業統制管理システ

ムは任意の端末上で操作できるため、統制室に常駐する必要もなくなった。

4. 今後の展望

基準器情報の電子化およびデジタル三点ゲージの開発により線形諸元や軌道スラブの姿勢を自動で把握できるようになった。これらの仕組みを軌道スラブ運搬敷設車に搭載することで、将来的には軌道スラブの運搬・敷設から調整までの作業を自動化すること（軌道スラブの自動敷設）が可能であると考えている。

5. おわりに

今回、軌道工事各種の施工情報電子化と各種手続きの電子化に取り組み、施工書類の作成や各種手続きの省力化・効率化を図ることができた。現在施工中の線区においてもシステムを活用し、効率的に業務を行うことができている。また、今回開発した仕組みを応用した軌道スラブの自動施工が実現すれば、従事者不足の解決や工期の短縮などが期待できる。今後もさらなる省力化・効率化に向けて引き続き挑戦を続けていきたい。

謝 辞

最後に、各工事受注者の皆様には、システムの試用など、開発・導入にあたって多大なるご協力をいただいた。誌面を借りて厚く御礼申し上げます。

J|C|M|A

【筆者紹介】

野田 遼斗 (のだ りょうと)
 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 九州新幹線建設局 軌道課



大型プレキャストブロック据付の自動化施工

自動運転技術を実施工に導入

青野 隆・増村 浩一・土井原 美桜

災害現場での砂防堰堤工事において、二次災害防止のために無人化施工を予定していたプレキャストブロック据付作業の生産性向上を目指し、自動運転技術の開発を行って実施工に導入した。対象ブロックの位置計測には、プリズムと測量器による測量やGNSS測量ではなく、カメラと紙に印刷した「ARマーカ」によって測量を行う手法を用いた。また、迅速に導入しやすい汎用重機を用いた自動化施工を行うため、キャビン搭載型ロボットを採用し、制御されたロボットによる重機操作により自動運転を行った。本稿ではこの自動運転システムの概要と実施工に適用した実績について報告する。

キーワード：自動化施工、プレキャストブロック、バックホウ、AR、砂防堰堤

1. はじめに

災害現場では、二次災害を防止し作業員の安全を確保する観点から、無人化施工を採用するケースが増加している。無人化施工では、無線により遠隔操作できる特殊仕様の重機を用いるのが一般的である。また、重機搭載のカメラや現場内に多数配置した固定式カメラ・カメラ車からの映像を操作室に多数設置したモニタに映し、オペレータは映像を確認しながら操作を行う。

オペレータが搭乗して行う重機作業を単純に遠隔操作に置き換えることによって、安全な無人化施工を行うことができるが、遠隔操作には下記のような問題点がある。

- ・カメラ映像では遠近感が分かりにくいいため、細かい作業が難しい
- ・長時間モニタを凝視しての作業はオペレータの負担が大きく、効率低下や操作ミスを生じやすい
- ・重機の振動や傾斜を体感できないため、重機に搭乗しての操作と操作感が異なる
- ・重機の遠隔操作には習熟訓練を必要として、担当できる作業員が限られる

一方、自動運転には下記のような特徴がある。

- ・同じ動作を繰り返す作業に適している
- ・オペレータの技能によらず一定の品質を確保できる
- ・長時間連続して一定速度による作業を行うことができる

上記のように遠隔操作と自動運転にはそれぞれの特

徴があり、作業の特性に応じて部分的に自動運転を導入することによって工事の工期、コストを低減し、品質を向上することができる。

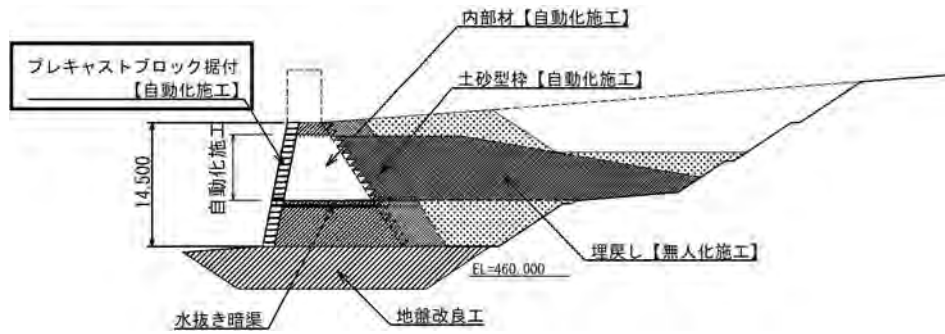
2. 開発概要

赤谷3号砂防堰堤工事は、平成23年に大規模土砂崩壊が発生した奈良県五條市赤谷地区の砂防事業のうち、崩落斜面直下に砂防堰堤を構築するものである(写真—1参照)。崩落斜面は平成23年以降も出水期に再崩落を繰り返しており、出水期にあたる6月15日から10月31日は二次災害防止のため、施工エリアは立入禁止となる。そこで期間中は無人化施工が前提条件となるが、本工事では施工の生産性向上を目指して部分的に自動化施工を実施した。

堰堤の断面図を図—1に示す。3号砂防堰堤工事の



写真—1 災害発生直後の状況と堰堤施工場所



図一1 3号砂防堰堤標準断面図

堤体の施工は、大きく下記の3作業に分けられる。

- ・下流側のプレキャストブロック据付
- ・内部材（ソイルセメント）と土砂型枠の盛り立て
- ・上流側の土砂埋め戻し

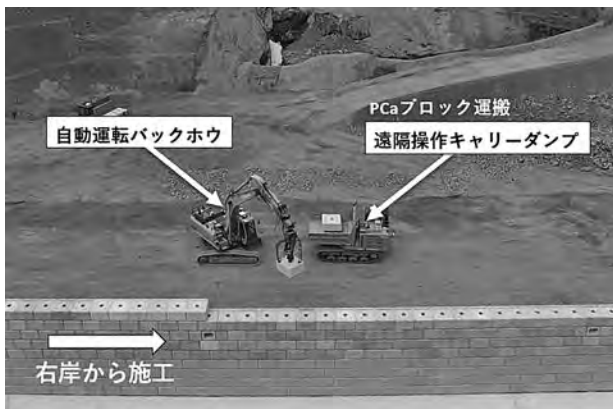
上記のうち、高い作業精度を必要とするプレキャストブロックの据付と、内部材・土砂型枠の盛り立てを自動化した。ただし、プレキャストブロックやソイルセメントを運搬するキャリーダンプの走行は遠隔操作の中でも習熟度が低くても比較的容易なため自動化の対象から除外した。

本報文では、遠隔操作の中でも繊細かつ正確な操作が求められるオペレータへの負担が多く自動化による効果の高いプレキャストブロック据付の自動化について述べる。

3. 自動運転概要

プレキャストブロックの据付を、専用アタッチメントを搭載したバックホウによる自動化施工により行った（写真一2参照）。自動化施工の対象となるブロックは、出水期の施工となる8段目から20段目の合計824個である。

ブロックの据付は1段ずつ、右岸側から順に行い、ブロック1段を据え付けるごとにブロック天端まで内



写真一2 自動化施工状況

部材の盛り立てを行った。

(1) 自動据付動作

自動据付状況を写真一3に示す。自動据付は直前に据え付けた隣接ブロックの位置を計測し、その位置を基準に把持中のブロックの据付目標位置を算出した。ブロックの位置検出には、後述するARマーカとカメラを用いた測量手法（「AR測量」と呼称する）を導入した。



写真一3 自動据付状況

(2) 自動把持動作

また、ブロックを据え付けるためには、キャリーダンプにより搬入されたブロックを把持する必要がある。把持対象ブロックの位置計測にもAR測量を用いた。ブロックの搬入は遠隔操作のクローラダンプにより行い、オペレータがカメラ画像を見ながら自動運転バックホウ付近の任意の場所に停止させた。

(3) プレキャストブロックと専用アタッチメント

自動運転に適したように、プレキャストブロック（写真一4）と専用アタッチメント（写真一5）を製作した。ブロック寸法は、幅1,250mm×奥行1,360mm×高さ700mm、質量2,550kgである。ブロックには上部にφ270mmのテーパ構造の把持孔を設け、アタッチメ

ントをこの把持孔に挿入して開閉することによって把持と把持開放を行った。さらに、据付精度の向上のため、ブロックの上流側にはかまぼこ型の嵌合構造を設けた。

アタッチメントは、動作の単純化のために重機のアーム先端にピンにより取付け、常に鉛直下向きを向くような構造とした。また、据付時にブロックの回転角度を調整する必要があるため、回転機能を備えた。



写真-4 プレキャストブロック



写真-5 専用アタッチメント

(4) 操作室

自動運転の監視・指示は、立入禁止エリア外に設けた操作室から行った。現場内には遠隔・自動化施工用に定置式カメラと移動式カメラ車を配置して、様々な角度から施工箇所を撮影できるようにし、操作室（写真-6参照）に設置したモニタによってカメラ画像を確認できるようにした。自動運転においてもカメラ映像を用いて、オペレータが重機や施工箇所を確認しながら自動運転の監視を行った。



写真-6 操作室状況

4. 自動運転要素技術

自動運転を構成する要素技術を述べる。

(1) AR 測量

自動運転においては、把持対象ブロックの位置と据付目標位置を計測する必要があるが、合計 800 個以上のブロックごとに GNSS 受信機やプリズム等を取付けることは現実的ではない。そこで、安価に多数のブロックを計測する方法として、紙に印刷した AR マーカとカメラを用いて測量を行う手法を開発した。これを「AR 測量」と呼称する。

(a) AR 測量の特徴

AR 測量は、AR（拡張現実）の技術において、カメラ画像の上に CG 画像を重ねるときに表示する位置と向きを検出する機能を、測量に応用したものである。これにより AR マーカ中心の 3 次元座標 (X,Y,Z) と面の向き (yaw, roll, pitch) を計測することができる。

(b) AR 測量の精度

AR 測量におけるマーカ認識性能は、カメラの解像度とマーカの大きさに依存する。本システムでは、想定された最大作業半径である約 10 m 先のマーカを正確かつ安定して測量できるよう実験した結果、4K カメラと A1 サイズのマーカを採用し、撮影距離に対して誤差は 0.2% であった。

(2) キャビン搭載型ロボット

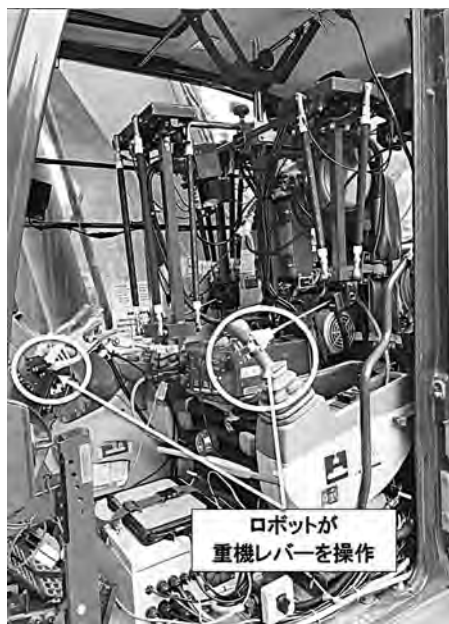
本システムでは、キャビン搭載型ロボットを導入し、ロボットに汎用バックホウを操作させることにより自動運転を行った。これは、専用に開発した重機を使用する自動運転システムでは迅速な導入が難しく、今後の開発成果活用には不都合であると考えたためである。

ロボットは、コーワテック(株)の人工筋肉ロボット SAM(写真一7)を導入し、下記のような仕様とした。

- ・キャビンの運転席に搭載
- ・エアによってゴムチューブを伸縮させることにより操作アームを動作させ、重機レバーを操作
- ・バックホウに搭載したPCによりロボットを自動運転制御
- ・ロボットは操作室からリモコンによる遠隔操作も可能

(3) 重機のリアルタイム姿勢計測

重機の自動運転では、重機の姿勢をリアルタイムに把握し制御を行う必要がある。そこで、本自動運転システムでは、ブームとアームの角度を計測する傾斜計と旋回角度を計測する旋回角度計(磁気スケール)を取付けた。また、アタッチメントは常に鉛直下向きとなる構造のため、路盤の不陸により重機が傾いている場合にアタッチメント先端の算出位置を補正する機体傾斜計を取付けた。



写真一7 重機キャビン内のロボット搭載状況

5. 自動運転システム

(1) 自動運転フロー

自動運転のフローを図一2に示す。自動運転の制御は下記の通り行った。

- ①バックホウのキャビン上部に取付けたカメラにより、ブロックに貼り付けたARマーカを撮影
- ②カメラ画像を元に重機搭載PCにより目標ブロックの座標を計測
- ③②の座標を重機の自動動作の目標姿勢(ブーム角, アーム角, 旋回角)に変換
- ④③の目標姿勢と重機姿勢計測センサ値から、ロボットへの動作指令を生成
- ⑤ロボットは動作指令データに基づいて重機を自動操作

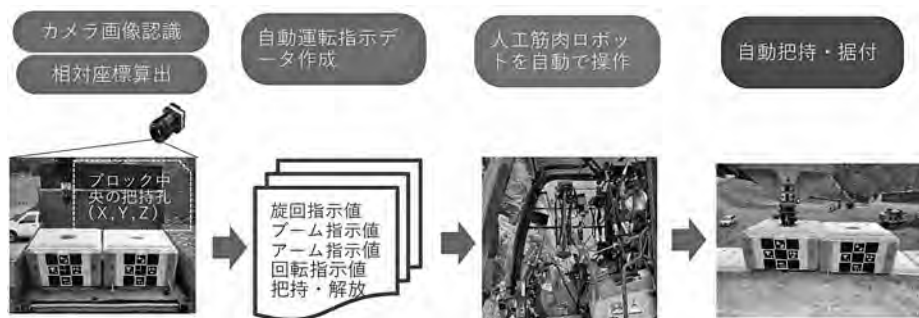
自動運転のオペレータは、操作画面(写真一8)上で自動運転の開始や、表示される次動作の承認などをマウスのクリック操作のみとした。

(2) 自動動作概要

写真一9に、自動動作の概要を示す。実施工では、キャリアダンプ1台により搬入されるブロック2個を連続して据え付ける動作を1サイクルとして、自動運転を行った。ブロック2個分の据付を1サイクルとするため、事前に目標位置のAR測量と記録を行うことによりスムーズな連続動作を実現した。また、ブロッ



写真一8 操作画面(据付動作中)



図一2 自動運転フロー

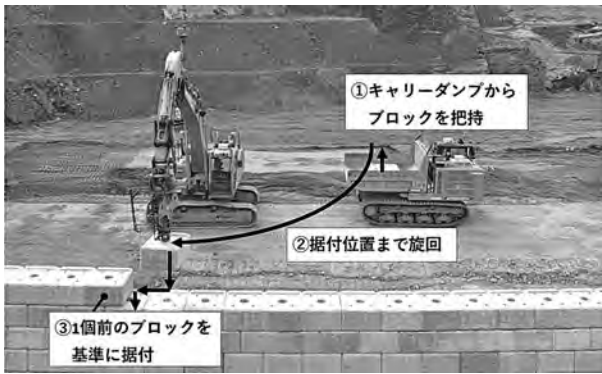


写真-9 自動動作概要



写真-11 自動据付サブゴール位置

クを2個据えるごとに重機を走行移動させる動作はオペレータの遠隔操作により行った。

(3) 動作の精度向上と効率化

本システムでは、把持・据付ともに自動動作に「サブゴール」という考え方を取り入れた。サブゴールは、写真-10と写真-11に示すように、把持対象ブロックまたは据付基準ブロックから約0.5m離れた位置である。下記の通り、自動動作の精度向上と効率化を図った。

- ・自動動作中にサブゴール位置において再測量を行い、必要に応じて自動微調整動作を行うことにより精度を向上
- ・サブゴールまでは速度重視の高速動作、サブゴール以降は精度重視の低速動作とすることによりサイクルタイムと精度を両立

加えて据付動作では、サブゴール位置において把持中ブロックと据付位置の基準となる既設ブロックの回転角度を合わせる動作を自動で行い、据付精度を向上させた。



写真-10 自動把持サブゴール位置

6. 実施工実績

(1) 精度

把持動作に関しては、実施工の過程において自動動作の調整を行って動作精度の向上を図り、アタッチメント挿入動作の成功率は100%を達成した。

据付動作に関しては、据付位置の基準となる既設ブロックとの隙間を10mm以下として据え付けられることを確認した。把持中ブロックを既設ブロックに低い位置で軽く押し当ててから降ろすような動作としたことと、嵌合構造の働きにより高精度の据付を実現させた。

(2) サイクルタイム

自動運転の1サイクル（ブロック2個分の把持と据付）にかかる時間は、自動運転では7分13秒、遠隔操作では9分16秒となり、自動運転により約20%のサイクルタイム短縮を実現した。把持動作の所要時間は自動運転と遠隔操作においてほぼ同じだったが、据付動作については遠隔操作の場合に約1分所要時間が長くなった。把持動作ではφ270mmの把持孔にアタッチメントを挿入するため許容誤差が大きいのに対し、据付動作では把持中ブロックの位置と回転角度を高精度に合わせて据え付ける必要があるため、遠隔操作の場合は頻りにやり直し動作が発生してサイクルタイムに影響した。

また、遠隔操作ではオペレータの負担が大きいため、作業効率の低下や休憩の必要が生じるのに対して、自動運転では一定の作業効率による作業を継続できることから、1サイクルあたりのサイクルタイム短縮実績である20%以上の生産性向上効果を期待できる。

7. おわりに

プレキャストブロック据付の自動運転システムを開発して実施工に導入し、作業の生産性向上を実現した。

今回の施工ではオペレータ1名に対して自動運転重機1台の運用であったが、複数重機を使用して同時施工を行う場合は、オペレータ1名で複数の重機の自動運転を監視することも可能であると考えられ、さらなる生産性向上を期待できる。

また、ARマーカとキャビン搭載型ロボットを組み合わせた自動運転は、プレキャストブロックの据付にとどまらず、多種多様な作業にも応用可能な技術であると考えられる。自動化施工の拡大を目指して、今後も応用と改良を進めていく所存である。

JCM A

[筆者紹介]

青野 隆 (あおの たかし)
鹿島建設(株) 機械部
担当部長

増村 浩一 (ますむら こういち)
鹿島建設(株) 機械部
次長

土井原 美桜 (どいはら みお)
鹿島建設(株) 機械部



低床式 AGV を複数台連携させた 資材自律搬送システムの開発

AGV が交互に乗降して仮設エレベーターの稼働率を向上

井田 慎太郎・大本 絵利・金子 智 弥

工事現場内での資機材の搬送作業は単純繰返し作業であり、建設工事全体の中でも多くの工数を占めるため、機械化による省力化効果大きい。一方、高層ビル工事では、資材の垂直搬送を担う工事用の仮設エレベーターの稼働率向上が求められる。そこで、資材ヤード階から施工場所まで一貫して資材を搬送できる無人搬送車（AGV）が、仮設エレベーターに交互に乗降して資材を搬送する資材自律搬送システムを開発した。このシステムの実証実験を実際の工事現場で行い、エレベーター前に待機場所を設けて AGV がすれ違えるように制御した結果、3 台の AGV が交互にエレベーターに乗降して資材を搬送できることを確認した。本稿ではその開発概要について報告する。

キーワード：搬送，自律化，自己位置推定

1. はじめに

作業員の不足と高齢化により建築現場における生産性の向上は喫緊の課題であり、その解決策として ICT やロボティクスを使用した施工の自動化が期待されている。一方、建築工事における資材搬送作業は、内装工事の様々な工種に共通する作業である。そしてその効率化によって作業員は本来の技能作業に集中できるようになる。したがって、資材搬送作業の自動化は工事全体の生産性向上に寄与すると期待されている。

資材搬送作業は一般に、水平搬送→垂直揚重→水平搬送の流れで行われる。高層ビル工事の資材搬送作業は、このうち垂直搬送がボトルネックになる。多くの場合、垂直揚重には仮設エレベーターが利用されるが、工事費の面では設置台数は少なく設置期間は短いほど有利であるため、仮設エレベーターの稼働率向上は工事管理上の重要な管理項目である。

そこで筆者らは中高層ビル工事における仮設エレベーターの稼働率向上を意図した自律型資材搬送システムを開発した。本稿ではその開発概要について報告する。

2. 開発の背景

これまで、資材搬送作業の専従化および自動化により、仮設エレベーターの稼働率向上を図ってきた。搬送作業の専従化については、1996 年に搬送作業を集

中管理する専門チームを発足させ、専門工事会社が個々に実施していた資機材の搬出入や産業廃棄物の集積業務等を、工事現場全体で集約して合理化し、現場内搬送業務の効率化に大きな効果を挙げてきた¹⁾。

一方、資材搬送作業の自動化については 1990 年代から取り組んできた。当初は当時最新鋭の自動倉庫に倣い、無人搬送車（Automated Guided Vehicle、以下 AGV）として自動フォークリフトを採用した。自動フォークリフトは、床スラブ中に埋設した誘導線による軌道上を走行する。したがって、システム導入に際しては工事の初期段階から誘導線の埋め込みを計画する必要があり、また軌道の変更が困難であるという課題があった。そこで、2013 年に開発したフレキシブル水平搬送システムでは、床スラブ面に磁気テープを敷設して軌道を構成する方法を採用した。これによって、システム導入と軌道の変更が容易になったが、施工現場のレイアウト変更に伴う磁気テープの貼り替え作業と、磁気テープの耐久性が課題として残った。そこで現在は、AGV にセンサーを搭載し事前構築したマップと参照して自己位置推定し、そのマップ上に構成した軌道上を走行する方法を採用している。これによって、軌道の変更が容易になり、また軌道上に障害物がある場合は迂回する等の対応が可能になった。

一方、資材を搬送するハードウェアについては、車両やフォークリフト等の乗り入れを想定していない一般のフロアで使用するために、軽量化を図る必要が

あった。そこで前述のフレキシブル水平搬送システムでは、カウンターウェイトを必要としない潜り込み式AGVを独自に開発した。これによって軽量化を実現したが、狭隘な場所での走行と、段差に弱く仮設エレベーターに乗り込めないという課題が残った。そこで、小回りが利き段差に強い走行機構を備え、更なる軽量化・小型化を実現した低床式AGVを独自に開発した。

さらに、現場に搬入された資材に関しては、AGVによるパレット位置の認識を容易にするため、統一した形状の脚部を持つ専用パレットに積載し、自律搬送に適した荷姿への統一を図っている。

3. 開発のねらい

前述の開発背景をうけ、仮設エレベーターの稼働率向上を意図した資材自律搬送システムを実現するため、次のねらいを設定した。

- ① AGVによる資材ヤード階から施工階への一貫搬送：AGVと仮設エレベーター間の資材の受け渡しには時間を要するため、資材ヤードから施工場所まで1台のAGVで一貫して搬送する。
- ② AGVの無軌道自律走行：自己位置検出機能と障害物検知機能を持ち、日々変化する施工現場のレイアウトに柔軟に対応する。
- ③ コーディネーションサーバーによる制御：AGV複数台と仮設エレベーターの全体を制御するサーバーを設け、全体の動作を最適化する。
- ④ 複数台AGVが交互に仮設エレベーターに乗降：仮設エレベーターの効率をあげるため、エレベーターの空荷での昇降を低減する。

4. システムの概要と特徴

(1) AGV

低床式AGVおよび搭載されたセンサー類の外観を写真-1に、基本仕様を表-1に示す。低床式AGVはジャッキアップに油圧シリンダーを採用しており、建築現場で使用される資材の下部に潜り込んで積載する。走行機能にはメカナムホイール採用し、横行や旋回が可能である。また、20mmの段差乗り越えやスロープ走行に対応し、仮設エレベーターへの乗降もできる(写真-2)ため、資材ヤード階から施工階への一貫した搬送を実現する。

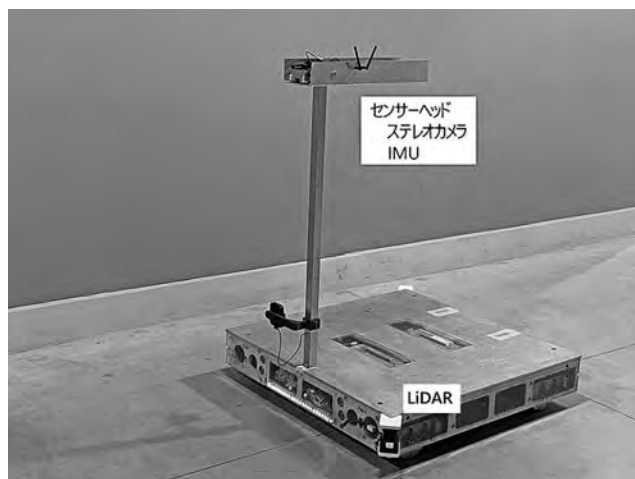


写真-1 AGVの外観

表-1 AGVの基本仕様

寸法	幅×奥行：1,135 mm × 1,135 mm (対角のLiDARを含む) 搬送面高さ：160 mm (ジャッキダウン時)、 210 mm (ジャッキアップ時) センサーユニットを含む高さ：1,340 mm
最高移動速度	35 m / 分
最大積載荷重	720 kg
本体重量	280 kg
バッテリー	AC100V プラグイン方式 交換可能なLi-ion バッテリー搭載 連続使用時間：4 時間



写真-2 エレベーターへの乗り込み

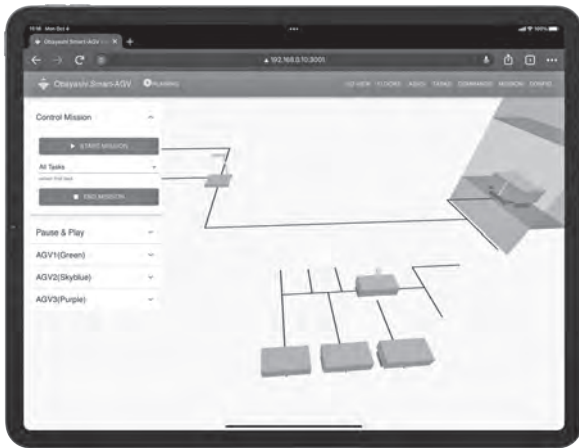
(2) 無軌道自律走行機能

AGV前方には高さ1,000mmのポール上にセンサーヘッドを設置し、ステレオカメラと慣性センサー(以下、IMU)によるセンサーユニットおよび自律移動のための演算部を搭載している。また、AGV積載面の4角のうち対角となる2角に、床面から高さ140mmに2D LiDARを搭載し、自己位置検出の補助や資材パレットやりん木の認識、障害物検知に使用する。事前に図-1に示すようなユーザーインター

フェース（以下、UI）によって座標を指定したAR（Augmented Reality:拡張現実）マーカー（写真—3）をカメラで認識することによって、AGVの自己位置を算出する。一度自己位置を算出したあとは、ステレオカメラとIMU、2D LiDARの各センサーを複合的に利用して移動量を把握し、その積算により自己位置を推定する。移動量の積算のみでは誤差が蓄積されるため、工事現場内の要所にARマーカーを配置することにより、誤差の修正を行う。

(3) コーディネーションサーバーによる制御

仮設エレベーターとAGVとの通信は、コーディネーションサーバーを介して行う。仮設エレベーターのオペレーターは、専用アプリケーションを組み込んだ端末を使用してコーディネーションサーバーに接続する。この端末は、AGVが仮設エレベーターへの乗車のために待機していることをオペレーターに伝達する。オペレーターは本端末を用いて、AGVに仮設エレベーターへの乗車、降車のタイミングを指示する。なお、自動運転可能な仮設エレベーターを採用すれば、システム全体の無人化にも容易に対応できる。



図—1 ユーザーインターフェイス



写真—3 ARマーカー

(4) 複数台AGVの仮設エレベーター利用

仮設エレベーターの空荷での昇降を低減するため、上昇時には資材を積載し施工場所に向かうAGVを搬送し、下降時は搬送を終えて資材ヤードに戻るAGVを搬送するように調整する。この時、エレベーター前でAGV同士のすれ違いが発生するため、各階のエレベーター前にAGVの待機場所を設定し、すれ違いの制御はコーディネーションサーバーが行う（写真—4）。



写真—4 エレベーター前でのAGVすれ違い状況

5. 現場実証実験

(1) システムの構成

工事現場において本システムの実証試験を実施した。仮設エレベーターが資材ヤード階と施工階を往復するサイクルタイムと、施工階におけるAGVの水平搬送サイクルタイムがほぼ等しい状況であったため、仮設エレベーター1基とAGV3台の構成とした。

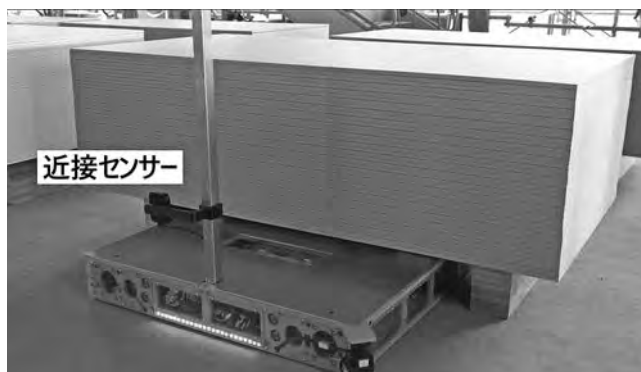
(2) 資材の配置と積載

積載する資材は、UIを通して以下の情報について指定した。

- ①図面の座標系での位置情報
- ②資材の大きさの情報
- ③資材を乗せたパレットまたはりん木の脚のサイズ・間隔情報

搬送する資材の配置位置は指定座標位置と実際の位置のずれに300mm程度の誤差を許容している。AGVはあらかじめ指定された座標の手前に到着するとジャッキダウンを行い、2D LiDARを利用してパレットやりん木の脚を認識し、中央へと潜り込む。また、奥行きが大きい資材を積載する場合、ポールに設置された近接センサーを利用し、ポールに衝突しないように停止する（写真—5）。

りん木には専用りん木（写真—6）を使用した。り



写真一5 資材への潜り込み



写真一6 専用りん木 (羽根つきりん木) 上: ハンドパレット使用時, 下: 低床式 AGV 使用時

ん木に羽根をつけることで AGV 使用時にはパレットと同様に機能させることができる。これにより、指定された目的地までりん木と資材を一体で搬送することが可能となった。

(3) 搬送計画と管理

搬送計画は、以下の手順で実施した。

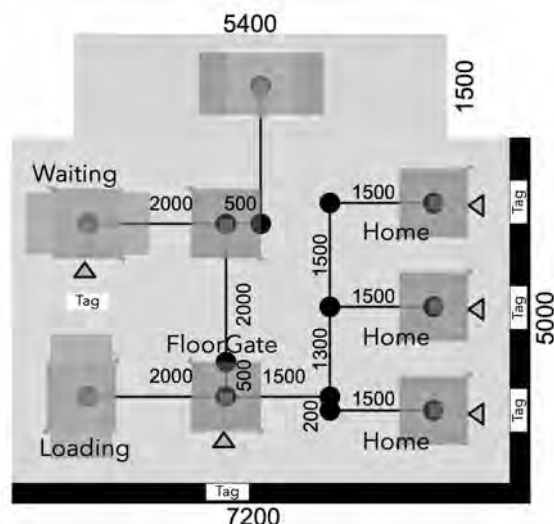
- ① Web ブラウザーから UI にアクセス
- ② PDF ファイル形式で取り込んだ図面上に、AGV の走行可能範囲や仮設エレベーター、ストックヤードや搬送先、エレベーター前の待機場所、AR マーカー位置を指定
- ③ 資材情報を入力
- ④ 資材と搬送元や搬送先と合わせて搬送タスクを作成
- ⑤ コーディネーションサーバーは搬送タスク情報を指定された順で各 AGV に分配

以上の計画を完了後、搬送作業を実施した。

(4) 実証実験

実験により、以下の知見を得ることができた。

- ① これまで AGV 導入時に必要であった事前走行による環境マップの構築は不要となり、レイアウト変更に対応できた。
- ② コーディネーションサーバーによる AGV の一括管理により、UI を通じてオペレーター 1 名で 3 台の AGV と仮設エレベーターを管理できることを確認した。
- ③ 仮設エレベーター前に AGV の待機場所を設けることで、2 台の AGV のすれ違いが可能で、仮設エレベーターの空荷での昇降を低減できる。
- ④ 3 台の AGV に対し 7,200 mm×5,000 mm のストックヤード階を用意することで、稼働することを確認した (図一2、写真一7)。



図一2 実証実験レイアウト図



写真一7 実証時のストックヤード階状況

6. おわりに

工事現場における資材搬送の省力化を目的として、自律型資材搬送システムを開発し、現場において実証試験を行った。

今後はシステムの普及に向けて運用上の実績データを蓄積することで、運用方法の最適化に向けてシステムを改良し、より多くの資材を効率的に運搬できるような開発を進め、さらなる生産性の向上を目指す。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 建築現場におけるサイト物流の取り組みについて、滝沢平一郎, 建築コスト研究 No.66, 2009.7

【筆者紹介】

井田 慎太郎 (いだ しんたろう)
 (株)大林組 技術本部 技術研究所
 生産技術研究部



大本 絵利 (おおもと えり)
 (株)大林組 ビジネスイノベーション推進室
 副課長



金子 智弥 (かねこ ともや)
 (株)大林組 DX 本部 生産デジタル部
 担当部長



プレストレスジョイントを活用した 道路橋床版更新の生産性向上

長 畑 友 貴・越 野 まやか・安 田 篤 司

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る。本稿では、実橋梁におけるPSジョイント床版を用いた床版更新の試験工事で実施した生産性向上について述べる。

キーワード：建設施工の生産性向上、合理化、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

床版更新に適用するプレキャストPC床版（以下、PCa床版という）の橋軸方向の接合構造には、ループ継手を用いた場所打ちRC構造が多く採用されている。しかしながらこの場合、1) 床版厚がループ継手部の配筋仕様により制限され、更新対象とする既設床版と比べて床版厚が大きくなることもある、2) ループ継手部の配筋、間詰めコンクリート打込み・養生といった現場作業が必要となる、3) 場所打ちRC部の長期的な耐久性が懸念される、といった設計および施工の面で改善の余地が認められる。著者らは、これらにニーズに対応した一方策として、床版更新に適用するプレキャストPC床版の橋軸方向の接合方法として、**図-1**に示すプレストレスジョイント（以下、PSジョイントという）の開発を進めている。PSジョイントの詳細については既往の文献²⁾に示すが、**図-2**に示すようにオスポルト、メスポルトをそれぞれのPCa床版に埋込み、現場でボルトを接合させる。そして、油圧トルクレンチによりナットを締付けることでボルトに軸力を導入し、床版接合部にプレストレスを与えて床版を一体化させるものである。PSジョイントを用いたPCa床版（以下、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

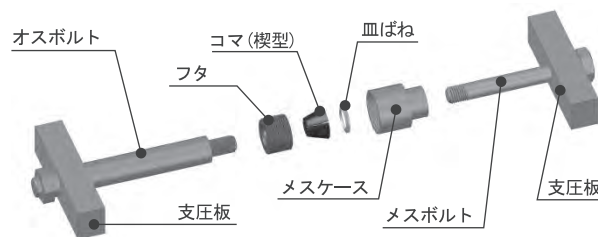


図-1 PSジョイントの構成図

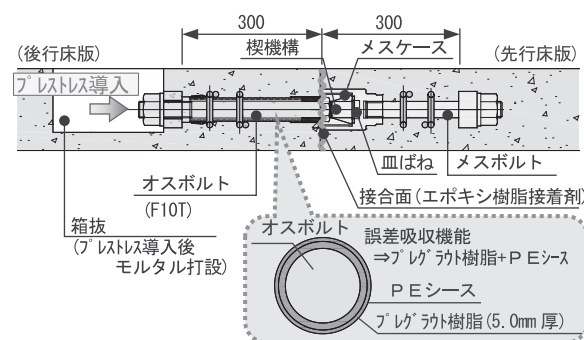


図-2 PSジョイント床版概要図

向上を期待した構造を有するPCa床版である。

2. 試験施工橋梁の概要

試験施工の対象橋梁である中島排出路は、阪神高速5号湾岸線の中島出入口の入路橋と出路橋の間に位置する車両排出路で、橋長101.25m、有効幅員4.45mの鋼3径間連続非合成鈹桁橋である（**図-3**、4、写

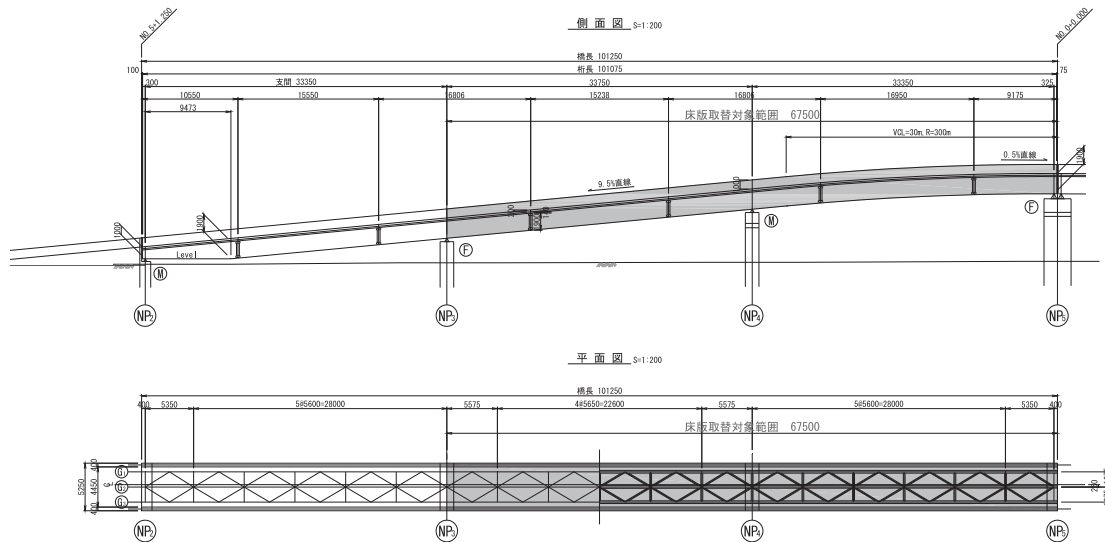


図-3 橋梁一般図

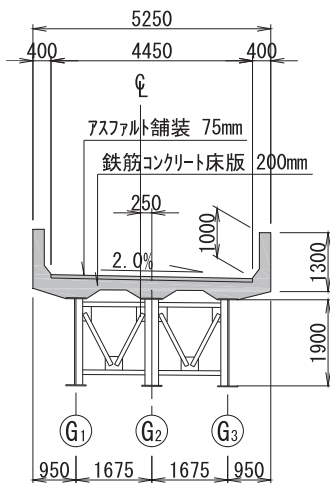


図-4 橋梁断面図



写真-1 対象橋梁の現況

真一1)。平面線形は $R = \infty$ 、縦断勾配は 9.5% ~ -0.5% に変化する縦断曲線を有し、横断勾配 2% の片勾配となっている。今回は、そのうち NP3 ~ NP5 の 2 径間 67.5 m で床版更新の試験工事を実施した。

3. PS ジョイント床版の設計

(1) 床版設計の概要

PS ジョイント床版を対象として、床版厚を変化 ($t = 180 \sim 200$ mm) させて概略検討を実施した結果、その中から床版厚 180 mm を選定した。なお、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。

PS ジョイント床版は、橋軸直角方向を PC 構造、橋軸方向については接合部のみ PC 構造でその他は RC 構造として設計している。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し、材質は F10T、ボルト径は M36 である。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緊張力 (目標軸力) 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して設計値を定め、施工時は設計値に対して既往の試験で確認された PS ジョイント固有の減少量を割り増した。

(2) PS ジョイント床版の割付

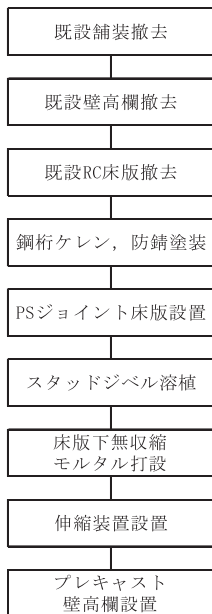
試験工事の対象橋梁には縦断勾配が 9.5% から -0.5% に変化する縦断曲線を有している。PS ジョイント床版は、一般的な PCa 床版と異なり、接合部に間詰めコンクリート等の目地を設けず、床版同士を直接面接合する構造であるため、縦断曲線をいかに再現するかが課題となった。今回工事では、PS ジョイント床版について縦断勾配一定区間で橋軸方向寸法 2,100 mm の標準版を、縦断勾配変化区間で 1,520 mm の標準版と接合面を 2 mm 傾けた 1,515 mm 縦断勾配調整版を組み合わせて配置することで縦断曲線を再現した。ま

た、桁端部には伸縮装置の切欠きを設けた2,310 mmの端部版を配置し、施工区間全長にわたりフルプレキャスト化することで生産性の向上を図った。図一5に床版割付図を示す。

4. PS ジョイント床版の施工

(1) 施工概要

試験工事の施工フローを図一6に示す。試験工事の対象橋梁は、縦断勾配が9.5%と急勾配であり、有効幅員が4.45 mで両側を走る隣接橋との離隔がほとんどない狭隘な条件であった。このような施工条件において効率よく床版更新工事を実施するため、施工の各段階で生産性向上を図っていった。



図一6 施工フロー

(2) 既設壁高欄撤去

施工場所が狭隘で大型クレーンを使用できないため、揚重機械には4.9t吊クローラクレーンを使用した。既設壁高欄は、約2t/ブロック(約1.3m/ブロック)になるように分割した。橋軸直角方向をワイヤソーで切断してから、クレーンで保持した状態で橋軸方向をカッターで切断し、撤去ブロックを10tダンプトラックに積み込み搬出した(写真一2)。また、縦断勾配9.5%においてクローラクレーンの機体水平度を保つため、勾配調整架台を設置した。勾配調整架台は、一般的に鋼製架台であることが多いが、本工事では人力で容易に運搬可能な発泡スチロール製架台を製作し、生産性向上を図った(写真一3)。



写真一2 既設壁高欄撤去状況

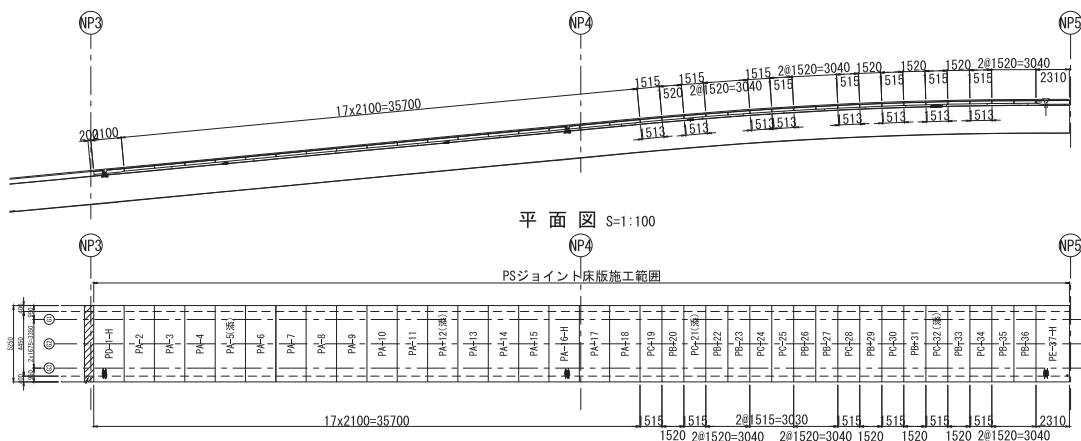


写真一3 発泡スチロール製架台

(3) 既設RC床版撤去

既設RC床版は、橋軸直角方向を約1.8mの間隔でカッター切断し、床版剥離装置を使用して鋼桁から床版を剥離し撤去した。撤去作業は、NP5からNP3に向かって実施した。撤去床版ブロックは、約7t/ブロックとし、15tフォークリフトにて撤去した(写真一4)。また、15tフォークリフトと床版剥離装置を一体化させることで撤去作業の生産性向上を図った

側面図 S=1:100



平面図 S=1:100

図一5 PS ジョイント床版割付図



写真-4 床版剥離状況

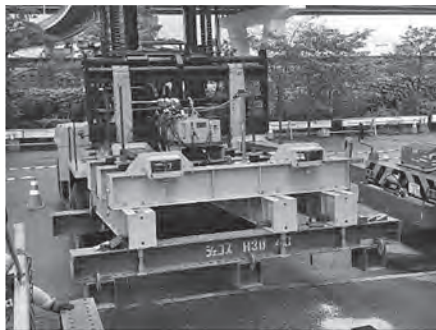


写真-5 15tフォークリフトと剥離装置



写真-6 撤去床版運搬状況

(写真-5)。撤去した床版ブロックは、床版剥離装置のPC鋼棒で懸垂した状態で下方まで運搬した(写真-6)。撤去床版の積込作業は、場内にヤードが確保できないため、一般道に作業帯を設け25tラフタークレーンにて10tダンプトラックに積み込み搬出した。

(4) PS ジョイント床版架設

(a) PS ジョイント床版架設・引寄せ・接合

既往の研究では、PS ジョイント床版の架設・引寄せ作業にセッティングビームを使用していた(図-7)。今回工事では、PS ジョイント床版を高さ調整ボルトで保持した状態での引寄せ作業を試行することで床版架設作業の生産性向上を試みた(図-8)。

PS ジョイント床版は、15tフォークリフトを使用してNP3からNP5に向かって順次架設を行った。PS ジョイント床版を架設するためには、先行架設した床版と後行架設する床版の離隔を約15cmとった状態でオスポルトとメスポルトの位置合わせ(心出し)を精度よく実施する必要がある。この位置調整作業を容易に行うためにフォークリフトに取付け可能な「床版心出し装置」を開発した(写真-7)。床版心出し装置は、PS ジョイント床版を懸垂して保持する機能と縦横断方向の勾配調整(±2%)、回転方向の調整機能(±5°)、引寄せ追従機能(250mm)を有する。心出し装置を使用することで、15tフォークリフトがおおよそ適切な位置までPS ジョイント床版を運搬すれば、オス・メスポルトの位置合わせを容易に精度よく

実施でき、床版架設作業の生産性が向上した(写真-8)。なお、左右方向と上下方向の位置合わせは、フォークリフト本体の調整機能を活用した。その後、床版心出し装置の引寄せ追従機能により、PS ジョイント床版を引寄せオスポルトをメスポルト内に挿入した。ボルトが嵌合し始める状態になったら、高さ調整ボルトを鋼桁上に着底させた。その際、高さ調整ボルトの下には鋼桁の防錆塗装等を傷めないように予めスライド鋼板を仕込んでおいた(写真-9)。

次にPS ジョイントのオス・メスポルトを嵌合させるための引寄せ作業を実施する。引寄せ荷重は、既往の研究においてPS ジョイント1本当たり10kN程度であることが確認されている。引寄せ作業は、床版の左右に引寄せ金具を取付けて2台の引寄せジャッキを使用して実施した(写真-10,11)。引寄せ量の左右バランスを容易に管理するために、2台の引寄せジャッキにストロークを同調させるシステムを備え、作業の生産性向上を図った(写真-12)。引寄せ作業は、床版同士の間隔が1mm程度になるまで行った。

(b) PS ジョイント締付

接合が完了したらPS ジョイントを締付け、接合面にプレストレスを導入する。PS ジョイントの締付け作業には、油圧トルクレンチと油圧ポンプを4セット使用した。油圧ポンプは予め締付トルク値を設定することができ、所定のトルク値に達したら自動的に停止するため、作業者の技量によらず適切な目標軸力を確保することができる。PS ジョイントの締付手順は、

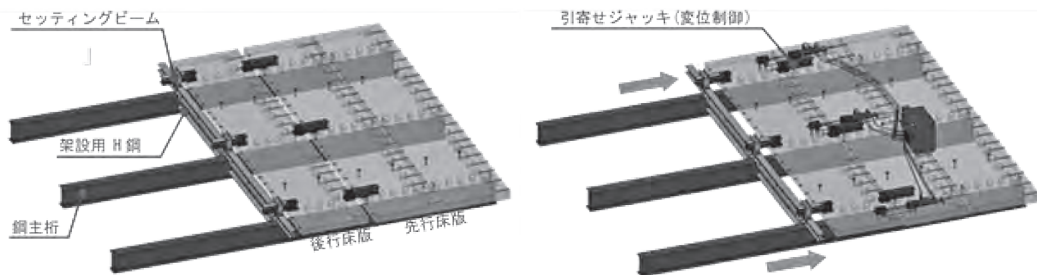
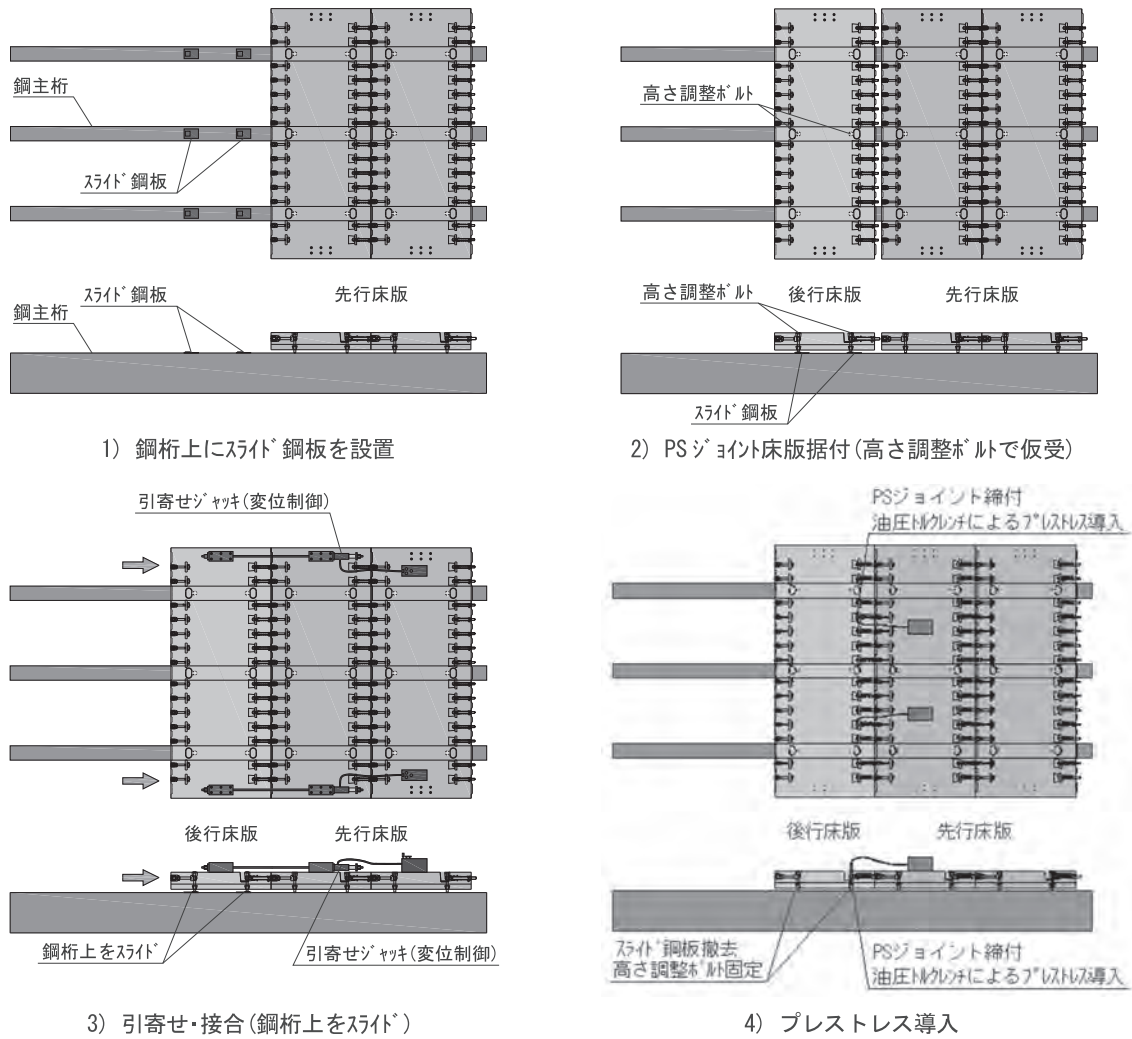


図-7 セッティングビームを使用したPS ジョイント床版架設方法



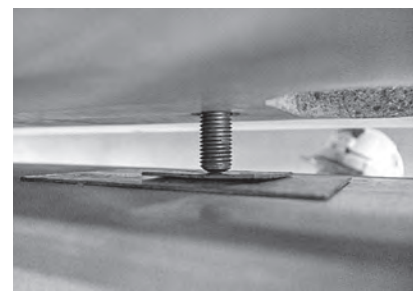
図一八 高さ調整ボルトを活用したPSジョイント床版の架設順序



写真一七 フォークリフトに取付けた床版心出し装置



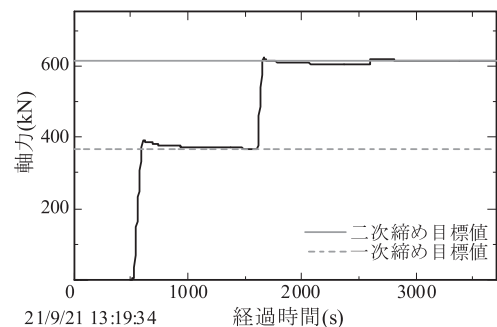
写真一八 床版架設状況



写真一九 スライド鋼板上に着底した高さ調整ボルト

設計で定めた導入軸力目標値の60%で一次締付を行ったあと、目標値の100%での本締め(二次締め)を2度行った(写真一13)。また、本締めの翌日に確認締付を実施した。なお、今回工事では、二次締めの導入トルク値は2,181 N・mで、導入軸力の目標値は611.9 kNであった(図一9)。

また、PSジョイントに適切な軸力が導入されているかを確認するために、12か所のPSジョイントにひずみゲージを取付け、導入軸力を計測した。その結果、二



図一九 締付作業時の軸力推移 (No.5)



写真-10 引寄せ金具



写真-11 床版引寄せ状況



写真-12 引寄せジャッキシステム



写真-13 PS ジョイント締付状況

次締め完了後の導入軸力は、平均値で 649 kN であり、問題なく目標軸力が導入されていることを確認した。

5. 壁高欄の施工

更新工事の全体工程を短縮するために、壁高欄の施工はすべてプレキャスト製品（以下、PCa 壁高欄という）で対応することで生産性の向上を図った。PCa 壁高欄の割付は、縦断勾配一定区間には $L=4,185$ mm の製品、縦断勾配変化区間には $L=1,505$ mm の製品、伸縮装置部は $L=2,305$ mm の製品を使用した。PCa 壁高欄は、床版を貫通するアンカーボルトによって床版下面で固定され、床版と壁高欄の隙間やボルトボックス内を無収縮モルタルで充填することで一体化する構造である（写真-14~16）。アンカーボルトには、防錆処理としてダクロタイズド処理を施している。



写真-14 PCa 壁高欄設置



写真-15 床版下面の固定状況



写真-16 PCa 壁高欄のボルトボックス

6. おわりに

今回の試験工事で PS ジョイント床版を実橋梁に適用することが可能であることが確認できた。急勾配で狭隘な施工場所で、PS ジョイント床版のストックヤードを確保できない厳しい条件下での試験工事であったが、日当たりの 4 枚の床版架設を達成することができた。架設開始から PS ジョイントの軸力導入完了までのサイクルタイムは約 70 分で、そのうち PS ジョイントの締付に要する時間は約 50 分であった。また、本線での床版更新工事に向けてのいくつかの課題も抽出することができた。現在、これらの課題に対する改善を図るために共同研究を進めている。今後、課題の改善や施工技術のさらなる生産性向上を図り、床版更新工事への適用を目指している。

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。

JCMA

《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) 奥石正己, 新名勉, 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, プレストレスコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, Vol.27, pp.401-404, 2018.11

[筆者紹介]

長畑 友貴 (ながはた ともき)
阪神高速道路(株)
管理本部 神戸管理・保全部 保全事業課



越野 まやか (こしの まやか)
阪神高速道路(株)
管理本部 管理企画部 保全技術課



安田 篤司 (やすだ あつし)
清水建設(株)
土木技術本部 橋梁統括部
主査



3次元レーザースキャナを用いた配筋検査システムの性能確認とデバイス認証システム

石田 靖・小澤 一雅

従来、土木工事における鉄筋検査は、施工管理を行う建設会社の職員や監督員にとってかなりの労力が必要であった。また遠隔地の現場が多い地域においては、各監督員の施工現場までの移動時間が長くなると同時に、施工会社にとっては、コンクリートを打設するまでのタイミングを図りながら、立会検査のスケジュールを確保する等の調整作業を行わなければならなかった。これまで、デジタルカメラで撮影した画像等を用いた鉄筋出来形計測システムが開発され、受発注者の作業効率化を図る試みがなされている。

本稿では、鉄建建設㈱が開発した3次元レーザースキャナを用いた配筋検査システムの性能確認の結果とデジタルデータを活用した鉄筋出来形計測に用いるデバイス等の認証システムの概要を記述する。

キーワード：配筋検査システム、3D スキャナ、3次元 CAD モデル、性能確認試験、認証システム

1. はじめに

鉄建建設㈱が開発した配筋検査システムは、構造物全体の配筋状況を3次元レーザースキャナ（以下、3D スキャナとする）で点群データとして取得し、鉄筋検査の省力化を図るとともに、これを3次元 CAD モデルに変換し、構造物の BIM/CIM モデルの属性データとして維持管理へ引き継ぐことで、欠陥発生時に原因特定の判断材料のひとつとして活用を図り、効率的なインフラメンテナンスの一助となる（図-1）。

本稿では、この3D スキャナを用いた鉄筋検査システムの性能確認試験の結果とこれを鉄筋出来形計測に適用する際のデバイス認証システムの概要について紹介する。この研究は、2020年12月より「東京大学 i-

Construction システム学寄付講座」と鉄建建設㈱との共同研究により実施されたものである。

2. 3D スキャナを用いた配筋検査システムの概要

3D スキャナで得られた点群データから直接的に、鉄筋径や鉄筋間隔などの正確な数値化は行えない。そこで点群処理ソフト「InfiPoints」に搭載されている、点群から3次元 CAD モデルを生成する機能を改良し、点群データから鉄筋径の判別と、配筋状況を CAD モデル化するシステムを構築した。これにより鉄筋情報の取得・計測が可能となった。

1ヵ所からだけの計測では、スキャナ側から見て前面の鉄筋に隠れてしまう部分が発生し、配筋状況全体の点群が取得できないため、複数の方向からスキャンを実施することで、配筋全体の点群データを取得する（図-2）。

この点群データを「InfiPoints」へ取り込み点群データの合成を行い、余分な点群の除去を行った後、鉄筋だけの情報を残し、鉄筋検査範囲を指定し、データの取り込みを行う（図-3）。

データ取り込み後、鉄筋の抽出に必要な点群を切り出し、計測を行う配筋面毎に編集を行い、鉄筋の CAD モデル化を実行する（図-4）。この際、点群情報から、設定済みの各鉄筋径に合わせてモデル化される。

3D モデル化された鉄筋については、一定区間の点

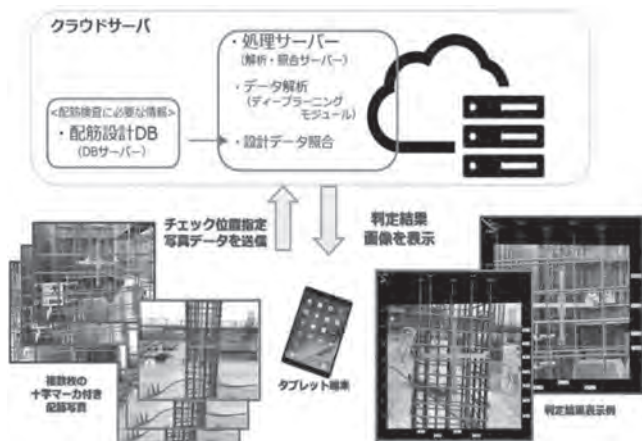
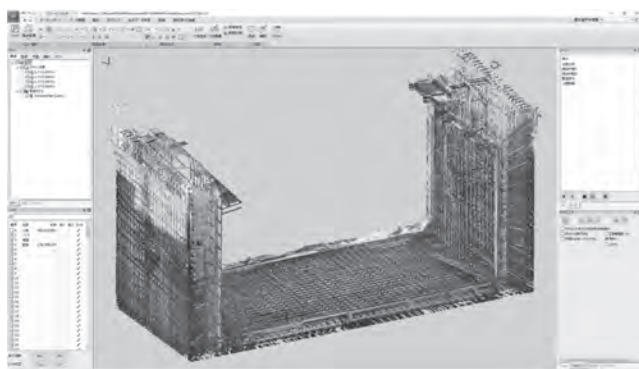


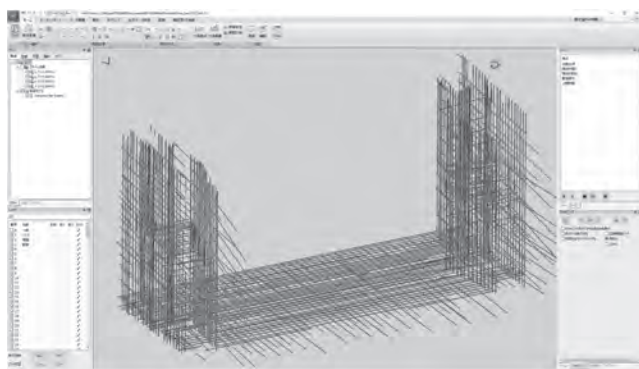
図-1 配筋検査システム 出典：ゼネコン21社



図一 2 システム概要図



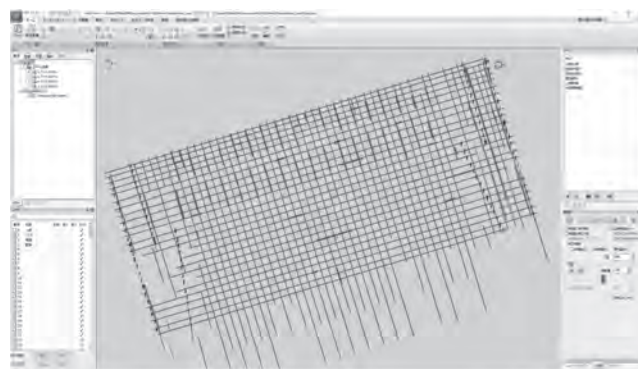
図一 3 点群データ取得 (PC 主桁内部)



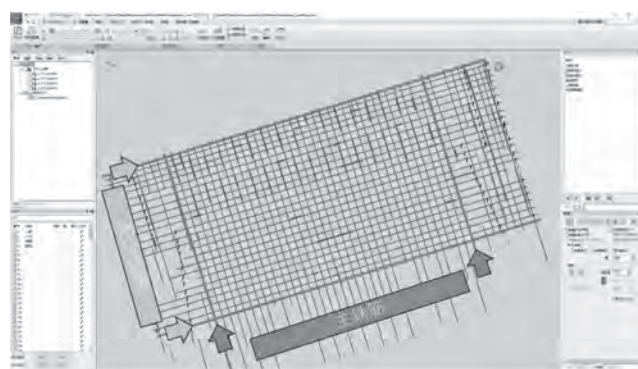
図一 4 点群データから鉄筋モデル化

群データから直円柱を抽出しながら、近似できる場合（軸が一致している）には、その直円柱を延長しモデルを作成するものである。ただし、点群データが写っていない（もしくは密度が小さい）場合は、直円柱として表示しないルールとしている。

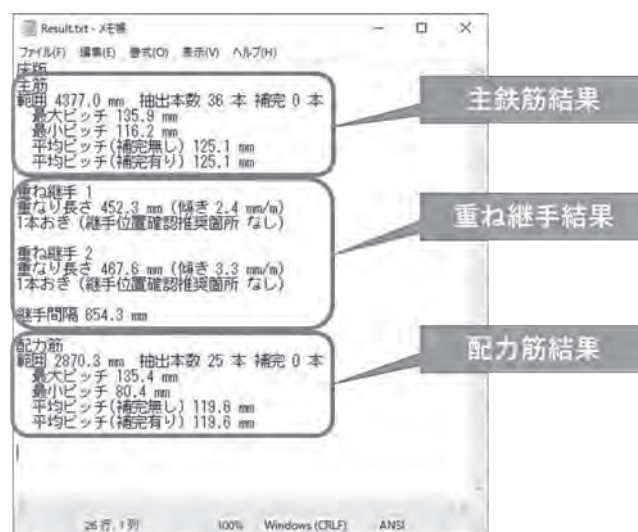
モデル化された鉄筋に対して、計測したい範囲を指示して計算を実行する（図一 5, 6）。選択範囲に対する各鉄筋の本数、間隔（最大、最小、平均）と重ね継手長さが算出される（図一 7）。



図一 5 鉄筋抽出 (下床版上筋)



図一 6 配筋計測範囲の選択



図一 7 計算結果サンプル

3. 性能確認試験

(1) 3D モデル化された鉄筋の整合性の検証

本システムの肝となる部分は、3D モデル化された鉄筋が実際の鉄筋と合致していることが証明されていなければならないことである。そこで当社技術センターに設置しているボックスカルバート供試体を用いて、検証試験を実施した（写真一 1）。

検証試験は、以下の要領にて行った。

- ①ローカル座標を定めるため、鉄筋近辺に基準点を設置。
- ②主筋・配力筋それぞれ1本ごとに500mm 間隔でマーキング (写真—2)。
- ③トータルステーションにより、マーキング箇所を測量し座標化 (写真—3)。
- ④基準点を用いて、レーザースキャナによる3次元測量 (2方向からの合成) (写真—4)。
- ⑤「InfiPoints」による座標データを持った鉄筋モデルの作成。
- ⑥マーキング箇所の座標値と3Dモデル化された鉄筋 (座標データが付与) との比較検証。
以下に主鉄筋 (D22) 結果を表す (表—1)。

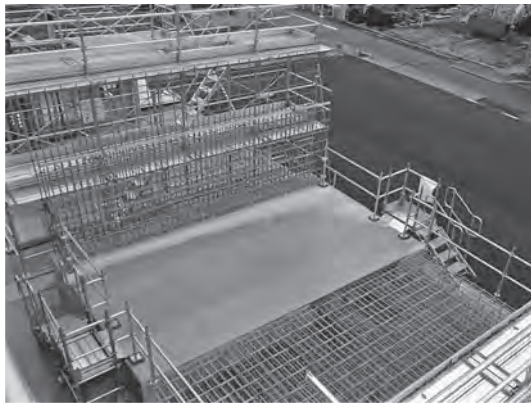
なお、表の1～52は鉄筋の本数、A～Gの点は500mm 間隔でマーキングされた座標点を表している。

整合性の検証は、3Dモデル化された鉄筋1本ごとに対して平均値および標準偏差 σ を求め、平均値 $\pm 2\sigma$ (要素の約95%が含まれる範囲) が鉄筋径の $\pm \phi$ に収まるかを検証した (図—8)。

図—8より全体平均値 = 2.2 mm, 全体平均 $+ 2\sigma = 8.39$ mm, 全体平均 $- 2\sigma = -3.99$ mmの結果が得られた。この結果より、3Dモデル化された鉄筋が実際の鉄筋径の中で収まっていることが証明されたと考える。

(2) 鉄筋間隔のシステム計測値の整合性検証

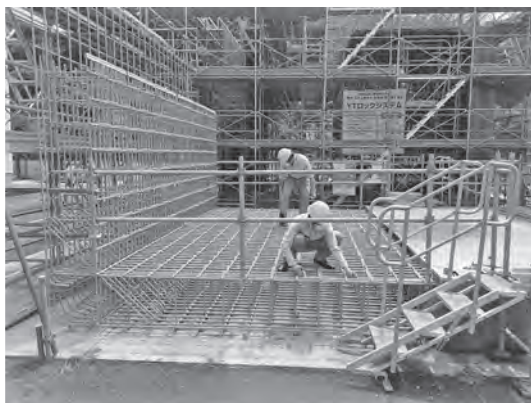
本システムで計測される鉄筋間隔の値と実際の値との整合性の検証を行った。(1)での検証方法と同じく鉄筋1本ごとに座標値から得られた計算値とシステムから得られた計算値での比較検証を行った。



写真—1 ボックスカルパート供試体



写真—3 トータルステーション測量状況



写真—2 マーキング状況

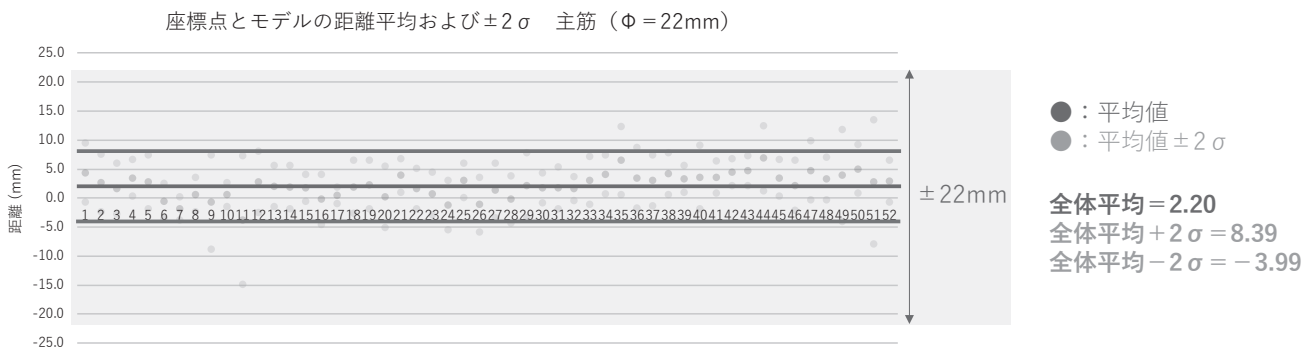


写真—4 レーザースキャナによる計測状況

表—1 配筋モデルと座標点との乖離 (主筋 D22)

(単位: mm)

	1	2	3	50	51	52	平均
A	4	1	5	1	-5	1	2.1
B	4	1	-1	5	-1	3	2.1
C	2	2	-1	7	6	1	2.1
D	2	8	0	7	10	4	2.6
E	4	4	2	6	8	4	2.7
F	8	2	2	3	4	1	2.4
G	6	0	4	6	-3	6	1.5
平均	4.3	2.6	1.6	5.0	2.7	2.9	2.2



図一八 鉄筋 1 本ごとの正規分布 (主筋 D22)

国土省の管理基準より、鉄筋平均間隔の規格値は、 $\pm \phi$ (鉄筋径) である。これを (計測値 - 設計値) / 鉄筋径で表すと鉄筋平均間隔の規格値は $\pm 100\%$ に置き換えられる。座標計算値およびシステム計測値から求められる計測誤差を正規分布曲線によりグラフ化し、1 m 間隔でのばらつきを比較検証した結果を示す (図一九)。

このグラフから、中央値付近の値に関しては問題ないが分散値が大きく異なる結果となった。このグラフだけで判断するとシステムを介することにより有利に鉄筋モデルを作成しているとも捉えかねない。

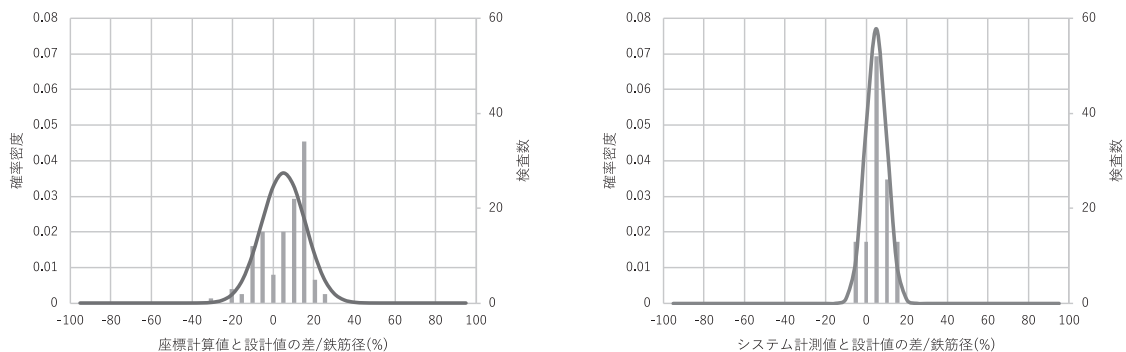
そこで、1 ピッチごとの長さの平均値とシステム値との比較を行ったところ、大きな差が無いことが判明した (表一)。

また、1 ピッチごとの長さだけを見てもばらつきが大きいこともわかる。図一九での分散値に影響を与えているもので、これは鉄筋組立作業に起因している局所的な鉄筋の歪みが影響していると思われる。

4. デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測のための要領 (案) とデバイス等の認証システム

国土交通省では、ICT 活用工種の拡大にあわせて、基準類の策定を適宜行っている。鉄筋出来形計測に関しても令和 3 年 7 月に、「デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の試行要領 (案)」が策定され、その有効性等を確認するため試行が開始されている。デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の目的は、受発注者の作業効率化であり、現在、その適用範囲は、デジタルカメラ等を用いた画像解析データから配筋間隔を計測する技術に限定されている。

筆者らは、東京大学 i-Construction システム学寄付講座の共同研究において、3D スキャナーを用いた配筋検査システムにより受発注者の検査業務の効率化を図るため、この試行要領 (案) の適用範囲の拡大を目指している。そのためには、配筋間隔を計測するためのデバイスや得られたデータから鉄筋間隔を算出するアルゴリズム (ソフトウェア) の精度や信頼性を認証するシステムを構築することが重要となる。さら



	中央値 (平均)	標準偏差	分散値
(座標計算値 - 設計値) / 鉄筋径	5.21	10.89	118.5
(システム計測値 - 設計値) / 鉄筋径	4.86	5.18	26.83

図一九 鉄筋組立ガイダンスシステム概要図

表一 2 システム測定値と実測値の差 (配力筋 D16)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
A	251	251	254	254	236	253	262	241	252	253	250	250
B	243	261	253	252	241	252	255	249	252	252	249	252
C	240	264	253	253	238	254	252	254	253	248	250	252
D	239	264	252	253	240	253	250	258	250	251	251	252
E	236	263	259	247	243	254	249	257	251	253	248	254
F	235	257	266	245	248	250	250	253	257	250	253	247
G	236	254	265	240	250	250	252	254	255	249	255	246
H	237	252	262	248	251	245	256	252	257	251	251	244
I	241	248	251	254	257	245	252	249	256	252	249	248
J	246	248	246	249	267	240	254	248	255	248	251	249
K	248	248	247	244	269	238	259	245	251	250	248	260
L	254	241	245	247	265	238	257	247	248	253	245	257
M	251	238	247	252	261	236	252	254	238	261	241	257
①平均	243	253	254	249	251	247	254	251	252	252	249	251
②システム値	244	253	252	248	252	247	255	251	251	252	250	250
①-②	-1	0	2	1	-1	0	-1	0	1	0	-1	1

に、構造物の配筋結果全体を 3D モデルとして保存し、BIM/CIM モデルの属性データとして維持管理へ引き継ぐことで、欠陥発生時に原因特定の判断材料のひとつとして活用を図り、効率的なインフラメンテナンスの一助とすることも目標としている。

5. おわりに

画像解析や 3D スキャナを用いた配筋検査システムでは、多段配筋については前面の鉄筋に隠れる背面の鉄筋の情報が十分に得られず、3D モデル化する際に欠損範囲が大きくなる場合がある。このため、鉄筋組立作業の中で、適切なタイミングでのデータ採取が必要となる。しかし、現存する 3D スキャナは、測定時間が数分から十数分を要する。そのため、現状では測定の際に鉄筋の組立作業を長時間中断しなくてはならない。今後は、測定時間の短い 3D スキャナの開発が望まれる。

また、点群データはデータサイズが大きく、施工現場で取得した点群データをクラウドに転送し、クラウド上のシステムで分析した結果を施工管理者のモバイル PC やタブレットに送信するには、5G 等の高速通

信ネットワークの利用が不可欠であり、これらの配備が求められるところである。

JICMA

《参考文献》

- 1) 石田靖, 小澤一雅ほか: ICT 技術を用いた新しい配筋検査基準とデバイス認証システムの開発, 第 3 回「i-Construction の推進に関するシンポジウム」, 土木学会建設マネジメント委員会, 2021.7
- 2) 石田靖: トレーサビリティの確保を可能とした鉄筋検査システムの開発, 土木施工 VOL.62, No.7, 2021.7
- 3) 国土交通省: 土木工事施工管理基準及び規格値 (案), 2021.3
- 4) 国土交通省: デジタルデータを活用した鉄筋出来形計測の試行要領 (案), 2021.7

【筆者紹介】

石田 靖 (いしだ やすし)
鉄建建設㈱
土木本部 i-Con 推進部
部長



小澤 一雅 (おざわ かずまさ)
東京大学大学院
工学系研究科
特任教授



カルシア落下混合船による施工の効率化

安藤 満・松本 歩

カルシア落下混合船「オーシャン3号」(以下、本船という)は、既存のリクレーマ船にカルシア改質材供給システムと落下混合用ベルトコンベアを搭載し、船上のみでカルシア改質土を効率よく混合することを可能とする。通常、土運船に積み込まれた浚渫土に改質材を混合し打設するために、解泥→改質材添加→混合→運搬→投入の5工程の作業となるが、本船を適用した場合、解泥→(改質材添加+落下混合+直接投入)の2工程での作業が可能となり、効率化が図れる。本稿では、函館港の浚渫工事に本船を導入した事例を紹介する。

キーワード：浚渫土、カルシア改質土、カルシア落下混合船、リクレーマ船、大規模工事、特殊トレミー管、直接水中投入

1. はじめに

カルシア改質土は、浚渫土とカルシア改質材(転炉系製鋼スラグの成分・粒度を調整した材料)を混合した材料である。浚渫土とカルシア改質材の混合には、バックホウ混合方式、管中混合方式、落下混合方式等があり、一般的にはバックホウ混合方式が普及している。しかしながら、陸上汎用機のバックホウは、大型機の確保が難しく、さらに解泥→改質材添加→混合→運搬→投入の5工程のうち、解泥と改質材添加、混合をバックホウで行うため、大規模工事に対応するには当該工程を複数個所で同時に行う必要があり、作業場所の確保が難しくなる。一方で、リクレーマ船を使用する落下混合方式は、これまでの試験や施工実績によって2m以上の高さから3回落下させることで、均質に混合できることが分かっている。

本船(写真-1)は、既存のリクレーマ船にカルシア改質材用の供給ホッパーと供給コンベア、落下混合用コンベアを搭載しており、本船のみでカルシア改質材の定量添加、およびコンベアの乗継時に2回、スプレッドコンベアからの落下時に1回の合計3回の落下混合を可能とした。これによって、混合作業の効率化が可能となった。

また、これまで抜き取り検査で確認していたカルシア改質材の混合率やカルシア改質土の密度、含水比等を、リアルタイムでモニタリングできる品質管理システムを搭載しており、高品質なカルシア改質土を製造



写真-1 本船外観

することが可能となった。

2. 本船の概要

本船は、既存のリクレーマ船にカルシア改質材の供給装置と落下混合用コンベアを艀装し、さらにカルシア質土の品質をリアルタイムで確認できる管理システムを搭載した専用船である。本船は、大規模工事に対応可能なカルシア改質土の日当り製造量2,500~4,000 m³程度の能力を持つ。

(1) 主要目

本船の主な諸元を表-1に示す。

表一 主要諸言

船体	船体寸法	L55.0 m×B22.0 m×D4.0 m (喫水 2.0 m)	
	発電機	主発電機	AC440 V×800 kVA×1set (IMO 仕様)
補助発電機		AC440 V×150 kVA×1set	
揚土機	型式	HITACHI EX-1900	
	バケット容量	12.9m ³ (PL)×1set	
搬送機	搬送能力	通常揚土時	1,500 m ³ /h
		カルシア改質土混合時	2,500 ~ 4,000 m ³ /d
	浚渫土ホッパー容量	40 m ³	
	No.1 コンベア	1,400 mm×200 m/min(ベルトスケール)	
	No.2 コンベア	1,400 mm×200 m/min	
	スプレッドコンベヤ	1,400 mm×200 m/min (RI 密度水分計)	
	スプレッドリーチ	舷側より 50 m	
	改質材ホッパー	40 m ³	
	改質材 No.1 コンベア	750 mm×100 m/min (ベルトスケール)	
	改質材 No.2 コンベア	750 mm×100 m/min	

(2) 改造内容

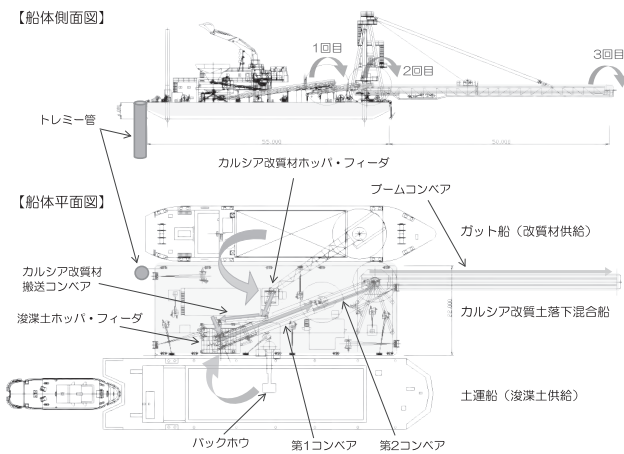
本船の一般配置図と混合システム概要図を図一 1、2 に示す。カルシア改質材用供給ホッパー (写真一 2) および供給コンベアを新規に設置し、改質材を浚渫土ホッパーの上流側から No.1 コンベアに供給するように配置した。改質材の上に浚渫土を供給することで、

高含水比浚渫土にも対応可能となり、かつ落下部での材料分離を抑制して良好な混合を実現した。次に通常のリクレマ船のコンベア 1 基分のスペースに 2 基の No.1, No.2 コンベア (写真一 3) を設置し、No.1 ⇒ No.2 コンベア乗継部、No.2 コンベア⇒スプレッドコンベア乗継部、スプレッドから落下部への 3 度の落下混合を可能にした。

改質材コンベアと No.1 コンベアにベルトスケールを設置し、各材料の流量をインバータ制御によって調整可能とした。また、スプレッドコンベアには連続式 RI 密度水分計 (写真一 4) を設置し、カルシア改質



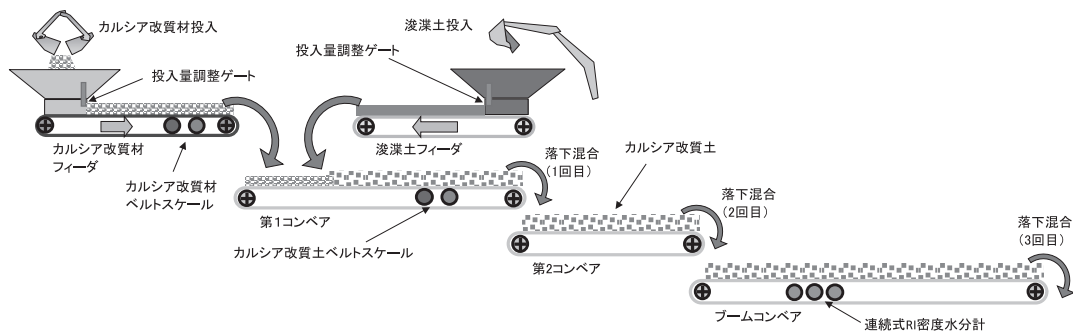
写真一 2 カルシア改質材用供給ホッパー



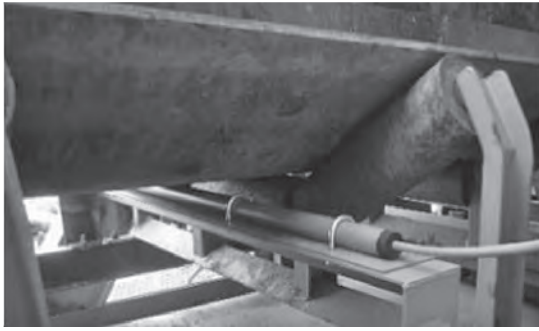
図一 1 一般配置図 (混合作業時)



写真一 3 落下混合用コンベア (No.1, No.2)



図二 混合システム概要図



写真一4 連続式 RI 密度水分計

土の湿潤密度および含水量の測定を行い、品質管理システムの画面上でリアルタイムに品質を確認することができる（図一3）。

(3) 特長

本船の主な特徴を次に示す。

- ①カルシア改質材用供給ホッパーと供給コンベアを常設しており、都度艀装する必要がなく、工費を削減できる。
- ②コンベア上のカルシア改質材の上に浚渫土を供給する機構で、高含水比の浚渫土も適用できる。
- ③スプレッドコンベアからの落下で3回の落下混合が完了するため、埋立地等への直接投入が可能である。
- ④特殊トレーマー管を用いた直接水中投入が可能で、投入用グラブ船が不要となり、工費削減を図れる。
- ⑤カルシア改質材の混合率やカルシア改質土の密度等をリアルタイムに確認でき、高品質な改質土を安定



図一3 品質管理システムの表示画面

して製造できる。

3. 施工概要

(1) 施工方法

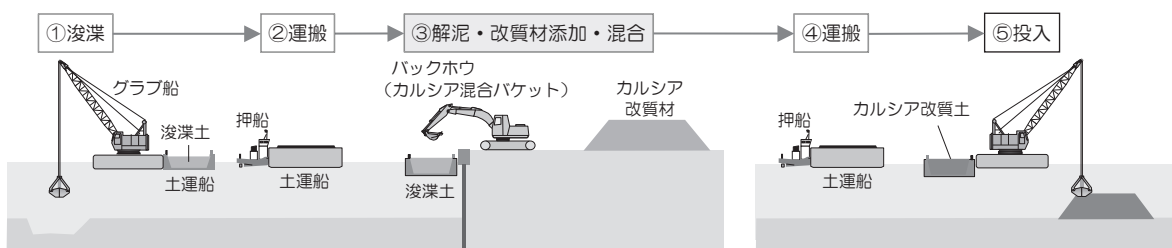
「函館港若松地区-10m 泊地浚渫工事」と「函館港-10m 泊地浚渫工事」（いずれも発注者は国土交通省北海道開発局函館開発建設部）は、函館港若松地区岸壁整備に伴い泊地を-10m まで浚渫し、浚渫土砂をカルシア改良して西防波堤内側へ投入する工事である。

「函館港若松地区-10m 泊地浚渫工事」では、仕様書どおりにバックホウ混合工法で施工した。施工位置図を図一4に、施工フロー図を図一5に示す。まずグラブ浚渫船で浚渫した浚渫土を土運船で改良ヤードに運搬し、浚渫土が均質となるようにバックホウで解泥した。次にバックホウで所定量のカルシア改質材を投入し、均質になるまでバックホウ混合（写真一5）してカルシア改質土を製造した後、投入場所で待機している多目的起重機船まで運搬してグラブでカルシア改質土を水中部に投入した（写真一6）。

「函館港-10m 泊地浚渫工事」では、発注者に承認を得たうえで一部を落下混合工法で施工した。施工位置図を図一6に、施工フロー図を図一7に示す。まずカルシア落下混合船に土運船を接舷し、浚渫土の湿潤密度が均質となるようにバックホウで解泥した。土運船で運搬したカルシア改質材を多目的起重機船で、落下混合船のバックホウで浚渫土を各々のホッパーへ投入し、所定の容積混合率（浚渫土80%、カルシア



図一4 バックホウ混合時施工位置図

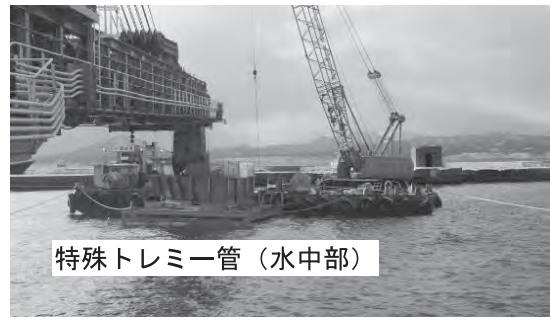


図一5 バックホウ混合時施工フロー図

改質材 20%) で供給してベルコンからの落下衝撃エネルギーで混合した。カルシア改質土の配合や施工量を品質管理システムの画面でリアルタイムに確認しつつ、特殊トレミー管にカルシア改質土を落下させ、直接水中部へ投入した (写真一七)。

(2) 品質管理

本船に横付けした土運船から解泥後の浚渫土を、落下混合船のホッパーからカルシア改質材を、また、3



写真一七 直接水中打設状況



写真一五 カルシア改質土混合状況



写真一六 カルシア改質土投入状況



図一六 落下混合時施工位置図

回目落下後のカルシア改質土を採取し、品質管理試験を実施した。使用した浚渫土とカルシア改質材の物理特性を表一2、3に示す。

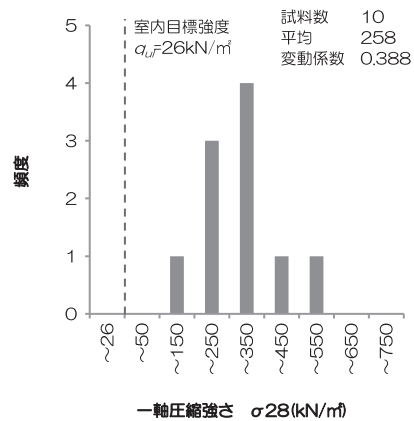
1回/日で採取したカルシア改質土の一軸圧縮強さの頻度分布を図一8に示す。今回施工箇所 indoor 目標強度は 26 kN/m² であり、材齢 28 日の平均値は

表一2 浚渫土の材料特性

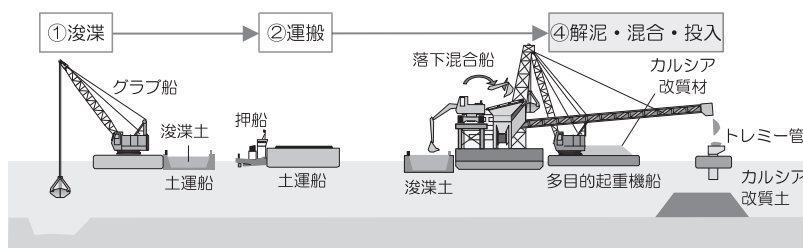
土粒子密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	液性限界 (%)	強熱減量 (%)	細粒分含有率 (%)
2.643	99.7	69.8	6	89.4

表一3 カルシア改質材の材料特性

表乾密度 (g/cm ³)	最大粒径 (mm)	f-CaO (%)
2.84	26.5	7.5



図一八 一軸圧縮強さの分布



図一七 落下混合時施工フロー図

258 kN/m²で、目標強度を下回る不良率は0%であった。先行工事の「函館港若松地区-10m泊地浚渫工事」のバックホウ混合工法と同様の強度が得られており、工法変更による強度の低下は無かった。

4. 施工まとめ

函館港-10m泊地浚渫工事に本船を導入した効果を次に示す。

- ①【施工】今回、落下混合時の施工量は約2,700 m³ /日であった。バックホウ混合の最大純施工量は1,750 m³ /日であったが、2~3回/週のカルシア改質材搬入時は岸壁を半日使用できないので、実質1,100 m³ /日程度となり、落下混合工法が2倍以上の能力となった。
- ②【施工】今回の投入施工箇所は、防波堤背後の水深の浅い場所であり、土運船や多目的起重機船での投入は時間を要し、特殊トレミー管を使用した落下混合船からの直接水中投入は、効果が大きかった。
- ③【施工】特殊トレミー管を使用して直接投入することにより、グラブによる投入よりも効率的な施工となった。
- ④【安全】岸壁での混合作業が無くなり、土運船の接岸作業や混合作業時の事故発生リスクが低減した。
- ⑤【安全】浚渫箇所→改良ヤードへの浚渫土運搬が無くなり、フェリーの運行ルートを横切らなくなったため、一般船舶への影響が低減した。
- ⑥【品質】通常のバックホウ混合とは異なり、船上での浚渫土の密度、含水比測定は、通常のはかりでは船舶の動揺の影響で誤差が大きくなるため、RI密度水分計で対応した。
- ⑦【品質】カルシア落下混合船により、混合したカル

シア改質土はバックホウ混合と同程度の一軸圧縮強さが得られた。

5. おわりに

今回、初めて特殊トレミー管を使用して落下混合船から直接水中投入方式を採用し、カルシア改質土をトータル13,830 m³ 製造した。荒天のために思ったように製造量を増やせなかったが、その有効性は確認できた。本工事での施工で得た知見を活かし、本船カルシア落下混合船の施工効率をさらに向上させたいと考える。

JICMA

《参考文献》

- 1) 五洋建設, 田中裕一, カルシア落下混合船「オーシャン3号」, marine voice 21, vol.315, 2021年秋号
- 2) 関門港湾建設, 濱福健二, カルシア落下混合船「オーシャン3号」, 作業船, No.341, 2020年10月号
- 3) 五洋建設, 山口吉宗, カルシア落下混合船による中仕切堤築堤, 作業船, No.345, 2021年10月号

【筆者紹介】

安藤 満 (あんど う みつる)
五洋建設㈱
環境事業部海域環境グループ
専門部長



松本 歩 (まつもと あゆむ)
五洋建設㈱
船舶機械部開発グループ
開発グループ長



著しく腐食した栈橋鋼管杭の杭頭部に対する補修工法

鋼板接着併用型タフリードPJ工法

田中亮一・網野貴彦

海上栈橋は厳しい塩害環境下に曝される港湾構造物であるが、近年、老朽化に伴い鋼管杭の腐食が著しく進行した事例が散見されている。特に、栈橋構造上の要である杭頭部付近は海水作用と地震や船舶接岸等の荷重作用の影響により劣化や損傷が生じやすく、この部位の鋼管杭が著しく腐食した場合には栈橋の安全性および供用に大きく影響する。そこで、社会インフラの長寿命化に貢献するため、既設の栈橋鋼管杭の杭頭部付近に著しい腐食や腐食あなが生じた場合でも適用可能な補修工法（以下、本工法という）を開発した。本稿では、既存の鋼板を用いた補修に繊維補強モルタルによる接合を組み合わせた開発工法の概要を紹介する。

キーワード：海上栈橋，鋼管杭，杭頭部，繊維補強モルタル，腐食，補修，長寿命化

1. はじめに

海上栈橋は、コンクリート製の上部工と、それを支える下部工（主に海底地盤に打ち込まれた鋼管杭）で構成される港湾構造物である。海上栈橋の設計は「港湾の施設の技術上の基準・同解説」に準拠して行われるが、平成元年以前の旧基準に基づき設計された栈橋の中には腐食しろで設計されたものも多く、設計で想定していたよりも速い速度で鋼材腐食が進行してしまったり、様々な事情により設計耐用期間を超えて供用を続けているものもあり、近年になって杭頭部付近の鋼管杭が著しく腐食した事例が散見されている¹⁾。一方、平成十一年の同基準の改訂以降に建設された栈橋は、下部工である鋼管杭の腐食を防止する目的で、海中部から干満帯、飛沫帯にかけては被覆防食工を、海中部には電気防食工を適用することが標準とされたが、図-1に示すように、被覆防食工は海水作用や

漂流物の衝突等により劣化や損傷しやすく²⁾、特に杭頭部付近の被覆防食工や内部の鋼管杭は船舶接岸や突発的な地震等の荷重作用によって劣化や損傷する可能性が高い。

栈橋構造上の要である杭頭部付近で鋼管杭が著しく腐食した場合、杭の断面耐力は著しく低下するため、栈橋の安全性および供用に大きく影響する。このため、杭頭部付近の鋼管杭が著しく腐食した栈橋に対しては、これまでは大規模な更新や構造変更を伴う補修工事などを行うのが一般的であった。この場合、栈橋の供用を停止する必要があるが、財源確保の観点からも供用を止めずに継続利用したいというニーズは高く、供用しながらの補修による延命化が望まれることが多い。

このような背景から、施設を供用しながら補修することが可能で、かつ鋼管杭の杭頭部付近に著しい腐食や腐食あなが生じた場合でも適用可能な補修工法を開発した。本稿では、開発した補修工法を適用した試験体による曲げ耐力検証実験の結果を示し、本工法の概要を紹介する。

2. 本工法の概要

腐食によって耐力低下した鋼管杭を対象とした既存の補修工法には、鋼板を用いた補修や鉄筋コンクリート巻立てによる方法がある。しかし、鋼管杭の杭頭部付近に腐食あなが存在するような著しい腐食が進行し

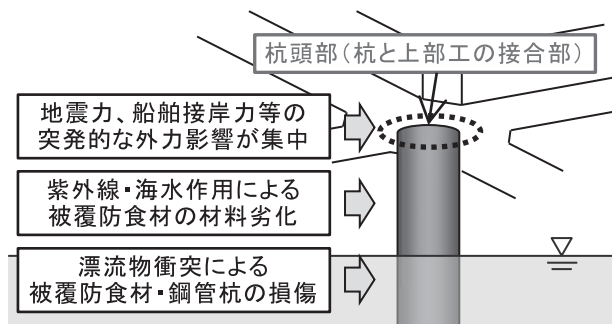


図-1 栈橋鋼管杭の劣化・損傷要因

た場合には、鋼板を用いた補修では新規に設置する補強鋼板の上部の定着が確保できない（溶接長が確保できない）ため適用できなかった（図-2）。一方、鉄筋コンクリート巻立てによる補修の適用は可能であるが、巻立て部を上部工に定着させるための補強鉄筋を杭頭プレートに干渉しないように定着させる必要があるため、必然的にコンクリートの巻立て厚が大きくなることで、自重および断面剛性の増加に伴って栈橋全体の変形挙動等に影響を及ぼし、栈橋構造全体の設計を見直す必要があることが課題であった。このため、栈橋上部工を撤去した後に鋼管杭を補修した上で栈橋上部工を再構築する方法や構造変更を伴う水中格点工法など、栈橋の供用停止を伴う大掛かりな対策の選択が強いられることが多かった。

開発した工法は、既存技術の課題を解決するため、鋼板を用いた補修に繊維補強モルタルによる接合を組み合わせたものである。開発工法の概要を図-3に示す。本工法では補強鋼板と上部工を接合させるために、補強鋼板の上端を杭頭プレートの下面にすみ肉溶接を行い、かつ補強鋼板の上部を繊維補強モルタルによって巻き立てる。このとき、シアキー（ずれ止め）

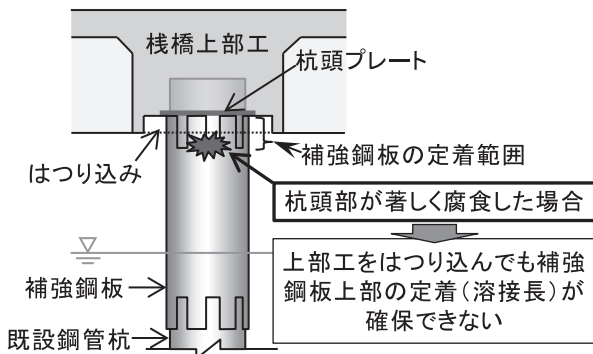


図-2 鋼板を用いた補修（既存技術）の課題

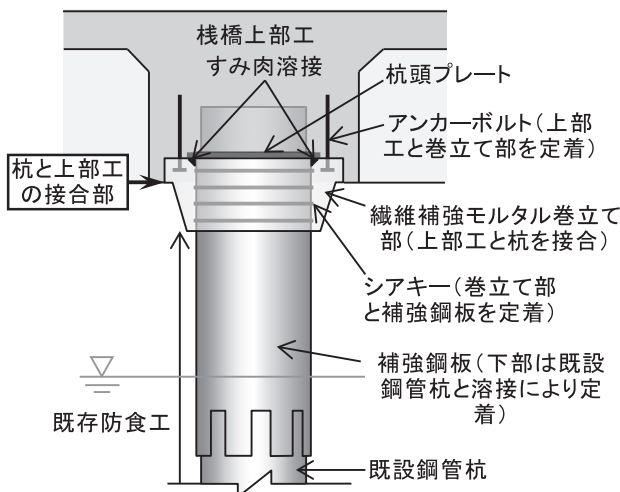


図-3 開発工法の概要

により補強鋼板と繊維補強モルタルの巻立て部を、アンカーボルトにより巻立て部と上部工をそれぞれ一体化させる。これにより、建設当初の耐力まで回復させることが可能である。なお、補強鋼板の下端部は、従来の鋼板を用いた補修と同様に、すみ肉溶接により既設鋼管杭との一体化を図る。

繊維補強モルタルの配合条件例を表-1に示す。繊維補強モルタルは水粉体材比が小さく、シリカフェームが混和された非常に緻密な高強度材料であり、塩化物イオンの見かけの拡散係数 $0.012 \text{ cm}^2/\text{年}$ 程度と高い耐久性を持ち併せている。また、単位体積当たり 1.5% の高強度ポリエチレン短繊維を混入することで、引張応力作用下で複数の微細ひび割れが分散して発生し、ひび割れ発生後も高い引張強度を維持する高靱性な特長を有する。本工法では、この高靱性の

表-1 繊維補強モルタルの配合条件例

材料	種類と物性等	質量割合
水	上水道水：密度 1.00 g/cm^3	0.22
粉体材	低熱ポルトランドセメント： 密度 3.24 g/cm^3	1.00
	シリカフェーム：密度 2.20 g/cm^3 、 比表面積 $200,000 \text{ cm}^2/\text{g}$	
	エトリンガイト・石灰複合系膨張材： 密度 3.10 g/cm^3	
	石灰石微粉末：密度 2.70 g/cm^3	
骨材	7号珪砂： 2.68 g/cm^3	0.10
繊維	高強度ポリエチレン短繊維：密度 0.97 g/cm^3 、直径 0.012 mm 、長さ 6 mm 、 弾性係数 88 GPa 、引張破断強度 $2,700 \text{ MPa}$	0.0146 (1.5vol.%)
混和剤	ポリカルボン酸系高性能減水剤	0.020
	収縮低減剤	0.025

※水量には混和剤量を含む



杭頭部詳細
(載荷試験体のため天地逆転)

特長を活かすことで、巻立て部内部における補強鉄筋等の配置を省略した接合を実現させている。なお、繊維補強モルタルの巻立て部より下方の補強鋼板に対しては、既存技術と同様に、被覆防食工を適用する。

施工のフローを図-4に示す。繊維補強モルタルは現場製造が可能であり、本工法ではモルタルの製造および圧送は施工対象近傍の栈橋上で行う。



図-4 施工フロー

3. 曲げ耐力検証実験

(1) 実験概要

載荷試験体および載荷試験の概要を図-5に示す。本実験では、試験体を実際の栈橋とは天地逆転の状態（上部工側を反力床に固定し、杭部の上端（杭と上部工の接合部から高さ2.8mの位置）を水平載荷すること）で杭頭部に曲げモーメントを発生させ、本工法の適用による曲げ耐力の検証を行った。なお、載荷試験体の繊維補強モルタルの巻立て部は実際の栈橋と同様に上向き注入で施工した（図-4右下写真参照）。計測項目は水平荷重、載荷点水平変位および補強鋼板の杭軸方向ひずみとし、軸力は自重作用のみで外力は作用させず、載荷点の水平変位が13.8mmとなる時点を1δとした正負交番で漸増（±0.5δ, ±1δ, ±2δ, ±3δ, ±4δ, -6δ）させながら載荷試験を行った。なお、繊維補強モルタルの材齢が異なった条件でも検証を行った（Case1：材齢約2.5か月・圧縮強度113N/mm², Case2：材齢約1.4年・圧縮強度124N/mm²）。

(2) 実験結果

水平荷重と載荷点の水平変位との関係を図-6に、載荷に伴い繊維補強モルタルの巻立て部表面に発生したひび割れの進展状況を図-7に示す。なお、Case2は載荷前の時点で表面ひび割れを多数発生させた状態（最大ひび割れ幅0.05mm）とした。

補強鋼板が降伏したときの実験値を見ると、両ケースともに計算値（本実験で用いた補強鋼板の力学的性質および仕様から算定できる降伏曲げモーメントとアーム長から計算できる降伏荷重）と同程度であっ

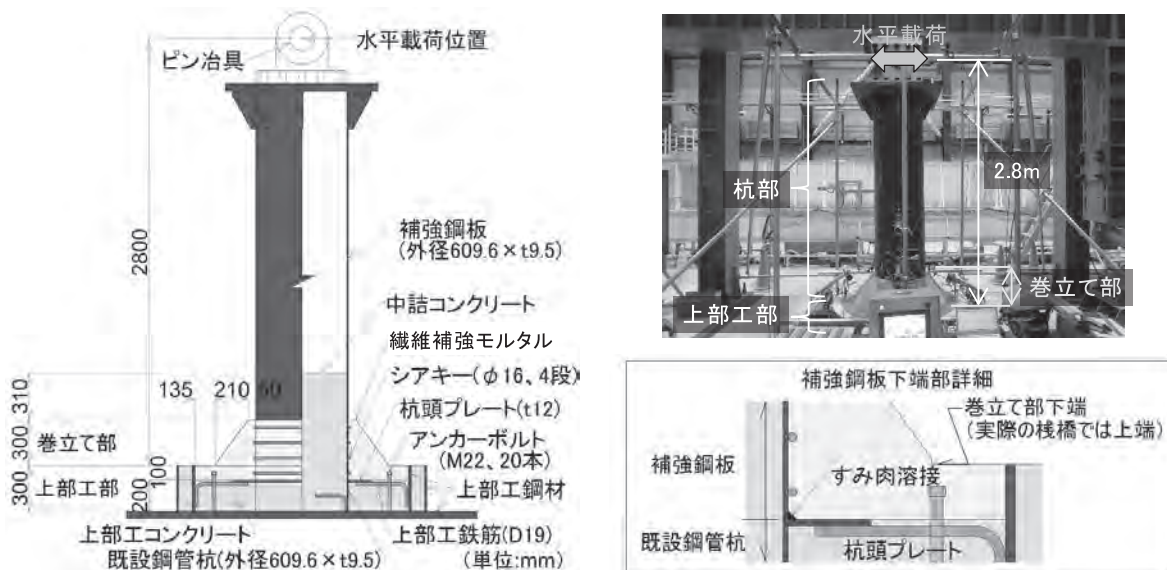


図-5 載荷試験の概要

た。また、図-8に示すとおり補強鋼板降伏時の補強鋼板表面の杭軸方向のひずみ分布に大きな差異はなかった。最大変位（実験装置の関係で本実験における最大変位は-80 mm）までの荷重-変位曲線を見ると、両ケースともに荷重の低下は認められず、また、ひび割れの進展は同様な様子であった。なお、最大変位時には巻立て部上端から高さ70 mm程度の位置の補強鋼板圧縮縁が座屈する状況が両ケースともに観察されたが（図-9）、巻立て部の破壊は確認されなかった。

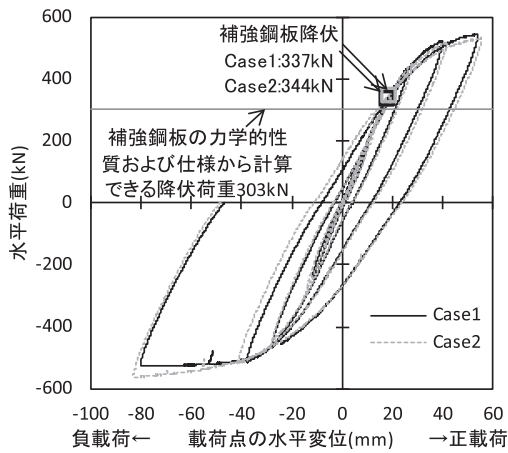


図-6 荷重-変位曲線

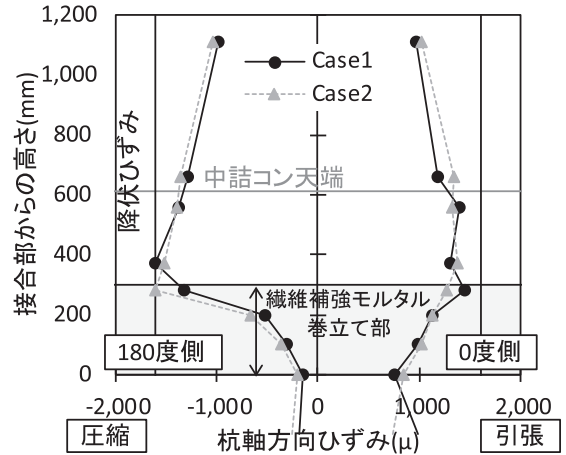


図-8 補強鋼板降伏時の補強鋼板表面の杭軸方向ひずみ分布

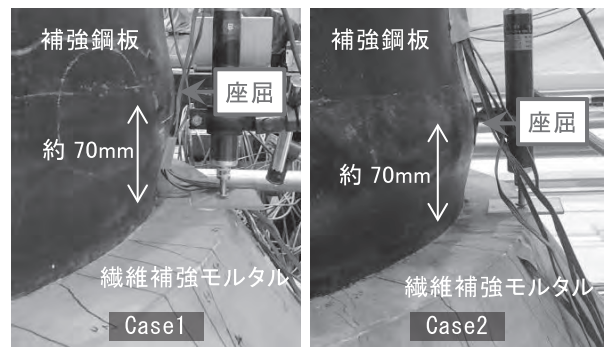


図-9 最大変位時の補強鋼板の座屈状況

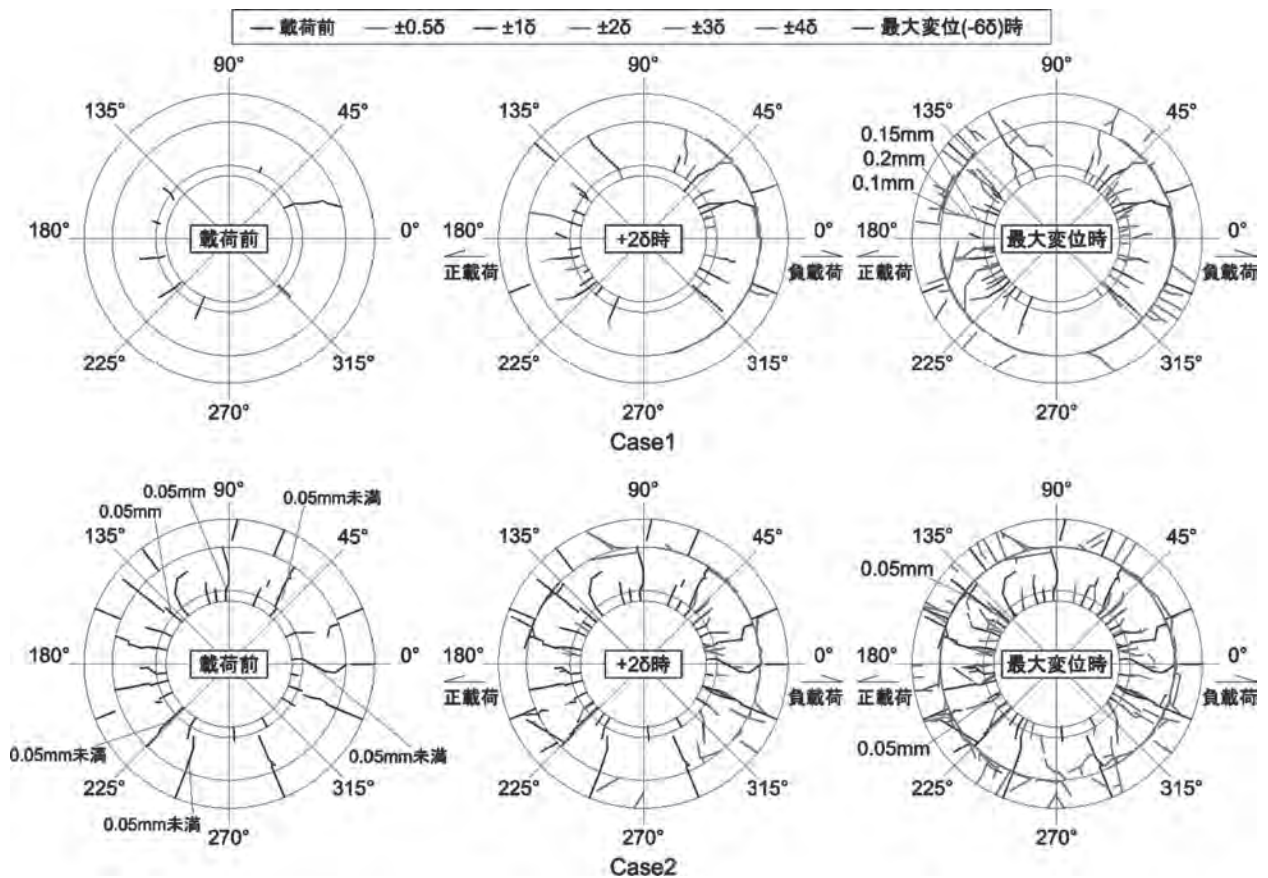


図-7 巻立て部表面のひび割れ進展状況

以上のことから、巻立て部表面のひび割れが曲げ耐力に及ぼす影響はほとんどないことを確認し、本工法の適用による曲げ耐力の回復効果が検証された。本実験の詳細は文献3)を参照されたい。

4. おわりに

本稿では、既設栈橋を供用しながら施工することができ、杭頭部付近に腐食あなのような著しい腐食が生じた場合でも適用可能な補修工法を紹介した。本工法は、補修すべき杭を対象に施工できるため、栈橋上部工を撤去・更新するような場合に生じる一時的な補修コストを抑制でき、さらには年間の補修費用の平準化のための方策を検討できるなど、戦略的な維持管理にも寄与できると考えている。既存ストックの長寿命化に貢献するためにも施工実績の積み上げを推進し、本工法の適用による補修効果の持続性などの情報収集に努め、更なる技術開発に発展させていきたいと考えている。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 日経BP社：日経コンストラクション, No.633, pp.18, 2016年2月8日号
- 2) 防食・補修工法研究会：港湾鋼構造物 新しい防食工法・補修工法・維持管理 実務ハンドブック (2013年版), 維持管理編, pp.6.3-18-6.3-21, 6.5-14-6.5-15 および 6.7-10
- 3) 田中亮一, 網野貴彦：栈橋鋼管杭の杭頭部を巻立て補修した繊維補強セメント系材料に発生した収縮ひび割れが曲げ耐力に及ぼす実験的検討, 日本材料学会, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第21巻, pp.592-597, 2021.10

【筆者紹介】



田中 亮一 (たなか りょういち)
東亜建設工業(株)
技術研究開発センター
新材料・リニューアル技術グループ
主任研究員



網野 貴彦 (あみの たかひこ)
東亜建設工業(株)
技術研究開発センター
新材料・リニューアル技術グループ
グループリーダー



プレキャスト床板接合技術 「Head-bar ジョイント」を開発

道路橋床版取替え工事の施工性向上による工期短縮を実現

川口 哲生・武田 均・趙 唯 堅

高度経済成長期に建設された道路橋の鉄筋コンクリート製床版（以下、RC床版）は、塩害や疲労等による劣化が顕在化しており、劣化した既存のRC床版をプレキャスト床版に取り替える工事が多数計画・実施されている。床版のプレキャスト化は品質確保の観点で優れ、施工性の向上や工期短縮にも有効であるが、依然として現場施工となるPCa床版同士の接合部の構造については改良の余地があった。そこで、現場施工となる接合部の間詰施工量の低減と施工性の向上を目的として、プレート定着型鉄筋と高強度繊維補強モルタルより構成され、接合部の幅を大幅に短縮可能なPCa床版相互の接合構造を開発した。本稿では、開発において検討を行った静的耐荷特性とプレート形状の最適化の概要を述べる。

キーワード：床版取替え、PCa床版、接合部、プレート定着型鉄筋、高強度繊維補強モルタル

1. はじめに

近年、社会インフラの老朽化が顕在化してきており、高速道路においても経過年数の増加とともに床版の劣化が進展し、床版取替えが行われている。床版取替えにおいては、通行止め時間の短縮という制約が含まれることが多く、プレキャストPC床版（以下、PCa床版という）に取替えることが主流となっている。床版のプレキャスト化では、品質確保の観点で優れ、現場作業の省力化と工期短縮を図るのに有効と考えられるが、PCa床版を適切に接合することが重要であり、接合方法の合理化を図ることで、より省力化や工期短縮を図ることができるものと期待される。そこで、筆者らは、施工の省力化を図るために、新しいPCa床版の接合構造の開発を行った^{1)~3)}。



写真一 1 PCa床版の継手構造



写真一 2 プレート定着型鉄筋

2. 本接合構造の概要

写真一 1 に開発したPCa床版の接合部の概要を示す。本接合構造は、所定の間隔をあけて設置されたPCa床版の互いの端面からプレート定着型鉄筋を突出させ、間詰部に鋼繊維補強モルタルを充填することで、PCa床版を接合する方法である。写真一 2 にプレート定着型鉄筋を示すが、使用するプレート定着型鉄筋は異形鉄筋の先端に鋼製プレートを摩擦圧接で接合したものであり、機械式鉄筋定着工法として開発されたものである。これは、半円形フックと比べ、同等以上

の定着性能を有することが報告されたものである⁴⁾。PCa床版の接合で従来から用いられてきたループ継手では、間詰部内の橋軸直角方向に対し、6本の異形鉄筋を配置する必要があるが、本接合構造では異形鉄筋の配置を省略することが可能である。また、プレート定着型鉄筋と鋼繊維補強モルタルを組み合わせることにより、間詰幅をループ継手の1/3程度である110mmとすることが可能である。なお、本接合構造

は、NEXCO 試験方法 442 (プレキャスト PC 床版接合部の疲労耐久性)⁵⁾ に準拠した輪荷重走行試験を実施し、設計要領第二集 橋梁保全編⁶⁾に記載されている耐用年数 100 年相当の疲労耐久性を満足することを確認したものである。

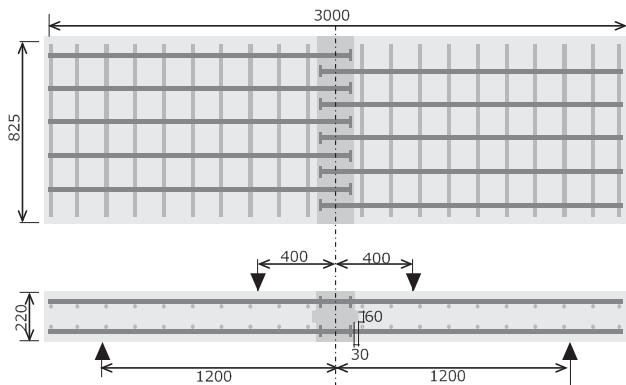
3. 本接合の静的耐荷特性に関する検討

ここでは本接合構造の静的耐荷特性を検証するために、静的曲げ試験を実施した。静的曲げ試験の概要と結果を示す。

(1) 試験概要および使用材料

図一 1 に静的曲げ試験体の概要を示す。試験体は、PCa 床版の接合部を模擬しており、事前に製作した 2 体の PCa 床版と接合部より構成される。PCa 床版を接合した後の試験体の寸法は 3,000×825×220 mm (長さ×幅×厚さ) である。ここで、試験体の厚さは、設計要領第二集 橋梁保全編⁶⁾に規定されている床版取替えに用いる PCa 床版の標準版厚とした。

表一 1 に試験ケース一覧を示す。ここでは、間詰幅と間詰材種類を試験要因とした。間詰幅は、



図一 1 試験体概要図 (静的曲げ試験)

表一 1 試験ケース一覧 (静的曲げ試験)

No.	間詰幅 (mm)			間詰材	
	100 (2.4×D)	150 (5×D)	250 (10×D)	高強度型	中強度型
1	○			○	
2		○		○	
3	○				○
4		○			○
5			○		○
6	ループ継手, 340 mm			収縮補償 コンクリート ($f_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$)	

100 mm (2.4×D), 150 mm (5.0×D), 250 mm (10×D), (D:鉄筋径)としており、間詰材は材齢 28 日で 100 N/mm² 程度の圧縮強度を発現する高強度繊維補強モルタル (以降、高強度型間詰材と表記) を対象とした。さらに、早期交通開放を行う急速施工にも対応することを想定し、早期に硬化する中強度繊維補強モルタル (材齢 3 時間:24 N/mm², 28 日:60 N/mm²) (以降、中強度型間詰材と表記) について検討を行った。また、比較として、PCa 床版の一般的な継手として、これまでに用いられてきたループ継手について比較検討を行った。

(a) 使用材料

表一 2 に試験体の諸元を示す。使用したプレート定着鉄筋は D19 SD345 に円形プレートを摩擦圧接したものを使用した。円形プレートの寸法は $\phi 50 \times 12 \text{ mm}$ であり、材質は S35C である。また、円形プレートを D19SD345 に接合した後、プレート定着鉄筋 (全長) に、参考文献⁷⁾に従ってエポキシ樹脂を塗装した。塗装の仕様は、土木学会編:コンクリートライブラリー 112, エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改訂版]⁸⁾に準拠した。PCa 床版の製作では、参考文献⁶⁾に準拠して、設計基準強度 50 N/mm² (材齢 7 日) のコンクリートを用いた。また、軸方向鉄筋と橋軸直角方向鉄筋は、D19 SD345 として、図一 1 に示すように 2 段配筋とした。間詰材は、高強度型間詰材、中強度型間詰材の両者とも、水、プレミクス粉体から構成される。高強度型間詰材は近年開発されたものであり、専用鋼繊維を含めて、市販されているものである。また、中強度型間詰材は、市販の無収縮モルタルに、鋼繊維を混入したものであり、高強度型間詰材と異なる鋼繊維を使用した。高強度型間詰材に混入する鋼繊維の混入量は 2.3 vol.% とし、

表一 2 試験体の諸元 (静的曲げ試験)

名称	諸元
試験体の構成	事前に製作した 2 体の PCa 床版を接合
寸法	3,000×825×220 mm (長さ×幅×厚さ)
PCa 床版の コンクリート	設計基準強度: 50 N/mm ²
鉄筋 (軸方向)	<ul style="list-style-type: none"> ・プレート定着型鉄筋 (D19 SD345) ・鉄筋ピッチ: 150 mm ・プレート寸法: $\phi 50 \text{ mm} \times 12 \text{ mm}$ ・エポキシ樹脂塗装 (全長) ・2 段配筋
鉄筋 (橋軸直角方向)	<ul style="list-style-type: none"> ・D19 SD345 ・鉄筋ピッチ: 150 mm ・2 段配筋

中強度型での混入量は 1.0 vol.% とした。これは、間詰材が材料分離せず、施工性を確保できる範囲内で、最大の繊維混入率を設定したためである。一方で、ループ継手の試験体 (No.6) の間詰部には、参考文献⁷⁾ に準拠して膨張材を混和した収縮補償用コンクリート (設計基準強度: 50 N/mm²) を用いた。

試験体は、事前に PCa 床版を製作しておき、所定の材齢を経た後に、接合部に間詰材を充填して一体化させた。ここでは、橋軸方向の接合部を対象とした曲げ試験であることを考慮して、PCa 床版の橋軸直角方向のプレストレスは導入していない。PCa 床版の製作に用いたコンクリートのスランプは、8.0±2.0 cm とし、設計基準強度を 50 N/mm² として配合を設定した。また、PCa 床版と間詰部の接合面には、間詰部のせん断破壊を防止するために、図-1 に示すようにせん断キー (高さ 30 mm) を設置し、脱型後に接合面に目荒らし処理を行った。

PCa 床版のコンクリートが所定の強度を発現した後、試験体の接合を行った。表-3 に充填した間詰材のコンシステンシー試験と静的載荷試験時の圧縮強度と弾性係数を示す。ここでは施工性を考慮して、間詰材のモルタルフロー (JIS R 5201, 0 打) を 250 mm 程度と設定した。ハンドミキサーによって練混ぜを行い、練り上がった後に、接合部に間詰材を充填した。その後、気中養生を行って、間詰材が所定の強度を発現した後に静的曲げ試験に供した。

(2) 載荷試験方法

静的載荷試験は容量 1,000 MN の万能試験機を用いて行った。試験条件は、図-1 に示す様に、スパン 2,400 mm、せん断スパン 800 mm、等モーメント区間長 800 mm の 4 点曲げとして、静的単調載荷を実施した。載荷試験時には、供用時の繰返し荷重の影響を確認するため、使用時荷重レベルまで、10 回の繰返し載荷を行った。ここで、使用時荷重レベルは、道路橋床版を想定し、下段鉄筋に発生する応力を 120 N/mm² 相当 (載荷荷重: 63.3 kN) とした。また、接合部のひび割れ発生後の繰返し載荷の挙動も確認するために、使用時荷重の 2 倍の荷重を載荷させて、試験体

にひび割れを発生させた後、再度使用時荷重レベルまで、10 回の繰返し載荷を行った。その後、試験体が破壊に至るまで、静的単調に載荷を行った。載荷試験時には、荷重、たわみ、PCa 床版-間詰部での目開き、等曲げ区間内での鉄筋ひずみを計測した。

(3) 試験結果

(a) 荷重-たわみ関係

表-4 に載荷試験結果の一覧を示す。鉄筋降伏荷重は、等曲げ区間内の鉄筋に発生したひずみが、鉄筋の規格降伏ひずみに達した時の荷重である。また、試験体側面の 4 箇所 PCa 部と間詰部の目開きを計測し、平均化したものを目開き量とし、試験体にひび割れを発生させた後に、使用時荷重レベルまで繰返しを行った中で最大となったものを示している。

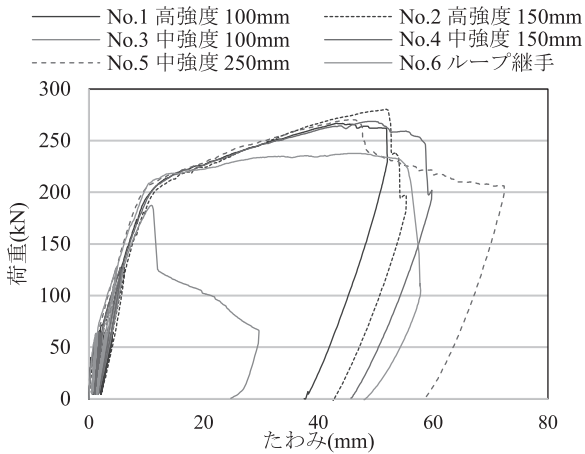
同表に示すように、No.3 (中強度型間詰材、間詰幅: 100 mm) のケースでは間詰部で破壊したものの、それ以外のケースは、曲げ破壊に至ることが確認された。図-2 に荷重-たわみ関係を示す。ここでは、試験体が破壊して、荷重が低下し始めた後に、安全を確保するために除荷をしている。表-4、図-2 より、高強度型間詰材を用いた場合では、間詰幅 100 mm、150 mm のどちらとも、除荷を行うまで、荷重-たわみ関係と最大荷重はループ継手を上回ることがわかった。また、中強度型間詰材を用いた場合、間詰幅を 100 mm としたケースは、載荷荷重が 187.3 kN となっ

表-4 載荷試験結果の一覧 (静的曲げ試験)

No.	鉄筋降伏荷重 (kN)	目開き量 (使用時荷重レベル) (mm)	最大荷重 (kN)	破壊形態
1	182.7	0.22	266.9	曲げ破壊 (PCa 部圧壊)
2	179.3	0.37	280.4	曲げ破壊 (PCa 部圧壊)
3	降伏せず	0.29	187.3	間詰部で破壊
4	188.3	0.28	268.8	曲げ破壊 (PCa 部圧壊)
5	207.9	0.25	270.4	曲げ破壊 (PCa 部圧壊)
6	233.2	0.25	237.7	曲げ破壊 (PCa 部圧壊)

表-3 間詰材の配合とコンシステンシー試験と強度試験結果

名称	鋼繊維混入率 (vol.%)	計量値 (kg)			コンシステンシー試験		強度特性	
		水	プレミクス粉体	鋼繊維	モルタルフロー (mm)	練上り温度 (°C)	圧縮強度 (N/mm ²)	弾性係数 (104 N/mm ²)
高強度間詰材	2.3	50.0	100	9.00	254	20.5	99.4	2.80
中強度型間詰材	1.0	33.8	187.5	7.85	258	20.1	66.8	2.95

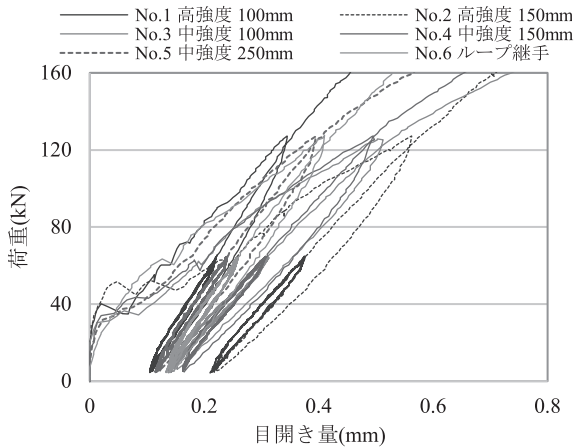


図一 2 荷重-たわみ関係 (静的曲げ試験)

た時点で、急激に荷重が低下したことがわかった。ところが、間詰幅を 150 mm, 250 mm とすることで、荷重-たわみ関係は、ループ継手の最大荷重を上回ることがわかった。

(b) 荷重-目開き関係

図一 3 に荷重-目開きの関係、表一 4 に目開き量を示す。試験体にひび割れを発生させた後において、道路橋床版を想定した使用荷重レベル (載荷荷重: 63.3 kN, 下段鉄筋の発生応力: 120 N/mm²) にお



図一 3 荷重-目開き量関係 (静的曲げ試験)

る目開き量は、No.2 を除き、概ね 0.3 mm 程度以下となり、No.2>No.3>No.4>No.5=No.6>No.1 の順に小さくなることがわかった。特に、No.1 (高強度型間詰材, 間詰幅: 100 mm) の目開き量は、ループ継手を下回ることがわかった。また、ひび割れ発生以降に行った 10 回の繰り返し載荷において、目開き量は大きく変化しておらず、ほぼ一定になることがわかった。

(c) 破壊性状

図一 4 に試験終了時におけるひび割れ図、写真一 3 に破壊性状の例を示す。図一 4 (a), (b) に示す様に、高強度型間詰材を用いたケースでは、間詰幅によらず、写真一 3 (a) の様に PCa 部が圧壊して終局に至ることがわかった。一方で、図一 4 (c), 写真一 3 (b) に示す様に、中強度型間詰材を用いて、間詰幅を 100 mm とすると、間詰部のひび割れが大きく拡大し破壊に至ることがわかった。表一 4 に示すように鉄筋が降伏していないことから、プレート定着鉄筋が間詰部より抜け出し、破壊に至ったものと考えられる。また、図一 4 (d), (e) に示す様に、中強度型間詰材を用い、間詰幅を 150 mm, 200 mm に増加させると、間詰部は破壊せず、PCa 床版が圧壊して終局に至ることがわかった。また、図一 4 (f) のループ継手では、間詰部の圧縮縁が圧壊することがわかった。

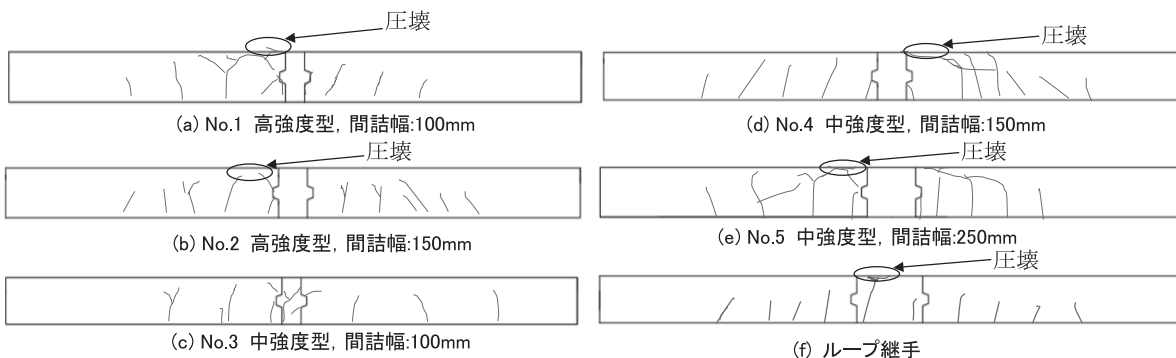


(a) No.1 高強度型, 間詰幅 100mm



(b) No.3 中強度型, 間詰幅 100mm

写真一 3 破壊性状の例



図一 4 ひび割れ図 (試験終了後)

以上より、高強度型間詰材を用いた場合、間詰幅を100 mm程度としても、ループ継手と同等以上の静的耐荷力を有し、接合部が破壊に至らず、弱点になっていないことがわかった。そこで、これ以降は、接合部の幅を小さくするために、高強度型間詰材（以降、高強度繊維補強モルタルと表記）を対象に検討を行うこととした。

4. プレート形状の最適化に関する検討

本接合構造において、プレート定着型鉄筋の配置間隔および鉄筋部の重ね継手長を一定とした場合、その定着性能を確保するためには、プレート寸法が大きな要因であり、施工性を考慮したうえで、良好な定着性能を得るためには、プレート間の応力伝達性能を考慮した最適なプレート寸法を検討する必要がある。そこで、高強度繊維補強モルタルを介したプレート定着型鉄筋における引抜荷重載荷時の相互のプレート間の応力伝達性能を、プレート寸法別に検討するために、本接合構造を用いたPCa床版間の接合部を模擬し、相互のプレート定着型鉄筋が一組の対になった形状の試験体を用いた定着性能試験を実施した。また、検討対象のプレート寸法における引抜荷重載荷時のプレート部の健全性を検討するために事前に引抜試験を実施した。

(1) プレート定着型鉄筋を対象とした引抜試験

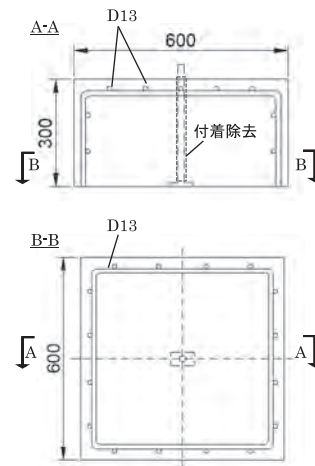
定着性能試験に用いるプレート形状の引抜荷重載荷時の健全性を確認するため、引張試験を実施した。これはプレート長辺の長さが大きいほど、同一引抜荷重載荷時のプレート中心部に作用する曲げモーメントが大きくなると懸念されたためである。ここでは施工性を考慮して長辺は70 mmとした。

(a) 試験概要

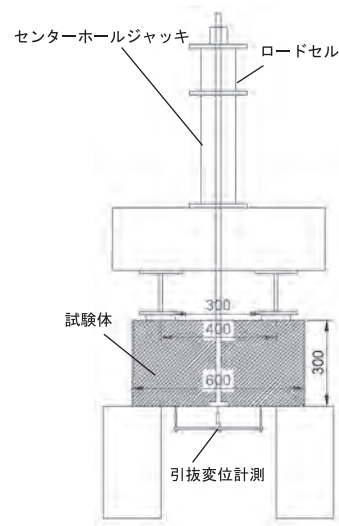
表一5に試験ケースを示す。引抜荷重載荷時にプレート部のひずみを抑えるには断面剛性を大きくすることが有効と考えられるため、プレート厚を試験要因とした。試験体寸法図を図一5に示す。試験体は鉄筋定着・継手指針⁸⁾で示されている機械式定着試験体を参考に製作し、試験体は曲げひび割れが発生しないよう十分な厚さとするとともに、外周に補強鉄筋を

表一5 試験ケース (引抜試験)

ケース	プレート寸法 (mm) (短辺×長辺×厚さ)	試験体数 (体)
CASE1	40 × 70 × 12	2
CASE2	40 × 70 × 16	2



図一5 試験体寸法図 (引抜試験)



図一6 載荷装置 (引抜試験)

配置した。なお、プレート定着型鉄筋の鉄筋部とコンクリートとの付着は除去している。プレート定着型鉄筋は、鉄筋部にSD345のD19鉄筋を使用し、プレート部材質はSM490とした。コンクリートは、粗骨材最大寸法を20 mm、呼び強度を24 N/mm²としたレディーミクストコンクリートを使用した。コンクリート部に本接合構造の間詰材である高強度繊維補強モルタルを使用しなかったのは、コンクリート部の剛性が小さいほど引抜荷重載荷時にプレートの変形が大きくなり、プレートの評価としては危険側になると考えたためである。なお、試験時のコンクリート強度は32.7 N/mm²である。図一6に載荷装置の概要を示す。載荷方法は鉄筋定着・継手指針を参考として、鉄筋の応力度履歴を「0 → 鉄筋の規格降伏応力度の95% (328 N/mm²) → 鉄筋の規格降伏応力度の2% (6.9 N/mm²) → 鉄筋の規格引張応力度 → 除荷」とした。計測項目は引抜荷重およびプレート定着型鉄筋のプレート

部引抜変位，プレート下面（鉄筋接合面の反対面）ひずみ，鉄筋部ひずみとした。図一七にプレート下面でのひずみの計測位置を示す。

(b) 試験結果

図一八に各ケースの鉄筋応力-プレート引抜変位関係を示す。いずれの試験ケースも鉄筋応力が規格引張強度に達するまで鉄筋部，プレート部は破断しなかった。プレート厚の大きいCASE2は荷重載荷初期からCASE1に比べて引抜変位が小さかった。鉄筋の応力が規格引張強度に達した際の引抜変位は，CASE1で平均0.18 mm，CASE2で平均0.12 mmとなり，CASE2ではCASE1に比べて約33%の引抜変位が抑制されていた。これは，プレート厚さを大きくしたことにより，断面剛性が大きくなり，プレート部の曲げに対する抵抗力が大きくなったためと考えられる。

図一九に各ケースの鉄筋応力が規格引張強度時のプレート下面ひずみを示す。すべてのケースのひずみ

分布は，プレート端部で引張域を計測し，プレート中心に向かうにつれ圧縮域に推移していった。ひずみが弾性限界に近いのはいずれも鉄筋接合部直上の圧縮ひずみであった。各ケースの最大圧縮ひずみに着目すると，CASE1では平均2047 μ ，CASE2では平均約1,316 μ となり，CASE2はCASE1に比べて約36%のひずみが抑制されていた。CASE1のプレート部の最大圧縮ひずみは，鉄筋応力が規格引張強度時は理論降伏ひずみ(1,625 μ)を超えているものの，鉄筋応力が規格降伏強度時は1,300 μ 程度で理論降伏ひずみを下回っていた。なお，プレートの端部と中心部でひずみの正負が変わるのは，プレート側方がコンクリートに拘束され，プレート端部と中心部とで曲率の正負が変わるためと考えられる。

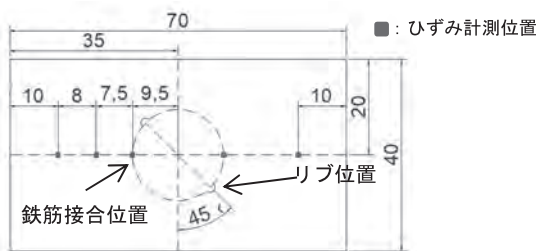
以上の結果より，本引抜試験の載荷条件において，長辺の長さが70 mmのプレート定着型鉄筋の引抜試験を実施したところ，プレート厚を12 mmから16 mmとすることで，引抜変位，プレート最大ひずみを約30~40%抑制でき，いずれのケースも鉄筋応力が規格降伏強度の際にはプレートの降伏は生じていないと考えられた。

(2) 定着性能試験による応力伝達性能の検討

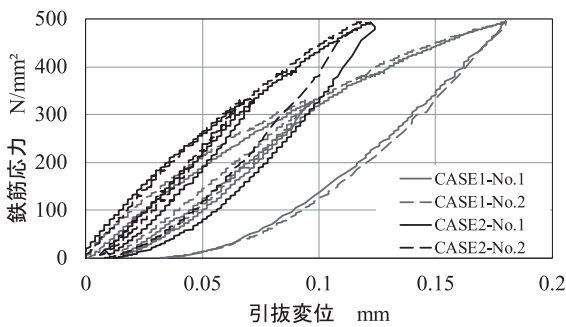
(a) 試験概要

図一十に試験体の寸法図，表一六に試験ケースを示す。プレート寸法は円型および矩形とした。道路橋示方書⁹⁾では床版における鉄筋かぶりを30 mmと規定しているため，各ケースともにプレート部のかぶりを30 mmに設定し，それに伴い鉄筋の芯かぶりを決定した。プレート厚を16 mmとしたDシリーズは，プレート背面とPCa床版間の充填性を考慮し，間詰幅を110 mmに設定した。プレート部を除く鉄筋部のラップ長は46 mmで統一した。

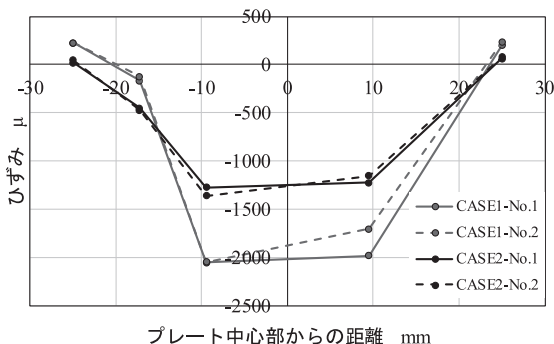
載荷側プレート部の引抜変位を計測するため，載荷側プレート部の中心に $\phi 5$ mmの鋼棒を溶接した。なお，鋼棒と間詰材との付着は除去している。プレート定着型鉄筋は，鉄筋部にSD345のD19鉄筋を使用し，矩形プレート部材質はSM490，円型プレート部材質S35Cとした。高強度繊維補強モルタルは専用プレミックス粉体と水と鋼繊維により構成されている。鋼繊維の体積混入率は2.3%とした。試験時の高強度繊維補強モルタルの圧縮強度は72.9 N/mm²であった。図一十一に載荷概要を示す。載荷装置は試験体を囲む鋼製フレームと載荷側のセンターホールジャッキで構成し，計測器として，載荷側のロードセル，固定側のロードセル，試験体上部のロードセルを設置し



図一七 プレート下面ひずみ計測位置



図一八 鉄筋応力-プレート引抜変位関係



図一九 規格引張強度時ひずみ-計測位置関係

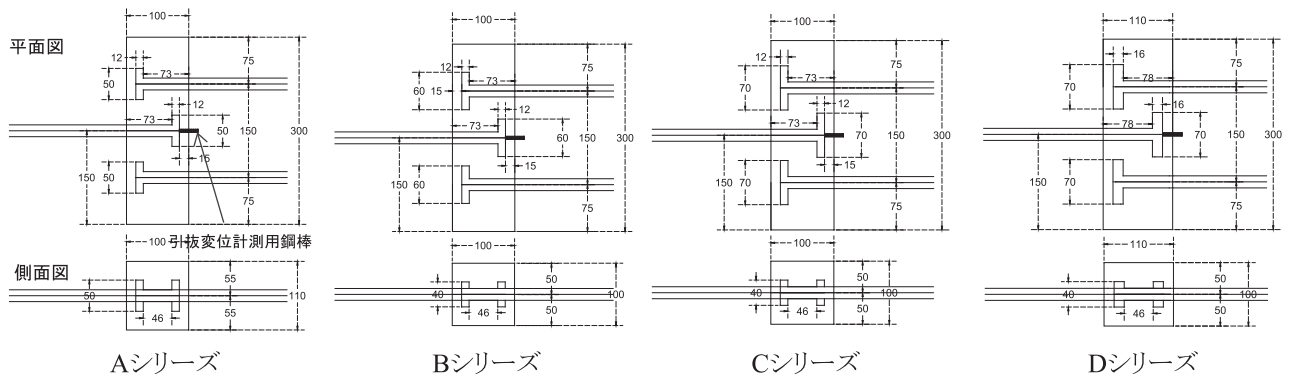


図-10 試験体寸法図 (定着性能試験)

表-6 試験ケース (定着性能試験)

試験ケース		プレート寸法 (mm) ※短辺×長辺×厚さ	間詰幅 (mm)	鉄筋芯 かぶり (mm)	荷重 方法
A シリーズ	A-1	円型φ 50×12	100	55	1
	A-2				2
	A-3				3
B シリーズ	B-1	40×60×t12	100	50	1
	B-2				2
	B-3				3
C シリーズ	C-1	40×70×t12	100	50	1
	C-2				2
	C-3				3
D シリーズ	D-1	40×70×t16	110	50	1
	D-2				2
	D-3				3

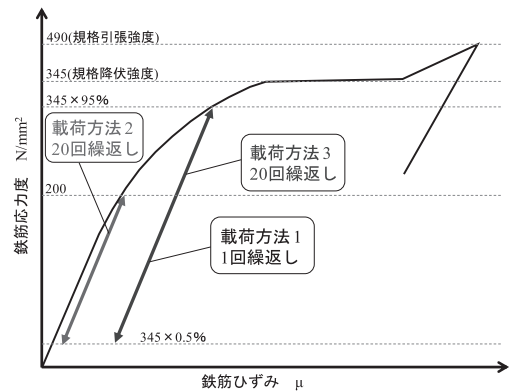


図-12 荷重方法 (定着性能試験)

抜変位およびプレート下面ひずみとした。なお、プレート下面ひずみの計測位置は、引抜試験で最大の圧縮ひずみが計測された位置とし(鉄筋接合部の反対面位置)、試験体長手方向における2点の計測を行った。

(b) 試験結果

表-7に各ケースの試験結果を示す。図-13に各ケースの鉄筋応力-プレート引抜変位関係を示す。A-1, A-3, B-2は鉄筋応力度が規格引張強度に達する以前にコーン状の破壊を呈して破壊した。A-1, B-2, C-1, D-1の試験後状況を写真-4に示す。A-1の破壊面を確認すると、荷重側プレートと固定側プレートのプレート縁を結んだ界面でコーン状破壊が生じていた。未破壊のケースではいずれも荷重側プレート定着型鉄筋のプレート部形状に沿ったひび割れおよび荷重側プレート定着型鉄筋根本に付着割裂ひび割れが確認された。なお、プレート引抜変位において、荷重方法の違いによる大きな差は確認されなかった。Dシリーズは他シリーズに比べてプレート変位が小さいことがわかった。Cシリーズは引抜変位がDシリーズに比べて大きいものの、Dシリーズ同様に規格引張強度まで破壊することはなかった。プレート長辺の長さが長いC, Dシリーズはプレート長辺の長さが短いA, Bシリーズに比べて、間詰材の破壊が防止されたと考え

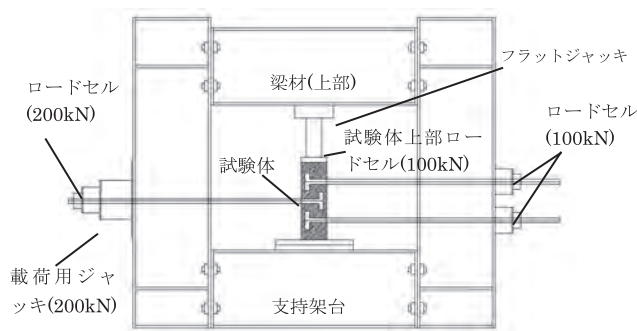
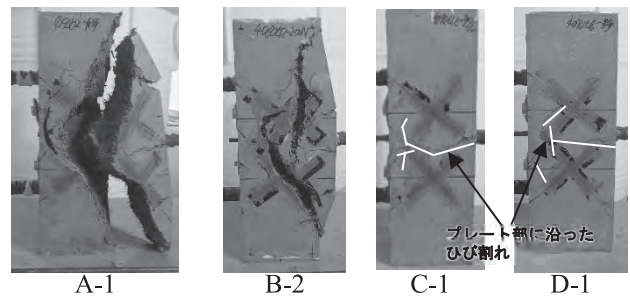


図-11 荷重概要 (定着性能試験)

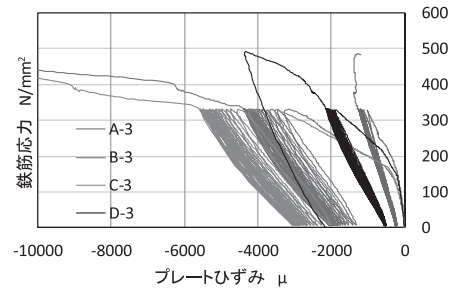
た。図-12に荷重方法を示す。各シリーズで3つの荷重方法で試験を実施した。いずれの荷重方法も規格引張強度まで荷重後に除荷した。荷重方法2は道路橋示方書に示される鉄筋の許容応力度を上回る200 N/mm²の繰返し荷重を実施し、荷重方法3は鉄筋の規格降伏応力度の95%の応力度で繰返し荷重を実施した。また、計測項目は荷重側、固定側のプレート定着型鉄筋の引抜荷重、試験体上部に生じる上部拘束荷重、荷重側プレート定着型鉄筋におけるプレート部引

表一七 試験結果 (定着性能試験)

試験ケース	終局状態	破壊時鉄筋 応力度 (N/mm ²)	最大プレート 引抜変位 (mm)	荷 荷 方 法	
A シリーズ	A-1	コーン状 破壊	460	2.30	1
	A-2	破壊せず	-	0.81	2
	A-3	コーン状 破壊	486	1.01	3
B シリーズ	B-1	破壊せず	-	0.70	1
	B-2	コーン状 破壊	482	0.70	2
	B-3	破壊せず	-	0.78	3
C シリーズ	C-1	破壊せず	-	0.81	1
	C-2	破壊せず	-	0.81	2
	C-3	破壊せず	-	0.79	3
D シリーズ	D-1	破壊せず	-	0.48	1
	D-2	破壊せず	-	0.46	2
	D-3	破壊せず	-	0.51	3



写真一四 試験後状況 (定着性能試験)



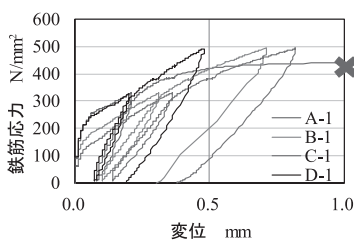
図一四 鉄筋応力-プレートひずみ関係

られる。図一四に荷重方法3の鉄筋応力-プレートひずみ関係を示す。なお、ひずみは最大ひずみを計測した箇所の値を用いている。Aシリーズにおいては、破壊したケースはいずれも最大ひずみが2,000μ以内であり、プレートの変形が小さい段階で間詰材が破壊に至った。B, Cシリーズは、いずれの荷重方法においても、最大荷重時のひずみは5,000μを超えており、プレートは完全に降伏していた。また、鉄筋応力が100~200 N/mm²間で、B, CシリーズはA, Dシリーズに比べて、鉄筋応力に対するプレートひずみが顕著に大きくなりはじめている。図一三に示す鉄筋応力-引抜関係でも同様に100~200 N/mm²間でB, Cシリーズは、A, Dシリーズに比べて、鉄筋応力に対する引抜変位が顕著に大きくなりはじめている。プレート部の変形により、プレート引抜変位が大きくなったものと考えられる。

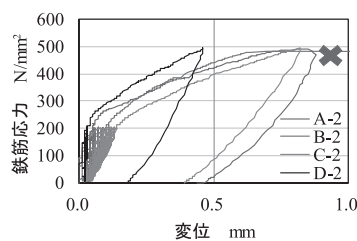
5. おわりに

(1) 高強度型間詰材を用いた場合、本研究の範囲(100~250 mm)では間詰幅によらず、荷重-たわみ関係と最大荷重はループ継手のそれを上回り、間詰部では破壊しないことがわかった。一方で、中強度型間詰材を用いた場合では、本研究の範囲では間詰幅を150 mm以上にすれば、接合部では破壊せず、荷重-たわみ関係と最大荷重はループ継手のそれを上回ることがわかった。

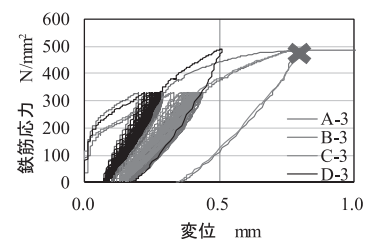
(2) 引抜試験を行った結果、プレート厚を12 mmから16 mmにすることで、プレート引抜変位を約30%、最大プレートひずみを約35%低減できることがわかった。また、定着性能試験を行った結果、長辺の長さが60 mm以下では、鉄筋の規格引張強度に達する前にコーン状の破壊を示すケースがあるものの、長辺の長さが70 mmではすべてのケースで鉄筋の規格引張強度に達して未破壊となることがわかった。また、引抜試験結果と同様に、プレート厚さが変形性能



荷重方法X (単調荷重)



荷重方法Y (200N/mm²繰り返し荷重)



荷重方法Z (0.95fyk繰り返し荷重)

図一三 鉄筋応力-プレート引抜変位関係

に大きく影響を及ぼし、プレート厚さを 12 mm から 16 mm とすることで、プレート引抜変位が約 30～40%低減され、プレートひずみも大幅に低減された。

JICA

《参考文献》

- 1) 島崎 利孝, 川口 哲生, 武田 均, 趙 唯堅: プレート定着型鉄筋を用いたプレキャスト床版継手構造の応力伝達性能, 第 30 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.463-468, 2021.9.
- 2) 川口 哲生, 島崎 利孝, 武田 均, 趙 唯堅: プレート定着型鉄筋を用いたプレキャスト床版接合構造の耐荷特性, 第 30 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.625-630, 2021.9.
- 3) 高橋 祐輔, 川口 哲生, 城戸 靖彦, 清水 喬文: プレート定着型鉄筋を用いた新しい床版接合構造の適用に向けた設計検討, 第 30 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.489-492, 2021.9.
- 4) 土木研究センター: プレート定着型せん断補強筋「Head-bar」, 建設技術審査証明報告書, 2012
- 5) NEXCO 三社 NEXCO 試験方法 第 4 編 構造関係試験方法 令和元年 7 月
- 6) NEXCO 三社 設計要領第二集 橋梁保全編 令和元年
- 7) 土木学会編: エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 [改訂版], コンクリートライブラリー 112, 2003

- 8) 土木学会: 鉄筋定着・継手指針「2020 年版」, コンクリートライブラリー 156, 2020
- 9) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 (鋼橋編), 2012

【筆者紹介】

川口 哲生 (かわぐち てつお)
大成建設
技術センター 社会基盤技術研究部
先端基盤研究室 先端工法チーム
課長

武田 均 (たけだ ひとし)
大成建設
技術センター 社会基盤技術研究部
先端基盤研究室 先端工法チーム
チームリーダー

趙 唯堅 (ちょう ゆいけん)
浙江大学
教授



場所打ちコンクリート拡底杭における 引抜き抵抗力の経済的な設計手法の開発

水谷 剛・山口 薫・内田 崇彦

場所打ちコンクリート拡底杭は、支持力だけでなく引抜きに対する抵抗力も大きいことが既往研究で多く確認されている。しかし、告示式では拡底形状を考慮した引抜き抵抗力を算定することができないため、不経済な設計となっている。このため、杭施工会社2社と共同で実大杭の引抜き試験等を実施し、拡底杭の引抜き抵抗力の設計に関して審査機関から評定を取得した。これにより、従来と同様の拡底杭工法で引抜き力に対して経済的な設計が可能となった。

キーワード：基礎，場所打ちコンクリート拡底杭，設計の合理化，コンクリート数量削減，設計評定取得

1. はじめに

(1) 開発の背景と目的

現在、様々な物件で採用されている「場所打ちコンクリート拡底杭（以下、拡底杭）」は、第三者審査機関である（一財）日本建築センターの評定工法による杭である。

図-1に示すように杭の先端部を拡幅し、支持層と接する杭底部周辺のみ径を大きくすることで、従来のストレート杭（以下、直杭）と比較して、支持力の高い基礎構造を合理的に設計することが可能となる。

杭先端の拡底形状は、杭を押込む方向に対する支持力だけでなく、杭を引抜く方向に対する引抜き抵抗力にも有効であることが、さまざまな既往研究¹⁾で確認されている。模型杭を用いた引抜き載荷試験²⁾に関して、試験結果の一例を図-2に示す。

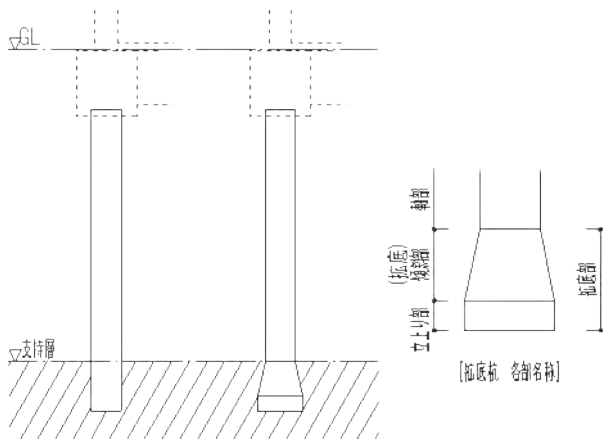


図-1 拡底杭の模式図

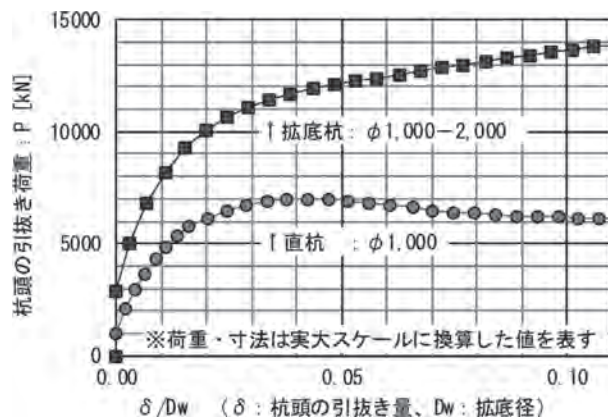
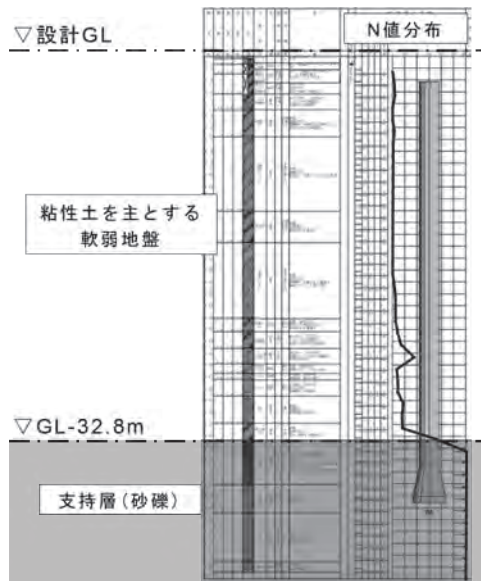


図-2 模型杭の引抜き試験結果の例²⁾

図-2の横軸は杭頭位置での引抜き量、縦軸は杭頭位置での引抜き荷重(=模型杭全体の引抜き抵抗力)を表し、直杭形状と拡底杭形状それぞれの模型杭について引抜き試験の結果を比較したものである。図-2から、直杭と比較して拡底杭が大きな引抜き抵抗力を有することが確認される。

一方、実務設計における拡底杭の引抜き抵抗力は、実験など特別な調査・研究を行わない限り、拡底形状を無視した直杭として設計を行うことになっている。このため、図-3に示すような地盤条件（支持層の位置が深く支持層以浅の摩擦が期待できない）において、大きな引抜き力を受ける杭基礎を設計する場合、強固な支持層に径の大きい杭を長く根入れする設計が必要となる。

また、支持層にはN値が60を超える砂礫のような頑強な地盤が選定されるため、支持層への杭の根入れが長くなるほど施工の負荷が高くなり、様々な面（工



図一3 引抜きを受ける杭に不利な地盤条件の例

期、労務、施工に要する設備等)で不経済となっている。

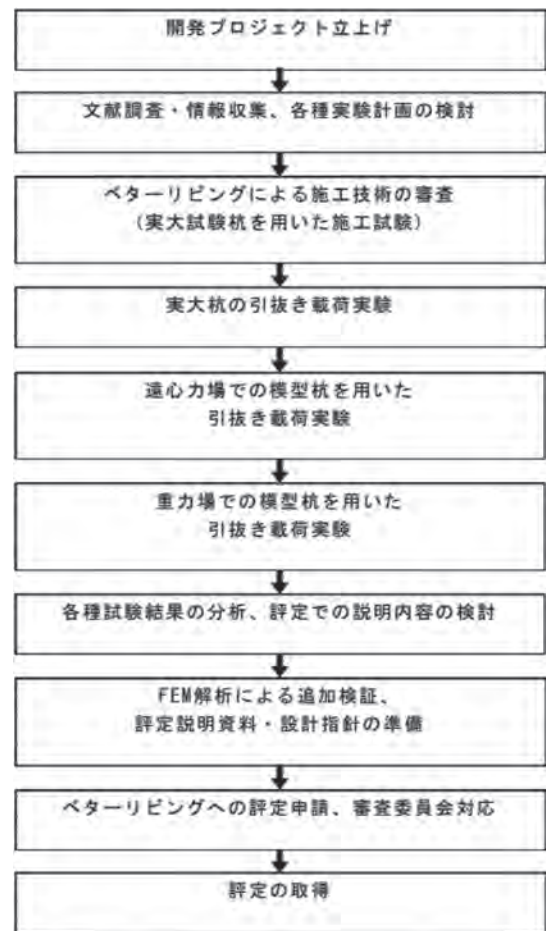
そこで、拡底杭が保有する大きな引抜き抵抗力を実務設計に活かすことができるよう、拡底杭の引抜き抵抗力に関する評定を第三者審査機関（(一財)ベターリビング）から取得するための開発に取り組んだ。その成果として、2021年5月6日付で評定（CBL FP008-20号）の取得を達成した。評定を取得することで、確認申請や構造計算適合性判定等において従来設計と同様に円滑な審査を受けることが可能となる。

(2) 開発の概要と工法名称

開発するにあたって、杭施工会社である雄正工業^{ゆうしょう}（株）及び、トワードリル工業（株）と3社共同での開発に取り組んだ。なお、開発対象となる工法の名称は、杭施工会社2社が「S-HND工法」と称する拡底杭工法を保有していることを考慮して、「S-HND_SK-NEO工法^{エスハンド エスケーネオ}（通称：SK-NEO杭 以下、本工法）」とした。また、S-HND工法は杭頭鋼管巻き工法「STBC-SR II工法」に対応しており、本工法もSTBC-SR II工法と組み合わせることが可能である。

開発プロジェクトは2016年に立ち上げられ、目標とした評定の取得までに5年の歳月を要した。開発が長期化した主な要因として、いわゆる「杭の支持層への未達問題（2015～2016）」の影響を受け、審査機関の対応が従来と比較して厳格化されたことがあげられる。

図一4に開発プロジェクトの活動概要をフロー図で示す。



図一4 開発プロジェクトの活動概要

2. 工法の特徴

(1) 評定の適用範囲

本工法の評定に関する主な適用範囲を表一1、関連する模式図を図一5にそれぞれ示す。本工法では、拡底部が根入れされる地盤を「定着地盤」と定義し、図一5に示す対象部位が定着地盤の中に全て根入れされることが評定の適用条件の一つとなっている。

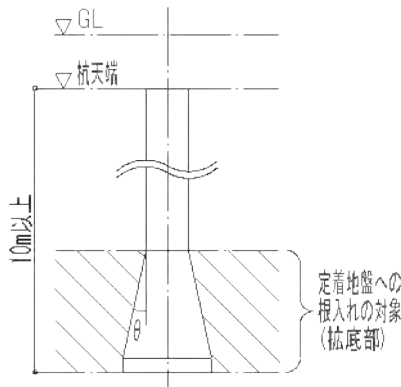
定着地盤には土質の種類や強度に関する条件が設けられているため、評定適用の可否について設計段階でチェックする必要がある。特に、定着地盤の土質については図一6に示すように（公社）地盤工学会が定める「地盤材料の工学的分類法（JGS 0051-2009）」に基づく土質の分類により判断されるため、対象とする地盤の分類をあらかじめ確認する必要がある。なお、本工法の定着地盤の対象は図一6中の◎表記のものが該当する。

また、表一1では先行他社による既工法：Me-A工法の適用範囲を表記している。Me-A工法は、拡底杭工法：new ACE工法を対象に、引抜き力に有利な設計を可能とする工法である。杭の形状やコンクリート設計基準強度についてはMe-A工法の適用範囲が若干

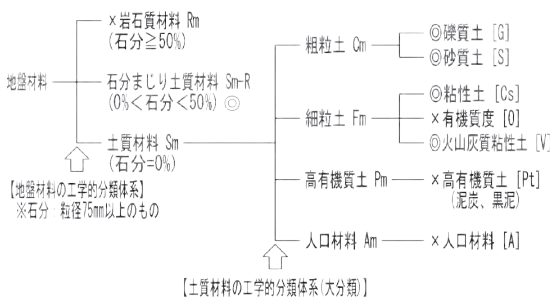
表一 1 評定の適用範囲

項目	本工法	既工法 Me-A 工法 ^{*1}
軸径	1.00 m ~ 3.50 m	1.00 m ~ 4.00 m
拡底径 (施工径)	1.20 m ~ 4.70 m	1.20 m ~ 4.80 m
拡底傾斜部の角度: θ	4.3° ~ 12.0°	12.0° 一定
最大拡径比 ^{*2}	2.10	2.20
最大拡底率 ^{*3}	4.00	4.62
拡底部の位置に関する条件	☆拡底部が全て定着地盤 (※4) に根入れされること ☆杭天端~杭先端までの長さ 10m 以上	
定着地盤 ^{*4} の条件	☆液状化のおそれのない、N 値 30 以上の砂質地盤 ☆洪積層のうち、一軸圧縮強度 200 kN/m ² 以上の粘性土地盤 ☆拡底部の地盤反力により定着地盤が破壊しないこと (別途検討) *対象となる土質は図一6による (土丹などの特殊な地盤や岩盤は対象外)	
最大施工深度	施工地盤から 65 m (杭先端位置)	※5
コンクリート設計基準強度	18 N/mm ² ~45 N/mm ² * S=3 N/mm ²	18 N/mm ² ~60 N/mm ² ※6

- ※1: 拡底杭に相当する Me-A (2) 杭を比較対象とする
- ※2: 拡底径 (施工) ÷ 軸径を表す
- ※3: 拡底有効断面 ÷ 軸部断面を表す
- ※4: 「拡底部が根入れされる地盤」と定義する
- ※5: Me-A 工法では中間拡径部の深度を規定している
- ※6: S 値は拡底杭工法: new ACE 工法に準拠する



図一5 適用範囲等に関する模式図



図一6 定着地盤の対象となる土質

広いが、定着地盤など評定の主要項目に関する条件については同等となる。

(2) 引抜き抵抗力の評価

設計時の引抜き抵抗力に関して、従来設計と本工法とで比較したものを表一2に示す。杭の引抜き抵抗力は、杭体と周辺地盤との摩擦抵抗に期待する設計が基本となる。ここで、本工法の短期荷重に対する引抜き抵抗力の算定式を (1) 式に示す。

$$tR_a = \frac{2}{3} (\lambda \bar{N}_s L_s + \mu \bar{q}_u L_c) \phi + w_p \quad (1)$$

- tR_a 地盤の短期引抜き方向の許容支持力 (kN)
- \bar{N}_s 軸部及び拡底立上り部分 平均 N 値が 30 を超える場合は 30
拡底傾斜部分 平均 N 値が 60 を超える場合は 60
- L_s 砂質地盤に接する長さの合計 (m)
- \bar{q}_u 軸部及び拡底立上り部分 平均値が 200 を超える場合は 200
拡底傾斜部分 平均値が 1000 を超える場合は 1000
- L_c 粘土質地盤に接する長さの合計 (m)
- w_p 基礎杭の有効重量 (kN)
- θ 軸部に対する拡底径による傾斜角 ($4.3^\circ \leq \theta \leq 11.9^\circ$)
- ϕ 杭の周長 (m)

- λ : 砂質地盤の支持力係数
 拡底傾斜部分 $\lambda = \left(\frac{4}{9} \theta + \frac{8}{3} \right)$
 軸部、拡底立上り部 $\lambda = \frac{8}{3}$
- μ : 粘土質地盤の支持力係数
 拡底傾斜部分 $\mu = \left(\frac{1}{120} \theta + \frac{2}{5} \right)$
 軸部、拡底立上り部 $\mu = \frac{2}{5}$

告示で規定されている設計式では、砂質地盤との摩擦抵抗に関して、設計時に考慮できる N 値の上限は 30 であったが、本工法では拡底傾斜部に接する部分において、N 値を 60 まで考慮することが可能となる。また、設計式における支持力係数: λ に関して、従来設計の 2.67 に対し、本工法では拡底傾斜部の角度 θ に応じて 4.57 ~ 8.00 の λ を採用することができ、 θ が大きいほど拡底傾斜部に接する部分の支持力係数が大きくなる。

粘性土地盤についても、砂質地盤と同様となっている。支持力係数に関しては従来設計と大きな差異はないが、設計で採用できる一軸圧縮強度: q_u の上限値が、従来設計の 200 kN/m² と比較して本工法では拡底傾斜部に接する部分において 1,000 kN/m² まで採用することが可能となる。なお、本工法では q_u に関して、土質試験により直接確認することを原則としている。

また、表一2では表一1と同様に Me-A 工法との

表一 引抜き抵抗力の評価に関する比較

項目		従来設計 (軸部)	本工法 (拡底傾斜部)	既工法：Me-A工法 (拡底傾斜部)
砂質地盤	設計上のN値の採用値	$N_s \leq 30$	$30 \leq N_s \leq 60$	
	支持力係数 λ	2.67	$\lambda = 4/9 \times \theta + 8/3$ ※ ($\lambda = 4.57 \sim 8.00$)	$\lambda = 8.00$
粘性土地盤	設計上のquの採用値 [kN/m ²]	$qu \leq 200$	$200 \leq qu \leq 1,000$	
	支持力係数 μ	0.40	$\mu = 1/120 \times \theta + 0.40$ ※ ($\mu = 0.43 \sim 0.50$)	$\mu = 0.50$

※ θ は拡底傾斜部の角度[deg]を表す
 なお、 θ の数値は軸径・拡底径・拡底バケットの組合せにより決定する(例：表3参照)

比較を示している。表一から、地盤強度の採用値は同一であるが、支持力係数に関してMe-A工法では値が一定である点が本工法と異なっている。これは、Me-A工法では拡底バケットの機構から拡底傾斜部の角度 θ が 12° と一定であることに起因している。

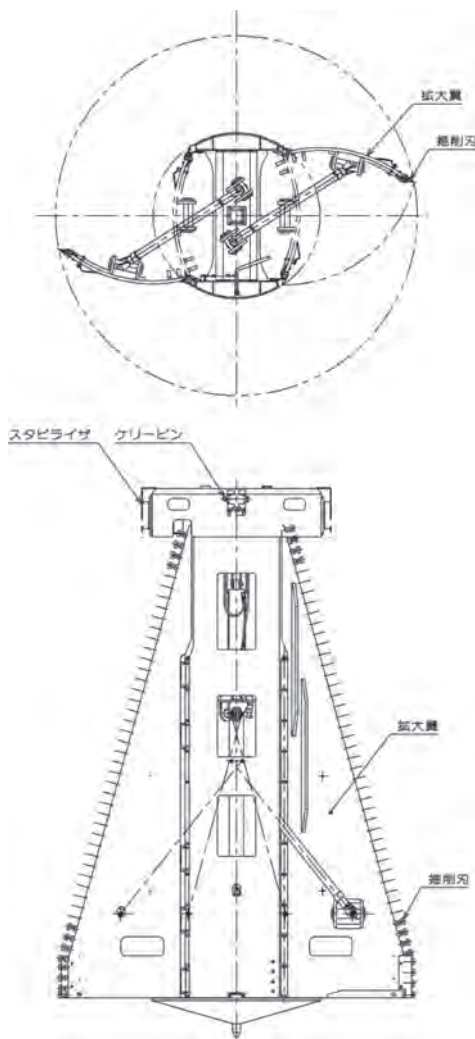
それに対して、本工法における拡底バケットは、図一七に示すように拡大翼を開きながら拡底形状を設定するため、拡大翼の位置によって傾斜部の角度が $4.3^\circ \sim 11.9^\circ$ の範囲で変化するのが特徴となっている。こ

れは同じ軸径と拡底径の組合せであっても、バケットの種類により拡底形状が異なることを意味している(図一八参照)。

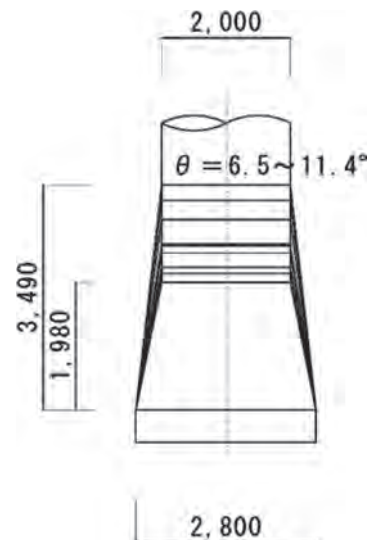
表一三に同じ軸径と拡底径の組合せに対して適用可能な拡底バケットごとの形状、支持力の違いを示す。表一三を見ると傾斜角が大きい方が支持力係数は大きくなるが、拡底高さが低くなるため、支持力算定上は傾斜角が小さい方が高くなるのがわかる。

バケットごとに形状が異なるのは、設計者が拡底形状を決めることができるというメリットがある反面、施工時のバケットを設計時に確定しなければならないというリスクを負うことになる。軸径と拡底径の組合せに対して設計上どの範囲のバケットを想定しておくのが効率的なのかが今後の課題となっている。

その他の注意点として、本工法では引抜き抵抗力の評価において土塊重量による制限を考慮している。具体的には、(1)式で算定される引抜き抵抗力に対し、本工法では図一九に示す対象範囲の土塊によって決まる引抜き抵抗力を上限値としている。これは、拡底部の位置が地表面から浅い場合に生じる想定外の破壊を防止するための設計上の配慮となっている。



図一七 拡底バケットの機構図



図一八 拡底バケットによる形状と θ との関係例

表一3 同一軸径・拡底径のバケット組合せ例

軸径 [mm]	拡底径(施工) [mm]	型番	傾斜部高さ [mm]	傾斜部側面積 ^{※2} [㎡]	傾斜角 θ [deg]	支持力係数 λ	引抜き抵抗力 ^{※3} [kN]
2,000	2,800	BK17	2,120	15.86	10.70	7.42	4650
		BK15-Ⅲ	2,210	16.52	10.28	7.24	4750
		BK16-Ⅲ	2,430	18.13	9.36	6.83	4900
		BK20	2,550	19.00	8.90	6.62	5000
		BK17-Ⅲ	2,570	19.15	8.86	6.60	5000
		BK18-Ⅲ	2,950	21.93	7.72	6.10	5300
		BK19-Ⅲ	3,250	24.13	7.01	5.78	5550
BK20-Ⅲ	3,490	25.90	6.54	5.57	5720		
2,000	2,800	既工法 ^{※1}	1,882	14.13	12.00	8.00	4500

※1: Me-A工法を適用した場合の参考値を表す

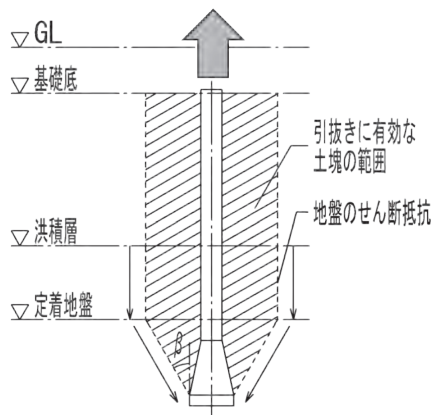
※2: 拡底径(有効径)に対する側面積を表す

※3: 定着地盤の平均N値を60と仮定し、拡底傾斜部のみを対象に算出した数値(短期荷重相当)を表す

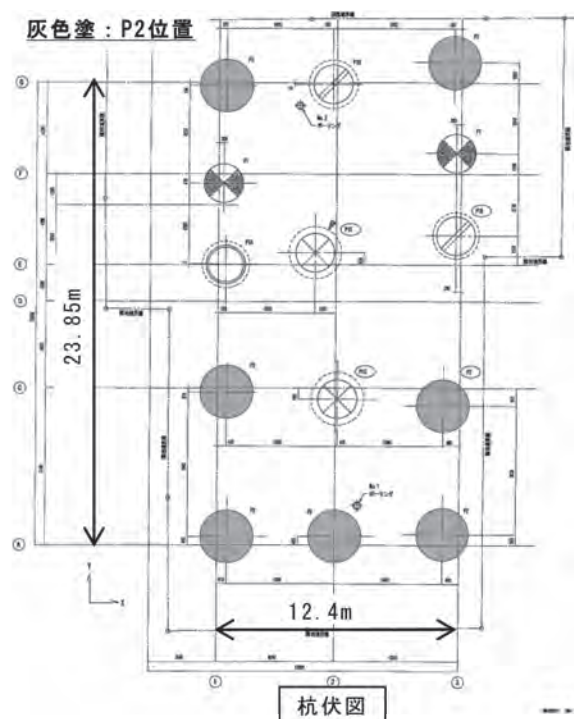
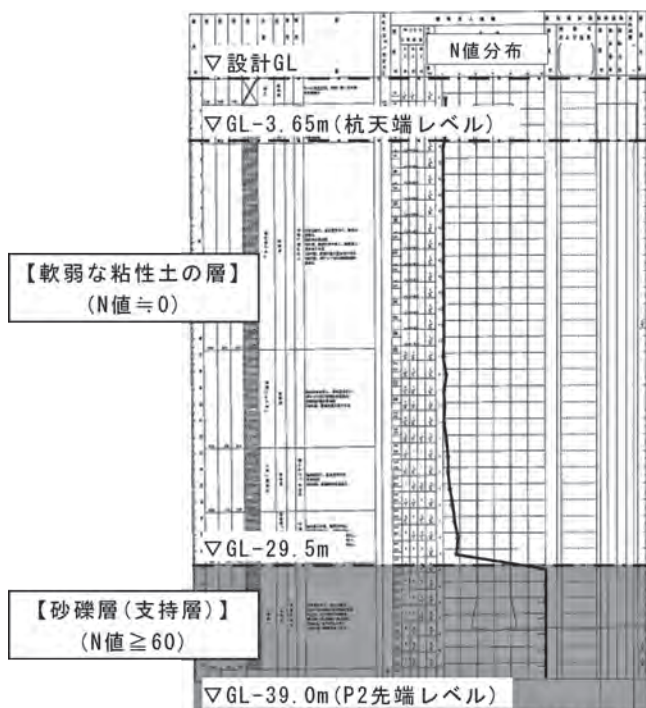
3. 従来設計との杭断面の比較例

上層に軟弱地盤が続き、強固な支持層が深い位置にある敷地条件において、大きな引抜き力を受ける杭基礎を従来設計で行った事例を図一10に示す。当事例は地表付近からGL-29.5m程度まで摩擦抵抗を期待することができない軟弱な粘性土地盤が占め、GL-29.5m付近からN値が60を超える固い砂礫層(支持層)が出現する地盤構成となっている。全14本のうち杭先端レベルがGL-33.5mの直杭・拡底杭が7本(ϕ 2,000mm)、残りの7本がGL-39.0mの直杭:P2(ϕ 2,700mm)となっている。P2は支持層に10m程度根入れされていることから、引抜き抵抗用の杭となっている。

ここでは、P2を対象に告示式と評定式との比較を



図一9 土塊で決まる引抜き抵抗力



図一10 大きな引抜き力を受ける杭基礎の物件例

行う。評定式の拡底径はP2と支持力を揃えるため同じ有効径φ2,700mm(施工径φ2,800mm)とし、軸径はP2以外の軸径φ2,000mmとする。定着地盤(砂礫層)に対する拡底部の根入れを確実にするため、根入れ長さに1mの余長を加える。

検討結果の一覧を表-4、根入部分の比較図を図-11にそれぞれ示す。P2の短期許容引抜き抵抗力は、砂礫層への根入れ長さ9.5mに対して告示式では約4,300kNと算定される。

表-4 引抜き抵抗力の設計値に関する比較 (P2)

項目	従来設計	本工法 (支持層=定着地盤と仮定)
軸径 [mm]	2,700	2,000と仮定 (P2以外の軸径)
拡底径(有効) [mm]	-	2,700 ※施工径は2,800
拡底バケット	-	BK17 (θ=10.70°)
支持力係数λ	2.67	7.42
砂礫層への根入れ長 [m]	9.5	3.7
短期許容引抜き抵抗力 [kN]	4,300	5,250
根入れ部の杭体数量 [m ³]	54.4	16.2

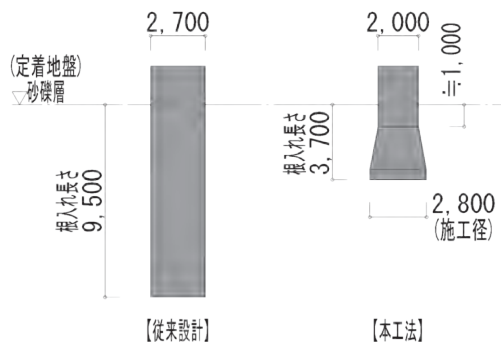


図-11 表-4における根入れ長さの比較

一方、本工法を適用すると拡底傾斜部が負担する大きな引抜き抵抗力を考慮することにより、根入れ長さ3.7mに対して5,250kNの引抜き抵抗力を採用することが可能となる。

表-4から、砂礫層への根入れ部に関して杭体コンクリートの体積を比較すると従来設計の54.4m³に対して本工法の拡底杭は16.2m³にまで減少し、軸径が細くなることにより杭全体では50%以上の削減量となる。杭頭が負担する地震力により杭頭部に鋼管巻きが必要となる等の可能性は生じるが、排土量、コンクリート数量での大きなコストダウンが期待できる。

4. 工法適用上の注意点

ここでは、本工法の適用にあたっての主な注意点を設計時と施工時に分けて述べる。

(1) 設計時

①定着地盤が施工管理上明確であることが求められる。図-12に示すような同質の砂質地盤で地盤条件におけるN値50以上の洪積砂層は、上部の沖積砂層と比較して地層間の土質変化が小さいため、掘削土の観察では位置を特定することが困難となる。こうした地盤を本工法の定着地盤に採用する場合、安全側の設計とするための定着地盤レベルの設定や施工時の具体的な管理方法の検討等、施工面を含めた細心の配慮が要求される。

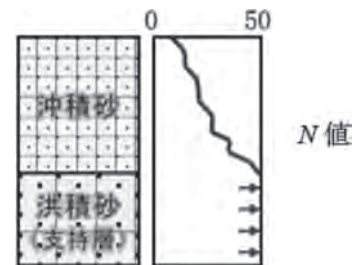


図-12 定着地盤レベルの管理が困難な例 (文献4から、図5.1-11の一部を引用)

- ②評定上拡底部が定着地盤内に全て根入れされていることが条件なので、設計図には定着地盤のレベルと必要根入れ長さの明記を求めている。
- ③拡底部が大きな引抜き抵抗力を負担するため、杭体の設計において主筋の付着応力度(軸部-拡底部間の伝達)や拡底部に対するコンクリートのせん断応力度(軸部から突出する部分)の検討を求めている。
- ④本工法では、評定保有3社にて「S-HND SK-NEO 工法技術委員会」を組織し、本工法を適用した杭について評定との適合性を物件ごとにチェックを行っている。確認申請を提出する場合は、事前に設計図書確認書を発行することにより、佐藤工業以外が設計者となる物件に対しても、本工法を適用することが可能である。

(2) 施工時

①杭工事の管理内容は基本的に通常の拡底杭と同様であるが、「定着地盤に対する根入れ長さの確保」が重要な管理項目として追加される。具体的には、定着地盤の出現深度の確認、その出現深度に応じた杭先端位置の管理等が相当する。

②本工法を適用した杭の施工会社は、評定を保有する雄正工業(株)、またはトーワドリル工業(株)のいずれかに限定される。

5. おわりに

設計評定の取得をもって開発の取組みは終了するが、工法そのものは実物件に適用可能な条件が揃った段階であり、ようやくスタートラインに立てた状態である。今後、実施物件を重ねることにより効率的、経済的な工法の運用方法の向上を図っていきたい。

謝 辞

共同で開発に取組んだ雄正工業(株)、およびトーワドリル工業(株)の2社には、実大杭の引抜き試験における試験杭の施工を中心にご協力いただいた。この場を借りて深く感謝申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- 1) 山肩邦男, 角康弘, 清水俊久, 筒井通剛: 砂地盤中の模型拡底杭の引抜き耐力に関する研究, 第17回土質工学研究発表会 発表講演集, pp.2109-2112, 1982.06

- 2) 二川和久, 内田崇彦: 拡径比や拡底部の傾斜角度に着目した拡底杭の引抜き抵抗力に関する遠心模型実験 (その1) (その2), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東北), pp.749-752, 2018.09
- 3) 場所打ちコンクリート杭の品質管理のポイント, 日本建設業連合会 地盤基礎専門部会 場所打ちコンクリート杭の品質管理の現状と課題 WG, p.28, 2017.06

【筆者紹介】

水谷 剛 (みずたに つよし)
佐藤工業(株) 技術センター
副センター長



山口 薫 (やまぐち かおる)
佐藤工業(株) 技術センター
建築研究部長



内田 崇彦 (うちだ たかひこ)
佐藤工業(株) 技術センター
建築研究部



サイフォン送水で大幅な「コスト縮減」を達成！

送水作業時に電気(燃料)が不要＝「コスト縮減」＝「カーボンニュートラル」に貢献
ハイブリッドサイフォン送水装置の開発

馬 渕 和 三

「低コスト」で「高品質」な建設現場を達成するために「生産性の向上」を外して考えることはできない。なぜなら、その現場の従事者の「働き方改革」の達成にも大きな影響を及ぼすからだ。

河川や砂防の工事では現場をドライな状態にする必要がある。そのためには水中ポンプなど仮設排水設備を欠かすことができない。しかし、それに伴う燃費などランニングコストが膨大となっていた。しかし、排水作業は工事の施工に欠かせないため、高額でも必要なコストとし、止むを得ないと受け止めてきたのが現実である。工事が完成した時点で仮排水作業に費やした燃費や維持費用は、コンクリート構造物のように目に見える形で存在することは無い。この消えてしまう部分に掛かる費用を軽減することが「コスト縮減」に繋がり「生産性の向上」に繋がると考える。

近年では、建設工事だけではなく自然災害に備えるため、ダムやため池での「低水位管理」や「事前放流」が防災手法として注目されている。「ハイブリッド・サイフォン送水装置」(以下、本システムという)は「サイフォン単独送水作業」と「サイフォンと水中ポンプとを併用した送水作業」に切替えて使用が可能である。

本稿では本システムが「大容量排水作業」が可能で、さらに「脱炭素社会の構築・カーボンニュートラル」宣言が追い風となって、河川砂防工事の排水作業や、発電所ダムの排砂放流作業、老朽化した「防災重点ため池」の低水位管理や事前放流の防災手法としても活用され始めたので、その事例を含めて報告する。

キーワード：サイフォン送水、燃費0円、大容量排水、防災重点ため池、低水位管理、事前放流

1. はじめに

本システムについて、その主たる特長を説明する。

(1) サイフォン起動方法とコスト縮減

図—1の基本的な配管を完了後、サイフォン起動のため水中ポンプを稼働して送水ホース内へ注水作業を開始する。

約1分程で送水ホース内が満水状態で流れるようになったら遠隔操作で水中ポンプの送水作業を停止すると、ワイ・ガッチャン(図—1, 写真—1)の流れの方向切換え機能が働いて水中ポンプの流れから電気(燃料)を使用しないサイフォンによる送水作業に自動的に切り替わる仕組みとなっている(図—2)。揚程7m以下の場合サイフォン単独送水作業が可能であるため燃料や電気(以下「燃料」と記す)を殆んど消費しないため大幅なコスト縮減を達成できることとなった。

その事例として、富山県の発電所のダム改修工事で

は、Φ200mmのハイブリッド・サイフォンが6条配管で設置され、吸水側ホース延長10m、吐出し側ホース延長60m、揚程3m、水頭差10mの現場条件で採用された。試算によると、施工期間6ヶ月×3年間の工期でドラム缶2,470本分の軽油の消費を無くすことに成功した。金額にして7,400万円もの燃料費を節約してコスト縮減を達成することとなる。サイフォン起動時に発電機を稼働し水中ポンプを使用するが、約1分間の軽油の消費量はお猪口約8杯分である。令和3年度施工中に於いて軽油の値上がりが著しく、着工時には軽油単価が120円台/ℓであったが2～3ヵ月後には150円台/ℓまで急騰し、水中ポンプを稼働して発電機を使用していたら500万円程の追加燃費予算が必要となっていた。しかし、サイフォン送水装置を採用していたため、現場からは「燃料が値上がりしてバックホーなどの重機の燃料代が多く掛かるようになっていくが、このサイフォン送水装置には燃料の値上がりは関係ないね。」との声が聞こえた。

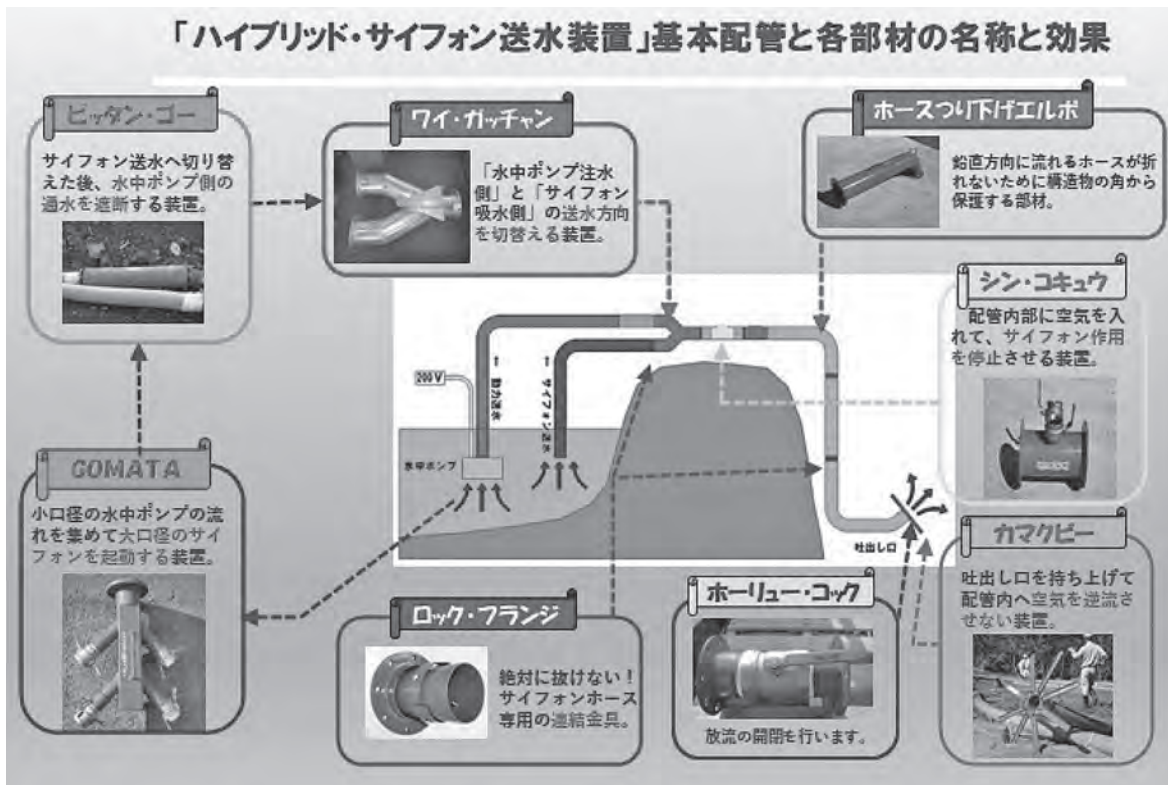


図-1 本システムの基本配管と各部材の名称と効果

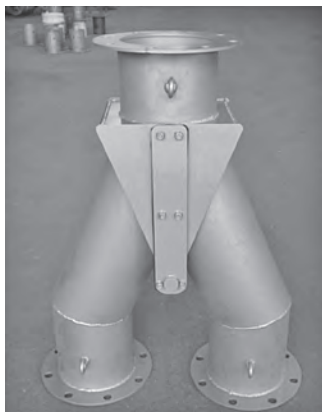


写真-1 ワイ・ガッチャン

(2) サイフォンの限界揚程=7mについて

サイフォン単独による送水作業を計画する場合、湛水池の水面から堤防などの障害物を乗り越えて送水する場合の乗り越える高さ=「揚程」について、実験によりサイフォン送水量が減少しない状態で乗り越えられる揚程の範囲は7.5mまでを確認している(図-3)。この実験結果によりサイフォン単独の場合の送水作業の安定性を鑑みて揚程の限界を7mと設定し、「限界揚程」と称することとし、サイフォン排水計画を立てる際の目安とした。つまり、揚程0m~限界揚程7mまではサイフォン単独送水作業を計画することができる。

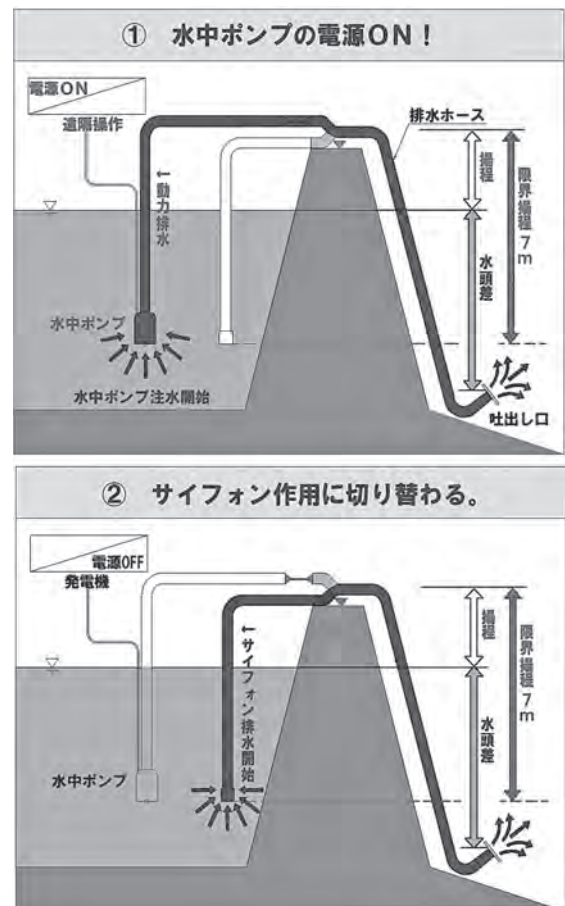
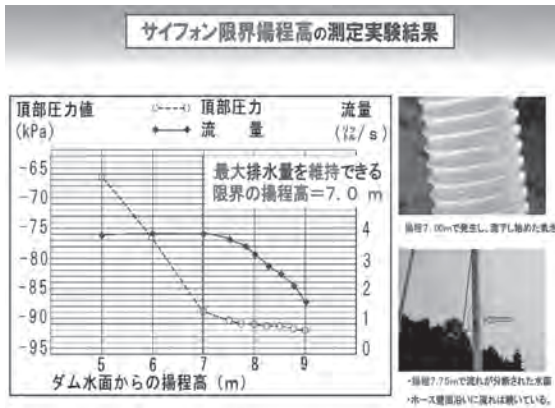


図-2 ハイブリッド・サイフォンの起動の仕組み



図一三 限界揚程 7 m を求めた実験結果

(3) 限界揚程 7 m 以上は水中ポンプアシスト送水

送水作業により湛水部の水位が低下すると揚程が大きくなり、限界揚程 7 m を超える状況になる場合もある。この場合には元々本システムに備えられている水中ポンプを併用して稼働し補助送水（以下「アシスト送水」と記す）をすることで、サイフォンの限界揚程 7 m を超えても、また、使用した水中ポンプの限界揚程 18 m も超えて揚程 20 m でも送水作業が持続し、2.4 m³/min を確認している。それぞれサイフォン単独や水中ポンプ単独での送水量より限界揚程や排水量が大きく増大する特長を確認している（図一四）。

Φ200mmの水中ポンプとハイブリッド・サイフォン排水量比較実験結果

「水中ポンプ」と「ハイブリッド・サイフォン」の排水量比較実験結果
 試験実施実施日 平成27年12月8日～10日

揚程 (m)	水中ポンプ		ハイブリッド・サイフォン	
	排水量 (m ³ /min)	排水量 (m ³ /min)	排水量 (m ³ /min)	排水量 (m ³ /min)
1	-	-	-	-
2	5.2	5.28	-	-
3	5.2	5.28	-	-
4	5.0	5.28	-	-
5	4.9	5.28	-	-
6	4.8	5.28	-	-
7	4.5	5.28	-	-
8	4.9	5.30	-	-
9	4.9	5.30	-	-
10	3.8	5.17	-	-
11	3.5	-	-	-
12	3.0	4.89	4.85	-
13	2.6	-	-	-
14	2.2	1.89	4.30	-
15	1.7	-	-	-
16	1.2	0.42	3.94	-
17	0.5	-	-	-
18	0.0	-	-	-
19	0.0	-	-	-
20	0.0	-	2.40	-

水中ポンプΦ200mm、限界揚程18mを使用

Φ200mm 揚程16mの実測値
 ○メーカー公表機能 = 1.20m³/min
 ○水中ポンプ単独 = 0.42m³/min
 ○ハイブリッド・サイフォン + 水中ポンプアシスト送水 = 3.94m³/min

揚程20mでも！
 サイフォンの限界揚程7mと、水中ポンプの限界揚程18mを超えても、2.40m³/minの排水作業が可能！

図一四 水中ポンプとサイフォンの排水量測定

揚程 7 m 以下の場合、吸水口から吸水された水は、サイフォンホースの管頂部を超えて下流側に移動すると吐出し口へ流下しようとする位置エネルギーを得て流下するため、サイフォン吸水口から湛水池の水を吸水し続けることができる。湛水部の水位が低下し管頂部までの限界揚程 7 m を超えると、管頂部から吐出し口側へ流下しようとする水の位置エネルギーが管頂部から吸水口側のホース内の水を吸い込むエネルギーが不足するため、管頂部から吸水口のホース内の水は

湛水池へ戻ろうとする。管頂部を境に上流側方向と下流側方向に分れて流下しようとするため管頂部のホース内に負圧が生じ気化現象により現れた空洞部が流れを分断しサイフォン送水作用が停止することとなる。

水中ポンプによるアシスト送水の効果としては、管頂部から吸水口側のホース内の水が湛水池へ戻ろうとするのを水中ポンプで押し上げて管頂部の負圧現象（空洞部）を消滅させることで、サイフォン作用を持続可能とする大きな特長を備える。

2. サイフォン送水実施例一 1

前述したように富山県企業局の水力発電所のダムで取水施設の改修工事が行われた（写真一2）。発注者は下流域の農業用水として 30 m³/min の放流をするために設計時に水中ポンプとサイフォン式放流装置を検討された。当初Φ400 mm のサイフォン管を敷設した計画が検討されたが、以下の課題により本サイフォン送水装置を再検討された。



写真一2 課題を解決したサイフォン送水装置

(1) サイフォン配管する場合の課題の幾つか

課題一 1 例えば大口径の塩ビ管や銅製管（以下塩ビ管と記す）などは高額であり、敷設する場合も 1 本当たりの延長が 4 m 程度と短いため接合箇所が多いだけサイフォン稼働中に接合部のズレや不具合から空気を吸い込んでサイフォン作用が停止するリスクが大きくなる。

課題一 2 ダムの落差が 10 m 程度ある箇所に塩ビ管をほぼ垂直状態で敷設する場合、資材を敷設したり連結部の接合作業をするための足場が必要となり、足場の設置費用及び放流期間の 6 ヶ月間× 3 年間のリース料金も発生することとなる。

課題一 3 塩ビ管の接合部から空気を吸い込んだ場合、管の材質が不透明なため管内の気泡の移動が外か

ら見えない。空気の吸入に気付くのが遅れ、サイフォンが停止してから気付くこととなる。

課題－4 大口径の1条配管でサイフォン送水作業を行う場合、その1本に不具合が生じてサイフォン送水作業が停止した場合には、本工事そのものも停止することとなるためリスクが大きすぎる。これらの課題を解決するためΦ200 mm サクションホースを用いた本システムを選定いただいた。これにより以下の課題が解決できた。

(2) 課題－1「接合箇所が多い」を解決

- ① Φ200 mm のサクションホースは汎用品であるため比較的安価に調達ができる。また、1本の延長は20 m あるため1条配管当りの接合箇所を大幅に減少させることができる（写真－2, 3）。
- ② 空気吸入の原因となるサイフォンホースの連結金具の装着には、独自に開発した「ホース貫通型フランジ（写真－3）」を使用して気密性を高めているほか、連結部材同士もパッキンを挟んでボルト・ナットで堅固に連結してあるため、仮に重機で引っ張る作業があっても連結部が外れることは無い。



写真－3 ホース1本が長く連結部は気密で堅固

(3) 課題－2「足場に時間と費用が掛かる」を解決

- ① 高低差が10 m 有る箇所においても1本のサクションホースは20 m の長さがあるため高低差10 m の中間部で連結する必要が無い。
- ② 連結部は「ホース貫通型フランジ」が装着しているため、10 m の高さでぶら下げて水が満水状態で流れ荷重が増大しても連結部が外れることは無い（写真－4）。前述の限界揚程の実験では20 m ぶら下げて満水状態でも連結部が外れることは無かった。
- ③ 延長が長く連結部の堅固な構造によりぶら下げて設置できるため足場は不要となり、クレーンだけで設



写真－4 10 m ぶら下げても連結部は外れない

置・撤去作業が可能となって大きく設置コストと施工日数を縮減・短縮することができた。

(4) 課題－3「不透明な材質」を解決

- ① 本サクションホース本体の材質は半透明であるため、外からホース内の流況が観察できる。従って空気を吸入した場合でも気泡の発生源をたどることで不具合箇所を容易に発見でき、テーピングなど補修作業を迅速に行うことができる。

(5) 課題－4「装置の補修が本工事に影響」を解決

- ① 本現場では6条配管を敷設し5条配管で30 m³/min の放流作業を行っている（写真－5）。1条配管を予備配管としたことで、いずれかの配管に補修作業が必要な場合でも本工事を止めることなくサイフォン設備の補修作業を行うことができる。



写真－5 Φ200 mm 6条配管の放流状況

(6) 水中ポンプとホースとの連結の課題も解決

水中ポンプの円錐状吐出し口（写真－6 左点線○）とホースとを連結する方法としては、筒状の吐出し部をホース内に挿入してホースを外部から筒状の吐出し部を含めて番線などで締め付けて固定する方法が一般

的であるが、この作業を行う作業員の技量によりホースの固定具合にバラ付きが発生する。これにより施工途中にホースが抜けて排水作業が中断し、本施工を中断しなければならないこともあった。これは水中ポンプとホースとの連結部だけではなく、ホースとホースとの連結部についても同じ課題があった。

それは、ホース同士の連結金具：通称「タケノコ」はホース内に挿入し易いように中心部から両方の先端部に向けて細くなる円錐構造となっているため、番線などでホースの上から縛っても先が細いため抜け易いことが課題となっていた。

これを解決するため考案したのがホース貫通型フランジの貫通構造（写真—6、7〇印）及びホース貫通型フランジ装着ホースの貫通構造（写真—8〇印）であり特許構造及び特許工法を取得した。水中ポンプの円錐状吐出し部を連結部材のホース部に挿入し外部から締付け用バンドを使用して堅固に固定することで、番線のようなバラ付きが発生しないので、水中ポンプ



写真—6 吐出し口（左点線内）とホース貫通型フランジのホース貫通固定部（右〇）



写真—7 ホース貫通型フランジ同士を連結

の吐出し口に常時装着しておくことができる。送水ホースとの連結はパッキンを挟み込んでフランジを重ねボルト・ナットを用いて簡単にそして確実に連結することができる構造となった。ホース同士の連結部もホース貫通型フランジ付きホース（写真—3、8）を使用する事で前述のような連結金具からホースが抜けて外れるということは無くなった。



写真—8 ホース貫通型フランジを連結！

3. サイフォン送水装置を防災重点ため池の低水位管理・事前放流装置として活用

本サイフォン送水装置は、これまでも老朽化したため池の改修工事に伴う放流装置として活用されてきたが、防災上の手法である低位水位管理や事前放流にも使用されるようになってきた。全国には63,722ヶ所の防災重点ため池が選定されていて、岐阜県にも1,420ヶ所が選定されている。改修工事を必要とするため池の数が多いため、工事予算の確保も難しく単年度で実施することはできない。取水施設が老朽化した「ため池」の水位は、常時洪水吐き又は堤防天端付近まで満水状態である。そのため増水による堤防天端の越流＝土石流の危険にさらされている（写真—9）。

その様な状況の中で、一昨年（2020年）の岐阜県を襲った8月豪雨では、ため池に流入した水が堤防天端を越流すると法面を流下する際に水が堤防を洗掘するため堤防決壊の危険にさらされた。幸いにも災害発生にまでは至らなかったものの、下流域の住民からはため池の改修工事や低水位管理・事前放流施設の設置（写真—10、11）を強く求められた。

写真—10のため池の放流作業の場合、サイフォン送水ホース口径 $\Phi 100$ mm、揚程は放流前0.3 m～放流後3.3 m、水頭差：放流前10 m～放流後7 m、吐出し



写真—9 堤防天端まで常時満水状態のため池



写真—10 サイフォン放流により低水位とする



写真—11 サイフォン放流の状況

量は $2.2 \text{ m}^3/\text{min}$ である。サイフォン放流作業で $50 \text{ m} \times 50 \text{ m}$ の面積のため池の水位を 24 時間で 1.0 m 低下させることができる放流量である。大規模なため池改修工事を待っている期間に安価なサイフォン送水装置を設置することで、下流域の安全と安心を得ることができると共に、老朽化して使用できない取水施設の代わりに農業用用水の取水作業ができることとなる。

4. おわりに

地球温暖化が一因とされる異常気象により、自然災害が頻繁に発生する気候となっている。特に線状降水帯の発生により降雨量が一定の地域に集中する傾向が顕著に表れてきたため、今まで決壊したことがないような河川堤防やため池の決壊が相次いでいる。

ため池の決壊防止には低水位管理や事前放流が最適と考えられるが、取水施設が老朽化した防災重点ため池では機材の運搬路も無く、事前放流もできない。このようなため池の災害防止対策として本サイフォン送水装置のような、人力運搬が容易で起動後には燃料を消費せず、温室効果ガスを発生しないことで地球環境に優しいサイフォン送水装置の活用が広がることで、社会に貢献できる技術となるよう今後とも取り組んで行きたい。

JCMIA

【筆者紹介】

馬淵 和三 (まぶち かずみ)
 ㈱山辰組 代表取締役
 会長、博士 (農学)



クラウド環境を活用した山岳トンネルの遠隔臨場支援システム

谷口 翔・池村 幹生

山岳トンネル坑内および切羽における施工管理の省力化および受発注者の接触機会の低減を目的として、「トンネル全線の可視化システム」と「切羽地質情報取得システム」を開発し、国土交通省中国地方整備局発注の玉島笠岡道路六条院トンネル工事に適用して効果の検証を行った。本稿では、それぞれのシステムの概要と現場での試行結果およびシステムの適用効果について報告する。なお、本試行は、官民開発投資拡大プログラム（PRISM）予算を活用して国土交通省が実施する「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」の一環で実施したものである。

キーワード：山岳トンネル、ICT、施工管理、地質評価、クラウド

1. はじめに

近年、建設現場では受発注者間の接触機会のデジタル化が推進されており、山岳トンネル工事においても、トンネル坑内の点検・検査業務における接触機会の低減を主とした生産性向上が求められている。

山岳トンネル工事は、切羽の進行に伴って施工箇所が移動し、作業区間が長くなること、地中深くに構築される性質上、通常の無線通信では電波が届きづらいことなどから、トンネル全線の詳細な状況を容易に把握し、施工情報の共有を効率化する手段がこれまでなく、発注者との現場臨場に時間と手間を要する現状がある。

また、山岳トンネルにおける切羽観察は、掘削作業の合間を縫った短い時間で、切羽近傍での目視観察を中心とした地質評価が行われており、その精度や定量化、安全性が課題となっている。地山等級の判定を行い、必要に応じて支保パターンの変更作業を行う岩判定では、受発注者双方が所定の位置で切羽を確認する必要があり、作業調整による業務ロスが発生する場合がある。

このような背景を踏まえ、受発注者の接触機会の縮減や施工管理の省力化を目的として弊社で開発した「①トンネル全線の可視化システム」と切羽観察業務の生産性向上、負担軽減を目的として弊社で開発した「②切羽地質情報取得システム」をクラウド化し、国土交通省中国地方整備局発注の玉島笠岡道路六条院トンネル工事に適用して効果の検証を行った。

本試行は、官民開発投資拡大プログラム（PRISM）予算を活用して国土交通省が実施する「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」の一環で実施したものである。

2. 適用技術の概要

(1) トンネル全線の可視化システム

トンネル全線の可視化システムは、目標を以下の様に設定して開発を行った。

- ①受発注者間で日々の進捗やトンネル坑内状況の共有を可能とする。
- ②非接触によるトンネル出来高確認を可能とする（一部段階確認、現場臨場、パトロールなど）。
- ③本システムを利用して作業打ち合わせ等を行うことで、工程調整や仮設備計画を合理化する。

本システムは、安藤ハザマの保有技術である「トンネルリモートビュー」を使用する。トンネルリモートビューは、360度方向の映像が取得可能な360度カメラ（写真-1）、車速センサ、データの変換、閲覧を行う専用ソフト、処理用パソコンを設置した車両でトンネル坑内を走行しながら撮影し（写真-2）、トンネル全線の360度方向を可視化するものである。車速から走行距離を算出することで、GNSS等を使用できないトンネル坑内でも撮影位置情報を付与することが可能である。専用ソフト上の閲覧画面でスライダーをドラッグすることで、トンネル坑内の任意の位置に移



写真-1 360度カメラ

動し、画面をドラッグすることで視点が回転し、360度任意の方向の静止画像を確認することができる。

今回の試行では、取得したデータを連携するクラウドで共有し、ウェブブラウザを利用して専用ソフトがない環境でも閲覧できるシステムを構築した。これによりインターネット経由で、アクセス権を持つ現場内外の工事関係者が現場の詳細な状況を簡易に把握することが可能となる。図-1にトンネル全線の可視化システムの構成を、図-2にウェブブラウザ上の閲覧画面を示す。



写真-2 計測車両

(2) 切羽地質情報取得システム

切羽地質情報取得システムも安藤ハザマの保有技術であり、地質評価の主要な指標である岩盤の圧縮強度、風化度、割れ目間隔を定量的に評価する。従来は、AIの画像認識技術を用いて切羽のRGB画像から岩盤の圧縮強度を評価していたが、今回の試行にあたっては、地山の物理データである切羽の穿孔データから圧縮強度を評価する手法へと変更した。各項目の評価手法の概要を図-3に示す。

①圧縮強度：マシンガイダンス機能付きドリルジャンボにより取得される装薬孔の穿孔データ（フィード

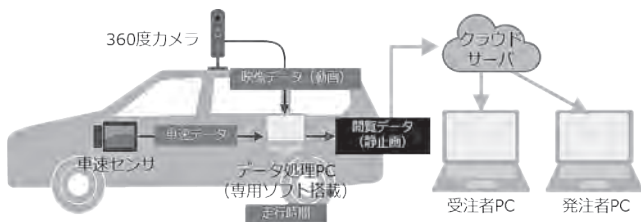


図-1 トンネル全線の可視化システムの構成

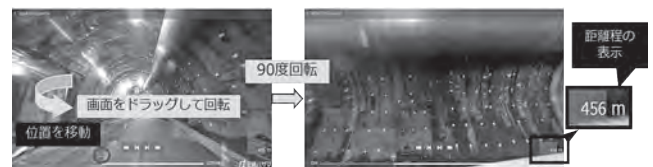


図-2 ウェブブラウザ上の閲覧画面

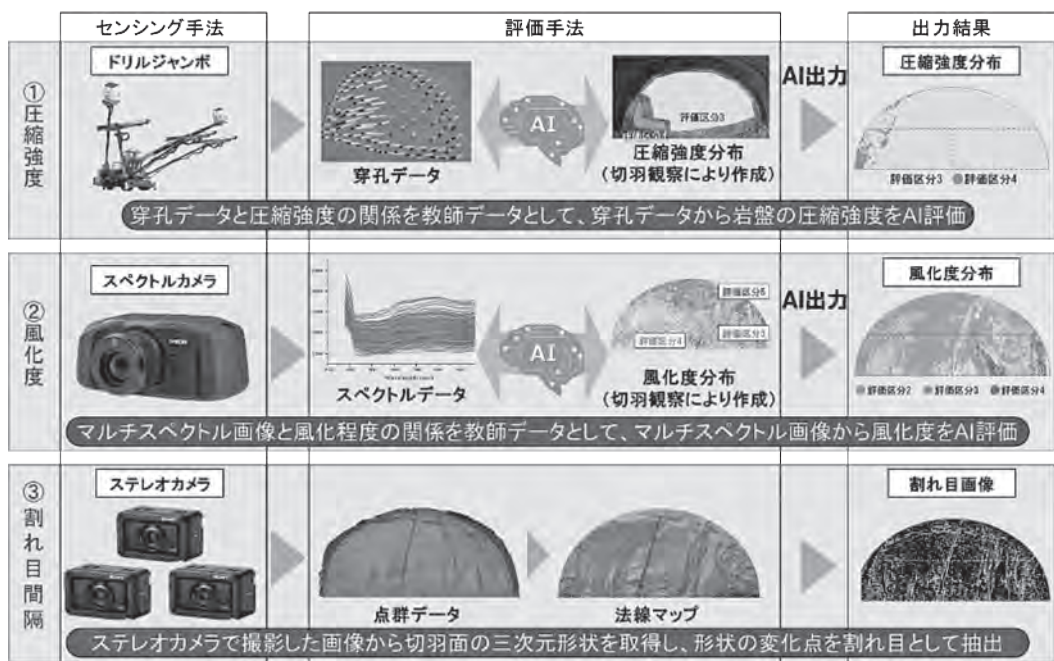


図-3 切羽地質情報取得システムの概要

圧、穿孔速度、打撃圧、回転圧)で回帰分析を行うことで、穿孔データから岩盤の圧縮強度を自動で評価する。

- ②風化度：切羽のマルチスペクトル画像から抽出されるスペクトルデータと岩盤の風化変質状況を教師データとしてAI学習を行うことで、マルチスペクトル画像から風化度を自動で評価する。
- ③割れ目間隔：ステレオカメラ（小型のデジタルカメラ3台で構成）で撮影した切羽画像を画像解析して割れ目を抽出し、割れ目間隔を自動で評価する。

本システムは、マルチスペクトルカメラやハロゲン照明、制御用PCなどを1台の計測車両に搭載する(写真-3)。計測車両で取得した切羽の計測データと、ドリルジャンボから取得した穿孔データを集約し、専用のソフトで処理を行うことで評価結果が出力される。さらに、出力した評価結果をクラウド上に共有し、ウェブブラウザを介して受発注者がどこからでも確認可能なシステムを構築した。図-4にシステムの構成を示す。

3. 試行現場

(1) 工事概要

本試行を実施した現場の概要を以下に示す。
 工事名：玉島笠岡道路六条院トンネル工事
 発注者：国土交通省 中国地方整備局
 受注者：(株)安藤・間



写真-3 計測車両の外観

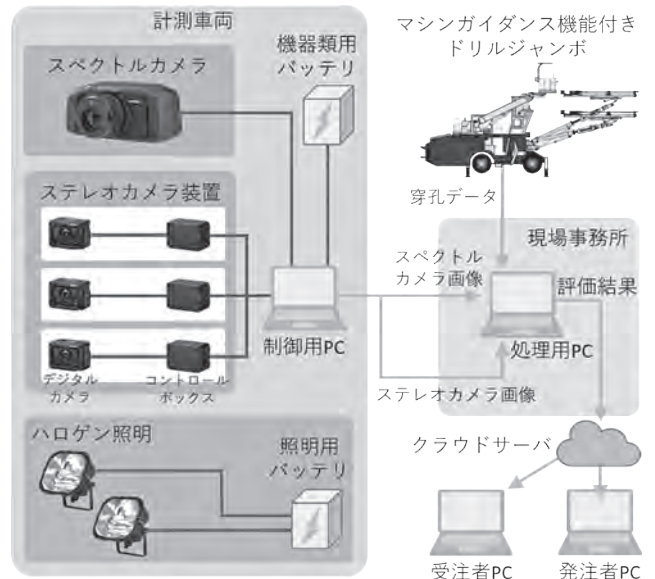


図-4 切羽地質情報取得システムの構成

施工場所：岡山県浅口市鴨方町六条院東～六条院中地内

試行期間：令和2年12月11日～令和3年3月25日

工事内容：掘削延長 L = 1,088 m

掘削方式：NATM（発破掘削）

図-5に現場位置図を示す。

(2) 地形・地質概要

本トンネルは瀬戸内沿岸丘陵地に位置し、泉山の北側斜面に計画されている。泉山はなだらかな斜面形状の低山地で、主稜線は山頂の300 m北西付近より北東側では尾根線が分岐し、分岐した尾根線は屈曲が多く起伏に富んだ形状を示す。

本トンネル周辺の基盤岩は中生代白亜紀～古第三紀の中粒花崗岩および粗粒花崗岩が分布する。中粒花崗岩は粗粒花崗岩に比べて相対的に割れ目が多く、岩質は不均一なものが多い。弾性波速度は中粒花崗岩が4.4 km/s、粗粒花崗岩が5.5 km/s程度である。図-6



図-5 現場位置図

本システムによる RGB 画像を用いた圧縮強度評価区分、風化度区分、割れ目間隔の評価結果の帳票例を図-9に、穿孔データを用いた圧縮強度評価結果の帳票例を図-10に示す。

(a) 地質評価の省力化に関する効果

本システムによる評価結果と従来の目視観察結果との比較では、一致率が圧縮強度で95%、風化度で90%、割れ目間隔が60%となった。自動評価結果を用いた支保パターンの選定では実績との一致率が100%となり、従来手法と遜色なく判定が可能であることを確認した。

(b) 評価結果のクラウド共有に関する効果

本トンネルは設計時点でCⅠパターンからDⅠパターンまでの支保パターン変化点が複数箇所設定されていたが、実際の施工では、ほぼ一様に未風化～弱風化花崗岩が出現し続け、両坑口のDⅢパターンを除く全線をCⅡパターンで施工した。本トンネルのように、地質変化が乏しく同一の支保パターンを継続するかどうかの判定においては、受発注者が日々の地質性状を定常的に共有することで現場臨場を省略できた可能性がある。トンネル掘削開始から掘削完了までに実施した17回の岩確認のうち9回を遠隔臨場とすることで、現場臨場頻度を約53%低減できたと考えられ

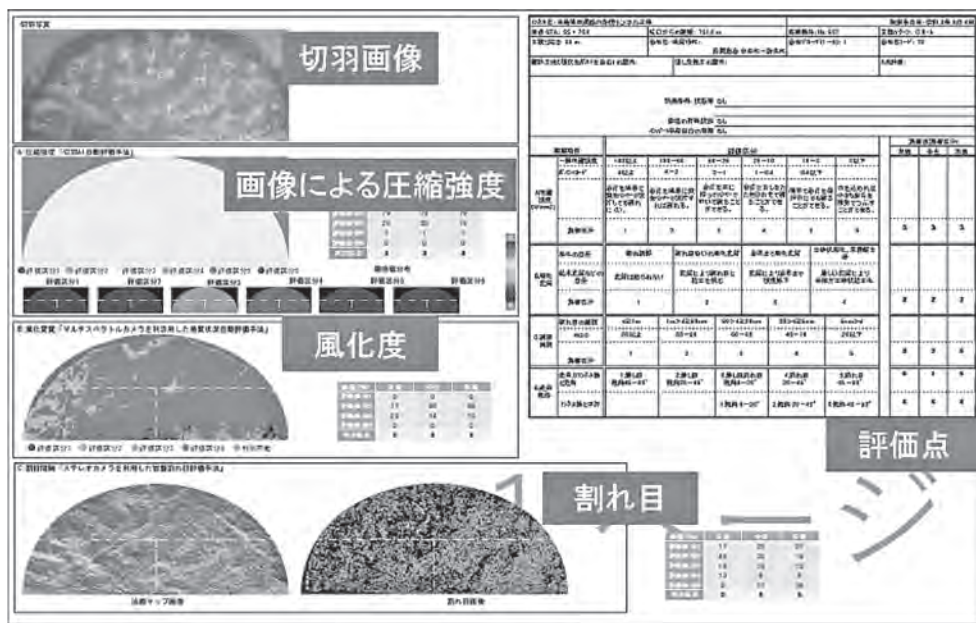


図-9 自動評価結果の帳票例 (RGB 画像)

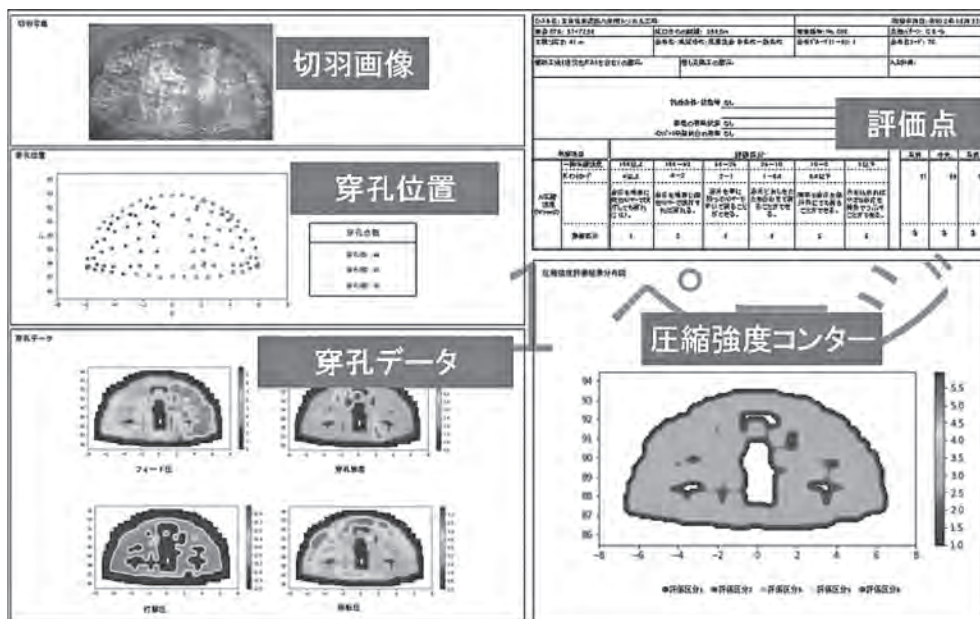


図-10 穿孔データを用いた圧縮強度評価結果の帳票例

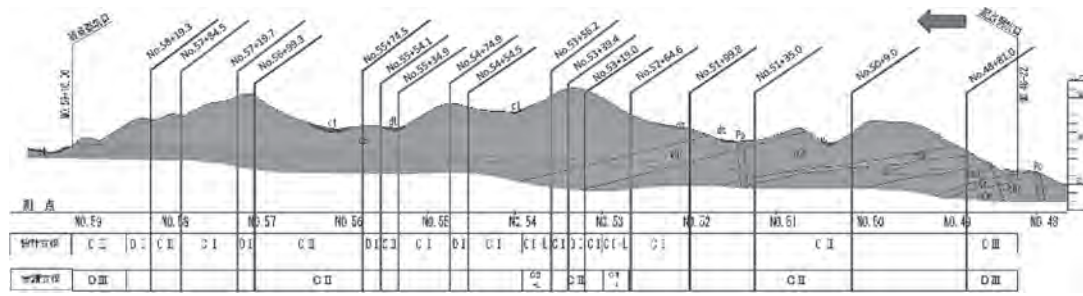


図-11 現場臨場が省略可能と考えられる箇所

る (図-11)。

5. おわりに

本試行により、両システムで取得したデータをクラウド上に共有し、特殊なソフトを用いることなく、発注者、受注者の本支店、現場でいつでも情報を閲覧、共有できるシステムを構築した。

(1) トンネル全線の可視化システム

本試行では、受発注者の接触機会の縮減や施工管理を省力化するためのシステムを開発した。開発したシステムはクラウド環境下にあるため、アクセス権限を有する工事関係者であれば使用することが可能であり、トンネル坑内の詳細な状況を容易に共有することが可能となった。

(2) 切羽地質情報取得システム

- ・本システムによる支保パターンの判定は目視観察と遜色なく、また、センシング機器で取得した定量データに基づくため、担当者の違いによる差が生じず、経験の少ない職員でも切羽評価が可能となる。

- ・本トンネルのように、地質状況の変化に乏しく同一の支保パターンを継続する場合には、本システムを用いて受発注者が日々の地質性状を定期的に共有することで現場臨場を省略できた可能性がある。

試行現場の場合、実施した17回の岩確認のうち9回を省略し、現場臨場頻度を約53%低減できたと考えられる。

今後、両システムを当社の山岳トンネル現場に展開し、山岳トンネル工事のさらなる効率化に取り組んでいく。

JCMIA

【筆者紹介】

谷口 翔 (たにぐち しょう)
 (株)安藤・間
 建設本部 先端技術開発部
 土木技術開発グループ
 グループ長



池村 幹生 (いけむら みきお)
 (株)安藤・間
 建設本部 先端技術開発部
 土木技術開発グループ



日本電子回路工業会の生産性向上

業界の人材育成にどう取り組んで来たか

山本 治彦

電子回路基板の業界団体である日本電子回路工業会は、IT バブル崩壊以降 2010 年代に国際競争力に陰りが見え、かつて得た世界シェア 30% が 20% を切る事態となった。危機感から、業界を挙げて国際競争力の復活を目指し、生産性を上げるものづくり改革を進める人材育成に取り組んできた。本稿ではそのための対策組織を作り、経産省の支援も活用し、中堅、中小企業も多い業界の人材育成に、業界団体としてどう取り組み、改善を図って来たかを概説する。

キーワード：業界団体、生産性、トヨタ生産方式、デジタル化、人材育成

1. はじめに

日本の GDP (生産性) は 1990 年代から現在に至るまで、失われた 25 年と言われ、その間かつての伸長力を失い、中国、米国、の伸長に大きく水をあけられている (図-1)。この中で、日本電子回路工業会 (以下、工業会という) も同様、日本の製造業として、国際競争力に於いて厳しい環境に置かれてきた。本稿では、日本の半導体産業が世界シェア 10% へと低迷する中、未だ世界シェア 20% は辛くも維持している、日本の電子回路基板産業が手遅れになる前、業界として打てる手を打つべく取り組んできた 10 年の活動の経緯を概説する。

工業会は、電子回路基板を製造する業種の団体であり、永年、高速伝送や、微細化などの技術の高度化を経営課題として取り組んできたが、生産性には無頓着な面があった。しかし技術力をつけて来た中国などと

コスト競争力を競う事態となり、工業会はその生産性も大きな経営課題となった。本稿では、工業会が業界を挙げて取り組む、国内では珍しい生産性向上のための人材育成活動 (ダントツのものづくりの推進) について、取り組むに至った経緯、その概要、得られた成果、などを概説したい。

ここで、生産性は製造業の広義の生産活動の能力としても用いる。ご存じのように、基板製造は半導体に比べれば少ないが、多くの製造プロセス工程 (大きくには 20 工程、詳細には 200 工程ともいわれる) を持ち、その生産能力としては、納期・リードタイム、品質・歩留り、価格・原価、などの表と裏の競争力を向上していくことが課題となる。

経緯

はじめに、本活動に至る、筆者の業務体験や、社会環境の変化の経緯を示す。

2. 技術屋時代

1970 年代、情報通信機器メーカーに入社、汎用コンピュータの開発に従事、基幹部実装技術を担当し、80 年代からはスーパーコンピュータの開発に参加した。当時は、トップ企業 IBM と世界最高性能を競い、自動車同様 4 年毎に新機種基幹部 (エンジン部) を開発した。その中で、回路基板・実装は半導体と共に核となる技術開発対象であり、多層の有機基板、セラミックス基板、薄膜基板などを開発した。(図-2, 3)。

90 年代には、ハードウェアの共通技術に加え、生

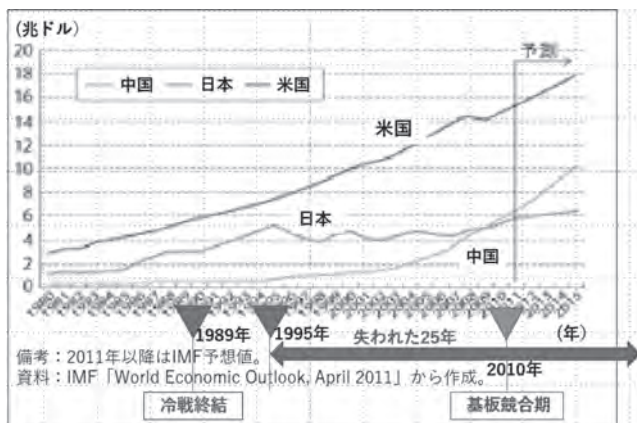
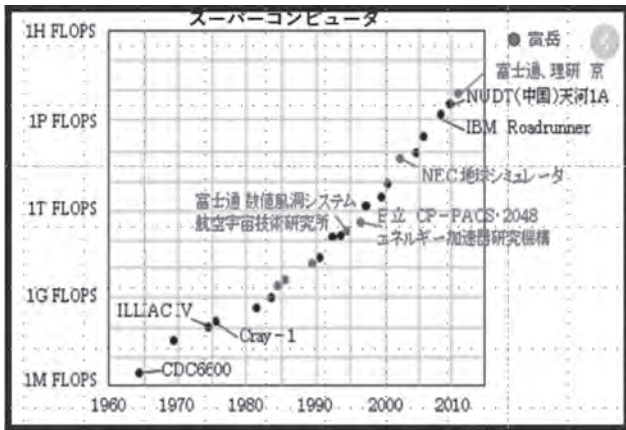
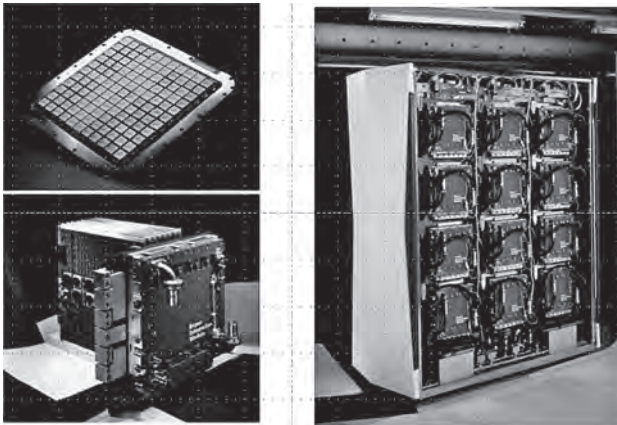


図-1 日米中の GDP の推移



図一 2 スーパーコンピュータの性能推移



図一 3 スーパーコンピュータの開発 VPP500¹⁾

左上: プロセッサモジュール (セラミックス基板), 左下: プロセッサユニット (ジェット液冷), 右: VPP500 装置 (世界最高性能機種の事例: 富士通)

産技術も担務することとなり、のちに「ものづくり」というこれら領域の統合組織づくりの業界先駆けとなった。この折、根っからの設計技術屋が生産技術部門も兼務するという、設計・製造を俯瞰する組織運営の原体験となった。

また、最高性能を競う上で、短期間での開発（ムーア則で一年早期出荷は2倍の性能と同等）では、内製製造部門を持つ垂直統合組織は高い優位性を持つ。最短期間で開発、市場投入を狙う、フロントローディング経営では大変重要であった。さらに設計・生産技術の統合組織は、シミュレーション・試作・量産検証と、設計品質・製造品質を共に短期に確立する上で競争優位の源泉となった。この時代、自動車業界も同様、衝突実験をシミュレーション評価に替え、フロントローディング短期開発を目指した。開発期間優先の分野では、垂直統合組織の優位性は確かであったが、世の中が水平分業さらにファブレスと進み、経営効率優先の今日では、その組織の維持は困難となって来ている。

3. 再建屋時代

2000年代に入り、ITバブル崩壊に遭遇した。内外を問わず、情報通信機器業界は、未曾有の不況に陥り、各社が内製していた基板製造部門をリストラ、分社化し、さらにM&Aが進められた（図一4）。



図一 4 ITバブル崩壊による基板業界の窮地

筆者の所属企業も、経営層の方針として他社同様の道を選び、国内の複数の基板製造の事業所・工場を集約し、事業再構築と分社化を行った。その結果、副作用として、品質・納期の不安定化により、経営改善は難航した。そして数年後その企業の、経営再建を担務することとなる。そこで行った幾つかの再建策の中で最も大きな効果を上げた二つが、顧客優先経営とトヨタ生産方式の導入であった。

一つ目の顧客優先経営について、大きな赤字状態の中、基板製造業の再建として取り組んだ優先順位は、それまで優先されたコストダウン、生産高の拡大でなく、顧客が望む高い品質と、納期遵守であった。言い換えれば、顧客満足度優先であり、顧客の信頼を得ることが何よりも大切であった。

そして二つ目は、ものづくりで国際競争力を発揮しつづける、トヨタ自動車の生産方式（TPS）によるものづくりの改革・改善であった。そこで学んだのが現場の一人一人が参加し、全社員一丸となって目標に取り組む、社員の高い意識向上への取り組みであった。

そしてこれらを実践した結果、顧客満足度を得ることで、受注量が増し、他方、現場改善と品質歩留改善で生産能力も増し、同時に高い固定費比率の中、当然コスト（原価率）は下がり、収益性は回復していった。

これらの再建策により、構造改革の混乱の中からはあったが、図のように赤字から14カ月と言う短期

間で益転し、のちに全社で約2倍の生産性、売上高を実現することができるに至る(図-5)。

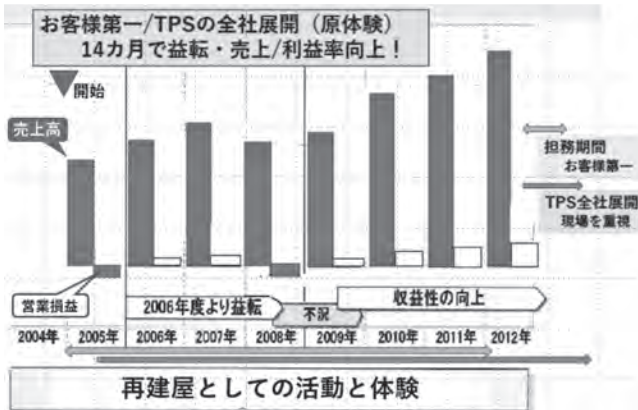


図-5 基板製造業の再建と健全化

特にその中心となったトヨタ生産方式(TPS)の導入では、トヨタ自動車でトヨタ生産方式を考案した大野耐一氏の直弟子で、自動車部品会社を経営する岩城宏一氏²⁾に指導を仰いだ。伝送特性や微細化等、性能向上に明け暮れ、その生産性向上への経営資源の投入に鈍であった電子回路基板製造業の中において、ご多分に漏れず当社も同様の体であった。自動車産業から見れば、あきれほどに、手つかずの生産性改善項目について、根気よく指導を得た。特に付加価値を生む現場に敬意を払うなどTPSの本質的な思想の指導を得た。当初は理論を理解できず苦勞するが、開始5年で、納期、品質、生産性が概略2倍改善するなど、結果としてその効果は顕著であった(図-6)。これがものづくり改善への確信を持った、取り組みの原点、原体験となった。

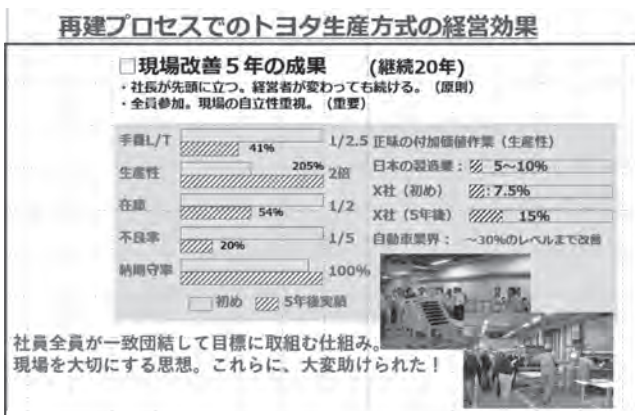


図-6 再建プロセスでのトヨタ生産方式の経営効果

4. 業界団体時代(工業会応援団)

2010年代に入り、企業業績も安定するのを見届け、最高売上、最高利益の中で退任し、顧問職となった。この間、工業会から度々の要請を受け、現職を受けることとなるが、ダントツNo.1のものづくりに挑むと言うユニークな本部を作り担務することとした(図-7)。



図-7 工業会のダントツプロジェクト

(1) ダントツNo.1ものづくりプロジェクトのスタート
ダントツものづくり活動の発端は、情報通信業界出身だが、自動車業界TPS指導者から10年間直接指導を受けた筆者と、自動車業界から基板製造に参入しTPSに永年かかわった工業会の小林俊文会長³⁾との出会いであった。工業会に我々が寄与できることは何かと話し合った結論が、未だ当業界に導入が進んでいないTPSの業界普及に取り組むことであった。これがダントツNo.1ものづくりプロジェクトのスタートとなった。

(2) ダントツものづくりへの取組みの時代背景

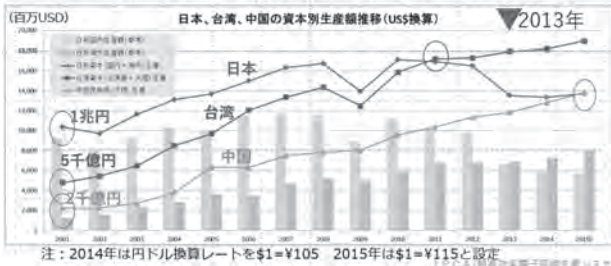
そして、この活動に至る時代背景は、実は深刻なものがあつた。筆者が再建に取り組み、幸い業績を上げつつあつた企業とは異なり、日本の電子回路産業全体の生産高は、2010年代に入りリーマンショックの余波や東南アジア勃興国との競合で、国際競争力は低迷した。まず台湾に生産高で抜かれ、2015年の予測では、中国にも追いつかれるという、かつて経験したことのない深刻な事態となつていた(図-8)。

2000年代初頭には、日系企業の基板生産高は、1兆円を超え世界シェアNo.1、それに対し台湾はその約1/2で5千億円、中国に至っては1/5の2千億円でしかなかったものが、2010年代には同レベルで競合し、地位を奪われる事態となつていた。この事態を放置すれば、資金力も低下する中、二度と国際競争力を取り戻すチャンスを失う、との危機感を持つに至つた。

日本の電子回路産業の危機

『電子回路基板』の資本別(日・中・台)生産額推移

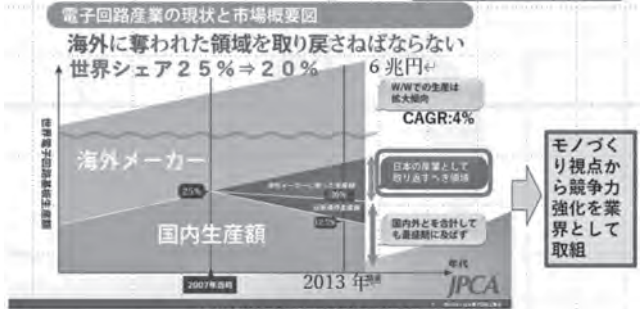
2011年には日本と台湾の生産額が逆転。日系全体として2014年より回復基調に転じたが、2015年には中国民族系資本に追従を許した。早急な国際競争力強化が必要



図一 8 電子回路基板産業の国際競争力の危機

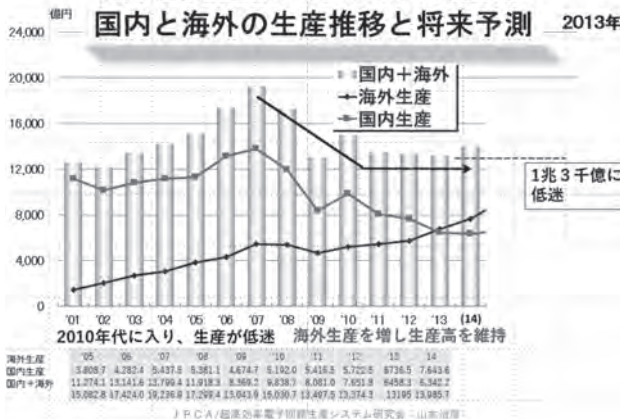
電子回路業界の危機感

日本の電子回路産業の現状 2013年度経産省に協力を求めた資料



図一 10 日本企業の世界シェア低下

電子回路基板における日系企業の国内と海外の生産推移と将来予測 2013年



図一 9 日系基板製造業の生産低迷と国内・外生産

さらに、日系企業の国内外での生産高の推移(図一9)をみると、総額ではリーマンショック前2007年の2兆円弱をピークに2010年代に入り1兆4千億円を切る事態に。この間国内生産高は何と半減し、国内と同レベルまで増加した海外生産高を足し合わせて、やっとこのレベルを維持する事態となっていた。国内工場しか持たなかった中小各社はより深刻な事態となった。

これらの、業界の時代背景の認識のもと、2013年、当時の経産省に業界を代表して、支援策を求めて交渉に向かった。その折使った図が図一10である。電子回路基板の市場規模は、世界レベルでは4%近い上昇率をたどっていたが、日本業界は停滞した。世界シェアは2007年の25%から、2013年には海外生産を加えても20%と急減の見通し、その分(図に示した市場)を新興国に奪われた。早急に対策を打たねば、日本はこの産業分野を失う、支援策を得たいと伝えた。結果、旧来の中小企業支援策の積極活用のほか、ものづくりの人材育成に対する助成制度ができたことを知る。

(3) 藤本教授との出会い

この時期、トヨタ自動車の故大野耐一副社長の生誕100周年記念の記念式典があり、張富士夫社長と共にその功績をまとめられたのが東京大学経済学部の藤本隆宏教授であった。氏のお話に感銘した筆者が、その場で当工業会の経営者を集めた勉強会でものづくり改革を啓蒙する講演をお願いし、快諾され、翌年それが実現した。爾来氏の主催する東大ものづくり経済研究所の翼下で学ぶ事となった(ここで、経産省の人材育成支援策が生かされることになる)。

(4) 独立研究会 E-ESMAP の設立

しかしながら、一般社団法人とは言え、公益事業を担う当工業会の中で、特定の企業を支援する活動はなじまないことから、工業会の中でのものづくりの改革を目指す有志企業をつのった。約30社延べ60部門を集めたところで、ものづくり高度化の研究会「任意団体超高効率電子回路生産システム研究会」(E-ESMAP)を立ち上げ、推進活動全体の母体とした。その中で、ものづくりで国際競争に負けない知識、理論、実践、そしてリーダーとなる人材の育成に挑戦し、今日に至るまで活動してきた。

(5) 自動車業界と電機業界の出会い

筆者の自動車業界との出会いはすでに、記した。今一つの出会いが、自動車業界でエレクトロニクス生産の自動化が進んでいる電装メーカーの生産技術部門トップ小島史人理事との出会いであり、自動車業界の視点で、電子回路基板業界の生産ラインの問題点を分析、評価頂いた。自動車業界に比べ甚だ遅れ、また30年前と、流れによる生産性の視点で何も進歩していないと厳しい指摘もあった。

これらの時代を通して、日本の電子回路と産業全般

表一 国際競争力に関する歴史的視点

1970年代	低賃金、高品質に裏図けられた日本の高度成長が始まる。トランジスタ、IC、LSIと電子デバイスの発展と共に、電子回路基板産業が勃興する。
1980年代	日本が低価格、高品質のものづくりで世界を席巻、ジャパニーズNo1と言われた時代。トヨタ生産方式をアメリカハーバード大が研究、リーン生産方式を生み出す ⁵⁾ 。
1990年代	日米貿易摩擦が勃発し、プラザ合意1985年による円高発生(ドル240円が120円を切る円高となる)、これに対処する財政出動の副作用としてのバブルが崩壊。冷戦終結による共産圏の(中国を代表とする)低賃金労働市場(日本の1/20の賃金)の出現も重なった。以来、日本の失われた25年が始まる(図11)。
2000年代	ITバブル崩壊、リーマンショック時代。不況、円高により日本の国内製造は低迷するが、海外製造展開を進めるグローバル企業は、成長する。 基板業界では、この時期、台湾、韓国、そして中国と東南アジアの産業が、日本の基板産業に追い付き、一部は追い越す危機的展開となる(図5)。
2010年代	中国をはじめとする、発展途上国の賃金が上昇する(5年で2倍、20年の間に10倍を超え、日本との賃金格差は大幅に縮む)。これにより、もともと生産性が2倍高い日本企業が生産性を改善することで、国際コスト競争力を再度取り戻す機会が訪れる(図11)。東大経済学部、藤本隆宏教授 ⁶⁾ が、この点を指摘、日本企業に奮起を促す。

の国際競争の歴史がどうであったかを表一で概観する。

(6) 人材育成の対象分野(二分野の委員会を立上げ)

業界を挙げての人材育成活動に取り組むにあたって、その対象範囲をどこにするかは、重要な事項である。

[技術経営戦略委員会]製品の付加価値を決める設計技術、プロセス技術は、企業固有の技術力であり、互いに競争しあう領域であり、業界支援活動としてはなじまない領域と考えた。他方、製品機能とは独立な生産技術については、業界共通の基盤技術として、国際競争力の挽回を図る、重要な武器としてその人材育成に取組む対象とした。

[標準化戦略委員会]さらに、従来から行ってきた、標準化活動を、製品技術面で業界を間接的に支援する重要事項として、強化することとした。設計目標や品質を実現する基準は業界のノウハウを流出させるものと考え、標準化対象から外した。製品の評価基準⁷⁾、つまり性能、品質評価(環境耐力、寿命)など、日本の高品質の製品や材料の価値が定量的に評価できる基準作りを強化し、単なる価格競争に蹂躪されることを防ぐ施策とした。

詳しくは触れないが、将来技術動向を予測、公表するロードマップ研究活動や、技術普及者を育成する、コンサルタント認証活動を開始し強化していった。製品の評価基準については、パワエレ放熱基板、5G向け高速伝送基板、自動運転向け高信頼車載基板、ウェアラブル向けe-Textileなどを次々規格化している。

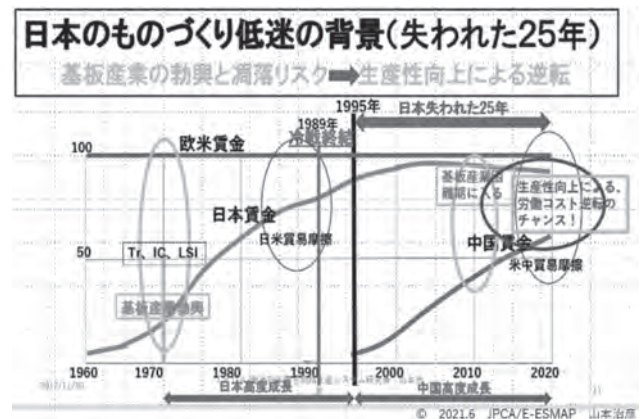
(7) 工業会の生産性の国際競争力の育成

この様に、歴史的視点に記したように、2010年代、東南アジア工業国に追い上げられ窮地にあった電子回路基板業界各社も、中国をはじめとするそれらの国々が高度成長と共に賃金水準を上げ、日本との賃金差も、かつて冷戦終結時20倍もあったものが数倍となり、生産性を上げることで、労働コスト(賃金÷生産性)を抑え、国際競争力を取り戻せるとの理論を理解し、認識を持つに至った(図一11)。

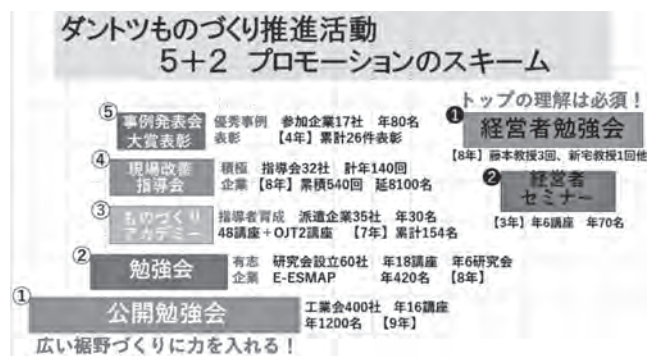
5. 工業会へのプロモーションと改善の推進

(1) ボトムアップの推進活動

工業会の生産性を上げるべく、ダントツものづくり活動は、順次5段階の人材育成スキームを計画、実行していく事とした(図一12)。これらは工業会のものづくり研究会E-ESMAPへの参加企業が、生産性の重要性を認識し、それを学び、実践していく手順として、トヨタ生産方式TPS等ものづくりの勉強会、製造現場の生産性を高める現場改善指導会、ものづくり改革・改善のリーダを育成するものづくりアカデミーの3事業から取り組んだ[2013年~]。そして、裾野を広げるため研究会未加入の工業会会員全体や、



図一11 日中の賃金差の縮小と生産性向上による機会



図一12 ダントツものづくりのプロモーション活動

JPCA ショー（東京ビッグサイトで毎年開催）参加者全員を対象とする、公開勉強会（無償）[2014年～]、や後述する現場改善事例発表会（優秀事例をものづくり大賞として表彰）[2016年～]を加え5段階の、現場から始まるボトムアップの推進活動に育てて行った。

(2) トップダウンの推進活動

他方、経営層の啓蒙は、これらの活動以上に重要でもあり、トップダウンの推進活動として、業界応援団の項で触れた、東大藤本教授による JPCA ショー基調講演、JPCA 経営者の為の秋の勉強会を皮切りに経営者の勉強会 [2013年～] を開始した (図-13)。さらに、知識レベルを上げていく、業界若手中堅層に負けない様にと後年計画した経営者セミナー（経営層、工場長など向け経営視点でのものづくりセミナー）[2018年～]を加え強化していった。



図-13 東大経済学部藤本教授による経営者への講演

(3) ものづくり勉強会／公開勉強会

一番入り口となる、勉強会は、2013年に開始した。ものづくりの総括を論じていただく大学の教授陣、それに TPS / リーン生産 / TOC⁷⁾等ものづくり改善の専門家、さらに自動車業界、電機業界などでものづくりの改善の実践指導をしてきた専門家 OB、などに講義をいただいて来た。ものづくりの改善が、製造ラインでどのような効果を上げることができるかを、研究会、工業会のメンバーに認識してもらい、現場改善指導会への実践参加や、現場改善のリーダー育成スクール（ものづくりアカデミー）への自社人材の派遣のきっかけとなる、業界全体に対する基礎講座である。

勉強会の開始から8年が経過し、図-14に示すように2013年度には、18講座に僅か300名の参加であったのが、2019年には33講座に毎年1,200名近くの会員が参加するまでになった。またその5割はJPCAショーの公開勉強会として一般に開放され、恒例として参加する人も増え、裾野を広げる原動力となっている。



図-14 ものづくり勉強会／公開勉強会の推移

(4) 現場改善指導会

次に取り組んだのが、TPSを現場で実践指導する現場改善指導会である。自動車部品メーカーで40年にわたってTPSによる国内外の現場改善をしてきた指導者と、情報通信メーカーのあと、岩城宏一氏のもとで20年現場改善指導をした指導者とで、指導会を分担実践し、それにもものづくりアカデミー初期の卒業生数名が助手として加わり、各社、各事業所の生産ラインの改善指導に当たって来た。

2013年に2社／2回から始めた指導会は、図-15に示すように2019年には34社／事業所141回を数えるまでに、業界有志企業に浸透していった。累計回数は586回までになっている。対象事業所は全国各地の会員企業主要工場であり、各社とも、毎回、社長をはじめ全社のものづくり関連部門のリーダー、現場メンバー10～30名が参加し、ものづくりの改革・改善の実践指導の場となっている。ある意味で、この事業こそが、業界各社の生産ラインのものづくり競争力を高め、業界全体の生産性を底上げする活動となっている (図-16)。

(5) 「JPCA ものづくりアカデミー」の設立

工業会にもものづくりの改革・改善による生産性の向



図-15 現場改善指導会の実施状況

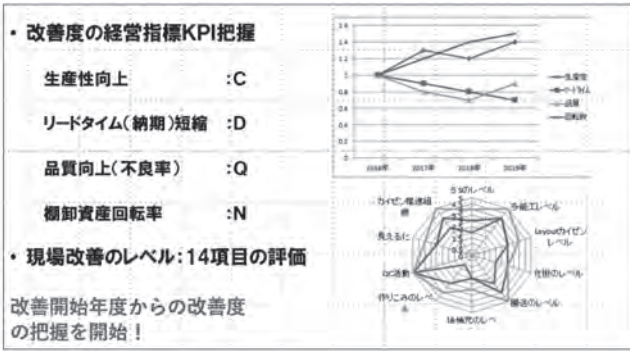


図-16 現場改善の実績/生産性指標 KPI の改善

上の意識が芽生えてきたところで、取り組んだのが、生産現場改善のリーダーの育成・強化であった。藤本教授が主催する東大ものづくりスクールの姉妹組織として活動をしていたものづくりシニア塾を筆者と研究会事務局が2014年に受講、改善リーダー育成のスクール「JPCA ものづくりアカデミー」を経産省の認定を得て2015年開講した。講師陣はこの分野を代表する大学教授陣5大学6名、トヨタ、日産など自動車業界、電機業界他OBの技術専門家8名の陣容とした。ものづくりの概論から、TPS、TPM、TQC、IE及び、生産、品質、人材育成、原価、管理会計等の基礎と応用の学習の講座を設けた。また中盤2017年よりデジタル人材育成として、ロボット/IoTの基礎と導入、2020年より生産シミュレーションの基礎を、いずれも各自が操作できる実習形式で講座に組み込んだ(図-17)。



図-17 JPCA ものづくりアカデミー開校からの推移

受講生も、2014年は企業派遣14名OB5名で開始したが、2019年には企業派遣30名とOB1名と、経産省支援の5年間、定員一杯での運営となった。2020年からは、経産省、厚労省両省支援となり、コロナ下ではあったが企業派遣年約20名が受講した。

7年間累積の受講生は172名となり、その構成は企

業社長から、中間管理職、同候補生まで多岐にわたった。また参加企業、参加部門の構成は、多くの業態に、また企業全社の組織に広く分布している。

政府の助成金の体系も図-18に示すよう、国家検定講座相当と認定され、全ての条件を満たせば50~70%の政府補助金が得られ、特に中小企業には貴重な支援となっている。



図-18 経産省・厚労省からの支援制度の変遷

(6) 改善事例発表会/ものづくり大賞

そして、プロジェクト開始5年目2018年からは、各社の改善事例を発表し、ベストプラクティスを会員全体に横展開する、改善事例発表会を開催した。

優秀な取組みと発表には、ものづくり大賞を授与し、業界紙にも取り上げられるようになり、現場リーダーには励みになる舞台となった(図-19 小林会長、審査委員長の東大経済学部 新宅純二郎教授より賞状を授与)。

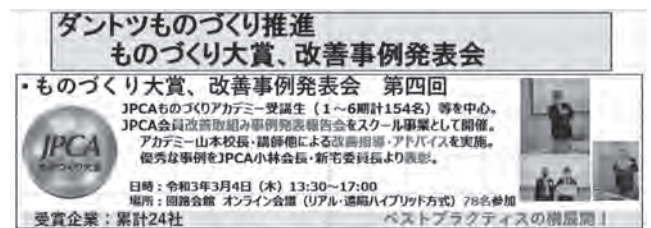


図-19 ものづくり大賞、改善事例発表会 開催事例

(7) 経営者の勉強会

他方、トップダウンの取り組みとしては、工業会会員代表、各社社長に対する経営者勉強会を、2014年以来7回、毎年秋恒例で実施している。経産省、中小企業庁よりの年度施策の発表や、工業会ダントツプロジェクトの概況報告等と共に、日本のものづくりの分野の第一人者より、経営者を啓蒙する基調講演をいただいている(図-12)。

(8) 経営者セミナー

これに加えて、各社役員、工場長など、より広い経営者層に、ものづくり経営の課題点やその解決策を提供する、経営者セミナーを2017年より開始した。特に現場の改革・改善をいかに経営改善に活かすべきか、経営論や会計論をテーマに、第一人者の先生方を迎えたセミナーとしている。またこれは、経営層の理解を高め、現場改善リーダー達の活躍の環境を支援する狙いもあることを書き添えたい(図-20)。

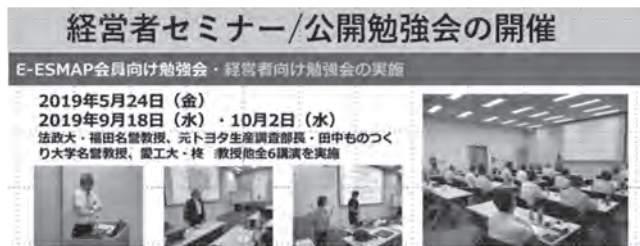


図-20 経営者セミナーの実施事例

そして、発端となった日本企業の世界シェアの凋落について見ると、隣接業界である半導体業界の世界シェアが30%から10%へと低下した中、電子回路基板業界は、ダントツのものづくり活動のみの結果とはいえないが、触発され、業界企業全体が危機感を持ち、生産性向上、国際競争力強化に挑んだ10年間の結果として、シェア20%以上を維持、改善することができた(図-21)。



図-21 電子回路基板の世界シェア

6. おわりに

日本電子回路工業会の生産性を高め、国際競争力を取り戻すことを目的として、業界団体と言う場の中で、人材育成についてどのように取り組んできたかを、事の発端、体験、経緯と、多方面から頂いた支援

を含め整理・記述した。この中を貫くものは、「ものづくりは人づくり」との思いであり、ものづくりを科学的にとらえて、体系的、効果的に学習し、現場の心を分かり自律的に実践に活かして行ける、多くの人材を業界に育てることを第一義とした。併せて、これらを理解いただき、リーダーシップをもって、改革・改善に取り組む、経営者層の広がりも期待してきた。

本件は、あくまで取り組みの途上であり、未だ人手、人の判断に頼る難度作業のIoT/ロボット/AI等による実現や、さらなるながれの改善など、さらに努力と工夫を継続せねばならない事は言を俟たない。

また、この事例が、ものづくりの競争力向上を目指す、種々の分野の団体、企業におかれても、幾ばくかの参考になれば、幸いである。取組みのスキームについても、なるべく体系的に示したのはそのためでもある。

謝 辞

最後に多くの大学の先生方や、企業OBの専門家の方々、さらには政府関係の方々のご支援と、多大なご協力をいただいたからこそここまで来られたのであり、誌面を借りて改めて各位に心より感謝申し上げます。

JICMA

《参考文献》

- 1) H. Yamamoto, "Packaging Technology in Supercomputers", SEMI Technology Symposium 92, 440-444 (1992)
- 2) 岩城宏一:「物づくりが国を支える」, 企業蘇生の現場からのメッセージ, pp.1-57 (2011) 冬至書房
- 3) 小林俊文:「Vision 2020 策定にむけて」p.2, Vol.17 (2015) JPCA NEWS
- 4) ウォマック, J. 他:「リーン生産方式が、世界の自動車産業をこう変える」沢田博訳, (1990) 経済界
- 5) 藤本隆宏:「ものづくり成長戦略」1-5 世界と勝負できる現場, p.36-42 (2013) 光文社新書
- 6) 小島史夫: リーンオートメーションのためのマテリアルハンドリングシステム設計法, 日本機械学会論文集 84 巻 862, p.17-00533 (2018)
- 7) JPCA 統合規格:「電子回路基板規格」JPCA-UB01 (2021) 一社) 日本電子回路工業会
- 8) 新宅純二郎:「日本の競争戦略」(1994) 有斐閣
- 9) 山本治彦:「日本の失われた25年 各社、人材投資の見直しを」p.2 Vol74 (2020) JPCA News

【筆者紹介】



山本 治彦 (やまもと はるひこ)
富士通ハードウェア技術部入社、テクノロジセンター本部長、生産システム本部本部長、理事。後富士通インターコネクテックテクノロジーズ社長、顧問。現在、日本電子回路工業会副会長、超効率電子回路生産システム研究会代表幹事、JPCAものづくりアカデミー校長。この間 JEITA コンピュータ省エネ法他関連技術委員長、経産省省エネルギー小委員会委員、九州大学大学院非常勤講師、回路実装学会理事などを歴任

投稿論文

小規模工事用 3DMG システムの開発と検証

先村 律雄¹・半谷 一晴²・大手 一信³・花岡 雄矢⁴・大橋 祥子⁵

¹群馬工業高等専門学校 環境都市工学科 (〒 371-8530 群馬県前橋市鳥羽町 580)

E-mail : rsakimura@cvl.gunma-ct.ac.jp

²(株)クリーンデータ (〒 069-0823 北海道江別市緑ヶ丘 28-1)

E-mail : issei@cleandata.jp

³(株)大手組 (〒 371-8530 群馬県安中市宿 1-2-31)

E-mail : oote@ootegumi.jp

⁴(株)大手組 (〒 371-8530 群馬県安中市宿 1-2-31)

E-mail : hanaoka@ootegumi.jp

⁵(株)大手組 (〒 371-8530 群馬県安中市宿 1-2-31)

E-mail : ohashi@ootegumi.jp

ICT 土工システムの利用により作業効率や生産性の向上が期待されるが、土工量 5,000 m³ 未満の小規模工事における ICT 土工の活用率は、これ迄 16% に留まり、大規模土工と比較すると低いことが報告されている。その理由の一つに、建設業者にとって、現状では ICT システムの購入、あるいはレンタル経費が高く投資経費の回収が難しいことが挙げられる。そこで市中で入手可能、かつ安価な機材 (3 台の GNSS システムと 3 基の IMU: “角度センサー” およびノート PC) を選び、更に自社でストックしている設計ソフトの最大限活用、建機への機材取付・キャリブレーション・設計データ作成などの作業もユーザー自身 (建設業者) で運用可能な 3DMG システムを構築する。本システムを 0.45 m³ クラスバックホウに取り付け、実際の小規模 ICT 工事現場に適用可能か、施工精度・機能性・作業性の検証実験をおこない、低コストかつユーザー自身での運用ができることを重視したシステムが、実務レベルで利用できるか確認する。

キーワード : *small scale construction, excavator, machine guidance system, GNSS, IMU*

1. はじめに

ICT 土工は、工事の規模が大きくなるほど活用率が高いことが報告されている¹⁾。土工量と活用率の関係(図-1)によれば、土工量が 20,000 m³ を超えると約 48% の工事で活用されるが、5,000 m³ 以下では 16% 程度に留まっていることがわかる。図-2 のコスト構造分析によると、工事規模 10,000 m³ 以下で ICT 土工を適用した場合、外注費用の回収が難しいと報告されている。今回検証実験を予定している現場で、ICT 建機(バックホウ用マシンガイダンス:以降 MG)をレンタルする場合の見積例を表-1 に示す。「月極」は毎月の支払い、「回」はその回数分の支払いの意で、0.45 m³ クラス (小型バックホウ) をレンタルする場合、6 カ月間の場合で 400 万円を超える。また、保有している通常型バックホウに後付けすることができないため、新たにシステム全体をレンタルしなければならない。完工高 2 億円未満の業者が、5,000 m³ 程度の小規模 ICT 土工の入札に積極的に参加するような状況は、現状では考えにくい。

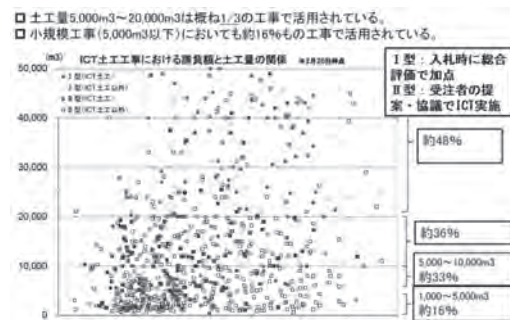


図-1 ICT 土工の現状 (土工量と活用率の関係)

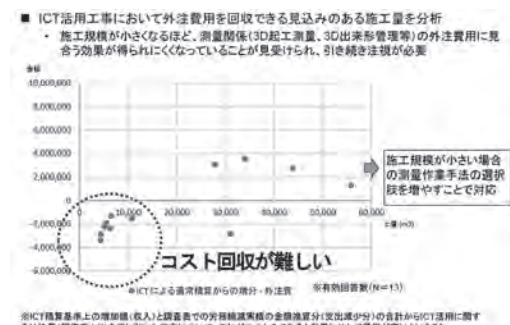


図-2 ICT 土工のコスト構造分析

表-1 MG システム見積もり例

レンタル項目	契約
基準局【GNSS】	
GNSS 基準局	月極
補償料	月極
管理料	1回
マシンコントロール【GNSS】	
ICT バックホウ	月極
補償料	月極
管理料	1回
回送費 [搬入・搬出]	2回
その他【インストール】	
現場確認作業	1回
GNSS 精度確認	1回
固定局設置・ローカライゼーション	1回
機器操作指導	1回

筆者らは、大規模土工より工事件数の多い小規模土工において、工事業者自らが知恵を出し合いながら生産性を上げる工夫をする、そのための手段の一つとして、ICT 土工が存在すると考えている。よって小規模土工で ICT 土工を広めるためには、課題となっているコスト面の解決が重要であり、それを目指す新たなシステムを開発する。

検証は、民生品購入の直材費だけでなく、機材取付作業、キャリブレーション作業、GNSS 基準局設置作業、そして設計データ作成作業を、ユーザー自身で可能かも検証する。これらの作業がユーザー自身により実行できると、外部に委託する技術サポート費が、初期導入サポート費、設計データ作成サポート費、あるいは不具合時のサポート費のみになる等、サポートすべき範囲が変わるため、購入コストだけでなく技術サポート費の縮減も期待できる。よって検証において、これらの作業は作業内容をユーザーに事前に説明・指導をおこない、そのユーザーに作業を任せ作業性を検証する。

開発する MG ソフトウェアは、研究の一部であるが相応の開発工数が発生する。検証により実用性が認められた場合、小規模土工での普及を目的とすると、誰にも利用できるようなソフトウェアの無償配布の検討をおこなうべきと考えている。

今回の検証により、直材費、作業性に対応したサポート費、およびソフトウェアの無償化などを含み、小規模土工用 MG システムの構築から運用までのトータルのコストの算出までを目論む。本論文は、この開発から検証までの内容を報告するものである。

2. システム構成

北海道でロケット開発をしている企業は、普通のメーカーが作る部品を使い、世界一低価格でコンパクトなロ

ケットを目指している²⁾。そこで、市中から入手できる GNSS3 台・IMU(角度センサー)3 基・ノート PC、および iPad のみを用いたシステム構成で開発をおこなう。

2.1 バケット刃先の座標計算方法

図-3 に示す、二つの座標系を用いてバケット刃先の 3 次元座標を求める。「バックホウ座標系」は、バックホウのフットピンを座標原点、バケット刃先方向を X 軸として、GNSS アンテナ 3 点を含む、計 5 点の既知点で構成されるローカル座標系である。

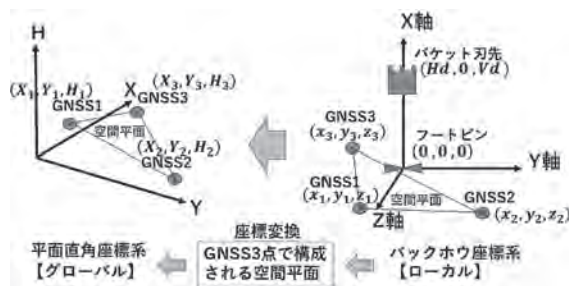


図-3 二つの座標系によるバケット刃先座標計算

ローカルとは、バックホウが移動・旋回しても、この座標系の原点と X 軸方向は不変であるとの意味である。バックホウ座標系の中で値が変化する「Hd」は、フットピンからバケット刃先までの水平距離、「Vd」は、フットピンからバケット刃先までの高さで、バックホウのブーム・アーム・バケットに取付られた IMU で計測後、計算される。「平面直角座標系(測量法による日本の公共座標系)」は、GNSS 計測座標をローカライゼーションにより変換した座標系である。

GNSS 計測座標は、WGS-84 と呼ばれる回転楕円体の座標系で求まる。一方、設計データは公共座標系である平面直角座標系を用いているため、GNSS 計測座標を平面直角座標系に地図投影する必要がある。この投影作業はローカライゼーションと呼ばれ、図-3 の平面直角座標系に表示されている 3 点の座標は、ローカライゼーション後の座標である。

まず、平面直角座標系の GNSS3 台による計測データから、GNSS3 点の計測座標により構成される空間平面をつくる。GNSS アンテナは機体に直に取付られているので、この座標の中には、バックホウのピッチングとローリングが含まれていることになる。次に、バックホウ座標系の GNSS 取付点 3 点から空間平面をつくり、この面を、先程の GNSS で計測された座標 3 点で構成される空間平面に対し、重ね合うように座標変換をおこなう。座標変換された後のバケット刃先座標は、機体のピッチングとローリングが含まれた平面直角座標系として求

まることになる。

IMUで求めた「Hd」「Vd」を、バックホウ座標系のバケット刃先座標の(X, Z)に入力する。バケット座標系の座標5点の中のGNSS取付点3点により構成される空間平面を、平面直角座標系の空間平面に重ね合わせることに、バケット刃先座標を平面直角座標系に変換する。座標変換は、式(1)~(4)を用いておこなう。

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ H_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & X_1 - x_1 \\ 0 & 1 & 0 & Y_1 - y_1 \\ 0 & 0 & 1 & H_1 - z_1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \\ 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

式(1)は座標の平行移動で、「GNSS1」点を利用して、ローカル座標をグローバル座標に平行移動する。

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ H_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \theta_x & \sin \theta_x \\ 0 & -\sin \theta_x & \cos \theta_x \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ H_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_y & 0 & -\sin \theta_y \\ 0 & 1 & 0 \\ \sin \theta_y & 0 & \cos \theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} X_n \\ Y_n \\ H_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta_z & \sin \theta_z & 0 \\ \sin \theta_z & \cos \theta_z & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(2)から(4)の $\theta_x, \theta_y, \theta_z$ は各軸の回転量で、二つの座標系で構成されるそれぞれの空間平面の差分から求める。

2.2 使用センサー

本システムで使用するセンサー一式を図-4に示す。

図-4のセンサーは全て市中からの購入品であり、今回のために新規作製したセンサーはない。センサーの制御・計測データは、通信ケーブルを介して、ノートPCがダイレクトに処理をおこなう。GNSSを3台、IMUを3基使うため、計測データ受信用の通信ラインを6チャンネル確保、並行データ受信処理、バケット刃先座標処理をリアルタイム計算しなければならないため、ノートPCは高性能タイプを選んでいく。



図-4 MG用センサー一式

表-2に購入部品の価格を示す。基準局を含む3DMGシステムに必要なハードウェアは100万円程度で購入できることがわかる。

表-2 部材購入価格 (除：消費税)

部品名	メーカー	型名	価格 (万円)
MG用2周波GNSS (3基)	(株)クリーンデータ	GCKZEDF9P-1M2S-E (S)	36.8
IMU (3個) 一式	WITMOTION	HWT905 (ハーネス加工代含む)	14.8
ノートPC	DELL	Inspiron 3593 (Intel Core i7)	13.0
表示機器	Apple	iPadPro11+取付治具	11.0
基準局一式	(株)クリーンデータ	KUBXCSCGF9P+サーバーPC	19.8
ソフトウェア試作費を除く総購入価格			95.4

2.3 センサー取り付け

センサーをバックホウに取付た状態を図-5に示す。

GNSSアンテナはマグネット式台座上、IMUは強力両面テープで取り付け、GNSS受信機は運転室内に設置する。GNSSアンテナは、上空ができるだけ確保できる場所に取り付け、バケット計測用IMUは水や掘削土が触れにくい場所を選ぶ。取り付け後、キャリブレーションにより、理論式が期待している計測データが出力できるよう、取り付け位置の座標の計測、基準面からのズレ量を求める。



図-5 バックホウにセンサー取り付け

3. キャリブレーション

キャリブレーションは、図-3のバックホウ座標系のGNSSアンテナ取付位置の座標計測と、「Hd」「Vd」がバックホウ座標系に従った値で計算されるよう、IMUの取り付けズレ量(理想値との差)を求める作業である。

3.1 バックホウ座標系の取り付け位置計測

図-3のバックホウ座標系のZ軸は重力方向、その平面(水平面)はレベルであるため、実物のバックホウもレベル面上に載せ、各取付点の座標を計測する。水平面をつくるために、整地作業をおこなう。傾きゼロの整地は難しいため、目標精度を決める。ICT建設機械精度確

認要領(案)³⁾によれば、バックホウに関しては具体的な数値はないが、ブルドーザに関しては標高誤差±50 mmとあるので、この値を目標精度とする。

0.45 m³クラスのバックホウのフートピンからバケット刃先までの最大水平距離を5 mとすると、±50 mmに収めるには、そのズレ量は±0.57°以内となる。目標をその半分の±0.29°とする。整地後に鉄板を敷き、その4隅と中心の5点をトータルステーション(以降：TS)で計測した整地面を図-6に示す。4辺の傾斜はどれも目標値±0.29°内である。

この整地面をバケット座標系の水平面とみなし座標計測をおこなう(図-7)。

TSによる座標計測は、フートピン中心を座標原点(0, 0, 0)、バケット刃先をX軸方向にセット、GNSSアンテナ取付点にプリズムを置き座標を計測する。

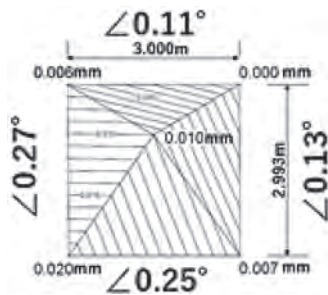


図-6 キャリブレーション用整地面 (水平面)

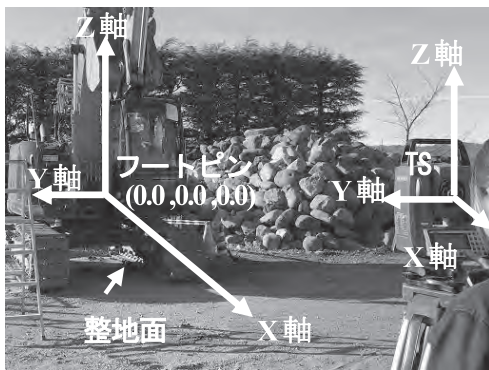


図-7 TSによるバケット座標系の計測

3.2 IMUの取り付けズレ量の計測

図-3のバックホウ座標系のバケット座標の「Hd」と「Vd」は、図-8に示すブーム・アーム・バケットの長さL₁ L₂ L₃を予め計測して、各回転角度をIMUで計測すれば、式(5)(6)により求めることができる。

$$H_d = \sum_{n=1}^3 L_n \cdot \cos \theta_n \tag{5}$$

$$V_d = \sum_{n=1}^3 L_n \cdot \sin \theta_n \tag{6}$$

式(5)(6)は、IMUの計測角度が0°のとき、θ_n=0°であることを期待しているが、IMU(分解能:0.05°)を理論通りに取付することは難しい。よって、理論値と取付値のズレ量が発生するが、このズレ量がわかれば、式(5)(6)の計算前に、IMU計測値に加算するだけで理論通りの計算ができるはずである。

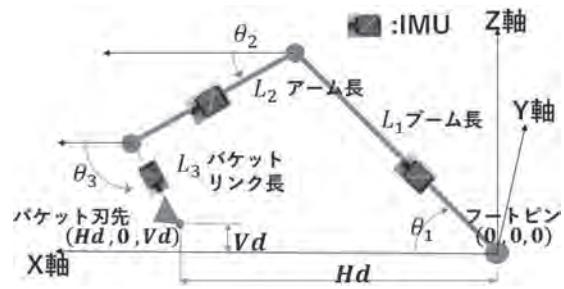


図-8 フートピンからバケット刃先までの計算方法

キャリブレーションは、図-7のTSを使い、ブーム・アーム・バケットの各両端(ブームであれば図-8のθ₁点とθ₂点の2点)を計測、2点から直線方程式をつくり、平面となす角を求め、図-8のθ_nを求める。TS計測と同時にIMUの角度も計測すると、その差分がズレ量となる。表-3にブームのキャリブレーション結果を示す。

表-3 ブームのキャリブレーション結果

TS計測	X	Y	Z	TS (°)	IMU計測値 (°)	取付ズレ量 (°)
フートピン	4.338	5.418	-0.078			
ブーム先端1	-0.221	4.682	0.005	1.030	-6.03	7.060
2	-0.196	4.684	0.426	6.262	-0.69	6.952
3	-0.116	4.688	0.924	12.518	5.55	6.968
4	0.007	4.695	1.373	18.289	11.29	6.999
5	0.258	4.705	1.987	26.509	19.52	6.989
6	0.641	4.728	2.625	35.729	28.70	7.029
7	1.032	4.747	3.098	43.323	36.30	7.023
精度 (°)			0.035		平均ズレ量 (°)	7.003

フートピン座標とブーム座標のなす角はTS(°)で、図-8のθ₁である。TS(°)から、同時に計測したIMU計測値を引いた値が、取付ズレ量である。取付ズレ量を平均した値が平均ズレ量で、その値は7.003°その標準偏差は0.035°である。0.035°は距離5 mで3 mm程度のズレより、平均ズレ量を取付ズレ量とする。

図-9は、横軸を表-3のTS(°)、縦軸をIMU計測角度(°)で表したものである。(バケット角度-IMU計測角度)ラインは線形、(バケット角度-取付ズレ量)ラインは、ブーム回転角度に関係なく一定である。よって、ブーム回転角度θ₁は、IMU計測角度に取付ズレ量(平均ズレ

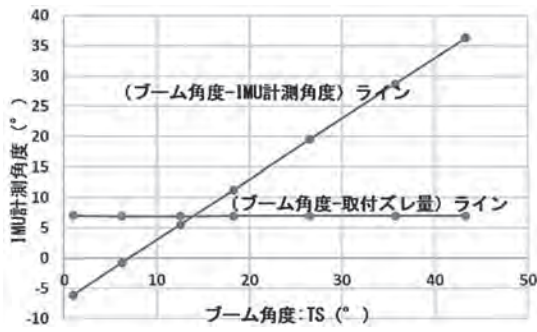


図-9 ブーム回転角度と IMU 計測角度の関係

量)を足すと求まることがわかる。アームも同様の手順でキャリブレーションをおこなう。

図-10の左図は、バケット回転角度を計測するIMUの取付位置である。バケットは、掘削土積み込みや水面下作業のため、バケットに直接取り付けができないため、ヒンジに取付ける。図-10の右図の θ はバケットの回転角度、 μ はIMUを取り付けたヒンジの回転角度である。この関係を図-11に示す。

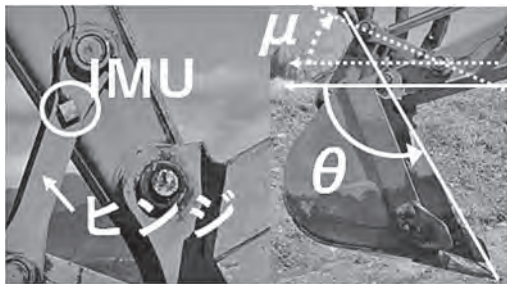


図-10 バケット回転角度計測用 IMU の取り付け

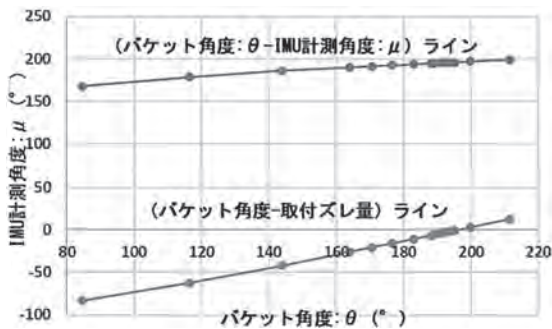


図-11 バケット回転角度と IMU 計測角度の関係

横軸は、バケット角度: θ 縦軸は IMU 計測角度: μ で、(バケット角度-IMU 計測角度)ラインは、非線形である。また、バケットの回転角度により、取付ズレ量の値は変化している。非線形(曲線)であるため、ブーム・アームの線形と異なり、取付ズレ量は、バケット回転角度により変化する。そこで、この曲線の関数近似をおこない、数値計算によりその回転角度のズレ量を求める必要がある。代表的な補間手法として、ラグランジュ補間とスプ

ライン補間の二つがある。ラグランジュ補間は、区間の接点で微分係数が不連続となり、曲率が不連続となる場合があるため、式(7)に示す3次スプライン補間を用いて近似する³⁾。

$$P_i(x) = C_{1,i} + C_{2,i}(x - x_{i-1}) + C_{3,i}(x - x_{i-1})^2 + C_{4,i}(x - x_{i-1})^3 \quad (i = 1, 2, \dots, N) \quad (7)$$

補間関数 $P_i(x)$ ($i = 1, 2, \dots, N$)を決めるため、 $4N$ 個の係数 $C_{j,i}$ ($j = 1, 2, 3, 4, i = 1, 2, \dots, N$)を決め $P_i(x)$ を求める。

4. ローカライゼーションと計算プロセス

GNSS 計測座標を平面直角座標に変換する手法、および一連の計算プロセスについて説明する。

4.1 ローカライゼーション

ローカライゼーションは、GNSS 座標系(WGS-84)を、平面直角座標系に地図投影するための手法である。現行MGシステムの大半は、施工現場に複数設置した基準点をGNSSで計測することにより、ローカライゼーションをおこなう方式である。

その理由として、WGS-84をローカル座標に変換する地図投影法は、国ごとに異なるため、各国の地図投影法に関係なく、同一の計算方式でおこないたいためと考える。この手法として、写真標定のひとつであるヘルマート変換⁵⁾を利用して、対象施工現場(数kmの範囲)だけに適用できる座標変換パラメータを、複数基準点の計測により求めている。この手法は、地図投影法を、座標変換で置換していると言える。

本開発システムは国内のみの対象より、平面直角座標系だけを考慮すればよいので、国土地理院の“経緯度を換算して平面直角座標、子午線収差角及び縮尺係数を求める計算”を使用する⁶⁾。この手法により、基準杭ゼロでローカライゼーションが可能になる。計算式は複雑なので、変換パラメータのみで表した式を、式(8)に示す。

$$(x, y) = f(\varphi, \lambda, \varphi_0, \lambda_0, a, F, m_0) \quad (8)$$

(x, y) : 平面直角座標系の x, y 座標

φ, λ : GNSS で計測された緯度および経度

φ_0, λ_0 : 平面直角座標系の原点の緯度および経度

(例:9系では緯度:36° 0' 0", 経度:139° 50' 0")

a, F : 準拋楕円体の長半径 6,378,137 m

逆扁平率: 298.257222101

m_0 : 平面直角座標系の X 軸上の縮尺係数(0.9999)

本ローカライゼーションに必要な基準点は、基準局だ



図-12 基準局アンテナとNTRIPサーバー

けとなる。そこで、4級基準点と同等精度の座標点を現場事務所の屋上に固定する(図-12)。

基準局アンテナは、常にGNSS衛星の信号を受信できるように、周囲の建屋・木々より高い場所に設置する。今回使用しているGNSS受信機は、基準局から半径30 km程度の範囲まで計測可能であり、今回の実験現場は基準局から約6 km離れた場所であることから、計測は問題なくおこなうことができた。

2周波RTK方式は基準局からの補正情報を、何らかの通信手段を使い、建機上の各GNSS受信機に取り込み、各々の位置計算をする必要がある。登録や免許が不要な特定小電力無線で補正情報を配信するケースでは、基準局から1 km以上離れた場所では通信が不安定になる可能性がある。そこで、インターネット経由で配信するNTRIP(Network Transport of RTCM via Internet Protocol)方式を採用し、現場近傍に独自のNTRIP Server/Casterを設置する⁷⁾。

4.2 バケット座標計算プロセス

GNSS3台とIMU3基の計6個の計測データを受信しながら、バケット刃先座標計算、設計データ比較、ガイダンス表示をおこなう。ガイダンスの遅延は、MGシステムとしての使用価値を失うため、並行処理が可能なスレッド処理とよばれるマルチタスク手法を用いる。計算フローを図-13に示す。

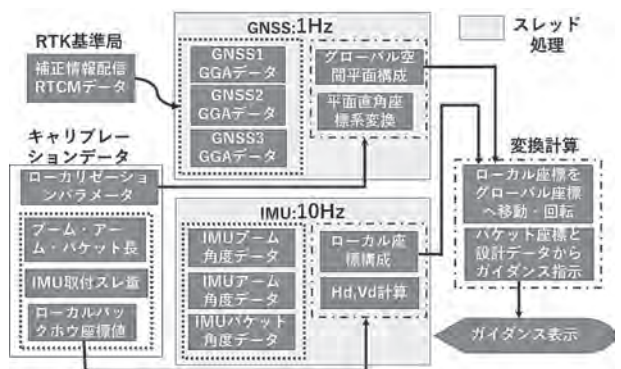


図-13 計算フロー

GNSSの計測・平面直角座標計算・グローバル空間平面構成は1 Hz間隔で更新される。IMUの角度計測・Hd/Vd計算・ローカル座標構成は10 Hzで更新される。両者はスレッドにより並行処理され、どれかの計測データが更新されたら、変換計算をおこない、ガイダンス表示をおこなう。IMUの更新間隔はGNSSの10倍なので、ローカル座標系は最新でも、グローバル座標系は前回データの場合がある。キャリブレーションデータは、プログラムスタート時に読み込む。ガイダンス表示例を図-14に示す。

「平面表示」は、現在のバケットの掘削方向が目標の法面に正対していることを確認するための表示で、バケットが真上を指しているとき、目標の法面に正対していることを意味する。

「断面表示」は、現在のバケットが設計断面ラインのどこに存在しているかの表示である。

「上下」は「断面表示」のバケットと設計断面ラインの離れ量から、バケットを設計ライン上に移動すべき量を数値で指示する。

「位置」と「左右」は、バケットの現在位置を数値で表示するものである。

図-14の例では、スケルトンデータの背骨である設計中心線の位置は“NO.69+7.55 m”，スケルトンデータのあばら骨である断面方向の位置は、中心線から左方向に“6.814 m”離れていることを意味する。

現在のバケット刃先は、設計断面ラインから“0.231 m”低い位置なので、「上下」は、“上へ0.231 m”と指示する。

盛土の法面整形中である図-14の場合、施工の都合によりバケットの尻側で管理するため、バケット尻の座標と設計断面ラインで「上下」を計算している。画面および数値データの更新は、バケットの動きに同期しており、既存のMGシステムと同等レベルの機能を備えていると考える。

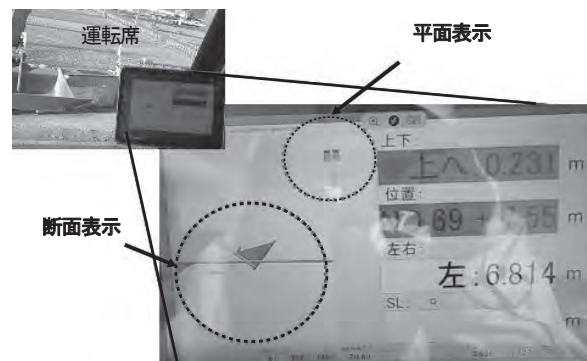


図-14 ガイダンス表示例

5. 検証実験

MG システムとしての実用性を、以下の項目に対して検証する。

- ①バケット精度：垂直方向誤差(±50 mm 以内)
- ②丁張杭設置ゼロ
- ③システム遅延(ガイダンスの遅れ, および GNSS の計測間隔(1 Hz))
- ④外注利用率(全施工プロセスをユーザー自身で行える)

検証に利用した実験現場の概要を示す。

発注者：群馬県安中土木事務所

工事名：社会資本総合整備(防災・安全社会資本整備交付金・補正)堆積土除去分割 5号

施工数量：約 5,500 m³ のうち ICT 土工分 2,750 m³

受注者：(株)大手組

実験は、安中市を流れる九十九川の堆積土砂の除去工事で検証をおこなう(図-15)。

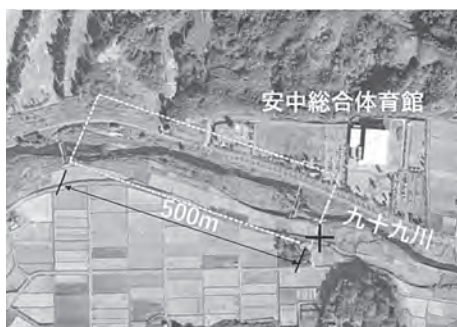


図-15 実験現場 (地理院タイル図加工)

5.1 バケット精度

バケット刃先座標の XY 座標および標高の精度を検証する。図-16 に示すよう、現場内に検証用杭を打ち、2 周波 RTK-GNSS 計測ポール⁸⁾で杭頭を計測、その後バケット刃先を杭頭に合わせ、座標を比較する。



図-16 バケット刃先座標の検証

表-4 バケット刃先座標の座標比較結果

平面直角座標系(m) 群馬県:9系					
バケット刃先座標			GNSS計測-バケット刃先		
X	Y	標高	ΔX	ΔY	Δ標高
37516.576	-85502.495	150.683	0.104	-0.141	-0.021
37512.066	-85497.418	150.659	0.107	-0.111	-0.049
37510.568	-85490.892	150.694	0.134	-0.061	-0.021
37508.086	-85486.006	150.653	0.144	-0.112	-0.009
37505.646	-85480.026	150.624	0.118	-0.059	-0.025
37501.506	-85475.639	150.696	0.092	-0.050	-0.007
37499.643	-85470.931	150.663	0.101	-0.039	-0.002
37495.316	-85468.309	150.691	0.153	0.040	-0.029
37492.302	-85463.750	150.592	0.143	0.033	-0.044

表-5 バケット刃先座標の標準偏差

標準偏差 (m)		
ΔX	ΔY	Δ標高
0.019	0.087	0.012

計測結果を表-4、表-4 の GNSS 計測座標からバケット刃先座標をそれぞれ引いた ΔX, ΔY および Δ標高に関する標準偏差(以降：精度)を表-5 に示す。

GNSS 計測により 9 回計測した平均標高は 150.685 m、バケット刃先による平均標高は 150.662 m と、平均標高の差は 23 mm であった。この差が統計的に有意であるかを確認するため、有意水準 5% で両側検定の t 検定をおこなったところ、 $t(16) = 1.46$ $p = 0.16$ と有意な差があった。

バケット刃先の座標を求めるには、GNSS3 基の計測、キャリブレーション値、IMU3 個の計測、計測データ取得タイミング、バケット刃先を検証用杭の頭に合わせるための操作技術まで必要である。

平均標高の差は 23 mm であるが、GNSS 計測に比較して t 検定の分散が大きいことより、バケット座標のばらつきは GNSS 計測より大きいと考えられる。

しかし、表-4 の Δ標高は、-2 mm から -49 mm の範囲内であり、GNSS 計測を真値と仮定すると目標精度 50 mm に収まっている。

表-5 の Δ標高の精度も 12 mm と目標精度 50 mm 以内である。ΔX の精度は 19 mm であるが、ΔY は 87 mm 発生している。図-16 に示すように、バケット先端の中心部が杭頭の釘の上に来るように操作しなければならない。オペレータの技量や建機の「がた」も影響して、釘の真上にセットすることは、RTK-GNSS 計測ポールに比較して容易ではないことがわかった。試験方法は今後の課題とする。

5.2 丁張杭設置ゼロ

従来施工の場合、兩岸の法肩付近に20m間隔で丁張杭を設置して、施工の目印として利用する。図-15に示す施工延長500mの場合、20m間隔で河川兩岸に丁張杭を設置するため、52本の設置作業が必要で、4人で2日間と見積もられ8人工が必要であった。また、施工中に建機オペレータが確認するための出来形杭の設置も作業に合わせて必要となる。

本現場は、丁張杭設置はゼロであった。これは、今回開発したMGシステムだけでなく、RTK-GNSS計測ポール、新たなローカライゼーション方式を組み合わせることにより、丁張杭の設置をゼロにすることができたと考える。

5.3 システム遅延

図-17は、現在位置自動ログ機能により、建機の動きをトレースしたものである。6日間のログデータによれば、1日の建機の移動量はどれも最大で100m程度、また掘削中にクローラを動かすことは無かった。よって、掘削中はブーム・アーム・バケットの回転角度を計測するIMUだけが、MGシステムを担っていると言える。GNSSの計測間隔は1Hzでも、掘削中にオペレータがシステム遅延を感じる可能性は小さいと考える。

一方、ブルドーザーのようにクローラを動かしながら整地する作業は、計測間隔が大きいと、次の処理までの移動距離が大きくなるため、GNSSは10Hz程度の計測間隔が必要であろう。バックホウの場合は、GNSSの計測間隔が掘削作業に影響されないこと、IMUの計測間隔が10Hzより、オペレータからシステム遅延に関する意見はなかった。

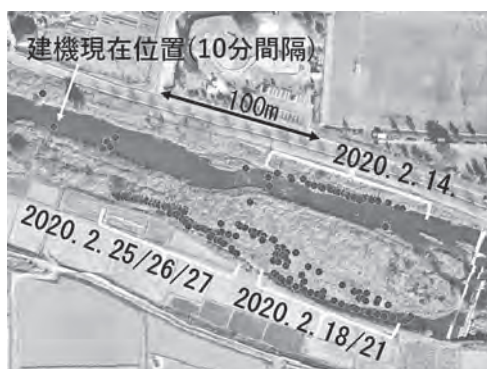


図-17 建機の動き(6日間)(地理院タイル図加工)

5.4 外注利用率(内製による処理)

開発したシステムの設計データは、スケルトンモデル(道路中心線系・縦断曲線・横断面)に対応している⁹⁾。現行のMC/MGシステムの大半は、サーフェースモデ

ルのTIN(不整三角網)を採用している。今回スケルトンモデルを採用したのは、これまで使い慣れている従来土工用の設計ソフトウェアを流用できるためである。これにより、スケルトンモデルである横断面の起工測量と出来形計測を、自社ストックしているRTK-GNSSやTSで計測できるため、図-2の外注率をゼロにする可能性が高くなる。

図-18は、実験現場のスケルトンモデルによる設計データである。

スケルトンモデルは、中心線形の中心点の標高から、横断面上の任意位置の標高を、手計算で求めることができる。従来施工で活用されている、設計モデルのひとつである。本現場の中心線形データは、始点・IP点・終点の3点の座標で構成された基本クロソイドで設計されており、スケルトンモデルによる本設計データの作成は、0.5日程度であった。

一般的な設計データ変換ソフトでは、設計データをTINで作成するが、例えば、座標5点から手計算によりTINをつくる場合、1時間程度を要すること、標高計算には、空間方程式が必要なことより、スケルトンモデルのように、手計算で任意の標高を求めることは実務上不可能である。よって、専用ソフトウェアが必須となり、操作がわからない場合は、外注に頼らざるを得ない状況になる。

これに対し、今回開発したMGシステムは、スケルトンモデルの採用により、自社ストックしている設計ソフトが有効利用できたため、設計データ作成、起工測量、ICT施工、および出来形計測を、全て内製で処理できた。



図-18 設計データ(スケルトンモデル)

5.5 機材の取付とキャリブレーション作業

機材の取付作業、基準局の設置作業、キャリブレーション作業を、ユーザー自身がおこなうことができた。本社員が所属している組織では、サポート項目はソフトウェアの不具合時の対応だけで、初期導入サポートなどは必要ないと考える。この社員は、高専卒業かつ測量士の資格を持っている。

6. まとめ

小規模土工用のバックホウ用マシンガイダスシステムを開発，実現場で検証した結果を述べる．

- 安価な機材(100万円程度)で構築したシステムでも，所要の精度および機能(丁張レス)を達成することができた
- 機材の取付・基準局設置・キャリブレーション作業は，ある程度の能力(検証では高専卒業生)を持った社員に実習と導入教育をおこなえば，対応可能であった
- よって，このような社員がいる組織では，初期導入サポート費・設計データ作成サポート費を支払う必要はない
- 今回開発したソフトウェアの無償提供化，取付・キャリブレーション作業に対応できる社員教育ができれば，運用コストはソフトウェアのメンテナンス費だけとなり，安価になることが期待できる
今後の課題は以下の通りである．
- 小規模土工で普及のための，ソフトウェアのメンテナンス方法およびサポートの価格・扱い方を決める必要がある

謝辞：本研究は，平成30年度科学研究費助成金(基盤研究C)18K02970の助成を受けた．ここに記して謝意を申し上げる．

参考文献

- 1) ICT 土工の現状分析について，ICT 導入協議会，H29.3.7. 資料-1, 国土交通省 HP,
http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000031.html, (令和2年4月1日閲覧)
- 2) インターステラテクノロジス株式会社 HP,
<http://www.istellartech.com/mission>, (令和2年4月1日閲覧)
- 3) 国土交通省：ICT 建設機械 精度確認要領 (案)，平成31年3月
- 4) 水島二郎他：理工学のための数値計算法 [第2版]，pp.13-31.2009, 数理工学社
- 5) 内山久雄：測量学，pp.175-177, 2008, コロナ社
- 6) 河瀬和重 (2011)：Gauss-Kruger 投影における経緯度座標及び平面直角座標相互間の座標変換についてのより簡明な計算方法，国土地理院時報，121, pp.109-124, 2011
- 7) 先村律雄，半谷一晴，大橋祥子，SNIP による RTK 基準局開設・運用入門，pp.10-92, 2019, コロナ社
- 8) 先村律雄，小林雅人，大橋祥子，大手一信，半谷一晴：1 周波 GNSS を用いた計測システムの開発と検証，応用測量論文集，Vol.30, pp.153-163, 2019.
- 9) 青山憲明，i-Construction のための 3 次元設計データ交換基準，建設マネジメント技術，pp.13-18, 2016 年 6 月号

(2020.4.14 受付，2022.2.1 採用決定)

DEVELOPMENT OF 3D MACHINE GUIDANCE SYSTEM FOR SMALL SCALE CONSTRUCTION AND THE VERIFICATION

Ritsuo Sakimura¹, Issei HAN-YA², Kazunobu Ote³,
Yuya Hanaoka⁴, and Shoko Ohashi⁵

¹ Professor, Department of Civil and Environmental Engineering, National Institute of Technology, Gunma College

² President, CleanData Ltd.

³ President, Ootegumi Co., Ltd.

⁴ Department of Engineering, Ootegumi Co., Ltd.

⁵ Department of Engineering, Ootegumi Co., Ltd.

Using ICT earthwork system is expected to improve work efficiency and productivity of construction works. However, according to a government's report, utilization rate of the ICT earthwork system for small scale construction, with work volume less than 5,000 cubic meters, is limited only to 16% so far, which is much lower than one for larger volume construction works.

One of the reasons for this situation can be assumed that purchasing cost or renting fee of an ICT system is currently too high and it is difficult, for construction companies, to collect the investment, in case of small-scale construction works.

To improve this situation, we developed a 3D Machine Guidance system for small-scale construction works by configuring devices (3 sets each of GNSS receivers and of IMUs for angular measurement) available on the market in economical prices and one note PC which is usable in combination with a design software owned by the user company.

Also, installation of sensors on to the machine, calibration of sensor system and generation of control data from design data, necessary to operate the system, are easy to be carried out by user themselves. At an actual small-scale construction work site, the system equipped on a backhoe machine, with bucket capacity of 0,45m³, has been tested for its execution accuracy, functionality and workability, and verified if such system, configurable and utilizable by users themselves, is practically applicable for small-scale construction works.

ずいそう

定年後結構忙しいです

村岡 正



2011年5月に定年退職それから10年すぎ、これまでの生活を振り返り紹介していきたいと思います。

1. 2017年8月 マスターズカップ 65～69歳50m自由形3位, 46"36

昨年は1日2.5km年500kmになりましたが、15年来血糖値がイエローカードレベルで毎年200km前後泳ぎ、コーチから出場を勧められ3位になりました。池江璃花子さんの約倍のタイム、実は90歳の1位に負けています。2019年の右膝手術後は長い距離を2ビートで泳ぎ、2020年の心臓手術で水泳も終わりかと思いましたが、術後2か月から再開、体調も良く先生から大丈夫との診断をもらいました。水泳仲間の美魔女Aから「タフね♡」と言われ「たいしたことないですよ」と答えています。内心はプールだけですよとつぶやいています。心臓が心配で美魔女Bに「ブカリと浮いたら助けて」と頼んだところ「大丈夫、すぐ足引っ張って楽にしてあげる」と言われ苦しむことはなさそうです。

2. 2016年12月 ホールインワン 霞ヶ浦国際GC, OUT7番170ヤード, 3番アイアン

稀勢の里のお父さんも参加していたので、翌月お祝いゴルフと打ち上げを予定し、同時に稀勢の里の横綱昇進と重なりました。打ち上げ当日、茨城の片田舎、稀勢の里のお父さんが来るという話が伝わったのでしょうか、次々とお客さんがお父さんに挨拶に来て大赤字です。後日歯医者の方と稀勢の里の話になり、横綱昇進祝いに子供と行ったとのこと、私のホールインワン記念とは言えませんでした。ちなみにゴルフは膝手術前の2018年10月に終了し、定年後の成績は291ラウンド、Ave95.8でした。

3. ドローンレーサーつくば

15年4月に首相官邸にドローンが落下した事件がありましたが、その年12月にはドローン操作に必要な資格や申請方法などが法整備されました。以前からドローンのレースに関心がありましたが、ドローンレースはドローン本体に取り付けたカメラからの画像をゴーグルで見ながら（目視外飛行）設定されたコースの着順を争うもので、画像を送信するための無線資格と画像送信機の開局、目視外飛行に対する飛行許可が必要で、この事件で明確になりました。16年4月に無線資格、5月開局、7月に飛行許可（DIPS）を取得し、同月に会員制の「ドローンレーサーつくば」を開場し、屋外レース場としては国内で1,2番目だと思います。レース場は2000年から借りてラジコン飛行機、ヘリを飛ばしていた3反（3,000平米）の芝生畑で、フェアウエー程度の柴高さに整備し、南、西側は林、東、北側は畑と絶好の環境です。会員には電波法、航空法の順守を義務付け、入会時には私がDIPSを申請、これは毎年更新のため現在まで40件程度申請しました。2年目から徐々にお客さんが増え海外転戦していた中学生が来るようになり、現在の日本チャンピオンを争う小中学生も来て会員が20名を超え賑わい始めました。

機体は500g程度で技術は日進月歩、結構な速度が出るので安全には十分配慮し、藤棚を15m×5mに茂らせ、周りをネットで囲み上部、側面からの機体の突入を防止しました。さらに問題なのは出火でバッテリーや部品が焼けるのは日常茶飯事、屋外のため「やっちゃたよ」と笑い話で済みますが、問題なのは車、特に電車、バスでの出火です。墜落で変形、電氣的に異常があるものはすべてレース場で廃棄処理し絶対に持ち帰れないようにしました。また2019年からはFISS（飛行情報共有システム）が追加され、安全管理、規制の順守で5年間1件の人身、物損事故、違反がないのが自慢です。

同じころドローンを用いた測量が行われるようになり、ボケ防止も兼ねて猛勉強し測量士資格を取得、空撮など仕事ができる携帯局も開局しこれらに対応でき

るようにしました。

順調に見えたレース場ですが、2020年に心臓の手術で会員、地主に迷惑を掛けられないので引き継ぎ者を募ったところ、30歳のM君が希望し、2021年1月から営業譲渡の形で移管しました。移管後はM君が「Tsukuba9th cloud」として活動し、私は日曜参加、レースは全く敵わないので、女性や子供に昼食をサービスしています(写真-1)。

4. 地元の活性化

義兄が地元を活性化する活動の世話役をやっており、何かと呼ばれます。「ショベル免許持ってんだらう、1反ほどの林の伐根やってくれ。」茨城の農協から極安価なショベルをレンタル、コマツのショベルばかりで、なぜかオレンジ色がなく日立建機頑張れ。私の腕でもどうにか整地、さすがコマツです。結果、牛久沼の絶景が広がり、地元のたまり場としてミニコンサート、結婚披露宴など活性化に寄与、これに気を良くしたのか義兄は船を入手、漁業組合に加入し牛久沼にも手を伸ばし、私も泥沼ならぬ牛久沼にはまり船舶免許取得、栈橋の整備など進めています。ドローンから解放されたと思ったら新しい活動が増えました(写真-2)。



写真-1 2019年12月の草レースの様子ですが、前列の小中学生が現在中高校生になり日本チャンピオンを争っています



写真-2 整備中の栈橋、昼から飲むビールは最高

概ね平日午前中はほぼ水泳、午後は医者通い、畑仕事、ドローン修理、月2の油絵創作、油友会は結成以来11年、熱血講師指導で男2名、女性2名、平均年齢75歳で存亡の危機、会員募集しています(写真-3)。土曜は休日、時々ツーリング(写真-4)、日曜はドローンと結構忙しい毎日を過ごし、そして最近は週2回程度義兄から呼ばれ力仕事をしています。

趣味や活動を通じて小学生から女子大生、御高齢の美魔女まで幅広く対等に話ができて、楽しい時間を過ごしていますが、これもすべてセッカチ、短気な私を支えてくれている奥さんのおかげ、無事古希を迎えられ誌面を借りて厚く御礼申し上げます(写真-5)。

定年生活には残業と納期がないので夕方5時あるいは暗くなる前に帰って飲み始め、10時には寝る規則正しい生活、今日できないことは明日、それもできないならば来週、来月、来年と先送りできます。但し人生の納期は間もなく来ますが、“生き急いでる”気がする今日この頃です。



写真-3 第1回油友会作品展の様子



写真-4 豪雨ツーリング



写真一五 古希

順不同で紹介してきましたが年表を作成しましたので御笑覧ください。

2011年 5月 定年退職

2011年 12月 油絵同好会「油友会」設立参加

- 2014年 6月 バイク再開 HONDA VTZ250
- 2015年 7月 バイク乗り換え HONDA CB1100
- 2015年 12月 第1回油友会作品展
- 2016年 7月 ドローンレーサーつくば開場
- 2016年 12月 ホールインワン
- 2017年 7月 測量士資格取得
- 2017年 8月 マスターズカップ
65～69歳 50m 自由形 3位
- 2018年 10月 ゴルフ断捨離
- 2018年 12月 第2回油友会作品展
- 2019年 3月 右膝手術
- 2020年 5月 心臓手術
- 2020年 12月 ドローンレーサーつくば営業譲渡
- 2021年 5月 古希
- 2021年 6月 バイクに乗り換え HONDA レブル 500
- 2021年 12月 船舶免許取得

—むらおか ただし 日立建機株 OB—



ずいそう

私の趣味（水泳）



菊岡良治

私は現在週に何回かプールに行き、水泳を楽しんでいます。もともとおぼれない程度には泳げましたが、子供も大きくなり相手にされず体重も増えてきたので、子供が通っていた水泳教室に行くことにしました。入会の時のチェックで血圧が高いので入会できませんと言われ、会社の産業医さんに相談したところあそこの水泳教室なら大丈夫だから通いなさいと指示を受け、診断書をつけて入会さしてもらいました。

それが京都踏水会という教室でした。私も子供のころ夏季講習などでは通っていましたが、馴染みがある教室でした。最初のころはちょっと泳ぐだけで疲れて、びっくりするほど泳げなくなっていました。まじめに通っているうちに少しずつ泳げるようになり、体重も大分落ちました。少し泳げるようになると欲が出てきました。子供たちがやっていた定期試験を受けてみようと思いました。普通ならマスターズに出ようと思うのですが、少しずれた方向に行きました。

京都踏水会の定期試験は普通の競泳4種目もあるのですが、日本泳法の試験がメインです。日本泳法とは何ぞやと、思われた方もいると思いますが、大河ドラマの「いだてん」で少し出てくるそうですがクロールにアントワープ大会で惨敗する泳ぎ方です（私はドラマ見ていないので伝聞ですが）。

日本泳法は古式泳法とも呼ばれ、江戸時代に各藩で伝えられた泳ぎ方です。現在日本水泳連盟のホーム

ページには日本泳法のコーナがあり、13流派（日本水泳連盟に登録のあるもの）があります。定期的に全国大会も行われています。私が習っているのはその初歩の段階で全国大会とかはずっと先で、段位どころか級のレベルです。いろいろな泳ぎ方がありますが私は熊本藩発祥の小堀流踏水術を習っています。

日本泳法はその地方での自然環境、河川の流況にあった泳ぎ方になっています。大きな特徴は顔を水面より上に上げて泳ぎます。自然環境の中ではプールと違い下を見て泳いでいると、流れてくる何にあたるかわかりません。このため周囲の状況を確認しながら遊泳する必要があります。

また、本来は着衣、具足・甲冑を着用しての遊泳のため、速さより力強さが重視された泳ぎのような気がします。このため赤十字の水の上安全法でのおぼれている方の救護方法として取り入れられているようです。水着と違い着衣で泳ぐのは疲れます。

私が習っている泳ぎ方としては、浅いところを泳ぐ足撃（そくげき）や、急流を泳ぐ早抜（はやぬき）などがあります。

慣れるまでは、どうしてこのような疲れる泳ぎを考えたのかと思います。先生にやってもらった写真を以下に掲載します。カメラの腕が無いのは許してください。

きっと熊本の白川や有明海では役に立つ泳法だと思

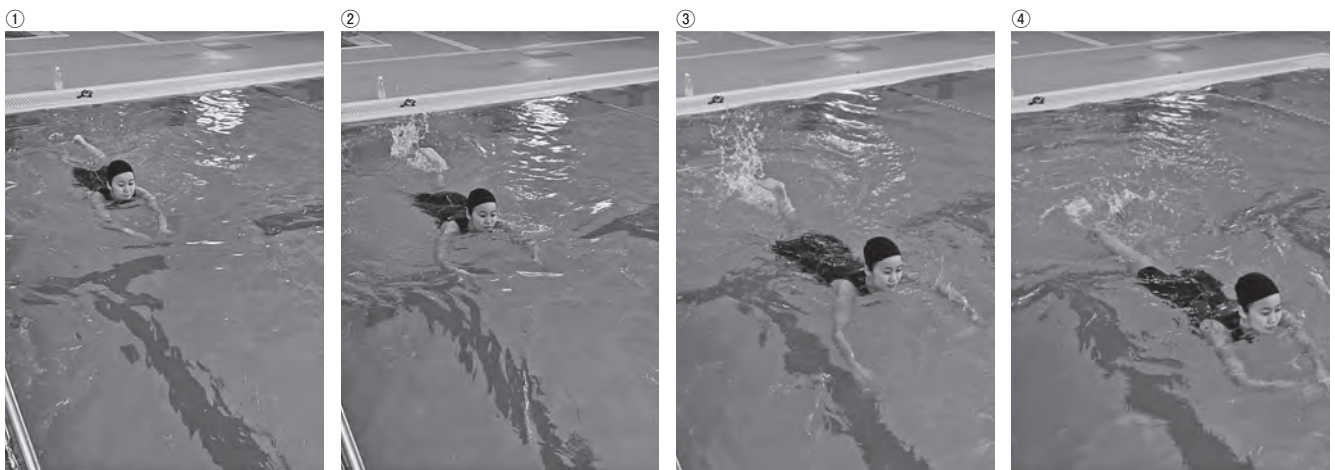


写真-1 足撃

浅瀬を泳ぐときの泳法。腕は肘から先で水を押さえ、足は膝から先でバタ足です。水中にある岩や沈木が当たらないように泳ぎます。

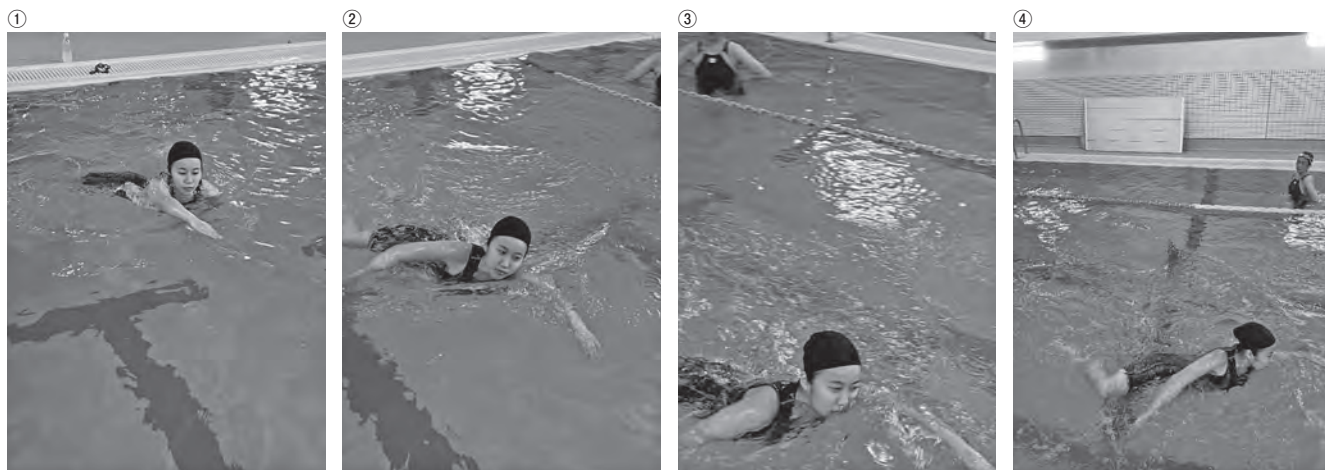


写真-2 早抜き

急流を泳ぎ切るのに使うそうです。手はクロールのようですが抜手と言って、水を抑えるだけで掻きません。足は手操（たぐり）と言って片足が足の裏で水を押し、片足が足の甲で水を蹴ります。体をひねりながら進みます。スピードよりパワー重視で。



写真-3 立泳ぎ

水面で静止して泳ぎます。各流派いろいろあるようですが習っているのは踏足の立ち泳ぎで、水球やアーティステックなどで上体を水面より高くするときに使う足を用います。両手が自由になるので鉄砲や刀を使えるようになるそうです。

いながら稽古に励んでいます。

江戸時代の武術のため様式美を重視した泳ぎ方もあります。御前およぎ（ごぜんおよぎ）等がそうです。これもまた大変で、基礎の動き方ができないとどうにもなりません。

立ち泳ぎをしながら、上半身を少しだけ水面上に持ち上げ回転をしながら進行します。水球やアーティステックスイミングほどではないですが脚が強くないとだめです。

珍しいのでは泳ぎながら習字をしたりします、上級者の方は甲冑を着て泳いだり、鉄砲・弓等を使って水上での演舞もあります。

現在週に1回、日本泳法の練習に参加していますが、成人してから習い始めた方ばかりで、皆さん四苦八苦しながら楽しんでます。若い方も少しはおら



写真-4 練習後にモデルをしてくれた先生とパチリ。先生は参段です。

れますが多くの方が人生のベテランの方のために、先週教えていただいたことが思い出せず、体が若いころに比べて固くなっていて思うようにならずと苦労しながら、「出来ないねー」と笑いながら稽古には励んでいます。日本泳法の選手が参加しているコースは厳しいようですが、人生2周目に入り、趣味で体を動かすのにはちょうど良いと思っています。

できればもっと上達して、昇段試験が受けられるぐらいになればと思っています。

皆様もし機会があれば、伝承文化として自然環境の中で泳ぐのを想定した、日本泳法を体験してみませんか？

《参考図書》

- 1) 財京都踏水会『踏水会百年史』平成7年10月29日
- 2) 中森一郎『“日本泳法”のスヌメ』2018年8月30日

部 会 報 告

令和3年度 若手現場 WEB 見学会の開催報告 ～ 千代田幹線整備事業 ～

建設業部会 機電交流企画 WG

1. はじめに

2021年2月10日に建設業部会は令和3年度若手現場 WEB 見学会を千代田幹線工事において行った。

若手機電技術者に向けた技術の理解、深化を目的として、建設業部会では初めての試みとなる WEB による見学会を実施した。参加者は WEB 参加 60 名であった（写真—1～3）。

2. 見学会スケジュール

14:00～14:05 事務局からの連絡事項

14:05～14:15 開会

日本建設機械施工協会 建設業部会
部会長 挨拶（株大林組 鈴木氏）

14:15～14:20 現場所長ご挨拶

（千代田幹線工事所 西沢所長）

14:20～15:30 WEB 見学会開始

- ・千代田幹線工事概要（動画）・資料説明
- ・初期掘進状況（動画）
- ・本掘進状況（動画）
- ・中央管理室～発進立坑（Live 映像）
- ・シールドマシン組立動画（動画）
- ・発進立坑～坑内（Live 映像）
- ・後続台車（Live 映像）

15:30～15:55 質疑応答

15:55～16:00 閉会

日本建設機械施工協会 建設業部会
機電交流 WG 主査 挨拶
（株フジタ 本多氏）

3. 工事概要

事業目的としては、大正～昭和にかけて建設された老朽化した下水道の更新工事を行うことと皇居外濠の水質改善である。しかしながら、下水道の更新工事を行うにあたり、既設幹線内の水位が高く更新工事が困難である。そこで、千代田幹線を整備することによっ



写真—1 工事概要説明（西沢所長）



写真—2 現場動画説明（吉田副所長）



写真—3 WEB 見学会設営状況

て、老朽化した幹線の水を 60 m 近い取水人孔から千代田幹線に落とし込み、水位を下げることで更新工事を行う。

また、外濠の水質改善については、降雨量の多いときに皇居外濠に放流されている下水を千代田幹線に送り込むことによって、外濠の水質改善を図る。

本工事は千代田区飯田橋三丁目の既設発進立坑より、港区の芝浦水再生センターまで総延長約 8.7 km を泥水式シールド工法（仕上り内径φ4,900 mm）により構築するものである（図－1，写真－4，5）。

- ・工事件名：千代田幹線工事
- ・発注者：東京都下水道局
- ・施工者：奥村・大豊建設共同企業体（特）
- ・工期：平成 28 年 11 月 21 日～令和 6 年 4 月 17 日
- ・工事場所：千代田区飯田橋三丁目～港区港南一丁目
- ・工事内容：泥水式シールド工
仕上り内径φ4,900 mm
(外径φ 5,500 mm)

4. WEB 見学会

はじめに工事概要について、西沢所長に説明いただいた。

現在シールド機は飯田橋三丁目の発進立坑から 6,383 m 掘進完了し、赤羽橋付近を掘削中である。今後 JR 線を横断し芝浦水再生センターまで到達の予定である。

千代田幹線工事の大きな特徴として長距離、大深度が挙げられる。そのため工事が長期に及び、多くの設備を使用することになるが、メンテナンス等において機電職員が重要な役割を果たしているとのことであった。

その他、(株)奥村組の特許技術であるハニカムセグメントの説明、狭隘な施工ヤードでの工夫、シールド機の特徴等について説明を受けた。

次に吉田副所長より、発進時の状況を動画とともに説明頂いた。土被り 50 m 程度の高水圧下であるが、

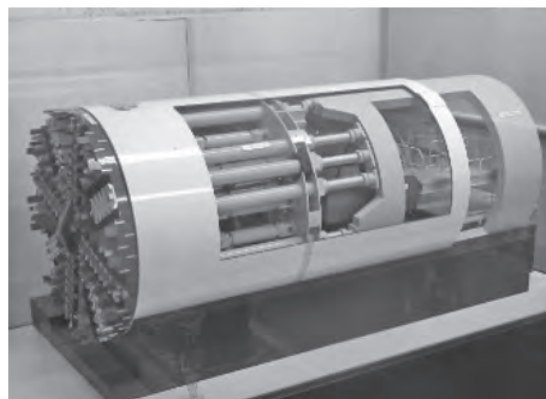


写真-4 シールド機（模型）

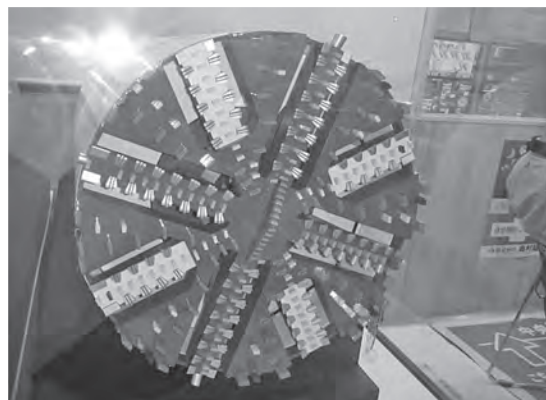


写真-5 シールド機（模型）

出水のトラブルはなく順調に発進することができたとのことであった。

続いて本掘進サイクルについての動画を視聴した。セグメントの搬入～切羽までの一連の流れ、掘進サイクルを確認することができた。セグメントグラブを使用したセグメントの投入、円形トラバサの稼働状況、坑内の自動運搬など実際の施工状況を見ることができた。

次に機電担当藤沼職員の案内にて Live 映像による現場見学を行った（写真－6，7）。中央管理室にて掘

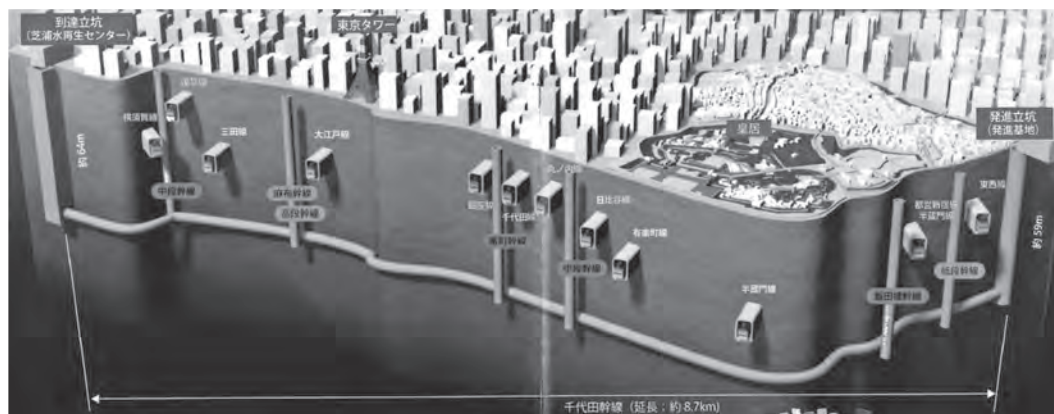


図-1 工事全体図



写真一六 Live 映像配信状況（シールドトンネル坑内）



写真一七 Live 映像（後続台車）

進管理システム、防音ハウス内において泥水処理設備、ハニカムセグメント等について説明を受けた。セグメント荷降ろし時に荷振れ防止、立坑下一定の場所に荷降ろしが可能となるセグメントグラブと呼ばれる専用治具を使用していた。

立坑下については、円形トラバーサ、換気設備、配管類、バッテリーロコの自動運転などについて説明頂き、地上、立坑下、坑内までの設備の工夫、特徴について理解することができた。

カメラを切り替え、土木担当柿永職員の案内にて切羽 Live 映像による見学を行った。当日はセグメント組立中であり、自動締結装置など組立状況をライブで見学することができた。セグメントの組立は 30 分/Rで行っているとのことであった。その他送排泥設備、防爆設備など切羽周辺の設備を説明頂いた。

以上で Live での見学会を終え、映像を中央管理室に戻し、質疑応答に移行した。

5. 質疑応答

Q1：エレクタでセグメントを位置決めしてボルト締結する流れについて質問です。「セグメントの位置決め」と「ボルト締結」は作業員によるマニユ

アルでしょうか？それとも機械による自動運転でしょうか？

A1：エレクタ粗位置決めは自動でできますが、そこからの伸縮操作から手動となります。自動締結機は、ボタン一つで締め付け、退避まで一連の動きを行います。

Q2：斜辺ボルトについて質問です。斜辺ボルトとセグメント穴の間には若干の隙間ができるかと思えます。その間にグラウト注入などで隙間を塞いだりしますか。

A2：数ミリの隙間ができます。特に注入等はしておりません。

Q3：無人運転はタグで減速停止等をしていると説明がありましたが、切羽～台車間は常に進んでいると思いますが、随時盛り替えているのでしょうか？

A3：後続台車後方に停止用の IC タグを設置しています。それについては片番ごと、6 m ピッチでの盛替えを行っております。

Q4：バッテリー機関車の自動運転について教えてください。安全装置、離合区間での離合方法（管理方法）について。

A4：6 t サーボロコ本体および先頭のセグメント台車には、障害物センサーおよび障害物バンパーが設置されております。障害物センサーは進行方向 6 m の範囲内に障害物を検知すれば、1 km/h に減速し、進行方向 3 m の範囲内に障害物を検知すれば、緊急停止します。障害物バンパーに接触するとサーボロコは緊急停止します。また、車両本体四隅および配電盤に非常停止用ボタンがあります。坑内安全通路には緊急停止ボタンを 450 m ピッチに設けております。離合方法については、坑内単線なので必ず離合部で離合するシステムとなり、同一区間に 2 台以上のロコが入った場合は緊急停止します。各離合部では信号機も設置しており、進行方向にロコが居れば赤信号の表示、進行方向にロコが居なければ青信号の表示とし、運行の制御もかけております。

Q5：セグメントのローリングにはどのように対応されるのでしょうか。

A5：ローリング修正ジャッキの使用やセグメントの

組立順序を変更することで修正を行っています。

Q6：セグメントが3種類あり、曲線半径によって使い分けていたかと思います。それらの境界はどのような形状になっているのでしょうか？ハニカムセグメントは六角形ならではの利点がありますが、他のセグメントとは形が合わせにくいかなと思います。

A6：ハニカムセグメントは端部がデコボコとなるので、それを平滑にするための六角形の半割れ（台形）のハニカムセグメントを凹部に入れることで端部をそろえることができます。その後、RCセグメントや鋼製セグメントの組み立てを行います。



写真-8 セグメントストック状況

Q7：ハニカム形状でのテーパセグメントはどのようなになっているのでしょうか。

A7：ハニカムセグメントは凹凸部があるため、6ピースの内側がテーパセグメントになっており、斜辺長が異なります。6ピースの外側は、通常とおなじストレートセグメントで斜辺長も一定となります。

Q8：セグメントストッカーからエレクタまでどのようにセグメントを移動しているのでしょうか。

A8：ストッカーの先端がエレクタ側に伸縮することで、エレクタで直接把持することが可能です。

Q9：セグメントストッカーからエレクタまでどのようにセグメントを移動しているのでしょうか。

シールドマシンの出力は何kWでしょうか。また、トランスの容量と台数も伺いたいです。

A9：シールドマシンの出力はマシン電動機類の出力の合計 529.4 kW です。後続台車のトランスは、

1,000 kVA×1 台と 300 kVA×1 台です。流体設備や換気設備もあるので、十分余裕をみた容量になっています。

Q10：長距離施工での切羽の坑内温度対策として何か工夫されていますか。

A10：チラー設備も検討しましたが、結果特別な工夫はしていません。切羽先端の温度対策はスポットクーラーやサイレントファンといった局所換気のみです。休憩所台車にはエアコンを設置しており、そこで休憩してもらうようになっています。

Q11：大深度・長距離施工の工夫は？

A11：大深度に対しては高水圧対策として、テールブラシ3段配置+緊急止水装置を装備しました。長距離対策では、ビットの摩耗対策として先行ビットを3段差としました。また、形状も工夫したことで、当初の摩耗予測量より大幅に下回っております。

Q12：円形トラバーサについて詳細を教えてください。

A12：円形トラバーサを設置したことで、円形立坑における局所的な投入開口部においても、円滑にそしてスピーディーにセグメントを供給できる設備としました（写真-9）。

①スライド式のトラバーサに比べて、セグメント台車2台の場合、連結回数が半分に減ります（8回→4回）。

②セグメントを事前に積んでおくことができ、バッテリーロコが立坑下に戻って来次第、トラバーサを回転させて、すぐに坑内に出発できる。これらによりサイクルが向上しました（①5分短縮・②10分短縮）。



写真-9 円形トラバーサ

Q13：シールド発生土から重金属が溶出されていますか。

A13：ヒ素について基準値以上の溶出が確認されたため、一次処理土・二次処理土共に汚染汚泥として、搬出しております。

6. 参加者の感想・意見（抜粋）

- ・シールド工事を経験したことがない若手でも内容を理解しやすくなっており、説明がすごく分かりやすかった。
- ・長距離掘進、ビット交換なし、ハニカムセグメントの採用、大深度立坑、狭い立坑・作業基地と難易度の高い工事であり、(株)奥村組様のノウハウの詰まった工事だと思うが、オープンに丁寧に説明して頂き大変に参考になった。
- ・質疑応答では、同業種の若手機械職がどのようなことに着眼点をおき現場を見ているかが理解できた。
- ・立坑間等の電波が悪い場所での補足説明がとても配慮されていて良かった。
- ・WEB見学会だったため、遠隔地にいながら参加することができた。
- ・WEB開催であったため、現場の方でしか立ち入れない場所や角度から見学できたことがとても良かった。
- ・紹介動画を流している際に解説をして頂いたが、音声トラブルで聞こえない箇所がいくつかあった。
- ・配信の進行が止まることがないので、チャットを入れるタイミングが難しい。
- ・もう少し質疑応答が長くても良いと思った。生の声で回答を聞きたかった。
- ・実際には遠かったり行きにくい現場の見学会も検討してほしい（山岳等）。

7. おわりに

本見学会では都心における大深度、長距離シールドの現場を見学することができ、非常に貴重な経験となった。現場各所の施工設備に様々な工夫が見られ機電技術者として大変勉強になった。

また、今回の見学会においては見せ方についても



写真一10 開会時挨拶（リモート参加）（株大林組 鈴木部会長）



写真一11 閉会時挨拶（株フジタ 本多主査）

様々な工夫されており、非常に理解しやすく参考になった。WEB見学会は当現場のように施工範囲が長距離、広域に及ぶ現場では移動を伴わず見学が可能であり、非常に有用であると感じた。

謝 辞

最後に大変お忙しい中、今回の現場見学会にご協力いただきました千代田幹線工事所の現場の方々に深くお礼を申し上げます。

以下のホームページもご参考ください。

千代田幹線 整備事業案内

www.chiyodakansen-gesui.tokyo.jp

東京都下水道局の公式ホームページ

www.gesui.metro.tokyo.lg.jp

（文責 機電技術者交流企画 WG）

01-20	「遠隔臨場ドローンシステム」の開発	フジタ, センシンロボ ティクス
-------	-------------------	------------------------

▶ 概 要

建設 DX が掲げる生産性向上やウイルス感染症対策を契機としたリモート型業務への転換を目指すため、2020 年度から施行を開始した遠隔臨場の推進に役立つ映像コミュニケーション技術の確立が急務となっている。

遠隔臨場とは、ウェアラブルカメラやタブレットなどを利用して、建設現場において段階確認・材料確認・立会の作業を行うものである。発注者が現場で実施していた監督業務がリモート化されることで移動時間の削減などといった建設現場における生産性向上などの効果が期待できる。

そこで開発した「遠隔臨場ドローンシステム」(図-1)は、遠隔地から web ブラウザでドローンのリモート操作ができ、さらにカメラの映像情報などを複数拠点で同時共有することが



図-1 システム全体図

可能である。本システムを利用することで、立会準備、移動、調整作業などの時間短縮が可能となり、建設現場の生産性向上が期待される。山岳トンネル工事において、本システムを試行し、ドローンの空撮映像を用いた高度な遠隔臨場が行えることを確認した。

▶ システム概要

- ・ドローン使用時の撮影データや飛行時の利用状況情報は 4G-LTE 回線を通してクラウドにアップロード、蓄積し、一括管理される。
- ・様々な遠隔地から接続された全てのデバイスで、撮影データを共有可能 (図-2)。

▶ 特 徴

- ①リアルタイムかつ複数映像の表示と過去の遠隔臨場記録の再現が可能。
- ②複数拠点から web ブラウザでドローンの遠隔操作が可能。
- ③災害時には、ドローンを遠隔地から操縦し、ドローンの撮影した映像・地形情報がリアルタイムに提供され、被災状況の早期把握が可能。
- ④夜間災害時では、赤外線カメラや高輝度ライトを使用した夜間飛行も可能。

▶ 用 途

- ・建設現場における遠隔臨場作業

▶ 実 績

- ・山岳トンネル工事 路体盛土工

▶ 問 合 せ 先

(株)フジタ 土木本部土木エンジニアリングセンター
〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷 4-25-2 修養団 SYD ビル
TEL : 03-3796-2278



図-2 システム概要図

新工法紹介

04-431	型枠併用吹込み方式トンネル 一次支保工構築工法 「Smart Lining System™」	飛鳥建設 エム・シー・エス すばる建設
--------	--	---------------------------

▶ 概要

山岳トンネル建設工事において、工期短縮やコスト低減を目的に施工サイクルタイムの短縮が望まれている。特に、吹付けコンクリートの施工時間はサイクル全体の約2割を占めていることから、吹付けコンクリートの施工時間の短縮が目ざされ、コンクリート吐出量の大容量化が進められている。

しかしながら、時間あたりのコンクリート吐出量の増加は、吹付けコンクリートの粉じんやはね返りが増加することから、材料ロスの増加や坑内環境の悪化といった課題を有している。ずい道等建設工事における「粉じん対策に関するガイドライン」の改正により、坑内粉じん濃度目標値が 3 mg/m^3 から 2 mg/m^3 に引き下げられたこともあり、坑内環境の観点において更なる低粉じん化が求められている。

そこで、吹付けコンクリートの施工時間の短縮と粉じんやはね返りの低減を実現する型枠併用吹込み方式によるトンネル一次支保工構築工法「Smart Lining System™」を開発した。地山に直接コンクリートを吹き付ける従来工法に対し、本工法は、コンクリート吹付け仕上がり面位置に専用型枠をセットし、地山と専用型枠との間にコンクリートを吹き込むものである（図-1参照）。図-2に、開発した本工法対応のエレクター体吹付け機を示す。

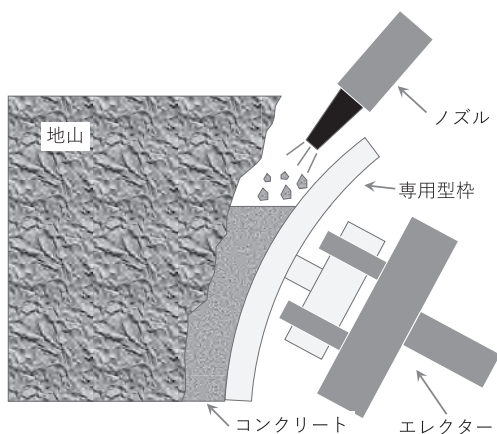


図-1 Smart Lining System™のイメージ

▶ 特徴

①粉じんやはね返りを大幅に低減

従来の吹付けコンクリート工法に対して、地山と専用型枠で

囲まれた空間内にコンクリートを吹き込むため、コンクリートの吐出量を増加させても、粉じんやはね返りの発生を大幅に抑制することが可能である。また、従来工法では20%程度のはね返りが発生している。本工法では、はね返りを抑制できることから材料ロスを削減できるとともに、その削減分の施工時間の短縮が見込まれる。

②高品質なコンクリートを構築

本工法においても、従来の吹付けコンクリートと同様に、早期の支保効果発現と吹付けコンクリート施工時間の短縮を目的に急結剤を添加するが、急速な硬化に伴うコンクリートの充填不良と締固め不足による品質低下が懸念された。そのため、本工法では充填性の高いコンクリート配合を採用するとともに、吹込み初期段階（0～数秒）においてコンクリートの可塑性を確保するために特殊混和材をノズル近傍にて添加する方式とした。吹込みエアや専用型枠に設置された型枠振動機によりコンクリートは締め固められ、密実に充填されたコンクリートが構築される。

③従来の吹付け方式での施工も可能

コンクリートの可塑性を確保するための特殊混和材の添加を中断することで、従来の吹付け工法もそのまま実施可能であり、汎用性のある工法となっている。



図-2 Smart Lining System™対応エレクター体吹付け機

▶ 用途

・NATMなどでの吹付けコンクリート

▶ 実績

・山岳トンネル建設工事（一部で試行）

▶ 問合せ先

飛鳥建設(株) 技術研究所

〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬5472

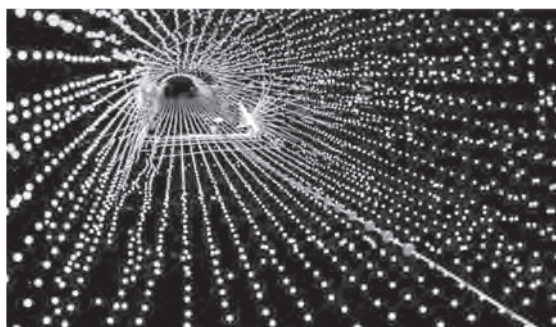
TEL: 04-7198-1101 (代表)

04-432	SLAM 技術を活用した 無人建設機械の自動運転	大成建設
--------	-----------------------------	------

▶ 概 要

建設機械の自動運転では自己位置を把握する必要があり、GPS や光波測距儀の自動追尾機能などを用いることが一般的である。しかし、トンネル坑内ではGPS の電波が届かず、また、光波測距儀を用いるにしても、支障物や曲線部などで光波が遮られる場合は使用できないなどの課題があった。

そこで、GPS 等の位置情報が届かないトンネル坑内でも建設機械の自動運転を実現させるため、SLAM (Simultaneous Localization and Mapping) 技術を活用した位置情報取得技術「T-iDraw Map」を開発し、トンネル坑内での自動運転を実現させた。SLAM は、周辺環境を示す3D 地図作成と自己位置推定を同時に行う技術である (写真—1)。



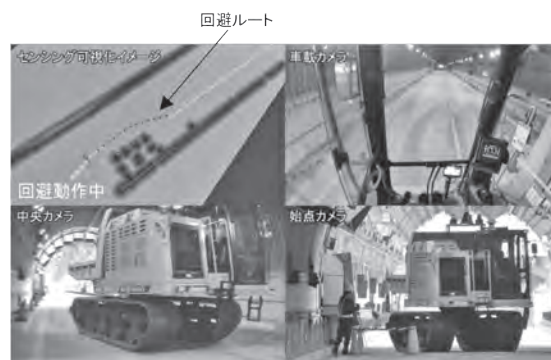
写真—1 SLAM による自己位置推定

国土交通省国土技術総合研究所の実大トンネル実験施設および国内の道路トンネル建設現場において、本技術を用いてクローラダンプの自動運転を実施した (写真—2)。GPS が届かない環境下でも、自動運転が可能であることが確認できた。

走行ルートに想定していない障害物が出現した場合はセンシ



写真—2 坑内を走行する無人クローラダンプ



写真—3 障害物回避状況

ング装置が障害物を認識し、自動で回避ルートを作成し減速走行する (写真—3)。

これは変化する施工現場の状況に的確に対応でき、安全性の高い自動運転が実現可能である。将来的にはこの技術を応用し、屋内や地下での自動運転、災害発生時の探査・点検にも拡大していく。

▶ 特 徴

- (1) SLAM 技術による位置情報を建設機械の自動運転に活用
無人建設機械に搭載したセンシング装置による計測情報からSLAM 技術を活用し、建設機械の周辺環境を把握するための「環境地図作成」と「自己位置推定」を同時に行う。これらの位置情報データを基に、あらかじめ設定したルートを自動走行できるため、GPS 等が利用できない坑内や地下でも自動運転が可能となる。
- (2) 障害物を回避するルートの自動作成による減速走行
無人建設機械の自動運転時において、走行ルート上に想定していない障害物が出現した場合でも、センシング装置で障害物を認識し、自動で回避ルートを作成して、減速走行が可能。時々刻々と環境が変化する施工現場の状況に的確に対応でき、安全性の高い自動運転が可能となる。

▶ 用 途

- ・GPS 等の位置情報が取得できない山岳トンネル工事
- ・屋内工事

▶ 実 績

- ・国土技術総合研究所 実大トンネル (実証実験)
- ・東北地方 道路トンネル工事 (実証実験)

▶ 問 合 せ 先

大成建設(株) 土木本部機械部
〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1
TEL : 03-5381-5309

新工法紹介

04-433	「全自動ドローンシステム」の開発	フジタ, センシンロボ ティクス
--------	------------------	------------------------

▶ 概要

本システムは、建設現場においてドローンのオペレータの介在なしに、現場内の安全巡視や測量業務を行う、建設現場向け「全自動ドローンシステム」である。国内初オペレータの目視操縦なしでの飛行（レベル3）^{※1}を施工中の建設現場にて確認した。この技術はセンシンロボティクスが提供するドローン基地「SENSYN Drone Hub」、フジタ開発の「デイリードローン[®]」^{※2}「斜め往復撮影ドローン」^{※3}などの技術が組み合わせられ実現したシステムである（図-1、2）。

▶ 特徴

～自動写真測量～

①「デイリードローン[®]」と「斜め往復撮影ドローン」を組み合わせ合わせた高度な写真測量。

～自動安全巡視～

- ②複数の遠隔拠点から現場内の様子をリアルタイムに把握可能。
- ③画像確認時には、撮影日の異なる同じ場所の比較がタイムラプスで可能。

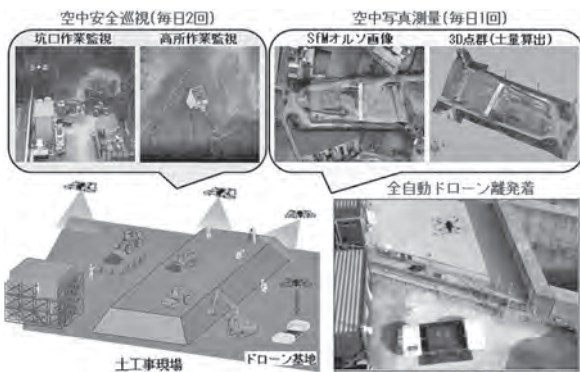


図-1 全自動ドローンシステム



図-2 システム運用状況

④ AIを活用した対象物の自動抽出機能を用いることで安全巡視業務の高度化を実現。

▶ 導入メリット

- ・自動離着陸、自動充電、開閉式ハッチなどを備えたドローン基地。また、基地に気象センサー搭載により、飛行中の雨量、風速、気温を測定し飛行可否の自動判断が可能（図-3）。
- ・ドローン飛行の操縦者と補助者（2名）が不要で100%の省人化。
- ・現場の出来高測量と安全巡視業務の時短で効率50%向上。
- ・指定時刻に基地からドローンが自動離陸、指定したルートを通り、測量と安全巡視を実施、自動で着陸し充電。
- ・空撮により日々の施工進捗状況を可視化することで施工計画の変更などにも即時対応可能。

▶ 用途

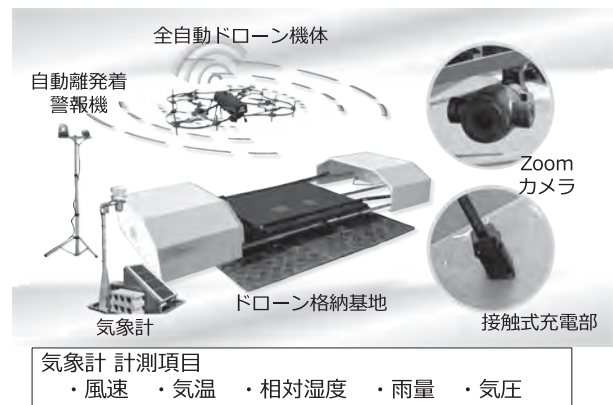


図-3 システム構成図

- ・建設現場における日々の進捗管理（出来高測量）
- ・建設現場における安全巡視

▶ 実績

- ・車両基地造成工事
- ・山岳トンネル工事 路体盛土工

▶ 問合せ先

(株)フジタ 土木本部土木エンジニアリングセンター
〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 修養団SYDビル
TEL: 03-3796-2278

※1 無人地帯で補助者なしで飛行できるレベル。現場内はドローン飛行を認知している者のみで無人地帯として認定される。

※2 ドローン測量を切盛土工事の日々の出来高管理に適用する技術。

※3 「斜め往復撮影ドローン」で完全な標定なしの測量を実現する技術。

新機種紹介 機関連誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

21-〈02〉-18	日立建機 情報化施工油圧ショベル ZX200X/330X-7	'22.04 発売 新機種
------------	--------------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合し、マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルである。

国土交通省が推進する i-Construction に対応するとともに、建築基礎、土木工事など、さまざまな現場での ICT 施工の支援を図っている。マシンコントロール機能により、バケットが目標面に追従するようにブームを自動制御し、アーム操作のみで施工可能とすることでオペレータの操作負担を低減している。また、掘削反力による機体の浮き上がりを自動制御することにより、硬い土壌においても高精度の掘削が可能である。さらに、ブーム・アーム・バケットの動きを最適化し、土砂の敷き均しや盛土作業など、施工目標面から離れた領域での作業スピードを向上させている。

また、油圧ショベルの上下・左右方向の動作制限エリアに対し、「高さ・深さ」、「旋回角・旋回半径」、「面」の3種をモニター上で設定できる「エリアコントロール」機能を搭載している。狭所や障害物のある現場で、作業前に機械が動かせるエリアを設定することで、設定した境界に近づくにつれフロントや旋回スピードを減速・停止させることが可能であり、オペレータの作業を支援している。

「Solution Linkage® Work Viewer (ソリューション リンケージ ワーク ビューワー)」により、現在と過去の稼働状況の映像をスマートフォンで見ることが可能であり、作業員および管理者の施工進捗管理を支援している。

注) Solution Linkage は、日立建機株の登録商標。

表一 1 ZX200X-7/ZX330X-7 の主な仕様

	ZX200X-7	ZX330X-7
標準バケット容量 (m ³)	0.8	1.4
運転質量 (t)	20.7	33
エンジン定格出力 (kW/min ⁻¹)	122	202
最大掘削半径 (mm)	9,920	11,100
最大掘削力 (バケット) (kN)	158	246
旋回速度 (min ⁻¹)	11.4	9.7
走行速度 (最高/最低) (km/h)	5.5/3.5	5.0/3.2
全長 (輸送時) (mm)	9,670	11,220
全幅 (輸送時) (mm)	2,840	3,190
全高 (輸送時) (mm)	3,030	3,330
後端旋回半径 (mm)	2,910	3,600
価格 (2DMC 仕様) (百万円)	29.56	47.02
価格 (3DMC 仕様) (百万円)	43.61	63.17

注) 価格は工場裸渡し、消費税別。



写真一 日立建機 ZX200X-7 情報化施工油圧ショベル



写真二 日立建機 ZX330X-7 情報化施工油圧ショベル

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

21-〈02〉-16	コベルコ建機 ミニショベル (後方超小旋回型) SK17SR-6	'21.09 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

従来機のコンパクトなボディはそのままに、燃料消費量の削減や安全装置の拡充、メンテナンス性の向上などを図った1.7トン級ミニショベルのモデルチェンジ機である。

エンジン回転数を抑制することで燃料消費量を低減する『エコモード』、乗降遮断レバーを上げるとエンジン回転数が自動的に低下する『カットオフデセル機能』を搭載することにより、省エネ運転が可能である。また、オイルクーラを標準搭載することで、稼働中の作動油温度を低減させ、ヒートバランスの改善と機器寿命の向上を図っている。

前方作業灯にLEDを採用し、照射範囲を広げることで夜間の作業性が向上しており、ブーム下部に配置することで破損のリスクも

新機種紹介

低減されている。

ブーム背面の油圧配管（長尺ホース）を分割式とすることで、破損時のホース交換が容易であり、また、アタッチメント変更時（ニブラ/ブレーカ）の油圧配管経路の切替が容易に行えるよう切替バルブをフレーム下部に装備している。

表—2 SK17SR-6の主な仕様

標準バケット容量（山積）	(m ³)	0.04	
クローラ仕様		ゴムクローラ	鉄クローラ
機械質量（2柱キャノピ）	(t)	1.660	1.745
定格出力	(kW/min ⁻¹)	10.1/2,200	
燃料タンク	(l)	20	
旋回速度	(min ⁻¹ rpm)	9.5 9.5	
走行速度（1速/2速）	(km/h)	2.1/4.2	1.9/3.7
登坂能力	%（度）	47（25）	
最大掘削力（バケット）	(kN kgf)	15.2 1,550	
全長（輸送時）	(m)	3.46	
全幅（クローラ幅最大時/最小時）	(m)	1.28/0.95	
全高（2柱キャノピ）	(m)	2.37	
最大掘削半径	(m)	3.82	
最大掘削深さ	(m)	2.21	
最大掘削高さ	(m)	3.69	
最大ダンプ高さ	(m)	2.62	
価格（税抜き）	(百万円)	3,325	



写真—3 コベルコ建機 SK17SR-6 ミニショベル（後方超小旋回型）

問合せ先：コベルコ建機 営業促進部
〒141-8626 東京都品川区北品川5丁目5番15号
（大崎プライトコア 5F）

▶ 〈05〉 クレーン、インクラインおよびウインチ

21-〈05〉-05	タダノ ラフテレーンクレーン GR-250N [CREVO250 G5]	'21.09 発売 新機種
------------	--	------------------

環境性能に優れたディーゼルエンジンを搭載し、燃料消費量の削減と安全性・作業効率を向上させた25t吊りラフテレーンクレーンである。

新機能の『オートアクセル』は、クレーン操作時にレバー/ペダルの操作量に連動し、エンジン回転数を自動的にコントロールするため速度調整が容易となり操作性が向上する。常にアクセルペダルを踏むよりも無駄なくエンジン回転を上げるため、燃料消費量とエンジン騒音を低減させることができる。

『ポンプオートストップ』はスイッチをONにすることにより、クレーンを一定時間使用しないとPTOポンプが自動的に停止し、燃料の消費を抑える。ポンプストップ中は、クレーン作業モードが保持され、作業用画面のままクレーンの状態が把握できる。

セットアップラジコンにより、アルミ敷板の設置・格納、アウトリガの張出・格納、ジブの装着・格納等がワンマンオペレーションで効率的に行うことができる。また、13.0mの油圧伸縮式2段フルオートジブとパワーチルトジブで高揚程作業の効率が向上する。

大型マルチファンクションディスプレイ（MFD）を改善し、視認性・操作性が向上している。さらに、電気式操作システムの採用により、これまででないフィット感のある操作性を実現している。

タダノビューシステムは、公道走行時、運転席からは確認しづらい車両左側面の歩行者や自転車などに乗った人物を検知し、ブザー

表—3 GR-250N [CREVO250 G5] の主な仕様

クレーン諸元		
最大クレーン容量	(t × m)	25 × 3.5
最大地上揚程		
ブーム	(m)	31.3
ジブ	(m)	44.2
最大作業半径		
ブーム	(m)	27.9
ジブ	(m)	34
ブーム長さ	(m)	9.35 ~ 30.5
ジブ長さ	(m)	2段フルオート : 8.2 ~ 13.0 2段パワーチルト : 8.2, 13.0
キャリア諸元		
エンジン名称		日野 J08E
エンジン最大出力	kW [PS]	196 [266] / 2,300min ⁻¹ rpm
エンジン最大トルク	N · m kgf · m	825 [84.1] / 1,600min ⁻¹ rpm
全長	(m)	11.530
全幅	(m)	2.620
全高	(m)	3.475
車両総重量	t	25.495
価格（税別）	(百万円)	48.0

注）価格は、フルオートジブ仕様（装備等により異なる）

新機種紹介

でお知らせする。

建設・建築業界がデジタル化へシフト（DX）する中、「Lifting Solution」による安全で、質の高い、効率的な作業を支援する新たなサービスを提供している。



写真-4 タダノ GR-250N [CREVO250 G5] ラフテレーンクレーン

問合せ先：(株)タダノ マーケティング部
〒130-0014 東京都墨田区亀沢 2-4-12

21-(05)-06	コベルコ建機 クローラクレーン Mastertech 7200G NEO	'21.10 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

建築建方作業を主に、重量物マテハン作業や簡易的な掘削作業まで幅広く使用される、最大つり上げ荷重 200 t 級クローラクレーンのモデルチェンジ機である。

本体からウィンチを無くし本体輸送重量を軽量化すると共に、アタッチメントの一体輸送・一体組立を実現することで、大幅な輸送・組立性の向上を図っている。また、従来からのコンパクトなボディを継承しながらも、つり上げ能力はタワー仕様で従来機比最大約 25%（クレーン仕様は同約 10%）向上させている。

組立用ワイヤレスリモコンにより、組立／分解時のピン挿入や、旋回・ブームの起伏を行うことができ、機体の状態やピンの位置合わせを直接視認しながら作業することができる。

新型運転席「delight（デライト）キャブ」の採用により、足元から頭上まで視界を遮るものを無くすなど、全方位で良好な視界を確保すると共に操作性や快適性の向上を図っている。オートエアコンやヒータ付エアサスペンションシート、USB 電源ソケットなど、オペレータが快適に作業できる装備を採用している。

「アイドルストップ」「G エンジン」「G ウィンチ」の 3 つの省エネ機能の総称である『G モード』を引き続き搭載しており、熟練した調整操作が必要であったつり荷高さの同調を自動でアシストする「つり荷水平移動アシスト機能」、格納状態からタワー自立までの作業およびタワー自立から格納までの作業を 1 レバーで可能とする「タワー自立アシスト機能（オプション）」を新たに搭載している。

表-4 Mastertech 7200G NEO の主な仕様

最大つり上げ荷重×作業半径	(t×m)	200 × 5.0
作業時質量（クレーン）	(t)	227
エンジン型式		SCANIA DC09 086A
エンジン出力（定格出力）	(kW/min ⁻¹)	276/1,500 ~ 1,850
ブーム長さ（クレーン）	(m)	18.3 ~ 73.2
ブーム長さ（ロング）	(m)	73.2 ~ 91.4
最大タワー+タワージブ長	(m)	64.1 + 51.8
主補ウィンチ速度	(m/min)	110
主補定格ラインプル	(kN) {tf}	132 {13.5}
価格（税抜き）	(百万円)	241



写真-5 コベルコ建機 Mastertech7200G NEO クローラクレーン

問合せ先：コベルコ建機(株) マーケティング事業本部
クレーン営業本部 クレーン商品企画部
〒141-8626 東京都品川区北品川 5 丁目 5 番 15
(大崎プライトコア 5F)

新機種紹介

▶ 〈07〉 せん孔機械およびブレーカ

21-〈07〉-04	古河ロックドリル 多機能型鉄骨カッター	Vc5	'21.3 発売 新機種
------------	------------------------	-----	-----------------

都市再開発やインフラ整備に伴う解体工事が増加する中、工期短縮と都市部を中心に、低騒音で作業ができる機械として開発されたミニショベル搭載用の小型油圧圧砕機である。

多機能型鉄骨カッターは、3～5 ton クラスのミニショベル搭載用であり、切れ味の鋭いストレート刃を標準装備とし、重量鋼材の切断作業も可能となっている。大型のセントピンにより、アクティブフレームの開きを抑えカッターの切れ味を維持すると共に、コンクリート大塊も破砕する一体型くさび形状のセントツースを装着することで、操作性の向上を図り、作業効率の向上に繋がっている。3次元CAD解析を駆使した設計では、強度や耐久性の向上、耐摩耗による長寿命化を実現し、メンテナンスコストの低減が可能になっている。

表—5

質量	(kg)	280
全長	(mm)	1,155
全幅	(mm)	709
最大開口幅	(mm)	325
カッター長	(mm)	90
カッター切断力	(kN)	346
使用圧力	(MPa)	25
適合油圧ショベル	(ton)	3～5
旋回方式		360°フリー旋回（標準） オート旋回（オプション）
価格	(千円) 税込み	4,400



写真—6 古河ロックドリル 多機能型鉄骨カッター Vc5

問合せ先：小六 陽一

古河ロックドリル 生産本部 副工場長

〒370-2132 群馬県高崎市吉井町吉井 1058

TEL：027-387-6111

E-mail：y-koroku@fukurawakk.co.jp

▶ 〈09〉 骨材生産機械

21-〈09〉-01	アーステクニカ 移動式破砕機	RXM136F	'21.3 発売 新機種
------------	-------------------	---------	-----------------

構成機器を新設計により40%の重量低減とクラッシャーの機高を25%低くし、分解することなく輸送用低床トレーラーで運搬可能となった自走式破砕機である。主に骨材の生産やコンクリートガラ処理などに適した機械である。

2014年排ガス規制に適合したエンジンを搭載し、発電機及び、油圧ポンプを同時に駆動させることでロスが少なく最適な動力配分を実現している。

ジョークラッシャは定置式クラッシャで実績あるV型破砕室と定置式と変わらない大処理能力を有し、特殊耐摩耗鋳鋼部品と耐摩耗鋼板を使用することで本体の保護と消耗品の交換頻度を低減している。また破砕産物の大きさを決定する出口隙間は油圧により制御され、距離センサにより正確な隙間調整を容易に行うことができる。

また製品排出用コンベヤの排出高さを2,800 mm とすることで、十分な製品ストック容量を確保している。

操作は日本語表示のタッチ式液晶パネルで、運転操作、状態監視、メンテナンス作業などが一目でわかるよう画面設計が行われている。

表—6

機械型式	RXM136F
エンジン出力（発電）	150 kVA
全長	12,500 mm
全幅	3,400 mm
全高	3,500 mm
破砕機供給口	920 × 560 mm
破砕機出力	75 kW
本体重量	31 ton
価格（百万円）	-



写真—7 アーステクニカ RXM136F レグゼモバイル

問合せ先：(株)アーステクニカ 破砕機営業課

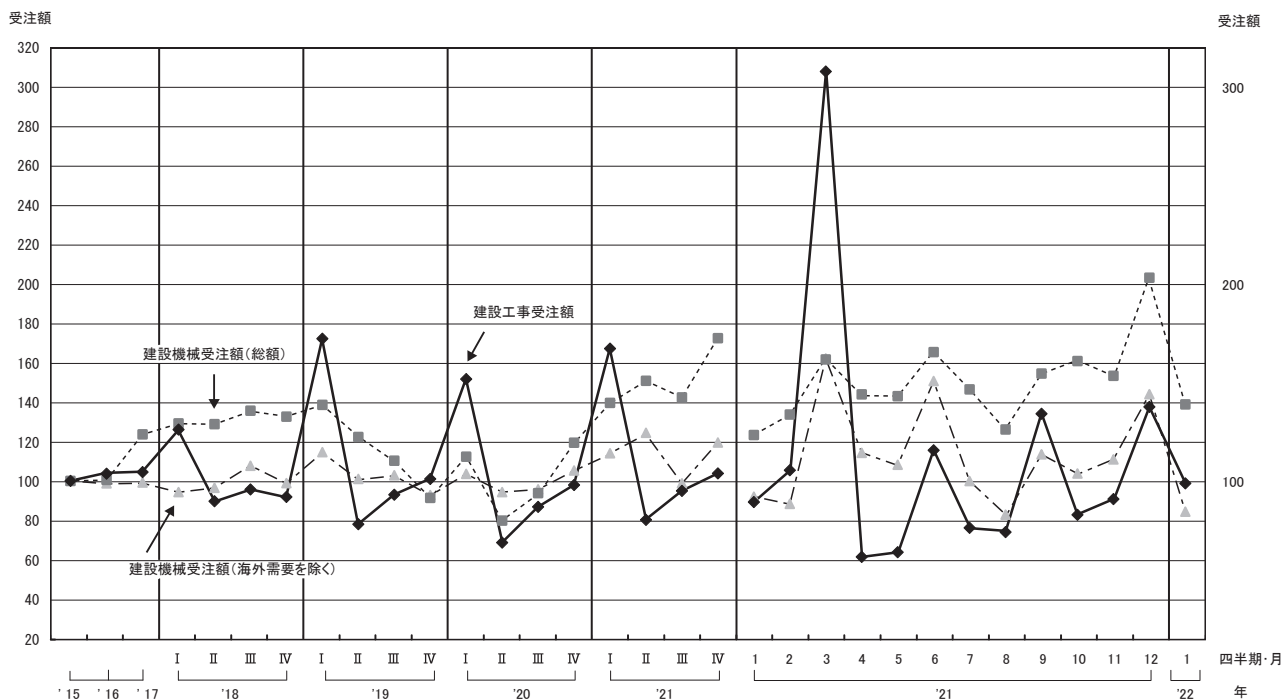
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町2丁目4番地 東京建物神保町ビル

TEL：03-3230-7153

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2015年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2015年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2021年 1月	10,502	6,174	1,004	5,171	3,886	337	105	5,667	4,835	173,721	8,776
2月	12,435	8,190	1,257	6,932	3,293	431	521	7,719	4,716	174,626	10,895
3月	36,395	26,029	3,932	22,097	8,640	499	1,226	24,517	11,879	191,713	18,787
4月	7,252	4,965	1,141	3,824	1,711	396	181	4,239	3,014	188,230	8,931
5月	7,470	4,666	940	3,726	2,440	332	33	4,576	2,894	186,346	8,999
6月	13,631	9,020	1,807	7,213	3,611	500	501	9,074	4,557	187,713	12,869
7月	8,925	6,244	2,042	4,202	2,324	305	51	6,069	2,855	188,502	8,489
8月	8,766	6,304	2,156	4,149	2,059	370	32	6,285	2,481	187,177	10,180
9月	15,826	12,449	1,698	10,750	2,780	419	179	11,984	3,842	188,820	14,729
10月	9,753	7,135	2,003	5,132	2,202	360	57	6,806	2,947	190,874	8,975
11月	10,676	7,495	2,213	5,282	2,269	351	561	6,782	3,894	191,232	10,790
12月	16,208	12,569	2,335	10,235	2,841	371	427	12,316	3,892	192,900	15,433
2022年 1月	11,656	7,955	1,408	6,547	2,892	322	487	8,014	3,641	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	15年	16年	17年	18年	19年	20年	21年	21年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	22年 1月
総 額	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	1,793	1,940	2,351	2,089	2,080	2,405	2,132	1,833	2,245	2,341	2,229	2,955	2,017
海外需要	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	1,279	1,448	1,444	1,450	1,477	1,562	1,574	1,371	1,611	1,762	1,609	2,150	1,546
海外需要を除く	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	514	492	907	639	603	843	558	462	634	579	620	805	471

(注) 2015～2017年は年平均で、2017～2020年は四半期ごとの平均値で図示した。

2021年1月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2022年2月1日～28日)

機械部会



■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：2月4日(金)(会議室, web 併行開催)

出席者：丸山修委員長ほか5名

議題：①令和3年度技術講演会について：1/24開催講演会のまとめ ②令和4年度委員会活動についての討議：調査活動の内容について、見学会候補地について ③令和3年度総会(4月開催)の日程と内容について討議

■除雪機械技術委員会

月日：2月8日(火)(会議室, web 併行開催)

出席者：坂井幸尚委員長ほか17名

議題：①国交省から除雪に関する状況報告等：R4年度除雪関連の予算概算要求の概要説明、および除雪に関する主な取組みについての説明 ②ロータリ除雪車安全装置進捗状況報告：活動経緯の説明、製品搭載までのスケジュールの説明 ③自動化、情報化対応関連についての情報共有：「除雪支援システム」実証実験に関する情報共有 ④除雪機械の勉強会(小型除雪車) ⑤その他：R4年度活動計画に関する討議

■基礎工事用機械技術委員会・幹事会

月日：2月15日(火)(web会議)

出席者：梶沢淳一委員長ほか6名

議題：①R4年度の委員会活動計画について討議：技術プレゼンの候補企業、各社トピックスの順番、見学会について

■建築生産機械技術委員会(ラフテレーン作業燃費分科会)

月日：2月16日(水)(会議室, web 併行開催)

出席者：石倉武久委員長ほか5名

議題：①ラフテレーンクレーンの次期作業燃費基準の件：国交省との打合せの報告、進め方についての討議(先行3機種の次期基準認定開始時期との兼ね合い)

■ショベル技術委員会

月日：2月18日(金)(web会議で開催)

出席者：西田利明委員長ほか10名

議題：①エネルギー消費試験方法_油圧ショベル編のISO化について：国

際会議の概要報告 ②ショベルの最新情報の共有：日立建機㈱…機体と障害物の接触被害低減に寄与する運転支援システム「エアリアルアングルステップフォー」の紹介、「建設機械の安全装置に関する技術(油圧ショベル)」の技術比較公表の情報共有 ③その他：R4年度活動計画に関する討議、ホームページ更新について、次期国内排出ガス規制に関する情報共有

■ダンプトラック技術委員会

月日：2月21日(月)(web会議で開催)

出席者：渡辺浩行委員長ほか7名

議題：①各社トピックス：ヤンマー建機㈱…クレーン協会(JACS)規格改訂についての情報共有(クレーン機能付油圧ショベルに関する規格) ②生産性向上に関する輪講…(株)加藤製作所不整地運搬車の自動走行システムの紹介 ③R4年度活動計画に関する討議

■機械整備技術委員会

月日：2月22日(火)

出席者：小室実委員長ほか8名(web会議で開催)

議題：①整備作業の法規制、規格に関する調査について：各社提出の必要資格調査結果のまとめ ②R4年度活動計画に関する討議 ③R4年度見学会の検討：航空会社整備工場の見学について

■機械部会 幹事会

月日：2月28日(月)(会議室, web 併行開催)

出席者：阿部里視副部長ほか15名

議題：①副部長より挨拶 ②各技術委員会委員長よりR4年度の活動計画の説明と審議 ③事務局からR3年度の機械部会の活動実績(数値データ)、各委員会のトピックスについて報告

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO/TS 15143-4 WG 全体会合

月日：2月2日(水)・4日(金)

出席者：共同コンビナーの米国, 他に英国, スイス, デンマーク, オーストラリア, ニュージーランド, ロシア, 韓国など海外から延べ25名, 日本から山本茂コンビナーほか9名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①ISO/WDTs 15143-4 施工現場地形データ案文に対する各専門家意見検討 ②(規格案)開発計画に関する米国機器製造業者協会 AEM の検討 ③検証及び POC 概念実証についての

提案 ④(規格開発)日程検討 ⑤次回会合(2022年3月23日・25日), 他に宿題事項

■ISO/TC 127/SC 2/JWG 31 運転員保護構造の材料要求事項

月日：2月2日(水)夜・3日(木)夜
出席者：コンビナーの米国, 他にドイツ, スウェーデン, イタリア, ブラジルなど海外から延べ18名, 日本から間宮崇幸委員長ほか4名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①前回議事録確認 ②ISO/TC 127/SC 2/AG 1 運転員保護構造会議報告 ③NP 7021 (保護構造の材料要求事項)新業務提案投票時各国意見検討 ④透明材料の材料要求事項 ⑤まとめ(宿題事項, 次回会合など)

■ISO/TC 195/WG 9 自走式道路建設用機械-安全要求 国際バーチャル WG 会議

月日：2月8日(火)夜～10日(木)夜

出席者：小倉公彦(JCMA 標準部)ほか15名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①ISO/DIS 20500-1, -2, -3, -4 CEN コンサルタントコメント審議 ②ISO/DIS 20500-4 締固め機械の遠隔操縦 WG 意見照会結果審議 ③次回の予定(3月8日(火)～10日(木), 5月10日(火)～12日(木))

■ISO/TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の分類

月日：2月9日(水)

出席者：コンビナーの米国など海外から11名, 日本から新田恭士委員(国土交通省)ほか11名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①日程検討 ②案文作成(日本意見提示・関連規制規格検討含む) ③まとめ(宿題事項, 次回会合など)

■ISO/TC 82/SC 8 鉱山-高度自動探掘システム Web 総会

月日：2月10日(木)朝

出席者：海外からカナダの新旧国際議長など十数名, 日本から岡ゆかりコンビナー(コマツ)ほか若干名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①(国際議長人事含む)委員会活動報告 ②(ISO/TC 82/SC 8傘下及び他の委員会傘下の)合同作業グループ活動報告 ③連携委員会についての報告 ④連携委員会への代表人事 ⑤(次回会合, 決議投票など)まとめ

■国内標準委員会(JIS 原案作成委員会)

月日：2月14日(月)

出席者：高橋弘(東北大学大学院)委員長ほか17名

場 所：Web 上 (Zoom)

議 題：① 2021 年度 JIS 原案作成状況報告 ② 2022 年度 JIS 原案作成計画 ③ JIS 原案審議・JIS A 8340-1 (改正) 土工機械-安全-第 1 部：一般要求事項・JIS A 8340-4 (改正) 土工機械-安全-第 4 部：油圧シヨベルの要求事項・JIS A 8341-1 (新規制定) 土工機械-機能安全-第 1 部：制御システムの安全関連部及び性能要求事項の決定方法論 ④ 今後の予定

■ 2021 年度第 2 回 ISO/TC 195 親委員会
月 日：2 月 15 日(火)・22 日(火) (予備日)

出席者：佐々木正博(エス・ティー・サービス(株))TC 195 委員長ほか 33 名(Web 参加/対面)

場 所：Web 上 (ISO Zoom) 及び協会会議室

議 題：① 2021 年 10 月 18 日～22 日に開催された TC 195 パーチャル総会報告 ② 2021 年 11 月～2022 年 1 月に開催された傘下 SC・WG 会議状況報告 ③ 各分科委員会案件審議 ④ 「CO₂ 吸収コンクリートの国際標準化」報告 ⑤ 令和 3 年度下期標準化会議 TC 195 活動報告 (案)

■ ISO/TC 127/WG 17 - ISO/PWI 5757 RESS (蓄電池など) 回生可能エネルギー貯蔵システム

月 日：2 月 16 日 (水) 夜

出席者：コンビナーの米国, オーストラリア, 中国, フィンランド, ドイツ, 英国など海外から 15 名, 日本から, 小塚大輔委員 (コマツ) ほか 2 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① (案件の) 進捗状況確認 ② (規格) 草案 ③ WG 専門家意見聴取 ④ 用語の定義 ⑤ 次回会合日程

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 32 - ISO/WD 5953 ローダ及びバックホウローダの荷扱いアーム-通則

月 日：2 月 16 日 (水) 夜

出席者：コンビナーのスウェーデン, 米国, イタリアなど海外から 8 名, 日本から, 小塚大輔委員 (コマツ) ほか 1 名が部分参加 (前記会議と時間重複のため)

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① 前回議事録確認 ② ISO/WD 5953 案文検討 ③ まとめ (今後の予定, 会議の結論, 担当割り当て, 目標日程, 次回会合など)

■ ISO/TC 127 土工機械委員会 国内総会

月 日：2 月 17 日 (木)

出席者：間宮崇幸 (コマツ) TC 127 委員長ほか 24 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① TC 127・SC1～SC4 活動計画・審議状況報告 ② 投票案件 ③ 「油圧シヨベル用燃料電池 IEC/TC105/WG303 WG 会議」参加概要報告

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 22 - ISO 17757 自律式及び準自律式機械システムの安全

月 日：2 月 22 日 (火) 午前

出席者：コンビナーの米国, 英国, カナダ, オーストラリアなどから海外 11 名, 日本から岡ゆかり委員ほか 5 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① ISO 17757 改善乃至他のパートの追加の可能性 ② 自動運転中を示す灯火の色 ③ まとめ (今後の予定及び次回会合など)

■ ISO/TC 82/SC 8/JWG 1 - ISO/PWI 23724 鉱山機械装置の緊急遠隔停止

月 日：2 月 23 日 (水) 午前

出席者：コンビナーの米国, 英国, カナダ, オーストラリアなどから海外 11 名, 日本から岡ゆかり委員ほか 4 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① (開発する) 規格の技術的内容 ② まとめ (今後の予定及び次回会合など)

■ ISO/TC 127/SG 1 路外作業機械調整グループ

月 日：2 月 23 日(水) 深夜～24 日(木) 未明

出席者：コンビナーの米国, フランス, ドイツなどから (国代表というより国際委員会代表として) 十数名, 日本から間宮崇幸 ISO/TC 127/SC 3 国際議長ほか 2 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① 路外作業機械を扱う各委員会活動報告 ② 各委員会調整利益可能性分野 ③ その他 (今後の予定及び次回会合など)

■ ISO/TC 82/SC 8/JWG 2 - ISO/PWI 23725 自動運搬の FMS インターフェース

月 日：2 月 25 日 (金) 早朝

出席者：コンビナーのカナダ, 米国, オーストラリア, ドイツ, チリなどから 14 名, 岡ゆかり委員 (コマツ) ほか 4 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① 規格案適用範囲と案文の技術的内容のずれ ② 用語の定義の表記 ③ 外部文書の参照に関する論議 ④ 関連する開発中の規格案との調整 ⑤ (規格案の内容である) 機械経路の区分

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 - ISO/WDTS 15143-4 (土工機械及び走行式道路建設機械-施工現場情報交換-第 4 部：施工現場地形データ) 案文統合特設チーム会議

月 日：2 月 25 日 (金)

出席者：共同コンビナーの米国, フィンランド, オーストラリア, デンマーク, ニュージーランドなど海外から 11 名, 日本から山本茂コンビナーほか 4 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① POC 概念実証及び担当 ② 設計モデル及び参照規格 ③ 現場座標系変換 ④ 作業結果の VIS 供給者統合システムと SMS 現場管理システム間のデータ交換 ⑤ メンテナンス機関 ⑥ 案文の適否 ⑦ 締固めデータ ⑧ その他 (次回 WG 全体会合の議事)

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土工機械及び不整地トラッカー-照明・信号・車幅等の灯火及び反射器 国際バーチャル WG 会議

月 日：2 月 28 日 (月) 深夜

出席者：海外から 12 名, 日本から小塚大輔委員 (コマツ) ほか 3 名

場 所：Web 上 (ISO Zoom)

議 題：① DIS 投票コメント審議 ② 次回の予定 (3 月 7 日 (月))

建設業部会



■ 令和 3 年度 若手現場 WEB 見学会

月 日：2 月 10 日 (木)

参加者：鈴木博士部会長ほか 67 名 (WEB 参加者 60 名)

工事名：千代田幹線整備事業

見学場所：神奈川県足柄上郡山北町川西
見学場所：千代田区飯田橋 3 丁目～港区港南 1 丁目

見学目的：現場見学を通し、若手機電技術者の育成の場提供

詳細：動画と live の組み合わせによる zoom 配信見学会

動画①『千代田幹線整備事業』
→ PPT 説明『動画①具体的説明』
→ 動画②『初期掘進』→ 動画③『本掘進』
→ Live 映像①『中央管理室～発進立坑』
→ 動画④『シールドマシン組立動画』
→ Live 映像②『発進立坑～坑内』
→ Live 映像③『後続台車』
→ チャットによる質疑応答

発注者：東京都下水道局

施工者：奥村・大豊建設共同企業体(特) 配信会場：千代田幹線工事所 中央管理室 & 安全センター

■ 三役会

月 日：2 月 15 日 (火)

参加者：鈴木博士部会長ほか3名
 議題：①2/10千代田幹線工事WEB視察報告 ②2/17開催予定 クレーン安全情報WG 予定報告 ③2/24開催予定 合同部会の途中報告と調整 ④3/3開催予定 建設業部会の途中報告と調整、各WGの報告書について、3/4締切JCMA 事業計画について

■クレーン安全情報 WG

月日：2月17日(木)
 出席者：中島康弘主査ほか7名(内WEB参加者3名)
 議題：①ラフテレーンクレーンのモーターリミッター機能追加の件について、今後の進め方について。活動計画への検討 ②事故事例発表 ③その他(活動の提案)

■建設業 ICT 安全 WG

月日：2月18日(金)
 参加者：岩下正剛主査ほか6名(内WEB参加者4名)
 議題：①R04度WG主査の選任 ②R03下期活動内容の報告 ③R04活動計画について、a-今後のWG体制、b-日建連との関り方整理、c-安全施工WGからの想定課題、d-国交省安全協議会(自動・自律・遠隔)との関り方 ④その他

■合同部会

月日：2月24日(木)
 参加者：鈴木博士部会長ほか155名(内WEB聴講者120名)
 講演：①「道路橋メンテナンスにおけるAI/ICTの活用」：国立研究開発法人 土木研究所技術推進本部 先端技術チーム 主任研究員 茂木正晴様 ②「クレーン遠隔操作『タワリモ』について」：竹中工務店 生産本部 生産企画部 副部長 内藤陽様 ③「働く人を中心とした、建設現場のテレワークシステム K-DIVE CONCEPT」：コベルコ建機(株) 新事業推進部 部長 山崎洋一郎様 ④最近の建設施工行政の動向について：国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工安全企画室 室長 新田恭士様

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月日：2月8日(火)(web会議併用)
 出席者：中村分科会長ほか14名
 議題：①部会長・分科会長挨拶 ②レンタル業としてのトラック輸送業における運賃について ③R4年度コンプライアンス分科会活動計画について(・

活動テーマ、・運営体制・活動スケジュール) ④各社からの報告事項・情報交換 ⑤その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：2月2日(水)
 出席者：中野正則委員長ほか29名
 議題：①令和4年5月号(第867号)計画の審議・検討 ②令和4年6月号(第868号)素案の審議・検討 ③令和4年7月号(第869号)編集方針の審議・検討 ④令和4年2月号～令和4年4月号(第864～866号)進捗状況報告・確認 ※通常委員会及びZoomにて実施

■新工法調査分科会

月日：2月16日(水)
 出席者：北川博一委員ほか3名(内WEB参加3名)
 議題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■令和3年度 i-Construction 施工説明者更新講習及び認定者試験

月日：2月1日(火)
 場所：北海道建設会館8階A、F会議室
 更新講習：受講者8名
 認定試験：受検者58名(複数科目受検44名、ICT舗装工のみ受検14名)

東北支部



■EE東北'22 インフラDX (ICT) 体験広場 出展者会議 (第2回) (対面+Web)

月日：2月4日(金)
 場所：仙台市 太陽生命仙台北町ビル6階会議室
 出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか5名+ Web参加11名
 議題：①レイアウトについて ②設備、備品について

■第10回 東北復興 i-Construction 連絡調整会議 (Web会議)

月日：2月8日(火)
 出席者：角湯克典東北地方整備局企画部長ほか24名
 内容：①会議名称、規約の変更について ②ICTサポーター制度の取組方

針について

■総合評価落札方式における賃上げを実施する企業に対する加点措置説明会 (Web会議)

月日：2月10日(木)
 出席者：(一社)日本建設機械施工協会 東北支部 会員15団体25名
 説明者：東北地方整備局 企画部技術管理課 間山隆之課長補佐
 内容：加点概要、表明方法等について

■「ICTサポーター認定制度」に関する説明会 (対面+Web)

月日：2月17日(木)
 出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか3名+ Web参加22名
 説明者：東北地方整備局 企画部技術管理課 下田一朗課長補佐
 内容：①「ICTサポーター認定制度」の概要について ②サポーターの認定申請について

北陸支部



■令和3年度 第1回広報委員会

月日：2月21日(月)
 場所：新潟県建設会館401号室
 出席者：宮村兵衛 広報委員長ほか7名
 課題：①支部日より「あかしや通信」掲載記事について ②編集及び発汗スケジュールについて ③あかしや通信 No.40の編集内容について ④JCMA 北陸支部2月からの今後の計画について

■令和3年度 部会長会議・総務委員会

月日：2月28日(月)
 出席者：穂苅正昭 企画部会長ほか13名
 議題：①令和4年度 事業計画の立案について ②令和4～5年度 JCMA 北陸支部部会名簿計画について ③JCMA 北陸支部2月からの今後の計画について

中部支部



■第1回建設キャリアアップシステム処遇改善推進中部協議会

月日：2月16日(水)
 主催：中部地方整備局建政部
 場所：WEB方式による開催
 参加者：永江豊事務局長
 内容：建設キャリアアップシステム処遇改善推進中部協議会の設置について及び賃金上昇率2%の実現に向けた取り組み等

■防災ワークショップ2022 中部

月日：2月25日(金)

主催：南海トラフ地震対策中部圏戦略会議
 場所：YouTubeによるライブ配信
 参加者：所輝雄支部長
 内容：プロジェクトマッピングで見る南海トラフ地震の想定及び南海トラフ地震臨時情報に関する講話等

関西支部



■「建設技術展 2021 近畿」主催・共催者会議

月日：2月16日（水）
 場所：大阪マーチャンダイズ・マートビル
 出席者：松本克英
 議題：①「建設技術展 2021 近畿」の開催報告について ②「建設技術展 2022 近畿」開催に向けて ③その他

中国支部



■2021年度 i-Construction 施工講習説明者認定試験

月日：2月2日（水）
 場所：広島県情報プラザ
 受験者：全科目又は一部科目受験 34名、

ICT 舗装工のみ受験 34名

■2021年度 i-Construction 施工講習説明者更新講習

月日：2月2日（水）
 場所：広島県情報プラザ
 受講者：9名

■第3回施工技術部会

月日：2月21日（月）
 場所：広島市内（Web 併用）
 出席者：竹田幸詞事務局長ほか 8名
 議題：①令和3年度施工技術部会の事業活動報告について ②令和4年度施工技術部会の事業活動計画（案）について ③その他懸案事項

四国支部



■国交省との共催事業「バックホウ遠隔操作講習会（松山）」

月日：2月17日（木）～18日（金）
 場所：重信川河川敷（愛媛県伊予郡松前町）
 受講者：支部会員会社等からの応募者 5名
 訓練評価者：山下安一事務局長
 内容：①0.45 m³級バックホウを目視及びカメラ映像により遠隔操縦する訓

練 ②バックホウ遠隔操縦訓練に関し、訓練前後の技量変化を評価 ③講習修了証の交付

■協賛事業「四国建設広報協議会」WG

月日：2月25日（金）
 場所：Web 会議
 出席者：協議会を構成する 27の団体・組織のうち 25団体・組織から 26名が参加、JCMA 四国支部からは事務局長が参加
 内容：①令和4年度協議会役員（案）について ②令和3年度収支報告 ③建設フェア四国 2021 in 徳島開催報告 ④建設フェア四国 2023 の開催について ⑤その他

九州支部



■企画委員会

月日：2月16日（水）
 場所：メールによる書面会議
 出席者：原尻克己企画委員長ほか 19名
 議題：①本部理事会提出資料について ②災害協定の見直しについて ③R4 総会・第1回運営委員会開催について ④その他

編集後記

2022年3月16日午後11時36分ごろ、宮城県と福島県で震度6強の揺れを観測する地震がありました。マグニチュードは7.4で、関東でも大きな揺れを感じました。その前の週には、2011年3月11日に発生した東日本大震災を振り返るテレビ番組が多く放送されていて、緊急地震速報を見たときには戦慄が走りました。幸いにして大きな津波は生じませんでした。場所によっては揺れの被害は11年前のときより大きかったようです。東北新幹線では脱線が生じ、電柱や橋脚にも大きな被害があり、全線での運転再開は4月後半まで掛かりそうです。災害復旧工事の現場では、二次災害の危険が伴うことから、本号でも取り上げている建設機械の「自動化」や「遠隔化」という技術の活用が期待されます。

建設業の就業者は減少を続けていて、今後も建設現場の生産性向上は避けることのできない課題となっており、本号では「建設施工の生産性向上」を特集しています。建設機械施工における効率化や省力化の技術は日々向上しているだけでなく、昨今では遠隔監視や遠隔臨場の導入も本格化し、新型コロナウイルスの感

染拡大が懸念されるような状況であっても着実な現場進捗が期待できるようになってきました。本号では自動化、合理化、遠隔化、企画立案などによる生産性向上の施策や事例について多数の寄稿を頂きました。

巻頭言では、中央大学 大隅久教授に「ロボット化による生産性向上のために」と題して寄稿頂きました。超高齢社会の日本において生産性向上が喫緊の課題であること、他の先進国と比べて日本の多くの産業において生産性が低いこととその原因、ロボット導入による効率化における課題、製造業における生産自動化のポイントなど、広い視野から生産性向上における課題を論じて頂きました。

行政情報では、国土交通省大臣官房官庁営繕部より「官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針」を寄稿頂きました。建設業での働き方改革と生産性向上の推進のために生産性向上技術の活用方針を定めたことや、設計から施工、維持管理までの一貫したBIMの活用促進に向けた取組などが紹介されています。

入稿や編集作業の時期が、多忙な年度末であるにも関わらず、対応頂きました執筆者をはじめ関係された方々に、厚く御礼申し上げます。

(花川・細田)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	見波 潔

編集委員長

中野 正則 日本ファブテック(株)

編集委員

菊田 一行	国土交通省
垂井 保典	農林水産省
細田 豊	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
阿部 靖	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
川崎 智博	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
小黑 誠	(株)加藤製作所
園田 満	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

5月号「建設施工における事故、ミス、トラブル防止特集」予告

・「シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン」の概要 ・建設業の安全衛生対策の推進について ・グローバル化が進む現場のコミュニケーション課題の解決と現場のドライブレコーダー活用 ・AIを活用した危険予知活動支援システム ・土木・建設現場重機の包括的な遠隔操作化に向けて ・骨伝導ヘッドセットを利用した安全管理システムの開発 ・遠隔安全管理アプリケーションの開発 ・トンネル現場における切羽作業の自動化による安全性向上 ・発注者だけでなく受注者も効率化できる「遠隔臨場」のためのツール活用 ・ICTを活用した労働安全衛生の最新動向 ・予測型CIMを用いた山岳トンネル岩判定の高度化と遠隔臨場の試行 ・ウェアラブルデバイスと360度カメラによる遠隔臨場の取り組み ・移動式画像解析搭載ネットワークカメラ ・建設機械オペレータ見守りシステムの開発

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

建設機械施工

第74巻第4号(2022年4月号)(通巻866号)

Vol.74 No.4 April 2022

2022(令和4)年4月20日印刷

2022(令和4)年4月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫


印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
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 5000型

緊急停止スイッチの オプション対応スタート!

- ・微弱、429MHz特小、1.2GHz特小 全て対応
- ・8点、12点、16点仕様 全て対応
- ・表示用LED取付他、従来のオーダー対応可

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



充電台に置いて充電

ご希望の多かったクレードルタイプを
オプションにてご用意!



ハンディタイプ シリーズ

タフケーブルレス 《RC-8600N/U/G》



チップケーブルレス 《RC-3205M・3212M・3208N》



マイコンケーブルレス 《RC-6000N/U/G》



ケーブルレスミニ 《RC-4400N》

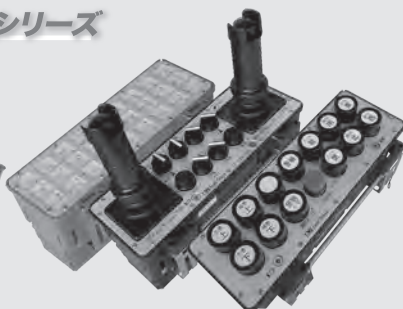


ショルダータイプシリーズ

MAXサテレータ 《RC-9300U/G》



マイティサテレータ 《RC-7100・7200N/U/G》



RC-5800U/G 2段押3組 準標準型 好評発売中!

- ・インバーター制御のクレーンに最適!
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク スイッチ

429MHz・1216MHz(送信出力1mW)
の2種類の周波数から選択可能

429MHz、1216MHzが
同価格!!

データケーブルレスシリーズ

双方向データケーブルレス 《TC-1000808S》



データケーブルレス 《TC-1300・1400N/U/G》



常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町田野字東原43-1(本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索



ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



吉永機械株式会社

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

建設機械施工 広告掲載のご案内

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

■職業別購読者

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

■掲載広告種目

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

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み



広告営業部: 田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

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

お名前: _____ 所属: _____

所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____ FAX: _____

E-mail: _____

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

F
A
X

03-3664-0138

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジンク手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D



●技術で明日を築く

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

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

コスモECOディーゼル

DH-2 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE10W-30 / SAE15W-40

それはいつまでも
青い空のために



★**光星**

DH-2F 対応ディーゼルエンジンオイル
SAE5W-30



★**新星**



★**彗星**



★**快星**

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

COSMO コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<https://www.cosmo-lube.co.jp/>
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

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



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

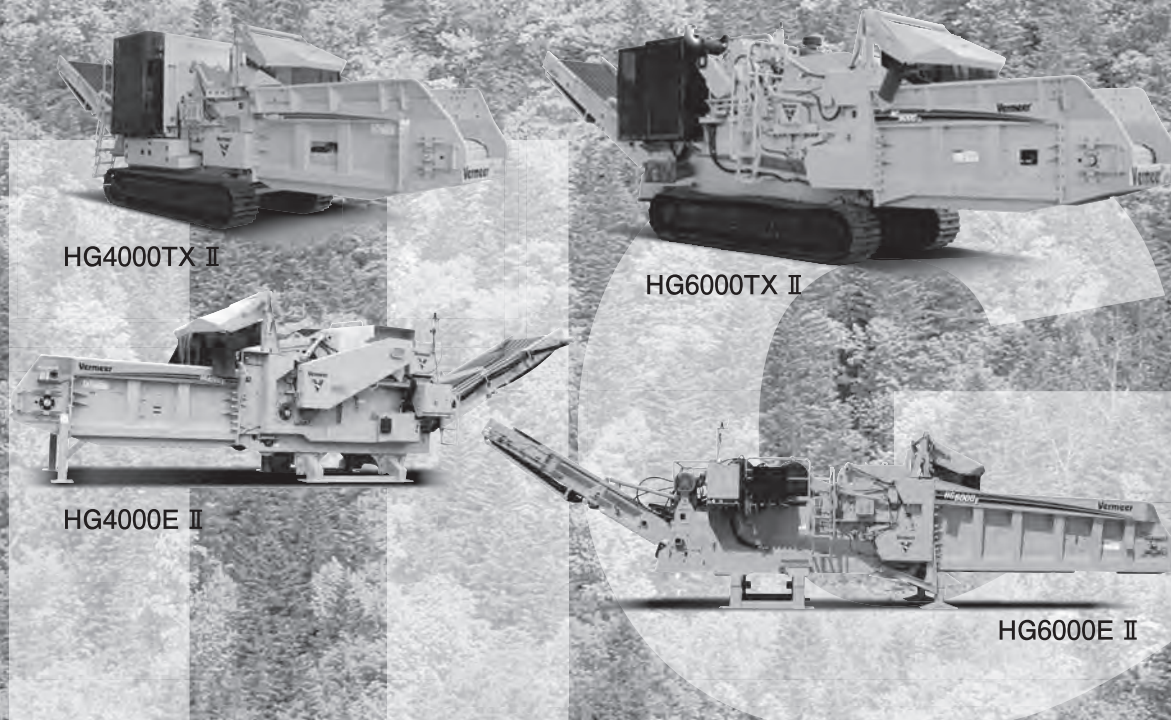
大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

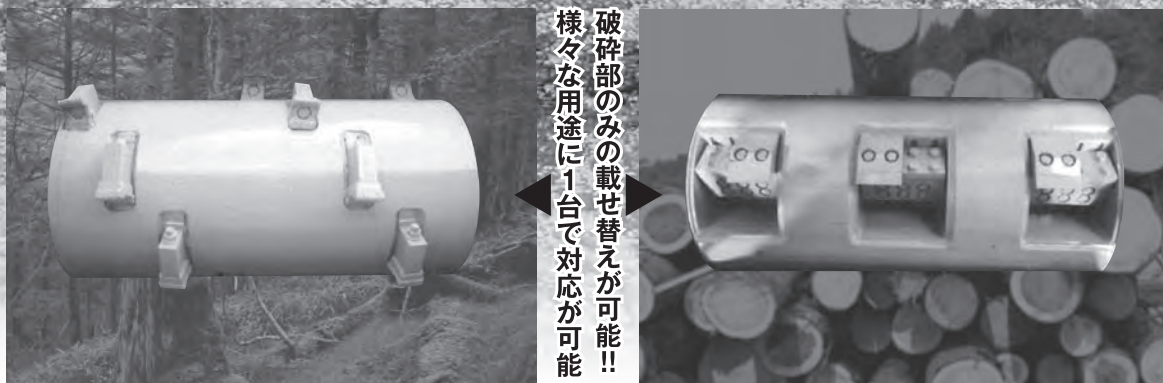
中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

マルマテクニカのホリゾンタルグラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



特長

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

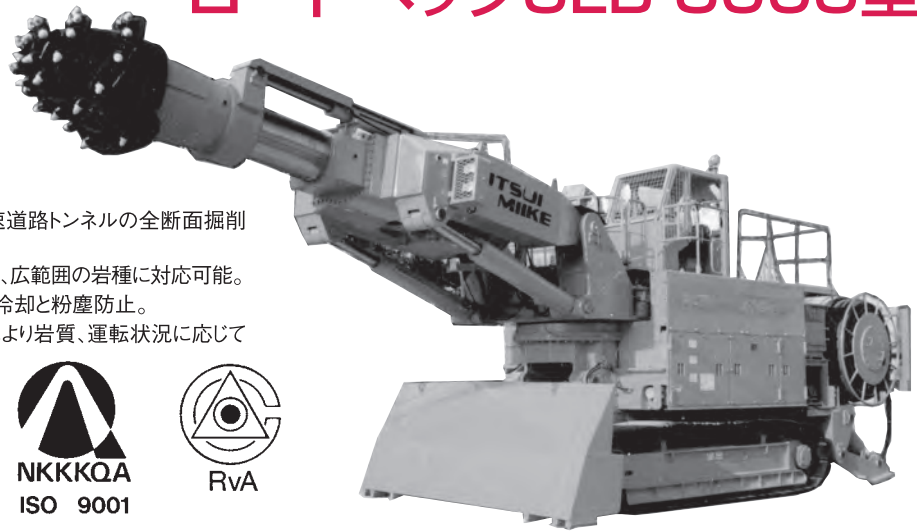
 **マルマテクニカ株式会社**

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

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

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型



特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用 無線操作装置 **ダイワテレコン**



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル, ブルドーザ, 振動ローラ
クローラダンプ, 鑿岩機, その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高機能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON
大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
TEL: 0569-84-8582 (直通) FAX: 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mekatoro@daiwakiko.co.jp

拡張する 未来が見える

拡張現実マシンコントロール

EarthWorks AR



SITECH

Trimble
Authorized Dealer

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731



サイテックジャパン
公式 Facebookページ
オープンしました。

雑誌 03435-4



4910034350421
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)