

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2017

建設機械施工

2

Vol.69 No.2 February 2017 (通巻804号)

特集 大深度地下 地下構造物



③連揺動型推進機

巻頭言 トンネル工事の効率化のために

- 技術報文**
- 地下鉄建設技術と工所用機械
 - 倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG岩盤貯槽建設工事
 - 非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設
 - ③連揺動型掘進機による地下通路の施工実績
 - 国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越~東名) 事業に使用 他

投稿論文 振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について

部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その6)

統計 建設業における労働災害の発生状況

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

あらゆる現場からの期待に
コベルコは高耐久で応えつづける。



低燃費 さらに 高耐久

圧倒的な低燃費性能に
さらなる高耐久性能を手に入れ
「地球型建機」として力強い進化を遂げた。

Generation10シリーズ登場

稼働を
止めない
高耐久



コベルコ建機株式会社

〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 TEL:03-5789-2111

コベルコの最新情報はこちらから



コベルコ建機Webサイト



YouTube

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

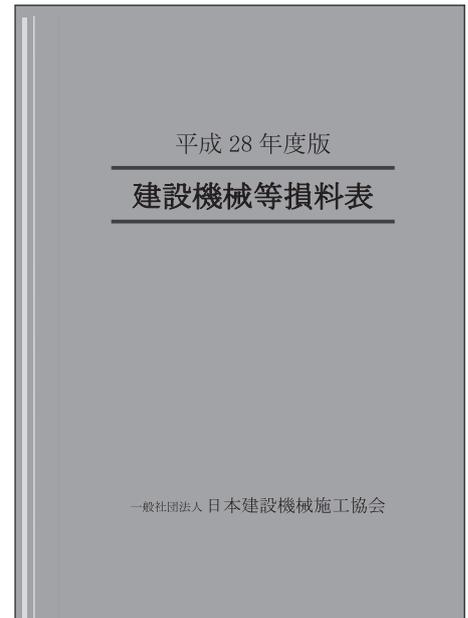


「平成28年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻 靖三)は、書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

本書は建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値(国土交通省の“建設機械等損料算定表 平成28年度版”の内容に準拠)を掲載したものです。

工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料であり、広く活用頂ければ幸いです。



書籍の表紙イメージ

***** 記 *****

- 発売日 : 平成28年5月9日
- 体裁 : A4版、モノクロ、約460ページ
- 本体価格(送料別)
 - 一般価格 8,640円(本体8,000円)
 - 会員価格 7,344円(本体6,800円)

■ 内容・特長

- (1) 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に準拠
- (2) 機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- (3) 燃料・電力消費率を掲載
- (4) 書籍のサイズを、これまでのB5版からA4版に拡大

■ 備 考

従来当該書籍に掲載していた損料諸数値や損料補正等の計算例、運転単価表の作成例、機械器具等の概要解説(図・写真付)は削除し、これを別冊の解説書(下記参照)に集約する事によって両書籍間の役割分担を明確化。

***** 以上 *****

■ 書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

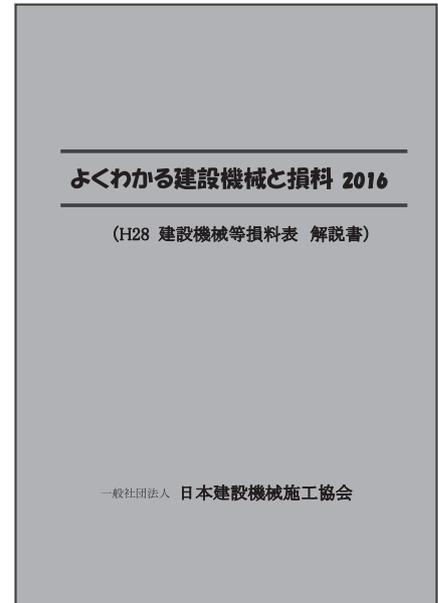
一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)

「平成28年度版 建設機械等損料表」の解説書
「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:辻靖三)は、5月31日に書籍「よくわかる建設機械と損料 2016」を発売しました。

本書は先に発刊した書籍「平成28年度版 建設機械等損料表」の記載・掲載内容をわかりやすく解説したもので、下記のような多くの特長を持っています。

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



書籍の表紙イメージ

■発 売 日 : 平成28年5月31日

■体 裁 : A4版, 一部カラー, 約320ページ

■価格(送料別途)

一般 : 税込 6,480円 (本体 6,000円)

会員 : 税込 5,508円 (本体 5,100円)

■内容・特長

- (1) 損料表の構成・用語の意味, 損料補正方法などを平易な表現で解説
- (2) 17件の関連通達・告示類の位置付けと要旨を解説
- (3) H28損料表の主要な改正・変更点を一覧表にして紹介
- (4) 損料表に掲載の機械について, 大分類別にコード体系を図示
- (5) 損料表に掲載の機械について, 写真・図を添えて概要・特徴を紹介
- (6) 主要な建設機械については, メーカー・型式名を一覧表にして紹介
- (7) 「俗語⇒損料表における機械名称」対照表を掲載
- (8) 書籍のサイズを従来のB5版からA4版に拡大

***** 以上 *****

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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

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



発刊日

平成28年3月末

体裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特典

2016年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

2016年版 内容目次

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

今後の予定

「日本建設機械要覧」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

官公庁名 会社名			
所 属			
担当者氏名	印	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送金方法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他 ()		
必要事項	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通 () 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする(該当に○) お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共）
 - ②民 間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さつけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪府中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=422）でご覧いただけます。

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

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2016年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名	日本建設機械要覧2016 電子書籍（PDF）版	建設機械スプック一覧表、 電子書籍（PDF）版	
2	形態	電子書籍（PDF）	電子書籍（PDF）	
3	閲覧	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス	
4	内容	要覧全頁	spec一覧表	
5	改訂	3年毎	3年毎	
6	新機種情報	要覧クラブで対応	要覧クラブで対応	
7	検索機能	1.単語検索	1.単語検索	
8	附属機能 注) タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各 章ごと目次からのリンク ・索引からの リンク ・メーカーHPへのリンク	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク	
9	予定販売 価格 (円・税込)	会員	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（3年間）
10	利用期間	3年間	3年間	
11	同時ログイン	3台	3台	
12	認証方法	ID+パスワード	ID+パスワード	
13	購入方法	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）	

発売時期

平成28年5月末 HP：<http://www.jcmanet.or.jp/>

Webサイト 要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスプック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス



今後の予定

更に高機能の「日本建設機械要覧」の検索システム版も作成し、より利便性の高い資料とすべく準備しております。御期待下さい。

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

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され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

★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864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械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・建設機械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)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 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年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、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…

- 建設機械及び建設機械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。

■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(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、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の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。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。 etc. etc.

■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
- ・建設機械図鑑
- ・建設機械用語集
- ・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
- ・建設施工における地球温暖化対策の手引き
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説

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.jcmanet.or.jp>

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【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

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。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書	
ふりがな	生年月日
氏名 (自署)	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 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)
その他 連絡事項	平成 年 月より入会

【会費について】 年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
2	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
3	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
4	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
5	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
6	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
7	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
8	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
9	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
12	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
13	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	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	3,456	2,880	400
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)**	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)	5,142		600
19	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
20	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル(案)	1,944		400
21	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)	1,944		400
22	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
23	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)	6,480	6,048	500
24	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)	2,675	2,366	400
25	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
26	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
27	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
28	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル**	3,888	3,456	500
29	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
30	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
31	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
32	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
33	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
34	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック**	6,480		500
35		建設機械履歴簿	411		250
36	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 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」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄を参照下さい。

特集	<h1>大深度地下，地下構造物</h1>
巻頭言	4 トンネル工事の効率化のために 真下 英人 (一社)日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 所長
特集・技術報文	5 地下鉄建設技術と工事用機械 90年の歴史を概観する 平野 隆 東京地下鉄㈱ 改良建設部 技術基準担当課長
	12 倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽 征矢 雅宏 清水建設㈱ 土木技術本部 地下空間統括部 担当部長
	18 非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法 渡邊 康人 (株)協和エクシオ 土木事業本部 下田 雅一 日本海洋掘削㈱ 水平孔掘削事業部
	25 地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム !! リアルタイムによる施工管理システム 鹿野 和博 (株)奥村組九州支店 山田 三洋 (株)奥村組九州支店
	31 本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事 寛 哲志 西松建設㈱ (西松・京王・三幸建設共同企業体) 関東土木支社 環2新大橋出張所 副所長
	38 3連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING®工法 中津留寛介 鹿島建設㈱ 機械部 技術3グループ 課長 上木 泰裕 鹿島建設㈱ 東京土木支店 日比谷連絡通路土木工事(事) 所長
	43 国内最大のシールドマシン 東京外環(関越~東名)事業に使用 四童子 隆 国土交通省 関東地方整備局 東京外かく環状国道事務所 事務所長 松坂 敏博 東日本高速道路㈱ 関東支社 東京外環工事事務所 事務所長 杉井 淳一 中日本高速道路㈱ 東京支社 東京工事事務所 事務所長
	49 縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM 市川 政美 戸田建設㈱ 本社土木工事統轄部 土木機電部 土木機電部長
	54 海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験 小林 勇一 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム 研究員 田所 登 国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム 主任研究員
	59 情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における 効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工 秋田 満留 (株)鴻池組 本社 土木事業本部 技術統括本部 土木技術部 施工技術課 課長
	64 大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短時間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路 神原 聡 (株)大林組 東京本店 地下鉄虎ノ門新駅 JV 工事事務所 所長 上田 康貴 (株)大林組 東京本店 地下鉄方南町駅工事事務所 工事長
	71 大水深構造物の点検用水中調査ロボット 杉本 英樹 五洋建設㈱ 船舶機械部開発グループ 開発グループ長 本山 昇 五洋建設㈱ 船舶機械部開発グループ

	76	トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握	澤 正樹 (㈱安藤・間 社長室 情報システム部 システム基盤グループ 課長) 清水 充子 (㈱安藤・間 社長室 情報システム部 システム基盤グループ 課長) 賀川 義昭 (㈱日立ソリューションズ クロスインダストリソリューション事業部 空間情報ソリューション本部 ロケーションビジネス部 課長)
投稿論文	79	振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について	横山 隆明 立命館大学講師 理工学部環境システム工学科 藤村 貢 若築建設株式会社 建設事業部門 土木部 建山 和由 立命館大学教授 理工学部環境システム工学科
交流の広場	86	地下にある畑 ウド室について	小野 義雄 にごりや農園
ずいそう	88	『真田丸大河ドラマ館』の一年を振り返って！	唐澤 信幸 信州上田大河ドラマ館 館長 兼入場券販売センター 所長
	90	オレンジ回航（瀬戸内海縦断）	津田 敏貴 (㈱大和エンジニアリング 常務取締役)
JCMA 支部報告	92	我が社のオリンピックイヤー	阿部 誠 JCMA 東北支部 万六建設㈱
部会報告	96	アスファルトプラントの変遷（その6）昭和51年～58年	機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）
連載	101	ISO/TC 127 米国・ラハイナ総会及びISO/TC 127/SC 3/ WG 12 米国・ラハイナ国際 WG 会議報告	標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会
	110	コマツ 栗津工場見学会	機械部会 路盤・舗装機械技術委員会
	112	新工法紹介	機関誌編集委員会
	114	新機種紹介	機関誌編集委員会
統計	116	建設業における労働災害の発生状況	機関誌編集委員会
	120	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
	121	行事一覧（2016年12月）	
	124	編集後記（中村・山本）	

◇表紙写真説明◇

3連揺動型推進機

写真提供：鹿島建設㈱

都心の再開発プロジェクト等では、利便性向上のため、建物と駅を地下でつなぐ地下連絡通路のニーズが高まっています。3連揺動型推進機は、上部のルーフマシンと下部の本体マシンを基本ユニットとして組み合わせることで、ニーズに合わせた矩形断面に適應できます。可動式ルーフは、前方に1.5m突出させることができ、地盤沈下抑制に有効です。各ユニットはボルトで結合されているため、組立・解体・転用が容易で、シールド工法に較べコスト面で有利となります。

2017年(平成29年)2月号PR目次	コベルコ建機㈱……………表紙2	大和機工㈱……………表紙3	三笠産業㈱……………後付3
【ア】	コマツ……………表紙4	㈱鶴見製作所……………後付7	㈱三井三池製作所……………表紙3
朝日音響㈱……………後付1	【ク】	【マ】	【ヤ】
【カ】	デンヨー㈱……………後付2	マルマテクニカ㈱……………後付5	吉永機械㈱……………後付6
カヤバシステムマシナリー㈱ 後付8			

巻頭言

トンネル工事の効率化のために

真下 英人



建設現場においては労働力不足が大きな課題となっており、生産性の高い最先端の施工現場の実現に向けて様々な取り組みがなされている。トンネルの現場では、山岳工法は1980年代に矢板工法からNATMに代わり、施工の仕方が大きく変わった。この工法は、断面変更への自由度が高く、経済性にも優れているため、その後、適用範囲はどんどん拡大し、近年では都市部のトンネルにも採用されるようになってきている。この間、現場では効率化を図るための技術開発が行われ、省力化、工期短縮が進んだが、まだ多くの取り組みが必要な技術課題が残っている。本稿では、トンネル工事の効率化を進める上で、今後、必要とされる技術について山岳工法を対象に考えてみたい。

トンネル工事は、地質状態によって大きな影響を受け、地質の良いところを掘削すれば工期は短くなる。したがって、まず、計画段階で問題となる地質を的確に把握し、できる限り避けることが効率化につながる。地質が悪いことが判明しても前後の線形の関係から坑口位置を動かさないことがあるが、縦断線形を変えるだけでも掘削が楽になる場合があるので、施工のことを考えた線形の設定が重要となる。次に、施工段階では、切羽前方の地山状態を的確に把握し、地山に適した支保構造、補助工法を採用することが効率化につながる。現在、これらの作業は切羽から先進ボーリングや削孔検層などの前方探査を行い、切羽観察結果とあわせて総合的に評価することにより行われているが、技術者の豊富な経験を必要とする。地質の評価、工法の選定などの最終的な判断は人が行うべきものであるが、経験豊かな技術者が減少していくことに対応するには、地質の評価に導入が試みられているAI技術（人工知能）を支保構造、補助工法あるいはトラブル発生時の対策工の選定などにも適用し、経験の足りない技術者の判断を補助するツールとして活用していくことも必要と思われる。

施工の仕方に関しては、現在では、大断面を維持して大型機械を使って効率的に施工を進める方法が主流となっており、地山の掘削、ずりの運搬、支保の建て

込みなど個々の作業の機械化が進んでいる。しかし、技術の発展という点では限界が見られるため、さらなる効率化を図るためには施工の仕方そのものを見直す必要がある。その一つの方法として、工期、安全性、作業環境、省人化などの点で優れている、全断面を機械で掘削するTBM（トンネルボーリングマシン）の適用が考えられる。TBMは海外においては主流の工法となりつつあるが、地質の変化に対する適応性が劣るため、我が国においては、小断面での実績は比較的多く有するものの、大断面での適用は限られていた。TBMにおいては、NATM以上に地質の変化をできる限り早く把握し、適切な対策を予めとることにより、トラブルを回避することが重要となる。適用範囲を大断面へも広げるためには、TBMに適した切羽の前方探査方法、切羽の安定対策などの補助工法、プレキャスト材を用いた支保の方法などの技術開発が必要と考えられる。

維持管理においても取り組みが必要な技術課題は多い。道路トンネルでは、現在、全国で点検作業が進んでいるが、今後、点検で見つかった変状の対策が課題となってくる。トンネルは地山が主体となる構造物であるため、地すべりの発生など特殊な場合を除けば、覆工に規模の大きな変状が発生しても、覆工コンクリートの打ち替え、インバートの構築などを行うことにより、半永久的に使うことができる。また、トンネルの構造が健全でも断面が狭小なために、本来の機能が確保できていないトンネルがあるが、断面を拡大することにより、機能を回復させることができる。これらの大規模な改築工事は、通行止め状態で行うことが許されれば現状技術で対応できる。しかし、多くの場合は活線状態で行うことが要求され、狭小な空間での作業となるため、効率的に工事を行うためには専用の機械を用いたシステムティックな工法の開発が必要と考えられる。

地下鉄建設技術と工事中用機械

90年の歴史を概観する

平野 隆

東京地下鉄の銀座線は、平成 29 年（2017 年）12 月に開業から 90 周年を迎える。この間には安全で確実な施工と効率的な建設を目指した建設技術の導入と開発の歴史があり、使用される機械もそれに合わせて進化を続けてきた。本稿は東京地下鉄が保有する路線を中心に建設技術の変遷と、そこで使用された建設機械の変化を戦前から高度成長までを中心に平成に至るまでの時代順に概説するものである。

キーワード：トンネル、地下鉄建設、開削工法、シールド工法、工事中用機械、合理化、効率化

1. はじめに

東京の地下鉄は昭和 2 年（1927 年）12 月に開業した上野～浅草間 2.2 km から始まった。90 年後の現在では東京地下鉄（以下「東京メトロ」）と東京都交通局の路線を合わせると 304.1 km の路線網を形成し、首都の基幹交通としての役割を担うまでになった。

ここに至る 90 年間には、安全確実に迅速な施工を目指して様々な建設技術の導入と開発、それに合わせた機械化が行われてきた。

本稿は、黎明期から現在までの地下鉄建設の歴史に沿って技術の変遷と、そこで使用された主な建設機械について、東京メトロの保有する路線を中心に概観するものである。なお、建設若しくは保有する組織については、時代順に東京地下鉄、帝都高速度交通営団（以下「営団」）、東京メトロの名称を時点に合わせて使用する事とする。

2. 戦前・戦中期の施工技術

昭和 2 年（1927 年）に東洋初の本格的な地下鉄道として開業した東京地下鉄道の浅草～上野間は大正 14 年（1925 年）に本格的に工事着手した。施工方法は都市トンネルの代表的な施工方法である開削工法を採用し、人力での施工が中心であった。当時の開削工法では土留めは親杭横矢板、中間杭や切梁、継材には角材を用い、路面覆工も木製であり、高価な鋼材を使用したのは土留め杭と鋼矢板、路面覆工桁などであった。

このような中で、用いられた建設機械は、I 型鋼を使用した土留め杭の打設にはドイツ製の直立式の打撃

式杭打ち機、坑内の土砂運搬にはナベトロ、土砂搬出には土砂巻き上げ機を使用し、コンクリートは現場練りで路上に電動ミキサーを設置して製造した。また、防水の下地に圧搾空気式のセメントガン、路上の運搬にはトラックなどが用いられた。

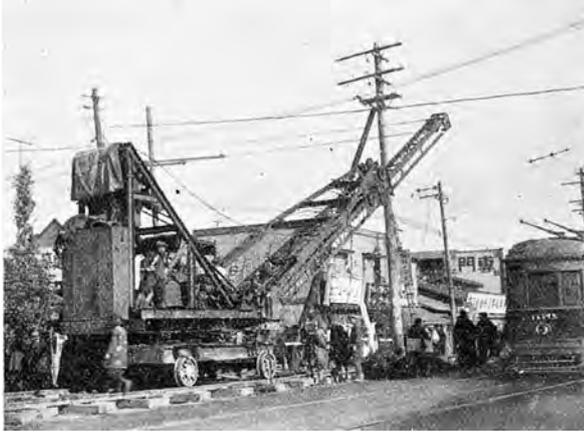
ドイツのシーメンス社から購入した直立式杭打ち機は「電動錘落下直立式杭打ち機」と呼ばれ、日本で最初に採用したものである（写真—1）。



写真—1 ドイツ製の直立式杭打ち機

東京地下鉄道史にはその使い勝手について「本機は其の構造簡易、重量大ならず、取扱ひにも便」である旨が記載されている。しかし、この杭打ち機は、直立固定であり、電話線や電灯線、路面電車の電車線などの架空線の直下を移動するときは、これらを撤去する

か杭打ち機本体を解体する必要があったため、圧搾空気錠による方式の「可倒式杭打ち機」を東京地下鐵道が独自に開発し、万世橋仮駅までの工事に使用したが、重量が重すぎたため、以降の工事ではあまり用いられなかったようである（写真—2）。



写真—2 東京地下鐵道が開発した可倒式杭打ち機

このほか、掘削土砂を搬出する方法でも色々として見られ、隅田川を利用した舟運や数種類の土砂巻き上げ機を採用している。

浅草付近の土砂搬出では隅田川の舟運に着目し、駒形付近から約70mの仮設隧道を築造して隅田川の駒形河岸に栈橋を設け、ナベトロから直接土砂運搬船に積み込む方式を採用した。仮設隧道には土工軌道を2線仮設し、エンドレスワイヤーによってナベトロを往復運転できる構造とし、栈橋で土砂を落としたナベトロは再び掘削坑内に戻るシステムを構築しており、この様子は建設記録映画にも残されている（写真—3）。



写真—3 仮設栈橋での土砂運搬、栈橋設備はほとんど木製である

土砂巻き上げ機にも数種の方式を採用しており、当初はベルリンの地下鉄で使用したスキップホイストを改良して使用したほか、地表の占用面積が少なく、移

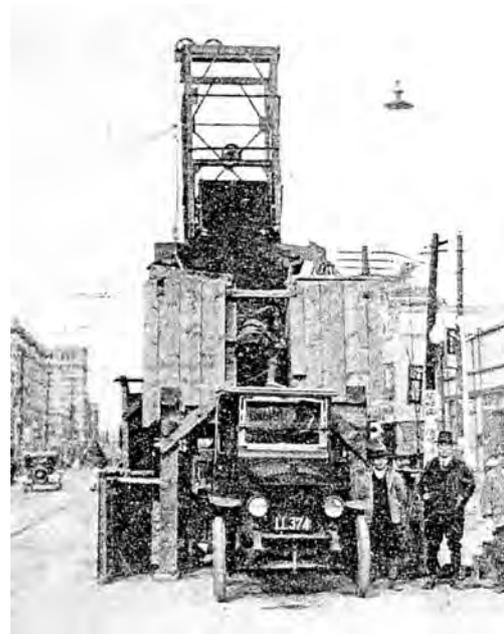
動が簡便な「エンドレスバケット」を万世橋仮駅までの建設工事に採用した（写真—4）。なお、当該工事では坑内の土砂移動にベルトコンベアーを初めて使用した。



写真—4 万世橋までの建設に使用したエンドレスバケット

以降、新橋までの建設工事では、戦後に多数用いられたスキップタワーの原型ともいえる「バケットタワーエレベータ」を改良を加えつつ採用し、坑内の土砂運搬にはボールベアリングの車軸とゴムタイヤを使用した手押し車（リヤカー）を利用し、土工軌道敷設の手間を省き効率化を図った（写真—5）。

このように戦前から戦中期にかけての施工技術は人力に頼る部分がほとんどであったが、施工の合理化と効率化を目指した機械の開発にも努力が注がれ、戦後に急速に発達した地下利用の推進につながる技術の基礎を構築した。



写真—5 バケットタワーエレベータ

3. 戦後復興期の施工技術

東京における戦後の地下鉄建設は営団の丸ノ内線から始まった。建設に着手した昭和26年(1951年)は講和条約の発効前であり、実質的にはGHQの統治下に置かれていた。終戦直後の混乱から一段落しつつはあったものの経済的にはまだ逼迫した時代で、材料の調達も困難であり技術者も少なく、戦前の技術水準までの立ち直りがまだできていなかった。このような時期に丸ノ内線の建設は、爆発的に増大した東京の交通需要に対応するため、喫緊の課題として掲げられたのであった。

これらに対処するため営団では、経済的に効率良く建設を進めるための施策として、当時朝鮮特需で高騰を続けていた鋼材の貸与と支給を行い、現場で大量に製作する事が困難なコンクリートは工場配合の生コンクリートを土木工事では日本で初めて本格的に採用して支給することを決定した。

(1) 初期の丸ノ内線工事

丸ノ内線の施工方法は、戦前の技術を踏襲したものであり、標準的な開削工法を主に建設され、建設機械も非常に少ない中での工事であった(写真—6)。

営団OBの渡邊健氏は1990年2月号の土木学会誌で、御茶ノ水駅建設工事の状況について以下のように記されている。「施工法は、銀座線当時の伝統的な標準開削工法がそのまま適用された。(中略)掘削は、土留め支保工の切梁にすべて松丸太が使われ、坑内はツルハシとスコップとリヤカーが主体で、ごく一部でベルトコンベヤーが使われている程度であった。建設機械に至っては、ウインチと三股とブロックが主で、クレーン車はまさに貴重品扱いだった。ただ一つ、我が国の土木分野で、最初に本格的採用に踏み切った生コンクリートだけは、ビンゾールの名前とともに忘れ難い。」



写真—6 丸ノ内線掘削工事、土工軌道と牽引用のウインチが見える

生コンクリートを土木工事では日本で初めて本格的に大量採用した理由について、丸ノ内線建設史では、「ずい道の建設には各種コンクリートを大量に必要とするが、これらを工事現場で調整することは難しく、生コンクリート製造工場から直接購入すれば、工事の進捗状況に合わせて必要量を購入でき、かつ工場内でセメント、砂利、砂などの配合比率が正確に混合され、強度の均一性を保つ事が出来るなど経済上、技術上の利点がある」と述べており、この大量採用によって生コンクリートに対する信用度が増し、その後の発展に大きく寄与したことが広く知られている。

生コンクリートの輸送に欠かせない運搬車は初期には専用のダンプトラックを使用していたが、供給者側の品質向上の努力により傾斜型のアジテータ車が昭和27年(1952年)に開発され、現在のアジテータ車の礎を築いた(写真—7)。



写真—7 丸ノ内線建設初期の生コン運搬車

(2) 丸ノ内線の特殊工事

丸ノ内線は第1期工事区間の池袋～御茶ノ水間を昭和29年(1954年)に開業後、東京、銀座、霞ヶ関、新宿と順調に延伸していった。

この間の建設工事で特筆されるべきものとして、内幸町付近での潜函工法と国会議事堂付近のルーフィード工法による工事が挙げられる。

潜函工法は戦前から大阪の地下鉄などで採用されていたが、東京の地下鉄での採用は丸ノ内線が初めてであった。内幸町付近は地盤が軟弱で帝国ホテルや東京

宝塚劇場など主要な構造物に近接した施工となるため、周辺への影響を最小限とする工事方法が要求された。このため、144 m の区間で路上から函体を沈める潜函工法を採用した。構造は鉄筋コンクリート1層2径間の箱型で、幅9.6 m、長さ28 mの函体5基を深さ11 mまで沈める工事を行った（写真—8）。潜函工法はこの後も日比谷線日比谷付近や東西線、有楽町線などの軟弱地盤の箇所で大規模に施工されている。



写真—8 内幸町付近の潜函工事

また、昭和30年代に入ると次第にトンネルが深くなり、開削工法での工事では難易度が非常に高くなった。この頃から掘削深さの大きな区間については、開削を最小限にできるシールド工法の採用を検討するようになり、深さが22 mに達した丸ノ内線国会議事堂前駅付近では昭和32年（1957年）にルーフシールド工法を採用した。

ルーフシールド工法の採用にあたっては、土質、地下水、沿線建造物等の詳細調査を実施し、有識者による研究会を設けて数次にわたる討論・研究を重ねた結果、付近の建造物に与える影響が小さく、工期が確実である点を評価し、日本の地下鉄では初めてのシールド工法となる「ルーフシールド工法」を国会議事堂前～霞ヶ関間の231 mで施工することとなった。施工方法は、側壁導坑を圧気で掘削し、貫通後排気して本坑掘削を大気中で行なうもので、一次覆工は移動センターによる全断面1回打設で巻き厚を85 cmとし、約9ヶ月の工期で到達した（写真—9）。



写真—9 国会議事堂付近で使用したルーフシールド

4. 高度成長期における建設技術

1960年代以降は高度成長の時代に突入り、地下鉄の建設速度も更なる需要の増大に追従して加速していった。以降の約20年は、地下鉄の建設技術が大きく飛躍した時期であり、営団においても常に複数路線を同時施工していた最繁忙期であった。

(1) 社会の要請と技術革新

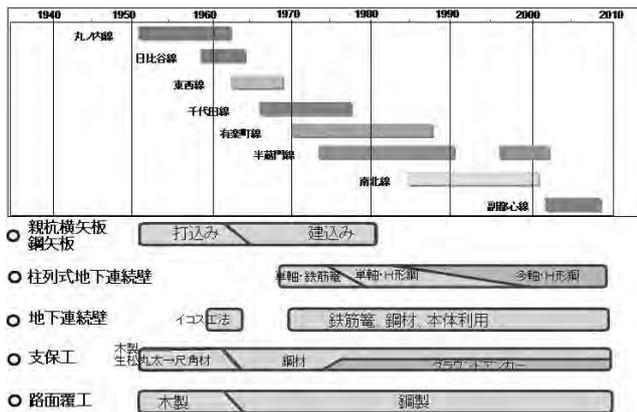
この頃から社会全体で公害問題や施工期間の短縮、省力化といった視点がクローズアップされ、騒音・振動や地下水低下、地盤沈下などに対する環境保全の要請、施工の機械化、路面交通の更なる増大などの変化を背景に、低振動・低騒音施工、剛性・遮水性の向上、施工空間の確保、重荷重対応など様々な技術革新が図られた。

開削工法においては、柱列式地下連続壁土留めの採用と施工機械の多軸化や芯材の鋼材化などの効率化と合理化が図られるとともに、杭打ち機のほかクレーンやブルドーザ、バックホウなどの導入も積極的に行なわれ、建設機械自体のパワーアップや低振動、低騒音化に努力が注がれた。

図—1は営団～東京メトロにおける開削工法の変遷を示したものである。これを見ると概ね1980年頃までに現在の開削工法の形態がほぼ確立されていることがわかる。

開削工法における土留め杭の打設方法は、1960年代の後半には従来の打撃式からアースオーガーによる建込み方式が変わっており、低騒音、低振動化が図られるとともに、杭自体が高剛性で遮水性の高い柱列式地下連続壁へと発展している（写真—10）。

また、掘削時に仮設する支保工も、より剛性の高い



図一 営団～東京メトロにおける開削工法の変遷



写真一 10 アースオーガによる柱列式地下連続壁の施工

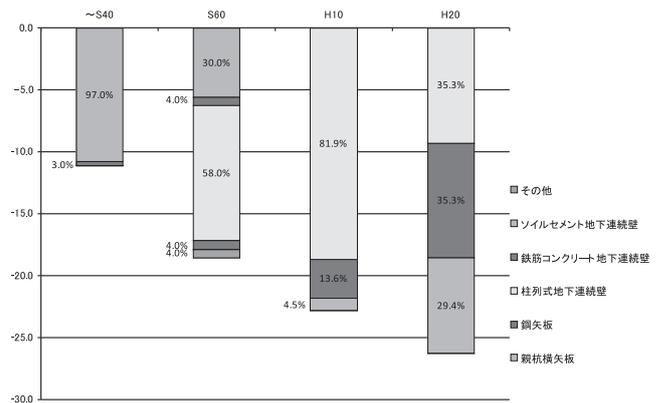


写真一 11 全面的に鋼製支保工を採用した日比谷線銀座駅の工事

鋼材へと変化しており、日比谷線の銀座・日比谷地区では全面的に支保工を鋼材化して設置間隔を広げたことにより、機械土工の先駆けとして導入されたブルドーザなどの重機類が自由に行動できる環境となったため、機械掘削の効率が大幅に向上するなど、工程の促進にも大きく寄与した(写真一 11)。

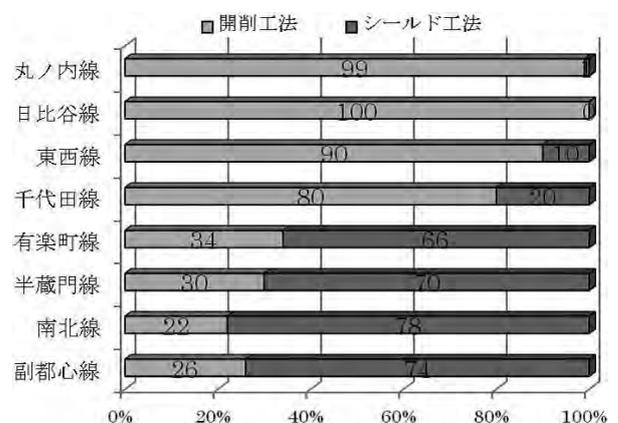
(2) 掘削深の増大とシールド工法の積極的な採用

1960年代後半以降は、既設路線や計画路線との交差接続に加え、河川との交差や道路計画等による制限からトンネルの設置位置が飛躍的に深くなり、これに起因して剛性が高く遮水性の良い柱列式地下連続壁や鉄筋コンクリート地下連続壁などの土留めが多く採用されるようになった。この関係を示すべく駅の設置深さと土留めの関係を表わしたのが図一 2である。



図一 2 営団～東京メトロにおける駅の設置深さと土留め杭

掘削深さの増大に伴って開削工法による施工が困難若しくは効率的ではない駅間においてはシールド工法が多用されるようになる。シールド工法は、前述のように1950年代後半から一部の掘削深さの大きな区間で検討されていたが、路面や周辺建物への影響が少ない利点を生かして図一 3のように積極的に採用されるようになった。これ以降、河川下や起伏の大きな地形の区間、さらに設置位置が深い駅においてもシールド工法を採用する事例が増えていった。

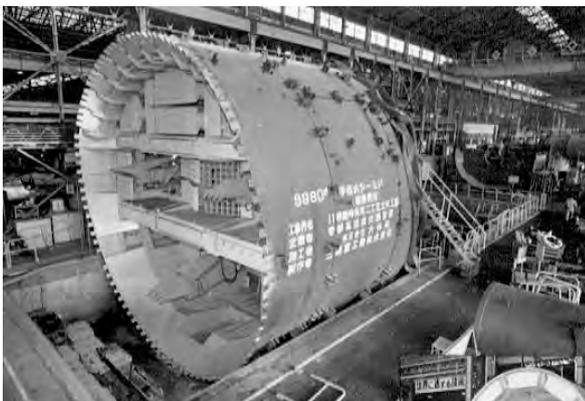


図一 3 営団～東京メトロにおける路線別の「開削」「シールド」比

地下鉄工事におけるシールド工法の採用は前述した丸ノ内線のルーフシールドを嚆矢(こうし)とするが、今日最も一般的に用いられている円形のランニングト

ンネルは、昭和 37 年（1962 年）に完成した名古屋市交通局の東山線の覚王山トンネルが最初であった。

初めてシールド工法を採用した 1950 年代後半から 1960 年代後半までは、地盤改良などの補助工法を併用した手掘りの開放型圧気式がほとんどであったが（写真—12）、1970 年代以降は補助工法無しに切羽の安定が図れる密閉型に移行した。密閉型シールドはその後も発展を続け、当初採用された泥水式のほか、土圧式も技術的進歩を遂げ、対象地盤などの施工条件によって方式を使い分けるなど、より安全で確実な施工ができるようになった。



写真—12 半蔵門線神保町駅付近で使用した開放型圧気シールド

その後は、大断面化、大深度化、長距離化などの技術が進むとともに、多様な断面形状を掘進できる機械の技術も開発され、現在では駅間トンネルのほぼ全てがシールド工法による施工となっている。

5. 平成以降の建設技術

平成以降の地下鉄建設では、駅部は開削工法、駅間はシールド工法という原則が完全に定着し、更に深度を増した開削工法における土留めは、硬質地盤では効率の良い多軸式の柱列式地下連続壁を、軟弱地盤ではより剛性の高い鉄筋コンクリート地下連続壁を採用するようになった。

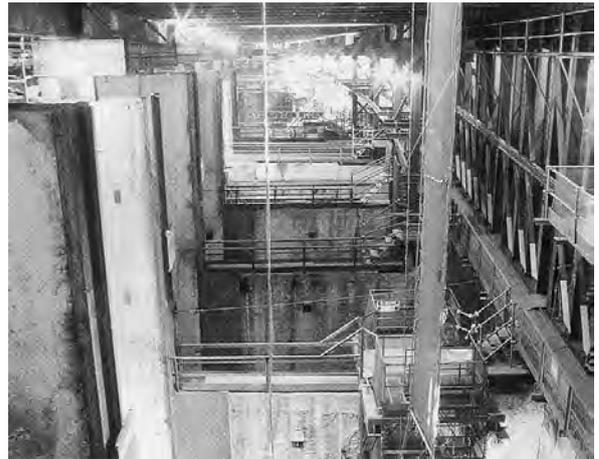
開削工法での掘削などに使用する機械も更に進化し、工事期間中の環境保全に配慮した機械の導入を積極的に行なうとともに、合理化や効率化、自動化なども視野に入れた技術の開発と試行なども行なわれた。

(1) 「7号ビジョン」の策定と南北線建設工事

東京メトロの南北線は命名前の名称を東京都市高速鉄道7号線と言い、営団では「21世紀を指向する便利で快適な魅力ある地下鉄」を目指して近未来型パッ

ケージともいえる「7号ビジョン」を昭和 63 年（1988 年）に策定した。

「7号ビジョン」は、利便性の向上、快適性の向上、ワンマン運転の実施、ホームドアの設置、建設費・運営費の低減の5項目からなり、建設費の低減では、駅のコンパクト化と浅層化、シールド区間の延長比率を増加させイニシャルコストの削減を図るとともに、新技術を積極的に開発して低コスト化することが大きな命題とされた（写真—13）。



写真—13 南北線六本木一丁目駅における大規模水中掘削

これに基づき、開削工法においては鉄筋コンクリート地下連続壁の積極的な本体利用や大規模水中掘削の採用、流動化処理土の開発と本格的な採用などを実施し、シールド工法においても、大断面シールドマシン転用の技術開発や断面変化対応型シールド機の開発、新型セグメントや継手の採用などが行なわれた（写真—14）。これらは全て施工の合理化と効率化、コスト縮減に大きく寄与しており、半蔵門線の押上までの延伸や副都心線の建設につながる技術革新の源となった。



写真—14 南北線白金台駅で採用した着脱式泥水三連型シールド

(2) 副都心線建設工事における環境負荷低減

副都心線は現在東京メトロが保有する路線では最後の開業区間として平成20年(2008年)に開業した。経過地である明治通りは東京都内でも特に交通量が多く作業時間等の制約が多い場所であり、地下空間も既存の地下鉄などが輻輳しているという厳しい施工条件の下、これまで培った建設技術とノウハウを駆使しながら、様々な新技術を積極的に採用し、3つの副都心を縦貫する基幹路線を完成させた。

工事では、社会の要請に基づく施工の効率化やコスト縮減とともに環境負荷低減に主眼をおき、路線の約7割をシールド区間とすると同時に、建設副産物の発生抑制と再利用、CO₂低減に寄与する建設機械の積極的な採用などを実施した。

シールド工事においては、採用断面の最適化を目指して、円形断面上下部の鉄道トンネルとして利用されない空間を減らしつつ、構造的に有利な円形断面の特性を活かした断面形状とした複線型の複合円形シールド(写真—15)を採用したほか、駅部と駅間部を1台の機械で掘進する親子シールドも採用した。



写真—15 副都心線で使用した複線型複合円形シールド

また、開削工事でも、酸化触媒装着10tダンプと圧縮天然ガス自動車の採用や排ガスゼロで騒音の小さ

い電動テレスコピックコラムシェルや電動クレーンの導入を実施し、建設工事全般では建設発生土や建設汚泥をリサイクルしてシールドトンネルのインバート材や流動化処理土として埋め戻しに再利用するなど、環境負荷の低減に努めた。

6. おわりに

地下鉄の建設技術は、その時代ごとに最善の施工方法を選択しつつ試行錯誤を繰り返すという経験の積み重ねが、安全確実で効率的な施工方法を確立する礎となっている。これらの技術を今後も継承し、次の世代へと繋げていくことが、これからの我々の使命ではないかと考えている。

本稿では地下鉄の建設技術と発展過程について時代順に追ってきたが、誌面の都合と筆者の不勉強に起因して、内容が不十分な部分も多々あると思われる。この場をお借りしてお詫びするとともに、御容赦願えれば幸いである。

JCMA

《参考文献》

- 1) 東京地下鉄道：東京地下鉄道史 坤, 1934
- 2) 帝都高速度交通営団：東京地下鉄道建設史「丸ノ内線、日比谷線、東西線、千代田線、有楽町線、半蔵門線、南北線」
- 3) 東京地下鉄(株)：東京地下鉄道建設史「副都心線」
- 4) 土木学会：土木学会誌 1990年2月号

〔筆者紹介〕

平野 隆(ひらの たかし)
東京地下鉄(株) 改良建設部
技術基準担当課長



倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事

プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽

征 矢 雅 宏

本工事は、液化石油ガス（LPG：Liquefied Petroleum Gas）を備蓄するための大規模な貯槽を岩盤内に建設する工事である。貯蔵方式は地下岩盤貯蔵方式であり、地下水および人工的に加圧給水する水封水によって LPG を常温高压で貯槽内に封じ込めることを目的とする。このため、施工途上から安定した地下水圧の確保と湧水量の抑制が求められた。工事においては、貯槽周辺岩盤に水封ボーリング孔を配置して水封水を供給すると共に、貯槽の周囲にグラウトによる低透水の改良帯を構築した。その結果、建設後に行った気密試験では漏洩に起因する圧力変動は認められず、気密性が確保されていることを示した。

キーワード：水封式岩盤貯槽、LPG、大規模地下空洞、NATM、水封ボーリング、グラウト、高水圧、気密試験

1. はじめに

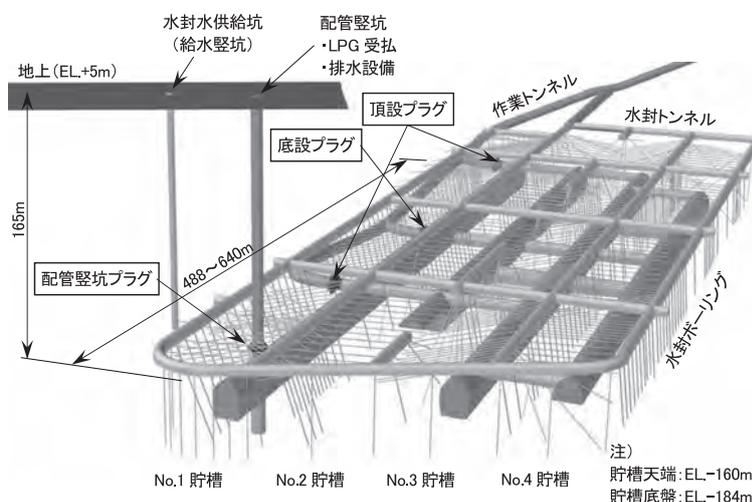
倉敷国家石油ガス備蓄基地は、地下岩盤貯蔵方式によって石油ガス（LPG）を貯蔵する国家備蓄基地である（図—1）。国家備蓄 150 万 t（国内輸入量の約 40 日分）の一環として、基地全体で 40 万 t のプロパンを貯蔵するトンネル形式の水封式岩盤貯槽（断面積 374 m^2 の空洞 4 条、総延長 $640 + 488 + 584 + 502 = 2,214 \text{ m}$ 、総体積約 85 万 m^3 、貯槽の断面形状は図—2 参照）を平成 14 年 7 月から平成 25 年 3 月にかけて建設している。

倉敷基地の他に、石川県七尾、長崎県福島、茨城県神栖に、それぞれ貯蔵量 25 万 t、20 万 t、20 万 t の

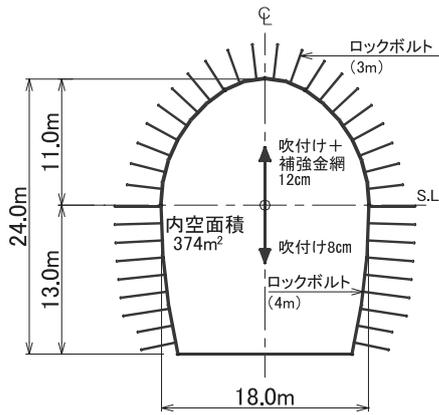
地上タンク方式の備蓄基地があり（図—3）¹⁾、平成 17 年から操業されている。また愛媛県波方に、倉敷基地同様、地下岩盤貯蔵方式の貯蔵量 45 万 t の基地があり、倉敷基地と共に平成 25 年 3 月に竣工した。

水封式 LPG 岩盤貯槽では、その原理上、LPG の内圧より高い地下水圧となる深度の岩盤内に貯槽を設けて周囲の地下水および人工的に加圧給水する水封水の圧力によって常温高压の LPG を貯槽に封じ込めることを目指す。この方式は、鉄筋コンクリートやスチールなどのライニングを行わず、水圧によって気密性能を確保するものである。操業時の貯蔵内圧は、常温（ 22°C ）のプロパンの場合、約 800 kPa となる¹⁾。

建設後に行った気密試験では、最大 960 kPa の試験



図—1 倉敷基地の地下施設の鳥瞰図（図面提供：JOGMEC）



図一 貯槽断面図 (I型, 岩盤が比較的良好の場合)



図一 国家石油ガス備蓄基地 (文献 1) を基に作成

内圧に対して漏洩に起因する圧力変動は認められず、気密性が確保されていることを示した。地下岩盤貯蔵方式の実用プラントにおいて最大 960 kPa の内圧下で気密性を確保した例は国内にない。不均質な貯槽周辺の岩盤において地下水圧を貯蔵内圧よりも確実に高く保持し、上記の高圧下において貯槽の気密性を確保することが、プロジェクト成立のための最重要課題であった。本報告では、プロジェクトの技術的特徴を記述しながら工事の概要を総括的に紹介する。

2. 倉敷基地全体の実施体制

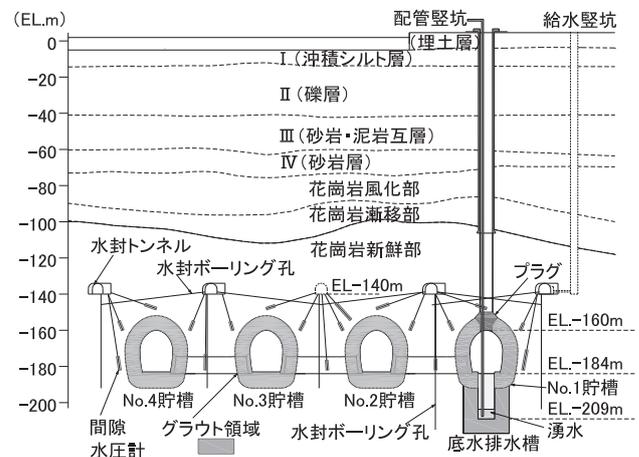
図一 4 に、倉敷基地全体の工事発注後の実施体制を示す²⁾。事業者である(独)石油天然ガス・金属鉱物資

源機構 (略称: JOGMEC) の下、土木工事および設備工事に関して同図に示す実施体制が組まれた (筆者は、この内の貯槽 II 工事に携わった)。

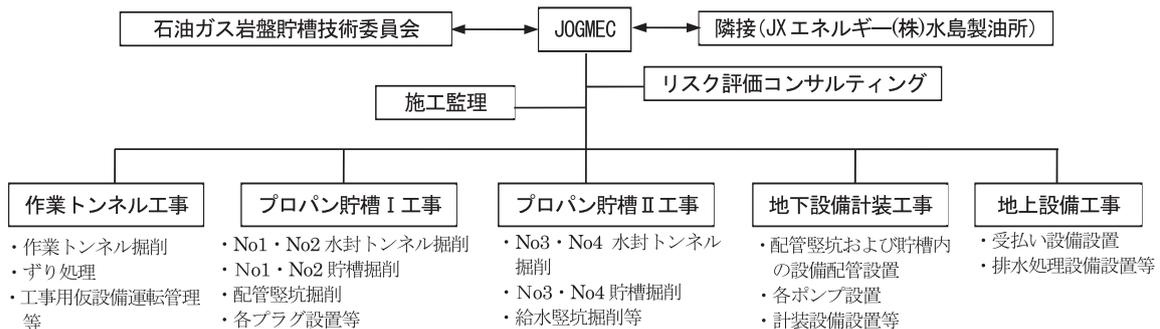
3. 地質概要

岡山県を含む瀬戸内海一帯は、日本の地質帯区分において西南日本内帯に位置し、基盤岩として領家変成帯に属する中生代白亜紀～新生代古第三紀の花崗岩類および火山岩類 (当基地周辺では流紋岩) が広く分布している。

当基地周辺の代表的な地質断面図および地質層序を図一 5 および表一 1 に示す。干拓・埋立地の下部では、EL. -70 m 程度を境に新第三紀鮮新世～第四紀完新世の堆積層と中生代白亜紀の花崗岩が不整合に接している。上位の堆積層は、上から埋土層、I 層 (沖積層)、II 層 (礫層)、III 層 (泥岩・砂岩層)、IV 層 (砂岩層) に区分される。その下の花崗岩は、風化の程度から、風化部、漸移部、新鮮部に区分され、新鮮部は概ね EL. -120 m 以深に分布する³⁾。新鮮部の平均透水係数は、約 3.5×10^{-6} cm/s であるが、花崗岩の表層は風化が進んでおり、堆積層から花崗岩風化部までの透水性は、相対的に高い。



図一 5 倉敷基地の地質断面図 (文献 7) の同図に加筆



図一 4 倉敷基地の建設工実施体制 (文献 2) を基に作成

表一 倉敷基地の地質層序³⁾

時代	地層名	地質状況	
新生代	第四紀 更新世	埋土	砂・礫を主体とする 埋立前の海岸・海底面堆積物 軟弱なシルトを主体とし、砂層を挟在する
		未固結堆積物	沖積層 I層 未固結～半固結状の円～亜円礫 礫種は流紋岩類、花崗岩、チャートなど 層厚は25～30m
	第三紀 鮮新世	泥岩・砂岩層	II層 半固結～軟岩状 東部の陸側を除いて、ほぼ調査地全域に分布 特徴的な火山灰を挟む
		砂岩層	III層 半固結～軟岩状の砂岩～細礫岩 西部から南部に分布する III層との境界付近に、火山灰を挟む
中生代	白亜紀	風化部	いわゆるマサ状の強風化岩から、軟質化の著しい風化岩
		漸移部	風化花崗岩と新鮮岩の中間部で、 軟質部と硬質部が混在、または中間的な硬さの部分
		新鮮部	砂優白色粗粒黒雲母-角閃石花崗岩で調査地の基盤 新鮮岩基盤をなす。アブライト、石英閃長岩、黒色 斑状岩、ヒン岩等の貫入岩が見られる

EL. -160 ～ -184 m の深度に配置された貯槽の周辺岩盤は、花崗岩新鮮部の被りが概ね 40 m と薄いため、割れ目が発達しており、風化部からの水みちとなり得る透水性の高い割れ目も存在した。水封トンネルおよび岩盤貯槽においては、グラウトによる湧水抑制対策（後述）を実施したが、その際にはこれらの空洞の設置深度相当の水圧が作用することに加え、透水性の高い割れ目が存在することを考慮する必要があった。

4. プロジェクトの技術的特徴

水封式地下岩盤貯槽が気密・液密性を確保するために貯槽掘削に先立って、貯槽を取り囲むように水平および縦の水封ボーリング孔を配置して水封水を加圧給水すると共に、貯槽周囲にグラウトによる低透水の改良体を構築し、掘削に伴う周辺岩盤の地下水圧低下を抑制した。また、貯槽の周辺岩盤に間隙水圧計を配置し、グラウト改良区間を掘削した後の地下水圧が所定

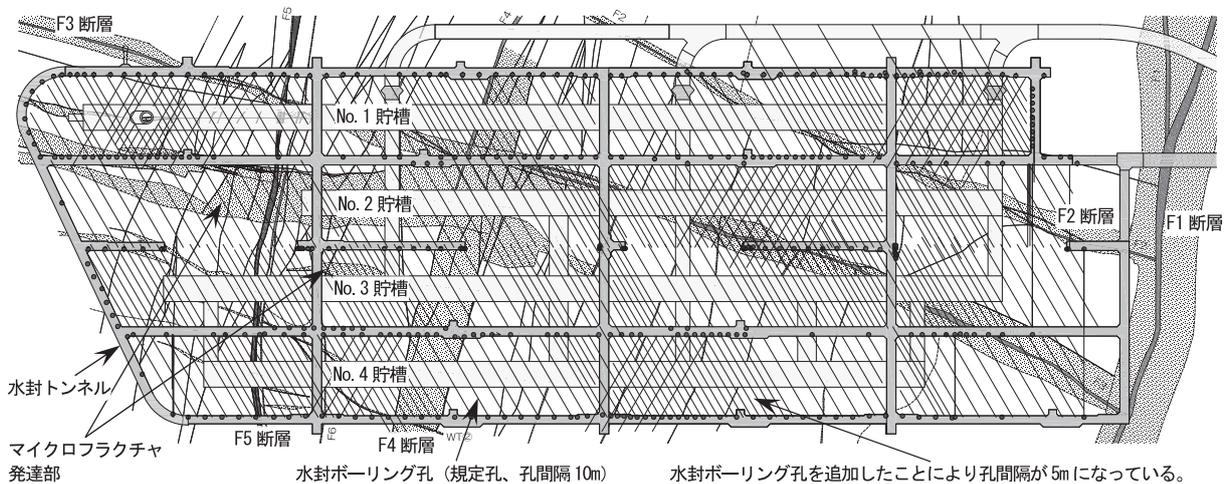
の水圧以上の値であるかどうか常に確認できるようにした(図一5)。以下に、当プロジェクトの特徴を記す。

(1) 水封カーテンの構築

水封水が供給された水封ボーリング孔群を水封カーテンと称す。水平と縦のボーリング孔からなる水封カーテンは、原則として岩盤の卓越割れ目に交差する方向に 10 m 間隔に設置した。ただし、貯槽掘削の際に、地下水圧の計測と、シャットイン試験⁴⁾（水封ボーリング孔単孔への給水を停止し、停止後の水圧低下量を測定する試験）を貯槽掘削前、アーチ掘削後およびベンチ掘削後のステップ毎に実施し、それらの結果に応じて、適宜、水封ボーリングを追加した(図一6)。すなわち、水封カーテン内外の水圧計測結果とステップ毎のシャットイン試験結果から水圧場の適正さを確認すると共に必要な対策を講じ、貯槽の気密・液密性を確保に努めた。なお、水圧場の適正さは、掘削時の調査結果を反映した水理地質モデルによる 3次元地下水解析を実施し、計測結果と解析結果を比較することによって判断した⁵⁾。

貯槽掘削完了後には、貯槽内が大気圧状態のまま水封トンネルを水没させ（水没時の水封トンネル内水圧 1.225 MPa、水封ボーリング孔内水圧 1.35 MPa、作業トンネル・給水堅坑・配管堅抗坑の水没水位 EL.-15 m の状態で）水封昇圧試験を実施し、貯槽周りの水圧場が所定の圧力を保持していることを確認した。その後、気密試験を実施して、気密試験時の地下水挙動の実測データと 3次元地下水解析の結果から水封カーテンの仕上がり状況を確認した⁵⁾。

水封水は、地上設備で工業用水を膜ろ過処理したものである⁶⁾。貯槽掘削中は、これを送水管によって水封ボーリング孔に供給していた。貯槽掘削完了後（水



図一6 水封ボーリング孔の最終配置平面図（文献5）の同図に加筆）

封トンネルを水没させる前)には、リターン管を設けて地上に水封水を戻す循環式給水システムに改め、水封ボーリング孔の目詰り防止対策を講じた。

(2) グラウトによる湧水抑制

貯槽掘削によって過大な湧水を生じると、周辺岩盤の地下水圧低下を招くため、上記の水封カーテン構築のみならず、貯槽周囲にグラウトによる低透水の改良体を構築するようにした。これは、空洞周りに周辺岩盤よりも相対的に低透水の改良体を構築すると、改良体外側の水圧が上昇するためである。また、グラウトは貯槽湧水量を設計湧水量 (312 m³/h) 以下に収めるためにも必要であった。このように、周辺地下水圧の低下抑制と貯槽湧水量抑制を目的として貯槽の全周にわたるグラウトを実施した。

グラウトは、貯槽のアーチ部およびベンチ部を多段掘削する前に、発破およびロックボルト打設の影響を考慮して貯槽の周囲 8 m の範囲を事前に改良するプレグラウト方式を主とした⁷⁾。この範囲内の改良目標値は、貯槽掘削時から操業後の水封機能確保を考慮して、0.15 ~ 0.65 ルジオン (1 ルジオン ≡ 1.0 × 10⁻⁵ cm/s) に設定した (図-7)。これは、ダム工事のカーテングラウトで通常採用されている目標値の約 1/10 程度に相当する。

改良範囲内を内リング・外リングという 2 リングに分けた (図-7 ~ 8) のは、外側を先に改良することによって、貯槽壁面近傍の内側の改良効率を向上させることを図ったためである。

プレグラウト方式としたのは、対象岩盤に対して比較的に高い注入圧力を加えることができるためである。実際に注入範囲を掘削した後は、掘削区間の湧水量および周辺岩盤の地下水圧を計測すると共に、その結果に地質情報を加えてデータを分析・評価し、対策が必要な場合、湧水箇所の壁面から周辺岩盤に対してポストグラウトを実施した。また、これらのグラウト結果を次ステップの施工方法や改良目標値に反映させた。

特に断層交差部や非常に微細な割れ目から成るマイクロフラクチャ発達部においては、改良効率を高めるためにグラウト孔の配置に当って割れ目の方向性を考慮した。注入材料には基本的に超微粒子セメントを用いたが、セメントグラウトによる透水性改良効率が極めて低い一部のマイクロフラクチャ発達部においては、コロイダルシルカを注入主材とした溶液型グラウトを用いた^{7), 8)}。

以上のグラウト施工の結果、掘削完了後の水封昇圧

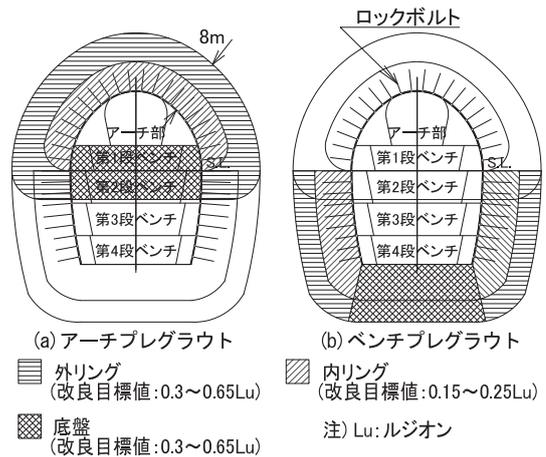


図-7 プレグラウトの改良範囲と目標値⁷⁾

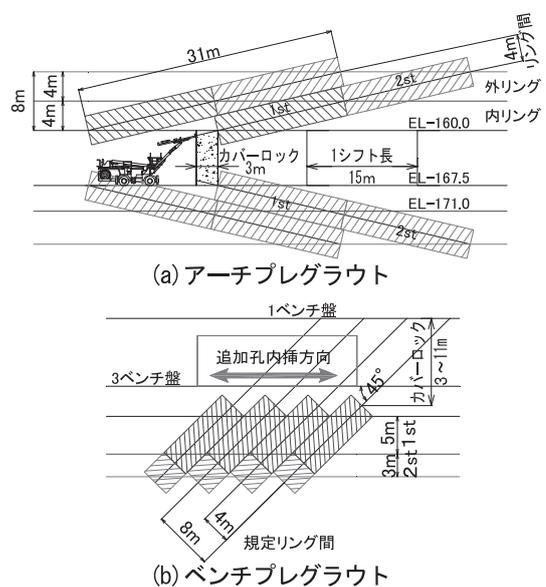


図-8 プレグラウト孔配置側面図⁷⁾

試験においても周辺岩盤の地下水圧が所定の値以上、また貯槽湧水量が設計湧水量以下であることを確認することができた。

(3) 地下水圧の管理

水封式地下岩盤貯槽の施工に当っては、掘削の途上から周辺に所定の地下水圧を確保する必要があるため、貯槽周辺に網羅的に計 174 点の計測点を設けて地下水圧を監視すると共に、地下水圧と密接に関係する貯槽湧水量を計測した⁵⁾。施工中は、これらの計測データと調査によって得られたデータを分析・評価しながら工事を進め、3次元地下水解析によって定めた所定の圧力に抵触する可能性のある場合には、水封ボーリング孔の追加 (前述) 等の対策を講じた。

地下水解析を行うに当っては、複数の施工段階における地下水挙動 (水圧分布、湧水量) を再現できる水理地質構造モデルを構築する必要がある。岩盤の透水

性の評価が解析の精度を左右するため、調査データから不均質な岩盤に対してばらつきのある透水係数の空間分布を作成し、また、断層などの比較的大きな水みちに対しては透水係数の連続性を確保したモデル化を図った⁵⁾。

気密試験の前には、水封昇圧試験までの地下水挙動を分析して水理地質モデルを修正し、気密試験時の地下水圧分布を予測した。また、解析によって得られた貯槽壁面上の動水勾配が、以下に示す貯槽の気密・液密条件を満足することを確認した。

- a. 気密条件：貯槽天端（気相部）での鉛直方向動水勾配（ I_v ）が、次の条件を満たすこと。 $I_v \geq 0.5$
- b. 液密条件：貯槽壁面（液相部）での法線方向動水勾配（ I_n ）が、次の条件を満たすこと。 $I_n \geq 0$

なお、操業後のLPG受入完了時には、貯槽体積の97%が液相、3%が気相となる予定である。

(4) 水封水圧下における貯槽掘削

周辺岩盤に所定の水圧場を保持すると共に岩盤貯槽の湧水量を抑制するために、水封水圧が作用している状態で、貯槽の周囲を前述のようにグラウト改良しながら、NATMによる貯槽の多段掘削を実施した（写真—1～2）。



写真—1 貯槽アーチ部の掘削状況



写真—2 貯槽掘削完了後の状況 (No.3貯槽)

所定の水圧場を保持したまま掘削を続けるため、万が一、高透水の水みちに対するグラウトが十分でなかった場合、吹付けコンクリート背面にクラックを発生させるような高い水圧が直接作用しないとも限らない。この点に注意して断層交差部やマイクロフラクチャ発達部においては、貯槽空洞の力学的安定性の観点から解析を行い^{9)・10)}、水封水圧が最大に上昇した場合に備えて高耐力ロックボルトと鋼繊維補強吹付けコンクリートを施工する対策を施した⁹⁾。これらの領域では、内空変位・天端沈下計測だけでなく、ロックボルト軸力・吹付けコンクリート応力等の計測を併せて実施した。

貯槽アーチ部では、切羽前方にプレグラウトを施した後に、基本的に15m区間を掘削する（図—8(a)）というサイクルを繰り返した。また、ベンチ部ではプレグラウトを実施した後にベンチカットを行った。グラウトを実施しながらの貯槽掘削であったため、常に工程遅延要素が付きまとったが、グラウトと掘削の併行作業が可能な場合には、それが成立するようにし、工程確保に努めた¹¹⁾。

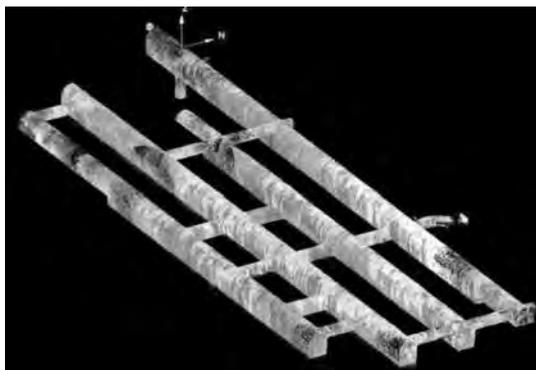
貯槽掘削完了後は、貯槽内が大気圧状態のまま水封昇圧試験を実施し、外水圧が最大となった場合にも貯槽空洞が力学的に安定していることを確認した。

(5) 気密性の立証

貯槽につながる作業トンネル・配管堅坑と貯槽との間にプラグコンクリートを施工し、それらのトンネルおよび堅坑を水没させた後に、貯槽の気密性を確認する気密試験を実施した。気密試験は、貯槽内に加圧空気を送気して設計圧以上の圧力（960 kPa）にまで高め、送気バルブを閉じた後に一定時間（72時間）放置し、その間の漏洩に起因する圧力低下がないことを確認するものであった。

気密試験時には、貯槽内空気の温度が周辺岩盤への放熱によって、また質量が加圧空気の湧水への溶解によって変化すると共に貯槽の気相体積も湧水による底水排水槽内の水位変動（排水ポンプの間欠運転）によって変化するため、貯槽内空気の圧力は一定にはならない。したがって、これらの圧力変動要因を考慮し、気体の状態方程式やヘンリーの法則等を用いて圧力の計測結果を補正して評価する必要がある¹²⁾。補正計算においては、できるだけ正確な貯槽容積が必要であったため、水封昇圧試験以降から貯槽閉塞までの間に3Dレーザースキャナを用いて貯槽容積を計測した（図—9）。

試験に当っては、計器配置や計測精度が気密性の評



図一9 3D レーザースキャナによる貯槽形状取得結果

値に多大な影響を及ぼすことが予想されたため、計器の選定から現場での設置に至るまで、現場計測での精度実現のための机上検討や事前確認試験を重ねた¹³⁾。それらを踏まえて計器設置に関する基準を作成した上で計器を設置した結果、全ての計器の精度が要求精度を満足した状態で試験に臨むことができた。

気密試験においては、72時間経過後の温度変化等を考慮した補正圧力と試験開始時の貯槽内圧力との差が十分に小さいことから、漏洩に起因する圧力低下は認められず、高圧ガス保安協会によって合格と判定された。

5. おわりに

本工事では、貯槽掘削に先立って水封ボーリング孔を配置して水封システムを稼働させると共に、貯槽の周囲にグラウトを実施した。これによって、地下水圧や湧水量を制御しながら掘削を進め、地下水挙動の管理に努めてきた。

また、貯槽掘削完了後に実施した水封昇圧試験においては、外水圧最大時に貯槽の湧水量が設計値以下であることおよび貯槽空洞が安定であることを確認し、その後に実施した気密試験では、地下水圧が貯槽の内圧よりも高く保持されており、貯槽空洞が気密性を確

保していることを確認した。本工事が今後の参考になれば幸いである。

JCMA

《参考文献》

- 1) 前島俊雄：我が国初のLPG地下岩盤貯槽の建設，土木技術，Vol.67，No.11，pp.103-108，2012.
- 2) ㈱石油天然ガス・金属鉱物資源機構：倉敷国家石油ガス備蓄基地工事記録誌，pp.3-3～3-5，2013.
- 3) 財団法人エンジニアリング振興協会・エルピーガス振興センター共同事業体：石油ガス国家備蓄基地基本計画調査報告書（倉敷計画地点），Vol.7/9，p.22，1999.
- 4) 下茂ほか：水封ボーリングを用いたLPG貯蔵空洞周辺の水封機能確認方法，第37回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，pp.55-60，2008.
- 5) 藤井ほか：倉敷基地LPG岩盤貯槽における水封カーテンの構築と気密試験時の地下水挙動評価について，第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，pp.131-136，2014.
- 6) 手塚ほか：水封式LPG岩盤備蓄基地における水封水の水質管理—倉敷国家石油ガス備蓄基地（貯槽工事その6）—，土木学会第68回年次学術講演会概要集，VI-205，2013.
- 7) 小林ほか：倉敷基地LPG岩盤貯槽における高水圧下のグラウト施工実績と改良効果の評価について，第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，pp.125-130，2014.
- 8) 小林ほか：倉敷LPG貯槽建設工事における溶液型グラウトによる止水対策（その1）—溶液型グラウトのマイクロフラクチャへの注入計画と実績—，土木学会第68回年次学術講演会概要集，VI-194，2013.
- 9) 菊井ほか：倉敷基地水封式LPG岩盤貯槽における空洞掘削時の岩盤挙動と空洞安定性評価について，第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，pp.137-142，2014.
- 10) 矢部ほか：高水圧下における水封式LPG岩盤貯槽の空洞安定性検討—倉敷国家石油ガス備蓄基地—，土木学会第68回年次学術講演会概要集，VI-202，2013.
- 11) 池田ほか：水封式岩盤貯槽の掘削実績—倉敷国家石油ガス備蓄基地—，土木学会第68回年次学術講演会概要集，VI-200，2013.
- 12) 前島ほか：倉敷基地LPG岩盤貯槽の気密試験方法と試験結果の評価について，第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，pp.44-49，2014.
- 13) 手塚ほか：倉敷基地LPG岩盤貯槽の気密試験における高精度計測器の精度管理について，第42回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，土木学会，pp.50-55，2014.

【筆者紹介】

征矢 雅宏（そや まさひろ）
清水建設㈱
土木技術本部 地下空間統括部
担当部長



非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設

リードドリル工法

渡 邊 康 人・下 田 雅 一

上下水道, ガス, 電力・通信ケーブル用管路などを設置する時, 障害物を回避する必要がある条件下では, 非開削工法による施工が求められる。小口径の推進工法は, 様々な形のものが開発されてきているが, その中で石油掘削の原理・技術を応用した弧状推進工法(リードドリル工法)(以下「本工法」という)を沖縄県糸満市における海底通信ケーブル陸揚管路工事の施工事例と共に紹介する。

キーワード: 非開削, 推進工法, 弧状推進, ケーブル陸揚, 河川横断, 小口径, 管路工事, HDD 工法

1. はじめに

日本国内において非開削工法が必要な場面の多くは, 障害物を回避する制約を受ける都市部にある。このため狭小な敷地で施工が可能な様々な推進工法が発展してきている。一方, 河川, 港湾, 海岸線や丘陵地などの横断で, 1 スパンで長距離の管路設置が求められる時は, 変化する土質, 岩質等, 地盤状況への対応力が求められ, それに合ったコンセプトで開発された工法は少ない。

本工法は, 石油掘削の原理・技術を応用し, 石油などのパイプラインを地中化するために発達した弧状推進工法(海外においては, HDD(Horizontal Directional Drilling))に, 独自の開発技術を加えて進化させた工法で, 1 km 以上の長距離推進が可能な工法である。計画軌跡上を高精度制御テクノロジーにより掘削するため指向性が高く, 高速施工ができる弧状推進工法は欧米で一般的な非開削工法となっている。この従来の弧状推進工事に日本特有の地形・地質に適應するように, 新たな技術開発を加え, 殆ど全ての土質・地質に対応できる管路設置方法として, 日本国内においても小口径長距離推進に特化した工法として確立した。

〈主な特長〉

- ①一般の推進工法のような発進・到達立坑が不要
- ②直線と弧状を組み合わせたコースを描き, 河川や構造物を迂回して到達点まで長距離を推進
- ③管路は直管のたわみを利用して曲線を描く(ただし曲率半径は管径の 1000 倍以上(弾性限界内))
- ④超高压マッドポンプを使用した泥水循環方式

⑤地上に設置した推進機から発進

すべての設備は整備された地上の作業ヤードに配置されるため, 安全に作業することができる。作業ヤードは概ね 800 m² 程度である(写真—1)。



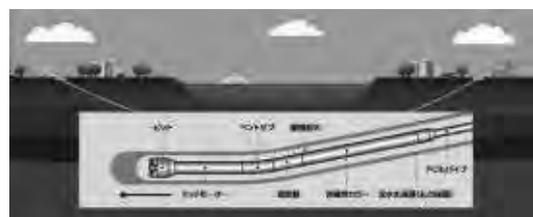
写真—1 作業ヤード全景

2. 本工法の概要

(1) 一般的施工手順

①パイロット孔掘削

まずは, 径 200 mm ~ 300 mm 程度の掘削編成で計画コース通りに掘削する(図—1)。



図—1 パイロット孔掘削

② 拡孔

パイロット孔の掘削終了後、到達側にて拡孔用リーマー又はホールオープナーを取り付けて、到達側から引込みまたは発進側から押し込みながら必要な大きさまで孔径を順次、拡げる作業を行う（図-2）。

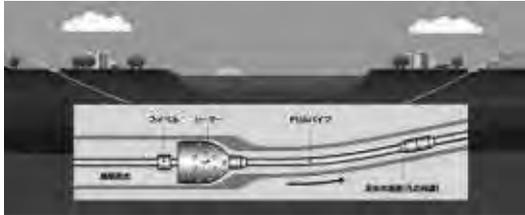


図-2 拡孔

③ 敷設管引込

必要な大きさまで拡孔した後、到達側でドリルパイプに敷設管を接続して、ドリルパイプを発進側で回収しながら敷設管を孔内に引き込む（図-3）。

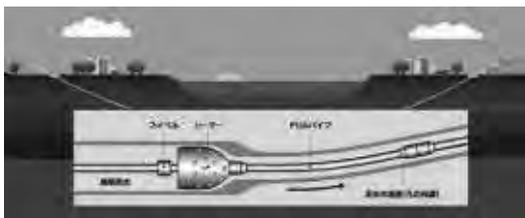


図-3 敷設管引込

(2) 掘削位置計測

先端の掘削位置は、掘削編成に組み込まれた測定器で、地磁気と重力方向を計測することで方位と傾斜を測定して計算で位置を特定する。

地上に人工磁場を発生させる Tru Tracker と呼ばれるケーブルを展張して、その磁場からの方向と距離で位置を確認する方法を使用すれば、その精度を格段に向上させる事が可能である。また、この方法を利用すると周辺に高圧電線など磁気を発するものが付近にある場合でもその影響を排除することができる（図-4）。

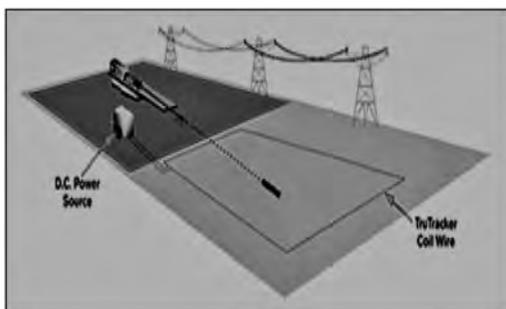


図-4 Tru-Tracker 概要

(3) コースコントロール

パイロット掘削では、直線および曲線の構成で設計された計画線に沿って位置情報を得ながらコントロール掘削を行う。上下左右方向へのコントロールは、推進力に対して掘削編成のベント角から得られる反力を利用して行う。直進時にはその反力を打ち消すために編成全体を回転させて掘進する。この掘削方法をこまめに変えることで計画線に沿って掘削を行う。到達精度は実績ベースで上下左右±2m・延長は±2%である。

3. 施工機材

(1) 水平掘削機

直進、弧状に任意のコースの掘削を行う装置である。先端にビットを取り付けた掘削編成（図-6、写真-6）に順次ドリルパイプをネジ接続し、そのストリングスを通して推力及び回転力を与える。本管挿入の際には推力を利用し、引き込みあるいは押し込みにより孔内へ管を敷設する（図-5、写真-2）。

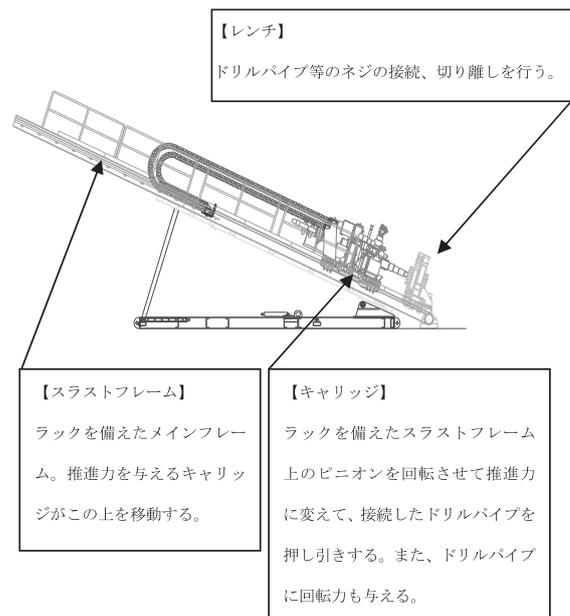


図-5 水平掘削機概要



写真-2 水平掘削機設置状況

(2) その他の主要機材

(a) マッドポンプ

ドリルパイプ内を通して先端編成から孔壁を通して、掘削ズリを地上まで運搬する泥水を循環させるための高圧ピストンポンプ。大型の掘削では、吐出圧10 MPa以上、吐出量1000 L/min以上の能力のものを使用する（写真—3）。



写真—3 マッドポンプ

(b) 調泥プラント

掘削孔を通り地上に上がった泥水から掘削ズリを分離し、泥水性状を調整するプラント。調整された泥水は再びマッドポンプに送られて循環利用される（写真—4）。



写真—4 泥水管理プラント

(3) 掘削ツール

(a) ドリルパイプ

掘削機の推力・トルク・ポンプの高エネルギーを掘削編成の先端に伝える、石油開発の大深度掘削用に作られたパイプ。200 tf～300 tfの引っ張りに耐えうる5”～6-5/8”の管体外径のものを使用する。

(b) ビット

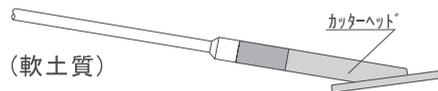
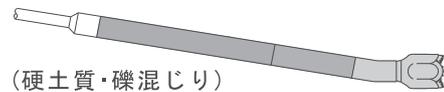
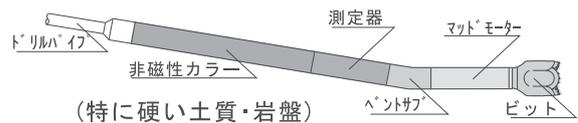
パイロット掘削時、地層を削る最先端ツール。一般的にボーリングで使用されている3つのコーンを組み合わせたトリコーンビットを使用する。土質地盤～軟岩には鉄を削りだしたミルツースビット、硬岩～超硬岩にはタングステンカーバイドチップを埋め込んだTCIビットを使用する（写真—5）。



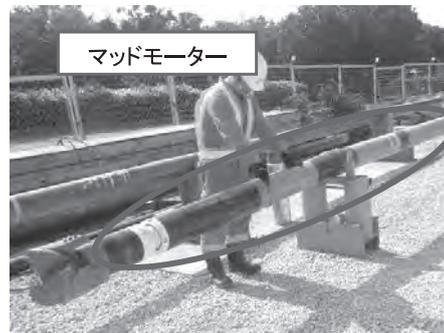
写真—5 掘削用ビット（左：軟岩用ミルツースビット、右：硬岩用TCIビット）

(c) マッドモーター

ビットの直後に装着し、マッドポンプにより高圧で送られる泥水を螺旋状のシャフトに通すことにより先端ビットに回転力を与えるツール。岩盤掘削時に使用する。ベント角がついているため、掘削コースをコントロールできる（図—6、写真—6）。



図—6 パイロット掘削編成



写真—6 パイロット掘削編成

(d) 拡孔ツール

パイロット孔を削り拡げるためのツール。土質地盤ではリーマーと呼ばれるジェット噴射により地層を削るツールを使用し、岩盤ではビットのコーンと同様のカッターを備えたツールを使用する（写真—7）。



写真一七 拡孔ツール

(4) 泥水

泥水は掘削において様々な役割を担う。一般にベントナイトをベースとするものを使用し、掘削地盤に合わせて添加物を調整添加する。泥水はポンプにより圧送し掘削編成の先端から高圧噴射される。ドリルパイプと孔壁の間隙を通して循環させることで掘削ズリを地上に排出する。この時泥壁を形成することで掘削孔を安定的に保つ。また、掘削により熱を帯びる先端ビットの冷却機能も果たす。泥水は地上プラントにより調合、調整し循環利用されるが、この性状を地上に上がった掘削ズリの状態や掘削時の推進機にかかる力のパラメーターをみながらコントロールする（写真一八）。



写真一八 泥水循環状況

(5) 本管使用管種

掘削孔に管を引込設置する際には引っ張りに耐える接続強度が必要となり、一般的に鋼管または高密度ポリエチレン管を用途に合わせて使用する。ケーブル陸揚管路のように海底に到達するような海上作業が必要となる工事では、海上での作業をミニマムにするために本管を発進側から挿入設置する。この時にはケーシングパイプと呼ばれる油井用のネジ接続鋼管を使用する（写真一九）。



写真一九 油井用ネジ鋼管

4. 実績

本工法は、これまで16 kmの施工延長実績がある。用途としては通信・電力・送水管・導水管・地震津波計測ケーブル・排水・ガスパイプライン・深層水取水等、多岐に亘る。国内での最長は徳島県で施工した地震津波計測ケーブルの陸揚げ管路で1,350 mである。また、四国では760 m離れた島と島を貫通し送水管を敷設した実績もある。

5. 施工実績紹介

今回紹介する海底通信ケーブル陸揚管路工事は、沖縄県の実施する離島連携のための海底通信ケーブルの沖縄本島陸揚のための管路工事である。現場となる沖縄県糸満市米須は沖縄戦跡国定公園に含まれ、自然環境保護の観点から開削による管路敷設が禁止されている。このため、サンゴ礁を回避し海底に直接到達する必要があることから、本工法が採用された。

(1) 施工条件

平面距離	603.14 m
掘削距離	606.50 m
掘削径	311.2 mm (12-1/4")
配管長	606.50 m
本管仕様	4 チュービング VAMFJL P110
	外径：101.6 mm 内径：90.12 mm
主要機械	水平掘削機 DD-300 150 t 1台
	マッドポンプ HHF-500 1台
	調泥ユニット 1式
	MCC 1台
	振動フルイ機 2台
	発電機 400 kVA 1台
	125 kVA 2台
	60 kVA 1台

サンドポンプ 4"~2" 9台

泥水材：MAXGEL 増粘剤
ソーダ灰 pH調整剤
テフロー 分散剤
消泡剤 No.15

セメント：①比重 1.55 逸泥防止剤
②比重 1.80 崩壊防止剤

計画縦断線形は、発進点から下り12°の急勾配で71.2m掘進し、R=1000mで水平まで戻す。このときの深度はWL-26.46mである。到達点の海底調査からパンチアウト位置を決定し、R=700mで上り勾配4°に修正する計画とした（図-7、写真-10）。

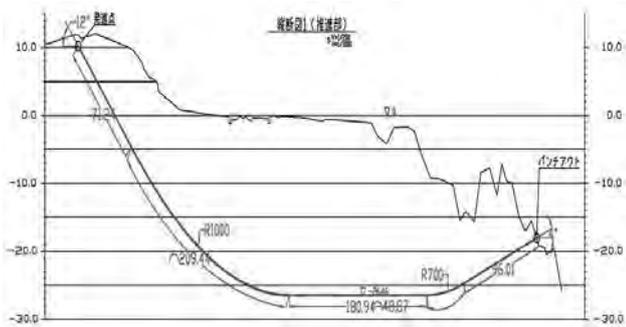


図-7 縦断線形図



写真-10 施工位置付近海岸

地質：琉球石灰岩 岩盤強度 80 MPa 程度

〈琉球石灰岩の特徴〉

- ①サンゴ礁とその碎屑堆積物が、地殻変動により押し上げられて台地面を形成した層である。
- ②層の構成物質はサンゴ、ウニ、貝類、コケムシ、有効虫といった石灰殻をもつ生物遺骸及びその細片が大部分である。
- ③層厚は一般に40~50mあり、基盤の凹面を埋めるように分布している。
- ④未固結の砂礫状部から再結晶作用によって強く固結した塊状部（ケースハーディング）まで、強度

のばらつきが非常に大きい。

- ⑤地下水の影響で処々に空洞部が存在する。
琉球石灰岩は世界でもあまり例のない新規の石灰岩で、現在も岩石化が進行している。

(2) 本工法の採用理由

以下の理由で本工法が採用された。

〈採用理由〉

- ①600mの長距離を容易に掘削できる。
- ②水深20mの海底面のターゲットに向けてコントロール掘削ができる。
- ③琉球石灰岩の下部を通るため、環境に影響しない。

(3) 不発弾探査

本地域では、戦後60年が経過してもなお、毎年700~800件の不発弾が発見されている。本工事においても、作業開始前のコンダクターパイプ設置時に深さ50cmごとに不発弾探査を実施した。

(4) 計測用ケーブル設置

前述の通り、掘進において正確なコースコントロールを行うために、地上に掘削位置計測用のケーブルを設置した。ケーブルは干潮時に海岸から沖に向かって約100m延長して設置し、直流電流(20V)をケーブルに流して人工磁場を形成し、掘削編成の中にある測定器で位置計測を行った（写真-11）。



写真-11 計測ケーブル設置状況

(5) パイロット孔掘削

水平掘削機DD-300を計画角度と水平方向を調整しながら据付け、パイロット孔掘削を行う時の管理値として、回転スピードは80~100rpm、トルクは15000~25000Nm±10000とした。

(6) セメンチング（石油掘削・ボーリング用語）

本工事を掘進するにあたり、最も注意を要したのは

琉球石灰岩層に点在する空洞である。過去に近隣ではほぼ同条件の施工実績では、3回程度の空洞対策としてセメンチングを計画していたが、予測を越える空洞が10箇所以上有り、その対応に工期延期を余儀なくされた。セメンチングのサイクルを以下に示す。

①逸泥

掘削中に泥水の戻りがなくなった時点で逸泥と判断する。

②掘削編成の揚管

掘削編成を地上に引抜き、セメンチング編成に交換する。

③セメンチング編成の降管

セメンチング編成を逸泥ポイントまで孔内に挿入設置する。

④セメンチング

セメントミルクにベントナイトを添加し、コンクリートポンプ車でドリルパイプを介して掘削孔内の逸泥箇所に充填する（写真—12、表—1）。



写真—12 セメンチング状況

表—1 配合表 (1m³当り)

	逸泥時	崩壊時
セメント (kg)	340.5	627.9
8%ベントナイト (L)	576	1172.1
清水 (L)	314.7	—
比重	1.25	1.80
W/C (%)	255	53
材令7日 (kg/cm²)	5.0	108

⑤硬化

セメントベントナイトが孔内に残留する泥水と比重差により置換され硬化する。空洞の閉塞目的なため硬化養生は1日とする。

⑥セメンチング編成の揚管

⑦掘削編成の降管

⑧セメントベントナイト浚い掘削

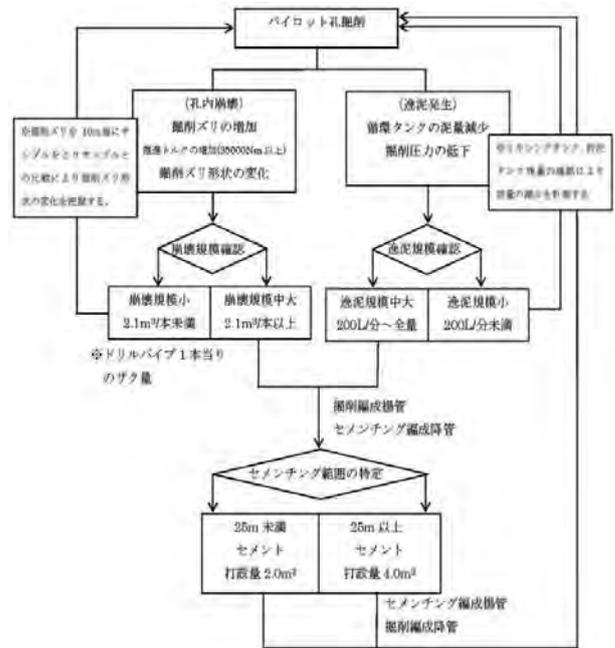
セメントベントナイトを逸泥箇所と孔内に充填・硬化させた後、逸泥箇所以外の余分なセメントベントナ

イトを掘削する。

⑨ビット先端を元孔深度まで掘削

ビットを逸泥箇所まで降下させ、泥水の循環を確認後、再掘進開始する。

※延長300mでのセメンチング一連の工程で概ね3日～4日である（図—8）。



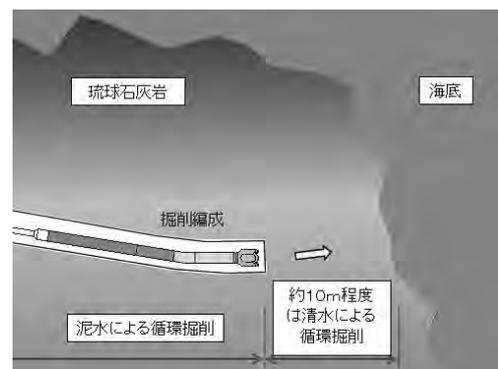
図—8 セメンチング管理フロー図

(7) パンチアウト（到達の意）

事前に海底調査・測量したポイントに掘削編成をパンチアウト（到達）する。海域の汚染・汚濁を防止するために以下の手順で施工する。

- ①位置・距離を計測しながら泥水循環による掘削
- ②パンチアウト手前10mで停止
- ③清水を循環し、泥水を置換する
- ④残り10mを清水で掘進しパンチアウトする

これにより、泥水による海域の汚染・汚濁を最小限に抑制する（図—9、写真—13～15）。



図—9 パンチアウト概略図



写真—13 パンチアウト状況



写真—16 本管敷設状況



写真—14 先端編成切断状況



写真—17 本管海底到達状況



写真—15 先端編成回収状況

- ①長距離の掘削が可能
 - ②あらゆる土質に対応可能
 - ③サンゴ礁などを回避し自然環境にやさしい
 - ④到達部が海域の場合に汚染を抑制
- といったメリットがある。

本工事で経験した不測の空洞が点在する琉球石灰岩は特異な地層であり、非開削工法全般的に施工が困難な地層である。本工法においても、同地層を施工する場合はセメンチング方法及び材料・注入方法の他にも掘削方法や泥水性状などの検討を行い、空洞・地層変化対策をさらに向上する必要がある。

先に述べたように長距離掘削ではそれ故にあらゆる地層に遭遇する。今後、様々な工事への適用を図り、より多くの場面で活用できる工法として、インフラ整備事業に貢献していきたいと考える。

JICMA

(8) 本管敷設

本工事は通信用として4"チュービング VAM FJL P110 (外径：101.6 mm, 内径：90.12 mm) を2条敷設した。陸上より水平推進機に本管をセットし、1条ずつ順次挿入していく。敷設後にメッセンジャーワイヤー (Φ6 mm) にて専用のゲージを導通し、性能試験を実施する (写真—16, 17)。

6. おわりに

上下水道および通信・電力線等のライフラインは建設からすでに30年近く経過したものが増加していく中、敷設替えを行う時には、自然保護の観点や地形・地勢条件から非開削での施工が求められるケースが今後多くなると想定する。

本工法リードドリル工法は冒頭述べた特長の他に

[筆者紹介]
渡邊 康人 (わたなべ やすと)
株式会社エクシオ
土木事業本部



下田 雅一 (しもだ まさかず)
日本海洋掘削(株)
水平孔掘削事業部



地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム !!

リアルタイムによる施工管理システム

鹿野 和博・山田 三洋

日本列島の南西諸島では鹿児島県から沖縄県にかけて琉球石灰岩の島々が数多く分布している。これらの島々では土地が平坦でほとんど河川の発達が見られず、さらに石灰岩が多孔質で保水力に乏しいため水の確保が困難である。そのために近年限られた範囲内に地下水を貯水、あるいは涵養して有効利用することができる地下ダムが計画築造されている。

現在の地下ダム建設工事では SMW 工法 (Soil Mixing Wall) (以下「本工法」という) による地中連続壁の造成が一般的である。地下ダム工事における本工法で最も重要とされているのが杭の施工精度であり、杭ラップ長の確保である。本稿では沖永良部地下ダム建設工事における本工法の施工管理システムについて紹介する。

キーワード：SMW, 施工管理システム, 単軸, 三軸, 杭ラップ長

1. はじめに

沖永良部地下ダムは鹿児島県の奄美群島にある沖永良部島南西部に位置し、国営かんがい施設の整備・農業用水不足の解消を目的とした水資源開発の一環として平成 19 年より事業がスタートした。

当該工事は先行削孔併用の本工法を用いて、琉球石灰岩中にソイルセメント止水壁を構築し、地下水を貯留させ、農業用水に利用するものである (図-1)。

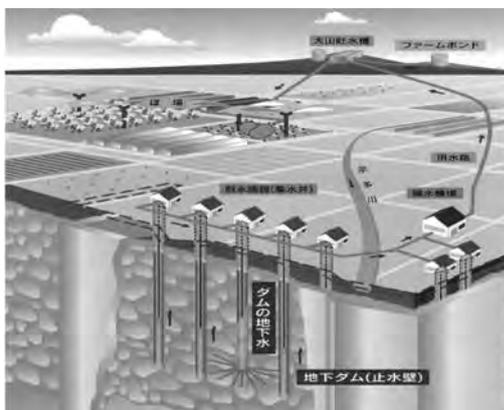


図-1 沖永良部地下ダム概要図

2. 地質概要

沖永良部島は透水係数の高い琉球石灰岩が分布しており、この琉球石灰岩には一部風化した碎屑性石灰岩

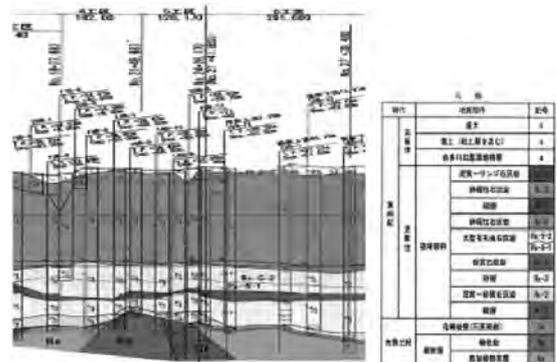


図-2 地質縦断面図

や所々結晶化し硬質化したものまで幅広い特性をもっている。また、基盤層には頁岩優勢砂岩頁岩互層や硬質基盤の緑色岩・石英斑岩がありこれまでの地下ダムにはない地質的な特徴がある (図-2 参照)。

3. 施工概要

(1) 施工内容を表-1, 施工状況を写真-1 に示す。

表-1 5 工区施工内容

工 種 名	規格・寸法	本数
ケーシング削孔工	削孔長：20.0 m 削孔径：710 mm	190 本
先行削孔工	削孔長：56.3 m 削孔径：600 mm	190 本
ケーシング排土工	削孔長：20.0 m 削孔径：710 mm	190 本
三軸切崩し工	削孔長：16.6 m 削孔径：550 mm	189 本
三軸削孔工	削孔長：55.7 m 削孔径：550 mm	189 本



写真-1 施工状況

4. 工法概要 (図-3)

(1) ケーシング削孔

ケーシング削孔は、先行削孔の施工鉛直精度を向上させるとともに、セメント混合液が混入して越流部(ダム天端以浅の部分)の浸透性を侵すことのないように行うものである。ケーシングによって5m毎削孔し無回転で引上げ4tダンプに排土する。GL-20mまで繰り返し石灰岩を削孔するものである。

(2) 先行削孔

ソイルセメント止水壁の造成をできるだけ容易にするとともに施工鉛直精度を確保するために先行削孔を行う。削孔は注入液(I液)を使用し、ケーシング削孔孔に従って90cm間隔で行う。GL-20mまでは、ケーシングに沿って無回転で錐を挿入する。ここでケーシングを切り離し錐を継ぎ足す。

ケーシングをガイド管として削孔を行う。GL-20m

以深については $\phi 600$ mmの錐でI液を注入しながら所定の深度まで削孔を行う。所定深度に到達したら、オーガの回転を逆回転にしてI液を注入しながらGL-20mまで引き上げる。脱錐後錐とケーシングを接続しケーシングを引き上げるものである。

(3) ケーシング排土

ケーシング $\phi 710$ mmと $\phi 600$ mmの単軸オーガを使用して、削孔液を使用せずにGL-20mまでケーシング削孔の孔に沿って孔内のI液混合土を掘削する。GL-20m到達後無回転でオーガを引き上げケーシング内のI液混合土を4tダンプに排土し所定のピットに運搬するものである。

(4) 三軸切り崩し

先行削孔完了後三軸オーガに切り替えてケーシング削孔で残った地山を切り崩すものである。切り崩しはGL-16.6mまで行うものである。切り崩した土砂はテレスコパケットにて取り除く。

なお、切り崩す事により孔壁の崩落が生じないか、十分な事前点検と施工中の観察が必要である。

(5) 三軸削孔

三軸削孔は切り崩し終了後切り崩し下端まで三軸錐を挿入し、I'液を注入しながら削孔を行い施工管理装置(三軸リアルタイム施工精度管理システム)にて錐の位置及び錐の傾斜傾向を観察するものである。

所定の深度へ到達後逆回転にて傾斜測定位置まで錐を引き上げ、錐を切り離して測定を行うものである。測定は挿入式傾斜計を用いて行い、測定終了後固有誤差・軸間距離のデータ検定を行い、測定が正しく行われているかどうかチェックするものである。

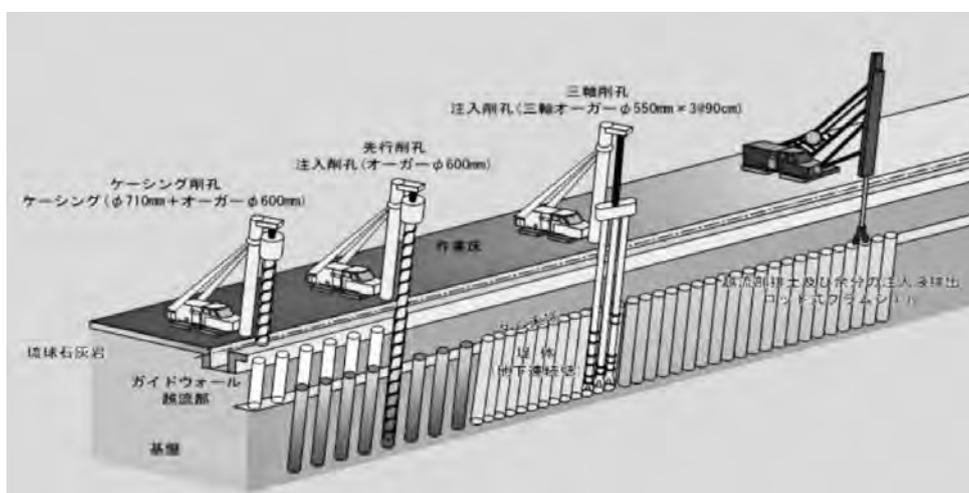


図-3 施工概要図

挿入式傾斜計測定終了後II液の吐出を確認し、錐継ぎを行い所定の深度まで削孔し到達後、注入を行いながらターニングを2回行い引き上げるものである。

(6) 調整杭

三軸削孔後の傾斜測定の結果、三軸削孔のラップ長が50mmを下回った場合はその部分に三軸削孔を施工するものである。

調整杭は三軸削孔の施工後7日以内が期限である。

5. 単軸施工精度管理システムの概要

単軸施工精度管理システム(図-4)は、止水壁工事のケーシング・先行削孔施工時において、オーガスクリーの鉛直精度及び掘削深度・掘削速度・オーガ負荷電流値・注入量などの施工管理に必要なデータを収集し管理するシステムである。このうち鉛直精度管理は、削孔用のオーガスクリーの先端に内蔵された固定式傾斜計からのX軸・Y軸方向の傾斜角度信号を、スクリーロッド内のケーブルを介してコンピュータに入力させ、一定深度ごとに先端部の原位置の計測を行うものである。

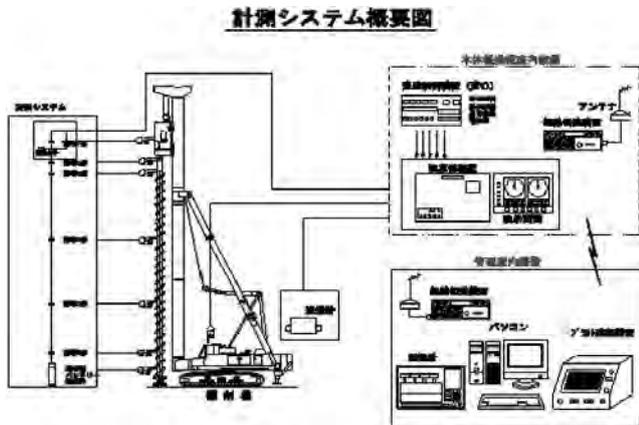


図-4 単軸施工精度管理システム概要図

(1) 計測室パソコン画面

図-4の本体機から送られたデータを計測室のパソコンに表示。図-5パソコン画面に①深度、②・③区間注入量、④電流値、⑤吊荷重、⑥削孔速度、⑦積算注入量等のデータ表示されるものである。

①深度…掘削深度の表示

(削孔時が黄色、引上げ時が青色で表示)

②区間注入量(削孔時)…m当りの区間注入量の表示
(設計:150ℓ/m 設計値以内は水色、設計値以上は青色で表示)

③区間注入量(引上時)…m当りの区間注入量の表示

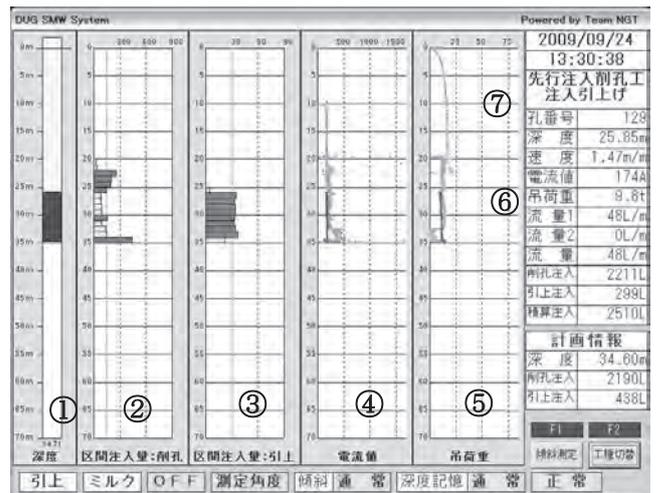


図-5 計測室用パソコン画面

(設計:30ℓ/m 設計値以内は水色、設計値以上は青色で表示)

④電流値…オーガの負荷電流値

(一般部の平均値200A, 基盤部の平均500A)

⑤吊荷重…オーガ, 錐の重量

(基本装備は, 20mで約21t)

⑥削孔速度…削孔速度(m/分)

⑦積算注入量…削孔時, 引上時の積算注入量

(2) 傾斜測定の概要

先行削孔用の単軸オーガスクリー先端内部に設置された傾斜計のX軸Y軸の絶対値を図-6のような位置にとり、所定の深度(5m)毎にオーガスクリーの回転を止めて、その都度傾斜を測定し設計長到達までの削孔精度を記録するものである。

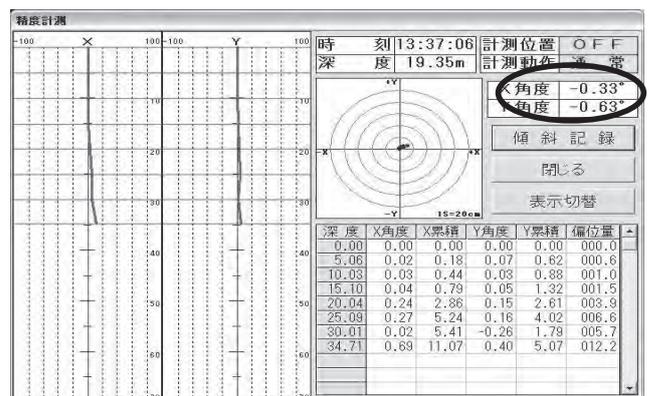


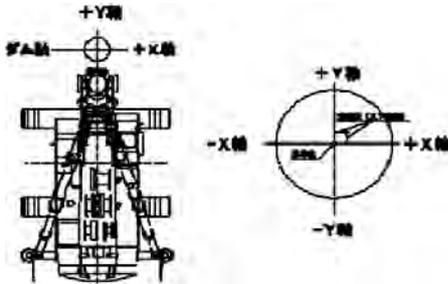
図-6 傾斜測定画面

(a) 計測順序

①施工位置にオーガスクリーをセットする。

②オーガスクリーを回転して、傾斜計のX軸・Y軸測定方向を合わせる。

- ③オーガスクリーパー軸の初期値を取り込む。
- ④削孔を所定の深度まで行い、傾斜計の X 軸・Y 軸測定方向を合わせてオーガスクリーパーの回転を止める (図一七参照)。



図一七 オーガスクリーパーセット図

- ⑤傾斜の角度を読み取り、その数値を管理システムのデータとして取り込む。

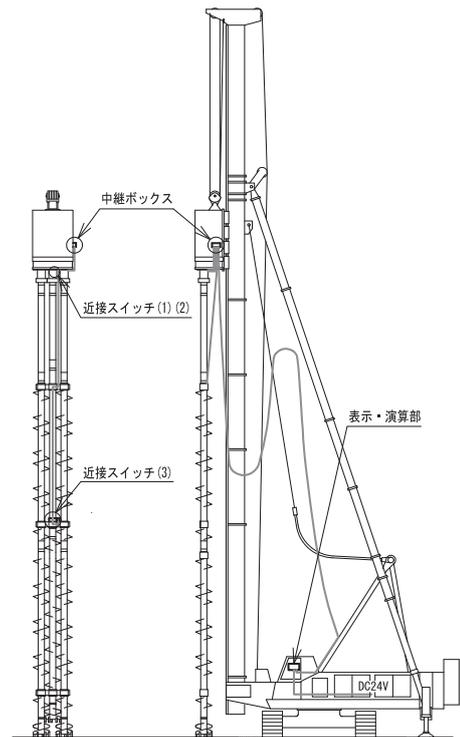
6. 三軸リアルタイム施工精度管理システムとは

地下ダム専用に開発した精度管理システムであり、柱列式地中連続壁工法にて止水壁を造成する際に、中央の錐軸位置と三軸のねじれ角度を連続的に計測し、地中連続壁造成中の地中の錐位置を把握することで、壁体造成精度と隣接エレメントとの連続性を迅速に確認できるシステムである。

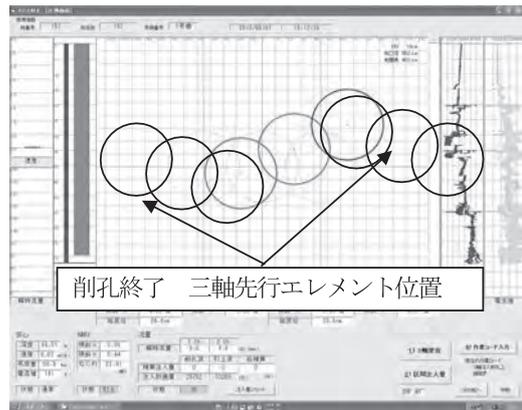
(1) 三軸リアルタイム施工精度管理システムの概要
三軸錐軸の精度は、錐軸全体の曲がりの要素と錐軸のねじれの要素が合成されたものを、一般に造成精度と呼んでいる。

三軸リアルタイム施工精度管理システムは、スリップリング式連結軸に計測ユニットを取り付け、削孔作業を停止することなく三軸のねじれ計測と錐軸全体の曲がり計測を同時に行うものである。

三軸のねじれ計測データと中央軸の曲がり計測を合成演算処理することにより、地中の造成精度を把握するものである。スリップリング式連結軸の地下センサーからのデータ信号は、錐軸内蔵の信号ケーブルにより伝送され、施工機に搭載した演算装置で処理後、オペレーター室の表示装置(図一八)に表示され、同時にデータ送受信アンテナで管理室に伝送されたデータは、管理室のパソコンで削孔エレメントの造成精度と共に、隣接する施工済みエレメントの造成精度と合成処理され管理画面(図一九)に表示できるため、従来のような単一エレメントの施工精度管理システムとは異



図一八 三軸リアルタイム施工精度管理システム機械概要図



図一九 三軸リアルタイム施工精度管理システム PC 画面

なり、壁体の連続性をもリアルタイムに確認できる精度管理システムである。

(2) 計測の原理 (図一十)

(a) 錐軸曲がり計測

スリップリング式連結軸に取り付けた傾斜計の信号は、演算部処理装置により、削孔中の振動・衝撃等の影響を取り除き、深度データと整合処理し、錐軸全体の変異を求めるものである。

各深度毎の変位を累積することで、地中の錐軸の変位量を算出するものである。

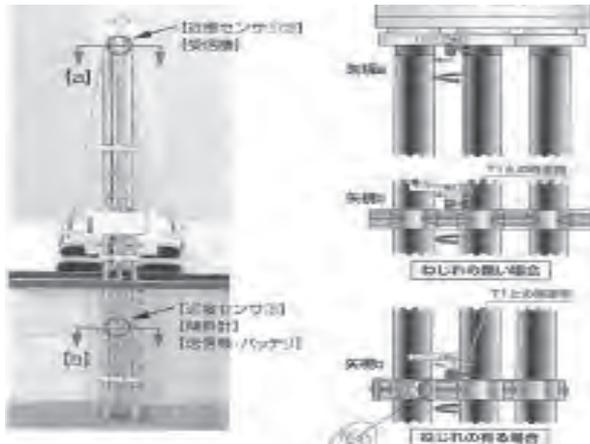
(b) 錐軸ねじれ計測

オーガ機の中央軸及び錐軸先端付近のスリップリング式連結軸部分に近接センサーを設置し、錐軸の回転

時の上部及び下部の近接センサー検知時の時差により、スリップリング式連結軸の回転角度を錐軸のねじれとして演算処理するものである。

(c) 造成精度

錐軸曲がり計測データと錐軸ねじれ計測データ及び計測深度を合成することで、柱列式地中連続壁の造成精度を求めるものである。



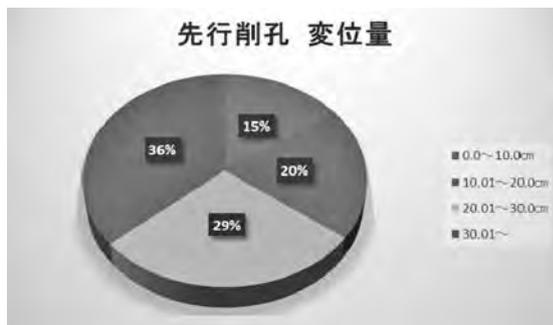
図一 10 計測原理図

7. 実施結果

(1) 先行削孔精度

削孔結果としては、施工性向上（一部 30 m ケーシング）の対策効果もあり削孔精度 1/100（設計規格変位量 56.3 cm）に対し平均で 1/215（平均変位量 26.0 cm）の高い精度で完工した（表一 2 参照）。

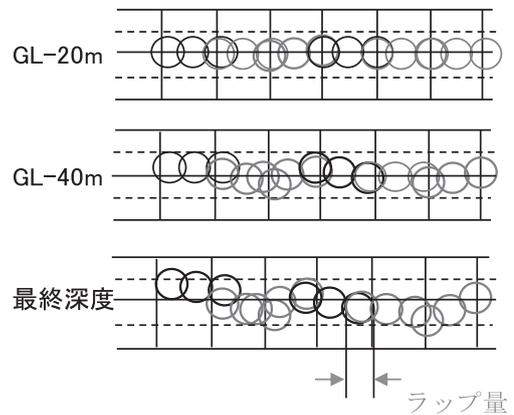
表一 2 先行削孔工変位量グラフ



(2) 三軸削孔ラップ量

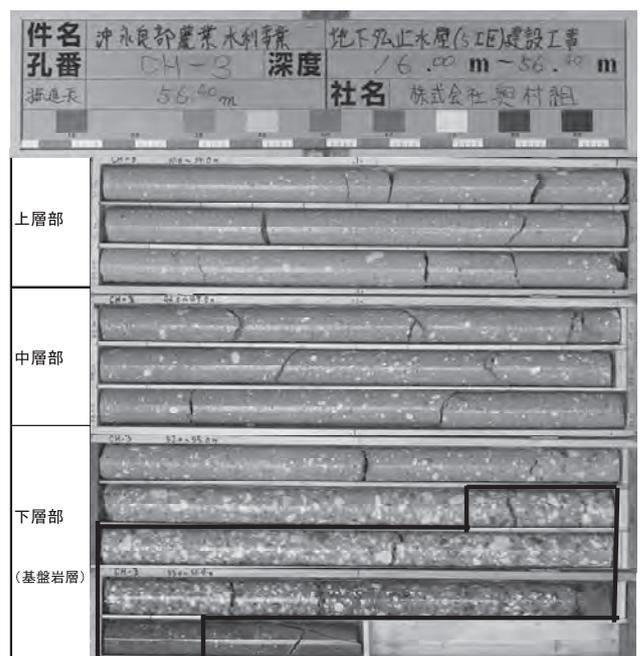
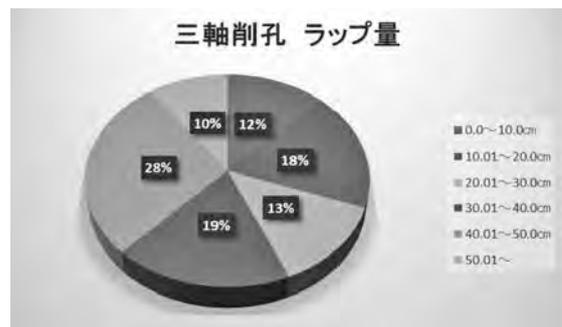
三軸削孔では、重なり合うユニットの設計最低ラッ

プ量は 50 mm であり、最高ラップ量は 550 mm である。ラップ量が 50 mm 未満の場合は調整杭（ラップ量不足による三軸削孔）増杭となる。当工区では、設計本数 35 本に対して、調整杭の発生は 20 本と低減率 40% 以上を達成した（図一 11、表一 3 参照）。



図一 11 三軸削孔エラップ量サンプル図

表一 3 三軸削孔エラップ量グラフ



写真一 2 コア写真

(3) 止水壁体品質

止水壁の品質（強度・透水係数）も十分満足するものである。チェックボーリングにて採取されたコアからも判断できるように、上層から下層まで十分に攪拌された止水壁である（写真—2参照）。

8. 今後の課題と展望

今後、沖永良部地下ダムや沖縄地区の地下ダムの建設の計画があり、様々な土質状況のなかで地下ダム施工に対応していかなければならない。今回使用した三軸リアルタイム施工精度管理システムについても、まだまだ開発の余地があり、また、今後は三軸リアルタイム施工精度管理システムによるリアルタイムで計測した孔曲りの錐を、効率的に修正することができるかが課題である。

9. おわりに

沖永良部地下ダム工事は、平成23年から試験工事10工区、今回の5工区の工事に携わり、沖縄地区と異なった土質で難工事でありましたが、様々なアイデアや対策の結果、精度の高い止水壁の施工をすることができた。沖永良部地下ダム完工も全体の50%を超え、残すところ3工区のみである。

安定的な農業用水の確保という目的から、地下ダム（止水壁）の工事は数多く見込まれます。本工事の実績がこれからの同種他工事の参考となれば幸いです。

JICMA

《参考文献》

- 1) 九州農政局沖永良部農業水利事業所事業概要書（パンフレット沖永良部水どう室）

【筆者紹介】

鹿野 和博（しかの かずひろ）
（株）奥村組九州支店

山田 三洋（やまだ みつひろ）
（株）奥村組九州支店

本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事

筧 哲 志

東京都の環状第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とする全長約14kmの都市計画道路である。道路構造について、平成10年に汐留から虎ノ門までの区間を地下トンネル方式とする都市計画変更が行われた。本稿では、都市部における開削工法による地下トンネル工事において、鋼製地中連続壁を利用した施工事例について報告する。

キーワード：鋼製連続地中壁工法, CSM工法, NS-BOX, 嵌合継手

1. はじめに

環状第2号線が全線開通することで、①臨海部と都心部を結ぶ交通・物流ネットワークの強化や渋滞緩和など地域交通の円滑化、②臨海地区の避難ルートの多重化による防災性の向上、といった整備効果が期待される。また、2020年に東京で開催されるオリンピック・パラリンピックにおいて、晴海の選手村とオリンピックスタジアムを結ぶ重要な道路として位置付けられている(図-1)。本工事は、環状第2号線のうち、オフィスビルが立ち並ぶ新大橋通り地区(写真-1)の下部に地下トンネル(ボックスカルバート)を築造する。新大橋通りに常設作業帯を設置し、施工を行った。

当該地盤の地質は、上位より「現世」の表土(埋立層)、「沖積層」である有楽町層(七号地層を含む)、「洪積層」である東京層(東京礫層を含む)と江戸川層の

順に分布している。GL-2m付近まで存在する埋立層はN値3~10程度であり、礫、砂、粘土、碎石、コンクリートガラ等が混入している。GL-4.6m付近まで存在する有楽町層(Yu-c)はN値2~6程度であり、構成土質は有機質粘土が主体で、粘性が強い。GL-4.6m~17m付近まで存在する東京層(To-s1, To-c2)は構成土質が不安定で、砂、細砂、砂質シルト、粘土質砂など様々な地層で構成されている。上部の粘土主体の層はN値10~20程度、下部の砂層はN値30~50程度である。

地下水位(孔内水位)はGL-1.2m~2.5mであり、設計水位はA.P+2.5m(GL-1.2m)と設定している。受注後に追加ボーリングを行い、東京層下部(To-s2)

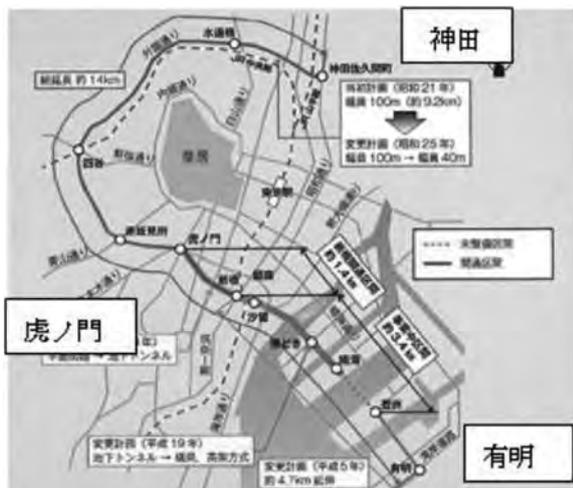
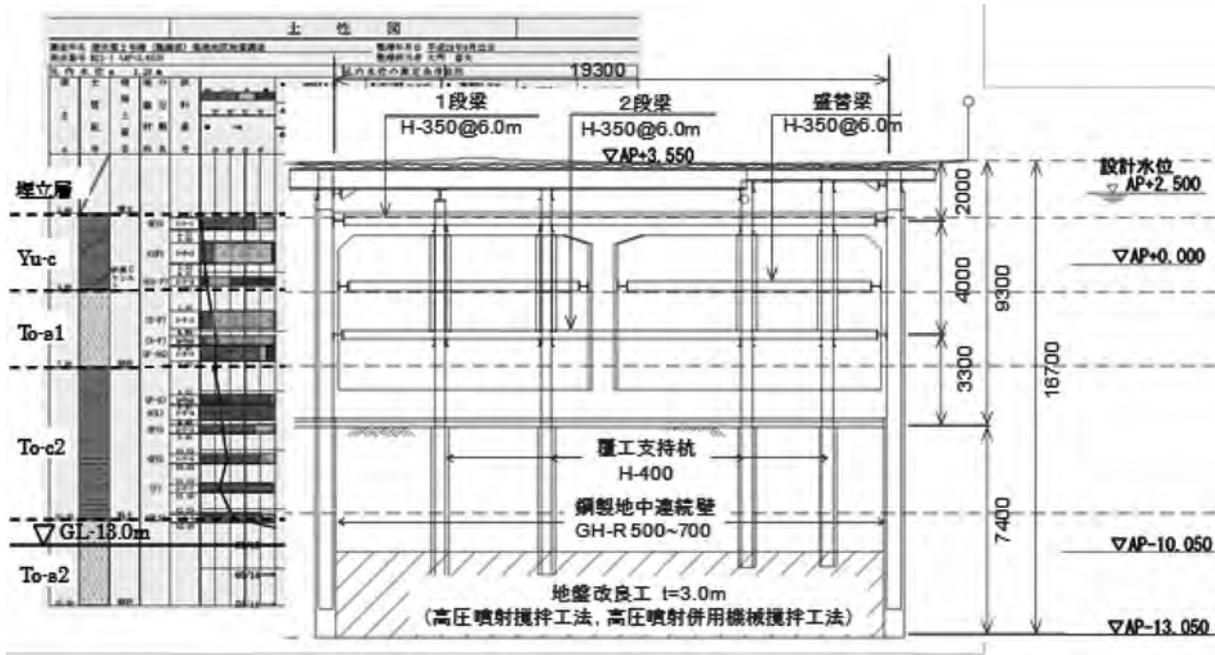


図-1 環状2号線全体図



写真-1 工事箇所全景



図一2 土層と施工範囲の関係図

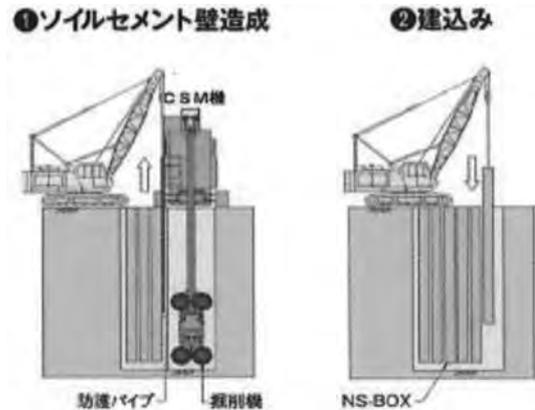
の被圧水位を計測した結果、A.P-3.0 m (GL-6.7 m) の被圧水位であった。

図一2 に土層と施工範囲の関係図を示す。

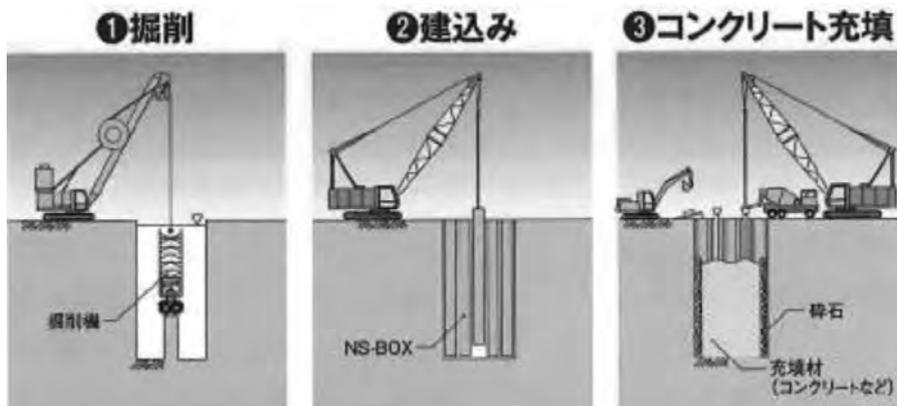
本鋼製部材は嵌合継手を有しており、フランジの端部がC型とT型があり(図一5, 6), 2種類の部材を交互に建て込み、連続壁を構築する。工法一Iでは、建込み後にコンクリートを充填するため、充填性の確

2. 鋼製地中連続壁工法

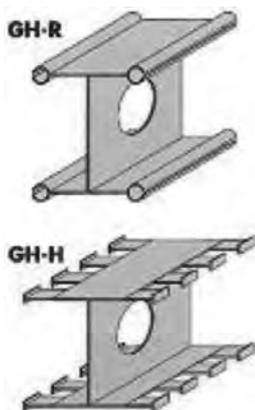
鋼製地中連続壁(以下、鋼製連壁)工法とは、継手を有するH形状の鋼製連壁部材NS-BOX(以下「本鋼製部材」という)を連続して地中に建込み、土留壁(地下壁)を構築する工法である。工法は2種類あり、一つは、安定液掘削した溝に本鋼製部材を相互に連結しながら建込み、コンクリート等を充填して壁体を構築する工法一I(図一3)と、もう一つは、原位置土混合攪拌したソイルセメント壁を造成後、本鋼製部材を相互に連結しながら建込み、壁体を構築する工法一II(図一4)がある。



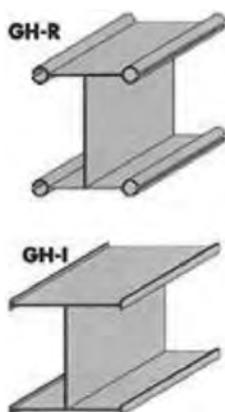
図一4 施工概略図(工法一II)



図一3 施工概略図(工法一I)



図一 5 使用部材 (工法一I)



図一 6 使用部材 (工法一II)

保のために本鋼製部材のウェブに開口が設けられている。

鋼製連壁の工法には、主に以下の利点がある。

- ① 本体利用することにより、用地制限を緩和
- ② 高い断面性能を有し、薄壁化が可能
- ③ 嵌合継手により高い止水性を有する工法

本工事では工法一IIで施工を行った。工法一IIは、TRD (Trench cutting Re-mixing Deep wall) 工法とCSM (Cutter Soil Mixing) 工法の2種類の掘削・造成方法で施工を行える。

TRD 工法は地中に建て込んだカッターポストを横方向に移動させて、カッターチェーンに取付けたカッタービットで地盤を掘削しながら、鉛直方向に固化液と現位置度を混合・攪拌し、壁状のソイルセメント壁体を連続して造成する工法である。

CSM 工法は、水平多軸カッターを用いて土とセメント系懸濁液を現位置で混合・攪拌し矩形のソイルセメント壁体を造成する工法である。

本工事では、埋設管があることや撤去されてない支障物の存在も考えられ、TRD 工法の連続して造成ができる利点が活かさないことから、CSM 工法を採用した。掘削機械に関しては、通常の3点式の削孔機械



写真一 2 掘削機械



写真一 3 建込み完了

より空頭も作業スペースも縮小できるクアトロサイドカッター (写真一2) を使用した。

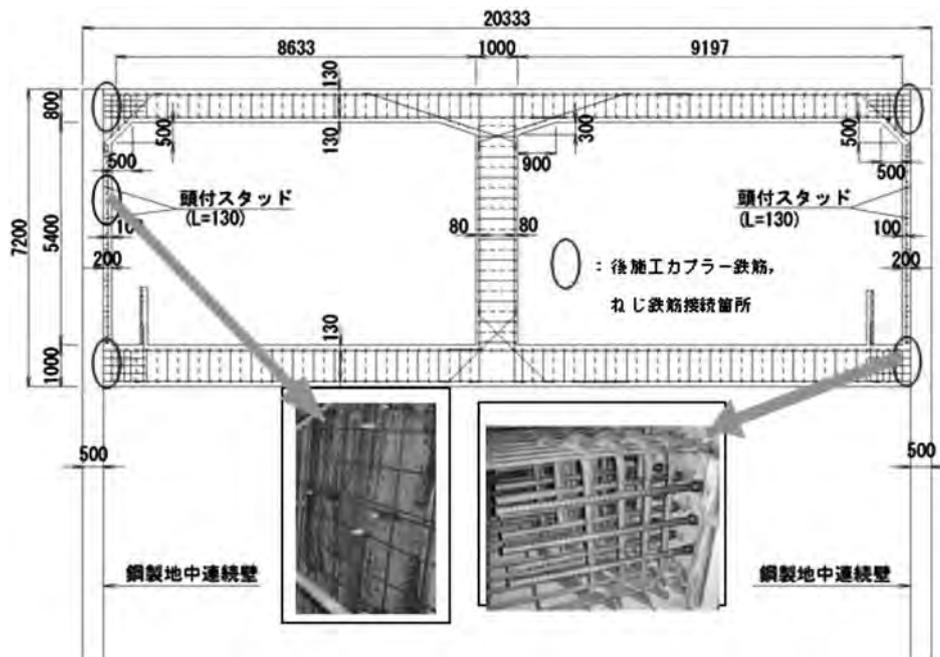
施工箇所周辺はオフィスビルが建ち並び、また、築地市場が近いことから、人や車両の交通量が非常に多い。周辺への騒音や振動の影響を考慮して、施工は夜間に行った。写真一3に建て込み完了の写真を示す。

3. 鋼製連壁の構造

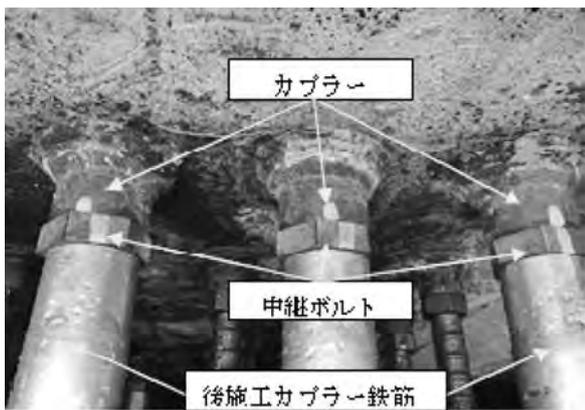
地下トンネルを構築する際、コンクリート構造物本体と鋼製連壁を接合する必要がある。本工事では、剛性と耐力の高い一体壁形式が採用されており、鋼製連壁と底版および頂版との接合部の鉄筋は、ねじ継手溶接カプラー方式で接合する構造となっている。

構造図を図一7に示す。壁は頭付スタッドを溶接し、底版・頂版部はねじ鉄筋を用いてカプラーに接続するが、写真一4のように曲げ鉄筋は中継ボルトを用いて接続し、せん断鉄筋はボルトのみを用いて接続した。

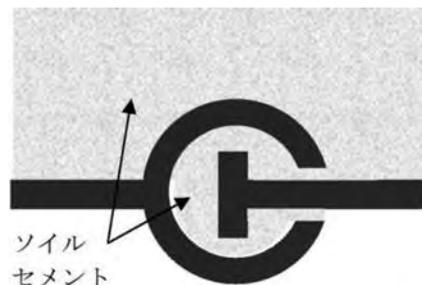
カプラー背面には鋼製連壁のウェブの補強を目的として、プレートが取り付けられている (図一8)。



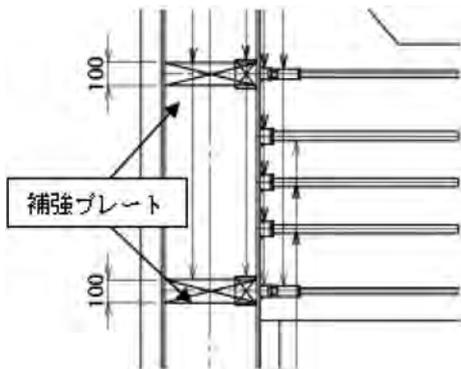
図一七 代表断面の構造図



写真一四 カブラー接続状況



図一九 嵌合継手



図一八 カブラー背面の補強プレート

鋼製連壁は嵌合継手によって、一般的な地中連続壁よりも高い止水性を持つことが特徴である。前章で述べたように、C型の継手とT型の継手が組み合わさり、内部がソイルセメントで充填されることで高い止水性を発揮する（図一9）。

4. 課題及び対策

(1) 埋設物・支障物の確認

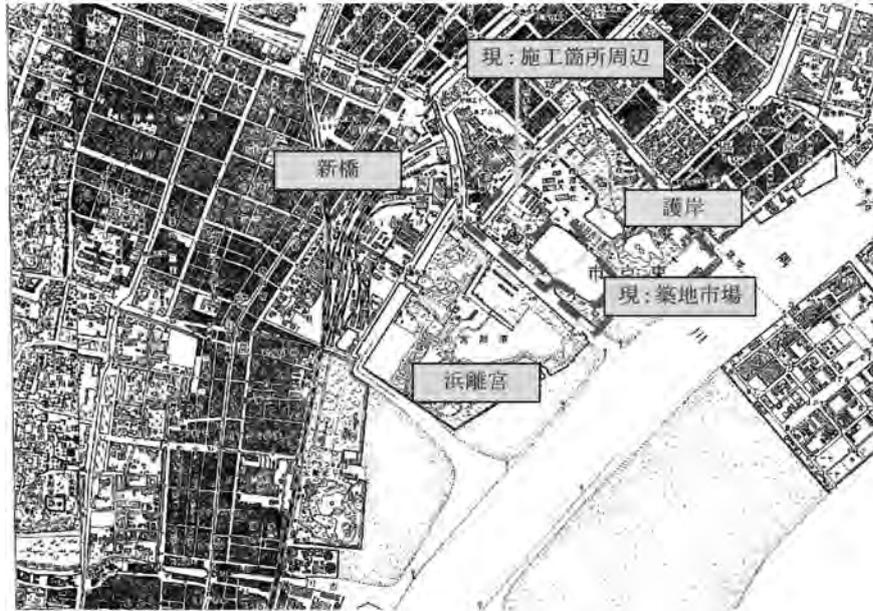
施工箇所には周辺ビル用のインフラの埋設管があることが事前に分かっており、施工時には十分に留意する必要があった。原設計図面を確認しながら施工前に試掘を行い、埋設管の位置を確認した（写真一5）。

試掘中に写真一6のような支障物が発見されたので、古地図を確認すると、施工箇所周辺は昔は護岸であったことが分かり（図一10）、写真一6の採取された石は石積み材料と推察する。

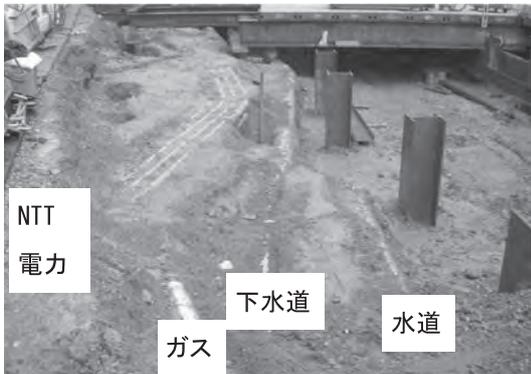
浅層にある支障物は試掘と併行して撤去し、深層にも支障物は存在すると考えられ、鋼製連壁施工時にその都度撤去した。

(2) 溝壁の安定

鋼製連壁の施工にあたり、掘削固化液の配合を決定するため、地質調査時に採取した原位置対象土を使用して、試験練りを行った。試験練りは、セメント添加



図一 10 施工箇所の古地図



写真一 5 埋設管



写真一 6 支障物

量などを変えた配合にて固化体を作成し、流動性および強度を測定した。

事前の土質調査結果から、施工対象地盤は粘性土が6割を占めるため、粘性土を対象とした標準配合を基準に検討を行うこととした。試料採取に際して、通常はボーリングをして試料を採取するが、CSM工法は

造成時の攪拌性が非常に良いことから、造成時の土質の状態に近づけるため、試料は現場で対象土を攪拌し、その攪拌土を用いた。

試験により、攪拌土の含水比や細粒分含有率等は、土質調査結果の平均値とほぼ同様の性状結果が得られた。結果を基に以下の4点に留意しながら配合を決定した。

- ①地盤の掘削が支障なく行える
- ②固化目標強度は $1.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$ 、設計強度 (σ_{28}) は $1.0 \text{ (N/mm}^2\text{)}$
- ③目標フロー値 (JH) は $120 \text{ mm} \times 120 \text{ mm} \sim 300 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ 程度
- ④目標遅延時間 (フロー値 (JH) が $100 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ 以下になるまでの時間) は5時間程度

配合については、施工時にも現場採取試料にて一軸圧縮試験を行い、適切な配合について随時検討を行った。

管理方法として、クアトロサイドカッターの運転席にあるモニターにて掘削固化液の配合量 (表一 1)、および掘削速度 (比較的軟い地盤: 9.0 m/h 、硬い地盤: 4.8 m/h) をリアルタイムで確認しながら施工を行った。

(3) 嵌合継手の防護

鋼製連壁は、嵌合継手により高い止水性が得られるが、掘削完了からある程度の時間が経過した場合、ソ

表一 1 掘削固化液配合

対象土量 1m^3 あたり	高炉セメントB種 (kg)	水 (kg)	ペントナイト (kg)	遅延材 (kg)
	250	700	5.0	10.0



写真一七 防護パイプ (C型用)



写真一九 定規材



写真一八 防護パイプ (T型用)



写真一〇 鋼製連壁部固定状況

イルセメントが硬化し、隣接する本鋼製部材を建て込みなくなる。そのため本鋼製部材建込完了時に継手部に防護パイプ(写真一七、八)を設置し、継手内部にソイルセメントが入り込むのを防止する。

工程等の都合で施工間隔が空いてしまい、防護パイプ周辺のソイルセメントが硬化し、パイプが抜けなくなった場合、丸い防護パイプは抵抗も小さく、万が一抜けなくても外周を削孔することで抜くことが可能である。なお、T型側の防護パイプは抵抗も大きく、万が一の場合の対処方法がないため、建込みの翌日に、数回防護パイプの引き抜き行為を行い、ソイルセメントと防護パイプの縁切りを行う必要がある。

(4) 建込み精度

本鋼製部材と底版・頂版の接続部は先に示した構造図のとおり、該当箇所にあらかじめカプラーが設置されている。本鋼製部材の建て込み時に施工誤差が生じると、底版および頂版構築時に鉄筋のかぶり不足などの不具合が生じてしまう。万が一誤差が生じ、カプラー設置箇所を修正する場合、カプラー背面(本鋼製部材内部)には補強プレートが必要となり、補強プレートは建込み完了後に設置することが出来ないため、建込

み精度が極めて重要である。

建込み精度を高めるために、H鋼で組んだ定規材(写真一九)を利用して、平面位置および鉛直精度を確認しながら建て込みを行った。鉛直精度は2方向よりトランシットで確認し、高さについては実績を考慮して、10 mm～15 mmの上げ越しを行った。また、建込みの1本目となるH鋼には角パイプを取り付け、傾斜計を挿入して鉛直精度を計測、確認した。

さらに、建込み後のソイルセメントが硬化するまでの鋼製連壁部材のズレを抑制するために、ガイド溝に渡した鋼材(H-150)にL-75等を使用して、ブルマンで部材を固定した(写真一〇)。ブルマンを撤去するのは、24時間以上経過してからとし、翌日に隣接箇所を掘削する場合は、隣接箇所の施工完了まで固定を継続した。

鋼製連壁協会では出来形管理基準値を「±10 mm」に設定しているが、後で底版や頂版の鉄筋を接続することやせん断補強筋の施工等を考えると、実際の施工はさらに厳しい管理が必要であった。本工事では、自主管理値を「±5 mm」に設定し、自主管理値以内で施工を終えた。

(5) 工期短縮

掘削に使用したクアトロサイドカッターは、カッター幅が2400mmであり、本鋼製部材幅が約700mmのため、設計上は1回の掘削あたりで本鋼製部材3本の建て込みが可能となる。しかし、掘削、造成、建て込みの一般的なサイクルタイムでは作業時間内に3本部材を建て込むことは厳しかった。

そこで、鋼材を吊り込み位置が最短となる箇所であらかじめ地組みし、効率的に建て込むことで、施工時間を短縮し、1回の掘削あたりで鋼製連壁部材3本の建て込みを行った。

(6) 内壁コンクリートの温度ひび割れ対策

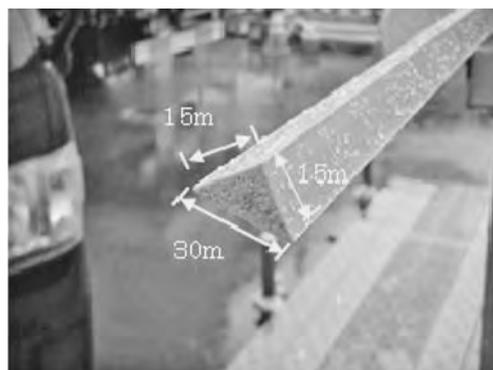
内壁は1ブロックあたり最大延長約20m、高さ4m、壁厚200mmでマスコンクリートではないが、壁厚が薄いため、乾燥ひび割れ発生の懸念がある。薄い部材に対するひび割れの解析手法は確立していないが、乾燥収縮によるひび割れに着目して、温度応力解析を行った。

検討の結果、ひび割れが発生する確率が高いことから、発注者と協議の上、Vカット目地のピッチを約4mに小さくして目地数を増やした。さらに養生期間を通常の7日から14日に延長した。

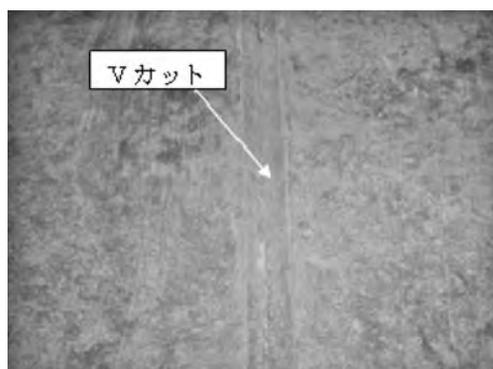
Vカット目地に使用した材料を写真—11に、施工完了の写真を写真—12に示す。Vカットを設置することと養生期間を長くしたことで、有害なひび割れは確認されなかった。

5. おわりに

今回の工事の地中連続壁は、本稿で記載したような課題を克服することにより、品質事故ゼロで施工することができた。官民境界からの離隔が少ない箇所での施工や既設構造物近接箇所での施工など、今後の需要が高まる可能性もあることから、本稿が同類工事の参考になれば幸いである。



写真—11 Vカット目地材料



写真—12 Vカット施工完了

JCMA

《参考文献》

- 1) 鋼製地中連続壁協会：鋼製地中連続壁工法—Ⅰ（コンクリート等充填鋼製地中連続壁工法）設計施工指針（案），pp.2-4，2012
- 2) 鋼製地中連続壁協会：鋼製地中連続壁工法—Ⅱ（ソイルセメント鋼製地中連続壁工法）設計施工指針（案），pp.1-5，pp.11-12，pp.29-35，pp.49-93，2012

〔筆者紹介〕

笈 哲志（かけひ さとし）
西松建設(株)（西松・京王・三幸建設共同企業体）
関東土木支社 環2新大橋出張所
副所長



3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績

日比谷連絡通路工事 R-SWING[®]工法

中津留 寛 介・上 木 泰 裕

今般、都市部の地下立体交差などを構築するアンダーパス工法「R-SWING[®]工法」（以下「本工法」という）を、地下鉄日比谷線と現在建設中の新日比谷計画開発ビル間約 40 m の地下連絡通路築造工事に適用した。

今回使用した 3 連揺動型掘進機は、ユニットの組み合わせにより幅 7.25 m × 高さ 4.275 m の掘削断面を確保し、また、掘進機を転用することによって製造コストの大幅縮減を達成した。

今回は適用 2 例目の現場であったが、所定の期間内に品質問題もなく施工完了したことから工事实績について報告する。

キーワード：地下通路、推進工法、小土被り、揺動型掘進機、矩形断面、ルーフマシン

1. はじめに

都心の再開発プロジェクト等においては、テナントの利便性向上のため、建物と駅を地下でつなぐ地下連絡通路のニーズが高まっている。

これらの建設工事にあたっては、地表面から掘り下げる従来の開削工法では、地上に交通規制が多く発生すること及び地下埋設物の移設や防護が必要となる等の様々な問題がある。

また、シールド工法等の非開削工法による短い距離の工事では、コストが割高になってしまうこと及び土被りの小さい箇所には適用が難しいこと等の問題がある。

そこで、矩形断面の揺動型掘進機を用いた本工法を開発した。

今回は、適用 2 例目となる本工法を使用した地下連絡通路の施工実績を報告する。

表-1 適用範囲

地盤条件	土質	粘性土、砂質土
	N 値	20 程度以下
	土被り	5 ~ 10 m 程度
	地下水圧	0.1 MPa 程度まで
適用寸法	形状	矩形
	幅	4.6 ~ 9.2 m
	高さ	3.6 ~ 9.0 m

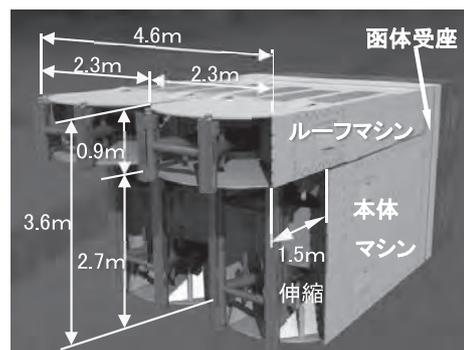


図-1 揺動型掘進機（基本型）

2. 本工法について

(1) 適用範囲

一般的な適用範囲を表-1 に示す。

(2) 基本構成

図-1 に基本型揺動型掘進機の概要図を示す。幅 2.3 m、高さ 0.9 m のルーフマシンを上部に、高さ 2.7 m の本体マシンを下部に配置し基本ユニットとした。掘

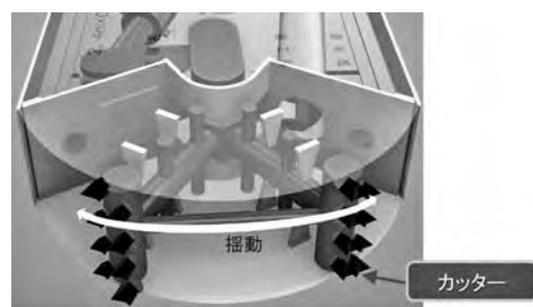


図-2 揺動カッター方式

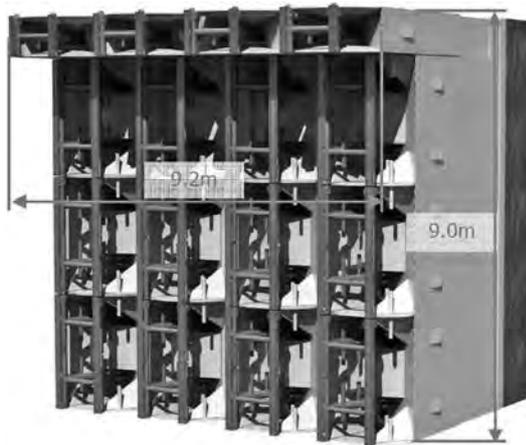


図-3 最大拡幅機 (4連×4段)

削は揺動カッター方式(図-2参照)を採用しており、函体受座には、姿勢制御を目的とした中折れ機構を装備している。基本ユニットを必要に応じてブロックのように結合できる構造で、図-3のように大断面施工も対応可能である。

(3) 特徴

- ・可動式ルーフを装備し、それを前方に1.5m突き出した状態において掘削が可能のため、地盤沈下抑制に有効。
- ・各ユニット間をボルトのみで結合出来る機構とすることにより、組立・解体作業を簡素化。

3. 施工実績

(1) 工事概要

本工事は、新日比谷計画開発ビル建設に伴う日比谷駅において、千代田線バリアフリー1ルート及び日比谷線と千代田線の乗換ルートを整備するとともに、既設出入口を撤去し地下鉄に接続する通路及び出入口を新設する工事である(図-4, 5参照)。

今回日比谷線側を本工法にて約40m推進を行い、無事に完了した。

- ・工事名：(仮称)新日比谷計画事業と日比谷線及び千代田線日比谷駅鉄道施設整備等に伴うその2土工事
- ・工事場所：東京都千代田区有楽町1丁目地先
- ・事業主：三井不動産(株)
- ・発注者：東京地下鉄(株)

(2) 諸元・土質条件

- ・トンネル掘削寸法：幅7.25m×高さ4.275m
- ・土被り：8.85～9.05m



図-4 現場位置図

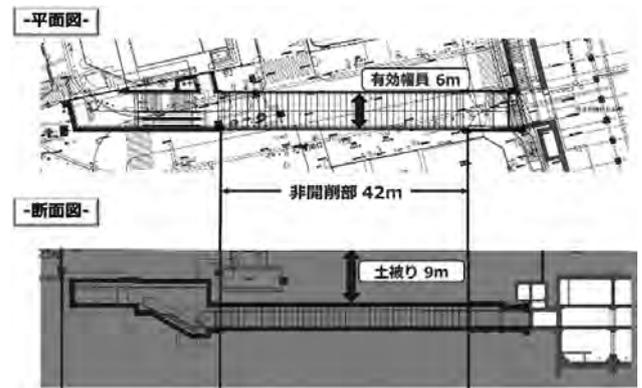


図-5 平面・断面図

- ・平面線形：直線，縦断線形：上り3.0%
- ・掘削土層：粘土質シルト・粘土
- ・N値：0～3程度

(3) 揺動型掘進機

(a) 掘進機構成

今回の揺動型掘進機は、地下連絡通路形状寸法が幅7.25m、高さ4.275mであるため、大きさを調整する必要があった(写真-1参照)。

そこで、基本型のルーフマシン(幅2.3m×高さ0.915m)と、本体マシン(幅2.3m×高さ2.71m)を3連とし、幅は各ユニット間、高さはルーフマシン



写真-1 3連揺動型掘進機全景

と本体マシン間にそれぞれスペーサを設置し調整を行った。

また、スペーサ部はカッターの延長及び揺動角度を調整することにより掘削断面を確保した(図-6参照)。

なお、左右のルーフマシンと本体マシンは他現場で使用したものを整備して転用した。

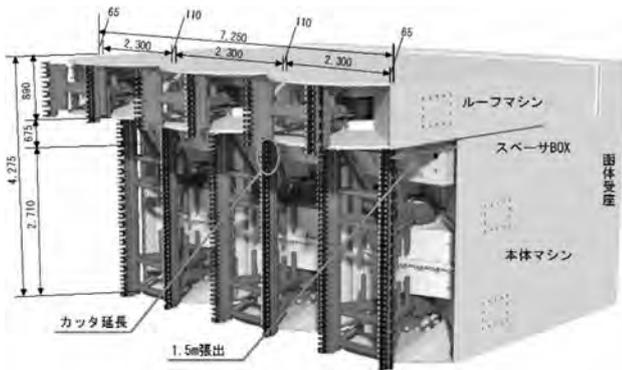


図-6 3連揺動型掘進機スペーサ配置図

(b) 切削ビット

当工事では、発進時の防護として地盤改良（高圧噴射攪拌）工法を採用した。既設人孔防護も兼ねており、改良体の延長は、発進から10mと到達防護の3mと合わせて13mとなり全掘進延長（40m）の33%を占めるため、掘削抵抗値の低減が求められた。

そのため、切削実験を実施し、当初の鋸刃型から切削性能が優れる先行ビット型（超硬チップ入り）とした（図-7参照）。

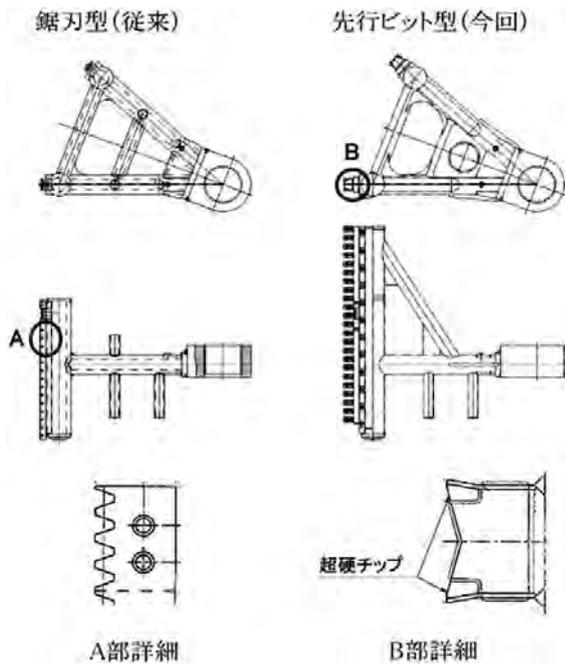


図-7 カッター変更図

(c) セグメント

今回採用するセグメントは、耐力が高く桁高を小さくすることが可能であり、二次覆工を省略できる六面鋼殻合成セグメントを採用した（図-8参照）。

- ・種別：六面鋼殻合成セグメント
- ・外径：幅 7,250 mm × 高 4,275 mm
- ・内径：幅 6,550 mm × 高 3,575 mm
- ・セグメント幅：1,000 mm
- ・セグメント桁高：350 mm
- ・重量：24.4 t/Ring（6分割）

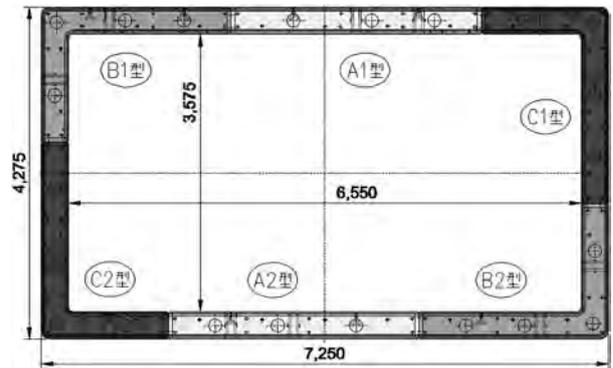


図-8 セグメント

(d) 元押し装置

推進工法とは、推進管に掘進機を取り付け、後方の油圧ジャッキで押し進め、地中を掘進して管を埋設する工法である。従来は、油圧ジャッキと推進管の間に押輪を設置し少ない油圧ジャッキで推進管全体を押す構造が一般的である。

今回、大断面の推進工となるため、元押し装置をシールド機の推進装置を参考に改造し、押輪を無くし、多くの油圧ジャッキを配置することにより施工性及び安全性の向上を図った（図-9参照）。

- ・油圧ジャッキ：2,430 kN × 1,900 mmst × 16本
- ・総推力：38,880 kN × 20 mm/min

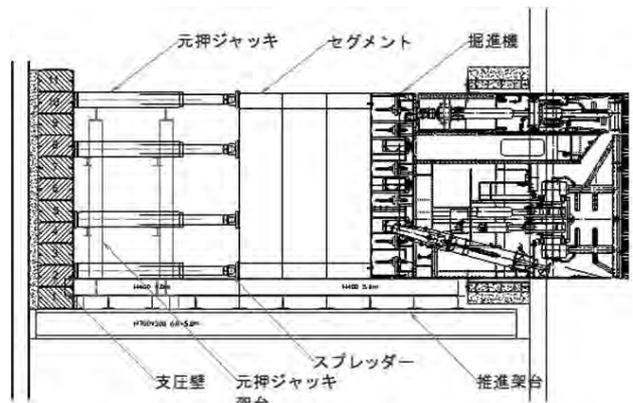


図-9 機器配置図

①バックリング防止

新しいセグメントを接続する際、油圧ジャッキを縮め、組立スペースを作る必要がある。この際に全ジャッキを縮めるため、既設セグメントが押し戻される可能性があることから、今回は6分割のセグメントを組むにあたり必要なピースの油圧ジャッキのみを縮めることで、バックリングを防止することとした。

②セグメント組立精度の向上

セグメント全6ピースを1ピース每天井クレーンにて組立を行うが、1ピース組立ごとに油圧ジャッキを押し当てるため、セグメントの傾きなどがなく組立精度が向上した(写真-2参照)。



写真-2 セグメント組立状況

③初期の方向制御

油圧ジャッキは選択により個々に作動させることができるため、初期の方向修正を容易に行うことができた。

④掘進機と元押し装置の連動運転

従来掘進機と元押し装置は個々に運転操作するのが一般的だが、今回は連動運転の機構を追加し、どちらかに故障が発生してもすぐに掘進を停止することが可能であるため、掘進機の地山への過大な押し付けや排土過多などのトラブルを未然に防ぐことが可能とした。

(e) 施工実績

①マシン組立実績

本工事の発進立坑は路上に位置しているため、路下への3連揺動型掘進機の投入は地下埋設物が支障となり、所定の位置にセットすることができない。そのため、建築工事の用地を一部借用し、投入立坑を設けて地下で発進立坑まで横引きする計画とした。各ブロックの投入は100tクローラークレーンにて行い、立坑下で本体マシン、スペーサBOX、ルーフマシン及びスペーサを1連毎に組付け、横移動させ所定の位置に



写真-3 マシン横引状況

セットした(写真-3参照)。

組立は全てボルト結合としたため、溶接作業は不要であり、組立施工期間は24方(夜間作業)となり横引き作業等の付帯作業は発生したが、同規模のシールド機と比べると大幅に工期を短縮することができた(写真-4参照)。



写真-4 マシン接合状況

(4) セグメント組立実績

セグメントは、マシン組立時と同様に建築ヤード内の投入開口から荷卸しし、トラバースで横移動して路下に設置した48t天井クレーンにて組立を行った。組立には、1リング(6ピース)当り150分を要した。

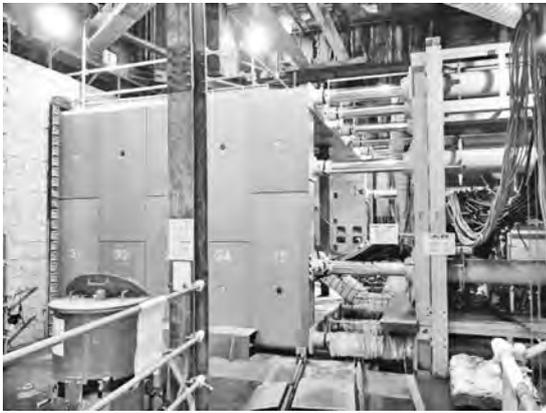
(5) 掘進実績

純掘進速度(カッターが揺動している時の元押し装置のジャッキ速度)は、発進及び到達防護の地盤改良体内の掘進においては平均4.3mm/min、最大5.8mm/min、地山においては平均8.4mm/min、最大10.5mm/minにて掘進することができた。

純掘進速度の違いは、揺動ジャッキの装備圧力を超えないように、元押し装置のジャッキ速度を調整することでビットの切込量を調整し、揺動ジャッキの圧力

管理を行ったためである。

元押し推力は、所要推力として計画の 25,088 kN に対し 38,880 kN の設定とした。実績としては、約 22,500 kN（装備推力の約 58%）の推力で所定の位置まで推進することができた（写真—5、6 参照）。



写真—5 掘進状況



写真—6 坑内全景

4. おわりに

今回の R-SWING[®]工法による地下通路の施工において、低コスト化、工期の大幅短縮を実現できたことは、アンダーパス工事及び地下連絡通路工事のニーズが高まっている状況下での今後の同種工事への展開に大きく寄与するものと考ええる。

J C M A

【筆者紹介】

中津留 寛介（なかつる かんすけ）
鹿島建設株式会社
機械部 技術3グループ
課長



上木 泰裕（うえき やすひろ）
鹿島建設株式会社
東京土木支店 日比谷連絡通路土木工事（事）
所長



国内最大のシールドマシン 東京外環（関越～東名）事業に使用

四童子 隆・松坂敏博・杉井淳一

東京外かく環状道路は首都圏三環状道路の一翼を担う道路であり、そのうち関越自動車道（以下、「関越道」）から東名高速道路（以下、「東名高速」）までの約 16 km 区間（以下、「東京外環（関越～東名）」）については、国土交通省、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)の3者が共同で事業を進めている。

本事業の本線の大部分は大深度地下を使用したトンネル構造であり、シールド工法によりトンネルを構築する計画である。

本報では本事業の概要及び本線シールドトンネル工事で使用される国内最大のシールドマシン4機の特徴等を紹介する。

キーワード：首都圏三環状道路，東京外かく環状道路，大深度地下，シールドトンネル，シールドマシン

1. はじめに

首都高速中央環状線（以下、「中央環状線」）、東京外かく環状道路及び首都圏中央連絡自動車道（以下、「圏央道」）で形成される首都圏三環状道路は、都心部の慢性的な交通渋滞の緩和や環境改善を図るとともに、日本の中枢である首都圏の経済活動と暮らしを支える社会資本として、重要な役割を果たす道路である。

その一翼を担う東京外かく環状道路は、都心から約 15 km の圏域を環状に連絡する延長約 85 km の道路であり、現在までに関越道と連結する大泉ジャンクションから三郷南インターチェンジまでの約 34 km が開通している。

関越道から東名高速までの東京外環（関越～東名、図一1, 2）については、平成 21 年度に事業化された。

また、平成 24 年度には、東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)に対して有料事業許可がなされ、国土交通省と高速道路会社の3者が共同で事業を進めている。

平成 26 年 3 月には、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」による大深度地下使用の認可、都市計画事業承認及び認可がなされた。

2. 整備効果

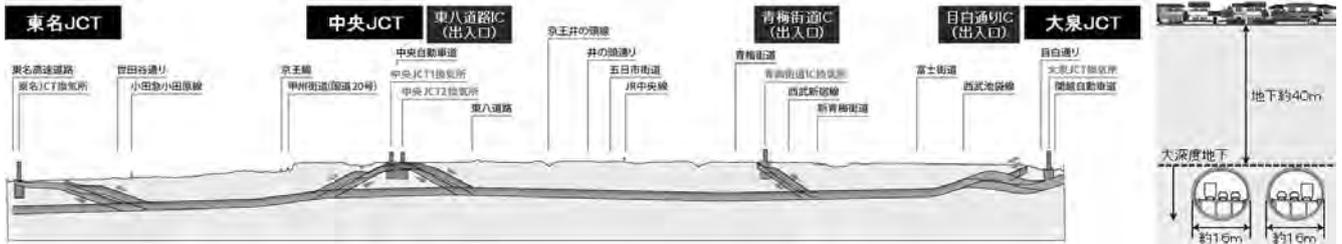
首都圏三環状道路においては、中央環状線が平成 27 年 3 月に全線開通しており、新宿から羽田空港への所要時間の短縮（40 分→19 分）や中央環状線の内側における定時性向上が確認されている（図一3）。

また、圏央道は約 8 割が開通しているが、開通区間



(※ JCT・IC は仮称・開通区間は除く)

図一1 東京外環（関越～東名）平面図



図一 東京外環（関越～東名）縦断面図及び標準断面図

の沿線では工場や物流施設の集積や製品出荷額の増加が見られている。

東京外環（関越～東名）が整備されることで、羽田空港から関越道方面への所要時間の大幅な短縮や定時性の向上が期待される。その結果、関越道方面の観光地へのアクセス向上や物流の効率化、民間企業の立地促進などにより、首都圏全体の生産性向上にも寄与す

ることになる。

また、東名高速から関越道への所要時間の短縮（約60分→約12分）、東京外環への交通転換による幹線道路の渋滞緩和、道路の適正な機能分担が図られることにより生活道路の安全性向上が期待される（図一4）。

3. 事業の進捗状況

平成28年12月現在、東名ジャンクション（仮称）では、本線シールドトンネルの発進立坑が完成し、シールドマシンの組立、トンネル掘進に向けた坑外設備工事を実施しており、大泉ジャンクションでは、本線シールドトンネルの発進立坑工事を実施するとともに、工



出典：道路分科会第12回事業評価部会 <使用データ> 車両感知器による平日平均データ
開通前：平成25年度（平日）
開通後：平成27年3月10日（火）～平成27年4月7日（火）

図一 中央環状線開通による羽田空港への所要時間の短縮
【新宿（西新宿JCT）→羽田空港（空港中央）間】



写真一 東名ジャンクション（仮称）における本線シールドの組立状況
H28.7月撮影



出典：12分：外環は設計速度にて算出
60分：H22交通センサスにて算出

図一 東京外環（関越～東名）の整備による
所要時間の短縮



写真二 工場製作が完了した直径約16mのシールドマシン
H28.9月撮影

場でのシールドマシン製作を行っているところである(写真—1, 2)。

また、中央ジャンクション(仮称)では、本線に接続するためのランプ工事及びランプシールドトンネルの発進立坑工事等を実施している。

4. 本線シールドトンネル工事

本線の大部分は、大深度地下を使用したトンネル構造であり、片側3車線のトンネルを国内最大断面の直径約16mのシールドマシンで掘進する計画である(図—5)。これは、これまで国内最大断面であった東京湾アクアラインのアクアトンネルの直径約14mを上回る大きさであり、断面積比で約1.3倍の大きさである。

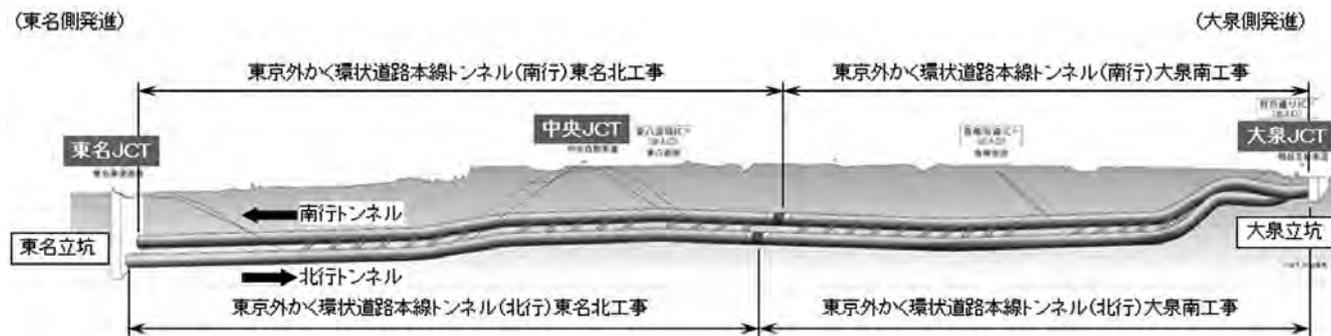
本線トンネルは、大泉ジャンクション方面へ向かう車両が走行する「北行トンネル」と東名ジャンクション(仮称)方面へ向かう車両が走行する「南行トンネル」

」の2本のトンネルを両方向から掘進する計画であり、4つの本線シールドトンネル工事により施工することになる(表—1~5)。

5. 本線シールドトンネル工事のシールドマシン

シールド工法は、シールドマシンと呼ばれる掘削機で地中を掘り進めることでトンネルを構築する方法であり、シールドマシンは、地中深くの水圧及び土圧に対応するため、頑丈な鋼鉄製シールド(盾)に覆われている。

また、シールドマシン内部は密閉された空間となっており、トンネルを掘り進みながら構築する壁面も地下水の流入を防ぐ構造となっているため、施工中及び施工後に地下水への影響が少ないのが特徴である。



(※ JCT・IC は仮称・開通区間は除く)
図—5 本線シールドトンネル工事

表—1 本線シールドトンネル工事の概要

工事名	東名側発進		大泉側発進	
	南行トンネル	北行トンネル	南行トンネル	北行トンネル
工事名	東京外かく環状道路本線トンネル(南行)東名北工事	東京外かく環状道路本線トンネル(北行)東名北工事	東京外かく環状道路本線トンネル(南行)大泉南工事	東京外かく環状道路本線トンネル(北行)大泉南工事
発注者	東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所	中日本高速道路(株) 東京支社 東京工事事務所	東日本高速道路(株) 関東支社 東京外環工事事務所	中日本高速道路(株) 東京支社 東京工事事務所
施工者	鹿島建設・前田建設・三井住友建設・鉄建建設・西武建設JV	大林組・西松建設・戸田建設・佐藤工業・銭高組JV	清水建設・熊谷組・東急建設・竹中土木・鴻池組JV	大成建設・安藤・間・五洋建設・飛鳥建設・大豊建設JV
延長	9,155 m	9,099 m	6,986 m	6,976 m

(1) 東名北工事（東名側発進）

表-2 東名北工事 シールドマシン（南行）の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル（南行）東名北工事
 製 作：川崎重工業
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.2 m, 総重量 約 4,000 t
 ビット数：572 本
 （先行ビット 242 本, ティースビット 330 本）
 回転速度：1.00 rpm（最大回転速度）

〈主な特徴〉

- ・外径の直径約 16 m, 掘進延長約 9 km の大断面長距離であり, さらに大深度の洪積地盤を掘削するため, 確実な掘進が可能な「ハイパワー」, 「堅固」, 「シンプル」なシールド構造を基本
- ・ビット摩耗による掘進能力低下対策として, 先行ビット 242 本すべてを何度でも交換できる「リレービット」とすることで, 掘進停止のリスクを回避
- ・セグメントへの負荷を小さくする「中折れ装置」や掘進同時組立を可能とする「ロスゼロシステム」を搭載

表-3 東名北工事 シールドマシン（北行）の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル（北行）東名北工事
 製 作：JIM テクノロジー
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.1 m, 総重量 約 3,700 t
 ビット数：1,031 本（先行ビット 382 本, カッタービット 600 本, ナイフエッジビット 43 本, コピーカッター 6 本）
 回転速度：内周約 2.6 rpm, 外周約 1.36 rpm（最大回転速度）

〈主な特徴〉

- ・内周部を最適な速度で回転すると外周部が必要以上に回転し, 膨大な電力消費となるため, 外周部カッターの回転数を抑制する二重カッター方式を採用
- ・外周カッターと内部カッターの回転速度比を 1 : 2 とし, 効率的に掘削することで従来の単一駆動方式と比較し約 30% の消費電力低減が可能
- ・カッタービットには, 靱性が高く衝撃に強い超硬合金チップと硬度が高く摩耗に強い超硬合金チップを組み込んだロングライフビットを採用
- ・掘進同時組立を可能とする「ASCOT」を搭載

(2) 大泉南工事 (大泉側発進)

表—4 大泉南工事 シールドマシン (南行) の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル (南行) 大泉南工事
 製 作：JIM テクノロジー
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.0 m, 総重量 約 4,000 t
 ビット数：1,008 本 (支障物切削用ビット 247 本, 長寿命化ビット 251 本, メインビット 468 本, 可動式予備ビット 42 本)
 回転速度：0.75 rpm (最大回転速度)

〈主な特徴〉

- ・浅深部の地中支障物に対応するため、金属を切削できる特殊ビットを採用
- ・支障物を徐々に切削できるようにカッターヘッドは中央から5度の傾斜で対応
- ・縦断曲線と平面曲線が複合する複雑な線形への対応として左右1度上下0.5度の「中折れ装置」を搭載
- ・掘進延長約7kmの長距離掘進に対応するため、一般のビットに対し、約3倍の耐久性を有する長寿命化ビットを先行ビットとして装備
- ・大深度高水圧に対応するウレコンやシリコンを使用した4段のテールブラシを採用
- ・スクリーコンベヤーは、止水性を高めるため延長約40mとし、リスク対応として2段階のゲートや20カ所の注入口を装備

表—5 大泉南工事 シールドマシン (北行) の概要



工 事 名：東京外かく環状道路本線トンネル (北行) 大泉南工事
 製 作：JIM テクノロジー
 形 式：泥土圧シールド
 規 格：外径 約 16.1 m, 機長 約 15.2 m, 総重量 約 4,000 t
 ビット数：1,155 本
 (支障物切削用ビット 563 本, メインビット 592 本)
 回転速度：0.86 rpm (最大回転速度)

〈主な特徴〉

- ・浅深部の地中支障物に対応するため、支障物切削用ビット、傾斜型カッターヘッド (5度) 及びカッター高速回転・微速推進機構を装備
- ・一般的なビットの3倍の耐久性を有する支障物切削用ビットにより長距離掘進に対応
- ・大深度高水圧に対応するため、テールシール4段すべてに発泡ウレタンを充填したTLLシールを装備
- ・直径1.5mの超大型スクリーコンベヤーを直列に3基 (約50m) 設置し、3段階の遮断ゲートを配置することで噴発のリスクを低減
- ・高速施工に対応するため、掘進同時組立を可能とする「ロスゼロシステム」を搭載
- ・RCと合成、鋼製セグメント専用の把持装置を上下に配置したツインエレクターを装備

6. おわりに

東京外環（関越～東名）事業は、大深度地下使用法を適用した初の道路事業である。また、国内最大断面であるシールドトンネル工事であり、高度な技術力が要求される事業になる。

今後も、市街地における道路事業のモデルとして、安全性や周辺環境にも十分配慮し、関係機関、有識者、地域の協力を得ながら着実に事業を進めていく所存である。また、東京外環（関越～東名）事業において、得られた技術や経験が今後、国際的にも役立つことがあれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】



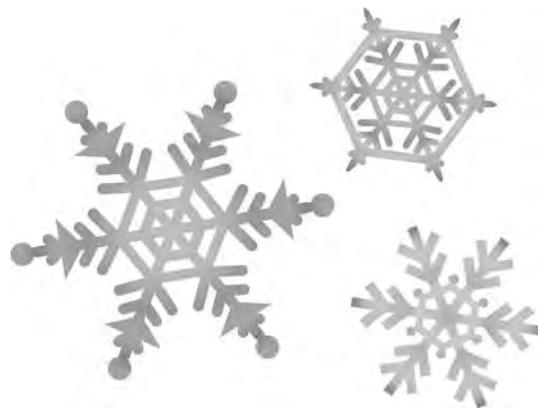
四童子 隆（しどうじ たかし）
国土交通省
関東地方整備局
東京外かく環状国道事務所
事務所長



松坂 敏博（まつざか としひろ）
東日本高速道路(株)
関東支社
東京外環工事事務所
事務所長



杉井 淳一（すぎい じゅんいち）
中日本高速道路(株)
東京支社
東京工事事務所
事務所長



縮径トンネル掘削機の開発

トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM

市川 政美

山岳トンネルに使用されるトンネル掘削機 (TBM) は、従来の NATM 工法と比較して高速施工が可能である。しかし、断層帯に遭遇した際の地山崩壊や硬岩切削時による岩ズリ付着等により、掘削機胴体が拘束され、掘削不能となるリスクがある。掘削機胴体を拘束している地山を解除するためには人力により拘束地山の切り広げ作業が必要となる。この作業は掘削機軸方向を覆うよう全長にわたり支保工等を建て、胴体の外側に出て作業する必要がある、危険かつ非効率的であると共に、大口径トンネル掘削機では長期間にわたる作業が必要となる。これらを勘案し、今回、トンネル掘削機 (TBM) の径を機械的に小さくする機能を付加することで地山拘束状態から脱出することが可能となる掘削機 (縮径 TBM) (以下「本開発機」という) を開発した。

キーワード：山岳トンネル, 機械掘削方式, TBM

1. はじめに

山岳トンネルの掘削方式は、大別すると発破方式と機械掘削方式がある。その中で機械掘削方式には自由断面掘削 (ブーム式, アーム式), ブレーカ掘削, 円形断面の TBM などがある。

トンネル掘削は地山の崩落や大量の湧水などの自然条件によって過酷な作業を極めてきた。トンネル掘削の安全性の向上や効率化, 省力化を図るためには危険作業の機械化の必要性が高まっている。このような状況の中で多種多様の技術の改善を踏まえて現在の TBM が開発されてきた。しかしながら, TBM は従来の山岳トンネル掘削工法と比較し, 高速施工は可能であるが掘削対象地山の崩落や硬岩切削時の岩ズリ付着等により, マシン本体が拘束され掘削不能となるリスクが挙げられる。今回, 掘進中に地山に拘束されても, TBM の径を機械的に小さくする機能を付加することで地山拘束状態から脱出することが可能となる掘削機 (本開発機) を開発したので, ここに紹介する。

2. 開発の背景

(1) TBM 工法の長所と短所

TBM は機械のメイングリッパにより推進反力を確保し, カッターヘッドを回転させながらディスクカッターを岩盤に押し付けて, 岩盤を圧砕しながら掘削を

行う。TBM 工法は, 道路トンネル, 鉄道トンネル, 水路トンネルおよび大断面トンネル用の先進導坑等に用いられ, 発破掘削と比較して高速掘削が要求される場合に適している。

TBM 工法の長所と短所について発破工法と比較する。

(a) 長所

- ①掘削作業を連続して行うことができるので施工速度が速く, 安定した地山を長距離掘削する場合には優位性が高い。
- ②衝撃を与えずに地山掘削ができるため, 岩盤への緩みがほとんど発生せず, 崩落や肌落ちの危険性が少ない。
- ③振動, 騒音が少ないので周辺への影響が少ない。
- ④半密閉式の機械を使用するため, 安全性と作業環境が良い。
- ⑤発破工法と比較して熟練作業員への依存度は低く, 切羽での直接作業が少ないため施工の安全性が高い。

(b) 短所

- ①機械製作費, 運搬組立費, 設備費が高く施工延長の短いトンネルには適用しにくい。
- ②機械設計および TBM 製作に日数がかかる。
- ③施工途中での掘削径の変更ができない。
- ④発破工法と比較して可能な補助工法が少ないため適用土質に制限がある。

(2) 従来の拘束解除方法

マシン本体が拘束された場合、TBM 本体への地山の締め付けを解除するため、拘束されている地山の拡幅掘削を行わなければならない。施工はすべて人力作業となり、一般的には半機械掘削の在来工法で行う。拡幅掘削は、片状に破碎された地山掘削となることから切羽および本体周りの安全性、安定確保のため補助工法や先受け工として注入式フォアポーリング、鏡面の安定には注入式鏡ボルト工等が必要となる。その手順は、

- ①崩壊等を防止するため、掘削後方からマシン本体を覆う地盤に、また、切羽面に地山浸透性があり固結体強度、強度発現の優れたシリカレジン等の地盤改良注入を行う。
- ②人力によりマシン周囲の拘束状態の原因となっている土砂を取り除くために横坑を設置する。
- ③人力にて横坑から順次マシン周囲の掘削を行い、支保工・矢板等でマシンを覆い、土砂を取り除く（一般的にはマシン周長の上部 2/3 程度）。
- ④拘束の原因となる土砂を取り除いた後、マシンの動きを確認してから支保工等を撤去し再掘進を行う。拡幅部は充填をする。

以上のように TBM 本体が地山に拘束されたときには掘進再開まで危険性を伴う多大な労力を要することになる（写真—1～3）。



写真—1 TBM マシン周囲人力拡幅掘削状況



写真—2 支保工建込状況



写真—3 拡幅掘削完了状況

3. 本開発機

(1) 本開発機の開発への取り組み

従来のマシンの拘束を解除する作業は、長期間にわたる作業となるため工期やコストを圧迫することになる。これらを解決するためにマシン胴体を縮径させることで容易に拘束を解除することが可能な掘削機（本開発機）を開発した。拘束解除に必要な期間は、従来工法では1回あたりで約3ヵ月程度を要するが、本開発機を用いることにより約0.5ヵ月で解除可能となる。また、全ての作業をマシン内部で行うため安全性が飛躍的に向上する。通常、TBMでのトンネル掘削は5～10kmと長距離施工となるので、掘削対象地質にもよるが拘束の頻度は高く（1回/2km程度と予測）、本開発機を用いることによりコストの縮減にも繋がる。

(2) 本開発機の特長

TBMで施工するトンネルは様々な用途があるが、今回の本開発機は拘束状態になった時に狭い機内、坑内での対応策が困難な中小口径マシン（φ3.9m）を検討した。

マシン径を縮小・復元する構造上の特長は、

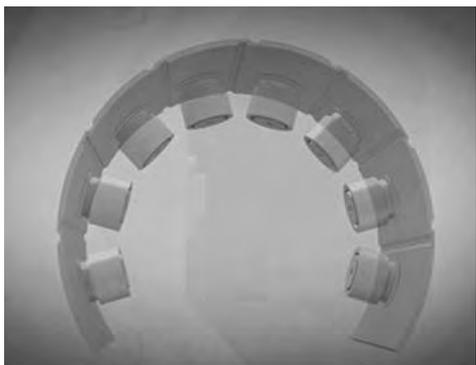
- ①本開発機の本体は内胴と外胴の二重構造で構成されている。更に外胴は分割された鋼殻で構成され、各鋼殻に縮径・復元ジャッキを装備することで所定の縮径量を確保する（図—1）。
- ②機内から縮径・復元ジャッキを操作することで全ての鋼殻が連動して作動する。
- ③外鋼殻部を8分割とし、オーバーラップさせる構造で縮径・復元用ジャッキを1分割に1台装備し、100mmの縮径を確保した（図—2）。
- ④掘進速度を砂岩部（一軸圧縮強度100～150Mpa）で15～40mm/min、泥岩部（一軸圧縮強度40～80Mpa）で50～60mm/min確保するために、カッターモー



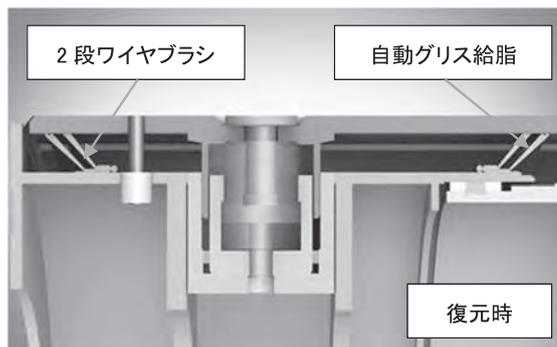
図一 本開発機前胴部構造概要



図一四 中胴部, 後胴部縮径・復元ジャッキ配置

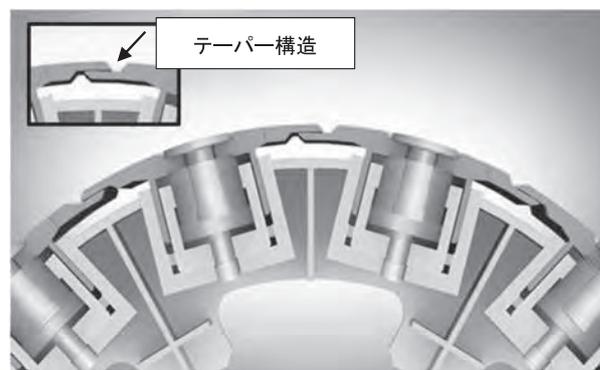


図一ニ 外鋼殻部と縮径・復元ジャッキ位置

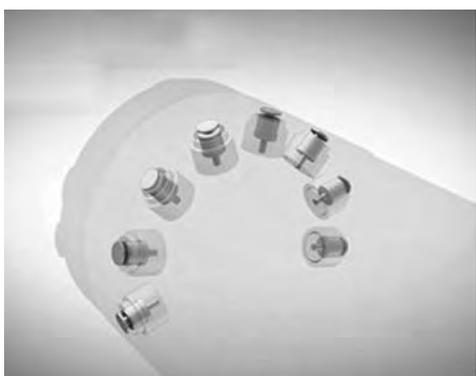


図一五 外鋼殻と内鋼殻の土砂侵入防止構造

- ター (150 kW) を5台装備し, トルクを確保した。
- ⑤前胴部グリッパとして縮径・復元ジャッキを2段ジャッキ (32 t × 90 st × 8 本: φ 120) とし, 2段目にグリッパ機能を持たせた (図一三)。
 - ⑥中胴部はスラストジャッキが配置され, 後胴部にはメイングリッパが装備されているため, 小型の縮径・復元ジャッキを16台とした (図一四)。
 - ⑦外鋼殻と内鋼殻の土砂侵入防止構造は2段構造のワイヤブラン型シールとし, 縮径および復元時に追従性をもたせる構造とした (図一五)。
 - ⑧分割した外鋼殻の継ぎ目止水はオーバーラップ構造とし, 縮径時, 外鋼殻継ぎ目の土砂を押し出すよう端面をテーパ構造とした (図一六)。



図一六 外鋼殻継ぎ目部構造

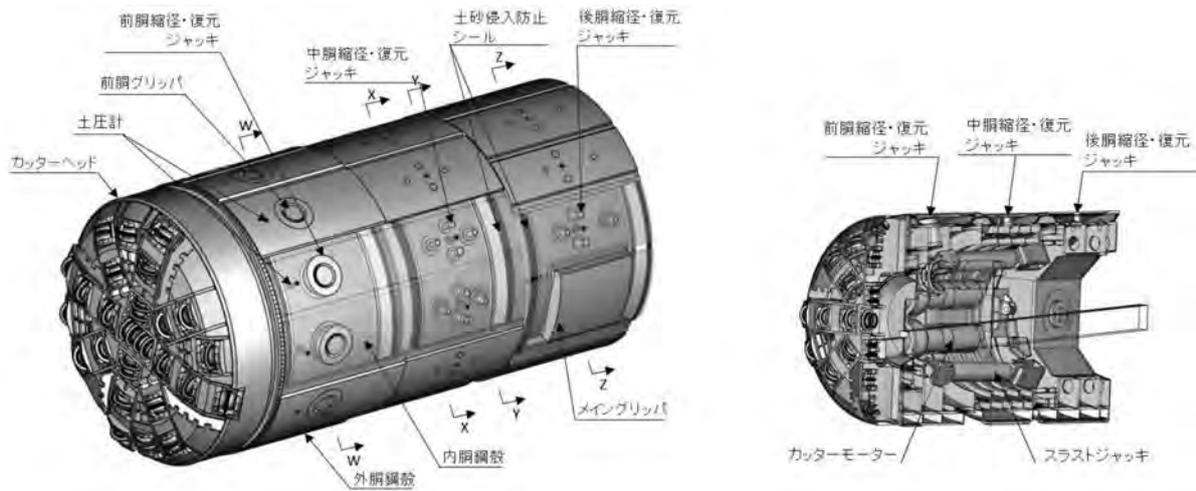


図一三 前胴部2段ジャッキ (グリッパ) 位置



図一七 後胴部メイングリッパジャッキ

- ⑨メイングリッパジャッキは後胴部に 7200 kN × 200 st のジャッキを2台装備した (図一七)。また, TBMの姿勢を制御する方向制御ジャッキ (1000 kN × 80 st × 4 s) を装備した。



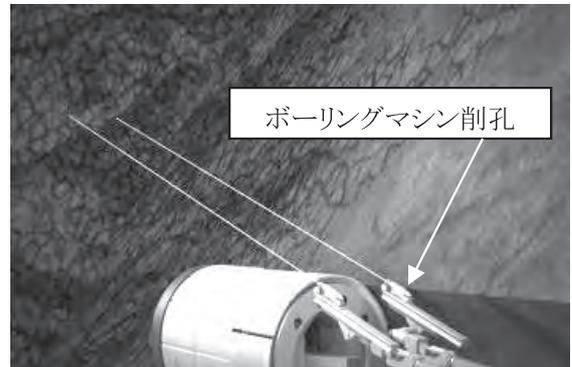
図一八 本開発機全体概要図

⑩前胴外鋼殻部に8個，中胴外殻部に8個の土圧計を装備し，地山締付け状況を検知する構造とした。

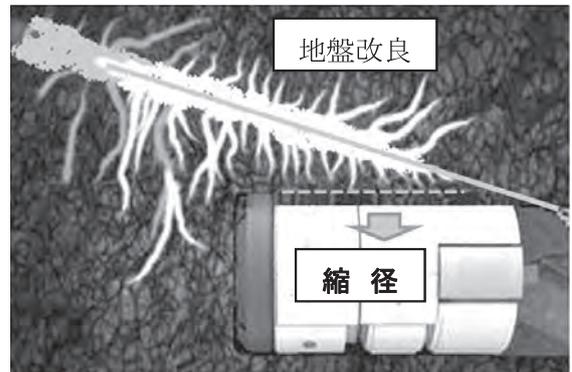
(3) 本開発機の拘束状態解除方法

崩落性地山により本開発機が拘束された場合の拘束状態解除方法の一例を紹介する。

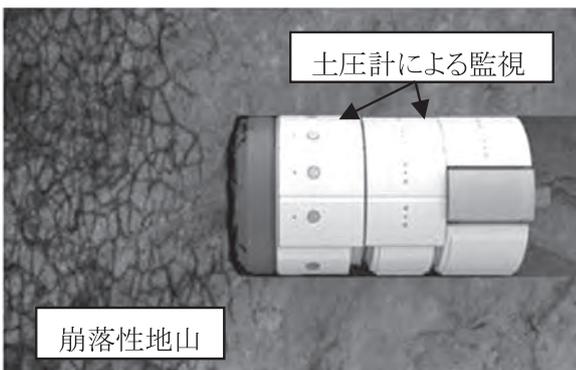
- ①切羽が崩落性地山に接近してきたときにマシン外殻に設備した複数の土圧計変位経過を監視する (図一9)。
- ②坑内のボーリングマシンで切羽前方の地山状況を調査する (図一10)。
- ③掘削機後方からマシン全体を覆う地盤に地盤改良注入を行い，地山の崩壊等を防止する (図一11)。
- ④マシン胴体を縮径させ，地山の拘束を解除する。
- ⑤マシンを縮径したまま掘進する。1回の地盤改良よりも崩落性地山の距離が長い場合は，再度地盤改良を行う。マシンを進めるための反力がメイングリッパで取れない場合は，シールドジャッキを装備し，セグメント覆工を利用して反力を確保して掘進する。
- ⑥マシン外殻に設備した土圧計の変位を監視しながら拘束状態が発生しない位置で縮径した胴体を復元し，掘進する (図一12)。



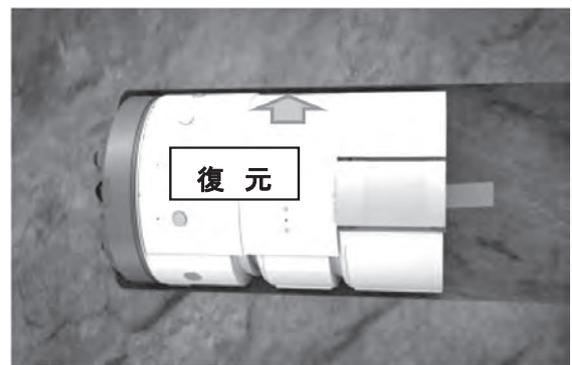
図一十 ボーリング地山調査概要図



図一十一 地盤改良概要図



図一九 崩落性地山遭遇概要図



図一二 本開発機復元図

4. おわりに

本開発機縮径 TBM は外胴の鋼殻に装備した土圧計の推移を監視し、地山の締め付け状態を検知しながら掘進する。締め付け状態を検知した時点でマシンが拘束される前に縮径・復元をしながら安定した掘進を行うことが可能なトンネル掘削機である。優位点の一つとして縮径した状態でも掘進できることで掘削を止めるリスクが少なくなる。また、全ての作業をマシン内部で行うため安全性が飛躍的に向上する。TBM は、山岳トンネル工法と比較して4～5倍の高速施工が可能だが、拘束による掘進停止という多大なリスクのある工法であった。そこで、本開発機を使用することにより工期を順守し安全に山岳トンネルを構築することが可能となると考える。

今後、技術開発が進み多種多様な用途で小中口径か

ら大口径、また超長距離の山岳トンネルが構築されていくであろう。本稿がこれからの TBM 工法の一助になれば幸いである。

JICMA

《参考文献》

- 1) トンネル標準示方書 [共通編]・同解説/[山岳工法編]・同解説, 土木学会, p.355-360, 2016 年制定
- 2) TBM ハンドブック, 日本トンネル技術協会, p.39-54, 2000 年 2 月

【筆者紹介】

市川 政美 (いちかわ まさみ)
戸田建設㈱
本社土木工事統轄部 土木機電部
土木機電部長



海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験

小林 勇一・田所 登

無電柱化は防災、景観・観光、安全・快適の観点から推進されているが、日本の無電柱化率はヨーロッパやアジアの主要都市と比べて極めて低く、無電柱化促進のためには、より安価で施工性の高い手法が求められている。

無電柱化が進んでいる諸外国では、電線類地中化にケーブル埋設用の掘削機械を使用しており、日本と比較して大幅に短時間で施工している事例があることから、海外で使用されているケーブル埋設用掘削機械の実態調査を行った。また、日本国内でレンタル可能な掘削機械を用いて、掘削試験を実施した。

本稿では、これらの概要について報告する。

キーワード：無電柱化，土工，施工性，施工能力，施工速度，低コスト手法，掘削機械，トレンチャー

1. はじめに

日本における無電柱化は、防災、景観・観光、安全・快適の観点から推進されており、主に市街地や歴史的街並、狹隘道路での電線類地中化が進められている。

しかし、日本の無電柱化率はヨーロッパやアジアの主要都市と比較し、東京23区で7%、大阪市で5%と極めて低い（図-1）。この原因の一つとして、電線類地中化等の施工費用が極めて高いことが挙げられる。無電柱化の促進のためには、より安価で施工性の高い手法が求められている。

無電柱化が進んでいる諸外国では、電線類地中化にケーブル埋設用の掘削機械を使用しており、日本の主

工法であるバックホウによる掘削と比較し、大幅に短時間で施工している事例がある。

そこで、低コスト・高効率の電線類地中化手法を検討する基礎資料とするため、海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査、掘削試験を行った。

2. ケーブル埋設用掘削機械の実態調査

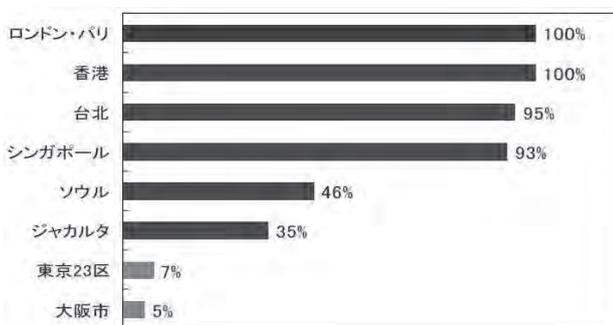
ケーブル埋設用掘削機械の実態を把握するため、機械の概要、施工事例および日本国内での販売体制について調査を実施した。調査方法は、インターネットによる調査およびケーブル埋設用掘削機械を製作しているメーカーへのアンケート調査とした。

(1) ケーブル埋設用掘削機械の概要

インターネットによる調査の結果、ケーブル埋設用掘削機械のメーカーは、欧米を中心に14社（フランス3社、イタリア2社、イギリス2社、アメリカ4社、スウェーデン1社、ドイツ1社、オーストラリア1社）確認でき、多数存在していることがわかった。

ケーブル埋設用掘削機械としては、主にトレンチャーが使用されており、固い岩盤やアスファルトの掘削が可能なものや、掘削と同時に土砂積込やケーブル敷設が可能なものなどがある。

トレンチャーによるケーブル埋設状況の一例を写真-1に示す。この例では、アスファルトの上からの掘削と同時に、トラックへの土砂積込とケーブル敷設



※1 ロンドン、パリは海外電力調査会調べによる2004年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※2 香港は国際建設技術協会調べによる2004年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※3 台北は国土交通省調べによる2013年の状況(道路延長ベース)
 ※4 シンガポールは海外電気事業統計による1998年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※5 ソウルは国土交通省調べによる2011年の状況(ケーブル延長ベース)
 ※6 ジャカルタは国土交通省調べによる2014年の状況(道路延長ベース)
 ※7 日本は国土交通省調べによる2013年度末の状況(道路延長ベース)

図-1 海外と日本の無電柱化率の比較



写真一 トレンチャーによるケーブル埋設状況の一例
(ホームページより引用²⁾)

を行っている。

インターネット調査で確認できたメーカーを対象にアンケート調査を実施し、5社から回答を得た。なお、機械総質量が100tを超える製品も販売されているが、今回の調査では、日本国内での運搬が困難である機械総質量が35tを超えるものは対象外とした。

トレンチャーの代表的な機械構成と掘削機構を表一1に示す。なお、掘削機構の呼称はメーカーにより異なる場合がある。

機械構成は、専用機械とアタッチメント型に分けられる。専用機械はクローラ又は車輪を有する専用車体に作業装置が装備されているもので、本体構造や操作方法がトレンチャー掘削に適した設計となっている。その一方、アタッチメント型はトラクター、スキッドステアローダなどの汎用機械に装着して使用するもので、専用機械と比較して本体価格が安価である。

掘削機構は、ホイール式とチェーン式に分けられる。ホイール式は岩盤などの固い地盤の掘削に適している一方、チェーン式は深く掘削する場合に適してい

表一1 代表的な機械構成と掘削機構

機械構成	専用機械	アタッチメント型
	クローラ又は車輪を有する専用車体に作業装置が装備されているもの  ホームページより引用 ³⁾	トラクター、スキッドステアローダなどの汎用機械に装着して使用するもの  ホームページより引用 ⁴⁾
掘削機構	ホイール式	チェーン式
	ディスク状のホイールの円周上に掘削用の刃が付いたもの  ホームページより引用 ³⁾	楕円状のチェーンに掘削用の刃が付いたもの  ホームページより引用 ³⁾

る。道路の表面をホイール式で掘削した後、チェーン式で深く掘削する場合もある。

調査で回答を得たメーカー5社の機械の特徴を表二に示す。掘削機構は、フランスの2社とイギリスの1社はホイール式が多いのに対し、アメリカの1社はチェーン式が多い。また、機械総質量は、フランスの2社は10t以上が多いのに対し、イギリスの1社とアメリカの2社は10t未満が多いなど、国やメーカーにより特徴が見られる。

トレンチャーの機械総質量と最大掘削深さの関係を図一2に示す。

最大掘削深さは、ホイール式が450～1,600mmで

表二 メーカー5社の機械の特徴

	国名	回答機種数	機械構成	掘削機構		機械総質量※		同時施工可能作業
				ホイール	チェーン	10t未満	10t以上	
A社	フランス	7機種	専用機械	6機種	1機種	2機種	5機種	ケーブル敷設 7機種 埋め戻し 4機種 残土処理 2機種
B社	フランス	5機種	専用機械	5機種 (付替可能1機種)	1機種	1機種	4機種	ケーブル敷設 2機種 埋め戻し 2機種 残土処理 1機種
C社	イギリス	7機種	アタッチメント型	5機種	2機種	5機種 (不明2機種)		ケーブル敷設 3機種 残土処理 5機種
D社	アメリカ	10機種	専用機械	2機種 (付替可能2機種)	10機種	9機種	1機種	ケーブル敷設 6機種 残土処理 3機種
E社	アメリカ	8機種	アタッチメント型	5機種	3機種	8機種		

※機械構成がアタッチメント型の機械総質量は、想定されるベース機械の質量を含む。

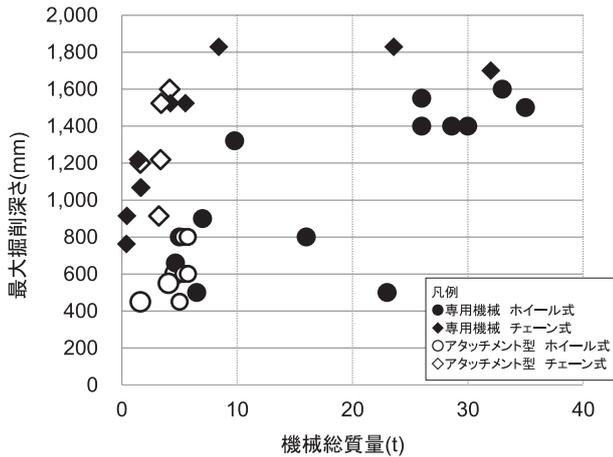


図-2 機械総質量と最大掘削深さの関係

平均 913 mm, チェーン式が 762 ~ 1,829 mm で平均 1,307 mm となっており, チェーン式の方が大きい傾向にある。ホイール式は, 最大掘削深さの約 2 倍のホイール直径が必要であり装置が大きくなるため, 掘削機構で比べると, チェーン式の方が比較的軽量で深い掘削深さへの対応が可能である。

機械総質量と最大掘削幅の関係を図-3 に示す。

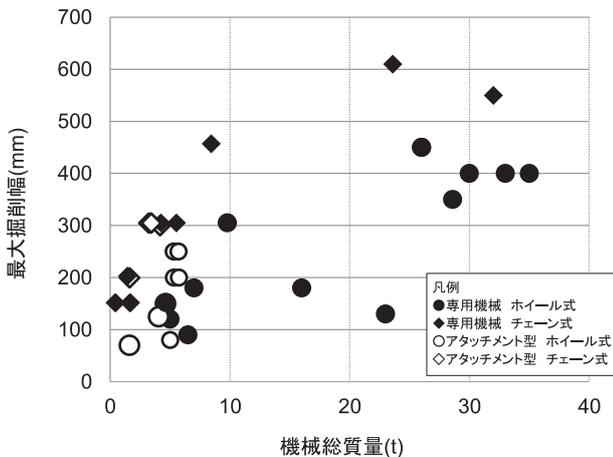


図-3 機械総質量と最大掘削幅の関係

最大掘削幅はホイール式が 70 ~ 450 mm で平均 235 mm, チェーン式が 120 ~ 610 mm で平均 287mm となっており, チェーン式の方がやや大きい傾向にある。また, 最大掘削幅が 305 mm 以下のものが全体の約 76% を占めており, 幅の狭いものが多いことがわかった。

(2) ケーブル埋設用掘削機械の施工事例

アンケート調査結果から, 試験施工を除く具体的な施工事例を表-3 に示す。

電力線や通信線の直接埋設または管路埋設が行われており, 施工場所は郊外部の未舗装路側, 路肩, 法面,

表-3 施工事例

区分	施工事例	施工延長 (km)	施工日数 (日)	平均施工速度 (m/日)
郊外部	①セヌエマルヌ 77 (フランス) ・農村部, 路肩の電線地下埋設 ・未舗装路側 ・電力線 3 本 × 150 mm ² ・施工金額: 400,000 € ・土木コスト: 13 €/m ・使用機械: 専用機械 26 t ・掘削幅 × 掘削深さ: 280 mm × 900 mm ・ケーブル施工と埋め戻しを同時に施工	30	35	857
	②フランス ・郊外部の電力線の管路埋設 ・未舗装, 路肩, 法面 ・電力線 3 本, 管路埋設 ・使用機械: アタッチメント型 ・掘削深さ: 1000 mm	30	40	750
市街地	①バリ近郊ピヤンクール ・街路のトレンチ, 電線地下埋設 ・舗装路面下 ・2 本 TPC, φ63 ・施工金額: 3,900,000 € ・土木コスト: 65 €/m ・使用機械: 専用機械 23t ・掘削深さ: 450 mm ・ケーブル施工と埋め戻しを同時に施工	60	240	250
	②ショーモン (フランス) ・住宅街の道路にトレンチ施工 ・舗装路面と未舗装路側 ・3 本 HDPE, φ40 ・施工金額: 1,750,000,000 € ・土木コスト: 35,000 €/m ・使用機械: 専用機械 23 t ・掘削幅 × 掘削深さ: 100 mm × 400 mm ・ケーブル施工と埋め戻しを同時に施工	50	110	455
	③クレマ (イタリア) ・住宅街の電話線地下埋設 ・舗装路面下 ・1 本, 管路埋設 ・使用機械: アタッチメント型	1	3	400
	④インド ・市街地, 電力線の直接埋設 ・舗装路側 ・電力線 1 本, 直接埋設 ・使用機械: アタッチメント型 ・掘削深さ: 400 mm	50	50	1,000

および市街地の舗装路面下, 未舗装路側となっている。

平均施工速度は, 郊外部では 750 ~ 857 m/日, 市街地では 250 ~ 1,000 m/日であり, 市街地では大きな差がみられた。

日本の主な電線類地中化手法である電線共同溝方式では, 施工速度が 10 m/日程度で行われていることから, 施工条件などに違いはあるが, 諸外国では非常に速い施工速度で作業が行われていることがわかった。

(3) 日本国内での販売体制

調査の結果, 日本国内に販売体制およびメンテナン

ス体制をもつトレンチャーの海外メーカーは4社あった。

昨今の日本国内の無電柱化推進の機運にあわせ、日本国内での販売に参入する動きを見せているメーカーもあり、4社のうち1社は平成28年度から新規参入したメーカーであるほか、アンケート調査を通じて日本進出に意欲を示すメーカーも1社あった。

3. ケーブル埋設用掘削機械による掘削試験

日本におけるトレンチャーの使用実績をメーカーに聞き取りしたところ、主に農場やゴルフ場など土壌の柔らかい箇所の暗渠排水の掘削などに使用されており、道路敷地のような締め固まった箇所で使用された実績は確認できなかった。

そこで、道路路盤に対しての掘削能力を確認するため、掘削試験を実施した。

試験に使用したトレンチャーは、日本国内でレンタルが可能であった2機種である。

使用したトレンチャーの外観および諸元を表1-4に示す。掘削機械Aはスキッドステアローダに装着するアタッチメント型であり、掘削機構はチェーン式である。掘削機械Bは専用機械であり、掘削機構はチェーン式とホイール式の付け替えが可能である。

表1-4 外観および諸元

	掘削機械 A	掘削機械 B	
外観			
機械構成	アタッチメント型	専用機械	
ベースマシン	スキッドステアローダ	-	
掘削機構	チェーン式	チェーン式	ホイール式
装置取付位置	車体前方	車体後方	
全長	5,475 mm	5,375 mm	5,449 mm
全高	2,115 mm	2,545 mm	
全幅	1,901 mm	1,971 mm	
車両総質量	4,751 kg (本体+装置)	4,228 kg	4,663 kg
最大掘削深	1,219 mm	1,200 mm	660 mm
掘削幅	200 mm	200 mm	50 mm

試験は、北海道苫小牧市にある苫小牧寒地試験道路で実施した。掘削箇所の路盤構成は図-4のとおりである。凍上被害を防止するため、下層路盤の下に厚さ40cmの凍上抑制層がある。

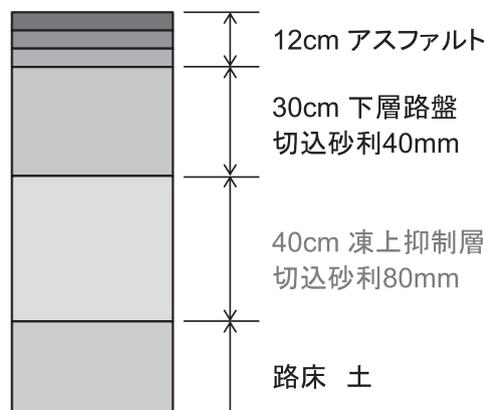


図-4 路盤構成

掘削試験は、舗装版切断によりアスファルト12cm（表層3cm、基層4cm、安定処理5cm）を撤去したうえで実施した。これは、日本国内での施工時に必要な建設リサイクル法に基づく分別処分を考慮したものである。

試験条件は、平成28年2月に国土交通省から発出された「電線等の埋設物に関する設置基準の緩和について」に示されている埋設深さを参考に、掘削深さを30cmから120cmまで8段階に設定し、掘削延長はそれぞれ40m（20m×2回）とした。

試験で得られた掘削深さと掘削速度の関係を図-5に示す。

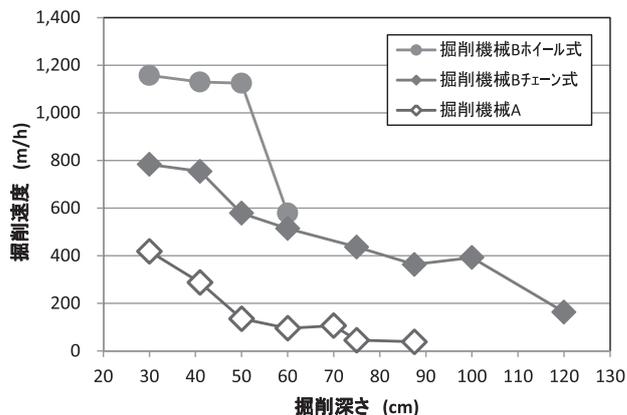


図-5 掘削深さと施工速度

掘削速度は、掘削機械Bのホイール式が最も速く、次に掘削機械Bのチェーン式、掘削機械Aの順となった。なお、掘削機械Bのホイール式は掘削幅が5cmであったため、掘削幅を大きくすると掘削抵抗が大き

くなり速度が遅くなる可能性がある。

掘削深さは、掘削機械 B のチェーン式は深さ 120 cm まで掘削が可能であったが、掘削機械 A は掘削負荷のため深さ 100 cm でトレンチャーが停止してしまい、掘削不能となった。

以上より、掘削機械 B の方が掘削速度は速く、また掘削深さも深い結果となったが、本体価格は掘削機械 A の方が安価であり、現場の施工延長や掘削深さなどの施工条件によっては、掘削機械 A の方が経済的となる場合もある。そのため、それぞれの施工条件に適した機械を選定する必要がある。

4. 海外のケーブル埋設用掘削機械を日本で使用するうえでの課題

海外のケーブル埋設用掘削機械を日本で使用するにあたり、以下の課題が考えられる。

(1) 施工条件

トレンチャーによる電線類地中化が一般的となっている国では、施工条件がほぼ確立しており、メーカーはそれに合わせた仕様のトレンチャーを製造・販売している。

トレンチャーを日本で使用するにあたっては、具体的な施工条件を整理する必要がある。

(2) 安全基準、機械構造

日本で海外のトレンチャーを使用する場合、一般的な輸入機械と同じく、労働安全衛生法およびその関係法令で定められた規格や安全基準等を満足する必要がある。また、公道を走行する場合には、道路運送車両法に基づく保安基準への適合、運輸支局等への登録が必要となる。公道を走行しない場合は、オフロード特殊自動車に該当するため、オフロード法による排出ガス基準に適合したものでなければならない。

また、海外のアタッチメント型機械を日本で使用しようとする場合、装着装置の規格が合わず改造が必要になる場合がある。

(3) 市場の拡大

前述のとおり、日本国内にトレンチャーの販売体制およびメンテナンス体制をもつメーカーは現在 4 社し

がなく、限られたトレンチャーしか調達することができない。

トレンチャーによる施工がより普及するためには、海外メーカーの日本進出や国産メーカーの参入などによる市場の拡大が望まれる。

5. おわりに

海外で使用されているケーブル埋設用掘削機械の調査を行い、機械の概要を把握するとともに、施工事例から施工速度が非常に速いことを確認した。また、掘削試験の結果から機械構成や掘削機構により掘削能力に違いがあることを確認した。

ケーブル埋設用掘削機械を日本で使用するためには、施工条件などの整理が必要であるが、トレンチャーによる施工が可能であれば大幅な施工速度の向上が期待できる。

無電柱化を推進するため、国土交通省では『無電柱化低コスト手法技術検討委員会』（平成 26 年 9 月発足）の検討をうけ、「電線等の埋設物に関する設置基準」を緩和し、浅層埋設や小型ボックス活用埋設等の低コスト手法の導入を可能とした。海外のケーブル埋設用掘削機械メーカーも日本の動向に注目しており、今後の市場の拡大に期待したい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省ホームページ：http://www.mlit.go.jp/
- 2) RIVARD 社ホームページ：http://www.rivard.fr/
- 3) VERMEER 社ホームページ：http://www.vermeer.com/
- 4) AFT 社ホームページ：http://www.trenchers.co.uk/

【筆者紹介】

小林 勇一（こばやし ゆういち）
国立研究開発法人 土木研究所
寒地土木研究所 寒地機械技術チーム
研究員



田所 登（たどころ のぼる）
国立研究開発法人 土木研究所
寒地土木研究所 寒地機械技術チーム
主任研究員



情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術

自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工

秋田 満留

オープンケーソン工法は施工方法がシンプルかつ経済的な工法で、最大の特徴は、ケーソン内に外水位と同程度の水を張った状態で水中掘削することである。しかしながら、水中掘削は定量的な施工管理が難しく、ケーソン深度が深くなるほど安定した掘削揚土量やケーソン沈下量が得られなくなる。また、沈下抵抗となるケーソン刃先下の地盤を直接掘削できないことから硬質地盤での適用が難しいなどの課題もあった。自動化オープンケーソン工法（SOCS；Super Open Caisson System）は、このオープンケーソン工法に水中ロボットの水中掘削機や、水中下での確実な掘削揚土管理を行えるシステムを導入したもので、これら水中掘削技術について紹介する。

キーワード：ケーソン、立坑、基礎、大口径、大深度、水中掘削、情報化施工

1. はじめに

高齢化社会の到来が進む中、安全な社会の創造や多様化する生活様式への対応のため、質の高い社会資本の効率的な整備が強く望まれている。特に東京、大阪、名古屋などの都市部では、新しいインフラ整備や災害に強いライフライン再構築を効率的に行うため、「大深度地下の公共的使用に関する特別措置法」の制定以降、大深度地下開発が活発になっている。

自動化オープンケーソン工法（以下；本工法）は、地下へのアプローチである大口径・大深度の立坑や基礎を施工可能な技術で、建設事業における技能労働者不足や高齢化に対処し、ロボット化の推進と作業環境の改善策の一つとして当時の建設省総合技術開発プロジェクトにおいて、建設省土木研究所、（財）先端建設技術センター、民間会社の共同研究で開発された。

本工法最大の特長は無人化（遠隔操作）で高水圧（1.2 MPa）対応が図られた水中掘削機の導入で、従来は困難であったケーソン刃先直下の地盤を直接掘削・除去できる。これにより、硬質地盤でのオープンケーソン施工を可能にすると共に、大深度施工においても高精度で計画的な施工が行えるようになった。

本工法は、平成8年に霞ヶ浦導水事業の立坑工事に採用されて以来、施工の確実性、品質、安全性や省人化に対し発注者から高い信頼を得て、深度50m程度の大口径・大深度立坑を中心に施工実績を積み重ねた。その中には、オープンケーソンとして我が国で最

大級となる外径φ35mの雨水調節池や、深度73.5mに及ぶ取水立坑がある。

2. 工法概要

本工法は、①掘削揚土システム、②沈下管理システムで構成され、施工条件に応じてシステム単独あるいは2つを組み合わせで使用される。本工法の概要図を図1に示す。



図1 自動化オープンケーソン工法概要図

(1) 掘削揚土システム

本システムは、水中掘削機と水中掘削支援機（ベスマシン：120t吊級クローラクレーン）、並びに掘削揚土クレーンと水中施工のための掘削揚土支援システムで構成されている。各機械の役割を以下に示す。

(a) 水中掘削機

水中掘削機(写真—1,2)はバックホウ型の機械で、地上運転室からの遠隔操作でケーソン刃先直上の躯体内壁に設置した走行レール上を水平方向に走行・停止する。走行レールを把持して掘削反力を確保し、ケーソン刃先下3.5～5.0mの範囲の地盤を直接掘削する。掘削した土砂はケーソン中央付近に放土し、掘削揚土クレーンでケーソン内から搬出される。



写真—1 水中掘削機 全景



写真—2 ケーソン刃先付近での掘削・放土状況

開発当初は走行・把持機構の構造上、曲率一定の円形断面ケーソンのみ施工可能であったが、走行・把持機構の改良で直線部や曲線部を組み合わせた走行レールに対応し、矩形や小判形等の断面への適用も可能になった(写真—3)。また、止水Oリングの見直しや細部にわたる構造改良で耐水圧は1.20MPa(水深120m相当)に、掘削力は従来機に比べ1.1～1.2倍に性能向上している。なお、適用可能なケーソン側壁厚は、大



写真—3 直線部と曲線部を組み合わせた走行レール

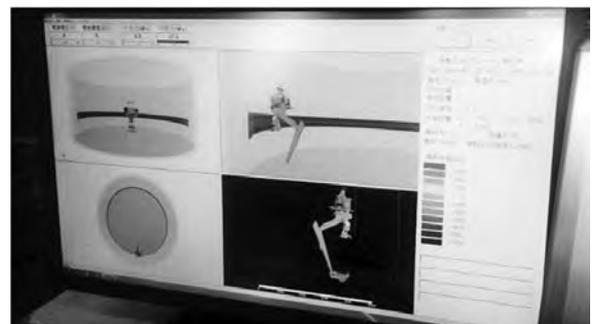
深度における構造部材厚と水中掘削機の大きさ・質量等のバランスを考慮して最大3.5mである(表—1)。

水中掘削機の稼働状況は、ブーム・アーム・バケットの各シリンダストローク量からバケット通過軌跡を座標演算し、地上運転室のモニターにCGでリアルタイム表示して管理している。同時に「情報化施工による見える化」を推進することにより、沈下掘削中の傾斜精度を管理する上で重要なケーソン刃先下地盤の掘削量を三次元表示し、刃先下全体での掘削状況をひと目で確認できるように工夫している(写真—4)。

上記以外には、電圧・電流値、油圧値・油温、電動機稼働音等をモニタリングして地上運転室で一元管理

表—1 水中掘削機諸元

水中掘削機(ガイドレール式水中バックホウ) 仕様	
全 幅	2,810 mm
全 高	待機姿勢時 6,922 mm
奥 行	4,500 mm
待避姿勢時/バケット高さ	刃口より 988mm(ロングブーム装着時)
質 量	18,100 kg
走行速度	水平方向(直線部, 曲線部) 70 mm/sec
掘削方法	遠隔操作式手動掘削
施工可能な側壁厚	最大3.5 m(水中掘削機の刃先下掘削範囲5 m)
耐水圧	1.20 MPa(水深120mのケーソンに対応可能)
掘削精度	ケーソン中央部 ±200 mm
	ケーソン刃先部(上下・半径方向) ±100 mm
アタッチメント	バケット(広幅, 中幅, 狭幅), リッパ, 刃先清掃ブラシ
バケット容量	山積0.55 m ³ (広幅)→山積0.23 m ³ (狭幅)
電動機型式	油浸型海中電動機(出力75 kW/1,750 rpm)
油圧ポンプ型式	可変容量型ピストンポンプ(最高圧力325 kgf/cm ²)
操作卓, 電力制御盤	据え置き型(地上運転室に設置)



写真—4 水中掘削機運転モニター



写真一5 ケーソン刃先下の1.6mの転石除去例

することで、機械故障の早期発見やケーソン刃先下支障物の検知と除去を行っている（写真一5、バケット通過軌跡や、油圧値等の変動・負荷状況により転石等の支障物を検知する）。

(b) 水中掘削支援機

水中掘削支援機は120～150t吊級クローラクレーンをベースマシンとし、水中掘削機用の電力ケーブルや制御ケーブル用のケーブルリールを追加で装備している（写真一6）。



写真一6 水中掘削支援機

水中掘削支援機の役割は、以下の通りである。

- ①水中掘削機の地上への引き上げ機能（躯体構築時、点検時、故障時等に地上に引き上げ）
- ②水中掘削機のケーソン内への投入機能
- ③電力・制御ケーブルの送り出し、巻き取り及びケーブルの緊張力管理機能

(c) 掘削揚土クレーンと掘削揚土支援システム

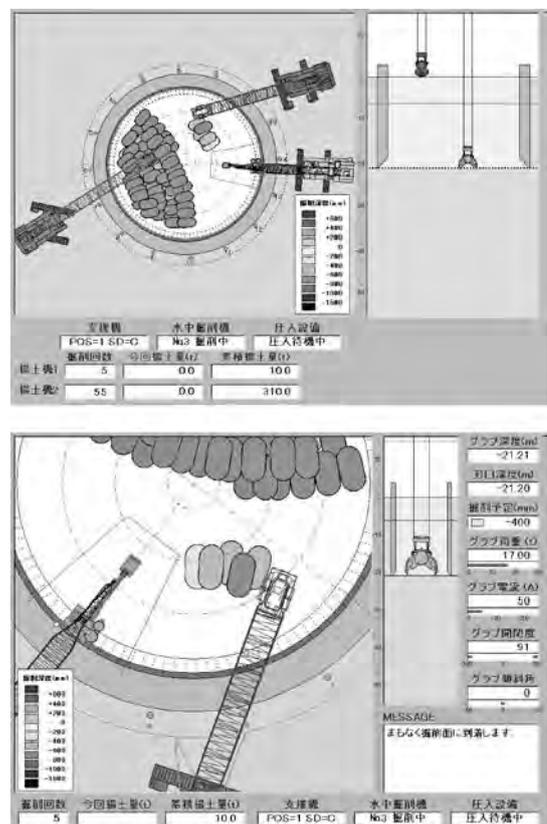
通常のオープンケーソンの掘削揚土は、クローラクレーンにドレッジャーバケット等を装備し、水面下での土砂掘み作業を行う。しかしながら、合図者による掘削位置指示では掘削面状況（バケットの平面位置・深度、土砂掘み量）を定量的に管理できないという課

題があった。特にバケット揚程作業や地盤へのバケット爪の貫入、開閉度合い等はオペレータの技量と経験に頼るところが大きく、作業効率に大きく影響していた。本工法では、水中施工の大深度ケーソンにおいても効率かつ安全・確実に施工可能な掘削揚土支援システムを開発し、前述の課題をクリアしている。

掘削揚土支援システムは、クローラクレーンに旋回角度・起伏角度・ワイヤー送り出し量センサー、荷重センサー等を設置する（表一2）。これら信号データとケーソン刃先深度データをあわせてバケット位置を座標演算し、クレーン運転室と圧入管理室に設置したモニター上に掘削揚土の平面位置・深度等をリアルタイム表示することで、合図者なしでの施工管理を実現した。図一2にある俵形図形がバケットにより掘削

表一2 掘削揚土支援システム諸元

掘削揚土支援システム 仕様(ドレッジャーバケット使用時事例)		
検出器	旋回角度	ロータリーエンコーダ(絶対値型12ビット)
	起伏角度	ポテンショメータ(温度補償型10KΩ)
	主巻ドラム回転量	磁気スケール(分解能0.45°)
	補巻ドラム回転量	同上
	主巻+補巻荷重	引張式ロードセル(クレーン装備)
	補巻荷重	ピンロードセル(最大荷重15t)
表示器	15インチ液晶ディスプレイ(クレーン運転室と圧入管理室に設置)	
音声出力	音声合成ユニット	
制御盤	寸法1,200x600x600	
電源	DC24V 20A(クレーンより供給)	



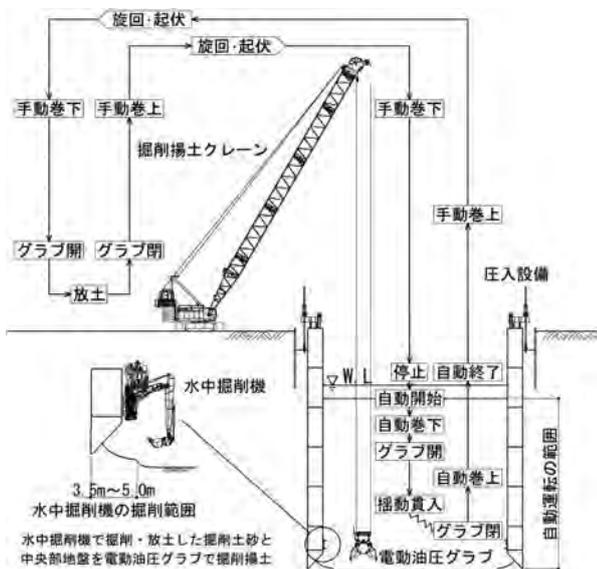
図一2 掘削揚土支援システムモニター

揚土した平面位置で、深度はケーソン刃先からの距離に応じて色分け表示される。また、バケットに対しては侵入禁止エリアを設定し、水中掘削機や走行レール、ケーソン側壁等との接触防止が図られている。

本工法では、掘削揚土用バケットとしてドレッジバケットの他に電動油圧グラブ（容量3m³、自重15t）も使用可能で、高水圧・硬質地盤の大口径・大深度ケーソン施工に対応している（写真一7）。これは、従来のワイヤーによるバケット開閉動作を油圧で行うグラブバケットで、硬質地盤ではグラブバケットを小刻みに開閉して爪を貫入させる揺動貫入掘削により効率的に掘削揚土できる。加えて、電動油圧グラブ用の掘削揚土支援システムでは、グラブの巻上げ下



写真一7 掘削揚土クレーンと電動油圧グラブ



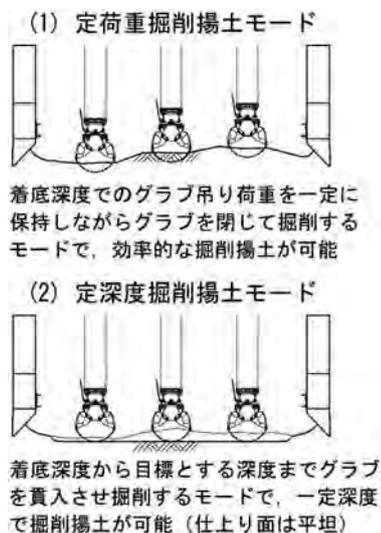
図一3 掘削揚土作業の自動運転

げ動作の一部やグラブの開閉度合、土砂掴み量（吊り荷重）調整の自動運転を実現した（図一3、表一3）。

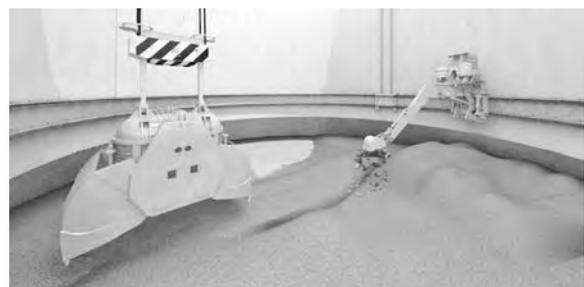
この電動油圧グラブと掘削揚土支援システムの両方を適用した場合、水中下・大深度においても作業効率は揚程距離での時間増以外ほぼ一定で、掘り過ぎや掘り残しが少なく平坦で安定した掘削面が得られる（図一4、5）。これはケーソンの沈設精度向上や掘削揚土にともなう周辺地盤への影響抑制に効果的である。また、自動運転機能は、クレーンの長時間操作に対するオペレータの身体負担低減に寄与するものである。

表一3 電動油圧グラブ諸元

電動油圧グラブ 仕様		
型式	電動油圧式、グラブ型	
容量	(W.L.) 3.0 m ³	
自重	(除 吊り金具) 15,000 kg	
油圧ユニット	本体搭載型	
油タンク	1,250 ℓ	
油圧シリンダー	φ200 x φ130 x 540 ^{mm} x 4本	
開閉動作	開き	約9秒
	閉じ	約15秒
最高使用圧力	210 kg/cm ²	
耐水圧	1.20 MPa	
電源	動作	AC 100 V 50 Hz
	操作	AC 200 V
ツース	2体型ツース x 7本 (209-70-54143・横ピンタイプ)	
吊り金具	吊り方向 90° 反転式	



図一4 電動油圧グラブの掘削揚土方法



図一5 水中下での掘削揚土状況 (CG イメージ)

(2) 沈下管理システム

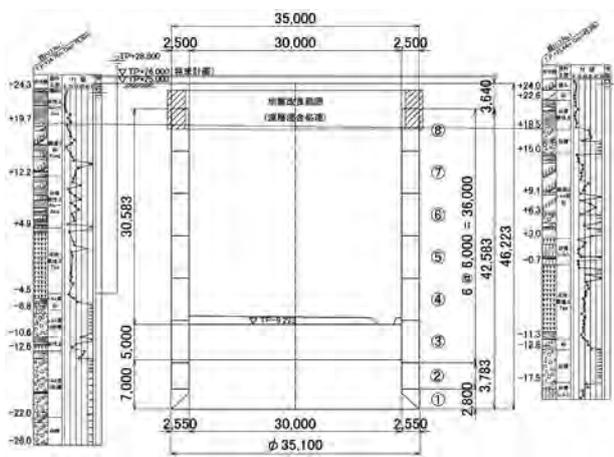
いわゆる油圧ジャッキを用いた圧入工法で、ケーソン挙動の計測から圧入までの流れを一体化し、1秒毎に更新される傾斜量、沈下量等の計測データを基に、迅速かつ高精度に姿勢制御しながらケーソンを圧入するものである。

3. 施工事例

(1) 工事概要

寺畑前川は河道断面が小さい都市の中小河川で、近年の都市型集中豪雨により周辺では浸水被害が頻繁に発生していた。最近でも床上・床下浸水被害が約260戸発生するなど早急な対策が求められ、雨水を一時的に貯留する調節池（貯留量：約19,400m³）が築造された。調節池の構造図を図一6に示す。

- ・ 工事名：床上浸水対策特別緊急事業
淀川水系寺畑前川調節池整備工事
- ・ 施工場所：兵庫県川西市南花屋敷
- ・ 立坑形状：内径φ30.0m、外径φ35.0m
躯体長42.583m、深さ47.223m



図一6 調節池構造図

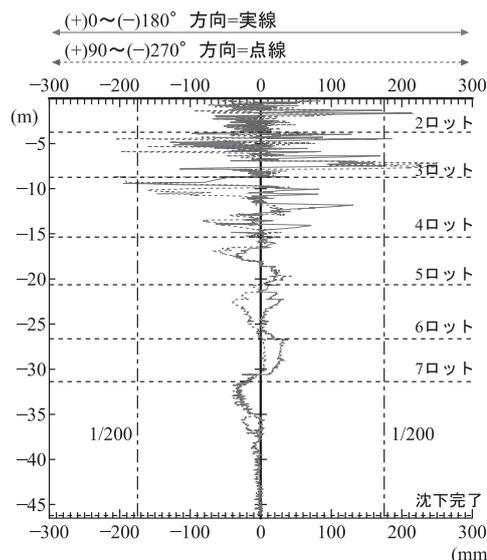
(2) 施工状況

施工機械は、各機械の作業量・稼働時間を考慮して水中掘削機1台・電動油圧グラブ2台とした（写真—8）。圧入設備は、各ロットで打設するコンクリート重量相当を事前載荷可能な3,000kN油圧ジャッキ16台である。

上層部の土質は軟弱で、傾斜管理図（図一7）からも判るように掘削作業に対するケーソン挙動が非常に敏感であった。そこで、水中掘削機による刃先部の掘削量に差をつけ、刃先反力の調整で傾斜修正を促すと共にケーソン中央部の掘削揚土量を綿密に管理し、掘



写真—8 施工時の様子



図一7 傾斜管理図

削完了後に傾斜修正しながらケーソンを圧入した。

沈下進捗にともなって傾斜量の一時的増加が見られたが、各ロットでの沈下完了時には管理基準値の1/200以内に収め、更には傾斜量0mmを目標に姿勢制御しながら施工した。

4. おわりに

本工法は深度100mへの挑戦を目指して開発され、これに応えるべく、機械・ソフトの改良と信頼性向上に努めてきた。熟練作業員の減少、安全作業の確立、作業環境の改善等への対応が求められる中、引き続きオープンケーソン工法の利点を活かした地下利用を通じて社会貢献できるものと期待している。

JCMA

【筆者紹介】

秋田 満留（あきた みつる）
 (株)鴻池組
 本社 土木事業本部 技術統括本部
 土木技術部 施工技术課
 課長



大型埋設物を切り回し 地下鉄直上に短期間で通路を築造

東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路

神原 聡・上田 康貴

東京メトロ丸ノ内線・東西線・千代田線・半蔵門線及び東京都交通局の三田線の5線が乗り入れている地下鉄大手町駅とリニューアルオープンしたパレスホテルを地下で直結する地下通路を短期間で築造した工事である。地下には大型下水道等多数の埋設物が存在している中、高さ3.5m、幅2.5mと大型のNTTとう道の移設を伴う地下鉄東西線躯体上での地下通路建設であり、既設構造物の変位抑制管理が最重要の条件で、ホテルの開業と同年の地下通路開業にむけ工期短縮計画を樹立し安全と工期を確保して完成した工事である。

キーワード：地下通路、躯体直上施工、大型埋設物、情報化施工、安全確保、工期短縮、鋼製防護、並行作業、浸水防止止水壁

1. はじめに

パレスホテル東京は1961年に丸の内1丁目に開業した日本を代表する老舗ホテルであり、内堀通りを挟んで皇居に面している。2009年1月に施設の老朽化により一時休館となり、全面的な建替え工事を行い2012年5月にリニューアルオープンした。ホテルの建替えに伴って、皇居方面へのアクセス向上とホテル利用客の利便性向上のため、地下鉄大手町駅から直結するエレベータやエスカレータ等のバリアフリー施設を備えた地下通路が計画された。図-1に示すように地下鉄大手町駅は、東京メトロの丸ノ内線・東西線・千代田線・半蔵門線及び東京都交通局三田線の5路線が乗り入れ、東京メトロ路線だけでも1日当たり27万

人(2011年度)の利用があるターミナル駅で、JR東京駅とも地下通路で接続している。

本工事である地下通路工事に当たっては同一区画内で施工していた他工事との工程調整や、近隣での再開発工事が同時進行しているため工事間での道路占用の調整に時間を費やした。しかし、ホテルの開業が2012年の5月に予定されていたため、発注者からは同じ年内の地下通路開業を希望されており、工期短縮は必達の目標となった。本稿では地下通路工事のうちNTTケーブル切り回しの施工方法変更による工期短縮、東京メトロ既設躯体直上施工における情報化施工及び安全確保について報告する。

2. 工事概要

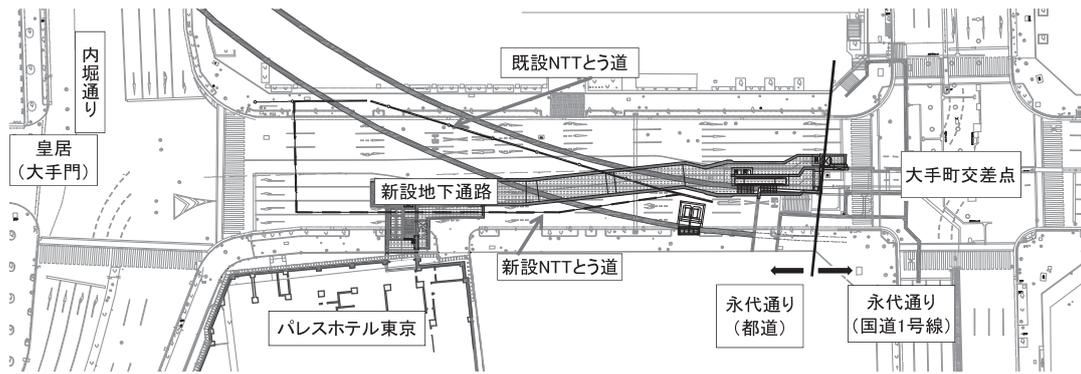
パレスホテル地下通路工事の工事場所は図-2に示す都道永代通りと一部国道大手町交差点をまたぐ範囲にあり、交通量の非常に多い国道1号線につながる位置にある。施工延長100m、掘削深度最大14m、掘削幅は最大14mである。

本工事の対象は地下通路の構築及び掘削と、支障となるNTTとう道を切り回すための掘削であり、それに付随する杭打ち、路面覆工架設、地盤改良を伴う開削工事である。工事概要を表-1に示す。

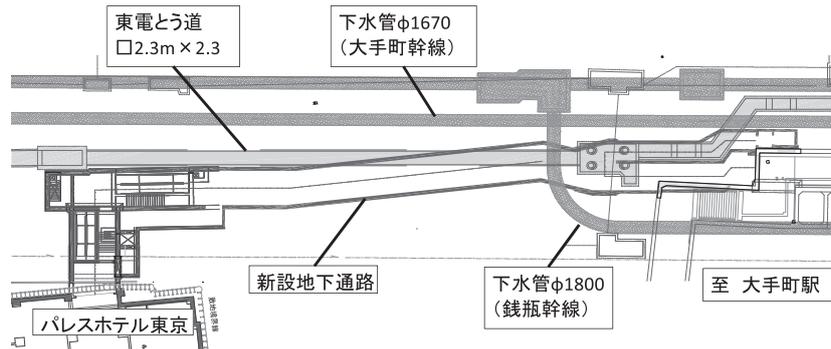
図-3に示すように周囲には下水道φ1800(銭瓶幹線)、φ1670(大手町幹線)、東電とう道(H2.3m×W2.3m)といった大型埋設物が多数存在しており、



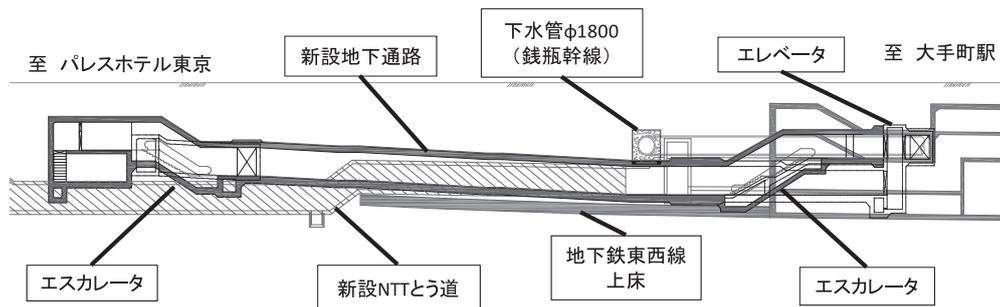
図-1 現場周辺地図



図一 2 施工箇所周辺図



図一 3 地下埋設物平面図



図一 4 工事概要縦断図

表一 1 工事概要, 主要工種一覧

工事名称	東西線大手町駅パレスホテル建替計画 連絡出入口新設工事
発注者	(株)パレスホテル
設計監理	三菱地所設計
工事監理	東京地下鉄(株)
施工者	(株)大林組

主用工種	工事数量	摘要
道路施設物処理・復旧	1 式	
鋼矢板・鋼杭打設・引抜	11,191 m	鋼矢板 V L 型, H350 他
路面覆工架設・撤去	2,783 m ²	
高圧噴射地盤改良	945 m	φ 3.5 m
掘削	20,492 m ³	
鉄筋コンクリート毀し	79 m ³	
鉄筋コンクリート	1,724 m ³	
道路復旧工	9,523 m ²	

図一 4 の工事概要縦断図に示すように東京メトロ東西線の躯体と下水φ 1800 の大型幹線により新設通路の躯体位置が決まる状況であった。下水φ 1800 を下越しするため、地下鉄大手町駅側と接続する箇所で大いなる高低差が生じた。バリアフリー化の設備としてエレベータ 2 基、エスカレータ 5 基が計画された。NTT とう道の切り回し工事の施工に当たっては掘削工事を当工事が担当し、NTT とう道の新設・撤去、及びケーブルの切り回し工事については NTT 工事として NTT 工事会社が担当することとなった。

3. 工期短縮計画

(1) 計画概要

図一 2 に示すように、計画した地下通路の経路上に NTT とう道 (H3.5 m × W2.5 m) が位置しており、

切り直しによる移設が必要であった。このNTTとう道は重要ケーブルが入った主要幹線のため、移設工事は慎重かつ確実な施工が求められ、当初計画では、とう道の新設しケーブルを移設した後、既存とう道を撤去することとしていた。

しかし、工期を短縮する必要があったため、以下の3つの対策をとり工程の短縮を図った。

- ①埋設管理者であるNTTと協議し、NTTとう道内に残ったケーブルを鉄板で覆う鋼製防護を設置し、ケーブルの切り直し工事と並行して既設のNTTとう道を撤去することとした。NTTケーブル切り直し完了後の躯体撤去の必要がなくなり、工程を3ヶ月短縮する。
- ②既設NTTとう道躯体の撤去を先に行ったことで、ケーブルが残置する鋼製防護部を残して新設地下通路の躯体構築を進める。残りの躯体構築範囲を少なくし、NTTとう道切り直し完了後の工程を1ヶ月短縮する。
- ③躯体構築を先行したため、躯体内部に浸水防止の止水壁を設置するスペースを確保することができた。止水壁を設置することで、NTTとう道切り直し完了前にエレベータやエスカレータの設備工事や内装工事を進めることができ、切り直し完了後の工程を3ヶ月短縮する。

以上の3つの対策により、クリティカルパスとなるNTTとう道切り直し完了後の工程を合計7ヶ月短縮する計画とした(図-5)。

(2) 鋼製防護設置～既設NTTとう道の撤去

図-6に示すようにNTTとう道内のケーブルを箱

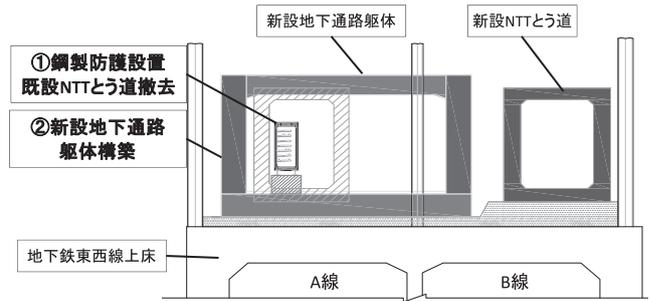


図-6 位置関係断面図



写真-1 既設NTTとう道(掘削時)

型の鋼製板(鉄板 t = 1.6 mm, 山形鋼, 溝形鋼等)により防護した上で、既設NTTとう道の躯体をワイヤーソー工法にて撤去した。撤去前の既設NTTとう道を写真-1に示す。

(3) 躯体構築工事(その1)

鋼製防護箇所周辺の側壁を除いて新設地下通路の躯体構築工事を進めた。既設NTTとう道撤去後は写真-2に示すように鋼製防護に対する埋設吊防護及

		平成23年												平成24年												平成25年							
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
当初案	NTTとう道切り直し工事	NTTとう道切り直し工事																															
	旧NTTとう道撤去工事													旧NTTとう道撤去																			
	地下通路構築工	構築工 その1												構築工 その2																			
	地下通路施設内装工事																									施設・内装工事							
工期短縮案	NTTとう道切り直し工事	NTTとう道切り直し工事																								7ヶ月の短縮							
	旧NTTとう道撤去工事	①鋼製防護設置、既設NTTとう道撤去																															
	地下通路構築工	②構築工 その1												構築工 その2																			
	地下通路施設内装工事	③止水壁設置												施設・内装工事												施設・内装工事							
														先行施工																			

図-5 工期短縮計画



写真一2 NTT 鋼製防護



写真一4 扉付止水壁 設置状況



写真一3 NTT 鋼製防護周り 躯体構築状況



写真一5 鋼製防護撤去後 躯体構築完了

び近接注意の明示を行った上で躯体構築を施工した(写真一3)。

(4) 止水壁設置, 内装・設備工事 (その1)

工事施工中に新設のエレベータやエスカレータの設備を設置するため, 大雨に対する浸水対策を行う必要がある。躯体構築を NTT 鋼製防護箇所近くまで進めたことで図一7に示す位置に止水壁を設置するスペースが確保できた。写真一4に示す扉付の止水壁を設置して作業のための出入りと設備への浸水対策を確保し, NTT とう道切り回し完了前に設備工事を進めることができた。

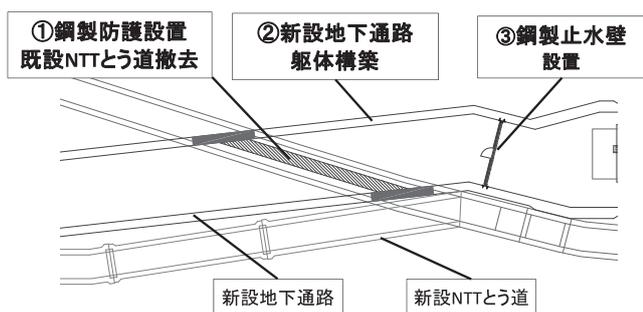
(5) 鋼製防護撤去

～躯体構築, 内装・設備工事 (その2)

NTT とう道切り回し完了後, 鋼製防護を撤去し, 残りの躯体構築工事と内装・設備工事を行った。先行してそれぞれの工事を進めていたため, 計画通り工程を短縮することができた(写真一5)。

(6) NTT 工事との調整

前述の通り, NTT の通信設備を取り扱う工事は NTT 工事会社の施工となるため, 同じヤード内で相互の施工工程が競合する状態となった。そのため施工前に入念な打ち合わせを行い, 施工責任範囲を明確にするとともに, 相互の施工ヤードの明確化など安全管理に特に注意を払い, 無事故で施工を完了させた。



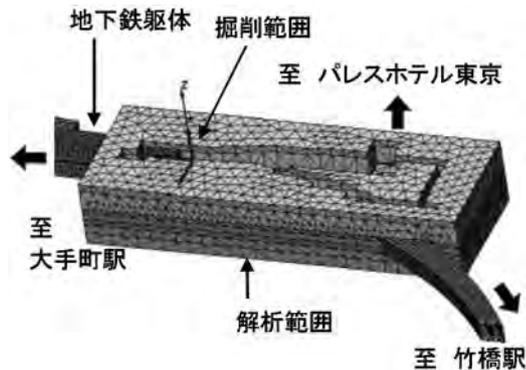
図一7 位置関係 平面図

4. 東西線躯体のリバウンド現象

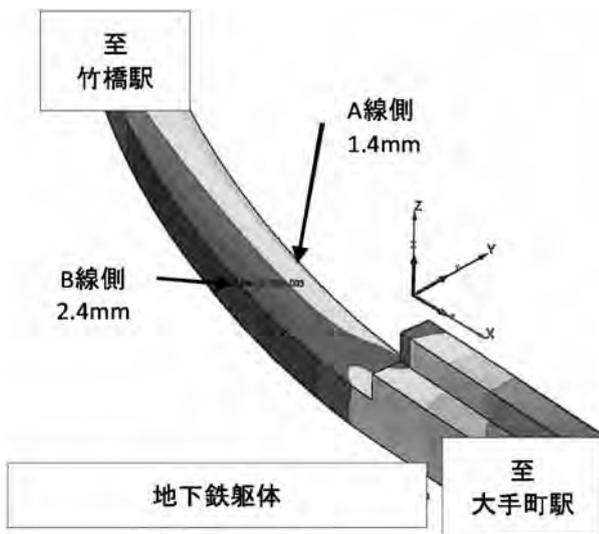
工事に当たっては東西線躯体の直上を掘削する範囲が広がるため, 躯体の上載荷重を除去することになり, 躯体の浮上りが懸念された。

(1) 解析結果

図一八に示すように掘削に伴う躯体の挙動を事前に三次元FEM解析を用いて施工ステップ解析し、掘削中の想定変位量を算定した。その結果、図一九に示すように最大鉛直変位量は北側（A線側）で+1.4 mm、南側（B線側）で+2.4 mm という結果が得られた。



図一八 FEM解析範囲概要



図一九 東西線躯体解析結果

(2) 施工時の変位計測

実際の施工においては東西線躯体の軌道階側壁に水盛式沈下計を用いた鉛直変位自動計測システムを設置し躯体の鉛直変位を計測した。工事事務所と現場のデータを共有させることで24時間のリアルタイムで監視できる体制とした。

(3) 施工時の変位と対策

掘削時は変位量低減のため、段切り掘削を行った。掘削に伴い東京メトロ躯体が徐々に浮き上がり、床付け掘削完了時点で最大となった。北側（A線側）で+4.63 mm、南側（B線側）で+5.76 mmの最大変位

が発生し、解析結果を上回る結果となった。一次管理基準値である3.5 mmを上回った時点で、営業線の安全管理を万全にするため、計測機器の点検及び構造物の水準測量を実施し、自動計測の値に異常がないことを確かめた。また、1回/月の軌道計測を追加し、実際に営業線の軌道レールの変状を測定し異常がないことを確認しながら施工を進めた。変位増加の対策としては早期に躯体の構築を進め、埋戻しを行うこととした。上記のように管理者と施工者間で変位の情報を共有し、軌道の安全性を確保しながら施工を進めることができた。

(4) 変位増加の原因

解析時は東京メトロ躯体を一体の構造物として扱ったが、東京メトロ東西線の当該範囲は長さ30 mのケーソンを沈設し、それぞれを連結した構造であり、一体物の剛性を持つ構造物とは異なる挙動を示したため、解析結果よりも大きな変位が生じたと考えられる。

(5) 沈下変位の発生と対策

一方で、躯体構築が進むにつれ徐々に変位量が小さくなり、躯体構築完了時に+1.00 mmの変位に収束した。その後、埋戻しが進むのに伴い徐々に沈下し、初期値と比較して最大で-3.90 mmの沈下変位が発生した。沈下の発生は埋戻しに伴う上載荷重の増加によるものと考えられたため、局所的に過大な荷重がかからないように全体的に均一に埋戻しを進めた。また、埋戻しの各ステップで沈下変位が収まるのを待って次のステップに進むこととし、変位の増加を抑えながら工事を進めた。掘削時と同様、1回/月の軌道計測を実施して、軌道の安全性を確認しながら施工を進めた。

5. 建込杭の安全性確保

本工事では既設躯体の直上に地下通路を構築するため、東西線上や既設NTTとう道に打設した杭は根入れのない建込杭として施工した。

(1) 課題

杭打ちの際に既設躯体に変状を与えないようにする必要がある。また、根入れがないため、掘削中の土圧のバランス及び、床付け掘削時の杭先端部の安定確保やズレ止めが課題となった。

(2) 杭打ち時の対策

杭打ち計画の際には東京メトロ躯体の側壁や中壁上

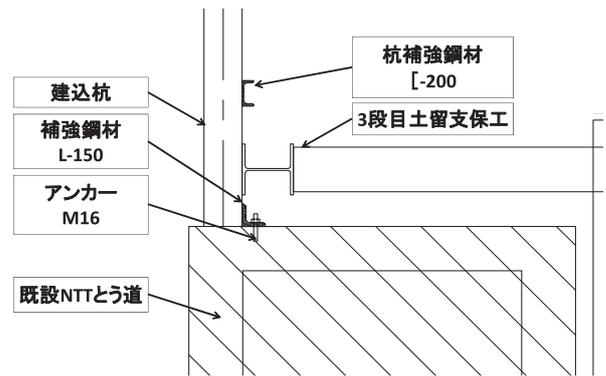
に杭を配置するなど、スラブ中央部付近に極力荷重がかからないよう配慮した。

建込杭を打設する際は躯体を損傷させないように打設高さを管理して慎重に打設を行った。また、杭を既設躯体まで打ち下げる際の振動により軌道内での変状が発生しないように、終車後から始発までの間に躯体内を点検しながら打ち下げを行った。打設中に軌道内での変状は認められず、また、前述の水盛式沈下計による計測においても杭打ちにおける変位は見られなかった。

(3) 掘削時の対策

建込杭は①東西線上に打設するものと、②撤去する既設 NTT とう道に打設するものがあった。①東西線上に打設した杭は、図一10及び写真一6に示すように床付け掘削時に建込杭周りの小段を残すことで、杭先端部の受働抵抗を確保した。②撤去する NTT とう道に打設した杭は、図一11及び写真一7に示すように、杭の安定を確保するために杭前面に溝形鋼を溶接し、建込杭同士を連結し補強した。また、撤去する躯体にアンカーを打設し、鋼材を取付けて滑り防止とした。

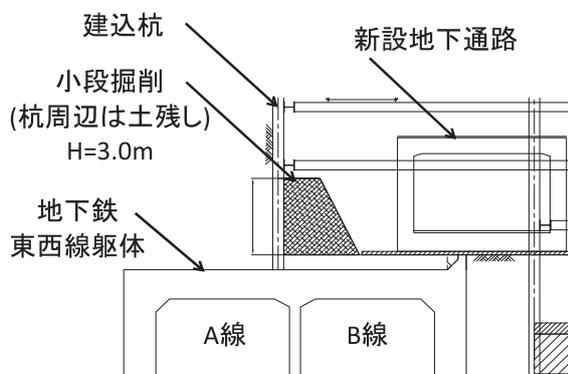
これらの対策により掘削・床付け時、及び躯体構築



図一11 建込杭足元補強図



写真一7 建込杭足元補強状況



図一10 小段掘削計画



写真一6 小段掘削状況



写真一8 パレスホテル東京 全景



写真一9 地下通路完成状況

中においても建込杭周り、及び周辺地盤には大きな変状は見られなかった。

6. おわりに

本工事は既設 NTT とう道の通信ケーブルを残したまま安全性を確保し先行してとう道を撤去することで、大幅な工期短縮を実現し、地下通路の開通を当初予定に間に合わせる事ができた。

また、東京メトロ東西線躯体直上での掘削・躯体構築工事であったが、情報化施工及び各種対策工で営業線や既設躯体、ならびに周辺地盤に大きな変状を発生させることなく地下通路を開通することができた（写真—8, 9）。

本稿が同様の施工条件下での施工計画、施工管理の一助となれば幸いである。

J C M A

【筆者紹介】

神原 聡 (かんばら あきら)

㈱大林組

東京本店 地下鉄虎ノ門新駅 JV 工事事務所
所長



上田 康貴 (うえだ やすたか)

㈱大林組

東京本店 地下鉄方南町駅工事事務所
工事長



大水深構造物の点検用水中調査ロボット

杉本 英樹・本山 昇

労働力不足が懸念されるなか、老朽化の進む社会インフラの効率的・効果的な維持管理は、喫緊の課題である。また、水深 40 m 以上の大水深となるダム堤体や海洋・港湾構造物の潜水士による点検・調査は、安全面と効率面から、特に困難な課題といえる。

本報では、国土交通省により公募された「次世代社会インフラ用ロボット現場検証」に参加し、水中調査ロボットによる実際のダム構造物の現場実証試験で性能検証を行って効果を確認できたので、その内容について報告する。

キーワード：維持管理、大水深、ダム、遠隔操作無人探査機、現場実証

1. はじめに

高度経済成長期から整備された社会インフラは、長きにわたり国民の生活基盤として機能してきた一方で、老朽化が進行しており、効率的・効果的な維持管理は喫緊の課題である。構造物の維持管理を行う上で点検・調査が基本であるが、供用しているインフラの点検・調査は劣悪な作業環境下での作業であり、従事する労働力不足といった問題も抱えている。特に、水深 40m 以上の大水深となるダム堤体等の大型水中構造物では、上流面からの潜水士による目視調査が最適であるが、平成 27 年 4 月 1 日に改正された高気圧作業安全衛生規則に基づいて潜水作業時間が制限される事や、減圧施設が必要となる事から、監査廊や下流面での目視調査の結果により健全度評価および診断する事が主流となっている。

このような背景から、筆者らは遠隔操作無人探査機 (Remotely operated vehicle : ROV) を利用した大水深域に適用できる水中調査ロボット (以下、「ロボット」と記す) を開発した。本報では、国土交通省により公募された「次世代社会インフラ用ロボット現場検証」に参加し、2014 年度の宮ヶ瀬ダム、2015 年度の天ヶ瀬ダムで取組んだ現場実証試験で得られた成果から、ダム堤体の維持管理に必要な水中構造物診断システムの機能と課題について報告する。

2. 水中調査ロボットのシステム概要

図-1 にロボットのシステム概要図を示す。ロボットは、船上もしくは陸上に設置した操作室より本体に搭載したカメラの映像を見ながら遠隔操作し、無人航行が可能である。また、GNSS と水中音響測位装置を組み合わせた測位システムによって、ロボットとダム堤体との位置関係を把握する事が可能である。

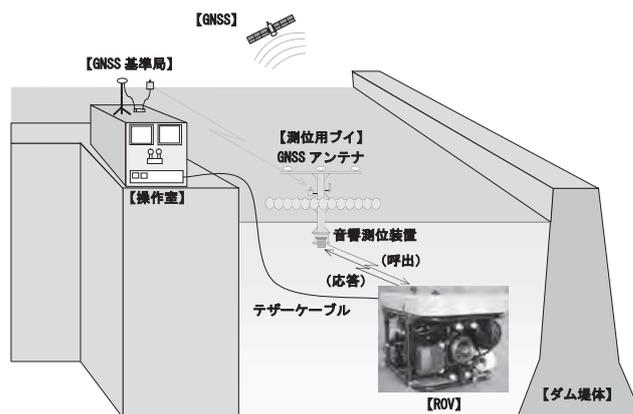


図-1 システム概要図

(1) ロボット

ロボットの寸法は、長さ 90 cm、幅 56 cm、高さ 63 cm、気中重量は約 90 kg である。適用水深は 150 m である。水中では中性浮力を保持し、3 方向のスラストによって、前後・上下・左右方向への自由な航行が可能であり、スラストの自動制御機能によって任意に設定した深度や方位の保持が可能である。

ダム堤体壁面やダムゲート設備の点検は、検査装置面の4箇所配置した伸縮ロッドをダム堤体壁面の角度に合わせて長さを調整して、ロボットをダム堤体壁面に平行になるように押し付けてロボットの位置を保持しながら主要検査装置によって実施する。ロボットは主要検査装置として、計測用カメラ（光学カメラ）、ケレン装置（清掃ブラシ）、肉厚計、打音装置を機体側面に搭載している。これらの装置によって、ダム堤体壁面の高精細な画像取得、ダム堤体壁面の清掃、ダムゲート設備（鋼材）の肉厚計測、ダム堤体壁面の打音検査が可能であり、水深の深い箇所ではLEDライトによって必要な光量を確保する事が可能である。濁水中においてもロボット前面に搭載した音響カメラとロボット底面に搭載した全周囲ソナーによって、ロボットとダム堤体や障害物との距離を把握しながら調査箇所へ接近する事が可能である。また、計測用カメラ前面に取り付けた濁水対応装置内に清浄な水を注水し、計測用カメラと被写体との間をクリアにする事で、濁水中でも鮮明な画像取得が可能である。ロボット本体を写真-1に、ロボット側面に搭載した主要検査装置を写真-2に示す。

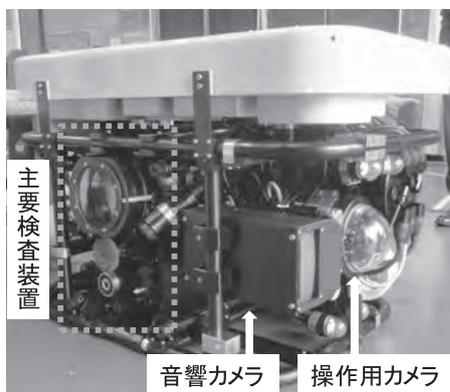


写真-1 ロボット本体

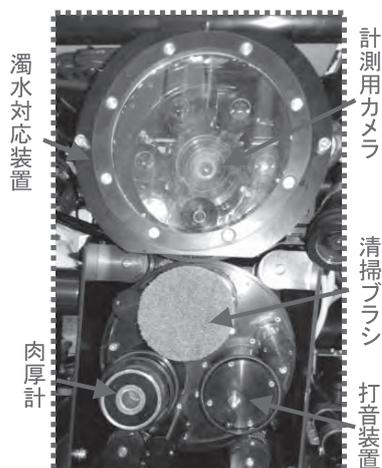


写真-2 ロボット本体および主要検査装置

(2) 測位装置

水面に浮かべたブイ（浮力体）に搭載したGNSS、方位センサ、音響測位装置と、ロボットに搭載した水圧計、方位・姿勢センサ等のデータを組み合わせる事で、ロボットの位置や姿勢情報をモニタリアルタイムに3D表示し、操作者は視覚的にロボットの位置を把握する事が可能である。

(3) 調査方法

構造物の調査は、ロボットの操作者と調査管理者の2名で行う。事前に計画された調査ラインに沿って操作者がロボットを潜航させる。調査管理者が対象物の状況を確認しながら、映像を記録していく。精査が必要と思われた場合は対象位置をソフト上でマーキングしておき、後にロッド調整して対象面がコンクリートであれば清掃して高精細な画像を取得し、鋼材部であれば肉厚計測を実施する。操作状況を写真-3に示す。



写真-3 操作状況

3. 現場実証試験の概要

(1) 宮ヶ瀬ダム

宮ヶ瀬ダムの現場実証試験は2014年11月に実施した。神奈川県に位置する宮ヶ瀬ダムは、2001年に運用を開始したダムであり、堤頂長約400m、堤高156mの重力式コンクリートダムである。調査項目は、ダム堤体コンクリートの浮き・剥離などの状況確認、あらかじめ設けた模擬体の状況確認、洪水吐およびダム最深部付近の状況確認であった。調査時のダム湖水の透明度は高く、水深約20mにおいて計測用カメラによってダム堤体壁面の鮮明な画像取得が可能であり、コンクリート打継目の視認も可能であった。水平方向に約50mロボットを走らせ調査したが、画像取得できる範囲内で浮き・剥離などは確認されず、調査した箇所は健全であると判断できた。

(2) 天ヶ瀬ダム

天ヶ瀬ダムの現場実証試験は2015年11月に実施した。京都府に位置する天ヶ瀬ダムは、1964年に竣工した淀川本川に建設された唯一のダムであり、堤頂長約254m、堤高73mのアーチ式コンクリートダムである。調査項目は、ダム堤体コンクリートの浮き・剥離などの状況確認、あらかじめ設けた模擬体の状況確認、コンジット予備ゲートおよびダム最深部付近の状況確認であった。ここでは現場実証試験の調査項目の他に、水中の濁度が高い環境下での調査である事が課題であった。濁水中においても調査を可能にするため、著者らはロボットの計測用カメラ前面に濁水対応装置と、間隔5cmの平行ラインレーザを追加装備した。調査時のダム湖水の濁度は低かったが、堤体壁面には堆砂や貝等が付着しており、コンクリート横目地の視認は所々で確認可能な状況であった。ダム堤体壁面のコンクリート水平目地に沿って、ロボットを水平方向に約30mの距離を4箇所走らせて調査したが、水平目地の開きや浮き・剥離などは確認されず、調査した箇所は健全であると判断できた。

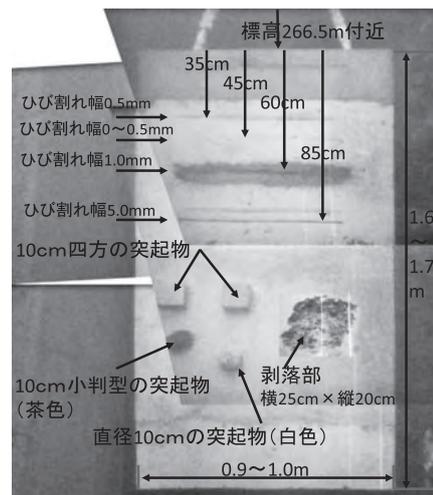
4. 大水深構造物への適用

(1) 調査対象物の状況把握

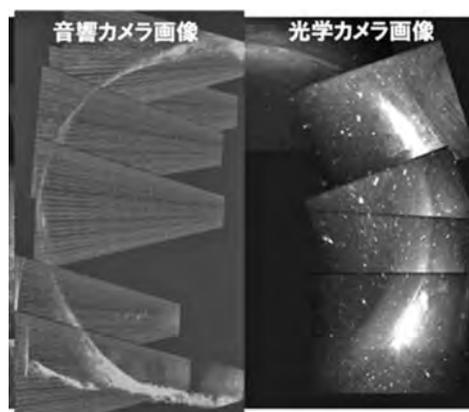
宮ヶ瀬ダムにおいて、水深約17mに設置された模擬体の画像を計測用カメラで取得し、調査後に画像内に写り込ませた平行ラインレーザ（間隔10cm）を長さの基準として模擬体の外形、ひび割れ、突起物や剥落部の寸法を算出して図化した。模擬体計測結果を写真一4に示す。模擬体が緩やかな斜面に設置されていたため模擬体の正対画像を取得できず、模擬体の長さ方向（実際は2m）の計測誤差は大きくなったが、その他は概ね実物とおりの計測が可能であった。

また、水深約48mの高位常用洪水吐では、管口部を光学カメラと音響カメラで撮影し、形状を比較した。光学カメラ画像と音響カメラ画像の比較を写真一5に示す。光学カメラ画像と音響カメラ画像の形状は概ね一致しており、ロボットに搭載した音響カメラによって水中の濁度が高い場合であっても構造物を視認できる可能性が示唆された。水深約93mの低位常用洪水吐では、鋼管内に進入し、管内底部に木や葉が堆積している事を確認した。今回はダム最深部と推定される水深約127mまで潜航して堆砂や沈木を確認し、潜水士では難しい大水深域まで調査が可能であることを確認した。ダムの堆砂状況を写真一6に示す。

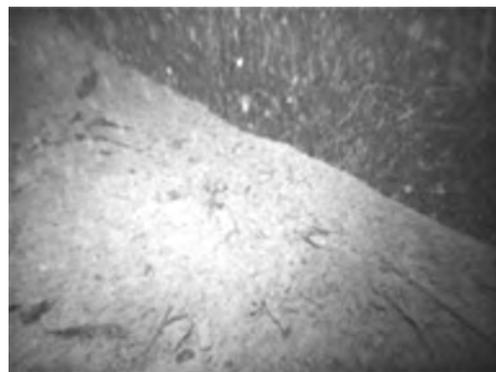
天ヶ瀬ダムでは、水深約28mへ潜航し、ダム最深部において細かな堆砂や沈木が堆積していることを確



写真一4 模擬体計測結果

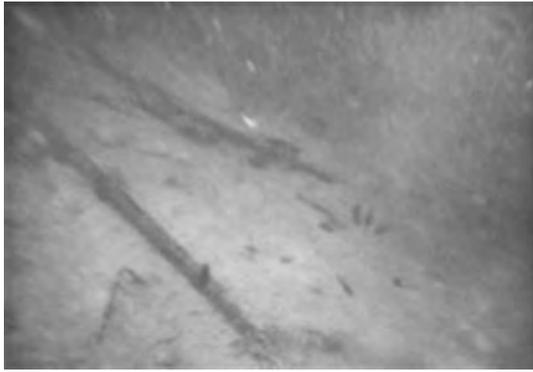


写真一5 光学カメラ・音響カメラ画像比較

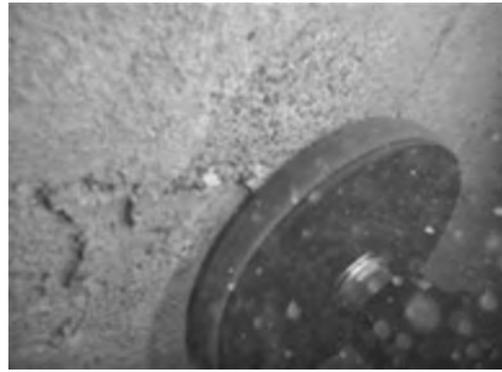


写真一6 宮ヶ瀬ダム堆砂状況

認した。ダムの堆砂状況を写真一7に示す。ここでも水深約12mに設置された模擬体を計測用カメラで画像取得した。設置位置の詳細な情報は与えられていなかったため、概略調査（概査）により模擬体を探索し、調査を実施した。画像内に写り込ませた平行ラインレーザ（間隔10cm）を長さの基準として模擬体の外形、ひび割れ、凹凸部の寸法を算出し、概ね用意された回答と合致した。模擬体の状況を写真一8に、模擬体の計測結果を写真一9に示す。



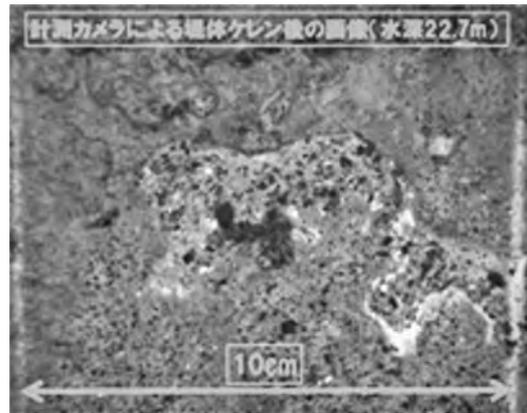
写真一七 天ヶ瀬ダム堆砂状況



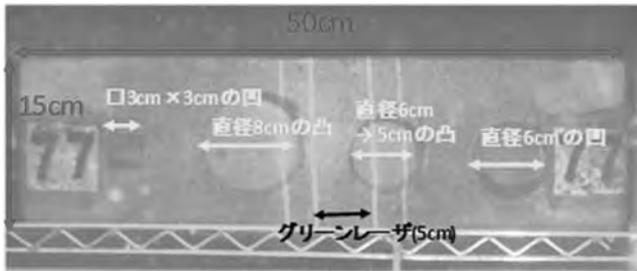
写真一十 壁面清掃状況



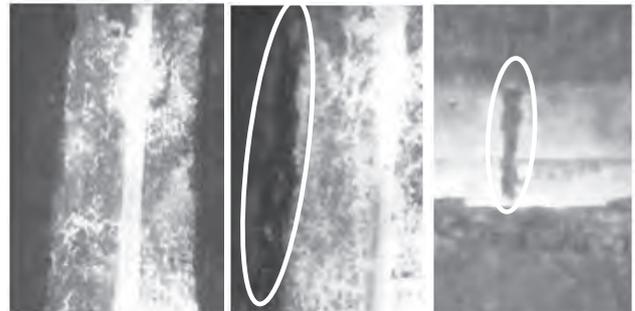
写真一八 模擬体の状況



写真一十一 壁面清掃後状況



写真一九 模擬体の計測結果

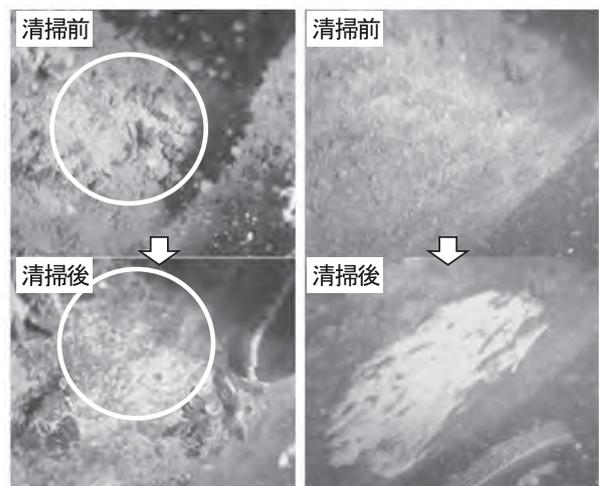


写真一二 ゲート鋼材の変状

(2) 調査対象物の精査

宮ヶ瀬ダムのダム堤体壁面は斜面のため薄く堆積物で被覆されている箇所が多かったが、ケレン装置で清掃を行う事で、堆積物を除去した清浄な検査面とした。壁面清掃状況を写真一十に、壁面清掃後状況を写真一十一に示す。壁面清掃後、打音装置（機械駆動のハンマ）によって検査面を叩き、近傍の水中マイクで打音を取得したが、明らかな浮き・剥離箇所はなく、健全部のみでの打音検査であったため、調査方法の評価はこれからの課題である。

天ヶ瀬ダムでは、コンジット予備ゲート戸当たり部の調査を行った。全体を操作カメラによって調査し、一部のゲート鋼材の錆等の変状について確認した。写真一十二にゲート鋼材の変状を示す。ダム堤体壁面には薄い堆積物や貝が付着している箇所が多く、ケレン装置で清掃を行う事で、堆積物や貝を除去した



写真一十三 清掃状況 (左: 堤体面, 右: 鋼材面)

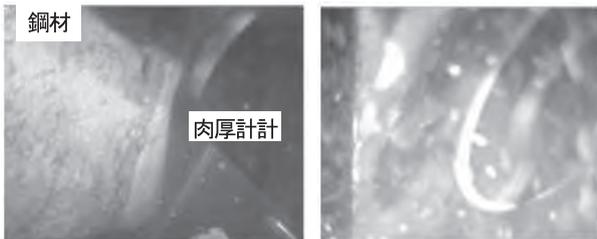


写真14 肉厚測定・ボルト緩み確認状況

清浄な検査面とした。清掃状況を写真13に示す。予備ゲートの鋼材清掃では、対象物の硬さに合わせた清掃用ブラシを適用した事で写真13に示すように、塗装面を損傷させる事なく清掃し、肉厚計によって鋼材の肉厚計測も可能であった。また、予備ゲートのボルトの緩み確認については、清掃用ブラシを回転させながらボルトに当てる事によって、緩みがない事を確認した。予備ゲートの肉厚測定状況およびボルト緩み確認状況を写真14に示す。

清掃用ブラシによる清掃時に、ダム提体上の堆積物が舞い上がって視認しづらくなる事を利用して、濁水対応装置の効果を検証した。濁水対応装置の効果検証を写真15に示す。濁水対応装置を装備した計測用カメラでは、鮮明に提体面を観察する事が可能であった事に対し、濁水対応装置を装備しない作業監視用カメラでは、浮遊物等によって観察が困難である状況となりやすく、濁水対応装置の有効性を確認した。

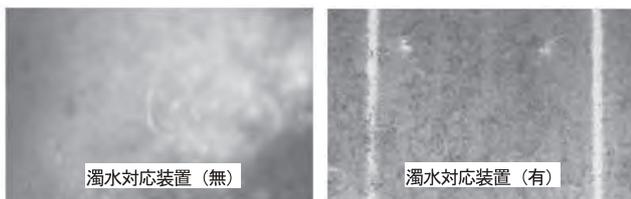


写真15 濁水対応装置の効果検証

5. おわりに

参加した「次世代社会インフラ用ロボット現場検証」では、水中調査ロボットのシステムの機能および性能、運用性、品質、工期、経済性等の総合的な側面か

ら検証された。宮ヶ瀬ダムと天ヶ瀬ダムでの現場実証試験の結果、開発したロボットは潜水作業が困難な水深40m以深において、潜水士が行う目視点検、形状把握と同等の作業を行える事を確認でき、試行的導入推薦レベルの技術であると評価された。今後は、実証試験で得られた成果をもとに、調査範囲の拡大を狙った運動性能の向上、コスト縮減を狙ったシステム構成機器の簡素化と運用体制の見直し、水中構造物の診断に必要な機能拡張等に取り組み、本技術の適用範囲を広げていく予定である。

謝辞

現場実証試験において、格別のご配慮をいただいた国土交通省、(一財)先端建設技術研究センター、(一社)日本建設機械施工協会、実証現場をご提供いただいた宮ヶ瀬ダムを管轄する相模川水系広域ダム管理事務所、天ヶ瀬ダムを管轄する近畿地方整備局淀川ダム統合管理事務所ほか、多大なご協力をいただいた関係各位に紙面を借りて謝意を表す。

JICMA

【参考文献】

- 1) 小笠原, 杉本, 森屋: 遠隔操作無人探査機 (ROV) を利用した大水深水中調査ロボットの現場適用, 土木学会第70回年次学術講演会, VI-142, pp.283-284, 2015年9月
- 2) 水野, 小笠原, 杉本, 森屋, 武井: 大水深水中調査ロボットによるダムの点検・調査への現場適用, 土木学会第71回年次学術講演会, VI-740, pp.1479-1480, 2016年9月

【筆者紹介】

杉本 英樹 (すぎもと ひでき)
五洋建設(株)
船舶機械部開発グループ
開発グループ長



本山 昇 (もとやま しょう)
五洋建設(株)
船舶機械部開発グループ



トンネル等屋内工事現場における 位置把握システムの開発

屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握

澤 正 樹・清 水 充 子・賀 川 義 昭

屋外にて管理対象の位置を把握するには、主に GPS 等の測位衛星が多く用いられているが、屋内では測位衛星から電波を受信することができない。そのため、RFID や PHS の電波を活用して位置を特定するシステムが主流であるが、電波を受信し位置を特定する機器（アンテナ、リーダ等）が高額なため、数多く設置することが難しく、位置を詳細に把握することが困難である。そこで筆者らは、安価な機器を用いることで、屋内空間でもより詳細に位置を把握できるシステムを開発し実用化した。

キーワード：位置把握、無線、タグ、ルータ、IEEE802.15.4

1. はじめに

GPS 等の測位衛星による位置判定が行えない山岳トンネルや地下トンネル等の屋内空間では、トンネル坑内の作業員や重機等の位置を詳細に把握することが難しく、現在は RFID (Radio Frequency Identifier) や坑内 PHS により大まかな位置を特定するに留まっている。

これらのシステムは、坑内に等間隔に設置したアンテナが、管理対象物に取り付けた RFID タグや PHS からの電波を受信することで位置を特定する。

また、アンテナ同士は通信ケーブルで接続されており、工事の進捗、すなわちトンネル掘進の状況に合わせてアンテナの設置と通信ケーブルおよびアンテナ用電源ケーブルの敷設・設営が必要となる。そのため、常に専門業者による工事・管理が必要となり、ケーブル代や敷設工事など定期的にコストが発生する。

そのほか、人手不足が心配される昨今、少ない人数

で現場の生産性を維持・向上させるためには、現場内の作業員や重機、機械の位置把握や動線管理を確実にし、ムリ・ムダのない現場運営が求められている。

そこで、筆者らは、運用が容易で低コスト、かつ詳細に位置把握が行える「屋内位置把握システム」(図-1)を開発し実用化した。

2. システムの概要

(1) システムの機器構成

今回開発した「屋内位置把握システム」は、IEEE 802.15.4 対応無線¹⁾を採用したシステムで、以下の3つの機器で構成されている。

(a) タグ (写真-1)

定期的に電波を発信し、発信間隔は調整が可能である(5秒に1回電波を発信した場合、タグ内部のボタン電池で約6ヶ月の稼動が可能である)。その他、内蔵の加速度センサーにより移動、停止の稼動状況のほか、転倒等の異常な動きが検知可能である。

(b) ルータ (写真-2)

タグからの電波を受信し、その情報を隣のルータへ転送し続けることで、監視用パソコンまで転送する。AC100Vだけでなくモバイルバッテリーでも稼動でき、20,000mAhのモバイルバッテリーで約1ヶ月稼動する。

(c) 監視用パソコン (写真-3)

ルータから転送されてくる情報を集約・処理し、管理対象の作業員や重機、機械の位置を可視化する。可視化においては専用のソフトウェアは不要で、ブラウ

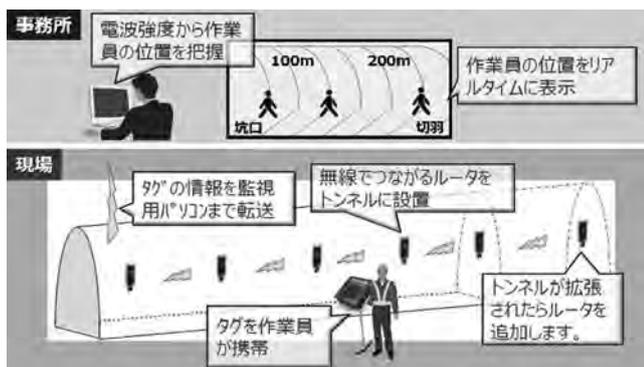


図-1 システム概要図



写真-1 タグ



写真-2 ルータ



写真-3 監視用パソコン

ザ上に表示するウェブアプリケーションとして提供される。よって、監視用パソコンに LAN や Wi-Fi 経由でアクセスしてタブレットやスマートフォン上で可視化画面を閲覧することも可能である。

(2) システムの仕組み (図-1)

(a) 機器の設置

位置を特定する対象 (ヒト・モノ) にタグを装着する。ヒトの場合は、主にヘルメットに装着する。

また、位置管理する単位 (ブロック) ごとにルータを設置する。ルータの最大設置間隔は 210 m であるが、後述するように途中のルータが故障した場合でもシステムを安定稼働させるためにも 100 m 以内の間隔で設置することが望ましい。

監視用パソコンは、トンネル出入口付近や事務所等に設置する。

(b) 位置の特定

タグとルータとの距離が短いほど、ルータが受信するタグからの電波の強さ (電波強度) が大きくなる。

複数のルータが同一のタグを検知した場合でも、よりタグに近いルータが受信する電波強度が大きくなるため、タグの位置を特定することが可能となる。

この情報は無線により連続して隣のルータへの転送を繰り返し、最終的に監視用パソコンまで転送され集計処理される。システムでは最も大きな電波強度を受信したルータの検知ブロック内にタグがあると判断し、監視用パソコン上において現場の図面上にタグの位置を可視化表示する。

(3) システムの特長

本システムの特長は 3 つあり、これらの特長がシステムの低コスト化、運用・管理の単純化・効率化に貢献している。

(a) 無線による通信

タグとルータ、ルータ同士のすべてが無線で通信を行うため、LAN ケーブル等の通信ケーブルの敷設工事が不要である。

(b) 設置機器の小型化・単純化

現場に設置する機器は安価なルータのみなので、現場職員や作業員での設置やシステムの運用が可能である。

(c) ルータ故障時の自動回避機能

ルータが故障した場合、故障したひとつ前のルータは、故障したルータを飛ばし次のルータへ自動的に情報を転送するため、途中で転送が滞ることが無くシステムの安定運用が可能となる。

3. 実用化に向けた実証実験

実用化に向けた実証実験の状況は以下の通りである (写真-4)。

(1) 実験現場の状況

- ・ シールドトンネル (地下トンネル)
- ・ 総延長：約 4,000 m
- ・ 内径：3,000 mm
- ・ トンネル壁面は鋼製セグメントと RC セグメントが混在
- ・ トンネル内に 90 度の急曲線部がある

(2) 実験の条件

- ・ ルータ設置間隔：トンネル入口から 50 m ごとおよび 100 m ごと
- ・ ルータ設置個数：17 個
- ・ 実験区間：トンネル入口から約 850m まで



写真—4 現場の状況

(3) 実験の詳細と結果

ヘルメットにタグを装着した作業員がルータ設置区間 850 m を徒歩で移動する。作業員に同行した連絡者が、トンネル入口付近に設置した監視用パソコンをモニタリングしている監視者に作業員の位置を逐次報告し、画面上に表示されている位置と報告された位置との乖離がないことを確認した。

また、ルータの故障を想定し、任意のルータの電源を強制的に落とした。監視用パソコン上では、正常に作業員の位置が表示されていることが確認できたので、ルータが故障してもそのルータの隣のルータにデータが転送され、システムとしては問題なく安定稼働できていることを確認した。同様に1つ飛ばしてルータの電源を全て落とすことで、ルータが100 m ごとに設置されている状況を作り、50 m ごとに設置した場合と同様に徒歩で移動し、画面上に表示されている位置と報告された位置との乖離がないことを確認した。

さらに、トンネル内の急曲線部においては、ルータ同士の見通しが悪くならないようにルータを配置しなければならないことが分かった。

当初予想していた屋内空間における電波の乱反射や、工事用の高圧ケーブルからのノイズによる影響は見られなかったが、隣り合うルータの通信境界付近では、位置の特定が難しく、作業員の進行方向とは逆の位置を表示することもあった。しかし、通信境界付近を通過すれば数秒以内に正しい位置が表示されること

が確認できたため、本システムのトンネル現場への適用は問題ないと判断した。

4. おわりに

本システムは、タグに内蔵されている加速度センサーにより、作業員の転倒や重機の停止・稼働も検知可能で、異常な状態以外にも稼働状況を迅速に把握できるシステムになっている。

万が一のときのための位置把握だけでなく、今後、急激に進むと予想されている人手不足に対応するためには、現場においても日進月歩のICTツールを上手く活用し、少ない人数で今以上に現場管理の効率化を図っていかなければならない。

今回は主にトンネル現場での実用化を図ったが、今後はトンネルに限らずダムの点検通路や地下構造物等の屋内空間の現場、建築現場での展開を視野に入れシステムの改良を進めていく所存である。

JICMA

【参考文献】

- 1) 澤正樹, 清水充子, 賀川義昭 トンネル工事現場における坑内位置把握システムの開発 平成 28 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集 pp.127-128, 2016.

【筆者紹介】



澤 正樹 (さわ まさき)
 株安藤・間
 社長室 情報システム部
 システム基盤グループ
 課長



清水 充子 (しみず みちこ)
 株安藤・間
 社長室 情報システム部
 システム基盤グループ
 課長



賀川 義昭 (かがわ よしあき)
 株日立ソリューションズ
 クロスインダストリソリューション事業部
 空間情報ソリューション本部
 ロケーションビジネス部
 課長

|| 投稿論文 ||

振動ローラの加速度計測を利用した 地盤剛性値の算出について

横山 隆明¹・藤村 貢²・建山 和由³

¹立命館大学講師 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

E-mail: t-yoko@fc.ritsumei.ac.jp

²若築建設株式会社 建設事業部門 土木部 (〒153-0064 東京都目黒区下目黒 2-23-18)

E-mail: mituru.fujimura@wakachiku.co.jp

³立命館大学教授 理工学部環境システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

E-mail: tateyama@se.ritsumei.ac.jp

振動ローラのフレームと振動輪に加速度計を取り付け、両者の加速度計測値を用い地盤反力-振動輪変位関係を導く方法を開発した。この方法を検証するために60 cmのまき出し厚で、細粒分質礫質砂、粒度調整碎石、礫混じり土の三種の実験地盤を作製し、振動ローラで複数回転圧する実証実験を行った。実験地盤では、転圧1, 4, 8回目において、小型FWD試験器による地盤剛性(K_{30} 相当値)と、RI試験器による密度の計測を実施した。これらの計測値と振動ローラの加速度計測値から導いた地盤反力-振動輪変位関係から地盤剛性を算出し、小型FWD試験器の計測値と比較した結果、振動ローラの加速度計測から導いた地盤剛性値は小型FWDによる計測結果と同じ傾向を示し、振動ローラの特徴をよく表すことがわかった。

キーワード：振動ローラ, 加速度計測, 振動輪, フレーム, 2質点系バネモデル

1. はじめに

GNSSやTSの普及とともに道路や空港などの盛土の締め固め施工においては、転圧機の走行軌跡を用いて締め固め施工管理を行う管理手法が導入されるようになったが、転圧時にリアルタイムで地盤の剛性を評価することができれば、併せて盛土の品質を直接評価することが可能となる。

リアルタイムで地盤剛性を評価する手法としては、振動ローラの加速度応答を利用する方法が一般的である。この手法は、地盤剛性に依存して変化する振動ローラの挙動から逆に地盤剛性を評価する手法であり、振動加速度の周波数特性か加速度応答から地盤反力～変位関係を計測しこれを利用する場合が多い。

加速度応答を用いる方法では、その計測原理から加速度の応答信号の計測と同時に起振機の回転角度の計測を行う必要があり、既存の振動ローラへ後付けでそのような計測システムを搭載することは困難であった。本研究では振動ローラの振動輪とフレームに取り付けた加速度計から得られる応答信号の情報だけから地盤反力を直接算出し、地盤反力～変位関係を求めることができる手法の開発を行い、その適用性を現場実験で検証した。

2. 振動ローラの加速度計測値による地盤反力～変位関係算定方法

図-1に振動ローラ-地盤系のモデル化を示す¹⁾。振動ローラはフレームと振動輪の2質点系にモデル化され、フレーム-振動輪-地盤間はバネとダッシュポットで結ばれる。

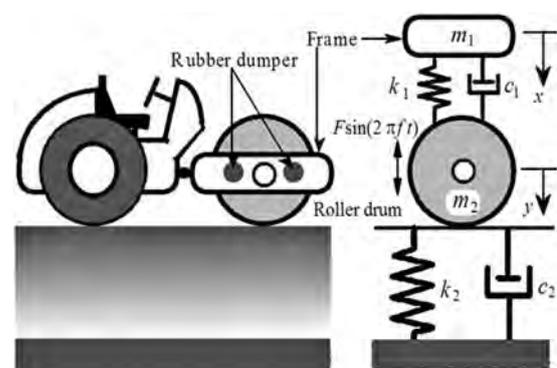


図-1 振動ローラ-地盤系のモデル化

モデル化した2質点系の強制振動は一般的に以下の式で表される。

$$m_1\ddot{x} + k_1(x - y) + c_1(\dot{x} - \dot{y}) = m_1g \quad (1)$$

$$m_2\ddot{y} + R(t) - k_1(x - y) - c_1(\dot{x} - \dot{y}) = m_2g + F \sin(2\pi ft - \delta) \quad (2)$$

式(2)中の δ は振動輪と起振機の位相差を表す。また $R(t)$ は振動輪が地盤から受ける地盤反力であり、式(3)のように表される。地盤反力 $R(t)$ が負値をとるときには $k_2=c_2=0$ とすることにより振動輪が地盤から飛び上がる現象を表現することができる。

$$R(t) = k_2y + c_2\dot{y} \quad (3)$$

式(1)~(3)を用いれば地盤反力 $R(t)$ を求めることができるが、その際には振動輪と起振機の位相差 δ が必要になる。位相差 δ については、起振機内にタイミングセンサーを設置して直接求める方法²⁾があるが、この場合振動輪内の偏心重りの回転角をとらえる必要があり、振動ローラにあらかじめそのような計測機構を装備しなければならず、既存の振動ローラに後付けでそのような計測機構を導入するのは困難である。

図-2に振動輪の跳躍が無い場合、図-3に振動輪が跳躍する場合の地盤反力-振動輪変位関係を表す。これら

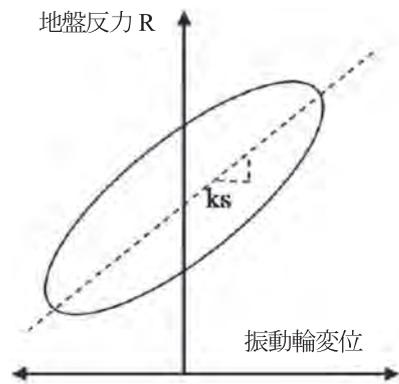


図-2 地盤反力 R と振動輪の変位の関係³⁾
(跳躍が無い場合)

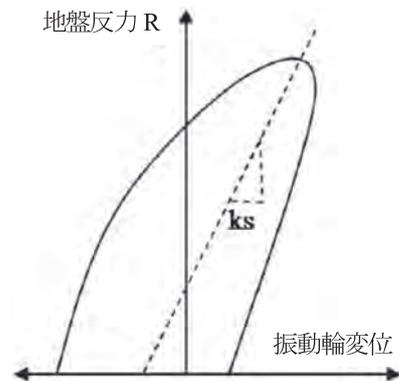


図-3 地盤反力 R と振動輪の変位の関係³⁾
(跳躍がある場合)

の図からグラフの傾き K_s を求めることで締固めている地盤の地盤剛性がリアルタイムで推定できる。

これらの方法では振動輪の加速度のみを計測しフレームの加速度は計測しないのが一般的であるが、本研究では、フレームの加速度を計測することでより正確に地盤反力 $R(t)$ を評価することとした。フレームの加速度を計測することで、地盤反力を表す式(3)と共に、式(1)と(2)を用いて導いた以下の式(4)も地盤反力 $R(t)$ を評価する式として利用することができる。

$$R(t) = m_1(g - \ddot{x}) + m_2(g - \ddot{y}) + F \sin(2\pi ft - \delta) \quad (4)$$

フレームの加速度 \ddot{x} と、振動輪の加速度 \ddot{y} を計測し、計測値を累積誤差を排除しながら積分することでフレームと振動輪の速度及び変位が求められる。そして(4)に含まれる振動輪と起振機の位相差 δ については、跳躍していない場合は(3)式と比較することで、跳躍している場合は、跳躍時には振動輪に起振機からの入力以外に外力が働かなくなる事を利用し、振動輪と起振機の位相が等しくなるとして位相差 δ を求める事ができる。

上記のような振動ローラのフレームと振動輪の加速度計測値から地盤剛性を求める手法がどの程度の妥当性をもつか検証するため現場実験を行った。

3. 現場実験の概要

建設現場の一角に図-4に示す盛土地盤を作製し転圧実験を行った。各盛土地盤は、粘性土、礫混じり土および粒度調整碎石の3種類の材料を用いまき出し厚さ60cmとして作製した。

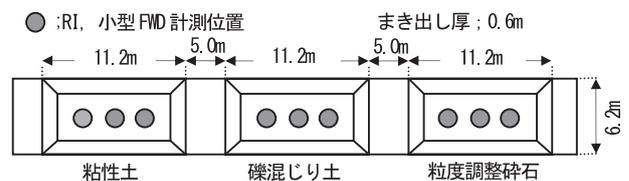


図-4 現場試験地盤と計測位置

図-4に示す計測位置においてRIによる密度試験と小型FWD試験を行った。RI試験は透過型の計測器を用いた。

各盛土材料諸元を表-1に示す。表-1から、本実験では3種類(粘性土、礫混じり土、粒度調整碎石)の土質材料で試験盛り土を造成したが、当初粘性土と評価していた材料は最大粒径が75mmの礫を含む材料であり砂質土と分類される材料であることがわかった。以後は細粒分質礫質砂と表記することとする。細粒分質礫質砂の含

表-1 盛土材料諸元

項目	材料名		
	粘性土	礫混じり土	粒度調整碎石
石分 (%)	-	-	-
礫分 (%)	31.0	62.1	68.7
砂分 (%)	53.7	30.1	26.6
細粒分 (%)	15.3	7.8	4.7
シルト分 (%)	10.2	-	-
粘土分 (%)	5.1	-	-
自然含水比 (%)	15.2	4.3	6.4
最適含水比 (%)	13.7	6.8	8.9
均等係数	50.5	70.3	-
曲率係数	2.8	0.8	-
分類名	細粒分質礫質砂	細粒分混じり砂質礫	-
土粒子密度 (g/cm ³)	2.653	2.652	2.667

水比は 15.2%で最適含水比より若干大きい状態であり、礫混じり土および粒度調整碎石は最適含水比よりやや小さい値であった。

表-2に今回使用した振動ローラの諸元を示す。振動ローラは酒井重工工業製の 11 t 級 SV512D-1 を用いた。また、図-4に示した盛土地盤に対し振動ローラで合計 8 回の転圧を行い、走行前、1 回目、4 回目、8 回目の転圧終了後に RI および小型 FWD 試験機による計測を行った。転圧時の走行速度はすべて低速で行い、転圧の振動については、1 回目は Low モードで 2 回目以降は High モードで締固めた。

表-2 振動ローラの諸元

機種名	SV512D-1 11 t 級	
質量 (t)	フレーム (m ₁)	1865
	振動輪 (m ₂)	6350
寸法 (mm)	ロール径 / ロール幅	1544/2130
起振力 F ₀ (kN)	Low/High モード	181/260
振動数 f ₀ (Hz)	Low/High モード	33/26

4. 実験結果及び考察

4.1 RI による密度試験結果

RI を用いて転圧回数毎に測定した乾燥密度が土質試験によって得られた最大乾燥密度の何%に相当するか計算した結果を締固め度として図-5に示す。図よりいずれの試験盛土においても転圧回数が増加するにつれて締固め度が増加している。細粒分質礫質砂については転圧を行わない時点から締固め度が大きく、転圧 1 回目

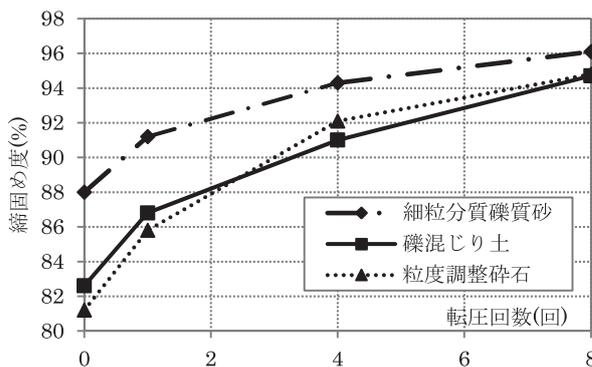


図-5 試験盛り土の転圧回数と RI 計測による締固め度の関係

90%以上の締固め度を示している。また礫混じり土と粒度調整碎石は転圧前の締固め度は若干異なるが転圧 4 回目以降ではほぼ同じ締固め度になっていることがわかる。

4.2 小型 FWD 試験による地盤反力計測結果

図-6に小型 FWD 試験による地盤剛性値(K₃₀相当値)の計測結果を示す。細粒分質礫質砂は RI による密度試験結果と異なり転圧回数が増加するにつれて地盤剛性値が低下している。礫混じり土と粒度調整碎石は RI による密度試験結果と同様に地盤剛性値が増加する結果となった。細粒分質礫質砂については転圧によって盛り土の密度は上昇しているが地盤剛性は逆に低下しており、振動ローラによる締固めでは注意を要する現象が発生している⁴⁾。

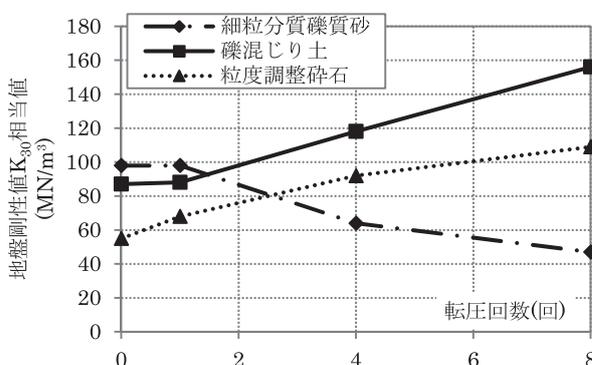


図-6 転圧回数と FWD 計測による地盤剛性値 (K₃₀ 相当) の関係

4.3 加速度計測からの地盤反力と地盤剛性値の算定

振動ローラのフレームと振動輪に加速度計を取付け振動加速度を計測した。計測例として細粒分質礫質砂及び粒度調整碎石の転圧 8 回目の加速度計測結果を図-7、8に示す。

図-7、8に示した振動ローラによる 8 回目の転圧の場合、細粒分質礫質砂では振動輪が地盤から跳躍しなかったが、粒度調整碎石では振動輪の跳躍する現象が見られた。振動輪が跳躍しているかどうかは振動輪の加速度をフーリエ変換することで判別可能⁵⁾である。図-7、8に

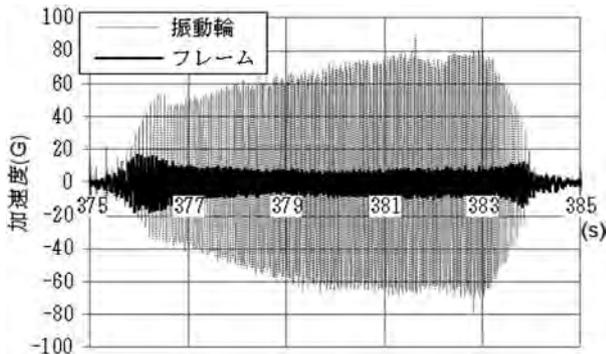


図-7 振動輪とフレームの加速度 (細粒分質礫質砂 8 回目)

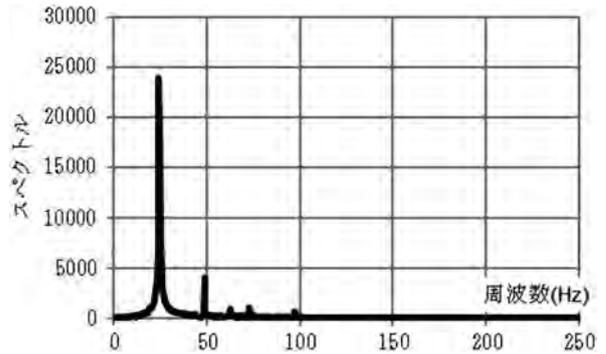


図-9 振動輪加速度の周波数分析 (細粒分質礫質砂 8 回目)

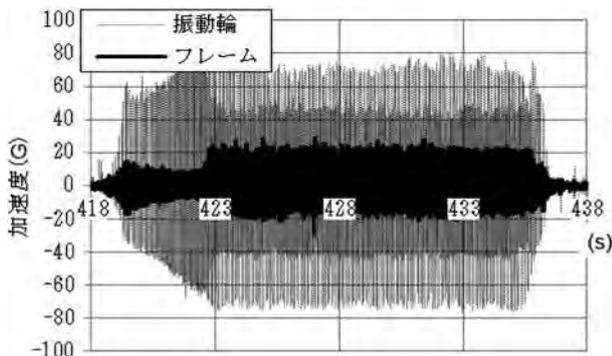


図-8 振動輪とフレームの加速度 (粒度調整碎石 8 回目)

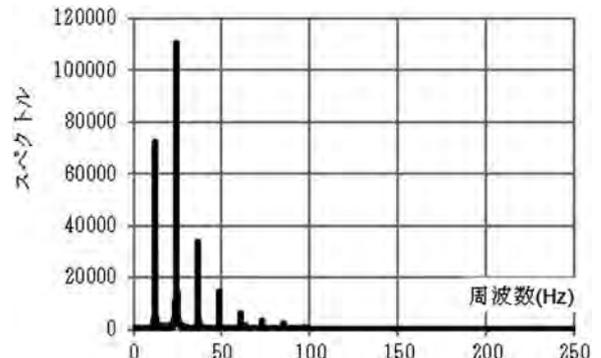


図-10 振動輪加速度の周波数分析 (粒度調整碎石 8 回目)

示した転圧 8 回目の振動輪加速度のフーリエ変換結果を 図-9, 10 に示す。

図-9 より細粒分質礫質砂の場合は振動ローラの強震動モードの周波数 26 Hz 付近が卓越しているため、跳躍は発生していない事がわかる。それに対して、図-10 からは 26 Hz 以外に 26 Hz およびその半波長の整数倍成分が現れ振動輪は跳躍と接地を繰り返す複雑な振動状態になっていることが示されている。

一方、前述したように、振動輪とフレームの加速度を積分し式(3)と(4)を用いて起振機と振動輪の位相差 δ を求めることにより、地盤反力-変位関係が得られる。

細粒分質礫質砂の 8 回目転圧時の地盤反力-変位関係を 図-11 に、粒度調整碎石 8 回目転圧時の地盤反力-変位関係を 図-12 に示す。各グラフにおいて変位の方法は、図-1 に示した振動ローラのモデル化と同じく鉛直上向きを正方向として描いている。

図-11 より、細粒分質礫質砂の様に地盤が柔らかい場合は跳躍せず、図-2 に示したような斜めの楕円形を示すことがわかる。また図-11 においてマイナス部分が表れているのは、鉛直上向きをプラスとし地盤反力を算出しているため、マイナス方向成分である重力加速度の影響が表れているためと考えられる。

図-12 より、粒度調整碎石のように締め固められ易い地盤では転圧回数が増えるに従って振動輪が跳躍し図-3

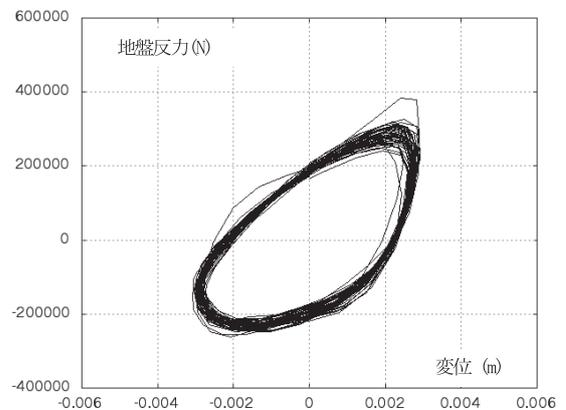


図-11 地盤反力-変位関係 (細粒分質礫質砂 8 回目)

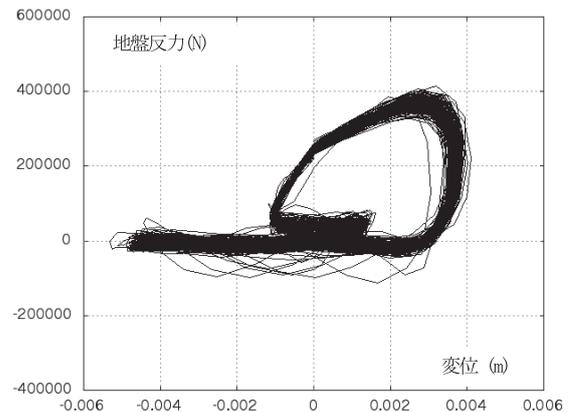


図-12 地盤反力-変位関係 (粒度調整碎石 8 回目)

に示したような軌跡になることがわかる。地盤反力は鉛直上方向をプラスとしている。また図-12において地盤反力がゼロで変位がマイナス方向に増加している部分は振動輪が跳躍している事を示している。

各地盤で振動ローラでの転圧回数による地盤反力-振動輪変位関係の変化を見るために、転圧回数1, 4, 8回目において1波長分の軌跡を抽出し重ねて描いたグラフを図-13～15に示す。

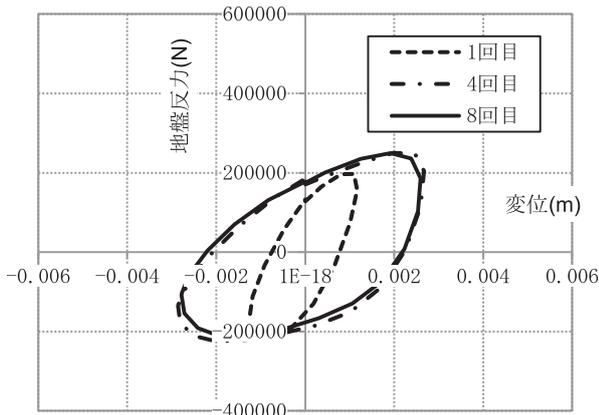


図-13 地盤反力-振動輪変位関係 (細粒分質礫質砂)

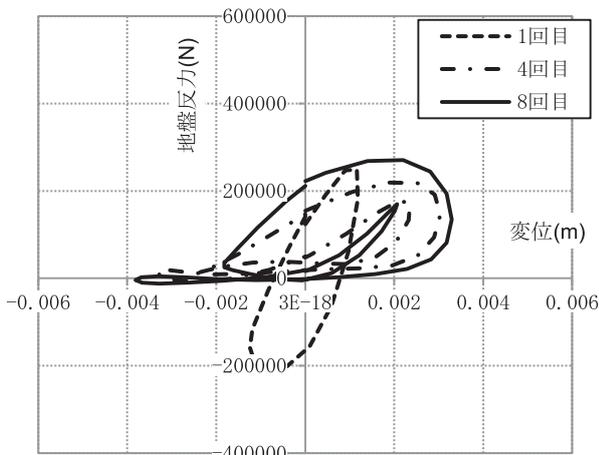


図-14 地盤反力-振動輪変位関係 (礫混じり土)

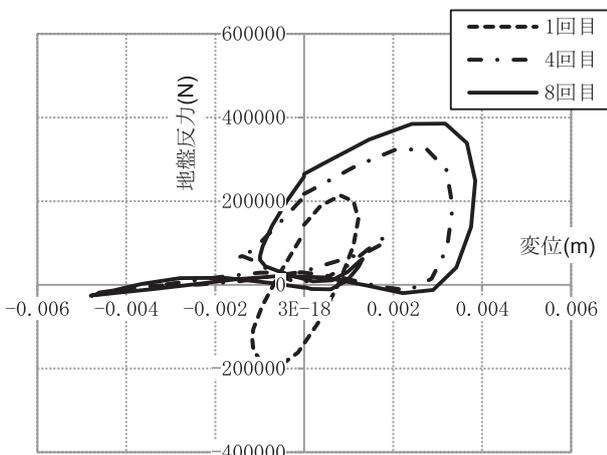


図-15 地盤反力-振動輪変位関係 (粒度調整碎石)

図-13～15から各試験盛り土の1回目については振動ローラのLowモードで締め固めを行っていること、また締め固め初期のため地表面が均一に締め固められていない事などの理由により、4回目と8回目とは傾向が異なっているのがわかる。また、細粒分質礫質砂では全転圧回数において跳躍していないが、礫混じり土と粒度調整碎石では転圧1回以外は跳躍していることがわかる。跳躍の高さを示すマイナス方向への変位を見ると礫混じり土より粒度調整碎石が長く伸びており締め固めが進展していることがうかがえる。

地盤反力-変位関係のグラフは上述した地盤剛性値と密接に関係していると思われるが、これらのグラフは地盤と振動輪の相対的な位置関係によって刻々と変化する振動輪の接地面積の影響を含んでいる。したがって地盤反力-変位関係のグラフから地盤剛性を評価するためには、何らかの方法でこの接地面積の影響を考慮する必要がある。

今回は、図-2, 3と同じくグラフの中心軸から地盤剛性を求めることとし、細粒分質礫質砂のように跳躍していない場合は地盤反力と変位それぞれの最大値と最小値を結んだ直線を求め、粒度調整碎石のように跳躍をしている場合は、地盤反力最大値点と変位幅の1/2の地点を結ぶ直線を求め、その直線の傾きを各グラフから得られる変位幅から算出した接地面積で除することで地盤剛性を評価することとした。図-16, 17に非跳躍時と跳躍時の地盤剛性の算定方法を示す。

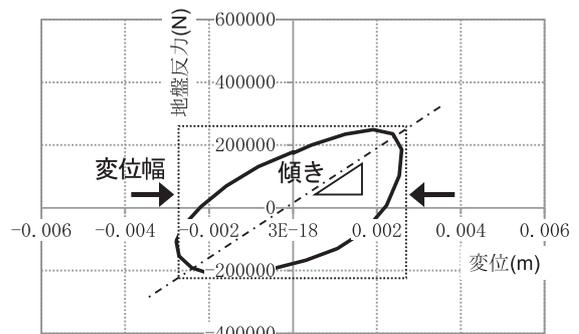


図-16 地盤剛性の評価方法 (跳躍していない場合)

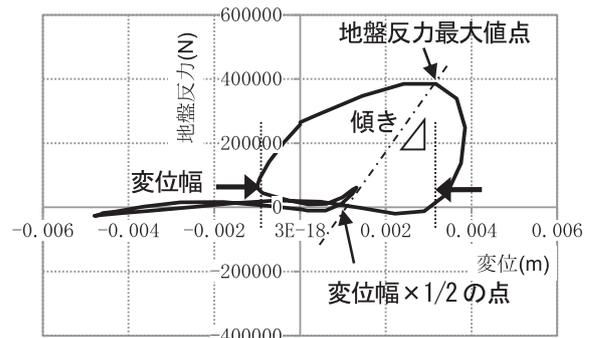


図-17 地盤剛性の評価方法 (跳躍している場合)

このような方法を用いて各試験盛り土での地盤剛性値を振動締固め時に得られた振動輪加速度波形について1波長づつ算出した。例として細粒分質礫質砂および粒度調整碎石の転圧8回目時の地盤剛性を図-18, 19に示す。

図-18, 19から、地盤剛性値はそれぞれ1波長づつ算出しているためばらつきが見られるが、全体としては細粒分質礫質砂の場合より粒度調整碎石の場合の方が高い剛性値を示していることがわかる。

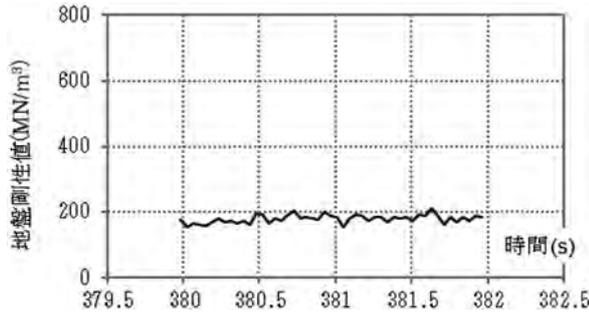


図-18 振動ローラでの地盤剛性値 (細粒分質礫質砂 8 回目)

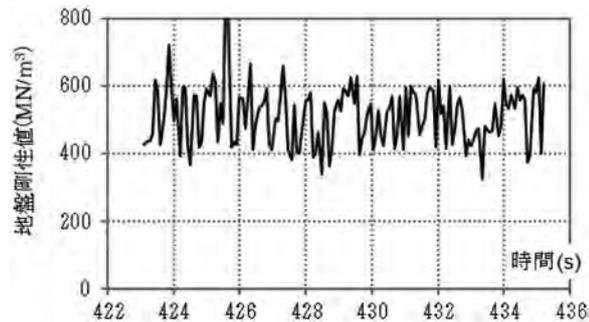


図-19 振動ローラでの地盤剛性 (粒度調整碎石 8 回目)

今回、振動ローラによる締固め実験を行った細粒分質礫質砂、礫混じり土、粒度調整碎石の3種の地盤の締固め時に得られた加速度から算出した地盤剛性値を、締固め後に小型FWD試験器を用いて計測した地盤剛性値(K₃₀相当)を比較したものを図-20に示す。図-20中の振動ローラによる地盤剛性値は各地盤の各転圧回数で得られた値の上下10%を除いた平均値とした。

図-20を見ると振動ローラ計測による地盤剛性算定値の方が、小型FWD計測による地盤剛性値より大きな値を示すことがわかる。また振動ローラによる地盤剛性算定値は、転圧1回目ではFWD計測値に見られるような傾向とは異なり、その後の転圧回数に比べて相対的に高い値を示しているが、これは小型FWD試験は振動ローラでの1回目の転圧後の地盤の剛性を計測しているのに対し、振動ローラはまだ締め固められていない地盤に対する振動ローラの応答から地盤剛性を求めていること

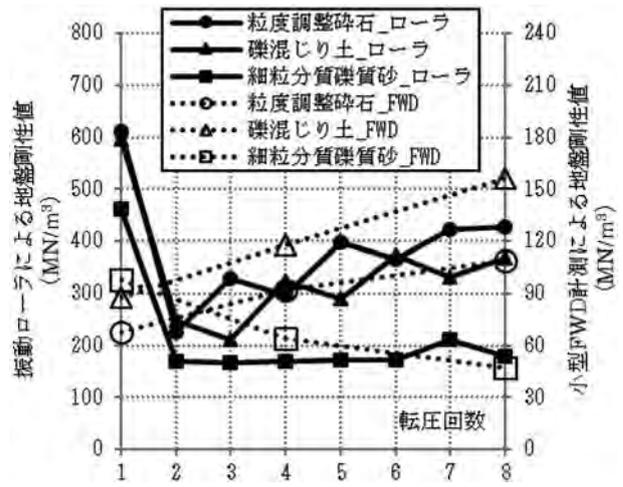


図-20 振動ローラ解析による地盤剛性値と小型FWD計測 (K₃₀相当)による地盤剛性値の比較

が影響しているためと考えられる。

細粒分質礫質砂に関しては、小型FWD計測値では転圧2回目時の計測を行っていないが、振動ローラの応答や材料の諸元を見ると振動2回目で既に剛性がかなり低下していると考えられるので、小型FWDと振動ローラによる地盤剛性値はほぼ同じ傾向を示していると考えられる。また図-5に示したRIによる密度計測結果から、細粒分質礫質砂では、締固めの進行によって密度は増加するが地盤の剛性は低下するという振動ローラによる締固めでは注意を要する現象が表れているが、振動ローラの応答から求めた地盤剛性では転圧回数を重ねても地盤剛性が増加せず、その現象を捉えられていると考えられる。

粒度調整碎石に関しては、小型FWDによる地盤剛性計測結果と振動ローラによる地盤剛性算定結果の傾向はほぼ一致していると言える。

礫混じり土に関しては、小型FWDによる計測結果では他の地盤より高い地盤剛性を示しているのに対し、振動ローラでは粒度調整碎石の地盤反力算定結果の方が高い値を示し傾向が一致してはいないが、これは礫混じり土の場合、細粒分質礫質砂や粒度調整碎石とは異なり、振動ローラにより地表面のみが主に締め固められたため、小型FWDでは締め固められた地表面の影響を強く受け、振動ローラでは締め固められた地表面以下に存在する締固めが弱い部分の影響を強く受けた結果と考えられる。

以上の事から振動ローラのローラとフレームの加速度から求めた地盤反力-変位関係を用いて導いた地盤剛性値は、振動ローラの特徴を反映した妥当な値が得られていると考えられる。

5. まとめと今後の課題

振動ローラのフレームと振動輪に加速度ピックアップを取り付けそれらの振動を計測し、フレームの振動の影響も考慮することで振動輪と起振機の位相差 δ を推定し、地盤反力 R を算定する手法を開発した。

開発した手法を検証するため、細粒分質礫質砂、礫混じり土、粒度調整石の試験地盤を作製し、実際に振動ローラで合計8回の転圧を行い、転圧時のフレームと振動ローラの加速度を計測した。得られた加速度値から地盤反力-変位関係を導き、振動ローラが跳躍していない場合と跳躍している場合それぞれで設定した変位幅から算出した接地面積を考慮し地盤剛性を算出した。得られた地盤剛性値は、小型FWD試験から導かれる地盤剛性(K_{30} 相当値)と異なった値となったが、全体としては今回実験した地盤条件と振動ローラの特性を反映した妥当な値を示したと考えられる。

本方法は振動ローラに後付けで搭載することが可能な計測手法であり適用範囲が広いと思われる。今後は本手法の他の地質の地盤での適応性について検証し、現場での適用性の向上につとめる必要がある。

参考文献

- 1) 建山和由：振動ローラの振動挙動計測による土の締固め度評価手法、土と基礎、48(7)、pp.1-4、2000年7月。
- 2) NCHRP 21-09. Intelligent soil compaction systems, pp.21-26, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, 2010.
- 3) Anderegg, D.A., and Kaufmann, K., Intelligent compaction with vibratory rollers-feedback control systems in automatic compaction and compaction control, pp.24-134, Transportation Research Record No. 1868, Journal of the Transportation Research Board, 2004.
- 4) 地盤工学会, 地盤工学・実務シリーズ 30, 土の締固め, p.53.
- 5) 建山和由, 藤山哲雄, 西谷誠之: 締固め施工における振動ローラの振動挙動に関する考察, 土木学会論文集, No.554/III-37, pp.231-237.

(2016.7.1 受付, 2016.12.12 採用決定)

CALCULATION OF SOIL STIFFNESS VALUE USING THE ACCELERATION MEASUREMENT OF VIBRATORY ROLLER

Takaaki YOKOYAMA¹, Mitsuru FUJIMURA² and Kazuyoshi TATEYAMA³

¹ Lecturer, College of Science and Engineering, Ristumeican University

² Construction Division Civil Engineering Department, Wakachiku Construction Company Limited

³ Professor, College of Science and Engineering, Ristumeican University.

We have developed the method to grasp the relationship between subgrade reaction and vibratory roller displacement from the acceleration values measured by acceleration sensors attached on the roller and frame of vibratory roller. To verify this calculation method, the field experiment for three kinds or types of ground of silty sand, containing gravel soil and grain-size-regulated fine sand, was conducted. The density of the compacted ground after the 1, 4 and 8 roller passes was measured by the radioactive isotope sensor and the soil stiffness (K_{30} equivalent value) was measured by small Falling Weight Deflectometer(FWD). From the comparison with the stiffness of the compacted ground measured by FWD and the calculation value from the acceleration of roller and frame, it was indicated that the calculation value through this method was reasonable as the compacted results by the vibratory roller.



地下にある畑 ウド室について

小野 義雄

江戸東京野菜として、地域由来の野菜を注目するような取り組みがなされているなか、東京ウドも、関係者の間で注目をされています。特殊な栽培形態のため、栽培地域内の農家ですら、詳しい栽培形態を知らず見たこともないといわれるウドの、栽培方法と栽培場所（穴蔵）についてご紹介します。

キーワード：地下室

地下を使って栽培する野菜として軟化ウドがあります。軟化ウドの主要な産地の一つとして東京都多摩地区で栽培されている東京ウドがあります。

独活（ウド）は、ウコギ科の植物で、タラの芽などと同じ仲間になりますが、樹木ではなく、毎年、地上部が枯れてしまう多年草となります。山菜として自生しているもので、春芽が出たばかりの物は、味がタラの芽と似ていて、独特の苦みと香りがあります。

自生の山菜のほか、栽培されて出荷されている形態としては、山ウドと軟化ウドがあります。

栽培方法としては、株分けにより、1年間根株を肥大させ、地上部が枯れてから根株を掘り取り、地下の穴の中に並べます（伏せ込み）。加温して翌年春に出る芽を、もやしのように光を当てずに生育させ、60～70 cm まで1か月程度で生育させた物が軟化ウドで、柔らかな、歯ごたえとほのかな香りを楽しむものとして、業務用を中心として出荷されています。

同じように少し掘り込んだ畑に伏せ込み、もみ殻などで30 cm ほど覆い、茎が伸びて先端が光を浴びて緑色になったものが山ウドです。スーパーマーケットなどで見かけるのは、こちらの方が多くなります。軟化ウドよりは苦み・香りとも強く、山菜のウドに近いものとなります。

東京のウド栽培の歴史としては、江戸時代中期の書物に軟化ウドの記述があり、生産地としては、現在の中野区辺りのようです。その後、都市部が広がるにつれて、郊外へ広がってきたようで、戦前は、練馬区や、吉祥寺辺りで多く生産されていたようです。

その後も郊外へ広がってゆき、昭和50～60年ごろには、国分寺市、小平市、東村山市、小金井市、立川市などが主要な産地となっていました。

正確な統計はないのですが、平成10年ごろまでは、東京の多摩地区が全国一の生産量であったようです。

これらの地域では、赤土と呼ばれる関東ローム層が厚く、地下水が深いので特に補強をすることもなく地下に穴が掘れたことから、地下室での栽培が主流となっております。

多摩地域では、以前から穴蔵としてサツマイモや里芋の種芋の貯蔵や、冬季の保存用として、地下室を使用してきました。地域により、赤土の質や、地下水の水位の違いなどにより深さや大きさに違いがあるようですが、私の所、小平市付近では、深さを3～3.5 m 掘り、奥行き横穴を2～3 m、高さ1.2～1.5 m ぐらいの天井をアーチ状にした横穴を四方に掘ったものが各農家にありました。ウドの栽培でも、戦後しばらくは、そのまま使っていたようです。

その後、昭和40年ごろから、大きめの耕運機やトラクターが農家にも入り始め、うどの栽培面積が増え



写真-1 ウド栽培の様子

てくると、伏せ込む根株の量も増えました。またウドは、特に連作を嫌う植物で、最低でも5～6年は栽培間隔をあげないと根株に肥大が劣り、病気なども出やすくなります。

そのため、早期出荷と規模拡大のため、高冷地栽培として群馬県の利根郡（赤城山の北側）や沼田、軽井沢などの農家に根株の養成をお願いする委託栽培が増え、大量根株の生産が可能となり、穴蔵も新規に掘り込んだり以前の物を拡張したりと、すこし大型化してきました。私の家では、昭和35年頃からウドの栽培を始め、貯蔵用の穴蔵を少し大きくしたものを使っていましたが、少し浅めの穴蔵だったことと、屋敷林の近くであったため、穴に向かって木の根が入り、一つの穴が崩れたのをきっかけに、周りに木のない場所に新たに4本の穴蔵を掘り、現在に至っております。

横穴の大きさは深さが3.5m、奥行きとして3.5m前後、高さは約1.5mで、天井は、微かにアーチ状になっています。昭和42年ごろに、親父とおふくろで、一つの穴を10日ほどで掘り上げたそうです。

使った道具は、スコップとつるはし、柄を少し短くした4本鍬で、ざっくりと縦穴で1日、横穴も1方向1日で掘り上げたようで、あと成形に何日かかかったようです。

関東ローム層の特徴として、かなり硬い土質と粘り気により、現在も掘り上げた時のスコップや鍬の痕がそのまま残っており、風化などはほとんど起きていません。

穴の中は、通常その地域の平均気温に近いといわれるように13～15℃で、ウドの栽培には少し低いので、根株を伏せ込んでから加温のため、以前は、薪を燃やして、20℃前後まで上昇させました。その後、練炭コンロや、現在では、石油ストーブなどで加温しているようです。

昭和終わりごろが東京での栽培の最盛期で、5月の初めごろまで伏せ込みが行われ、それ以降は、2月ごろに掘り上げた根株を冷蔵倉庫に保管してもらい、少しづつ出してきては、伏せ込む、夏ウド栽培なども盛んにおこなわれていました。しかし、気温の上昇した時期の軟化では、空気の入替えがうまくいかず、酸欠で命を落とす事故が5年ごと位にありました。最近では、栽培量が減ってきたことと、換気孔として100mm程度の塩ビ管を通して、換気効率が上がるような工夫をしたことから、死亡事故の話は聞いておりません。



写真一2 壁面に残るスコップの跡

穴蔵以外の栽培方法としては、岡穴といい、深さ1mぐらい、幅90～1.5mぐらいの穴を掘り根株を伏せ込み、以前は、古畳などを載せその上に掘り上げた土をかけ戻して保温を保ち軟化する半地下栽培という方法です。現在では、ビニールハウスの中に、さらにパイプで穴蔵と同じくらいの枠を作り、黒の資材で遮光し保温資材との複合で、電熱ケーブルを敷いた上に伏せ込む岡穴が作業性が良いので、数軒で行われています。

他地域の栽培方法としては、東北地方では山の中腹に横穴を掘って行う方法や、栃木県などでは、半地下の岡穴のように、地面を掘り下げ、その上に板と保温資材を掛け、その上にハウスで遮光するか、物置のような施設を建てて遮光しているようです。

また横浜のある地区では、昔の軍の防空壕を利用し、地下まで軽トラックで乗り入れできるような施設を使用しているところがあると聞いています。

広島県では、1軒のようですが、大きな倉庫を建て、その中を仕切って栽培を行っているのを見学に行くと、父親から聞いたことがあります。

JICMA

《参考文献》

- 1) 東京うど物語 東京うど生産組合連合会創立45周年記念誌

【筆者紹介】

小野 義雄（おの よしお）
にぎりや農園




 ざいそう

『真田丸大河ドラマ館』の一年を振り返って！

唐澤 信幸



2016年度のNHK大河ドラマ『真田丸』は、全国の幸村ファンや多くの人達に数々の感動と話題を残し2016年12月18日（日）50回目の最終編で幕を閉じました。

大河ドラマの第1回目は、1963年（昭和38年）に放映された『花の生涯』でスタートし、今回の『真田丸』でちょうど55回目を数えます。その間、日曜のゴールデンタイムに家族そろってテレビを見ていた時代は、大河ドラマの視聴率もかなり高かったものの、ここ10数年近くは低視聴率化の傾向にありました。

しかしながら幸いにも、今回の大河ドラマ『真田丸』は低視聴率化に歯止めをかけると同時に、かつての大河ドラマの栄光を取り戻すかのように連日マスコミ誌上を賑わしました。その結果大河ドラマ館史上最高の来館者を迎える事ができ、2017年1月15日閉館日までの365日間における来館者数は1,035,208人を記録し、文字通り“日の本一の大河ドラマ館”となることができました。

大河ドラマ館は、30年程前から大河ドラマの放送に合わせて開館され、大河ドラマの時代背景を深く知ることにより、ドラマをより楽しんでもらうと共に、舞台となる地域を多くの人に知ってもらう目的等をもって開設されてきました。具体的には、実際に撮影に使用された衣装や小道具等の展示、ロケに関する資料や映像、またドラマの時代背景や人物関連図等詳しく展示解説し、大河ドラマへの興味や理解が進むような様々な工夫が施されています。

私は、今回縁あって大河ドラマ館の館長兼入場券販売センター長と言う役割をいただき、ドラマ館オープン以前から入場券の販売準備、オープン後はドラマ館の管理運営の仕事を1年半程担当させていただきました。

私の前職は観光業界での仕事であり、旅行業界及びホテル業界であわせて35年以上業務に従事してきました。

ドラマ館の仕事は初めてですが、まさにこれまでの経験が様々な場面で役立つことも事実で、旅行関連に携わる人たちからの質問及び要望事項や下見時の対応、クレーム発生時の処理等々、これまで自分が体験

してきた事をベースにしながら、スムーズな打合せや対応ができたのではないかと密かに自負した次第です。

入場券販売センターとしての業務は2016年9月1日から始まり、ドラマ館オープンまでの4か月あまりは、首都圏や中京地区さらには東北エリアの旅行会社やバス会社等中心にセールスする一方で、地元長野県内の観光関連施設等にも積極的に営業を展開してきました。

幸いどこのエリアに出掛けた際にも“真田幸村人気”は非常に高く、チケットの事前買取りや募集ツアー企画に対しても、確かな手ごたえを得たのも事実です。

そして新年を迎えた2016年1月17日、主役の堺雅人さんを迎えるオープニングセレモニー、当日は招待客含め2,000人を超える来館者が有りました。その後は月を追うごとに、順調すぎるくらいの経過をたどり、5月下旬には早くも来館者30万人を達成、7月末には当初の年間目標50万人をクリアー、11月中旬には、来館者がなんと90万人にも達し、まさに真田軍団の勢いを実感した思いです。

当初上田市が計画した年間来館者の目標数値は、50万人でした。その根拠としては、2009年に放映された大河ドラマ『天地人』の来館者数404,767人をベースにしたとの事で、その理由としては、ドラマの舞台の中心となった新潟県上越市は、首都圏からの距離や冬の気候、加えてドラマの時代背景が戦国時代であること等類似点が多く、その実績数に招待者等無料入場者10万人を加え50万人が算出されたとのことです。

オープン当初は、人口16万人弱の地方都市の大河ドラマ館に、本当に年間50万人もお客様が来てくれるのか、内心大変不安でしたが、結果的にはこれまでのドラマ館が記録した事のない来館者を迎えることが出来ました。参考までに、これまでの最高来館者数は2008年に放映された『篤姫』で451日間に667,535人の来館者がありました。この数値と比較しても、今回の来館者数がいかに凄いものかがうかがい知れます。

今回のドラマ館がこれだけ大勢の来館者に恵まれたことについては、さまざまな好条件が重なった結果と言えます。まずは、基本的かつ一番重要な事とおも

ますが、大河ドラマに対しての上田市民および上田市の取り組み姿勢の『熱さ』を強く感じました。数年かけて80万人を超える署名を全国より集め、NHKに対し大河ドラマ実現に向けての嘆願書を提出。決定が決まると、推進室を設置し機動的かつ積極的に様々な準備に取り掛かり、運営期間中も熱心に全国各地にセールス等展開し続けた行動力は、我々運営スタッフサイドからみても驚きの連続でした。

上田市は、首都圏からも近く新幹線、高速道路を利用すればまさに日帰りツアーは容易であり、また北陸新幹線及び北海道新幹線の開通も来館者のすそ野を大きく広げた一因といえます。更には地形的な利点、つまり海なし県の長野県は、周囲を8つの県に囲まれており、オープン当初より年間を通して北陸3県や新潟県・関東、中部地区からも多数のバス旅行が計画され、特に春から秋にかけては、連日のように多くの団体客が訪れた事も大きな実績をのこせた要因と言えます。

また、今回のドラマ館の建物は、旧市民会館を活用した為、従来のドラマ館に比べ館内スペースも広く、展示物等もドラマの進行に合わせ数回展示替えをするなど大変充実した内容であったと思います（従来のドラマ館は300m²～400m²位ですが、今回は650m²の広さがありました）。

一方で、脚本家の三谷さんの斬新ともいえる状況設定や、視聴者を夢中にさせるストーリー、その役をまさにイメージ通りに演じた豪華出演者、加えて十分すぎるほどのNHKのPR活動、上田市の様々な広報戦略も強力なバックアップとなりました。また連日のように、マスコミ関係者の取材・撮影が行われ、旅行雑誌・女性週刊誌・様々な業界誌等々、実に多くの媒体に広く取り上げてもらったことも人気に拍車をかけたと言えます。

また、幅広い年齢層の方々が来館しているのも大きな特色で、特に幼児連れのヤングカップルも目立ち、週末には、三世代一緒に見学する微笑ましい様子も強く印象に残っています。

また、普段から大勢の観光客が訪れている桜の時期、ゴールデンウィーク、秋の紅葉時期には、信州を旅行する観光客にドラマ館見学の団体客・個人客が加わり、ドラマ館には人波が次々と押し寄せました。結果一日に何回も入場制限を掛けながらの見学をお願いする事態も発生し、見学まで一時間近く待ってもらう事もありました。繁忙期の入館者の皆様には、ご不便をおか

けた事を大変申し訳なく思いつつも、真田丸の人気の凄さを改めて認識した次第です。

しかし、当然ながらすべての面で万全であったとは言い難く、私の立場からして辛いことも多少ありました。

一つは、駐車場の問題です。バスの駐車場からドラマ館まで少し距離がある為、足の悪い高齢者には大変つらく、ドラマ館の見学をあきらめ車中で待機するお客様も見受けられ、団体の幹事さんや添乗員さんから厳しい注文を頂きました。また、予想をはるかに超える来館者が長期間続いた為、ドラマ館のスタッフの皆さんには様々のご苦労をおかけしました。しかしながら、推進室及びスタッフの皆さんのご支援のもと大過なく運営ができ、かつ多くの来館者の皆様に喜んで帰っていただく姿を見る都度、疲れも半減する毎日でした。

最後に、私は今回の仕事を通して実に多くの事を学ぶ事が出来ました。その一つは、故郷の素晴らしさを再認識できた事です。私の出身地は上田市に隣接する東御市（とうみし）という場所ですが、ドラマ館開催期間中に、学生時代の多くの友人と親交を深め、様々な人との交流の輪が広がり、更には周辺の歴史や文化についても色々学ぶことが出来ました。

もう一つは、地方都市における観光客誘致の重要性とその対策のむずかしさについて学んだ事です。

少子高齢化と人口減少（大都市への人口集中化）が進む中、その対策は容易ではありませんが、今回の大河ドラマが一過性で終わってしまったのは寂しい限りです。

流動人口をいかに確保できるのか、行政まかせではなく地域住民との一体化した行動や、実態に合った柔軟な発想を持つと同時に隣接市町村との連携は欠かせません。自分の故郷や友人を大切にする気持ちが希薄になってきている昨今、私にとっては今回の故郷での仕事が実に多くの事を自分自身に投げかけてくれました。まさに大河ドラマが、これからの自分の人生に新たなドラマを生んでくれたという思いで一杯です。

残された人生、多少なりともこの一年半の経験を活かし、故郷の発展や地域間の交流に役立たせ、いつまでも“美しく住みやすい故郷・信濃の国”を守り続けるべく微力ながら努力して行きたいと思えます。

ずいそう

オレンジ回航（瀬戸内海縦断）



津田 敏 貴

それは無謀だった。今から27年前の話である。淡路島、洲本で行われるヨットレースに参加するため、広島宮島の宮島海楽園ヨットハーバーから、ヨットを回航する。時は、1989年（平成元年）ゴールデンウィーク。ヨットレースはオレンジカップと呼ばれ、淡路島洲本、サントピアマリーナをホストマリーナとし全国より100艇余りが参加する名門ビックレースである。

広島に於いて、私は、高校時代、ヨット部に所属していた。毎年、高校総体や国体に参加する名門ヨット部であった。そのヨット部のOBが主体となって、社会人ヨットレースチームが1986年に結成された。もちろん、このチームに私も参加、総勢12名であった。当時、私は32歳、メンバーの歳は30から35歳の働き盛りにより構成されていた。

世の中は、景気好調、全国各地様々なイベントが開催されていた。広島宮島のヨット界においても、数々のヨットレースが繰り広げられていた。東風帆走会と称する我々のヨットチームは24フィートのレーサークラスヨットを購入する。昔、高校時代にならしたヨットチームは、広島地区のレースを連覇、艇名をキキララ一世、その名を轟かせることになった。これで収まらなくなったチームは32フィートのヨットを購入、キキララ二世、瀬戸内海域全般にレース海域を延ばすことになる。1988年に本四架橋、児島・坂出ルートが全線開通。本四架橋開通祝賀レースなど、100艇以上が参加するビックイベントレースが開催される。キキララは、ビックレースの虜になる。

その翌年、サントピアマリーナで開催されるビックレース、全国の強者が集まるオレンジカップに参加することになる。ゴールデンウィークの5月3日（水）、4日（木）、5日（金）の3日間で行われる全国屈指のレースである。それは、淡路島東岸の海域で行われる強風域の過酷レースであった。

そんなオレンジカップに参加するため、ヨットを淡路島まで運ぶ必要があった。陸送は考えられない。回航をするしかない。宮島から、淡路島洲本のサントピアマまで、およそ330km、180海里の道のりだ。レースには、会員12名のほとんどが参加するが、連休なかびの1、2日が月、火曜日となって仕事の都合では

とんどの人が動けない。そこで、なかびが休みであった私と、チームリーダーのK先輩の2人が回航メンバーとなる。

4月30日（日）宮島、海楽園ヨットハーバーを午後7時に出港する。もう夜のとばりにつつまれていた。海楽園には、数名のメンバーが出港の激励に駆けつけていた。「おーい。頑張って、キキララ運んでくれよ！」数名ではあったが、まるで太平洋を横断するがごとく力のはいったものであった。回航は、帆を張った帆走ではなく、エンジンを使った機走である。ブルブルと音を立てながら水面を進んでいく。似の島と江田島の間を通り抜け、呉の町を左に見て南下していく。途中、牡蠣いかだをくぐり抜け、見通しの悪い中、航行していく。速度5ノット程度。波はなく、風もそよ風程度、いかだだけを注意し航行する。海岸沿線の小さな町並み、道路を走る車の光。海原を走るのは、我々だけ、キキララのブルブル音を聞きながら幻想の世界が広がっていく。

大きな製鉄所の溶鉱炉の姿が見える。夕焼けの塊のように美しく真っ赤に燃え上がっている。まもなく潮流の激しい音戸の瀬戸、夜の10時ぐらいであったろう。「おーい。頑張れよー！」橋の上に人影が見える。見送ってくれたメンバーの数が増え、ほぼメンバー全員が音戸大橋の上で手を振っている。「おーみんな、ありがと。…」見上げて手を振りながら応える。キキララの姿が見えなくなるまで、いつまでも、メンバーは手を振っていた。

リーダーのK先輩は、大学時代、京都の大学でヨット部キャプテンだった。この回航、極めて強行、難航のスタイルをとっていくこと、私も、承知であった。キキララは、これまで、徹夜のナイトレースに参加したことがある。今日も徹夜、行けるところまで行く覚悟であった。蒲刈島から大崎下島、大三島へと順調に航行していく、海図にコンパスをあてながら、灯台を確認、ヨットの位置を落としていく。

「あ、ぶつかる！」それは、愛媛県大三島と大島間の水道を航行中のことであった。深夜0時は回っていたら。200トンぐらいの貨物船と接触しそうになる。危うく、オートパイロットの舵を10度左舷に

きった。相手の船は、航海灯をつけてなく暗がりでは確認出来ず、一瞬の出来事であった。ここから、キキララにとって難航試練が始まる。

低気圧が接近していることはわかっていた。ここまです、島の南側を航行している為、北から吹く風の影響、波の影響はなかった。午前1時、伯方島、大島の間、宮窪の瀬戸を、どうしても通過しなければならない。瀬戸内海には、潮の干満がある。干潮、満潮で大きく潮が流れる。島と島の間で狭いところは急流となり危険だ。音戸の瀬戸も、その時間をにらんで通過した。

難所、宮窪の瀬戸を渡る。もうすでに急流になっている。真夜中の宮窪を2人はやっとの想いで通り抜ける。「Kさん！ だめじゃ！ 何にも見えん！ 灯台のあかりはわからん！」瀬戸内海の真ん中、真黒の燧灘（ひうちなだ）にでる。波の高さ2m以上、船は波により舵はとられ方向が定まらない。キキララ、極めて危険な状態となる。一瞬、4歳の娘、1歳の息子の顔が脳裏を走る。2人はパニックになる。「このままでは、どこかの島に座礁する。引返そう！」Kさんが言い放つ。宮窪の瀬戸まで戻ると危険だ。もう急流になっている。伯方島の木浦沖付近を明け方まで、オートパイロットを外しぐるぐると100mぐらいの円弧で回り続ける。波は荒く、栈橋に船を着けることができない。この時、私は、恐怖と寒さによりダウン、もどしそうになりバケツを抱え横になる。K先輩は、さすがに強い。

明け方、視界が開け燧灘を東方する、速度は3ノット程度、2mを越える高波の中、波に翻弄され大きな音（バーン。バーンと船体が波上から落ちてたたかれる音）、船体のおもりキールが外れるのではないかと、恐怖が走る。本船航路であり、大型船は往来しているが、フェリー客船、小型船の往来は見られない。デッキでの操船は不可能。キャビンよりハッチ扉を少し開け、頭と眼を外に出しオートパイロットによる決死の操船となる。衣服は波と風雨によりびしょり、操船を誤ったら、島や、大型船に衝突する。我々の行動がいかに無謀であるか思い知らされる。もう、後には退けない。嵐の中、本四架橋の下を通り抜ける。正面に小豆島が見えた。休める。出港より一睡もせず1日、もう夕方に差しかかっていた。

まるで、北海のフィヨルドに入るように小豆島の池田湾に吸い込まれていく。まったく波のない入り江、キキララを栈橋に着け、近くの農家で水を分けてもらう。そのお湯で作ったカップラーメンは最高であった。2人は、びしょ濡れのバース（キャビン内のベッド）で、子供のようにぐっすり寝入った。

一夜明け、嵐は去っていた。瀬戸内海の東の大海、播磨灘、鳴門に向かって出航する。キキララのマストにひもをくくりつけ、それに濡れた衣服を掛けて干す。波はなく快晴、デッキでの操船、360度の一望、爽快。右手に志度カントリーの高台を仰ぎK先輩が持ってきたカセットデッキで加山雄三の（光進丸）を流す。

鳴門海峡はうず潮のうずで有名である。太平洋の潮が、鳴門を通過して瀬戸内海に入る。瀬戸内海の恵が大きく息をするところである。鳴門を水面から横見すると、鳴門大橋の下、ナイアガラの滝のように大きな滝が落ち込んでいるかのように見える。明らかに水面に段差が生じている、津波が発生したかのようにも見える。近づけないため、潮止まりまで船を操船しながら待つ。潮止まり近くとなり、鳴門海峡に進入するが、まだ渦があり舵がうまくとれない。滝下りのように鳴門の渦に翻弄されながら何とか通り抜ける。

瀬戸内海から太平洋に出る。淡路島の東側、北に進路を取る。最後の水道、友が島水道を通過する。洲本サントピアマリーナに着いた。5月2日の夕方4時ぐらいであった。何人かのメンバーが迎えに来ている。明日からレース、ぎりぎりの到着であった。

瀬戸内海には、島がたくさんある、牡蠣いかだもある、その他浮上設備もいっぱいある。回航するには、難所がいっぱい。干満による急流がある。そして、嵐がある。あの時、昼間に海楽園を出港していたら、燧灘で遭難し後悔の航海になっていたかもしれない。小豆島での一息が、どれほど癒してくれたか。無謀であり貴重な3日間の回航であった。

還暦を超え62歳になった私、あの時のことは、なつかしい思い出となってしまった。あれから、社会という海原は、同じように試練を与えてくれ、癒してくれた。そして、そこには、友がいた。

JCMA 支部報告

我が社のオリンピックイヤー

万六建設(株)



1. はじめに

この度、弊社従業員佐々木兄弟（将汰、翼）の2人が、リオデジャネイロオリンピック、カヌースラローム男子カナディアンペア競技の出場権を獲得し、万六建設(株)が10名の応援チームを結成して8月6～14日の日程で、ブラジルリオ五輪の現地応援に行ってきた。

リオデジャネイロオリンピックの出場権を獲得するまでの経緯、秋田県仙北市田沢湖からリオデジャネイロまでの移動、リオデジャネイロでの応援等を報告する。

2. リオ五輪出場決定までの経緯

5年前の春、仕事をしながらカヌーをやりたいという若者が入社した。リオ五輪カヌー選手佐々木兄弟で、兄の将汰だ。挨拶がしっかりしていて礼儀正しく、とても落ち着いている、という印象だった。地元田沢湖の玉川本流と、生保内川が合流する地点にあるカヌーコースで練習しているとのことだった。かつてJCMA東北支部たより161号（2011年）に掲載した【クニマスと国難】の中で、「生保内ウエーブ」として取り上げた場所である。

彼の最初の仕事は、田沢湖高原にある自社保養所の掃除だった。たった1人で掃除機を使ったり、雑巾がけをしたり、黙々と作業していたのを思い出す。今思えばオリンピックという高い目標があるから何事にも

一生懸命頑張れたんだと思う。夏は建設機械オペレータの手元、冬になれば除雪機械の助手等よくこなしていた。1月の除雪最盛期に、「オーストラリアに遠征がありますのでよろしくお願ひ致します」とお願ひされた。普段一生懸命仕事している姿を思えば、「あぁいいよ！」と素直に言ってしまう。常にベストを尽くしている彼等の姿、そして高い目標にひた向きに頑張っている姿とがラップし、「行って来い、ガンバレな」とエールも送りたくなる。

4年前のロンドン五輪は叶わなかった。しかし今回で、この種目はオリンピック種目としては最後、東京五輪では無くなる競技だ。小学生からカヌーを始め、兄弟ペアで五輪に出るのが夢だったと聞いていた。世界に向け着実に成長し、2014年国内ナンバーワン、世界選手権には4度出場し、2015 U-23（23歳以下）の世界選手権は4位となった。昨年からは、オリンピック出場候補として、国立スポーツ科学センターで専門的な筋力強化、メンタル強化、テクニク向上に取り組んでいた。2015年9月の世界選手権で8位以内であればその時点でリオオリンピック出場権は決定だったが、それを逃がし、2016年4月23～24日の富山で行われたアジア選手権が、アジア大陸出場枠1チームを決定する、ラストチャンスであった。富山でのアジア選手権大会では、何が何でも勝たなくては行けない。万六建設(株)として応援団を編成し、富山の井田川カヌー会場へ行く計画をたてた。

ここでちょっとだけ「カヌースラロームカナディアン」の概要と簡単な「ルール」を解説する。

スラロームカナディアンは、シングルブレードパドルで漕ぐカナディアンカヌーを使用し、流れのある河川のコースを1艇ずつスタートして、定められたゲートを通りながらタイムを競う競技である。クルーの数によりシングル（1人）／ペア（2人）の区別がある。

- ・競技コースは、250～400m。
- ・コース上には、2本のポールで出来たゲート（旗門）が18～25個ある。
- ・ゲートは通過順序が決められている。
- ・ゲートには、上流から通過するダウンゲート（緑白

ポール), 下流側から上流側に通過するアップゲート(赤白ポール)がある。

- ・ 勝敗は、スタートからゴールまでの所要タイムと、各ゲートを通過する際のペナルティタイムによって決定する。
- ・ ゲートのポールに体や船体、パドルが触れると、1回あたり2秒のペナルティタイムを追加される。
- ・ ゲートを通過せずにゴールすると、ゲート1つにつき、50秒のペナルティタイムが追加される。決められた方向以外に通過した場合も不通過となる。

カナディアンカヌーとは

- ・ 全長3.5m以上、全幅0.6m以上の艇を使用する。
 - ・ 漕者が進行方向に向かって立膝もしくは正座の姿勢をとり、片方にブレードのついたシングルブレードパドルで左右どちらか片方のみを漕ぎながら前に進む。
- 以上がルールとカナディアンカヌーの概略である。

「Rioへのキップ、富山でつかめ!」を合言葉に、平成28年4月23~24日のアジア大陸最終予選に向け、ポスターを製作し、会社の周りに掲示した。これで応援体制も整い、社内のカヌー機運も最高のボルテージに達した。



応援ポスター

23日の予選は、強豪中国が1位で96.51秒、佐々木兄弟が96.78秒で2位通過、トータルポイントの差は0.27秒だった。タイムは佐々木兄弟が1.73秒速かったが、旗門に触れペナルティ2が加算され0.27秒の僅差である。

24日の準決勝は、佐々木兄弟 97.20秒、中国 97.54秒で1位通過、トータルポイントの差0.34秒、タイムは佐々木兄弟が2.34秒速く、旗門触れでペナルティタイム2秒が加算されても、1位を保つことができた。

午後からの決勝は10チームで争われ大変なレースとなった。決勝は、トータルポイントが悪い順でスタートする。従って佐々木兄弟は最後のスタートだった。スコアボードには強豪中国チームのスコア98.71秒で

1位、2位も中国99.10秒と続いている。佐々木兄弟が最終でスタートすると同時に、万六建設(株)応援団24名は渾身の声を張り上げ「go up go up・go up go up」を繰り返した。

その応援は、井田川のカヌー会場を圧倒したかに思えるほどだった。わがチームは見事96.71秒の好タイムでゴール、その瞬間カヌー会場は大きくどよめいた。「決まった、決まった」これでリオが決まった。準備した「RIO!オリンピック出場おめでとう!」の大横断幕を全員で半分広げた時だった。旗門に触れ、スコア98.71秒とスコアボードに表示され、中国の1位と同スコアで、1位が2チーム表示された。その瞬間我々はイヤーな空気に包まれたのと同時に、先ほど半分広げた横断幕を無言で片付けなくてはならなかった。



横断幕

カヌー会場のどよめきがどのくらい続いたのか定かではない。はっきりしているのはリオオリンピックカヌー・スラロームアジア大陸最終予選・男子カナディアン・ペアでは1チームしかオリンピックに行けないということである。そしてついに結論が出された。佐々木兄弟が触れたとされる旗門通過のビデオ判定の結果、旗門に触れたかに見えたのは、激流の水しぶきであると判定され、ペナルティタイム2秒が無くなり、文句なしにスコア96.71秒が表示された。その瞬間、万六建設(株)佐々木兄弟はオリンピック候補選手からオリンピック選手となり、リオオリンピックに向かっての戦いが始まった。

その場で応援した皆が喜び、自分がアスリートになった気分を味わい、佐々木兄弟と全社員が一体になった気分は、現地で応援した者で無ければ体感出来ない感激的な出来事だった。

3. いざリオデジャネイロへ

4月25日以降、社内は色々な対応に追われることになった。マスコミ対応、取引業者対応、オリンピック



見事アジア代表の金メダル

出場祝賀会，リオオリンピック応援ツアー企画等，全て誰もが経験したことの無いことばかり。田舎の会社組織としては実に弱体であることの露呈が否めません。早速情報統制を含め，リオオリンピック関連全てを田中専務担当で進めることを会社として決定した。

富山への応援団と同じ規模で企画するのが現実的でないのは，社員全てが納得していた。では，どの位の規模で，どこの部署から，どこの旅行会社を使っていくのか，検討を急がなくてはなりません。

最初に日程，業務，費用等関係なく，リオオリンピック応援希望を全社員から募った。そして5月中旬，佐々木兄弟が出場する日程が明らかになり，準備に拍車がかかる。

男子カナディアンペア・スラローム

8月 8日 予選第1ラウンド 予選第2ラウンド

8月 11日 準決勝 決勝

この日程にあわせ，決勝まで応援する予定をツアー会社に伝えた。

8月6日（土）田沢湖出発 成田空港→ドバイ経由→リオデジャネイロのルートで，リオには4日間滞在し，田沢湖到着は8月14日（日）の日程が決定した。会社としてはこの日程にあわせ，お盆休暇も入るので調整は難航したが，応援参加出来る社員10名をメドにリオ応援団とする計画を立て，5月下旬には応援団を結成できた。

8月6日，「リオデジャネイロオリンピックカヌー佐々木将汰・翼選手応援ツアー」として応援グッズ（横断幕，Tシャツ，タオル等）を準備し，ドバイ経由，リオデジャネイロ（ガレオン国際空港）に向け，成田空港から30時間あまりの空の旅を楽しんだ。実際は長くて，南極に行く次位きつく感じられた。

よく言われるが，リオは地球の真裏側で，日本真夏，

リオ真冬，飛行機の中が一番寒かった印象である。空港は蒸し暑く，バスで宿泊地コパカバーナの「ホテルミラソル」に向かう。

まもなく突然の渋滞。とそこになにやら人影が現れ，バスの窓越しに何かを持って盛んに話しかけてくる様子。高速道路上なのに危険だなと感じた。そこで現地ガイド曰く，この辺はいつも渋滞する場所で，地元の貧民がクッキーを売って生計を立てているということだった。バスの窓から手を出してクッキーを買うようなことはしないでくださいと注意喚起してくれた。この辺は，ファベラと呼ばれるスラム街で，ある意味無法地帯らしい。リオデジャネイロ或いはブラジルの治安の悪さは，オリンピックの話題と共に常に話題になっていて，現地に来た自分もまさかとは思ったが，目の前の現況にびっくり。やがて渋滞が解消され，バスが進むとまずはひと安心。犯罪率が日本の400倍と言われる現実の片鱗を，飛行機から降りて1時間位で見ってしまった。この先の不安が否が応でも高まる。

ホテルに到着，コパカバーナは全てがオリンピックムードでむんむん，ブラジルのリオデジャネイロに世界中の民族が集まったと言う感じである。明日のカヌー競技場への移動の為，全員早寝。

4. ホワイトウォータースタジアムでのカヌー競技応援

ホテルから約50km離れた所にある，デオドロ地区ホワイトウォーター・スタジアムの中に，カヌー競技場がある。このカヌー競技場は，東京オリンピックのカヌーコース建設でも話題の人工コースである。

リオオリンピックの人工コースは，平地に落差を作り26,000m³の水（目安として25mプール約40杯分）を基本的に循環させる。循環させる為のポンプは15m³/秒のポンプが8基設置されている。

巨大な水中ポンプを使用し，この激流やよどみを変更出来る様な構造にしていることに驚きを覚えた。佐々木兄弟は，この人工コースで十分公式練習をしたのだろうか？ ヨーロッパではこういう人工コースが常識らしい。日本には未だ一つも無い。しかし我社の佐々木兄弟は，フランス，スロバキア，チェコ，オーストラリア等，ワールドカップを転戦した実績がある。「だから大丈夫だ」，佐々木兄弟を応援しに来た全員が祈るような気持ちでスタートを待つ。

予選第1ラウンドのスタート，遠目ながら幾分緊張気味に見えた。佐々木兄弟のご両親も我々のすぐ傍にいて，落ち着かない様子が伝わって来る。小学校の頃

カヌーを始め、「オリンピック選手になること」が夢と言っていた我が子が、ホワイトウォーター・スタジアムの大観衆の目の前で12時30分スタートする瞬間、何を思うのだろう。それは誰にも当然分からないが、ここにいる者には伝わる熱い何かがあった。



佐々木兄弟のご両親

予選第1ラウンドは富山の時よりカヌーのノリが良くなかったのか、結果は12チーム中10位。タイム110.04秒でペナルティー12秒、トータル122.04秒でした。鍛えたテクニックが発揮出来なかったように感じられた。

予選第2ラウンドはすぐに始まる。とにかくペナルティを無くし、佐々木兄弟らしいレースをしてほしい。



予選 第2ラウンド

体のサイズを比べれば外国人選手が上だ。そこをテクニックで切り抜けてほしい。その思いを込め大歓声にかき消されつつも「go up go up・go up go up」と精いっぱい声を張り上げた。

スコアボードを見ると、タイム113.04秒、ペナルティ6秒、トータルスコア119.04秒だった。予選第1ラウンド、予選第2ラウンドのどちらかいい方のスコアで予選順位が決まる。結果は12チーム中12位で惜しくも予選通過はならなかった。

その場ですぐに声はかけられなかったが、「よくやった！世界の12位だ」とエールを送った。その後、選手村から出てきた2人と合流、ご両親、我々応援団一



日本カヌーチームの監督、コーチ、選手。前列右から4人目が兄将汰、左から2人目が弟翼選手

同でブラジル料理のレストランに入り、これまでの労をねぎらった。

5. おわりに

56年前にブラジルの首都がブラジリアに遷都されるまで、ここリオデジャネイロが政治、経済、文化の中心で、南米大陸有数の都市であった。従って観光地は多々あったが、短い滞在期間では行ける場所が限られ、残念ながら今回の報告とさせて頂くことをご了承願う。



東北地方整備局表敬訪問

平成28年11月17日（木）には、リオオリンピック開会式時着用の白いパンツに赤いブレザー姿で、川瀧弘之東北地方整備局長を表敬訪問し、リオオリンピックの報告と、東京オリンピックへ向けての抱負・決意を誓った。

最後になりますが、佐々木兄弟を応援して頂いた本協会会員の皆様にご心から感謝申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

阿部 誠（あべ まこと）
JICMA 東北支部
万六建設㈱



部 会 報 告

アスファルトプラントの変遷 (その6) 昭和51年～58年

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)

1965年(昭和40年) 名神高速道路全線開通(小牧～西宮)

名阪国道開通

富士山頂に気象レーダ完成

建設の機械化 1965年(昭和40年)2月号

アスファルト舗装機械 抜粋

(日本舗道(株)機械部長 今田元氏氏)

1. アスファルトプラントについて

最近2、3年間の国産アスファルトプラントの推移の最も大きな特徴としては、仕様の統一と標準化が急激に進められてきている点と、大型、高性能プラントの出現であろう。最近の国産プラントが進歩を遂げた基盤としては、名神高速道路などの大規模舗装工事施工のために外国から導入した機械に刺激され、また一方において舗装工事全般が活発化するにつれ、中央、地方の各需要業者が高性能プラントを要求し、それに応じてメーカーの試験研究が進んだ点にあると見てよいと思う。(以下略)

(1) コールドフィーダについて

骨材をストックパイルからタイヤ式ローダによって、コールドアグリゲートホッパに積込み、その下部に設けられたフィーダにより、所定量の冷骨材をプラントに供給する方式は、仮設が簡単で移動性があり経済的な上に冷骨材の品質管理もたいへん便利であるので、今日広く使用されている。(以下略)

(2) ドライヤへの冷骨材の供給方法

バケットエレベータによっていたものが、…ベルトコンベヤで直接ドライヤに供給する方式が採用されている。(以下略)

(3) ドライヤドラム

ドライヤのドラムは最近内径および有効長を十分に増加する傾向にあり、(…略)ドラムの駆動方式としては、従来のピニオンギヤによる歯車駆動のほか、チェーン駆動が多く、(以下略)

(4) ふるい分け装置

ふるい分け装置はその後大きな変化がなく、振動ふるいは大型プラントでは例外なく使用され、(…略)

(5) ホットビン

…ホットビン容量は手動式で8バッチ以上、自動

式では15バッチ以上が必要とされている。

(6) 計量装置

材料の計量装置は過去2、3年の間に国産プラントとして最も発達を遂げた部分であって、国産のプラントでは電子管式累加自動計量装置、配合比変更装置を有するものがある。(以下略)

(7) アスファルト溶解装置

ケトルには重油バーナの使用が普及し、60 t/hr以上の大型プラントには間接加熱用としてホットオイルヒータが使用されている。(以下略)

(8) 石粉の取扱い

…いわゆる石粉サイロが使用される。サイロには横型と立型があるが後者が多く使用される。サイロへの石粉の供給はバケットエレベータでよいが、独、英などでは、石粉のバラ輸送車と空気積込みを採用しているものが多い。

(9) 集じん装置

集じん装置は最近変化の少ない部門である。昭和38年9月1日、ばい煙の排出の規制に関する法律の施工によって、(中略)にわかに防じん、除じんの問題が脚光をあびることになった。(中略)一部の大型プラントを除いては、集じん機効率も低かったため、この問題を急ぎ解決するため、2次集じん機として湿式集じん機が多数使用されるようになった。(中略)最近では、単一サイクロンから性能のよいダブルクロンに、また湿式集じん機をこれらと組合わせ使用することが多い。(以下略)

(10) その他

…合材供給販売を行う動きが強まっている。(以下略)

田中鉄工(株)

橋本碎石へ全自動アスファルトプラント1号機納入。

宇部興産(株)

U30型(30 t/hr)、U40型(40 t/hr)の半自動定置式の2機種。骨材5種累計計量、桿バネ併用自動秤式で、2軸パグミル混合、乾式あるいは湿式サイクロンを装置している。

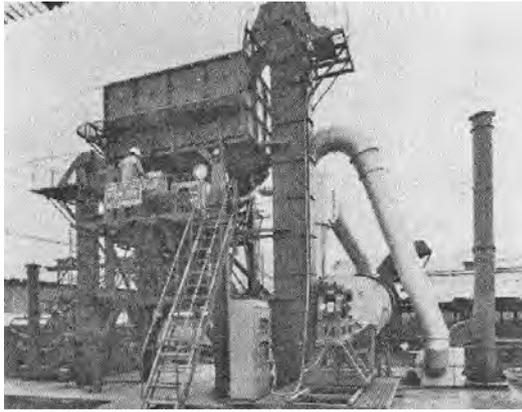


写真 3-33 U 30 型半自動定置式アスファルトプラント

三菱・日工 大容量アスファルト・プラント

日本道路公団の舗装工事共通仕様書に適合するように、三菱重工業(株)の技術と日本工具製作(株)の経験を生かして製作する国産最大級の全自動による間接加熱、可搬式アスファルト・プラント。

○特徴

品質の均一性：適確な骨材供給，完全な温度管理，正確な計量

高 能 率：全自動操作，短時間で正確良好な混合

経 済 性：ワンマンコントロール，高い耐久・耐磨耗性，短時間の分解・組立

公害の防止：完全な密閉構造，強力な集じん装置

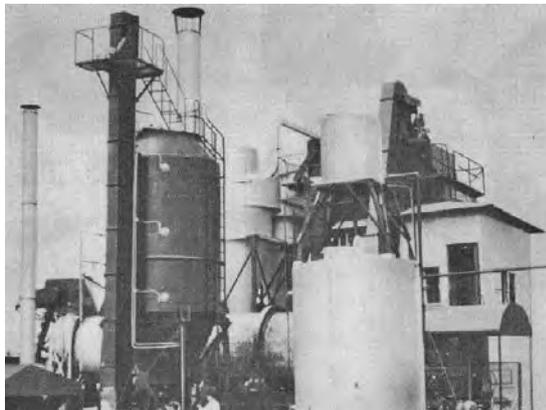


写真 3-34 80～95 t/h 大容量アスファルトプラント

1966 年（昭和 41 年）メートル法の完全施工
京葉道路全線開通 天草五橋開通
阪神高速道路神戸 1 号線開通

建設の機械化 1966 年（昭和 41 年）4 月号
三菱 120 t/hr アスファルトプラント 抜粋

（三菱重工業(株) 神戸造船所 松本 廣氏）

本プラントはバッチタイプであって，1 バッチ 1,600 kg，48 秒サイクル，120 t/hr の能力であり，その機構は次の 4 項目を主軸として構成されている。

- (1) プラント全体の自動化
…より高度な品質管理と経済性がはかられる。
- (2) 合材の完全な品質管理
…記録および補償機構の採用によって生産合材の品質保証が可能である。
- (3) 公害防止対策
…本プラントにおいては防じん，防音の各種対策を完全に施した。
- (4) 人間工学の採用
操作員の疲労軽減，安全をはかることを一つの主眼として設計製作した。

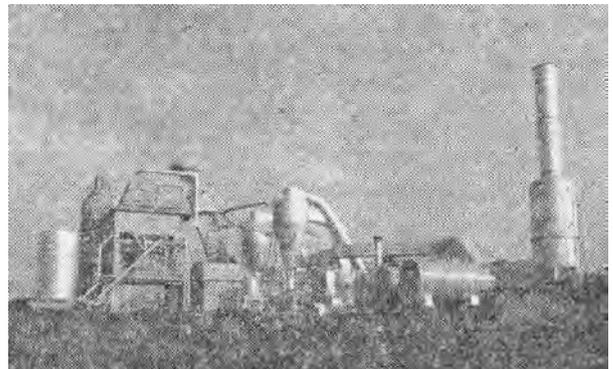


写真 3-35 120 t/hr アスファルトプラント

建設の機械化 1966 年（昭和 41 年）10 月号
[座談会] 大型アスファルトプラントをめぐる 抜粋
（機関誌編集委員会）

と き 昭和 41 年 7 月 5 日

場 所 東京ステーションホテル

出席者 建設省 6 名 日本道路公団 4 名

施工業者 4 名 製造メーカ 6 名

日本建設機械化協会 1 名 以上 21 名

座談会における話題の流れ

東名・中央道には大型プラントか～一般国道・地方道での需要予測～国内プラントの保有台数～ 100 t 以



写真 3-36 バーバーグリーン 120 t/hr アスファルトプラント
【大成道路(株) 道一この目で見ると二十五史一】

上のプラントは輸入～プラントの最適容量～プラントの質的な必要条件～プラントのふるい分け能力に疑問～輸入するのはミキシング・タワー～試作の段階は終わった — メーカー～国産品は実績がない — ユーザ～空転するメーカーとユーザの主張～工事発注者の協力が必要～機械化協会で共同開発

1967年(昭和42年) 公害対策基本法公布
成田新空港測量開始
東伊豆道路全線開通
首都高都心環状線全線開通

日本建設機械要覧

アスファルト舗装機械 概説 抜粋

1. アスファルトプラントの現況

…その大部分は移設可能な定置式プラントであって、混合能力は10 t/hrないし120 t/hrにおよんでいる。このうち最も多く購入されているものは、20から30 t/hrのものである。

2. アスファルトプラント各部構造の概要

…集じん、除じん装置は公害対策として重点的に改善され、乾式で本数の少ないサイクロンと、通過抵抗の少ない湿式集じん機の組合せが標準的な構造となっている。

3. アスファルトプラントの選択

…また特に高級な制御装置をもっているプラントを購入する場合は、購入後プラントを取扱う運転員や整備員の技術技能程度、メーカーのアフターサービスの難易、補修用部品の入手の状況も考慮する必要がある。

(以下略)

三菱重工業(株)

操作盤

骨材計量より合材排出までの一連の混連操作工程は、すべて電気—空気式自動操作であり、他の操作

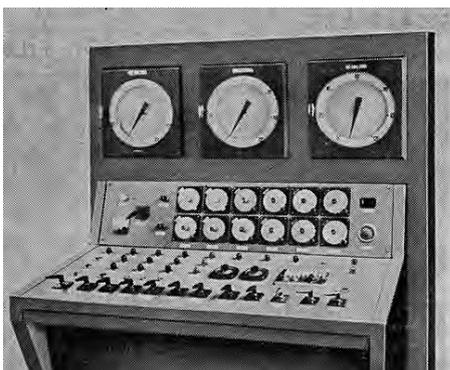


写真 3-37 操作盤

の自動制御とあいまって、プラントの全自動運転が行なわれる。(以下略)

浦賀重工業(株)

UAP アスファルトプラントは、電動機駆動の全自動バッチ形定置式(半可搬式)で、アスファルト舗装用合材の生産に必要なすべての機構を完備し、使用現場の要望を十分に取入れて設計、製作され、簡便な操作によって高能率に均質な合材を製造することができる。



写真 3-38 UAP アスファルトプラント

(株)新潟鐵工所

乾式集塵器はプラントの大きさに応じ、単一サイクロン、ダブルクロン、テトラクロンなどを使用している。…なお湿式集塵器は構造簡単で耐食性に富む当社独自の過流式を採用している。

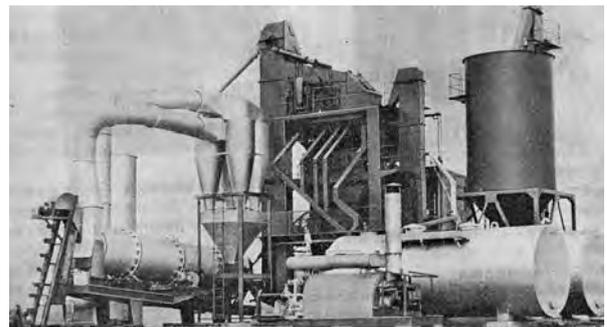


写真 3-39 NP750 形アスファルトプラント

日本工具製作(株)

集塵装置はドライヤの排気を行なうと共にふるい装置、ミキサ各部より排気集塵させ、ホットエレベータに還元、ダストの洩出を完全に防止している。

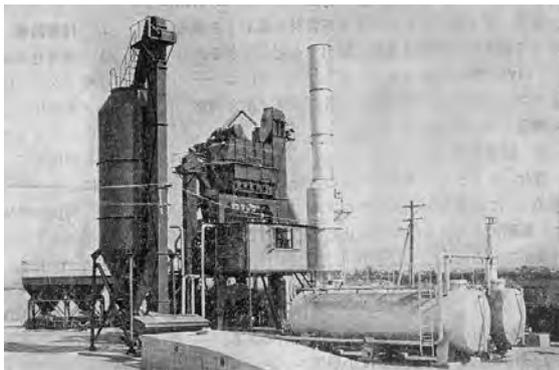


写真 3-40 間接加熱アスファルトプラント

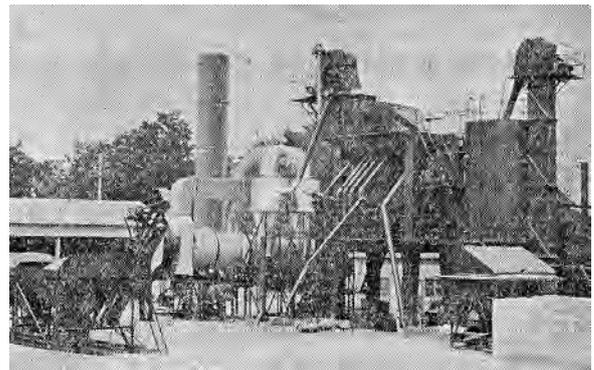


写真 3-43 TS-60FAV アスファルトプラント

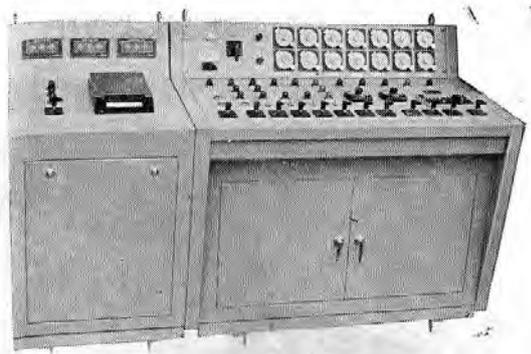


写真 3-41 パンチカード付操作盤



写真 3-42 NAP1200AZVW
国産最大 150t/hr 全自動アスファルトプラント

1968 年 (昭和 43 年) 尾道大橋開通 日本の GNP
世界 2 位

東京～厚木・富士～静岡・岡崎～小牧 開通
霞ヶ関ビルディング完成 (147 m)

大気汚染防止法・騒音規制法・都市計画法施工
東名高速道路にて初めて国産プラントを採用

- 岡崎～豊田区間 AP-600…1 台 (三菱重工業(株))
- 三好～小牧区間 NAP-600…1 台 (日本工具製作(株))
- NAP-602…1 台 (日本工具製作(株))
- UAP-50…1 台 (浦賀重工業(株))



写真 3-44 日本工具製作(株) NAP-602

建設の機械化 1968 年 (昭和 43 年) 11 月号
世界最大の 620 t/hr アスファルトプラント 抜粋
(調査部会 文献調査委員会)

多くの進歩した特徴をもつ単位時間当り能力 620 t/hr
…オレゴン州ポートランドで稼動している。…

このアスファルトプラントは、直列に組込まれている
2 台の 6.9 t のパグミルを持っている。ミキサは相互に
上下に設置されておりアスファルト合材はすべて連続的に
上のミキサを通過して下のミキサへ流込み… (以下略)

田中铁工(株)

操作装置に基づき

- ① TSAP-FAV 形 差動トランス式全自動
- ② TSAP-SAV 形 操作レバー式気道制御を計画生産している。

要覧記載メーカ全 11 社, 上記記載以外業者名
汽車製造(株), 光洋機械工業(株), 日本建機(株), 丸善建設機械(株), (株)三井三池製作所, 東京工機(株)



写真 3-45 バーバークリーン BE-150T Batchpac

1969年（昭和44年）東名高速道路全区間供用開始
西名阪自動車道全線開通

アスファルトプラント性能試験方法の制定

この頃からプラントの能力表示をミキサ容量としはじめた。

保温の方法、投入、排出時の分離、又酸化によると思われる凝固等、数々の予期せぬ問題に直面したが、72時間の貯蔵に成功。

『株渡辺組 五十年の歩み』

ストレージタンク実験開始



写真 3-46 15tタンク 3連式

1970年（昭和45年）日本万国博開幕

日工(株)

合材サイロ開発

トランジスタ形印字記録計開発



有効容量：40 m³
直径×高さ：
φ 3000 mm × 13500 mm
排出口：扇形ゲート
保温用二重ゲート付
スキップエレベータ
バケット容量：0.7 m³
ウインチ：MP-15

写真 3-47 80型 ホットオイル式（光舗道機へ納入）

1971年（昭和46年）首都高速3号渋谷～東名東京
IC開通

東名高速道路全線開通

立山黒部アルペンルート全線開通

建設の機械化 1971年（昭和46年）4月号 アス
ファルトプラントに取付けられた新しいバッグ形集
塵器

JCMA

部 会 報 告

ISO/TC 127 米国・ラハイナ総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12 米国・ラハイナ国際 WG 会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会

出浦 淑枝 (コマツ), 下垣内 宏 (コベルコ建機), 足立 識之 (キャタピラージャパン),
高山 剛 (日立建機), 宮崎 育夫 (コマツ), 西脇 徹郎 (JCMS 標準部)

2015年9月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 総会が米国ラハイナ市で開催され、日本から ISO/TC 127/SC 3 国際議長の出浦氏 (コマツ), SC 1 国内分科会委員長の下垣内氏 (コベルコ建機), SC 2 国内分科会委員長の足立氏 (キャタピラージャパン), SC 3 国内分科会委員長の宮崎氏 (コマツ), SC 4 国内分科会委員長の高山氏 (日立建機) 及び ISO/TC 127/SC 3 国際幹事の西脇 (協会標準部) が出席したので、ここに報告する。

- 1 開催日：2015年9月13～17日 (TC 127 総会),
18日 (SC 3/WG 12 国際 WG 会議)
- 2 開催地：米国ハワイ州ラハイナ市カアナパリ地区
ホテル会議室

3 出席者：57名

米国 (ANSI) 14名, ブラジル (ABNT) 3名, フィンランド (SFS) 1名, スウェーデン (SIS) 3名, 韓国 (KATS) 5名, チェコ (UNMZ) 1名, 日本 (JISC) 6名, インド (BIS) 1名, ドイツ (DIN) 4名, ニュージーランド (NZSO) 1名, オーストラリア (SAA) 1名, 中国 (SAC) 7名, イタリア (UNI) 4名, フランス (AFNOR) 4名, 英国 (BSI) 2名

4 会議概要：

日本は ISO/TC 127 設立当初より P (積極的参加) メンバ国として国際会議に参加し、かつ SC 3 分科委員会の国際議長及び幹事国業務を引き受け、日本発の土工機械が世界市場で占めるシェアに応じた国際貢献を行っている。今回も、日本担当案件の進捗を図るとともに、製品開発等において重要な各規格案の審議に参画する為、計5日間の会議に使節団が出席し、また、TC 127 総会終了後に開催された SC 3/WG 12 国際 WG 会議にも引き続き出席した。

以下に、会議毎にまとめた出席者の報告を開催順序に沿って紹介する。なお、会議終了後の進展については、各項目で [後記] としているので参照されたい。

5 議事：

5.1 ISO/TC 127/CAG (議長諮問グループ会議) (9月13日 (日) 午後)

ISO/TC 127 総会に先立つ準備会合で、TC 127 米国議長が運営を指導した。親 TC・各 SC の国際議長・国際幹事及び各国使節団の代表が出席し、総会運営に関する問題点や、規格開発において問題のある案件の扱いについて事前に検討した。次回総会 (2017年) の開催候補地についても意見交換され、日本が引き受ける意向を示した。

5.2 ISO/TC 127 土工機械専門委員会 総会 前半 (9月14日 (月) 午前)

ISO 業務指針の改定が紹介された。特に、国際議長の任期が最長9年に制限されたことを受け、親 TC 米国議長と SC 4 イタリア議長が退任、親 TC は米国から後任候補を立てて副議長とする方針が説明された。また、米国 ANSI の国際幹事が異動により退任、後任人事が紹介された。委員会内投票で承認された新業務項目を各 SC へ割り振った後、親 TC 直属 WG の案件につき進捗状況が報告された。

5.3 ISO/TC 127/SC 1 安全及び性能試験方法 分科委員会 (9月14日 (月) 午後～9月15日 (火) 午前)

英国議長及び幹事により運営された。以下は各作業グループ報告：

5.3.1 SC 1/WG 5 Joint SC 1-SC 2 WG ISO 5006 Visibility (運転員の視野)

- ・EU 委員会より「現行 ISO 5006 は EU 機械安全指令の必須安全要求事項に不適合」との指摘を受け、ISO 5006 改訂の進め方を議論し、不適合回避のため、追補 (軽微な改正) を優先して進めることを確認した。
- ・EU 委員会傘下の Administrative Co-operation Working Group (ADCO) から提案された5点要求 (直接視界優先、機械側方 1m 境界 (RB) における視認性確保高さを 1m へ変更等) を加味し、小形の機械 (Small sized Excavators, Wheeled loaders 等) への重点的適用に絞って検討し、10月上旬までに

DIS案文を作成提出して緊急の小規模改正を図ることを決議した。

- ・今後の日程は①2015年9月末に開催予定の国際WGで詳細を詰める②2015年10月上旬までにDIS案文を作成して提出する③CDを省略して直接DIS段階へ進める、とした。

[後記1] その後、ADCO提案に基づく限定範囲などを改正するDIS投票が賛成多数で承認され、諸般の論議あるも、FDIS投票に付された(～2017年2月13日締切)。日本の意見が十分反映されていない点に不満はあるものの、欧州の政治的問題でもあり、賛成せざるを得ない状況。

5.3.2 SC 1/WG 6 ISO/TS 11152 Earth-moving machinery-Test methods for energy use (エネルギー消費量試験方法)

- ・協会規格(JCMAS H 020:2007 土工機械—油圧ショベルの燃料消費量試験方法 他 同 H021, H 022)のISO/TS化を進めているが、バケット容量に基づく機械の格付けが国際的に通用しにくい問題もあり、作業が停滞していることから、WGの継続可否が議論され、体制立て直しの意見が出た。
- ・日本側から「JCMASを基に、既に(燃費基準達成建設機械認定制度等の)国内対応を行っており、ISO/TS化に協力する」旨を表明し、WGの継続が決議された。

[後記2] 当面、協会機械部会ショベル技術委員会と連携してISO/TS化を進めていく。

5.3.3 ISO/DIS 8643 (=JIS A 8321 ブーム降下制御装置) 改正

現行版では、荷扱い作業時に油圧配管が破損した場合におけるブーム降下速度の制限のみを対象としているが、アームなどにも適用拡大する改定案文が現在準備中。第2次DIS投票に向け、近日中に提出予定とコンビナーから報告された。

[後記3] その後、FDIS投票へと進み、日本は一部問題点を指摘し反対投票したが、2016年12月末に承認され、発行準備段階である(2017年1月時点で未発行)。

5.3.4 ISO/CD 16001 (=JIS A 8338 危険検知装置及び視覚補助) 改正

車載用監視カメラがかなり普及したこともあり、鳥瞰図の様な表示方式なども対象に含めるよう日本担当でDIS案文準備中と報告され、当該国際WGをSC 2からSC 1へ移管する旨も確認された。

[後記4] DIS投票の結果、承認された。各国意見を検討するため、2016年10月下旬に国際WG会議を東京で開催、議論の結果に基づき日本がFDIS案文を準備中(2017年1月時点)。

備中(2017年1月時点)。

5.3.5 ISO 10261:2002/DAmD 1 (=JIS A 8313 製品識別番号(PIN)) 追補

現行版ではPINの製造年コード規定が2015年までとなっている為、2016年以降の製造年コード規定を追加する追補版を日本担当で作成し、追補発行されるが、農業用機械その他のオフロード作業機械への展開を検討する必要ありと論議された。

5.3.6 新業務項目

ISO 6683(シートベルト及びその取付部一性能要求事項及び試験方法、JIS A 8911は現行ISO 6683と一致)に関し、非常に小形の機械では、機械質量に応じて試験荷重を低減する必要があるとの研究結果をイタリアが示した。今後、改正に向け新業務提案を実施とされた。

5.3.7 SC 1 Work Items on ISO Technical Program : SC 1 業務項目

- ・ISO/NP 5006(新業務項目提案)運転員の視野:前述5.3.1の通り。
- ・以下4件は緊急性が低いと判断し、業務項目から削除する。

ISO 6393(音響パワーレベルの測定—静的試験条件)

ISO 6394(運転席における放射音圧レベルの測定—静的試験条件)

ISO 6395(音響パワーレベルの測定—動的試験条件)

ISO 6396(運転席における放射音圧レベルの測定—動的試験条件)



写真—1 SC 1会議風景

5.4 ISO/TC 127/SC 2 安全・人間工学・通則 分科委員会(9月15日(火)午後～9月16日(水)午前)

米国議長及び幹事により運営された。各国出席者の紹介の後、個別規格の内容について以下の通り協議、決議された。

5.4.1 ISO/NP 3449 (落下物保護構造 FOPS) 改正 〈決議 SC 2/455〉

SC 2/WG 20 主査は、SC 2/WG17 と共同で WG 会議を 2016 年初めに開催する。また、作業開始の確認のため、SC 2 幹事は 2015 年 10 月半ば迄に専門家の招集を行う。

5.4.2 ISO/NWIP 5010 (ゴムタイヤ式機械のかじ取り装置の要求) 改正

スウェーデンから規格の開発状況について説明された。規格の適用範囲を拡大、表題を変更し、EN/ISO 規格とすることが CEN (欧州標準化委員会) で承認されている。2015 年 9 月に WebEx 会議を開催、専門家は同 10 月末までに案文についてのコメントを提出する。日本から「ゴム履帯式の土工機械も本規格の対象か、次の WG 会議で協議するよう」要望したところ、スウェーデンより「ゴム履帯式は本規格の対象外、ゴムタイヤの装輪式は対象」と説明された。ドイツは「走行速度と密接な関係がある」とコメントし、更に日本は「走行速度の低い機械は、テストコースの距離を短くすべきであり、WG での協議が必要」とコメントした。

〈決議 SC 2/456〉

CEN/TC 151 はウィーン協定に基づく ISO との共同開発を承認した。SC 2 は ISO 5010 の改正を EN/ISO 規格とし、ISO 主体で実施することに合意した。また、作業開始の確認のため、SC 2 事務局は 2015 年 10 月半ばまでに専門家の招集を行う。

[後記 5] CD 投票で承認され、各国意見を国際 SC 2/WG 21 で検討中。

5.4.3 ISO/NWI 7096 (座席振動伝達特性) 改正

ドイツが進捗状況を説明した。2015 年 6 月に新業務項目提案 NWIP が承認され、ウィーン協定に基づき EN/ISO として CEN と共同で開発している。ISO/TC 108 とのジョイントプロジェクトである。最初の WG 会議を 2015 年 10 月に開催し、油圧ショベル等の追加、体重の軽い運転員に対する要求の緩和につき協議の予定。

5.4.4 ISO/DAMD1 9244 (安全標識) 追補

米国が進捗状況について説明した。本規格の禁止記号が、基本となる ISO 3864 に適合していない為、ISO 3864 に合せて変更する案文とした。これに対し、以下のコメントあり：

スウェーデン「禁止記号の変更案について ISO/TC 145 のルールが未だ明確でない部分があり、提案に反対する。要求が明確になってから変更すべき」

日本「スウェーデンの意見に賛成、“○”(円形)と“\”

(斜線)を組み合わせた禁止記号の○の内側を、白地に変更しなければならない理由に疑問がある。また、現存する多種類のラベルについても変更を余儀なくされ、問題である」

米国「一部に混乱があり、“○”と“\”の組合せにおいて、“○”の内側は白であるが、外側が白か黄色かは不明確」とコメントした。日本は「禁止の“\”(斜線)は赤にすべきであり、日本国内の記号の専門家は異なる見解を持っている様だ」

スウェーデン「日本と同様の議論を行っている」

米国「多くの記号が ISO に登録されていなかったため、追加登録が必要となっている。記号追加登録のプロセスが制定され、TC 127 として参加している。ISO 9244 は A 規格 (基本安全規格)、B 規格 (グループ安全規格)、C 規格 (個別機械安全規格) の分類で言うところの C 規格であるが、TC 145 で定める ISO 7000 と整合させるため、連携が必要である」

(2015 年 9 月下旬に DAmD 投票が締め切られ、スウェーデンと日本を除く他国の賛成多数で承認、正式発行された。)

〈決議 SC 2/460〉

TC 127/SC 2 は 2015 年初めに ISO 9244 安全標識記号の ISO 7010 への登録を依頼したが、TC 145/SC 2 の作業が遅れていることを指摘し、さらに土工機械製品特有の安全記号を登録の対象に含める決定は TC 127 が責任を有することを指摘し、TC 145/SC 2 に登録作業を早急に行ってもらおう。ISO 業務指針と TC 145/SC 2 のプロセス基準及びタイムフレームにより、製品特有の安全記号の ISO 7010 への登録申請を処理する。ISO 業務指針に記載されている基準は、下記と整合している。

- ・標準化された図記号
- ・関連のある設計指針
- ・確立された採用基準

または、ISO 7010 の登録要求から製品特有の安全標識の適用を除外する。この場合、ISO/TMB (技術管理評議会) による ISO 業務指針一第 1 部：附属書 SH の改訂が必要である。

TC 127/SC 2 は TC 145/SC 2 に対し、本決議への回答を 2016 年 1 月末までに文書で行うよう要求する。

5.4.5 ISO/NWIP 10968 (操縦装置) 改正

スウェーデンから進捗状況の説明があった。これまでに 6 回の WebEx 会議を開催して案文を作成中。WebEx 会議開催時刻について、日本では夜、米国では早朝になり、時差の問題があるとコメントした。DIS 投票は 2016 年 6 月頃の予定。

[後記 6] CD 投票の結果、承認された。各国意見を検討する為、2017年2月初めにドイツ・フランクフルトアムマインで TC 127/SC 2/WG 26 国際 WG 会議を開催予定。

5.4.6 ISO/AWI 12117-1 (ミニショベル横転時保護構造) 改正

ドイツから進捗状況の説明があった。TOPS の適用範囲を、現状 6 ton 以下から 6 ton ~ 50 ton までの機械へも拡大する改正である。既に EN 474-5 で試験時のエネルギーが規定されているが、それをベースにテスト方法を詳細に規定する。特殊仕様(キャブライザ、マテリアルハンドリング機などのエレベータキャブ)も対象として追加する予定。2016年にプロジェクトを開始する予定であり、新リーダーを選ぶ必要がある。第1部を拡大するか、新しいパートとするかを WG で決定する必要がある。

これに対し、以下のコメントあり：

米国「活動開始する前に WG 会議を開催し、適用範囲を明確にすべき」

ドイツ反論「適用範囲のみを議題とした WG 会議の開催は不要」

フランス「適用範囲を大幅に拡張することになる為、現状第1部の改正では無理がある」

米国主張「新たに WG を設置し、メンバを招集すべき」

フランス「全ての動く機械を対象とすべき」

議長「2015年初めに WG 開催すべき」

英国「コンパクト油圧ショベル限定ではないので、表題から“コンパクト油圧ショベル”を削除すべき」

米国「油圧ショベルのみを対象とするのが適切か、WG で協議すべき」

フランス指摘「解体仕様の油圧ショベルは EN 474-1 (Annex G) に別の規定がある」

議長「活動開始前に適用範囲を明確にするため、WG 会議を開催すべき」

ドイツ「第1部の拡大でなく、新たなパートとすべき」

オーストラリア「マテリアルハンドリング機もある」

議長「油圧ショベルベースのマテリアルハンドリング機もあるが、それ以外は別規格 (ISO 3471) があるので除外すべき」

ドイツ提案「FOPS, TOPS などと組み合わせてオペレーターガード専門の WG を作成すべき」に議長同意。

〈決議 SC 2/454〉

第1部の TOPS の適用範囲を 6 ton 以下から 6 ton を超える油圧ショベルに拡大し、表題も変更する。2015年10月半ばまでに専門家の募集を開始する。WG 会議を 2016年の初めに開催し、規格の適用範囲、

概要、スケジュールを決定する。

5.4.7 ISO/DAMd1 12117-2 (6 ton を超える油圧ショベルの転倒時保護構造) 追補 1

日本が進捗状況について説明した。DAM 投票が終了したが、投票後に間違いがあり一部修正している点について、問題はないことを説明した。

[後記 7] ISO 12117-2:2008/Amd 1 (追補) 発行済み。

5.4.8 ISO/DIS 13031 (クイックカプラの安全要求)

英国が進捗状況について説明した。技術的コメントが出ており、協議が必要とされた。

[後記 8] ISO 13031 制定発行済み。

5.4.9 ISO 12508 (シャープエッジ) 定期的見直し 〈決議 SC 2/458〉

ISO 12508:1994 が定期的見直し投票で「確認」とされたことを ISO 中央事務局に報告する。定期的見直し投票で受領したコメントは、次回改訂時に考慮する。

5.4.10 ISO 13333:1994 (ダンパー本体支持, オペレータキャブチルトサポート) 定期的見直し 〈決議 SC 2/459〉

ISO 13333:1994 が定期的見直し投票で「確認」とされたことを ISO 中央事務局に報告する。定期的見直し投票で受領したコメントは、次回改訂時に考慮する。

5.4.11 ISO 13766 (電磁両立性 EMC) 改正

ドイツが進捗状況について説明した。電磁両立性についての欧州規格 EN 13309 との整合化が改正の目的である。第1部は EN 13309 と同じ内容とし、第2部は「機能安全」(Functional safety) として同時に開発中。次回 WG は 2016年5月予定。DIS 投票に向けて活動推進中。

[後記 9] ISO/DIS 13766-1 及び -2 とも DIS 投票で承認され、FDIS 準備中。

5.4.12 ISO 17757 (自律式機械の安全)

米国が進捗状況について説明した。安全システム、リスクアセスメントが含まれており、内容を考慮すると“システム”を含んだ表題に変更すべきであり、2016年2月にシドニーで国際 WG 会議開催の予定。オーストラリア、カナダが法令化を推進中であり、安全要求を検討中の大規模鉱山会社もあるとされた。議長は「西オーストラリアの鉱山など多くの団体が関係しているので、TC 82 (Mining) とのジョイントプロジェクトとすることに賛成が得られるなら、決議に記載する」とコメントした。

[後記 10] DIS 投票で承認され、2017年2月末に各国意見の検討予定。

〈決議 SC 2/457〉

表題を「自律式機械システムの安全」(Autonomous

machine system safety) に変更する。

5.4.13 ISO/NP 19014 (制御系の安全)

米国が進捗状況について説明した。3部構成に分割して開発中。建機用のリスクアセスメントとして、ISO 15998を置き換える予定。12月上旬にWG会議を開催する。CD投票は2016年初め頃になる見込み。

英国は引用規格のISO 13849が現在改訂中であるとコメントした。フランスは「ウィーン協定に基づき、ENとの共同開発としている」と説明した。

[後記 11] 第1部及び第3部はDIS投票に進み、第3部は承認されたが、第1部は日本も反対し不承認。第2部は日程遅延による自動キャンセルを避けるため、一旦取り下げた。また、ソフトウェア関連を第4部として分割し作成する新業務提案が投票に付されている。

5.4.14 ISO 20474 シリーズ (安全要求) 改正

スウェーデンが進捗状況について説明した。9月下旬にWebEx会議を開催。DIS 20474-1案文を作成した。フランスは「第15部：コンパクトツールキャリアの定義を明確にする必要がある」とコメントした。

[後記 12] 第1部～第5部及び第7部～第13部がDIS投票で承認され、FDIS準備中。第6部：ダンパ(重ダンパトラック及び不整地運搬車)のみ、第2次DIS投票へ向け準備中。また、第15部はCD投票で承認され、DIS準備中(2017年1月時点)。

5.4.15 ISO/TR 25398 (搭乗式機械の全身振動暴露の評価指針) 改正

ドイツが進捗状況について説明した。技術的問題で、あまり進捗がないがプロジェクトは継続する。忙しいので2015年のWG会議予定はなく、2016年からプロジェクトを開始する。フランスは「現在、改正のためデータ収集中である」とコメントした。なお、データベースソフトはMicrosoft Accessを使用していたの

で対応に不具合の問題がある。

5.4.16 林業機械

米国は「林業機械のオペレータガード、騒音計測方法等について規格化が必要」とコメントした。

5.4.17 その他

SC 2幹事は新TC国際幹事の兼務で2015年9月末で退任となり、後任SC 2幹事が紹介された。

5.5 ISO/TC 127/SC 3 機械特性・電気及び電子系・運用及び保全分科委員会 (9月16日(水)午後～9月17日(木)午前)

日本議長及び幹事により運営された。各国使節団の紹介の後、各作業グループより以下の通り報告され、決議された。

5.5.1 議事案採択

下記2案件をWGで至急検討し次に進める為、ドラフト資料を参考として追加送付することとし、議事案を修正し採択された。

- ・SC 3/WG 11: CD 12509 照明, 信号, 車幅などの灯火及び反射器
- ・SC 3/WG 5: WD 15143-3 又は DTS (技術仕様書) 土工機械及び道路工事機械—施工現場情報交換—第3部: AEMP (Association of equipment management professionals: 米国機械管理専門業者協会) 規格に基づく機械管理情報の扱いに関する新業務提案

5.5.2 幹事国報告

SC 3国際幹事が前回ロネビー会議以降のSC 3活動を報告し、承認された。

なお、ISO/TC 127/SC 3/WG 13 ISO 6750 (取扱説明書)改正 WebEx会議を2015年10月に開催するが、専門家のスケジュールがSC 2/WG 23 ISO 7096 (座席振動)改正国際WG会議と重複する懸念がある為、日程再検討し同年10月中旬へ変更された。



写真一2 SC 3会議風景

5.5.3 各業務項目（候補案件含む）の状況報告

① SC 3/WG 12 ISO 6405-1（操縦装置及び表示用識別記号—第1部：共通識別記号）改正 及び ISO 6405-2（同一第2部：特定機種，作業装置及び附属品識別記号）改正

DIS投票では反対意見もなく，承認されたことが報告された。差し迫ったISO 6405-1, -2改正の発行を考慮し，SC 3はISO 6405規格群改正プロジェクトリーダー兼SC 3/WG 12コンビナーに新規追加記号の検討業務の開始を承認した。又，国際議長は，9月18日に同ホテル内で開催予定のSC 3/WG 12国際会議に触れ，規格発行のための有益な論議を期待している旨を示唆した。

[後記13] 国際WG会議結果に基づき，第1部及び第2部の発行に向け最終準備中（2017年1月時点）。

② SC 3/WG 7 ISO 10906（土工機械—音響警報装置—室内試験手順及び要求事項）

機械に取り付けた状態での音圧公差を，アラーム単体よりも小さくする新業務提案として，2011年にプロジェクトを開始した。従来SAE J994の±4dBに対して，OEM（機械メーカー）要求は±2dB。WG会合において，サプライヤは通常温度±2dBで合意も，低温・高温時はSAE J994の±8dBの要望に対し±6dBを要求。しかしサプライヤはSAE J994との乖離は避けたい意向で，現行品の仕様書ベースの提案は変えられず，音圧公差縮小を要求するメーカーとの溝は埋まらない状況であった。

コンビナー復帰によって一度は再活性化していたが，今回，米国PLよりWG 7の解散が報告された。WGを引継ぐメンバもおらず，SC 3はISO 10906プロジェクトの終了を決定した。

③ SC 3/WG 11 ISO/CD 12509（土工機械—照明，信号，車幅などの灯火及び反射器）

前回ロネビー会議において，日程遅延による自動キャンセルを避ける為，業務項目から一旦取り下げ，CD案文が完成した時点で業務再開の新業務提案を実施するとの決定に至った。CD 12509案文の再確認を開始しており，CD段階からプロジェクト再開することとなった。

④ SC 3/WG 9 ISO/DIS 14990（電気駆動式機械並びに関連構成部品及び装置の電気安全—第1部：一般要求事項，第2部：外部電源形機械の特定要求事項，第3部：電源内蔵形機械の特定要求事項）

DIS投票は特に反対なく承認され，発行されることが報告された。

[後記14] ISO 14990-1, -2, -3 制定発行済み。

⑤ SC 3/WG 5 ISO 15143 規格群（土工機械及び自走式道路工事機械—施工現場情報交換—第3部：テレマティクスデータ）

米国AEMP規格に基づいたテレマティクスの通信プロトコル（移動体通信を利用してサービスを提供するシステムのネットワーク通信に関する規約類）標準化に関して，ISO/DTS 15143-3案文の準備中。なお，市場ニーズに対応するため，早急に出版物の発行が必要とされることを考慮して，SC 3はISO中央事務局にISO（国際標準）からISO/TS（技術仕様書）への変更を要求することとした。

[後記15] ISO/TS 15143-3 制定発行済み。

⑥ SC 3/WG 4 ISO/DIS 15818.2（つり上げ及び固縛箇所—性能要求事項）

SC 3/WG 4コンビナー兼ISO 15818プロジェクトリーダーが，第2次DISへのコメントに対応した案文を既にWG専門家へ配布し，コメント受領済みである旨を報告し，FDIS投票準備中であることを説明した。これに対し，米国から案文修正の要望があり，WG 4専門家は2015年9月下旬までにコメント提出することとされ，プロジェクトリーダーはコメントに対処するFDISを準備し，同10月上旬までにSC 3幹事へ提出することとした。

[後記16] FDIS投票で承認されたがコメント多数の為，第2次FDIS投票を実施（～2017年1月下旬締切）。



写真—3 SC 3会議風景（右：SC 3国内分科会委員長兼SC 3/WG 4コンビナー）

5.5.4 定期的見直し

前回2014年6月ロネビー国際会議以降の下記2件につき審議した。

① ISO 23737（ホイールローダアタッチメントカプラ）

定期的見直し投票の結果，「確認」投票多数であり，SC 3は「確認」とした。

② ISO 10261（製品識別番号（PIN））

ISO 10261は定期的見直し中であり，報告完了後，SC 3からSC 1への移管プロセスを完了するよう

TC127 親委員会に要求する。

ISO 10261 は現在、ISO 6165 で定義された土工機械にのみ適用されることが指摘され、SC 3 は他の“オフロード作業機械”の製品識別目的で、この規格を利用するか確認することとした。また、今後、SC 1 の作業項目として“オフロード作業機械”の適用範囲を明確に定義することとした。

5.6 ISO/TC 127/SC 4 商用名称・分類・格付け 分科委員会 (9月16日(水)午後)

イタリア議長及び幹事により運営された。議長挨拶に続き、各国代表が使節団を紹介し、議事案(SC 4 文書 N 606)の承認、決議起草委員会指名、幹事国報告(前回ロネビー国際会議以降の活動を、SC 4 文書 N 607 を用いて報告)が行われたのち、議事案に沿って討議が進められた。主な決議について記載する。

5.6.1 決議 285/2015 (ラハイナ) : WG 3 報告及び ISO 8811 (ローラ及びランドフィルコンパクター用語及び仕様項目) 改正

SC 4 は、決議 280/2014 (ロネビー) を再確認し、WG 3 のコンビナーに対し、文書 N 612 の記載事項に関して検討・解決し、NWIP 投票のために TC 127 事務局に直接提出する ISO 8811 改正案文を準備する為、2016 年 3 月までに最初の会議を開催するよう要請する。

(N 612 記載事項)

- ・特定の文言：例として，“polygonal drum”の適切な文言が必要。
- ・“mass”，“load”，“weight”などの使い分けにつき検討が必要。
- ・固有の特性：例として、機械質量と遠心力を合計する検討の要否に関する議論。

5.6.2 決議 286/2015 (ラハイナ) : WG 4 の新たな名称

WG 4 コンビナーの要求を受け、SC 4 は WG 4 の名称を「油圧ショベルのアタッチメント」から「土工機械のアタッチメント」へ変更することに合意した。

5.6.3 決議 287/2015 (ラハイナ) — ISO 7132 (ダンパー用語及び仕様項目) DIS ステージの追補 1

文書 N 608 の CD 投票結果が賛成多数であったことを受け、SC 4 は DAmd1 (追補案文 1) を DIS ステージとして登録することに合意した。プロジェクトリーダーは、以下を実施する：

- ① 受領したコメントに対して返信する
- ② 承認したコメントに基づきドラフトを修正する
- ③ 両文書を 2015 年 11 月末までに SC 4 幹事へ提出する

[後記 17] DAmd1 案文を SC 4 幹事国へ提出済み。

5.6.4 決議 288/2015 (ラハイナ) : 定期的見直し結果 — ISO 7135 (油圧ショベル—用語及び仕様項目) の確認

文書 N 611 における定期的見直しの結果及びコメントを念頭に、SC 4 は ISO 7135 (油圧ショベル—用語及び仕様項目) を確認した。

5.6.5 決議 289/2015 (ラハイナ) : ISO 7131 (ローダー用語及び仕様項目) 追補 1

文書 N 610 における定期的見直しの結果とコメントを念頭に、SC 4 は米国をプロジェクトリーダーとして ISO 7131 の追補 1 を開始し、CD ステージの SC 4 作業プログラムとして登録することに合意した。追補案文の文言は、SC 4 メンバの CD 投票の為に 2015 年 11 月末までに回覧とされた。

[後記 18] DAmd 投票を実施 (~ 2017 年 2 月中旬期限締切)。

5.6.6 ISO/FDIS 8812 (バックホウローダー用語及び仕様項目) 改正

所要の編集上の修正のため、第 2 次 FDIS 投票に付される旨が決定した。

[後記 19] FDIS 投票で承認され、改正版発行済み。

5.6.7 今後の業務

ISO 7135 (油圧ショベル—用語及び仕様項目)

「minimal tail radius excavator (MTRX) : 後方超小旋回油圧ショベル」の用語及び定義を追加する新業務提案は、日本担当となった。

[後記 20] 新業務提案が承認され、各国意見に基づく改正案文を幹事国に提出済み。

5.6.8 総評及び後記

SC 4 議長の適切かつ明瞭な進行と会議出席者の協力により、滞りなく会議が閉会した。

[後記 21] 明晰な頭脳と手腕で永年にわたり SC 4 を運営したイタリア議長 Paoluzzi 博士が、2016 年 9 月 13 日に享年 55 歳で永眠した。ここに彼の功績に感謝すると共に、心よりご冥福をお祈りする。

5.7 ISO/TC 127 土工機械専門委員会総会 後半 (9月17日(木))

米国議長及び幹事により運営された。各国使節団の紹介の後、以下の通り報告され、決議された。

5.7.1 各分科委員会報告：前日までに開催された各分科委員会での決議及びその他報告事項が報告された。

5.7.2 連携報告：ドイツ幹事が CEN/TC 151 の連携報告を行った。その他、ISO/TC 127 と連携する ISO/TC 活動につき、各関係者が連携報告を行った。

5.7.3 今後の新業務候補の検討:次のように決定した。

5.7.3.1 優先度の高い早急に開始すべき業務

- 1) ISO 21815 (衝突検知及び回避) 日本担当
[後記 22] 新業務提案が承認され、日本コンビナーが検討開始している。
- 2) ISO 10261 (=JIS A 8313 製品識別番号 (PIN)) 他のオフロード車両への適用範囲拡大:日本担当
[後記 23] 他のオフロード車両は TC 127 担当分野ではないとして取り下げ。
- 3) 運転員保護構造の材料要求事項:米国担当
- 4) ISO 6683 (=JIS A 8919 シートベルト及び取付部) 小形機械における負荷要求見直し:イタリア担当, 多点式も含め検討
- 5) ISO 7135 (=JIS A 8403-1) 追補:日本担当 (その後の経緯は前述)
- 6) ISO 13649 (火災予防) 米国担当

5.7.3.2 他の新業務候補

- 1) ISO 14397 (=JIS A 8421-4, -5 ローダ一定格積載質量並びに最大掘り起こし力及び持ち上げ力):次回会合へ持ち越し
- 2) (走行地面の悪条件下での) 駆動力 (確保) 補助装置:林業用装置担当の ISO/TC 23/SC 15 をフォロー
- 3) ISO 3164 (=JIS A 8909) たわみ限界領域の横転時ないし転倒時保護構造規格への適用:イタリア主導の特設グループで検討
- 4) ISO 12117-1 (=JIS A 8921) 横転時保護構造の 6 トン超への拡大:SC 2/WG 17 で検討
- 5) 多点式シートベルト:前記イタリア担当の ISO 6683 改正に含めて検討
- 6) ISO 10264 (キーロック始動装置 =JIS A 8345):当面優先度中程度
- 7) 電磁油圧バルブ:むしろ ISO/TC 131 で提案とされた (韓国担当)
- 8) 油圧ブレーカ性能および騒音試験方法:韓国担当, ただしコンビナーは米国, SC 1 で検討
- 9) ISO 12509 (灯火類) 改正:米国担当で近々再開の投票へ
- 10) ISO 10263-2 (=JIS A 8330-2 運転室内環境—第 2 部:空気ろ過試験) ろ過に関する要求追加:フランス担当

11) ISO 16417-1 (油圧ブレーカー用語及び仕様項目):再開

12) ISO 13539 (トレンチャー用語及び仕様項目) 改正:新業務提案投票開始

その他, 前回口ネビー総会での優先度「高」項目フォロー, および次回総会での検討項目など。

5.7.4 次回総会:2017年6月前半に日本での開催引受けを表明した。次々回は、インド又はニュージーランドとなった。

[後記 24] 日本がホスト国となり, 2017年6月11日~16日に広島での TC 127 総会開催が決定した。

5.8 ISO/TC 127/SC 3/WG 12-ISO 6405 (操縦装置及び表示用識別図記号)国際WG会議(9月18日(金))

ISO/TC 127 総会終了の翌日, 同ホテル小会議室にて開催された。

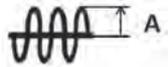
5.8.1 出席者:米国3名, スウェーデン2名, フランス1名, 日本4名

他に, TC 127 後任国際幹事 (TC 23/SC 14 及び TC 145/SC 3 国際幹事を兼務) が部分出席。

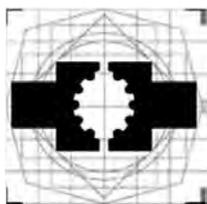
5.8.2 全般:ISO/DIS 6405-1, -2 は満票で承認されているが多くの意見が提出されていることから, 編集上意見は PL 対応案を了承し, 技術上意見に関しては WG で対応決定したうえ, 今次改正で反映させる内容については ISO/TC 127/SC 3 内投票に付すこととされた。ただし, ISO 7000 に未登録の案件は, 既存図記号の応用とみなせるものを除き, 継続審議とし今後の追補で検討することとされた。

5.8.3 ISO/DIS 6405-2 (特定機種, 作業装置及び附属品識別記号):スウェーデンよりローラに関するドラム起振 (図—1 参照), その他図記号の追加要望があり, 追補作業を早急に開始することとされた。関連して, チップスプレッダの図記号がローラのアタッチメントとして提案されているが, 道路工事用建設機械は TC 195 (建設用機械及び装置) の適用範囲であることから連携要, ISO/TC 127/SC 3 幹事と TC 195 幹事が連携する。

続いて, 水平方向ドリルにおけるドリルストリングスのクランプに関して論議となり (これも, TC 127 の水平方向ドリルだけでなく, TC 195 の基礎工事用機械やトンネル工事用機械にも適用されうる), 米国

振動 (起振) 	(起振) 振幅 	(起振) 振動周波数 	スプリングラタンクの水 	スプリングラタンクの水量 	チップスプレッダ 
--	--	---	--	--	---

図—1 ローラ図記号の提案事例



図一2 クランプ部に歯のある記号

提案のクランプ部に歯のある記号（図一2参照）の扱いをどうするかが論議された。結局、ISO 7000 既登録済み図記号の応用として、ISO 6405-2 改正に含めて扱うこととなった。

5.8.4 ISO/DIS 6405-1（第1部：共通識別記号）：
ISO 6405-1 の図記号は大半が共通で、ISO/TC 23/SC 14 各国代表も午後から出席した。フランス代表は「運転員を慰安する器具の図記号の多くは不要」との意見だが、大部分は現実に装着されているアクセサリに対するものであり、安全上の見地から使用が禁止されることもあるヘッドホン等を削除するのみとなった。（後記：国内での実態から、会議後に「シガレットライター」図記号の削除につき再考を申し入れたが、「土工機械では適切でない」との観点で聞き入れられなかった。ただし、ISO 7000 又は IEC 60417 に登録済みの図記号は、ISO 6405 から削除されても使用を禁止される事はないので、国内でオプションとして存続しても差し支えない）

削除が決定された図記号を図一3に示す。なお、ディーゼル燃料に関しては、燃料を示す記号と文字“D”の組み合わせ（ISO 7000-1541）だけが適用される。

その後、ISO 6405-1 追補で今後追加すべき図記号などに関し検討、GPS や Wi-fi 図記号の採用などが合意された。追加が決定された図記号の例を図一4に示す。

5.9 日本担当の ISO/TC 127/SC 3 幹事国業務：（その後の経緯は前述）

ISO/DIS 15818（つり上げ及び固縛箇所）機械輸送時の事故防止の為、早急に FDIS へ進める。

ISO/DTS 15143-3（施工現場情報交換—第3部：テレマティクスデータ）従来、ユーザ囲い込みへの活用で推進してきたテレマティクスが、米国主導によるオープンシステム化で日本メーカに不利益を生じないように、国内各社に関与を求めるとともに、発行済み—第2部：データ辞書との整合を図る。

ISO/DIS 14990 規格群（電気駆動式機械並びに関連構成部品及び装置の電気安全）積極的に審議に参画しており、日本のハイブリッド形建設機械とも合致することが確認できている。国際議長国・幹事国として、今後とも日本が積極的に国際標準化を推進すべき状況である。

5.10 その他の日本担当案件：

ISO/DIS 16001（危険検知装置及び視覚補助）改正：早急に DIS へ進め、早期発行を図るとともに、次段階である「衝突検知及び回避」に関しても日本主導で作業を進める。

[後記 25] DIS 投票で承認され、FDIS 案文準備中。

ISO 7135（油圧ショベル用語及び仕様項目）に日本に多い後方超小旋回形を追加する。（その後の経緯は前述）

5.11 その他の案件

ISO 5006（運転員の視野）など、建設機械の開発に影響する案件が多く、これらへ積極的に関与し、日本の建設機械の国際市場流通性を確保するとともに、機械の安全性・環境面での改善に寄与していく。

6 次回開催予定：

前述の通り、2017年6月前半に日本開催と決定された。（2017年6月11～16日に広島で開催）

ISO 7000-0620 (シガレットライター)	ISO 7000-2810 の応用 (中速運転)	IEC 60417-5077 (ヘッドホン)	IEC 60417-5078 (ステレオヘッドホン)	ISO 7000-2641 の応用 (ディーゼル燃料)	ISO 7000-2304 (後退灯)

図一3 削除が決定された図記号

ISO 7000-3599 (GPS)	ISO 7000-3600 (Wi-fi)	ISO 7000-3601 (外部電源接続できるようにする)	ISO 7000-3602 (外部電源接続状態)	ISO 7000-3603 (電子制御装置)

図一4 追加が決定された図記号の例

部 会 報 告

コマツ 栗津工場見学会

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年間行事として現場見学、工場見学を毎年実施しています。今年はコマツ栗津工場を当委員会メンバーとJCMA 事務局の総勢 17 名にて訪問し、高度な環境性能と生産性をあわせもつ建設機械の次世代組立工場を見学させて頂くことができました。

2. コマツ 栗津工場見学

(1) コマツ 栗津工場

栗津工場は石川県小松市に位置し 1938 年にトラクタ・農業機械及び鉱山用機械の増産工場としてスタート、稼働 78 年の歴史を誇る工場です。敷地面積 720,000 m²、建屋 290,000 m² と広大な敷地内に溶接、組立工場の他、ゲストハウス、技能トレーニングセンター、開発センター、性能テスト場、木質バイオマス蒸気ボイラセンターが配置された国内でも最大級規模の工場です。

本工場では長い歴史の中で培った高度な技術に加えて省エネ等の先進的な取り組みによって、更なる高い品質と信頼性の追求がなされており、世界に展開している工場の核となるマザー工場としても役割を果たしています。

製品では中小型のブルドーザ・油圧ショベル・ホイ-

ルローダ・モータグレーダを生産している他、建設機械のキーコンポーネントのひとつであるトランスミッションはその開発から生産までを手掛け、高品質で信頼性の高いトランスミッションを全世界へ供給しています。

また、当工場ではバイオマス発電、太陽光、地下水熱等の代替エネルギーの有効活用を推進しており、その取り組みによってダントツの省エネ工場を実現し環境負荷低減に貢献しています。2010 年度と比較して新建設機械組立工場では年間購買電力量の 90% を削減、栗津工場のピーク電力は 50% の削減を達成しています。

(2) 建設機械組立工場

栗津工場の新しい建設機械組立工場は生産性の追求と省エネ技術を活用した未来を見据えた次世代組立工場として 2014 年 5 月に竣工しました。

建屋全長 225 m、総面積 31,900 m² の工場には 2 本のラインが稼働しており、それぞれクローラ式車両とホイール式車両のラインで 4 製品、90 機種以上の多種多様な建機を生産しています。

地下は前面ピットになっていて、配線、配管類はピット内に配置されているため、全体的に整然とした作業スペースが展開されています。尚、地下ピットには地下水、地熱を有効に利用する空調システムが装備されており省エネが図られています。また全高は 18.6 m と大型機種への対応も見据えた天井高さとなっています。

当組立工場建設にあたっては設計段階から生産技術担当者だけでなく、組立を担当する現場職員も加わってデザインしており、現場サイドの意見を反映したデザインとなったことで多種多様な製品がすみやかに組立てられています。

また、組立ラインでは徹底した品質管理が行われています。組立担当者とは別にマイスターと呼ばれるインラインの検査員が 1 台毎にある組立仕様書に基づいた重要組立ポイントをチェックし品質を確保、更に品質向上を図るべく組立仕様書は 10 年間保管されています。



写真-1 見学メンバーで記念撮影



写真一 建設機械組立工場風景

3. 所感

見学当日我々見学メンバーはJR北陸本線小松駅東口に集合しました。この小松駅東口はコマツ創業当時の工場があった場所で、現在はコマツ創立90周年を記念に誕生した「こまつの杜」があります。世界最大級のダンプトラック930Eが展示されている他、コマツ旧本社建屋を再現したコマツ館では子供が建機の仕組みや科学の不思議を体験できる展示場となっています。「こまつ」は地域と共生し、子供の健全な育成と環境保全をテーマに運営されているとのことで、工場を見学する前にも、その取り組みに敬服させられました。

そして、コマツ栗津工場を訪問し次世代というに相応しい工場を見学することができ、バイオマス発電、太陽光、地下水熱等の自然エネルギーを有効に活用した省エネの実現や長い歴史の中で培われた技術を結集

して生まれた最新鋭の組立工場、品質の向上と信頼性の追求、先進的なものへ取り組む姿勢には大いに学ぶことがあると感じました。今回、限られた時間での見学会でしたが大変有意義な時間を過ごすことができました。

4. おわりに

最後にコマツ栗津工場様には当委員会見学を快く受入頂き、最先端に行く最新の工場を見学させて頂きましたことに心より感謝し厚く御礼申し上げます。



写真三 「こまつ」

JCMIA

[筆者紹介]
田中 誠 (たなか まこと)
キャタピラージャパン(株)
舗装機械担当

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-378	トンネル切羽安定度 予測システム TFS-learning	安藤ハザマ
--------	-------------------------------------	-------

▶ 概要

山岳トンネルの施工において、穿孔した発破孔に爆薬を装填する作業や、鋼製支保工を建込む作業については、切羽面直下での作業となり、切羽面からの落石や地山の崩落などに対して危険が伴う。したがって、切羽面直下での作業前に切羽の安定度を確実に把握し、適切な安全策を講じることは、切羽作業の安全性を確保する上で重要である。通常、切羽の安定度は、発破掘削後、目視で切羽状況を観察することで確認するが、この方法では作業員等の経験に依存する部分が多く、切羽の不安定箇所を見落とす危険がある。これに対し、本工法では、山岳トンネル発破後の切羽安定度について、発破孔穿孔データを用いて予測する(図-1)。AI(人工知能)を用いて自動的に切羽安定度を予測することで、トンネル施工時、切羽の不安定箇所を見落とすことなく、安全に施工できる。

▶ 特徴

切羽安定度については、切羽評価点を指標に予測する。算出

にあたっては、遺伝的プログラミングを用いて発破孔穿孔データと切羽評価点の相関関係を学習し、切羽評価点を導き出す数理モデルを構築する。施工データが蓄積される毎に繰り返し機械学習し、予測精度を高めていく。予測した発破後の切羽安定度については、カラーコンター図で表示し(図-2)、切羽の不安定箇所を可視化する。本技術を適用した効果について以下に示す。

- ・切羽全面の安定度を網羅的かつリアルタイムに評価でき、切羽の不安定箇所を確実に把握できる(図-3)。
- ・得られた切羽の不安定箇所に対して鏡吹付け等の切羽安定対策を実施することで、切羽作業の安全性が向上する。

▶ 用途

- ・発破方式で施工する山岳トンネル工事

▶ 実績

- ・国土交通省東北地方整備局発注 国道106号新箱石地区道路工事(新箱石トンネル)

▶ 問合せ先

安藤ハザマ 土木事業本部 技術第三部 トンネルグループ
〒107-8658 東京都港区赤坂6-1-20
TEL: 03-6234-3673

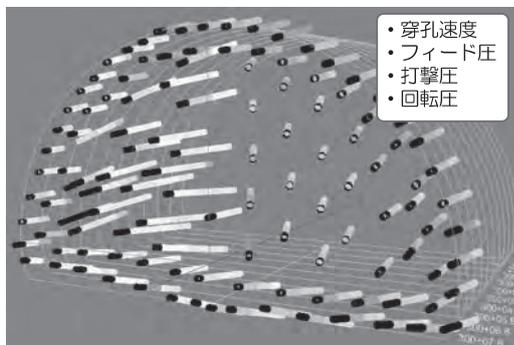


図-1 発破孔の穿孔データ

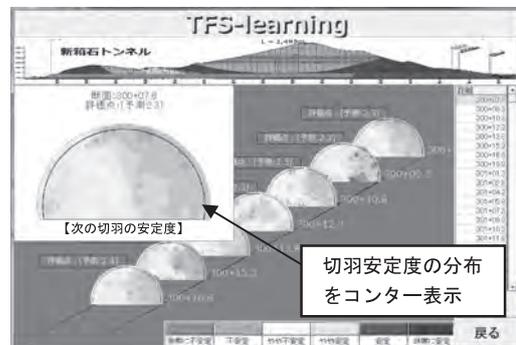


図-2 TSF-learning システム画面

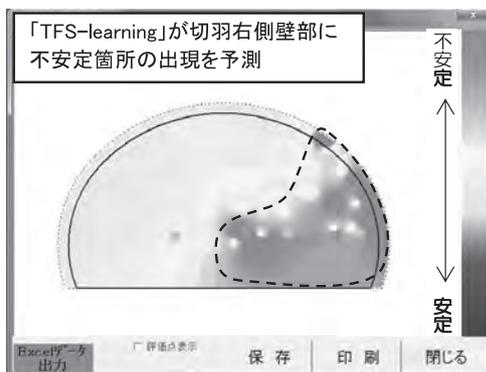


図-3 新箱石トンネルにおけるシステム運用結果

04-382	吹付けコンクリートの 遠隔操作技術	熊谷組
--------	----------------------	-----

▶ 概 要

NATM が山岳トンネルの標準工法に導入され、約 30 年が経過した。この間、様々な技術開発によって我が国特有の困難な地質性状を克服してインフラの整備に貢献した。

その一方で吹付けコンクリート工は作業員の健康を害するリスクが高い工程のひとつであり、坑内労働環境を改善するために重要な課題である。加えて、切羽作業中は災害の被災確率が高い。

そこで、熊谷組は「坑内労働環境の改善」と「安全性の向上」を図ることを目的として、作業員が切羽から離れた安全でクリーンな環境下で吹付けコンクリートが行える「吹付けコンクリートの遠隔操作技術」を開発した。

この技術は長崎県雲仙普賢岳の災害復旧工事で確立した「無人化施工技術」の要素技術を山岳トンネルの吹付けコンクリート工に導入したもので、エレクター型吹付け機に取付けた 3 台のモニターカメラからの映像を切羽から約 100 m 後方に設置した操作室まで送信し、その映像を確認しながら作業員が吹付け機を操作室から遠隔で操作して吹付けコンクリートを施工する（写真-1、図-1）。

エレクター型吹付け機の左右エレクタブームに取付けた 2 台のモニターカメラが従来吹付け作業における作業員の視覚を補完し、キャビン上方に取付けた 1 台のモニターカメラで吹付け箇所全体を俯瞰しながら、作業員は吹付け状況を確認する。モニターカメラには防塵対策を施し、レンズ面への吹付け粉じんの付着を抑制する（写真-2）。

▶ 特 徴

操作室のクリーンな環境下で吹付けコンクリート操作を行うため、吹付け中の作業員の曝露粉塵ゼロが達成可能で「ずい道等建設工事における粉塵対策に関するガイドライン」で示されている粉塵濃度目標レベル以下（ 3 mg/m^3 ）の坑内労働環境を抜本的に改善して快適な作業環境を確保できる。

さらに、切羽から離れた場所から吹付け作業を遠隔操作することで切羽崩落・崩壊災害リスクを回避できる。

▶ 用 途

- ・山岳トンネル工事

▶ 実 績

- ・九州新幹線（西九州）、第 1 岩松トンネル外 3 箇所他工事で試験施工を実施し、施工の実現性を確認

▶ 問合せ先

（株）熊谷組 土木事業本部 トンネル技術部
〒162-8557 東京都新宿区津久戸町 2-1
TEL：03-3235-8649

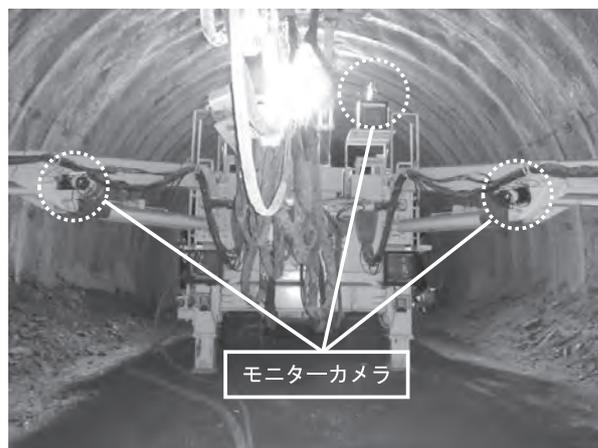


写真-1 モニターカメラ取付け位置

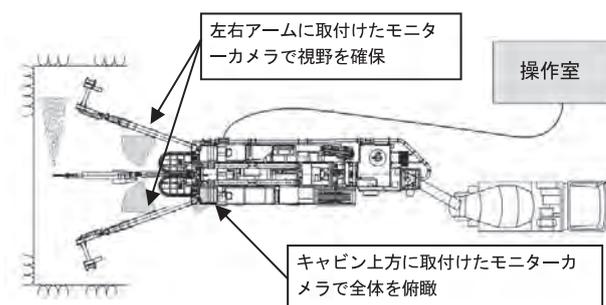


図-1 吹付けコンクリートの遠隔操作技術の概要



写真-2 遠隔操作による吹付け状況

新機種紹介 機関連誌編集委員会

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

16-〈12〉-04	キャタピラージャパン 土工用振動ローラ Bシリーズ Cat CS54B, CS56B, CS78B	'16.06 発売 新機種
------------	---	------------------

オフロード法2014年基準をクリアする土工用振動ローラである。

Cat 締固めコントロールシステムは、コンパクションメータ (CMV, 加速度センサーを有する) およびマシンドライブパワー (MDP, 転がり抵抗を検出する) によりオペレータに土壌の硬度を表示することにより、当て推量による作業を排除して不具合箇所を減少させ、品質確保や効率化を図っている

国土交通省「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領」の各種レポートおよびi-Construction 締固め管理システム (マッピング) に対応 (オプション) している。

過去に実績があるオイルバス式ポッド型振動システムを採用し、オイルで満たされたポッドの中をスチールショット内蔵偏芯ウェイトが回転し、高転圧力を実現している。また、ポッドの中のオイル交換間隔は3年3,000時間として交換間隔の延長を図っている。

2走行ポンプシステムを採用し、ドラム (前輪) とリアアクスル (後輪) それぞれ専用の走行ポンプとモータを装備している。リアアクスルに内蔵されているリミテッドスリップディファレンシャルにより効果的なトラクションの確保を図っている。

自動スピードコントロール機能により、一定速度での転圧作業が可能となり、均一な締固めを可能としている。

NOx リダクションシステムおよび尿素 SCR システムにより窒素酸化物 (NOx) を、ディーゼル酸化触媒 (DOC) により一酸化炭素、炭化水素を低減・除去し、これによりオフロード法2014年基準をクリアしている。



写真-1 キャタピラージャパン CS56B 土工用振動ローラ

燃料タンクや尿素水タンクは地上から補給できる設計とし、安全性の向上を、また、エンジンオイルレベルゲージ等の日常点検箇所は車両右側に配置しメンテナンス性の向上を図っている。

ROPS/FOPS キャブを標準装備しました。液晶ディスプレイ、コントロールコンソール一体型のシートを右に15度回転させることにより後進時の後方視界の向上を図っている。

Cat プロダクトリンクにより警告情報や部品交換時期の確認ができるため、車両の管理を容易にしている。

粘性土の土質の転圧に適したパッドフットシェル2枚をドラムにボルトアップし、スクレーパを交換することにより短時間でスムーズにドラムからパッドフット仕様への変更が可能である。

レベリングブレード (CS56Bのみ) により転圧作業に加えて、ブレードによるレベリング作業、後方けん引作業が可能である。

問合せ先：キャタピラージャパン(株)販売促進部

〒158-8530 東京都世田谷区用賀4-10-1

表-1 Cat CS54B, CS56B, CS78B の主な仕様

		CS54B	CS56B	CS78B
運転質量	(kg)	10,555	11,500	18,700
定格出力 ISO14396	(kW)	98	117	129.5
全長	(mm)	5,850	5,860	6,130
全幅	(mm)	2,300	2,300	2,460
全高-キャブ	(mm)	3,110	3,110	3,110
振動数 (可変)	(Hz)	23.3 ~ 30.5	23.3 ~ 30.5	23.3 ~ 28
振幅	(mm)	高: 1.9 低: 0.95	高: 2.1 低: 0.98	高: 2.1 低: 0.98
起振力 (最大)	(kN)	234	301	332
走行速度 (前後進)	(km/h)	11.0	11.4	11.4
標準販売価格 (標準仕様, 税別)	(千円)	19,214	21,454	35,036

新機種紹介

▶ 〈15〉 作業船

16-〈15〉-01	東洋建設 自航式多目的船 AUGUST EXPLORER	'16.08 建造 新船
------------	------------------------------------	-----------------

狭い陸域から広い海洋への進出は、未来に向けて島国日本の重要な課題の一つであり、それを担える作業船として、日本の排他的経済水域を含む近海区域での稼働を目的に建造した。強い潮流や強風時でも定点保持を行なえる機能および500t吊全旋回式起重機兼グラブ浚渫機を装備した自航式多目的船である。

日本の海事法令では推進機を有しない船は船舶法適用除外となっており、法定船員の配置を必要としないことから、港湾工事における大型作業船はそのほとんどが非自航式である。港湾内に留まり一定区域を施工する場合はそれで十分であるが、従来の港湾工事のみならず遠隔地の離島、洋上構造物、海洋資源開発を視野に、新たに近海区域を自航できる船として建造した。

本船には、近海区域での海洋事業に対応するため、以下に示すような特徴がある。

- ① 4基のアジマス式スラスターと1基のトンネル式スラスターによる定点保持機能を持ち、近海区域を航行できる。
- ② 作業甲板は広く頑丈な、36.7m×27.0mのフラット構造であり、重量物搭載、艀装用に甲板の厚みを32mmとしている。
- ③ 長期間（3か月間）の無寄港運用を可能とする大型燃料タンク、海水淡水化装置、大型の冷凍貯蔵庫、食糧庫を装備している。
- ④ 研究者や作業従事者用の部屋を含め、34部屋あり、最大収容人員52名である。
- ⑤ 国際航海も可能な計器および通信機器類を装備し、VSATを利用したTV会議システムを構築できる。



写真一2 東洋建設 AUGUST EXPLORER 自航式多目的船

表一2 AUGUST EXPLORER の主な仕様

船体全長	(m)	89.9
船体幅	(m)	27.0
船体深さ	(m)	5.0
最大積載荷重	(t)	3,500
最大搭載人員	(人)	52
総トン数	(トン)	4,831
船級		NK2014
航行区域		近海区域 (非国際)
推進装置 全旋回式	(kW × 基)	1,471 × 2
バウスラスター (昇降型全旋回式)	(kW × 基)	590 × 2
補助スラスター (トンネル式)	(kW × 基)	330 × 1
クレーン		SKK-50015GDT-K
最大吊能力	(t)	500
最大ジブ長さ	(m)	57.4
スパッド角型 1,500 mm	(m × 本)	33 × 2
建造価格	(百万円)	4,500

航海機器類

- 磁気コンパス
- ジャイロコンパス
- サテライトコンパス (GNSS)
- No.1, No.2 レーダー
- 電磁ログ
- 音響測深機
- 電子チャート
- 船舶自動識別装置 (AIS)
- 航海当直警報システム
- MF/HF 無線機
- 国際 VHF 無線機
- 気象ファクシミリ
- インマルサット C 船舶地球局
- インマルサット FBB

問合せ先：東洋建設(株)土木事業本部海洋開発部
〒135-0064 東京都江東区青海二丁目4番24号

建設業における労働災害の発生状況

1. はじめに

基本的に、同じ物が二つとない単品構造物を構築する建設業は、地形・地盤等様々な施工条件が現場毎に異なることから、大量生産の工業製品や家電製品を生産する他の産業と比べ、作業手順の画一化が出来ないため、工事事故が発生する危険性が高いと言える。

このため、国土交通省の指導の下、建設現場での安全対策が継続的に取り組まれているところであるが、建設業における労働災害の状況について、国土交通省の公表資料、中央労働災害防止協会と建設労働災害防止協会の労働災害分析データ、建設業ハンドブック2016（一般社団法人日本建設業連合会）により紹介する。

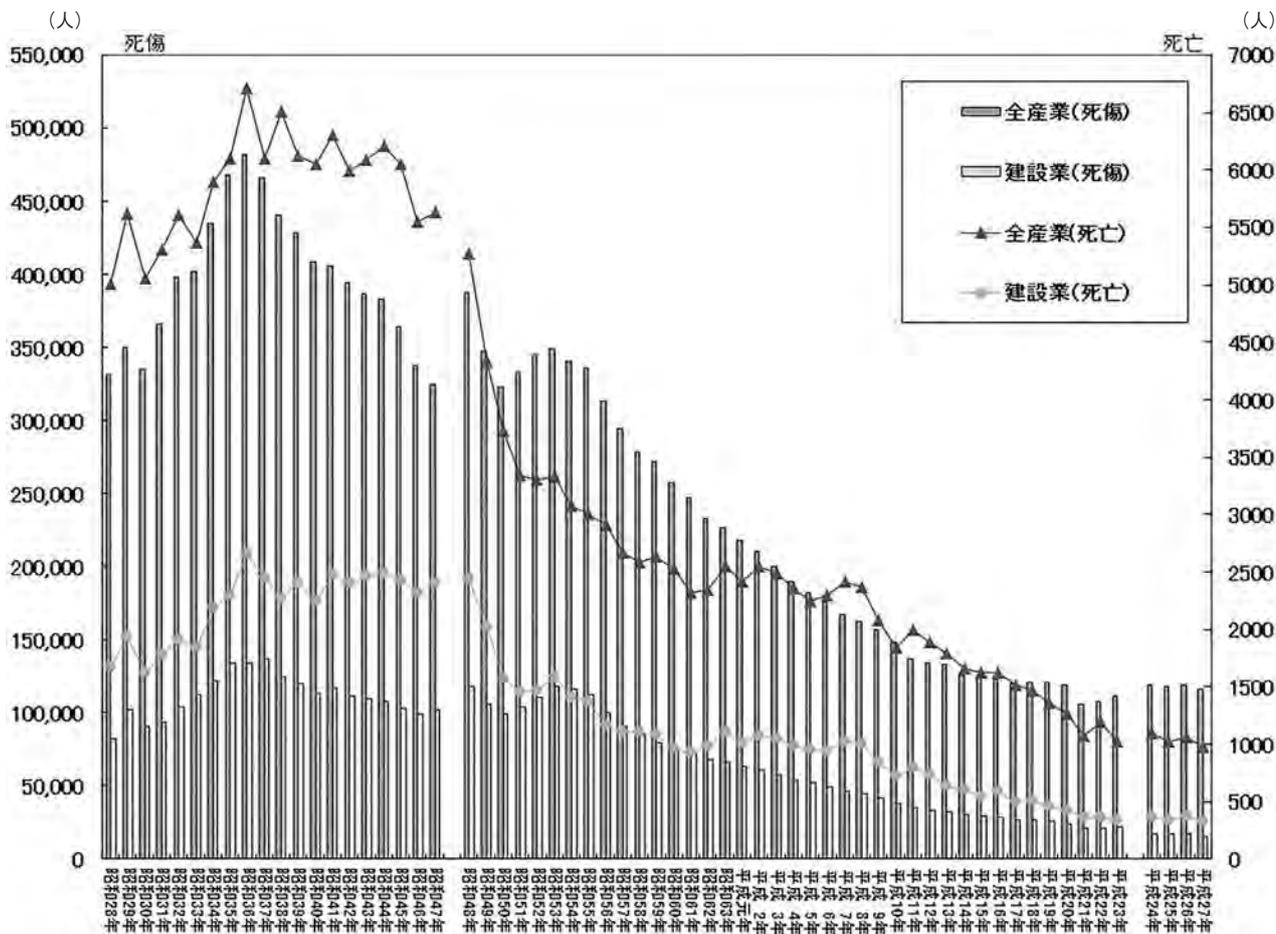
2. 労働災害発生状況

(1) 死傷者及び死者数の推移

我が国の労働災害の内死傷者数は、昭和53年〔全産業348,826人、建設業118,568人（約34%）〕以降減少傾向が続いてきた。

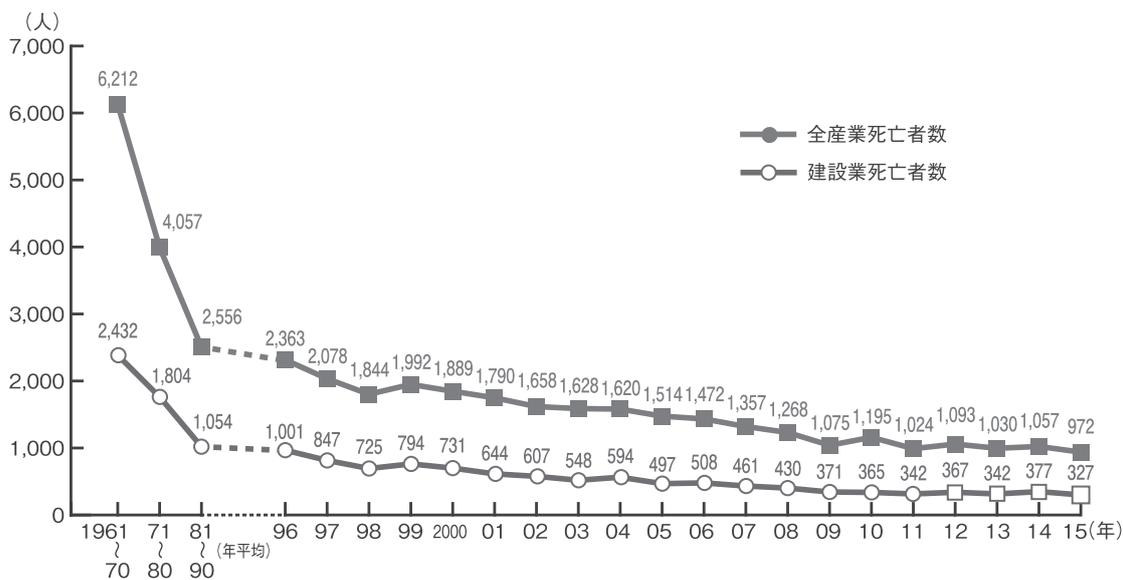
近年は横ばい状態であるが建設業の占める割合が減少している〔全産業110,000人前後、建設業16,000人前後（約15%）（図—1参照）。

一方、死亡者数は平成27年度は全産業972人、建設業327人と、どちらもこれまでで最も低い数であったが、建設業の占める割合は約34%となっている（図—2参照）。



1. 昭和47年までの休業8日以上死傷災害件数については、労働者死傷病報告による。
2. 昭和48年以降平成23年まで休業4日以上死傷災害件数については、労災給付データによる。
3. 平成24年以降の休業4日以上死傷災害件数については、労働者死傷病報告による。
4. 死亡災害件数については、「死亡災害報告」による。
5. 平成23年は、東日本大震災を直接の原因とする死傷者を除く。

図—1 我が国の労働災害の推移



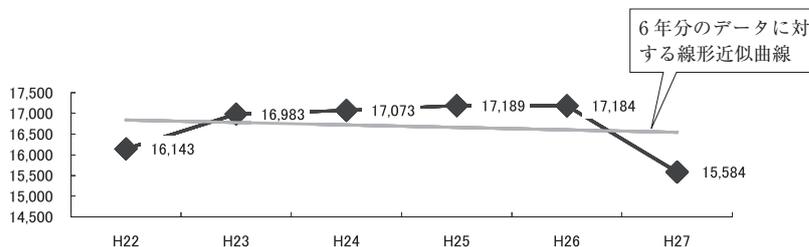
(注) 2011年の死亡者数には東日本大震災を直接の原因とする死亡者を含めていない。

資料出所：厚生労働省「労働災害発生状況」

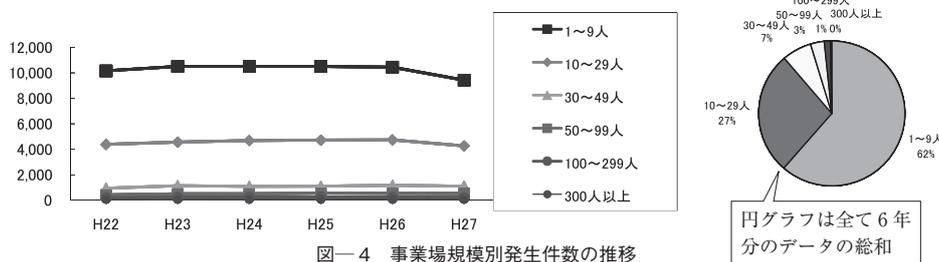
図一 労働災害の死亡者数の推移

(2) 建設業の労働災害分析データ

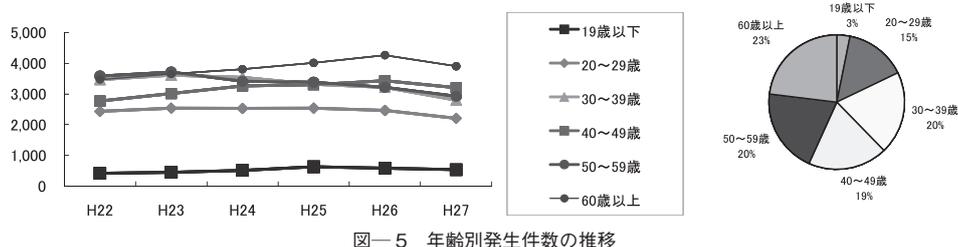
中央労働災害防止協会の労働災害分析データから、建設業の平成22年～平成27年の6年間の状況を以下の図一3～7に示す。



図一 3 災害発生件数の推移

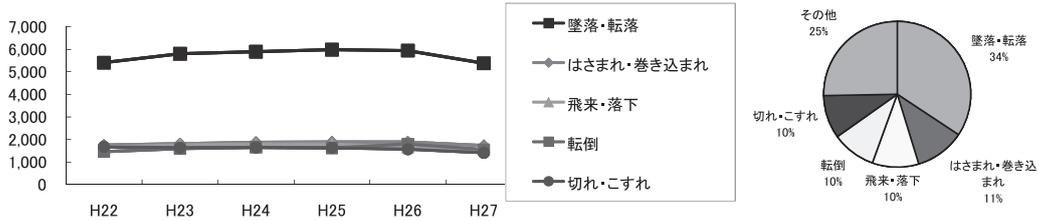


図一 4 事業場規模別発生件数の推移

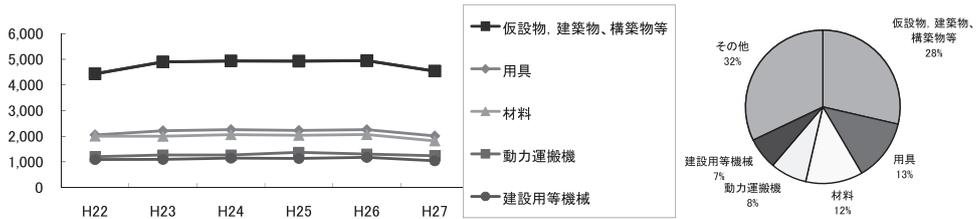


図一 5 年齢別発生件数の推移

統計



図一六 事故の型別発生件数の推移



図一七 起因物別発生件数の推移

表一 平成 27 年建設業における死亡災害の工事の種類・災害の種類別発生状況

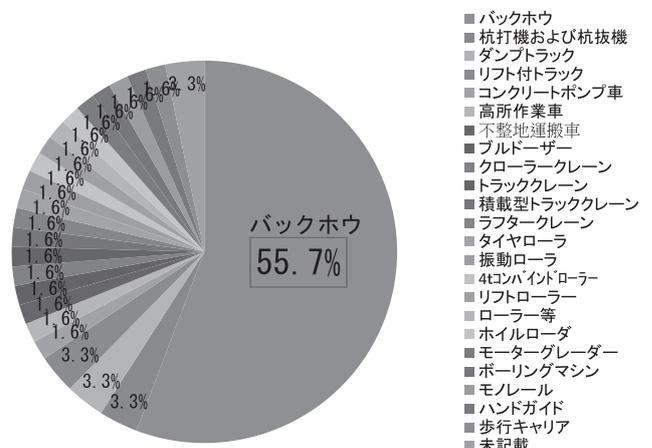
	土木工事													建築工事				設備工事				合計	割合	
	水力ダム	トンネル	地下鉄	鉄道	橋梁	道路	河川	砂防	土地整理	上下水道	港湾	その他	小計	ビル	木造	建築設備	その他	小計	電気通信	機械	その他			小計
墜落	1	0	0	0	4	5	5	2	0	0	1	1	19	17	29	2	38	86	9	5	9	23	128	39.14
飛来落下	0	0	0	1	0	3	2	0	2	1	1	10	20	3	1	0	5	9	0	7	3	10	39	11.93
倒壊	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	1	4	0	1	0	3	4	0	0	1	1	9	2.75
土砂崩壊等	0	0	0	0	1	0	0	0	1	5	0	0	7	3	0	0	0	3	0	0	1	1	11	3.36
落盤等	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.31
クレーン等	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	1	5	0	1	0	1	2	1	1	0	2	9	2.75
自動車等	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	3	9	5	0	1	5	11	6	0	4	10	30	9.17
建設機械等	0	3	0	1	2	7	3	0	1	3	1	7	28	2	3	0	5	10	1	0	0	1	39	11.93
電気	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	3	4	1	0	5	8	2.45
爆発火災等	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	4	0	3	0	3	7	2.14
取扱運搬等	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	1	2	0	2	3	5	9	2.75
その他	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2	6	12	5	6	1	3	15	2	2	6	10	37	11.31
合計	2	4	0	4	9	19	15	3	5	11	5	30	107	36	44	4	65	149	23	21	27	71	327	100.00
割合	0.61	1.22	0.00	1.22	2.75	5.81	4.59	0.92	1.53	3.36	1.53	9.17	32.72	11.01	13.46	1.22	19.88	45.57	7.03	6.42	8.26	21.71	100.00	

次に、平成 27 年建設業における死亡災害の工事の種類でみると、工事件数が不明であるが、トータルでは建築工事 149 人 (45.47%)、土木工事 107 人 (32.72%)、設備工事 71 人 (21.71%) となっている。

また、災害の種類別発生状況では、墜落 128 人 (39.14%)、飛来落下と建設機械等が同数で 39 人 (11.93%) と多くなっている (表一 参照)。

この内、建設機械等に関して、国土交通省大臣官房技術調査課作成の「平成 26 年度の直轄工事における事故発生状況」で「重機事故」として次のとおりデータ分析されている。

- ・重機事故ではバックホウと作業員の接触が 55.7% と最も多い (図一 8 参照)。
- ・発生形態は、重機の「前方」で「重機の方向に向いて作業」している場合が最も多く、合図・確認の不徹底、誤作動が原因と



図一 8 重機の種類別事故発生割合 (円グラフの記載順は上から時計回り)

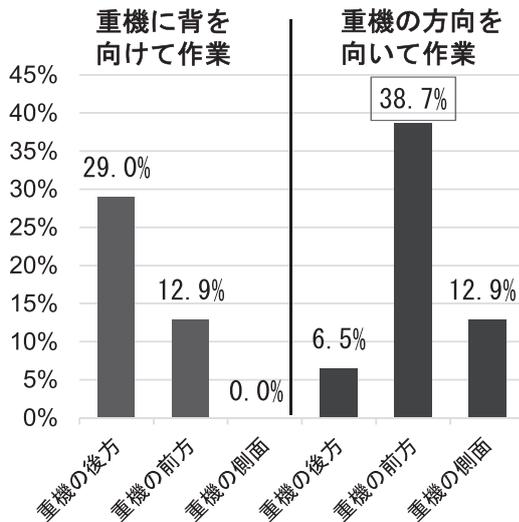


図-9 作業員の配置状況別の事故発生割合

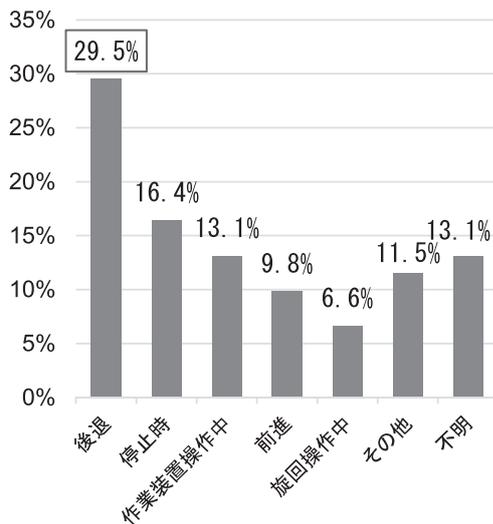


図-10 重機の動作状況別の事故発生割合

思われる (図-9 参照)。

- ・事故発生時の重機動作状況は、「後退させる」、「作業装置操作中」が多く、重機操作前の周囲確認を怠ることが原因である場合が多い (図-10 参照)。
- ・合図と誘導員が「未配置」である事故がほとんどを占める。

3. 建設業就業者の状況

建設業就業者数は建設投資の減少に伴い、1997年(685万人)をピークとして減少が続いていたが、2010年度以降はほぼ横ばいとなっている。2015年は前年比5万人減の500万人である。

2015年の就業者数はピーク時(1997年)比で27.0%(185万人)減少している。その職種別を見ると建設生産を担う技能工・建設作業者が130万人と著しく減少している (図-11 参照)。

また、建設業就業者数を年齢階層別にみると、若年層の減少が目

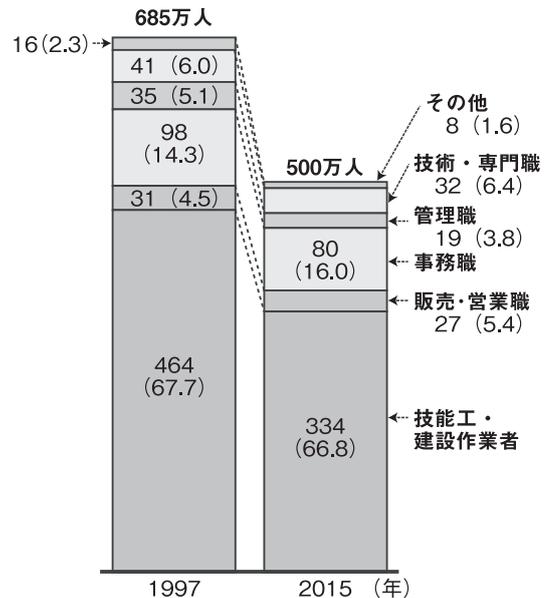
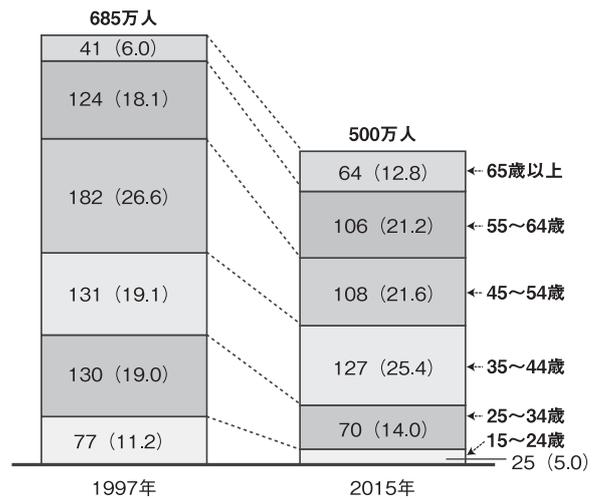


図-11 職種別建設業就業者数減少の内訳



(注) () 内は構成比

図-12 建設業就業者数の年齢階層別推移

立っており、相対的に高齢層の割合が高まっている。このような高齢化の傾向は、他産業と比べても顕著である。安全性が十分に確保された持続可能な建設生産体制の確立のためには、若年層の入職促進と長期間の定着を図ることが、根幹的な課題である (図-12 参照)。

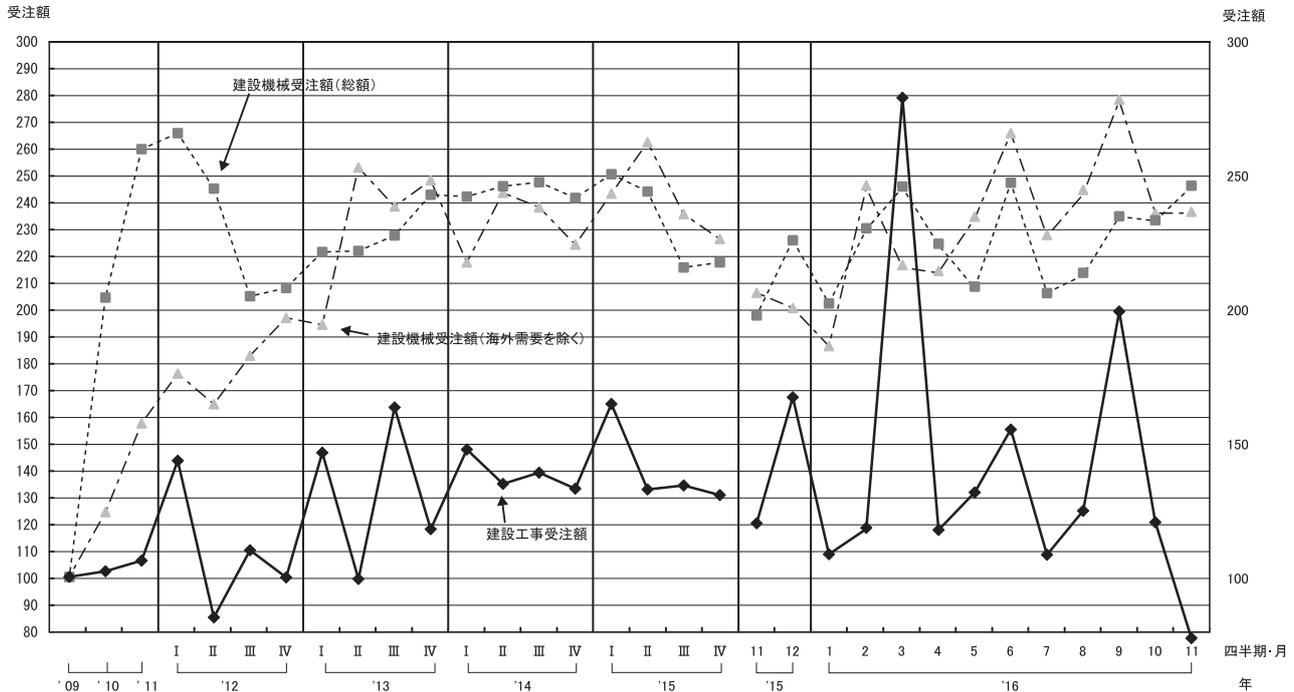
4. おわりに

建設業における労働災害は、現場毎に作業条件が異なり高所作業等を伴うため、他の産業と比べ発生率が高いと言えるが、官民一体となった安全管理の向上のための予防的、継続的活動の展開により労働災害発生防止に大きな成果を挙げてきている。今後も更なる労働災害発生防止に向けた様々な活動に期待したい。[文責：古澤]

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・建設機械受注額統計調査(大手50社) (指数基準 2009年平均=100)
 建設機械受注額・建設機械受注額統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2009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							
2009年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2015年 11月	10,045	5,942	1,466	4,477	2,670	417	1,016	6,293	3,752	140,930	11,339
12月	14,004	9,426	1,855	7,572	3,210	390	977	10,085	3,919	141,461	13,853
2016年 1月	9,081	5,789	1,017	4,772	2,189	344	758	6,103	2,978	144,221	9,496
2月	9,906	6,887	1,360	5,527	2,394	443	183	6,520	3,386	142,223	10,642
3月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	143,928	8,278
5月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	146,155	9,119
6月	12,993	8,802	2,009	6,793	3,555	404	232	8,832	4,161	145,673	12,638
7月	9,061	6,800	1,179	5,622	1,874	276	110	6,169	2,891	146,252	9,138
8月	10,444	6,552	1,178	5,374	3,135	375	382	6,439	4,005	147,613	9,886
9月	16,699	9,766	1,619	8,146	6,810	510	-387	10,458	6,241	151,671	12,624
10月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	09年	10年	11年	12年	13年	14年	15年	15年 11月	12月	16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	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	1,237	1,413	1,265	1,441	1,539	1,405	1,304	1,548	1,289	1,337	1,469	1,460	1,541
海 外 需 要	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	761	950	835	872	1,039	910	762	934	763	772	826	915	995
海外需要を除く	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	476	463	430	569	500	495	542	614	526	565	643	545	546

(注) 2009～2011年は年平均で、2012～2015年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2015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

(2016年12月1日～31日)

機械部会



■ダンプトラック技術委員会

月日：12月2日(金)

出席者：田中哲委員長ほか5名

議題：①各社のトピックス紹介 ②ホームページの内容充実について ③JISA 8340-5:2012の要求事項について ④協会からの連絡事項…1) L-2Tech 認証のその後の経緯について、2) i-Construction セミナーのお知らせ、3) 尿素フィルターの啓蒙パンフレットについて

■トンネル機械技術委員会 グループ別WG3

月日：12月6日(火)

出席者：加藤誠幹事ほか11名

議題：①トンネルにおける省エネ、省資源化、地球温暖化対策について5委員による発表説明と質疑応答 ②その他

■コンクリート機械技術委員会

月日：12月8日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか9名

議題：①日工(株)明石本社・工場にて工場説明と見学会の実施 ②委員会：前回議事録の確認 ③次期委員長の選任 ④国際会議の出張報告 ⑤その他

■トラクタ技術委員会

月日：12月12日(月)

出席者：高松伸匡委員長ほか6名

議題：①各社トピックスの紹介 ②省エネ運転マニュアルの改訂について ③建設業部会の機械災害・事故について ④その他

■基礎工事用機械技術委員会

月日：12月14日(水)

出席者：関徹也委員長ほか17名

議題：①基礎工の寄稿記事について ②尿素フィルターの啓蒙パンフレットについて ③地盤改良工事に関する各種の施行例について ④次回の委員会開催について

■油脂技術委員会 高効率作動油分科会

月日：12月19日(月)

出席者：永井利幸分科会長ほか16名

議題：①高効率作動油の規格化に向けて、評価方法、試験方法等の検討

建設業部会



■三役会

月日：12月22日(木)

出席者：佐藤康博部会長ほか2名

議題：①各WG報告 ②見学会の企画 ③合同部会の調整 ④その他

レンタル業部会



■コンプライアンス分科会

月日：12月6日(火)

出席者：平清二郎幹事長ほか4名

議題：①当年度分科会活動計画について ②その他

■レンタル業部会

月日：12月8日(木)

出席者：渡部純部会長ほか11名

議題：①分科会活動状況報告 ②各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：12月7日(水)

出席者：渡辺和弘事務局長ほか17名

議題：①平成29年3月号(第805号)の計画の審議・検討 ②平成29年4月号(第806号)の素案の審議・検討 ③平成29年5月号(第807号)の編集方針の審議・検討 ④平成28年12月号～平成29年2月号(第802～804号)の進捗状況報告・確認

■新工法調査分科会

月日：12月14日(水)

出席者：戸崎雅之分科会長ほか3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

■建設経済調査分科会

月日：12月21日(水)

出席者：山至孝分科会長ほか4名

議題：①建設業における労働災害の発生状況原稿検討 ②その他

■新機種調査分科会

月日：12月27日(火)

出席者：江本平分科会長ほか4名

議題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■北海道支部親睦会

月日：12月2日(金)

場所：センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか65名

■平成28年度第4回除雪機械技術講習会の打合せ

月日：12月13日(火)

場所：北海道支部会議室

出席者：伊藤正樹技術委員会委員長ほか10名

議題：①平成28年度実施結果 ②平成29年度実施計画

■「除雪現場の省力化による生産性・安全性向上に関する取組」第3回準備会

月日：12月16日(金)

場所：TKP札幌駅カンファレンスセンター3階

出席者：石塚芳文事務局長ほか37名

議題：①除雪グレーダ・除雪ドーザにおける除雪運転支援ガイダンスシステムについて ②除雪現場へのICT技術活用について ③ロータリ除雪車及び凍結防止剤散布車における省力化・安全性に関する技術開発の紹介 ④除雪トラックに関する技術動向について ⑤除雪機械(H28納入除雪グレーダ)視察

■2017ふゆトピア・フェア in 函館担当者打合せ

月日：12月22日(木)

場所：北海道開発局14階会議室

出席者：石塚芳文事務局長ほか9名

議題：各担当部門の進捗状況等の報告確認

東北支部



■ICT活用工事検査講習会

月日：12月1日(木)

場所：宮城県岩沼市 キャタピラー東北(合同)岩沼ICTセンター

主催：東北地方整備局

内容：①座学(検査の留意事項) ②座学(ICTに関する取り組み) ③座学(衛星測位の概要) ④座学(3次元設計データについて) ⑤実地(ドローン実演と解説) ⑥実地(GNSSローバーの実演と解説) ⑦実地(TSの実演と解説)

講師：東北支部 情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか18名
 受講者：東北地方整備局 職員25名（検査担当職員21名、関係課職員4名）

■企画部会

月日：12月2日（金）
 場所：東北支部 事務局会議室
 出席者：阿部新治企画部会長ほか5名
 議題：第2回支部運営委員会について…①平成28年度上半期事業報告について ②平成28年度上半期事業決算状況について ③「2017ふゆトピア・フェア in 函館」について

■第2回支部運営委員会

月日：12月7日（水）
 場所：仙台市 パレス宮城野
 出席者：高橋弘支部長ほか28名
 議題：第2回支部運営委員会について…①平成28年度上半期事業報告について ②平成28年度上半期事業決算状況について ③「2017ふゆトピア・フェア in 函館」について

■ICT活用工事検査講習会

月日：12月15日（木）
 場所：宮城県岩沼市 キャタピラー東北（合同）岩沼ICTセンター
 主催：東北地方整備局
 内容：①座学（検査の留意事項） ②座学（ICTに関する取り組み） ③座学（衛星測位の概要） ④座学（3次元設計データについて） ⑤実地（ドローン実演と解説） ⑥実地（GNSSローバーの実演と解説） ⑦実地（TSの実演と解説）

講師：東北支部 情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか18名
 受講者：東北地方整備局 職員11名（検査担当職員9名、関係課職員2名）

■平成28年度 建設機械関係意見交換会

月日：12月20日（火）
 場所：東北地方整備局 会議室
 出席者：渡邊泰也東北地方整備局企画部長ほか17名
 議題：①建設機械の動向について…建設機械に関する契約上の課題について、建設機械の開発動向について、建設機械のメンテナンスについて ②オペレータ育成について

北 陸 支 部

■新潟市中央区小形除雪機械安全操作研修会

月日：12月5日（月）
 場所：新潟市役所

出席者：穂苺正昭企画部会長を講師派遣 受講者：約20名

■建設技術報告会第2回実行委員会

月日：12月20日（火）
 場所：新潟国道事務所
 出席者：坪内昭彦担当委員（宮村兵衛事務局代理出席）
 議題：①平成28年度実施報告 ②平成29年度開催計画（案）他

中 部 支 部

■愛知県ブロック後期災害対策用機械操作訓練

月日：12月14日（水）～15日（木）
 出席者：会員企業18社29人出席
 内容：無線操縦バックホウ、排水ポンプ車、照明車等の操作訓練

関 西 支 部

■平成28年度施工技術報告会第3回幹事会

月日：12月12日（月）
 場所：関西支部 会議室
 出席者：松本克英事務局長以下5名
 議題：①発表原稿 ②査読担当 ③原稿執筆要領 ④作成見本 ⑤「会告文」について ⑥「まえがき」について ⑦当日役割分担 ⑧今後のスケジュール

■広報部会

月日：12月12日（月）
 場所：関西支部 会議室
 出席者：河村謙輔広報部会長以下5名
 議題：「JCMA 関西」第110号の発行について

■コマツIOTセンタ近畿見学

月日：12月13日（火）
 場所：コマツIOTセンタ近畿
 参加者：滝崎治行建設業部会長以下2名
 内容：コマツIOTセンタ近畿見学

■福井河川国道事務所との意見交換会

月日：12月14日（水）
 場所：近畿建設協会福井支所 会議室
 参加者：松本克英事務局長以下30名
 内容：①話題提供…1)点検・整備・更新マニュアル（案）、点検整備標準要領（案）について、2)平成28年度土木機械設備点検整備業務点検結果と課題について、3)設備の維持管理を行うための資料について ②意見交換…1)機械設備点検整備業務における課題について、2)若手技術者育成の取組みについて

■建設業部会、リース・レンタル業部会合同幹事会

月日：12月22日（木）
 場所：関西支部 会議室
 出席者：建設業部会及びリース・レンタル業部会、各部会長・副部会長4名
 内容：合同討論会の開催について

中 国 支 部

■平成28年度土木機械設備意見交換会

月日：12月5日（月）
 場所：中国地方整備局会議室
 出席者：錦織中国地方整備局企画部機械施工管理官ほか28名
 意見交換：①土木機械設備の諸課題について意見要望（入札契約関係・新設工事及び整備工事の発注規模、時期、工期延期、施工の課題等） ②発注者からの意見に対するアンケート結果 ③その他

四 国 支 部

■協賛事業「四国建設広報協議会 WG」

月日：12月6日（火）
 場所：高松サンポート合同庁舎702会議室（高松市）
 出席者：協議会を構成する27の団体・組織のうち20団体・組織から23名が出席。JCMA四国支部からは岩澤委式事務局長が出席
 内容：①建設フェア概要報告について ②平成28年度収支及び監査報告 ③次回の建設フェアについて ④その他

■協賛事業「H28大規模津波防災総合訓練」実行委員会（第3回）

月日：12月26日（月）
 場所：総合あんしんセンター会議室（高知市）
 出席者：畠中秀人四国地方整備局企画部長ほか実行委員会構成91機関のうち36機関から53名が出席（支部からは宮本正司企画部会長が出席）
 内容：①訓練の実施結果について ②訓練参加機関へのアンケートの集約結果について ③各機関の計画の検証結果について ④その他

■協賛事業「四国建設広報協議会」H28第2回会議

月日：12月27日（火）
 場所：高松サンポート合同庁舎・アイホール（高松市）

出席者：協議会を構成する 27 の団体・組織のうち 20 団体・組織から 23 名が出席。JCMA 四国支部からは支部長代理として岩澤委式事務局長が出席
内 容：12 月 6 日開催の WG に同じ

九州支部



■建設行政講演会

月 日：12 月 9 日（金）

出席者：江崎哲郎支部長ほか 75 名

議 題：①河川行政の現状…九州地方整備局 永松義敬河川調査官 ②道路行政の現状…九州地方整備局 土井弘次道路部長 ③国土交通行政における最

近の話題…九州地方整備局 小平卓企画部長

■企画委員会

月 日：12 月 21 日（水）

出席者：8 名

議 題：①建設行政講演会の結果について ② i-Construction (ICT 土工) 技術講習会結果について ③整備局との意見交換会について ④その他



編集後記

立春も過ぎ大きな流れとしては気温も高くなっていく傾向で、日の出は早くなり日の入りは遅くなって、日本全体の明るい時間がどんどん増えていき始めています。

昨日久し振りに出張で新潟県に行ったのですが予想外に雪が少ないのに驚きました。現地の工事現場の担当者のお話では今年暖冬とのこと、いつもテレビで天気予報を見ているだけの私にとっては全くの認識違いでした。今年は北海道だけが平年並みの降雪量なのでしょう。

今最もホットな話題は千代田区長選挙結果です。あまりの大差で小池都知事が後押しした現役が勝利し、この半年強で大半の東京都民の心を掴んだ都知事の力量と人格には敬服します。7月の都議会選挙に日本中が興味を示すのではないのでしょうか。

さて、今年の2月号は大深度地下、地下構造物特集です。パイプライン

のような小さな構造物から地下備蓄大断面空洞、日本最大のシールド機を4台も一度に使用し、しかも大深度・長距離の東京外郭環状道路の紹介や、専門家だけでなく一般の方々にも興味がわきそうな東京メトロの地下鉄工事の話題など、技術と歴史を盛り込んだ素晴らしい報文を色々なジャンルの方が執筆して下さいました。また、今回頭が下がりますのは交流の広場において文筆には全くの素人の農園の御主人が2頁ほど書いて下さったことです。現在も東京の小平地域の農園には農業の一環の中でトンネルが数多くあるようです。高さ幅とも約1.5m程度で延長は5mに達するところもあるそうで、驚いたのは30年ぐらいい掘りっぱなしで未だに崩れていないことと、天端がアーチ状に造られているとのことでトンネル構造の理にかなっています。

最後に改めましてご執筆の大役を担って下さいました皆様に厚く御礼申し上げます。

(中村・山本)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

新田 恭士	国土交通省
大槻 崇	国土交通省
田中 忠重	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
荒瀬 純治	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

3月号「地球温暖化対策、環境対策特集」予告

・二酸化炭素(CO₂)排出量を6割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ・IoTで建機稼働計測CO₂排出量評価ツール ・産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術 ・土木機械設備施工におけるLCA適用の考え方に関する一考察
・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム ・自動粉じん低減システム ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システム「マイクロECミスト[®]」の開発 ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発 ・高性能ポーリングマシンの低騒音化・自動化 ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 ・おもりを生かした工事振動低減工法の概要

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をのりなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁/会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料(12冊) 9,252円(税・送料込)

建設機械施工

第69巻第2号(2017年2月号)(通巻804号)

Vol.69 No.2 February 2017

2017(平成29)年2月20日印刷

2017(平成29)年2月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖 三

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

北海道支店 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 電話(011)231-4428

東北支店 〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 電話(022)222-3915

北陸支店 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 電話(025)280-0128

中部支店 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 電話(052)962-2394

関西支店 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 電話(06)6941-8845

中国支店 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 電話(082)221-6841

四国支店 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 電話(087)821-8074

九州支店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 電話(092)436-3322

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

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

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中!

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機
フルラインアップ!!

ケーブルレス サテル-タ 離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応!
- ◆ 常に! 業界一のコストパフォーマンス!
- ◆ 迅速なメンテナンス体制!
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい! 代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現! マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ
微弱電波 特定小電力 両モデル対応
2段階押しタイプ装着可能
モデルチェンジ! 内部設計を一新
全ての互換を優先しました
自由度の高い多様なオーダー対応 ボタン配置自在/最大32点
優れた耐塵・防雨性能 送信機はIP65相当
自社開発 高耐久性 2段階押しスイッチを装着可能
パネルゴム突起で操作クリック感が向上

8操作標準型 RC-5808N ●8操作8リレー ●軽量コンパクト受信機 セットで15万円(税別価格)

12操作標準型 RC-5812N ●12操作12リレー ●照明出力リレーの保持を標準採用 セットで17万円(税別価格)

16ボタンモデル 16操作標準型 RC-5816N ●16操作16リレー ●同じ外形で16個のボタンをコンパクトに配置

N/U/Gシリーズ 標準型 RC-6016N ●16操作16リレー 最大25リレーまで対応可能
セットで20万円(税別価格)
防爆形 対応可能(N/Uシリーズ)

新 タフ頑強ケーブルレス N/U/Gシリーズ
微弱電波 特定小電力 両モデル対応
2段階押し・特殊スイッチ装着可能
標準型 RC-8616N ●16操作16リレー 最大32リレーまで対応可能
セットで22万円(税別価格)
モデルチェンジ! 内部設計を一新! 全ての互換を優先しました。
堅牢なボディ 耐衝撃性能が向上
優れた耐塵・防雨性能 送信機はIP65相当
自社開発 高耐久性 2段階押しスイッチを装着可能
ハンディなのに特殊スイッチを装着可能
特殊スイッチ オーダー対応例
防爆形はTX-8400型送信機で対応(Nシリーズのみ)

マイティサテル-タ N/U/Gシリーズ (またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)
微弱電波 特定小電力 両モデル対応
防爆形 対応可能(Nシリーズのみ)
3ノッチジョイスティック型 RC-7132N セットで90万円(税別価格)
ジョイスティック 特殊スイッチ装着可能
ジョイスティック 2本装着オーダー例
全押しボタン RC-7126N セットで45万円(税別価格)

旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル
新型ジョイスティック
3ノッチジョイスティック型 RC-7233UAN
スイッチガード付き押しボタン
全押しボタン型オーダー例 RC-7215U

チップケーブルレス Nシリーズ コンパクトという選択肢!!
微弱電波モデル対応
標準型 RC-3208N ●8操作 8リレー
セットで12万円(税別価格)
片手で握り替えずに正逆操作が行えます!
チップ部品採用でポケットサイズ化
トコトコ機能を絞ってコストダウン
アルカリ乾電池なら連続使用60時間以上
高い防水性能 送信機はIP65
従来の機と信号互換あり!
受信機は既設のまま送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ ポケットサイズの本格派!
微弱電波・ラジコンバンド 両モデル対応
N/Rシリーズ
●3操作3リレー 最大5リレーまで対応可能
●2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)
標準型 RC-4303N/R セットで10万円(税別価格)
特記! ステルハにはゼロ線電源*で電気配線工事不要!!
更におんぶ/だっこ金具*で取付簡単!!(※オプション)

リソーサー 離操作 N/U/Gシリーズ 価格もサイズもハンディー並み!
微弱電波 特定小電力 両モデル対応
標準型 RC-2512N セットで22万円(税別価格)
●12操作12リレー 最大32リレーまで対応可能
●見易くなった電池残量告知ランプ付
軽量コンパクト ショルダータイプ

データケーブルレス 工夫次第で用途は無限!
微弱電波 特定小電力 両モデル対応
N/R/U/G シリーズ
●機器間の信号伝送に!
●多芯の有線配線の代わりに!
標準型 セットで TC-1305R 20.5万円(税別価格) TC-1308N(微弱電波) 22万円(税別価格)
送信機 (外部接点入力型) 7100型 6300型 5700型 3200型
受信機 写真はUシリーズ

MAXサテル-タ Uシリーズ Gシリーズ
特定小電力専用モデル
ジョイスティック 特殊スイッチ装着可能
RC-9300U ●多機能多操作 (比例制御対応も可)
金属シャシの多操作・特注仕様専用機!!
全押しボタン装着タイプ セットで95万円(税別価格)
無線変速ジョイスティック 2本装着例

無線式火薬庫警報装置 発破番 ES-2000R
標準付属品付 セットで40万円(税別価格)
●長距離伝送 到達距離約2km~(6km)
●受信機から電話回線接続機能
●高信頼性 異常判定アルゴリズム
●音声メッセージで異常箇所を連絡(受信側)
●大音量警鳴音発生 110dB/m
ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

常に半歩、先を走る
朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX:088-694-5544(代) TEL:088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/

Denyo

www.denyo.co.jp

未来を築くチカラ。それがデンヨーの パワーソース

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



サイマル ジェネレータ
SIMUL GENERATOR
三相・単相独立巻線で余裕ある単相出力が可能!



巨相・単相同時出力機
DCA-60LSIE-D

溶接機



自動アイドリングストップ機能で燃料消費量を大幅に削減!



GAW-190ES

コンプレッサ



高圧・低圧のコンプレッサが複数必要な現場も1台でカバーします。



可変圧・可変容量型
DIS-200VPS-D
ドライエア仕様

●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

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

未来へ伸びる、三笠の技術。



吸塵式乾式カッター
MCD-RY14
 NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2
MLP-1212A



高周波バイブレーター
FX-40G/FU-162



転圧センサー

バイプロコンパクター
MVH-308DSC-PAS
 NETIS No.TH-120015



防音型

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



低騒音型

プレートコンパクター
MVC-F40S
 NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー
MRH-601DS
 低騒音指定番号5097

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:052-451-7191
 金沢出張所 TEL:080-1013-9374

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:080-1013-9558

沖縄出張所 TEL:080-1013-9328

建設機械施工 広告掲載のご案内

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

■職業別 購読者

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

■掲載広告種目

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

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

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

お名前： _____ 所属： _____

会社名(校名)： _____

資料送付先： _____

電話： _____ F A X： _____

E-mail: _____

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

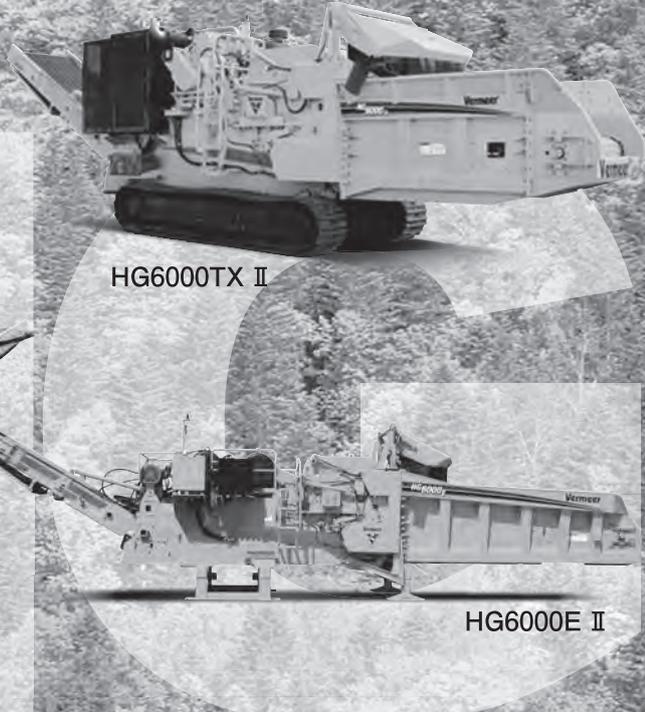
FAX 送信先：サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX:03-3664-0138

マルマテクニカの水平グラインダー



HG4000TX II

HG4000E II



HG6000TX II

HG6000E II

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。



破碎部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



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

ダム工事中用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

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



吉永機械株式会社

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

「もう、こんな時間」を、
「まだ、こんな時間」に変えませんか？

まかせてください!



NPC
Communication
Power

お気軽に
ご相談ください。

会社案内・カタログ・社史・社内報・マニュアル・電子書籍

などの制作で、お困りのご担当者様はいらっしゃいませんか。ご担当者様のお仕事は多岐にわたり、何かとご多忙のこととお察しいたします。

そんな方には、ぜひNPC日本印刷をご紹介します。私たちのご提供できるサービスは、版下づくり、印刷・製本ばかりではありません。膨大な資料の整理、講演のテープ起こし、インタビューをもとにした原稿づくりほか、企画から仕上げまで、トータルにお手伝いさせていただいております。もちろん、コストダウンに関するご提案も承ります。どうぞ、お気軽にお声をおかけください。

月刊誌

会社案内
カタログ

社史

社内報

マニュアル

電子書籍

etc. ▶

企画、原稿づくりから
仕上げまで、トータルに
お手伝いします。

NPC 日本印刷株式会社 ☎ **(03)5911-8667** (担当:海坂)

〒170-0013 東京都豊島区東池袋4-41-24 東池袋センタービル
TEL:(03)5911-8660(代) FAX:(03)3971-1212

URL: <http://www.npc-tyo.co.jp/>



新技術ツルミの

NETIS登録商品シリーズ



NETIS登録商品とは
 (New Technology Information System)
 公共事業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。



電極式自動運転ポンプ (NETIS登録番号 CG-110036-VE)

工事 排水用	LBA型 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 40・50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.25・0.48kW 全揚程: 6・8m 吐出し量: 0.1・0.12m ³ /min	HSE型 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.4kW 全揚程: 8m 吐出し量: 0.1m ³ /min	HSDE型 水中泥水ポンプ 吐出し口径: 50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.55kW 全揚程: 9m 吐出し量: 0.1m ³ /min	KTVE型 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 50~100mm 相・電圧: 三相200V 出力: 0.75~5.5kW 全揚程: 10~22m 吐出し量: 0.18~0.6m ³ /min
	LSCE型 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 25mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.48kW 最高排出揚程: 11m (50Hz) 12m (60Hz)	LSRE型 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.48kW 全揚程: 8m 吐出し量: 0.12m ³ /min	残水 吸排水用	LSPE型 スイープポンプ 口径: 25×25mm (吸込×吐出し) 相・電圧: 単相100V 出力: 0.48kW 最大吐出し揚程: 6.9m (50Hz) / 7.8m (60Hz) 最大吐出し水量: 50ℓ/min (50Hz) 55ℓ/min (60Hz)

自動アイドリングストップ機能付き エンジン式高圧洗浄機

(NETIS登録番号 CG-140002-A)



[HPJ-5ESMA型]の
ご紹介動画をご覧頂けます。

**高圧
洗浄機**

HPJ-5ESMA型

〈アイドリングストップ仕様〉
 連続定格出力: 3.7kW [5.0PS] / 1800min⁻¹
 圧力: 7.8MPa [80kgf/cm²]
 吐出し量: 21.2ℓ/min

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 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
 東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店: TEL.(011)787-8385 東京支店: TEL.(03)3833-0331 中部支店: TEL.(052)481-8181 近畿支店: TEL.(06)6911-2311 四国支店: TEL.(087)815-3535
 東北支店: TEL.(022)284-4107 北関東支店: TEL.(027)310-1122 北陸支店: TEL.(076)268-2761 中国支店: TEL.(082)923-5171 九州支店: TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

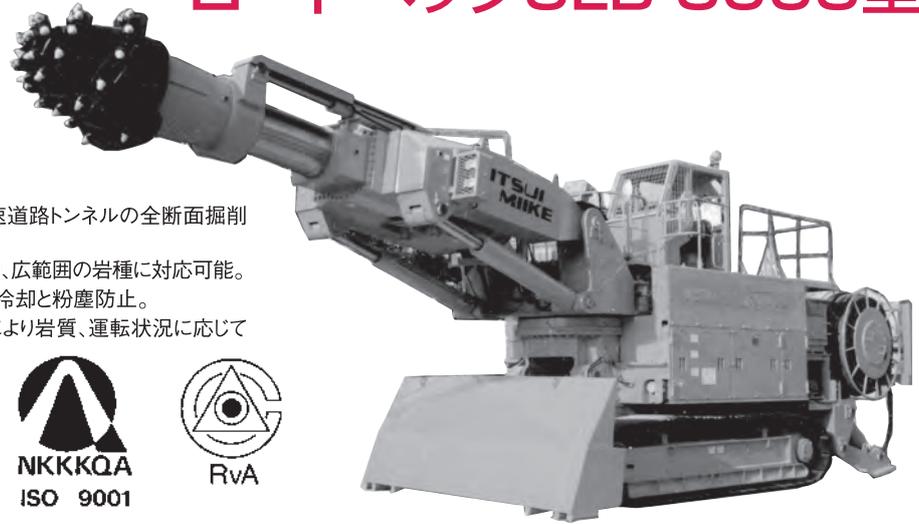
KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

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 ロードヘッド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。



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

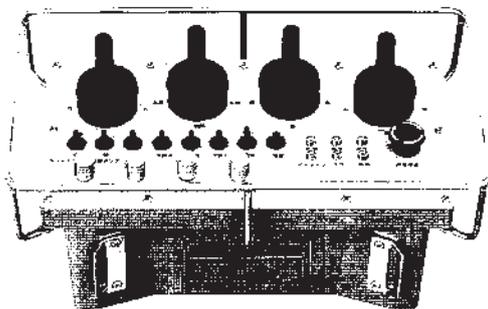
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

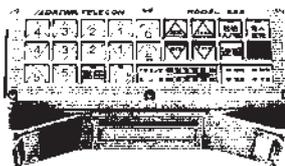
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

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

DAIWA TELECON

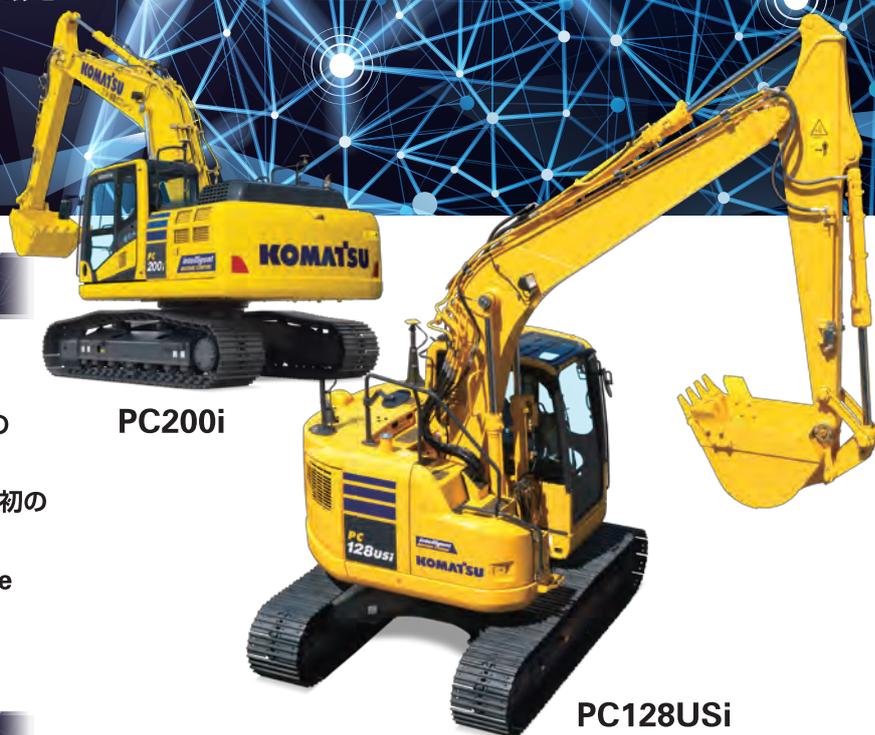
大和機工株式会社

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

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

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～



ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

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

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

PC200i

PC128USi

ICTブルドーザ

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



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/>

動画でご紹介



雑誌 03435-2



4910034350278
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)