

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2023

建設機械施工



Vol.75 No.2 February 2023 (通巻876号)

特集 地下・地中構造物



断面規模の小さい長距離水路トンネルにおける生産性向上の取り組み

巻頭言 都市部の地下・地中工事と地下水

特集技術報文

- 深層混合処理工法のリアルタイム先端位置計測システムの開発と現場適用
- あらゆる地山に対応した熟練技能を必要としない発破掘削技術の開発
- 都市部での大深度地下構造物構築における高品質確保のための施工上の工夫
- 国内最大級！大深度で3,700m³に及ぶ凍結工法
- 断面規模の小さい長距離水路トンネルにおける生産性向上の取り組み
- 幹線道路直下での地下鉄駅の構築 他

行政情報

- 無電柱化の取組

交流のひろば

- 都市部の地下空間の有効活用に貢献する多種多様なシールドマシン

KOBELCO

Performance  Design

新型 ミニ

SK45SR SK55SR

ミニショベルがモデルチェンジ

2023年4月順次登場

特設サイトは
こちら

iNDr+E



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

◆ 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。

【個人情報の取扱いについて】

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.jcmnet.or.jp/privacy/> をご覧下さい。

令和5年度 日本建設機械施工大賞の公募について

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

令和5年度の表彰につきましても、下記により公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

1. 表彰の目的

大賞部門は、我が国の建設事業における**建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等**により、その**向上・普及**に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、**地域賞部門**は、従来の施工方法・技術を**改良あるいは普及**させるなどの**取り組み**を通じて、**当該地域の事業者等で建設事業の推進に寄与したと認められる**業績を表彰し、もって**国土の利用、開発・保全及び経済・産業の発展に寄与**することを目的とします。

2. 表彰対象

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

3. 表彰の種類

表彰は、**各部門とも最優秀賞、優秀賞**とします。最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような提案があれば、選考委員会賞として表彰することもあります。

受表彰者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

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

4. 表彰式

本協会第12回通常総会（令和5年6月16日（金））終了後に行います。

5. 応募

「日本建設機械施工大賞応募要領」に基づく応募用紙の提出により行われます。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。なお、自薦、他薦を問いません。

応募の詳細についてはホームページ（<https://jcmanet.or.jp>）を御覧下さい。応募の締め切りは、**令和5年2月28日（火）（必着）**です。（申し込みアドレス：saito_masayoshi@jcmanet.or.jp）

6. 選考

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

7. その他

受賞業績は、概要を本協会機関誌「**建設機械施工**」及び本協会**ホームページ（HP）**に、応募業績は本協会**HP**に一覧表として掲載いたします。

以上

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

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5年2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	R4年10月	道路除雪施工の手引（第16版 2022 一部改訂）	4,950	3,960	700
2	R4年6月	日本建設機械要覧 2022 電子書籍（PDF）版	42,900	36,300	-
3	R4年6月	建設機械スペック一覧表 2022 電子書籍（PDF）版	42,900	36,300	-
4	R4年5月	よくわかる建設機械と損料 2022	6,600	5,610	700
5	R4年5月	橋梁架設工事の積算 令和4年度版	11,000	9,350	900
6	R4年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和4年度版	6,600	5,610	700
7	R4年4月	令和4年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
8	R4年3月	日本建設機械要覧 2022 年版	53,900	45,100	900
9	R3年5月	橋梁架設工事の積算 令和3年度版	11,000	9,350	900
10	R3年5月	令和3年度版 建設機械等損料表	8,800	7,480	700
11	R3年1月	情報化施工の基礎 ～i-Constructionの普及に向けて～	2,200	1,870	700
12	R2年5月	よくわかる建設機械と損料 2020	6,600	5,610	700
13	R2年5月	大口径岩盤削孔工法の積算 令和2年度版	6,600	5,610	700
14	H31年3月	日本建設機械要覧 2019 年版	53,900	45,100	900
15	H30年8月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	13,200	11,000	700
16	H29年4月	ICTを活用した建設技術（情報化施工）	1,320	1,100	700
17	H26年3月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD版】	2,200	1,980	700
18	H25年6月	機械除草安全作業の手引き	990	880	250
19	H23年4月	建設機械施工ハンドブック（改訂4版）	6,600	5,604	700
20	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,300		700
21	H22年9月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,300		250
22	H22年7月	情報化施工の実務	2,200	1,885	700
23	H21年11月	情報化施工ガイドブック 2009	2,420	2,200	700
24	H20年6月	写真でたどる建設機械 200 年	3,080	2,608	700
25	H19年12月	除雪機械技術ハンドブック	3,143		700
26	H18年2月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,520	2,933	700
27	H17年9月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,048		250
28	H16年12月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）【CD-R販売】	5,238		250
29	H15年7月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）【CD-R販売】	3,520		250
30	H15年7月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,650	1,540	700
31	H15年6月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,980		700
32	H15年6月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,980		700
33	H15年6月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	550		250
34	H13年2月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第3版）	6,600	6,160	700
35	H12年3月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第2版）	2,724	2,410	700
36	H11年10月	機械工事施工ハンドブック 平成11年度版	8,360		700
37	H11年5月	建設機械化の50年	4,400		700
38	H11年4月	建設機械図鑑	2,750		700
39	H10年3月	大型建設機械の分解輸送マニュアル【CD-R販売】	3,960	3,520	250
40	H9年5月	建設機械用語集	2,200	1,980	700
41	H6年8月	ジオスペースの開発と建設機械	8,382	7,857	700
42	H6年4月	建設作業振動対策マニュアル	6,286	5,657	700
43	H3年4月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,266	9,742	700
44	S63年3月	新編 防雪工学ハンドブック【POD版】	11,000	9,900	700
45	S60年1月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック【CD-R販売】	6,600		250
46		建設機械履歴簿	419		250
47	毎月25日	建設機械施工	880	792	700
			定期購読料 年12冊 9,408円(税・送料込)		

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

※令和5年4月1日から建設機械施工定期購読料を税込価格10,032円、また各送料を税込価格から税別価格に改訂致します。

特集	地下・地中構造物
巻頭言	4 都市部の地下・地中工事と地下水 龍岡 文夫 東京大学・東京理科大学 名誉教授
行政情報	5 無電柱化の取組 新設電柱の抑制に向けた対応方策 荒谷 芳博 国土交通省 道路局 環境安全・防災課 課長補佐
特集技術報文	9 深層混合処理工法のリアルタイム先端位置計測システムの 開発と現場適用 足立 有史 (株)安藤・間 建設本部 技術研究所 土木研究部長 グエン ホンソン (株)安藤・間 建設本部 土木技術統括部 技術第二部 地盤グループ 主任
	14 あらゆる地山に対応した熟練技能を必要としない 発破掘削技術の開発 差し角自動制御システム<プラストマスタ [®] > 垣見 康介 清水建設(株) 土木総本部 土木技術本部 地下空間統括部 部長 福田 毅 清水建設(株) 土木総本部 土木技術本部 地下空間統括部 課長 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
	20 都市部での大深度地下構造物構築における 高品質確保のための施工上の工夫 和家 由宜 大成建設(株) 東京支店 環2地下トンネル(仮称)及び築地換気所(仮称)ほか 築造工事(27一環2築地工区) 監理技術者
	26 国内最大級!大深度で3,700 m ³ に及ぶ凍結工法 田中 悠一 東急建設(株) 国際事業部 エンジニアリングマネージャー
	32 非開削トンネル構築技術「角形エレメント推進工法」の 施工実績 田中 宏典 戸田建設(株) 技術研究所 社会基盤構築部 主管 藤川 博樹 (株)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 東京支社 新横浜鉄道建設所 副所長
	39 「シミズ・シールド AI」によるシールド機自動運転の実証 増田 湖一 清水建設(株) 関西支店 新名神枚方トンネル建設所 工事長
	44 北海道新幹線羊蹄トンネル(比羅夫)のSENS施工に伴う 機械設備 川西 健之 (株)奥村組 奥村・日本国土・札建・山田特定建設工事共同企業体 羊蹄トンネル工事所 副所長
	50 断面規模の小さい長距離水路トンネルにおける生産性向上の 取り組み 水海川導水トンネル工事の例 中西 大介 (株)安藤・間 大阪支店 水海川トンネル作業所 多宝 徹 (株)安藤・間 大阪支店 水海川トンネル作業所
	58 幹線道路直下での地下鉄駅の構築 シンガポール地下鉄トムソン線 T212 工区 林 伸幸 佐藤工業(株) シンガポール支店 土木部 T212 作業所 所長
	64 小型施工機による地盤改良自動打設システム GeoPilot [®] -AutoPile の適用範囲の拡大 吉浦 彰洋 (株)不動テトラ 地盤事業本部 開発部 ICT 推進室

交流のひろば	68	都市部の地下空間の有効活用に貢献する多種多様なシールドマシン 複雑化する制約条件やニーズに対応した特殊機械・施工方法 西瀨 雅之 JIMテクノロジー(株) 川崎事業所 機械設計部 部長
ずいそう	74	絵画でストレス発散 菅 高道 菅機械工業(株) 専務取締役営業本部長
	75	コロナ禍での単身赴任・食生活 渡部 純 (株)カナモト 広域特需営業部
	78	コロナ禍での第二の人生を楽しむ 玉田 一雄 (株)福田組 建設企画部 技術部長 (広島営業所駐在)
JCMA 報告	80	一般社団法人日本建設機械施工協会 令和5年新年賀詞交歓会報告
部会報告	82	(株)日立建機カミーノ本社工場見学会報告 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会
	85	2022年 ISO/TC 127 土工機械委員会 活動報告 標準部会
	92	建設業の業況について 機関誌編集委員会
統計	99	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
	100	行事一覧 (2022年12月)
	104	編集後記 (副島・阿部・加藤)

◇表紙写真説明◇

断面規模の小さい長距離水路トンネルにおける生産性向上の取り組み

写真提供：(株)安藤・間

水海川導水トンネルは、福井県今立郡池田町で進められている足羽川ダム建設事業の一環で行う、延長4,717m、仕上がり内径8.5m、円形断面の長距離水路トンネルである。

山岳トンネルの中では断面規模が小さく、多くの施工上の制約があるため、連続ベルトコンベヤの採用やICTを活用した各種システムの開発・導入により、生産性向上・坑内環境の確保に向けた取り組みを行っている。

2023年(令和5年)2月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)……………後付1
【カ】コベルコ建機(株)……………表紙2

【サ】サイテックジャパン(株)……………表紙4
【タ】(株)鶴見製作所……………後付4
デンヨー(株)……………後付2

大和機工(株)……………表紙3
【マ】マルマテクニカ(株)……………後付5
三笠産業(株)……………後付6
(株)三井三池製作所……………表紙3

【ヤ】吉永機械(株)……………後付3

巻頭言

都市部の地下・地中工事と地下水

龍岡 文夫



わが国の都市部の表層地盤は、第四紀更新世・完新世の未・低固結の洪積層・沖積層が主体である。軟弱粘土層が現在の沿岸部だけでなく、内陸部にも点在していて、海面が100 m以上低かった最終氷期に、中小河川が安定した地盤を侵食して複雑に入り組んだ谷地形を形成して沖積粘性土が堆積し、河口が海浜に塞がれて潟・沼・池が形成されて有機質土層が極めて軟弱な表層となっている場所もある。また、一般に地下水位が非常に高い。加えて、都市部の地下・地中工事の多くは、密集戸建て住宅・集合住宅や道路・鉄道など社会基盤構造物の直下・近傍であり許容地盤変形が非常に小さい。これらのため、これらの工事は難工事となり慎重に計画・施工される。しかし、少なくない問題・事故が起きており、殆どは地下水が絡んでいると思われる。

都市部では、地下・地中構造物の建設に伴う地盤掘削やシールドトンネル工事・立坑建設やオープンでのトンネル拡幅工事等が軟弱表層地盤の内部や近傍で行われることが多い。工事現場を地下連続壁で囲い必要に応じて薬液注入を行っても、揚水によって周辺地盤で地下水位が低下することがあり、許容地盤沈下が小さい場合は慎重な対応を要する。加えて、通常都市部の表層地盤では地下水の自然供給が少ないため、山岳トンネル工事とは比較にならない少量の湧水によって、予期せぬ地盤沈下問題が生じる場合がある。工事現場は洪積地盤であり地下水位低下による地盤沈下問題は生じなかったが、堆積軟岩層内の未固結砂層と洪積層・沖積層内の砂礫層が局所的でも連続していて、300～400 mも遠方の腐植土層を含む軟弱層で地下水位が2 m程度低下しただけでも、密集戸建て住宅地で地盤沈下問題が生じた例もある。

一方で、工事に伴う揚水・湧水によって低下した地下水位がリチャージによって完全でなくとも1/3程度でも回復すれば、地盤沈下の進行は止まるようである。また、地下水位低下によって沈下が生じやすい地盤では、工事に関係なく二次圧密による長期残留沈下が継続している場合が多い。工事開始前から地盤沈下の面的・深度方向の計測を開始して、工事中・後に計測さ

れた地盤沈下が自然残留沈下であることを示した事例がある。

シールドトンネルは、難しい地盤条件でも慎重かつ適切に施工・管理すれば、安全にかつ周囲の環境を保全して建設できる。沖積層・洪積層よりも古い第三紀鮮新世～第四紀更新世古期の地層では、泥岩質堆積軟岩は安定していて地盤変状問題は生じにくい。しかし、礫層が混在する砂質土層は未・低固結であり厚さが40 mを越す場所もある。砂質土層は良く締まっており自然状態では非常に安定していて、N値は一般に50を遥かに越える。このため施工中も常に安定、と思込むと危険である。地下水位以下の地層で、施工によって有効拘束圧が低下し浸透力を受けた場合は塑性流動化する虞がある。切羽の前方・上方でそれが起こると、設計地山掘削土量を越えた土量を取り込み過大な地盤沈下・地盤陥没が生じる可能性が出てくる。過剰掘削土量はシールドトンネルの施工が地盤に与える影響の直接的な指標なので、掘削中・掘削休止中を通して連続的かつ定量的に算出し、施工管理に反映するのが望ましい。しかし、正確な算定には難しい点があるため、そのような施工管理は一般的ではないようである。具体的な算定式はシールド形式・工法と堆積軟岩・低未固結砂礫層・軟弱粘土層など土質の違いなどによって異なるであろうが、出来る限り現場毎に算定式を検定して、算出結果を反映して施工管理を行うべきであろう。そのような管理によって過剰掘削が限定された箇所が生じた段階で検知できれば、切羽安定のための応急対応と充填注入・裏込め注入などの複数の対処によって過大な地盤沈下・地盤陥没を防げられると思われる。これらは、シールドトンネル工事の安全・安心な施工に関するガイドライン(令和3年12月、シールドトンネル施工技術検討会)で強調されている。

以上筆者の限られた経験に基づいて議論したが、コスト・工期の制約が厳しい中でも、経験則を重視した上で、地盤工学・地質学に基づいた地盤の現状と変化の正確な把握に基づいた適切な対応を迅速に行うのが基本、と言う点は正しいと思う。

行政情報

無電柱化の取組

新設電柱の抑制に向けた対応方策

荒谷 芳博

無電柱化は、「防災性の向上」、「安全性・快適性の確保」、「良好な景観形成」の観点から重要な施策である（図－1）。

また、災害の激甚化・頻発化等によりその必要性は高まっている。

令和3年5月に策定された新たな「無電柱化推進計画」では、無電柱化の推進に関し総合的かつ計画的に講ずべき施策を掲げている。

本稿では、この施策の中から、今年度とりまとめた新設電柱の抑制に向けた対応方策を中心に紹介する。
キーワード：無電柱化，防災，道路

1. はじめに

我が国では、昭和60年代初頭から、電線類を地中へ埋設するなど無電柱化について計画的に取り組まれてきており、一定の整備が図られてきた。

しかしながらその水準は、欧米はもとよりアジアの主要都市と比較しても大きく立ち後れている状況である。

また、全国には依然として、道路と民地をあわせて約数千万本の電柱が建っており、減少するどころか毎年数万本単位増加しているのが現状である。

本稿では、令和3年5月25日に策定された「無電柱化推進計画」の概要や、令和4年4月20日に公表した新設電柱の抑制に向けた対応方策について紹介する。

道路の
防災性能の向上

<電柱の倒壊による道路閉塞>

通行空間の
安全性・快適性の確保

<歩行の支障となる電柱>

良好な景観形成



<美観を損ねる電柱・電線>

図－1 無電柱化の目的

2. 無電柱化推進計画について

「無電柱化の推進に関する法律」（平成28年法律第112号）第7条の規定に基づく国土交通大臣決定の計画として、「無電柱化推進計画」を令和3年5月25日に策定した。

本計画では、無電柱化の推進に関する基本的な方針として、

- ・新設電柱を増やさない
(特に緊急輸送道路は電柱を減少させる)
- ・徹底したコスト縮減を推進する
- ・事業の更なるスピードアップを図る

の3つをポイントとし、無電柱化の推進に関し総合的かつ計画的に講ずべき施策を位置づけている。このうち、新設電柱の抑制については、

- 1) 道路事業と併せた無電柱化の実施
- 2) 市街地開発事業等における無電柱化の推進
- 3) 電柱の増加要因を踏まえた新設電柱の抑制を掲げている。

3) については、関係者が連携して新設電柱の増加要因を調査・分析を行い、その増加要因毎に関係者で役割分担の上、削減に向けた対応方策をとりまとめることとしている。この対応方策などについて紹介する。

3. 新設電柱の抑制に向けた対応方策

無電柱化推進計画では、「新設電柱を増やさない」を取り組み姿勢の1つに掲げている。

これを受けて、令和3年度、関係省庁（国土交通省、資源エネルギー庁、総務省）が連携して新設電柱の増加要因の調査・分析を行い、その結果を踏まえた対応方策を令和4年4月にとりまとめた。

まず、令和3年度の電柱（電力柱+通信柱）の新設状況については、約4.8万本増加となった（図-2）。

	新設	撤去	増減
合計	約25.3万本	約20.5万本	約4.8万本
うち電力柱	約14.4万本	約8.9万本	約5.5万本
うち通信柱	約10.8万本	約11.6万本	▲約0.8万本

図-2 令和3年度の新設電柱調査結果概要

(1) 電力柱の新設ケース

電力柱の新設（約14.4万本）のうち、供給申込や再エネ発電設備への接続に係るものが約7.0万本。このうち、約8割が個別の家屋新築等に伴う供給申込によるものである（図-3）。

要因	増減
供給申込	約5.6万本（80%）
うち市街地開発事業等に係るもの	約0.4万本（6%）
うち個別の家屋新築等に伴うもの(上記以外)	約5.2万本（74%）
再エネ発電設備への電線の接続に係るもの	約1.4万本（20%）
合計	約7.0万本（100%）

図-3 電力柱の新設ケース

(2) 電力柱の新設場所

電力柱の新設のうち、民地に約7割、官地に約3割が設置されている（図-4）。

場所	増減
民地	約5.2万本（74%）
官地	約1.8万本（26%）
うち道路区域	約1.2万本（17%）
うち道路区域以外(公園、河川区域等)	約0.5万本（7%）
合計	約7.0万本（100%）

図-4 電力柱の新設場所

(3) 新設電柱の抑制に向けた対応方策

電柱が新設されるケースを類型化し、ケースごとに対応方策を立案した（図-5）。

(4) 対応方策の事例紹介1

緊急輸送道路に電柱が新設されたケースがあったことから、緊急輸送道路全線において新設電柱の占用制限措置を対応方策とした。

具体的には、緊急輸送道路約9万kmのうち約7万6千km（約85%）において、道路法第37条に基づく、新設電柱の占用を禁止する措置を実施（国管理約2万kmは100%）しているが、全線での措置に至っていない都道府県・市町村について、関係省庁の協力も得つつ、整備局等による支援を通じて措置の実施を促す（図-6）。

(5) 対応方策の事例紹介2

続いて、道路の沿道民地に電柱が新設されたケースがあったことから、対応方策として届出対象区域の導入について紹介する。

緊急輸送道路をはじめ道路区域では、電線類の地中化などを進め、災害時に電柱等が倒壊することによる道路閉塞の防止に取り組んでいる。一方で、道路区域外の沿道の民地に設置された電柱等による道路の閉塞の危険もある。

このため、令和3年に「届出・勧告制度」を創設し、沿道の民地のうち道路管理者が指定した届出対象区域の中に電柱を設置する場合、設置者は道路管理者に対

電柱新設のケース	対応方策
<p>ケース①</p> <p>一定規模の住宅建設等（市街地開発事業等外）に伴う供給申込</p>	<p>【①-1:施工法の効率化】</p> <p>(1)上下水道と同時期に予め電力管路を設置する新たな施工法を検討【電力】</p> <p>【①-2:無電柱化に係るコストの削減】</p> <p>(1)ケーブル、機器等の標準化と共同調達によるコスト削減【電力】</p> <p>(2)側溝や小型ボックスの活用等低コスト手法の普及拡大【電力・通信、道路、都市】</p>
<p>ケース②</p> <p>市街地開発事業等に伴う電柱新設</p>	<p>【②-1:費用負担の見直し】</p> <p>(1)電線共同溝法の指定を受けた地区内の幹線道路の無電柱化について、R3年度に補助対象を拡充【都市】</p> <p>(2)電線共同溝法の指定道路以外でも、一般送配電事業者が費用を一部負担するよう託送供給等約款を改定【電力】するとともに、施行者等負担分についてR4年度に新たな支援制度を創設【都市】</p> <p>【②-2:施工法の効率化】</p> <p>(1)無電柱化のスピードアップに向けた一体的な設計・施工の実施拡大【電力・通信、道路、都市】</p> <p>【②-3:普及啓発】</p> <p>(1)自治体職員に向けたガイドラインの作成等（取組事例の横展開を含む）【道路、都市】</p>
<p>電柱新設のケース</p>	<p>対応方策</p>
<p>ケース③</p> <p>既存の配電網から離れた住宅や施設への供給ルートの建設</p>	<p>【③:優先度に応じた対応】</p> <p>(1)レジリエンスの観点から重要なルートについて、低コスト化手法を活用しながら無電柱化を実施【電力・通信】</p>
<p>ケース④</p> <p>再エネ発電所の建設に伴う電柱新設</p>	<p>【④:太陽光発電の分割抑制】</p> <p>(1)保安規制の順守徹底と不要な電柱増加を防ぐため、太陽光発電など発電設備の分割規制を強化【電力】</p>
<p>ケース⑤</p> <p>緊急輸送道路及び沿道民地への電柱の新設</p>	<p>【⑤:緊急輸送道路の被害拡大防止】</p> <p>(1)緊急輸送道路全線において新設電柱の占用制限措置を行うため、整備局等より市町村へ措置の導入を促す。【道路】</p> <p>(2)沿道民地において届出対象区域の導入を図る(直轄国道から優先的に導入)。【道路】</p>
<p>電柱新設のケース</p>	<p>対応方策</p>
<p>ケース⑥</p> <p>供用後1年以内の道路に電柱新設</p>	<p>【⑥:道路整備時の無電柱化】</p> <p>(1)同時整備の課題把握、自治体へ趣旨の徹底を促す【道路、都市】</p> <p>(2)郊外の緊急輸送道路等について、道路整備と同時に管路等を埋設する整備を推進する。【電力・通信、道路、都市】</p>
<p>ケース⑦</p> <p>個別や数戸の住宅や施設等への供給申込による電柱新設</p>	<p>【⑦:既設電柱の削減】</p> <p>(1)既設の電柱の効率的配置による電柱の削減や、電力線と通信線の共架を推進する。【電力・通信】</p> <p>(2)無線基地局や病院等の重要施設への単線の供給ルート等を選定し、道路状況等に応じて、無電柱化を実施【電力・通信】</p> <p>(3)光ファイバーの地中化を図るための下水道管の活用【通信】</p> <p>(4)緊急輸送道路については、電柱の更新時期や道路の拡幅工事等に合わせた移設や電線共同溝による無電柱化を図る。【電力・通信、道路】</p> <p>(5)自治体や事業者による小規模開発の無電柱化事例を、新たに数戸の住宅開発を行う事業者に対しPRし、無電柱化を促す。【電力・通信】</p>
<p>ケース⑧</p> <p>運用の改善</p>	<p>【⑧:相談窓口の設置】</p> <p>・無電柱化に際して電力会社との調整が難航した場合の相談受付や、関係省庁において同様の事例が把握された場合には、エネ庁に情報提供するなどの連絡・相談体制を整備する。【電力】</p>

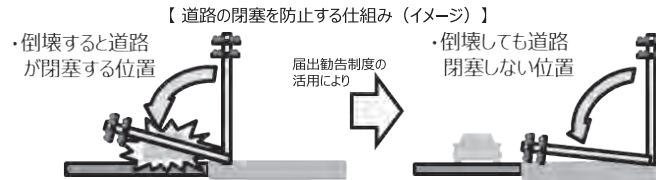
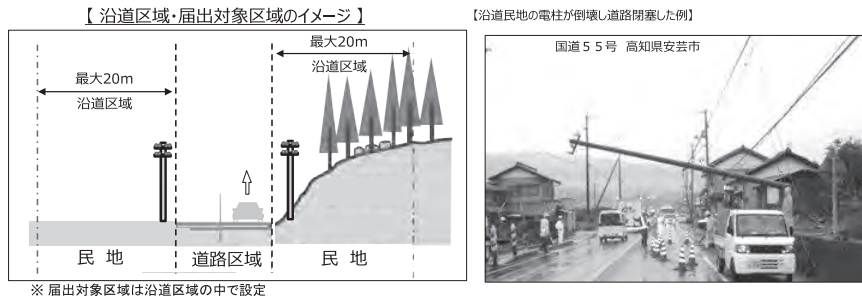
図一 5 電柱新設のケースと対応方策

して「届出」を行い、道路管理者は道路閉塞のおそれがある場合には必要に応じて設置場所の変更等の「勧告」を行えることとした。

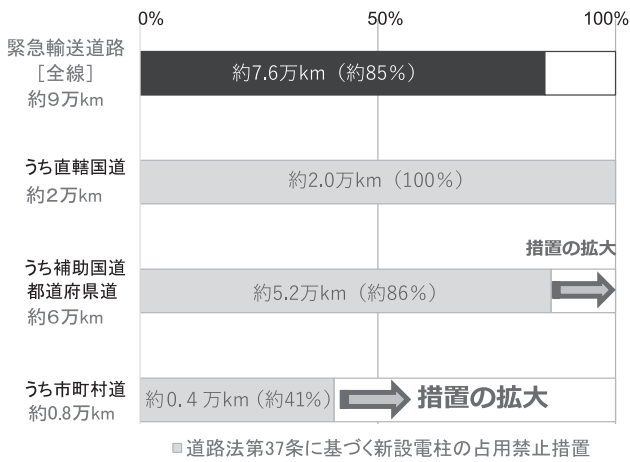
本制度について、全国で初めて、届出対象区域の指定に向けた手続きを直轄国道8箇所を開始したところ

である（図一7）。

これら事例紹介を含め、令和4年4月に公表した「電柱の増加要因を踏まえた新設電柱の抑制に向けた対応方策」については、今後、関係省庁が連携して対応方策を推進し、新設電柱の抑制に取り組む。



図一七 対応方策事例2



図一六 対応方策事例1

4. おわりに

「道路の防災性の向上」, 「通行空間の安全性・快適性の確保」, 「良好な景観形成」などの観点から, 無電柱化の機運が高まり, いかにコスト縮減の推進, 事業のスピードアップ, 新設電柱の抑制を図るかが重要である。

また無電柱化を加速するためには, 関係省庁, 道路管理者, 電線管理者, 地方公共団体, 地元関係者との連携が不可欠である。

今回紹介した内容をはじめ, 無電柱化に関する内容を幅広く国土交通省 HP で紹介しているので参考にしてください。

JICMA

【筆者紹介】
 荒谷 芳博 (あらたに よしひろ)
 国土交通省 道路局 環境安全・防災課
 課長補佐

深層混合処理工法のリアルタイム先端位置計測システムの開発と現場適用

足立 有史・グエン ホンソン

防災・減災対策の推進，都市部の地下空間利用の多様化など，掘削や地盤改良を含む基礎工事における大深度化のニーズが高まっている。一方，施工の大深度化により出来形不良リスクの増加や近接構造物との接触など周辺環境への影響が懸念される。さらに手戻りや手直しが発生した場合，工程やコストにも大きく影響を与える。これらのリスクを回避するために深層混合処理工法を対象に施工中リアルタイムに攪拌翼の先端位置を計測可能な大深度先端計測システムを開発した。施工中にオペレーターおよび工事関係者が攪拌翼の先端位置をリアルタイムに管理することを目的としている。本論文では，システムの特徴および実施工へ適用事例について述べる。

キーワード：地盤改良，深層混合処理工法，リアルタイム位置計測，可視化，ICT

1. はじめに

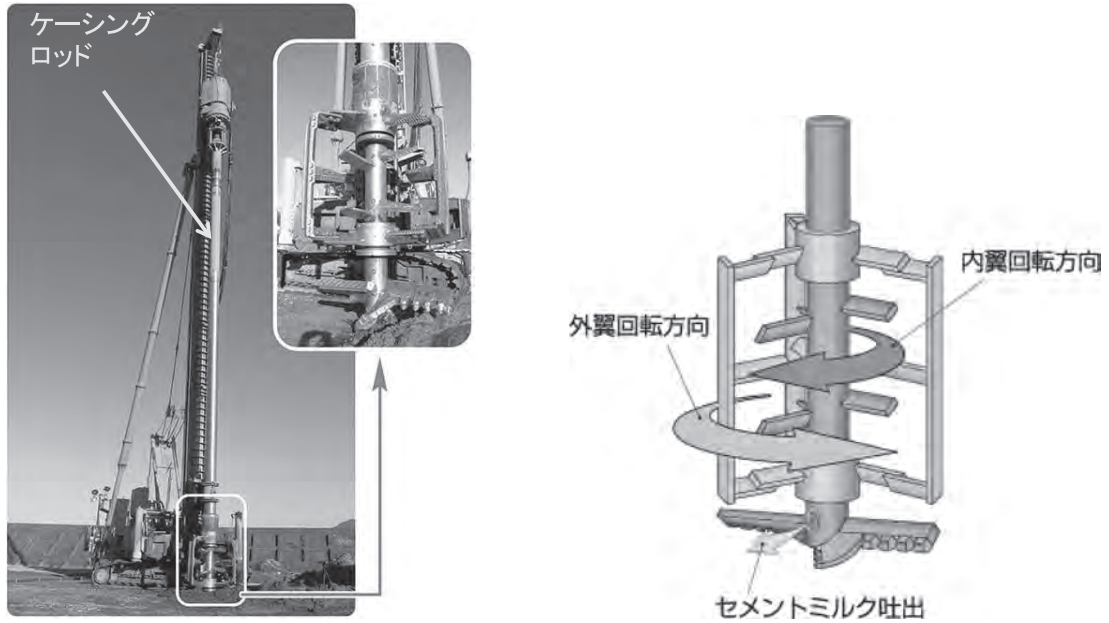
近年，防災・減災対策の推進，都市部の地下空間利用の多様化など，掘削や地盤改良を含む基礎工事における大深度化のニーズが高まっている。一方，施工の大深度化により出来形不良リスクが増加したり，近接する構造物に接触するなど周辺環境への影響が懸念されている。さらに手戻りや手直しが発生した場合，工程やコストにも大きく影響を与える。特に施工深度40mを超えるような大深度施工では，削孔軌道が正規の位置からずれると支持力，変形抑制，遮水性能など地盤改良の品質低下が懸念される。また，供用中の埋設構造物と近接して施工する場合，所定の離隔を確保しながら施工する必要もある。これらのことから，地中での削孔機先端の位置を含む様々な施工情報をリアルタイムに見える化し，共有・分析が可能な技術のニーズが高まっている。

これらのリスクを回避するため，大深度施工が可能な相対攪拌式深層混合処理工法を対象に施工中リアルタイムに攪拌翼の先端位置を計測可能な大深度先端計測システムを開発した¹⁾。本システムは，施工機材のケーシングロッド内部に設置した2軸傾斜計と一連の通信装置により，操作中のオペレーターおよび工事関係者が攪拌翼の先端位置をリアルタイムに管理することを目的としている。本稿では，システムの特徴および実施工へ適用事例について述べる。

2. 相対攪拌式深層混合処理工法の概要

相対攪拌式深層混合処理工法「Deep Cement Stabilization Method：DCS工法」（以下，本工法と記す）²⁾は，スラリー状に混練したセメントあるいはセメント系固化材を原地盤に吐出しながら，原地盤と固化材を相対攪拌機能により強制的に混合・攪拌を行うことで，均質な大口径改良体を造成する深層混合処理工法である。図1に施工機械の概要と攪拌翼の形状を示す。先端の攪拌翼は相対攪拌式を採用しており，外翼と内翼が逆方向に回転することで地盤のつれ回り・共回り現象を防ぎ，高品質の改良体を造成することが可能である。

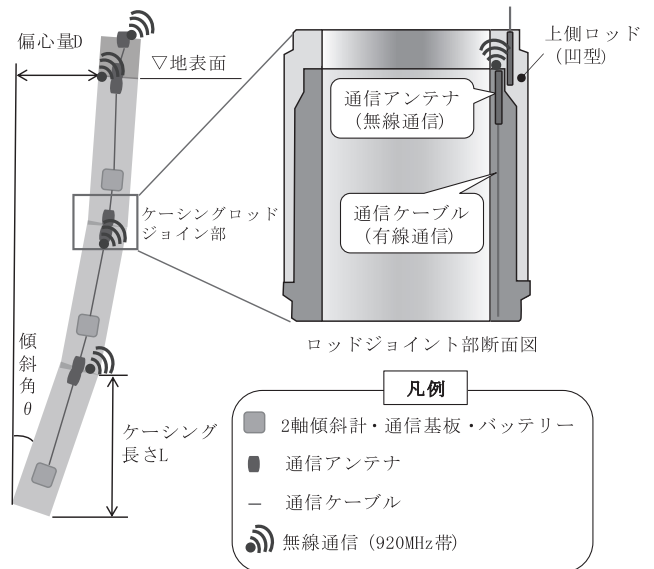
本工法の改良径は，1,000mm～2,500mmに対応可能である。施工可能深度は，最大50mであり，礫径300mm，標準貫入試験でのN値<40の硬質地盤への適用も可能である。近年の大深度施工の需要に対応した大口径，大深度，硬質地盤対応型の深層混合処理工法である。大深度施工ではケーシングロッドを複数本継ぎ足すことで所定の深度まで改良を行う。このような施工条件においてこれまでロッドにセンサー等を取り付け計測する方法は検討されたが，ケーシングロッドの脱着に伴うデータ通信の構築や施工性が大きく低下するという問題が解決されるまでに至っておらず実用化には課題があった。



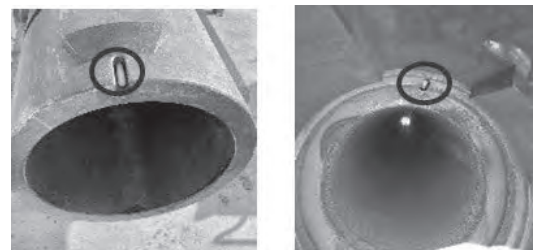
図一 相対攪拌式深層混合処理工法の施工機と攪拌翼

3. 計測システムの構成・特徴

図一2に本システムの計測原理とデータ無線通信方法を示す。本工法は10mのケーシングロッドを継足し最大50m程度の大深度地盤改良が可能である。このロッド1本ごとに2軸傾斜計を設置した。ケーシングロッドごとに傾斜を計測し、ケーシングロッド長及び傾斜量から深度方向の掘削位置を算出する方法を採用した。傾斜計は通信基盤とバッテリーを一体型としてロッド内部の収納ボックスに配置した。傾斜計の計測データの通信方法は、ケーシングロッド内は通信ケーブルを用い、また、ケーシングロッドのジョイント部はアンテナを介した無線通信とした。無線通信には電波周波数920MHz帯を採用している。データは、深部から順次浅部の通信基盤に配信される(マルチホップ通信)。最浅部の通信装置は常に地上に位置しており、そこから有線でオペレーター室内に設置するデータ処理専用端末に転送される。これまで困難とされていたケーシングロッドのジョイント部の地中・水中無線通信を可能にしたことで、ケーシングロッドの脱着作業に影響を受けることなく、安定的に計測およびデータ通信が可能となった。図一3にジョイント部(凸部、凹部)に設置したアンテナの状況を示す。ジョイントは挿入式で専用ボルトを用いて固定される。ジョイントを挿入した際のアンテナ間の距離は7mmとなる。別途実施した水中無線通信実験では、清水中でアンテナ同士の離隔が60cm以下であれば安定した無線通信が可能であることを確認済みである。図一4に本システムを搭載したDCS機の全景を



図一2 計測とデータ通信の原理



(a) ジョイント凸部 (b) ジョイント凹部

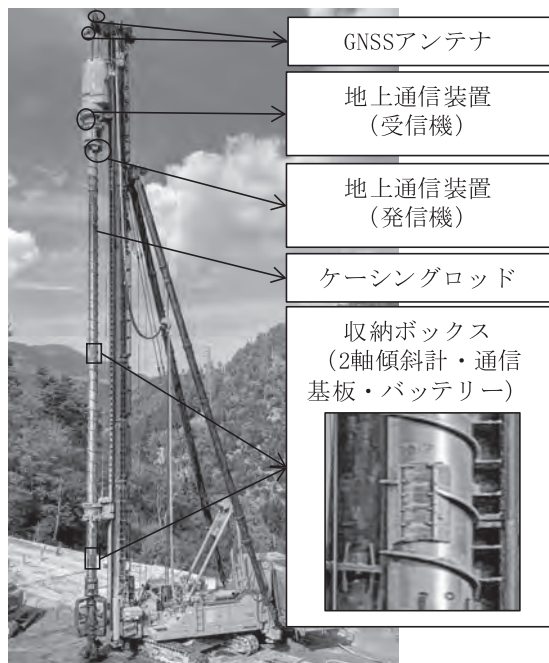
図一3 ジョイント部にアンテナを取付けた状態

示す。ケーシングの収納ボックス、地上通信装置(発受信機)及び全球測位衛星システム(GNSS)アンテナにより構成されている。バッテリーは通常施工において約1か月間の連続使用が可能な仕様とした。

本システムで採用した傾斜計は、分解能が0.01度と高精度仕様である。地上で実施した確認試験で、計測誤差を0.1度以下（深度40mに対して誤差7cmに相当）の高精度で計測できることを確認した。また、

専用ソフト上で計測モードとして一定間隔（最低間隔が5秒）及び任意タイミングを自由に指定でき、リアルタイムにケーシングロッドの姿勢と変位量を確認できる。

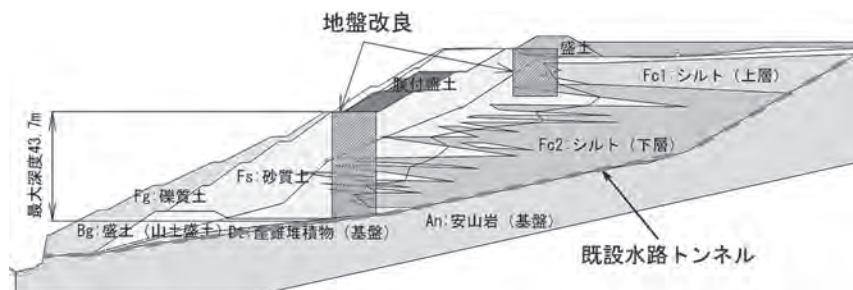
本システムは、2016年に開発済みである杭・地盤改良施工情報可視化システム（3Dパイルビューアー）^{3), 4)}と連携させることで改良体の設計座標に対する攪拌翼先端位置での変位量をリアルタイムに可視化することが可能となった。攪拌翼先端の設計値に対する変位量は、施工機械の傾斜や施工位置による地表面での変位量とケーシングロッドの傾斜計から算出される地中での変位量の合計として算出される。3Dパイルビューアーの専用クラウドより、ブラウザ上で施工中の先端位置に加えて必要な施工管理情報をリアルタイムにオペレーターと工事関係者が共有でき、施工管理値を超えた場合には関係者に通知して異常を早期に把握することで施工上のリスクを低減し、出来形や品質が確保できる。



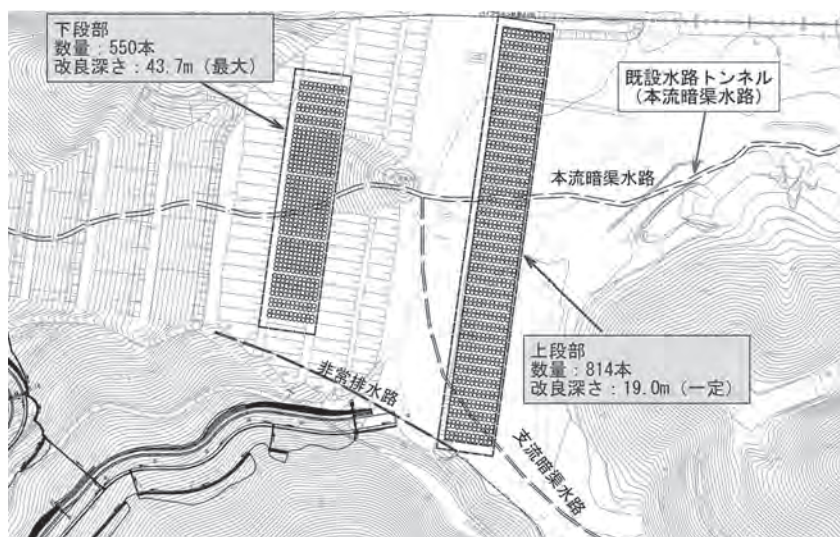
図一四 本システムを搭載したDCS施工機

4. 適用事例

DCS工法による大深度地盤改良工事に本システム



図一五 標準断面図



図一六 全体平面図

を初適用した。対象工事の標準断面図を図-5に、全体平面図を図-6に示す。高さ100m程度の高盛土の耐震補強を目的とし、盛土せん断強度を増加させる工事である。地盤改良体の改良径は1,600mmであり、上段部と下段部の2つのエリアが対象である。改良体本数は合計約1,400本であり、下段部の改良深さは最大43.7mと大規模大深度施工である。また、下段部の改良体の下端部には供用中の水路トンネルが通過しているため、このトンネルに影響を与えないようにトンネルの頂部および側部に所定の離隔を確保しながら施工する必要があった。図-7に水路トンネル周辺の改良体配置平面図を示す。地盤改良の施工による水路トンネルへの影響範囲を側部1.4m、上部1.0mに設定し、その範囲内に攪拌翼が進入しないように本システムを用いて施工管理を行った。

本工事で適用したDCS機械を図-4に示す。工事管理室内及び施工機のオペレーター室内における管理画面を図-8に示す。本システムは専用ソフトを用

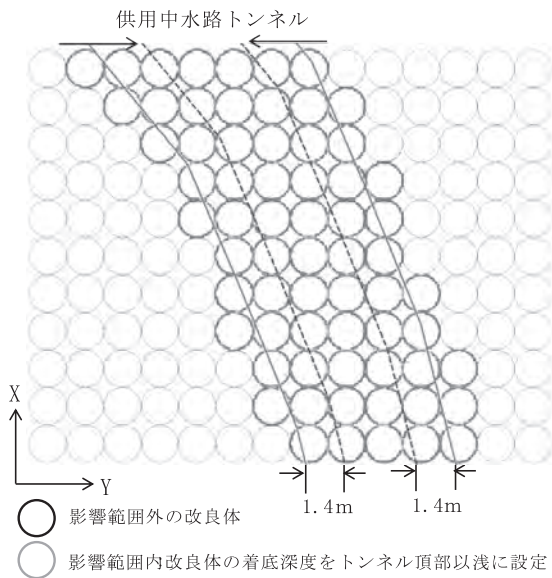


図-7 改良体配置平面図

いて施工中のケーシングロッドの姿勢及び変位量をリアルタイムに表示する。地中の計測結果は3Dパイルビューアーで地表面変位と合成され、設計座標に対する先端位置変位量の軌跡を表示するとともに、ブラウザ上で工事関係者ともリアルタイムに情報を共有できる。

図-9に供用中の水路トンネル付近の施工状況を3次元リアルタイム可視化画面(3Dパイルビューアー)で示す。改良体の着色は、施工中の電流値であり、貫入・攪拌時の地盤の抵抗が大きいほど赤色に近づく。電流値は地盤剛性と正の相関を示すため、支持層確認の判断材料となる。3次元可視化画面の下部に着目すると、供用中のトンネルに対し所定の離隔を確保した施工状況を確認することができる。

図-10に供用中のトンネルに隣接する改良体先端の水平変位量のグラフを示す。本工法ははじめ深層混合処理工法では施工時の鉛直傾斜は経験的に1/100以下と言われている。これを参考に、施工深度40mの場合、水平方向の許容変位量を40cm以内とする管理基準値を設定した。計測結果よりすべての改良体の合成成分の先端位置の変位量が管理基準値に収まるように管理することができた。また、地盤改良施工による既設水路トンネルへの影響なく安全に施工を完了することができた。

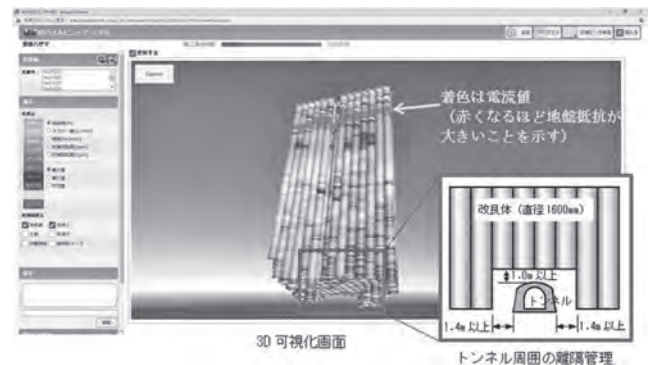
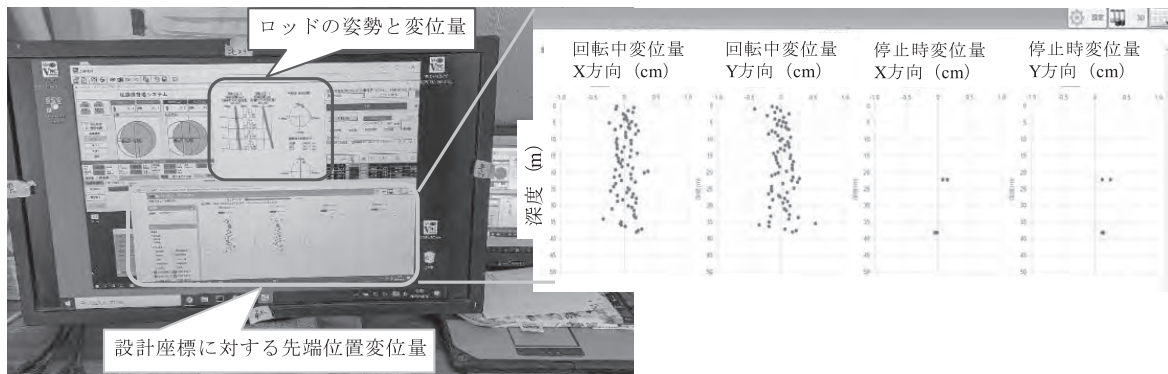


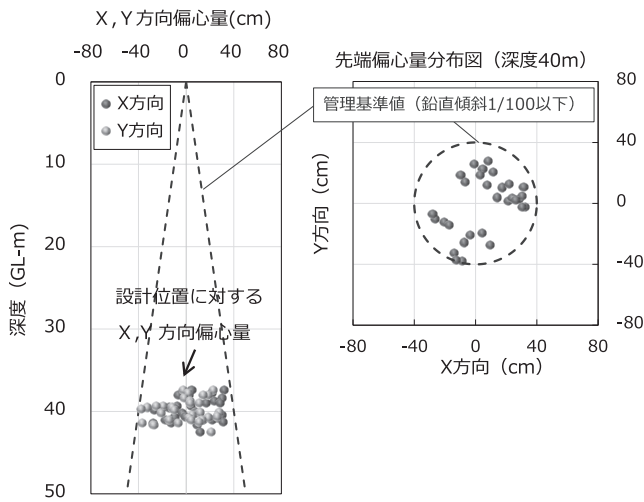
図-9 3次元リアルタイム可視化



(a) 専用PCの管理画面

(b) 3Dパイルビューアーによる先端位置確認画面

図-8 管理画面による先端位置監視状況



(a) X, Y 方向の深度分布図 (b) 先端位置の平面分布図
 図-10 水路に隣接する改良体下端の水平変位

5. おわりに

高精度傾斜計と地中・水中無線通信機能を搭載した大深度先端計測システムを開発し、大深度地盤改良施工に適用した。施工中の攪拌翼先端の位置を高精度で確認でき、設計位置との差異や既設構造物との離隔をリアルタイムに管理することが可能となった。

引き続き、適用事例を増やし施工リスク低減や施工管理の効率化に向け使用性の向上を図る。さらに他の地盤改良工事や杭・山留工事への展開も進める予定である。本システムが大深度掘削を伴う工事の出来形及

び品質の確保、施工管理の信頼性の向上及び現場での操作作業効率化に貢献できるよう技術の改良に努めるとともに、自動化施工への活用も検討する予定である。

JCMA

《参考文献》

- 1) グエン ホンソン・足立有史・山田実・高植俊彰・小林雅人・高田守康・稲積真哉, 本工法のリアルタイム位置計測管理システムの開発, 第14回地盤改良シンポジウム, 2020
- 2) 公益社団法人 日本材料学会, 本工法 技術評価証 第1006号 第2回更新版, 2015
- 3) 木付拓磨・澤口宏・今井正・高植俊彰・土屋潤一・稲積真哉, 大口径・大深度深層混合処理工法の適用におけるリアルタイム施工管理システムの導入, 第13回地盤改良シンポジウム, 2018
- 4) Nguyen, H.S. et al., Integration of information and communication technology (ICT) into cement deep mixing method, International Journal of GEOMATE, 19, 74, 194-200, 2020

【筆者紹介】

足立 有史 (あだち ゆうじ)
 (株)安藤・間
 建設本部 技術研究所
 土木研究部長



グエン ホンソン (ぐえん ほんそん)
 (株)安藤・間
 建設本部 土木技術統括部 技術第二部
 地盤グループ
 主任



あらゆる地山に対応した熟練技能を必要としない 発破掘削技術の開発

差し角自動制御システム<ブラストマスタ[®]>

垣見 康介・福田 毅・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」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していかなければならない。

このような背景を踏まえて、本論文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で実証試験を行ったので、その成果を紹介する。

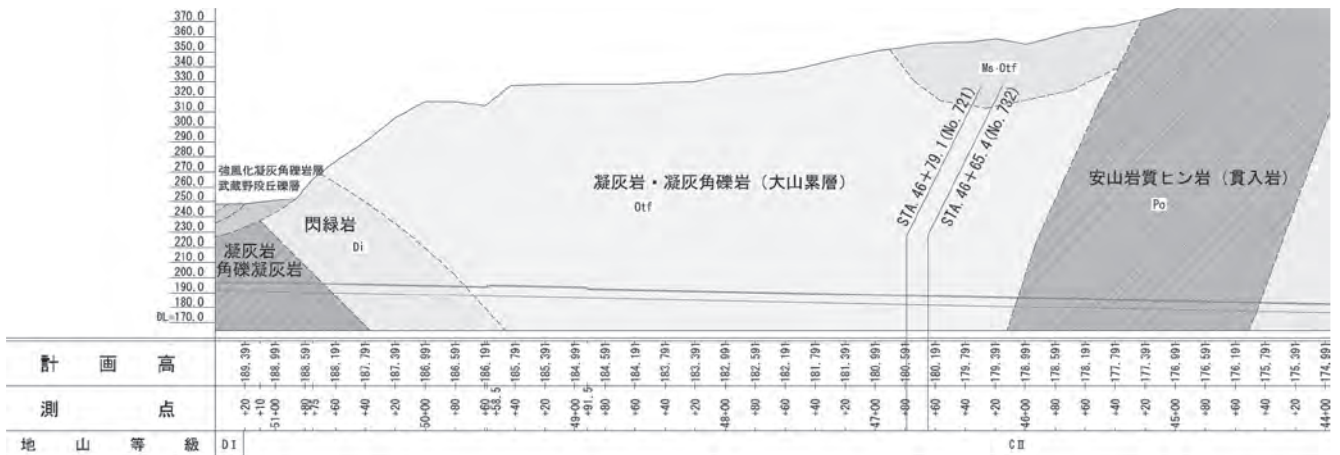
2. 施工条件とコンピュータジャンボ

(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14m区



図一 地質縦断図と実証試験区間（下り線）

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、主に風化した凝灰角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被りが小さく地下水を豊富に蓄えた地山や凝灰岩・凝灰角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ず、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）を採用した。



写真一 コンピュータジャンボ（SANDVIK社製）

- ・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。
- ・ワンブームシリンダー（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 H LX5 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プ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（写真二）。



写真二 ロールオーバーセンサの補強

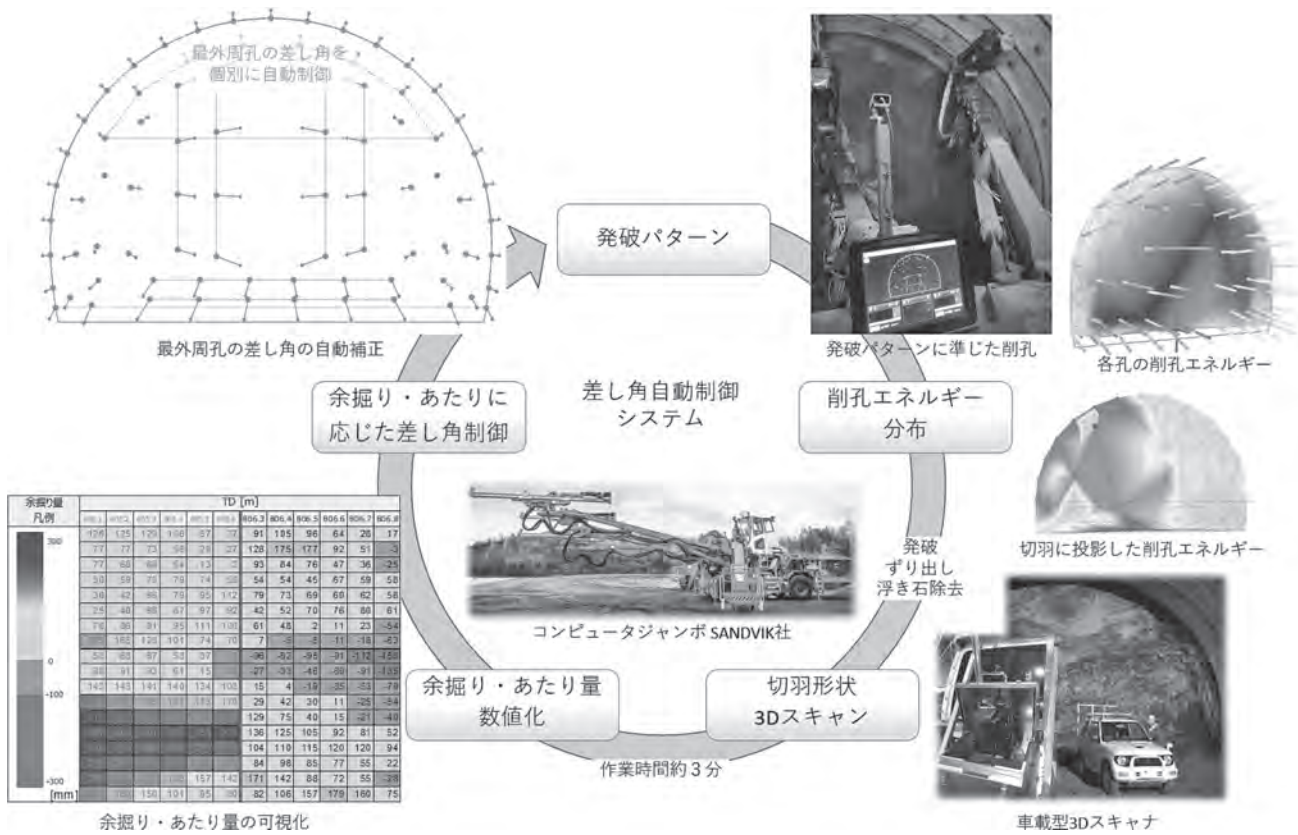
3. 差し角自動制御システム

本論文では、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山岳トンネル掘り低減技術「差し角自動制御システム」の開発を行った。差し角自動制御システムの全体概要を図二に示す。本システムは、主に次の3つの特徴で構成されている。

- ①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
- ②削孔エネルギーを活用した切羽災害防止技術
- ③技術者の技量に頼らない客観的切羽評価点法

(1) 余掘り量低減技術

著者らは、コンピュータジャンボを使ってあらかじめ決められた発破パターンに準じて削孔を行ったとし



図一 差し角自動制御システムの概要

でも地山の不均質性や岩盤亀裂の影響等により余掘りの低減には限界があると考えている。

従来、このような地山の不均質性や岩盤亀裂の影響で余掘りを減らすには、経験を積んだ熟練の技能に頼らざるを得ない場合が多くあったが、本システムはこの課題を解決できるシステムであり、余掘りを減らすメカニズム（手順）は、次のとおりである。

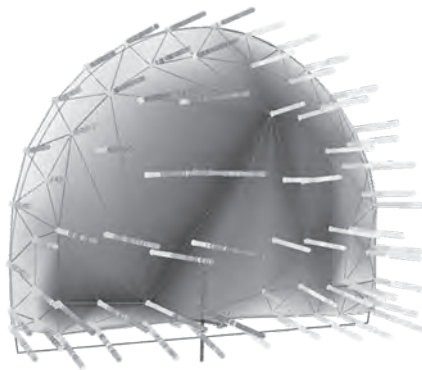
- 手順Ⅰ：発破パターンを作成しコンピュータジャンボ操縦画面に表示（最初の発破パターンは、過去の経験や地山強度等を鑑みて設定）
- 手順Ⅱ：ジャンボオペレータは、発破パターンに準じて正確に切羽削孔を実施（この時、自動的に削孔エネルギーが算出、記録される）
- 手順Ⅲ：装薬・爆破・ずり出しの後、浮き石を除去し切羽周辺の安全を確認した上で車載型3Dスキャナを切羽前に据え掘削直後の切羽形状をスキャンする（3分程度の作業）
- 手順Ⅳ：スキャン結果はその場で数値化、可視化され、余掘り／あたり量を確認（あたりがある場合には、その場であたりを除去する）
- 手順Ⅴ：あらかじめ設定した「余掘り－差し角補正値の関係」から差し角補正値を自動算出（補正値は地山性状に依存しない）

手順Ⅵ：補正値を次サイクルの発破パターンに反映し、発破パターンを自動作成（手順Ⅱへ）
この手順を複数回繰り返すことで、段階的に余掘りを減らすことが可能となる。

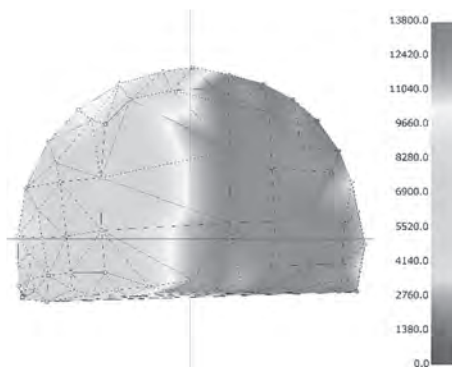
(2) 切羽災害防止技術

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0.5m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0.5m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



図一三 切羽削孔結果（地山側から切羽を臨む）



図一四 削孔終了時の削孔エネルギー分布



写真一三 切羽監視員による切羽監視状況

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。写真一三は、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を選定は、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. 差し角自動制御システム実証試験結果

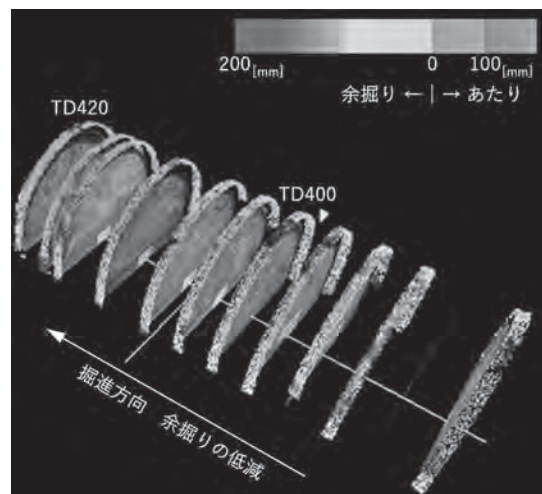
(1) 余掘り低減効果の評価

図一五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。

図一六は、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



図一五 3D スキャン結果

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

本論文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。

- 差し角自動制御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]



垣見 康介 (かきみ こうすけ)

清水建設㈱
土木総本部 土木技術本部 地下空間統括部
部長



福田 毅 (ふくだ つよし)

清水建設㈱
土木総本部 土木技術本部 地下空間統括部
課長



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

都市部での大深度地下構造物構築における 高品質確保のための施工上の工夫

和 家 由 宜

本工事は、都市計画道路である環状第2号線の整備工事の一部であり、逆巻きで最大掘削深度 GL-34 m まで掘削しながら換気所躯体構築を進めた。都市部での大深度地下構造物構築においては、地中埋設物が多いこと、施工ヤードが狭隘であること、地下水位が高いことなどの共通の課題が発生する。それらの課題に対して、埋設物の探査方法の選定、施工空間の確保、無収縮モルタルによる充填性の確保やアロンソイルを用いた鋼製連壁の施工など、本工事で行った様々な工夫について報告する。

キーワード：都市部、大深度、躯体構築、逆巻き施工、鋼製地中連続壁、地下埋設物探査、無収縮モルタル

1. はじめに

環状第2号線は、江東区有明を起点とし、中央区、港区などを経て千代田区神田佐久間町を終点する都市計画道路であり、事業の整備効果として、「臨海部と都心部を結ぶ交通物流の強化」「並行する晴海通りの渋滞緩和など地域交通の円滑化」「臨海地区の避難ルート多重化による防災性の向上」などが挙げられる重要な道路である（図-1）。

本工事は、未整備区間である新大橋通りから築地大橋間の延長 572 m の道路整備を目的としたもので、最大深度 34 m の大深度地下構造物で、地下 4 階構造の換気所の構築を含む。

2. 技術的な課題

本工事の換気所躯体構築における施工条件として、「最小限の施工ヤードで施工しなければならないこ



図-1 環状第2号線全体図

と、「施工位置は交通量の多い新大橋通りに近接していること」、「ビル及び築地市場の跡地のため、地中障害物が散在していること」、「都市部に34mの大深度地下構造物を、周辺へ影響を及ぼすことなく、施工を行うこと」があげられる（図-2）。これらの施工条件において考えられた技術的な課題として、「第二溜池幹線シールドの周囲を損傷することなく地盤改良すること」、「躯体本体は間仕切り壁が多く複雑な構造であること」、「逆巻き閉塞打継ぎからの漏水が懸念されること」「仮設併用鋼製連壁の嵌合部等からの漏水が懸念されること」があげられた。

3. 技術的課題克服への取組み

技術的課題を克服するために計画し、実践した施工の特徴と工夫として「地中埋設管を正確に把握する探査方法を実現すること」「地下での施工空間の確保を実現すること」「逆巻きスラブ閉塞部の充填性を確保すること」「仮設併用鋼製連壁の品質確保のための連壁施工方法を実現すること」の4点にまとめられ、これらの課題を克服するため実施した対策について具体的に説明する（図-3）。

(1) 音響トモグラフィ地盤探査

換気所直下には、シールド外径9mの下水道管が



図-2 施工ヤード図

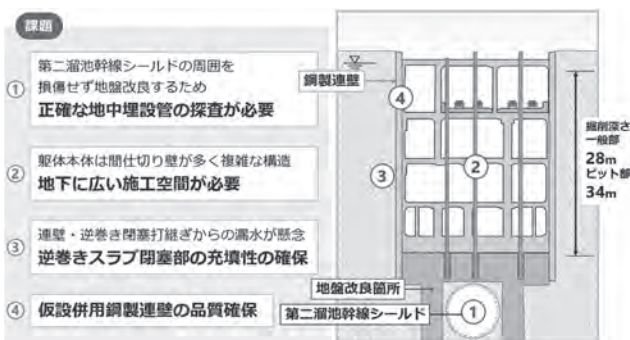


図-3 換気所断面図

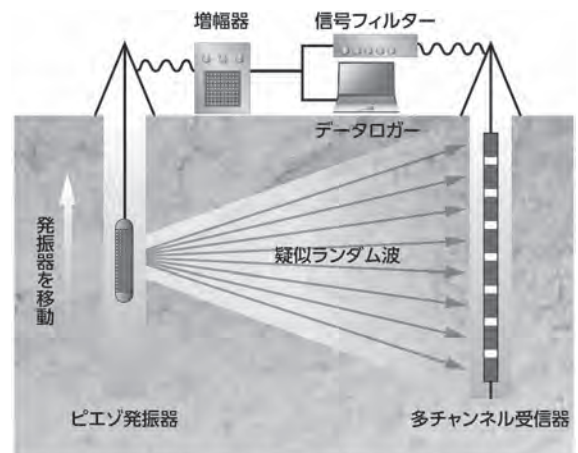
埋設されており、掘削に伴うリバウンド等の影響を低減するために、下水道管の周囲を地盤改良で覆う計画であった。地盤改良の削孔工事で、埋設管を損傷する可能性があったが、従来の電磁レーダ法では地表面から5m程度が限界であるため、地中39mに埋設されている下水道管の実際の位置を特定することは困難であった。

そこで、音響トモグラフィ地盤探査により埋設管の正確な位置を探査することを計画した。音響トモグラフィ探査は、孔内発振器と多連の受信器を2つの孔に配置して、この孔間の地盤情報を可視化する技術である（図-4）。

この探査方法は、超音波と地震波の中間の周波数帯域である音響波（数100 Hz～数10 kHz）を用いることと、連続波の一種である擬似ランダム波を用いることで、ボーリングに近い精度を維持しつつ、従来の弾性波探査と同等の探査距離を可能にしていることが特徴である。受信器を所定の深度に設置し、発振器を任意のピッチで移動させていくことにより、音の波線が対象断面全体を横切るように計測を行う。この時の到達時間と振幅値の逆算により、速度分布と減衰率分布の地盤物性情報を得ることができる。

調査断面は、現場計測レイアウト断面図で、2断面実施し、受信器と発信器を配置する調査孔間の距離は12.8mとし、計測深度は27m～51mとした。また、データ取得前に発振周波数を1kHz～8kHzまで変えて送受信を行い、SN比が低下せず、かつ最も高周波数の6kHzの波を用いてデータ取得を行い、今回の調査では、地中障害物の影響に対して、速度分布より強い反応を示す減衰率に着目した。

探査結果から得られた情報を図示したものが図-5



発振側、受信側ともに内径50mmの塩ビ管に挿入して使用します。(小型、中型発振器の場合)

図-4 音響トモグラフィ地盤探査概念図

になる。カラースケールで表示されている分布図が、ボーリング孔間の減衰率分布図、その右側に図示されているものが、水平波線の振幅読取り結果、受信波形記録から読取った第二溜池幹線の影響を受けた波線記録は、図の点線になる。

「減衰率が大きくなっている部分(0.026 dB/kHz/m)」、「②水平波線の振幅の記録から読み取れる深度方向の位置」、「受信波形記録」の3つが一致する場所にシールド外径であるφ 9,000 mmの円を記入した。断面2

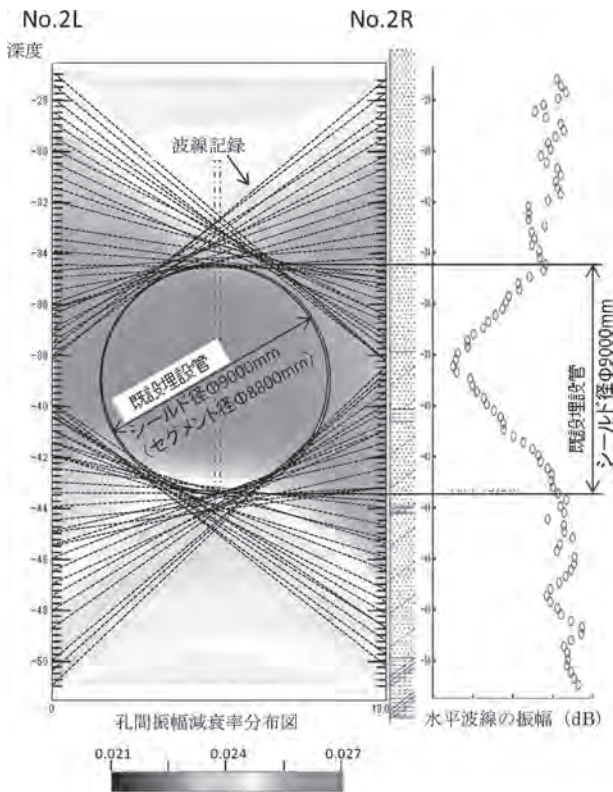


図-5 探査結果一覧図

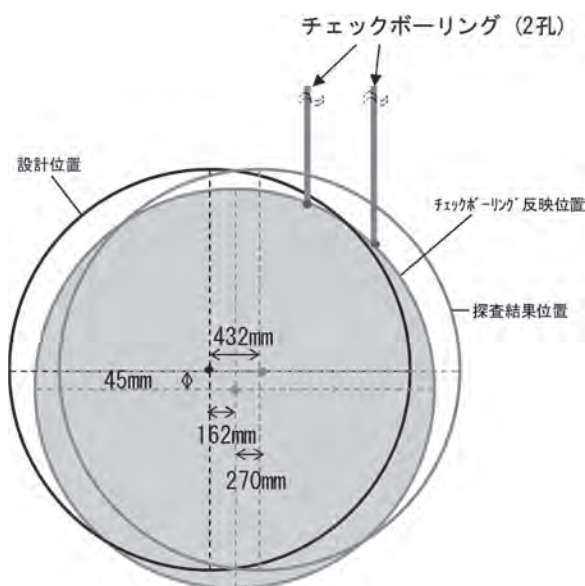


図-6 検証結果図

の結果としては、設計位置に対して、水平方向では432 mm 右側、延長方向では同じ深度にあるという結果となった。この調査結果の検証を行うため、実際に直接ボーリングでの調査も併せて実施した。

断面2において、2カ所のチェックボーリングを実施した結果、設計位置との差は、図面右側に162 mm、下側に45 mmであった。この位置と探査結果を比較すると、探査結果の誤差は水平方向で270 mm、深度方向で45 mmであることがわかった(図-6)。

この誤差に関しては、本調査で使用した発振周波数である6 kHzから理論的に200 mm~300 mmと考えられ、この結果と整合的であった。特に、波線が多く通る深度方向への精度が高いことがわかった。

(2) 地下での施工空間の確保を実現

(a) 逆巻きスラブと鋼製地中連続壁の採用

換気所は、大深度掘削のため、通常の開削工法では、サイズの大きい切梁を密に配置する必要があった。しかし、躯体本体は間仕切り壁が多く複雑な構造であるため、大きな施工空間を確保する必要があった。その対策として、地下1階スラブから下の下層階スラブを逆巻きスラブとし、切梁として兼用することにし、山留壁には剛性が高く、狭隘なヤードでも施工可能な鋼製地中連続壁工法Ⅱを利用した。

これにより、密に配置する予定の切梁が省略でき、施工空間を確保できた。

(b) 地下での施工空間の確保を実現(クロスH)

当初計画の中間杭はH400が1.5 mピッチで配置され、0.08 m³ミニバックホウも通り抜けが困難な状況であった。また、逆巻工法に変更することで、躯体自重を全て中間杭で受けるため、中間杭を非常に密に配置する必要になり、掘削効率の大幅な低下が懸念された。

中間杭を弱軸の無いクロスH型の鋼材にすることにより、ブレース材、水平継材を省略でき、0.25 m³バックホウが路下全面で稼働可能となり、掘削効率を大幅に向上することができた。また、ブレース材、水平継材の省略は、鉄筋組立作業の効率性も向上し、躯体工の工程促進につながった。

(3) 逆巻きスラブ閉塞部の充填性を確保

(a) 無収縮モルタル配合

逆巻きスラブは、立上げられた壁との閉塞での止水性が懸念されたが、独自で開発した、無収縮モルタルを用いた閉塞方法で、止水性を確保することができた。

逆巻充填部が多い換気所では数十 m³/日程度の大

量打設が必要であったため、以下の要求性能を満たして工場出荷が可能、かつ締固め不要な無収縮モルタルの配合を計画した。

- ①硬化開始までノンブリージングかつ膨張率が0%以上であること
- ②スランプフローの保持性能及び自己充填性を有し、材料分離を生じないこと
- ③定量的な品質管理が可能であること

初期配合の中庸熟ポルトランドセメントを用いた1:2モルタル(表-1)では、ブリージング率2.3%、膨張率-2.4%であり要求性能を満足しないため、混和材タイプのユーロックスに切り替えて(表-2)の1:1.75モルタルでの配合を行った。実機ミキサの試験練りでは、練混ぜ後(ミキサー車攪拌時に対応)及び舟静置(打設時に対応)のそれぞれでスランプフローの経時変化を比較した。練上がり温度30℃において120分の静置状態でもスランプフロー650mm以上を保持し、ノンブリージングかつ膨張率1.2%を達成した。なお、ユーロックスは低温時に粘性が卓越しフローが低下する傾向にあり、冬季打設の練上がり温度10℃程度では現着フローの下限値600mmを満足しないことがわかった。そこで練上がり温度に応じて、ユーロックスと相性の良いナフタレン系の高性能減水剤であるマイティ150を混和剤として用いることで、冬季でも十分なスランプフロー保持性能を担保した。

(b) 無収縮モルタルの打設方法

後施工壁躯体打設時のパイプレーター挿入性を考慮して、無収縮モルタルの打設高さは逆巻先行壁躯体と後施工壁躯体との間50cmとした。地下30m以上の水圧が作用する換気所での無収縮モルタルの打設方法においては、以下の課題を解決する必要があった。

- ①無収縮モルタルの打継ぎをできる限り少なくすること
- ②複数の圧入口からの圧入による中間部での空気溜りの発生に起因する未充填を避けること
- ③万が一のブリージング等にも対応するため、打設終

了後にもヘッド圧を作用させ続けられること

無収縮モルタルの未充填を避けるには空気溜りを排除する必要があるため、型枠上部にφ30mmの空気孔を等ピッチで設けた。空気孔にはφ100mmの塩ビ管をエルボーで1m立ち上げ、充填が進行すると空気孔から無収縮モルタルが自然と漏れ出して1mのヘッド圧が作用し続ける仕組みとした(図-7に設置状況を示す)。無収縮モルタルの圧入は端部1ヵ所の圧入口から行い、1mのヘッドが作用した塩ビ管には順次キャップをかぶせて充填完了箇所への圧逃げを防止することで、最大60m以上の長距離片押しにより打継ぎを最小限にした。充填確認には透明型枠からの目視と充填検知センサーを使用した。脱型後の躯体には目視で空隙は見られず、事前に設置したインジェクトチューブからの樹脂注入量から判断される平均的な空隙は0.1mm程度と良好な仕上がりがであった。

(4) 本体利用鋼製連壁の品質確保のための連壁施工方法の実現

換気所は、大都市部の大深度掘削のため、仮設併用の鋼製連壁を採用したが、高水圧下での本体壁のため連続性を確保する施工が要求された。

鋼製地中連続壁の施工方法として採用したCSM工法の課題は、下記に示す3要因により芯材の建込が困難になることであった。

- ①掘削溝内に挿入された駆動部の発熱によりソイルモルタルの水和反応が促進する
- ②施工深度が大きく、注入材の混合攪拌に時間を要するため、芯材建込までにソイルモルタルが硬化する
- ③芯材同士を連結する必要があるため、芯材の建て込みに手間がかかる

上記対策として本工事では、対策として施工深度や構造等の施工条件に限定されることなく確実に施工を行うためSMW工法でも用いるアロンソイル(分散効

表-1 配合計画(1:2モルタル)

W/C (%)	セメント	混和材	水	細骨材		混和剤
	C	AD1	W	S ₁	S ₂	Ad1
48.2	594	20	286	636	636	1.0%

表-2 配合計画(ユーロックス)

W/C (%)	セメント	混和材	水	細骨材		混和剤
	C	AD1	W	S ₁	S ₂	Ad1
42.5	659	80	280	581	581	C×0.5%

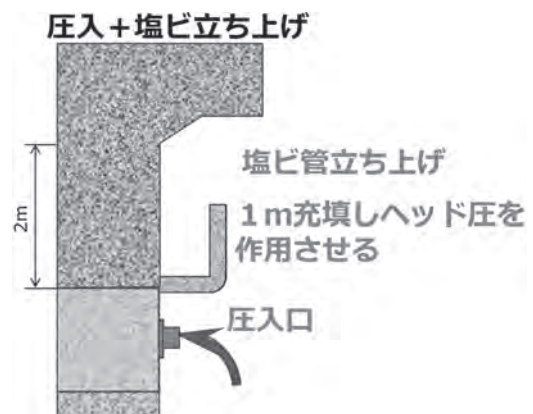


図-7 設置状況図

果および遅延効果を備える)を添加しソイルセメントの流動性の向上をはかることとした。

CSM工法は、下記の3つの工程に分けることができる。

「掘削工程」掘削用カッターの駆動部とを有する掘削機本体により地山を掘削して掘削溝を形成する。

「造成工程」掘削溝内において、掘削機本体を利用して注入液と掘削土とを混合攪拌する。

「建込工程」掘削溝内に芯材を建て込む。

配合の要求性能として、建込工程時に流動性を確保し(練り混ぜ後10時間後までフロー値 ≥ 200 mm)次の掘削工程時に自立性を確保(24時間後に硬化)することが求められた。この性能を満たす配合を選定するため現地盤の土をボーリング試験によって採取し表-3の配合で試験練りを実施した。

実施工にあたり室内配合試験結果のA-2配合を用いて最初のエレメントの造成を行った。ソイルのフローを計測したところ、フロー値の硬化時間が室内試験の約1/2程度となったため次エレメントにおいてはA-2配合よりアロンソイルの添加量の多いA-9配合により造成を行った。しかし、A-9配合についてもフロー降下が速く目標の流動性が確保できなかったため、現場での掘削液を使用して現場配合試験を行った。

現場でのフロー降下時間が室内試験より短い要因については、以下が考えられた。

- ①先行エレメントで造成されたソイルを一部掘削するため、掘削液に掘削されたソイルが含まれ、室内試験よりも掘削液のシルト分が多くなっている
- ②掘削中に掘削機のカッターの温度が上昇し、造成液の温度も上昇している

現場試験での要求性能は実施でのフロー値の降下時間が、室内試験の約1/2程度となっているため、本来

10時間後まで流動性を確保し(フロー値200mm以上)、その後硬化するというフロー特性を目標としていたものを現場試験においては、時間を2倍とし、20時間後まで流動性を確保し、その後硬化するというフロー特性もつ配合を選択する。

また、①の要因が考えられるため、掘削時に先行エレメントで造成されたソイルを掘削する幅を2パターン(大(1,000mm)(基準杭等, 1ELの掘削で1条建込の場合)、小(150mm)(通常の施工, 1ELの掘削で3条建込の場合))に分けて試験を行った。

アロンソイルの添加だけでは、ソイルセメントの流動性を20時間まで保持することが難しかったため、遅延剤(パワーキャリブ)も添加することで硬化開始時刻を遅らせることを試みた。

試験の結果、先行造成ソイル掘削幅が大(1,000mm)の場合はB-1 EL6(図-8参照)、小(150mm)の場合はC-2 EL11(図-9参照)が設定条件を満足する配合となった。実施工においてもこの配合を標準配合として施工を無事に完了させている。

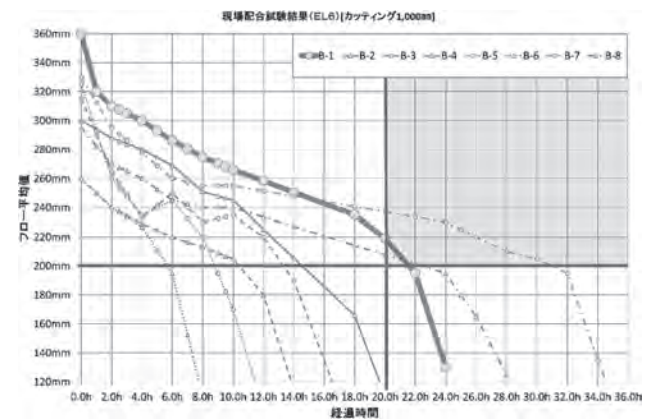
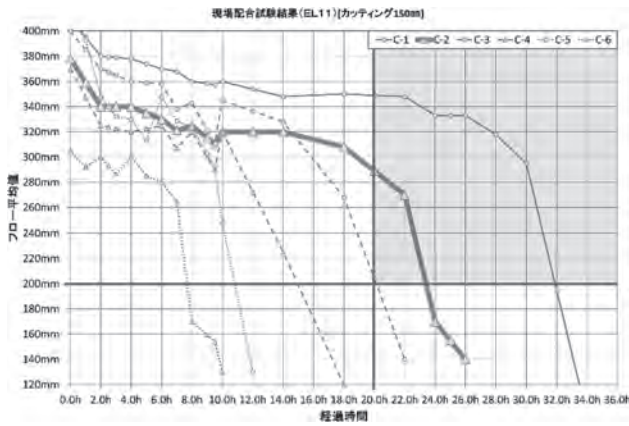


図-8 現場配合結果 (大 (1,000 mm))

表-3 試験練り配合

配合 No.	掘削液混合土 (kg)	セメント (kg)	ペントナイト (kg)	水 (kg)	アロンソイルA (kg)	アロンソイルB (kg)	水/セメント比 (%)
A-1	1,814	135	5.7	81	4.8	2.4	60
A-2	1,814	135	5.7	81	5.6	2.8	60
A-3	1,814	135	5.7	81	6.4	3.2	60
A-4	1,814	135	7.6	108	4.8	2.4	80
A-5	1,814	135	7.6	108	5.6	2.8	80
A-6	1,814	135	7.6	108	6.4	3.2	80
A-7	1,814	135	9.5	135	4.8	2.4	100
A-8	1,814	135	9.5	135	5.6	2.8	100
A-9	1,814	135	9.5	135	6.4	3.2	100



図一 現場配合結果 (小 (150 mm))

4. おわりに

本業績は、厳しい制約条件がある大都市部の大深度地下構造物の構築工事で、本体利用鋼製連壁を使用し、地中障害物の探査方法、逆巻きスラブの閉塞方法、

大深度鋼製連壁のソイルモルタル流動性を確保する技術を駆使し、品質の高い大深度地下構造物の構築を完遂したものである。これらの工夫は、大都市部の大深度地下構造物構築工事例として評価に値するとともに、大都市部再開発工事として見込まれる今後の類似工事に対して実績に裏付けられた有益な知見を提供するものと考えられる。

JCMA

《参考文献》

- 1) JFE シビル㈱：音響トモグラフィ地盤探査カタログ，平成 28 年 7 月。

【筆者紹介】



和家 由宜 (わけ よしのり)
 大成建設㈱ 東京支店
 環 2 地下トンネル (仮称) 及び築地換気所 (仮称) ほか
 築造工事 (27 一環 2 築地工区)
 監理技術者



国内最大級！大深度で 3,700 m³ に及ぶ凍結工法

田中 悠一

東京都下水道局により計画された隅田川幹線整備事業のうち、隅田川幹線における地中接合部の拡幅を目的とした「隅田川幹線その3工事」は、下水道工事では国内最大級の3,700 m³もの地盤凍結を行い、造成した凍土の内側でトンネルを拡幅する極めて事例の少ない難工事であった。周辺の重要構造物への影響を抑制するために種々の対策を講じて施工に臨んだ結果、地盤凍結工で生じた地盤変状は事前の予測を下回り、周辺への影響はほとんど生じなかった。また、トンネル拡幅工では、凍土の融解や地山の崩落を発生させることなく、無事故・無災害で工事を完遂することができた。

キーワード：凍結工法、地中拡幅、非開削、シールド、下水道

1. はじめに

荒川と隅田川に挟まれた東京都足立区千住地区は、既存の下水道施設の能力不足から浸水被害が多く発生していた。この状況を解決すべく東京都下水道局により計画された「隅田川幹線整備事業」は、当該地区の雨水排除能力を増強させる浸水対策事業であった。千住地区の総面積410 haの約70%に当たる293 haに降り注ぐ雨水を收容する「隅田川幹線」を築造する本事業

は、隅田川幹線工事、隅田川幹線その2工事、隅田川幹線その3工事、および隅田川幹線その4工事で構成されていた。隅田川幹線整備事業における各工事の施工位置図を図-1に示す。

本稿では、国内最大級の3,700 m³もの凍土を造成し、地下40 mを超える大深度地下でトンネルの地中拡幅を行った極めて事例の少ない難工事「隅田川幹線その3工事」について、その内容を概説する。



図-1 隅田川幹線整備事業の施工位置図

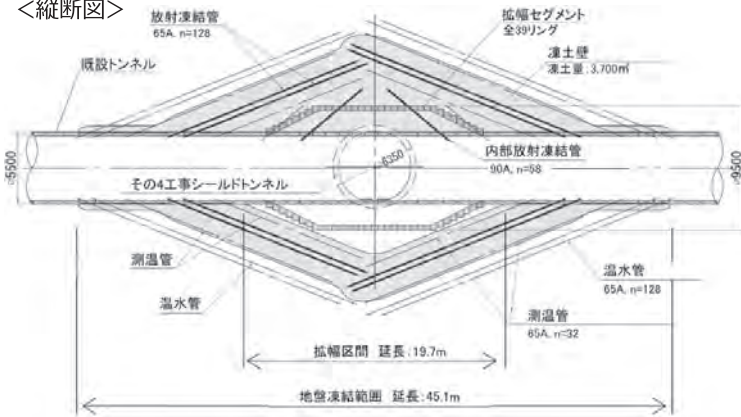
2. 工事概要

表一1に工事概要を、図一2に施工断面図を、図一3に本工事の施工フローをそれぞれ示す。本工事の拡幅部直上には、都道墨堤通りの他に京成電鉄の軌道や鉄道施設物が存在し、路下には多数の埋設物が転じていた。これに加え、拡幅部は高い土水圧の作用する地下40mに位置し、開削工法で地上から拡幅するのは極めて困難であった。ゆえに、非開削の地中拡幅が採用され、拡幅時の地山の崩落と地下水の坑内流入を確実に防ぐことができる地盤改良工法として凍結工法を採用された。本工事の計画凍土量は3,700m³であり、これは国内の下水道工事においては最大規模である。

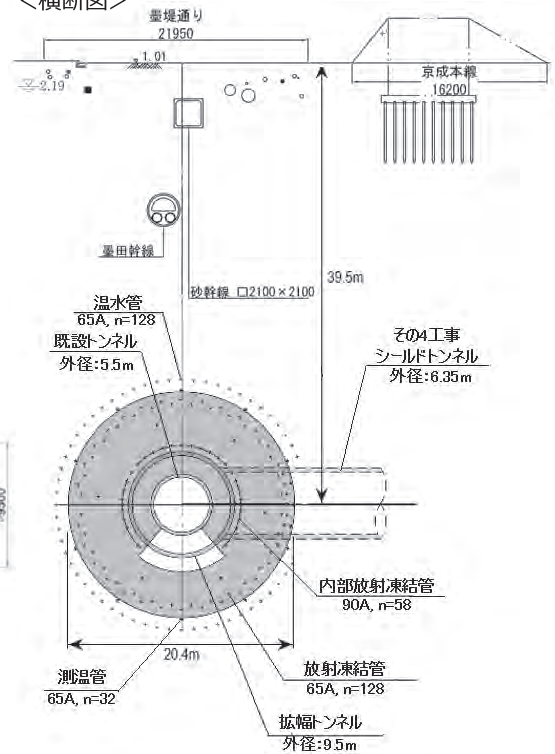
表一1 工事概要

工事件名	隅田川幹線その3工事
発注者	東京都下水道局
施工者	東急建設(株)
工期	2014年5月26日～2019年3月25日
主要工種	地盤凍結： 凍土造成 3,700 m ³ トンネル地中拡幅： 仕上り内径 4,750 mm～8,790 mm 拡幅延長 19.7 m 拡幅用セグメント 39 リング

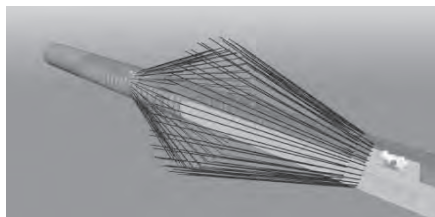
<縦断面図>



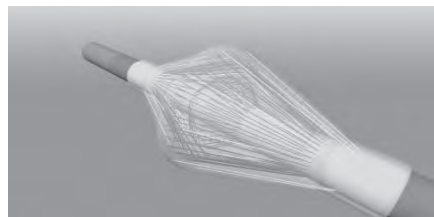
<横断面図>



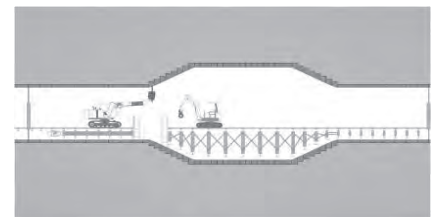
図一2 施工断面図



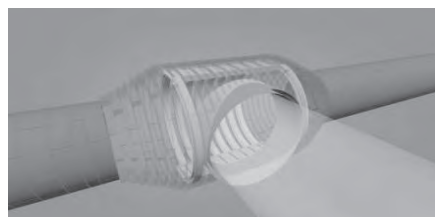
① 凍結管埋設工
トンネル内から地盤を凍らせるための鋼製パイプをボーリングマシンで設置する。



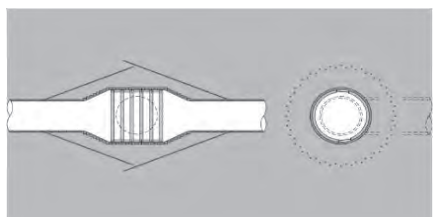
② 凍土造成工
ブライン(-30℃の不凍液)を凍結管内に流し、地中接合部を包み込むような形で、平均温度-12℃の大規模な凍土(3,700 m³)を造成する。



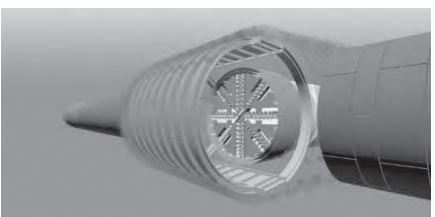
③ トンネル拡幅工
凍土を維持した状態で外径5.5mの既設セグメントを撤去しながら、最外径9.5mの拡幅セグメントを組み立てる。



④ 開口補強部材・エントランス装置組立
トンネルの拡幅完了後、地中接合してくるシールドを受け入れる設備をトンネル内に設置する。



⑤ 強制解冻工
凍った地盤を温水で強制的に解冻し、解冻時に生じる地山の空隙に充填材を注入する。



⑥ 地中接合工
千住閘屋ポンプ所の地下より発進する外径6.5mのシールドをトンネル側方からT字に接合させる。

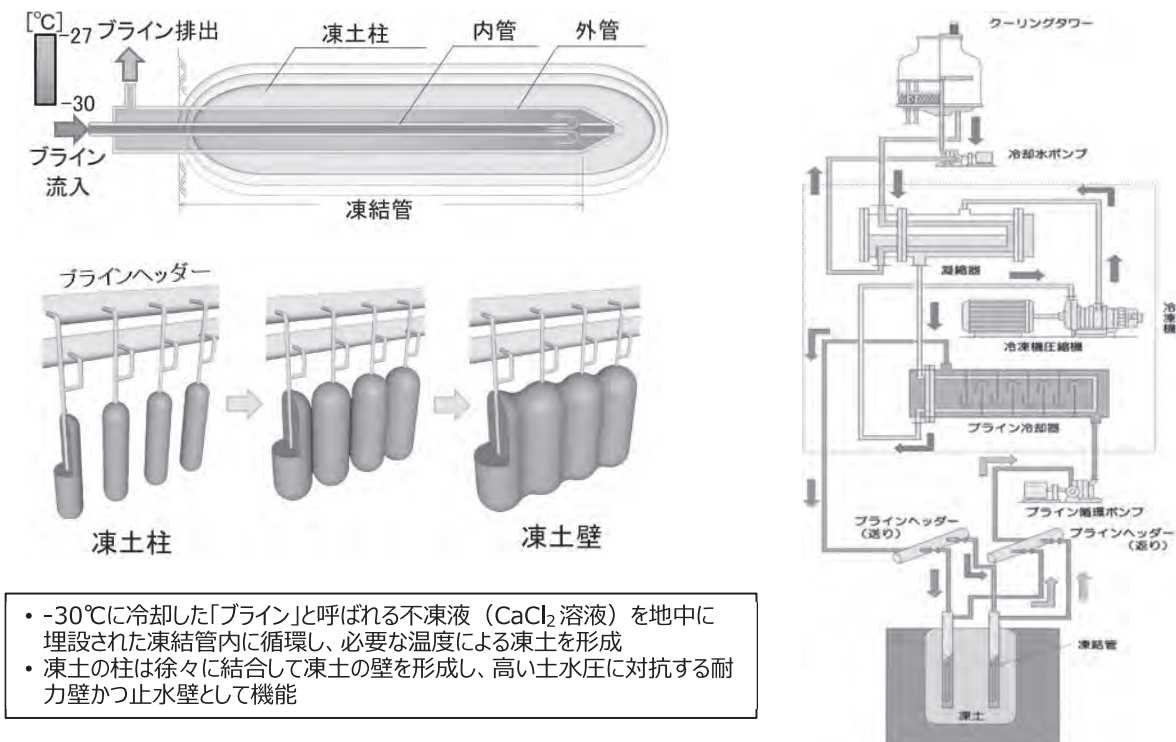
図一3 施工フロー

3. 地盤の大規模凍結

凍結工法の概念図を図一4に示す。本工事の凍結対象地盤の多くは凍結膨張率の大きい粘性土層であり、凍土造成時に発生する凍上現象への対策が求められていた。そこで、本工事では国内初となる全周放射状の温水管を凍結管の外側に配置し(図一2参照)、温水の循環による凍土の過剰成長の抑止を試みた。この結果、地表面の凍上量を最大で11mmに抑え、交通インフラへの影響はほとんど生じなかった。凍土造

成時の坑内の様子を写真一1に示す。

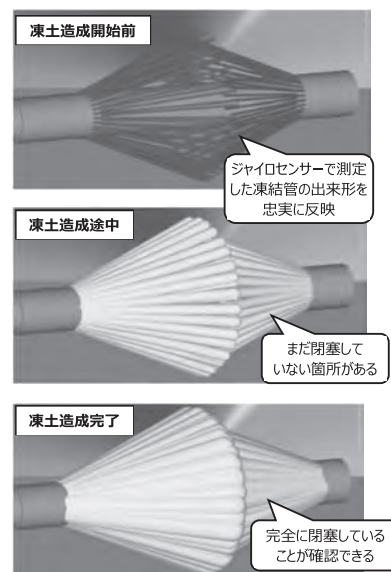
また、造成した凍土が隙間の無い双円錐状の凍土壁を形成していることを確認するため、地中の温度データより推定した凍土厚に基づき凍土を三次元モデル化してリアルタイム表示するシステム(図一5参照)を開発し、施工管理の高度化を図った。これにより、従来使用してきた凍土の推定断面図よりも容易に凍土の三次元形状が把握でき、凍土の未造成区間を迅速に特定できるようになった。



図一4 凍結工法の概念図



写真一1 凍土造成時のトンネル坑内



図一5 凍土可視化システム

4. トンネルの地中拡幅

凍土の造成が完了した後、隅田川幹線その2工事で施工したシールドトンネルのセグメントを1リングずつ撤去し、背面の凍土を掘削して拡幅用のセグメントに組み替える作業を順次繰り返すことで、延長19.7mにわたって外径5.5mから最大外径9.5mまでトンネルを拡幅した(図-6, 7参照)。

狭隘な坑内で凍結設備等との接触を防止し効率的にセグメントの組み替えを行うため、地上での模擬実験に加え、三次元的な視点で重機に支障する範囲を確認

しなければならなかったため、実際と同じ可動部を有する重機モデルを操作できる三次元重機シミュレーターを制作・導入し、作業計画に役立てた(図-8参照)。この結果、極めて事例の少ない特殊性を有する本作業において、全39リングの拡幅用セグメントの組立を無事故・無災害で完遂することができた。写真-2に地中拡幅時の坑内の様子を示す。

5. 凍土の強制解凍

トンネルの拡幅工事およびエントランス装置の設置

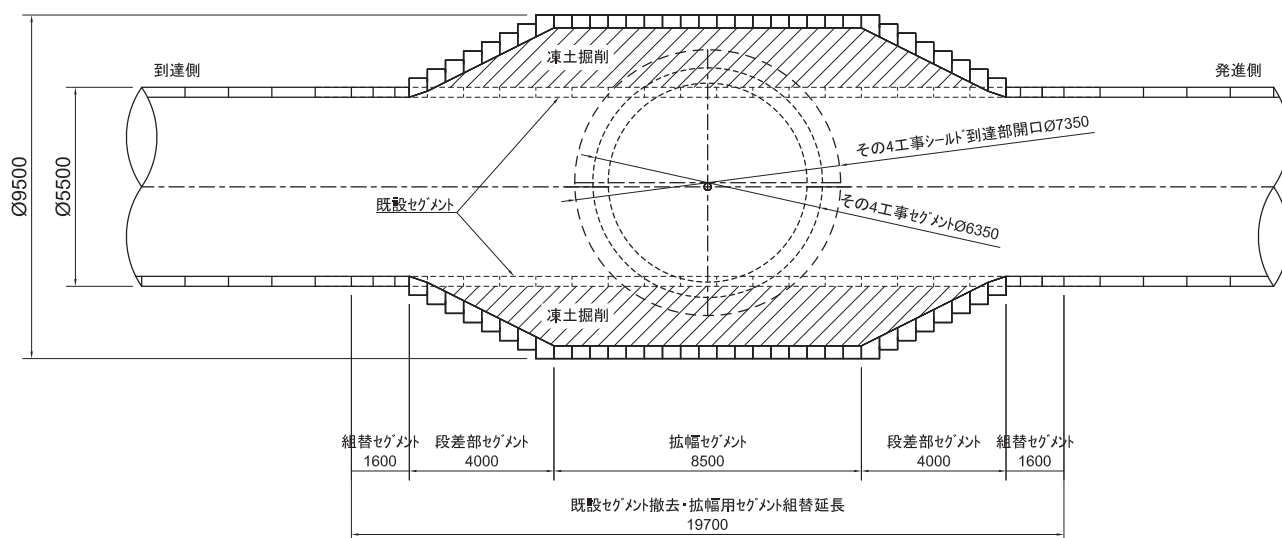


図-6 拡幅用セグメントの割付(拡幅部縦断面図)

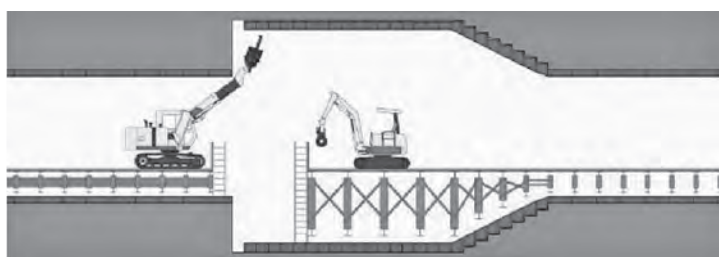


図-7 地中拡幅作業イメージ



図-8 模擬実験(左)と三次元重機シミュレーター(右)

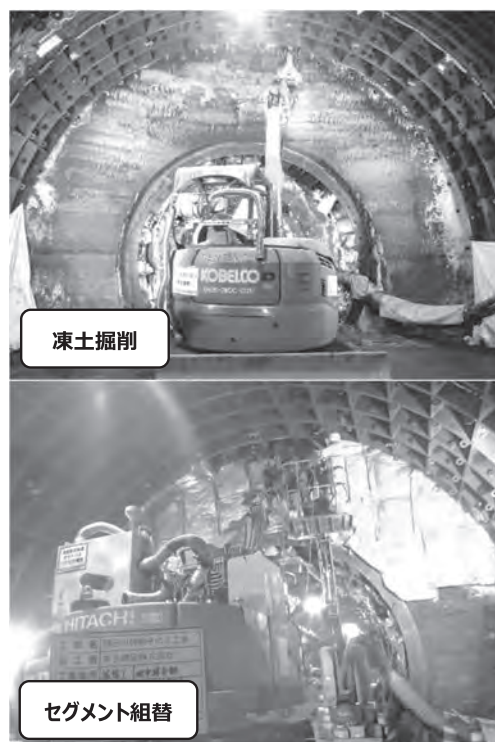


写真-2 地中拡幅時の坑内の様子

が完了した後、温水の循環によって凍土を強制的に解凍した。この強制解凍時に発生する解凍沈下現象への対策として、解凍範囲のブロック分け、解凍完了箇所に対するセメントベントナイトの即時かつ適量注入等を実施した（写真—3、図—9 参照）。



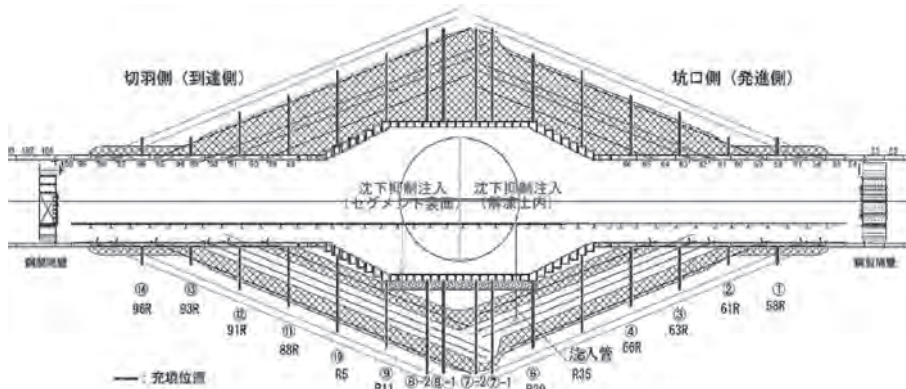
写真—3 セメントベントナイト充填状況

6. 大規模計測モニタリング

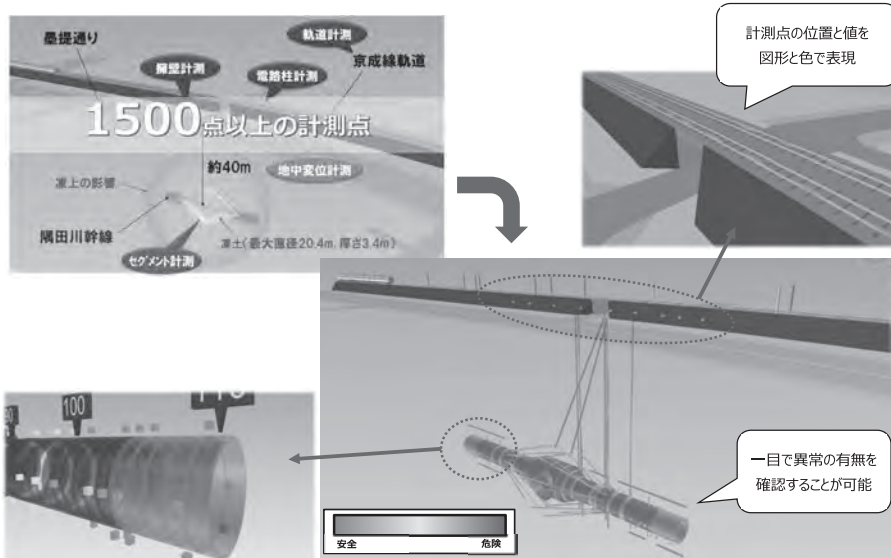
一連の工程において、周辺地盤および近接構造物への影響をモニタリングする計測データは1,500点という膨大な点数であったが、施工エリアの三次元モデル上に各計測点の位置と警戒レベルを色付きの3Dオブジェクトで表示する管理システムを開発・導入することで、全計測点を一つのモニターで一元管理し、現場の異常を瞬時に察知することができる体制を整えた（図—10 参照）。

7. おわりに

隅田川幹線その3工事は、2016年5月に凍結設備の稼働を開始し、約3年後の2019年3月に竣工を迎えた（写真—4 参照）。地下40mの厳しい施工条件下において非開削でトンネルを拡幅するという極めて前例の少ない難工事であったが、大きなトラブルに見



図—9 凍土強制解凍施工概要図



図—10 大規模計測モニタリングシステム



写真—4 隅田川幹線その3工事完了時



写真—5 二次覆工（隅田川幹線その4工事）完了時

舞われることなく、また、周辺構造物にほとんど影響を与えることなく、この工学的挑戦を完遂することができた（写真—5参照）。社内外の有識者の知識と経験を結集し、課題をひとつひとつ乗り越えた末に勝ち取った非常に価値のある成功であったと筆者は感じている。本稿が同種工事における課題解決の一助になれば幸甚である。

JCMA

【筆者紹介】

田中 悠一（たなか ゆういち）
東急建設㈱
国際事業部
エンジニアリングマネージャー



非開削トンネル構築技術「角形エレメント推進工法」の施工実績

田中 宏典・藤川 博樹

相鉄・東急直通線は、神奈川東部方面線の一部として、相鉄・JR直通線の羽沢横浜国大駅から東急東横線・目黒線日吉駅までの区間に延長約10kmの連絡線を整備するものである。新綱島駅は、深さ約35m、幅員約14～25mの島式ホームを有する地下4層を基本とした地下駅であり、全長240mのうち日吉側34.5mは非開削工法を選定している。非開削区間はホームを設置するために内空224m²（高さ14m、幅19m）を有した大断面が必要となる。当該箇所の地層は全体がN値50以上の強固な上総層となっており、また地上部は病院および商業ビルなど堅牢な建物が密集して利用に制限があることから、既存の角形鋼管推進工法を改良した「さくさくJAWS工法（Joint All Water Shutting）¹⁾」を採用した。本稿では、その施工実績について報告する。

キーワード：鉄道、非開削区間、推進工法、さくさくJAWS工法、角形エレメント

1. 適用工事概要

(1) 工事概要

工事概要は以下のとおりである。

工事名称：相鉄・東急直通線 綱島トンネル他

工事場所：神奈川県横浜市港北区綱島東1丁目
～箕輪町3丁目地内

発注者：(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構

工期：平成27年11月24日～令和5年2月24日

主要工事：

- ・泥土圧シールド工法

（セグメント外径φ6,800mm、L=1,065m×2本）

- ・駅非開削部構築工 L=34.5m

角形エレメント推進工（□1,000mm×1,000mm×42本）

継手部推進工（φ600×84本）

相鉄・東急直通線および新綱島駅の位置を図-1に示す。

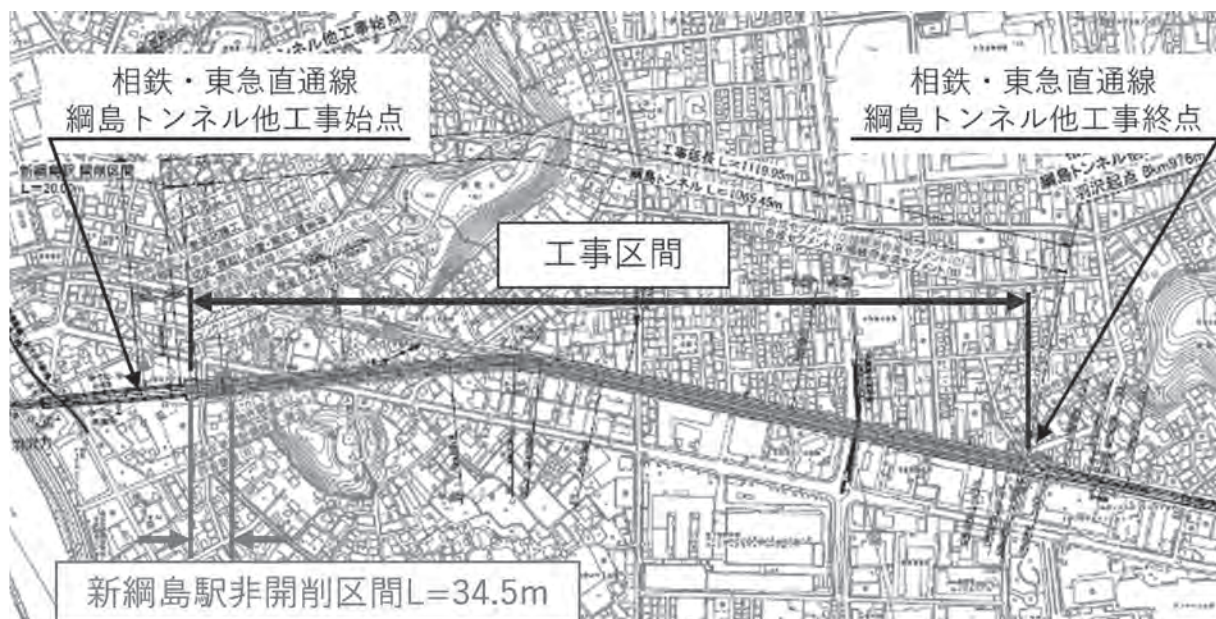


図-1 綱島トンネル位置図

(2) 工法概要

新網島駅の日吉側の非開削区間では、延長 34.5 m、土被り 20.37~21.27 m において内空 224 m² の馬蹄形大断面トンネルを構築する (図-2 参照)。この立地・地質条件を満たす工法として、NATM 工法、シールド切掘り工法、外殻先行型トンネル構築工法 (HEP&JES 工法等) の本工区への適用性の比較検討を行った結果、適用が困難であることがわかった。そこで最も合理的な外殻先行型トンネル構築型工法で、到達立坑を不要とする新たな工法を検討・開発することになった。

外殻先行型トンネル構築工法は、つくばエクスプレスの六町駅において、交差する污水幹線直下の駅部構築で施工実績²⁾があったが、本工区に適用するに当たり、以下の課題を解決する必要があった。

- ①長距離化への対応 (推進時継手抵抗力の低減)
- ②継手施工品質の向上 (モルタル充填の確実性)
- ③閉合部施工性の改善 (施工誤差の吸収性向上)

これらを受け、既存の工法に改良を加えた角形エレメント推進工法を採用した。

本工法は、従来継手と比べて高い強度と施工性および止水機能を有する継手構造 (JAWS 継手) の採用と密閉型推進機の適用により、先受け工等の補助工法が不要な推進工法にて施工し、地下水対応型の合理的施工を実現する工法である。

そのうち、外殻部を形成する角形エレメントは、鋼板を溶接で接合した 1,000×1,000 mm の箱型断面の本体部と、両側面に取り付けた凹形状と凸形状の JAWS 継手で構成されており、継手を嵌合させることで角形エレメントが連結される。

JAWS 継手の嵌合部は、凹継手の開きを防止するボルト (拘束ボルト) にて等間隔で締結し、継手嵌合内部にモルタルを充填して継手の必要耐力を確保する (図-3 参照)。また継手嵌合部のクリアランスを大きくして、モルタルの充填性を高めて品質を向上させたことと、継手の配置を角形エレメントのフランジ面と同じ高さにして有効高さを確保したことで、高流動コンクリートを充填したエレメントを本体構造部材として利用できる (図-4 参照)。

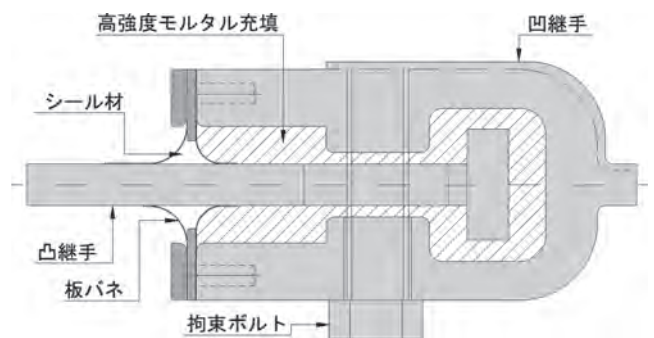


図-3 JAWS 継手詳細構造

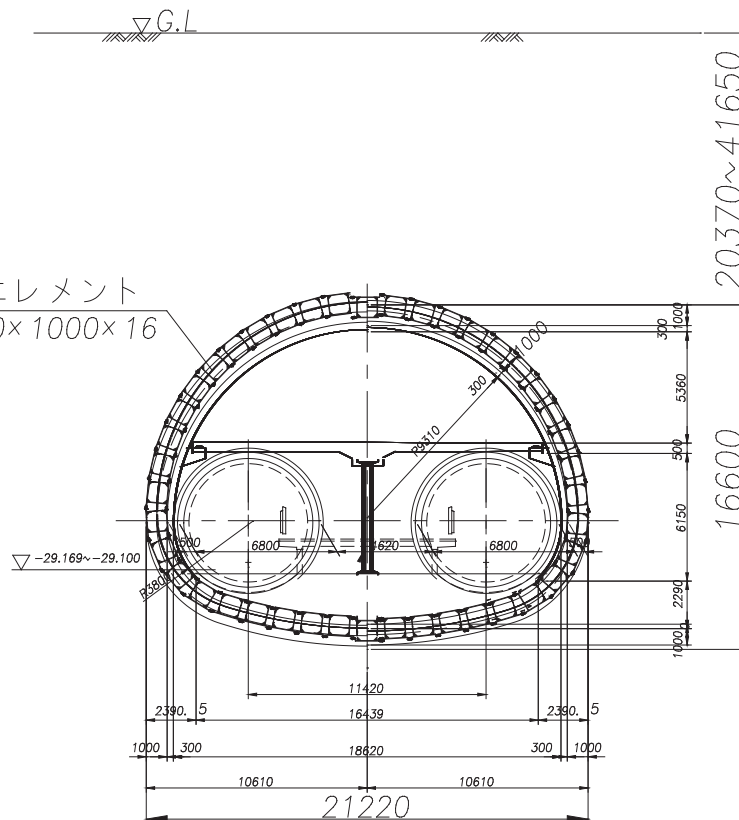
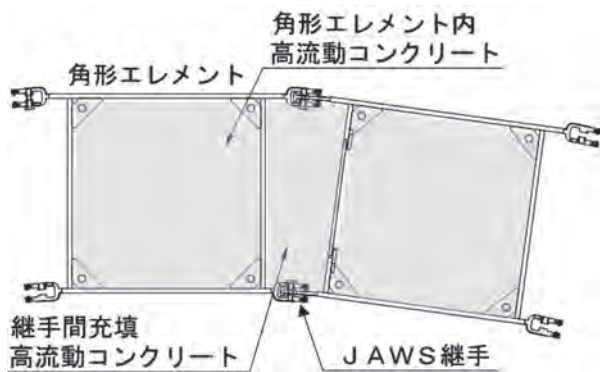


図-2 非開削区間トンネル断面



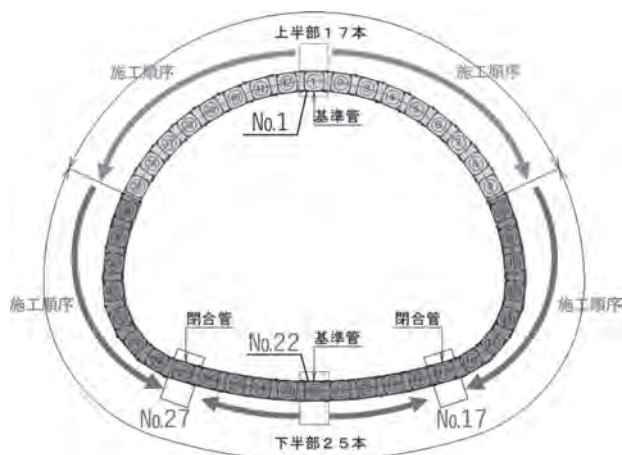
図一4 角形エレメント継手概要

本工事では到達立坑を設置できないため、地中に推進機の的外殻のみを存置し、発進立坑側から推進機内部を回収できる機構に改良することにより、推進機の再利用を可能とした。

2. 施工計画

推進施工にあたり、N値50以上の上総層に対して、継手部推進工により継手が通過する範囲を事前に地山より柔らかい置換材（ $40\sim 80\text{ kN/m}^2$ ）に置き換え、その後に角形エレメント推進工により外殻の構築を行う手順とした。

また発進側の立坑工事やシールド工事との兼ね合いから、上半部（17本）と下半部（25本）に分割して、継手部先行置換工と角形エレメント推進工を実施した（図一5）。



図一5 角形エレメント配置および施工区分（正面図）

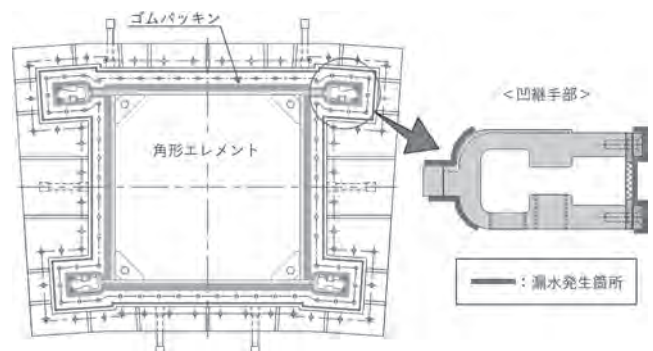
3. 上半部施工時の課題と下半部施工への対応

先行した上半部の施工では、所定の精度で角形エレメント推進工を完了することができたが、施工時に坑口止水装置の止水性確保が課題となった。その課題へ

の対応と最後の閉合方法について、下半部の施工前に検討および対策を行った。以下にその内容を示す。

(1) 上半部施工時の課題への対応

角形エレメント推進時に発進坑口止水装置のゴムパッキンと継手の接触部分から漏水が発生し、地表面沈下の要因の1つとなった（図一6）。漏水発生原因として、ゴムパッキンが継手の複雑な形状になじまなかったこと、角形エレメントの推進精度にゴムパッキンが追従できなかったことが挙げられた。そのため、ゴムパッキンを含む坑口止水装置の構造の見直しが求められた。



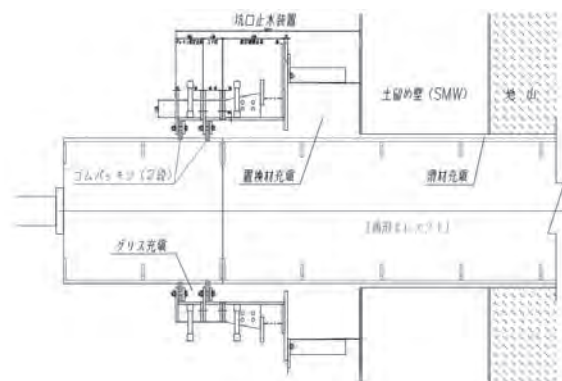
図一6 坑口装置漏水箇所

上半部では図一7に示すとおり、厚さ30mmのゴムパッキンを2段に配置した坑口止水装置を用いた。

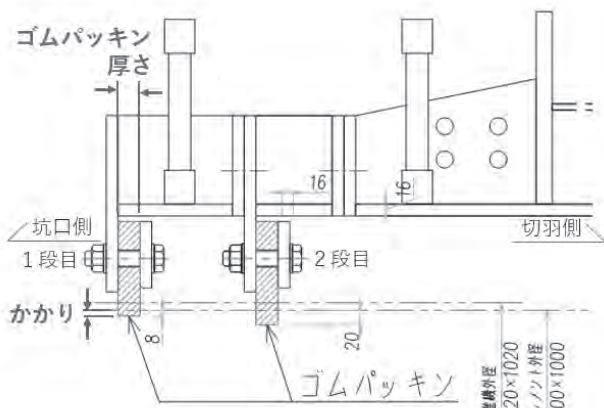
下半部の施工に向けては、このゴムパッキンの形状や厚さ、硬度、枚数などに着目し、止水性能の向上を目的とした要素試験を実施し、適切な組み合わせを検証した。試験ケースを表一1に示す。

試験は上半部施工時の状況（継手の偏心、傾き）を再現し、表一1に示す6つのケースについて、設計条件である水圧3.0MPaを目標とし、最大0.45MPaの高水圧をかける止水性能試験と、実際の施工延長と同じ34.5m分の継手試験体を通して連続してゴムパッキンに摩擦を与える耐久性能試験を行い、最後に耐久性能試験で摩耗したゴムパッキンに対して再度止水性能試験を行った。

ゴムパッキンを1枚のみ、もしくは2枚重ねでゴムパッキンの硬度を45度としたケース1～4については、初めの止水性能試験にて、水圧0.2MPa付近でゴムパッキンが坑口側に押し出されて漏水が発生し、試験を中断した。また切羽側ゴムパッキンの硬度を60度としたケース5については、目標水圧0.3MPaまでの加圧に至ったが、隅部の隙間からゴムパッキン間のグリスが漏出し、その後に漏水が発生した。一方で、



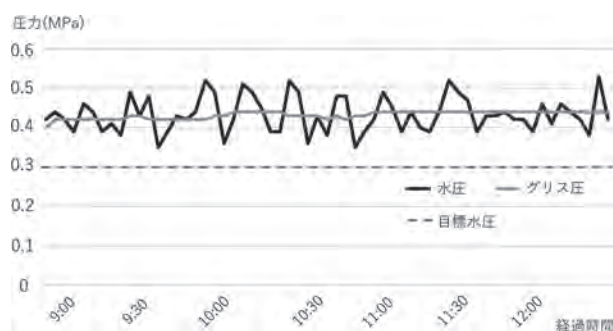
a) 坑口止水装置側面図



b) 詳細構造図 (ゴムパッキン配置)
図一七 上半部施工時の坑口止水装置構造図

坑口側ゴムパッキンの硬度を 65 度に変更したケース 6 については、1 度目の止水性能試験にて目標水圧を満足し、その後耐久性性能試験にて実施工と同様の摩擦をゴムパッキンに与えた後、2 度目の止水性能試験においても、約 3 時間半継続して 0.3 MPa の高い水圧を維持でき (図一八)、かつ漏水は 0.02 l/min 程度とほとんど見られなかった。

結果として、硬度 60 度で厚さ 25 mm のゴムパッキンと、硬度 65 度で厚さ 10 mm のゴムパッキンを重ねた 2 枚配置としたケース (ケース 6) が、止水性・耐久性において最も性能が高い組合せであることを確認した。



図一八 止水性能試験結果 (ケース 6)

表一 試験ケース一覧

ケース	配置位置	硬度 (度)	厚さ (mm)	かかり (mm)	備考	
1	1 段目	坑口側	60	35	8	1 枚のみ
		切羽側	-	-	-	
	2 段目	坑口側	60	35	20	
		切羽側	-	-	-	
2	1 段目	坑口側	45	5	30	1 段目と同じ
		切羽側	45	15	10	
	2 段目	坑口側	45	5	30	
		切羽側	45	15	10	
3	1 段目	坑口側	45	5	30	1 段目と同じ
		切羽側	45	20	10	
	2 段目	坑口側	45	5	30	
		切羽側	45	20	10	
4	1 段目	坑口側	45	5	30	1 段目と同じ
		切羽側	45	20	20	
	2 段目	坑口側	45	5	30	
		切羽側	45	20	20	
5	1 段目	坑口側	45	5	30	1 段目と同じ
		切羽側	60	25	30	
	2 段目	坑口側	45	5	30	
		切羽側	60	25	20	
6	1 段目	坑口側	65	10	30	1 段目と同じ
		切羽側	60	25	8	
	2 段目	坑口側	65	10	30	
		切羽側	60	25	20	

(2) 閉合部の施工方法の検討

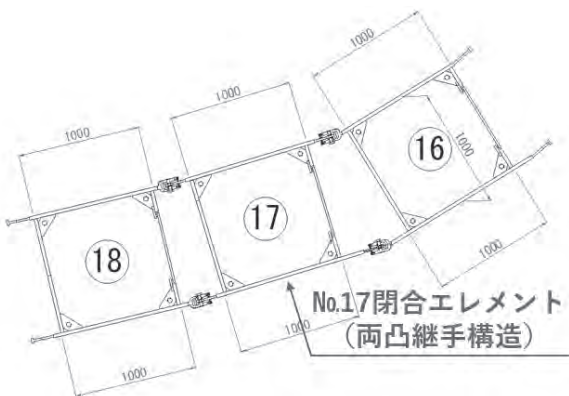
本工事の角形エレメントの配置では、図一九に示す 2 箇所の閉合部 (No. 17, 27) を設けている。閉合部の施工は、これまでの施工の累積誤差や両隣りの角形エレメントの設置精度に大きく影響を受けることから、確実な閉合方法を検討しておく必要があった。

その対応方法として、凸継手の先端を従来の T 形から I 形とし、凹継手内の突起部分をなくした継手構造に変更することで継手内のクリアランスを大きくした (図一十参照)。ただし、この構造では本来継手に期待する引張力への耐力が得られなくなるため、その補強として棒状連結材を用いてエレメント間の接続を行った。さらに両隣りの出来形に合わせて凸継手の長さを変更することにした。

実際の施工では、閉合部の両隣りの角形エレメントの設置精度を確認してからの判断では角形エレメントの製作が施工に間に合わず、工程が遅延するため、閉合エレメントの二つ隣りの角形エレメントの設置精度を確認し、隣接する角形エレメントの水平・鉛直変位および左右のローリングが最大と想定して、判断することとした。

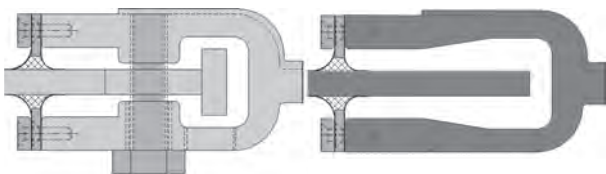


a) 閉合部 (山側)



b) 閉合部 (海側)

図一9 閉合部エレメント連結構造



図一10 閉合部継手構造 (左：一般部, 右：閉合部)

4. 下半部の施工実績 (上半部との比較)

上半部と下半部の施工は、土質条件等の違いはあるが、基本的に同じ手順の繰り返しとなる。そのため今回は、本工法で重要となる閉合部を含む、下半部の施工実績を報告する。

(1) 角形エレメント推進工

角形エレメント推進工は、最大4機で施工を行った。各作業工程の中で本掘進が最も大きな作業時間を占めており、1路線の掘進あたり上半部では平均9.4方(約5日)、下半部では平均7.1方(約3.5日)を要しており、主に作業の効率化により最短では5.3方(約3日)まで作業時間を短縮するに至った。また掘進速度は上半部で施工時の最大12mm/min(平均約

9mm/min)、下半部で最大32mm/min(平均約21mm/min)と、こちらも施工性の向上がみられた。ジャッキ推力は最大1,744kN(平均685kN)で施工が行われ、下半部の推進施工も大きなトラブルなく到達することができた。

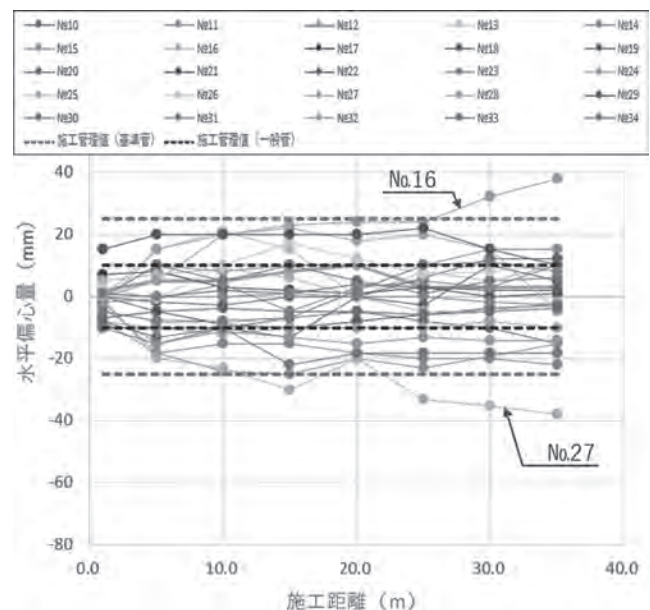
上半部の課題であった推進中の漏水については、上半部の施工時の漏水量(約5ℓ/min/箇所)と比べ、坑口装置のゴムパッキンからの漏水量は減り、大幅に改善された。一方で、ゴムパッキンからの漏水が抑えられたことで坑口装置の別の箇所(鉄板のボルト接続面など)からの漏水がみられた。

また新たな課題としては、角形エレメントと継手(柄の部分)の溶接部からの漏水があり(写真一1参照)、角形エレメント偏心時にゴムパッキンが追従できていないことが確認されたため、今後さらに改善の必要があることがわかった。

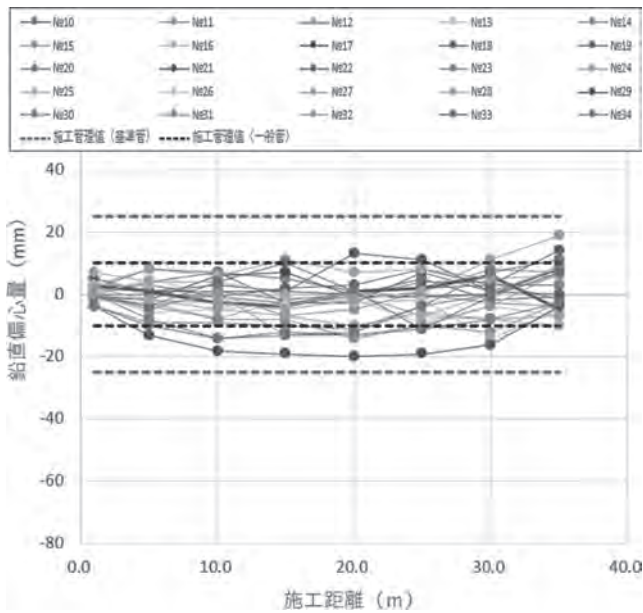
角形エレメント推進工(下半部)の出来形を図一11, 12に示す。



写真一1 下半部施工時の漏水状況



図一11 施工距離における水平変位 (下半部)



図一 12 施工距離における鉛直変位 (下半部)

基準管No.22の水平変位は最大4mm、鉛直変位は最大5mmであり、施工管理値(±10mm)に収めることができた。一般管についても、施工管理値±25mmに対し、基準管を除く24本の水平変位は平均10.1mm、鉛直変位は平均5.3mmであった。しかし水平変位に関しては、海側の閉合管に隣接するNo.16と山側の閉合管であるNo.27で、施工延長20m付近から30mmを超える変位となった。原因として、推進機が推進する際に嵌合する凸継手と既設の凹継手との抵抗力や、既設の角形エレメント側の地山が先行掘削により緩んだ状態になっていることによる影響、それと2つが地層境と同じ深さ位置であるため脆弱な地層の影響で姿勢制御機能が十分に機能しなかったこと等が考えられた。

角形エレメント推進工の完了後は、角形エレメント間の土砂掘削と、継手内の拘束ボルト取り付け、継手内へのモルタル充填、角形エレメント内および角形エレメント間への高流動コンクリートの打設を実施し、いずれも大きなトラブルなく作業を完了できた。

下半部の施工状況を写真一2～4に示す。

(2) 閉合部接続工

閉合部について、先行エレメントの出来形を計測した結果、現行の継手構造のままでは継手内で摩擦が生じて推力が増大することが懸念され、施工が困難な箇所があると判断した。そのため事前に計画していた変更継手構造(図一9参照)を適用し、隣接エレメントおよび閉合エレメントの施工を行った。

3章(2)で述べたとおり、凸継手をI形とした構



写真一 2 角形エレメント推進施工状況全景



写真一 3 角形エレメント推進状況 (No.10)

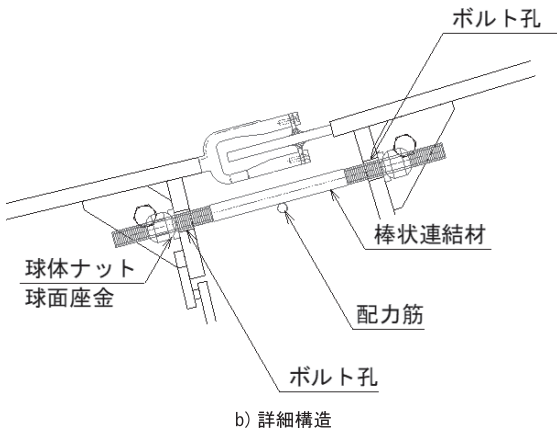


写真一 4 角形エレメント間掘削状況

造では本来の耐力が得られないため、閉合エレメントの設置完了後に図一13に示す棒状連結材を用いた接続構造を適用し、角形エレメント内への高流動コンクリート打設前に接続作業を行った。

閉合部の構造は、角形エレメントの側壁に棒状連結材(異形鉄筋)を通す孔を追加で設けて、棒状連結材を等間隔で配置するものとした。両端部はエレメントの傾きを考慮して球体ナットと球面座金で角形エレメント側壁に固定した(写真一5参照)。

実際の施工では、狭い函体の中での作業のため時間



図一 13 棒状連結材を用いた閉合部接続構造



写真一 5 閉合部棒状連結材設置状況

を要したものの、特に大きな問題はなく全箇所を設置を完了し、無事に外殻の構築を完了することができた。

5. おわりに

当該工事では大深度かつ高水圧下の施工環境で、到達立坑がなく、また断面形状を馬蹄形とした特殊な条

件での施工であったが、今回無事に閉合させることができた。その後は機械土工によって内部掘削を完了し、外殻部の構造については問題は確認されていない(写真一6)。現在は運用開始に向け、新綱島駅の内装および設備工事が進められている。



写真一 6 非開削区間内部全景

本工法はより大きな断面でも施工可能であり、掘削断面形状の自由度が高く、今後様々な場面で適用できる汎用性の高い工法である。今回の施工結果を踏まえ、本工法の更なる改善に努め、新たな現場への展開を進めていきたい。

JCMA

【参考文献】

- 1) 鉄道 ACT 研究会：PR 対象工法, http://rail-act.org/tec/tec_08_09.html
- 2) 江戸清, 半田卓, 齊藤道真:角形鋼管推進工法で大口径下水道を貫く, つくばエクスプレス六町駅, トンネルと地下, vol.34, No.11, pp.23-30, 2003.

【筆者紹介】



田中 宏典 (たなか ひろふみ)
 戸田建設(株)
 技術研究所 社会基盤構築部
 主管



藤川 博樹 (ふじかわ ひろき)
 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
 東京支社 新横浜鉄道建設所
 副所長

「シミズ・シールド AI」によるシールド機自動運転の実証

増田 湖一

清水建設では AI を用いたシールド工事の施工合理化技術の開発を進めている。この技術は計画線形に対し自動的にセグメントの掘進計画を支援する「計画支援 AI システム」とシールド掘進機の位置情報等に基づき、操作方法を提示し自動運転も可能な「操作支援 AI システム」の2つの AI システムで構成されている。2つの AI システムを現場にて検証を行い「計画支援 AI システム」は線形誤差などの制約条件を満足する掘進計画を短時間で提案できること、「操作支援 AI システム」によるシールド機の自動機運転で精度よく掘進ができることを確認した。本稿ではこれら2つのシステムの内容と、現場実での検証結果について紹介をする。

キーワード：AI, シールド掘進機自動運転, 掘進計画, シールド機操作, 現場実装

1. はじめに

清水建設では、今後想定される熟練技能労働者の大量離職を見据え、生産性の向上と一層の安全性確保を目的とした、ICT, IoT, 人工知能 (AI) などの最新技術を活用した次世代型トンネル構築システム「シミズ・スマート・トンネル」の開発に取り組んでいる。

その中で、シールドトンネル工事を対象として AI を用いた施工合理化技術「シミズ・シールド AI」の開発を進めている (図-1)。



図-1 シミズ・シールド AI のイメージ

本システムは、施工前の掘進計画業務を支援する「計画支援 AI システム」と、シールド掘進機の自動運転を行う「操作支援 AI システム」の2種類の AI を基幹システムとして構成されている。

本稿では、これらのシステムの開発内容と実装検証について紹介する。

2. 計画支援 AI システム

(1) 計画支援 AI システムの役割

シールド工事では曲線を含むトンネル線形に対して標準セグメントと異形セグメントを組み合わせることでトンネルを構築する。また、曲線部のトンネル掘進はシールド機のシールドジャッキストロークを調節し、中折れ機構と余掘り装置を併用して行われる。

上記内容の検討は工事着手前に実施するが、施工時にトンネル線形の計画値と実測値との間にわずかではあるが誤差が発生するため、日常的に坑内測量を実施して再度計画する必要がある。これらの計画は従来、シールド機の形状や計画線形に基づいて三角関数を用いた理論計算によって算出し、「掘進指示書」としてトンネル作業員に周知していた。

「計画支援 AI システム」は上記計画を AI が担う。AI はセグメント種別とシールド機制御量を制約条件として機械学習と遺伝的アルゴリズムにより解を最適化することで、「掘進指示書」の内容を提案する。

(2) AI の試行内容

掘進指示書内容を提案するにあたって、AI は以下の項目について試行を行う。

(a) セグメントスケジュール

シールドトンネルは RC セグメントや鋼製セグメント、合成セグメントなど多種類のセグメントで構築される。また、それぞれに直線用や曲線用のセグメント

解を提供するのが「操作支援 AI システム」である。

(2) 実際の操作特性を考慮した AI モデル作成

施工時にはシールド機から得られるデータ情報（特微量）は時々刻々と変化するため、それに伴い AI モデルの予測値も変動する。しかしながら、AI モデルの予測値に合わせて常に操作することは現実的ではない。そこで、図-3 に示すように、操作の必要性の有無を判定する「操作判定モデル」と、操作の設定値を判定する「操作予測モデル」の2種類で構成することとした。すなわち、時々刻々のデータで操作が必要な状態か否かについても AI で判定し、操作が必要な状態であれば操作量を予測して指示するという方式とした。

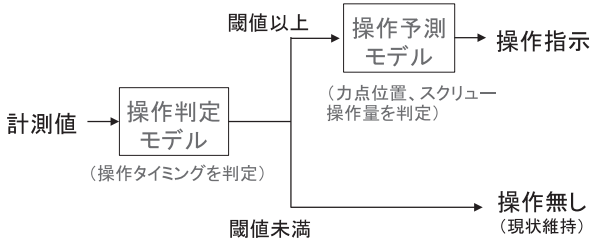


図-3 操作支援 AI モデルの構成

(a) 操作判定モデル

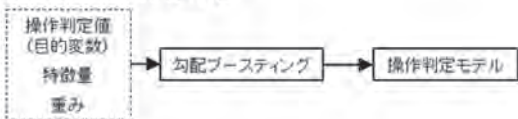
操作判定 AI モデルの学習方法について図-4 に示す。

① 操作有無の判定

② データの重みづけ

操作無しレコード			操作有レコード		
レコード番号	操作判定値	重み	レコード番号	操作判定値	重み
1	0	1	1	1	w_1/n_1
2	0	1	2	1	w_2/n_1
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n_0	0	1	n_1	1	w_1/n_2

③ 操作判定モデルの作成



④ 閾値の決定

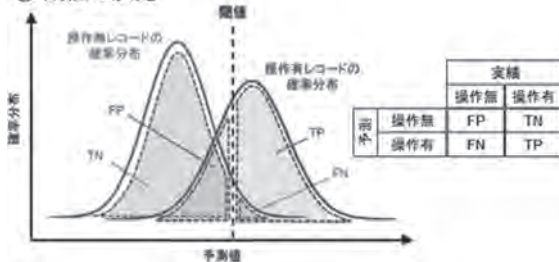


図-4 操作判定 AI モデルの学習

まず、①オペレーターが操作したときのレコードと操作しなかったレコードを区別する。基本的には操作しなかったときのレコード数が多いため、両者のバランスをとるため、②に示すようにデータの重みづけを行う。③操作判定値を目的変数とする教師あり学習によって操作判定モデルを作成する。④学習済みの操作判定モデルより出力された予測値から確率分布を求め、操作必要の有無を判定するための閾値を決定する。

(b) 操作予測モデル

操作の設定値を予測するモデルは、その設定値を目的変数とする教師あり学習によって作成する。教師データは図-4の④における TP と FN とする。これは、操作判定 AI モデルで閾値以上と判定されたレコード、すなわちオペレーターが必要に応じて操作したときのレコードと、操作する必要があったにもかかわらず操作しなかったときのレコードである。これにより、操作変更が必要であると判定されたデータのみを用いた学習となり、常に操作しないことを良しとする AI モデルになることを避けることが可能となる。

(3) データチェック機能

本システムは、前述の AI モデルの適切な学習および良質な予測を目的としてデータチェック機能を装備している。以下にこの機能を3つの部分に分かれており、これらの全てが正常であれば AI モデルにデータを渡して予測を行わせる。

(a) データチェック部

まず、特徴量となるデータを読み込み、データの欠損、あるいは計測器の測定範囲外となるようなデータがないかを確認する。そのような状態が継続する時間に応じて異常もしくは緊急性を判定し、エラーを表示してオペレーターに判断を仰ぐ。

(b) 方向チェック部

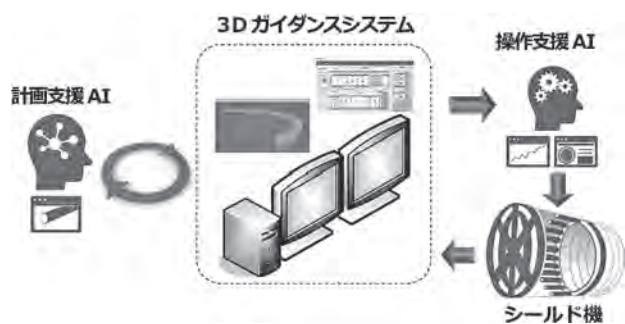
シールド機の計画線形からのずれ量（水平偏差、鉛直偏差）や、指示した方位やピッチングとの偏差が管理値・限界値を超えていないかを確認する。管理値を超えた場合は異常時と判定し、限界値を超えた場合は緊急時と判定する。これらの判定機構は自動運転の安全管理に必要なものである。

(c) 未学習チェック部

データが AI モデルの学習範囲内であることを確認する。

4. シミズ・シールド AI システム

清水建設では、施工合理化の加速を目的として、前述の2つの AI システムを統合運用する「シミズ・シー



図一五 シミズ・シールドAI構成

ルドAI」を今回開発した（図一5）。

シールド機の現在位置など各種の掘進管理情報は3Dガイダンスシステムに取り込まれ、それぞれのAIが要求する情報をガイダンスシステムが提供する。また、計画支援AIから提案された掘進計画をもとに3Dシミュレーションを行い「掘進指示書」として展開、操作支援AIへ指示値を伝送する。

これにより、作業所職員のアクションはシステム実行と結果確認・承認操作のみで良く、煩雑な検討や書類作成業務から解放される。

5. 現場実装によるシステム検証

これまで、操作支援AIは複数のシールド工事現場に実装し、検証を繰り返してきた。また、計画支援AIは操作支援AIを実装した工事現場の線形モデルを使用して試行を繰り返してきた（表一1、図一6）。

表一1 これまでの実装検証現場

シールド形式	シールド機外径	トンネル延長	施工場所
泥土圧	3.48 m	580 m	九州
泥水式	11.93 m	1,854 m	関東圏
泥土圧	16.10 m	6,986 m	関東圏
泥土圧	4.08 m	1,526 m	関西圏



図一六 現場実装状況

ここでは、令和3年度から令和4年度にかけて関西圏で施工された工事現場（泥土圧シールド工法、シールド機外径：φ4.08 m）において2つのAIシステム

を「シミズ・シールドAI」として、データリンク機能を含めて実施した運用検証について報告する。

(1) 検証の着目点

各AIプログラムの実効性はこれまでの試行により確認できていたため、今回の現場実装では以下の点に着目して検証を実施した。

(a) シールドAIシステムとのフィッティング

これまでの試行は単体での試行であり、今回初めて工事現場に実装した「シミズ・シールドAI」システムを運用し、システム全体の操作性と実効性の確認を実施した。

(b) リモート運用

本システムの運用については、将来的には複数の工事現場の統合遠隔管理を視野に入れている。このため、シールドAIシステム本体は工事現場に設置するが、計画支援AIモデルは共同開発者である名古屋工業大学の研究室に設置し、クラウドサーバーを利用してデータリンクする形態とした。本検証では、このような形態でのリモート運用の実行性について検証を実施した。

(c) シールド機自動運転

これまでの操作支援AI実装検証は、AIが提案したジャッキパターンに従ってオペレーターがシールド機の操作を実施してきた。本検証では事前にシールド機製作メーカーと打合せを行い、インターフェースを介してAIが直接シールドジャッキの操作を行える仕様を構築した。

(2) 検証結果

(a) シールドAIシステムとのフィッティング

シールドAIシステムを介してそれぞれ2つのAIが要求する各種データの受渡しを問題なく行えることが確認できた。本検証では計画支援AIに与える制約条件を、線形誤差±35 mm以内、テールクリアランス5 mm上確保として試行させたが、40リング分の計画を約5分で提案できた。操作支援AIへの指示値の受渡しについては、システム内の掘進指示書作成機能を利用すれば、ダイレクトに行えることを確認した。

(b) リモート運用

今回は、ガイダンスシステムと計画支援AIモデルはデータをDLL化してクラウド経由で数万回のやり取りを実施させた。これについては、共有するDLLファイルに2つのシステムが同時にアクセスした場合、クラウド上のドライブが同期できないという不具合が発生することが確認された。

リモート運用による計画結果の不良がない事は確認できたが、今後は異なるアプローチでの運用を試行したいと考えている。

(c) シールド機自動運転

従来のシールド機操作パネルに「自動／手動」切替SWとAIが考えたジャッキパターンの表示を追加して検証に臨んだ(図-7)。

自動運転時にはAIがタイムリーに直接シールドジャッキ選択をし、指示書に対して方位角 ± 0.05 deg, 鉛直誤差 ± 5 mm 以内で掘進できた。

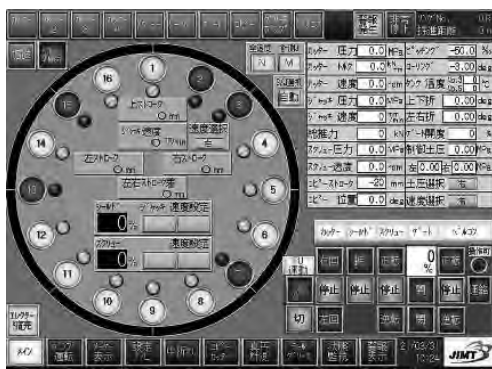


図-7 シールド機操作パネル

6. おわりに

本稿で紹介した関西圏のシールド工事現場は令和4年6月9日に無事到達することができた。

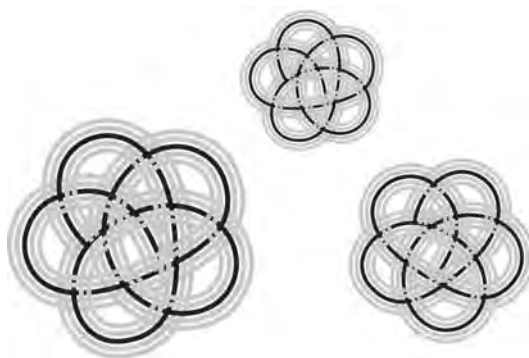
今回の実装検証を通じて得られた課題を反映したシステムチューニングを行い、令和5年には新たな工事現場に実装し、今後もシールドトンネル現場の生産性・安全性の向上を図り、国民の生活と安全を守る良質な社会インフラの整備の一助となるべく「シールドAIシステム」の開発を推進してゆく所存である。

最後に、本システムの開発にあたり現場における検証を快諾いただいた発注者の皆様をはじめ、関係者各位に心から感謝の意を表明します。

JCMA

[筆者紹介]

増田 湖一 (ますだ ひろいち)
清水建設(株) 関西支店
新名神枚方トンネル建設所
工事長



北海道新幹線羊蹄トンネル（比羅夫）の SENS 施工に伴う機械設備

川西 健之

SENS（シールドを用いた場所打ち支保システム）は、東北新幹線三本木原トンネルで開発された工法である。

採用実績としては今回工事が国内5現場目であり、当社は初めて施工に携わり機械設備計画を実施した。

SENS 特有の機械設備について紹介し、その中で後続台車設備の計画について紹介する。

キーワード：SENS, シールド機, 後続設備, 機械設備, 車輪盛替

1. はじめに

北海道新幹線の羊蹄トンネルは、新函館北斗・札幌間（約 212 km）のうち、ニセコ町と倶知安町にまたがる延長 9,750 m のトンネルである（図-1）。このトンネルは起点方の有島工区（延長 4,181 m）と終点方の比羅夫工区（延長 5,569 m）の2工区で施工され、当社は比羅夫工区を施工する（図-2）。本トンネルは、羊蹄山西側のすそ野に位置し、羊蹄山の噴火活動に伴って形成された複雑な地層が広がり、豊富な地下水を有しているため、切羽の不安定化が想定されること及び周辺の水利用への影響が懸念されることから、SENS を採用している。



図-1 位置図

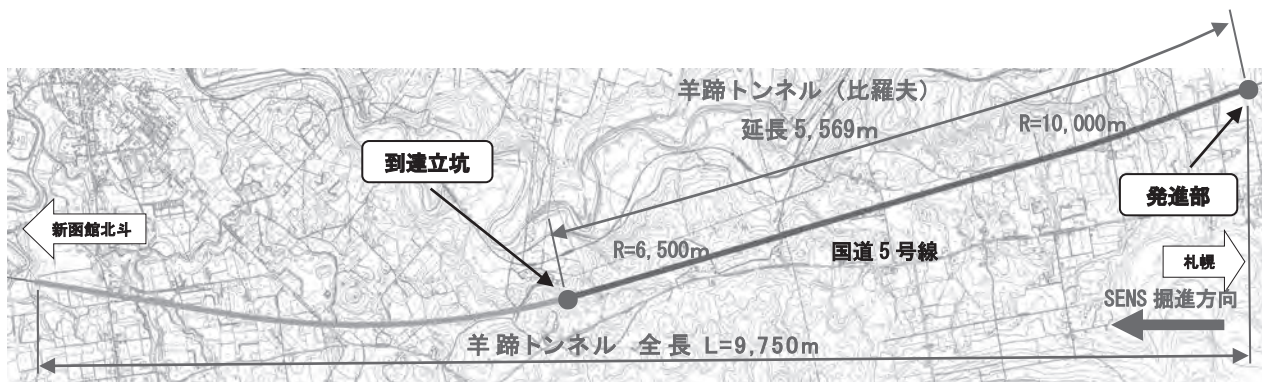


図-2 羊蹄トンネル平面図

2. 工事概要 (表—1)

表—1

工事名	北海道新幹線, 羊蹄トンネル (比羅夫) 他	
工事場所	北海道虻田郡ニセコ町地内及び倶知安町地内	
工事期間	2016年12月6日～2024年8月5日 (92ヶ月間)	
発注者	独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 北海道新幹線建設局	
施工会社	奥村・日本国土・札建・山田 特定建設工事共同企業体	
工事内容	シールド製作工 (φ11.56 m, 泥土圧)	1式
	掘進工・一次覆工・二次覆工	5,491.4 m
	下部コンクリート工	5,491.4 m
	路盤工	5,491.4 m
	開削トンネル (坑口部)	60 m
	到達工	1式
	川道付替	1式

(1) 地質地盤

トンネル掘削断面は、羊蹄山の火山噴出物が複雑に堆積した地質で、主に岩屑なだれ堆積物が堆積し、安山岩岩塊の混在が優勢な地層と岩塊や火山灰質砂、シルト等が混在する地層から構成された不連続的な地層である。

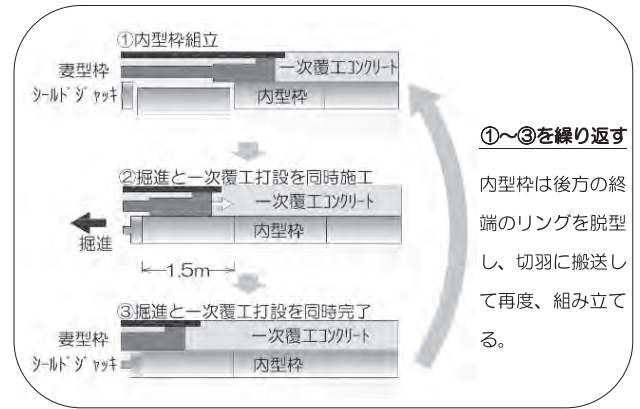
(2) SENS

SENSは、「密閉型シールド機により切羽を安定させながら地山を掘削 (Shield) するとともに、シールド掘進と並行してシールドテール部で一次覆工となる場所打ちコンクリートライニングを構築 (ECL) してトンネルを支保し、一次覆工の安定を計測により確認した後、二次覆工を施工 (NATM) してトンネルを完成させる工法 (System)」であり、それぞれの頭文字を取って「SENS」と呼ぶ。

3. 一次覆工打設設備

(1) 打設方法と設備

SENSのシールド機は掘進しながらテール部で妻型枠よりコンクリートを打設して一次覆工を構築するための設備を有しており、通常のシールド機に無い設備



図—3 掘進・組立・打設の施工サイクル

である。

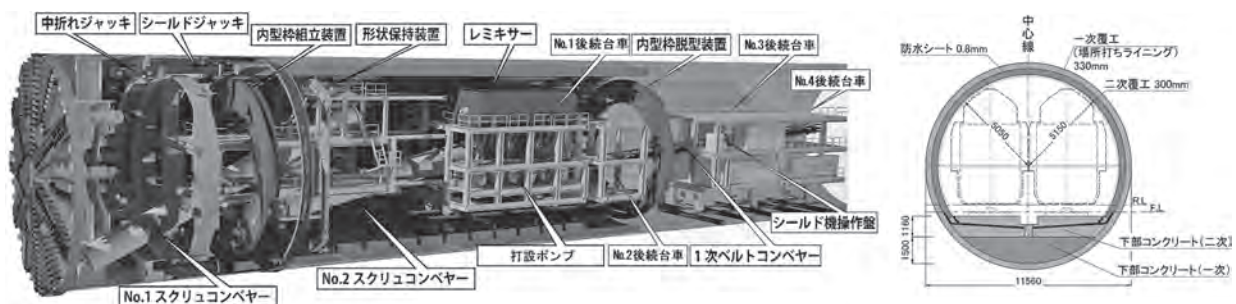
図—3に掘進・組立・打設の施工サイクルの模式図、図—4にSENSのシールド機と後続設備の概要図を示す。

シールド機は、強度が発現した一次覆工コンクリートと内型枠の付着力をもとに、内型枠をジャッキで推すことで推力を得る。内型枠の幅1.5mを掘進すると同調して、地山と内型枠の間に生じる空間にコンクリートを打設するが、その際、切羽土圧に予備圧を加えた圧力で打設圧を管理し、地山を保持しながらコンクリート打設を行う。コンクリート打設完了後、坑口最後方の内型枠を外し、切羽側へ移動・組立をして、再度掘進する。SENSの施工は、以上のサイクルを繰り返して行う。

SENSでは一次覆工コンクリートを打設する機械設備が特徴である。コンクリートを扱う条件としては硬化させないために3交代制で連続的な施工が必要となる。

一次覆工コンクリートは現場に設けた24時間稼働するバッチャープラントで製造され、ミキサー車で坑内運搬し、後続台車後方で受け取り妻型枠から打設される。

後続台車には以下のコンクリート打設設備が必要である。



図—4 SENS シールド機と後続設備

①一次圧送ポンプ

トラックミキサー車から受けたコンクリートをレミキサーまで8B配管で圧送するポンプ。

②レミキサー

一次圧送ポンプで送られたコンクリートを約6m³ストックし、12系統のピンチバルブから個々の2次圧送ポンプホッパーへシューターで生コンを分配する。

③打設ポンプ

掘進速度に同調させて12系統の3B配管から妻型枠打設口へコンクリートが圧送され一次覆工コンクリートのトンネルが構築される。

④流量計, 圧力計

12系統の配管ラインに設置し打設制御を行う。配管はコンクリートの骨材による摩耗が想定されるのですべてスケジュール管(肉厚管)を使用した(図-5参照)。

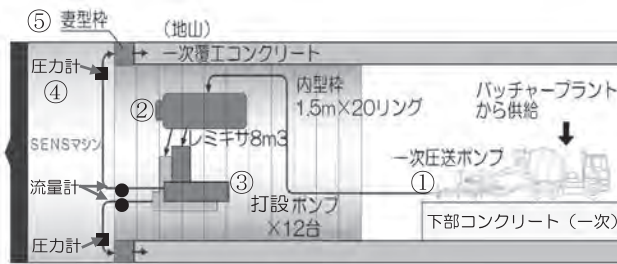


図-5 一次覆工コンクリート打設フロー

⑤妻型枠

妻型枠打設口からコンクリートが打設される。シールド機テール部の配管と妻型枠を示す(写真-1参照)。

打設配管は円周上に12系統配置されている。

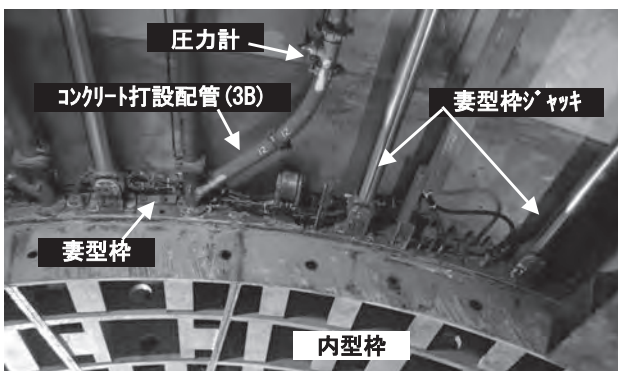


写真-1 妻型枠装置

(2) 一次覆工コンクリート要求性能

SENSに用いる一次覆工コンクリートは以下の要求

性能を満たす必要がある。

- ①地山と内型枠の間に隙間なく充填可能な流動性
- ②配管内に一定時間滞留可能で、長時間にわたり断続的な圧送が可能なフレッシュ保持性
- ③小口径の3吋配管を圧送可能なポンプ圧送性
- ④コンクリートポンプによる圧送、充填時の加圧により材料分離しない材料分離抵抗性
- ⑤被水圧条件下でも打設可能な水中不分離性
- ⑥シールド機の推進反力を早期に確保し、内型枠の脱型が可能な強度発現性

本工事では、最大水圧540kPaの高水圧下でのコンクリート充填が条件である。各種基本性状実験を実施し、施工条件に適合した要求性能(表-2)を有する配合を選定した。

表-2 一次覆工コンクリート要求性能

流動性	フレッシュ保持性	ポンプ圧送性	
練上がり時 スランプフロー 650±50mm	4時間後50cm フロー到達時間 27秒以上180秒以下	3インチ配管で 30mの距離に 5m ³ /hを打設可能	
材料分離抵抗性		水中不分離性	
圧送及び充填時に 材料分離しない		pH 12.0以下	懸濁物質量 500mg/l以下
強度発現性			
圧縮強度	小土被り	最大土被り	大土被り
24時間 (脱型時)	15 N/mm ²	30 N/mm ²	20 N/mm ²
28日(完成時)	30 N/mm ²	40 N/mm ²	30 N/mm ²

4. 後続台車設備

(1) 後続台車の構成

SENSを施工するのに必要な機器設備を各台車に搭載しシールド機後方に後続台車として牽引させている。当現場の後続台車設備の全長は約98mである。各後続台車の搭載機器は以下の内容で構成される(図-6参照)。

1) No.1 後続台車

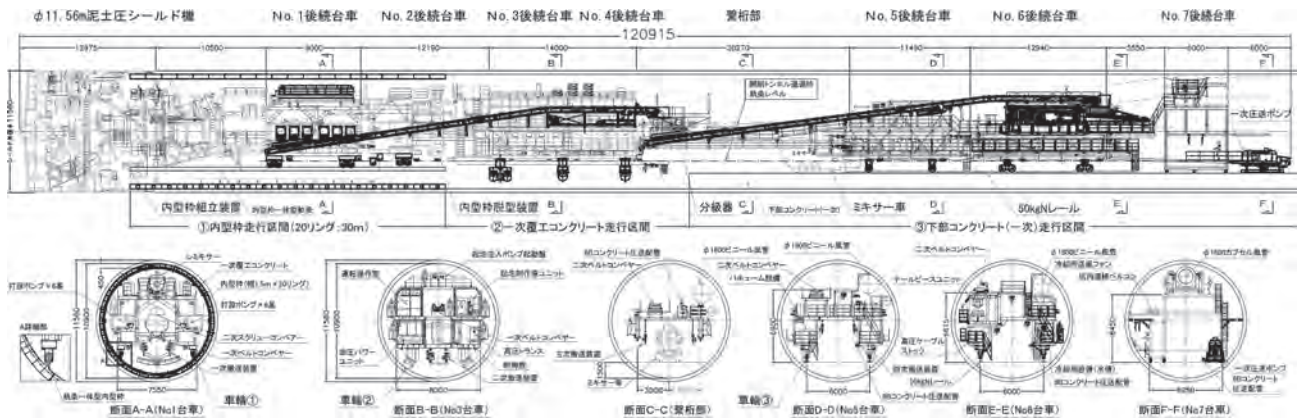
一次覆工コンクリートを打設する設備でレミキ



写真-2 レミキサー



写真-3 打設ポンプ



図一六 後続台車計画図

サー、打設ポンプ、台車牽引ジャッキを搭載している（写真一2, 3）。

2) No.2 後続台車

内型枠を脱型するための脱型装置を搭載し、脱型時に装置旋回、把持の作業を行う。安定した状態で脱型作業を実施するためにNo.2 後続台車を内型枠に上下左右方向へ反力ジャッキで押さえつける設備を搭載する。掘進中は1.5 mの掘進ストロークに対し、No.1 後続台車とNo.2 後続台車の間に4本の台車牽引ジャッキを配置しており、掘進に同調して伸びの制御を行う。掘進中はNo.1 後続台車から前方がシールド機に牽引され一緒に進み、それ以降は置いていく。このことで掘進中にも内型枠は脱型作業が可能となる。掘進終了後にはNo.2 後続台車の反力設備を縮めて台車牽引ジャッキを1.5 m引き戻し、後方のすべての後続台車を一緒に前進させる。

3) No.3, No.4 後続台車（一体型）

シールド機操作運転室、シールド機油圧ユニット、シールド機制御盤、受電設備高圧トランス、気泡注入設備、高分子注入設備、中圧コンプレッサー設備、清水タンクを搭載する。

4) 繋桁部

下部コンクリート（一次）を打設するための区間として約20 mの長さとする。トラックミキサー車からシュート、生コンパケットにより打設を行う。

岩塊対応分級器を一次、二次ベルトコンベヤーの間

に配置する。岩塊が排土された場合、約300 mm以上は分級され礫箱で回収し別途運搬処理する（写真一4, 5）。

5) No.5 後続台車

一次ベルトコンベヤー制御盤、固結滑材注入設備、気泡剤、高分子剤サブタンク、バキューム設備を搭載する。

6) No.6 後続台車

連続ベルコンテールピースユニット、制御盤、送気用ファン、冷却設備、清水槽、給水ユニット、高圧ケーブル・計装線延伸分ストックを搭載する。

7) No.7 後続台車

φ1,800 ビニール風管長尺100 mを収納したカプセル風管を搭載する。

8) 一次圧送ポンプ

トラックミキサー車より供給されたコンクリートをレミキサーへ圧送するためのポンプを後続台車最後尾に配置する（写真一6）。



写真一六 一次圧送ポンプ



写真一四 分級器設置図

写真一五 分別状況

(2) 車輪構造

シールド機後方の後続台車を走行させるには、車輪と軌条が必要であるが、SENSの後続台車の車輪は3タイプの車輪構造が必要である（写真一7）。

①内型枠区間

一次覆工コンクリートを打設時に型枠、養生時間を

考慮して型枠の数量が決める。内型枠は組み立てたのち、脱型して繰り返し討手がえしして使用されるので内型枠組立装置と内型枠脱型装置の位置は内型枠の数量で位置が決定されている。No.1, No.2 後続台車は内型枠区間にラップするので内型枠内を走行できる軌条が必要であり、内型枠一体型の軌条を片つば車輪で走行する。

②一次覆工コンクリート区間

内型枠を脱型した後方を走行する No.3, No.4 後続台車は、脱型直後の湾曲した一次覆工コンクリート面を直にウレタン車輪で走行する。

③下部コンクリート（一次）区間

No.4 と No.5 後続台車の間は約 20 m の桁材で繋ぎ、この区間で下部コンクリート（一次）を打設して延伸させる。打設して硬化が確保できたのち、その上に軌条を敷き車輪走行させる。当現場では 50 kgN レールのシートパイルレールを延伸させて両つば車輪で走行する。



写真一八 後続台車引込状況



写真一九 初期掘進発進時後続設備全景写真



①内型枠区間車輪



②一次覆工区間車輪



③下部コンクリート区間車輪

写真一七 車輪種類



写真一〇 投入開口状況



写真一一 投入状況

(3) 開削トンネルからの掘進開始

シールド機の発進方法は立坑からの発進ではなく、山裾に坑口リングを設け、開削トンネルを 36 m 構築したトンネル内を通過する地上発進方法である。

後続台車は円形断面で計画するが、開削トンネルは下半分には本設のインバートコンクリートが施工されているので本来の車輪は設置ができず、仮にチルトタンクを配置し前送りさせ、空間ができた場所で全ての車輪を履き替えた（写真一八）。

(4) 車輪盛替え

初期掘進時では開削トンネルの断面を後続台車で満

たされてしまうので後続台車後方からは資機材を取り込むことができない。よって、シールド機反力材の隙間より、資機材を投入させた（写真一〇～一一）。

車輪②区間のウレタン車輪について投入取り付け手順を説明する。ウレタン車輪は後続台車の重量により配置位置で異なり 2 種類を使用した。No.3, 4 後続台車は一体型で総重量が約 300 t あり、前方に大きな力が掛かることから前側にはボギー車輪（2 輪）とし後方部は 1 輪の、全 6 ヶ所で受ける配置としている。ボギー車輪は総重量約 8 t あり、初期掘進用のトラバサで前送りし、後続台車の底板部に H 鋼材（H-400 × 400）を設置、プレントロリー、3 t チェーンブロックで吊上げ、姿勢制御してボルト締結した。狭い空間での作業となり、以下の写真の手順で慎重に作業を進めた（写真一二～一七）。



写真一12 車輪投入状況



写真一13 車輪引込状況①



写真一14 車輪引込状況②



写真一15 車輪設置状況①



写真一16 車輪設置状況②



写真一17 車輪設置完了

5. おわりに

本工事は2019年4月より掘進を開始し、2021年3月に月進258mを達成した。2021年7月には約3,400mまで掘削したが、同7月に10mを超える規模の岩塊に遭遇し現在は掘進を中止している。2022年3月からは岩塊の撤去に向けた工事を実施している。

2023年度下期の再発進に向け、難しい課題が山積しているが、無事故・無災害で到達を目指し工事を進めて行く。

JCMA

【筆者紹介】

川西 健之（かわにし たけゆき）

（株）奥村組

奥村・日本国土・札建・山田特定建設工事共同企業体

羊蹄トンネル工事所

副所長



断面規模の小さい長距離水路トンネルにおける生産性向上の取り組み

水海川導水トンネル工事の例

中西大介・多宝徹

水海川導水トンネルは、山岳工法で片押し施工する延長4,717m、仕上がり内径8.5mの円形断面の長距離水路トンネルである。本トンネルは、長距離施工に加え、通常断面¹⁾に分類される山岳トンネルの中では規模が小さいため、多くの施工上の制約があり、難易度が高いトンネルである。

本稿では、水海川導水トンネルにおける生産性向上・良好な坑内環境の確保に向けた取り組みについて紹介する。

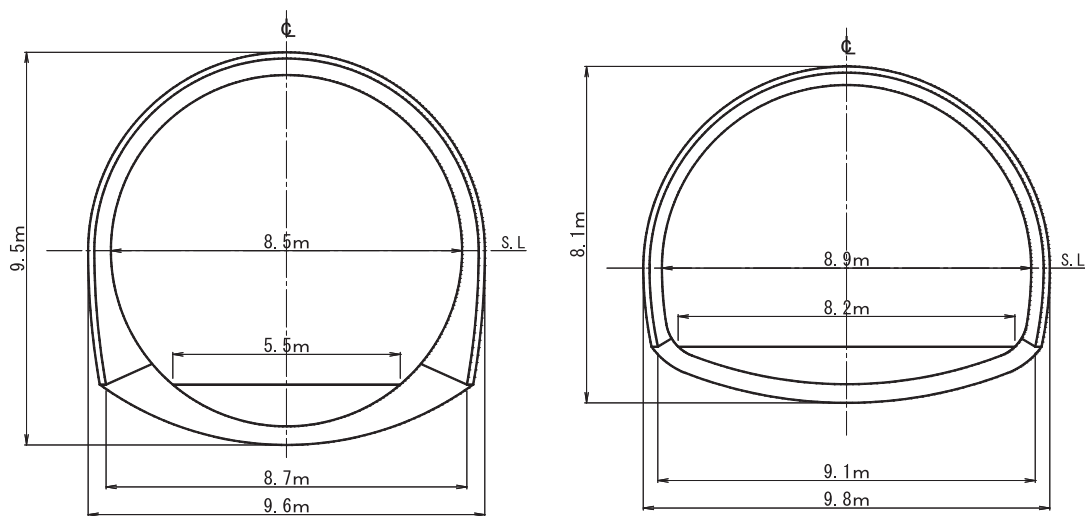
キーワード：山岳トンネル、長距離トンネル、水路トンネル、生産性向上、CIM

1. はじめに

水海川導水トンネルは、山岳工法で片押し施工する延長4,717m、仕上がり内径8.5mの円形断面の長距離水路トンネルである。

一般に、山岳トンネルでは、内空幅が8.5m程度以上の断面のものを通常断面のトンネルに分類する。道路トンネル技術基準（構造編）・同解説では、内空幅8.5～12.5mを通常断面のトンネルに分類しており¹⁾、多くの2車線道路トンネルが通常断面のトンネルとなる。また、長距離トンネルの施工事例の多い新幹線トンネルも内空幅は通常9.5mであり、通常断面のトンネルの範囲である。

通常断面の区分に入るトンネルは、統一された標準的な支保パターンが適用可能で、施工面からも汎用性の高い大型機械を用いた標準的な施工方法が適用できる。しかし、通常断面トンネルの範囲でも断面規模が小さくなると、標準的な施工方法は適用可能ながらも、さまざまな制約条件により、作業の効率や安全性が低下するケースが多い²⁾。水海川導水トンネルは、内空幅8.5mで通常断面の分類の下限の大きさで、加えて内空が円形に近いトンネル形状のため、施工基面の幅が約5.5mと狭く、施工性や安全性の確保が課題となるトンネルである。図-1に本トンネルのトンネル断面と断面規模の小さい道路トンネルの一例との比較を示す。



水海川導水トンネル

断面規模の小さい道路トンネルの例

図-1 トンネル断面比較

また、水海川導水トンネルのもうひとつの特徴として、トンネルの片押し施工延長が4,717mと極めて長いことが挙げられる。トンネル切羽へのアプローチは、坑口から掘り上がったトンネル坑内を通じてのみ行われるため、距離の長いトンネルでは切羽の進捗に伴い、坑内の搬出入路が延びて坑内の通行が過密化する。また、長距離で断面規模が小さい場合、人によっては多少の閉塞感を感じることもある。長距離トンネルでは良好な坑内環境の確保も通常のトンネルより強く求められるところである。

本稿では、断面規模が小さく、施工延長の長い水海川導水トンネルにおける生産性の向上施策ならびに良好な坑内環境の確保に関する取り組みについて述べる。また、今後、本トンネルのような大規模な長距離トンネルの生産を向上させていくことを目的に当現場で進めているCIMの取り組みについても述べる。

2. 工事概要

水海川導水トンネルは、福井県今立郡池田町で進められている足羽川ダム建設事業の一環で、工事を行っている。足羽川ダム建設事業は、足羽川、日野川、九頭竜川の下流域に位置する福井市などにおける洪水被害の軽減を目的としており、洪水調節専用のダムの他に、分水施設、導水路トンネルなどを一連で整備している。九頭竜川水系足羽川の支川部子川にダム本体を構築するとともに、足羽川の支川となる水海川、さらに、将来計画では足羽川本川の上流部などの3河川の洪水をトンネルでダムに導水し、足羽川流域全体の洪水をコントロールすることが特徴である。水海川導水トンネルは、水海川に設置される分水施設において水面を確保したのちに、足羽川ダムに洪水流を導水する施設である。図-2に足羽川ダム建設事業の平面図を示す。

3. 運搬路の確保

2022年11月末時点で、トンネル切羽は坑口から3,260m付近にあり、トンネル内ではトンネル掘削工、



図-2 足羽川ダム建設事業平面図

インバート工、覆工のおもに3つの作業を行っている(図-3参照)。

長距離の細長い空間で3つの作業を並行して実施することから、トンネル断面を最大限活用して、3つの作業に必要な資材の運搬を効率的に実施する必要がある。

本章では、本トンネルにおける運搬路確保の施策について述べる。

(1) 連続ベルトコンベヤーの採用と高度化

本トンネルは、内空が円形断面のため、施工基面のトンネル幅が5.5m程度と狭く、大型車両同士のすれ違いが困難なため、約150mおきに施工基面を1mほど高くしてすれ違い区間を設けている。それでも、トンネル坑内で、多くの車両を滞留させることなく走行させることが困難である。そこで、坑内走路はトンネル掘削資材、覆工・インバートの生コンクリートなどの運搬専用とし、切羽での掘削ずりを連続ベルトコンベヤーで搬出する計画とした。

近年の長距離トンネルにおいて、連続ベルトコンベヤーは必須の技術になりつつあるものの、本トンネルのように最終延長5,000mのベルトコンベヤーを稼働させるためには、高度な技術が必要となる。

コンベヤーのベルトは往復10kmの1本の連続した輪ゴムのようになり、切羽のクラッシャーの後方に

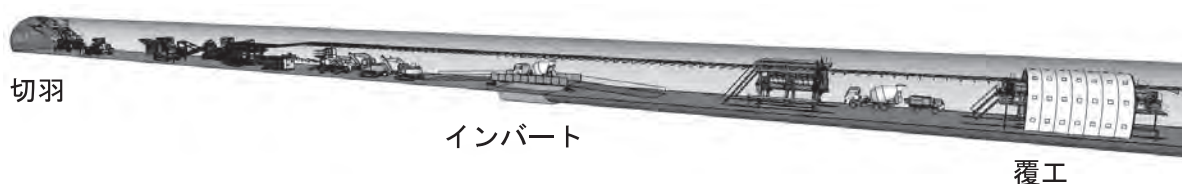


図-3 トンネル坑内施工配置

設置したテールピース台車と坑外の落とし口のローラーでテンションを掛ける。この10 kmものベルトに荷を載荷した状態で、スムーズに動かす技術が必要である。そこで、通常の1箇所動かす駆動装置（メインドライブ）に加えて、中間部にブースターを設けて駆動力を上げるとともに、坑口部の単曲線区間（R600）や覆工完了区間ではベルトの縦断・横断線形を最適化し、メカニカルな負荷を最小化している（写真—1～3参照）。

長距離のコンベヤーでは、切羽、坑内全線、坑外に点在する機器を連動させて制御する技術も必要である。クラッシャー、テールピース台車、ベルト、駆動装置などの機器に不調が発生した場合には、全体のシ

ステムを協調させて停止する必要がある。本トンネルでは、機器をWi-Fi網とつなぎ、事務所やモバイル端末で稼働状況をリアルタイムで監視している。これらの監視データから、機器の稼働履歴、エラー履歴をデータベース化し、分析するシステムを導入し、トラブルの予防措置に活用している。連続ベルトコンベヤーでは、距離が長くなるほど、トラブル時に原因を突き止め復旧するのが困難となるため、設備トラブルの防止やメンテナンス作業の効率化に有効活用している。

さらに、これまで、クラッシャーには、投入された掘削ずりの破碎状況を監視し、動作調整などを行う作業員が必要であったが、本トンネルではクラッシャーへずりを投入する重機の操作席にタブレットを設置し、掘削ずりの破碎状況をカメラ映像で確認しながら、クラッシャーの動作調整を行う遠隔操作システムを導入することで、重機OPによるワンマン運転を実現している（写真—4、5参照）。

さらに、連続ベルトコンベヤーを採用することにより、坑内での内燃機関の稼働が減り、良好な坑内環境の向上にもつながっている。

また、本トンネルは、一般的な道路トンネルと比較して断面形状が縦長であるため（図—1参照）、トンネル断面を上下方向に有効活用している。

連続ベルトコンベヤーを低い位置に配置すると、重



写真—1 坑外設備



写真—2 中間ブースター



写真—4 掘削ずり投入状況



写真—3 テールピース台車



写真—5 クラッシャー遠隔操作状況

機のすれ違いができないことから、施工基面から5mほど高い位置に配置し、その空間を利用して重機のすれ違いを実現している。また、セントル、インバート栈橋の位置でも同様に干渉を防ぐ高い位置に連続ベルトコンベヤーを配置している。図-4に、重機のすれ違い位置、セントル、インバート栈橋部における連続ベルトコンベヤー、風管の配置を示す。

(2) インバート施工

本トンネルのTD1,800m以降は、インバートを設置する支保パターンとなっており、長距離のインバート施工を行う必要がある。通常の2車線道路トンネルでは、インバートを2分割して半断面施工とすることで、坑内通行車両の走路を確保しているが、本トンネルは断面が小さく半断面施工ができない。そこで、インバート栈橋を採用して通行車両の走路を確保するものとした。道路トンネルで採用されるインバート栈橋は、栈橋をセット後、左右に横送りして、栈橋の横でインバート掘削を行う横送り方式が一般的である。本トンネルは断面が小さく、横送りのスペースを確保することができないことから、跳ね上げ方式の栈橋を採用している(写真-6, 7参照)。跳ね上げ方式の栈橋では、横送りをせず、掘削を切羽側の斜路を跳ね上げてその下で行うため、掘削中は、一時通行止めになってしまう。そのため、トンネル切羽の施工サイクルに影響を与えないような工夫が必要となる。本トンネルでは、換気の自動管理システムのサイクルタイムを用いて、生コン車、火薬運搬車がインバート部分を通ずる時刻を事前に確認し、その時刻にあわせて、インバート掘削を一旦停止して斜路を降ろすことで、切羽作業のサイクルロスが生じないようにしている。

また、コンクリート打設においては、栈橋の桁下へのコンクリートの供給が問題となる。一般に道路トンネルのインバート打設では、ブーム車を用いてコンク

リートを供給するが、本トンネルでは、狭小断面のため、ブーム車を配置すると通行止めが避けられず、切羽作業と並行して作業することができない。そこで、ディストリビュータを栈橋下部に導入してフレキシブルに配管を移動して打設する方法とし、切羽作業と並行してのコンクリート打設作業を実施した(写真-8参照)。



写真-6 インバート栈橋



写真-7 インバート栈橋(跳ね上げ時)

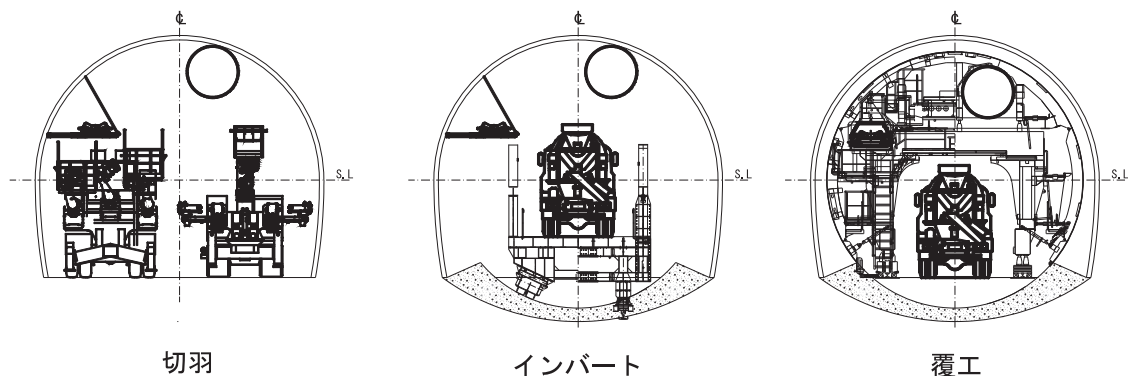


図-4 トンネル断面配置



写真-8 ディストリビュータ

4. 長距離トンネルにおける良好な坑内環境の実現

本トンネルでは、良好な坑内環境の実現に向けて、坑内空気環境を悪化させる要因となっている粉じん発生源対策として、吹付けコンクリート施工、ずり出し施工に着眼し、施工性と坑内環境とを両立した対策を実施している。また、坑内環境を一元管理し、換気設備を自動制御するシステムの運用も行っている。ずり出しについては、3章で述べたところであり、本章では、吹付けコンクリートと換気システムに対する取り組みについて述べる。

(1) 吹付けコンクリートの高度化

坑内粉じんの最大の発生要因となっている吹付けコンクリートに対して、本現場では、液体急結剤をベースに開発をした「大容量・高性能吹付けコンクリート」を採用している。大容量・高性能吹付けコンクリートでは、高性能ポンプを使用して、高性能減水剤を用いてワーカビリティを向上させたコンクリートを圧送し、特殊ノズルにより液体急結剤を適切に混合させて吹付け作業を行う。これにより、発生粉じん量を大幅に低減しつつ、吐出の大容量化と低リバウンドの急速施工を実現している。図-5に大容量・高性能吹付けコンクリートの概要を示す。

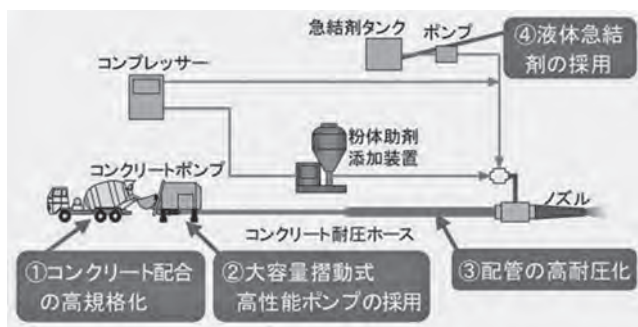


図-5 大容量・高性能吹付けコンクリートの概要

本トンネルのEパターンでは最大 $t=300\text{ mm}$ の設計厚の吹付けコンクリートを行っているが、上半の吹付けコンクリートを15分程度で完了させる急速施工を実現しつつ、極めて粉じんの少ないクリアな作業環境を実現している。写真-9に吹付けコンクリート施工時の坑内状況を示す。

さらに、高強度コンクリートへの仕様変更を行い、溶接金網を省略したパターンを採用している。金網の設置作業がなくなるため、切羽直下の作業時間の削減となり安全性の向上と省人化による生産性の向上も実現している。参考に、写真-10に従来工法の溶接金網の設置状況を示す。

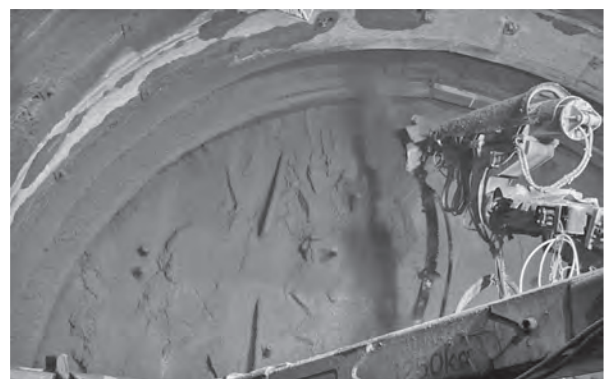


写真-9 吹付けコンクリート施工状況



写真-10 溶接金網設置状況 (従来工法)

(2) 換気システムの高度化

通常のトンネルの坑内換気は、坑口の送風機と切羽付近の集塵機で行っているが、本トンネルでは、長距離トンネルの良好な坑内環境を確保するために、送風機・集塵機の大型化に加えて、坑内の中間地点に中継ファンを増設する対応を行っている。

トンネル切羽での発生粉じんは、穿孔、ずり出し、吹付け、支保工建込みといった切羽作業により異なるが、これまでの長距離トンネルの施工では、坑口、坑内中間地点、切羽近傍と広範囲に点在するこれらの機器を連動させて制御することは難しく、作業毎に最適

な出力で運転することは難しかった。

本トンネルでは、送風機・集塵機の自動管理システムを導入し、切羽作業に応じた出力制御を行うことで坑内環境を維持しながら使用電力量を削減する取組みを行っている。

自動管理システムでは、坑内全線に構築した Wi-Fi 網に、各種機器を接続するのが前提となる。切羽の掘削重機に通信ユニットを搭載することで、リアルタイムに稼働状況を把握し、このデータから、切羽の作業内容を自動判定している。判定した作業内容及び坑内で自動測定した環境データから、最適な換気量を算出して、坑口、坑内中間地点、切羽近傍に位置する3台の機器を連動させて自動制御している(図-6 参照)。

さらに、本トンネルでは、施工サイクルの見える化に焦点を当てて、自動管理システムの改良を行っている。自動管理システムの工種判定データを詳細な施工サイクルのタイムテーブルとして抽出し、事務所やモバイル端末でリアルタイムに確認できるようにするとともに、データベース化し、工程の異常等の分析に活用している(図-7 参照)。

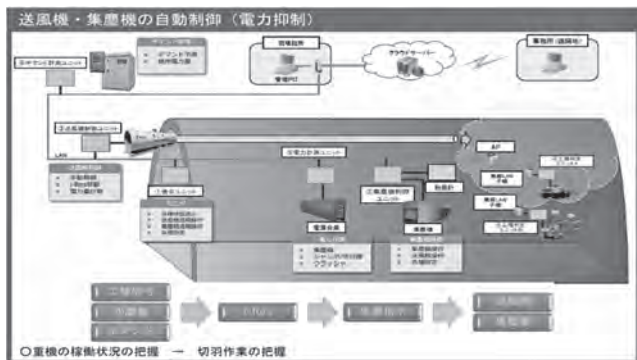


図-6 換気システム概念図



図-7 施工サイクル表

5. CIM による生産性の向上

(1) 支保パターンの設定

本トンネルの TD2,500 m 以降は、脆弱地山が続き、当初想定の地山等級から2~3ランクダウンの地山状況が続いている。加えて、TD3,220 m 付近で、大規模活断層である温見断層破碎帯に突入し、施工性向上のためには地山の前方予測が極めて重要となっている。

そこで、本区間では、表-1 に示す3段階の前方探査を行い、地山状況の把握に努めている。探査結果は、図-8 に示すように既施工区間の地質情報を相互に対比できる形で整理するとともに、地質 CIM で情報を統合し、前方地山の状況の予測に活用している(図-9, 10 参照)。

本区間では、標準パターン外となる E 等級の地山が続いており、切羽評価点のみで支保パターンを設定することが困難な状況となっていることから、地質情報から切羽前方の地山特性を予測し、支保パターンを選定している。

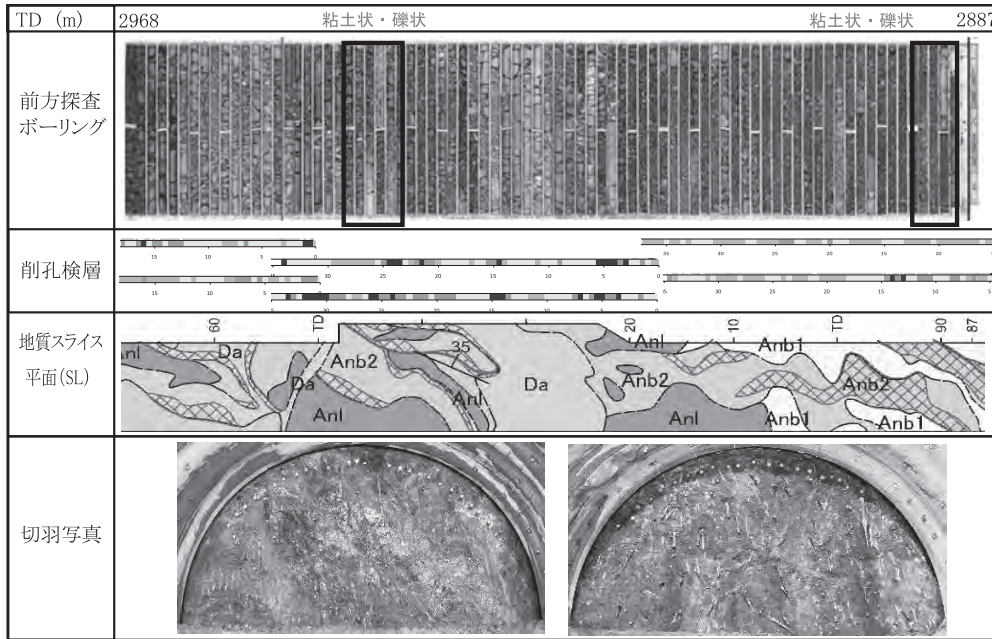
表-1 トンネル前方探査

名称	内容	延長	本数	目的
①長尺水平ボーリング	ロータリーパーカッションによるコア採取	100 m 程度	トンネル左右2本	トンネル前方地質の概略把握、大量・高圧湧水の把握
②削孔検層	ドリルジャンボによる削孔検層・スライム採取	30 m 程度	3本 + a	トンネル断面近傍の地山の確認、大量・高圧湧水の確認
③補助工法時の削孔検層	AGF、鏡ボルト施工時に削孔データ取得	10.5 m	23本 ~ 36本	トンネル前方地山の詳細な確認、前方の湧水の最終確認

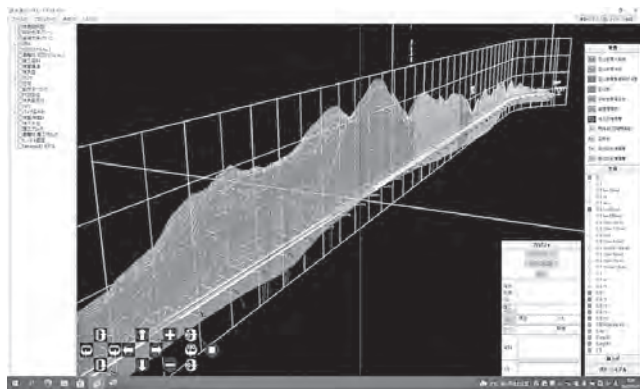
(2) デジタルツインの実現に向けて

本トンネルでは、坑内全線に Wi-Fi 網を設置し、これまでに説明した換気システムの制御、連続ベルトコンベヤーの制御のほか、トンネル切羽作業とインバート掘削作業の連携など多くの管理システムの運用に活用している。他にも、ナビゲーション機能付きジャンボへの発破データ送信、削孔検層データの回収、坑内カメラでのモニタリング、坑内環境測定データの取得、坑内でのモバイル端末などの各種 IoT 機器の運用など、さまざまなシステムのベースとなっている。

Wi-Fi 網で取得した情報は、事務所や坑内に設けた DX コントロールルームからも管理が出来る環境を構



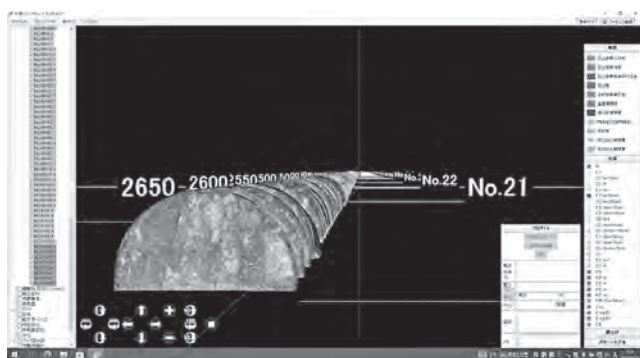
図一8 地質情報の整理



図一9 地質 CIM (縦断面)



写真一11 現場内監視モニター



図一10 地質 CIM (切羽写真)



図一11 トンネル施工・管理の最適化

築している (写真一11 参照)。DX コントロールルームでは、大容量吹付け、連続ベルトコンベヤー、換気システムなど掘削に関するハードの部分と ICT を活用して高度な施工管理を行うソフト的な部分を可視化している。この施工情報を元に、さらなるトンネル施工、管理の最適化を目指していきたい (図一11 参照)。

6. おわりに

本トンネルでは、今回紹介したもの以外に、切羽で汎用機が使えるようにするための補助ベンチ付き全断面掘削工法の採用、坑内ですれ違いができるように幅狭の建設機械の採用、坑内で生コン車などが回転でき

るようにするためターンテーブルの採用といった断面の小さい長距離トンネルに必要なさまざまな工夫を行っている。これらの工夫により、一般的なトンネルと同等以上の施工性を確保している。

今後は、本トンネルで実践している生産性向上の取り組みとともに、CIMに付加する品質・出来形などの管理情報を高度化し、トンネルのデジタルツインの実現に向けて引き続き取り組みたい。デジタルツインの情報を元に施工情報をナレッジベース化することで、本トンネルのみならず、今後のトンネル施工の高度化にもつながるものと考えている。

JCMA

《参考文献》

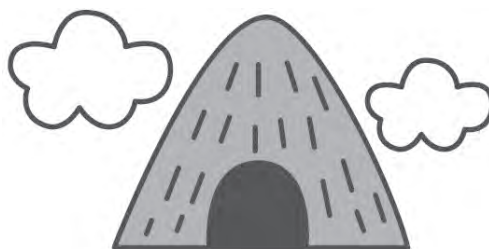
- 1) 道路トンネル技術基準（構造編）・同解説 p125
- 2) 断面規模が小さい2車線道路トンネルにおける施工上の問題点と今後の設計・積算のあり方について、NPO法人 臨床トンネル工学研究所 理事長特別小委員会報告書3（2013）

【筆者紹介】

中西 大介（なかにし だいすけ）
株式会社 安藤・間
大阪支店 水海川トンネル作業所



多宝 徹（たほう とおる）
株式会社 安藤・間
大阪支店 水海川トンネル作業所



幹線道路直下での地下鉄駅の構築

シンガポール地下鉄トムソン線 T212 工区

林 伸 幸

シンガポールの地下鉄トムソン線は、LTA（陸上交通庁）の発注による工事で、マレーシア国境近くの北端ウッドランド地区からカジノ・植物園等で賑わう最南端のマリーナ地区までを結ぶ全長約 30 キロ、全 25 工区からなる。

当報文では、地下鉄トムソン線工事のうち「アパートムソン駅及びトンネル工事（T212 工区）」について駅躯体の掘削開始から底版の打設完了まで 1 年間という短い工期の中、非常に狭い作業ヤード、軟弱地盤上に立地する築 40 年以上の民家との超近接施工など厳しい制約条件下で施工した駅舎の逆巻き工法について、施工上の課題とその解決策を報告するものである。

キーワード：シンガポール、地下鉄、仮設構造物、逆巻き工法、地下埋設物

1. はじめに

シンガポールでは、1965 年の独立以来、経済成長と国際競争力強化のためインフラ事業への積極的な投資がなされている。とりわけ MRT（Mass Rapid Transit）の路線網は年々拡大しており、2022 年時点で既存の 5 路線に加えシンガポール島を南北に縦断するトムソン線のうち北部の 3 駅が 2020 年 1 月、当工区を含む 6 駅が 2021 年 8 月、2022 年 11 月に残りの 11 駅が開通したところである。現在、トムソン線の延伸線であるシンガポール東部のチャンギ空港を結ぶイーストコースト線、シンガポール西部地区を網羅するジュロンリージョン線とシンガポール島中央を東西に結ぶクロスアイランド線の建設が進行中である。

T212 工区は、トムソン線のほぼ中間地点であるアパートムソン地区に地下 2 層のアパートムソン駅、当駅と隣工区のカルデコット駅の間に位置する発進立坑および 4 本のシールドトンネル（掘削延長約 3.9 km）を構築するものである¹⁾。工事期間は、工事を受注した 2013 年 11 月から 2021 年 8 月の開業まで約 8 年間と長期にわたった。なお、新型コロナウイルスの感染拡大に伴うロックダウンなどの影響と工期終盤の 2018 年に追加発注された出入口の施工により 1 年間の工期延伸を行っている。図-1 に当工区的位置、写真-1 に完成したプラットフォームの写真、図-2 にプロジェクト全体図を示す。

当報文では、非常に狭い作業ヤード、一般民家との

超近接施工であるなどさまざまな厳しい条件下での逆巻き工法による駅舎の施工について報告するものである。

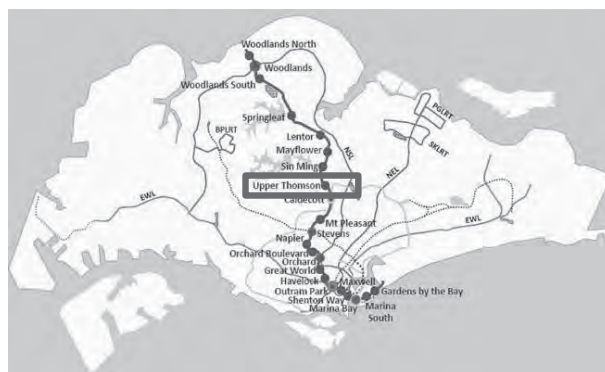


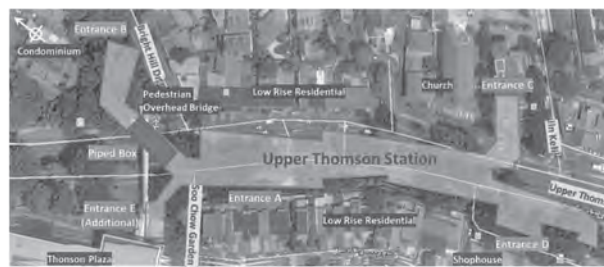
図-1 プロジェクト位置図



写真-1 アパートムソン駅プラットフォーム



図一2 プロジェクト全体平面図



図一3 アップパートムソン駅平面図

2. 工事諸元

契約工期 2013年11月～2020年5月(78ヶ月)

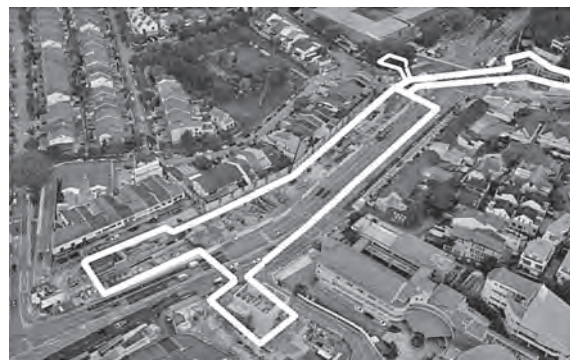
変更工期 2021年5月(90ヶ月)

契約形態 施工のみ(仮設工は請負者設計施工)

- ①地下駅 L = 228 m, W = 21 m, D = 20 m
- ②出入口 4ヶ所 + 1ヶ所(追加変更指示)
- ③発進立坑 L = 41 m, W = 25 m, D = 30 m
- ④トンネル 泥水式シールド3台, 掘削延長 = 3,826 m
- ⑤道路迂回工 1式
- ⑥水路迂回工 1式
- ⑦埋設物(上下水道管・共同溝)迂回工 1式
- ⑧RC地下連続壁 (t = 800 ~ 1,200 mm) 21,000 m³
- ⑨柱列式地下連続壁 (Φ 1,000 ~ 1,200 mm) 354本
- ⑩場所打ち杭 (Φ 800 ~ 1,200 mm) 60本
- ⑪駅部主要数量
掘削 114,000 m³, コンクリート 22,500 m³,
鉄筋 5,600 t, 切梁支保工 1,500 t,
覆工板 6,660 m²
- ⑫パイプルーフ工 L = 33.0 m, 内空 W = 8.6 m, H = 6.0 m
- ⑬建築仕上げ工 1式



図一4 アップパートムソン駅鳥瞰図



写真一2 アップパートムソン駅施工状況

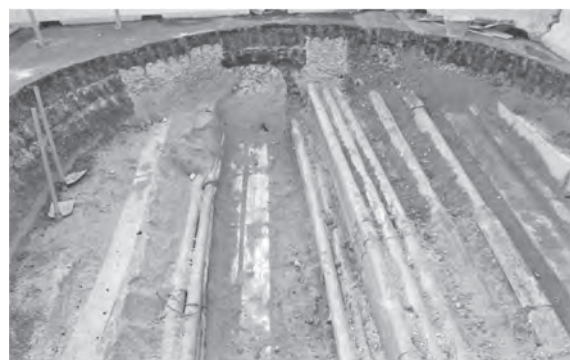
3. アップパートムソン駅の施工

アップパートムソン駅は、地下2階構造の地下駅であり、出入口は追加設計変更による1箇所を含め5箇所である。

図一3, 4にアップパートムソン駅平面図および鳥瞰図を示す。

(1) 周辺環境

アップパートムソン駅は、片側3車線の主要幹線道路直下に位置し、ショッピングモール、古い一般家屋、古い商業家屋、教会、歩道橋、コンドミニウムに近接している(写真一2)。なかでも古い一般家屋との最小離隔は1.5mであった。また、掘削箇所には不明物含め多種多様な埋設物が多重に埋設されている(写真一3)。

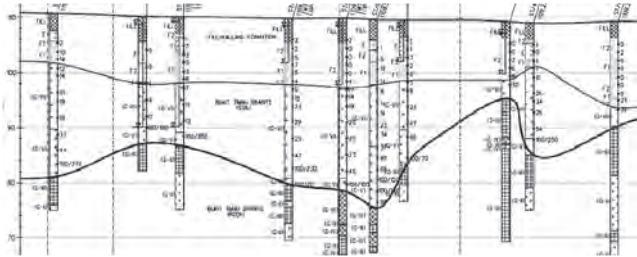


写真一3 多数の埋設物

(2) 地質

駅部の地質は、軟岩～中硬岩の花崗岩(Bukit Timah Granite, GIII/GII)の上部にN値10～50程度の風化花崗岩(GIV, GV)が堆積し、さらに上部の地表部はN値10以下の非常に軟弱な沖積層(Kallang

Formation, E, Fs, Fc) が層厚 5 m ~ 15 m 程度で堆積している (図一5)。

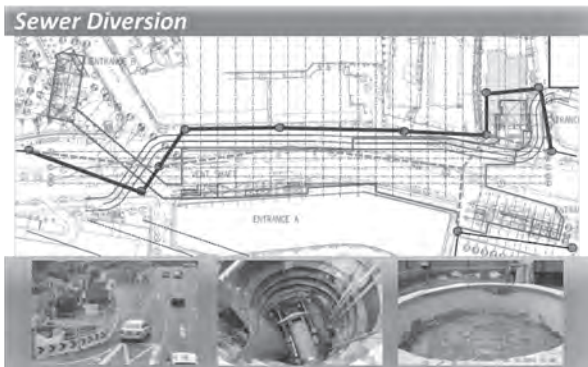


図一5 地質縦断面図

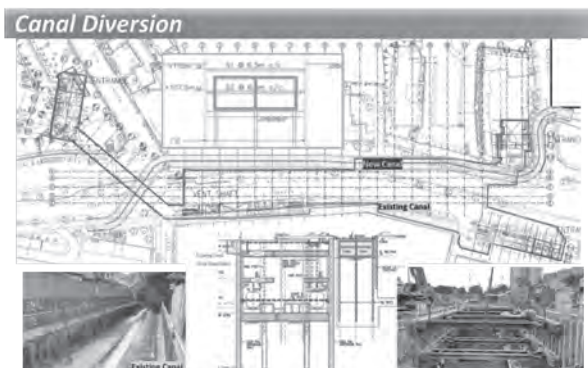
(3) 準備工

本体着工前の準備工事として駅掘削範囲内にある下水道管 (図一6, 推進工法, Φ800 mm, L = 400 m, マンホール 12 箇所) および用水路 (図一7, 2 連ボックスカルバート, 幅 6~8 m × 高さ 3 m × 延長 300 m) の切り回しを行った。これらの移設予定箇所には, 前述のとおり高圧電線や通信ケーブルなど多数の埋設物が埋設されており, 先行工事である一部の埋設物の移設作業の遅れに伴い全体工程に遅れが生じた。

また, 埋設物の切り回しに並行して駅部の掘削開始までに 4 回の道路切り回しを実施した。



図一6 下水管切り回し工

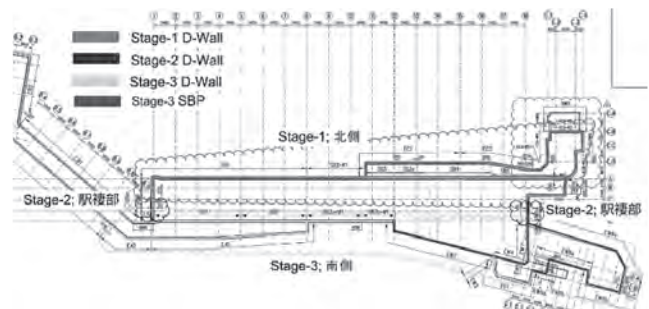


図一7 水路切り回し工

(4) 土留め壁

駅部の土留め壁としてコンクリート製地下連続壁 (Diaphragm Wall, 以下 Dwall) と一部柱列式地下連続式 (Secant Bored Pile, 以下 SBP) を施工した。Dwall は, 掘削時の土留め壁および本体構造物の側壁として設計されている。SBP は, 岩盤線の高い一部区間に仮設土留め壁として設計されており, 本体側壁は別途構築した。

Dwall は, 道路を切り回しながら北側, 駅複部, 南側の合計 3 ステージに分けて施工した (図一8)。SBP は, 南側のステージにおいて Dwall と並行して施工した。なお, これらの施工は, 防音対策はもちろんのこと近隣住民への説明を何度も行いながら 24 時間体制で実施した。Dwall の施工状況を写真一4 に示す。



図一8 土留め壁平面図



写真一4 地下連続壁施工状況

(5) 土留め支保工および仮設構台

駅上部に設置した仮設構台上に道路 3 車線分を通し, 残ったスペースを施工ヤードとして利用した。施工ヤードの幅は 18 m ~ 25 m であった。仮設構台と上床版までの離隔が小さいことに加え, 上床版上部に高圧電線用のトレンチおよび一段切梁が設置されるため, 覆工受桁と桁受材を同一高さとしてボルトにより結合した。掘削順序は, 上から順に鋼製 1 段梁, 上床版, 中床版, 鋼製 2 段梁, 底版である。切梁間隔の広がる仮設開口周りは剛性の高いコンクリートの切梁, 腹起しを設置した。図一9 に土留め支保工断面図を示す。

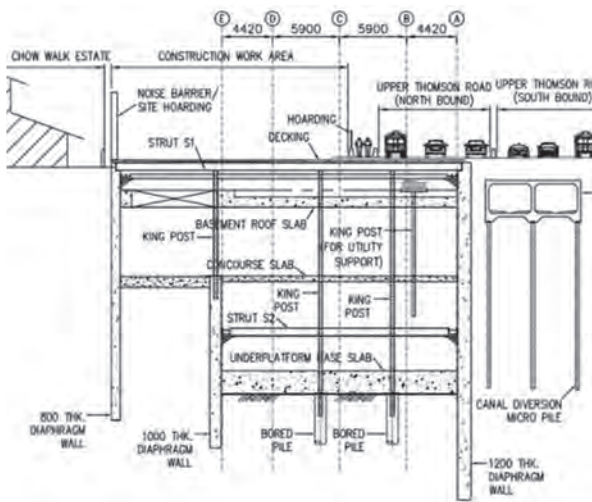


図-9 土留め支保工断面図

(6) 逆巻き工法による掘削および床版構築

掘削は起点側 (GL-1) より開始し、掘削開始から約1年で全ての掘削および底版コンクリートの打設が完了した。上床版より下層の掘削および躯体の構築は、3箇所仮設開口部 (6 m × 12 m) を利用し (図-10)、開口部毎に作業箇所を区切り、掘削→床版打設のサイクルを繰り返して施工した。掘削には14t級のバックホウ (Excavator) を開口部1箇所当たり3台から5台使用し、リレー方式にて開口部まで土砂を運搬した。掘削残土は、深度30 mまで対応可能なテレスコピック型バックホウにて積込み、20tダンプトラックにて発注者指定の土捨て場まで運搬した。各段の掘削完了後に厚さ75 mmの均しコンクリートを打設し、縁切り用に厚さ6 mmの薄ベニヤ板を敷設してその上に直接床版コンクリートを打設した。中床版の施工が完了した箇所からDwallの化粧壁 (Skin Wall) や柱などの内部構造物の施工を先行して進めた。

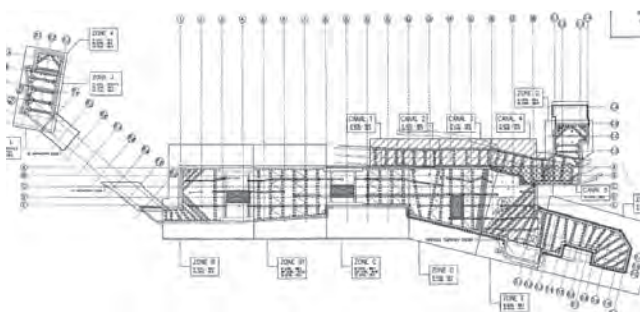


図-10 仮設開口位置図

4. 施工上の課題と対策

シンガポールでは、電線や通信ケーブルを含む多数の埋設物が地下に埋設されており、特に当工区のように

な古い幹線道路直下には使われていない古いケーブルも多数存在し、その確認作業にも多大な時間と労力を要する。また、契約上地下3 m以内の人工物は予知可能なものとして扱われ、全て請負者側の責任となる片務契約となっており、設計変更の対象とはならない。本工事においてもこれらの埋設物の処理に時間がかかり、掘削開始前に全体工程に大幅な遅れが生じていた。これに対し、幹線道路直下を横断する地下通路構築用のパイプルーフの施工に引抜型推進機を採用し³⁾、また仮設水路による水路の早期切り回しにより概ね計画工程どおりに掘削に着手した。しかしながら、想定より高い岩盤線、DwallやSBPの進捗の悪化、周辺地盤の沈下による工事中断命令などの懸念があったため、工程遅延防止策として以下の対策を実施した。

(1) 鋼矢板止水壁による早期掘削開始

当初設計では、地下水低下防止のため全ての土留め壁完了後に上床版の掘削を開始することになっていたが、GL-8およびGL-12に鋼矢板を設置して止水性を確保するよう設計の変更を行った (図-11)。また、GL-1からGL-5の中床版の掘削開始時点においてもGL-18付近の一部の土留め壁の施工が終わっていなかったため、揚水試験により止水性の確認を行って掘削を進めた。これらの対策により、急激な地下水位の低下を防ぐとともに中断することなく掘削を進めることが可能となった。

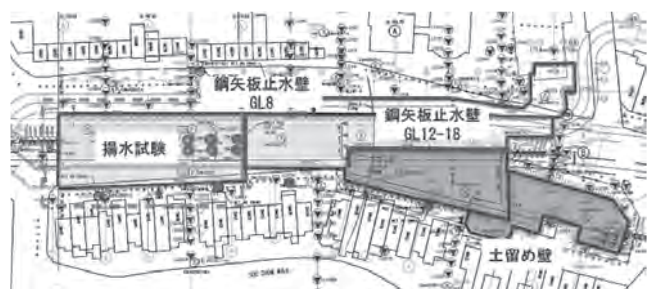


図-11 鋼矢板止水壁設置位置図

(2) 中硬岩への対応

駅終点側の岩盤線が想定より最大で8 m程度高く、岩盤自体も非常に硬質 (GII, 一部RQD = 100%) であった。Dwallや止水注入ボーリングの施工速度が極端に低くなったため、発破併用掘削の準備を進めた。地表付近には砂層 (Fs) が厚く堆積していたため、事前に弊社東京本社の協力を得て発破振動による液状化評価を行い、発破による周辺構造物への影響が許容範囲内に収まることを確認した。また、地元住民への説明会を開催し、警察からの許可ももらい準備を整え

た。しかしながら、発破併用掘削となると最低でも2ヶ月程度の工程の遅延が懸念された。

そこで、掘削の施工協力会社と協議を重ね、弊社施工のDTL C936工区においてBoulderの小割りで実績のある大型ブレイカ(2t)を14t級バックホウに搭載することにした。固い岩盤の出現直後に試験施工を実施したところ、時間はかかるものの破碎可能であることが判明した。発破を行うよりも掘削スピードは圧倒的に速かったため、大型ブレイカを3台に増やして全ての岩盤を発破なしで破碎した。

(3) 中間杭の撤去

中間杭の撤去は、当初設計では上床版を埋戻して交通荷重等上載荷重を分散させた後に開始することになっていたが、出入口の仕上げや道路の切り回しを待っているのは到底工期に間に合わないため、上床版の埋戻し前に撤去できる方法として覆工板上の上載荷重を受け替える方法を検討した。受け替え方法として、構造壁および柱による床版の支持、または覆工受け桁を支柱にて受け替え上床版に作用する集中荷重を分散させる方法を採用した。中間杭毎に受け替え計算書を設計者に提出して承認をもらいながら撤去を進め、駅躯体の部分竣工前に全ての中間杭の撤去を完了した。

(4) 施工図

逆巻き工法では上床版よりコンクリートを打設していくため、開口や埋設物の位置はあらかじめ決めておく必要がある。MRT工事では、構造図、建築仕上げ図、設備計画図など3種類以上の図面があり、お互いの整合が取れていないことがほとんどである。そのため、仮設開口を含め全ての図面を加味した施工図が必要不可欠になる。当工事においては、経験のある日本人技術者が中心になり、コンクリート打設の1ヶ月以上前に施工図(図-12)を完成させながら打設を進めた。

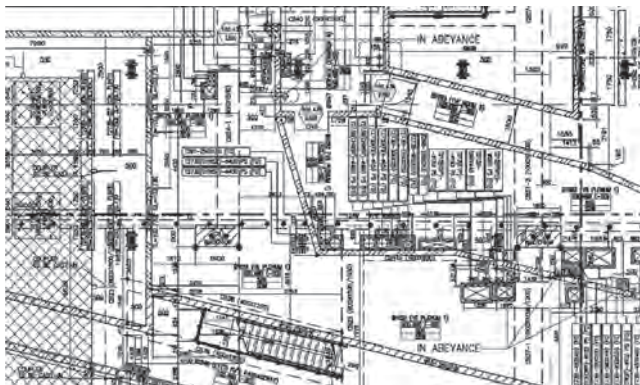


図-12 床版施工図

しかしながら、施工中に開口部や壁の位置が変わることなど頻繁にあり、施工図の改訂が10回以上に及ぶことも珍しくなかった。それでも殆ど躯体の手直しが無かったことを考えると極めて精度の高い図面であり工期、品質を遵守する上で重要な要因であった²⁾。

(5) 仮設開口部の追加による施工速度の向上

駅終点側(GL-12~GL-18)は、駅幅が始点側に比べると約2倍あるが、当初設計では仮設開口部は1箇所のみであった。各段の掘削が完了しないと次工程である床版と切梁の施工が開始できないため、並行作業ができるようさらに仮設開口部を増やす計画に変更した。開口部の位置は、切梁と干渉しないこと、内壁や柱などの永久構造物と干渉しないこと、機械室など早期に設備業者(SWC: System Wide Contractor)への引渡しが必要な箇所は避けること、床版の応力が小さいことを条件に合計3箇所選定した(図-13)。設計変更は、当社からの提案をもとに設計会社にて構造計算、設計図の変更を行った。開口部の追加により掘削とコンクリート工事または切梁設置の輻輳作業が可能となり、作業の平準化も図ることができた。また、開口部の一部は当社および設備業者の資材運搬ルートとしても活用し、建築仕上げ工事等の進捗促進にも貢献した。

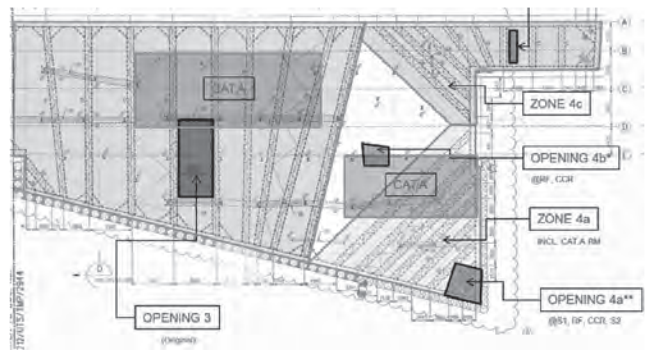


図-13 追加仮設開口位置図

5. おわりに

シンガポールでは地下鉄工事以外に南北を結ぶ地下高速道路とサイクリングパスからなるノースサウスコリドーの建設が進行中である。チャンギ空港では、コロナ禍の影響で計画に遅れが出ているものの既存の第1~第3の3つのターミナルを合わせた大きさよりも広い敷地の第5ターミナルの建設が予定されており、引き続き旺盛な建設投資が見込まれている。

当地での事業を継続するため当社も入札に取り組ん

でいるが、ローカル企業や中国企業との価格勝負では分が悪いため、必然的にこれまでの経験と実績を活かせる難易度の高い工事の入札に取り組むことになる。コロナ禍以降の労働者不足とシンガポール人労働者に対する外国人労働者の割当数が政府により減らされているため、直近の入札では省力化が強く求められている。省力化に加えて効果的な安全、騒音、振動対策が可能な新技術を積極的に提案していくことが重要であり、日本の施工協力会社やサプライヤーの新規参入に期待したい。

JCM|A

《参考文献》

- 1) トンネル岩盤掘削における RQD 値とシールド掘進速度について 第 28 回トンネル工学研究発表会
- 2) シンガポール地下鉄工事-鉄道設備・システムとの調整 電力土木 415 2021.09
- 3) シンガポールでの地下鉄工事 土木施工 2022 年 12 月号

【筆者紹介】

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



小型施工機による地盤改良自動打設システム

GeoPilot[®]-AutoPile の適用範囲の拡大

吉 浦 彰 洋

従来、オペレータがレバーを操作したり、ダイヤルを回したりして運転していた地盤改良施工機の操作を、モニター上のアイコンを数回タッチするだけで自動打設する「GeoPilot[®]-AutoPile（ジオパイロット・オートパイル）」（以下「本システム」という）を2020年に大型施工機に適用して開発・実用化した。

近年では激甚化、頻発化する気象災害や大規模地震に対応すべく、既設の堤防、道路やライフラインなどの地盤改良の需要が増加しており、狭隘地でも施工が可能な小型施工機の需要が増えてきている。そこで、大型施工機に続いて、小型施工機での自動打設システムを開発した。本稿では、小型施工機による地盤改良自動打設システムの概要や、特徴に関して紹介する。

キーワード：地盤改良，生産性の向上，安全性の向上，自動打設システム，i-Construction，操作簡素化

1. はじめに

日本が直面する大きな問題である少子高齢化により、生産年齢人口が年々減少しており、建設現場の生産性向上が喫緊の課題となっている。特に建設業界においては高齢化率が他業界に比べて高く、高い技能を有したオペレータの定年退職による技術者の減少が大きな問題となっている。

国土交通省においても、建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す「i-Construction」を推進しており、2022年には、急速に進展するデジタル技術を活用し、建設施工の自動化・自律化及び遠隔化を進めるために、関係する業界、行政機関及び有識者からなる分野横断的な「施工機械施工の自動化・自律化協議会」も設置され、生産性向上や働き方改革の重要なキーワードとして、自動化が挙げられている。

地盤改良機では、攪拌翼の昇降や回転、速度の調整、固化材スラリー吐出量の調整などを、レバーやダイヤル、スイッチを操作して行う必要があり、複雑な操作方法を習得するまでに長い期間がかかる。現在課題となっている将来の担い手を確保するには、操作方法の簡素化や、習熟期間の短縮が重要となる。

2020年に地盤改良の自動打設システムを開発した際は、大型施工機のみ対応していたため、施工場所が広いところ限定されていたが、今回、小型施工機にも対応したことで、道路を共用しながらの既存地下ライフラインの補強工事や、河川堤防や高架下などの狭

隘地での自動打設も可能となり幅広い施工条件での自動打設が可能となった。河川堤防での小型施工機の施工状況を写真—1に示す。



写真—1 河川堤防での小型施工機の施工状況

2. システムの概要

本システムは、これまでオペレータが手動で行ってきた地盤改良施工機の操作を自動化した自動打設システムである。これまで、オペレータがレバーを操作して攪拌軸の昇降や速度の調整を行ったり、土層ごとにダイヤルやスイッチで固化材スラリー流量を調整したりしていたものを、すべて自動化した。これにより、操作方法が簡素化されて習熟期間の短縮につながる。自動化項目の一例を表—1に示す。

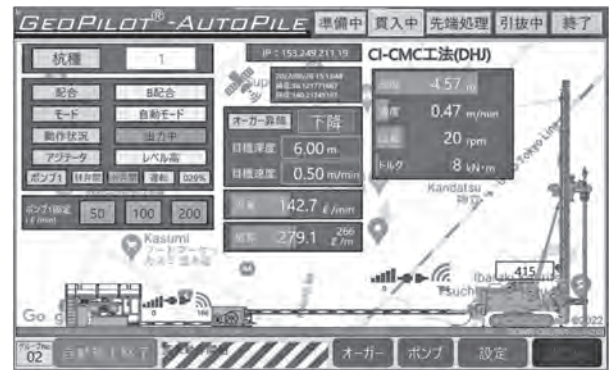
表一 自動化項目

自動化項目	
打設項目	<ul style="list-style-type: none"> ・オーガーマーターの回転制御 ・攪拌軸の昇降制御，速度制御 ・軸チャックの掴み替え制御
プラント項目	<ul style="list-style-type: none"> ・スラリープラントの作業，状態監視 ・スラリーポンプの流量制御 ・材料弁と水弁の開閉制御
安全面項目	<ul style="list-style-type: none"> ・リーダーおよび本体の傾斜監視 ・ポンプ圧力の監視（噴射式工法）

図一にシステム構成を示すが，地盤改良施工機には，「オペレーションモニター」，「コントロールユニット」，「通信アンテナ」，固化材スラリーを作成するスラリープラントには，「リモートユニット」，「プラントモニター」，「通信アンテナ」を設置することで自動打設システムが構成される。

「オペレーションモニター」は，オペレータが自動打設を行うためのモニターであり，このモニター上で自動打設を行う杭種（深度や吐出量などが登録された情報）を選択して，自動施工開始ボタンを押すことで自動打設が開始される。モニター上には，施工に必要なセンサー情報（深度，流量，速度，回転数など）や，スラリープラント状況（固化材の配合状況や弁の開閉状況，ポンプの稼働状況など），現在の施工状況（貫入などのサイクル状況，目標深度，目標速度など）を確認できる（図一）。

「コントロールユニット」は，前述した攪拌軸の昇降や回転，またポンプの流量調整など，これまでオペレータが手動で行っていた内容を，オペレーションモニターの杭種に従い自動で動かすものである。施工機の自動操作はもちろんのこと，「通信アンテナ」を通



図一 オペレーションモニター

して無線でスラリープラントに設置してある「リモートユニット」を経由することで，スラリープラントに設置してあるポンプや弁の開閉などの自動制御を行っている。

3. システムの特徴

(1) 幅広い施工条件に適応

小型施工機による自動施工が可能となったことで，狭隘地や空頭制限下での施工に対応できるようになった。自動化によるオペレータの作業負担が軽減することにより，狭隘地で輻輳する重機や近接する既設構造物への影響に注力することが可能となる安全性も向上する。小型施工機による施工イメージ図を図一に示す。

(2) 用途に合わせて選べる2つの工法

本システムは，機械攪拌式深層混合処理工法の「CI-CMC工法」と，高圧噴射攪拌工法の「FTJ-NA工法」の2つの工法に適応している。同一施工機で攪拌軸のアタッチメント部を変更する軽微な仕様変更で2工法



図一 自動打設システム概要

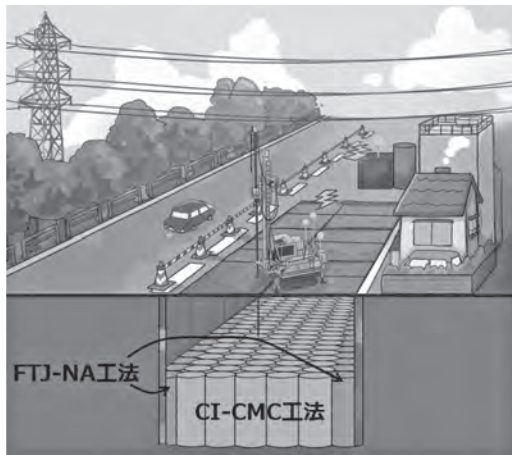


図-3 小型施工機による施工イメージ図

を施工することが可能のため、施工条件より最適で低コストの施工方法の提供が可能となる（図-4）。

例えば地中構造物を建設する際の掘削底面の底盤改良等では、土留め鋼矢板への密着施工が必要となる箇所では高圧噴射式のFTJ-NA工法を用い、その他の箇所は高圧噴射式より安価な機械攪拌式のCI-CMC工法を用いることが可能となる（図-5）。

(3) 操作の簡素化による生産性の向上

施工中に管理計器を監視しながらオペレータが行っていた操作が、コントロールユニットからの制御に置き換わることで、オペレータの作業負担が軽減するとともに、手戻り作業が無くなり、施工サイクルが効率化し、生産性の向上が見込める。特に高圧噴射攪拌工法では1本の打設が数時間に及ぶこともあり、長時間のレバー操作、ダイヤル操作を行う必要があったが、



図-4 CI-CMC工法とFTJ-NA工法

自動打設により作業負担が大幅に軽減した。

従来行われてきた手動操作と本システムの自動操作の手順比較を図-6に示す。手動操作では、オーガモータの昇降・速度制御、回転制御やスラリー流量制御を、管理計器を確認して実施していたが、本システムでは、開始する際に打設する杭種番号を選択し、貫入や引抜などの各サイクルの開始時と終了時にアイコンタッチするだけで打設することが可能となる。

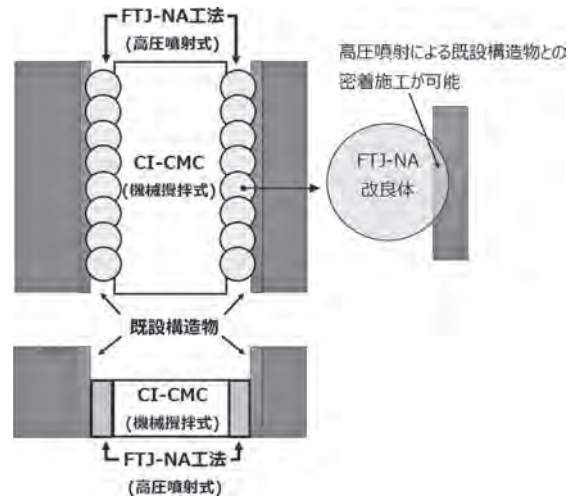


図-5 CI-CMC工法とFTJ-NA工法の施工イメージ

項目	内容	操作	
		手動操作	GeoPilot™-AutoPile
貫入開始	開始信号の送信	開始アイコンタッチ	開始アイコンタッチ
	オーガモータの回転	制御ボタンON 回転速度調整	自動
	攪拌軸の貫入	速度を確認しながらレバー操作	
セメントスラリー吐出	流量調整 指定量になるようにダイヤル調整		
軸チェックの締め替え	別表	別表	自動
	攪拌軸の貫入停止	レバー中立操作	
	グラウトポンプの停止	制御ボタンOFF	
貫入終了	終了信号の送信	終了アイコンタッチ	終了アイコンタッチ
	攪拌軸の引上げ	速度を確認しながらレバー操作	自動
	攪拌軸の再貫入	速度を確認しながらレバー操作	
引抜開始	開始信号の送信	開始アイコンタッチ	
	オーガモータの停止	制御ボタンOFF	
	攪拌軸の引上げ	速度を確認しながらレバー操作	
軸チェックの締め替え	別表	別表	自動
	引抜終了	攪拌軸の引上げ停止 レバー中立操作	
	施工終了	オーガモータの停止 制御ボタンOFF	
施工終了	終了信号の送信	終了アイコンタッチ	終了アイコンタッチ

項目	内容	操作	
		手動操作	GeoPilot™-AutoPile
軸チェックの締め替え	締め替え開始信号の送信	開始アイコンタッチ	開始アイコンタッチ
	ガイドを開ける	スイッチ操作	自動
	クランプを開ける	スイッチ操作	
	チェックを開ける	スイッチ操作	
	オーガを上げる	速度を確認しながらレバー操作	
	チェックを開ける	スイッチ操作	
	クランプを開ける	スイッチ操作	
	ガイドを開ける	スイッチ操作	
締め替え終了信号の送信	終了アイコンタッチ	終了アイコンタッチ	

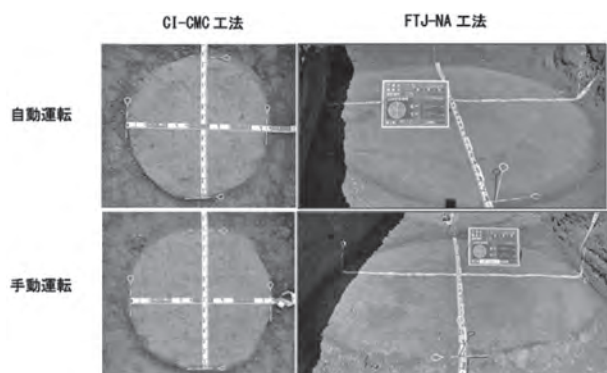
図-6 手動操作と自動操作の操作比較

(4) 習熟期間の短縮

従来、地盤改良工事では、施工技術を習得するために約3年の年月を要していたが、本システムでは、打設中の操作は、アイコン操作のみとなるため、習熟期間を約3分の1に短縮できる。これにより、若手オペレータや海外オペレータの早期活躍が期待できる。

(5) 施工誤差の無い確実な品質の提供

深層混合処理工法では、土層ごとに固化材スラリーの添加量が異なるため、流量や昇降速度の切り替えが必要となる。手動操作の場合、オペレータがスイッチで流量を切り替えたり、レバーで昇降速度を変更したりする必要があり、オペレータによって施工誤差が見られることがある。自動打設の場合は、流量や昇降速度の切り替えは自動で行われるため、誰が操作しても同様の品質となるため、施工誤差やオペレータの熟練度による品質の差異が無くなる。手動運転と自動運転でそれぞれ操作して打設した杭頭の出来形を図一七に示す。



図一七 手動運転と自動運転の出来形

(6) 安全性の向上

本体に取り付けた各種センサーからのデジタル情報により、施工機の状態を監視し続けることで、必要に応じてオペレータへ注意喚起を図ることや、コントロールユニットから適切な制御を行うため安全性が向上する。注意喚起の表示画面例を図一八に示す。



図一八 注意喚起の表示画面例

4. おわりに

本稿では、地盤改良自動打設システム「GeoPilot®-AutoPile」の小型施工機への適用に関して、システム概要および特徴について紹介した。

現在、建設現場では少子高齢化による担い手不足の影響で、オペレータをはじめとする建設事業の担い手不足が深刻化している。国土交通省においても、「施工機械施工の自動化・自律化協議会」が設置され、建設機械の自動運転技術は、今後益々重要性が高くなっていく。

本システムを用いることで、施工誤差の無い確実な品質の提供を行うとともに、担い手不足の課題を克服して生産性の向上につなげていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 古庄哲士, 廣畑憲史: 新しい ICT 地盤改良, 基礎工, 2021年1月号
- 2) 国土交通省: 建設機械施工の自動化・自律化技術 (https://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_tk_000049.html)

【筆者紹介】

吉浦 彰洋 (よしうら あきひろ)
 (株)不動テトラ
 地盤事業本部 開発部 ICT 推進室





都市部の地下空間の有効活用に貢献する多種多様なシールドマシン 複雑化する制約条件やニーズに対応した特殊機械・施工方法

西 淵 雅 之

都市部ではその発展に伴い、生活に必要なインフラ設備である電気・ガス・上下水道・通信・道路・鉄道等の整備のために地下空間が有効活用されてきた。トンネルといえば古くより、山岳部での最短経路を結ぶものなども数多く構築されてきているが、都市部のトンネルは、「過密な地上部の回避」のための地下空間の活用を目的としており、(大深度地下を除き)地上部との関係も無視できないことから、近年では制約条件や施工に求められるニーズは複雑化してきている。本稿では、各種制約条件やニーズに対応する特殊なトンネル掘進機(シールドマシン)を紹介する。

キーワード：トンネル，シールド工法，立坑，長距離施工，高速施工，支障物切削，非円形断面

1. はじめに

トンネル構築技術である「シールド工法」は、1800年代前半のイギリスでの施工事例から発展してきたものであるが、当初の適用機械は、トンネル外周部の地山の崩落に対する「盾」を主な機能とし、切羽側(切羽側)の安定を機械的・システムの的に制御しているものではなかった。

これに対し、日本国内では1960年代後半から1970年代前半にかけて、現在のシールド工法の主流である密閉型機械式(泥水式/泥土圧)の技術が確立された(図-1)。密閉型機械式とは、シールドマシン内に隔壁を設けて、切羽側とトンネル側(マシン内)を区切って密閉することで、切羽側の圧力や排土量を管理・制御しながら掘進できる機械であり、圧気等を併用せずに、切羽の崩落を防止し、安全・確実に施工できることから、近年の都市部のトンネルの大半は密閉型機械式シールドで施工されている。現在、一般的に「シールドマシン」といえば、密閉型機械式を指すことが多いため、本稿では、「シールドマシン=密閉型シールド」として記述する。

標準的な円形シールドマシンは、約φ2mからφ17m程度までの各種直径の実績が多数あり、代表的な施工例の東京湾アクアライン(φ14.14mシールドマシンで施工)は木更津の人工島「海ほたる」に設置されている「カッターヘッド(切羽を切削する円盤)のモニュメント」も、シールド工法を広く一般に認識させるものとなっている(写真-1)。

アクアラインに代表されるような大口徑シールドは、1990年前後には主要な技術が確立されたが、これと並行して、都市部の複雑な制約条件に対応する特殊なシールド工法やシールドマシンが数多く開発されてきている。

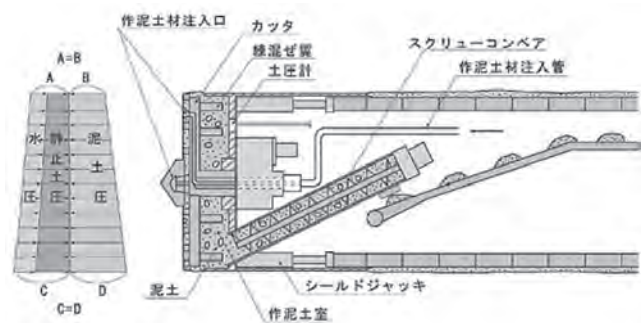


図-1 泥土圧工法 原理図



写真-1 カッターヘッドのモニュメント(海ほたる)

2. 都市部のトンネル工事へのニーズ

近年の都市部の工事では、各種制約条件に対応すべく、以下のような各種ニーズが高まっている。

①大深度化

未使用空間の活用。地上や近隣設備への影響低減。

②長距離化

立坑用地確保の問題解消。トータル施工費の低減。

③大断面化

大規模な地下空間の有効活用。

(高速道路、高速鉄道、地下調整池等での利用)

④高速施工化

施工コスト低減。近隣地域への負荷(騒音、立坑用地占有、資材搬入等)影響期間の低減。

⑤施工管理の高度化・自動化

人手不足・技能継承への対策。周辺地山や地上部への影響(沈下、騒音等)の防止、低減。

多様化したニーズは複合的にも要求され、それらに対応する特殊シールドマシンを次項以降で紹介する。

3. 立坑を省略できる特殊シールドマシン

一般的なシールド工法では、トンネル両端部に「立坑」を構築し、発進側の立坑(以下、発進立坑)の下部からシールドマシンを発進させ、場合によっては途中の「中間立坑」を通過して、到達側の立坑(以下、到達立坑)まで掘り進めた後、到達立坑側でマシンを解体(または回収)してトンネルが貫通する。都市部での立坑用地の確保の問題や、工事費低減ニーズに対応するために、立坑の設置を省略できるような各種シールドマシンが開発されてきた。

(1) 機械式地中接合シールドマシン

トンネル両端の発進立坑から各1台のシールドマシンを発進させて、両側から掘り進めたトンネルを途中で接合させることで、到達立坑が不要な長距離トンネルを構築することができる。ただし都市部のシールド工事の多くでは、地山に自立性がなく、さらに高水圧下での「切羽を開放(露出)した上での土木的施工」は危険を伴うことから、機械同士を安全に接合できる特殊構造の「機械式地中接合マシン」が開発され、多数の施工事例がある。

写真-2及び図-2は、MSD(Mechanical Shield Docking)工法用シールドマシンの一例を示す。接合地点まで掘進した2台のうち、一方(押出側:右)から接合用貫入リングを押し出し、他方(受入側:左)

に貫入させることで、地山を露出させずに、2つのトンネルを安全に接合(貫通)させることができる。



写真-2 MSD工法用シールドマシン(受入側/押出側)

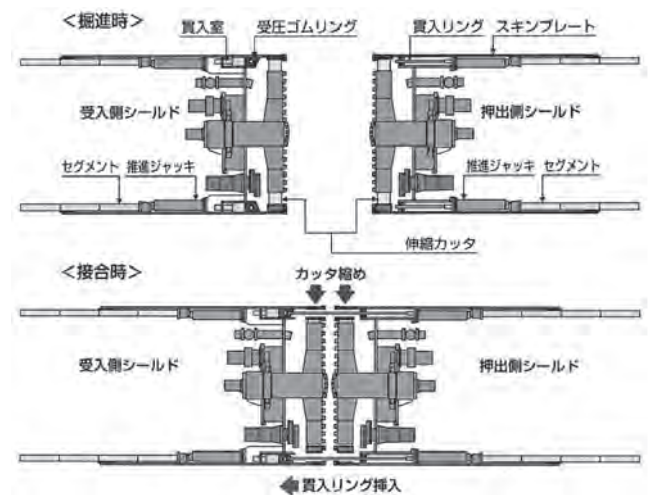


図-2 MSD工法接合手順図(受入側/押出側)

写真-3はCID(Concentric Interlace Docking)工法用シールドマシンの一例の工場検査状況を示す。接合地点において、一方(引込側:左)のカッターヘッド及び駆動部をマシンの機内側に後退させ、その空間に他方(押込側:右)を貫入させることで、安全な接合(貫通)ができる。

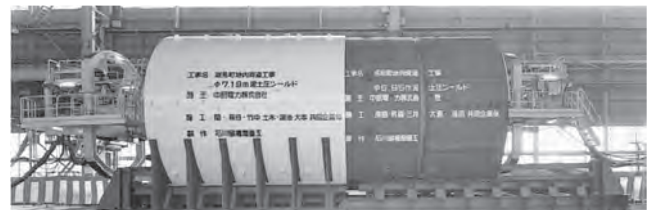


写真-3 CID工法用シールドマシン(引込側/押込側)

(2) 分岐/上向き/親子/球体シールドマシン

直径が異なる「本管」及び「枝管」がある上下水道などで、直径が大きい本管内から、枝管用の小径シールドマシンを発進させることで、小径用の発進立坑を必要とせずに枝管を構築できる。このような特殊施工には、狭隘なトンネル構内でマシンの組立と発進ができる特殊構造の「分岐シールド(写真-4及び図-3)」を適用している。

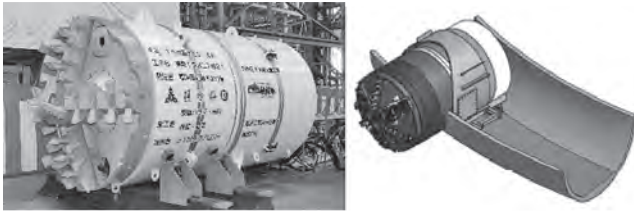


写真-4 及び 図-3 分岐シールド

またトンネルの途中で資材搬入やメンテナンス用の中間立坑（地上とのアクセス用立坑）が必要となる場合があるが、このような中間立坑も、本管内から小径の「上向きシールド（写真-5 及び 図-4）」を発進させることで、地上側の用地確保を必要最小限に抑えながら、立坑を構築することが出来る。この上向きシールドでは、地上到達後にマシンを解体して本管側に回収し、これを再利用して、同一の本管内から計3本の立坑を構築した工事例もある。



写真-5 及び 図-4 上向きシールド

さらには、シールドマシン（親機）から小径の「子機」を発進させる特殊工法もある。このシールドマシンを用いれば、従来では、直径が異なる2台のシールドマシンで構築していたトンネルや、施工が困難な急カーブ区間を含むトンネルを、1台のシールドマシンで連続的に構築することができる。写真-6 及び 図-5 は同一方向に子機を発進させた「親子シールド」の実績例であり、写真-7 は、立坑構築用の親機から子機を直角方向に発進させた「球体シールド」の実績例である。

4. 「止めずに」施工できるシールドマシン

前項では「立坑を省略できる特殊マシン」を紹介したが、都市部のトンネル工事では、工期の長期化が、工費の増加に加え、発進立坑（発進基地）の近隣住民の不便にも直結するため、極力、施工を止めずに、安定して長距離を施工できたり、高速で施工できる特殊マシンも望まれる。本章では、これらの「止めない特殊マシン」を紹介する。



写真-6 及び 図-5 親子シールド（子機は青色部）

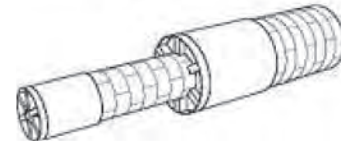


写真-7 球体シールド（ホルン工法：縦横連続掘進機）

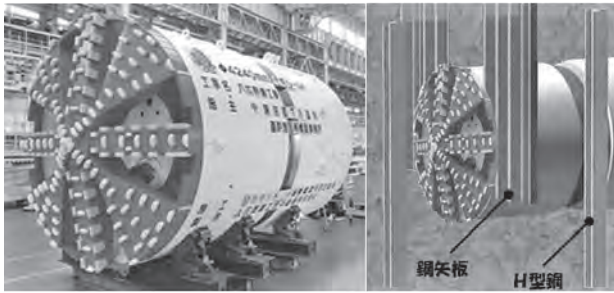
(1) 支障物切削シールドマシン

都市部の過密化に伴い、新規敷設するトンネルの計画路線上に各種の支障物が存在するケースが増えている。支障物とは、それ以前の他の工事で地中に設置された基礎杭、H鋼、鋼矢板、その他の各種杭等の残置物であり、材質も多岐にわたる。一般的なシールドマシンでは、これら支障物の切削は困難であり、従来は、路線の変更、支障物の地上からの撤去、地中での地盤改良後の撤去作業等の対策を要していた。また古い工事の支障物は、残置位置や出現の有無が不確定であり、想定外の支障物との遭遇は、工期を大幅に遅延させる要因ともなっている。

そこで、計画路線上に支障物が出現する（可能性が高い場合を含む）工事では、それらの切削が可能で特殊切削刃を装備したシールドマシン（写真-8 及び 図-6）を適用することで、支障物の撤去作業や路線変更を必要とせずに、通常工事と同様の工期での施工を実現している。

(2) 機械式ビット（切削刃）交換システム

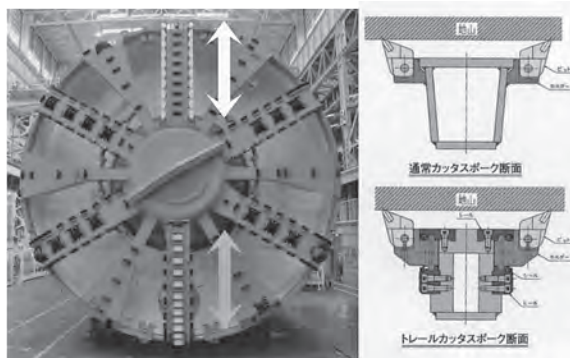
地中を掘り進むシールドマシンでは、切削刃（カッタービット／略称：ビット）が摩耗するため、長距離の掘進には途中でのビット交換が必要となり、切羽の



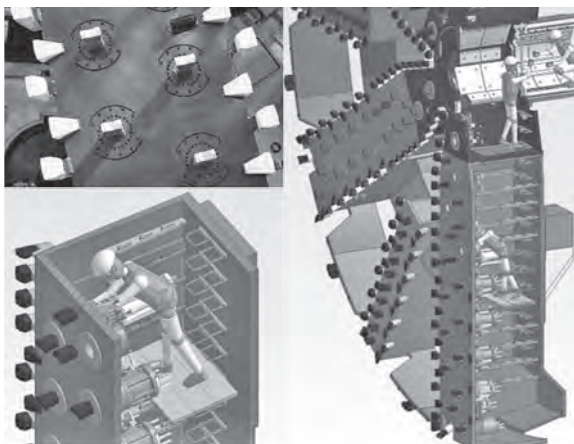
写真一八及び図一六 支障物切削シールド

自立性が期待できない条件下では、地盤改良や土留めにより安全な作業環境を確保するか、より安全な作業のために中間立坑を必要としていた。これらの対策を不要とし、立坑位置の制約も受けず、施工中の任意の場所で安全にビット交換を可能とする各種のビット交換技術が開発されている。

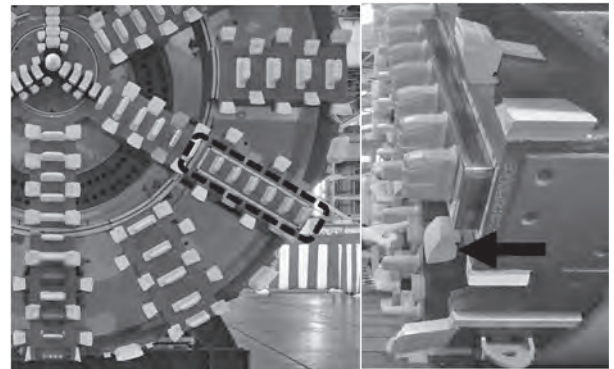
一例として、カッタースポーク上のビット全体をシールドマシン内に引き込んで交換するシステム（写真一九及び図一七）や、初期装備のビットが摩耗して交換が必要となった段階で、新しいビットを切羽側に出現させる各種システム（写真一十、十一及び図一八、九）等がある。



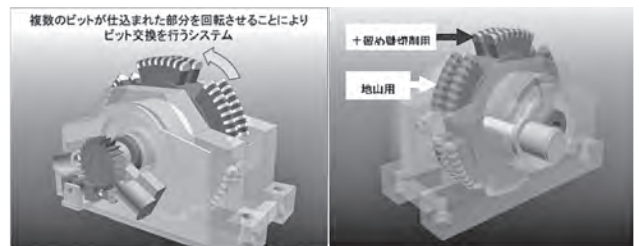
写真一九及び図一七 トレール工法
(矢印部の左のビット群をまとめて機内に引き込み、新品に交換後に戻す)



写真一十及び図一八 スポーク内交換型ビット
(安全なカッタースポーク内にビットを引き込み交換する)



写真一十一 可動式ビット
(退避していた予備ビット群（枠内）を、施工途中で切羽側に押し出す)

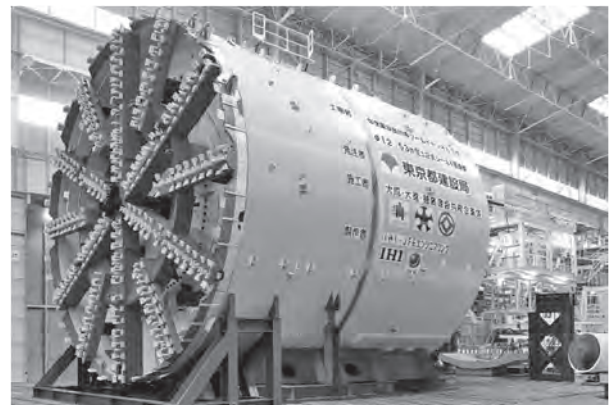


図一九 回転交換型ビット

(3) 同時施工／掘削効率向上シールド

シールドマシンの前進の際、計画路線に沿わせる方向制御が必要であり、推進の反力部のセグメントリングを安定した状態にしておくことが望ましく、通常は、セグメント1リング分の組立と掘進の作業を交互に繰り返す。

これらの作業を効率よく行えば、長距離を高速で施工することができるため、特に長距離工事では、組立と同時に並行で、掘進（方向制御）の管理ができる特殊な制御システムを採用したシールドマシン（実績例：写真一十二、十三）を適用している。写真一十三のマシンでは、さらにカッターヘッド中央部と外周部を別々に回転させる構造を採用し、掘削効率の向上と電力消費量の抑制も実現している。



写真一十二 長距離・高速施工対応マシン

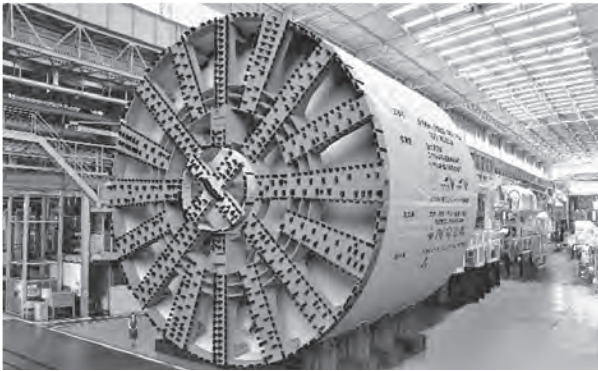


写真-13 長距離・高速施工マシン（掘削効率向上型）
（カッター中央部が独立して回転できる）

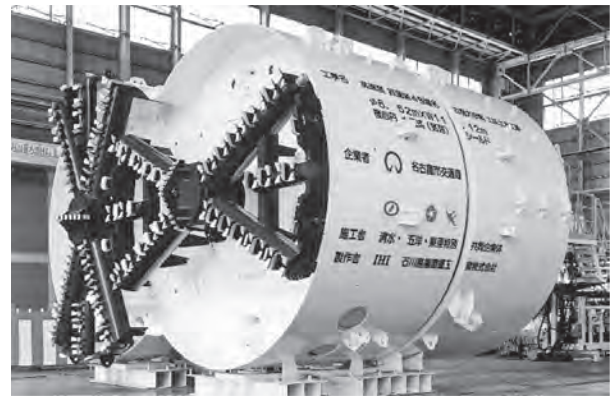


写真-15 DOT工法用シールドマシン

この他、掘進と並行して、マシン後端側では山岳工法のようにコンクリートの直打ちでトンネルを構築できるシールドマシン（写真-14及び図-10／SENS工法）などもある。

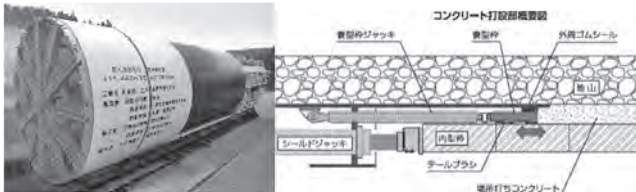


写真-14及び図-10 SENS工法用シールドマシン

5. 非円形断面シールドマシン

ここまでで紹介したシールドマシンは基本的に全て円形断面であり、これは周囲から土水圧を受ける環境下では円形断面が強度的に有利であり、切羽切削の点でも円盤状カッターヘッドの回転が効率的であることに起因する。しかしながら、地下空間の有効活用においては必ずしも円形断面が最適ではなく、排土量の低減を図る上でも、使用目的に合致した必要最小限の形状や面積であることが望ましい。ここでは、それらのニーズに応じた非円形断面の各種特殊シールドマシンの実績例を紹介する。

(1) DOT シールド

写真-15にDOT（Dobule-O-Tube）工法用シールドマシンの一例を示す。2つの円形の一部を重ねた断面形状であり、マシン前面部にて、同一平面内に配置した隣り合うカッターヘッドを歯車が噛みあうように同期回転させることを特徴とする。写真のマシンは、地下鉄の複線部分を同時施工し、1つの円形大断面に比べて、不要な断面が少なく専有面積の小さい合理的な施工を実現している。

(2) MF シールド

写真-16にMF（Multi-circular-Face）工法用シールドマシンの一例を示す。これもDOTと同様、複数の円形を重ねた断面であるが、前面部のカッターヘッドを前後にずらすことで、カッター同士の干渉防止の同期回転を不要としている。写真の3連型は地下鉄の駅部構築に使用され、ホーム部と上下線部を同時施工したものである。

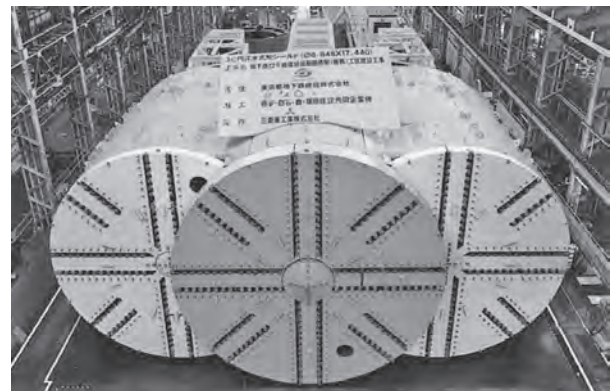


写真-16 MF工法用シールドマシン

(3) H&V シールド

写真-17及び図-11にH&V（Horizontal variation & Vertical variation）工法用シールドマシンの一例を示す。2連の円形断面を連結し、各円形の前方部を個別に傾斜可能な構造とすることで、掘進に伴い「スパイラル状の回転力」を発生できることを特徴とする。掘進しながら、縦2連⇔横2連の姿勢変化が可能のため、各駅部の構造上の制約により、駅間で2本のトンネルの相対配置を変更する必要がある場合などに効率よく施工できる。またこの工法では、施工途中で2台を分割すれば、中間立坑を必要とせずに分岐したトンネルを構築することもできる。



写真-17 及び図-11 H&V 工法用シールドマシン

(4) DPLEX (偏心多軸) シールド

写真-18 及び図-12 に DPLEX (Developing Parallel Link EXcavating) 工法用シールドマシンの一例を示す。複数の駆動軸に偏心リンクを介してカッターヘッドを支持させて、全ての駆動軸を同一方向に回転させて平行リンク運動を行うことを特徴とする。平行リンク運動によりカッターヘッドとほぼ相似形の断面を掘削でき、その特性を活かして円形から矩形までの各種断面の施工実績がある。

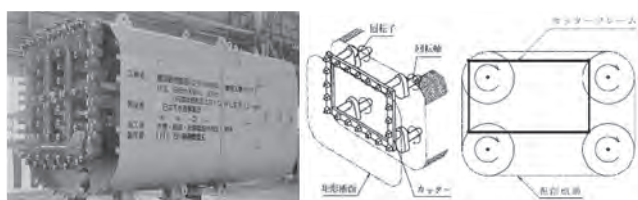


写真-18 及び図-12 DPLEX 工法用シールドマシン

6. おわりに

本稿では、都市部のトンネル工事において、地下空間の有効活用に貢献する（機械構造として特徴的な）特殊シールドマシンの各種実績例を主に紹介したが、今後の課題としては、ソフト（システム）面での充実を図る必要性が高まっていると考える。

特に都市部では周辺環境への配慮（振動，騒音，沈下防止，その他）が益々重要になってきており，また，労働人口や熟練工の減少に対応するためにも，シールドマシンには，自動運転や施工管理での支援，遠隔操作・メンテナンス対応等の充実が求められている。


そのため，今後もシールドマシンをハード／ソフトの両面で進化・発展させ，人々の生活を豊かにするインフラ工事等に貢献していきたい。

JCMA

【筆者紹介】

西淵 雅之（にしぶち まさゆき）
JIMテクノロジー株式会社
川崎事業所 機械設計部
部長




 ずいそう

絵画でストレス発散

菅 高道



弊社は、土木・建築用商品のレンタルを主力事業としている会社ですが、こと機械製品に関しては、土木向け商品が多い。弊社の土木部は、大阪・東京・福岡の3拠点から、国内・海外問わず全国の現場に営業を行う為、平時であれば、出張先での食事や出会い、空いた時間での観光等それなりに楽しみも多いが、一方で、機械製品につきもののトラブルが重なると、急な出張から家に帰れない日々が続いたり、トラブルが解消して会社に戻った後も、遅い時間迄溜まった書類の整理に追われたりと、ストレスが蓄積する機会も少なくない。そのため、うまくストレスを発散できる方法を知らないと、中々厳しい環境であると思う。スポーツ、旅行、お酒等、ストレスの発散方法は十人十色だが、今回は弊社土木営業部のメンバーの一人に聞いたストレス解消法を簡単に文章に纏めてもらったので、参考に紹介したいと思う。

お薦めのストレス発散方法。それは美術館での『絵画鑑賞』だ。絵画鑑賞によって、普段の仕事ではほとんど使わない脳のある部分が活性化することによって、脳に蓄積されたストレスがいつのまにか軽減できるような気がする。例えば、ピカソ、リヒター等の抽象画であれば、題名と絵を見比べてひたすら頭を捻らせる。分からないなりに理解した気になる。ゴッホやダヴィンチ等の教科書に載っているような名画であれば、実物を観られた感動と迫力を感じるだけで楽しめる。竹久夢二や錦木清方など日本の美人画の巨匠が描く絵の中の大正・昭和の日本美人に眼も心も奪われて惚れ込んで癒される。写実画であれば、写真と見紛う程のリアルさをどう描いているのかをじっくり検証する。その他にも、どのような気持ちでこの絵を描いたのか、何故このモチーフを選んだのか、描かれているモデルはどのような気持ちだったのか、このモデルの子はどんな人生を歩んだのか、書かれている街はどこなのか、昔の東京はこんなのにのどかな風景だったのか、そもそもこの絵には何が描かれているのか、何故こんな絵を描いたのか等、絵画をみて色々な事に思いをめぐらせている間に、ずっとストレスが頭から押し出されて抜けていくような気がするし、普段の日常で使わない脳の感性を使うことで、心地良い筋肉痛のように、良い感じに脳が疲れてリラックスできるので、頭を悩

ませていた事の思いがけない解決策がふっと浮かんできたりもする。また、絵画鑑賞の楽しみは、絵画そのものだけに留まらず、美術館自体や美術館を訪れる迄の道中も魅力がいっぱいだ。いくつか個人的なお気に入りの美術館を紹介すると、まずは先述した竹久夢二の『竹久夢二伊香保美術館』と『夢二郷土美術館』。『竹久夢二伊香保美術館』は群馬県の、夢二が愛した榛名山の麓、伊香保温泉街にひっそりと佇む洋館で、アンティークな家具が配置された館内は、夢二の大正ロマンな作風の絵と相まって、とても雰囲気良く心地良い。また、夢二のふるさとの岡山県にある『夢二郷土美術館』は、更に多くの夢二の作品に囲まれて、時代を忘れてとても癒される。この二つの美術館は、大正ロマンが好きな人にはたまらないと思う。その他にも、写実画で有名な千葉県の『ホキ美術館』は、住宅街の中に隠れたモダンでユニークな建物自体も職業脳をくすぐるし、館内では写真と錯覚する程リアルな印象を受ける上質な人物画の数々を、ゆっくりと楽しむことができる。また、昨年24時間テレビでも放映された、長野県の上田市の山の中にひっそりと佇む『無言館』は、静寂な雰囲気のある美術館で、戦争で命を失ってしまった画家になる夢を閉ざされてしまった若者達が描いた絵画と向き合っていると、深く心が動かされていく。

また、絵は、貯蔵されている美術館自体とも浅からず結びついているような印象を受けることも多いので、近所の美術館の展覧会で名画をみるだけでなく、お気に入りの絵が見つかったら、その絵が本来貯蔵されている美術館迄足を運んで、あるべき場所に飾られた絵画を鑑賞すると、一層輝いて見えると思う。そうして美術館で色々な絵に思いをめぐらせた後、館内のお洒落なカフェでコーヒーを飲みながら一息をついて帰路につく。そんな日にはストレスなど皆無だ。溜まったストレスに頭を悩ませている日々が続いている時に、美術館で絵画鑑賞をしてみても如何でしょうか。

以上となります。皆様もストレスが溜まっているなと思った時には、美術館で絵画鑑賞などされてみては如何でしょうか。少しでも皆様のストレス発散になれば幸いです。

ずいそう

コロナ禍での単身赴任・食生活

渡部 純



2020年1月に新型コロナ(covid-19)の国内感染の報道により、今まで経験のない非常事態宣言による行動規制等の政策で不自由な生活を強いられまして、早3年が経過しようとしています。

何が変わった？私生活に於いて、衣食住の『食』があります。私の営業職としての日々の日課となっていた、懇親会・情報交換会・接待等々の会食が皆無になってしまった点であります。

当時、単身赴任生活を始めて13年目でしたが、コロナ禍に於いては学生時代のアルバイト経験が反映し、夕食を軸とした食生活の献立に役立ち、自炊による本当に美味しい食生活は『Simple is Best』に改めて辿り着きました。

1987年、学生時代のアルバイトとして郊外の焼肉店で夕刻シフトのホールスタッフとして採用されました。翌年バブル経済全盛時期に於いてシェフ引く手数多の現象は時代の流れによる当然の如く、当時既存シェフ2名が他店への人材流出にとして引き抜かれ、厨房はパートのおばさんのみ2名が残り、シェフの募集も空振りでおオーナーシェフによる厨房対応として日々が流れていきました。しかし、焼肉店3店舗経営及び不動産ビジネスに追われるオーナーシェフは疲弊感が蓄積し体調が優れなくなりました。

同時期に学生寮からアパート生活に切り替えた私のプライベートの時間帯は自由で、閉店まで働けるアルバイトスタッフよりは正社員的な姿にオーナーシェフの眼に映ったようで、断る理由もなく厨房のイロハをご教示頂きシェフとしての役割に変更となっていました(当時のオーナーシェフとしては『見つけ!!』的な人事で、プライベートでも可愛いがられた分、返し尽くす-「施されたら返し返す、恩返し」的にバブル景気と共に、社会勉強として自らが洗脳され、私のモチベーションも変貌していきました。景気は創造の気概とも、今の歳で痛感致しますが当時別格のワクワクする日々でした)。

焼肉店はランチ以降の仕込みが店の運営を左右して、私が働く時間帯の厨房に於いては仕込まれた肉をレシピ通りに揉み、銀食器に盛り付け供給。サイドメニューは、今では食せなくなってしまったユッケ・レ

バ刺しの捌きは難しかったですが、時と共に難なくレシピ通りに調理して、厨房スタッフとして認められ、以前の中年の雇われシェフよりもパートのおばさん方には若い学生の私の方が扱い安かったのでしょうか。故に、職場の雰囲気とは、コミュニケーションが最も重要なファクターと、この時代に学べる事が出来得ました。

シェフ & 賄い料理担当(主婦であるパートおばさんに習いながら…) & 閉店時までのスタッフなのでレジ縮 & 夜間金庫へ入金 & 時には店長代理?とにかく忙しかったですが、2.5年間は盆暮れなしに没頭し、社会での対顧客サービス業としての入口を習得したと思います。

又、親の仕送り+バイト代も社会人並み以上の収入で、郊外のバイト先だったのでマイカーも欲しかった私は当時35万円の中古/日産ブルーバードSSS-TURBOをプチ贅沢に所有出来ました。相まってプライベートの行動半径も拡がり学業が疎かになり、言わずもがな学業の単位はギリギリ取得で修了し辛うじて卒業が出来ました。

就職活動はお陰様でバブル景気により前職ゼネコンへ入社で、学生時代よりバイト経験から就業時間が短く感じ社会人生活へのストレスもなく調和に到りました。

現況、単身赴任生活の夕食自炊も昔取った杵柄で、賄い料理に授かった捌きが苦なく寧ろ楽しみとして今の私が有ります。賄い料理は3~4品の焼肉店レシピとは相違った脂っこくなく短時間で出来るものでしたので、現況の食生活には『Simple is Best』で重なり得るものがあります。

又、コロナ禍では免疫力のキーワードから、バカの一つ覚えでアブラナ科の野菜であるブロッコリースプラウトのサラダ・蒸しブロッコリー・蕪の一夜漬け等々や、大蒜・生姜の薬味を使った料理も盛り込んでおります。焼魚は現賃貸マンションのシステムキッチンリルでは美味しく焼けない為、昭和時代宛らのロースターを購入して満足。

『独り晩酌の流儀』を貫き通しております。

日々の私のプライベートは下記ルーティンに尽きます。

- ① 19:00 - 会社でのメール処理等を終え帰宅。
- ② 19:30 - 朝タイマーをセットしていくので即入浴。
- ③ 19:50 - バスローブ姿（決して、石原裕次郎さんのようにブランデーグラスが掌には無いのが残念です）で、狭いキッチンに立ちフライパンや鍋を使った煮炊きをして、作り置きの料理等々でタッパーを開封、数品のあて完成（写真-1）。
- ④ 20:10 - 脂や煮炊きの香りが付いたバスローブを洗濯機に入れ回し、パジャマに着替えて録画したTV番組を観ながら1時間位の晩酌&夕食を堪能する。その後夕食後片付け、洗濯物を干して、翌日のスーツを準備&ズボンプレッサー等々で恙なく時間が過ぎます。
- ⑤ 22:00 - 1時間前倒しになったTV東京/ワールド・ビジネス・サテライトに常々感謝しています。そのニュースをチェックして、トレンドたまごも現職責柄凝視して就寝となる毎日です。



写真-1

*比較的多かったレシピ

A 豚肩ロースの大蒜生姜焼き（写真-2）

- (1) 耐熱ガラス容器（温め直しにも万能です）に千切りキャベツを増し増しで準備。
- (2) フライパンに油をひき、豚肩ロースを200g位投入して焼く。
- (3) 砂糖大匙2杯、醤油大匙3杯、日本酒甘口2杯の順で味付け。
- (4) 大蒜1片、生姜1片同量を擦りおろしフライパンに入れ和えたら即完成。
- (5) 準備していた耐熱容器に盛り合わせる。



写真-2 豚肩ロースの大蒜生姜焼き

B 作り置きのメンマ（休日に調理、写真-3）

- (1) 業務用塩漬メンマを24時間掛けて水道水で塩抜き（途中塩抜きは数回に掛けて水交換）。
- (2) 深鍋にラードを引き、塩抜き終えたメンマを入れ軽く炒める。
- (3) 砂糖・醤油・日本酒辛口を同対比でメンマの1/30位を入れて、鶏だしの化学調味料で味を調べ約15分煮込み粗熱を取ったらタッパー保存完成。



写真-3 作り置きのメンマ

C 大葉の味噌炒め（胡瓜・人参等のスティックサラダのソース、写真-4）

- (1) 大葉10枚を千切りにする。
- (2) フライパンに油を引き、鷹の爪を1/2本刻み極短時間炒める。
- (3) 砂糖・味噌・日本酒甘口、各大匙1杯をボールで溶き馴染ませる。
- (4) (3)を入れて、最後に鰹節を一握り入れて混ぜ合わせれば完成。

D アブラナ科の野菜の蒸し・サラダ&一夜漬け（バカの一つ覚え）



写真—4 胡瓜・人参等のスティックサラダのソース

結論?! 昔取った杵柄の賄い料理がレシピに反映されていたか? 疑問が最後に残りました。しかし、『The 単身赴任・食生活』の短時間・男めしの紹介で締めくくらせて頂きます。尚、残念ながらコロナ禍による自炊料理で痩せることは一切ありませんでした。

最後に、現在の職責での業務応用性の観点から言うと、バブル期のバイト中心の学生生活を振り返り、もっと英語を深く習得したり、もっとたくさんの本を読んでおくべきだったと後悔しております。因果応報に尽き、老眼での現在は些かハードルが高くなっております。

—わたなべ じゅん (株)カナモト 広域特需営業部—



かった苦い経験があるとのこと。ヘゴシダの北限は八丈島とか。

- ・ ⑧名古の展望台：末吉エリアにあり、右手に断崖絶壁、左手に見渡す限りの太平洋が広がる絶景の展望台です。小さな石台があり2回来島された昭和天皇がその場所からご覧になられたとのこと。
- ・ ⑨登龍岬展望台：末吉から三根エリアに向かう登龍岬は、あたかも龍が昇ってくるように見えるため名付けられたとのこと。雄と雌の龍が壁面にある岬道ですが、富士箱根伊豆国立公園内にある展望台からは、新東京百景に選ばれた八丈富士等の絶景が見えました。しかし、八丈富士はすぐに雲に覆われてしまいました。

【温泉】

- ・ ⑩みはらしの湯：末吉エリアには観光客に一番人気の露天風呂「みはらしの湯」があり、芸能人や観光客に人気で、太平洋を見渡す絶景が見えます。島内の温泉施設は、観光客が必ずどこかの温泉を楽しむように、休業日はずらしているとのこと。

【伝統芸能等】

- ・ ⑪服部屋敷、榎立踊りと八丈太鼓：榎立エリアにある江戸時代、幕府御用船を管理する職にあった服部家の屋敷構えは豪勢で、屋敷を囲む二重の玉石垣や樹齢700年といわれる大ソテツは見事です。屋敷内で実演される榎立踊り（写真—2）と八丈太鼓は、ベテランの女性達を中心に軽快に演じられます。また、ここだけで飲める生パッションフルーツは美味でした。



写真—2 服部屋敷での榎立踊り

- ・ ⑫黄八丈めゆ工房：伝統的工芸品の黄八丈織物は黄・茶・黒色の基本色で手織りする素晴らしい工芸品で、貴重な織機での実演・販売をされています。奥にある着物は約900万円だとか。

【飲食】

- ・ 明日葉（あしたば）：「今日新芽を摘んでも、明日に

はまた新しい芽が出てくる」と言われるほど生命力が強い健康野菜で、八丈島の特産品です。健康長寿の島で5g/日摂取すると良いらしく、天ぷらが有名です。

- ・ 島寿司：近海で獲れた旬な魚を醤油ベースのタレに漬けてツケにし、シャリはやや甘目の酢飯で握り、ワサビの代わりにカラシを載せてある郷土料理です。
- ・ くさや：古来より保存食として魚を塩でまぶしていましたが、貴重な塩を節約するため同じ塩水に何度も魚を漬け、塩水に魚のエキスが加わり旨味成分が溶け込んだ塩汁（くさや汁）が出来たと言われています。「病みつきになる美味しさ」とあり夕食に少し頂きましたが、私はその匂いと食感に…でした。

【番外編】※裏話や逸話、私見など。自己責任で。

- ・ ペットボトルの水：飲料水の自動販売機が少なく高価（水 ¥210）のため、毎朝ホテルでの購入がお勧め。
- ・ 限定パンツ：くさや独特の匂いとかけ、パンツのお尻に「クサッ！」と書いた八丈島限定パンツが人気。
- ・ コンビニとファミレス：コンビニとファミレスはない。約80軒ある居酒屋等で家族で食事をする。
- ・ 自動車ナンバー：陸運局の管轄が品川だから八丈島の住民票で八丈島で車を購入すると品川ナンバー。
- ・ 渋滞：車5台並ぶと渋滞で、10台は大渋滞。
- ・ ガソリンスタンド：点在させ一週間分のガソリンを貯蔵している。ガソリン価格は高く当時200円/ℓ。
- ・ 降水量と水田：年間降水量は4,000mm。伊豆諸島で唯一水田があったが台風が多く水田はなくなった。
- ・ トビウオ：絶景の⑬大坂トンネルの展望台付近の大坂大橋欄干には八丈島の魚であるトビウオの絵がある。
- ・ 紅葉：寒暖差がない為、紅葉はない。平均気温17.8℃で、氷点下になることはない。
- ・ 降雨：3日間雨が降らないのは珍しい。
- ・ 絶景時期：梅雨明け後の10日間位が雨と風がなく八丈富士・三原山が山頂まで見えやすい時期とか。
- ・ 欠航率日本一：八丈島空港は低い雲や濃霧に襲われ易く、日本一欠航が多い。案の定、帰路日は朝から濃霧で当日中に帰れるのか心配しました。八丈島に行く際は、最低限翌日は用事がない日程がお勧めです。

以上、八丈島の紹介をしましたが、耳より情報になったのではと自己満足しています。引き続き、目標の1道1都2府43県制覇と早く海外旅行に気楽に行けるようになればと計画を楽しんでいます。

末筆ですが、八丈町営バスのガイドさんとドライバーさん、そして島民の方々に感謝致します。

—ただま かずお（榎福田組 建設企画部 技術部長

（広島営業所駐在）—

JCMA 報告

一般社団法人日本建設機械施工協会 令和5年新年賀詞交歓会報告

本協会の新年賀詞交歓会は、令和5年1月5日（木）午後4時から機械振興会館地下2階ホールにおいて開催された。

3年ぶりの開催となった今回は、コロナ感染防止の観点から、協会役員や国会議員、官公庁関係者など出席者を限定した開催となった。

冒頭、金井道夫会長が挨拶し、「本日3年ぶりに新年賀詞交歓会を開催できたことは、ひとえに皆様のご支援の賜物であり、厚く御礼申し上げたい。建設機械の分野でも膨大なデータと向き合わなければならない時代となったが、未だにデータが誰でもどこでも利用できるとは言えない状況にあることから、データの時代に対応した官と民が連携した取組を進めて参りたい。また、メタバースなど新たな技術の活用については、慎重さが求められる一方で迅速な取組も重要であることから、今年も引き続き皆様のご指導を賜りたい」と述べた。



写真一 金井道夫会長

次に、佐藤信秋参議院議員が挨拶し、「インフラDXはもちろんのこと、国土強靱化や建設現場の働き方改革、生産性の向上など、これら重要な課題を推進するためには協会をはじめご出席の皆様の活躍が不可欠である」と述べた。

続いて、足立敏之参議院議員が挨拶し、「最近の建設機械の分野の進歩はめざましく、ダムの無人化施工に留まらずトンネルや橋梁など様々な現場で技術革新が進んでいる。協会をはじめ皆様の奮闘により、日本の技術が従来の殻を破って更に世界の中で優れたもの



写真一 佐藤信秋参議院議員



写真一 足立敏之参議院議員

となっていくよう期待している」と述べた。

最後に、国土交通省吉岡幹夫技監が挨拶し、「2016年に始まったi-Constructionは、建設の分野のみならず管理など範囲をさらに広げてインフラDXとして進めているが、その中核を成すのはICT施工である。組織要求で官房にイノベーション参事官ができることになり、組織体制も強化してしっかりとICT施工などを進めて参りたい。本日もご参集の皆様にも一層のご協力をお願いする」と述べた。

また、司会を務める真下英人業務執行理事より、出席した官公庁幹部を紹介した。

・国土交通省（紹介順、敬称省略）

水管理・国土保全局長 岡村次郎、道路局長 丹羽克彦、山田邦博（元顧問）、大臣官房技術審議官 佐藤寿延、水管理・国土保全局砂防部長 三上幸三、水管理・国土保全局水資源部長 朝堀泰明、関東地方整備局長 廣瀬昌由



写真一 4 吉岡幹夫技監

大臣官房技術調査課長 見坂茂範, 総合政策局公共事業企画調整課長 岩崎福久, 水管理・国土保全局河川計画課長 森本輝, 同局河川環境課長 豊口佳之, 同局防災課長 中込淳, 同局保全課長 城ヶ崎正人, 道路局国道・技術課長 長谷川朋弘, 同局環境安全・防災課長 高松諭

次に, 山本明副会長 (コベルコ建機(株)代表取締役社長) の発声で, 一年の健康と発展を祈念して乾杯した。



写真一 7 山本明副会長 (コベルコ建機(株)代表取締役社長)

最後に, 池上徹副会長 (株)安藤・間取締役副社長) が中締め挨拶を行い, 令和5年新年賀詞交歓会は午後5時に終了した。



写真一 5 岡村次郎水管理・国土保全局長



写真一 8 池上徹副会長 ((株)安藤・間取締役副社長)



写真一 6 丹羽克彦道路局長

部 会 報 告

(株)日立建機カミーノ本社工場見学会報告

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会

1. はじめに

JCMA 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会では、これまで年間行事として現場見学、工場見学を毎年実施してきたが、ここ2年はコロナ禍もあり、休止となっていた。今年度は、去る11月17日に、(株)日立建機カミーノ様へ総勢20名で工場見学をさせて頂いた。



写真一 工場全景



写真二 集合写真

2. (株)日立建機カミーノ

同社は、山形新幹線の停車駅であるさくらんぼ東根駅から車で10分程度の所にある。こちらは、駅名から分かる通り東根市はサクランボの名産地であり、駅から工場までの道路の両脇には「果樹王国ひがしね」の広告通り多くの果樹園を見ることができ、自然豊かな地域である。

同社は1980年に山形日立建機(株)として設立され、ショベル用バケット、アームの製造から始まり、1990年代には道路機械の製造を開始した。また、2006年に(株)日立建機カミーノに社名変更し、現在はロードローラといった締固め機械の開発・製造、環境リサイクル機械の製造、バケットやアームと言ったショベル部品の製造を行っている。また、バケットに関しては、標準バケットだけでなく、スケルトンバケット、法面バケットと言った特殊仕様や補強・特殊形状バケットの設計・製造も行っている。更にバケットソリューション事業として、各種特殊バケット用補修部材の提供やバケットの下側半分だけ再生するハーフリペアキットの提供など、お客様の要望にきめ細かく対応する事業が展開されている。

3. 工場見学

工場建屋は、10万平米の敷地に第1～4工場があり、第1工場でバケット、アームの製缶、第2工場で大物フレームの製缶、第3工場で組立、第4工場で出荷検査を行っているとのことで、今回、第1工場と第3工場を見学させて頂いた。

第1工場では12t～33t油圧ショベルや中型ホイールローダのバケットを生産している。切板工程は見学できなかったが、部材の曲げ加工、機械加工は工場内で行われており、部材を仮付けしたバケットはロボッ



写真三 バケットのロボット溶接

トで本溶接が実施されていた。溶接が完了したバケツトは、ショット、塗装、乾燥炉が一体化した塗装設備で塗装を施し、10tトラックで日立建機(株)土浦工場へ出荷されるとのことだった(写真-3)。

また、第1工場内には、フロントアイドラの製造ラインもあり、こちらは、ボス、側面プレート、外輪といった部品の組付け、溶接まで人を介さない自動ラインを紹介して頂いた(写真-4)。



写真-4 フロントアイドラの自動ライン

第3工場では、締固め機械の組立を見学させて頂いた。レイアウトとしては、スペースの2/3が小型機の組立ライン、1/3が中型機の組立となっており、生産台数によりタクトタイムを調整しているとのこと(写真-5)。



写真-5 締固め機械の生産ライン

4. デモンストレーション

同社では、マカダムローラ、タイヤローラ、小型振動ローラ向けに衝突被害軽減アシスト装置をオプション設定しており、今回衝突被害軽減アシスト装置を搭載した小型振動ローラで、ダミー人形を用いたデモンストレーションを実施して頂いた。衝突被害軽減アシ

スト装置は、車体速度と物体までの距離に応じ、モニター表示や回転灯、ブザー音でオペレーターや周囲の作業者に警告したり、エンジンの回転数やブレーキを自動制御するなど、警告・減速・停止の3段階のステップを踏むことで衝突回避をサポートまたは衝突被害を軽減する運転支援装置である。今回は、施工現場での作業を想定した4km/hと移動を想定した8km/hでデモンストレーションを実施して頂いた。4km/h、8km/hともダミー人形に衝突する前に機械はしっかり停止するとともに、速度が速い8km/hの方が早めに警報が発報し、早めに減速する様子を確認出来た。また、締固め機械は、壁ギリギリまで機械を寄せて作業を行う事があるが、センサの検出幅を車体幅内とすることで、壁に模した段ボール壁のぎりぎりを通しても機械が減速・停止することが無く、作業ができる様子もデモンストレーションして頂いた(写真-6)。



写真-6 デモンストレーション風景

5. タイヤローラ「ZC220P-6」

本機は、尿素SCRレス&マフラフィルタ(PM除去フィルタ)レス方式を採用し、排出ガス2014年基準をクリアしたエンジンを搭載している。本機の特徴としては、走行負荷からポンプやモータを最も効率の良い状態に自動制御する「アクティブモータコントロール」を搭載、奥行が深い階段式のヒューマンステップの採用、燃料フィルタ、HSTチャージフィルタ、ウォータセパレータ、タイヤ散水フィルタを乗降ステップの側面への集中配置など、生産性、安全性、経済性への配慮を紹介して頂いた。

6. おわりに

最後に(株)日立建機カミーノ様には、当委員会見学を快く受け入れて頂き、最新技術のご紹介頂きましたことに心より感謝し、厚く御礼を申し上げます。



[筆者紹介]

富田 幸宏 (とみた ゆきひろ)
(一社)日本建設機械施工協会 機械部会
路盤・舗装機械技術委員会 委員
住友建機株
技術本部 道路機械技術部
第2設計グループ
グループリーダー



部 会 報 告

2022 年 ISO/TC 127 土工機械委員会 活動報告

標準部会

COVID-19：新型コロナウイルス感染症の世界的な拡大によって、2020年3月12日にISO事務総長から「全てのISO国際会議を延期・中止又はバーチャル開催とする」指示が各国へ通達された。当初、自粛措置の期限は2020年6月30日迄であったが毎月見直され、ハイブリッド開催を除き、対面会合を開催する為にはISO上層部TMBへの例外申請・承認が必要であった。その後、感染状況の推移を観察していたTMBの判断

により、2022年6月10日に「5月1日を以て係る制限を解除する」旨が通知され、以降は各TCの判断において対面・ハイブリッド・バーチャルいずれの開催方法も選択できる事となった。

斯様な状況下で、2022年1月～12月までに計62件のISO/TC 127傘下SG・TC・SC・WG会議が開催され、日本から延べ351名が参加したので概要を報告する（下表参照）。

ISO/TC 127：6件／18名

会議名称	開催日時	出席者	主要案件
TC 127/WG 17 ISO 5757 回生可能エネルギー貯蔵システム RESS	2022年2月16日 (水)夜	海外(オーストラリア、中国、フィンランド、ドイツ、英国、米国) 15名、日本3名	①開会 (ISO 行動規範確認、出席者点呼など) ②(案件の)進捗状況確認 ③(規格)草案(調査含む作業分担) ④案文検討(試験規定、水素燃料電池の扱いは保留など) ⑤WG 専門家意見聴取、用語の定義 ⑥次回会合日程など
TC 127/SG 1 路外作業機械業務調整グループ	2022年2月24日 (木)深夜～翌未明	海外(TC 127・TC 110/SC 4・TC 23/SC 19・TC 127/SC 1・TC 23/SC 15・TC 82・同SC 8・TC 195・同SC 3) 12名程度、日本3名	①開会(出席者点呼など) ②路外作業機械を扱う各委員会 (ISO TC 23 SC 4, SC 15, SC 19, TC 82, SC 8, TC 110 SC 4, TC 127, TC 195) 活動報告 ③各委員会の調整で利益の可能性のある分野の検討 ④その他、今後の予定及び次回会合(8月末か9月初めにハイブリッド会議で)など
TC 127/WG 17 ISO/PWI 5757 回生可能エネルギー貯蔵システム RESS	2022年5月18日 (水)夜	米国コンビナーなど海外 15名、日本3名	①開会 (ISO 行動規範確認、出席者点呼など) ②進捗状況確認 ③案文作成行程検討 ④WG 意見聴取結果検討 ⑤今後の会合予定検討 ⑥その他
TC 127/CAG 議長諮問グループ	2022年8月23日 (火)夜	米国 TC 127・同 SC 2 議長団、英国 SC 1 議長団、各国首席代表、日本 SC 3 議長団 3名	①開会(出席者点呼、議事案採択など) ②次回 2023 年総会予定(時期(本来は春季だが事情により秋季)、インド内の会場候補地)の検討 ③ISO/IEC 専門業務用指針改正について ④各分科委員会 SC の主要案件と注目点の紹介など ⑤今後の作業グループ会議予定 ⑥現状案件の主要な問題点検討 ⑦今後の業務項目候補及び優先度 ⑧標準化業務の効率化 ⑨次々回など将来総会の場所について ⑩その他、次回会合など
TC 127/WG 17 ISO 5757 回生可能エネルギー貯蔵システム RESS	2022年9月13日 (火)～15日(木)夜	米国コンビナーなど海外 29名、日本3名	①開会 (ISO 行動規範確認、出席者点呼など) ②(案件の)日程確認 ③各案件の論議(日程・WG 専門家意見聴取結果・用語の定義・規制含む各種技術詳細事項検討) ④次回会合、その他 ⑤関連する技術事項の検討
TC 127/SG 1 路外作業機械業務調整グループ	2022年11月21日 (月)深夜～翌未明	米国など海外(TC 23, TC 110/SC 4, TC 127, TC 82, TC 195/SC 3, TC 23/SC 15) 12名程度、日本1名	①開会(出席者点呼など) ②各 TC/SC の将来可能性含む業務項目報告(TC 23/SC 19, 同 SC 15, TC 82, TC 110/SC 4, TC 127 及び傘下の各 SC, TC 195・同 SC 3 など) ③路外作業機械の共通の利害のあるプロジェクト(自律運転を示す灯火の色(ターコイズなど)、電機駆動機械、など) ④共通の利害の可能性のあるプロジェクト候補の検討 ⑤次回会合(明年 2023 年第 2 四半期、できればハイブリッド会合で)、その他(日本から ISO の合同案件の扱いは改善要と指摘)

ISO/TC 127/SC 1 : 6件 / 55名

会議名称	開催日時	出席者	主要案件
TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー 使用試験方法	2022年1月12日 (水)夜・13日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外8名, 日本プロジェ クトリーダーなど10名	①前回会合議事確認 ②修正案文の検討 ③実掘削試験条件 の論議 ④その他
TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー 使用試験方法	2022年3月23日 (水)夜・24日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外8名, 日本プロジェ クトリーダーなど9名	①開会 (ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択, 前回 議事録確認など) ②特設会議での検討結果報告 (規格の構 成案・実掘削条件の検討など) 及び結論とまとめ ③次回会 合 (5月23日, 25日予定)
TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー 使用試験方法	2022年5月23日 (月)夜・25日(水) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ7名, 日本プロ ジェクトリーダーなど 延べ9名	①開会 (ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択, 前回 議事録確認など) ②特設チームでの検討結果検討 - 適用範 囲の機械上限設定の適否, 掘削試験での未調整の土砂の使用, 土砂の状態とエネルギー効率の相関性, 溝掘試験の図示, 電 機駆動機械の待機試験など ③ ISO 業務としての登録及び文 書形態 (技術報告書でなく技術仕様書とする)
TC 127/SC 1/WG 6 ISO 11152 エネルギー 消費試験方法	2022年7月11日 (月)夜・12日(火) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ7名, 日本プロ ジェクトリーダーなど 延べ13名	①前回議事録確認 ② (エネルギー消費試験方法) 案文の検 討 (ホイールローダの生産性試験, プルドーザの生産性試験) ③会議の結論まとめ ④その他 ⑤次回会合 (東京での対面 会合を予定したが会議後見直し)
TC 127/SC 1/WG 6 エネルギー消費試験 方法	2022年10月12日 (水)夜	米国コンビナーなど海 外7名, 日本プロジェ クトリーダーなど10名	①開会 (出席者点呼, 議事案採択, 前回議事録確認など) ②前回会合の宿題事項の論議 (ホイールローダの試験条件, HST 機械の模擬積み込み動作, ローダのダンプ高さ, 試験回 数, プルドーザの待機モード) ③今回論議まとめ ④次回 会合その他
TC 127/SC 1/WG 6 エネルギー消費試験 方法特設会合	2022年10月14日 (金)夜	米国コンビナーなど海 外4名, 日本プロジェ クトリーダーなど4名	ホイールローダの模擬動作試験方法などに関する論議 ①試 験の開始 ②バーの位置 ③ HST の試験方法詳細条件 ④バーの高さ ⑤試験方法書式 ⑥次回会合

ISO/TC 127/SC 2 : 22件 / 81名

会議名称	開催日時	出席者	主要案件
TC 127/SC 2/JWG 31-ISO 7021 運転員保 護構造の材料要求事 項	2022年2月2日 (水)・3日(木)夜	米国コンビナーなど 海外17名, 日本 TC 127/SC 3 議長など6名	保護構造に使用する材料に関して ①開会 (出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回議事録確認など) ② ISO/TC 127/SC 2/AG 1 運転員保護構造 2021年11月30 日の会議の報告 ③ NP 7021 (保護構造の材料要求事項) 新 業務提案投票時各国意見検討 (ナットの等級など, また, 鋼 材でも薄板に関する規定などを検討) ④まとめ (改訂案文 を WG 意見聴取に付す) ⑤その他 (透明材料の材料要求事 項についての論議など) ⑥次回会合, その他
TC 127/SC 2/WG 32 ISO/WD 5953 土工機 械 - ローダ及びバッ クホウローダの荷扱 いアーム - 通則	2022年2月16日 (水)夜	スウェーデンコンピ ナー・幹事など海外8 名, 日本専門家2名	①開会 (出席者点呼, 議事案採択, ISO 行動規範確認, 前回 議事録確認など) ② ISO/WD 5953 案文検討 (フックとの取 り合い, 許容荷重などに関して, 他の規格, 規制との関連含 め論議) ③まとめ (今後の予定, 会議の結論, 担当割り当て, 目標日程, 次回会合など)
TC 127/SC 2/WG 22 ISO 17757 土工機械 - 自律式及び準自律 式機械システムの安 全	2022年2月22日 (火)	米国コンビナーなど海 外11名, 日本専門家6 名	①開会 (出席者点呼, ISO 行動指針確認など) ② ISO 17757 改善乃至他のパート追加の可能性, 電氣的バリアなども論議 の対象 ③自動運転中を示す灯火の色 (SAE J3134, ISO/ TR 23049, ISO 23720, ISO 5283 など検討要) ④まとめ (今 後の予定及び次回会合など)
TC 127/SC 2/WG 30 ISO/DIS 6683 シート ベルト及び取付部	2022年3月2日 (水)夜	イタリアコンビナーな ど海外11名, 日本3 名	①開会 (出席者点呼, 議事案採択など) ② PWI 24262 多点 式シートベルト案文に対する各国意見検討 (幾つかの事案は 並行検討中の ISO 6683 改正での検討待ち) ③次の段階: 改 訂案文を SC 2 幹事国に送付し新業務提案に進める

TC 127/SC 2/WG 30 ISO/DIS 6683 シート ベルト及び取付部改 正	2022年4月4日 (月)夜	イタリアコンビナーな ど海外14名, 日本5名	①開会(出席者点呼, 議事案採択) ②ISO/DIS 6683 受領意 見検討継続 TSIP の扱いなど ③次の工程 FDIS 投票に向けて ④その他 ⑤次回会合
TC 127/SC 2/AG 1 運転員保護構造の規 格(の整合化)	2022年4月12日 (火)夜	海外から13名, 日本 専門家2名	各種の運転員保護構造の規格の整合化に関して検討 ①開会 (出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回議事録 確認など) ②SC 2/JWG 31-ISO 7021 活動報告(鋼材と締結 部材以外も対象とするか) ③以前の SC 2/AH 2 の各保護構 造規格に関する意見検討 (ISO 3471 附属書 B など) ④その 他 (DLV の許容傾斜・適用機種拡大可能性など論議) ⑤次 回会合 (9月14日)
TC 127/SC 2/JWG 31 (TC 23/SC 15 森 林用設備合同作業グ ループ) 運転員保護 構造の材料要求事項	2022年4月13日 (水)夜・14日(木) 夜	海外13名, 日本専門 家5名	ISO/AWI 7021 土工機械及び林業機械-運転員保護構造-材 料要求事項 検討 ①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回議事録確認, 日程確認など) ②WG 聴取 意見検討及びまとめ(用語修正, 鋼材以外の材料要求追加の 為序文修正など) ③その他: 規格構成見直し可能性論議 ④次回会合(5月19日・20日)など
TC 127/SC 2/WG 30 ISO/DIS 6683 シート ベルト及び取付部改 正	2022年5月9日 (月)夜	イタリアコンビナー・ 幹事など海外12名, 日本3名	①開会(出席者点呼, 議事案採択) ②ISO/DIS 6683 受領意 見検討 ③次の工程(第2次 DIS 投票の方向)など
TC 127/SC 2/WG 32 ISO/WD 5953 土工機 械-ローダ及びバッ クホウローダの荷扱 い用アーム-通則	2022年5月17日 (火)夜	スウェーデンコンビ ナー・幹事など海外6 名, 日本2名	①開会(出席者点呼, 議事案採択, ISO 行動規範確認, COVID-19 対応状況, 前回会合議事録確認など), 安定性評 価を論点に ISO/WD 5953 案文検討 ②現行ローダ規格 ISO 14397 に加えドリルリグの評価式, テレハンドラーの評価式 (改正検討停滞) 適用 ③ISO/TC 110/SC 4 テレハンドラー と連携設立済み, 親 SC 2 で連携代表について委員会内投票 ④1トン超の荷扱いは日本ではクレーン法令適用と指摘 ⑤次回会合 2022年9月13日, 安定性の試験方法含む案文準備
TC 127/SC 2/JWG 31 ISO/WD 7021 運転員 保護構造の材料要求 事項	2022年5月19日 (木)夜	米国コンビナーなど海 外13名, 日本2名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回 議事録確認など) ②新業務提案時各国意見への対応検討 ③案文を委員会原案 CD に進めることを親委員会に申し出 の旨結論 ④結論に達したため翌日の会議は中止 ⑤次回会合 は 2022年9月21日, 22日を予定
TC 127/SC 2/WG 15 ISO/AWI 13649 火災 予防	2022年6月22日 (水)・23日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外7名, 日本2名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択など) ②ISO 13649 業務再開経緯 ③新業務提案投票結果及び意見 確認 ④各国意見への対応検討 ⑤オーストラリア専門家の 事例に基づく検討 ⑥規格名称に「指針」を付すか論議 ⑦次回会合(2022年8月24日・25日)
TC 127/SC 2/WG 24 ISO19014 規格群 機 械制御系の機能安全	2022年7月5日 (火)~8日(金) (日本からの Web 出席は, 日本時間 では翌日未明~早 朝)	英国コンビナーなど海 外19名対面会合, 海 外8名 Web, 日本5名 Web	①ISO 19014 規格群の現況確認 (ISO 19014-2 発行状況, ウィー ン協定での第5部の取扱いに関する CEN/TC 151 総会意見, TC 23/SC 19 農業用電子設備での機能安全に関する WG 9 へ の専門家招集) ②今後の改訂で考慮すべき事項(欧州整合化 規格とする) ③次の段階 ④ Non-Deterministic な機械制御 系の標準化 ISO/PWI 6135 ⑤その他 ⑥次回会合
TC 127/SC 2/WG 15 ISO/AWI 13649 火災 予防	2022年8月24日 (水)・25日(木) 午前	米国コンビナーなど海 外延べ9名, 日本3名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回 議事録確認など) ②(再開の新業務提案時)意見の検討 ③まとめ及び結論 ④その他 ⑤次回会合(10月下旬)
TC 127/SC 2/JWG 31 ISO/WD 7021 運 転員保護構造の材料 要求事項	2022年9月20日 (火)・21日(水) 夜	米国コンビナーなど海 外14名, 日本2名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回 議事録確認など) ②案件の日程など ③ CD 投票結果及び 各国意見対応検討 ④会議結果まとめ ⑤その他 ⑥次回会 合 2022年11月22日予定

TC 127/SC 2/WG 32 ISO/WD 5953 土工機 械-ローダ及びバッ クホウローダの荷扱 い用アーム-通則	2022年10月18日 (火)夜	スウェーデンコンピ ナーなど海外5名,日 本2名	①開会(出席者点呼,議事案採択,ISO行動規範確認, COVID-19対応確認,前回議事録確認)②ISO 5953 案文検 討③次段階及び今回論議まとめ④次回会合その他
TC 127/SC 2/AG 1 運転員保護構造の規 格(の整合化)	2022年10月19日 (水)夜	米国コンピナーなど海 外14名,日本2名	①開会(出席者点呼,ISO行動規範確認,議事案採択,前回 議事録確認など)②TC 127/SC 2/JWG 31(運転員保護構 想の材料要求事項)の報告③新業務提案候補(耐性のある 窓材料及びISO 3471 附属書B(試験による確認の必要性) 改訂)(例外事項の可否)④ISO 3449 FOPS 定期見直し意 見の検討⑤以前の特設グループ AH 2 意見の継続検討⑥ 次回会合
TC 127/SC 2/WG 15 ISO/AWI 13649 火災 予防	2022年10月25日 (火),26日(水)	米国コンピナーなど海 外7名,日本5名	①開会(出席者点呼,ISO行動規範確認,議事案採択,前回 議事録確認など)②作業グループ内意見聴取結果の検討 ③会議のまとめ及び結論④次回会合
TC 127/SC 2/WG 24 機能安全	2022年11月14日 (月)~18日(金) (日本からの Web 出席は,日本時間 では夕方~深夜乃 至翌日未明)	ハイブリッド,英国コ ンピナーなど対面出席 は海外から延べ15名, 日本1名,Webでは海 外延べ4名,日本は6 名	①開会(出席者点呼,ISO行動規範確認,議事案採択,前回 議事録確認など)②第1部~第5部の整合,要改訂事項検討, 第2部誤記訂正その他③ISO/PWI 6135 土工機械-非決定 的様相を含む機械制御系の安全④今後の作業⑤次回会合 (2023年5月に日本で予定)
TC 127/SC 2/JWG 31 ISO/WD 7021 運 転員保護構造の材料 要求事項	2022年11月22日 (火)夜	米国コンピナーなど海 外12名,日本2名	①開会(出席者点呼,ISO行動規範確認,議事案採択,前回 議事録確認など)②CD 7021 投票・WG 意見聴取結果の検 討③次段階:DISに進める④次回会合(2023年4月6日, 窓材料の標準化を検討),その他関連案件
TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 土工機械 -自律式及び準自律式 機械システムの安全	2022年11月29日 (火)午前	米国コンピナーなど海 外11名,日本6名	①開会(出席者点呼,ISO行動規範確認など)②ISO 17757 改善乃至パート追加の可能性③次回会合その他
ISO/TC 127/SC 2/ WG 15 ISO/AWI 13649 火災予防	2022年11月30日 (水),12月2日 (金)	米国コンピナーなど海 外8名,日本5名	①開会(出席者点呼,ISO行動規範確認,議事案採択など) ②適用範囲及び箇条5の検討③WG 意見聴取結果の検討: CD 名称を火災予防か,火災予防指針とするか確認④会議 のまとめ及び結論⑤次回会合
TC 127/SC 2/JWG 28 ISO 21815 衝突警 報及び回避規格群	2022年11月30日 (水)夜,12月6 日(火)早朝,12 月9日(金)早朝	日本4名,海外13名	①開会(出席者点呼など)②コンピナー及び専門家報告 ③DIS 21815-3 リスク範囲及び程度-前後方向動作について, FDISに進めるためのDIS投票結果,各国意見,プロジェク トリーダー所見の検討④次段階へ向けて会議結果まとめ ⑤次回会合(2023年1月31日~2月2日東京),その他

ISO/TC 127/SC 3: 16件/129名

会議名称	開催日時	出席者	主要案件
TC 127/SC 3/JWG 16 ISO/PWI 23870 セ キュアな移動体高速 通信	2022年1月19日 (水)夜・25日(火) 夜・26日(水)夜	米国コンピナー,プロ ジェクトリーダーなど海 外延べ21名,日本9名	①開会(ISO行動規範確認,出席者点呼,議事案採択など) ②コンピナー報告③他委員会及び外部機関と既存及び新規 連携関係乃至合同作業の検討④各部PLから所見及び意見 検討と結論⑤当面の実施事項
TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土 工機械及び不整地ト ラック-照明・信号・ 車幅等の灯火及び反 射器	2022年1月24日 (月)深夜・27日 (木)深夜	米国コンピナー・幹事 など海外11名,日本 TC 127/SC 3 議長など 6名	①開会(出席者点呼・ISO行動規範確認・議事案採択など) ②2021年12月14日特設会合で提案の用語など扱いの検討 ③DIS投票時各国意見及びプロジェクトリーダー所見対応継 続検討④追加会議の必要性検討2月28日(月)・3月7日(月) ⑤次段階,その他 付記:不整地トラックは,通称テレハンドラー

TC 127/SC 3/WG 5 施工現場情報交換 全体会合 ISO/TS 15143-4 施工現場地形 データ	2022年2月2日 (水)・4日(金)	日本コンビナー兼プロ ジェクトリーダーなど 11名, 海外共同コンビ ナー兼 PL など延べ 24 名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回 議事録確認, 前回会議の要処理事項の確認) ② ISO/WDTs 15143-4 案文各専門家意見検討 ③規格案開発計画に関する 米国 AEM の検討 ④検証及び POC 概念実証について ⑤日程検討 ⑥次回会合(2022年3月23日・25日), 他宿 題事項
TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土 工機械及び不整地ト ラック-照明・信号・ 車幅等の灯火及び反 射器	2022年2月28日 (月)深夜	米国コンビナー・幹事 など海外12名, 日本 4名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択) ② DIS 後 WG 意見聴取結果検討 ③ DIS 投票時各国意見の 検討継続 ④次回予定3月7日(月)など
TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土 工機械及び不整地ト ラック-照明・信号・ 車幅等の灯火及び反 射器	2022年3月7日 (月)深夜	米国コンビナー・幹事 など海外11名, 日本 4名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択など) ②日本専門家の意見検討 ③ DIS 投票コメント審議(続き) ⑤次段階(当面更に検討継続) ⑥次回予定3月29日(火) など
TC 127/SC 3/WG 5 ISO/DTS 15143-4 施 工現場地形データ	2022年3月23日 (水)・25日(金)	日本コンビナーなど延 べ12名, 米国プロジェ クトリーダーなど海外 延べ21名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択, 前回 議事録確認及び前回からの要処理事項論議) ②米国 AEM 理事会での検討 ③案文意見検討 ④認証及び概念実証 ⑤メンテナンス機関 ⑥次回会合など(対面会合可能性)
TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土 工機械及び不整地ト ラック-照明・信号・ 車幅等の灯火及び反 射器	2022年3月29日 (火)深夜	米国コンビナー・幹事な ど海外11名, 日本3名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択など) ② WG 意見聴取結果検討 ③ DIS 投票コメント審議(続き) ④今後の予定(FDIS 用文書チェック)など
TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/DTS 15143-4 施 工現場地形データ	2022年5月11日 (水)・13日(金)	日本コンビナーなど延 べ9名, 米国プロジェ クトリーダーなど海外 延べ22名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前回 会合議事録確認, 前回会合要処理項目確認) ② CAT 社指摘 の特許の扱い ③未処理案件の状況確認 ④簡条6工事デ ータの検討 ⑤6月ブリスベン対面会合へ日本から Web 参 加検討 ⑥ WG 意見聴取対応検討 ⑦現場座標系変換に関す る状況報告など ⑧概念実証状況報告及び論議 ⑨ ISO 様式 の文書準備 ⑩当面の作業, 次回会合など
TC 127/SC 3/JWG 11 ISO/DIS 12509 土 工機械及び不整地ト ラック-照明・信号・ 車幅等の灯火及び反 射器	2022年5月11日 (水)夜	米国コンビナー・幹事 など海外10名, 日本3 名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択など) ② DIS 投票コメント審議(続き) ③今後の予定: 中央事務 局に FDIS 案文提出, 合同案件に関する ISO 規定含め ISO/ TC 110/SC 4 に連絡
TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/DTS 15143-4 施 工現場地形データ	2022年6月14日 (火)~17日(金)	日本コンビナーなど対 面出席延べ12名, Web 参加延べ8名, 米国プ ロジェクトリーダーな ど海外からブリスベン での対面出席13名, Web 参加延べ7名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択, 前回 会合議事録確認, 前回会議の要処理事項確認など) ②各専 門家意見の検討・処理 ③概念実証及び相互運用性の検証の 実施 ④次回会合など今後の予定 ⑤将来の標準化に関して ⑥その他
TC 127/SC 3/JWG 16 ISO/PWI 23870 セ キュアな移動体高速 通信	2022年6月28日 (火)夜・29日(水) 夜・7月6日(水) 夜	米国コンビナー, プロ ジェクトリーダーなど 海外延べ42名, 日本 TC 127/SC 3 議長など 7名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択, 前回議 事録確認) ②高速 BAS に関する ISO/TC 22, AEF など関係 機関との産業分野横断的協力 ③合同 WG の他委員会との関 係 ④規格群構成の検討(各分野共通部分及び特定部分) ⑤関係規格の改訂情報の反映 ⑥規格群構成の付番 ⑦予備 業務提案文書の検討 ⑧ ISO 23870 規格群作成用テンプレート 紹介 ⑨ AEF 連携関係設立 ⑩次回会合(2022年11月ドイツ)

TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/DTS 15143-4 施 工現場地形データ	2022年9月2日 (金)	日本コンビナーなど11 名, 米国プロジェクト リーダーなど海外19名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前 回会議事録確認, 前回会議の要処理事項の確認など) ②相 互運用性の概念実証状況 ③自動廃案を避けるための日程検 討 ④9月下旬 WG 対面会合の議事案
TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/DTS 15143-4 施 工現場地形データ	2022年9月20日 (火)~23日(金)	日本コンビナーなど対 面3名, Web参加1名, 米国プロジェクトリー ダーなど海外対面19名, その他 Web参加延べ2 名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前 回会議事録確認, 前回会議の要処理事項確認など) ②各専 門家意見の検討・処理 ③概念実証及び相互運用性の検証の 実施 ④次回会合など今後の予定 ⑤将来の標準化に関して ⑥その他
TC 127/SC 3/WG 13 ISO 6750 運転取扱説 明書	2022年10月5日 (水)夜	スウェーデンコンビ ナー, 幹事など海外6 名, 日本4名	①開会(出席者点呼, 議事案採択, ISO 行動規範確認, COVID-19 対応確認, 前回会議事録確認など) ②ISO/TR 6750-2 改正検討 ③ISO 6750-1 改正要否検討 ④会議の結論 まとめ及び次回会合その他(編集会議開催)
TC 127/SC 3/JWG 16 ISO/PWI 23870 規 格群-セキュアな移 動体高速通信	2022年11月9日 (水)~11日(金)	対面: 米国コンビナー など海外, 日本1名あ わせ延べ19名 ウェブ: 米国プロジェ クトリーダーなど海外延 べ17名, 日本延べ7名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前 回議事録確認など) ②イーサネット上の高速インターフェ ースに関する提案 ③各要検討項目の表 ④規格群内容の OSI モデルに基づく各層関連検討 ⑤次回会合その他, 関連する AEF 国際農業電子財団の技術会合について紹介
TC 127/SC 3/WG 5 施工現場データ交換 ISO/DTS 15143-4 施 工現場地形データ	2022年12月1日 (木)	日本コンビナーなど9 名, 米国プロジェクト リーダーなど海外18名	①開会(出席者点呼, ISO 行動規範確認, 議事案採択, 前 回会議事録確認・前回会議からの要処理事項検討) ②相互 運用性の概念実証状況 ③次回会合の議事検討 ④今回合 まとめ(要処理事項)その他

ISO/TC 127/SC 4: 10件/68名

会議名称	開催日時	出席者	主要案件
TC 127/SC 4/WG 6 自動運転の分類	2022年2月9日 (水)午後	米国コンビナーなど米 国11名, 日本14名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ②日程検討 ③案文作成(日本意見提示・関連規制規格検 討含む) ④まとめ(宿題事項, 次回会合)先行する農業分野 の活動・建設機械の各種動作の扱いなど
TC 127/SC 4/WG 5 ISO 6165 基本機種改 正	2022年3月3日 (木)深夜	イタリアコンビナーな ど海外7名, 日本3名	①開会(出席者点呼, 議事案採択) ②DIS 投票意見・WG 意見聴取結果対応検討 ③次段階(各国意見対応で直接発行 へ)
TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の 分類	2022年3月16日 (水)・30日(水)・ 31日(木)	米国コンビナーなど米 国延べ8名, 日本延べ 11名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ②案文検討(ISO Guide 78 に基づく必要性・参照規格 ISO 6165 参照要・規格案作成作業・各用語及び定義検討) ③日 程検討 ④次回会合(4月19日~5月4日), 要作業事項な ど
TC 127/SC 4/WG 6- ISO 7334 自動運転の 分類	2022年4月19日 (火)夜・21日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ12名, 日本延 べ8名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択) ②ISO 7334 自動運転の分類 案文検討(用語定義など) ③日 程確認 ④当面の作業 ⑤各用語及び定義検討 ⑥次回会合 (5月下旬)
TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の 分類	2022年5月24日 (火)夜・26日(木) 夜,	米国コンビナーなど海 外延べ14名, 日本延 べ7名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など), ISO 7334 自動運転の分類検討 ②オンライン規格作成ツール OSD 適用検討 ③日程検討 ④当面の作業(OSD への移行, 今後の会合設定) ⑤次回会合(7月19日・21日)
TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の 分類	2022年7月19日 (火)夜・21日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ11名, 日本延 べ5名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ②ISO 7334 案文の検討 ③日程確認 ④その他(要処理事項・ 次回会合・その他)
TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の 分類	2022年8月22日 (月)夜・25日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ11名, 日本延 べ5名	①開会(ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ②ISO 7334 案文検討及び検討方針再考 ③日程 ④その他

TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の 分類	2022年10月3日 (月)夜・6日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ7名, 日本延べ 5名	①開会 (ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ISO 7334 自動運転の分類の標準化 ②案文の検討継続 (用語 定義に関する合意, 事例検討, 案文の他箇所の検討, 各機種 との関連検討日本意見の反映) ③日程 ④当面の実施事項, 次回会合予定, その他 (日本意見の継続検討)
TC 127/SC 4/WG 6 - ISO 7334 自動運転の 分類	2022年11月28日 (月)夜・12月1日 (木)夜	米国コンビナーなど海 外延べ8名, 日本延べ 5名	①開会 (ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ②案文検討 ③日程検討 ④要作業項目 ⑤次回会合, その 他
TC 127/SC 4/WG 6 ISO 7334 自動運転の 分類	2022年12月13日 (火)夜・15日(木) 夜	米国コンビナーなど海 外延べ7名, 日本延べ 6名	①開会 (ISO 行動規範確認, 出席者点呼, 議事案採択など) ②日程検討 ③案文検討 ④要作業項目 ⑤次回会合, その 他

2021年2月号の記事以来2年ぶりの標準部会報告となったが, 膨大な件数のバーチャル会議に加え, 多極間でのハイブリッド会議が増えている。また, 欧米では既に対面会合も再開されているが日本からの参加

は未だ難しく, 出張報告を掲載できない状況が続いている。

2023年初頭には, 国際WG会議を3年ぶりに国内で開催する予定であり, 今後それらについて報告したい。



建設業の業況について

1. はじめに

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

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

このような状況の中、建設業の業況について、直近のデータを交えて紹介する。

2. 建設投資の概要

令和4年度の建設投資は、国土交通省「令和4年度建設投資見通し」をみると66兆9,900億円（前年度比0.6%増）となる見通しである。このうち、政府投資については前年度比3.7%減の22兆5,300億円となる見通しであるが、民間投資については前年度比2.9%増の44兆4,600億円となる見通しである。これを建築・土木別に見

ると、土木投資については前年度比1.8%減の24兆3,000億円となる見通しであるが、建築投資については前年度比1.9%増の43兆4,000億円となる見通しである。

また、令和3年度の建設投資は、66兆6,000億円（前年度比0.6%増）となる見込みである。このうち、政府投資は23兆3,900億円（前年度比4.3%減）となる見込みであるが、民間投資は前年度比5.6%増の43兆2,100億円となる見込みである。これを建築・土木別に見ると、土木投資については、前年度比4.3%減の24兆200億円となる見込みであるが、建築投資については前年度比5.1%増の42兆5,800億円となる見込みである。

建設投資は、平成4年度の84兆円をピークに減少基調となり、平成22年度には平成4年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等により回復傾向となっている。令和4年度の建設投資については、令和3年度の補正予算等に係る政府建設投資が見込まれることなどから、総額として66兆9,900億円となる見通しである（図-1参照）。

3. 全国許可業者数の推移

国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、令和4年3月末現在の建設業許可業者は475,293業者で、前年同月より1,341業者（0.3%）増加した。

令和3年度中に新規に建設業許可を取得した業者は18,806業者で、前年度より1,064業者（5.4%）の減少となった。

令和3年度中に建設業許可が失効した業者については17,465業

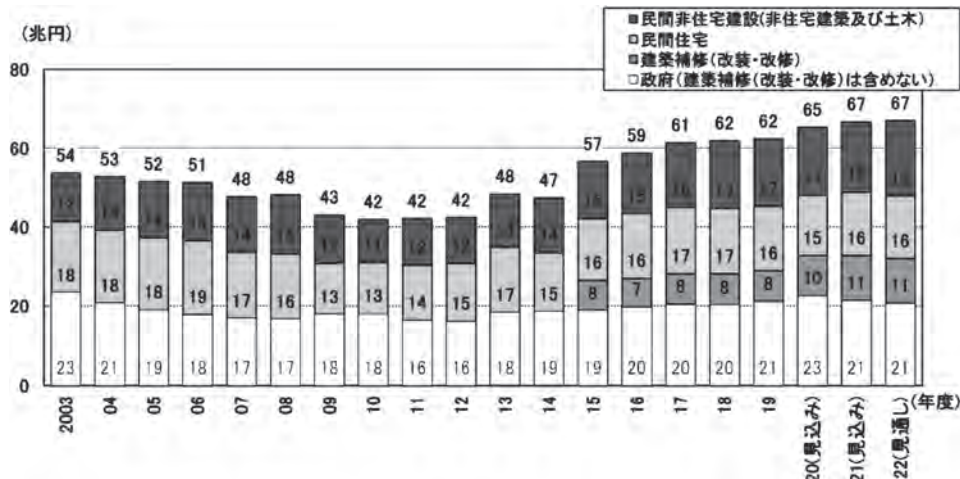


図-1 建設投資額（名目値）の推移（出所：国土交通省）

統計

者であり、前年度と比べ926業者（5.0%）減少した。内訳としては、建設業を廃業した旨の届出を行った業者は前年度より273業者（3.3%）減少し、8,043業者であった。一方、許可の更新手続きを行わないことにより許可が失効した業者は前年度より653業者（6.5%）減少し9,422業者となった。

建設業許可業者数が最も多かった平成11年度末（平成12年3月末）時点の業者数600,980業者と比較すると、125,687業者（20.9%）減少している（図-2参照）。

また、業種別許可業者数についてみると、令和4年3月末現在において許可を取得している業者の数が最も多い業種は、とび・土工工事業であり全体の37.2%を占めた。次いで、建築工事業が30.9%、土木工事業が27.6%で続いた。

一方、取得している業者の数が最も少ない業種は清掃施設工事業であり、全体の0.1%程である。次いで、さく井工事業の0.5%、消防施設工事業の3.3%が続いた（図-3参照）。

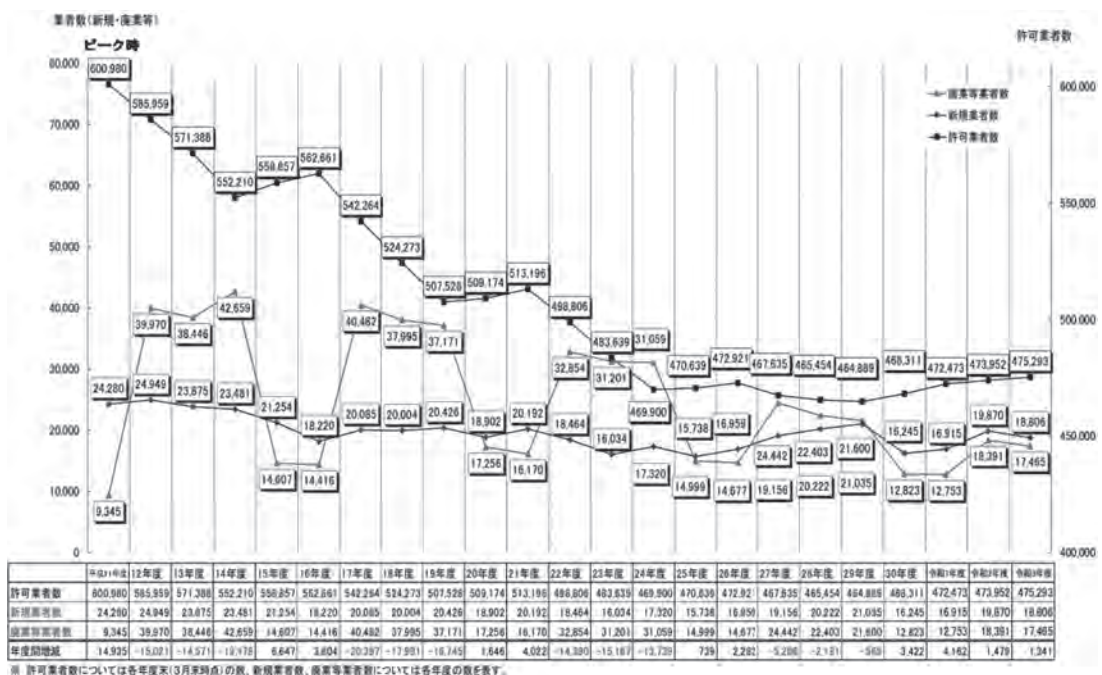


図-2 許可業者数・新規及び廃業等業者数の推移（出所：国土交通省）

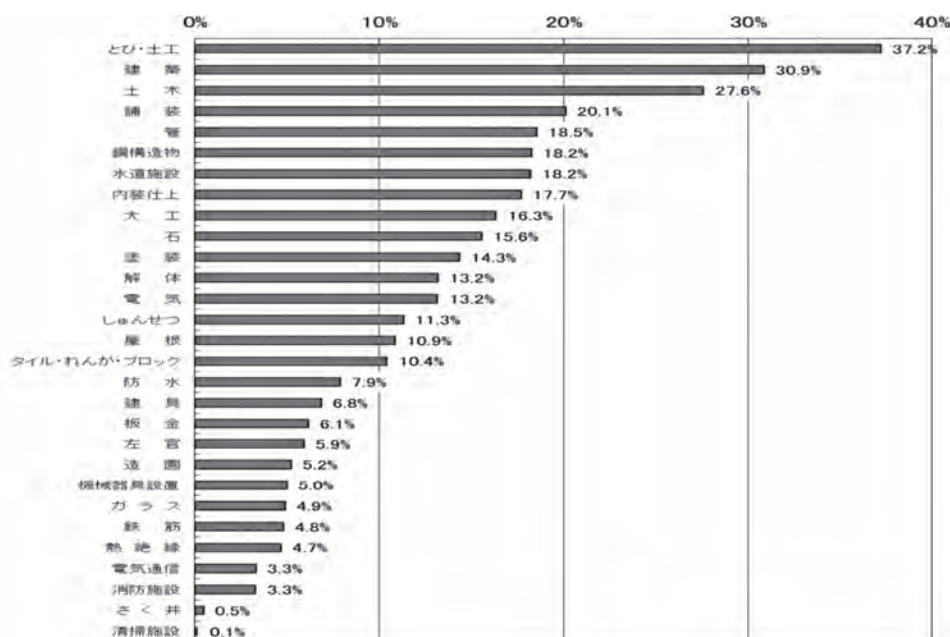


図-3 建設業許可業者における業種別許可の取得率（出所：国土交通省）

統 計

4. 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減

令和4年3月末現在の取得業者数が増加した許可業種は、前年同月に比べ25業種となった。増加率についてみると、熱絶縁工事業が6.5%と最も高く、ガラス工事業が5.6%で続き、以下板金工事業の5.1%、鉄筋工事業の4.8%、防水工事業と左官工事業の4.6%が続いた。

一方、前年同月に比べて取得業者数が減少した許可業種は4業種であった。減少率についてみると、清掃施設工事業が3.8%と最も高く、さく井工事業が1.7%で続き、以下建築工事業の1.2%、造園工事業の0.9%が続いた(表-1参照)。

5. 労働災害発生状況

令和3年の労働災害発生状況について厚生労働省「労働災害発生状況」をみると、全産業における休業4日以上死傷者数は、前年同期131,156名と比べ18,762名(14.3%)増加し149,918名となり、平成10年以降で最多となった。労働災害による死亡者数についても、前年同期802名と比べ65名(8.1%)増加し802名であり、4年ぶりに増加となった(図-4、5参照)。

一方、建設業における休業4日以上死傷者数は、16,079名であり、前年同期14,977名と比べ1,153名(7.3%)増加となった。死亡者数については288名であり、前年同期258名と比べ30名(11.6%)の増加となった。

表-1 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減表 (出所：国土交通省)

【業者数が増加した許可業種】

許可業種	前年同月比
とび・土工	2,617 業者 (1.5%)
鋼構造物	2,496 業者 (3.0%)
石	2,432 業者 (3.4%)
塗 装	2,324 業者 (3.5%)
内装仕上	2,291 業者 (2.8%)
屋 根	1,937 業者 (3.9%)
タイル・れんが・ブロック	1,910 業者 (4.0%)
解 体	1,765 業者 (2.9%)
防 水	1,641 業者 (4.6%)
しゅんせつ	1,607 業者 (3.1%)
大 工	1,505 業者 (2.0%)
板 金	1,416 業者 (5.1%)
熱 絶 縁	1,351 業者 (6.5%)
舗 装	1,328 業者 (1.4%)
ガ ラ ス	1,247 業者 (5.6%)
左 官	1,224 業者 (4.6%)
建 具	1,211 業者 (3.9%)
鉄 筋	1,034 業者 (4.8%)
水道施設	1,031 業者 (1.2%)
電 気	807 業者 (1.3%)
管	740 業者 (0.8%)
機械器具設置	467 業者 (2.0%)
電気通信	385 業者 (2.5%)
土 木	277 業者 (0.2%)
消防施設	166 業者 (1.1%)

【業者数が減少した許可業種】

許可業種	前年同月比
清掃施設	▲ 16 業者 (▲ 3.8%)
さく井	▲ 40 業者 (▲ 1.7%)
造 園	▲ 220 業者 (▲ 0.9%)
建 築	▲ 1,717 業者 (▲ 1.2%)

- 令和3年1月1日から12月31日までに発生した労働災害について、集計したもの
- 第13次労働災害防止計画において、平成29年と比較して令和4年までに「死者数は15%以上」、「死傷者数は5%以上」の減少を掲げている。

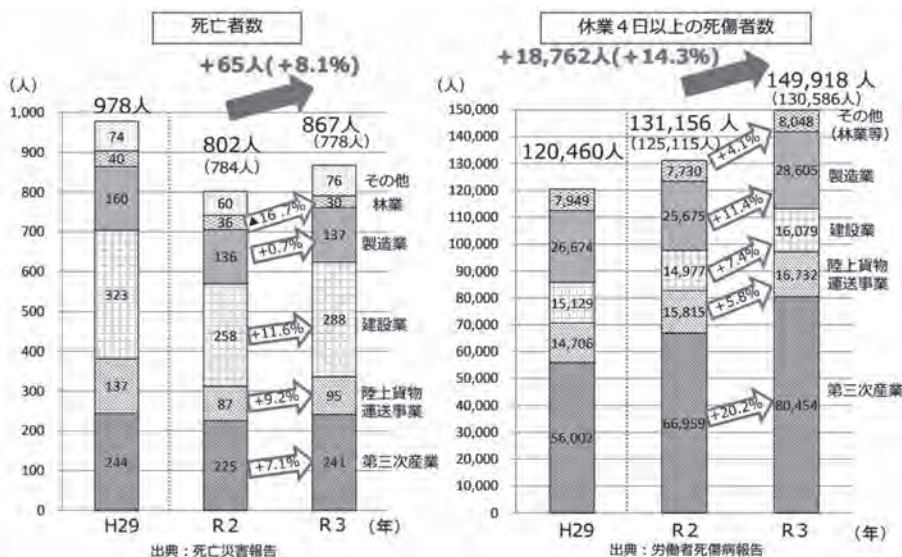


図4 令和2年業種別労働災害発生状況 (出所：厚生労働省)

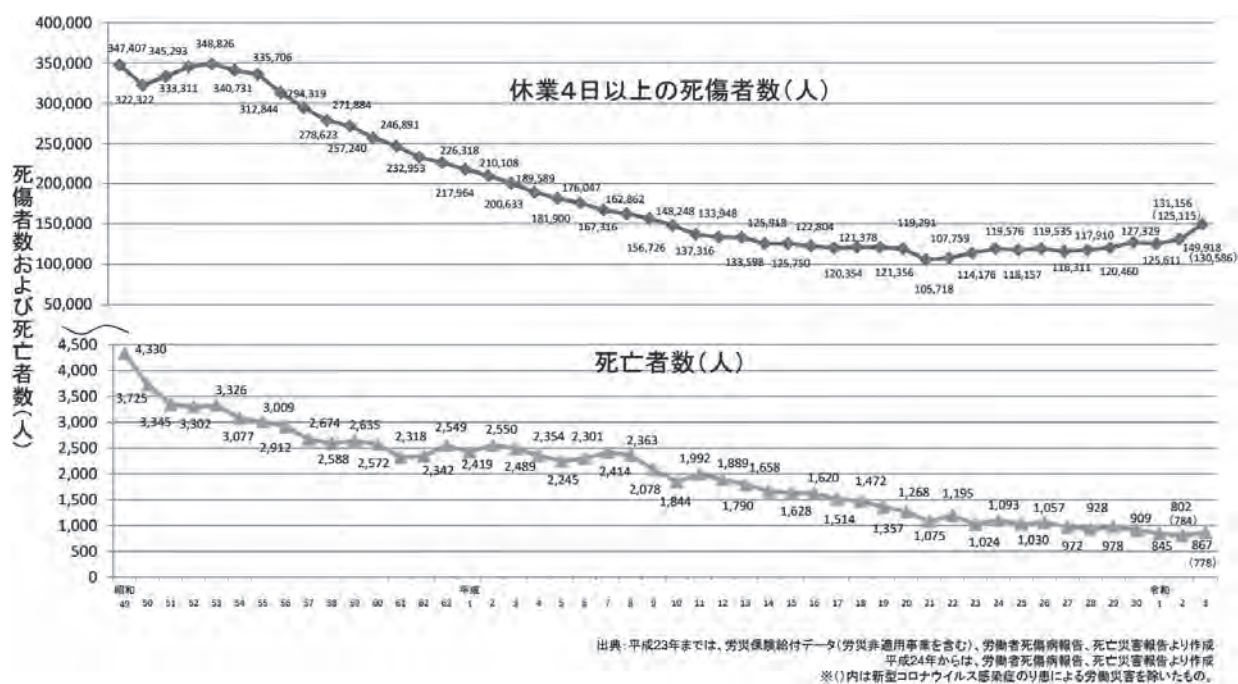


図5 労働災害による死亡者数、死傷者数の推移 (出所：厚生労働省)

死傷災害について業種別にみると、「建築工事業」が52.3%で半数を超えており、次いで「土木工事業」が26.6%となった。事故の型別でみると、「墜落・転落」が30.3%で最も多く、次いで「はさまれ・巻き込まれ」と「転倒」が10.4%、「飛来・落下」が8.5%となった。

また、死亡災害について業種別にみると、「建築工事業」が

48.3%と最も多く、次いで「土木工事業」が35.4%であった。事故の型別でみると、「墜落・転落」が38.2%で最も多く、次いで「崩壊・倒壊」が10.8%、「交通事故(道路)」が8.7%であった。

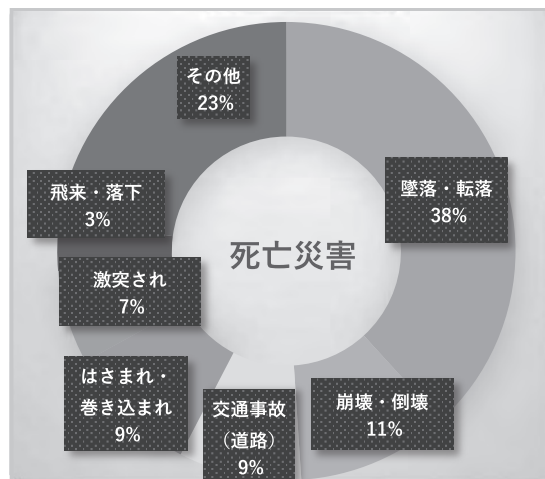
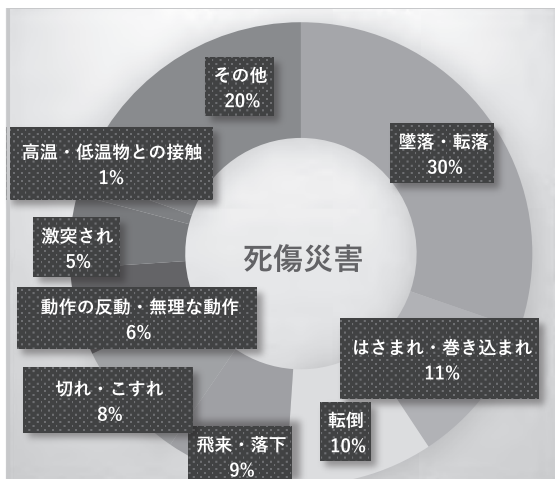
死傷災害、死亡災害ともに減少傾向にあったが、死傷災害については3年ぶり、死亡災害については4年ぶりに増加する結果となった(表-2, 図-6参照)。

統計

表一 建設業における事故の型別 労働災害発生状況 (出所：厚生労働省)

[人]

		H29	H30	R1	R2	R3	構成比
死傷災害		15,129	15,374	15,183	14,977	16,079	100.0%
業種別	土木工事業	4,015	3,889	3,808	3,963	4,277	26.6%
	建築工事業	8,306	8,554	8,417	8,194	8,403	52.3%
	その他の建設業	2,808	2,931	2,958	2,820	3,399	21.1%
事故の型別	墜落・転落	5,163	5,154	5,171	4,756	4,869	30.3%
	はさまれ・巻き込まれ	1,663	1,731	1,693	1,669	1,676	10.4%
	転倒	1,573	1,616	1,589	1,672	1,666	10.4%
	飛来・落下	1,478	1,432	1,431	1,370	1,363	8.5%
	切れ・こすれ	1,312	1,267	1,240	1,257	1,339	8.3%
	動作の反動・無理な動作	880	875	885	947	981	6.1%
	激突され	734	832	842	791	825	5.1%
	高温・低温物との接触	210	340	238	289	210	1.3%
	その他	2,116	2,127	2,094	2,226	3,150	19.6%
死亡災害		323	309	269	258	288	100.0%
業種別	土木工事業	123	111	90	102	102	35.4%
	建築工事業	137	139	125	102	139	48.3%
	その他の建設業	63	59	54	54	47	16.3%
事故の型別	墜落・転落	135	136	110	95	110	38.2%
	崩壊・倒壊	28	23	34	27	31	10.8%
	交通事故(道路)	50	31	27	37	25	8.7%
	はさまれ・巻き込まれ	28	30	16	27	27	9.4%
	激突され	23	18	26	13	19	6.6%
	飛来・落下	19	24	18	13	10	3.5%
	その他	40	47	38	46	66	22.9%



図一 事故の型別内訳 (資料出所：厚生労働省)

6. 建設業倒産件数の推移

令和3年の全産業の倒産件数は、前年の6,015件と比べ6.0%増加し6,376件となった。

このうち建設業の倒産件数は、前年の1,266件と比べ1.19%減少し1,066件となった。

建設業界においては、令和3年度から始まった「防災・減災、国土強靱化のための5か年加速化対策」など官公庁工事のほか、民間工事においても、2020年度に落ち込んだ反動から、多くの企業で受注が増加した。令和3年の建設業者の倒産件数は政府による各種支援策などの効果もあり、過去最少となった（図-7参照）。

7. 建設業就業者数の推移

建設業就業者数は、バブル後の不況下でも一貫して増加を続け、結果的にわが国の雇用の安定に寄与してきたが、平成9年の685万人をピークとしてその後は減少が続いてきた。

令和3年の技術者や事務系を含めた建設業就業者数は485万人であり、前年の494万人より9万人減少した。

一方、建設業に従事する技能労働者数については、平成9年の455万人をピークとして減少が続いており、令和3年の技能労働者数についても前年の318万人より4万人減少し、314万人となった（図-8参照）。

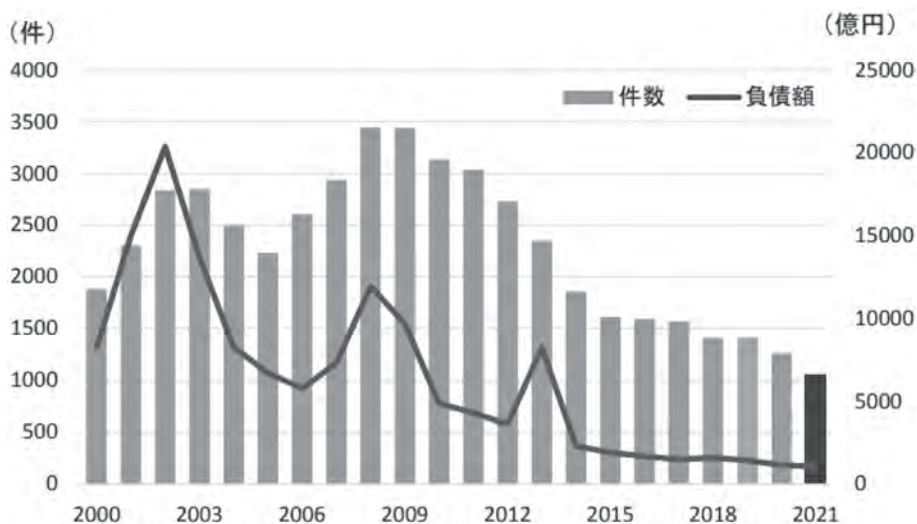


図-7 建設企業の倒産、休廃業・解散の推移（資料出所：「帝国データバンク」）

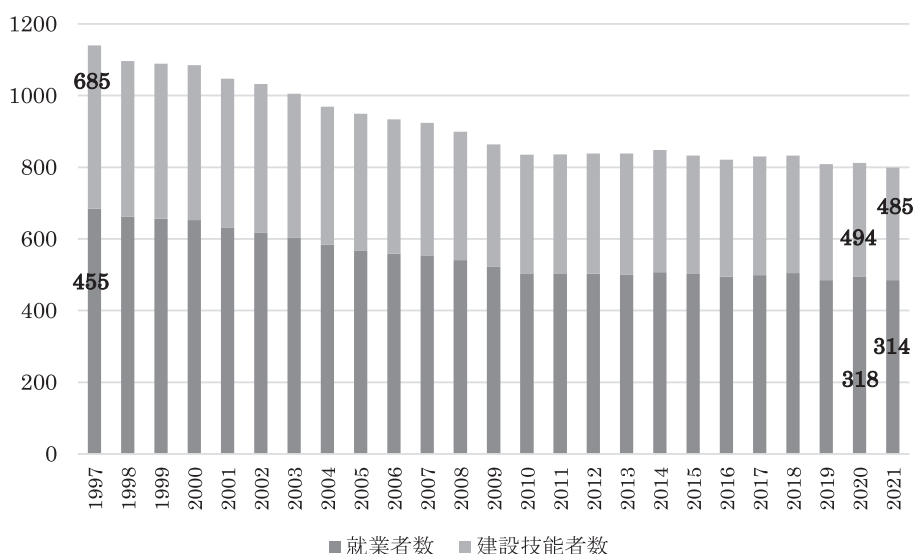
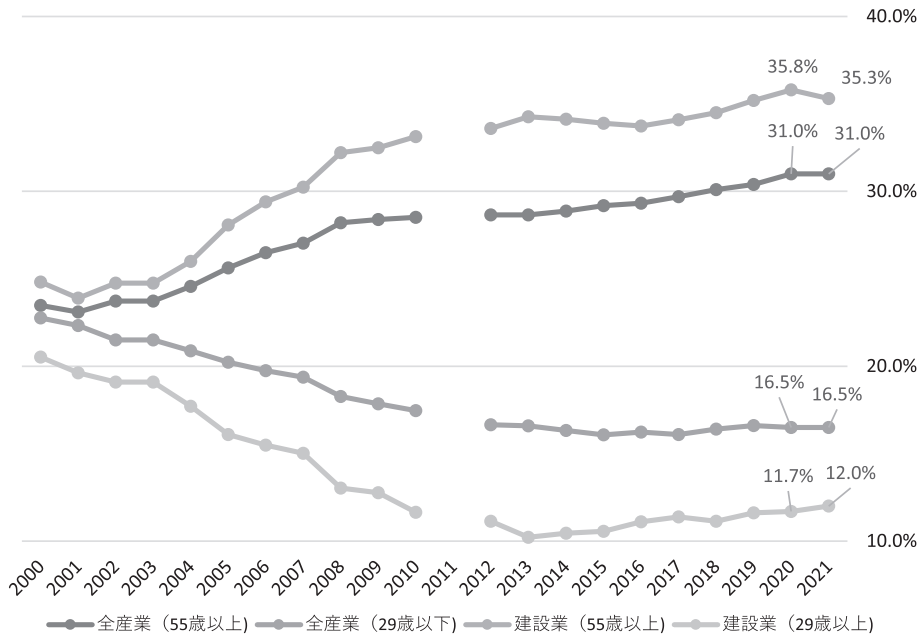


図-8 建設業就業者数の推移（出所：国土交通省）

統計



図一 建設業就業者の年齢層の推移 (出所：総務省「労働力調査」)

また、建設業の就業者を年齢層別にみると、令和3年の建設業就業者数の年齢層は、55歳以上の割合は前年より0.5%減少し35.3%となった。これを、全産業の55歳以上の割合31.0%と比較すると、4.3%も多いことになる。

一方、29歳以下の割合については、前年より0.3%増加し12.0%となった。これを、全産業の29歳以下の割合16.5%と比較すると、4.5%も少ない。

建設業では、就業者の3人に1人以上が55歳以上の状況にあり、29歳以下の就業者は8人に約1人しかおらず、高齢化が進んでいる状況にある(図一参照)。

8. おわりに

労働人口の減少に伴い、全産業において担い手が不足しており、

人材獲得競争が激化している。現在の建設業界は、就業者が減少しているだけでなく、若年技能労働者の入職が困難となっており、相変わらず高齢化が進んでいる。

建設業界では、これまでのキツイ、汚い、危険という「3K」を改め、給与が良く、休暇が取れ、希望が持てる「新3K」を実現するために、官産を上げ改善に取り組んでいるが、なかなかこれまでのイメージを払拭できていない状況にある。

建設業の担い手不足を解消するためには、新規入職を増やすだけでなく、定着してもらわなければならない。そのためには、技能労働者の処遇改善、現場環境の改善、安全への配慮などが必要であり、未だ取り組んでいかなければならないことが山積している。

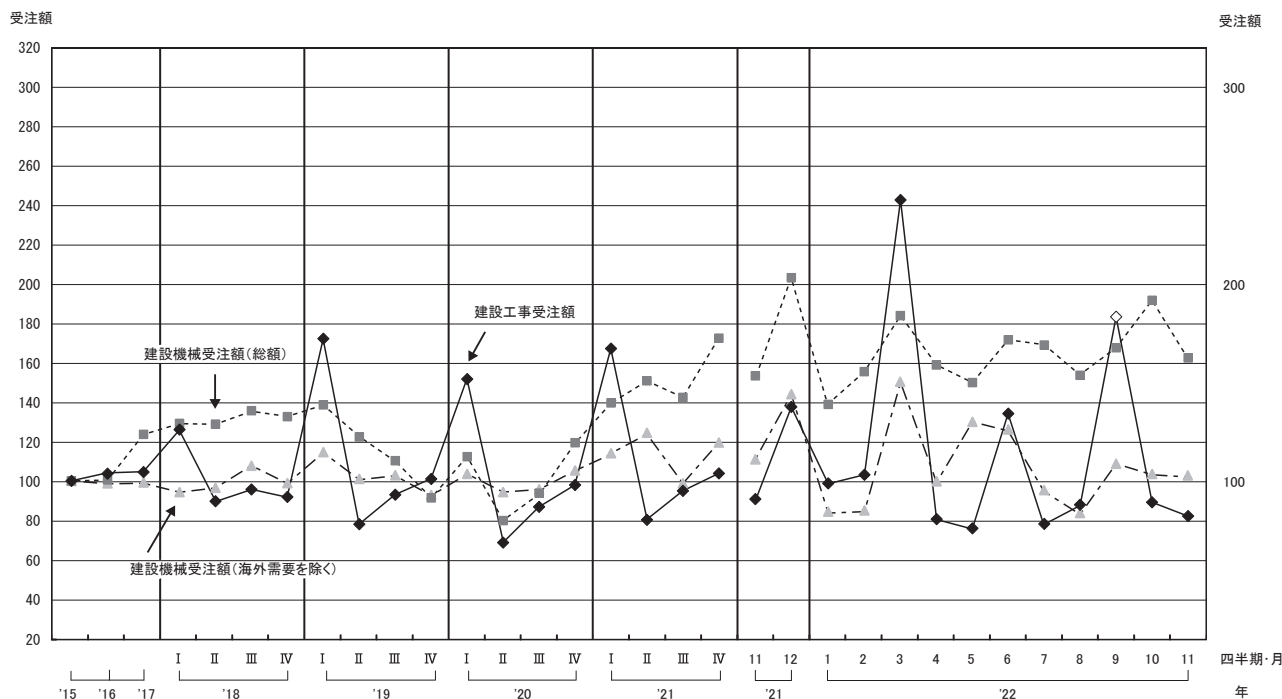
これからの官学産それぞれの担い手確保への取組みに注視していきたい。

(文責 清水)

統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

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



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2018年	142,169	100,716	24,513	76,207	30,632	8,561	5,799	95,252	46,914	166,043	141,691
2019年	156,917	114,317	24,063	90,253	29,957	5,319	7,308	109,091	47,829	171,724	150,510
2020年	143,170	97,457	19,848	77,610	35,447	5,225	4,175	91,725	51,443	171,740	141,261
2021年	157,839	111,240	22,528	88,713	38,056	4,671	3,874	106,034	51,806	192,900	137,853
2021年 11月	10,676	7,495	2,213	5,282	2,269	351	561	6,782	3,894	191,232	10,790
12月	16,208	12,569	2,335	10,235	2,841	371	427	12,316	3,892	192,900	15,433
2022年 1月	11,656	7,955	1,408	6,547	2,892	322	487	8,014	3,641	194,534	9,787
2月	12,152	9,464	2,400	7,065	2,280	365	43	8,766	3,387	193,576	11,606
3月	28,665	21,001	4,095	16,906	6,090	496	1,078	18,978	9,687	202,497	20,607
4月	9,462	6,623	2,182	4,441	2,268	490	81	6,347	3,114	201,690	9,341
5月	8,930	6,695	2,012	4,683	1,038	386	812	6,290	2,640	201,369	8,812
6月	15,741	11,290	3,252	8,038	2,525	465	1,462	11,414	4,327	202,288	14,177
7月	9,176	6,529	2,073	4,456	1,839	348	460	6,310	2,865	202,222	9,335
8月	10,334	8,302	3,261	5,042	1,451	362	220	7,711	2,624	202,166	10,413
9月	21,617	13,586	3,925	9,661	5,298	680	2,052	13,970	7,647	208,186	15,244
10月	10,520	7,331	1,341	5,991	2,426	413	351	7,400	3,120	208,774	9,760
11月	9,636	6,849	1,908	4,941	2,121	385	282	6,736	2,900	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	15年	16年	17年	18年	19年	20年	21年	21年 11月	12月	22年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
総 額	17,416	17,478	21,535	22,923	20,151	17,646	26,393	2,229	2,955	2,017	2,263	2,675	2,310	2,177	2,498	2,457	2,233	2,439	2,790	2,361
海外需要	10,712	10,875	14,912	16,267	13,277	10,966	18,737	1,609	2,150	1,546	1,789	1,834	1,753	1,450	1,791	1,926	1,766	1,832	2,211	1,788
海外需要を除く	6,704	6,603	6,623	6,656	6,874	6,680	7,656	620	805	471	474	841	557	727	707	531	467	607	579	573

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

2021年11月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2022年12月1～31日)

機械部会



■ダンプトラック技術委員会

月日：12月1日（木）（Web会議で開催）

出席者：渡辺浩行委員長ほか6名

議題：①各社トピックス：(株)加藤製作所「新型クローラキャリア IC75-5/IC100-5の紹介」②生産性向上に関する輪講：ヤンマー建機(株)「クレーン協会(JCAS)規格改正に関する情報共有」③R4年度活動計画に関する討議

■機械整備技術委員会

月日：12月5日（月）

出席者：小室実委員長ほか9名（Web会議で開催）

議題：①整備作業の法規制、規格に関する調査について：・各社提出の必要資格調査結果のまとめ、・「国の認証制度と整備作業に関する資格」の内容確認

■建築生産機械技術委員会（ラフテレーン作業燃費分科会）

月日：12月6日（火）（会議室、Web併行開催）

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議題：①JCMAS H023「ラフテレーンクレーン作業燃料消費量試験方法」の改正に伴う「燃費基準達成建設機械の認定に関する規程」の改正への対応について討議

■除雪機械技術委員会

月日：12月6日（火）（会議室、Web併行開催）

出席者：坂井幸尚委員長ほか20名

議題：①国交省から除雪に関する状況報告：R4年度第2次補正予算概要の説明②自動化、情報化対応関連、他技術についての情報共有：アイサンテクノロジー(株)からの情報共有「自動運転について、一般車両での実証実験に関する事例紹介（降雪、積雪の環境での実証実験の情報を含む）」③除雪機械の勉強会（トラックに関する技術紹介）④その他：「ゆきみらい 2023 in 会津」に関する情報提供

■トンネル機械技術委員会・海外機械調査WG

月日：12月8日（木）（会議室、Web

併行開催）

出席者：篠原慶二世話人ほか8名

議題：①新たに調査した海外機械について情報共有②海外機械検索票、海外機械調査票の作成状況の確認と内容のレビュー③調査報告のまとめ方に関するディスカッション④海外のTBM工法での施工事例の紹介

■トンネル機械技術委員会・ベルコン技術WG

月日：12月9日（金）（会議室、Web併行開催）

出席者：丸山委員長ほか13名

議題：①ベルコンについてWGメンバーから提示された問題点、改善要望、開発要望に関するベルコンメーカーからの提案についてディスカッション②次回以降の進め方について

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月日：12月13日（火）（会議室、Web併行開催）

出席者：丸山修委員長ほか7名

議題：①令和4年度WG活動（海外機械調査、ベルコン技術）の状況報告②見学会について：機械メーカーの工場見学の候補地について実施時期などの状況確認③技術講演会について開催案内案など準備状況の確認

■基礎工事用機械技術委員会

月日：12月14日（水）（会議室での対面開催）

出席者：草刈成直委員長ほか19名

議題：①各社トピックス：アポロシステム(株)「KE1500Ⅲ+CR330型杭打機」の紹介②今後のスケジュールについて：技術プレゼン、各社トピックスの予定③3月開催予定の見学会の概要説明④(株)不動テトラによる技術プレゼン：「地盤改良工事におけるICTの取り組み」

■コンクリート機械技術委員会

月日：12月15日（木）（会議室、Web並行開催）

出席者：角南大輔委員長ほか11名

議題：①前回の議事録確認②技術発表：新明和工業(株)「コンクリートミキサ車の紹介」③R4年度下半期、来年度活動について④その他：ISO/TC 195/SC 1国際会議 中国提案 N464, 465「コンクリート機械-施工現場情報交換」の情報共有

■油脂技術委員会

月日：12月16日（金）（会議室、Web並行開催）

出席者：石川広二委員長ほか18名

議題：①燃料エンジン油関係：カーボ

ンニュートラル燃料の動向について

②高粘度指数油関係：ラウンドロビン結果を踏まえた修正規格案に関する討議③規格普及促進関係：・マイクロクラッチ摩擦代替材の進捗について、・JCMAS オンファイル状況の報告④JCMASの改正について：進捗状況の報告と、問題点の審議⑤その他：・油脂技術委員会の運営体制と役割分担について、・ホームページの見直しについて・令和4年度事業計画について

標準部会



■ISO/TC 127/SC 3/WG 5-ISO/TS 15143-4 施工現場地形データ 国際バーチャルWG会議

月日：12月1日（木）午後

出席者：日本から山本茂コンビナー（コマツ）ほか8名、米国 BOLLWEG プロジェクトリーダー（Deere社）など海外（スウェーデン・オーストラリア・米国・フィンランド・ニュージーランド・韓国）から18名出席

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：①開会（出席者点呼、ISO行動規範確認、議事案採択、前回合議事録確認・前回会議からの要処理事項の検討）②相互運用性についての概念実証状況③次回合合の議事など検討④今回合合まとめ、その他

■ISO/TC 127/SC 4/WG 6-ISO 7334 自動運転の分類 国際バーチャルWG会議

月日：12月1日（木）夜

出席者：米国 TAHA コンビナー（Deere社）など海外（米国、中国）から6名、日本から片桐顕SC4委員長（日立建機）ほか4名

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：ISO 7334 自動運転の分類の標準化について①日程②案文の検討継続③当面の実施事項、次回合合予定、その他（11月28日合合の続きなので、定例開会事項は簡略に実施）

■ISO/TC 127/SC 3/WG 13-ISO/TR 6750-2 見直し 編集会議

月日：12月1日（木）夜

出席者：スウェーデン王国 OLSSON コンビナーなど海外から3名、日本から協会事務局1名

場所：Web上（ISO Zoom）

議題：①ISO/TR 6750-2（運転取扱説明書—第2部：参照文書のリスト）の適用範囲拡大の所要手続きに関して②次回合合について

■ ISO/TC 127/SC 2/WG 15-ISO/AWI

13649 火災予防 国際バーチャル WG 会議

月 日：12月2日（金）午前

出席者：NEVA コンビナー（米国斗山 BOBCAT 社）など米国から6名、日本から植田洋一委員（コベルコ建機）ほか4名出席

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：①開会（前回11月30日の継続なので簡略に）②適用範囲及び箇条5に関する検討 ③案文に対する作業グループ意見聴取結果の検討 ④会議のまとめ及び結論 ⑤次回会合

■ ISO/TC 127/SC 2/JWG 28-ISO 21815 (衝突警報及び回避)規格群国際バーチャル WG 会議

月 日：12月6日（火）朝、9日（金）朝

出席者：日本から岡ゆかりコンビナー（コマツ）ほか3名、海外（オーストラリア、イスラエル、スウェーデン、英国、米国）から延べ10名出席

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：①開会（出席者点呼など）
②コンビナー及び専門家からの報告
③ DIS 21815-3（第3部：リスク範囲及び程度－前後方向動作）について、DIS 投票結果、各国意見、プロジェクトリーダー所見の検討 ④会議結果まとめ ⑤次回会合（2023年1月31日～2月2日東京にて）、その他

■国内標準委員会

月 日：12月12日（月）

出席者：高橋弘（東北大学）委員長ほか14名

場 所：Web 上（Zoom）

議 題：① JIS 原案作成（進捗状況）の報告 ② JIS 原案4件の審議：JIS A 8340-2（改正）土工機械－安全－第2部：ブルドーザの要求事項/JIS A 8340-3（改正）土工機械－安全－第3部：ローダの要求事項/JIS A 8408（改正）土工機械－遠隔操縦システムの安全要求事項/JIS A 8918（改正）土工機械－操縦装置

■ ISO/TC 127/SC 4/WG 6-ISO 7334 自動運転の分類 国際バーチャル WG 会議

月 日：12月13日（火）夜、15日（木）夜

出席者：米国 TAHA コンビナー（Deere 社）など海外（英国、米国、中国）から延べ7名、日本から片桐頭 SC 4 委員長（日立建機）ほか延べ5名

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：ISO 7334 自動運転の分類の標準化について①開会（前回からの継続

で簡略に）②日程検討 ③案文の検討

④要作業項目 ⑤次回会合、その他

■ ISO/TC 195/SC 1 コンクリート機械委員会

月 日：12月15日（木）

出席者：川上晃一（日工）委員長ほか13名

場 所：協会会議室及び Web 上（ISO Zoom）

議 題：① ISO/DIS 19711-2 投票状況 ② AWI 18650-2 状況報告 ③ CD 21573-1 状況報告 ④ DIS 13105-1, DIS 13105-2 投票状況 ⑤ FDIS 6085 投票状況 ⑥ AWI 18651-1 準備状況 ⑦経済産業省「令和5年度に実施すべき標準化テーマ等に関する調査」対応報告 ⑧ PWI 5342 対応協議

■ ISO/TC 214/WG 1－高所作業車 国際バーチャル WG 会議

月 日：12月15日（木）深夜

出席者：McGREGOR コンビナー（カナダ Skyjack 社）・米国 MOSS 幹事・同 Groat プロジェクトリーダー（IPAF）など海外（オーストラリア・ドイツ・英国・米国）から16名、日本から事務局1名出席

場 所：Web 上（ISO Zoom）

議 題：①開会（出席者点呼、ISO 行動規範確認、議事案採択など）② ISO/CD18893（高所作業車－安全原則、検査、保守及び運転）投票結果報告 ③各国意見及び PL 対応案の検討 ④次の段階について ⑤次回会合、その他

建設業部会



■機電交流企画 WG

月 日：12月16日（金）

出席者：本多茂主査ほか6名（内 Web 参加者4名）

議 題：①10/19（水）『2022年機電技術者のための講演会』報告書の調整 ②『建設業界（機電職）就職活動用ガイド』改訂作業報告 ③その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：12月20日（火）

出席者：久田英貴主査ほか4名（全員 Web 参加）

議 題：①事故事例発表 ②支持地盤養生マニュアルの改訂にむけて ③その他

■三役会

月 日：12月26日（月）

出席者：洗光範部会長ほか5名（内 Web 参加者1名）+ レンタル業部会より2名通常参加

議 題：①レンタル業部会からの報告

（レンタル業部会長・コンプライアンス分科会長御来訪）・「お客様の安全技術情報の集約とプラットフォーム化の検討」・「レンタル業としてのトラック輸送業における運賃について」②各 WG 報告◆12/16 機電交流企画 WG 報告・「2022年度 機電技術者のための講演会」機関誌報告書作成進捗状況・『建設業界（機電職）就職活動用ガイド』改訂作業状況、◆12/20 クレーン安全情報 WG 報告、◆建設業 ICT 安全 WG アンケート作業進捗状況報告 ③その他・合同部会情報

レンタル業部会



■レンタル業部会

会 議：コンプライアンス分科会

月 日：12月6日（火）（Web 会議併用）

出席者：飛山分科会長ほか12名

議 題：①部会長・分科会長挨拶 ②「お客様の安全技術情報の集約とプラットフォーム化の検討」の進め方等について ③レンタル業としてのトラック輸送業における運賃について ④各社からの報告事項・情報交換

会 議：レンタル業部会

月 日：12月8日（木）（Web 会議併用）

出席者：中村部会長ほか11名

議 題：①部会長挨拶・委員交代挨拶 ②コンプライアンス分科会活動状況報告 ③各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ④その他連絡事項等

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：12月7日（水）

出席者：中野正則委員長ほか26名

議 題：①令和5年3月号（第877号）計画の審議・検討 ②令和5年4月号（第878号）素案の審議・検討 ③令和5年5月号（第879号）編集方針の審議・検討 ④令和4年12月号～令和5年2月号（第874～876号）進捗状況報告・確認 ※通常委員会及び Zoom にて実施

■新工法調査分科会

月 日：12月21日（水）

出席者：石坂仁分科会長ほか3名（内 Web 参加1名）

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■令和3年度第4回除雪機械技術講習会の打合せ

月 日：12月12日（月）

場 所：北海道建設会館 B 会議室

出席者：巖博技術部会副部長ほか13名

議 題：①令和4年度実施結果 ②令和5年度実施計画 ③その他

■i-Construction 施工 講習説明者更新講習

月 日：12月14日（水）

場 所：かでの2・7820 研修室

受講者：24名

■i-Construction 施工 講習説明者認定試験

月 日：12月14日（水）

場 所：かでの2・7820 研修室

受験者：74名

東北支部



■ICT, UAV (i-Construction) 基礎技術講習会（主催：東北土木人材育成協議会）

⑥山形会場

<座学>

月 日：12月1日（木）

場 所：山形県 村山総合支庁北村山地域振興局

受講者：35名

■第2回企画部会（書面）

月 日：12月9日（金）

出席者：木村信悦企画部会長ほか5名

議 題：第2回支部運営委員会について
①令和4年度上半期事業報告について
②令和4年度上半期事業決算状況について
③情報提供

■「ゆきみらい2023 in 会津」除雪機械展示・実演会 出展者会議

月 日：12月9日（金）

場 所：福島県 会津若松市勤労青少年ホーム

出席者：水口辰夫本部企画部長ほか25名
内 容：①「ゆきみらい2023 in 会津」基本計画について ②除雪機械展示・実演会 実施計画について ③除雪機械展示・実演会 実施体制について

■第2回支部運営委員会

月 日：12月14日（水）

場 所：仙台市 ホテル仙台ガーデンパレス

出席者：高橋弘支部長ほか32名

議 題：①令和4年度上半期事業報告に

ついて ②令和4年度上半期事業決算状況について ③情報提供

■令和4年度 東北土木技術人材育成協議会 基礎技術講習会 第2回ワーキング（Web会議）

月 日：12月19日（月）

出席者：東北地方整備局 東北技術事務所 郡山秀樹総括技術情報管理官ほか21名

議 題：①今年度の講習会実績報告（「土木」、「ICT・UAV」） ②DXに関する取り組みの検討 ③DXに関する取り組み事例の紹介

■情報化施工技術委員会 委員会

月 日：12月21日（水）

場 所：仙台市 TKP 仙台西口ビジネスセンター

出席者：鈴木勇治 情報化施工技術委員会委員長ほか22名+ Web参加19名
議 題：①勉強会：・UAV飛行ライセンスについて、・民間電子基準点について、・ICT建設機械認定制度、ほかについて ②東北地方整備局からの情報提供－施工DXチャレンジ2022－ ③令和4年度活動報告 ④令和5年度活動方針 ⑤EE東北'23 サテライト会場開催について

北陸支部



■令和4年度 第5回除雪機械整備技術検討会

月 日：12月14日（水）

場 所：興和ビル 10F 大会議室

出席者：水澤 和久 整備技術検討会委員長ほか14名

議 題：①除雪機械の回送距離に伴う整備体制について ②令和5年度からの自動車修繕単価契約方針（案）について：・除雪機械の回送距離に伴う整備体制、・現地修繕等における出張工数及び回送工数、・出張工数に伴う夜間時の整備単価 ③整備局から提示された単価契約（案）への意見要望について

■令和4年度 第2回新技術活用評価会議

月 日：12月14日（水）

場 所：北陸地方整備局 4F 共用会議室

出席者：宮崎 清隆 施工技術部会長
議 題：①事後評価（くさびナット、パネクス）について ②活用促進技術の指定（審議）について ③令和5年度推奨技術候補の選定について ④テーマ設定型（技術公募）の実施状況（急傾斜法面等に適用できる草刈り技術）

■本部事務局長との意見交換会

月 日：12月15日（木）～16日（金）

場 所：北陸支部事務室および新潟国道事務所管内現場見学

出席者：丸山支部長ほか4名

議 題：①令和4年度事業計画および実施実態について ②北陸支部組織および会員実態について ③除雪講習会の現況について ④現場見学（一般国道7号 沼垂・栗ノ木・紫竹山道路、一般国道49号 阿賀野バイパス）

■ICT活用講習会（入門者クラス）

月 日：12月20日（火）→新潟県内の大雪により開催延期

場 所：Web講習会（Web発信箇所：新潟総合テレビ ゆめディア 301号室）

出展者：堤事務局長

講習内容：①ICT活用の概要 ②ICT活用工事の流れ ③ICTを活用した測量業務等の概要 ④関係自治体からの情報提供

■けんせつフェア北陸 in 金沢 2023 の幹事会（準備会）

月 日：12月23日（金）

場 所：北陸技術事務所 大会議室（雪害非常体制により書面開催に変更）

議 題：①実行委員会規約（案）について ②実施計画（案）について ③出展募集要領（案）について ④予算計画（案）について ⑤運営体制（案）について

中部支部



■バックホウ遠隔操作講習

月 日：12月6日（火）

場 所：中部地方整備局中部技術事務所
参加者：災害対策用機械運転支援協定協力会員20名

内 容：中部技術事務所が保有するバックホウに簡易遠隔操縦装置を取り付けでの遠隔操縦講習

■令和4年度公共工事（機械関係）の諸課題に関する意見交換会

月 日：12月21日（水）

場 所：名古屋市ナカトウ丸の内ビル 2F 会議室

参加者：中部地方整備局川口一彦施工企画課長ほか2名、中部支部川西光照企画部会長ほか30名

内 容：機械設備関係等に関する諸課題について意見交換を実施

■東海農政局情報化施工講習会講師協力

月 日：12月22日（木）

開催方法：Web方式による講義

参加者：東海農政局職員20名

中国支部

■ R4 建設機械新機種・新工法発表会

月 日：12月14日（水）

場 所：あすてらす（島根県立男女共同
参画センター）及び大田静間道路久手
地区舗装工事 現場内

参加者：30名

内 容：①（一社）日本建設機械施工協
会中国支部のICT施工の取組み（一
社）日本建設機械施工協会中国支部
② インフラ DX (i-con, BIM/CIM)
と松江国道の取組み 中国地方整備局
松江国道事務所 ③ ICT 舗装工の現
状と動向について（一社）日本建設機
械施工協会施工技術総合研究所 ④久
手地区舗装工事におけるICT舗装工
の取組みについて 奥村組土木興業(株)
⑤舗装機械のMC技術(MG&AFほか)
実地講習 奥村組土木興業(株)

四国支部

■ 国交省との共催事業「R4 遠隔操縦式 バックホウ等操作訓練（四技）」

月 日：12月1日（木）～2日（金）

場 所：国土交通省四国技術事務所構内
（高松市牟礼町）

受講者：支部会員会社等からの応募者
22名

訓練評価者：市原道弘事務局長ほか2名
内 容：① 0.45 m³、1 m³ バックホウを
カメラ映像により遠隔操縦する訓練

■ R4JCMA 四国支部「建設施工研修会」

月 日：12月5日（月）

場 所：建設クリエイティブ第1会議室
（高松市）

参加者：39名

内 容：建設機械メーカー等作成のDVD
映像全27件を上映。CPD単位2.21

■ R4JCMA i-Construction 施工講習説明者 認定試験

月 日：12月8日（木）

場 所：建設クリエイティブ第1会議室

（高松市）

受験者：46名

■ 国交省との共催事業「R4 ICT 施工技術 講習会（四技）」

月 日：12月14日（水）

場 所：国土交通省四国技術事務所構内
（高松市牟礼町）

受講者：支部会員会社等からの応募者
20名

内 容：① 3次元設計データ作成演習
② ICT 建機による施工体験 ③ 3次
元出来形帳票作成・3次元データの納
品演習

九州支部

■ 企画委員会

月 日：12月21日（水）

場 所：九州支部 会議室

出席者：企画委員長ほか8名

議 題：①建設行政講演会の開催につい
て ②令和5年度建設機械施工技術検
定実地試験（実技）について ③その
他



編集後記

2022年の「今年の漢字」は「戦」でした。ロシアのウクライナ侵攻により「戦」争の恐ろしさを目の当たりにしたことが大きな要因かとは思いますが、円安・物価高による生活上の戦いも影響しているかと思えます。物価高による倒産件数が一番多かったのは設備業を含む「建設業」だったそうです。

先般、公正取引委員会の調査で、「総合工事業」では労務費や原材料費の上昇に伴う買い手への価格転嫁が他業種よりも滞っている可能性があることが分かりました。公共工事では契約書などにスライド条項を含みますが、民間の発注者は「物価変動リスクは請負者負担」という考えが根強い傾向があり、なかなか難しい状況です。

「戦」はまだまだ終わりが見えません。今後も厳しい状況が続くと思えますが、こんな状況だからこそ、技術者としての力を発揮し、建設DXを推進し、効率的な機械化施工を意識していきたいですね。

さて、2月号の特集技術報文は「地

下・地中構造物」がテーマです。限られた国土の中で密度の高い社会活動を強いられる日本においては地下・地中空間の利用が大変盛んです。最近の地下・地中の構造物や、これらに関する工事・技術について、非常に興味深い報文を、幅広く紹介しています。

巻頭言は、東京大学・東京理科大学 名誉教授であらせられる、龍岡先生に「都市部の地下・地中工事と地下水」と題してご寄稿いただきました。

行政情報では、国土交通省道路局環境安全・防災課より「無電柱化の取組」をご紹介頂きました。

交流のひろば・ずいそうでは、多くの皆様から幅広く興味深いお話をお伺いすることができました。

これらの情報を共有することで、建設業界が安全・安心な社会基盤を構築することの一助になれば幸いです。

最後になりますが、年末の多忙なおり、突然のお願いにも関わらず快く原稿執筆をお引き受け頂いた皆様に、改めて心より感謝申し上げます。

(副島・阿部・加藤)

機関誌編集委員会

編集顧問

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

編集委員長

中野 正則	日本ファブテック(株)
-------	-------------

編集委員

菊田 一行	国土交通省
垂井 保典	農林水産省
細田 豊	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
穴井 秀和	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
阿部 靖	(株)大林組
加藤 友希	(株)大林組
出口 明	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
松本 清志	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
平田 惣一	鉄建建設(株)
副島 幸也	(株)安藤・間
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
佐藤 裕	日本国土開発(株)
丑久保吾郎	(株)NIPPO
室谷 泰輔	コマツ
山本 茂太	キャタピラージャパン
花川 和吉	日立建機(株)
丹治 雅人	コベルコ建機(株)
漆戸 秀行	住友建機(株)
大竹 博文	(株)加藤製作所
本間 正敏	古河ロックドリル(株)
松本 正徳	施工技術総合研究所

事務局

(一社)日本建設機械施工協会

3月号「鉄道建設技術・保線技術特集」予告

・鉄道の防災・減災ならびに災害復旧等に関する国土交通省の取り組み ・狭隘な駅改良工事等における機械式深礎工法の開発 ・JR予讃線直上における大断面鋼床版桁(撥型)の送り出し架設 ・新たな設定替手法の試み ・弾直スラブ軌道の防振効果 ・新幹線建設における電車線柱施工用車両の開発 ・地震対策を推進する新幹線電柱建替用車両の導入 ・在来線における電動式軌道自転車の導入 ・新幹線保守用車の紹介 ・列車巡視に活用可能な線路周辺画像解析エンジンの開発 ・駅周辺整備の現状と課題

【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75巻第2号(2023年2月号)(通巻876号)

Vol.75 No.2 February 2023

2023(令和5)年2月20日印刷

2023(令和5)年2月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 金井道夫


印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

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

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

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

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

FA機器の最適無線化提案

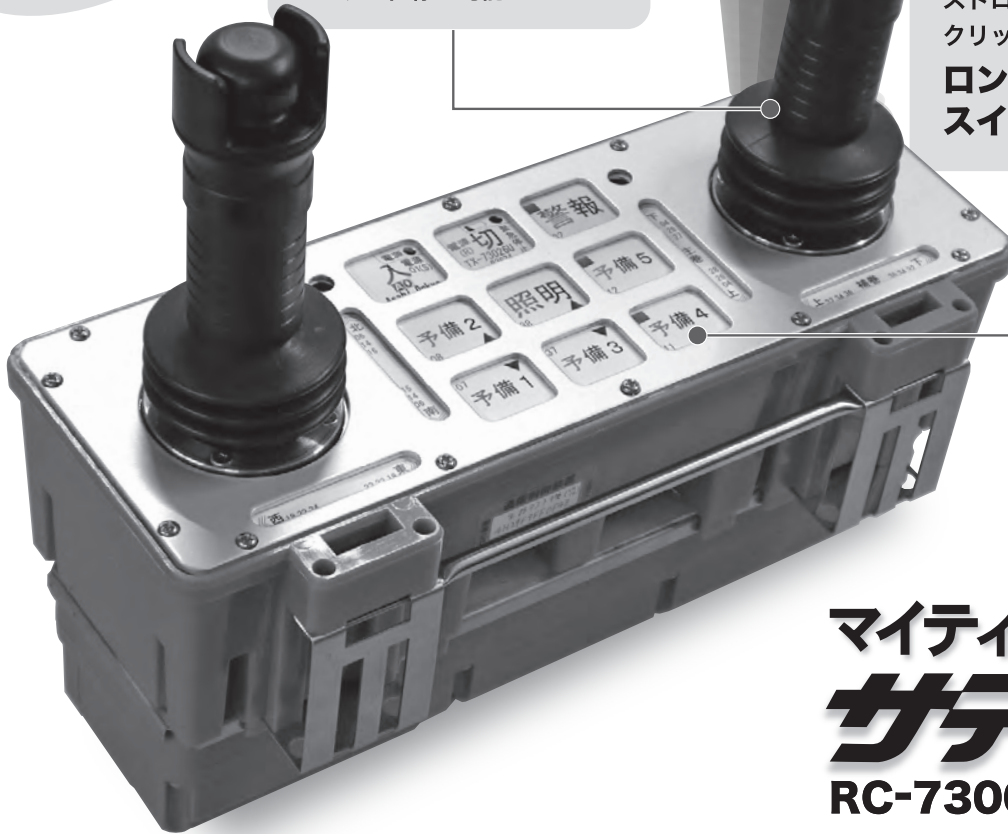
クレーン・搬送台車・建設機械・特殊車両他
産業機械用無線操縦装置

New!

自社開発した
**3ノッチ式
ジョイスティック**
中立位置に自動復帰
する仕様も可能!

自動復帰!

ストロークが深く、
クリックがハッキリ!
**ロングストローク
スイッチ**を標準採用



マイティ 429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応
サテラ
RC-73000U/G シリーズ

スリムケーブルレス 5800シリーズ 好評発売中!

双方向データケーブルレス

《TC-1000808S》

**緊急停止
スイッチ** (オプション)

429MHz帯・1.2GHz帯
特定小電力モデル対応

プッシュロック、
ターンリセット型
キノコスイッチ



クレードルタイプ
充電台対応

**2段押3組
標準型**

- インバーター制御の
クレーンに最適!
- クリック感ハッキリの
ロングストローク
スイッチ

**429MHz
1216MHzが
同価格!!**



- 見えない機械の制御もフィードバック!
- 双方向制御がこの1セットで対応可能!
- 新周波数920MHz帯を採用!

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

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



無線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

精密さとパワーで建設の現場を支える。

発電機・溶接機・コンプレッサは抜群の性能を誇るデンヨー製品で!



発電機

図書館内並の低騒音を実現!
静音発電機マーリエ



DCA-25MZ

50Hz-7m
43dB

溶接機

最大溶接電流500A&インバータ制御
炭酸ガスエンジン溶接機



DCW-500LSE

溶接電流 500A
(炭酸ガス/カウジンク手溶接)

交流電源
三相 25 kVA

コンプレッサ

アフタクーラ/アフタウォーマ内蔵
電子制御で低燃費&低騒音



DIS-670LS-D

●技術で明日を築く
デンヨー株式会社
本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221 東京支店 03(6861)1122 大阪支店 06(6448)7131
東北営業所第1課 019(647)4611 横浜営業所 045(774)0321 広島営業所 082(278)3350
東北営業所第2課 022(254)7311 静岡営業所 054(261)3259 高松営業所 087(874)3301
信越営業所 025(268)0791 名古屋営業所 052(856)7222 九州営業所 092(935)0700
北関東営業所 027(360)4570 金沢営業所 076(269)1231

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



吉永機械株式会社

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

建設機械施工 広告掲載のご案内

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

■職業別購読者

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

■掲載広告種目

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

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み



広告営業部: 田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

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

- ※カタログ/資料はメーカーから直送いたします。
- ※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前: _____ 所属: _____

所属: _____

会社名(校名): _____

資料送付先: _____

電話: _____ FAX: _____

E-mail: _____

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX 送信先 サンタナアートワークス 建設機械施工係 **FAX 03-3664-0138**



工事排水用水中ポンプ LH型



**大水量
&
高揚程**

『大水量と高揚程』を兼ね備えた水中ポンプ
LH10110 型と LH12185 型は、深化する
大深度地下工事や**大規模トンネル工事**をはじめ、
様々な工事に貢献します。

大水量・高揚程仕様

LH型 (110kW・185kW)

吐出し口径 : 250mm・300mm
出力 : 110kW・185kW
全揚程 : 44m・75m
吐出し量 : 10m³/min
重量 : 1450kg・1950kg

NETIS登録番号 : KT-210054-A



NETIS登録商品とは

公共工事等における新技術活用を促す国土交通省の新技術情報提供システムです。

株式会社 鶴見製作所

大阪本店 : 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40
東京本社 : 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店 : TEL.(011)787-8385
東北支店 : TEL.(022)284-4107

東京支店 : TEL.(03)3833-0331
北関東支店 : TEL.(028)613-1520

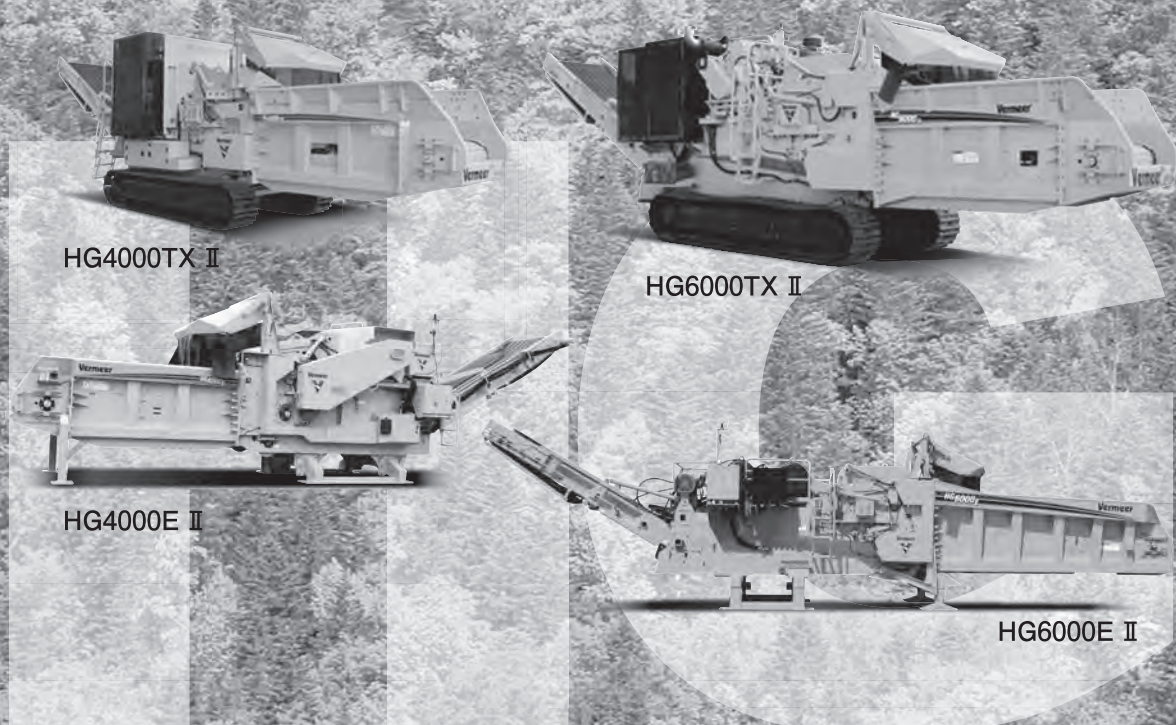
北陸支店 : TEL.(076)268-2761
中部支店 : TEL.(052)481-8181

近畿支店 : TEL.(06)6911-2311
中国支店 : TEL.(082)923-5171

四国支店 : TEL.(087)815-3535
九州支店 : TEL.(092)452-5001

www.tsurumpump.co.jp

マルマテクニカのホリゾントラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくするため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。

 **マルマテクニカ株式会社**

URL <http://www.maruma.co.jp/>

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

Mikasa

<http://www.mikasas.com>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



FX-40G/FU-162A



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

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

大阪支店 TEL: 06-6745-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-504-3434
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9547

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

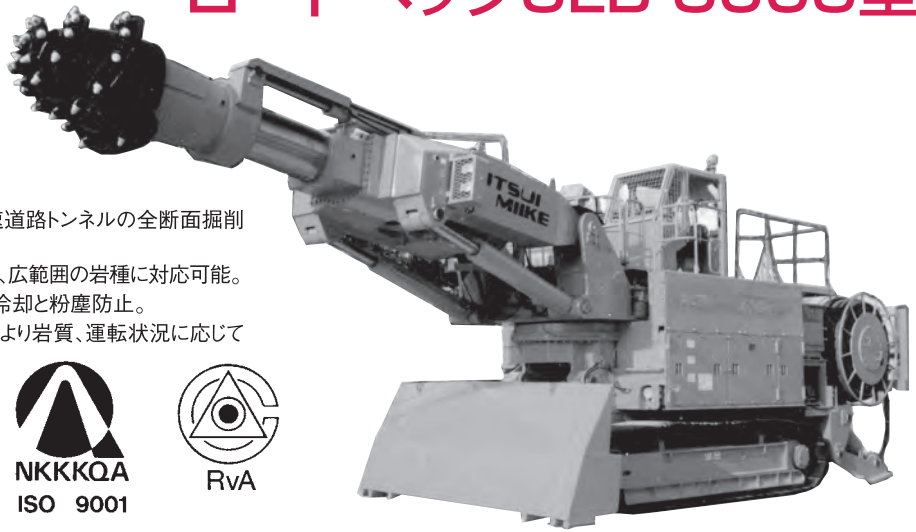
特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



NKKKQA
ISO 9001

RvA



製造・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用 無線操作装置

ダイワテレコン



ICT施工や自動制御に対応可能

ダイワテレコン872

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

取付改造実績

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

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



ハンディータイプ
使いやすさを極めた高性能・高性能
ダイワテレコン810

用途
インバータ制御機器
エンジン制御
油空圧比例制御

DAIWA TELECON
大和機工株式会社

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

GXの実現へ 一步未来へ



「建設機械施工」

定価 八八〇円 (本体八〇〇円 + 税10%)

 **Trimble**
Authorized Dealer



SITECH-JAPAN.COM

サイテックジャパン株式会社 info@sitechjp.com
東京都大田区南蒲田2-16-2テクノポート大樹生命ビル
TEL: 03-5710-2594 FAX: 03-5710-2731

雑誌 03435-2



4910034350230
00800