

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2022

建設機械施工



Vol.74 No.8 August 2022 (通巻870号)

特集 橋梁



多軸式特殊台車を用いた夜間一括架設状況

巻頭言 ダーウィンの海の環境が変わる

- 技術報文**
- 多軸式特殊台車を用いた重交通交差点上での夜間架設
 - 長大スパンのプレキャストセグメント張出し架設
 - 関西圏都市部における中国道リニューアル工事
 - シンガポール公共工事
 - 床版取替工事向け多機能床版取替機「Sphinx」の開発 他

交流の広場 吊り上げ・下げ工事で大活躍

- 行政情報**
- 持続可能なインフラメンテナンスに向けた新技術の活用促進に係る取り組み
 - 道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷

すいそう フリーアドレスという働き方

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

掘削サイクル
タイムアップ
8%
従来機とのHモードでの比較



新型13t 特設サイト

それは未来に挑むための 次世代のパフォーマンス。

Performance **X** Design

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

NETIS登録

省工本技術搭載型バックホウ
登録番号: KT-200147-A

イーグルアイビューシステム
登録番号: KT-200085-A

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



SK135SR

SK125SR SK130SR+

コベルコ建機株式会社

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内

会費：年間 9,000円(不課税)

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

★個人会員の特典

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

この機会に是非ご入会下さい!!

◆一般社団法人 日本建設機械施工協会について

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

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

<http://www.icmanet.or.jp/>

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

令和 年 月 日

| 個人会員入会申込書 | |
|-------------|-----------------------------|
| ふりがな | 生年月日 |
| 氏名 | 昭和 平成 年 月 日 |
| 勤務先名 | |
| 所属部課名 | |
| 勤務先住所 | 〒 TEL _____ E-mail _____ |
| 自宅住所 | 〒 TEL _____ E-mail _____ |
| 機関誌の送付先 | 勤務先 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) |
| その他 連絡事項 | 令和 年 月より入会 |

【会費について】年間 9,000円(不課税)

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
- 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として全額をお支払い頂きます。
- 会費には機関誌「建設機械施工」の費用(年間12冊)が含まれています。
- 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

- 個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。
- 会費額は総会の決定により変更されることがあります。○次の場合、会員の資格を喪失します: 1.退会届が提出されたとき。2.後見開始又は保佐開始の審判を受けたとき。3.死亡し、又は失踪宣言を受けたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務: 資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械施工協会のプライバシーポリシー(個人情報保護方針)に基づき適正に管理いたします。本協会のプライバシーポリシーは <http://www.jcmanet.or.jp/privacy/> をご覧ください。

| No. | 発行年月 | 図 書 名 | 一般価格 (税込) | 会員価格 (税込) | 送料 |
|-----|---------|---------------------------------------|--------------------------|--------------|-----|
| 1 | R4年6月 | 日本建設機械要覧 2022 電子書籍 (PDF) 版 | 42,900 | 36,300 | - |
| 2 | R4年6月 | 建設機械スペック一覧表 2022 電子書籍 (PDF) 版 | 42,900 | 36,300 | - |
| 3 | R4年5月 | よくわかる建設機械と損料 2022 | 6,600 | 5,610 | 700 |
| 4 | R4年5月 | 橋梁架設工事の積算 令和4年度版 | 11,000 | 9,350 | 900 |
| 5 | R4年5月 | 大口径岩盤削孔工法の積算 令和4年度版 | 6,600 | 5,610 | 700 |
| 6 | R4年4月 | 令和4年度版 建設機械等損料表 | 8,800 | 7,480 | 700 |
| 7 | R4年3月 | 日本建設機械要覧 2022年版 | 53,900 | 45,100 | 900 |
| 8 | R3年9月 | 道路除雪施工の手引 | 4,950 | 3,960 | 700 |
| 9 | R3年5月 | 橋梁架設工事の積算 令和3年度版 | 11,000 | 9,350 | 900 |
| 10 | R3年5月 | 令和3年度版 建設機械等損料表 | 8,800 | 7,480 | 700 |
| 11 | 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 | 700 |
| 12 | R2年5月 | よくわかる建設機械と損料 2020 | 6,600 | 5,610 | 700 |
| 13 | R2年5月 | 大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版 | 6,600 | 5,610 | 700 |
| 14 | H31年3月 | 日本建設機械要覧 2019年版 | 53,900 | 45,100 | 900 |
| 15 | H30年8月 | 消融雪設備点検・整備ハンドブック | 13,200 | 11,000 | 700 |
| 16 | H29年4月 | ICTを活用した建設技術 (情報化施工) | 1,320 | 1,100 | 700 |
| 17 | H26年3月 | 情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】 | 2,200 | 1,980 | 700 |
| 18 | H25年6月 | 機械除草安全作業の手引き | 990 | 880 | 250 |
| 19 | H23年4月 | 建設機械施工ハンドブック (改訂4版) | 6,600 | 5,604 | 700 |
| 20 | H22年9月 | アスファルトフィニッシャの変遷 | 3,300 | | 700 |
| 21 | H22年9月 | アスファルトフィニッシャの変遷【CD】 | 3,300 | | 250 |
| 22 | H22年7月 | 情報化施工の実務 | 2,200 | 1,885 | 700 |
| 23 | H21年11月 | 情報化施工ガイドブック 2009 | 2,420 | 2,200 | 700 |
| 24 | H20年6月 | 写真でたどる建設機械 200年 | 3,080 | 2,608 | 700 |
| 25 | H19年12月 | 除雪機械技術ハンドブック | 3,143 | | 700 |
| 26 | H18年2月 | 建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説 | 3,520 | 2,933 | 700 |
| 27 | H17年9月 | 建設機械ポケットブック (除雪機械編) | 1,048 | | 250 |
| 28 | H16年12月 | 2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)【CD-R販売】 | 5,238 | | 250 |
| 29 | H15年7月 | 道路管理施設等設計指針(案)道路管理施設等設計要領(案)【CD-R販売】 | 3,520 | | 250 |
| 30 | H15年7月 | 建設施工における地球温暖化対策の手引き | 1,650 | 1,540 | 700 |
| 31 | H15年6月 | 道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案) | 1,980 | | 700 |
| 32 | H15年6月 | 機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案) | 1,980 | | 700 |
| 33 | H15年6月 | 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル | 550 | | 250 |
| 34 | H13年2月 | 建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第3版) | 6,600 | 6,160 | 700 |
| 35 | H12年3月 | 移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第2版) | 2,724 | 2,410 | 700 |
| 36 | H11年10月 | 機械工事施工ハンドブック 平成11年度版 | 8,360 | | 700 |
| 37 | H11年5月 | 建設機械化の50年 | 4,400 | | 700 |
| 38 | H11年4月 | 建設機械図鑑 | 2,750 | | 700 |
| 39 | H10年3月 | 大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R販売】 | 3,960 | 3,520 | 250 |
| 40 | H9年5月 | 建設機械用語集 | 2,200 | 1,980 | 700 |
| 41 | H6年8月 | ジオスペースの開発と建設機械 | 8,382 | 7,857 | 700 |
| 42 | H6年4月 | 建設作業振動対策マニュアル | 6,286 | 5,657 | 700 |
| 43 | H3年4月 | 最近の軟弱地盤工法と施工例 | 10,266 | 9,742 | 700 |
| 44 | S63年3月 | 新編 防雪工学ハンドブック【POD版】 | 11,000 | 9,900 | 700 |
| 45 | S60年1月 | 建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R販売】 | 6,600 | | 250 |
| 46 | | 建設機械履歴簿 | 419 | | 250 |
| 47 | 毎月25日 | 建設機械施工 | 880 | 792 | 700 |
| | | | 定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込) | | |

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

特集

橋梁

巻頭言

4 ダーウインの海の環境が変わる

木村 嘉富 前 国土技術政策総合研究所 所長

行政情報

5 持続可能なインフラメンテナンスに向けた新技術の活用促進に係る取り組み

松實 崇博 国土交通省 道路局 国道・技術課 技術企画室

9 道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷

七澤 利明 国土交通省 近畿地方整備局 大阪国道事務所 事務所長
(前職：国土交通省 国土技術政策総合研究所 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 室長)

特集・
技術報文

15 塩害と台風環境下における鋼橋の高防食技術の開発
沖縄地区鋼橋防食マニュアルの実践的取り組み

下里 哲弘 琉球大学 工学部 附属地域創生研究センター (工学科社会基盤デザインコース) 教授
玉城 喜章 (一社) 沖縄しまたて協会 技術環境研究所 技術環境室長
山下 修平 宮地エンジニアリング㈱ 技術本部設計部 サブグループリーダー

20 世界の「人づくり」のために ME 養成講座で培った
人財育成の枠組みの JICA プロジェクトを通じた国際展開

木下 幸治 岐阜大学 工学部 社会基盤工学科 防災コース 准教授
兼、岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター 国際展開領域 領域長

26 多軸式特殊台車を用いた重交通交差点上での夜間架設

坂本 淳平 日本ファブテック㈱ 橋梁事業本部 工事統括 工事部

30 多摩川スカイブリッジで活躍した施工機械

上下部工一体による急速施工

山本 晃久 五洋建設㈱ 土木本部 土木技術部 専門部長
中島 浩平 日立造船㈱ 機械・インフラ事業本部 鉄構・防災ビジネスユニット 企画部 副部长

36 スパンバイスパン架設工法による橋梁上部工の施工
フィリピン・南北通勤鉄道事業 CP01 工区

内田 裕之 大成建設㈱ 国際支店土木 作業所長
吉田 朋広 大成建設㈱ 国際支店土木 次長
大嶋 雄 大成建設㈱ 国際支店土木 課長

43 長大スパンのプレキャストセグメント張出し架設

徳島南部自動車道 吉野川サンライズ大橋

山下 恭敬 西日本高速道路㈱ 四国支社 徳島工事事務所 主任
鈴木健太郎 西日本高速道路㈱ 四国支社 徳島工事事務所 主任
山口 統央 鹿島建設・三井住友建設・東洋建設 JV 現場代理人

49 下郷大橋におけるアーチリブの施工

有賀 瞬 川田建設㈱ 東京支店 技術部 技術課 主幹
大竹 満 川田建設㈱ 工事本部 機材部 担当部長
虎本 真一 川田建設㈱ 東京支店 工事部 上席工事長 (下郷大橋作業所長)

54 ダッカ都市高速鉄道 6 号線橋梁及び高架駅建設工事

好竹 亮介 鉄建建設㈱ 土木本部 橋梁技術部 課長
梶原 勇二 鉄建建設㈱ 土木本部 海外事業推進室土木部 ダッカ MRT 作業所 副所長
宮原 章人 ㈱安部日鋼工業 海外事業部 工事長

60 海外でのプレテンション桁の製作

サモア独立国 ヴァイシガノ橋

高野 英二 ㈱鴻池組 国際事業部土木部 工事事務所所長
田島 健司 ㈱ピーエス三菱 海外事業室 室長代理

64 関西圏都市部における中国道リニューアル工事

施工の効率化を目指した取り組み

安里 俊則 西日本高速道路㈱ 関西支社保全サービス事業部 調査役

69 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
スマート床版更新 (SDR) システム[®]

三室 恵史 鹿島建設(株) 機械部 機械技術イノベーショングループ
小柳 裕 鹿島建設(株) 機械部 機械技術イノベーショングループ
村瀬 諒介 鹿島建設(株) 機械部 機械技術イノベーショングループ

74 シンガポール公共工事
40 m スパンの仮設鋼構造トラス橋 (歩道) の解体・撤去

林 伸幸 佐藤工業(株) シンガポール支店 土木部 T212 作業所 所長
和田 良太 佐藤工業(株) 土木事業本部 設計部 副課長
鈴木 翔太 佐藤工業(株) シンガポール支店 土木部 CAG ITBT 作業所 主任

81 床版取替工事向け多機能床版取替機「Sphinx」の開発

武川 哲 (株)IHI インフラシステム 研究開発部 課長代理
石川 孝 (株)IHI インフラシステム 研究開発部 課長

86 橋梁維持管理への AI 活用
対策や評価を支援する AI 技術の研究・開発

横山 広 大日本コンサルタント(株) インフラ技術研究所・技術開発部 部長, 博士 (工学)
龍田 斉 大日本コンサルタント(株) インフラ技術研究所・技術開発部 ICT ソリューション室 主任研究員, 修士 (工学)

交流のひろば

90 吊り上げ・下げ工事で大活躍
PC 鋼より線 巻き取り装置の開発秘話

早田 知広 オックスジャッキ(株) エンジニアリング部 技術課 課長
濱口 智哉 オックスジャッキ(株) エンジニアリング部 技術課

ずいそう

94 フリーアドレスという働き方
京免 継彦 佐藤工業(株) 技術センター ICT 推進部

95 新工法紹介 機関誌編集委員会

100 新機種紹介 機関誌編集委員会

統計

103 主要建設資材価格の動向 機関誌編集委員会

107 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

108 行事一覧 (2022 年 6 月)

112 編集後記 (京免・太田)

◇表紙写真説明◇

多軸式特殊台車を用いた夜間一括架設状況

写真提供: 日本ファブテック(株)

広島県呉市に架かる阿賀 IC ランプ橋。

交差点上の架設は多軸式特殊台車による大ブロック一括架設工法が採用され、約 80 m、660 t の大ブロックを 1 晩にて架設した。

写真は交差点内に多軸式特殊台車が進入した状況で、多くのギャラリーが集まり架設を見守った。

2022 年 (令和 4 年) 8 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)…………… 後付 1
【カ】コベルコ建機(株)…………… 表紙 2

【サ】サイテックジャパン(株)…………… 表紙 4
【ク】デンヨー(株)…………… 後付 6
大和機工(株)…………… 後付 2

鶴見製作所…………… 後付 3
【マ】マルマテクニカ(株)…………… 後付 5
三笠産業(株)…………… 後付 4
三井三池製作所…………… 表紙 3

(株)メッセ・ミュンヘン・ジャパン…………… 表紙 3
【ヤ】吉永機械(株)…………… 後付 2

巻頭言

ダーウィンの海が環境が変わる

木村 嘉富



最近読んだ中で印象に残った本が、「スマホ脳」です。スウェーデン・ストックホルムの精神科医による執筆です。電車内での光景を思い浮かべてください。かつては、新聞や雑誌、書籍を読んでいる人が多かったのですが、今は、ほとんどの方がスマホです。写真についても、以前はカメラでしたが、最近では、スマホでも十分でしょう。データ転送や画像加工も考えると、スマホの方が便利ともいえます。大学等の講義をWEBで視聴する場合も、パソコンではなくスマホを使っている学生も多いとか。音楽も、レコード、CD、iPodを経て、スマホとなっています。生活のあらゆる場面で、スマホは不可欠になっています。誕生以来、生活環境に適応するために進化してきた人類が、スマホの登場で大きな影響を受けているというのが、スマホ脳の内容です。

その冒頭で、サバンナに住む二人の女性が登場します。目の前に甘い果実があった場合に、一人は少しだけ食べて満足する人、もう一人は全部食べたいという欲求を感じる人です。食料が不足する環境では、後者が生きのびる可能性が高くなります。消費しきれないカロリーは脂肪として蓄え、食べ物が見つからなくても数日は生き残れるからです。ところが現在の様に食料が豊富にある環境では、後者は糖尿病等により寿命が短くなってしまいます。環境に応じて、生き残る人の特性が変わってきます。

技術開発の隘路として「魔の川、死の谷、ダーウィンの海」が知られています。技術スピードの速い魔の川を渡って技術を開発し、資金等が枯渇する死の谷を乗り切って生産できたとしても、他の商品が競合するダーウィンの海で生き残っていくことが難しいというものです。広いダーウィンの海の中で自分が生き残れる環境を探し、それに適合するように進化する、商品を改良していくこととなります。

我が国の橋梁を振り返ってみます。日本を代表する橋として、錦帯橋があり、また、江戸時代の浮世絵にも多くの橋が描かれています。これらのほとんどは、木橋です。日本の材料を用い、地盤条件や地震・洪水に対して、合理的な構造として作られてきました。明治以降になると、永久橋が求められ、輸入鋼材をリベットで組み立てた鋼橋が登場します。明治時代のトラス橋やラチス橋として現存しています。その後国産の鋼材となり、材料を節約するため、曲げモーメントやせん断力分布に応じて、断面を細かく変化させています。鉄筋コンクリートも登場します。太平洋戦争中には、

竹筋コンクリートが用いられたこともあります。横浜市八聖殿郷土資料館に、実際に用いられていた床板の一部が展示されています。

その後、高度経済成長期を経て、海峡横断道路や高速道路・新幹線の整備とともに、材料や構造形式が進化してきています。その間、頻発する地震や劣化への対応も行われています。施工技術も隔世の感があります。今回の特集でも、その一端に触れて頂けます。

さて、橋梁を取り巻く環境は、今後、どのように変化していくのでしょうか？そのヒントとなるのが、6月7日に閣議決定された「新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画」です。そこでは重点投資分野として、人への投資と配分、科学技術・イノベーション、スタートアップとともに、GXとDXが示されています。

これからの橋梁には、従来の建設コストやライフサイクルコストに加えて、炭素排出量の最小化が求められてきます。その際、デジタル技術により業務を大胆に変革するとともに、革新的な科学技術、それを担うスタートアップ企業も活用することができます。橋梁をとりまく環境、ダーウィンの海が環境が大きく変化していきます。環境変化は既存の種が絶滅する危機でもあり、新しい種が繁栄するチャンスでもあります。また、海を飛び出し、陸上・空中へと、住む世界を変えた種もいました。

脳はエネルギー消費が膨大です。省エネのため、楽をしようとしみます。自動車で旅行する際には、地図と現地を見ながら運転していましたが、最近では、カーナビ任せです。当時は一度走った道は覚えていたのですが、最近では、一度では覚えなくなりました。覚える必要がないため、脳が覚えることをやめたのでしょう。新しいことも、すぐにスマホで調べることができます。調べ方を覚えればよいので、調べた内容は記憶しなくてもよくなります。漢字もスマホがあれば書く必要が無く、書き方を忘れてきています。

楽をしたがる脳は、意識して鍛える必要があります。今回の寄稿も良い機会となりました。スマホ脳をたたき直すためには、運動が効果的とのこと。世の中の変化を感じるためにも、蓄えた脂肪を減らすためにも、散歩の機会を増やしませんか。国交省職員の間は、災害や事故に対応するため、スマホは24時間離せませんでしたが、退官を機に、スマホを置いて散歩することができます。マスクもはずして。

行政情報

持続可能なインフラメンテナンスに向けた 新技術の活用促進に係る取り組み

松 實 崇 博

2013年（平成25年）の道路法改正等を受け道路管理者が橋梁等について5年に一度の点検を行うこととなってから今年で既に9年目である。2019年（平成31年）に改定された定期点検要領では状態の把握に関し近接目視以外の方法でも点検を行えることが明確にされたところであるが、持続可能なインフラメンテナンスサイクルを確立するには、新技術を積極的に活用することで点検業務等の生産性向上を図っていく必要がある。そこで本稿では、持続可能なインフラメンテナンスに向け国土交通省道路局が取り組んでいる新技術の活用促進に関する取り組みを紹介する。

キーワード：インフラメンテナンス、新技術の活用

1. はじめに

2013年（平成25年）の道路法改正等を受け、2014年（平成26年）7月から道路管理者は橋梁等について5年に一度の点検を行うこととなった。今年で既に9年目を迎えている。2019年（平成31年）に改定された定期点検要領では、状態の把握に関し「近接目視により把握するか、または、自らの近接目視による」と同等の健全性の診断を行うことができる情報が得られると判断した方法により把握しなければならぬ」と、近接目視以外の方法でも点検を行えることが明確化されたところであるが、持続可能なインフラメンテナンスサイクルを確立するには、新技術を積極的に活用することで点検業務等の生産性向上を図っていく必要がある。

本稿では、持続可能なインフラメンテナンスに向け国土交通省道路局が取り組んでいる新技術の活用促進に関する取り組みを紹介する。

2. 新技術導入促進計画

良い技術は活用するとの方針の下、道路分野における新技術の導入を促進する取り組みを進めるため、国土交通省道路局では2019年（令和元年）12月に有識者等からなる「道路技術懇談会」を設置した。同懇談会において、「道路分野における新技術導入促進方針」及び毎年度の新技術導入への取り組みを見える化した「新技術導入促進計画」（以下、「促進計画」という。）

を策定している。

促進計画は、道路管理者側のリクワイヤメントと新技術開発側のシーズのマッチングを促して新技術の導入を加速するためのものであり、現在15の技術テーマを設定し、各テーマ毎に有識者の意見等を伺いつつ技術の性能やその確認方法の検討、技術の公募、各技術の実証確認等を行っている。さらに、新技術を導入する上で技術基準が隘路となっていないかの検討を行い、必要に応じ技術基準類の改定・策定を行うこととしている。

3. 点検支援技術性能カタログと直轄国道での点検支援技術活用の原則化

促進計画に位置付けられた15の技術テーマの中に「橋梁／トンネルの点検支援技術」がある。橋梁をはじめとする道路施設の定期点検は、知識と技能を有する者が近接目視により行うことを基本としつつ必要に応じ打音検査や触診等の方法を併用して点検や健全性の診断を行っているところであるが、新技術を活用する場合は使用する機器等の特徴や能力に関する分かりやすい情報が有用となる。そこで、国が定めた標準項目に対する性能値を開発者に求め、開発者から提出されたものをカタログ形式でとりまとめた「点検支援技術性能カタログ」（以下、「点検カタログ」という。）を作成している。点検カタログ作成に当たっては、まずテーマごとに有識者からなる委員会を設置し、そこでリクワイヤメントを決定する。そして当該リクワイ

ヤメントに基づき技術を公募し、有識者委員会で確認した試験方法に沿って実現場等における性能試験を行っている。

2019年(平成31年)2月に初版を公表した際には、橋梁・トンネルの点検に活用可能な16の技術を掲載していたが、これ以降毎年度拡充を行っており、2021年(令和3年)10月版では131の技術を掲載している。今後とも内容の充実を図り、点検における新技術の活用を促進していく。なお、点検カタログは道路局のHP (<https://www.mlit.go.jp/road/sisaku/inspection-support/>) からご覧いただける。

点検要領の改定、点検カタログの拡充など、定期点検での新技術活用を促すための制度的な措置や参考となる資料の拡充に取り組んでいるところであるが、2021年(令和3年)8月版の道路メンテナンス年報によると、橋梁の点検において新技術の活用を検討した自治体は約3割、実際に活用した自治体はその内の約2割にとどまっており、新技術が活用されていないばかりか、そもそも活用の検討さえされていないケースが多いのが現状である(図-1)。また、直轄国道においても活用状況は業務単位で約6割に留まっている。そこで国土交通省道路局では、橋梁・トンネルの点検業務において大幅な効率化が期待できる項目について令和4年度から点検支援技術の活用を原則化することとした。具体的には、橋梁では「近接目視による状態の把握が困難な箇所での写真撮影・記録」、「3次元写真記録」、「機器等による損傷図作成」、「水中部の河床、基礎、護床工等の位置計測」の4項目について、トンネルでは「トンネル内面の覆工等の変状を画像等で計測・記録」について点検支援技術の活用を原則化することとした。この取り組みを通じ直轄国道での点検支援技術の活用を進めるとともに、自治体が行う点検においても点検支援技術の活用を促し、民間企業に

よる点検支援技術の開発が一層促進されることを期待している。

4. 道路行政の技術開発ニーズを公表

新技術の研究開発やその活用には、「ニーズとシーズのマッチング」がよく話題に上がる。そこで国土交通省道路局では、現場のニーズに即した研究開発等を促進するため、地方整備局等の道路管理者からニーズを徴取し、「道路行政の技術開発ニーズ一覧」としてホームページ上 (<https://www.mlit.go.jp/road/tech/donyu/index.html>) で公表している。令和4年3月時点で137件のニーズを掲載しており、今後も年4回程度改定していく予定である。

このニーズ一覧がきっかけとなって、具体的な研究開発につながったり、その結果として道路管理等が効率化・高度化することを期待している。「これは!」という技術の現場実装に際しては、必要に応じ技術基準や要領の改定等も行っていくことを考えている。

ニーズ一覧は、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、技術開発を担う民間企業・研究機関等においては、各ニーズの担当部署とご相談いただきつつ開発の方向性を具体化していただきたいと考えている。また、「日々道路管理に携わっているが、〇〇が出来たらよい」、「うちには〇〇できる技術がある」等、ニーズ一覧に対するご提案、ご意見、ご質問等も広くお待ちしております。各担当部署まで連絡いただきたい。

5. 全国道路施設点検データベース

国土交通省では省全体としてインフラ分野のDXに取り組んでいるところであるが、道路分野についても、2020年9月に社会資本整備審議会道路分科会国土幹線道路部会において『「持続可能な国土幹線道路システムの構築に向けた取組」中間とりまとめ』がまとめられ、道路利用サービスの質を高め国民生活や経済活動の生産性を向上するため「道路システムのDX」を推進することとされている。

一方、交通量や道路施設のデータ、CCTVの画像データ、工事規制データ、占用物件データ等、様々な道路に関するデータが既に存在する。しかしながら、これらを地図上で重ね合わせたり、組み合わせる等、効率的・効果的に連携・活用できる環境が構築されているとは言い難い。このため、DRM-DBや道路基盤地図情報、MMS等と構造物の諸元データや

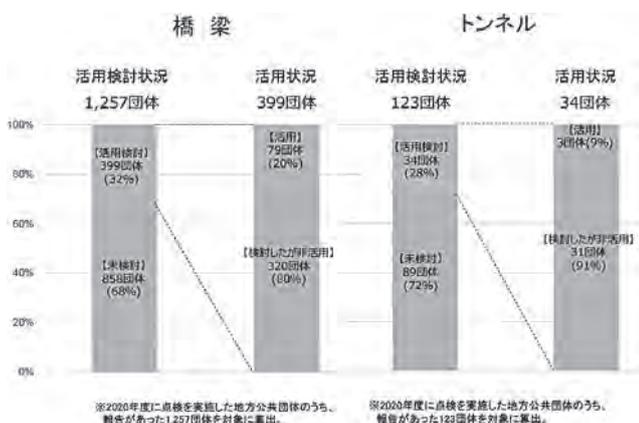
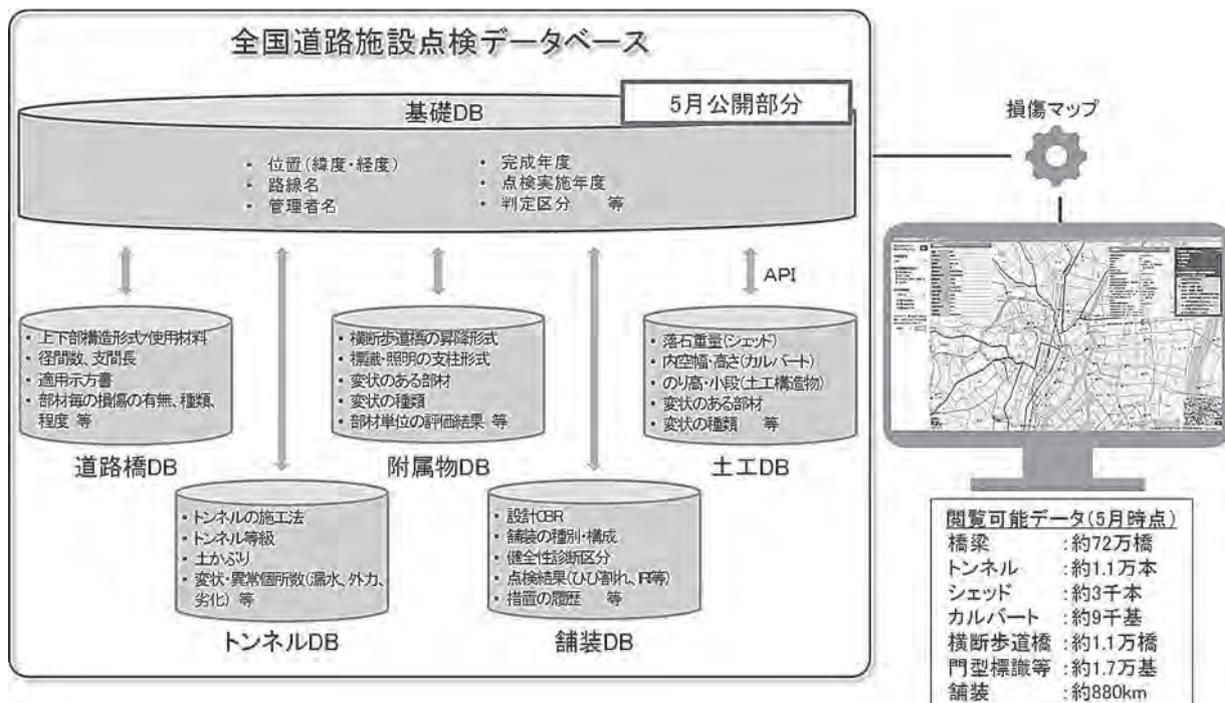
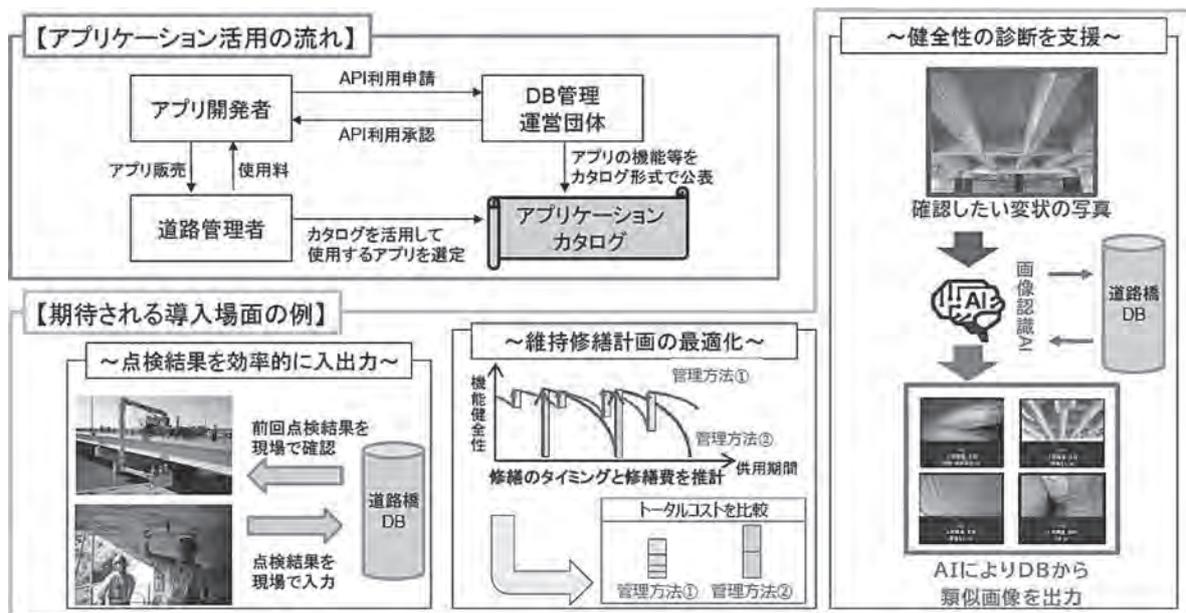


図-1 自治体における点検の新技術活用状況
(出典) 国土交通省道路局：道路メンテナンス年報，2021年8月



図一 全国道路施設点検データベース



図三 データベース活用の今後の取り組みイメージ

交通量データ等とを紐づけることができるデータプラットフォーム：xRoad（クロスロード）の構築に取り組んでいるところである。これにより、施策検討や維持管理の生産性向上等を図ると共に民間に一部を開放することでオープンイノベーションにつながることを期待している。

xRoadの内、全国の道路施設の諸元や点検・診断に係るデータについては、これらをを一元的に活用できる環境を構築すべく「全国道路施設点検データベース」の整備を2021年度(令和3年度)から進めている。

本年5月には、施設の位置、完成年度、点検実施年、判定区分等の基礎的なデータを公開しており、「全国道路施設点検データベース～損傷マップ～」(<https://road-structures-map.mlit.go.jp/>)から橋梁約72万橋、トンネル約1.1万本、門型標識等約1.7万基等の令和2年度までの点検結果等がご覧いただける(図一2, 3)。

今後は、より詳細なデータの公開やAPIの実装等を順次進めていく予定である。これにより、例えば、過去の点検結果や修繕に関するデータを基に最適な修繕計画を立案するアプリケーションや、進展著しい

AI も必要に応じ活用して類似事例の情報をユーザーに提供するアプリケーション等，道路管理の更なる効率化や高度化につながる技術やアプリケーションの開発が先述の「道路行政の技術開発ニーズ」も踏まえ進展することを期待している。

JCMA

【筆者紹介】

松實 崇博（まつみ たかひろ）

国土交通省

道路局 国道・技術課 技術企画室



行政情報

道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷

七澤利明

国総研資料第1174号「道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷」¹⁾が2021年10月に発刊された。同資料では、道路橋の基礎に関する各工法の開発・改良の変遷と対応する設計法の変遷について、技術の進展、社会情勢の変化および災害等による損傷の経緯と関連づけて整理するとともに、その目的やねらい、今後の動向について報告している。現在は、膨大なインフラストックの合理的な維持管理が重要な課題となっており、各年代における技術の特長や問題点を把握することは維持管理を適切に行っていく上で重要となる。本稿では同資料の概要について紹介する。

キーワード：道路橋，基礎，施工法，設計法，変遷

1. はじめに

基礎の施工技術は、明治以降、外国からの導入により発展してきた。昭和に入る頃から技術の国産化が始まり、第二次世界大戦後、高度成長期からは増大するインフラ整備の需要に応える形で、施工能率や能力の向上を目的とした技術の改良が急速に進むとともに、軟弱地盤、山岳部の傾斜地など厳しい地形・地質条件に対応するための新たな基礎工法の開発や改良が進められた。また、産業の発展とともに顕在化した公害問題、基礎工法に関しては騒音・振動問題に対応するため、新技術の開発や改良が行われた。島国であるわが国では海洋架橋が重要な国土基盤であり、本四架橋に代表される海洋架橋プロジェクトの中で、基礎工法の技術改良や新たな工法の開発も行われた。

このような施工技術の発展や新工法の開発に合わせて設計法の整備も行われてきた。設計法に関しても、杭基礎の変位法や斜面上の安定照査法などわが国の厳しい地形・地質条件に対応した設計法が世界に先駆けて開発され、設計基準に反映されてきた。また、わが国は世界でも有数の地震国であり、地震被害に対応した基準の整備・改定もたびたび行われ、対応する形で基礎の構造も強化されてきている。なお、道路橋示方書は道路橋を対象とした技術基準であるが、基礎に関する基準や便覧は道路橋だけでなく、河川施設、上下水道施設や農業施設など様々な土木施設の基礎の設計・施工で用いられている。

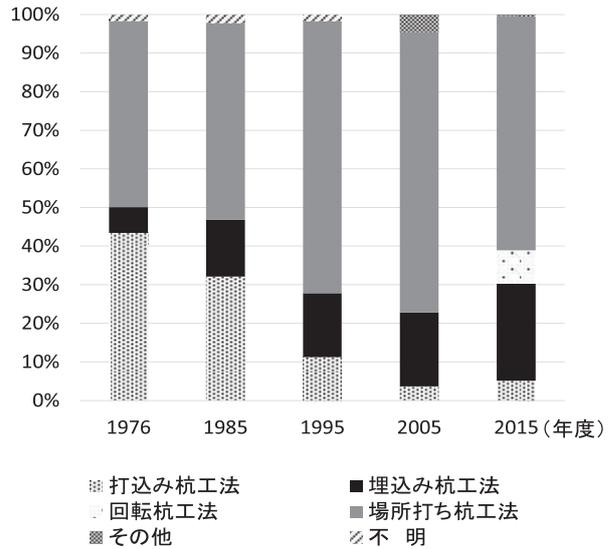
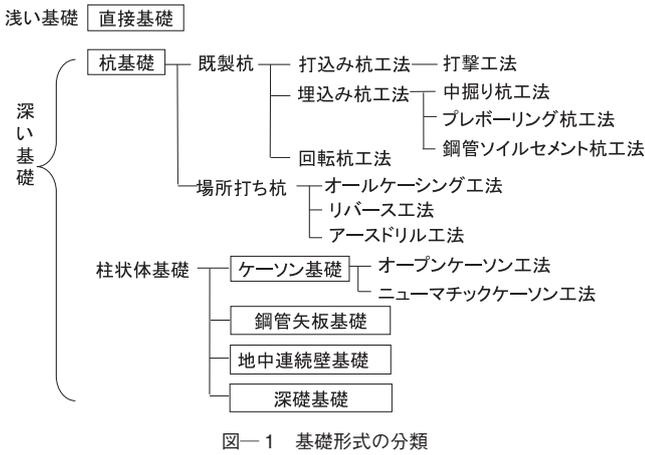
現在は、膨大なインフラストックをいかに合理的に

維持管理していくかが社会的に重要な課題となっている。維持管理の対象となる構造物基礎の多くは過去の施工法や設計法により構築されており、各年代における技術の特長や問題点を把握することは維持管理を適切に行っていく上で重要となる。そこで、国総研資料第1174号では、道路橋の基礎に関する各工法の開発・改良の変遷と対応する設計法の変遷について、主として戦後の高度成長期以降を対象として、技術の進展、社会情勢の変化および災害などによる損傷の経緯と関連づけて整理したうえで、現在用いられている技術がどのような目的やねらいにより開発・改良されてきたかをまとめている。また、現在の社会情勢や基準の動向を踏まえた今後の基礎の技術開発の方向性について示している。

以降では、同資料に示す内容のうち、基礎形式の分類と選定の推移のほか、代表的な基礎形式である杭基礎とケーソン基礎の施工法の変遷、今後の動向等について紹介する。

2. 基礎形式の分類と選定の推移

基礎形式の分類を図1に示す。基礎は、支持層の深度に応じて浅い基礎（直接基礎）と深い基礎に大別され、深い基礎は杭基礎と柱状体基礎に区分される。直接基礎に関しては、掘削深度が浅いため一般に特殊な施工技術を要さない。一方、深い基礎に関しては、深い支持層までどのように地盤を掘削し構造体を構築するかという施工の方法が技術開発の根幹であ



り、設計法は開発された施工法に付随する形で整備されてきた。ただし、基礎本体の周囲の地盤抵抗により安定を確保するという点は施工法によらず共通であることから、開発当初は工法毎に整備された設計法も基準の改定を経る中で統一化が図られ、最新の基準では直接基礎、杭基礎と柱状体基礎（ケーソン基礎、鋼管矢板基礎、地中連続壁基礎、深礎基礎）の3系統に設計計算モデルが収斂している²⁾。一方で、施工の方法によって周囲の地盤のゆるみや乱れの程度等が異なることから、支持力推定式等は工法による違いを考慮して定められている。

基礎形式の選定割合の推移を図一2に、杭基礎における各工法の選定割合の推移を図一3に示す³⁾。図一2より、杭基礎や深礎基礎が増加傾向にある一方、直接基礎やケーソン基礎は減少傾向にあることが分かる。直接基礎の減少は、橋梁の長大化や設計基準の改定に伴い、設計で考慮する荷重が増加していることが影響しているものと考えられる。一方、ケーソン基礎

は各種杭工法の大口径化や他の柱状体基礎工法の開発・導入に伴い減少し、深礎基礎は斜面での設計法開発や大口径化などに伴い増加したものと考えられる。図一3からは、騒音・振動規制への対応として打込み杭工法（打撃工法）が減少し、場所打ち杭工法や埋込み杭工法といった低騒音・低振動型工法に移行している傾向が確認できる。また、近年では回転杭工法の採用が増加している。

基礎の設計・施工に影響を及ぼした主なトピックスと基礎工法、道路橋の基準の変遷について表一1に示す。

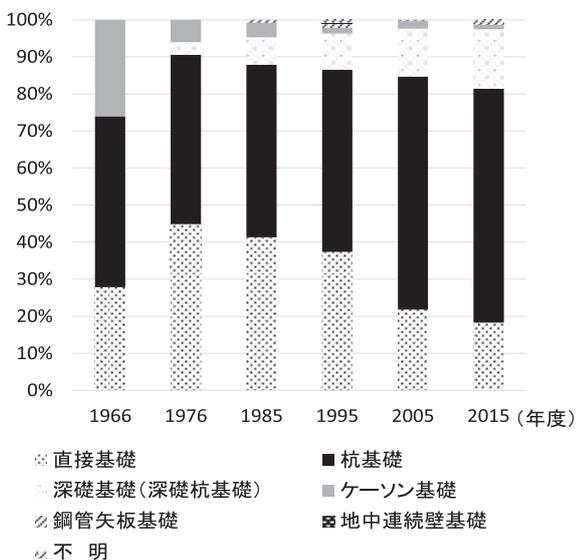
3. 施工法の変遷

(1) 杭基礎

(a) 既製杭

木杭は古来より用いられてきた基礎材であり、明治以降の近代化以前は杭といえば木杭を指していた。材料は松材が主である。木杭を打撃により貫入する工法が戦前および戦後しばらくの間は主流であったが、戦時中に燃料確保のための乱伐が進み森林が荒廃したため、洪水抑制といった国土の保全や木材資源の枯渇防止の観点から1955年（昭和30年）に「木材資源利用合理化方策」が閣議決定され、以降は木杭の利用が終息していった。ただし、1968年（昭和43年）に発刊された道路橋下部構造設計指針：くい基礎の施工篇⁴⁾では木杭に関する規定があり、1960年代までは一定程度用いられていた。

この木杭に変わり、1934年に製造が始まった既製コンクリート杭であるRC杭の利用が拡大した。RC杭の利用拡大には、1950年代におけるディーゼルハ



図一2 基礎形式選定割合の推移³⁾

表-1 基礎工法の変遷

| 西暦 | 和暦 | 主なトピックス | 杭基礎 | 柱状体基礎、その他の基礎 | 基準 (道路橋) |
|---------|----|--|---|---|--|
| ~1940年代 | | | | 23 ニューマチックケーソン基礎の初施工 (永代橋) 34 木田式深礎工法の開発 | |
| 1950年代 | | '55 「木材資源利用合理化方策」 協議決定 (木材の利用制限) | '34 RC 杭の製造 '51 ディーゼルハンマの導入 '54 鋼管杭の適用 '54 場所打ち杭オールケーシング工法の導入 '55 RC 杭の JIS 規格化 '59 場所打ち杭アースドリル工法の導入 | | |
| 1960年代 | | '64 新潟地震 | '60 ハイプロハンマ工法の導入 '62 場所打ち杭リバース工法の導入 '62 PC 杭の開発 '68 PC 杭の JIS 規格化 ー 中掘り杭工法の導入 ー セメントミルク工法 (プレローリング杭工法) の導入 | | '64 道路橋下部構造設計指針: くい基礎の設計書の制定 ・木杭, RC 杭, 鋼杭, 場所打ち杭を規定 '66 道路橋下部構造設計指針: 調査及び設計一般書の制定 '68 道路橋下部構造設計指針: 直接基礎の設計書の制定 '68 道路橋下部構造設計指針: 杭基礎の施工書の制定 |
| 1970年代 | 昭和 | '73 第1次オイルショック '76 振動規制法の制定 '78 宮城県沖地震 '79 第2次オイルショック | '70 PHC 杭の開発 '72 SC 杭の開発 '75 油圧ハンマの開発 (英国) | '69 鋼管矢板基礎の初施工 (石狩河口橋) '71 鋼管矢板基礎 仮締切兼用方式の開発 ー 地中連続壁基礎の初施工 (首都高速道路5号線) | '70 道路橋下部構造設計指針: ケーソン基礎の設計書の制定 '71 道路橋耐震設計指針の制定 ・液化化に対する設計法の導入 ・修正震度法の導入 '73 道路橋下部構造設計指針: 場所打ちくい基礎の設計施工書の制定 '76 道路橋下部構造設計指針: くい基礎の設計書の改定 ・支持力推定式の提示 ・PC 杭を新たに規定 ・木杭の削除 '76 河川管理施設等構造令の制定 '77 道路橋下部構造設計指針: ケーソン基礎の施工書の制定 |
| 1980年代 | | | '82 PHC 杭の JIS 規格化 '83 油圧ハンマの国産化 '87 鋼管ソイルセメント杭工法の導入 | '81 ニューマチックケーソン工法初の無人化施工 (名港西大橋) '82 大口径深礎基礎の初施工 (双畑橋) '85 多柱式基礎の施工 (大鳴門橋) '88 設置ケーソン基礎の施工 (南備讃瀬戸大橋) | '80 道路橋示方書IV下部構造編の制定 ・既住の指針の統合 ・中掘り杭工法を新たに規定 '80 道路橋示方書V耐震設計編の制定 '84 鋼管矢板基礎設計指針の発刊 |
| 1990年代 | | '95 兵庫県南部地震 | '96 PHC 杭 JIS 強化杭の導入 | '96 自動化オーブンケーソン工法の開発・施工 | '90 道路橋示方書の改定 ・鋼管矢板基礎を新たに規定 ・PHC 杭を新たに規定 ・H 鋼杭の削除 '91 地中連続壁設計施工指針の発刊 '96 道路橋示方書の改定 ・地中連続壁基礎を新たに規定 ・基礎のL2 地震照査の導入 ・PC 杭の削除 |
| 2000年代 | 平成 | | '01 回転杭工法の導入 ー 機械式継手 (鋼管杭) 技術審査証明 | ー 鋼管矢板基礎 高耐力継手の開発 ー 小断面ニューマチックケーソン工法の開発 | '01 道路橋示方書の改定 ・プレローリング杭工法, 打込み杭工法 (ハイプロハンマ工法), 鋼管ソイルセメント杭工法を新たに規定 ・SC 杭を新たに規定 |
| 2010年代 | | '11 東北地方太平洋沖地震 '16 熊本地震 | '12 COPITA 型プレローリング杭工法の導入 '17 機械式継手 (既製コンクリート杭) 技術審査証明 | '12 道路橋示方書の改定 ・回転杭工法を新たに規定 ・深礎基礎 (柱状体深礎) を新たに規定 '17 道路橋示方書の改定 ・部分係数設計法の導入 | |

ンマの導入や JIS 規格化も影響している (表—1)。ディーゼルハンマはそれまでのスチームハンマに比べて打撃能力が高く、杭の長尺化や大口径化が可能となった。長尺化により支持層深度が深い場合にも支持杭とすることが可能となった。

RC 杭は運搬時や打撃貫入時にひび割れが生じる問題があったことから、ひび割れを防ぐため杭体にプレストレスを導入した PC 杭が 1962 年に開発され、その後利用が拡大した。ただし、PC 杭においても打撃貫入時にひび割れが生じる問題があったため、 800 kgf/cm^2 と高強度のコンクリートを用いた PHC 杭が 1970 年に、また外殻に鋼管を用いた SC 杭が 1972 年に開発された。現在も道路橋基礎ではこの PHC 杭と SC 杭が基準に規定され用いられている。

高度成長期における経済成長に伴って 1960 年代から公害が次第に社会問題化し、杭の打撃作業についても 1968 年の騒音規制法制定や 1976 年の振動規制法制定などに伴い規制がかけられた。このため、ディーゼルハンマでは防音カバーが開発・普及する一方、ディーゼルハンマと比べて低騒音で油煙の飛散がない油圧ハンマが 1980 年代に実用化された。現在では油圧ハンマが主流となっている。ただし、騒音・振動による影響は依然として残ることから、都市部での適用は困難となった。

こうした打込み杭の打撃工法に代わり、低騒音・低振動で施工できる埋込み杭工法の開発や普及が進んだ。既製コンクリート杭では、杭体の内空を利用して掘削・沈設する中掘り杭工法や、掘削孔内に杭体を沈設するプレボーリング杭工法が 1960 年代以降に開発・適用された。中掘り杭工法では、支持力確保のための先端処理が異なる 3 つの方式がある。ハンマなどの打撃による方式 (最終打撃方式)、杭先端部にセメントミルクを噴出攪拌して根固めを築造する方式 (セメントミルク噴出攪拌方式) および杭先端中空部にコンクリートを打設する方式 (コンクリート打設方式) である。また、プレボーリング工法では、建築分野において先端部に拡大根固めを築造する方式があるものの、道路橋では拡大しない根固めを築造する方式が多く用いられており、現在では土木施設を対象として仕様や施工管理方法を統一化した工法 (COPITA 型プレボーリング杭工法) が標準的に適用されている。現在では、打込み杭打撃工法のほか、中掘り杭工法やプレボーリング杭工法が基準に規定され用いられている。

一方、鋼杭に関しては鋼管杭や H 形鋼杭があるが、水平力に対して断面抵抗が有利なことや先端閉塞による支持力への効果などから、道路橋では鋼管杭が通常

用いられている。鋼管杭の基礎への適用は 1954 年が最初であり、当初は打込み杭の打撃工法が主体であった。その後、騒音・振動規制への対応から中掘り杭工法が開発・適用された。また、打込み杭工法の一つであるパイロハンマ工法も、低騒音・低振動型の工法として同時期に実用化されている。また、1987 年には、高い支持力のほか排土量が削減できる埋込み杭工法として、ソイルセメント柱内に突起付き鋼管を沈設する鋼管ソイルセメント杭工法が実用化された。鋼管ソイルセメント杭工法には、地盤の掘削・ソイルセメント柱造成と鋼管の沈設を同時に行う同時沈設方式と、地盤の掘削・ソイルセメント柱造成後に鋼管の沈設を行う後沈設方式がある。2000 年代に入ると、先端部に羽根を有する鋼管杭を回転貫入することにより、低騒音・低振動を実現しつつ排土処分が不要となる回転杭工法が実用化された。近年では鋼管ソイルセメント杭工法や回転杭工法の実績が増加している。また、硬岩レベルの硬い岩盤層を支持層とする場合には、ダウンザホールハンマを用いた中掘り杭工法が適用される。

このように既製杭工法の開発が進むとともに施工機械の改良による能力向上により、杭の大口径化や長尺化が進んだ。より深い地層への支持が可能となるとともに、太く長くなることで杭一本当たりの支持力が増加し、施工が合理化されてきたと言える。

(b) 場所打ち杭

場所打ち杭に関しては、ペDESTAL 工法が戦前から戦後しばらくの間主流となっていたが、ハンマでケーシングを原地盤に陥入させる際の騒音・振動の問題から利用が困難となった。これに代わり、低騒音・低振動で施工可能なオールケーシング工法・アースドリル工法・リバースサーキュレーション工法 (以下、リバース工法) が主流となっていった。場所打ち杭工法の場合、現地盤を掘削した後に鉄筋コンクリートを打設するため、孔壁が崩れないように保護する方法がポイントとなる。オールケーシング工法はケーシングチューブの回転または揺動圧入により孔壁を保護しながら内部土を掘削・排土する工法で、1954 年に導入された。アースドリル工法は安定液により孔壁を保護しながらドリリングバケットにより掘削・排土する工法で、1959 年に導入された。また、リバース工法はスタンドパイプおよび孔内水で孔壁を保護しながらビットで掘削した土砂を泥水とともに排土する工法で、1962 年に導入された。1968 年の騒音規制法制定などを境にこれらの工法が主流となり、現在でもこの 3 工法が用いられている。道路橋ではオールケーシ

グ工法の採用割合が最も多く、平成26年度の施工実績では97.6%と大半を占めており、次いでリバース工法、アースドリル工法の順となっている³⁾。

場所打ち杭工法においても、施工機械の改良により掘削能力が向上している。例えばオールケーシング工法の場合には、開発当初から揺動式の掘削機が用いられていたが、1982年に回転式の掘削機が開発されて施工可能な条件が大きく広がった。回転式の掘削機で硬度の高いカッタービットを用いることにより、硬岩レベルの硬い岩盤層への根入れも可能となっている。また、施工機械の改良による能力向上により大口径化が進んだ。既製杭工法と同様に、杭一本当たりの支持力が増加してきたと言える。

(2) ケーソン基礎

ケーソン基礎は、各種柱状体基礎のうち最も古くからある形式である。工法としては、オープンケーソン工法とニューマチックケーソン工法に大別される。

オープンケーソン工法は、円筒状の鉄筋コンクリート函体（基礎本体）を掘削しながら沈設する工法であり、函体沈設後に頂部を頂版で閉合する。バケットなど比較的簡単な設備で施工できるため、戦前から1960年代頃までは比較的多く採用されていた。ただし、バケットではケーソン内空側の地盤のみを掘削するため、ケーソン底面（刃先）の地盤抵抗や周面摩擦により平面寸法や深度に応じて施工時の沈下抵抗が大きくなるという問題があり、当時の施工技術では一般に深い深度での施工は困難であった。図-4は、1960年に完成した橋梁のオープンケーソン基礎で支持された橋脚が2011年東北地方太平洋沖地震の後に損傷し架け替えに至った事例⁵⁾で、新旧の基礎を比較したものである。新橋の基礎と沈下・損傷が生じた旧橋の基礎では先端深度が大きく異なっていることが分かる。

1970年代以降は採用割合が減ったものの、沈下促進や機械化施工に関する技術開発・改良が行われ、刃先を掘削する水中掘削機の適用や圧入の併用等により大深度での施工が可能となった。また、平面寸法を比較的小さくできることや狭隘な空間での施工が可能であることから、近年、都市部の狭隘な条件で適用されている。なお、プレキャストのPC函体を用いた工法はPCウェル工法として狭隘な施工条件の道路橋基礎等で適用されている。

ニューマチックケーソン工法は、基礎本体の下部に作業室を設けて圧縮空気を送り、作業室内への浸水や土砂流入を防ぎながら掘削・沈設する工法である。フ

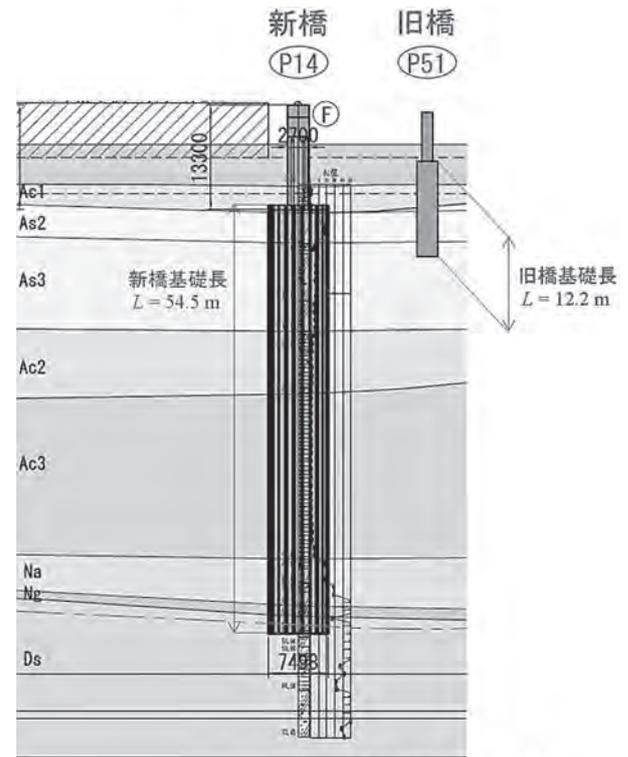


図-4 神宮橋新旧橋脚基礎の比較

ランスで開発された工法であり、国内の道路橋では1923年関東地震の復興事業で整備された永代橋で初めて適用された。ケーソン下端にある作業室内の高気圧下で人力による掘削作業を行うため、減圧症等の高気圧障害が作業安全上の課題となり、欧米諸国では本工法が消滅していった。一方、わが国では安全管理規則の整備や機械化・無人化技術の開発等を通じて高気圧障害発症率を大きく低下させたことにより、現在でも本工法が活用されている。また、天井走行型の掘削ショベルや遠隔操作システムの開発等による掘削作業の機械化・無人化は、施工の大深度化を可能とするとともに施工能率の向上に大きく寄与した。1981年の名港西大橋基礎や1990年の東京港レインボーブリッジ基礎をはじめ、海中で施工される大型基礎等で無人化工法が採用されている。近年ではマテリアルロックとマンロックを一体化して平面寸法を縮小した設備の開発により、都市部の狭隘な条件での施工も可能となっている。

4. 基礎工法開発の目的と今後の動向

道路橋で適用されてきた基礎形式・工法について、これまでの経緯から開発・改良の目的やねらいをまとめると次のようになる。

①適用範囲の拡大と基礎の性能向上

- ②施工能率の改善, 省力化
- ③環境負荷の低減
- ④災害・不具合への対応
- ⑤施工上の制約条件への対応
- ⑥作業の安全性の向上

また, 今後の社会情勢や基準の動向を考慮した場合, 上記に加えて次の⑦~⑩が基礎工法開発・改良に際して着目すべき観点としてあげられる。

- ⑦設計の高度化と連動した工法開発
- ⑧地質・地盤リスクへの対応
- ⑨基礎の維持管理・更新のしやすさ
- ⑩地球環境問題への対応

最後に, 国総研資料第 1174 号はウェブサイトからダウンロードできる¹⁾。本稿で紹介した以外の内容や詳細について知りたい方はダウンロードしてご確認いただきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 七澤利明, 道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷, 国総研資料, 第 1174 号, 2021 年 10 月, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn1174.htm>
- 2) (公社) 日本道路協会, 道路橋示方書・同解説IV下部構造編, 2017 年 11 月
- 3) 七澤利明ほか, 橋梁基礎形式の選定手法調査, 土木研究所資料, 第 4339 号, 2016 年 10 月
- 4) (社) 日本道路協会, 道路橋下部構造設計指針 くい基礎の施工篇, 1968 年 10 月
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所・(国研) 土木研究所, 平成 23 年(2011 年) 東北地方太平洋沖地震による道路橋等の被害調査報告, 国総研資料, 第 814 号, 2014 年 12 月

【筆者紹介】

七澤 利明 (ななざわ としあき)
 国土交通省 近畿地方整備局
 大阪国道事務所 事務所長
 (前職: 国土交通省 国土技術政策総合研究所
 道路構造物研究部 構造・基礎研究室 室長)



塩害と台風環境下における鋼橋の高防食技術の開発

沖縄地区鋼橋防食マニュアルの実践的取り組み

下里 哲弘・玉城 喜章・山下 修平

本稿では、まず、沖縄防食マニュアルに規定している高力ボルトの防せい防食技術の開発研究について、沖縄の中でも過酷な塩害環境である著しく腐食した鋼桁橋の高力ボルト継手部を対象に、同マニュアルの解説で記述している各種防食補修技術を適用し、その防食性能検証モニタリングについて紹介する。次に、鋼桁面の腐食環境改善と5年1回の定期点検用の足場さらには桁下視点の景観性に配慮した多機能防食デッキの腐食環境改善効果の検証と台風常襲地域の沖縄における耐風性検証の取組みを紹介する。

キーワード：塩害、高力ボルト部、低温低圧型金属溶射、透明型ボルトキャップ、台風、多機能防食デッキ

1. はじめに

沖縄県内は、年間月平均気温が15℃以下にならず、湿度が年間を通して高く、さらに台風常襲地域であることから、他府県より厳しい塩害環境下にある。このため、沖縄総合事務局・沖縄県では、沖縄地区鋼橋防食マニュアル(平成31年3月)¹⁾(以下「沖縄防食マニュアル」という)を策定し、鋼橋の塗装寿命の延命化を図り、ライフサイクルコストの低減に向けて取り組んでいる。沖縄防食マニュアルでは、鋼道路橋防食便覧と比べ、下塗りを1層多くし、塗膜総厚を大きくした塗装仕様(一般部)の規定のほか、鋼橋の腐食弱点部である高力ボルト継手部や支承部などの高い防せい防食に配慮した構造や仕様設計上の留意点を規定している。本稿では、沖縄防食マニュアルに規定している高力ボルトの防せい防食技術、桁内の腐食環境改善と効果的な維持管理ならびに景観に配慮した多機能防食デッキの効果検証に関する取組みを紹介する。

2. 高力ボルト部の防食技術

(1) 目的

高力ボルトは、ナット部やねじ部に角部が多い部材であるため、膜厚確保が難しく膜厚検査も困難である。さらに、確実な軸力導入のためにはナット部には締め痕(傷)が自然に生じ、その後、現場で行われる現行塗装仕様は、亜鉛系防食下地のないエポキシ樹脂・フッ素樹脂の塗装であり、鋼橋において唯一重防食塗装系でない部材となっている。よって、腐食速度の速

い沖縄では早期に腐食している事例が多い。そこで沖縄防食マニュアルでは、高力ボルト防食への要求性能として、「腐食による機能の低下を防ぐため、防せい防食について維持管理の確実性及び容易さを含めて検討すること。」としている。また、同マニュアルの解説において、その要求性能を期待できる防食下地処理として、①現場施工可能な有機ジンクリッチペイント、②工場ですみ処理する溶融亜鉛めっき、③簡易な素地調整で十分な密着力と防食性を期待できる低温低圧型金属亜鉛溶射(コールドスプレー技術:以下、CS)、④大気環境遮断効果が高く維持管理可能な透明型防せいキャップを挙げている。本稿では、沖縄の中でも過酷な塩害環境である沖縄県国頭村辺野喜に架かっている鋼I桁側道橋(歩道専用)の高力ボルト継手部において、上記解説の各種防食補修技術を適用し、施工性および施工後の防食性能検証について紹介する。

(2) 試験施工

試験施工対象の橋梁(以下、「試験橋」という)は、写真-1に示す2002年完成した単純下路式鋼床版2主桁橋である。試験橋は、年平均飛来塩分3mddが飛来する腐食環境が厳しい環境であり、写真-2に示すようにボルトの腐食は激しい状況にある。

試験施工箇所は、試験橋の主桁に設けられている高力ボルト摩擦接合継手部4箇所(2主桁×2箇所)を対象とした。1つの継手部のボルト本数としては、上フランジ16本、ウェブ56本、下フランジ16本の合計88本である。適用した防食補修技術は、a)有機ジンクリッチペイントと、b)CS技術(下塗2層版)、c)

CS 技術（下塗り省略），d) C5 塗装 + 透明型防せいキャップとした。表-1 に，各防食技術の仕様を示す。

なお，コールドスプレー（以下，「CS」という）は，高い防食性能を有することから，下塗を省略した仕様も検証対象としている。

写真-3 に 3 種ケレン（エア-工具：チップ-，カップワイヤーブラシ）を示し，写真-4 には CS 施工状況を示す。



写真-1 対象橋梁



写真-2 腐食したボルト



a) エア-工具



b) カップワイヤーブラシ

写真-3 素地調整状況



写真-4 CS 施工状況

表-1 腐食した高力ボルト部に適用した防食仕様

a) 沖縄地区鋼橋塗装マニュアル：有機ジンク

| 工程 | 塗料または素地調整 | 標準膜厚 (μm) | |
|------|-----------|------------------|----|
| 現場塗装 | 素地調整 | 2種ケレン | — |
| | 防食下地 | 有機ジンクリッチペイント | 30 |
| | 下塗り第1層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 下塗り第2層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 下塗り第3層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 中塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用中塗 | 30 |
| | 上塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用上塗 | 25 |

b) 防食下地：亜鉛皮膜（CS 工法） + 下塗 2 層

| 工程 | 塗料または素地調整 | 標準膜厚 (μm) | |
|------|-----------|------------------|-----|
| 現場塗装 | 素地調整 | 動力工具処理 | — |
| | 防食下地 | 亜鉛皮膜（コールドスプレー工法） | 100 |
| | 下塗り第1層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 下塗り第2層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 中塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用中塗 | 30 |
| | 上塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用上塗 | 25 |

c) 防食下地：亜鉛皮膜（CS 工法） + 下塗省略

| 工程 | 塗料または素地調整 | 標準膜厚 (μm) | |
|------|-----------|------------------|-----|
| 現場塗装 | 素地調整 | 動力工具処理 | — |
| | 防食下地 | 亜鉛皮膜（コールドスプレー工法） | 100 |
| | 中塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用中塗 | 30 |
| | 上塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用上塗 | 25 |

d) 防食下地なし：透明ボルトキャップ

| 工程 | 塗料または素地調整 | 標準膜厚 (μm) | |
|------|-----------|------------------|----|
| 現場塗装 | 素地調整 | 2種ケレン | — |
| | 下塗り第1層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 下塗り第2層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 下塗り第3層 | 弱溶剤型変性エポキシ樹脂塗料下塗 | 60 |
| | 中塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用中塗 | 30 |
| | 上塗り | 弱溶剤型ふっ素樹脂塗料用上塗 | 25 |

(3) モニタリング結果 (3年目)

モニタリング結果の概要を以下に示す。

- ・「CS工法+下塗省略」では、写真—5 a) に示すようにねじ頭に点さびが一部見られた。
- ・「CS工法+下塗2層」では、写真—5 b) に示すようにナット部及びねじ頭にさび発生は見られない。
- ・透明ボルトキャップは、写真—5 c) に示すようにねじ頭に塗膜の割れが生じているにも拘らず、腐食進行が抑制されていることが分かる。
- ・有機ジンクリッチペイントは、写真—5 d) に示すように特に角部から腐食が生じている。



a) CS工法+下塗省略



b) CS工法+下塗2層



c) 透明ボルトキャップ



d) 有機ジンクリッチペイント

写真—5 3年目のモニタリング結果

3. 多機能防食デッキの防食効果と耐風安定性に関する研究

沖縄防食マニュアルでは、鋼橋の新しい防食技術として多機能防食デッキが推奨されている。多機能防食デッキは、鋼橋を腐食耐久性のある素材で覆い腐食環境改善を図ることで防食効果を期待する技術である。また、同デッキは恒久的な点検足場としても使用可能であり、さらに景観性も向上することから、多機能を有する防食技術である。多機能防食デッキには、腐食耐久性と耐荷性を有するアルミやチタンやステンレスそして、非金属のGFRPが用いられており、いずれの素材を用いた場合でも一定の腐食環境改善効果が報告されており²⁾、鋼橋の強靱化の観点から今後益々その適用が見込まれる。一方、近年地球温暖化に伴う自然災害が甚大化しており、鋼桁を覆い受風面積が増加する多機能防食デッキにおいては、巨大化する台風に対する安全性も担保する必要がある、これに対して実物大試験橋を用いた耐風安定性に関する研究を行って

いる³⁾。

本章では、維持管理性を高め且つ塗装の塗り替え費用の大幅削減により鋼橋の競争力を高めた多機能防食デッキの腐食環境改善効果の調査事例と実物大試験橋を用いた耐風安定性に関する研究を報告する。

(1) 多機能防食デッキの腐食環境改善効果

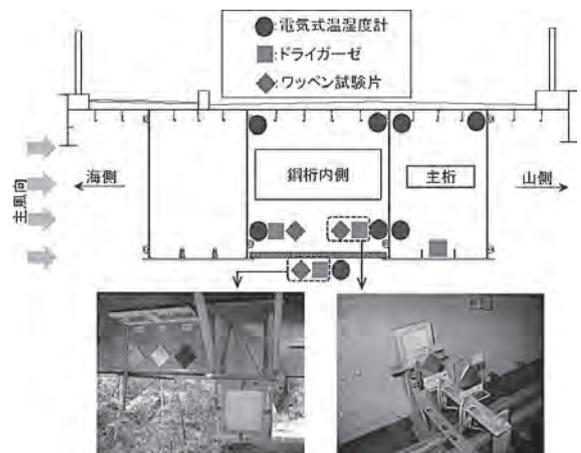
(a) 調査方法

多機能防食デッキの腐食環境改善効果は、既往調査により実証されてきた²⁾。ここでは、沖縄県内で初めて多機能防食デッキが採用された実橋にて行われた環境調査結果について報告する⁴⁾。

調査対象橋梁は、沖縄県中部の山間部に位置した橋梁60mの単純鋼床版箱桁である。本橋梁における多機能防食デッキは、腐食が進行し易いことが知られている鋼桁間⁵⁾の防食性能を改善することを目的としている。腐食環境調査は「電気式温湿度計を用いた温湿度調査」「ドライガーゼ法 (JIS Z 2382) による飛来塩分量調査」「ワッペン式暴露試験⁶⁾による腐食減耗量調査」を、架設完了後約1年間実施した。各調査の断面測定箇所と測定状況を図—1に示す。各測定機器は、多機能防食デッキの内側と外側と箱桁内側に設置した。

(b) 調査結果

図—2に飛来塩分の測定結果を示す。多機能防食デッキ外側では最大0.600 mdd、年平均でも0.215 mddの高い飛来塩分量が計測されており、架橋地点は飛来塩分量が多い地域であることが分かる。一方、多機能防食デッキ内は年間を通して0.003 mddと変動も小さく、箱桁内の飛来塩分量と同程度であることから多機能防食デッキは飛来塩分の遮断効果を十分に有していると言える。また、多機能防食デッキ内側に設置した1年後のワッペン試験片には点さび程度であり、100



図—1 腐食環境の計測状況

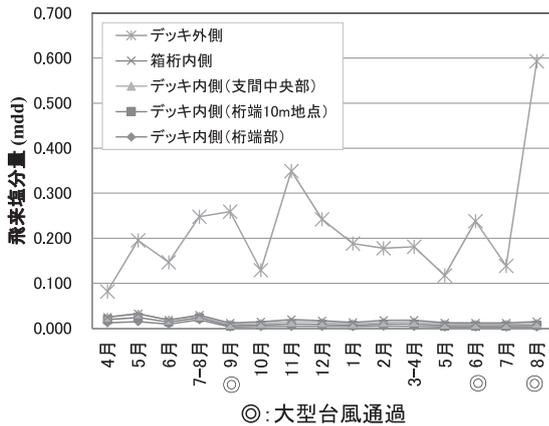


図-2 飛来塩分量の計測

年後の腐食減耗推定量は0.2 mm程度であった。一方、多機能防食デッキ外に設置したワッペン試験片の腐食減耗量は1.0 mm~2.5 mm程度であることより、デッキにより腐食環境が大幅に改善されている。

以上の環境調査結果から、多機能防食デッキで閉塞された鋼桁の腐食環境は、腐食促進因子である飛来塩分の遮断などの影響により大幅に改善される。

(2) 多機能防食デッキの耐風性

(a) 検証概要

多機能防食デッキに作用する巨大台風下の風圧特性の検証を目的として、2020年に琉球大学工学部附属地域創生研究センターに写真-6に示す実物大試験橋が建設された³⁾。その実物大試験橋は、橋長10.9 m、総幅員4.6 mの単純非合成2主桁であり、多機能防食デッキは鋼桁間の下フランジ面に敷設した。

(b) 風圧計測システム

多機能防食デッキに作用する風圧を計測するため、動的計測ロガー無線システムと風圧計測システムなどを用いて遠隔計測システムを構築した。写真-7に風圧センサー(MT-SP-8)と多機能防食デッキに設置した風圧計測孔ならびに風圧計測チューブを示す。風圧センサーは、最大5,000 Paの風圧を50 Hzで動的



写真-6 実物大実験橋

計測が可能である。風圧はデッキ孔に設けた計測孔と風圧センサーを計測チューブで接続し、多機能防食デッキ下面で計測される外圧と多機能防食デッキ内側の内圧の差圧として計測している。風圧計測は、桁中央部と桁端部の2ラインで行い、桁中央部と桁端部に各27箇所の計測孔を設けた。また、側圧を計測するため主桁ウェブ面にも計測孔を設けた。

(c) 風圧計測結果

図-3にデッキ下面と主桁ウェブ面で計測した桁中央部の風圧分布の例を示す。図より、風上側のデッキ端部には最大179 Paの負圧が生じ、風下側に推移するにつれて負圧は減少し風下側の端部では正圧が生じているのが分かる。これは、風が桁下を通過する際、主桁フランジの影響で風が剥離し負圧が生じるためであり、桁下を通過する風に対して多機能防食デッキに作用する特徴的な風圧分布が確認された。

図-4に同時刻における桁端部と桁中央部の風圧分布特性を比較した結果を示す。図より、桁中央部と桁端部ともに風上側で最大の負圧が生じ風下側に推移するにともない負圧が減少している傾向は同じであるが、桁中央部と比較して桁端部では約1.5倍の負圧

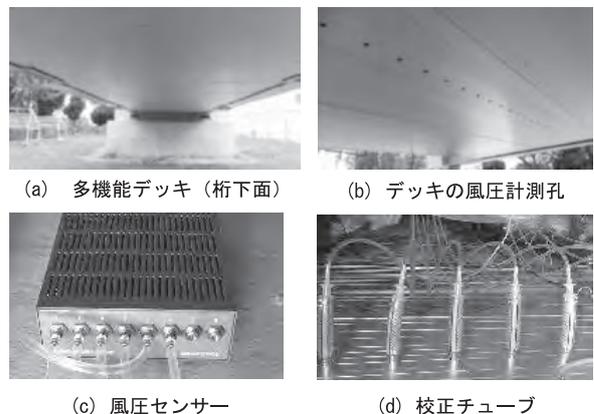


写真-7 風圧計測機器

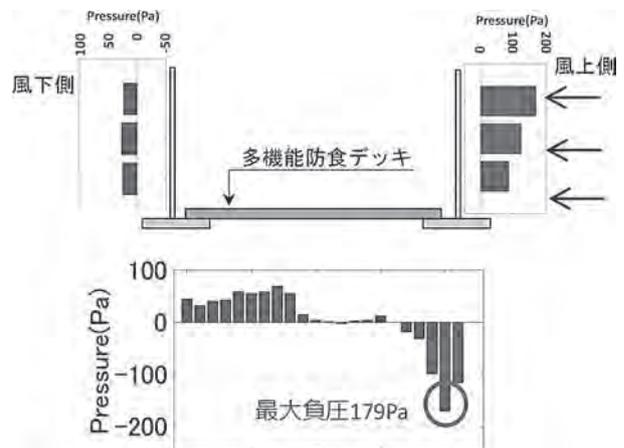


図-3 風圧計測結果

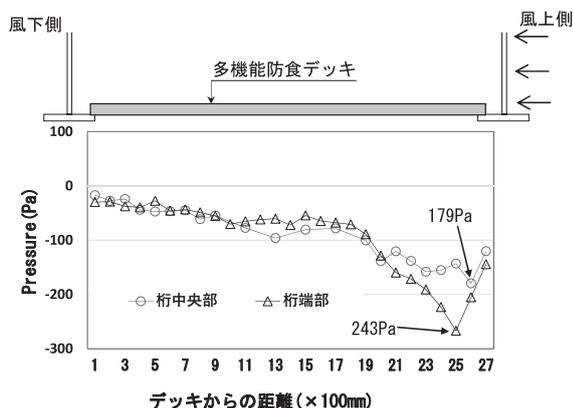


図-4 桁中央部と桁端部の風圧比較

が計測された。これは桁端部では橋台の影響でデッキ下側を通過する風が乱れる影響により、作用する負圧が大きくなったものと考えられる。

以上のように、鋼桁下面に設置する多機能防食デッキには負圧が生じる特徴的な風圧分布特性を示すとともに、橋軸方向位置においても桁中央部と桁端部で風圧特性が異なることが明らかとなった。

4. おわりに

沖縄地区鋼橋防食マニュアル検討委員会（監修：沖縄総合事務局・沖縄県）では、今後、実橋で腐食したボルト部の防食法の新技術について技術公募を行う予定であり、著しい沖縄の腐食環境に適用できる新防食方法を引き続き検討していく。また、多機能防食デッキは、デッキ内部の鋼桁の腐食環境が改善されることが示されており、今後は、風圧計測を継続し、地球温暖化の伴う巨大台風下での多機能防食デッキの耐風安定

性について科学的・工学的に検証していく予定である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 沖縄総合事務局開発建設部・沖縄県土木建築部監修：沖縄地区鋼橋防食マニュアル，2019
- 2) (一社)日本鋼構造協会：鋼橋の腐食耐久性・維持管理性向上技術，JSSCテクニカルレポート No.116, 2018
- 3) 下里哲弘，田井政行，蓮池里菜，山下修平，玉城善章，長嶺由智：実物試験橋を用いた鋼道路橋の高耐久性と強靱化技術の研究 00 橋梁と基礎，vol.55, 2021
- 4) 山下修平，下里哲弘，玉城善章，淵脇秀見：橋梁メンテナンスの合理化を目的とした GFRP 多機能防食デッキの性能検証 00 土木構造・材料論文集，第 37 号，2021
- 5) 中西克佳，加藤真志，岩崎英治：風洞実験による橋梁断面の部位別付着塩分布評価手法に関する基礎的研究，土木学会論文集 A1, vol.67 No.2, 2001
- 6) (一社)日本鋼構造協会：耐候性橋梁の適用性評価と防食予防保全，テクニカルレポート，No.86, 2009

【筆者紹介】



下里 哲弘 (しもごと てつひろ)
 琉球大学 工学部 附属地域創生研究センター
 (工学科社会基盤デザインコース)
 教授



玉城 喜章 (たまき よしあき)
 (一社)沖縄しまたて協会 技術環境研究所
 技術環境室長



山下 修平 (やました しゅうへい)
 宮地エンジニアリング(株)
 技術本部設計部
 サブグループリーダー

世界の「人づくり」のために ME 養成講座で培った 人財育成の枠組みの JICA プロジェクトを通じた国際展開

木下 幸治

現在、筆者は、岐阜大学の社会基盤メンテナンス・エキスパート養成講座をベースに、ザンビアでの技術定着のためにカスタマイズした橋梁技術者育成プログラムの技術移転の取組を進めている。本稿では、JICA 事業と連携した JICA ザンビアプロの取組に至った経緯、JICA ザンビアプロの取組の具体的な内容、CIAM の国際展開領域の設置、国際展開した枠組みの持続的な体制構築の試みについて紹介する。

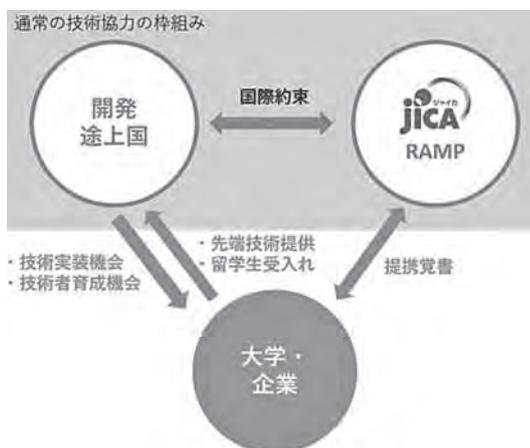
キーワード：JICA、国際展開、ザンビア国、ME 養成講座、橋梁点検・診断

1. はじめに

独立行政法人国際協力機構（JICA）では、開発途上国における道路および橋梁に関する道路アセットマネジメント（RAMP）を 2017 年 10 月に設立した（図一1）。RAMP では、道路のみならず橋梁を含む道路アセットマネジメントに対する効率的な支援計画の策定、国内の道路アセットマネジメントに関する技術の海外展開の支援、国内大学・民間企業と連携した開発途上国の道路アセットマネジメント分野をリードする中核人材の育成を目的としている¹⁾。この目的を達成するために、RAMP では土木学会、ならびに内閣府の SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術（以下、SIP）との連携が進められた¹⁾。

RAMP の取組に並行して、岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研究センター（CIAM）では、SIP「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」

の地域実装支援チーム（代表・六郷恵哲先生）の一つとして活動を進めてきた。この SIP の活動における JICA との連携として、上述の中核人材の育成の連携のために RAMP への参加、ならびに 2018 年 5 月 20 日から 29 日の期間、JICA のザンビア国「橋梁維持管理能力向上プロジェクトフェーズ II」（以下、JICA ザンビアプロ）の詳細計画策定調査に六郷先生と筆者が参画した。この調査の一環として、ザンビア大学を訪問（写真一1）、ザンビア大学教員との意見交換を行い、JICA サイドと協議を行った結果、JICA ザンビアプロの一環として、岐阜大学の社会基盤メンテナンス・エキスパート（Maintenance Expert：ME）養成講座をベースに、他の橋梁維持管理技術者育成に関わる講習・研修などを参考にしながら、ザンビアでの技術定着のためにカスタマイズした橋梁技術者育成プログラムの技術移転の取組を進めることとなった。この取組では、ザンビア大学工学部内に「橋梁技術者育



図一1 道路アセットマネジメントプラットフォーム実施体制¹⁾



写真一1 2018年5月28日ザンビア大学訪問（左：六郷恵哲先生、真ん中：著者、右：ザンビア大学工学部長 Dr. Mulenga）

成」を担う「橋梁維持管理センター」を2大学共同で立ち上げ、最終的にはザンビア大学による橋梁技術者育成研修の実施までを成果とすることが提案された。この取組を進める上で、2大学の部局間協定を締結(写真-2)、その後、JICAと岐阜大学との間で業務契約を締結し(2020年1月21日)、岐阜大学におけるJICAザンビアプロが始まった。

本稿では、上述したJICA事業と連携したJICAザンビアプロの取組に至った経緯に加えて、JICAザンビアプロの取組の具体的な内容、CIAMの国際展開領域の設置、国際展開した枠組みの持続的な体制構築の試みについて紹介する。



写真-2 2019年1月30日岐阜大学とザンビア大学部局間協定(MOUとAgreement)締結。岐阜大学工学部長室にて

2. 岐阜大学 JICA ザンビアプロジェクト

上述したように、JICAザンビアプロジェクトでは、CIAMのME養成講座をベースにザンビアでの技術定着を可能とする橋梁技術者育成プログラムの技術移転を進めている。技術移転の基となる岐阜大学CIAMのME養成講座は、平成20年度より社会人のリカレント教育プログラムであるME養成講座を継続開講している。当初の5年間は文部科学省科学技術戦略推進費「地域再生人材創出拠点の形成プログラム」の支援を受け、また平成25年度から岐阜大学大学院の履修証明プログラムとして進めている。ME養成講座の実施に当たっては、社会基盤メンテナンスエキスパート養成ユニット運営協議会と連携することにより、円滑な運営を図っている。社会基盤メンテナンスエキスパート養成ユニット運営協議会は、岐阜大学の外部に設けられた組織であり、国土交通省中部地方整備局、岐阜県、岐阜県測量設計業協会、岐阜県建設業協会、岐阜県建設研究センターの参画により、産官学の協力体制が可能なプラットフォームとして構築している(図

一2)。また、ME認定者の組織であるMEの会と連携を取りながら、ME認定者のスキルアップの一環として座学やフィールド実習を実施している(写真-3)。ME養成講座は、4週間連続の短期集中講座であり、アセットマネジメントを効率的に行うための知識を習得するための座学、品質管理や工程管理などの実務的な知識を習得するための演習、フィールドで維持管理や防災業務の能力を向上させる実習(点検・診断実習)で構成されている(写真-4~6)。実務に即した講義を実現し最新技術の講義への活用を図るために、現職の大学教員だけでなく、岐阜県、国土交通省、土木研究所および関連企業をはじめとした全国の一線級の技術者を講師に迎えた充実したカリキュラムを提供している。2022年度現在までに至る14年間の継続により、550名以上の技術者をMEとして認定している。なお、MEは国土交通省の「公共工事に関する調査及び設計等の品質確保に資する技術者資格(鋼橋・コンクリート橋・トンネル・道路土工構造物(土工)・舗装の点検・診断)」として認められており、また、岐阜県では平成28年度よりMEを活用した点検修繕業務委託が行われている等、ME認定技術者は業務を受注する場合に有利となることがある。加えて、平成25年度から受講費を徴収し、それを予算として講座を運営している。

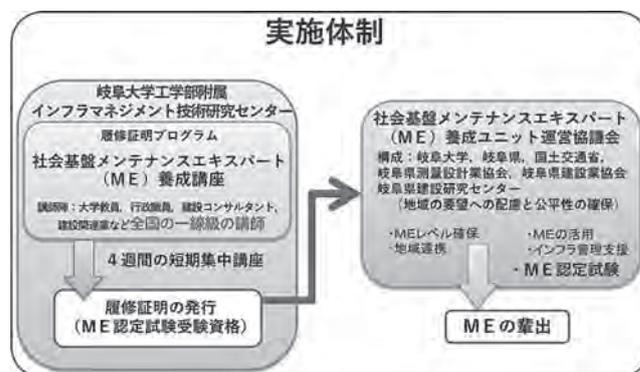


図-2 社会基盤メンテナンスエキスパート養成ユニット運営協議会



写真-3 MEの会主催の通常総会(令和4年度)



写真一四 橋梁点検者を用いた橋梁実習の様子



写真一七 ザンビア大学工学内の橋梁維持管理センター立ち上げのための改修スペース



写真一五 コンクリート橋脚の中性化試験の様子



写真一六 コンクリート橋脚の鉄筋探査の様子



写真一八 加速度計を用いた橋梁のたわみ計測の様子



写真一九 岐阜大学インフラミュージアム

以上のME養成講座の枠組みの国際展開として、JICA ザンビアプロでは、

- ①「ザンビア大学内への橋梁維持管理センター立ち上げ」
- ②「ザンビア国に適した橋梁技術者育成に係るプラットフォームの構築」
- ③「ザンビア大学が実施する橋梁技術者育成研修のカリキュラム作成」
- ④「ザンビア大学による橋梁技術者育成研修の実施」に係る業務を進めている。

上記①では、「ザンビア大学工学部内のセンター立ち上げのためのスペースの改修」(写真一七)と橋梁技術者育成に有効な「実験・点検機材整備」や「野外展示モデルの整備」を進めている。「実験・点検機材整備」では、我が国でも活用が進められている橋梁点検用の赤外線カメラや橋梁の健全度診断を支援可能な

加速度計を用いたたわみ計測装置等の整備(写真一八)、ならびに人材育成のみならず当該センターでの橋梁補修・補強の効果検証等を行えるようにできるザンビア大学教員の研究のベースアップに繋がる載荷試験装置と実橋計測機器等の整備を進めている。「野外展示モデルの整備」では、展示モデルの一つの例である岐阜大学のインフラミュージアム(写真一九)を実技研修・試験も可能としたカスタマイズモデルとして進めている。

上記②ではザンビア大学を中心とした橋梁技術者育成プラットフォームを立ち上げ、ザンビア国に適した技術者育成の体制を構築する。現在までに構築してきて

いるザンビア国におけるプラットフォームを図-3に示す。このプラットフォームは、ザンビア国の Road Development Agency : RDA, National Council for Construction : NCC, ザンビア大学, 建設コンサルタントと岐阜大学を含む JICA エキスパートで構築した。このプラットフォームの下で、上記③のカリキュラム作成などを進めた後、上記④を実現する。ここで、上記③に関するカリキュラム案を図-4に示す。現在、岐阜大学の ME 養成講座のカリキュラムの系統の主に橋梁関係の講義を参考に、ザンビア国における1週間程度のカリキュラム作成を進めている。

加えて、プロジェクト終了後も持続可能な体制構築を目指し、当該プロジェクトではザンビア大学教員を対象とした1か月程度の本邦研修を予定している。ただし、未だにコロナ禍のため、本邦研修の実施については引き続き調整が必要であるが、研修終了後には、ザンビア大学の技術者育成を担うだけでなく、ザン

ビア大学内のセンターに導入予定の実験設備等を活用した日本との共同研究の実施が可能な中核人材となることが期待でき、ザンビア国と日本との研究・人材育成のシームレス化を目指している。

将来的には、ザンビアを拠点として、近隣国への更なる展開を検討したい。

以上の業務を遂行するために、岐阜大学では、JICA ザンビアプロの業務契約上の人員配置に基づき、現在、著者に加えて、客員准教授(非常勤)1名と特任助教(非常勤)1名の3名をコアメンバーとしている。客員准教授には、著者の研究室で社会人学生として博士課程を修了した岐阜県内の興栄コンサルタントに勤める30代中盤の若手技術者である畑佐陽祐氏を採用し、また、特任助教には筆者の研究室の博士課程在学時より岐阜大学のSIP地域実装プロジェクトに深く関わり、2020年3月に博士課程修了後、2020年4月から2021年3月まで琉球大学の特命助教

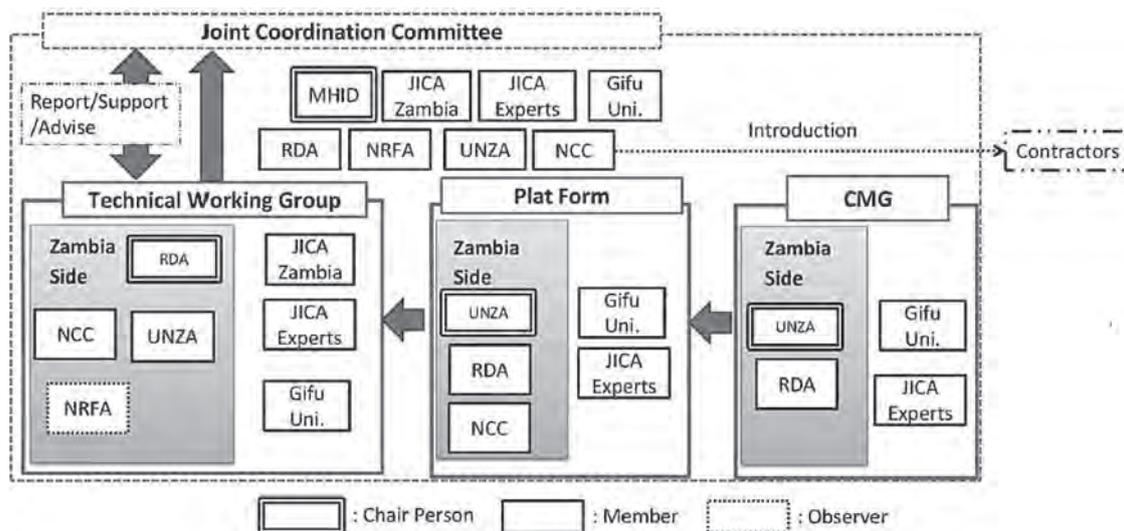


図-3 ザンビア国における橋梁技術者育成プラットフォーム

| DAY | MORNING | | | AFTERNOON | |
|-------------|---|---|---|--|---|
| | 8:45~10:15 | 10:30~12:00 | 13:00~14:30 | 14:45~16:15 | 16:30~18:00 |
| 1 Monday | 1. Guidance and Overview of this course UNZA | 2. History of Bridge in Zambia RDA or UNZA | 3. Ethics for Civil Engineering UNZA | 4. Functions of Bridges UNZA | 5. Material Science UNZA |
| 2 Tuesday | 6. Statistics UNZA | 7. Deterioration of Bridges (Superstructure) NE or RDA | 8. Deterioration of Bridges (Substructure/Deck) NE or RDA | 9. Bridge Design (Steel) NE or RDA/NCC | 10. Bridge Design (Concrete) NE or RDA/NCC |
| 3 Wednesday | 11.-15. Inspection (1) to (5) ; Guideline, Method (for wash out/ souring), Report, Advanced Technology NE, RDA and UNZA | | | | |
| 4 Thursday | 16. Field Works at Infrastructure Museum ; Inspection RDA/NCC or NE or UNZA | | 17. Overview of Bridge Maintenance NE | 18. Quality Management RDA | 19. Diagnosis of Deterioration (Steel) NE |
| 5 Friday | 20. Diagnosis of Deterioration (Concrete) NE | 21. Repair and Retrofitting (Steel) NE | 22. Repair and Retrofitting (Concrete) NE | 23. Repair and Retrofitting (Substructure) NE | |
| 6 Saturday | 24. Monitoring Method ; Overview of Monitoring, Advanced Method Gifu Uni. | | 25. Utilization of Advanced Technology (VR, Drone etc.) ; Inspection, Non-Destructive Testing, Evaluation NE | | |
| 7 Sunday | Test UNZA | | - | Review UNZA | |

図-4 ザンビア国における橋梁技術者育成講座のカリキュラム案

を経て、2021年4月から山口大学の助教に着任している蓮池里菜先生を採用する等、若手研究者が積極的に参画するプロジェクトとした。

また、カウンターパート先であるザンビア大学では、橋梁を専門とする教員メンバーが参画している。カウンターパートの代表であるザンビア大学工学部長のMulenga先生は、岐阜大学工学部の部局間協定締結の際に我が国を訪問し、我が国の維持管理技術者養成講座について理解をいただくとともに、協定締結の際に開催したキックオフミーティングにもご尽力いただいた（写真—10）。



写真—10 キックオフミーティングの様子

3. CIAMの「国際展開領域」の設置

上述の国際展開に関する業務開始に伴い、2020年度のCIAMの組織改編において、新しく「国際展開領域」を設置した。岐阜大学では、2008（平成20）年に「社会基盤診断技術研究室」、「社会基盤補修技術研究室」、「総合リスクマネジメント技術研究室」の3つの研究室をもつ「社会資本アセットマネジメント技術研究センター」を設立した後、2014（平成26）年4月より「「ひと」づくり実践領域」、「「しくみ」づくり開発領域」、「「こと」づくり展開領域」の3つの領域をもつCIAMに改組された。2020年度のCIAMの組織改編により3つの領域を「人材育成領域」、「地域実装領域」、「国際展開領域」に編成した。

「国際展開領域」では、我が国のインフラ維持管理技術やME養成講座で培った人材育成や地域連携といった枠組みの国際的な展開により、世界の「人づくり」・「安全安心な暮らし」に貢献することを目指している。現在は、上述のJICAザンビアプロの一環として、ME養成講座で培った人材育成の枠組み等の国際展開と、JICAの研修員事業である開発途上国における道路アセットマネジメント技術に係る中核人材育成

の一環で各国省庁の職員・技術者を修士課程または博士課程留学生として受入れている。また、国際展開領域の活動として、オンラインでのJICAの維持管理関係セミナーの実施などを行っている（写真—11）。



写真—11 JICAの維持管理関係セミナーでの橋梁点検に関する講演（オンライン）

4. インフラ維持管理技術の国際展開後の持続的な体制構築の試み

上述したME養成講座で培った人材育成の枠組み等を国際展開することによる持続的な体制構築を試みている。具体的には、JICAザンビアプロ終了後も、持続的に上記④が実施されるためには、ザンビア大学の教員らの理解増進が不可欠である。そこで、JICAザンビアプロに並行して、上記のJICAの研修員事業の枠組みを活用し、④を持続的に実施するための新たな中核人材の育成を目的として、2021年度4月より本学へのザンビア国からの留学生受け入れを開始している。さらに、土木学会インフラマネジメント技術国際展開研究助成の採択課題「中央アフリカ・ザンビア国を対象とした耐候性鋼橋梁の普及促進を目指した腐食環境調査と補修工法の提案」をザンビア大学と共同で2019年から開始した。研究開始直後からコロナ禍となったが、この共同での研究を通じて、日本の若手研究者・学生にはアフリカまでを視野にいれた国際的な学びの場を、途上国・中進国からのJICA長期研修生（留学生）には第3国における技術研鑽の場を当該研究助成の支援を基に提供してきた。現在、岐阜大学工学研究科博士課程1年生（写真—12）がザンビア大学に1年間の長期留学を行い、ザンビア大学教員と共同で、ザンビア国で四半世紀経過した耐候性鋼橋梁（写真—13）を基にした腐食環境調査と耐候性鋼の緻密なさびの再生能力を加味した簡易な補修技術の開発を進めている。



写真一 12 ザンビア大学に留学中の工学研究科博士課程の学生
(ザンビア大学工学部建物前)



写真一 13 腐食環境調査中の日本の ODA で建設された 25 年間程度健全な状態を保つザンビア国の Kafue 橋

5. おわりに

岐阜大学の JICA ザンビアプロは、開始してただちにコロナ禍となり、ザンビア国への渡航ができなくなった。オンライン等を活用して、ザンビア大学側と本取組を徐々に進めてはいるが活動が停滞している。現在、我が国では、新型コロナウイルス感染拡大の第 7 波に入っているが、今年の夏季にザンビア国への渡航を計画している。夏季以降もザンビア国に継続して渡航することを計画しており、ザンビア国における対面でのミーティングを通じて本活動を加速させ、初志貫徹を果たしたい。

JICA

《参考文献》

・ JICA 道路アセットマネジメントプラットフォーム、<https://www.jica.go.jp/activities/issues/transport/ramp/index.html>

【筆者紹介】

木下 幸治 (きのした こうじ)

岐阜大学

工学部 社会基盤工学科 防災コース

准教授

兼、岐阜大学工学部附属インフラマネジメント技術研

究センター 国際展開領域

領域長



多軸式特殊台車を用いた重交通交差点上での 夜間架設

坂本 淳平

近年、交通量の増加に伴い各地で渋滞が発生している。渋滞を緩和させるため道路の複線化や交差点の立体化等道路改良工事が行われているが、作業は供用中の路線上若しくは近接作業となり通行車両への影響は極めて大きい。渋滞発生箇所での道路改良工事に求められることは、通行車両への影響を最小限に留めながら短期間で工事を完了することである。鋼橋架設工事においてこの課題に対する有効な工法の一つが「大ブロッケー括架設」である。本稿では広島県呉市にて行った交差点上での多軸式特殊台車を用いた大ブロッケー括架設について紹介する。

キーワード：多軸式特殊台車，大ブロッケー括架設，夜間通行止め

1. はじめに

本橋は、東広島市と呉市を結ぶ全長 32.8 km の東広島・呉自動車道の終点である阿賀 IC に位置している（図一1）。東広島・呉自動車道は山陽自動車道、広島呉自動車道（クレアライン）とともに広島市、東広島市、呉市をつなぐトライアングル道路網の1つであり平成 27 年 3 月に全線開通している。

阿賀 IC が位置する先小倉交差点は、国道 185 号と平面交差しており、市道阿賀中央町田線からの車両も合流するため、日々渋滞が発生していた。また、全線開通後も交通事故が多発している状況であり、早急な改善が求められていた。

特に、東広島・呉自動車道から呉市街方向への通行量が多いことから、高架橋により当該ルート of 合流位置を西側へ約 200 m 延伸することで、先小倉交差点を通行する車両を分散化させるものである。



図一1 位置図

2. 架設概要

本橋は、P2～A2 までの 4 径間連続鋼床版箱桁橋（図一2）であり、P4～P5 間が交差点上となる。交差点上以外の 3 径間はトラッククレーンベント工法にて架設を行い、交差点上となる P4（J14）～P5（J25）間は多軸式特殊台車を用いた大ブロッケー括架設工法を採用した（図一3）。

大ブロッケー括架設部材の諸元を、下記に示す。

<一括架設部材諸元>

鋼重：約 660 t
桁長：約 80 m（CL）
幅員：14.4 m
縦断勾配：約 6%
平面曲線：R = 130 m

3. 施工計画

(1) 多軸式特殊台車設備

搭載する地組桁の質量は約 660 t であり、台車上設備等を含めると搭載重量は約 1,200 t となる。前方台車・後方台車の 2 台編成で運搬することから、不均等など考慮し、1 編成当たり 1,020 t の荷重に耐えうる編成（8 軸車×3 連結）とした。また、P4 橋脚を超える際に所定高さより 700 mm 上げ越す必要があるため、架台設備上には昇降能力 270 t・ストローク 2.1 m のユニットジャッキを配置した（図一4～6）。

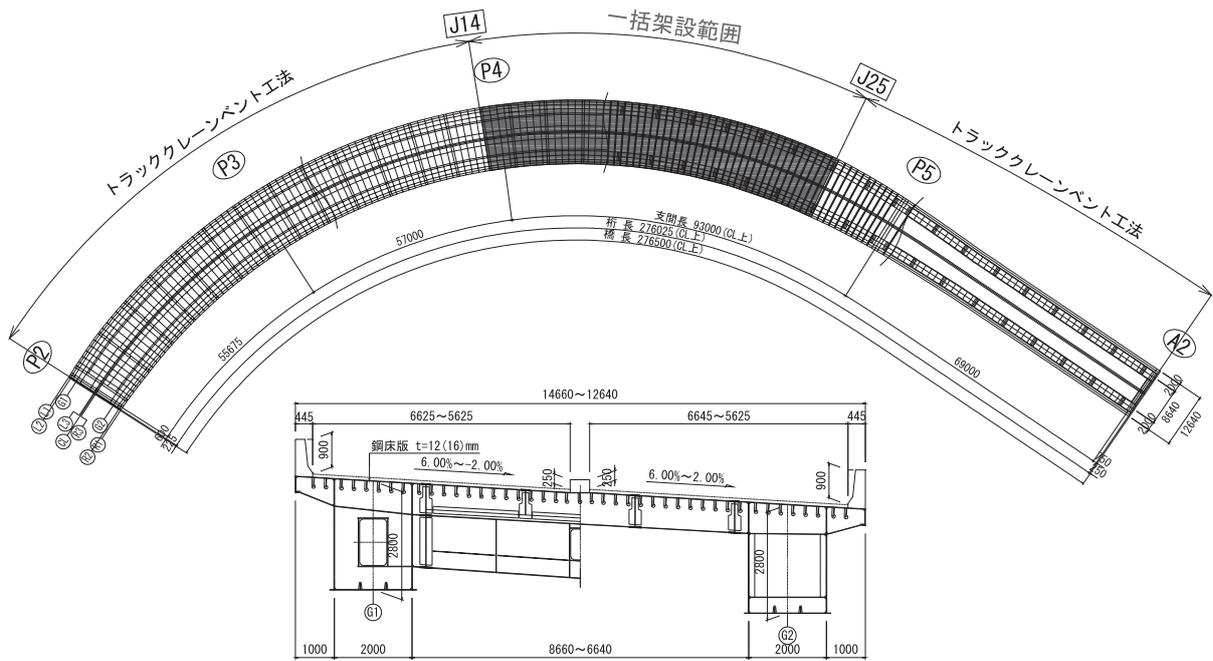


図-2 阿賀ICランプ橋一般図(平面図・断面図)

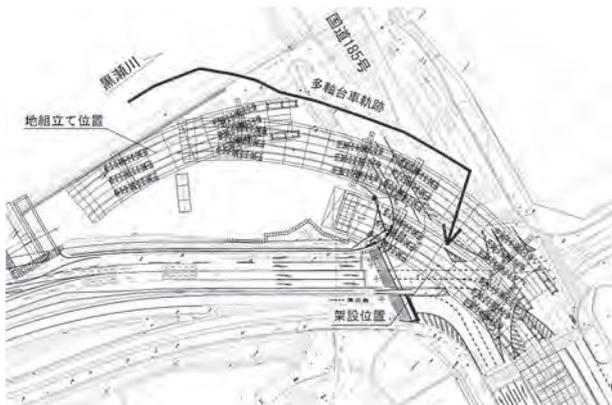


図-3 架設計画図(平面図)

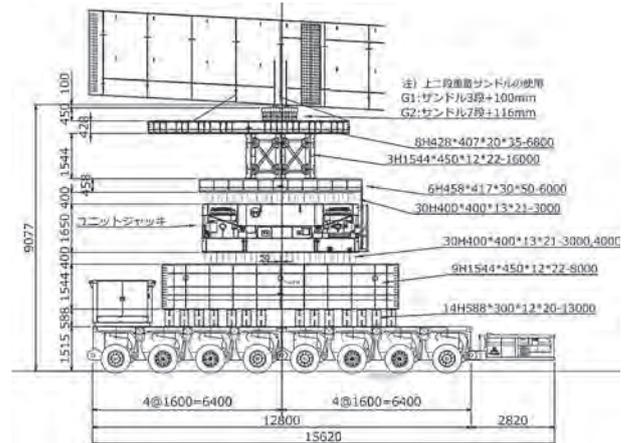


図-5 積載図(後方台車側面図)

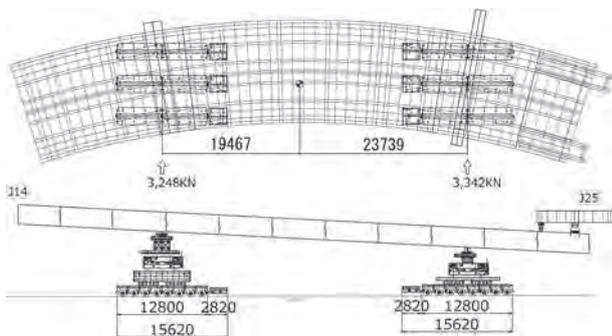


図-4 全体積載図

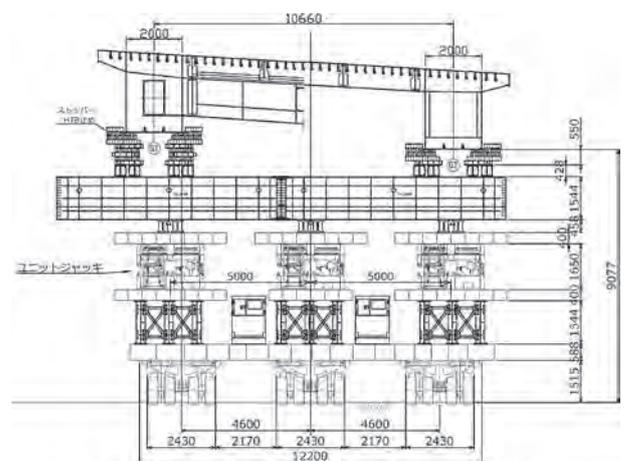


図-6 積載図(後方台車正面図)

(2) 作業ヤード造成計画

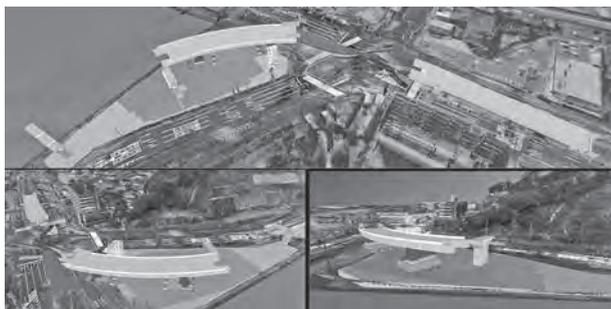
地組ヤードとして使用するP2～P4ヤードは、現場乗り込み当初残土置き場となっており不陸が大きく、元の地形についても国道185号に向かって最大約7%の上り勾配があり、また、ヤード内には開水路が横断していた。桁の地組立ておよび台車走行を可能と

するため、残土を利用して最大7%の勾配を1%に造成し、開水路についても仮埋設管を設置し埋め戻しを

行った。造成後、台車走行範囲のみアスファルト舗装を施し、台車輪荷重 8 tf/m^2 に耐えうる構造とした。

(3) 国道 185 号不陸箇所の算出・CIM データの活用

走行路となる国道 185 号は黒瀬川方向に約 2% の上り勾配であり、先小倉交差点内も交差点を中心に緩やかな丘陵形状であった。また、後方台車の最終到達地点は一部歩道にかかっており、事前計測において不陸調整が必要なことが判明した。今回の一括架設は、前方台車・後方台車の各々に台車オペレータとユニットジャッキオペレータを配置しての走行となるが、地組ヤードから最終到達地点まで走行路の勾配が複雑に変化しているため、オペレータ同士の相互調整が円滑に走行するためのカギとなる。また、走行路の勾配差や不陸が大きいと車輪のサスペンションシリンダによる調整代がなくなり車輪への荷重分布が不均等になり走行に悪影響を及ぼしかねない。そのような状況において短時間で不陸調整するためには緻密な計画が必要であった。そこで活用したのが CIM データである。予め作成済みの CIM データと 3D レーザースキャナ測定器にて採取した地形データ（3次元点群データ）を合成し 3次元架設シミュレーション動画を作成した（図一7）。作成した動画にて各ステップ位置における前方・後方台車の高低差を確認し、大まかな荷重変動イメージを共有することで、架設当日は遅延なく台車の水平調整および反力調整を行うことができた。さらに 3次元点群データは路面形状を事細かく数値化できるため、複雑な路面形状に対する不陸調整計画や資材の準備に大いに役立てることができた。また、架設シミュレーション動画は、作業員や工事関係者への作業説明にも活用し、意思疎通や施工計画の理解度を高めると共に、現場歩道部に設置した工事説明用デジタルサイネージにて動画を一般公開することで、近隣の方々への広報活動にも活用することができた。



図一7 架設シミュレーション動画

4. 大ブロック一括架設

一括架設日の選定は、国道 185 号および東広島・呉自動車道（阿賀 IC～郷原 IC）を通行止めとするため、通行止めによる通行車両への影響を考慮し、交通量の少ない土曜日とした。規制時間は 22:00～翌 6:00 であり、規制帯設置撤去等の準備作業を除く架設作業時間は 22:30～翌 4:00 の 5.5 時間である（写真一1）。



写真一1 多軸式特殊台車走行状況

(1) 走行路不陸調整

事前に算出した不陸調整箇所は、道路側溝部で、最大約 400 mm、延長約 10.5 m の凹みがあり、歩車道境界に沿って曲線形状であった。杉板・合板・砕石を詰めた土嚢袋を路面形状に合わせて複合的に敷き詰め、その上に鉄板を敷くことで、台車の走行に支障が出ないように調整を行った（写真一2）。



写真一2 不陸調整状況

(2) J25 接合・ヒンジ連結

一括架設時に接合する J25 は、P5 橋脚から 2 ブロック張出した曲率の位置にあることから、孔合わせ作業の時間短縮および安全性を考慮し、ヒンジ連結を採用した。

ヒンジ連結で設計した J25 のボルト孔は桁形状が支点支持状態で接合できるよう設計しているため、台車による平面位置調整完了後、前方は予め地組桁に設置したセッティングビームで仮受け、後方は P4 橋脚上サンドルにて仮受けし、桁の形状が支点支持の状態になるまでユニットジャッキをジャッキダウンした後に接合を行った。J25 接合手順を図-8 に示す。

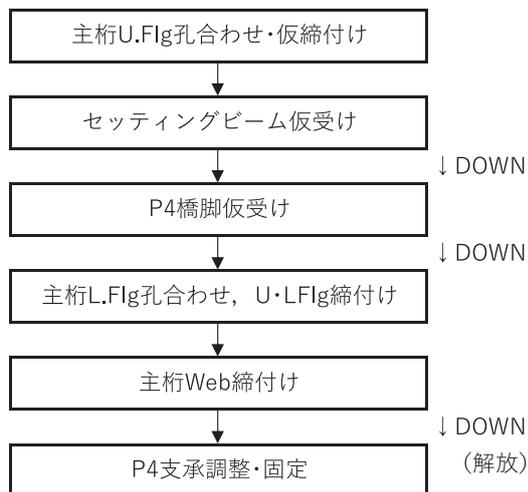


図-8 J25 接合手順

(3) P4 支承調整・固定

P4 橋脚は本橋のほぼ中心に位置しており固定支承であるため、標準温度時に P4 支承が所定位置となるよう、架設当日に支承の調整・固定を行った。架設当日に固定する理由は、曲線桁で縦断勾配も大きい構造であるため、温度変化による桁の伸縮で、桁全体が予期せぬ方向に移動してしまうリスクが高いためである。

多軸台車解放後、200t 鉛直ジャッキ+水平調整装置 4 台にて桁を所定位置まで調整し、橋脚に設置していた固定装置にて支承全方向の固定を行った (写真-3)。



写真-3 P4 支承調整装置および固定装置

5. おわりに

7月10日(土)の夜間架設当日、小雨が降る中での作業であったが、歩道は通行人が歩けないほど見学者で溢れ、近隣商業施設の駐車場をも埋め尽くすほどのギャラリーが固唾を呑んで作業を見守った。長年渋滞に悩まされていた地元住民の方々にとっては待ちに待った立体化事業であり、注目の一括架設であった。

そんな期待を背負い阿賀 IC ランプ橋は令和4年3月に無事に開通を迎えた。

立体化完成から1か月後の交通量調査では、ピーク時の所要時間が最大約4割短縮されていることが分かった。渋滞が緩和したことで、交通事故が減少し、安全性や生活環境の向上、地域の発展と活性化に寄与していくものと期待している。

JCMA

[筆者紹介]

坂本 淳平 (さかもと じゅんぺい)
 日本ファブテック(株)
 橋梁事業本部 工事統括 工事部



多摩川スカイブリッジで活躍した施工機械

上下部工一体による急速施工

山本 晃久・中島 浩平

多摩川スカイブリッジは、羽田空港と川崎市のキングスカイフロント地区を結ぶ多摩川河口の第1橋として、令和4年3月12日に開通した橋である。

工期短縮を目的として、上部工・下部工が一体となった甲型共同企業体により平成29年に工事着手した。しかし、令和元年東日本台風による河川内の土砂堆積で、再浚渫により工事が半年ほど遅れるという被害を受けながらも、作業船を中心とした河川内作業を行い、様々な制約を考慮しつつ、工事着手から約4年半という短期間で開通した本橋で活躍した施工機械について報告するものである。

キーワード：道路橋、河川内作業、台船架設、剛結構造、複合ラーメン橋

1. はじめに

多摩川スカイブリッジは、平成26年に国家戦略特別区域の東京圏の一部として指定されている羽田空港の周辺地域と京浜臨海部の連携を強化し、成長戦略拠点の形成を支えるインフラとして建設が決定された。

平成28年に都市計画変更及び自主的環境影響評価を行い、平成29年に工事を開始し、令和4年3月12日に開通した橋である。道路延長約840mのうち、多摩川渡河部は橋長約602mの鋼3径間連続鋼床版箱桁橋（複合ラーメン）、川崎側取付部は橋長約72mの鋼2径間連続鋼床版桁橋を採用している（図-1、2）。

そのうち、多摩川渡河部は、河川管理者が位置づける生態系保持空間（広域的にみた貴重な生態系を保持しようとする空間）が存在し、橋脚本体の設置はもとより工事用栈橋などの仮設構造物も設置できない範囲となっているため、作業船を用いた河川内での施工が中心となった。

本稿は、羽田空港の航空法による高さ制限、多摩川の浅い水深と潮流、近接する環状第8号線及び生態系保持空間などの様々な制約を考慮し、工事着工から約4年半という短い期間で実施した河川内での橋梁下部工及び橋梁上部工の施工で活躍した作業船や施工機械について報告するものである。

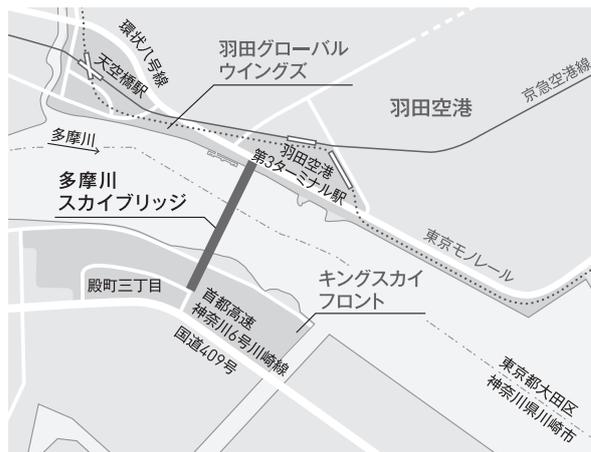


図-1 位置図

2. 構造概要

橋梁部の構造概要を表-1に、渡河部および取付部の上部工断面図を図-3、4に示す。

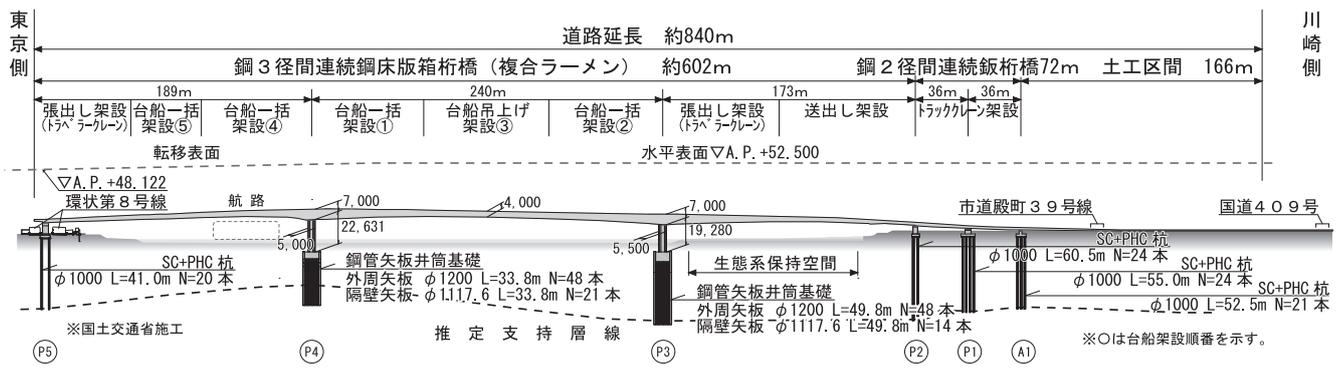


図-2 橋梁架設図

表-1 構造概要

| | | | |
|---------|------|--|---|
| 路線名 | | 川崎都市計画道路殿町羽田空港線 東京都市計画道路補助線街路第333号線 | |
| 道路規格 | | 第4種第1級 | |
| 設計速度 | | V=60 km/h | |
| 形式 | 渡河部 | 鋼3径間連続鋼床版桁橋(複合ラーメン) | |
| | 取付部 | 鋼2径間連続鉄桁橋 | |
| 上部構造 | 橋長 | 〈渡河部〉L=602.200m / 〈取付部〉L=72.000m | |
| | 支間長 | 渡河部 | 〈渡河部〉182.00m + 240.00m + 171.75m |
| | | 取付部 | 〈取付部〉35.20m + 35.20m |
| | 有効幅員 | 渡河部 | 車道 |
| 歩道・自転車道 | | | 2.0m (歩道) × 2 + 2.0m (自転車道) × 2 |
| 取付部 | | 車道 | 0.5m × 2 + 3.25m × 2 + 3.00m |
| | | 歩道・自転車道 | 2.0m (歩道) × 2 + 2.0m (自転車道) × 2 |
| 下部構造 | 形式 | 躯体 | RC逆T式橋台(A1), RCT形橋脚(P1, P2), RC壁式橋脚(P3, P4), RCラーメン式橋脚(P5) |
| | | 基礎 | 鋼管矢板基礎 外周矢板φ1,200, 隔壁矢板φ1,117.6 (P3, P4), SC+PHC杭φ1,000 (P1, P2, P5) |
| | 材料 | コンクリート | σ _{ck} =24 N/mm ² , σ _{ck} =30 N/mm ² |
| | | 鉄筋 | SD345, SD490 |
| 鋼管杭 | | SKY400, SKY490 | |

3. 下部工 (浚渫工, 基礎工, 橋脚工)

(1) 浚渫工

架橋位置は、多摩川河口(0.8Kp)に位置し、東京湾では貴重な河口干潟が存在する場所である。そのため、全体的に水深が浅く、架橋位置の航路部(幅約60m)でA.P.-3.0m程度であるが、それ以外はA.P.-1.0mより浅い水深であった。

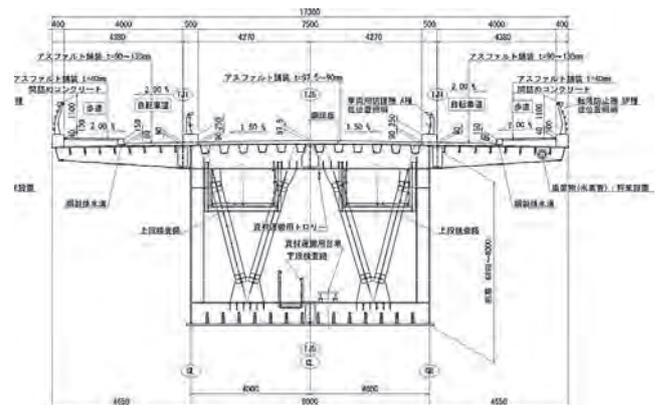


図-3 渡河部上部工断面図

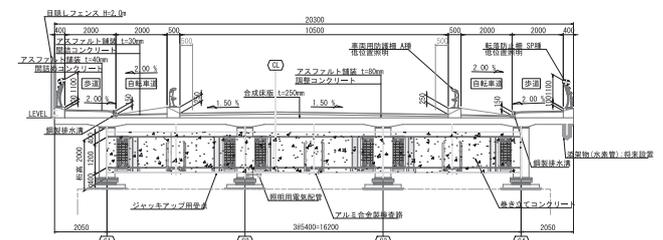


図-4 取付部上部工断面図

川崎側には生態系保持空間が存在し、工事用栈橋などの構築ができない空間であったことから、作業船による河川内作業にて工事を行う必要があった。

そこで、作業船が工事区域に進入できるように工事区域および河口の航路部の浚渫を行う必要があった。浚渫水深は、橋梁鋼桁の台船架設が可能なA.P.-2.0mに余掘0.5mを加えたA.P.-2.5mとし、バックホウ浚渫船4隻を用いて約18.5万m³の浚渫を行った(写真-1)。

浚渫した土砂は、底開式土運船(600m³積)にて川崎市の浮島処分場に運搬し、直投にて処分を行った。

浚渫後、作業船を用いて橋脚基礎および橋脚の施工を行い、令和元年9月30日に台船架設の1回目を行った。しかし、令和元年10月12日に令和元年東日本台風が襲来し、航路部も含め工事区域全てがA.P.±0.0m



写真一 干潟浚渫部での施工状況



写真二 台風襲来後の再浚渫状況

前後に埋め戻ってしまい、工事が中断した。

ここで、当初の東京オリンピックまでの開通は困難となったが、鋼桁の架設も始めており、早期供用を目指すという観点から、発注者と協議し、令和2年の台風シーズンまでに橋梁架設を完了させるという目標を立て、アユの溯上が始まる4月までに再浚渫することとした。

令和元年東日本台風の被災によりバックホウ浚渫船が全国的に不足する中、多摩川上流で工事をしていた業者にバックホウ浚渫船の融通を行ってもらった他、九州からグラブ浚渫船を回航するなど、バックホウ浚渫船4隻、グラブ浚渫船1隻で約13万 m^3 を約5か月半で浚渫し、4月からの鋼桁架設を開始した(写真一2)。

(2) 基礎工

橋梁基礎は、小判型の鋼管矢板井筒基礎で杭径 $\phi 1,200$ 、最大杭長63.0mである。架橋位置は羽田空港B滑走路の転移表面および水平表面範囲であり、A.P.+48.1~52.5mより上空に障害物が飛び出ることが許されない範囲であることから、杭打ち船を使用することができなかった。

また、多摩川河口は羽田空港A滑走路およびD滑走



写真三 鋼管矢板打設状況

路の進入表面範囲であり、A.P.+25mを超える作業船を曳航できないこと、また、水深が浅く、吃水が3mを超える作業船を曳航できないという制限があった。

当初設計では、ハーフセップ台船と中堀・圧入工法による施工となっていたが、荒天時の作業船の退避や $\phi 1,200$ の鋼管矢板を中堀・圧入できる施工機械が全国に少ないことから、作業構台を設け、200t吊クローラクレーンと高出力バイプロハンマ油圧ハンマ(IHC S-280)によるフライング打設にて施工を行った(写真一3)。

なお、河川内作業は濁水期施工(11月~5月)が基本であるが、本工事においては、河積阻害率を常時5%以下とし、荒天時の避難体制を確実にを行うことを条件に通年施工で行った。

そのため、仮設構台は河積阻害率を低下させないように鋼管矢板井筒基礎の投影面積内に収めるとともに、構台高さをH.H.W.L以上として、出水時にも器材が流されないような対策を講じた。

鋼管矢板は3本継ぎで施工し、空域制限を侵さないように施工するとともに、導杭、導材の設置と千鳥打設により精度よく施工することができた。

鋼管矢板井筒内の掘削は、井筒の安定性のため水中掘削とし、グラブバケット仕様の100t吊クレーン付台船にて行い土運船にて浮島処分場へ運搬した。切梁支保工は、作業構台上の200t吊クローラクレーンにて行い、作業足場として、井筒内に組立台船を連結して使用した。これにより短期間で、安定性の高い足場を水中上に構築することにより作業性の向上に努めた。

(3) 橋脚工

橋脚の施工は、仮設構台の200t吊クローラクレーンにて行い、鉄筋、型枠などの資材供給は1,000t積台船および100t吊クレーン付台船を用いて行った。

コンクリート打設は、配管することができない場所であることから、コンクリートプラント船(第七長崎



写真-4 コンクリート打設状況

号)を用いて行った。

このコンクリートプラント船は、1回で600 m³の打設能力があったが、その全数分の材料を積載すると吃水が深くなり、工事区域へ進入できないことから、1回当たりの打設の力を半分の300 m³とした(写真-4)。

4. 上部工

(1) 柱頭部

本橋は橋脚と鋼桁を剛結構造とした複合ラーメン構造とすることにより、中央径間が240 mと国内最大でありながら、桁高が7 mまでに抑えられ、景観に溶け込んだスレンダーな形状を実現している。また、その効果として鋼重や支承の削減により経済性、耐震性に優れた構造となっている。その剛結部の要が柱頭部であり、橋脚からの鉄筋(D51)を柱頭部の鋼桁に貫通し、コンクリートで確実に充填する必要がある。

そのため、鋼桁の架設を確実に行う必要があることから、架設には120 t吊固定式起重機船(HAKKEI-120)と200 t吊クレーン付台船を用いた。

水深が浅いため、吃水の大きな起重機船が使用できないことから、柱頭部の鋼桁はP3橋脚は12、P4橋脚は14分割して架設した。架設後に、鋼桁下フランジに設けたφ100 mmの鉄筋挿入用の孔(P3橋脚:256箇所、P4橋脚:244箇所)にD51の鉄筋を挿入、機械式継手で結合し、コンクリートプラント船で充填を行い、剛結構造とした(写真-5)。

(2) 地組・浜出し・曳航

鋼桁は、尾道、堺、和歌山の各工場で作製したものを鋼材運搬船および台船により千葉県富津港の公共岸壁まで海上運搬し、そこで最大82 mの大ブロックになるように地組立を行った。

地組立ヤードでは海上運搬した鋼桁を効率よく移動するため、多軸式台車を使用した。地組立は750 t吊と350 t吊のクローラークレーンを用いて実施した。



写真-5 柱頭部架設状況



写真-6 浜出し状況

製作した大ブロックは、3,000 t吊起重機船(富士)にて浜出しを行い、架台を艀装した4,000 t積台船に積込み、4,000 PSの曳船で川崎港まで曳航した。前述した様に多摩川の水深が浅いことから、多摩川河口で吃水の浅い800 PSの曳船に変更し、架設位置周辺まで曳航した(写真-6)。

(3) 台船架設

中央径間の240 m及び東京側径間の合計5ブロックの鋼橋架設は台船を用いて行った。架設位置は多摩川河口の0.8Kpの位置で、海の潮位の影響を受ける感潮河川であることから、5ブロックのうち、4ブロックは潮位を利用した台船架設とした。

架設日は大潮を狙って行い、満潮前に架設位置にセットし、満潮から下げ潮の間で架設した。架設後に台船に注水して、吃水を下げ、架設位置から離脱した。

1ブロックは台船吊上げ架設を採用した。これは、中央径間を3分割した真ん中であり、両方に架設済みの鋼桁があることから、鋼桁上に吊上げ設備として、200 t油圧ジャッキングホイスト8台を設置して吊上げ架設した。河川上の作業であり、船舶の動揺があるなか、吊上げジャッキのロッドと鋼桁との狭い空間で



写真一七 台船吊上げ架設状況



写真一九 送出し架設状況



写真一八 東京側張出し架設状況

のピン接合を行うことから、架設台船の正確な位置決めが要求された。

そのため、係留杭を打設し、ウインチ操作による位置決め他、緩衝用台船を用意し、正確な位置決めを努め、ピン接合を行い吊上げた。

ピン接合完了後、架設台船に注水し、吃水を下げて現場から離脱した。なお、閉合部であることから、鋼桁の継手遊間は20mmとし、仕口の接触を避けるため、仕口角度をハの字形状とした(写真一七)。

(4) 張出し架設

台船架設を行った鋼桁の両端に650t・m級のトラベラークレーンを設置し、川崎側、東京側に向けてそれぞれ張出し架設を行った。鋼桁は、地組立ヤードの富津港から架設進捗に合わせて台船にて運搬し、200t吊クレーン付台船で鋼桁上に楊重した。

東京側については、羽田空港B滑走路の転移表面にかかり上空制限があるため、クレーンブームがA.P.+49.5mを超えないように細心の注意を払って架設した。また、到達部のP5橋脚付近は、環状8号線上での架設となるため、防護工を設置するとともに、夜間の道路交通規制を行い架設を行った(写真一八)。

(5) 送出し架設

川崎側には生態系保持空間が存在するため、ベントなどの仮設備を設けることができない。そのため、P2橋脚とP3橋脚の間の172mはP3橋脚からの張出し架設とP2橋脚からの送出し架設で側径間中央で閉合する方法とした。

取付部橋梁となる範囲に送出し構台を設け、約104mの鋼桁を現地で組立てた。

通常であれば、送出し長が長く、張出し桁に向かい架設するため降下設備も大規模となるが、たわみの大きくなる手延べ機にたわみ処理装置(ジャッキによる角度調整機構)、到達側の桁上にSHLシステム(Super Heavy Lift System)の採用により、たわみに追従して高さを油圧ジャッキで調整し、送出し時の架設桁の水平を維持しながら架設することで、降下設備の規模を縮小した(降下量は平均で0.5m)。

また、長支間の送出しとなることから、送出し時の精度と安全性確保のために、横移動防止装置を配置し「送出し長・各支点反力・横ずれ量」を集中管理室にて一元管理した(写真一九)。

5. その他

河川内作業ではないが、取付部橋梁(2径間連続鈹桁橋)や東京側の遊歩道に接続する階段工、川崎側の取付道路および国道接続部の道路改良を行った。

取付部橋梁は、2径間の連続鈹桁橋で橋脚基礎は約50mのRC+PHC杭で、クローラ式杭打ち機による中掘工法で施工した。橋脚はRC構造で、上部工の施工は桁のI型鋼や合成床板の設置などは500t吊クローラークレーンにて行った。

東京側の階段工の基礎は、多摩川の防潮堤を挟んだ遊歩道と環状8号線隣接部に設置するため、作業ヤードが狭隘であることから、基礎杭は場所打ち杭とし、



写真-10 階段工基礎 (TBH 工法) 施工状況

大口径ボーリング工法の1つであるTBH工法(トップドライブリバース工法)にて施工を行った。

杭径は $\phi 1,500$ で杭長は約50mであったが、大きな揚重機が使用できないため、鉄筋かごの挿入におけるかごの分割数や鉛直精度確保を慎重に行った。

取付道路は、逆T擁壁と重量式擁壁による盛土構造である。

逆T擁壁はレベル2地震動対応とし、取付部と同様にPHC杭による杭基礎構造でクローラ式杭打機による中掘工法で施工した。また、盛土部は道路沈下対策として、 $\phi 3,500$ の高圧噴射攪拌工法で格子状改良を行った。既設下水道管や高圧電力線の埋設を考慮した施工のため、地盤変状に気を付けながら施工をおこなった(写真-10)。

6. おわりに

本工事は、平成28年に都市計画変更、平成29年に設計施工一括発注と計画が完全に固まらない中、設計と施工を並行して進めてきた。また、空域制限や生態系保持空間の存在など大きな制約がありながら、その時点における効率的な施工機械や作業船の選定および調達を行ってきた。

さらに、令和元年東日本台風による埋戻りと再浚渫という想定外の事象が起こり、浚渫船の調達や地組ヤードの占用期間の延長や工程変更による大型機械の再確保など、1工事にしては数多くの作業船や施工機械を使用している状況であったため施工計画の立案と



写真-11 開通直前の多摩川スカイブリッジ

実施にかなりの労力を要した。そんな状態でありながらも、大きなトラブルもなく着工から約4年半という短期間で開通することができた(写真-11)。

この短期間の施工を成立させた大きな要因として、施工機械調達や配置計画の成功があげられると考える。

日々の状況変化に臨機応変に対応してもらったJV職員とその要望に応え対応し施工機械を調達して頂いた協力会社の方々に感謝の意を表したい。

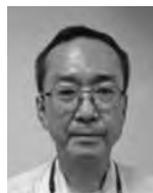
JICMA

《参考文献》

- 1) 本田, 山本: 中央支間240mの複合ラーメン橋の設計施工, 土木施工, vol.60, pp.68-71, 2019.4
- 2) 室水, 陶山, 山本:(仮称) 羽田連絡道路渡河部橋梁の施工状況報告, 橋梁と基礎, vol.55, pp.48-49, 2021.3
- 3) 鈴木, 本田, 徳永, 榎本, 須藤, 神出: 多摩川スカイブリッジの計画・設計, 橋梁と基礎, vol.56, pp.13-18, 2022.1
- 4) 鳥羽, 丸田, 森, 中島, 山下, 山本: 多摩川スカイブリッジの施工, 橋梁と基礎, vol.56, pp.19-24, 2022.1

【筆者紹介】

山本 晃久(やまもと てるひさ)
五洋建設㈱
土木本部 土木技術部
専門部長



中島 浩平(なかじま こうへい)
日立造船㈱
機械・インフラ事業本部
鉄構・防災ビジネスユニット 企画部
副部長



スパンバイスパン架設工法による橋梁上部工の施工 フィリピン・南北通勤鉄道事業 CP01 工区

内田 裕之・吉田 朋広・大嶋 雄

近年のフィリピンは高い経済成長率を維持しつつも、持続的経済成長のための基盤が脆弱であると言われている。最大の問題点の一つにインフラ不足が挙げられ、特に運輸交通インフラに関しては、先進ASEAN諸国の中で最も低い評価であり、マニラ首都圏はその交通渋滞により、毎日巨額の交通コストが発生している。

本稿では、大首都圏における道路ネットワークの拡充による一極集中緩和・物流円滑化を目的とする鉄道事業のうち、ルソン島北部からマニラ首都圏を結ぶ南北通勤鉄道事業 CP01 工区において、スパンバイスパン工法により大規模に展開する橋梁上部工工事に焦点をあて、使用する建設機械の選定、汎用性を高めた計画について述べる。

キーワード：橋梁上部工、スパンバイスパン工法、ストラドルキャリア、ロンチングガーダー

1. はじめに

マニラ首都圏は、全人口の13%、GDPの37%が一極集中するフィリピン最大の活動拠点となっている。一方で、急激な人口の増加に対して、十分なインフラ設備が整っていないのが現状である。フィリピン政府は、マニラ首都圏の運輸・交通網の整備を徐々に進めてきたが、いまだに深刻な交通渋滞の解消には至らず、今後マニラ首都圏が南北方向へ健全に発展していく上でのボトルネックとなっている。そこで、鉄道と高速道路からなる統合された都市大量輸送システムを導入し、南北交通軸を整備する必要がある。現在、計

画・着工されているフィリピンの鉄道事業の一覧を図-1に示す。

本稿では、マニラ首都圏を中心とした運輸・交通網の整備事業のうち、ルソン島北部からマニラ首都圏を結ぶ南北通勤鉄道事業 CP01 工区において、スパンバイスパン工法により大規模に展開する橋梁上部工工事に焦点をあてる。とりわけ、セグメント製作ヤードの場内運搬に使用するストラドルキャリアの選定経緯、スパンバイスパン工法の架設機であるロンチングガーダーの汎用性を高めた計画について述べる。

2. 工事概要

南北通勤鉄道事業（マロロス～ツツバン、路線長：37.9 km）のうち、当 CP01 工区は南端のソリスから本線 21.2 km の高架橋、補強盛土、6 駅舎および 1 車両基地を対象とする（図-2）。

- ① 工事名称：フィリピン・南北通勤鉄道事業 CP01 工区
- ② 発注者：フィリピン共和国政府・運輸省（DOTr）
- ③ 資金：日本のODA 有償資金
- ④ 設計：JDT（オリエンタルコンサルタンツ・片平エンジニアリング・トーニチコンサルタンツ・パシフィックコンサルタンツ・日本コンサルタンツ共同企業体）
- ⑤ 施工監理：NSTren（オリエンタルコンサルタンツ・



図-1 フィリピンの鉄道事業一覧



図一 2 完成予想図

片平エンジニアリング・トーニチコンサル
 ルタント・パシフィックコンサルタンツ・
 日本工営共同企業体)

⑥施 工：大成建設・DMCI 共同企業体

⑦工 期：2019年12月～2023年6月（42ヶ月）

⑧工事数量：PC 箱桁橋梁工事

| | |
|---------------|-----------------------|
| 場所打ち杭 | 2,553 本 |
| RC 橋脚 | 494 基 |
| セグメント製作・運搬・架設 | 6,122 個 |
| 張出し架設 | 2 橋 |
| 場所打ち総支保工 | 43 支間 |
| 補強盛土工事 | |
| RRR 盛土 | 69,600 m ³ |
| 駅舎工事（土木） | |
| 場所打ち杭 | 1,017 本 |
| 躯体工 | 66,500 m ³ |
| 車両基地（土木） | |
| 場所打ち杭 | 724 本 |

3. セグメント製作ヤードの計画

プレキャスト工法を代表するスパンバイスパン工法は、工場製作プレキャストセグメントを1支間ごとに一括して架設する。本工事では、3棟の製作ヤード、2箇所のストックヤードおよびバッチングプラントで構成される敷地面積が約10haのセグメント製作ヤードを現地に造成した（写真一1）。

総数6,122個のセグメント製作を22箇月間（最大310個/月）で完了する計画であるため、24セットの型枠設備を準備する。セグメント幅が10.3m、6.3m、5.1mと3種類あり、標準セグメントと端部セグメントで型枠設備が異なるため、それぞれの型枠設備のセット数と必要なセグメント数の比率がポイントとな



写真一 1 セグメント製作ヤード

る。製作方法はショートラインマッチキャスト方式で、打設後10時間で所定の強度（15MPa）に達するコンクリートの配合、精度の高い計測・出来形管理および待ち時間を極力減らす場内運搬計画が品質・工程管理をする上で重要となる。

また、4台の架設機が計画されており、セグメントの製作スピードが架設スピードに遅れないようにするため、製作個数の3箇月分にあたる約1,000個をストックするヤードを確保する必要がある。このため、二段積みにした状態で、それぞれ560個、510個のセグメントがストック可能な2箇所のヤードを計画した。

さらに、90m³/hrの練り混ぜが可能な2台のバッチングプラントを計画した。これは、端部セグメントの1個あたりのコンクリート量が約25m³であるため、仮に1台のバッチングプラントを容量の70%で8時間稼働すると、一日で20個のセグメントが製作可能であることを意味する。一連のコンクリートに関する試験が可能なラボラトリーを併設し、3台のコンクリートポンプ車と30台のミキサー車を配備することで、24時間のコンクリート打設体制を確立した。

(1) ストラドルキャリアの選定

製作されたセグメントは、ストラドルキャリア（以下、SC）により場内運搬・仮置き・積み込みが行われ、トレーラーにより架設ポイントへ運搬される（写真一2）。

セグメント製作ヤードには、イタリア製の3台のSCが配備されている。SCは、メインガーダー、2つのトラス部材、4つのホイールと油圧システム、リフティングトレーラー、リフティングウィンチ、吊り治具、コントロールキャビンおよびプラットホームで構成され、総重量68.5t、スパン15m、ホイール間隔8m、最大ストロークは10.4mとなる。セグメントの最大重量を80tと想定し、最大吊り荷重は120t、吊り治具は90tで計画されている。使用開始前には、



写真一 2 ストラドルキャリアー

第三者機関による載荷試験証明書が必要となる。

セグメントを工場製作する際に、場内運搬の手段として選定される使用機械は、門型クレーンが主流である。そこで、本工事において、SCの選定に至った経緯を説明する。

以下に、門型クレーンおよびSCの特徴を列挙する。

①門型クレーン

- ・天井クレーンの両端に脚を設けた橋のような構造を持ち、床上のレールを走行する。
- ・自由な設置、高揚程、高容量および長スパンに対応可能である。
- ・レール上を一定方向にのみ移動可能であるため、資材ヤード・型枠設備・ストックヤードを直線状にレイアウトする必要がある。
- ・レール設置のための基礎工事が必要となる。

②ストラドルキャリアー

- ・油圧システムにより、車輪軸とタイヤを回転させることで、全方向に対して移動可能である。このため、資材ヤード・型枠設備・ストックヤードのレイアウトに制限が少ない。
- ・走行可能範囲が広いと、現地盤の整備により手間とコストが発生する。

次に、本工事特有の条件により、門型クレーンの場合に発生する課題を以下に説明する。

①広大な製作ヤード

全体の約8割を占める幅10.3mのセグメントを製作するには、大型の門型クレーン（最大吊り荷重：80t、スパン長：15m）が必要となり、6台の配備を想定すると、製作ヤードとして幅100m×延長80mの用地確保が必要となる。

②広大なストックヤード

約1,000個のセグメントをストックするヤードとし

て、幅100m×延長500mの用地確保が必要となる。

③借地の制約

本線近傍に確保できる用地は、湿地帯を埋戻す必要があり、最大で220m×280m×320m×500mといういびつな菱形形状の湿地帯であった。上記①②の他に、資材および鉄筋かご組立ヤードとして幅100m×延長20mの用地確保が必要であり、門型クレーンを有効活用するために、それぞれに必要な用地を直線的にレイアウトすることは難しい状況だった。

さらに、海外工事におけるリスクマネジメントの観点から、門型クレーンよりSCの方が優位であると判断した。これは、「門型クレーン1台が故障すると、1ラインの稼働が完全に中止する。一方で、SC1台が故障しても、生産性は落ちるが、残りの2台でカバーすることが可能である。」と評価したためである。

以上により、本工事では、セグメント製作ヤードの場内運搬に使用する建設機械として、SCを選定した。

(2) 安全への取組み

建設工事の安全衛生に関する法基準や安全文化は国によって様々である。しかしながら、いかなる国においても、労働安全衛生マネジメントシステムに基づく「計画－実施－点検－改善」(PDCA)のサイクルを適切に実施・運用することが大切である。また、朝礼／ツールボックスミーティングを通して、培ってきた安全管理のノウハウと作業所関係者全員の熱意を結集し、現地技術者と労務者に対する安全衛生教育に努めることで、安全な労働環境を作ることが責務である。

SCの運用にあたり、重機・機械との接触災害の防止対策として、ホイール部に巻き込み防止カバー、接触感知センサー、オペレーターが目視確認できるカメラを設置して、三重の安全対策を施した(写真一3)。



写真一 3 SC安全設備

また、SCはオレンジのラインで示される所定のルートのみをマニュアルで走行し、ストックヤードにおける安全通路の確保および誘導員の配置を徹底した。

4. スパンバイスパン工法によるセグメントの架設

スパンバイスパン工法の架設機であるロンチングガーダー（以下、LG）は、全長90m、総重量387t、支間仮吊り最大荷重は659t（最大セグメント重量72t、12個）である。エレクションガーダー（以下、MT）、セグメント吊上げ装置（以下、UCB）、補助クレーン（以下、AUCB）、ガーダー移動装置（4個、以下、ULRS）、前方支持架台（以下、FSF）、後方支持架台（以下、RSF）、前方ベント（以下、FSL）、後方ベント（以下、RSL）、セグメント吊り金具（以下、SLB）、仮吊り装置（PC鋼棒φ32）および緊張作業台で構成され、スパン長：20m～40m、平面線形：R=652m、縦断勾配：±2.50%に対応可能である（図-3、写真-4）。

MTは、2つの平行する鋼トラス構造（高さ4m×幅2.25m×延長90m）で構成され、その中心間隔を4m（直線スパン）、5m（曲線スパン）、6.5m（リア・フィーディング）と変化させることで、セグメントとの必要なクリアランスを確保する。また、FSFおよびRSFの横梁上にある4個のULRSに配置されるジャッキにより、MTは1.5m/minで前進する。

LGが前進する施工ステップを以下に示す。

- ① LG組立後、最初のスパン架設完了（図-4_STEP-1）。
- ② RSLがRSFの右前方に移動し、UCBがRULRS上に移動後、MTが前進を開始（図-4_STEP-2）。
- ③ MTの前進終了後、RSFを解体し、RULRSが脚頭部からセグメント上に移動。RSLの反力をRULRS

に受け替え、FSLが次の脚頭部へ移動を開始（図-4_STEP-3）。

- ④ FSLの移動終了後、UCBとRULRSがFSFの位置に移動。FSFの反力をRULRSに受け替え、FSFが次の脚頭部へ移動（図-4_STEP-4）。
- ⑤ FSLの反力をFSFに受け替え、MT、FSL、RSLおよびUCBの位置を整えてから、次のスパンの架設を開始（図-4_STEP-5）。

上記に示す通り、LGは支持架台とベントで反力を受け替えながら前進する。脚頭部におけるPC鋼棒の仮固定計画および支承周りのジャッキによる仮受け計画が重要となる。

(1) ボトム・フィーディングによるセグメント架設
スパンバイスパン工法によるセグメントの架設手順を以下に示す（図-5）。

- ① LGの移動

架設を行うスパンまでLGを移動する。

- ② セグメントの運搬

SCによりストックヤードのセグメントをトレーラーに積み込み、当該スパンまで地上を運搬する。



写真-4 LG架設状況

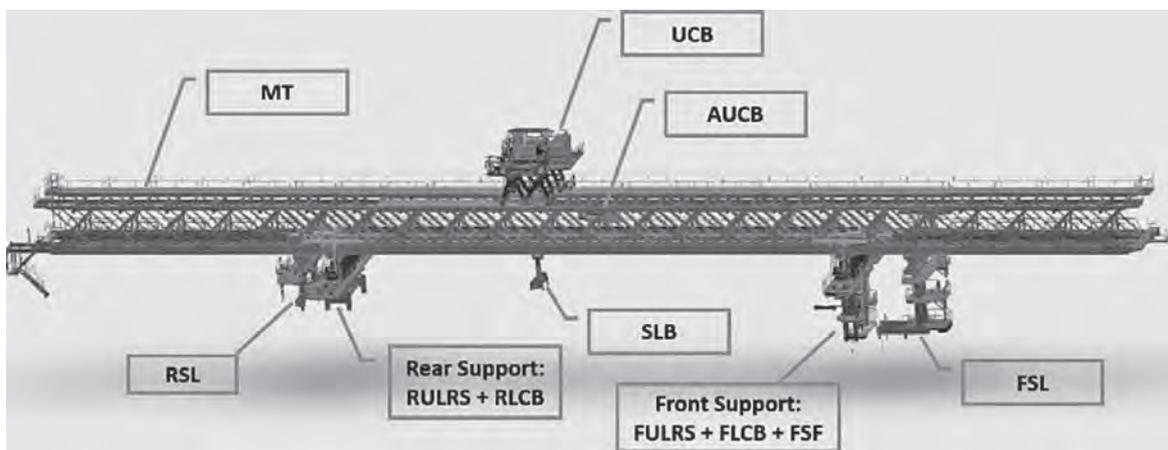


図-3 ロンチングガーダー

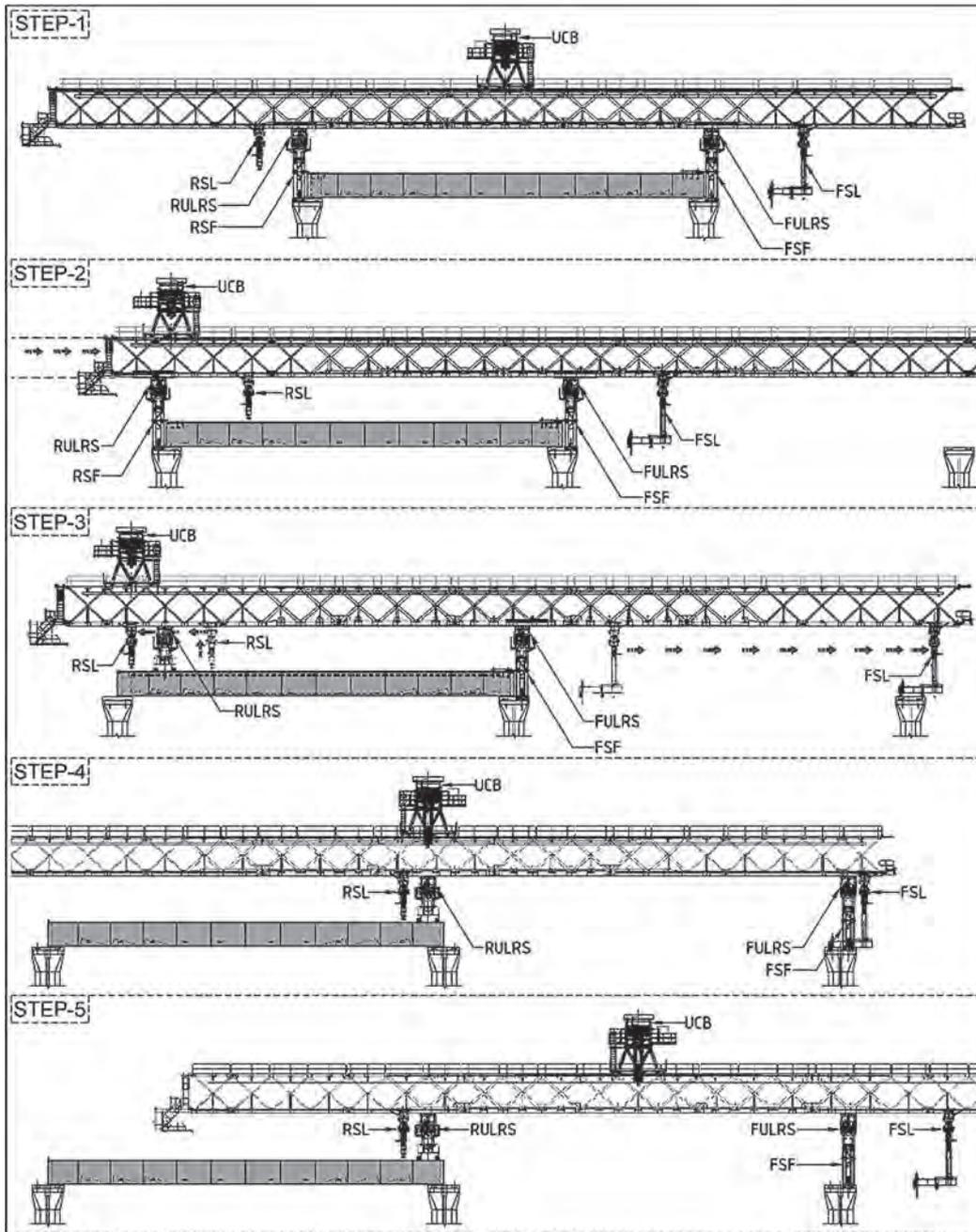


図-4 LG 前進状況

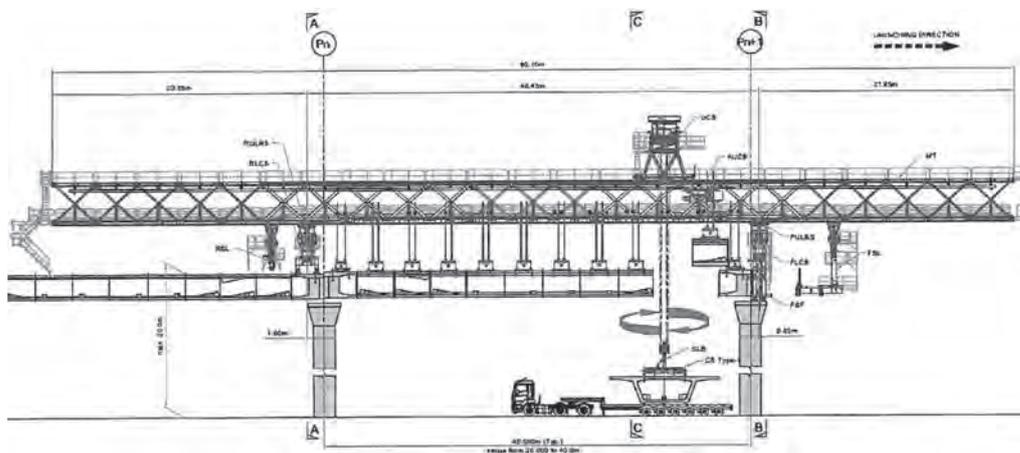


図-5 ボトム・フィーディングによるセグメント架設

③セグメントの吊下げ

運搬されたセグメントをLGのUCBにより所定の高さまで引き上げた後、吊り材に盛り替える。

④セグメントの引寄せ、接合

すべてのセグメントの吊下げが完了したらセグメントの端面（小口面）にエポキシ系の接着剤を塗布し、上下床版に配置されたPC鋼棒を用いてセグメントの引寄せ、接着を行う。材料の飛散防止や雨天時に作業を可能にするための仮設備が必要である。

⑤PC鋼材の緊張

作業台を用いてPC鋼材を挿入し、緊張ジャッキで所定の緊張力を与える。この緊張力により、1支間分のセグメントが一体化し、単純桁構造となる。

⑥線形調整作業

PC鋼材緊張時に桁形状が上反りとなり、脚頭部上の仮受けジャッキに荷重を盛替えることで、吊り材は順番に緩んでいく。最終的に全ての荷重が受け替わった後、ジャッキを用いて最終の線形調整作業を行う。

⑦ジャッキダウン

あらかじめ、脚頭部上に設置しておいた本設ゴム支承と主桁間に無収縮モルタルを打設する。沓座モルタルの強度発現を確認した後に仮受けジャッキをダウンし、本支承に荷重を受け替える。

架設スパンの直下までセグメントを運搬し、下側から吊上げる方法をボトム・フィーディングと呼び、最も一般的な架設方法である。

(2) リア・フィーディングによるセグメント架設

都市部においてスパンバイスパン架設を行う場合、非常に多くの一般道が交差している状況であることから、ボトム・フィーディングによる架設は一般車両や第三者および他工事関係車両との交通災害リスクが高くなる。

また、本工事では、橋梁上部工と並行して、駅舎工事が進捗する。駅舎工事の施工範囲でこの作業手順にならうと、LGが通過するまで、掘削・土留め・

構築工事を開始することができない。駅舎工事にも他工区に引渡すための中間工期が定められており、全体の工程を逼迫する恐れがあった。

そこで、本工事では、工程短縮案の一つとして、リア・フィーディングによるセグメント架設方法を検討した。リア・フィーディングとは、架設済みスパンの橋面上をトレーラーで運搬し、進行方向の逆側からMTの中心間隔を4mから6.5mに広げることでLG内にセグメントを抱えこみ、所定の位置にセットする方法である（図-6、7）。

架設済み桁の設計照査や、LGの安定性確認等、施工時検討が必要となる上、桁架設のサイクルタイムも若干落ちるが、全体の工事工程にメリットがあると判断し、この方法を採用した。

このように、事前に施工条件を確認し、綿密な施工計画を立案することで、LGの汎用性を高めることができた。

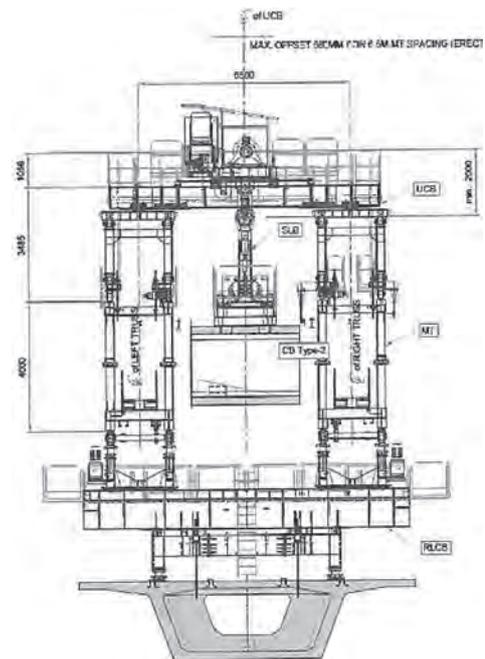


図-7 LG断面図 (MT中心間隔: 6.5m)

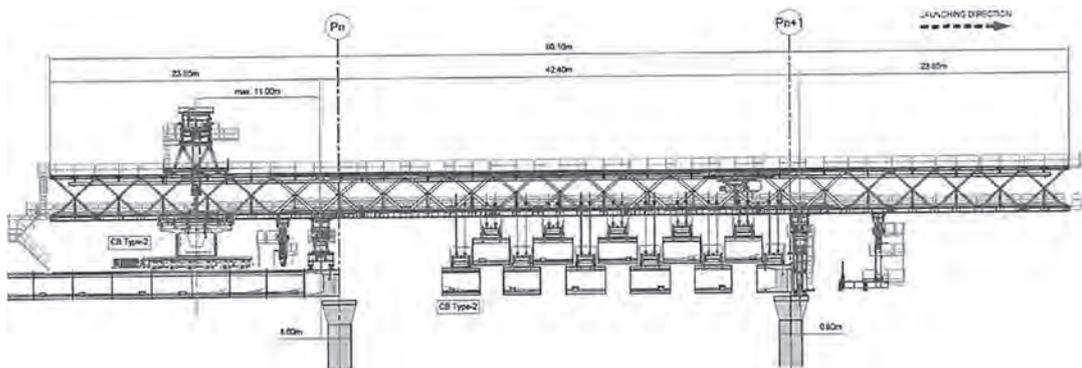


図-6 リア・フィーディングによるセグメント架設

5. おわりに

発注者である DOTr をはじめ関係各省庁、JICA、日本大使館のご支援を受けながら、現在、鋭意工事を進めている。フィリピンと日本との友好の一端を担うべく、今後も安全第一で、より良いものをフィリピンの地図に残すよう努力していきたい。



《参考文献》

- ・外務省，対フィリピン共和国事業展開計画，2018年4月
- ・フィリ独立行政法人国際協力機構，フィリピン国南北通勤線事業補足準備調査，2015年11月

【筆者紹介】



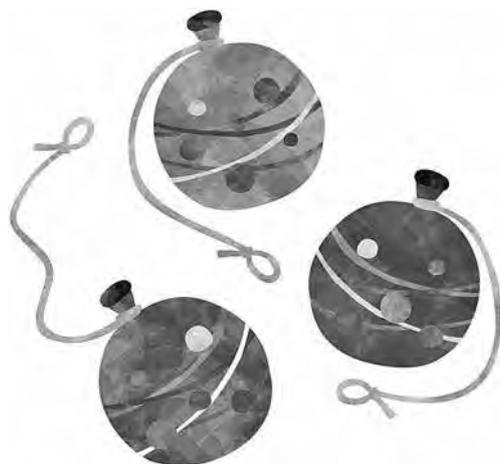
内田 裕之（うちだ ひろゆき）
大成建設㈱
国際支店土木
作業所長



吉田 朋広（よしだ ともひろ）
大成建設㈱
国際支店土木
次長



大嶋 雄（おおしま ゆう）
大成建設㈱
国際支店土木
課長



長大スパンのプレキャストセグメント張出し架設 徳島南部自動車道 吉野川サンライズ大橋

山下 恭敬・鈴木 健太郎・山口 統央

吉野川サンライズ大橋は、耐久性向上・工程短縮を目的としてプレキャストセグメント桁（以下、セグメントという）を製作し、2種類の張出し架設を採用して工事を行った。本稿では、セグメント橋として最大級の張出し架設を架設桁とエレクションノーズの2種類の架設方法について主に報告する。

キーワード：プレキャストセグメント，架設桁，エレクションノーズ，工程短縮

1. はじめに

四国横断自動車道 阿南四万十線は、徳島県阿南市を起点とし、香川・愛媛・高知の各県を結び高知県四万十市に至る延長約 312 km の高速道路である。このうち、徳島沖洲 IC～徳島ジャンクション (JCT) 間の約 4.7 km は、高松道・徳島道と新直轄方式で整備されている阿南～徳島東間を結ぶ事業区間である。本事業により、四国東部における広域ネットワークの構築、地域間交流の強化、沿線道路の渋滞緩和ならびに災害時の代替機能の強化が期待されている (図-1)。

吉野川サンライズ大橋 (以下、本橋という) は、徳島 JCT の南方 3 km に位置し、徳島県を東西に流れる吉野川の河口に建設される橋長 1,696.5 m の PC15 径間連続箱桁橋である (図-2)。本橋の橋梁形式は、吉野川河口部の環境保全対策および橋梁形式の選定のための検討会で決定された。

本橋の特徴として、環境への配慮から鳥類の飛翔と河川流況を阻害しない最大支間長 130 m の桁橋形式、プレキャストセグメントを用いたバランスドカンチレ



図-1 橋梁一般図

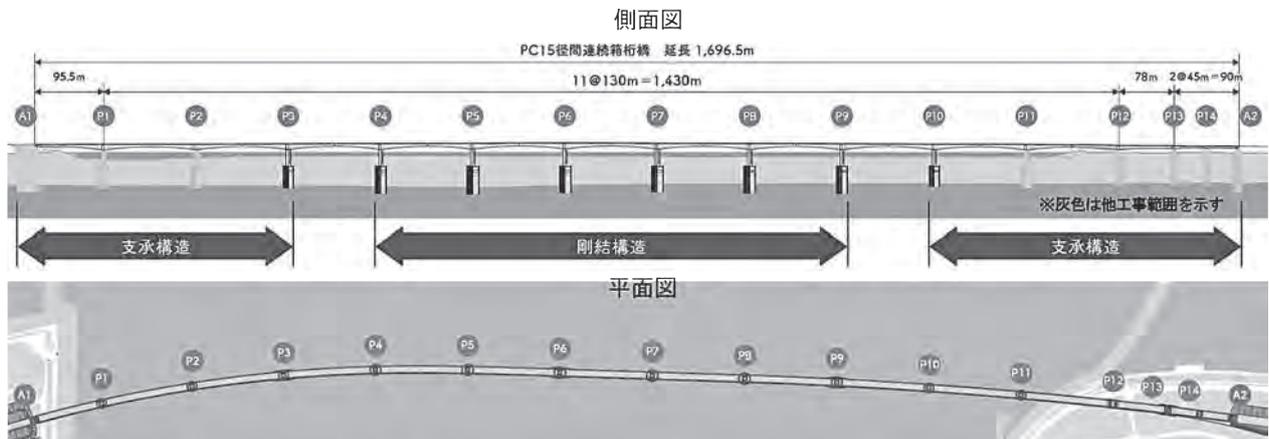


図-2 橋梁一般図

バー工法による環境負荷低減と出水期も含めた通年施工による工期短縮、支承のメンテナンスを軽減し維持管理性を向上するための中央5径間（P4～P9）の上下部工を剛結とするラーメン構造化が挙げられる¹⁾。

本稿では、プレキャストセグメントを用いた張出し架設工法のうち主に架設について報告する。

2. 橋梁概要

(1) 工事概要

工 事 名：四国横断自動車道 吉野川大橋工事
 発 注 者：西日本高速道路(株) 四国支社
 施 工 者：鹿島建設・三井住友建設・東洋建設共同企業体

工事場所：徳島県徳島市川内町旭野～東沖洲
 工 期：2016年2月3日～2022年3月17日

(2) 構造概要

本橋の橋梁諸元を以下に示す。
 構造形式：PC15径間連続箱桁橋
 橋 長：1,696.5 m
 支 間 長：95.5+11@130.0+78.0+2@45.0 m
 有効幅員：W = 9.52 m
 桁 高：h = 3.0 m～8.0 m
 横断勾配：2.5～3.0%
 平面線形：R=2,000～A=700～R=∞～R=7,000
 設計荷重：B活荷重
 架設工法：プレキャストセグメント工法による張出し架設，固定式支保工
 下 部 工：柱式橋脚，逆T式およびラーメン橋台
 基 礎 工：鋼管矢板井筒基礎，鋼管杭

3. セグメント架設

本橋は、前述のとおり吉野川河口に建設される橋梁であるため、波浪の影響を直接受けることとなり、下部工施工時には稼働率が低下するなど対応に苦慮した。

さらに、橋梁中央より右岸側は水深が極端に浅く海上からの資材供給を行うためには大量の浚渫が必要となる。

そこで本橋では上部工の施工工程を短縮する事を主な目的としてプレキャストセグメント工法を採用した。本橋の特殊な施工条件から次に示す2つの架設方法を採用し、これに対応させるためプレキャストセグメント製作ヤードを2箇所設けた。

① エレクションノーズによる張出し架設（写真—1）

左岸側となるP1～P4区間は比較的水深が確保できているため、台船によるセグメントの海上運搬を行い、エレクションノーズによる直下吊で架設することとした。

② 架設桁による張出し架設（写真—2）

右岸側となるP5～P12区間は軌道装置によりセグメントの運搬を行い、A2側から順次架設桁を送出しながら張出し架設を実施した。

プレキャストセグメント工法を採用することで、懸念されていた河川内作業の稼働率の向上や、塩害環境下でのコンクリート打設回数の削減や海上への汚濁水の流出リスクの低減などでメリットがあった。



写真—1 エレクションノーズによる張出し架設



写真—2 架設桁による張出し架設

(1) エレクションノーズによる張出し架設

エレクションノーズの全体図を図—3に示す。エレクションノーズは移動作業車と同様にメインジャッキ（鉛直反力用）、アンカージャッキ（アップリフト抵抗用）を装備したトラス構造（上部フレーム）の上にセグメント架設クレーンを搭載した。

本橋の柱頭部施工には、下部工にブラケットを取り付けて構台を構築することとなる。柱頭部施工に必要な構台に受ける波の影響検討を行った結果、柱頭部の橋軸方向長さを構造上必要最小となる8.0mで施工する必要があった。一般的なエレクションノーズでは、左右の張出しに対して設備を独立させ、それぞれで架

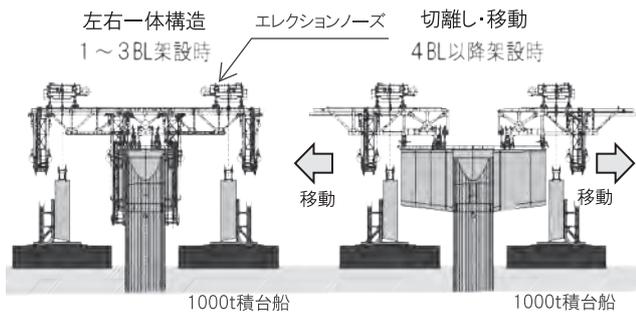


図-3 エレクションノーズ全体図

設を行う。しかし、最大重量 100t のセグメントを吊り上げる架設クレーンを搭載したエレクションノーズは柱頭部に収まらないほど大型化する必要がある、さらに 1～3BL 目は橋脚に近く 1,000t 積平台船が架設位置直下まで近寄れないため、1～3BL までの架設は、左右一体構造のエレクションノーズで架設し、それ以降は上部フレームを分離して左右で独立したエレクションノーズで架設を行った。エレクションノーズの設置・撤去は 400t 級の起重機付き台船を用いた(写真-3)。

セグメントの架設は 4～7BL (桁長 2.25 m) および 8～11BL (桁長 3.0 m) までのセグメント架設時は 2BL 架設毎に、12BL～20BL (桁長 3.5 m) 架設時は 1BL 架設毎にエレクションノーズを前進させた。

セグメント製作ヤードから出荷されたセグメントは、1,000t 積平台船を用いて海上運搬し、架設海域まで移動した後、セグメント架設クレーンによって吊り上げた。吊り上げ後に、既設マッチ面にエポキシ系接着剤の塗布を行い、引寄せ鋼棒 (PC 鋼棒φ32) を挿入・連結して緊張 (6～10 本/断面、緊張力: 500 kN/本) した。引寄せ完了後、内ケーブル(12S15.7)



写真-3 エレクションノーズ設置状況

の挿入・緊張を行った。基準セグメントの据付精度は、橋梁全体の出来形精度に及ぼす影響が大きく、特に片持ち張出し架設の場合は顕著になる。そのため基準セグメント (1BL・14BL) (図-4 参照) の据付にはセグメント出来形形状を反映した平面・高さ位置を算出(後述)し上下スラブ左右ウェブの目地幅を mm 単位で管理し十分に留意してセットを行った(写真-4)。基準セグメントの据付場所打ち調整目地コンクリート



写真-4 基準セグメントの平面位置・高さセット状況

- ・セグメントの割付は1張出当たり片側20個のセグメント
- ・1・14個目は場所打ちによる調整目地を設けている
- ・併合ブロックを合わせて1径間41個のセグメントで構成

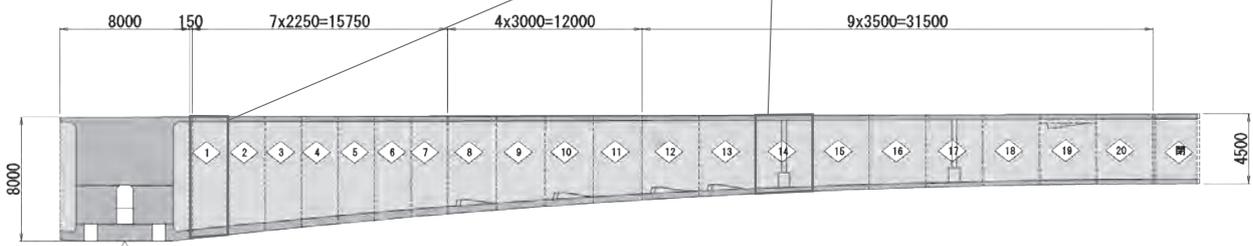


図-4 吉野川サンライズ大橋 プレキャストセグメント割付図

(繊維補強材・膨張材添加)を打設後、所定の強度発現を確認してから緊張を行った。

(2) 架設桁による張出し架設

架設桁の全体図を図-5に、セグメント運搬時の架設桁断面を図-6に示す。架設桁は柱頭部上に設置した3基の脚上設備(ベント)で支持された2径間連続2室箱桁橋である(全長318.8m、鋼重1,982.1t、桁高4.5m、幅1.6m)。

架設桁上にはセグメント運搬用の100t吊橋形クレーン2基、PC鋼材と資機材揚重用の16t吊ラフテレーンクレーン台車および架設用移動足場2基を配置した。

本線盛土横の製作ヤードから出荷したセグメント

は、軌条設備を通して架設桁後方まで運搬台車で運搬した。その後、架設桁後方でセグメントを橋形クレーンに吊り替えて、架設桁上の橋形クレーンで架設位置まで運搬した。接合以降の作業はエレクトリオンノーズと同様である。

架設桁は張出し架設が終われば架設桁を次の橋脚へ送り出して(1径間分130m)次の径間の張出し架設を行った(写真-5)。架設桁送り出し作業は、架設桁最後方に設置されたダブルツインジャッキで、柱頭部上のベントに取り付けられたPC鋼より線を牽引することで行った。架設桁端部に軌条部を走行できる最後方台車を設置し、桁の送り出しとともに追従させた。脚上に設けたベント設備と架設桁の間にはエンドレスローラーとともに水平方向・鉛直方向に桁の位置を修正出来るジャッキを設置し、送り出し時の桁の位置や桁の反力を調整した(写真-6)。

送り出し速度は毎分約1mで、送り出しを安全かつ確実に行うため、送り出し状況を常時監視できるように集中管理室を設置し各ベントにかかる反力、架設桁

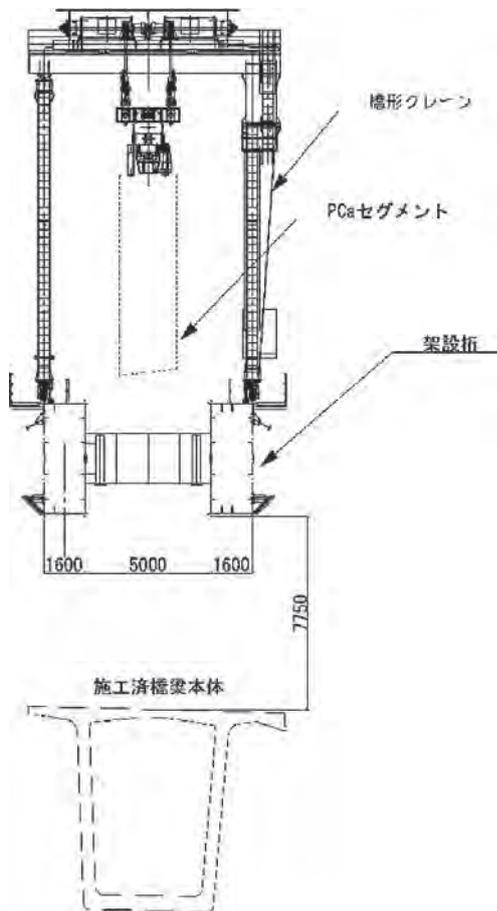


図-6 セグメント運搬時の架設桁断面



写真-5 送り出し状況

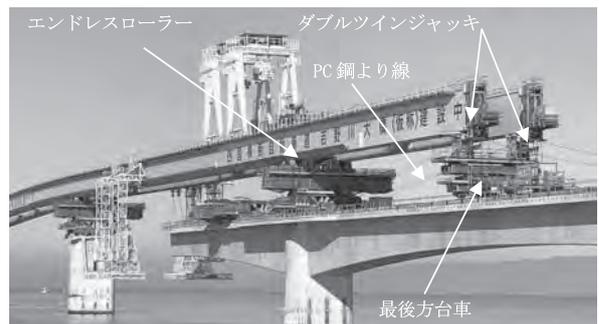


写真-6 牽引設備

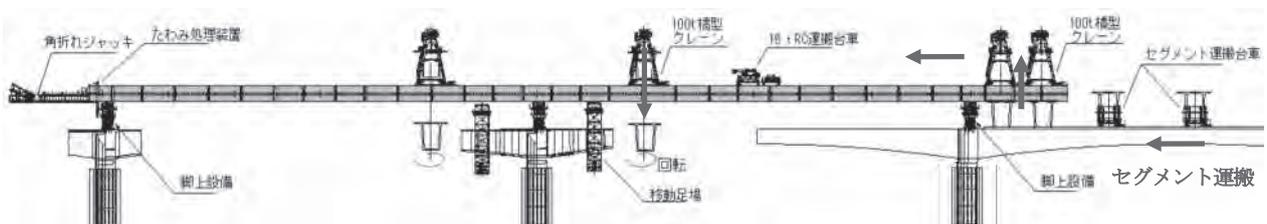
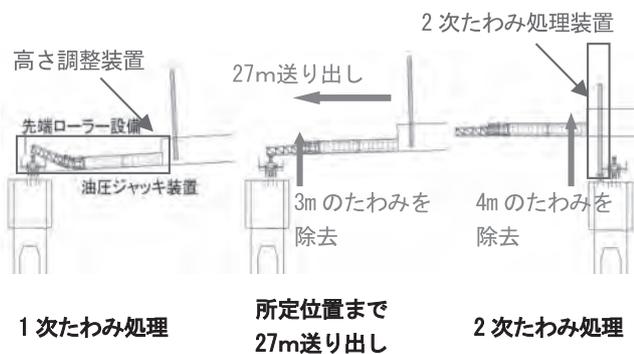


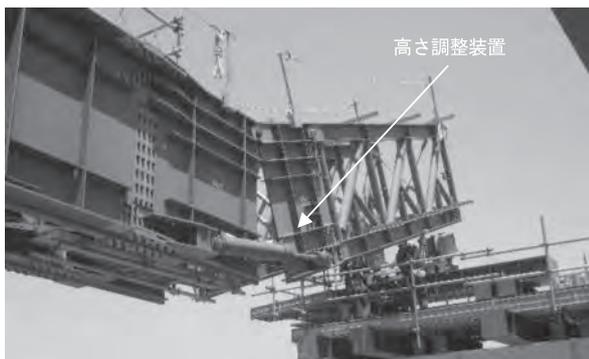
図-5 架設桁全体計画図

の移動量、さらに架設桁に生じるひずみ量をモニタリングしながら送り出し作業を行った。

架設桁送り出し長は130mと長いので、架設桁先端到達前の最大たわみ量は約7m生じる。たわみ量が大きいため、たわみ処理は2段階に分けて行った。たわみ処理の方法を図一7に示す。1次たわみ処理（写真一7）では、架設桁の先端設備が到達側の先端ローラー設備に到着した後、高さ調整装置に取り付けられた油圧ジャッキを縮ませることで、逆への字に折れた状態の先端設備を伸ばすことで3mのたわみを処理した。その後、所定位置まで架設桁を送り出した後に2次たわみ処理（写真一8）を行った。2次たわみ処理では架設桁先端に設置した2次たわみ処理装置をジャッキアップし約4mのたわみを処理した。2次たわみ処理終了後、脚上設備を到達した橋脚上に設置す



図一7 たわみ処理方法



写真一7 1次たわみ処理



写真一8 2次たわみ処理

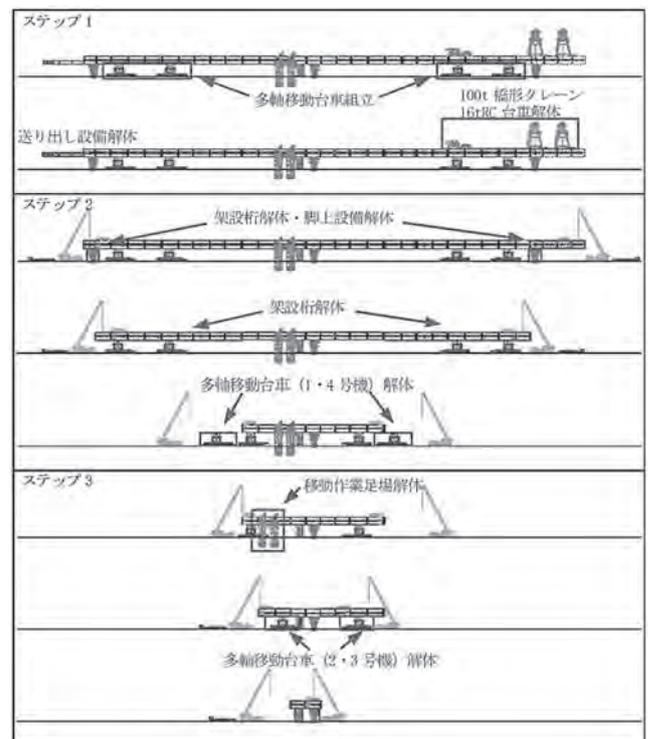
ることで3支点での支持が完了する。その後、桁の平面位置の微調整を行い、送り出し作業が完了となる。

(3) 架設桁の解体

右岸側架設に用いた架設桁は架設用のクレーン等も含めて約2,500tに上る。厳しい工程の中、いかに安全かつ速やかに撤去を行うかが大きな課題であった。

最終張出し架設が完了した架設桁はP4-P6間に位置しており、各柱頭部に設置する脚上設備によって支持されている。また、架設桁上には張出し架設に使用した100t橋形クレーン、16tラフテレーンクレーン台車並びに移動作業足場といった設備や、架設桁の送り出しに使用した手延機、たわみ処理装置並びに牽引装置などの設備が設置されている。その他、製作ヤードの盛土部から架設桁背面(P6側)までの区間には軌条が設けてあり、セグメントを運搬するための台車などがある。架設桁の解体はオールテレーンクレーン(以下、ACという)を用いてP4側とP6側から同時に行うこととした。しかし、架設桁はP4～P6の各柱頭部において脚上設備によって3点支持されているため、P4及びP6の脚上設備の代わりに架設桁を支持する設備が必要となった。そこで、桁の架設などに用いられる多軸移動台車を採用することとした(図一8)。

多軸移動台車は起点側のP4-P5間、終点側のP5-P6間各々に9軸の多軸移動台車2台1組を2組の4台ずつ計8台を配置した。多軸移動台車上には油圧ジャック



図一8 架設桁解体ステップ図

キで昇降する最大揚重 300 t のテーブルリフトを 1 台ずつ計 8 台設置し、架設桁撤去に合わせて必要な盛替え作業が速やかにできるように計画した(写真一 9)。架設桁の解体にあたり、橋形クレーンなど付属物の解体は橋面上の狭いヤードでトレーラー搬出できる程度の小ばらしを行うと非効率であるため、大ばらしを橋面上の 200 t 級 AC で行い搬出は起重機付き台船で行った。

なお、多軸移動台車や 200 t AC いずれも床版張出部に載荷しないよう橋面にマーキングを行いアウトリガー反力やタイヤ位置がウェブ上に来るようにした。

付属物を撤去した架設桁本体の解体は前述のとおり起点・終点の両側から解体を実施し、順次トレーラーで搬出を行った。

架設桁は片側 32 ブロックの 2 主箱桁であるが、桁高が 4.5 m あり、最大重量が約 50 t となることから上下に分割して計 128 ブロックに分割して搬出することとした。

桁搬出に船舶を使用しなかったのは、解体現場は水深が浅いことからうねりが起こりやすく稼働率の低下を招きかねないためであり、船舶の使用は付属物のクレーン等最小限にとどめ、工程の最適化を図った。



写真一 9 多軸台車等配置状況

4. おわりに

本稿ではプレキャストセグメントの架設と架設機材について報告した。本稿がプレキャストセグメント工法を採用する長大橋施工の一助となれば幸いである。

本橋は平成 27 年度の着手から実に 7 年という歳月をかけ、去る令和 4 年 3 月 21 日に吉野川サンライズ

大橋を含む徳島南部自動車道 徳島 JCT ~ 徳島沖洲 IC 間が無事開通を迎えることができた。関係機関や地元の皆さまにこの場を借りて感謝いたします。また、様々な困難に立ち向かって無事完工された受注者の皆さまを含む述べ 30 万人に上る本橋の施工にかかわった施工者の皆さまに敬意を表すとともに重ねて感謝いたします。



写真一 10 吉野川サンライズ大橋全景

JCMA

《参考文献》

- 1) 中谷, 山下, 鈴木, 山口, 山中, 村井: 四国横断自動車道 吉野川サンライズ大橋 上部工の施工, 橋梁と基礎, vol56, 2022-4

【筆者紹介】



山下 恭敬 (やました やすたか)
西日本高速道路(株)
四国支社 徳島工事事務所
主任



鈴木 健太郎 (すずき けんたろう)
西日本高速道路(株)
四国支社 徳島工事事務所
主任



山口 統央 (やまぐち つねひさ)
鹿島建設・三井住友建設・東洋建設 JV
現場代理人

下郷大橋におけるアーチリブの施工

有賀 瞬・大竹 満・虎本 真一

下郷大橋における支間 200 m のアーチリブは、移動作業車を用いた斜吊り張出し架設工法とメラン工法の併用で構築した。施工時の支保工機能を有する鋼メラン材は、新たにアーチリブ中間位置に設置したピロンを用いてブロックごとに斜吊り架設した。また、架橋地点は急峻な渓谷地形であり施工ヤードが制約されたため、資機材の運搬・揚重にはケーブルクレーンを用いた。本稿では、これら特徴のあるアーチ橋の施工について報告する。

キーワード：アーチ橋，ケーブルクレーン，移動作業車，鋼メラン材，ピロン

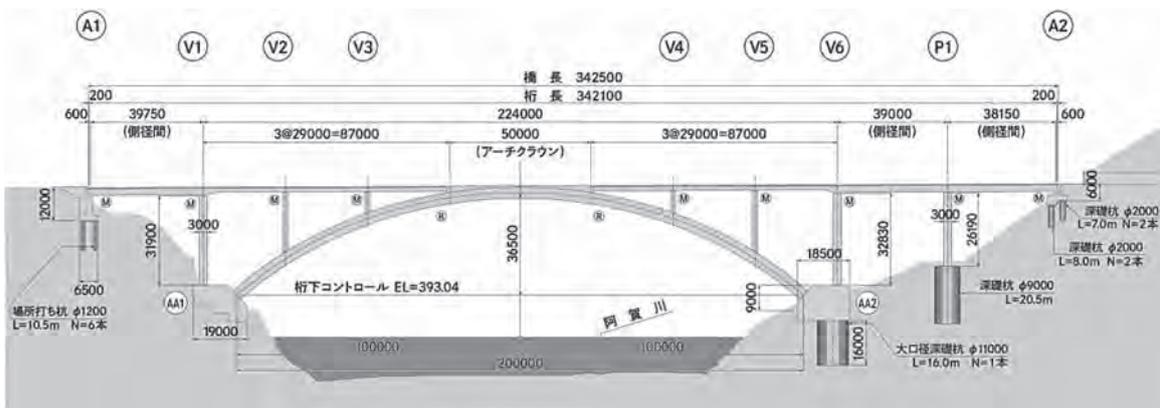
1. はじめに

下郷大橋は、国道 118 号小沼崎バイパスの区間に建設され、一級河川阿賀川の急峻な渓谷地形を渡河する橋長 342.5 m、アーチ支間長 200.0 m、アーチライズ 36.5 m（スパンライズ比 5.5）の PC2 主版の補剛桁を有する上路式 RC 固定アーチ橋である。本橋の整備により、国道 118 号の安全安心で円滑な交通が確保され、利便性の向上や産業振興，交流の拡大などに寄

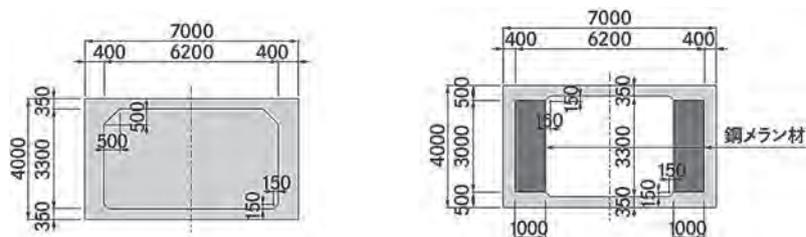
し、福島復興を加速することが期待されている。本稿では、施工時に用いたケーブルクレーンと移動作業車についてと、アーチリブ中間位置に設置したピロンを用いた鋼メラン材の架設について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の側面図を図一 1 に、アーチリブ断面図を図二に示す。また、橋梁諸元を以下に示す。



図一 1 側面図



図二 2 アーチリブ断面図

工事名：道路橋りょう整備（再復）工事（橋梁上部）
 発注者：福島県 南会津建設事務所
 工事場所：福島県 南会津郡 下郷町大字小沼崎地内
 道路区分：第3種 第2級
 活荷重：B活荷重
 平面線形：A170 L=72.25~R=∞
 ~ A180 L=75.348

全幅員：10.410 m
 有効幅員：9.500 m

本工事の施工ステップは以下の通りである（図-3）。

- ①スプリングを固定式支保工により構築する。
- ②片側40mのコンクリートアーチリブをグラウンドアンカーとバックステイで固定したエンドポストから斜吊り張出し架設を行う。
- ③斜吊り鋼材でアーチリブを支持した状態でコンクリートアーチリブ上にピロンを設置し、1ブロック約8mの鋼メラン材をピロン工法により斜吊り架設し、落とし込みで閉合する。
- ④鋼メラン材には移動作業車を用いて、コンクリートを巻き立てる（特許第4425500号）。
- ⑤アーチクラウンとV2~V5鉛直材を施工する。
- ⑥補剛桁は固定支保工で橋台からアーチ支間中央に向かって1径間ごとに分割施工する。

3. ケーブルクレーンによるアーチリブ施工の荷役運搬

架橋地点は、急峻な渓谷地形であり施工ヤードが制約されたため、ケーブルクレーンを用いてアーチリブを施工した。A1橋台背面側は、平坦なヤードを確保できたため、高さ42mの鉄塔を支持点とした。一方、A2橋台背面は山の斜面となるため、グラウンドアン

カーで地盤に固定したコンクリートブロックを支持点とした（写真-1~3）。

ケーブルクレーンのメインキャリアとなる15t吊りは、鋼メラン材の架設・鋼メラン材を有するコンクリート巻立て部の鉄筋組立・移動作業車の解体を可能とするため、アーチリブ側面から400mm外側の位置に配置した（図-4）。斜吊り張出し施工時は、エンドポストとアーチリブの空間に斜吊り鋼材が配置されるため、メインキャリアで資機材の荷役を行うことが困難であった。そこで補助クレーンとして、15t吊り2条の間に2.5t吊りのキャリアを配置し、資機材の



写真-1 ケーブルクレーン全景



写真-2 A1側



写真-3 A2側

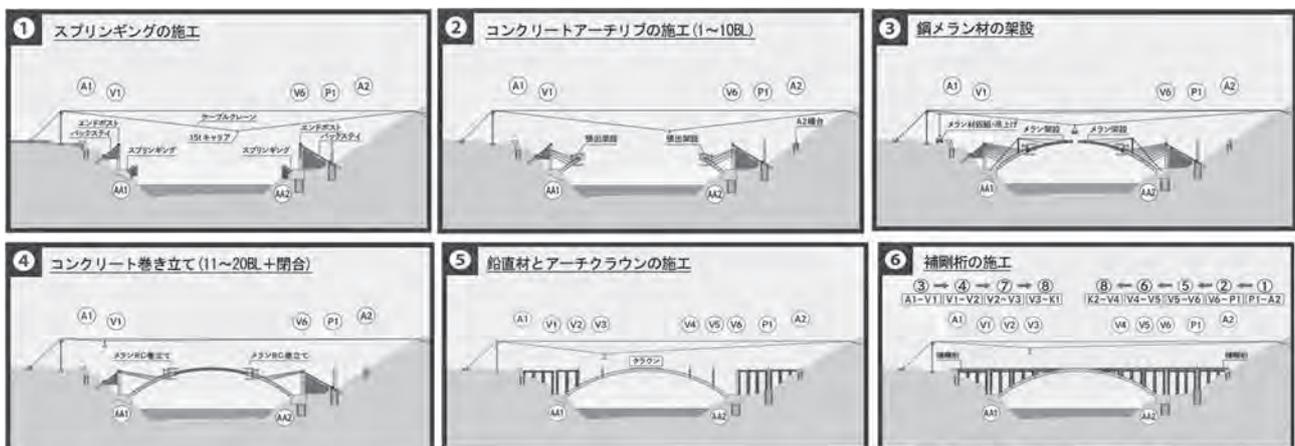


図-3 施工ステップ

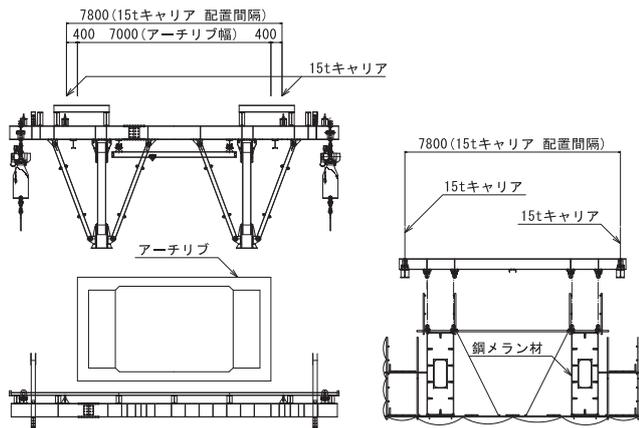


図-4 15t キャリア配置断面図

運搬・揚重を可能とした。また、合計3基のキャリアを配置することで、A1側では鋼メラン材の架設、A2側では資機材の揚重といった、両岸側で同時に施工を進めることを可能とした。

ケーブルクレーンを使用する際は、吊り荷重による主索のサグに留意する必要がある。特に本橋においてはアーチライズが36.5mであること、移動作業車を用いた張出し架設であることに留意し、閉合部付近の施工において、資機材運搬時に移動作業車との干渉が無いようにケーブルクレーンの計画を策定した(図-5)。

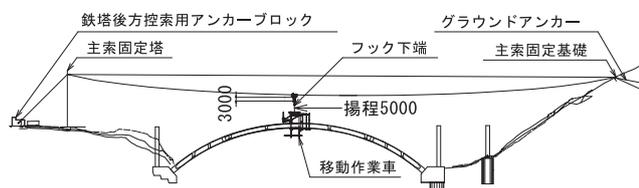


図-5 ケーブルクレーンの計画

4. 移動作業車によるアーチリブの施工

アーチリブは、片側延長40mの斜吊り張出し施工部と片側延長60mの鋼メラン材を有するコンクリート巻立て部からなり、縦断勾配はスプリング部からアーチ支間部に向かって約41°から約3°まで変化する。アーチリブの大部分は、移動作業車(以下、作業車)を用いてブロック施工で構築した。斜吊り張出し施工部のブロック長は4.0m、コンクリート巻立て部のブロック長は6.0mであり、閉合部を合わせると計41ブロックからなる。

作業車の施工能力は2,500kN・mであり、作業車本体の重量は117t、作業用足場材・型枠支保工材を含めると総重量は約165tとなった。本工事は通年施工となり、架橋地点は日本海側気候の豪雪地帯である

ため、作業車側面にポリカーボネートパネル、作業車上面に鋼製屋根の雪寒防護を装備した(写真-4)。

作業車の構造は、一般的なラーメン橋の張出し施工で使用されている作業車と同様であり、主に主構トラス・走行装置・下部作業床からなる(図-6)。作業車の移動は、アーチリブ天端に走行レールを設置し、主構トラス下端に前車輪・後車輪を装備して、油圧センタホールジャッキの伸縮により行った。走行部には、移動用・移動時盛替え用・移動時滑り止め用(フェールセーフ)の3種類のφ32mmのPC鋼棒を配置した。油圧センタホールジャッキ(能力500kN、ストローク200mm)は、走行部片側に2基配置し、3.7kWの油圧電動ポンプ1台を用いて作動した。走行レールは、アーチリブへ垂直に配置したφ32mmのPC鋼棒(レールアンカー)で作業車移動時の上揚力を支持した。また、アーチリブが傾斜していることにより発生する滑り力については、走行レール先端にレールストッパーを設置し、既施工アーチリブの上フランジ小口面で支持した。レールストッパーは、コンクリート打設の際に障害とならないように格納できる構造とした(図-7)。



写真-4 斜吊り張出し架設

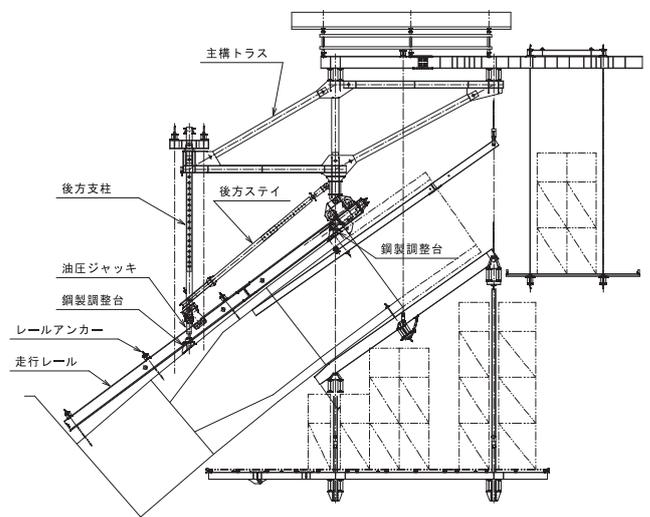


図-6 移動作業車概要図

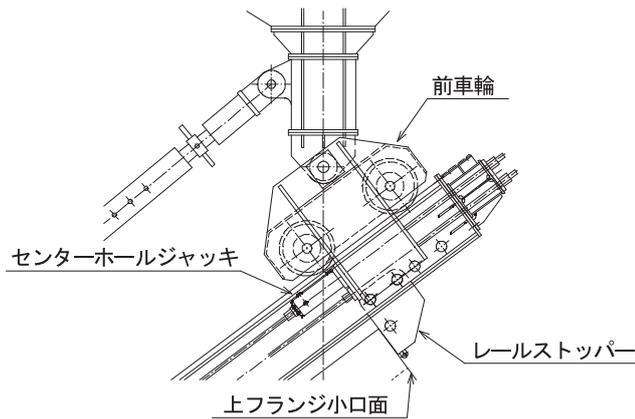


図-7 走行レール先端拡大図

以下に作業車の移動ステップの概要を示す。

- ①後方支柱・後方ステイの長さを計画値にセット。
- ②前方ジャッキ加圧後、走行レールを吊り上げ、前方へ走行レールを移動。
- ③走行レール移動完了後、レールストッパー・レールアンカーを設置し、後車輪をレールに載荷。
- ④前方ジャッキを減圧して前車輪をレールに載荷し、作業車を前進。移動後、前方ジャッキを加圧して移動完了。

型枠支保工材を支持する主構トラスは水平にする必要があり、アーチリブが傾斜することに加えて施工ブロックごとに縦断勾配が変化するため、主構トラスの後方支柱・鋼製調整台・後方支柱下端の油圧ジャッキ（能力 700 kN、ストローク 150 mm）で縦断勾配を調整した。□ 250×250×12 の後方支柱は、ピン固定による伸縮構造とし、各施工ブロック施工時に計画したピン位置に高さを合わせた。1 ブロックごとのピン移動量は、220 mm から 260 mm とした。また、長さ調節機構付きの後方ステイを設置することで、主構トラスの勾配角度を保持した。もう一つの勾配調整部材となる鋼製調整台は、前方・後方のジャッキ下に配置した。鋼製調整台は、ブロックごとの勾配に合わせて製作し、1 支点あたり最大 11 個の M30 のセラミックインサートでアーチリブ斜面に固定し、1 主構あたり最大滑り力 79 kN の移動作業車からの作用荷重を支持した。

コンクリート巻立て部の作業車は、斜吊り張出し施工時と異なり、コンクリート荷重を先行架設した鋼メラン材で支持する構造であったが、本工事ではコンクリート巻立て専用の作業車を使用するのではなく、斜吊り張出し施工部の施工で用いた作業車を先行施工したアーチリブ先端(10BL上)で一部組替えて兼用した。

作業車の部材接続は、アーチリブ閉合時の作業車位置でケーブルクレーンを用いて大払いできるように計

画した。作業車は作業足場を解体した後、型枠梁と下部作業床を解体し、次に上段部の横梁、主構トラスの順に 15 t 吊りケーブルクレーン 2 条により大払いし（写真-5）、作業ヤードで部品ごとに解体した。これにより、アーチリブ完成後、次工程への速やかな着手を可能とした。



写真-5 移動作業車の大払い

5. 鋼メラン材の架設

コンクリートアーチリブ中間位置に設置するピロンは、鉛直耐力 5,500 kN を有する構造とするため、ピロン基部をアーチリブと剛結する構造となっていた。そのため、鋼メラン材架設時における構造系の変化や気温・日射の影響による斜吊り鋼材の張力変化により、ピロン基部とアーチリブスプリングに曲げ応力度が発生する。また、鋼メラン材とコンクリートアーチリブとの接合も剛結構造が採用されており、鋼メラン材架設に伴う変形により、鋼メラン材にも曲げ応力度が発生する。これらの状況において、アーチリブ施工時の構造の安定と安全性を確保するため、ピロンの変位、前方・後方の斜吊り鋼材の張力、スプリング部の鉄筋応力度、鋼メラン材の剛結部付近の鋼材応力度を計測した。各種部材の測定方法として、ピロンの傾斜は設置型の 2 軸傾斜計、斜吊り鋼材の張力はセンターホール荷重計、鉄筋応力度・鋼メラン材の応力度はひずみ計により計測した。また、自動追尾型のトータルステーションを AA1 側・AA2 側に合計 2 台設置し、コンクリートアーチリブ・エンドポスト・鋼メラン材・ピロン・アンカーブロックの変位を 2 時間間隔に計測し、監視・管理した。管理値は事前に各部材の耐力を基に算出し、部材に過剰な負荷が無いかが計測値と管理値を施工ステップごとに確認し、各部材の変位や応力度を調整しながら施工を進めた。

鋼メラン材架設時の状況を写真-6 に、ピロンの

概略図を図-8に示す。斜吊り鋼材の定着部となる塔頂部には鋼製梁を採用し、外周にブラケット足場を配置して緊張スペースを確保した。



写真-6 鋼メラン材の架設

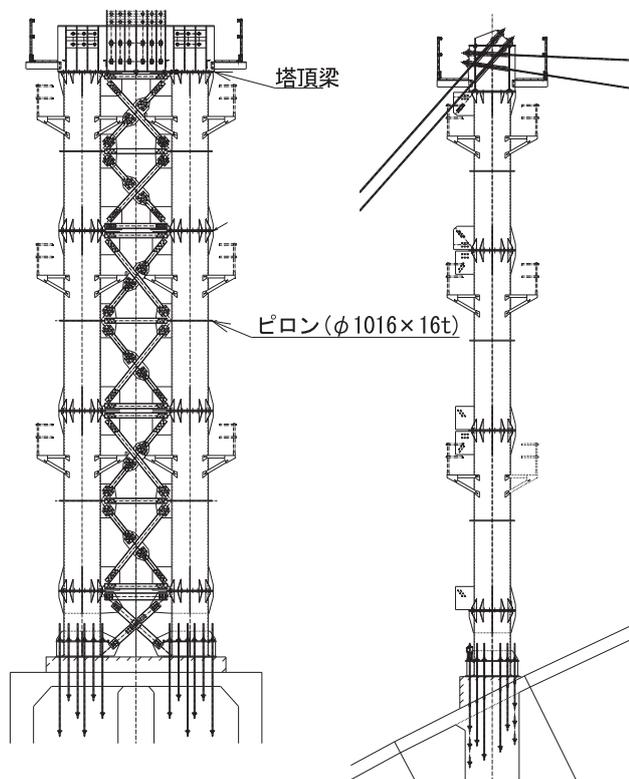


図-8 ピロン概要図

6. おわりに

本橋は、アーチリブの傾斜に配慮した移動作業車の使用、ケーブルクレーンを用いたアーチリブの施工、アーチリブ中間位置に設置したピロンを使用して斜吊り架設した工事である。令和4年6月末現在、アーチリブ上の補剛桁を施工し、令和4年度内の完成を目指している(写真-7)。

本稿の報告が今後のコンクリートアーチの計画および施工の参考になれば幸いである。最後に本工事の施工に際し、貴重なご意見ご指導を賜った関係各位に深く感謝の意を表します。



写真-7 進捗状況

JCMMA

【筆者紹介】

有賀 瞬 (ありが しゅん)
川田建設(株)
東京支店 技術部 技術課
主幹



大竹 満 (おおたけ みつる)
川田建設(株)
工事本部 機材部
担当部長



虎本 真一 (とらもと しんいち)
川田建設(株)
東京支店 工事部
上席工事長 (下郷大橋作業所長)



ダッカ都市高速鉄道 6 号線橋梁及び高架駅建設工事

好竹亮介・梶原勇二・宮原章人

バングラデシュ人民共和国の首都ダッカは、近年人口増に伴う交通需要が増大しており都市部で慢性的な交通渋滞を引き起こしている。このような交通渋滞は、多大な経済損失をもたらす当国の経済発展に支障をきたしていることから、交通渋滞解消に向け大量高速輸送システム (Mass Rapid Transit。以下「MRT」と称す。) が検討され、ダッカ都市高速鉄道 6 号線 (MRT6 号線) が優先整備路線として事業化された。MRT6 号線は、首都ダッカの中心部を南北に縦貫する路線で、近年外国人居住者が増加している北部ウットラ地区から、ビジネスの中心街である南部モティジュール地区を結ぶ全長 19.8 km の路線である。本稿は、アガルガオン駅～カルワンバザール駅間 (延長 3.2 km) の橋梁を主にスパンバイスパン工法で施工した概要について報告する。

キーワード：スパンバイスパン工法、ラウンチングガーダー、プレキャストセグメント、急曲線、工程短縮

1. はじめに

ダッカ都市高速鉄道 6 号線 (MRT6 号線) (図-1) は、既存道路用地を活用して、橋梁やラーメン高架構造で建設される。本稿で説明するアガルガオン駅～カルワンバザール駅間の施工延長 3.2 km は、バングラデシュの首都ダッカの中心部で交通量が多く MRT6 号線全体の中でも特に一般者に対する安全性確保や既存道路用地内の限られたヤードでの施工が求められ、施工難易度が高い工区となっている。本工区は、そのような環境下で、スパンバイスパン工法で架設する L

=25~45 m の単純 PC 箱桁橋を 94 連 (駅部 6 連×3 駅=18 連を含む)、カンチレバー工法で架設する L=160, 180 m の 3 径間 PC ラーメン箱桁橋を 2 橋、および駅部単純 PC 箱桁橋の直下と両側面に近接して構築する高架駅部延長 180 m のラーメン高架橋を 3 駅施工する。なお、3 径間 PC ラーメン箱桁橋は、長スパン化が必要となる道路交差部上空横断箇所で採用されている。

本稿は、スパンバイスパン工法の概要、道路線形に沿った R=200 m 急曲線スパンでの架設時の工夫および工程短縮の取り組みについて述べる。



図-1 ダッカ都市高速鉄道 6 号線 (MRT6 号線) 全体図

2. 工事概要

工 事 名：ダッカ都市鉄道6号線、橋梁および高架橋建設工事 (CP-5)
 工事場所：バングラデシュ人民共和国 ダッカ
 発 注 者：ダッカ都市交通公社
 工 期：2018年8月26日～2023年2月20日
 スパンバイスパン工法架設期間：2020年11月～2021年12月 (約13カ月)
 施工延長：約3.2km
 下部構造：単柱式RC橋脚 90基
 門型ラーメンRC橋脚 6基
 場所打ち杭 (φ1.2～2.2m) 622本
 上部構造：単純PC箱桁橋 (L=25～45m) 94連 (駅部6連×3駅=18連含む)
 3径間PCラーメン箱桁橋 (L=160,180m) 2橋
 駅部ラーメン高架橋 (L=180m) 3駅

使用材料と各桁長の橋梁諸元を表—1, 2に、各構造寸法およびPC鋼材配置図を図—2, 3に示す。

(b) スパンバイスパン架設工法

スパンバイスパン工法は、図—4に示すラウンチングガーター (以下、LGと称す。) を使用して架設を行う。別途ヤードで製作したセグメントをトレーラーで架設位置に運搬し、運搬車両から直接LGで吊り上げる。主桁全セグメントを吊り上げ、架設位置で接合したのちPC鋼材で緊張し一体化する。その後、各セグメントの吊り天秤金具を撤去し、LGを隣のスパンに移動して完了となる。一般的な固定式支保工に

表—1 単純PC箱桁橋使用材料

| 使用材料 | 仕 様 | ASTM 規格 |
|--------|---|----------------|
| コンクリート | 圧縮強度 $\sigma_{ck}=45$ Mpa | - |
| 鉄 筋 | 降伏強度 $\sigma_{sy}=500$ Mpa 鉄筋径 D10～D32 | A1022 Grade500 |
| PC鋼より線 | 引張強度 $\sigma_{pt}=1,860$ Mpa より線径φ15.2mm | A416 Grade270 |

3. 施工報告

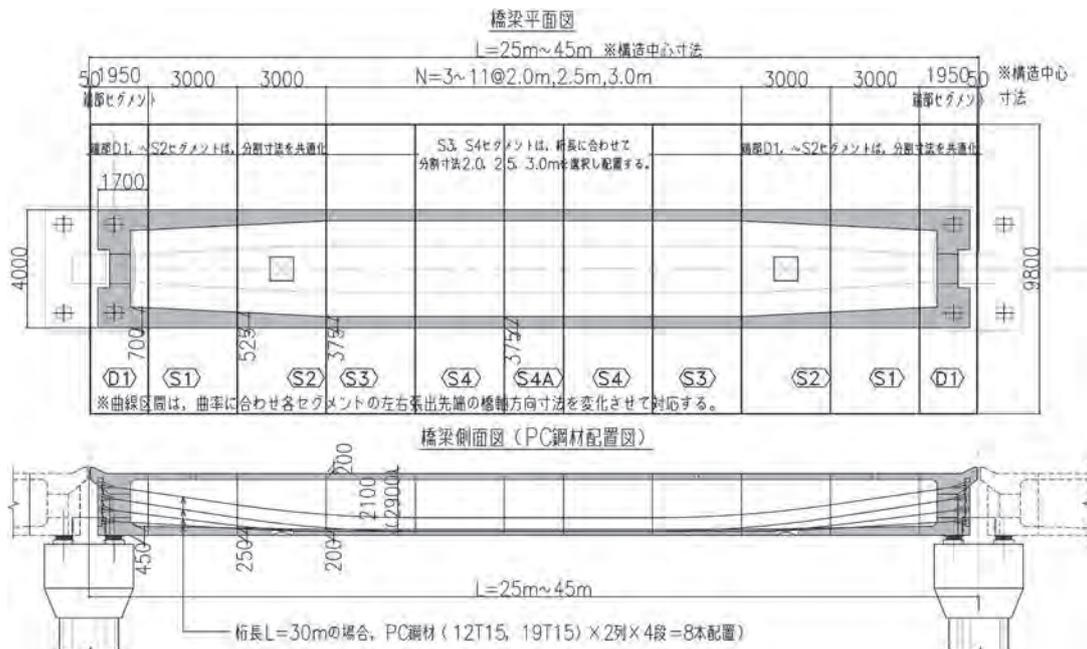
(1) スパンバイスパン工法

(a) 単純PC箱桁橋橋梁諸元

スパンバイスパン工法で架設する94連の単純PC箱桁橋は、最大重量560kNのプレキャストセグメント (以下セグメントと称す。) を9～17個連結する構造で、桁長は25m (桁高2.1m)～45m (桁高2.9m)、平面線形は、直線 $R = \infty$ ～最小半径 $R = 200$ mである。

表—2 単純PC箱桁橋架設諸元

| 桁長 | 桁数 (連) | セグメント数 | 桁高 (m) | 主桁1連当り重量 (kN) |
|------------------|--------|--------|--------|---------------|
| 25m | 6 | 9 | 2.1 | 3,712 |
| 30m | 79 | 11 | | 4,336 |
| 32m | 2 | 12 | | 4,584 |
| 35m | 3 | 13 | | 4,884 |
| 40m | 3 | 15 | 2.9 | 6,700 |
| 45m | 1 | 17 | | 7,440 |
| 桁数94連、セグメント1,048 | | - | - | - |



図—2 橋梁平面、側面図 (PC鋼材配置図)

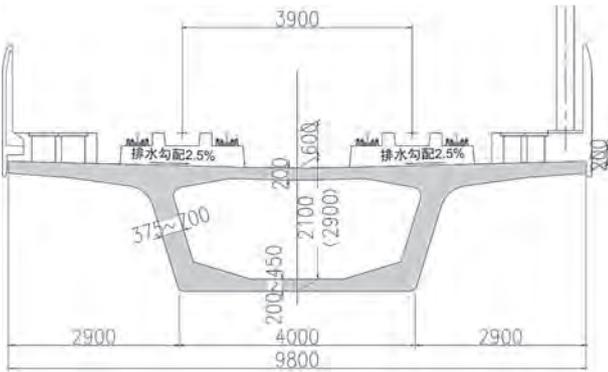


図-3 主桁断面詳細図



写真-1 スパンバイスパン架設完了状況

よる場所打ち施工では、クレーンやコンクリートポンプ車といった大型重機械の設置場所や型枠・鉄筋・仮設材など資機材の仮置きスペースのための施工ヤードが必要であるが、スパンバイスパン工法は、LGの組立解体作業以外では、セグメント運搬用トレーラーの進入路を確保すれば施工が可能で既存道路用地内の限られたヤードでの施工が可能となる。また、同規模の

場所打ち施工の工程は、約3か月を要するが、主桁部材をプレキャスト化し架設するスパンバイスパン工法は、現場作業の省力化や工程短縮が可能となり、本工事の標準スパン30mの場合、セグメントの運搬を交通渋滞の無い夜間とすることで運搬・架設のサイクルタイムを短縮し、表-3に示す通り、1スパンあたり4日で架設を行うことができた(写真-1)。

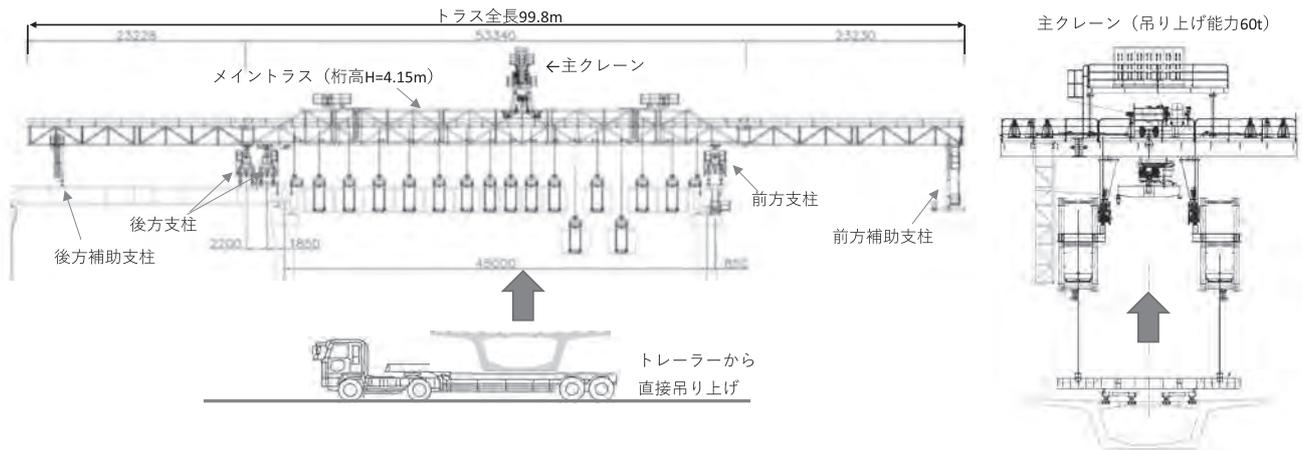


図-4 スパンバイスパン工法架設概要図

表-3 スパンバイスパン工法1スパンあたり作業工程 (L = 30m以下のスパン)

| | | 架設前作業 | | LG架設ステップ | | | | | | | | 架設後作業 | | |
|----------|-----------------------------------|-------|---|----------|---|-----|---|-----|---|-----|---|-------|---|---|
| | | 昼 | 夜 | 1日目 | | 2日目 | | 3日目 | | 4日目 | | 昼 | 夜 | |
| 架設前作業 | 支承工 (沓座モルタル打設) | ■ | | | | | | | | | | | | |
| LG架設ステップ | ステップ1 LG 次スパン移動, 固定 | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| | ステップ2 セグメント運搬, 揚重※ | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| | ステップ3 セグメント接合 (エポキシ樹脂接着剤使用) | | | | | | | ■ | ■ | | | | | |
| | ステップ4 PC鋼線挿入 | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| | ステップ5 PC緊張工 | | | | | | | | | | ■ | ■ | | |
| | ステップ6 吊り天秤金具撤去 | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| 架設後作業 | PCグラウト工 | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |
| | セグメント接合後の桁位置の調整 | | | | | | | | | | | | | ■ |

※L=30m (セグメント11個) 以下は、1夜間 (23:00~6:00) で運搬・架設を完了

○支承工は、架設前作業なので1日目とカウントしない。

○同様に、PCグラウト工と桁位置の調整は、架設後作業なので日数にカウントしない。

(c) セグメントの製作, 運搬

セグメントの製作は、架設箇所から約 10 km、運搬時間約 30 分となるダッカ西部のガブトリ地区に設置された製作ヤードで行った。セグメントは、架設順序に応じて計画した製作スケジュールに従い、全 1,048 個のセグメントを約 90 人の現地製作スタッフにより 473 日（祝休日含む）で製作した。製作ヤードは、約 31,000 m²、258 個のセグメントを保管できる広さがあり、製作ヤード内に、セグメント打設専用の生コンプラント、桁高や端部セグメントの違いに応じた鋼製型枠を 6 セットおよび 6 箇所の製作ベッドを設置した。セグメントは、上記設備を使用し、マッチキャスト方式で製作した。さらに、限られた工期内で多数のセグメントを効率的かつ高品質に製作するための工夫として、以下の対策を行った。

- ①主桁鉄筋のプレハブ化およびクレーンによる一括設置
- ②セグメント製作ベッド上空をカバーする可動式の屋根の設置
- ③測量、計測タワーの設置

①については、鉄筋組立作業を製作ベッド外で行うことで、他作業と並行作業が可能で作業の効率化につながった。②については、製作ベッド上に屋根を設置することで天候不順による工程遅延を防ぐことができた（写真—2）。③については、型枠のセット位置や高さ、幅などの各寸法などを速やかに測量、計測できるように計測器械を常時使用が可能な計測タワーを設置した。

最大重量 560 kN、セグメント長 1.95~3.0 m、高さ 2.1~2.9 m、幅員 9.8 m のセグメントの運搬は、4 台の大型トレーラーで行った。大型トレーラーの運行は、ダッカ市内では一般交通への影響が少ない夜間の時間帯 23:00~6:00 に指定されたため、23:00 から製作ヤードを 4 台続けて出発し、1 台目を架設している間の残り 3 台は交通規制により待機できるスペースを確保し



写真—2 製作ベッド屋根設置状況、プレハブ鉄筋組立状況

て対応した。架設を完了したトレーラーから順次製作ヤードに折り返し、セグメントを積み込んだ後、再度架設位置に運搬するサイクル（3~4 往復/台・日）で対応した。

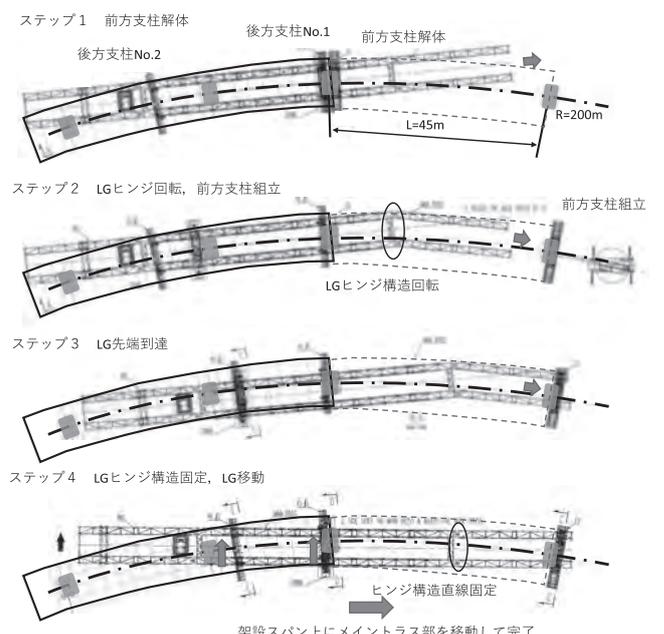
(2) LG の急曲線区間の対応

当工区で使用する LG は、延長約 100 m（重量約 450 ton）のトラス構造であり、曲線区間においては LG の回転を伴った移動手順が必要となる。

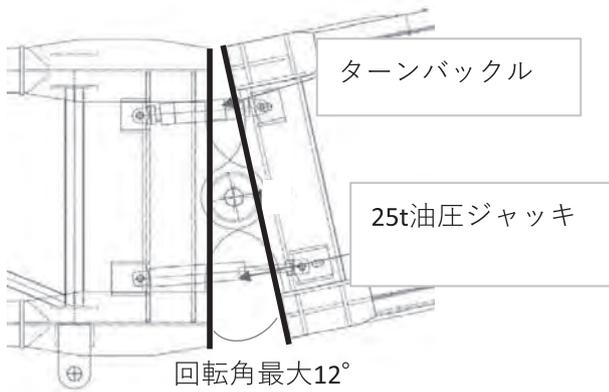
一般的なスパン L=30 m、曲線半径 R=200 m の急曲線区間においては、前方支柱および後方支柱 No.1, 2 の 3 箇所の横梁上でメイントラスをスライド・回転させながら次スパンに移動することで、曲線部の施工を可能とした。

ただし、ファームゲート交差点上空を横断する 2 スパンについては、スパン長が L=40 m および 45 m となっており、同様の方法ではメイントラスを次施工スパンの橋脚上に到達させることができないため、以下の方法を採用した（図—5 参照）。

- ステップ 1 前方支柱を地上に設置したクレーンにて解体、次施工スパンの橋脚上に設置する。
- ステップ 2 メイントラス前方部分をヒンジ構造とし、曲線方向に回転、折り曲げる（図—6）。
- ステップ 3 メイントラスを折り曲げた状態で次スパンの橋脚上まで移動させる（写真—3）。
- ステップ 4 メイントラスを前方支柱および後方支柱 No.1, 2 の 3 箇所の横梁上でスライド・回転させながらメイントラスを直線に戻し、ヒンジ部分を固定して移動完了。



図—5 急曲線 (L = 45 m) LG 移動手順



図一6 LGヒンジ構造詳細図



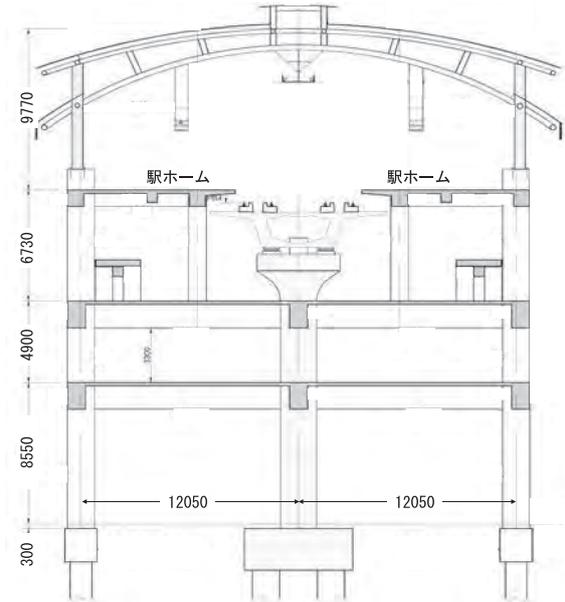
写真一3 急曲線L = 40m 区間 LG 移動状況

上記のような施工方法を採用し、急曲線区間のスパンの長い（最大45m）桁をLGの解体・再組立無しに施工することができた。また、LGの解体・組立を行った場合、通常1日で完了するLGの移動作業に約2か月かかることとなるため、ヒンジ構造の採用によって大幅な工程短縮を図ることができた。

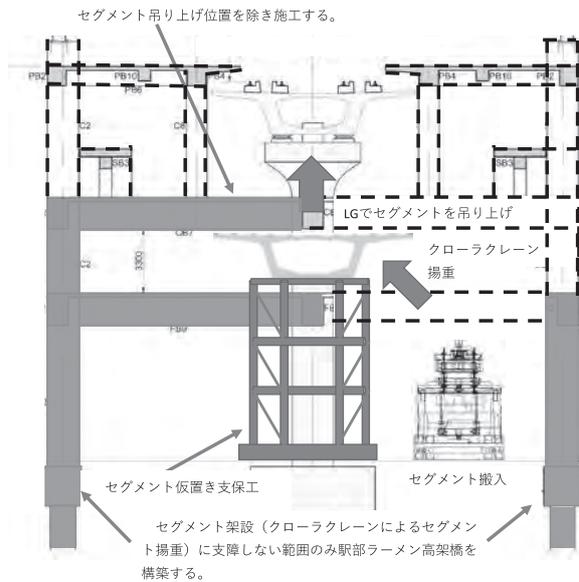
(3) 駅部ラーメン高架橋の工程短縮に対する取り組み

駅部は、軌道を支持する単純PC箱桁橋と、ホーム等の駅施設を支持するラーメン高架橋から構成されている（図一7）。そのため、駅部ラーメン高架橋の施工を先行した場合、スパンバイスパン工法では単純PC箱桁橋の施工が出来ないため、当初計画では全ての駅においてスパンバイスパン工法で駅部単純PC箱桁橋を架設してから駅部ラーメン高架橋を施工する計画であったが、全体工程のクリティカルパスとなるカルワンバザール駅については、工程短縮を目的に駅部ラーメン高架橋の着手を早めても施工可能な手順を以下のように検討した（図一8参照）。

①セグメント運搬用トレーラーが進入し、クローラークレーンでセグメントを吊り上げるスペースを確保して駅部の施工を開始する。



図一7 駅部ラーメン高架橋断面図



図一8 駅部セグメント架設断面図

- ② LGによるセグメント吊り上げ位置に支保工を設置して仮置きスペースを確保する。
- ③ トレーラーから、上記仮置きスペースにクローラークレーンを使用してセグメントを揚重する。
- ④ 仮置きスペースに揚重したセグメントをLGのクレーンで吊り上げ順次架設する。

①～④の手順により、駅部ラーメン高架橋の先行着手が可能となり、カルワンバザール駅の施工工程は、スパンバイスパン工法の架設完了まで着手しない場合と比較して約4か月短縮できた（写真一4、5）。



写真—4 カルワンバザール駅セグメント搬入状況



写真—6 橋梁架設完了全景（急曲線区間）



写真—5 カルワンバザール駅部セグメント施工状況

4. おわりに

スパンバイスパン工法の架設は、2021年12月に完了し、現在は、2023年2月20日の竣工に向けて橋梁上のダクトや壁高欄などの橋面工や駅施設の施工を行っている（写真—6）。本工事では、バングラデシュにおいてセグメント製作における省力化や高品質化および駅部ラーメン高架橋の工程短縮に取り組み予定通り完了することができた。

本稿執筆にあたり、ご協力いただいた関係各位に感

謝を述べるとともに、本稿が今後の海外における同種工事の参考になれば幸いである。

JCMA

[筆者紹介]



好竹 亮介（よしただけ りょうすけ）
鉄建建設㈱
土木本部 橋梁技術部
課長



梶原 勇二（かじわら ゆうじ）
鉄建建設㈱
土木本部 海外事業推進室土木部
ダッカ MRT 作業所
副所長



宮原 章人（みやはら あきと）
㈱安部日鋼工業
海外事業部
工事長

海外でのプレテンション桁の製作

サモア独立国 ヲァイシガノ橋

高野 英二・田島 健司

本工事は、老朽化したヲァイシガノ橋を架け替えるもので、橋梁形式はPC3径間連結プレテンション方式中空床版橋である。プレテンション方式とは一般的にPC工場で桁を製作する方式で、PC鋼材を前もって所定の位置で緊張し、ここにコンクリートの打設を行い、硬化後にPC鋼材を切断してコンクリートに圧縮力を与える方法である。しかし、サモア独立国およびその近隣諸国では、PC桁の製作が可能なPC工場に限られており、国外で製作後に海上輸送が必要となるため安全性、品質の低下およびコストの高騰が懸念された。そこで、本工事では現地にコンクリート製の簡易アバットを設置し、一括緊張システムにより工場製作と同等品質のプレテンション桁を製作した。

キーワード：プレテンション，海外製作，簡易アバット

1. はじめに

ヲァイシガノ橋は、首都アピア市とアピア港、ファガリ空港をつなぐ主要幹線道路であるビーチ道路上に位置し、道路ネットワークにおける重要な橋梁として位置づけられている。20世紀初頭に7径間の鋼橋として建設され、1953年に既存下部工を補強した上でコンクリート橋に再建された。1990年代に鉄筋腐食やコンクリート剥離等の塩害による損傷の補修工事が実施されたが、サモアでの気象条件が年間を通して気温20℃以上、湿度70%以上であり、海風により多量に飛来する塩分により鋼材腐食が発生・進行しやすい環境であるため再度塩害による損傷が発生した。さらに、2012年のサイクロンに伴う洪水時に滞留した流木により、甚大な被害を受けた（写真—1）。これら



写真—1 既設橋下面の損傷状況

のことから、新橋には流木と塩害の2点について十分な対策を講じる必要があった。

2. 新橋の仕様検討

(1) 流木対策

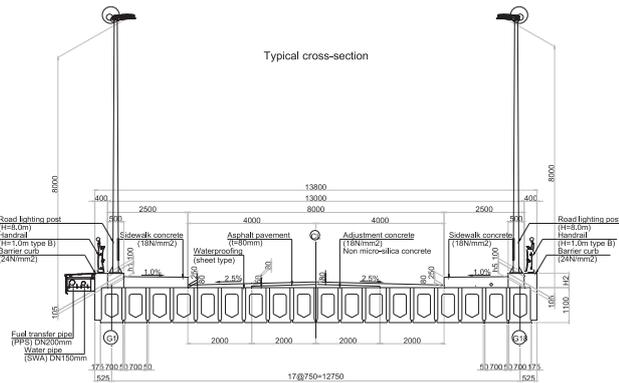
2012年の洪水時に、ヲァイシガノ橋の上流側に流木が滞留して流下を阻害したため上流の水位が上昇し、越流して上部工が冠水するとともに下部工にも損傷が生じた。このため、流木の集積を防ぐことが必要であった。流木の長さは最大20mにもなることから、径間長を20m以上として、流木が滞留しにくい構造とした。

(2) 塩害対策

既設橋は、海面とのクリアランスが小さく飛来塩分の付着しやすい状態で、塩害により鉄筋が腐食する損傷が顕在していることから、コンクリート中の塩分量が非常に高くなったものと考えられた。新橋では、塩分の付着面積を少なくするよう配慮した構造、かつクリアランスを確保するため、桁高を抑えることができる中空床版橋を採用した。また、耐久性を確保するために、エポキシ樹脂でコーティングされたPC鋼材、鉄筋を使用したほか、シリカヒュームを混和材としたコンクリートを使用した。新橋の橋梁形式を表—1に示す。

表一 採用した橋梁形式

| | |
|-------|----------------------------|
| 橋 長 | 75.0 m |
| 有効幅員 | 13.0 m |
| 斜 角 | 90° 00' 00" |
| 桁 長 | 24.8 m |
| 支 間 長 | 24.1 m |
| 設計荷重 | B 活荷重 |
| 構造形式 | PC3 径間連結プレテンション方式 中空床版橋 |



図一 断面一般図

3. 上部工 PC (プレストレスト) 桁について

(1) 構造形式選定

本プロジェクトで製作する PC 桁はプレストレストコンクリート橋の利点を最大限活用したものである。

(a) プレテンション (プレキャスト) 方式¹⁾

プレテンション方式は、あらかじめ (Pre) 緊張する (Tension) という言葉が示すように、コンクリートを打ち込む前に PC 鋼材をあらかじめ緊張しておく方法である。一般に、プレテンション方式は数十メートル離れた反力台 (アバット) の間に所定の本数の PC 鋼より線を配置して、あらかじめ緊張した後にコンクリートを打設する。コンクリート強度発現後に緊張を解くことで、PC 鋼材とコンクリートとの付着力によってプレストレスが導入される。プレテンション方式の特徴を以下に示す。

- PC 鋼材の配置精度が高い。
- 現場打ちと比較して品質が安定している。
- PC グラウト作業が省略できる。
- 特別な定着具を必要としない。

(b) 中空床版橋 (スラブ桁橋)¹⁾

スラブ桁は、断面内が全てコンクリートで埋まっているものを「充実断面」、内部を中空とし、長支間に対応させた断面を「中空断面」と呼んでいる。中空床版橋とは、プレストレストコンクリート橋の欠点であ

る桁自重を軽量化するために、桁内部を中空にして空間で置き換えた形式の桁である。

T 桁断面と比較すると、主桁間隔が狭いために、主桁の本数が増え反力も大きくなるが、平面線形への対応も比較的容易であり、桁高を低く抑えることができる。また、薄肉構造の床版も必要なく、外周面も少ないことから塩害等への耐久性も高い。施工速度も速いことから 20 m 以下の支間には最も多く採用されている形式である (表一 2)。

表一 2 スラブ桁橋の適用範囲¹⁾

| | |
|-------|-------------------|
| 活 荷 重 | A 活荷重, B 活荷重 |
| 標準支間 | 5 m ~ 24 m |
| 主桁間隔 | 0.77 m 以内 |
| 斜 角 | 90° ≥ θ ≥ 60° の範囲 |
| 桁 高 | 0.35 ~ 1.00 m |

(2) プレテンション桁

(a) 製作場所の検討

現地では、コンクリートプラントは現場近傍に存在したが、プレキャスト工場が存在しなかったため、プレテンション桁の製作は表一 3 のとおり多面的に比較検討を実施し、現地製作とした。

発展途上国でもプレキャストコンクリート工場は存在する場合もあり、そこへの技術指導で桁製作をするケースもあるが、本プロジェクトの場合、近隣はもちろんサモア島内にもなかった。そのため、製作設備を現地に設置することとした。

表一 3 製作場所の検討

| 項 目 | 日本 | サモア |
|-----------|------|------|
| 品 質 | 優良 | 良 |
| 輸 送 費 | 大 | 無し |
| 製 作 期 間 | 2 か月 | 4 か月 |
| 輸 送 時 間 | 2 か月 | 無し |
| 輸 送 リ ス ク | 大 | 無し |
| 設 備 投 資 | 不用 | 新設 |
| 製 作 価 格 | 高 | 安 |
| 評 価 | △ | ○ |

(b) 製作台 (反力台) 設備の設置

写真一 2 に製作台の全景を示す。製作台は、施工現場と別に製作ヤードを整備し、コンクリート製の壁と緊張装置を設置する鋼材を組み合わせ設置した。プレテンション桁は全長 33 m、高さ 1.4 m、厚さ 0.4 m のコンクリート壁を、幅 3.5 m で平行に設置し、その中に型枠を配置して桁を 1 本ずつ製作した。コンク



写真一 製作台全景



写真二 桁製作状況

リート壁の端部には鋼製のフレームと油圧ジャッキを組み合わせた緊張装置を設置した。ジャッキ容量は設計計算書からプレテンション方式での緊張用反力を計算し、5,000 kN で設計した。

一般的には緊張装置の固定には杭基礎が用いられることが多いが、今回の桁製作数は54本と少ないため、設置および撤去が簡易な直接基礎方式を採用し、構造計算より壁厚や鉄筋量を計算した。

緊張装置の鋼材フレームのうち、端部鉛直鋼材はコンクリート壁と一体化する必要があったので、高い設置精度が求められた。鋼材フレームは、緊張作業時に各PC鋼線に均一に緊張力を導入できるように設計した。

(c) プレテンション桁の製作

新橋の桁は、JIS A 5373 相当の塩害対策桁である。写真一に示すとおり、鉄筋はエポキシ塗装鉄筋を使用し、PC鋼より線は内部充填型エポキシ樹脂被覆PC鋼より線を使用した。

図一に桁製作フローを示す。

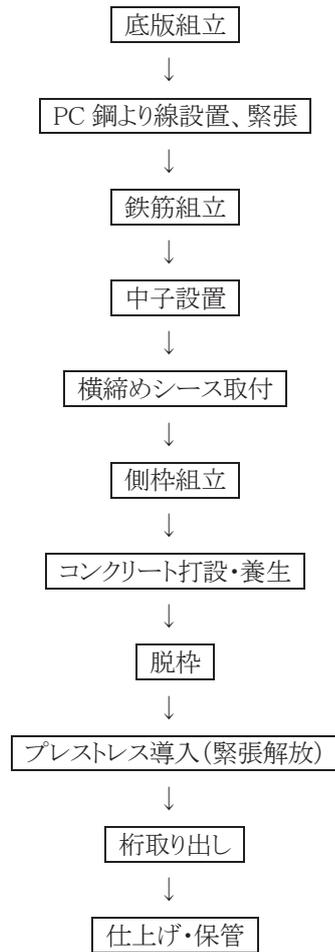
1 サイクル1週間を目標に製作した。なお、製作台は2基設置した(図一三)。

主桁に使用したコンクリートは、セメント量515 kg/m³、シリカヒューム45 kg/m³のシリカフェームコンクリートで、設計基準強度は50 N/mm²であった。現地のコンクリートプラントからトラックミキサーで運搬し、コンクリートバケットにより打設した。

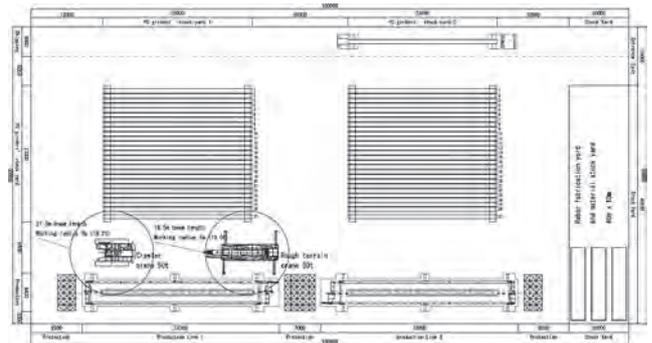
プレストレス導入は、コンクリート圧縮強度が35 N/mm²以上であることを確認後に実施した(写真一四、五、図一四)。

4. おわりに

完成写真を写真一六に示す。海外工事ではポストテンション方式が多い中、本工事では、確かな品質管



図一 桁製作フロー



図二 製作ヤード平面図



写真一 4 桁ストック状況



写真一 6 ヴァインガノ橋全景



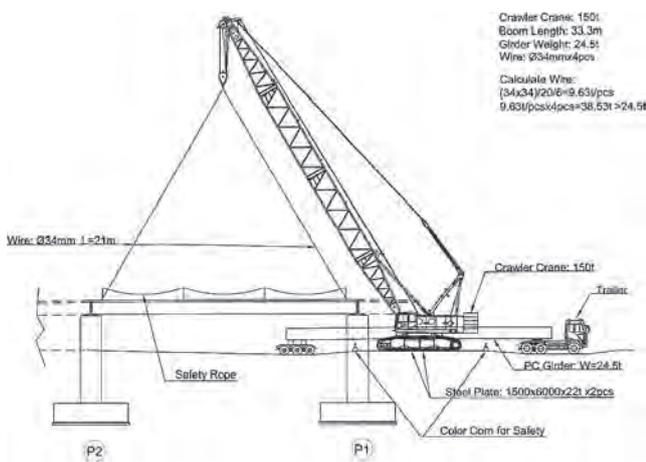
写真一 5 桁架設後

理の下で現地にてプレテンション方式の桁を製作し、高品質の橋梁を施工実績として残すことができた。工程短縮，工事費低減の観点からもメリットのある今回の方式が，今後の中規模の橋梁工事の参考となることを期待する。

JCMA

《参考文献》

- 1) 公社プレストレストコンクリート工学協会：プレストレストコンクリート技術，2019.7



図一 4 架設計画図

〔筆者紹介〕

高野 英二 (たかの えいじ)
 株式会社
 国際事業部土木部
 工事事務所 所長



田島 健司 (たじま けんじ)
 株式会社
 海外事業室
 室長代理



関西圏都市部における中国道リニューアル工事 施工の効率化を目指した取り組み

安里 俊 則

関西圏都市部の高速道路網は開通から50年が経過し、橋梁の老朽化が進行している。平成30年の新名神高速道路（高槻JCT～神戸JCT間）の開通により、東西を結ぶ路線のダブルネットワークが形成されたことから、令和2年より並行する中国自動車道（吹田JCT～神戸JCT間）の大規模リニューアル工事に着手した。本稿では、現在工事中である吹田JCT～宝塚IC間において、限定的な交通規制の中で多くの橋梁更新工事を実施するにあたり、施工の効率化を目指した取り組みとして、ジャッキシステムや床版取替機を用いた橋梁架設工法、鉄筋組立自動化システムを導入した床版製作の概要を中心に報告する。

キーワード：橋梁更新工事、ジャッキアップ架設、床版取替機、鉄筋組立自動化システム

1. はじめに

関西圏都市部の高速道路網は名神高速道路を始め、中国自動車道、近畿自動車道、西名阪自動車道など開通から50年が経過し、橋梁の老朽化が進行している。これらの路線は重交通区間であり、延長の長い連続高架橋が多いことから、橋梁更新工事の実施にあたっては長期間の交通規制による慢性的な渋滞が懸念される。このため、交通を迂回させる高速道路ネットワークを確保しながら、路線ごとにリニューアル工事（橋梁更新工事）を計画している。平成30年の新名神高速道路（高槻JCT～神戸JCT間）の開通により、**図一**に示す東西を結ぶ路線のダブルネットワークが形成されたことから、令和2年より並行する中国自動車道（吹田JCT～神戸JCT間）の大規模リニューアル工事に着手した。

現在工事中である吹田JCT～中国池田IC間では60

連（約4.8km）の鋼橋RC床版の取替え、中国池田IC～宝塚IC間では23連（約1.6km）の鋼橋RC床版の取替えおよび26連（約2.0km）のRC中空床版橋の架け替えを実施する。また、更新対象以外の橋梁では、床版防水、壁高欄補修など約8.5kmの修繕工事を実施する。

本稿では、限定的な交通規制の中で多くの橋梁更新工事を実施するにあたり、施工の効率化を目指した取り組みとして、ジャッキシステムや床版取替機を用いた橋梁架設工法、鉄筋組立自動化システムを導入した床版製作の概要を中心に報告する。

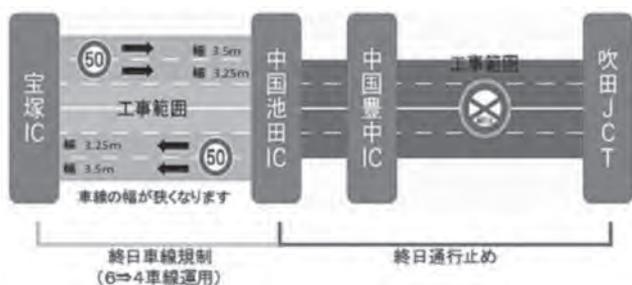
2. 交通規制計画

吹田JCT～中国池田IC間は、上下4車線の重交通区間で、かつ更新対象橋梁が多いことから、上下線終日通行止めを実施し、多数の建設機械を配置して集中的に工事を行うことで工事期間を短縮し、社会的影響の低減を図ることとした。終日通行止め期間は、交通混雑期（年末年始、ゴールデンウィーク、お盆）を除き、1回あたり約1.5ヶ月とし、2年間で計6回実施する予定である。

中国池田IC～宝塚IC間は、上下6車線の区間であることから、上下線終日車線規制を実施し、上下4車線の通行帯を確保しながら、3段階の分割施工で工事を行うこととした。終日車線規制期間は約3年間で、交通混雑期には終日車線規制を一時解除し6車線運用とすることとした（**図一**2）。なお、車線規制時の仮



図一 中国道リニューアル工事位置図



図一 交通規制計画イメージ



写真一 ロードジッパーシステム

設防護柵には迅速に移動させることが可能なロードジッパーシステムを採用し、交通規制の実施、解除に要する期間の短縮化を図っている（写真一）。

3. 吹田 JCT ～中国池田 IC 間の更新工事

(1) 鋼桁および RC 床版の更新

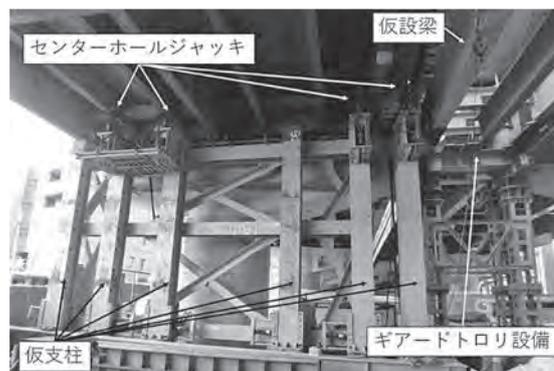
本区間の鋼橋は、大阪万博関連事業の一環として開催直前に建設されたため、短期間で的大量生産を目指した断面構成の合理化や最小鋼重設計に重点をおいた設計・施工がなされており、床版連結された単純合成桁や切断合成桁が多く採用されている。今回の更新工事では、これらの構造的特色を踏まえた上で、RC床版取替え時の既設桁補強や既設橋の劣化状況、終日通行止め期間の短縮などの観点から更新方法を検討した結果、RC床版取替えに合わせて鋼桁の架け替えを行うこととした。新設する上部構造は、既設鋼桁を新たな連続鋼桁に更新することを基本とし、各橋梁の架設工法や設計条件に応じ、主に鋼床版3主鋼桁またはプレキャストPC床版（以下、PCaPC床版）非合成4主鋼桁とした。

(2) ジャッキアップ架設工法

主に交差道路や河川など高架下の使用に制約がある箇所では、終日通行止め後、対象橋梁の反対車線に配置した100t吊オールテレーンクレーンにより既設橋



図一 ジャッキアップ架設工法の概要



写真二 ジャッキアップ設備配置状況

梁の撤去および新設橋梁の架設を行うこととした。一方、高架下の使用に制約がなく、地組立てヤードの確保が可能な箇所ではジャッキアップ工法を採用した（図一）。本工法は終日通行止め期間中にクレーン架設作業が集中するといった課題を解消する目的で考案した工法である。本工法の利点は、終日通行止め開始前に高架下で地組立・ジャッキアップ作業が可能であることに加え、地上での地組立による墜落転落災害リスクの低減、終日通行止め区間内の部材運搬車両の低減、1次ジャッキアップ後の新設床版面を既設橋撤去時の足場設備として利用可能等が挙げられる。以下、ジャッキアップ架設工法の詳細について述べる。

(a) 事前作業

橋脚前面にコンクリート基礎を設置後、ジャッキアップ設備を配置した。ジャッキアップ設備は基本的に1箇所あたり支柱（H414×405）とセンターホールジャッキ（能力500kN、ストローク200mm）4基、両端クレビスジャッキ（能力500kN、ストローク1,000mm）4基、仮受梁1本で構成される（写真二）。

高架下は作業ヤードとして、使用可能であるが、輸送トレーラーの通行や通常のラフタークレーン使用等できないため、既設橋梁の中央分離帯下面付近にベント設備と仮設梁を用いてギアードトローリー式の荷揚げ設備を配置した。各径間の地組立箇所には横取り設備を配置した。荷揚げ設備と横取り設備を使用し、部材の搬入・組立と横取りを繰り返し、鋼桁・PCaPC床版の地組立、PCa壁高欄の搭載を行った。

(b) 1次ジャッキアップ

地組立した橋梁を仮受梁上に搭載し、仮受梁を介して、支柱に設置したジャッキ設備と接続する。仮受梁を介すことで、ジャッキのばらつきによる不均等荷重が新設桁に入らないようにした。支柱上部に設けたセンターホールジャッキで新設桁をリフトアップした後、仮受梁の下方に両端クレビスジャッキを配置し、荷重の盛替えを行う（写真—3）。クレビスジャッキによるプッシュアップは1ストローク伸長後、仮受梁を支柱に固定、反力架台の固定を開放後にストロークを収縮させ反力架台を支柱に据え直し、仮受梁の固定を開放するサイクルを繰り返し行った。ジャッキは両橋脚側の計8基を連動させ、相対誤差3mmで管理を行い、既設桁下面から500mm程度下方位置までプッシュアップを行った。ジャッキアップ完了後の新設橋梁は、床版面の養生を行い、既設床版切断作業の足場、既設桁撤去時の仮受け支点として、新設橋梁を利用した。

(c) 2次ジャッキアップ

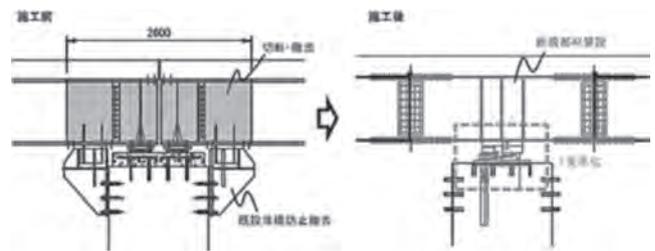
終日通行止め期間中に、本線上に配置した100tクレーンにて既設床版、鋼桁の撤去を行う。既設橋梁の撤去後、計画高までクレビスジャッキにて2次ジャッキアップを行う。2次ジャッキアップ後、撤去時と同様に本線上の100t吊クレーンを用いて、ジャッキアップした橋梁両側の支点部鋼桁を架設し、鋼桁の架設完了となる（写真—4）。その後、支点部のPCa床版架設、継手部の間詰コンクリートの打設、PCa壁高欄の設

置を行い、以降は通常の橋梁工事と同様に橋面工、付属物設置、舗設を行い供用となる。

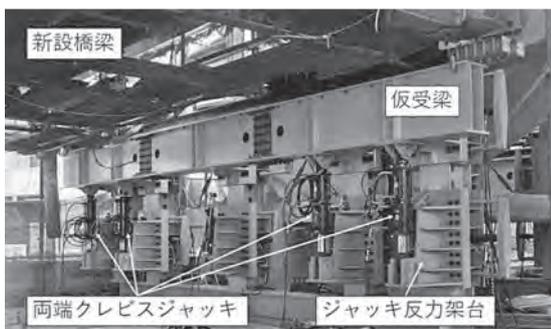
4. 中国池田IC～宝塚IC間の更新工事

(1) 鋼橋 RC床版の更新

対象橋梁の基本構造は上下線各5主桁のロールH形鋼桁で4径間を一連とする単純合成桁連結構造である。RC床版取替え時の既設桁補強や既設橋の劣化状況、終日車線規制期間などの観点から更新方法を検討した結果、RC床版取替えに合わせて既設桁の中間支点部を連続化し、更新後の構造を連続合成桁とすることで、支間中央の活荷重たわみと曲げモーメントを低減する計画とした。中間支点部の連続化は、既設桁の桁端部を一部切断撤去し、新設主桁に取替え、2支点から1支点化する構造とした（図—4）。PCaPC床版は上下線の3段階の分割施工に対応するため、縦目地を設け、床版設置後、ポストテンション横締め鋼材で接合する構造とした。



図—4 中間支点部の連続化



写真—3 1次ジャッキアップ架設状況



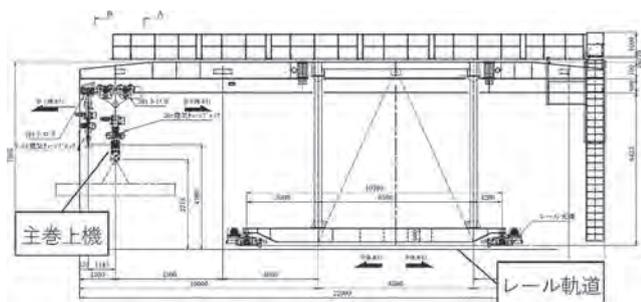
写真—4 2次ジャッキアップ状況

(2) 床版取替機による撤去・架設

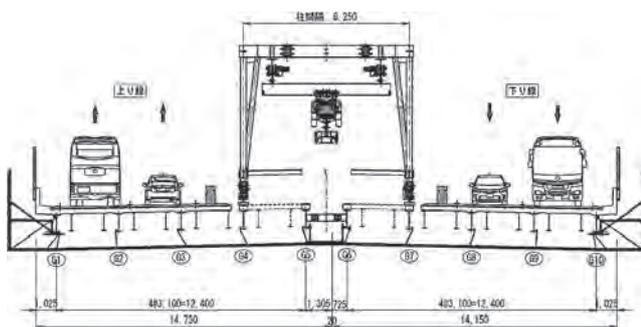
対象橋梁は隣接する大阪国際空港の制限表面下に位置しており、空港運用時間内は制限高さを超える移動式クレーンでの作業ができないことから、本橋梁では床版取替機を用いた床版撤去・架設施工とした。

床版取替機の構造を図—5,6に示す。クレーンガーダーは長さ22.0m、高さ7.9mで4本の支柱で支持されており、舗装撤去後の既設床版上面に敷設したレール上を橋軸方向に移動できる構造である。メインの巻き上げ機は定格荷重22.5tで、クレーンガーダー下に30tトロリ設備により連結されており、撤去・新設する床版や主桁部材を吊り上げた状態で取替機内を移動させることができる。

取替機は終日車線規制内にて舗装および地覆部を撤去後、トラックおよびトレーラーにて部材を搬入し、車線規制内で70t吊ラフタークレーンを用いて組み上げる。切断した既設床版などの撤去はガーダー先端の巻上機で吊り上げ、取替機内に引き込み、進入して



図一5 床版取替機 (側面図)



図一6 床版取替機 (正面図)

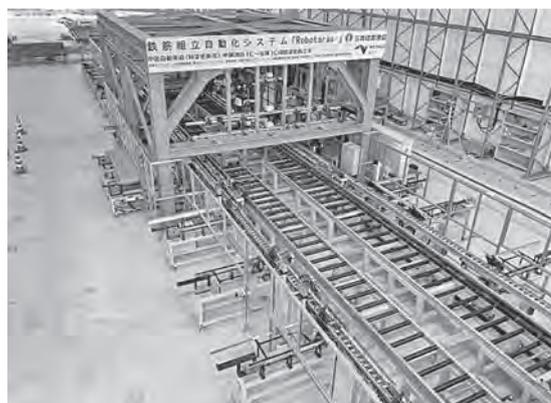


写真一5 床版取替機配置状況

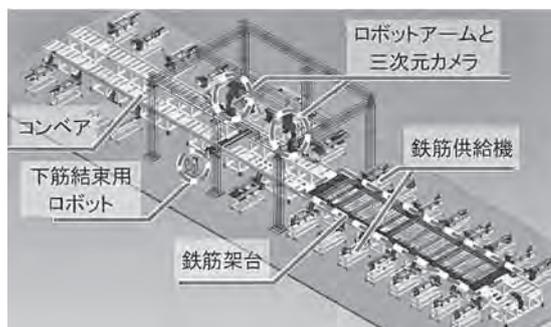


写真一6 PCaPC 床版架設状況

いるトレーラーに直接荷下ろし、搬出していく。次に、既設桁上面にレールを再敷設、取替機を移動後、トラックおよびトレーラーにて搬入した新設床版及び主桁部材を順次架設する (写真一5, 6)。



写真一7 鉄筋組立自動化システム



図一7 鉄筋組立自動化システム

(3) PCaPC 床版製作における鉄筋組立自動化

対象橋梁では、配筋が比較的単純で、同形状のPCaPC床版を多数製作する必要がある。そこで、床版製作の生産性向上を目的とした鉄筋組立自動化システムを試行的に導入した。

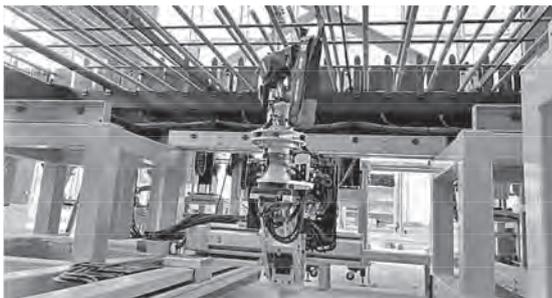
試行導入した自動化システムは、「鉄筋保持治具」「鉄筋結束機」を交互に自動着脱する機械の腕「ロボットアーム」と、「鉄筋自動供給機」を用いて鉄筋の供給・配置・結束の一連作業を自動で行うシステム^{*}(ROBOT Arm Rebar Assembly System)である。このシステムは、これまで鉄道構造物「軌道スラブ」へ導入されており、今回、高速道路リニューアル工事の取替え用床版であるPCaPC床版に「Robotaras II (以下、本システムという)」として導入した (写真一7)。

装置全体の大きさは長さ約30m、幅約8.3mであり、図一7に示すように、装置中央部には「三次元カメラを搭載したロボットアーム」2台を天吊り固定、さらに下部には「下筋結束用ロボット」を設置した。ロボットアームと下筋結束用ロボットとの間には鉄筋配置位置を溝切りした鉄筋架台を載せたメインコンベアを設置し、組立位置に応じて鉄筋架台をロボットアームの作業半径内へ移動させることでPC床版全

^{*}ロボタラス 三井住友建設の商標



写真一8 鉄筋結束状況



写真一9 下筋結束用ロボット

体を配筋・結束できるシステムとした。その結果、鉄筋架台がロボットアーム作業半径内へ移動しながら、鉄筋の配置および上筋の結束を2台のロボットアームで行い、下筋の結束を下筋結束用ロボットで分担して実施して作業の効率化に寄与した(写真一8, 9)。

また、外周には安全柵およびエリアセンサを設置して、補助作業員の安全を確保した。補助作業員は2名で、自動鉄筋組立エリア内の鉄筋供給機への加工筋の補充、鉄筋結束機への結束線充填作業などを行う。

今回のシステムにより組み立てた鉄筋は、従来の作業員による組立と比較しても配置精度・結束精度ともに遜色がなく品質に問題がないことを確認できた。また、本システムはPC床版鉄筋の85% (1,082 kgのうち916 kg)を自動組立し、補強筋や狭隘部の鉄筋などの一部の鉄筋は自動組立後に補助作業員により組み立てることとした。

そのため、自動組立中に補助作業員による補助的な鉄筋配置や結束作業が不要となり、自動組立作業の連続性・一連性を確保できた。また組立枚数は、従来の手動組立と本システムとで、共に組立枚数は1日で2枚可能であり、従来の手動組立と同程度の組立速度を確保できた。本システムを活用することにより従来6人で1日2枚組み立てていたPC床版鉄筋を、本システムと補助作業員2人で組み立てることができ1/3に省人化できた。

5. おわりに

吹田JCT～中国池田IC間は、令和3年度に上り線の鋼橋の架け替え工事を完了し、令和4年5月から下り線の工事に着手している。また、中国池田IC～宝塚IC間は、令和3年度からRC中空床版橋の架け替えを実施しており、令和4年1月から床版架設機を用いた鋼橋RC床版の取替えに着手している。

今後も、周辺住民の皆様や高速道路をご利用いただくお客様のご理解とご協力を得られるよう、関係機関と調整を図りながら、より安全に事業を進めていきたい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 安里, 佐溝, 大原, 澤村, 松井: 関西圏都市部における中国道リニューアル工事の概要, 第24回 橋に関するシンポジウム論文報告集, 2021.9
- 2) 長谷川, 竹之井, 岡本: 鉄筋組立自動化システムの開発 - PC床版の鉄筋供給・配置・結束作業を自動化 -, コンクリート工学, 2022.5

【筆者紹介】

安里 俊則 (やすざと としのり)
西日本高速道路(株)
関西支社保全サービス事業部
調査役



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

スマート床版更新 (SDR) システム[®]

三室 恵史・小柳 裕・村瀬 諒 介

我が国の国民生活や社会経済活動を支える重要な道路インフラである高速道路は、災害時の緊急輸送路としての機能を担うなど国民の安全・安心な暮らしにとって重要な役割を担っています。橋梁の平均経過年数は約 25～30 年となっており、交通量増加による疲労や飛来塩分・凍結防止剤散布に伴う塩害等による劣化が顕在化しているため、適切な維持管理および更新は喫緊の課題となっている。道路橋の床版更新工事にあたっては、工事に伴う社会的損失を低減するため、交通規制の期間や範囲を最小限にする技術に加え、近接する交通や周辺施設への安全確保、既設の主桁への負担を少なくする施工法を求められている。

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

キーワード：道路橋、老朽化、床版更新、高速施工、自動化、ソーシャルロスの低減、幅員方向分割取替

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、現在急速に劣化が進行しており、床版取替え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に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、鹿島では、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

発を進めており、二車線規制下における『全断面取替』を対象とした全断面 SDR システム¹⁾ に続き、一車線規制での幅員方向分割取替 (半断面取替) を対象とした幅員方向分割 SDR システムを開発した。

2. 本システムの概要

(1) 本システムの概要

本システムは、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

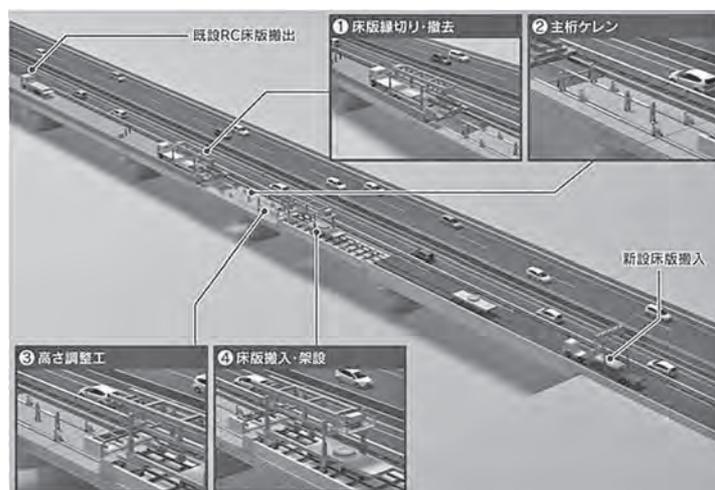


図-1 本システム概要図 (本施工システムについては、特許出願中)

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（図一1）。

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に対し，各作業班での連続作業が可能となり，床版取替工程を1/10に短縮する高速施工を実現した。

(2) 本システム適用対象床版取替工事

本システムの適用対象床版取替工事は，『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（表一1）。

表一1 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 | 備考 |
|----------|-----|-----|------|
| 全断面取替 | | | 参考文献 |
| 幅員方向分割取替 | | | 本報文 |

3. 幅員方向分割取替の主要技術

幅員方向分割取替の主要技術として，「車載運搬型床版架設機・撤去機」，「交通振動対応仮設プレート型継手」および「ワンタッチ型SB種防護柵」について，その概要を述べる。

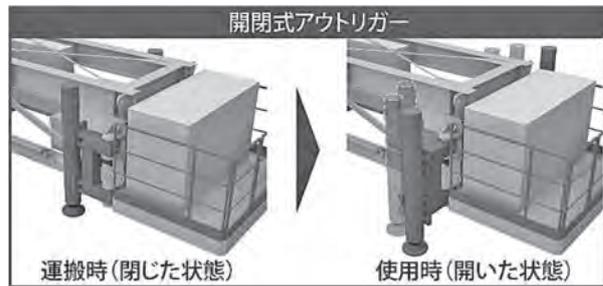
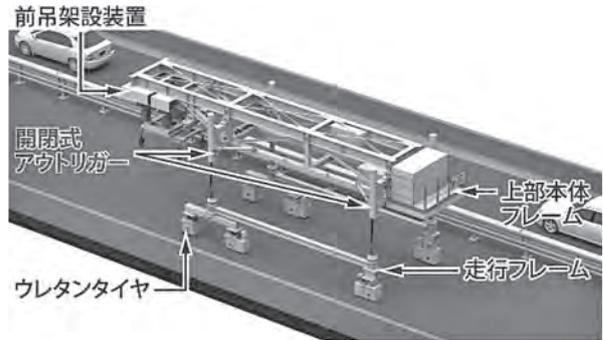
(1) 車載運搬型床版架設機・撤去機

1車線規制下での床版架設機・撤去機の設置・撤去作業においては，供用交通に対する安全性の担保が最重要課題となる。そこで，床版架設・撤去機を10tトラックおよび15tトレーラーで運搬しクレーンを要さず安全に，かつ高速で組立・撤去可能な『車載運搬型床版架設機・撤去機』を開発した（図一2，3）。

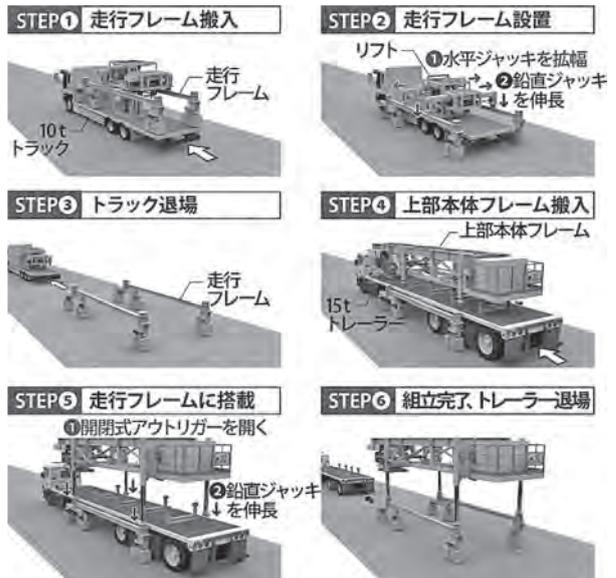
車載運搬型床版架設機は，走行フレームと上部本体フレームの2つのフレームから成る。走行フレームについては10tトラックで，また上部本体フレームについては15tトレーラーで搬入する。一車線規制内でクレーンを要さず高速組立を可能とするために，開閉式アウトリガーを採用した。

車載運搬型床版架設機の組立・撤去作業を対象として，サイクルタイムおよび施工安全性の検証を目的とした施工性確認実験を実施し，組立・撤去はそれぞれ

30分程度の短時間にて安全に施工可能であることを確認した（写真一1～3）。



図一2 車載運搬型床版架設機



図一3 架設機組立フロー



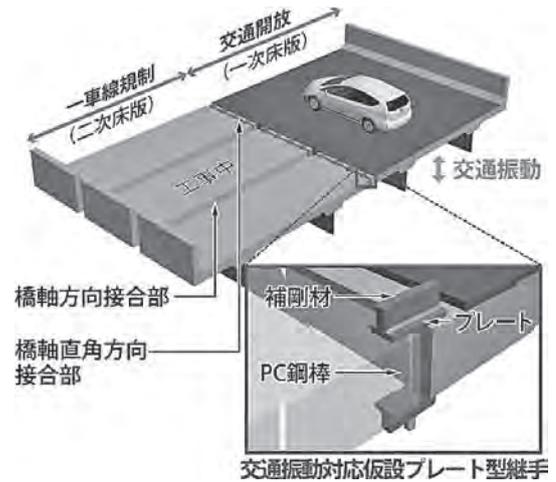
写真一1 架設機走行フレーム運搬



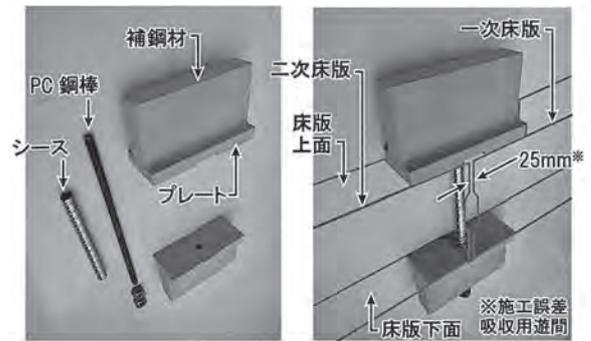
写真一 2 架設機上部本体フレーム運搬・組立



写真一 3 車載運搬型架設機での床版架設状況



図一 4 交通振動対応仮設プレート型継手



写真一 4 交通振動対応仮設プレート型継手

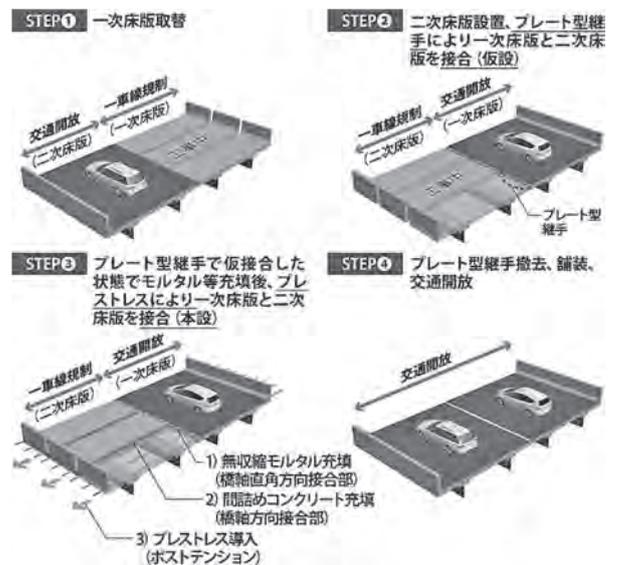
(2) 交通振動対応仮設プレート型継手

幅員方向分割取替における供用側床版（以下、一次床版）と規制側床版（以下、二次床版）の接合部（橋軸直角方向接合部）に充填する間詰材については、硬化中に一次床版からの交通振動によりひび割れが生じるなど、品質が低下することが課題となっている。

そこで、交通振動による影響を解消し間詰材の品質を確保するために、摩擦抵抗によって一次床版と二次床版を仮接合する『交通振動対応仮設プレート型継手』（以下、プレート型継手）を開発した（図一 4）。

プレート型継手は、プレート、PC 鋼棒およびシースから成る。プレートについては、補鋼材により交通振動に対して必要な剛性を確保する構造としている。このプレートを一次床版と二次床版を跨ぐように床版上下面に配置し、これら上下面のプレートを PC 鋼棒で締結することにより、一次床版と二次床版を摩擦力で接合する構造である（写真一 4）。

このプレート型継手を用いた幅員方向分割取替施工手順は図一 5 の通りである。プレート型継手を用いることによって、施工時においてはプレート型継手により一次床版と二次床版を接合・一体化する。間詰め材の硬化中においては、一次床版側の交通荷重による一次床版と二次床版の相対変位を抑制できる（STEP



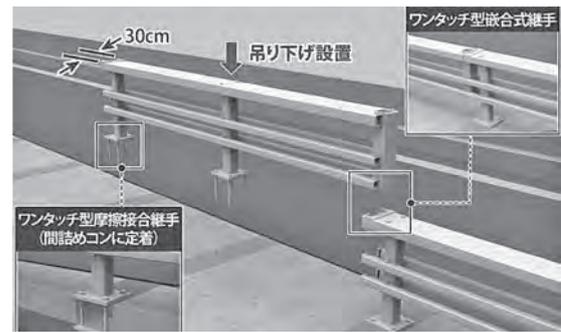
図一 5 幅員方向分割取替施工手順

②)。また、完成時においてはプレストレスにより一次床版と二次床版を接合・一体化し、交通荷重に対し十分な性能を有する床版とするものである（STEP ③, ④）。

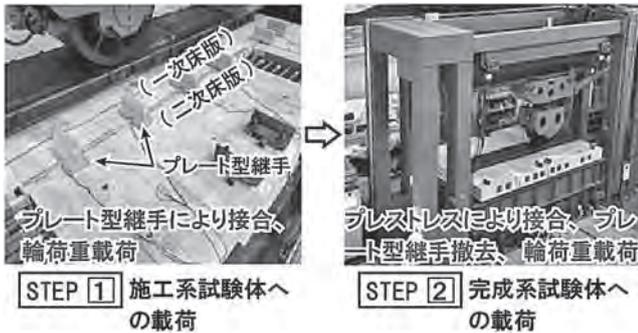
プレート型継手を用いて取替えた床版の供用期間中

における耐疲労性の確認を目的として、NEXCO 試験方法²⁾に準じ、輪荷重走行試験を実施した。試験の結果、完成した床版が100年相当の交通荷重に対して十分な性能を有していることを確認した³⁾(写真—5)。

また、施工性確認実験を実施し、プレート型継手の締結により一次床版と二次床版の間に交通荷重により生じる相対変位を安全に吸収し、確実な一体床版(交通振動による相対変位≒0)を形成可能なことを確認した(写真—6)。



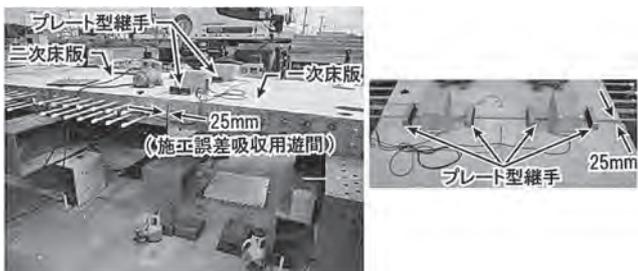
図—6 ワンタッチ型 SB 種防護柵



写真—5 施工ステップを追った輪荷重走行試験



写真—7 施工安全性、サイクルタイム確認状況



写真—6 交通振動プレート型継手施工性確認実験

(3) ワンタッチ型 SB 種防護柵

1車線規制下での床版撤去・架設作業においては、作業エリア内に誤進入してくる一般車両に対する確実な防護対策(SB種)が安全上の最重要課題である。また、防護柵設置・撤去作業時の安全性、並びに防護柵占有による規制範囲の最小化が求められている。

そこで、幅30cmの占有でSB種を担保し、ワンタッチで設置・撤去可能な『ワンタッチ型SB種防護柵』を開発した(図—6)。

一車線規制内で安全・高速な設置・撤去を可能とするために、本鋼製防護柵における横梁の継手構造としては、『ワンタッチ型嵌合継手』を、また支柱の床版間詰めコンクリートへの定着構造については『ワンタッチ型摩擦接合継手』を採用した。施工性確認実験により、防護柵を積込んだユニック車にて、2分程度のサイクルで連続設置が可能であることを確認した(写真—7、撤去も同様)。

4. 実物大総合実証実験

2022年4月、幅員方向分割SDRシステムを対象として、サイクルタイムおよび施工安全性の検証を目的とした実物大総合実証実験を行い(写真—8)、床版取替工程を1/10に短縮する高速性など本システムの有用性を確認した。



写真—8 実物大総合実証実験

5. サイトプレキャスト工場

本システムの採用に加えて、JIS認証(JIS A 5373)を取得したPC床版を製作するプレキャスト工場を、工事現場の近傍に設置できると(図—7、写真—9)、床版の製作費や運搬費が削減でき、工事費の2割低減が見込める。また、床版の車両運搬に伴う騒音振動や交通渋滞、CO₂排出等による社会的損失(ソーシャル

ロス)を削減することで、本システムの効果を一層高められる。さらに、サイトプレキャスト工場では、地元企業から生コンクリートの調達が可能となり、地元との協業も図ることができる。

的に提案する。併せて、自動化を始めとした機能向上についても研究開発を進め、交通規制等によるソーシャルロスを最小限にとどめる道路橋床版更新工事の実現に寄与する。

JICMA



図-7 サイトプレキャスト工場



床版製作設備

曲げ強度試験機

写真-9 サイトプレキャスト工場用設備

6. 今後の展開

実物大実証実験において所期の結果を得たことを受け、今後は実工事への適用に向け、本システムを積極

《参考文献》

- 1) 山中ら：スマート床版更新 (SDR) システム, 土木施工 VOL.61 No.7, pp.66 ~ 67, 2020.7.
- 2) 東日本高速道路会社/中日本高速道路会社/西日本高速道路会社：NEXCO 試験方法 第4編, 2019.7.
- 3) 永井ら：床版取替工事の幅員方向分割施工における仮設継手構造の検討(その2) - 構造性能実験 -, 土木学会全国大会第77回年次講演会, 投稿中.

[筆者紹介]



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



小柳 裕 (おやなぎ ゆう)
鹿島建設㈱
機械部 機械技術イノベーショングループ



村瀬 諒介 (むらせ りょうすけ)
鹿島建設㈱
機械部 機械技術イノベーショングループ

シンガポール公共工事

40 m スパンの仮設鋼構造トラス橋（歩道）の解体・撤去

林 伸 幸・和 田 良 太・鈴 木 翔 太

シンガポールは1965年に都市国家として独立以来、経済成長と国際競争力の強化を目指す上で、高度な公共交通インフラの整備を重要政策項目の一つとして、現在にいたるまで積極的かつ安定した建設投資がなされている。特に鉄道公共交通の建設事業分野では継続的に新路線が建設され、2022年6月現在、トムソン・イーストコースト線の残り30%（地下トンネル）、ジュロンリジョン線（高架橋）、クロスアイランド線（地下トンネル）の大型プロジェクトがシンガポール国内で進行中である。弊社は2013年から2020年にわたり地下鉄トムソン線（トムソン・イースト線全5期のうち第2期）T212工区を請け負った。T212工区のシールドトンネル立坑の幹線道路上での構築のため、既設プレキャスト製歩道橋を切り廻す計画であったため仮設鋼構造トラス橋（歩道）が設置され、約5年間の共用機間を終えた。本報告書ではその解体・撤去の際に鋼トラス橋特有の構造的複雑性といった技術的課題への対応を報告するものである。

キーワード：シンガポール、道路土工、仮設構造物、鋼構造、長大トラス橋梁

1. はじめに

T212工区は、シンガポール官庁である陸上交通庁（LTA）が計画してきた新規鉄道事業 地下鉄トムソン・イーストコースト線のうち、地下2階構造の駅舎部（228 m長×21 m幅×20 m深）の構築および約4キロのシールドトンネル工事（泥水式シールド3基、立坑41×25×30 m深）を含み、その工事名称は「アップパートムソン駅及びトンネル工事」である。

図-1にT212プロジェクトのシンガポール国内での位置を示す。

当駅を含む6駅、トムソン・イーストコースト線の5区域のうち1区域（図-1参照）、が2021年8月28

日に開業した（写真-1）。

本報文はT212完了後に施工した復旧工事の一部工種に関するものである。埋戻し復旧完了したシールドトンネル立坑は幹線道路であるアップパートムソン道路上に位置していた。立坑構築以前の道路切回し時に設置した仮設歩道橋の撤去に際して、設置時は道路共用区域外であったが、共用区域内での作業であることがさらに複雑にした。図-2～4にその詳細を示す。

2. 仮設歩道橋の諸元

H鋼 杭基礎
鋼構造 橋梁上部・下部工

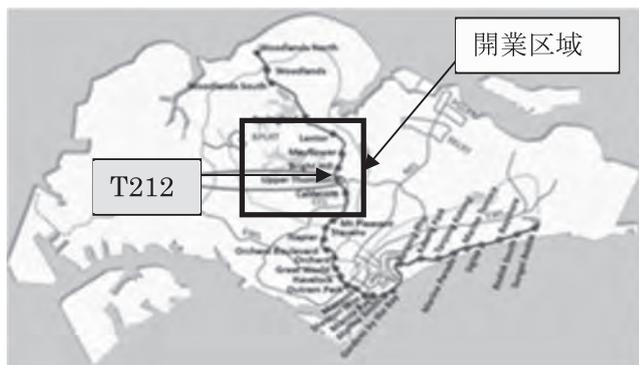
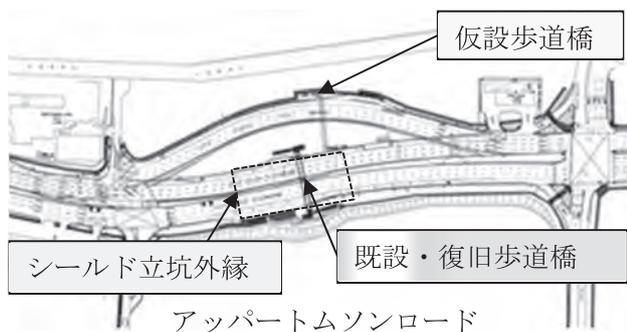


図-1 プロジェクト位置図



写真-1 アップパートムソン駅プラットフォーム



アパルトムソンロード

図-2 仮設歩道橋 位置平面図

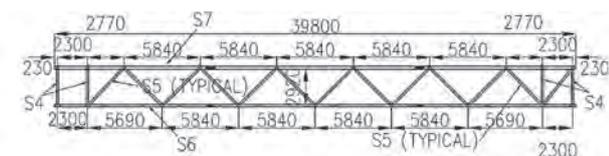


TABLE 1

| STEEL MEMBER | SIZE | STEEL MEMBER | SIZE |
|--------------|----------------------|--------------|--|
| S1 | L 120x120x12mm | S8 | UC 356X368X162 kg/m |
| S2 | L 80x80x8mm | S9 | L80x80x10mm |
| S3 | UC 125x125x23.6 kg/m | R1 | CUT FROM RHS 200x100x6mm (d = 100~190mm) |
| S4 | UC 150x150x31.5 kg/m | R2 | RHS 60x40x6mm |
| S5 | UC 150x150x31.5 kg/m | R3 | L100x75x10mm |
| S6 | UC 203x203x46 kg/m | C1 | SHS 80x80x8mm |
| S7 | UC 250x250x72.4 kg/m | | |

図-3 鋼構造上部工詳細図

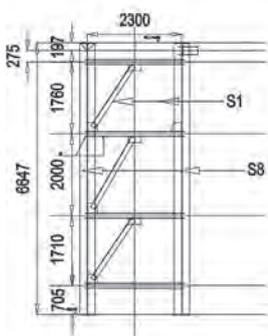


TABLE 1

| STEEL MEMBER | SIZE |
|--------------|--|
| S1 | L 120x120x12mm |
| S2 | L 80x80x8mm |
| S3 | UC 125x125x23.6 kg/m |
| S4 | UC 150x150x31.5 kg/m |
| S5 | UC 150x150x31.5 kg/m |
| S6 | UC 203x203x46 kg/m |
| S7 | UC 250x250x72.4 kg/m |
| S8 | UC 356x368x162 kg/m |
| S9 | L80x80x10mm |
| R1 | CUT FROM RHS 200x100x6mm (d = 100~190mm) |
| R2 | RHS 60x40x6mm |
| R3 | L100x75x10mm |
| C1 | SHS 80x80x8mm |

図-4 鋼構造下部工詳細図

上部工 39.8 m 長 (支点間距離 37.0 m)
 構造形式 1 径間トラス架構×2 (間隔 2.3 m)
 総鋼材量 40.0 t (下部約 10 t, 上部約 30 t)

シンガポールにおいては、屋根や階段が付随するインフラ構造物には構造設計に加え、建築士による諸官庁への手続きが必要であり本工事でも提出している。現在は3年程度を超える期間据え置かれる仮設橋梁は本設インフラ扱いとなり、海上からの塩害の影響を受けやすい当地では鋼構造橋梁の許認可に所定の制限がかかる。

歩道橋の利用者は、近隣住宅地に住むバス停利用者であり、次の横断歩道まで約 200 m 程度の歩行距離が必要となるため、道路切り回しのどの段階でも歩道橋機能維持を要望していた (写真-2)。

3. コロナ禍での道路復旧工事の建設環境

シンガポール当局と工事継続に関するマネジメント対応が協議され、コロナ禍の作業は工事区域の明確な区分を行い感染発覚時の隔離作業員を限定する措置が継続的にとられた。2020年9月頃の作業区域図を図-5に示す。

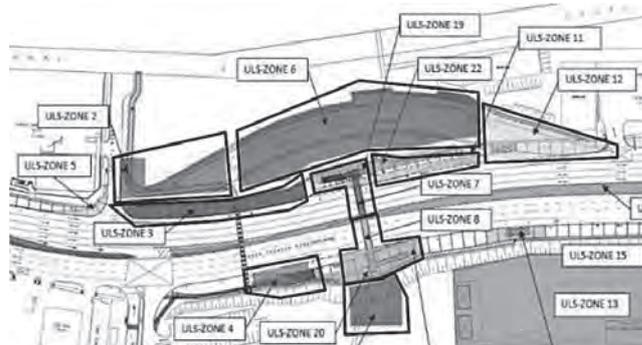


図-5 コロナ禍での作業区域図



写真-2 仮設歩道橋 遠景

4. 当初計画における施工ステップ図

当初計画では、周辺環境制約により上部工を仮受けして一般道の共用を優先する二段階での解体予定であった。当初計画施工ステップ図を図一6に示す。



図一6 当初計画施工 ステップ図

施工ステップごとの施工内容を以下に列記する。(図中番号=ステップ番号)

- ステップ1：仮設中間支持架構の設置
- ステップ2：上部トラス架構の一部解体
- ステップ3：図中左の下部工の解体
- ステップ4：残りの上部トラス架構の解体
- ステップ5：図中右の下部工の解体



写真一3 下部工 近景



写真一4 上部トラス架構内 近景

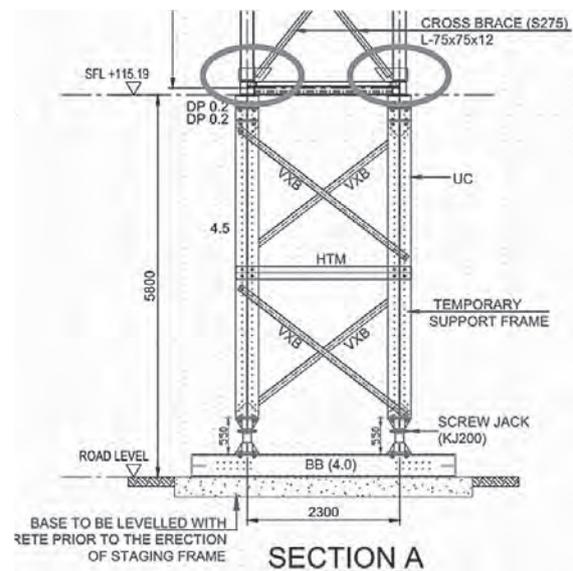
5. 検討課題と技術的解決策

(1) ステップ1における構造形式の変更

共用状態の幹線道路上部の1径間橋梁に中間支点を設けると、短期間ではあるが、2径間連続橋梁へと構造形式が変更される。

施工前の長大スパンの上部工変位と下部工反力を2径間連続橋梁のものへと段階的に推移させて、次段階で各部材へ衝撃力がかからないようにする課題があった。追加する中間支持架構の天端に油圧ボタンジャッキを装備して上部工からの荷重が設計上の反力になることを油圧ゲージなどにて確認する対策が必要であった。

下記図一7の中間支持架構上部丸囲いの箇所である。



図一7 中間支持架構の油圧ジャッキ設置参考図

その他に、当初引張応力状態であったトラス部材が圧縮状態に遷移する箇所などがあり、各部材断面力、有効座屈長を再度検証して適切な補強が必要であった。また、上部にクレーン作業の障害となる既設上部工があるため、仮設中間支持架構は人力による組み立てにより施工効率と施工安全性を確保しなくてはならなかった。

(2) ステップ2における構造形式の変更

ステップ1において2径間連続桁構造となったあとで、ステップ2ではクレーンで吊った状態でトラス部材をガス切断などして解体する必要があった。つまり、再び1径間に戻す計画であった。

クレーンの吊り治具により撤去部材の弦材格点を全て支持したとしてもトラス部材の軸力はゼロにならないため、ガス切断時の段階的衝撃力に対する作業員の安全性を確保する課題があった。2列のトラス架構を上弦材において追加横桁にて剛結させて段階的衝撃力を分散させることや下弦材の格点をさらに地上より支保すること、ステップ3で撤去する下部工の水平力に対する補強をほどこすこと、重機にクラッシャーを装備してガス切断を避けるなどを検討した(図-8)。

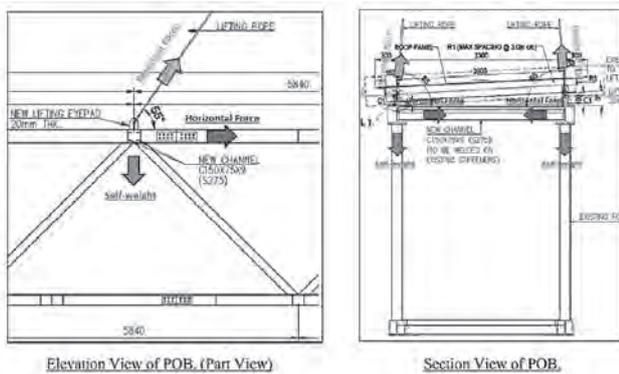


図-8 クレーン保持時の補強など参考図

この検討段階において、クレーン、下部工、仮設中間支持架構の反力および各部材にかかる衝撃力が各部材切断段階において複雑であることを加味してトラス架構40mスパン一括吊り下ろしに変更することとなった。

全スパン一括吊り下しのために、地域住民および道路管理者と協議をかね安全上の問題が潜在していることを加味して歩道橋がない時間を別の地上歩道で代替することとなった。

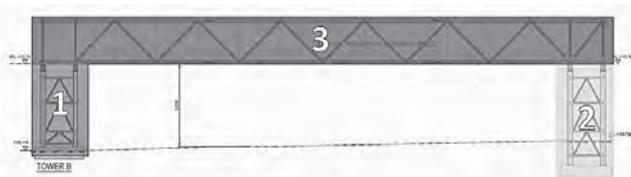


図-9 最終計画施工ステップ図
ステップ3→ステップ1→ステップ2

以下、全スパン一括吊り下しでのさらなる検討を示す。

(3) ボルト接合部の鋼材腐食の可能性

現地にて鋼構造部材を目視で確認したところ塗装が新品のままであり疲労変形している箇所は見当たらなかったが、下部工と上部工をボルト接合している箇所



写真-5 下部工・上部工接合ボルト近景

は塗装がなく腐食による付着の潜在的可能性があり衝撃応力に備えるといった課題があった。

対策として剥がれを促進するため1~2tの吊り荷重をかけて大ハンマーにより接合部付近をたたくことにした。また、段階的に吊り荷重を増やしていきクレーンコックピットの荷重計が10t(全吊り荷重約27tに対して)になってもはがれない場合、ガス切断に切り替える準備を用意しておいた。

(4) 一般道路・歩道近接での長物の吊り荷作業

長物のクレーン吊り荷作業は、クレーンの旋回ではなく玉掛・合図者のガイドロープによる誘導が必須であるので明確な安全施工手順の確立が課題であった。

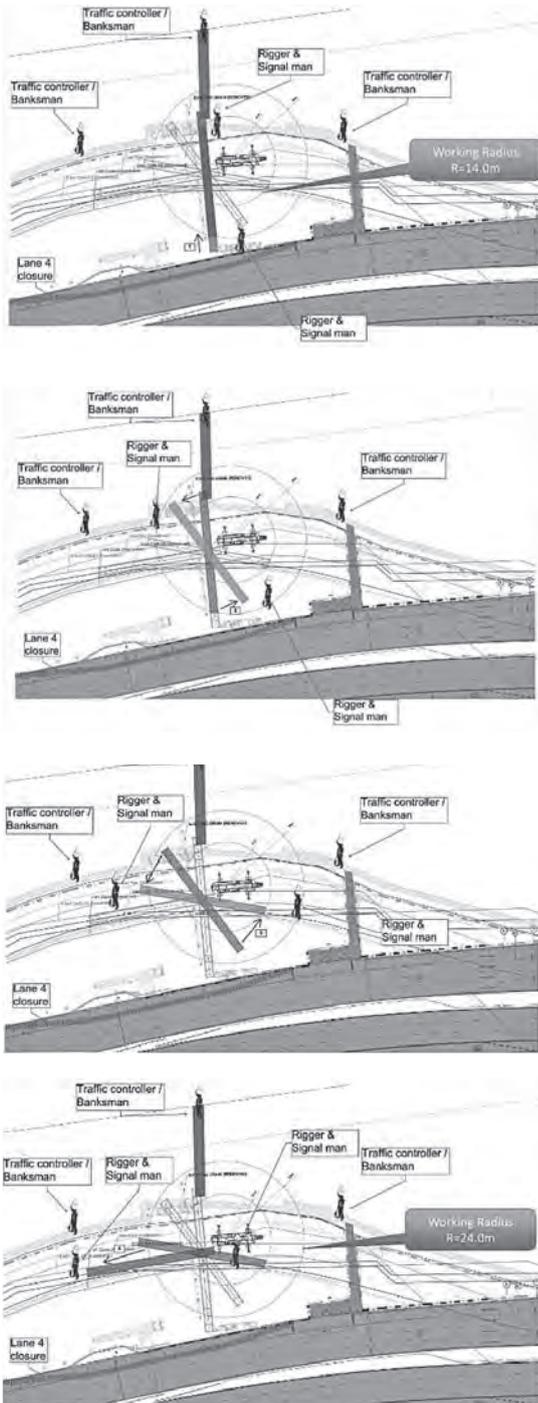
一つの端部に常時2名を配置すること、それら玉掛・合図者が移動する箇所の資材やフェンスを撤去し整地すること、吊り荷の回転時の役割分担を施工手順会で明確にすることなどを対策として実施した。

長物の吊り荷作業手順を図-10に示す。

(5) クレーン計画

吊り荷重27t、発注者指定安全率1.3、最大作業半径24mを踏まえて、500tラフタークレーンを用いることを前提にクレーンアウトリガー部分の地盤の確認を平板載荷試験により実施した。また、地下埋設物図を参照し地盤沈下の可能性を確認した。

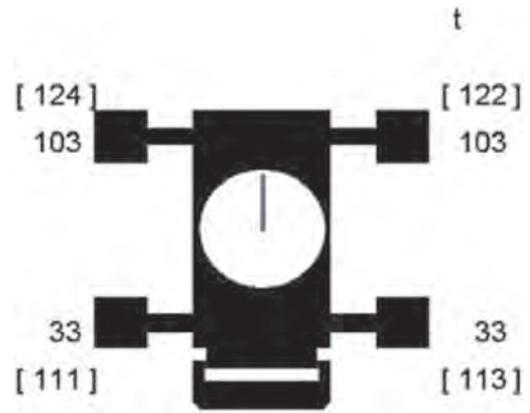
最大2mmの沈下に止まることを計測し、地盤耐力は十分であると判断した。



図一 10 長物の吊り荷作業手順



写真一 6 下部工接続部 確認状況



図一 11 アウトリガー設置圧



写真一 7 平板載荷試験状況

6. おわりに

シンガポールでは構造計算書等についてPE (Professional Engineer) による計算を行い、設計承認機関の承認をとることが前提である。

また、PE の計算は効力が強く、内容確認不足等がおこる場合がある。今回の施工手順の見直しにより、トラス構造から仮設鋼構造下部工に加わる荷重計算を確認した結果、風荷重の考慮等が抜けていたことが判明した。協力業者から提出された計算書および施工手順書をうのみにするのではなく、よく確認し、想定される設計条件等をしっかり吟味することが重要である。

各種検討のために施工時期の変更やステークホルダーとの協議により発注者の協力が必要となったが、一括スパン吊り下しが無事完了した瞬間には発注者から拍手を頂いた。弊社シンガポール事業では、橋梁架設にかかわる建設機械において次のような実績があり、継続した発注者からの技術的評価を頂けるよう今後も詳細検討に自ら参画すべきと筆者は考える。



写真-8 鉄道橋バランスキャンチレバーハンガーフレーム



写真-11 道路橋の現場打ちバランスキャンチレバー移動型枠



写真-12 道路橋のスパンバイスパン工法エレクションガーダー

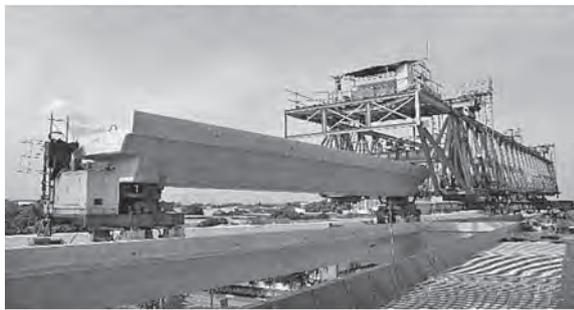


写真-9 鉄道橋 25m スパン PSPC 箱桁のエレクションガーダーと橋梁移動台車



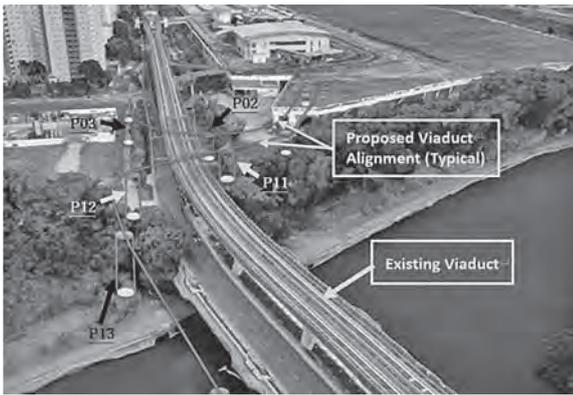
写真-13 道路橋のプレキャストバランスキャンチレバー移動式 PC 緊張吊り足場 (高速道路上部)



写真-10 道路橋の移動式 PC 緊張吊り足場



写真-14 ステンレスチール 2重らせん歩道橋の仮設門型クレーンと軌道支保 (海上)



写真—15 鉄道橋プレキャストバランスキャンチレバー工法 (2022年6月現在施工計画中)

JCMA

[筆者紹介]



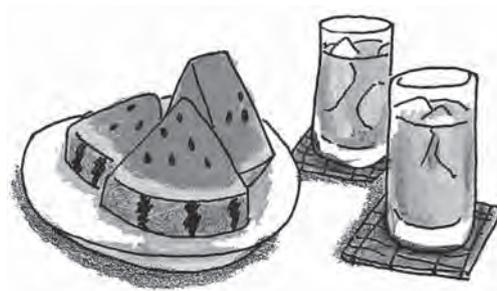
林 伸幸 (はやし のぶゆき)
 佐藤工業㈱
 シンガポール支店 土木部
 T212 作業所
 所長



和田 良太 (わだ りょうた)
 佐藤工業㈱
 土木事業本部 設計部
 副課長



鈴木 翔太 (すずき しょうた)
 佐藤工業㈱
 シンガポール支店 土木部
 CAG ITBT 作業所
 主任



床版取替工事向け多機能床版取替機 「Sphinx」の開発

武川 哲・石川 孝

高度経済成長期に整備された道路橋の老朽化が顕在化し、劣化した床版の取替工事など大規模更新工事が進められている。床版取替工事では、交通規制に伴う社会的影響を最小限に留めるため、施工期間を短縮する高速施工が求められている。この度、床版取替工程のうち、既設床版の引き剥し、撤去、積み込みから、新設床版の荷取り、水平回転、架設までの一連の作業すべてを一台で行うことができる多機能床版取替機「Sphinx」（以下、本取替機という）を開発し、本稿にて装置特徴や付帯機能について紹介する。

キーワード：多機能、高速施工、縦横断勾配施工、リモート操作、低い装置高さ

1. はじめに

全国の高速道路の約4割が供用から30年を経過し、床版は劣化が激しく、大規模更新・修繕工事が進められている。現在施工中の床版取替工事の多くは、非合成桁や上空制限がないなど、施工条件の良い橋梁から進められ、従来のクレーン工法（以下、従来クレーン工法）が採用されている。しかし、標識など空頭が低い構造物や高圧電線が横過する箇所、ジャンクション下など高さ制限のある場所では、従来クレーン工法の採用は困難である。また、クレーンは機体重量が大きく、既設桁の補強が必要になる場も多い。

これらの課題や今後の合成桁を対象とした大規模更新・修繕工事を踏まえ、装置の据え付け制限や既設桁の補強を抑え、上空制限下でも高速施工を可能とする多機能床版取替機を開発した。本稿にて装置特徴や付帯機能について報告する。

2. 装置概要

(1) 開発コンセプト

本取替機開発にあたり、床版取替工事の一連の作業を念頭に、従来クレーン工法の施工性および利点・欠点を分析して開発コンセプトを検討した。以下に開発コンセプトを示す。

(a) 高速施工

高速走行やスムーズな動作で、従来クレーン工法と同等の施工性を実現する。

(b) 低い装置高さ

上空制限4.3mの条件下でも、走行や床版の荷取り、積み込み、回転作業を支障なく行える低い高さの装置。

(c) 多機能装置

既設床版の引き剥し、撤去、積み込みから、新設床版の荷取り、水平回転、架設までの床版取替に係わる一連の作業を装置一台で実現する多機能な装置。

(d) 縦横断勾配施工可能な装置

縦横断勾配の施工環境下でも、水平姿勢を保持しながら作業可能な装置。

(e) 操作の自動化

省力・省人化を含め、一部動作のプログラム制御とリモート操作が可能な装置。

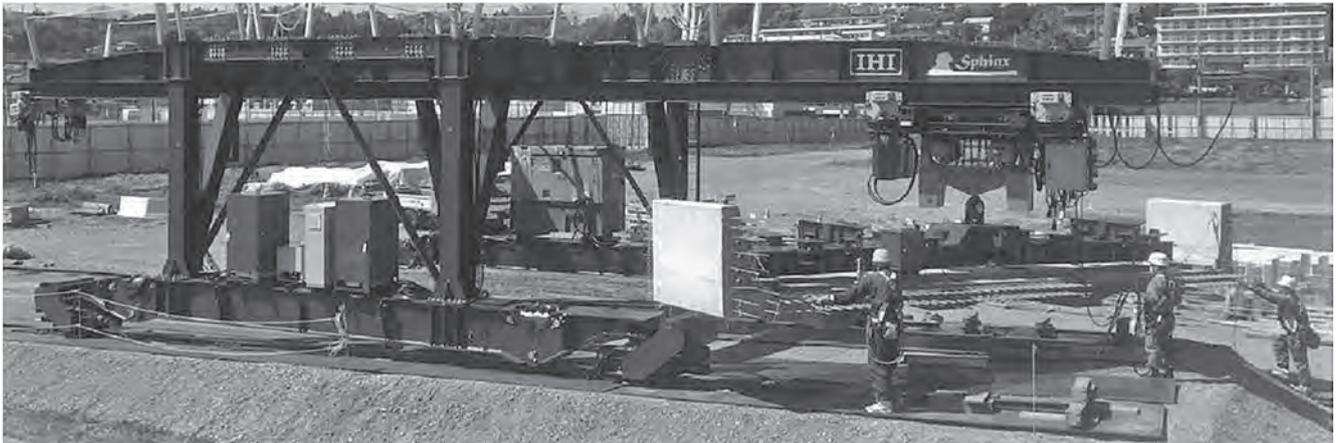
(2) 諸元

本取替機の諸元を以下に示す。名称は、その姿がエジプトのスフィンクスに似ていることから命名した（写真—1）。写真—2、図—1に示すとおり、本装置は軌条走行型であり、図—2に示す前後方向に突き出す主構、支柱、脚部で構成され、既設桁の主桁間隔に応じて軌条幅を調整可能である。支柱から前後に突き出す脚部には、写真—2に示すヒンジ部とジャッキで構成する関節を持ち、ジャッキ伸縮により関節が屈折し、高さ調整を行う事で機体全体の水平を保持する。

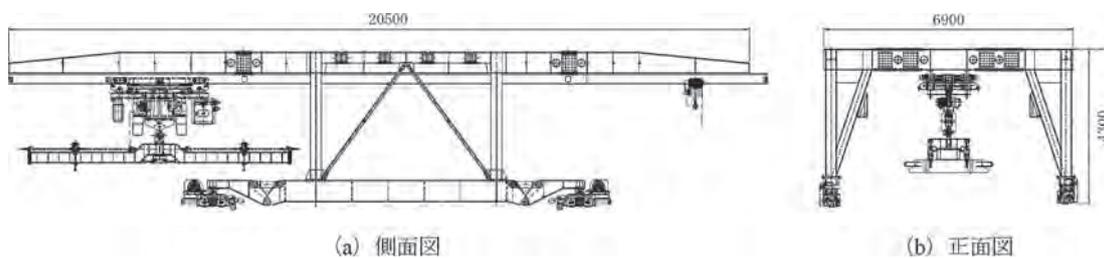
①全長：20.5 m

②高さ：4.3 m

③適用レール幅：6.5 m（4.6～7.5 mに変更可能）



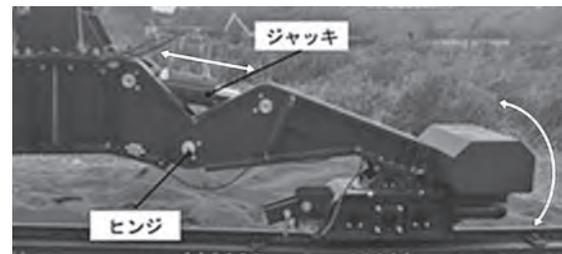
写真一 本取替機外観



図一 本取替機概要



写真二 本取替機構造



写真三 脚部ジャッキ伸縮動作

- ④装置重量：47 t
- ⑤最大吊り重量：20 t（吊り天秤を含む）
- ⑥軌条形式：22 kg レール
- ⑦走行速度：9.0 m/min（中速，低速に調整可能）

(3) 適用条件

本取替機で床版取替可能な適用条件を以下に示す。

(a) 取替床版

- ・最大寸法：2 × 14 m
- ・床版最大重量：17.5 t

(b) 現場条件

- ・縦断勾配：-5%～+5%
- ・横断勾配：-5%～+5%
- ・曲率：R = 200 m 以上

(4) 本取替機の特徴

本取替機は、既設床版の引き剥し、撤去、積み込み

および、新設床版の荷取り、水平回転、架設におよぶ一連の作業全ての機能を備える。また、本取替機は、各作業の施工性を向上させることを目的とした特徴的な機能を備えており、以下に示す。

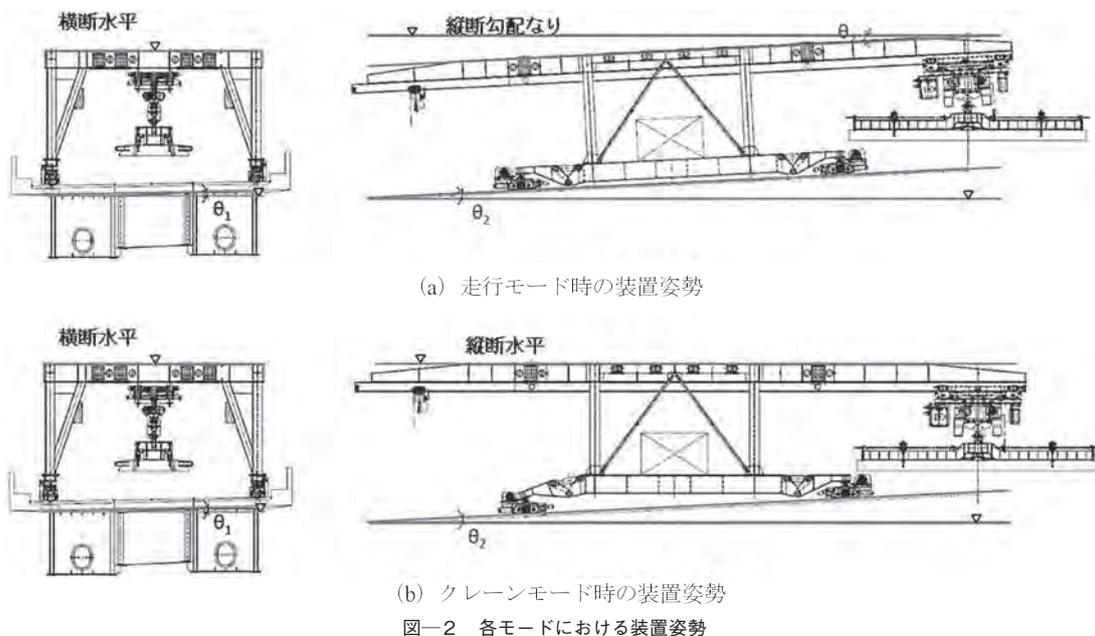
(a) 多機能装置

既設床版の引き剥がしから、撤去、運搬、積み込み、新設床版の荷取り、床版の水平回転、架設におよぶ一連の作業を、全て1台でこなすことが可能である。

(b) 姿勢自動制御

本取替機には、写真一三に示す脚部に内蔵するジャッキの伸縮によって、水平保持する機能を設けた。水平姿勢の保持機能は、縦横断勾配を検知するセンサーと前後4箇所ジャッキを連動させるプログラムによって、走行時・施工時のそれぞれに適した姿勢に自動制御するものである。

この姿勢制御は、具体的には、走行モードとクレーンモードを設け、装置内の写真一四に示す制御盤で



切り替え運用する。装置姿勢は、各モードに合わせた水平保持姿勢に自動制御で可変する。図一2 (a) に示す走行モードでは、走行箇所横断勾配を検知、横断方向の水平を保持しながら、縦断方向は勾配なりの姿勢を保持する。

一方、図一2 (b) に示すクレーンモードでは、縦横断何れの勾配も検知し、縦横断方向の水平を保持する。この機能により、-5%から+5%まで縦横断勾配が変化する橋梁上でも、安全に施工することが可能である。

(c) 低い装置高さ

一般の標識などの構造物や立体交差部の桁下制限高さは、道路構造令により4.5m以上となる。装置高さを4.3mとすることで、立体交差部などの上空制限下でも、床版取替を支障なく行うことを可能にしている。

(d) 装置の軽量化

装置重量は、約47tであり、トラッククレーンなどの他機種と比較すると、床版取替時の既設桁への負

担を軽減し、鋼桁の補強量を減らすことが可能となり、合成桁にも有利である。

(e) 操作の無線化

無線、有線の何れの操作も可能であり、現場状況に応じて安全に作業を行うことができる。

(f) 吊り天秤

吊り天秤を写真一5、6に示す。その構造は、新設床版の架設時を基本とするが、旧床版の引き剥し時は、ジャッキを装備できる構造とした。特に、新設床



写真一5 旧床版撤去時の天秤構造



写真一4 新設床版架設時の天秤構造



写真一6 新設床版架設時の天秤構造



写真一七 吊り天秤のスライド可能な吊りピース



写真一八 吊り天秤に設けた傾き調整ジャッキ



写真一九 主構（中央部）の搭載



写真一〇 主構（前方部）の搭載



写真一一 吊り装置の搭載



写真一二 走行確認



写真一三 クレーンモード稼働確認

版の荷取りや架設時は、床版の水平姿勢を保持する調整作業が発生し手間を要する。そこで、写真一七、八に示す天秤中央部に、写真一七に示す吊りピースと連動した伸縮するジャッキを設けた。リモート操作によるジャッキ伸縮にて、重心位置に合わせて吊点位置が調整可能となり、円滑な床版の水平保持を実現した。

3. 本取替機の組立・解体

組立・解体について、施工状況を写真一九～二一に示す。組立・解体は、50tラフタークレーンにて行っ

た。ラフタークレーンを本取替機後方に配置した場合には、支保工、足場の組立、解体、各種配線を含め、組立に要した日数は3日、解体は2.5日であった。



写真—14 旧床版撤去作業



写真—15 新設床版架設作業

4. 本取替機の稼働

試験ヤードにて確認した稼働状況について、写真—12, 13に示す。実施工での上空制限より低い高さである4.5 mの門構、 $R=20$ mの曲率、最大5%の縦断勾配、縦断勾配の差異により1%の横断勾配を設けた軌条、床版を模擬した寸法、重量のカウンターウエイトを吊荷として用意した。走行や旧床版の撤去から新設床版の架設までの作業を想定した一連の動作を確認し、全ての動作や各モードの装置姿勢など、設計通りに機能することを確認した。その後の実工事においても、問題なく稼働していることを確認した（写真—14, 15）。

5. おわりに

Sphinxの初施工となった、上空制限下や縦横断勾配変化のある条件の現場において、施工性の高さを確認した。また、リモート操作や自動調整などの機能を発揮することで、施工効率の面から見ても、従来クレーン工法における課題を克服した、優位な施工性を実現した。

現在、全国で進められている床版取替工事は、高度経済成長時に架けられた橋梁の中の一握りであり、今後は、困難な環境下での施工、急速施工等が求められる。Sphinxは、これまで培った経験や技術を結集し完成に至り、今後更に需要の高まるインフラ更新事業への大きな一助となる革新的な装置として、全国の様々な現場での活躍が期待される。そして、より難易度の高い幅員分割施工への対応や各種作業の自動化による更なる省力・省人化を実現する次世代の床版取替機開発に向け、更なる改良を重ねる予定である。

JICMA

〔筆者紹介〕

武川 哲（むかわ さとし）
 (株) IHI インフラシステム
 研究開発部
 課長代理



石川 孝（いしかわ たかし）
 (株) IHI インフラシステム
 研究開発部
 課長



橋梁維持管理への AI 活用

対策や評価を支援する AI 技術の研究・開発

横山 広・龍田 斉

AI 技術導入が各業種で積極的に進められている。建設業でもコンクリートに発生するひび割れ検出等の AI 技術が橋梁点検支援として活用が進められている。本稿では開発した「損傷原因・補修工法選定支援 AI 技術」と「道路橋床版の耐荷性能評価支援 AI 技術」を紹介するものとして、それぞれの概要や機械学習の分析結果、現場への適用に関する課題を整理し今後の展望を示す。

キーワード：橋梁、維持管理、AI、損傷原因、補修工法選定、床版、耐荷性能

1. はじめに

国内には約 72 万橋が管理されており、そのうち地方公共団体が管理する橋梁数は約 66 万橋と全体の 92% を占めている。それらの橋梁は 2014 年より 5 年毎の近接目視点検が義務付けられ、現在 2 巡目の点検が進められており、点検結果の 4 段階の診断区分に応じて補修等の措置が実施されているところである。これらの橋梁の多くは我が国の高度経済成長期に建設され、2021 年時点の 50 年経過橋梁が全体の 32% であるのに対して、10 年後の 2031 年には 57% まで増加することが既知となっている¹⁾。現在ではそれら高齢化橋梁の延命化のための予防保全対策が実施されているものの、その規模が膨大であることから維持管理の効率化が叫ばれており、各方面でそれらに対応するための研究開発が進められている。

近年、建設業界でも AI の活用が進められており、例えばひび割れ検出では商用化に至った画像検出技術も出現してきている。本稿では点検や評価を支援する AI 技術として、橋梁諸元データから損傷原因や対応する補修工法選定を支援する AI 技術と、道路橋床版の取得画像から耐荷性能を評価する AI 技術を紹介する。

2. 損傷原因・補修工法選定支援 AI

(1) 構築の目的

小規模な地方自治体では橋梁の維持管理に占める定期点検費用の負担が大きく、長寿命化修繕計画での補修・補強事業にも影響を及ぼすこともあり得る。その

際には対策検討のコストを下げることも有効策の一つであることから、その意思決定を補助するものとして橋梁諸元や位置情報を基に損傷原因と補修工法を推定する AI を構築した。

(2) 機械学習の概要

機械学習モデルには用途に応じて数多くのものが開発されているが、損傷原因・補修工法選定支援では既往研究を参考に勾配ブースティング決定木 (Gradient Boosting Decision Tree, 以下、GBDT と称す) のモデルの一つである Catboost を用いることとした。使用したデータは SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) での研究に提供された橋梁管理カルテ情報であり位置情報や橋梁諸元に加え補修・補強履歴も記録されている²⁾。

GBDT で使用した説明変数となる教師データは施設完成年度、橋長の他、交通量や床版厚さなどの 16 項目で、目的変数は損傷原因、対策区分判定、補修補強工法の 3 項目である。橋梁諸元情報のうち、等級や設計活荷重などのコードを選択する項目では学習後の説明変数の分析で重要なものを抽出するために one-hot 表現への変換を実施している。なお、教師データの中でその分布の外側に位置し、諸元情報として非現実的に逸脱した値は除外した。

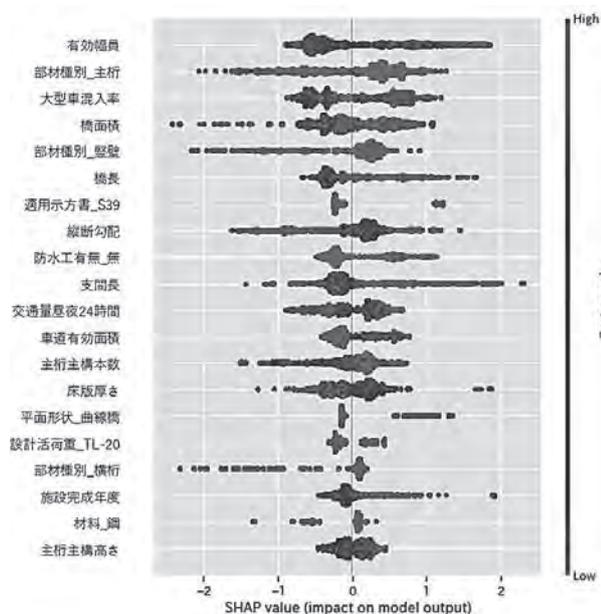
(3) 機械学習結果の分析

機械学習での精度確認では教師データを 5 つのグループに等分し、4 つのグループを学習用に、残る 1 グループを精度検証として使用するパターンを 5 回繰り返して実施した。その結果を表 1 に示しており

表一 モデルの精度と計算時間

| モデル | 検証結果 | |
|----------|--------|--------|
| | 精度 [%] | 時間 [秒] |
| XGBoost | 95.748 | 86.6 |
| LightGBM | 96.190 | 28.6 |
| Catboost | 96.069 | 40.0 |

96%程度の精度が得られている。表中にはGBDTモデルのXGBoost, LightGBMも示しているがほぼ同等の精度を有していることが分かる。ただし、機械学習による推定結果は過程がなく結果のみであるため、その検証が困難であるという問題がある。そこで、説明変数のモデルへの寄与度という観点からSHAP値を用いて出力して検証を試みた。結果の一例として損傷原因の乾燥収縮・温度応力のSHAP値を図一1に示すが、縦方向の最上位から寄与度の高い項目を示しており、横軸は目的変数の推定に関して正の寄与がプラスである。実際の出力では各項目を2色で表現して説明変数の大小を示すようにしており、図一1では最も寄与している項目が有効幅員で、色情報からは幅員が大小でどちらが影響しているかが判別できることになる。よって、それらの情報を基にAIによる推定結果の確からしさが評価可能になる。



図一1 損傷原因(推定)乾燥収縮・温度応力のSHAP値

(4) 現場への適用

これまでの研究成果を基に、過去の補修工事実績等から教師データを抽出することで原因推定と補修工法選定を支援するアプリケーションが開発可能である。アプリケーションをタブレットでも使用できるように

設計すれば、現場での迅速な支援も可能となる。さらに点検システムと連動させることで橋梁維持管理の効率化が実現され、例えば発展途上国への技術移転にも活用できることになる。

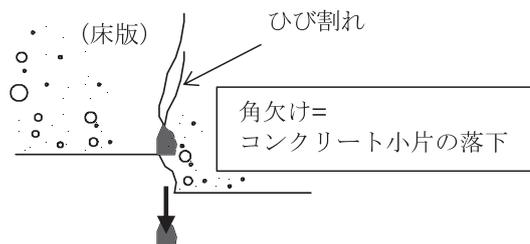
3. 道路橋床版の耐荷性能評価 AI

(1) 構築の目的

道路橋床版は通行車両の輪荷重を直接支持する部材であり、過酷な荷重条件から橋梁を構成する部材の中で最も損傷が生じやすく、これまでに多くの資本が投入されて損傷対策が実施されている。劣化した道路橋床版の対策検討では、点検結果で変状が確認されれば詳細調査を実施し、必要に応じて載荷試験で耐荷性能を評価して更新等の対策を立案することになる。これら一連の検討の流れを効率化することを目的に、床版コンクリートのひび割れ部に発生する角欠けに着目して画像データから床版の耐荷性能を評価する技術を開発したのでその概要を紹介する。

(2) 角欠けと耐荷性能変化

道路橋床版の疲労劣化は輪荷重の繰り返し作用でたわみやひび割れが増加し、ひび割れが格子状となって陥没破壊に至ることが知られている。図一2に示すとおりひび割れの進展に伴い開閉だけではなくせん断ずれが加わるようになり、局所的な接触でコンクリート辺が欠損することで、ひび割れに沿った2mm程度の孔のような状態となる現象が角欠けである。この角欠けは、疲労劣化が進展すると輪荷重直下からその周辺部にも発生するようになり、終局までその個数は増加する。即ち、たわみ(=面外変形)の増加状況を表す指標であり、その個数が分かれば劣化状態が把握できることになる。これまでも耐荷性能変化と角欠けの増加の関係は認められてはいたものの、規模の小さい欠損であるためその把握が困難であったが、精細な画像が取得できるようになりAI画像認識技術の向上も相まって、その有効性が具体化された評価技術である^{3), 4)}。



図一2 ひび割れのせん断ずれによる角欠けの模式図

(3) 機械学習の概要

角欠け検出のための AI 学習モデルには U-Net を採用している。U-Net はセグメンテーションモデルの一種で、既往研究では医療用画像からの細胞部位抽出等で高い精度を有することが報告されている⁵⁾。モデルの構造は図-3 に示すとおりで、モデルの左側が元画像から局所の特徴を抽出・圧縮するエンコーダに相当し、モデル右側が圧縮された情報から元画像を復元するデコーダに相当する。このモデルではデコーダ部が圧縮された局所の特徴から元画像に復元する際に、エンコーダが保有する元画像の位置情報をスキップコネクション（図-3 中の灰色の横線）によって結合し、元画像の情報を有効に活用するのが特徴となっている。

教師データは実物大 RC 床版供試体を用いた輪荷重走行試験で得られたひび割れと角欠けを有する CCD 画像検出装置から得られた画像データを元に 16 画像から 1,600 画像を切り出し、さらに拡張して学習用を 5,120 画像、検証用を 1,280 画像とした。学習では検証時の損失が増大する直前のモデルを採用しており、選択モデルの学習時の精度は 99.76% で検証時の精度は 99.65% であった。

(4) 機械学習結果の分析

教師データとは異なる供試体で輪荷重走行試験を実施して得られた画像で角欠けの AI 検出を実施したものが写真-1 である。写真の○囲み部分が検出された角欠けであり、目視で観察できる範囲のものは検出されていることが分かる。輪荷重走行試験でのひび割れ密度と角欠けの個数との経時変化を図-4 に示しており、それぞれの増加傾向が変化した急増点に○印を示した。実物大床版供試体 S39 と H8 は過去の道路橋示方書（昭和 39 年と平成 8 年）に準拠したもので

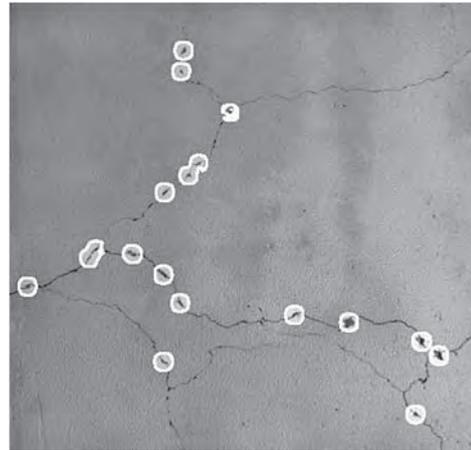
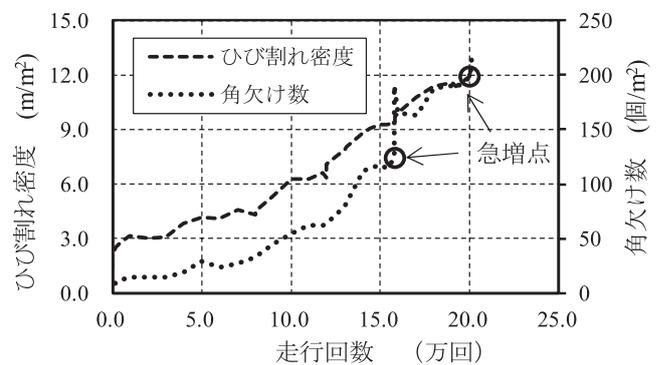
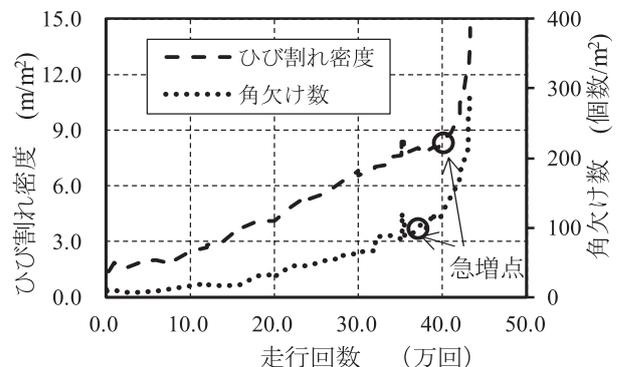


写真-1 角欠けの AI 検出結果



(a) S39 供試体



(b) H8 供試体

図-4 角欠け個数とひび割れ密度の経時変化

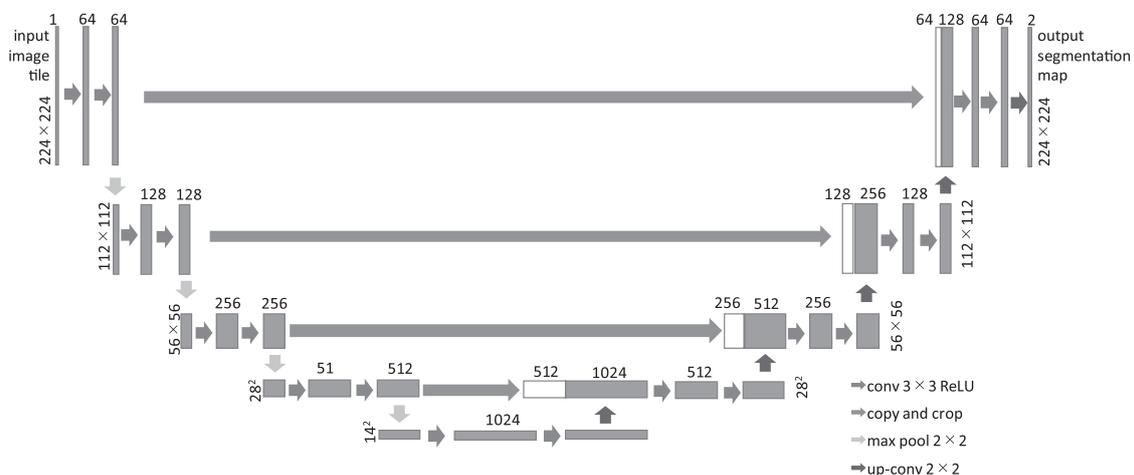


図-3 学習で採用した U-Net のモデル図

あり、厚さと鉄筋量が異なってる。図—4 (a) の S39 供試体では走行回数 15.8 万回で角欠け個数急増後に僅かに減少している。これは画像認識の精度の問題が含まれている可能性があるが、その後の角欠け個数の推移を観察すれば当該回数以降で増加傾向が変化したことが読み取れる。ひび割れ密度に関しては 20.0 万回走行時点で増加しているがそれまでは漸増傾向であった。図—4 (b) の H8 供試体でもひび割れ密度が急増する走行回数 40 万回以前の 37 万回付近で増加傾向が変化している。因みに、S39 供試体の角欠け個数急増点では概ね 120 個 /m² 程度で H8 供試体の同位置では 100 個 /m² 程度であった。同様のデータの蓄積により、終局前の角欠け個数に仕様の異なる設計道路橋示方書毎の規則性が認められれば、実橋現場で判定できる終局前の使用限界の設定も可能になると考えられる。本分析では角欠け検出範囲に画像取得用として白色系の塗装が施されているが、その後の研究で塗装されていない型枠面の検出でも問題なく検出できていることを付記する。

(5) 現場への適用

本技術で耐荷性能評価が可能であることは示されたものの、床版下面に発生する角欠けの大きさが 2 mm 程度であるため、実橋でのデータ取得では高画素カメラやドローンでの撮影による近接画像が必要になる。ドローンに関しては自律飛行型の機種で画像を取得して AI 検出を実施しており、実橋を考慮して画像取得時の照度を 7 ルクス程度に調整したところ、検出精度が劣る結果となった。現状では照度対策に加え高画素カメラの適用も含めた画像取得検討を進めている。

4. おわりに

本稿では橋梁の維持管理の効率化に資する AI 技術として、橋梁諸元データから損傷原因や対応する補修

工法選定を支援する AI 技術と、道路橋床版の取得画像から耐荷性能を評価する AI 技術を紹介した。損傷原因・補修工法選定支援技術は実装段階まで成熟していることから、アプリケーション開発を進める予定であり、発展途上国への展開を想定した外国語対応も検討中である。道路橋床版の耐荷性能評価に関しても容易に床版下面の画像が取得できるよう検討を進めており、取得方法が確立されれば、床版への対策検討の精度が向上し、投下費用の適正化によりコストも縮減されると考えている。他にも床版の土砂化や鋼橋塗装の腐食など維持管理上の各種問題に AI 技術を展開して、橋梁維持管理の効率化に貢献したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 道路メンテナンス年報：国土交通省道路局，2021.
- 2) 龍田齊，横山広，永見武司，榎谷浩，近田康夫，山田宗明：勾配プーシング決定木を用いた橋梁損傷原因および補修工法の推定と分析，AI・データサイエンス論文集，1 巻 J1 号，pp.63-70，2020.
- 3) 横山広，龍田齊，野村貴律，安東祐樹，長井宏平：AI 画像分析を活用した RC 床版疲労遷移点の検知に関する研究，構造工学論文集，Vol. 66A，pp.783-790，2020.
- 4) 横山広，龍田齊，野村貴律，中村拓郎，榎谷浩，長井宏平：AI 画像分析による反応性骨材使用 RC 床版の疲労劣化検知に関する研究，構造工学論文集，Vol. 67A，pp.628-635，2021.
- 5) O. Ronneberger, P. Fischer, and T. Brox, U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation, Proceedings of the 18th International Conference on Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention, pp. 234-241, 2015.

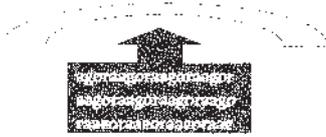
【筆者紹介】



横山 広 (よこやま ひろし)
大日本コンサルタント(株)
インフラ技術研究所・技術開発部
部長，博士 (工学)



龍田 斉 (たつた ひとし)
大日本コンサルタント(株)
インフラ技術研究所・技術開発部
ICT ソリューション室
主任研究員，修士 (工学)



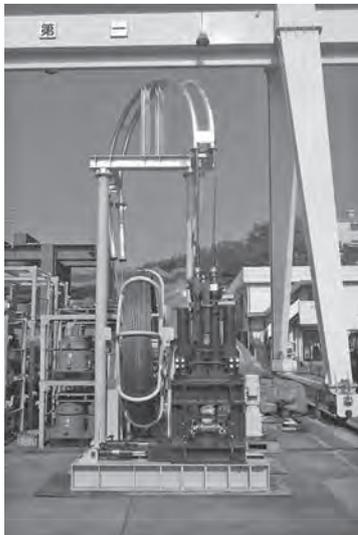
吊り上げ・下げ工事で大活躍

PC 鋼より線 巻き取り装置の開発秘話

早田 知 広・濱 口 智 哉

本巻き取り装置はPC 鋼より線をあらかじめコンパクトに収納し、運搬・設置等の作業性を良化させるとともに引き出したPC 鋼より線を巻き取り、再利用を可能とした装置である（写真—1）。ここでは、巻き取り装置の開発～試験～現場施工までを紹介する。

キーワード：橋梁架設，吊り上げ下げ施工，PC 鋼より線，繰り出し，巻き取り，油圧ジャッキ



写真—1 巻き取り装置

1. はじめに

巻き取り装置（以下「装置」）は100 m以上のPC 鋼より線（以下「鋼線」）を装置内に収め、現場で展開する必要がなく、鋼線の扱いが容易になるメリットがある。この装置の開発の経緯から現場で活躍するまでの話をここに記す。

2. 装置概要

(1) 背景・経緯

現在、鋼線は重量物の移動において繰り返し使用されることが多い。代表的な鋼線の使用例としては橋梁の吊り上げ下げ工事が挙げられる。吊り材となる鋼線は使用長さの全長を桁上・脚上等に展開し、使用して

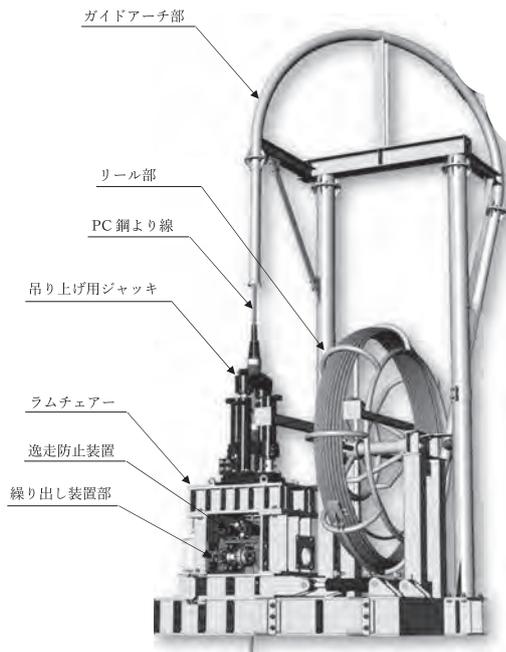
いる。鋼線の長さは現場により違いはあるが、長いもので100 m以上となっている。吊り材は $\phi 28.6$ (4.2 kg/m) が主となっており、100 mのものになると約420 kg/本の重量があり、人力での取り扱いが難しい。その為、鋼線はクレーン等で展開・設置・介錯をしていたが、取り扱い方に困っているのが現状であった。また鋼線の降下に関しては従来クレーンやジャッキを用いた方法で行っていたが、航路の関係で事前に鋼線を降ろしておけない場合や航路閉鎖等で施工時間に制約のある現場になると、その方法では時間が掛かり過ぎるとされていた。さらに現場内で複数回、同様の施工を行う場合は鋼線を繰り返し使用することになる。鋼線が摩耗または腐食した場合は交換しなければならないのだが、鋼線の入れ替えには時間がかかってしまう。

この3つの問題点を解決したいというニーズに応えるべく、本装置の開発と計画が始まったのである。

本装置は鋼線をあらかじめ交換分を視野に入れた長さを収納し、運搬・設置等の作業性を良化させるとともに引き出した鋼線を巻き取り、再利用を可能にした装置である。また巻き取るだけでなく、本装置はラムチェアーに搭載されたギアモーターを利用して鋼線を短時間で繰り出すことが可能であり、前述した3つの問題点を解決してくれる装置となっている。

(2) 本装置の構成（図—1）

本装置は、主にリール部、ガイドアーチ部、逸走防止装置、吊り上げ用ジャッキ、ラムチェアー、繰り出し装置部より構成されている。リール部に収納された鋼線を逸走防止装置でブレーキをかけながら、繰り出



図一 巻き取り装置 概要図

し装置により巻き出し、アンカー部定着後、吊り上げ用ジャッキを使用し、重量物の吊り上げを行う。吊り上げた鋼線はガイドアーチ部を介してジャッキの吊り上げ力によりリール部に巻き取っていき、収納していく。

3. 試験での苦勞

(1) 繰り出し装置部

～駆動ローラーの選定試験（写真—2）～

本装置の試作機では真鍮で鋼線をスプリングの力またはジャッキの力で挟み込み、その力を緩め自重による自然降下で鋼線を繰り出していた。しかし、その操作はシビアであり完全開放してしまったら、鋼線が全て繰り出されてしまう危険性があった。さらに繰り返し使用していると摩耗による劣化のリスクも考えられた。そこで繰り出しの動力をブレーキ装置が内蔵されているギアモーターによるものにして、管理の簡易化を図った。その繰り出しのキモとなるギアモーターと連動させるローラーを選定する為に工場で試験を行った。装置には駆動ローラー（ギアモーターと連結している）と駆動ローラーの対面側（鋼線を挟み込む位置）にある従走ローラーがある。選定するのは駆動側のローラーで鉄のローラー3種類（スリットの有無とローレット加工）とウレタンゴムを巻き付けた計4種類を装置に組み込んで摩擦試験を行った。ローラーの表面に凹凸が無いものは鋼線との摩擦が取れず滑ってしまい、鋼線をスムーズに繰り出せず空転していた。これが時間制約のある現場で起きていたらと思うと



写真—2 試験の様子

ゾットとする話である。

試験の結果、スリットの入った鉄ローラーに決まった。鋼線にスリットが食いつき滑ることなく繰り出せるのである。しかし、このローラーは鋼線を通す度にローラーも鋼線も擦れたり削れたりして摩耗してしまう。ローラーが摩耗するとスリットが浅くなって、スリットが無いローラーと近い状態になり、鋼線を繰り出そうとすると滑り出してしまふ。そこで次はどれだけの距離まで能力を落とさずに繰り出しの動作ができるかを確認するため、耐久試験を行った。実際の現場では約30m下までアンカーを付けた鋼線を降ろさなければならない。それを工期の中で10回程行うのである。しかし、それだけの高度を試験場で確保できるわけもなく、実際には2m程の繰り出しを何回も繰り返したのである。試験時期は6月の梅雨時。現場では雨天の場合も基本的には施工が行われるので試験もそれを考慮して、雨にも負けず、風にも負けず、臨んだ。鋼線の累計巻き出し量が200m（試験100回程）を超えたあたりから徐々に能力を保つことができなくなっていることが確認できた為、摩耗が想定される限界繰り出し量とし、駆動ローラーの交換のタイミングとした。

(2) 逸走防止装置

鋼線を繰り出していくと繰り出し装置部で掴んでいる鋼線の自重が増加し、逸走する可能性が出てくる。その防止策として鋼線を真鍮で挟み、PC鋼棒とナットを介して油圧ジャッキで圧力を掛け、ブレーキの役割を果たす逸走防止装置を製作した。ギアモーター内のブレーキ装置もあるのだが、こちらはギアモーターが停止しているときに作動し、動作時には解除するシステムとなっている。この時、1本の鋼線を掴んでいるのは2つのローラーによる挟み込みだけであり、スプリングの力で支えていることになる。その為、油圧ジャッキで逸走防止装置に圧力を与えブレーキとするのだが、この匙加減が非常にシビアであり、丁度良い具合の圧力を見つけることは宝探しのように難航し

た。圧力が高いと鋼線の繰り出しに対して大きな抵抗となり、ギアモーターの駆動力が負けてローラーが空転し、鋼線が繰り出せなくなる。圧力が低い場合は鋼線の繰り出し量が増えると自重も増加するので、その重さに耐えられず鋼線が自然降下する可能性が出てしまう。結論としては一定の圧力で管理することは厳しいと判断し、鋼線の繰り出し量に応じて圧力を調整し、逸走防止とした。また鋼線が真鍮を繰り返し通過すると当然摩耗していくので、逸走防止としての機能が満足に得られなくなってくる。その為、この真鍮に関しても現場で使用する度に状態を確認しながら、ローラーを交換するタイミングで一緒に交換することとした。

(3) ジャッキとガイドアーチ

装置にはジャッキの頂上と巻き取りするリール部の間に鋼線が通っていくアーチ状の鋼管が1本ある。巻き取り、巻き出し、それぞれの動作で2本の鋼線がガイドアーチ内を通過する。問題点として動作時に2本の鋼線絡まってしまい詰まってしまうことが挙げられた。そこで鋼線と同じようにガイドアーチも2本にしたのである。これによって鋼線同士は絡まなくなった。しかし、動作させた時に鋼線がジャッキとガイドアーチの間で曲がってしまう現象が発生した。次にそれらを解消するためにガイドアーチの角度の調整を何度も行い、ガイドアーチをジャッキに向けて延長する鋼管をジョイントして対策した。

4. 現場での苦勞

(1) 組み立て (写真—3)

装置の組み立ては全て人の手で行う。装置はベースとなる架台、モーター、ローラー、逸走防止装置が搭載されるラムチェアー、吊り上げ用ジャッキ、ガイドアーチ、巻き取りリールからなる。それらを天井クレーンやフォークリフトで動かしながら組み上げていく。ローラーを通すシャフトをモーターと接続させるこ



写真—3 組み立ての様子

とが1人では困難であり、2～3人で行う大変な作業であった。ローラー周りは交換できるように分解できるようになっているので細かい部品を落としたり、なくしたりしないようにする必要がある。全台数組み上がった時の達成感は大きかった。

(2) 出庫に向けて

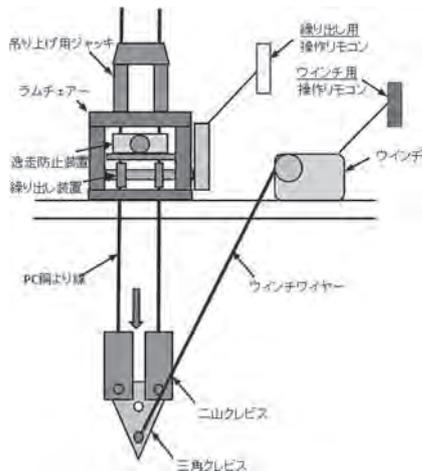
現場へ出庫する為には組み上がった装置内に鋼線を入れ込まなければならない。100 mを超える鋼線を装置1台に対して2本入れ込むのは一苦勞である。まずは鋼線展開用のターンテーブルから鋼線の先端をフォークリフトに括り付ける。そのフォークリフトを先頭に社員10人程で介錯しながら1本1本鋼線を引っ張って伸ばしていく。全員で鋼線を持っている様子は、まるで童話の「おおきなかぶ」のようだ。工場の敷地内を出て駐車場にまで鋼線が地を這う。その伸ばした鋼線を装置に入れ込むのは油圧ジャッキの仕事だが、鋼線の介錯や位置の調整等は自分たちでやらなければならない。現場はこの装置4台を2組使用する予定だったので合計で8台分になり、8月の炎天下での大仕事であった (写真—4)。



写真—4 出庫の様子

(3) 現場での活躍

施工1回目の当日、初めて装置が使われるということもあり、現場は緊張感が漂っていた。全員で作業手順と配置を確認し、装置の点検と動作確認を済ませ、準備万端の状態での時を待っていた。ブロック桁を載せた台船が所定の位置に着いた。指揮者からの作業開始の合図でスイッチを押す。ローラーが回転を始め、リール部から鋼線がゆっくり繰り出されていく。駆動ローラーとガイドアーチ部の鋼線の挙動、逸走防止のジャッキの圧力、それぞれに目を光らせながら随時確認をする。どれも問題はなさそうだ。台船にいる作業員と無線で連絡を取りながら装置を操作する。鋼線はしっかりと台船に向かって降りていき、無事に目標のブロック桁のアンカー部付近まで降下させる事ができた。位置の調整等を含め、その間は約10分程であ



図一2 吊り上げジャッキ機材構成概略図



写真一5 現場で装置が使われている様子

り、従来のやり方の何倍も早い速度で鋼線を降ろすことに成功している。何度も試験を繰り返し、試行錯誤を重ねた時間と苦労が報われた瞬間であった（図一2、写真一5）。

(4) ローラーの交換

1回目の施工を終えてからも順調に装置は稼働していた。4～5回目の施工が終わった頃、試験の結果を踏まえて、予定通りこのタイミングでローラーの交換を行うことにした。交換当日はあいにくの悪天候で足元も決して良いとは言えない環境での作業となった。

ローラーの交換は1人では難しく最低でも2人必要であり、狭い空間でかなり窮屈な体勢となる。さらに試験時とは違い海拔40mの場所での交換作業なので、海へは油の一滴も垂らすことは許されず、工具や部品も落とせない状況であり、自身の安全も含め作業中は特に気を遣った。

(5) 鋼線の養生

鋼線は鉄なので、雨ざらしにして放っておいたら、もちろん錆びてしまう。雨風の対策として、最初はブ

ルーシートとロープで養生を行っていたのだが、強風が吹いた時に養生が飛ばされるのではないかという意見が出た。装置は海上の橋脚で海拔40mの位置に装置が設置される。強風が吹き荒れることは容易に想像がつく。実際現場では風速20m/sを記録したこともあった。そこでブルーシートよりも重さのある素材でシートを製作した。さらにロープではなくラチェット機能付きの荷締めベルトで固縛した。養生作業は1人だと困難であり、上下作業も発生する為、数人の協力が必要である。装置に登る必要がある為雨の日は特に慎重な作業が求められた。さらに吊り上げ施工するたびに防腐剤を鋼線に塗布し、錆の発生を抑制した。

(6) 手順の周知

この装置の作業手順を配置の人に周知させる苦労もあった。毎回変わるメンバーに手順を伝え、施工時はすぐにサポートできるような心構えをしていた。吊り上げ・下げの施工では1つの操作ミスが重大事故を招くこともある。この装置は誰もが初めての使用となるため、手順や装置の説明等は念入りに行った。

5. おわりに

本装置は今後も現場で使われていくだろう。その中で改良点を見つけ出し、使用感の改善や改造を行い、より良い安全な装置にしていきたい。

謝辞

今回の執筆を通して、私は若輩者でありながら、とても良い経験をしてきているのだと再認識した。試験に協力していただいた方や現場でアドバイスをしてくださった方、そしてこのような執筆の機会を与えてくださった方へ、この誌面を借りて深く感謝申し上げます。

JICMA

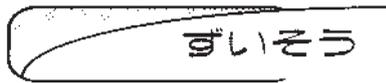
[筆者紹介]

早田 知広 (はやた ともひろ)
オックスジャッキ(株)
エンジニアリング部 技術課 課長



濱口 智哉 (はまぐち ともや)
オックスジャッキ(株)
エンジニアリング部 技術課





フリーアドレスという働き方

京 免 継 彦



当社は今年2月に新しい技術拠点をつくば市に開設しています。研究所機能と全国の現場支援機能を集中し、新しい働き方を作り上げる拠点を目的としています。様々な研究設備を備え、業務棟は当社建築技術の最先端モデルとするべく、ZEBやら TABS やら省エネ技術を詰め込んだ最新施設です。広く、綺麗、最新機器、まさに快適職場です。いままで満員電車で1時間以上かけて日本橋に通っていた事を考えると、プラス20分の通勤時間は苦になりません。web会議が当たり前になったおかげでほとんど本社にも行かなくて済んでいます。コロナ禍がもたらした、唯一の功なのでしょう。

さて、本題ですが、新しい働き方として「フリーアドレス」を採用しています。正直言って、移転の準備段階では、かなり「反対意見」が出ていたため、推進側の私にとってはストレスな課題でした。「本当に効率化につながるのか」「誰がどこにいるかわからない」「wifiトラブルは無いのか」などなど。5か月ほど続けた回答としては、たしかに「効率化にはなって無い」「どこにいるとウロウロ」「wifi切れる!」想定された問題は「ほぼ当たり」と言っているんです。困ったものです。という事で、フリーアドレスその功罪というあたりで、今の思いを書かせてもらいます。

最大の問題点は「朝挨拶しない」です。いつもの時間に事務所に入って、いつものルートでいつもの仲間の中を縫って、自分の席に座るから普通に「おはようございます」が出るのであって「今日はどこ座ろ」「えっと彼はどこの誰だっけ?」「○○さんがいるけど遥か向こうに座ってる」といった中では、なかなか「おはようございます」の発声ができません。無言で狙った席に座って、もちろん、その日のご近所さん(この人誰だっけ)も無言のまま、なんていう少し引っ掛かりのある朝が繰り返されているようです。さらに「時差出勤」が拍車をかけて「おはようございます」「お先に失礼します」の危機と言えます。元気な挨拶が仕事の基本だ!としてきた方には、とんでもないぞとなります。

ということで「そらみたことか!」となって、「フリーアドレス」撤回を求められてるかという、そうでもないようです。良い事もかかせてもらおうと、まずは「毎

日片づける」があります。終業時に、PC他を片付けてロッカーにしまうわけですが、必然的に「不要な紙資料」は始末するし、そもそも紙資料を使わなくなります。業者さんにも「パンフ要らない」データで送ってとなります。あと、今日の仕事はここまで、残った仕事は「これとこれ」仕事のONOFFが明確になって残業が減っています。残業でいうと、フリーアドレスは「スーっと帰りやすい」という面もありますね。そして「静か」です。電話の呼出しがひっきりなしに鳴って雑然としていた前職場に比べて、ホントにみんな居るの?というレベルで「静か」です。「フリーアドレス」に伴い「個人内線スマホ」である事と「打合せ」「web会議」スペースを分離できているので、無用な声がありません。集中して仕事できるという面もありますが「コミュニケーションが減った」という声も聞かれます。

さて「フリーアドレス」導入してみて、良い面悪い面いろいろあるのは、いわば当たり前なわけですが、同業他社の方々に聞いても、どんどん導入が進んでいるのは明らかです。このずいそうを書くにあたって、すこしネットで調べてみましたが「目的をしっかりと」「ルールを明確に」「失敗しないフリーアドレス」なんて言葉がつづられています。私は、少し違う感想を持っています。

突然ですが日本が素晴らしい社会であることは間違いないでしょう。何かと海外と比較して云々されがちですが、人口も国土も経済規模も価値観も違うグラフを基に語る事に違和感を覚えます。ただ、そういう日本も、この先変わらなくてはいけない事だけは間違いなく、特に「新しい働き方」を考えなくてはいけない時代になっています。今回の「フリーアドレス」一つとっても、「フリーアドレスで効率化」なんてものは目標目的の一つですらなく、「仕事って何?」レベルの変革の時代がもうすでに始まっています。

なんか与太話でまとめてますが、とりあえず「現場でフリーアドレス」を進めたいと思っています。あと、朝の挨拶はSNSで。

| | | |
|--------|-----------|------|
| 03-191 | テコアップシステム | 大成建設 |
|--------|-----------|------|

▶ 概 要

「テコアップシステム」は、超高層建物の環境配慮解体工法「テコレップシステム」に用いた仮設架構昇降技術を応用・発展させ、タワークレーンを搭載した専用鉄骨フレームを施工の進捗に併せ上昇させながら建物を構築する技術である（写真—1）。

RC 積層工法で高層建築物を構築する場合、揚重用のタワークレーンは設置場所の制約から、建物外部に設置することが多く、建物全体を揚重エリアとするためには、内部建てと比較してクレーンのサイズが大きくなり、それに伴ってコストも高くなる傾向にある。

また、従来の工法では、タワークレーンを施工中の建物に固定して使用するため、建物内部に設置する場合は、タワークレーンの基礎部分が建て方階より5～6層以上下方となり、クレーンマスト周囲に後施工部分が発生し、躯体内部に雨水の流入等もあり後工程に影響を与える可能性がある。

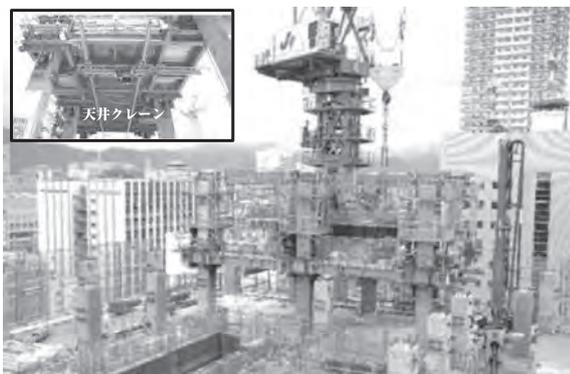
本技術では、専用鉄骨フレームが常に施工最上階より上方に位置するため、下階に開口部を設ける必要がない。また、本設柱で支持する専用フレームとタワークレーンの位置を自由に設定できるため、クレーンの能力を最適化することが可能である。

更に、クレーン基礎荷重に対して必要となる躯体の構造補強は、フレーム全体の荷重を含め、本設柱で負担するため、大掛かりな補強が不要で、効率的な施工を実現できる。

▶ 特 徴

①本設柱を利用する上昇機構

本設柱の頂部に取付けた仮設の反力治具から吊材（ストランドワイヤー）を使用して専用鉄骨フレーム全体を安全かつ短時間でクライミングを完了する（図—1）。



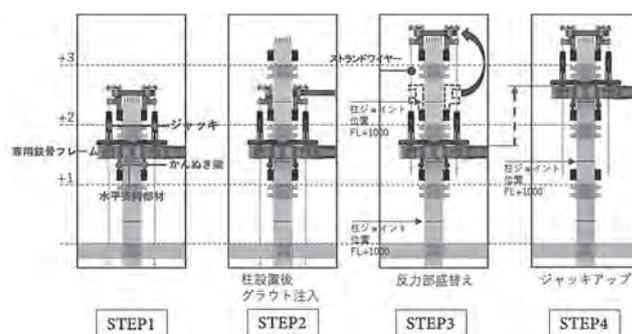
写真—1 テコアップシステム実施状況

②クライミング機構

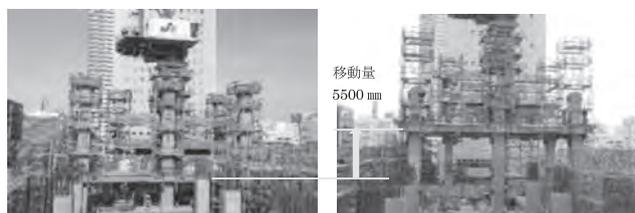
専用鉄骨フレームにジャッキ・水平支持部材・荷重受けのかんぬき梁等を装備し、通常のクレーン作業及びクライミング作業も安全に実施することが可能なシステムとしている（写真—2）。

③専用鉄骨フレーム下部天井クレーン

タワークレーンで揚重が困難な専用鉄骨フレーム下部には、走行レール外部も揚重可能な天井クレーンを設置することにより、フレーム下部の作業を効率的に実施することが可能である（写真—1の左上）。



図—1 テコアップシステム上昇手順



写真—2 専用フレーム下部天井クレーン

▶ 用 途

- ・RC 積層工法を用いた超高層建築の新築工事

▶ 実 績

- ・北8西1地区第一種市街地再開発事業 施設建築物（A棟）

▶ 問合せ先

大成建設(株) 建築総本部生産技術イノベーション部
〒163-0606 東京都新宿区西新宿1-25-1
TEL：03-5381-5445

新工法紹介

| | | |
|--------|---|-------|
| 04-438 | i-NATM [®] (発破の高度化技術と全自動ドリル ジャンボの連携による生産性向上の 取組み) | 安藤ハザマ |
|--------|---|-------|

概要

山岳トンネルの施工は、いまだに多くの部分を熟練作業員の技能に頼っている現状があり、近年は、熟練作業員の減少や新規入職者の不足への対応が喫緊の課題となっている。熟練作業員の技能に大きく依存する作業の代表的な例として、切羽掘削における発破作業が挙げられる。発破掘削は硬岩から中硬岩地山を対象としており、地山の変化に対して比較的容易に対応できるため、効率と経済性の面から山岳トンネルでは一般的な掘削方式である。発破作業はトンネル切羽における施工サイクルの約3割を占めており、その効率が山岳トンネル工事の生産性に大きく影響する。

このような背景のもと、当社はICTにより山岳トンネル工事の生産性を飛躍的に高める取組みとして「山岳トンネル統合型掘削管理システム (i-NATM[®])」の開発を推進しており、その一環として、「切羽出来形取得システム」、「発破パターン作成プログラム」などの発破の高度化技術を開発してきた。

この度、当社施工の山岳トンネル工事に、これまで開発してきた発破の高度化技術と古河ロックドリル社製の全自動ドリルジャンボを適用し、これらの技術を連携することで発破における穿孔作業の完全自動化を実現した。

特徴

①切羽出来形取得システム

切羽出来形取得システムは、3D スキャナを搭載した計測車両とトンネル坑内に設置したトータルステーションを連携させることで、発破後の切羽出来形を短時間かつ高精度に取得することができる。

②発破パターン作成プログラム

発破後の切羽出来形、装薬孔の穿孔位置など過去の施工データを蓄積し、それらを分析することで当社独自の発破理論を構築した。発破パターン作成プログラムは、構築した発破理論にもとづき、トンネル断面、進行長および岩盤の硬軟に応じた発破パターンを自動で作成することができる。

③全自動ドリルジャンボ

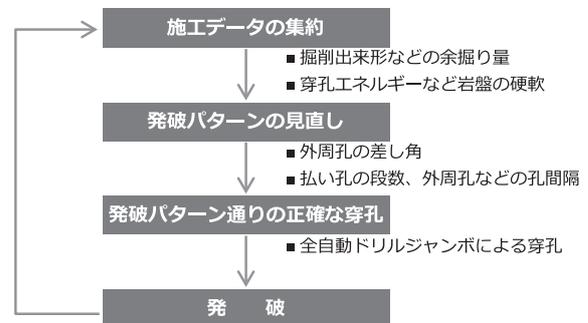
発破パターンや穿孔順序などの情報を事前に登録しておくことで、穿孔作業を自動で行うことができる。これにより、従来はオペレータ2～3人で行っていた穿孔作業を1人で行うことが可能となる (写真—1)。

現場での運用

現在、発破の高度化技術と全自動ドリルジャンボを連携することで穿孔作業を1名で行っている。さらに、発破の最適化サイクル (図—1) を実践することにより、オペレータがドリルジャンボを直接操作する従来の施工方法に比べ、約40%の余掘り量低減効果も確認できている。今後は、長孔発破を行う硬岩地山区間において、本技術を適用し、余掘り量を低減しつつ、岩盤を確実に破碎することで山岳トンネル工事の大幅な生産性向上を目指していく。



写真—1 全自動ドリルジャンボ



図—1 発破の最適化サイクル

用途

・山岳トンネルにおける発破作業

適用実績

工事名：北海道新幹線、後志トンネル (天神) 他
 発注者：独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 北海道新幹線建設局
 施工者：安藤ハザマ・伊藤・堀口・泰進北海道新幹線、
 後志トンネル (天神) 他特定建設工事共同企業体

問合せ先

(株)安藤・間 建設本部 土木技術統括部 技術第三部
 〒107-8658 東京都港区赤坂6-1-20
 TEL：03-6234-3673

新工法紹介

| | | |
|--------|---------------------------------|--------------------|
| 04-439 | 新型6 m継ぎ仕様ロックボルト専用機 (ボルティンガー) | ・大成建設株 ・古河 RD 株 |
|--------|---------------------------------|--------------------|

▶ 概 要

山岳トンネルの掘削は NATM 工法による施工が一般的であり、ロックボルトによりトンネル断面の周辺地山を補強している。なかでも 6 m ロックボルトを人力で挿入する作業は、その長さや重量のため大変な苦労を強いられる。2021 年 8 月に導入した新型 6 m 継ぎ仕様のロックボルト専用機では、打設位置を示すガイダンス機能、モルタル充填機能および空調機能を備えた操作キャビンを追加し、一連の作業を正確かつスピーディに施工するとともに安全で快適な作業空間を実現した。

この新型ロックボルト専用機に搭載したロックボルトガイダンス機能は、キャビン内のモニター表示に従って各ブームを操作するだけで、正確な位置、方向に打設することができるため、作業員による打設箇所へのマーキング作業が不要になった。また、500 kg サイロを装備したモルタル供給装置を機械後方に搭載したことにより、キャビン内よりモルタル充填操作を可能にした。さらにブーム操作は、これまでの複数レバー方式から 2 本のジョイスティックレバー方式とし、操作性も向上させた。

従来 5 人で作業を行っていたロックボルト打設作業が、ロックボルト専用機を用いることで、旧型機では 3 人で施工できるようになり、さらに今回開発した新型機では、モルタル充填操作までキャビン内から行えるため、すべての作業を 2 人で施工可能となった。

▶ 特 徴

①モルタル供給装置をロックボルト専用機と一体化

従来 2～4 t 級の車両に搭載していたモルタル供給装置をロックボルト専用機の後方に搭載し、この操作をキャビン内から可能とした。

②ガイダンス機能により正確かつスピーディな施工を実現

予め計画したロックボルト施工位置・角度・長さを操作席のモニター画面上表示し、画面を見ながらの正確な操作、施工を実現した。

③穿孔時に取得した地山情報を BIM/CIM へ統合

穿孔時に得られた様々なデータ（位置情報・穿孔速度・各種圧力など）を BIM/CIM モデルに自動統合し、三次元的に地山状況を把握することが可能になった。

▶ 用 途

- ・山岳トンネルロックボルト打設



図一 1 (左)旧型機 (右)新型機



図一 2 ロックボルト専用機機構



図一 3 モルタル供給装置の搭載



図一 4 ガイダンス機能他

▶ 実 績

- ・国道 57 号滝室坂トンネル東工区工事 他 2 件

▶ 問 合 せ 先

大成建設株

〒 163-0606 東京都新宿区西新宿 1-25-1

TEL : 03-3348-1111

新工法紹介

| | | |
|--------|-----------------------------|------|
| 04-440 | 掘削発破を震源とする 長距離探査法「T-BEP」 | 大成建設 |
|--------|-----------------------------|------|

概要

山岳トンネル工事では、大量湧水が想定される湧水帯や岩盤が脆い状態になっている破砕帯がある場合、その位置や規模などの地山状況をできるだけ早期に把握し、掘削作業の安全性や作業効率を考慮して、様々な対策を講じることが求められる。これまで山岳トンネル前方の地山状況を把握するための方法として、坑内で探査用発破により生じる地震波を活用する弾性波探査が用いられてきた。しかし、従来の探査法は探査のみを目的として発破を行うことから工事を中断することになり、また探査用の火薬量の制限から切羽前方探査距離は最大でも150m程度で、長距離に渡り地山状況を把握することは困難であった。そこで当社は、従来の2倍以上の探査が可能な長距離地質探査法「T-BEP (= Blast Excavation Prospecting)」を開発した(図-1)。また、福井県にある荒島第一トンネル(発注者:国土交通省近畿地方整備局)建設工事において、本探査法の効果を検証した。

特徴

T-BEPの特徴は以下の通りである。

①探査用発破が不要となり工期を短縮

トンネル掘削用の発破を震源とするため、従来、毎月1回程度の頻度で終日掘削を止めて行っていた探査用の削孔・装薬・発破に関する一連の作業が不要となった。

②前方地質を長距離で把握し長期施工計画を立案可能

発破の時間間隔調整(図-2での段飛ばし参照)と受振装置の設置方法に改良(地盤中にモルタルで確実に設置)を加え、

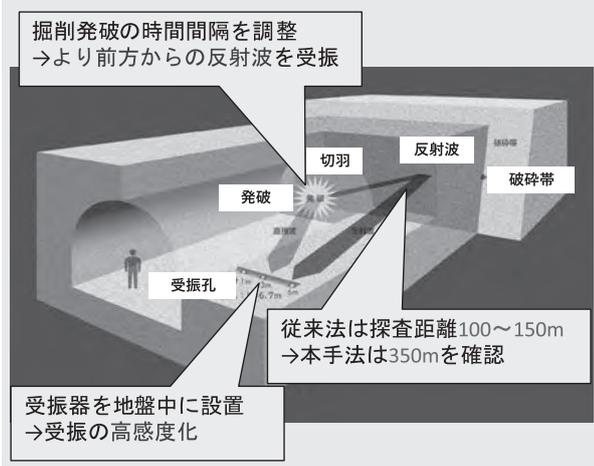


図-1 概要図

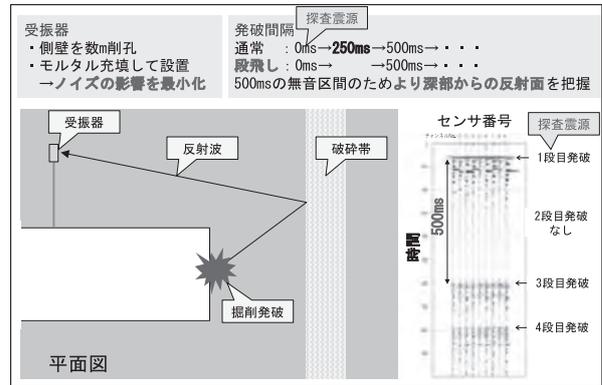


図-2 開発技術の概要

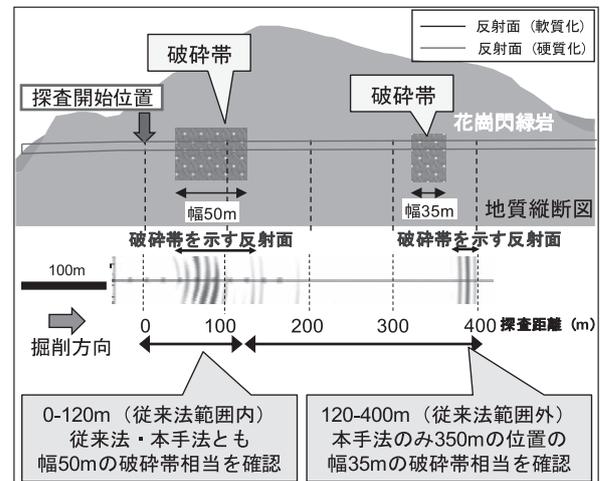


図-3 効果検証実験結果

地中を伝わってきた地震波を高感度で精度よく把握できるシステムを構築した。荒島第一トンネルでの効果検証の結果、従来の2~3倍である350m前方の幅35mの破砕帯を誤差40mで探査できていることを確認した(図-3)。また、従来に比べ、早期に切羽前方の地質を把握できるため、長期(約4か月程度)のトンネル施工計画立案が可能となった。今後、当社は調査の精度が低いとされる大土被り(トンネルの標高と地表面の標高の差が大きい)トンネルに対して本探査法を提案するなど、山岳トンネル工事での地質探査に積極的に展開していく方針である。

用途

・掘削発破で施工するトンネル

実績

・国土交通省近畿地方整備局 荒島第一トンネル

問合せ先

大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術開発部
〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1
TEL: 045-814-7221

| | | |
|--------|-----------------------------------|------|
| 11-123 | 「ものづくりをデジタルで」 Shimz Smart Site | 清水建設 |
|--------|-----------------------------------|------|

1. Shimz デジタルゼネコン

清水建設では、新型コロナウイルスの脅威の中、デジタル技術を積極的に活用して事業変革・業務変革を実現しなければ、顧客の要求に応えることができず、生き残ることができないのではないかという危機感を抱いている。

加えて、日本の建設業界の動きとして、単体の建物から「街づくり」へと重心が変化し、スマートシティやスーパーシティ、シンガポールに代表されるデジタルシティなど、デジタルな空間やサービスを提供することが、新しい街づくりのキーコンセプトになってきているという状況もあることから、これらを総合的に判断して、当社のこれまでのデジタル戦略を見直すことにした。

我々清水建設の原点は、リアルなものづくりを提供してきた210年余りの歴史と、「宮大工」であった清水喜助の「匠」の心である。この原点を忘れることなく、最先端の技術を活用したデジタル化をどのように進めて行くのかという議論の中から生まれたコンセプトが、「ものづくり（匠）の心を持ったデジタルゼネコン」である。

リアルなものづくりの知恵と、先端デジタル技術とを活用して、ものづくりをデジタルで行い、リアルな空間とデジタルな空間・デジタルなサービスを提供するゼネコンを「デジタルゼネコン」と表現するが、これに、当社の業務すべてをデジタルで支えるという考え方を加えた、「ものづくりをデジタルで」、「ものづくりを支える業務をデジタルで」、そして「デジタルな空間・サービスを提供する」の3つが、「Shimz デジタルゼネコン」の軸である。

2. 「ものづくりをデジタルで」

清水建設の建築事業では、プロジェクトの上流段階である企画設計から下流の運用まで、一貫したデータの連携体制を構築している。

上流段階の企画設計は、当社が培ってきたものづくりのDNAと、最新のコンピューテーショナルデザイン手法とを融合させて構築した独自のデジタルプラットフォームである「Shimz DDE」を用いて行う。これにより、これまで独立して使われていたCGや、設備・構造シミュレーション、図面化だけではなく新たなデザインアプローチが可能になる。

「Shimz DDE」を利用して行われた試行錯誤の結果は「Shimz

One BIM」に連動させる。「Shimz One BIM」とは、設計者が作成する構造図などの設計 BIM データを施工や製作、運用段階まで連動・連携させて業務の効率化を実現するシステムのことであり、オートデスクの BIM 用ソフトウェアである Autodesk® Revit® をベースに構築されている。これにより、設計・施工・保全の各側面において、ものづくり業務のデジタル化を強力に推進することができる。

3. 次世代生産システム Shimz Smart Site を策定

施工段階においては、デジタル技術を活用するための基本コンセプトとして「Shimz Smart Site」を策定し、BIM モデルを基盤とするデータプラットフォーム上で、デジタル管理「Management」、ロボット施工「Robot Work」、BIM 生産連携「Digital Fabrication」を展開する。デジタル管理「Management」では、さまざまな管理業務をデジタル化し、統合監視室「Smart Control Center」で複数台の大型ディスプレイでデジタルデータを集中監視することができる。ロボット施工「Robot Work」では、自動搬送、床貼り、巡回など多様な業務を行う自律型ロボットを順次投入していく予定である。さらに、BIM 生産連携「Digital Fabrication」では、3D プリンティングなどの業務に BIM データを展開していく。



図-1

▶ 問合せ先

清水建設(株) 生産技術本部ロボット・ICT 開発センター
〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1
TEL : 03-3561-1111 (代表)

新機種紹介

機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

| | | |
|------------|---|-----------------|
| 22-〈02〉-01 | 日立建機 油圧ショベル ZX225US-7, ZX225USR-7 | '22.7 発売 新機種 |
|------------|---|-----------------|

ZX225US-7（後方超小旋回型）と ZX225USR-7（後方小旋回型）はオフロード法 2014 年基準に適合した新型の油圧ショベルである。

油圧システムは、従来機 ZAXIS-6 シリーズより改良を加えた最新の油圧システム「TRIAS III（トライアス スリー）」である。「TRIAS III」を搭載することで、作業負荷の状況とレバー操作量に応じて3つのポンプそれぞれの流量を最適に制御し、フロントの動作を左右する油圧バルブのスプール特性のさらなるチューニングにより、繊細かつ機敏に動かすことができる。また、微操作時や軽負荷時の油圧ロスを低減することで、作業量は従来機と同等のまま、大幅な燃費低減を実現している。PWR モードと比較して従来機に対して 10%^{※1}の燃費を低減する。

運転席（キャブ）は、居住空間を拡大した新設計のキャブである。ロックレバーやマルチモニタ、各種スイッチなどのレイアウトを改善することで、オペレータの居住性と操作性を向上している。また、キャブ内のモニターで機体周辺の俯瞰映像を確認できる周囲環境視認装置「AERIAL ANGLE[®]」を標準搭載し、安全性を向上している。

積込作業をしながらダンプトラックに積み込んだ荷重を把握できる荷重判定装置「ペイロードチェッカー」や、2D または 3D マシンガイダンス機能をオプション搭載することで、さらなる生産性の向上に貢献する。

以上のように ZX225US-7 と ZX225USR-7 は、お客さまの課題である「安全性向上」「生産性向上」「ライフサイクルコスト低減」に貢献する新型の油圧ショベルである。



写真一 日立建機 ZX225US-7 後方超小旋回型油圧ショベル



写真二 日立建機 ZX225USR-7 後方小旋回型油圧ショベル

※1 燃費データは自社内実測比較結果による。作業条件により変わる。

表一 ZX225US-7/ZX225USR-7 の主な仕様

| 項目 | ZX225US-7 | ZX225USR-7 |
|----------------------------------|-----------|------------|
| 標準バケット容量 (m ³) | 0.8 | 0.8 |
| 運転質量 (t) | 24.2 | 23.9 |
| エンジン定格出力 (kW/min ⁻¹) | 122 | 122 |
| 最大掘削半径 (mm) | 10,110 | 10,110 |
| 最大掘削深さ (mm) | 6,610 | 6,610 |
| 最大掘削高さ* (mm) | 11,230 | 11,230 |
| 最大ダンプ高さ* (mm) | 8,290 | 8,290 |
| 最大掘削力** (kN) | 158 | 158 |
| 旋回速度 (min ⁻¹) | 11.4 | 11.4 |
| 走行速度 (km/h) | 5.5/3.5 | 5.5/3.5 |
| 全長（輸送時） (mm) | 8,970 | 8,970 |
| 全幅（輸送時） (mm) | 2,900 | 2,900 |
| 全高（輸送時） (mm) | 3,050 | 3,050 |
| 後端旋回半径 (mm) | 1,680 | 2,000 |
| 最低地上高さ* (mm) | 450 | 450 |
| 標準小売価格 (万円) | 2,585 | 2,508 |

*印はシューラゲ高さを含まず。

**印は昇圧時。

問合せ先：日立建機(株)ブランド・コミュニケーション本部

広報・IR 部 広報グループ

〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目16番1号

新機種紹介

| | | |
|------------|------------------------------------|-----------------|
| 21-(02)-09 | コマツ 有線式電動油圧ショベル 「PC78USE-11」 | '21.7 発売 新機種 |
|------------|------------------------------------|-----------------|

2020年に国内向けに市場導入したバッテリー式ミニ油圧ショベルPC30E-5に続く、“排気ガスゼロ”に加えて、騒音・排熱を低減した中小型クラスの有線式電動油圧ショベルである。

駆動源に電気モーターを採用し、作業現場の安全性・快適性の向上、オペレーターのストレス軽減を図っている。また、電気モーターの特性により車両寿命の延長とともに燃料補給やエンジン回りで必要とされたメンテナンス作業が不要になるため、車両のランニングコスト削減を図っている。そのほか、電源を有線で直接供給するためバッテリー充電式の電動車と異なりバッテリー残量を気にすることなく長時間連続稼働できるため、特に産業廃棄物処理工場など24時間稼働が必要とされる作業現場での生産性向上が期待できるという。



写真—3 有線式電動油圧ショベル「PC78USE-11」

表—2 主な仕様

| 項目 | 単位 | PC78USE-11 電動仕様 |
|---------|------|--------------------|
| 機械質量 | kg | 6,900 |
| 定格出力 | 50Hz | kW/rpm 37/1,480 |
| | 60Hz | |
| モータ名称 | — | 全閉外扇型三相誘導電動モータ |
| 起動方式 | — | スターデルタ起動 |
| モータ駆動電源 | V | AC400 |
| 定格電流 | A | 66 |
| 最大消費電力 | kVA | 43.25 |
| 電源ケーブル | 太さ | sq 38 |
| | 芯数 | — 4 |

価格（工場裸渡し消費税抜き）：17百万円

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

| | | |
|------------|-----------------------------------|-----------------|
| 21-(02)-22 | 日立建機 情報化施工油圧ショベル ZX135USX-7 | '22.4 発売 新機種 |
|------------|-----------------------------------|-----------------|

オフロード法2014年基準に適合した13tクラスの後方超旋回型情報化施工油圧ショベルである。

国土交通省が推進するi-Constructionに対応するとともに、建築基礎、土木工事など、さまざまな現場でのICT施工の支援を実現する。

マシンコントロール機能により、バケットが目標面に追従した状態では、ブーム動作を自動制御することで、アーム操作のみでの施工を可能とし、オペレータの操作負担を低減する。また、バケットが目標面に追従している際に、掘削反力による機体の浮き上がりを自動制御することにより、硬い土壌においても高精度の掘削を可能とする。さらに、マシンコントロール時にブーム・アーム・バケットの動きの制御介入エリアを最適化し、土砂の敷き均しや盛土作業など、施工目標面から離れた領域での作業スピードを向上している。

また、油圧ショベルの上下・左右方向の動作制限エリアを「高さ・深さ」、「旋回角・旋回半径」、「面」の3項目で表現し、これらをモニター上で設定できる「エリアコントロール」機能を搭載している。狭所や障害物のある現場で、作業前に機械の動作制限エリアを設定することで、フロントや旋回動作時に設定した境界に近づくにつれて動作スピードを減速・停止することで、オペレータの操作を支援する。

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

注）Solution Linkage は、日立建機株の登録商標。

新機種紹介

表一 3 ZX135USX-7 の主な仕様

| | | ZX135USX-7 |
|--------------|-------------------------|------------|
| 標準バケット容量 | (m ³) | 0.52 |
| 運転質量 | (t) | 14.3 |
| エンジン定格出力 | (kW/min ⁻¹) | 73 |
| 最大掘削半径 | (mm) | 8,380 |
| 最大掘削力 (バケット) | (kN) | 104 |
| 旋回速度 | (min ⁻¹) | 13.3 |
| 走行速度 | (km/h) | 5.5/3.3 |
| 全長 (輸送時) | (mm) | 7,370 |
| 全幅 (輸送時) | (mm) | 2,490 |
| 全高 (輸送時) | (mm) | 2,930 |
| 後端旋回半径 | (mm) | 1,490 |
| 価格 (2DMC 仕様) | (万円) | 2,541 |
| 価格 (3DMC 仕様) | (万円) | 3,633 |

注) 価格は工場裸渡し、消費税別。



写真一 4 日立建機 ZX135USX-7 情報化施工油圧ショベル

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

▶ <11> コンクリート機械

| | | |
|------------|---|------------------|
| 21-〈11〉-02 | 極東開発工業 コンクリートポンプ ピストンクリート PY140-36A | '21.11 発売 新機種 |
|------------|---|------------------|

圧送能力を向上させた 36 m 級ブーム搭載のピストン式コンクリートポンプ車である。

油圧ポンプの制御方式を電気制御としてシャシエンジン出力を効率良く使用することで、最大吐出量を従来機^{*1}と比較し、11%増加させている。合わせて最大出力を同比 11%向上させ、実用域 (吐出量 60 ~ 80 m³/h) における吐出能力を向上させている。

さらに、車両重量配分の最適化により洗浄用水タンク容量を従来機の 300 L から 490 L へ増量し、洗浄作業の利便性を高めている。

コンクリート輸送配管は、旋回台内部などに 2 重構造配管を採用

し、耐摩耗性を向上させたことで、コンクリート輸送配管の交換作業低減と圧送作業時の安全性向上を図っている。

特装車の稼働状況を記録・蓄積する IoT を利用した管理支援システム「K-DaSS^{*2}」の搭載により、サービス員が車両の状態をデジタルデータで正確に把握することで、適切なメンテナンス提案やトラブル発生時の対応迅速化など、車両管理業務の効率を向上させている。

※1 従来機：ピストンクリート PY125-36A

※2 K-DaSS：ケーダス (Kyokuto Data Sharing Service)

表一 4 PY140-36A の主な仕様

| 仕様 | | 8B 仕様 | 9B 仕様 |
|--------------|---------------------|------------|--------------------|
| 最大吐出量 標準/高圧 | (m ³ /h) | 114/82 | 138/99 |
| 最大吐出圧力 標準/高圧 | (MPa) | 6.0/8.5 | 4.9/7.0 |
| コンクリートシリンダ径 | (mm) | 205 | 225 |
| シリンダストローク | (m) | | 2.1 |
| 水ポンプ吐出圧力 | (MPa) | | 6.6 |
| ホッパ容積 | (m ³) | | 0.5 |
| ブーム形式 | | 全油圧 4 段屈折式 | |
| ブーム最大長さ | (m) | | 32.1 |
| ブーム最大地上高 | (m) | | 35.6 |
| ブーム旋回角度 | (°) | | 370 (限定旋回) |
| コンクリート輸送管径 | (A) | | 125 |
| アウトリガ張出スパン | | | |
| フロント | (m) | | 7.6 |
| リヤ | (m) | | 7.8 |
| 車両 全長×全幅×全高 | (m) | | 11.94 × 2.49 × 3.6 |
| 車両総質量 | (t) | | 24.99 |



写真一 5 極東開発工業 PY140-36A コンクリートポンプ

問合せ先：極東開発工業(株) 三木工場 第三設計課
 〒673-0443 兵庫県三木市別所町巴2番地

主要建設資材価格の動向

1. はじめに

建設資材価格の動向について、一般財団法人経済調査会発行の「月刊 積算資料」で発表している2022年6月調査結果を用いて考察した。

世界経済がコロナ禍からの回復基調を強めたことを契機に高騰した国際的な資源相場は、ウクライナ危機と円安の要因が加わったことで騰勢を強め、建設資材の原材料コストや輸送コストに大きな影響を与えている。

表一は、建設資材28資材の東京地区（大口価格）の価格推移であるが、異形棒鋼、H形鋼、普通鋼板、ストレートアスファルト、正角材 杉、平角材 米松、コンクリート型枠用合板、ガス管は前年同月比で30ポイント以上の大幅上昇となっている。

2. 主要建設資材価格の動向

主要建設資材の価格動向（2022年6月調べ、東京地区・大口価格）は以下のとおり。

表一 主要建設資材価格推移（東京地区・大口価格）

円（消費税抜き）

| 資材名 | 規格 | 単位 | 2021年 6月調べ | 2021年 9月調べ | 2021年 12月調べ | 2022年 3月調べ | 2022年 6月調べ | 変動（前年同月比） |
|----------------------------|--|----------------|---------------|---------------|----------------|---------------|---------------|--------------------|
| 灯油 | スタンド 18ℓ缶 | 缶 | 1,476 | 1,512 | 1,710 | 1,818 | 1,836 | 360 円高（+ 24.4%） |
| A重油 | （一般）ローリー | kℓ | 68,000 | 71,000 | 79,000 | 88,000 | 83,000 | 15,000 円高（+ 22.1%） |
| ガソリン（石油諸税込） | レギュラー スタンド | ℓ | 136 | 138 | 148 | 153 | 149 | 13 円高（+ 9.6%） |
| 軽油（石油諸税込） | ローリー | kℓ | 101,000 | 104,000 | 112,000 | 121,000 | 116,000 | 15,000 円高（+ 14.9%） |
| 異形棒鋼 | SD295・D16 | kg | 85 | 88 | 96 | 101 | 120 | 35 円高（+ 41.2%） |
| H形鋼（細幅） | 200×100×5.5×8 mm (SS400) | kg | 90 | 103 | 109 | 110 | 120 | 30 円高（+ 33.3%） |
| H形鋼（広幅） | 300×300×10×15 mm (SS400) | kg | 90 | 103 | 109 | 110 | 120 | 30 円高（+ 33.3%） |
| 普通鋼板（厚板） | 無規格 16～25 mm 3×6 フィート | kg | 95 | 120 | 135 | 135 | 140 | 45 円高（+ 47.4%） |
| セメント | 普通ポルトランド バラ | t | 10,800 | 10,800 | 10,800 | 10,800 | 11,800 | 1,000 円高（+ 9.3%） |
| コンクリート用砕石 | 20～5 mm（東京17区） | m ³ | 4,650 | 4,650 | 4,650 | 4,950 | 4,950 | 300 円高（+ 6.5%） |
| コンクリート用砂 | 細目洗い（東京17区） | m ³ | 4,850 | 4,850 | 4,850 | 5,000 | 5,000 | 150 円高（+ 3.1%） |
| クラッシュラン | 40～0 mm（東京17区） | m ³ | 4,650 | 4,650 | 4,650 | 4,750 | 4,750 | 100 円高（+ 2.2%） |
| 再生クラッシュラン | 40～0 mm（東京17区） | m ³ | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | 1,200 | |
| 生コンクリート | 強度 21 スランプ 18 cm 20(25)mm（東京17区） | m ³ | 14,700 | 14,700 | 14,700 | 15,000 | 15,200 | 500 円高（+ 3.4%） |
| アスファルト混合物 | 密粒度 13 mm （東京都区内） | t | 9,200 | 9,200 | 9,200 | 9,200 | 9,700 | 500 円高（+ 5.4%） |
| 再生加熱アスファルト混合物 | 再生密粒度 13 mm （東京都区内） | t | 8,200 | 8,200 | 8,200 | 8,200 | 8,700 | 500 円高（+ 6.1%） |
| ストレートアスファルト | 針入度 60～80 ローリー | t | 84,000 | 89,000 | 95,000 | 96,000 | 120,000 | 36,000 円高（+ 42.9%） |
| PHCパイプ A種 | 350×60 mm×10 m | 本 | 29,600 | 29,600 | 29,600 | 32,900 | 32,900 | 3,300 円高（+ 11.1%） |
| ヒューム管 | 外圧管 B形 1種 呼び径 300 mm | 本 | 10,500 | 10,500 | 10,500 | 10,500 | 10,500 | |
| 鉄筋コンクリートU形 コンクリート積みブロック | 300B 300×300×600 mm 滑面 250×400×350 mm | 個 | 1,580 640 | 1,580 640 | 1,580 640 | 1,580 640 | 1,580 640 | |
| 正角材 杉（KD） | 3.0 m×10.5×10.5 cm 特1等 | m ³ | 65,000 | 115,000 | 120,000 | 115,000 | 115,000 | 50,000 円高（+ 76.9%） |
| 平角材 米松（KD） | 4.0 m×10.5(12)×15～ 24 cm 特1等 | m ³ | 78,000 | 115,000 | 120,000 | 120,000 | 120,000 | 42,000 円高（+ 53.8%） |
| コンクリート型枠用合板 | 無塗装品ラワン 12×900×1,800 mm | 枚 | 1,370 | 1,550 | 1,700 | 1,820 | 2,000 | 630 円高（+ 46.0%） |
| 電線・ケーブル | CV 600 V 3心 38 mm ² | m | 1,425 | 1,484 | 1,557 | 1,670 | 1,785 | 360 円高（+ 25.3%） |
| 鉄スクラップ | ヘビー H2 | t | 38,000 | 37,500 | 45,000 | 50,500 | 46,500 | 8,500 円高（+ 22.4%） |
| ガス管 | 白管ねじなし 25 A | 本 | 1,840 | 1,840 | 1,950 | 2,270 | 2,520 | 680 円高（+ 37.0%） |
| 塩ビ管 | 一般管 VP 50 mm | 本 | 1,230 | 1,230 | 1,230 | 1,230 | 1,440 | 210 円高（+ 17.1%） |

出典：（一財）経済調査会『月刊 積算資料』

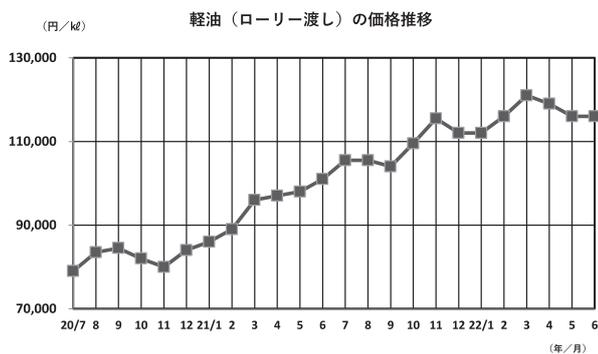
（注）毎月10日までに得られた調査結果

統計

(1) ガソリン（スタンド渡し）

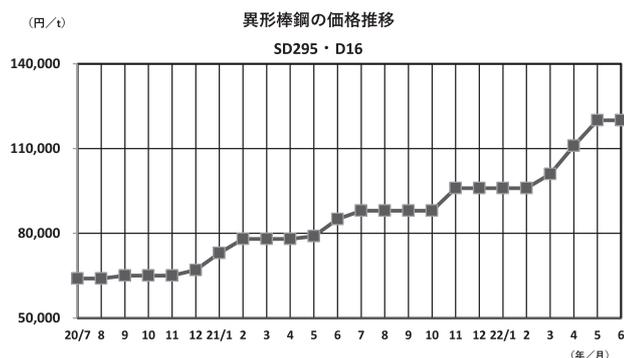
価格は、レギュラーでℓ当たり149円（消費税抜き）どころと前月比2円の続落。需要の冷え込みから、数量志向の販売業者が増加したことで市況は軟化した。足元では、元売卸価格が反発し、補助金では流通価格の上昇を抑制できない状況。このため販売業者は、先高観からコスト重視の姿勢に転じる公算が大きく、先行き、強含みで推移する見通し。

(2) 軽油



政府の補助金給付により軟調に推移した市場価格は、6月に入り原油相場が上昇したことでじり高に転じ、価格はℓ当たり11万6,000円どころと横ばいとなった。足元では、ロシア産原油の禁輸措置を巡る供給不安から原油相場は騰勢を強めており、流通業者は一段と売り腰を強めるとの見方が多い。先行き、強含みの公算大。

(3) 異形棒鋼



足元の需要が低迷する中、主原料である鉄スクラップ相場の続落を背景に、需要側が当用買いの姿勢を強めている。合金鉄や電極などの副資材費や電力料金の高騰により、これまで赤字操業を余儀なくされてきたメーカー各社は強い売り腰を堅持。流通側も需要側の値下げ要求に応じる気配はみられない。

価格は、SD295・D16でt当たり12万円どころと前月比横ばいで推移している。前月に過去最高値を更新したが騰勢は一服した。

製販側は、採算改善に向けて引き続き販価の引き上げに取り組む構え。一方、需要側は原料相場が下落基調の中での値上げに対して強く抵抗を示しており、価格交渉は平行線をたどっているもよう。先行き、横ばい推移の公算が大きい。

(4) H形鋼

価格は、200×100でt当たり12万円と前月比2,000円の続伸。電力料金や副資材費などの高止まりを受け、製販側は、製造コストの上昇分を価格に転嫁すべく強硬に値上げを進めている。4月末の日本製鉄の建材製品を扱う商社・特約店などで構成される「ときわ会」在庫は前月比5.7%減で、2カ月連続減少となった。

需要側は、原材料の鉄スクラップの急落により値下げ要求を強めたいところであるが、納期が迫る物件から数量確保を優先するため値上げを受け入れざるを得ない状況となっている。先行き、強含みで推移する見通し。

(5) セメント

セメント協会まとめによる4月の東京地区セメント販売量は前年比6.9%増加し24万2,349tとなった。全国的には、人手不足による工事の長期化の影響などを受けて出荷量は低迷しているが、都市部を中心に複数の市街地再開発工事が本格化しており、需要は回復基調にある。価格は、普通ポルトランド・バラでt当たり1万1,800円どころと前月比変わらず。メーカー各社の2,000円以上となる大幅値上げについて交渉が進展し、先月までに一部が浸透した。販売側は、未達分についても早期決着を目指しているが、値上げの一部を受け入れた需要側の抵抗は強い。価格交渉には時間を要する見通しで、当面、横ばい推移。

(6) コンクリート用砕石

価格は、20～5mmでm³当たり4,950円。年度末の上伸以降横ばいで推移している。

需要は尻上がりに増加し、競合要因が減少する中、供給側は今後、運搬車両不足が一層懸念されることに加え、燃料油価格上昇の影響が大きいことから、さらなる価格引き上げを求めたいとしている。

一方、需要側は値上げに対して反発する姿勢を示しているものの、一部には安定供給を維持するためには価格の引き上げを容認する動きもみられる。市況は当面、現行値圏内を推移する見通しだが、供給側は値上げに向けて強気の姿勢で交渉に臨むとみられる。

(7) 生コンクリート

東京地区生コン協組調べによる5月の出荷量は、前年同月比19.8%増の22万9,951m³。今年度入り後、2カ月連続で前年の実績を上回った。今後も都市部における市街地再開発事業向けの需要が出荷を下支えするとみられる。

価格は、21-18-20でm³当たり前月比200円上昇し1万5,200円どころ。同協組が2020年4月から取り組んできた1,000円の値上げは、需要増を背景に販売側の売り腰が引き締まったことから未達

分の交渉が進展。2年をかけて段階的に価格は上昇し、これではほぼ満額が浸透した。

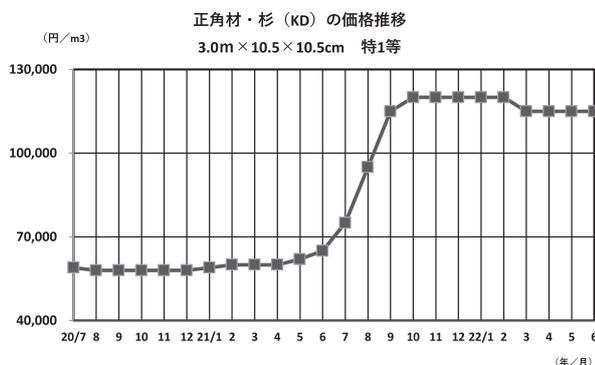
同協組は、6月からさらに3,000円の大幅値上げを打ち出している。需要側は原料コスト高に一定の理解を示しているが、大幅値上げに対する抵抗は強く、しばらくは模様眺めの展開が続くとみられる。先行き、横ばい推移。

(8) アスファルト混合物

4月の都内向けアスファルト混合物の製造量は11万3,012tと、前年同月比9.6%減（東京アスファルト合材協会調べ）となった。コロナ禍の影響による民間需要の不振に加え、依然として維持修繕等の小規模工事が需要の中心で、需要回復には時間を要する見通し。

価格は、再生密粒度（13）でt当たり8,700円と前月比変わらず。原油価格高騰の影響でストレートアスファルト価格が続伸していることから、販売側は値上げ未転嫁分の浸透に向け、売り腰を引き締めている。需要側も原材料であるストレートアスファルト価格上昇には一定の理解を示すも、さらなる値上げには難色。交渉は平行線をたどっている。目先、横ばい推移の見通し。

(9) 木材



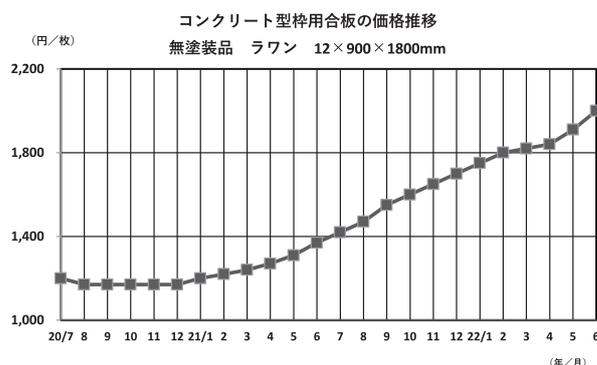
足元の住宅需要は、建築資材の高騰や住設機器不足から盛り上がり欠く状況。木材の荷動きは低調に推移している。

価格は、正角材・杉 (KD) 3.0m×10.5×10.5cm 特1等でm³当たり11万5,000円どころ。流通在庫に不足感が出ていないが、流通側は、ロシアの輸出規制により欧州材の調達に困難になることに警戒を強めている。先行き、横ばい推移。

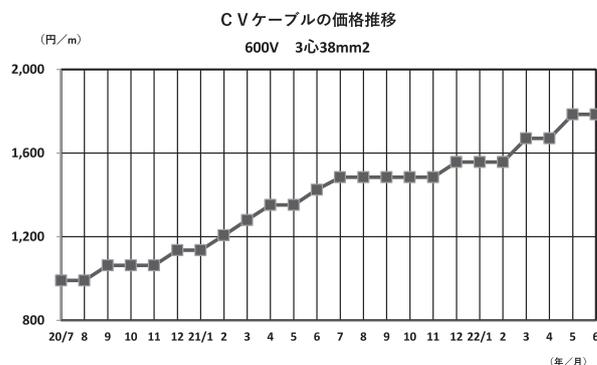
(10) コンクリート型枠用合板

産地の原木不足は解消せず、国内入荷量は依然として低水準。一方、流通各社は円安による高値玉の入庫が続いていることから、取引価格の引き上げを実施。

価格は、無塗装品ラワン 12×900×1,800mmで枚当たり2,000円の大台に到達。前月比で90円上伸した。今後も仕入価格の高値水準が続く見通しで、販売側は売り腰を一層強める構え。先行き、強含み推移。



(11) 電線・ケーブル



日本電線工業会の電線受注出荷速報によると、建設・電販向けの4月推定出荷量は約2万5,000tと前年同月比約1.0%の増加。首都圏では物流センター、データセンター工事向けの荷動きは好調なもの、需要の柱となる市街地再開発事業が端境期を抜け切れておらず、全体的には盛り上がりを欠く展開が続いている。

一方、国内電気銅建値は6月入り後にt当たり134万円と急騰したが、5月中の銅価が一時下落していたことから、需要側からの値下げ要求も散見された。しかし、流通側はこれまでの銅価高が十分に転嫁できていないとして応じる姿勢はなく、価格は、CVケーブル600V 3心38mm²でm当たり1,785円と前月比横ばいで推移している。

今後も、販売側は採算重視の姿勢を強め未転嫁分の引き上げに注力するもよう。先行き、強含みで推移。

(12) ガス管

メーカーの強気な販売姿勢から高値玉が入庫し始め、流通側が売り腰を強めたことから、価格は白管ねじなし25Aで本当たり2,520円と前月比250円高となり11%の上伸。需要は盛り上がりを欠くものの、流通側は引き続き4月以降のメーカー値上げ分の反映に向け強硬に交渉を進めるもよう。今後、一段高を巡る攻防が続く見通し。

統計

(13) 塩ビ管

価格は、一般管 VP50 mm で本当たり 1,440 円と前月比変わらず。中小物件が振るわず、都心部の市街地再開発事業が期待されるものの本格化はまだ先のため、荷動きは低調。配送コストの高止まりに加え、メーカー各社の度重なる値上げ表明を受け、流通各社は売り腰を強化。一方、さらなる値上げに需要者の反発も強く、交渉は難航している。先行き、横ばいの公算。

※各資材の価格推移の出典は、『月刊 積算資料』。

3. おわりに

図一1は、建設工事で使用される資材について、その価格変動を捉えることを目的とした「建設資材価格指数(全国主要10都市)」である。建設資材需要原単位の対象資材を勘案し、建築資材25品目と土木資材24品目を選択している(表一2参照)。

建設資材価格指数は、2020年9月調査から一度もマイナスになることなく上昇を続けている。前年同月比では、土木・建築総合が30.8ポイント上昇、建築が40.8ポイント上昇、土木が14.2ポイント上昇、建設資材価格の急騰ぶりを示している。

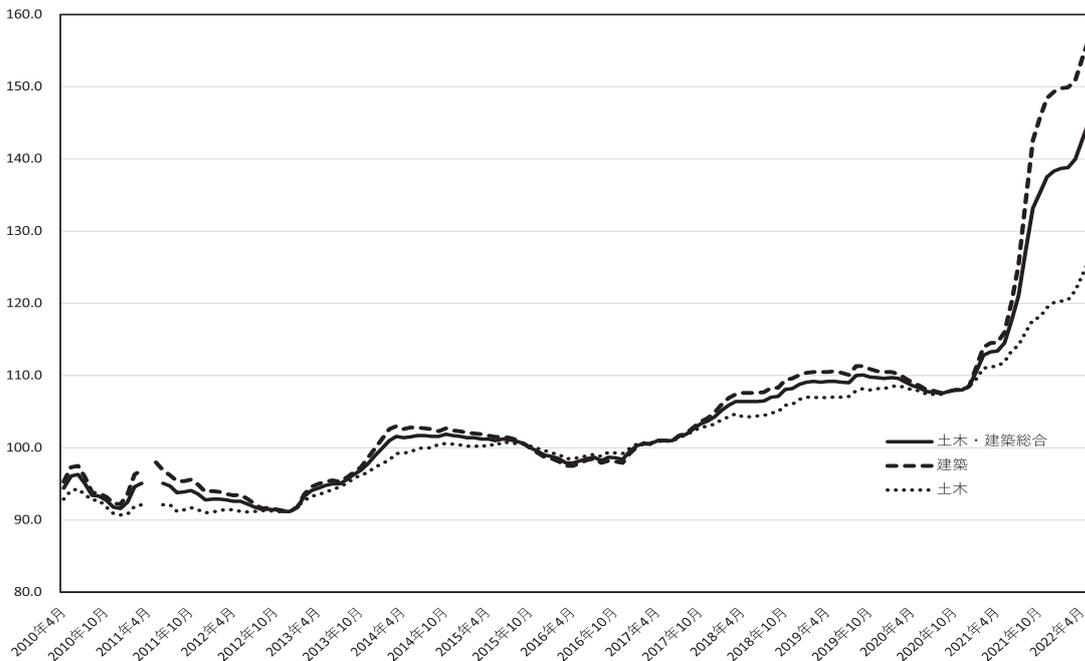
ロシアのウクライナ侵攻が長期化するにつれ、世界的な資源高の影響はさまざまな建設資材に広がっている。メーカーや流通筋の価格転嫁への動きは日を追うごとに加速、典型的なコストプッシュ型

の価格上昇局面となっており、建設資材価格の上昇は今後も幅広く続く公算が大きい。

(文責：坂下)

表一2 建設資材価格指数の対象資材

| ①建築資材品目 | | ②土木資材品目 | |
|----------------|-----------------|----------------|------------------|
| 資材 | 品目 | 資材 | 品目 |
| 01.セメント | 1 セメント | 01.セメント | 1 セメント |
| 02.生コンクリート | 2 生コンクリート | 02.生コンクリート | 2 生コンクリート |
| 03.コンクリート二次製品 | 3 コンクリート管類 | 03.コンクリート二次製品 | 3 コンクリート管類 |
| | 4 コンクリートボール・パイプ | | 4 コンクリートボール・パイプ |
| | 5 コンクリート緑石・側溝 | | 5 道路用等コンクリート製品 |
| | 6 建築用空洞ブロック | | 6 土木コンクリートブロック |
| | 7 インターロック型ブロック | | 7 インターロック型ブロック |
| | | | 8 その他のコンクリート二次製品 |
| | | | |
| 04.骨材 | 8 砂 | | 04.骨材 |
| | 9 砕石 | 10 砕石 | |
| 05.瀝青材 | 10 防水工専用アスファルト | 05.瀝青材 | 11 ストレートアスファルト |
| 06.再生アスファルト混合物 | 11 再生アスファルト混合物 | 06.再生アスファルト混合物 | 12 再生アスファルト混合物 |
| | | | |
| 07.普通鋼鋼材 | 12 H形鋼 | 07.普通鋼鋼材 | 13 H形鋼 |
| | 13 その他形鋼(除くH形鋼) | | 14 その他形鋼(除くH形鋼) |
| | 14 鋼矢板 | | 15 鋼矢板 |
| | 15 棒鋼 | | 16 棒鋼 |
| | 16 構造用鋼管(含むコラム) | | 17 厚甲板 |
| | | | 18 鋼管杭・鋼管矢板 |
| | 19 構造用鋼管(含むコラム) | | |
| 08.仮設材 | 17 仮設材(H形鋼) | 08.仮設材 | 20 その他鋼材 |
| | 18 仮設材(鋼矢板) | | 21 仮設材(H形鋼) |
| | 19 仮設材(その他) | | 22 仮設材(鋼矢板) |
| 09.その他鋼材 | 20 その他鋼材 | 09.特殊鋼鋼材 | 23 仮設材(その他) |
| | 21 特殊鋼鋼材 | | 24 特殊鋼鋼材 |
| 10.木材 | 22 製材(木造のみ) | | |
| | 23 合板(厚6mm未満) | | |
| | 24 合板(厚6mm以上) | | |
| | 25 損料対象材(合板) | | |
| | | | |



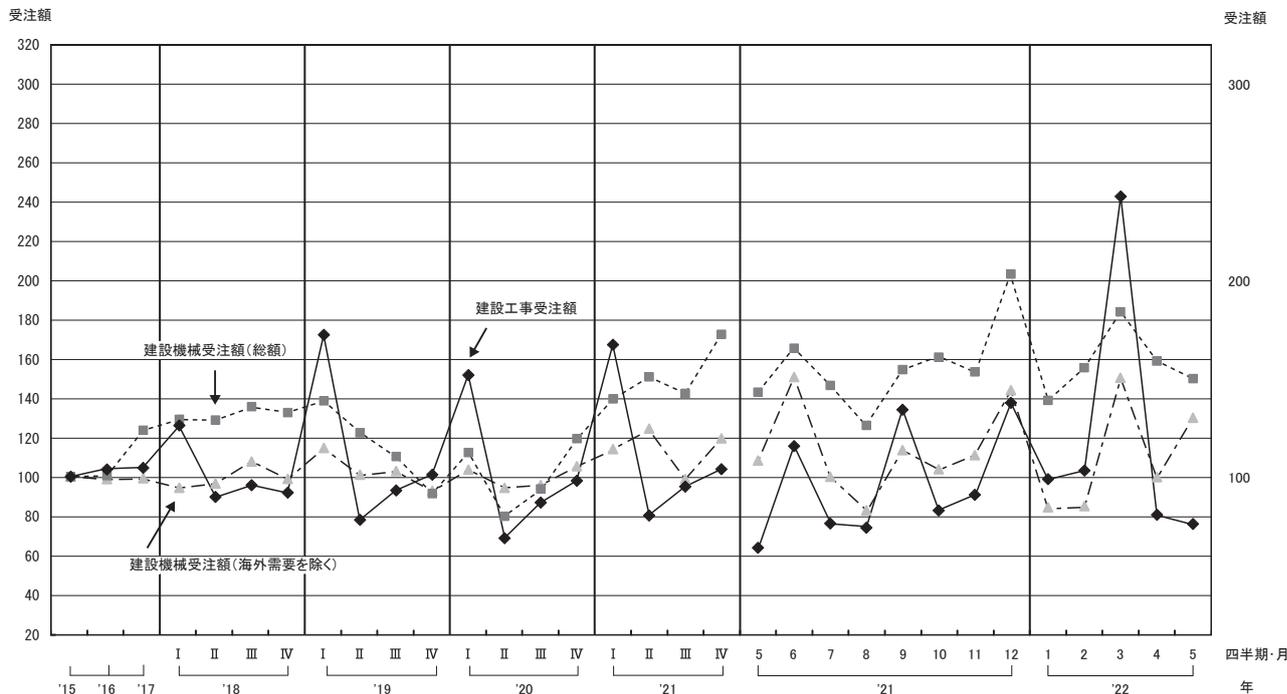
(一財) 経済調査会「建築・土木総合指数」より作成。2015年度平均=100とした指数。
東日本大震災の影響により2011年4~5月データの一部に欠損が発生したため全国のグラフも欠損データとなっている。
詳細は、(一財) 経済調査会HP参照 (https://www.zai-keicho.or.jp/price_relative/)。

図一1 建設資材価格指数(全国主要10都市)

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

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



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

| 年 月 | 総 計 | 受 注 者 別 | | | | | | 工 事 種 類 別 | | 未消化 工事高 | 施工高 |
|----------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|-------|-----------|--------|------------|---------|
| | | 民 間 | | | 官 公 庁 | そ の 他 | 海 外 | 建 築 | 土 木 | | |
| | | 計 | 製 造 業 | 非製造業 | | | | | | | |
| 2015年 | 141,240 | 96,068 | 19,836 | 76,235 | 35,633 | 4,993 | 4,546 | 95,959 | 45,281 | 141,461 | 141,136 |
| 2016年 | 146,991 | 99,541 | 17,618 | 81,923 | 38,894 | 5,247 | 3,309 | 98,626 | 48,366 | 151,269 | 134,037 |
| 2017年 | 147,828 | 101,211 | 20,519 | 80,690 | 36,650 | 5,183 | 4,787 | 99,312 | 48,514 | 165,446 | 137,220 |
| 2018年 | 142,169 | 100,716 | 24,513 | 76,207 | 30,632 | 8,561 | 5,799 | 95,252 | 46,914 | 166,043 | 141,691 |
| 2019年 | 156,917 | 114,317 | 24,063 | 90,253 | 29,957 | 5,319 | 7,308 | 109,091 | 47,829 | 171,724 | 150,510 |
| 2020年 | 143,170 | 97,457 | 19,848 | 77,610 | 35,447 | 5,225 | 4,175 | 91,725 | 51,443 | 171,740 | 141,261 |
| 2021年 | 157,839 | 111,240 | 22,528 | 88,713 | 38,056 | 4,671 | 3,874 | 106,034 | 51,806 | 192,900 | 137,853 |
| 2021年 5月 | 7,470 | 4,666 | 940 | 3,726 | 2,440 | 332 | 33 | 4,576 | 2,894 | 186,346 | 8,999 |
| 6月 | 13,631 | 9,020 | 1,807 | 7,213 | 3,611 | 500 | 501 | 9,074 | 4,557 | 187,713 | 12,869 |
| 7月 | 8,925 | 6,244 | 2,042 | 4,202 | 2,324 | 305 | 51 | 6,069 | 2,855 | 188,502 | 8,489 |
| 8月 | 8,766 | 6,304 | 2,156 | 4,149 | 2,059 | 370 | 32 | 6,285 | 2,481 | 187,177 | 10,180 |
| 9月 | 15,826 | 12,449 | 1,698 | 10,750 | 2,780 | 419 | 179 | 11,984 | 3,842 | 188,820 | 14,729 |
| 10月 | 9,753 | 7,135 | 2,003 | 5,132 | 2,202 | 360 | 57 | 6,806 | 2,947 | 190,874 | 8,975 |
| 11月 | 10,676 | 7,495 | 2,213 | 5,282 | 2,269 | 351 | 561 | 6,782 | 3,894 | 191,232 | 10,790 |
| 12月 | 16,208 | 12,569 | 2,335 | 10,235 | 2,841 | 371 | 427 | 12,316 | 3,892 | 192,900 | 15,433 |
| 2022年 1月 | 11,656 | 7,955 | 1,408 | 6,547 | 2,892 | 322 | 487 | 8,014 | 3,641 | 194,534 | 9,787 |
| 2月 | 12,152 | 9,464 | 2,400 | 7,065 | 2,280 | 365 | 43 | 8,766 | 3,387 | 193,576 | 11,606 |
| 3月 | 28,665 | 21,001 | 4,095 | 16,906 | 6,090 | 496 | 1,078 | 18,978 | 9,687 | 202,497 | 20,607 |
| 4月 | 9,462 | 6,623 | 2,182 | 4,441 | 2,268 | 490 | 81 | 6,347 | 3,114 | 201,690 | 9,341 |
| 5月 | 8,930 | 6,695 | 2,012 | 4,683 | 1,038 | 386 | 812 | 6,290 | 2,640 | - | - |

建設機械受注実績

(単位：億円)

| 年 月 | 15年 | 16年 | 17年 | 18年 | 19年 | 20年 | 21年 | 21年 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 22年 1月 | 2月 | 3月 | 4月 | 5月 |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|-------|
| 総 額 | 17,416 | 17,478 | 21,535 | 22,923 | 20,151 | 17,646 | 26,393 | 2,080 | 2,405 | 2,132 | 1,833 | 2,245 | 2,341 | 2,229 | 2,955 | 2,017 | 2,263 | 2,675 | 2,310 | 2,177 |
| 海外需要 | 10,712 | 10,875 | 14,912 | 16,267 | 13,277 | 10,966 | 18,737 | 1,477 | 1,562 | 1,574 | 1,371 | 1,611 | 1,762 | 1,609 | 2,150 | 1,546 | 1,789 | 1,834 | 1,753 | 1,450 |
| 海外需要を除く | 6,704 | 6,603 | 6,623 | 6,656 | 6,874 | 6,680 | 7,656 | 603 | 843 | 558 | 462 | 634 | 579 | 620 | 805 | 471 | 474 | 841 | 557 | 727 |

(注) 2015～2017年は年平均で、2017～2020年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2021年5月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2022年6月1日～30日)

機械部会



■情報化機器技術委員会

月 日：6月3日(金)(web会議で開催)
出席者：白塚敬三委員長ほか8名
議 題：①建設施工の測量技術のまとめ
関する討議 ②ホームページに掲載す
る用語集に関する討議 ③規制・規格
の最新情報の共有 ④ジック(株)による
RFIDとLiDARを使った衝突軽減シ
ステムのデモ見学(7/20予定)に関
する件

■コンクリート機械技術委員会 見学会

南摩ダム本体工事現場の見学
月 日：6月7日(火)
参加者：角南大輔委員長ほか11名
見学内容：①工事概要の説明 ②現場見
学：コンクリート製造設備、プリンス
施工状況、盛立施工状況、ICT施工
③質疑応答

■基礎工専用機械技術委員会

月 日：6月8日(水)(会議室での対
面開催)
出席者：草刈成直委員長ほか20名
議 題：①各社トピックス：東邦地下工
機(株)「ボーリングマシンに関する説
明」、住友重機械建機クレーン(株)「ク
レーンの起立式外観検査(C-SAI)の
紹介」②今後のスケジュールについ
て ③コベルコ建機(株)の技術プレゼ
ン：「実際どうなの？i-Construction…」

■トンネル機械技術委員会・海外機械調査 WG

月 日：6月9日(木)(会議室、web
併行開催)
出席者：篠原慶二世話人ほか15名
議 題：①WGの進め方について討議
②海外機械の調査内容について討議
③事例紹介

■トンネル機械技術委員会・ベルコン技術 WG

月 日：6月10日(金)(会議室、web
併行開催)
出席者：丸山修委員長ほか15名
議 題：①WGの進め方について討議
②ベルコン技術について討議 ③次回
の内容について

■機械整備技術委員会 見学会

(株)JALエンジニアリング整備工場の見
学

月 日：6月15日(水)

参加者：小室実委員長ほか9名
見学内容：①(株)JALエンジニアリング
概要説明と業務紹介 ②エンジン整備
センターの見学 ③機体格納庫の見学
④質疑応答

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：6月23日(木)(会議室、web
併行開催)
出席者：丸山修委員長ほか7名
議 題：①令和4年度調査活動について
の討議：第1回のWGの報告と今後
の進め方について議論 ②見学会につ
いて：7/12見学見学会の最終確認、
他の候補地の実施時期などについて討
議 ③技術講演会に関して講演者の選
定について討議

■油脂技術委員会

月 日：6月27日(月)(会議室、web
並行開催)
出席者：石川広二委員長ほか25名
議 題：①燃料エンジン油関係：カーボ
ンニュートラル 燃料の動向について
②高粘度指数油関係：「高粘度指数作
動油規格」について、小委員会(4/28
開催)での討議内容の共有と審議
③規格普及促進関係：マイクロクラ
ッチ摩擦代替材について、JCMASオン
ファイル状況の報告 ④JCMASの改
正について：進捗状況の報告と、問題
点の審議 ⑤その他：油脂技術委員会
の運営体制と役割分担について、ホ
ームページの見直しについて、令和4年
度事業計画について

■除雪機械技術委員会

月 日：6月28日(火)(会議室、web
併行開催)
出席者：坂井幸尚委員長ほか21名
議 題：①国交省から除雪に関する状
況報告：建設機械購入の国債化、除雪
自動化生産体制の件 ②ロータリ除雪
車の安全性向上活動の最終報告 ③自
動化、情報化対応関連、他技術につ
いての情報共有 ④除雪機械の勉強会
(除雪グレーダ) ⑤国内次期排ガス規
制についての情報共有

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 (施工現場デー
タ交換) ISO/WDTS 15143-4 (施工現場
地形データ) サーバー間交信特設チーム
国際バーチャル会議

月 日：6月1日(水)午後
出席者：トプコンオーストラリア社
RIEK チームリーダーなど海外数名、日

本から事務局ほか若干名
場 所：Web上 (MS/Teams)
議 題：概念実証状況の確認

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 (施工現場デー
タ交換) ISO/WDTS 15143-4 (施工現場
地形データ) 案文統合特設チーム国際
バーチャル会議

月 日：6月3日(金)午後
出席者：米国 Deere 社 LUESCHOW 氏
など海外数名、日本からコマツ正田明
平氏ほか若干名
場 所：Web上 (MS/Teams)
議 題：案文のISOテンプレートへの
移行を自動的に作業できるかの検討

■ISO/TC 195/AG 1 国際バーチャル諮問
グループ会議

月 日：6月13日(月)夜
出席者：川上晃一(株日工) SC 1 国際
議長ほか6名
場 所：Web上 (ISO Zoom)
議 題：①2022年TC 195 国際会議に
ついて：9月20日～22日バーチャル
開催の決定 ②2023年TC195 国際会
議日程案及び開催場所の提案 ③次回
AG 1 開催予定：2023年の同時期を予
定

■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 施工現場デー
タ交換 ISO/WDTS 15143-4 施工現場地
形データ国際WGハイブリッド会議

月 日：6月14日(火)～17日(金)
いずれも朝8時～16時
出席者：日本からコマツ山本茂コンピ
ナーほか(機械振興会館での)対面出
席延べ11名、Webだけ参加延べ8名、
米国 Deere 社 BOLLWEG プロジェク
トリーダほか海外(フィンランド・米
国・オーストラリア・ニュージーラン
ドなど)からブリスベンでの対面出
席12名、その他英国・スウェーデン・
韓国などからのWeb参加延べ7名
場 所：機械振興会館6階62会議室・
ブリスベン(トプコンオーストラリ
ア社手配会場)・Web上 (ISO Zoom)
議 題：①開会(前回合会議事録確認な
ど)②案文に対する各専門家意見の検
討・処理 ③概念実証及び相互運用性
の検証の実施について ④次回合会
など今後の予定 ⑤将来的な標準化に関
して ⑥その他

■ISO/TC 82/SC 8/JWG 3 - ISO/PWI 3502
(高度自動・自律運転の参照枠組み及び
構成) 国際WGバーチャル会議

月 日：6月15日(水)深夜、21日(火)
深夜
出席者：親委員会マネージャーの Paul
Steenhof 氏(カナダ)、プロジェクト

リーダーの Chris Doran 博士（オーストラリア）など海外（チリ、フィンランド、米国、ドイツ、スウェーデンなど）から延べ20名、日本からコマツ鈴木邦利委員ほか延べ2名出席

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：①進捗状況確認 ②新規案件「プラストホルドルルの自律運転・半自律運転・遠隔操縦のインターフェースの仕様」提案説明 ③ISO/PWI 3502については、技術が十分煮詰まっていないなどにて、ISO規格化はとりあえず中断して、ISOの技術報告書TRとする方向の論議 ④今後の予定、次回会合（オーストラリアでのISO/TC 82総会時に2022年10月10日会合）など

■ ISO/TC 214/WG 1 高所作業車国際WGバーチャル会議

月 日：6月21日（火）早朝

出席者：カナダ Skyjack 社 McGREGOR コンビナー・米国 MOSS 幹事など海外（オーストラリア・ドイツ・英国・中国・米国）から14名、日本から事務局1名

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/CD 16368（高所作業車—設計、計算、安全要求事項及び試験方法）CD投票各国意見への対応検討継続 ②特設チームにおける検討事項について ③ ISO/WD 18893（高所作業車—安全原則、検査、保守及び運転）を改正投票に進める件 ④今回合結論（第2次CDに進めることとして案文をWG意見聴取で確認する、6月30日予定のWG会議は取りやめる）

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 15 ISO/AWI 13649（火災予防）国際WGバーチャル会議

月 日：6月22日（水）夜、23日（木）夜

出席者：米国斗山 Bobcat 社 NEVA コンビナーなど海外（オーストラリア・米国）から延べ名、日本からコマツ小塚大輔委員ほか1名出席

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：① ISO 13649（火災予防）業務再開に関する検討（背景：以前からの提案であるが、何回も途中で取り下げとなった経緯あり） ②新業務提案投票結果及び意見確認 ③各国意見への対応検討 ④オーストラリアの専門家の示す事例に基づく検討 ⑤規格名称に「指針」を付すかの論議 ⑥次回会合（2022年8月24日、25日）

■ ISO/TC 127/SC 3/JWG 16-ISO/PWI 23870（セキュアな高速移動体通信）国際WGバーチャル会議

月 日：6月28日（火）夜、29日（水）夜

出席者：米国 Deere 社 KITTLE コンビナー、Caterpillar 社 MOUGHLER プロジェクトリーダーなど海外（フランス・英国・ドイツ・韓国・オーストラリア・カナダ・スウェーデン・スペイン・米国）から招待者を含め延べ42名、日本からコマツ岡宮崇幸 TC 127/SC 3 国際議長ほか6名出席

場 所：Web上（ISO Zoom）

議 題：①前回議事録確認 ②高速（通信）パスに関するISO/TC 22、AEF など関係機関との産業分野横断的協力 ③合同作業グループの関係委員会との関係 ④規格群構成の検討（各分野共通部分及び特定部分） ⑤関係規格の改訂の情報の反映に関して ⑥規格群構成の付番 ⑦予備業務提案文書の検討 ⑧ ISO 23870 規格群作成用テンプレートの紹介 ⑨ AEF との連携関係設立（なお、会議後半は7月6日開催）

建設業部会



■ モーメントリミッタ（過負荷防止装置）の設定方法のヒアリング（対 株加藤製作所）

月 日：6月3日（金）

出席者：久田英貴主査他4名

議 題：(1) モーメントリミッタ設定方法の今後の改善について ①要望事項の対応案 ②今後の予定 (2) 要望事項に関する問題点について (3) 使用者側において注意すること

■ 機電交流企画WG

月 日：6月10日（金）

出席者：本多茂主査他9名（内 Web 参加者4名）

議 題：① R04 年度の Web 講演会と Web 見学会の計画報告 ②パンフレット改訂について ③その他

■ クレーン安全情報WG

月 日：6月17日（金）

出席者：久田英貴主査他7名（内 Web 参加者1名）

議 題：① 6/3「ML（過負荷防止装置）の設定方法のヒアリング」加藤製作所報告。今後の進め方（部会会社への報告展開について含む） ②事故事例発表 ③『建設業界（機電職）就職活動用ガイド』の改訂に伴う「建築工事について」頁の校正について ④その他

（三役・事務局からの連絡）

■ 三役会

月 日：6月21日（火）

参加者：洗光範部会長他3名

議 題：①各WG活動報告：6/3モーメントリミッターの設定方法のヒアリング（対加藤製作所）、6/10機電交流企画WG・若手機電技術者意見交換会代替企画（講演会・見学会）について報告調整・就活パンフレット改訂作業報告、6/17クレーン安全情報WG ②その他・6/6国交省 建設機械施工の自動化・自律化協議会安全・基本設定WG メーカーヒアリング、6/30モーメントリミッターの設定方法のヒアリング（対コベルコ）

■ モーメントリミッタ（過負荷防止装置）の設定方法のヒアリング（対コベルコ建機株）

月 日：6月30日（木）

出席者：久田英貴主査他5名

議 題：(1) モーメントリミッタ設定方法の今後の改善について ①要望事項の対応案 ②今後の予定 (2) 要望事項に関する問題点について (3) 使用者側において注意すること

レンタル業部会



■ コンプライアンス分科会

月 日：6月7日（火）（web会議併用）

出席者：飛山分科会長ほか12名

議 題：①部会長・分科会長挨拶 ②レンタル業としてのトラック輸送業における運賃について ③各社からの報告事項・情報交換 ④その他連絡事項等

■ レンタル業部会

月 日：6月9日（木）（web会議併用）

出席者：中村部会長ほか13名

議 題：①部会長挨拶 ②コンプライアンス分科会活動状況報告 ③R4年度現場見学会について ④各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ⑤その他連絡事項等

各種委員会等



■ 機関誌編集委員会

月 日：6月1日（水）

出席者：中野正則委員長ほか28名

議 題：①令和4年9月号（第871号）計画の審議・検討 ②令和4年10月号（第872号）素案の審議・検討 ③令和4年11月号（第873号）編集方針の審議・検討 ④令和4年6月号～令和4年9月号（第868～870号）

進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■新工法調査分科会

月 日：6月15日(水)

出席者：石坂仁分科会長ほか2名(内 Web 参加1名)

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討
②新工法紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会

月 日：6月20日(月)

出席者：上田哲司委員ほか3名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討
②新機種紹介データまとめ ③各社・業界の製造ラインの現状。ICT 建機製造の現状等 意見交換 ④その他

支部行事一覧

北海道支部



■建設技術担い手育成プロジェクト(札幌工業高校出前授業)

月 日：6月8日(水)

場 所：札幌工業高校

受講者：土木科2年生約60名

内 容：(札幌地区測量設計協会と共催)

①建設ICTの概要(座学) ②3次元レーザスキャナーの解説(実機デモ)
③建設VR体験

講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダー外

■第1回施工技術検定委員会

月 日：6月13日(月)

場 所：北海道建設会館 A 会議室

出席者：石塚芳文事務局長ほか18名

議 題：①建設機械施工管理技術検定(第一次検定等)の実施要領と監督要領の打合せ

■建設機械施工管理技術検定(第一次検定等)

月 日：6月19日(日)

場 所：北広島市(星槎道都大学)

受験者：1級(一次検定)302名、(二次検定(筆記))311名、2級(一次検定)626名(延744名)、(二次検定(筆記))682名

■令和4年度除雪機械技術講習会(第1回)

月 日：6月24日(金)

場 所：旭川市(道北経済センター)

受講者：184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



■EE 東北'22

月 日：6月1日(水)～2日(木)

場 所：仙台市 夢メッセみやぎ

来場者：メッセ会場 12,200人、サテライト会場 1,900人

内 容：メッセ会場 出展者：358社、出展技術：1,040技術、新技術プレゼンテーション：54題
サテライト会場 インフラ DX (ICT) 体験広場：出展者：15社

■「ゆきみらい 2023 in 会津」実行委員会(Web会議)

月 日：6月10日(金)

出席者：東北地方整備局 稲田雅裕局長ほか18名

議 題：①実行委員会規約(案)について ②ゆきみらい 2023 in 会津 事業内容(案)について ③実行委員会会計処理要領・予算(案)について

■橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算、及び建設機械等損料講習会

月 日：6月13日(月)

場 所：仙台市 ハーネル仙台

受講者：46名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④PC 橋架設の施工技術と積算

■令和4年度 建設機械施工管理技術検定試験

日 時：6月19日(日)

場 所：滝沢市 岩手産業文化センター

受験者：1級 第一次検定 246名 第二次検定(筆記) 263名、2級 第一次検定 共通 615名、第1種 65名、第2種 515名、第3種 19名、第4種 63名、第5種 2名、第6種 14名、2級 第二次検定 729名

北陸支部



■新潟県除雪オペレータ担い手確保協議会 第5回本部協議会

月 日：6月2日(木)

場 所：新潟県庁 2F201号室

出席者：穂苅企画部会長 他1名

議 題：①令和3年度の除雪対応の振り返り ②令和3年度の担い手確保に関する取組の振り返り ③令和4年度の協議会予定

■令和4年度 ICT 戦略研究会の実施会議

月 日：6月9日(木)

場 所：JCMA 北陸支部事務室

議 題：①令和4年度 ICT 活用講習会(入門者クラス)について ②令和4年度 ICT 活用講習会(実践者クラス)について

■令和4年度建設技術報告会 第1回実行委員会

月 日：6月15日(水)

場 所：北陸技術事務所 1階大会議室

出席者：樋口普及部会委員

議 題：①令和4年度「建設技術報告会」の実施計画(案)について ②令和4年度「建設技術報告会」予算(案)について

■建設機械施工管理技術検定試験

月 日：6月19日(日)

場 所：朱鷺メッセ(新潟コンベンションセンター)

受験者：1級第一次検定：244名、第二次検定(筆記)：245名、2級第二次検定(筆記)：623名、共通：544名、第1種：74名 第2種：463名 第3種：15名 第4種：43名 第5種：6名 第6種：1名

■ニイガタ除雪の達人選手権 第1回実行委員会

月 日：6月24日(金)

場 所：新潟県十日町地域振興局

出席者：本間普及部会長

議 題：①開催場所及び日時について ②情報発信グループについて ③今後のスケジュールについて

■除雪機械整備技術検討会 打合せ会

月 日：6月29日(水)

場 所：北陸地方整備局 5F 企画部打合せ室

議 題：①整備技術検討会の緊急時対応について ②特殊車両の新たな通行制度の創設について ③整備局(羽越地区)の整備工場について

中部支部



■広報部会

月 日：6月15日(水)

出席者：濱地仁他7名

議 題：令和4年度の部会活動及び「中部支部ニュース」第41号について

■建設機械施工管理技術検定学科試験

月 日：6月19日(日)

場 所：名古屋芸術大学東キャンパス

受験者：1級 278名、2級 639名

■建設機械整備技能検定実技試験

月 日：6月21日(火)～24日(金)

場 所：愛知県小牧市ポリテクセンター中部

受験者：1級 35名、2級 134名

■建設 ICT 出前授業

月 日：6月28日（火）
場 所：中部インフラ DX センター（中部技術事務所構内）
受講者：名城大学 学生 38名，院生・教授等 5名 合計 43名
講 師：(株)シーティーエス甲信営業部長 中山俊彦氏

関 西 支 部



■令和4年度建設機械施工技術管理技術検定試験監督者打合せ

月 日：6月8日（水）
場 所：エル・おおさか
議 題：①試験監督要領について ②その他留意事項

■令和4年度建設機械施工技術管理技術検定試験

月 日：6月19日（日）
場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス
受検者：1級 414名（二次（筆記） 414名，一次 391名） 2級 986名（二次（筆記） 986名，一次（共通） 810名，一次（種別） 1種 55名，2種 704名，3種 7名，4種 58名，5種 5名，6種 20名）

■建設用電気設備特別専門委員会（第478回）

日 時：6月15日（水）
場 所：中央電気倶楽部 会議室
議 題：①「JEM-TR104 建設工事用受配電設備点検補修のチェックリスト」

審議 ②意見交換

中 国 支 部



■令和4年度建設機械施工管理技術検定試験 試験監督者事前打合せ

月 日：6月8日（水）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：竹田幸詞 試験実施責任者ほか 16名
内 容：実施要領・監督要領についての打合せ

■令和4年度1級2級建設機械施工管理技術検定試験 第一次・第二次検定（筆記）試験

月 日：6月19日（日）
場 所：TKP ガーデンシティ PREMIUM 広島駅前
受検者：1級第一次検定 100名 1級第二次検定（筆記） 104名 2級第一次検定 379名 2級第二次検定（筆記） 421名

四 国 支 部



■令和4年度建設機械施工管理技術検定一次検定・二次検定【筆記】試験

月 日：6月19日（日）
場 所：英明高等学校（高松市）
受検者：1級：152名 2級：531名 計 683名

■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：6月28日（火）
場 所：国営讃岐まんのう公園（多目的広場）
共催者：（一社）建設コンサルタンツ協会 四国支部 （一社）四国クリエイト協会 （一社）日本建設機械施工協会 四国支部 （一社）日本補償コンサルタンツ協会 四国支部 (株)建設マネジメント 四国
参加者：共催団体から 4社 20名，ドローン 6機 支部からは事務局長が参加
内 容：公園休園日を利用して，災害発生時に迅速に対応するため，各社所有のドローンを用いて訓練を実施

九 州 支 部



■企画委員会

日 時：6月15日（水）
出席者：原尻企画部会長他 7名
議 題：①令和4年度建設機械施工技術検定（実地試験）計画について ②令和4年度 JCMA 九州支部の行事計画 ③その他

■令和4年度建設機械施工管理技術検定学科試験

月 日：6月19日（日）
場 所：1級（福岡市）福岡ファッションビル 2級（福岡市）福岡国際会議場
受検者：1級 394名，2級 1,260名

編集後記

6月末に短い梅雨が明けたと思えば晴天は長く続かず、再び梅雨のような曇りや大雨の天気は左右されており、毎年温暖化や異常気象、線状降水帯などの被害が定着しているように感じられます。台風などの大規模災害が各地で発生しないことを願いたいと思います。

また、ロシアによるウクライナ侵攻やコロナ感染者数の増加など、日々のニュースも気になりますが、夏期休暇での気分転換や家族サービスを含め、夏の暑さと湿度を乗り越えたいと思います。

特に建設業は、屋外での重労働も多く、マスク着用と熱中症対策には十分注意して、休憩時間を確保していただきたいと思います。

さて、8月号は橋梁特集で、単独での掲載は約3年ぶりとなりました。

国内外の新設工事に加え、維持修繕、点検など、関連するさまざまな記事を対象に原稿の執筆をお願いさ

せていただきました。

巻頭言は、「ダーウィンの海の環境が変わる」と題して、前国土技術政策総合研究所長の木村様より、近年の社会環境の変化と橋梁関連の技術開発について、ご執筆いただきました。

技術開発の隘路として「魔の川、死の谷、ダーウィンの海」という内容が大変印象的でした。

行政情報は「持続可能なインフラメンテナンスに向けた新技術の活用促進に係る取り組み」と「道路橋における基礎の施工法と設計法の変遷」についてご執筆いただきました。

技術報文は、橋梁に関する各種技術や施工法、維持管理など、幅広い内容についてご執筆いただきました。

交流のひろば、ずいそうについても普段見聞き出来ない大変興味深い内容をご紹介します。

執筆者の皆様には年度末から新年度早々の大変お忙しい中、貴重な原稿を作成いただきましたこと、改めて御礼申し上げます。

(京免・太田)

機関誌編集委員会

編集顧問

| | |
|-------|-------|
| 今岡 亮司 | 加納研之助 |
| 後藤 勇 | 佐野 正道 |
| 新開 節治 | 関 克己 |
| 高田 邦彦 | 田中 康之 |
| 田中 康順 | 中岡 智信 |
| 渡邊 和夫 | 見波 潔 |

編集委員長

中野 正則 日本ファブテック(株)

編集委員

| | |
|-------|--------------|
| 菊田 一行 | 国土交通省 |
| 垂井 保典 | 農林水産省 |
| 細田 豊 | (独)鉄道・運輸機構 |
| 岡本 直樹 | (一社)日本機械土工協会 |
| 穴井 秀和 | 鹿島建設(株) |
| 赤坂 茂 | 大成建設(株) |
| 宇野 昌利 | 清水建設(株) |
| 阿部 靖 | (株)大林組 |
| 内藤 陽 | (株)竹中工務店 |
| 宮川 克己 | (株)熊谷組 |
| 松本 清志 | (株)奥村組 |
| 京免 継彦 | 佐藤工業(株) |
| 川崎 智博 | 鉄建建設(株) |
| 副島 幸也 | (株)安藤・間 |
| 松澤 享 | 五洋建設(株) |
| 飯田 宏 | 東亜建設工業(株) |
| 佐藤 裕 | 日本国土開発(株) |
| 丑久保吾郎 | (株)NIPPO |
| 室谷 泰輔 | コマツ |
| 山本 茂太 | キャタピラー・ジャパン |
| 花川 和吉 | 日立建機(株) |
| 上田 哲司 | コベルコ建機(株) |
| 石倉 武久 | 住友建機(株) |
| 小黑 誠 | (株)加藤製作所 |
| 本間 正敏 | 古河ロックドリル(株) |
| 太田 正志 | 施工技術総合研究所 |

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

9月号「安全対策・労働災害防止特集」予告

・安全プロジェクト「見える」安全活動コンクール ・「建設機械の安全装置に関する技術」の技術比較表の公表 ・無人航空機に関する航空局の取組 ・建設業における労働災害の起因物と事故の型の傾向 ・ドラッグ・ショベルのつり荷走行時の荷振れが作業半径増加に与える影響 ・積載形トラッククレーンの安全運転のポイント ・クレーン起立外観検査 [C-SAI][®] の紹介 ・GNSSを活用した [T-Digital Field] 向けアプリの開発 ・ウェアラブルデバイスを活用した安全管理システム [Wearable Connect] ・インフラメンテナンス作業の点検等に特化した安全教育 VR ・現場の協調安全を目指す新型油圧ショベルと連動ソリューション ・KomVision 人検知衝突軽減システム PC200-11 ・Safety2.0 に基づいたトンネルの安全管理 ・ゼネコンで考えた重機に搭載する 360° 3D モニターシステム「ぐる見えくん」開発物語 ・重機取付型監視カメラシステム及びクラウドシステム ・拡張現実 (AR) を用いた船舶航行ナビゲーションシステムの開発 ・施工機械・設備の Web 点検管理システム (e-Tenken)[®] ・建設現場向けパワーアシストスーツ ・スマートスーツ[®] 採用による「軽労化[®]」の深耕

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえ FAX をお送りください。

詳しくは HP をご覧ください。

年間定期購読料 (12冊) 9,408 円 (税・送料込)

建設機械施工

第74巻第8号 (2022年8月号) (通巻870号)

Vol.74 No.8 August 2022

2022 (令和4) 年8月20日印刷

2022 (令和4) 年8月25日発行 (毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

| | | |
|-----------|-----------------------------|-------------------|
| 施工技術総合研究所 | 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 | 電話 (0545) 35-0212 |
| 北海道支 | 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 | 電話 (011) 231-4428 |
| 東北支 | 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18 | 電話 (022) 222-3915 |
| 北陸支 | 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 | 電話 (025) 280-0128 |
| 中部支 | 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10 | 電話 (052) 962-2394 |
| 関西支 | 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4 | 電話 (06) 6941-8845 |
| 中国支 | 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22 | 電話 (082) 221-6841 |
| 四国支 | 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22 | 電話 (087) 821-8074 |
| 九州支 | 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30 | 電話 (092) 436-3322 |

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町 2-21-5 井手口ビル 4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

㊄微弱電波 ㊀429MHz帯特定小電力 ㊂1.2GHz帯特定小電力
㊀315MHz帯特定小電力 ㊂920MHz帯特定小電力

スリムケーブルレス 5000型

緊急停止スイッチの オプション対応スタート!

- ・微弱、429MHz特小、1.2GHz特小 全て対応
- ・8点、12点、16点仕様 全て対応
- ・表示用LED取付他、
従来のオーダー対応可

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



充電台に置いて充電

ご希望の多かったクレードルタイプを
オプションにてご用意!



ハンディタイプ シリーズ

タフケーブルレス
《RC-8600N/U/G》



チップケーブルレス
《RC-3205M・3212M・3208N》



マイコンケーブルレス
《RC-6000N/U/G》

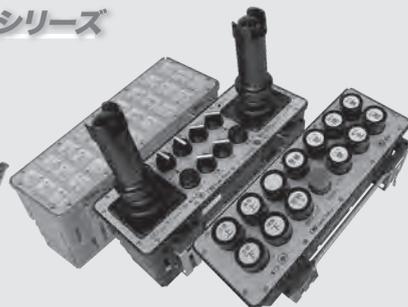


ケーブルレスミニ
《RC-4400N》



ショルダータイプシリーズ

MAXサテレータ
《RC-9300U/G》



マイティサテレータ
《RC-7100・7200N/U/G》

データケーブルレスシリーズ

双方向データケーブルレス
《TC-1000808S》



データケーブルレス
《TC-1300・1400N/U/G》



RC-5800U/G
2段押3組 準標準型
好評発売中!

- ・インバーター制御のクレーンに最適!
- ・クリック感ハッキリの
ロングストローク スイッチ

429MHz・1216MHz(送信出力1mW)
の2種類の周波数から選択可能

429MHz、1216MHzが
同価格!!

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



ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

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



吉永機械株式会社

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

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



小型水中ポンプのHS型シリーズに、初の3インチタイプが新登場!

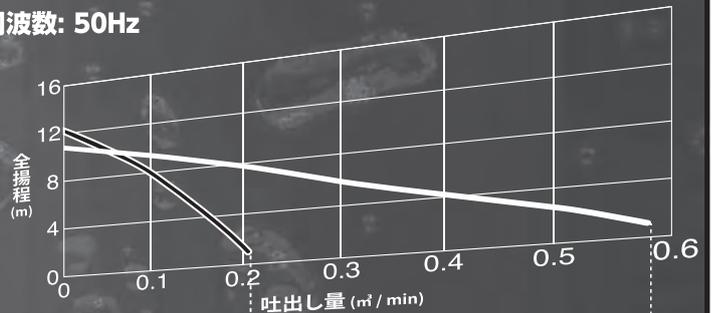
単相 **100V**

出力 **0.75kW**

最大水量 **580** ℓ/min



HS2.4S型との性能比較図
周波数: 50Hz



大流量化

新製品(HS3.75SL)

現行品(HS2.4S)

▶ 特設ページ



配管接続にも対応!

ねじ切り加工が施されているため、常設用として配管と接続することも可能です。

HS3.75SL型

株式会社 **鶴見製作所**

大阪本店: 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40
東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

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

北海道支店: TEL.(011)787-8385 東京支店: TEL.(03)3833-0331 北陸支店: TEL.(076)268-2761 近畿支店: TEL.(06)6911-2311 四国支店: TEL.(087)815-3535
東北支店: TEL.(022)284-4107 北関東支店: TEL.(028)613-1520 中部支店: TEL.(052)481-8181 中国支店: TEL.(082)923-5171 九州支店: TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Mikasa

http://www.mikasas.com

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631
札幌営業所 TEL:011-892-6920
仙台営業所 TEL:022-238-1521
新潟出張所 TEL:090-4066-0661

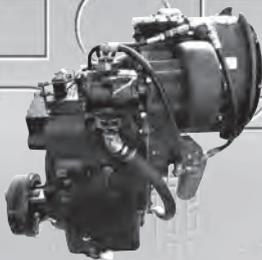
北関東営業所 TEL:0276-74-6452
長野出張所 TEL:080-1013-9542
中部営業所 TEL:052-504-3434
金沢出張所 TEL:080-1013-9538

中国営業所 TEL:082-875-8561
四国出張所 TEL:087-868-5111
九州営業所 TEL:092-431-5523
南九州出張所 TEL:080-1013-9547

沖縄出張所 TEL:080-1013-9328

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/>

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



50Hz-7m
43dB

DCA-25MZ

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジング/手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

DCW-500LSE

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D



●技術で明日を築く

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

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

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY

bauma, ミュンヘン開催 2022年10月24日 - 30日



第33回 国際建設機械・建設資材製造機械・鉱業機械・建設車輛・関連機器専門見本市

Boost your success: 建設機械産業の未来は、baumaから始まる
キープレイヤー、トレンド、イノベーションを一堂に集め、
ビジネスを成功に導く

入場券販売開始
bauma.de/tickets



bauma.de

お問い合わせ: メッセ・ミュンヘン日本代表部
Tel: 03-6402-4583 / info@messe-muenchen.jp

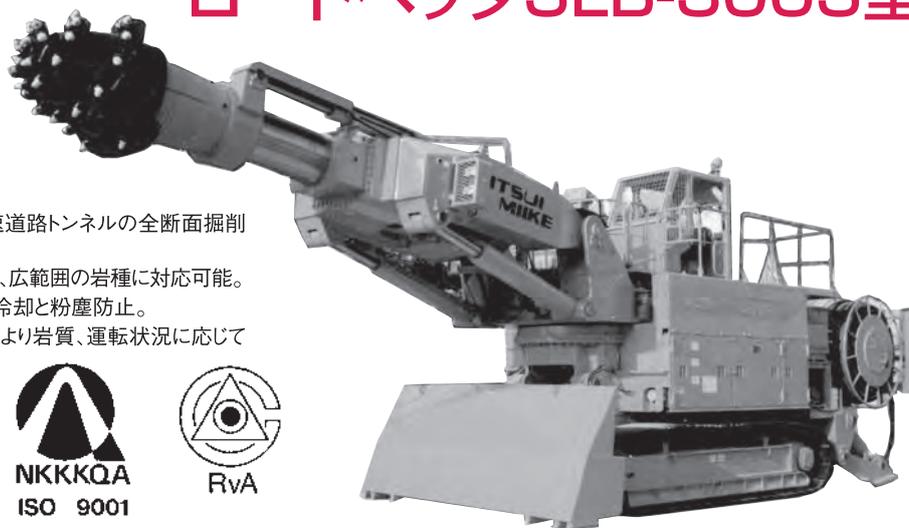
bauma

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面对掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

つながる 建設DX

Realize your
INTEGRATION

2022



施工履歴管理クラウド

WorksOS

施工履歴データを自動収集。現場での切土、盛土、通過回数、転圧の生産性や建機の状況をリアルタイムにタッチボードに集約・可視化し、各プロジェクトの進捗状況を一目で確認。建機の効率的な運用の推進を支援します。

拡張現実マシンコントロール

EarthWorks AR

EarthWorks 油圧ショベルは、Augmented Reality (拡張現実システム) をオプションで搭載することが可能となりました。設計データと現況を3Dでリアルタイムマッチングすることで、さらに使い易いマシンコントロールをご提供します。

 **Trimble**
Authorized Dealer

 **SITECH**

SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL:03-5710-2594 FAX:03-5710-2731

雑誌 03435-8



4910034350827
00800

「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)