

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

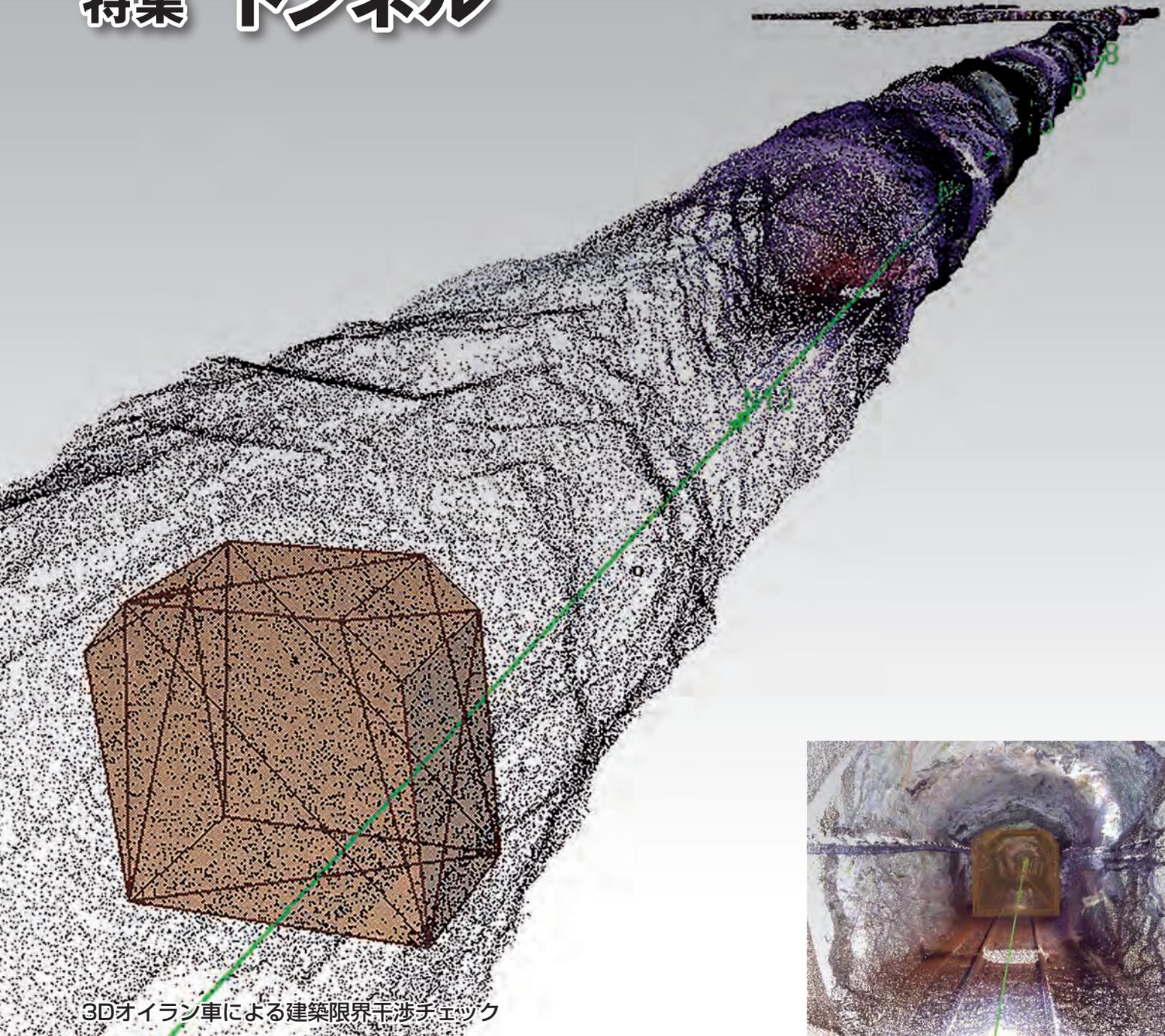
2020

建設機械施工



Vol.72 No.5 May 2020 (通巻843号)

特集 トンネル



3Dオイラン車による建築限界干渉チェック

巻頭言 シールド技術におけるi-Construction

グラビア 第28回 ISO/TC 195 神戸国際会議

- 技術報文
- 山岳トンネルの切羽地質情報の定量評価技術の開発
 - トンネル切羽AI 評価システムの現場導入
 - 新網島駅非開削部の大断面馬蹄形トンネル
 - 地下水環境を配慮した高水圧下における泥水式岩盤シールド施工
 - アクティブ制振装置のシールド工事への適用 他

- 行政情報
- 高レベル放射性廃棄物の地層処分
 - ロボット研究開発拠点“福島ロボットテストフィールド”
- 部会報告
- ISO/TC 195 神戸国際会議 開催報告
- 統計
- 令和2年度 公共事業関係予算

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長 ●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



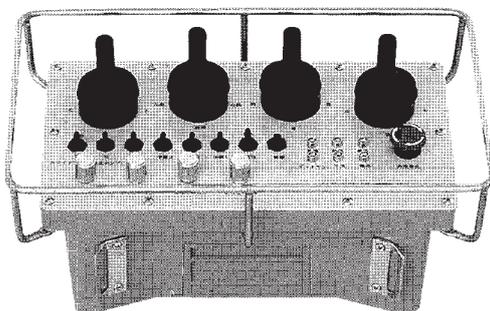
吉永機械株式会社

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

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

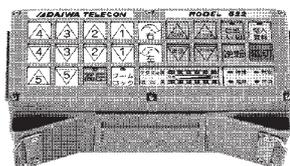
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ(標準)リレー・電圧(比例制御)又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式(一△V検出+オーバータイムタイマー付き)
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167(直通) FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

令和2年度版 建設機械等損料表

■発売日：令和2年5月15日

■体裁：A4判 モノクロ 約480ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般価格 8,000円 会員価格 6,800円

■内容

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



■参考

近日発売予定の「よくわかる建設機械と損料2020」も併せてご活用ください。

(特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ・主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
- ・機械の俗称・旧称から掲載ページ検索が可能

一般社団法人 日本建設機械施工協会

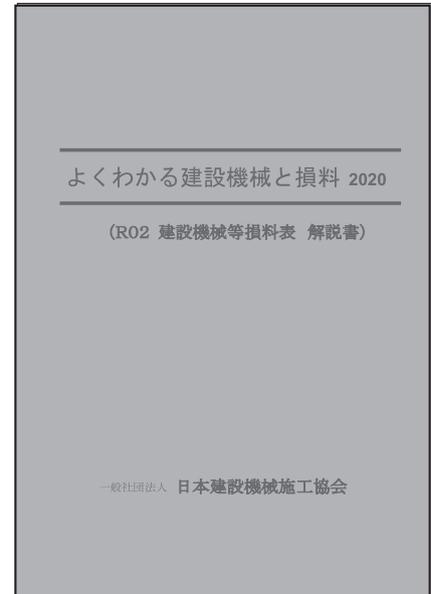
「令和2年度版 建設機械等損料表」の解説書 「よくわかる建設機械と損料 2020」の発売について

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

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

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

なお今回、解説文の文字を大きくしています。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

■発売予定日 : 令和2年5月下旬

■体裁 : A4判、一部カラー、約330ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般: 6,000円 会員: 5,100円

■内容・特長

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

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2019年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

発売時期

令和元年5月 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

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

Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。



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

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

令和2年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

令和2年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

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

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

◆ 内容

令和2年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

◆ 改訂内容

令和元年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

国土交通省土木工事標準積算の改正に伴う改訂

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

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：本体6,000円＋消費税

会員価格：本体5,100円＋消費税

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

● 発刊予定 令和2年5月15日



2019年版 日本建設機械要覧

発売のご案内

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

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



発刊日

平成31年3月

体裁

- ・B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・2016年版より外観を大幅に刷新しました。

価格（消費税10%含む）

一般価格 53,900円（本体49,000円）

会員価格 45,100円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（複数冊の場合別途）

特典

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

なお同じ要覧クラブ上で2019年版要覧以降発売された新機種情報もご覧いただけます。

2019年版 内容

- ・ブルドーザおよびスクレーパ
- ・掘削機械
- ・積込機械
- ・運搬機械
- ・クレーン、インクラインおよびウインチ
- ・基礎工事機械
- ・せん孔機械およびブレーカ
- ・トンネル掘削機および設備機械
- ・骨材生産機械
- ・環境保全およびリサイクル機械
- ・コンクリート機械
- ・モータグレーダ、路盤機械および締固め機械
- ・舗装機械
- ・維持修繕・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器（新規）
- ・高所作業車、エレベータ、リフトアップ工法、横引き工法および新建築生産システム
- ・空気圧縮機、送風機およびポンプ
- ・原動機および発電・変電設備等
- ・建設ロボット
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器等

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/> をご覧下さい。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表 (令和2年5月現在) 消費税10%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	R 2年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
2	R 2年 5月	令和2年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
3	R 元年 9月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和元年度版	6,600	5,610	700
4	R 元年 6月	日本建設機械要覧 2019年電子書籍 (PDF) 版	66,000	55,000	-
5	R 元年 6月	建設機械スペック一覧表 2019年電子書籍 (PDF) 版	60,500	49,500	-
6	R 元年 5月	橋梁架設工事の積算 令和元年度版	11,000	9,350	900
7	R 元年 5月	令和元年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
8	H31年 3月	日本建設機械要覧 2019年版	53,900	45,100	900
9	H30年 8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
10	H30年 5月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,600	5,610	700
11	H30年 5月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版	6,600	5,610	700
12	H30年 5月	橋梁架設工事の積算 平成30年度版	11,000	9,350	900
13	H30年 5月	平成30年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
14	H29年 4月	ICTを活用した建設技術 (情報化施工)	1,320	1,100	700
15	H28年 9月	道路除雪オペレータの手引	3,850	3,080	700
16	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
17	H25年 6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
18	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
19	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
20	H22年 9月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,300		250
21	H22年 7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
22	H21年 11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
23	H20年 6月	写真でたどる建設機械 200年	3,080	2,608	700
24	H19年 12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
25	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
26	H17年 9月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,048		250
27	H16年 12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,238		250
28	H15年 7月	道路管理施設等設計指針(案) 道路管理施設等設計要領(案)*	3,520		250
29	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
30	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
31	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
32	H15年 6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
33	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
34	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
35	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
36	H11年 5月	建設機械化の50年	4,400		700
37	H11年 4月	建設機械図鑑	2,750		700
38	H10年 3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,960	3,520	250
39	H9年 5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
40	H6年 8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
41	H6年 4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
42	H3年 4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
43	S 63年 3月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD版】	11,000	9,900	700
44	S 60年 1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,600		250
45		建設機械履歴簿	419		250
46	毎月 25日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

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

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

特 集	<h1>トンネル</h1>	
グラビア	4	第 28 回 ISO/TC 195 神戸国際会議
巻頭言	10	シールド技術における i-Construction 岩波 基 早稲田大学理工学術院 社会環境工学科 教授
行政情報	11	高レベル放射性廃棄物の地層処分 北川 義人 原子力発電環境整備機構 技術部工学技術グループ GM (グループマネジャー) 鈴木 覚 原子力発電環境整備機構 技術部工学技術グループ 課長 市村 哲大 原子力発電環境整備機構 技術部工学技術グループ
	17	ロボット研究開発拠点“福島ロボットテストフィールド” その概要とトンネル点検作業への適用 三枝 芳行 (公財) 福島イノベーション・コースト構想推進機構 技術部 技術課 副主任
特集・ 技術報文	22	あらゆる地山に対応した熟練技能を必要としない余掘り低減 技術を開発 差し角自動制御システム〈ブラストマスタ®〉 福田 毅 清水建設(株) 土木東京支店 横浜土木営業所 新東名川西高松建設所 工事長 垣見 康介 清水建設(株) 土木東京支店 横浜土木営業所 新東名高速道路 高取山トンネル西工事 現場代理人 (工事長) 松本 啓志 サンドビック(株) SMRT カンパニー カンパニープレジデント
	28	山岳トンネル工事の安全性・生産性向上技術 鋼製支保工建込みロボットの開発 水谷 和彦 前田建設工業(株) 土木事業本部 土木技術部 トンネル技術チーム チーム長
	34	レール移動作業の自動化による生産性・安全性の向上 急曲線対応型自動レール移動システム『Rail Walker System』の開発 三宅 拓也 戸田建設(株) 東北支店 土木工事 2 部 作業所長 佐佐木秀行 戸田建設(株) 東北支店 土木技術部 部長 中林 雅昭 戸田建設(株) 本社 土木技術営業部 部長
	39	山岳トンネルの切羽地質情報の定量評価技術の開発 圧縮強度, 風化度, 割れ目状態を定量評価 谷口 翔 安藤・間 建設本部 先端技術開発部
	45	トンネル切羽 AI 評価システムの現場導入 鈴木 亮汰 飛鳥建設(株) 技術研究所 研究開発グループ 第一研究室 宇都宮基宏 飛鳥建設・太名嘉組 特定建設工事共同体 伊佐 真幸 内閣府 沖縄総合事務局 開発建設部 河川課
	50	トンネル切羽の整形が必要な箇所を可視化して切羽の安全性 向上 高速 3D スキャナを使用した切羽掘削形状モニタリングシステムの開発と適用 山本 悟 西松建設(株) 技術研究所 土木技術グループ 副課長 高橋 将史 (株) ビュープラス 技術部 マネージャー 塚田 純一 ジオマシンエンジニアリング(株) 代表取締役社長
	56	3D オイラン車による建築限界検証 佐藤 等 佐藤工業(株) 技術センター ICT 推進部
	60	新綱島駅非開削部の大断面馬蹄形トンネル 駆動部が回収可能な泥濃式角形推進機を用いた角形エレメント推進工法 篠原 丈実 (株) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東京支社 綱島鉄道建設所 大野 友和 (株) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東京支社 綱島鉄道建設所 担当副所長 石尾 敦 (株) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東京支社 綱島鉄道建設所 副所長

	69	地下水環境を配慮した高水圧下における泥水式岩盤シールド施工 安藤 秀幸 大成建設(株) 九州支店土木部 課長
	74	アクティブ制振装置のシールド工事への適用 「ゆれなシールド」によりシールド掘進の振動を低減 星野 智紀 (株)大林組 生産技術本部 シールド技術部 技術第一課 担当課長 中本 淳 (株)大林組 ロボティクス生産本部 生産技術第一部 シールド技術課 課長 杉山 雅彦 JIMテクノロジー(株) 取締役 販売技術部 部長 村上 賢 JIMテクノロジー(株) 神戸事業所 統括部長
	79	シールド工事の掘進管理を“見える化”する KaCIM'S を開発・適用 大林 信彦 鹿島建設(株) 機械部 技術3グループ
交流のひろば	84	「空飛ぶクルマ」が変える社会 谷本 浩隆 デロイト トーマツ コンサルティング合同会社 航空宇宙・防衛セクター シニアマネジャー
ずいそう	87	懐かしきかな青函トンネル 小林 真一 (株)レールウェイエンジニアリング 部長
	89	ポーツマス 高見 勲 元南山大学 理工学部 機械電子制御工学科 教授
JCMA 報告	91	令和元年度 一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成 助成対象とする研究開発の決定のお知らせ
部会報告	93	ISO/TC 195 神戸国際会議 開催報告 標準部会
	107	新工法紹介 機関誌編集委員会
	108	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	109	令和2年度 公共事業関係予算 機関誌編集委員会
	115	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
	116	行事一覧 (2020年3月)
	118	編集後記 (京免・瀧本)

◇表紙写真説明◇

3D オイラン車による建築限界干渉チェック

画像提供：佐藤工業(株)

本画像は、黒部上部軌道トンネル計測点群内の線形（黄緑線）上で3D オイラン車（茶色：建築限界3D モデル）を走らせ建築限界の干渉チェックを実施している状況である。レーザースキャナによるトンネル形状（点群）計測は、現在様々な案件で取り組まれているが、一度計測してしまえばPC上で、そのトンネル構造物を精密に再現することができ、施工シミュレーションを自由自在に実施することができる。共用中のトンネルなど、現物の計測が困難な場所ほど有効性が高い。

第28回 ISO/TC 195 神戸国際会議

2019年11月18日(月)～22日(金) 於 神戸商工会議所

<詳細は標準部会報告本文を参照>



神戸商工会議所（手前）／ アリソンホテル神戸（奥）
本文にもある通り、会議場と隣接するホテルは一体構造となっている



石碑



1Fロビー 行事予定表示



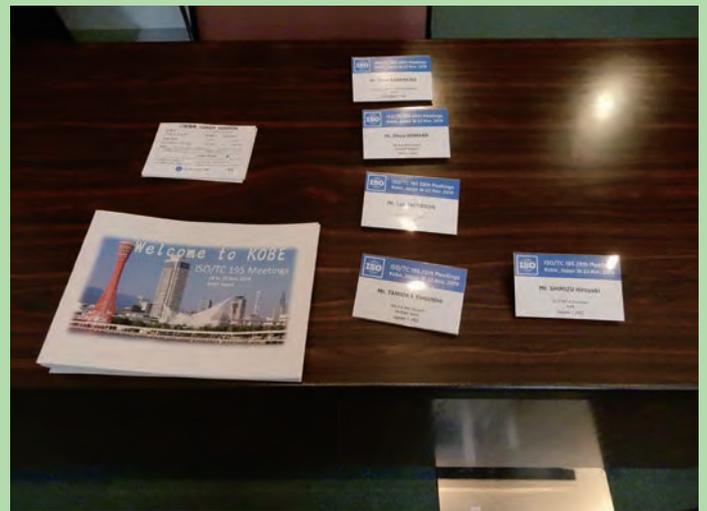
2F ホワイエ



3F 神商ホール B 入口表札



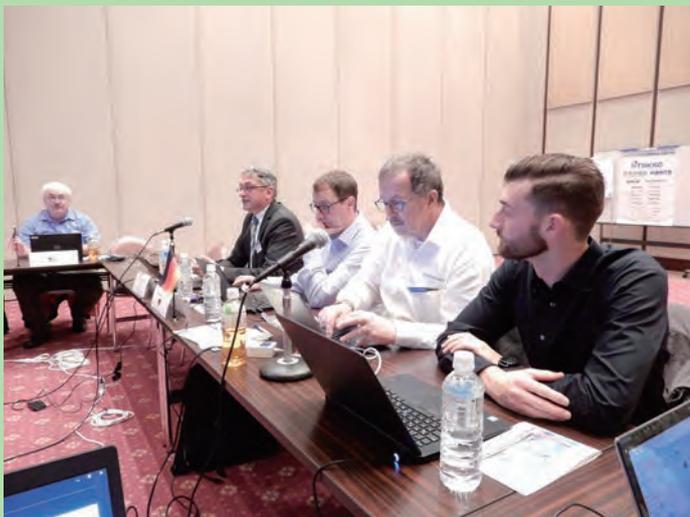
3F 神商ホール B 入口 出席者受付



(左上) 食券・(左下) 案内小冊子・(右) 名札

出席者の氏名確認と同時に名札・案内小冊子・昼食券を受付で配布

11月18日(月) TC 195/WG 9 会議



WG 9 会議風景



「あじさい」 ランチbuffet

11月19日(火) 午前 TC 195/WG 9 会議 / 午後 TC 195/WG 5 会議



WG 9 会議風景

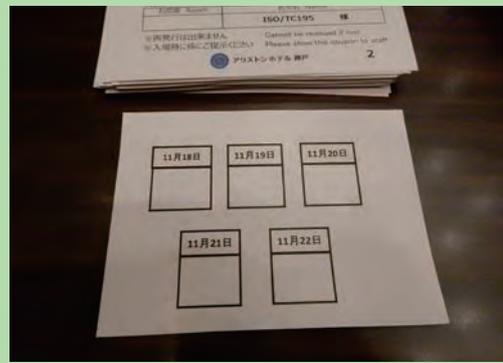


WG 5 会議風景



会議出席者用昼食券 表面

右下の通し番号で枚数管理、5日間を通じて使用の為 スタンプ欄に捺印し、喫食回数を確認



昼食券 裏面



「あじさい」 ランチbuffet



食物アレルギー・ハラール対応表示



全てのメニューに和文・英文名、原材料の絵文字マークを表示

11月20日(水) SC1総会



SC1 総会風景



SC1 議長団(日本)

11月21日(木) SC 2/WG 1 会議



SC 2/WG 1 会議風景

11月21日(木) 夕刻～ 社交行事



神戸クルーザー 待合室外観



集合場所 表示



「コンチェルト」チケットカウンター



JCMA 会長 開会挨拶



日工(株)社長 挨拶・乾杯



「コンチェルト」リサイタル



スポンサー社名表示



スペシャルライブパフォーマンス



JCMA 関西支部長 中締め挨拶

11月22日(金) TC 195 総会



TC 195 総会風景



JISC 国際標準課推進官 挨拶



TC 195 幹事国からホスト国への記念品贈呈式



記念品の一つ

(中铁工程装备集团有限公司製 トンネルボーリングマシン スケールモデル)



表紙



裏表紙

案内小冊子 (A5 判)



ハーバーランド埠頭よりポートタワーを望む「一千万ドルの夜景」



神戸クルーザー「コンチェルト」外観

(写真提供 川上氏)

巻頭言

シールド技術における i-Construction

岩波 基



シールド工事における i-Construction の導入の意義は、労働力不足対応だけでなく、AI と併用することで技術伝承の維持にも寄与できると考えられる。

わが国の土木技術は、戦前に欧米の技術を輸入したものを用いていた。戦後になると、わが国で独自の土木技術の開発が始まった。とくに、機械化施工推進のため、1949年3月に任意団体「建設機械化協議会」が発足し、後に、わが国の建設機械および建設機械施工に関する唯一の学術団体である一般社団法人「日本建設機械施工協会」となった。また、1964年10月には建設機械化研究所（現在、施工技術総合研究所）が開所している。そして、この時期に開発されたものが、技術基準やマニュアル等としてまとめられる段階で、日本独自の伝承すべき土木技術として成熟した。これら、わが国独自の土木技術は、バブル崩壊まではさらに多くの研究が進められて、世界最高レベルにまで達した。しかし、1990年代後半にはわが国の建設投資が急激に減少したため、建設業界での雇用が約10年にわたって減少した状態が続いた。この時期に土木技術者を採用しなかったため、この世代の技術者が不足した年齢構成となった。これによって、2007年頃の団塊世代が大量に退職するに至って、土木技術の伝承が困難となる社会的問題が顕在化した。そこで、各企業は、退職者の再雇用や中途採用者の雇用を行い、新卒者も増やして、技術伝承を促進する努力をしている。しかし、土木技術の場合、机上の技術だけでなく、現場でなければ伝承しにくい技術が存在する。そこで、i-Construction と AI の複合的な導入が対策として考えられる。

シールド工法によるトンネルプロジェクトは1990年代前半に毎年300件ほどが施工されていたが、2000年以降は年50件程度になった。そのため、土木技術者の少ない世代は、シールド工事を担当できる回数も減り、シールド技術を身につける経験が質と量の両方で体験できていない。

シールドトンネルプロジェクトにおいては、品質向上のために i-Construction の導入を進めている。シールド工事では、「見える化」を図り、施工のデータを3次元で可視化することで、施工の合理化と施工精度の向上を図っている。施工中に設計データと測量に基づいたシールド機とセグメントの位置を3次元的に

比較し、シールドの掘進計画とセグメントの割付を管理して、高精度のシールド機軌跡とセグメント設置を確保するものである。また、急曲線シールドトンネルでは、蛇行修正やシールド機とセグメントの競り防止に、余掘りの範囲と量、中折れの角度等を正確に把握して判断する必要があるが、この点でも3次元の可視化は有効である。さらに、近接施工で既設構造物の離隔を確認する場合や周辺地盤の変位挙動を可視化して施工管理することが可能となる。

i-Construction は、施工時の合理化に貢献できるだけでなく、シールドトンネルの計画と施工実績との差異およびその原因を記録し、定量化して蓄積できるようになるので、シールド工事全般の技術データと土質調査データを AI により分析することで、シールド土木技術者の経験不足を補えることができると考えている。

しかし、以下のふたつの点で、i-Construction と AI を複合して駆使しても、十分にシールド技術の継承に貢献することが可能性とならないことを危惧している。

まず、シールド工事で通常行われている計測項目だけでは、AI を用いて掘削挙動やセグメントの位置を分析し、予測するのにデータが足りないからである。通常、シールド機挙動を推定するために、静的な測量によるシールド機とセグメント3次元位置、切羽作用圧力、ジャッキによる作用力、ジャッキのストローク長が計測されている。しかし、シールド機動力学モデルでは、前述の項目以外に、シールド機自重による作用力とシールドテール作用力、スキンプレート作用力の計測が必要である。

さらに、あらゆる地盤条件や施工条件に対応するには、多数のプロジェクトのデータが必要で、わが国の全てのシールド工事における計測データの蓄積が理想である。そこで、土木学会トンネル工学委員会 シールドトンネル DB 運営部会が、シールド工事のデータフォーマットとデータベースシステムを構築し、わが国の全ての発注者にデータ入力を依頼しているが、あまり蓄積が進んでいるとはいえない状態にある。

これらの課題をクリアし、i-Construction を導入することがわが国のシールド技術の伝承と発展にとって重要であると考えている。

行政情報

高レベル放射性廃棄物の地層処分

北川 義人・鈴木 覚・市村 哲大

高レベル放射性廃棄物の地層処分事業は、地質調査に基づく処分地の選定から、処分場の建設、操業、閉鎖を経て、事業の廃止に至るまで全体でおおよそ100年程度かかる長期プロジェクトである。地層処分事業では、放射性廃棄物を地下深部に定置するために、複数の坑道からなる地下施設を地表から300mより深い地層中に建設する。坑道の建設、および放射線管理が必要となる放射性廃棄物の定置といった操業が同時並行で進められることや、坑内湧水を地上まで排水するための設備が必要となるなど、一般的な山岳トンネルの建設とは異なる特徴を有するので、様々な土木技術を結集して、建設に臨む必要がある。

キーワード：原子力発電、高レベル放射性廃棄物、地層処分、大深度地下、長大トンネル、湧水対策

1. はじめに

わが国では電力の安定供給のため、水力発電、火力発電、原子力発電に加え、風力発電などの再生可能エネルギーを活用した、様々なエネルギー源を組み合わせ、発電を行っている。このうち、わが国の商業用原子力発電は1966年にスタートした。原子力発電に伴って使用済燃料が発生するため、これらを適切に処理し、処分する必要がある。わが国では使用済燃料から、核分裂していないウランや核反応の過程で新たに生じたプルトニウムを取り出し、MOX燃料として再利用する原子燃料サイクルを基本政策としている。使用済燃料の再処理でウランとプルトニウムを取り出す過程で、高い放射能を有する廃液が発生する。廃液を安定した固体の状態とするため、ガラス原料と溶かし合わせてステンレス容器の中に注ぎ入れ、冷やして固める。これをガラス固化体といい、わが国ではガラス固化体を高レベル放射性廃棄物と呼んでいる。

これまでに発生した使用済燃料の一部については、英国とフランスなどの海外に再処理を委託し、製造されたガラス固化体が返還されている。これらの他に、JAEA（日本原子力研究開発機構）が再処理技術の試験研究として製造したものも含め、日本原燃株式会社の高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターにおいて、既に国内で約2,500本のガラス固化体が貯蔵されている。今後は、日本原燃株式会社が2021年度上期に竣工を目指して青森県六ヶ所村に建設中の使用済燃料再処理工場において、再処理とガラス固化体の製造が行

われる予定である。現在各原子力発電所に貯蔵されている使用済燃料を全て再処理したとすると、ガラス固化体に換算して、既に製造済みのガラス固化体と合わせて、約26,000本相当になる。このように高レベル放射性廃棄物は既に発生しているものであり、原子力発電を利用してきた現世代で、廃棄物の処分方法の道筋をつけていく必要がある。

本稿では、高レベル放射性廃棄物の地層処分の背景と安全確保の仕組みについて紹介し、土木技術への期待について述べる。

2. 高レベル放射性廃棄物の地層処分の背景

ガラス固化体の製造直後は、Sr-90やCs-137などの半減期が短い放射性物質を多く含み、放射能が極めて高い。放射能は時間とともに減衰する性質を有しており、ガラス固化体製造後から約1,000年で放射能の99%は減衰する。しかし、半減期が長い放射性物質も含まれているため、1,000年以降は放射能がゆっくりと減衰し、原子燃料の製造に使ったウラン鉱石の量と同程度の放射能レベルにまで減衰するには、数万年を要する。このように、ガラス固化体の放射能は時間とともに減衰するものの、極めて長く残存するという特徴がある。

地上の施設で放射性廃棄物からの放射線を遮蔽し、安全に管理されている実績はある。しかし、数万年以上の長期間にわたり、放射性廃棄物を人間が管理し続けることは現実的ではなく、人間の直接的な管理を必

要としない方法が必要である。原子力を利用してきた国々は、その処分方法について長い期間にわたり議論を重ねてきた。その過程では、海洋底処分、水床処分、宇宙処分などの方法も検討されてきたが、現在では多くの国が、放射性廃棄物を地下深くの安定な地層に埋設することで、人間の生活環境から放射性廃棄物を隔離し、閉じ込める、「地層処分」という方法が最も望ましいと考え、地層処分に向けた取り組みを進めている。最近では、スウェーデンおよびフィンランドで処分地が決まり、地層処分が実際に進み始めた国も出ている。

わが国でも、商業用原子力発電が始まる前の1962年から放射性廃棄物の処分方法について議論がはじまり、原子力委員会の提言に基づいて、1976年にわが国における地層処分の実現可能性についての研究開発が開始された。これらの研究成果は1992年の第1次取りまとめを経て、1999年に第2次取りまとめが核燃料サイクル開発機構（現、日本原子力研究開発機構）によって公表され、「わが国においても地層処分を事業化の段階に進めるための、信頼性のある技術的基盤が整備された」と原子力委員会により総括された。その後、2000年に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（以下、「最終処分法」という）が制定され、処分事業の実施に関わる法的な制度が整備されるとともに、高レベル放射性廃棄物の地層処分の実施主体として原子力発電環境整備機構（以下、「NUMO」という）が設立された。

3. 地層処分による安全確保の基本的考え方

地層処分は、安定した地下深部に放射性廃棄物を埋設することで、人間の生活環境から放射性廃棄物を「隔離」し、「閉じ込める」ことにより安全を確保するという考え方である。

一般的な地下利用の深さは数十m程度であり、地層処分を行う300m以深の地下深部には人間は容易に近づくことはできない。また、地下深部は、地表に比べて、地震、台風などの自然現象や、火災、事故などの人間の活動の影響を受けにくい。このような特徴を利用し、放射性廃棄物を人間の生活環境から隔離する（隔離機能）。

また、地下深部の地下水は、酸素が少なく還元性であるため、金属を腐食させにくく、放射性物質が地下水に溶けにくいという性質がある。加えて地下深部は、一般に岩盤の透水係数が地上付近に比べて小さく、動水勾配が小さいため地下水の流れが非常に遅いという性質もある。これらの性質により、地下深部に

放射性物質が長期間にわたりとどまり、その間に放射能が減衰する。このように地下深部の性質は、放射性廃棄物を閉じ込めるのに好ましい性質を有する（閉じ込め機能）。

このような隔離・閉じ込め機能を持つ地下深部の地層中（天然のバリア）に、さらに安全性を高めるために、人工的な障壁（人工バリア）を施すことにより、多重のバリアを構成することとしている。人工バリアは、安定な形態を持つガラス固化体、ガラス固化体の放射能と温度が高い間地下水とガラス固化体の接触を防ぐ金属製の容器（オーバーパック）、オーバーパック周辺の地下水の流れの緩和と、急激な地下水の化学的な変化を緩衝する能力を有するベントナイトを主成分とする緩衝材から構成される。

以上が、地層処分の安全確保の基本的な考え方である。放射性廃棄物を数万年以上にわたり地下深部に隔離し、閉じ込めるためには、処分場に影響を与えうる火山活動、断層活動、隆起・侵食活動などの地質学的な現象を考慮する必要がある。地層処分を実施する場所を選定する際には、念入りに調査を実施して、対象となる地域が地層処分の実施に適しているかを判断していくこととなる。

最終処分法では、処分場を設置する場所を選定する調査を、文献調査、地表からの物理探査やボーリング調査などを実施する概要調査、地下に調査施設を建設して地層の適性を詳細に調査する精密調査を通じて実施し、調査対象地域が処分場の設置場所としての適性を有するかどうかについて、段階的に確認する。その後、処分場設置場所としての適性と設計などについて、国による安全審査を経て、事業の認可を得た後、処分場の建設が開始される。

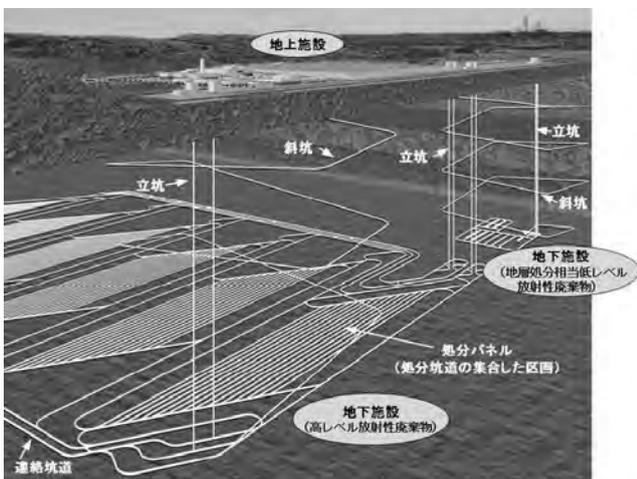
4. 処分場の規模、仕様

地層処分事業の流れは、地層処分の実施に適した地質環境を有する地域が選定されたのち、地下300mよりも深い地層に地下施設を建設し、放射性廃棄物であるガラス固化体を定置し、その周辺に人工のバリアを構築した後に、坑道を埋め戻し、処分場を完成させるといった段階を経る。地質調査などに基づく処分地の選定から、処分場の建設、操業、閉鎖に至るまで、地層処分事業はおおよそ100年程度に及ぶ長期プロジェクトとなる。

処分場の規模は、地上施設の広さが1～2km²程度（図—1）、地下施設の広さが6～10km²程度、坑道総延長は150km以上と想定されている（図—2）¹⁾。



図一 地上施設のイメージ¹⁾



図二 地下施設のイメージ¹⁾

表一に示すように、地下の坑道は役割に応じてアクセス坑道（立坑，斜坑），連絡坑道，処分坑道に分類される。処分場の建設では，一度にすべての坑道を掘削するのではなく，坑道の掘削が完了した箇所か

ら，ガラス固化体を封入したオーバーパックを緩衝材とともに定置する作業作業を同時並行で進める計画である。まず，アクセス坑道と連絡坑道を掘削後，最初の処分区画（または「処分パネル」という）を建設する。処分区画とは，複数の接続した一群の処分坑道から構成され，建設または作業を段階的に進めるために区切られた領域のことを言う。この最初の処分区画の建設が終わると，ガラス固化体を封入したオーバーパックが，アクセス坑道（斜坑）を通して，処分区画に搬入され，処分坑道に定置される。定置が終わった処分坑道は，掘削土とベントナイトを混合した材料で埋め戻される。以降，処分区画の建設と作業が並行して段階的に進められ，すべての処分区画での作業が終わると，閉鎖措置の審査を経て連絡坑道，およびアクセス坑道が埋め戻され，処分場が完成する。

表一に示した坑道の役割に基づく，各坑道断面の設計例を図一三に示す。坑道の断面を設計する際には，坑道を利用する車両や装置の大きさ，対面通行の有無，安全通路の必要性などを考慮して，建築限界を定め，坑道の必要最小限の大きさを決める。そのうえで，岩盤の強さ，地下施設の設置深度に応じて，空洞の安定性が確保されるよう，詳細な坑道の形状，支保工の必要性や仕様を検討して，坑道断面を設計する。表一，図一三は仮定した地質環境特性に基づく設計例であり，実際に建設する処分場は，地質環境特性（地層の広がりを含む）や処分深度に応じた適切な設計を実施する。

5. 地層処分における土木技術の役割

4. に述べたように，処分場の建設および閉鎖は，

表一 坑道の種類と建設・作業時の役割，諸元（深成岩類を対象とした設計例）²⁾

	役割	坑道断面 [mm]	延長計 [km]
アクセス坑道（立坑）	<ul style="list-style-type: none"> 作業者の移動経路 建設資材等の搬入，掘削土の搬出 排水，坑内換気 	6,500	5.0
アクセス坑道（斜坑）	<ul style="list-style-type: none"> ガラス固化体を封入したオーバーパックの搬入 	8,000	10.7
連絡坑道	(建設区画) <ul style="list-style-type: none"> 作業者の移動経路 建設資材等の搬入，掘削土の搬出 排水，坑内換気 	8,000	4.9
	(操業区画) <ul style="list-style-type: none"> ガラス固化体を封入したオーバーパックの搬入 作業者の移動経路 (処分坑道の埋め戻し作業を実施する場合) 排水，坑内換気 		
処分坑道	<ul style="list-style-type: none"> ガラス固化体を封入したオーバーパックの搬送と定置 	4,800	138.2

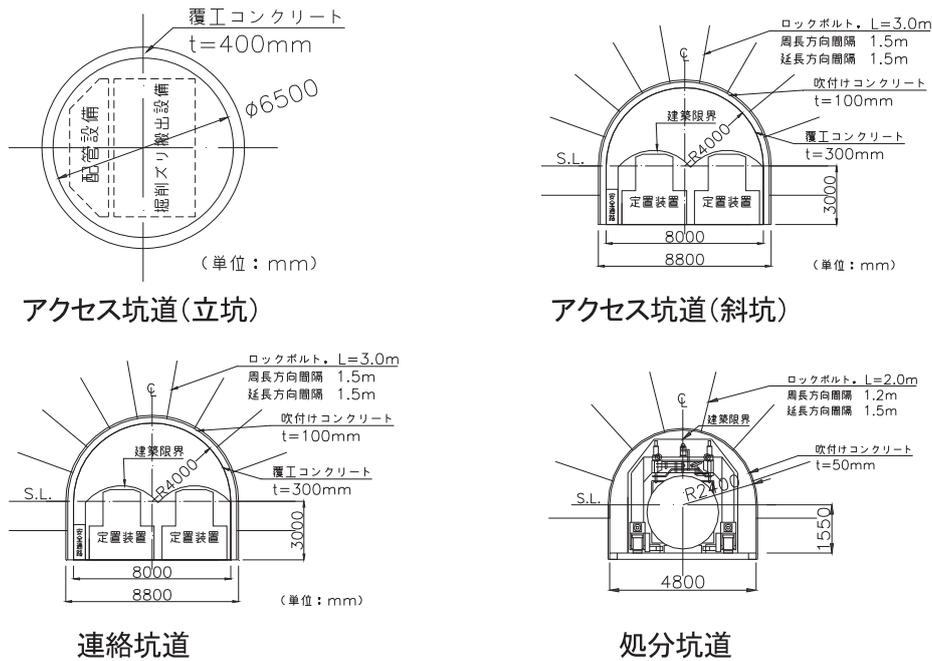


図-3 坑道断面（深成岩類の地質環境を対象とした設計例²⁾

100年にわたる大規模な土木工事であり、わが国が数多くの工事を通じて培ってきた土木技術の粋を集めて、取り組みが必要である。以下では、道路や鉄道などの一般の山岳トンネル工事と比較した場合の、処分場の建設において特に留意すべき技術的な課題を示し、それぞれについて土木技術の役割について述べたい。

(1) 坑内湧水の排水と湧水量の抑制

処分場の地下施設は、地表から地下300m以深に向かって掘り下がって構築されることが特徴である。そのため、地下施設に恒常的に流入する湧水を自然流下により、地上の排水処理設備まで導水することは

できない。そこで発生した湧水を地上の排水処理設備まで汲み上げるために大がかりな排水設備が必要である。

地下施設から湧水を汲み上げる方法は、地下施設の設置深度から地表までの高低差を一台の超高揚程ポンプで汲み上げる方法（一発揚水方式）、あるいは複数の高揚程ポンプを用いて一段上のステージまでの揚水を繰り返す方式（中継揚水方式）が考えられる（図-4）。一発揚水方式の利点は、ポンプなどの排水設備が少ないため、システムの維持管理が容易である。一方、中継揚水方式は、中継数が増えるほどポンプに要求される能力が低くなるので、ポンプを調達しやすいという利点があるが、中継ポンプの設置のための空洞

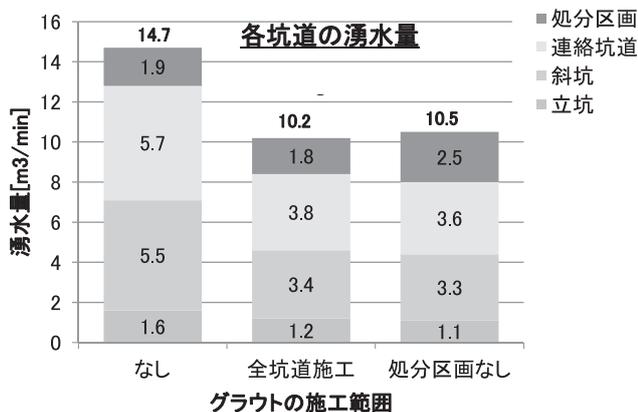
	中継揚水方式	一発揚水方式
概要	汎用性のある高揚程ポンプを用いて、1段上（例えば100m間隔）のステージまでの揚水を繰り返して、地上まで排水する方式	坑底の排水タンク（水槽）から、超高揚程ポンプにて地上まで一気に排水する方式
概要図	<p>ポンプ配置イメージ</p>	<p>ポンプ配置イメージ</p>

図-4 排水方式のイメージ

を立坑に数か所掘削する必要があるほか、それぞれのポンプのメンテナンスが必要である点が課題となる。どちらの方式を採用するかについては、地下施設の設置深度や、湧水発生想定量、メンテナンス性、ランニングコストなどを考慮して、今後決定していくことになる。

さらに、湧水量を抑制することで、排水に必要なランニングコストの削減が期待できる。処分場を設置する箇所は深度 300 m 以深であり、岩盤の透水係数は一般的に $10^{-9} \sim 10^{-8}$ m/s 程度であるが²⁾、断層・破碎帯や割れ目などの不連続構造からの湧水が想定される。処分場を設置する領域は、地質調査で把握できる範囲で透水性の高い断層や割れ目等を避けるが、調査で規模の小さな断層をすべて把握することは困難であるとともに、割れ目は岩盤中に普遍的に存在しているため、グラウト等で断層および割れ目からの湧水を抑制することが必要となる。現在想定している最大深度は 1,000 m であり、静水圧は最大で 10 MPa に達することが想定される。このような高水圧環境でのグラウト方法には、使用する機械、装置を含め、実用化に向けて技術開発が必要である。また、グラウトとして一般に使用されるセメント系材料は、高アルカリ性となるため、処分坑道に施工した緩衝材に化学的な悪影響を及ぼす可能性について考慮する必要がある²⁾、使用するグラウト材料の選定に関しても技術開発が必要である。

この他にも、設計で対応が可能な湧水量の抑制対策がある。例えば、各坑道からの湧水量のうち、アクセス坑道（斜坑）と連絡坑道が総湧水量の約 80% を占めるといふ検討結果もあり³⁾、これらの坑道の総延長を短くすること、および、これらの坑道に優先的にグラウトを施工することも、湧水量を低減する対策として有効である（図—5）。



図—5 各坑道からの湧水量の比率³⁾

(2) 建設区画と操業区画の間での作業動線の独立性の維持

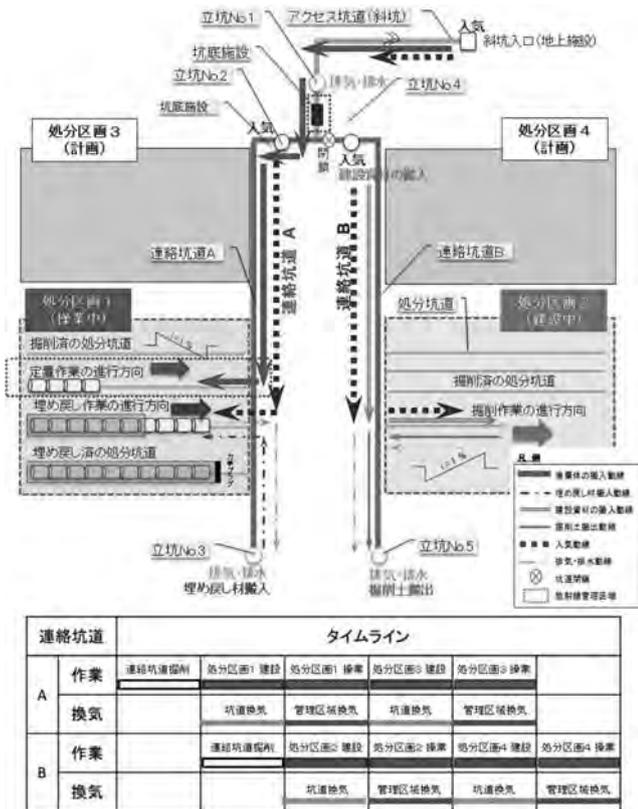
地層処分場の地下施設においては、処分区画の建設と操業が同時並行で段階的に進められることとなる。建設中の処分区画（建設区画）では、アクセス坑道（立坑）と連絡坑道を使って、支保工やグラウトなどの建設資材が搬入され、掘削土の搬出も行われる。建設は、複数の処分坑道を同時に掘削する必要があるが、掘削土の搬出経路となるアクセス坑道（立坑）の本数が限られるため、掘削土の搬出工程がクリティカルパスとなる。このように建設区画においては、資材搬入、掘削、および掘削土搬出の工程計画を適切に立案することが重要となる。

一方、操業中の処分区画においては（操業区画）、オーバーパックに封入されたガラス固化体が地上からアクセス坑道（斜坑）と連絡坑道を通じて搬送され、処分坑道内に定置される。操業区画は、放射線管理区域として適切な管理が要求されるため、放射性廃棄物を取り扱わない建設区画とは動線や換気・排水経路を独立させる必要がある。前述のように建設資材の搬入と掘削土の搬出は、アクセス坑道（立坑）を使用し、オーバーパックに封入されたガラス固化体の搬入は斜坑を通じて実施されるため、各々の動線は完全に独立しており、交錯することはないが、連絡坑道は共用される可能性がある。そこで、アクセス坑道（立坑）と連絡坑道を設計する際には、建設区画と操業区画の作業動線が交錯しないように、必要な本数の連絡坑道と、アクセス坑道（立坑）の位置を設計することが課題である。

例えば、図—6 に示すように、連絡坑道を 2 本配置し、1 本を建設区画用、1 本を操業区画用と明確に分けることで、作業動線の交錯を防止することが可能となる。具体的には、1 区画分の建設が終わったのち、それぞれの連絡坑道の役割を入れ替え、建設が終わった区画を操業区画に変更し、その区画につながる連絡坑道を操業用に、一方の連絡坑道では、新たな処分区画を建設する。このように、建設区画と操業区画の間での作業動線の独立性を維持しながら、段階的に処分場を拡張していくことを検討している。換気経路、排水経路についても、それぞれの区画の間で交錯しないように建設・操業を進める計画が必要であり、処分場の地下施設における特有の課題である。

(3) 坑道の掘削技術

放射性廃棄物の定置が完了した後、処分坑道などすべての坑道は、坑道周辺の岩盤と同程度の透水性とな



図一六 建設区画と操業区画の作業動線の独立性を維持する方法の検討例²⁾

るよう、掘削土とベントナイトの混合土を用いて埋め戻される計画である。ここでの課題は、掘削（発破等）の影響で、坑道周辺岩盤に掘削損傷領域（強度低下、透水性が高くなる範囲）が形成される⁴⁾ ことにより、局所的に地下水の通り道ができ、放射性物質の移行経路となる可能性が高くなることである。

このため坑道の掘削には、掘削損傷領域の発生を極力抑制することが求められ、スムーズブラッシングやプレスプリッティングを用いた発破掘削方式の他に、自由断面掘削機やTBMなどによる機械掘削方式を検討する必要がある。海外でも同様の目的で、技術開発が進められており、スウェーデンでは一軸圧縮強度350 MPaの超硬岩を対象に、モービルマイナーによる掘削の実証試験が実施されている⁵⁾。また、処分坑道は幅5 m程度の小断面であり、同断面の坑道の本数が多く、総延長が長いことから効率的な掘削工法が必要となり、専用の掘削機械の開発が課題となる。

さらに、作業の効率性に加え、作業従事者の安全性や将来のトンネル技術者の減少等も想定されることから、遠隔操作化・自動化技術の適用も重要な技術開発課題であり、今後建設が開始されるまでには、技術開発を進め、実証試験を経て地下施設の建設により適した技術を確認する必要がある。

6. おわりに

原子力発電の使用済燃料の再処理過程において生ずる高レベル放射性廃棄物は、すでにわが国にも存在している。このため、経済活動や一般の生活において、原子力を直接的、あるいは間接的に利用してきた世代において、高レベル放射性廃棄物の処分の道筋をつけていかなければならない。地層処分事業は100年にわたる長期事業であり、地下300 m以深の大深度に処分場を建設することから、地層処分事業の成功には、これまで国内の山岳トンネルの工事で培ってきた土木技術の関与は大きく、今後の技術開発の進展にも期待するところである。

一人でも多くの土木技術者の方々に地層処分事業に関心を持っていただき、事業の成功にご助力いただきたい。

JCMMA

【参考文献】

- 1) NUMO（原子力発電環境整備機構）（2018）：地層処分，安全確保の考え方。
- 2) NUMO（原子力発電環境整備機構）（2018）：包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現—適切なサイトの選定に向けたセーフティケースの構築—，レビュー版，NUMO-TR-18-03。
- 3) 野尻慶介，三枝博光，鈴木寛（2019）：高レベル放射性廃棄物の地層処分における地下施設からの湧水量評価のためのマルチスケールモデル化・解析技術の開発—（その4）地下施設の建設・操業のライフサイクルにおける湧水量評価への適用—，土木学会 第74回年次学術講演会。
- 4) 熊倉聡，石島洋二，藤井義明，児玉淳一（2012）：破壊後の圧密による岩石の透水性変化に関する研究，Journal of MMIJ，vol. 128，p163-172。
- 5) SKB（2019）：Äspö Hard Rock Laboratory Annual Report 2018，TR-19-10。

【筆者紹介】



北川 義人（きたがわ よしと）
原子力発電環境整備機構
技術部工学技術グループ
GM（グループマネージャー）



鈴木 寛（すずき さとる）
原子力発電環境整備機構
技術部工学技術グループ
課長



市村 哲大（いちむら てつひろ）
原子力発電環境整備機構
技術部工学技術グループ

行政情報

ロボット研究開発拠点 “福島ロボットテストフィールド” その概要とトンネル点検作業への適用

三 枝 芳 行

福島ロボットテストフィールド（RTF）は、無人航空機エリア、インフラ点検・災害対応エリア、水中・水上ロボットエリアと様々な試験環境を提供できる施設である。ロボットテストフィールドという名前だが施設利用についてロボットに限定されているわけではなく、様々な訓練や催し物など幅広く活用できる。本稿では福島ロボットテストフィールドの設立の背景とともに「施設概要」と「試験用トンネルの点検利活用」について紹介する。

キーワード：コンクリート、点検、訓練

1. はじめに

福島県沿岸部（浜通り地域）は、東日本大震災とそれによって引き起こされた東京電力福島第一原子力発電所事故により、甚大な被害を受けた。平成26年6月、この地域の産業回復のために、新たな産業基盤の構築を目指す国家プロジェクト「福島イノベーション・コースト構想」が策定された。本プロジェクトでは、廃炉研究、産学連携、エネルギー、ロボット、環境・リサイクル、農林水産の各分野において、産業集積、人材育成、交流人口増加に取り組んでいる。「福島ロボットテストフィールド（福島 RTF）」は本構想に基づき、物流、インフラ点検、大規模災害などに活用が期待される無人航空機、災害対応ロボット、水中探査ロボットといった陸・海・空のフィールドロボットを主対象に、実際の使用環境を再現しながら研究開発、実証試験、性能評価、操縦訓練ができる研究開発拠点として整備されている。

2. 福島 RTF の概要

福島 RTF は、多様な災害環境やフィールドロボットの使用環境を拠点内に再現し、多様なロボットの試験や操縦訓練の場を提供することを目的としており、福島県南相馬市・復興工業団地内に建設されている。東西約 1,000[m]、南北約 500[m] の約 50[ha] の敷地に、「無人航空機エリア」、「インフラ点検・災害対応エリア」、「水中・水上ロボットエリア」、「開発基盤エリア」を設けるとともに、浪江町・棚塩産業団地内に

滑走路を整備し、南相馬滑走路との間で長距離飛行試験が可能となる。2018年7月に通信塔が開所した後、完成した施設を順次一般に供用している。2020年4月現在、全21施設すべてが完成している。完成図を図1に示す。

無人航空機エリアでは、滑走路、緩衝ネット付飛行場、ヘリポート、連続稼働耐久試験棟、通信塔、風洞試験場を整備する。滑走路は、無人飛行機専用で長さ500[m]（浪江滑走路の長さは400[m]）であり、南相馬市と浪江町に滑走路をそれぞれ設置することで、その間約13[km]の長距離試験飛行を実施できる。また、緩衝地帯を広く確保しており、衝突回避、不時着、落下、物件投下など特殊な試験が可能である。緩衝ネット付飛行場は、間口80[m]×奥行150[m]×高さ15[m]の空間をネットで囲み、屋外環境でありながら航空法上の規制対象とならない飛行試験が実施できる。連続稼働耐久試験棟は、間口10[m]×奥行9.5[m]×高さ



図-1 福島ロボットテストフィールド完成図

5[m]のコンクリートで覆われた試験空間を持ち、安全に無人航空機の長時間連続稼働耐久試験の実施が可能である。風洞試験場は、3[m]×3[m]の測定部断面を持ち、最大風速20[m/sec]の発生能力を持つ。無人航空機の空力特性、飛行性能、突風・脈動風への機体安定性の試験ができる。

インフラ点検・災害対応エリアは、点検対象物や災害現場を模擬した構造物を設置し、ロボットの性能評価や操縦訓練に対応できる施設であり、試験用橋梁、試験用トンネル（写真—1）、市街地フィールド、瓦礫・土砂崩壊フィールド、試験用プラントがある。試験用橋梁は、鋼橋とコンクリート橋の両方について、点検で特に困難を伴う橋脚、支承部、床板などの構造を再現した長さ50[m]の橋梁であり、各部にひび割れや浮きなどの老朽化変状を模したテストピースを配置する。試験用プラントは化学プラントを模した施設となっており地上6階建となっており、1階、2階は様々な径の配管、バルブ、ダクトが設置されており、グレーチングなどの床なども備えられ、3階、4階は水槽タンクおよび螺旋階段、5階、6階は煙突となっている。市街地フィールドは、2棟のビル、5棟の住宅が信号付き交差点の周囲に立地する環境を再現した試験施設である。ここでは、ビルや住宅の内外を使った災害対応訓練、ビル外壁の点検、市街地や公道を移動するロボットの試験などが実施できる。交差点や街並みを再現した試験施設は珍しく、自動走行の試験など多様な用途で使用されることを期待している。瓦礫・土砂崩壊フィールドでは、30度、15度の傾斜として再現性のある山砂の山、ぬかるんだ泥濘地、亀裂・陥没のある道路、瓦礫等の散乱する道路、土砂崩れに埋まった道路を再現し、災害対応時の無人化施工に関する試験や遠隔操縦訓練に利用できる。試験用プラントについ



写真—1 試験用トンネル

ては、後述する。

水中・水上ロボットエリアは、水中や水上に点検対象物や、災害現場を模擬した構造物を設置し、そこに様々な環境を再現できるエリアであり、水没市街地フィールド、水流付大深度水槽、濁度調整水槽がある。水没市街地フィールドでは、19[m]×50[m]の屋外プールの中に2棟の住宅を水没した形で配置し、ここでヘリコプタやボートによる住民の救助訓練が可能である。またプールに瓦礫等を沈めることで、水中ロボットによる水中調査訓練が可能である。水流付大深度水槽では、深さ7[m]で30[m]×12[m]の屋内プールに、1～2[m/s]程度の水流を発生させることができ、水上・水中ロボットの運動性能試験が可能である。また、点検対象構造物（ダム、河川、港湾等の水中構造物）を沈めたり、ひび割れなどの老朽化変状を模したテストピースを配置したりすることで、水中ロボットの点検性能試験が可能である。

濁度調整水槽では、深さ1.7[m]で5[m]×3[m]の屋内プールで水の濁りを再現でき、水中ロボットが透明度の低い水中で点検する際の濁りの影響を試験できる。また、これらのプールは明度も調整することができ、水深の影響を再現可能である。

開発基盤エリアには、管理事務所がある研究棟、滑走路を見渡しながら運行管理が可能な総合管制室、大空間（間口32[m]、奥行30[m]、高さ11[m]）を持つ屋内試験場等がある。研究棟には長期にわたり滞在できる貸出研究室、会議室、カンファレンスルーム等も備わっている。

3. 試験用トンネル

昨今、わが国では深刻な人手不足により、より効率的なインフラ点検機器の開発が必要とされている。点検機器を開発するためには、実物に近い建築物が必要で、試験用トンネルはコンクリート建築物の点検機器の実証試験を行うことで点検機器の開発に貢献することを期待されている。

試験用トンネルは点検機材・点検ドローンの開発及び使用する人の訓練を行う場として使用することができるようひび割れや模擬うき、崩落（段階的にコンクリートを薄くしている）を再現されており、トンネル・その他コンクリート建築物の異常が備わっている。

ひび割れ:150[mm]四方のテストピースに0.1[mm], 0.2[mm], 0.3[mm], 0.5[mm], 0.7[mm], 1.0[mm]ひび割れが各々縦・横・斜めに入っているモルタル製のテストピースをトンネル側面に設置している（写真

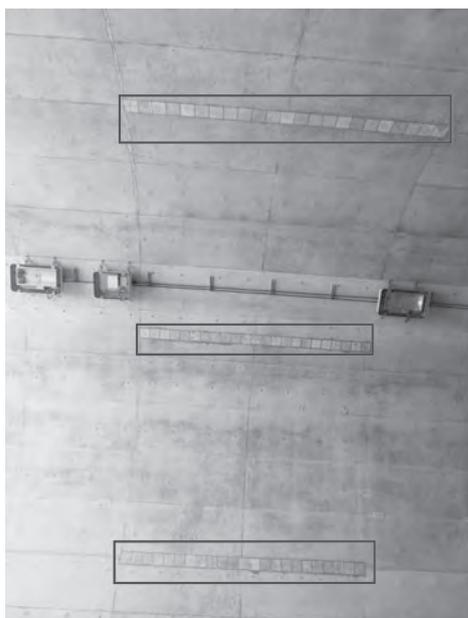


写真-2 ひび割れ

—2)。

模擬うきのパターンは（無筋区間）：空洞のサイズ 5[cm] × 5[cm], 10[cm] × 10[cm], 20[cm] × 20[cm], 30[cm] × 30[cm], 40[cm] × 40[cm], 50[cm] × 50[cm], 10[cm] × 50[cm], 50[cm] × 25[cm], φ 50[cm], 空洞の厚さ 0.3[cm], 1.0[cm], 3.0[cm], かぶり 1[cm], 3[cm], 5[cm]となっている。模擬うきパターン（有筋区間）：空洞の 5[cm] × 5[cm], 10[cm] × 10[cm], 20[cm] × 20[cm], 空洞の厚さ 0.3[cm], 1.0[cm], 3.0[cm], かぶり 1[cm], 3[cm], 5[cm]となっている（表-1）。

打音用浮きテストピース（1200[mm] × 1200[mm]）内には被り 10[mm], 20[mm], 30[mm], 50[mm], 浮き 1[mm], 5[mm], 10[mm]の 5[cm], 10[cm], 20[cm]の正方形テストピースが埋め込まれている（写真-3）。

これらテストピースの配置パターンは種類ごとに異なるが、いずれもトンネルの円周上に設置してある（図-2～4）。

トンネル内には模擬ジェットファン（通電不可）が設置されており、ボルトのゆるみを想定した点検も可能である。

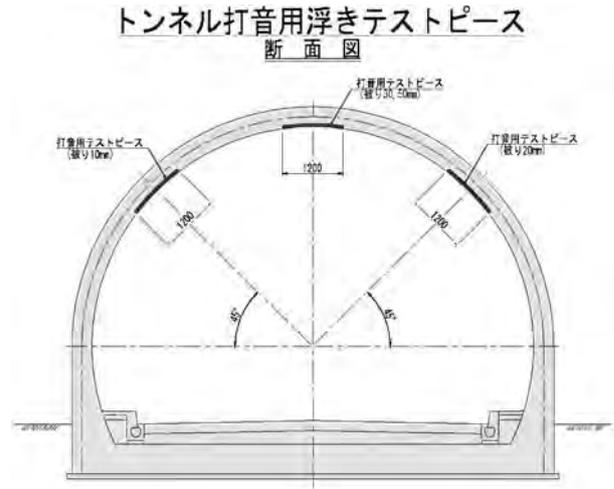
これら点検用の設備だけでなく試験用トンネルは、照明や消火設備などのトンネル付属設備を伴った長さ 50[m]の試験施設である。両側の入り口をシャッターで塞ぎ、内部に瓦礫や事故車両を置いて煙を発生させれば災害現場を再現できる。トンネル内の照明は LED とナトリウム灯の 2 種類ありどちらかを選択して点灯させるかまたは両方点灯させることも可能と

表-1 模擬うきパターン一覧表

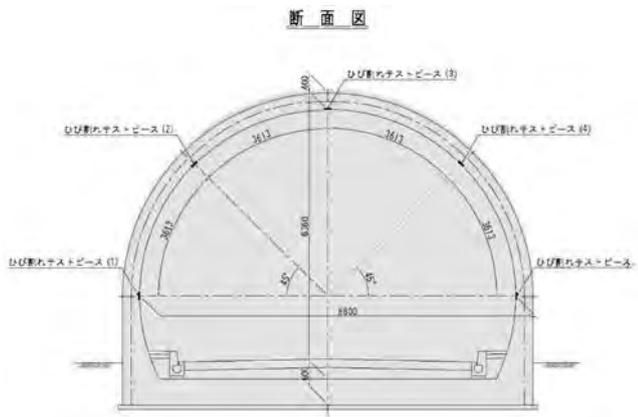
空洞サイズ	無筋区間		有筋区間	
	空洞の厚さ	かぶり	空洞の厚さ	かぶり
5[cm] × 5[cm]	0.3[cm]	1[cm]	0.3[cm]	1[cm]
5[cm] × 5[cm]	0.3[cm]	3[cm]	0.3[cm]	3[cm]
5[cm] × 5[cm]	0.3[cm]	5[cm]	0.3[cm]	5[cm]
5[cm] × 5[cm]	1.0[cm]	1[cm]	1.0[cm]	1[cm]
5[cm] × 5[cm]	1.0[cm]	3[cm]	1.0[cm]	3[cm]
5[cm] × 5[cm]	1.0[cm]	5[cm]	1.0[cm]	5[cm]
5[cm] × 5[cm]	3.0[cm]	1[cm]	3.0[cm]	1[cm]
5[cm] × 5[cm]	3.0[cm]	3[cm]	3.0[cm]	3[cm]
5[cm] × 5[cm]	3.0[cm]	5[cm]	3.0[cm]	5[cm]
10[cm] × 10[cm]	0.3[cm]	1[cm]	0.3[cm]	1[cm]
10[cm] × 10[cm]	0.3[cm]	3[cm]	0.3[cm]	3[cm]
10[cm] × 10[cm]	0.3[cm]	5[cm]	0.3[cm]	5[cm]
10[cm] × 10[cm]	1.0[cm]	1[cm]	1.0[cm]	1[cm]
10[cm] × 10[cm]	1.0[cm]	3[cm]	1.0[cm]	3[cm]
10[cm] × 10[cm]	1.0[cm]	5[cm]	1.0[cm]	5[cm]
10[cm] × 10[cm]	3.0[cm]	1[cm]	3.0[cm]	1[cm]
10[cm] × 10[cm]	3.0[cm]	3[cm]	3.0[cm]	3[cm]
10[cm] × 10[cm]	3.0[cm]	5[cm]	3.0[cm]	5[cm]
20[cm] × 20[cm]	0.3[cm]	1[cm]	0.3[cm]	1[cm]
20[cm] × 20[cm]	0.3[cm]	3[cm]	0.3[cm]	3[cm]
20[cm] × 20[cm]	0.3[cm]	5[cm]	0.3[cm]	5[cm]
20[cm] × 20[cm]	1.0[cm]	1[cm]	1.0[cm]	1[cm]
20[cm] × 20[cm]	1.0[cm]	3[cm]	1.0[cm]	3[cm]
20[cm] × 20[cm]	1.0[cm]	5[cm]	1.0[cm]	5[cm]
20[cm] × 20[cm]	3.0[cm]	1[cm]	3.0[cm]	1[cm]
20[cm] × 20[cm]	3.0[cm]	3[cm]	3.0[cm]	3[cm]
20[cm] × 20[cm]	3.0[cm]	5[cm]	3.0[cm]	5[cm]
30[cm] × 30[cm]	0.3[cm]	3[cm]		
30[cm] × 30[cm]	0.3[cm]	5[cm]		
30[cm] × 30[cm]	1.0[cm]	1[cm]		
30[cm] × 30[cm]	1.0[cm]	3[cm]		
30[cm] × 30[cm]	1.0[cm]	5[cm]		
30[cm] × 30[cm]	3.0[cm]	1[cm]		
30[cm] × 30[cm]	3.0[cm]	3[cm]		
30[cm] × 30[cm]	3.0[cm]	5[cm]		
50[cm] × 50[cm]	0.3[cm]	3[cm]		
50[cm] × 50[cm]	0.3[cm]	5[cm]		
50[cm] × 50[cm]	1.0[cm]	1[cm]		
50[cm] × 50[cm]	1.0[cm]	3[cm]		
50[cm] × 50[cm]	1.0[cm]	5[cm]		
50[cm] × 50[cm]	3.0[cm]	1[cm]		
50[cm] × 50[cm]	3.0[cm]	3[cm]		
50[cm] × 50[cm]	3.0[cm]	5[cm]		
10[cm] × 50[cm]	3.0[cm]	1[cm]		
50[cm] × 25[cm]	3.0[cm]	3[cm]		
φ 50[cm]	3.0[cm]	5[cm]		



写真一3 打音用テストピース



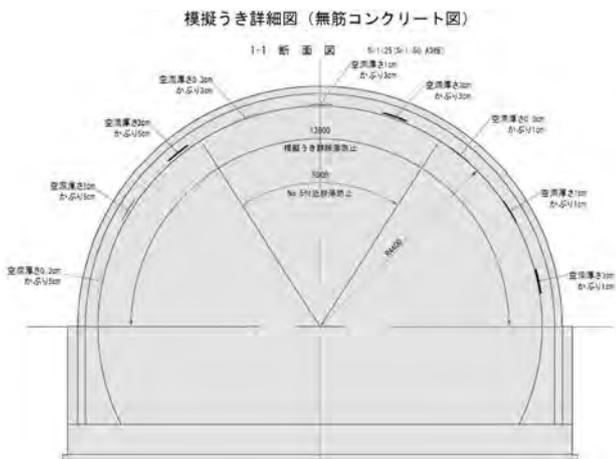
図一4 トンネル打音用浮きテストピース_出典：福島県



図一2 ひび割れテストピース_出典：福島県



写真一4 消火栓



図一3 模擬うきテストピース_出典：福島県

なっている。また、トンネルの外からポンプ車を接続することでトンネル内部の消火栓を使用した訓練を行うことも可能である (写真一4)。

4. 試験用トンネルの運用事例

これまで試験用トンネルは様々な災害救助ロボットや点検ドローン、点検車両、測定機器の性能評価や救助訓練などに使用されている。

このような開発機器の性能評価試験が多いのは実際のトンネルを使用する際の制約 (封鎖を行うなど) が福島 RTF では不要であり、施設使用料を支払うことで簡単に行えるからである。このため、開発の後半での評価としてだけでなく、要素試験的な開発の初期段階での使用も行いやすくなっていることが特徴である。

5. 利用・見学等について

試験用トンネルを含め福島 RTF の施設は、基本的に団体、個人を問わず利用可能である。使用目的は特に制限はないが、周辺住民に迷惑が及んだり、原状復

帰が困難な場合などは利用できないこともある。見学は、企業・自治体・学校・関係団体等を対象に受け入れている。一般見学は研究棟内に限定されるが、施設の利用を検討・予定している場合は、個別の施設も対象となる。利用・見学ともに詳細は福島ロボットテストフィールドのホームページ (<https://www.fipo.or.jp/robot/>) を参照されたい。

6. おわりに

福島 RTF は現在建設途中であり、2020 年 4 月に全面オープン予定である。すべての施設が利用可能と

なり、国内外の産学官の利用を受け入れ、フィールドロボットの技術進歩、制度整備の両面で貢献できる拠点となることを目指したいと考えている。

JCMA

[筆者紹介]

三枝 芳行 (さえぐさ よしゆき)
(公財) 福島イノベーション・コースト構想推進機構
技術部 技術課
副主任



あらゆる地山に対応した熟練技能を必要としない 余掘り低減技術を開発

差し角自動制御システム〈ブラストマスタ[®]〉

福田 毅・垣見 康介・松本 啓志

今般、機械化、自動化による省力化や施工方法自体の改善も含めた生産性の向上は、時代の要請でもあり積極的に取り組んでいく必要がある。本開発では、できるだけ客観的情報を収集・活用し、経験や感覚に頼らない施工を目指し、今後の熟練技能労働者不足の解消、安全・生産性・品質の向上の要請に応えるため、山岳トンネル余掘り低減技術「差し角自動制御システム」〈ブラストマスタ[®]〉(以下「本システム」という)の開発を行った。新東名高速道路高取山トンネル西工事において、本システムを適用し実証試験を行った結果、余掘りの低減を確認することができた。本システムの概要と特徴、および実証試験結果について紹介する。

キーワード：差し角自動制御システム (ブラストマスタ[®])、余掘り、削孔エネルギー、安全性/生産性の向上、コンピュータジャンボ、3D スキャン

1. はじめに

NATMは国内に導入されて40年以上が経過し、機械の大型化や掘削工法、補助工法等の新技术の開発により、不良地山の克服や大断面トンネルの施工に見られるように工法としての進化を遂げてきた。しかし、コンクリート等、品質・規格の一定した材料を使用する橋梁や躯体構造物に比べ、山岳トンネルは地山(岩盤)が主要な施工材料であるため、その不均質性、不確実性から熟練技能労働者の経験や感覚に頼らざるを得ない側面は依然として残っている。

今般、機械化、自動化による省力化や施工方法自体の改善も含めた生産性の向上は時代の要請であり、積極的に取り組んでいく必要がある。また、公共工事としての性格から、事業推進にあたっての透明性、客観性もあわせて向上させていかなければならない。

このような背景を踏まえて、本稿ではできるだけ客観的情報を収集・活用し、経験や感覚に頼らない施工を目指し、今後の熟練技能労働者不足の解消、安全・生産性・品質の向上の要請に応えるために本システムの開発を行った。

本開発のコンセプトは、爆破掘削において熟練技能に左右されない生産性向上を目指すものであり、設計断面を満足したうえで、できる限り余掘りの小さい断面を正確に形成することにある。これにより発生ずりが減少し、ずり出し時間、およびコンクリートの吹付

け時間が短縮されるばかりでなく、掘削面が平滑になることで地山のゆるみ抑制にも効果がある。また、爆破掘削に必要な削孔作業の過程で二次的に取得される削孔エネルギーを活用することで、従来地質技術者の技量に頼らざるを得ない切羽評価に対し、削孔エネルギーという指標を補完的に関連付けることでより客観的な切羽評価も可能とした。さらに、削孔エネルギーは、鏡全体で取得されるため面的な情報となり、切羽の肌落ち災害防止のための安全指標としても活用でき、切羽災害防止にも貢献する技術である。

本システムの適用性を確認するために高取山トンネル西工事を実証試験を行ったので、その成果を紹介する。

2. 施工条件とコンピュータジャンボ

(1) 工事概要と地質状況

高取山トンネルは、秦野市と伊勢原市を結ぶ全長約3.9キロメートルの2車線道路双設トンネルである。内空断面積は約80m²、西側工区のトンネル延長は、上り線1,573m、下り線1,609mでいずれも2%の下り勾配となっている。

図1に地質縦断図と実証試験区間を示す。本システムは主に発破地山である凝灰岩・凝灰角礫岩(大山累層)で試行を開始し、システムの調整等を図りながら進めてきた。

今回 STA.46+79.1 ~ STA.46+65.4 までの 14 m 区間を実証試験区間とし、本システムの効果を確認した。実証試験区間は、主に風化した凝灰岩礫岩が分布している。地山等級は CII であり、比較的安定した地山である。

(2) コンピュータジャンボの選定

コンピュータジャンボの選定においては、図一1の地質縦断図にみるように軟弱な地山で土破りが小さく地下水を豊富に蓄えた地山や凝灰岩・凝灰岩礫岩など比較的硬質な地山など、様々な地山条件のもとで施工を進めなければならない。これらの施工条件に対応できるジャンボである必要がある。また、本システムの要である差し角を精度よく制御できなければならない。そこで、高取山トンネル西工事では、以下の特徴を有するセミオートコンピュータジャンボ(写真一1)を採用した。

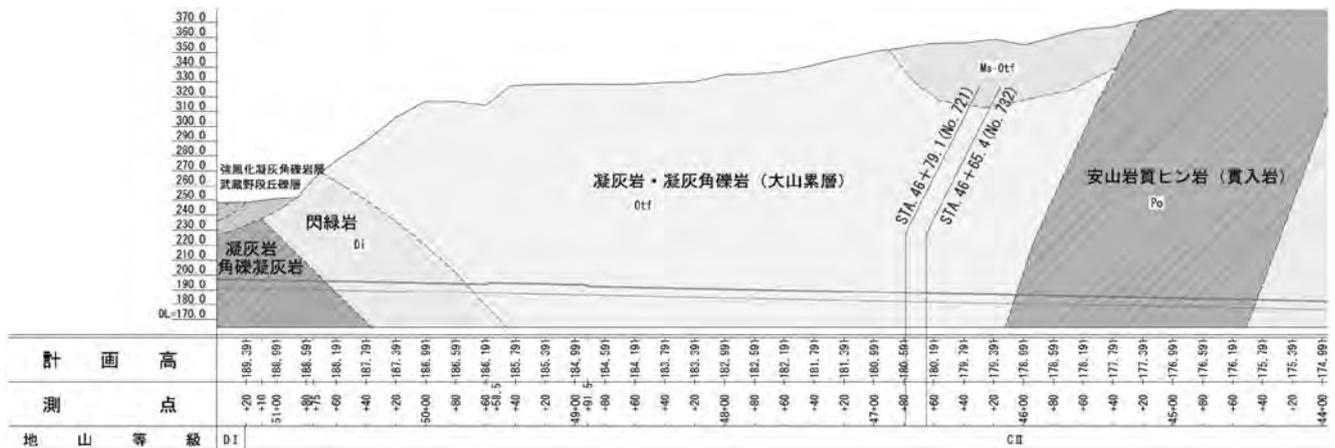
- ・湧水に対して脆弱であるとされる電気制御ではなく、完全油圧制御を採用しており、湧水の多い地

山でも故障を少なく抑えることができる。

- ・ワンプームシリンダー(各稼働部にシリンダー搭載)を採用しているため、削孔支援装置(TCAD)に必要なブーム先端位置の微調整が容易にできる。
- ・ドリフタ HLX5 の耐久性は非常に高く、国内外の実績が豊富である。
- ・ブーム位置を精度よく検知するためのロールオーバーセンサをブラケット等で補強対策され、故障なく確実にブーム位置を検知できる(写真一2)。



写真一2 ロールオーバーセンサの補強



図一1 地質縦断図と実証試験区間(下り線)

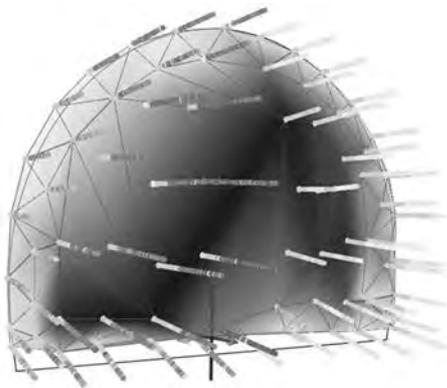


写真一1 コンピュータジャンボ(SANDVIK社製)

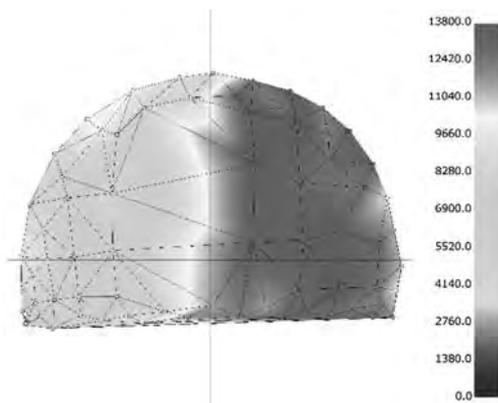
(2) 切羽災害防止技術

前述の手順Ⅱに示すように、発破パターンに準じて切羽削孔を実施することで、図一3に示すような削孔位置における深度方向の削孔エネルギー分布図を取得することができる。それぞれの削孔に対して鏡面から0.5 m以深の削孔エネルギーデータのみを対象にエネルギー平均値を算出し、鏡面に投影したものが図一4に示す削孔エネルギー分布図である。鏡面から比較的浅い部分は、前回の発破の影響や鏡吹付けコンクリートの影響で、本来の地山性状を捉えられていないおそれがあるため壁面深度0.5 mより浅い範囲は評価対象から除外した。なお、図一4は切羽削孔が終了した時点で自動的に出力される。

図一4のように作図された切羽削孔エネルギー分布図は、切羽に分布する地山の性状を客観的に示すものであり、本システムではこれを「切羽安全指標」として位置付け、切羽災害防止に活用する。活用方法を写真一3に示す。切羽安全指標は、削孔作業が完了し削孔エネルギー分布図を作図した後、ただちに切羽監視員、JV職員等、トンネル作業関係者すべてのスマートフォン、タブレット端末等に自動配信され、常に最新の切羽情報を共有しながら作業を進めている。



図一3 切羽削孔結果（地山側から切羽を臨む）



図一4 削孔終了時の削孔エネルギー分布



写真一3 切羽監視員による切羽監視状況

写真一3は、切羽監視員が切羽安全指標を確認しながら切羽監視している状況である。

(3) 客観的切羽評価点法

一般に支保パターンの選定は、変位量、支保発生応力等、定量的な指標も加味するが、基本は切羽評価点法による方法である。しかし、切羽評価点法は地山性状のばらつきや不確実性を有することを理解した上で地質的、かつ経験的な判断を必要とする。

そこで、本システムを運用する中で二次的に取得される削孔エネルギーを活用することで、従来技術者の技量に頼らざるを得ない切羽評価法について、削孔エネルギーという指標を補完的に関連付けることで、より客観的な切羽評価ができるものと考え、本システムに導入した。具体的には、切羽評価点に関連する観察項目のうち支保の選定に大きな影響を与える項目「A. 圧縮強度」「B. 風化変質」「C. 割目の間隔」「D. 割れ目の状態」の評価区分とコンピュータジャンボから取得される削孔エネルギーの相関性を見出し、施工管理の省力化とより客観的な判断ができる切羽評価点法を提案した。

4. 本システム実証試験結果

(1) 余掘り低減効果の評価

図一5に本システムを連続運用した一例を示す。三次元点群データにより余掘り／あたりを定性的に示した図である。トンネル掘進にともない大きな余掘りは低減し、掘削断面が平滑化していることがわかる。

図一6は、凝灰角礫岩において本システムを運用した結果で、最大余掘り、平均余掘りをグラフ化したものである。

No.721は最初の発破パターン（経験的に差し角を

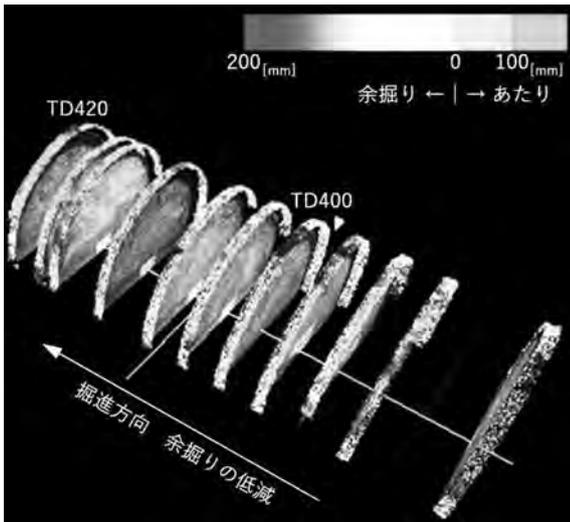


図-5 3D スキャン結果

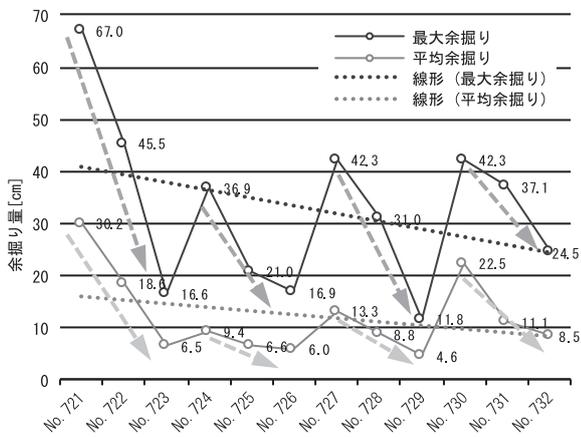


図-6 余掘り低減効果 (凝灰岩・凝灰角礫岩)

設定) により爆破掘削した結果である。最大余掘り 67.0 cm, 平均余掘り 30.2 cm となり, 天端付近の余掘りが大きくなった。一方, 左側壁部の余掘りは小さいことから, 同じ削孔角度 (差し角) でも地山の不均質性や岩盤亀裂の影響等によって, 余掘り量が異なることを示している。

No.721 ~ No.724 の余掘り/あたりの結果を受けて最外周孔の差し角が個別に補正され, No.725 ではあたりが最も少なく, かつ余掘りが大きく低減された (最大余掘り 21.0 cm, 平均余掘り 6.6 cm)。最初の未制御の発破パターンに比べて, 最大余掘り約 69% 低減, 平均余掘り約 78% 低減した。余掘りの増減は, 数サイクルごとに最大, 平均ともに周期性はあるが, 破線で示すトレンド線は低減傾向を示しており, 本システムを運用すれば, 余掘りが低減することを確認できた。

凝灰角礫岩との比較のため, 礫岩が主体の施工実績を図-7 に示す。最大余掘り, 平均余掘りともに大きな変動はないものの, トレンド線は低減傾向を示し

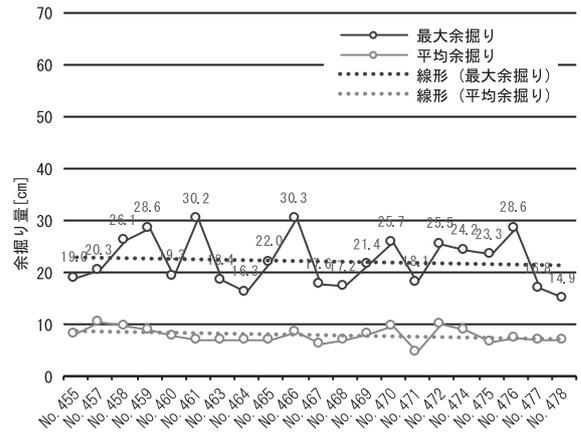


図-7 余掘り低減効果 (風化礫岩)

ている。したがって, 礫岩においても本システムの有効性を確認できた。

(2) 削孔エネルギーと評価点の相関性

図-8 ~ 11 は, 切羽観察データシートの評価項目 A ~ D に対して削孔エネルギーの平均値/標準偏差との相関性を図化したものである。これらの図を一般的な切羽観察帳票に鏡の削孔エネルギー分布と評価区分とエネルギーの相関図を併記し補完的に活用するこ

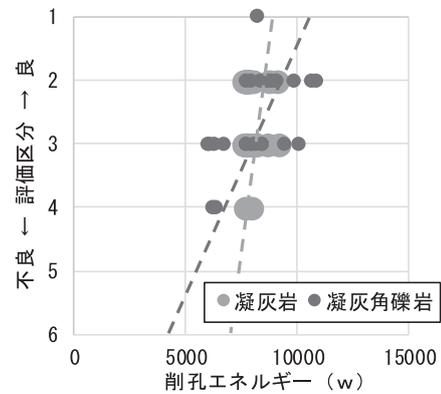


図-8 【A. 圧縮強度】の相関図

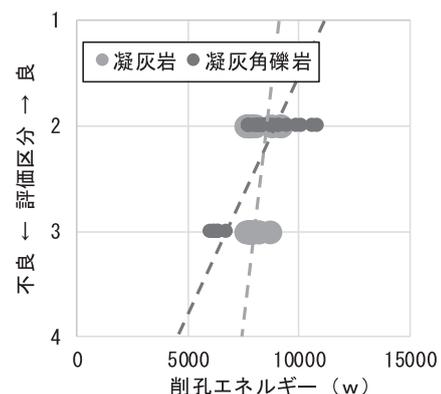
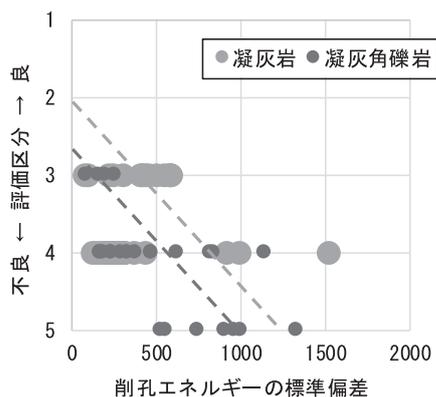
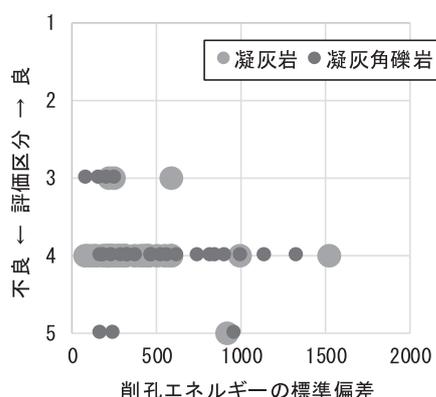


図-9 【B. 風化変質】の相関図



図一10 【C. 割目間隔】の相関図



図一11 【D. 割目状態】の相関図

とで、従来の帳票に客観性を与えるだけでなく、切羽評価点の信頼性を高めることができる。

評価項目 A. 圧縮強度と評価項目 B. 風化変質については、ある程度データが集中しており、相関性のある傾向がみられる。評価項目 C. 割目間隔は、良好な地山が継続する削孔状態の継続性が高いほど標準偏差のばらつきが少なく、かつ小さくなっている。評価項目 D. 割目状態については、現状においては明確な相関性が認められず、今後のデータの蓄積と評価に努めていく必要がある。

5. おわりに

本稿ではできるだけ客観的情報を収集・活用し、経験や感覚に頼らない施工を目指し、今後の熟練技能労働者不足の解消、安全・生産性・品質の向上の要請に応えるために本システム山岳トンネル余掘り低減技術「差し角自動制御システム」の開発を行った。本システムの実証で得られた知見を整理しまとめとする。

- ・本システムを複数回掘削サイクルの中で適用することによって、最大余掘りで約 69%の低減、平均余掘りで約 78%の低減を確認することができた。余掘りの低減効果は地山性状によって異なるものの、確実に余掘り量を低減できるシステムであることを実証した。
- ・切羽削孔エネルギーを「切羽安全指標」と位置付け、切羽災害防止に活用することで心理的な安心感を与えるものとして評価を得た。
- ・コンピュータジャンボから二次的に取得できる削孔エネルギーを活用して新しい切羽評価点法の提案を行った。評価項目 A, B, C においては一定の相関性を確認することができた。一方で、評価項目 D においては、更なる削孔データの蓄積が必要であることもわかった。

JCMA

【筆者紹介】



福田 毅 (ふくだ つよし)
清水建設㈱
土木東京支店 横浜土木営業所 新東名川西高松建設所
工事長



垣見 康介 (かきみ こうすけ)
清水建設㈱
土木東京支店 横浜土木営業所
新東名高速道路 高取山トンネル西工事
現場代理人 (工事長)



松本 啓志 (まつもと けいし)
サンドビック㈱ SMRT カンパニー
カンパニープレジデント

山岳トンネル工事の安全性・生産性向上技術

鋼製支保工建込みロボットの開発

水谷和彦

切羽肌落ち災害は山岳トンネル特有の労働災害であり、統計上、鋼製支保工建込み作業中の被災事例が最も多い。切羽に作業員が立ち入ること無く、山岳トンネル用鋼製支保工を設置可能な『鋼製支保工建込みロボット』を開発した。

本技術は、自動追尾型トータルステーションなどで構成する「支保工位置ナビゲーションシステム」、支保工位置の微調整が可能な「高性能エレクターマシン」、ボルト・ナットの締付を必要としない「自動建込用鋼製支保工」により、測量や支保工の位置合わせなど、従来は人が切羽直下で行っていた作業を機械化し、運転席からの操作のみで高精度な支保工の建込みを実現する。トンネル切羽直下に人が立ち入ることなく、オペレーター1人で支保工の建込みが可能となるので安全性と生産性が格段に向上する。

キーワード：山岳トンネル、切羽肌落ち災害、鋼製支保工建込み、生産性向上、安全性向上

1. はじめに

切羽肌落ち災害は山岳トンネル特有の労働災害であり、統計上、鋼製支保工建込み作業中の被災事例が最も多いのが現状であることが報告されている¹⁾。災害防止対策として、地山の緩み抑制(鏡吹付けコンクリートや鏡ボルトなど)や岩石落下の予測(切羽監視員の配置や切羽押出計測など)、設備的防護対策(マット設置やマンゲージガードなど)を複合的に実施し、災害発生確率を可能な限り下げる努力をしているが、抜本的な対策とは言い難いのが現状である。平成28年12月に厚生労働省より通達された「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」(平成30年1月改正)²⁾においては、機械化による事故防止対策が要望されており、そもそも切羽に作業員が立入ることがなければ被災することはない。そこで我々は、切羽に作業員が立ち入ること無く、山岳トンネル用鋼製支保工を設置可能な「鋼製支保工建込みロボット」を開発した。本稿では、開発した鋼製支保工建込みロボットの技術概要および導入実績について報告する。

2. 現行の施工方法

現行の鋼製支保工建込み方法としては、オペレーター以外の作業員は切羽直下における作業となる(写

真一1)。特に、鋼製支保工脚部では支保工の位置合せ作業が必要となり、最も被災リスクの高い作業である(写真一2)。また、支保工天端部では、天端ボルト・ナット締結やつなぎ材設置、溶接金網設置の為に作業員が切羽に立入る作業となる(写真一3)。

3. 開発技術の概要

鋼製支保工建込みロボットのシステム構成概略図を示す(図一1)。本技術は、鋼製支保工にマグネット装着した測量用プリズムや自動追尾型トータルステーションなどで構成された「支保工位置ナビゲーションシステム」と、鋼製支保工位置を微調整可能な「高性能エレクター」により、運転席からの操作のみで高精度な支保工建込みを可能とした。また、当社保有特許技術であるクイックジョイントを備えた「自動建込用鋼製支保工」による天端継手締結や支保工を把持しながらコンクリートを吹付けることにより、作業員の切羽立入を不要にする。

支保工建込み作業における標準的な施工では、少なくともオペレーター1名と切羽に立ち入る作業員4名必要となるが、本技術の導入により、切羽直下に作業員が立ち入ることなく、オペレーター1名による機械作業での対応が可能となるため、省人化と施工サイクル短縮による生産性向上を実現するとともに、切羽肌落ち災害撲滅が期待できる。



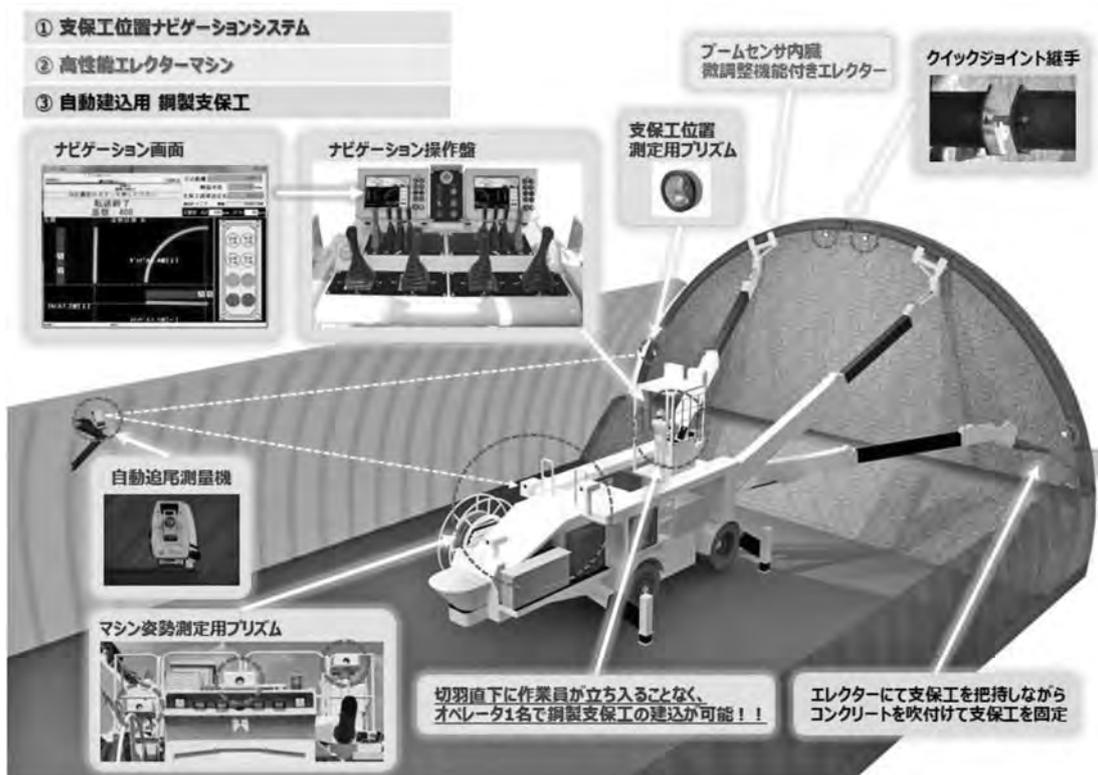
写真一 1 現行のエレクター搭載型吹付機による施工方法



写真一 2 現行の鋼製支保工脚部における作業フロー（切羽左側）



写真一 3 現行の鋼製支保工天端部における作業フロー



図一 1 鋼製支保工建込みロボットのシステム構成概略図

4. 新システムの構成と機能

鋼製支保工建込みロボットは、支保工位置ナビゲーションシステム、高性能エレクター、自動建込用鋼製支保工で構成される。以下、各機能について説明する。

(1) 鋼製支保工位置ナビゲーションシステム

鋼製支保工位置ナビゲーションは、ロボット本体姿勢測定機能、鋼製支保工角度表示機能、測量用プリズムによる鋼製支保工位置の詳細表示機能で構成される。

(a) ロボット本体姿勢測定機能

ロボットに給電すると自動追尾型トータルステーションにより、ロボット本体の位置を自動計測する(写真—4)。

(b) 鋼製支保工角度表示機能

ロボット本体の姿勢とブームセンサーデータとを合成計算し、エレクター位置をナビゲーション画面でリア

ルタイムに把握できる(写真—5)。

(c) 測量用プリズムによる鋼製支保工位置詳細表示機能

トンネル線形管理については、従来施工で用いている掘削管理システムを基本とし、鋼製支保工へのミラー設置位置など初期設定を事前入力する。鋼製支保工を仮置きしている時点で所定の位置に測量用プリズムをマグネット装着し、本機能を用いてミリ精度の位置合わせを行うことができる。カラーバーにより設計値と実測値の差分を視覚的に把握することができる(写真—6)。

(2) 高性能エレクター

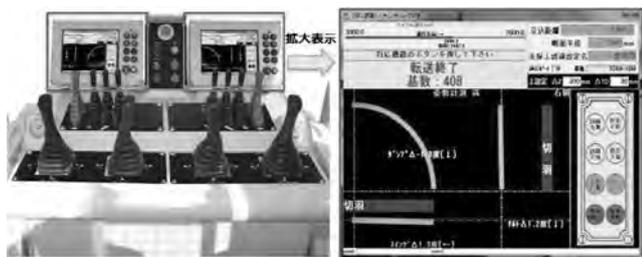
エレクター操作は、微調整可能な微速モード切替スイッチを装備し、鋼製支保工を把持したまま前後移動が可能なスライド機構を新たに設けた(写真—7)。また、クランプ姿勢を把握するため、各関節に姿勢を把握するためのセンサー(ブームセンサー)を内蔵した(図—2)。



写真—4 マシン姿勢測定機能



写真—7 クランプ部のスライド機構

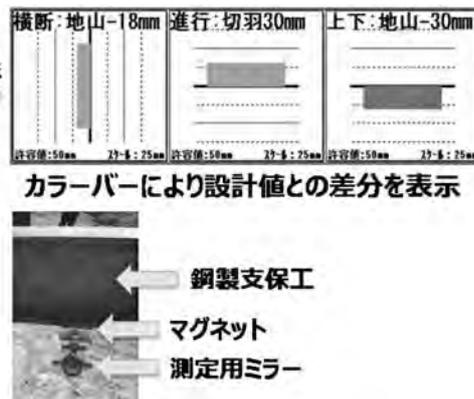
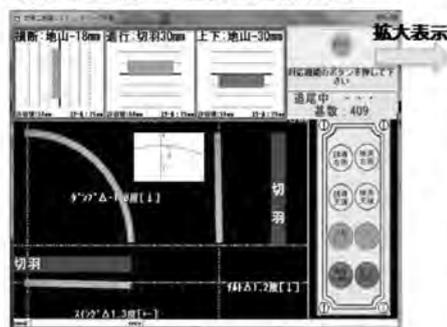


写真—5 運転席およびナビゲーション画面



図—2 各関節のブームセンサー位置図

右側天端ミラー—自動追尾測定時



写真—6 測量用プリズムによる鋼製支保工位置の詳細表示

(3) 自動建込用鋼製支保工

従来の作業員による天端ボルト・ナット締結を無くすことを目的に、エレクター操作のみで締結可能なクイックジョイント（写真—8）を鋼製支保工に溶接設置した（図—3）。クイックジョイントは、当社がシールドセグメント用に開発した継手であり、目開きが発生しにくい構造となり、締結部の品質確保にも寄与する。



写真—8 クイックジョイント



図—3 天端締結概念図

5. 工場試験

現場試験に先立ち、鋼製支保工建込みを模擬した試験を古河ロックドリル(株) 吉井工場にて実施した（写真—9, 10）。工場試験では、鋼製支保工建込みロボットの操作性や自動建込用鋼製支保工の施工性を確認し、操作手順のマニュアル立案と自動建込用鋼製支保工の仕様を決定した。



写真—9 工場試験状況



写真—10 自動追尾型トータルステーション架台

6. 現場試験

現場での試験施工を複数回繰り返す、鋼製支保工建込みロボットによる作業手順を以下のように決定した（今回は、最初に右側鋼製支保工の位置合わせ、次に左側鋼製支保工の位置合わせをすることとした。左右逆であっても問題ない）。

(1) 準備工

架台に仮置きしている鋼製支保工をエレクターアームにて把持して待機場所に停車する。エレクターアームにて把持している鋼製支保工に、溶接金網を溶接により固定する（写真—11）。また、左右鋼製支保工脚部と右側鋼製支保工天端部に測量用プリズムをマグネット装着する。



写真—11 溶接金網取付完了

(2) 鋼製支保工建込みロボット移動

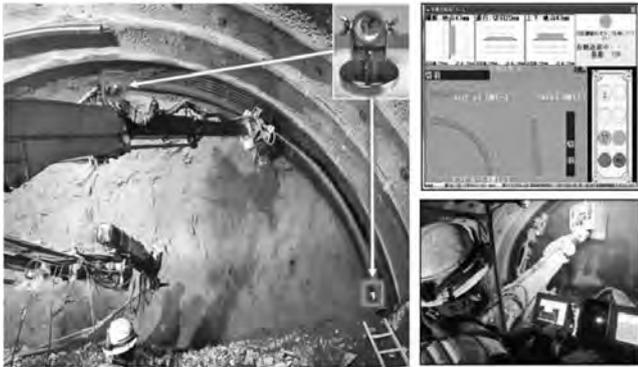
掘削が完了した後、エレクターアームにて鋼製支保工を把持した状態で支保工建込みロボットを機械待機場所から切羽に移動する。

(3) 一次吹付けコンクリート

最初に位置合わせを実施する右側素掘り面より一次吹付けコンクリートを施す。

(4) 右側鋼製支保工位置合わせ

オペレーターは運転席のナビゲーション画面を見ながら、右側鋼製支保工脚部と右側鋼製支保工天端部の位置合わせを行う（写真—12）。位置合わせ完了後、作業員が切羽直下に立入らないように、網付きの棒により測量用プリズムを回収する。



写真—12 右側鋼製支保工位置合わせ状況

(5) 右側鋼製支保工脚部二次吹付けコンクリート

エレクターアームにて把持した状態で、右側鋼製支保工のエレクターアーム下まで吹付けコンクリートにて固定する（写真—13）。



写真—13 右側鋼製支保工脚部固定状況

(6) 鋼製支保工天端締結

クイックジョイントにより左右鋼製支保工の天端部を締結する（写真—14）。

(7) 左側鋼製支保工位置合わせ

オペレーターは運転席のナビゲーション画面を見ながら、左側鋼製支保工脚部の位置合わせを行う。位置合わせ完了後、測量用プリズムは回収する。



写真—14 左側鋼製支保工位置合わせ状況

(8) 左側鋼製支保工脚部二次吹付けコンクリート

エレクターアームにて把持した状態で、左側鋼製支保工のエレクターアーム下まで吹付けコンクリートにて固定する（写真—15）。



写真—15 左側鋼製支保工脚部固定状況



写真—16 天端部二次吹付けコンクリート状況

7. 本技術の導入効果

現場試験の結果、以下の効果が確認できた。

(1) 鋼製支保工建込み作業における切羽立入り作業ゼロを達成

標準施工では切羽に4名の作業員が立ち入って作業していたが、本技術の採用により作業員の切羽への立入り作業はゼロとなった。

(2) 鋼製支保工建込み作業における省人化

鋼製支保工位置合わせオペレーター1名での鋼製支保工建込み作業が可能となった（ただし、吹付けコンクリートノズル操作者（他工程作業員）やプリズム回収補助員は必要）。

(3) 施工サイクルの短縮

鋼製支保工建込み時の切羽立入り作業がゼロになったため、一次吹付けコンクリート、鋼製支保工建込み、二次吹付けコンクリート作業において各サイクルの終了後に次サイクルに移行する必要がなくなった。そのため、左側一次吹付けコンクリート時の右側鋼製支保工位置合わせおよび右側二次吹付けコンクリート時の左側鋼製支保工位置合わせが同時作業可能となり、施工サイクルが短縮できた。

(4) 鋼製支保工建込み精度の向上

従来のつなぎ材を省略することで、鋼製支保工を設

計位置に建込むことができる為、カーブ区間での鋼製支保工建込精度が向上した。

8. おわりに

鋼製支保工建込み時の切羽立入り作業がゼロとなり、建込み時の切羽肌落ち災害に対する安全性を格段に向上させることができた。また、鋼製支保工建込作業の省人化と施工サイクル短縮による生産性向上、高精度建込による品質向上を実現できた。

本技術は、ナビゲーション技術を活用したマシンガイダンス技術であり、現状はオペレーター操作の技量が必要になる。今後は、熟練していない作業員でも施工可能な完全自動化技術の構築を目指す。

JICMA

《参考文献》

- 1) トンネル切羽からの肌落ちによる労働災害の調査分析と防止対策の提案 2012, 労働安全衛生総合研究所
- 2) 山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン 2018, 厚生労働省

【筆者紹介】

水谷 和彦（みづたに かずひこ）
前田建設工業(株)
土木事業本部 土木技術部 トンネル技術チーム
チーム長



レール移動作業の自動化による生産性・安全性の向上 急曲線対応型自動レール移動システム『Rail Walker System』の開発

三宅 拓也・佐佐木 秀行・中林 雅昭

山岳トンネル工事において、作業台車や覆工コンクリート用セントルの移動のためには、走行用レールの移動作業が必要となる。このレール移動を自動化したシステム『急曲線対応型自動レール移動システム：Rail Walker System』（以下「本システム」という）を開発した。本システムは、作業台車等に設置した特殊装置を1名の作業員がコントローラーにより操作することで、走行用レールをトンネルの曲線形状に合わせながら前方に進めていくシステムである。本システムにより、重機を使用した複数の作業員による従来の移動作業に比べ、生産性と安全性を向上できる。本稿では、本システムの概要と現場に適用した際の効果等について報告する。

キーワード：トンネル，覆工用セントル，作業台車，レール移動，自動化，曲線対応，生産性向上，安全性向上

1. はじめに

山岳トンネル工事では、防水作業用の台車や覆工コンクリート用セントル（型枠）を30m程度の仮設レール上を走行させて、適宜場所を変えながら作業を行うため、工事の進捗に応じてレールを繰り返し移動する必要がある。従来、レールの移動・設置作業は、バックホウ等の建設機械と複数の作業員との混合作業であり、重機接触災害や挟まれ災害等のリスクを伴うものであった。また、レール同士を作業員が接続させる作業は、トンネル中央部を通過する通行車両の死角となり、接触災害や積み荷の落下災害等のリスクもあった。さらに、煩雑な作業のためにレールの移動・設置には多くの作業員と時間を要していた（図-1）。

これらの課題を解決するために、レールの移動・設

置から作業台車等の移動までの一連の作業を、作業員のボタン操作のみで自動化できる本システムを開発した（図-2）。

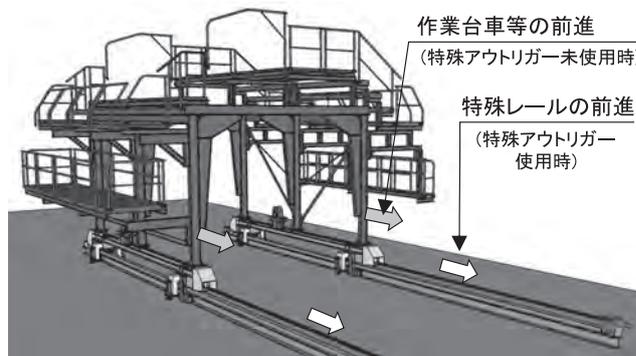


図-2 本システム全体図（作業台車での採用例）

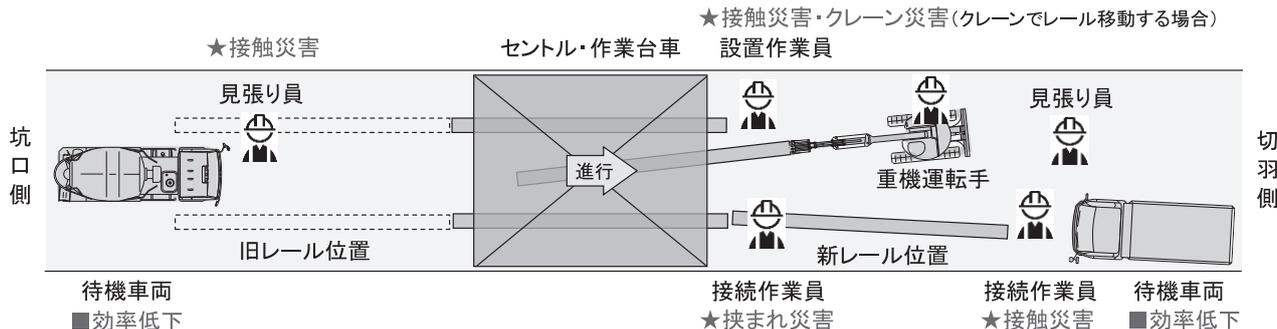


図-1 従来のレール移動方法のイメージ図

2. 本システム

(1) システムの概要

本システムは6つの特殊装置により構成されている。これらの特殊装置を一人の作業員が順次コントローラーにより操作することで、トンネルの曲線形状に合わせながらレールを前方に進めていくことができ、作業台車等はこのレール上を電動車輪により移動させることで適切な位置に設置できる（図—3, 4）。

6つの特殊装置の概要を以下に示す。

①特殊レール（左右2条）

作業台車等が走行する高剛性レール。特殊レール移動装置により前後方向に移動できる

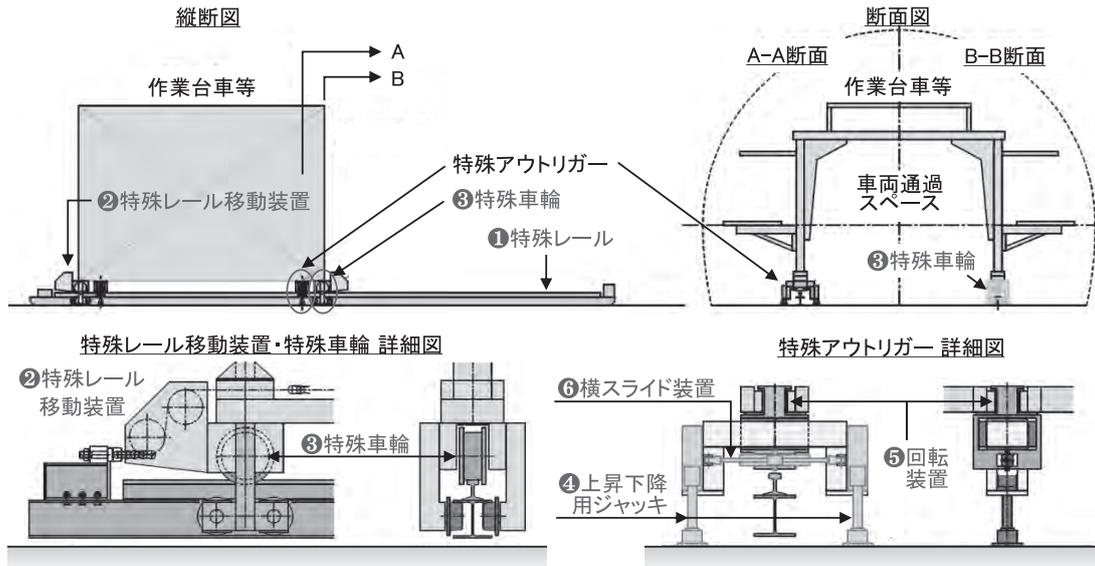
②特殊レール移動装置（左右2基）

特殊レールを前後方向に送り出す装置

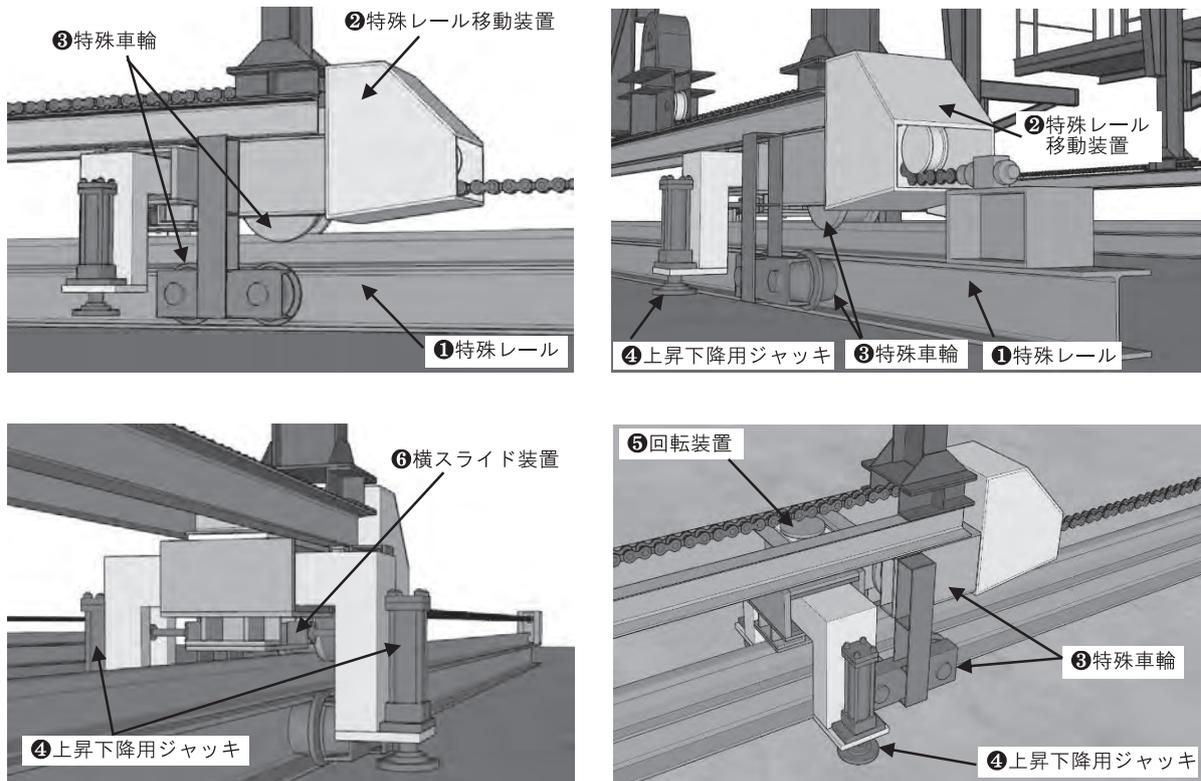
③特殊車輪（前後左右4台）

特殊レールを抱きかかえ浮かせることが可能な車輪

④上昇下降用ジャッキ（前後左右4台）



図—3 本システムの6つの特殊装置



図—4 特殊装置詳細図

特殊アウトリガーに設置され、特殊レールと共に作業台車等を上昇下降させる装置

⑤回転装置（前後左右4台）

作業台車等に設置され、特殊アウトリガーを回転させる装置

⑥横スライド装置（前後左右4台）

特殊アウトリガーに設置され、特殊レールと共に作業台車等を回転させる装置

(2) 本システムによる特殊レールと作業台車等の移動・回転方法

本システムはトンネルの曲線が $R = 300\text{ m}$ 程度の急曲線であっても、レールと作業台車等を回転させることで曲線に沿って移動できることに特長がある。曲線区間におけるレール移動・回転等のステップを以下に示す(図-5)。ステップ数は11ステップと多いが、殆ど全ての動作をボタン操作のみで実施できる。

- ①開始（移動前）
- ②特殊レールに作業台車等が乗っている状態で、特殊アウトリガー4台を回転装置により回転
- ③特殊アウトリガーの上昇下降用ジャッキにより、特殊レールと作業台車等を上昇
- ④特殊アウトリガーの横スライド装置により、特殊レールと作業台車等を同時に回転
- ⑤上昇下降用ジャッキにより、特殊レールと作業台車等を下降
- ⑥特殊アウトリガーの回転と横スライド装置を初期状態に戻す
- ⑦上昇下降用ジャッキで、特殊レールと作業台車等を上昇
- ⑧特殊レール移動装置により、特殊レールのみを前

方に送り出し

- ⑨上昇下降用ジャッキで、特殊レールと作業台車等を下降
- ⑩作業台車等を所定の位置へ前進（作業台車等に標準で設置されている電動車輪により移動）
- ⑪完了（台車前送り）

3. 現場実証結果

現在施工中の『福島県博士トンネル工事（昭和村側工区）』（ $L = 2,265\text{ m}$ ）において、作業台車に本システムを採用し、生産性向上と安全性向上の効果を検証した。現場での適用状況を写真-1に示す。なお、博士トンネルは、道路トンネルとしては比較的曲率半径の小さい曲率 $R = 350\text{ m}$ の区間を含んでいるトンネルである。

また、博士トンネルと同程度の断面の道路トンネルにおいて、従来の方法によりレールを移動・設置を実施している施工状況を写真-2に示す。従来の方法では、工事車両の通行止め、重機と作業員との混合作業、レール接続作業が発生している。

(1) 生産性向上効果

本システムを採用した博士トンネルの作業台車移動時間を表-1に示す。また、従来型レール移動方式を採用したトンネルでの作業台車移動時間を表-2に示す。両ケース共に、曲線区間において、レールと作業台車を 10.5 m 前進させるのに要する時間を示している。

本システムの採用により、移動時間は約5分となり従来の方法に比べ約27分短縮（約84%短縮）できた。

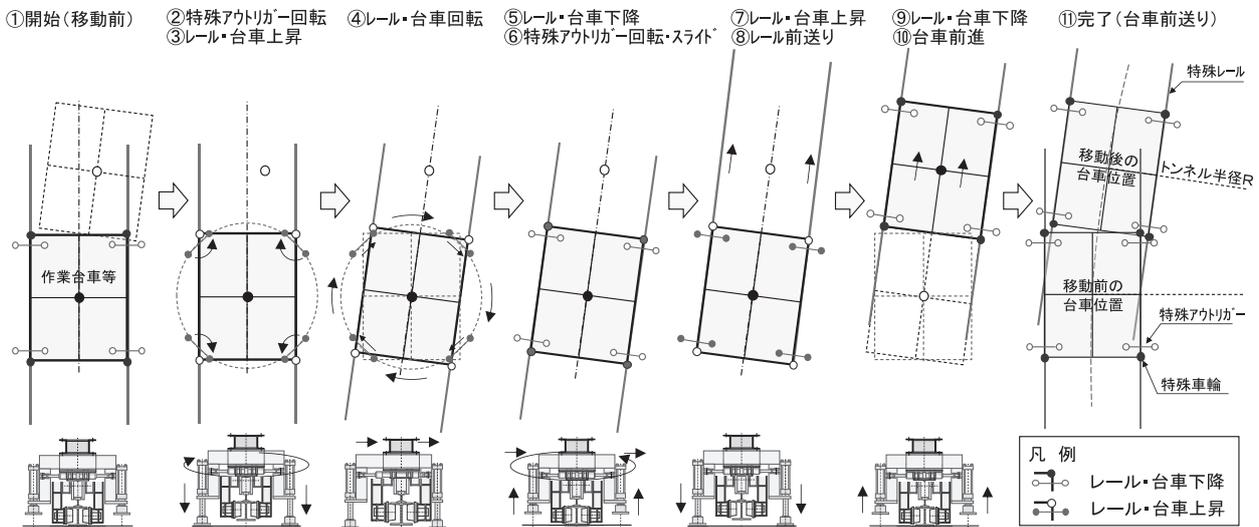


図-5 本システムの台車移動主要ステップ概念図



写真一 本システムの使用状況『福島県博士トンネル工事（昭和村側工区）』



写真二 従来のレールの移動状況

表一 本システムによる移動時間

主な操作内容	所要時間 (分)
1 測量	2.0
2 レール前送り移動	2.0
3 台車移動	1.0
計	5.0

表二 従来のやり方による移動時間

主な作業内容	所要時間 (分)
1 測量	2.0
2 レール取り外し	3.0
3 レール前送り移動	18.0
4 位置調整・レール接続	8.0
5 台車移動	1.0
計	32.0

作業体制についても、本システムはリモコン操作者1名での作業が可能であり、従来必要であったバックホウ等の建設機械や4～5名の作業員を省力化することができた。また、レールと作業台車等の前進作業は、トンネル掘削等の通行車両により中断されることなく実施でき、逆に、レール送り作業により通行車両を停車させず、トンネル掘削作業やインポートコンクリート作業を円滑に進めることを実証できた。

以上の結果より、本システムはトンネル全作業の効率化を図ることができ、生産性向上の面において有効であることを確認できた。

(2) 安全性向上効果

安全面においても本システムを採用することで、

バックホウ等と作業員との複合作業をなくせると共に、通行車両の死角で屈んで行わなければならないレール接続作業を無くすことができ、重機接触災害や挟まれ災害の防止に対する有効性を確認できた。

(3) 急曲線トンネルへの適用検証結果

直線区間や最小曲率 $R = 350$ m の曲線区間においても問題なく施工でき、本システムが、曲率の大きい（緩曲線）鉄道トンネルはもちろん、ランプトンネルや水路トンネル等の曲率の小さい（急曲線）トンネルにも適用可能であることを確認できた。

4. 残された課題

今回の本システム「Rail Walker System」の現場適用検証は、アーチ鉄筋組立や防水シート張り用の作業台車の上に留まった。しかし、より生産性・安全性を向上するためには、覆工コンクリート用セントルへの適用が不可欠である。自重が大きく、さらに天端部の空間制限があるスライドセントルへの改良には、さらなる種々の工夫が必要であるが、現在鋭意、改良を検討中である。

また、今回適用した現場では、本システムと共に、トータルステーション（測量機器）の使用によるスライドセントル等の半自動設置システムを開発中であ

り、操作性や有効性の検証等を通じ各種データを取得中である。

これらのシステム開発により、将来的な覆工コンクリート作業の完全自動化への実現に有用なツールがひとつずつ作り上げられていくものと考えている。なお、複数の現場に適用して改良を加えた後に、本システムを NETIS 登録する予定である。

J C M A

【筆者紹介】



三宅 拓也（みやけ たくや）
戸田建設㈱ 東北支店 土木工事2部
作業所長



佐佐木 秀行（ささき ひでゆき）
戸田建設㈱ 東北支店 土木技術部
部長



中林 雅昭（なかばやし まさあき）
戸田建設㈱ 本社 土木技術営業部
部長

山岳トンネルの切羽地質情報の定量評価技術の開発

圧縮強度，風化度，割れ目状態を定量評価

谷口 翔

ICTにより山岳トンネル工事の生産性を大幅に高める取組みの一環として、山岳トンネルにおける主要な地質情報である岩質部の硬さ、風化程度、割れ目間隔を短時間で高精度にセンシングする「切羽地質情報取得システム」を開発した。計測機器を搭載した専用車両を開発し、データの取得から評価結果の出力までを自動化することで、短時間で同時に、簡易な操作でトンネル切羽の地質評価を可能とした。本稿では、本システムの概要について報告する。

キーワード：山岳トンネル，地質評価，AI，ステレオカメラ，スペクトルカメラ

1. はじめに

近年、建設工事では労働生産性の向上が求められ、ICTなどを活用した施工の省力化や効率化が進められている。このような背景のもと、山岳トンネル工事における生産性の向上を目的として、トンネル切羽の地質情報を短時間で簡易な操作で高精度にセンシングする「切羽地質情報取得システム」を開発した。

山岳トンネルは、地中深くに構築されることから、事前の設計段階の調査で、正確な地質状況を正確に把握するのは難しい。そこで、施工中に、トンネル切羽を直接観察して地質を確認・再評価し、切羽の状況に応じた最終的な支保パターンを確定する作業が行われる。このように、切羽での地質評価は重要なものであるが、実際の施工現場では、トンネルの掘削作業の合間を縫った短い時間で、目視観察を中心とした地質評価が行われており、評価の精度や定量化に課題がある。

切羽地質情報取得システムは、このような課題を解決するために開発したシステムで、トンネル切羽における地質評価項目のうちの主要な評価項目である「①岩質部の硬さ、②風化度、③割れ目の間隔」に着目し、これら3項目を自動でセンシングして、取得したデータを専用のシステムで処理し、定量的に評価するものである。

2. システム概要

切羽地質情報取得システムは、トンネル切羽における地質評価項目のうち、3つの主要な評価項目である

「①岩質部の硬さ、②風化度、③割れ目の間隔」を自動でセンシングし、定量的に評価する。表1に山岳トンネルの切羽観察シートにおける地質評価項目を示す。

図1に3項目のセンシングおよび評価手法の概念図を示す。3項目のうち、「①岩質部の硬さ」はマシンガイダンス機能を有するドリルジャンボを用い、「②風化度」と「③割れ目の間隔」は、写真1の車両に搭載した計測機器を用いてセンシングを行う。

3. 岩質部の硬さの評価

(1) 概要

岩質部の硬さは、ドリルジャンボの穿孔データ（穿孔速度、打撃圧、回転圧、フェード圧）を用いて、AIによる回帰分析を行い評価する。AIによる回帰分析では、穿孔データを説明変数とし、岩盤の圧縮強度を目的変数とした。

(2) データの取得

(a) 教師データ（説明変数）の取得

説明変数である穿孔データは、マシンガイダンス機能を有するドリルジャンボにより自動で取得し、全ての発破孔で記録する。

(b) 教師データ（目的変数）の作成

目的変数である圧縮強度は、本来、低い圧縮強度から高い圧縮強度まで連続的に並ぶ連続型データであるが、1本ごとの穿孔データに個別の圧縮強度を教師データとして与えるのは困難であることから、切羽観

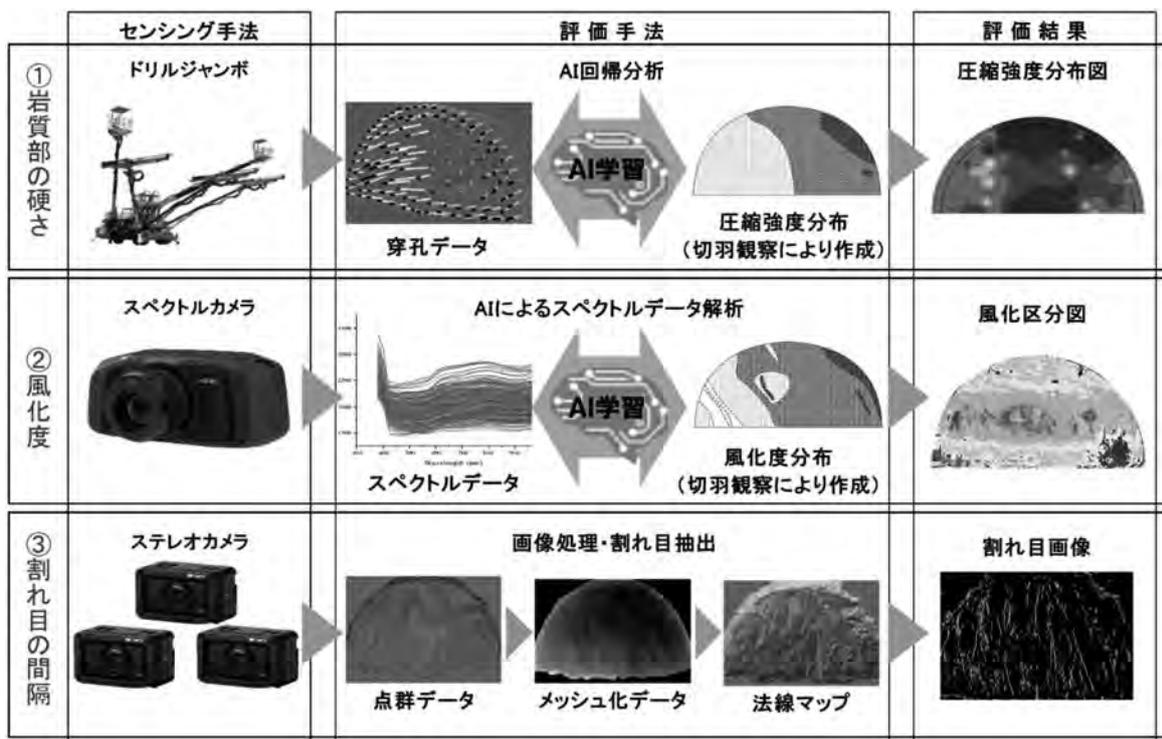
察シート（表—1 参照）の“圧縮強度”に示される評価区分で区切って離散化したデータとした。切羽観察の際に、ポイントロード試験の結果などから岩盤強度分布図（図—2）を作成し、岩盤強度分布図中に穿

孔位置を落とし込むことで、穿孔孔毎に圧縮強度を割り当てた。

これまでに、花崗岩などの100切羽の教師データを用いてAIによる回帰分析を行い、アルゴリズムを構

表—1 切羽観察シートにおける評価項目

観察項目		評価区分					
A. 圧縮強度 (N/mm ²)	一軸圧縮強度	100 以上	100 ~ 50	50 ~ 25	25 ~ 10	10 ~ 3	3 以下
	ポイントロード	4 以上	4 ~ 2	2 ~ 1	1 ~ 0.4	0.4 以下	
	ハンマーの打撃による強度の目安	岩片を地面に置きハンマーで強打しても割れにくい。	岩片を地面に置きハンマーで強打すれば割れる。	岩片を手を持ってハンマーで叩いて割ることができる。	岩片どおしをたたき合わせて割ることができる。	両手で岩片を部分的にでも割ることができる。	力を込めれば小さな岩片を指先でつぶすことができる。
	評価区分	1	2	3	4	5	6
B. 風化変質	風化の目安	概ね新鮮		割れ目沿いの風化変質	岩芯まで風化変質	土砂状風化、未固結土砂	
	熱水変質などの目安	変質は見られない		変質により割れ目に粘土を挟む	変質により岩芯まで強度低下	著しい変質により全体が土砂状粘土化	
	評価区分	1		2	3	4	
C. 割目間隔	割れ目の間隔	$d \geq 1\text{ m}$	$1\text{ m} > d \geq 50\text{ cm}$	$50 > d \geq 20\text{ cm}$	$20 > d \geq 5\text{ cm}$	$5\text{ cm} > d$	
	R Q D	80 以上	80 ~ 50	60 ~ 30	40 ~ 10	20 以下	
	評価区分	1	2	3	4	5	
D. 割目状態	割目の開口度	割目は密着している。	割目の一部が開口している。	割目の多くが開口している。	割目が開口している。(幅 1 ~ 5 mm)	割目が開口し 5 mm 以上の幅がある。	
	割目の挟在物	なし	なし	なし	薄粘土を挟む (5 mm 以下)	厚粘土を挟む (5 mm 以上)	
	割目の粗度鏡肌	粗い	割目が平滑	一部に鏡肌	よく磨れた鏡肌		
	評価区分	1	2	3	4	5	
E. 走向傾斜	走向がトンネル軸と直角	1. 差し目 傾斜 45 ~ 90°	2. 差し目 傾斜 20 ~ 45°	3. 差し目流れ目 傾斜 0 ~ 20°	4. 流れ目 傾斜 20 ~ 45°	5. 流れ目 傾斜 45 ~ 90°	
	トンネル軸と平行			1. 傾斜 0 ~ 20°	2. 傾斜 20 ~ 45°	3. 傾斜 45 ~ 90°	



図—1 切羽地質情報取得システムの概念図

築した。現在、岩種、教師データを増やして学習させ、正解率の向上を図っている。

(3) コンター図の出力

AIの回帰分析により、穿孔位置の圧縮強度がコンター図で出力される。孔間の圧縮強度については、近傍孔のデータから補完される(図-3)。

4. 風化度の評価

(1) 概要

風化度の評価には、専用のマルチスペクトルカメラで撮影した切羽のマルチスペクトル画像を利用する。マルチスペクトル画像と風化度の関係をAIが分析し、マルチスペクトル画像から風化度分布を自動で出力する。

(2) マルチスペクトル画像の適用

通常のカメラでは、物体が反射する電磁波の強度を赤、緑、青の3波長帯に分けて記録するのに対して、マルチスペクトルカメラは、電磁波の強度をより細かい波長帯に分けたマルチスペクトル画像として記録す

る。本システムでは、380-1000 nmの範囲の波長の電磁波を、200の波長帯に区分したマルチスペクトル画像を用いている。

図-4にマルチスペクトル画像の概念図を示す。マルチスペクトル画像の一定の領域に着目して、各波長帯におけるスペクトル反射強度をスペクトル反射率に補正し、波長帯とスペクトル反射率の関係をグラフ化したものをスペクトル反射率曲線という。図-5にスペクトル反射率曲線の例を示す。グラフの横軸は波長帯、縦軸はその波長帯でのスペクトル反射率を示す。

花崗岩が分布する切羽(写真-2; 通常RGBカメラで撮影)で撮影したマルチスペクトル画像から、スペクトル反射率曲線を抽出した例を図-6に示す。グラフ内のそれぞれのスペクトル反射率曲線は、切羽の一定の領域ごとに作図し、中風化部と強風化部に分



写真-1 データ取得用の専用車両

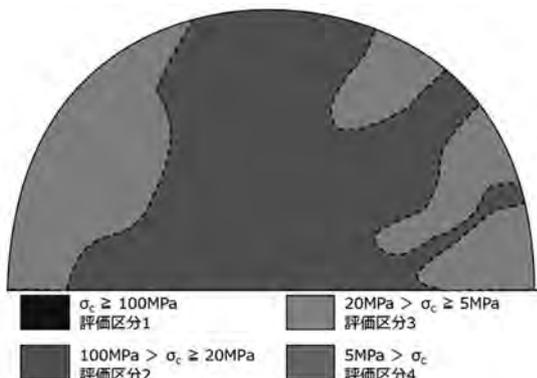


図-2 岩盤強度分布図の例

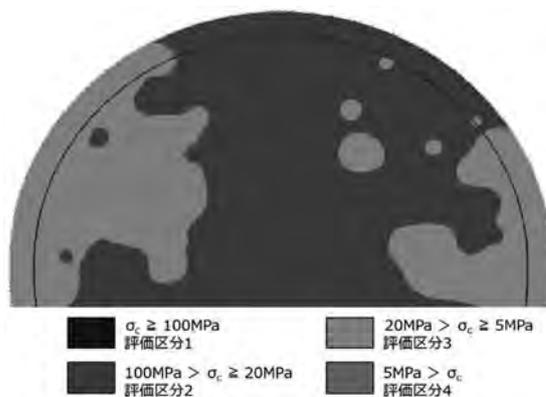


図-3 圧縮強度の評価結果の例

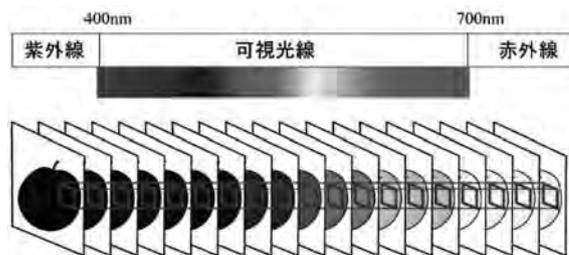


図-4 マルチスペクトル画像の概念図

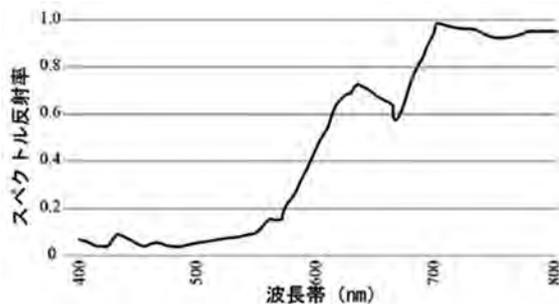


図-5 スペクトル反射率曲線(リンゴの例)

けて示している。

図一6から、中風化部と強風化部の代表的なスペクトル反射率曲線を選び、重ね合わせたものを図一7に示す。同じ花崗岩であることから、両者のスペクトル反射率曲線は比較的似た形状をしているものの、たとえば波長500-700nm付近の反射率の差が大きいことなどが確認できる。

このような両グラフの違いに着目して、AIによる風化度の評価を行う。

(3) AIを用いた風化度評価

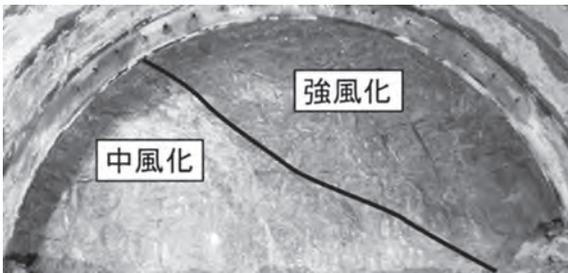
(a) 教師データの取得

AI学習に用いる教師データは、領域ごとの「スペクトル反射率曲線」と「風化度」である。

「スペクトル反射率曲線」のデータの取得方法は前述の通りである。「風化度」のデータは、目視による切羽観察により、「①新鮮、②弱風化、③中風化、④強風化」の4つに区分して取得する。

(b) AI学習によるアルゴリズムの構築

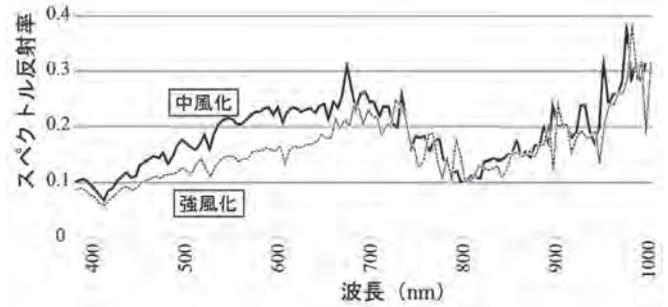
「スペクトル反射率曲線」を説明変数とし、「風化度」を目的変数として、岩種ごとに5000領域程度 of 関係をAI学習し、風化度判定のアルゴリズムを構築した(図一8)。



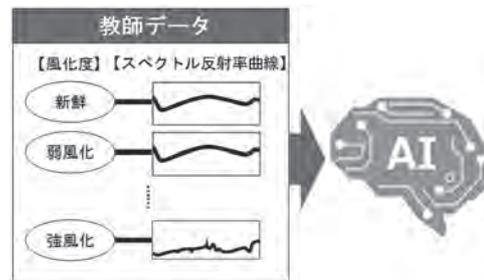
写真一2 マルチスペクトル画像を撮影した切羽(花崗岩)

(c) AIによる評価

図一9にAIによる風化度評価の概要を示す。学習済みのAIに切羽のマルチスペクトル画像を入力すると、スペクトル反射率曲線が①新鮮～④強風化のいずれの風化度に相当するかを自動で評価する。



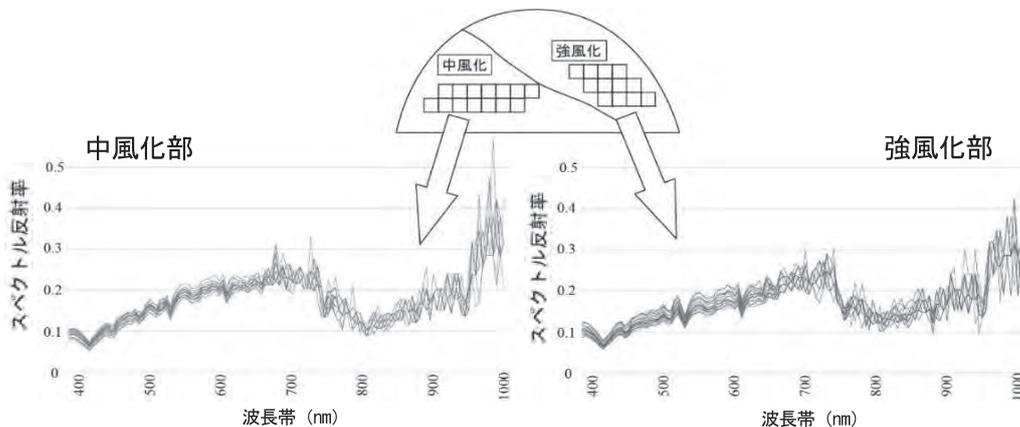
図一7 中風化部と強風化部のスペクトル反射率曲線の比較(花崗岩)



図一8 AI学習の概要(風化度)



図一9 AIによる風化度評価の概要



図一6 中風化部・強風化部のスペクトル反射率曲線(花崗岩)

5. 割れ目の評価

(1) 概要

割れ目の評価は、ステレオカメラで撮影した画像から切羽面の三次元形状を取得し、形状の変化点から割れ目を抽出して行う。

割れ目は以下の2種類に分けられる。

- ・通常目視観察で判別できる割れ目
- ・近接目視によってようやく判別できる程度の細かい割れ目、または潜在的な割れ目

一般的な切羽観察では、トンネル掘削によって切羽に凹凸を作るような明確なものを割れ目として判別しており、潜在的な節理等の割れ目などは含まない¹⁾。

本システムでも、切羽の凹凸部、すなわち切羽岩盤で面の向きが不連続な箇所を割れ目と捉え評価する。

(2) 切羽の三次元形状データの取得

デジタルカメラを3台用いたステレオカメラ装置を用いて、切羽画像を取得する。ステレオカメラは、2つ以上のカメラを用いて対象物を複数の異なる方向から同時に撮影することにより、カメラの画素の位置情報から、奥行き方向の情報を計測することができる。3枚の切羽画像から、三次元形状の点群データを作成する。

(3) 割れ目の抽出

取得した点群を小領域の平面の集合体であるメッシュデータに変換する。点群を平面の集合体に変換することで、平面の向きが不連続となる箇所を割れ目として評価することができるようになる。

作成したメッシュデータにおいて、2つの隣接する平面が交差する箇所のうち、面の交差角度が一定値以上となるものを割れ目として評価し、抽出する。メッシュデータは非常に細かい領域の集合体であるため、視覚的に割れ目を認識することは難しいが、法線マッピング処理を施して平面が向いている方向に応じた着色を行うことで、面の向きを視覚的に表現することができる。

法線マッピング処理画像から、一定以上の色の变化点を面の交差点として抽出する。図10に割れ目の抽出フローを示す。

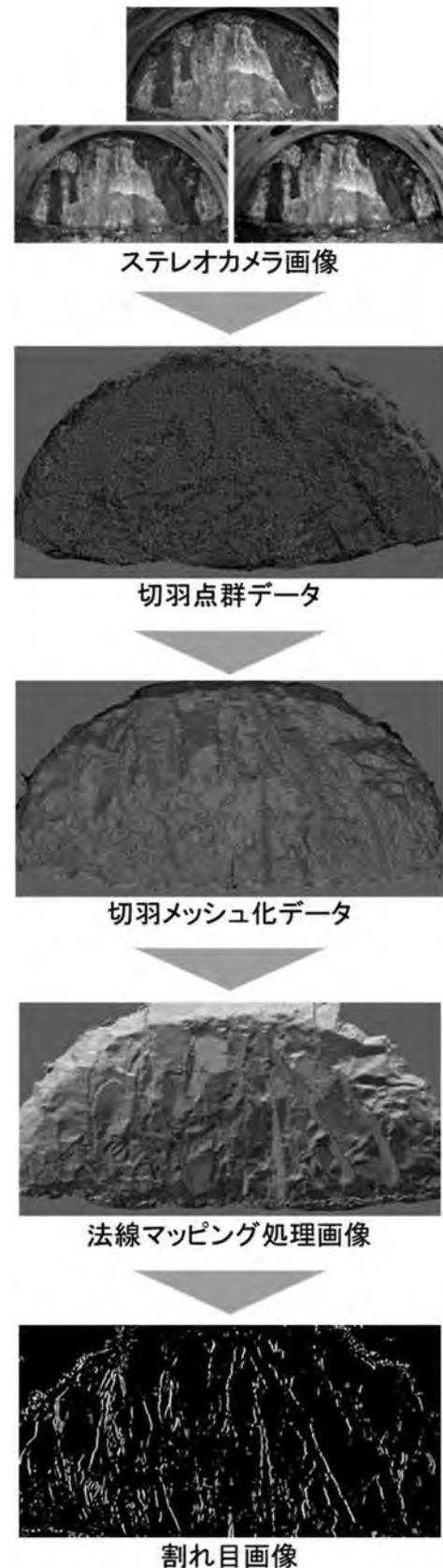


図10 割れ目の抽出フロー

6. データ取得・データ分析の自動化

(1) データ取得の自動化

スペクトルカメラは、通常のカメラと異なり、撮影

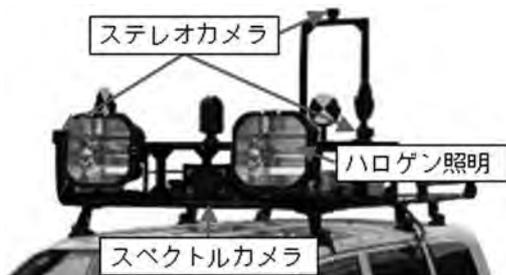
に約3分の時間を要する。また、物体の反射特性は、入力波の種類や強度にも影響されるため、できるだけ一定の条件で撮影するように環境を整える必要があ

る。また、ステレオカメラ画像は、異なる方向から複数の画像を取得する必要があるため、撮影に時間を要する。

そこで、本システムでは、1台の計測車両にマルチスペクトルカメラとステレオカメラ、ハロゲン照明などを搭載し（図—11）、切羽でのデータ取得を短時間かつ効率的に実施する。計測機器は車載のPCで制御され、車載PCはタブレット端末と無線で通信する。

(2) データ処理の自動化

計測からデータ取得、分析、出力の一連の作業は、専用の計測・評価プログラムにより操作する。プログラムは、車載のPCとタブレット端末に搭載されており、タブレット端末を操作することで、自動で計測が



図—11 計測車両への架装状況



写真—3 タブレット端末操作状況



写真—4 計測車両を用いたデータ取得状況



図—12 評価結果の出力例（風化度）

行われる（写真—3）。計測結果は車載PCに転送され、計測結果をもとに車載PCで演算処理される。写真—4に切羽における計測車両を用いたデータの取得状況を示す。

切羽掘削時にドリルジャンボで取得した穿孔データも、車載PCに無線で転送され、別途、演算処理が行われる。

処理の完了後、評価結果は瞬時にタブレット端末に返され、専用のソフトウェアを用いてタブレット端末上で確認できる。図—12に評価結果の出力例を示す。

7. おわりに

本システムの開発により、切羽の地質情報を簡易な操作により短時間で取得できるようになった。

これまでの切羽観察では技術者の目視観察の結果を観察シートに落とし込んでいたが、本システムを導入することで、技術者の力量によらず定量的な地質情報を取得することができる。

本システムは、現在2現場で運用中であり、今後、新規トンネル現場に導入していく予定である。

JCM A

【筆者紹介】

谷口 翔（たにぐち しょう）
安藤・間
建設本部 先端技術開発部



トンネル切羽 AI 評価システムの現場導入

鈴木 亮 汰・宇都宮 基 宏・伊 佐 真 幸

人工知能（AI）に関連した技術が建設分野で活用され始めている中、画像解析の AI を活用した「トンネル切羽 AI 評価システム」を開発した。本システムでは、切羽画像から AI を用いて自動で切羽評価を行い、切羽押し出し計測と穿孔探査法の情報を加味したうえで、最適な支保パターンを選定する。画像解析については、畳み込みニューラルネットワークを採用している。本社、技術研究所など、現場から離れた場所でもすぐにデータが確認できるように、クラウドストレージを活用する形でシステムを開発し、2019年3月よりこれを組み込んだタブレット端末をトンネル工事現場へ導入しており、現在運用中である。
キーワード：人工知能、切羽評価、地山等級、支保パターン

1. はじめに

人工知能（Artificial Intelligence, 以下 AI とする）は、近年様々な分野での活用を目指して研究開発が盛んに行われており、技術者不足や高齢化などの問題が顕在化する建設業界でも、現場の生産性向上を達成する手段の一つとして、これを活用することへの期待が高まっている。そのような需要を背景に、国土交通省は、公共工事の品質確保および生産性の向上を促進するため、AIに関連した技術を含めた、新技術の現場実証を技術提案として求める「新技術導入促進（Ⅱ）型」の工事を2018年度から導入している¹⁾。

このような情勢の中、トンネル工事においても AI に関連した技術が活用できないかを模索した結果、掘削中に職員が定期的実施する業務の一つである、切羽観察に着目し、これの自動化へ向けた試みの第一歩として「トンネル切羽 AI 評価システム」を開発し、現場へ導入することとした。

本稿では、システムの内容の他に、導入方法における工夫や利点、執筆時点で確認している効果と課題についても記述する。

2. AI を適用する作業・現場の課題

トンネル工事では、掘削直後の切羽状況を速やかに評価し地山等級の判定と、それに対応した適切な支保パターンをその都度選定することが必要となる。この際、指定の観察簿を用いて支保構造の選定に必要な地

山の評価項目を段階別に評価している。従来は、現場職員が切羽近傍で写真撮影をし、切羽の目視観察を行った後、現場事務所などで観察簿への入力作業を行っていたが、この方法には現場と事務所を往復する手間や、掘削直後の切羽直近で目視判定作業を行うため安全確保に留意する必要があることなどの問題点がある。

このような背景から、AI や IoT 関連技術を活用し、職員の負担軽減を目指したシステム開発を行うことにした。

3. システムの構築

(1) 自動化手法

システムの入力は切羽画像、穿孔探査（DRISS）データ、レーザー距離計から得られた押し出し量とした。まず切羽画像から畳み込みニューラルネットワーク²⁾を用いて各種性状の評価を行い、支保パターンを選定する。続いて、DRISS データと押し出し量を基に、選定した支保パターンの妥当性を評価する。問題が無ければそのまま最終判定とするが、軟弱な地山が予想されるデータが確認された場合は、1 ランク上の強固な支保パターンを選定する（図—1）。

(2) 画像認識の AI

画像解析で使用されている畳み込みニューラルネットワーク（Convolutional Neural Network, 以下 CNN とする）は、画像に対し畳み込み（Convolution）と

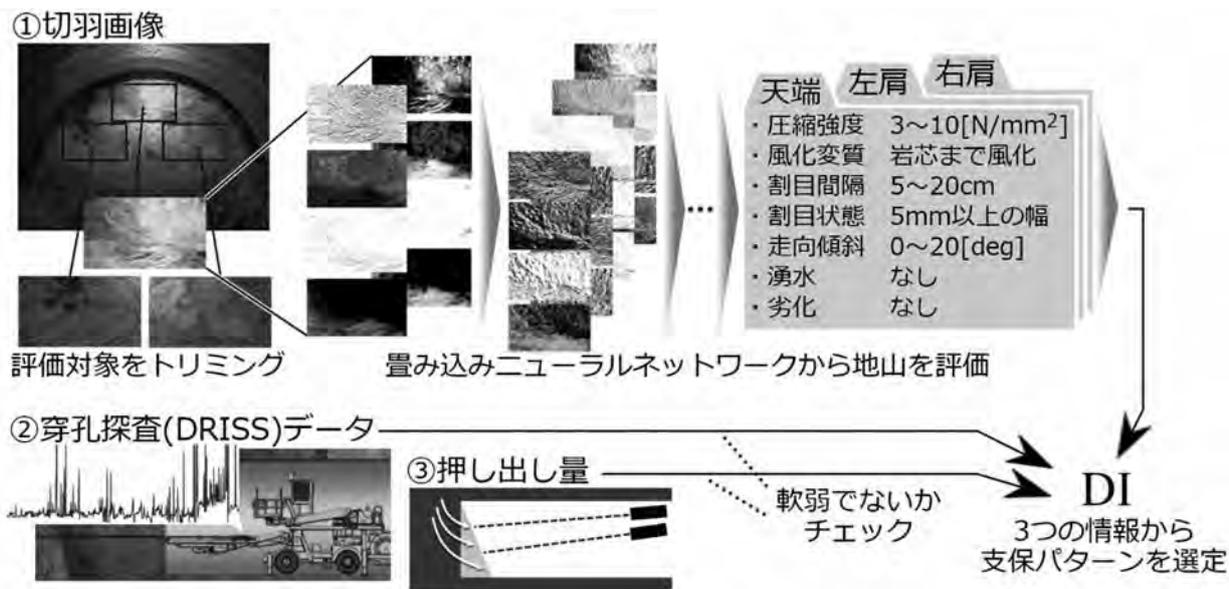


図-1 支保パターン決定までのフロー

呼ばれる処理（フィルタリング）を複数回行い、判別に必要な特徴を抽出する解析手法である。エッジや凹凸など、画像の特徴を繰り返し抽出し、識別に活用している。

CNNのモデルは、画像データベース ImageNet³⁾の100万枚を超える画像から学習させて構築されたモデルである、Inception-v3⁴⁾から転移学習を行って作成しており、切羽観察簿の書式⁵⁾に沿った段階別評価を提供するように調整している。

4. 運用

(1) 導入方法

開発したシステムはタブレット端末に組み込んで2019年3月より現場へ導入した（写真-1）。トンネル坑内であっても観察項目の評価点を電子データとして入力することができるため、事務所で行う観察簿への入力作業を軽減させることができた。

なお、前述の転移学習は計算負荷が小さい学習方法といえども、トンネル切羽の画像を集めた教師データは必要不可欠であり、これについては後述する学習区間を掘削開始からしばらくの区間設定し、この間で撮影されたものから構築する運用形式とした。システムには教師データ構築に必要なコマンドも組み込まれており、トンネル工事に精通した職員が経験を基にタブレット端末を用いて地山評価を行えば、タッチ操作一回でデータが整理されて教師データが完成する。

また、各種教師データやCNNモデルファイル、自動評価のためのシステムファイルなど、構成するファ



写真-1 導入したタブレット端末

イルは、全てクラウドストレージを活用し、ここに保存する形式とした。これにより、現場だけでなく、本社や技術研究所といった離れた場所からもデータを確認することができ、不具合や間違いを見つけたらすぐに更新や訂正を行うことができる環境としている（図-2）。クラウドストレージには、タブレット端末も接続されているため、教師データや取り込んだDRISSデータは切羽観察の作業を行う度に、迅速にアップロードされる。

(2) 運用スケジュール

対象現場に対応したAIモジュールになるよう、CNNの学習区間を掘削の初期段階に設定した。通常、切羽観察記録は1日につき一回行われる業務であるが、この間ではできる限り毎切羽で撮影とタブレット端末を用いた評価を行い、教師データをより豊富なも



図一 2 クラウドストレージ活用の概略図



写真一 2 切羽観察とデータ蓄積作業の様子

のにさせる（写真一 2）。設定した学習区間の掘削を終えたら、切羽観察の頻度は通常通りに戻り、ここから先は CNN による識別結果を支保パターン選定に活用する流れとなっている。

(3) 教師データ

表一 1 にシステムを導入した現場（全延長 L=1,021 m）で設定した学習区間（200 m）から得られた教師データの数を示す。この現場の学習区間では 171 枚の切羽画像が得られ、513 枚からなるデータセットを作成することができた。該当する画像が集められなかった評価区分も存在するが、現時点では評価区分の偏りを許容したうえで CNN を作成することとなった。

(4) AI モジュールの評価結果

前述のシステム導入現場にて、学習区間のデータを用いて AI モジュールを作成した後、240 m の掘削をする中で、現場職員による判定と CNN による判定を並行して行い、AI モジュールの識別能力を検証した。69 の検証対象の画像がこの検証区間で得られてお

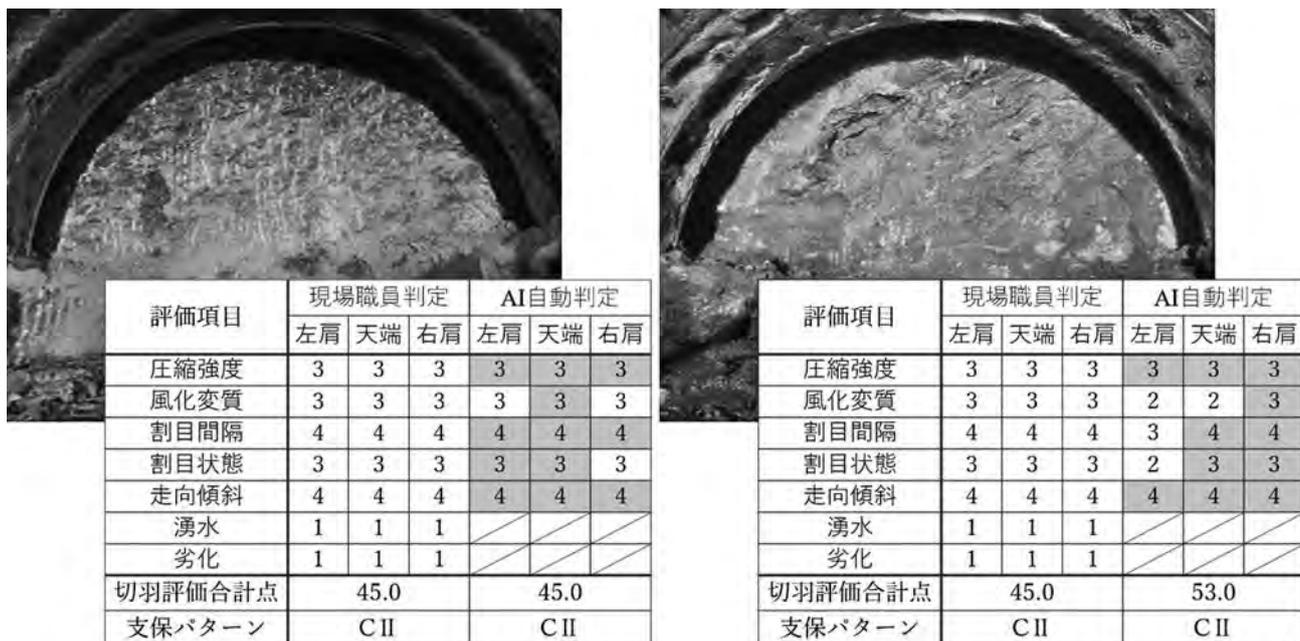
表一 1 観察項目別の画像数（教師データ）

観察項目	評価区分					
	1	2	3	4	5	6
圧縮強度	0	0	427	36	21	29
風化変質	0	121	357	35	-	-
割目間隔	0	0	184	277	52	-
割目状態	0	59	355	50	49	-
走向傾斜	0	0	27	455	31	-
湧水	513	0	0	0	-	-
劣化	513	0	0	0	-	-

り、図一 3 はそのうち二つの切羽に対しての結果を示している。この図では、CNN による判定が現場職員による判定と一致した箇所が彩色されている。検証対象全体について、観察項目別の一致率を表一 2 に示す。識別の正答率は、3つの観察項目（圧縮強度、割目状態、走向傾斜）で 80% 以上となったが、風化変質と割目間隔の識別はそれより劣る結果となった。比較的正確率の低かったこれら 2つの観察項目については、画像の縮尺を合わせるなど、教師データの品質向上が求められているのではないかと考えている。また、これらの判定を用いて選定した支保パターンについては 91% の確率で現場の判断と一致した。

5. 導入効果と今後の改善課題

タブレット端末に組み込む形でシステムを導入したことで、従来は事務所で行われていた切羽評価の観察記録への入力作業が、切羽の撮影後すぐにその場で行うことができるようになり、現場職員の移動時間を大幅に短縮することができた。また、岩判定会議においても、本システムの切羽評価を参考にすることで、判定に伴う時間を短縮し、判定者の違いによる評価のばらつきを解消させることにも効果を発揮した。さら



図—3 CNNの判定と現場職員による評価の比較

表—2 観察項目別の識別一致率

観察項目	一致率
一軸圧縮強度 (4段階評価)	81.16% (56/69)
風化変質 (3段階評価)	50.72% (35/69)
割目間隔 (3段階評価)	50.72% (35/69)
割目状態 (4段階評価)	82.61% (57/69)
走向傾斜 (3段階評価)	98.55% (68/69)

に、切羽観察の経験が少ない若手技術者にとっては、CNNによる判定結果を参考に、自身の判定結果を毎回確認し、見直す機会を得ることができるようになった。このように、AIを用いることによる効果について、省力化や判定の個人差解消につながったほか、若手技術者に対する教育ツールとしても有効であることを確認できた。

クラウドストレージを活用した点も、画期的なアイデアであったと考えている。現場への交通アクセスが不便になりがちな山岳トンネル工事であるが、出来上がったデータをすぐに共有する仕組みとしたことで、システムに不具合が発生した際も原因の特定と修正が迅速かつ遠隔操作で行うことができ、本社、技術研究所－現場間の出張も最低限の回数となった。

一方で、改善すべき課題も見つかっており、現在改良と検証を進めている最中である。

CNNを活用した画像解析手法を用いる場合、信頼性の高い判定結果を求めるには、教師データの品質と量を確保する必要がある。そのため、学習区間ではできる限りの切羽画像を集める形となったが、現場職員

だけでは対応しきれず、現場実証では専属の地質技術者を現場に常駐させて地山評価を行うこととなった。さらに、昼夜間の切羽撮影・評価も実施するなど、学習区間では多くの時間と手間と費用を費やすことになってしまった。AIを導入する際の負担を抑え、迅速に省力化が行われるように手法を改善していくことが必要と考えている。

また、今回組み込んだCNNのような、深層学習に分類される計算手法は、判断根拠が不明確であるという特徴も持っており、自動化できるだけの正解率を確保したとしても、現場で活躍する技術者の代わりとなるには説得力が足りないことも問題点と考えている。

6. おわりに

CNNを用いることで、トンネル施工現場で行われている切羽観察評価を自動化するシステムを開発することができた。開発したシステムを現場に導入した結果、3つの観察項目では80%以上の高い一致率で現場の評価を再現しており、支保パターンの選定では91%の一致率となった。

しかし、5割程度の正答率の項目もあり、提案した手法には得手・不得手が存在することがわかった。また、教師データの収集が作業員や職員に対して多大な負担となったことなど、最終目的である生産性向上のためには課題も見つかった。教師データの収集方法から再考するなどの改善策を講じ、あらゆる地山の状態

に対応できかつ信頼性の高い AI を開発することが必要と考えている。

謝 辞

本システムの開発および現場実証に際し、沖縄総合事務局北部国道事務所の皆様やマック(株)、基礎地盤コンサルタンツ(株)の方々にご協力をいただいた。本誌面を借りて御礼申し上げる。



《参考文献》

- 1) 新技術導入促進型 - 国土交通省 (最終閲覧日: 2020年3月6日)
<http://www.mlit.go.jp/tec/shingijyutudounyu.html>
- 2) Y. Lecun, L. Bottou, Y. Bengio, P. Haffner: Gradient -Based Learning Applied to Document Recognition, Proceeding of the IEEE, vol. 86, no. 11, pp. 2278-2324, 1998.
- 3) ImageNet (最終閲覧日: 2020年3月6日)
<http://www.image-net.org>
- 4) C. Szegedy, V. Vanhoucke, S. Ioffe, J. Shlens, Z. Wojna: Rethinking the Inception Architecture for Computer Vision. In CVPR, 2016.
- 5) NEXCO 東日本, NEXCO 中日本, NEXCO 西日本, NEXCO 総研: トンネル施工管理要領. 2017.

[筆者紹介]

鈴木 亮汰 (すずき りょうた)
飛鳥建設(株)
技術研究所 研究開発グループ
第一研究室



宇都宮 基宏 (うつのみや もとひろ)
飛鳥建設・太名嘉組
特定建設工事共同体



伊佐 真幸 (いさ まさゆき)
内閣府
沖縄総合事務局
開発建設部 河川課



トンネル切羽の整形が必要な箇所を可視化して 切羽の安全性向上

高速 3D スキャナを使用した切羽掘削形状モニタリングシステムの開発と適用

山本 悟・高橋 将史・塚田 純一

山岳トンネル切羽でのあたり取りの際、作業員が切羽直下に立入り、目視にて整形が必要な箇所（以下、あたり箇所）を判断してレーザーポインタ等で指示を出していた。しかし、切羽は岩塊の抜け落ち（肌落ち）がひとたび発生すると、死傷災害につながる可能性が高い危険な場所である。そこで、重機に搭載した高速 3D スキャナを用いて切羽の掘削形状の 3 次元データを取得し、設計断面と比較してあたり箇所を迅速に可視化することで、作業の安全性向上と効率化を図る技術を開発した。本稿では、本技術の概要について述べるとともに、国土交通省の令和元年度「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」に採択され、実現場で検証した実績を紹介する。

キーワード：山岳トンネル、切羽、あたり取り、高速 3D スキャナ、3 次元データ

1. はじめに

山岳トンネル掘削の最先端部である切羽においては、発破後に掘削設計断面線よりも内空側に残った地山を掘削する整形作業（以下、あたり取り）が行われている。これまで、あたり取りの際は作業員が切羽直下に立入り、目視にて整形が必要な箇所（以下、あたり箇所）を判断してレーザーポインタ等で重機オペレータに指示を出していた（写真-1）。しかし、切羽は地山が露出しており、岩塊の抜け落ち（肌落ち）



写真-1 従来のあたり取り作業

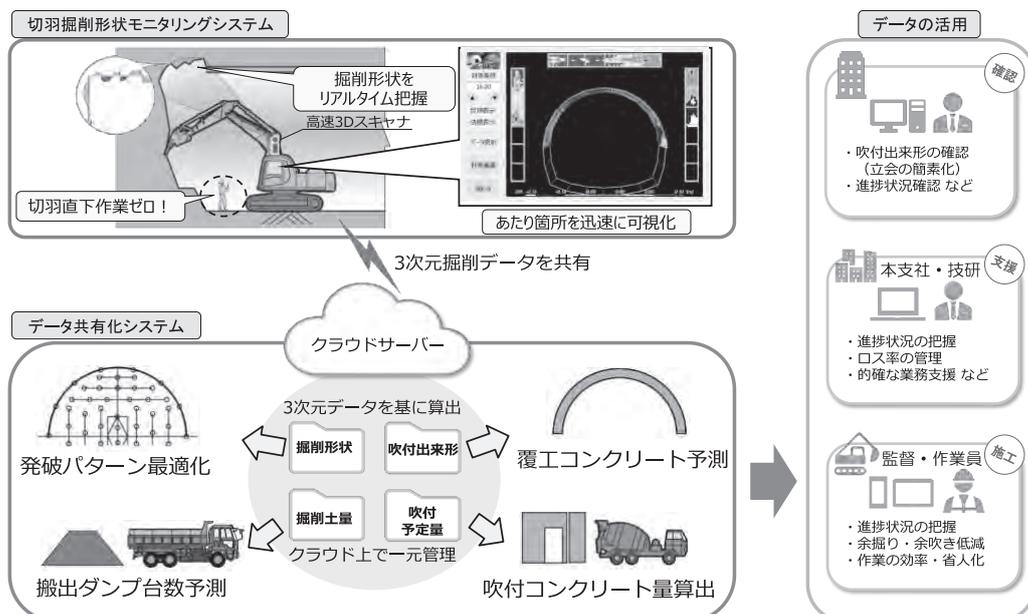


図-1 切羽掘削形状モニタリングシステムの利用イメージ

が発生すると、死傷災害につながる可能性が高い危険な場所である。このような背景から、あたり取りを行う建設機械（以下、ブレーカ）に搭載した高速 3D スキャナで切羽の掘削形状の 3 次元データを取得し、設計断面と比較してあたり箇所を迅速に可視化することで、作業の安全性向上と効率化を図る技術「切羽掘削形状モニタリングシステム」を開発した。本稿では、開発技術の概要を紹介するとともに、国土交通省の「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」に採択され、実現場で検証した実績を紹介する。

2. 本技術の概要および特徴

発破・ずり出し完了後の切羽において、あたり取りを行うブレーカに搭載した高速 3D スキャナで切羽の掘削形状を計測する。掘削形状の 3 次元データと設計断面を比較し、あたり箇所を重機キャビン内のモニタにヒートマップ表示させる。オペレータはモニタ画面のヒートマップ表示を基にあたり作業を行うため、従来作業と比較して安全性が向上する。計測開始の指令から結果表示まで迅速であるため、掘削サイクルに影響を与えることが少ない。本システムの導入により、安全性向上と余掘り低減によるサイクルタイムの短縮による効率的なトンネル作業を実現する。また、切羽にて得られた掘削形状の点群データおよび各種施工データは重機に搭載した PC からトンネル坑内ネットワークを経由してクラウドサーバ上に蓄積されるため、リアルタイムで作業進捗、予定吹付量、掘削土量等の各種データを発注者、現場事務所、職員・作業員、技術研究所などで共有することが可能である。図一1 に掘削形状モニタリングシステムの利用イメージを示

すとともに、以下に本技術の特徴を述べる。

(1) 3D スキャナシステム

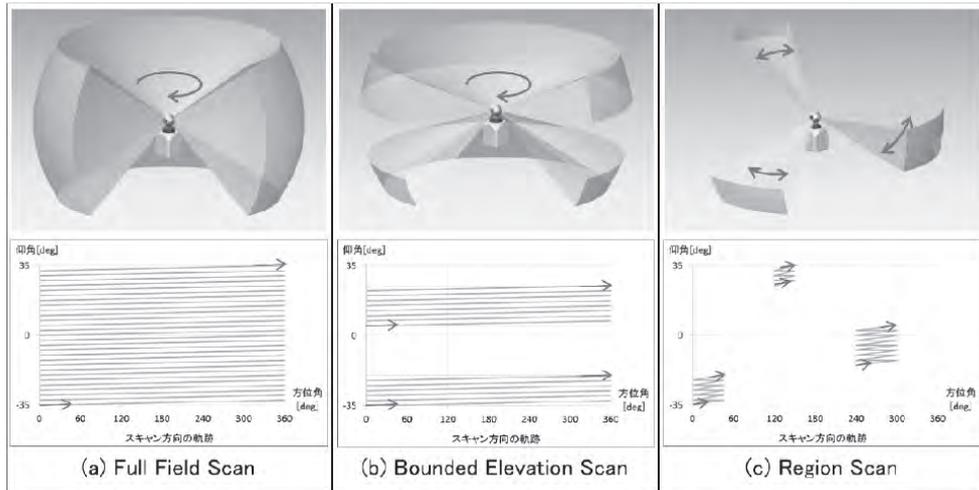
ブレーカには 3D スキャナシステムが搭載されている。3D スキャナシステムは高速 3D スキャナおよびこれを保護するための開閉ボックス、免振架台および傾きを検出する傾斜センサ、これらを制御するための PC やシーケンサを内蔵した制御ボックス、システム操作用の運転席タブレット PC、無線 LAN アクセスポイントで構成されており（写真一2）、システムの電源は重機バッテリーによって供給される。特殊基準球の計測や切羽の計測に使用する高速 3D スキャナは図一2 のような外観・寸法および表一1 のスペックで、上部のスキャンヘッドを回転させながらレーザーを出力することで周囲を 3D スキャンできる。スキャンヘッドは最大回転速度 15 rev/s、回転角加速度は $100,000^{\circ}/s^2$ と非常に高速で動作し、図一3 のようないろいろな動作パターンが可能のため、必要な範囲を必要な密度で素早く計測できる。さらに動作はすべてプログラミングが可能であるため、高度なリアルタイ



図一2 高速 3D スキャナの外観・寸法



写真一2 3D スキャナシステム現場導入状況



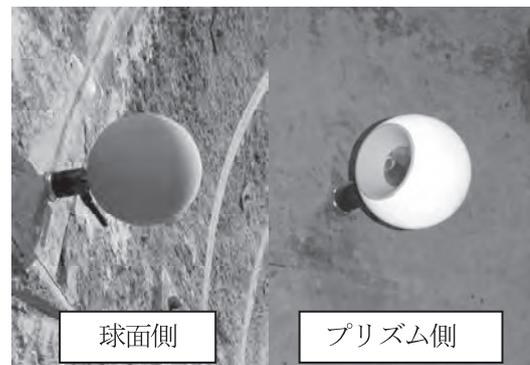
図一 3 高速 3D スキャナの動作パターン

表一 1 高速 3D スキャナのスペック

最大計測周期 [Hz]	方位角	15
	仰角	3
可動範囲[°]	方位角	360 (無限回転)
	仰角	70 (±35)
角度分解能[°]		0.01
最大角加速度[° /s ²]		100,000
最大サンプルレート[Hz]		30,000
計測距離[m]	ρ=10%	0.5 - 30
	Reflector	160
計測距離分解能[mm]		10
計測距離精度[mm]		±50
レーザー安全クラス		Class 1
重量[kg]		2.8
寸法[mm]		154×154×302
保護等級		IP65



写真一 3 運転席モニタ操作



写真一 4 特殊基準球

ム処理システムを構築することができる。運転席タブレット PC から計測開始の指令を出し、計測データの計算やあたり箇所ヒートマップ表示を行う (写真一 3)。

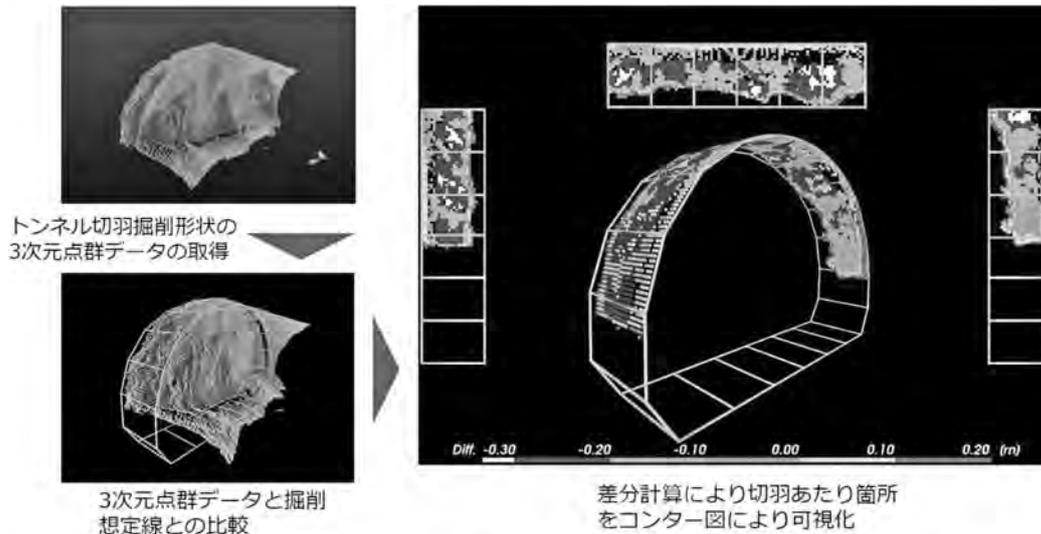
(2) 特殊基準球

ブレーカの後方には中心にプリズムを内蔵した特殊基準球を 3 個配置する (写真一 4)。これらの特殊基準球のプリズムの中心位置はトンネル坑内に設置されたトータルステーション (以下、TS) で計測することで、測地座標系 (水平直角座標系) における位置を

取得できる。一方、3D スキャナで球面側を計測し中心座標を算出することで 3D スキャナのローカル座標系における位置を取得できる。これらの位置の相関から測地座標系 (水平直角座標系) と 3D スキャナのローカル座標系の関係を算出し、3D スキャナの絶対座標系での位置と姿勢を求めることが可能である。

(3) 現場内 LAN および PC 類

切羽後方に配置した電源台車に無線 LAN アクセス



図一五 あたり箇所可視化手順

⇒トンネル軸方向の推定

④特殊基準球の探索計測（中密度）

⇒反射輝度による基準球×3個の位置の推定

⑤特殊基準球の精密計測（高密度）

⇒最小二乗法による基準球中止位置の推定および
スキャナ本体の位置・姿勢の推定

⑥切羽掘削面の計測

⑦データ処理およびあたり箇所ヒートマップ表示

②の計測開始の指示を出すと、③～⑦までの一連の動作は自動的に制御される。

(c) 迅速な計測

表一三に試行技術と従来方法である三脚による1計測あたりの計測時間を示す。三脚方式がスキャナ設置作業から掘削形状を計測してブレーカと入れ替えるまでに約5分かかるのに対して、試行技術では高速3Dスキャナをブレーカに搭載することで、自己位置推定に約35秒、切羽の掘削形状の計測から結果の表示までに約15秒、合わせて50秒程度で計測を完了する。これにより、1切羽毎の試行技術と従来方法の余掘り・あたり計測時間は表一四となり、1切羽で約16分の

表一三 試行技術と従来方法の1計測あたりの計測時間

坑内作業内容	【試行技術】 ブレーカ搭載 (sec)	【従来方法】 三脚使用スキャン (sec)
①スキャナ設置作業	0	60
②スキャナの自己位置推定	35	60
③3Dスキャン		60
④データ転送	15	30
⑤データ処理		30
⑥ブレーカとの入替作業	0	60

表一四 試行技術と従来方法の余掘り・あたり計測時間

	【試行技術】 ブレーカ搭載 (sec)	【従来方法】 三脚使用 (sec)
余掘り・あたり計測 (平均)	約4分 (50秒×4回)	20分 (5分×4回)

時間短縮効果が得られた。

(d) 余掘り・余吹き最小化

切羽で取得した3次元データをクラウド上で共有し、余掘りの状況から発破パターンの削孔位置や削孔角度を修正することで余掘り・余吹きの低減を目指した。余掘りについてはシステム導入前のデータが無かったため、システム導入後の月平均余掘り量から低減率を算出した。導入直後の1か月間の平均余掘り量が2.619 m³であったのに対して、2か月目の平均余掘り量は2.101 m³と19.5%の低減効果が確認できた。

余吹きについてはシステム導入前のCII-bパターンの余吹き率301.8%と比較した。システム導入期間中のCII-bパターンの余吹き率は278.1%となり、余吹きは23.7%低減することができた。

4. おわりに

今回開発した技術は国土交通省の令和元年度「建設現場の生産性を飛躍的に向上するための革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」に採択され、実現場で検証して施工性およびその効果を確認することができた。今後も本技術の更なる改良を継続し、実現場への積極的な活用を進めていく予定である。

《参考文献》

- 1) 山本他：切羽掘削形状モニタリングシステムの開発，第74回土木学会年次学術講演会，VI-281，2019

[筆者紹介]

山本 悟 (やまもと さとる)
西松建設(株)
技術研究所 土木技術グループ
副課長

高橋 将史 (たかはし まさし)
(株)ビュープラス
技術部 マネージャー

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



3D オイラン車による建築限界検証

佐藤 等

黒部専用軌道上部トンネル改良工事(全長約 6.5 km)の施工検討にあたって、発注者より宇奈月黒部ルート上部軌道トンネル断面をレーザースキャナにより計測した点群データを提供していただく事となった。入手した点群データは技術的のみならず、緻密かつ美しい「土木遺産」と言っても過言ではない非常に高品質なものであった。本稿では、このデータを利用して施工検討時に問題となっていた、建築限界干渉部の検証に有効であると考え、3D オイラン車(3D 建築限界モデル)による検証方法を考案、実施した内容を紹介する。

キーワード：小断面トンネル、レーザースキャナ、点群データ、3D モデル、干渉チェック

1. はじめに

上部軌道トンネルとは、いわゆる黒四ダムにいたる宇奈月黒部ルート(図-1)の左下、黒部峡谷鉄道の終着駅、樺平駅(標高 599 m)から下部専用軌道にて 500 m 進み約 200 m の豎坑エレベーターにて樺平上部駅(標高 800 m)まで昇り、そこから黒部川第四発電所まで伸びる関西電力黒部専用軌道トンネルのことである。途中には吉村昭の小説「高熱隧道」の舞台となる超高温区間が有り現在でも気温 40℃前後と高熱である。本改良工事は、黒部ルートトンネル観光事業拡大にあたって、一般客通行の安全確保が目的となっている。

2. 工事概要

工事件名：黒部専用軌道上部トンネル改良工事

施工場所：黒部専用軌道上部

発注者：関西電力(株)

施工者：佐藤工業・環境総合テクノス JV

主要工種：モルタル吹付け工

ロックボルト工

トンネル背面グラウト工

カルバート設置工

付帯工事

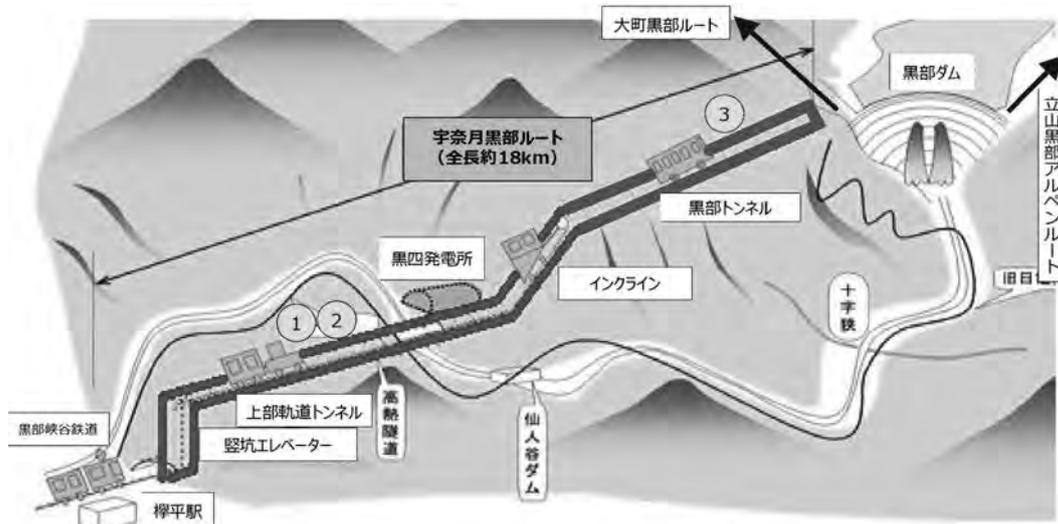


図-1 宇奈月黒部ルート (左：①②上部軌道トンネル)

3. 上部軌道トンネル点群データ

今回使用した点群データは、全長6 kmにおよぶ小断面トンネル内を20～30 mのピッチでレーザースキャナを盛替えながら計測したデータとなっている。通常トンネル内は暗いため点群に写真（色情報）を付加しながら計測するのは非常に手間がかかるが、本データは見事に再現に成功している（図-2, 3）。座標精度についても線形データを組み合わせて検証したが、十分な精度が確認できている。

4. 3D オイラン車による建築限界検証

一般的に通行車両の建築限界とトンネル壁面の干渉を確認する場合、「オイラン車」（図-4）を走らせ干



図-4 オイラン車（オヤ31）

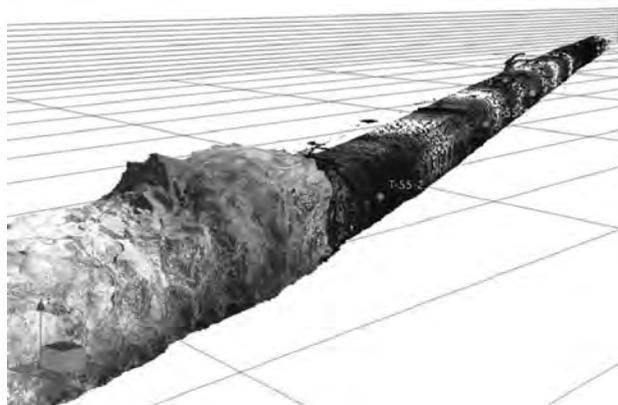


図-2 高熱隧道部

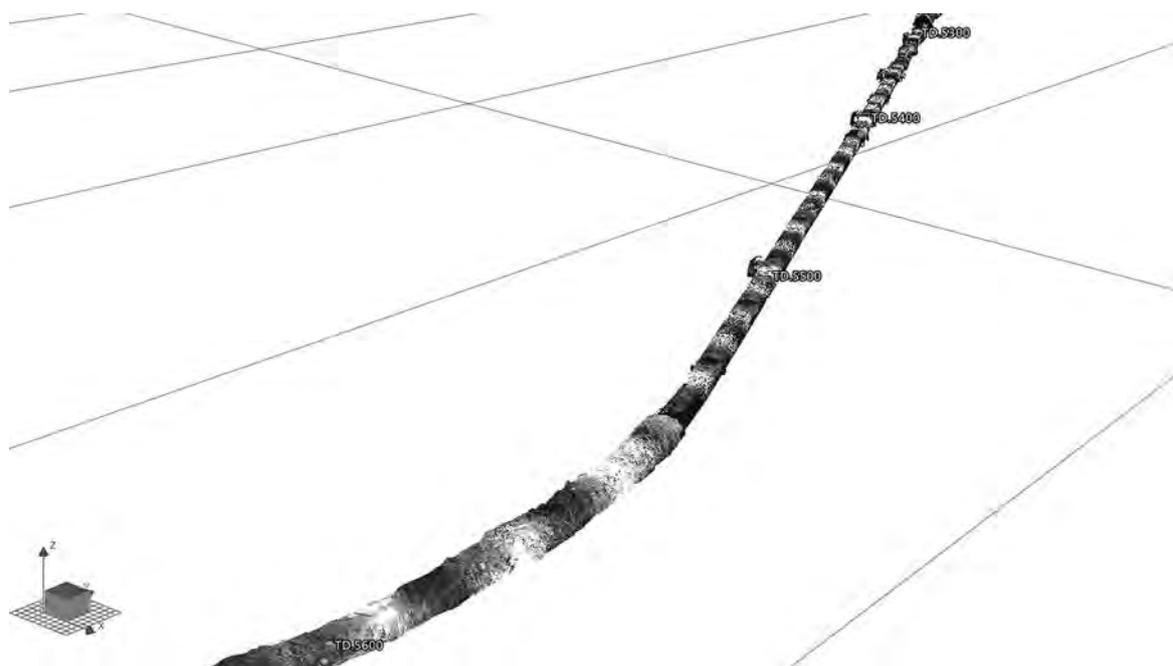


図-3 トンネル内空点群データ

渉をチェックする方法が一般的であるが、施工前に干渉状況の概要を把握する目的で、点群データのトンネルに3D オイラン車を走らせて干渉チェックを実施する方法を考案し実施している。

5. 利用したソフトと手順

(1) 利用したソフト

- ① Galaxy-Eye (㈱富士テクニカルリサーチ)
- ② Sketch-Up (Google)
- ③ TREND-POINT (福井コンピュータ)
- ④ QuickTime Player (Apple)

(2) 手順

Step1 : Sketch-Upにて3D 建築限界モデルの作成を行う (図-5)。

Step2 : 点群データを TREND-POINT に読み込み

群データ上のレール間中心点を座標データに変更して線形ラインを作成。

Step3 : TREND-POINTにて点群データの座標を原点に移動する。

Step4 : Galaxy-Eye に原点移動した点群データと線形ラインを読み込み合成する (図-6)。

Step5 : Galaxy-Eye 上に3D 建築限界モデルを読み込み、線形ライン上を走らせ状態を録画する (図-7)。

Step6 : QuickTime Playerを使い動画にて干渉チェックを行う。

6. 干渉チェック状況

今回利用したソフト Galaxy-Eye は、工場などの100 m 範囲程度を想定して開発されたソフトであったため、6 km という長距離の検証は初めての試みであ

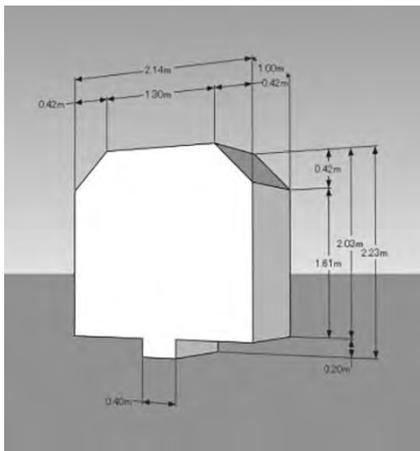


図-5 3D 建築限界モデル



図-6 データ合成

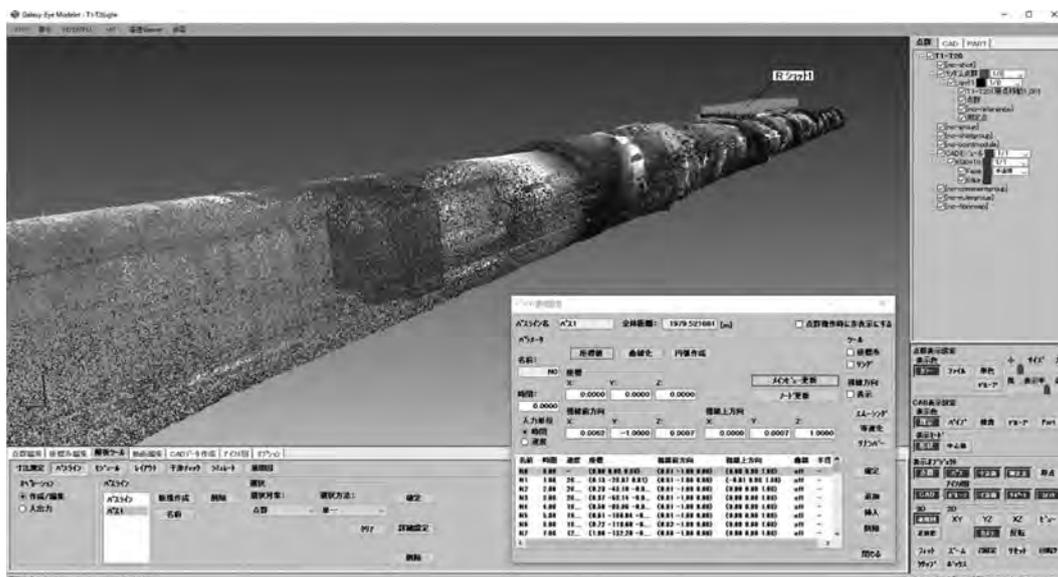


図-7 3D オイラン車 (3D 建築限界モデル) 出発前



図一8 干渉チェック状況

た。特に、測地系座標を持った点群は座標桁数が大きい
ため利用は想定外であった。そこで測地系座標を一
旦0.0.0原点に変換するなどの対応をソフトメーカー
担当者と連携しながら干渉チェックを実施した。また
2kmでも線形ライン上の走行に1時間程度かかるた
め検証状況を動画で撮影して干渉箇所を再確認する
手法をとった。今回は補修モルタル吹付厚と施工誤差、
測定誤差を考慮して建築限界+10cmでチェックし
ている。3D建築限界モデルの形状は自由に制作可
能である。列車長さを表現することも可能ではあるが、
ボギー台車には未対応である。

7. チェック結果

3D建築限界モデルのモデル範囲に入った点群は赤
色で表示されるため、6km全体に対して動画を用い
て干渉部を確認することができた。



図一9 干渉チェック結果

8. おわりに

今回は干渉状況の概要を掴む目的で実施した。初挑
戦ではあったが、実質3日程度の作業でPC上で検証
できるため簡易的に検証する方法としては非常に有効
である。小断面～大断面までの既設トンネルリニュー
アル工事のニーズは確実に増加している。レーザース
キャナーおよび3D処理技術は必須と考え、有効な技
術開発を実施していく予定である。

謝 辞

本業務にあたり計測データを提供していただいた関
西電力(株)および3D計測を行った(有)酒井工業コンサル
タントの関係各位に、ここに記して感謝いたします。

JCMA

[筆者紹介]

佐藤 等 (さとう ひとし)
佐藤工業(株)
技術センター ICT 推進部



新綱島駅非開削部の大断面馬蹄形トンネル

駆動部が回収可能な泥濃式角形推進機を用いた角形エレメント推進工法

篠原 丈実・大野 友和・石尾 敦

相鉄・東急直通線として建設中の新綱島駅（仮称）は、駅舎の一部を大断面の馬蹄形非開削トンネルで構築する。工法はつくばエクスプレス六町駅で採用された角形鋼管推進工法を基本として、推進機や推進管に改良を加えて角形エレメント推進工法を開発した。非開削トンネルの構築にあたっては、到達立坑が設置できないことに伴う推進機の回収方法、硬質且つ砂層が介在した上総層における推進精度の確保を課題とした。本稿では試験施工や上半部分の施工を経て確立した角形エレメント推進工法を紹介する^{1) 2)}。

キーワード：鉄道トンネル、非開削、推進工法、角形エレメント、継手

1. はじめに

相鉄・JR 直通線は、相鉄本線西谷駅から、JR 東海道貨物線横浜羽沢駅付近までの連絡線（約 2.7 km）および羽沢横浜国大駅を新設し、相鉄線と JR 線が相互直通運転を行うものである。また相鉄・東急直通線は、羽沢横浜国大駅から東急東横線・目黒線日吉駅までの連絡線（約 10.0 km）および新横浜駅（仮称）（新

駅）・新綱島駅（仮称）（新駅）を新設し、相鉄線と東急線が相互直通運転を行うものである。本路線の整備により、新幹線アクセスの向上（新横浜駅利用）が図られるとともに、速達性の向上、JR 東海道線等の既設路線の混雑緩和や乗換回数の減少、地域の活性化等が期待される（図—1, 2）。

新綱島駅（仮称）は、相鉄・東急直通線の新横浜駅（仮称）と東急東横線・目黒線日吉駅間（羽沢横浜国



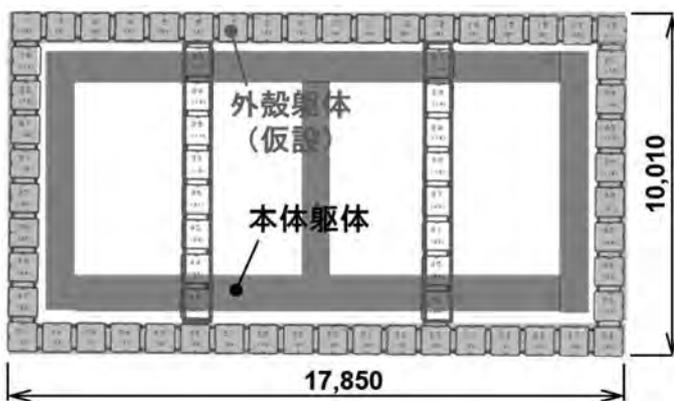
図—1 相鉄・JR 直通線、相鉄・東急直通線路線概要図

2. 角形鋼管の継手構造

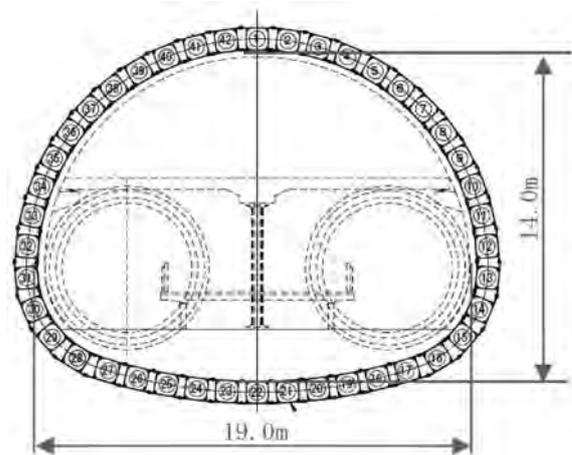
トンネル断面は、必要最小限の地下空間とすることにより掘削土量を減少させるとともに、土圧及び水圧に耐えられるよう、馬蹄形断面とした（図一5）。角形鋼管は、推進工法により推進しながら隣同士を継手で嵌合させ、鋼管内をコンクリートで充填することにより、外殻を本体構造部材とすることとした。推進する鋼管は、施工性の向上と、部材の減量化を図るため、実績のある角形鋼管の側壁部に嵌合継手を設けた構造から、鋼板を溶接で箱型に接合した鉄骨製作管に嵌合継手をフランジ軸線上に配置した角形エレメントに変更した（図一6）。

角形エレメントは本体構造部材であるため、継手部分は圧縮応力や曲げ応力に耐えるための十分な強度を有する必要がある。そこで角形鋼管の継手は、凹型継手の変形を拘束ボルトで抑制した上で、モルタルを充填する構造に改良した。

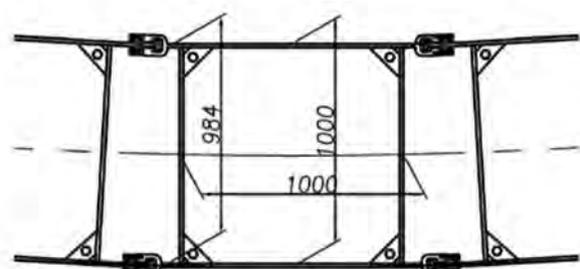
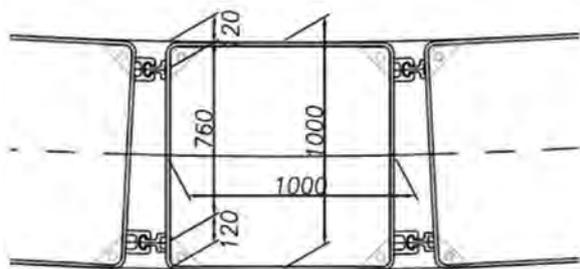
さらに、約35mの長距離施工を実現するためには、推進時における継手抵抗力を低減する必要があるため、角形鋼管の嵌合継手の水平方向クリアランスを6mmから14.5mmに拡大した（図一7）。凹継手のクリアランス拡大により、角形エレメントの可動範囲が大きくなるため、閉合部の角形エレメント部の施工性も向上すると考えられる。



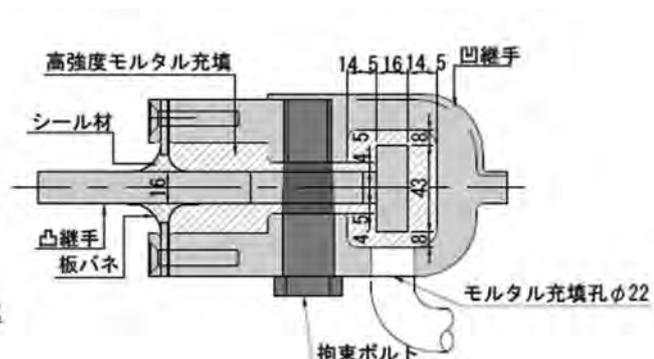
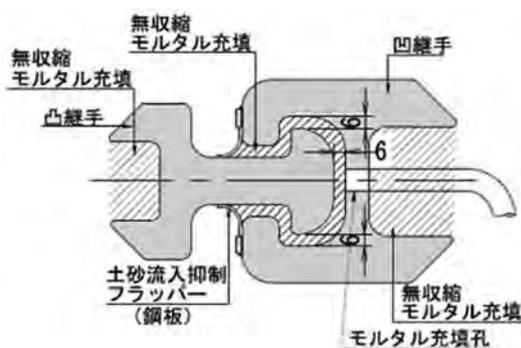
図一4 つくばエクスプレス六町駅断面図



図一5 新綱島駅非開削トンネル図



図一6 (左) 角形鋼管・(右) 角形エレメント構造図



図一7 (左) 角形鋼管・(右) 角形エレメント継手構造図

3. 角形鋼管推進機の仕様

本工事では六町駅における施工と異なり、(1) 角形エレメントを本体構造部材としたことにより、厳しい推進精度が必要となった。また、(2) 地上部の制約により推進機を搬出するための到達立坑の設置が不可能であったため、推進機の回収方法を検討する必要があった。上記2点の課題に対して、次の通り解決を図った。

(1) 角形エレメントの推進精度向上

角形エレメントは推進位置がそのまま本体構造位置となること、鋼管側面上下2か所で確実に結合させる構造であること、さらに約35mの長距離施工となることにより高い推進精度が求められた。これに伴い、推進中はピッチング、ヨーイング（鉛直・水平変位）を制御するだけでなく、ローリング（回転角度）につ

いても制御・管理する必要があった。

一般的にローリングの制御は、推進用のカッターの回転方向を正転・反転することにより管理している。今回、姿勢制御を向上させるため、推進機の先端に新たに油圧式ソリを追加した（図-8）。

油圧ソリの効果を確認するにあたり、模擬土を用いた施工試験を実施した。施工試験では、①油圧ソリを使用した場合の推進精度、②強制的に与えたローリングの修正の可否の2点を確認した。模擬土は硬質かつ砂層が介在している上総層を再現するため、事前地質調査から粘土主体の層（km層）は一軸圧縮強度2～3 N/mm²程度、砂層（Ks）は1～1.5 N/mm²程度になるようセメントを加え形成した。以上の条件のもと行った施工試験の結果、①油圧ソリを使用した推進では水平は0～4 mm 鉛直は-2～1 mm、ローリングは最大0.2度以内で推進することができた。また、②強制的に1.0度のローリングを与え、修正を試みた結果、ローリングの修正が可能であることを確認した（図-9）。

これらの結果から、角形エレメント推進機の前胴に設置した推進機断面外に突出する油圧式ソリによる姿勢制御装置は、推進機の効率的な姿勢制御を可能にし、より高い精度で地下空間の構造物を計画位置に構築することが可能となった。

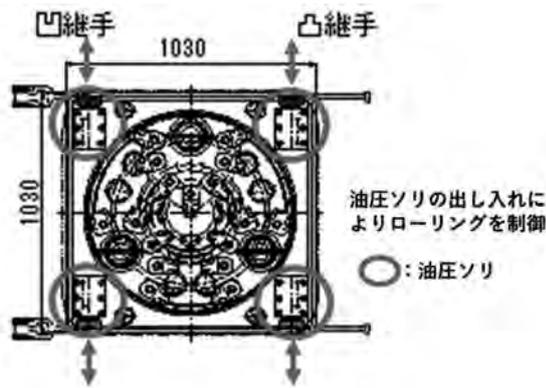


図-8 油圧式ローリング修正ソリ概念図

(2) 推進機回収及び再利用

本工事では採用した角形エレメント推進工法では、泥濃式高水圧対応型の推進機を使用し、外殻は1,020 mm × 1,020 mm、板厚16 mmであり、角形エレメントと

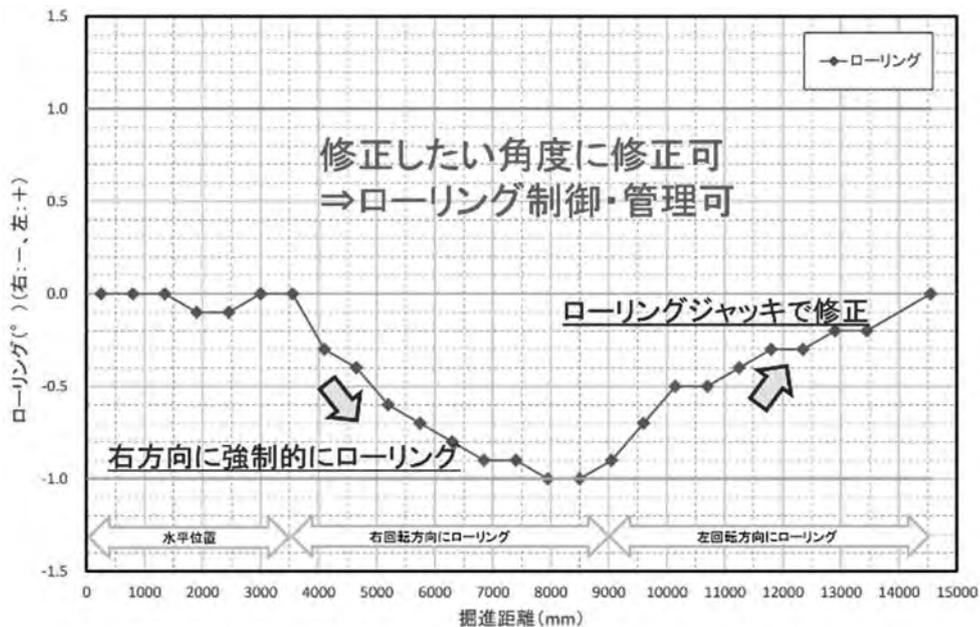


図-9 ローリング修正ソリを用いた推進精度試験結果

同様の継手を付加している。

到達立坑を設置できない当該工区において、外殻先行構築型工法を適用するためには推進機は発進立坑側から回収できるようにする必要がある。そのため、外殻は推進後に地中に存置し、推進機の駆動部のみを回収・再利用できる機構に改良することとした。

はじめに、角形断面を推進機で掘削する機構として、センター主軸の回転による掘削に加えて、隅角部についてはカッター部の伸縮により掘削するコピーカッター方式と、遊星歯車を利用したプラネットカッターと偏心ビットによる円運動を行い隅角部の掘削する多軸自転公転方式（遊星カッター方式）を検討した（図一10）。推進機を回収するためには、函内へのカッター格納機能を備えている必要がある。多軸自転公転方式は3軸のカッターで構成されていることから、カッターの停止位置により回収可能な状態となる（図一11）。また、同一切羽面を3個の偏心ビットが回転

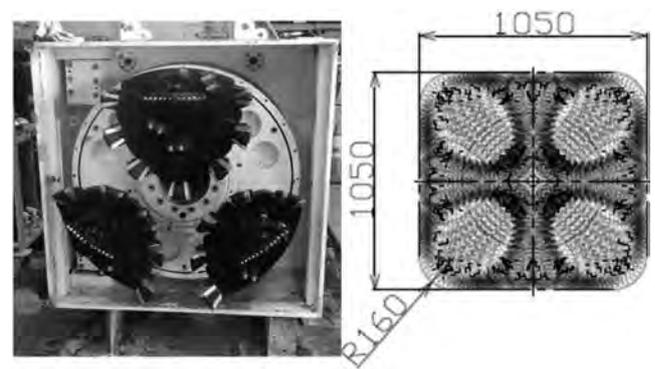
するため、掘削能力・耐久性に優れている。以上の理由により、本工事では推進機として多軸自転公転方式を適用することとした。

また、推進機モーターは、電動モーターと油圧モーターとを比較したが、回収が可能であることを条件として検討した結果、コンパクト化が可能であり、尚且つ強固な上総層が推進可能な高トルクを確保できる油圧モーターを採用した。

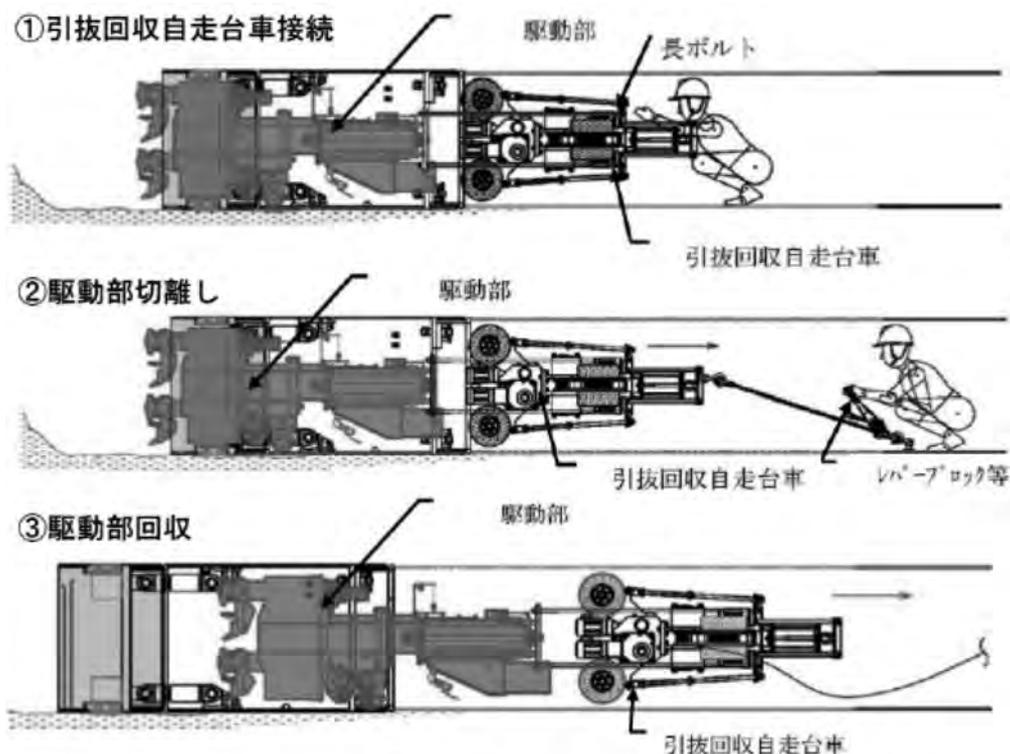
さらに、本工事では推進機の回収にあたり、新たに引抜き回収自走台車を開発（図一12）し、推進機（約3t）の回収作業を効率化し、推進サイクルの短縮化を図った。角形エレメントの推進完了後、引抜き回収自走台車を切羽まで走行させ、駆動部を外殻から分離して引抜き回収自走台車に接続し、発進立坑まで運搬



図一10 (左) コピーカッター方式・(右) 多軸自転公転方式



図一11 (左) カッター格納型推進機正面写真・(右) カッター軌跡図



図一12 駆動部引き抜き回収自走式台車フロー図

した上で、箱型荷台に固定し、推進機は地上まで引き揚げ、工場でメンテナンスした後、再利用している。

4. 角形エレメント推進工（上半） 施工実績

非開削部の施工ステップを図-13に示す。推進機の継手の張出部はカッターで掘削する断面外であり、N値50以上の地盤を推進するためには、推進時に受ける抵抗を小さくする必要がある。そのため、本工事では、角形エレメントの推進に先立ち、継手が通過する範囲は、小口径推進工法により一軸圧縮強度(28日) 0.08 N/mm^2 以下のセメントベントナイトに置き換えることとした。置換材のセメントベントナイトは、固化強度、流動性、材料不分離性、非圧縮性等の性能を

試験し、配合を決定した。

継手部先行置換工の施工後は、発進立坑内の元押しジャッキを伸長させて推進機を地山に貫入させ、後続のエレメントを順次接続していき、継手間掘削、継手金物充填、コンクリート充填を行いながらすべての角形エレメントを閉合させ、内部掘削を行った後、駅構造物を構築する。

推進精度は、推進機に圧力式水位計(鉛直変位)およびターゲット(水平変位)、後続のエレメントにジャイロ計(ローリング)を設置し、各変位を常時モニタリングして管理する(図-14)。定規の役割となる基準管(No.1エレメント)の鉛直・水平変位の管理目標値は $\pm 10 \text{ mm}$ 、その他一般管については $\pm 25 \text{ mm}$ の管理目標値を設定した。

実際に上半部を施工した際の推進機の挙動を図-15に、角形エレメント配置図(上半)を図-16に示す。推進機の挙動は、推進距離が長くなるにつれて、推進精度のばらつきが大きくなったが、管理値以内であった。

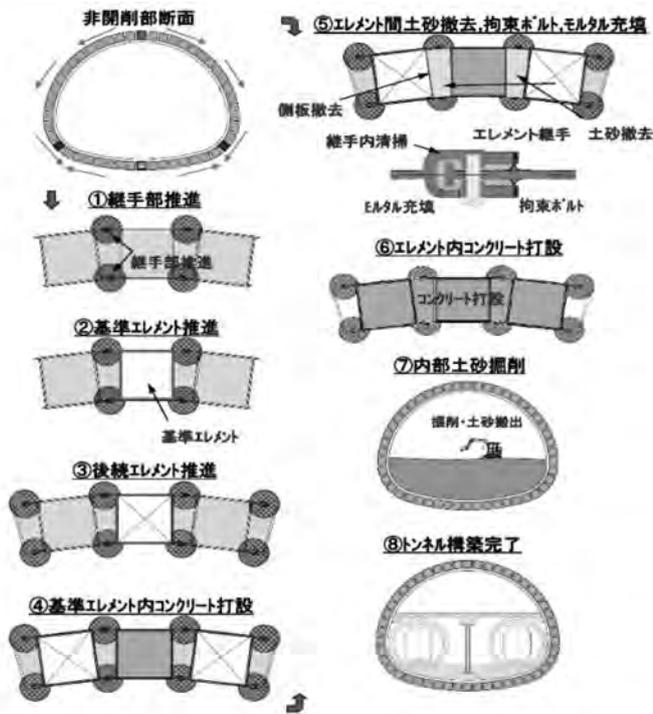


図-13 非開削部施工ステップ図

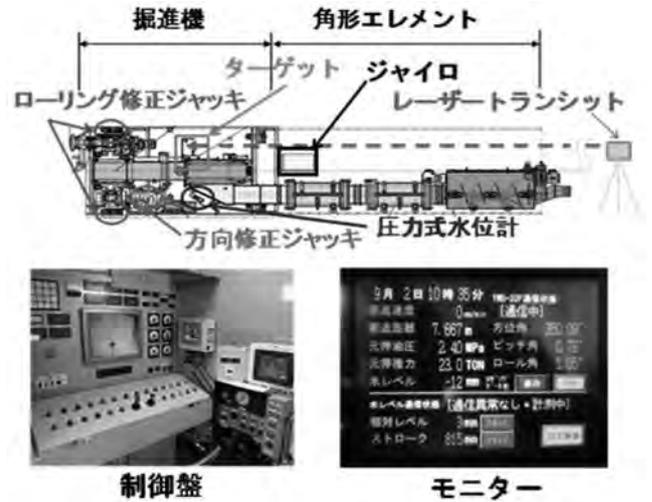


図-14 推進管理概要図

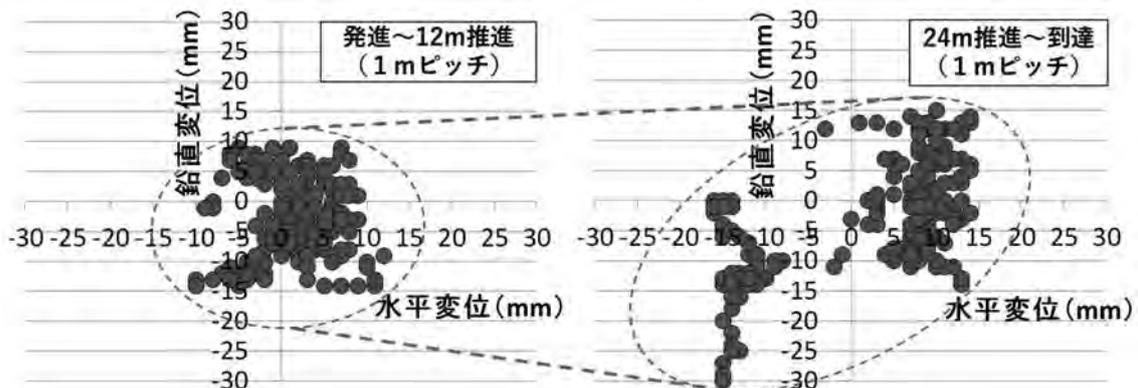
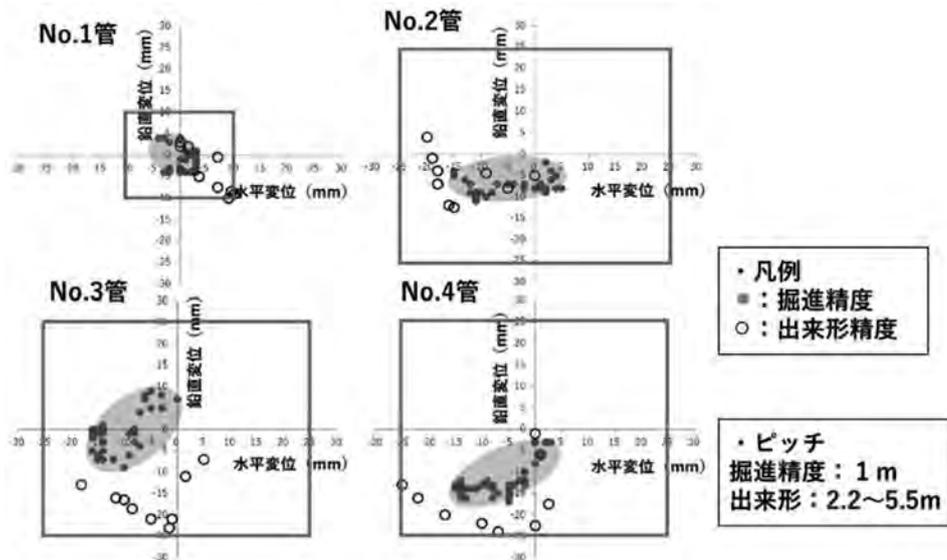


図-15 水平・鉛直変位と掘進距離の関係



図一 16 上半角形エレメント位置図



図一 17 推進精度および出来形計測結果

また、出来形結果の全体姿勢は、図一 17 に示すとおり推進時の挙動の傾向とおおむね一致している。これらの結果から、推進精度が管理目標値内であれば、追従するエレメントも推進機とおおむね近い位置に設置できることが確認された。

以上の結果から、基本的には、推進機の推進精度が管理目標値を満足していれば、追従するエレメントの位置も管理目標値内で収まり、誤差が蓄積することはないことがわかった。

さらに、推進中のエレメント推進時のジャッキ推力が概ね計画値内であること、継手部のボルトが問題なく嵌合できたこと、継手部のモルタル充填量は設計値以上に充填できたことなどから、各継手は問題なく嵌合しているものと考えられる。

角形エレメント構築の実績を図一 18 ~ 20 に示す。推進機と後続のエレメントの出来形の精度は、平均で水平変位は ± 15 mm、鉛直変位は ± 20 mm 程度であり、標準偏差は 10 mm 程度であった。

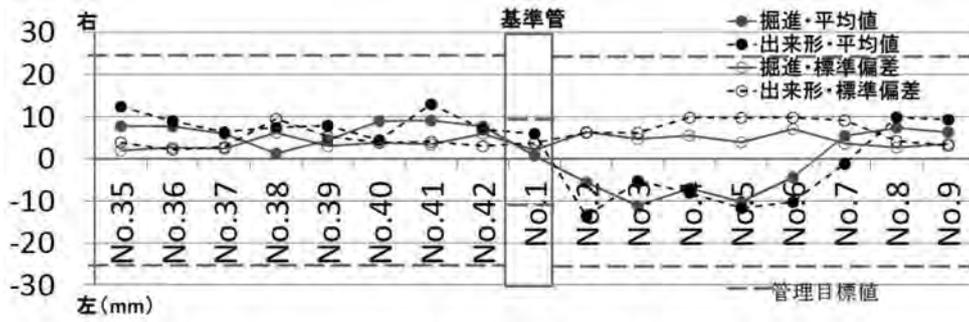
なお、今回使用した推進機に新たに追加した油圧式ローリング修正ソリの効果により、ローリングは確実に

に管理目標値 ($\pm 0.8^\circ$) 内で制御・管理することができた (図一 20)。

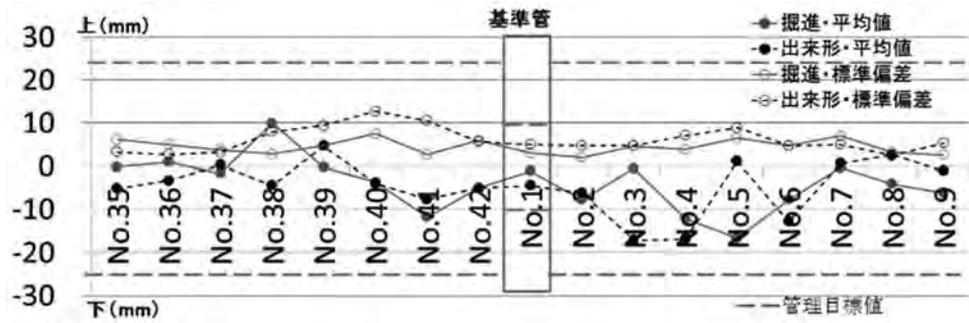
また、到達後における推進機の回収には先述の引き抜き自走回収台車を使用し、問題なくスムーズに推進機の回収が可能であった。

5. おわりに

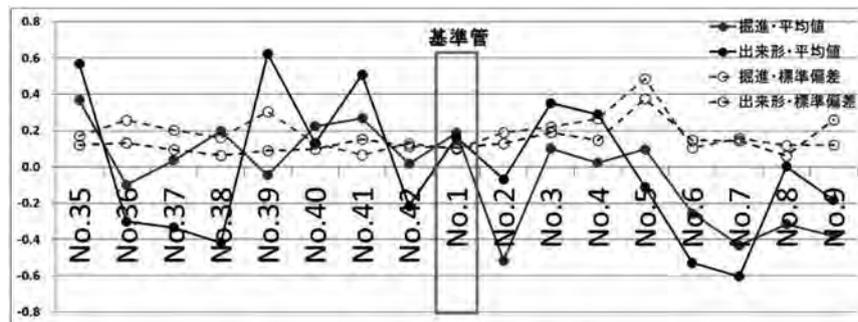
角形エレメント推進工法による上半の施工結果から、角形エレメントの推進は水平方向、鉛直方向に加えて、回転方向 (ローリング) に所定の精度が確保されており、計画通りの施工が可能であった。これにより、油圧式ローリング修正ソリが推進精度の確保に大きく寄与していることが明らかになった。さらに、推進機の引抜き回収自走台車の開発によって、到達立坑の設置が不可能である現場においても推進機駆動部を回収・再利用する手法により、経済的な施工が可能となった。これらのことから、角形エレメント推進工法はいろいろな施工条件下での適用ができるものと考えられる。



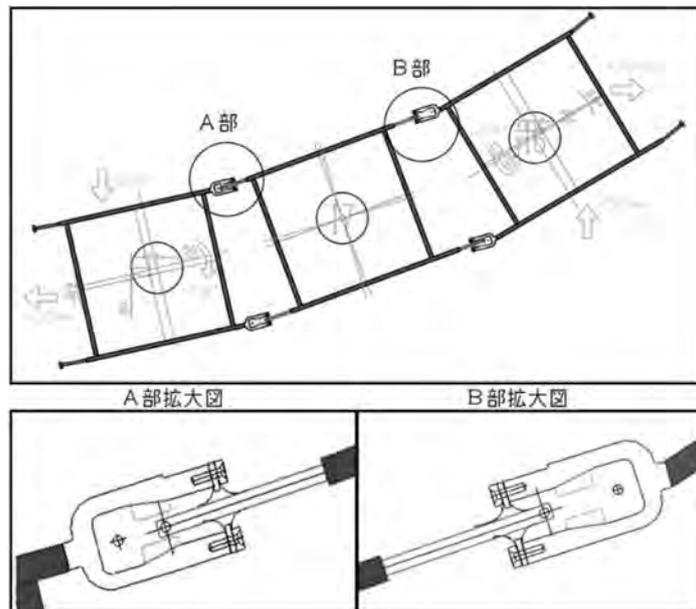
図一 18 水平変位と平均値・標準偏差の関係



図一 19 鉛直変位と平均値・標準偏差の関係



図一 20 ローリングと平均値・標準偏差の関係



図一 21 角形エレメント閉合計画図



写真—1 角形エレメント推進工上半施工完了

今後、下半部の施工においては、馬蹄形断面を閉合させることが大きな課題である。しかしながら、上半部の施工実績では最大25mmの変位が生じているが、倍の変位を生じた場合にも、閉合部の継手を、凸継手は先端をI型にして長めに製作し、推進精度に応じて現場で調整すること、また凹継手はテーパ部を除去してクリアランスを拡大することにより確実に閉合させることが可能であると考えている（図—21）。

今後、種々の課題を解決し、大断面地下空間構築における非開削工法の適用性拡大を目指したい。（写真—1）

JCMA

《参考文献》

- 1) 土木施工 vol.60.No.11_2019 角形エレメント推進工法による駅部大断面トンネルの施工—相鉄・東急直通線、網島トンネル— P.85-88
- 2) トンネルと地下 vol.50_No.7_2019：駅非開削部の大断面馬蹄形トンネルを角形エレメント推進工法により施工 P.515-523
- 3) トンネルと地下 vol.34_No.11_2003：角形鋼管推進工法で大口径下水道直下を貫く-つくばエクスプレス P.23-30

【筆者紹介】

篠原 丈実（しのはら たけみ）
 (独鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 東京支社 網島鉄道建設所)



大野 友和（おおの ともかず）
 (独鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 東京支社 網島鉄道建設所 担当副所長)



石尾 敦（いしお あつし）
 (独鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 東京支社 網島鉄道建設所 副所長)



地下水環境を配慮した高水圧下における 泥水式岩盤シールド施工

安藤 秀幸

小石原川ダム事業における導水路トンネル建設工事は、一部地下水利用への環境を配慮し、2 MPaの高水圧下においても、通常掘削を行うことが出来るシールドマシンを製作し、最大土かぶり367 m、最大水かぶり299 mの条件下において、総延長4,960 mの泥水式岩盤シールドの掘削を行い、掘削が停止することなく、また事故によるトラブル無しで、工事を完成させた。本稿ではこの大土かぶり、高水圧下における地山の推測、及び破碎帯への対応として、岩盤評価システムのリアルタイム化、及びフロントグリッパを併用した管理、及び前方探査による地山等級の推定について施工内容とともに紹介する。

キーワード：高水圧下、大土かぶり、泥水式岩盤シールド、破碎帯、岩盤評価システム、前方探査

1. はじめに

福岡県朝倉市を流れる筑後川水系の小石原川には昭和50年に江川ダムが、同じく筑後川水系の佐田川には昭和53年寺内ダムが完成し、農業用水や都市用水を供給している。しかし、寺内ダムは集水面積が大き

いが貯水容量が小さい為、年間3,700万 m^3 の水が利用されずに放流されている。そこで、小石原川ダムを建設し、山脈を跨ぐ小石原川と佐田川をつなぐための導水路トンネルの建設をすることにより、小石原川ダム、江川ダム、寺内ダムの3ダムを有効利用し、下流域の用水の安定利用を目的とする(図-1)。



図-1 施工位置図

本導水路トンネルは、想定最大地下水圧3 MPaに及ぶ高水圧下かつ最大土かぶり367 mの大土かぶりという厳しい条件化において5,040 mの長大トンネルを建設する。NATM工法及びTBM工法にての建設も検討されたが、日本のように地質の変化が激しいところでは、TBM工法では、進行できなくなった事例が複数報告されており、NATM工法においては、補助工法を駆使することにより施工は可能だが工程が長くなることが懸念された。そこで、本工事においては、2次覆工を省略でき、工程的に最も短縮可能で、安全かつ軟弱地盤にも対応可能な泥水式岩盤シールド工法により導水路トンネルの建設を行った(図-2)。

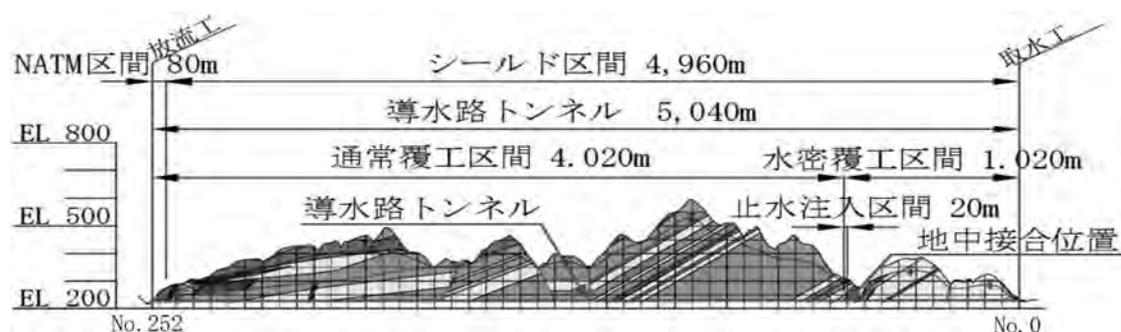


図-2 導水路トンネル施工地質縦断面図

2. 工事概要

(1) 工事概要

工事名称 小石原川ダム導水施設建設工事
 工事場所 福岡県朝倉市江川地内、佐田木和田地他
 発注者 (独)水資源機構 朝倉総合事業所
 施工者 大成建設(株)
 工期 平成27年7月15日～令和2年3月27日

(2) 工事内容

- ・導水路トンネル設計一式
- ・取水工一式
- ・放流工一式
- ・仮設構台工（セクシーピア工法）
- ・導水路トンネル：5,040 m
 （内 NATM：80 m，シールド 4,960 m）

導水路トンネルは延長5 km に及ぶ長距離トンネルであり、住民もより早い運用を求めているため、取水工、放流工、両側より掘削する計画であった。放流工は江川ダム湖上に計画されていたため、仮設ヤード等はなく、ダム湖上に仮設構台を設け、その上にシールド掘進用の仮設備を設置した(写真—1,2)。また、シールド機の製作に日数を要したことと、シールド掘進用設備には広大なヤードが必要となるため、NATM工法にて80 mのみ掘進を行い、工程の促進を図った。放流工側からは2016年9月より掘進を開始し、取水工側からは2017年の九州北部豪雨の影響を受け、2018年10月より掘進を行った。



写真—1 仮設構台設置状況



写真—2 シールド機掘進用仮設備設置状況

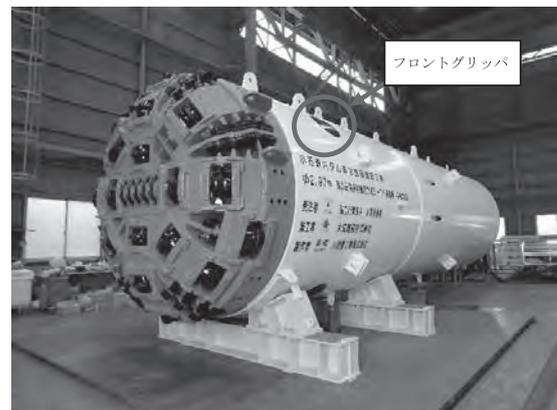
ド掘進用の仮設備を設置した(写真—1,2)。また、シールド機の製作に日数を要したことと、シールド掘進用設備には広大なヤードが必要となるため、NATM工法にて80 mのみ掘進を行い、工程の促進を図った。放流工側からは2016年9月より掘進を開始し、取水工側からは2017年の九州北部豪雨の影響を受け、2018年10月より掘進を行った。

3. 岩盤評価システムによる掘削土質の推測

掘削地盤は、事前に入手された地質資料より、断層破碎帯が複数確認されていた。この断層破碎帯では、シールド掘削中大きな土水圧の変化が起きる可能性があるが、本シールド機は2 MPaの耐水性能を有しているため、2 MPa以下の掘削中においては、流体輸送をコントロールすることにより一定の対応が可能である。しかし、水圧が2 MPaを超える時、及びカッターの交換時、チャンバーを開放し、面盤内にてカッターを交換する必要があるため、断層破碎帯内に置いては、切羽が崩壊するリスクがあるため、この地層をなるべく避ける必要があった。そこで、本工事においては、シールド機に装備したフロントグリッパ(写真—3)を利用し、地山の強度と内空変位の常時計測機能を加えた掘進管理(図—3)を行った。

(1) 岩盤評価システムのリアルタイムプロット管理

本工事において、シールド機の推力とディスクカッタートルクから岩盤の強度を計測し、破碎帯の有無や地山の変化等の状況を把握できる岩盤評価システムに加え、フロントグリッパによる計測結果を、掘進管理モニターにリアルタイムプロットすることにより、シールド機が掘削を行っている地山の状況をリアルタイムに把握することができるシステムを構築した。実際の掘進時における岩盤評価システムのリアルタイムプ



写真—3 シールド機フロントグリッパ設置状況

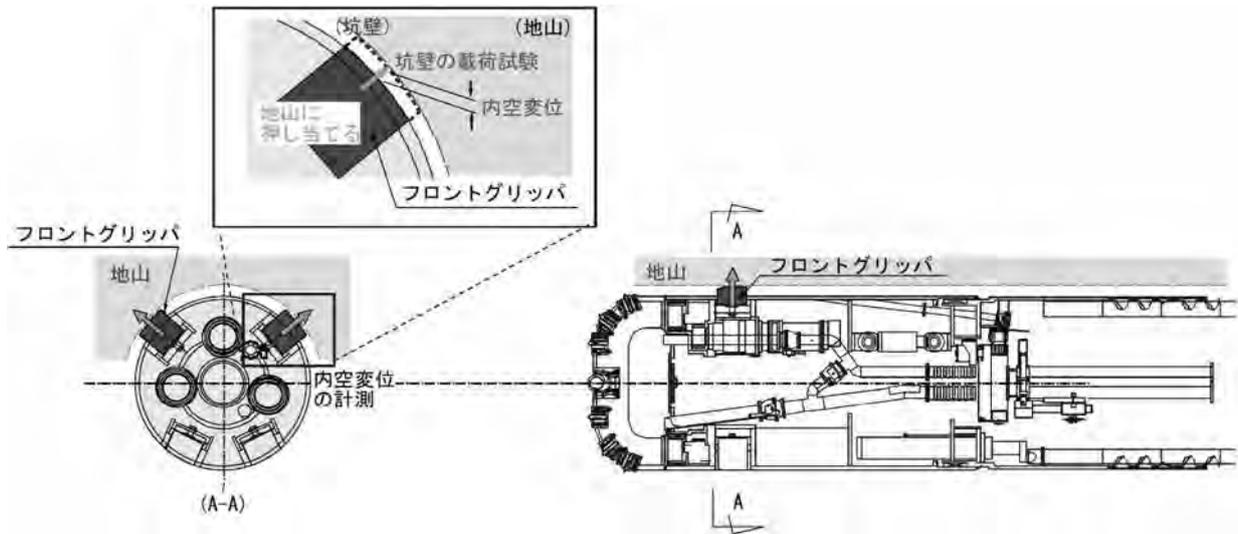


図-5 フロントグリッパによる計測概要

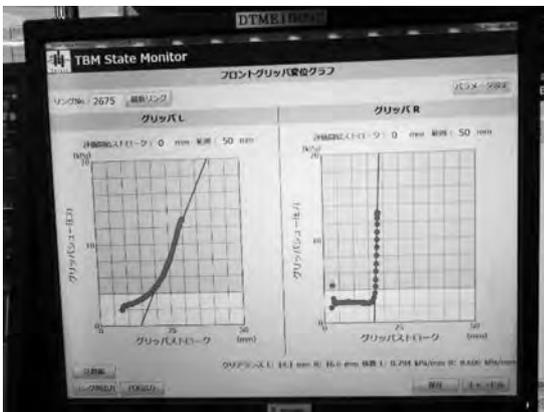


写真-5 フロントグリッパの計測結果

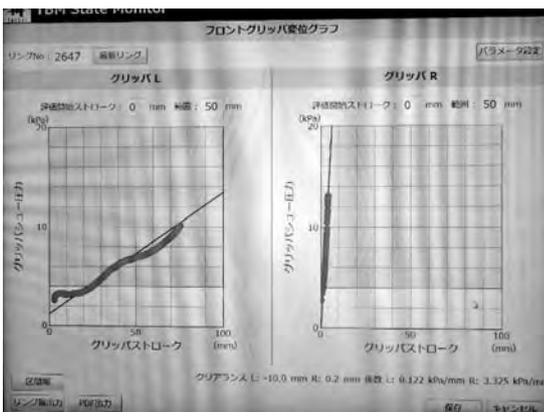


写真-6 フロントグリッパの計測結果2

上がっていることが確認された。これは、掘削外形を3,060 mmと想定しているが、掘削しているディスクカッターの高さが新品時の状態であり、最外周のカッターが磨耗することにより、掘削外形が小さくなった結果、グリッパーストロークがでなくなったと考えられる。これらの結果より、フロントグリッパ計測を行うことにより、地山の推測及び、カッターの磨耗状

況を把握することができ、非常に有効な手段であることが得られた。

4. 前方探査による土質の推測

本工事において、シールドマシンの耐水圧は2 MPaであり、想定水圧は最大で3 MPaであった。そこで水圧が2 MPaを超える範囲においては、前方探査として、穿孔探査システム（「DRISS (NETIS:CB-020021-V)」）により、シールド機の掘削に先立ち前方の地山を削孔し、水圧や予期せぬ破碎帯の存在等を調査した。前方探査の概要を図-6に示す。

想定地下水圧が2 MPaを超えるNo.99+15 m地点より、延長約50 mの前方探査を行った。調査位置図を図-7に、調査の結果について、図-8にそれぞれ示す。

当該区間における最大想定水圧は2.9 MPaであったが、掘進時から水圧を低下させていた影響もあり、調査前の最大水圧で0.9 MPa程度の水圧であったが、調査後においても、0.9 MPaのままであり大きな変化は見られなかった。また、地山の評価結果より、50 m区間に亘り、国交省区分におけるCII地山相当となり、硬質で良好な地山であるという結果が得られた。また、50 m進んだのちに、同様に前方探査を行ったが、そちらの区間においても、概ねCI相当という結果が得られ、硬質で良好な地山であるという結果が得られた。これらの区間においては、掘削時においても破碎帯等の地山は現れず、順調に掘進を進めることができた。

これらの結果より、前方探査を行うことにより、前方の概ねの地質、地下水圧等を想定することができるため、有効な方法であったといえる。

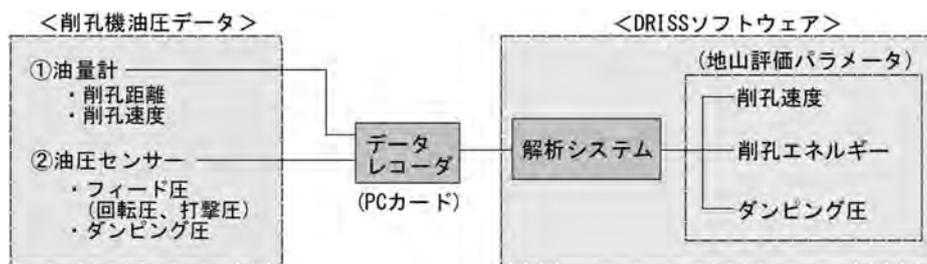


図-6 前方探査システム概要図

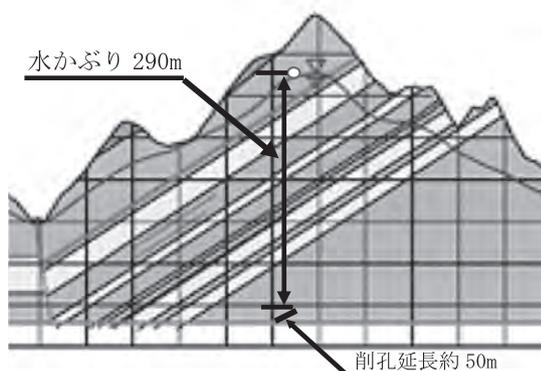


図-7 前方探査位置図



写真-7 取水工完了全景



図-8 前方探査結果



写真-8 放流工完了全景

5. おわりに

本稿では大土かぶり、高水圧下における泥水式岩盤シールドによる施工について紹介した。岩盤掘削においては断層破碎帯、膨張性地山等、数あるリスクが潜在し、前もっての予測は非常に難解である。そのため、岩盤評価システム及びフロントグリッパにより、常時地山の状況をリアルタイム確認することにより、掘進管理及びカッター交換時の地山の性状を把握することができ、より安全な施工管理を行うことができた。

本工事は、平成28年9月から開始し、平成29年、平成30年の被災を乗り越え平成31年4月2日にトンネルが貫通し、泥水式岩盤シールドの掘削を終えるこ

とができた。令和2年3月に無事取水工事も終わり、竣工を迎えることができた(写真-7, 8)。

謝辞

最後に、本工事の施工にあたりご指導・ご協力をいただいた関係者の皆様に感謝の意を表します。

JCMA

【筆者紹介】
安藤 秀幸 (あんど う ひでゆき)
大成建設 九州支店土木部
課長



アクティブ制振装置のシールド工事への適用

「ゆれなシールド」によりシールド掘進の振動を低減

星野 智 紀・中 本 淳・杉 山 雅 彦・村 上 賢

シールド工法は、地上への影響を最小限に抑制してトンネルを構築できるため、都市部におけるトンネル工事の標準工法として数多く採用されている。一方、近年のシールド工事の施工条件は、大断面・小土被り・複合土質・急曲線施工など多様化しており、地上への影響を抑制して施工するためには、様々な課題がある。中でも、シールド掘進中に発生する振動が周辺環境に与える影響は大きく、その低減に特効的な技術が無いのが現状である。今回、弊社はJIMテクノロジー(株)のアクティブ制振技術を適用することにより、シールド掘進時の振動を低減する技術「ゆれなシールド」を開発した。本稿では、その適用法から実現場への適用結果について紹介する。

キーワード：トンネル，シールド工法，都市部，掘進，振動低減，アクティブ制振

1. はじめに

シールド工事において、掘進に伴う振動が周辺環境へ影響を及ぼすことがある。特に、近年のシールド断面の大型化に伴い、振動による問題が多くなっている。シールドによる振動は、カッターによる切削に起因する振動やスキンプレートと地盤との接触に起因する振動などがあり、大きく次の4つに分けられる。

①礫地盤掘削時の振動、②立坑仮壁直接切削時の振動、③急曲線掘削時の振動、④砂地盤掘削時の振動で

ある(図-1)。これらの振動が発生した場合、振動を抑制するために、その要因によって『掘削速度を低下させる』『マシンスキンプレートの周辺に滑剤を注入する』『余掘りを大きくする』などの対策を行い、振動低減を試みるが、その効果が小さいのが現状である。その結果、掘削時間を昼などに限定し、夜間施工の中止を強いられることがある。これらの背景のもと、今回シールドの振動を制御するために、建物の振動抑制に用いられるアクティブ制振装置(以下、制振装置)をシールドに配置し、掘進による振動を低減できないか実際のシールドトンネルで実験を行った。

2. アクティブ制振のメカニズムおよび適用方法

(1) アクティブ制振のメカニズムについて

制振装置による振動低減の考え方を説明する。発生する振動に対して強制的に逆位相の振動を与えると、振動は低減できる(図-2)。この考えのもと、制振装置を用い発生している振動を計測し、計測した振動の逆位相の振動を起震させることで、対象物の振動を抑制させる方法である。

(2) シールドへのアクティブ制振装置の適用方法

中折れ装置を配備したシールドに制振装置を適用した。中折れジャッキの近くに加速度計を取付け、中折れジャッキに変位計を取付け、計測した振動の逆位相の

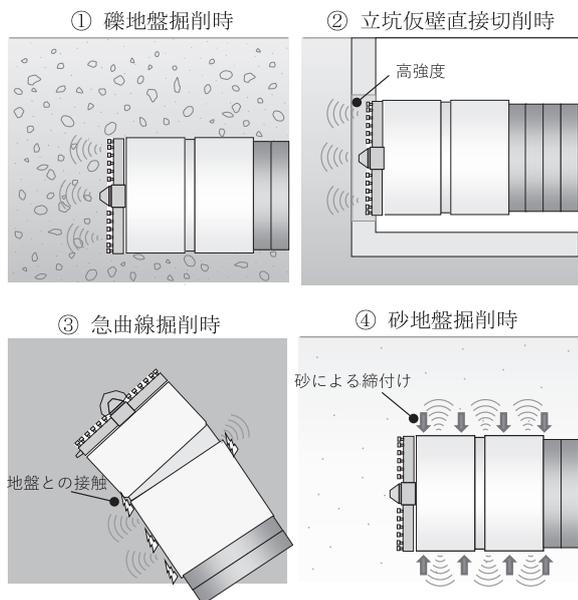
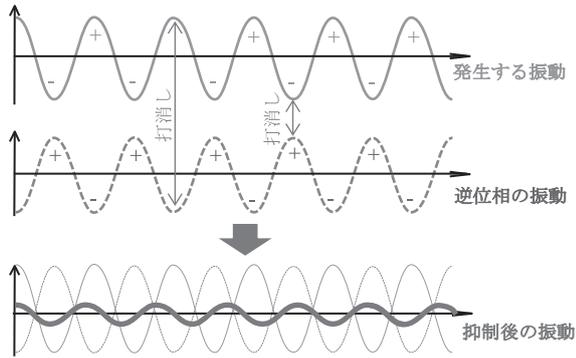


図-1 シールドの振動の発生要因



図一 2 逆位相による振動抑制

振動を中折ジャッキを介して起振させ、シールドの振動の低減を図った。中折ジャッキの起振の方法は、中折れジャッキの油圧回路にサーボバルブを取り付けることによって行った。加速度計と変位計で計測した振動の逆位相の振動を後方台車に搭載した制御装置により算出し、サーボバルブを開閉することによって中折れジャッキを振動させた。なお、加速度計、変位計およびサーボバルブは、起震させる中折れジャッキに対しそれぞれ配置し、個々に振動を抑制した(図一3)。

3. 適用現場について

(1) 適用現場

今回、制振装置を適用した現場の条件を示す。外径φ3,640 mmの中折れ装置付きのシールドに適用し

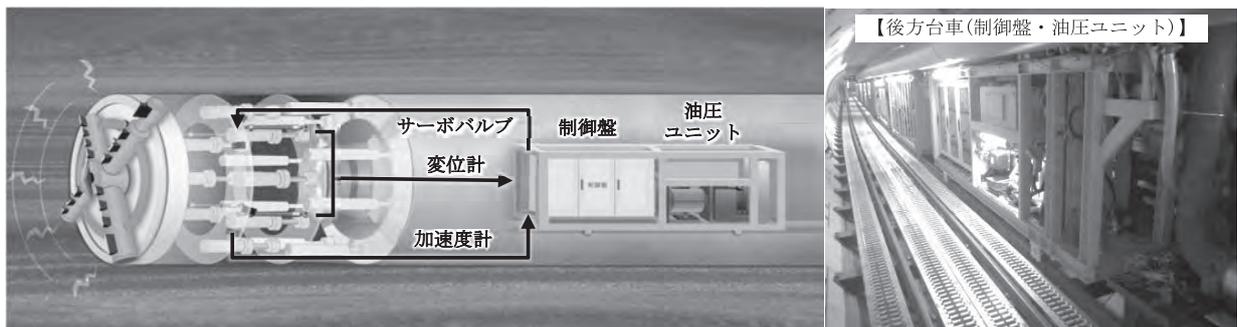
表一 1 計測区間と計測内容

区間	振動計測区間	計測内容	
		機内振動	制振効果
①	発進地盤改良区間	○	-
②	急曲線 (R=20 m) 区間	○	-
③	直線部区間	○	○
④	到達地盤改良区間	○	○

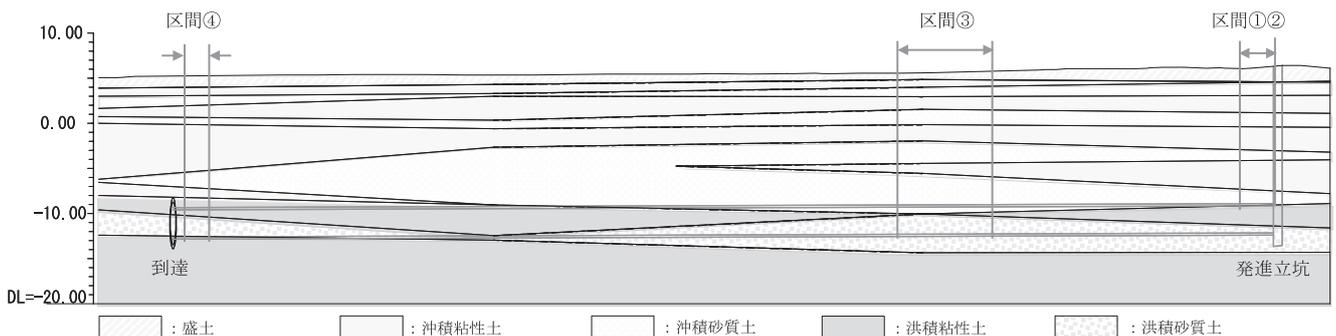
た。また、対象地盤は洪積粘性土 (Dc,N=10 ~ 20), 洪積砂質土 (Ds,N>50) が主である。さらに、発進防護と到達防護があり、それぞれ薬液注入(二重管ストレーナ)区間、地盤改良(CJG)区間がある。そこで、①発進防護区間、②急曲線区間 (R=20 m)、③直線区間、④到達地盤改良区間においてシールドの振動と制振装置による効果を確認した(図一4、表一1)。

(2) 計測方法

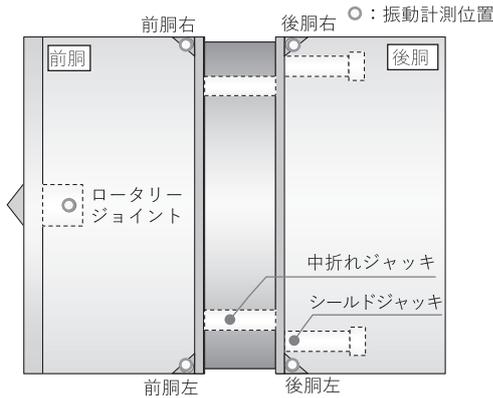
計測は、振動レベル計を用いて、シールドおよび地上において、振動の加速度を計測した。シールドの計測箇所は、ロータリージョイント、前胴左側、前胴右側、後胴左側、後胴右側の5か所とした(図一5)。地上は、シールド直上で行った。



図一 3 シールドのアクティブ制振装置の配置イメージ



図一 4 計測区間とその地質



図一五 シールドの振動計測位置

4. 掘進時のシールドの振動

振動を制御していない時のシールドに発生する振動を表一2にまとめた。計測を行った区間は、発進地盤改良区間、急曲線区間 (R=20 m)、急曲線直後の直線区間および到達地盤改良区間である。計測はシールドの前洞、後洞、ロータリージョイントでそれぞれ実施した。表一2より、以下の4つのことが明らかになった。

表一2 振動計測結果 (制振未実施時)

($\times 10^{-3} \text{ m/s}^2$)

計測区間		掘削地盤	ロータリージョイント	前洞	後洞
①	発進地盤改良部	高圧噴射	15.83	6.42	6.68
②-1	急曲線部	洪積粘性土 洪積砂質土	18.37	8.62	10.33
②-2	急曲線直後直線部		18.93	5.88	4.88
④	到達地盤改良部	高圧噴射 薬液注入	1.18	0.49	0.35

1) シールドは、カッター (ロータリージョイント) およびスキンプレート (前洞・後洞) とともに掘進時に振動している。2) 本試験の場合、いずれもカッターの振動がスキンプレートの振動より大きくなった。3) 急曲線部では、直線部と比べスキンプレートの振動が大きくなった。これは、急曲線施工時にスキンプレートが地盤に押し付けられながら掘削しているためと考えられる。4) 発進地盤改良体と到達地盤改良体の掘進において、地盤改良強度は 2 N/mm^2 とほぼ同程度にもかかわらず、発進地盤改良体を掘削しているときの振動が、到達部地盤改良体の振動に比べ、ロータリージョイント部で13倍、前洞部で13倍、後洞部で19倍と大きくなった。発進時はカッターが地山に貫入しているものの、前洞および後洞は立坑内の発進架台上にあり、地盤に拘束はされていない。一方、到達時は、

カッターおよび前洞・後洞とも土中にあり、シールド全体が周辺の地盤からある程度拘束されているため、振動が抑制されると考えられる。

5. アクティブ制振装置の効果

制振装置により振動を制御した時の計測結果を表一3に示す。これによると、いずれの区間もシールド機内の振動は制振装置によって最大34%の低減効果が得られた。その結果として、地上レベルの振動にも15~30%の低減効果が得られた。また、加速度の低減効果を、一般に用いられる振動の大きさの尺度である [dB] に、(式1)を用いて換算すると、人が室内で感じることのできる震度1レベル (55 dB) の振動を、人が感じない震度0レベル (50 dB程度) まで低減できる。

表一3 振動計測結果 (制振時)

($\times 10^{-3} \text{ m/s}^2$)

計測区間		状態	ロータリージョイント	前洞・後洞	地上
③	直線部	掘進停止中	0.36	0.46	0.28
		制振装置 OFF	1.2	1.06	0.33
		制振装置 ON	1.01	0.81	0.23
		低減効果 (%)	16	24	30
④-1	到達地盤改良部 (薬液注入)	掘進停止中	0.3	0.3	0.51
		制振装置 OFF	0.82	0.74	0.55
		制振装置 ON	0.6	0.49	0.47
		低減効果 (%)	27	34	15
④-2	到達地盤改良部 (高圧噴射攪拌)	掘進停止中	0.15	0.11	0.19
		制振装置 OFF	1.18	0.42	0.24
		制振装置 ON	0.92	0.34	0.19
		低減効果 (%)	22	19	21

$$\text{振動の大きさ [dB]} = 20 \times \log_{10} (\text{加速度} / 10^{-5}) \quad \dots(\text{式} 1)$$

図一6に直線部におけるロータリージョイントの加速度のレベル波形を示す。これは、1リング掘進中において、初めは制振装置をOFFにして掘進し、途中で制振装置をONにした時のレベル波形である。これによると、制振装置の作動により振動レベルが平均で約 $0.2 \times 10^{-3} \text{ m/s}^2$ 低下しているのが判る。図一6の制振ON、OFFの各波形を、人が感じ易い周波数帯である100 Hz以下に着目して実施した周波数分析の結果を図一7に示す。また、直線部の地上、到達地盤改良部 (薬液注入、高圧噴射攪拌) のロータリージョイントについての周波数分析の結果を図一8~10に示

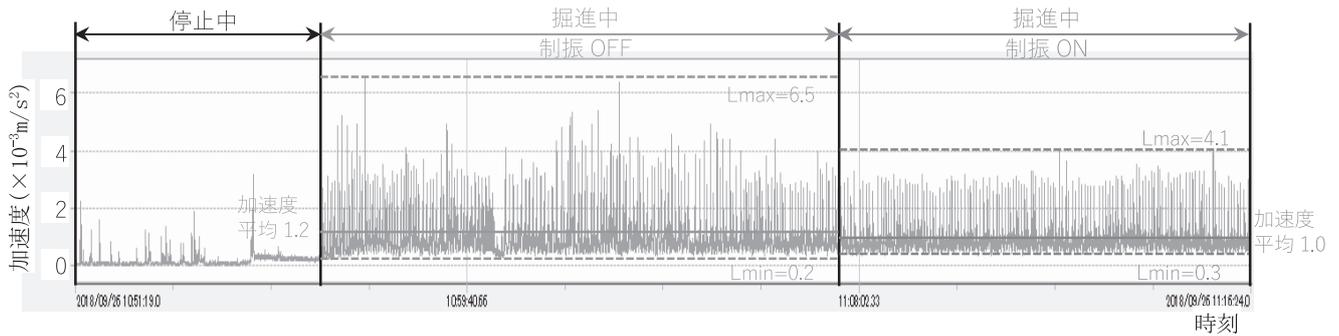


図-6 レベル波形 (③直線部：ロータリージョイント)

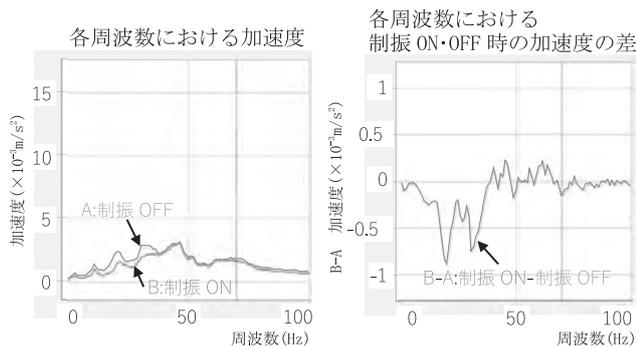


図-7 周波数分析 (③直線部：ロータリージョイント)

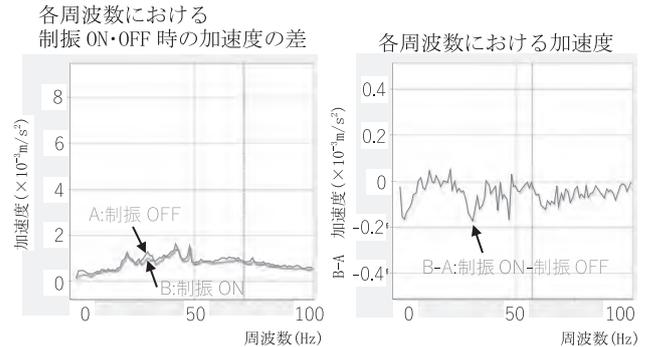


図-9 周波数分析 (④-1 到達薬液注入部：ロータリージョイント)

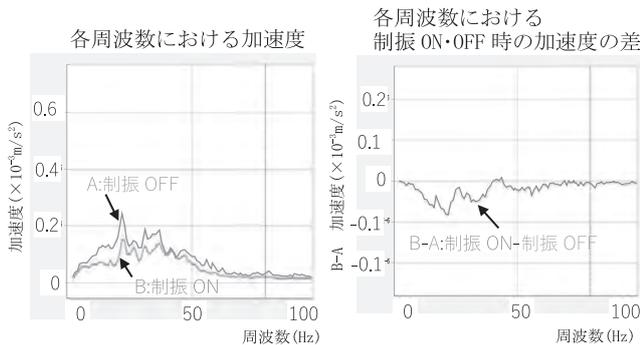


図-8 周波数分析 (③直線部：地上)

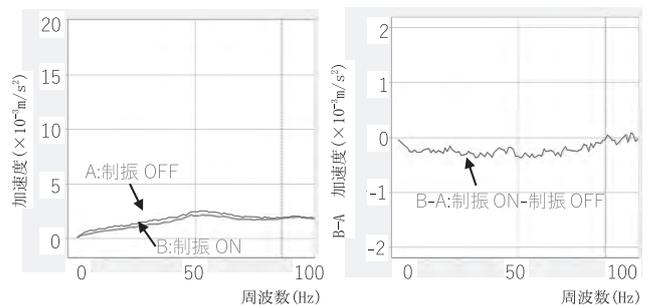


図-10 周波数分析 (④-2 到達高圧噴射攪拌部：ロータリージョイント)

す。図-7に示す直線部のロータリージョイントでは、0～50 Hzの周波数帯で効果が現れている。図-8に示す直線部の地上も同様に、0～50 Hzの周波数帯でシールドの振動を低減させることによる効果を確認できた。図-9、10に示す到達地盤改良部では、薬液注入部、高圧噴射攪拌部ともに0～50 Hzにくわえ、50～100 Hzでも低減効果が現れており、より広い周波数範囲で効果を確認できた。

6. おわりに

今回開発した「ゆれなシールド」の実証試験において、同システムが、カッターやスキンプレートを発生源とする振動の低減に効果があることを確認し、最大で34%の低減効果を得た。これにより、震度1レベ

ルの55 dBの振動が発生した場合、50 dB程度まで低減できる効果があることが判った。また、人が感じやすい100 Hz以下の周波数帯で低減効果を確認できた。同システムをこれまで行ってきた掘削速度の低減、滑剤の注入、余掘りの確保等の諸対策と合わせることによって、更なる振動の低減効果が期待できる。今後は、振動が懸念されるシールド工事において積極的に採用し、さらなるデータを蓄積していきたいと考えている。

謝 辞

最後に、本技術の開発に際しお世話になりました立命館大学 総合科学技術研究機構 小山先生、ならびに日本シビックコンサルタント(株)の関係者の皆様に誌面を借りて、厚く御礼申し上げます。

[筆者紹介]



星野 智紀 (ほしの ともり)
(株)大林組
生産技術本部 シールド技術部
技術第一課
担当課長



杉山 雅彦 (すぎやま まさひこ)
JIM テクノロジー(株)
取締役
販売技術部
部長



中本 淳 (なかもと あつし)
(株)大林組
ロボティクス生産本部 生産技術第一部
シールド技術課
課長



村上 賢 (むらかみ まさる)
JIM テクノロジー(株)
神戸事業所
統括部長



シールド工事の掘進管理を“見える化”する KaCIM'S を開発・適用

大林信彦

鹿島は、CIM を活用してシールド工事におけるシールド機の運転指示やセグメント組立指示等の掘進管理を“見える化”する施工管理システム「KaCIM'S」(Kajima CIM Shield System) (以下本システム) を開発し、現場適用した。

本システムは、シールド機やセグメントの測量結果をもとに従来手作業で行われていた掘進・組立シミュレーション予測を自動的に図化することで、掘進・組立指示書作成を支援するものである。また、高精度かつリアルタイムな三次元モデル適用により、施工管理者と掘進オペレータの間で曲線施工計画や蛇行修正計画を視覚的に共有できるため、ヒューマンエラーや指示伝達ミスによる不具合の発生を防止できる。さらに、計画と実績との差異をデジタルデータとして記録・蓄積・分析することで掘進計画を最適化し品質向上にも寄与する。なお、今後はシールド機制御技術やトラブルの予兆察知・改善システム、蓄積データを活用した AI による分析技術と組み合わせて、シールド全自動施工への展開を図る。

本稿では、本システムの構成と適用事例を報告し、今後の展望について紹介する。

キーワード：シールド、CIM、線形管理、シミュレーション、生産性向上

1. はじめに

シールドトンネルの出来形品質を確保するためには、シールド掘進組立時の真円度確保と線形確保のためのシールド機制御及びシールド機とセグメントのクリアランス確保等が重要となるが、出来形を左右する曲線施工や蛇行修正のノウハウは熟練技術者の「暗黙知」に依るところが大きい。

そのため、蛇行修正やクリアランス、曲線施工時の余掘り量を定量的に可視化し、そのデータを掘進・組立管理に反映できる CIM を活用した掘進・組立シミュレーションシステムを開発した。

2. システム開発の経緯

シールドトンネルは、測量によりシールド機とセグメントの座標・方位・ピッチングを正確に把握し、今後の掘進方位やセグメントの割付を決定することで出来形線形を管理する。その際、許容偏差内でシールド機とセグメントの進行軌跡が一致するように計画することが肝要となる。特に曲線施工時や蛇行修正時には、シールド機の内側と外側の適切な余掘り範囲と余掘り量及び中折れ角度の設定が重要となる。仮に余掘り量が過大であった場合、地表面沈下のリスクが増大し、シールド機の姿勢制御が不安定になることで線形逸脱リスクも増大する。

一方、これらの線形管理手法は単純に幾何学的な問題だけでは解決できない技術者の経験に依る部分が大きく、適切な掘進・組立作業指示計画を決定するのは経験の少ない技術者にとって負担が大きいものであった。

そこで、高品質のトンネル覆工を構築するにあたって重要なポイントとなる正確な線形・クリアランス管理を的確に行うため、デジタルデータ化した「掘進・組立指示書」を 3 次元 CIM モデルとして可視化する本システムを開発した (図-1)。

本システムは、掘進・組立計画に基づく作業指示内

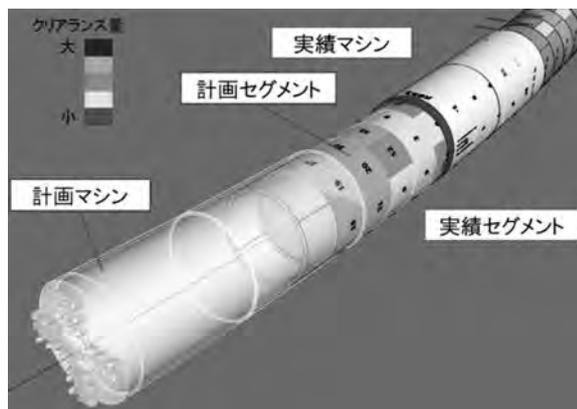
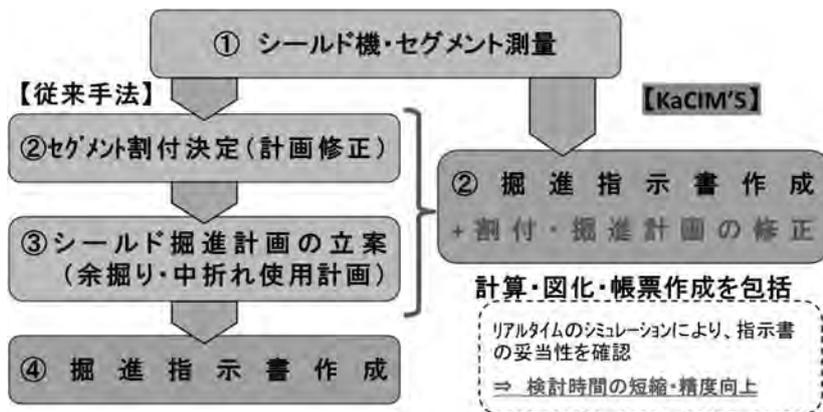


図-1 3D シミュレーションシステム画面



図一 従来手法との線形管理フロー比較

容を3次元モデルで迅速に可視化し、シールド機の掘進軌跡とセグメント位置、余掘り範囲と余掘り量、中折れ角度、セグメントとマシンとのクリアランスを視覚的に確認することで、実例データに基づく将来の掘進・組立軌跡を予想するシミュレータである。

3. システム概要

シールドの線形管理は、シールド機とセグメントの位置座標と方向などの測量を行い、測量結果に基づく今後のセグメント割付計画やシールド機の掘進方位・姿勢などの掘進計画を立案、その計画に沿った掘進・組立指示書の作成という順序で実施する。本システムは、図一2に示すようにセグメントの割付及びシールド機掘進計画の立案から作業指示書作成までのプロセスを担うものであり、以下に示す3つの機能を有している。システムの運用画面を写真一1に示す。

(1) セグメント割付・掘進計画機能

セグメント割付計画機能は、セグメントの蛇行量を確認しながら計画できるよう、セグメント種類とK



写真一1 システム運用画面

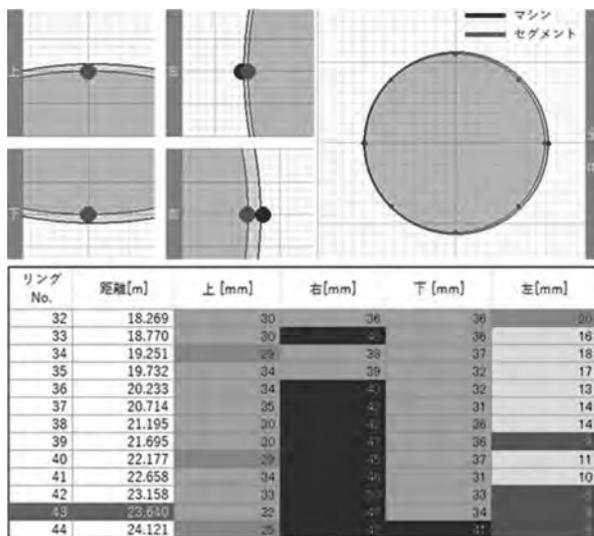
セグメントの組立位置を入力することで設計線形に対する蛇行量を自動で算出して図化表示できる仕様とした。

シールド機の掘進計画機能は、掘進軌跡やテールクリアランスを確認しながら計画できるよう、シールド機の掘進方位や姿勢などの指示値を入力すると瞬時に進行軌跡及びテールクリアランスの算出と表示ができる仕様とした。特に、掘進計画で重要となるテールクリアランスに関しては、図一3に示すように設定した閾値によって色分けし、計画の良否が視覚的に認識できる表示方法を採用した。

また、従来検討に時間を要していた曲線施工計画に重要となる余掘り量・中折れ角の設定に関しては、図一4に示すように余掘りの軌跡とシールド機の通過軌跡をラップ表示させる画面表示とし、逐次確認することで適切な計画作成を支援するものとした。

(2) 3Dモデリング機能 (3Dシミュレーション)

3Dモデリング機能は、セグメント割付計画及びシー



図一3 クリアランス表示例



写真一 2 システム運用状況

ンネルの出来形品質確保において曲線施工時の線形管理が重要な品質管理項目の1つであった。

当該現場では、従来から使用されている既存の掘進管理システムと連携させ、既存システム側に測量結果を入力することで本システム側にも同様の情報を反映させる構成とした。この構成により個々のシステムへ測量結果を入力する必要がなく、重複した作業を省略することで現場における施工管理作業の効率化を図った。

(2) 導入効果

本システムの現場導入効果として、以下に示す3つの効果が確認できた。

①計画立案・指示書作成の効率化

曲線施工や蛇行修正などの特殊な条件下では計画に

時間がかかることが多く、従来のやり方では作業指示書完成までに1時間以上を要する場合もあったが、本システムの導入により作成時間を50%短縮することができた。これは、3次元シミュレーションによる迅速な可視化に加え、従来の手作業による計算・図化を自動化したことが大幅な作業時間の短縮につながったものと判断している(図一9)。

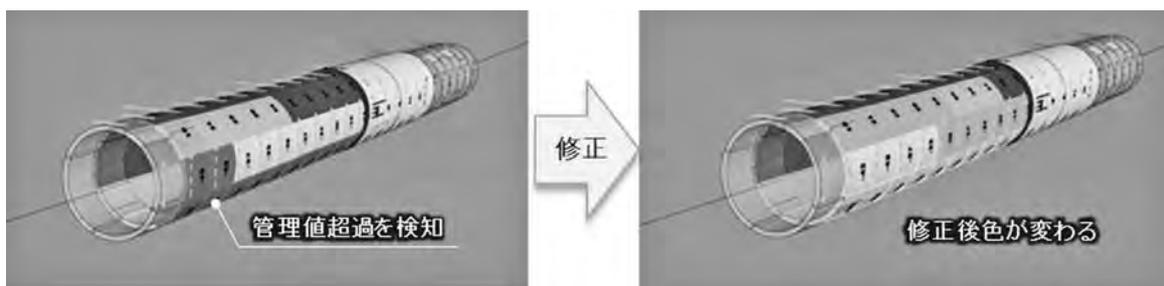
②3次元モデルによる認識

掘進・組立作業指示書の2次元・3次元モデルでのシミュレーションにより、計算ミスや入力ミスを容易に確認できるようになり、指示書作成時におけるヒューマンエラーの防止につながった。また、実際にシールド機を操作するオペレータと3次元画面を見ながら状況確認や計画の説明を行うことで、従来は指示書の数値だけで意思伝達するのに対して、作業方針の共有が容易になりお互いの認識違いによるトラブルを抑えることができた。

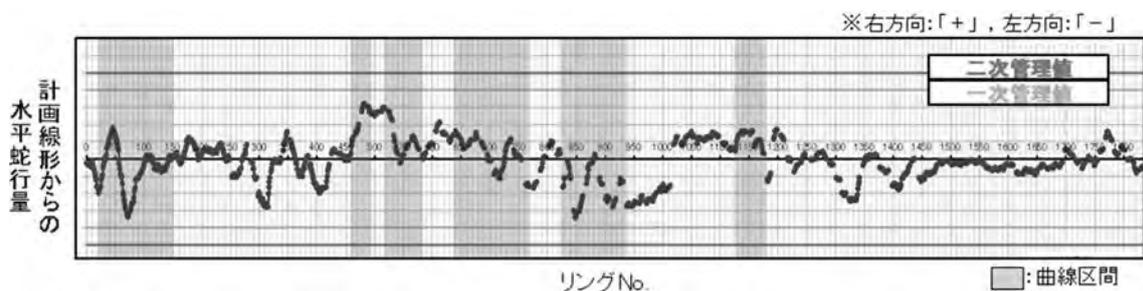
③フィードバックの迅速化

従来は1日毎や作業方毎に測量と計画の修正等を実施していたが、本システムの導入によりリアルタイムで掘進・組立状況を3次元モデルで確認できることから、施工中の現場状況に応じて迅速に計画修正や指示を行うことが可能となった。

本システムを導入した現場の水平方向蛇行量の実績を図一10に示す。掘進中に迅速な判断と対応が可能になったことで、線形逸脱等のリスク低減及び施工管理の負荷低減につながったものと考えている。



図一9 計画修正例



図一10 水平蛇行量実績

5. おわりに

本システムを導入することで、シールド工事の掘進管理における作業の効率化（生産性向上）と出来形品質の精度向上を図ることができた。

今後も適用現場を拡大し、熟練技術者の経験に基づく施工ノウハウ（暗黙知）のデジタルデータ化と施工実績の蓄積を図る予定である。

また、将来的には本システムで蓄積された作業計画と施工実績データを基にシールド工事のさらなる自動化を進め、AIを活用したシールド掘進・組立自動化

におけるコア技術の1つとして本システムをブラッシュアップする予定である。

JCMA



【筆者紹介】

大林 信彦（おおばやし のぶひこ）

鹿島建設㈱

機械部 技術3グループ





「空飛ぶクルマ」が変える社会

谷本 浩 隆

次世代モビリティとしての「空飛ぶクルマ」が近年注目を浴びており、2020年代前半の実用化を目指した取り組みが国内外で加速している。本報では、「空飛ぶクルマ」の特徴について整理した上で、この新たなモビリティがどのように社会を変えるか、とりわけ道路インフラ管理の観点からどのような影響を及ぼし得るか、という点について考察する。

キーワード：空飛ぶクルマ、空の移動革命、道路インフラ、インフラ老朽化、災害対策

1. はじめに

近年、自動車、鉄道、航空機に続く次世代のモビリティとして「空飛ぶクルマ」が注目を集めている。早ければ2020年代半ばの実用化を目指し、国内外において大手航空機メーカー、自動車メーカーやスタートアップによる開発競争が繰り広げられているなか、我が国においても政府が2023年の事業スタートを目標としたロードマップを掲げるなど、産学官連携での社会実装に向けた取組が進められている。

本格的な普及までにはまだ時間を要すると思われるものの、次世代モビリティの登場は人の移動のあり方の変化をはじめとした社会的インパクトを生起する可能性があり、社会資本の一部たる道路インフラの管理に対しても少なからず影響を及ぼすことが想像される。このため、本報においては、「空飛ぶクルマ」の特徴を整理した上で、「空飛ぶクルマ」の普及に伴う社会の変化、及び道路インフラ管理の観点からの影響について、考察する。

2. 「空飛ぶクルマ」の特徴

現段階で「空飛ぶクルマ」に明確な定義は存在しないが、現在開発中の様々な機体のコンセプトを総合すると、「①電動」「②自律」「③垂直離着陸」という3つの特徴が導かれる。

まず「①電動」という点についてだが、バッテリーとモーターで駆動することにより、内燃機関（エンジン）で駆動するヘリコプター等と比べ、静音性の向上が期待されていると共に、部品点数が少なくなること

による整備性が向上するとも言われている。

次に「②自律」という点に着目すると、当然ながら専門技能を有するパイロットを必要としない点において、運航コストの大部分を占める人件費を削減できるというメリットが指摘される。また、見方によっては、人的ミスに起因する事故を抑制できるという意味で安全性の向上に寄与し得るということも言えよう。

最後に「③垂直離着陸」という点からは、固定翼航空機のように長大な滑走路を必要とせず、限られたスペースからの離発着が可能という意味で、利用する場所の制約を受けにくいといった特徴が導き出される。

このように、「空飛ぶクルマ」は、従来の“空を飛ぶ”乗り物である航空機・ヘリコプターと比較して、静音性、利便性、コスト等の面でより日常・近距離の移動ニーズにマッチしやすい特徴を備えており、これまでは遠距離移動の場合にしか想定されなかった「空の移動」をより身近にしていくポテンシャルを秘めた乗り物と捉えられる。

3. 「空飛ぶクルマ」の社会的インパクト

前述したような特徴を持つ「空飛ぶクルマ」が実用化されることで、社会にどのようなインパクトがもたらされるだろうか。

容易に想像されるのは「移動の利便性向上」である。従来のヒト・モノの移動経路は、基本的に幹線道路や線路といった「線」のインフラによって既定されており、それが故に、ルートによっては「直線距離では近いのに遠回りをしなければならない」、「人や車が1路線に集中しすぎて渋滞（混雑）が生じる」、「目的地ま

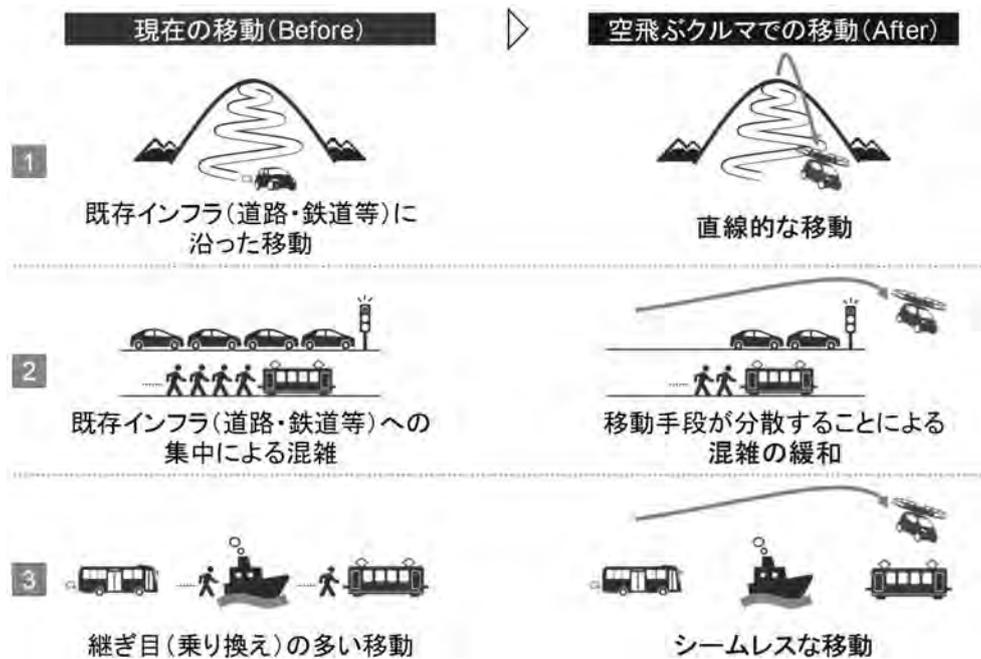


図-1 「空飛ぶクルマ」によってもたらされる移動の変化 (イメージ)

で電車・船・バス等の移動手段を何度も乗り換えていかなければならない」といった不便が生じる要因となっている。一方で、「空飛ぶクルマ」による移動は、(飛行管制ルート次第ではあるものの)基本的にはPoint to Pointの直線的な移動が可能となるため、これら既存の移動手段の不便さを解消できる可能性が高い。

実際に、諸外国においては、都市部における渋滞問題の緩和に向けたソリューションの1つとして「空飛ぶクルマ」の活用が検討されている。また、世界的にみても都市交通インフラが比較的効率的に整備されている我が国においては、離島・中山間地域等の交通不便な土地での活用というのがユースケースの1つとして挙げられている。

上述のように幹線道路や線路といった地上インフラに縛られない自由な移動が実現した社会においては、これまでと異なって人やモノが集積するポイントが分散していくことが予想される。これは、現状において主要幹線道路やターミナル駅周辺のエリアが有する相対的な優位性が希薄化する可能性を示唆している。つまりは、「まちづくり」の考え方が根本的に変わるかもしれないということだ。

更に、このような社会変化は中長期的に人々のライフスタイルや価値観にも抜本的な変化を及ぼす可能性もある。例えば、生活の拠点を自然豊かな地方の離島や中山間地域に置きながら、必要に応じて東京や大阪などの都市部でビジネスを行うといった二拠点生活を行うといったライフスタイルの拡がりなどが考えられ

る。

当然ながら、こういった社会の変化については「空飛ぶクルマ」の実現のみに直接影響されるものではなく、通信・デジタル技術の革新等の様々な要素が組み合わさってはじめて現実のものになることは言うまでもない。しかしながら、「これまで行けなかったところに行ける(行き難かったところに行き易くなる)」という移動の自由が広がることは、社会に対して一定以上のインパクトを与えるといっても過言ではないだろう。

4. 「空飛ぶクルマ」が実装された社会における道路インフラ管理

このように社会に対して多大なインパクトを及ぼす可能性のある「空飛ぶクルマ」が実装された場合、道路インフラ管理の観点からどのような影響が予想されるかにつき、考察を進めたい。

現実的な可能性としては、災害時における道路インフラの機能不全の際の代替輸送手段が確保されるという効果が期待できる。例えば、道路管理者としての国・地方自治体や高速道路運営会社等が「空飛ぶクルマ」の運航事業者と災害時の連携協定等を締結しておくことで、大規模震災や台風等でトンネルや橋梁の破損が生じた際にも救援物資の輸送や住民避難のために「空飛ぶクルマ」が活用されるといったイメージである。現在でも災害時にはヘリコプターを活用した代替輸送が実施されているが、「空飛ぶクルマ」がヘリコプター

以上に普及していることを前提とした場合、よりきめ細かなバックアップ手段が実現している可能性があるだろう。

また、特定の地域・ルートに限っては、「空飛ぶクルマ」が既存の道路インフラを完全に代替するといったシナリオも可能性のひとつとして考えられよう。我が国の道路インフラの大部分は高度経済成長期に集中的に整備されているため、今後は橋梁やトンネルといった施設の老朽化が懸念される。他方、国・地方自治体における財源不足や維持管理に係る技術者の不足等から、将来的には全てのインフラを十全に更新していくことが困難になることが予想され、特に過疎地域においてはその影響は深刻なものになると考えられる。「空飛ぶクルマ」の導入が既存の道路インフラの更新と比べて費用対効果が高いと判断される場合、従来はトンネルや橋梁の修繕・改修工事に充てられていた予算を「空飛ぶクルマ」を活用した公共サービス（住民・物資輸送）に振り分けるといったことも現実的な選択肢として考えられるようになるのではないだろうか。

5. おわりに

ここまで、次世代モビリティである「空飛ぶクルマ」が普及した未来の社会について考察を進めてきた。未だ実用化前の段階の技術・サービスを前提としているため多分に仮説の域を出ないものの、ひとつのForesightとして「空の移動革命」後のビジネスシナリオを検討する際の資として頂けると幸いである。

JCMA

《参考文献》

- ・「空の移動革命に向けたロードマップ」（2018年12月20日空の移動革命に向けた官民協議会）https://www.meti.go.jp/press/2018/12/2018122007/20181220007_01.pdf
- ・「老朽化対策の本格実施について」（国土交通省 WEB サイト）http://www.mlit.go.jp/road/road_fr4_000046.html

【筆者紹介】

谷本 浩隆（たにもと ひろたか）
デロイト トーマツ コンサルティング合同会社
航空宇宙・防衛セクター
シニアマネジャー



ずいそう

懐かしきかな青函トンネル

小林 真一



私は、昭和41年(1966)から昭和63年(1988)まで、微力で若輩者であったが青函トンネルの建設に関わることができ、また幸いにも、吉岡鉄道建設所(北海道側の現場)、竜飛鉄道建設所(本州側の現場)の本州と北海道の双方の現場に勤務することができた。当時の現場では、土木屋、電気屋、機械屋などと呼び合い(今ではこのような呼び方はしていないようだが)、私は、機械屋として建設に関わった。青函トンネルは延長53.85kmで、昭和39年より日本鉄道建設公団(現在の(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構、以下、公団)が調査坑の掘削を開始した。本州と北海道が初めて繋がったのが昭和58年貫通した先進導坑(地質調査等を目的に本坑掘削より先行して掘削されたトンネル)である。実際の列車が運行される本坑が貫通したのは昭和60年、青函トンネルが津軽海峡線として開業したのが昭和63年である。先進導坑の掘削作業体制は直轄体制と呼ばれており、公団が直接資材を調達したり、作業員の方を雇用して掘削作業を行うもので、ゼネコン等の企業に発注する請負体制とは異なるものであった。機械屋の仕事は、トンネル掘削業務に使用する建設機械(削岩機、トンネル掘進機、蓄電池機関車、排水ポンプなど)の計画、調達、整備などで、どのような機械を採用するかなどは、土木屋と多くの議論がなされた。現場勤務時、整備をして掘削現場に持ち込んだ機械が、数日のうちに故障することがあれば、土木屋からは「どんな修理をやったんだ、しっかり整備しろ」と怒鳴られ、機械屋は「使い方が乱暴だから壊れるんだ」と言い返すなどが日常茶飯事の光景であった。掘削は3交代制で行われ、それぞれの班で競争となり少しでも掘進長を伸ばしたいとの思いが強く、建設機械が故障すれば掘削作業がストップすることもある訳で、どうしても荒い言葉が飛び交うのである。私は、先進導坑の貫通が行われる時期は、竜飛鉄道建設所に勤務していた。本州と北海道が繋がる世紀の瞬間に立ち会うことが出来るという、幸運を得たのである。貫通式は昭和58年1月27日、東京の首相官邸で当時の故中曽根首相が発破スイッチを押すという、画期的な方法で行われた。私は本州側の切羽付近におり、ダイナマイトに点火された瞬間、「ド、ド、ド、

ン」という耳をつんざくような音がし、その後、本州から北海道に向かって心地よい風が流れたのを、今でも体感として覚えている。函館で行われた祝賀会において、青函トンネルを題材とした東宝映画「海峡」(吉永小百合さん、故高倉健さん等が出演)で、総司令役を演じた故森繁久弥さんからの祝電が披露された。「世紀の青函に風が通る 誰が何と言おうとこの大事業に万歳を送る 讃えるべし、人間の小さき力をもってこの大事業を成し得たことを はるか東京の空から盃をあげる 乾杯!」。この電文には、参列された方々皆が心を打たれたとのことである。先進導坑貫通を迎える半年前ころから「本州から北海道に歩いて渡りたい」との思いが、私の中で少しづつ広がっていった。土木屋の副所長も私と同じ思いを抱いていることがわかり、機会あるごとに、どうやったら歩いて渡れるだろうと打ち合わせを重ねた(もちろんお酒をチビチビやりながらである)。

○同じ思いのある多くの同僚と実行することが出来れば最高であるが、輪を広げると、必ず情報が洩れる。それを知った上司からは「必ずストップ」がかり実行は不可能となる。そんなことを考え、もう一人の土木屋の交代長を入れ3人で実行することとした。その



写真一 本州竜飛岬より北海道を見る(津軽海峡の先の遠くに見えるのが北海道白神岬付近)右下写真「竜飛岬灯台」

方は、お酒を飲んだときなどに公言しない、口の堅い人であることはもちろんである。

○いつ実行するか。貫通式後、本州側と北海道側の貫通地点に、通り抜けが出来ないように柵を設け施錠することが判っていた。設置される時期は、貫通式の翌日は業務が休みとなっているので、翌々日となる。以上の状況からどう考えても、貫通式の翌日、つまり1月28日しかないのである。我々3人は、貫通式の祝宴でのお酒を極力ひかえて翌日の「歩き」に備えることを申し合わせた。

○出で立ち。トンネルに入坑するのだから、いつもの姿で、作業服、ヘルメット、長靴とした。ほんとうは歩きやすいスニーカー等にしたかったが、会う人たちから不審に思われるのを避けるためである。

○所要時間は。本州側（竜飛）斜坑から入り、北海道側（吉岡）斜坑に出る、歩く距離は約25km、6～7時間はかかるだろう。歩く路面は、バラスト、木まくらぎで、照明も薄暗く、斜坑は1/4勾配で、特に最後の北海道側吉岡斜坑は上りとなることから相当きつい歩きになることが想定される。

1月28日午前7時、我々3人は本州側竜飛斜坑から入坑した。ただひたすら歩く。途中、巡回している蓄電池機関車と何回か遭遇するが、避難場所に退避するなどしてやりすごし、貫通地点に到達した。そこには10～20名くらいの人が入り、写真を撮ったり、貫通の岩石を採取したりしている。知っている顔も何人かいたが、「少しだけ北海道側を見てくるよ」と言って（また本州側に戻るよとの意思表示のため）、足早に貫通地点を過ぎ、一気に北海道へと歩を進めた。そして午後1時、北海道側吉岡斜坑口に3人肩を組んで同時に到達した。

かくして我々3人は「初めて津軽海峡を歩いて渡った男たち」になったのです。

我々は、その後JR松前線（既に廃線）の吉岡駅から乗車し函館へと向かった。その日は雲一つない良い天気、ローカル線の車窓から津軽海峡の向こうに竜飛岬がくっきりと見えており「今朝あの場所から海峡



写真一 青函トンネル先導導坑貫通点にて（歩いて渡った3人）

の下を歩いて来たんだ」との思いの3人は無言で車窓の先の竜飛岬を見つめていた。

本州側の現場があった竜飛岬にある慰霊碑には下記のように記されている。

青函トンネルの完成により

本州と北海道は鉄路で直結された

多くの人々が待ち望んだ

安全で安定した交通が可能となった

これが 国土の一体とひいては日本の発展に

大きく寄与することを祈念する

ねがわくは

この工事に英知と情熱をかたむけながら

青函トンネルの礎となられたかたがたの

永遠の安らかならんことを

昭和六十三年七月

青函トンネル工事関係者一同

古希を過ぎた今、改めて碑文を噛みしめるとともに、
当時を懐かしく思い出している。

《参考文献》

・「青函トンネル物語」吉井書店、昭和61年10月

—こばやし しんいち ㈱レールウェイエンジニアリング 部長—

ずいそう

ポーツマス

高見 勲



ポーツマスと聞いてピンとくる人は歴史好きである。さて、私は昭和23年生まれで、いわゆる団塊の世代である。この世代は大学紛争を経験している。ほとんど全ての大学で紛争が起こり大学は封鎖された。「小人閑ありて不善を為す」というが、毎日自堕落な生活を送っていた。することがないので、暇つぶしに始めたのが読書である。これが当時身につけた唯一のまともな習慣である。丁度この頃、世界文学全集が出て、文庫本も種類や数が増えた。それ以来、半世紀以上時間があれば本を読む。今まで趣味として、将棋、ゴルフ、俳句、油絵といろいろ手を出してみたが、能力の欠如を自覚したりしてほとんどのものに挫折したが、読書だけは続けている。

私の場合、読書に最も適した場所は乗物の中である。通勤の電車やバス、旅行での新幹線や飛行機である。私が昨年まで住んでいた名古屋には名城線といって市内をぐるっと一周する地下鉄の路線がある。一周約1時間である。気に入った本を買ったときなど名城線に乗って一周するとかなり読める。乗物の中は多少の雑音があり、かえって落ち着ける。そしてウトウトできる。私の場合30分もすると眠気が襲ってくる。これがまた気持ちよい。本は文庫本に限る。持ち運びに便利で、何より安い。私は、暇をみつけて本屋に立ち寄る。今では大手の書店が街の中心に広いフロア面積の店舗を出していて、そこに行けば新刊から旧刊までかなりのものを見ることができる。以前は、間口一間の町の本屋が至る所にあった。古本屋も多かった。天井まで本が並べられており、店はうす暗く、古本屋の主は店の奥にいて、客が入ってきても顔を上げることもなく何も言わず、本を読んでいる。愛想がない。あれで食っていけるならと、古本屋の主に憧れたことがある。

読書により、知識を広めたり教養を深めたりすることができるそうだ。ストレス解消や健康寿命が延びるといったデータもある。私の場合、読書は何のためにするのかと言えば、そこに本があるからである。「山があるから山に登る」ように、「本があるから本を読む」、ただそれだけである。何も期待せず読む。敢えて言えば楽しいから読む。読書が仕事や日常生活に役に立つ

たという記憶は全くない。本を読むと世界が広がる。時間や空間、立場を超えて自在に飛ぶことができる。太古にまで遡ることもできれば、アインシュタインにもなれるし、エベレストにも登れる。本を読むと想像力が掻き立てられる。自分が経験した情景を延長して、本に書いてある情景を想像する。トルストイの「戦争と平和」では、華やかな舞踏会、荒涼とした戦場などの場面があたかもそこにいるようにイメージとして浮かび上がる。私は、本当の舞踏会も戦争も経験したことはないが、自分で勝手に空想する。これが読書の醍醐味であろう。専門書は記述が正確で、解釈が曖昧になってはいけなのに対し、小説は読者の想像を促し、読者が勝手に理解することを許す。

私は、一つの面白い作品に出会うと、その作者の作品を続けて読む。文章の表現力、ストーリーの組立てなど秀でていたり他の作者と違った特徴があったりしたときなど、次の作品にも期待を掛ける。二作目も満足すると次々と読んでみたくなる。人情物の山本周五郎、藤沢周平、歴史小説の井上靖、司馬遼太郎、宮城谷昌光、推理小説の松本清張、横山秀夫、山岳物の新田次郎、経済物の城山三郎、海外ではトルストイやヘミングウェイなどである。これらの作者の文庫本はほとんど読み尽くした。また、同じ作品を何度も読む。2、3年あけて読むと、新しい発見ができる。

特に興味のある分野は、ノンフィクションである。気に入っている作家は吉村昭である。もう鬼籍に入っているが、結構な量を刊行している。江戸から昭和の時代までの歴史的な事件や人物を描いている。吉村ほど史実に忠実な作家はいないと言われ、ノンフィクションという分野を確立した作家である。膨大な量の資料収集や、多数の関係者との面談など綿密な取材により、史実を丹念に集めてこれを精査し、背後に隠れている因果関係を見つけ出して、この本質を炙り出す。記述においては、主観的表現を控え、事実を淡々と紹介することで言いたいことを読者に理解させ納得させる。私が吉村の作品に共感を覚えるのは、その記述や展開の手法が、事実のみに基づき、曖昧さを排除し、対象を客観的に把握し、最終的な形を作り上げるという我々技術屋が用いる手法に類似しているからか

もしれない。「事実は小説より奇なり」というが、事実を積み重ねることで人が思いつく以上の展開となり迫力のあるストーリーとなる。

数多くの吉村の作品の中で私が最も好きなものは「ポーツマスの旗」である。もう6, 7回読んだ。ポーツマスは100年以上前に勃発した日露戦争を終結させるための講和会議が開かれたアメリカ北東部の小さな街の名前である。本のクライマックスは、会議の終盤、日本の全権である小村寿太郎とロシアの全権ウィッテがともに自国の利益を確保しつつ講和を成立させようと腐心するところである。日本にとって不成立は国家の存亡に繋がる。そんな緊迫したなか、小村が慌てず騒がず淡々と交渉に臨む姿が、記録に基づく実際の発言のやりとりにより彷彿と湧き上がる。日本海海戦など日本が連戦連勝したため当時の国民感情としてはロシアから多額の賠償金と領土割譲を得ることが当然であった、しかし、成立した講和では、賠償金はなく、樺太南半分のみ割譲であり、小村は罵倒の嵐の中を帰国しなくてはならなかった。実はこのことは行く前から分かっていたことであった。それでも彼はこの損な任務を引き受け、やるべきことをやり、どのような評価を受けようとも、自らの責務を全うした。私は、これまで河川管理施設の排水機場や堰・水門などのゲート設備の設計、維持管理に関係してきた。大雨時にこれらの施設を管理、運用する立場の人の心理は、ポーツマス会議での小村の心理に重ねて見ることができる。影響の大きさや、立場の違いはあるにしても、責任を持って決断する時、当事者に加わるプレッシャーは計り知れない。慌てず騒がず、他人の評価を気にせず、最善を尽くすことは治水にも通じるところがある。

この本に触発されて、昨年ポーツマスを訪れた。人口2万人の小都市である。ボストンからバスで1時間ほどの所にある。そこは、今も本で描かれた印象に近い静かで落ち着いた田舎の町であった。街の中心に教会があり、高いビルもなく、当日は晩秋の天気の良い穏やかな日で、ブティックやレストランがある街の中心街に家族連れやカップルが歩いていた。ほとんどが白人で、中心街といっても高層ビルはなく、レンガ造

りの4,5階建ての建物が並ぶ通りがあるだけであった。

講和会議の場所は、ポーツマスを流れる川の河口に位置する島に造られた米国海軍の造船所内のビルに設けられ、今でも残されているとのことであった。川を隔てた対面に大きな公園があり、そこから遠望したが、どのビルかは分からなかった。100年前そこで、両国の全権の発言の一言一言が国の命運を左右する緊迫した状況を思い描きながら、公園に小一時間ほどいた。その公園には、講和会議のことが詳しく書かれた銅板のプレートが残されており、また別の所に記念館があり、講和成立の100周年記念行事もここで執り行われたことから、講和会議開催がこの町の誇りとなっていることが分かる。

講和会議が開催された海軍造船所には入れなかったが、日露両国の全権団が宿泊したホテルが町の中心から車で15分ほどの所であったので、そこに宿泊した。ホテルは一度潰れかけたが地元の人たちの尽力により再建された。朝食をこのホテルのレストランで摂った。幾分暗く、広いがほとんど人がおらず静かであった。窓からは手前に林、遠くに川面が見えた。小村もこんな雰囲気の中一人で食事をしたのかと想像すると、その場に居合わせたような感じがした。ホテルの外観は当時の面影を残し、内部はクラシックな作りでアンティークな家具が備えられていた。敷地内にヨットハーバーがあった。本には、道がぬかるんで車が使えないときは小蒸気艇で対岸の海軍造船所に行ったとある。実際の光景に、本で読んだ人物や状況を重ねると面白い。あたかもその時にタイムスリップしたような感じがする。本を読まずに来ていたら、このような感慨に浸ることもなかったであろう。

昨年勤めを辞めて時間は十分ある。いざそうになってみると、落ち着いて読書することができない。今まで忙しい中で時間を見つけて読書する癖がついてしまっている。しかし、私から読書を取り上げたら他に何をすればよいのだろうか。慌てずぼちぼちと読書することにしよう。ときにはうつらうつらしながら。

——たかみ いさお

元南山大学 理工学部 機械電子制御工学科 教授——

JCMA 報告

令和元年度 一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成 助成対象とする研究開発の決定のお知らせ

研究開発助成審査委員会

1. はじめに

一般社団法人日本建設機械施工協会は、令和元年度の研究開発助成対象研究開発を決定しましたのでお知らせいたします。

この「研究開発助成」は、建設機械及び建設施工に関する技術等の向上と普及を図り、もって国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与することを目的として優れた研究開発・調査研究に対して助成する制度で、本年度は第13回目となります。

本年度は、応募2件に対して研究開発助成審査委員会（委員長 阿部 雅二郎 長岡技術科学大学 教授）において厳正な審査を行い、その審査結果を参考に『VRを用いた遠隔施工における生体情報モニタリングによる作業効率評価システムの構築（立命館大学 テクノロジーマネジメント研究科 准教授 児玉 耕太氏）』の1件に対し助成することを当協会として決定しました。

なお、研究期間は令和2年4月から令和3年3月末で、研究開発成果は令和3年11月開催予定の「建設施工と建設機械シンポジウム」、機関誌「建設機械施工」等で発表される予定です。

2. 助成研究開発の概要

今回助成を決定した研究開発の概要は以下のとおりです。

- VRを用いた遠隔施工における生体情報モニタリングによる作業効率評価システムの構築
立命館大学 テクノロジーマネジメント研究科
准教授 児玉 耕太氏

無人化施工は危険区域外からの遠隔操作により、建設作業員が安全な場所で建設工事を行なえる施工手法である。無人化施工の課題として、遠隔操作型の装置や設備の準備が必要なことの他に、搭乗操作に比べ『①操作者の熟練技術が必要、②作業品質が下がる、③複雑な作業が困難、④工期が長く掛かる』などの課題があり、また、昨今の人手不足な労働環境下で無人化施

工に習熟した操作者の確保は大きな問題である。近年、自然災害が頻発しており、無人化施工への潜在的ニーズは増えつつあるが、無人化施工に対応できる熟練操作者数は十分ではなく、若年就労者不足に伴い、今後はより確保が難しくなると考えられる。そのため、優秀な技能労働者の育成と共に、操作しやすいシステムを開発する必要があるが、それを効率的に行うためには、そのための評価指標や評価方法を確立する必要がある。

熊谷組（共同研究者）は、平成28年熊本地震で大規模な斜面崩壊が発生した阿蘇大橋地区において、写真—1の土砂崩壊による二次災害を防ぎ、国道をはじめとしたインフラの復旧を安全に行うため、無人化施工技術を駆使し、崩壊現場で土砂堰堤を築造すると同時に、斜面頭部不安定土砂を除去する緊急的な対策工事を実施した。



写真—1 阿蘇大橋地区における無人化施工

その際、写真—2のように複数のテレビモニタを用いて作業を行っているが、複数のカメラと複数の平面モニタでの操作になるため、実機搭乗の操作性と著しく異なり、作業の効率性は1/2～1/3に落ちる。

そのため、申請者らは、より実機搭乗に近い操作感覚が得られると思われる360度カメラとVR（Virtual Reality：仮想現実）操作システムを構築し無人化施工への応用を検討してきた。具体的には、実験的に図—3に示すようなモーションベース構造をもつVR操



写真一2 運用されている操作システム



写真一3 VR操作システムのプロトタイプ

作システムを構築し、実験用の機材において適応検討を行ってきた。

本研究では、このシステム（写真一3）について、「実機搭乗」及び「現在運用されている無人化施工システム（写真一2）」を比較対象として、操作作業者の生体情報や作業内容を定量的に評価することにより、優位性、効率性についての検討を行う（図一1）。

具体的には、以下のように研究を進める。

1) 生体情報と作業品質および作業効率の計測システムを用いた実証実験の実施

無人化施工で機械操作する技能労働者を被験者とし、病院向けウェアラブル機器等のスマートデバイ

スによる生体情報を測定し、被験者データをサーバで蓄積するシステムを用いて、無人化施工における『①実機搭乗、②現在運用されている無人化施工システム、③VR操作システム』において、延べ約30名の各操作者の生体情報を収集し、労働環境における身体的・精神的な労働負荷について測定、分析を行う。

2) 作業品質と作業効率の意識調査による解析

- ①無人化施工の関係する労働者、監督者約10名の個人特性や作業内容に関連する観測変数及び構成概念を分析する。アンケート結果とインタビューは統計解析による分析を行なう。
- ②クラウド上にデータサーバを構築し、施工現場において収集可能な技能労働者の生体情報と、作業の品質・効率に関する計測データ、作業意識の分析結果も併せてデータベース管理する。

3) 無人化施工における品質と生産性を向上させる評価システムの開発

- ①上記2)で開発したシステムを使用し、無人化施工の建設現場において、技能労働者の作業品質と効率に関して各データ収集と分析を継続し、分析結果を無人化施工の訓練装置に反映させる。
- ②現場実験での品質及び効率化の改善効果の評価し、それら反映に関する有効性を検証する。建設機械の操作では、作業品質と生産性に関する操作者の操作習熟度を評価する。
- ③開発した本システムを用いて実証実験を3回以上実施し、無人化施工の生産性向上（20%の工期短縮）を目指し、評価システムとしての経済性と社会実装に向けた実現性を検証する。

JICMA

（研究開発助成審査委員会事務局記）



図一1 本研究の研究計画の概要

部 会 報 告

ISO/TC 195 神戸国際会議 開催報告

標準部会

2019年11月18日～22日の5日間、神戸市で第28回ISO/TC 195国際会議を開催した。TC 195（建設用機械及び装置）総会，SC 1（コンクリート機械及び装置）総会，SC 2/WG 1（道路作業機械及び関連機器—冬期保守用機器）作業グループ会議，WG 5（道路建設及び維持用機器—用語及び商業仕様）作業グルー

プ会議及びWG 9（自走式道路建設用機械及び装置の安全要求事項）作業グループ会議に，日本から多数の関係者が出席したので，事務局より詳細を報告する。

なお，今月号のグラビアでも会議の様子を紹介している。



写真—1 神戸商工会議所

表—1 ISO/TC 195 各会議日程

日 時	会 議 名
11月18日(月)	WG 9（自走式道路建設用機械及び装置の安全要求事項）会議
11月19日(火)	午前：WG 9（自走式道路建設用機械及び装置の安全要求事項）会議（前日の続き）
	午後：WG 5（道路建設及び維持用機器—用語及び商業仕様）会議
11月20日(水)	SC 1（コンクリート機械及び装置）総会
11月21日(木)	SC 2/WG 1（道路作業機械及び関連機器—冬期保守用機器）会議
11月22日(金)	TC 195（建設用機械及び装置）総会

1. はじめに

ISO/TC 195 国際会議は例年 9 月～11 月に開催され、今年は日本 (JISC) の招致により、神戸市ポートアイランド内にある神戸商工会議所の会議室において表-1 に示す日程で行われた。

各国からの出席者は、中国 (9) (幹事国)、ドイツ (9) (ツイニング幹事国)、フランス (4)、米国 (3)、韓国 (1)、インド (1) 及び日本 (39) の各 TC 195 関係者であり、5 日間を通じて 7 ヶ国 延べ 66 名と、ISO/TC 195 国際会議としてはおそらく過去最多の参加人数となった。

なお、開催に当り (一財) 日本規格協会 (JSA) 殿による平成 31 年度経済産業省委託「日本における国際会議開催」支援事業の補助を受けた他、後述する社交行事費用として、TC 195 委員各社より多大なるご支援を頂いた。

【会議開催の目的】

ホスト国として国際会議運営を主導し、TC 195 議

長国を補佐することで、日本のプレゼンス維持・向上を図る。

SC 1 議長国として SC 1 総会を運営し、各国提案の進捗を図るとともに、SC 1/WG 4 コンビナー国として日本が提案準備中の「トラックミキサ-Part 2: 安全要求」、同 WG 5 で中国が提案準備中の「コンクリート及びモルタル準備用プラント-Part 2: 安全要求」の検討を推進する他、定期見直し案件の進捗を図る。

今回新設された SC 2/WG 1 の他、WG 5、WG 9 各作業グループ会議に国内専門家と共に出席し、日本の意見を具申する。

ISO/TC 195 総会に出席し、SC 1 決議事項の報告を行うと同時に、P メンバ国として日本の意見を具申する。また、今回、総会が開催されない TC 195/SC 3 に関しても情報収集を行う。

2. 会議概要

- 1) ISO/TC 195/WG 9 会議 (11 月 18 日 (月)～19 日 (火) 午前)



写真-2 WG 9 会議風景

出席者：ドイツ (4), 中国 (4), 米国 (3), フランス (4), 韓国 (1), 日本 (11) / コンビナー：
ドイツ Hey 氏 計 27 名

ドイツコンビナーの司会で議事が進行され、次の項目につき議論された。

自走式道路建設用機械の安全規格 (EN/ISO 20500 Part 1 ~ Part 7)

Part 1：共通的要求事項

Part 2：路面切削用機械の要求事項

Part 3：道路建設・リサイクル機械の要求事項

Part 4：締固め機械の要求事項

Part 5：舗装機械の要求事項

Part 6：自走式フィーダの要求事項

Part 7：スリップフォームペーパ及び養生機の要求事項

- ISO 20500 シリーズのタイムスケジュール

自動キャンセルを回避する為の DIS 登録期限は～2019年12月となっている。ISO 及び EN で並行して DIS 投票にかけ、～2020年12月11日までに発行を目標とする。

- ISO/CD 20500 シリーズに関するトピックの残り / 宿題事項の議論及び DIS の準備

(ISO 20500-4 へ新たに Annex D を追加する提案を除き) ISO 20500 シリーズへの全コメントに対処した

- 合意事項のまとめ / 決定 及びとるべき行動

ISO 20500-4 の残る作業

・ドイツが EN 500 にある Annex D の案文を提供する (コメント No. 80 を参照)。提案は WG 内で意見照会にかけられる。

ISO/TC 195/WG 9 決定事項 1：2019-11-18 ~ 19

題目：ISO 20500 シリーズのプロジェクト期間延長 (36 ヶ月から 48 ヶ月へ)

WG 9 は、ISO 20500 シリーズ全体のプロジェクト期間を 36 ヶ月から 48 ヶ月へ延長するよう WG 9 幹事に要求する

ISO/TC 195/WG 9 決定事項 2：2019-11-18 ~ 19

題目：DIS 投票用文書提出の要求

WG 9 は、2020年1月末までに ISO 20500 シリーズの DIS 用文書を提出するよう WG 9 幹事に要求する

一次回会議予定 - 確認要

DIS 投票の結果によって、会議の時期及び所要日数が決定される。(EC 機械指令の) HAS コンサルタント及び騒音コンサルタントが参加できるよう、開催場所は欧州となる。

2) ISO/TC 195/WG 5 会議 (11月19日 (火) 午後)

出席者：ドイツ (3), 米国 (2), 中国 (4), フランス (3), 韓国 (1), 日本 (9) / コンビナー：
ドイツ Piller 氏 計 22 名

ドイツコンビナーの司会で議事が進行され、次の項目につき議論された。

道路建設及び維持用機器 - 用語及び商業仕様

1 ISO/NP 15878 アスファルトペーパ / フィニッシャー用語及び商業仕様

10/25 ~ DIS 投票が開始された。～2020/1/17 が投票締切。

2 ISO/NP 15643 瀝青結合材散布 / 吹付機 - 用語及び一般仕様

コメントに対処し、フランスが Figure 3 及び 8 d) を調整する。

文書の表題を“道路建設及び維持用機器 - 瀝青結合材散布機及び結合材散布吹付機械 / チッピングスプレッダー - 用語及び商業仕様”から“道路建設及び維持用機器 - 瀝青結合材吹付機及び同期式瀝青結合材散布機 - チップスプレッダー - 用語及び商業仕様”へ変更する。

(注記: ISO の文法において、スラッシュ “/” は「同義語」を意味する為、「機能の複合・連結」を意味するハイフン “-” に訂正する)

WG 5 は表題変更を承認する決議を TC 195 に要求する。

WG 5 は FDIS 用文書を提出するよう TC 195 に要求する。

3 ISO 22242:2005+Amd 1:2013 基本タイプ - 識別及び記述

定期見直し結果：2018/7/3 に確認された。[Doc N63] しかし、TC 195/SC 2 とのオーバーラップが潜在する為、WG 5 はかかる状況を ISO/TC 195 及び SC 2 に通知するとともに、ISO 22242 を見直す為の JWG 形成を示唆する。

4 合意事項のまとめ / 決定事項及びとるべき行動 上記 1 及び 3 の通り。

5 次回会議の日時及び場所

DIS 15878 の投票結果によって、及び / 又は次回総会に合せて開催する

3) ISO/TC 195/SC 1 総会 (11月20日 (水))

出席者：日本 (12), 中国 (7), ドイツ (1), 米国 (1), フランス (3), インド (1), 韓国 (1) / 議長：川上晃一, コミッティマネージャ：小倉公彦, SC 1/WG 4 コンビナー：清水

弘之 計 26 名 (+Web 参加 1 名)

日本議長の司会で議事が進行され、次の項目につき決議が採択された。

決議 1：謝辞

神戸での会議開催を準備し運営した日本 JISC のホスト及び事務局に謝意を表明する。

決議 2：決議起草委員会の任命

フランス・米国・ドイツ・中国・日本より 5 名が任命された。

決議 3：コミッティマネージャ報告の受理

SC 1 の 2018 年 9 月から 2019 年 11 月までの間の活動について、コミッティマネージャによる報告 (Doc N 340) が受理された。

決議 4：ISO 13105-2 コンクリート表面こて仕上げ機械 - 第 2 部：安全要求事項及び検証 - 進捗報告の受理

Zoom (Web 会議ツール) を用いた、手腕振動に関する WG 2 コンビナーの進捗報告 (Doc N 343) が受理された。引き続き WG 2 の作業に期待する。

決議 5：ISO/DIS 21573-2 コンクリートポンプ - 第 2

部：技術パラメータの試験方法 - 状況報告

WG 6 コンビナーによる状況報告 (Doc N 347) を受理した。合意に達し、DIS 投票が登録されたことを歓迎する。プログラム期間の延長 (36 ヶ月 → 48 ヶ月) をコミッティマネージャに要求する。ひとたび投票が開始されたら、各メンバ国は投票すること。

決議 6：ISO/CD 18650-1 コンクリートミキサ - 第 1 部：用語及び一般仕様 - DIS 登録

WG 7 コンビナーによるコメント (Doc N 350, 351, 352) を検討し、2020 年 2 月までに DIS 案文を準備するようプロジェクトリーダーに要求する。また、プログラム期間の延長 (36 ヶ月 → 48 ヶ月) をコミッティマネージャに要求する。

決議 7：CEN/TC 151/WG 8 との協業

CEN/TC 151/WG 8 の欧州プロジェクト状況報告 (Doc N 354) を検討した結果として、

- PWI 19711-2 トラックミキサ：第 2 部 - 安全要求事項 - EN 12609 の完了と同時に開始する為に、NWIP 投票を準備するよう WG 4 プロジェクトリーダーに要求する。このプロジェクトをウィーン



写真-3 WG 5 会議風景

協定文書とする要望を CEN/TC 151/WG 8 に伝えるよう SC 1 コミッティマネージャに要求する。

-PWI 19720-2 コンクリート及びモルタル準備用プラント：第 2 部-安全要求事項-欧州で見直し中の EN 12151 をベースとした規格化を望んでいる。

ISO 19720-2 プロジェクトの取り下げをコミッティマネージャに要求する。

CEN/TC 151/WG 8 と意思疎通を図り、ウィーン協定下で EN 12151 見直しに参加したい意向を伝えるようコミッティマネージャに要求する。

-EN 12001 見直しを開始する際は、ウィーン協定プロジェクト化を考慮すべきであると CEN/TC 151/WG 8 に要求するようコミッティマネージャに要求する。

決議 8：コンビナーの再任命

コミッティマネージャ報告 (Doc N 346) を検討し、以下の 2 名を再び任命する。

-WG 2 コンビナー Patel 氏

-WG 4 コンビナー 清水氏

次の任期は 3 年間。

決議 9：NWIP コンクリート機械-施工現場情報交換

中国の報告 (Doc N 355 ~ N 357) を検討し、Wang 女史をプロジェクトリーダーとする施工現場情報交換の PWI として登録するようコミッティマネージャに要求する。また、作業グループの形成、専門家募集の開

始を要求する。

決議 10：ISO/TPM による ISO Committee Updates ISO 業務指針の変更点に関する説明 (Doc N 342, 344) を受け、留意した。

決議 11：次回会議の開催

次回 SC 1 総会は、2020 年の ISO/TC 195 総会に合わせて計画する。来年の総会に当っては、全ての SC が総会を開催できる収容能力を有する施設を選定するよう TC 195 に要求する。

一昨年のオースティン、昨年のハンブルクでの SC 1 総会に続き、コンクリート機械の「施工現場データ交換」に関する国際標準化が中国から三たび提案され、NP (新業務項目提案) の準備段階に当る PWI (予備作業項目) として開始することが承認された (決議 9)。また、SC 2, SC 3 がそれぞれ別の日程・別の場所で次回総会開催を通知していることに触れ、参加国の便宜に配慮し、2020 年の TC 195 総会と各 SC 総会が連続した日程・同じ場所で開催されるよう、親 TC 195 による調整を要望した (決議 11)。

4) ISO/TC 195/SC 2/WG 1 会議 (11 月 21 日 (木))

出席者：ドイツ (3)、中国 (3)、米国 (2)、フランス (2)、インド (1)、日本 (12) / 議長兼コンビナー代行：ドイツ Diedrich 氏、



写真一 4 SC 1 総会出席者

コミッティマネージャ：ドイツ Schwark 氏 計 23 名 (+Web 参加 2 名)

ドイツ議長の司会で議事が進行され、次の項目につき議論された。

1：開会

SC 2 議長が第 1 回 WG 1 会議の開会を宣言し、参加者を歓迎した。(CIB 投票によるコンビナー任命～会議開催までの期日が短く) 来日できなかったコンビナー Hanke 博士に代わり、Diedrich 氏が会議を運営した。

2：専門家の点呼

日本、中国、フランス、インド、米国及びドイツ専門家が出席、各々自己紹介を行った。

2.1：作業グループコンビナーの任命

ドイツ DIN が SC 2/WG 1 “冬期保守用機器”のコンビナー及び幹事国を引き受けた。WG 1 コンビナーとして Hanke 博士が提案された。SC 2 は同氏を WG 1 コンビナーとして確認する為の CIB 投票を開始、投票報告 N 13 により承認された。

3：改訂版第 1 回議題案の採択

議題案は修正なく採択された。

4：コンビナー及び幹事報告

Schwark 氏が SC 2/WG 1 “冬期保守用機器”の設立に関する報告を行った。第 2 回 SC 2 総会の決議 2/2019 に基づき、SC 2/WG 1 コンビナー引受けの為の CIB 投票を開始、結果は N 13 として配信された。SC 2/WG 1 メンバ国はフランス、日本、インド、中国、スイス、ドイツの 6 ヶ国。

5：ISO/NP 24150 “冬期保守用機器－撒布及び噴霧用機械－一般要求事項及び定義” N 5, N 10, N 16 に関する考慮

5.1：受け取ったコメントの考察

“冬期保守用機器” SC 2/WG 1 専門家は NP 24150 に対するコメントを検討し、議論の結果を N 21 として発行した。以下のアクションをとる：

ACTION 01/2019

全ての専門家は、其々の国／地域における撒布機械の異なる使用条件、撒布条件、異なる技術、代表的な道路形状の情報を提供すると同時に、世界中の異なる地域において冬期作業がどのように行われているか把握すること。この知識は、冬期作業及びその目的に使用する機械の要求事項に関する今後の議論の前提条件となる。

ACTION 02/2019

4.7.2 項のコメントについて (コメント 8)

全ての専門家は、其々の国／地域において、スプレッ

ダへの固体及び液体撒布剤の積込み及び放荷がどのように行われるかに関する情報を提供すること。

ACTION 03/2019

4.8.2 項のコメントについて (コメント 10)

日本の専門家 (JISC) は、IP 44 が妥当とする根拠を提示すること。

ACTION 04/2019

4.8.3 項のコメントについて (コメント 11) – EN 15431

SC 2/WG 1 メンバは、其々の国／地域において用いられる冬期保守用機器のけん引車両及びそれらを接続するインターフェースに関する情報を提供すること。国家規格が存在する場合は、あわせて知らせること。

ACTION 05/2019

4.8.8 項のコメントについて (コメント 12) – EN 15430-1

SC 2/WG 1 メンバは、冬期保守用機器とけん引車両、及び管理部署の間で交信されるデータ、データ通信規約及び用いられるインターフェースの種類に関する情報を提供すること。

ACTION 06/2019

4.8.9 副項に関するコメントについて (コメント 10)

留意、要求事項をすべて再考、機能安全を考慮に入れなければならない。SC 2/WG 1 専門家は、撒布機器の機能を確実にする作業原則に関する情報を提供すること。

ACTION 07/2019

アクション 1～6 について (アクション 3 を除く)、国ごとに特有の冬期保守用機器及び作業の型式及びシステムを分析する為、SC 2/WG 1 幹事が質問票を作成する。

6：NP 24151 “冬期保守用機器－撒布機械 (グリッピングマシン) – 給送の要求事項及び試験” に関する考慮

6.1：受け取ったコメントの考察

SC 2/WG 1 専門家は NP 24151 に対するコメントを検討し、議論の結果を N 22 として発行した。

ACTION 08/2019

全ての専門家は、其々の国家的性能要求事項及び現存する試験方法、ならびにそれらの要求事項を検証する方法に関する情報を提供すること。

ACTION 09/2019

全ての専門家は、其々の国／地域における撒布機械の異なる使用条件、撒布条件、異なる技術、代表的な道路形状の情報を提供すると同時に、世界中の異なる地域において冬期作業がどのように行われているか把握すること。この知識は、冬期作業及びその目的に使用する機械の要求事項に関する今後の議論の前提条件

となる。

ACTION 10/2019

前述のアクション8及び9について、国ごとに特有の冬期保守用機器及び作業の型式及びシステムを分析する為、SC 2/WG 1幹事が質問票を作成する。アクション7も参照。

7：NP 24152 “冬期保守用機器－スノーブロー－試験の判定基準及び要求事項”に関する考慮

7.1：受け取ったコメントの考察

NP 24152 に対するコメント検討を SC 2/WG 1 専門家で開始し、議論の結果を N 23 として発行した。続きは次回会議で検討する。

以下のアクションをとる：

ACTION 11/2019

全ての専門家は、NP 24152 の適用範囲を拡張することに関して、賛成又は反対、及びその根拠を提示すること。

8：更なる条項、局面及び事項に関する議論 なし

9：次回 SC 2 総会への提言 なし

10：その他の事項 なし

11：次回会議の準備（日付、場所、宿題事項）

第2回 SC 2/WG 1 会議を 2020 年 6 月 8～9 日に

ドイツ・ベルリンにて予定、開催案内及びアジェンダは別途配信される

12：閉会

会議が滞りなく終了したことに對し、SC 2/WG 1 コンビナー Hanke 博士に代わって SC 2 議長 Diedrich 氏が謝意を表明した。今後一層、冬期保守用機器メーカー及び事業者の専門家らを ISO 国際 WG 会議参加へ動機付けるよう、国家標準化機関に対して要求する。新しい規格の開発において、最も効果的かつ効率的に専門的な議論を深める為には、これらが基本的な前提条件である。

5) ISO/TC 195 総会 (11月22日(金))

出席者：中国 (9)、ドイツ (9)、米国 (2)、フランス (2)、韓国 (1)、インド (1)、日本 (18)
／議長代行 兼 コミッティマネージャ：中国 Liu 氏 計 42 名

中国コミッティマネージャ（議長代行）の司会で議事が進行され、次の項目につき決議が採択された。

決議 1－謝辞

神戸での会議開催を準備し運営した日本 JISC のホスト及び事務局に謝意を表明する。



写真一5 SC 2/WG 1 会議風景

決議 2－決議起草委員会の任命

フランス、米国、ドイツ、日本及び中国より5名が任命された。

決議 3－コミッティマネージャ報告の受理

ISO/TC 195の活動に関するコミッティマネージャの報告(N 1354)を受理し、現在ツイニング協定下にあるパートナーの双方が、将来の協力方法について交渉するよう奨励する。

決議 4－ISO 21537-1及び-2の移管要求

ISO 21537-1及び-2をTC 195へ移管したいというTC 29/SC 5の要求を受け入れ、これら規格2件をTC 195/WG 6で引き受ける。ISO 21537-1及び-2を慎重に点検し、今後必要なアクション(確認、見直し、廃止)を計画するようWG 6に要求する。

決議 5－衝突気付き及び回避に関する報告

衝突回避に関するTC 127/SC 2/JWG 28の報告を受理し、作業継続を奨励する。

決議 6－SC 1, SC 2, SC 3, WG 5, WG 6及びWG 9の報告

SC 1, SC 2, SC 3, WG 5, WG 6及びWG 9による報告を受理する。

決議 7－TC 195/SC 3の表題及び適用範囲の編集

表題を以下の様に規定する提案に同意する：“穿孔及び基礎工事用機械及び機器”

これに合せて、適用範囲も以下の様に修正する：

建設現場で用いる穿孔及び基礎工事用機械及び機器(例えば杭打ち、圧力隔壁、ボーリング、ジェッティング、グラウティング、土壌及び岩石混合用ドリルリグ)の分野における標準化、例として

・名称・用途・分類・格付け・技術的要求・試験方法・安全要求事項

ただし以下を除外：固形鉱石物質の抽出用機器[例：ロードヘッド、コンティニューアスマイナー、ロックドリルリグ、レイズボーリングマシン、ハイウォールマイナー、LHD(ロードホウルダンプ)、マイニングオーガボーリングマシン、RMD(ラピッドマインデベロップメントシステム)](ISO/TC 82)

決議 8－ISO 15643の表題変更

ISO 15643の表題を“道路建設及び維持用機器－瀝青結合材撒布機械及び同期式瀝青結合材撒布機械－チップスプレッダ－用語及び商業仕様”へ変更するよう決議する。

決議 9－TC 195/SC 2とWG 5のJWG結成

ISO 22242見直しに当って、TC 195/SC 2とWG 5によるJWG(ジョイント作業グループ)結成の必要性を点検する。

決議 10－ISO 19433, ISO 19452見直し及びWG 7の再開

ISO 19433及びISO 19452を見直す決議12/2018に従い、WG 7の再開を決議する。米国Robert Mortl氏をコンビナーに任命し、作業案文2件を準備するよう同氏に要求すると同時に、これらを48ヶ月トラックでプロジェクト登録するようTC 195に要求する。

決議 11－ISO 11375の見直し

ISO 11375“建設用機械及び装置－用語及び定義”の定期見直し投票結果を検討し、差し当たり「確認」で対処する。ISO 11375の見直しと複数パートへの分割を推奨するドイツKampmeier氏のプレゼンテーション(2012年作成)に基づき、同規格を見直すPWIの開始を決議すると共にWG 2へ割り当てる。同作業グループのコンビナー及び専門家募集を開始する。各SC及びWGは、専門家募集に応じてWG 2への参加を奨励するようメンバへ通知すること。

決議 12－WG コンビナーの再任命

ドイツPiller氏を次の任期3年間、WG 5コンビナーに再任命する。

米国は、WG 2コンビナーMoss氏及びWG 8コンビナーYoung氏に各WGコンビナー継続の意思があるか、2019年11月末までに確認する。

決議 13－全断面トンネルボーリング機械の新たな標準を提案するプレゼンテーション

全断面トンネルボーリング機械－用語及び商業仕様の新たな標準を提案する中国SACのプレゼンテーション(N 1353)に感謝する。新業務提案を開始する為のForm 4作成を奨励する。

決議 14－リエゾンレポート

CEN/TC 151, ISO/TC 43/SC 1, TC 82, TC 110/SC 4, TC 127, TC 127/SC 3, TC 214のリエゾンオフィサーによるレポート(N 1356, N 1357, N 1358, N 1361, N 1359, N 1365, N 1360)に感謝する。

決議 15－TC 195へのリエゾン

TC 82/SC 8及びTC 297とのリエゾンを申請し、同TC文書へのアクセスを可能にする。

決議 16－ISO中央事務局報告及びニュース

ISO中央事務局報告及びニュース(N 1348)を受理し、留意する。

決議 17－次回会議の必要性

中国SACの招致に感謝し、次回TC 195総会を中国・鄭州で2020年10月12日～16日に開催する。TC 195は招待を受け入れるとともに、全てのSC及びWGの参加を歓迎する。

次回 TC 195 総会を 2020 年 10 月に中国河南省鄭州市で開催する中国提案が了承された（決議 17）。SC 3 は第 1 回総会を 2019 年 5 月にフランスで開催して間もない為、神戸では総会を開催しなかったが、次回総会及び SC 3/WG 1 会議を 2020 年 6 月 22～23 日にフランスで開催する旨を通知した。更に、SC 2 も 2020 年 6 月 8～9 日に第 2 回 SC 2/WG 1 会議をドイツで開催、8 月 19～21 日にも第 3 回 SC 2 総会、SC 2/WG 1 及び SC 2/WG 2 会議を中国で開催する旨を通知した。このまま傘下 SC の独立開催が続けば親 TC が求心力を失う恐れがあり、SC 1 決議 11 を通じて各メンバ国に TC・SC・WG 連続開催への協調を呼びかけるよう、日本から SC 1 として TC 195 に働きかけた（決議 17 の後半）。昨年ハンブルクで、道路建設機械の WG 9、WG 5 を新たなサブコミッティ SC 4 に昇格させることが提案されたが、TC 195 傘下の WG として活動するほうがより協調的との判断から、ドイツコンビナーらは今回、新たな SC 設置の推進を見送った模様である。TC 195 議長国である中国から「全断面トンネルボーリング機械用語及び商業仕様の国際標準化」が提案された（決議 13）。2016 年のパリ国際会議でも提案され、「シールド工法において先行技術を有する日本としては、国際標準化で苦杯を嘗めることのないよう、今後、中国の動向を注視する必要がある」

と誌上（2017 年 4 月号）でも報告した。その後、3 年の準備期間を経て China Railway Engineering Equipment Group Co.Ltd（中铁工程装备集团有限公司）がより具体的な提案を披露した。2020 年の TC 195 国際会議開催地・鄭州は中铁社の工場所在地でもあり、同社が TC 195 を招致したと考えられる。2012 年にドイツ・中国が定めた TC 195 議長国・幹事国ツイニング（共管）スケジュールに従い、2017～2019 年の 3 年間は中国が議長国（ドイツは補佐）だが、議長 Li 女史は今年も欠席し、コミッティマネージャ Liu 氏が前回に引き続き代行を務めた。ISO 業務指針が改正され（決議 16）ツイニング期間は最長 5 年と定められたことを受け、ツイニングに代わる新たな協力体制を両国の間で模索中とみられる（決議 3）。

※ 1 ISO 関連用語の解説

ツイニング：2ヶ国による（幹事国）協同運営，コミッティマネージャ：委員会事務局（旧・国際幹事），コンビナー：（作業グループ）主査，プロジェクトリーダー：提案の推進責任者

※ 2 ISO 規格用語の解説

TC：専門委員会，SC：分科委員会，WG：作業グループ，AHG：特設グループ，PWI：予備作業項目，AWI：活動中の作業項目，NP：新業務，WD：作



写真一六 ISO/TC 195 総会 会議風景

業ドラフト, CD: 委員会ドラフト, DIS: 国際規格ドラフト, FDIS: 最終国際規格ドラフト, CIB: 委員会内投票

※ 3 組織略語の解説

AEM: 米国機器工業会, AFNOR: フランス規格協会, ANSI: 米国規格協会, BG BAU: ドイツ建設業界専門職協会 (Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft), BIS: インド規格協会, CEN: 欧州標準化委員会, DIN: ドイツ規格協会, JISC: 日本産業標準調査会, KATS: 韓国技術規格庁, VDMA: ドイツ機械技術工業協会 (Verband Deutscher Maschinen und Anlagenbau)

3. 所感

この国際会議は今回で 28 回目になるが, 日本での開催は初めてであり, 国内関係者の協力を得て万全な準備を整え, 海外からの参加者を迎えた。SC 1 国際議長の川上氏 (日工株) は, 就任の前年から TC 195 国際会議に参加し, 2016 年フランス・2017 年米国・2018 年ドイツで多くを学ばれた。現地で体得したノウハウを活用し, 会議場所の選定からホテルとの折衝・社内スタッフ選出・物品購入手配・社交行事の計画ま

で, ホスト会社としてリーダーシップを遺憾なく発揮された。事務局ともども, 1 年前から何度も現地に足を運ばれ, 検討を重ねた甲斐もあって, 11 月 20 日 (水) の SC 1 総会は無事, 5 日間にわたる TC 195 会議を滞りなく運営することができた。

また, 11 月 18 日 (月)~19 日 (火) の WG 9, WG 5 は, これまで事務局と TC 195 国内委員長だけが (国内専門家代表として) 海外での WG 会議に参加していたが, 神戸で開催したことにより, 国内専門家にとって初めての国際会議参加が実現した。日本メーカーの認知度向上にも貢献したと思われる。

11 月 21 日 (木) の SC 2/WG 1 は, ISO/TC 297 議長も兼務している SC 2 議長 Diedrich 氏 (兼 WG 1 コンビナー代理) が, 2019 年 5 月の NP 投票において反対票を投じた日本の関係者との妥協点を見出すべく, 開催を決定した。塵芥収集車に関する TC 297 国際 WG 会議を 11 月 18~20 日に東京で開催した後, Diedrich 氏らは神戸へ移動し 21 日に第 1 回 SC 2/WG 1 会議を開催した。これにより, WG 9, WG 5 同様, 国内専門家にとって初めての国際会議参加が実現した。

11 月 22 日 (金) の TC 195 総会へは JISC 国際標準課より推進官・担当官の 2 名に出席いただき, 中国



写真一七 ISO/TC 195 総会 出席者

が主導する TC 195 にドイツ，日本，フランス，米国等が協力する国際標準化の現場状況を間近に確認して貰うとともに，ホスト国の標準化機関代表として挨拶して頂いた。

また，JSA 殿による平成 31 年度経済産業省委託「日本における国際会議開催」支援事業の補助を受ける為，TC 195 関係者以外から計 11 名の内部オブザーバ参加を受け入れた。募集に当っては，TC 127 関係者の他，（一社）日本産業車両協会殿（TC 110），（一社）日本自動車車体工業会殿（TC 297），（一社）日本ベアリング工業会殿（TC 4）からも多大な協力を頂き，より多くの国内関係者に参加いただくこととなった。

以上を鑑みるに，永年，アウェイでの参加経験しかなかった TC 195 国際会議を初めてホームグラウンドで開催できたことの意義は，非常に大きいと言える。

4. その他

今回 ISO/TC 195 国際会議の開催地として選定した神戸市は，古くから貿易の中心として栄えた神戸港を擁する商工業・観光都市である。と同時に，1995 年 1 月に発生した阪神・淡路大震災からの復興において，国際的な医学関連学会がポートアイランドの国際会議場や，三宮駅の周辺で開催されるようになり，医療分野における産学官連携の舞台となっている（図-1）。

会議場となった神戸商工会議所は，三宮-神戸空港を結ぶ「ポートライナー」（神戸新交通ポートアイランド線・自律運転式モノレール）みなとじま駅と市民広場駅のほぼ中間にある（図-2）。

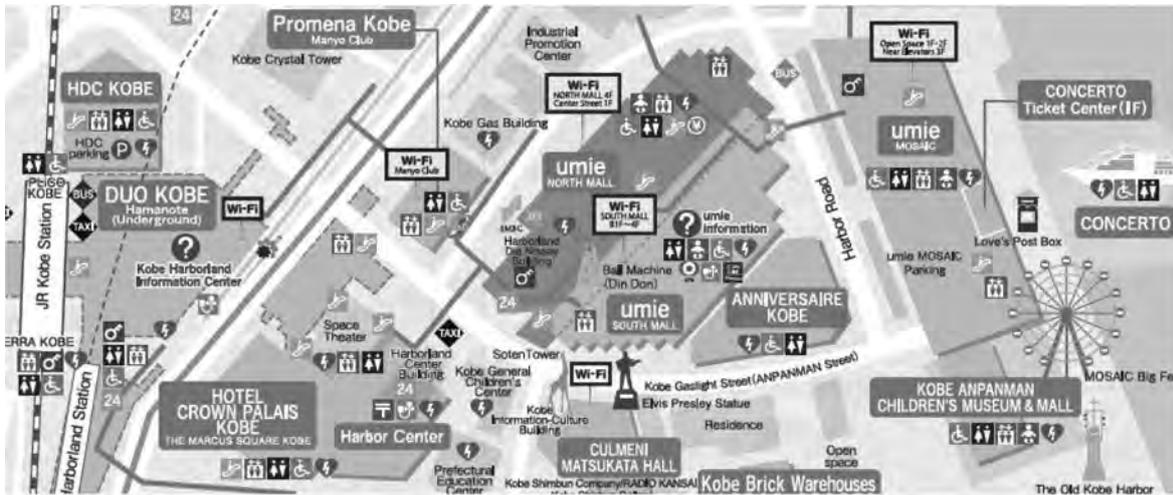
神戸商工会議所と隣接する「アリストンホテル神戸」は建物が一体になっており，会議中のコーヒープレイクには同ホテルの給仕を受けた他，昼食時は出席者全員で同ホテルの宴会場「あじさい」へ移動し，ビュッ



図-1 三宮駅-ポートアイランド周辺図



図一 2 ポートライナー路線図



図一 3 神戸駅—ハーバーランド周辺図



写真一 8 アリソンホテル神戸 宴会場「あじさい」入口

フェを利用した。

神戸商工会議所のあるポートアイランド内にはホテルが少なく、神戸—大阪エリアに多く分布するホテルからの交通手段であるポートライナー、路線バス、タクシーも朝夕には激しく混雑する。また、開催日程の

関係で、会期後半（11月21～22日）が前述の医療分野イベント（消化器関連学会）と重なり、交通混雑に加えて周辺ホテルの予約困難又は価格高騰が予想された為、通常（開催4ヶ月前）より早い6ヶ月前から会議開催に関する先行情報を各国へ発信し、参加者の注意を喚起した。

こうした悪条件にも拘らず、明石市に本社工場がある日工(株)殿の用意した案内資料には地元企業ならではの配慮が行き届いており、英文の小冊子を作成して会議場で配布したこともあり、各国参加者の反応は概ね好評であった。

4日目、11月21日（木）ISO/TC 195/SC 2/WG 1会議の終了後、日本（JISC）が主催する社交行事に各国参加者を招待した。神戸駅からほど近いハーバーランドに位置する商業施設“umie”にある複合ビル“モザイク”の1階、埠頭側に面した神戸クルーザー「コンチェルト」チケットカウンターで集合、此処から客船「コンチェルト」に52名が乗船し、神戸港を周遊



写真一 9 ISO/TC 195 社交行事参加者

するディナークルーズを楽しみ、参加者同士の親交を深めて貰った(図一3)。

社交行事の企画に先立ち、2017年に日本が主催したISO/TC 127広島総会での経験を活かし、開催費用を捻出する為にスポンサーを募ることとした。およそ1年前から準備を始め、TC 195各委員会で各社に協賛をお願いしたところ、29社もの会員から開催の趣旨に賛同頂くこととなり、ISO国際標準化活動に対する関心の高さを改めて実感した。

スポンサー各社のロゴを表示したポスターを2枚作成し、会議場及び社交行事会場に各1枚ずつ掲示した。また、前述した小冊子の裏表紙にも同様のロゴを印刷した。スポンサーの社名リスト、各社ホームページURLも掲載し、会議場でポスターを目にするだけでなく小冊子を各国へ持ち帰って貰うことで、より一層のPR効果を狙った。

「コンチェルト」の中でも最大の客室「ダイヤモンド」を借り切って開催した社交行事では、式次第に従いJCMA田崎会長による開会挨拶、日工(株)殿・辻社長



写真一 10 スポンサー表示ポスター (会議場)



写真一 11 社交行事参加者への記念品



写真—12 ISO/TC 195 社交行事風景（ロック演奏）

による挨拶と乾杯、最後に JCMA 関西支部・深川支部長による中締め挨拶が行われた。

各テーブル上には、日工(株)殿の創業 100 周年にちなんだ記念品（創業製品である工具「ショベル」をかたどったスプーンとフォークのカトラリーセット）が用意され、参加者に配布された。

また、船内の各客室を巡回する「コンチェルト」専属のピアノ奏者とソプラノ歌手によるリサイタルに加え、社交行事の一環として特別に、日工(株)殿のギター奏者（スーパースター）と歌姫による独自のアトラクションも行われた。復興ソング「しあわせ運べるように」は日本語／英訳歌詞の両方で歌われ、特に神戸出身の参加者には心に深く響いただけでなく、海外参加

者も「神戸で大きな地震があったことを初めて知った」と語っていた。エレキギターの生演奏も迫力があり、プレイヤー及び観客全員が大いに楽しんだ。これほどまでにスタッフの意気込みを感じさせ、かつ創意工夫に溢れた社交行事は TC 195 では前例がなく、「（次回の鄭州での）ハードルが上がった」と中国コミティーマネージャが苦笑いしていたほどである。

この場を借りて、日本での初開催にご賛同頂いたスポンサー各社に厚く感謝申し上げます。

以上
（標準部会事務局記）

04-412	AI 切羽評価支援システム T-Face AI : ティー・フェイス・アイ	戸田建設
--------	---	------

▶ 概 要

山岳トンネルでは、掘削を安全かつ合理的に行うために、掘削の進行に合わせて技術者が切羽観察を行う。この切羽観察は、前方の地山状況の予測や算出した切羽評価点に基づく支保パターンの妥当性の評価などの重要な日常管理業務である。しかし、技術者の技量への依存が大きく、切羽評価点にバラツキが生じやすいという問題がある。また、掘削後は速やかに吹付けコンクリート等の支保工を設置してトンネルを安定化させる必要があることや、肌落ち事故等の防止の観点から、綿密な観察時間を確保できないのが実情である。

これらの課題を解決するために、AI を用いて切羽画像データ（日々の切羽写真）から切羽評価点を判定するシステム『T-Face AI（ティー・フェイス・アイ）』の開発に着手し、現在高速道路トンネル新設工事において試験的な運用を開始した。本システムは、AI モデルを作成する学習システムと、作成したモデルで切羽判定を行う判定システムから構成され、PC 上の操作画面で簡単に使用することができる（図—1）。



図—1 判定システムの操作画面

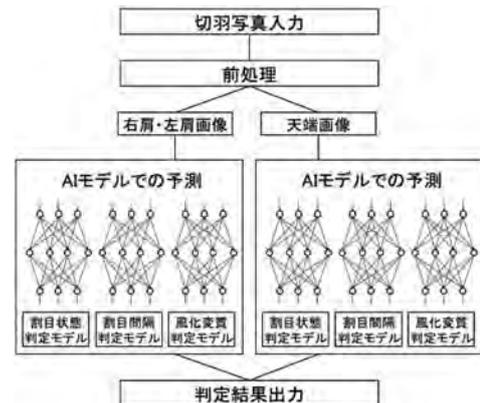
▶ 特 徴

1) システムの仕様

AI モデルに使用する CNN（画像解析用畳み込みニューラルネットワーク）は、使用頻度や使用実績、知見の多いアーキテクチャを比較検討し、最も判定精度の良い結果が得られた VGG16（オックスフォード大学）を採用した。

高速道路トンネルの切羽評価点法では、切羽の上半断面の天

端、左肩部、右肩部で、それぞれ7項目（圧縮強度、風化変質、割目間隔、割目状態、走向傾斜、湧水量、水による劣化）について評価を行うこととしているが、今回は画像で認識しやすい3項目（風化変質、割目間隔、割目状態）を対象とした。JPEG 形式の切羽写真を入力すると、システム内で前処理が施され、部位ごとに切羽評価点の判定を行う（図—2）。



図—2 切羽写真から評価点を判定する際のフロー図

2) 使用方法

学習の際は、学習システムに教師データ（不要箇所を削除した切羽写真の JPEG と技術者による評価点の CSV ファイル）と学習回数を指定する。判定の際は、判定システムにて使用する AI モデルと切羽写真を選択することで判定を行う。簡単な操作で運用が可能のため、実用性が高い。

3) 判定精度

当該トンネルと類似した地質の既施工トンネルの切羽写真と評価点のデータを用いて判定精度を検証したところ、平均約 84% の正答率が得られている。

当該トンネルでは、掘削時および既施工トンネルの切羽写真と評価点を教師データとして判定を行う。ただし試行段階につき切羽観察は従来通り技術者による評価を基本とする。工事が進むにつれて、より多くのデータを学習したモデルを作成することができるため、判定の精度は徐々に向上していくと見込んでいる。

▶ 用 途

・山岳トンネル施工に伴う切羽観察

▶ 実 績

・高速道路トンネル新設工事（上下線各約 1 km）

▶ 問合せ先

戸田建設(株) 本社土木工事統轄部 高橋浩
〒104-0032 東京都中央区八丁堀 2-8-5
TEL : 050-3818-5980

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈05〉 クレーン，インクラインおよびウインチ

20-〈05〉-02	加藤製作所 ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形) MR-250Rf PREMIUM	'19.07 発売 新機種
------------	---	------------------

最大吊上げ荷重 25 t の 2 軸ラフテレーンクレーンである。公道走行姿勢では、ブーム先端を下げたスラントブーム方式により左方視界が良好で車両全長も短く運転しやすい。クレーン作業では、旋回後端半径が小さく省スペースで設置でき、狭い現場や住宅地などで有効である。

『EJIB TYPE S』により、ブーム最縮小時の前方スペースがあれば簡単・安全・省スペースでジブの装着・格納が可能であり、ブームを起こした後に、任意のブーム長さでジブを振り上げることができる。また、ジブ装着・格納作業における運転室からの乗降回数を各々 2 回とし、高い位置での作業をなくしオペレータの労力軽減と安全性の向上を図っている。

サーチャフック (オプション) には、ハイ/ロー 2 つのオフセットポジションがあり、ウインチを使用せずブーム起伏伸縮操作のみで差込作業・壁面作業などが可能であり、限られた空間で多様な作業に対応できる。

カメラ映像表示用モニタは、12.1 インチの液晶タッチパネルであり視認性がよく、カメラ映像切り替えなどの操作は全てタッチパネルのアイコンスイッチに触れるだけで操作性もよい。

サラウンドビューシステムは、キャリヤの前後左右に搭載した合計 4 個のカメラにより、車両上面から俯瞰した映像に合成してモニタに表示させることができる。キャリヤ部に全てのカメラを配置しているため、クレーン装置が旋回してもサラウンドビュー映像を確認できる。

人検知アシストカメラシステムは、上部旋回体の左前方・左後方・右後方の 3 ケ所に専用のカメラを搭載し、画像認識技術による人検知時には、モニタに写し出された人物を赤い枠で囲うことでオペレータに視覚的に、同時発報により聴覚的にも警告する。

クリアランスソナーシステムは、キャリヤ部に合計 4 個の超音波センサーを搭載し、運転室から見えにくい車両左側と後方の障害物を検出してオペレータに視覚的・聴覚的に警告する。

走行制動装置には、ABS (アンチロックブレーキシステム) を搭載しており、急ブレーキや、路面が濡れている、または凍結しているような低摩擦路でブレーキをかけた場合にも、車輪のロックによる滑走発生を低減できる。

その他の装備として、タイヤ空気圧モニタリングシステムやカメラのレンズに付いた水滴を空気の吹出しで除去するカメラクリーナーなどをオプション設定している。

エンジンは、平成 26 年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制に適合したカミンズ製 QSB6.7-4C 型であり、排出ガス後処理装置は DOC + 尿素 SCR で、DPF を装備していないため、煤燃焼の燃料消費が発生せずメンテナンスの負担を軽減している。



写真一 加藤製作所 MR-250Rf PREMIUM ラフテレーンクレーン (伸縮ブーム形)

表一 1 MR-250Rf PREMIUM の主な仕様

最大吊上げ荷重 (ブーム)	(t)	25
最大吊上げ荷重 (ジブ)	(t)	3.0
最大吊上げ荷重 (サーチャフック)	(t)	7.5
最大地上揚程 (ブーム)	(m)	30.0
最大地上揚程 (ジブ)	(m)	38.4
ブーム長さ	(m)	6.7 ~ 29.0
ブーム起伏角度	(度)	-9 ~ 84
ジブ長さ	(m)	5.3 ~ 8.2
ジブ起伏角度	(度)	7 ~ 60
サーチャフック長さ	(m)	1.0
サーチャフックオフセット	(度)	10, -25
旋回後端半径 (カウンタウエイト)	(m)	2.23
車両総重量	(t)	24.455
エンジン最高出力	(kW/min ⁻¹)	201/2,000
エンジン最大トルク	(N・m/min ⁻¹)	990/1,500
最高走行速度	(km/h)	49
登坂能力	(tan θ)	0.60
最小回転半径 2 輪操向/4 輪操向	(m)	8.3/5.0
アウトリガ最大張出幅	(m)	6.0
全長×全幅×全高 (走行姿勢)	(m)	9.195 × 2.395 × 3.495
価格 (税抜き)	(百万円)	49

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

令和2年度 公共事業関係予算

1. まえがき

令和2年度国土交通省公共事業関係予算については、東日本大震災からの復興及び相次ぐ大規模自然災害による被災地の復旧・復興、「防災意識社会」への転換に向けた防災・減災・国土強靱化の取組、インフラ老朽化対策の推進、ストック効果を重視した戦略的な社会資本整備、観光先進国の実現、人材確保・働き方改革等の推進、持続可能な地域づくりなど我が国が直面する喫緊の課題に取り組むため、4つの分野に重点化して計上している。以下に概要を紹介する。

2. 令和2年度予算の基本方針

(基本的な考え方)

令和2年度予算においては、「被災地の復旧・復興」、「国民の安全・安心の確保」、「生産性と成長力の引上げの加速」及び「豊かで暮らしやすい地域づくり」の4分野に重点化し、施策効果の早期発現を図る。

とりわけ、気候変動の影響により頻発化・激甚化が懸念される自然災害や切迫する巨大地震等から、国民の生命と財産を守ることは最重要の使命である。このため、「防災・減災、国土強靱化のための3か年緊急対策」を集中的に実施するとともに、3か年緊急対策後も見据え、地方公共団体や民間と連携しつつ、ハード対策・ソフト対策を一体化した防災・減災、国土強靱化の取組の加速化・深化を図り、防災・減災が主流となる安全・安心な社会づくりを実現する。加えて、戦略的なインフラ老朽化対策、通学路等における交通安全対策、戦略的海上保安体制の構築に取り組む。

また、東京オリンピック・パラリンピック後も持続的な経済成長を確保するとともに、全国各地の地方創生を更に推進し、令和時代にふさわしい豊かで暮らしやすい地域社会を実現することが重要である。このため、生産性の向上や民間投資の誘発等のストック効果が高い社会資本整備の戦略的な推進、観光先進国の実現、コンパクト・プラス・ネットワークの推進、ビッグデータや自動運転等の新技術等を活用したスマートシティ・次世代モビリティの推進、誰もが安心して暮らせる住生活環境の整備等に取り組む。

これらの実施に当たっては、防災・減災、国土強靱化の取組や、消費税率引上げに伴う需要変動対策を講ずるための臨時・特別の措置はもとより、令和元年度補正予算を組み合わせる切れ目のない取組を進めていく。

(社会資本整備のあり方)

社会資本の整備は、未来への投資であり、質の高い社会資本ストックを将来世代に確実に引き継いでいかなければならない。既存施設

の計画的な維持管理・更新を図るとともに、中長期的な視点に立って、将来の成長の基盤となり、安全で豊かな国民生活の実現に資する波及効果の大きな政策・プロジェクトを全国各地で戦略的かつ計画的に展開していく必要がある。

このためには、必要な公共事業予算の安定的・持続的な確保が不可欠であり、ストック効果を重視した公共投資の推進により、国民の安全・安心や豊かな暮らしを確保するとともに、経済成長を図り、経済再生と財政健全化の双方を実現することが重要である。

(公共事業の効率的・円滑な実施等)

公共事業の効率的・円滑な実施を図るため、適正価格での契約、地域企業の活用に配慮した適切な規模での発注等に取り組む。併せて、新・担い手3法も踏まえ、中長期的な担い手の確保・育成等に向けて、国庫債務負担行為の活用等による施工時期等の平準化、新技術導入やICT等の活用によるi-Constructionの推進、適正な工期設定等による週休2日の実現等の働き方改革に取り組む。

また、限られた財政資源の中での効率的な事業執行に向け、地域のニーズを踏まえつつ、情報公開を徹底して、投資効果や必要性の高い事業への重点化を進めるとともに、地域活性化にも資する多様なPPP/PFIの推進により民間資金やノウハウを積極的に活用する。

3. 令和2年度国土交通省関係予算(国費)

事業毎の予算を表―1に示す。

4. 予算の概要

4.1 被災地の復旧・復興

- (1) 令和2年度までの10年間の復興期間の「総仕上げ」として、東日本大震災からの復興を着実に推進。
- (2) 近年相次ぎ発生している大規模自然災害に対し、基幹インフラの復旧等を着実に推進。

(1) 東日本大震災からの復興・創生

(注) 復興庁計上

(a) 住宅再建・復興まちづくりの加速…………… [0.1億円]
被災地における住まいの再建や復興まちづくりの取組を着実に推進する。

(b) インフラの整備 …………… [1,785億円]

※令和元年度補正予算731億円

被災地の発展の基盤となるインフラの着実な整備を進める。

(c) 被災地の公共交通に対する支援…………… [7億円]

被災者の暮らしを支える被災地のバス交通等について、住まいの
 再建や復興まちづくりの進捗に応じた柔軟な支援を継続する。

(d) 被災地の観光振興 …………… [34 億円]

風評被害払拭のため、地域の発案によるインバウンドの取組を支援し、地域の魅力を海外へ発信するとともに、福島県の震災復興に資する国内観光関連事業を支援する。

(2) 大規模自然災害からの復旧・復興

平成 28 年熊本地震、平成 29 年 7 月九州北部豪雨、平成 30 年大阪府北部を震源とする地震、平成 30 年 7 月豪雨、平成 30 年台風第 21 号、平成 30 年北海道胆振東部地震、令和元年 6 月山形県沖を震源とする地震、令和元年 6 月下旬からの九州地方を中心とする大雨、令和元年台風第 15 号、令和元年台風第 19 号等の近年相次ぎ発生している大規模自然災害からの復旧・復興に向け、道路、河川、砂防、港湾、下水道、公園、鉄道等のインフラの整備や被災地の住宅再建・宅地の復旧、公共交通、観光振興等に対する支援を着実に推進する。

4.2 国民の安全・安心の確保

- (1) 気候変動の影響により頻発化・激甚化が懸念される自然災害や切迫する巨大地震等へ対応するため、「防災意識社会」への転換に向けて、地方公共団体や民間と連携しつつ、ハード対策・ソフト対策を一体化した防災・減災、国土強靱化の取組を加速・深化。
- (2) 急速に進むインフラ老朽化に対応する戦略的な維持管理・更新を推進。
- (3) 公共交通等における安全対策、通学路等における道路交通安全環境の整備等により交通の安全・安心を確保。
- (4) 領海警備等に万全を期すための戦略的海上保安体制の構築等を推進。

(1) 社会全体で災害リスクに備える「防災意識社会」への転換に向けた防災・減災、国土強靱化の取組の加速・深化

(a) 「水防災意識社会」の再構築に向けた水害対策の推進 …… [6,247 億円 (1.44)] 【うち臨時・特別の措置 1,646 億円】

※令和元年度補正予算 1,756 億円

近年の水害を踏まえ、事前防災が重要との観点等から社会全体で災害リスクに備えるため、ハード整備と土地利用規制等のソフト施策が一体となった防災・減災、国土強靱化の取組を強化する。

(b) 集中豪雨や火山噴火等に対応した総合的な土砂災害対策の推進 …… [1,309 億円 (1.38)] 【うち臨時・特別の措置 324 億円】

※令和元年度補正予算 462 億円

集中豪雨や火山噴火による土砂災害に対して、事前防災等を重視し、ハード・ソフト一体となった総合的な対策を推進する。

(c) 南海トラフ巨大地震、首都直下地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震対策等の推進 …… [2,303 億円 (1.64)] 【うち臨時・特別の措置 794 億円】

※令和元年度補正予算 183 億円

切迫する南海トラフ巨大地震、首都直下地震、日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震等の大規模地震に備え、想定される具体的な被害特性に合わせた実効性のある対策を総合的に推進する。

(d) 密集市街地対策や住宅・建築物の耐震化の促進

…………… [182 億円 (1.03)] 【うち臨時・特別の措置 6 億円】

大規模地震や大規模火災の発生時における人的・経済的被害の軽減を図るため、密集市街地の改善、住宅・建築物の耐震化や防火対策等を推進する。

(e) 首里城の復元に向けた取組の推進

…………… [国営公園事業 (沖縄分) 38 億円の内数]

※令和元年度補正予算 8 億円

令和元年 10 月の火災により焼失した首里城について、首里城復元のための関係閣僚会議において策定された「首里城復元に向けた基本的な方針」に基づき、復元に向けた取組を進める。

(f) 災害対応能力の強化に向けた防災情報等の高度化の推進

…………… [47 億円 (1.38)] 【うち臨時・特別の措置 37 億円】

※令和元年度補正予算 46 億円

先進技術の活用や共有体制の構築により、豪雨等の気象情報や災害発生状況等防災上必要な情報を適確に把握・提供し、行政や住民の災害対応能力の強化を図る。

(g) 災害時における人流・物流の確保

…………… [4,094 億円 (1.56)] 【うち臨時・特別の措置 1,146 億円】

※令和元年度補正予算 388 億円

災害発生時であっても輸送ルートが確保されるよう、啓開体制を構築するとともに、地震、豪雨、豪雪等を想定した防災対策を推進する。

(2) 将来を見据えたインフラ老朽化対策の推進

…………… [6,901 億円 (1.41)]

※令和元年度補正予算 431 億円

インフラ長寿命化計画 (行動計画) に基づき、将来にわたって必要なインフラの機能を発揮し続けるための取組を推進する。

(3) 交通の安全・安心の確保

(a) 公共交通等における安全・安心の確保…………… [4 億円 (1.16)]

鉄道、自動車、航空など公共交通等における安全・安心の確保を図る取組を推進する。

(b) 踏切や通学路等における交通安全対策の推進

…………… [1,688 億円 (1.25)]

※令和元年度補正予算 175 億円

交通安全確保のため、ビッグデータを活用した生活道路対策や踏切対策、無電柱化等の道路交通安全環境の整備等を推進する。

(4) 地域における総合的な防災・減災対策、老朽化対策等に対する集中的支援 (防災・安全交付金)

[1 兆 388 億円 (1.00)] 【うち臨時・特別の措置 2,541 億円】

※令和元年度補正予算 2,292 億円

統 計

頻発する風水害・土砂災害や大規模地震・津波に対する防災・減災対策、インフラ長寿命化計画を踏まえた老朽化対策等、地方公共団体等の取組を集中的に支援する。

(5) 戦略的海上保安体制の構築等の推進

…………… [2,254 億円 (1.05)] 【うち臨時・特別の措置 43 億円】

※令和元年度補正予算 422 億円

「海上保安体制強化に関する方針」に基づく体制の強化や、海洋状況把握 (MDA) の能力強化に向けた取組など、戦略的海上保安体制の構築等を推進する。

4.3 生産性と成長力の引き上げの加速

- (1) 社会資本が機能することによって発現する生産性の向上等のストック効果を重視した社会資本整備を戦略的に推進。
- (2) 訪日外国人旅行者数 2020 年 4,000 万人、2030 年 6,000 万人等の目標の確実な達成のため、国際観光旅客税も活用し、観光先進国実現に向けた取組を拡充・強化。
- (3) PPP/PFI の推進やインフラシステムの海外展開等を通じて新たな有望成長市場の創出を図り、民間投資やビジネス機会を拡大。
- (4) 現場を支える人材の確保・育成等を加速化するため、賃金等の処遇改善や女性や若者の活躍促進、外国人の活用等による働き方改革に取り組むとともに、物流の生産性向上や i-Construction を推進。
- (5) 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会等に向けて適切に対応。

(1) ストック効果を重視した社会資本整備の戦略的な推進

(a) 効率的な物流ネットワークの強化…………… [4,304 億円 (1.04)]

※令和元年度補正予算 548 億円

大都市圏環状道路等の整備やピンポイント渋滞対策等を併せて推進し、交通渋滞の緩和等による迅速・円滑で競争力の高い物流ネットワークの実現を図る。

(b) 都市の国際競争力の強化…………… [129 億円 (1.26)]

※令和元年度補正予算 56 億円

都市の国際競争力を強化するため、大規模都市開発プロジェクトや広域連携等を推進する。

(c) 航空ネットワークの充実…………… [190 億円 (1.01)]

国際競争力の強化や訪日外国人旅行者の受入対応等の観点から、利便性の高い航空ネットワークの実現に向け、我が国の空港の更なる機能強化等を推進する。

(d) 整備新幹線の着実な整備…………… [804 億円 (1.01)]

整備新幹線について、平成 27 年 1 月 14 日の政府・与党申合せの完成・開業目標時期での確実な開業に向け、着実に整備を進める。

(e) 鉄道ネットワークの充実…………… [172 億円 (1.15)]

※令和元年度補正予算 3 億円

空港等とのアクセス向上に資する都市鉄道整備や技術開発等を進

めるとともに、幹線鉄道ネットワークのあり方に関する調査を行う。

(f) 国際コンテナ戦略港湾等の機能強化…………… [530 億円 (1.01)]

※令和元年度補正予算 35 億円

我が国産業の国際競争力の強化に向け、コンテナ船の基幹航路の維持・拡大を図るとともに、資源・エネルギー・食糧の輸入等の拠点形成の促進を図る。

(g) 地域の基幹産業の競争力強化のための港湾整備

…………… [129 億円 (1.02)]

※令和元年度補正予算 114 億円

農林水産業、製造業等の国際競争力強化に向け、フェリー・RORO 船の活用等の物流効率化に資する港湾施設や洋上風力発電促進のための基地港湾の整備を推進する。

(h) 成長の基盤となる社会資本整備の総合的支援

(社会資本整備総合交付金)

…………… [7,627 億円 (0.91)] 【うち臨時・特別の措置 349 億円】

※令和元年度補正予算 633 億円

将来の成長の基盤となる民間投資・需要を喚起する道路整備や PPP/PFI を活用した下水道事業等、地方公共団体等の取組を総合的に支援する。

(2) 観光先進国の実現

(a) 観光の持続的な発展と更なる飛躍に向けた施策の推進

…………… [841 億円 (1.04)]

※令和元年度補正予算 113 億円

観光を我が国の基幹産業へと成長させるため、これまでの取組を着実に実施するとともに、国際観光旅客税を活用したより高次元な観光施策を展開する。

(b) 社会資本の整備・利活用を通じた観光振興

観光資源としての既存ストックの公開・開放など社会資本の利活用とともに、観光客の移動円滑化等にも寄与する社会資本の整備を通じ、地域の観光振興に貢献する。

(3) 民間投資やビジネス機会の拡大

(a) ビジネスでの利活用に向けたデータ基盤や提供環境の整備

…………… [115 億円 (1.07)] 【うち臨時・特別の措置 12 億円】

※令和元年度補正予算 19 億円

ビジネスの機会拡大・効率化や新ビジネスの創出に向けて、先進技術の活用によるデータ整備やオープンデータ化を推進する。

(b) PPP/PFI の推進…………… [375 億円 (1.18)]

民間の資金やノウハウを活用した多様な PPP/PFI の推進により、低廉かつ良質な公共サービスを提供するとともに、民間の事業機会を創出し、経済成長を促進させる。

(c) インフラシステム輸出の戦略的拡大…………… [28 億円 (1.07)]

「インフラシステム輸出戦略」、「国土交通省インフラシステム海外展開行動計画」等に基づき、質の高いインフラの海外展開に向けた取組を官民一体で推進する。

(d) 造船・海運の技術革新や海洋開発等の推進 (i-Shipping,

j-Ocean)……………[140 億円 (1.05)]

※令和元年度補正予算 8 億円

造船・海運の技術革新 (i-Shipping) とともに、海洋資源・エネルギー等の開発・利用のための取組 (j-Ocean)、海洋権益の保全・確保に関する取組等を推進する。

(4) 現場を支える技能人材の確保・育成等に向けた働き方改革等の推進

(a) 建設業、運輸業、造船業における人材確保・育成、物流の生産性向上…………… [35 億円 (1.02)]

※令和元年度補正予算 10 億円

現場を支える技能人材の確保・育成や生産性の向上のため、適切な賃金設定等の処遇改善、教育訓練の充実、外国人の活躍促進等の働き方改革等を官民一体で推進する。

(b) オープンデータ・イノベーション等による i-Construction の推進…………… [25 億円 (1.35)] 【うち臨時・特別の措置 4 億円】

※令和元年度補正予算 5 億円

BIM/CIM 等の 3 次元データの利活用、AI 等を活用した新技術の開発・現場導入、地方公共団体への普及等により、生産性向上等を目的とした i-Construction を推進する。

(5) 2020 年東京オリンピック・パラリンピック競技大会等における対応

4.4 豊かで暮らしやすい地域づくり

- (1) 都市・居住機能の誘導・集約、「居心地が良く歩きたくなる」まちなかの形成、防災機能の確保、利便性が高く持続可能な地域公共交通ネットワークの実現による「コンパクト・プラス・ネットワーク」を推進するとともに、新技術や官民データの活用により地域住民の利便性や快適性が向上する「スマートシティ」、「次世代モビリティ」を推進。
- (2) 空き家や空き地等への対策を進めるとともに、地域の魅力や資源を活かした、個性・活力のある地域を形成。
- (3) 誰もが安心して暮らすことができる住宅や地域全体で子どもを育むことができる住生活環境の整備を推進。

(1) コンパクト・プラス・ネットワーク、スマートシティ、次世代モビリティの推進による持続可能な地域づくり

(a) 安全で魅力あふれるコンパクトなまちづくりの推進…………… [883 億円 (4.89)]

※令和元年度補正予算 119 億円

都市・居住機能の誘導・集約、「居心地が良く歩きたくなる」まちなかの形成のほか、近年の自然災害を踏まえ、土地利用規制や移転促進等も組み合わせた防災機能の確保により、安全で魅力あふれるコンパクトなまちづくりを推進する。

(b) スマートシティの推進…………… [2 億円 (2.01)]

※令和元年度補正予算 2 億円

新技術や官民データの活用により、都市の諸課題を解決するスマートシティを推進する。

(c) 道路ネットワークによる地域・拠点の連携…………… [2,579 億円 (1.05)]

※令和元年度補正予算 364 億円

個性ある地域や小さな拠点を道路ネットワークでつなぐことで、広域的な経済・生活圏の形成を促進する。

(d) 利便性が高く持続可能な地域公共交通ネットワークの実現…………… [303 億円]

※令和元年度補正予算 69 億円を含む

人口減少や高齢化を踏まえ、関係者の連携や ICT 等新技術の活用の促進など、利便性が高く持続可能な地域公共交通ネットワーク等の実現に向けた取組を推進する。

(2) 個性・活力のある地域の形成

(a) 地域資源を活かしたまちづくりの推進…………… [371 億円 (1.07)]

※令和元年度補正予算 10 億円

地域の歴史・景観、緑地、農地などの地域資源を活かした魅力あるまちづくりを推進する。

(b) 空き家、空き地、所有者不明土地等の有効活用の推進…………… [58 億円 (1.49)]

空き家・空き地等の低未利用不動産の有効活用の推進により生活環境の維持・向上を図り、魅力・活力のある地域の形成を図る。

(c) バリアフリー・ユニバーサルデザインの推進…………… [82 億円]

※令和元年度補正予算 54 億円を含む

誰もが安心して暮らし、活躍できる社会に向け、鉄道駅の移動円滑化やバリアフリー化された道路空間の創出、ユニバーサルデザインのまちづくりを強力に推進する。

(d) 離島、奄美群島、小笠原諸島、半島等の条件不利地域の振興支援…………… [52 億円 (1.00)]

※令和元年度補正予算 14 億円

離島、奄美群島、小笠原諸島、半島等の条件不利地域について、地域資源や地域の特性、創意工夫等を活かした取組に対する支援を行う。

(e) 「民族共生象徴空間 (ウポポイ)」を通じたアイヌ文化復興等の促進…………… [18 億円 (1.87)]

※令和元年度補正予算 33 億円

令和 2 年 4 月開業の「民族共生象徴空間 (ウポポイ)」への年間来場者数 100 万人を目指し、広報活動やコンテンツ充実等を図り、アイヌ文化の復興等を促進する。

(3) 安心して暮らせる住まいの確保と魅力ある住生活環境の整備

(a) 既存住宅流通・リフォーム市場の活性化…………… [117 億円 (1.18)]

新たな住宅循環システム構築に向けて、既存ストックの質の向上と既存住宅流通・リフォーム市場の環境整備を図る。

(b) 若年・子育て世帯や高齢者世帯が安心して暮らせる住まい

／ 統 計

の確保 …………… [1,101 億円 (1.05)]

※令和元年度補正予算 22 億円

誰もが安心して暮らすことができる住宅や地域全体で子どもを育むことができる住生活環境を整備する。

(c) 省エネ住宅・建築物の普及…………… [320 億円 (1.03)]

2030 年度の民生部門の CO₂ 削減目標の達成に向けて、省エネ住宅・建築物の普及を加速する。

(d) 消費税率引上げに伴う住宅の需要変動への対応

…………… [1,146 億円] 【うち臨時・特別の措置 1,145 億円】

2019 年 10 月の消費税率引上げに伴う住宅需要の変動を平準化し、税率引き上げ後の消費を喚起・下支えするため、住宅取得に係る給付措置等を着実に実施する。

(4) 豊かな暮らしを支える社会資本整備の総合的支援

(社会資本整備総合交付金)

…… [7,627 億円 (0.91)] 【うち臨時・特別の措置 349 億円】

※令和元年度補正予算 633 億円

コンパクト・プラス・ネットワークの推進や子育て世帯・高齢者

に対応した地域と暮らしの魅力の向上に資する取組等、地方公共団体等の取組を総合的に支援する。

5. あとがき

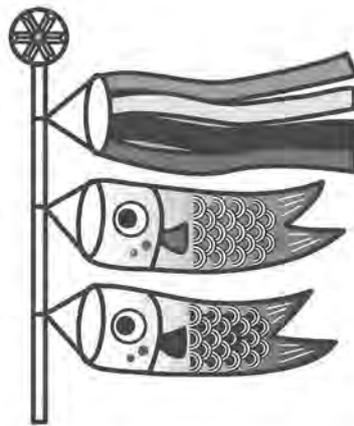
令和 2 年度予算は、平成 31 年度に引き続き「防災・減災、国土強靱化のための 3 ヶ年緊急対策」が臨時・特別の措置として加わっているため、微減ではあるが高水準を維持している。

令和 2 年度予算には、新型コロナウイルス感染拡大の影響に対する支援策は入っていない。民需の落ち込みが予想される中で、景気を支えるために公共工事の 8 割程度を占める国土交通省予算（令和元年度補正予算を含めた）の早期執行が望まれる。

新型コロナウイルスの感染が国内はもとより世界的に 1 日も早く終息し、各施策の推進によって魅力ある建設現場が実現することが期待される。

本文は、令和 2 年 1 月に国土交通省が発表した「令和 2 年度国土交通省関係予算の概要」によって作成したものである。

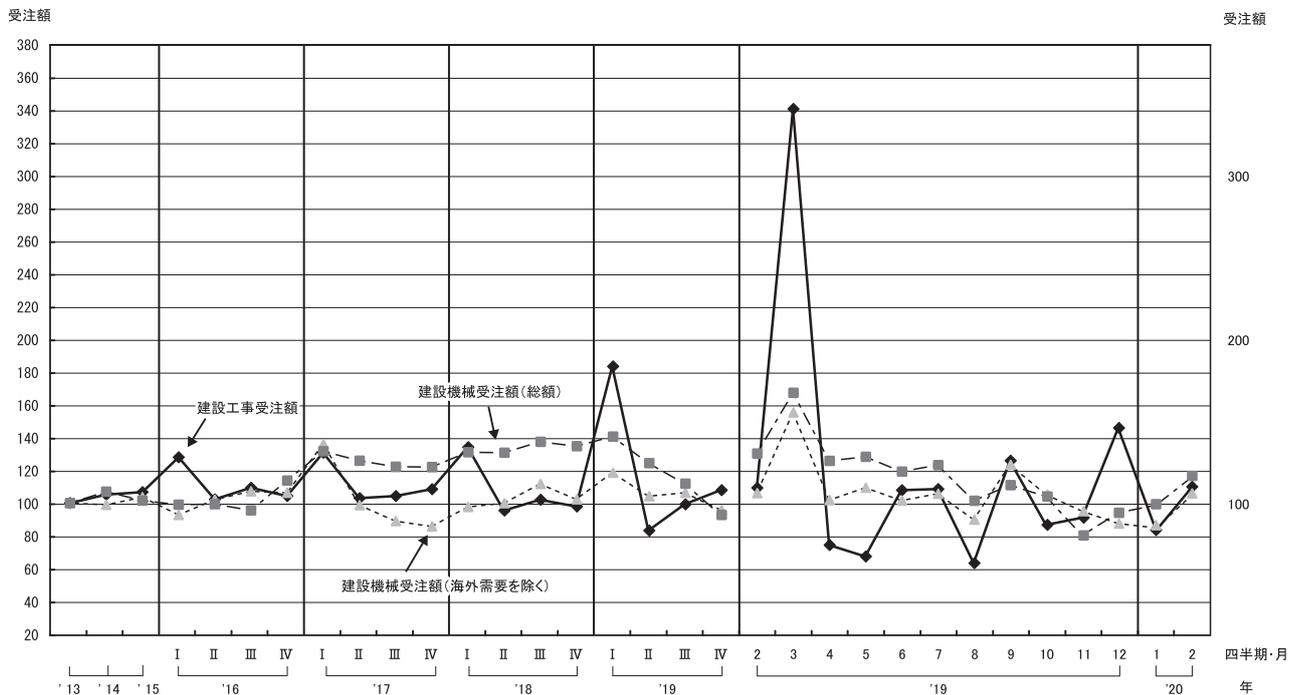
[文責：小笠原]



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 2013年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2013年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2019年 2月	12,055	8,533	1,375	7,158	2,966	382	174	8,339	3,716	165,316	12,640
3月	37,732	29,551	3,326	26,225	6,349	426	1,406	29,178	8,554	181,913	21,085
4月	8,183	6,409	1,394	5,015	1,282	369	124	4,853	3,331	179,654	9,115
5月	7,410	5,107	1,322	3,785	1,588	375	340	4,951	2,459	177,577	9,975
6月	11,907	8,683	3,285	5,398	2,583	449	193	8,455	3,453	179,151	13,337
7月	11,979	8,579	2,677	5,901	1,943	464	994	8,102	3,878	180,203	9,909
8月	6,959	4,537	1,182	3,356	1,797	400	225	4,223	2,737	176,631	11,413
9月	13,899	10,465	2,088	8,377	2,523	556	356	10,217	3,682	174,182	16,096
10月	9,558	7,314	1,812	5,502	1,674	321	249	6,979	2,579	174,522	9,732
11月	10,034	6,362	1,537	4,825	1,720	383	1,570	6,137	3,897	172,241	11,100
12月	16,113	11,771	2,266	9,504	2,819	880	623	11,353	4,760	171,724	16,276
2020年 1月	9,201	5,889	859	5,030	2,331	363	617	5,443	3,758	171,126	9,299
2月	12,135	8,202	1,743	6,459	3,075	423	436	7,563	4,572	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	13年	14年	15年	16年	17年	18年	19年	19年 2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	20年 1月	2月
総 額	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	1,864	2,397	1,799	1,835	1,705	1,763	1,449	1,586	1,487	1,145	1,344	1,420	1,668
海 外 需 要	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	1,292	1,558	1,250	1,245	1,158	1,193	965	920	920	633	873	954	1,097
海外需要を除く	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	572	839	549	590	547	570	484	666	567	512	471	466	571

(注) 2013～2015年は年平均で、2016～2019年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2019年2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

(2020年3月1日～31日)

標準部会



- ISO/TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー消費試験方法 有志会議
月日：3月23日(月)
出席者：正田明平プロジェクトリーダー(コマツ)ほか11名(Web参加)
場所：Web上
議題：4月1日開催予定のISO国際WG会議(Web)に向けた準備

レンタル業部会



- レンタル業部会
月日：3月5日(木)
出席者：平清二郎部会長ほか20名(書面決議)
議題：①分科会活動状況報告(レンタル基本約款改定案検討) ②R2年度レンタル業部会事業計画案 ③各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ④その他

各種委員会等



- 機関誌編集委員会
月日：3月5日(木)
出席者：見波潔委員長ほか5名
議題：①令和2年6月号(第844号)計画の審議・検討 ②令和2年7月号(第845号)素案の審議・検討 ③令和2年8月号(第846号)編集方針の審議・検討 ④令和2年3月号～令和2年5月号(第841～843号)進捗状況報告・確認
- 新機種調査分科会
月日：3月26日(木)
出席者：江本平分科会長ほか2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その他

支部行事一覧

東北支部



- 第3回支部運営委員会(書面表決)
月日：3月18日(水)
対象者：高橋弘支部長ほか27名
議題：①令和2年度事業計画(案)について ②令和2年度事業予算(案)について ③令和2年度表彰候補者(案)について ④その他
- 第2回EE東北2020実行委員会(文書開催)
月日：3月26日(木)
対象者：実行委員会18団体
内容：①開催の是非について ②中止した場合の出展料返金について ③次回開催(EE東北'21)時の申込優先権について

北陸支部



- 北陸ICT戦略推進委員会
月日：3月18日(水)
場所：新潟国道事務所→書面審査に変更
議題：①令和元年度のICT活用の取組状況 ②令和2年度のICT戦略推進の取組計画(案) ③取組計画(案)の提案・意見提出
- 第2回企画部会
月日：3月17日(火)
場所：新潟県建設会館→書面審議に変更
議題：①令和元年度事業報告(中間)及び決算(見込み)について ②令和2年度事業計画及び予算について ③優良建設機械運転員・整備員表彰(案)について ④北陸支部第9回総会計画について
- 第2回運営委員会
月日：3月23日(月)
場所：新潟東映ホテル→書面表決に変更
議題：①令和元年度事業中間報告及び見込み決算について ②令和2年度事業計画及び予算について ②支部団体会費の改正について

中部支部



- 第2回部会長・副部会長会議
月日：3月6日(金)
出席者：川西光照企画部会長ほか5名
場所：愛知県名古屋市中区三愛ビル
議題：①令和元年度事業報告(案) ②令和元年度決算報告(概算) ③令和2年度事業計画(案) ④令和2年度収支予算(案)等
- 第3回運営委員会
月日：3月13日(金)
場所：書面会議
参加者：所輝雄支部長ほか21名
議題：①令和元年度事業報告(案) ②令和元年度決算報告(概算) ③令和2年度事業計画(案) ④令和2年度収支予算(案)等
- 企画部会
月日：3月19日(木)
出席者：川西光照企画部会長ほか4名
場所：書面会議
議題：令和2年度総会について等

関西支部



- 企画部会
月日：3月5日(木)
場所：書面会議
出席者：村中浩昭企画部会員以下5名
議題：①令和2年度事業計画(案)及び収支予算(案) ②会員の推移 ③優良建設機械運転員等表彰の推薦 ④総会終了後の講演について ⑤今後の予定 ⑥書面会議の適用について
- 運営委員会
月日：3月18日(水)
場所：書面会議
出席者：深川良一支部長以下31名
議題：①令和2年度事業計画(案)及び収支予算(案) ②会員入退会 ③優良建設機械運転員等表彰の推薦 ④総会終了後の講演について ⑤今後の予定 ⑥書面表決

中国支部



- 第4回施工技術部会
月日：3月17日(火)
場所：広島YMCA会議室
出席者：齋藤実部会長ほか6名
議題：①令和元年度の事業実施結果について ②令和2年度の事業目標及び

実施計画（案）について ③当面の諸
課題について ④その他懸案事項

■3月期運営委員会

月 日：3月19日（木）

場 所：書面会議

参加者：河原能久支部長ほか28名

議 事：①令和2年度事業計画（案）に
ついて ②令和2年度収支予算（案）
について ③その他懸案事項

四 国 支 部



■R元第3回運営委員会

月 日：3月18日（水）

場 所：書面による会議

参加者：長谷川修一支部長ほか22名

議 題：①R2年度事業計画（案）につ
いて ②R2年度予算書（案）につい
て ③R2年度表彰予定者について
④人事異動等に伴う役員等の変更につ
いて

九 州 支 部



■第3回運営委員会

月 日：3月25日（水）

場 所：（一社）日本建設機械施工協会
九州支部会議室

出席者：松嶋支部長ほか22名（書面議
決書提出者21名を含む）

議 題：①平成31年度事業計画書（案）
に関する件 ②平成31年度収支予算
書（案）に関する件



編集後記

日本建設機械施工協会が設立70周年を迎え、令和へと改元された記念すべき平成31(令和元)年度には、おめでたい出来事や悲しい事件など様々ありましたが、後半は相次ぐ大型台風に襲われ全国的に甚大な被害を受けた挙句、新型コロナウイルスの脅威という試練が待ち受けていました。慌ただしい状況のなかで令和2年度を迎えて2か月、今春から新社会人として新たに建設機械施工の業界に携わることとなった若手の皆さんも徐々に職場の雰囲気慣れてきた頃かと思います。本誌が建設機械施工の奥深さを感じていただける一助となれば幸いです。

5月号では「トンネル特集」として最新の山岳トンネル技術やシールド技術、施工事例などをお届けしました。本誌で特集が「トンネル」として組まれたのは2016年5月以来、4年ぶりです。編集段階では特集名を「山岳トンネル、シールド工法」とする案もありましたが、多方面から原稿をお寄せいただいた結果、シンプルかつ包括的な「トンネル特集」

に落ち着きました。

最近の山岳トンネル施工における技術トレンドとして、ICTによる切羽安全対策やトンネル施工へのAI適用など、次世代トンネル施工技術につながる技術開発や施工へのICT活用が挙げられます。シールド工法においても、超大口径マシンによる施工に加え、高度なICTを利用して将来的な全自動施工を見据えることが可能になってきました。

今月号において、各社がそれぞれ独自のアプローチで最新の施工技術に取り組んでいる様子はどれも興味深く、たいへん読みごたえがあります。また今回の特集を通じ、ICTや3D可視化、AIを駆使した施工性や品質の向上、そして自動化といった技術が現代のトンネル施工におけるキーワードであり、環境や安全性の向上にもつながる基幹技術のひとつとして定着していることを改めて実感できました。

最後になりますが、業務ご多忙のなか今月号「トンネル特集」への寄稿依頼に快諾していただいた執筆者の皆様に対し、この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

(京免・瀧本)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
田中 康順	中岡 智信
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

小櫃 基住	国土交通省
安井 清貴	農林水産省
瀧本 順治	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
玉記 聡	(株)大林組
内藤 陽	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
花川 和吉	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
小六 陽一	古河ロックドリル(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

6月号「維持管理・長寿命化・リニューアル特集」予告

・社会資本の維持管理に関する取組 ・点検業務等へのAI・ロボット等新技术導入 ・民間等電子基準点に関する取組み ・システムズエンジニアリングを用いた建設機械の故障解析 ・線路設備モニタリング装置の本格導入 ・早期劣化が発生した橋梁に対するメンテナンスマネジメントシステムの構築 ・インフラモニタリングのための振動可視化レーダーVirAの開発 ・レーザを活用した高性能・非破壊劣化インフラ診断技術の研究開発 ・鉄道施設向け維持管理サービス開始/高密度点群データで線路の異常感知 ・道路構造物・設備等のインフラ計測・解析・管理支援技術 ・建設機械保全におけるオイル状態監視の自動化 ・塩害リスクのあるRC構造物に加熱改質フライアッシュを適用 ・クライミングクレーンの長寿命化への取組み ・シートパイル補強工法で液状化の被害から基礎構造物を守る ・安価で、高速施工を可能にする「スマート床版更新(SDR)システム」を開発 ・既設フィルダムの洪水吐き新設による設計洪水流量の増大化 ・3Dスキャナーを用いた大規模空間のリノベーション施工方法の開発 ・電磁探査レーダーを応用した舗装切削工法を開発

【年間定期購読ご希望の方】

- ①書店でのお申し込みが可能です。お近くの書店へお問い合わせください。
- ②協会本部へのお申し込みは「年間定期購読申込書」に必要事項をご記入のうえFAXをお送りください。

詳しくはHPをご覧ください。

年間定期購読料(12冊) 9,408円(税・送料込)

建設機械施工

第72巻第5号(2020年5月号)(通巻843号)

Vol.72 No.5 May 2020

2020(令和2)年5月20日印刷

2020(令和2)年5月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話(03)3433-1501; Fax(03)3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話(0545)35-0212
北海道支	部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	部〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18	電話(022)222-3915
北陸支	部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	部〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークス までお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO



創りつづけてきたのは、
未来でした。

国産建機誕生、90周年。

私たちが国産初のパワーショベルを完成させたのは、1930年のこと。

それはコベルコの挑戦の歴史のはじまりでした。

それ以来、時代ごとにお客様の声に耳を傾け、新たな課題を追求し、
多くの新しい技術を生み出してきました。

コベルコは、これからもユーザー現場主義に基づき、未来へ向けて次の挑戦を続けていきます。



コベルコ建機株式会社

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

www.kobelco-kenki.co.jp



草刈りの 飛び石を抑制!!

事故防止

スーパー
Super **カルマー** PRO
Rotary Scissors

回転ハサミ
&
減速システム



型式: ASK-V23
小売価格 23,800 円 (税別)

- 国土交通省 NETIS 過去登録製品
- 平成 28 年度「日本建設機械施工大賞」受賞製品

減速回転ハサミ式
58V Li-ion Super **カルマー** エレックス **elex** **NEW**
高出力
大容量
バッテリー & モーター 搭載
バッテリー刈払機セット
両手: BBH800CU
ループ: BBH800CL
(バッテリー・充電器各1個付)
小売価格: 90,000円(税別)



国立研究開発法人が従来刃との飛散比較試験を実施。詳しくは株アイデック企画部までお問い合わせください

IDECH 株式会社 **アイデック**
IDECH CORPORATION

アイデック公式ホームページ

〒675-2302 兵庫県加西市北条町栗田 182
TEL.(0790)42-6688 FAX.(0790)42-6633

<http://www.idech.co.jp> 検索



弊社 WEB サイトにて
お客様の声 公開中!

建設機械施工 広告掲載のご案内

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

■職業別購読者

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

■掲載広告種目

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

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

Santana **サンタナアートワークス**
ART WORKS

広告営業部: 田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前: 所属:

所属:

会社名(校名):

資料送付先:

電話:

FAX:

E-mail:

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送信先

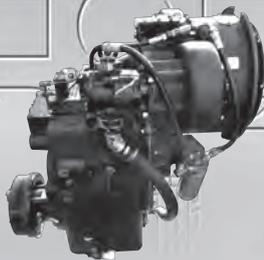
サンタナアートワークス
建設機械施工係

F
A
X

03-3664-0138

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



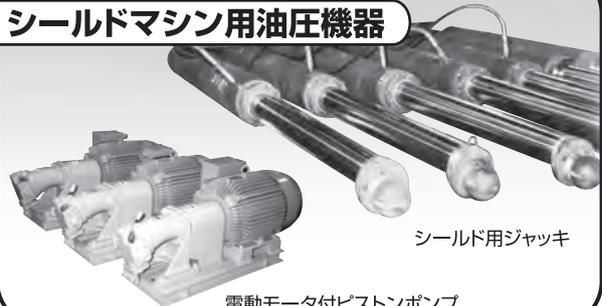
斜板式ピストンポンプ



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

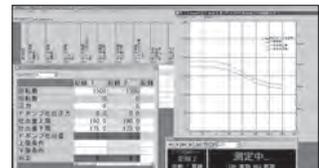
電動モータ付ピストンポンプ

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/>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー
バイプロコンパクター
 MVH-308DSC-PAS
 NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー
 MT-55H
 NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS
 NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS
 低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK
 低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社
 MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-504-3434	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9538	南九州出張所 TEL:080-1013-9558	

FA機器の 最適無線化提案

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

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

スリム ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**No.1の
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!
ストロークの異なる2種類
から選択可能!



タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!
落下にタフ、
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N
22万円~



チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



マイコン ケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**あらゆる環境での
無線化に対応!**

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

標準型
RC-6016N
20万円~



ケーブルレスミニ

Nシリーズ
微弱電波モデル対応

標準型
RC-4403N
10万円~

**ポケットサイズの
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能
(オプション)



防爆形無線機 ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ
7B/8B...微弱電波のみ
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある
危険場所での
遠隔操作に!**



双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)
特定小電力モデル対応

標準型
TC-1000808S
26万円~

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!

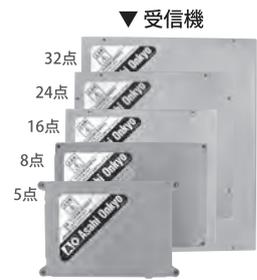


データケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**工夫次第で
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



MAX サテラ

U/Gシリーズ
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの
多操作・
特注仕様専用機!**



マイティ サテラ

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

- 操作信号数
最大32点

**特殊スイッチ、
ジョイスティック
装着可能!**



リゾナー 離操作

N/U/Gシリーズ
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型
RC-2512N
22万円~

**価格もサイズも
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・
特殊スイッチ装着可



* 価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1 (本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411
http://www.asahionkyo.co.jp/



無線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

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の位置情報、施工設計データをもとに、作業機操作のセミオート化を実現した世界初のマシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS (Global Navigation Satellite System) GPS、GLONASS等の衛星測位システムの総称。



PC200i

PC300i

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、シュースリップが起これないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。さらに、事前に設定した設計面に近づく自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ国内販売本部

〒108-0072 東京都港区白金1丁目17-3 <https://home.komatsu/jp/kcsj/>

動画で紹介



雑誌 03435-5



4910034350506
00800