

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2024

建設機械施工 11

Vol.76 No.11 November 2024 (通巻897号)

特集 道路



アスファルト合材の施工日・数均し地点・合材温度・気象条件を自動記録

アスファルト合材転圧温度の自動測定

アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発

巻頭言 自動化に向かって

特集技術論文

- 道路橋の床版取替を高速で行う施工システム
- ドローンを活用した長大橋の自動点検に向けた実証実験
- アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発
- 東名多摩川橋床版取替工事に施工シミュレータ「GEN-VIR」を活用
- アスファルトフィニッシャの遠隔操作技術の開発
- 低炭素社会の実現に向けた道路インフラの革新
- アスファルトプラントにおける水素燃料利用 他

行政情報

- 令和6年能登半島地震と道路構造物
- 道路行政における技術研究開発

交流のひろば

- 「道の駅」のネットワークを利用した地域活性化の取り組み

すいそう

- 不思議の国 インド
- SDGsとソーシャルインパクト

一般社団法人 日本建設機械施工協会

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY

bauma, Munich, April 7-13, 2025



bauma.de

Boost your success: the construction machinery industry's future begins at bauma—the World's Leading Trade Fair for Construction Machinery, Building Material Machines, Mining Machines, Construction Vehicles and Construction Equipment.

VISIT bauma:
[bauma.de/en/
trade-fair/why-visit](http://bauma.de/en/trade-fair/why-visit)



bauma

杭打工事用

パイルキーパー

海上・河川等での杭打ち作業用、
パイル保持装置

石狩湾新港洋上風力発電事業工事向け
パイルキーパー

仕 様

杭 径 最大 $\phi 2500\text{mm}$
杭重量 最大 90ton
開 閉 油圧駆動
前後スライド範囲 $\pm 900\text{mm}$ 油圧駆動
左右スライド範囲 $\pm 1000\text{mm}$ 油圧駆動

実績多数

海上工事、陸上工事、岸壁護岸工事、海上空港、
ダム湖再生工事、導枠治具、リーダー付



洋上風力発電ジャケット基礎杭工事



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 吉永ビル TEL:03-3634-5651
URL : www.yoshinaga.co.jp

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会 費：年間 9,000円(不課税)

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同し、建設機械・建設施工にご関心のある方であればどなたでもご入会いただけます。

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊800円＋消費税/送料別途)
「建設機械施工」では、建設機械や建設施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入することができます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)でご参加いただけます。

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された団体です。建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。
- 外国人技能実習制度における建設機械施工職種の技能実習評価試験実施機関として承認されています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(建設機械や建設施工の関係者等や関心のある方)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験・外国人技能評価試験の実施。
- ・各種技術図書・専門図書の発行。
- ・除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。

■主な出版図書

- ・建設機械施工(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・橋梁架設工事の積算
- ・大口径岩盤削孔工法の積算
- ・よくわかる建設機械と損料
- ・ICTを活用した建設技術(情報化施工)
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説
- ・道路除雪オペレータの手引き

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

<https://jcmanet.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 <https://jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <https://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

令和7年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度に一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りました。また、平成27年度の募集から新たに地域への貢献が顕著な業績も表彰することとし、さらに表彰内容を拡充したことに伴い、表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

令和7年度の表彰につきましても、下記により受賞候補者を公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

1. 表彰の目的

建設機械及び建設施工に関して、有意な技術の向上又は地域の建設事業の課題の解消に、顕著な功績をあげた業績を表彰し、もって国土の開発と経済の発展に寄与することを目的とします。

2. 表彰対象

本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は関係者のうち表彰目的に該当する業績のあった団体、団体に属する個人及びその他の個人を対象とします。

3. 表彰の種類

表彰は、大賞部門と地域賞部門の各部門とも**最優秀賞、優秀賞**とします。

- ・大賞部門は、建設機械及び建設施工に関する技術等の「調査・研究、技術開発、実用化等」の業績が対象となります。
- ・地域賞部門は、当該地域の建設機械及び建設施工に関する「創意工夫あるいは従来技術の改良や普及促進等の取組み等」の業績が対象となります。
- ・最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるものです。
- ・ユニークなアイデア、あるいは特に秀でた特徴を有する提案があれば**選考委員会賞**として表彰することもあります。

受賞者には、賞状及び副賞として、1件につき次の賞金を授与します。

副賞賞金	大賞部門	最優秀賞・・・30万円	地域賞部門	最優秀賞・・・20万円
		優秀賞・・・15万円		優秀賞・・・10万円
		選考委員会賞・・・5万円		選考委員会賞・・・5万円

4. 表彰式

本協会第14回通常総会（令和7年6月予定）終了後に行います。

5. 応募

「**日本建設機械施工大賞応募要領**」に基づく**応募用紙**の提出により行われますので、**本協会HP（ホームページ）からダウンロード**してください。（自薦・他薦は問いません。）

また、大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。応募の締切は、**令和7年2月28日（金）（必着）**です。

6. 選考

本協会が設置した「**日本建設機械施工大賞選考委員会**」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰いたしません。

7. その他

受賞業績は、「業績の概要」を本協会機関誌「**建設機械施工**」及び本協会のHP（ホームページ）に掲載いたします。

以上

令和 6 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催のご案内

◇会 期：令和 6 年 11 月 27 日(水)～11 月 28 日(木) (2 日間)

◇会 場：機械振興会館 研修－1、2 号室、B3－2 会議室、B2 ホール
(東京都港区芝公園 3－5－8)

※ 会場に参加できない方は ZOOM での参加が可能です。

◇主 催：一般社団法人 日本建設機械施工協会

◇後 援：国土交通省、経済産業省、(国研) 土木研究所 (予定、順不同)

◇趣 旨：本協会では、昭和 50 年より建設機械と施工法に関する技術の向上を図ることを目的に、日頃の研究・開発の成果を発表する「建設施工と建設機械シンポジウム」を開催して参りました。協会といたしましては、建設施工と建設機械分野の産学官の専門家相互の情報交換と技術力の研鑽の場を提供できればと願っておりますので、ご多忙中とは存じますが、是非ご参加いただきますようご案内申し上げます。

◇内 容

○特別講演： 11 月 27 日(水) 於：B2 ホール

テーマ：建設機械と建設施工 50 年を振り返って J CMA シンポジウムの役割

講 師：建山 和由 氏 (立命館大学 総合科学技術研究機構 教授)

森下 博之 氏 (国土交通省 大臣官房参事官 (イノベーション))

○パネルディスカッション： 11 月 28 日(木) 於：B2 ホール

テーマ：深刻な人手不足 ～なぜ建設業への入職者は少ないのか～

コーディネーター：建山和由氏 (立命館大学 総合科学技術研究機構 教授)

パネリスト：中村星斗氏 ((株) リクルートワークス研究所 研究員／アナリスト)

野々山明里氏 (立命館大学大学院 経営学研究科 修士課程 2 年)

井戸田高明氏 ((株) 奥村組 広報課課長)

新井恭子氏 (建設ディレクター協会 理事長)

須田清隆氏 (建設 I O T 研究所)

○発 表：論文 34 編

ポスターセッション 11 編

◇参 加 費：会員：4,400 円・一般：5,500 円 (ただし、いずれも**事前申込みが必須**です。)

◇参 加 申 込：協会ホームページから WEB 申込みをお願いします。(10 月下旬に掲載予定)

※1 会場参加者には、論文集・梗概集を配布します。

また、ZOOM 参加者のために事前に論文集・梗概集を専用 HPI に掲載します。

※2 「建設系継続教育(CPDS)プログラム認定」の申請を予定しております。

証明書の発行は会場参加者限定とします。なお、証明書は、CPDS 技術者証、運転免許証など(顔写真付き)で本人確認をして渡しますので、当日持参して下さい。

問合せ先：一般社団法人日本建設機械施工協会 シンポジウム実行委員会事務局(水口、佐々木)

〒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

第1日目プログラム <11月 27日(水)>					
研修－1号室 (地下3階) 収容人員120名		研修－2号室 (地下3階) 収容人員120名		B3－2会議室 (地下3階)	
9:50	開会式			ポスターセッション	
10:00	【生産技術・生産性向上・働き方改革(2)】 座長： 坂下 誠 6. AI技術を含む先進技術を活用したコンクリート打設管理のシステム開発と現場検証報告 ○片山伸也、橋本明弘、川崎浩人(西尾レントオール(株))	10:00	【維持・管理・補修、建設改革】 座長： 桑田 直人 26. 振動加速度レベルによる除雪トラックフレームに作用する作業種別毎の負荷傾向について ○植野英睦、山田充((国研)土木研究所寒地土木研究所)	10:00	1. アクティオカーシェアスポット「アクスポ」無人でレンタカーの貸出・返却ができる新サービス ○深沢拓((株)アクティオ) 2. 環境負荷を大きく低減する地盤改良工法 リソイルPro工法 ○永石雅大、高田英典、富田晃弘((株)不動テトラ) 3. BIM/CIMを活用した土工の自動施工『自動施工計画・管理システム』 ○秋田剛(前田建設工業(株))、井村進也(日立建機(株))、山崎文敬((株)イクシス) 4. チルトローテータを遠隔操作することによる、飛躍的な生産性向上 ○庄野和隆((株)カナモト)、山田潤(梅田土建(株))、五十嵐卓次郎(Steelwrist Japan(株)) 5. 槽とパッキード ○梶川太郎((株)レンタルのニッケン) 6. デジタルツイン技術を活用した、月面環境に適応する建設機械実現のための研究開発 山岳トンネルにおける防水シートの自動溶着技術の開発 ○菊池直彦、杉村俊輔、宮井慎一郎(コマツ) 7. ICT建機のための現況計測用カメラシステム ○重田将宏、深谷暢之、榎山誉((株)トブコン) 8. 発注・管理者の業務効率化とステイクホルダー満足度向上への大規模言語モデルを用いたAIシステム開発 ○善本哲夫、福原大祐(立命館大学)、西村智寛(滋賀県庁) 9. 建設機械の遠隔運転シミュレータ ○平野享、高原裕介、辻岡高志(西松建設(株)) 10. 建設業向け AI安全帯不使用者検知システム「KAKERU」 ○阪下晃則(西尾レントオール(株))、廣瀬年彦((株)奥村組)、梅村隆((株)日立ソリューションズ) 11. オペレータトレーニングシステムの開発 ○三本喬之、浅井康介、平林憲((株)小松製作所)
10:20	7. 人工知能技術による土質推定に基づく埋立管理システム ○熊谷隆宏、白可(五洋建設(株))	10:20	27. マスプロダグツ型排水ポンプの現場実証と新たな研究開発について 吉崎雄一、林朋幸(国土交通省参事官グループ)		
10:40	8. AI画像認識技術による船舶航行監視システムの開発 ○宮本憲都、藤山映、那須野陽平(東亜建設工業(株))	10:40	28. 砂質土における油圧ショベルの掘削動作による地盤強度推定に向けた実験的検討 ○島津泰彦(コベルコ建機(株))、遠藤大輔、橋本毅((国研)土木研究所)		
11:00	休憩 (10分)				
11:10	【生産技術・生産性向上・働き方改革(1)】 座長： 藤島 一雄 3. 建設プロジェクトにおけるボクセルモデルの適用可能性に関する一考察 ○長田将吾、川西敦士(前田建設工業(株))、今井龍一(法政大学)	11:10	【建設ロボット(1)】 座長： 渡部 純 29. 建設現場におけるマニピュレータ型鉄骨溶接ロボットの開発 水谷亮、横山太郎、○菊地望(鹿島建設(株))		
11:30	4. 3次元計測技術を用いた出来型管理要領(案)における計測技術の整理 ○池田誠、杉谷康弘(国土交通省国土技術政策総合研究所)	11:30	30. 道路橋床版更新工事における床版架設機の開発－阪神高速3号神戸線(京橋～摩耶間)リニューアル工事における床版更新－ ○藤吉卓也、安田篤司(清水建設(株))、富田涼太郎(阪神高速道路(株))		
11:50	5. 国土交通省による官民連携した長時間飛行ドローンの実証試験について ○遠藤天生(国土交通省参事官グループ)	11:50	31. 円形高層建築物解体への自動昇降足場の適用 FCF工法 円形建築物解体への挑戦 ○中鉢和敏、野正裕介、大谷愛斗((株)フジタ)		
12:10	昼 休 憩 (60分)				
13:10	【特 別 講 演】(90分) B2ホール 講 師：建山 和由氏(立命館大学 総合科学技術研究機構 教授) 講 師：森下 博之氏(国土交通省 大臣官房参事官(イノベーション)) 講演題目：建設機械と建設施工 50年を振り返って JCMAシンポジウムの役割				
14:40	休憩 (20分)				
15:00	【安全対策、事故防止】 座長： 山口 崇 23. 湯気や土埃の発生する実施工現場において安全性を向上させる高精度検知システムを搭載した緊急ブレーキ装置の開発 ○遠藤涼平(酒井重工業(株))	15:00	【生産技術・生産性向上・働き方改革(3)】 座長： 玉石 俊介 9. 排水機場ポンプ設備の電動化に向けた検討 ○中島淳一、永長哲也、岸寛人((国研)土木研究所寒地土木研究所)		
15:20	24. 指向性スピーカを使用した施工現場の騒音低減システムの開発 ○内山智史、阪田正弘(鹿島道路(株))	15:20	10. トンネル覆工コンクリートの全自動打設システムの開発 ○松本修治、手塚康成、坂井吾郎(鹿島建設(株))		
15:40	25. 建設機械設置地盤の地耐力調査に関する実験的考察 ○堀智仁、玉手聡((独)労働者健康安全機構労働安全衛生総合研究所)	15:40	11. 山岳トンネルのインバート掘削に関する出来形管理システムと現場検証結果 ○藤沼花奈、松田顕伍、川澄悠馬((株)奥村組)		
16:00	休憩 (10分)				
16:10	【災害・防災、復旧・復興】 座長： 中川 智裕 1. 積雪期における堤防変状の検知に向けた取組 ○吉田智、山崎貴志、飯田美喜((国研)土木研究所寒地土木研究所)	16:10	【生産技術・生産性向上・働き方改革(5)】 座長： 丹治 雅人 15. 施工のオートメーション化に向けた取り組み～建設機械施工の自動化・遠隔化技術の普及に向けて～ ○大野慎也、中根亨(国土交通省参事官グループ)		
16:30	2. 郊外部の無電柱化施工のためのトレンチャーによる掘削試験とその評価 ○永長哲也、中島淳一((国研)土木研究所寒地土木研究所)	16:30	16. ICT施工StageⅡ ICT施工stageⅡの取組について ○櫻木翔平(国土交通省参事官グループ)		
16:50					
17:00	懇親会 B3 於：御食事処 若松				

※プログラムは変更となる場合がありますので予めご了承下さい。
 ※は、Zoomによる発表

第2日目プログラム <11月28日(木)>					
研修－1号室（地下3階） 収容人員120名		研修－2号室（地下3階） 収容人員120名		B3－2会議室（地下3階）	
					ポスターセッション
10:00	【生産技術・生産性向上・働き方改革(6)、環境対策(1)】 座長： 本田委員 17. 舗装工事の品質管理高度化に資する転圧管理システムについて ○内山恵一、眞壁淳(酒井重工業(株))	10:00	【建設ロボット(2)】 座長： 矢野委員 32. CSGダムにおける自動ダンプトラックを用いた材料運搬システム ○石川貴大、高木優、服部良彦(鹿島建設(株))	10:00	ポスターセッション発表 初日(11月27日)と同様
10:20	18. 3次元点群データを活用した土工事における法面損傷リスクの予測と事前対策効果の確認 ○前田真司、山田祐也(上武建設(株))、谷口亮((株)EARTHBRAIN)	10:20	33. 施工システムからの指示に基づいて動作する自律型油圧ショベル ○井村進也、伊東勝道、石井宏紀(日立建機(株))		
10:40	19. 土砂掘削で発生する粉じんの散水による抑制効果の構内試験 ○山口武志、山口崇((国研)土木研究所)、吉永弘志(国土交通省国土技術政策総合研究所)	10:40	34. 盛土施工現場における自動施工の評価 ○飛鳥馬翼、北原成郎、竹下嘉人((株)熊谷組)		
11:00	休憩（10分）				
11:10	【環境対策(2)】 座長： 行川委員 20. 水素内燃機関活用による重量車等脱炭素化実証事業 水素専焼エンジン油圧ショベル及び水素供給事業実証プロジェクト(第2報) ○山浦卓也((株)フラットフィールド)、須山友貴(環境省脱炭素モビリティ事業室)	11:10	【生産技術・生産性向上・働き方改革(4)】 座長： 小澤委員 12. 特殊機械設備を駆使した長大アーチ橋の合理化施工 新東名高速道路 河内川橋(仮称) 石松大輔、横山由宏、○金丸拓樹(鹿島建設(株))		
11:30	21. 建設機械分野の脱炭素化に向けた政府の取組について ○植竹康朋、須山友貴(環境省脱炭素モビリティ事業室)	11:30	13. 模擬地盤供試体を用いた切削実験によるシールドマシン用カッタビットの材質選定に関する研究 ○森田和也、重松尚久(呉工業高等専門学校)、森田泰司(大成建設(株))		
11:50	22. ディーゼルエンジン用水素アシスト技術の評価に関する研究エンジンベンチ試験による燃費向上及びCO2排出削減効果の検証 ○戸田康彰(西松建設(株))、中武靖仁(久留米工業高等専門学校)、山口利治((株)アクティオ)	11:50	14. 鉄骨プラズマ切断装置を用いた環境配慮型超高層建物解体工法 ○谷卓、西村淳、佐藤良史(清水建設(株))		
12:10		12:10		12:10	
昼 休 憩（60分）					
13:10	【パネルディスカッション】（100分） B2ホール テーマ： 深刻な人手不足 ～なぜ建設業への入職者は少ないのか～ コーディネーター： 建山 和由氏（立命館大学 総合科学技術研究機構 教授） パネリスト： 中村 星斗氏((株)リクルートワークス研究所 研究員／アナリスト) 野々山 明里氏(立命館大学大学院 経営学研究科 修士課程2年) 井戸田 高明氏((株)奥村組 広報課課長) 新井 恭子氏(建設ディレクター協会 理事長) 須田 清隆氏(建設IoT研究所)				
14:50	休憩（20分）				
15:10	表彰式：論文賞、優秀発表賞(ポスター部門)、および閉会式（20分） B2ホール				
15:30					

※ プログラムは変更となる場合がありますので予めご了承下さい。

※は、Zoomによる発表

第2回 一般社団法人日本建設機械施工協会 人材育成助成事業の募集の告知

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、喫緊の課題となっている担い手育成に重点を置き、建設機械及び建設施工に関する学校教育の優れた取組に対して助成を始めました。

令和6年度 第2回となる人材育成助成事業の対象者を下記のとおり公募いたします。

1. 実施スケジュール

- (1) 公募期限は、令和6年11月22日まで
- (2) 助成対象者の決定は、令和7年3月中旬頃（予定）
- (3) 助成期間は、助成決定年度の年度末から令和8年3月31日まで

2. 人材育成助成事業の対象及び対象者

学校教育の取組として、高校・高等専門学校・大学及びこれらと連携する法人が実施する、「建設機械又は建設施工に関する技術者等の人材育成を行うもの」であって、優れた取組と判断されるものを助成の対象とします。

- ① 建設施工の合理化・生産性向上
- ② 社会資本の維持管理・保全技術の合理化・向上
- ③ ①、②に関連する ICT・DX 分野

3. 人材育成助成事業の金額及び期間等

- ① 金額：1件当たり50万円以内
- ② 期間：1年間（令和7年3月末から令和8年3月末）
- ③ 助成件数は、5件以内を予定しております

4. 応募

公募の詳細は、本協会HPに掲載いたします。

<https://jcmamet.or.jp/kyokai-katsudo/commendation/josei-jigyo/>

(一社) 日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和 6 年 11 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)	本部 送料
1	R6 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和 6 年度版	6,600	5,610	770
2	R6 年 5 月	橋梁架設工事の積算 令和 6 年度版	12,100	10,285	990
3	R6 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2024	7,260	6,171	770
4	R6 年 4 月	令和 6 年度版 建設機械等損料表	9,680	8,228	770
5	R5 年 10 月	道路除雪施工の手引 (第 17 版)	4,950	3,960	770
6	R4 年 3 月	日本建設機械要覧 2022 年版	53,900	45,100	990
7	R3 年 1 月	情報化施工の基礎 ～i-Construction の普及に向けて～	2,200	1,870	770
8	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	770
9	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,122	770
10	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	770
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	990	880	770
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,600	5,610	770
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300	2,970	770
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300	2,970	770
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,200	1,870	770
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,178	770
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,618	770
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,300	2,970	770
19	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	2,992	770
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,100	990	770
21	H16 年 12 月	除雪・防雪ハンドブック (除雪編) 【CD-R】	5,500	4,950	770
22	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針 (案) 道路管理施設等設計要領 (案) 【CD-R】	3,520	3,168	770
23	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	1,485	770
24	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	1,782	770
25	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	1,782	770
26	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550	495	770
27	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	5,940	770
28	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)	2,750	2,475	770
29	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,360	8,360	770
30	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,400	3,960	770
31	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,750	2,475	770
32	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル 【CD-R】	3,960	3,564	770
33	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,200	1,980	770
34	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,470	7,623	770
35	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,380	5,742	770
36	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,450	9,405	770
37	S60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック 【CD-R】	6,600	5,940	770
38		建設機械履歴簿	440	396	770
39	毎月 25 日	建設機械施工	880	792	770

定期購読料 年 12 冊 10,032 円 (税・送料込)

購入を希望される場合、当協会 HP <https://jcmnet.or.jp/> の出版図書欄の「出版図書のご購入について」から本部、または支部の購入方法に基づきお申込みください。

特 集

巻頭言

行政情報

特集技術報文

道路

4 自動化に向かって

砂金 伸治 東京都立大学 都市環境学部 都市基盤環境学科 教授

5 令和6年能登半島地震と道路構造物

道路構造物の被害状況と技術基準の方向性

増 竜郎 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画グループ

鮎島 洋伸 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画グループ

児玉 祐一 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画グループ

11 道路行政における技術研究開発

現場ニーズから普及まで

増 竜郎 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画グループ

本村信一郎 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画グループ

森 貴洋 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画グループ

17 道路橋の床版取替を高速で行う施工システム

ソーシャルロスの低減を目指した「スマート床版更新（SDR）システム[®]」

新井 崇裕 鹿島建設㈱ 土木管理本部 土木技術部 リニューアルグループ グループ長

山中 宏之 鹿島建設㈱ 土木管理本部 プロジェクト推進部 部長

三室 恵史 鹿島建設㈱ 機械部 機械技術イノベーショングループ 次長

22 ドローンを活用した長大橋の自動点検に向けた実証実験

岡田 舜啓 首都高速道路㈱ 保全・交通部 点検・補修推進室 点検・補修推進課

27 構造物の長寿命化を目指し、さびにくい新たな凍結防止剤の導入

恩田 雅也 中日本高速道路㈱ 技術本部 高度技術推進部 技術開発課 課長

石田 篤徳 中日本高速道路㈱ 技術本部 高度技術推進部 技術開発課 課長代理

33 アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発

竹内 伸 ㈱ NIPPO 総合技術部 機械統括グループ 係長

梶原 覚 ㈱ NIPPO 総合技術部 機械統括グループ 生産技術担当課長

永市 典彦 ㈱ NIPPO 関西支店 舗装事業部 課長

小形 仁 ㈱ NIPPO 関西支店 技術部 課長

39 東名多摩川橋床版取替工事にて施工シミュレータ「GEN-VIR」を活用

生産性向上とリスク把握に向けた取り組み

河原 大輔 ㈱大林組 技術本部 技術ソリューション部 主任

酒井 伯文 トヨタ自動車㈱ 未来創生センター R-フロンティア部 生産革新研究領域 生産革新グループ長

45 画像を用いた球体マーカー検知および自動停止機構の開発

千野 雅紀 ㈱安藤・間 技術研究所フロンティア研究部 主任

50 小型路面切削機：周囲確認補助システムの開発

小型路面切削機における作業員安全性向上への取り組み

小西 剛 ㈱多機機 技術統括部

54 アスファルトフィニッシャの遠隔操作技術の開発

板東 芳博 世紀東急工業㈱ 技術本部 技術研究所 所長

60 アスファルトフィニッシャーの自動化

寺元 陶太 住友建機㈱ 技術本部 道路機械技術部 主任技師

浅井 友章 日本道路㈱ 生産技術本部 技術部 課長

66 施工現場の各プロセスの調和へ向けたプラットフォームの構築

SiteOrchestration による施工のオートメーション化への対応

新居 和展 サイテックジャパン㈱ プロダクトマーケティンググループ チーフエンジニア

	72	低炭素社会の実現に向けた道路インフラの革新 走行中 EV にリアルタイムで給電できる無線給電道路の開発 新藤 竹文 大成建設㈱ 技術センター 社会基盤技術研究部 榮譽研究員 遠藤 哲夫 大成建設㈱ 技術センター 先進技術開発部 次長 久野 晃弘 大成ロテック㈱ 技術本部 技術研究所 次世代舗装試験所長 澤口 実 大成ロテック㈱ 北信越支社 技術室 課長代理 大平 孝 豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター 特任教授 水谷 豊 豊橋技術科学大学 未来ビークルシティリサーチセンター 特任助手
	82	アスファルトプラントにおける水素燃料利用 今田 雄司 日工㈱ 開発部 開発1課 課長 村本 孝 前田道路㈱ 技術研究所 生産技術開発室 係長
	88	フル電動式4トンコンバインドローラの開発 吉田悠一郎 酒井重工業㈱ 開発本部 新技術開発部 EV&CN グループ 技師補
交流のひろば	94	「道の駅」のネットワークを利用した地域活性化の取り組み 南房総市「道の駅」8駅ネットワークを事例として 松尾 隆策 明治大学 商学部 特任准教授 博士（経済学）
ずいそう	99	不思議の国 インド 安田 智之 グレートスタージャパン㈱ 代表取締役社長
	101	SDGs とソーシャルインパクト 高橋 修 長岡技術科学大学 環境社会基盤系 教授
部会報告	103	新東名高速道路 河内川橋工事見学会 報告 機械部会 基礎工事用機械技術委員会
	107	令和6年度建設業 ICT 安全 WG 見学会 報告 建設業部会
CMI 報告	111	急傾斜法面等に適用できる草刈り技術の評価 井野 歩惟 （一社）日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第三部 研究員
統計	116	建設業界における外国人材の受け入れについて 渡瀬 友博 （一社）建設技能人材機構 調査研究部長
	122	令和6年度（2024年度）建設投資見通し 国土交通省 総合政策局 建設経済統計調査室
	129	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
	130	行事一覧（2024年9月）
	134	編集後記（丑久保・大竹）

◇表紙写真説明◇

アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発

写真提供：(株)NIPPO

アスファルト舗装施工情報一元管理システム「Paving Manager-As」は、舗装用材料の温度管理情報・施工位置情報、施工時の気象情報、出来形記録をブラウザ型アプリケーションに蓄積することで、施工・維持管理双方の作業効率化に活用できるシステムである。

2024年(令和6年)11月号 PR 目次
【ア】朝日音響㈱……………表紙3

【カ】ゴベルコ建機日本㈱……………後付1
コマツカスタマーサポート㈱……………表紙4
【ク】大和機工㈱……………後付2

【ハ】Bauma 2025……………表紙2
【マ】マルマテクニカ㈱……………後付4
三笠産業㈱……………後付3

【ヤ】吉永機械㈱……………表紙2

巻頭言

自動化に向かって

砂 金 伸 治



今年の夏はオリンピック・パラリンピックが開催され、取得した日本のメダルが増えたとの報道があった。結果のみでの判断しか出来ないところもあるが、ここまでに至るプロセスには計り知れない苦労もあったのではないかと心から敬意を表しているところである。もちろん、メダルや順位のためだけにスポーツを行っているわけでもないことは承知しているつもりだが、一方でそうはいっても、やはり勝負事であり、勝敗が決することには変わりがない。そのために一定の約束事やルールが存在し、それにもとづいて判定が下されるのは当然である。ところが、メダルが増えたという報道だけでなく、いわゆる「誤審」が目立つといった報道についてもいつにも増して多く見かけられたように感じた。SNSの発達等があり、誤審とおぼしきことが周囲からも容易に指摘され、広く報じられやすくなったとも言われており、実際に誤審がどの程度増えたのかはよくわからないところではある。

判定についてはこれまでも、ゴール前の「写真判定」は存在していたし、大相撲中継で審判団が別室のビデオルームと連絡を取り合って、土俵際のせめぎ合いの判断を行っていてもいる。最近ではVARなどと称される、ビデオを使い、その記録を残したうえでの審判が汎用的に行われることが多くなっているようであり、それによって感情だけで論じる場面は幾分減っているのではないだろうか。競技によって生活や名誉がかかっていると考えるのであれば、競技自体の質の向上と同時に、人の目だけでの判断には限界があることを前提においたうえで、その判断のための質の向上をも図る必要があることは当然である。その結果として、競技自体がさらに上のレベルに進むことにもつながるのではと思うところもある。言い換えれば、機械等を用いることによる「判断の高度化を支援」することが、その分野自体のさらなる発展や成熟のためにも必要な要素のひとつであると言える。そのためには、その判断の根拠も合わせて示されることが合理的である。そうでないと、いくら高度化を支援したところで、その評価

自体の信憑性に疑問符がついてしまうと考えられる。

昨今、土木構造物の老朽化に対する長寿命化、さらには社会構造の変化に関連した建設や管理の効率化といった課題の解決に加え、安全性の向上も同時に図る必要があり、技術開発に対する舵取りがますます重要になっている。その方策のひとつとして「自動化」が挙げられるのは極めて合理的である。誤審の問題と照らし合わせてみると、単なる作業等の自動化にとどまらず、自動化を目指す水準がどの程度求められるのか、また、その自動化によって得られる結果が何かといったあるべき姿の議論も続ける必要があるのかもしれない。自動化のために必要となる内容（概念的には性能に近いかもしれない）が明示され、それを当事者のみならず第三者にもわかりやすく伝え、それにより内容が昇華し、関係する人がその結果を享受できることで初めて、より高度なインフラ構造物の体系が形作られていくようになるのではないだろうか。もちろん、これらの内容には競争すべき領域と協調すべき領域の両面があり、すべて共有・公開ということもなじまない可能性がある。また、発注者や受注者、管理者や利用者といった立場の違いによって求める内容も異なることは自明である。それでも、各プレーヤーが持っている、または求めたい内容が何か、しかもそれらのノウハウをどのように機械に教え込むかがポイントとなり、この種のインプットすべき内容の判断が今後ますます求められていくのかもしれないと考えている。

機械に頼れることは何か、また、頼るべきことは何か、それをどうやってかみ砕いて、内容に含めるべきなのか、その前には自動化に関するテクニカルな内容に加え、やはり組織を超えた技術者の議論が必要という当たり前の結論に落ち着くのかかもしれない。困難であることには違いないが、逆に技術者冥利に尽きるやり甲斐もあるのかもしれないと感じており、世界に冠たる技術のためのより活発な活動を期待したい。

——いさご のぶはる

東京都立大学 都市環境学部 都市基盤環境学科 教授——

行政情報

令和6年能登半島地震と道路構造物

道路構造物の被害状況と技術基準の方向性

増 竜 郎・葩 島 洋 伸・児 玉 祐 一

令和6年1月1日に石川県能登地方で発生した最大震度7の地震は、道路構造物に大きな被害をもたらした。道路構造物専門家による調査の結果、そこには、橋梁、土工、トンネル等の道路構造物毎に、また、適用基準や周辺環境等により、いくつかの傾向が把握された。その結果を踏まえ、社会資本整備審議会の道路技術小委員会において、技術基準の方向性を審議している。

キーワード：令和6年能登半島地震、道路構造物、技術基準、橋梁、トンネル、土工、盛土

1. はじめに

令和6年1月1日16時10分、石川県能登地方において、最大震度7、マグニチュード7.6の地震が発生し、現地の橋梁、トンネル、土工の各道路構造物に様々な被災が生じ、交通に支障をきたした。発災後、国土交通省国土技術政策総合研究所及び（国研）土木研究所の道路構造物の各分野の専門家（R.6.1.2～3.26、計37回、延べ196名）にて、現地調査が行われた。

この専門調査により、各道路構造物の被災状況、その特徴が明らかになってきた。令和6年2月21日には、専門調査の中間報告として、社会資本整備審議会道路分科会道路技術小委員会において報告した。この専門調査の中間報告とその後の調査結果を踏まえ、同年3月26日の同会議において、能登半島地震を踏まえた道路構造物の技術基準の方向性について審議がなされた。その後、同年7月22日に同会議において技術基準等の対応案が審議された。

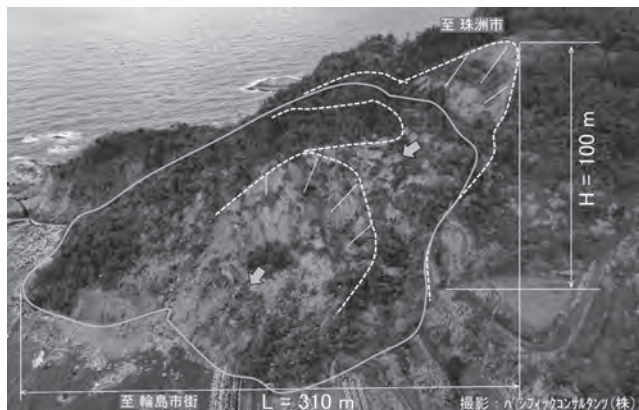
2. 被災状況

令和6年能登半島地震による道路構造物の被災状況について、道路構造物（共通事項）、橋梁、土工（能越道）、トンネル、土工（国道249号沿岸部）のそれぞれについて示す。

(1) 道路構造物（共通事項）

まず、今回の地震の規模として、その地震動は、能登半島地域では、レベル2地震動と同程度であった。震度7を記録した地域では、一部の周波数帯でレベル2地震動を上回るところもあった。今回の地震は、平成19年（2007年）能登半島地震と比較しても、より大きい力が作用する地震動が記録された。

被害の特徴として、まず、石川県が管理する国道249号の沿岸部における大規模な斜面崩落や地すべりによる通行途絶、地山の変位による影響と推測されるトンネル覆工コンクリートの崩落など、構造物のみで



図一 地すべり・斜面崩壊（逢坂トンネル坑口埋没）



図二 覆工コンクリート崩落（大谷トンネル）



図一 3 沢埋めの高盛土被災（能登大橋南側）

被害を防ぐには限界がある事例が見受けられた（図一 1, 2）。

また、橋梁本体としては通行機能を確保できていても橋梁に接続している土工構造物の被災により通行機能が損なわれた事例、トンネル本体としては通行機能を確保できていても、トンネル坑口の斜面崩落により通行機能が損なわれた事例など道路構造物の境界部付近での変状が交通機能に著しい障害を及ぼした事例が見受けられた（図一 3）。

(2) 橋梁

まず、石川県内（震度 6 弱以上）の橋梁 3,018 橋のうち、落橋した橋梁は、今回の震災で確認されていない。

そして、耐震設計基準が大きく変わった兵庫県南部地震以後に設計された橋の本体は概ね軽微な被害に留まっており、基準の改定で対応が取られてきた橋脚のせん断破壊などは見られなかった（図一 4）。一方、周辺盛土や堤防の変状に伴って橋台に異常変位が残留する例が散見され、本復旧の対応の遅れにつながる可能性が懸念された（図一 5）。

橋台背面について、小規模な段差は多数発生しているが、速やかに機能回復できているものが大半であった。また、平成 8 年道路橋示方書で踏掛版の設置が望ましいとし、平成 24 年道路橋示方書で橋台背面アプローチ部の構造を規定した効果が捉えられた（図一 6）。

一方、落橋に至っていないものの、古い基準で設計された道路橋の中には深刻な被災も見受けられた。

(3) 土工（能越道）

能越道（石川県内）の全盛土の 155 箇所を調査したところ、大規模崩壊が 28 箇所であった。

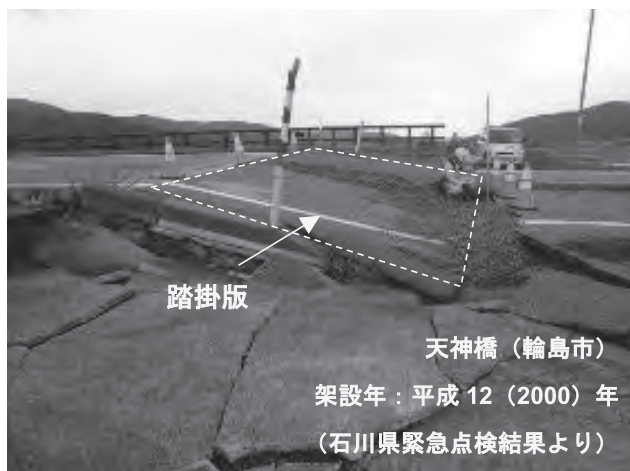
造られた年代で被災の特徴が見受けられ、大規模崩



図一 4 新しい基準の橋の損傷例



図一 5 地盤からの変位の影響による橋台の被災例



図一 6 踏掛版が効果を発揮した例

壊が生じた盛土は、平成 22 年の盛土工指針の改定（排水対策等）、及び、平成 25 年の土木工事施工管理基準改定（土工締固め管理基準として路体 85% から 90% への引き上げ等）の以前に造られた盛土であった。一方、これらの基準類以降に整備された盛土は、被災が軽微であった（図一 7）。

また、平成 19 年能登半島地震で大きく被災し、補強や排水等の対策を講じた盛土は、被害がほぼ軽微であった。一方、平成 19 年の地震で被災がない箇所でも、水が集まりやすい沢埋めの高盛土は、大きな被害が生

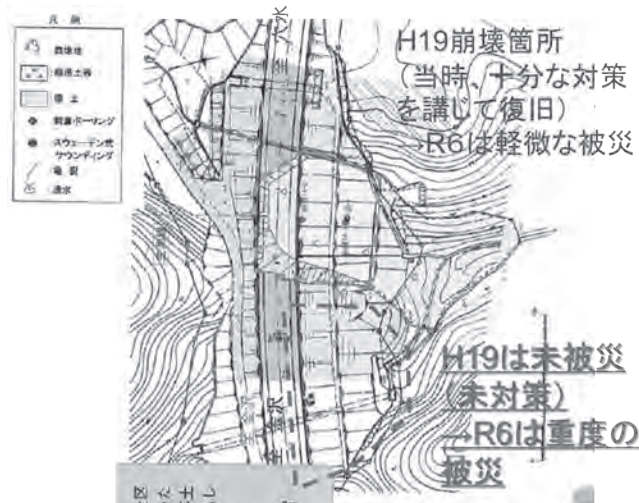
じている（図—8）。

更に、車線数（盛土幅）が大きいほど交通機能の全損失には至りにくい傾向が見受けられ、2車線区間（21 km）の崩落した盛土16箇所のうち交通機能全損失は9件に対し、4車線区間（6 km）の崩落した盛土5箇所のうち交通機能全損失はなかった（図—9）。



× 大規模崩壊箇所

図—7 能越道（盛土）の大規模崩壊箇所



出典：能登有料道路 復旧工事記録誌 石川県土木部・石川県道路公社

図—8 能越道（盛土）のH19被災とR6被災の状況

(4) トンネル

石川県内（震度6弱以上）のトンネル67箇所のうち専門調査を26箇所行い、規模が特に大きな損傷（覆工の崩落）は2箇所であった。その他は、覆工塊の落下が2箇所、圧ざやせん断ひび割れが1箇所、大規模なひび割れが2箇所であった（図—10）。

大規模に被災した2箇所のトンネルについては、地山の大规模な変形によって確保していたトンネルの内空に変形が生じ、これに伴って覆工コンクリートの崩落が発生し、道路交通機能が途絶するとともに道路啓開（緊急復旧）の活動も困難となった。（大谷トンネルについては、地すべり地帯に位置し、施工当時から対策を行っていたところであり、地震による地山の大规模な変形の影響が考えられる。中屋トンネルは、地質の変化が大きい区間や地山が膨張性を示す区間があり、施工当時から対策を行っていたところであり、地震による地山の大规模な変形の影響が考えられる（図—11）。

一方、平成19年能登半島地震で被災した旧八世乃洞門の付け替えとして建設し、平成21年に完成した八世乃洞門新トンネルは、坑口付近で落石や崩土が生じたものの、トンネル自体には大きな損傷がなかった。

(5) 土工（国道249号沿岸部）

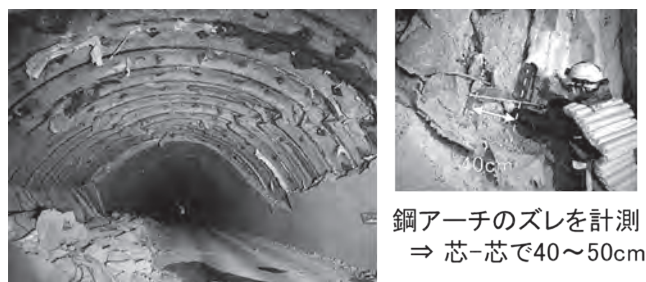
土工として、国道249号沿岸部については、地すべ



図—9 4車線区間（左）と2車線区間（右）の被災状況



図—10 トンネルの被害状況（専門調査結果）



図—11 トンネルの被害状況（専門調査結果）

り、斜面崩壊等の大規模な被災が発生した。斜面崩壊は、山自体が大きく崩壊しており、復旧にあたっては安定性の確認が必要な状況である。また、地すべり箇所は、規模が大きく、想定以上の滑りが発生しており、抜本的な復旧対応の検討が必要な状況である。

3. 技術基準の方向性

前述のとおり、令和6年能登半島地震による道路構造物の被害状況を踏まえ、技術基準の方向性が示された。道路構造物（共通事項）、橋梁、土工（能越道）、トンネル、土工（国道249号沿岸部）のそれぞれについて紹介する。

（1）道路構造物（共通事項）

- 大規模な斜面崩落や地すべり、地山の変位の影響に対しては、道路構造物のみで被害を防ぐには限界があることから、路線の検討や路線内での構造物の配置計画の検討等の道路計画段階において、周辺の地形や地質条件に関する情報とともに道路リスク評価の観点も踏まえ、安全で信頼性の高い道路計画となるように配慮に努めること。
- また、道路に求められる様々な性能（走行性能、壊れにくさ、復旧のしやすさ）に合理的に対応し、かつ、道路区間として統合的に道路機能を満足させられるように、道路構造物の技術基準の性能規定化を方策の一つとして検討を進めること。
- 更に、調査、設計、施工、維持管理において、性能規定も適用し新技術・新工法の活用にも努めること。（人の立ち入りが危険な被災箇所やコンクリート内部等の目視確認が困難な箇所での無人調査機や非破壊検査、また、盛土の施工方法や材料、トンネル復旧工法や材料などにおいて、新技術・新工法の活用を検討すること。）

（2）橋梁

- 技術基準の妥当性を覆す事象や知見は現時点では確

認されていないが、迅速な復旧の実現性を高める観点から、次について技術基準の充実・整備を検討すること。

- ・落橋防止構造のように、具体の外力が想定できない事象に対しても迅速な復旧の実現性が期待できる設計項目及び内容の充実化を検討すること
- ・所要の安全余裕を確保するだけでなく、迅速な応急復旧を可能とする損傷形態を実現させるための設計項目及び内容の充実化を検討すること
- ・橋梁の構造特性も踏まえ、地震後の点検や診断の容易さ、復旧のしやすさに配慮した構造、アクセス手段の確保について検討すること

- 性能規定化されている道路橋示方書に準じて、個々の構造の条件を適切に反映し、復旧や修繕の目的に応じた柔軟かつ合理的な対策が行えるよう、要求性能の設定やダメージコントロールの考え方の導入なども含めた修繕の技術基準類の整備を検討すること。

（3）土工（能越道）

- 技術基準の妥当性を覆す事象や知見は現時点では確認されていないが、今般の地震被害も踏まえ、次の事項を含めて技術基準の充実・整備を検討すること。
 - ・地形と地質、過去の被災への対策履歴、被災リスクを踏まえ、構造物の形式及び配置、また排水等の対策に配慮すること
 - ・要求する性能を確実に達成するために、より具体性のある設計、施工、維持管理に関する技術的事項を充実すること
- 土工の耐震設計にあたっては、現行基準を基本とするが、既存盛土に対しては、重要度に応じ、適宜、修復性も含めた道路機能に係る性能確保に配慮し、計画的に耐震性の照査や必要な対策を検討すること。
- 土工構造物の形状及び材質の多様性及びそれらの時間経過による変化を鑑み、多くの不確実性を内在している前提で、過去からの災害より得られる知見を通じて、技術基準の継続的な改善を図ること。

（4）トンネル

- 技術基準の妥当性を覆す事象や知見は現時点では確認されていないが、今般の地震被害も踏まえ、次の事項を含めて技術基準の充実・整備を検討すること。
 - ・地山の大規模変位など構造物による内空確保に限界がある事象も想定されることに鑑み、路線計画やトンネル区間設定において、地山の大規模変位が懸念される箇所を避けるなど、被災リスク軽減の観点による、より充実した検討が行えるよう方

法を検討すること

- ・地山の大規模変位が懸念される箇所を避けられない場合等には、トンネル内部空間での利用者被害リスクの軽減や速やかな通行機能の回復を可能とするために、覆工コンクリートの崩落などが生じにくい対策を検討すること（配筋や新技術等）

(5) 土工（国道 249 号沿岸部）

- 被災規模が大きく、その形態が多様であることから、被災メカニズム等について更なる調査分析を進めた上で、技術基準への反映にあたっては次の検討をすること。
 - ・被災規模が大きい一方で、道路構造による対策には限界があるものもあり、道路構造物の技術基準で達成すべき事項と路線計画の段階で配慮しておくべき事項の整理を行うこと
 - ・その上で構造物を配置する場合は、残存する被災リスクの軽減策について検討すること

4. 技術基準等の対応案

前述の技術基準の方向性を踏まえた、技術基準等の対応案について、道路構造物（共通事項）、橋梁、土工、トンネルをそれぞれ紹介する。

(1) 道路構造物（共通事項）

- 事業化前の計画段階において、地滑り地帯や断層等を把握してリスクの検討を行う。
- 構造物の設計、施工の段階においても、現地調査結果等を踏まえ、隣接する構造物間も含めて道路機能に支障となるリスクを把握し、必要があればルートや構造を見直すなど、柔軟に運用。
- 地形・地質状況や被害発生予測などを、より確度高く把握可能な新技術の活用。（3D 測量、シミュレーション、データベース等）
- 道路に求められる様々な性能（走行性能、壊れにくさ、復旧のしやすさ）について、各道路構造物の特性に応じて、技術基準類を充実。《各技術基準での対応》
- 最新の技術動向に基づき、性能規定による対応も含め、各技術基準類を充実。《各技術基準での対応》

(2) 橋梁

- 続発する地震への対応

続発する地震により、橋梁の重要な機能の損失が起り得ることから、現行基準に規定のない「続発する

地震」を加える（図—12）。

- 地震後の迅速な対応の考慮

現行基準の「維持管理の確実性と容易さ」において、地震を想定した次の項目を充実。（点検できること、診断できること、復旧できること）

- 隣接部の対応（橋台背面アプローチ部）

今回の地震で復旧に時間を要することとなった橋台及びその周辺部の被害状況を踏まえ、橋台背面アプローチ部に求める性能を示す。

(3) 土工

- 技術基準改定の視点

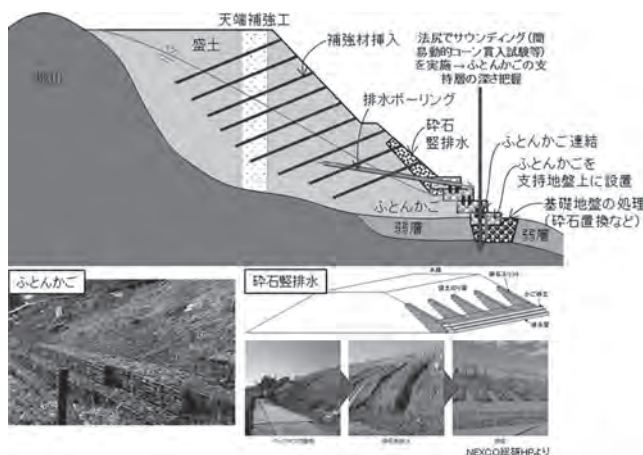
道路機能を確保する観点からの性能規定の充実

- 現場で生じている課題に対する具体の対応方策（案）

- ・道路土工構造物の設計における「計画」時の配慮事項の明確化
- ・「不確実性」及び「設計の前提条件と異なる場合」の対応方針の明確化
- ・基準解説、指針、便覧等の記載の充実（図—13）



図—12 橋台背面部の損傷で抵抗特性が変化した事例



図—13 盛土排水対策の事例

(4) トンネル

トンネルについては、次の課題を踏まえ、技術基準改定の必要性や方向性を今後審議することとしている。

- 性能規定に基づく技術基準への転換
- R6 能登半島地震への対応
- 技術の進展への対応
- 現場で生じている課題への対応(定期点検の課題等)

5. おわりに

我が国は、これまでも、全国各地にて大規模地震により甚大な被害を受けてきた。その時々技術者達により、その苦難を乗り越え、得られた知見に基づき、道路構造物の技術基準の整備と改良がなされてきた。それらのご尽力により、今回の大規模地震に対しても、多くの道路構造物において甚大な被害を防ぐことができた。

一方で、今回の地震により、盛土の大規模崩壊や道路構造物間の耐震性能の違い、構造物のみでの対応に限界があることなど、新たな課題も認識された。この経験と知見を基に、更なる技術基準の改良と技術開発

を進め、今後の全国の道路構造物の一層の改善につなげて参りたい。

J C M A

《参考文献》

- ・ 第21回社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会（2024年2月21日）資料
- ・ 第22回社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会（2024年3月26日）資料
- ・ 第23回社会資本整備審議会 道路分科会 道路技術小委員会（2024年7月22日）資料

〔筆者紹介〕

増 竜郎（ます たつろう）
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

龍島 洋伸（はいしま ひろのぶ）
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

児玉 祐一（こだま ゆういち）
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ



特集>>> 道路

行政情報

道路行政における技術研究開発

現場ニーズから普及まで

増 竜 郎・本 村 信一郎・森 貴 洋

国土交通省道路局においては、道路行政におけるニーズに基づき、新道路技術会議等のスキームにて技術研究開発を進め、その成果も含め有用性が高いと期待される技術は、産学官の道路技術懇談会のもと新技術導入促進計画を策定し、適宜、実証を通じ、カタログや技術基準類を策定し、社会実装を推進している。

キーワード：道路行政、技術研究開発、現場ニーズ、新道路技術会議、道路技術懇談会、新技術導入促進計画、技術基準類

1. はじめに：技術の進化とニーズ

古今東西、人類の繁栄や国家社会の発展において、技術の進歩は、重要な役割を果たしてきた。概して、古くは、木や石で道具を作ることから始まり、土や草木で住まいを作り、食料を生産し、火を用い、鉄を作り、乗り物を作り、道路と堤防を作り、エンジンと材料を作り、電気、通信、コンピューター、そして、今や、知能を作るまでに至っている。

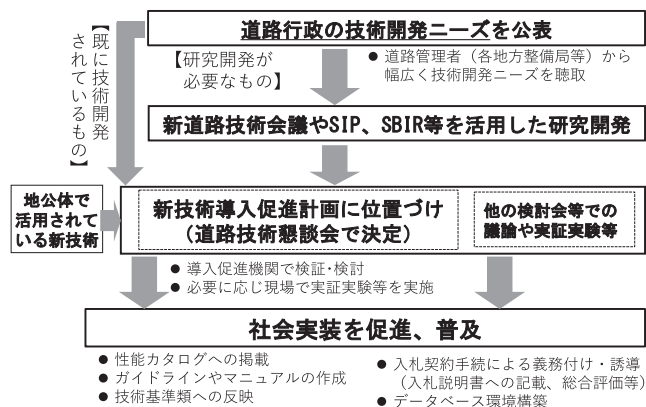
道路に係る技術も進歩しており、大まかで恐縮ながら、人が通るための土や石を用いた道路から、川や谷を渡る橋や盛土を作り、山を掘ってトンネルを作り、木や鉄やコンクリートなどの材料が開発され、馬車そして車が円滑に走り、建設機械により施工速度と品質が上がり、快適さや環境性能が高まり、最近では、各種技術が組み合わせられ、強靱化・長寿命化・インテリジェント化の性能が備わる道路へと進化してきている。

このように、技術は次々に生み出され、そして、進化し、それに伴い、人々の暮らしはますます便利になり、国家社会は発展してきている。

そして、これらの技術開発が結実するためには、関連事象の実験と分析、理論構築などの研究が重要な役割を果たしており、また、人々の困っていること、それを解決し、より良くしたいという動機や思い、いわゆる、ニーズが根底をなしていると考ええる。

さて、道路局においては、道路政策の質の向上を図ることを目的に、研究開発から、導入促進、そして、社会実装に至る一連の施策を進めている（図—1）。

まずは、道路行政における研究開発ニーズについて、各地方整備局等の道路管理者から幅広く聴取し、



図—1 道路行政の技術研究開発の全容

取りまとめ、公表を行っている。現在（令和6年10月時点）、205件の個別ニーズが掲載されているが、これらのニーズは、あくまでも検討の導入部として例示しているものであり、各担当部署と相談し、研究開発の具体的な方向性について検討していくことが重要としている。また、ニーズの背景となる政策として、道路政策ビジョンやWISENET（ワイズネット）2050・政策集、令和6年能登半島地震を踏まえた緊急提言及び技術基準等の対応方針を提示している。

これらのニーズに基づき、次の技術研究開発を推進している。

2. 技術研究開発

(1) 新道路技術会議

国土交通省道路局では、平成16年より、産・学・官の連携を強化し、「学」の知恵、「産」の技術を幅広い範囲で融合することにより、道路政策の質の向上に

資する研究開発を、研究者の方々から広く募集をしている。その研究開発の基本方針、募集テーマ、応募課題の審査、実施課題の評価について審議を行うために、道路に係る多方面の分野の有識者からなる「新道路技術会議」（座長：朝倉康夫 名誉教授（令和6年10月末まで）、那須清吾 教授（令和6年10月末以降））を設置している。

これまで、20年間、新道路技術会議は50回の開催を超え、126件の技術研究開発を推進し、その成果を評価・公表し、適宜、政策に反映してきた。その間、実施状況や社会情勢を踏まえ、その枠組みの改善を図ってきており、現在は、防災・減災、インフラメンテナンス、DXなど7つの政策テーマにおける技術研究開発ニーズに対し、本格研究、FS研究、短期研究の3つの分類において、技術研究開発を進めている。本格研究は、研究規模としては年間最大5,000万円、最長3年間としている。FS研究と短期研究は、研究規模は最大300万円、最長1年間としている。

採択された研究開発は、「新道路技術会議」の各分野の有識者の方々により、中間評価及び事後評価を行い、高い評価を得た研究開発には、「新道路技術会議優秀技術研究開発賞」を授与している（写真—1）。

技術研究開発としては、この新道路技術会議における取組とともに、政府全体の取組として、SIP及びSBIRを推進している。

(2) SIP と SBIR

SIP は、戦略的イノベーション創造プログラムを示

す Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program の略で、2014年（平成26年）より、国家プロジェクトとして進められ、現在、昨年度から5年間のプロジェクトである SIP 第3期においては、スマートインフラマネジメントなどの道路行政への寄与が期待される技術研究開発が進められている。この SIP 第3期は、従前からの改善として、技術に限らず、制度、事業、社会的受容性、人材も含めて社会実装を目指す取組としている（図—2）。

SBIR は、Small/Startup Business Innovation Research の略で、1999年（平成11年）に、中小企業等経営強化法に基づく制度として創設され、2021



写真—1 新道路技術会議 優秀技術研究開発賞 受賞楯



図—2 SIP 第3期の5つの視点

年（令和3年）に「科学技術・イノベーション創出の活性化に関する法律」に根拠規定を移管し、この制度を真にイノベーション創出に寄与する制度とするために抜本的な改革がなされた。道路行政関係としても、2023年（令和5年）より、拡充された「中小企業イノベーション創出推進事業」（フェーズ3基金事業）において、スタートアップによる革新的な技術研究開発を推進している（図-3）。

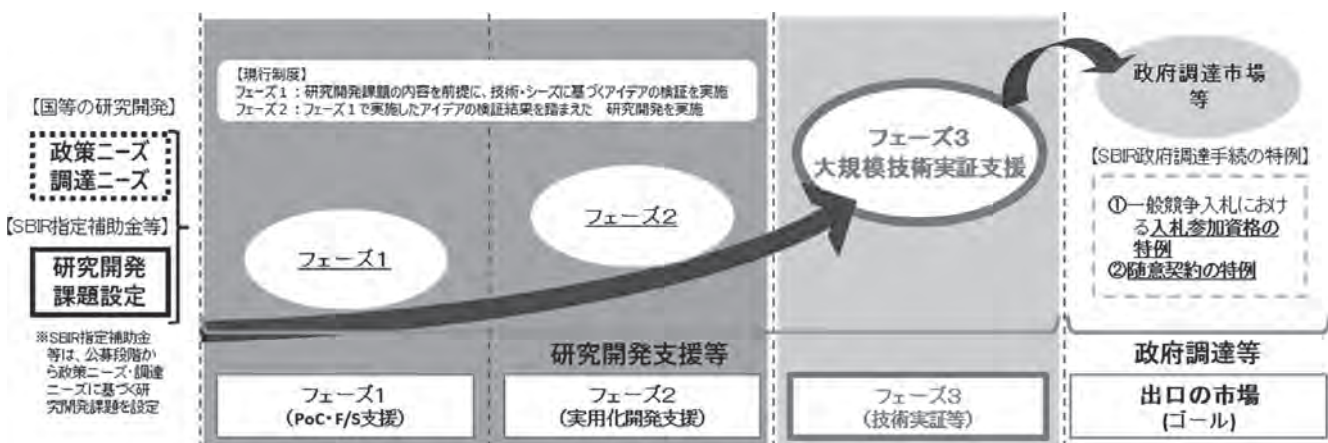
3. 新技術導入促進

(1) 道路技術懇談会と新技術導入促進計画

国土交通省道路局では、前項の研究開発成果とともに、良い技術は活用するという方針のもと、異業種、他分野、新材料等も含め、新技術開発・導入を促進す

るため、2019年（令和元年）に産学官の「道路技術懇談会」（座長：久田真 教授）を設置し、翌2020年（令和2年）に「道路分野における新技術導入促進方針」を定めた。以降、毎年、導入を促進すべき技術について「新技術導入促進計画」を策定し、当該技術に対する道路行政上の要求を明確にし、公募を通じて広く最新の技術を把握し、適宜、現場実証等を通じてその性能を明確にし、現場で利用するカタログの策定やガイドライン等技術基準類への反映を進めている。また、計画に位置付けられた各技術について、実証や導入検討を行う「導入促進機関」を、公募を通じて決定し、推進体制を整えている。

この5年間、計画に基づき多くの技術を促進し、その結果、橋梁、トンネル及び舗装における点検支援技術の性能カタログの策定及び活用の原則化や、横断歩



（内閣府 SBIR ホームページより）

図-3 SBIR フェーズ3基金事業



図-4 点検支援技術性能カタログ（一覧）

道橋床版技術やトンネル覆工はく落抑制技術、道の駅等防災拠点の技術導入等に係る各種のガイドラインを策定し、社会実装を後押ししてきた。

(2) 個別施策__点検支援技術性能カタログ

橋梁及びトンネルの点検支援技術の性能カタログの作成は、法令で義務付けられた定期点検において先行して実施しており、当初の令和2年度導入促進計画から位置付けられた。導入促進機関の協力のもと、要求性能（リクワイヤメント）を設定し、個別技術の公募と実証を通じて、性能カタログの充実を行っており、当初は橋梁及びトンネルに対する16技術であったが、今（令和6年10月時点）では、舗装、道路巡視及び土工も加わり、合計321技術が掲載されている。技術の種類としても、当初は、画像計測と非破壊検査

の2種類であったものが、その後、計測・モニタリング、データ収集・通信にまで広がっている（図-4）。

そして、直轄国道においては、令和4年度より、この点検支援技術性能カタログに基づき、橋梁、トンネルの一部の項目について、点検支援技術の活用を原則化し、令和5年度からその項目を拡大している。また、舗装の定期点検においても、令和5年度から点検支援技術の活用を原則化し、その際、点検支援技術性能カタログの中から一定以上の精度が確認されている技術を選定している。

(3) 全国道路施設点検データベース

2014年（平成26年）より、道路法に基づき、全国の国、高速道路会社及び都道府県市町村等の全道路管理者は、橋梁、トンネル及びシェッド・大型カルバー

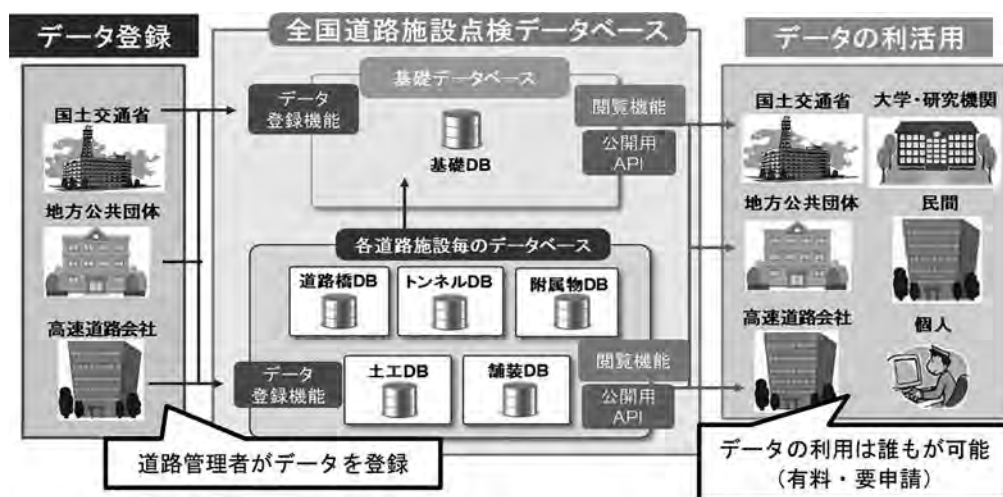


図-5 全国道路施設点検データベース

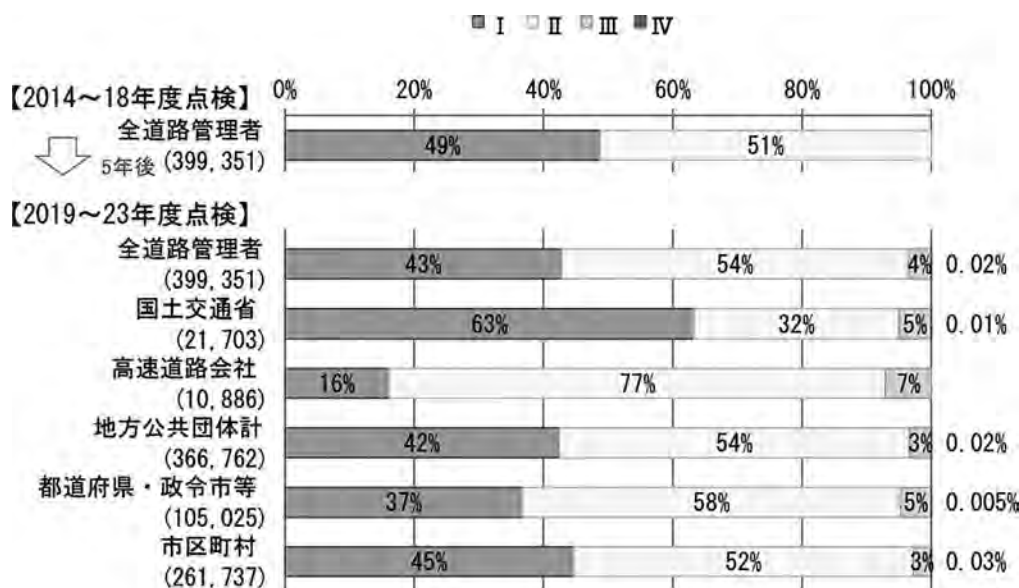


図-6 全国的な点検結果の傾向（橋梁の判定区分の遷移：道路メンテナンス年報より）

ト等について、5年毎の定期点検が義務付けられた。また、舗装及び道路土工構造物についても、定期点検要領が策定され、同様に定期点検が実施されている。これらの定期点検の結果は、従前、各道路管理者の仕様で記録保存され、全体的な傾向や特定の施設の情報の把握が困難であった。

そこで、国土交通省道路局では、全国の各道路施設の定期点検の結果を、電子データとして一元化する「全国道路施設点検データベース」を、2022年（令和4年）に構築した（図—5）。このデータベースには、膨大な量のデータが保存され、例えば、橋梁では、全国の全ての道路管理者の73万橋の200項目のデータが記録されている。このデータベースは、各道路管理者が定期点検や修繕のための記録保存として活用するだけでなく、全国的な点検や修繕等の措置の把握のためにも利用でき、毎年、全国の状況をまとめて公表する「道路メンテナンス年報」にも活用されている（図—6）。

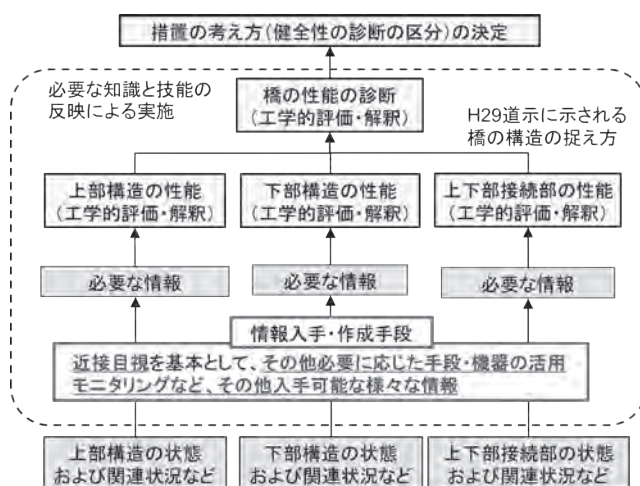
また、膨大なデータを有効に活用できるように、API(Application Programming Interface)を公開し、より効率的・効果的な点検や予防保全等を可能とするアプリケーションの開発を可能としている。一部の地方整備局においては、道路管理において有効活用が可能なアプリケーションを開発し、現場で試行しつつ、更なる改良を進めている（図—7）。

4. 普及

実現場における新技術の積極的な活用を経て、その効果や実用性が確認され、一般化を図るには、技術基

準類への位置付けがなされることとなる。国の技術基準自体は基本的な事項を定め、その解説や具体的内容は日本道路協会等の関連図書に示されることが多い。実際、定期点検に係る国の基準や要領においては、詳細な仕様ではなく、必要な性能を定める性能規定化が、各技術特性に応じて図られており、その国の基準に基づき、道路橋点検必携や道路土工構造物点検必携等の関連図書においては、非破壊検査技術やレーザプロファイラ等の有効と認められる新技術の活用方法や事例が掲載されている。

なお、今年度（令和6年度）から改定した橋梁定期点検要領では、技術的な評価にあたり基本となる、活荷重や地震等に対する構造物の性能、そして、疲労や塩害などの予防保全の観点からも重要な事象を明記することとした。それにより、各種の点検支援技術で取



図—8 点検支援技術の有効活用方策



図—7 データベースを用いたアプリ開発例

得される情報の位置付けや必要性が明確となり、各技術の有効な活用がなされることをねらいとしている(図—8)。

5. おわりに

以上の道路行政における一連の取組について、その意図に留意しつつ、適切に運用し、また、改善につとめる所存である。

近年、技術は多種多様化し、日進月歩で進化してお

り、また、社会制度は多岐にわたり、人々の価値観も多様化していると思われる。そう言った中でも、暮らしや国をより良くしたいという思いは、根本的なニーズとして、普遍と考える。その根本的なニーズが満たされていることを端的に表す指標としては、どれだけ長く生きられるか、つまり、寿命があると考え。図—9のとおり、日本人の平均寿命は世界トップレベルを維持しており、地震や風水害が国際比較上も高い頻度で発生するここ日本において、この数値はとても喜ばしく、誇らしいことと思っている。これには、住まいや暮らしの基本となる社会システムと、それらの基盤となる道路や河川等の社会インフラとともに、長年の数多くの技術研究開発も重要な役割を果たしてきたと考えられる。これら先人達によるご尽力の賜物を、後世にも伝えて参りたい。

J C M A

《参考文献》

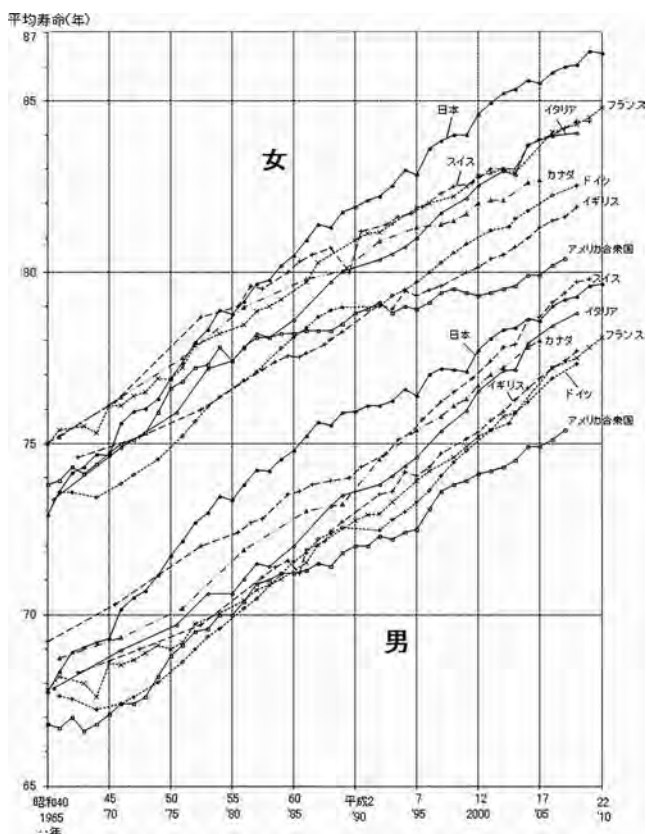
- 1) 国土交通省(道路に関する新技術の活用)ホームページ
<https://www.mlit.go.jp/road/tech/index.html>
- 2) 内閣府(SIP)ホームページ
<https://www8.cao.go.jp/cstp/gaiyo/sip/index.html>
- 3) 内閣府(SBIR 制度)ホームページ
<https://sbir.csti-startup-policy.go.jp/>

〔筆者紹介〕

増 竜郎(ます たつろう)
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

本村 信一郎(もとむら しんいちろう)
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ

森 貴洋(もり たかひろ)
国土交通省
道路局 国道・技術課
技術企画グループ



(厚生労働省ホームページ_平均寿命の国際比較より)
図—9 主な諸外国の平均寿命の年次推移

道路橋の床版取替を高速で行う施工システム

ソーシャルロスの低減を目指した「スマート床版更新（SDR）システム[®]」

新井 崇裕・山中 宏之・三室 恵史

道路橋の床版取替工事において、施工の高速化を図るために、床版取替にかかわる4つの作業、①既設床版の縁切り・撤去、②主桁ケレン、③高さ調整工、④新設床版の搬入・架設をそれぞれ専門の作業班が前進しながら並行して作業する、いわゆる「移動式工場」を目指した施工システム「スマート床版更新（Smart Deck Renewal）システム[®]」（以降、本システムと称す）を開発した。このたび、本システムを用いて、二橋において床版取替を行い、施工期間の短縮効果を確認した。本稿では、本システムの概要と特長、ならびに施工実績について報告する。

キーワード：道路橋、床版取替、高速施工、ソーシャルロス、同時並行

1. はじめに

高度経済成長期に整備された道路橋は、大型車の通行量の増加や凍結防止剤の散布などにより、急速に劣化が進行しており、床版取替などの適切な更新が喫緊の課題となっている。一方、道路橋の床版取替工事は供用中の施設を対象としたものであることから、交通規制等によるソーシャルロスを最小限とすることが最重要課題である。このような社会的要請に対処すべく、ソーシャルロスの大幅な低減を可能にした本システムの開発を進めてきた^{1), 2)}。このたび、本システムを用いて、後述する二橋において床版取替を行ったので、施工実績について報告する。

2. 本システムの概要と特長

(1) 本システムの概要

本システムは、図1に示すように、床版取替にかかわる4つの作業、①既設床版の縁切り・撤去、②主桁ケレン、③高さ調整工、④新設床版の搬入・架設をそれぞれ専門の作業班が前進しながら並行して作業する、いわゆる「移動式工場」を目指した施工システムである。①から④までの作業を順々に繰り返していく標準的な工法と比べ、各作業班での連続作業が可能となり、工期の大幅な短縮を図ることができる。本システムの施工の流れを以下に示す。

①既設床版の縁切り・撤去

撤去可能な大きさに切断した既設床版上に新たに開

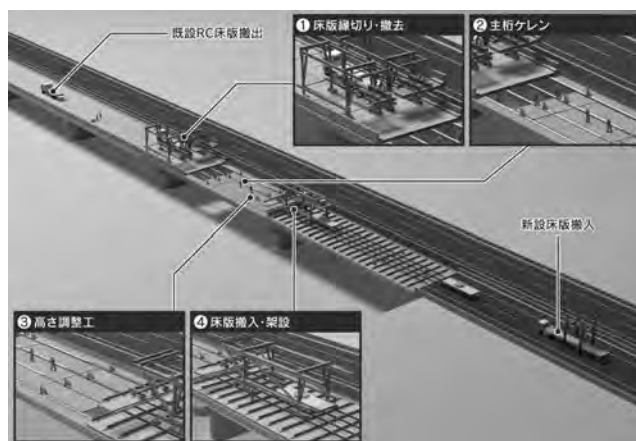


図1 本システムの概要

発した床版撤去機から吊り下げた剥離装置をセットし、鋼桁から床版を引き剥がす。引き剥がした床版は剥離装置とともに吊り上げた後、床版撤去機の内部に誘導した搬出用トラックに積み込み、場外に搬出する。

②主桁ケレン

鋼桁上フランジのケレン作業を行い、防錆剤を塗布する。

③高さ調整工

床版の高さを調整するための硬質ゴムと床版下の無収縮モルタルの漏れ止めとなるソールスポンジを設置する。

④新設床版の搬入・架設

新設床版を乗せたターンテーブル付の床版運搬台車を新たに開発した床版架設機の内部を通過させながら架設位置の手前まで移動する。ターンテーブルを90

表—1 本システム適用対象床版取替工事

工事タイプ	平面図	断面図	摘要
全断面取替	対面通行規制 二車線規制	対面通行規制 二車線規制 全断面床版取替	参考文献 1)
幅員分割方向取替	規制なし 一車線規制	規制なし 一車線規制 幅員方向分割取替	参考文献 2)

度回転して床版架設機で新設床版を吊り上げ、架設位置まで前進し、床版を降下・設置する。

本システムの適用対象床版取替工事は、表—1に示すとおり、全断面取替と幅員方向分割取替の2タイプの取替工事である。

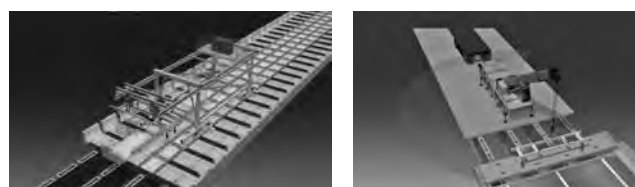
(2) 本システムの特長

(a) 高速

大型クレーンを1台使用した標準的な施工方法に対し、既設床版の撤去から新設床版の架設までの工程を全断面取替では1/6（図—2）に、幅員方向分割取替では1/10（図—3）に大幅に短縮できる。

(b) 安全

図—4に示すように、床版撤去機および床版架設機の内部を床版搬出用トラックおよび床版運搬台車が通過できるため、既設床版および新設床版の旋回を伴



本システム
床版架設機の移動範囲

標準的な施工方法
大型トラッククレーンの旋回範囲

図—4 架設作業範囲



本システム
床版撤去機

標準的な施工方法
床版架設機

標準的な施工方法
大型クレーン

図—5 床版撤去機・床版架設機の作用荷重

う揚重作業が不要となる。これにより、最小規制範囲での施工が可能となり、一車線規制による幅員方向分割取替時においても近接する交通や周辺施設に対する安全性が確保できる。

(c) 軽量

軽量の床版撤去機および床版架設機を用いることで、大型クレーンを用いた標準的な施工方法に対して、施工時に鋼桁に与える影響（発生応力）を1/2～1/3に大幅に低減できる。鋼桁への作用荷重の比較を図—5に示す。

3. 全断面 SDR システムの施工実績

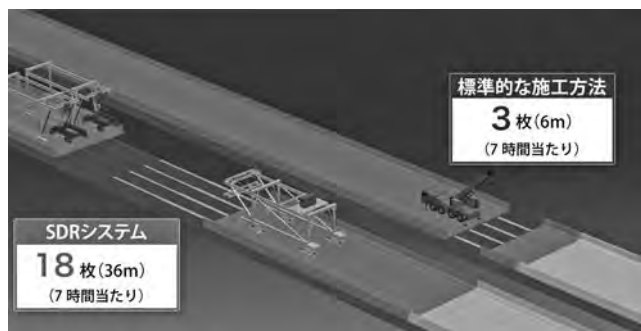
2つの全断面床版取替工事において、本システムを用いて床版取替工事を行った。施工機械の概要と施工実績について述べる。

(1) 施工機械の概要

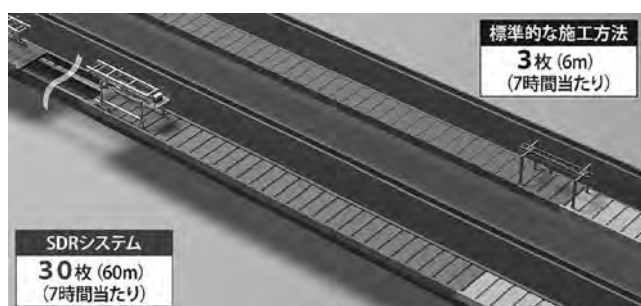
本システムでは、写真—1に示すように、既設床版の撤去機、新設床版の架設機、運搬台車、移載リフターの4つの施工機械を用いる。それぞれの施工機械の概要を以下に述べる。

(a) 既設床版の撤去機

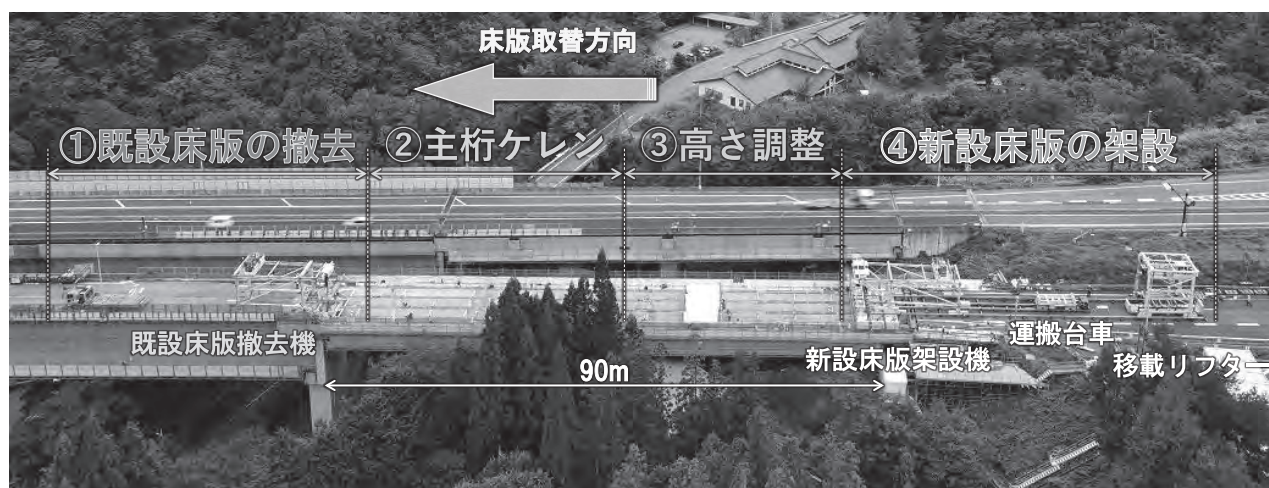
外吊りの移動式クレーンとすることで移動しながらの連続した施工を可能とし、大幅な期間短縮を実現している。また、門型構造とすることで、撤去床版の搬出用トラックを撤去機内に取り込むことができるとともに吊天秤部に回転装置を内蔵し、限定されたエリア内で既設床版の引き剥がしから搬出までの一連の繰り返し作業を可能としている（写真—2）。



図—2 施工枚数の比較（全断面取替）



図—3 施工枚数の比較（幅員方向分割取替）



写真—1 本システムによる床版取替工事の概要（関越自動車道阿能川橋床版取替工事）



写真—2 既設床版の撤去機



写真—3 新設床版の架設機

(b) 新設床版の架設機

既設床版の撤去機と同様に外吊りの移動式クレーン、および、門型構造とすることで、大幅な期間短縮を実現するとともに、新設床版を後述する運搬台車が架設機の中を通過して設置箇所まで運搬することを可能としている。また、吊上げ装置には自動開閉フックを採用して、玉掛けのために作業員が新設床版上に上ることなく玉掛け作業を行うことができ、安全性が向上している（写真—3）。

(c) 運搬台車

床版撤去機・架設機の内側に敷設する H 型鋼で構築したレール上を走行し、新設床版を床版架設機前面まで運搬する。床版架設機を通過した後に、新設床版を 90° 回転できるようターンテーブルを備えている（写真—4）。

(d) 移載リフター

トレーラーで搬入した新設床版を運搬台車に受け替えるための施工機械である。クレーンを用いずに現地で組み立てられる機構を備えるという特長を有する（写真—5）。



写真—4 運搬台車



写真—5 移載リフター

(2) 施工実績

関越自動車道阿能川橋床版取替工事、および、広島自動車道伴高架橋（上り線）他1橋床版取替工事における奥畑川橋において、床版取替を行った。

(a) 関越自動車道阿能川橋における床版取替工事の概要

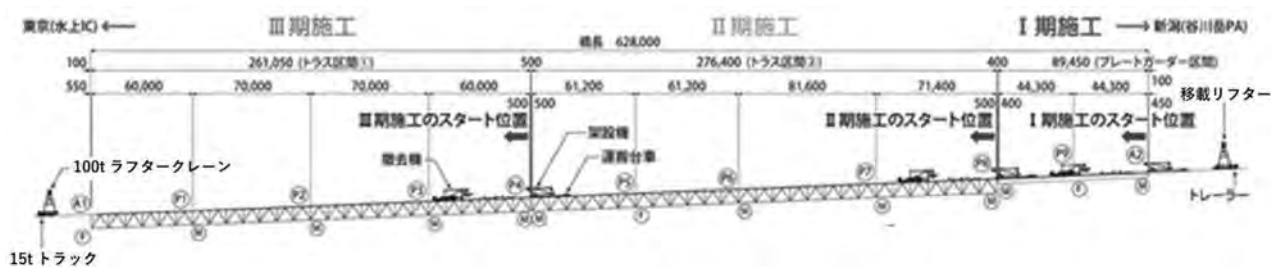
関越自動車道水上IC～湯沢IC間に位置する阿能川橋（上り線）は、一級河川阿能川を横架する鋼4径間連続トラス橋二連、鋼2径間連続鈑桁橋からなる全長628mの鋼桁橋である（図—6）。供用から約40年が経過し、極めて降雪量の多い山岳部を通過しているため、凍結防止剤に起因する塩害で床版の劣化が進行しており、床版取替が必要になっている橋梁である。床版取替工事は、1期施工として鋼2径間連続鈑桁橋区間（橋長約90m）を行った。新設床版の架設状況を写真—6に示す。

(b) 広島自動車道奥畑川橋における床版取替工事の概要

広島自動車道広島西風新都IC～広島JCT間に位置する奥畑川橋（上り線）は、一級河川安川を横架する全長約215mの鋼5径間連続鈑桁橋である（図—7）。供用から約40年が経過し、床版下面において漏水やひび割れが生じており、定期点検で床版全体の劣化・損傷が認められたことから床版取替工事が必要となった橋梁である。既設床版の撤去状況を写真—7に示す。

(c) 施工結果

大型クレーンを用いる標準的な施工方法では、1日（7時間）あたり3枚の床版取替が一般的である。一方、本システムを適用した阿能川橋では12枚／日、奥畑川橋では22枚／日の床版を架設することができ、標準的な施工方法に対して、75～85%と大幅な期間短縮が可能であることを実証した（表—2）。前述のとおり、阿能川橋は全長628mの床版取替のうち、今



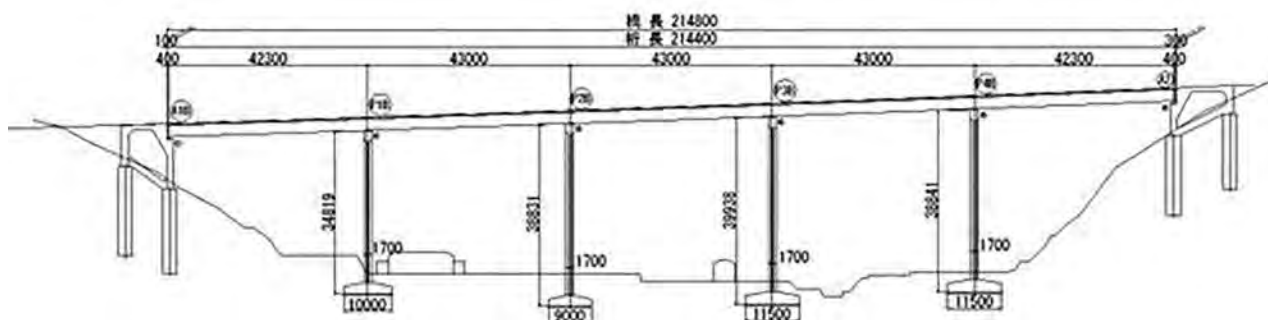
図—6 関越自動車道阿能川橋



写真—6 新設床版の架設状況（阿能川橋）



写真—7 既設床版の撤去状況（奥畑川橋）



図—7 広島自動車道奥畑川橋

表－2 施工実績

橋梁名	関越自動車道 阿能川橋（上り線）	広島自動車道 奥畑川橋（上り線）
今回取替長／橋長	90 m/628 m	215 m/215 m
橋梁形式	鋼 2 径間 連続非合成鈹桁橋	鋼 5 径間 連続非合成鈹桁橋
縦断勾配 横断勾配	縦断 4% 横断 2 ～ 3%	縦断 2 ～ 5% 横断 5 ～ -1%
曲線半径	R=1,200 m	R=550 m
新設床版の架設に おける工期短縮効果	3 枚(標準)→12 枚 工期 1/4 (75%)	3 枚(標準)→22 枚 工期 1/7 (85%)

回は 1 期施工として約 90 m を実施したが、今後実施予定の 2 期施工、3 期施工では施工延長がそれぞれ約 270 m と 1 日あたりの架設枚数が増加するため、更なる期間短縮が可能と見込んでいる。

4. おわりに

本稿では、全断面 SDR システムの施工実績について報告した。今後、広島自動車道広島西風新都 IC ～ 広島 JCT 間に位置する伴高架橋（上り線）において、幅員方向分割 SDR システムの施工を予定している。施工結果について報告できる機会が得られれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山中ら：スマート床版更新（SDR）システム 安価で高速施工を可能に、ソーシャルロスを大幅に低減，土木施工 VOL.61 No.7 pp.66-67, 2020.7.
- 2) 山中ら：スマート床版更新（SDR）システム 幅員方向分割取替工事における床版取替工程を 1/10 に短縮，土木施工 VOL.63 No.7 pp.127-130, 2022.7.

〔筆者紹介〕

新井 崇裕（あらい たかひろ）

鹿島建設㈱

土木管理本部 土木技術部 リニューアルグループ
グループ長



山中 宏之（やまなか ひろゆき）

鹿島建設㈱

土木管理本部 プロジェクト推進部
部長



三室 恵史（みむろ けいじ）

鹿島建設㈱

機械部 機械技術イノベーショングループ
次長



ドローンを活用した長大橋の自動点検に向けた実証実験

岡 田 舜 啓

大規模地震発生時には、迅速な被害状況の把握が極めて重要である。しかし、構造物の損傷や滞留車両等により、交通パトロールカー（以下、交通 PC）等による高速上点検は難しい場合が想定される。特に、長大橋は高架下からの遠方目視点検では十分に被害状況を把握できない。そこで、本稿では被災の影響を受けずに長大橋の迅速な状況把握が可能な点検手法として、無人航空機（以下、ドローン）とドローンポート（以下、ポート）を用いた遠隔点検手法を検証した結果について報告する。

キーワード：ドローン、長大橋、自律飛行、防災、遠隔点検、リアルタイム

1. はじめに

大規模地震が発生した際、首都高速道路では、交通 PC による高速上点検、徒歩による高架下点検などにより被害状況を把握する。しかし、伸縮継手部の段差発生や滞留車両等により交通 PC が移動できなくなった際は、高速上点検による状況把握が困難になる可能性がある。特に長大橋においては、高速上から接近できず、高架下点検だけとなった場合、遠方目視点検となるため十分に被害状況を把握できない懸念がある。そこで、被災の影響を受けずに、遠隔操作による自動離発着・自律飛行が実施できるドローンおよびポートに着目した。

本稿では、災害時における長大橋の迅速な状況把握を目的に、ポートからの自動離発着および自律飛行による遠隔点検手法の有用性を検証した実証実験（以下、本実証）の結果について報告する。

2. 本実証の概要

災害時におけるポートを使用した自動離発着および自律飛行による遠隔点検手法の有用性の検証を目的とし、主に自動離発着による飛行の安定性、映像の視認性、通信品質の3つの観点から検証した。

（1）対象橋梁と飛行経路

図—1 に飛行経路図を示す。本実証は以下の3橋梁を対象とし、片側にポートを1台設置し、橋梁から30 m 以上離隔をとった状態で往復飛行することで高

速上の撮影を行う飛行経路とした。

- ①小松川斜張橋（小松川線）
- ②五色桜大橋（中央環状線）
- ③レインボーブリッジ（台場線）



図—1 各長大橋における飛行経路図

表—1 使用した機材の諸元表

機体名／ポート名	ドローン1／ドローン1ポート	ドローン2／ドローン2ポート	ドローン3／ドローン3ポート
イメージ図（機体）			
寸法	445 mm×558 mm×18.6 mm	633 mm×569 mm×211 mm	365 mm×215 mm×195 mm
重量	1.5 kg	1.3 kg	3.7 kg
航続時間	32分	35分	41分
最大伝送距離	10 km	1 km	7 km
イメージ図（ポート）			
寸法	1,600 mm×960 mm×420 mm	639 mm×688 mm×882 mm	1,675 mm×885 mm×735 mm
重量	90 kg	46 kg	105 kg

(2) 使用機材の諸元

表—1 に本実証で使用した機材の諸元を示す。本実証では、1 橋梁につき1 機種 of ドローンおよびポートを使用した。ドローンおよびポートは ATLAS 社製の AtlasPRO（以下、ドローン1）と AtlasNEST（以下、ドローン1ポート）、Skydio 社製の SkydioX2（以下、ドローン2）と Skydio Dock（以下、ドローン2ポート）、DJI 社製の Matrice30T（以下、ドローン3）と DJI Dock（以下、ドローン3ポート）を用いた。

ドローン1ポートはポート内でバッテリーの自動交換を行い、計4つのバッテリーを自動交換・充電することで24時間連続運用が可能である。ドローン2ポートはコンパクトかつ軽量であり、機体の特徴と合わせて高架下などの非GPS環境下でも運用することが可能である。ドローン3ポートはポート内にエアコンが装備されており、夏場の屋外などの高温環境下などにおいても正常に機能することが期待できる。

以上のように、各メーカーで機能や特徴が異なるため、これらの特徴と本実証の結果をもとに今後の導入について検討を進めることができるよう、1 橋梁につき1 機種を採用した。

(3) 実施体制

表—2 の実施体制で本実証を行った。本実証は(株)JDRONE、NTT コミュニケーションズ(株)、KDDI (株)

表—2 実施体制

会社名	役割	使用機体	実施場所
首都高速道路	全体総括	—	—
首都高技術	安全管理	—	—
JDRONE	実施者	ドローン1	小松川斜張橋
NTT コミュニケーションズ	実施者	ドローン2	五色桜大橋
KDDI	実施者	ドローン3	レインボーブリッジ

表—3 事前飛行による性能確認結果

検証項目	ドローン1	ドローン2	ドローン3
飛行安定性	○	○	○
リアルタイムの映像品質	○ ※HD相当	◎ ※FHD相当	◎ ※FHD相当
伝送距離	2.3 km	—	3.4 km

の3社がそれぞれの場所を担当し、首都高速道路(株)と首都高技術(株)が全体のマネジメント等を行った。

(4) 事前飛行による性能確認

機体の性能確認のため、DID 地区に該当しない地方にて事前飛行を行った。確認結果は表—3 のとおり。ドローン2は現地の両岸に通信機器を設置する構成のため伝送距離は検証項目から除外した。



a) AtlasNESTの設置状況

b) SkydioDockの設置状況

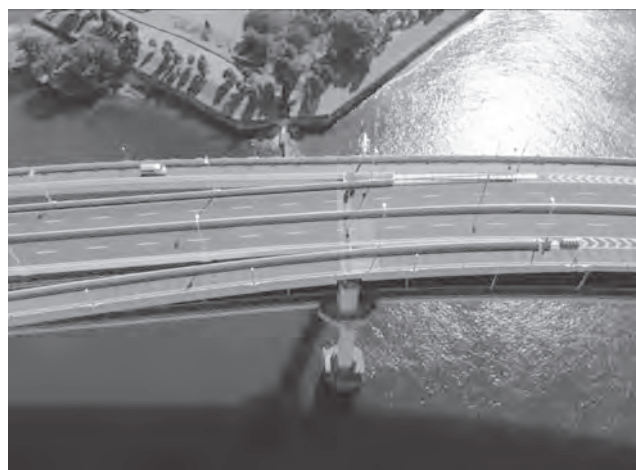


c) DJI Dockの設置状況

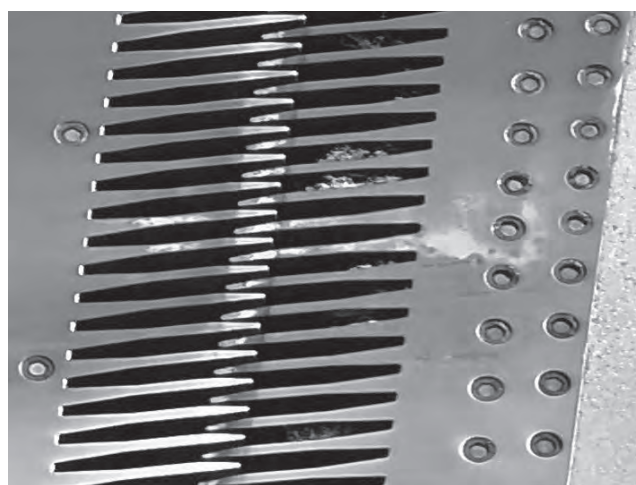
図—5 当日のポート設置状況



図—6 ドローン1によるリアルタイム映像



図—8 ドローン3によるリアルタイム映像



図—9 ドローン3によるズーム（97倍）映像



図—7 ドローン2によるリアルタイム映像

(2) 自動離発着および自律飛行の安定性

遠隔指示によるポートからの自動離陸，フライトプランに基づく自律飛行およびポートへの自動着陸の一連の飛行において，不安定な挙動や飛行制御ロスなどは生じることなく，安定した飛行を行えた。

(3) 映像の視認性

図—6～9に本実証にて撮影したリアルタイムの

表—5 伝送距離の比較

最大伝送距離	ドローン1	ドローン2	ドローン3
カタログ値 ^{※1}	10 km	1 km	7 km
事前飛行時 ^{※2}	2.3 km	—	3.4 km
本実証結果	0.3 km	ロスなし	1.2 km

※1 障害物や電波干渉がない場合

※2 地方の電波干渉が少ない地域での確認結果

映像を示す。各機種の違いにより取得できる映像の品質に差はあるものの，全箇所において高速上の概況把握は可能であった。また，ホパリングしてズームすることで伸縮継手部などの状態も確認することができたため，段差の発生状況なども把握できる。本実証においては，特に DJI 社製のドローン3で撮影した映像の品質が優れており，映像の乱れも少なく，解像度の高い映像を取得できた。

(4) 通信品質

リアルタイム映像の通信品質の観点においては，各機種で映像のカクツキや一時的な途絶などが見られ

た。特に、ドローン1とドローン2においては映像のカクツキが比較的多い結果となった。

映像伝送距離の観点では、ドローン1とドローン3は対岸側に接近すると映像の途絶が確認された。事前飛行結果と比較すると、本実証では伝送距離が極めて低下していた(表—5)。これは都心部の電波干渉が大きな要因と推察される。なお、ドローン2は両岸にアクセスポイントを設置しているため、本実証では伝送距離の問題は生じなかった。

以上より、都心部では電波干渉により通信品質が大きく低下することがわかった。そのためポートの実運用では、現地に安定した通信環境を構築することが重要である。

4. おわりに

災害時における長大橋の迅速な被害状況把握を目的に、ドローンポートからの自動離発着およびドローン

の自律飛行による遠隔点検手法の有用性を検証した。その結果、ドローンは安定した飛行を行うことができ、撮影した映像は高速上の概況把握が可能であったことから、ドローンによる遠隔点検手法は十分に有用性があることを確認した。今回の実証実験を踏まえ、今後も機体性能や運用方法、通信環境などの継続課題の確認と検討を継続的に実施していく。また、ドローンポートを長大橋に配備する課題等も含め検討を継続的に実施し、ドローンの活用に向けて活動していく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

岡田 舜啓 (おかだ みつたか)
首都高速道路㈱
保全・交通部
点検・補修推進室 点検・補修推進課



構造物の長寿命化を目指し、
さびにくい新たな凍結防止剤の導入

恩 田 雅 也・石 田 篤 徳

NEXCO 中日本では、道路構造物の長寿命化によるライフサイクルコスト低減を目的として、富山県立大学および札幌市立大学と共同で新たな凍結防止剤の適用性を検討し現地導入した。新たな凍結防止剤として、プロピオン酸ナトリウムに着目し、散布効果や作業性、凍結防止効果、周辺環境や構造物への影響を確認した。金属腐食防止効果から、構造物への長期影響を想定し、材料のコスト増と構造物の影響低減からライフサイクルコストを考慮し適用箇所の選定を行った。

キーワード：凍結防止剤，プロピオン酸ナトリウム，長寿命化，金属腐食，防錆，ライフサイクルコスト

1. はじめに

NEXCO 中日本の管理する約 2,200 km の高速道路のうち、開通後 30 年を超える区間は約 6 割に及び（図一 1）、大型車交通量の増加や凍結防止剤の影響により構造物の老朽化が進行している。高速道路ネットワークを健全な状態で次世代に引き継ぐために、着実に点検し、計画的な維持・補修・補強を行っていく必要がある。

一方、冬季になると積雪深が2mを超える積雪寒冷地を管理しており、安全な交通確保のために凍結防止を目的とし、塩化ナトリウム（以下、「塩ナト」という）をはじめとした凍結防止剤を散布している。そのため、橋梁等のコンクリート構造物やガードレール

などの道路付属物に顕著な塩害がみられる。

NEXCO 中日本では、道路構造物の長寿命化によるライフサイクルコスト低減を目的として、非塩化物系凍結防止剤について着目し、寒地土木研究所の研究協力のもと、富山県立大学および札幌市立大学と共同で塩ナトに替わる新たな凍結防止剤の適用性を検討し現地導入した。本稿では共同研究の成果と現地への適用事例について報告する。

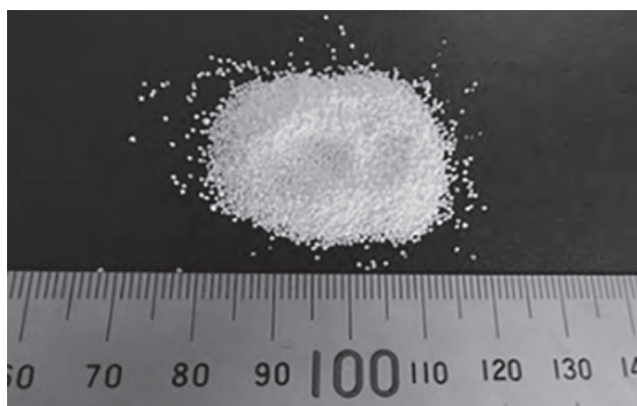
2. 新たな凍結防止剤の選定および検証

(1) 新たな凍結防止剤に求める性能

新たな凍結防止剤として選定した材料として既往研究¹⁾からプロピオン酸ナトリウム（以下、「プロナト」という）を選定した（写真－1）。環境に優しいとされる非塩化物系の凍結防止剤は、塩ナトと比較してコスト面や融氷性能に劣る。プロナトは主に食品保存料



図—1 開通後の経年数別路線図



写真—1 プロナト

として使用される粉末状の物質であり、凍結防止剤に用いられる塩ナトと比べると、凍結防止剤としての性能である凍結温度（凝固点）は大きく変わらない。高価ではあるが、金属腐食を抑制する効果が高いため新たな材料として選定した。

(2) 凍結防止効果および試験散布状況

プロナトの凍結防止効果を確認するため試験散布を行った。2017年より、プロナトを用いた凍結防止剤の試験散布を東海北陸道 白川郷IC～小矢部砺波JCT, 北陸道, 小杉IC～立山ICで5カ年にわたり行った（写真—2）。プロナト混合散布は、固形剤の塩ナトに対しプロナト水溶液を吹きかけながら散布する湿塩散布とした。プロナトの凍結防止効果は、塩ナトの凝固点 -19.8°C に対し、プロナトは -17.0°C であり、大きく変わらない。試験散布の結果、プロナト混合散布区間と塩ナト散布区間において、凍結防止剤の散布効果の差を示すような有意な差は認められないことを確認した。

(3) 路面のすべり抵抗

プロナト散布が走行車両へ与える影響を確認するため、連続路面すべり抵抗値測定車を使用して散布後の路面のすべり抵抗値を測定し、従来の塩ナト散布の場合との違いを比較検証した。プロナト混合散布区間と塩ナト散布区間において、散布効果の差を傾向的に示すような結果は認められず、プロナト混合散布によって路面のすべり抵抗値が低下することはないことを確認した。

(4) 作業性

路面に散布するため雪氷作業基地において「溶液製

作のしやすさ」や「積み込みのしやすさ」などの作業性について、実運用の状況下で従来の塩ナト散布と同じように作業ができるかを比較検証した。その結果、プロナトは水に溶けやすく、塩ナトに比べて溶液製作時間が短くなった。また固形剤は粒子が細かく、飛散しやすいため、作業中に臭気を感じるが、溶液製作や積み込み作業に大きな影響がないことを確認できた。飛散については、粒径を大きくすることで抑えることができた（写真—3）。

(5) 金属腐食防止効果

プロナトによる金属腐食防止効果を確認するため、室内試験及び試験散布に合わせ暴露試験を行った。

(a) 室内試験

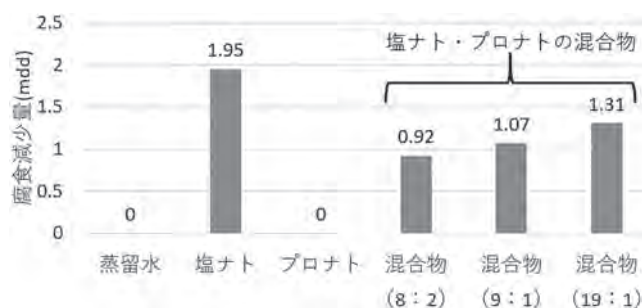
室内試験では、プロナトの金属腐食防止効果を確認する試験を実施した。試験は、鉄片を以下に示す試験液に24時間浸漬し、24時間乾燥するサイクルを7回繰り返し、試験前後の重量を比較した。比較試料の蒸留水、塩ナトの溶出した腐食減少量（mdd）は0、1.95であった。塩ナト・プロナト混合物は重量比8：2～9：1の間で塩ナトのみにに対し腐食量が概ね1/2程度になることを確認し、塩ナトとの混合利用であっても金属腐食の進行を大幅に抑えられる結果となった（図—2）。



写真—3 プロナト溶液製作状況



写真—2 試験散布状況



図—2 金属腐食性試験結果

この結果から、コスト面を考慮し塩ナトとの混合散布(1:9)とした。

(b) 暴露試験

暴露試験では、プロナト散布区間(白川郷IC～五箇山IC間)に設置した金属片と同時期かつ同程度の凍結防止剤を散布する塩ナト散布区間(五箇山IC～福光IC間)に設置した金属片の腐食状況を比較した。5冬期(2017～2021年度)にわたり高速道路本線で実施した金属試験片を用いた金属腐食性試験の結果では、プロナトの金属腐食防止効果を大半で確認しているが、必ずしも室内試験と同じ傾向が見受けられなかった(図-3)。これは降雨等により、鋼材表面が洗い流されるなどその他の外的要因が影響していると考えられる。さらに、プロナト混合散布がコンクリート構造物に与える影響を検証するため、鉄筋コンクリート供試体の暴露試験、複合サイクル試験を行った。

(c) 鉄筋コンクリート供試体の暴露試験

プロナト混合散布区間および塩ナト散布区間ごとに、高速道路本線路肩および高架橋下の路面排水流末に鉄筋コンクリート供試体を5カ所ずつ設置し、3年間の追跡調査を実施した(写真-4)。

① 自然電位法による腐食度調査

自然電位法による腐食度調査とは、鉄筋の電位を測定することにより鉄筋コンクリート中の鉄筋の腐食度

を非破壊で推定する試験である。

暴露したコンクリート供試体に対して自然電位を測定したところ、かぶり10mmの鉄筋において、塩ナト区間の方がプロナト混合散布区間と比べて電位が卑(-)になる傾向が確認され、 -0.35V 以下の腐食が発生している可能性が高い傾向となった(図-4)。

② 塩化物イオン量の推移

2カ年暴露した供試体からコアを採取し、塩化物イオン量を測定した。プロナト混合散布区間では9:1の混合散布となるため、塩化物イオンの散布量は1割程度しか変わらないものの、浸透量としては散布量の差以上に、プロナト混合散布区間が少ない結果となった(図-5)。また、本線路肩と高架下の設置箇所による差については、明確な傾向は確認できなかった。



写真-4 暴露試験供試体設置状況

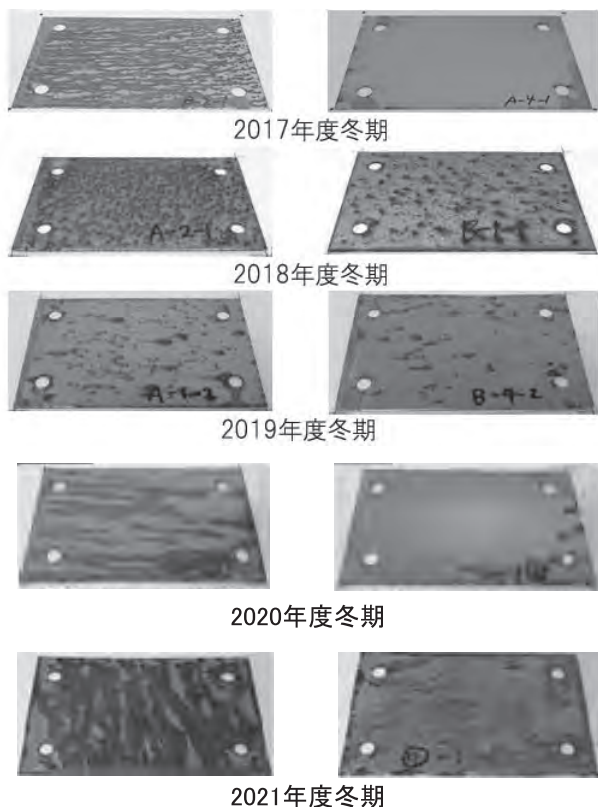


図-3 スノーボール等に設置した暴露試験片の腐食状況
(左：塩ナト散布区間、右：プロナト混合散布区間)

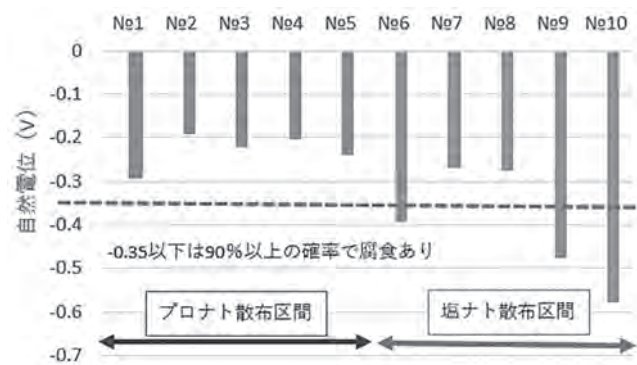


図-4 自然電位測定結果 (かぶり 10 mm)

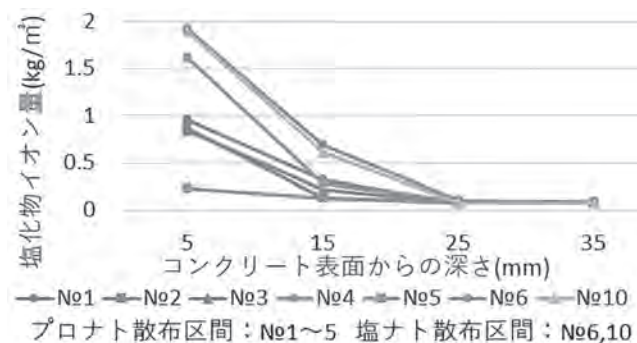


図-5 暴露供試体塩化物イオン量

(d) 鉄筋コンクリート供試体による複合サイクル試験

鉄筋コンクリート供試体による複合サイクル試験は、鉄筋コンクリート供試体に対して1日噴霧、2日間乾燥、水1日噴霧、3日間乾燥の計7日間の1サイクルで、最大18カ月間の塩水噴霧試験を実施し、塩化物イオン量、プロピオン酸イオン量、鉄筋腐食状況を測定した(図—6)。

①塩化物イオン量

塩化物イオン量は、供試体からコアを採取し、深さ方向に10mmごとに測定した。塩化物イオン量は、塩ナト噴霧、プロナト噴霧共に、表層の10mm地点での塩化物イオン量は同程度であるが、30mm以深においては、塩化物イオン量がプロナト噴霧は少なくなる傾向がみられた。50mm以深では塩化物イオン量が1/2以下となる結果が得られた(図—7)。なお、この傾向は6カ月、12カ月、18カ月共に確認された。

②プロピオン酸イオン量

プロピオン酸イオン量について、コア法により深さ方向に10mmごとにスライスし測定した。プロピオン酸イオンは供試体の表面付近に留まる傾向がみられた(図—8)。

③鉄筋腐食抑制効果

供試体から取り出した鉄筋をJCI-SC3「塩分を含んだコンクリート中における補強用棒鋼の促進腐食試験方法9.測定」に準拠し、腐食面積率を算出した。

12カ月時点では、塩ナトと比較してプロナトは

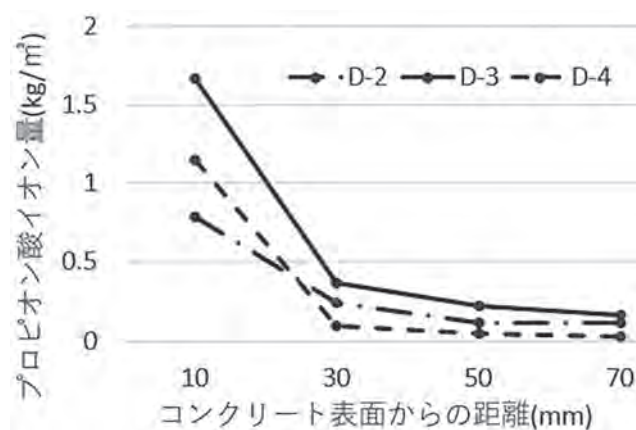
30mm以深で鉄筋の腐食が抑制されており、かぶり30mmにおいては、鋼材腐食発生限界1.93kg/m³を超える塩化物イオン量3.19kg/m³でも腐食が抑制されていることを確認した。

一方、18カ月時点では、供試体にひび割れが発生し、その影響により腐食が拡大したため明確な腐食抑制効果は確認できなかった(図—9)。

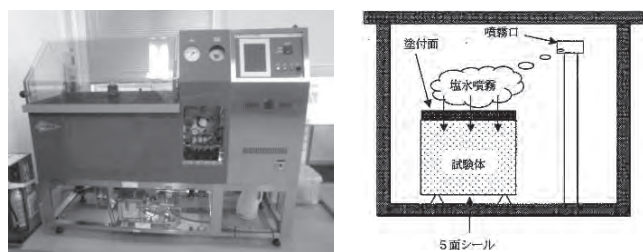
④塩化物イオン量の拡散

塩化物イオン量については、塩ナト噴霧と比較してプロナト噴霧は深層における塩化物イオン量が少なくなる傾向がみられた。この結果を基にフィックの拡散係数を算出すると表—1のとおりとなる。

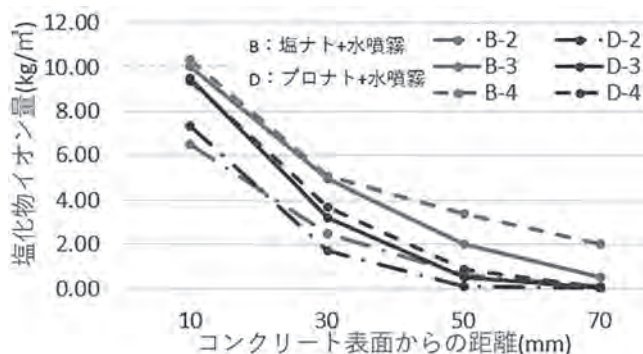
12カ月時点までは、拡散係数が塩ナト噴霧の1/2程度となっている。18カ月については表層における



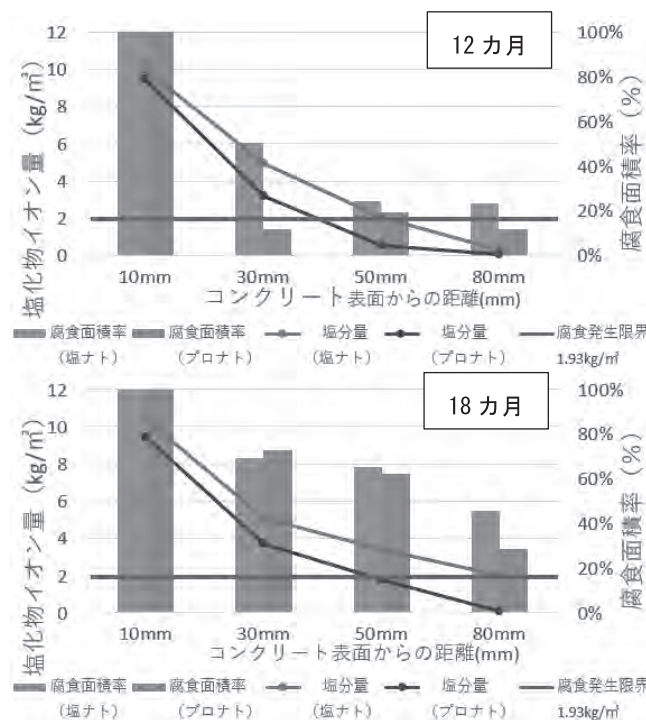
図—8 複合サイクル試験プロピオン酸イオン量



図—6 複合サイクル試験機



図—7 複合サイクル試験塩化物イオン量



図—9 12、18カ月時点の腐食面積率、塩化物イオン量

表—1 塩化物イオン拡散係数

試験期間	6 カ月		12 カ月		18 カ月	
	塩	プロナト	塩	プロナト	塩	プロナト
供試体	B-2	D-2	B-3	D-3	B-4	D-4
拡散係数 ($\times E-07$)	2.25	1.09	1.64	0.83	1.04	0.81

塩化物イオン量が飽和した影響により、差が小さくなったと考えられる。この結果から、プロナト混合散布により、コンクリート中における塩化物イオンの拡散が抑制される効果があると考えられる。

⑤鋼材腐食発生限界塩化物イオン量について

12 カ月時点まではプロナト混合散布の供試体は腐食発生限界である 1.93 kg/m^3 を超過していても腐食面積が小さい結果が確認された。このことから鋼材の腐食発生限界が 3.19 kg/m^3 程度であると考えられる。

3. 周辺環境への影響調査

(1) 周辺環境への影響調査

試験散布している区間において、プロナト混合溶液による水質及び大気に対する影響を確認した。

水質調査は、調査箇所にて検体を採水し、水質の分析を実施した。高速道路の雨水排水のため適用される明確な基準はないため、環境基準及び水質汚濁防止法の排水基準との比較を行った。

その結果、COD は、ほとんどの地点で冬季に比べ 4 月、9 月に高くなっており、プロナト散布による大きな影響はなかったと考えられる。

臭気調査は、調査箇所にて検体を採取し、臭気の実行を実施した。採取場所が高速道路に対して風下もしくは無風の状態になるよう風向に留意し、測定結果は悪臭防止法の規制基準との比較を行った。

その結果、プロピオン酸は、いずれの地点も $<0.001 \text{ mg/L}$ であり、「規制基準 その他の用途地域 0.03 mg/L 以下」を満足していた。そのため、プロナト散布による影響はなかったと考えられる。

(2) コンクリート構造物への影響調査

コンクリートの ASR への影響を調査するため、構造物のコア抜き試験及び、反応性骨材を用いたモルタルバー法試験を実施した。モルタルバー法による試験結果は、プロナト単体の溶液が一番大きな反応を示したが、塩ナトとプロナト混合溶液は同程度の反応を示した。以上の点から現在の 9 : 1 の散布比率ではプロナトによる ASR への影響は塩ナトによる影響とほぼ

同等であることを確認した。

4. ライフサイクルコストの検証

これまでの試験結果をもとにプロナトを散布する効果と費用を検証しライフサイクルコスト (LCC) を算出した。算出に当たっては、プロナト試験散布区間である北陸道 富山 IC ~ 立山 IC 間を対象とした。

1) LCC 計算の条件

・凍結防止剤散布費用

塩ナトの散布費用及びプロナトの散布費用については、過去の散布量平均及び納入価格から算出した。

・拡散係数

コンクリート中の塩化物イオンの拡散係数を設定し、プロナトの効果により 49% 低減すると仮定した。

・鋼材の腐食発生限界

鋼材の腐食発生限界を 3.19 kg/m^3 と仮定した。

・腐食発生限界までの到達年数の推定

上記の拡散係数及び腐食発生限界を用いて、フィックの拡散方程式により到達年数を推定した。

・進展期の期間の推定

潜伏期が終了すると鉄筋に錆が発生し、腐食ひび割れが発生する。期間は、5 年間と設定した²⁾。

・加速期における補修までの年数

進展期が終了すると鉄筋浮きやはく離が発生する。補修の実態として、浮き・はく離の単位面積率が 10% 程度で実施されていることから、10% に到達する年数を算定し³⁾ 約 19 年とした。

・補修費用の算出

橋種ごとに対象面積を算出し、補修費用を算出する。補修費用は m^2 あたり 600 千円と仮定した。

2) LCC の算出

今回検討した区間において供用後 43 年の区間に対し、散布開始後 100 年間の LCC を算定した。塩ナト散布 1.0 に対し、プロナト混合散布 1.4 という結果であった。これは、当該区間の橋梁が占める割合が低いためであり、同条件で比較すると橋梁比率が 58% を超える程度から LCC の面で有利となることがわかった。

5. プロナトの導入

これらの研究結果から、ライフサイクルコストを勘案し、橋梁比率の高い区間を抽出し、北陸道 白山 IC ~ 金沢森本 IC 間へプロナトを導入することとした。2017 年度から現場検証を実施している東海北陸道 白川郷 IC ~ 小矢部砺波 JCT 間は、4 車化事業による新規

構造物への効果を継続的に確認可能であることから継続して散布を実施する。北陸道の散布区間を比較対象とし、床版防水等を現行基準で施工された構造物に対する効果検証を継続し、最大5年程度で評価していく。

6. おわりに

これまで、道路構造物の長寿命化によるLCC低減を目的として、プロナトを用いた凍結防止剤の導入検証を行ってきた。複数年にわたる試験散布や室内試験を経てプロナトの有効性、金属腐食防止効果を確認した。LCCを検証したところ、対象区間に橋梁比率が58%を超える程度からLCCの面で有利になることがわかった。今後は導入区間での効果検証を行うとともに、構造物の長寿命化を目指して適用箇所の検討を進めて参りたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 佐藤ら：新たな非塩化物系凍結防止剤の利用可能性に関する研究，第31回日本道路会議論文集，No.2029
- 2) 平野誠志，宮里心一，山本恵理子，武内道雄：凍結防止剤が散布されるRC道路橋の塩害進展メカニズムの解明，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.1，pp.1005-1010，2007
- 3) 熊谷和夫・高橋秀樹・青山實伸：北陸地方の橋梁けた端部のコンクリート部材の損傷特性と劣化推移，土木学会論文集 No.798/V1-68，pp.31-39，2005

【筆者紹介】



恩田 雅也（おんだ まさや）
中日本高速道路㈱
技術本部 高度技術推進部
技術開発課
課長



石田 篤徳（いしだ あつのり）
中日本高速道路㈱
技術本部 高度技術推進部
技術開発課
課長代理



アスファルト舗装施工情報における一元管理システムの開発

竹 内 伸・梶 原 寛・永 市 典 彦・小 形 仁

アスファルト舗装施工情報の一元管理システム「Paving Manager-As」は、アスファルト舗装工における「トレーサビリティの向上」「リアルタイム連携」「舗装施工情報の自動取得」に着目し、プラントからの出荷情報や敷均し温度等の材料温度、施工位置情報などの舗装施工情報を一元管理することができるシステムである。本システムは、2021年3月より開発に着手し、2024年4月に舗装大規模修繕工事での試験施工を実施した。本稿では、システム構築に至るまでの検討経緯や、システム概要、導入効果について紹介する。

キーワード：舗装施工情報、一元管理、トレーサビリティ、リアルタイム連携、自動取得

1. はじめに

2024年度より建設業界において働き方改革関連法の時間外労働の上限規制施策が適用されることに伴い、ICTの活用等による建設現場の業務効率化の促進が喫緊の課題となっている。

舗装工事においては、点群や施工履歴データを活用することによる情報の見える化を中心として実践が進んでいる。現在、舗装工事の多くが修繕工事となっており、交通規制を伴うために短時間で徹底した進捗管理が求められる。このため、現状の管理方法では、時間に追われながら、出来形管理、品質管理、立会検査など様々なタスクを同時進行させる必要がある。しかし、各作業項目において、管理担当が異なることが多いために個別に情報を取得することで、リアルタイムに情報が共有できていないのが実情である。

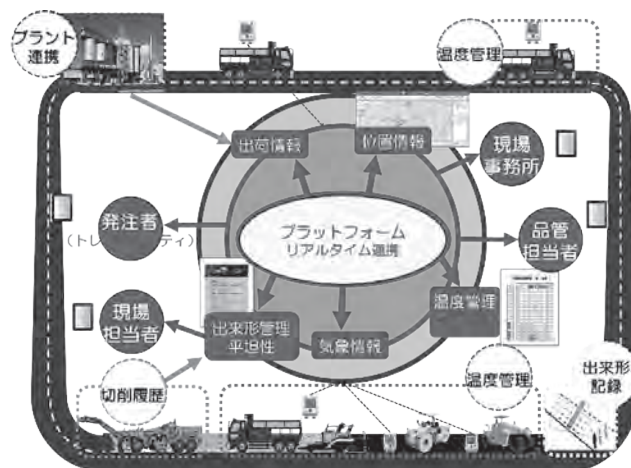
また、道路利用者へのサービス向上のために、交通規制時間内に補修や検査を完了させて確実に交通を開放すること、また併せて継続的な維持管理の観点からも適切な施工記録を残すことが重要になる。

これらの課題に対して、高速道路会社と舗装施工会社が共同でアスファルト舗装施工情報（以下、舗装施工情報とする）の一元管理システム「Paving Manager-As」（以下、本システムとする）を開発したので、その概要や検討経緯、導入効果等を報告する。

2. システム概要

(1) 開発コンセプト

本システムは、舗装施工情報における「トレーサビリティの向上」「リアルタイム連携」「舗装施工情報の自動取得」をキーワードとして開発しており、プラントからのアスファルト合材（以下、合材とする）の出荷情報や転圧温度等の温度記録をはじめとする舗装施工情報をプラットフォーム上に一元管理できるシステムである。また、出来形管理記録や橋梁ジョイント部を含む路面形状に関する計測結果を一元的に本システムへ蓄積することで、出来形データと損傷との関係や影響有無に関する検討に活用することで維持管理性の向上にも期待している（図—1）。



図—1 システム概要図

表—1 取り扱う舗装施工データと管理手法の比較

項目	従来手法	本システムの手法
①出荷情報	伝票による管理	タブレットによる出荷登録
②材料温度管理	温度計測と手書き記録	RFID を用いた自動取得
③施工時の気象情報	手書き記録	IoT 気象計による自動取得
④施工位置	測点の手書き記録	GNSS 機器を用いた自動取得
⑤出来形管理記録	レベル等による手書き記録	デジカメ写真測量による計測
⑥橋梁ジョイント部を含む平坦性	舗装工事では計測なし	IoT 計測器の活用

(2) 機能概要

本システムで取り扱う舗装施工データを表—1に示す。これらは現状の施工管理帳票として取り扱っている項目であるが、デジタル技術を活用し「自動取得」と「リアルタイム連携」を可能にすることで、進捗管理を容易にすることや管理値の良否判定を各担当者が任意のタイミングで確認でき、次工程の判断を適切に行えるようになることを想定している。①出荷情報、②各種温度管理、③気象情報及び④施工位置は、出荷されるダンプ1台ごとに計測する。

受発注者双方の関係者が現場だけでなく、在宅勤務時や事務所等の様々な場面からリアルタイムに連携し舗装施工情報を把握することができる環境として、本システムをブラウザ型のアプリケーションとして設け、各種計測デバイスからの情報を集約するプラットフォームと連携する構成としている。また、本システムは、ブラウザ型であるため、システムへのログインID、PWを有していれば、パソコンやタブレット、スマートフォンを問わずアクセスすることが可能である。

3. 各機能の検討経緯と機能

(1) アスファルトプラントからの出荷情報機能

現状、合材の出荷状況に関する確認は、プラント業者が合材を出荷する際に紙伝票を作成し、現場到着後の合材受入れの際に、工事の受注者へ手渡しするという方法がとられている。また、共同開発した高速道路会社の土木工事共通仕様書（以下、共通仕様書とする）では、材料の受入検査書類として伝票を添付することを規定しているため工事の受注者は、事務所に紙伝票をスキャンもしくは転記して管理する必要がある。そこで、出荷情報のリアルタイム連携を可能とするとともに紙伝票からの脱却を目指し、プラントからの出荷情報をデジタル的にシステムへ登録・管理できることを要件定義し、プラットフォームと連携した出荷登録用アプリケーションを開発した。

本アプリケーションでプラント業者に出荷登録をし

てもらうことで、自動的にプラットフォームに出荷情報が集約される。取り扱う情報は、既存の紙伝票の内容を網羅するために、工事名、プラント名称、出荷時刻、材料種、出荷数量、運搬車両ナンバー、そして温度の自動計測に用いるRFIDの登録番号とした。なお、RFIDとは、近距離の無線通信を用いて、ID情報などのデータを記録した専用タグと非接触による情報のやりとりをする技術のことであり、本システムでは、アスファルトフィニッシャにRFIDリーダを、運搬車両にRFIDタグを設置している。

登録作業はプラント業者の協力が必要となるため、入力をできるだけ簡略化すべく、シンプルな画面構成としたうえで、新規登録以外の入力時には、工事名やプラント名等の共通事項が自動で入力される機能を備え、出荷ごとに入力が必要となる項目は運搬車両ナンバー、RFIDの登録番号、出荷数量の3点のみとした。

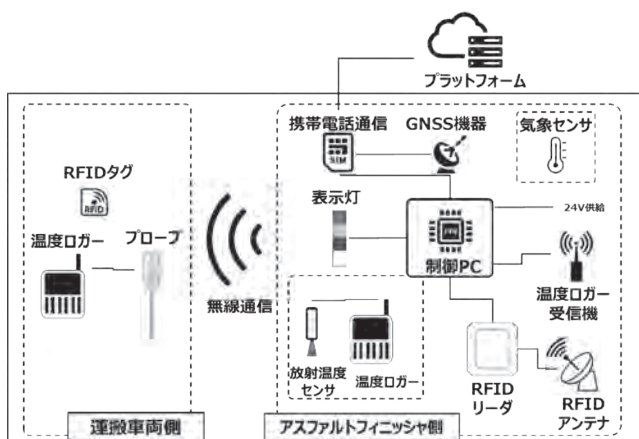
(2) 材料温度管理

共通仕様書では、アスファルト舗装の温度管理として、運搬車両ごとに合材の出荷温度、到着温度、敷均し温度及び転圧温度を検査することを規定している。現状、工事の受注者は、運搬車両ごとにすべての温度を手動で計測し、手書きで記録した内容を事務所に持ち帰り、帳票を作成することが一般的である。また、舗装の温度管理は立会により検査を行うことと規定されているため、発注者も多大な時間と労力を要している。

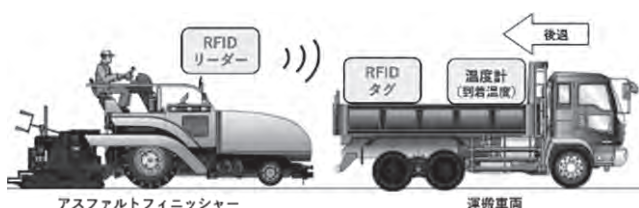
このため、本システムでは、施工時の温度管理記録の自動化を実現させた。本機能の機材構成は図—2に示すとおりであり、アスファルトフィニッシャにプラットフォームへの通信機能を有した制御PCを取り付け、RFIDリーダや表示灯など各種デバイスと連携させている。また、合材運搬車両には、RFIDタグと無線通信機能を搭載した温度ロガーを設置する。各種温度の計測方法はそれぞれ以下のとおりである。

(a) 出荷温度

事前に運搬車両にRFIDタグを設置しておき、合材を積み込んだ後、保温シートを合材に被せるタイミン



図ー2 温度管理機能の機材構成図



図ー3 到着温度の計測イメージ

グに併せて温度計のセンサを合材へ差し込む。プラント業者が前述の出荷登録用アプリケーションで情報を登録する。合材にセンサを差し込んだ温度計で合材温度を常時計測し、運搬中に計測された温度の最高値を出荷温度として自動で記録する。

(b) 到着温度

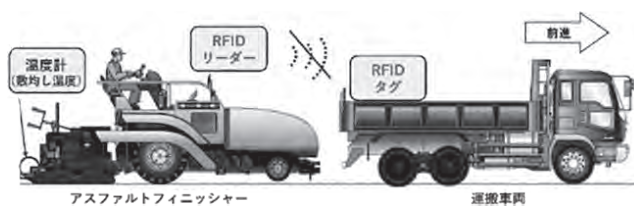
事前にフィニッシャにRFIDリーダを設置しておき、現場に到着した運搬車両が荷下ろしのためフィニッシャまで後退する際に、運搬車両のRFIDタグを認識した時点の計測温度を到着温度として自動で記録し、プラットフォームへ転送する。なお、規格値外の温度が計測された場合、フィニッシャに設置された表示灯が点灯するとともにブザーが鳴り、手動での再計測を促す機能を搭載している（図ー3）。

(c) 敷均し温度

事前にフィニッシャ後部へ敷均し温度を計測するための表面温度計を設置しておく。(b)のRFIDが認識した時点を開始、フィニッシャへの荷下ろしが完了した後、運搬車両がフィニッシャから離れてRFIDが認識範囲外となった時点を開始とみなし、この間に表面温度計で計測された温度の最高値を敷均し温度として自動で記録し、プラットフォームへ転送する（図ー4）。

(d) 転圧温度

転圧温度は、プラットフォームと連携された専用のアプリケーションを有したタブレット端末とそのアプ



図ー4 敷均し温度の計測イメージ



図ー5 転圧温度計測状況

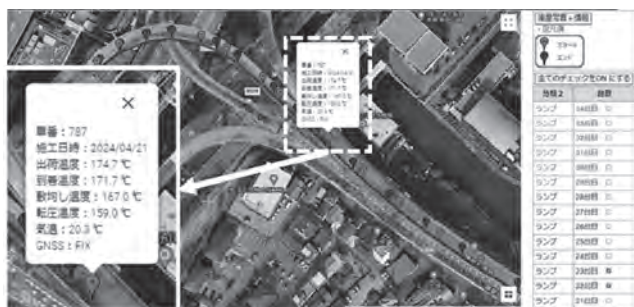
リに対応した無線温度計を用いて計測する。敷均しが完了した箇所の舗設面へ無線温度計のセンサを差し込むことで温度を計測し、タブレット端末上で「記録」ボタンを押下すると、その時点の温度を転圧温度として記録し、タブレットから自動でプラットフォームへ転送する。また、同時に転圧温度の取得日時も記録される（図ー5）。

(3) 施工時の気象情報

本システムでは、施工後に発生した損傷要因の分析に活用するデータとして降雨量をはじめとした気象情報も取得できる。フィニッシャに搭載した気象計より、気温、湿度、風速、降雨量を計測し、到着温度が計測された時点の気象情報を自動でプラットフォームへ転送する。

(4) 施工位置

現場の進捗をリアルタイムかつ視覚的に把握することやGIS等の地図情報システムと連携することを目指して、本システムでは、施工位置情報を計測するとともに、プラットフォームと連携することで、リアルタイムに閲覧可能な仕組みを構築している。位置情報は、フィニッシャに設置したGNSS機器を通じて取得する。プラットフォーム上で表示される施工位置情報のイメージを図ー6に示す。舗装施工情報は温度管理と同様に運搬車両ごとに計測しており、(c)の敷均し開始時点で赤色のピンを、敷均し終了時点で青色



図—6 施工位置 地図表示

のピンにより GNSS 記録位置を表現している。また、赤色のピンを選択すると、その地点の施工日時、各種温度等の舗装施工情報を確認できる。

(5) 出来形管理記録

舗装工事に伴い、繰り返し基層の切削を行っている路線では、コンクリート床版の過切削が散見されている。また、出来形計測は、水糸の下がりを計測する方法が主であり、計測には現場作業員を複数人要することが課題であった。

本システムでは、これへの対策として、切削の施工履歴を適切に記録・蓄積し、次回以降の切削厚管理にその当時のデータを有効活用するために、デジタル情報として出来形の情報を取得する。さらに計測作業の省人化も目指して、デジタルカメラ測量技術を計測技術の一つとして採用した。これにより、デジカメ測量により取得したデータから自動で帳票が出力され、その帳票をプラットフォームへアップロードすることで出来形のデータを一元管理できる（図—7）。

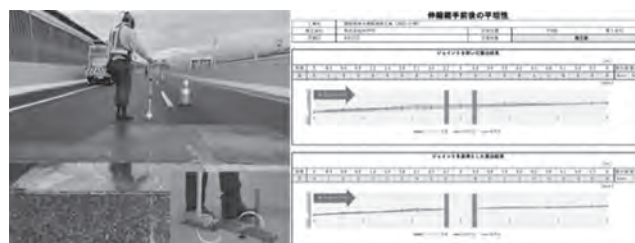
(6) 橋梁ジョイント部を含む平坦性

共通仕様書では、舗装の平坦性はプロフィールメータによる計測と規定しているが、ジョイント付近については計測方法の都合上、正しく計測できないため除外している。また、工事の受注者からの技術提案として、ジョイント部を含む縦断路面形状を計測する場合もあるが、水糸の計測による人員確保や手書き記録等により多大な労力を要することが課題であった。

本システムでは、これへの対策として、ジョイント部における平坦性について、省力化、舗装施工情報のデジタル化を通じた業務効率化を目指し、図—8に示す「フロアプロファイラ」という電子水平計を計測技術の一つとして採用した。本装置は、カーリング施設の建設に用いられた実績もあり、路面の平坦性を一人で簡易的かつ高精度に計測しデジタルで記録できる。本システムでは、得られた計測データから帳票を



図—7 デジカメ測量活用イメージ



図—8 フロアプロファイラ計測状況と帳票例



図—9 プラットフォーム画面イメージ

作成し、プラットフォームへアップロードすることで一元管理できる。

(7) ブラウザ型アプリケーション

前述のとおり、プラットフォームは、ブラウザ型アプリケーションを採用しており、集約された舗装施工情報に対して操作・閲覧を実施する。工事ごとにシステム管理者が設定する受発注者共通の ID、PW を入力することでログインできる。

工事管理画面のイメージを図—9に示す。この画面では、プラント業者より転送された車両情報ごとに各種温度とその計測時刻、気象情報が一覧表としてリアルタイムに更新される。また、事前に設定した温度閾値を満足しない値の場合は、その箇所の温度が赤字で表記される。この場合、手動による再計測を行いシステムへ修正入力を行うこと、もしくは、運搬車両を返却すること、を対応策としており、運搬車両を返却する場合には、返却ボタンを押下すると一覧表から情報が非表示となり、欄外へ返却分として表示される。

本システムでは、工事における施工班、路線名、施工箇所、車線等についてグルーピングを設定できる。図—9のとおり画面上にグルーピングごとのフィルター機能を有しているため、施工班や施工箇所が輻輳

する工事においても、システム画面を容易に操作・閲覧できる。なお、(4) 施工位置は、画面上部の地図表示ボタンを押下することで表示される。また、(5) や (6) で作成した出来形の管理帳票はアップロード機能により、プラットフォーム上で舗装施工情報として連携できる。

4. システム導入効果

(1) 舗装施工情報の一元管理によるトレーサビリティの向上

従来は、温度をはじめとする舗装施工情報を紙で取りまとめていたため、損傷等が発生した場合には、保管されている紙もしくは電子データの中身を1つずつ確認する必要があった。本システムでは、舗装施工情報や気象情報を位置情報と紐づけたうえで、データとして一元的に管理するため、工事名や施工日だけでなく、施工班や施工位置等の情報も活用しながら該当するデータを探すことができる。また、今後は高速道路会社が保有する工事状況等共有システムや社内情報共有プラットフォーム（GIS など）と連携することで、より高度な出来形データと損傷との関係性や影響有無に関する検討が可能となり、維持管理性の向上や今後の補修計画の策定等、更なるトレーサビリティの向上に寄与することを目指している。

(2) 舗装施工情報の自動取得による生産性・安全性向上

工事の受注者は、運搬車両の荷台に上がって到着温度を計測するなど各種温度を手動で計測し、手書きにより記録しているのが現状である。また、前述のとおり舗装の出来形については、水系を用いた計測がほとんどであり、多大な労力を要している。本システムでは、各種温度データが自動で取得されるとともに自動でプラットフォームへ転送されるため、管理人員の削減や省力化、安全性の確保が可能となる。また、出来形情報についても同様に、デジカメ測量技術や電子水平計を活用することで管理人員の削減や省力化に寄与するものと考えられる。

(3) リアルタイム連携による業務効率化等

現場で自動取得された舗装施工情報がリアルタイムに本システムへ連携されることにより受発注者双方の関係者は、事務所等の現場から離れた場所からであっても任意のタイミングでそれらの情報を確認することが可能となる。これにより、遠隔臨場の実施を容易と

するなど、受発注者双方が現場に足を運ばなければならない回数が低減されるという観点から業務効率化が期待される。また、より多くの工事関係者が施工状況を確認できるようになることから工程管理性や品質管理性の向上についても期待される。例えば、プラント側で運搬車両の滞留状況を把握することや、出荷材料が適切な品質で、現場使用されているかを、遠隔地にしながら確認できるようになるものと考えられる。

(4) 帳票自動作成機能による働き方改革の推進

本システムでは、自動取得された舗装施工情報に関する帳票を自動的に作成できる。本システムを導入することにより従来の施工が終わってから現場データの整理をするといった事務所作業を削減し、施工が終われば書類が完成しているといったように、働き方改革にも寄与することを期待している。

5. 課題及び今後の展望

(1) 位置情報の表示方法

本システムでは、位置情報をフィニッシャに設置した GNSS 機器により取得するため、得られる位置情報はあくまで緯度・経度情報となる。一方、都市高速道路の舗装工事においては、舗装施工情報として取り扱う位置情報単位は橋梁径間単位であることが一般的であるため、GNSS から得られた位置情報を路線の橋梁径間単位へ変換する仕組みを導入するなど、位置情報の利便性向上に向けて継続的な検討が必要である。

(2) 舗装施工管理に関するルール改定

今後も各種検討やシステム改修等を継続的に実施していく予定だが、既存のルールのままでは、従来どおりの管理方法と合わせて二重管理が必要となってしまう。今後は、材料温度管理は、遠隔地からでもリアルタイムに確認・検査をすることが可能となるので、発注者による立会項目や紙による提出書類の更なる削減に加えて電子系計測器の使用を提案するとともに、本システムをはじめとする ICT 技術を活用した場合の提出書類や検査の簡素化・効率について、受発注者双方が効果を得るために、舗装工事の在り方に関して協議を進めていきたい。

6. おわりに

本稿では、舗装工事における「トレーサビリティの向上」「リアルタイム連携」「舗装施工情報の自動取得」

をキーワードとして開発した舗装施工情報の一元管理システム「Paving Manager-As」の概要や検討経緯，導入効果等について報告を行った。

施工時の情報をデジタル化し，リアルタイムで共有することが可能となれば，受発注者双方の時間的なロスが削減され，労働人口が減少されると予想される近い将来に向けた効果は大きいと考える。

本技術を定着させるにはもう少し時間が掛かると思われるが，運用方法の見直しを図りながらシステムを改修していくことで，受発注者双方の働き方を刷新する技術として普及させていきたい。

J C M A

【筆者紹介】

竹内 伸（たけうち しん）
㈱ NIPPO
総合技術部 機械統括グループ
係長



梶原 覚（かじわら さとる）
㈱ NIPPO
総合技術部 機械統括グループ
生産技術担当課長



永市 典彦（ながいち のりひこ）
㈱ NIPPO
関西支店 舗装事業部
課長



小形 仁（おがた ひとし）
㈱ NIPPO
関西支店 技術部
課長



東名多摩川橋床版取替工事にて施工シミュレータ「GEN-VIR」を活用

生産性向上とリスク把握に向けた取り組み

河原大輔・酒井伯文

(株)大林組とトヨタ自動車(株)未来創生センターは、現場作業員の疲労負担軽減や生産性向上を目的とした3DCGを用いた作業シミュレーション技術である、施工シミュレータ「GEN-VIR」の共同開発を進めている。本報では、これまでに開発してきた施工シミュレータの機能紹介と共に、STEP3（令和5年4月～7月に実施）とSTEP4（令和5年9月～12月に実施）の床版取替工事における、生産性向上とリスク把握に向けた取り組みについて紹介する。

キーワード：GEN-VIR, DX, シミュレーション, 工程計画, 生産性向上, リスクアセスメント

1. はじめに

建設・土木業界では就業者数の減少や高齢化が進んでおり、施工効率の向上と安全で負担の少ない作業への改善が求められている。実際の施工現場においては、着工後の工事進捗と共に作業が習熟し、また課題が具体化されることで、日々現場改善が図られ、生産性の向上が進んでいる。一方で、一品受注生産という特性上、事前に現場の課題を目で見ることができないため、着工前により具体的な改善を進めることは非常に困難である。そこで、事前に現場を可視化し、課題を抽出しながら改善につなげる手段として、(株)大林組とトヨタ自動車(株)未来創生センターは共同で、施工シミュレータ「GEN-VIR」（GEN-VIRはトヨタ自動車(株)の登録商標である。以下、本シミュレータ）の開発を進めている。

東名多摩川橋が位置する東京IC～東名川崎IC間は、交通量が10万台/日を超える重交通区間であり、従来のリニューアル工事のように車線数を減少させて工事を行った場合、大規模な渋滞の発生が懸念されていた。そのため、6車線をできるだけ確保しながら工事を行うためにSTEP1～5の施工ステップに分割して床版取替工事を実施した。床版取替工事は繰り返しの要素が多いため、自動車の生産工場で用いられているトヨタ生産方式(TPS)の考え方を応用することで、施工方法の効率化を図れる可能性がある。自動車製造で培われたTPSの考え方を施工現場に導入し、誰かの仕事を楽にすることを目指し、各工程に対して改善活動を推進した。

2. 本シミュレータの概要

本シミュレータは、(株)大林組とトヨタ自動車(株)未来創生センターが共同開発している3DCGを用いた作業シミュレーション技術である。現場作業員の疲労負担軽減や生産性向上を目的とし、バーチャル空間上で施工時の作業をシミュレーションすることができる。本シミュレータは、バーチャル環境を用いる3Dシミュレータ部、結果を可視化・分析するデータ分析部および、数理最適化によって工程順序を生成する最適化部で構成されており、以下の機能が備わっている(図1)。

- ①車両や施工機械などを3DCGで再現
- ②BIM/CIM等のデータから施工対象のデータを取り込み可能
- ③作業に要する時間と作業場所を入力することで、作業場所への移動と作業を実行する作業員・車両・施工機械モデルを実装
- ④移動経路は経路探索により環境に応じた最短経路を生成
- ⑤3D環境を観察し、次に実施すべき作業を自動で選択して作業員や車両・施工機械に指示することも可能
- ⑥各作業員の作業フロー、作業時の姿勢、危険源への暴露状態の状態をロギングし、シミュレーション内で実施した作業を時系列で可視化

(1) 3Dシミュレータ部

3DCGを用いて構造物・建機・作業員をバーチャル

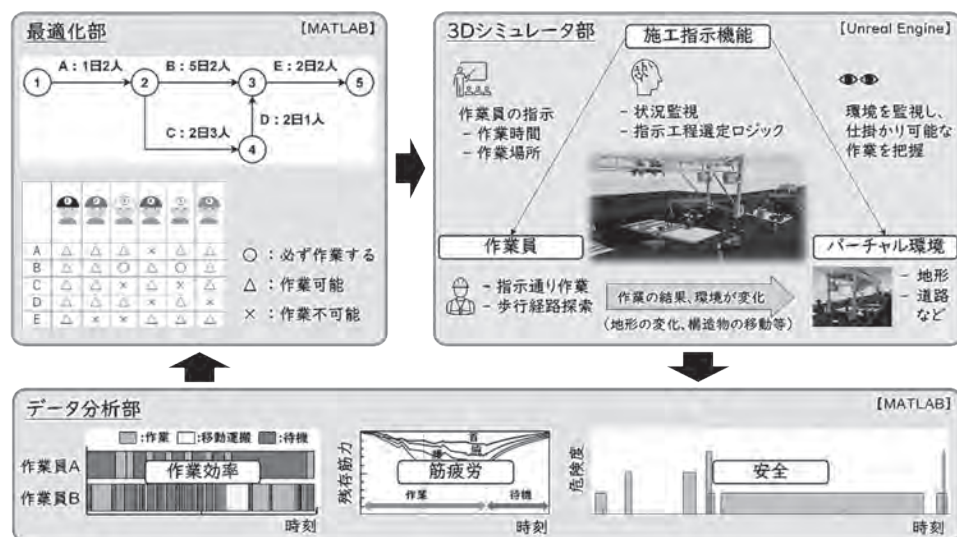


図-1 本シミュレータ概要

空間上で可視化する部分であり、Epic Games社のゲームエンジンであるUnreal Engineを活用している。本シミュレータは、Unreal Engineの持つプログラミング機能や豊富なライブラリ群を活用することで、作業員や建機等の動作を定義することが可能であり、これにより多様な動きを表現している。

3Dシミュレータは作業時間や作業場所等を定義し、各作業の順序や担当者をプログラミングすることで、各々のバーチャル作業員が、独立・連携して作業を進めていくマルチエージェント型のシミュレータとなっている。シミュレーションの結果として、各作業員の作業フロー、作業時の姿勢、危険源への暴露状態が、後述する分析用のログデータとして出力される。

3Dシミュレータにおける各作業情報の定義は、GUI上で作業情報を定義できるようにし(図-2)、また作業順序の指示は、Unreal Engineの持つプログラミング機能であるBlueprintを活用して、フローチャートライクにできるようにシステムを構築した(図-3)。



図-2 作業情報設定画面



図-3 作業指示プログラミング画面



図-4 作業の時刻歴グラフ

(2) データ分析部

3Dシミュレータ部の出力結果を可視化し、分析時に活用する部分であり、主に以下3つの機能を有する。

(a) 作業ムダの分析

施工効率を向上させるにはムダを排除していく必要がある。そこで、各作業員の作業の時刻歴を【作業・移動・待機】に分類し可視化した(図-4)。これにより、ムダの量や発生しているタイミングを把握することができ、作業順序や作業の割り付け、人員数の具体的な検討が可能となる。改善を突き詰めることで、ムダを極限まで排除することができれば、作業員の

方々は極力手を止めることなく作業し続けられるようになり、施工効率は向上する。

(b) 筋疲労分析

前述したように、ムダを排除することで手を止めることなく作業し続けられるが、その結果身体的な負担が増加してしまうのは望ましくない。特に、重筋作業が多い建設工事においては、より一層の留意が必要である。そこで、各作業員の筋疲労をシミュレーションする技術を導入した。

3Dシミュレータから出力される各作業員の作業姿



図-5 筋疲労算出フロー

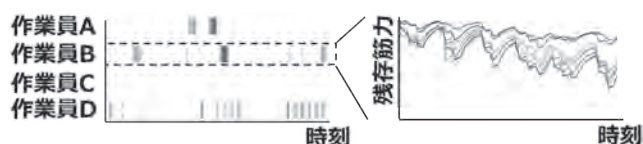


図-6 筋疲労の時刻歴グラフ

勢ログデータを用いて筋負荷を計算し、作業フローのログデータより得られる作業時間と併せて筋疲労モデルに入力することで、各作業員の部位（腕・腰等）ごとの筋疲労を時系列的に算出できる（図-5）。各作業員の筋疲労状態を可視化することで、疲労している身体部位の数量や身体部位ごとの筋疲労の推移を把握でき、身体的な負担も考慮した工程検討が可能となる（図-6）。

(c) 安全に関する分析

あらゆる現場において労働災害は起きてはならない事象であり、建設工事においては死亡につながる事例も多いため、より一層の対策が求められる。そこで、現場に存在する危険源に対して、作業員がどの程度、暴露されるかをシミュレーションするリスクの見える化機能を開発した。

3Dシミュレータ上で危険なエリアと、それに対応するリスクの情報を定義することで（図-7）、シミュレーション時に作業員が危険エリアに侵入したタイミングがログデータとして出力される。3Dシミュレータから出力された結果を基に、危険源への暴露履歴を可視化した（図-8）。これにより、災害リスクに作業員が接近するタイミングとその大きさを把握することができ、結果として事前の周知徹底や安全対策検討につなげることが可能になる。

(3) 最適化部

3Dシミュレータは工程計画に基づき、2.(1)に示す方法で工程情報を入力するが、工程計画は担当者の経験や知見に依存しており、必ずしも効率的な日程や人員配置になっていない。そこで、混合整数計画法を用いた工程計画を導入した。工期最短や人員最少等の多目的最適化を実現するため、工程のリードタイムや



図-7 危険エリアの定義



図-8 危険源への暴露履歴の可視化

○:必ず担当する △:作業できる ×:作業できない

作業員	1	2	3	4	5	6	誰か同じ人
工程							
A	△	△	△	×	△	△	
B	△	△	○	△	○	△	
C	△	△	×	△	×	△	=
D	△	△	△	×	△	×	=
E	△	×	×	△	△	△	

C工程とD工程は同じ人が担当

図-9 最適化へ入力する現場知見

作業間の依存関係、リソース制約を元に最適化で導出した工程計画を提案できる。各作業員の職能（担当可能な作業）と、連続作業（同じ人に担当してほしい作業）を最適化の制約条件として追加することで（図-9）、現場の知見を織り込んだ最適化を実現する方法を構築した。

3. 東名多摩川橋床版取替工事における取り組み

東名多摩川橋床版取替工事は、東名高速道路の東京IC～東名川崎IC間における東名多摩川橋（上下線）の床版取替を行う工事である。道路横断方向にステップを5分割し、上下6車線を供用しながら作業を進めていくなかで（写真-1）、日々の進捗を確保するためには作業員及び元請職員が早出や長時間に及ぶ残業を繰り返しているのが実状であった。そこで要因として考えられた項目を抽出し、施工シミュレータを活用した施工改善を実施した。



写真—1 東名多摩川橋空撮写真

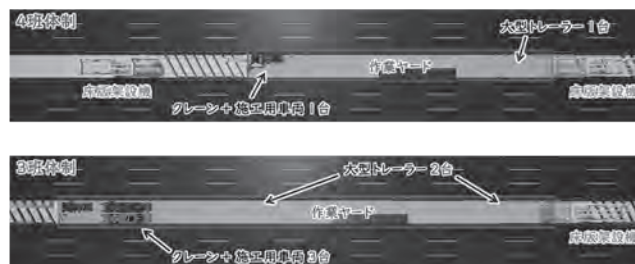
(1) 施工シミュレータを活用した施工班数の見直し

STEP1, STEP2 では工程短縮を目的に、配置可能な最大の施工班数として4班体制での施工を採用していたが、STEP1, STEP2と同様に4班体制にて3枚/日・班で施工した場合、車両入退場に伴う待機時間が約3時間/日・班発生し、所定の労働時間（昼作業、夜作業ともに8時間）以内で作業を完了させるには2枚/日・班の施工が現実的であることがわかった。さらに、STEP3は常設作業帯が上下線中央部に位置するため、走行速度が速い追い越し車線を利用して工事車両を入退場させる必要があり、車両入退場時の衝突事故の発生リスク上昇も懸念されていた。

高速道路上で行う床版取替工事では、常設作業帯が確保できる場合にはより多くの工事車両を残置しておくことが待ち時間や移動時間の削減のために効果的である。しかし、床版取替の進捗に合わせて床版架設機が前進し、床版搬入出のための大型車両を出し入れする作業ヤードは最低限確保する必要があるため、その他の車両を残置させるためのスペース確保は困難になる。

車両入退場に伴う待機時間を改善し、より効率良く施工を行うため、4班体制と3班体制の車両配置シミュレーション比較を行い（図—10）、最適な工事車両配置や車両入退場回数の削減、有効な車両待機場所などを考慮した計画の見直しを実施した。

3班体制では、施工エリアを有効活用した最適な車両配置により、車両入退場回数が減り、入退場に伴う待機時間を大幅に削減できることで、3枚/日・班の施工が実現可能というシミュレーション結果が得られた。また、全体での工事車両入退場回数は32回から12回に削減できるため、一般車両との衝突事故発生のリスクを大幅に削減できることも確認した（表—1）。さらに、発注者への説明に検討したシミュレーション動画を活用することで、3班体制への変更により生産性や安全性が向上し、働き方改革にも寄与することを理解していただき、班数の変更を実現した。



図—10 4班体制と3班体制のシミュレーション比較

表—1 4班体制と3班体制の実施工時間比較

班体制	1日あたりの 施工時間	車両入退場の 回数	車両入退場に 伴う待機時間
4班体制	19時間20分	32回	185分
3班体制	16時間00分	12回	15分
	▲3時間20分	▲20回	▲170分

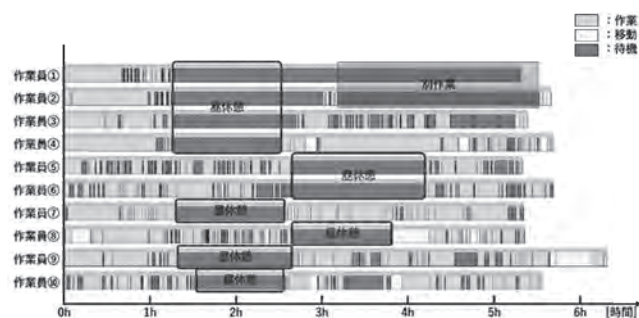
実施工では、シミュレーション結果と概ね同様に施工可能であることを確認し、車両入退場に伴う待機時間の大幅な削減を実現した。STEP1では約3時間/日の残業を繰り返すサイクルとなっていたが、STEP3ではほぼ残業のないサイクルとなり、より効率的で安全な施工を実現した。

(2) 施工サイクルの最適化

日々、床版取替工事を繰り返し行っていく中で、施工班間で作業員数、作業手順、施工時間に大きな差が発生していたため、その要因を明らかにし、施工班間の差を埋めるための施工方法の改善が求められていた。現状の作業員の動き（移動や休憩時間等を含む）を記録・分析し、施工時間が長くなる班の傾向を確認した（図—11）。分析の結果、施工時間が長くなる傾向にある班の特徴は以下の通りであった。

- ①同じ作業に集中している時間が短い（中途半端な状態で次工程に移る等）
- ②担当作業が明確になっておらず、手待ちになるときがある
- ③次作業の段取りができていない場合がある（作業の途中で工具を取りに行く等）
- ④作業の流れや進捗を全員で理解できていない
- ⑤休憩時間がバラバラでチーム全体の作業効率が良くない

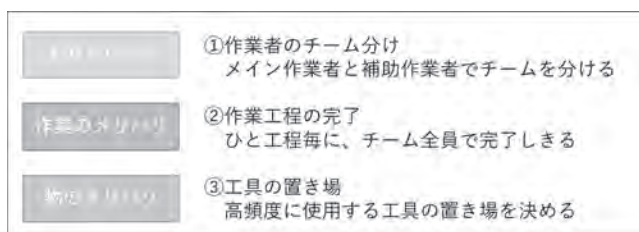
対象班の施工サイクルを改善するため、施工シミュレータにて理論上最適な施工サイクルを検討した（図—12）。一方で、作業員にはそれぞれの施工経験があり、単純に現場に反映させることは難しいと考え、班毎の作業効率に大きく差が生じていた床版撤去完了後の足場設置～ケレンまでの一連の作業を対象に、作業を整



図ー11 改善前の実作業ログ



図ー12 切り作業のシミュレーション



図ー13 作業を効率化するためのルール

流化するためのルールを作業員に提示した（図ー13）。

提示したルールを現場に反映しやすくするため、トヨタ自動車株のかんばん方式を参考にし、作業員には色付きビブスを着用して作業を実施した。ビブスを着用することにより、班の中での個々の役割を意識付け、誰がどこでどの作業をするかを明確にし、作業中のメリハリをつけられるようにした（図ー14）。

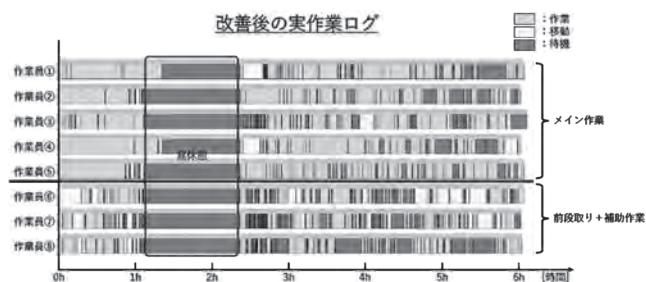
足場設置～ケレンまでの一連の作業において、改善前は「中途半端な状態で次工程に移る」「担当作業が明確になっていない」「次作業の段取りができていない」「休憩のタイミングがバラバラ」等、作業内容に無駄が生じていたが、適切なルールを設定し、それに沿って作業した結果、「ひと工程毎に完了させた」「担当作業が明確になった」「次作業の段取りができていく」「休憩のタイミングが同じ」等、作業の効率化によって作業のムダを改善し、効率の良い施工サイクルを実現した（図ー15）。施工初期の延べ労働時間と比較す



図ー14 効率化した施工サイクル



図ー15 効率化された作業

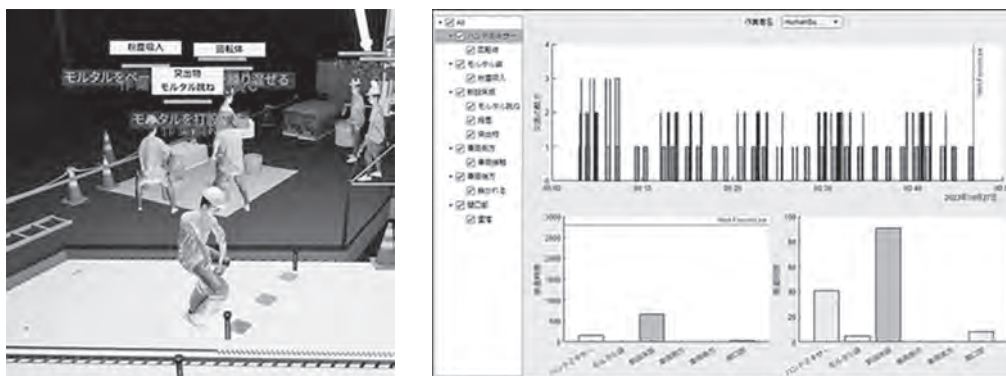


図ー16 改善後の実作業ログ

ると、約20%の省力化を実現できており（図ー16）、施工シミュレータの適用により理想の動きに近づけることができた。また、職長や作業員からは、「作業に集中しやすくなった」「区切りが明確で都度達成感がある」「工程間のつながりが早くなった」といった声も上がり、施工シミュレータを活用した改善は、納得性の高い施工サイクルの構築につながることを確認した。

(3) リスクの見える化機能を活用した労働災害防止活動

STEP1～3の施工経験から作業の習熟度が高まる一方で、日々のサイクル作業に慣れたことで安全への意識が低下することが懸念されていた。現場のリスク把握を目的としたリスクの見える化機能により、経験が少ない人でも事前に、作業内容とそれに伴うリスクを把握することで（図ー17）、より具体的な安全対策



図ー17 リスクの見える化（シミュレーションとリスク分析）



写真ー2 現場での労働災害防止活動

の検討に繋がるため、シミュレーション動画を活用した労働災害防止活動を実施した（写真ー2）。

職長や作業員からは「紙や写真よりも具体的でイメージしやすい」「俯瞰視点から確認できるので危険な箇所が分かりやすい」といった意見があった。リスクの見える化機能を活用することで、事前に作業内容とそれに伴うリスクを全員の共通認識として把握することができ、より具体的な安全対策の検討に繋がり、安全意識の向上に効果があることを確認した。

4. おわりに

東名多摩川橋床版取替工事にて施工シミュレータ「GEN-VIR」を活用した生産性向上とリスク把握に向けた取り組みを通して、様々な知見や課題を把握しながら施工シミュレータの技術開発を進めることができた。また実際の改善結果や現場からのコメント等から、これらの機能が現場改善にニーズがあり、一定の効果を発揮することが確認できた。一方で、各々の機能の性能について現時点で不十分であることや、よりスピーディな現場改善や効果検証のためには、実作業分析の効率化が必要であるという課題も確認できた。

今後もより良い建設現場の実現に向けた技術開発を進めていく。

謝 辞

筋疲労計算および作業改善に関して、豊田中央研究所の関係各位より助言をいただいた。また、NEXCO 中日本ならびに東名多摩川橋 JV 工事事務所関係者の方々に多大なご協力を頂戴した。ここに深く感謝申し上げる。

JICMA

《参考文献》

- 1) 河原ほか、「施工シミュレータ適用によるバーチャル現場の構築」, 配管技術 2023 年 10 月号
- 2) 「もっといい工程をつくろう 工程シミュレータでバーチャル現地現物～リスクの見える化と工程の最適化～」, ウェブページ (<https://global.toyota.jp/mobility/frontier-research/40465130.html>)
- 3) 「東名リニューアル工事にて施工シミュレータ「GEN-VIR®」を活用」, ウェブページ (https://www.obayashi.co.jp/news/detail/news20240322_1.html)
- 4) 酒井ほか、「施工シミュレータの開発～実施工への活用に向けて～」, 第6回 i-Construction の推進に関するシンポジウム, 2024 年 7 月
- 5) 櫻田ほか、「施工シミュレータを用いた床版取替工事の改善（その1）～安全で効率的な班体制と作業フローの事前計画～」, 令和6年度土木学会全国大会第79回年次学術講演会, 2024 年 9 月

【筆者紹介】

河原 大輔（かわはら だいすけ）
 (株)大林組
 技術本部 技術ソリューション部
 主任



酒井 伯文（さかい のりあき）
 トヨタ自動車(株)
 未来創生センター R-フロンティア部
 生産革新研究領域
 生産革新グループ長



画像を用いた球体マーカ―検知および自動停止機構の開発

千 野 雅 紀

供用車線に隣接した工事では、建設機械が供用車線に入らないように対策することが重要である。対策として、球体マーカ―をカメラで撮影して検知および追跡を行い、進入禁止エリアに入った場合に警報を発し、建設機械を自動停止する機構を開発した。球体マーカ―を設置した特定の物体だけ検知することができるため、汎用性高く利用することができ、これにより供用車線に隣接した作業の安全性を確保することが可能になった。本稿では、画像を用いた球体マーカ―の検知および自動停止機構について紹介する。

キーワード：画像処理、安全装置、自動停止、ボーリングマシン、道路工事

1. はじめに

国内の高速道路の4割以上が供用開始から30年以上経過しており、更新工事が必要になっている。更新工事は供用車線に隣接する形で行われることになり、狭い作業エリアに作業員、建設機械、その他資材が配置される。こうした工事においては、路線を利用する第三者の安全性を確保することが最も重要であり、特に建設機械が供用車線に入らないように対策することが求められる。

従来の安全対策では、目隠しフェンスの設置や、2D LiDARを用いてレーザーバリアを張り警報を鳴らす等の対策が取られていた。しかし、目隠しフェンスではフェンスを越えようとする物体まで止めることができないという点や、レーザーバリアでは建設機械だけでなくすべての物体に反応してしまうという点、警報だけではオペレータが停止させるまでに時間差が生じてしまい、供用車線に入ってしまうリスクが解消できないという点で問題があった。これらを解決するためには、建設機械のみを検知して、作業エリアを越えた場合に自動で停止するシステムが必要である。

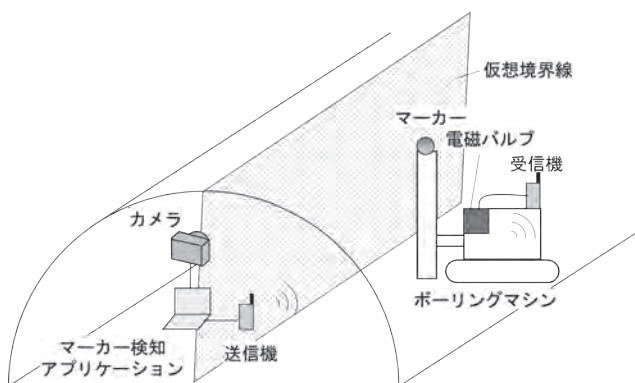
そこで、画像処理により特定の物体の認識が可能で、比較的低価格なセンサであるカメラに着目した。カメラは検知対象となる物体が撮影範囲に入るように設置すれば良いことから設置が容易であるという利点がある。今回、盤ぶくれ対策のインバート工事で用いられるボーリングマシンについて、画像処理により境界を越えたことを検知し、自動停止する機構を開発したため、本稿にて紹介する。

2. システム概要

(1) 主な機能

本システムは、図―1に示すようにマーカ―、カメラ、マーカ―検知アプリケーション、通信機器、停止用電磁バルブを追加したボーリングマシンから構成される。ボーリングマシンにマーカ―を設置して、カメラでマーカ―を検出することで、建設機械が施工範囲を越えたかどうかを判定する。判定結果を無線でボーリングマシンに送信し、信号を受信したボーリングマシンは電磁バルブを作動させることで動作を停止する。

任意の姿勢においても画像上に投影される形状が変化しない球体のマーカ―を、ボーリングマシンの最外周の可動部に設置する。次に、カメラを施工範囲と供用車線の境界面に対して垂直に設置する。仮想的に設けられた境界面は、画像上では境界線になる。マーカ―



図―1 システム構成

検知アプリケーションにより、カメラで撮影した画像上で、色と形状を用いてマーカーをリアルタイムに検知し追跡する。画像上で仮想の境界線を設定して動作可能エリアと進入禁止エリアを設定する。マーカーが境界線を越えた場合、ボーリングマシンが施工範囲を越えたと判定する。進入したと判定されると、マーカー検知アプリケーションは信号を発出して、通信機器を通じてボーリングマシンに送信する。進入信号を受信したボーリングマシンは、電磁バルブを作動させて作動油の流れを止めることで動作を停止する。

(2) マーカー検知手法

本システムの特徴は、検出が得意なハフ変換を用いた円検出と、追跡が得意なパーティクルフィルタの2

つの手法を、検出状況に応じて切り替えることである。マーカー検知全体のフローを図-2に示す。

まず、マーカーの色を設定してその色でマスク処理を行うことで、マーカーとそれ以外の物体を分離する。次に、ハフ変換による円検出を行い、マーカーの検出を行う。円検出が5フレーム以上連続で安定し成功した場合、追跡が得意なパーティクルフィルタに切り替えて追跡に重点を置く。パーティクルフィルタでの追跡が10フレーム連続して失敗した場合、円検出に切り替えて検出に重点を置く。

円検出のフローを図-3に示す。円検出では、円が検出されたら1フレーム前の検出結果の有無を確認する。1フレーム前に検出結果があれば、その結果と距離が近い円を円検出結果として出力する。1フレーム前に検出結果がなければ、検出された円のうち、円

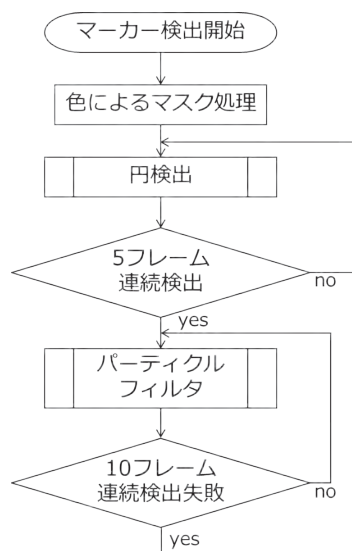


図-2 マーカー検知全体フロー

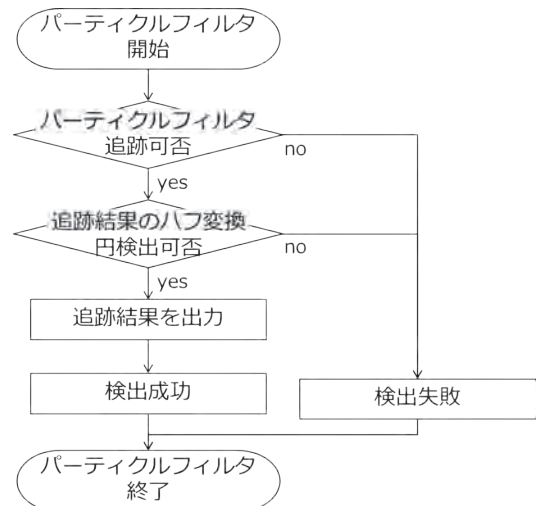


図-4 パーティクルフィルタフロー

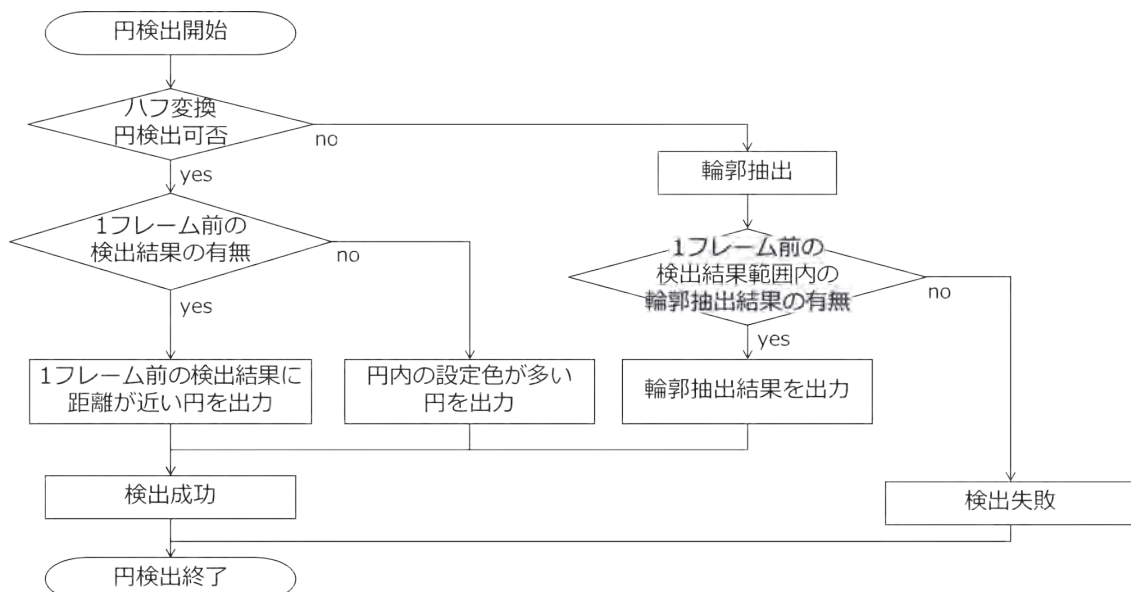


図-3 円検出フロー

内に検出の設定をした色が多い円を検出結果として出力する。ハフ変換による円検出で円が検出されなかったら、画像二値化による輪郭抽出を行う。1フレーム前の検出結果の範囲内に輪郭抽出結果があれば、輪郭抽出結果を円検出結果として出力する。

パーティクルフィルタのフローを図—4に示す。パーティクルフィルタによる追跡が成功した場合、追跡している物体が円形かどうかを判定するためにハフ変換を行い、円検出を行う。円と検出された場合、追跡結果を出力する。円と検出されなかった場合、またはパーティクルフィルタによる追跡ができなかった場合、検出失敗となる。

手法を切り替えることで、検出の失敗を抑え、追跡の精度を高めることができる。

(3) 自動停止機構

ボーリングマシンの自動停止機構の概要を図—5に示す。ボーリングマシンには電磁バルブを追加で設置して、受信機で信号を受信したら電磁バルブが作動して作動油の流れを停止することができるように配線を行う。

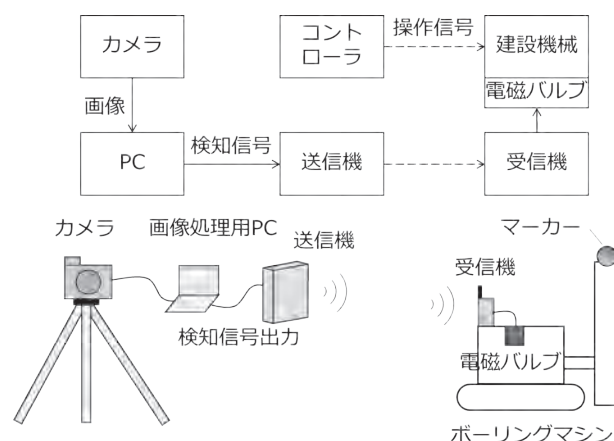
また、マーカ―検知アプリケーションが入ったPCと通信機器の送信機を接続する。PCのインターフェー

スはUSBであるが、送信機の入力は接点入力であるため、接点出力ユニットを間に挟み、マーカ―検知アプリケーションの信号を送信機で送信できるようにする。

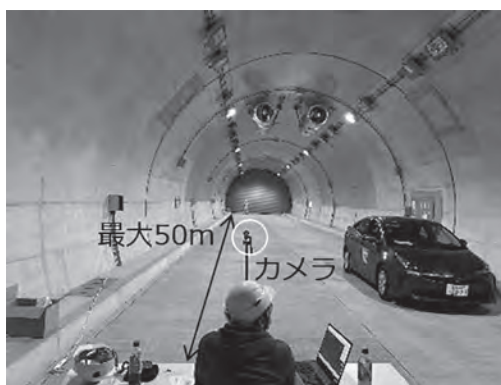
3. 実証実験

(1) マーカ―検知

マーカ―検知手法による進入禁止エリアへの進入検知の可否を確認する実験を行った。実験は、供用中のトンネル現場と模擬トンネルを利用して行った。



図—5 自動停止機構



(a) 実験状況



(b) 模擬トンネル撮影画像



(c) 供用トンネル撮影画像

図—6 マーカ―検知実験状況

カメラを設置して仮想境界線を設定し、仮想境界線上を往復するようにマーカーを動かして、マーカー検知アプリケーション上でマーカーを検知して追跡が可能であるかを確認した。実験条件として、マーカーの色（黄、緑、桃）と大きさ（70 mm, 150 mm, 300 mm）、カメラとの距離（最大 50 m）を変更して実験を行った。実験状況を図—6 に示す。カメラとレンズには、長距離でマーカーを検知するために 10 倍ズームが可能な機種を用いた（カメラ：The Imaging Source 社 DFK33UX178, レンズ：興和オプトロニクス社 LMVZ990-IR）。

マーカー検知実験の結果を図—7 に示す。検知するマーカーの色を設定してマスク処理を行い、パーティクルフィルタによる追跡が問題なく行えることを確認した。検出範囲が進入禁止エリアに入ると、マーカー検知アプリケーション上で警報を発することも確認した。実トンネルにおいては緑色、模擬トンネルでは桃色のマーカーでよく検知が可能であった。壁面や照明の違いから、トンネルによって検知可能なマーカーの色に違いが出た。たとえば、図—8 に示すように、実トンネルで黄色のマーカーを使用した場合、

坑内照明と色味が似ていることからマーカー検知が失敗することがあった。このことから、利用環境ごとに検出する色の設定を変更する必要がある。こうした誤認識を防ぐために、マーカー検知アプリケーションには検知範囲を仮想境界線付近に限定する機能を実装している。

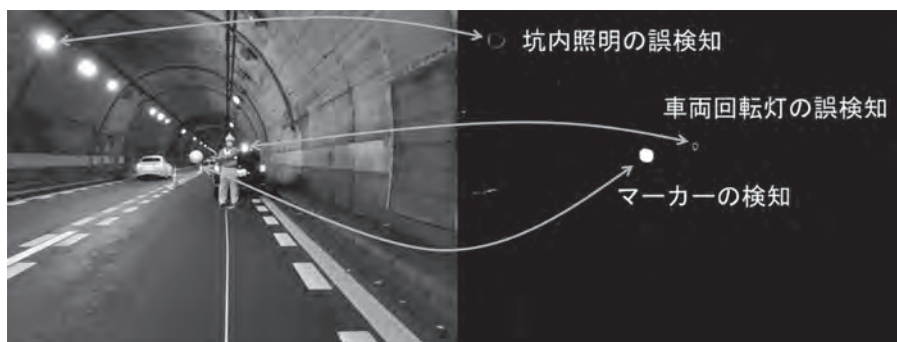
実験結果から、ズームを用いない場合、150 mm のマーカーで 50 m まで、ズームを用いた場合、70 mm のマーカーで 50 m までの距離で検知可能であった。これは画像上での円の直径が 20 pixel 以上であるサイズである。

(2) 自動停止

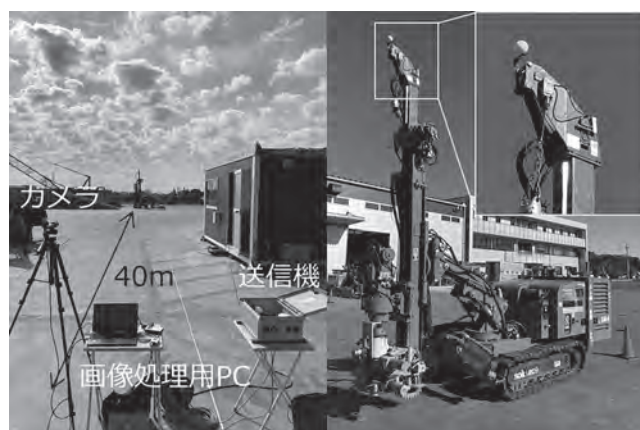
マーカー検知から通信を経てボーリングマシンが停止するまでの一連の流れについて、動作確認の実験を行った。ボーリングマシンはソイルメック社の SM-6 を使い、マーカーをブームの頂部に設置した。通信機器には 429 MHz 帯の特定小電力無線を用いた。ボーリングマシンへのマーカーの設置状況および実験状況を図—9 に示す。マーカーは黄色の球体で直径 70 mm、実験場所の広さから、カメラとボーリングマ



図—7 マーカー検知実験結果



図—8 環境色との誤検知



図—9 ボーリングマシン自動停止実験状況



図—10 ボーリングマシン自動停止実験結果

シンの距離は40 mで実施したが、マーカー検知から自動停止まで1秒未満の反応速度で問題なく動作することを確認した。図—10に自動停止したときの状況を示す。ボーリングマシンは1秒未満で自動停止するものの、その間も機械は動くため、実際の運用では仮想境界線は動作可能エリアに500 mm程度寄せる必要がある。

また、SM-6はリモコンによる遠隔操作が可能であり、リモコンも429 MHz帯の電波を利用している。リモコンと送信機が近い位置にある場合に、混線してボーリングマシンが信号を受信できないことがあ

た。検証の結果、送信機から10 m以上の離隔を取り、かつ周波数が0.3 MHz以上離れるようにチャンネルを設定する必要があることが分かった。今回は入手の容易さからレンタル会社からレンタル可能な429 MHz帯の通信機を選定したが、混線しない周波数帯の機器の選定が必要である。

4. おわりに

本稿では、供用中の道路に隣接する工事における、建設機械が境界線を越えないための安全装置として、球体マーカーを用いて進入を検知して建設機械を自動停止する機構を開発した。実験に際しては日本基礎技術(株)にご協力いただいた。本技術は、無線で受信した信号をトリガーにして動作を停止することが可能な仕組みを持つ建設機械であれば、ボーリングマシンに限らず適用が可能である。また、高速道路だけでなく、一般国道の片側車線を通行止めにして行う工事や、橋梁での床版取り換え工事などにも適用可能である。自動停止することによる安全性への影響を考慮する必要があるが、適用性の拡大について今後も検討を続けていく。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 石濱裕幸, 千野雅紀, 山岸稔, 画像を用いたマーカー検知によるボーリングマシンの自動停止機構の開発, 土木学会第78回年次学術講演会講演概要集, 2023年9月

【筆者紹介】

千野 雅紀 (ちの まさき)
 (株)安藤・間
 技術研究所フロンティア研究部
 主任



小型路面切削機：周囲確認補助システムの開発

小型路面切削機における作業員安全性向上への取り組み

小 西 剛

現在、道路舗装はコスト面や工期の面、施工後の即時解放が可能という理由によりアスファルト舗装の割合が高く、その修繕法として切削オーバーレイ工法が主流となっている。

この工法に必須となる施工機械として、路面切削機があり施工幅や用途により様々なサイズの機械が開発され運用されている。今回、その中でも小型の路面切削機を対象とした、周囲状況の把握の補助を行い、警告及び衝突防止につながる機能を開発した。

キーワード：小型路面切削機、AI カメラ、衝突軽減、マシンコントロール、警告、安全性向上

1. はじめに

舗装道路の修繕工事の内、切削オーバーレイ工法は最初期に施工する工程であり、後工程への影響を出さない為、路面切削機のオペレータは、正確かつスムーズな施工を求められる。

その為、オペレータは周囲の状況よりも作業へ意識が集中することは致し方ないことである。

このような現状を踏まえて、従来の緊急停止装置に加え、その補助として機械側で危険状況を把握、オペレータへ警告及び機械停止を含めたシステムを開発したので紹介する。

2. 開発の背景

路面切削機は様々あり、その内、小型切削機と呼ば

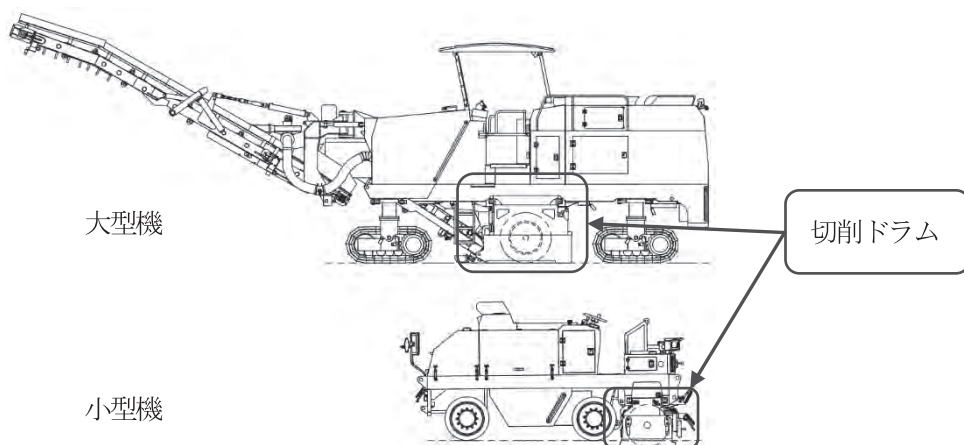
れるタイプについては、大型機と比して、切削装置であるドラムユニットが機械後部に配置されている(図一1)。

その為、壁際からの切削作業を可能とすることにより、端部の切削残りを削減し、橋梁の継ぎ目等の横断切削をも可能としている。

小型切削機は、基本的にワンマンオペレーションでの運用がなされており、操作部が機械後方に集中している特性上、機械前方側の死角が発生する。

又、オペレータは切削前の位置合わせの際においては切削開始地点、切削作業中においては、切削深さ・進行方向の確認、操舵の補正等を機械後部のドラムユニット周辺へ意識が集中している為、機械の周囲の状況把握やオペレータ自身の状況把握が後手になることがしばしば発生する。

上記の使用状況により、危険な状況に陥る前に、オペレータもしくは周囲の作業員へ周囲の状況把握を補



図一1 路面切削機比較



写真—1 機械全景

助するシステムを開発する必要性がある。

3. 開発装置の概要・特徴

今回紹介する装置は、魚眼レンズを搭載した AI カメラを採用し、機械前後に配置することで、機体全周囲を視認可能とした（写真—1）。

又、検知範囲に人が立ち入った際に、オペレータもしくは周囲の作業員へ危険状況の周知を可能とした。

4. システムの概要

(1) AI カメラシステムの搭載

今回、採用した AI カメラシステムは、カメラを上方より下面に向け搭載することで、360 度視野角を確保する。

撮影された画像は機械上に設置したディスプレイにより確認可能としている（写真—2、3）。

カメラより取り込んだ画像を AI 搭載の画像処理ユニットがフォームにて人間を認識・判定を行い、設定された注意範囲内の人間を黄色枠で囲み、危険範囲内の人間は赤枠で表示される。

各範囲で人間を検出した際は、機械に搭載した積層信号灯（黄・赤）を、注意範囲内で黄色に、危険範囲内では赤色に点灯と共にブザーを鳴らすことで、オペレータ及び機械周囲の作業員に対して警告する。

(2) 検知範囲の指定

小型路面切削機の現場は、オペレータのみならず誘導員やスコップマン等の作業員が機械の近傍で作業されていることが多い。又、中央線合わせの切削の場合、



写真—2 魚眼カメラ



写真—3 表示ディスプレイ

対向車が機械のすぐ脇を走行している状況となる。

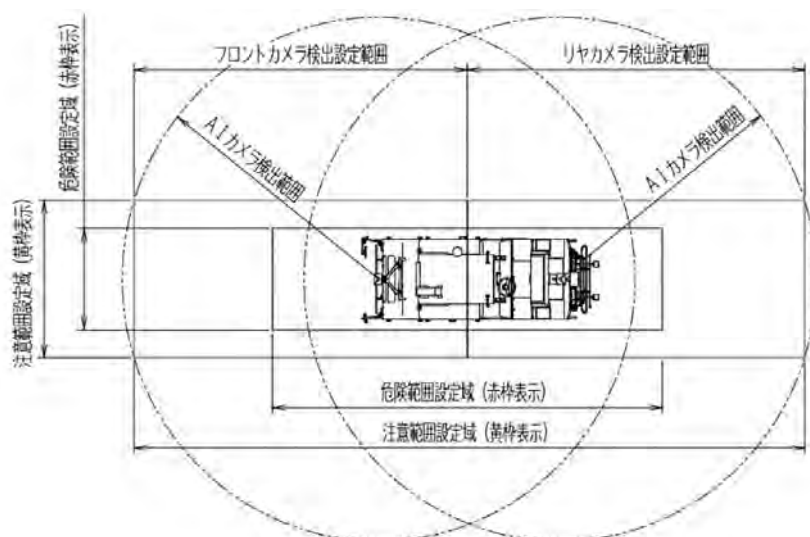
その為、カメラの視認範囲のすべてを検知範囲に設定してしまうと、常時反応してしまい実用性を喪失する懸念があった。

対策として、人間の検出範囲を絞り込むことで、範囲内での安全性向上・実用性の担保を図っている（図—2）。

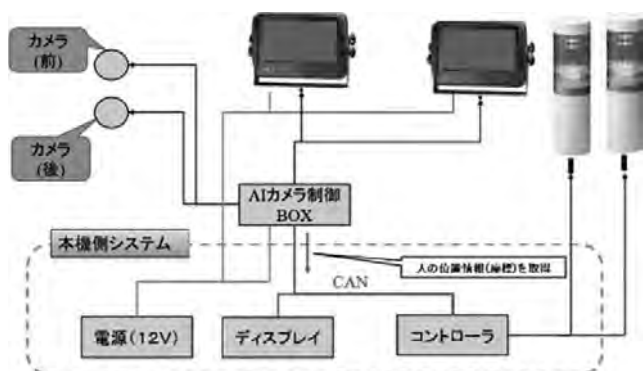
今回、装置を搭載した切削機は、走行モードが移動用の「高速モード」と切削作業時の「低速モード」の二種類ありそれぞれ安全性・作業性にかかわる特性が異なる。その為、各走行モードにおいて認識範囲の設定が必要であり、それを切り替え可能なシステムであることが望ましい。

そこで、AI カメラシステムの制御ユニットと機械側のコントローラを CAN にて接続し、選択された走行モードに応じた検知範囲の切り替えを可能とした（図—3）。

切削作業時に使用する「作業モード」選択時は、機械の近傍にいる他の作業員や対向車の運転手等を検知しないよう、機械幅方向の検知範囲を機械の正面部及

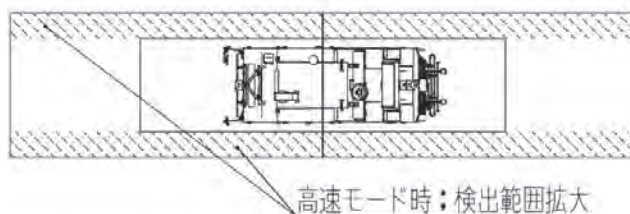


図一 検知範囲設定

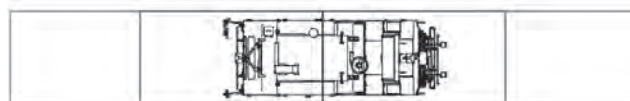


図三 システム構成イメージ

高速モード時



低速モード時



図四 検知範囲設定

び背面部にすることで、作業性への影響を低減している。

移動用に使用する「高速モード」選択時は機械幅方向の近傍部まで検知範囲を拡大することで、安全性の担保を図っている（図一 4）。

進行方向も認識し、認識範囲を進行方向上に限定することで、実用性の確保をしている。

作業灯・前照灯の点灯を条件とし、目視範囲が狭くなる夜間において検知範囲を拡大することで、より早く人を検知可能としている。

(3) 機械との連動

前項で述べた通り、AI カメラシステムの制御ユニットと機械側のコントローラ間でCAN 通信することで、それぞれの走行モードを選択時に人間を検知した際の走行制御や警告方法などを個別で設定可能とした。

「高速モード」選択時は、走行最大速度は 5.6 km/h となるが、「注意範囲」内にて人間を検知された際には、減速制御が働くことで走行速度を走行最大速度に対し 50% 迄自動的に減速する。

その際、検知箇所が機械の正面・背面である場合、

ブザーを鳴らし、積層信号灯を「黄色」点灯させる。

正面・背面以外の場合は、積層信号灯の「黄色」点滅させ注意喚起を図る。

「危険範囲」内で検知の際には、停止制御により走行を自動的に停止させ、ブザーが鳴り積層信号灯を「赤色」に点灯させる。

一度、減速制御・停止制御が働いた後、「検知範囲」から被検知者が検知範囲外に出た場合に、従来の速度への自動復帰はせず、機械側の前後進レバーを「中立」位置へ戻す（この際、走行は停止）操作を介して、再度、前後進レバーを操作することで、走行速度制御を通常状態へ復帰するようにした。

「低速モード」選択時は、最大速度が高速モードに比して遅く、切削作業中においては、さらに低速域での走行となる。

「注意範囲」内にて人間を検知された際は、ブザーが鳴り、積層灯が「黄色」に点灯する。

「危険範囲」内にて人間を検知した際は、ブザーが

表―1 検知範囲別制御

走行モード	検知エリア	積層信号灯	ブザー	減速・停止制御
高速	危険範囲	赤色（点灯）	ON	走行停止
	注意範囲（前後）	黄色（点灯）	ON	50%減速
	注意範囲（側面近傍）	黄色（点滅）	OFF	50%減速
低速	危険範囲	赤色（点灯）	ON	無し
	注意範囲（前後）	黄色（点灯）	ON	無し
	注意範囲（側面近傍）	非検知		

鳴り、積層灯が「赤色」に点灯する。

又、高速モード時のように、減速・停止制御を有効にすると、作業性や仕上がり面への影響が懸念される為、「低速モード」時においては、光及び音によるガイダンスとした（表―1）。

5. 稼働実績

現在、本装置での社内検証試験のみ。

夜間試験においては、対向車のハイビームに影響を受けることなく反応。

今後は、さらなる検知精度の向上を行い、製品化に向けての開発を行う。

6. おわりに

本装置は、標準仕様機へのオプションとして、換装可能ユニットとして開発をスタートしており、従来の

カメラではオペレータに依存せざるを得ない「確認作業」を AI による自動判定化により「ヌケ・モレ」の低減を目指す。

その中で AI カメラシステムや一部だが機械側への MC といった新機能を盛り込んだ。

今後も現場のニーズと作業員の安全向上に応える技術開発に取り組んでいきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 福川光男 “舗装技術者のための建設機械の知識”，第8章 8－1（令和2年）

【筆者紹介】

小西 剛（こにし つよし）
範多機械㈱
技術統括部



アスファルトフィニッシャの遠隔操作技術の開発

板 東 芳 博

アスファルト舗装工事で用いられるアスファルトフィニッシャはこれまで遠隔化や自動化への取組みはほとんど行われてこなかった。筆者らは重機オペレータの働き方改革、生産性向上の一助としてアスファルトフィニッシャの遠隔操作システムを開発した。社内での検証を踏まえ、実道の現場での試験施工を行い本システムが有効に機能することを確認した。本稿では当システムの開発概要、社内検証、現場検証で得られた成果、課題を報告するものである。

キーワード：アスファルトフィニッシャ、遠隔操作、自動操舵、生産性向上、働き方改革

1. はじめに

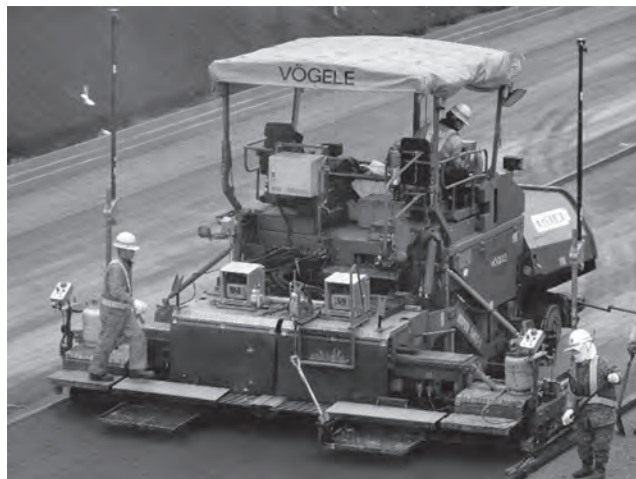
近年建設業界においては、少子高齢化や労働人口の減少により省人力化や技術の継承が喫緊の課題となっており、その対策の一例として建設機械の遠隔操作が開発されている。

建設機械の遠隔操作は、主に自然災害箇所の復旧や、人間の立ち入りが危険な現場での作業を目的に開発されてきた。しかし近年は省力化や生産性向上の観点からブルドーザや油圧ショベル、建設用クレーンに遠隔操作技術が取り込まれている。

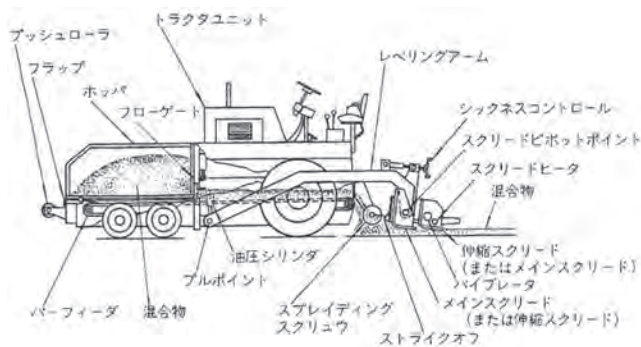
筆者らはアスファルト舗装工事現場の課題としてアスファルトフィニッシャ（以下、AF）のオペレータが行うアスファルト合材運搬ダンプトラックの誘導やAFの速度、ステアリング操作、その他細部にわたる機械操作が煩雑であることに対して専門技術者が不足していることを鑑み、これらのAF操作を舗設現場ではほとんど適用されていない遠隔技術で操作できるようにして省人力化できないか検討した。また、これにより現場で操作する未熟なオペレータに対して遠隔で熟練者が教育することも可能となると考えた。

2. 遠隔操作システムの概要

道路舗装工事で使用する大型AFは写真—1に示すようにAF運転手とアジャストマンの2名1組で操作するのが一般的である。AF運転手の役割はAFの走行制御を中心に、アスファルト合材運搬ダンプトラックから合材をAFのホッパ（図—1）へ荷受けし、



写真—1 従来（2人体制）のAF作業状況



図—1 一般的なAFの機構¹⁾

パーフィーダを介してAF後部のスクリーンへスムーズに合材を送り届ける役割を担っている。センサ類の進歩により合材の供給作業は自動化が図られているが、それでもAF運転手は常に敷きならし状況を把握しながらAFを操作している。アジャストマンは主に

スクリード付近で敷きならし厚さや施工幅員の調整を行う。

当開発では、まずは AF 運転手の作業を遠隔化することとし、表—1 に示す作業を遠隔で行うものとして選定した。

システム全体の構成としては、AF の前方および全周をカメラで撮影し、その映像を携帯電話回線を利用してクラウドを介して遠隔操作基地へ送信し、その映像を基に遠隔操作を行うものである。システム全体のイメージを図—2 に示す。またシステム開発においては重機本体に改造を加えないことを前提とした。

3. 制御信号の解析

近年の建設機械の制御は電子化が進み、AF もその例外ではない。今回システム実装を行った外国製ホイール式 AF も CAN バスと呼ばれる制御システムを採用している。CAN とは Controller Area Network と呼ばれる自動車分野で開発された制御システムで、建設機械でも広く採用されている。CAN バスの基本原理は、すべての制御ユニット、センサ類が、一本の共有チャンネルによってネットワーク化され、このチャンネルにすべての信号が収束されるというもの

で、このネットワークに接続している各装置について、あらゆる情報をいつでも利用できる仕組みとなっている。したがって、AF に流れている CAN バスの信号を解析することで、AF 制御の仕組みを把握することができる。

制御信号の解析の結果、AF 本体の走行に関する制御（前後進切替、速度制御、ステアリング操作）は電氣的な制御に対応することは困難であることがわかった。したがってこれらの操作は機械的な制御を行うこととし、舗設に関わる操作は電子的な制御を行うものとして、システムの製作に取り掛かることとした。

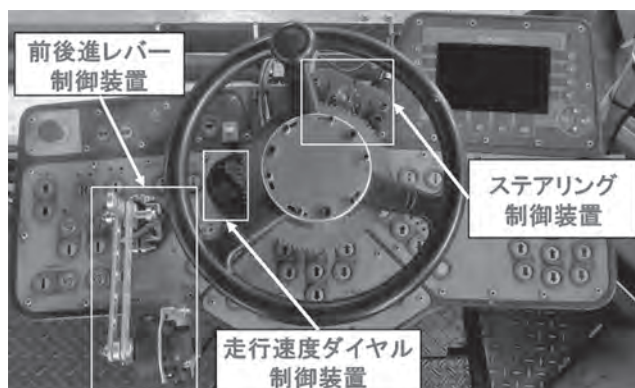
4. システムの実装

AF 本体の走行に関わる遠隔制御装置は機械的な操作によるものとして写真—2 に示すような装置を作成し、AF 操作盤に設置した。

AF の前後進を制御するレバーはカム + リンク機構により操作するものとし（写真—3）、走行速度コントロールダイヤルは、ダイヤルをサーボモータで回転させて AF の走行速度をコントロールする。ステアリング操作もサーボモータを用いて制御信号をステアリングに伝えてステアリング制御を行う仕組みとした。

表—1 遠隔操作を行う作業項目

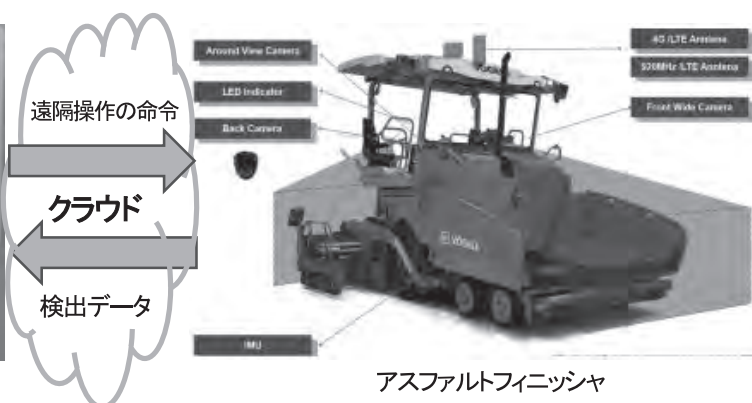
系統	遠隔操作可能な作業
走行系	前後進
	ステアリング操作
	速度調整
作業系	ホッパ開閉
	バーフィード操作
	スクリュウ操作
その他	ダンプ誘導装置
	ホーン操作



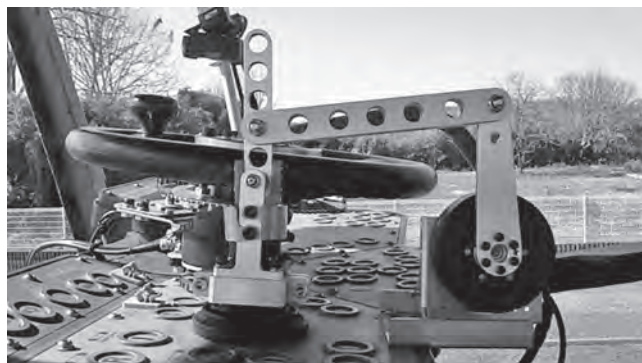
写真—2 AF 操作盤の制御機器設置状況（全景）



遠隔操作室



図—2 遠隔操作システムの概略イメージ



写真—3 前後進レバー制御装置



写真—5 ダンプ誘導装置のインジケータ表示（白丸部）



写真—4 AFに搭載した通信・制御PCユニット（白枠部）

走行系以外の作業装置の操作はCANバスに介入することで電氣的な制御が可能なシステムとした。

AF周囲の画像を撮影するカメラとしては、AF前方を撮影するフロントカメラ、AF後方を撮影するバックカメラ、AFの周囲を撮影するアラウンドビューカメラ、自動操舵の画像認識用のカメラの合計4台を設置した。

そして遠隔操作基地との間で映像や信号のやり取りを行う通信機器と制御用コンピュータを収納したボックスを運転席横に設置し（写真—4）、以上が重機側の装備となる。

遠隔操作基地側の設備は、図—2左側に示すように制御用コンピュータ1台、モニター、ステアリングのついたゲームパッドからなりインターネット通信環境の整った場所であればどこにでも設置可能である。遠隔操作は画面上のボタンをマウスでクリックする方法、キーボードで操作する方法の2通りで行うことが可能である。

ダンプ誘導装置は、合材運搬ダンプのAFへの進入、離脱、荷台の上げ下げを写真—5に示すようなインジケータによってダンプ運転手に指示するもので

ある。従来は誘導員を配置したり、AFオペレータが手で合図したりしていたが、視認性や安全性の向上が期待できる装置として普及が進んでいる。本開発では、このダンプ誘導装置を音声によりコントロールできる機能も装備した。

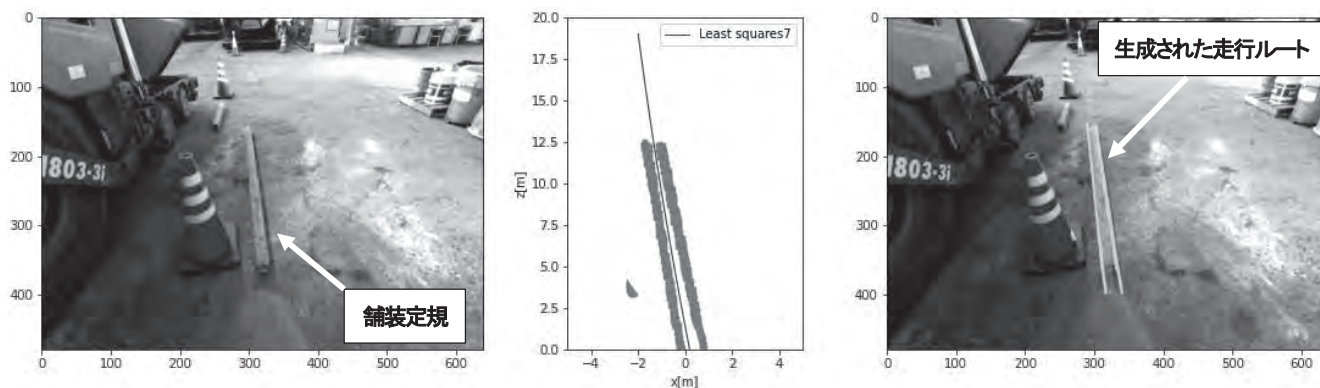
5. AIによる自動操舵機能の付加

AF運転手は舗設作業時AF本体の運転に加え、合材の供給状況やAF周囲の安全確認などに配慮しなければならない。そこで遠隔操作時にもその負担を軽減するためにAFのステアリングを自動操舵することを試みた。

自動操舵システムは、既にクローラタイプのAFで三次元設計データを用いて自動操舵するものは実用化されている。本開発ではホイールタイプのAFで三次元設計データを使わずに自動操舵するシステムの開発を目指した。開発する自動操舵システムは、自動車で用いられているAIによる画像認識で前方、側方の道路状況をリアルタイムに解析し、舗装端部（切削端部や舗装定規）から目標経路を鳥瞰図に座標変換、二次関数に近似し、道路曲率、道路ヨー角、横位置ずれを計算し、目標ステアリング角度を算出、自動操舵するものである。自動車の自動操舵で目印となる路面標示（白線）に対応するものとして、路面切削の端部や舗装定規、路面の墨打ちなどが想定されるが、本開発では画像認識しやすいと考えられる舗装定規をガイドとして採用した。AIによる自動操舵は写真—6に示すようなカメラを設置し、図—3に示すように舗装定規の両端を認識しその中央を走行ラインと認識するようにプログラミングした。

6. 屋外検証

システムを実装したAFで社内敷地構内での動作実



図ー3 AIによる走行ルート作成イメージ



写真ー6 自動操舵走行用カメラ



写真ー7 遠隔操作基地での画面表示

証を行った。遠隔操作基地での画面から視認状況を写真ー7に示す。

遠隔操作による AF の前後進制御、ステアリング操作、作業装置（ホップ開閉、バーフィーダ操作、スクリュー操作、ホーン）は想定通り動作することが確認できた。ダンプ誘導装置の音声操作に関しても動作することを確認した（写真ー8）。

AIによる自動操舵の動作実証時の舗装定規の認識状況は、概ね舗装定規端部を正確に認識し、正しい走行ルートが作成できていたが、日射による影や舗装ジョイント等基面のコントラストが変化する箇所で、舗装定規を正確に認識できず誤った走行ルートを作成する現象が見られた。そこでカメラ設置位置や画角、画像認識範囲を調整するなどして誤認識の発生しにくい設定を行った。

また、遠隔操作を実施する際に懸念されるデータ遅延については、最大で1秒以内であり実用上ほぼ問題ない程度といえる。

7. 現場検証

構内での検証結果を踏まえ、2023年11月に実道での現場検証を3日間行った。現場は群馬県内の片側1



写真ー8 現場における自動操舵認識状況

車線の国道の舗装修繕工事（切削オーバーレイ）で実施した。

現場での実証は、安全を考慮し AF オペレータは従来通り2名配置し、上乗りオペレータも従来通り運転席に搭乗させて作業を行った。また遠隔操作も遠隔操作ノート PC を AF に搭載し AF 上から遠隔操作、つまり写真ー9に示すように重機の操作盤を用いずに現場でノート PC を用いて AF の操作を行った。

現場での遠隔操作で一連の操作が問題なく動作することを確認した後、当社技術研究所（栃木県）からの遠隔操作を行った。その操作状況を写真ー10に示す。遠方からの操作においても通信の大きな遅延はなく作業可能であることが確認できた。また自動操舵の認識



写真—9 現場における遠隔操作状況



写真—11 非常停止端末



写真—10 遠隔操作基地からの操作状況

AIは当初舗装定規を認識するように設定されていたが、当現場では舗装定規は使用していないため、路面切削の端部の段差を走行ガイドとして認識させたが、重機走行に支障をきたすような誤認識は発生しなかった。

現場での遠隔操作は機能的には問題なく行うことができたが、適用する上での大きな課題として電線、標識といった架空物、マンホールなどの路面構造物が遠隔操作画面からの視認は困難であることがあげられる。今後これらの障害物認識について対策を講じていく必要はあるが、当面は適用現場に条件を付けた運用を行っていく予定である。

8. 安全対策

当システムは将来的には舗設作業の無人化を想定しているものであるが、それを実現するには安全面の対策も講じなければならない。

本開発では、いかなる場合でも瞬時にAFを停止させることができるように写真—11に示すように無線式の非常停止端末を重機に配備している。また写真—12に示すようにシステム上では人間を認識できるよ



写真—12 AIによる人間の立ち入り認識

うになっており、これによりAFを自動停止させることも可能である。ただし現状のAFでの舗設作業時は、AF周辺に人間が立ち入ることは避けられず、自動停止を機能させると舗設作業が進まなくなることが考えられるため、現時点ではAFを自動停止させる機能は持たせていない。今後の現場検証によりデータを蓄積し、自動停止機能の装備の検討を進めていく予定である。

9. 効果と課題

自社構内および現場施工における検証では、当初目標としたAFの操作が遠隔で動作することが確認できた。これにより従来2名体制で現場に臨んでいた機械技術員が、1名は現場へ赴かずに舗設作業を行うことができ、舗設現場の生産性向上や、機械技術員の働き方改革の実現といった効果とともに、遠隔操作を行わない場合には、未熟なオペレータに対して遠隔で熟練

者が教育することも可能になり、人材育成・教育という面での効果も期待できる。

一方、これまでの検証において得られた課題は以下のとおりである。

- ①AF周辺、特に敷きならし装置周辺の視認がしにくい。
- ②架空物や路面構造物を視認しにくい。
- ③遠隔操作時に臨場感が感じられない。
- ④安全性を確保するための運用方法の確立。

①は上乗りオペレータは敷きならし装置内にあるアスファルト合材の量を視認しながらダンプトラックから荷下ろしを行うことから、カメラを追加するなどして視認性の向上を図りたい。

②は早急に対応策を講じるのは困難と考えられるため、前述のとおり当面は適用現場に条件を設定して運用を図る予定である。

③は現在キーボード、マウスで行っている遠隔操作をより現実に近い状況で行えるよう装置の改良を図っていく予定である。

④については、現状の舗装現場は多くの人間がAFの周りで作業を行っている。非常停止装置などシステム上の安全対策は施しているが、当面は遠隔操作時も従来通りAFは2名体制で運行し、安全面を含めたデータ収集を行う。また2024年3月に国土交通省から示された「自動施工における安全ルール Ver.1.0」に沿った運用の適否についても検証を行っていく予定である。

10. 今後の取り組み

今後は架空線など支障物のない現場での適用を進め、操作性や自動操舵精度の向上を図りつつ、更なる現場での運用上の課題の抽出を行っていく。

舗装分野における建設機械の自動化は、マシンコントロール技術による敷きならし装置の自動制御においては進んでいるが、重機本体の走行に関する開発は緒についたばかりである。今回AFの遠隔操作技術の開発に取り組んだが、最終的には舗装機械の自動化、舗装現場の無人化を目標とした場合、そこまでの道のりには様々なハードルがある。しかしこの目標が達成できれば舗装現場の省力化、生産性向上に大きく貢献できるものと考えている。DXの波は目まぐるしい速度で押し寄せてきているが、一步一步着実に開発に取り組んでいく所存である。

JICMA

《参考文献》

- 1) 高野 漠, 舗装機械の使い方 第2版, 建設図書, 1995.8

【筆者紹介】

板東 芳博 (ばんどう よしひろ)
世紀東急工業(株)
技術本部 技術研究所
所長



アスファルトフィニッシャーの自動化

寺 元 陶 太・浅 井 友 章

アスファルトフィニッシャーの自動化は古くから実施されており、舗装厚さ制御の自動化は40年以上前から製品が発売され一般的に使用されている。近年では3次元設計データを基準とした3D-MC (Machine Control) に対応した機器も使用されているが、それらも舗装厚さの制御がほとんどであり、舗装厚さ以外の制御に対応したものは少ない。その理由としては3D-MC で使用する3次元設計データと実際の現況データとに相違があり、そのため周囲の構造物の形状を捉えるための現場の測量やデータの作成に時間が掛かることがあげられる。

本報では3次元設計データを必要としない、アスファルトフィニッシャーの操舵およびスクリッド伸縮の自動制御について紹介する。

キーワード：アスファルトフィニッシャー、自動化、省力化、安全性、制御

1. はじめに

アスファルトフィニッシャーにおける自動化の歴史は古く、当社では40年以上前より舗装厚さの自動制御に対応した機械を生産している。現在では超音波センサー等を用いた舗装厚さ制御は一般的に使用されており、近年では測量機器メーカーから3次元設計データを使用した制御装置が発売されi-Construction の対応として広がりを見せている。

舗装現場ではアスファルトフィニッシャーの周囲には作業者が多く（写真—1）、機械の移動に合わせ動きながら作業する。そのため、オペレーターは周囲への安全配慮が必要となるが、アスファルトフィニッシャーには操作装置が多く、オペレーターが操作に集

中すると安全配慮がおろそかになることがある。また、オペレーターの操作が間に合わない場合、例えば舗装幅が不足した場合は不足分を作業者が補修する等の無駄作業が発生し、作業効率の低下、舗装品質の低下の要因となっている。このような課題に対応するため、さらなる自動化装置等の開発が必要とされている。

2. アスファルトフィニッシャーの自動化装置

現在使用されているアスファルトフィニッシャーの自動化装置は主に2種類あり、2D-MC (Machine Control) と3D-MC に分けられる。

(1) 2D-MC

アスファルトフィニッシャーにおける2D-MC とは一般にAGC (Auto Grade Control) 装置と呼ばれるもので、現場に設置された基準との距離をスクリッドもしくはスクリッドアームに取り付けられたセンサーにおいて測定し、舗装厚を変化させるレベリングシリンダに指令を出してスクリッドの高さが目標高さになるように舗装厚を調整するシステムのことである。

当初は基準面やワイヤーロープ上を直接滑らせて高さの変化を測定する接触式センサーが主流であったが、後に超音波を使用して基準までの距離を測定する非接触式センサーが開発され現在では広く使用されるようになった。最近では複数の超音波センサーを装備



写真—1 舗装現場

した非接触式センサーも開発され精度向上を図っている（図—1）。

(2) 3D-MC

アスファルトフィニッシャーにおける3D-MCとは、位置計測装置を用いてアスファルトフィニッシャーのスクリードまたは、スクリードアームに設置された計測装置の現在位置座標を計測し、現在位置座標から算出した現舗装高さデータと施工箇所の3次元設計データの差分に基づき、左右のレベリングシリンダに指令を出して所定の舗装高さとなるよう自動制御するシステムである（図—2）。

位置の計測装置には、自動追尾式 TS（Total Station）を用いるものと GNSS（汎全地測位航法衛星システム）を用いるものがある。TS 方式では機械に設置したプリズムを自動追尾式 TS で追尾し、位置情報と高さ情報を同時に高い精度で計測する。一方、GNSS 方式では複数の衛星電波を受信することで位置情報を取得し、基地局と機械に設置された移動局との間で無線により誤差を補正する RTK-GNSS 方式を使用することで高い位置計測精度を実現している。しかし RTK-GNSS 方式においても高さ精度は cm 単位での計測が限度であり mm 単位の精度が求められる舗装工事では



図—1 2D-MC



図—2 3D-MC

は実用性がないため、別途設置したゾーンレーザーにより mm 単位の高さ計測を行っている。

3. アスファルトフィニッシャーの自動化における問題点

アスファルトフィニッシャーの自動化はこれまではほぼ舗装厚さの制御のみとなっており、その他の装置の自動化はほとんど行われてこなかった。これは3次元設計データを使用して操舵やスクリード伸縮の制御を行うことは可能であるが、操舵やスクリードを追従させるためのデータを別途作成する必要がある、舗装厚さの3D-MCよりもさらに手間がかかる。また、実際には現場にある構造物や施工時に使用する型枠に追従する必要があり事前に作成した設計データだけでは精度よく追従させることが難しいという問題があったためである。

4. ステレオカメラを使用した自動制御

上記問題点に対応した、ステレオカメラを使用したアスファルトフィニッシャーの自動制御装置を紹介する。

本装置ではステレオカメラを使用し現場の基準となる型枠や構造物、切削段差を検出し、操舵およびスクリード伸縮位置の制御を行うものとなっている。使用機器を図—3に示す。

ステレオカメラの機能および車両制御の概要は下記のようにになっている。

(1) ステレオカメラの機能

ステレオカメラはレンズが路面方向に向けられ、範囲内の路面の高低差を検出することで高さの違いを段差として検出することができるようになっている。検出された段差はカメラ内でデータ処理され1本の直線（検出エッジ）の情報（ θ ， $d1$ ）として車両側に送られる。また、カメラ中心線上にある実際の段差位置についても情報（ $d2$ ）を車両側に送信する（図—4）。

(2) 操舵制御

操舵制御は左右のステレオカメラで検出されたエッジの情報「 θ ， $d1$ 」を用いて行われ、自動制御コントローラーで検出エッジの情報を車両中心が追従すべき施工中心線に変換し、前輪（操舵）軸から一定距離前方の施工中心線上に設定した目標点へ向けて舵角の制御を行う（図—5）。

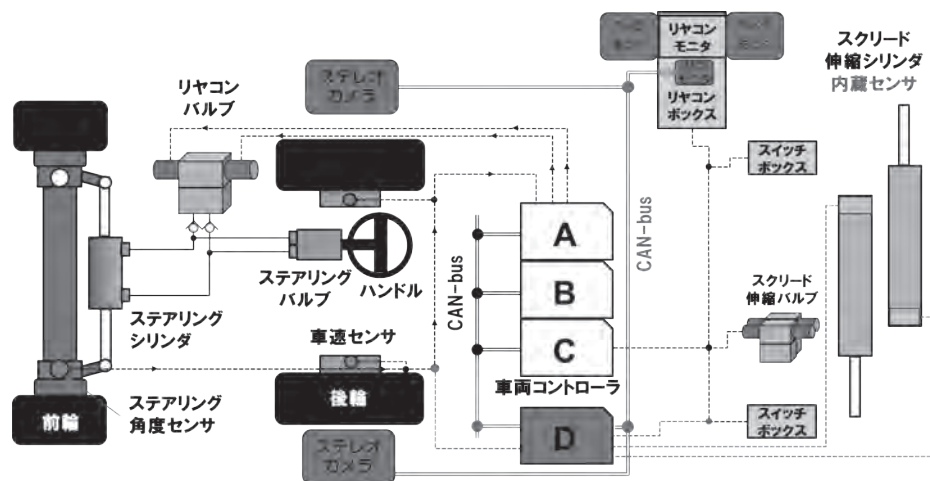


図-3 使用機器・構成

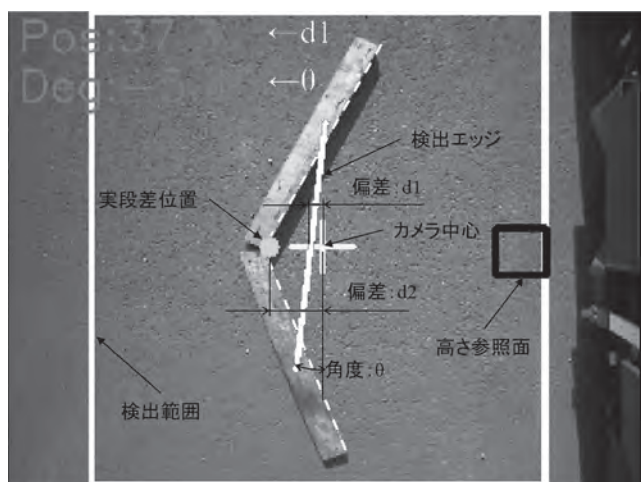


図-4 ステレオカメラ画面

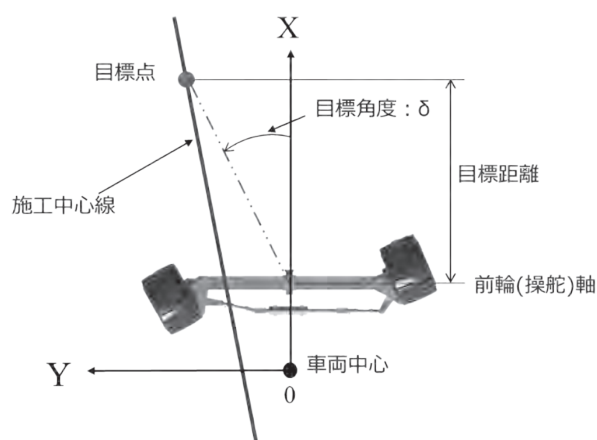


図-5 操舵制御

(3) スクリード伸縮位置制御

スクリードの伸縮位置制御はステレオカメラから送信される「 $d2$ 」を使用しており、手順としては自動制御コントローラーに、まずは車両中心に対するカメラの相対位置を事前に入力しておき、制御開始地点での車両中心軸を基準とした座標系で検出した実際の段差位置の座標を記憶する。次に舵角センサーや車速センサーの情報を使用し車両が一定距離移動した後の車両位置を計算し移動後の段差位置座標を順次記憶していく。記憶された段差位置座標からスクリードが追従すべき位置を求め、伸縮量の制御を行う（図-6）。

これらの機能により施工現場の設計データを必要とせず、現地で機器を取り付けるだけで自動制御を行うことができる。

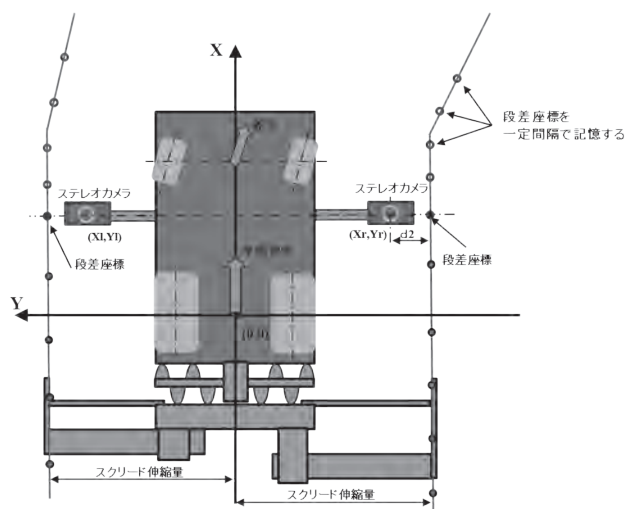


図-6 スクリード伸縮位置制御

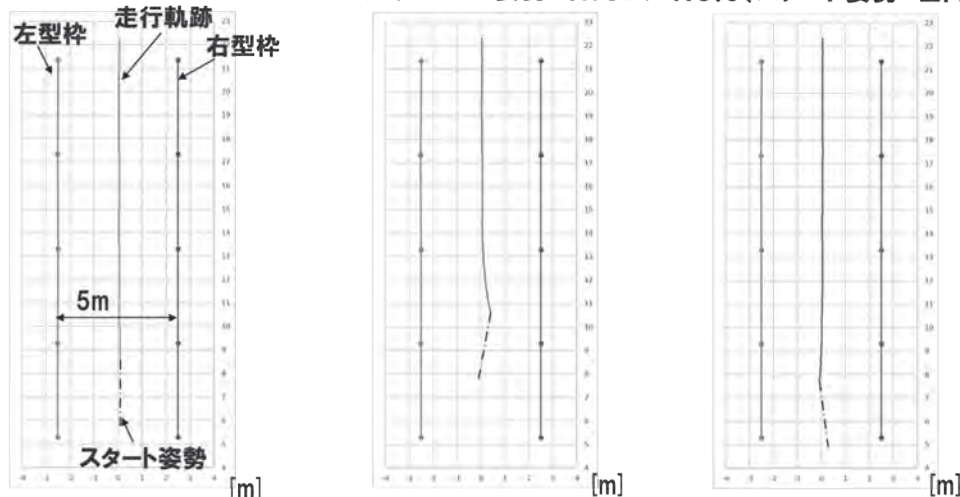
5. 社内試験

ステレオカメラを使用した自動制御を使用して自動操舵およびスクリード伸縮の社内試験を実施した。

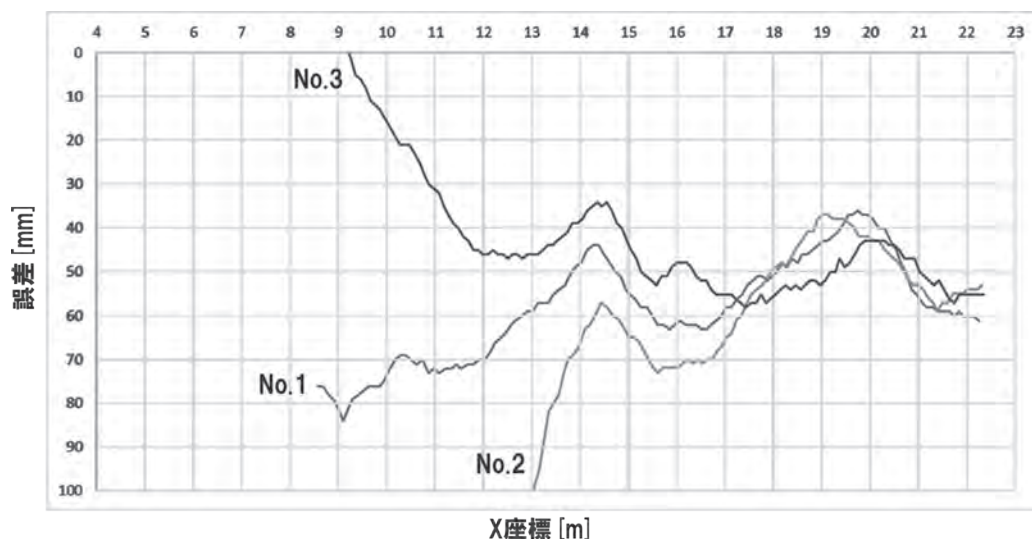
(1) 自動操舵試験

図-7は長さ4mの型枠を左右4本ずつ使用して作成した直線コースを示す。左右の型枠の間に設置されたアスファルトフィニッシャーのスタート時のコースに対する傾きおよび横ずれ量を変えて前輪軸の中央

NO.1(スタート姿勢:正面) NO.2(スタート姿勢:右向き) NO.3(スタート姿勢:左向き)



図一七 社内試験直線コース



図一八 誤差 (直進)

が通過した軌跡をトータルステーションで追尾測定し型枠中央に対する誤差を計測した。その結果を図一8に示す。走行距離10m程度で各パターンはほぼ同じ所を通り、x座標22mのコースの終点では各パターンの差は10mm以内に収まっており自動操舵制御の再現性精度は十分と言える。

(2) 自動スクリード伸縮制御試験

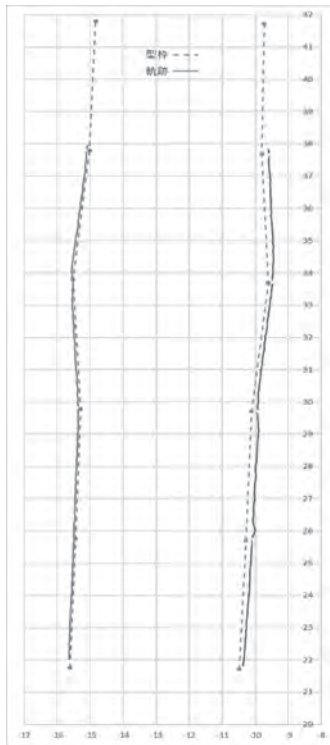
自動スクリード伸縮制御試験は型枠でコースを作成し、型枠長手方向の端部座標をトータルステーションで事前に計測したものに対し、スクリード端部にターゲットを設置し追尾計測した軌跡をグラフに重ねた。結果を図一9, 10に示す。図一9は直線で幅が増減するコースとなっており、概ね追従できているが右スクリードについては測定の誤差もありズレはあるが形

状を追尾できている。図一10, 11は半径約12mのカーブしたコースとなっており型枠に合わせて操舵するとスクリードの自動制御を入れない場合、カメラが型枠の継ぎ目付近を通る度にステアリングを大きく切るため、スクリード端部は型枠から外れているが、制御有りの場合はスクリード端部は型枠上を追従できており、制御の有効性が確認できた。

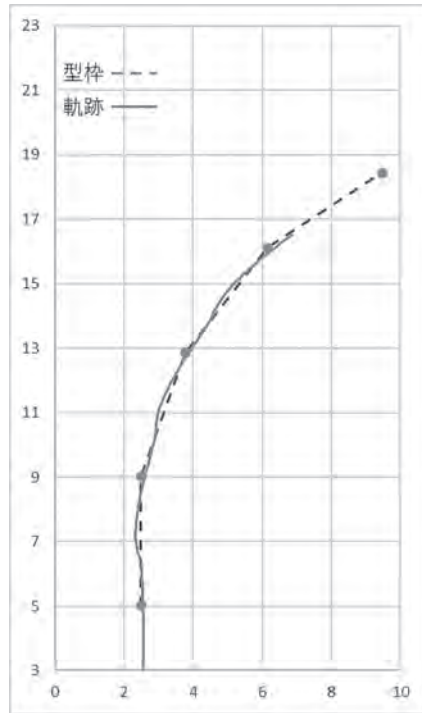
6. 実施工試験

ステレオカメラを使用した自動制御を用いて実施工試験を行った。

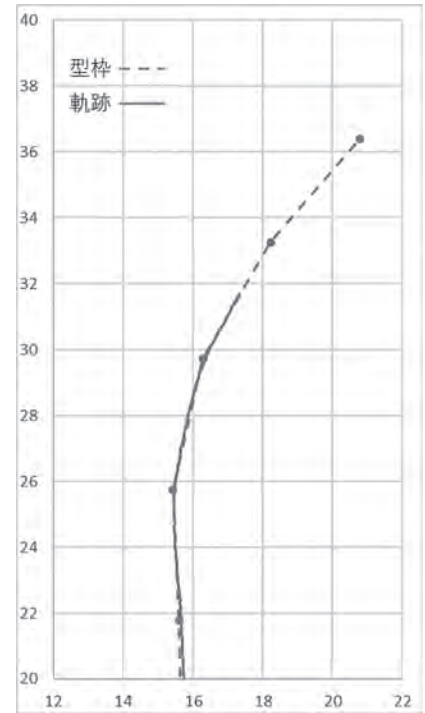
1つ目の現場は工場敷地内の通路舗装で直線約80m、左側が側溝、右側は建屋の現場となっており、側溝の縁および建屋の壁を段差として検出し自動施工



図—9 スクリード伸縮制御試験①



図—10 スクリード伸縮制御試験②（制御無し）



図—11 スクリード伸縮制御試験②（制御有り）



写真—2 試験施工①



写真—3 試験施工②

を行った。この現場では雨水枡が現場内にありそれを回避するため枡の前後に型枠を設置した緩衝区間を設けた（写真—2）。

2つ目および3つ目の現場は施設内の通路舗装で型枠、コンクリート構造物、縁石、ホットジョイントを検出し施工を行った（写真—3、4）。このように検出対象、条件の異なる現場での試験施工を実施し実用化へ向けて開発を進めている。一方、現場施工での問題点として検出の安定性改善や、周囲への制御状況の周知、自動で動くことへの安全確保といった課題もあり対応を進めている。



写真—4 試験施工③

7. おわりに

今回3次元設計データを使用しないステレオカメラを使用したアスファルトフィニッシャーの自動制御装置を紹介した。施工現場の安全性、生産性の向上や少子高齢化による作業員確保が困難となることへの対応として、今後自動制御への関心、期待は今以上に大きくなっていくと思われる。そのような期待に応え、建設業界の課題に貢献する機械づくりを目指して今後も開発を行っていく所存である。

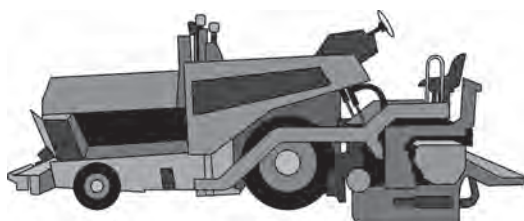
J C M A

【筆者紹介】

寺元 陶太（てらもと とうた）
住友建機㈱
技術本部 道路機械技術部
主任技師



浅井 友章（あさい ともあき）
日本道路㈱
生産技術本部 技術部
課長



施工現場の各プロセスの調和へ向けた プラットフォームの構築

SiteOrchestration による施工のオートメーション化への対応

新 居 和 展

2024 年 4 月に国土交通省より i-Construction 2.0 が発表され、更なる施工業務の省人化を目指すには測量機および ICT 建機を活用したより一層の生産性向上を追求することはもとより、3 次元データや 3 次元モデルを扱う設計や施工管理業務の効率化、更には現場に関わるあらゆる情報をデジタル化して施工プロセス全体でオートメーション化を目指す変革が必要である。本稿では、現場の「ヒト」・「モノ」・「コト」をデジタルに扱い、施工業務全般で調和を図る次世代プラットフォームとして開発・検証を行っているクラウドシステム「SiteOrchestration」（以下、本システム）について紹介する。

キーワード：オートメーション化、デジタルツイン、プラットフォーム、3 次元データ、アセット管理、オーケストレーション

1. はじめに

「建設 DX」という言葉が数年前から使われるようになってきた。DX の定義である「業務、組織、プロセス、文化・風土や働き方の変革」をインフラ分野で実現しようとする狙いのもとに、現場の施工業務では ICT 技術を積極的に利活用するフェーズから一歩前進し、AI による現場業務の自動化や生成 AI を活用した管理業務の自動化、ロボットによる省力化・リモート化が進んでいる。今年の春には i-Construction 2.0 が提唱され、施工の更なる省人化や安全確保を目指すには、ICT・AI・ロボットを更に適切に活用していくことが鍵となり、これまで現場業務の生産性向上を牽引してきた ICT 施工についても、これら最新技術を掛け合わせるなど更なる進化を追求していく必要がある。

また i-Construction 2.0 では建設現場のオートメーション化について提言されている。これは測量機や ICT 建機の活用もさることながら、現場に関わる「ヒト」・「モノ」・「コト」をデジタルデータとして扱い、施工業務の中でそれらを様々な仕組み（システム）で連携させながら省人化した現場や工事事務所と本社など、遠隔からでも円滑にデータ活用することにより、「施工管理のオートメーション化」の実現が図られていくものと考えている。本稿では、現場の ICT 施工だけにとどまらず、施工に関わる様々な業務において施工プロセス全体の一貫したデータフローやワークフローを実現するために、デジタルツインを活用した本シス

テムの開発経緯・目的・機能・分析・今後の展望について紹介する。

2. 開発の背景

2016 年より i-Construction が建設業界全体で推進されており、現場作業における 3 次元データの利活用と ICT 技術の進歩により業務の生産性向上が図られている。測量機は小型化し機能は増え、通信技術の高速化により計測データはすぐさまクラウドにアップロードされ、一人で測量が可能となり作業効率が上がった。ICT 建機については、やはり現場の通信インフラが以前にまして整ったことで設計データと施工履歴データを現場の内外でシームレスに連携できるよう機能向上が図られている。

だが、冒頭で触れたように i-Construction 2.0 によるオートメーション化を実現するためには、自動施工のための環境整備の他、施工データの集約・活用するための基盤整備と言った「施工のオートメーション化」、集約したデータの活用を推し進める「データ連携のオートメーション化」、そして ICT の更なる発展と最新技術を掛け合わせることでできる「施工管理のオートメーション化」が必要である（図-1）。

これまでも筆者らは現場施工における ICT の利便性を追求する中で、強みである測量機を主体に計測機器と通信機器を重機に組み合わせ、「スマートフォン」のようにインターネットにつながる（そしてそれは測



図一 建設現場のオートメーション化に向けたトップランナー施策
 出典：国土交通省（<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001738240.pdf>）

量機代わりにもなる）多機能な「ICT 建機」として進化させてきた。最近では建機の自動化・自律化を実現し、「施工のオートメーション化」を目指して現場で検証を重ねて ICT 建機の更なる進化を目指している。またこれら ICT 製品群と切り離せない 3 次元データの管理機能についてアプリケーションの機能拡充を図ってきた。具体的には、出来形管理や品質管理など現場で行う施工管理を、クラウドと通信技術を活用して測量機や ICT 建機とつながるデジタル化を推進してきたが、詳細には扱う機械・機材の違いやデータの多様性により、システムを切り替えて運用する必要性や、国内の基準に適合しづらい機能なども一部残る。そのため一貫したデータフローとワークフローを実現するために、デジタルツインを活用した仮想空間で 3 次元データをシミュレーションし、現実世界の現場とよりシームレスにつなげ、国内における現場施工の効率化を高めるために、これまで用途に応じて分かれていたシステムを 1 つのプラットフォームに統合すべく開発することにした。

3. システム概要・開発コンセプト

これまでも CAD ベンダーや建設系の IT ベンダーは各社様々な仕組みとしてクラウドを活用した SaaS 型の施工管理システムを展開している。それらは現場の情報をデジタルツイン上で定義し、仮想空間で測量データ、設計データ、施工履歴データを扱うことが可能であるものの、全てを 1 つのシステムで扱えない、

あるいはデータは取り込めても日本固有の基準や規格に適合しないアウトプットになる、などの課題がある。特に 3 次元モデルにおいては属性付与の階層や粒度がシステムによって統一されないことは発注者・利用者双方において大きな課題であり、3 次元モデルを設計から施工、その後の維持管理まで展開できない主たる要因になりうる。

新たなシステムを開発した経緯として、自社だけでなく様々なシステムで作成された 3 次元設計データを測量機や ICT 建機にシームレスに連携し、そこで取得した施工履歴データを国内基準に合う形で出来形や品質管理に活用するため、こちらも必要に応じて他社システムへシームレスにつなげていく狙いがある。

現場業務を担うユーザーが設計作業を行う上で、あるいは施工データを管理する上で、様々なシステムを活用してデータ変換や加工・編集し、その業務を成立させているが、これをより統一的に扱える仕組みであることが理想的である。だが、多様な現場業務を完全に包括して単一のシステムで全て行うことは当然難しい。データの IPO（Input・Process・Output）をユーザーが手作業で加工・編集・管理するのではなく、他社製品との連動性を向上させることで一貫性を持たせることを目指し、様々な仕組みと API 等でデータ連携できることをコンセプトに開発を行っている。究極的に目指すのは土木施工プロセス全体でデータ連携できるようにすることであり、一貫したデータフローとワークフローを提供する次世代プラットフォーム（図一 2）を構築したいと考えている。システムの名称に含まれ



図一 施工業務全般をつなぐ本システムのイメージ

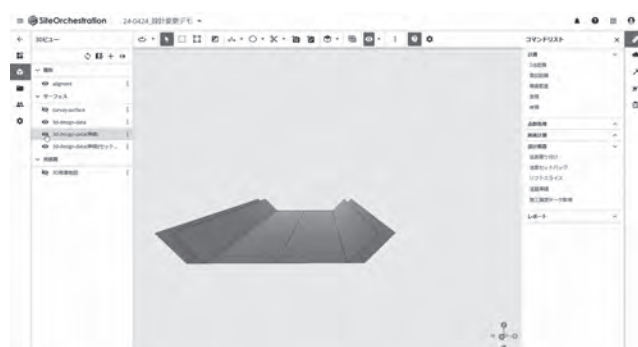
る「オーケストレーション (Orchestration)」とは、様々な楽器の演奏者を組織化、編成、調整、編曲などの意味を持つ英単語であり、IT の分野では、大規模で複雑な情報システムの管理をソフトウェアによって効率化、省力化、自動化する場合に呼ぶことが多く、まさに建設現場の業務を少しずつ便利にすることでオートメーション化が図られることを目指して企画し開発を進めている。このシステムが持つ機能として、冒頭から述べている通り、測量機や ICT 建機を有効に活用すべく 3D データの管理機能に主眼を置いている。今後、より様々な工事や工種に対応していく必要があるが、測量機をはじめとした ICT 機器と 3D データとの関連性をより高めた仕組みにしたいと考えている。

例えば道路施工において、3次元の線形データを設計情報としてシステムに登録する。当初の設計に対し、現況測量を踏まえて現場で詳細な施工計画を立てる上で必要に応じて法面の擦り付け、法面伸縮、セットバック (図一 3)、リフトスライス (図一 4) といった機能を用いて現場施工により適合させた設計データの編集を行う。それを設計情報として ICT 建機に配信し MC/MG による施工を行って、施工履歴データをデジタルツインで保存管理する。

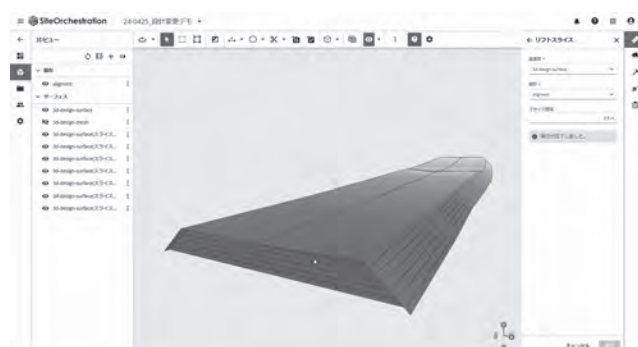
出来形管理や土量管理を行うために構造物のモデルだけでなく、3D レーザースキャナーで計測した点群データを取り込むことで、ジオリファレンスや計測点群の密度チェック、あわせて地表面や建物、植生などを自動的に分類する機能、点群データの間引き処理なども行えるようにしている。

3次元的に設計データと施工履歴データを重ね合わせ (図一 5)、道路測点や任意地点での横断形状なども 3D で可視化されるため、時系列情報と共に扱うことで進捗管理に活用できる。

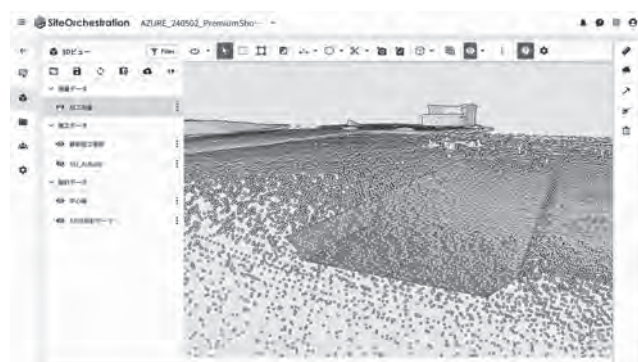
このように現場の計画と現況との差異を、3D データを主体にデジタルツインで管理し、様々なメーカー



図一 3 線形データに対し、法面をセットバックしたイメージ



図一 4 線形データに対し、リフトスライスしたイメージ



図一 5 構造物と点群データを重ね合わせたイメージ

のドローンやスキャナー、そして建機とつながり、多様な工事・工種へと対応を拡げていく「データ連携の

オートメーション化」を実現したいと考えている。

4. 分析結果

3D データ管理機能は測量機や ICT 建機を用いた施工業務において、測量・設計・施工履歴の管理まで、一貫したプラットフォーム上で扱えることが施工管理業務の効率化・省力化のために重要であることは前述したとおりである。しかしながら実際には、測量データから点群データの生成、設計データの作成、施工履歴データによる出来形管理では扱うシステムが異なるケースが通常であり、他社のシステムで用意・作成されたデータも統一的に扱うことができると実際に現場業務を担うユーザーの利便性が高まることが分かってきた。そこで改めてこの欠点を補うべく 3D データ管理機能の強化に着手してきた。

だがここで、オートメーション化という観点と照らし合わせた場合に、3D データ管理機能だけでは高度化される施工管理業務が限定的であることも同時に分かってきた。現場では ICT を活用しない施工業務や、ICT が搭載されていない建機を活用する割合が依然として高い。そこでユーザーが現場で行う様々な業務に目を向け、そのユースケースを分析した結果、ICT を活用しない作業においても現場の様々な情報をデジタルで扱い、施工計画や工程管理、計画と作業実績による予実管理など、デジタルツイン上でシミュレーションが可能なアセットに関わる管理機能が必要であることが分かった。このアセットを管理することによ

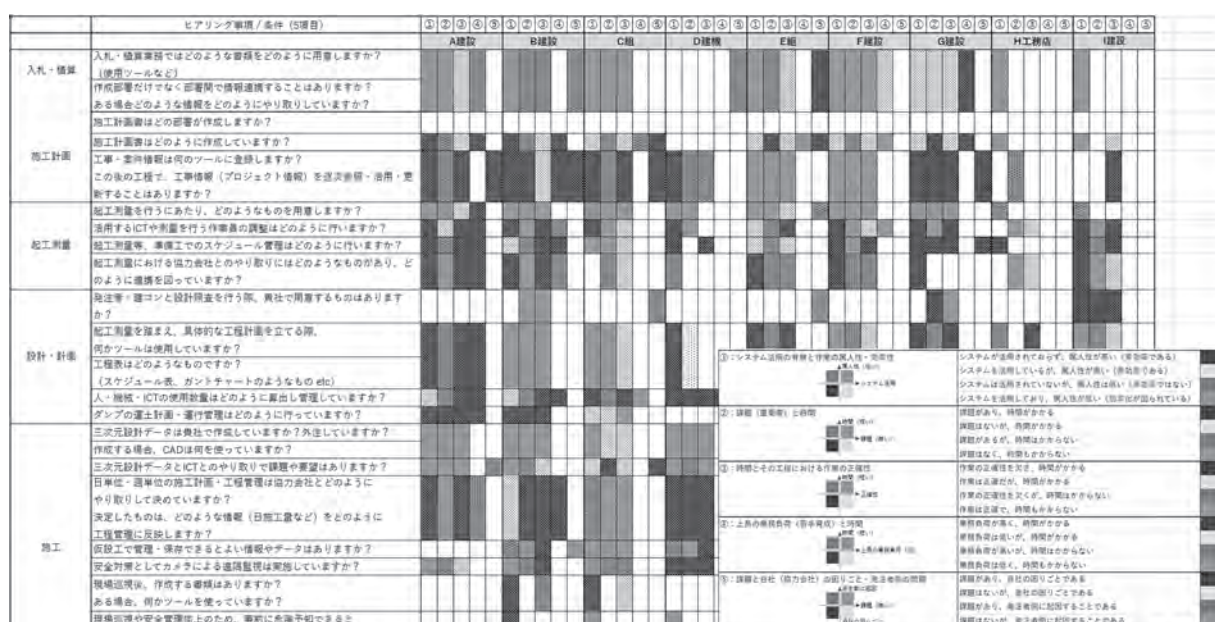
り、施工プロセス全体を俯瞰し、施工管理業務に対して適切に計画していくアプローチがないと ICT 施工自体の最適化が図られないのである。現場の様々な業務はまだアナログな作業で成り立ち属人性が高いことはその工事を請け負うユーザーの会社組織において深刻な課題であり、オートメーション化を阻む要因になっている。

我々が長年にわたり展開してきた ICT 施工だが、それだけをより進化させればよいという発想から視点を変え、オートメーション化への鍵となるアセット管理の必要性を仮説として立て、では実際にどのようなデータを扱って業務を実施し、それを管理業務に落とし込むには何がニーズとしてあるのかを全国の建設会社、重機土工会社に対して詳細にヒアリングし、現場業務の現状 (AsIs) から必要となる機能の洗い出しを分析・検証した (図—6)。すると次項で示すような現場のアセットを管理するプラットフォームが必要であることが分かってきた。

5. アセット管理の構想と適用

アセット管理機能とは前述したとおり、ICT 施工にとどまらず、現場の「ヒト」(作業員)・「モノ」(デバイス)・「コト」(工事・工種)に対して、実際に関わる様々な情報をデジタルデータとして仮想空間で扱い、そこでシミュレーションし、現実空間である現場での施工管理業務に活かすことである (図—7)。

具体的には、例えば ICT 建機は稼働台数や期間を



図ー8 ヒト（作業員）・モノ（建機・機材）を工程管理する画面イメージ

6. まとめ・今後の展望

現場の施工業務における3Dデータ管理機能の高度化とアセット管理機能の必要性、その詳細についてi-Construction 2.0で提唱されるオートメーション化を念頭に、現場業務の現状（AsIs）を整理し、現場業務の利便性を高めるために必要とされる仕様を取り纏めてシステム開発を行った。今後はこれら機能を様々な工種に対応させていき適用するかを検証していく。プラットフォームとしての位置づけからデータ連携を積極的に行ってシステムの機能拡張を図りユーザーの利便性を高めていきたい。また安全管理についても企画構想してアセット管理と関連させていきたいと考えている。

7. おわりに

アセット管理機能を企画構想する上で、全国の建設会社様、重機土工会社様にはお忙しい中、現場業務の現状をヒアリングさせていただき、大変参考となるご意見をいただいた。この場を借りて改めて御礼申し上げます。

J C M A

〔筆者紹介〕

新居 和展（にい かずひろ）
サイテックジャパン(株)
プロダクトマーケティンググループ
チーフエンジニア



低炭素社会の実現に向けた道路インフラの革新

走行中 EV にリアルタイムで給電できる無線給電道路の開発

新 藤 竹 文・遠 藤 哲 夫・久 野 晃 弘・
澤 口 実・大 平 孝・水 谷 豊

世界各国で地球温暖化対策が進む中、我が国においても「2050 年カーボンニュートラルの実現」を宣言し、脱炭素社会の実現に向けた取組みが加速している。我が国全体の CO₂ 総排出量の内、運輸部門の排出量は 20% 近くを占め、その約 86% は自家用乗用車や営業用貨物車など自動車からの排出である。国土交通省では、自動車関連の低炭素化に向けた国策の一つとして「EV 等の次世代グリーンモビリティの普及促進とそれに対応した革新的な道路インフラの整備への取組み」を掲げ、自動車と道路インフラを両輪とする技術開発を推進している。このような社会の趨勢を鑑み、著者らは、道路インフラに着目し、走行中 EV にリアルタイムかつワイヤレスで給電できる電界結合方式を基幹技術とする無線給電道路を開発し、現在、その高速道路への実装を目指している。本報では、ここに開発した無線給電道路を概説する。

キーワード：低炭素、道路インフラ、電界結合、無線給電、舗装、誘電率、誘電正接

1. はじめに

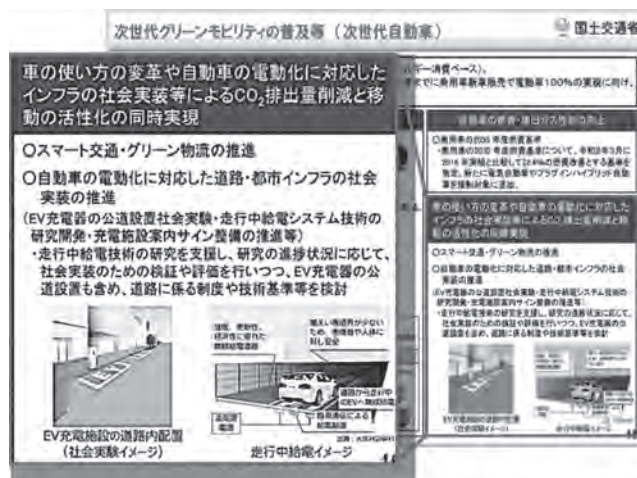
世界各国で地球温暖化対策が進む中、我が国においても「2050 年カーボンニュートラルの実現」を宣言し、2030 年度までに温室効果ガス 46% の削減、さらには 50% 削減の高みに向けた取組みが進められている。

国土交通省の統計資料¹⁾によれば、我が国の 2022 年度の CO₂ 総排出量は約 10.4 億トンであり、その内、運輸部門の排出量は約 1.9 億トンと 18.5% を占め、運輸部門の約 86% は自家用乗用車や営業用貨物車など自動車から排出されている。このような自動車関連からの CO₂ 排出量の削減に向けて、国土交通省では国策として「地球温暖化緩和策の取組概要」²⁾を掲げ、その施策の一つとして「EV 等の次世代グリーンモビリティの普及促進とそれに対応した革新的な道路インフラの整備への取組み」を推進している（図—1）。

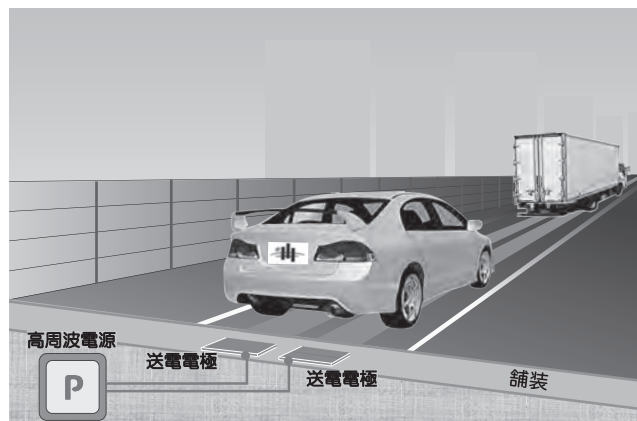
自動車関連の低炭素化の実現は、次世代モビリティと道路インフラの双方からの技術開発とその連携が鍵となる。このような背景の下、著者らは道路インフラ技術の革新に着目し、ここに、道路を走行する EV にワイヤレスで電力を供給できる無線給電道路を開発した。

無線給電道路の実装イメージを図—2 に示す。

本技術は、電界結合方式による給電を基幹技術とし、道路の一定区間全体にわたって、走行中 EV にノンストップかつリアルタイムで電力を供給するのを特



図—1 国土交通省「地球温暖化緩和策の取組概要」²⁾



図—2 無線給電道路の実装イメージ

徴とする。

本報では、著者らが開発した電界結合方式による無線給電道路について概説する。

2. 電界結合方式による無線給電道路の特長

(1) 電界結合方式の基本原理解

電界結合方式の基本原理解を図—3に示す。

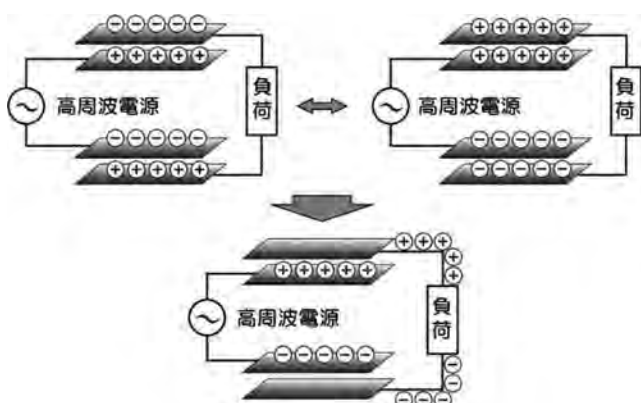
この方式は、送電側電極に電圧を印加し、電界を発生させ、対向する受電側電極に電荷を静電誘導させるもので、電源を高周波電源とすることで電荷の+/-が反転し、負荷に電力を伝送する原理である。このように、送電と受電の金属板を対向させることでコンデンサを形成する結合を電界結合と呼ぶ。

無線給電道路は、この電界結合の原理を応用している。薄肉の金属板を対向させるシンプルで軽便な形式であることから、電極が長尺であっても比較的容易に敷設でき、物流倉庫や製造工場などの広面積の床、さらには距離の長い道路など、広く長い範囲を全体にわたって送電するのに極めて適した方式と言える。

(2) 無線給電道路の特長

電界結合方式による無線給電道路の概念を図—4に示す。

道路の線形や長さに合わせて、幅0.5～1m、長さ数十mの金属板（送電電極）を舗装内に埋設し、その送電電極の長さ区間毎に1基の送電装置（高周波電



図—3 電界結合方式の基本原理解³⁾



図—4 電界結合方式による無線給電道路イメージ

源、整合回路等）を接続する。送電装置から高周波電力を送電すれば、埋設した送電電極の長さ全体にわたって電界が発生し、送電電極上を走行するEVの受電電極に送電される。その電力は、車載の整合回路により直流電力に変換され、バッテリーの充電や駆動モータの動力となる。

以下、電界結合方式による無線給電道路の主な特長を述べる。

(a) 送電区間全体にわたる連続給電

前述のとおり、埋設した送電電極の長さ全体にわたって送電できることから、EVが充電のために停車する必要はなく、その区間を走行している間はリアルタイムかつ連続的に給電される。また、1基の電源設備で長さ数十mの範囲を賄えることから、送電装置や配線接続などの設置数も少なくなる。したがって、信号待ちや一時停止のない長距離の連続走行を前提とする高速道路への適用が特に有効と言える。

また、無線給電道路において安定した給電性能を得るためには走行時の直進性も求められるが、幅0.5～1mの幅広の電極板を使用した大きな対向面積を有することで、給電性能に影響する走行中の横移動や左右ズレの許容範囲が広いことも特長である。

(b) 漏えい電磁界の影響する範囲が小さい

電界結合方式では、送受電電極間の離隔が小さく、対向する電極間に電界が集中することから、発生する漏えい電磁界が小さく、近接する人体や電子機器等への影響が少ないことが大きな特長である。

図—5に、送電電極上にEVが存在する場合としない場合の漏えい電磁界の発生状態を示す。

送電区間上に車両がある場合、送電電極と車両に取り付けた受電電極の間で電界が発生し、EVへの供給電力に寄与する。車両がない場合は、舗装内に埋設した左右の送電電極間に電界が集中し、解放面である路面からの漏えいは小さい。また、送電中の電力損失分は熱エネルギーに変換されるが、漏えい電磁界が小さいことから、車両や周囲の金属、送電電極そのものの電磁界にともなう発熱も小さい。一般的にアスファルト舗装は温度60℃程度から軟化を生じるが、このよ



図—5 電界結合方式による漏えい電磁界の発生状態

うに送電電極が高温にならないことがアスファルト舗装内に支障なく埋設できる理由でもある。

(c) 路車連携による給電制御の容易性

無線給電道路において、走行中のEVに効率よく、安定して給電するためには、車両の走行位置を的確かつリアルタイムに検知し、無線給電区間への進入と通過に合わせて出力電源のON/OFFを制御する、所謂、路車連携システムが必要である。著者らは、無線給電区間の車両進入部（電源ON）と通過部（電源OFF）に磁気マーカ（磁石φ80mm, 厚さ10mm）を埋設し、車両に取り付けた磁気センサでEVの走行位置を検知し、その検知信号を出力電源に送信して電源ON/OFFを切り替える路車連携システムを開発した（写真—1）。

道路に埋設した磁石を検知するシンプルな方式であり、また、検知センサの数量も少なく済むことから、長い区間を走行する車両の位置検知と電源ON/OFFを制御するのに大変効率的な方法と言える。

(d) 舗装構成および施工方法

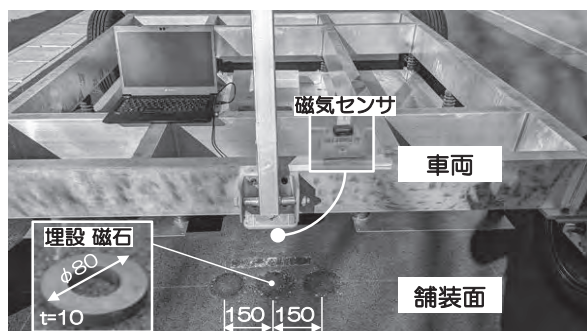
無線給電道路に敷設する送電電極や電源ケーブル等は全て舗装内に埋設されていることから、外観は一般的なアスファルト舗装の路面と同じであり、路面の平坦性や騒音性、すべり抵抗性等の走行性も通常のアスファルト舗装と同等の品質である。

また、施工面においては、埋設電極の敷設や排水性下層路盤層などの無線給電化特有の材料や作業はあるが、その殆どは一般的なアスファルト舗装と同じ施工手順であり、在来の舗装用建設機械を用いて施工できる。

さらに、わだち掘れの修繕や補修等の定常的なメンテナンスであれば、その修繕・切削深さよりも深部に電極が配置されているため、電極を痛めることなく一般的な切削オーバーレイ工法が準用でき、在来の維持管理手法の範疇で対応できる点も特長と言える。

(3) 無線給電道路の基本仕様

無線給電道路の要求性能には、EVへの無線給電に必



写真—1 路車連携システムの概要

要な電気的特性とともに、車両が走行する道路本来の舗装構造を満足させる必要がある。以下、これら主要な性能を満足するために設定した基本仕様を詳述する。

(a) 伝送周波数と送電電力

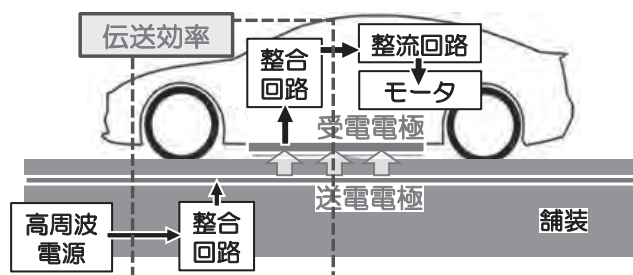
現在、総務省主管の情報通信審議会⁴⁾にて、工場や建設現場、物流拠点、ドローンポート等への利用を対象に、搬送用や建設用ロボット、ドローン駐機場等の無線給電化に向けて、周波数6.78MHz、送電電力4kW以下を基本仕様とした標準化が進められている。

ここに開発した無線給電道路においても、伝送周波数の仕様は6.78MHzを準用している。ただし、走行するEVへの無線給電を想定した場合には、さらに大きな電力が必要となる。そこで、出力10kWまで高めた高周波電源を新たに開発し、伝送周波数6.78MHz、送電電力10kWを基本仕様とした。

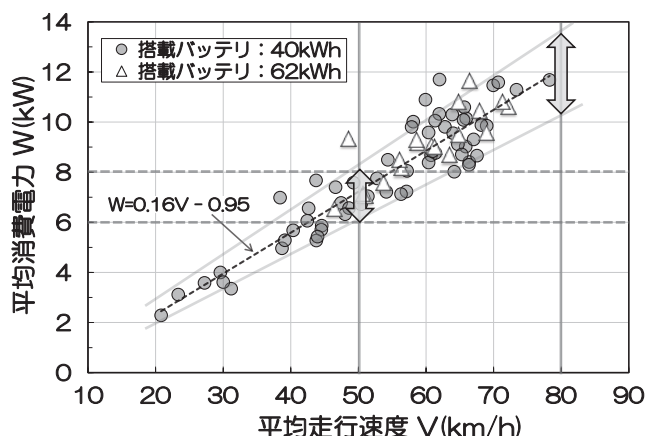
(b) 目標伝送効率

伝送効率とは、道路内の送電電極を伝搬した電力が車両に到達するまでに生じる電力の損失度合を示す指標である。ここでは、図—6に示すとおり、高周波電源側に設置した整合回路（入力側）を介した電力と車両側に搭載した整合回路から出力される電力との割合を伝送効率と定義する。

図—7に一般的な自家用EVの平均走行速度と平均消費電力の関係を示す。これは、自動車メーカーで紹介されているユーザードライブレポート等の公開情報を



図—6 伝送効率の定義



図—7 EVの平均走行速度と平均消費電力の関係

著者らが独自に整理・分析した調査結果である。

生活道路，高速道路，市街地，山岳地など，多岐にわたる走行条件が含まれるが，総体的には，平均走行速度 50 km/h の平均消費電力は 6～8 kW（平均 7 kW），速度 80 km/h の高速走行での平均消費電力は 10～14 kW（平均 12 kW）と見做せる。換言すれば，道路から電力 6～8 kW を EV に給電できれば，時速 50 km 走行の場合には航続距離を気にせずにノンストップで走行でき，さらに，時速 80 km の高速走行であっても，電力消費／給電のトレードオフによって，フル充電における標準的な航続距離の 2 倍程度，凡そ 1,000 km までノンストップで走行できることになる。

ここでは，時速 50 km で走行する EV に必要な消費電力を 6～8 kW（平均 7 kW）と推定し，送電電力 10 kW の場合の伝送効率の目標を 60～80%（平均 70%）と設定した。

なお，大型のバスやトラックのような車両重量 10 トン超クラスの EV が時速 50 km/h 以上で走行する場合の消費電力は自家用 EV クラスの 10 倍，100 kW 程度と試算される。現在，ここまで高出力の高周波電源は開発されていないが，世界的にこの種のパワーエレクトロニクスや半導体の開発スピードは目覚ましく，さほど時間を待たずに，大型車にも対応できる高周波電源が開発されると考えている。

表—1 アスファルト舗装の疲労破壊輪数の基準値⁵⁾
(日本道路協会：舗装設計便覧抜粋)

交通量区分	舗装計画交通量 (台/日・方向)	疲労破壊輪数 (回/10年)
N7	3,000 以上	35,000,000
N6	1,000～3,000	7,000,000
N5	250～1,000	1,000,000
N4	100～250	150,000
N3	40～100	30,000
N2	15～40	7,000
N1	15 未満	1,500

(c) 舗装耐力

電界結合方式による無線給電道路は，信号待ちや一時停止のない連続走行を前提とする高速道路への適用が特に有効である。高速道路に適用するためには，大型車両の走行に耐え得る舗装構造とする必要がある。ここでは，表—1 に示すとおり，アスファルト舗装の構造基準である大型車両（輪荷重 49 kN）の 10 年間の交通量区分 N7（3,500 万回/10 年）の疲労破壊輪数⁵⁾を満足する舗装構造とした。

3. 無線給電道路の全体概要

以下，無線給電道路の全体構成を詳述する。

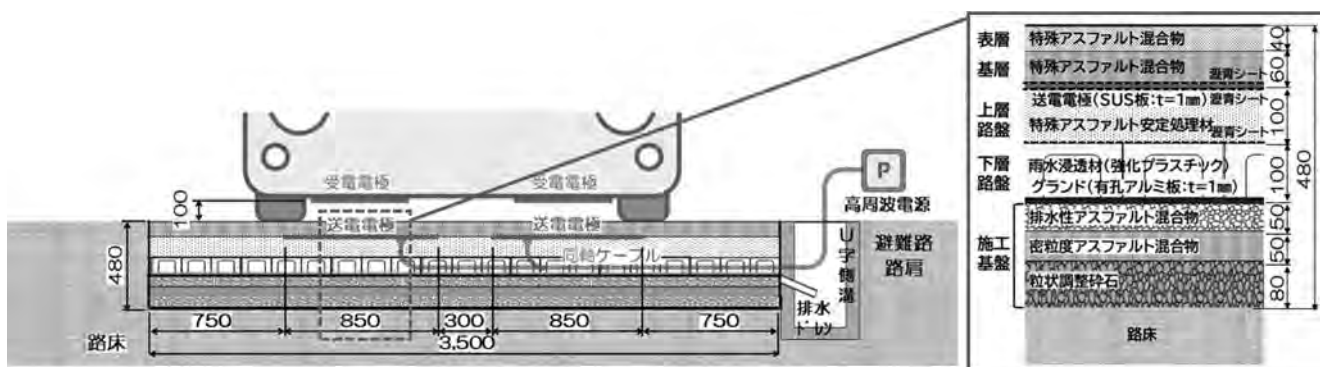
(1) 舗装構成

無線給電道路の舗装断面を図—8 に，舗装構成と各層の材質・電気的特性を表—2 に示す。

舗装断面は全厚さ 480 mm のアスファルト舗装であ

表—2 舗装構成および使用材料の特性

舗装構成		種別材質	電気定数		特記
区分	厚さ (mm)		比誘電率 ϵ_r	誘電正接 $\tan \delta$	
表層	50	アスファルト 混合物	4.97	0.01	セラミック 骨材使用
基層	50				
送電電極	—	SUS304 板 ($t=1$ mm)	3.54×10^7 (伝導率)	1.00 (透磁率)	上・下面 瀝青 シート 被覆
上層路盤	100	アスファルト 安定処理	4.05	0.012	セラミック 骨材使用
下層路盤	—	瀝青シート	1.99	0.011	シート厚 2 mm
	100	雨水浸透材	1.21	0.0003	硬質 プラスチック
グランド	—	アルミニウム板 ($t=1$ mm)	3.56×10^7 (伝導率)	1.00 (透磁率)	有孔径 ϕ 2 mm
施工基盤	50	アスファルト 混合物	—	—	排水性舗装
	50	アスファルト 混合物			密粒度
	80	粒状路盤			M-30



図—8 無線給電道路 舗装断面

り、深さ方向に、表層＋基層（アスファルト混合物、層厚 100 mm）、送電電極（ステンレス板、 $t=1$ mm）、上層路盤（アスファルト安定処理材、層厚 100 mm）、硬質プラスチック製の雨水浸透材を接合した下層路盤（層厚 100 mm）、電磁干渉を抑制するグラウンド（有孔アルミ板、 $t=1$ mm）、施工基盤（排水性アスファルト混合物＋密粒度アスファルト混合物＋粒度調整碎石：180 mm）の大きく 6 層で構成される。

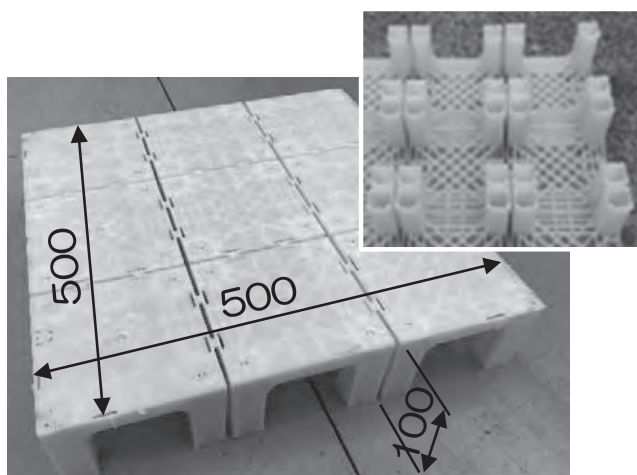
なお、送電電極（ステンレス）と雨水浸透材（硬質プラスチック）には、自着性があり低弾性の瀝青系シート（厚さ 2 mm）で被覆し、上下のアスファルト混合物層との一体性と目違い等による応力集中の緩衝を図っている。

図—8 に示すとおり、避難路や路肩、側溝を除く無線給電道路の幅員は 3.5 m（1 車線相当）であり、幅員中央位置に幅 850 mm の送電電極 2 連が深さ 100 mm に埋設されている。なお、車両底部に取り付ける受電電極は地上高さ 100 mm としており、アスファルト表層基層を挟んで送受電電極の離隔 200 mm の間でコンデンサを形成し、EV への給電がなされる。

無線給電道路の要求性能や設定仕様を満足する技術的なブレイクスルーとなったのは大きく 3 つある。

一つは、アスファルト舗装（表層・基層）および上層路盤に珪質系の焼成骨材（以下、セラミック系骨材と称する）を使用する材料面での改良、二つ目は、硬質プラスチック製の雨水浸透材（写真—2）を使用して排水性を有する下層路盤とした点、三つ目は、安定した伝送効率を確保するために埋設する送電電極に固有周波数帯の波長と電極長の関係で発生する反射波（定在波）対策を講じている点である。

以下、それぞれの改良点について解説する。



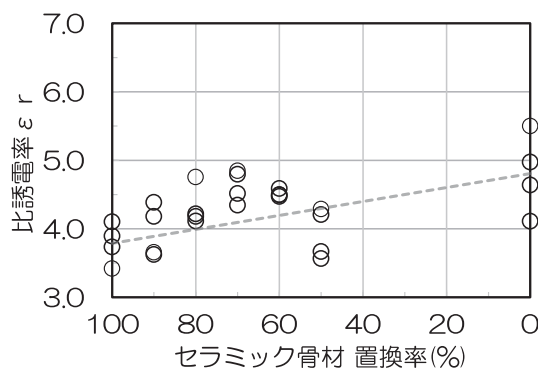
写真—2 雨水浸透材の形状（1 ユニット）

(a) セラミック系骨材の使用

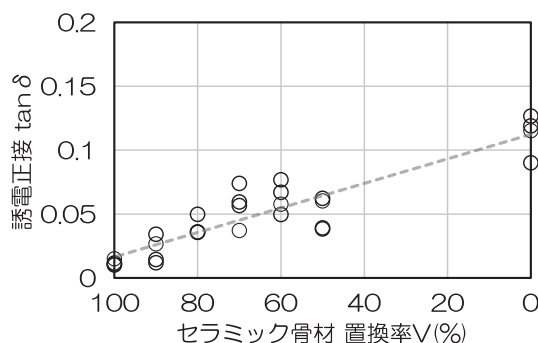
無線給電道路の舗装構成において、伝送効率に特に影響を及ぼすのはグラウンドから上部の各層に使用する材料の電気的特性である。ここでは、上層路盤とアスファルト舗装（表層・基層）にセラミック系骨材を使用し、伝送効率の向上を図っている。この材料は硬質磁器素地を焼成硬化した骨材（表乾密度 2.4 g/cm^3 、すり減り減量 17%、吸水率 1.8%）であり、路面のスリップ防止や遮熱性舗装等での適用実績がある。

伝送効率は、送受電電極間のアスファルト表・基層、および、送電電極～グラウンド間の上層路盤や下層路盤など中間材料の電気的特性である比誘電率 ϵ_r と誘電正接 $\tan \delta$ に大きく左右される。ここで、比誘電率 ϵ_r とは高周波電源の流れ易さの指標であり、誘電正接 $\tan \delta$ とは送受電電極間の電気エネルギーの損失の指標である。いずれも小さいほど伝送効率は大きくなる。なお、空気の比誘電率は 1、誘電正接は 0 であり、空気層は伝送効率にとって理想的な条件と言える。また、水の比誘電率は 80、誘電正接は 10 であり、水の存在は伝送効率を低下させる不利な環境条件と言える。

図—9 および図—10 は、アスファルト量 6～7%、骨材粒径 0.15～20 mm を標準粒度に混合した一般的な舗装用アスファルト混合物について、セラミック系骨材と一般的な道路用骨材との混合比率を変えた場合の比誘電率と誘電正接を示したものである。



図—9 セラミック骨材混合比と比誘電率の関係



図—10 セラミック骨材混合比と誘電正接の関係

図を見ると分かるように、一般骨材の混合割合の増加にともない比誘電率 ϵ_r 、誘電正接 $\tan \delta$ とも大きくなり、セラミック骨材の混合割合が大きいくほど伝送効率の向上に有効である。なお、これらアスファルト混合物の物理的強度については、骨材の混合比率との相関は特に認められない。いずれもマーシャル安定度は 12～15 kN の範囲であり、舗装用のアスファルト混合物の品質基準 (4.9 kN) を十分に満足する。

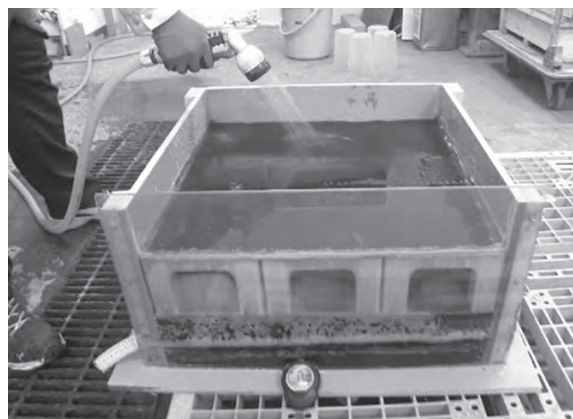
(b) 排水性を有する下層路盤 (雨水浸透材) の開発

前述したとおり、水の存在は無線給電道路の伝送効率に不利な環境となる。ここでは、所要の伝送効率を安定的に確保するために、降雨時に周辺地山からの流水や舗装目地やひび割れ部からの浸水などの舗装内の滞留水を速やかに舗装外に排水できる下層路盤とした。

より具体的には、先の写真—2 に示す雨水浸透材を組み合わせて下層路盤を構成している。雨水浸透材は、4 本の脚部を有する小型ブロック 9 個が合体した縦横 500 mm、高さ 100 mm を 1 ユニットとする硬質プラスチック製の型材である。雨水浸透材 1 層で単位面積当り 86 リットル / m^2 の貯水・排水量を賄う空洞を有する。なお、直近 10 年間の最大降雨量 (330 mm/h 程度) 相当の雨水が路面を流れずに全て舗装内に流入しても、速やかに舗装外に排出できる排水能力を有することを実験により実証している (写真—3)。

また、大型車両の走行荷重に耐える下層路盤とするため、雨水浸透材のプラスチック素材そのものを改良し、単位面積当りの許容載荷荷重 3,300 kN/ m^2 、空洞部を含む弾性係数 67 MPa の物理的強度を有する部材に強化した。

さらに、脚部を有する特殊形状であるため、脚部の塑性変形や施工基盤への応力集中による沈込み (写真—4)、雨水浸透材接合部のせん断にともなう段差の一体性への影響 (写真—5) など、構造部材として使用するための検証を重ね、高速道路の下層路盤材とし



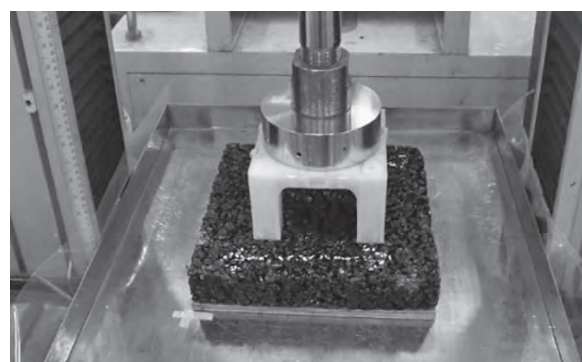
写真—3 下層路盤 (雨水浸透材) の排水能力の検証

て適用できるまでに改良した。

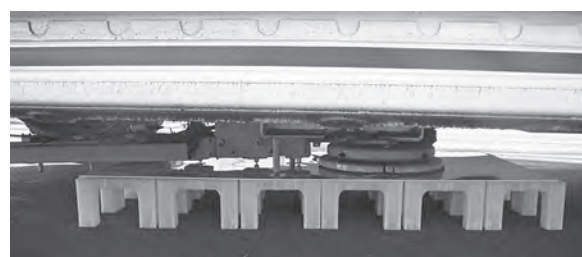
(c) 送電電極の定在波対策

送電電極が長尺になるほど、電極の延長方向には固有周波数帯の波長と舗装部の誘電率との関係によって定まる定在波と称する局所的な波動現象が生じる。その定在波節では反射波により送電電極の電力が相殺されるため、伝送効率が大幅に低下する。

この定在波対策として、写真—6 に示すように、送電電極の長さ方向に 2 m 間隔で進相コンデンサを組み込んだ。なお、進相コンデンサは、厚さ 1 mm の



写真—4 雨水浸透材脚部の塑性変形・沈下量の検証



写真—5 雨水浸透材接合部の一体性の検証



写真—6 定在波対策を施した送電電極の敷設

テフロンシート（実測値：比誘電率 $\epsilon_r=1.97$ ，誘電正接 $\tan \delta=0.002$ ）を送電電極でサンドイッチしただけのシンプルな構造である。

4. 実規模施工実験による全体システムの検証

先の図－8に示す幅員 3.5 m の無線給電道路について、図－11の平面図に示す道路延長 20 m の実規模の実証実験路を施工し、在来の施工機械と施工方法により円滑に施工できることを実証した。さらに、その実験路において、伝送効率や漏えい電磁界などの電気的特性と路車連携システムの適用性を検証するとともに、交通量区分 N7 の疲労破壊輪数を満足する舗装耐力であることを検証した。

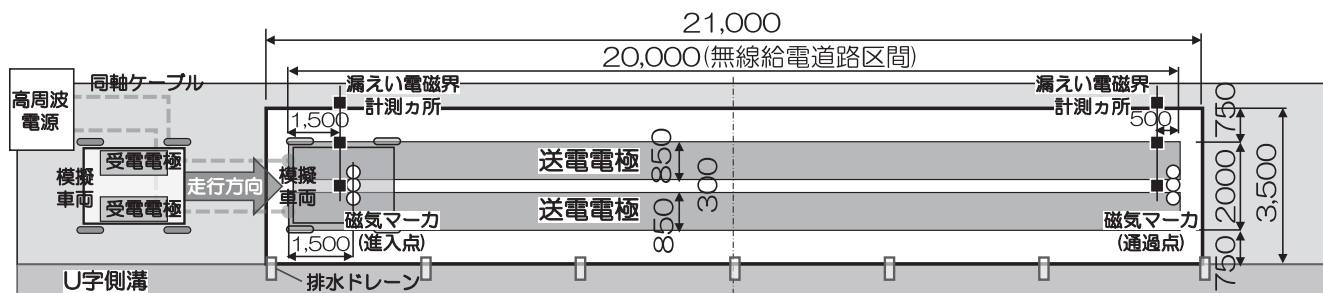
以下、それぞれの検証結果について詳述する。

(1) 施工性の検証

無線給電道路の施工フローを写真－7に示す。

グラウンドや埋設電極の敷設、雨水浸透材（下層路盤）の設置など、無線給電化に必要な作業は加わるが、全体的には在来の施工機械を使用した舗装工の範疇で施工できることを検証した。また、送電電極や出力電源からの配線は全て舗装内に埋設しているため、完成後の外観は一般的なアスファルト舗装と見分けが付かず、路面の平坦性や騒音性、すべり抵抗性などの走行性に関わる品質も同等であることを検証した。

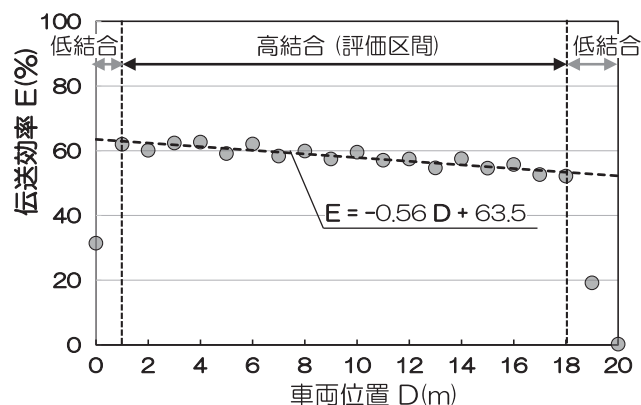
なお、無線給電道路特有の作業は人力による手作業であるため、その分、長い作業時間を要した。専用の施工機械の開発や作業手順の改良が課題であり、現在、これらの自動化施工に向けた技術開発に取り組んでいる。



図－11 無線給電道路実証路（平面）



写真－7 無線給電道路の施工方法・作業フロー



図一 12 車両位置と伝送効率の関係

(2) 伝送効率の検証

図一 12 は、実証実験路において、伝送周波数 6.78 MHz、送電電力 10 kW を送電した場合の伝送効率の結果である。

図中の低結合とは、車両の進入時と通過時に生じる送電電極と車両側の受電電極がずれている区間、高結合とは送電電極と車両の受電電極の対向面積が全て重なる区間である。評価は高結合区間で行い、走行状態を模擬した条件での伝送効率を検証した。

なお、現時点では、本給電システムに対応できる EV は開発されていないため、写真一 8 に示すように受電電極や試作の整合回路を搭載した模擬車両（トレーラ）を別車両で牽引することとした。

図を見ると分かるように、伝送効率は車両の進行方向に向かって 63 ～ 53% と徐々に小さくなるが、高結合区間の道路長 17 m の範囲における平均伝送効率は 60% 程度と言える。1 基の出力電源を中央に設置し、前後の送電区間に振り分けることを想定すると、無線給電の範囲は 17 m × 2 = 34 m となり、出力電源 1 基で長さ 34 m の区間を平均伝送効率 60% で給電できることになる。

なお、前述のとおり、EV の消費電力 6 ～ 8 kW（平均 7 kW）を得るためには、送電電力 10 kW の場合に必要伝送効率は 60 ～ 80%（平均 70%）が目標となる。

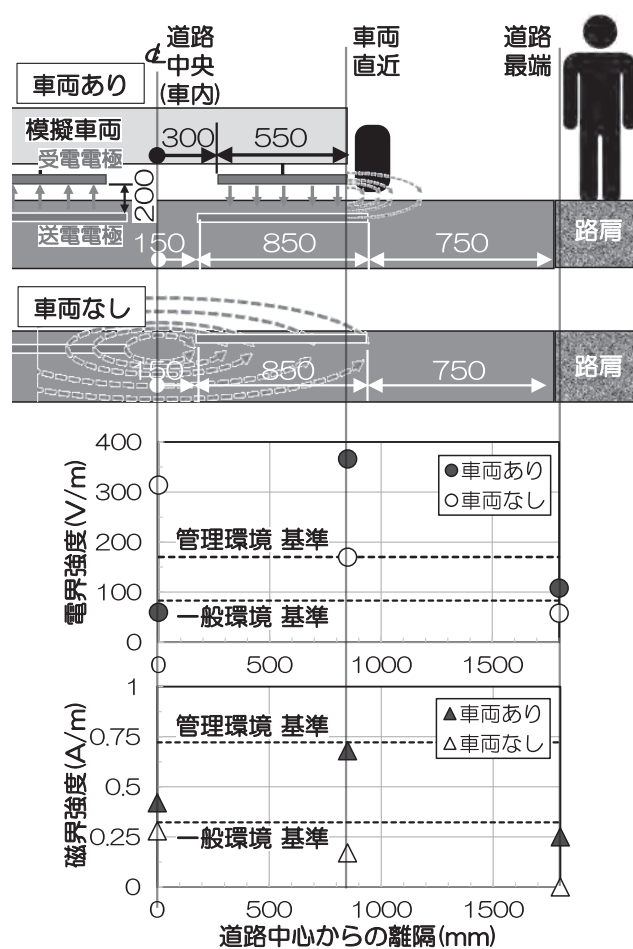
今後の実装に向けて、確実に安定的な走行中給電を実現するためには、伝送効率のさらなる改良が必要と言え、現在、大型車両に適用できる高出力化も合わせて、これらの課題解決に向けた改良に注力している。

(3) 漏えい電磁界の検証

図一 13 は、実証実験路において、伝送周波数 6.78 MHz、送電電力 10 kW で給電した場合に発生する漏えい電磁界強度を示す。先の図一 11 に示すように長さ方向に車両がいる個所と車両から離れた個所の



写真一 8 模擬車両（トレーラ）概要



図一 13 漏えい電磁界測定結果

2 箇所について、道路幅員方向の 3 測点（道路中央：車内想定、車両直近と道路端：車外想定）で計測した。なお、計測高さは走行車両がいる条件で地上高 500 mm、車両がない条件では地上高 300 mm であり、埋設電極に至近の比較的厳しい条件での結果と言える。

総務省「WPT システムの電波防護指針への適合性確認を行うための評価方法」⁶⁾ に準拠し、以下の基準に対して近傍電磁界による人体への影響を評価した。

ここで、管理環境とは電波を取り扱う職業従事者を対象とし、一般環境とはそれ以外の一般人を対象とする。

①電界強度（刺激作用に関する指針）：

一般環境：83 V/m，管理環境：170 V/m

②磁界強度（熱作用 6 分平均に関する指針）：

一般環境：0.322 A/m，管理環境：0.722 mA/m

ここでは、ドライバーや歩行者等を対象としたより厳しい基準である一般環境について評価している。

車両がいる場合、車両ボディがシールドとなり、道路中央の埋設電極直上であっても、車内に居る人体への影響は僅かである。電磁界強度が最大となる個所は車体直近（車外）であり、電界強度と磁界強度のいずれも一般環境の基準を大きく越える。ただし、道路端まで離隔すると電界、磁界ともに小さくなり、基準を満足する。

車両がない場合、電界強度は道路中央の埋設電極直上をピークに道路端部に向かって減少して行き、道路端まで離隔すると基準を満足する。磁界強度についても道路端部に向かって減少するが、最大強度となる道路中央の埋設電極直上においても基準を満足し、磁界強度そのものが小さい結果である。

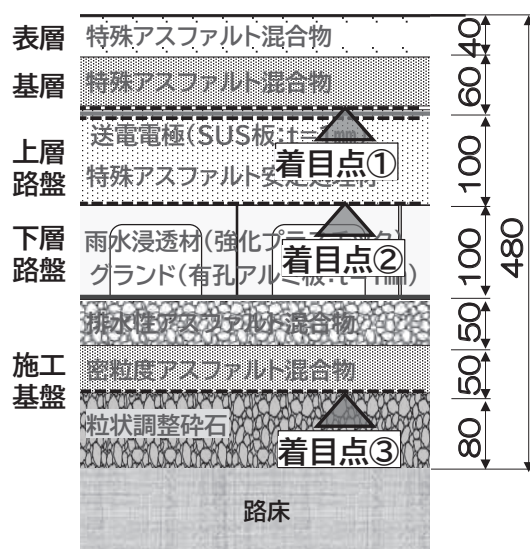
以上のとおり、送電中の無線給電道路において、予想どおり漏えい電磁界の発生は小さく、その影響は埋設された送電電極端から 0.8 m 程度離隔した道路端部までの範囲であり、路肩や安全帯などの無線給電道路の外側であれば人体安全性に関する基準を満足することが検証された。

なお、車両故障や事故など、不測の事態により道路内に人が立ち入ることは起こり得る。このような緊急時には、例えば、路車連携システムと人感センサにより、車両の停止と人の立入りを検知し、即時に給電を停止するなど、安全システムの導入により対応することとしている。

（4）舗装耐力の検証

先の図— 11 に示す幅員 3.5 m × 長さ 20 m 実証実験路の路面全体にわたる計 78 測点について、FWD (Falling Weight Deflectometer) による非破壊たわみ測定を行い、無線給電道路の舗装耐力を検証した。

通常のアスファルト舗装とは異なる無線給電道路特有の材料や層構造である図— 14 に示す 3 箇所（①送電電極上面、②雨水浸透材上面、③施工基盤中央）に着目し、FWD 実測たわみ量から算出した引張ひずみとアスファルト舗装交通量区分 N7（疲労破壊輪数：3,500 万回 / 10 年）の許容ひずみを比較した。その結果は表— 3 に示すとおりであり、各着目点の引張ひ



図— 14 舗装耐力評価における着目点

表— 3 各着目点の引張ひずみ算定結果

着目点	舗装構成	FWD 実測値		交通量区分 N7 (10 年間許容値)	
		引張ひずみ (μ)	弾性係数 (MPa)	許容ひずみ (μ)	弾性係数 (MPa)
①	表・基層	46	5,152	≤ 101	5,000
	上層路盤		3,407		3,000
②	下層路盤 (雨水浸透材)	199	34	≤ 229	35
－	施工基盤 (排水性 As)	－	5,004	－	5,000
③	施工基盤 (密粒度 As)	10		≤ 194	5,000
	施工基盤 (粒調碎石)				300

ずみは交通量区分 N7 (疲労破壊輪数: 3,500 万回 / 10 年) の許容ひずみを満足し、大型車両の走行に耐え得る舗装耐力を有することが検証された。

なお、この結果は解析的に検証した範囲であるため、実供用状態での耐久性評価が今後の課題と言える。無線給電道路の実装に向けては、大型輪荷重疲労実験や実車両による繰返し走行実験などによる実証が必要であり、現在、大型周回実験路や実道での高速走行条件での実証実験を計画中である。

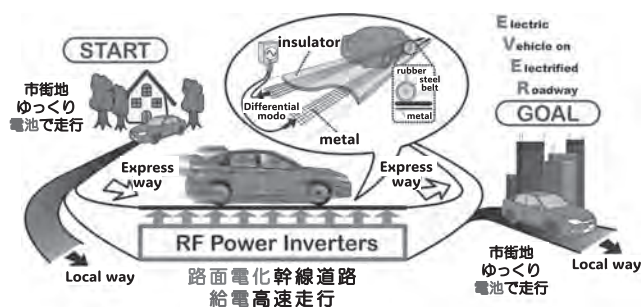
5. おわりに

無線給電道路の開発は、正にその名の通り、低炭素社会の実現というゴールに向かうための新たな道の開拓である。

現在、これまでの成果を踏まえて、材料～設計～施工～維持管理に至る一連の技術を体系化した設計施工



図ー15 次世代舗装実験走路

図ー16 道路インフラ将来像⁷⁾

ガイドラインとして纏め、社会実装に向けた準備を整えている状況にある。また、図ー15に示す総延長909m周回コースの一部に適用し、実車両による高速走行実験の計画を進めており、本技術の妥当性と実効性の最終検証を行うこととしている。

最後に、著者らの思い描く道路インフラの将来像を図ー16に示す。無線給電道路ネットワークで全国を繋ぎ、自動運転EVが休むことなく自由自在に人と貨物を運ぶ道路インフラの実現が大いに期待される。

謝 辞

本報は、国土交通省道路局「新道路技術会議」における委託研究「走行中の電気自動車に連続的にワイヤレス給電を行う道路の実用化システムの開発」の成果を含む。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省ホームページ、運輸部門における二酸化炭素排出量（令和6年4月更新）https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/environment/sosei_environment_tk_000007.html
- 2) 国土交通省ホームページ、国土交通省における地球温暖化緩和策の取組概要 <https://www.mlit.go.jp/common/001386820.pdf> (mlit.go.jp)
- 3) 遠藤哲夫・崎原孫周：電界結合方式ワイヤレス給電による走行中給電

技術の開発、電気設備学会誌 2019 年 3 月号、pp.28-31

- 4) 総務省ホームページ、情報通信審議会「資料 13-5 検討対象の各ワイヤレス電力伝送システムの技術的要件と利用シーンについて(BWF)」、https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/denpa_kankyou/wpt/02kiban16_04000679.html
- 5) 日本道路協会、舗装設計便覧、2006.2
- 6) 総務省ホームページ公開資料、情報通信審議会「資料 58-6」情報通信技術分科会 電波利用環境委員会報告（案）、諮問第 3 号、令和 6 年 4 月 5 日
- 7) 水谷 豊、横野翔勇、大平 孝、新藤竹文、遠藤哲夫、崎原孫周、城本政一、唐木健次、渡部敬史、“電界方式無線給電道路の実用化システム その 1：電界方式の無線給電道路への適用”，第 34 回日本道路会議，論文番号 3043，Tokyo，Nov. 2021.

【筆者紹介】

新藤 竹文（しんどう たけふみ）
大成建設㈱
技術センター
社会基盤技術研究部
荣誉研究員



遠藤 哲夫（えんどう てつお）
大成建設㈱
技術センター
先進技術開発部
次長



久野 晃弘（くの あきひろ）
大成ロテック㈱
技術本部 技術研究所
次世代舗装試験所長



澤口 実（さわぐち みのる）
大成ロテック㈱
北信越支社 技術室
課長代理



大平 孝（おおひら たかし）
豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
特任教授



水谷 豊（みずたに みのる）
豊橋技術科学大学
未来ビークルシティリサーチセンター
特任助手



アスファルトプラントにおける水素燃料利用

今 田 雄 司・村 本 孝

アスファルトプラント（以下、AP）において温室効果ガスである CO₂ を最も排出するのは、骨材の乾燥加熱で消費する化石燃料であるため、これらに代わる次世代の燃料として CO₂ を発生させないカーボンニュートラル燃料を使用できるバーナの開発を行った。本稿では、2023 年 3 月に 500 kW 水素バーナを開発した内容と、実験用アスファルトプラントを使用したアスファルト混合物製造試験について実施した内容を報告する。

キーワード：水素，バーナ，アスファルトプラント，アスファルト混合物，カーボンニュートラル，カーボンハーフ，カーボンゼロ

1. はじめに

地球温暖化による気候変動が深刻化する中、水素はクリーンなエネルギー源として世界中で注目を集め、各国政府は再生可能エネルギーを活用したグリーン水素の生産拡大や水素インフラの整備など、独自の「水素戦略」を打ち出している。水素は、脱炭素社会の実現に不可欠なエネルギー源として期待されており、今後各国が連携し、技術開発や国際的な枠組みの構築を進めることで、水素社会の実現が加速すると期待されている。

現在、AP で排出される CO₂ の内訳は、骨材乾燥加熱による燃料由来が 79%、事務所等での電力使用由来が 19%、重機燃料その他由来が 2% となっている。重油を基準にしたときの発熱量当たりの CO₂ 削減効果として、ガスへの燃料転換で都市ガス 25%、プロパンガス 15% の削減が期待されるが、これ以上の削減には他の技術との併用が必要である。

このような状況を踏まえて、これまで AP で使用されてきた化石燃料の代替燃料として、今後期待されている水素燃料を使用できるバーナの開発を行った。水

素は、燃焼時に酸素と結びつき水を生成するのみで CO₂ は発生しないため、非常にクリーンなカーボンニュートラル燃料である。本稿では、水素バーナの開発の状況¹⁾と、実験用アスファルトプラントで水素バーナを用いてアスファルト混合物を製造した実装試験結果²⁾を報告する。

2. AP における水素燃料

(1) AP 使用燃料と水素燃料の比較

全国の AP でバーナに使用している燃料の多くは A 重油が使われている。都市部や沿岸部では、都市ガスやプロパンガス燃料の利用範囲が拡大してきており、工業関係設備のガス燃料化も急速に加速してきている。AP で主に使用している燃料と水素燃料の比較を表—1 に示す^{3)~5)}。大気圧下 20℃ では、A 重油のみが液体で存在し、プロパンガス、都市ガス、水素は気体で存在する。体積当たり発熱量はプロパンガス>都市ガス>水素であり、都市ガスの代わりに水素を使用して同じ熱量を得るには 4 倍程度の流量が必要となる。水素は他のガス燃料と比べて沸点が -252.9℃ と

表—1 AP 使用燃料と水素燃料の比較^{3)~5)}

燃料	A 重油	プロパン	都市ガス(メタン)	水素
大気圧における沸点 (℃)	150 以上	-42.1	-161.6	-252.9
体積当たり低位発熱量 (MJ/Nm ³)	—	91.2	41.6	10.8
質量当たり低位発熱量 (MJ/kg)	41.9	46.6	50.2	120.4
発熱量当たり CO ₂ 排出量 (tCO ₂ /GJ)	0.0693	0.059	0.0499	—

低いため、液化させるには多くのエネルギーが必要となるが、質量当たりの発熱量が 120.4 MJ/kg であり、他の燃料の 2 倍以上の発熱量を持っている。水素は液体にすることで体積が 1/800 になるので、効率よく運搬できる。

そして、これから政府が 2030 年のカーボンハーフと 2050 年のカーボンゼロにアンモニア燃料と合わせて水素燃料は推進していく燃料となっており、今後さらに注目される新しい燃料となっている。

(2) AP での水素への燃料転換

AP のバーナに使用している燃料から水素へ燃料転換を行う場合のメリットとして、骨材乾燥において CO₂ を排出しなくなることが挙げられる。AP でカーボンニュートラルを目指す上で水素へ燃料転換を行う場合、いくつかの課題が挙げられる。

- ・ 設備、燃料にかかるコストが高くなる
- ・ 低温液化状態で貯蔵に関わる技術的課題
- ・ 液化水素の気化をグリーンエネルギーで賄う必要性がある
- ・ AP で必要な量の水素供給が困難である

現段階では、水素は従来の燃料よりコストが高いことに加え、都市ガスのようにパイプラインで供給ができる箇所が少ないため、水素燃料を貯蔵する設備のコストが設備投資への抑制になっている。そのため、AP での水素利用が普及するには、まずは水素の供給量が増加し、水素のインフラを整える必要がある。

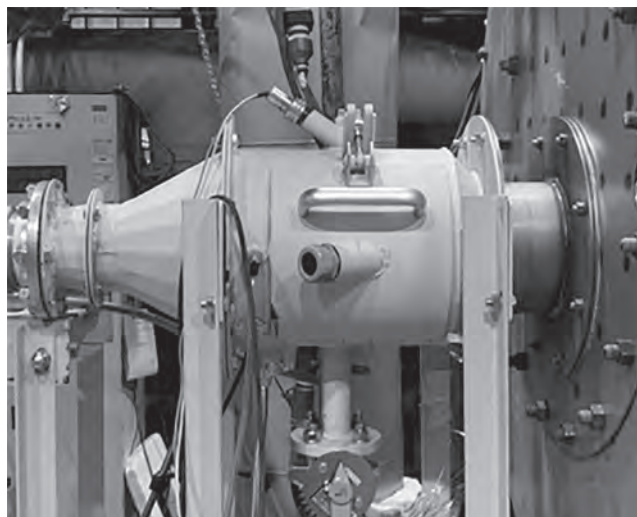
3. 水素燃焼試験

水素バーナは都市ガス専焼から都市ガスと水素の混焼、そして水素専焼が可能なバーナを開発した¹⁾。

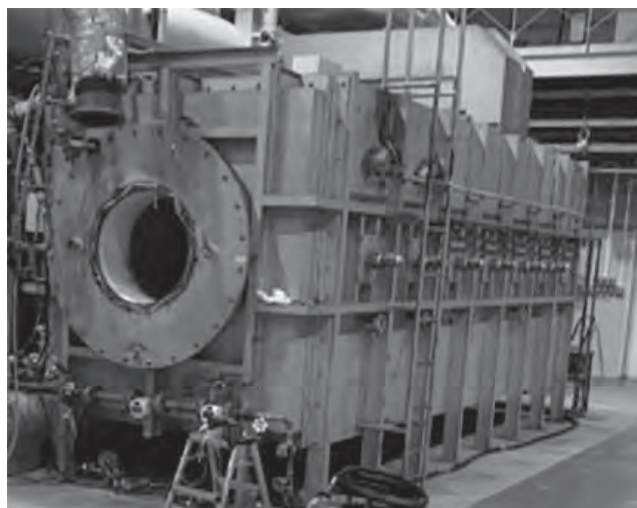
(1) 水素燃焼試験装置

(a) 水素バーナ

水素バーナの外形を写真—1 に示す。開発した水素バーナはアスファルトプラントでの利用を考え、従来のバーナとレトロフィット可能な形状で設計している。本水素バーナは、着火を安全で確実にを行うため、着火時に使用するパイロットガスは都市ガスを使用している。都市ガスと水素はメインガスラインに入る前に混合ラインを切り換えることで専焼と混焼を使い分け、燃焼用空気はバーナの後方から供給される。そして、燃料の理論空気量に対する実際の燃焼空気との比率(以下、空気比)を任意に変更できるようにしている。



写真—1 水素バーナ



写真—2 試験炉

(b) 試験炉

試験で使用した燃焼炉を写真—2 に示す。試験炉は約 800 kW のバーナ試験に適した容量であり、断熱、保温のために内部にキャストブル施工をしている。また、煙道温度を一定にするため排ガス温度を下げる水冷管が炉内に設置されている。大型燃焼炉は天井に熱電対が 30 本(幅方向 5 列×全長方向 6 列)設置されている。

(c) 排ガス測定装置

使用した排ガス測定装置の型式を表—2 に示す。表に示すように N₂O 以外の測定はホダカ製の排ガス測定装置を使用し、表—3 に示すように N₂O の測定には富士電機製の排ガス測定装置を使用した。

(2) 試験方法

下記のパラメータにて試験条件を設定した。

- ・ 燃料種類 (都市ガス、水素)

表—2 ホダカ排ガス計仕様

排ガス測定装置 1	
メーカー	ホダカ
型式	HT-3500
測定方式①	ガルバニ電池式
測定ガス①	O ₂
測定方式②	非分散型赤外線方式
測定ガス②	CO, CO ₂ , CH ₄
測定方式③	低電位電解式
測定ガス③	CO, NO, NO ₂

表—3 富士電機排ガス計仕様

排ガス測定装置 2	
メーカー	富士電機
型式	ZKJFSC16
測定方式①	非分散型赤外線吸収法
測定ガス①	NO, N ₂ O
測定方式②	磁気式
測定ガス②	O ₂

- ・ AP での使用を想定した空気比
- ・ バーナパーツ組み合わせ

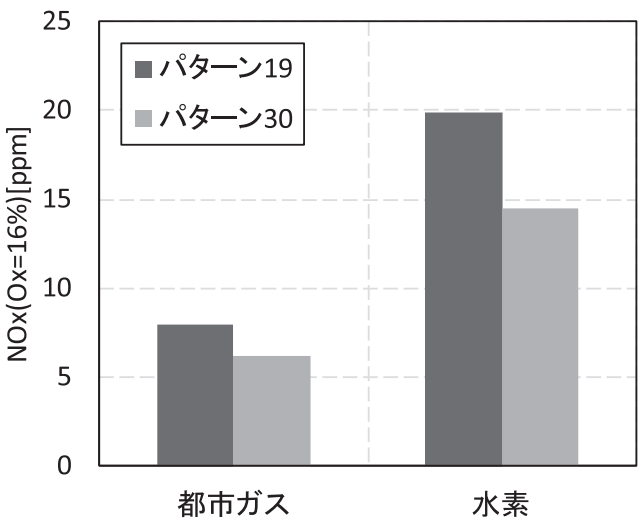
熱出力 500 kW を合わせるため、都市ガス専焼では都市ガス 44.4 Nm³/h、水素専焼では水素 167.0 Nm³/h にて試験を行った。

(3) 水素燃焼試験結果と考察

(a) パーツ比較試験

どちらのパーツにおいても都市ガスよりも水素の NO_x が高くなることが確認された(図—1)。これは、都市ガスよりも水素の燃焼速度が速く、局所的な高温部分ができることにより、サーマル NO_x が増加することによる影響と推測される。また、従来ガスバーナ製品に近いパターン 19 よりも水素用パーツ構成のパターン 30 の方が、燃料種類と空気比が異なる条件下においても NO_x を低下させることができた。パターン 19 よりもパターン 30 の方が、火炎が広がらないように設計しているためパターン 19 よりも火炎の表面積が小さくなっている。その影響によりサーマル NO_x が減少したものと推測される。大気汚染防止法では、NO_x の排出基準値は 230 ppm であるが⁶⁾、都市部ではさらに厳しい基準(25 ppm：東京都 23 区)が設けられている⁷⁾。

今回の結果では都市ガス専焼でも水素専焼の両条件であっても NO_x 値は 25 ppm 以下となり、良好な結果といえる。



図—1 パーツ比較 空気比 B NO_x

表—4 試験パラメータ

燃料	・重油 ・CNG ・水素 ・CNG と水素混焼 (30%, 50%, 80%)
骨材流量	・5t/h ・3t/h (水素専焼のみ)

4. アスファルト混合物製造試験

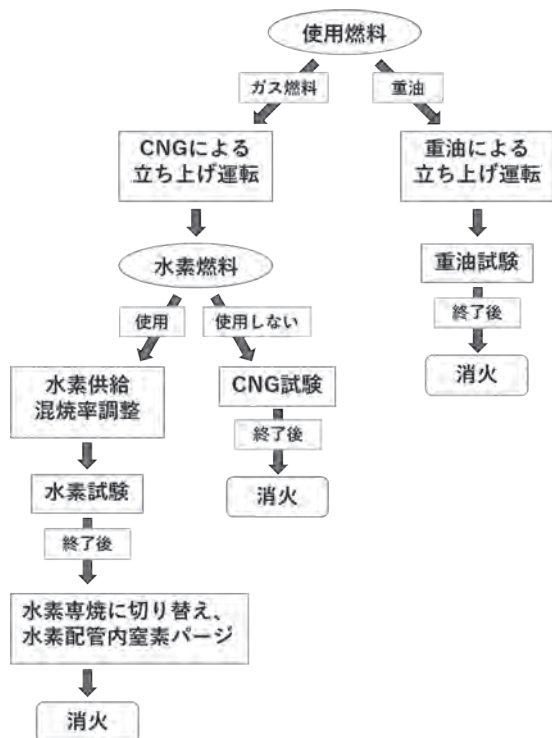
(1) 試験条件

アスファルト混合物製造試験は表—4 に示す 3 種類の燃料を使用し、骨材供給量 5 t/h, 3 t/h の条件で試験を行った。重油による試験は重油専用バーナで実施した。CNG (compressed natural gas 圧縮天然ガス、都市ガス 13A) と水素の混焼は熱量を基準として水素の導入割合を変えて試験を実施した。

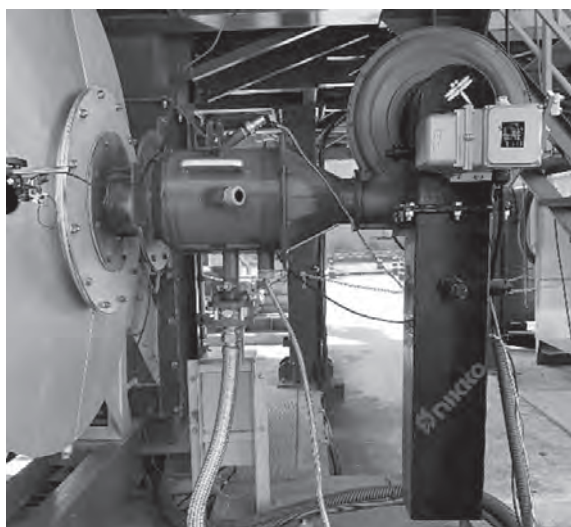
アスファルト混合物製造時の骨材温度調整は骨材温度が 210℃ で安定するように燃料流量を制御しながら骨材乾燥を行った。図—2 に運転方法をフローチャートで示す。

(2) 実験用アスファルトプラント

実験用アスファルトプラントに写真—3 の 500 kW 水素バーナを設置した。そして、使用した実験用アスファルトプラントを写真—4、プラント内ユニット機器の仕様を表—5 に示す。乾燥キルンのサイズはΦ 1,100 mm×3,500 L であり、プラントの骨材乾燥能力は 5 t/h である。水素バーナは従来ガスバーナと同様にレトロフィットできるようにした。この水素バーナを実験用アスファルトプラントの重油バーナと入替し、アスファルト混合物製造試験を行った²⁾。



図一 運転方法フローチャート



写真一 水素バーナ



写真二 実験用アスファルトプラント

表一 実験用アスファルトプラント仕様

ユニット名	仕様
ドライヤ	寸法：Φ 1,100 × 3,500 L 能力：5 t/h
バグフィルタ	濾布：72 本 (50m ²)
排風機	風量：90 m ³ /min 静圧：310 mmAq (3.1 kPa)
第一煙道	径：Φ 380

(3) 試験測定項目

下記に本試験で測定した項目を示す。

- ・骨材温度（投入骨材，排出骨材）
- ・骨材含水（試験前後の骨材含水比）
- ・排ガス成分
(NO_x, O₂, CO₂, SO_x, H₂O, 煤塵測定)
- ・排ガス量

骨材温度と骨材含水はベルトコンベヤ（ドライヤ通過前）とホットエレベータ（ドライヤ通過後）で骨材をサンプリングして測定する。排ガス成分と排ガス量の測定は実験用アスファルトプラント煙突部の測定孔で表一 6 の項目の測定を行った。

(4) 実験用アスファルトプラント試験結果

(a) 骨材乾燥加熱結果

骨材供給量 5 t/h での各燃料の専焼における骨材乾燥加熱の結果を表一 7 に示す。各試験条件で加熱後の骨材温度を比較すると 194 ～ 203℃の温度であることから水素は都市ガスと骨材加熱能力は同等で、温度上昇速度などの制御性に関しても同等で運用できた。

表一 7 に示すように加熱前の骨材含水比は水素専

表一 6 排ガス測定法

測定項目	測定法	機器
水分量	吸湿管法	—
ガス組成分析	オルザット法	—
煤塵量	円形ろ紙法	—
硫黄酸化物	イオンクロマトグラフ法	—
窒素酸化物	イオンクロマトグラフ法	—
CO	単光源二光束非分散赤外線吸収法	CGT-7000

表一 7 骨材乾燥加熱結果

燃料	[-]	重油 100%	CNG100%	水素 100%
骨材供給量	[t/h]	5	5	5
加熱前骨材温度	[℃]	17	16	17
加熱後骨材温度	[℃]	194	203	196
加熱前骨材含水比	[%]	5.3	3.6	4.1
加熱後骨材含水比	[%]	0.02	0.01	0.08

表―8 排ガス測定結果

使用燃料	[-]	重油 100%	CNG100%	水素 30%	水素 50%	水素 80%	水素 100%	水素 100%
骨材流用	[t/h]	5	5	5	5	5	5	3
CO ₂ 濃度	[%]	4.1	2.7	1.8	1.3	0.7	0	0
煤塵量	[g/m ³]	0.007	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満	0.005 未満
SO _x 濃度	[ppm]	3 未満	3 未満	3 未満	3 未満	3 未満	3 未満	3 未満
排出ガス量 (湿り)	[Nm ³ /h]	2,250	1,970	1,960	1,950	1,930	2,240	1,980
排出ガス量 (乾き)	[Nm ³ /h]	1,950	1,770	1,810	1,790	1,670	2,010	1,780
排ガス水分量	[Vol%]	13.2	10.4	7.9	8.2	13.5	10.3	10.1

焼時 4.1%であり、重油専焼時の 5.3%より低い値であるが、加熱後の骨材含水比が水素専焼時で 0.08%と他の燃料専焼時と比べて高い値となった。

(b) 排出ガス測定結果

各条件における排ガス測定結果を表―8 に示す。

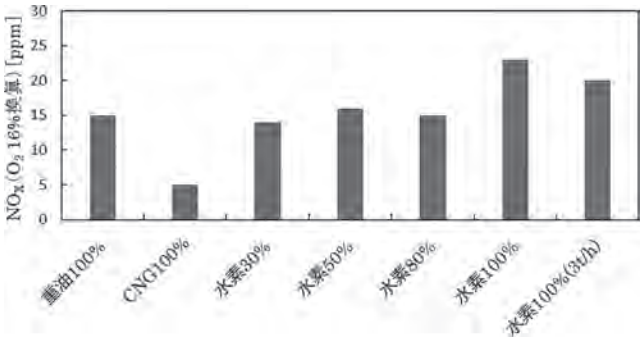
表に示すように CO₂ 濃度は重油専焼時に 4.1%であり、CNG 専焼時は 2.7%と減少していることが確認できた。これは発熱量当たりの CO₂ 排出係数が重油より CNG の方が低いためである。水素燃料の混焼率が高くなるにつれ CO₂ 濃度が減少し、水素専焼の条件では CO₂ は検出されなかった。水素は燃焼時に CO₂ は発生しないため、結果と一致している。

NO_x 濃度を O₂ 濃度 16%で換算した値のグラフを図―3 に示す。AP で水素を使用する場合に懸念点としてサーマル NO_x の増加が挙げられる。大気污染防治法で骨材乾燥炉の NO_x の排出基準値は 230 ppm 以下となっている⁶⁾。今回測定したすべての条件で基準値と比べ低い NO_x 値となっている。水素専焼での NO_x 値が 23 ppm であり、CNG 専焼の 5 ppm と比べて高い値となり、開発段階での試験と同様の結果を示した。水素は燃焼速度が速く、局所的な高温部分ができるため、サーマル NO_x が CNG より増加することが知られており、このような傾向と一致している。

排出ガス内の水分量の測定結果から、試算した凝縮水蒸気量の値を表―9 に示す。重油や CNG と比べ、水素は燃焼時に燃料由来の水蒸気量が多くなるが、骨材由来の水蒸気量が大半を占める。排出ガスの温度を管理すれば凝縮水の排出量を減らすことが可能であることが確認できた。

(c) アスファルト混合物の物理性状の検証結果²⁾

アスファルト混合物の物理性状の各検証結果を表―10 に示す。水素専焼は乾燥加熱後の骨材含水比、ホットビンの骨材実測温度、混合物の密度、アスファルト混合物中の水分量、アスファルト混合物実測温度いずれも重油専焼と同程度の結果が得られた。マーシャル安定度、水浸マーシャル安定度のいずれも規格を満足



図―3 NO_x 濃度 (O₂16%換算) 結果

表―9 水蒸気量試算結果

使用燃料	[-]	重油 100%	CNG 100%	水素 30%	水素 50%	水素 80%	水素 100%	水素 100%
骨材供給量	[t/h]	5	5	5	5	5	5	3
骨材含水比	[%]	5.61	3.56	4.09	4.09	3.56	4.09	4.09
骨材由来水蒸気量	[Nm ³ /h]	369.8	229.7	265.3	265.3	229.7	265.3	159.2
燃料由来水蒸気量	[Nm ³ /h]	55.6	66.0	92.2	87.1	102.0	130.2	110.0
大気由来水蒸気量	[Nm ³ /h]	27.9	25.6	26.4	26.1	24.4	29.5	26.1
理論水蒸気量	[Nm ³ /h]	453.4	321.3	383.9	378.5	356.1	425.0	295.3
実際水蒸気量	[Nm ³ /h]	297.0	204.9	154.8	159.9	260.6	230.7	200.0
凝縮水蒸気量	[Nm ³ /h]	156.4	116.4	229.1	218.6	95.6	194.3	95.3
凝縮水量	[L/h]	125.7	93.6	184.1	175.7	76.8	156.1	76.6

表―10 アスファルト混合物の物理性状

	[-]	重油 100%	水素 100%	規格値
加熱後骨材含水比	[%]	0.02	0.08	―
骨材実測温度 (1 ビン)	[℃]	176	179	―
密度	[g/m ³]	2.406	2.383	―
マーシャル安定度	[kN]	9.9	10.8	4.9 kN 以上
水浸マーシャル安定度	[%]	94.8	89.4	75.0 以上
混合物の水分量	[%]	0.02	0.02	―
混合物実測温度 (出荷)	[℃]	165	169	160 ± 10

しており、重油専焼と同程度の結果を得られた。

また、施工性の検証はアスファルトフィニッシャとコンバインドローラを用いて施工を行い、通常のアスファルト混合物と同様に施工が可能であることを確認できた。

5. AP 導入に向けた課題と将来展望

500 kW 水素バーナを開発し、本アスファルト混合物製造試験の結果から水素バーナによる骨材乾燥がアスファルト混合物への影響がないことが分かった。しかし、AP 実機へ水素バーナを設置するには前述した設備、燃料、貯蔵コスト、水素燃料の確保などの社会的課題に加え、搬送などの技術的な課題も残っている。一般的な AP に用いられるバーナは 5 MW 以上の出力となるため、AP に実装するにはスケールアップが必要となる。

6. おわりに

水素をアスファルトプラントで使用する場合は貯蔵方法や運搬方法を検討し、どのような利用が最も経済合理性が高いかを精査する必要がある。さらには、都市ガスとグレー水素の熱量当たりの単価差が約 20 倍、グリーン水素とグレー水素は約 6 倍の単価差がある。これらの問題を解消できるように、まずは 2030 年を目途に水素が利用し易くなるように支援、補助金などの議論がなされている。今後、国内のインフラ整備が整ったときには迅速に水素燃料を利用できるように、各機器の設置検討や水素燃料の少量利用からの混焼燃焼利用など、カーボンニュートラルへ向けた運用

計画を検討していく。

J C M A

《参考文献》

- 1) 北野裕樹, 今田雄司 2023 水素バーナの開発 ～Phase 1～ NIKKO TECHNICAL REPORT No.004, pp.39-44.
- 2) 村本 孝, 上原研二, 今田雄司 「水素燃料によるアスファルト混合物製造の実証試験」, 第 35 回日本道路会議, 東京, 2023 年 11 月
- 3) ENEOS <https://www.eneos.co.jp/business/sds/gasoline/> (参照日 2024 年 1 月 19 日)
- 4) Iwatani <https://www.iwatani.co.jp/jpn/business/energy/basic-knowledge/fuel/> (参照日 2024 年 1 月 19 日)
- 5) 小林秀昭, 早川晃弘 (2016 年) 「カーボンフリーアンモニア燃焼」日本燃焼学会誌 第 58 巻 183 号 pp.41-48.
- 6) 環境省 <https://www.env.go.jp/air/osen/law/t-kise-6.html>
- 7) 東京都環境局 https://www.kankyo.metro.tokyo.lg.jp/air/air_pollution/emission_control/emission_control/Soot_Smoke_NOx.html

〔筆者紹介〕



今田 雄司 (こんた ゆうじ)
日工(株)
開発部 開発 1 課
課長



村本 孝 (むらもと たかし)
前田道路(株)
技術研究所 生産技術開発室
係長

フル電動式 4 トンコンバインドローラの開発

吉 田 悠一郎

2050 年カーボンニュートラル達成という困難な課題に対し、日本では官民一体となって様々な取り組みがなされている。建設機械業界でも電動化への研究・開発が加速している。本報では、道路舗装機械の電動化モデル「フル電動式 4 トンコンバインドローラ」（以下、フル電動ローラ）について、車両構成の概要と実施工事例の紹介をおこなう。また、実施工で得られたフル電動ローラの長所、改善点を元に、今後電動建設機械が普及していくために必要な課題を解説する。

キーワード：道路舗装機械、フル電動式 4 トンコンバインドローラ、カーボンニュートラル、電動化、施工事例

1. はじめに

日本では、1997 年 COP（Conference of the Parties）3 で制定された京都議定書から 2015 年 COP21 でのパリ協定にかけて温室効果ガスの削減を宣言し、温室効果ガスの削減に向け取り組んできた。それらの効果もあり、2022 年（当時）では、2013 年比 22.9%（約 3 億 2,210 万トン）までの温室効果ガス削減を達成できている¹⁾。さらに、2020 年 10 月に 2050 年カーボンニュートラル（以下、CN）達成を宣言した。この宣言は、2050 年までに温室効果ガスの排出量を全体でゼロにするというものである。しかしながら、2050 年 CN の達成は、現状の推移から見ても困難な課題である。

この課題を達成するため、昨今では様々な業界が取り組みを見せており、例えば大手自動車メーカーが内燃機関を撤退し、電動開発に注力するといった大胆な方針転換を見せるなど、その影響は大きくなっている。

建設機械業界も同様に、2050 年 CN 達成へ向けた様々な対策を打ち出している。2020 年代より、電動建機の研究開発に取り組むメーカーが飛躍的に拡大し、ショベル、ダンプなどの一部電動建設機械では既に実用化が始まっている。また、国土交通省が制定した「GX（Green Transformation）建設機械認定制度」も 2023 年 10 月にスタートし、2024 年 9 月現在では 6 社 18 型式の電動建機が認定された²⁾。その他、環境省は GX 建機認定機械の導入を後押しするため、民間事業者や団体などが認定機械を購入する場合、標準的

な燃費水準の同型機種との差額分の内 3 分の 2 を補助金で出すなど、補助事業の展開を見せている³⁾。

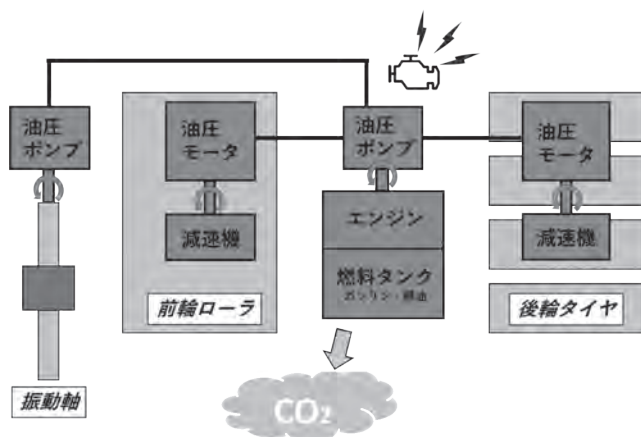
こうした流れの中、道路舗装機械についても CN に向けた研究・開発の流れが加速している。その流れの一つが「フル電動式 4 トンコンバインドローラ」である。本報では、フル電動ローラの機器構成概要や、実際にフル電動ローラを用いて実施した施工活動例を紹介し、電動化のメリット・デメリットや今後電動建機が普及するために必要なことについて解説する。なお、本報にて紹介するフル電動ローラは基礎研究モデルであるため、一部公表できない数値・情報があり、報告内容が限定的なものになってしまうことを予めご容赦願いたい。

2. 「フル電動式 4 トンコンバインドローラ」の機器構成概要

電動ローラの機器構成は大きく二つの方式に分類（電動油圧方式、フル電動方式）され、ここでは従来のエンジン方式と併せて三つの方式について説明する。

（1）エンジン方式

図一¹⁴⁾にエンジン方式の機器構成概略図を示す。従来機のエンジン方式は、軽油、ガソリン等の燃料を動力源とし、エンジンを駆動させ、エンジンが発生したトルクにより油圧ポンプを回転し、油圧機構を制御することで車両を駆動させている。



図一 1 エンジン方式 機器構成概略図

(2) 電動油圧方式

図一 2⁴⁾ に電動油圧方式の機器構成概略図を示す。エンジン方式と比較して、動力源が軽油、ガソリン等の燃料からバッテリー(蓄電池)へ置き換わる。また、駆動源もエンジンから電気モータへと置き換わる。バッテリーを動力源として電気モータを駆動させ、発生したトルクによって油圧ポンプを回転させることで油圧機器を制御し、車両を駆動させる方式である。電動油圧方式のメリット・デメリットは以下が挙げられる。

(a) 電動油圧方式のメリット

ユーザーにとってのメリットは、①使用感がエンジン機と同じ、②静音性が高いという二点が挙げられる。

電動油圧方式では、従来の油圧機構をそのまま流用できるため、車両制御が変わらない。よって、車両を使用するユーザーにとっても従来(エンジン機)と変わらない操作感で運転することができる。また、静音性が高い点もメリットとして挙げられる。エンジン騒音がないため、住宅街や、夜間での施工に対し非常にも有効である。

開発メーカーにとってのメリットは、①短期間での

開発が可能、②耐久面での懸念事項が少ないという二点が挙げられる。

開発メーカーにとって、エンジン方式からの変更点が動力源と駆動源のみであるため、車両開発にかかる期間を短縮させることができる。また、エンジン方式で使用している油圧機構と車両の各制御方式をそのまま利用することができるため、操作フィーリングなどの車両制御内容やマシンインターフェイスの変更、並びにそれらに伴う専用調整が不要であるため、総じて開発期間の短縮が可能となる。

(b) 電動油圧方式のデメリット

ユーザーにとってのデメリットは、稼働時間が短いことが挙げられる。従来の軽油、ガソリンといった燃料に対してバッテリーのエネルギー密度は約 1/7 である。そのため、エンジン機の燃料タンクと同体積のバッテリーを搭載した場合、稼働時間は従来の 1/7 しかなく、結果車両の駆動時間が短い問題がある。

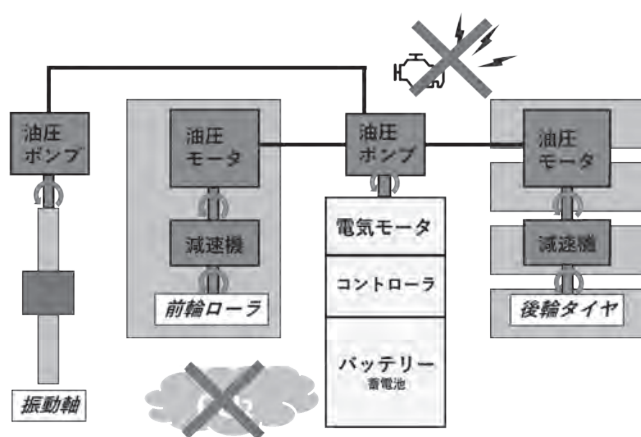
開発メーカーにとってのデメリットは、動力源(バッテリー)の搭載スペース不足が挙げられる。電動油圧方式化のために取り外す部品(エンジン関連)と追加する部品(電装関連)の搭載体積比がほぼ変わらないため、バッテリー搭載スペースの確保が困難となる。

(3) フル電動方式

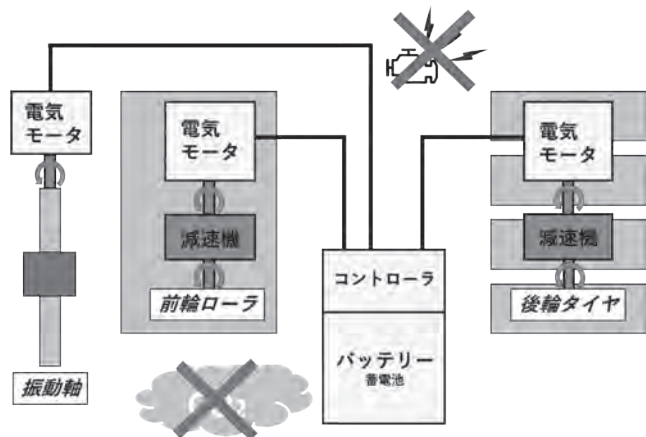
図一 3⁴⁾ にフル電動方式の機器構成概略図を示す。動力源をバッテリーとする点は前項の電動油圧方式と同様であるが、車両の駆動を電気モータで直接おこなう点が大きく異なっている。フル電動方式のメリット・デメリットは以下が挙げられる。

(a) フル電動方式のメリット

ユーザーにとってのメリットは、①メンテナンス性の向上、②稼働時間の延長、③追加機能の豊富さなどが挙げられる。



図一 2 電動油圧方式 機器構成概略図



図一 3 フル電動方式 機器構成概略図

フル電動方式では電気モータで直接車両を駆動するため油圧システムが必要ない。したがって、搭載する部品点数が少なくなりメンテナンス性が向上する。例えば、作動油の交換やエレメントの交換といった従来発生していたメンテナンス作業がなくなるため車両のランニングコストを下げるができる。

また、前項の電動油圧方式では、バッテリーの搭載スペースに余裕がなかった。しかし、フル電動方式では従来の油圧機器が不要であるため、バッテリーの搭載体積比が増え、フル電動方式よりも多くの稼働時間を確保することができる。

さらに、フル電動モデルでは、車両の完全な電気制御により、自動ブレーキや自動運転といった機能と相性が良い。そのため、ユーザーにとってより扱いやすく、かつ安全性の高い機能を持った車両を提供することができる。

開発メーカーにとってのメリットは、①バッテリー搭載スペースの増加、②追加機能の拡張性向上が挙げられる。

バッテリー搭載スペースの増加について、前述の通り、電動油圧方式よりも取り除く部品点数が多いため、バッテリーの搭載スペースに余裕ができる。

また、開発メーカーにとっての最大のメリットは追加機能の拡張性向上である。車両を電気モータで直接制御しているため、従来の油圧制御では油圧の流れでおこなっていた部分が、電気モータでは詳細な制御が可能となっている。これにより、車両の発進、停止のみならず途中の加速、減速や車両の操作に合わせた振動制御などの最適化が可能となった。したがって、従来では油圧回路の改造や、制御上難しかったフィーリングの調整も、非常に簡便かつ多岐にわたり実施できるようになる。また、車両側からフィードバックされる情報も従来の内燃機関方式と比較して多くなっている。例えば、車両の走行状況、オペレータの操作情報なども数値として可視化できるようになり、これらの情報を元にすれば、自動ブレーキや転圧状況の管理、締固め状況の監視といった機構を特別な機器や改造を追加せずとも搭載可能となる。

(b) フル電動方式のデメリット

ユーザーにとってのデメリットは、①稼働時間の短さ、②車両操作感の違和感などが挙げられる。

前述の通り、フル電動方式においてエンジン方式と同等の稼働時間を設けるには、バッテリーのエネルギー密度の観点より非常に難しい。また、電動油圧方式と比較してバッテリーの搭載スペースに余裕はあるものの、それでも足りないというのが現状だ。

また、フル電動方式は電気モータによる完全な電制車両である。そのため、エンジン機の操作感と比較して若干の違いが発生するため、施工作业に問題はなくとも車両操作に違和感が発生する場合がある。

開発メーカーにとってのデメリットは、①バッテリー増量の難しさ、②車両制御の技術的難易度が挙げられる。バッテリーの搭載スペースが足りないのはもちろんのこと、稼働時間延長のためのバッテリーの増量は、そのまま車両コストの増加に直結する。従来の油圧機器と比較して電装部品は高コストであり、特にバッテリー価格がボトルネックとなっている。そのため、安易にバッテリー容量を増やすことは車両のコストバランスの観点から難しく、施工作业に支障を出さない稼働時間を確保しつつ、ユーザーが購入可能なコストに落とし込むバランスが何より求められる。

また、先ほどフル電動方式のメリットとして拡張性の向上を挙げたが、このメリットは同時に技術的難易度の向上にもあたる。例えば、車両の操作フィーリングをエンジン方式に近付けるためには、電気モータで油圧制御を再現する必要がある。道路締固め機械であるロードローラにおいて、車両の走行フィーリングはそのまま施工品質に直結するため、確実な再現、または施工に影響が出ない電気特有の走行フィーリングが求められる。

本報にて紹介するフル電動ローラは、機器構成にフル電動方式を採用し、従来のエンジン方式車両と同様に振動、散水、液剤散布の機能を搭載した実施工可能な車両である。また、開発にあたり締固め能力を同系統のエンジン式4トンコンバインドローラ（以下、エンジンローラ）と同等に設計している。

3. 「フル電動式4トンコンバインドローラ」を使った実施工事例

実施した施工事例の一覧を表1に示す。今回の実施工では、基本はAs施工（アスファルト施工）をおこない、一部路盤施工を実施した。表1にある通り、全四現場にてフル電動ローラを使った施工をおこなった。今回実施した施工の目的は以下の四点である。

- ①電気部品の耐水性、耐塵性など実現場で使用しての検証
- ②フル電動ローラの締固め能力の確認
- ③エンジンローラと操作感、施工品質の比較
- ④使用した施工業者様との意見交換・情報収集

補足として、目的に確認事項を含んでいるが、事前に車両検証をおこない、締固め性能が実施工に十分耐

表—1 フル電動式4トンコンバインドローラの実施工事例

適用先	施工内容	天候	平均外気温 [°C]	施工面積 [mm ²]	累計稼働時間 [min]
私有地内道路	路盤施工（下層・上層）	晴	16	378.0	445
	As 施工（表層）	晴	15		
駐車場	路盤施工（上層）	晴	14	927.7	101
	As 施工（基層）	晴	15		
駐車場	As 施工（表層）	晴	18	392.0	158
駐車場	As 施工（基層）	雨／雪	0	946.2	77



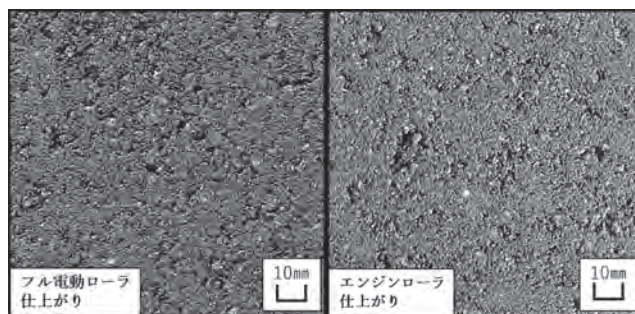
写真—1 フル電動式4トンコンバインドローラの施工状況

えうることは確認済みである。一部現場にてフル電動ローラの締固め能力評価のため、エンジンローラと同時に施工をおこなった。

総評として、施工自体は問題なく実施することができた（写真—1）。施工環境としては快晴下での舗装に加え、一部雨・雪などの悪天候下であっても問題なく舗装することができた。バッテリーの特徴として、低温下では放電能力が低下するが、今回の施工にて降雪下での低気温時においても十分な車両パフォーマンスを確認することができた。また、施工外の時間では基本的に屋外暴露状態にすることで、実際の現場での使われ方に沿って試用した。その他、ユーザー意見として、充電時間、稼働時間への指摘が多く、また電気モータで制御する車両のフィーリングに対し違和感を持っている作業者也いた。

4. 実施工事例の結果

今回の四現場にてフル電動ローラを使用した結果を、(1) 締固め能力の評価、(2) 電動化による施工現場へのメリット、(3) 電動化による施工現場へのデメリットの三つに分けて報告する。



写真—2 路面の仕上がり状況比較

(1) フル電動ローラの締固め能力評価

エンジンローラとの比較をおこなうことで、フル電動ローラの締固め能力について評価した。評価項目は、(a) 路面の仕上がり、(b) 平坦性、(c) 密度に分けて評価をおこなった。

(a) 路面の仕上がり

As 施工後の路面の比較について写真—2 に示す。写真—2 より、外観観測上においてエンジンローラとフル電動ローラの間に違いは見られなかった。

(b) 路面の平坦性

As 施工後の平坦性について、表—2 に平坦性試験結果のまとめを示す。表—2 に示す通り、フル電動式4トンロードローラにて舗装した As 路面の平坦性は標準偏差平均値 $\delta 2.24$ （合格基準値 ≤ 2.4 ）となり基準を満たしていることが分かる。また、エンジンローラの結果と比較した結果、平坦性は同等の仕上がりであることが分かった。

(c) 路面の密度

As 施工後の密度について、表—3 に現場切り取り供試体試験結果のまとめを示す。表—3 に示す通り、フル電動ローラにて舗装した As 路面の表層密度は 97.8%、エンジンローラにて舗装した As 路面の表層密度は 96.7% であった。試験結果より、締固め密度が基準を満たしていることが分かった。

以上の結果より、フル電動ローラとエンジンローラの締固め能力は同等であるといえ、フル電動ローラの締固め能力を十分評価できた。

表一 2 路面の平坦性試験結果

判定エリア	測点数 [個]	標準偏差 δ [mm]		合格判定値 [mm]	合否
		各測定エリア	平均		
フル電動ローラ転圧部 1	19	2.22	2.21	$\delta \leq 2.40$	合
フル電動ローラ転圧部 2	19	2.21			
エンジンローラ転圧部 1	19	2.09	2.08	$\delta \leq 2.40$	合
エンジンローラ転圧部 2	19	2.06			

表一 3 現場切り取り供試体試験結果

	No.	締固め度 [%]			合否
		各測点	平均	合格判定値	
フル電動ローラ	1	98.1	97.8	$96.5 \leq$	合
	2	98.0			
	3	97.7			
	4	97.9			
	5	97.5			
エンジンローラ	1	96.8	96.7	$96.5 \leq$	合
	2	96.6			
	3	97.1			
	4	96.7			
	5	96.5			

(2) 電動化による施工現場へのメリット

(a) 排気ガスを排出しない

トンネルや、立体駐車場などの閉所での施工の際に、排気ガスの滞留が発生しないため、作業員への健康被害が少なくできる点が挙げられた。また、従来であれば閉所作業の場合、排気ガスを施工現場から排出する対応が必要だが、電動ローラであればそういったコストも削減できることが挙げられた。

(b) 低振動

電動ローラはエンジン振動がないため、エンジンローラと比較して運転席周りが低振動である。車両を操作していて疲れにくく、また作業しやすいなどの利点が挙げられた。特に長時間作業をしても体への負担が少ない点が評価された。

(c) 静音性

エンジン騒音がないため、夜間工事や住宅街での工事のしやすさが挙げられた。また、車両騒音が低いいため、従来では作業車両を停止しエンジン回転数を下げなければ難しかった作業者間の意思疎通も、電動ローラであれば取りやすい点が挙げられた。

(3) 電動化による施工現場へのデメリット

(a) 充電時間・稼働時間

充電時間では、充電時間の長さ、並びに充電場所確保の難しさが指摘された。現場によっては、車両を持

ち帰らずに現場に置いて帰るケースが多いが、充電状態にしたまま帰ることは安全上の観点から難しい。また、車両を持ち帰った場合でも保管場所で常に充電できる環境があるとは限らないため、充電時間の短縮が求められた。さらに、ローラが使用される現場では電源設備の確保が難しい場合が多く、特に 200V 以上の充電環境が必要な場合、外部発電設備が必須となるなど運用コストが高くなる。

稼働時間の短さも指摘されている。現場にて最も求められた最低稼働時間は 5 ～ 6 時間であるが、同様の稼働時間を電動ローラで確保する場合、必要なバッテリー容量が車両サイズと比較して大きくなるため車両への搭載難易度が高い。さらに、バッテリーの増量は、充電時間の長時間化、車両価格の上昇につながり、結果的に現場での運用コストが高くなる。

(b) 走行フィーリングの違和感

フル電動ローラは電気モータで直接車両を制御するため、エンジンローラと比較して車両の走行フィーリング（加速・減速・停止）に違いが発生している。実施工では、エンジンローラと比較したときの走行フィーリングの違いが違和感として指摘された。

(c) 車両の静音性

施工現場へのメリットにて静音性が高いことを前述したが、現場においてはメリットばかりではなく、一部で問題視されたのが安全面である。エンジンローラであれば車両騒音により、作業者が車の接近を察知することができるが、フル電動ローラでは静音性が高いため車両の接近を直前まで気付けないケースがあり対策が必要だと感じた。

5. 施工現場へのデメリット改善の例

(1) バッテリーの充電問題・稼働時間の延長

バッテリーの充電問題・稼働時間の延長の対策では、①外部電池を搭載した蓄電車の運用、②充電ステーションの普及、③着脱式可搬バッテリーの搭載などが挙げられる。

写真一 3 に着脱式可搬バッテリーを搭載している



写真-3 着脱式可搬バッテリーを搭載した電動油圧式ローラの例

電動油圧ローラの一例を示す。その他、短期的に取り組める対策としてバッテリー搭載量の増量があるが、充電時間の延長、車両価格の上昇につながるというトレードオフの関係になる。写真-3のように着脱式可搬バッテリーにすることで充電時間と稼働時間の両立を図ることは可能だが、着脱式可搬バッテリーは、実用性を考慮すると一定の車両重量までしか使えない。抜本的な解決策としては固体電池などのエネルギー密度の高いバッテリーを搭載しなければならない。

(2) 走行フィーリングの最適化

車両の走行フィーリング（加速・減速・停止）について、電気モータの制御を最適化することで解決を図ることができる。また、走行モード、作業モードで操作フィーリングを変える、予めプリセットされた操作フィーリングからユーザーが選択できるといった運用メリットも存在する。

(3) 高い静音性と安全性の両立

基本的に静音性が高いことは大きなメリットである。しかし一部で気付けないといった危険が潜んでいる場合がある。こういった場合の安全性の確立においては、例えば自動ブレーキや警告アナウンスで知らせる、または車両の接近を振動などで作業者に伝える方法が挙げられる。特にこれらの方法はフル電動ローラの拡張性の高さと相性が良い点も挙げられる。

6. おわりに

本報では、フル電動ローラの概要説明並びに実施工活動報告をおこなった。報告内容の通り、フル電動ローラが従来のエンジンローラと同様の締固め能力を保持していることを数値として確認することができたことは非常に重要であり、実施工現場の使用事例として問題なく施工できたことは今後の電動建機開発における大きな一歩であると考えている。

反面、実施工試験を通じ明確になった課題も多くある。それらのほとんどは稼働時間や充電時間、充電環境といった、かねてより懸念されていた問題だったが、走行フィーリングの違和感や静音性による安全面への配慮など、実施工をすることで初めて浮き彫りになった問題もある。こういった問題はエンジンローラでは発生しえなかったものであり、今後の電動建機の研究・開発をさらに進めていくなかで同種の問題点が発生することは十分に考えられる。そのため、従来通りの使い方ができる点に加え、電動化によって施工現場に発生する影響を今一度見つけ直す必要性を感じた。今後も、問題点の改善に取り組むと同時に、使いやすい電動ロードローラとなるよう研究開発を進めていく。

最後に、本研究のため、フル電動ローラを現場に受け入れてくださり、実施工での使用にご協力頂けた関係者の皆様に深く感謝申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 環境省 HP より 報道発表資料「2022 年度の我が国の温室効果ガス排出・吸収量について」
(https://www.env.go.jp/press/press_03046.html)
- 2) 国土交通省 HP より GX 建機認定制度 認定一覧〔令和 6 年度 9 月現在〕(<https://www.mlit.go.jp/tec/constplan/content/001737665.pdf>)
- 3) 環境省 HP より 報道発表資料「『令和 6 年度予算 建設機械の電動化促進事業』の公募について」
(https://www.env.go.jp/press/press_03218.html)
- 4) 柴田大地：電動式ロードローラの研究開発，建設機械，2023.5，699，Vol.59，No.5，pp.13-18，2023 年 5 月 1 日発行

【筆者紹介】

吉田 悠一郎（よしだ ゆういちろう）
酒井重工業㈱
開発本部 新技術開発部
EV&CN グループ
技師補





「道の駅」のネットワークを利用した地域活性化の取り組み 南房総市「道の駅」8 駅ネットワークを事例として

松 尾 隆 策

「道の駅」の機能は、休憩・情報発信・地域連携の基本機能、さらに防災、医療・福祉、住民サービス機能など進化発展している。特に農産物直売所、レストランなどの経済的機能が人気で、各駅は地域色のある独自の運営で地域活性化を推進している。さらに、いくつかの駅が連携して役割分担を行うことで、より広域での活性化の取り組みが注目されている。重点「道の駅」に指定されている「千葉南房総市「道の駅」ネットワーク」の事例から、駅同士での連携の効果について、特にコロナ禍のケースを取り上げ、検証した。

キーワード：道の駅、連携、コロナ禍、防災機能、千葉南房総市「道の駅」ネットワーク

1. はじめに

ドライバーが休憩のために立ち寄る「道の駅」は、1993年にスタートした。2024年には全国で1,221駅にまで増加し、国民に広く知られる公共施設となっている。「道の駅」は現在、政府による「観光立国推進」および「地方創生」という両政策の拠点施設に位置付けられている。「地域とともに作る個性豊かなにぎわいの場」という基本コンセプトのもと、各駅がそれぞれの地域特性を活かした経営を行い地域活性化を図っている。近年では、いくつかの「道の駅」が互いに連携して、広域での活性化を図る事例が注目されている。本稿では、駅同士のネットワークによる地域活性化の取り組みについて、「千葉南房総市「道の駅」ネットワーク」の事例を中心に考察する。

2. 「道の駅」の登録・案内制度

(1) 「道の駅」の定義

一般道路沿いに設置され、ドライバーのための休憩施設として知られる「道の駅」は、主に市町村などが設置し、国土交通省が登録、第3セクターなどの民間セクターが指定管理者として運営を担っている「公設民営施設」である。1993年に建設省（現国土交通省）が「道の駅」の登録・案内制度を創設し、まず103駅が登録された。以来、その数は30年間で10倍以上に増え、2024年現在、全国で1,221か所を数える。

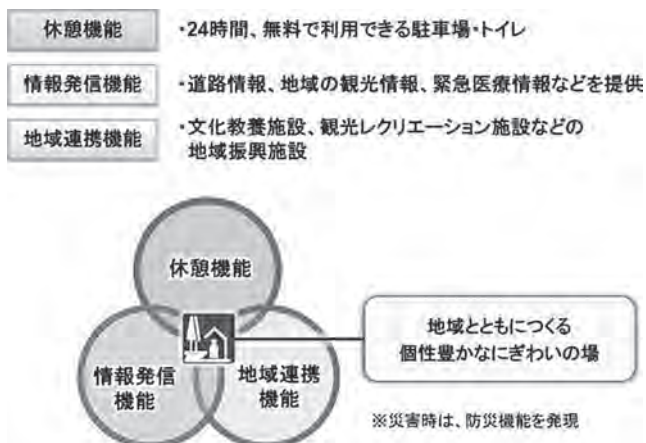
駐車場、トイレなどの「休憩機能」、道路情報等の「情

報発信機能」、地域振興施設を拠点として地域間の交流を図る「地域連携機能」が基本3機能とされる。さらに、新潟県中越地震以降、その機能が注目されるようになった「防災機能」をはじめ、「医療・福祉機能」、「住民サービス機能」等の地域センターとしての公益的機能を有し、地域コミュニティの活性化、交流人口の増大、地域防災力の向上、買い物弱者対策など、多機能複合施設としてそれぞれの地域が抱える多様な課題解決の拠点としての役割を果たしている。

一般的な「道の駅」は、24時間利用できるトイレ、駐車場のほか、情報提供施設、地域振興施設により構成されている。登録要件は、これら3施設を備えていることの他に制約はなく、運営は各駅に委ねられ、行政はコンセプトの保持・確認にとどまっていることが、他の公共施設に見られない特徴であると言える（図—1）。

(2) 「道の駅」の制度的特徴

「道の駅」は、各駅が創意工夫を活かし、地域の特性に応じた運営を行うことに制度的な特徴があり、主に過疎化に悩む中山間地域の拠点として設置されることが多い。日本の国土の60.3%を占める中山間地域のほとんどが、人口減少、高齢化などの深刻な社会課題を抱えているが、その背景となる経済社会構造には地域差があり、課題の解決に有効な取り組みは、必ずしも全国共通ではない。各地域の社会情勢、ライフスタイルの変化に応じて、変容できるという「道の駅」のシステムは、このような地域差のある社会課題の解決と活性化に有効な手段であると言える¹⁾。



図一1 道の駅の基本コンセプト (左図) および一般的な「道の駅」の施設配置 (右図)
資料: 国土交通省「道の駅案内」国土交通省 HP (<https://www.mlit.go.jp/road/Michi-no-Eki/outline.html>)

さらに、「道の駅」全体の質の向上を図るため、2014年より『重点「道の駅」』制度が設けられた。国は、特に優れた取り組みを継続的に行っている6駅を『全国モデル「道の駅」』、今後の重点的な支援で効果的な取り組みが期待できる駅を『重点「道の駅」』(103駅)、「住民サービス」と「地域交通拠点」の各部門について優れた取り組みを実施している駅を『特定テーマ型モデル「道の駅」』(13駅)、そして優れた企画の具体化に向け取り組んでいる駅を『重点「道の駅」候補』(78駅)として選定し、それぞれの成果を広く周知するとともに、各駅の取り組みを支援している。



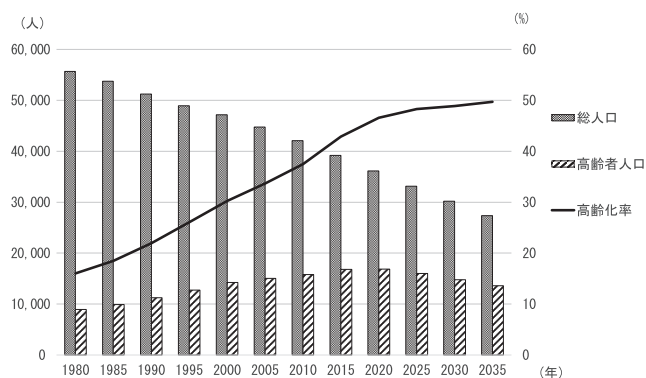
図一2 南房総市の位置
資料: 「<https://ja.wikipedia.org/wiki/南房総市>」より作成

3. 南房総市「道の駅」8駅ネットワークの取り組み

(1) 千葉県南房総市の概要と課題

千葉県南房総市は、市内に8つの「道の駅」を有しており、1つの自治体が有する「道の駅」数としては、全国で最大数となる。同市は千葉県の南部に位置し、2006年に7町村の合併により発足した。海岸部は南房総国定公園に指定されており美しい海岸線に恵まれた地域である。千葉県内だけでなく、東京都からも「東京湾アクアライン」を経由することで、アクセスが便利な地域である (図一2)。

南房総市は人口減少と高齢化が進み、中山間地域に指定されているⁱⁱ⁾。この課題を解決するため、市は、豊かな自然景観と関東圏からのアクセスが便利であるという利点を活かして、観光を中心とした地域活性化



図一3 南房総市の総人口、高齢者人口、高齢化率の推移
資料: 「<https://population-transition.com/population-650/#j1>」より作成

策を実施している。その拠点として活躍しているのが、市内にある8つの「道の駅」である。8駅が互いに連携することで、市全体の活性化を推し進めている (図一3)。

市内8駅のうち、「とみうら枇杷倶楽部」(1993年に設立) は、2015年に全国モデル「道の駅」に指定された。さらに、同駅を含む市内の「道の駅」8駅は

i) 農村振興局農村政策部地域振興課 (2023) を参照。

ii) 同市は、「半島振興法第2条」の規定による半島振興対策実施地域で「過疎地域の持続的発展の支援に関する特別措置法第7条」の規定を満たす過疎地域にあたる。

2020年に、子育て支援施設や地方創生の拠点等の機能を強化した次世代型「道の駅」の取り組みが評価され、「南房総市道の駅」として、重点「道の駅」に選定された。

さらに「白浜野島崎」を除く7駅は「㈱ちば南房総」が運営管理している。同社は、2012年に南房市内の第三セクター3社が合併し、株式会社として新たに設立された。市長が代表取締役兼「1人株主」を務める。「道の駅」設置20年経過で、このような第三セクターを1つの会社に統合した事例は他に例を見ない。さらに、コロナ禍の中で、8駅のうち3駅（「富楽里とみやま」「鄙の里」「とみうら枇杷倶楽部」）が、大規模改修に取り掛かり、さらに事業を拡大しているということからも注目すべき事例と言えるⁱⁱⁱ⁾。

このように、8駅のうち7駅は同一の会社に経営統合され、残りの「白浜野島崎」とも互いに情報交換を通して連携することで、効率的な経営を行っている。例えば、「とみうら枇杷倶楽部」では「房州びわ」の特産品開発、「富楽里とみやま」では新鮮野菜に力を入れるというように、駅ごとに役割を分担し商品を融通することで、品揃えの確保に努めている（表一1）。

(2)「道の駅」のコロナ対応

2019年より始まった新型コロナウイルス感染症拡大に伴う行動制限では、全国の「道の駅」も入場者数、売上高ともに大きな打撃を受けた^{iv)}。8駅のコロナ期（2020年から2021年）を含めた入場者数と売上高の時系列データを図一4、5にそれぞれ示した。これらのグラフの形状からも、コロナ期には入場者数、売上高ともに、大きな減少があったことが見て取れる。各駅のコロナによる影響度を比較するために、入場者数と売上高についてそれぞれ、相対的変化率に関する累積和分析（CUSUM）を試みた^{v)}。さらに、コロナのダメージの統計的な有意性を検証するために、2020年と2021年について、駅ごとに異常点分析を実施した。また、当時の観光の状況と比較するため、同時期の国内の旅行者数、旅行者消費額のデータについても同様に異常点分析を行った^{vi)}。これらの分析結果を表一2に示す。

これによると、ほとんどの「道の駅」では入場者数、売上高ともに、コロナの影響を大きく受けたことが分かる。そしてZ値の絶対値の大きさから、個々の「道の駅」のコロナの影響度を比較・検討すると、入場者数については、2020年は「WA・O!」、「富楽里」、「枇

表一1 南房総市「道の駅」8駅の連携による取り組み

No.	「道の駅」	取り組みの特徴	No.	「道の駅」	取り組みの特徴
1	とみうら枇杷倶楽部	「房州びわ」を使った特産品が人気。地域の団体・企業のネットワーク化により収穫体験、飲食、宿泊、地域観光などの旅行企画を一元的に受発注。	5	和田浦 WA・O!	レストランなどのテナントが豊富で食べて、歩いて南房総らしい海辺の休日を楽しむことができる。
2	おおつの里花倶楽部	敷地面積4,000坪の温室があり四季折々の花々が栽培され、楽しく鑑賞できる。	6	ローズマリー公園	中世のイギリス建築を復元したテーマパーク。ローズマリーをはじめ各種ハーブや季節の花が楽しめる。
3	富楽里とみやま	新鮮な農水産物の品揃えが豊富。	7	白浜野島崎	房総半島最南端洋式灯台の「野島崎灯台」が近くにあり、南房総国定公園の周遊の休憩スポットに最適。
4	三芳村鄙の里	新鮮な農産物や特産品の並ぶ農産物直売所。日本の酪農発祥の地ならではの「みるく工房」の乳製品が人気。	8	ちくら潮風王国	漁船のレプリカ「第一千倉丸」がある芝生広場は7000m ² の広さ。館内には鮮魚や新鮮野菜、土産物の販売コーナー、レストランなどテナントが豊富。

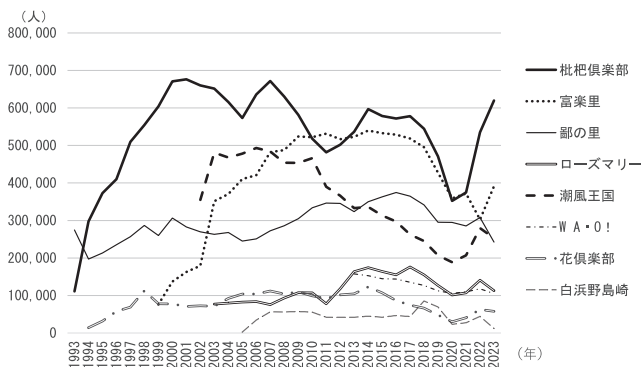
資料：筆者の聞き取り調査とHPより作成

iii) 大規模改修は市と県が実施し、それぞれ「富楽里とみやま」では2022年に、「鄙の里」では2023年に、「とみうら枇杷倶楽部」では2024年（予定）に実施。

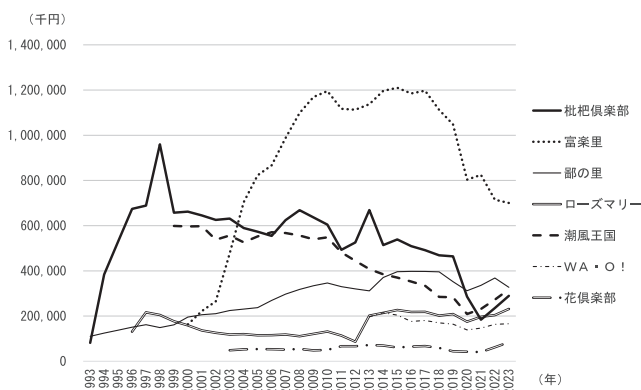
iv) 2020年の来場者数では、96.0%の「道の駅」で、団体観光客の減少が見られ、売上高においても60.5%の駅で土産品や特産品の販売額が前年比7割以下にまで減少した（全国道の駅「第1回新型コロナウイルス感染症による経営実態調査」、調査期間：2020/4/21～2020/5/10、回答数：647駅、実施主体：全国「道の駅」連絡会）。

v) 分析方法については、Lucas, J. M. (1985) を参照。

vi) 入場者数の分析には「国内延べ旅行者数」のデータを、売上高の分析には「国内旅行者消費額」のデータを比較対象として合わせて異常点分析を行った。



図—4 南房総市「道の駅」8 駅の入場者数の推移
資料：南房総市観光プロモーション課資料



図—5 南房総市「道の駅」7 駅の売上高の推移
※ただし、「白浜野島崎」については、売上高のデータを開示していないため記載していない。
資料：南房総市観光プロモーション課資料

杷倶楽部」の順、2021 年は「潮風王国」, 「富楽里」, 「WA・O!」の順で大きなダメージがあったことが分かる。つづいて、売上高については、2020 年は「富楽里」, 「杷倶楽部」, 「ローズマリー」の順、2021 年は「杷倶楽部」, 「富楽里」, 「花倶楽部」の順でダメージが大きかったことが分かり、特に「富楽里」(2020 年, $Z=-6.4$), 「杷倶楽部」(2021 年, $Z=-7.5$) については、共に大きな Z 値を示し、これは壊滅的な打撃を受けた国内旅行消費額に匹敵するほどであったことがわかる。原因として、「杷倶楽部」には現在の「(株)ちば南房総」本社、そして「富楽里」についても、第三セクター「(株)富楽里とみやま」が前身で、ともに主要駅にあたることで、通常期の入場者数、売上高がともに大きいことが挙げられる。

その他、分析結果から得られた特徴としては、各駅の売上高のダメージがいずれも国内の「旅行者消費額」と比較して、コロナの影響が格段に小さかったことである。このことは、コロナ禍というパンデミックによる行動制限の状況においても、「道の駅」がむしろソーシャルディスタンスが確保され、「3 密」が回避できる施設として、利用者に支持されたことが原因であると思われる。

さらに、図—4, 5 より、「杷倶楽部」は、2022 年から 2023 年にかけて、入場者数、売上高ともに V

表—2 コロナ禍（2020 年と 2021 年）の異常点に関する検定結果

各駅の入場者数／ 国内延旅行者数	2020 年			2021 年		
	Z 値	p 値	有意	Z 値	p 値	有意
杷倶楽部	-2.0087	0.0446	**	-2.0177	0.0436	**
富楽里	-2.0331	0.0420	**	-2.1113	0.0347	**
鄙の里	-1.9217	0.0546	*	-1.9629	0.0497	**
ローズマリー	-1.9623	0.0497	**	-1.9717	0.0486	**
潮風王国	-1.9892	0.0467	**	-2.1270	0.0334	**
WA・O!	-2.1009	0.0356	**	-2.0747	0.0380	**
花倶楽部	-1.9756	0.0482	**	-2.0185	0.0435	**
白浜野島崎	-1.9964	0.0459	**	-1.9044	0.0569	*
国内延旅行者数	-1.9826	0.0474	**	-1.9882	0.0468	**
各駅の売上高／ 国内旅行消費額	2020 年			2021 年		
	Z 値	p 値	有意	Z 値	p 値	有意
杷倶楽部	-4.3720	0.0000	***	-7.5579	0.0000	***
富楽里	-6.4039	0.0000	***	-5.8982	0.0000	***
鄙の里	-1.6797	0.0930	*	-0.8856	0.3759	
ローズマリー	-3.9989	0.0001	***	-1.1819	0.2372	
潮風王国	-3.2635	0.0011	***	-2.4725	0.0134	**
WA・O!	-2.9061	0.0037	***	-2.2785	0.0227	**
花倶楽部	-2.2728	0.0230	**	-2.5323	0.0113	**
国内旅行消費額	-8.2260	0.0000	***	-9.6218	0.0000	***

※1 ただし、*** は 1% 有意水準、** は 5% 有意水準、* は 10% 有意水準での有意を示す。

※2 国内延べ旅行者数、国内旅行消費額は、観光庁（2023）のデータ。

字回復を遂げており、コロナ後に急激に経営が回復したことを示している^{vii)}。この理由としては、同駅が特産の「房州びわ」を使った商品のさらなる展開と、農産物直売所のサイト販売などの「e コマース」に力を入れたことが挙げられる。このように、コロナ後の「ニューノーマル」の進展に迅速に対応し、新たな運営方法を取り入れられることができたことの原因としては、市長が代表取締役兼1人株主であり、市の政策が同社の運営方針に直接反映されるシステムになっていることが大きいと言える。

4. 本研究から得られたインプリケーション

本稿では、地域における「道の駅」の役割について、南房総市内8駅の連携・ネットワークによる地域活性化の取り組みに焦点を当てて考察をした。特に、2020年から2021年に起きたコロナ禍による影響について、相対的変化率によるCUSUM分析と異常点分析を行うことでその影響を計量的に分析した。これによると、8駅は、各駅の特徴を活かして互いに連携し、商品を相互に融通し合うことで経営効率を上げている。コロナ禍の影響については、全国の観光業よりも軽微なダメージで済んだことが分析結果より示された。8駅のうち7駅が同一の企業による経営であり、強固な連携・ネットワークが確立されていることが、コロナ禍のダメージの軽減に大きく寄与したと思われる。

vii) 「富楽里」の経営状況の回復が見られなかったことについては、同時期に全面改修があったことが大きい。

5. おわりに

本稿では、地域拠点としての「道の駅」の効果について、注目される駅同士の連携・ネットワークに焦点を当てて考察を行った。コロナ禍のパンデミック災害でのダメージが少なく済んだという本研究の結果は、今後の「道の駅」の進化に非常に重要な示唆を与えたと思われる。休憩施設として始まった「道の駅」であるが、「道の駅」同士が連携・ネットワークを形成することで、地震、豪雨など、パンデミック以外の自然災害に対しても強靱なシステムになる。「道の駅」が、地域経済の活性化だけでなく、「地域センター」として、進化・発展することが期待される。

J C M A

《参考文献》

- ・ Lucas, J. M. (1985). "Counted Data CUSUM's." *Technometrics*, 27 (2), 129-144.
- ・ 観光庁「旅行・観光消費動向調査」『観光統計白書』国土交通省 HP, 2023 年 (<https://www.mlit.go.jp/kankocho/content/001724778.pdf>)
- ・ 国土交通省道路局企画課「『道の駅』第3ステージの実現に向けた新たな取組を開始します～地方創生・観光を加速する拠点への進化を推進～」国土交通省 HP, 2022 年 (<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001498885.pdf>)
- ・ 農村振興局農村政策部地域振興課「中山間地域について」農林水産省 HP, 2023 年 (https://www.maff.go.jp/j/nousin/tyusan/siharai_seido/s_about/cyusan/)

【筆者紹介】

松尾 隆策 (まつお りゅうさく)
明治大学
商学部
特任准教授 博士(経済学)



ずいそう

不思議の国 インド

安田 智之



私は前職の測量機器メーカーのインド現地法人に2010～2014年に駐在していた。今や世界一の人口を抱え、近々にGDPでは日本を追い超すと言われるインド、日本とは異なるインドについて駐在時代に感じた事を記す。

1. インド人はおしゃべり？

インド人はとにかくよく喋る。自己主張が強くないと埋没してしまうせいか、インド訛りの強い英語で延々と喋り続ける。国際会議の成功の秘訣は「いかにインド人を黙らせ、日本人を喋らせるか」と言われている。

またインド人は実に言い訳上手である。日本だと「言い訳をせず、素直に謝りなさい。」と教育されるが、インドは逆で、咄嗟にいくつかの言い訳を言えるような教育を受けているようだ。遅刻やドタキャンの言い訳には毎回いろんな言い訳があって、今となれば面白かった思い出である。

よく使われる口癖として「No Problem」があるが、概して“Big Problem”な事が多い。また「Wait a minute」は“ちょっと待って”の意味だが、「Wait 2 minutes」は“何時になるかわからない”時に使う慣用語だった。

2. Own Risk という考え方

Own Risk（自己責任）という考え方が強い。デリー郊外に古代遺跡があるが、上まで登ると柵がない。インド人の同僚に、なぜ安全の為に柵を設けないのかと聞いたら「危ないと思うなら登らなければいいじゃない。」という返答。つまり自分で判断し、落下したらそれは自己責任だよ、という考え方である。嘘をつかれた時もあったが、指摘すると「俺は確かに嘘をついた。でも信じたお前が悪い。」という答えが返ってきた事もあった。

3. インドのカレーと飲酒事情

ご推測の通りほぼ毎食カレーであるが、多種多様なカレーがあり、いわば日本人が毎食醬油味や味噌味を食しているのと同じ感覚である。

また、インドにはお酒を飲めない州があり、例えばガンジーやモディ現首相の出身州グジャラート州ではお酒を飲めない。他の州でも年に数日ドライデーがあり、飲食店での酒の提供や酒屋での酒類販売はNGである。どうしても飲みたい日本人は行きつけの日本や韓国料理店にこっそり頼み、湯飲みでビールを飲んでいた。



写真—1 ガンジス川の沐浴風景

4. IT 王国インドとカースト制度

Google やマイクロソフト等、著名な IT 経営者にはインド出身が多い。もちろんインド人は頭の回転が速く、極めて論理的である。下層カーストの優秀な人材が、カースト制度には存在しない IT エンジニアを目指すという説もある。名門の IIT (Indian Institutes of Technology: インド工科大学) には下層カースト出身の優秀なエンジニアの入学枠があるそうだ。

法律的にはカースト制度は存在しないのだが、結婚では未だに根強く残っているようだ。同一カースト同士の結婚を良しとし、下位カーストとの結婚は親戚中の問題となるらしい。よってインドではお見合い結婚が多いが、最近は都市部を中心にカーストにとらわれない結婚も増えているようである。

5. インドは多民族国家

インド人と一言で言っても、実に多くの民族・言語・宗教が存在する。言語的には全く異なるが、公用語であるヒンドゥーに加えてローカル言語や英語を自由に操る人は多かった。

宗教的にはヒンドゥー教徒が 80% を占めているが、総人口 13 億人を抱えるインドでは約 1.8 億人のイスラム教徒が暮らしており、インドネシア・パキスタンに次ぐ第 3 位という世界有数のイスラム国家でもある。

6. インド人はみんなターバンを巻いている？

日本ではインド人というとターバンを巻いているイメージが多いだろうが、実はごく限られた人しか巻いていない。パンジャブ州に多いスィーク教徒がターバンを巻き、銀のリングと（以前は）小刀を差す。肌に刃物を当てない教義ゆえ、ターバンの中に髪の毛を撒き、立派な髭を蓄えている。体格も良くスィーク教徒



写真—2 路上の理髪店

独自の軍隊もある。海外で活躍するスィーク教徒も多い為、インド人＝ターバンのイメージが根付いたのだろう。

7. インドの電力事情と電化製品

今は改善していると思うが、10 年前は 1 日に数回停電が発生していた。オフィスやアパートには発電機が常備され、停電と同時に発電機のスイッチが入る。最初はビックリしたものだが、そのうち慣れてしまうと真っ暗になっても食事や会議を続けていた。

またインドの家電は壊れる事が多かった。スタビライザーも付いてるが、電圧が安定しないせいか度々調子が悪くなる。あまりに壊れるので大家さんに文句を言うと、「Mr. Yasuda, 機械は壊れるもの、壊れない機械はない。」と言われ、変に納得したものだ。

8. インドのお勧め本・映画・娯楽

妹尾河童著「河童が覗いたインド」がお勧めだ。作者の緻密なイラストと共にインドでの体験談が面白く綴られている。インド赴任前に当時の上司からこの本を贈られ大変心強かった記憶がある。

インド映画は踊りにハチャメチャなストーリーと括られがちだが、秀逸な作品も多々ある。数ある中でも特にお勧めは「3 idiots (邦題: きっと, うまくいく)」。

名門工業大学に通う 3 人が社会の理不尽さ、身分制度を風刺しながら笑いあり、涙あり、踊りありの秀作だ。また、日本に比べると圧倒的に娯楽が少ないインドだが、中でもゴルフは人気があった。デリー郊外に 6 ヶ所ほどゴルフ場があり、日本人、韓国人で 80% くらい、残りはインド人、白人がプレーしていた。各プレーヤーに 1 人ずつキャディ（男性のみ）が付き、ご祝儀目当てのホールインワンが異常に多い名物ホールもあった。

9. おわりに

全ては私が見聞きした範囲のものである。確たる実証はないので、信じるかどうかは Own Risk (自己責任) でお願いしたい。インドにまだ行かれてない方は是非一度来訪してほしい。そこには日本や西洋にはない何かがある筈である。今夏に娘がインド ムンバイに駐在になった。親子 2 代のインド勤務となり、何かしらの縁を感じているインドである。

ずいそう

SDGs とソーシャルインパクト

高橋 修



1. 今更ながらの SDGs

読者の皆さんは「SDGs」とは何のことか、既にご存じのことと思います。今では小学生でも Sustainable Development Goals と答えてくれるのではないのでしょうか。しかしながら、17 のゴールをすべて言い当てることはできるでしょうか？また、これらのゴールが提唱されるに至った経緯をご存じでしょうか？さらに、それぞれのゴールにはターゲットというものが紐づけられていて、17 のゴールのターゲットを合計すると 169 にもなることを知っていたでしょうか？

本稿では、今更ながらのネタで申し訳ありませんが、最近になって私が気づいた SDGs に関連する事項について書いてみました。さらに、最近私の職場では、SDGs にかわる表現として「ソーシャルインパクト」がやたら使われていますので、この表現についても少し考えてみたいと思います。

2. SDGs のゴール、ターゲット、指標

私は大学に勤務しており、実はその大学は SDGs ゴール 9 のハブ大学になっています。ハブ大学という

のは、ゴール達成に向けて世界的にけん引役となる大学として国連から任命されているもので、第一期(2018 年～2021 年 5 月末)に続いて第二期(2021 年～2024 年 12 月末)も任命されています。

SDGs は、2030 年までに持続可能でより良い社会の実現を目指す国際的な目標であり、国連が提唱しているゴールです。そして、それぞれのゴールには、達成するための具体的な目標や数値を表したターゲットも定められています。たとえば、ゴール 9 は「産業と技術革新の基盤をつくろう」であり、だれもが安心して快適に暮らせる社会をつくるために、暮らしを支えるレジリエントなインフラを構築するとともに、技術革新で新たな価値をつくり、持続可能な産業を構築しようとする目標です。まさに、我々の建設分野にぴったりのゴールということになります。

そして、このゴール 9 には表 1 に示す 8 つのターゲットが設定されています。読み返してみると、多くのことが具体的な数値目標を挙げて記述されています。実は、これらのターゲットに対しても、その達成度を測るためのインジケータ「指標」が設定されており、その総数は 231 もあります。とても奥深いことが理解されます。

表 1 ゴール 9 のターゲット

9.1	すべての人々に安価で公平に使えることを重視した経済発展と人間の福祉を支援するために、地域・越境インフラを含む質の高い、信頼でき、持続可能かつレジリエントなインフラをつくる。
9.2	包摂的かつ持続可能な産業化を促進し、2030 年までに各国の状況に応じて、雇用及び GDP に占める産業セクターの割合を大幅に増加させる。後発開発途上国についてはその割合を倍増させる。
9.3	特に開発途上国における小規模の製造業やその他の企業が、安価な資金貸付などの金融サービスやバリューチェーン及び市場への統合へのアクセスを拡大できるようにする。
9.4	2030 年までに、資源利用効率の向上とクリーン技術及び環境に配慮した技術・産業プロセスの導入拡大を通じたインフラ改良や産業改善により、持続可能性を向上させる。すべての国々は各国の能力に応じた取組を行う。
9.5	2030 年までに、イノベーションを促進させることや 100 万人当たりの研究開発従事者数を大幅に増加させ、また官民研究開発の支出を拡大させるなど、開発途上国をはじめとするすべての国々の産業セクターにおける科学研究を促進し、技術能力を向上させる。
9.a	アフリカ諸国、後発開発途上国、内陸の開発途上国及び開発途上の小さな島国への金融・テクノロジー・技術の支援強化を通じて、開発途上国における持続可能かつレジリエントなインフラ開発を促進する。
9.b	産業の多様化や商品への付加価値創造などに資する政策環境の確保などを通じて、開発途上国の国内における技術開発、研究及びイノベーションを支援する。
9.c	特に後発開発途上国において情報通信技術へのアクセスを大幅に向上させ、2020 年までに普遍的かつ安価なインターネットアクセスを提供できるようにする。

3. 我々はなぜ SDGs を掲げるのか

SDGs は発展途上国のみならず、先進国自身に取り組むユニバーサルなものであり、企業も行政も研究機関も積極的に取り組んでいく必要があります。それでは、なぜ我々は SDGs を掲げて（たとえば上着にバッジを付けて）、その目標実現のために取り組んでいるのでしょうか。それはメリットがあるからであり、以下のメリットが考えられます。

- ①組織やグループのブランドイメージの向上につながる
- ②新しい事業やビジネスのチャンス創出につながる
- ③社会課題の解決に貢献しているという働きがいや満足度の向上につながる
- ④組織やグループの存在感アップや存続につながる
- ⑤自分の仕事が SDGs に貢献しているか、貢献できているのかの戒めにつなげられる

最後の⑤は、メリットと考えられるかどうか微妙なところがありますが、まったくの私見であることを付記しておきます。

4. SDGs とソーシャルインパクト

最近、SDGs にも増して私の職場でよく見聞きする

のが「ソーシャルインパクト」という表現です。「ソーシャルインパクトを創出する研究開発」とか「ソーシャルインパクトにつながる取組」といった感じで使われます。ソーシャルインパクトも SDGs のように、共通の目的意識を設定して共に頑張っていきたいというような、ある種の目指すべき方向性を示すものと考えられますが、私の職場では、そうなるようにもっと努力せよという、叱咤激励的なニュアンスに感じられるところがあります。上記の SDGs のメリットに挙げた⑤的な意味合いです。ただし、SDGs よりも漠としたイメージのものとなります。

我々ビジネスマンは、いろいろな場面で目標を達成すること、他者よりも抜きんでることが求められます。そして最近、その要求がどんどん高くなっていると中間管理職は感じているのではないのでしょうか。SDGs もソーシャルインパクトも呪詛と思わずに、活動を祝福する、後押しする言葉と考えるべきなのでしょう。私の場合は、もう少し今の職場で頑張らなければならないので、SDGs とソーシャルインパクトを意識しながら日々の仕事に励みたいと思います。

——たかはし おさむ 長岡技術科学大学 環境社会基盤系 教授——



部 会 報 告

新東名高速道路 河内川橋工事見学会 報告

機械部会 基礎工事用機械技術委員会

1. はじめに

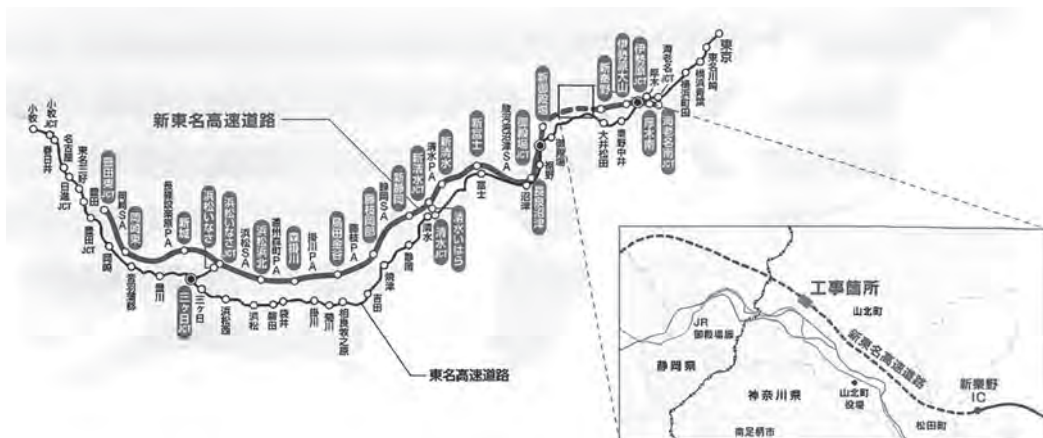
JCMA 機械部会基礎工事用機械技術委員会では、令和6年7月10日に神奈川県足柄上郡山北町にて新東名高速道路 河内川橋工事（鹿島・大成特定建設工事共同企業体 河内川橋 JV 工事事務所）の見学会を開催した。

参加者は15名。日本最大級のアーチスパンを誇るバランスドアーチ橋の施工現場を間近で視察できたので、その内容について報告する。

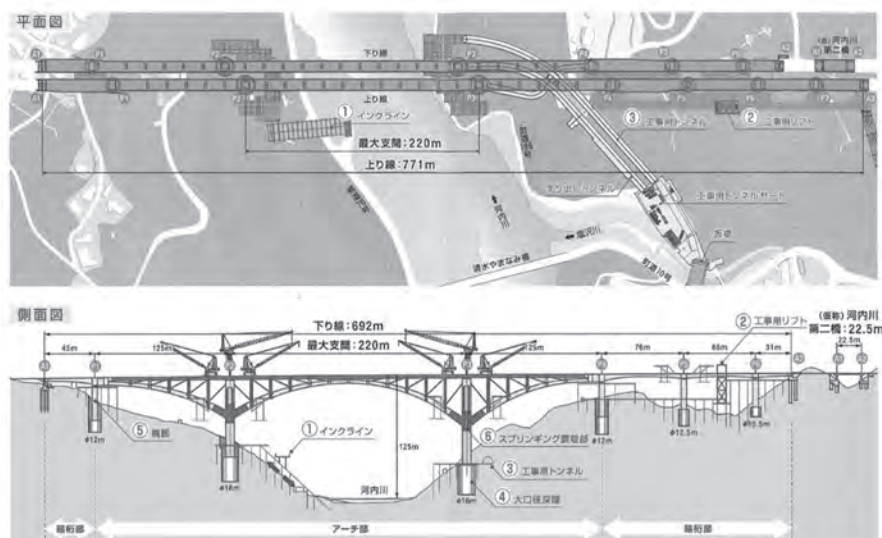
2. 河内川橋工事について

新東名高速道路は、神奈川県海老名市を起点とし東名高速道路と並走しながら、静岡県を經由して愛知県豊田市へ至る約250kmの高速道路である（図—1）。

この内、東西は開通済みで最後の区間である新秦野ICから新御殿場IC区間で、丹沢湖から流れる河内川と県道76号をまたぎ、全長771m、橋脚の最大高さ88m、最大支間220mの長大アーチ橋を構築する工事である（図—2）。



図—1 現場位置図



図—2 平面図、側面図

3. 河内川橋工事の特徴

(1) 巨大インクラインの設置

最大積載荷重 90 t の国内最大級のインクラインが設置されており、トラベラークレーンの一部を載せたトレーラーを丸ごと積載できる規模に驚かされた。見学の際は実際にこのインクラインに乗って、そのスケールの大きさを体感した。写真はインクラインから下を見たもの（写真—1）。

(2) 巨大な移動作業車

巨大移動作業車の採用により、アーチリブ張出施工について1ブロック最長 6.5 m、片側 16 ブロックの大型ブロック施工を実現している（写真—2、3）。

中央経間のアーチ閉合が間近のように見えたが、実際は、側径間側の閉合が先行するため、中央径間の閉合は来年以降になるとのこと。アーチリブは、張出施工するごとに垂れ下がり、日々の温度でも変化するので測量して確認しながら次の施工に反映する必要があるということで、来年には現場従事者の皆さんの願いが達成され、問題なくピッタリ閉合できることを私も楽しみにしていきたい。

(3) 外殻鋼構造

スプリング部（アーチリブと橋脚との結合部）を外殻鋼構造とすることで鉄筋の過密を解消し、また鋼殻を充填コンクリートの型枠として兼用して支保工の簡略化を実現している（写真—4、5）。



写真—2 近づく中央径間の移動作業車



写真—3 下からの眺望



写真—1 インクラインに乗って下を見た状況



写真—4 アーチ根本のスプリング部：外鋼殻構造



写真—5 外鋼殻構造部

4. 今回の見学会について

見学会ではまず現地到着して最初に目にした現場事務所に驚かされた。

もともとこの丹沢湖周辺は観光地であるため、周囲の景観を損ねないように配慮し現場事務所もウッド調の囲いがされており、一見すると工事現場事務所とは思えないおしゃれな外観となっていた(写真—6)。

また、事務所の中に入ると巨大モニターが15台設置された部屋に案内いただき、さながらJAXAの管制室かのようなところで、モニターには現場の状況が把握できる映像やデータが表示されていた(写真—7)。

ここで工事概要や今回の工事のポイントなどをご説明いただいた。遠隔検査やCIM活用などICT技術も利用してスマートオフィス、現場のデジタル化ができている点に感心した。

また2024年問題となる残業時間の規制に対しては現場の詰め所にPCやWi-Fiなどの設備を充実させることにより、事務所まで戻る時間を削減しているなどの工夫をしているとのことであった。

概要説明後実際に現場を見学したが、やはりスケールの大きさが非常に印象に残った。下から見ると遙か上空にタワークレーンが立ち、揚重作業を行っている。エレベーターを使用し上部工施工場所へと移動すると見上げていたタワークレーンをすぐ真横に見ることができ、運搬台車を利用した資材の移動方法やトラベラークレーンの移動方法などを見ることができた



写真—6 現場事務所外観



写真—7 現場事務所隣接のスマートオフィス

(写真—8, 9)。

クレーン同士の接触を防止するためお互いの位置を検出して距離が2mまで近づくと自動停止するなど安全に関する様々な処置も確実に行われている。

トラベラークレーンは電動タイプと油圧タイプの両方が稼働していたが、油圧タイプでは複合動作の際に作動油流量を分岐させるために各動作が遅くなってしまうが、電動タイプのクレーンではその速度低下が起きず使い勝手がよいとのこと。

建機の電動化はカーボンニュートラルの面での効果を目的にしているが、性能面でもメリットがあることに改めて気づかされた。

5. おわりに

今回のJCMA機械部会の河内川橋工事見学会を通して、非常にスケールの大きい工事の中で、安全を第一に様々な工夫によって、いかに作業効率を上げるか



写真—8 タワークレーン



写真—9 運搬台車とトラバークレーン



写真—10 集合写真

という建設現場の基本について改めて実際の現場を実例に感じることができたことと、ICT 活用事例や地域とのコミュニケーションなどについても知ることができ、非常にいい見学会となりました。

業務で多忙の中、委員会メンバーの見学を受け入れてくださった河内川橋 JV 工事事務所の職員および現場職人の皆様に深く感謝いたします。

【筆者紹介】

濱口 貴和（はまぐち たかかず）
 ㈱技研製作所
 グローバル戦略部 事業企画課
 課長
 （一社）日本建設機械施工協会
 機械部会 基礎工事用機械技術委員会
 委員



部 会 報 告

令和 6 年度建設業 ICT 安全 WG 見学会 報告

建設業部会

1. はじめに

建設業部会は、「令和 6 年度建設業 ICT 安全 WG 見学会」を 2024 年 9 月 13 日に京都市上京区に所在する(株)演算工房と京都府宇治田原町で工事が進行中の宇治田原トンネル西工事で実施した。参加者は事務局を含めて総勢 21 名であった。

2. 演算工房 会社概要

(株)演算工房は建設分野におけるトンネル・シールド工事の ICT 化に注力し、自動測量・施工管理の自動化・省力化技術を顧客に提供している。今年で創業 24 年目を迎え、システム供給先は国内に留まらず世界中で 1,000 現場以上に導入実績を持つグローバル企業である。

「はかる技術」「みせる技術」「つくる技術」「つなぐ技術」の 4 つをコアコンピタンスとし、顧客のニーズに応えながら省人化、自動化技術を培ってきた。現在では、建設分野だけでなく流通物流業・製造業・農漁業等のさまざまな産業分野にも提供し、生産性と品質の向上に向けて積極的に取り組んでいる企業である。

3. 社内見学

社内見学は、まず会社概要等の説明を受けた後、1 階のショールームへと移動した。

ショールームは、作業所の中央操作室をイメージし

た大型スクリーンが設置されており、その奥に模擬トンネル空間がある（写真—2、3）。

広報担当者による丁寧な説明のもと、測量機やデモ機の操作を通じて最新技術を直接見る事ができた。VR ゴーグルを装着することで、現場に行かなくてもトンネル空間の疑似体験が可能であり、切羽判定等に適用できるとのことであった（写真—4）。

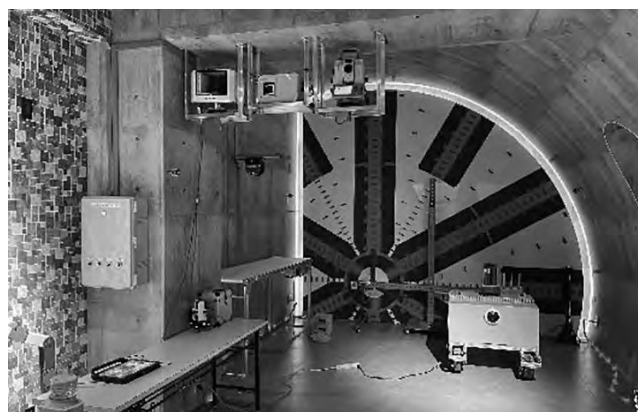
また、点群データを利用して切羽崩落の兆候を検知するシステムや、A 計測結果を重機オペレーターが常時確認できるシステム等、現場のニーズに基づいて実現されたシステムは数多くある。林社長は「どんな小さな現場のニーズも大切に、形にしていけることを心掛けている」と熱心に語られていたことが印象的であった。



写真—2 ショールーム（模擬中央操作室）



写真—1 会社概要説明状況



写真—3 模擬トンネル

宇治田原トンネル西工事の概要を下記に記す。

- ・工事名／新名神高速道路 宇治田原トンネル西工事
- ・発注者／西日本高速道路(株) 関西支社
- ・施工者／鹿島建設(株)
- ・トンネル施工延長／上り線：822 m／1,984 m
下り線：992 m／1,924 m
連絡坑：人道 60 m，車道 75 m

5. 現場見学

現場事務所では、工事概要とともに現場で取り組んでいる3つの新しい技術について説明を受けた（写真—5）。

1つ目の新技術は、「コンピュータジャンボを使用した地山硬さの可視化」である。この技術では、切羽に18mの先行削孔を8か所施工し、打撃エネルギーなどの情報を解析し地山の硬さを色で表現するもので、熟練作業員の経験に頼ることなく地山の硬さを判定できるため、誰が施工しても一定のデータを得ら

れ、データに基づいた事前の予防対策を講ずることで安全な施工を実現する。宇治田原トンネルでは、事前に想定されていた地山よりも柔らかいことが判明し、可視化技術が施工の安全性向上に大きく貢献している（図—3）。

2つ目の技術は「3D スキャナによる掘削出来形確認」である。吹付機の前方に搭載された3D スキャナを使用して、約90秒で掘削直後の形状を測定し、計画通りに掘削されているかを確認できる。1次吹付後に再測定を行うことで、所定の吹付厚が施されているか確認することが可能となる。操作はボタンを1度押すだけで作業員がその場で簡単に確認できる（図—4、写真—6）。

3つ目の技術は「覆工コンクリート打設自動化」である。自動配管切替システムの操作や2台のポンプ車を使用した打設管理をタブレットで集中操作し、高流動コンクリートの採用により締固め作業が不要である。従来は5～6名で行っていた覆工コンクリートの



写真—5 現場概要説明状況



図—4 3D スキャナによる掘削出来形確認（イメージ）



図—3 地山硬さの可視化（イメージ）



写真—6 3D スキャナ搭載吹付機（NORMET 社製）

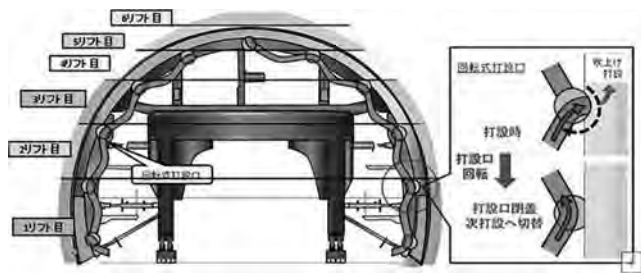


図-5 セントル自動打設 配管切替説明図



写真-7 セントル全景

打設作業を、タブレット操作者1名と、セントルの左右で打設状況を確認する作業員を各1名配置する、合計3名体制で行うことで、大幅な省人化、効率化を実現している（図-5、写真-7）。

これらの新しい技術に加えて、バッチャープラントで使用する骨材や練り混ぜ水の自動温度管理による吹付コンクリートのスランプ安定化、濁水プラントにおける異常アラートを中央制御室で一元管理するなど、ICT 技術を活用した施工を数多く行っている。

6. おわりに

最後になりますが、お忙しい中、見学会にご協力頂きました(株)演算工房の関係者の皆様、鹿島建設(株) 関西支店 新名神宇治田原西工事事務所の皆様に心より感謝申し上げます。

[筆者紹介]

村井 隆之（むらい たかゆき）
前田建設工業(株)
関西支店
土木部 西日本機電グループ

急傾斜法面等に適用できる草刈り技術の評価

井野 歩惟

堤防除草は、車や歩行者が安全に通行するための空間や見通しの確保、河川堤防の洪水災害を防止する堤防点検の見通しの確保等のために実施している。特に法面除草において傾斜がきつい箇所では、肩掛け式草刈機で除草作業が行われている。しかし、法面での除草作業は作業員の負担や転倒等の可能性が大きいため、効率的で安全に作業可能な除草機械の導入が求められている。そこで、急傾斜法面等に適用できる草刈り技術の性能評価と、現場導入するための性能評価方法について検討し、現場実証から技術比較表作成までの一連の流れについて述べた。

キーワード：堤防除草、急傾斜法面、肩掛け式草刈機、遠隔操縦式草刈機、省人化

1. はじめに

維持工事において、堤防の法面除草作業が行われている。法面の勾配は現場によってさまざまであるが、写真—1に示すような急傾斜法面での草刈りが必要となる場合がある。急勾配法面における草刈りについては、従来の肩掛け式草刈機が標準であり、急傾斜地での作業による身体的負担や、足元視界の不良による心身的負担が大きくなる。加えて、人力による作業であることから効率的な施工も難しい環境である。また、従来の遠隔操縦式草刈機をそのまま適用した場合、転倒や滑り等の可能性があり、作業の安全性が確保できないという課題がある。

生産性向上や省力化を図っていくためには急傾斜地においても安全かつ効率的に草刈り作業が行える無人

遠隔式草刈機を活用することが望ましい。しかし、現在活用可能な遠隔操縦式草刈機は、各技術のカタログによるところが大きく、適用可能な勾配や施工能力等の性能が、同一の評価手法で比較されたものがなく、発注者や施工者が選定を行えないのが現状である。そのため、市場に出回っている急傾斜対応の草刈機を活用するために、同一手法による評価結果に関するニーズは高い。

そこで本稿では、公共工事における新技術活用並びに技術開発を促進するため、新技術活用システムの枠組みを活用した「テーマ設定型（技術公募）」の取り組みの一環で、急傾斜法面等における除草作業の効率化と除草業者の作業負担軽減、作業員や草刈機の転倒や滑りといった安全性の確保が可能な技術を公募し、その性能を比較可能な形で整理することを目的とした。

2. 対象条件

(1) 現場条件

河川堤防の施設区分として除草作業が生じる「土堤」のうち、法面勾配が35度（1：1.4程度）以上の急傾斜法面を対象とした。遠隔操縦式草刈機の性能を比較するため、石張、コンクリート張、狹隘地は対象外とした。

(2) 草刈り技術

急傾斜法面で適用可能な遠隔操縦式草刈機を対象とした。なお、堤防の天端道路を通行止めにするような



写真—1 急傾斜法面の例

補助器具（ワイヤロープ）等が必要となる草刈機、アタッチメントタイプの草刈機（バックホウへ取り付けられるタイプ）（写真—2（a））、ハンドガイド式の草刈機（写真—2（b））は対象外とした。

3. 技術公募と実証試験の実施

（1）リクワイヤメントの原案作成

リクワイヤメントで必要となる要求性能と性能確認方法について原案を作成した。要求性能（表—1）は、除草機械の基本性能、経済性、工程、品質・出来形、



（a）アタッチメントタイプの草刈機の例



（b）ハンドガイド式の草刈機の例

写真—2 対象外の草刈り技術

表—1 草刈り技術に対する要求性能

A	基本性能	技術の仕様及び適用条件の評価
B	経済性	費用の評価等
C	工程	作業効率の評価
D	品質・出来形	刈高・景観（刈跡）の評価 堤防への影響の評価
E	安全性	作業員・第三者の安全評価 飛石対策の評価
F	施工性	気象条件適用性・メンテナンス性の評価
G	環境	周辺環境への影響

安全性、施工性、環境の7項目とした。性能確認方法は、現場実証による評価を実施する必要があるため、試験方法および評価方法について作成した。

作成した原案は「急傾斜法面等に適用できる草刈り技術に関する検討WG」（以下、技術検討WGという）で審議を行い、加筆修正をした上で、意見公募を実施した。その結果を反映して要求性能及び性能確認方法を修正し、公募を実施した。

（2）応募技術の確認および選定

応募者より提出された応募資料の整理を行い、応募技術の性能が確認できる「応募技術一覧表（案）」を作成した。一覧表を「技術検討WG」で審議し、応募技術が公募の対象技術として選定すべき技術であるかどうかを判定した。その結果、表—2に示す5技術が選定された。

4. 現場実証試験

（1）試験概要

「急傾斜法面等に適応できる草刈り技術」として選定された5技術に対して、表—3に示す現場条件を

表—2 選定技術

番号	技術名称	応募者名
1	急傾斜法面对応ハンマーナイフ式ラジコン草刈機「アラフォー傾子」	(株)筑水キャニコム
2	ラジコン草刈機 CRAWLER	(株)バンブー苑
3	ラジコン式草刈り機 ROBOCUT	(株)モア・オートメーション
4	急傾斜法面の除草作業の安全性と生産性向上に寄与するラジコン草刈り機 ロボフォックスハイブリッド	(株)日建
5	急傾斜法面の除草作業の安全性と生産性向上に寄与するラジコン草刈り機 ロボフォックスエレクトラ	(株)日建

※番号は技術公募申請順

表—3 現場条件

施設構造	土堤
法面勾配	35度（1：1.4程度）以上
法長	3m以上6m以下
草丈	平均50cm以上
障害物	なし
小段	なし



写真一3 実証試験の状況

表一4 試験項目と対象地形

要求性能 との対応	試験項目	対象地形	
		急傾斜地	平地
A	走行速度	—	○
	作業速度	○	—
C	作業効率	○	—
D	出来形	○	—
	堤防損傷（旋回時）	○	—
E	非常停止	—	○
	飛石対策	—	○
F	気象条件 （風速・気温）	○	—
	気象条件（雨天時）	○	—
G	騒音	○	—
	粉じん	○	—

満たした一級河川魚野川の河川堤防で現場実証を実施した。実施状況を写真一3に示す。試験項目と試験を実施した地形を表一4に示す。それぞれの詳細について述べる。

(2) 試験項目

(A) 基本性能

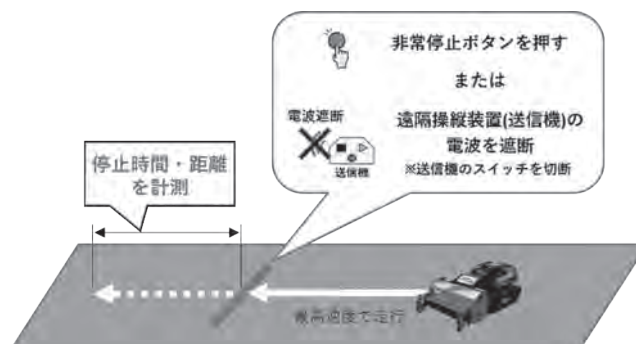
①走行速度および作業速度

基本性能を確認するため、平地走行時の走行速度及び草刈り作業中の作業速度を計測した。速度は、対象技術にGNSS測位端末を取り付け、取得されたデータから計測した。

(C) 工程

①作業効率

工程に影響する作業効率を確認した。旋回箇所は法面のみとし、最大2時間の実際の堤防での草刈りを模擬的に行った。その後、施工面積を計測し、実際に作業を行った時間から日当たり施工量を算出した。



図一1 非常停止試験イメージ

(D) 品質・出来形

①出来形

技術による出来形が従来の出来形管理基準値(100 mm)以下であることを確認した。施工後、法面の刈高を9か所計測した。

②堤防損傷（旋回時）

急傾斜地にて草刈機が走行・旋回した場合に、堤防への損傷などの影響を与えないことを確認した。実際の作業後（走行・旋回）の法面表面を目視で確認し、くぼみを計測した。

(E) 安全性

①非常停止

草刈機は、草刈装置への巻き込みや作業員の轢かれが起こる可能性があり、非常に重大な労働災害につながる恐れがある。そのため、作業員の巻き込みが起こりそうな環境において非常停止指示がどの程度の時間で動作するかを計測した。加えて、通信途絶時に草刈機が自動的に停止する機能が確実に動作するか確認を行った(図一1)。

②飛石対策

回転式の草刈装置を有する技術の場合、草と一緒に石を巻き込み、周囲に飛石として飛散する可能性がある。そこで、セラミック球を模擬小石として使用し、飛散した模擬小石を測定板で受け止め、損傷痕の個数などから飛散状況を計測した¹⁾。これにより実際の飛石防止装置の効果を確認した(写真一4)。

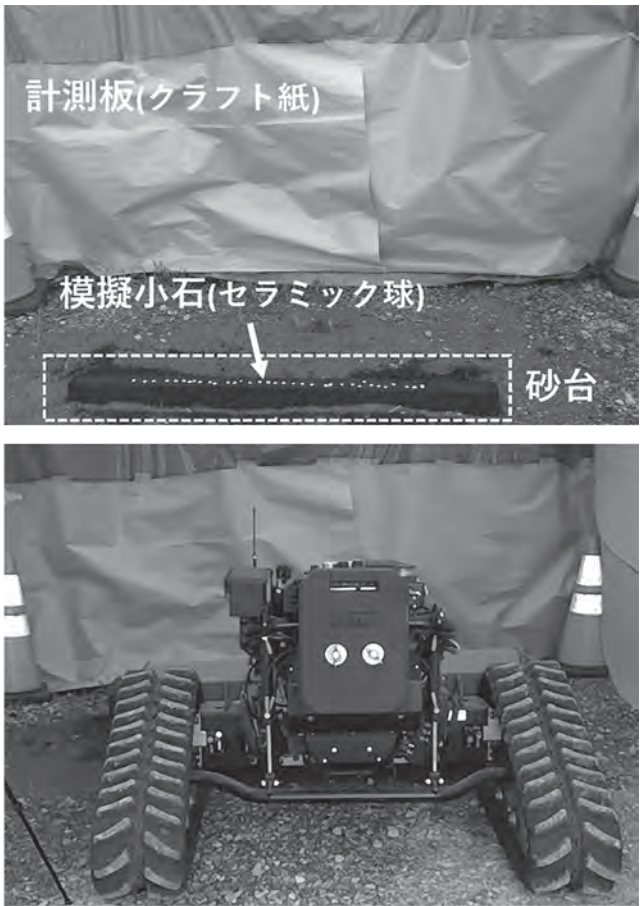
(F) 施工性

①気象条件（風速・気温）

草刈り時期の一般的な気象条件において問題なく稼働することが必要である。実際の実証試験についても、一般的な草刈り時期に行ったことから、実証試験中の風速および気温を計測した。

②気象条件（雨天後）

雨天後の法面では草に水滴が付着することにより、非常に滑りやすい環境となる。その環境下においても



写真—4 飛石試験の状況

法面で直進できることを確認する必要がある。そこで法面の一部に雨天を模擬した散水を行い、土壌含水率が40%以上となる区間を設置し、走行時のふらつき状況を確認した。

(G) 環境

①騒音

草刈り作業時に発生する騒音を確認するため、騒音計による計測を行った。なお、計測した結果を補正し、音響パワーレベルによって評価した。

②粉じん

草刈り作業時に発生する粉じんが0.15 mg/m³以下であることを確認するため、デジタル粉じん計による計測を行った。計測については風下側の法尻を基本として設置した。

5. 経済性比較

現場実証試験で得られた作業効率をもとに、従来の肩掛け式草刈機による草刈り作業との経済性比較を行った。評価基準は、肩掛け式草刈機のm²単価(41.21円/m²)以下とした。

6. 技術比較表作成

現場実証試験を行った技術について、応募資料、現

表—5 技術比較表 (一部抜粋)

項目			アラフォー傾子	CRAWLER	ROBOCUT	ロボフォックス ハイブリッド	ロボフォックス エレクトラ
A	走行速度		4.6 km/h (前進) 4.5 km/h (後進)	6.3 km/h (前後進)	6.5 km/h (前後進)	4.4 km/h (前後進)	4.5 km/h (前進) 4.4 km/h (後進)
	作業速度		1.3 km/h	1.0 km/h	1.8 km/h	1.9 km/h	1.8 km/h
B	経済性 (m ² 単価)		10.15 円 /m ²	9.534 円 /m ²	12.04 円 /m ²	10.45 円 /m ²	7.029 円 /m ²
C	作業効率		5,629 m ² / 日	7,875 m ² / 日	8,690 m ² / 日	5,541 m ² / 日	9,780 m ² / 日
D	出来形		82 mm	72 mm	64 mm	86 mm	73 mm
	堤防損傷 (旋回時)		損傷無し	損傷無し	損傷無し	損傷無し	損傷無し
E	非常停止 (停止時間)	非常停止 ボタン	0.63 秒	0.53 秒	0.19 秒	0.19 秒	0.66 秒
		電波遮断	1.21 秒	1.18 秒	0.76 秒	0.60 秒	0.66 秒
	飛石対策	対策の有無	有り	有り	有り	有り	有り
		飛散率 (参考)*	7%	8%	23%	61%	126%
F	気象条件 (雨天後)	土壌含水率 (試験条件)	43%	40%	42%	38% (一部散水: 43%)	42%
G	騒音 (音響パワーレベル)		103.3 dB	107.6 dB	105.9 dB	97.8 dB	93.4 dB
	粉じん (粉じん濃度)		0.00134 mg/m ³	0 mg/m ³	0.0255 mg/m ³	0.00367 mg/m ³	0.00334 mg/m ³

※全機種の砂台に模擬小石の他に小石が含まれていたため、飛散率が100%を超えた機種があった。

場実証結果および経済性比較結果を反映した技術比較表の作成を行った（表—5）。技術比較表については、国土交通省より R6 年度 5 月に公表されている²⁾。

7. おわりに

本稿では、急傾斜法面等に適用できる草刈り技術の性能評価と、現場導入するための性能評価方法について検討し、現場実証から技術比較表作成までの一連の流れについて述べた。

今後は、急傾斜法面の草刈り作業現場に、効率的かつ安全に作業が行える草刈り技術を導入するための 1 つの判断材料として、作成した技術比較表が活用されることが望まれる。これとともに実際の技術の開発現場においても急傾斜法面等に適用できる草刈り技術の評価方法が、1 つの評価指標として他の技術との比較に活用されることを願っている。

最後に、本検討の実施にあたり、業務の発注者である国土交通省北陸地方整備局北陸技術事務所の関係各位へ、あらためて感謝の意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) 榎園正義：ハンドガイド式草刈機による飛石の再現実験，建設の施工企画，701 号，p101-103，2008
- 2) 国土交通省：NETIS 新技術情報提供システム，テーマ設定型の比較表（<https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubtheme/themesettings>）

【筆者紹介】

井野 歩惟（いの あい）
（一社）日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第三部
研究員



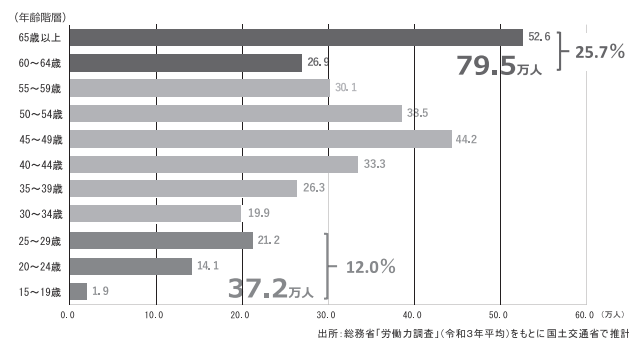
建設業界における外国人材の受け入れについて

1. はじめに

建設業界の就業者数は、1997年の685万人をピークに2022年では479万人まで減少している。また、技能労働者の年齢分布を見ると、60歳以上が25.7%を占め高齢化が進んでいる一方で、29歳以下の若手技能労働者は12.0%となっている（図—1）。

このような担い手不足と高齢化が進む現状に対して、建設業界においては、担い手の処遇改善、働き方改革、生産性の向上といった取組を進めているところであるが、なお不足する人材については、外国人材を受け入れることも選択肢の一つである。

本稿では、建設業界における外国人材（特に技能実習生と特定技能外国人）の受け入れの現状について紹介するとともに、本年6月21日に公布された「出入国管理及び難民認定法及び外国人の技能実習の適正な実施及び技能実習生の保護に関する法律の一部を改正する法律」により創設された育成就労制度等について、同法の施行に向けた政府における検討状況を紹介したい。



図—1 年齢階層別の建設技能者数

2. 建設分野における外国人材の受入状況

(1) 建設分野における外国人材の種類

建設分野に携わる外国人としては、主に技能実習生、特定技能外国人の2種類がある。

技能実習生は、我が国の技能、技術又は知識を開発途上国等へ移転を図り、開発途上国の経済発展を担う「人づくり」に協力することを目的として受け入れているものである。

特定技能外国人は、相当程度の知識又は経験を有する外国人労働者を、我が国の人手不足が深刻な特定産業分野（建設業をはじめ、介護、製造、農業等の16分野）に受け入れているものである。

現場においては、技能実習も特定技能も似たようなものと認識されている現状があるかもしれないが、技能実習は人づくりが目的、

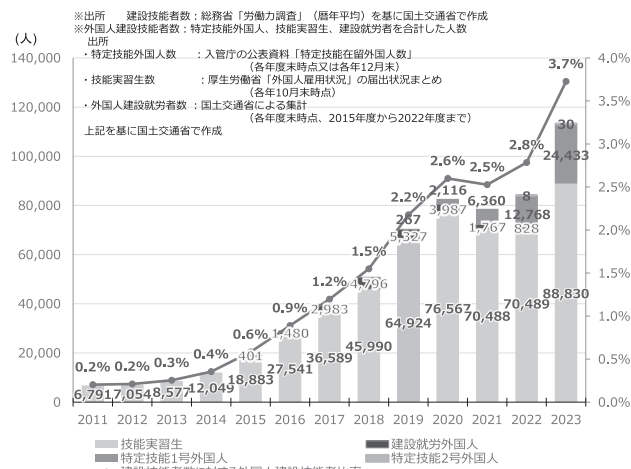
特定技能は人手不足対応が目的であり、制度の目的が異なっていることに留意が必要である。

(2) 建設分野における外国人材の受入状況

建設分野で活躍する外国人技能者の人数は、2011年度では6,791人（全て技能実習生）であったが、年々増加傾向にあり、2023年度では113,293人（うち技能実習生88,830人、特定技能1号外国人は24,433人、特定技能2号外国人は30人）となっている（図—2）。

なお、特定技能外国人の人数については、最新データ（2024年6月末時点）が政府機関から公表されており、特定技能1号外国人は31,853人、特定技能2号外国人は66人となっているが、詳細については後述する（4（2））。

今後も、建設分野に携わる外国人の人数は増加を続けていくことが想定される。



図—2 外国人建設技能者の現状

3. 技能実習生制度の現状

(1) 技能実習制度の概要

外国人技能実習制度は1993年に創設され、2010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。さらに、2017年11月には、外国人の技能実習の適正な実施及び技能実習生の保護を図るため、技能実習に関し、基本理念を定め、国等の責務を明らかにするとともに、技能実習計画の認定及び監理団体の許可の制度を設け、これらに関する事務を行う外国人技能実習機構を設ける等の所要の措置を講ずる「技能実習法」が施行された。

統計

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、98.3%が団体監理型である（2023 年末時点の法務省データより）。

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技能実習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）が整備されている職種・作業を対象としなければならない。建設関係では 22 職種 33 作業が対象となっているが、「建設機械施工」もその 1 職種となっており、「押土・整地」、「積込み」、「掘削」、「締固め」の 4 つの作業が対象となっている。

（2）技能実習計画の建設分野の追加認定基準

建設業では、従事することとなる工事によって就労場所が変わるため現場ごとの就労監理が必要となることや、季節や工事受注状況による仕事の繁忙で報酬が変動するという実態を踏まえ、技能実習生の適正な就労環境を確保する必要がある。このため、建設分野の技能実習計画の認定に当たり、以下の基準を追加し、外国人技能実習機構において審査している。

①技能実習を行わせる体制の基準

- ・申請者が建設業法第 3 条の許可を受けていること
- ・申請者が建設キャリアアップシステムに登録していること
- ・技能実習生を建設キャリアアップシステムに登録すること

②技能実習生の待遇の基準

- ・技能実習生に対し、報酬を安定的に支払うこと

③技能実習生の数

- ・技能実習生の数が常勤職員の総数を超えないこと（優良な実習実施者・監理団体は免除）

（3）技能実習生の受入状況

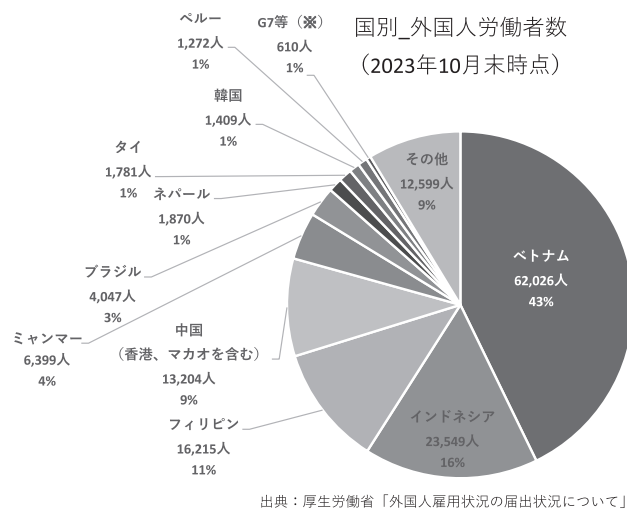
建設分野における技能実習生の受入状況であるが、2011 年 10 月末は 6,791 人であったのが、2020 年 10 月末には 76,567 人まで増加している。その後、コロナ禍の入国規制の影響等により、2021 年 10 月末には 70,488 人まで減少したが、コロナ入国規制の緩和を受けて再び増加に転じ、2023 年 10 月末には 88,830 人となっている（図一 2）。

建設分野における技能実習生の受入状況を国別に見てみると、2023 年 10 月末では、ベトナム人が 62,026 人と一番多く、次いでインドネシア人が 23,549 人、フィリピン人が 16,215 人、中国人が 13,204 人、の順となっている（図一 3）。

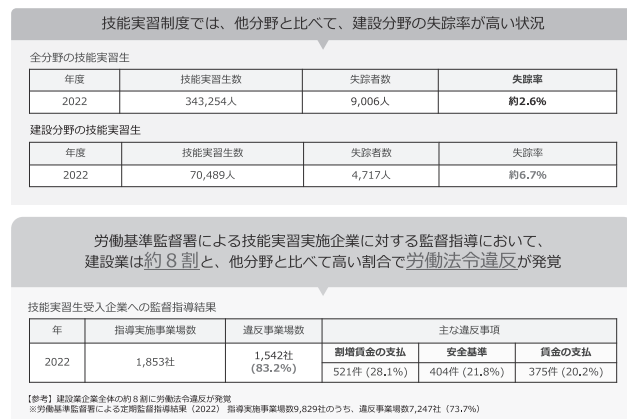
（4）技能実習制度の課題

技能実習制度創設以来、建設分野においても積極的に受け入れが行われてきたところであるが、課題も指摘されているところである。

第一に、建設分野は他分野と比べて失踪率が高い点である。2022



図一 3 建設分野の技能実習生の国別人数



図一 4 建設分野の技能実習生の失踪率等

年度の状況を見ると、失踪率は、全分野が約 2.6%であるのに対し、建設分野は約 6.7%と高くなっている。

第二に、労働基準監督署による監督指導において、多くの労働法令違反が発覚しているという点である。2022 年度の状況を見ると、労働法令違反が発覚した事業場数は 83.2%となっており、「割増賃金の支払」、「安全基準」、「賃金の支払」等の違反が指摘されている（図一 4）。

技能実習制度のこのような状況を踏まえ、特定技能制度においては、可能な限り失踪率や労働法令違反を減らすため、建設分野独自の制度があるが、詳細については 4（1）④で後述する。

4. 特定技能外国人制度の現状

（1）特定技能外国人制度の概要

①制度創設の趣旨等

特定技能外国人制度は、国内人材を確保することが困難な状況にある産業分野（建設業をはじめ、介護、製造、農業等の 16 分野）において、一定の専門性・技能を有する外国人を受け入れることを

統 計

目的とする制度である。2018年に成立した改正出入国管理法により在留資格「特定技能」が創設され、2019年4月から受け入れが可能となった。

②特定技能1号と2号の違い

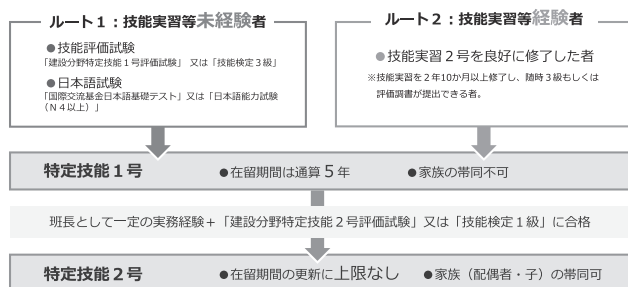
特定技能外国人には、特定技能1号と特定技能2号の2種類がある。

特定技能1号は、在留期間は5年、家族の帯同は不可とされている。特定技能1号になるには以下の2つのルートがある。

【特定技能1号になるためのルート】

1. 技能実習2号を良好に修了した者又は外国人建設就労者
2. 技能評価試験（「建設分野特定技能1号評価試験」又は「技能検定3級」）及び日本語試験（「国際交流基金日本語基礎テスト」又は「日本語能力試験（N4以上）」）の合格者

特定技能2号は、在留期間の上限なし、家族の帯同は可とされている。班長としての一定の実務経験を積み、かつ技能評価試験（「建設分野特定技能2号評価試験」又は「技能検定1級」）に合格した者になることができる（図－5）。



図－5 特定技能1号と特定技能2号になるルート

③業務区分の再編

制度創設当初、建設分野の特定技能は建設機械施工を含む19業務区分があり、それぞれ技能評価試験を実施してきたが、2022年8月30日の閣議決定で「土木」、「建築」、「ライフライン・設備」の3区分に再編され、建設機械施工は「土木」の業務区分に包含されることとなった。「土木」の業務区分で在留資格を有している場合、「建設機械施工」の他にも、「型枠施工」、「コンクリート圧送施工」、「トンネル推進工」、「土工」、「鉄筋施工」、「とび」、「海洋土木工」の業務に従事することができ、非常に幅広い業務に従事することが可能となった。

なお、特定技能の業務区分と技能実習の対応関係は以下の表－1のとおりである（技能実習において建設関係として整理されている22職種に、「23 鉄工」、「24 塗装」、「25 溶接」を加えている）。

技能実習を良好に修了した者は、各職種に対応する業務区分の特定技能1号の在留資格に切り替えることが可能となる。例えば、「建設機械施工」の技能実習を良好に修了した者は、「特定技能1号（土木）」の在留資格への切り替えが可能となる。

表－1 技能実習の職種と特定技能の新業務区分の対応

技能実習の職種	特定技能 新業務区分		
	土木	建築	ライフライン・設備
1 さく井	○		
2 建築板金		○	○
3 冷凍空気調和機器施工			○
4 建具製作		○	
5 建築大工		○	
6 型枠施工	○	○	
7 鉄筋施工	○	○	
8 とび	○	○	
9 石材施工		○	
10 タイル張り		○	
11 かわらぶき		○	
12 左官		○	
13 配管			○
14 熱絶縁施工			○
15 内装仕上げ施工		○	
16 表装		○	
17 サッシ施工		○	
18 防水施工		○	
19 コンクリート圧送施工	○	○	
20 ウェルポイント施工	○		
21 建設機械施工	○		
22 築炉		○	
23 鉄工	○	○	
24 塗装	○	○	
25 溶接	○	○	○

④特定技能外国人受け入れのための手続き

特定技能外国人を受け入れるための手続きとしては、大きく分けて、出入国在留管理庁への在留資格の認定申請手続きと国土交通省への受入計画の認定申請手続きがある。

出入国在留管理庁への申請手続きは、特定技能外国人の受け入れが認められている16分野共通の仕組みであり、国土交通省への受入計画の認定申請手続きは、建設分野独自の仕組みである。このような建設分野独自の仕組みができた理由は、先述の3（4）のとおりである。

国土交通省の受入計画の認定基準の主な内容は、

- ・申請者が建設業法第3条に基づく許可を取得すること
 - ・申請者及び特定技能外国人が建設キャリアアップシステムに登録すること
 - ・申請者が特定技能外国人受入事業実施法人（JAC）へ加入すること
 - ・同等技能・同等報酬、月給制・定期昇給制を採用すること
 - ・重要事項について母国語による書面での事前説明
 - ・特定技能外国人に受け入れ後講習を受講させること
 - ・巡回指導による確認を受けること
- などである。

(2) 特定技能外国人の受入状況

建設分野における特定技能1号外国人の人数は、制度創設の2019年より年々増加しており、2024年6月末時点では31,853人となっている。

なお、特定技能1号外国人の受け入れ人数については、政府の「建設分野における特定技能の在留資格に係わる制度の運用に関する方針」において上限が設けられており、2028年度末までに最大80,000人とされている。

国別の内訳を見ると、31,853人のうち、ベトナムが21,291人と一番多く、次いでフィリピンが3,206人、インドネシアが3,075人の順となっている（図—6）。

業務区分別に見ると、31,853人のうち、土木が18,850人、建築が11,065人、ライフライン・設備が1,938人となっている（図—7）。

特定技能2号外国人の人数は、2024年6月末時点で66人であり、業務区分別に見ると土木38人、建築25人、ライフライン・設備が

3人となっている。なお、特定技能2号が出たのは全分野で建設分野が初めてである。特定技能1号の在留期間が5年であることを考えると、今後、特定技能2号の人数が増加していくことが想定される。

(3) 建設分野の特定技能評価試験

（一社）建設技能人材機構（JAC）においては、建設分野の特定技能1号評価試験及び特定技能2号評価試験を実施しているが、以下に、試験の実施状況や今後の予定等について記載する。

①国内試験

特定技能1号評価試験及び特定技能2号評価試験については、国内では東京都、北海道、宮城県、愛知県、大阪府、岡山県、広島県、香川県、福岡県など、全国の主要都市で実施している。今年度の10月以降の実施予定日と試験会場は、以下のとおりである（表—2）。

②海外試験

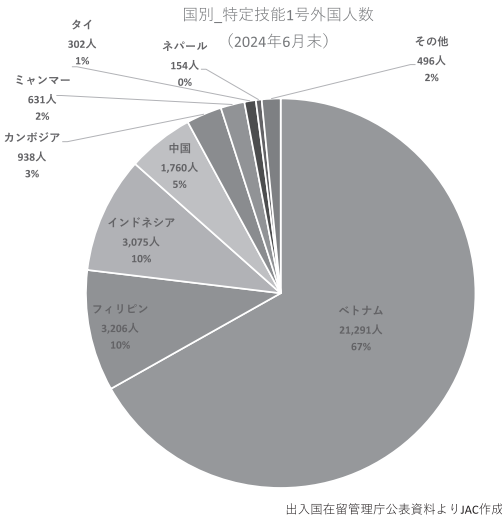
特定技能1号評価試験については、海外試験も実施しており、フィリピン、ベトナム、インドネシア、バングラデシュ、カンボジア、インド、モンゴル、スリランカ、タイ、ウズベキスタン、ミャンマー、ネパールの12カ国において、概ね月1回程度の頻度で実施している。

国内外の試験については、JACのHPで随時情報を更新しているので、ご確認頂きたい。

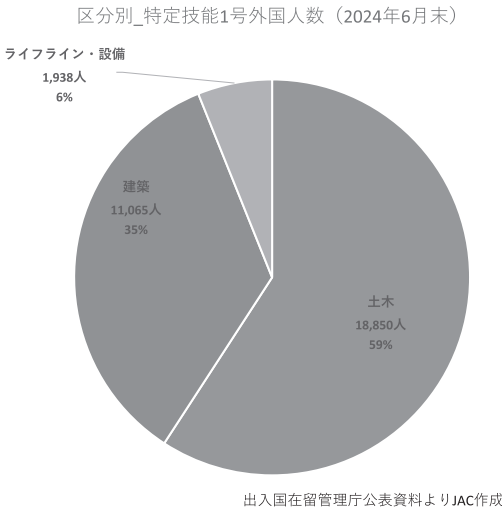
③各試験の合格率等

新区分による特定技能1号評価試験については、これまでの受験者は累計2,769人、合格者は累計873人、合格率は31.5%となっている（2024年8月末時点）。試験国別、業務区分別の受験者数、合格者数及び合格率はそれぞれ表—3のとおりである。

また、国内のみ実施している特定技能2号評価試験については、



図—6 建設分野の特定技能1号外国人人数（国別）



図—7 建設分野の特定技能1号外国人人数（業務区分別）

表—2 特定技能1号評価試験の実施日と試験会場

試験実施日	試験会場
令和6年10月3日	北海道
2024年10月7, 21, 28日	東京都
2024年10月30, 31日	大阪府
2024年11月11, 18, 25日	東京都
2024年11月13日	香川県
2024年11月27, 28日	大阪府
2024年12月2, 9, 16日	東京都
2024年12月4, 5日	広島県
2024年12月18, 19日	大阪府
2025年1月20, 27日	東京都
2025年1月22, 23日	大阪府
2025年1月29, 30日	愛知県
2025年2月3, 17日	東京都
2025年2月19, 20日	大阪府
2025年2月26, 27日	福岡県
2025年3月3, 10, 17, 24日	東京都
2025年3月13日	岡山県
2025年3月26, 27日	大阪府

統 計

表一 3 特定技能 1 号評価試験の受験者数、合格者数等
(2024 年 8 月末時点)

試験実施国	合格者数／受験者数（合格率）			
	土木	建築	ライフライン・設備	各国合計
(1) 日本	130/541 (24.0%)	264/814 (32.4%)	132/338 (39.1%)	526/1,693 (31.1%)
(2) フィリピン	40/101 (39.6%)	9/82 (11.0%)	26/62 (41.9%)	75/245 (30.6%)
(3) ベトナム	1/4 (25.0%)	1/6 (16.7%)	5/6 (83.3%)	7/16 (43.8%)
(4) インドネシア	21/55 (38.2%)	132/345 (38.3%)	21/91 (23.1%)	174/491 (35.4%)
(5) パングラデシュ	0/9 (0%)	1/25 (4.0%)	0/0 (0%)	1/34 (2.9%)
(6) カンボジア	0/3 (0%)	2/25 (8.0%)	4/13 (30.8%)	6/41 (14.6%)
(7) インド	0/2 (0%)	0/1 (0%)	0/2 (0%)	0/5 (0%)
(8) モンゴル	0/13 (0%)	0/0 (0%)	0/0 (0%)	0/13 (0%)
(9) スリランカ	0/4 (0%)	2/33 (6.1%)	0/0 (0%)	2/37 (5.4%)
(10) タイ	4/9 (44.4%)	5/12 (41.7%)	5/8 (62.5%)	14/29 (48.3%)
(11) ウズベキスタン	0/9 (0%)	10/41 (24.4%)	1/5 (20.0%)	11/55 (20.0%)
(12) ミャンマー	10/23 (43.5%)	31/62 (50.0%)	15/20 (75%)	56/105 (53.3%)
(13) ネパール	0/1 (0%)	1/3 (33.3%)	0/1 (0%)	1/5 (20.0%)
各区分合計	206/774 (26.6%)	458/1,449 (31.6%)	209/546 (38.3%)	873/2,769 (31.5%)

表一 4 特定技能 2 号評価試験の受験者数、合格者数等
(2024 年 8 月末時点)

試験実施国	合格者数／受験者数（合格率）			
	土木	建築	ライフライン・設備	各国合計
日本	91/724 (12.7%)	112/917 (12.2%)	18/171 (10.5%)	221/1,812 (12.2%)

これまで（2024 年 8 月末時点）の受験者は累計 1,812 人、合格者は累計 221 人、合格率は 12.2%となっている（表一 4）。

5. 育成就労制度の創設

(1) 政府における検討の経緯

2022 年 12 月より政府において「技能実習制度及び特定技能制度の在り方に関する有識者会議」が設置され、技能実習制度と特定技能制度の見直しの議論が行われ、2023 年 11 月 30 日に「最終報告書」が出された。

これを受け、政府の対応方針として、「技能実習制度及び特定技能制度の在り方に関する有識者会議を踏まえた政府の対応について」が、2024 年 2 月 9 日に閣議決定された。

更に、2024 年 6 月 21 日には、「出入国管理及び難民認定法及び外国人の技能実習の適正な実施及び技能実習生の保護に関する法律の一部を改正する法律」が公布され、3 年以内に施行される予定である。

制度の詳細については、今後、政府横断的な運用方針等が示され、その後、分野別運用方針等が示されていくことになるが、現時点では、2024 年 2 月 9 日に閣議決定された政府の対応方針のポイントを解説しておきたい。

(2) 政府対応方針の基本的な考え方

2024 年 2 月 9 日に閣議決定された政府の対応方針においては、「現行の技能実習制度を実態に即して発展的に解消し、人手不足分野における人材確保及び人材育成を目的とする育成就労制度を創設する。」とされ、人材育成の在り方としては、「育成就労制度は、基本的に 3 年間の就労を通じた育成期間において、対象となる外国人ごとに育成就労計画を定めた上で計画的に特定技能 1 号の技能水準の人材に育成することを目指すものとし、適正化方策を講じた特定技

能制度と連続性を持たせる。」とされている。

そして、「人材育成の評価方法」については、技能試験と日本語能力試験を活用した試験重視の方法となり、また、これまでの技能実習生には原則認められていなかった「本人の意向による転籍」が一定の要件の下で認められることとなった。

(3) 人材育成の評価方法

人材育成の評価方法については、「①育成就労としての就労開始前」、「②特定技能 1 号移行時」、「③特定技能 2 号移行時」の各段階において、以下の試験合格等が要件とされている。

① 育成就労としての就労開始前

【日本語能力】

日本語能力 A1 相当以上の試験（日本語能力試験 N5 等）合格又は相当する日本語講習を認定日本語教育機関等において受講

※受け入れ機関は 1 年経過時までに同試験（ただし、既に合格している場合を除く。）及び技能検定試験基礎級等を受験させる。
※日本語能力に関しては現行の取り扱いを踏まえ各分野でより高い水準を設定可。以下同じ。

② 特定技能 1 号移行時

【技能】

技能検定試験 3 級等又は特定技能 1 号評価試験合格

【日本語能力】

日本語能力 A2 相当以上の試験（N4 等）合格

※試験等に不合格となった者について、最長 1 年の在留継続を認める。

③ 特定技能 2 号移行時

【技能】

特定技能 2 号評価試験等合格

【日本語能力】

日本語能力 B1 相当以上の試験（N3 等）合格

(4) 本人の意向による転籍

育成就労は、3 年間一つの受け入れ機関での就労が効果的であり望ましいものの、以下のア～ウ全てを満たす場合に同一業務区分内に限り本人意向による転籍を認めることとされている。

ア 同一の機関において就労した期間が一定の期間（注 1）を超えている

イ 技能検定試験基礎級等・一定水準以上の日本語能力に係る試験に合格（注 2）

ウ 転籍先が、適切であると認められる一定の要件を満たす

注 1 当分の間、各分野の業務内容等を踏まえ、分野ごとに 1 年～2 年の範囲内で設定。人材育成の観点から踏まえた上で 1 年とすることを目指しつつも、1 年を超える期間を設定する場合、1 年経過後は、昇給その他待遇の向上等を図るための仕組みを検討。

注 2 各分野で、日本語能力 A1 相当の水準から特定技能 1 号移行時に必要となる日本語能力の水準までの範囲内で設定。

また、転籍前の受け入れ機関が支出した初期費用等について、転籍前の受け入れ機関が正当な補填を受けられるようにするための仕組みを検討することとされている。

6. おわりに

以上、建設業界における外国人材の受け入れの現状について、特に技能実習生と特定技能外国人を中心に概説してきた。担い手不足と高齢化が進む建設業界においては、担い手の処遇改善、働き方改革、生産性の向上といった取組を更に加速させるとともに、外国人材を受け入れることについても考えていかなければならない。

そのような中で、現在、政府において育成就労制度の創設を中心とした「出入国管理及び難民認定法及び外国人の技能実習の適正な実施及び技能実習生の保護に関する法律の一部を改正する法律」の施行に向けた様々な検討が行われており、今後の動向を注視する必要がある。

J C M A

《参考文献》

- 1) 技能実習制度及び特定技能制度の在り方に関する有識者会議 最終報告書
<https://www.moj.go.jp/isa/content/001407013.pdf>
- 2) 技能実習制度及び特定技能制度の在り方に関する有識者会議を踏まえた政府の対応について
<https://www.moj.go.jp/isa/content/001412483.pdf>
- 3) 出入国管理及び難民認定法及び外国人の技能実習の適正な実施及び技能実習生の保護に関する法律の一部を改正する法律 概要
<https://www.moj.go.jp/isa/content/001415280.pdf>

【筆者紹介】

渡瀬 友博（わたせ ともひろ）
（一社）建設技能人材機構
調査研究部長



令和 6 年度（2024 年度）建設投資見通し

国土交通省 総合政策局 建設経済統計調査室

1. はじめに

我が国の建設投資は、社会経済活動・市場動向等に与える影響が極めて大きい。

このため、国土交通省では、国内建設市場の規模とその構造を明らかにすることを目的とし、1960 年度から毎年度、建設投資推計及び建設投資見通しを作成し、「建設投資見通し」として公表している。

2. 建設投資見通しの概要

2024 年度の建設投資は、前年度比 2.7% 増の 73 兆 200 億円となる見通しである。

2024 年度の建設投資は、前年度比 2.7% 増の 73 兆 200 億円となる見通しである。このうち、政府投資が 26 兆 2,100 億円（前年度

比 3.7% 増）、民間投資が 46 兆 8,100 億円（前年度比 2.2% 増）となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資が 47 兆 2,100 億円（前年度比 2.0% 増）、土木投資が 25 兆 8,100 億円（前年度比 4.1% 増）となる見通しである。

2023 年度の建設投資は、前年度比 3.7% 増の 71 兆 900 億円となる見込みである。このうち、政府投資が 25 兆 2,700 億円（前年度比 3.2% 増）、民間投資が 45 兆 8,200 億円（前年度比 4.0% 増）と見込まれる。これを建築・土木別に見ると、建築投資が 46 兆 2,900 億円（前年度比 8.2% 増）、土木投資が 24 兆 8,000 億円（前年度比 3.7% 減）となる見込みである（表—1）。

建設投資は、1992 年度の 84 兆円をピークに減少基調となり、2010 年度には 1992 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。2024 年度の建設投資については、2023 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等から、総額として 73 兆 200 億円となる見通しである（図—1, 2, 表—2, 3）。

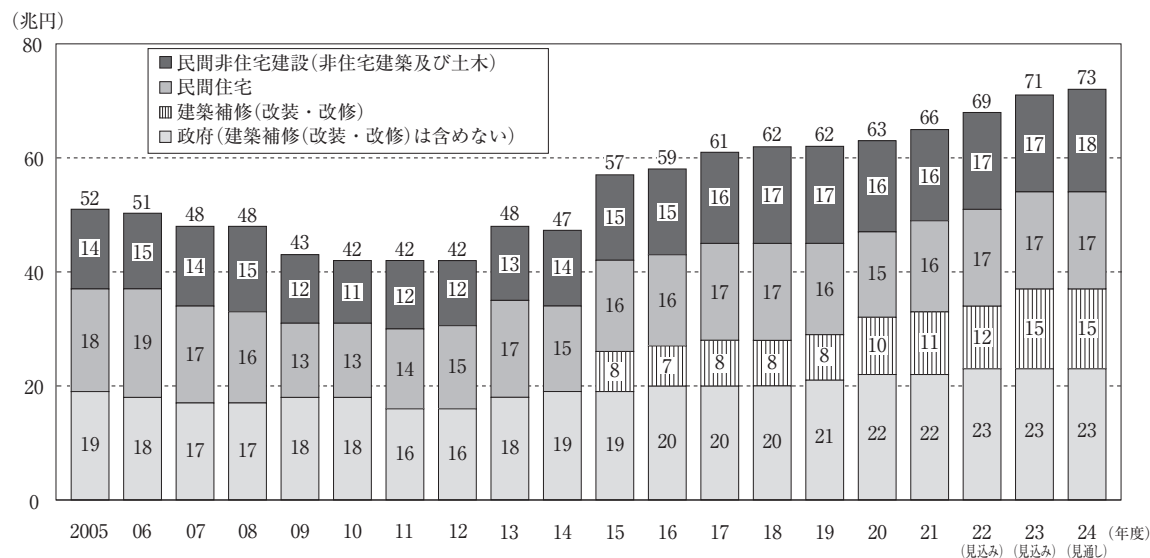
表—1 2024 年度建設投資額（名目値）

（単位：億円・%）

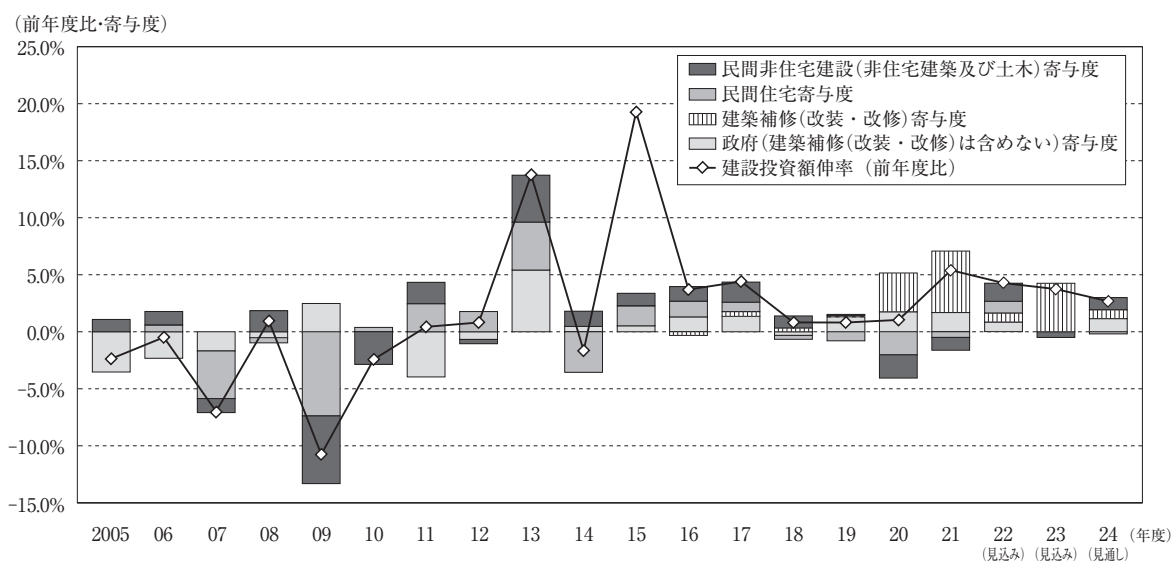
年 度 項 目		投 資 額					対 前 年 度 伸 び 率			
		2020 年度 (実績)	2021 年度 (実績)	2022 年度 (見込み)	2023 年度 (見込み)	2024 年度 (見通し)	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度
総 計		629,781	656,817	685,300	710,900	730,200	4.3	4.3	3.7	2.7
建 築		377,603	405,812	427,800	462,900	472,100	7.5	5.4	8.2	2.0
住 宅 政 府 民 間 非 住 宅 政 府 民 間 建築補修(改装・改修) 政 府 民 間	住 宅	154,715	163,898	171,700	172,600	171,400	5.9	4.8	0.5	▲ 0.7
	政 府	4,153	3,642	4,500	5,700	5,900	▲ 12.3	23.6	26.7	3.5
	民 間	150,562	160,256	167,200	166,900	165,500	6.4	4.3	▲ 0.2	▲ 0.8
	非 住 宅	122,976	129,560	138,700	143,500	149,200	5.4	7.1	3.5	4.0
	政 府	32,571	34,965	36,900	41,300	42,900	7.4	5.5	11.9	3.9
	民 間	90,405	94,595	101,800	102,200	106,300	4.6	7.6	0.4	4.0
	建築補修(改装・改修)	99,912	112,354	117,400	146,800	151,500	12.5	4.5	25.0	3.2
	政 府	18,709	19,850	18,700	26,400	27,400	6.1	▲ 5.8	41.2	3.8
	民 間	81,203	92,504	98,700	120,400	124,100	13.9	6.7	22.0	3.1
										注 2
土 木		252,178	251,005	257,500	248,000	258,100	▲ 0.5	2.6	▲ 3.7	4.1
政 府 公共事業 そ の 他 民 間	政 府	185,415	181,900	184,800	179,300	185,900	▲ 1.9	1.6	▲ 3.0	3.7
	公共事業	154,548	152,512	155,600	147,100	152,500	▲ 1.3	2.0	▲ 5.5	3.7
	そ の 他	30,867	29,388	29,200	32,200	33,400	▲ 4.8	▲ 0.6	10.3	3.7
	民 間	66,763	69,105	72,700	68,700	72,200	3.5	5.2	▲ 5.5	5.1
再 掲	政 府 民 間	240,848 388,933	240,357 416,460	244,900 440,400	252,700 458,200	262,100 468,100	▲ 0.2 7.1	1.9 5.7	3.2 4.0	3.7 2.2
	民 間 ^{注1} 非住宅建設	157,168	163,700	174,500	170,900	178,500	4.2	6.6	▲ 2.1	4.4

注1) 民間非住宅建設投資＝民間非住宅建築投資＋民間土木投資

注2) 2024 年度の伸び率は、「令和 6 年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」（令和 6 年 1 月 26 日閣議決定）及び「令和 6（2024）年度 内閣府年次試算」（令和 6 年 7 月 19 日）の指標から算定している。



図—1 建設投資額 (名目値) の推移



図—2 建設投資額 (名目値) の伸び率と寄与度

表—2 2024年度の地域別・建設投資 (見通し)

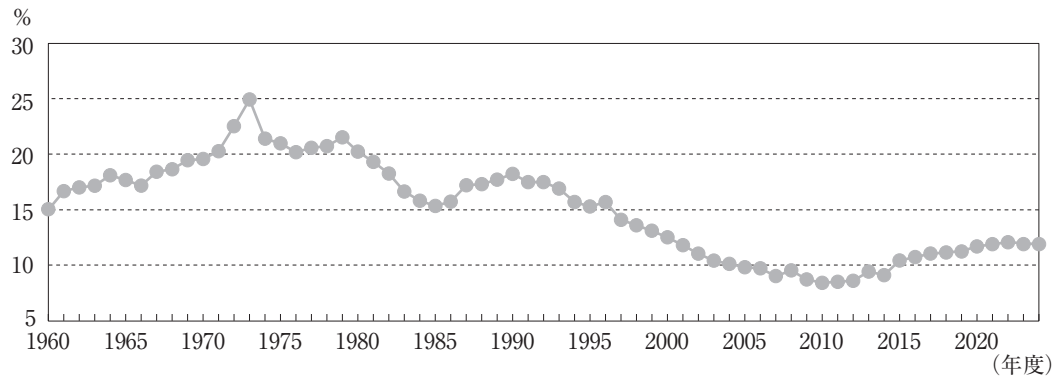
(単位: 億円)

地 域	北海道	東北	関東	北陸	中部	
建築計	22,400	29,400	185,100	21,400	53,400	
土木計	20,300	27,800	67,500	16,500	29,900	
合 計	42,700	57,200	252,600	37,900	83,300	
地 域	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
建築計	70,000	25,400	9,700	50,400	4,900	472,100
土木計	38,400	14,900	8,200	30,600	4,000	258,100
合 計	108,400	40,300	17,900	81,000	8,900	730,200

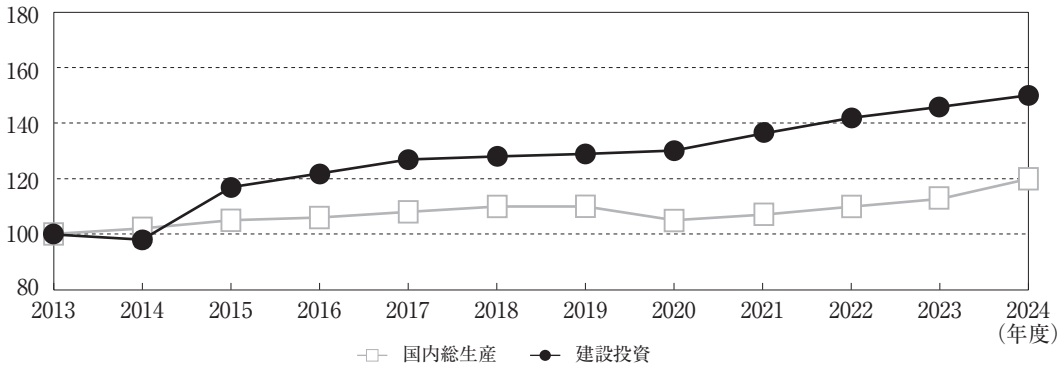
統計

表―3 2024 年度の地域別・建設投資のシェア（見通し）

地 域	北海道	東北	関東	北陸	中部	
建築計	5%	6%	39%	5%	11%	
土木計	8%	11%	26%	6%	12%	
合 計	6%	8%	35%	5%	11%	
地 域	近畿	中国	四国	九州	沖縄	合計
建築計	15%	5%	2%	11%	1%	100%
土木計	15%	6%	3%	12%	2%	100%
合 計	15%	6%	2%	11%	1%	100%



図―3 建設投資の国内総生産に占める比率



図―4 過去 10 年間の国内総生産と建設投資の水準の推移

3. 国内総生産と建設投資の関係

2024 年度の建設投資が国内総生産に占める比率は、11.9%となる見通しである。

国内総生産に占める建設投資の比率は、1975 年頃は 20% 以上あったが、その後、減少傾向となった。1986 年度から 1990 年度にかけて一時増加したものの、その後再び減少基調となった。近年では、約 10% 程度で推移しており、実績額で比較可能な 2021 年度では 11.9% となっている（図―3～5、表―4）。
また、2024 年度では 11.9% となる見通しである。

4. 建設投資の構成と推移

(1) 建設投資の構成と推移

2024 年度建設投資見通しにおける建設投資の構成を見ると、政府土木投資と民間建築投資の合計が全体の 80% を占めている。

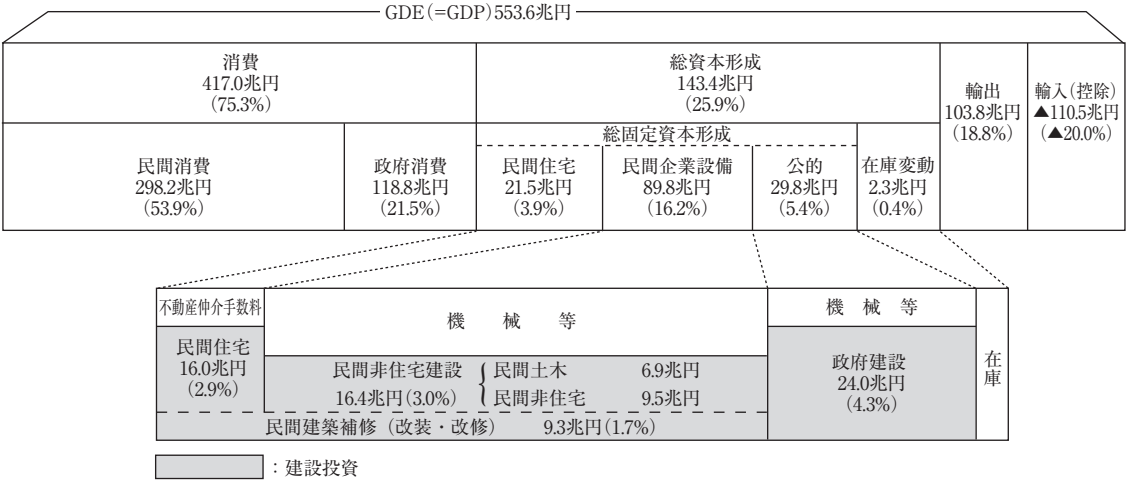
2024 年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が 64%、政府投資が 36% である。民間投資のうち住宅、非住宅及び建築補修（改装・改修）投資を合わせた建築投資が全体の 55% を占めている。政府投資は土木投資が全体の 25% を占めており、この両方で建設投資全体の 80% を占めている（図―6、7）。

表一４ 国内総生産及び建設投資の推移

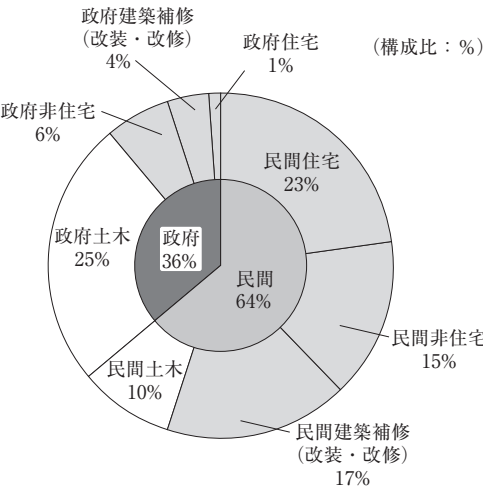
(単位：億円・%)

年度	項目	国内総生産 (名目値) (A)	建設投資 (名目値) (B)	国内総生産のうち、 建設投資が占める割合 (B) ÷ (A) × 100
1960		166,806	25,078	15.0
1961		201,708	33,418	16.6
1962		223,288	37,772	16.9
1963		262,286	44,979	17.1
1964		303,997	54,750	18.0
1965		337,653	59,531	17.6
1966		396,989	67,820	17.1
1967		464,454	84,928	18.3
1968		549,470	101,915	18.5
1969		650,614	125,251	19.3
1970		752,985	146,341	19.4
1971		828,993	166,768	20.1
1972		964,863	214,625	22.2
1973		1,167,150	286,673	24.6
1974		1,384,511	293,944	21.2
1975		1,523,616	316,241	20.8
1976		1,712,934	341,965	20.0
1977		1,900,945	387,986	20.4
1978		2,086,022	426,860	20.5
1979		2,252,372	479,219	21.3
1980		2,483,759	494,753	19.9
1981		2,646,417	502,198	19.0
1982		2,761,628	500,689	18.1
1983		2,887,727	475,988	16.5
1984		3,082,384	485,472	15.7
1985		3,303,968	499,645	15.1
1986		3,422,664	535,631	15.6
1987		3,622,967	615,257	17.0
1988		3,876,856	666,555	17.2
1989		4,158,852	731,146	17.6
1990		4,516,830	814,395	18.0
1991		4,736,076	824,036	17.4
1992		4,832,556	839,708	17.4
1993		4,826,076	816,933	16.9
1994		5,119,588	787,523	15.4
1995		5,252,995	790,169	15.0
1996		5,386,596	828,077	15.4
1997		5,425,080	751,906	13.9
1998		5,345,641	714,269	13.4
1999		5,302,986	685,039	12.9
2000		5,376,142	661,948	12.3
2001		5,274,105	612,875	11.6
2002		5,234,659	568,401	10.9
2003		5,262,199	536,880	10.2
2004		5,296,379	528,246	10.0
2005		5,341,062	515,676	9.7
2006		5,372,579	513,281	9.6
2007		5,384,855	476,961	8.9
2008		5,161,749	481,517	9.3
2009		4,973,642	429,649	8.6
2010		5,048,737	419,282	8.3
2011		5,000,462	421,139	8.4
2012		4,994,206	424,493	8.5
2013		5,126,775	482,997	9.4
2014		5,234,228	474,941	9.1
2015		5,407,408	566,468	10.5
2016		5,448,299	587,399	10.8
2017		5,557,125	613,251	11.0
2018		5,565,705	618,271	11.1
2019		5,568,454	623,280	11.2
2020		5,390,091	629,781	11.7
2021		5,536,423	656,817	11.9
2022		5,664,897	685,300	12.1
2023		5,975,000	710,900	11.9
2024		6,153,000	730,200	11.9

統計



図一 5 国内総支出と建設投資の関係(2021 年度)



図一 6 2024 年度 建設投資の構成(名目値)

(2) 建築・土木別構成比の推移

2024 年度の建設投資は、建築投資が 65 % で、土木投資が 35 % となる見通しである。

建築と土木との構成比については、1998 年度以降、建築投資が増加する一方で政府土木投資が減少し、建築投資の占める比率が 2006 年度には 60 % となった。

その後、一時的に土木投資が増加したが、2015 年度以降、建築投資が 60 % 台、土木投資が 30 % 台で推移している(図一 8)。

(3) 政府建設投資の動向

2024 年度の政府建設投資は、前年度比 3.7 % 増の 26 兆 2,100 億円となる見通しである。

2024 年度は、前年度比 3.7 % 増加し、26 兆 2,100 億円となる見通

しである。

2023 年度は、前年度比 3.2 % 増加し、25 兆 2,700 億円となる見込みである。

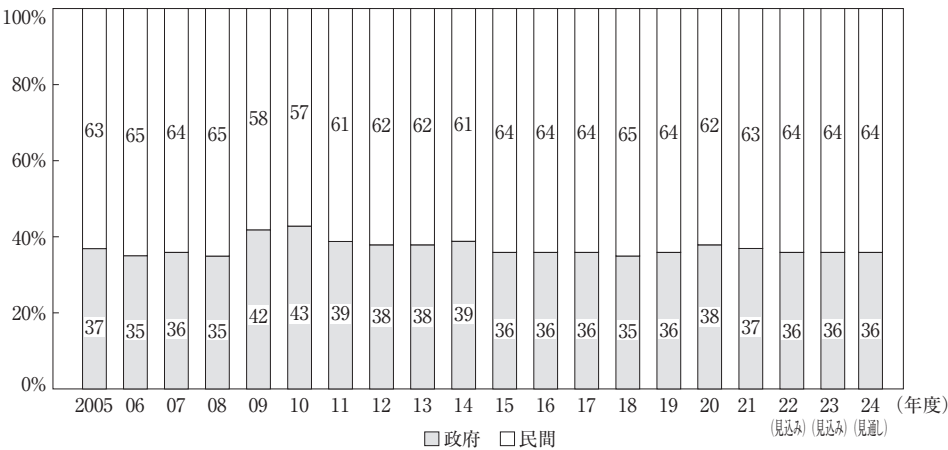
(4) 住宅投資の動向

2024 年度の住宅投資は、前年度比 0.7 % 減の 17 兆 1,400 億円となる見通しである。

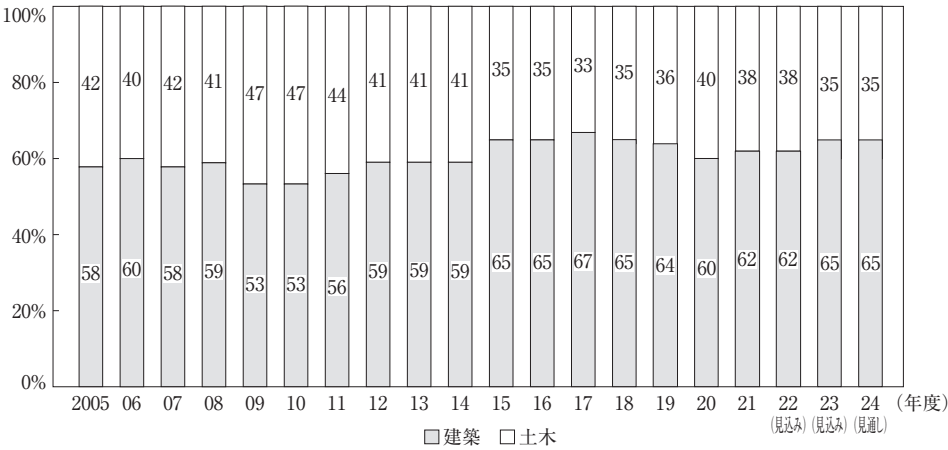
2024 年度の民間住宅投資は、前年度比 0.8 % 減の 16 兆 5,500 億円となる見通しである。また、政府住宅投資を合わせた 2024 年度の住宅投資全体では、前年度比 0.7 % 減の 17 兆 1,400 億円となる見通しである。

(参考)

2023 年度の新設住宅着工戸数は、前年度比 7.0 % 減の 80.0 万戸



図一 7 政府・民間別構成比の推移



図一 8 建築・土木別構成比の推移

表一 5 新設住宅着工戸数と伸び率（前年度比）の推移

(単位：戸・%)

年度	総 計		持 家		貸 家		給 与		分 譲	
	着工戸数	伸び率	着工戸数	伸び率	着工戸数	伸び率	着工戸数	伸び率	着工戸数	伸び率
2019 年度	883,687	▲ 7.3	283,338	▲ 1.5	334,509	▲ 14.2	6,108	▲ 23.2	259,732	▲ 2.8
2020 年度	812,164	▲ 8.1	263,097	▲ 7.1	303,018	▲ 9.4	6,908	13.1	239,141	▲ 7.9
2021 年度	865,909	6.6	281,279	6.9	330,752	9.2	5,494	▲ 20.5	248,384	3.9
2022 年度	860,828	▲ 0.6	248,132	▲ 11.8	347,427	5.0	5,720	4.1	259,549	4.5
2023 年度	800,176	▲ 7.0	219,622	▲ 11.5	340,395	▲ 2.0	5,118	▲ 10.5	235,041	▲ 9.4

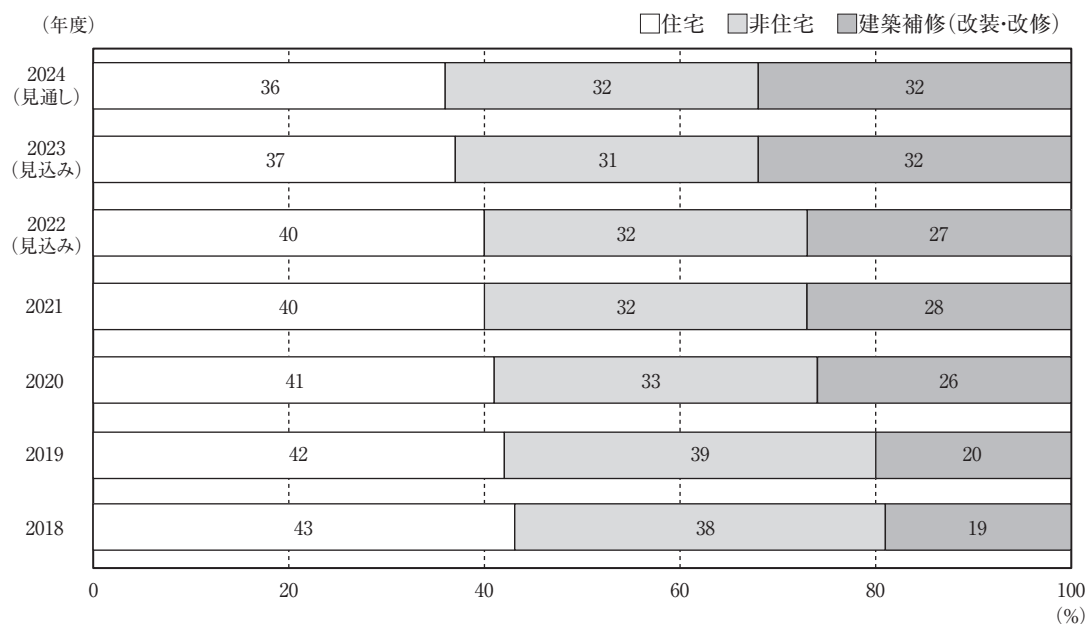
であった。利用関係別に見ると、持家は22.0万戸（前年度比11.5%減）、貸家は34.0万戸（前年度比2.0%減）、給与住宅は0.5万戸（前年度比10.5%減）、分譲住宅は23.5万戸（前年度比9.4%減）となっている（表一5）。

(5) 建築補修（改装・改修）投資の動向

2024年度の建築補修（改装・改修）投資は、前年度比3.2%増の15兆1,500億円となる見通しである。

2024年度の民間建築補修（改装・改修）投資は、前年度比3.1%増の12兆4,100億円となる見通しである。また、政府建築補修（改

統計



図—9 住宅・非住宅・建築補修（改装・改修）構成比の推移

表—6 民間非住宅建設投資額（名目値）と伸び率（前年度比）の推移

（単位：億円・％）

年度	民間非住宅建築投資		民間土木投資		合計 (民間非住宅建設投資)	
	投資額	伸び率	投資額	伸び率	投資額	伸び率
2020 年度	90,405	▲ 22.3	66,763	23.3	157,168	▲ 7.8
2021 年度	94,595	4.6	69,105	3.5	163,700	4.2
2022 年度（見込み）	101,800	7.6	72,700	5.2	174,500	6.6
2023 年度（見込み）	102,200	0.4	68,700	▲ 5.5	170,900	▲ 2.1
2024 年度（見通し）	106,300	4.0	72,200	5.1	178,500	4.4

装・改修）投資を合わせた 2024 年度の建築補修（改装・改修）投資全体では、前年度比 3.2% 増の 15 兆 1,500 億円となる見通しである。

建築補修（改装・改修）投資は、建築投資全体に対し約 30% を占めている（図—9）。

(6) 民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資の動向

2024 年度の民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資は、前年度比 4.4% 増の 17 兆 8,500 億円となる見通しである。

2024 年度の民間非住宅建築投資は、前年度比 4.0% 増の 10 兆 6,300 億円となる見通しである。また、民間土木投資は、前年度比 5.1% 増の 7 兆 2,200 億円となる見通しである。

これにより、2024 年度の民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資は、前年度比 4.4% 増の 17 兆 8,500 億円となる見通しである。

2023 年度の民間非住宅建設（非住宅建築及び土木）投資は、前年度比 2.1% 減の 17 兆 900 億円となる見込みである。

このうち、民間非住宅建築投資は 10 兆 2,200 億円（前年度比 0.4% 増）、民間土木投資は 6 兆 8,700 億円（前年度比 5.5% 減）となる見込みである（表—6）。

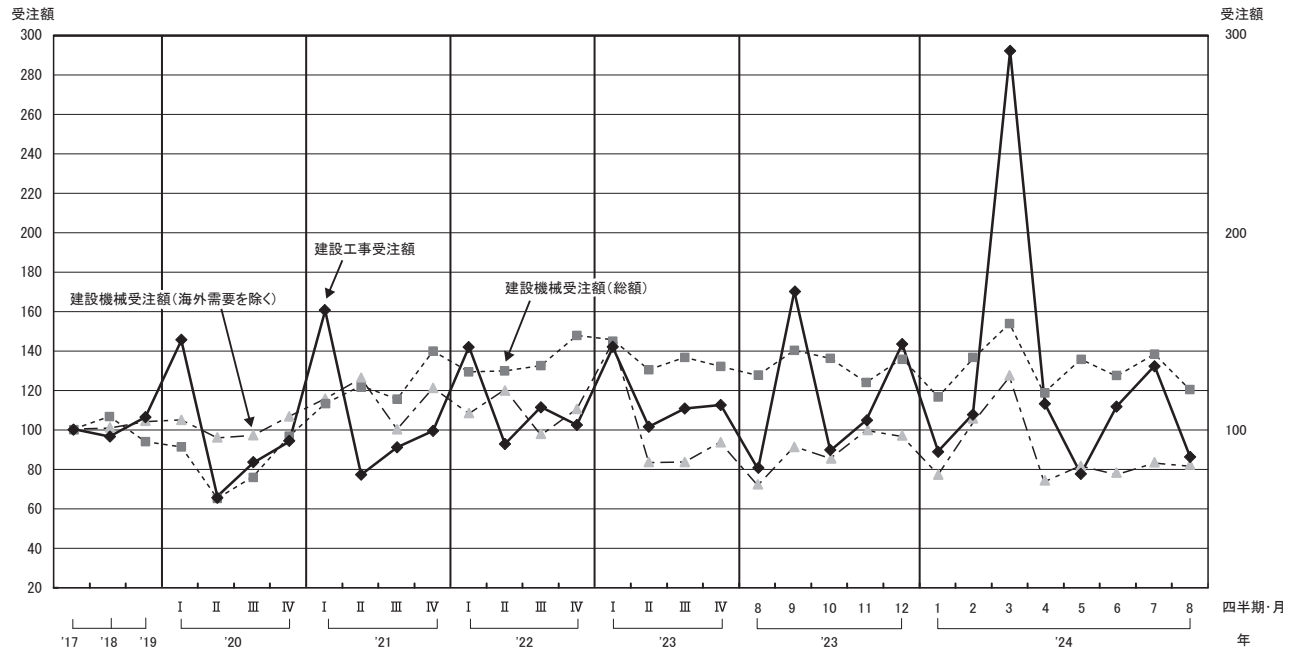
建設投資見通しは、国土交通省のホームページで公表しているので参照されたい。

(https://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_001247.html)

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2017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 2017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							
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018 年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019 年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020 年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021 年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2022 年	165,482	119,900	33,041	86,862	33,436	5,252	6,898	114,984	50,496	207,841	130,901
2023 年	172,094	121,790	31,098	90,690	40,060	5,360	4,883	117,929	54,164	217,576	161,186
2023 年 8 月	9,888	7,470	2,331	5,138	1,930	343	146	7,132	2,756	212,974	12,201
9 月	20,973	15,485	2,622	12,863	4,341	643	504	15,905	5,068	216,368	17,673
10 月	10,962	8,266	2,603	5,663	2,197	420	79	8,081	2,881	217,263	11,029
11 月	12,872	9,824	2,094	7,730	2,032	385	631	9,359	3,513	218,161	12,726
12 月	17,660	12,721	6,000	6,721	4,097	379	463	13,002	4,658	217,576	17,838
2024 年 1 月	10,931	7,371	1,467	5,904	2,871	391	298	7,657	3,273	218,177	10,491
2 月	13,237	8,390	2,925	5,465	4,001	365	481	7,965	5,273	219,504	12,360
3 月	36,119	22,688	4,005	18,682	10,808	486	2,137	21,526	14,593	231,850	21,578
4 月	13,894	10,066	2,641	7,425	3,122	443	263	9,326	4,568	233,782	10,214
5 月	9,497	6,682	2,500	4,182	1,846	474	495	6,087	3,410	231,352	11,721
6 月	13,725	9,632	2,221	7,410	2,638	460	995	9,394	4,332	229,504	15,537
7 月	16,233	13,082	3,830	9,252	2,234	408	509	12,558	3,675	234,172	10,884
8 月	10,745	7,213	1,676	5,537	2,389	649	494	6,982	3,764	－	－

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	17 年	18 年	19 年	20 年	21 年	22 年	23 年	23 年 8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	24 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
総 額	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	29,024	29,315	2,289	2,516	2,442	2,221	2,442	2,089	2,451	2,767	2,115	2,434	2,291	2,476	2,190
海 外 需 要	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	21,816	22,627	1,894	2,013	1,973	1,673	1,911	1,665	1,869	2,066	1,712	1,989	1,863	2,018	1,731
海外需要を除く	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	7,208	6,688	395	503	469	548	531	424	582	701	403	445	428	458	459

(注) 2017～2019年は年平均で、2020～2023年は四半期ごとの平均値で図示した。

2023年8月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2024年9月1～30日)

機械部会



■除雪機械技術委員会

月 日：9月3日（火）（会議室，Web 併行開催）

出席者：白樫純委員長ほか19名

議 題：①国交省から除雪に関する状況報告：建仕，購入仕様書ひな形の改訂について，省人化に向けた取組み事例の紹介 ②除雪機械の特殊仕様の標準化検討についての討議 ③日本建設機械要覧2025の原稿見直し案について討議

■ショベル技術委員会（臨時）

月 日：9月4日（水）（会議室，Web 併行開催）

出席者：安部敏博委員長ほか11名

議 題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」進捗状況の情報共有：ISOドラフト版（和訳）に対する各社の意見紹介，内容説明と意見交換

■トラクタ技術委員会

月 日：9月6日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：大場元樹委員長ほか6名

議 題：①「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」進捗状況の情報共有：ISOドラフト版（和訳）の「ロード&キャリアの模擬動作試験」について議論 ②各社トピックス：コマツ「ホイールローダのツース脱着，転石検知システムの紹介」について

■建築生産機械技術委員会（クローラレーン作業燃費分科会）

月 日：9月9日（月）（会議室，Web 併行開催）

出席者：石倉武久委員長ほか8名

議 題：①分科会の取組内容，進め方に関するアンケート結果の報告 ②活動の進め方について議論

■ショベル技術委員会

月 日：9月10日（火）（会議室，Web 併行開催）

出席者：安部敏博委員長ほか10名

議 題：①各社トピックス：住友建機㈱「会社概要および2024CSPIでの出展の紹介」 ②「JCMASに基づく「エネルギー消費量試験方法」のISO化」

進捗状況の情報共有：ISOドラフト版に対するショベル技術委員会の提案のまとめ ③電動ショベルの電費基準値を策定するにあたっての論点（課題）についての意見照会

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：9月11日（水）（会議室での対面開催）

出席者：越田健委員長ほか20名

議 題：①三信建設工業㈱による技術プレゼン：「高圧噴射攪拌工法における留意点」 ②各社トピックス：日本車輛製造㈱，㈱テクノックス「電動杭打機DHJ-15Eの紹介」 ③技術プレゼン，各社トピックスなど今後のスケジュールについて

■トンネル機械技術委員会 脱炭素の取組に関する調査WG

月 日：9月12日（木）（会議室，Web 併行開催）

出席者：椎橋孝一郎リーダーほか14名

議 題：①メンバー提出の脱炭素の取組事例の説明と議論 ②脱炭素に関する技術紹介と意見交換：エネサーブ㈱の技術紹介

■トンネル機械技術委員会 通信機器，設備に関する調査WG

月 日：9月13日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：浅沼康樹リーダーほか25名

議 題：①通信機器，設備に関する技術紹介と意見交換：㈱演算工房，西尾レントオール㈱の技術紹介 ②「建設現場の通信環境及び利用状況」のアンケート結果の報告と議論

■路盤・舗装機械技術委員会 総会

月 日：9月19日（木）（会議室，Web 併行開催）

出席者：美野隆委員長ほか 会場参加者38名，Web参加79回線

議 題：①委員長挨拶 ②R6年度活動経過報告と進捗状況説明 ③建設機械・施工に係る安全対策の向上に関する発表（3件） ④建設機械最新技術の動向に関する発表（5件）

■路盤・舗装機械技術委員会・JCMAS「ロードローラ作業エネルギー消費量試験方法」作成WG

月 日：9月20日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：柴田大地WGリーダーほか11名

議 題：①JCMAS草案について議論 ②JCMAS解説文の記載について議論 ③今後の進め方とスケジュールについて議論

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：9月24日（火）（会議室，Web 併行開催）

出席者：浅沼康樹委員長ほか9名

議 題：①第3回WGの報告 ②見学会候補地についての議論：トンネル施工現場の見学会（10/2開催）の最終確認，シールドマシンメーカー工場見学について日程調整 ③技術講演会について講演者選定の状況確認

■機械整備技術委員会

月 日：9月24日（火）（会議室，Web 併行開催）

出席者：小林一弘委員長ほか9名

議 題：①「ハイブリッド建機・電動建機の安全整備・点検のためのガイドライン」の見直しについて討議 ②バイオ燃料やバイオ作動油の使用状況及び注意点に関する議論 ③事故災害の傾向と対応すべく安全に配慮した機器（DX含む）に関する情報収集 ④日本建設機械要覧2025の改訂内容について討議

■機械部会 幹事会

月 日：9月26日（木）（会議室，Web 併行開催）

出席者：橋本隆浩部会長ほか14名

議 題：①部会長，副部会長より挨拶 ②各技術委員会委員長よりR6年度上期の活動報告，下期の活動についての説明と審議 ③事務局からR6年度上期の機械部会の活動実績（数値データ）とトピックスについて報告

■原動機技術委員会

月 日：9月26日（木）（会議室，Web 併行開催）

出席者：工藤睦也委員長ほか17名

議 題：①前回の議事録確認 ②国内次期排出ガス規制に関する情報交換：陸内協 別添43改正WGの活動状況の情報共有，環境省「中央環境審議会 第22回大気・騒音振動部会（9/20（金）開催）」の概要報告 ③海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：北米の状況について

■情報化機器技術委員会

月 日：9月27日（金）（会議室，Web 併行開催）

出席者：白塚敬三委員長ほか9名

議 題：①委員長交代の件（新旧委員長のご挨拶） ②ICT建機の稼働現場見学会の報告書案に関する議論 ③規制・規格の最新情報の共有 ④DX推進に関する活動内容抽出の議論

標準部会



■ ISO/TC 127 土工機械委員会 国内委員会 総会

月 日：9月5日（木）

出席者：小塚大輔（コマツ）委員長ほか 29名

場 所：Web上（Microsoft Teams）

議 題：①親 TC 127, SC 1～SC 4 活動計画及び審議状況報告 ②投票案件 ③その他

■ ISO/TC 82/JWG 1 ロックドリルリグ 国際バーチャル WG 会議

月 日：9月11日（水）日本時間夜

出席者：（Web）スウェーデン Elster コンビナー（Epiroc）など全15名，日本より正田明平（JCMA 事務局）

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：ISO 23875 適合空気清浄機をキャブ搭載ロックドリルに搭載する要求について

■ ISO/TC 127 CAG 議長諮問会議 国際バーチャル会議

月 日：9月12日（木）日本時間夜

出席者：（Web）日本：小塚大輔 TC127 国内委員長（コマツ）など全2名，海外：米国 Moughler TC127 国際議長（Cat 社）など全10名，計12名

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/TC127 各 SC 内案件の進捗状況および各地域の標準関係情報交換 ② 2025 年 3 月ドイツハンブルグ市開催予定の次回 TC127 国際総会概要 ③ OSD（ISO が新規導入中の案文編集プラットフォーム）の情報交換

■ ISO/TC 195 建設用機械及び装置 国際会議

月 日：9月10日（火）～13日（金）

出席者：（対面）日本から川上晃一 SC 1 国際議長（日工）ほか4名，中国14名，ドイツ7名，韓国2名，米国1名（Web）数名

場 所：中国河南省鄭州市及び Web 上（ISO Zoom）

議 題：10 日（火）①標準化ワークショップ ② SC 2/WG 2 路面清掃車 WG 会議 ③ SC 2/WG 1 冬期保守用機器 WG 会議，11 日（水）④ SC 1 コンクリート機械 第20 回総会 ⑤ SC 2 道路作業機械及び関連機器 第4 回総会，12 日（木）⑥ TC 195 建設用機械及び装置 第35 回総会，13 日（金）⑦ WG 9 自走式道路建設機械の安全 WG 会議

■ ISO/TC 127/SC 3/WG 5 ISO 15143-4 土工現場情報交換—第4部：地形データ 国際ハイブリッド WG 会議

月 日：9月17日（火）～19日（木）

出席者：（対面）海外：米国 Bollweg 共同コンビナー（Deere 社）など全6名，日本：中川智裕共同コンビナーなど全9名，計15名，Web 経由で12人

場 所：機械振興会館会議室及び Web 上（ISO Zoom）

議 題：① ISO 15143 第4部（地形データ）DTS 投票へのコメント審議 ② ISO15143 第5部（ロジスティックス・データ）スコープ審議 ③ ISO15143 第3部（テレマティックス・データ）改正必要性の審議

■ ISO/TC 195/SC 3/WG 1 穿孔及び基礎工 専用機械—用語及び商業仕様 国際バーチャル WG 会議

月 日：9月20日（金）夜

出席者：山本卓也（技研製作所）ほか9名

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① DIS 11886 コメント審議（続き）・プロジェクト9ヶ月延長・FDIS 文書提出

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 24 制御系の機能 安全 ISO 19014 規格群「機能安全」 国際ハイブリッド WG 会議

月 日：9月24日（火）～27日（金）日本時間午後～夜

出席者：（対面）英国 Camsell コンビナー（CEA）など全13名，（Web）田中昌也委員（コマツ）など全5名

場 所：ドイツ・マンハイム市 Deere 社会議室及び Web 上（ISO Zoom）

議 題：① ISO 6135 案文審議 ② ISO19014 の DIS 投票コメントについての IFA との意見交換 ③ 来年度を含む今後の作業グループ会議日程調整

■ ISO/TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動 運転・自律運転の分類 国際ハイブリッド WG 会議

月 日：9月30日（月）～10月2日（水）夜

出席者：（対面）米国 Taha コンビナー（Deere 社），鈴木邦利委員（コマツ）など全8名，Web 参加者3名

場 所：ロンドン BSI 会議室及び Web 上（ISO Zoom）

議 題：DIS 投票へのコメント審議

建設業部会



■令和6年度建設業 ICT 安全 WG 見学会

月 日：9月13日（金）

参加者：中野正晴主査ほか20名

①施設見学：（株）演算工房（京都市上京区 智恵光院通中立売下る山里町237番地3） 見学概要：ATOM ショールーム，トンネル用 AGV 等開発機械見学

②工事見学：新名神高速道路 宇治田原 トンネル西工事（京都府綴喜郡宇治田原町）

見学概要：コンピュータージャンボによる先山予測，レーザースキャナーを使用した吹付管理等，センシング技術を使った施工管理

発注者：西日本高速道路（株）

施工者：鹿島建設（株）

概 要：大断面泥土圧（気泡）シールド，併設トンネル超近接施工，土砂搬送ベルトコンベアの回転立坑での捻転 行 程：9：30「演算工房」着—演算工房見学（2h）—11：30 1 か所目見学終了—12：00 バス移動（1h）—13：00「宇治田原トンネル」着・説明—13：30 宇治田原トンネル見学（2h）—15：30 2 か所目見学終了

■建設業 ICT 安全 WG

月 日：9月25日（水）

出席者：中野正晴主査ほか5名（内，Web 参加1名）

議 題：① 9/13 建設業 ICT 安全 WG 見学会報告 ② 自動自律関連：回転表示灯について ③ 2024 年度更新「ICT を用いた安全対策機器アンケート」準備 ④ その他

■機電交流企画 WG

月 日：9月30日（月）

出席者：篠宮政幸主査ほか8名（内 Web 参加者1名）

議 題：① 令和6年度（2024 年）第24 回機電技術者意見交換会の準備について，実施・運営に伴う各文書・資料の確認 ② 令和6年度 若手現場見学会の準備について ③ その他

レンタル業部会



■レンタル業部会

会 議：レンタル業部会

月 日：9月5日（木）（Web 会議併用）

出席者：飛山部会長ほか17名

議 題：① 部会長挨拶 ② コンプライアンス分科会活動報告 ③ R6 年度現場見学会について ④ 各社から報告事項・情報交換

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：9月4日（水）

出席者：中野正則委員長ほか 26 名
議 題：①令和 6 年 12 月号（第 898 号）
計画の審議・検討 ②令和 7 年 1 月号
（第 899 号）素案の審議・検討 ③令
和 7 年 2 月号（第 900 号）計画の審議・
検討（900 号記念特集の審議を含む）
④令和 6 年 9 月号～令和 6 年 11 月号（第
895～897 号）進捗状況報告・確認
※通常委員会及び Zoom にて実施

支部行事一覧

北海道支部



■令和 6 年度建設機械施工管理技術検定 （実技試験）

月 日：9 月 4 日（水）、5 日（木）
場 所：千歳市（株）アクティオ 千歳テク
ノパーク統括工場／（株）共成レンテム
受検者：実人数 1 級 30 名、2 級 75 名
延人数 1 級 41 名、2 級 84 名

■令和 6 年度除雪機械技術講習会（第 4 回）

月 日：9 月 12 日（木）
場 所：旭川市（道北経済センター）
受講者：88 名
内 容：①除雪計画 ②除雪機械の取り
扱い ③除雪の安全施工 ④冬の交通
安全 ⑤除雪の施工方法

東北支部



■令和 6 年度建設部会特殊現場見学会

月 日：9 月 3 日（火）、4 日（水）
場 所：秋田県由利本荘市、山形県飽海
郡遊佐町
出席者：飯田英厚部会長ほか 6 名
内 容：①鳥海ダム建設現場 ②日本海
沿岸東北自動車道 遊佐象潟道路 中谷
地地区橋梁上部工工事

■令和 6 年度基礎技術講習会（インフラ DX）各県開催（主催：東北土木技術人 材育成協議会）

【座学 1】インフラ DX 概論（講師：東
北地方整備局 企画部）
【実習 1】DX 技術実践（VR・AR 体験、
遠隔臨場、配筋探索、電子小黑板等）（講
師：JCMA 東北支部）
【座学 2】BIM/CIM 概論（講師：（一社）
建設コンサルタンツ協会）
【実習 2】3 次元 CAD・点群体験実践（講
師：（一社）OCF 東北支部）
①青森会場：9 月 11 日（水）青森県 東
青地域県民局、受講者数 17 名
②山形会場：9 月 13 日（金）山形県 建
設会館、受講者数 20 名

③岩手会場：9 月 30 日（月）トーサイク
ラシックホール岩手、受講者数 14 名

■令和 6 年度建設機械施工技能実習評価 試験（9 月宮城定期試験）

月 日：9 月 11 日（水）、12 日（木）
場 所：CAT 宮城教習センター
受験者：学科 63 名、実技 65 名（掘削、
押土・整地、積み込み、締固め）

■令和 6 年度 ICT・UAV 基礎技術講習会 各県開催（主催：東北土木技術人材育成 協議会）

【座学 1】i-Construction の取り組み（講
師：東北地方整備局 企画部）
【座学 2】みちのくインフラ DX 奨励賞
紹介（講師：受賞者）
【座学 3】各県の取り組み（講師：各県）
【座学 4】3 次元測量の概要と留意点（講
師：東北測量設計協会）
【座学 5】ICT 活用工事の監督・検査の
留意事項（講師：東北地方整備局 企
画部）
【座学 6】点群ソフト、3D 設計データ（講
師：JCMA 東北支部）
【座学 7】ICT 建機、ICT 技術の適用（計
測技術）（講師：JCMA 東北支部）
【実習】ICT 活用工事現場見学、出来形
計測実習、ICT 建機操作実習、レーザ
ースキャナ計測実習、三次元測量（講師：
JCMA 東北支部）

①秋田会場：9 月 19 日（木）、20 日（金）
秋田県 秋田県庁、受講者数 座学 29 名、
現地 20 名

②青森会場：9 月 26 日（木）、27 日（金）
青森県 アピオあおもり、受講者数 座
学 48 名、現地 14 名

■令和 6 年度基礎技術講習会（インフラ DX）（主催：東北土木技術人材育成協議会）

【座学 1】インフラ DX 概論（講師：東
北地方整備局 企画部）
【実習 1】遠隔 VR システム体験ほか（講
師：JCMA 東北支部）
【実習 2】XR 体験（講師：東北地方整備
局）
【実習 3】遠隔臨場（講師：JCMA 東北
支部）
【実習 4】遠隔臨場・鉄筋探索（講師：
JCMA 東北支部）
⑤5 回目
場 所：東北技術事務所 研修棟
月 日：9 月 25 日（水）
受講者：17 名

■除雪講習会

①奥州（1）会場
月 日：9 月 19 日（木）
場 所：奥州市 奥州市文化会館
受講者：130 名

②奥州（2）会場
月 日：9 月 20 日（金）
場 所：奥州市 奥州市文化会館
受講者：127 名
③青森（1）会場
月 日：9 月 25 日（水）
場 所：青森市 青森産業会館
受講者：222 名
④青森（2）会場
月 日：9 月 26 日（木）
場 所：青森市 青森産業会館
受講者：221 名
⑤弘前会場
月 日：9 月 27 日（金）
場 所：弘前市 岩木文化センター あそ
べーる
受講者：160 名

北陸支部



■令和 6 年度 JCMA 北陸支部親睦ゴルフ 大会

月 日：9 月 13 日（金）
場 所：ノブウッドゴルフクラブ
参加者：北陸支部会員 18 名

■北陸地方整備局 令和 6 年度 第 1 回機械 技術研究会

月 日：9 月 19 日（木）、20 日（金）
場 所：北陸地方整備局ほか現場 4 か所
参加者：（北陸地方整備局）姫野施工企
画課長ほか 18 名、（北陸建設振興会議）
堤機械技術委員長ほか 6 名
内 容：（1 日目）排水機場機械設備の
設計施工・維持管理検討【西川排水機
場、鳥屋野潟排水機場の視察および意
見交換】、（2 日目）除雪機械の維持管
理整備手法の検討【機械整備工場 2 か
所の視察および意見交換】

■路面消・融雪施設等設計要領改訂「準備会」

月 日：9 月 30 日（月）
場 所：新潟県長岡市（株）興和 中越支店
会議室
出席者：高橋北陸支部長ほか 18 名（Web
参加含む）
議 題：①改訂の経緯に関する説明
②改訂方針（案）について ③改訂体
制（案）について ④改訂スケジュ
ール（案）について

中部支部



■建設機械施工管理技術検定実地試験

月 日：8 月 31 日（土）、9 月 1 日（日）
場 所：愛知県刈谷市「住友建機販売（株）
愛知教習センター」
受験者：1 級 受験者 36 名、2 級 受験者

78名

■広報部会

月 日：9月11日（水）

出席者：森山浩司広報部会長ほか7名

議 題：「中部支部だより」第84号について

■「JCMA ICT 施工 検定試験」及び「JCMA ICT 施工 検定試験 合格者更新講習会」

月 日：9月18日（水）

場 所：名古屋市 MDK ビル4階会議室
及び1階前田ホール

受験者：51名

受講者：56名

■技術・調査部会

月 日：9月19日（木）

出席者：宮内秀弘部会長ほか8名

議 題：技術講演・発表会の発表テーマ
の選出について

■建設施工研修会（映画会）

月 日：9月20日（金）

場 所：名古屋市中小企業振興会館

参加者：約60名

関 西 支 部



■令和6年度 建設機械施工管理技術検定（第二次検定）

月 日：9月6日（金）、7日（土）

場 所：コベルコ教習所（株）

延受験者数：419名（1級134名、2級285名）

■建設用電気設備特別専門委員会（第499回）

日 時：9月11日（水）、12日（木）

場 所：長崎県 五島市

議 題：見学会（浮体式洋上風力発電）

■令和6年度 第2回広報部会

月 日：9月18日（水）

場 所：関西支部

出席者：木村泰男広報部会長以下5名

議 題：①「JCMA 関西」第121号について ②今後行事予定の確認

■令和6年度施工技術報告会 第1回運営会議（Web 会議）

月 日：9月25日（水）

場 所：関西支部

参加者：児玉事務局長以下10名

内 容：令和6年度施工技術報告会の開催概要について

■「建設技術展 2024 近畿」主催・共催者会議（第2回）

月 日：9月27日（金）

場 所：大阪マーチャングイズ・マートビル

出席者：児玉事務局長

議 題：①「建設技術展 2024 近畿」のプログラム及び全体概要について ②開会式出席依頼について ③注目技術賞の審査員について ④当日の動員体制について ⑤その他

中 国 支 部



■中国地方整備局との災害協定に基づく情報伝達訓練

月 日：9月18日（水）

場 所：広島 YMCA 会議室

参加者：玉田一雄企画部会長ほか7名

内 容：①訓練概要説明 ②災害対策訓練 ③訓練結果のとりまとめ

四 国 支 部



■令和6年度建設機械施工管理技術検定【実技】試験

月 日：9月7日（土）

場 所：日立建機日本（株）四国支店構内（善通寺市）

受験者：1級41名、2級66名、計107名（延べ人数）

試験監督者：泉川暢宏総括試験監督者ほか12名

■R6JCMA 四国支部「建設施工研修会」

月 日：9月18日（水）

場 所：建設クリエイティブビル第1会議室（高松市）

参加者：40名

内 容：建設機械メーカー等作成の映像全26件を上映、CPDS 単位4.0

■「次世代現場体験」(ICT 施工講習会)

月 日：9月25日（水）

場 所：建設クリエイティブビル（高松市）

参加者：10名

主催者：JCMA 四国支部

協 賛：西尾レントオール（株）、（株）建設システム

内 容：① ICT 活用の現状について ②三次元設計演習 ③三次元施工管理実習

九 州 支 部



■企画部会 第2回 JCMA 技術講習会

月 日：9月13日（金）

場 所：コマツ IoT センタ九州（熊本県菊池郡大津町室）

出席者：24名（会員企業）

内 容：① DX スマートコンストラクション概要説明 ②ドローン測量見学 ③ICT 建機体験試乗（マシンコントロール、マシンガイダンス、クイック3D） ④電動建機体験試乗

■企画委員会

月 日：9月17日（火）

場 所：宝ビル 11F 1106 会議室

出席者：9名

議 題：①令和6年度 JCMA 九州支部の主要行事予定について ②「第2回 JCMA 技術講習会」実施報告 ③企画委員会運営要領について

■i-Construction 施工による九州支部生産性向上推進会議 委員会幹事会

月 日：9月20日（金）

場 所：リファレンス駅東ビル G 会議室

出席者：玉石修二会長ほか16名

内 容：①新体制について ②九州地方整備局の取組み等 ③i-Construction（ICT 活用工事）セミナーのアンケート報告 ④ ICT 講習会、実機体験会、外部講師依頼報告 ⑤ JCMA ICT 施工検定試験・更新講習について ⑥意見交換

編集後記

米国メジャーリーグにおける大谷翔平選手の活躍が度々ニュースとなっています。過去に大谷選手が時速107.6マイル（時速約173km）という弾丸ライナーのホームランを打った時は、現地で「エクスプレスレーン（高速道路の追い越し車線）を使ってスタンドまで運んだ」と報じられたそうです（米国の高速道路でもこの速度は制限超過だと思います）。

さて、本号の特集は「道路」です。高度経済成長期に集中整備された道路インフラは、幹線道路のみならず、中小規模の道路も含めて老朽化の修繕が必要となっています。それと同時に、自然災害への備えも考えたメンテナンスが求められています。

巻頭言では、東京都立大学の砂金先生より「自動化に向かって」と題してご寄稿頂きました。自動化に関するテクニカルな内容に加えて、機械に頼るべきことは何かについて、組織を超えた技術者による議論が必要であるご提言を頂きました。

行政情報では、今年1月1日に発生した能登半島地震による道路構造物の被災状況から、新たに判明した技術基準の課題と対応についてご執筆頂きました。道路については片側通行での復旧も多く、資材の運搬が

進まないとの報道もあります。1日も早い復旧と復興が望まれます。

また、別の行政情報では暮らしや国をより良くしたいという普遍のニーズから生まれる多種多様な技術の中から、有用な技術の普及を推進する取り組みについて、ご紹介頂きました。

特集報文では、橋梁の床版取替・点検・施工シミュレーション技術について、道路舗装機械の自動化や安全システム、電動化についてご執筆頂きました。また、施工現場の管理・連携を効率化するソフトウェアについてご紹介頂きました。さらにEVへの無線給電道路、アスファルトプラントでの水素燃料活用技術、さびにくい凍結防止剤の導入についてもお説明頂きました。

交流のひろばでは、明治大学の松尾先生より、道の駅について地域活性化のみならず、パンデミックや自然災害発生時の地域センターとしての発展も期待されるとご提言頂きました。

ずいそうでは、インドの文化や慣習、SDGsとソーシャルインパクトについて興味深い話題をご寄稿頂きました。

最後に、お忙しい中、急なご依頼にも関わらずご執筆頂きました皆様、編集にご尽力頂きました皆様に改めて感謝を申し上げます。

（丑久保・大竹）

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	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

吉田 真人	国土交通省
大津 太郎	農林水産省
内海 友介	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
丹 秀男	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
藤井 攻	清水建設(株)
桐山 茂雄	(株)大林組
出口 明	(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)
加取 新	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
那須野陽平	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)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
田島 良一	古河ロックドリル(株)
鈴木 健之	施工技術総合研究所

事務局

（一社）日本建設機械施工協会

12月号「先端建設技術特集」予告

・分野横断的技術政策ワーキンググループ 中間とりまとめ ・日本全国の都市デジタルツイン実現プロジェクト「PLATEAU」 ・林業イノベーションの推進 ・BIM/CIM・ROS2を活用した油圧ショベルの自律施工 ・後付型建設機械操縦システム ・建設現場の省人化に向けた自動施工技術の適用実験 ・BIMを用いたドローンの屋内外自律飛行システム ・港湾工事の計測を効率化するドローン「Penta-Ocean Vanguard-Drone」の開発 ・統合管理システムによる盛土工事自動化実証施工 ・AI・IoTを活用した造成工事におけるデジタル施工管理システムの構築 ・画像認識AIを用いた作業人工の計測 ・山岳トンネル仮設遠隔管理システムの開発 ・切羽鏡面の吹付けコンクリートのひび割れ検出により肌落ちの予兆を知らせるシステムの開発 ・国内道路トンネル初となる現場製造バルクエマルション爆薬による発破を実現 ・主筋周囲に拘束筋を施したRC梁の補強効果に関する実験的研究 ・コンクリートのひび割れ画像解析の開発と実用化展開 ・AIを活用した粒度判定システム「ASYST」

【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） 10,032円（税・送料込）

建設機械施工

第76巻第11号（2024年11月号）（通巻897号）

Vol.76 No.11 November 2024

2024（令和6）年11月20日印刷

2024（令和6）年11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；<https://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



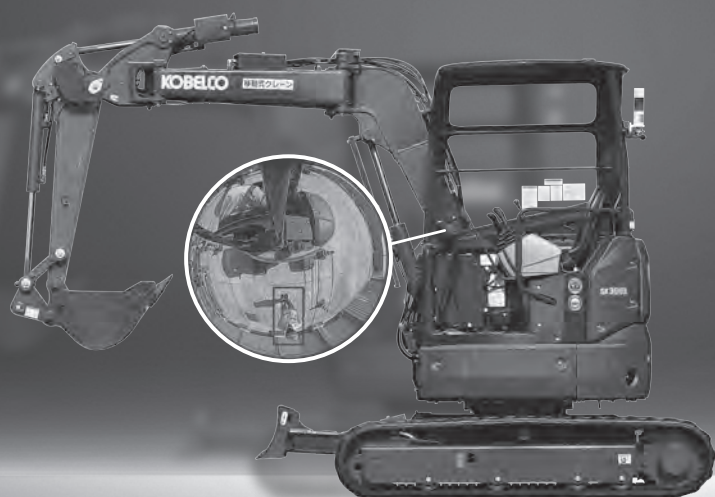
有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒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

機械周辺の人を認識して知らせることで 効率よく作業を行える衝突軽減装置



人
検知



検知対象外

※警報・停止機能はモノに
対しては作動対象外です。

広い範囲を監視

“人”を検知して機械を“停止”

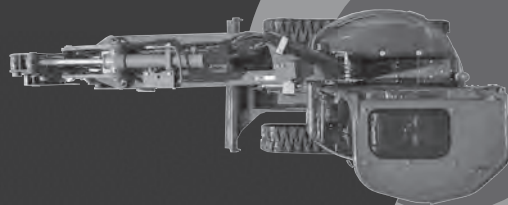
※現場の状況により検知精度に影響が出る場合があります。

ミニショベル向け衝突軽減装置

OmniEye®

NETIS登録済

車両搭載可能AIカメラ(KK-200027-VE)



警告エリア

警報／停止エリア

【運転員への警告エリア】
キャノピ：半径2.5m／キャブ：半径2.7m

【周囲の人への警報／機械停止エリア】
キャノピ：半径1.8m／キャブ：半径2.0m

コベルコ建機日本
WEBサイト



コベルコ建機日本株式会社

本社／〒272-0002 千葉県市川市二俣新町17番地 ☎047-328-7111
www.kobelco-kenki.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

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

Santana サンタナアートワークス
ART WORKS

広告営業部: 田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、
資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お 名 前: 所 属:

所 属:

会社名(校名):

資料送付先:

電 話:

FAX:

E-mail:

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

FAX

03-3664-0138

Mikasa 

<http://www.mikasa.jp>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

タンピングランマー

MT-55H



MVC-e60

NETIS No. KT-210039-A



MRH-603DS-SS

NETIS No. KT-190125-VE



MUV-Fe32



MT-e55

NETIS No. KT-210039-A

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: 080-1049-0634

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1059-2116
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9542

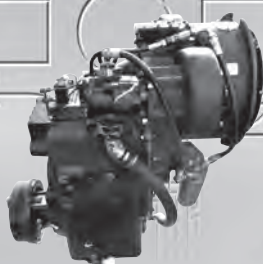
中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

各種トランスミッション整備で相談に応じます。



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

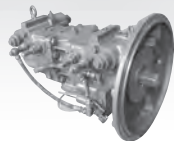


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



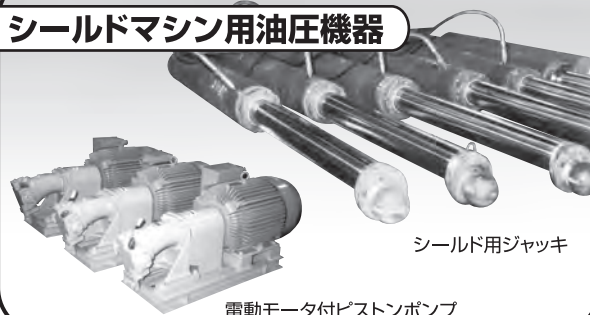
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

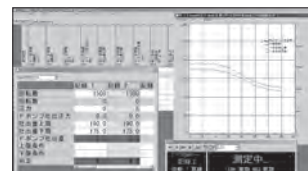
電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

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



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



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

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

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

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

FA機器の最適無線化提案

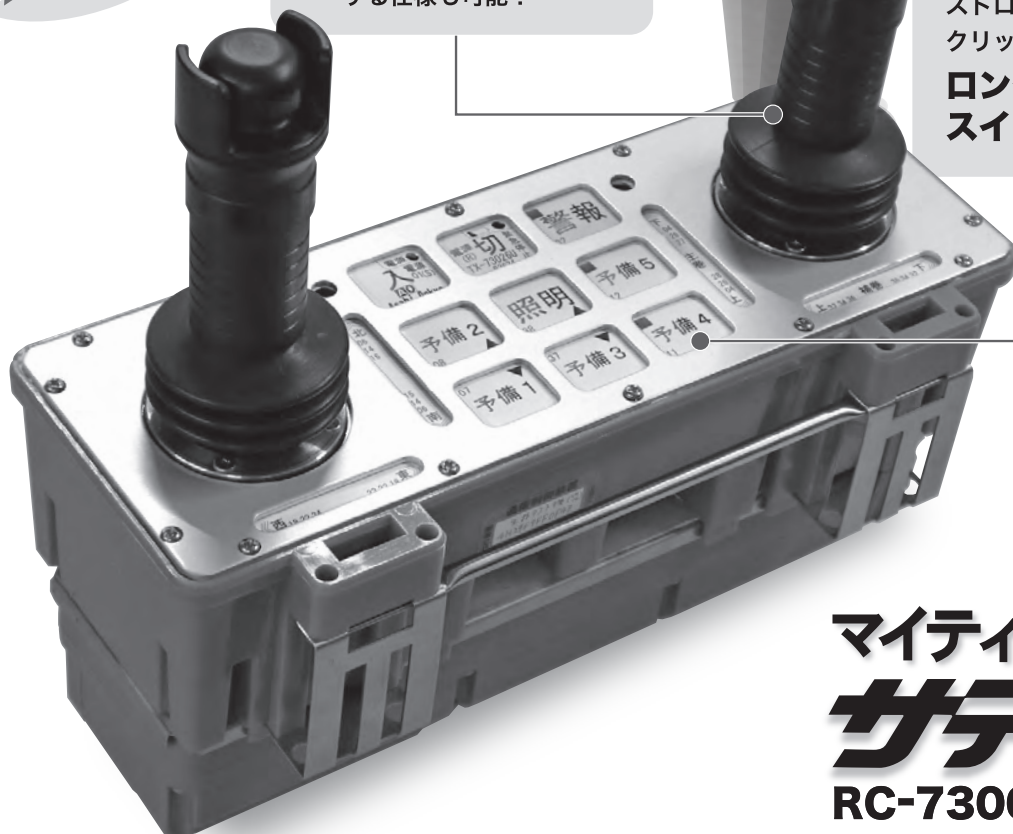
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!
**ロングストローク型
スイッチ** を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- 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が
同価格!!**



- ・見えない機械の制御もフィードバック!
- ・双方向制御がこの1セットで対応可能!
- ・新周波数920MHz帯を採用!



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





誰もが安全で健康に働ける 現場を目指して

ICT の進化は、経験値や体力を問わず、

さまざまな人材が現場で活躍できる可能性を広げています。

コマツは ICT を通じて、誰もが安全で健康に働ける

未来の現場を目指します。

KOMATSU
Creating value together

コマツカスタマーサポート株式会社 〒108-0072 東京都港区白金1-17-3 Tel.050-3486-7147 <https://kcsj.komatsu/>

