

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2022

建設機械施工

3

Vol.74 No.3 March 2022 (通巻865号)

特集 建築



国土交通省都市局Project PLATEAU
3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト

巻頭言 情報化施工がデジタル・トランスフォーメーションへと 深化するために必要なエッセンス

行政情報 国土交通省都市局Project PLATEAU

- 技術報文
- GTL (Gas to Liquids) : 天然ガス由来軽油代替燃料のご紹介
 - 建築生産におけるBIM 活用の推進
 - 遠隔地から各種クレーンに自律運転指示が可能な技術を開発
 - MR技術を用いた遠隔臨場と検査記録の帳票連携 他

部会報告 機電技術者のための講演会報告

- 統計
- 建設機械施工技能評価試験
 - 建設業の業況

一般社団法人 日本建設機械施工協会

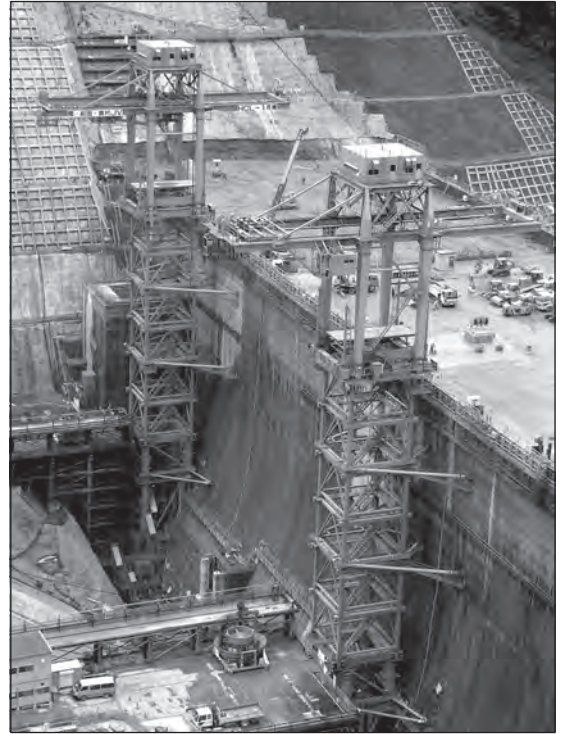
ダム工事に用いたコンクリート運搬テルハ (クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



吉永機械株式会社

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

建設機械用 無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

- 最大72点の操作点数を持ち、比例制御にも対応いたします。
- 指令機操作パネルはレイアウトフリーで用途に合わせた実装部品が選択可能。
- 特定省電力無線429MHz帯域および1200MHz帯域選択可能。
- 外部接続用ポート(オプション仕様)より、LAN通信制御が可能。

取付改造実績

油圧ショベル, ブルドーザ, 振動ローラ
クローラダンプ, 鑿岩機, その他特殊専用機など

無線遠隔装置だけでは終わらない
弊社では制作から取付改造工事までを完全サポート
大型機対応屋内工場完備(100tクラスまで対応)



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高機能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON 大和機工株式会社

常滑工場 〒479-0002 愛知県常滑市久米字西仲根227番
TEL: 0569-84-8582 (直通) FAX: 0569-84-8857
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mekatoro@daiwakiko.co.jp

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

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	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.jcmnet.or.jp/privacy/>）でご覧いただけます。

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

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

令和3年度版

〇〇〇〇 改定・発刊のご案内 〇〇〇〇

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。
平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。
さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改定され、令和3年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 令和3年度版」を発刊することと致しました。
なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 令和3年度版」を別冊（セット）で発刊致します。
つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

敬具

◆内容

令和3年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



◆改定内容

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

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

●A4判／本編約1,050頁(カラー写真入り)
別冊約200頁 セット

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

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

●発刊 令和3年5月26日

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

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

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

◆ 内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

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

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

● 発刊 令和2年5月15日



令和3年度版 建設機械等損料表

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

■ 内容

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



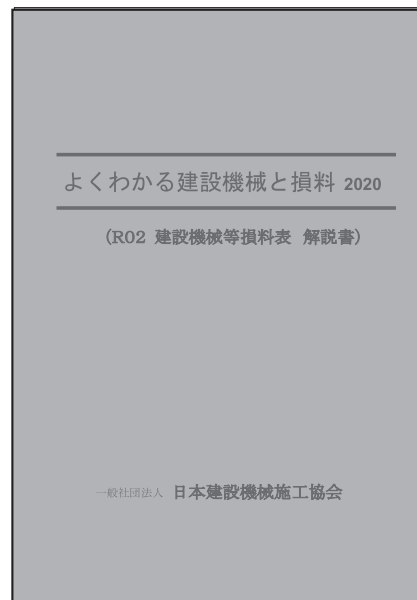
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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

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

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

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売日 : 令和2年5月

■体裁 : A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般: 6,000円 会員: 5,100円

■内容・特長

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

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2019 電子書籍（PDF）版	建設機械スペック一覧表、 電子書籍（PDF）版	
2	形態	電子書籍（PDF）	電子書籍（PDF）	
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	
4	内容	要覧全頁	spec一覧表	
5	改訂	3年毎	3年毎	
6	新機種情報	要覧クラブで対応	要覧クラブで対応	
7	検索機能	1.単語検索	1.単語検索	
8	附属機能 注) タブレット・スマートフォンは、一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク	
9	予定販売価格 (円・税込)	会員	55,000（3年間）	49,500（3年間）
		非会員	66,000（3年間）	60,500（3年間）
10	利用期間	3年間	3年間	
11	同時ログイン	3台	3台	
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード	
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	

発売時期

令和元年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

様々な環境で閲覧できます。
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセスできます。

Webサイト 要覧クラブ

2019年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版から、2016年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

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3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 3月	日本建設機械要覧 2022	53,900	45,100	900
2	R 3年 9月	道路除雪施工の手引	4,950	3,960	700
3	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
4	R 3年 5月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
5	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
6	R 2年 5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
7	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
8	R 2年 5月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
9	R 元年 9月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
10	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	-
11	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	-
12	R 元年 5月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
13	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
14	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
15	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
16	H29年 4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
17	H26年 3月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD版】	2,200	1,980	700
18	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
19	H23年 4月	建設機械施工ハンドブック (改訂4版)	6,600	5,604	700
20	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
21	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300		250
22	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
23	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
24	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
25	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
26	H18年 2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,933	700
27	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
28	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,238		250
29	H15年 7月	道路管理施設等設計指針 (案) 道路管理施設等設計要領 (案)*	3,520		250
30	H15年 7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
31	H15年 6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,980		700
32	H15年 6月	機械設備点検整備共通仕様書 (案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領 (案)	1,980		700
33	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
34	H13年 2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第3版)	6,600	6,160	700
35	H12年 3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第2版)	2,724	2,410	700
36	H11年 10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
37	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400		700
38	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750		700
39	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
40	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
41	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
42	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
43	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
44	S 63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD版】	11,000	9,900	700
45	S 60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
46		建設機械履歴簿	419		250
47	毎月 25日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

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

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

特集

建築

巻頭言

4 情報化施工がデジタル・トランスフォーメーションへと 深化するために必要なエッセンス

「わくわく感」や「楽しそう」という軽快さの重要性

石田 航星 早稲田大学 理工学術院創造理工学部 建築学科 准教授

行政情報

5 国土交通省都市局 Project PLATEAU

3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト

内山 裕弥 国土交通省 都市局 都市政策課 課長補佐

特集・
技術報言

11 GTL (Gas to Liquids) : 天然ガス由来軽油代替燃料のご紹介 建設業界への普及展開

山田 航 伊藤忠エネクス(株) 環境ビジネス部 GTL 室 室長

15 どこでも大地震を体感できる新型の可搬型体感用振動台 「ポータ震」の開発

大類 哲 鹿島建設(株) 建築設計本部 専任次長
水谷 亮 鹿島建設(株) 機械部 担当部長

18 ロボットアームを用いた建設3Dプリンティング技術の可能性

小倉 大季 清水建設(株) 技術研究所 社会システム技術センター 主任研究員
山本 伸也 清水建設(株) 技術研究所 社会システム技術センター 研究員
中西 伶奈 清水建設(株) 技術研究所 未来創造技術センター 研究員

24 建築生産における BIM 活用の推進

国交省 BIM モデル事業における取り組み事例紹介

三輪 哲也 (株)竹中工務店 BIM 推進室 部長

31 RC 造高層住宅用耐震改修構法の開発

吹抜け空間を利用した長周期地震動対策技術「T-レトロフィット制振」

谷 翼 大成建設(株) 技術センター 都市基盤技術研究部 チームリーダー、博士(工学)
欄木 龍大 大成建設(株) 技術センター インノベーション戦略部 室長、博士(工学)
中島 徹 大成建設(株) 設計本部 工事監理部 設計担当部長、修士(工学)

36 遠隔地から各種クレーンに自律運転指示が可能な技術を開発 クレーン自律運転システムの開発

三谷 祐哉 (株)大林組 ロボティクス生産本部 生産技術第二部 自律施工技術課 職員
笹原 大介 (株)大林組 ロボティクス生産本部 生産技術第二部 自律施工技術課 担当課長
佐藤 圭吾 (株)大林組 東日本ロボティクスセンター 施工技術部 技術開発課 主任

41 ICT を活用した現場生産性向上の取り組み

作業車所在管理システム mmMs (ムース) の開発

三橋 俊彦 東洋熱工業(株) 技術統轄本部 技術研究所

46 DX 社会の実現を目指した高精度測位技術の開発

「ichimill (イチミル)」サービス

花井 祥太 ソフトバンク(株) テクノロジーユニット サービス企画技術本部 コアソリューション企画開発統括部
測位ソリューション部 部長代行

49 建築施工分野における DX の取組紹介

TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセンター

今泉 潤 (株)トプコン スマートインフラ事業本部

55 ウェアラブルセンサを活用した熱中症予防管理システムの実証実験

熱中症を未然に防ぐ取り組み

無津呂大輔 東急建設(株) 管理本部 基盤システム部

	59	外壁パネル工事への移動足場の適用	田中 昭臣 (株)安藤・間 建設本部 先端技術開発部 建築技術 PCa・ロボティクスグループ
	64	基地局の支持柱の内部に強度が高い素材を充填する 施工法開発の活動紹介「ポリマテリアル」	高城 純平 ソフトバンク(株) テクノロジーユニット サービス企画技術本部 コアソリューション企画開発統括部 ロボティクスソリューション部 ロボティクスソリューション2課 課長代行
	67	MR 技術を用いた遠隔臨場と検査記録の帳票連携 HoloLens による遠隔臨場	波多野 純 (株)鴻池組 技術統括部 ICT 推進課長 黒坂 文生 インフォマティクス(株) 事業開発部リーダー
交流のひろば	72	緊結式足場 ND システム『ダーウィン』誕生物語 進化する次世代足場がで上がるまで	小路 大介 日建リース工業(株) 仮設営業本部 営業企画管理部
ずいそう	76	建設 RX コンソーシアムで目指す世界	多葉井 宏 (株)竹中工務店 技術研究所 建設革新グループ長
	78	クラウドとデジタル技術の変遷, 将来展望と DX	川又 俊一 アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社 事業開発本部 シニア事業開発マネージャー
	80	夢の丸太小屋に暮らす Part2 野外料理-燻製・ピザ・バーベキュー	中野 至 マネジメント T&K 代表 (コマツ OB)
部会報告	82	機電技術者のための講演会報告	建設業部会
	90	新工法紹介	機関誌編集委員会
	92	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	95	建設機械施工技能評価試験	機関誌編集委員会
	99	建設業の業況	機関誌編集委員会
	106	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
	107	行事一覧 (2022 年 1 月)	
	110	編集後記 (内藤・副島)	

◇表紙写真説明◇

国土交通省都市局 Project PLATEAU
3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト
写真提供：国土交通省

国土交通省が進める 3D 都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト「PLATEAU」。その活用ポテンシャルの実証のため都市計画・まちづくりにとどまらない多様な分野のユースケースが開発されている。民間サービス市場における実証実験の一例では、3D 都市モデルを用いて新宿三丁目エリアの百貨店とその周辺をバーチャル空間に再現することで、購買体験といった都市機能の提供がバーチャル空間で実現可能か検証された。

巻頭言

情報化施工がデジタル・トランスフォーメーションへと 深化するために必要なエッセンス 「わくわく感」や「楽しそう」という軽快さの重要性

石田 航星



2019年前後から建設分野においてデジタル・トランスフォーメーション（DX）という用語が頻繁に用いられるようになり、DX推進室などの部署を建設会社内に設置される例が増えている。このデジタル・トランスフォーメーションの用語は定義を1つに定めることが難しい用語であるが、各省庁の定義やWeb上の解説、各種講演での利用方法を俯瞰すると、筆者は以下の意味で用いている。

デジタル・トランスフォーメーションとは顧客や社会的ニーズの分析を通じて、データや情報技術を活用と、組織改編やビジネス・プロセスの見直しを同時に行いながら、ユーザー・エクスペリエンスの向上を通じて、生産性の向上を目指す運動全体を指す。

最近では情報技術を導入すればデジタル・トランスフォーメーションが達成される訳ではないという理解が建設分野においても広がっていると感じており、組織改編やビジネス・プロセスの改変も意図した情報技術の導入例も増えていると感じる。

ただ、1つだけ筆者が不満を感じている点がある。それは、建設DXにおいて「わくわく感」や「楽しそう」という感覚がやや不足している点である。

デジタル・トランスフォーメーションの定義では、ビジネス・プロセスの最適化と一緒に、「顧客や社会的ニーズを中心に持ってくる」という考えが示されることが多い。この「顧客や社会的ニーズ」に関して建設分野の技術開発でもよく考えられている例が多い。ただ、他産業のDXにおいて見られるような「良いユーザー・エクスペリエンス（UX）の達成」という、関係者にとって魅力のある仕組み作りという点は不足している。このUXとは、利用者がサービスや製品を通じて得られた体験全体を指す用語である。つまり「良いUXの達成」とは、効率的な仕組みを作ることに加え、そのシステムや仕組みの利用者や関係者が使って

良かったと思える仕掛けを用意することを指す。より、ざっくりと解釈すれば、顧客や関係者が従来の方式よりも「わくわく感」や「楽しそう」と感じることをもっと重視した方がよいということを重視しようという筆者の提案である。

例えば、一時期、建設分野でも流行したVRゴーグルなどの体験型の装置を施主やエンド・ユーザーへの説明会にもっと導入してよいと感じる。VRゴーグルを通じて、BIMデータや完成予想を示すCGを閲覧させることは、単なるプレゼンテーションの1手法と見る向きも多いが、建築や土木、建設機械に対する専門性の低い関係者の理解を助けることは明らかである。また、自分の体を動かして、これからできる建設物を魅力的にプレゼンテーションする映像体験を通じて、打ち合わせにおいて積極的意見を述べない関係者から積極的な関与を引き出す可能性も秘めていると感じる。加えて、筆者がVR技術を評価する最大の理由は、大学の演習系科目で教えていて、学生諸君が最も楽しそうに演習に取り組んでくれるのが、VRコンテンツの作成である点にある。この世の中にまだ存在しない建築物を、そこにあるように体感できるVR技術は、技術そのものの魅力が高く、学生の主体的な学びを実現する重要なツールであると感じている。

このような、技術そのものに「楽しさ」があれば、新技術の普及における多くの障害を取り除く手助けになるはずである。国際シンポジウムなどに参加して感じるのは日本の建設業における情報技術の水準は決して低くない。この建設業内部にある技術的シーズを開花させるためには、建設DXに関係する技術開発において真面目に取り組みすぎないことが求められているのかもしれない。

——いしだ こうせい 早稲田大学 理工学術院創造理工学部 建築学科 准教授——

行政情報

国土交通省都市局 Project PLATEAU

3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクト

内山 裕 弥

「Project PLATEAU (プラトー)」は、Society5.0 実現に向けた政府の取組や近年の新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴うデジタル化の急速な普及などを受け、国土交通省都市局が2020年度に新たに開始したプロジェクトである。現実の都市空間を「3D都市モデル」で再現するとともに、その活用可能性を示すため様々なユースケースを開発してきた。また、整備した3D都市モデルはオープンデータとして広く一般に公開している。本稿では、Project PLATEAUの取組と今後の展開について紹介する。

キーワード：Project PLATEAU, 3D都市モデル, まちづくりのDX, 都市のデジタルツイン, オープンイノベーション

1. はじめに

現在、政府では、サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムを構築することにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会「Society5.0」を実現すべく取り組んでいる。

Society5.0とは、2016年1月に閣議決定された「第5期科学技術基本計画」において、我が国が目指すべき未来社会の姿として提唱された概念であり、2021年3月26日に閣議決定された「第6期科学技術・イノベーション基本計画」においても、引き続きこれを具体化させていくことが宣言されている。

また、近年の新型コロナウイルス感染症の感染拡大に伴う、市民生活におけるデジタル化の急速な普及はこのような動きを更に加速させるものといえる。

サイバー空間とフィジカル空間の融合というSociety5.0の実現は、都市の問題を扱う都市政策にとっても重要な課題である。スマートシティの取組をはじめとして、都市政策の領域においても、データや新技術を活用し、人間中心のまちづくりを更に進めていくことが喫緊の課題となっている。

このような問題意識のもと、国土交通省都市局では、2020年度から「Project PLATEAU (プラトー)」を新たにスタートさせ、「まちづくりのデジタルトランスフォーメーション (UDX: Urban Digital Transformation)」に取り組んできた。その目的は、都市空間を「3D都市モデル」と呼ばれるデータによって再現し、これを活

用してまちづくりに新たな価値をもたらすことにある。このため、Project PLATEAUでは、全国56都市を対象に、約10,000 km²という世界的にも前例のない規模で3D都市モデルを整備し、さらに、これを活用して40以上の実証実験やフィージビリティスタディを展開した。

本稿では、Project PLATEAUの概要やユースケース、今後の展開について紹介する。

2. Project PLATEAUの概要

(1) DX / デジタルツインの潮流

スマートシティをはじめとするUDXを実現するためには、サイバー空間におけるフィジカル空間の再現が重要な鍵となる。このような考えは「デジタルツイン」と呼ばれている。

デジタルツインとは、フィジカル空間に存在する物体をバーチャル空間上に再現し、フィジカル空間で収集した人流・環境などのリアルタイムデータを反映することで、バーチャル空間上にフィジカル空間の「双子 (ツイン)」を構築するものである。

デジタルツイン自体は、もともとと製造業などの分野で発展してきた概念であり、CGモデルなどの三次元図面にセンサーから取得した環境情報を反映することで、現実とほぼ同じ形でシミュレーションが実施できるため、エンジンなどの複雑な工業製品を設計する際に活用が図られてきた。近年はデータ処理技術の発達により、現実の都市空間にカメラやレーダー等のセン

シング機器を設置することで、都市で発生する様々な事象をリアルタイムに把握できるようになったことから、都市スケールでのデジタルツインの構築が試みられている。

都市空間のデジタルツイン構築を目指す動きは既に国内外で広がりつつあり、二次元、三次元問わず多様な手法によって都市スケールでデータ整備が進んでいる。都市計画・まちづくりの分野では古くから地理空間情報システム（GIS）を活用した二次元情報による都市のデータ化（都市計画 GIS）が進められてきており、3D 都市モデルを活用した UDX を目指す PLATEAU はこの系譜を受け継ぐものである。

(2) 「3D 都市モデル」とは何か

PLATEAU では、都市空間のデジタルツインあるいはまちづくりの DX を実現するための中核となる概念として、「3D 都市モデル」を定義している。

3D 都市モデルとは、単なる“都市空間の 3D モデル”ではない。既に商用サービスやオープンデータとして提供されている一般的な“都市空間の 3D モデル”は、都市を構成する建物や橋、道路などの様々なオブジェクトを CAD ソフト等を用いてモデリングし、サイバー空間上で表示する。つまり、都市空間の“幾何形状”をサイバー空間上で再現するものであり、いわゆる「ジオメトリモデル（Geometry Model）」と呼ばれるものである。

PLATEAU が整備を進める 3D 都市モデルは、このような幾何形状（ジオメトリモデル）に、「建物」、「壁」、「屋根」等の地物定義や、「用途」、「構造」、「築年」、「災害リスク」等の活動的な意味（属性情報）—つまりヒトにとっての都市空間の意味—を付加した形

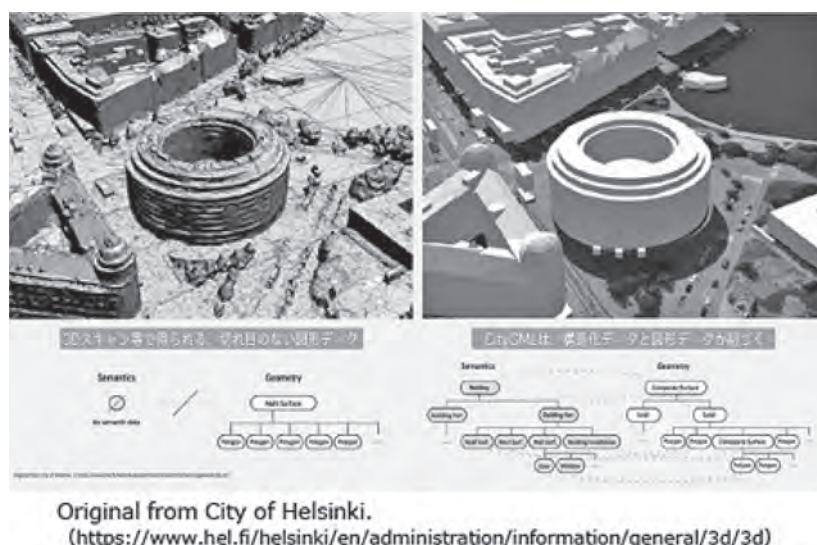
で構築される点に最大の特徴がある。このような“都市空間の意味”は「セマンティクス（Semantics）」と呼ばれており、3D 都市モデルとは「ジオメトリとセマンティクスの統合モデル」と呼ぶことができる（図—1）。

このような統合モデルを可能とするデータ形式として、「CityGML」が国際的な標準規格として定められており、今回整備した 3D 都市モデルも CityGML を採用したものである。PLATEAU では、「3D 都市モデル」を「CityGML 形式により都市スケールで整備されたジオメトリとセマンティクスの統合モデル」と定義している。

3D 都市モデルのセマンティクスを用いることで、ジオメトリモデルのみではできなかった高度な分析、可視化、シミュレーションを都市スケールで実現することが可能となる。

例えば、「屋根（roof）」の属性値が含まれたジオメトリを抽出し、角度や傾き、日陰等を入力することで、都市スケールで太陽光発電シミュレーションが可能となる。また、屋内外の歩行可能な「床（floor）」や「歩道（sidewalk）」を抽出すれば、屋内外を含む立体的な避難シミュレーションを行うこともできるようになる。他にも、建築物の「壁面（wall）」の位置や材質（material）情報を活用することで、騒音や電波の拡散・減衰シミュレーションなども可能となる。

このように、ジオメトリとセマンティクスの統合モデルは、都市空間の再現を限りなく緻密に行うポテンシャルを有している。換言すれば、コンピュータ/プログラムが認識する 3D 都市モデルのデータを限りなく現実に近いことが可能となる、このようなデータの“マシンリーダブル（machine readable：機械可



図—1 ジオメトリモデル（左）とセマンティックモデル（右）イメージ

読性)”こそが、まちづくりのDX／都市空間のデジタルツインの実現に向けた3D都市モデルのポテンシャルであるといえる。

3D都市モデルのセマンティクスを活かしたユースケース開発はまだ萌芽的ではあるものの、国外ではCityGMLを採用する動きが広がっており、今後のユースケース拡大が期待されている。

PLATEAUでは、CityGMLを用いて2020年度に全国56都市の3D都市モデルを整備した。さらに、これを用いたユースケースの開発、3D都市モデルの整備・利活用ムーブメントの惹起、オープンデータ化に取り組むことにより、まちづくりのDXを推進し、「全体最適・持続可能なまちづくり」、「人間中心・市民参加型のまちづくり」、「機動的で機敏なまちづくり」を実現していくことを目指している。

(3) 「3D都市モデル」の整備

前述のとおり、2020年度のProject PLATEAUでは、東京23区をはじめ全国56都市を対象に3D都市モデルのデータ整備を実施した。

3D都市モデルは、都市計画のために作成されている都市計画基本図等の都市の図形情報、航空測量等によって取得される建物・地形の高さや形状情報、都市計画基礎調査等によって取得された建物・土地の利用現況や災害リスク情報等の属性情報を用いて整備される。すなわち、3D都市モデルの整備は、地方公共団体が保有する既存データを利用して作成することを基本としており、新規測量や新規データの取得は補完的に行われる。このような方法によって、比較的lowコストで3D都市モデルを整備することが可能となる。

また、CityGML形式によって作成される3D都市モデルは、建物等の地物の表現に関して、LOD (Level of Detail) と呼ばれる概念を定義している。LODとは、モデルの「詳細さの度合い (詳細度)」であり、一つのオブジェクトの幾何をその利用や可視化の目的に応じて、複数の段階に抽象化することを可能とする、マルチスケールなモデリングの仕組みである。例えばLOD1は、建物図形に高さを与えた単純なモデルであり、低コストで都市スケールの3D都市モデルを整備するのに適している。他方、LOD4は建物の屋内や付属物を含めたモデルであり、建物内外を含めた高精度のシミュレーションに利用可能である。

この仕組みにより、3D都市モデルは同じ地物に関する詳細度の異なる様々な情報を統合的に管理・蓄積・利用することが可能である。例えば、投影縮尺に応じた適切な詳細度での可視化やユースケースに応じた最適なモデルの適用が可能となるなど、多様なアプリケーションで柔軟な利用が可能となる (図-2, 3)。

(4) ユースケース開発

2020年度のProject PLATEAUでは、都市計画・まちづくりの分野に加え、多様な領域での活用ポテンシャルを実証するため、各種実証実験やフィージビリティスタディ (実証可能性調査) を全国で44件実施した。以下、主な事例を紹介する。

(a) 防災対策の高度化

近年、令和元年東日本台風をはじめ、豪雨災害により甚大な被害をもたらされている。激甚化・頻発化する自然災害に対しては、平時から災害リスクを認識したうえで、河川氾濫時の危険箇所や避難場所について



図-2 LOD (Level of Detail) のイメージ

LOD1モデル(標準製品仕様書)における「地物」				
建築物	区域データ	土地利用	道路	地形(起伏)
<p>(シオメトリ)</p> <ul style="list-style-type: none"> <平面の形状> ・都市計画基本図 ・家屋現況図 ・建築計画概要書等 ・基礎地図情報 ・民間地図データ <高さ情報> ・建築計画概要書 	<ul style="list-style-type: none"> <都市計画関連> ・都市計画図 ・都市計画区域 ・区域区分 ・地域地区 <ハザード関連> ・浸水想定区域 ・土砂災害警戒区域 	<ul style="list-style-type: none"> ・土地利用現況図 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路台帳附図 ・土地利用現況図 ・デジタル道路地図 	<ul style="list-style-type: none"> ・数値標高モデル ・庁内公共測量成果(DSM/DEM) ・民間測量アーカイブ
<p>属性情報(空間・主題属性)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・高さ ・位置、形状 ・建物用途 ・建築面積、延床面積 ・構造種別 ・耐火構造 ・建築年 ・区域区分、用途地域 ・浸水深ランク ・乗客施設 ・都市計画基礎調査 ・土地利用現況 ・都市計画情報 ・固定資産税台帳 ・建築計画概要書 ・浸水想定区域データ 	<ul style="list-style-type: none"> ・位置、形状 <都市計画関連> ・名称 ・決定日 ・決定主体 ・名称面積 ・都市計画区域 <ハザード関連> ・浸水ランク ・浸水深 <都市計画関連> ・都市計画図 <ハザード関連> ・浸水想定区域 ・土砂災害警戒区域 	<ul style="list-style-type: none"> ・位置、形状 ・分類 ・公称面積/面積 ・所有者区分 ・土地利用用途 ・都市計画区域 ・容積率 ・建蔽率 	<ul style="list-style-type: none"> ・位置、形状 ・名称 ・機能 ・幅員 ・用途 ・幅員区分 ・交通量 ・平日交通量 ・混雑度 ・混雑平均旅行速度 	<ul style="list-style-type: none"> ・名称(Mesh Code) ・起伏の詳細度等
<ul style="list-style-type: none"> ・国土地理院DEM(数値標高モデル) ・同、オルソ画像 ・庁内公共測量成果 ・民間測量アーカイブ 	<ul style="list-style-type: none"> ・道路台帳 ・土地利用現況 ・デジタル道路地図 	<ul style="list-style-type: none"> ・都市計画基礎調査 	<ul style="list-style-type: none"> ・都市計画基礎調査 ・道路台帳 ・土地利用現況 ・デジタル道路地図 	<ul style="list-style-type: none"> ・都市計画基礎調査 ・道路台帳 ・土地利用現況 ・デジタル道路地図

図-3 各地物における既存データの例

の正確な情報を提供することがなにより重要であり、各市町村において「ハザードマップ」の周知に向けた取組が進められている。

一方で、現在のハザードマップは、二次元の地形図に洪水浸水想定区域を重ねる形で作成されており、地図に慣れていない子どもや地域を知らない旅行者などにはわかりづらい場合があるため、浸水のリスク等をより視覚的にわかりやすく発信することが重要である。

そこで、PLATEAUでは、3D都市モデルの三次元(高さ)の特性を生かして災害ハザード情報をわかりやすく表示する取組を実施した。具体的には、全国48都市を対象に、洪水浸水想定区域図等を3D化し3D都市モデルに重ね合わせることで、災害ハザード情報をより直感的・視覚的に理解しやすい形で表現している。

また、これらのデータを活用し、福島県郡山市では、垂直避難可能なビルを抽出・可視化し、市の防災政策

に生かす取組など、3D都市モデルを用いた防災対策の高度化を図る取組が始まっている(図-4)。

(b) 新技術を活用した都市活動の可視化

新型コロナウイルスの感染拡大を防ぐためには、人と人との距離を保つソーシャルディスタンスの確保が重要な要素となる。

このため、栃木県宇都宮市において、まちなかの固定カメラ映像を解析し、人と人が十分な距離を保っているかを判定する技術を用いて、ソーシャルディスタンスの確保状況の可視化と統計データを蓄積する技術の検証を実施した。この実証実験により、まちなかでの平日・休日での時間帯別の混雑状況や来街者の行動を立体的に把握することができた。今後は、このようなデータを活用して、イベントの開催や都市内回遊性、感染拡大防止等の取組への活用が見込まれている(図-5)。

(c) まちづくり・都市開発の高度化

再開発など大規模な空間整備を伴うまちづくりを進

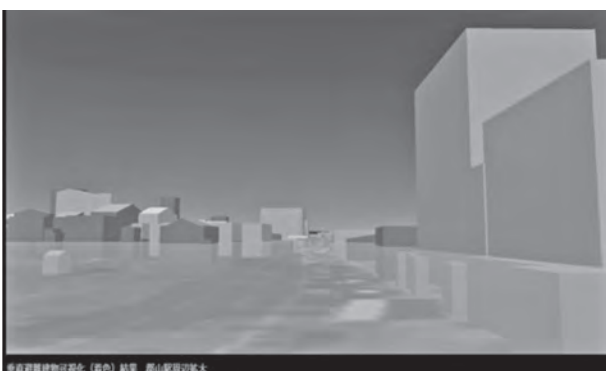


図-4 災害ハザード情報の3D表示

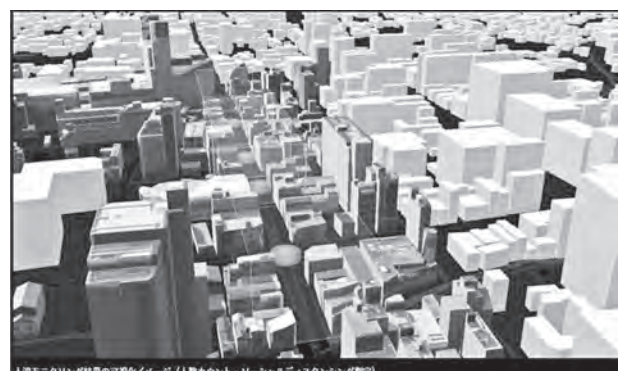


図-5 ソーシャルディスタンスの確保状況の可視化

める際には、都市空間の三次元形状を踏まえたトータルな空間コントロールが重要である。しかし、とくに複数の鉄道路線が集中する大都市のターミナル駅などでは、行政や交通事業者などが管理する施設が立体的に積層しており、関係事業者の間で目指すべき空間再編の方向性を合意することは容易ではない。

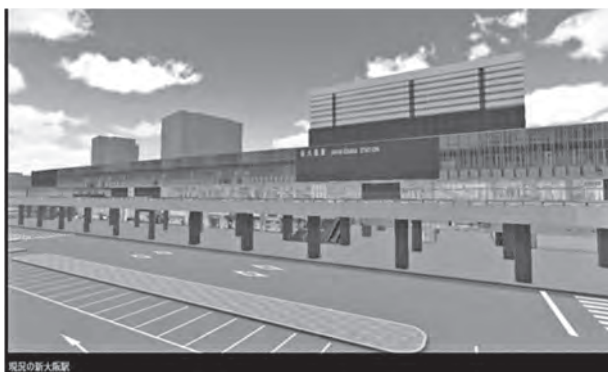
そこで、大阪府大阪市では、将来リニア中央新幹線の乗り入れや周辺地域の再開発が検討されている新大阪駅周辺地区を対象として、歩行者の動きや整備方針についてVRを用いて可視化する実証を行った。把握された歩行者動線や回遊性情報をベースに、ウォークアブルな空間整備や歩行者交通のシミュレーションに基づく開発方針のあるべき姿を関係者が議論し、市民目線の都市開発に繋げていくことが期待される（図一6）。

(d) 民間サービス市場の創出

3D都市モデルを、民間企業の多様な領域における商品開発やサービス提供に利用することも可能である。また、このような民間ユースケース開発が活性化されることで、都市の課題解決や新たな価値創造に貢献する多様なソリューションを市民が享受することができ、市民生活の質の向上が期待できる。

㈱三越伊勢丹ホールディングスとのパートナーリングにより行った実証実験では、3D都市モデルを用いて新宿三丁目エリアの百貨店とその周辺をバーチャル空間で再現することで、購買体験をはじめとする都市機能の提供をバーチャル空間上で実現できるかを検証した。新型コロナウイルスの世界的な蔓延により外出自粛が求められる中、バーチャルな都市空間における「まちあるき」などの回遊体験を提供することで、市民のQoLを向上させ、エリア価値を維持していくことを狙ったものである（図一7）。

また、㈱JTB・㈱JTB総合研究所・凸版印刷㈱とのパートナーリングにより、北海道札幌市狸小路商店街を舞台として、3D都市モデルのデータを用いたVPS



図一6 3D都市モデルによって再現した新大阪駅



図一7 バーチャル空間で再現した新宿三丁目エリア

(Visual Positioning System: 画像を用いた空間認識技術)を構築し、この技術を用いたARガイドとモバイルオーダーシステムを開発することで、ニューノーマル時代における観光・飲食体験の検証を行った（図一8）。

(5) ムーブメントの惹起・オープンデータ化

PLATEAUでは、官民の幅広いプレイヤーや技術ホルダに関心を持って頂き、3D都市モデルの整備・活用のムーブメントを全国へと広げていくため、プロジェクトに関する情報発信に力を入れている。

情報発信の一環として、ウェブサイトの開設や、各種イベント開催などを行っている (<https://www.mlit.go.jp/plateau/>)。また、ウェブサイトでは、ユースケースの紹介記事の配信、コンセプトムービー・ユースケースムービーの公開、有識者インタビュー記事の掲載など豊富なコンテンツを発信している（図一9）。



図一8 VPSを活用したAR観光ガイド



図一9 Project PLATEAUのウェブサイト

3D都市モデルのビューアとして、「PLATEAU VIEW」を開発・公開している。PLATEAU VIEWは、3D都市モデルをインターネットブラウザ上で閲覧可能とするシステムであり、専門的な開発環境がなくてもPLATEAUの成果を体感することができる(<https://www.mlit.go.jp/plateau/app/>)。また、属性情報やユースケース(人流・環境など)のデータを重畳して表示する機能や、BIMモデルの可視化機能も搭載している(図-10)。

また、オープンイノベーションの創出の観点から、PLATEAUの成果物である3D都市モデル等のデータはオープンデータ化を前提として整備されており、2021年3月から「G空間情報センター」において順次データの公開を行っている。データについては政府標準利用規約等のオープンライセンスを採用することで二次利用を可能としており、各分野における研究開発や商用利用の活性化を狙ったものである。



図-10 PLATEAU VIEWの画面イメージ

(6) 3D都市モデルの整備・活用促進に関する検討分科会の設置

2020年度からスタートしたPLATEAUの取組を継続的に発展させていくため、2021年3月に「スマートシティ官民連携プラットフォーム」の下に地方公共団体や民間企業、研究者等で構成する「3D都市モデルの整備・活用促進に関する検討分科会」を設置した。地方公共団体や幅広い分野の企業、研究者、技術ホルダなどに参加頂き、官民の知見を結集して3D都市モデルの発展を図るための様々な課題の検討を進めていく予定である。

3. おわりに

PLATEAUの取組はまだ始まって間もない黎明期にあり、今後は、全国の地方公共団体等と連携し、整備・更新の動きを活性化していく必要がある。

このため、2020年度の取組の成果を取りまとめる形で、地方公共団体の職員向けの「3D都市モデルの導入ガイダンス」や、民間企業、研究機関、エンジニア向けの技術資料など、10編の「3D都市モデル導入のためのガイドブック」をウェブサイト上で公開している(<https://www.mlit.go.jp/plateau/libraries/>)。さらに、PLATEAU VIEWや3D都市モデル生成システム等の開発したソフトウェアのソースコードもGitHub上でオープンソース化している(<https://github.com/Project-PLATEAU>)。

今後も、国土交通省都市局では、ウェブサイトやSNS等を通じてPLATEAUの成果を紹介するとともに、更なる取組の深化を図っていく。そのメインスコープは、3D都市モデルの整備・更新・活用のエコシステムの構築であり、3D都市モデルを全国に展開し、スマートシティをはじめとするまちづくりのDX基盤としての役割を果たしていくため、簡易・効率的な整備・更新手法の開発、自動運転やロボット運送等のユースケース開発の深化、街路空間や街路樹・標識など緻密なスケールの地物のデータ仕様定義等に取組むこととしている。

Project PLATEAUでは、“Map the New World.(新しい世界を創る)”をキーコンセプトに掲げている。わが国における「3D都市モデル」の整備とこれがもたらす新たな価値の創出—まちづくりのDX—は、前例のない挑戦の世界であり、まさに新たな世界の地平を切り開くのに等しい。このようなチャレンジな課題に対し、まちづくりに関わる官民の多様なプレイヤーが共に取り組んでいただければ幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

内山 裕弥 (うちやま ゆうや)
国土交通省 都市局 都市政策課
課長補佐



GTL (Gas to Liquids) : 天然ガス由来軽油代替燃料のご紹介

建設業界への普及展開

山田 航

筆者らは、経営理念「社会とくらしのパートナー」のもと、エネルギー企業としてエネルギーの安定供給を行うとともに、今後も低炭素社会の実現、環境負荷低減、持続可能な社会への貢献を目指している。本稿では、「GTL (Gas to Liquids)」の概要説明と特徴、販売環境の整備、GTL 使用実績を導入事例交えて紹介する。

キーワード：低炭素社会、環境負荷低減、持続可能な社会、GTL

1. はじめに

集中豪雨や森林火災などが頻発する気候変動を受け、国内外で環境問題への関心が高まっている。これに伴い投資家たちによる ESG 投資が加速し、環境への配慮は国内企業の資金調達においても重要な観点となってきた。2021 年 4 月 22 日に菅元総理大臣は、2030 年に向けた温室効果ガスの削減目標について、2013 年度に比べて 46% 削減することを目指すことを表明し「さらに 50% の高みに向けて挑戦を続けていく」と述べました。日本建設業連合会でも低炭素社会の実現に向け、施工段階における CO₂ の排出量抑制目標を 2030 ~ 40 年度のできるだけ早い段階で 2013 年度比 40% 削減し、スコープ 1, 2 排出量を 2050 年までに実質ゼロにする事を掲げている。しかし、従来の BDF (Bio Diesel fuel) などの代替燃料の中には品質が不安定なものもあり、燃料噴射装置の目詰まり、低温時の始動性悪化、燃料の劣化、安定供給などの問題点がある。一方、GTL (Gas to Liquid) (図-1) はこれらの問題がなく、環境負荷の少ない軽油代替燃料

として欧州を中心に注目されている。本稿では GTL の概要と特徴、販売環境の整備、導入事例と使用実績等を紹介する。

2. GTL の概要

GTL は天然ガスから気体分子 (メタン) を分解し、それを精密に制御された方法で均一な分子に合成した液体燃料である。また、GTL は軽油の JIS 規格 (JIS K2204-1 号) に適合し軽油代替燃料として使用することが可能である (表-1)。軽油は発がん性物質や排ガス (PM) の元である芳香族分を含有するのに対し、GTL は芳香族分、硫黄分、金属分をほとんど含まない非毒性のパラフィン系燃料である (図-2)。

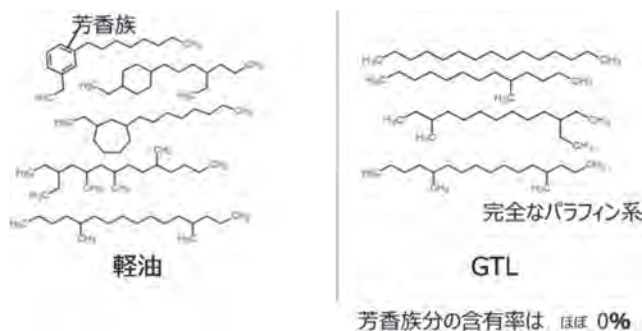
GTL はロイヤル・ダッチ・シェルグループの Shell MDS 社 (マレーシア) にて製造し、日本国内に輸入、及び販売展開を実施している。現在、世界の GTL は年間約 850 万 kL 生産されており、現在発表されている計画によると、2030 年には年間 1,000 ~ 1,800 万 kL になると予想されている。欧州では大気環境への負荷が小さいこともあり、バスやトラック、船舶、建設機械、発電機などの燃料として利用されている。国内においては 2021 年 12 月現在、GTL 使用のメーカー保証がある大手メーカーをはじめ、その他メーカーを含め全国で 5,500 台以上の建設機械で GTL が使用されている。



図-1 GTL

表一 1 GTL の性状

性状	単位	基準	JIS K2204 1号	GTL規格 (Shell保証規格)	GTL 現物スペック
セタン指数	-	min	50	60	83.6
密度 (15 °C)	g/cm3	max	0.86	0.79	0.7781
硫黄分	%	max	0.0010	0.0003	0.0001未満
引火点	°C	min	50	85	91.0
10%残油の残留炭素分質量%	%(m/m)	max	0.1	<0.1	0.01未満
脂肪酸メチルエステル (FAME)	% m	max	0.1	-	0.1未満
トリグリセリド	% m	max	0.01	-	0.01未満
動粘度 @30°C	mm2/s	min	2.7	>2.7	3.181
蒸留性状90%留出温度	°C	max	360	330	310.0°C
流動点	°C	max	-2.5	-20	-32.5
目詰まり点	°C	max	-1	<-10	-24.0



図一 2 軽油と GTL の構造式

類第三石油類に分類され指定数量 2,000 L まで保管できる。軽油に比べて燃料の指定数量が 2 倍になるため、貯蔵量増加による作業効率化が見込める。また、軽油と比較し引火点が高いため安全性、取り扱い及び保管特性に優れている。

(4) セタン価が高い

軽油と比較し GTL はセタン価が高いため (表一 2)、低温時にも優れた始動性を発揮し、ノッキングが生じにくい。

3. GTL の特徴

(1) 燃焼時の CO₂ 排出量 8.5%削減

軽油の CO₂ 排出原単位は 2.58 kg-CO₂/L であるのに対し、GTL は 2.36 kg-CO₂/L であるため、軽油と比較して GTL は燃焼時の CO₂ 排出量を最大 8.5%削減できる。GTL の CO₂ 排出原単位については経済産業省に確認済みとなっており、省エネ法 (エネルギーの使用の合理化等に関する法律)、温対法 (地球温暖化対策の推進に関する法律) における CO₂ 排出量報告に用いることができる。その際、そのほか燃料欄に GTL 使用量、CO₂ 排出原単位を記載し、シェルが発行する CO₂ 排出原単位の文書を添付する。

(2) ドロップイン燃料

軽油から GTL への切り替えは、エンジンやインフラを改造する必要がなく、従来の軽油燃料の代替燃料としてすぐに使用できる (ただし軽油引取税との関係で、軽油と混合することはできない)。

(3) 引火点 70°C以上

軽油は消防法で危険物第四類第二石油類に分類され、指定数量は 1,000 L までと定められている。一方、GTL は引火点が 70°C 以上という性質から危険物第四

表一 2 セタン指数の比較

	JIS K2204 1号	GTL 規格 Shell 保証規格	GTL 現物スペック
セタン指数	50 ~	60 ~	83.6

(5) 流動点 -21°C以上

GTL の流動点は -21°C 以上と低く、寒冷地用 3 号軽油と同水準である。寒冷地においても凍ることなく使用、保存できる。

(6) 貯蔵安定性の高さ

GTL は酸化安定性が高く、長期保存に適している。石油連盟は備蓄の注意喚起について、軽油は 6 か月、重油は 3 か月の保存期間が目安としている。東日本大震災の際、長期保存により劣化した軽油のスラッジ (図一 3) が非常用発電機内で目詰まりを起こし、発電できなかったなどのトラブルが報告されている。GTL は長期貯蔵、BCP (事業継続計画) 対策、レジリエンスのような災害対策に最適な燃料である。

(7) 煤が出にくい

GTL は燃焼時に煤を生じず (図一 4) 軽油に比べて NO_x (窒素酸化物) や PM (粒子状物質) が低減でき



図一3 4年間保存したサンプルの比較（軽油では瓶の底にスラッジが沈殿している）

る。シェルによる20年間のエンジン排ガス試験の結果、軽油と比較しGTLはNO_xで-5%~-15%、PMで-20%~-40%排出量が削減されることが明らかになった。GTLを使用することで、環境負荷低減の他、労働環境改善、業務効率化が期待される（第6章、GTL使用実績参照）。

4. NETIS 認証技術

2019年10月、GTLは国土交通省の管轄するNETIS（新技術情報提供システム）に燃料としては



図一4 燃焼の様子

初めて登録された（登録番号：KT-190065-A）。国土交通省の管轄工事で燃料にGTLを採用することで、入札時や工事成績評定において加点の対象となる。

5. 配送可能エリア

2021年12月時点でのGTL配送可能エリアは関東、中京、関西地域とその他地域であるが（図一5）、今後供給拠点数を増やし供給網を順次拡大していく。

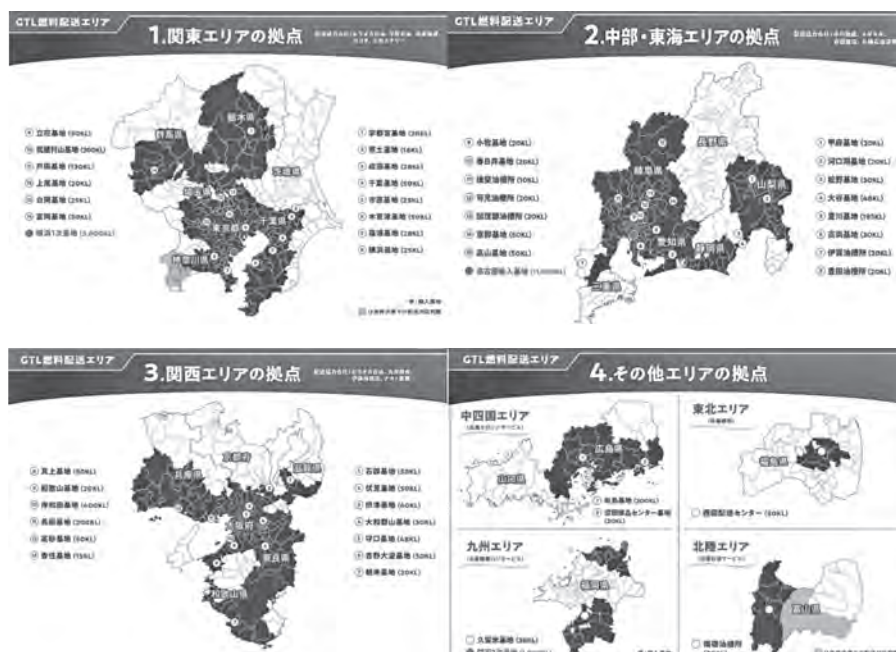
6. GTL 使用実績

(1) トンネル工事での使用実績

トンネル工事において発電機（400kVA×2台）の燃料としてGTLが採用された（図一6）。従来の軽油使用時には1,000Lの簡易タンク1基に対し1日当たり2回の燃料供給を行っていたが、GTL使用の際は2,000Lの簡易タンクを設置することができ1日当たり1回の補給で済むため、燃料供給の運用において50%の省力化を図れることが確認された。PMやNO_xの発生量が少なく、また燃焼効率の良いGTLは騒音も比較的少なく、閉鎖空間での使用には特に適している。

(2) 非常用発電機での使用実績

横浜市庁舎の非常用発電機燃料にGTLが採用された（図一7）。横浜市は環境対策だけでなくBCP対策にも積極的に取り組んでおり、災害時でも市庁舎の



図一5 配送可能エリア（仮）

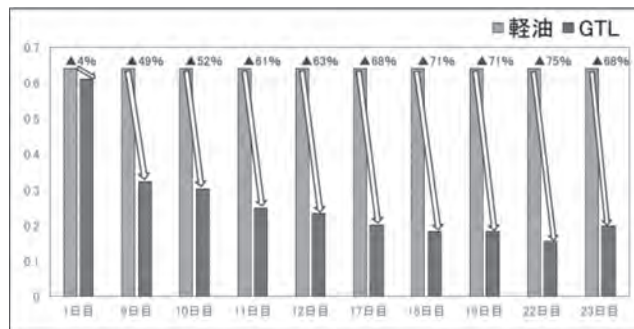


図一六 施工現場の様子 (上：軽油, 下：GTL)

BCP機能を7日間維持できる非常用発電機(2,000 kVA × 2台)を設置している。GTLの環境負荷低減と長期保存安定性が評価され、非常用発電機燃料としてGTLが270 kL 備蓄されている。

(3) フォークリフトでの使用実績

倉庫内で使用するフォークリフトの燃料としてGTLが採用された。DPF (Diesel particulate filter) 着用無しのフォークリフトで軽油及びGTLのPM排出量をオパシメーターで測定した結果、軽油と比較しGTLのPM排出量が最大50～75%程度削減された(図一八)。また、軽油使用時は倉庫の製品に付着した煤



図一八 GTL 導入後のPM濃度 (2019.1.15 は使用開始日につき残留軽油の影響あり)

を除去するためのエアブロー作業を長時間かけて行っていたが、GTLの導入によりエアブロー作業の時間が大幅に減少し、労働環境の改善及び作業効率の向上を図ることができた。

7. おわりに

NETISの登録以来、GTLを燃料として採用する企業が増えている。環境問題が深刻化する中、設備投資などのコストをかけることなく環境負荷を軽減できるGTLの導入について、この機会に是非ご検討いただきたい。

JCM A

《参考文献》

- ・ 首相官邸 HP : https://www.kantei.go.jp/jp/99_suga/actions/202104/22ondanka.html
- ・ 日建連 HP : <https://www.nikkenren.com/kankyou/lowcarbon/>
- ・ NETIS (新技術情報提供システム) : <https://www.netis.mlit.go.jp/netis/>

【筆者紹介】

山田 航 (やまだ わたる)
伊藤忠エネクス(株)
環境ビジネス部 GTL 室
室長



図一七 横浜市庁舎におけるGTL使用例 (左上：市庁舎外観, 右上：非常用発電機, 左下：GTL タンクの注油口, 右下：GTL 給油の様子)

どこでも大地震を体感できる新型の可搬型体感用振動台「ポータ震」の開発

大 類 哲・水 谷 亮

大地震に対する建物安全性向上を目的として、制震構造や免震構造を採用した建物が増加している。その構造について理解を深めるためには応答低減効果を直接体感することが有効である。そのため、どこにでも簡単に持込が可能で、地震の建物の揺れを実際に人が乗って体感できる可搬型小型振動台を2008年に開発し、客先の利用の他、展示会での公開、簡易な振動実験などで広く活用してきた。このたび、旧型振動台での経験を踏まえて、操作性を改善するとともに、さらに安全性を向上させた新型の可搬型体感用振動台「ポータ震」(ポータブル)を開発、本稿ではその概要について紹介する。

キーワード：超高層，大地震，振動，体感，運搬可能，免震構造，制震構造，応答低減

1. はじめに

日本はM6以上の地震の約20%が集中する地震国である。建設業には大地震発生に備えて安全な建物の建設や、人員の安全確保などの重要な役割が期待されており、免震構造や制震構造の展開など、安全な社会基盤の構築のために様々な取り組みを行っている。実際に大地震時の振動を体感することは、免震・制震構造適用による応答低減効果の理解だけでなく、地震に対する心構えとして訓練的な観点からも非常に有効である。

振動を体感するための装置として、振動台や起震車などが利用されているが、いずれも大がかりで移動できないあるいは広いスペースを必要とするなどの制約があったため、どこにでも簡単に持込が可能で、大地震時の揺れを実際に人が乗って体感できる小型振動台を開発した。本稿ではその概要を報告する。

2. 可搬型振動台の特徴

(1) 1号機の開発

1号機は、東京工業大学 機械宇宙システム専攻 広瀬・福島研究室(当時)の協力の下、2006年開発に着手、2008年に最初の可搬型振動台が完成した。可搬型振動台として下記に配慮して開発を行った。

- 1) 分解可能で乗用車のトランクに入れて運搬
- 2) バッテリーを内蔵し、外部電源の無い場所でも利用可能

- 3) 大振幅での加振の実現
- 4) 立位、座位での体感
- 5) 複数の振動データの切り替え
- 6) 体感だけでなく、簡易な振動実験の実施

装置の外観写真を写真-1に示す。装置天板の寸法は1m×1mである。4ユニットに分割することで、乗用車のトランクに収納できるサイズとした。また、4つのユニットそれぞれにバッテリーとモータを内蔵し車輪を駆動する機構とした。車輪は2方向駆動を実現するため写真-2に示すオムニホイールを採用した。床面を車輪にて走行する方式とすることで振幅に対する制約がなく、1mを超える振幅での加振が可能となり、超高層建物の上層階における揺れを再現できる。加速度については床面と車輪の摩擦により加振できる加速度には限界があるが、極端に大きな加速度では搭乗者が転倒する等の危険性があるため、安全性を考えた上での大地震時の揺れは十分再現可能である。



写真-1 可搬型体感用振動台 (1号機)



写真-2 オムニホイール



写真-3 展示会での活用例

タイルカーペット敷きの床で震度6強の揺れを入力した場合における、振動台に1名搭乗した場合並びに搭乗者無しの空載時における加速度計測結果と入力データを比較したものを図-1に示す。振動体感上十分な精度にて振動台は動作し、また搭乗者の有無による波形の差異も比較的小さいことを確認している。

(2) 新型装置の開発

可搬型振動台1号機は2019年までの10年間で120回を超える体感振動のデモンストレーションのほか、展示会(写真-3)などで活用してきたが、経年による装置劣化を受けて新型の体感用振動台開発に着手し2019年に完成した。新型装置の開発にあたっては、1号機の特徴であるバッテリーを内蔵してどこでも振動

体感が可能であることや、車輪型駆動機構で振幅に制約がない等の特徴はそのままに、1号機利用時に寄せられた意見を参考に、下記の点について改良を行った。

- 1) 天板を完全にフラットにする(車輪部の出っ張りをなくす)
- 2) 組立、分解をさらに簡易化する
- 3) 振動台-操作PC間を無線接続とする
- 4) バッテリー容量を増加させるとともに、充電時間の短縮を図る
- 5) 万が一の衝突に備え、装置周辺に接触型の非常停止スイッチを配置する
- 6) 装置周囲に手すりを設置可能とする

新型装置の外観を写真-4に示す。振動台天板は完全にフラット化するとともに、1.15m×1.15mとやや大型化させた。これに加え振動台の剛性を高めて搭乗時の装置中央部でのたわみを減少させることで、搭乗者の心理的な安心感にもつながっている。新型装置ではユニット構成を変更し、写真-5に示すセンターユニットに制御回路、バッテリーを集約し、モータと車輪による駆動ユニットを四方に配置、その間を軽量のフロアパネルで埋める形状とすることで機能の明確化とメンテナンス性向上を図った。また、連結箇所を

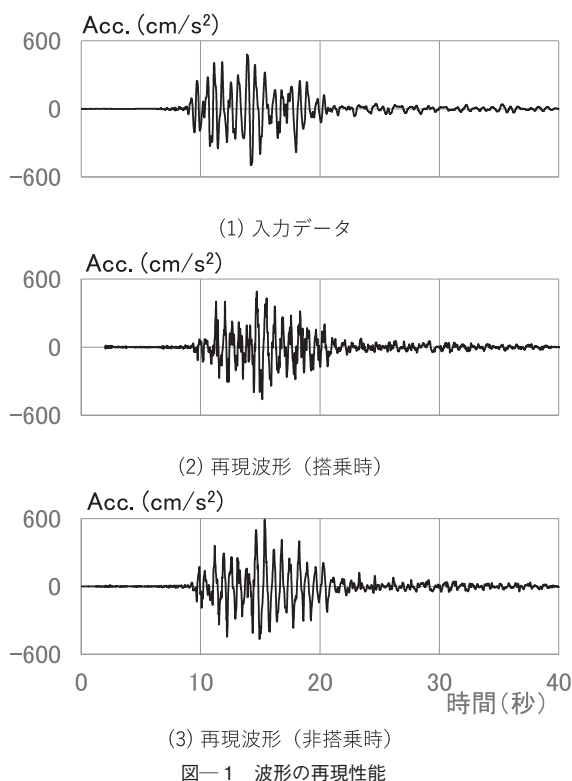
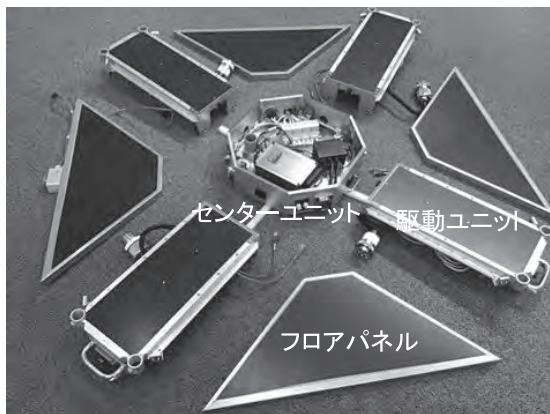


写真-4 新型可搬型体感用振動台 (手すり設置時)



写真—5 装置構成

センターユニットと駆動ユニット間にまとめることで装置を床に並べて2名5分程度で装置の組み立て・分解が可能となった。

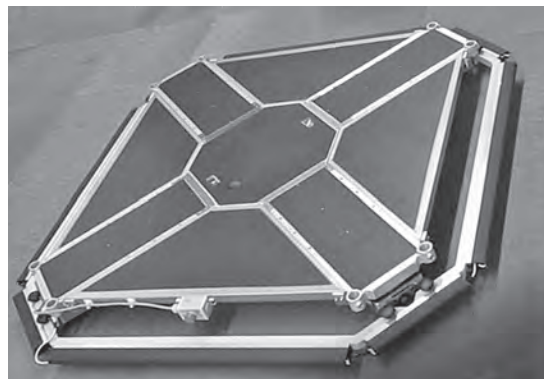
バッテリーは小型化、大容量化のためにLiPOバッテリーを採用した。これにより1度の充電で数十人程度の連続加振が可能となるとともに、簡単にバッテリーを取り外して充電することができ、充電時間も大幅に短縮化できた。

振動台本体と操作用PCはWi-Fi接続とすることで、1号機での接続ケーブルをなくし車輪巻き込みなどのトラブルを解消させた。また特別なインターフェースが不要となり、操作PCとして小型タブレットを利用することが可能となったことでPCを持ったまま操作者が自由に移動できるなどの利便性が向上した。操作ソフトウェアは図—2に示すタッチパネルを利用したユーザインターフェースを採用し、直感的に素早い操作を行うことができる。

装置周辺にはバンパースイッチ(写真—6)を設置することが可能で、これにより万が一、周辺の見学者や壁面、什器類に振動台が接触した場合に速やかに装置を非常停止させることが可能である。また、搭乗者自身が装置を停止できるスイッチも用意し、危険を感じた場合あるいは船酔いによる体調不良などの際に加



図—2 操作画面



写真—6 バンパースイッチ

振を中断させることもできるようになっている。

このほかの安全性対策としては、装置外周部に手すりを設置できるようにした。これにより、特に立位での体感時において、身体が大きく揺らされた場合に手すりにつかまることで振動台からの踏みだしによる落下防止に有効である。

3. おわりに

振動体感のデモンストレーションを行った際、「作業員の震災時の心構えに有用」や「震度など知識としての揺れの認識と実際の体感との比較ができた」などのご意見を多数いただいている。首都直下型の地震や南海トラフでの巨大地震の発生が予想される中、制震構造や免震構造適用による応答低減効果の実感だけでなく、実際建物がどのように揺れるかをあらかじめ体感しておくことは震災時の安全確保の観点で非常に有効である。

新型コロナの影響もあり、なかなか対面でのデモンストレーションをできない情勢であるが、建設業としての安全な社会基盤構築の一環として、引き続き積極的に活用していく所存である。

JICMA

[筆者紹介]

大類 哲 (おおるい さとし)
鹿島建設(株)
建築設計本部
専任次長



水谷 亮 (みづたに りょう)
鹿島建設(株)
機械部
担当部長



ロボットアームを用いた建設 3D プリンティング技術の可能性

小倉 大季・山本 伸也・中西 伶奈

筆者らは、6軸垂直多関節型ロボットを用いた建設 3D プリンターと高品質な積層体を造形できる繊維補強セメント複合材料を開発し、実際に供用される高さ 4.3 m の柱の埋設型枠に対して適用した。対象の柱は、従来の木製型枠を用いた方法では施工が難しい曲面を有し、下部から上部に向かって捻れながら花びら型に変形していく形状である。本稿では、開発したセメント系 3D プリンティング技術の概要を示すとともに、この技術を用いて複雑形状の柱をどのように施工したかについて報告する。

キーワード：3D プリンティング，付加製造技術，材料押出方式，垂直多関節型ロボット，自動施工，繊維補強セメント複合材料，

1. はじめに

近年、セメント系材料をノズルから吐出して立体形状を積層造形する 3D プリンティング（付加製造）技術の研究開発が世界中で精力的に進められている¹⁾。建設業における 3D プリンティング技術は、コンクリート工事における型枠不要の機械化された施工を可能にするため、省人化や生産性向上に寄与するだけでなく、意匠の自由度向上や設計の合理化、型枠廃棄ゼロによる環境負荷低減などを実現できる技術としても期待される。

欧州、米国、中国、中東などの海外では、既に建設スケールの 3D プリンティング技術を用いて構造物そのものを施工している事例もいくつかある。一方、国内では 3D プリンティング技術を用いて種々の積層体が試作されているものの、実験的な段階に留まっているケースが多い²⁾。今後、国内でも当該技術が広く適用されていくためには、実現場への適用事例を増やしていき、知見やデータを蓄積することが必要といえる。

本稿では 3D プリンティング技術の実用化事例の一つとして、自由曲面を有する柱型枠への適用について紹介する。筆者らは、高品質な積層体を造形できる繊維補強セメント複合材料と 3D プリンティングシステムを開発し、複合開発街区「ミチノテラス豊洲」で適用した。実際に供用される構造柱の型枠に対して 3D プリンティングを適用したのは、国内初の試みとなる。最初に、開発した 3D プリンティング技術の概要について述べ、次いで、この技術を用いた複雑形状の

柱部材の構築方法について報告する。

2. 3D プリンティングシステム

建設スケールの 3D プリンティングにはいくつかの方式があるが、主流となっているのは写真 1 のようにフレッシュ状態のセメント系材料をノズルから押し出して積層することで、立体形状を作製する技術（材料押出方式）である。筆者らが開発した 3D プリンティング技術もこの材料押出方式に分類される。

開発した 3D プリンティングシステムは、6軸垂直多関節型ロボット（ロボットアーム）、材料移送用のポンプとホース、材料を吐出するノズル、ならびにそれらを統合制御するソフトウェアから構成される。3D プリンティングは、以下の手順で実行される。

- 1) 材料を移送ポンプのホッパーに投入する。
- 2) ポンプとホースを使用して、材料をロボットアーム先端のノズルに移送する。
- 3) ノズル先端の位置をロボットアームで制御するこ



写真 1 材料押出方式の 3D プリンティング技術

とで、材料をノズルから吐出しながら所定の形状に積層する。

ロボットアームは、ノズルの中心が所定のプリント経路上を動くようにロボットプログラムで制御される。図一1に、ロボットプログラムの生成過程を示す。ロボットプログラムの生成では、積層体の設計モデルである3次元CADデータを層の間隔ごとに水平にスライスし、各層におけるスライス断面を得る。このスライス断面が各層のプリント経路を表す曲線に相当する。この曲線から任意の間隔で連続的に点群データを取り出して、その3次元座標群からロボットプログラムを生成する。このとき、プリント速度やプリント1層あたりの高さなどのプリントに関する各種パラメータは、任意の値をそれぞれ設定することができる。

ロボットプログラムを作成するまでの一連の処理は、3次元CADソフトウェアとAPIを用いたプログラミングによるソフトウェアを組み合わせれば、短時間に実行可能であり、プリントを即座に開始できるため、設計から製造までを連続的に実行できる。また、ロボットプログラムができれば、ロボットシミュレーションによる仮想プリント実験を実施でき、実際にプリントする前に、プリントに要する時間などをあらかじめ予測することも可能である。

3. 3D プリンティング用のセメント系材料

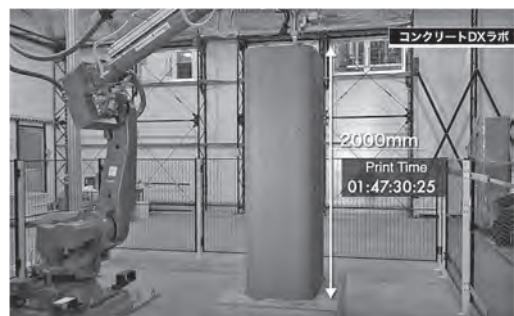
材料押出方式の3Dプリンターでセメント系材料を積層造形する場合、材料に要求される性能は、当然ながら従来のコンクリートに求められる性能とは異なる。まず、細径のホースやプリントヘッドのノズルを通過させて移送しやすい性能（押し出し性）が必要である。この性能が低い場合、ノズルなどで材料の閉塞が起きる可能性がある。また、プリントされた材料は、次にプリントする層（上層）の自重によって変形することを最小限に留める必要がある。自重に伴う変形

は、積層体の崩壊を引き起こす可能性があるからである。この抵抗性を有する場合、積層性が高いといえる。

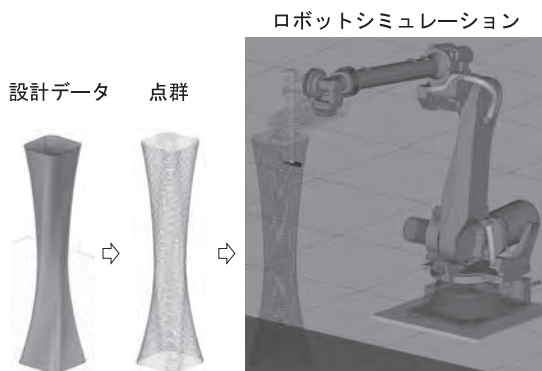
筆者らは、押し出し性と積層性を両立させた配合を探索するために、数値解析と実験の両輪で検討を行った結果、ラクツム（LACTM：Laminatable Cement-based Tough Material）という繊維補強セメント複合材料の開発に至った。この複合材料は、セメント、細骨材、混和材（シリカフュームなど）のほかに、合成繊維、高性能減水剤などで構成される。フレッシュ状態では押し出し性と積層性を両立し、硬化後には高い力学性能と物質移動抵抗性を発揮する。

写真一2は、角筒断面（500×700 mm）の積層体の造形状況である。高さ2 mまで積層することが可能であり、プリント中およびプリント後も積層体は一定の形状を保ち、崩壊する予兆はなかった。高さ2 mはロボットアームの可動範囲に伴う限界値であったが、可動範囲の制約さえなければ、2 m以上の積層体をプリントできる可能性は高い。

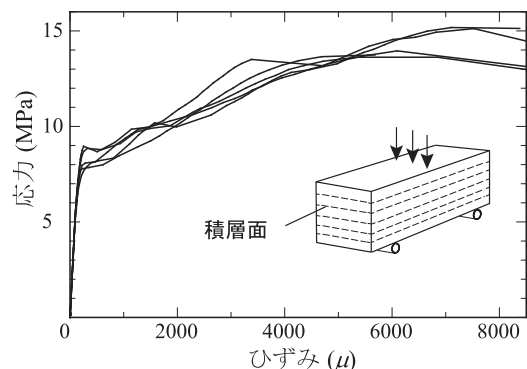
硬化後の圧縮強度は、20℃環境で封緘養生した積層体からコア抜きした供試体（φ50×100 mm）の場合、材齢28日で100 MPa以上に達する。また、同様の養生を行った積層体から、角柱供試体（40×40×160 mm）を切り出して3点曲げ試験に供したところ、図一2のとおり14 MPaを超える曲げ強度が得られた³⁾。また、写真一3は、薄板状に成形した供試体を曲げ載荷し



写真一2 高さ2 m積層体のプリンティング状況



図一1 ロボットプログラムの生成フロー



図二 曲げ応力-ひずみ関係



写真-3 ラクツムのたわみ硬化挙動

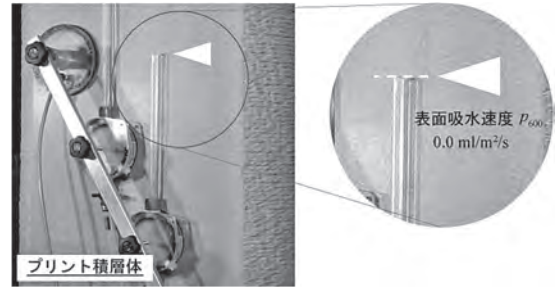


写真-5 SWAT 試験の開始から 600 秒後の状況

たときの挙動であるが、繊維がひび割れを架橋することによってたわみ硬化挙動を呈する。

写真-4 は、積層体の表層をカットした断面である。目視では各プリント層の界面（以下、積層界面）が確認できないことがわかる。このカット面に対して、SWAT 法による表面吸水試験（写真-5）とトレント法による表層透気試験を行ったところ、いずれも品質グレードは「良」の結果が得られ、積層界面が弱部にならず、品質のばらつきが小さいことが明らかとなった⁴⁾。

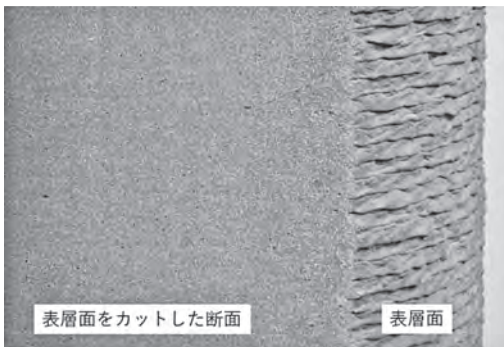


写真-4 ラクツム積層体のカット断面

4. 現場適用

(1) 適用対象

前章までに示した 3D プリンティング技術を複合開発街区「ミチノテラス豊洲」で適用した。ミチノテラス豊洲で建設されるホテル棟とオフィス棟は、地上 6 m の高さにおいて横幅 30 m、長さ 50 m の歩行者用デッキによって接続される。図-3 (a) は、このデッキを中央で支える柱部材 4 体のパースである。この柱部材 4 体の埋設型枠の製造に対して、3D プリンティング技術を採用した。

従来計画では、通常の木製の型枠で柱を構築することを予定していたため、直線的な柱形状が計画されていたが、3D プリンティングの採用が決まってから、曲面を活かしたデザインに変更した。これは、3D プリンティングならではの、これまでにはない形の構造物を作りたいという設計者の要望であった。

図-3 (b) に、右側 2 体の柱の設計モデルを示す。柱の形状は、従来の木製や鋼製の型枠を用いるコンクリート施工では造形が困難な 3 次元曲面を有している。柱の高さは 4.3 m で、断面は下端から上端に向かっ

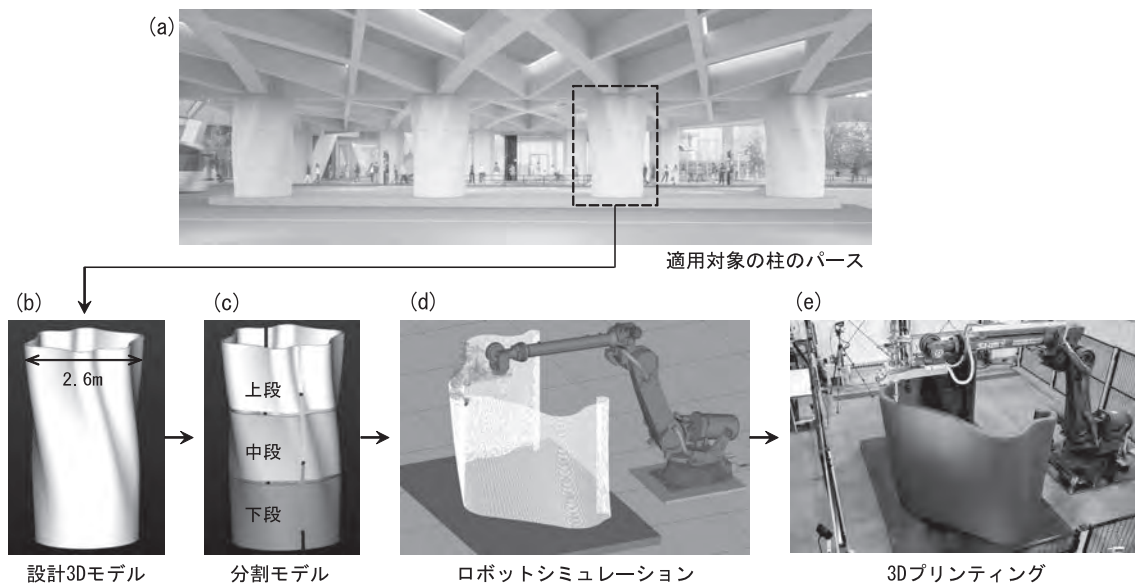


図-3 設計モデルから曲面型枠の 3D プリンティングまでの流れ

て捻れながら、直径 2.2 m から 2.6 m に拡幅していく形状である。なお、左側 2 体と右側 2 体の柱は左右対称の形状になっている。

(2) 自由曲面型枠のプリンティング

柱型枠の寸法はロボットアームの可動範囲よりも大きく、一度ではプリントできなかつたため、図-3(c)のように鉛直方向に 3 等分(上, 中, 下段), 断面を 2 等分した計 6 ピースに分割して作製し, それらを現場で組み合わせて使用することにした。図-3(d)は, 3D モデルから生成したロボットプログラムのシミュレーション状況である。

図-3(e)は, 3D プリンティングの状況である。プリント速度は 100 mm/sec, プリント幅は 70 mm に設定した。プリント中は, 施設の室温は $20 \pm 5^\circ\text{C}$ になるように制御した。材料製造時に生じたフレッシュ性状のばらつきについては, フロー試験により評価し, 適切なタイミングで材料を積層することによって, 不良率 0% で曲面型枠 24 ピースの製造を実現した。

3D プリンティング後は, 表面均しや振動台による締固めなどは行わずに, そのままの状態養生に移行した。初期養生は, 室温 $20 \pm 5^\circ\text{C}$ の環境下で水分が逸散しない状態にして翌朝まで行った。その後, 現場に搬出するまでは, 屋外にて封緘養生を行った。

(3) 出来形の評価

3D プリンティングで作製した曲面型枠と設計モデルの形状とを比較するために, 測距精度 $\pm 1\text{ mm}$ の 3D レーザースキャナを用いて, 曲面型枠の形状データ(点群)を取得した。一度のスキャンでは型枠全体の点群を取得することができないため, 3D レーザースキャナを移設して複数の位置からスキャンを行い, スキャン後にソフトウェアでそれぞれの点群を結合した。計測で得られた点群の間隔(分解能)は, 約 3 mm であった。

結合後の点群データに対して, 点群処理用のソフトウェアを用いて曲面型枠の外側の点群と設計モデルの

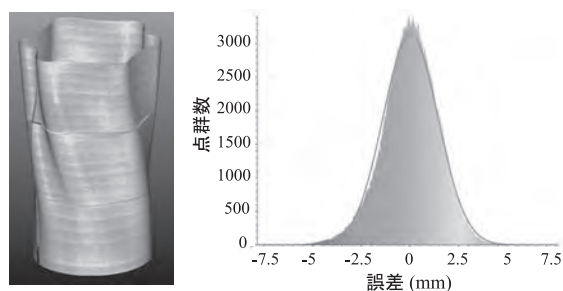


図-4 3D スキャンデータと設計モデルの比較

CAD データとの最短距離を計算した。この距離を設計モデルに対する形状誤差と定義する。

図-4 に, 3D スキャンデータから得られた柱 1 体分の点群, ならびに形状誤差のヒストグラムを示す。設計モデルに対する形状誤差の標準偏差は 1.41 mm であった。

(4) 品質管理

曲面型枠の力学特性を評価するために, 曲面型枠から鉛直方向に供試体をコア抜きして, 材齢 28 日時点で力学試験に供した。コア抜きした供試体は, 圧縮試験用の $\phi 50 \times 100\text{ mm}$ と割裂引張試験用の $\phi 50 \times 50\text{ mm}$ である。曲面型枠 24 ピースから圧縮試験用, 割裂引張試験用を 3 本ずつ採取したため, コア供試体はそれぞれ 72 本である。いずれの供試体も力学試験を実施するまで曲面型枠と同様条件(屋外, 封緘養生)で保管した。なお, 型枠 1 ピース目は 11 月下旬に, 24 ピース目は 1 月上旬に製作したため, それぞれの供試体が曝された環境条件(気温)は異なる。

圧縮試験の結果, 圧縮強度の平均値は 90.8 MPa, 変動係数は 9.8% であった。先に述べたとおり 20°C 環境で封緘養生した場合, 材齢 28 日で圧縮強度は 100 MPa 以上に達するが, 今回は屋外養生であり, 平均気温が 7.3°C であったため, 強度の発現が遅くなったと推察される。

図-5 に, 割裂引張試験から得られたひび割れ発生強度のヒストグラムを示す。ひび割れ発生強度は, 供試体の円柱底面(両面)の載荷軸と直交する方向に貼り付けたひずみゲージで計測した値が不連続になった時点の応力から算出した。ひび割れ発生強度の平均値は 5.40 MPa, 変動係数は 9.9% であり, 4 MPa を下回るコア供試体はなかった。また, いずれの供試体もひび割れの発生と同時に供試体が破断することはなく, 繊維による架橋効果により応力が再上昇して破壊に至った。

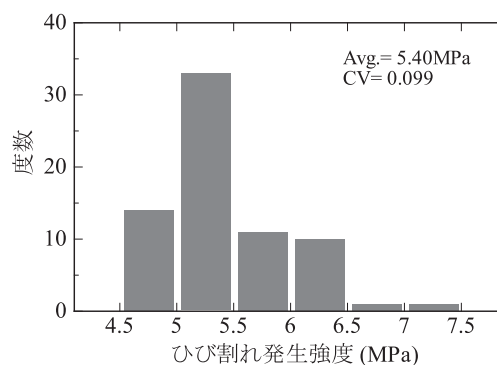


図-5 ひび割れ発生強度のヒストグラム

(5) プリント型枠を用いたコンクリート施工

3D プリンティングで作製した曲面型枠は、所定の養生期間後に現場に運搬し、クレーンで吊り上げて柱部材の鉄筋の周りに据え付けた。型枠の接合部は、コンクリートを打込む前に内側からシール材やバックアップ材で止水した。

写真一六に、型枠内部へのコンクリートの打込み状況を示す。スランプ 18 cm、呼び強度 48 MPa のコンクリートを使用した。コンクリート打込み時は、棒状パイプを使用し十分に締固めを行った。本型枠において、コンクリート打込みに伴う側圧で生じる円周方向の引張応力は、型枠断面を内径 2.6 m の正円、一層の打込みリフト高さを 1.4 m、側圧を三角形分布と仮定した場合、0.56 MPa と算出される。この

引張応力に対して、先に述べた材料の割裂ひび割れ発生強度（平均値 5.4 MPa）は十分に大きい値であり、コンクリート打込みに伴うひび割れが曲面型枠に発生することはなかった（写真一七、八）。

写真一九は、柱上部のデッキを施工した後の全景である。デッキを支えるひし形フレーム（梁）の形状と融合する自由曲面柱が実現された。写真一〇は、柱のテクスチャである。プリント型枠の表面は、材料を 1 層 1 層積み重ねていくプリンティング方式であるがゆえに、凸凹した不均質な縞模様（積層痕）が形成される。プリント型枠は内部のコンクリートが硬化後も取り外されることなく、埋設型枠として使用されたため、この独特なテクスチャは柱部材の表面デザインとして残ることになる。



写真一六 プリント型枠へのコンクリート打込み



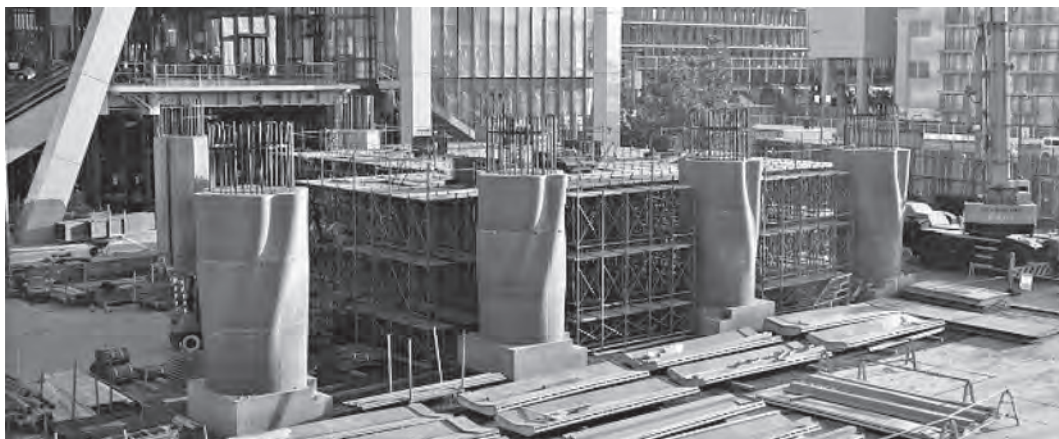
写真一九 デッキ施工後の全景



写真一七 コンクリート打込み直後の柱部材



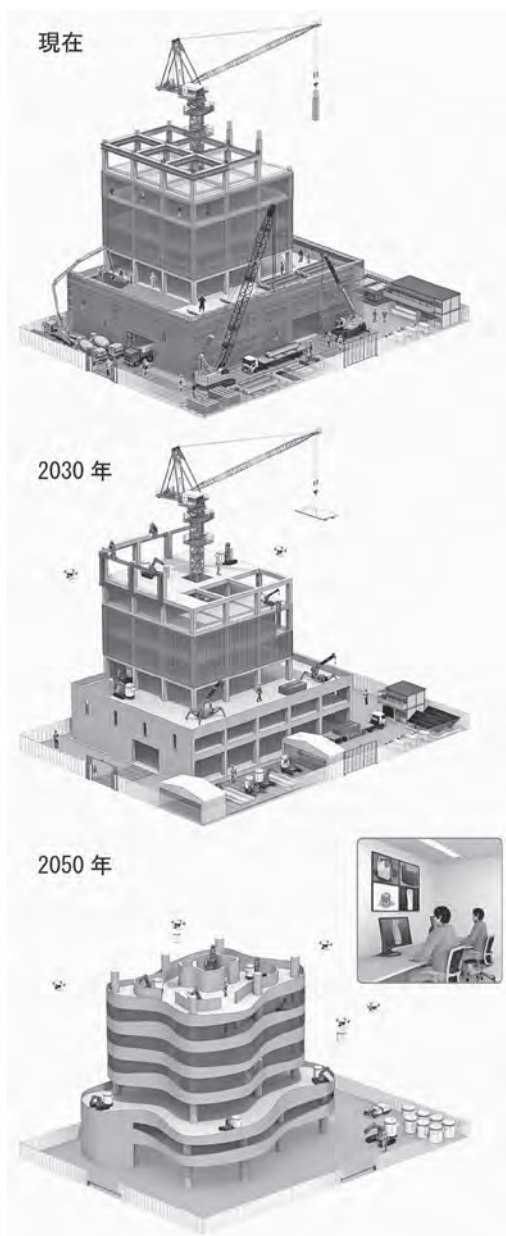
写真一〇 柱のテクスチャ



写真一八 プリント型枠で施工した4本の柱

5. おわりに

ロボットアームを用いた材料押出方式の3Dプリンティング技術を開発し、実際に供用される柱の埋設型枠に対して適用した結果、自由曲面を有する形状でも



図一6 3Dプリンティングを適用した現場の未来像

高品質に造形できることが実証され、当該技術の実用性が確認できた。

筆者らはこれから、施工現場の生産性向上・省人化を実現するために、現場で部材を直接プリントするオンサイト3Dプリンティング技術の構築に向けて研究開発を進めていく予定である。図一6は、筆者らが見据える建設現場の未来像である。今後、本稿で紹介したような適用事例が蓄積されることで、各方面で3Dプリンティング技術に関心が集まり、次世代のコンクリート施工技術の一つとして幅広く適用される日が近い将来やってくることに期待を寄せるものである。

JCMA

《参考文献》

- 1) 小倉大季：建設スケールの3Dプリンティング技術に関する海外の研究動向，コンクリート工学，Vol. 56, No. 2, pp.174-180, 2018.
- 2) 丸屋剛，石田哲也：3Dプリンティングの技術開発の現状と展望，コンクリート工学，Vol.59, No.2, pp.173-180, 2021.
- 3) 小倉大季，阿部寛之，菊地竜，山本伸也：3Dプリンティング技術で積層造形した繊維補強セメント複合材料の力学特性評価，コンクリート工学年次論文集，Vol.43, No.1, pp.1379-1384, 2021.
- 4) 阿部寛之，小倉大季，菊地竜，山本伸也：3Dプリンティングで作製した繊維補強モルタル試験体の物質移動抵抗性，コンクリート工学年次論文集，Vol.43, No.1, pp.1403-1408, 2021.

【筆者紹介】



小倉 大季 (おぐら ひろき)
清水建設株式会社
技術研究所 社会システム技術センター
主任研究員



山本 伸也 (やまもと しんや)
清水建設株式会社
技術研究所 社会システム技術センター
研究員



中西 伶奈 (なかにし れいな)
清水建設株式会社
技術研究所 未来創造技術センター
研究員

建築生産における BIM 活用の推進

国交省 BIM モデル事業における取組み事例紹介

三輪 哲也

本稿では国交省の BIM モデル事業において、関係者間のコンカレントな協業を可能とするオープン BIM をベースとして実施した建築生産の BIM 活用の取組みを紹介する。標準とする BIM 業務フローを設定し、専門工事会社の早期参画のもと、施工検討及び施工図作成のフロントローディングにおける設計と施工の協業と BIM モデルを中心とした共通データ環境の活用により、確実な品質のつくり込み、施工計画・管理の効率向上、手戻りの削減を実現した。

キーワード：オープン BIM, BIM 業務フロー, フロントローディング, 共通データ環境

1. はじめに

建築分野での生産性向上を目指し、官民が一体となった BIM の推進を図るため、国交省において建築 BIM 推進会議が設置された。その中で、建築分野において BIM の活用を促進するため、設計・施工などのプロセスを横断して、BIM を活用する試行的な建築プロジェクトにおける BIM 導入の効果などを検証する取組みを支援する「BIM を活用した建築生産・維持管理プロセス円滑化モデル事業」(BIM モデル事業)が2020年4月に公募された。本稿では、それに採択された当社のモデル事業のうち建築生産の BIM 活用の取組みを紹介する。

2. 建築 BIM 推進会議における展開

建築 BIM 推進会議において、標準ワークフロー、BIM データの受け渡しルール、想定されるメリット等を内容とする BIM ガイドラインが策定された。建築物の設計・施工における BIM の活用状況は、各プロセスとも限定的であり、かつプロセス横断的な活用はほとんど行われていないことを前提としている。さ

らに、維持管理・運用でメリットが発揮される BIM 活用は進んでおらず、設計・施工・維持管理におけるプロセスを横断した BIM 活用の促進が課題と設定している(図-1)。これについては業界共通の課題と考えられる。

その課題解決に向け、BIM ガイドラインの標準ワークフローの活用を前提として、BIM モデル事業が2020年7月から開始された。

3. BIM 推進の基本方針

BIM 推進における基本方針は、業務プロセスを BIM モデルベースに転換し、関係者すべてにメリットがある建設プロセスを実現することである(図-2)。そして、関係者が目的に応じて BIM モデルを作



図-2 BIM 推進の基本方針

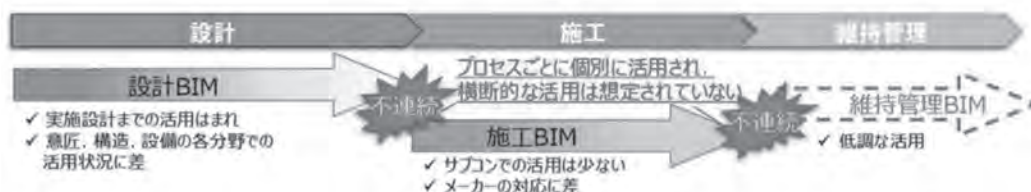


図-1 BIM ガイドラインで設定された課題

成、活用することで、プロジェクトの全体像を把握しながらより良い意思決定を迅速に下すことを目指している。

さらに、各機能が BIM モデルベースで業務を行い、それを継続的に確認し合うことが重要で、そのため、発注者やユーザーのニーズに合わせた BIM ソフトを利用するオープン BIM をベースとしている(図-3)。関係者がコンカレントにつながり、ノウハウを垣根なく取り込めることを狙っている。特定の BIM ソフトに縛られず、共通フォーマット IFC によるモデルの重ね合わせ整合を基軸に、設計・施工・製作・維持管理の全てのプロセスを横断したデータ活用の実現を目指している。

4. BIM モデル事業での取組み

上記の BIM 推進方針を基に、同建種(事務所)、同規模で、RC 造と S 造の 2 つの設計施工一貫プロジェクト(図-4)において実施した取組みのうち、生産分野での主な活動内容を示す。

(1) 標準とする BIM 業務フロー

BIM ガイドラインの標準ワークフローのうち設計施工一貫のパターン(図-5)に対応し、BIM モデルを中心としたコンカレントな協業を行うために定めている当社の BIM 業務フロー(図-6)に基づいた取組みを行った。

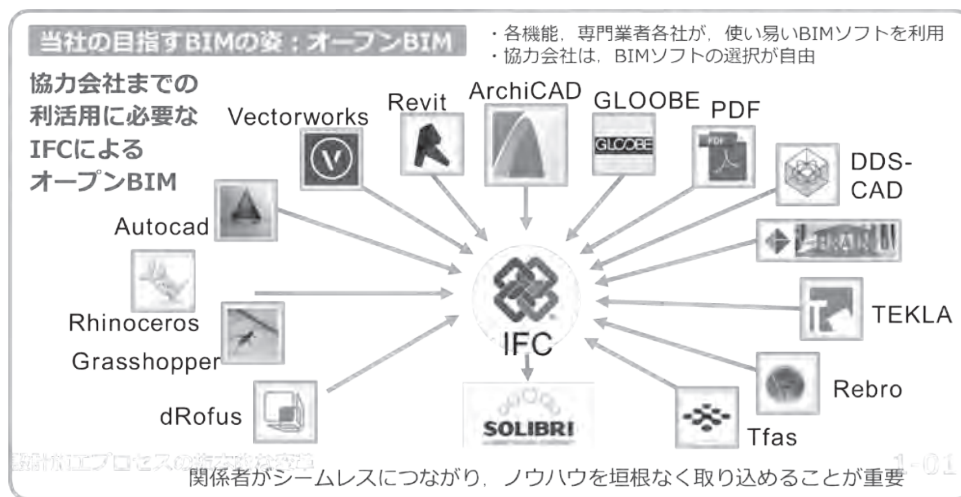


図-3 オープン BIM

【プロジェクトA (RC造)】

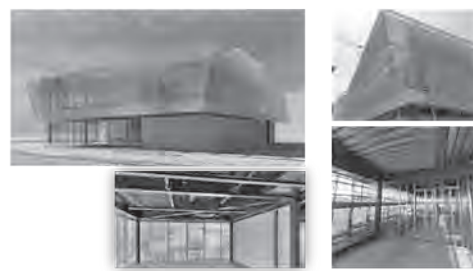


建物用途 : 事務所
 建物規模 : 3F
 建築面積 : 198.79㎡
 延床面積 : 523.75㎡
 構造種別 : RC 柱頭免震構造
 着工 : 2020年12月1日
 竣工 : 2021年10月31日

【BIM活用の目的】

- RC造の特徴的なデザインの最適化
- RC造におけるBIMデータの活用・展開と工業化(オフサイト化)
- 設計から生産・FMまでのシームレスなデータ連携の実現
- 上記活動による生産性の向上

【プロジェクトB (S造)】



建物用途 : 事務所
 建物規模 : 2F
 建築面積 : 345.00㎡
 延床面積 : 746.20㎡
 構造種別 : S造
 着工 : 2021年1月1日
 竣工 : 2021年7月14日

【BIM活用の目的】

- S造における徹底的なBIMデータの活用・展開と工業化(オフサイト化)
- めざす姿の実現のため、BIMをデジタルプラットフォームとして活用
- 上記活動による生産性の向上

図-4 BIM モデル事業対象プロジェクト

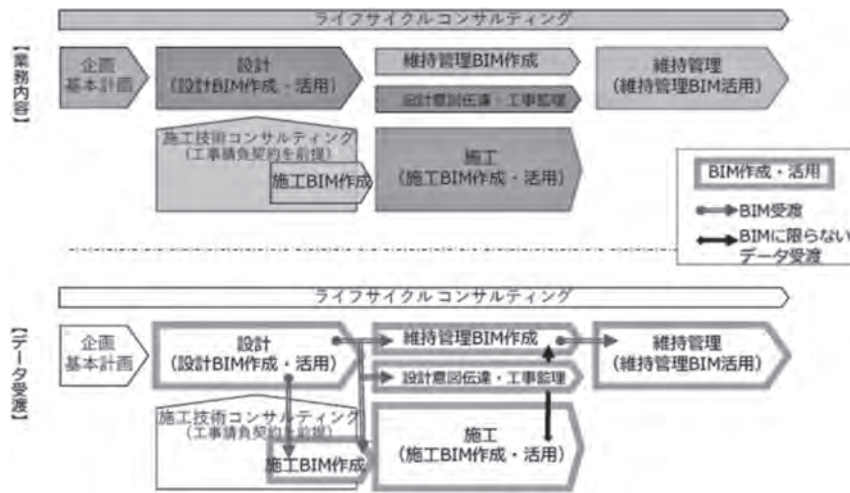


図-5 BIMガイドラインの標準ワークフロー

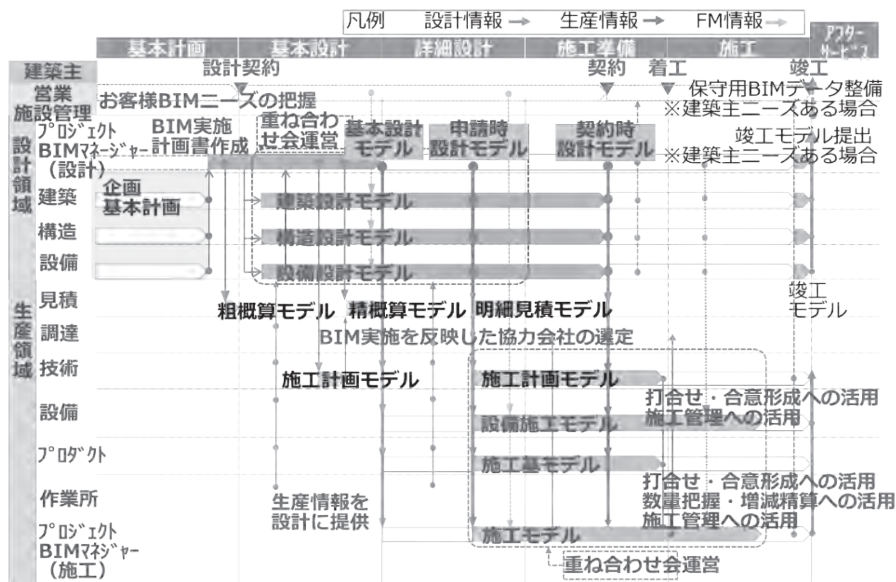


図-6 BIM業務及びモデルフロー (概要版)

(2) オープン BIM の実践

両プロジェクトにおいてオープン BIM を実践し(図-7, 8), 共通フォーマット IFC によるデータ共有化と相互運用が, 多工種におけるモデルの整合確保とデータ連携の実現に効果的であることが確認できた。

(3) フロントローディングの推進

専門工事会社の早期参画のもと, 施工検討及び施工図作成のフロントローディングにおける設計と施工の協業により, 精度の高い整合確保と手戻りの削減を実施した。プロジェクト B の鉄骨工事においては, 基本設計段階から確認申請段階までの変更点の情報共有を効率よく行うなど, 発注者・設計者・施工者間の確実な情報共有・調整により, 施工用鉄骨モデルの構築を基本設計モデルの受領時から着手し, 確認申請時に主構造部材(主幹図)を確定できた(図-9)。

(4) 製作へのデータ連携の推進

鉄骨・鉄筋・PC・金属・設備工事を主として, 製作図作成や1次加工を中心に, 施工モデルから製作へのデータ連携の取組みを進めた。そのうち, PC 製作のデータ連携フロー(図-10)と鉄骨製作のデータ連携フロー(図-11)を示す。もの決めや納まり検討等の関係者間の円滑な合意形成により, 製作間違いの削減, 現場加工の低減による施工の効率化につながられた。今後, 連携の範囲や製作会社の数を拡大していく。

(5) BIM モデル承認の試行

プロジェクト A(RC 造)において PC 製作, プロジェクト B(S 造)において鉄骨製作の BIM モデル承認の試行を行った(図-12, 13)。BIM モデル内での整合調整をベースに, ワークフローを明確にして各段

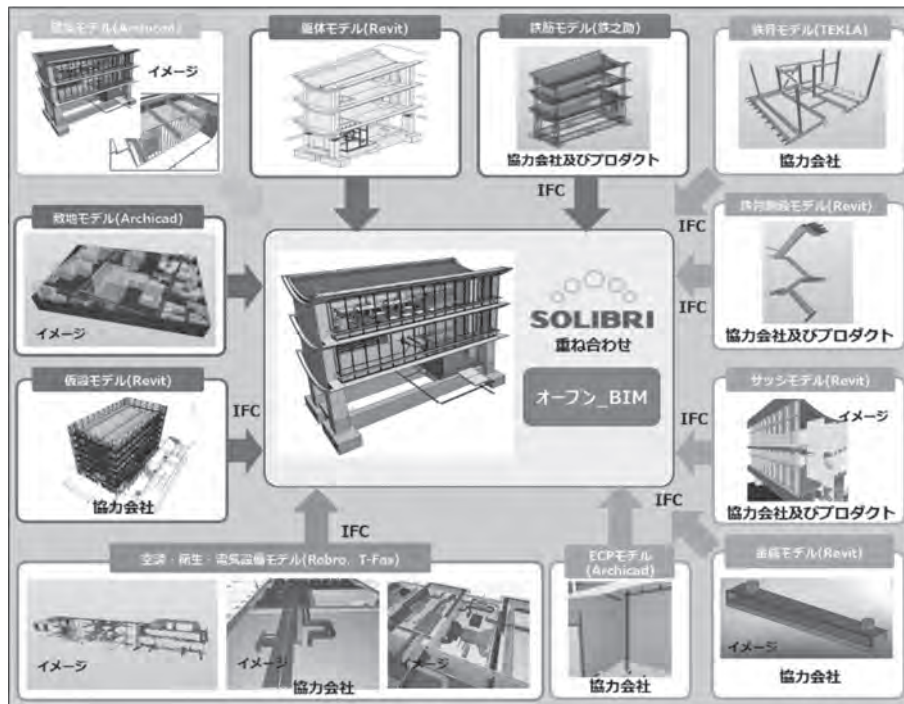


図-7 プロジェクトA (RC造)におけるオープンBIMの実践

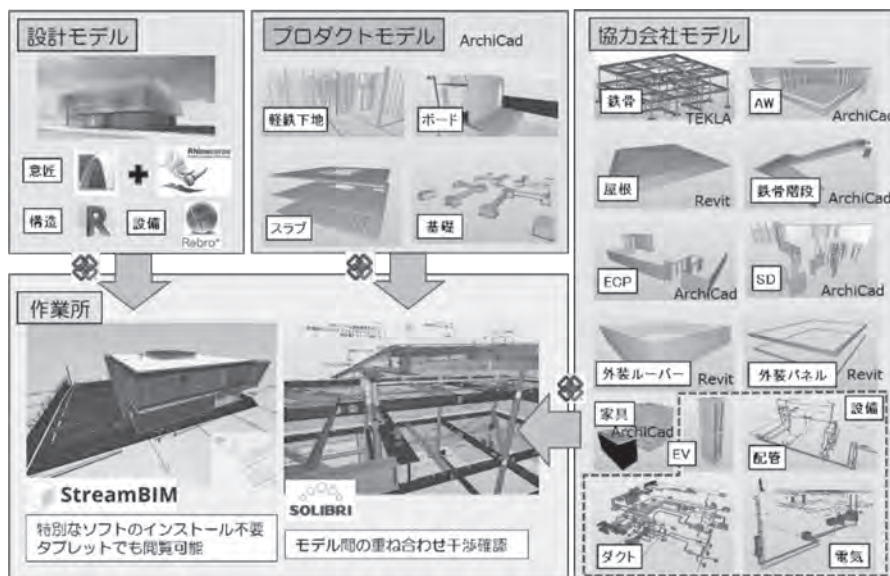


図-8 プロジェクトB (S造)におけるオープンBIMの実践

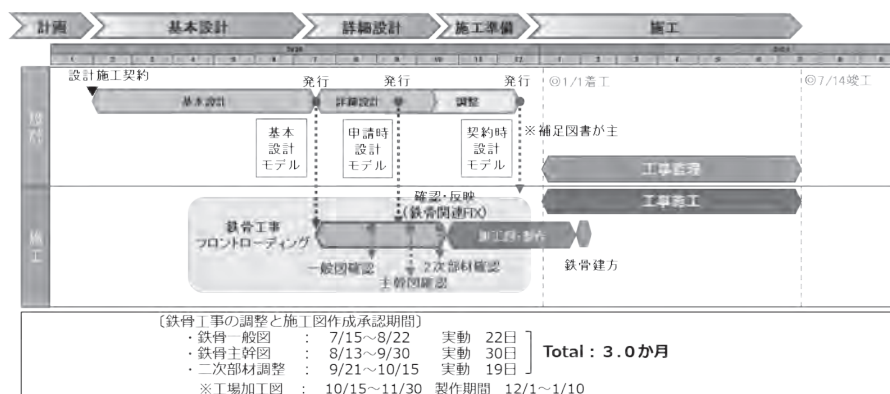


図-9 鉄骨工事におけるフロントローディング (プロジェクトB)

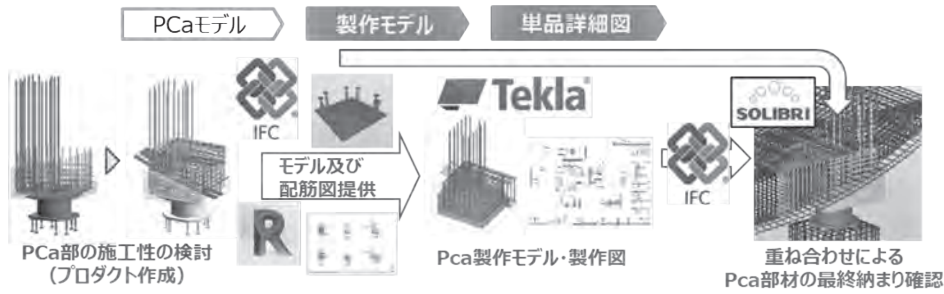


図-10 PC製作のデータ連携フロー (プロジェクトA)

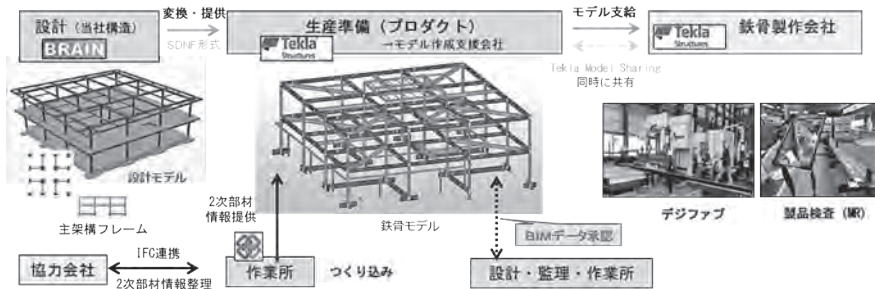


図-11 鉄骨製作のデータ連携フロー (プロジェクトB)

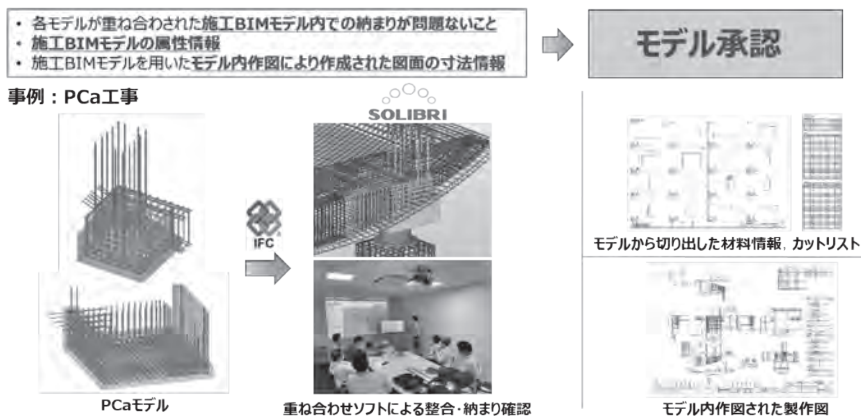


図-12 BIMモデル承認の試行 (PC製作)

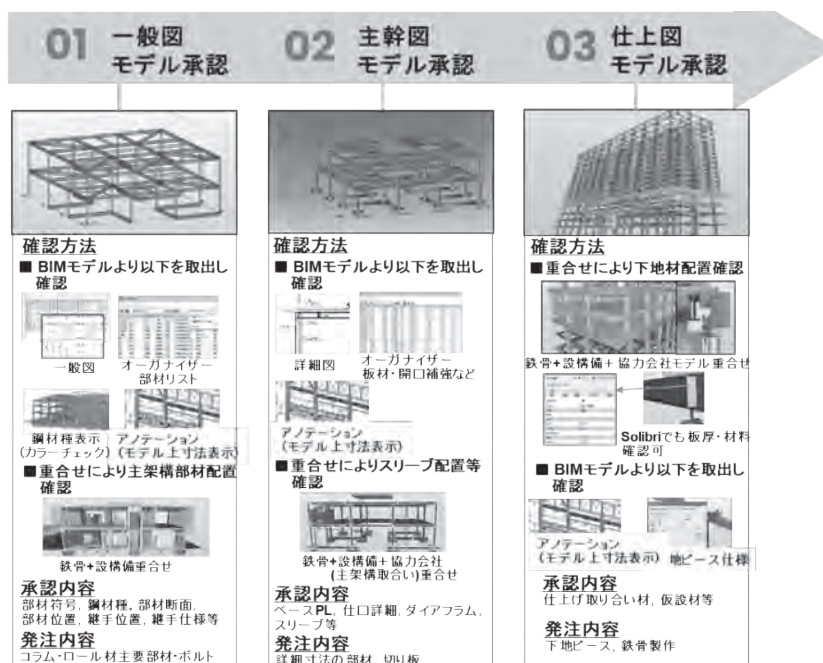


図-13 BIMモデル承認の試行 (鉄骨製作)

階において発注内容に応じ承認することが効果的であることが確認できた。BIM モデル承認は BIM モデル中心の業務構築の肝であり、モデルと図面の承認項目の区分け、属性情報の活用、担当者間の責任区分の明確化等の課題に引き続き取り組んでいく。

さらに BIM モデル承認に関連し、属性情報を活用した BIM モデルからの施工図作成を試行し、BIM と 2D 業務の重複の削減、情報の一元化とそれによる情報の齟齬の回避につなげられることが確認できた。属性情報を含めてモデルを修正すれば図面も修正されて変更対応が容易となるメリットを発揮するため、BIM モデルからの図面ならではの表現を定め、2D 作図の最少化に取り組んでいく。

(6) 施工計画での活用推進

BIM モデルによる施工手順や施工方法の検討、さらにはモデルに工程のデータを付加した施工シミュレーションに取り組んだ(図—14, 15)。他工種が取り合う箇所や納まりが厳しい箇所において、施工手順や施工方法の共有・調整等、精度の高い施工計画に効果的であることが確認できた。BIM を使わない従来の手法に比べて業務効率の大幅な向上につなげられた。

(7) 施工管理での活用推進

両プロジェクトにおいて、建設プロセスのデジタル化・見える化を目指し、BIM モデルベースの施工管理とペーパーレス施工を展開した。具体的には、BIM モデルを中心とした共通データ環境 (StreamBIM) を活用した施工管理を実施した(図—16)。「StreamBIM」は BIM モデルを中心にドキュメント管理やワークフロー管理を行うことができる BIM クラウドプラットフォームで、スマートフォンやタブレットなど様々なデバイスで BIM モデルを見ること



図—15 施工計画での活用事例 (プロジェクト B)

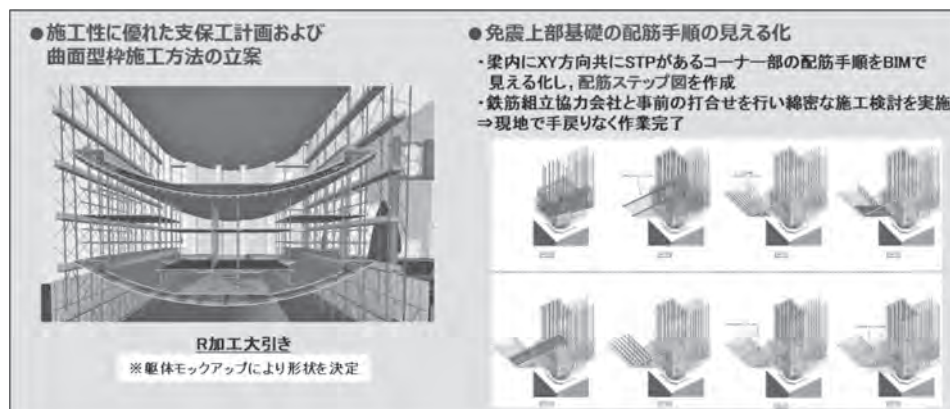
ができるとともに、2D 図面を含めた様々な情報のドキュメント管理に効果的である。その情報を活用し、設計・施工段階から維持・管理段階までのすべての関係者のコミュニケーションの円滑化および可視が可能となる。

今回の取組みにおいて、最新図面が常時閲覧可能になり質疑応答や打合せが円滑に行われたこと、施工図の一元管理が容易であり各社への発行手間が削減したことなどで、施工管理の効率向上が実現できたとともに、専門工事会社とのコミュニケーション強化が図れ、手戻りのない施工につなげられた。

さらに、納まり確認や進捗確認に BIM データとリンクした AR 技術やデジタルツールを駆使し(図—17, 18)、確実な品質のつくり込みと効率的な施工管理を実施した。そのほか、モデルの属性情報を活用した進捗管理や品質管理を実施し、施工検査における納まり上の指摘削減につなげられた。

5. おわりに

本モデル事業での取組みを踏まえ、オープン BIM をベースにして、専門工事会社が参画したフロントローディングやデジタルによるものづくりなど、BIM モデルを中心とした業務スタイルの定着を目指していく。そのために、標準となる BIM ワークフローやモ



図—14 施工計画での活用事例 (プロジェクト A)



図-16 共通データ環境を活用した施工管理の事例

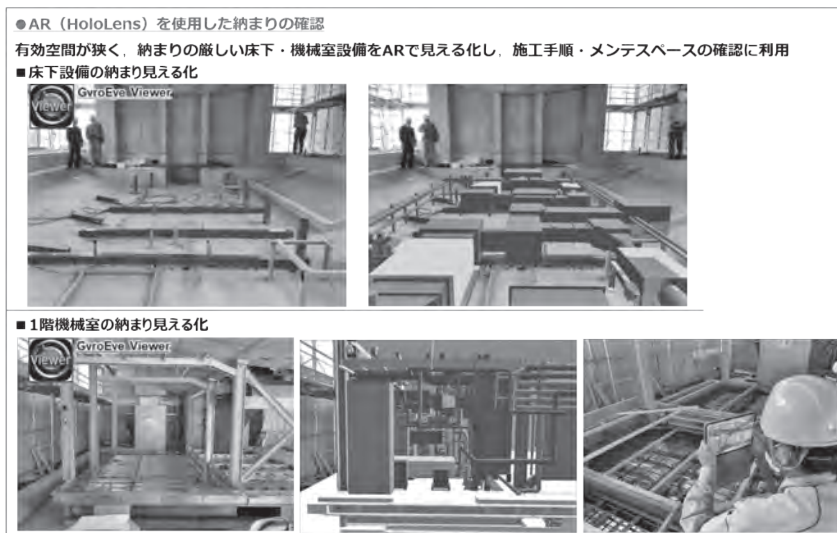


図-17 BIM データとリンクした AR 技術の活用事例 (プロジェクト A)



図-18 BIM データとリンクしたデジタルツールの活用事例 (プロジェクト B)

デリングルール，データ連携手法等について，業界として一体感を持った活動を行っていくことで，生産性向上，ワークライフバランスの実現，お客様への新たな価値の提供といった，関係者すべてにメリットがある建設プロセスの実現に寄与していきたい。

なお，本稿で紹介した BIM モデル事業について，国交省から令和 3 年度検証結果報告書として公開されるので，全体の取組み内容や成果については，それを参照願いたい。



【筆者紹介】
三輪 哲也 (みわ てつや)
株式会社 株竹中工務店
BIM 推進室
部長

RC 造高層住宅用耐震改修構法の開発

吹抜け空間を利用した長周期地震動対策技術「T-レトロフィット制振」

谷 翼・欄 木 龍 大・中 島 徹

筆者らは RC 造高層住宅に多く見られる、建物中央部に吹抜けを有する平面計画に適した耐震改修構法 T-レトロフィット制振構法（以下、本構法という）を開発した。吹抜け空間に新たに鉄骨フレームを構築し、そのフレーム内に設置したオイルダンパーが地震時に建物に生じる振動のエネルギーを効率よく吸収する技術で、特に長周期・長時間地震動に効果を発揮する。本稿では、本構法による RC 造高層住宅の耐震改修における特有の課題の解決方法を紹介するとともに、モデル建物を用いた時刻歴応答解析における結果を報告する。

キーワード：耐震改修，RC 造，超高層建物，長周期・長時間地震動，制振構造，オイルダンパー

1. はじめに

2011 年の東北地方太平洋沖地震では、長周期地震動により震源から遠く離れた関東・関西地方の超高層建物にも大きな揺れが生じた。近い将来の発生が懸念されている南海トラフ沿いの巨大地震ではより大きな揺れが生じるものと予測されており¹⁾、既存の超高層建物の耐震性の向上は喫緊の課題と言える。

長周期地震動に対する応答は減衰を付与することで効果的に低減することが可能だが、RC 造高層建物では重量・剛性が大きいいため、必要となるダンパー台数が非常に多くなる傾向がある。少ないダンパー台数で十分な量の減衰を付与するには、ダンパーに生じる変位を増幅する等の工夫が必要である²⁾。また、RC 造高層建物の多くは集合住宅として供されており、眺望を妨げるような補強は資産価値低下につながることから実施を認められないことが多い。補強箇所が限定されるため効果的な補強ができず、補強箇所周辺の既存躯体の負担も増加しがちである。他にも、改修工事中も継続使用が求められること^{3), 4)}、超高強度のコンクリートが使用されているため工事に制限があることなど⁵⁾、特有の課題が多数存在する。従来の耐震改修技術では、これらの課題を解決することは難しい。

RC 造高層住宅では採光や通風を確保するため建物中央部が吹抜けとなっていることが多く、吹抜けを取り囲むように共用の廊下が配されている。そこで、この吹抜け空間を利用して新たに鉄骨フレームとオイルダンパーを設置し、耐震性能を高める構法を開発し

た。本稿では、本構法の特長を紹介するとともに、2次元フレームモデルを用いたモデル建物の時刻歴応答解析の結果を報告する。

2. 技術概要

本構法による架構の概念図を図-1に示す。既存躯体の各階に取り付けた鉄骨の片持ち梁、各階の片持ち梁同士を接続する鉄骨の間柱、そして片持ち梁と間柱により構成されたフレーム間に設置するオイルダンパーにより構成されている。

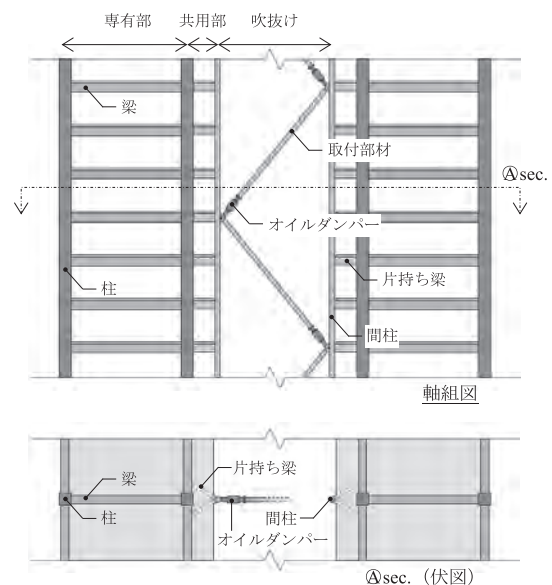


図-1 架構概念図

(1) 片持ち梁

建物中央部の吹抜け空間に複数の片持ち梁を設置する。片持ち梁は2本1組となっており、一端は吹抜けに面した柱を挟み込むように柱の両側に接続する梁の側面に定着、もう一端は2本の片持ち梁が交わっており、平面図上ではV字型の配置となる（図—1 ④ sec.）。コンクリート強度が大きく長期の支持荷重も大きい柱位置での定着を避けるとともに、定着箇所数を増やすことで既存躯体の負担を軽減している。また、新設した鉄骨部材と既存のコンクリート躯体との間で曲げモーメントの伝達を行う必要が無く、せん断力の伝達のみを行えばよい。片持ち梁を全層に設置する必要はなく、必要に応じて設置台数を調整する。

(2) 間柱

V字型に配置した片持ち梁の交点となる部分に間柱を設けている。間柱により同一平面上にある上下階の片持ち梁を接続することで、各階の片持ち梁と間柱が一体のフレームとして振る舞う。片持ち梁の曲げ剛性に比べ間柱の軸剛性が十分に大きいため、片持ち梁に生じる応力は梁の設置階によらず概ね同程度の値となる。なお、曲げモーメントの伝達が必要なため、片持ち梁と間柱は剛接合としている。全ての片持ち梁を間柱により接続する必要はなく、部分的に間柱を設置しない階があってもよい。

(3) オイルダンパー

片持ち梁および間柱により構築されたフレームのうち、吹抜けを挟んで向かい合うフレーム同士および隣り合うフレーム同士をオイルダンパーにより接続する。このとき、オイルダンパーが接続するレベルを複数層（3～5層程度）ずらすことで、複数層分の相対変位に応じた変形がオイルダンパーに生じることとなる。

3. 本技術によるメリット

耐震改修では新築の場合と異なり、既存建物の条件に応じて多様な設計上の制約が課されることとなる。本構法はRC高層住宅の耐震改修に特化しており、RC高層住宅特有の問題の多くを解決できる。

①高い耐震性：各階にオイルダンパーを設置する場合に比べてオイルダンパーに生じる変形が大きくなり、建物に生じるエネルギーを効率的に吸収することができる。吹抜け空間に設置した少ない台数のオイルダンパーでも十分な耐震性の向上を図ることが

できる。

- ②既存躯体の負担軽減：オイルダンパーに生じた力は間柱を介して上下階に連なる複数の片持ち梁に伝達される。そしてV字型に配した2本の片持ち梁により、既存躯体との接合部にはさらにその半分力が伝達される。オイルダンパー1台当たりの力を複数個所で受けることにより、既存躯体の補強を軽減することができる。
- ③建物を使いながらの施工：改修工事の範囲が建物中央部の吹抜け周辺の共用部に限られており、専有部内での作業が発生しない。高層建物の改修工事は長期に及ぶが、工事中に住人が退去・転居する必要が無い。
- ④低層階プランへの影響：オイルダンパーや間柱は片持ち梁により既存躯体から吊られた状態となっており、既存躯体を介して地面まで力を伝達する。そのため地階まで新たにフレームを構築する必要が無く、ロビーや商業施設の入る低層階のプランが基準階と異なっても影響が生じない。
- ⑤外観・眺望への影響：建物外周部の補強を行わないため、改修工事後も建物外観や居室内からの眺望が変化せず、資産価値を損なわない。

4. モデル建物を用いた解析

本構法における耐震性能の向上効果を確認するため、モデル建物を用いて時刻歴応答解析を行った。

(1) 建物モデル

図—2に示す30層の純ラーメン構造のモデル建物を用いて検証を行う。階高は1階を4,500、その他の階を3,200、柱断面は全層900×900、梁断面は700×800～600×800、各階の重量は14 kN/m²とした。減衰は瞬間剛性比例で1次の固有振動数に対して2%、解析方向はY方向（短辺方向）とし、建物の左側半分となるX1～3通りまでを2次元の平面フレームとしてモデル化した。また、1階柱脚部は固定としている。

比較のため、以下の4つのモデルを用いている。

- ・耐震モデル：ダンパーを設けない標準的なモデル。
- ・提案モデル：本報で提案したモデル。X3通りの2-28層に片持ち梁（H-600×300×16×28を2本ずつ）および最大減衰力1,500 kNのオイルダンパー（3層にまたがるよう計9台）を設置している。また、鉄骨間柱（φ500×32）により上下階の片持ち梁先端を接続している。

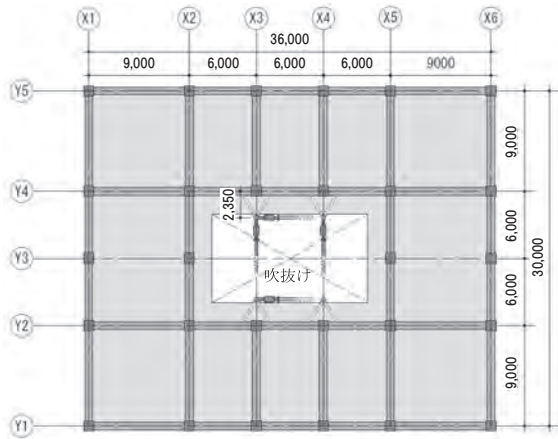


図-2 検証用のモデル建物 (伏図)

- ・ **間柱モデル**：間柱型の制振装置を設置したモデル。2-16層の各層において、X2通りのY2-3間およびY3-4間のスパン中央に、間柱（H-600×300×22×32）を介して最大減衰力500kNのオイルダンパーを計30台設置している。
- ・ **吹抜けモデル**：吹抜け内に設けた柱（□-800×40）にオイルダンパーを取り付けたモデル。X3通りの鉄骨の柱によりダンパー反力を基礎まで伝達する。提案モデルと同じ層に同じ量のオイルダンパーを設置している。鉄骨柱の1階柱脚はピン支持とし、本体フレームとの応力伝達は剛床により行う。
各モデルのダンパー設置構面を図-3に、解析ケースを表-1に示す。オイルダンパーの力-速度関係は図-4に示す弾性トリリニアとした。

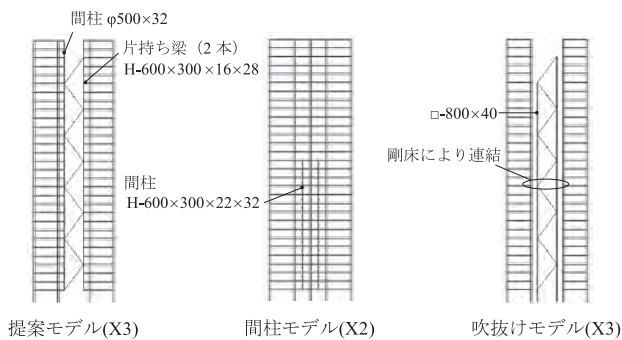


図-3 各モデルのダンパー設置構面

表-1 解析ケース

解析モデル	ダンパー設置層	ダンパー台数	総ダンパー減衰力
耐震モデル	-	-	-
提案モデル	2-28層	1,500 kN×9台	13,500 kN
間柱モデル	2-16層	500 kN×30台	15,000 kN
吹抜けモデル	2-28層	1,500 kN×9台	13,500 kN

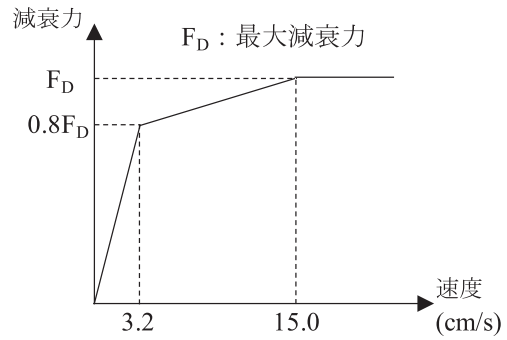


図-4 ダンパーの減衰力-速度関係

(2) 入力地震動

入力地震動には告示スペクトルのレベル2に適合する4波（位相特性：El centro, Taft, Hachinohe, Kobe）（以下、告示波）および、国土交通省による南海トラフ沿いの巨大地震に対する技術的助言¹⁾におけるOS2の区域の波（以下、基整促波）を用いた。入力地震動の疑似速度応答スペクトル（h=5%）を図-5に示す。本検討で用いる建物モデルの1次固有周期（次節で示す）周辺では告示波と基整促波の疑似速度応答スペクトルの大きさは同程度だが、ひび割れ等により周期が延長していった場合、基整促波の方が1.5倍程度大きな値を示す。

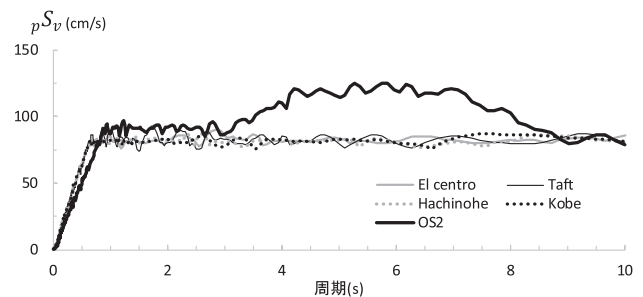


図-5 入力地震動の疑似速度応答スペクトル

(3) 固有値解析結果

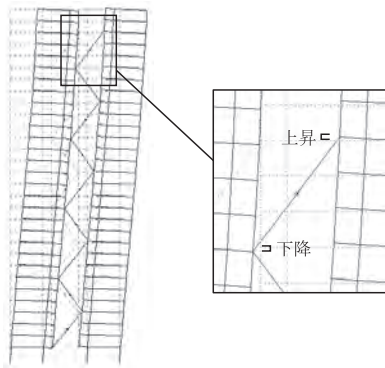
各モデルの1次および2次の固有周期と付加減衰定数を表-2に、提案モデルの1次の固有モードを図-6に示す。なお、表-2にはダンパーが取り付け鉄骨部材の曲げ剛性および軸剛性を無限大としたときの付加減衰定数も併せて示している。

提案モデルでは、同程度の量のオイルダンパーを設置した間柱モデルや吹抜けモデルよりも、大幅に大きな減衰定数が付与されている。複数層にまたがったダンパー配置としていること、建物の全体曲げ変形に伴って片持ち梁間に鉛直変位差が生じることによる効果であると考えられる。また、取り付け部剛性を無限

表一 解析ケース

解析モデル	固有周期 (s)		付加減衰	
	1次	2次	1次	2次
耐震モデル	2.679	0.878	—	—
提案モデル	2.674	0.861	7.5% (8.8%)	7.1% (9.2%)
間柱モデル	2.680	0.878	1.4% (1.5%)	1.6% (2.7%)
吹抜けモデル	2.679	0.877	1.7% (3.6%)	4.7% (7.7%)

() 内はダンパーが取り付け部材を剛としたときの値



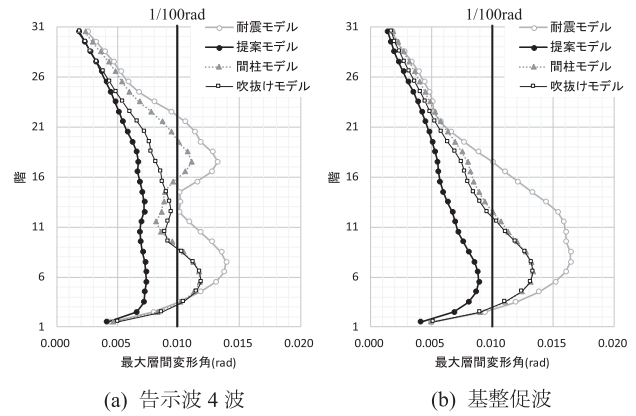
図一六 提案モデルの1次固有モード (X3通り)

大としたときの結果から、吹抜けモデルに比べて小さな間柱ながら、取り付け部材の剛性が十分に大きくなっていることがわかる。吹抜けモデルでは、取り付け部材自身が大きく変形すること、建物上層部ではせん断変形よりも曲げ変形が大きくなることから、上層部に設けたダンパーが効率よく作用していないためだと考えられる。

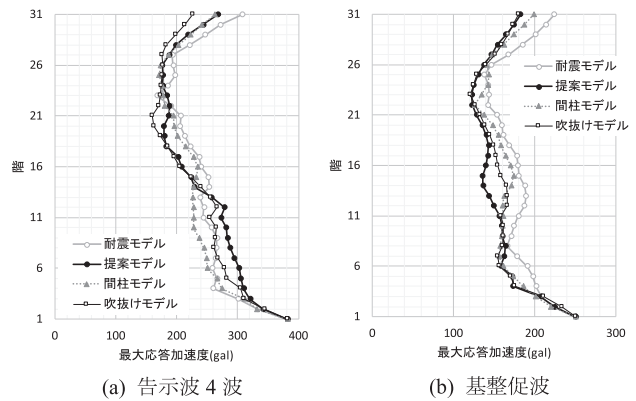
(4) 時刻歴応答解析結果

告示波4波および基整促波に対する各層での最大層間変形角を図一七に、最大応答加速度を図一八に示す。

告示波に対し、オイルダンパーを設けていない耐震モデルでは最大層間変形角が1/100 radを大幅に上回る結果となった。間柱モデルでは全体的に変形は小さくなるものの、依然として複数層で層間変形角が1/100 radを超えている。吹抜けモデルでは間柱モデルよりも上層部の変形を大きく低減できているが、これは高次モードに対する付加減衰量の違いによるものと考えられる。しかし、1次モードに対する付加減衰は同程度のため、低層部の変形は十分に低減できていない。一方提案モデルでは、全層で層間変形角を大幅に低減することができており、最大層間変形角は全層で1/100 radを大幅に下回っている。取り付け部材の変形や曲げ変形による影響が吹抜けモデルに比べて小さく、どの層のダンパーも有効に作用しているためである。なお、どのモデルも最大応答加速度の低減効果はあまり見られなかった。



図一七 最大層間変形角



図一八 最大応答加速度

基整促波に対しては長周期成分が卓越することから、1次モードに対する付加減衰量の違いがそのまま最大層間変形角の違いに現れている。告示波を上回るような地震動に対しては、提案モデルでは付加減衰量が大きいため最大層間変形角を1/100 rad以下に抑えることが可能である。また、低減の程度はさほど大きくはないものの、全層において最大応答加速度を低減している。

5. おわりに

本稿では超高層RC建物の耐震改修の構法として、吹抜け部に片持ち梁、片持ち梁同士を繋ぐ間柱、オイルダンパーを組み込んだ本構法T-レトロフィット構法の応答性状について検討を行った。重量および剛性が大きいRC造高層住宅であっても、ダンパーの設置方法や架構を工夫することで、少ないダンパー量でも大幅に耐震性能を向上させることができる。南海トラフ地震や相模トラフ地震など、今後発生が懸念される大地震に対して安全・安心な居住空間を提供するべく、積極的に適用を推進していきたい。

《参考文献》

- 1) 国土交通省：超高層建築物等における南海トラフ沿いの巨大地震による長周期地震動対策について，平成28年6月24日国住指第1111号，2016.6
- 2) 谷翼ほか：RC高層住宅向け高減衰架構「TASS-Flex FRAME」の開発，大成建設技術センター報，第49号，CD-ROM，2016.12
- 3) 藤川理子ほか：分譲マンションの耐震改修設計時に発生する付随業務の実態，日本建築学会技術報告集，第21巻，第47号，pp.281-284，2015.2
- 4) 齊藤広子：マンションの耐震改修促進の課題と必要な支援体制 東京都と横浜市の事例を踏まえて，日本建築学会技術報告集，第27巻，第65号，pp.505-509，2021.2
- 5) 安部弘康ほか： $F_c=100\text{ N/mm}^2$ を超える高強度コンクリートの補修方法に関する実験的研究，安藤建設技術研究所報，Vol.15，2009

【筆者紹介】

谷 翼（たに つばさ）
大成建設㈱
技術センター 都市基盤技術研究部
チームリーダー，博士（工学）



欄木 龍大（ませき りょうた）
大成建設㈱
技術センター イノベーション戦略部
室長，博士（工学）



中島 徹（なかじま とおる）
大成建設㈱
設計本部 工事監理部
設計担当部長，修士（工学）



遠隔地から各種クレーンに自律運転指示が可能な技術を開発

クレーン自律運転システムの開発

三 谷 祐 哉・笹 原 大 介・佐 藤 圭 吾

近年の建設業では建設機械オペレータの減少が懸念されている。オペレータの熟練度に依存せず安全かつ効率的なクレーン操作を実現するため、クレーン自律運転システム（以下、本システムという）を開発した。オペレータの簡易な指示だけで動作する自律運転を実用化するために揚重経路の生成・障害物検知・吊荷方向制御・荷振れ制御・玉外しを全自動で実行する機能、および自律運転を補完する遠隔運転機能を開発した。本システムをタワークレーンや移動式クローラクレーンへ導入・適用し、システムを通してクレーンを遠隔地から操作できることを検証した。本稿では本システムの概要や特徴、適用実績について報告する。

キーワード：クレーン自律運転，自律・遠隔運転，ICT 施工，建設 DX，タワークレーン，移動式クローラクレーン

1. はじめに

建設業における就業者数の減少と高齢化は慢性的な課題であり、建設機械のオペレータについても同様に深刻化している。このことから10年後には熟練技術を持つオペレータは大きく減少し、オペレータの確保が困難になると考えられている。この問題の解決方法として、建設機械の自動・自律運転技術の開発が望まれている。

クレーン作業における運搬工程の安全性と効率化は非常に重要であり、オペレータの技量に大きく左右される。安全に効率良く運搬作業を行うためには吊荷の揺れを抑える技術などの熟練技術が必要となる。さらに、長時間の連続運搬作業は、高い集中力を持続させる必要があり、オペレータへの負担が大きい作業である。また、熟練技術を持つオペレータが減少していることから、今後は経験の浅いオペレータでも安全かつ効率的な運搬作業を実現できる技術が必要となる。そこで技能労働者人員確保の問題解決や場所や人を問わずに安全かつ効率的なクレーン作業を行えることを目的とした本システムを開発した。

2. 本システムの概要

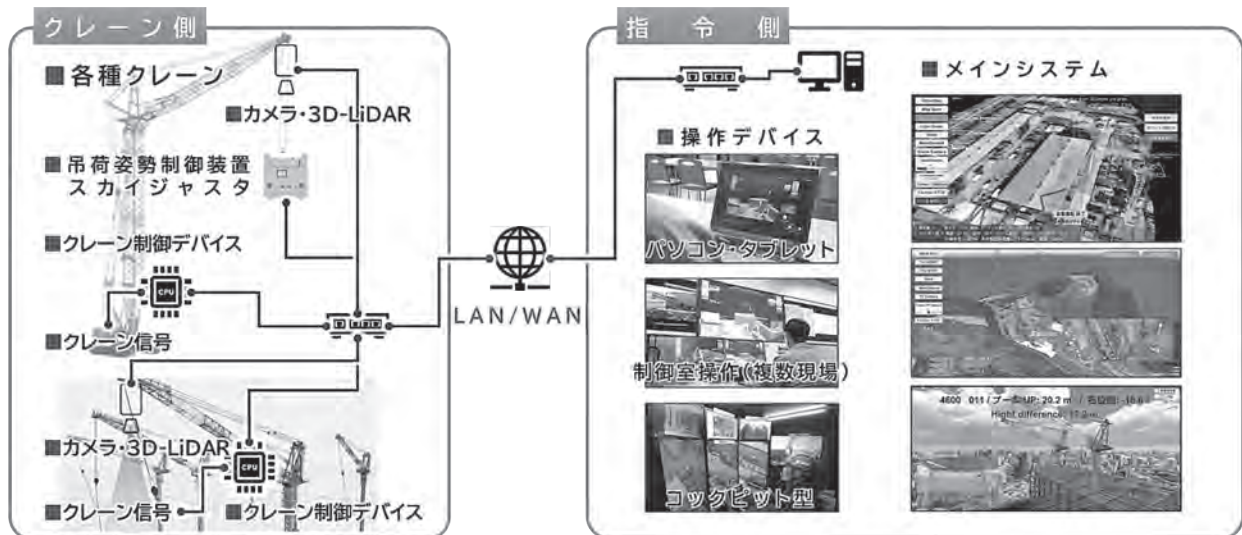
本システムは、タワークレーンおよび移動式クローラクレーンなどの各種クレーンにパソコンやタブレッ

ト端末から操作指示を送ることで自律運転が可能な技術である（図-1）。また、操作者の場所を問わずに自律運転を実現できる。デジタル空間上に現実空間を再現する技術を活用しており、直感的かつ簡易に状況把握および操作指示が可能である。

自律運転を実現するために搭載されたカメラ等の各種センシングデバイスからの情報を活用し、一連動作を安全かつ効率的に行うための各種機能を実現している。運搬工程に関する各種作業を自動で行えるため、熟練技術を持たないオペレータでも熟練オペレータと同様の作業が可能である。

(1) デジタルツインおよびCPS

クレーン動作が自律化されるため、変化し続ける稼働状況に合わせてクレーン環境を3次元的に管理することを目的として、デジタルツイン/サイバーフィジカルシステム（CPS）を適用した。デジタル空間上に現実世界を再現する技術はデジタルツイン（デジタルの双子）と呼ばれ、BIM/CIM データなどの3次元情報を活用し現場状況を再現可能である。また、デジタル空間上での現実世界の再現に加え、センサ情報などを活用しデジタル空間上で定量的に分析・判断するシステムはCPSと呼ばれる。各種センシングデバイスから画像や点群データを、作業員や重機に取り付けられたセンサから位置情報を取得でき、これらの情報をデジタル空間上に集約することにより重機や人との連



図一1 クレーン自律運転システム概要図

携や統括的な安全管理が可能である。BIM/CIM との連携により部材管理も同時に実施でき、デジタル空間上で選択した部材の製造日などの情報が確認可能である。デジタルツインおよびCPSによる視覚的な状況把握とセンシングデバイスによる状況分析・判断が実現可能である (図一2)。

(2) センシングデバイス

クレーン自律運転システムのためのセンシングデバイスとして3D-LiDARとウェブカメラを搭載した。各種情報取得のためにクレーンや現場内といった各所に取り付けられ、揚重経路の生成や吊荷周辺の障害物検知、物体検知技術による荷振れ制御などの各種機能の実現が可能である。

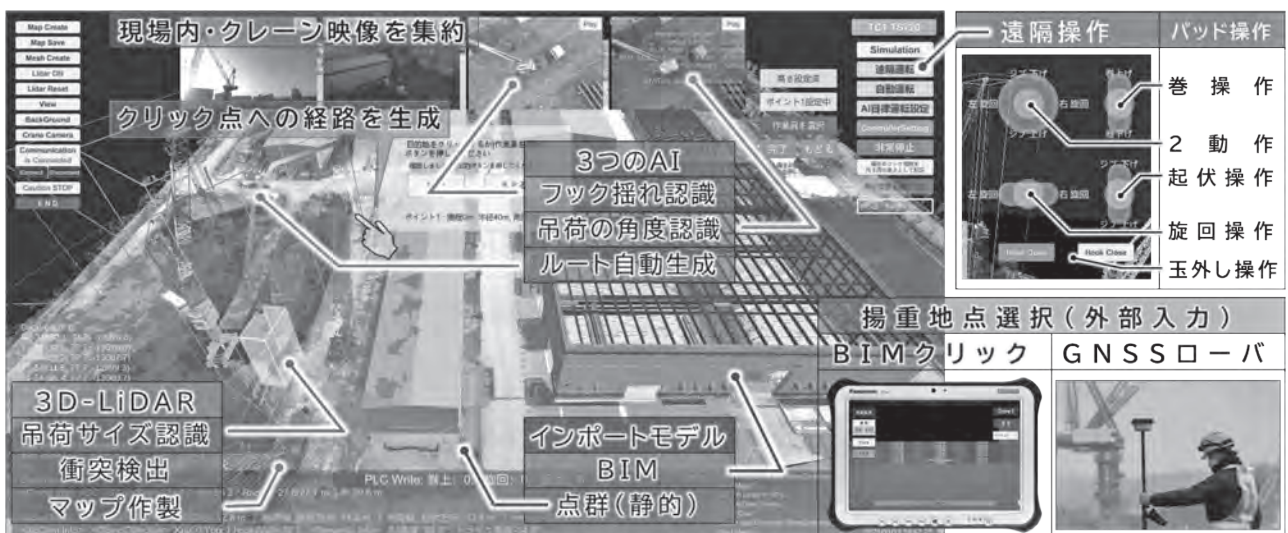
(a) 3D-LiDAR

クレーンブーム先端と運転席周辺に3D-LiDARを

取り付け、現場およびクレーン周辺の状況把握に必要な情報を取得した。3D-LiDARとは、レーザー光を照射し対象物までの正確な距離を測定し、周辺状況をリアルタイムかつ立体的な点群データとして認識する機器である。3D-LiDARによりクレーン周辺の点群データをリアルタイムに取得し、周辺の地形情報および吊荷形状、吊荷周辺の障害物を認識可能である (図一3)。BIM/CIM といった現場全体のマップ情報と組み合わせることにより揚重経路の生成も可能である。

(b) ウェブカメラ

ブーム先端や運転席周辺、クレーンを俯瞰できる場所などにウェブカメラを取り付け、オペレータ視点での映像やクレーン動作確認のための映像を取得した。ブーム先端に取り付けられたカメラからの映像と物体検知技術を組合せ、吊荷や吊り治具などの自動検知や荷振れ制御が可能である。



図一2 クレーン自律運転システム画面 (タワークレーン)



図一3 3D-LiDARによる点群データ取得

(3) 自律運転に関する機能

本システムは、遠隔地からの操作やクレーンに人が搭乗しないことを想定しているため、AIを活用し揚重経路の決定や作業中の安全確認などを行う。自律運転を行う上での安全確保のため、3D-LiDARの点群データやカメラ画像を活用した障害物検知や物体検知技術を適用した。

(a) 揚重経路の生成

BIM/CIMデータと3D-LiDARから取得した点群データを組み合わせ、デジタル空間上にリアルタイムかつ施工計画を反映したマップ情報を再現可能である。このマップ情報を活用し目的地の位置情報を入力することで揚重経路をAIが生成し、その経路上を状況に応じた安全な速度で動作する。生成された揚重経路は目的地選択時の位置から最短かつ安全な経路である。操作者は目的地をクリックするという簡易な操作を通して動作指示を送ることが可能であり、AIにより経路が生成されるため、操作者は熟練技術や経験則を必要としない。

(b) 吊荷周辺の障害物検知

クレーンを安全に動作させるためには、荷物運搬時に吊荷やクレーン自身が周辺の構造物等に衝突しない仕組みが必要である。クレーンに取り付けた3D-LiDARの点群データにより吊荷周辺の状況をリアルタイムに把握でき、吊荷形状や吊荷周りの障害物をシステム上で常時監視している。認識された吊荷形状を覆う形で安全領域を設定しており、領域内に障害物等が検知された場合は減速または停止動作がクレーンに与えられる。

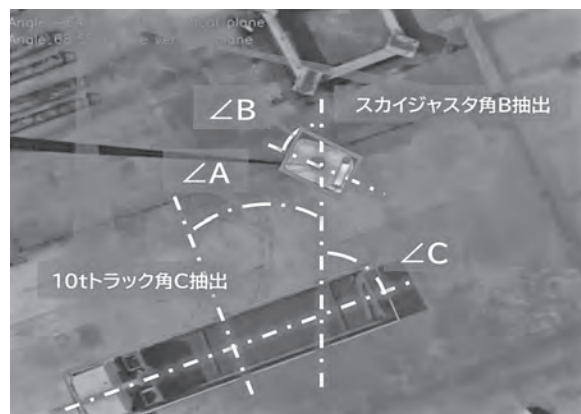
(c) 吊荷方向制御

ジャイロ効果を活用した吊荷方向制御装置と物体検知AIを組合せることにより、搬送先で所定の吊荷方向となるよう制御が可能である。AIを活用してカメラ画像から物体検知をする技術には、対象物体を検出し四角枠（バウンディングボックス）で囲む技術と、画像をピクセル単位で認識し物体の認識を行うセマン

ティックセグメンテーション技術を使用している。物体検知AIにより対象物体の領域を認識し角度を算出、算出された角度に応じて吊荷方向制御装置が方向制御を行う（図一4）。

(d) 物体検知AIを活用した荷振れ制御

カメラ画像に対して物体検知AIを活用することで吊荷の揺れを検知できる。フックや吊り治具などを認識すると四角枠で囲まれて検知され、移動方向に移動量が表示される（図一5）。検知した物体の揺れ方向や大きさに応じ、揺れを抑制する動作をクレーンに与えることにより荷振れ制御が可能である。



図一4 物体検知技術と吊荷方向制御



図一5 物体検知技術による荷振れ検知

(e) 自動玉外し

吊荷の搬送後には操作システムから自動玉外し装置に信号を送信し、吊荷に取り付けられている玉掛けワイヤーフックを自動で取り外すことが可能である。これにより高所での玉外し作業を自動化でき、安全性や作業効率の大幅な向上が実現可能である。

(f) 遠隔運転機能

合図者の指示に従う簡易かつ低速な作業や状況判断を伴う作業を行う場合には、自律運転よりも遠隔運転によるクレーン操縦が適している。これらの作業のために遠隔運転機能が実装されており、作業状況に応じてオペレータが自律運転と遠隔運転を選択し作業を行うことが可能である。操作するモニターは1画面に集約されており、自律運転システム画面から遠隔運転への切り替えが可能である。

3. 本システムの適用実績

(1) 1,500 tm 級ダム用タワークレーン

本システムをダム用タワークレーンに適用して自律運転によるコンクリート運搬作業とプレキャストコンクリート (PCa) の橋梁運搬作業を行った。

(a) 自律運転によるコンクリート運搬作業

コンクリート充填位置から打設位置間の運搬作業を自律運転で実施した。

運搬位置の指示方法は2つの方法から選ぶことができる。ひとつは、GNSS ローバーと呼ばれる各衛星からの電波により衛星測位を行う機器を使用した方法であり、この機器を携帯した作業員が運搬位置を指示する。GNSS ローバーの位置情報は常に自律運転システ

ム上に反映されており、システム上からその位置情報を運搬先に指定することができる。もう一方の方法は、施工計画時に決められる打設位置の座標を用いた方法である。自律運転システムに打設位置の座標情報を取込み、システム上から選択し運搬先に指定することができる。これらの方法により、任意点および指定座標への自律運転による連続運搬が可能である。

(b) 自律運転による橋梁運搬作業

ダム天端の橋梁運搬作業を自律運転で実施した。自律運転による運搬位置の選択にはタブレット端末を使用した。タブレット端末には専用の運搬位置指示システムを導入しており、簡単かつ直感的に操作可能である。これにより現場からシステムに対して運搬位置の指示が可能である。

(c) 自律運転の作業効率

オペレータによる手動運転と自律運転の作業時間を計測し時間比により運搬効率を評価した。コンクリート運搬作業においては、自律運転によるコンクリート充填位置から打設位置までの運搬時間を計測した。橋梁運搬作業においては、自律運転により地切り後3mの位置から据付け位置までの運搬時間を計測した(表-1)。

コンクリート運搬作業のような位置決め精度を問わない作業に関しては、オペレータによる手動運転と比較しサイクルタイムが約30%増加した。また、橋梁運搬作業のような位置決め精度を要する作業に関しては、サイクルタイムが約9%減少した。作業内容に応じて作業効率に変化するの位置決め精度が要因であると考えられる。自律運転では指定された位置に対して正確に運搬するため、位置決め精度を問わない作業では

表-1 自律運転および遠隔運転と手動運転の作業時間比較

コンクリート運搬作業における作業時間比較			
作業No.	自律運転(s)	手動運転(s)	時間比(%)
1	180	150	-
2	179	138	-
3	182	123	-
4	140	130	-
5	190	131	-
平均	174	134	129.8

橋梁架設作業における作業時間比較			
作業No.	自律運転(s)	手動運転(s)	時間比(%)
1	147	188	-
2	186	195	-
3	185	179	-
4	164	162	-
5	146	183	-
平均	166	181	91.3

手動運転よりも多くの時間を要した。この課題に関しては位置決め精度を調整することにより改善が可能である。位置決め精度を要する作業では作業効率が手動運転と同等以上となった。

(2) 700 t 級タワークレーン

埼玉県（川越市）～大阪府（枚方市）間での自律運転および遠隔運転の実証を行った。埼玉県に設置されたタワークレーンに対して閉域網通信を活用して大阪府から操作指示が可能であり、スムーズな操作ができることが確認された。本クレーンにも 3D-LiDAR とウェブカメラが取り付けられており、システム画面上から現場や作業状況をリアルタイムに把握でき、安全にクレーン作業が行える。閉域網通信環境以外にも安定した通信環境を準備すれば、ビデオ会議ツール等を用いることで場所を問わずに自律運転および遠隔運転を行うことが可能である。

(3) 120 t 級移動式クローラクレーン

移動式クローラクレーンでの自律運転および遠隔運転の実証を行った。移動式クローラクレーンにも本システムを適用することが可能であり、本クレーンでは 3D-LiDAR やウェブカメラに加えて傾斜センサやジャイロセンサ、GNSS 受信機を取り付けた。これらのデバイスによりジブ角度・旋回方向・位置情報を計測しシステム画面上にリアルタイムに反映した。タワークレーンと同様に自律運転および遠隔運転によるクレーン作業が可能であり、安定した通信環境を用いればビデオ会議ツールなどを通して遠隔地から操作指示が可能である。

4. 開発の効果

- ①自律運転システムの活用により熟練技術を要するクレーン作業が実現可能である。
- ②簡易かつ直感的な操作で自律運転が可能のため長時間作業に対する負担軽減が実現可能である。
- ③閉域網通信やビデオ会議ツールを用いることにより遠隔地からの操作が可能であり場所を問わない。
- ④揚重経路の生成や荷振れ制御などの各種作業を全自動で行えるため、熟練技術を必要とせず誰でも安全に自律運転および遠隔運転が可能なシステムである。
- ⑤各種クレーンに適用可能なシステムであるため、様々な建築および土木現場で実用可能である。

- ⑥パソコンやタブレット端末による操作が可能であり、設置・撤去が簡易である。
- ⑦デジタルツイン／CPS の活用によりデジタル上で視覚的に現場状況を把握でき、各種センサ情報により人と重機の連携や統括的な安全管理が可能である。
- ⑧BIM/CIM との連携により部材管理も可能である。

5. おわりに

本システムクレーン自律運転システムは、人や場所を問わず安全かつ効率的なクレーン自律運転を実現することができる技術である。クレーンに取り付けられた機器や本システムの各種機能により必要十分な安全性を確保し作業を行うことが可能である。また、運搬位置精度を要する作業に関してスムーズに作業できることが確認された。運搬位置精度を問わない作業に関しても位置決め精度の調整により改善が可能である。これらの結果から、熟練オペレータの確保に関する問題や作業員の負担軽減、生産性向上に大きく寄与する技術であると考えられる。

今後は開発した自律運転システムを他の種類のクレーン（天井クレーン・門型クレーン等）や他の建設機械にも適用・展開し、建設工事現場で使用される建設機械全体の自律運転化を実現させていく。さらに、各種建設機械を統合管理するプラットフォームシステムを構築・運用することで省人化による生産性・安全性の向上を目指し、建設 DX（デジタル・トランスフォーメーション）を推進していく次第である。

JICMA

【筆者紹介】

三谷 祐哉（みたに ゆうや）
 (株)大林組
 ロボティクス生産本部
 生産技術第二部
 自律施工技術課
 職員



笹原 大介（ささはら だいすけ）
 (株)大林組
 ロボティクス生産本部
 生産技術第二部
 自律施工技術課
 担当課長



佐藤 圭吾（さとう けいご）
 (株)大林組
 東日本ロボティクスセンター
 施工技術部
 技術開発課
 主任



ICT を活用した現場生産性向上の取組み

作業車所在管理システム mmMs (ムース) の開発

三橋 俊彦

建設現場における労働時間の削減や生産性向上への対応は喫緊の課題となっており、ICTを活用した安全・品質・生産性向上、業務の省力化が期待されている。現場作業の中で単純作業ではあるが労力がかかっている作業として高所作業車の管理がある。本稿ではICT活用により作業車の位置情報や稼働状況の把握を容易にすることで現場作業の効率化を図る技術として、作業車所在管理システム mmMs(ムース)* (以下、本システムという)を開発したので紹介する。

キーワード：ICT活用、クラウド、生産性向上、作業車管理

1. はじめに

我が国の建設業界は就業者数の減少と高齢化が他の産業に比べ著しく、次世代の担い手確保・労働力不足が大きな課題となっている。また、改正労働基準法への対応が義務化され、2024年4月には建設業の労働時間の上限規制の猶予期間が満了となり、現場の労働時間の削減や生産性向上への対応は急務となっている。そこで当社では統合的な管理、安全・品質・生産性向上、業務の省力化を図れるよう、ICTやクラウドを活用した現場生産性向上の取組みを進めている。図-1に当社におけるICT活用による現場生産性向上の取組みを示す。本稿ではその一環として現場の高所作業車、フォークリフト、台車等(以下、作業車とする)を管理する、本システムを自社開発したので紹

介する。

2. 作業車管理における課題

現場作業において、仮設資材を複数の業者や作業員で共有することが多いため、その所在が分からなくなり資材を探すために時間が浪費されていた。また、その稼働状況が把握しにくく有効利用できない状況も発生していたことから、「物の管理」に多くの労力が必要となっていた。

その中でも高所作業車は一つの現場で100台前後稼働するため、担当者(主に若手社員)が作業車を探す手間に時間を要しており、中には半日も現場を探したが結局見つからないといった事象も発生していた。さらに、高所作業車が見つかったものの充電されておらず使いたいときに使えないといった状況もあった。この様に作業車管理では、所在管理や稼働状況把握に多くの時間が費やされていたことから、位置情報や稼働状況を容易に把握して現場作業の効率化を図ることが課題となっていた。

3. 本システムの概要

作業車所在管理システムは、スマートフォンやタブレットに表示された現場のフロア図に作業車の位置を映し出し、探す手間を省くことが可能である。また、作業車の予約管理、稼働管理、および、バッテリー残量通知機能も搭載している。さらに、作業車に取り付け

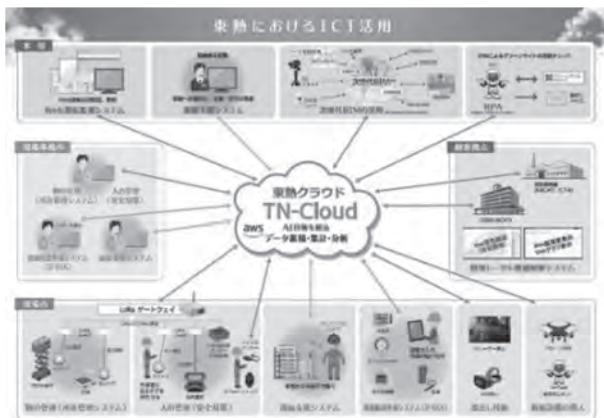


図-1 ICT活用による現場生産性向上の取組

* mmMs：見つかる見つける見えるシステム

環境データをクラウド送信・解析して暑さ指数などの設定値を超えた時は現場責任者や事務所のスタッフに通知する機能も搭載しており、作業者の安全管理にも適用可能である。作業車所在管理システムの導入により1日当たり30分～1時間の作業効率化を図ることが可能となった。

4. 本システムの開発

市販のソフトウェアやハードウェアの調査を行ったが、導入・保守費用が高価であったり機能的に過不足があったりした。そのためシステムを自社開発することになった。使用する通信機器などはできる限り汎用品を使用し、ソフトウェアは自社開発することとした。

(1) 開発課題

本システムの開発にあたり課題となったのは以下の項目となる。

(a) 電源供給方法

建設現場では建設中は仮設電源となり日常的に設置場所等の変更が行われている。そのため建設現場内は容易に電源供給ができないといった課題がある。そのため電源はバッテリー駆動が望ましく、単三電池やボタン電池で稼働が可能な機器を選定した。また、バッテリー駆動となるため機器類の消費電力を抑えるために、省電力無線通信技術 (LPWA) の Private LoRa 通信や BLE 通信を採用した。Wi-Fi の採用も検討したが、通信距離や環境構築に物理的な障害があり採用を見送った。

(b) 管理用端末

近年、現場管理にスマートフォンやタブレットを使用することが増えてきている。そのため、システム専用の表示端末を使用するのではなく、既に使用しているスマートフォン、タブレットを活用し、汎用性を考慮して Web ブラウザで所在確認が可能となる仕様とした。

(c) 機器の小型化

作業車の位置を検知するため天井内に等間隔で機器を設置する必要がある。高所作業による機器設置と撤去の手間を軽減する目的で天井に設置する機器を小型化する必要がある。

(d) 稼働状況確認

作業車の稼働状況を確認するために、作業車の動きやバッテリー残量を検知する必要がある。

(e) 熱中症対策

現場内の作業員の熱ストレスの管理を行う必要がある。

(2) 本システムのハードウェア構成

開発したシステムのハードウェア構成を図-2に示す。現場フロアに等間隔に設置した BLE タグからの電波を作業車に設置した BLE-LoRa ルータが受信することで、最寄りの BLE タグを特定し、BLE-LoRa ルータが電波を発信して現場事務所に設置した LoRa ゲートウェイが電波を受信しインターネット接続ルータを経由してクラウドに接続し、データを保存する。クラウド上で作業車の位置を解析した結果をタブレット、スマホ、パソコン等の Web ブラウザが使用できる、インターネットが接続された端末から所在確認が可能なシステムとなっている。表-1に各機器の仕様を示した。



図-2 作業車管理システムのハードウェア構成

(a) BLE タグ

作業車の位置情報取得用に、現場フロア内の天井等に約20～30m間隔に設置する。BLE (Bluetooth Low Energy) とは、Bluetooth 通信規格の一種のことで、通信可能距離は20m程度で、電源はボタン電池となっている。










(b) BLE-LoRa ルータ

BLE-LoRa ルータは作業車に設置する。最寄りの BLE タグから発せられた BLE を受信し、LoRa で送信する。通信可能距離は100m～1km程度で、電源に単三電池4本を使用する。LoRa (Long Range) とは LPWA という通信規格の一種であり、取り扱うための免許が不要で、省電力かつ長距離通信が可能な通信規格である。

当初 BLE-LoRa ルータは天井に設置していたが、設置と撤去が困難であったことから、作業車に設置することとした。作業車に設置することで、作業車の実稼働状況のモニタリングや作業車のバッテリー残量確認も可能となった。バッテリー残量を確認できるようになったことで充電忘れ防止につながられる。

また、温湿度センサー、気圧センサーも同時に搭載

表-1 各機器の仕様

機 器	取付方法
<p>BLE-LoRa ルータ (自社開発品) 通信規格：受信：BLE 送信：Private LoRa 送信範囲：状況に応じて数百 m 送信可能 送信間隔：約 30 分 電源：単三電池 4 本 (1 年程度) (DC5V 電源も可能) 加速度センサー，温湿度センサー，サーチ用 BLE センサー搭載。 LoRa：Long Range</p>	<p>作業車への取付状況</p>  <p>BLE-LoRa ルータ</p> 
<p>BLE タグ (購入品) 通信規格：BLE 送信範囲：半径 20m～30m 送信間隔：約 3 秒 電源：ボタン電池 (3 年程度) BLE：Bluetooth Low Energy</p>	<p>天井部等，20m～30m 間隔で設置</p>  <p>BLE タグ</p> 
<p>LoRa ゲートウェイ及びインターネット接続ルータ (購入品) 電源：AC100V (コンセント) LoRa データを受信後，インターネット接続ルータへ送信。</p>	<p>現場事務所等に設置</p>    <p>LoRaゲートウェイ</p>
<p>作業車バッテリー残量センサー (自社開発品) BLE-LoRa ルータと，バッテリー残量センサーは無線 (BLE 通信) で接続</p>	<p>バッテリー残量センサーを作業車のバッテリーに接続</p>   <p>バッテリー残量センサー</p>

することで，現場作業環境の測定ができ作業員の熱ストレス管理にも活用可能である。

(c) LoRa ゲートウェイ

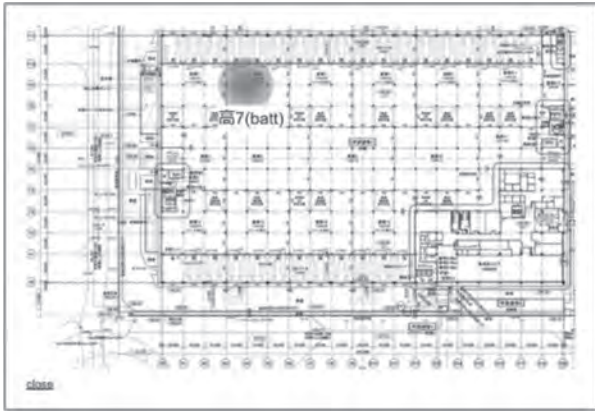
現場事務所に設置する。BLE-LoRa ルータからの LoRa を受信して，インターネット接続ルータを経由してクラウドに接続し，データを保存する。電源は AC100 V となっている。

(3) 本システムの機能

作業車所在管理システムのソフトウェアは，カスタマイズ性を高めるため自社で製作している。主な機能を以下に示す。

(a) 作業車情報の表示

フロア図に作業車の位置情報を図-3 の様に表示可能である。また，現場内で稼働しているすべての作



図一三 位置情報モニター画面例

業車のデータを図一4の様に一覧表示で確認可能である。作業車バッテリー残量等も表示できる。

(b) 作業車の予約管理

これまで作業車の予約管理は、ホワイトボードで管理することが多かった。そこでホワイトボードで管理していると同様に、図一5の様に作業車を指やマウスで移動して予約できる画面構成とした。

(c) 稼働管理

現場内の各作業車の稼働状況を確認できる機能を有している。図一6は各作業車の稼働時間一覧を示したものである。これにより、

(d) 警報設定

図一7に示す様に、各機器の電圧下限値を設定することでバッテリー切れの警報や暑さ指数(WBGT(湿球黒球温度): Wet Bulb Globe Temperature)の上限設定が可能である。

(e) スマホを利用したタグサーチ機能

BLE-LoRa ルータのLoRa 送信間隔は30分に設定している。これはバッテリーの消耗を防止するためであ



図一五 予約管理画面操作例

稼働時間一覧 [hour] DL

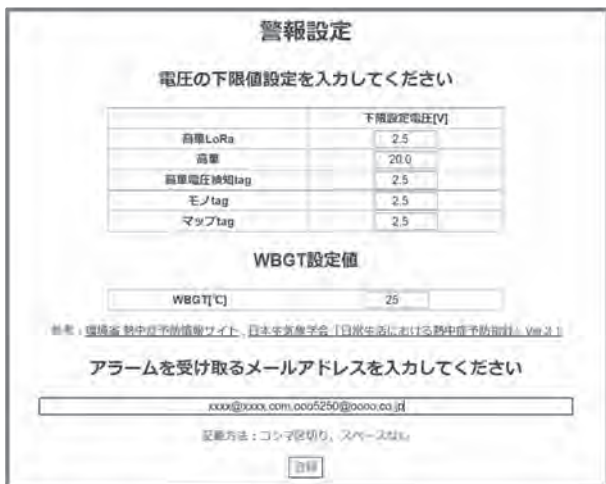
name	05/08	05/10	05/11	05/12	05/13	05/14	05/15	05/17
高4	0.0	2.5	5.0	0.0	4.0	0.5	3.0	5.0
高2(batt)	5.5	3.5	6.0	0.0	2.5	0.5	4.5	3.5
高1(batt)	0.0	0.5	3.0	7.0	2.5	2.5	5.0	6.0
高7(batt)	6.0	7.0	7.0	5.5	7.0	6.0	6.5	6.0
高8	5.5	7.0	6.0	6.0	6.0	7.0	0.5	6.5
高3	6.5	7.0	0.0	7.0	7.0	4.5	1.5	5.0
高6(batt)	4.5	7.0	6.0	6.5	4.0	7.5	5.5	4.0
高5(batt)	5.5	6.5	0.5	0.0	2.0	5.5	0.0	5.0

図一六 各作業車の稼働時間一覧

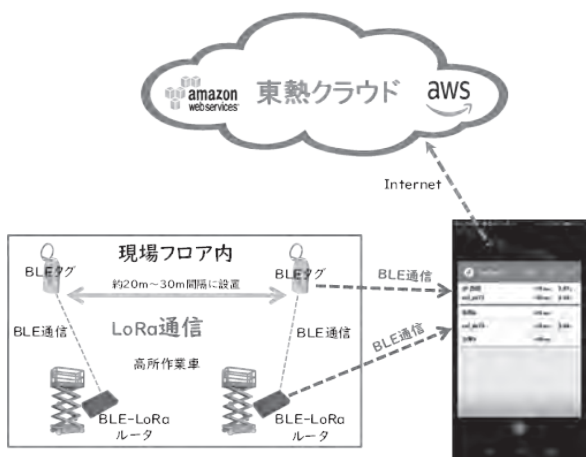
るが、リアルタイムで作業車を探せないといった課題がある。そこで作業車を直ぐに探したい場合には、スマホアプリ(自社開発)のタグサーチアプリを活用する。図一8に示す様に、現場内をスマホのタグサー

name	floor	place	status	温度[℃]	湿度[%]	気圧(hPa)	加速度横[0]	加速度縦[0]	加速度横出力回数	ノードgw	rssi[dBm]	距離[sec]	シーケンス番号[-]	電圧[V]	電圧tag	電圧tag	ノードrssi[dBm]	電圧tag電圧[V]
高4	2F	X13Y1	bad	19.8	51	1013.1	0	0	0	-122	3	15	15	2.88	-1	0	0	0
高2(batt)	1F	X14Y4	bad	27	77	981.7	0	0	0	-104	1792	211	211	2.94	24.55	-76	3.06	3.06
高1(batt)	1F	X4Y6	bad	26.9	76	995.5	0	0	0	-103	1808	29	29	2.88	25.01	-67	3.1	3.1
高7(batt)	1F	X4Y6	bad	33.3	47	986.9	0	0	0	-112	1807	187	187	2.90	24.35	-76	3.1	3.1
高8	1F	X10Y9	bad	31.4	54	986.2	0	0	0	-121	14534	245	245	3.02	-1	0	0	0
高3	1F	X16Y2	bad	28.7	83	986.6	0	0	0	-98	1790	235	235	2.92	-1	0	0	0
高6(batt)	3F	X2Y10	bad	31.4	53	984.1	0	0	0	-118	1775	43	43	3	25.41	-71	3.13	3.13
高5(batt)	1F	X10Y8	bad	28.7	65	986.4	0	0	0	-118	3678	77	77	3.09	24.42	-81	3.07	3.07
高9	1F	X10Y8	bad	31.6	58	986.5	0	0	0	-116	1793	255	255	3.21	-1	0	0	0
高10	2F	X16Y3	bad	19	62	1013.5	0	0	0	-113	3	13	13	2.96	-1	0	0	0
高11	3F	X5Y7	bad	31.7	58	984.2	0	0	0	-112	1776	7	7	3.18	-1	0	0	0
高12	3F	X14Y7	bad	30.7	61	984	4.17	14	14	-120	3577	243	243	3.21	-1	0	0	0
高13	3F	X11Y4	bad	17.2	72	987.8	0	0	0	-61	1620	205	205	3.17	-1	0	0	0
高14	3F	X11Y4	bad	19.4	70	987.1	2.15	4	4	-65	1844	215	215	3.23	-1	0	0	0
高15	1F	X4Y3	bad	19.5	64	1013.8	0	0	0	-117	4	119	119	2.94	-1	0	0	0
高17	2F	X18Y8	bad	25.4	81	984.6	0	0	0	-120	1814	211	211	3.26	-1	0	0	0
高18	1F	X1Y1	bad	19.5	65	1013.8	0	0	0	-121	4	1	1	2.98	-1	0	0	0
高19	2F	X18Y6	bad	24.9	78	985.1	0	0	0	-117	1796	183	183	3.17	-1	0	0	0
高20	1F	X10Y8	bad	32.5	57	986.7	0	0	0	-118	10721	9	9	3.23	-1	0	0	0
高21	3F	X11Y4	bad	23.5	67	986.9	0.73	2	2	-37	1797	31	31	3.23	-1	0	0	0
高22	3F	X11Y4	bad	23.3	67	987	0.86	3	3	-53	1830	233	233	3.2	-1	0	0	0
高23	2F	X18Y8	bad	19.3	85	1013.8	0	0	0	-114	3	25	25	2.94	-1	0	0	0
高24	2F	X13Y3	bad	19.2	85	1013.8	0	0	0	-115	7	725	725	3.01	-1	0	0	0

図一四 一覧モニター画面例



図一七 警報設定画面例



図一八 タグサーチャプリのシステム構成

チャプリアを起動したまま巡回することにより、スマホ画面上にフロア位置情報および作業車の位置情報をリアルタイムに表示可能である。また、その情報をクラウドに上げる事で、本システムの情報更新も可能となる。

5. 導入効果の試算

作業員が作業車を探す手間や業者への割り当て（予約）時間の削減で、1日平均30分程、年間約120時間の削減が図れることとなる。

また、作業車の稼働管理を行う事で、効率的に作業車をレンタルできるようになり、作業車1台当たり20,000円/月として、平均5台程減らせたとした場合、年間120万程度のコスト削減につなげることが可能となる。

6. おわりに

本稿ではICTを活用した現場生産性向上の取組みとして、当社で開発した本システム作業車所在管理システムを紹介した。本システムを導入することにより、作業車の位置情報や稼働状況を容易に把握することができ、現場作業の効率化を図ることが可能となった。また、本システムは業種を問わず利用可能なため、現場全体の作業効率化に貢献できることを願っている。

J C M A

[筆者紹介]

三橋 俊彦 (みはし としひこ)
 東洋熱工業(株)
 技術統轄本部 技術研究所



DX 社会の実現を目指した高精度測位技術の開発

「ichimill (イチミル)」サービス

花井 祥太

筆者らは、現在高精度測位技術の開発を行っている。本稿では ICT 施工への活用が可能となる民間等電子基準点への登録や、独自のアルゴリズムで開発した補正情報配信システムの開発、安価な測位デバイスに加え、自位置の見える化を可能にするアプリケーションの開発、さらには屋内測位技術の開発といった、今後の DX 社会の実現に必要な不可欠となる高精度測位を可能にするための取り組みについて紹介する。
 キーワード：高精度測位、ICT 施工、民間等電子基準点、補正情報、屋内測位、DX

1. はじめに

安価な GNSS 受信機と補正情報配信サービスの普及に伴い、高精度測位の活用が一般企業や個人ユーザにも広がりを見せている。近年、モバイル通信の基地局運営のノウハウを持つ通信キャリアが、補正情報配信サービスを提供するための独自の基準点を整備・運用することで、信頼性の高い、それでいて安価な補正情報配信サービスが実現できるようになってきた。

建設現場での機器管理や自動制御には高精度な位置情報が不可欠となる。そんな高精度な位置情報の取得が可能となる高精度測位を実現するため、RTK 技術を用いた「ichimill (イチミル)」サービスを開発した(図-1)。RTK とは、リアルタイムに誤差数センチメートルの高精度な測位を実現する技術である。座標が既知の地点に固定された基準点(固定局)で受信した GNSS の観測データを基に、補正情報と呼ばれるデータを生成して GNSS 受信機(移動局)へ送信することで測位を行う。補正情報を利用することで誤差の少ない高精度な位置情報を得ることができるのである。

通信キャリアの設備を有効活用しながら、独自基準点(独自基準点の位置座標は国土地理院の電子基準点を基に計算)を全国 3,300 カ所以上と高密度に構築(図-2)することで、冗長性の担保や移動体への対応も可能となり、ユーザー自身による基準点整備および保守運用が不要となる。また 5 衛星システム(QZSS, GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou)に対応し捕捉可能な衛星数を増やすことで、主に都市部などの衛星信号の受信環境が悪い場所でも測位精度の向上が可能となり、RTK の Fix 時間の短縮が期待できる。

これにより、高精度な補正情報が「いつでも」「どこでも」利用できるようになったのである。本稿では筆者らの取組内容について紹介する。

2. 独自基準点の運用

国土地理院は、全国約 1,300 カ所の電子基準点を構築、運用しており、その観測データは地殻変動の監視をはじめ、測量や測位サービスなどに活用されている。近年、様々な民間企業などが独自に基準点を設置



図-1 RTK 技術を用いた高精度測位



図-2 全国高密度に配備した独自基準点

していることから、国土地理院は信頼性の高い測位サービスを安定的に利用できる環境の確保などを目的に、民間企業などの独自の基準点の性能を評価し、級別（A～C級）に登録する制度（民間等電子基準点の登録制度）を2020年4月から開始した。設置環境の条件やGNSS受信機の性能、GNSSの観測データの品質や測位の性能など、国土地理院が定める基準を満たした基準点が、民間等電子基準点として登録される。また、従来ICT施工に必要な位置情報の取得に活用できる基準点は、国土地理院が保有するものに限られていたが、この制度の開始に伴い、民間等電子基準点に登録された独自の基準点もICT施工に活用できることになったのである。これによりICT施工に活用できる基準点が増加することでICT施工が利用できる施工現場も大幅に広がることになる。

現在、全国3,300カ所以上に構築している独自基準点において、民間等電子基準点への登録を順次進めている。2021年6月には、ある1拠点（兵庫県洲本市に設置された基準点）が民間等電子基準点（A級）として登録された。A級として登録されたのは民間企業では初となる。民間等電子基準点に登録されることは、基準点の品質も高いことを意味しており、高精度な測位サービスを安心して利用ができるよう、全国の独自基準点の民間等電子基準点への登録を目指して対応を進めている。

また、山間部などの通信が不安定な場所でもICT施工への活用を含む高精度な測位を実現するため、NSN（Non-Terrestrial Network：非地上系ネットワーク）技術との組み合わせによるエリア拡大を目指し、開発を進めている。

3. 補正情報の配信

補正情報とは、基準点でのGNSSの観測データと基準点の座標を合わせたものである。一般的に、RTKの場合は基準点と移動局との距離が短い方が測位精度が良くなるため、移動局の最寄りの独自基準点を自動的に選択し、その独自基準点の補正情報を配信している。また、観測データに対して、独自基準点のアンテナ位相中心オフセットなどの補正を行い、精度向上を実現しているほか、移動局の位置と独自基準点の位置における地殻変動量を算出して、その差をキャンセルする補正を配信データに加えることで、一般的なGNSS受信機よりも正しい座標値を得ることが可能になる技術を独自に開発し、補正情報配信を行っている。

4. デバイスとアプリケーション

現在、以下3種類の方法で補正情報の利用が可能であり、用途に合わせて選択することができる。

< GNSS受信機を保持していない場合 >

① GNSS受信機+通信（専用）+補正情報のオールインワン

< GNSS受信機を保持している場合 >

②通信専用機+補正情報

②補正情報のみ

「①GNSS受信機+通信（専用）+補正情報のオールインワン」の場合、位置情報をすぐに活用するための、見える化（WEB-UI）も利用が可能となる。見える化（WEB-UI）は、スマホやPCなどで、GNSS受信機（専用受信機）の現在位置や移動軌跡の確認が可能となる。また、過去の測位結果のデータ取得やAPI連携も可能となる。このように高精度測位を実現するための独自基準点、補正情報の配信システム、デバイス/アプリケーションまでワンストップでの開発を行うことで、高精度で安定した測位情報を手軽に利用できるのである。

5. 屋内測位

UWB（Ultra Wide Band（超広帯域無線））を用いた屋内測位技術の開発も現在進めている。

現行では作業員の稼働状況を詳細に把握するのは困難であり、従って課題把握も困難となる。しかし作業員の高精度な位置情報が取得できれば、リアルタイムに稼働状況が見えるようになり、そのデータを活用し作業工程の効率化につなげることも可能となる。さらには倉庫内に大量にあるパレットの資材管理などの所在がリアルタイムに正確に把握が可能となることで、紛失リスクの軽減や探索作業の効率化が期待できる。フォークリフトの走行ルート管理や走行アシストなどの自動走行機器への制御も可能となり、今までは非常に煩雑であった業務のデジタル化が可能となるのである。

6. データ活用

高精度な補正情報が「いつでも」「どこでも」利用できることから、測位データを大量に取得することも可能になる。それらの測位データを分析することで、新たな価値を生み出すことも可能になるのである。

例えば、建設関連機器の稼働状況や軌跡データを網



図一3 DX化に伴う建設現場での自動化/効率化

羅的に収集、分析することで、機械稼働状況の見える化や、機械/オペレータごとの作業バラツキ、効率差異を把握することができる。これにより、機器稼働や作業の効率化はもちろん、予め次作業の軌跡を設定しておくことで、最適な稼働の実現などの現場作業の高度化も実現が可能となる。

7. おわりに

これらの高精度な測位を可能する技術は、建設業界にてさまざまな形で活用が急速に進んでいくと考

ている。特に全国高密度に配備した独自基準点が民間等電子基準点として登録されることで、建設工事の生産工程における建設機械の自動制御などのICT施工での活用が可能となり、建設現場における生産性の向上や品質の確保が図れることとなる。設計、施工計画、施工、検査、それぞれの工程においてICTが活用されることで、職人同等の高度な技術の継承と併せて、安全性と生産性の向上を実現することが可能となる。

また、建機の位置管理や稼働管理、さらには作業員の安全確保といった観点でも活用が可能であり、さまざまな場面で必要不可欠な技術であると考えている。

引き続き技術開発を検討し、DX社会への貢献を目指す所存である。

JICMA

[筆者紹介]

花井 祥太 (はない しょうた)
ソフトバンク(株)
テクノロジーユニット サービス企画技術本部
コアソリューション企画開発統括部
測位ソリューション部
部長代行

建築施工分野における DX の取組紹介

TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセンター

今 泉 潤

2021年9月に開設した、TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセンター（以下、本施設という）は来場者が建築施工向け計測ソリューションを体験的に理解できる国内初の施設である。本施設では、建築分野における技能労働者の不足、生産性向上という社会的課題を解決することを目的として、BIMとの連携や3Dスキャニングなど、建築施工における14種類以上の計測ソリューションのデモンストレーションが可能で、トレーニングや計測技術をベースとしたイノベーションにも活用されることを想定している。本稿では、建築施工分野におけるDXの取組と、そこで使われたハードウェアとソフトウェアを体験的に理解できる本施設について紹介する。

キーワード：建築, 3D計測, 3Dレーザースキャナ, 杭芯出し作業, コンクリート平坦性

1. はじめに

近年、建設業界では、技能労働者の不足、長時間労働の是正が社会的課題となっている。

特に現状、建設業の技能労働者の3分の1は55歳以上となっており、熟練技能者の高齢化による減少と不足は慢性的な状況になっている。また、2019年4月に施行が決まった働き方改革関連法の適用に伴い、2024年から建設業においても労働時間に上限規制が設けられる。具体的には、時間外労働の上限は原則として月45時間、年360時間とされ、それを超える場合は罰則の対象となる恐れがある。

こうした変化は、これまで生産性向上への取り組みが進んでいなかった建設業界全体にとって、大きな変革の機会である。ICT技術を活用することで、社会的課題を解決できる可能性を秘めており、今、業界で期待されている。

そうした中、最近では、高精度な3次元位置情報の計測技術を応用した建機の自動化システムや、設計、施工、検査の各工程をデジタルデータ化し建設工事のワークフローを一元管理する技術が活用される場面が増えてきた。生産性が飛躍的に向上するこれらの技術により、建設現場を工場化するというDX（デジタルトランスフォーメーション）が起きている。

90年代から、ICT技術を重機にとり入れて自動化するICT施工技術や、トータルステーション、GNSSといった計測機器のデジタル化、レーザース

キャナなどの3D計測技術の進化が背景にある。

こうした背景から、本稿では、建築施工分野におけるDXの取組と、そこで使われたハードウェアとソフトウェアを体験的に理解できる本施設について紹介する。

2. 建築施工ソリューションのコンセプト

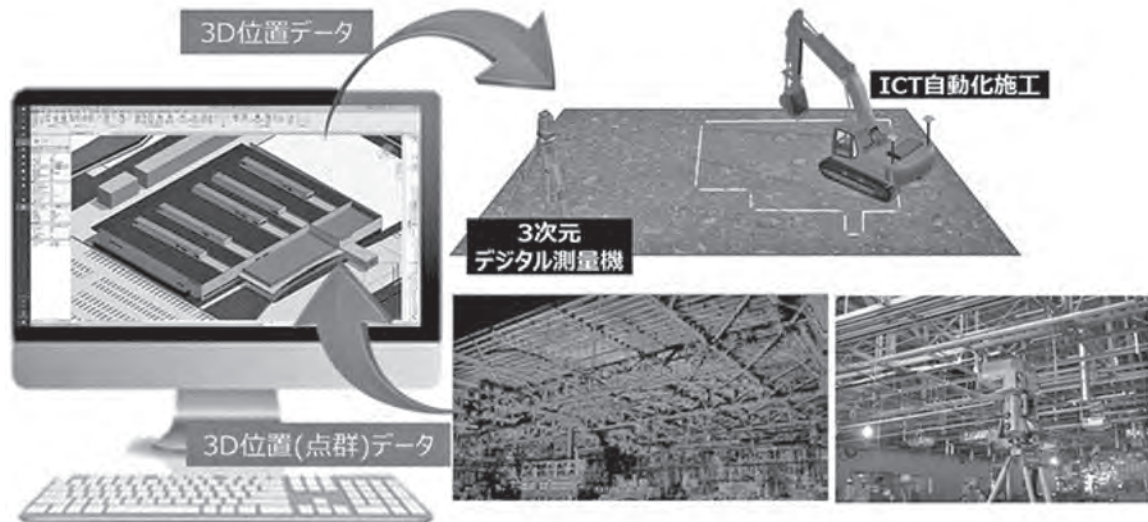
ICT技術を用いた建築向けの施工ソリューションのコンセプトとして、「バーチャルとリアルをつなぐ架け橋となる」という考え方がある（図1）。

BIMに代表されるように、設計ではデジタル3Dモデルを「バーチャル」な空間に構築することが主流になってきている。2DCADでの作図も、デジタルデータを使って構成している点では同様にバーチャル空間での設計行為と言える。

そして、設計段階で作った「バーチャル」な空間上の設計データを「リアル」である現場に落とし込んでいるのが施工段階と言える。

例を挙げると、「バーチャル」であるCADで作成された実施設計図から施工図が作成され、その施工図を元に元請であるゼネコンから土工事業者やコンクリート業者といったサブコンに指示を出し、サブコンの作業者が「リアル」な現場への部材の設置（施工）を行っているという状況は想像しやすい。

このように、「バーチャル」を「リアル」に落とし込むということは、位置データを施工現場に展開する



図一 建築施工ソリューションのコンセプト「バーチャルとリアルをつなぐ架け橋となる」

こととも言える。これを具体的な作業工程で言うと、ベンチマークや基準点を元に、敷地内での建物本体の配置を地縄張りすることや、杭伏図にある杭の位置を敷地内に落とし込む杭芯出しなどにあたる。また、根伐図に従って重機を使って掘削を行うことも、設計を元に施工している点では同様であり、繰り返しになるがこれらは「位置データを施工現場に展開している」と言える。

通常、この工程は、CAD データで作成した施工図から、最終的に紙にプリントアウトしたものを使って、墨出し業者が墨出し=位置出しをし、サブコンも紙図面を見ながら、施工している。

しかし、このようにデジタルデータを一度アナログな紙に出力してから施工するのは、非効率であり、無駄がある。言い換えれば、「バーチャル」と「リアル」の間にギャップがあるということである。

そこで、3D 計測や ICT 施工により、このギャップを埋め、「バーチャル」と「リアル」をつなぐことで、効率化、省力化を図り生産性向上ができると考えられている。デジタル化をさらに推し進め、CAD や BIM データに代表されるようなデジタルデータを、計測機や重機の制御システムに入力し、そのまま使用することで、無駄な手間を排除できるのである。

また、出来形のような、施工した結果の検査においても、同様である。検査では通常コンベックスや計測機が使われるが、手作業で紙に記載し、場合により CAD に転記するといったことが行われている。これに代わってデジタルで計測したデータをデジタルで残すことで、後工程で使用することや、帳票にいつでも加工、取り出すことが可能になる。施工現場の位置データを取得しデジタルエビデンスを残すことで省力化で

きるのである。

昨今、製造業から始まった「デジタルツイン」として「リアル」な製品・環境を「バーチャル」で構築し、シミュレーションを行う概念が建築業でも注目されている。デジタル化を推し進め「バーチャル」と「リアル」のギャップを埋めることは、より正確な「デジタルツイン」を構築することであり、これにより、現場の省力化、生産性向上が図れるのである。

3. 建築施工における取組

上記で述べた考えに至るきっかけとなった、建築施工における生産性向上の取組を紹介する。

トプコンオプトネクサス社（以下、本グループ会社という）の新工場が、2020年10月に竣工した（図一2）。本グループ会社の新築工事では、設計・施工を担当した大和ハウス工業(株)との共同により、BIMと連携した施工が実践された。

本新築工事で「デジタルツイン」構築のために実践されたトプコンの技術は、4つに大別される。

①マシンコントロール

トータルステーションや GNSS の計測技術を用いて、施工機械の操作をサポートし、リアルタイムに自動制御し施工を行う技術。外構工事における路床・路盤で、丁張を設置することなしでの自動制御による工事などを行った。

②ワンマン位置出しシステム

プリズムを自動追尾する測量機で、杭芯やそれ以外の部材の設置個所の位置出しが一人のできるシステム。杭工事での位置出し、鉄骨の建て入れ精度確認、設備機器の墨出しなどで活用した。



トップコンオプトネクス新工場新築工事	
発注者	: 株式会社トップコンオプトネクス
設計・施工	: 大和ハウス工業株式会社
工期	: 2019年12月~2020年10月
用途	: 工場 (レンズ・プリズム製造工場)
構造・階数	: 鉄骨造 地上1階
建築面積	: 7,749.97 m ²
延べ床面積	: 7,548.12 m ²
軒の高さ	: 7.81 m

図-2 本グループ会社新工場新築工事概要

③ 3D スキャナー

3D レーザースキャナで建物や地形などを測量した点群データを活用する技術。点群データを解析するソフトを用い、土間レベルの計測や、設備の配管ルート確認などで活用した。

④ UAV (ドローン)

ドローンで空撮した写真から、3D 点群データを作成し活用する技術。敷地の形状を確認や土量算出、外壁検査等で活用した。

これらの取組の結果として、工期短縮や生産性向上に対して高い効果を得ることができた。

4. 本施設の概要

(1) コンセプトと概要

この取組での経験から、特に効果のあったソリューションを、BuildTech でデモンストレーションするメニューとして検討し、屋内施設での実施が可能な、ワンマン位置出しシステムと 3D スキャナーによる計測を、主なコンテンツとして採用し、それに従った計画を行った。これらのソリューションを体験できる施設として、ゼネコン、設備工事業者・墨出し業者等のサブコン、ソフト会社、および学術・官公庁関係者などを対象とし、東京都板橋区にある本社構内に開設した。図-3 は竣工した施設の内観写真である。

本施設のコンセプトは「見て触って理解する」。即ち体験的な理解ができる施設である。各種計測器の実機を取り揃え、建築現場における建物内部・外部を含めた幅広い施工現場の状況を屋内空間に再現している。これにより、建築プロセスの様々な工程での、墨出し (位置出し)、設置、検査といった 3次元デジタ



図-3 本施設内観

ル計測を一度に実体験できる。さらに、BIM データとの連携、それらを施工現場で活用する方法など、建築施工ソリューションを体系的に学習、理解することが可能である。

(2) 活用シーン

以下の3つが本施設で想定している活用シーンである。

① デモンストレーション

スタッフによる計測の実演やハンズオンを通じて来館者にソリューションを理解してもらう。

② トレーニング

製品を購入された方や営業スタッフに、時間をかけて理解、さらに繰り返し操作することで、現場で使用できるレベルで使いこなしてもらう講習を実施する。

③ イノベーション

既存の計測機の新たな使い方の検証や、必要であればハードウェア、ソフトウェアの開発を検討するような、技術の検証を通して工夫をする場所としても活用する。

(3) 構成

本施設は、大きく分けて外部ゾーンと内部ゾーンの2つのゾーンで構成されている。

外部ゾーンは準備工事や杭工事など、本体工事以前に屋外で行われる計測を中心に体験できるゾーンとして、杭や基礎、アンカーボルトの模型を用意している。また、外部ゾーンには椅子・机を設置し、座学研修も可能である。

内部ゾーンは図-4のように、標準的な建築物の階高4mの高さのグリッドフレームに、設備や天井などの建築部材を取り付けており、本体工事のための計測が可能である。コンクリート床工事や設備工事など建物本体部分の工事での計測を想定している。

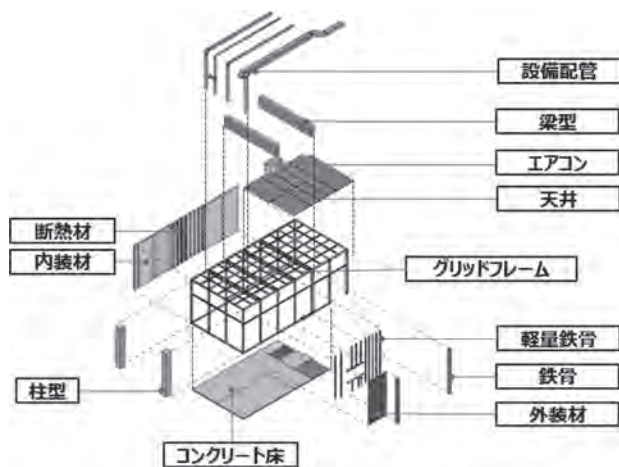


図-4 内部ゾーン部材構成

(4) 実施可能なデモンストレーション

本施設では多数のデモンストレーションが可能であるが、代表的な2種類の計測のデモンストレーションについて説明する。

①杭芯出し作業

ワンマン位置出しシステムを用い、杭芯出しと杭の偏心量を確認する。ワンマン位置出しシステムは、「楽位置」という計測器と、スマートホンのアプリである「楽墨」及び、「楽位置」からの測距光を反射するプリズムを用いて距離と角度を計測し、リアルタイムに位置を計算するものである。

はじめに、内部ゾーンに仮想的に配置した杭の位置と基準点を座標データ化する必要がある。設計時に構築した本施設のBIMモデルを使用し、「Point Manager」という座標一括抽出ソフトにより、杭のファミリーと、基準点となる境界杭位置の座標データを作成する(図-5)。

BIMモデルから出力した杭位置の座標点データを、「楽墨」へ入力する。「楽位置」で計測されたプリ

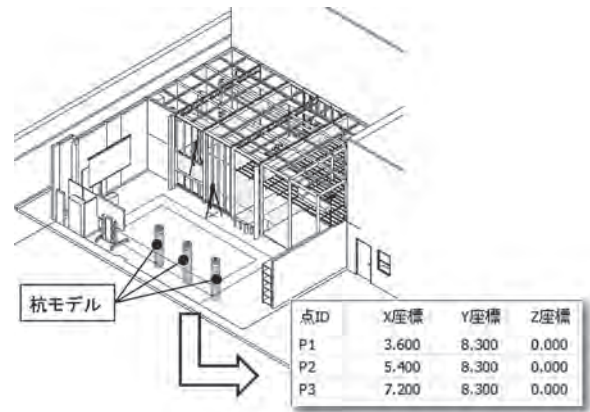


図-5 BIMモデルから座標点データ作成

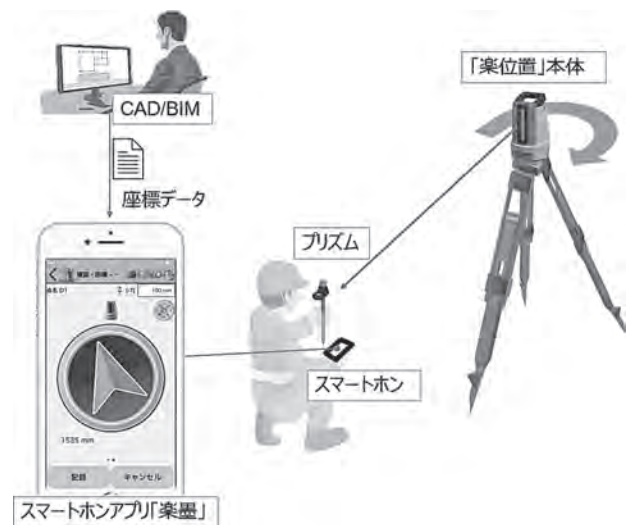


図-6 「楽位置」による計測の全体像

ズムの位置を「楽墨」が表示し、現在位置から杭位置までの方向と距離を計測者に教え、誘導してくれる。計測者は杭位置を地面に見立てた床にマーキングする(実際の現場では杭芯金物を打ち込む)。図-6が計測の全体像である。

次に、杭位置を出した箇所に、杭の打設後の状況を再現するために杭頭の模型を設置する。「楽墨」を使い、杭頭の模型の中心位置を再度計測する。「楽墨」で杭の偏心量のデータを記録することができる。

②コンクリート平坦性解析

本施設のコンクリート床は、意図的に不陸のあるエリアと、通常の均し作業と金鋸押さえにより平滑に仕上げたエリアを用意している。このコンクリートの表面を、3Dレーザースキャナを用いて計測する。

トータルステーションレーザースキャナ「GTL-1000」(図-7)を内部ゾーンに設置し、スキャンを行う。「GTL-1000」では最大100,000点/秒のレーザーを照射し、対象物からの反射を計測し、空間全体を点群データとして記録することができる。



図-7 GTL-1000

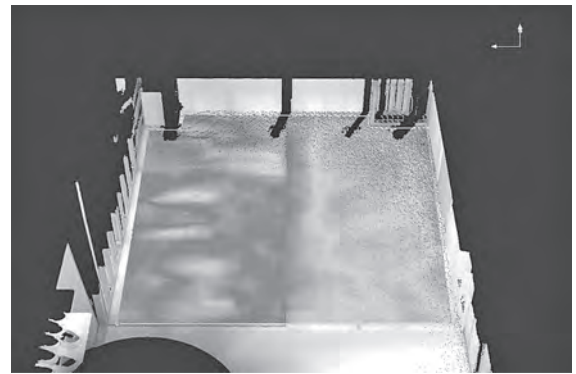


図-8 平坦性解析結果

点群データは x, y, z の座標値を持った点のデータの集合であるが、写真を同時に撮影することで、RGBの色データを点データに与えることもできる。

取得した点群データを、スキャナー本体からパソコンに移動し、点群処理ソフトである「Magnet Collage」で点群データの生成や合成等の処理を行う。

次に Autodesk 社のレビューソフト「Navisworks」のアドオンソフトである、ClearEdge3D 社の「Rithm」という平坦性解析ソフトで解析を行い、基準面に対しての凹凸を可視化する。

図-8は、本施設のコンクリート床をスキャンしたデータを、「Rithm」で解析した結果である。誌面上は白黒であるが、解析結果は、基準の高さを緑、基準面より下がっているところを青、上がっているところを赤のグラデーションで示したヒートマップで表現ができる。

図の左側凹凸、つまり不陸のあるエリア、右側の部分は平滑に仕上げたエリアである。

本施設では、現在、図-9のように内部ゾーン・外部ゾーン合わせて、の14種類のデモンストレーションやトレーニングが実施可能であり、今後もユーザー

のニーズの変化や開発状況により、部材を追加・交換することにより、実施可能なアイテムを更新する予定である。

5. オープン後の利用状況

本施設は、2021年9月1日にオープンし、2021年12月末時点で、社内外含め49社120名によって利用された。使用目的は多い順に、見学40%、打合せ34%、技術検証16%となっている。尚、来場者の業種はゼネコンが最も多く、48%と約半数を占めている。

来場者アンケートでは、見学会・講習会に参加した満足度は平均4.63（5点満点）と高い満足度となっており、その理由として、

「これまで製品に触れる機会が少なく理解にハードルがありましたが、実際に製品を扱いながらご説明を受けたことで、理解の深化に繋がりました。」

「ご用意頂いたプレゼンは網羅的で分かり易く、質疑応答は少し場違いな質問に対しても背景をくみ取る形で解説頂き、建設建築の測量に関して大変学びが多かった。」といった意見をいただいている。



図-9 デモンストレーション可能なアイテム

今後もゼネコンによる見学・打合せ利用は多いと考
えているが、オープン時の見学が一巡したら、より現
場に近い、サブコンとの打合せやトレーニング、技術
検証が増えていくことが予想される。

6. おわりに

トプコンの建築施工分野における DX のコンセプト
と取組、そこで得られた知見を反映した本施設
「TOPCON “BuildTech” 建築施工ソリューションセン
ター」を紹介した。

本施設では現在、杭芯出しやコンクリート平坦性解
析など、建築施工における 14 種類のデモンストレー
ションが可能で、今後も施設の更新により、このアイ
テムは増加する予定である。

9 月から稼働している本施設には多くの来場者があ
り、アンケート結果からも、来場者が「体験的な理解」
ができるという当初のコンセプトで期待した結果が得
られていることがわかる。

今後、この施設を最大限活用し、建築施工ソリュー
ションを普及拡大することで、建築分野における技能
労働者の不足、生産性向上という社会的課題を解決し
ていく。本施設が建築業界、社会全体を変えていくた
めの発信源となればよいと考えている。

■施設概要

名称：

TOPCON “BuildTech” トプコン建築施工ソリュー
ションセンター

住所：

〒 174-8580 東京都板橋区蓮沼町 75-1

(株)トプコン敷地内

お問い合わせ：

(株)トプコン

スマートインフラ事業本部スマートインフラ営業部
パーティカル・コンストラクション事業推進課

問い合わせ専用メールアドレス：

buildtech@topcon.com

JCMA

[筆者紹介]

今泉 潤 (いまいずみ じゅん)

(株)トプコン

スマートインフラ事業本部



ウェアラブルセンサを活用した 熱中症予防管理システムの実証実験

熱中症を未然に防ぐ取り組み

無津呂 大 輔

熱中症は夏期の深刻な労働災害のひとつであるが、筆者らは2010年度から熱中症を発症する前に人体が発する信号（バイタルサイン）を取得し、未然に防ぐ技術開発に取り組んでいる。熱中症発症を検出するには深部体温の計測が肝要であるが、作業従事者の深部体温を継続して計測することはこれまで困難であった。

本稿では、(株)MEDITA（以下、本協力デバイスメーカーという）が開発している深部体温の変動データの近似値を取得できるウェアラブルデバイスを用いた作業現場での実証実験を行ったので、その内容と今後の課題について報告する。

キーワード：熱中症、研究開発、労働災害、被験者実験、バイタルサイン

1. はじめに

地球温暖化と言われるようになってから久しく、猛暑、酷暑という言葉も夏期においては聞かない日が無いのが我が国の置かれている現状である。毎年熱中症へ注意を促す声を聞くが、暑さが様々な対策を超えてくる。近年、初夏になると厚生労働省からWBGT値（暑さ指数）を活用して熱中症予防に努めるよう通達が発信されるが、夏期の日中、WBGT値は常に「厳重警戒」または「危険（原則運動禁止）」を示し、建設事業者としては工事進捗の面から悩ましい課題となっている。

しかし現実には建設業における夏期の熱中症災害は何も変わらず、表1に示す通り発生件数、死者数は他業種を大幅に上回る。工事現場は日よけとなる屋

根や常設の空調設備を設置することが困難であり、快適な労働環境を構築することが難しいため、他の業種と同様の方法では解決が難しいと理解しつつも、これほどの不名誉な一位を継続しているという事実から目を背けることは許されない。実際に多くの方が亡くなっているのは紛れもない事実である。

工事現場での個人の健康管理は最終的には各個人に委ねられているが、元請は各作業所単位でそこに出入りする協力会社社員（作業従事者）の健康と安全を保全しなくてはならない。

熱中症の予防（ならないようにする）には、暑熱順化といわれる汗をかきやすい身体にすることから始まり、適切な水分摂取、休養・睡眠、塩分摂取が基本的対策である。近年、ファンにより汗の気化熱を利用して体を冷やす服が出回り、かなりの作業従事者が着用しているが、それでも熱中症を発症する者はゼロにはならない。

熱中症は高齢者になるものであるという誤った先入観をよく耳にするが、実際には年齢は関係なく、またその職に就いてからの経験年数も関係ないことはこれまでの調査で明らかである。被災者が多い職種はあるが、発症者がいない職種はない。つまり誰であっても熱中症になってしまう危険性に直面しており、自分はベテランだからと安心できないし、若いから大丈夫というつもりもない。

作業従事者が熱中症を発症すると、それは労働災害となる。労働災害は未然に防ぐよう努めなくてはなら

表1 熱中症による死傷者数の業種別の状況（2016～2020年）

業種	(人)									
	建設業	製造業	運送業	警備業	商業	情報・ と畜業	農業	林業	その他	計
2016年	113 (7)	97 (0)	67 (0)	29 (0)	39 (1)	37 (1)	11 (1)	13 (1)	56 (1)	462 (12)
2017年	141 (8)	114 (0)	95 (0)	37 (2)	41 (0)	32 (1)	19 (2)	7 (0)	88 (1)	544 (14)
2018年	239 (10)	221 (5)	168 (4)	110 (3)	118 (2)	81 (0)	32 (1)	5 (0)	204 (3)	1,178 (28)
2019年	153 (10)	184 (4)	110 (2)	73 (4)	87 (1)	61 (0)	19 (0)	7 (0)	135 (4)	829 (25)
2020年	215 (7)	199 (6)	137 (0)	82 (1)	78 (2)	61 (4)	14 (1)	7 (0)	166 (1)	959 (22)
計	861 (42)	815 (15)	567 (6)	331 (10)	363 (8)	272 (6)	95 (5)	39 (1)	629 (10)	3,972 (101)

※ () 内の数値は死亡者数で内数である。

出典：厚生労働省 報道発表資料 令和2年4月30日 令和2年「職場における熱中症による死傷災害の発生状況」（確定値）より抜粋

ない。熱中症を未然に防ぐことは、予定した工程を予定通りの人数で進めることを保つだけでなく、作業従事者本人にとっても苦しい思いをせずにする。そして熱中症は安全管理上軽く見られがちであるが、その程度によっては死に至るものであり、また死に至るまでが早い。現代、発症してその日に亡くなってしまふような病気はそう多くはないが、熱中症はその日のうちに死亡に至る危険な病状であり、いかに発症する前にその兆しを検出するかが肝要なのである。

2. 熱中症予防システムの構想

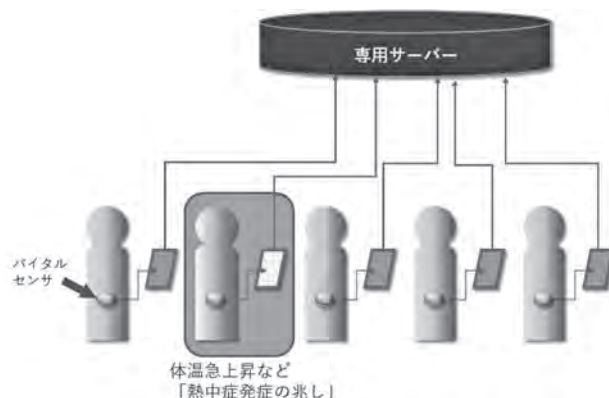
(1) 全体構想

熱中症は誰でもなるものである反面、人の身体はひとつとして同じものはない。そのため単一のしきい値を設定するなどしての予防が極めて難しい。高齢者だが全く熱中症にならない人がいて、若いのに朝から倒れてしまう人もいて、過去の熱中症災害事例を見ると単純な線引きができないことは明白である。そこで筆者らは、個々の身体が発する情報（バイタルサイン：生命兆候：人間が「生きている」ことを示す指標で「脈拍」「血圧」「呼吸」「体温」の4項目を基本とする）を継続観察することではじめて熱中症の兆しを検出することができるのではないかと考えた。

とはいえ、医療を本業としていない筆者らが単独で人体について何か調査研究することは無謀ともいえる挑戦であり、医学、工学の連携も必要となる。様々な識者に指導を受けながら、筆者らにできることは何であるかを模索している。

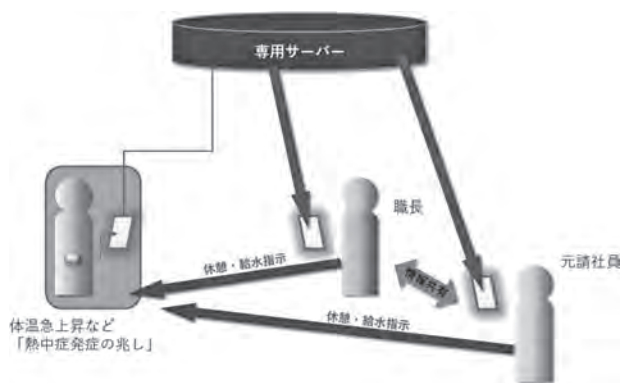
研究開発開始時は心拍変化に着眼し、被験者実験により実際に継続した心拍計測を試みたが、作業中の体動ノイズと身体負担による心拍変化とを分離、分析することができず、心拍を計測することによる予防策は断念した。その際、併せて血圧、脇下体温、体表温、摂取水分量、体重、尿濃度、活動量を取得しており、体重が短時間で著しい変化を示すことや尿濃度の高さから、本人の自覚に対し実際は危険なレベルの脱水を生じていることが判明した。それから心拍取得から脱水検知に方針をシフトしたが、脱水検知も簡単なことではなく、現在も研究継続中であるが思うように進捗していない。

筆者らが想定する予防システムは、バイタルサインの継続的計測、そしてその情報を集約し管理するしくみである(図-1,2)。バイタルセンサが取得するデータを活用し、作業従事者本人が自覚できていない体調不良を第三者である元請社員や職長から知らせ、速や



連続する温度計測値が異変を示す
(その時々計測したデータだけでは検出できないので継続して計測していることによって異変がわかる)
※本人にもアラートは示されるが自覚症状がなければ作業を継続する可能性が高い

図-1 熱中症予防システム構想(段階1:検出)



該当者に給水・休息を指示→ →倒れる前に回復(熱中症災害発生しない)
※本人ではない第三者が気付き、休むことを促す

図-2 熱中症予防システム構想(段階2:休憩・給水指示)

かな休憩や給水を促すことができれば、熱中症災害を無くすことは叶わずとも、大きく減少させることにつながる。

(2) バイタルセンシングの困難性

熱中症の発症を検知するには深部体温の変化を捉えることが最適解である。しかし深部体温を得るには直腸温または排出されて間がない尿温を採らねばならない。脇下、舌下などで得られる体温とは異なる。コロナ禍にあって、サーモセンサによる体表温計測が広まったが、夏期においては発汗による冷えが生じ、正確な体温計測は不可能である。直腸温を継続して取得するためには、常時計測用プローブを挿入する必要がある。作業従事者に対し、終業時間中常に挿入してもらうというのは現実的ではない。

こうして当該研究開発は停滞せざるを得ない状態にあったところ、本協力デバイスメーカーが開発中の臍部の周辺に装着するウェアラブルデバイスを紹介された。

3. ウェアラブルデバイス

この度実験に用いたウェアラブルデバイスは現在開発中であるため、その詳細は記すことができないが、工事現場で作業に従事し、常に動的な状態にある人体からバイタルサインを正確に取得することは非常に難しいことである。

昨今はスマートウォッチを装着している人も増え、ジョギング中などの心拍を計測したり、自らの睡眠時の状態を知ったりと様々な活用がされているが、腕時計型のデバイスは作業従事者にとっては煩わしいものである。腕に何かつけることを嫌がられるだけでなく、作業中に壊してしまうおそれがあるものは装着してもらいにくい。

これまでの実験で様々な機器を被験者に装着してもらったが、いずれもなかなか好意的には受け入れてもらえなかった。バイタルサインの常時計測のためには、ごく自然に、装着していることを忘れるほどのものでなくてはならないし、破損の心配がないものまたは破損したとしても容易に交換でき、かつそのコストを低く抑えることができるものが理想である。

本協力デバイスメーカーでは、臍と深部体温の相関性を発見し、ウェアラブルデバイスを通じた体温変動解析を行いながらバイタルデータを活用し、命に寄り添うテクノロジーの実現を目指している。臍周辺に付けるウェアラブルデバイスは、違和感が少なく、体温変動・体動を同時取得、長時間利用が可能という特徴を持っている。

4. 実験

主に就寝時の女性向けに開発された臍部の周辺に装着する本協力デバイスメーカーのウェアラブルデバイスが、作業従事者の体温の変動データを継続して（途切れることなく）かつ正確に取得することができるのか？を調査することが今回の目的である。まずここで躓いては先が見通せない。

装着は不織布テープを利用するため、発汗しても剥がれないか？肌荒れやかぶれは生じないか？を調査することは当然のことながら、身体からウェアラブルデバイスが浮いたり外れたりすれば正確な体温データの変動の取得ができなくなるため、装着状態の観察が必要となる。

また、作業中は前屈姿勢になることが多いため、ウェアラブルデバイスの装着によって何らかの痛みを生じないか？違和感はないか？は重要な調査項目である。

実験は8月および10月の2回それぞれ3日間継続して、同一被験者を対象に実施した。異なる時期に実施したのは、暑熱による体温データの変化と体動による体温データの変化との差異を採ることで、暑熱による体温データの変化成分がどれだけのかを分析することを考慮したためである。朝礼前に体調ヒアリング等を行いながらウェアラブルデバイスを装着し、10時、12時、15時の休憩時および終業時にヒアリングや装着状況確認、データ取得を行った。実験であることは意識せず、普段通りの作業を行うよう努めてもらった（写真—1）。

被験者は5名、40代から60代までの型枠大工、鉄筋工および警備員である。例年、熱中症災害の被災者数はその構成人数が多いこともあるが、躯体工事に従事する工種に集中する。

被験者の作業環境については、WBGT計測器を設置し、継続取得した。



写真—1 ヒアリング状況

5. 実験結果

(1) 体温の変動データの取得

体温の変動データはほぼ途切れることなく取得できていることがわかり、また明確と言えるほど作業時と休憩や打合せ時が読み取れる程度であった。

加えて、8月期の実験最終日午後、被験者の1名が作業中に体調を崩し、軽度の熱中症の症状であった。作業中にはファン付きのベストを着用していたにもかかわらず熱中症を発症したため、作業所には作業環境の更なる改善を促すこととなった。また当該被験者のこの時の体温データの変動には、体調不良のタイミングでの深部体温上昇や上昇した体温の持続など特徴的なものが見られた。

今回はあくまで体温データの変動を継続して取得する実験であり、この特徴的なデータにおける（上昇や高温の持続）を一刻も早くとらえることこそが予防技術であるが、どのような変化を示した時が熱中症の兆

しであるのか、現時点では把握できていない。そのためには数多くの体温の変動データを取得することが必要であり、継続して被験者実験を実施していくことで、予防予測の精度は向上すると考える。

(2) ウェアラブルデバイスの装着

実験中は被験者に対し細かなヒアリングを実施し、ウェアラブルデバイスの装着に関しての意見や感想を得た。また実際にどのような作業をし、身体をどう動かしているか観察した。

ウェアラブルデバイスの形状や素材など設計にも影響することであるが、前屈姿勢による痛みや不快感が生じていたことも判明した。この聴取結果は痩せ型体系の被験者のみであり、ウェアラブルデバイスは小型であるため、それを吸収できる脂肪分が少しでもあれば不快感は生じないということも同時にわかった。誰ひとりとして同じ人間はいないが、大まかなくくりとしての痩せている、太っているという違いでさえ身体



写真—2 被験者作業状況



写真—3 被験者作業状況

に装着する機器においては、影響の大きい要素である。

(3) 通信

ウェアラブルデバイスは専用アプリケーションをインストールしたスマートデバイスと連動し、取得データをネットワーク上に蓄積することができる。今回実験を行った作業所はその立地条件から通信電波が届きにくい環境であったため、遠隔で各被験者をモニタリングする計画は断念した。

この機能を活用することで、装着者本人ではなく第三者による熱中症発症予防呼びかけが実現する。

6. おわりに

ウルトラマンには胸にカラータイマーがあり、その点滅を見ればイデ隊員でもアラシ隊員であっても「いまウルトラマンが苦しい状態にあるのだな」とわかる。作業従事者は人であるから本来ならば直接体調を問えばよいのであるが、体調が悪くても立場上言い出せない人や経験豊富であるがゆえに過信する人など様々いて、申告するより前に倒れてしまう事案が少なくない。当該研究開発は、第三者が体調不良に気付くことで、このような事例を少しでも減少させようとするものである。

バイタルサインを取得しても、対象者の既往症やその日までの疲労具合などを把握しておかなくては熱中症発症の予測は非常に難しいことである。

今回実験した臍部周辺に装着するウェアラブルデバイスは、構想する熱中症を発症前に未然に防ぐシステムの中核ではあるが全てではない。このウェアラブルデバイスを全ての作業従事者に装着してもらうためには、その供給体制やコストの検討が必要である。また身体的特徴によっては、すべての人が利用できるものではなく、これまで研究してきた脱水推定技術なども組み合わせて総合的予防システムを構築したいと考えている。

JCMA

【筆者紹介】

無津呂 大輔（むつろ だいすけ）
東急建設㈱
管理本部 基盤システム部

外壁パネル工事への移動足場の適用

田中昭臣

地上に敷いたレールの上を水平方向に可動する鉄骨フレームに、垂直方向に可動する作業ステージを取り付けた足場を開発した。これを移動足場とよび、実現場における外壁パネル工事への適用を実施した。施工の様子はクラウドカメラで観測し、在来足場での作業、および高所作業車での作業と、施工歩掛を比較し、作業性・安全性について考察した。本稿では移動足場の概要、在来足場および高所作業車との施工歩掛の比較・考察について報告する。

キーワード：省力化，生産性向上，移動足場，外壁施工

1. はじめに

将来の建設労働人口の減少に対応するため、建設現場における機械化・省力化は、業界全体の課題となっている。そこで、外壁工事の生産性と安全性を向上させることを目的に、作業床が水平・垂直方向に可動できる足場（以下、移動足場という）を開発した（写真—1）。

本稿では移動足場の概要、在来足場および高所作業車との施工歩掛の比較・考察について報告する。

2. 移動足場の概要

表—1 に移動足場の仕様を、図—1 および 2 に移動足場の図面を示す。移動足場とは、モーター駆動で



写真—1 移動足場全景

レール上を走行し、水平移動する自立した鉄骨フレームに、垂直移動する作業床を有する昇降式足場（図—3）が取り付けられたものである。

一般に昇降式足場は建物側から壁つなぎを取るが、移動足場は自立した鉄骨フレームから壁つなぎを取るため、作業床と建物との間には手摺以外の障害物が無く、高い安全性と作業性を有することを特徴としている。加えて移動足場は一度組み立てると、レールを延長すれば作業範囲を広げることが出来るため、長く連続した壁面の施工に効果が期待できる。

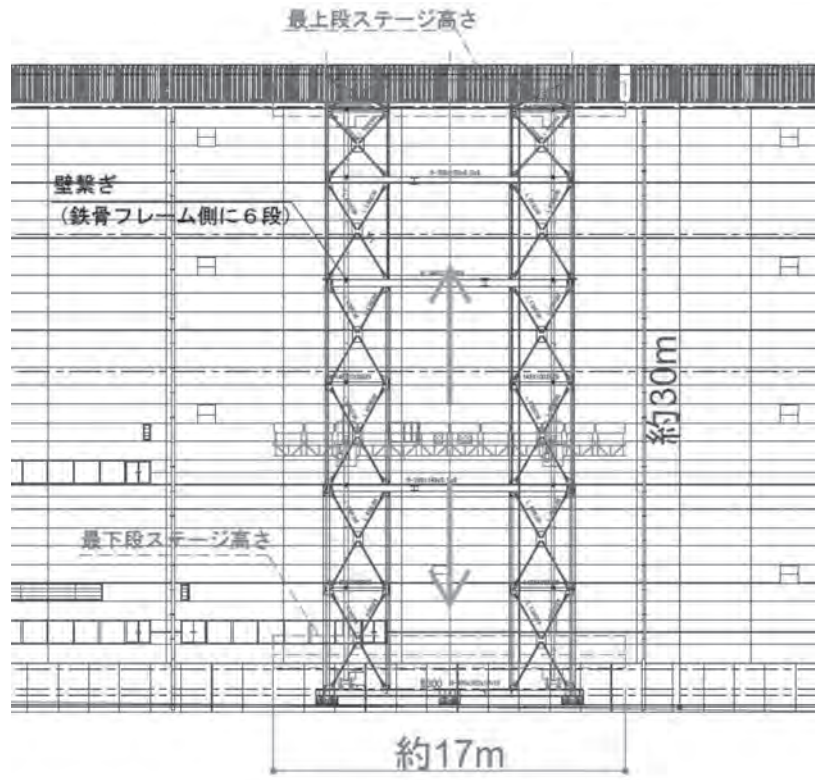
3. 作業状況および歩掛調査

(1) 建物の概要

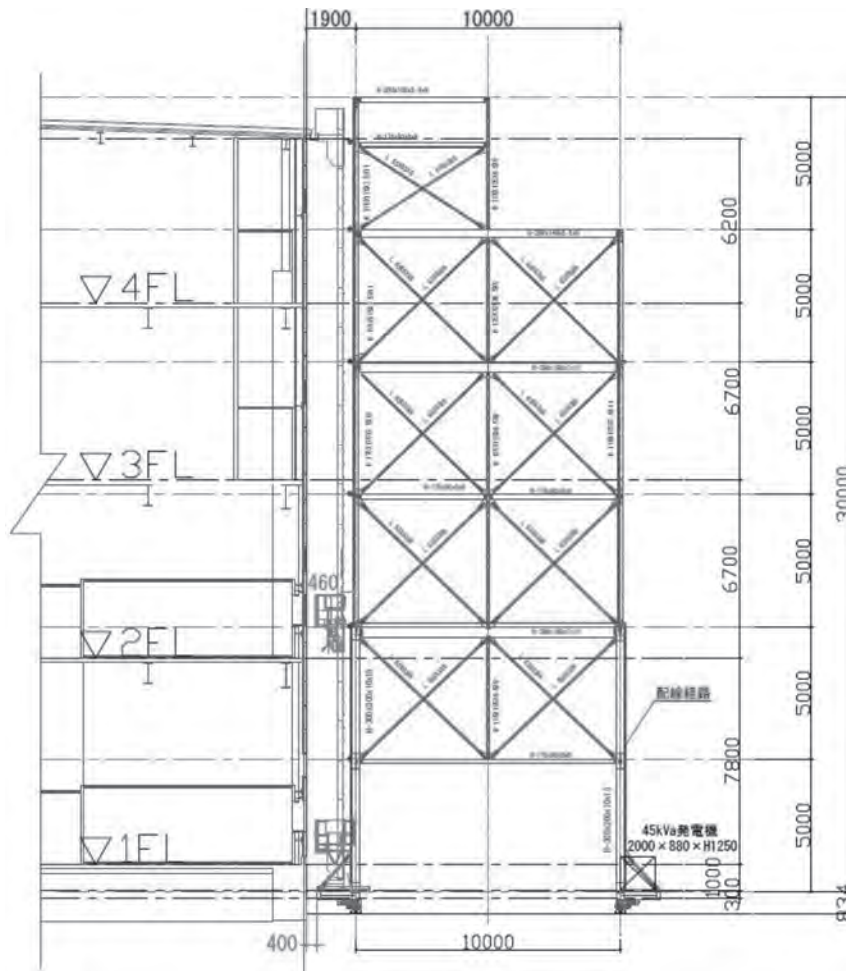
移動足場を適用した現場は、高さ約 30 m、広さ約 140 m × 約 100 m の 4 階建ての物流倉庫で、外壁の仕上げは金属断熱サンドイッチパネルである（表—2）。移動足場は外壁長手方向のうち約 45 m に使用した。また、長手方向のうち約 65 m は高所作業車で、残りの部分は在来足場で施工した。

表—1 移動足場の仕様

横移動速度	約10m/分
上下移動速度	約7m/分
レールの幅	10m
フレームの幅	12m
作業床の長さ	17m
作業床の幅	1m



図一 1 移動足場図 (正面)



図一 2 移動足場図 (側面)



図-3 昇降式足場

表-2 対象建物の概要

建物の用途	物流倉庫
構造形式	柱PC造・梁S造
建物の規模	4階建
平面寸法	138.5m×98.9m
建物の最高高さ	30.75m
パネルの寸法	900mm×5750mm (標準板1枚あたり)
外壁パネル	金属断熱サンドイッチパネル

(2) 調査方法

移動足場による施工速度を客観的に検証するため、主な作業である外壁サンドイッチパネルの施工について、在来足場および高所作業車との施工歩掛を比較した。高所作業車は最大高さ32mのトラック搭載型ブーム式車両2台で、移動足場は1台で施工を行った。比較にはクラウドカメラを使用し、連続的に動画を記録して調査した。それぞれの作業を記録したカメラの画像を写真-2、3および4に示す。

(3) 調査結果

動画から抽出した作業の記録を表-3に示す。映像から作業日ごとに、足場種別、作業内容、作業人数、作業開始時間、作業終了時間、施工数量を記録した。



写真-2 在来足場での作業



写真-3 高所作業車での作業

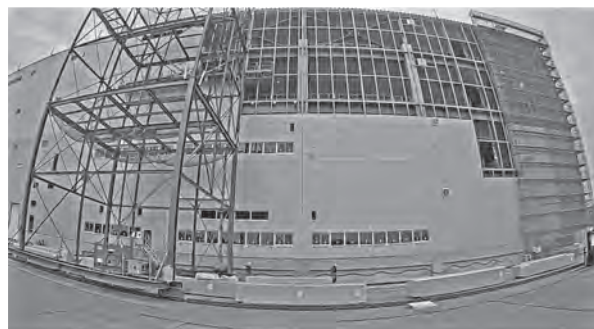


写真-4 移動足場での作業

これをもとにして、一日の作業時間を7時間として日毎の人工を算出し、さらに施工数量から除して施工歩掛を算出した。

また、作業記録の中から、パネル取付け作業を足場種別ごとに抜き出してまとめたものが、表-4である。施工歩掛りは、それぞれ、在来足場が9.14枚/人工、高所作業車が11.81枚/人工、移動足場は12.89枚/人工であった。在来足場に比べて高所作業車は29%、移動足場は41%、施工歩掛りが高いことがわかった。

一方、作業床の組立・解体にかかる人工は、在来足場が1スパン当たり12人工、移動足場が1台あたり50人工、高所作業車は準備に際して人工は不要である。

4. 考察

(1) 作業性

施工歩掛りが在来足場・高所作業車・移動足場の順に大きいことについて、考察する。

在来足場は、作業床の両側に筋交いや手摺があるため、壁面の作業をする際にはそれらを避けて作業をする必要がある。また、在来足場と建物の隙間には壁繋ぎと層間ネットがあり、パネルを吊り上げる際には、それらを避けて吊り上げる必要がある。そのため、施工歩掛りが最も小さくなったと考えられる。

表-3 作業記録

日付	足場種別	作業内容	人数	開始時間	終了時間	労働時間	人工 (人数×労働時間/7)	人工小計	施工数量	単位	施工歩掛 (単位/人工)	単位	施工箇所 (3FL7二枚より上層)
10月14日	在来足場	パネル取付	5	10:40	12:11	1.52h	1.08人工	1.08人工	15	枚	13.85	枚/人工	北 Y1.5~Y2
10月17日	在来足場	パネル取付	5	8:00	9:05	1.08h	0.77人工	3.13人工	20	枚	6.39	枚/人工	南(3F) Y13~Y12+2
			5	10:40	11:40	1.00h	0.71人工						
			5	13:10	15:28	2.30h	1.64人工						
10月19日	通常在来足場	パネル取付	5	8:42	10:01	1.32h	0.94人工	4.24人工	34	枚	8.02	枚/人工	南(3F) Y12+2~Y10
			5	10:43	11:45	1.03h	0.74人工						
			5	13:07	15:05	1.97h	1.40人工						
			5	15:43	17:20	1.62h	1.15人工						
10月22日	高所作業車	パネル下地取付	1	9:05	10:20	1.25h	0.18人工	0.38人工	6	列	15.75	列/人工	北 Y5~Y7.5
			1	10:50	11:15	0.42h	0.06人工						
			1	11:50	12:50	1.00h	0.14人工						
10月22日	通常足場 高車併用	パネル取付	5	9:12	10:29	1.28h	0.92人工	1.86人工	15	枚	8.08	枚/人工	北 2~Y2.5
			5	10:46	12:05	1.32h	0.94人工						
10月22日	高所作業車	パネル取付	5	13:07	15:07	2.00h	1.43人工	2.81人工	32	枚	11.39	枚/人工	北 Y3~Y4
			5	15:35	17:31	1.93h	1.38人工						
10月23日	高所作業車	パネル取付	5	8:38	10:30	1.87h	1.33人工	2.13人工	29	枚	13.61	枚/人工	北 Y4~Y5
			5	13:25	14:32	1.12h	0.80人工						
10月26日	高所作業車	パネル取付	5	8:55	10:32	1.62h	1.15人工	4.33人工	45	枚	10.38	枚/人工	北 Y5~Y6.5
			5	11:02	12:01	0.98h	0.70人工						
			5	13:07	14:03	0.93h	0.67人工						
			5	14:25	15:30	1.08h	0.77人工						
			5	15:56	17:23	1.45h	1.04人工						
10月27日	高所作業車	パネル取付	5	8:51	10:04	1.22h	0.87人工	3.51人工	45	枚	12.81	枚/人工	北 Y6.5~Y8
			5	10:31	12:09	1.63h	1.17人工						
			5	13:04	15:08	2.07h	1.48人工						
11月3日	移動足場	パネル下地取付	1	9:10	10:00	0.83h	0.12人工	0.54人工	7	列	13.07	列/人工	北 Y8~Y11.5
			1	11:00	11:50	0.83h	0.12人工						
			1	13:05	15:10	2.08h	0.30人工						
11月5日	移動足場	パネル取付	5	8:45	10:13	1.47h	1.05人工	3.33人工	32	枚	9.60	枚/人工	北 Y8~Y9
			5	10:43	12:02	1.32h	0.94人工						
			5	13:02	14:55	1.88h	1.35人工						
11月6日	移動足場	パネル取付	5	8:35	10:02	1.45h	1.04人工	3.38人工	48	枚	14.20	枚/人工	北 Y9~Y10.5
			5	10:45	11:58	1.22h	0.87人工						
			5	13:23	15:27	2.07h	1.48人工						
11月6日	移動足場	パネル養生撤去	4	15:52	16:20	0.47h	0.27人工	0.27人工	48	枚	180.00	枚/人工	北Y8~Y9.5
11月7日	移動足場	パネル取付	5	8:35	9:45	1.17h	0.83人工	1.98人工	32	枚	16.19	枚/人工	北 Y10.5~Y11.5
			5	10:43	11:49	1.10h	0.79人工						
			5	13:05	13:35	0.50h	0.36人工						
11月7日	移動足場	パネル養生撤去	4	13:35	13:45	0.17h	0.10人工	0.55人工	64	枚	115.86	枚/人工	北 Y9.5~Y11.5
			4	13:55	14:43	0.80h	0.46人工						
11月9日	在来足場	パネル取付	5	8:53	10:00	1.12h	0.80人工	2.60人工	32	枚	12.33	枚/人工	北 Y12~Y13
			5	10:48	12:09	1.35h	0.96人工						
			5	13:10	14:20	1.17h	0.83人工						

表-4 パネル施工歩掛の比較

足場の種類	計測範囲の数量						在来足場の歩掛りを1とした場合
	施工枚数	単位	施工人工	単位	歩掛り	単位	
在来足場	101	枚	11.05	人工	9.14	枚/人工	1
高所作業車	151	枚	12.79	人工	11.81	枚/人工	1.29
移動足場	112	枚	8.69	人工	12.89	枚/人工	1.41

一方、高所作業車と移動足場は、共に建物との間に筋交いや壁繋ぎなどの障害物がないため、作業床の広さと揺れについて比較する。高所作業車の作業床は幅700mm・長さ1.5m程度で揺れが大きいものに対して、移動足場の作業床は幅1m・長さ17mで、揺れは小

さい。床の広さと安定性から作業のしやすさに差が生まれ、移動足場は高所作業車よりも施工歩掛が高くなったといえる。

(2) 安全性

次に安全性について、作業姿勢、安定性、設置時・撤去時のリスク、強風時の耐性について考察する。

作業姿勢は、在来足場では作業床の高さ固定されているので、作業部位によってはしゃがんだり手を伸ばしたりと、無理な姿勢での作業となることがある。それに対して、高所作業車と移動足場では、作業床の高さを自由に変えることが出来るため、作業箇所の近くまで寄り付くことができ、無理のない姿勢で作業をすることが出来る。さらに、作業床が広いぶん施工しやすい作業姿勢が確保できることから、移動足場は高所作業車よりも安全性が高い。

強風や作業による揺れに対する安定性については、建物本体から壁繋ぎで強固に固定されているため在来足場が最も安定性が高く、次に自立する鉄骨フレームである移動足場の安定性が高い。高所作業車は、揺れに対して不安定である。揺れに対する安定性が高いほど、作業する際に力を入れてふんばったり、細かな作業で集中することが出来るため、安全性は高いといえる。

設置時・撤去時のリスクについては設置面積にもよるが、在来足場は作業時間・作業人数が最も多くかかり、大部分が高所作業であるため、最もリスクが生じる。続いて、移動足場のリスクが高い。一方、高所作業車は設置・撤去に作業がほとんどないため最もリスクが低い。

最後に強風時の対策について触れる。在来足場は強風時にはシートをたたんだり撤去する必要がある。その点、作業床を下に降ろして固定するだけで強風対策が出来る移動足場は、優れている。対して、高所作業車は強風時の対策が不要で、倒壊などの危険もないため、最も安全であるといえる。

表一5に安全性に関する評価結果を示す。移動足場は、在来足場や高所作業車に比べて、各項目に平均して優れていることが分かる。

表一5 安全性に関する比較

比較項目	在来足場	高所作業車	移動足場
作業姿勢	△	○	◎
揺れに対する安定性	◎	△	○
設置時・撤去時のリスク	△	◎	○
強風時の対策	△	◎	○

5. おわりに

移動足場は在来足場や高所作業車よりも施工歩掛りが優れており、それは主に作業性の良さが影響していることがわかった。また、安全性に関しても、優れていることがわかった。

施工歩掛り比較による生産性の評価については、足場の組立から解体までの作業全体について比較して評価したいが、各足場の設置面積に違いがあり、それぞれの優位性が変わってくるため比較することは難しい。在来足場では設置範囲に比例した人工が必要であるが、移動足場では設置台数にほぼ比例した人工が必要になるため、普遍的に比較できる施工歩掛りを算出することができない。

作業全体の総合的な生産性を検討するためには、現場ごとに作業床の種類・設置範囲を確定あるいは想定して、算出する必要がある。逆に言えば、今回の施工歩掛り記録は、その為の指標になるものである。今後も建設業の生産性向上のため、様々な開発や取組みを進めていき、また、現場実証による歩掛りを明らかにすることで、その効果を確認していきたいと考えている。

謝 辞

最後に移動足場の開発にあたり、昇降式足場については(株)タカミヤのリフトクライマーを採用した。本活動にご協力頂いたことをここに誌面を借りて深謝の意を表したい。

JCMMA

[筆者紹介]

田中 昭臣 (たなか あきお)
 (株)安藤・間
 建設本部 先端技術開発部
 建築技術 PCa・ロボティクスグループ



基地局の支持柱の内部に強度が高い素材を 充填する施工法開発の活動紹介

「ポリマテリアル」

高城 純平

筆者らは、これまで5G基地局の投資コストを抑えながら早期にエリア拡大を進めることを目的として、NEXTWAY(株)(以下、協力会社という)と共同で、5G基地局の整備において、アンテナなどの支持柱の内部に強度が高い複合素材「ポリマテリアル®」を使った製品(以下、本素材という)を充填する施工方法(以下「本施工方法」)の開発に2021年1月に成功した。本稿では、開発した施工方法及び施工治具について紹介する。

キーワード：ポリマテリアル、5G基地局、支持柱補強、施工方法

1. はじめに

これまで5G基地局用に4G基地局などで使用している既設の支持柱を活用することを検討してきたが、強度不足が課題であった。そこで協力会社が開発した本素材に注目し、2019年から共同で開発を進めてきたが2022年1月現在、実運用まで進めることができた。

2. 開発背景

我国ではこれまでに4Gが広く普及しており、図-1では21年6月時点でLTEが1億4,962万契約数である、一方、5Gは2,244万契約とまだ普及が進んでいない状況ではあるが、利用者のNW品質(大容量・高速通信)に対する期待が高く、今後は普及が進むことが予想されている。そこで早期に5G基地局展開が必要であり、実現すべく5G基地局設置を急いでいる。これまでの4G基地局展開においては、設備投資を積

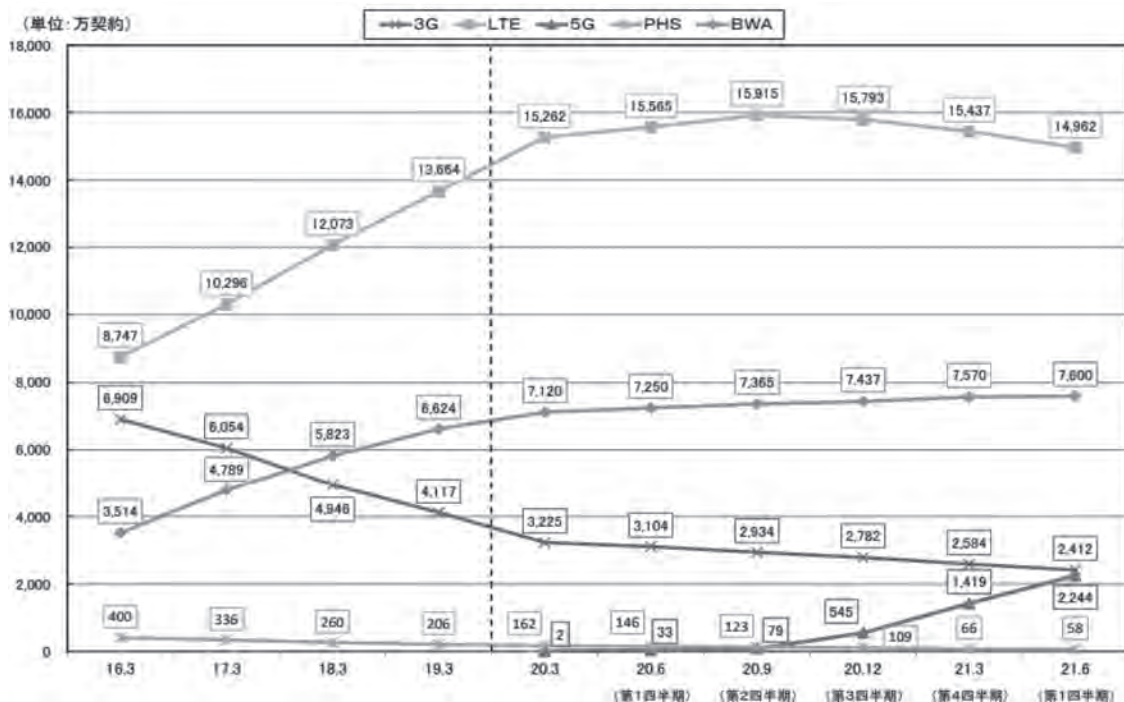


図-1 3G・LTE・5G・PHS・BWAの各契約数の推移(単純合算)

極的に行って基地局整備を急いできたが、昨今の市場の通信費用の低廉化への期待の高まりも考慮して、5G 基地局の展開については、既存設備を出来るだけ効率的に活用し、5G 基地局を効率良く展開をしていながら、ユーザへの還元と設備投資のバランスをとっていくことが重要と考えていた。

また、昨今、総務省では、「デジタル田園都市国家構想」の実現に向けた当面の具体的施策について予算案を取りまとめ、その内容が公開されている。総務省が取り組む事業は、4つのカテゴリーに分類されていて、1つ目はデジタル基盤の整備、2つ目はデジタル人材の育成・確保、3つ目は地方の課題を解決するためのデジタル実装、4つ目は誰一人取り残されないための取組にそれぞれ分類され、カテゴリーごとに具体的な取り組みが明かされた。特に予算案では、一定の5G 設備投資に関する税額控除や特別償却などが行える、いわゆる「5G 税制」について、適用要件などの見直しを図った上で、延長する方針が含まれている。

このように日本のNW 品質向上には設備投資費用に関する課題を解決する必要がある。そこで、筆者らは既存の支持柱を活用して5G 基地局を展開する方法の検討を開始した。本稿では今回開発した施工方法、施工治具について紹介する。

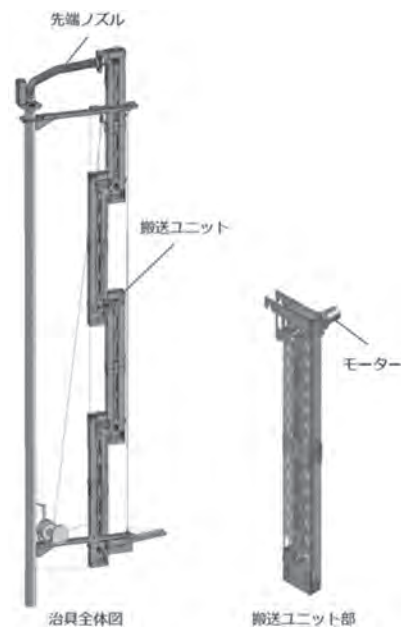
3. 支持柱補強の開発内容

今回、紹介する施工方法は、協力会社が開発した本素材を利用する施工方法であり、この複合素材は芯材となるさまざまな素材に特殊塗料を塗布して生成した複合素材である。特徴としては軽量でありながらも強度が高く、成形自由という性質である。芯材と塗料の組み合わせにより耐候性、衝撃性、難燃性といった機能も有する複合素材を製作することが可能である。この本素材を既設の支持柱の内部に充填して剛性を強化することで、支持柱を新設せずに5Gのアンテナの増設を可能にする工法である。剛性が強化されることによって柱強度が平均1.37倍（最大2.0倍）になり、柱が屈曲することを防ぐとともに、補強用のプレートや接合部にかかる力を軽減できる。実際には柱の種類や鋼管の太さの組み合わせについては、無数に存在するため全てのパターンを確認することは不可能であったが16種類の柱のパターンについてシミュレーションを行い、各柱のパターンでどの程度の効果があるか確認し、この結果と一部の実証実験の結果から協力会社がロジックを確立した。最終的には外部機関で曲げ応力の強度の向上について、繰り返し実証実験を通して

確認を行った。

4. 支持柱補強の施工治具及び施工方法

また、本素材を支持柱の内部に充填する専用の施工用治具（以下、本治具という）も、共同で開発した。本治具は図一2に示す通り、先端ノズルと搬送ユニットで構成され、搬送ユニットに設置したモーターで本素材を運び、支持柱の内部に充填するものである。これまで5Gのアンテナを増設する場合は、既存のアンテナを一度取り外し、支持柱を新しいものに交換してから5Gのアンテナを設置するという工事が必要であったが、本治具を使うことで、施行作業は治具の組み立てと本素材の充填、5Gのアンテナの設置だけとなり、工法の簡易化を図ることができた。実際の施工のイメージは写真一1のような形で施工を行っている。これにより、従来の工法では平均6日かかっていた工期を約2時間へ大幅に短縮することが可能となり、施工コストも大きく削減できる見込みとなった。



図一2 施工治具 Ver1

5. おわりに

本素材ポリマテリアルを活用した支持柱補強方法が確立してから1年が経過し、実際の支持柱交換工事から支持柱補強工事の施工に順次活用を開始している。支持柱補強としての実績が着実に増えてきており、1年を通して様々な環境において気温の変化や時間経過による問題がないことをシミュレーションではなく、実地でも確認ができている。



写真—1 施工イメージ

今後、5G ネットワークの早期拡大に向けて本格的な5G 基地局工事に活用していくとともに、施工方法の応用範囲についても様々に拡大ができておると考えており、施工方法の新たな活用方法についても検討していく所存である。

JCM A

《参考文献》

- ・ 総務省報道資料：電気通信サービスの契約数及びシェアに関する四半期データの公表（令和3年度第1四半期（6月末））
- ・ 総務省デジタル田園都市国家構想推進本部（第2回）資料1：デジタル田園都市国家構想の実現に向けた総務省の当面の具体的施策（令和3年度補正予算・令和4年度当初予算案等取りまとめ）

【筆者紹介】

高城 純平（たかぎ じゅんぺい）
ソフトバンク(株)
テクノロジーユニット サービス企画技術本部
コアソリューション企画開発統括部
ロボティクスソリューション部
ロボティクスソリューション2課
課長代行



MR 技術を用いた遠隔臨場と検査記録の帳票連携

HoloLens による遠隔臨場

波多野 純・黒坂 文生

建設現場における遠隔臨場については、国土交通省が受注者における「段階確認に伴う手待ち時間の削減や確認書類の簡素化」や発注者（監督員）における「現場臨場の削減による効率的な時間の活用」等を目指し試行をはじめた。また、現在も続く COVID-19 によるパンデミック禍の移動制限等によりその必要性が高まっている。

本稿では、遠隔臨場による出来型確認を MR（Mixed Reality：拡張現実）システムを活用し、大阪市内での研究所新築工事において試行した結果について報告する。

キーワード：MR、帳票連携、遠隔臨場、HoloLens、生産性向上、新型コロナウイルス、品質管理、維持管理

1. はじめに

2019 年後半から続く新型コロナウイルスによるパンデミックの感染対策については、基本的な感染対策を推進することに加え、専門家の分析等で感染リスクが高いとされる「三密」の回避やワクチン接種に加え、人流や人との接触機会を削減する観点から、外出・移動の自粛が求められている。これら取り組みについては社会インフラの維持を担うために活動の継続をすることが求められる建設現場でも積極的に取り組みが進められている。しかし生産現場においては、多くの作業員が物を現場内で組み立てるといった特性上、在宅勤務等のリモートワークに置き換えることは困難なため、厳格な感染予防対策の運用が求められている。

一方令和 3 年 3 月には、国土交通省から「建設現場の遠隔臨場に関する試行要領（案）（以降試行要領）」が出され、デジタル技術を用いた遠隔臨場の実現に向けた試行が始まり、従来の検査員が臨場し立会することが求められていた、関係者のスケジュール調整が不要となった。

この試行要領では遠隔臨場の定義として、受注者が動画撮影用のカメラ（ウェアラブルカメラ等）により撮影した映像と音声を Web 会議システム等を利用して「段階確認」、「材料確認」と「立会」を行うものとしている。

本稿では、大阪市内で建設した技術研究所新築工事において、施工段階の各種 ICT（Information and

Communication Technology）試行計画の一環として、MR システムの一つである Microsoft HoloLens を用いた遠隔臨場による出来型確認システムを試行した結果について報告する。

2. 遠隔臨場による検査の定義

建設現場における検査とは、現場において施工された構築物について、所定の設計性能を実現するための適切な施工をされているかを、工程の各「段階」において、設計上指定された「材料」が、所定の場所に一定の公差範囲で施工されているかを「確認」するプロセスである。これらの検査プロセスを適切に実施したことを証明するために帳票を作成するわけであるが、計測をおこなった位置／向き／値の記録については検査者の宣言によって記録されるため、誤謬／不正などのリスクがある。

臨場とは、施工の進捗により被覆され後日の再確認が困難となるような施工の「段階」において、検査における「材料」「計測」記録に誤謬／不正が無いよう現場において第三者の「立会」を行い、相互に確認するプロセスである。

また、遠隔臨場とは、遠隔地の遠隔臨場立会者と現場のカメラから得られる映像を共有し、遠隔臨場立会者が現場検査担当者に適切に指示を出し、検査を行うことで、上記の相互確認を果たそうとするものである。

3. MR (HoloLens) 技術を用いた遠隔臨場

前項の遠隔臨場の目的を踏まえ、MRによる帳票連携と遠隔臨場の要件を、下記に定めた。

- ①現場の作業状況を、遠隔地より随時画像共有により把握でき、また現場検査担当者に指示が出せること。
- ②現場検査担当者の現在位置・向きが遠隔臨場立会者より常時把握できること。
- ③出来形の計測結果が信頼のおける精度で計測されたものであること。
- ④現場検査担当者が遠隔臨場のもと計測を行った位置／向き／数値が帳票に連携／記録されること。

これらの要件を満たすため、MRシステムの構成は(図-1)の通りとした。また、使用機器、システムの概要を(表-1)に示す。

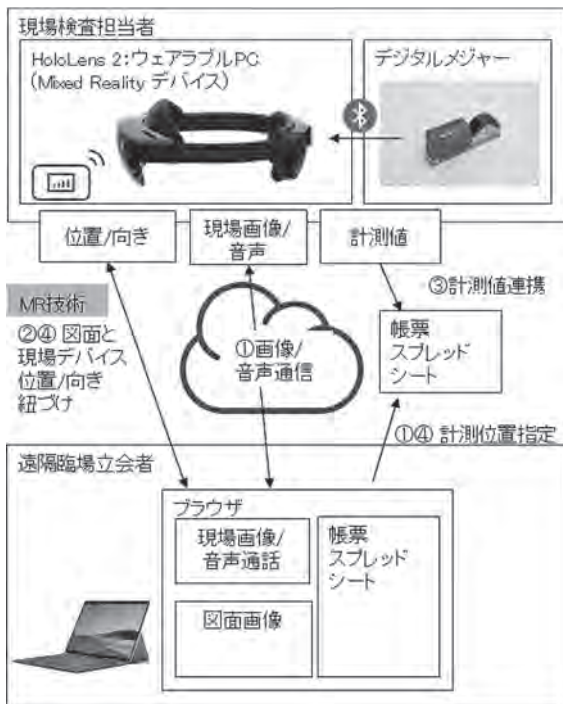


図-1 MR 遠隔臨場システム概念図

表-1

現場デバイス マイクロソフト社製HoloLens 2 (Trimble XR10)	眼鏡型ウェアラブルデバイスなので検査作業が可能 自己位置認識、内蔵カメラによる画像撮影、PC機能による機器連携/遠隔地との通信が可能
計測機器 ディジ・テック社製デジタルメジャー	JIS 1級精度での計測 Bluetoothによる計測値の転送が可能
ソフトウェア インフォマティクス社製 GyroEye Remoteviewer GyroEye CMS XRoss野帳β版	インターネット回線を経由しHoloLensとの画像共有、音声通話が可能 図面と現場デバイスの紐づけによる位置・向き把握が可能 デジタルメジャー計測値の帳票連携が可能 Remote ViewerのUI統合

4. 実地検証

MR技術による遠隔臨場／帳票連携システムの実地検証を、鴻池組の実験研究施設として建設中の「大阪テクノセンター（以下 OTC）」(写真-1)の基礎躯体の出来形計測において実施した。

実施フローとしては、現場と離れた事務所内にいる遠隔臨場立会者が現場のHoloLensを装着した現場検査実施者から無線通信経由で送られてくる位置情報が表示されたモニターの情報をもとに、検査箇所の符号、計測部位を指示する。これに対し現場では遠隔臨場立会者の指示に従いデジタルメジャー(写真-2)による計測を行う。計測結果はデジタルメジャーのデータ送信操作によりクラウドサーバー上の帳票スプレッドシートのセルに転送される。転送された値はスプレッドシートの機能で、自動の合否判定や帳票レイアウトへの連携が可能となる。

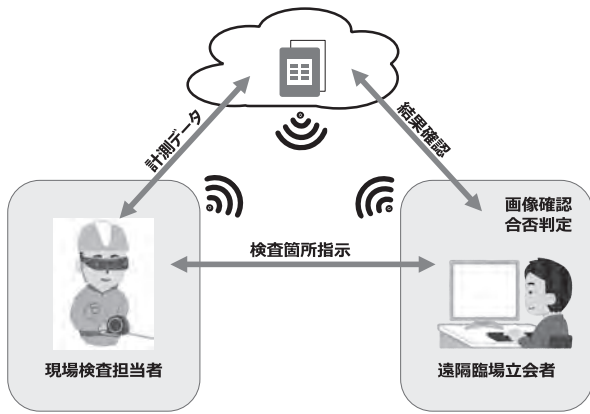
試行概要を図-2に示す。



写真-1 竣工後の鴻池組大阪テクノセンター外観



写真-2 使用機器(現場デバイス) Trimble XR10 (HoloLens 2) とデジタルメジャー



図一 2 試行概要図

(1) 実地検証の手順

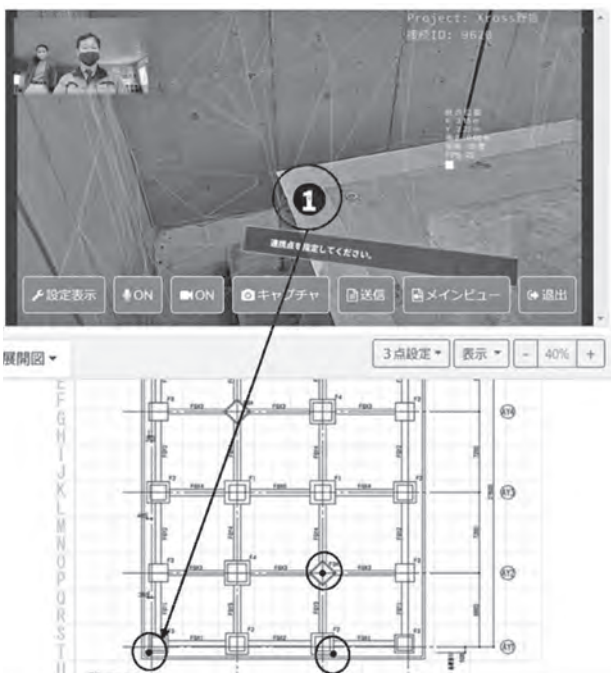
①現場との画像共有

現場の HoloLens 2 と事務所等の遠隔臨場立会者用 PC をインターネットを経由して接続し、相互のカメラ／マイクから得られる画像／音声を連携する。通信の制御やデータの圧縮については専用のソフトを利用する。

②現場検査担当者位置と図面の連携

遠隔臨場用 PC のブラウザ画面より図面上の 3 点を設定し、現場デバイスである HoloLens 2 にて対応する現場の 3 点を認識することで、図面と現場デバイスの自己位置認識情報が紐づけされる (図一 3 参照)。

これにより、現場検査担当者の現場での位置・向きを、遠隔臨場用 PC ブラウザ画面の図面上で把握することが可能となる。



図一 3 MR 技術による図面と現実空間の紐づけ

③デジタルメジャーとの連携

デジタルメジャーを HoloLens 2 と Bluetooth で接続する。これにより JIS 1 級精度での計測値を、HoloLens 2 を通しクラウド上のスプレッドシートに連携することが可能となる。

④-1 計測位置の指定

遠隔臨場用 PC のブラウザ画面より、遠隔臨場立会者が出来形検査を行うポイントのリストデータを入力したスプレッドシートを設定、所定の行を指定することで、検査すべき場所を指定する (図一 4 参照)。

凡例	記入用フォーマット (2)		履歴							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	単位:mm									
2	計測箇所	計測値	計測値	計測値	合格	No	位置	符号	部位	
3				計測値-設計値 (絶対値≤ 50)						
4	高さ	500	503	3	○	1	AX1-AX2	FGX1	中央	
5	高さ	1000	1007	7	○	2	AX2-AX3	FGX2	中央	
6	高さ	500				3	AX2-AX3	FGX2	中央	
7	高さ	1000				4				
8	高さ	500				3	AX3-AX4	FGX1	中央	
9										
10	帳票キャリブレーション									
11										
12	項目	計測1								
13										
14	セル番号	記入用フォーマット (2)C7								
15										
16	Max行	20								
17										
18										
19										
20										
21	高さ	1000				18				
22	高さ	420				19	AX1-AX2	FGX1	中央	
23	高さ	1000				20				
24	高さ	420				21	AX2-AX3	FGX1	中央	
25	高さ	1000				22				
26	高さ	420				23	AX3-AX4	FGX1	中央	
27	高さ	1000				24				
28	高さ	500				25	AX1-AX2	FGX1	中央	
29	高さ	1000				26				

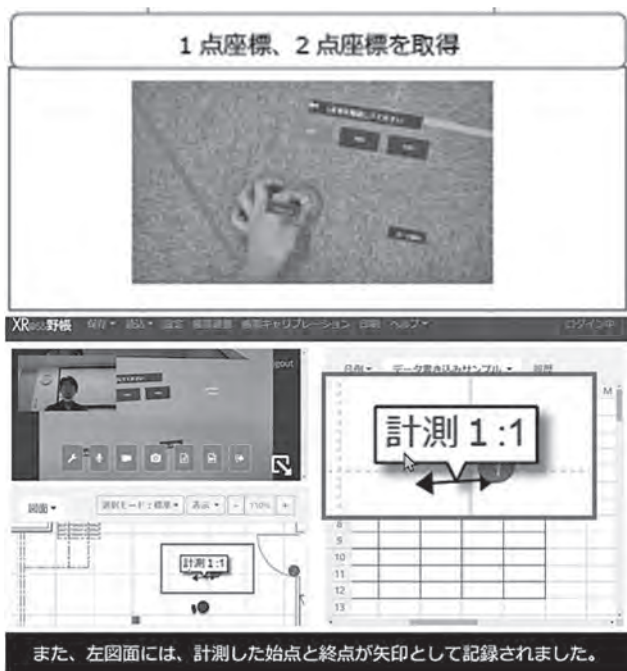
図一 4 帳票上の所定位置の指定

④-2 計測位置／向き／計測値の記録

現場検査担当者が計測する場所の両端をジェスチャーにより記録すると、記録した現場座標情報が HoloLens のソフトウェアにて記録される (図一 5 参照)。

次に、現場での計測を、デジタルメジャーで行い、HoloLens 2 に連携、インターネット回線を経由して送信すると、計測箇所の両端の位置・向きとデジタルメジャーで測定した計測値が、④-1 で設定した所定の行にリストデータとして記録される (図一 6, 写真一 3 参照)。

これら一連の作業により、遠隔臨場立会者が指定した検査ポイントについて、現場検査担当者が測定した位置／向き／測定値を帳票に連携することが可能となる。



図一五 測定位置／向きの記録
※写真は製品版より



図一六 デジタルメジャーによる計測



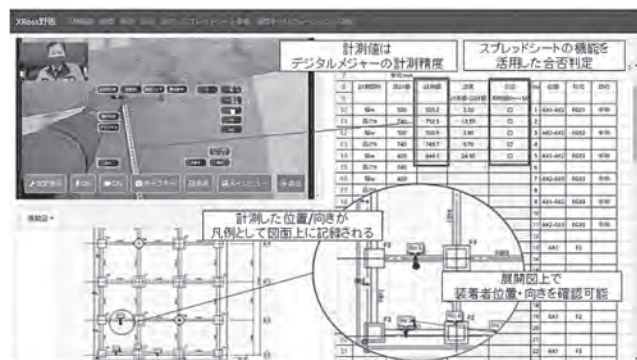
写真一三 帳票連携検証状況

(2) まとめ

これらの手順を実施した遠隔支援用 PC の画面が下図である（図一七参照）。

画面構成は大きく3つに分かれており、左上が現場の画像の共有や通話、左下が図面上の現場検査担当者の現在位置／見ている方向／計測位置の記録の表示、右側が計測計画リスト（帳票）に対して現場で行った記録を表示することができる。

これによって、「3. MR (HoloLens) 技術を用いた遠隔臨場」で定めた要件①～④をすべて実現することが可能となった。



図一七 MR 技術による遠隔臨場画面

5. MR 技術による遠隔臨場の有効性

MR による遠隔臨場では、従来のカメラ画像共有による遠隔臨場に比べ「図面上で作業者の位置／向きが確認できる点」で、より確実な検査指示が可能であった。これにより、計測位置／向きの誤謬／不正リスクが軽減について、本技術が有効であることが実証できた。また、スプレッドシートに計算式を埋め込むことで、測定値が適正範囲に入っているかをリアルタイムに判別することも可能であるため、「確認」漏れのリスクも合わせて低減できることが確認できた。

既存の臨場との比較を表にまとめた(表一 2 参照)。

6. MR 技術による遠隔臨場の課題

今回の実証では、HoloLens 2 とデジタルメジャー間で Bluetooth を経由して計測値を取得し、HoloLens 2 と遠隔地の PC 間でインターネット回線を経由して画像や位置情報、計測値の共有を行った。実証時点では、これらの経路の通信が不安定となると、システム全体が停止するような挙動が見られた。こうした通信ネットワークの安定性の向上やアプリケーションとしての耐障害性の向上が、実際の現場での活用において

表一 2 臨場方法の比較

	現場臨場	ウェアラブルカメラによる 遠隔臨場	MR 技術による遠隔臨場
現場作業状況の把握	現場にて状況把握 ○	カメラ画像の遠隔共有 △	カメラ画像の遠隔共有 △
検査対象の 位置／向き／測定値の記録	図面をもとに現場にて実施／ 記録 ○	手元図面とカメラ画像の照合／ 現場からの連絡に基づく記録 △	MR 技術による位置／ 向きの自動把握、 測定値のスプレッドシート連携 ◎
測定値の適合性判定	リスト照合による目視判定 ○	リスト照合による目視判定 ○	スプレッドシートにて 自動判定可能 ◎

必要である。

7. 今後の展望

本技術は、自己位置推定機能を持つデバイスと設計図面を紐づけ、デバイスの位置を起点とした現場の臨場結果を設計図面上に正しい位置関係で記録する技術である。今回の帳票連携に用いたソフトウェアは、この技術を応用することで、眼鏡型ウェアラブルデバイス装着者が現場で目視した変状を、その場で作図する機能を加え、遠隔臨場／変状調査／帳票連携パッケージソフトとしてリリースされている（図一 8 参照）。

今回の実地検証で顕在化した課題に対応した改良により、今後躯体の出来形管理だけでなく、配筋検査や仕上げ検査などの品質検査に加え、竣工後の維持管理活用可能と考えられる。

また、今後展望としては、自己位置推定機能を持つ機械と図面データを紐づけた相互連携にも応用可能な技術であることから、現状の 2 次元図面データに高さ方向の情報を加えることにより、ICT 建機やドローンなどと連携した自動記録への展開も検討される。

8. おわりに

本稿では、遠隔臨場による出来型確認を MR 技術により建築工事で試行した結果について紹介した。

当システムには、まだいくつかの課題を残しているが、遠隔臨場検査に求められる機能を満たしたうえ、MR 技術の特長である建物内でも自己位置推定できる能力とリアルタイムにエビデンスを記録、共有する機能を併せ持つことができることによる優位性を確認できた。今後当技術により高品質の建築物をより高い効率で生産し、社会に貢献できることを期待する。

JICMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省 大臣官房技術調査課建設現場の遠隔臨場に関する試行要領（案）（令和 3 年 3 月）
- 2) 新型コロナウイルス感染症対策本部 新型コロナウイルス感染症対策の基本的対処方針令和 3 年 11 月 19 日

【筆者紹介】

波多野 純（はたの じゅん）
株式会社
技術統括部 ICT 推進課長



黒坂 文生（くろさか ふみお）
インフォマティクス(株)
事業開発部リーダー



図一 8 遠隔臨場／変状調査／帳票連携パッケージ概要



緊結式足場NDシステム『ダーウィン』誕生物語 進化する次世代足場ができるまで

小路 大介

建設現場になくてはならない仮設足場。時代にふさわしい「より安全に、より早く、より手軽に」を合言葉にスタートした開発プロジェクト。新しい足場の開発から完成までの道のりや開発秘話を紹介する。
キーワード：NDシステム、ダーウィン、クサビ型、緊結式足場、高作業効率

1. はじめに

NDシステム『ダーウィン』（以下、本足場という）は、日建リース工業(株)が仮設資材レンタルで培った長年の経験と知見を集結し、満を持して世に送り出した次世代クサビ緊結式足場である。日建リース工業は1966年に創業。足場資材のレンタルをはじめ、現場事務所用ユニットハウス、オフィス用品等様々な商品のレンタルを通じて、常に日本の建設現場を支えてきました。

2. 開発背景 一本足場開発にける思い

建設現場における仮設足場は職人の命綱で、仮設足場は建設工事において欠かせないものであり、職人にとっては文字どおり、命を預けることにもなる。それほど大事な機材でありながら、建設業界やメーカーは仮設足場に対する不満や問題点に対して抜本的な改善が図られていなかったと言えよう。

弊社も長年にわたり仮設資材を市場に送り続けてきたが、実際に使用する顧客は弊社の商品をどう思っているのか？果たして満足していただいているのか？それを理解していないと良い品質の商品提供ができるはずがない。まずは現場の声を拾い上げ、顧客の不満を解消し、施工の効率を上げられる足場で、更に、足場に求められる未来のニーズを見越した「クサビ緊結式の新しい足場を作る」という開発指示が社長から技術部部長に下された。

技術部部長は開発に先立ち、まずは現場の声を吸い上げるべく、全社をあげてのアンケート調査を行った(図-1)。

クサビ緊結式足場である本足場は長年使われてきた

ビティ枠(写真-1)の代替商品になる。ビティ枠の保有量が業界最大である弊社においては、急速に入れ替わらない方が有り難い。なぜならば償却済みであるビティ枠がもたらす利益は、弊社にとって財務的にも大きな強みであった。だからと言って弊社がビティ枠に固執し続けているうちに、世の中の足場がクサビ緊結式足場が変わって行く事は計り知れない脅威になることを認識しなければならない。

“どのような判断を下すべきなのか…”

■足場全体に対する不満は？	■緊結式足場に対する不満は？
第1位 部材が重い！	第1位 部材が重い！
第2位 作業床が狭い！	第2位 持ち辛い！
第3位 頭がぶつかる！	第3位 揺れる！
第4位 施工単価が安い！	第4位 ゆるむ・外れる！
第5位 昇降部が狭い！	

弊社顧客(300余名様)に対して実施

図-1 足場に関するアンケート



写真-1 ビティ枠

考えられる要因をもとに、今後の人口減少、高齢化問題を抱えた日本経済の厳しい行く末や省人化・省力化に向かう建設業の将来の展望を思案した時、当社がユーザーに最も支持される足場を開発し、レンタル展開を行い、償却を進めてゆく未来が最善という結論に至った。

「より安全に、より早く、より手軽に。」

進化する新世代足場として、デァクトスタンダード（事実上の標準品）を目指す。

かくして、強い信念と覚悟を持って2012年6月に開発プロジェクトがスタートした。

3. 開発過程

開発責任者がもっとも意識したのは、とにかく現場の声を聞くことである。全社をあげての徹底的な現状調査を行った結果、足場全体に見えてきた課題は「部材が重い」「通路が狭い」「足場が低く頭がぶつかる」「階段横が窮屈」などの不満。そして、既存のクサビで緊結する足場に対しては「支柱が重い」「持ちにくい」「揺れる」「クサビを打つ音がうるさい」「組み立て後に緩む」「部材が外れる」など、最前線で足場工事に従事する職人たちから出て来た率直な声の数々。これらの不満を解消することと、墜落災害撲滅を目的として国や省庁から推奨されている「手すり先行工法」に完全対応した、安全で組み立ても解体もスピーディーな、新型足場の開発が始まった。リニューアル工事の営業部や組立を担当する職人たちとも実験を重ね、現場の声を可能な限り製品に反映させようとした。そうした膨大な情報や意見をもとに、技術社員が試作品を製作しては改良を繰り返し続けた結果、すべての部材が軽量かつ安全性の高いシステム足場が完成した。

こうして困難を極めた本足場の開発は、社長より指示を受けてから1年10ヶ月を経て完了し、システム足場として仮設工業会の承認を受けた（写真-2）。

その後も、強力つなぎ、円形対応資材、支保工本足場と開発と進化はとどまることなく続いている。

4. 開発秘話

開発の道のりは決して順風満帆ではなかった。困難はたくさんあったが、そのなかでも一番担当者を悩ませたのは『つなぎ材接合部』の工程だった。

つなぎ材は足場材の中で最も使用数量が多く、つなぎ材と支柱を如何にスピーディーに固定できるかが、作業効率の大きな分かれ目になる。半年の試行錯誤を

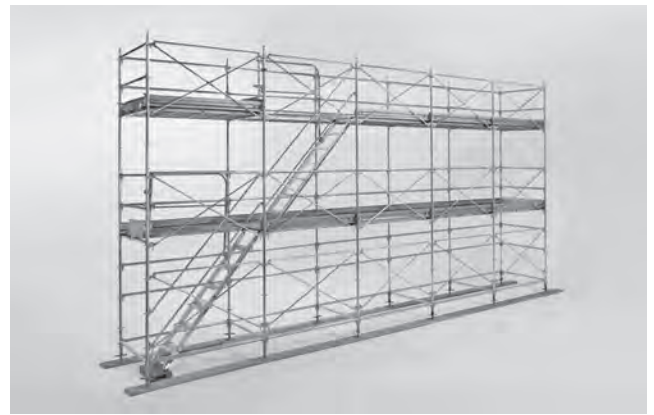


写真-2 本足場

経てようやく原型となる機構ができあがったものの、クサビが下がらないように留めておくバネの設計で開発が頓挫してしまった。『金属を使わないバネ』というコンセプトを実現しなかったためである。金属バネはどうしてもサビに弱い。しかも折れる。しかし、金属を使わないで、クサビを跳ね上げるバネ強度を得られるのか？その答えが見えず、開発はそこで完全にストップした。

そんな時、思わぬところから助け船が現れた。当社介護事業部の部長から紹介していただいた、介護用ベッドのクッションを供給していただいているメーカー担当者だった。

各種シリコンやウレタン素材を前にして話を聞く中、ある素材が目にとまった。耐熱・耐寒・耐候性に優れ、圧縮残留ひずみが小さく、そして燃えない。モバイル機器や航空機の緩衝材として開発された特殊素材だった。『これをバネとして使えるのではないかな…？』、早速つなぎ材端部にその特殊素材が入るケースを作り挿入し、そしてクサビを下から打ち上げてみると…落ちない！さらに、特殊素材が吸音材として働き、甲高い打撃音も吸収するという副次効果も思いがけない形で産まれた（図-2）。

そして、素材が決まってからが開発の本番である。接合部のプロトタイプを20個以上つくり試験を重ね



図-2 つなぎ材接合部

た。作っては改造，作っては改造を繰り返し，ついにNDシステムの心臓部とも言える『つなぎ材接合部』が完成したのである。

本足場の現状とこれから

お客様からの不満と要望に応じて完成した本足場は2014年3月にレンタル・販売運用が開始し，現在に至るまでの出庫実績は累計で20,000現場を突破している(図一3，写真一3，4)。取引先は勿論，とりわけ鳶職人達から大変扱いやすいと好評いただいている。一方でさらなる要望をいただいているのも事実。現場の声に真剣に向き合っているからこそ，建設的な意見がどんどん出てくるもの。それをまたしっかりと今後に活かす。このサイクルを繰り返していけば，より良い製品に進化してゆく。そのひとつが現行の本足場を更に強化したストロングダーウィン。本足場より許容荷重を必要とする支保工での使用，より高い仮設足場を組み立てられるなど幅広く使用できる商品となった(図一4)。弊社社長は社員達に常々こう言っている。「技能者集団としての鳶職人が育っても，高い生産性を活かすためには相応の舞台が必要。これからも，開発当初の情熱と，常にお客様のご要望に応え続ける飽くなき探求心を持ち続け，進化する新世代足場，本足場で安全で快適な作業環境を提供していく。」と。



写真一3 本足場使用現場



写真一4 本足場使用現場

No.	発注者	現場名	工種	新/改	仮設面積 (㎡)	納入月
101	多摩市役所	多摩第二小学校校舎修繕工事	建築-その他	その他	27,000	2015年4月
102	東京都下水道局	八王子水再生センター東系水処理施設	土木-ダム・治水	点検・補修	2,500	2015年7月
103	大阪府庁	安威川ダム10号橋	土木-その他	その他	3,200	2015年7月
104	朝霞市役所	新高橋工事	土木-その他	その他	3,500	2016年3月
105	西日本高速道路株式会社	新名神高速道路塩川橋	土木-その他	その他	26,000	2015年4月
106	中日本高速道路株式会社	新名神高速道路池原高架橋 (PC上部)	土木-橋梁上部 (PC)	新設・新築	8,272	2015年10月
107	西日本高速道路株式会社	鳴名川橋工事作業所	土木-その他	その他	18,000	2015年12月
108	国土交通省近畿地方整備局	八雲日高道路青山橋上下部工事	建築-住宅・マンション	その他	2,876	2015年8月
109	国土交通省中部地方整備局	三遠南信・伊予川大橋PC上部工事	土木-その他	その他	3,672	2015年6月
110	西日本高速道路株式会社	有野川橋	土木-その他	その他	5,227	2015年7月
111	福岡県庁	都市計画道路鏡口朝野線六橋梁上部工事	土木-橋梁上部 (PC)	新設・新築	7,527	2015年4月
112	東日本高速道路株式会社	清水・熊谷・N東京分かつ環状道路	土木-道路	その他	7,600	2015年10月
113	中日本高速道路株式会社	新名神高速道路水沢北工事	土木-橋梁下部	新設・新築	4,500	2015年8月
114	国土交通省近畿地方整備局	雄入山高架橋	土木-橋梁上部 (PC)	新設・新築	13,000	2015年4月
115	国土交通省東北地方整備局	豊岡根川橋上部工事	建築-その他	その他	3,000	2015年10月
116	福岡県庁	付替町値新倉谷七曲線6号橋橋梁上部工事	土木-橋梁上部 (PC)	新設・新築	2,603	2015年7月
117	西日本高速道路株式会社	新名神高速道路佐保川橋 (PC上部)	土木-橋梁上部 (PC)	新設・新築	22,033	2015年4月
118	九州地方整備局	東九州道 (清武~北郷) 鏡洲川橋上部工事	土木-橋梁上部 (PC)	その他	3,000	2015年4月
119	東日本高速道路株式会社新潟支社	上飯越自動車道金谷工事	土木-上下水道・PC・コンク	改修	3,000	2015年6月
120	東京都庁	駒沢オリンピック公園総合運動場	建築-その他	改修	3,104	2015年9月
121	東京都庁	副11号高架橋耐震補強工事	土木-橋梁上部 (PC)	点検・補修	13,036	2015年4月
122	九州大学	九大国際化拠点図書館新築	建築-その他	新設・新築	5,000	2015年4月
123	豊島区役所	池袋本町地区校舎併設型小中連携校新	建築-学校・病院	新設・新築	59,657	2015年3月
124	都市再生機構	新川防災公園多機能複合施設	建築-その他	新設・新築	91,272	2015年4月
125	福島県立医科大学	ふくしま医療科学センター	建築-学校・病院	新設・新築	48,000	2015年9月
126	静岡県庁	浜岡原発電巻対策工事	プラント-原子力	点検・補修	2,500	2015年4月
127	中国四国防衛局	(株) 岩国下士官宿舎	建築-工場・倉庫	新設・新築	55,000	2015年3月
128	福岡北九州高速道路公社	篠崎~東浜橋梁補修工事 (27-5)	土木-橋梁上部 (PC)	点検・補修	3,000	2016年2月
129	首都高速道路特別供用川建設局	首都高港北ジャンクション下部工事	土木-その他	その他	3,000	2015年11月
130	福岡県庁	筑後広域公園プール新築工事	建築-その他	新設・新築	22,252	2015年4月

全国で累計20,000現場を突破する出庫実績 (令和3年12月現在)

図一3 本足場出庫実績



図-4 ストロングダーウィン

現在、日本国内のみならず、タイ・韓国でも本足場が使われている。今後、日本の建設市場の縮小を補完するためにもアジアをはじめとした海外市場に本足場の提供を展開してゆきたい。海外の建設市場を見ると、多様な足場が存在するケースが見受けられる。海外においても、安全性と機能が認知され、評価をいただき、足場材のスタンダードになっていく、そんなシナリオが現実なものとなることを目標に努力を続ける。自動車・新幹線・家電製品のように、仮設足場資材においてもジャパングオリティーが世界中に広まっていくことを目指し、これからも本足場の進化がつづく。

JCMA

【筆者紹介】

小路 大介（しょうじ だいすけ）
 日建リース工業(株)
 仮設営業本部 営業企画管理部



ずいそう

建設 RX コンソーシアムで目指す世界

多葉井 宏



1. 背景・目的

建設業では、就労者の高齢化に伴う就労人口減少などの社会的背景を受け、将来の担い手確保や働き方改革の実現が喫緊の課題となっている。こうした中、ゼネコン各社では施工ロボットやIoTを活用した施工支援・施工管理ツールの開発を進めているが、各社がそれぞれ開発を進めることは非効率であり、過大な開発コストが発生することも少なくない。さらに、実際に使用する協力会社側にとっては、操作方法を習得するロボットやIoTツールの種類が増えてしまうため、生産性の向上を阻む要因にもなっている。

2020年10月から竹中工務店、鹿島、清水建設の3社にて、下記を目的としてロボット・IoT分野を対象とした技術連携を進めてきた。

- ・同業他社で類似の開発を重複して行っている無駄をなくす。
- ・協力会社が施工ロボット・IoTツールをどのゼネコンの現場でも使用できるようにする。
- ・ロボットの普及と価格低下を促進する。

この3社の技術連携に関心を抱いた他ゼネコン複数社から参加の打診があったことを受け、この取り組みを業界全体に発展させるための仕組みとして「建設RXコンソーシアム（以下、RXコンソ）」を設立した。

2. RXコンソの概要

RXコンソは、建設業界全体の生産性および魅力向上をより一層強力に推進することを目的とした技術連携を行うための組織である。RXコンソの組織は、図1に示すように、総会、役員会である幹事会、日々の活動を推進支援する運営委員会、ならびに実際の共同開発や相互利用を行う各分科会で構成されている。分科会で取り組むテーマは、運営委員会で協議し、幹事会で決定される。以下では、具体的な分科会の取組事例を2つ紹介する。

(1) 資材の自動搬送システム

建設現場内の資材搬送は、建設作業員にとって付帯

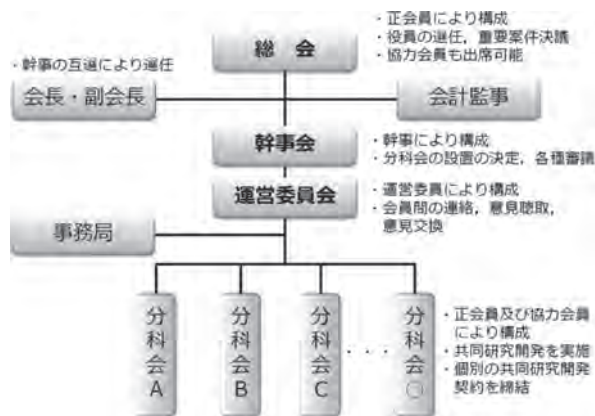


図-1

作業であり、これを自動化することによって、より高いスキルが必要なコア作業に携わる時間を増やすことができる。具体的には、内装材や設備機器などを搬送するロボットの開発や、そのロボットを使うために必要となるシステムの開発に取り組んでいる。

建設現場内の資材搬送は、搬入トラックから荷下ろしした資材を1階の仮設エレベータまで水平運搬して、仮設エレベータで作業フロアまで垂直搬送する。作業フロアでは別のロボットがエレベータから資材を荷下ろしして、作業場所まで搬送する。すでに実際の建設現場環境で試行や実適用を進めている段階であり、本コンソーシアムの中で利用を進めていく予定である。



写真-1

(2) タワークレーン遠隔操作

タワークレーンのオペレータは、作業時にはタワークレーン頂部に設置された運転席まで最大約50mを、梯子を使って昇降する必要がある。また、作業開始から終了まで高所の運転席に1日中拘束されることになるため、オペレータへの身体的負担の軽減や作業環境の改善が求められていた。

地上に専用のコックピットを置き、そこから現場内や遠隔地のタワークレーンを遠隔操作することが可能



写真—2

となる。複数台のカメラによって撮影した映像をコックピットに送信するとともに、コックピット側で実際の操縦席の振動や揺れを体感でき、操縦席とまったく同じ操作環境を実現している。資材の移動、積み込み、積み下ろし作業等の遠隔操作が可能である。こちらの技術も建設現場での試行を始めており、今後、普及・展開を加速していく予定である。

3. 今後の展望

建設業は、これまで培ってきた建設技術を基軸にしつつも、異業種の多様な新技術を積極的に取り入れて活用し、建設生産プロセス全体をより質の高いものに変革していく必要がある。今後、本コンソーシアムにおける協働を進めるとともに、その成果を積極的に発信し、技術連携の輪をより拡充すべく建設業界全体、さらには我々と協働して技術開発や展開を担っていただける様々な方々に参加を呼び掛けていく予定である。

—たばい ひろし (株)竹中工務店 技術研究所 建設革新グループ長—



ずいそう

クラウドとデジタル技術の変遷、 将来展望と DX



川 又 俊 一

この記事読んでいただいている方は、クラウドという言葉やサービスに対してどのようなイメージ、どのような認識をお持ちでしょうか？

クラウドサービスを提供する企業に勤める私としては、2019年に経済産業省から「DX（デジタルトランスフォーメーション）レポート」などが発行されるようになってきてから、ITに関係される方々以外の方にも徐々に浸透しはじめたと感じている。

本題に入る前に、「クラウドってそもそも何？」と思われる方にどのようにお伝えすべきかと考えていた。同僚は皆クラウドに関わる業者側であり、彼らの意見はあまり参考にならず、今年70歳になる母に「要はアパートやな」と言われたことが一番しっくりくる一言だった。

すでにクラウドをご存じの方には失礼かもしれないが、私なりに簡単に説明すると「デジタルのツールやアプリケーション、またそのITインフラを、かつての買取り、減価償却の必要な自社管理の資産としてではなく、利用した分だけ支払う形で提供されるサービス」である。その説明を聞いて母は、「自己所有の戸建てやマンションではなく、賃貸アパートやな」という意味で前出の「要はアパートやな」と発言としたわけだ。そこには、「主にはインターネットなどのネットワークを介してサービスを提供し、お客様は”モノ”の維持管理業務から解放される」といった部分はキレイに消し去られているが。

前置きはこの程度にして、クラウドでの変革と将来展望を書かせていただくに当たって、私個人的には将来、クラウドという言葉がなくなってしまうのではないだろうかと考えている。現在は、かつての自社管理のオンプレミスや買取りといった形態の違いを明確にするための言葉として利用されているのかもしれないが、将来的にはクラウドという言葉が使われなくなるぐらい浸透し、利用者は何を利用しているかは気にかけないところまで行くのではないかと、希望的観測も含め思っている。

クラウドの変革においては、利用者視点での大きな変化点は、“価格低下”と“利用する場所の意識”であると考えている。

まず、価格低下という点では、直接的な効果よりも間接的な効果が大きいただろう。例えば現代では携帯電話でも利用されている音声認識や顔認識といった技術に代表されるAI／機械学習・深層学習は、古くは1950-60年代から始まっており、もちろん現在に至るまで研究の成果により実現できている部分も大きいですが、必要なコンピューターリソースの進化や低価格化によって、かつては一部の大企業や研究機関でしか実現まで至らなかったテクノロジーの利用できる裾野が広がっている。

さらには、資産を持たずに必要な分だけの利用量でこうしたリソースを利用できるというクラウド環境が、音声認識や顔認識といった技術をコスト的にも一般化できた大きな理由の一つであると思う。誰にでも利用できる環境は、鋭いアイデアを持ったベンチャー企業も大企業と同じ競争ができる土壌を形成し、技術の進化を加速させ、利用の拡大によって必要なリソースの価格が下がっていくという良い循環を生み出している。

次に、利用する場所の意識に関しては、デジタルサービスを開発、提供する側からも、そのサービスを利用する側からも、特定の場所でないと利用ができないという制限を取り払えつつあると思う。業務の現場で言えば、かつてはデータセンターや社内、VPN経由でしか利用できなかった大規模シミュレーション、分析、計算といった処理や、身近なところだとEメールや設計図データの共有、発注処理業務のアプリケーションなどを、携帯電話等のネットワークの進化も相まって、建築現場のタブレットで利用することが可能となり、利便性の向上に繋がっている。

すでに一部で実用化されていると聞いているが、価格低下と場所の意識を取り払う事により、建設現場でのクレーンを遠隔地にいるオペレーターが操作するといったことも可能となり、将来的には優秀なオペレーターが一つの場所で世界中、複数の建設現場で活躍する日も近いのではないかと思う。

一方で、クラウドに限った話ではないが、デジタルテクノロジーも万能ではない。

新しいテクノロジーなどが登場した際、無人化とい

うワードの先行や、場合によっては「AIは人の仕事を奪うのか?」といった議論が起こったりするが、人間しかできないことが実際には沢山ある。端的に言うと、AIが今日時点では出来ないこともあり、経験していないことは判断できない。

わかりやすいのが2021年東京オリンピックの出来事だ。スタッフの女性が会場を間違えたジャマイカの陸上選手を機転の効く判断で案内し、選手が金メダルを獲得できた出来事があった。

あの案内をAIがしていたら、ジャマイカの選手は金メダルどころかレースにも出走できなかったのではないかと思う。なぜなら、彼が困っていることは表情判断や体温により判断できても、彼がどれだけ頑張っこの舞台にいて、このレースに出られなかったことで日本が残念な思い出とともに記憶される国になってしまうかもしれないといった想像や感情を含めた判断は出来ないからだ。

AIだとルール通りに進行すれば遅れるかもしれないけど、シャトルバスでお願いしますと案内して終わりということになる。

建設の現場だけでなく、オフィスや他の一般企業においても同様で、人間にしか実施できない事や人間のほうが効率の良い部分も沢山あるであろう。事実、Amazonのフルフィルメントセンターにおいても、現段階で目指すところは、完全自動化ではなく、人とデジタルやロボットの共存である。

今回、クラウドとデジタル技術の変革、将来展望とDXというタイトルで、様々書かせていただいたが、私にとって、クラウドもデジタル技術も、利用していただくことが目的ではなく、それらはお客様の業務上の課題解決や取組の加速をお手伝いさせていただく際の一つのツールだと思っている。

前出で書かせていただいた内容と重複する部分もあるが、ビジネスでも現場でも主役は“ヒト”で、その“ヒト”が、デジタルを活用して、“ヒト”にしかできない仕事にフォーカスしてもらうことが、DXを成功させる上で重要な視点であると考えている。

——かわまた しゅんいち アマゾン ウェブ サービス ジャパン合同会社
事業開発本部 シニア事業開発マネージャー——



ずいそう

夢の丸太小屋に暮らす Part2

野外料理－燻製・ピザ・バーベキュー



中野 至

八ヶ岳南麓の標高 1,120 m の所に土地を購入し、ログハウスを建て、住み始めてから 8 年になる。丸太小屋（ログハウス）に住む夢を持ち実現させた顛末は、同誌 2015 年 7 月号の「ずいそう」に詳しく書いた。その後、自分の手でログハウスの内装を充実させ、更に、庭に自分で二階建てのツリーハウスを建て、1 階にスモークハウス（燻製）、ピザ窯オープン、バーベキュー（BBQ）コンロを自作して設置した。今回はこの設備を使い、野外料理を堪能する姿を紹介したい。

最初に燻製。燻製には大きく分けて、熱燻、温燻、冷燻がある。熱燻は温度 100℃ 以上で調理する方法である。鉄鍋の底にウッドチップを置き、その上に網を敷き肉や魚を置いて蓋をしてコンロの火で熱して、鍋の中で煙を立て食材に火を通しながら燻製にする方法で、20 分程度で出来上がる。食材が燻煙の香りに包まれた料理として供されることが多い。次に温燻と冷燻、この方法にはスモークハウスが必要になる。私は板材で 50 cm 四方、高さ 70 cm のスモークハウスを自作した。温燻はスモークハウス内の温度が 25℃～80℃、冷燻は 24℃ 以下で煙を掛ける。この 2 種類は主に保存を目的とした調理方法で 8 時間以上、燻煙を掛ける。温燻で私が良く作るのはスモークハムである。豚ロース肉 1 kg の塊を 10 個購入し、塩、砂糖、シナモン、胡椒、ミックスハーブを肉に擦り込み、5 日間冷蔵庫で保管する。6 日目に流水で 2 時間塩出しして、サラシを巻いてタコ糸でぐるぐる巻きにする。更に、脱水シートを巻いて一晩冷蔵庫で水分を抜く。7 日目に 8 時間燻煙に掛ける。スモークハウスにサラシを巻いたハムを吊るし、火を熾した炭の上に桜のウッドチップを撒いたステン籠を室内に入れて 6 時間室温 50℃ で燻煙に掛ける。そして最後に、スモークハウスの下からカセットコンロで加熱し 80℃ まで温度を上げながら 2 時間燻煙に掛ける。粗熱を取り、冷蔵庫で肉を締めて出来上がり。サラシに巻いたままだと冷蔵庫で 3 ヶ月は持つ。1 週間の労作で、そのまま食べても、ハムステーキにしても、細かく刻みチャーハンに混ぜても最高の味である。お酒が進む。次に冷燻である。冷燻で私が良く作るのはスモークサーモンである。3～4 kg のキングサーモンを 1 本購入し、三枚におろ

してもらい、お湯に塩、砂糖、胡椒、ミックスハーブを入れたソミュール液を作り、冷やした液にサーモンを一晩漬け込む。スモークハウスに網を 2 段敷いて、サーモンを置く。スモークハウスの下にはレンガを 8 段積んであり、間に仕切りを入れておき、一番下の段に、火を熾した炭の上に檜のウッドチップを撒いたステン籠を置く。煙は仕切りの間を通り冷却されながらスモークハウスに導かれ、室内が 24℃ 以上にならないように管理して 8 時間サーモンに燻煙を掛ける。この燻製は外気温度 15℃ 以下、つまり冬しか作れない。出来たサーモンは冷蔵庫で冷やし、薄くスライスしてそのまま食べる。ワインが進む。燻製は、食材の違いと共に、燻煙方法と時間、チップの種類による香りと酸味の、微妙な違いを楽しむ。

次はピザ窯オープン。この窯は赤レンガ、耐火レンガ、鉄板で構成される。基礎となるブロックの上に耐火レンガを敷きその上にコの字に耐火レンガを 2 段積む。その上に、後ろに隙間が出来る様に鉄板を敷き、更に耐火レンガを 3 段コの字に積み上げる。更に鉄板を敷き、赤レンガを 2 段敷く。上段の鉄板の前部に穴を明けて、その上に煙突を立てる。下段の空間で火を焚き、後の隙間から熱風を上段に送り込み、上段の空間に熱気を通す。1 m の高さの煙突は上まで排気を引き上げる役目を担う。上段の前面はアルミ板を曲げて作った蓋を設置する。その蓋に温度計を取付ける。上段の空間はピザ窯とオープンとして使う。ピザはピザ台に好みの具材を乗せる。我家では肉味噌にピザチーズを乗せるものや、柿や林檎のスライスにシナモンを乗せるピザがある。ピザ窯は 300℃ まで熱し、その中でピザを 3 分焼く。チーズはトロリ、ピザ台はカリッと焼き上がる。ビールと共においしく戴く。また、パンケーキミックスにドライフルーツやナッツを入れ、鉄鍋に注ぎ入れ蓋をして、上段をオープンとして使い 200℃ 30 分焼く。珈琲と共においしく戴く。更に、スペアリブや鯖鎌に下味を付け鉄鍋に入れ、200℃ 30 分焼く。ビールが良く合う。オープンでサツマイモ、ジャガイモ、タケノコを焼いても美味しい。

最後に、BBQ コンロ。BBQ コンロは基礎のブロックの上にコの字にブロックを置き、その間に耐火レン

ガを敷き詰める，更に周りをコの字に耐火レンガで囲み，その上で薪や炭を燃やす。その上に網や鉄板を置いて，お肉，お野菜を焼き，サンマを焼き，焼ソバを作る通常のBBQ。更に铸铁鍋ダッチオーブン（DO）を天井から吊るしDO料理。DO料理は鶏の丸焼きのスタッフドチキン。そして私の得意料理は牛筋の黒ビール煮。材料は牛筋，トマト，タマネギ，きのこ類，調味料は黒ビール，赤ワイン，コンソメ，塩，胡椒，にんにく，ローリエ，牛筋にオックステールを加えても良い。そしてDOをBBQコンロの上に吊るして，2～3時間クツクツと煮る。牛筋がトロトロになり，スープがデミグラスソース状になったら出来上がり。カリカリに焼いたフランスパンと赤ワインが良く合う。BBQコンロは，時々近所の友人と共に，材料や料理を持ち寄る，ガーデンパーティーで活躍している。

丸太小屋に住む夢を持ち，30年間，仕事の合間を縫ってアウトドアの様々な経験を積み重ね，野外料理の設備と料理のノウハウを蓄積した上で，この地にそのノウハウを注ぎ込んだ。だからこそ，八ヶ岳でのアウトドア生活を楽しむことが出来るのであろう。

ところで，近年八ヶ岳南麓でも，田舎への移住や半移住など，都市部からの移住者が増えている。そこで全国でも話題になっているのが，田舎暮らしによる，地元住民との軋轢や，辺鄙な場所に居を構え生活が成り立たないなどの問題である。つまり「こんなはずじゃなかった」と言う声が，ネット上でもあふれている。私の半移住場所の近隣は15軒程度。6軒は別荘，8軒は都会から移り住んだ永住者。地元住民は1軒だけ，地域住民として対等にお付き合いできる人たちである。生活インフラは，車で15分以内にスーパーマーケット2軒，1軒は最近テレビの特番で紹介された「ひまわり市場」である。ホームセンター1軒，総合病院や診療所もある。歩いて10分の所に小海線甲斐大泉



写真一 1 ツリーハウス全景



写真一 2 スモークハウス，ピザ窯オープン，BBQコンロ

駅がある。ごみは，別荘者対象に日曜日に車で10分の市役所支所でごみ処理できる。住民登録すれば歩いて5分の所にゴミステーションがある。8年住み，住民問題，生活インフラで殆ど不自由を感じたことは無い。まずは，このベースがなければ，夢の丸太小屋に暮らし，今回紹介した野外料理を楽しむことも出来ない。

—なかの いたる マネジメントT&K代表（コマツOB）—

部 会 報 告

機電技術者のための講演会報告

建設業部会

1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業53社の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ、事業活動を行っている。

過去、時代の要求や業界の状況を反映し、様々な事業活動が実施されてきたが、特に建設の生産性向上と品質確保および環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人作り』、『場づくり』の企画は当部会の大きな柱となっている。

これまで、この企画の中心として機電技術者意見交換会を平成9年より23回開催してきているが、第16回（平成24年）からは、当部会の中に「機電技術者交流企画WG」を設置し、開催意義を再検討するとともに、機電技術者のさらなる育成交流に資する活動となるよう、毎年検討を重ねてきたところである。

しかしながら今年度も、昨年度同様にコロナ禍である今、参加者の移動を含めた安全を最優先とし、第24回機電技術者意見交換会の中止が決定された。

この中止決定を受け、昨年度からの取り組みとして、Web参加が可能な講演会を実施し、今年度はテーマを身近である建設業界におけるDXとした。また、Webシステムが500回線まで対応ができることから、各社に10回線を振り分けた。さらに、感染症対策を講じた上で直接参加枠も設け、できるだけ多くの人が見聴できる環境を整え、「機電技術者のための講演会」を開催した。

2. 機電技術者のための講演会

(1) 概要

①開催日時

2021年10月8日(金) 13:15～16:30

②場所

機械振興会館6階 6D-1, 2
Web回線 (Zoom500回線使用)

③講演

【テーマ1】

『油圧ショベル自動化 AIの開発と実施』

講師：(株)DeepX

プロジェクトマネージャー

西村 弘平 様

【テーマ2】

『ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発』

講師：清水建設(株) イノベーション推進部

小島 英郷 様

『重機接触災害防止の人検知カメラ』

講師：(株)Light Blue Technology

上級研究員

谷口 俊一 様

④参加者

参加者は、直接会場参加者とWEB参加者（同時視聴者を含む）を合わせ、137名以上となった。

以下、判明している参加者を示す。

- ・直接参加者 8名
- ・WEB参加者 120回線（同時視聴者17名）



写真-1 講演会の様子（直接参加会場）

(2) アンケート結果

当部会では昨年度から引き続き実施したWEB参加型講演会の反省や次年度への検討課題の把握等目的として参加者へアンケートを実施した。アンケートの中で講演者への質問を受け付けた。

アンケートの回収率は86.4%、同時視聴者からの回答もあり、回収総数は70人となった。

①【テーマ1】『油圧ショベル自動化 AI の開発と実施工』について

テーマ1については、「大変満足：31%」・「満足：53%」という回答であり、評価としては84%が満足と捉えている（図-1参照）。

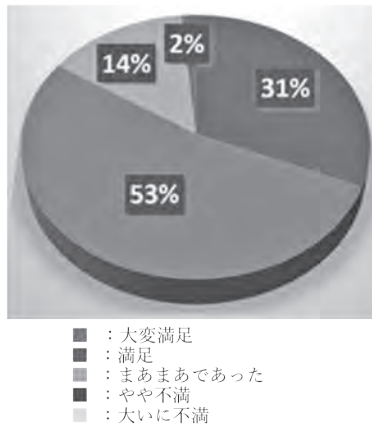


図-1 テーマ1の感想に関するアンケート結果

（質問事項と回答）

Q1：今後、適用範囲をどこまで考えて取り組んでおられるのか差し支えなければ教えていただきたい。

A1：自動化対象作業と適用範囲については、自動化されたときの効用と技術的難易度から判断しております。特に適用範囲を限定していくつもりではなく、現場を調査していくなかでより良い自動化対象作業や適用範囲の拡張案があれば、随時開発に取り組む予定です。

Q2：BHの刃先位置の推定にGNSS(本体の絶対座標)、IMU (BH 本体) と角度計 (角度計) を用いているとのことだったと思いますが、IMU と角度計を使い分けている理由をご教示ください。

(全部 IMU ではいけないのでしょうか)

A2：IMU は BH 本体の姿勢 (ヨー, ピッチ, ロール)、角度計はブーム, アーム, バケットの各関節角度を取得するために使用しています。耐環境性能などの設置要件を満たし、かつ、角度が取得できる場合、角度計の代わりに IMU を使用することは可能です。設置要件を満たして機体の姿勢 (ヨー, ピッチ, ロール) と各関節角度が推定できる構成の中で、センサの安定性や設置容易性などから判断して現在は IMU と角度計を使用しています。

Q3：ダンプ内の土量推定モジュールについて詳しい話をお聞きします。推定土量と実際の土量では

どの程度差があるか、精度の話をお聞きしたい。

A3：定量的な制度の検証は現在実証中であり、精度をお伝えすることができません。複数のダンプに適用し、ダンプのカタログ値と比較して目視で概ね合致していることを確認しております。

Q4：LiDAR は土や障害物等を認識し、3次元座標にするソフトウェアですが、泥土や泥水の使用実績はありますか。実績がありましたらご教授頂けると幸いです。

A4：泥土や泥水を対象として、Lidar の取得結果を分析した事例はありません。

Q5：実現場に導入するにあたり、安全面の課題 (①人との接触, ②重機同士の接触, ③法面や不陸のある場所での転倒や滑動等) をどのように捉え、現在どこまで対応できているのでしょうか。

A5：①人との接触については、安全管理者が責任を負うものと認識しています。現在は自動制御システムで動作している作業区域を囲い、その外部で安全管理者が安全を確認することで安全の対策をしています。安全管理者が周囲に人がいないことを確認し、システムに動作を許可した時のみ自動制御が行われます。

②重機同士の接触については、安全管理者による監視と自動制御システムの両方で対応するものだと認識しております。現在想定している作業の内容では、ショベルがダンプもしくは土と接触する可能性があります。自動制御システムとしては、認識した周囲に接触せず、かつ余裕のある軌道を生成し、追従することで衝突を回避しています。その上で、安全管理者が接触の恐れがあると判断した場合には遠隔で緊急停止を押すことで対応しています。

③転倒や滑落について、現在は法面や不陸などの場所は作業対象としておりません。①, ②と同様に安全管理者が危険と判断した場合に遠隔で緊急停止することで対応しています。

Q6：掘削精度やスピードなどの実績をご教示いただけますでしょうか。(掘削精度：目標値に対して、バケット位置の誤差、スピード：標準歩掛と比較した掘削速さ)

A6：精度については、データの収集および評価を進めている段階であり、実績をお伝えすることができません。

Q7：山の性質がかわり必要な負荷が変動した場合、原動機の出力を追従させられますか。また、省エネは考慮されますか。

A7：現在は後付けで遠隔操作可能にするロボットを用いて自動化を進めています。現在はそのロボットにエンジン回転数を制御する装置がないため、運転開始時に設定した回転数の範囲のみで制御します。また、現在は機体の消費電力や消費燃料を把握するシステムになっていないため、省エネを考慮した制御は行っていません。

Q8：油圧ショベルの自動化・AI技術は現在の建設業界の課題を解消する大変素晴らしいものであると感じましたが、本技術は作業員が搭乗した場合と比較して精度や施工量はどの程度の水準になっているのでしょうか。

A8：現在精度を評価するために自動制御システムと作業員のデータ収集を進めている段階であり、実績をお伝えすることができません。

Q9：Wifiの環境は、何らかの電波妨害で混乱することはないですか。

A9：周囲のネットワーク環境によっては、他のネットワークによって干渉することがあります。環境に応じて適切なアンテナの配置、ネットワーク（周波数帯や通信チャンネル）の設定が重要だと思います。

Q10：精度の検証や生産性の向上がどの程度実現できたか等を定量的な評価はされていますか。

A10：パスの追従性度については、理想のパスと実現した経路を比較して誤差を評価しています。掘削量については、作業前後の現場の3Dモデルをドローンにて取得し、比較することで定量評価した実績があります。また、全ての作業は時間が記録され、各作業の所要時間を評価しています。

Q11：掘削パスの生成は、毎回AIで行っているのでしょうか。ある程度決められたパスをベースに生成するのでしょうか。

A11：掘削のたびに土を認識して、掘削パスを自動生成しています。

Q12：学習に全ての条件（気温、油圧、天候ほか）を加味するのが望ましいのは感覚的にわかるのですが、学習条件の増加で性能は劇的に変化するのでしょうか。ある程度、目ぼしい条件の学習が達成されたら頭打ち感があったりするのでしょうか。例えば風速や湿度は能力向上に影響を及ぼさない等の結果が出たりしているのでしょうか。

A12：実世界で様々な環境で検証している段階であり、現在、学習時の条件を追加することで性能が頭

打ちになること、ある条件が影響を及ぼさないという結果は見られておりません。なお、一般的な学習についての回答になりますが、現実には発生するよりも学習条件を複雑にし、学習データ数を十分増やした環境で学習できた場合は、対応できる条件は増加します。

Q13：トン数の違うダンプが交互にきたとして過積載になる可能性はありますか。

A13：同じ作業をしている中でトン数が異なるダンプが来た場合は過積載になる可能性はあります。現在のシステムでは、同じ作業をしている間は同一のタイプ、同一のサイズのダンプが来ることを仮定しています。

Q14：LiDARが2台必要な理由を教えてください。また、機体の内部に別途アクチュエータを設置しているのでしょうか。

A14：LiDARを2台利用している理由は、現在使用しているLiDARの画角が、ダンプを認識するために必要な画角よりも小さいからです。また、アクチュエータは、共同研究している会社様が標準の油圧ショベルを後付けで遠隔操作可能にするロボットを開発しており、そのロボットを搭載し、遠隔操作信号と同じ信号を計算機から送ることで制御しています。

Q15：今後各社で導入していく際に維持管理はどのように行うのでしょうか（故障の際の対応や応急処置について）。また、実際現場での稼働状況はどのように把握するのでしょうか。

A15：故障や応急処置などの維持管理について、現在製品段階ではありませんので、定まっていないものですが、現在は遠隔操作用のロボットについて設置や応急処置できる担当者が現場にいることを前提としています。なお、現場での稼働状況について、集中管理しているシステムが自動制御システムと別に存在し、稼働状況（稼働可否や作業実績）を共有することで現場の方がモニタリングできる環境を想定しています。

Q16：通信量や周波数についてはどのようになっていますか。

A16：通信量について現在の通信は80Mbps程度を必要としており、10Hzで状態を受信して、制御信号を出力する制御ループを実行しています。

Q17：これまで色々な現場で検証を行ってきたが、検証する際に大変だったことはどのようなことがあったか。

A17：大きくネットワークと機体の変更に時間を要したことがあります。ネットワークについては、現場の環境に応じてアンテナの位置や設定を調整する必要があり、機体については、センサの設置箇所や機体の特性を把握して調整する際に時間を要しましたが、シミュレータでの検証や実機試験を繰り返すことで安定稼働するシステムを構築することができました。



写真一2 (株)DeepX 西村弘平 様



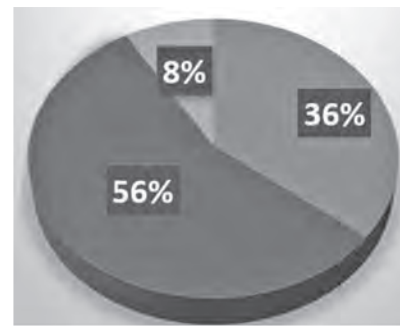
写真一3 会場の様子『油圧ショベル自動化 AI の開発と実施工』

②【テーマ2】『ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発』、『重機接触災害防止の人検知カメラ』について

テーマ2については、「大変満足：36%」・「満足：56%」という回答であり、評価としては92%が満足と捉えている（図一2参照）。

（質問事項と回答）

Q1：BHに近接した際に検知することを目的とされていたと思いますが、キャリブレーションした1台のカメラだけで距離推定する場合、BHの揺れで推定値に誤差が生まれると思われませんが、ど



■：大変満足
 ■：満足
 ■：まあまあであった
 ■：やや不満
 ■：大いに不満

図一2 テーマ2の感想に関するアンケート結果

のように対応するのでしょうか。

A1：現状揺れに対して特別な対応は行っておりません。実験を行った際には揺れによる誤差が問題になることはありませんでした。

Q2：カメラの周囲の状況を上からの平面画像にする技術について、人の位置の誤差が1.5m程度あるように見えたが、問題はないのでしょうか。

A2：正しく設定すれば1.5mも誤差はないかと思います。特に近い距離での精度については弊社で確認済みです。

Q3：うつ伏せの状態でカメラに対して横向きになっている場合は、頭がカメラの逆方向を向いている時と同じような検出結果になるのでしょうか。

A3：全く同じにはなりませんが、同様に検出の精度は落ちると思います。

Q4：今回は覆工板の上で実験をしているような形だと思いますが、土の上や石がゴロゴロ転がっている環境でもうつ伏せの人を判定することが可能でしょうか。

A4：人間が同化しない限り基本的に検出には問題ありません。

Q5：トンネル内において照明等による危険明示等を利用して作業員（坑夫）の意識は変わりましたでしょうか。

A5：精度検証の実験は実施しましたが、実際の作業中での導入はまだ実施していないため、意識の変化などは把握できておりません。

Q6：作業所内の危険エリアで作業員を検知すると重機が停止するシステムですが、検出範囲を教えてくださいませんか。

A6：カメラ設置の高さにもよりますが、20m以内であれば検出可能です。

Q7：製品化して販売する予定はありますか。また、価格、大きさ等どのくらいを想定されていますか。

A7：現在取り組み中です。価格大きさ等は決まり次第発表する予定です。

Q8：今までにクレーンの吊荷落下時を想定した人との接触防止や、クレーンのブーム同士の接触防止を図る固定した範囲を制限するシステムはありましたが、移動する人を検知して危険を知らせる画期的なシステムは初めて見させていただきました。粉塵や照度不足な環境下での誤認識を防止するために、通常のカメラ画像を処理するのではなく、米国警察が犯罪捜査で導入しているような赤外線カメラ等から得られるデータを解析することは可能でしょうか。

A8：可能だと思います。一方で特殊なカメラを使うよりは一般的なカメラを使うことでより汎用的なシステムにしたいと考えています。

Q9：カメラによる人検知やトンネルサイクルの判定において、照度や粉塵濃度の条件が悪化した場合（カメラ映像が不鮮明になった場合）で、検知率はどの程度維持できるのでしょうか。

A9：照度に関しては作業できる環境を想定した明るさにはカメラのフィルターなどを調整することで対応できます。実際にトンネルで実験を行った時もカメラを変更することで検出率が向上しました。一方粉塵に関してはかなり難しいです。特に遠距離の場合に人の目で見てもわからない場合は検出できないことが多いです。

Q10：距離検出ですが、人物を認識して、その下端の位置で行っているのでしょうか。もう一点、2Dマッピングした場合、その画像を検出しているのでしょうか。その場合歪んでしまっても検出できないことはないのでしょうか。

A10：距離検出は足元の座標を使用するため、基本的に下端の位置で行っています。2Dマッピングに関しては元のカメラ映像で検出した座標を変換しているだけであり、2Dマッピングに変換した後に検出しているわけではないので歪みなどは発生しません。

③受講環境について

今回で2度目となったWEB講演会であったが、前回からの改善の確認を含め、受講側に不具合があったか、設問した。

「映像・音声ともに良好であった：64%」、

「映像・音声ともに問題ないレベルであった：34%」と98%が良好または問題ないと回答し、前回のWEB講演会から受講環境に関して改善がみられ、アンケートからも品質に問題はなかったとの評価であった。

しかし、「映像・音声ともに不満・改善を要する：2%」という意見もあった（図-3）。

改善点を求める意見を抽出し、次回検討する上での



写真-4 清水建設(株) 小島英郷 様



写真-5 会場の様子「ICT技術を用いた人と重機の接触災害リスク低減システムの開発」

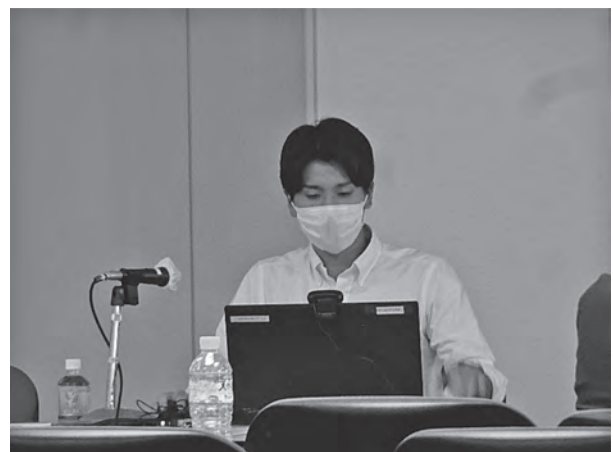
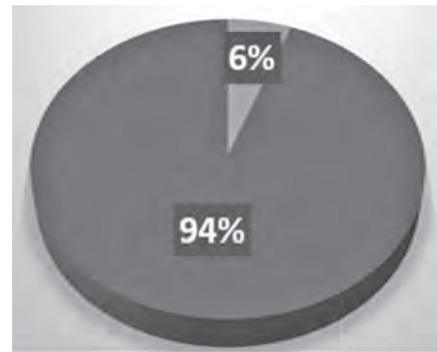


写真-6 (株)Light Blue Technology 谷口俊一 様

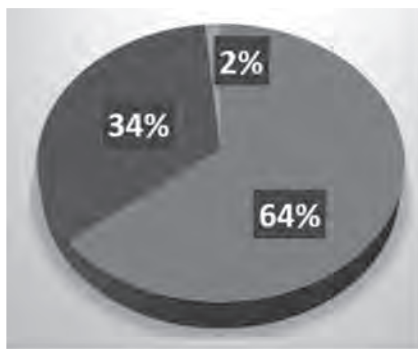


写真一七 会場の様子「重機接触災害防止の人検知カメラ」



■ : 長すぎる
 ■ : 適当な時間であった
 ■ : 短すぎる

図一四 講演時間に関する結果



■ : 映像・音声ともに良好であった
 ■ : 映像・音声ともに問題ないレベルであった
 ■ : 映像・音声ともに不満・改善を要する

図一三 受講環境に関する結果

参考としたい。

(改善を求める主な意見)

- ・発表者の声が少し聞きにくかった。Web会議との都合があったと思うが、スピーカーから音を出せるようにした方がいい。
- ・パワーポイントスライドが16:9の方は、プロジェクタ投影が小さく感じた。パワーポイントスライドを4:3に指定をすると改善されるかもしれない。

④講演時間について

講演時間については「適当な時間であった:94%」と肯定する意見が圧倒的に多く、今後も45分前後を確保して進めたい。

アンケートからは、「集中力がきれない時間設定だった」、「詳細に理解するための時間として適切だった」等の肯定的な意見があった一方で、「時間は適切だったが、半日は長く感じた」、「講演の内容に応じて時間を設定してもよい」等の意見も寄せられた(図一四)。

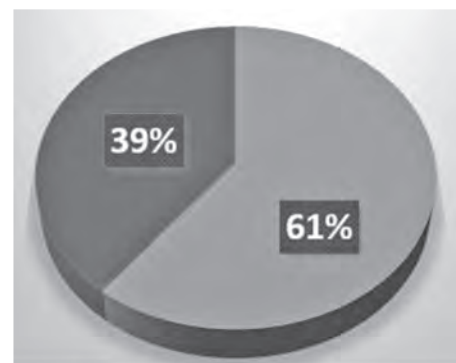
⑤WEB講演について

WEB講演についての評価は「良い:61%」、「まあまあであった:39%」と全員が肯定的に捉えている(図一五)。

どのような点が良いと評価したのか、意見を取りまとめてみた。感染防止対策の他にも多くのメリットが挙げられた。

(WEB講演を評価する理由)

- ・移動時間の削減
- ・遠方からでも参加ができる
- ・感染防止対策を取りながら大人数での参加ができる
- ・出張中でも時間さえ空けていれば参加できる
- ・資料や発表を手元で見ることができる
- ・不意な別件対応や都合による途中退席が可能
- ・リラックスして視聴ができる



■ : 良い
 ■ : まあまあであった
 ■ :良くない

図一五 WEB講演に関する結果

⑥次回講演会への参加について

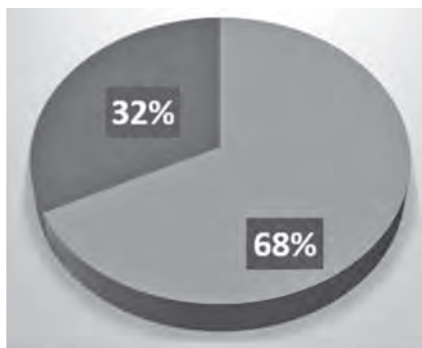
次回講演会に参加したいかの設問に対して「参加したい:68%」、「どちらともいえない:38%」と半数以上の受講者が参加したいとの意見だった。次回のテー

マは未設定であるなかで、このような結果となったのは、今回の講演会が評価され、次回の講演会への期待が高い証拠であると捉えることができる（図—6）。

本設問に対して寄せられた意見をいくつか紹介する。

（次回講演会への参加について）

- ・最新技術動向の情報収集や知見向上のため参加したい
- ・自社の開発に対してアイデアの着想を変えることができそうだから
- ・今回の講演会はいずれも有意義な講演であり、次回も機会があれば是非参加したい
- ・あまり聞くことのできない他社の取り組みや AI の仕組みについて勉強することができた
- ・機電職員として AI 化への知識向上と新たな気づきが得られた
- ・土木職員として、機電関連の知識も増やしたい
- ・昨今の技術の進歩は目覚ましく、毎年のようにフォローしていかなないとすぐにおいて行かれそう
- ・他社と自社の技術の比較ができ、共通して障害となる問題（法律や基準）など業界団体として交渉するべきものが見えてくる



- : 参加したい
- : どちらとも言えない
- : 参加しない

図—6 次回講演会への参加に関する結果

⑦次回どんなテーマを聞いてみたいか

次回どんなテーマを聴講・視聴したいか設問をした。多くの様々な意見が寄せられたが、今回の講演会テーマから発展した内容や適応事例、具体的な導入における詳細な講演を求める声が多かった。また、昨今よく耳にするようになったカーボンニュートラルに関する講演を求める声も少なからずあった。主な意見を紹介する。

- ・シールド掘削に伴う、掘削管理システムや自動測量システムについて

- ・建設機械の自動化、また自律化に向けた取り組み
- ・AI を活用した施工事例
- ・カーボンニュートラル、ゼロエミッションに関する技術
- ・他社の機電職員の業務について
- ・DX に関する詳細な説明について
- ・無人施工と有人施工の効率の違い
- ・無人化施工のトラブル事例について
- ・若手の機電技術者（初心者向け）レベルの講演
- ・海外で活躍をしている機電技術者の講演
- ・5G 通信を利用した将来の展開について
- ・省力化につながる自動化技術とは異なったアプローチをしている技術について
- ・ダム工事における重機の自律運転による施工技術について
- ・建設機械の作業分析に関する技術について
- ・建設業と他分野事業のコラボについて
- ・海外における重機の遠隔操作や自律運転などの事例紹介および日本に導入する際の障害について
- ・AR 技術の現場適用事例について
- ・防波堤建設に関する港湾工事
- ・巨大物体の移動システムについて
- ・海外の DX について

⑧その他意見について

今回の講演会を通しての意見を「その他意見について」として設問した。主な意見を以下に紹介する。

- ・WEB 講演にすることにより多くの機電技術者が参加することができましたので、今後も継続していただきたい
- ・テーマが2本というのは少し物足りない感じがした
- ・機電技術者が交流できる機会（対面が理想）を継続していただきたい
- ・WEB 参加の方々からも質問があがっており、今回の講演内容に対する参加者の意識の高さを感じた

(3) 今回の成果と次年度以降の対応

今年度も、新型コロナウイルス感染者数が減少傾向ではあるものの依然コロナ禍であるため、機電技術者意見交換会は中止となり、代替策として昨年引き続き WEB 併用講演会を実施した。（若手現場見学会は WEB 現場見学会として 2022 年 2 月 10 日開催予定）

参加者数は 137 名以上で、大多数の参加者から受講内容や WEB 講演会について「大変満足・良い」「満足」の回答を得たことは、当部会の「人づくり」「場づくり」、当 WG の「機電技術者の交流・育成に資する場づくり」

の目的は達成できたと考える。

次回講演会の開催に期待する「参加したい」は68%と高評価を得ている。新型コロナの感染拡大を経験し、ニューノーマルな働き方が加速していく中、WEB併用とすることで受講者側の利便性が高まることで受講者の増加が見込めることから、今後も継続していくべきと考える。

昨年度指摘のあった視聴環境については、概ね改善されたが新たに「映像音声の不満改善を要する」とあ



写真—8 建設業部会長（開会時挨拶）



写真—9 機電技術者交流企画 WG 主査



写真—10 建設業部会幹事長（閉会挨拶）

り、引き続き改善向上に努める必要がある。

次年度のテーマについては、参加者の意見や建設業を取り巻く環境を踏まえ検討していきたい。

3. おわりに

機電技術者交流企画 WG では、3年毎に計画の達成度を確認するとともに活動内容の評価を行い、継続性を協議することとなっており、毎年見直しを行い活動総括を行う。

次年度については、現在新型コロナウイルスの感染者数が急速に減ってきてはいるが、変異種の発生に伴う第6波による感染者増大が懸念されている中、機電技術者意見交換会を活動の中心とし、安全で活発な活動が出来るかの検討を進め、「交流の場づくり」に取り組んでいきたい。

最後に、本講演会に協力くださいました、DeepX・西村様、LightBlueTechnology・谷口様、清水建設・小島様には、講演会後も質問への回答を賜り心よりお礼申し上げます。

（文責 機電技術者交流企画 WG）

新工法紹介 機関誌編集委員会

02-153	薬液注入による液状化対策 「CXP グラウト工法」	鴻池組 東亜合成
--------	------------------------------	-------------

▶ 概 要

薬液注入による液状化対策技術は、小規模な設備で既設構造物直下の地盤改良ができる希少な技術であり、既設護岸の背面地盤や既設タンクの基礎地盤等を中心として、これまで数多くの施工実績を有している。しかし、その注入材として主に用いられている水ガラス系薬液は、ゲルの溶解度がpH9程度のアルカリ性領域で上昇し始め、pH10程度以上では急激に溶解度が上昇する傾向にあることが知られており、例えば工場施設等の基礎地盤で散見されるアルカリ性を呈する地盤に対しては、適用困難と判断される場合が多い。そのため、アルカリ性地盤に対しても安定して設計強度を確保でき、安全で浸透性や耐久性に優れた複合ポリマー型地盤改良剤を用いた薬液注入工法「CXP グラウト工法」を開発した。

複合ポリマー型地盤改良剤CXPは、土木分野で止水剤として利用されているアクリル酸マグネシウム (AA-Mg) を主剤とし、架橋剤であるポリ塩化アルミニウム (PAC) と硬化剤、および添加剤を混合することでゲル化する (図-1)。ゲル化する時間は硬化剤と添加剤により調整が可能であり、数秒から90分程度の実績がある。強度発現は5日であり養生期間短縮が可能である。

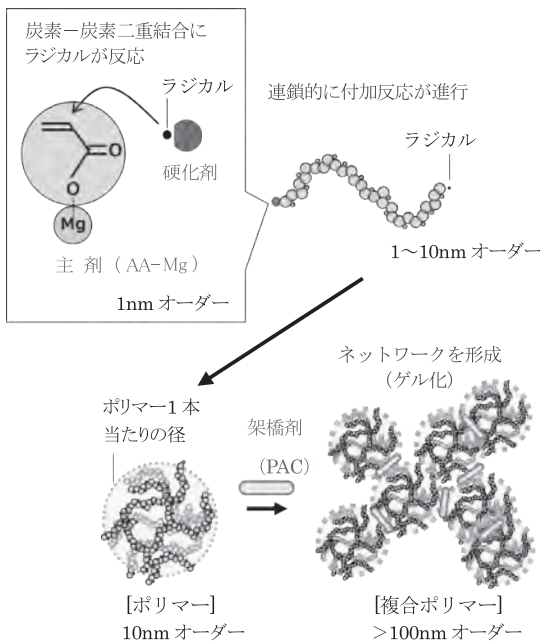


図-1 CXP 硬化メカニズム

▶ 特 徴

①：耐久性

重合した AA-Mg の主骨格は安定な炭素-炭素結合から成り、加水分解や生分解を受ける結合は持たないため、重合度の低下を伴う反応が生じない。また PAC は複数の Al イオンが連結した多核構造であり、AA-Mg の重合体と非常に強固な複合体を形成する。このようなメカニズムにより、CXP による改良体は長期にわたり強度を確保できる。

②：アルカリ性・酸性環境への適用性

CXP による改良体は pH 4 ~ 11 の範囲で中性環境と同等の強度である。

③：安全性

AA-Mg の急性経口毒性は食塩やエタノールと同程度であり非常に小さい (図-2)。

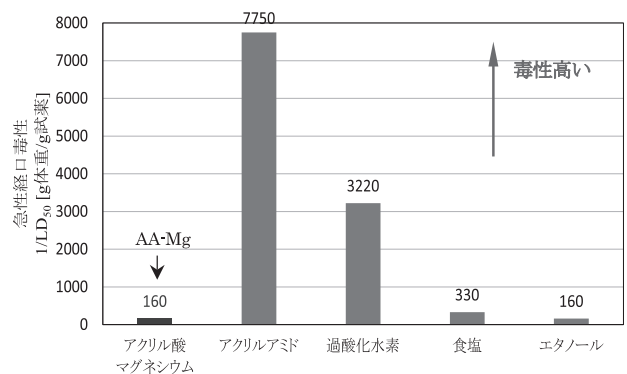


図-2 AA-Mg の急性経口毒性

CXP 原液の水生生物に対する安全性を確認するため、ヒメダカ (魚類) の急性毒性試験、オオミジンコ (甲殻類) の急性遊泳阻害試験などを行った。GHS 区分 (水生環境有害性の区分) によれば、有害性の「区分外」に該当する結果となったことから、本薬液は水生生物に影響を及ぼさない。

④：施工方法

施工方法は、「二重管ストレーナ工法」と「ダブルパッカ工法」が適用できる。

▶ 用 途

・液状化対策、止水対策、地盤強化

▶ 実 績

・危険物屋外タンク液状化対策工事

▶ 問合せ先

(株)鴻池組 土木技術部

〒541-0057 大阪府大阪市中央区北久宝寺町 3-6-1

TEL : 06-6245-6565

03-190	超狭開先の 現場ロボット溶接工法	鹿島建設 鹿島クレス
--------	---------------------	---------------

▶ 概 要

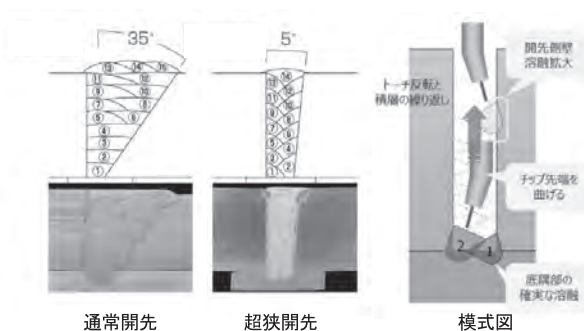
鹿島では、2018年に「鹿島スマート生産ビジョン」を策定し、ICT・ロボット化技術の導入・活用による建設作業全般の生産性向上を目指してきた。特に連続作業で身体の負担も大きい現場溶接作業では、溶接技能者の負担を軽減すべく、ビジョンのコアコンセプトの一つである「作業の半分はロボットと」を目標に、各種現場ロボット溶接工法の普及・展開を積極的に推進し、現場溶接作業の生産性と品質の向上を図ってきた。また、ロボット溶接技術・工法の開発ばかりでなく、ロボット溶接オペレータの直庸と育成・訓練、現場での施工・運用体制の構築も併せて実施し、鹿島グループ全体で品質保証を行う体制を確立した。この結果、これまでの現場ロボット溶接工法の適用実績は23件にも上る（2021年7月末現在）。

一方、鉄骨造建物の柱や梁の一般的な現場溶接接合部では、35°の開先角度となる。この角度を小さくすれば溶接の断面積が減少し、作業時間削減による生産性向上やコスト低減、溶接熱の減少による溶接品質の向上、使用するCO₂ガスや電力の使用量低減による環境負荷軽減が期待できる。一般的に狭開先（開先角度25～30°）といわれる溶接工法では、断面積を10～20%程度削減できることによるメリットは得られる反面、溶接の難易度が上がり、通常の溶接工法の延長線上の考え方では品質の確保が難しいなどの課題がある。

このため、これまで蓄積してきた知見やノウハウ、現場溶接ロボットの安定した溶接施工能力を最大限に活用し、また最新の溶接技術・工法を採用し、これまでより大幅な合理化と品質の向上が期待できる、ほぼ平行ともいえる超狭開先（開先角度0～5°）を対象とした画期的な現場ロボット溶接工法を開発した。

▶ 特 徴

- ① JFE スチール株式会社の協力を得て、溶接に伴うスパッタやヒュームの発生量が少なく、安定した深溶け込みが得られるJ-STAR[®]溶接技術を採用した。
- ② J-STAR 溶接技術と先端曲がりチップで、ほぼ平行開先（開先角度0～5°）を1層2パスで積み上げて溶接を行う。
- ③ 人では視認できない程に狭い開先内を安定的かつ着実に溶接可能で、通常開先と比べて溶接断面積を30～70%削減できるため、板厚が厚くなるほど溶接時間を減らすことが可能となり、生産性向上・コスト低減効果を発揮する。
- ④ 溶接の熱に伴う部材の縮みや変形を抑制でき、溶接時の温度管理が効率化するとともに溶接品質が向上する。
- ⑤ 溶接断面積低減とJ-STAR 溶接技術の採用で、CO₂ガス、ヒュームの発生量を抑制し、環境と作業員への負荷を軽減できる。



図一4 通常開先工法と超狭開先工法の比較

▶ 適用範囲

・鉄骨造の梁上フランジの現場溶接箇所（下向姿勢）

▶ 実 績

・首都圏の鉄骨造14階建高層オフィスビルの358箇所に応用

▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 建築管理本部 建築技術部 技術コンサルグループ

〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11

TEL : 03-5544-0299



図一1 溶接施工状況



図一2 超狭開先形状



図一3 溶接外観

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

20-〈01〉-02	コマツ ブルドーザ DX71PX/PXi-24	'20.12 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」*1 2014年基準に適合したブルドーザ。

無段階変速が可能なHST*2とアングル操作が可能なPATブレード仕様*3で、押し回しと整地性の向上を図っている。また、スーパースラントノーズデザインにより前方視界性を向上を図っているほか、エンジン出力向上と大容量ブレードにより土工量の向上を図っている。

また、D71PXi-24では新ICTシステムである「intelligent MACHINE CONTROL2.0」を搭載して、積層盛土制御機能、クイック設計面作成機能、ブレードチルトによる直進補正機能を追加して、施工の容易化を図ったほか、マルチGNSS対応アンテナを2個採用のよって、施工精度の信頼性の向上とともに、施工時間の短縮・効率化、作業効率の向上やオペレーターの疲労度の低減を図っている。

- *1 通称、オフロード法という。
- *2 電子制御ハイドロスタティックトランスミッション
- *3 パワーアングルパワーチルトドーザー仕様（盛土、整地など軽負荷メインの仕様）



写真—1 コマツブルドーザ「D71PXi-24」（一部オプションが含まれる）

表—1 主な仕様

項目	単位	D71PX-24 (3m折りたたみブレード)	D71PXi-24 (3m折りたたみブレード)
ブレード種類		パワーアングル パワーチルトドーザー	パワーアングル パワーチルトドーザー
機械質量	kg	23,000	23,500
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1)*4	kW/min ⁻¹ [PS/rpm]	177/2,100 [240/2,100]	177/2,100 [240/2,100]
ブレード高さ	m	1.265	1.265
ブレード最大上昇量/ 下降量	m	1.090/0.705	1.090/0.705
全長	m	5.810	5.810
全幅 (本体/ブレード)	m	2.990/4.010	2.990/4.010
全高	m	3.170 (キャブ上端まで)	3.330 (GNSSアンテナ上端まで)
価格 (工場裸渡し消費税抜き)	百万円	36.5	51.5

*4 冷却ファン最低回転速度時の値

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

▶ 〈02〉掘削機械

21-〈02〉-05	コベルコ建機 油圧ショベル 後方超小旋回型 SK125SR-7, SK135SR-7, SK130SR+7	'21.05 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

13トン級油圧ショベルのモデルチェンジ機である。エンジン冷却システム iNDr (アイ・エヌ・ディー・アール) を引き続き採用し、防塵・メンテナンス性向上・低騒音を図っている。オフロード法 2014年基準に適合したエンジンを搭載し、エンジン出力を従来機比9%アップさせることで掘削速度が増加し、生産性が9%向上している。また、バケット掘削力が従来機比17% (SK130SR+は6%) 向上している。

各種先端アタッチメントに対応するため、流量モードが初期設定されており、ブレーカ、ニブラーに加え、回転グラブやチルトローテータなど、7つのアタッチメントへの変更対応が可能である。

機械周囲約270°を鳥瞰的に確認することができるイーグルアイビューにより、パネル内に内蔵した左右/後方のカメラの映像をモニタに表示し安全性の向上を図っている。また、ブームおよび本体前面の前照灯にはLEDを採用し夜間の作業性を向上している。

大型10インチカラーモニタを採用し、各種操作もジョグダイヤル方式とすることで、ストレスなく自由に操作できる。また、各種スイッチ・ダイヤル類もLEDバックライトを採用することで質感と夜間の視認性向上を図っている。Bluetoothおよびハンズフリー機能付きのラジオにより、スマートフォンとのペアリング、ハンズフリーでの通話が可能である。

新機種紹介

機器類の故障予兆を検知できる予防保全機能により、機械停止などの大きなトラブルを最小限に抑えることが可能であり、さらにバッテリー遮断装置の標準装備により、長期休車時の電力消費量を軽減できるほか、尿素タンクへの補給を地上から可能とするなど、メンテナンス性の向上を図っている。



写真一 2 コベルコ建機 SK135SR-7 油圧ショベル (後方超小旋回型)

表一 2 SK125SR-7, SK135SR-7, SK130SR+7 の主な仕様

本体型式	SK125SR-7	SK135SR-7	SK130SR+7
標準バケット容量 (山積) (m ³)	0.45	0.50	0.45
運転質量 (t)	13.3	14.1	14.2
定格出力 (kW/min ⁻¹)	80.7/2,200		
走行速度 高/低 (km/h)	5.6/3.4		
登坂能力 (度)	35		
最大掘削深さ (m)	5.52	4.92	
最大掘削半径 (m)	8.37	7.60	
最大掘削高さ (m)	9.18	8.09	
全長 (m)	7.43	7.56	
全幅 (m)	2.49		
全高 (m)	2.81	2.86	
燃料タンク容量 (l)	186		
価格 (税抜き) (百万円)	14.237	14.380	16.771

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)

20-(02)-16	コマツ 大型油圧ショベル [PC1250-11R]	'20.12 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

新型エンジンを搭載し、同社従来機^{※1}の基本性能に、燃費改善や安全性向上、KOMTRAX Plus などの ICT 機能強化を織り込み、生産性・安全性の向上を図った 120 トンクラスの大型油圧ショベルである。

エンジン出力アップと合わせて、従来のパワー (P) モードとエコノミー (E) モードに加えて高負荷作業に適したパワープラス (P+) モードを作業モードとして追加して生産性 (作業量) を 8%^{※2} 向上した。また、エンジン燃費効率改善と油圧回路ロス低減、高効率クーリング、オートアイドルストップ機能により、パワー (P) モード使用時においても燃費を 6%^{※2} 向上した。

また、安全作業のサポートとして KomVision (機械周囲カメラシステム) を標準装備しているほか、「油圧式昇降階段」をオプション設定した。

※1 PC1250-8

※2 当社従来機 P モード比



写真一 3 コマツ大型油圧ショベル [PC1250-11R]

新機種紹介

表-3 主な仕様

項目	単位	PC1250-11R			
		碎石仕様	土木仕様	SE仕様	L/S仕様
機械質量	t	117.800	116.400	118.600	119.700
機体質量	t	88.100			
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) ^{※3}	kW/min ⁻¹ [PS/rpm]	560/1,800 [761/1,800]			
標準バケット容量	m ³	5.2	5.0	6.7	6.5
標準バケット幅 (サイドカッタ・シュラウド含む)	m	2.110 ^{※4}	2.220	2.340 ^{※4}	2.730
全長	m	16.070		14.840	10.990
全幅 (作業時)	m	5.570			
全高	m	6.040		6.270	6.20
後端旋回半径	m	4.920			
価格 (工場裸渡し消費税抜き)	百万円	115			

※3 冷却ファン最低回転速度時の値
 ※4 バケットのリップが最大幅

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

▶ 〈12〉 モータグレーダ，ロードスタビライザ，締固め機械およびソイルプラント

21-〈12〉-01	日立建機 土工用振動ローラ ZC120S-6	2022 年度 発売予定 新機種
------------	------------------------------	------------------------

オフロード法 2014 年基準に適合した土工用振動ローラである。
 車体後方カメラにより、後方を運転席内のモニターで確認できるとともに、エンジンカバーの形状を斜めに造形することで、車体後方の死角を低減させている。また、運転席の窓を大きくし機械周辺の視認性についても配慮している (写真-4)。

運転席内のモニターには、駐車ブレーキの解除のし忘れや、排気ガス後処理装置の再生手順などを表示させることで、操作に不慣れたオペレータを支援する (写真-5)。エンジンオイルや作動油など、メンテナンスが必要になるまでの時間も確認することが可能であり、より適切なタイミングでのメンテナンス実施が可能である (写真-6)。

エンジンルーム内の機器を車体の低い位置にレイアウトすることで、エンジンオイルレベルゲージやエアクリーナ、燃料給油口、尿素水補給口など、日常的に作業、点検を行う部位は地上からアクセスが可能であり、作業者の負担低減や作業工数低減に配慮している。

表-4 ZC120S-6の主な仕様

運転質量	(kg)	12,400
前軸質量	(kg)	6,400
後軸質量	(kg)	6,000
全長	(mm)	5,860
全幅	(mm)	2,290
全高	(mm)	3,095
最大起振力 (理論値)	(kN)	300
最大振幅 (理論値)	(mm)	2
大振幅周波数	(Hz)	30.5
走行速度 (前後)	(km/h)	0 ~ 11
登坂能力 (理論値)	(度)	28.8
エンジン最大出力 (グロス)	(kW/min ⁻¹)	108/2,000
エンジン最大出力 (ネット)	(kW/min ⁻¹)	106/2,000
価格	(百万円)	未定



写真-4 日立建機 ZC120S-6 土工用振動ローラ

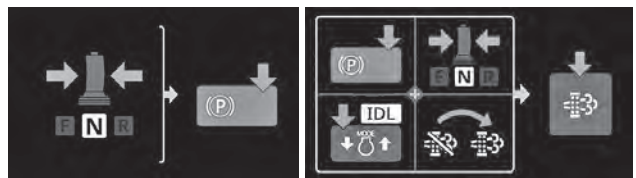


写真-5 モニターでの操作ガイダンスや注意喚起の例

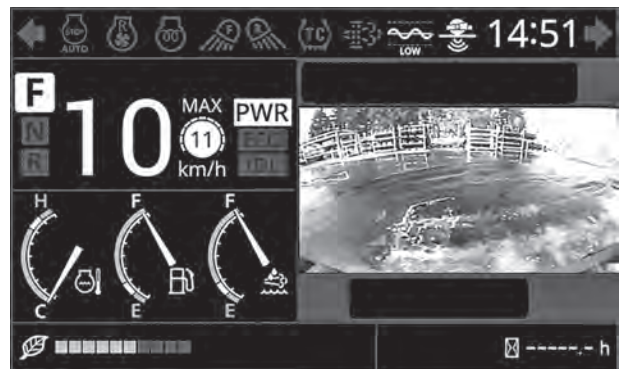


写真-6 モニターでの車体後方カメラ映像および各表示の例

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

建設機械施工技能評価試験

1. はじめに

外国人技能実習制度は、開発途上国地域等の青壮年を技能実習生として日本の産業界に受入れ、職場での実地訓練を通じて、技能・技術・知識を修得してもらうことにより、開発途上地域等への技能等の移転を図り、当該地域の経済発展に貢献することを目的とする制度であり、制度創設以来、日本の産業界及びアジア諸国を中心に諸外国に広がり、技能実習生の在留者数は2019年6月末に36万人を超えるなど、近年増加傾向を示している。

当協会が実施している建設機械施工技能実習評価試験は、この制度のうち、在留資格の変更又は取得するためのものであり、今回その概要について紹介する。



図一 研修生・技能実習生の在留状況

2. 外国人技能実習制度について

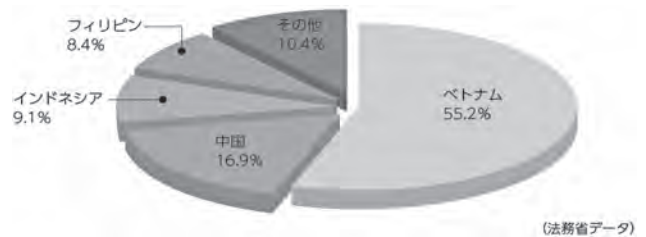
(1) 概要

外国人技能実習制度は平成5年に創設され、平成22年に新たな在留資格「技能実習」が創設され、技能実習生の法的保護及びその法的地位の安定化を図るための措置が講じられたが、依然として出入国・労働関係法令違反が続き厳しい批判がある一方、技能実習制度の拡充を求める声が少なからずあった。そこで、制度の適正化及び抜本的な見直しを行うべく「技能実習法」が平成29年11月に施行された。

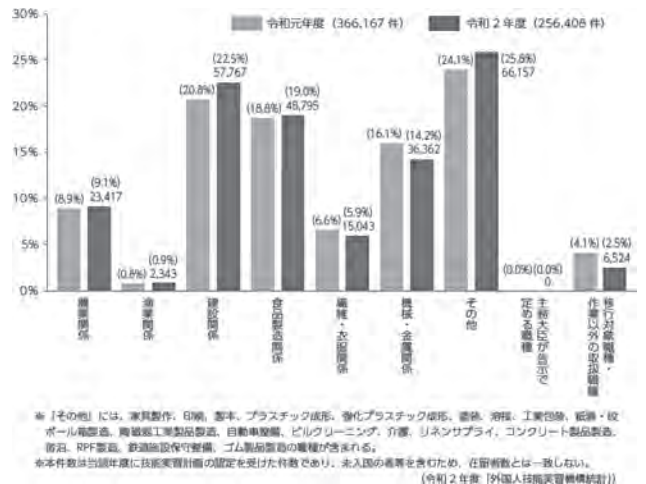
技能実習生は、入国直後の講習期間以外は、雇用関係の下、労働関係法令等が適用される。また、技能実習の形態には、「企業単独型技能実習」と「団体監理型技能実習」があり、技能実習の期間については、基礎的な技能等を効果的・効率的に修得等する前期3年間、応用段階の実習をする後期2年間の5年間となっている。

技能実習を行うにはその計画の認定を受ける必要があり、技能実習の成果が評価できる技能検定等(1年目、3年目及び5年目に受検)が整備されている85職種156作業を対象としなければならない。このうち、22職種33作業が建設関係となっており、建設機械施工もその1職種となっている。

外国人技能実習制度の現状については、まず研修生・技能実習生数については、令和2年末で378,200人(図一1)、在留資格「技能実習」国籍別構成比率は図二のとおりで、受入人数の多い国は、ベトナム、中国、インドネシアの順となっている。また、職種別「計画認定件数(構成比)」では建設関係、食品製造関係、機械・金属関係の順となっている(図三)。



図二 在留資格「技能実習」国籍別構成比(令和2年末)



図三 職種別「計画認定件数(構成比)」

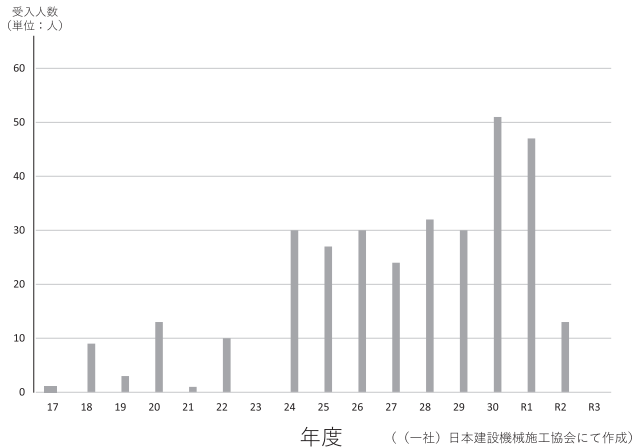
(2) 外国人技能実習機構

外国人技能実習機構は、技能実習法に基づき平成29年1月に設立された認可法人で、各担当地域の監理団体及び実習実施者に対する実地検査、技能実習計画の認定並びに技能実習生からの相談対応等の業務を行っている。また、技能実習生が受けた技能検定等の可否結果を迅速に把握できるようにした受検手続き支援サイトを運用している。

統計

(3) 建設機械施工における技能実習生の受入れ状況

図一4は、ある建設機械施工関係団体が扱った技能実習生の受入れ状況である。令和元年度までは順調に増加してきたが、令和2年度以降コロナの影響で減少している。



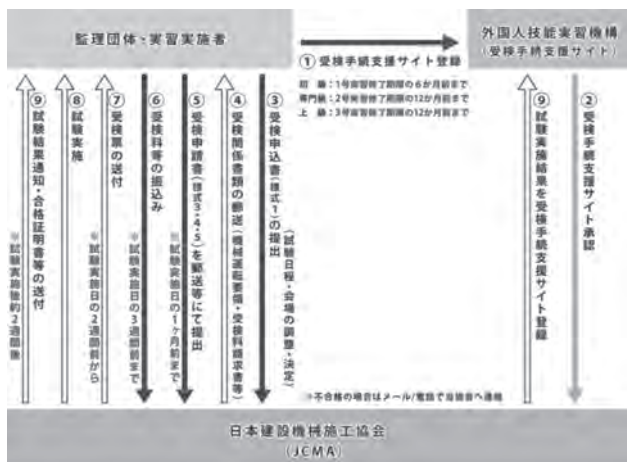
図一4 技能実習生受入れ状況の例

3. 建設機械施工技能実習評価試験について

(1) 概要

建設機械施工技能実習評価試験は、「押土・整地作業（ブルドーザ）」、「積み作業（トラクタショベル）」、「掘削作業（バックホウ）」及び「締固め作業（ローラ）」に関して技能実習生が取得した技能・技術及び知識について、公正かつ客観的な評価を行うことを目的として行っており、学科試験と実技試験からなる。また、初級（1年目）、専門級（3年目）及び上級（5年目）の3つの等級区分で実施しており、概ね年間8,000人が受検している。

図一5に、申込みから試験結果通知までの流れを示す。なお、評価試験受検の第1段階である申込みについて昨年（令和3年）9月に図一6のとおり変更している。



図一5 申込みから試験結果通知まで流れ

(1) メールの作り方

- ①1会場、1メール。
- ②タイトルと本文に第一希望の会場名を書く。

(2) 受検申込書の作り方

- ①ワードのままOK。
- ②2枚以上の受検申込書は、受検申込書をつなげて1つのファイルにする。
1つにできない時は、1枚ずつにする。
- ③ファイルの名前は、

「申込書」+「 」+<監理団体の名称>+「・」+<実習実施者の名称>

とする。

2枚以上つなげたときは、ファイルの名前の最後に「等」とつける。
初級と専門級など1つの会社から2枚以上申込みときに、つなげず1枚ずつ添付するときは、ファイル名の最後に「①」「②」等とつける。

図一6 受検申込書の送付方法の変更（令和3年9月）

(2) 令和4年度の予定

①定期試験

令和元年度より実施している定期試験について4年目となる令和4年度はこれまでの17会場に加え新たに北九州会場（CK北九州）で8月23日（火）・24日（水）に行う予定である（表一1）。

②手続き等の変更

令和4年4月1日（金）より手続き等について図一7のとおり変更を予定している。

なお、建設機械施工技能実習評価試験についての詳しい内容については当協会HPの外国人技能実習試験 (<https://jcmnet.or.jp/gaikokujinginoujishu/>) をご覧頂きたい。

4. 建設特定技能外国人制度について

深刻化する人手不足に対応するために、令和元年4月にスタートした建設分野における特定技能外国人制度は、一定の専門性・技能を有し即戦力となる外国人材を受け入れる仕組みであり、技能実習2号を良好に修了した者が特定技能1号に移行することが可能であることから、その概要について紹介する。

(1) 概要

特定技能1号となるには、技能実習等未経験者からのルートと技能実習等経験者からのルートの2つがある。後者のうち「技能実習2号を良好に修了した」とは、技能実習を2年10ヶ月以上修了し、次のいずれかを満たすことが必要となっている。

- ①技能検定3級または技能実習評価試験（専門級）の実技試験に合格していること。
- ②技能検定3級または技能実習評価試験（専門級）の実技試験に合格していないものの、実習中の出勤状況や技能等の修得状況、生活態度等を記載した実習実施者が作成した評価調書により技能実習2号を「良好に修了」したと認められること。

表一 令和4年度(4月~3月)定期試験開催予定

試験会場	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
CAT 北海道		24 (火) 25 (水)			23 (火) 24 (水)			21 (月) 22 (火)				22 (水) 23 (木)
PEO 北海道			21 (火)			28 (水)			7 (水)		21 (火) 22 (水)	
CAT 宮城		24 (火) 25 (水)		13 (水) 14 (木)		14 (水) 15 (木)		17 (木) 18 (金)		19 (木) 20 (金)		16 (木) 17 (金)
CAT 埼玉		10 (火) 11 (水)		19 (火) 20 (水)		6 (火) 7 (水)		15 (火) 16 (水)		19 (木) 20 (金)		7 (火) 8 (水)
CAT 秩父	5 (火) 6 (水)		1 (水) 2 (木)		2 (火) 3 (水)		20 (木) 21 (金)		6 (火) 7 (水)		2 (木) 3 (金)	
CAT 東関東	12 (火) 13 (水)	17 (火) 18 (水)	7 (火) 8 (水)	12 (火) 13 (水)	23 (火) 24 (水)	20 (火) 21 (水)	11 (火) 12 (水)	8 (火) 9 (水)	13 (火) 14 (水)	10 (火) 11 (水)	7 (火) 8 (水)	14 (火) 15 (水)
WKK 相模原	8 (金) 9 (土)	13 (金) 14 (土)	10 (金) 11 (土)	15 (金) 16 (土)	12 (金) 13 (土)	9 (金) 10 (土)	7 (金) 8 (土)	11 (金) 12 (土)	9 (金) 10 (土)	13 (金) 14 (土)	10 (金) 11 (土)	10 (金) 11 (土)
JCMA 富士 (施工技術総合研究所)	12 (火) 13 (水)	17 (火) 18 (水)	14 (火) 15 (水)	12 (火) 13 (水)	9 (火) 10 (水)	13 (火) 14 (水)	12 (水) 13 (木)	16 (水) 17 (木)	13 (火) 14 (水)	17 (火) 18 (水)	14 (火) 15 (水)	14 (火) 15 (水)
CAT 北陸		27 (金)			24 (水) 25 (木)			11 (金)				2 (木)
CAT 豊橋		20 (金)		15 (金)		15 (木) 16 (金)		15 (火) 16 (水)		19 (木) 20 (金)		14 (火) 15 (水)
SK 愛知 (住友建機愛知)	7 (木) 8 (金)			21 (木) 22 (金)		8 (木) 9 (金)	12 (水) 13 (木)		14 (水) 15 (木)		15 (水) 16 (木)	
CAT 名古屋	21 (木)		9 (木)		18 (木)		20 (木)		6 (火)		24 (金)	
CAT 大阪南		18 (水) 19 (木)		13 (水) 14 (木)		14 (水) 15 (木)		8 (火) 9 (水)		25 (水) 26 (木)		7 (火) 8 (水)
CAT 兵庫	12 (火) 13 (水)		14 (火) 15 (水)		2 (火) 3 (水)		4 (火) 5 (水)		1 (木) 2 (金)		1 (水) 2 (木)	
CAT 広島		17 (火) 18 (水)		5 (火) 6 (水)		13 (火) 14 (水)		15 (火) 16 (水)		17 (火) 18 (水)		22 (水) 23 (木)
CK 北九州					23 (火) 24 (水)							
CK 福岡			9 (木) 10 (金)	7 (木) 8 (金)			18 (火) 19 (水)		5 (月) 6 (火)		16 (木) 17 (金)	1 (水) 2 (木)
CK 熊本	26 (火) 27 (水)	26 (木) 27 (金)				15 (木) 16 (金)		24 (木) 25 (金)		12 (木) 13 (金)		

(1) 同一の受検(等)級の受検申込書の提出は、(受検中止後を除いて)再受検後まで1回限りとさせていただきます

外国人技能実習評価試験においては、1回の申込書の提出で再受検までできることとしております。しかしながら、専門級等において実技試験のみの受検後、新たに申込書の提出(口頭での申出を含む)をして学科試験も受検するケースが頻発しています。そこで、受付事務の煩雑化回避の観点から同一の受検(等)級(初級、専門級及び上級)において複数回の申込書の提出(再提出・受検科目の修正含み、受検中止後の申込書の提出を除く)を再受検後まで認めないことといたします。

ついでに、受検申込時の受検科目(学科試験・実技試験)の選択は慎重にお願いします。

(2) 専門級及び上級における入金後の受検科目の変更はお受けいたしません

専門級及び上級については、これまで入金後であっても受検科目(学科試験・実技試験)の変更(一括(学科試験及び実技試験両方)から実技試験のみ、実技試験のみから一括等)を認めてきましたが、受付事務の煩雑化回避の観点から認めないことといたします。

ついでに、入金後の受検科目の変更がないよう手続きを進めて頂くようお願いいたします。

(3) 受検側の都合による受検日の変更はお受けいたしません

これまで、受検側の都合による受検日の変更を認めてきましたが、外国人技能実習機構のHPに「業務等の都合による受検日の変更は、検定委員をはじめ多くの関係者に影響を与えます。再調整にも時間を要しますので、極力控えてください」とあることも踏まえ、受付事務の煩雑化回避の観点から認めないことといたします。

ついでに、監理団体及び実習実施者等におかれましては、申込書提出後の受検日の変更が必要とならないよう、技能実習生の受検を優先にした実習をお願いいたします。

(4) 受検手続支援サイトにおいて「受検手続支援のキャンセル」及び「既登録内容の変更」をしたときは当協会へメール (info-ginou@jcrnet.or.jp) により連絡をお願いします

外国人技能実習機構の「受検手続支援サイト利用者マニュアル(監理団体、企業単独型実習実施者用)」の「受検手続支援のキャンセル」では「承認済みの受検者をキャンセルする場合には、事前に必ず試験実施機関にキャンセルの連絡をしてください」とあることに加え、②にあるような項目に変更があった場合にも当協会への連絡をお願いいたします。

<当協会に連絡いただきたい事項>

- ①受検手続支援のキャンセル
- ②監理団体、実習実施者、職種名、作業名、受検(等)級の変更

(5) 合格証明書及び合格通知書の再発行をオンライン化します

HPに合格証明書及び合格通知書の再発行用の申請書の様式を掲載しますので、これによるメールでの申込みをお願いいたします。

(6) 受検側の都合による受検中止のときの返金の申出はご遠慮願います

これまで入金後の受検中止に対し条件に応じて返金してきましたが、返金事務の煩雑化回避の観点から、入金後に受検側の都合により受検中止(学科・実技両方の受検の申込後に学科のみの中止を含む)するときはいかなる場合も返金いたしませんので、返金の申出はご遠慮願います。

なお、当協会の責(自然現象による協会の中止判断を含む)により事前に連絡した日程で試験が行えない場合は、その対応(返金又は日程の変更等)を当協会からご案内いたします。

(7) 原則試験日から2週間後に合格発表します

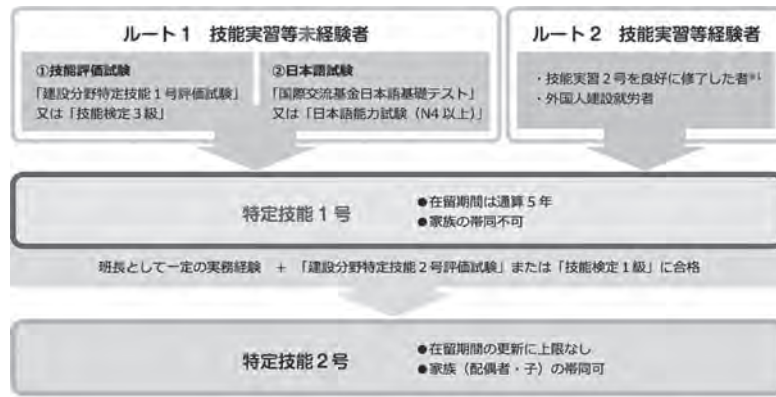
これまで合格発表を翌々週の月曜日に行っていましたが、原則試験日から2週間後に変更いたします。

また、具体的日程(予定)をHPに掲載いたします。

なお、都合により具体的日程より早く発表する場合がありますので、HP掲載の日程(予定)を念頭に受検手続支援サイトでの可否の確認をお願いいたします。

図一 令和4年4月1日からの手続き等の変更

統計



(一社)建設技能人材機構HPより

図一八 特定技能外国人になるルート

特定技能2号は、在留期限の更新上限がなく、家族帯同も可能な在留資格であり、班長として一定の実務経験等が必要である(図一8)。このうち特定技能評価試験の実施等については、(一社)建設技能人材機構が担当している。

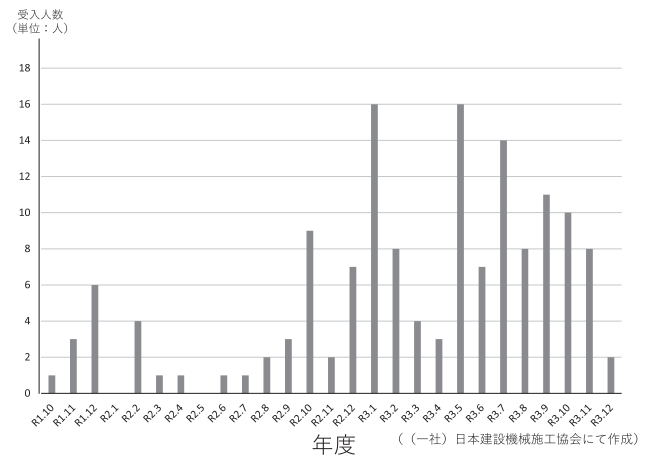
(2) 建設機械施工の状況

外国人技能実習制度と同様、建設特定技能外国人制度においても建設機械施工が業務区分として設定されている。

図一9は、ある建設機械施工関係団体が扱った特定技能外国人の受入れ状況である。コロナ禍でありながらも技能実習からの切り替えもあり確実に受け入れが進んでいる。

5. おわりに

令和3年10月22日付けの日本経済新聞によれば新型コロナウイルス対策の水際対策で来日できていない外国人が令和3年10月1日時点で約37万人に上り、そのうち技能実習生がその3割(11万人)を占めている。令和3年11月初旬に制限が緩和されたが、変異型の出現により再び制限され、本年3月1日より水際対策が本格的に



(一社)日本建設機械施工協会にて作成

図一九 特定技能外国人受入れ状況の例

緩和された。これにより今後入国制限強化後2年超の間の技能実習希望者すべてが一度に受検することになるのか今後の動向に注目している。

(文責:鈴木)

建設業の業況

1. はじめに

わが国では、近年の気候変動の影響による気象災害が頻発している。また、南海トラフ地震、首都直下型地震などの大規模地震の発生も予想されている。また、高度成長期以降に集中的に整備されたインフラが今後一斉に老朽化することになり、社会の重要な機能を果たすことができなくなる恐れがある。

このため、わが国政府は社会の重要な機能を維持し、国民の生命、財産を守ることを目的に、「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」を定めた。この対策の中では、「激甚化する風水害や切迫する大規模地震等への対策」、「予防保全型インフラメンテナンスへの転換に向けた老朽化対策の加速」、「国土強靱化に関する施策を効率的に進めるためのデジタル化等の推進」に、重点的に取り組むこととしており、令和3年度から令和7年度までの5か年を対象の期間とし、約15兆円程度の事業規模を見込んでいる。

このような状況の中、建設業の業況について、直近のデータを交えて紹介する。

2. 建設投資の概要

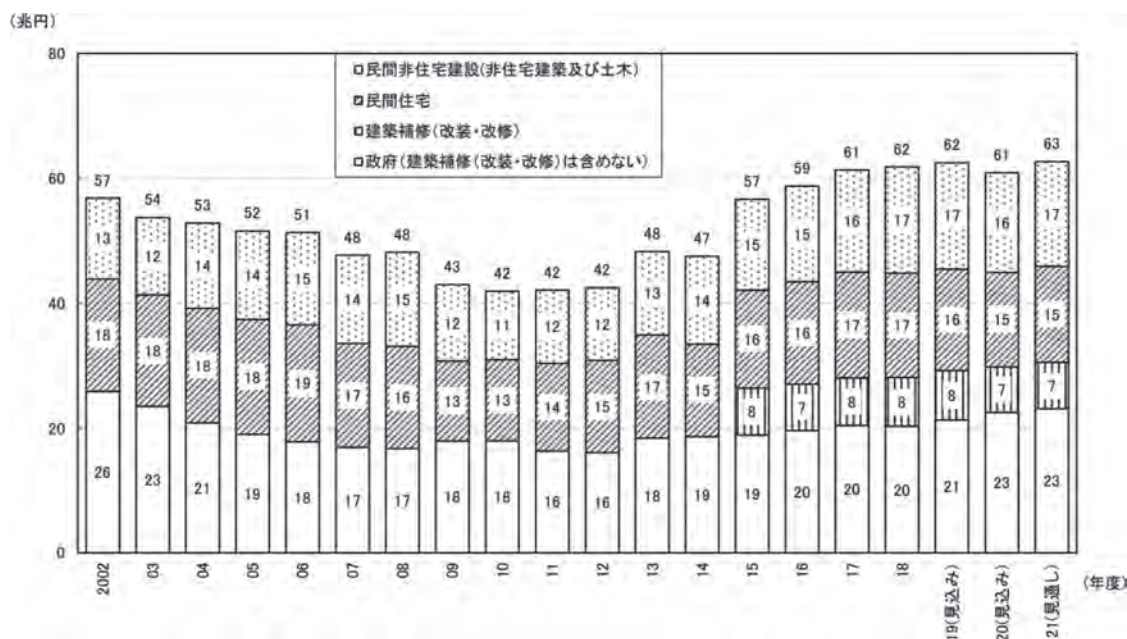
令和3年度の建設投資は、国土交通省「令和3年度建設投資見通し」をみると62兆6,500億円（前年度比2.9%増）となる見通しである。

このうち、政府投資については前年度比2.4%増の24兆5,300億円となる見通しであり、民間投資については前年度比3.2%増の38兆1,200億円となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資については前年度比2.2%増の38兆3,500億円、土木投資については前年度比4.0%増の24兆3,000億円となる見通しである。

また、令和2年度の建設投資は、60兆9,000億円（前年度比2.5%減）となる見込みである。このうち、政府投資は前年度比5.4%増の23兆9,500億円となる見込みであり、民間投資は前年度比7.1%減の36兆9,500億円となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資については前年度比6.8%減の37兆5,400億円、土木投資が前年度比5.1%増の23兆3,600億円となる見通しである。

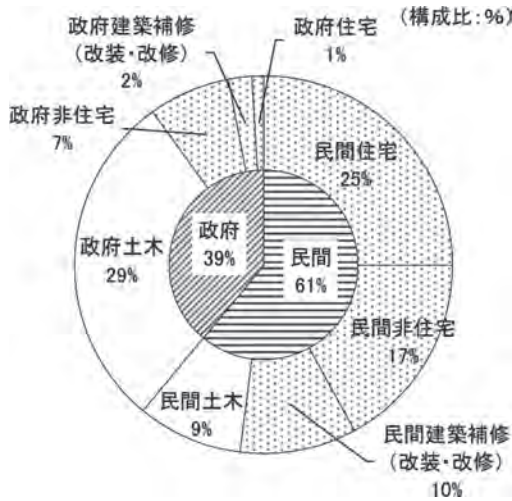
建設投資は、平成4年度の84兆円をピークに減少基調となり、平成22年度には平成4年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等により回復傾向となっている。令和3年度の建設投資については、2020年度の補正予算等に係る政府建設投資が見込まれることなどから、総額として62兆6,500億円となる見通しである（図—1参照）。

令和3年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が61%、政府投資が39%である。民間投資のうち住宅、非住宅及び建築補修（改装・改修）投資を合わせた建築投資が全体の52%を占めている。政府投資は土木投資が全体の29%を占めており、この両者で建設投資全体の80%超を占めている（図—2参照）。



※計数はそれぞれ四捨五入しているため、文中と必ずしも一致しない
 図—1 建設投資額（名目値）の推移（出所：国土交通省）

統計



「計数はそれぞれ四捨五入しているため合計と必ずしも一致しない」
図一 令和3年度建設投資の構成(名目値)

3. 全国許可業者数の推移

国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、令和3年3月末現在の建設業許可業者は473,952業者で、前年同月より1,479業者(0.3%)増加した。

令和2年度中に新規に建設業許可を取得した業者は19,870業者で、前年度より2,955業者(17.5%)の増加となった。

令和2年度中に建設業許可が失効した業者については18,391業者であり、前年度と比べ5,638業者(44.2%)増加した。内訳とし

ては、建設業を廃業した旨の届出を行った業者は前年度より18業者(0.2%)増加し、8,316業者であった。一方、許可の更新手続きを行わないことにより許可が失効した業者は前年度より5,620業者(126.2%)増加し10,075業者となった。

建設業許可業者数が最も多かった平成12年3月末時点のピーク時の業者数600,980業者と比較すると、127,028業者(21.1%)減少している(図一3参照)。

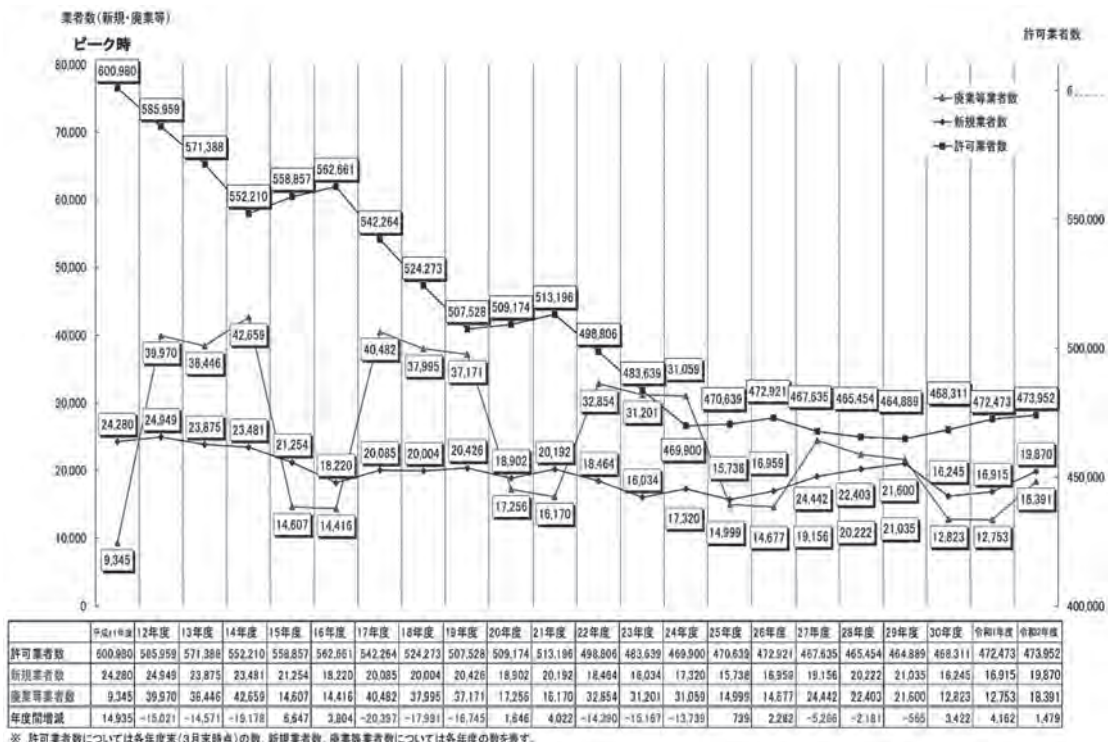
また、建設業許可の取得率についてみると、令和3年3月末現在において許可を取得している業者の数が最も多い業種は、とび・土工工事業であり全体の36.8%を占める。次いで、建築工事業が31.3%、土工工事業が27.6%で続いた。

一方、取得している業者の数が最も少ない業種は清掃施設工事業であり、全体の0.1%程である。次いで、さく井工事業の0.5%、電気通信工事業の3.2%が続いた(図一4参照)。

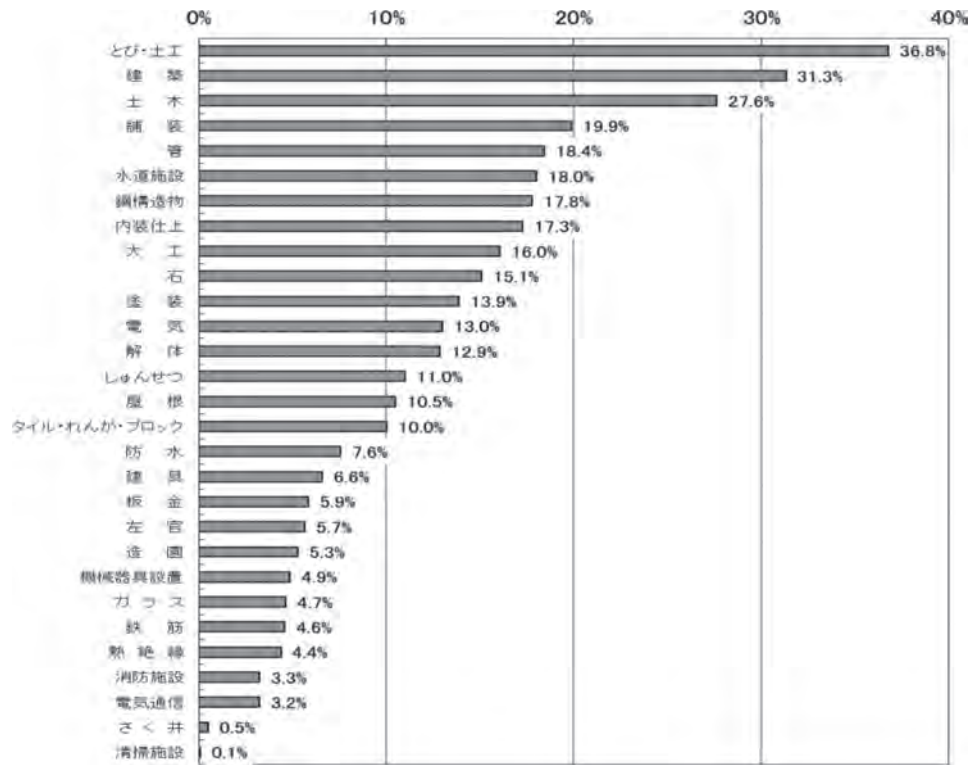
4. 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減

令和3年3月末現在の取得業者数が増加した許可業種は、前年同月に比べ25業種となった。増加率についてみると、解体工事業が9.1%と最も高く、熱絶縁工事業5.7%、ガラス工事業4.9%が続き、以下鉄筋工事業4.8%、板金工事業4.7%が続いた。

一方、前年同月に比べて取得業者数が減少した許可業種は4業種であった。減少率についてみると、清掃施設工事業が1.6%と最も高く、建築工事業が1.5%で続き、さく井工事業、造園工事業が1.1%で続いた(表一1参照)。



図一3 許可業者数・新規及び廃業等業者数の推移(出所:国土交通省)



図一 建設業許可業者における業種別許可の取得率 (出所: 国土交通省)

表一 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減表 (出所: 国土交通省)

【業者数が増加した許可業種】

【業者数が減少した許可業種】

許可業種	前年同月比
解体	5,084 業者 (9.1%)
とび・土工	2,778 業者 (1.6%)
塗装	2,277 業者 (3.6%)
鋼構造物	2,216 業者 (2.7%)
内装仕上	2,186 業者 (2.7%)
石	2,085 業者 (3.0%)
屋根	1,819 業者 (3.8%)
タイル・れんが・ブロック	1,705 業者 (3.7%)
防水	1,494 業者 (4.3%)
しゅんせつ	1,449 業者 (2.9%)
大工	1,273 業者 (1.7%)
板金	1,242 業者 (4.7%)
舗装	1,228 業者 (1.3%)
熱絶縁	1,125 業者 (5.7%)
ガラス	1,034 業者 (4.9%)
鉄筋	990 業者 (4.8%)
建具	980 業者 (3.2%)
左官	978 業者 (3.8%)
水道施設	820 業者 (1.0%)
管	771 業者 (0.9%)
電気	764 業者 (1.3%)
機械器具設置	471 業者 (2.1%)
電気通信	338 業者 (2.3%)
消防施設	60 業者 (0.4%)
土木	34 業者 (0.0%)

許可業種	前年同月比
清掃施設	▲ 7 業者 (▲ 1.6%)
さく井	▲ 25 業者 (▲ 1.1%)
造園	▲ 280 業者 (▲ 1.1%)
建築	▲ 2,246 業者 (▲ 1.5%)

統計

5. 労働災害発生状況

令和2年の労働災害発生状況について厚生労働省「労働災害発生状況」をみると、全産業における休業4日以上の死傷者数は131,156名であり、前年同期125,611名と比べ5,545名(4.4%)増加した。一方、労働災害による死者数については前年同期845名と比べ43名(5.1%)減少し802名であり、3年連続で過去最少となった。

死亡者数は、林業を除き各産業において減少する結果となった。また、死傷者数については建設業、製造業、その他で減少する結果となったが、第三次産業と陸上貨物運送業では増加する結果となった(図-5、6参照)。

一方、建設業における休業4日以上の死傷者数は、14,977名であり、前年同期15,183名と比べ206名(1.4%)減少した。死亡者数については258名であり、前年同期269名と比べ11名(4.1%)の減少となり、3年連続での減少となった。

死傷災害における事故の型別についてみると、「墜落・転落」が31.8%で最も多く、次いで「はさまれ・巻き込まれ」が11.1%、「転倒」が11.2%であった。

また、死亡災害については、「墜落・転落」が36.8%で最も多く、次いで「交通事故(道路)」が14.3%、「崩壊・倒壊」と「はさまれ・巻き込まれ」が10.5%となった。

死亡災害については2年連続で減少する結果となったが、「交通

事故(道路)」、「はさまれ・巻き込まれ」、「その他」については前年同期を上回る結果となった(表-2、図-7参照)。

6. 建設業倒産件数の推移

2020年の全産業の倒産件数は、前年の8,354件と比べ6.5%減少し7,809件となった。

このうち建設業の倒産件数は、前年の1,414件と比べ10.0%減少し1,266件となった。

2020年は、公共工事等の受注が堅調だったこと、新型コロナウイルス感染症関連の各種支援策に支えられたことから、過去最少の倒産件数となった。

7. 建設業就業者数の推移

建設業就業者数は、バブル後の不況下でも一貫して増加を続け、結果的にわが国の雇用の安定に寄与してきたが、平成9年の685万人をピークとしてその後は減少が続いてきた。

令和2年の技術者や事務系を含めた建設業就業者数は492万人であり、前年の499万人より7万人減少した。

一方、建設業に従事する技能労働者数については、平成9年の455万人をピークとして減少が続いており、令和2年の技能労働者

- 令和2年1月1日から12月31日までに発生した労働災害について、令和3年4月7日までに報告があったものを集計したもの
- 第13次労働災害防止計画において、平成29年と比較して令和4年までに死亡者数は15%以上の減少、死傷者数は5%以上の減少を掲げている。

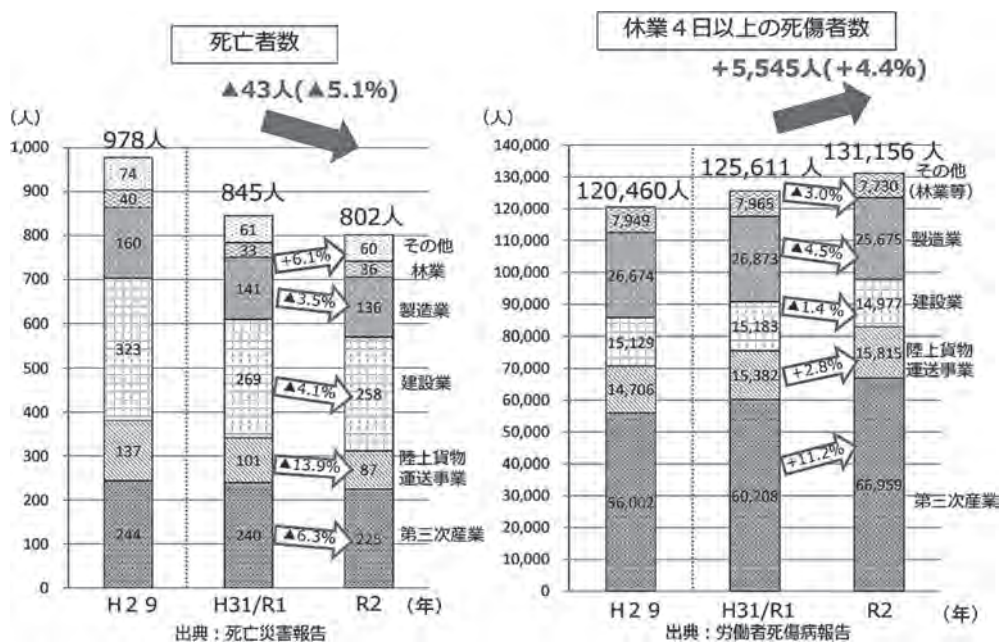
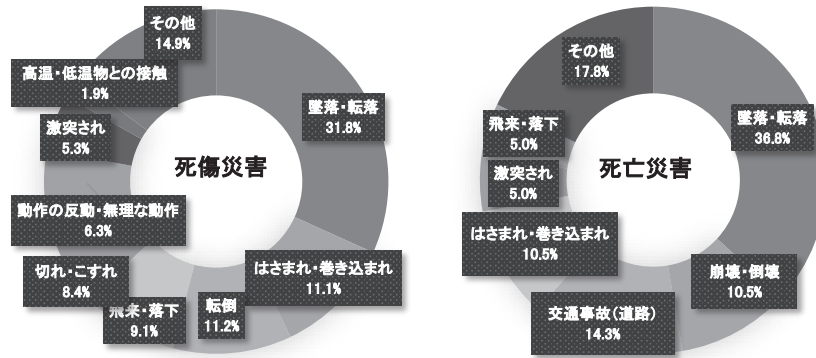
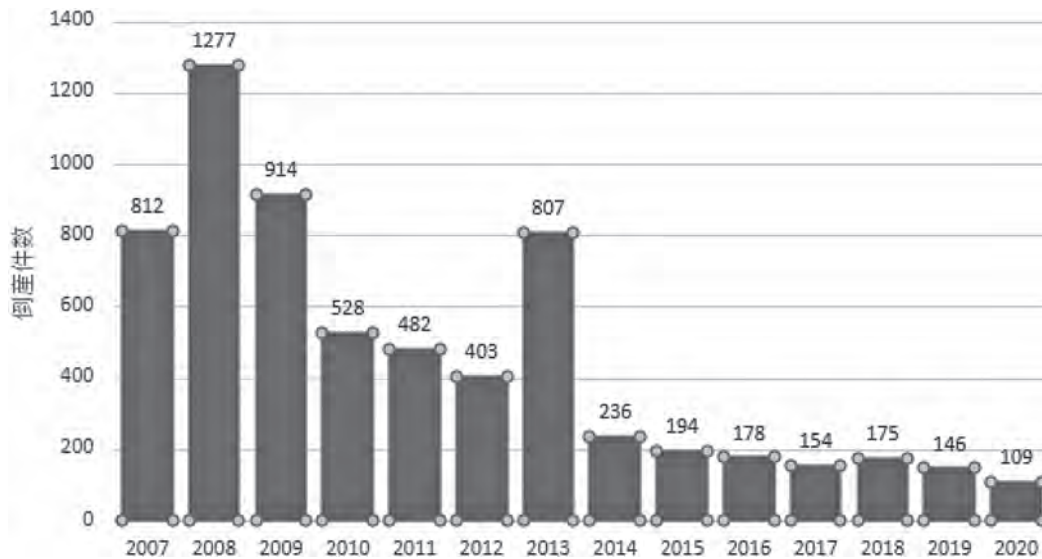


図-5 令和2年業種別労働災害発生状況 (出所：厚生労働省)

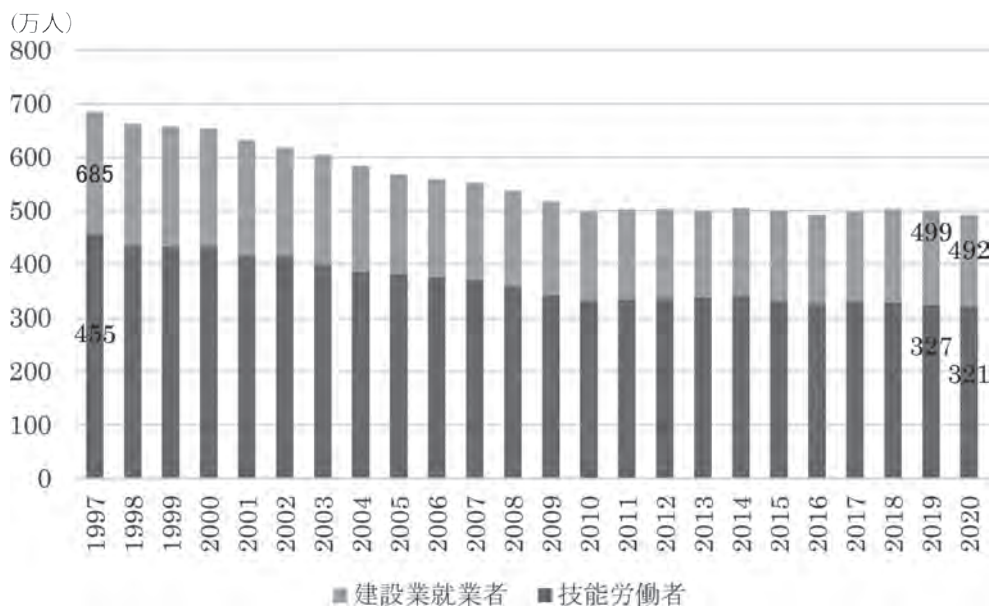
統計



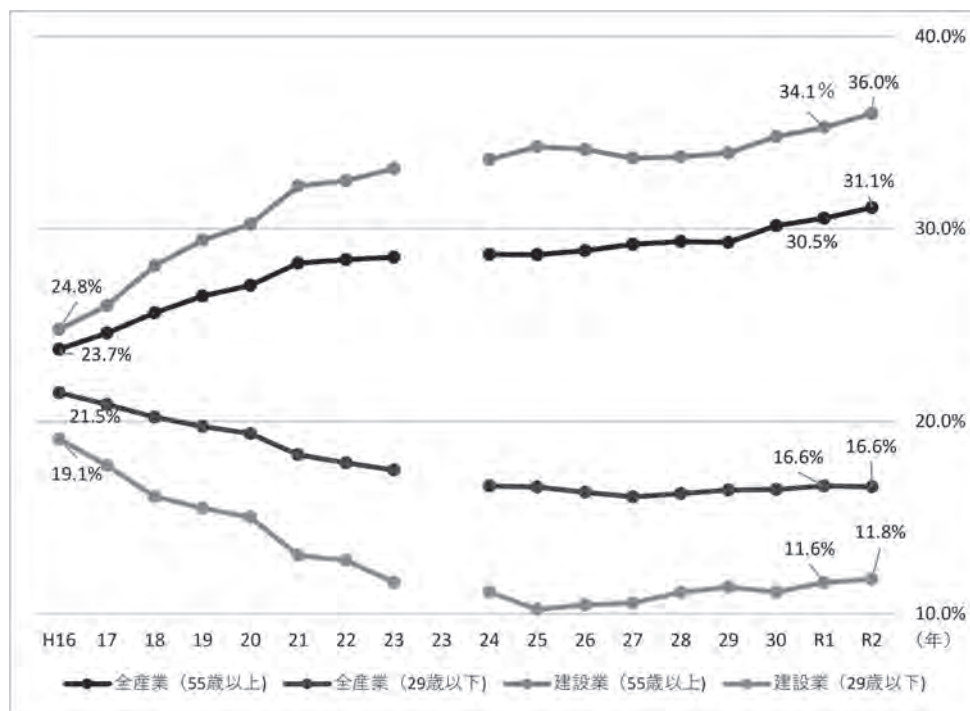
図一七 事故の型別内訳 (資料出所：厚生労働省)



図一八 建設企業の倒産、休廃業・解散の推移 (資料出所：「帝国データバンク」)



図一九 建設業就業者数の推移 (出所：国土交通省)



図一 10 建設業就業者の年齢層の推移 (出所：総務省「労働力調査」)

数についても前年の327万人より6万人減少し、321万人となった(図一9参照)。

また、建設業の就業者を年齢層別にみると、令和2年の建設業就業者数の年齢層は、55歳以上の割合は前年より1.9%増加し36.0%となった。一方、29歳以下の割合は前年より0.2%増の11.8%となった。

建設業では、就業者の3人に1人以上が55歳以上の状況にあり、29歳以下の就業者は8人に約1人しかおらず、高齢化がさらに進んでいる状況にある(図一10参照)。

8. おわりに

新型コロナウイルスのワクチン接種が進んだことで世界的に経済活動が再開し、原油の需要が膨らんでいる。一方で、令和3年8月末に石油関連施設が集中するアメリカ南部の沿岸をハリケーンが直撃し、原油の生産に大きな影響を与えたこと、また OPEC = 石油

輸出国機構とロシアなど非加盟の産油国は、景気の先行きが不透明なことなどから11月の増産を見送っており、供給は抑えられてしまっている。これらにより、軽油などの、燃料が高騰してしまっている。

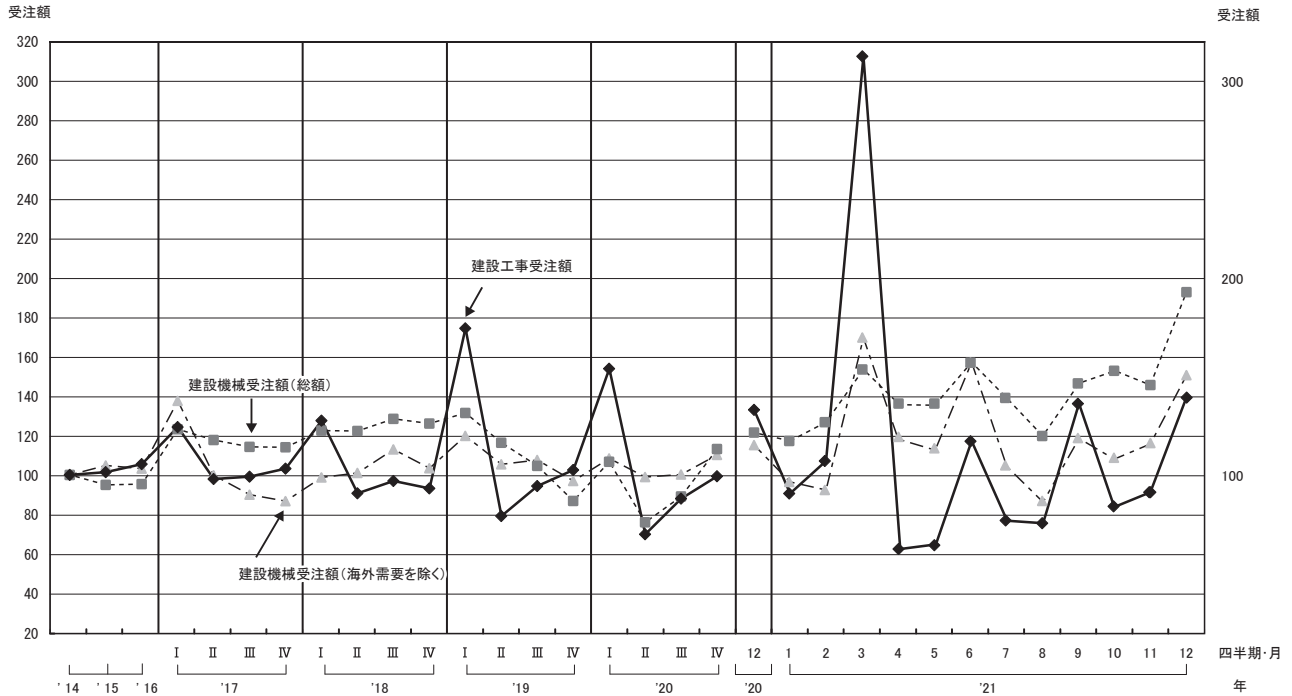
また、政府は2050年までに、二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの「排出量」から、植林、森林管理などによる「吸収量」を差し引いて、合計を実質的にゼロにすることを意味する「カーボンニュートラル」を目指すことを宣言した。「排出を全体としてゼロ」というのは、カーボンニュートラルの達成のためには、温室効果ガスの排出量の削減、吸収作用の保全及び強化をする必要がある。

これらにより、建設業は大きな影響を受けることが予測される。建設企業は、昨今統発している水害、震災等自然災害からの復旧・復興、インフラの維持更新などを担う地域の守り手である。このため、建設企業の経営が継続されるよう、これらの諸課題の早期の解決が望まれる。

(文責 清水)

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 2014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 2014年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	14,287
2020 年 12 月	15,466	10,468	2,390	8,078	4,191	526	281	10,863	4,603	171,740	14,287
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	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	14 年	15 年	16 年	17 年	18 年	19 年	20 年	20 年 12 月	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
総 額	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	1,859	1,793	1,940	2,351	2,089	2,080	2,405	2,132	1,833	2,245	2,341	2,229	2,955
海 外 需 要	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	1,245	1,279	1,448	1,444	1,450	1,477	1,562	1,574	1,371	1,611	1,762	1,609	2,150
海 外 需 要 を 除 く	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	614	514	492	907	639	603	843	558	462	634	579	620	805

(注) 2014～2016 年は年平均で、2016～2019 年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2020 年 12 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覽

(2022年1月1日～31日)

機械部会



■基礎工用機械技術委員会

月日：1月12日(水)(会議室での対面開催)

出席者：梶沢淳一委員長ほか19名

議題：①委員会活動の今後のスケジュールについて ②低空頭施工機械に関する技術プレゼン：鉄建建設㈱「超低空頭場所打ち杭工法」による狭隘箇所での施工、日本車輛製造㈱「低空頭全回転チュービング装置「RT-120SL」の紹介」、㈱技研製作所「上部障害クリア工法「クリアパイラー」について」、コベルコ建機㈱「クローラクレーンの低空現場対応について」

■コンクリート機械技術委員会

月日：1月19日(水)(会議室, web 並行開催)

出席者：角南大輔委員長ほか10名

議題：①前回の議事録確認 ②技術発表：日工㈱「コンクリートミキサの紹介」 ③R4年度の活動計画についての討議

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月日：1月20日(木)(会議室, web 並行開催)

出席者：山口達也委員長ほか12名

議題：①下期総会の発表内容の決定：「i-Construction 施工の普及拡大」で5件発表、「環境保全, 地球温暖化への対応」で3件発表 ②R4年度活動計画についての討議

■トラクタ技術委員会

月日：1月21日(金)

出席者：大場元樹委員長ほか7名(web 会議で開催)

議題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」に関する情報共有 ②各社トピックス：キャタピラージャパン(同)「中型ホイールローダー「980/982」新型機の紹介」 ③R4年度活動計画についての討議

■トンネル機械技術委員会 技術講演会(技術の伝承について)

月日：1月24日(月)(会議室, web 並行開催)

出席者：丸山修委員長ほか会場参加：29名, web 参加：77回線

講演題目：①連続ベルトコンベヤの歴史と今後：タグチ工業㈱ 田口幸作専務取締役 ②重機搭載型レーザー計測システム：㈱フジタ 浅沼康樹上級主席コンサルタント ③山岳トンネル鋼製支保工建て込みロボット：前田建設工業㈱ 水谷和彦チーム長 ④地中空開発㈱の紹介：地中空開発㈱ 横山満久担当課長

■機械整備技術委員会

月日：1月25日(火)

出席者：小室実委員長ほか9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 ②見学会について：来年度候補地の検討 ③R4年度活動計画についての討議

■原動機技術委員会

月日：1月27日(木)(web 会議で開催)

出席者：工藤睦也委員長ほか21名

議題：①前回の議事録確認 ②国内次期規制についての情報交換 ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：・ノンロード中国GB4規制早期実施情報 ④カーボンニュートラルに関する情報交換

■情報化機器技術委員会

月日：1月28日(金)(web 会議で開催)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①規制・規格の最新情報の共有 ②新しい測量技術の調査, まとめに關する討議 ③R4年度活動計画についての討議

標準部会



■ISO/TC 127/SC 1/WG 6 - ISO 11152 土工機械—エネルギー消費試験方法 国際バーチャルWG 会議

月日：1月12日(水)・13日(木)夜

出席者：海外から8名, 日本から正田明平コンビナー(コマツ)ほか9名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①前回合会議事確認 ②修正案の検討 ③実掘削試験条件の論議 ④その他

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 - ISO/WDTS 15143-4 土工機械及び走行式道路工事機械—施工現場情報交換—第4部：施工現場地形データ 案文統合会議

月日：1月14日(金)

出席者：海外から8名程度, 日本から山本茂コンビナー(コマツ)ほか4名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①要実施事項の状況確認 ②案

文に対する各意見対応検討 ③次回WG全体会議向けに案文修正(現場座標系変換及び作業結果データなど)

■ISO/TC 195/SC 1 特設会合

月日：1月17日(月)

出席者：川上晃一(日工)委員長ほか6名

場所：協会会議室

議題：CO₂吸収コンクリート CO₂-SUICOMの国際標準化に関するISO/TC 71関係者との打合せ

■ISO/TC 195/SC 1 コンクリート工用機械委員会

月日：1月19日(水)

出席者：川上晃一(日工)委員長ほか14名(対面/Web参加)

場所：Web上 (ISO Zoom) 及び機械振興会館会議室

議題：①SC 1/WG 4進捗状況報告及び協議 ②SC 1バーチャル総会決議事項フォロー ③CO₂吸収コンクリート「CO₂-SUICOM」に関する報告及び審議

■ISO/TC 127/SC 3/JWG 16 - ISO/PWI 23870 規格群(路外作業機械—セキュアな高速移動体通信) 国際バーチャルWG 会議

月日：1月19日(水)・25日(火)・26日(水)夜

出席者：海外から延べ21名, 日本から正田明平国際議長(コマツ)ほか8名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①他の委員会及び外部機関との既存及び新規の連携関係乃至合同作業の検討 ②各部への意見の検討 ③当面の実施事項(意見の案文への反映, 案文検討用ツールの試行, 連携委員会招請, 外部機関との連携, 改訂案文のISOサイトへの掲示, 次回合合日程など)

■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：1月24日(月)・27日(木)深夜

出席者：海外から11名, 日本から小塚大輔委員(コマツ)ほか4名

場所：Web上 (ISO Zoom)

議題：①DIS投票コメント審議 ②次回の予定(2月28日(月)・3月7日(月))

建設業部会



■三役会

月日：1月17日(月)

参加者：鈴木博士部会長ほか4名（内WEB参加者1名）

議題：①千代田幹線工事WEB視察関係・1/11の現地打合せ報告・2/4リハと2/10の本番について ②その他・1/24「トンネル機械技術委員会・技術講演会」お知らせ・2/24「合同部会」状況報告

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：1月5日（水）

出席者：中野正則委員長ほか30名

議題：①令和4年4月号（第866号）計画の審議・検討 ②令和4年5月号（第867号）素案の審議・検討 ③令和4年6月号（第868号）編集方針の審議・検討 ④令和4年1月号～令和4年3月号（第863～865号）進捗状況報告・確認

※通常委員会及びZoomにて実施

支部行事一覧

北海道支部



■第2回施工技術検定委員会

月日：1月11日（火）

場所：北海道支部会議室

出席者：加藤信二施工技術検定委員長ほか7名

議題：2級建設機械施工管理第一次検定（第2回）の実施要領と監督要領の打合せ

■2級建設機械施工管理第一次検定（第2回）

月日：1月16日（日）

場所：札幌市（TKP札幌ビジネスセンター赤レンガ前）

受検者：2級107名（延124名）

■第3回広報部会広報委員会

月日：1月20日（木）

場所：書面開催

出席者：川崎博巳広報部会長ほか14名
議題：①支部だよりNo.123号の編集について ②支部講演会講師の選定、支部懇親会について ③建設工事等見学会について ④「建設機械施工」ざいそうについて ⑤その他

■ICT活用施工連絡会事務局打合せ

月日：1月31日（月）

場所：WEB開催

出席者：石塚芳文事務局長ほか12名

議題：①ICT活用施工連絡会の開催

について ②令和4年度活動計画(案)について ③その他

東北支部



■令和3年度2級建設機械施工管理第一次検定（第2回）

月日：1月16日（日）

場所：滝沢市 岩手産業文化センター（アピオ）

受検者：2級実受検者数	647名
延べ受検者数	147名
種別内訳1種	29名
2種	105名
3種	2名
4種	9名
5種	0名
6種	2名

■支部 合同部会

月日：1月24日（月）

場所：仙台市 仙台ガーデンパレス

出席者：高橋弘東北支部長ほか41名

議題：①各部会 令和4年度事業計画打合せ ②合同部会…1. 各部会報告、2. 令和4年度事業計画概要について（事務局より） ③その他

■令和4年度建設機械施工管理技術検定「受検の手引」に関する本・支部打合せ（Web）

月日：1月25日（火）

出席者：本部試験部及び各支部事務局長等

議題：①令和4年度 受検の手引販売に関する情報共有

■令和3年度東北土木技術人材育成協議会（ICT・UAV）幹事会（Web）

月日：1月25日（火）

出席者：東北地方整備局 東北技術事務所折笠徹事務所長ほか32名

議題：①令和3年度 基礎技術講習会受講者アンケート ②令和4年度 基礎技術講習会の方針（案） ③令和4年度 協議会活動の予定（案） ④令和4年度 基礎技術講習会計画日程表（案） ⑤令和4年度 実施計画（案） ⑥その他

北陸支部



■2級建設機械施工管理 第一次検定（第2回）

月日：1月16日（日）

場所：朱鷺メッセ（新潟コンベンションセンター）

受検者：2級延べ398名

第1種：19名 第4種：6名

第2種：102名 第5種：1名
第3種：4名 第6種：1名

■ゆきみらい2022 in 白山

月日：1月27日（木）～28日（金）

場所：石川県白山市

内容：①ゆきみらいシンポジウム（27日）：Web開催に変更 ②ゆきみらい研究発表会（28日）：Web開催に変更 ③除雪機械展示・実演会（27～28日）1月20日に中止決定 ④ゆきみらい見本市（27～28日）1月20日に中止決定

■令和4年度建設機械施工管理技術検定受検の手引販売会議

月日：1月25日（火）

出席者：堤事務局長

議題：①受検の手引の種類について ②令和4年度受検番号の付番ルールについて ③令和4年度の合格者番号の公表方法について

中部支部



■建設機械施工管理技術検定試験

月日：1月16日（日）

場所：名古屋栄ビルディング

受検者：2級111名

関西支部



■令和3年度建設機械施工管理技術検定（2級）第一次検定（第2回）試験監督者打合せ

月日：1月6日（木）

場所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下4名

議題：①試験実施要領・監督要領について ②その他留意事項

■令和3年度建設機械施工管理技術検定（2級）第一次検定（第2回）試験監督者打合せ

月日：1月7日（金）

場所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下6名

議題：①試験実施要領・監督要領について ②その他留意事項

■建設用電気設備特別専門委員会（第473回）

月日：1月27日（木）

場所：中央電気倶楽部 会議室

議題：①「JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検補修のチェックリスト」見直し検討 ②見直し規格の意向調査について ③その他

■令和3年度建設機械施工管理技術検定(2級)第一次検定(第2回)

月日:1月16日(日)

場所:大阪保険医療大学

受検者:2級240名(1種8名,2種195名,3種1名,4種31名,5種2名,6種3名)

中国支部



■令和3年度2級建設機械施工管理技術第一次検定(第2回)試験監督者事前打合せ

月日:1月6日(木)

場所:中国支部事務所

出席者:新宅清人総括試験監督者ほか6名

内容:2級建設機械施工管理技術第一次検定試験実施要領説明

■第4回広報部会

月日:1月12日(水)

場所:Web会議

出席者:錦織豊部会長ほか6名

議題:広報誌(CM navi)60号の編集と61号の編集について

■令和3年度島根県(浜田)発注者向けi-Construction研修

月日:1月13日(木)~14日(金)

場所:島根県浜田合同庁舎

研修生:島根県市町村職員20名

内容:3次元測量-3次元設計-ICT施工-監督・検査について発注者としての理解を深めるための実践型研修

■令和3年度2級建設機械施工管理技術第一次検定(第2回)試験

月日:1月16日(日)

場所:広島YMCA国際文化センター

受検者:51名

■第2回開発普及部会

月日:1月21日(金)

場所:書面会議

出席者:松本治男部会長ほか13名

議題:①令和4年度開発普及部会の実施計画について ②令和4年度技術講習会の実施方針について ③令和4年度新技術活用等現場研修会の実施方針他について ④その他懸案事項

四国支部



■共催事業「ICT施工経営者講習会 in 四国」

月日:1月12日(水)

場所:国土交通省四国地方整備局(高松市)

参加者:60名(Web開催)

内容:i-Constructionに積極的に取り組んでいる2社から取組についての紹介…(株)加藤組,金杉建設(株)

■令和3年度2級建設機械施工管理技術検定【第一次(2回目)】試験

月日:1月16日(日)

場所:高松センタービル(高松市)

受検者:122名

■共催事業「ICT施工技術講習会 in 四国」

月日:1月20日(木)

場所:国土交通省四国技術事務所(高松市)

参加者:37名(Web開催)

内容:①「ICT施工」概要説明

②TLS・TSによる出来形計測,杭ナビによる出来形計測 ③マシンコントロール マシンガイダンス説明 ③3D設計データ作成説明 ④3D点群処理,出来高帳票作成説明 ⑤ICT施工の検査について

九州支部



■建設行政講演会

月日:1月6日(木)

場所:リファレンス駅東ビル5階

出席者:89名

議題:①道路行政の現状…九州地方整備局 道路部長 富山英範 ②河川行政の現状とこれからの対応…九州地方整備局 河川部長 島本和仁 ③国土交通行政における最近の話題…九州地方整備局 企画部長 森下博之

■令和3年度2級建設機械施工技術検定学科試験

月日:1月16日(日)

場所:豊国学園高等学校

受検者:299名(豊国学園)

■企画委員会

月日:1月19日(水)

場所:九州支部会議室

出席者:原尻克己企画委員長ほか10名

議題:①災害協定の見直しについて ②永年会員,永年役職員等の本部表彰について ③優良建設機械運転員等表彰について ④第3回運営委員会開催について ⑤その他

編集後記

新型コロナウイルス感染症の蔓延から早2年が経ちました。本誌が発行される頃には、新規感染者のピークアウトを迎えていることを祈るばかりです。

そんな中、冬季北京オリンピックが2/4から2/20に開催されました。表彰台に上がる選手だけでなく、メダル獲得はできなかった選手の活躍も記憶に残りました。特にフィギュアスケートにおける羽生選手は全人未踏の「4回転アクセル」、スノーボード女子ピックエア岩渕選手は女性選手初となる「トリプルコーク(縦3回転)」の技にチャレンジをしました。残念ながら成功させることはできませんでしたが、チャレンジ精神の大切さ、尊さを感じさせられました。

建設業界では、デジタル技術活用による生産性向上・省人化・省力化の実現が喫緊の課題です。目に見える成果を得るのは簡単ではありませんが、業界の課題解決に向け果敢なチャレンジをしていきたいと思えます。

3月号では、「建築」特集として、多方面の方に執筆していただきました。

巻頭言では、早稲田大学 石田航星准教授に「情報化施工がデジタル・トランスフォーメーションへと深化するために必要なエッセンス」と題して、行政情報では、今後ますます取組みが目される、3D都市モデルの整備・活用・オープンデータ化プロジェクトである「国土交通省都市局 Project PLATEAU」と題して、国土交通省 建設局 内山課長補佐様に執筆をしていただきました。本誌の原稿執筆は年末年始の時期となりました。多忙な時期での執筆でしたが、多くの方に協力いただき、執筆者の方には感謝申し上げます。

最後になりますが、編集委員会事務局を2006年から16年間務められたJCMA 鈴木英隆氏が3月末をもって退職されます。鈴木氏は常々学術誌として技術レベルの高い機関誌創りを心掛けていました。本誌が得ている高い評価は、鈴木氏の大きな喜びであり、後を引き継ぐ我々は今後も更に社会トレンドに合致した、技術レベルの高い誌面づくりを継承していきたいと思えます。退職後は、レコード鑑賞、社交ダンス等ご趣味が多数あると伺っています。今後も健康に留意され、ますますのご活躍を祈念いたします。長い間本当にお疲れ様でした。

(内藤・副島)

4月号「建設施工の生産性向上特集」予告

・官庁営繕事業における生産性向上技術の活用方針 ・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 ・HSPJ工法を活用した道路橋床版更新の生産性向上 ・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 ・クラウド環境を活用した山岳トンネルの遠隔現場支援システム ・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 ・カルシア落下混合船による施工の効率化 ・著しく腐食した栈橋鋼管杭の杭頭部に対する補修工法 ・プレキャスト床板接合技術「Head-bar ジョイント」を開発 ・場所打ち杭の引抜き抵抗力の経済的設計手法の開発 ・サイフォン送水で大幅な「コスト縮減」を達成!

【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)

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

建設機械施工

第74巻第3号(2022年3月号)(通巻865号)

Vol.74 No.3 March 2022

2022(令和4)年3月20日印刷

2022(令和4)年3月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫


印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支	部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	部〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	部〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT

「掘削」も「敷き均し」も、



業界初!*「掘削」と「敷き均し」、両方の施工を効率化する
2Dマシンガイダンスシステム「iDig Dozer」登場。

*国内マシンガイダンスシステムとして

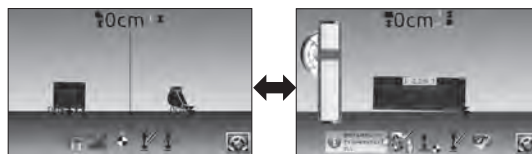


2D^MACHINE GUIDANCE iDig, iDig Dozer

オフセットブーム対応

ドーザマシンガイダンス
後付け対応

設定も操作もかんたん!



シヨベルモードからドーザモードへは、
モニタでワンタッチで切り替えます。

コベルコ建機株式会社



VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT



ペイブアシスト&コンパクトアシスト

ボルボのオペレーター支援システムで施工温度や施工状況が見える化出来ます。詳しくはボルボ正規ディーラーまでお問い合わせください。



マテリアルマネージャで施工管理が便利で楽になります。

本製品の詳細情報に関しては、下記へご連絡下さい。

ボルボ建機道路機械正規ディーラー

マシンケアテック株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

<http://www.machinecaretech.co.jp/>

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

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



RTP-500

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



マシンケアテック株式会社

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

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

可動式ハイキャブ



任意の高さに停止可能

油圧式マグネット



産廃物からの金属片取り出しなどに効果を発揮

自動車解体機



車の解体・分別作業を大幅にスピードアップ

ラバウンティシア サーベルシリーズ



船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮

マテリアルハンドラ



ワイドな作業範囲で効果の良い荷役作業

ウッドシア



丸太や抜根を楽々切断



マルマテクニカ株式会社

■ 名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■ 本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■ 東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

建設機械施工 広告掲載のご案内

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

■職業別 購読者

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

■掲載広告種目

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

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部・田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

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

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

お名前: _____ 所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____ F A X: _____

E-mail: _____

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

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

Mikasa

http://www.mikasa.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

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

㊦微弱電波 ㊧429MHz帯特定小電力 ㊨1.2GHz帯特定小電力
㊩315MHz帯特定小電力 ㊪920MHz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!



RC-5800U/G 2段押3組 準標準型 好評発売中!

- ・インバーター制御のクレーンに最適!
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク スイッチ

429MHz・1216MHz(送信出力1mW)
の2種類の周波数から選択可能

429MHz、1216MHzが
同価格!!

ハンディタイプ シリーズ

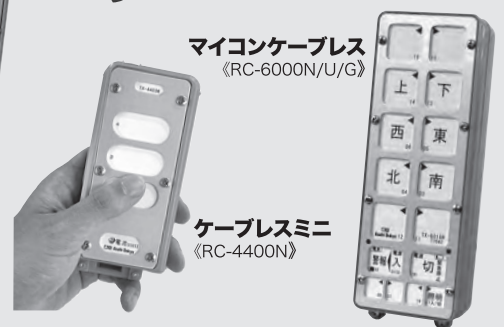
タフケーブルレス 《RC-8600N/U/G》



チップケーブルレス 《RC-3205M・3212M・3208N》



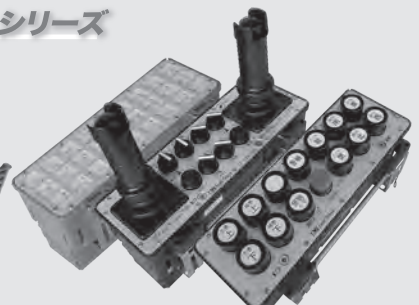
マイコンケーブルレス 《RC-6000N/U/G》



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》

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引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。

朝日音響 検索



KOMATSU

建設現場のデジタルトランス フォーメーション実現を加速。

SMART CONSTRUCTION Retrofit スマートコンストラクション・レトロフィット

既存の従来型建機に、3D-マシンガイダンス機能や
ペイロード機能(オプション)などのICT機能を提供する
後付けキットをご用意しました。



従来型建機のデジタル化を促進し 「安全で生産性の高い、スマートで クリーンな未来の現場」の実現を サポート

コマツカスタマーサポート(株)

〒108-0072 東京都港区白金 1-17-3 TEL:050-3486-7147

