

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2016

# 建設機械施工

Vol.68 No.5 May 2016 (通巻795号)

## 特集 トンネル



大型トンネル掘削機

### 巻頭言 これからのトンネル建設技術開発に期待すること

#### 技術報文

- 硬岩トンネル掘削機の開発
- 「メッシュマッピングアシスト」をトンネルズリの重金属含有岩石判定の補助技術として導入
- トンネル天井用乾式研掃装置の開発と現場適用 他

#### 部会報告

除雪機械の変遷（その18） 凍結防止剤散布車（4）

#### 統計

平成28年度 公共事業関係予算

#### グラフィア

CONEXPO LATINAMERICA（その2）

#### 行政情報

i-Constructionへの導入

#### JCMA報告

平成27年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その4）

一般社団法人 日本建設機械施工協会



# ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

### 特長

#### ●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。

#### ●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

#### ●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

#### ●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



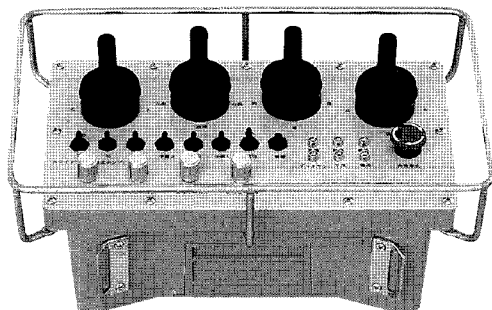
## 吉永機械株式会社

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

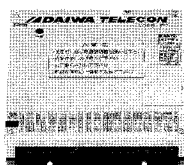
建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

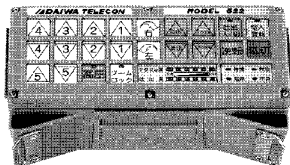
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36個**の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ出力仕様**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](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

## 「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 \*\*\*\*\*

《PS》「よくわかる建設機械と損料 2016」は5月末ごろ発売予定。

上記「平成28年度版 建設機械等損料表」の記載内容を解説した書籍「よくわかる建設機械と損料 2016」についてもA4版に拡大すると共に、内容を充実させて5月末ごろに発売する予定です。

■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)

# 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  | ・骨材生産機械         | ・高所作業車、エレベータ、     |
| ・掘削機械           | ・環境保全およびリサイクル機械 | リフトアップ工法、横引き工法    |
| ・積込機械           | ・コンクリート機械       | および新建築生産システム      |
| ・運搬機械           | ・モータグレーダ、路盤機械   | ・空気圧縮機、送風機およびポンプ  |
| ・クレーン、インクラインおよび | および締固め機械        | ・原動機および発電・変電設備等   |
| ウインチ            | ・舗装機械           | ・建設ロボット、情報化機器     |
| ・基礎工事機械         | ・維持修繕・災害対策機械    | ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワ |
| ・せん孔機械およびブレイカ   | および除雪機械         | イヤロープ、燃料油、潤滑剤およ   |
| ・トンネル掘削機および設備機械 | ・作業船            | 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<br>会 社 名 |                                                                                                 |  |  |
| 所 属              |                                                                                                 |  |  |
| 担当者氏名            | 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<br>（ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○）<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>FAX 052 (962) 2478 |
| 関 西 支 部 | 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル   | TEL 06 (6941) 8845<br>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<br>FAX 082 (221) 6831 |
| 四 国 支 部 | 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル   | TEL 087 (821) 8074<br>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<br>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](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、下記口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

本パンフレットは予告なく変更することがあります。

# 2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売予告

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）版を発売準備中なので、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<br>電子書籍（PDF）版                                                        | 建設機械スפקー覧表、<br>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<br>パソコン、タブレット、<br>スマートフォンからアクセス                                           | Web上で閲覧<br>パソコン、タブレット、<br>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<br>追加機能                            | 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<br>注）タブレット・スマートフォンは、<br>一部機能が使えません。 | ・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能<br>・ペン機能 ・目次からのリンク ・各<br>章ごと目次からのリンク ・索引からの<br>リンク ・メーカーHPへのリンク | ・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能<br>・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク |
| 9  | 予定販売<br>価格<br>(円・税込)                     | 会員                                                                                | 54,000（3年間）                             |
|    |                                          | 非会員                                                                               | 64,800（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                                                                         | WEB上にて申込み                               |

## 発売予定

平成28年5月末

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



## Webサイト 要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスפקー覧表電子書籍（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。

## 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@jcmnet.or.jp



# **論文投稿のご案内**

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

## **★投稿対象**

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

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

## **★部門**

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

## **★投稿資格**

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

## **★原稿の受付**

随時受け付けます。

## **★公表の方法**

当協会機関誌へ掲載します。

**★機関誌への掲載は有料です。**

**★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。**

## **★連絡先**

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : [ronbun@jcmanet.or.jp](mailto:ronbun@jcmanet.or.jp)

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

## ◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

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応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 附属機関として「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.

#### ■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 etc.

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<br>(自 署)     |                             | 昭和<br>平成 年 月 日 |
| 勤 務 先 名          |                             |                |
| 所 属 部 課 名        |                             |                |
| 勤 務 先 住 所        | 〒<br>TEL _____ E-mail _____ |                |
| 自 宅 住 所          | 〒<br>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<br>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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。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。 ○抛出金の不返還:既納の会費及びその他の抛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](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<br>(税込)                | 会員価格<br>(税込) | 送料  |
|-----|------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----|
| 1   | 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 |
| 2   | H28 年 5 月  | 橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版                   | 10,800                      | 9,180        | 600 |
| 3   | H28 年 5 月  | 平成 28 年度版 建設機械等損料表                    | 8,640                       | 7,344        | 600 |
| 4   | H28 年 3 月  | 日本建設機械要覧 2016 年版                      | 52,920                      | 44,280       | 900 |
| 5   | H26 年 6 月  | よくわかる建設機械と損料 2014                     | 5,616                       | 4,752        | 500 |
| 6   | H26 年 5 月  | 大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版                | 6,048                       | 5,142        | 500 |
| 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  | H21 年 9 月  | 道路除雪オペレータの手引                          | 3,085                       | 2,057        | 500 |
| 15  | H20 年 6 月  | 写真でたどる建設機械 200 年                      | 3,024                       | 2,560        | 500 |
| 16  | H19 年 12 月 | 除雪機械技術ハンドブック                          | 3,086                       |              | 500 |
| 17  | 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 |
| 18  | H17 年 9 月  | 建設機械ポケットブック（除雪機械編）                    | 1,029                       |              | 250 |
| 19  | H16 年 12 月 | 2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）                | 5,142                       |              | 600 |
| 20  | 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 |
| 21  | 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 |
| 22  | 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 |
| 23  | H15 年 6 月  | 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル                    | 540                         |              | 250 |
| 24  | 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 |
| 25  | 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 |
| 26  | 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 |
| 27  | H11 年 5 月  | 建設機械化の 50 年                           | 4,320                       |              | 500 |
| 28  | H11 年 4 月  | 建設機械図鑑                                | 2,700                       |              | 400 |
| 29  | 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 |
| 30  | H9 年 5 月   | 建設機械用語集                               | 2,160                       | 1,944        | 400 |
| 31  | H6 年 8 月   | ジオスペースの開発と建設機械                        | 8,229                       | 7,714        | 500 |
| 32  | H6 年 4 月   | 建設作業振動対策マニュアル                         | 6,172                       | 5,554        | 500 |
| 33  | H3 年 4 月   | 最近の軟弱地盤工法と施工例                         | 10,079                      | 9,565        | 600 |
| 34  | S 63 年 3 月 | 新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】                  | 10,800                      | 9,720        | 500 |
| 35  | 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 |
| 36  |            | 建設機械履歴簿                               | 411                         |              | 250 |
| 37  | 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。

目次

トンネル 特集

|     |                                                                                      |                   |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 3   | グラビア CONEXPO LATINAMERICA (その2)                                                      |                   |
| 9   | 巻頭言 これからのトンネル建設技術開発に期待すること                                                           | 進士 正人             |
| 11  | 行政情報 i-Construction への導入 i-Construction 報告書を中心に                                      | 近藤 弘嗣             |
| 16  | 風化破碎地山における超大断面トンネルの施工                                                                | 佐藤 大輔             |
| 22  | トンネル切羽前方探査システム TSP303<br>切羽前方の断層破碎帯や地質境界面及び湧水の有無を弾性波反射法の3次元解析で予測<br>..... 四塚 勝久・篠原 茂 |                   |
| 28  | 新版・換気技術指針に対応した電気式集じん装置<br>FTE2400-E/FTE2700-E                                        | 平 孝次・佐々木勇造・横山 知久  |
| 36  | 硬岩トンネル掘削機の開発 TM-100<br>ディスクカッタにより硬岩を自由断面に掘削                                          | 内田 正孝・足達 康軌・松尾 陽介 |
| 42  | 「メッシュマッピングアシスト」をトンネルズリの重金属含有岩石判定の<br>補助技術として導入                                       | 鈴木 裕彦・山下 裕司       |
| 44  | 長距離、急勾配トンネル工事に対応するバッテリーロコ最新技術                                                        | 鳥海 宏行             |
| 49  | コンクリート構造物の機能保持技術 タフネスコート                                                             | 興石 正己             |
| 55  | トンネル天井用乾式研掃装置の開発と現場適用<br>..... 石井 敏之・西山 宏一・栗津 利一                                     |                   |
| 61  | セグメント真円度とテールクリアランスの自動計測システム開発<br>高精度な一次覆工を実現                                         | 中村 多聞・浅沼 廉樹       |
| 66  | 交流の広場 シールドマシンの海外調達における製造工程管理と品質管理                                                    | 高田 哲也             |
| 68  | ずいそう ビックリ、カイロ 初めてのエジプト出張                                                             | 竹之内博行             |
| 71  | ずいそう カンボジアで考えさせられたこと                                                                 | 中田 利治             |
| 72  | JCMA 報告 平成27年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その4)                                             |                   |
| 82  | 部会報告 除雪機械の変遷 (その18) 凍結防止剤散布車 (4)                                                     | 除雪機械技術委員会         |
| 90  | 部会報告 第19回 機電技術者意見交換会報告                                                               | 建設業部会             |
| 98  | 新工法紹介                                                                                | 機関誌編集委員会          |
| 99  | 新機種紹介                                                                                | 機関誌編集委員会          |
| 105 | 統計 平成28年度 公共事業関係予算<br>..... 機関誌編集委員会                                                 |                   |
| 110 | 統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移<br>..... 機関誌編集委員会                                              |                   |
| 111 | 行事一覧 (2016年3月)                                                                       |                   |
| 114 | 編集後記                                                                                 | 京免・赤井             |

◇表紙写真説明◇

大型トンネル掘削機

写真提供：大成建設(株)

トンネル周辺の自然環境および地域住民の生活環境負荷を少なくすること等を目的として、新たな硬岩トンネル掘削機を開発製作した。ディスクカッタによる圧砕により、従来困難であった一軸圧縮強度100MPa超の硬岩を、自由断面に効率的掘削可能なトンネル掘削機である。自由断面に掘削できるディスクカッタ型掘削機としては世界で初めての実用機といえる。

## 平成 28 年度 建設機械施工技術検定試験のご案内

平成 28 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験（建設業法に基づく建設機械施工技士の国家試験）を以下のとおり実施いたします。なお、平成 28 年度より、試験実施年度末（平成 29 年 3 月 31 日）の時点で 17 歳以上となる方は、実務経験や学歴に関係なく 2 級の学科試験のみを受検することができます。

## 1. 申込み方法

受検申込みに必要な用紙が添付されている「受検の手引」を当協会等から購入の上申込み願います。

## 2. 申込み受付期間

3 月 4 日（金）～ 4 月 4 日（月）；終了

## 3. 試験日

学科試験：6 月 19 日（日）

実地試験：8 月下旬～ 9 月中旬

## 4. 受検資格

学歴等の資格区分に応じ実務経験年数が必要となります（2 級（学科試験のみ）は除く）。詳しくはお問合せ願います。

詳細問い合わせ先：

一般社団法人 日本建設機械施工協会

TEL：03-3433-1575

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

## 平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 のご案内

## 1. 表彰の目的

大賞部門は、建設機械及び建設施工に関連する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等により顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰します。地域賞部門は、地域に根ざした独自の視点に基づき、従来の施工方法・技術の改良、地域普及などの取り組みを通じ、地域へ貢献している業績を表彰します。いずれも国土の利用、開発、保全並びに経済・産業の発展に

寄与することを目的とします。

## 2. 表彰対象

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

## 3. 表彰の種類

大賞部門：最優秀賞、優秀賞

地域賞部門：地域貢献賞

## 4. 応募締切

1 月 31 日（日）；終了

## 5. 選考

本協会が設置した「日本建設機械施工大賞選考委員会」で選考致します。

## 6. 表彰式

本協会第 5 回通常総会（5 月 27 日（金））終了後に行います。

詳細問い合わせ先：

一般社団法人 日本建設機械施工協会

TEL 03-3433-1501

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

## 論文投稿のご案内

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

## 1. 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を対象と

する学術論文（原著論文）であり、かつ所定の条件を満足するものとします。

## 2. 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。

## 3. 原稿の受付

随時

## 4. 公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

詳細問い合わせ先

一般社団法人 日本建設機械施工協会  
研究調査部 論文担当

TEL：03-3433-1501

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

## 日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

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。

会費：年間 9,000 円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、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、

に、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人 日本建設機械施工協会  
個人会員係

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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



# CONEXPO LATINAMERICA

at エスパシオ リエスコ イベント & コンベンションセンター

チリ共和国首都州サンティアゴ市

2015年10月21日～24日【レポート Part 2】

先月号に引き続き、ISO 専門委員会では取り扱う建設機械の適用範囲、定義及び分類に従い、使節団が調査した世界各国の展示製品を系統だて、可能な限り幅広く紹介する。

## 建設用機械及び装置 — ISO/TC 195

Building construction machinery and equipment

## コンクリート工事用機械及び装置 — SC 1 Machinery and equipment for concrete work

### コンクリートポンプ — Concrete pump



Putzmeister (ドイツ)



Reed (アメリカ)

### バッチャプラント — Batching plant



McLanahan (アメリカ)



Imer (イタリア)



## コンクリートミキサー Concrete mixer



Lemaco (チリ)

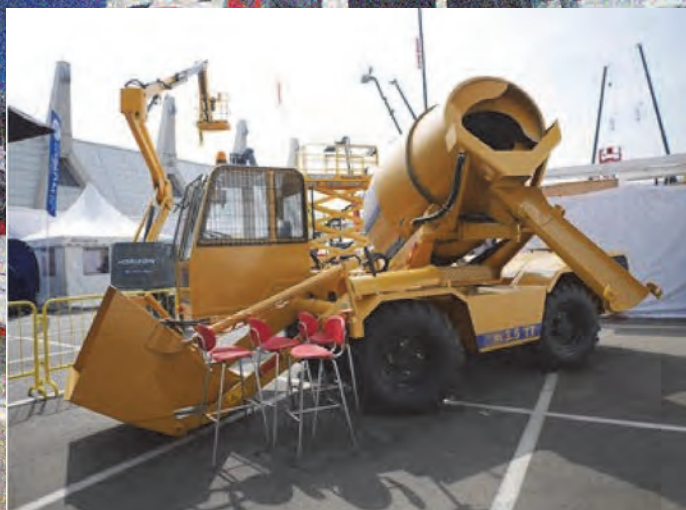


Deper (アルゼンチン)



Sirl (ポルトガル)

## モバイルミキサー Mobile mixer



Carmix (イタリア)



Fiori (イタリア)



パワートロウエルー Power trowel



Lemaco (チリ)



Socomaq (チリ)



Allen (アメリカ)



MultiQuip (アメリカ)



Masterpac (ドイツ)



Wacker Neuson (ドイツ)



スクリード — Screed



Somero (アメリカ)



MultiQuip (アメリカ)

コンクリートバイブレーター — Internal vibrator

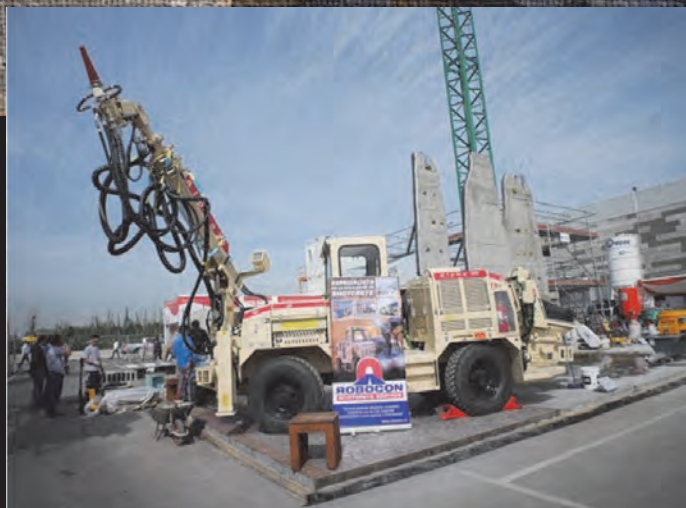


Northrock (アメリカ)



Deper (アルゼンチン)

コンクリート吹付機  
— Shotcrete machine



Normet (フィンランド)

打設boom  
— Concrete placing boom



Sinocomaco (不明)



道路建設及び維持用機械－ WG 5 Road construction and maintenance equipment  
自走式道路建設用機械－ WG 9 Mobile road construction machinery

アスファルトペーバ／フィニッシャ Paver / Finisher



Carlson (アメリカ)



Gomaco (アメリカ)



Leeboy (アメリカ)



Rosco (アメリカ)



Volvo (スウェーデン)



## アスファルトプラント Asphalt plant



Astec (アメリカ)

〈以下 次号 Part 3 へ続く〉

## 【お詫びと訂正】



4月号グラビア記事のP5 中段右で紹介したBobcat製品(左上写真)を「ブルドーザ」として分類しましたが、装着アタッチメントを確認したところブレードでなくバケットであることから、同グラビアP9下段で紹介したBobcat製品と同様「コンパクトトラックローダ」に再分類し、訂正します。なお、右上写真のように立ち乗り式運転台を後部に備え、運転員をカウンタウェイト質量として活用する構造となっている。



## 巻頭言

# これからのトンネル建設技術開発に期待すること

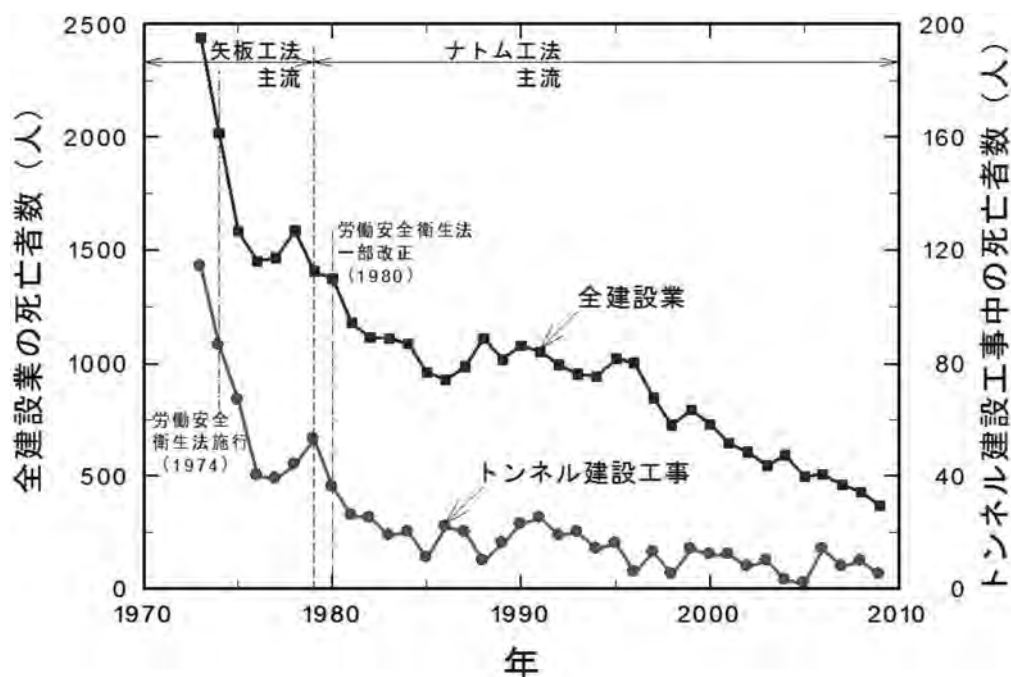
進士 正人



地盤内に使用目的に応じた所定の設計断面を包含する空間（トンネル）を安全かつ経済的に構築し、供用期間中はその空間を確実に保持する設計をトンネル建設工事では期待されている。空間を保持するためのトンネル建設技術は大きく3つに大別される。まずは、比較的強度の大きな岩盤中に空間を構築する山岳トンネル工法、都市部の軟弱な地山に大型の掘削機を使い掘削し、コンクリートや鋼でつくられたセグメントで地盤を支持するシールドトンネル工法、地盤を地上から開削しその中に鉄筋コンクリートによる躯体を構築し再度埋め戻す開削トンネル工法などである。これらの工法の違いはトンネル周辺の地盤による補強効果がどの程度期待するかに依存する。

山岳トンネル工法では空間を保持する主な支保部材は岩盤そのものと考えている。すなわち、掘削直後に設置する吹き付けコンクリート覆工やロックボルト

は、岩盤の本来有する支保機能を最大限発揮させるために補助的に打設される部材と位置付けている。しかし、地盤は元来不均質であり岩盤の中には断層や層理のような不連続面が内在している。加えて、地山に胚胎する地下水も岩盤の劣化に影響を与えている。このような岩盤の変化を的確に予測し即座に判断することがトンネル建設現場で要求されている。図—1に示すように、1980年代まで、トンネル工事は不確実性の高い建設工事であり工事の死亡者数も年間40人を超える危険性を有する仕事であった。それが1980年以降、先に述べた吹き付けコンクリート覆工と鋼製支保工による岩盤補強を主とするナトム工法（New Austrian Tunneling Method）が標準的な山岳トンネル工法となると共に、観測施工と呼ばれる現場計測による設計・施工へのフィードバックが一般化することで、施工時の安全性が確保された建設工事になってきた。



図—1 全建設業とトンネル建設工事の死亡者数の推移

吉川直孝：トンネル建設工事中の落石による労働災害（1），独立行政法人 労働安全衛生総合研究所 安衛研ニュース No.42（2012-01-06）

山岳トンネル工法はその呼び名のとおり山岳部にトンネルを建設するために主として用いられており、土被りの大変大きいトンネルも建設される場合がある。例えば、リニア新幹線のトンネルの一部では最大土被り 1400 m を予定しており岩盤強度を超える荷重が作用し地山の強度低下が懸念される箇所も十分予想される。

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した津波、その後の余震により引き起こされた大規模地震災害により、東北地方のみならず全国で多くのトンネル建設工事が同時に発注された。この工事量の急激な増加は、トンネル掘削工事に従事する特殊作業員の求人数の増加および作業員単価の急激な上昇と同時に作業品質の低下が懸念される状況を生んでいる。

そのような状況はこれからも長く続くとは考えにくいですが、山岳トンネル工法自体が極めて多様な工種（装薬、発破、あたり取り、ずり出し、一次吹付け、支保工建込、二次吹付け）を数名の施工チームでそれぞれの専用機械を使いながらこなしていく勤勉な日本人の気質にきわめてよくマッチした施工法といえる。しかし、海外ではそれぞれの工種のみ作業するワーカーが一般的で、一連のトンネル建設工程を行うにはより多くのワーカーを確保する必要がある。そのため、海外の一部ヨーロッパの国ではナトム工法は施工されてい

るものの、トンネルボーリングマシン（TBM）によるトンネル建設が世界的な主流となっているのはこの作業員確保問題も要因のひとつではないだろうか？

TBM による機械化施工の取り組みは、これまで何度もわが国でも繰り返し試行された経験があり、試行のたびに日本の地質は海外と比較して大変複雑であり一様な地質を高速掘進することを得意とする TBM は適さないという結論で否定されてきたように思われる。加えて、TBM 自体の製造コストが高いため短いトンネルでは機材償還が難しい問題や、不必要に設計断面を包括する大きな円形断面を施工する必要があることなどの問題点も有している。しかし、製造業、建設業に関わらずどの生産現場においても担い手確保が大きな問題となってきた。トンネル建設の現場においても遠からず作業員の老齢化にくわえてその確保が問題となろう。そのなる前に海外の TBM の成功事例を徹底的に分析・研究することにより地質が大変複雑に変化する日本においても対応可能な日本型 TBM の開発が必要ではないか。複雑な日本の地質を克服した日本型 TBM は世界のトンネル建設市場に対し大変魅力的な輸出製品となるように思う。これからの研究開発に期待している。



## 行政情報

## i-Construction への導入

## i-Construction 報告書を中心に

近 藤 弘 嗣

生産年齢人口減少があらゆる業種において問題となっている中で、国土交通省は建設現場の生産性向上と魅力ある建設現場創出による入職促進等をターゲットとして i-Construction という施策を打ち出した。これまで情報化施工として進めてきた ICT 土工の全面的活用、プレキャストの活用促進を見据えたコンクリート工の規格の標準化、施工時期の平準化の3つをトップランナー施策として進めるとともに、IoT時代の新たな建設生産システム構築の必要性について i-Construction 委員会からの提言を受けた。今号と次号の2回にわたり、i-Construction の理念から、直轄工事での展開のために国土交通省が発出した15基準の内容に至るまで、i-Construction の全貌を紹介する。

キーワード：i-Construction、情報化施工、3次元データ、プレキャスト、ビックデータ

## 1. はじめに

我が国において生産年齢人口が減少することが予想されている中において、経済成長を続けるためには、生産性向上は避けられない課題である。国土交通省においては、建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取組である i-Construction を進めることとした。

調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて抜本的に生産性を向上させることにより、建設現場における一人一人の生産性を向上させ、企業の経営環境を改善し、建設現場に携わる人の賃金の水準の向上や安全性の確保を図ることが狙いである。

本稿では、i-Construction を打ち出すに至った現状認識、本施策のターゲットの考え方や、トップランナー施策とされる ICT 土工、コンクリート工の規格の標準化、施工時期の標準化の概要、及び本施策の目指すべきものとして i-Construction 報告書に記載された今後の取り組みを紹介する。

## 2. 現状認識と施策推進の視座

## (1) 現状認識

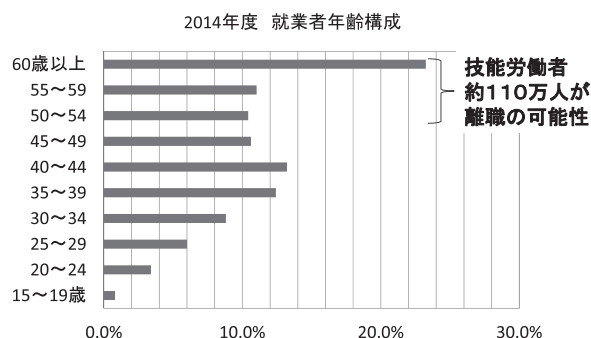
## (a) 労働力過剰を背景とした生産性の低迷

バブル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少を上回り、労働力過剰の時代バブ

ル経済崩壊後の投資の減少局面では、建設投資が建設労働者の減少をさらに上回って、ほぼ一貫して労働力過剰となったため、省力化につながる建設現場の生産性向上が見送られてきた。

## (b) 労働力過剰時代から労働力不足時代への変化

技能労働者約340万人のうち、約110万人の高齢者が10年間で離職することが予想されており、現在と同水準の生産性では建設現場は成り立たなくなる(図一)。



図一 (一社) 日本建設業連合会「再生と進化に向けて」より作成

## (c) 安全と成長を支える建設産業

激甚化する災害に対する防災・減災対策、老朽化するインフラの戦略的な維持管理・更新、強い経済を実現するためのストック効果を重視したインフラ整備などの役割が建設産業には期待されている。

## (d) 安定的な経営環境

我が国の2010年度の建設投資額は、ピークの約84兆円の5割以下となる約41兆円まで落ち込んだが、

その後増加に転じて 2015 年度はピーク時の 6 割である約 48 兆円となる見込みである。このように建設投資が下げ止まる状況の中、建設企業の業績も上向き、建設企業においても、未来に向けた投資や若者の雇用を確保できる状況になりつつある。

#### (e) 生産性向上の絶好のチャンス

生産性を向上させなければ、建設現場を維持し社会的使命を果たしていくことが困難な状況である一方、我が国は世界有数の ICT を有しており、生産性向上のためのイノベーションに突き進むことができるチャンスに直面している。

### (2) 施策推進の視座

建設産業の生産性向上を語る上で、製造業との比較が盛んに行われているが、ライン生産方式、セル生産方式及び自動化・ロボット化といった生産性向上策は、「一品受注生産」、「現地屋外生産」、「労働集約型生産」などの特性のために、建設現場では適用困難とされてきた。

しかし、国土交通省で進めてきた「情報化施工」に代表されるように、衛星測位技術等の進展と建設機械の ICT 化により、建設現場においてもロボット技術やデータを活用した品質管理・工程管理が部分的には実現しつつある。

さらに、調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを導入することで、建設生産システム全体を見通した施工計画、管理など、製造業で生産性向上方策として行われているコンカレントエンジニアリング、フロントローディングの考え方を実践していくことが可能となると考えられる。

施策推進の視座として、具体的には以下の 3 点が重要であると考えられる。

#### (a) 建設現場を最先端の工場へ

インダストリ 4.0 に代表される世界の潮流を踏まえ、建設現場においても ICT の本格的な導入・普及を図ることによって、建設現場を自動化・ロボット化するなど技術集約型の最先端の工場へ転換できる。

調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを導入し、コンカレントエンジニアリング、フロントローディングの考え方を実践していくことが重要であるとともに、インフラの設計・施工段階から、維持管理を含めた最適化が図られるよう配慮することが必要である。

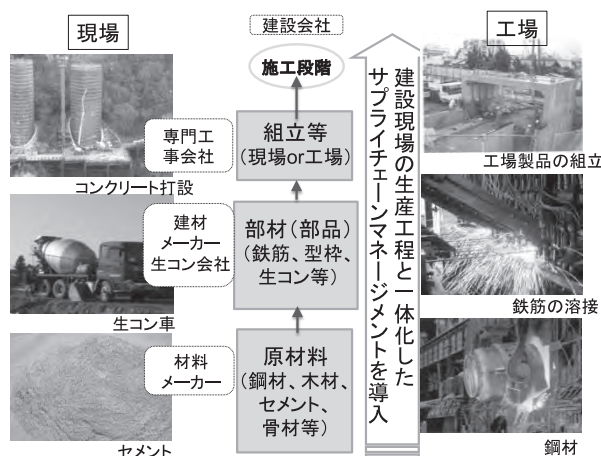
ICT の進展等を踏まえて、維持管理を含めた基準

類について、適宜改善を行うことが必要である。

#### (b) 建設現場へ最先端のサプライチェーンマネジメントを導入

フロントローディングの考え方にに基づき、設計段階に施工性や品質管理を考慮した全体最適設計の考え方を導入し、部材等の規格の標準化等を行うことにより、例えば鉄筋のプレハブ化に伴う工場製作が導入しやすくなる。

最先端のサプライチェーンマネジメントの考え方を導入することにより、施工段階における原材料の調達、各部材の製作、運搬、部材の組立等の工場や現場における各工程が改善され、待ち時間などのロスが少なくなり、建設生産システム全体の効率化、生産性向上が実現できる（図—2）。



図—2 第4回 i-Construction 委員会資料より

#### (c) 建設現場の 2 つの「キセイ」の打破と継続的な「カイゼン」

イノベーションを阻害し、最新の技術が考慮されていない従来からの基準などの「規制」や年度末に工期を設定するなどの「既成概念」を打破することで、更なる建設現場の生産性向上が実現できる。

このような建設現場の生産性向上を阻む「規制」や「既成概念」などの制度面の課題については、常に建設現場に携わる関係者が問題点を話し合い、継続的な「カイゼン」を行うことが重要である。

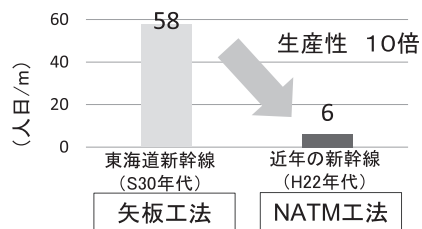
### 3. ターゲットの設定

#### (1) 生産性向上が遅れている土工等の建設現場

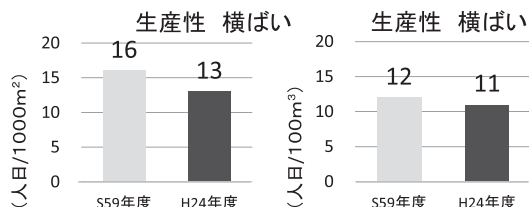
トンネルなどは、約 50 年間で生産性が最大 10 倍に向上した一方で、建設現場で多く用いられている土工や場所打ちコンクリート工の生産性が 30 年前とほとんど変わっていない（図—3）。



## ■ トンネル工事

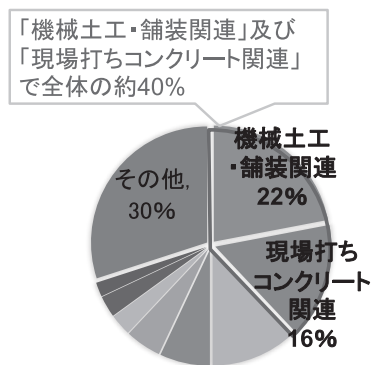


## ■ 土工



図—3 日本建設業連合会 建設イノベーションより

その上、これらの工事に従事している技能労働者の割合は直轄工事で働いている全技能労働者の約4割に相当する（図—4）。



図—4 H24 国土交通省発注工事実績より

そのため、改善の余地が大きく、本施策のターゲットとして設定した。

個々の建設現場では情報化施工やプレキャスト化等、省力化に資する取り組みの実績を有している状況を踏まえると、いち早く着手できると考えられる。

## (2) 限られた人材の有効活用

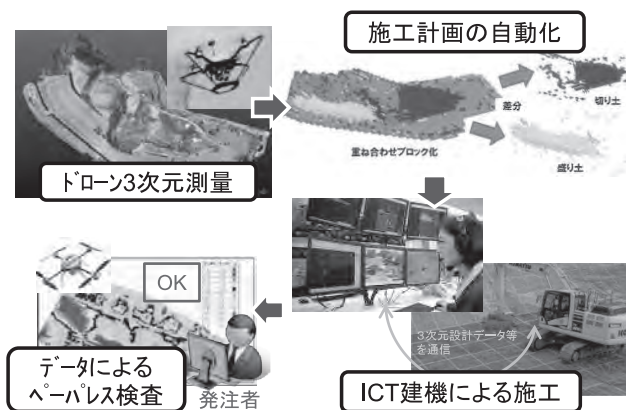
労働力不足への対応としては、生産性向上のアプローチだけでなく、限られた人材の効率的な活用の視点が重要である。特に公共工事の執行は、第1四半期には工事量が少なくなり、月毎の出来高工事量の最大値と最小値の比は約1.8倍（2014年度）と偏りが激しい。限られた人材を効率的に活用するには、施工時期を平準化し、年間を通して工事量を安定化することが望ましい。平準化の進展により、建設企業の経営の健全化、労働者の処遇改善等が期待できる。

## 4. トップランナー施策について

「土工等の建設現場の生産性向上」、「限られた人材の有効活用」という本施策がターゲットとする課題に対して、国土交通省は、「ICTの全面的な活用（ICT土工）」、「全体最適の導入（コンクリート工の規格の標準化等）」、及び「施工時期の平準化」をトップランナー施策として進めることとした。

## (1) ICTの全面的な活用（ICT土工）

国土交通省で試行していた「情報化施工」を、今後は、土工における調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、3次元データを一貫して使用するICTを全面的に導入する（図—5）。



図—5 ICT 全面的活用のイメージ

情報化施工は、国土交通省発注の土工工事の約13%（2014年度）で試行され、日当たり施工量が最大で約1.5倍に効率化することを確認している。

また、建機周りの計測作業などを減らせるため安全性が向上するとともに、ICTによって精度良く施工できるため経験年数の浅い若いオペレーターが早期に建設現場で活躍できる。ICTの全面的な導入とあわせて、量的にも拡大することで、土工における抜本的な生産性の向上を図ろうとするものである。

土工へのICT全面的活用を実現するために直ちに取組む措置として、国土交通省が定めていた基準類の改訂や新基準の策定を28年3月末に実施し、4月以降の工事で適用できるように措置した。詳細については次号に譲るものとする。

この他、ICT土工に必要な企業の設備投資に関する支援、ICT土工に対応できる技術者・技能労働者の拡大、急速に進展する新技術の現場導入を進めるための柔軟な対応や工種の拡大について、順次取り組み





「給与、休暇、希望」を実現する新たな建設現場を創出する。

#### ・広報戦略

建設現場や建設現場の仕事が魅力的になること、i-Constructionの導入効果について、周知が必要。

i-Constructionが目指すものとして、上記の視点をふまえ、今後の取り組みとして、以下について検討を進めたい。

#### (1) i-Constructionの推進体制構築

直轄事業における推進及び地方公共団体等他の発注者へのi-Construction普及を支援するため、本省及び地方整備局に推進体制を整備する。

#### (2) i-Constructionを推進するためのコンソーシアム

急速に発展するIoTなど最新技術の動向等を踏まえるため、産学官よりなるコンソーシアムを設立する(図-7)。

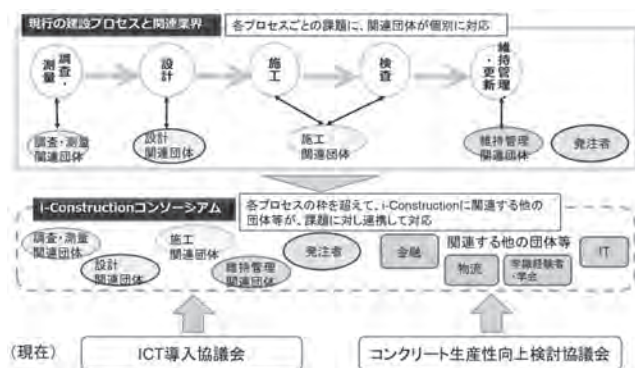


図-7 第4回 i-Construction 委員会資料より

#### (3) i-Constructionに伴うビッグデータの活用

あらゆるプロセス(調査・測量、設計、施工、維持管理・更新など)において作成される3次元データ等をビッグデータとして活用し、更なる生産性向上の実現や維持管理・更新等に活用できる基盤を整える(図-8)。

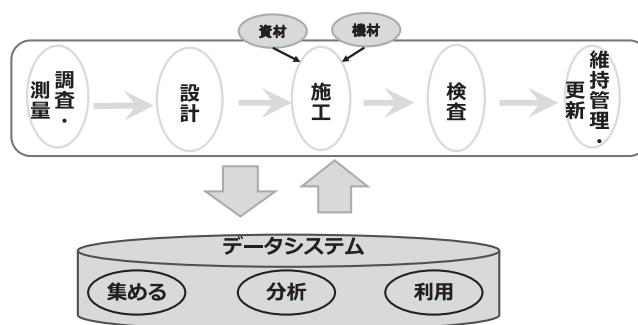


図-8 第4回 i-Construction 委員会資料より

#### (4) 他の屋外生産分野との連携強化

他の屋外生産分野である鉱業、農業、林業等に横展開するため、i-Constructionのノウハウを情報発信する。

#### (5) 海外展開

我が国の建設生産システムが世界のトップランナーになることを期待。各種基準類の国際標準化、i-Constructionで取り組んだICT、発注方式、検査基準等をパッケージ化し、海外展開に備える。

### 6. おわりに

今号では、i-Construction報告書のエッセンスを取り上げ、施策の背景と今後の取り組みの狙いについて紹介させていただいた。次号では、28年4月より早速直轄工事で適用されるICT土工の基準類と、普及促進のための実施方針について紹介させていただきたい。

J C M A

#### 〔筆者紹介〕

近藤 弘嗣 (こんどう こうじ)

国土交通省 総合政策局

公共事業企画調整課

課長補佐



# 風化破碎地山における超大断面トンネルの施工

佐藤 大輔

本工事は、三陸沿岸道路整備事業の一環として気仙沼唐桑工区（約 11 km）のうち気仙沼第 2 号トンネル  $L = 1,167$  m を建設するものである。

三陸沿岸道路は、宮城県と岩手県の県境に向かって北上する区間から成る。当トンネルはこの中間部に位置し、唐桑側坑口は唐桑南 IC（仙台方面）のオンランプにあたることから、坑口から 197.7 m の区間は加速車線を加えた 3 車線の拡幅断面となり、トンネル幅は標準部の 14.1 m から拡幅部最大の 19.7 m まで 3 段階に拡幅され、唐桑側坑口トンネル断面は日本有数の大きさとなる。

本報告は、超大断面トンネルの決定および中央導坑の施工実績、超大断面の施工について記述する。

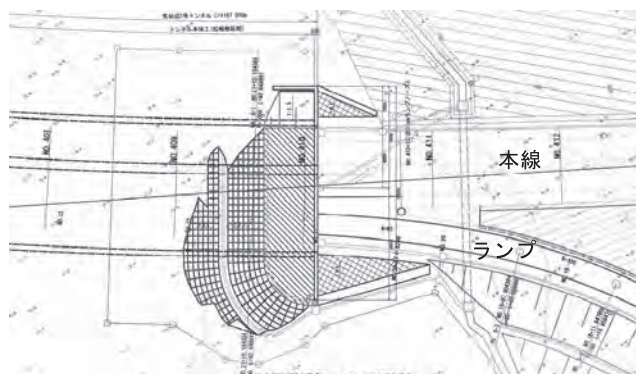
キーワード：超大断面、風化破碎帯、坑口部、偏圧、フットパイル、超長尺フォアパイリング

## 1. はじめに

本工事は、三陸沿岸道路整備事業の一環として気仙沼唐桑工区（約 11 km）のうち気仙沼第 2 号トンネル  $L = 1,167$  m を建設するものである。

当現場の特徴として、終点側の唐桑側坑口は唐桑南 IC（仙台方面）のオンランプにあたり、トンネル坑内で本線と合流するための加速車線を加えた 3 車線の拡幅断面となる。そのため、トンネル幅は標準部の 14.1 m から拡幅部最大の 19.7 m まで 3 段階に拡幅されており、唐桑側坑口トンネル断面は日本有数の大きさとなる（図—1）。

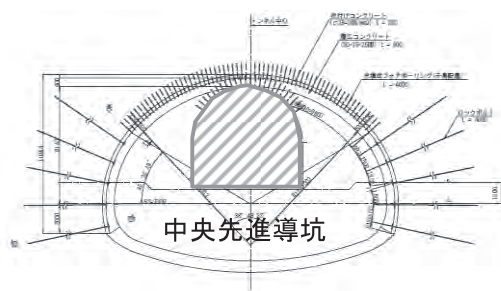
本報告では、中央導坑の施工実績、超大断面の施工について記述する。



図—1 終点側（唐桑側坑口）平面図

## 2. 施工順序

本トンネルは、トンネル断面が  $200\text{ m}^2$  を超える超大断面のため、上半中央に先進導坑を掘削し、切羽前方の地山を確認しながら施工を行う「中央導坑先進拡幅掘削工法」を採用している（図—2）。



D III a-L1 断面（内空縦横比：0.52）

中央導坑先進工法（掘削幅：7.9m）

図—2 D III a-L1 断面と中央導坑

超大断面区間の対策工（補助工法）の選定にあたり、中央導坑の施工実績を考慮し、トンネル掘削による周辺地山のゆるみ領域が広範囲にならないよう、必要な補助工法の検討を行った。

その結果、超大断面区間での補助工法選定フローを作成し、補助工法の種類、規模等の比較検討後、本坑掘削を開始した。

超大断面の施工にあたっては、掘削時の地山挙動が



重要となるため、本トンネルでは大断面区間での計測頻度を5m毎とし、断面あたりの計測点を7測点へと強化した。

超大断面掘削中も実績の収集と分析を随時行い、その評価を実施、試行しながら掘削を進めた。

### 3. 中央導坑の施工

受注時の設計における終点側坑口の地質は、崖錐層より下方に「健岩（DI～CI級）」が分布することから、天端の安定対策が必要ないと判断されていた。

受注後の鉛直ボーリングによる追加調査の結果、トンネル天端上部は土砂および強風化（CL～D級）が堆積しており、トンネル断面内は20%～30%の破碎礫を含む軟岩I（CM～CL級）であった。

#### (1) 地質（切羽観察記録）

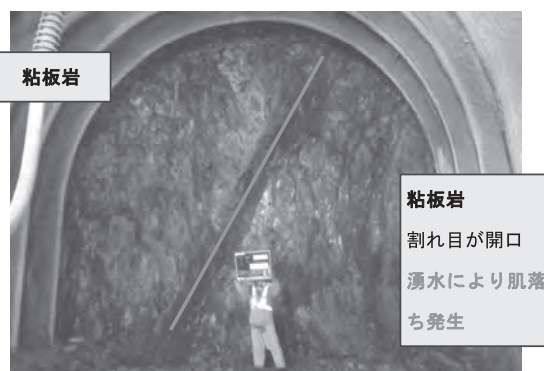
中央導坑掘削時の地質は、坑口から70m区間においては破碎粘板岩が連続的に出現し、特に支保No.11付近では、切羽左側で比較的堅硬な砂岩、切羽右側ではスレーキング性が高く、湧水により泥濘化する黒色を呈した粘板岩が出現した（写真—1）。



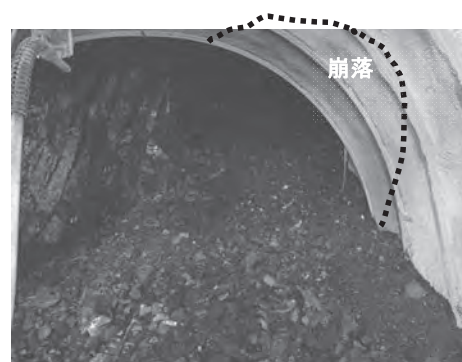
写真—1 支保No.11 切羽状況

支保No.11～支保No.25は茶色に風化した粘板岩と黒灰色の粘板岩で構成され、切羽の進行とともに右側から黒灰色の粘板岩が切羽全体に広がる。湧水は滴水程度ではあるが、開口した割れ目に湧水が入り込み、ゆるみを生じさせたため切羽の肌落ちが起きた（写真—2）。

支保No.25～支保No.67は粘板岩が主体で、地殻変動による大きな褶曲構造が存在し、岩片は非常に脆い。湧水もあり、湧水圧による切羽崩落が起きた（写真—3）。



写真—2 支保No.22 切羽状況



写真—3 湧水をとまなう切羽崩落状況

#### (2) 湧水量

坑口から支保No.25までは滴水程度であったが、支保No.26掘削時に、200ℓ/min以上の湧水とともに切羽の天端が崩落した（写真—2）。

切羽の水位低下を目的として、水抜きボーリングを3本行った（φ76.3mm, L=12.5m）。水抜きボーリングのうち1本で30ℓ/minの湧水が層境で発生しており、坑口より30m付近まで10～20ℓ/minの湧水を確認している。以奥では、2～3ℓ/min程度の湧水が発生している。

#### (3) 計測結果

表—1によると、坑口部の脚部沈下量が最大22mmと大きい。これは脚部に出現した粘板岩が湧水による影響を受けて泥濘化し、支持力が低下したためと考えられる。切羽崩落した箇所（支保No.25）までの平均値は、天端沈下が-6.0mm、脚部沈下が-14.1mm、内空変位が-10.3mmであり、脚部沈下および内空変位が10mmを超える結果となった。

スレーキング性の高い粘板岩が主に占める区間（支保No.25～No.65）の平均値は、天端沈下が-4.2mm、脚部沈下が-5.1mm、内空変位が-4.9mmであった。この区間ではAGFや注入式鏡ボルトの施工により緩み領域を抑制して、変位が抑えられていると考えられ

表－1 計測結果一覧表

| 測点<br>(支保No)          | 天端<br>沈下 | 脚部<br>沈下 | 内空<br>変位 | 備考                                                                                                                   |
|-----------------------|----------|----------|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| No.409 + 15.5 (No.7)  | -8.7     | -22.4    | -14.7    | <b>坑口部</b><br>・右側脚部泥濘化<br>・脚部が管理基準<br>値Iを超える。<br>・内空変位も10mm<br>を超えている                                                |
| No.409 + 10.5 (No.12) | -6.2     | -16.4    | -10.2    |                                                                                                                      |
| No.409 + 5.5 (No.17)  | -5.2     | -12.4    | -8.6     |                                                                                                                      |
| No.409 + 0.5 (No.22)  | -3.8     | -5.3     | -7.5     |                                                                                                                      |
| No.408 + 15.5 (No.27) | -3.6     | -4.0     | -1.0     | <b>崩落箇所～No.70</b><br>・スレーキング性の高い<br>粘板岩主体<br>・注入効果により<br>変位が抑えられ<br>ている。<br>・左側から右側に<br>向かって変位が<br>見られ、偏圧を<br>受けている。 |
| No.408 + 11.5 (No.31) | -2.2     | -5.4     | -7.7     |                                                                                                                      |
| No.408 + 6.5 (No.36)  | -3.9     | -2.9     | -4.4     |                                                                                                                      |
| No.408 + 2.5 (No.40)  | -2.8     | -7.2     | -9.0     |                                                                                                                      |
| No.407 + 17.5 (No.45) | -7.6     | -5.2     | -4.1     |                                                                                                                      |
| No.407 + 12.5 (No.50) | -4.8     | -5.1     | -8.7     |                                                                                                                      |
| No.407 + 7.5 (No.55)  | -3.0     | -4.3     | -2.3     | <b>No.70 以奥</b><br>・天端沈下、内空<br>変位ともに少な<br>く安定してい<br>る。                                                               |
| No.407 + 2.5 (No.60)  | -9.4     | -8.9     | -6.7     |                                                                                                                      |
| No.406 + 17.5 (No.65) | -0.6     | -3.1     | -2.2     |                                                                                                                      |
| No.406 + 12.5 (No.70) | -2.5     | -4.0     | -3.5     |                                                                                                                      |
| No.406 + 7.5 (No.75)  | -5.0     | -6.5     | -4.6     |                                                                                                                      |
| No.406 + 2.5 (No.80)  | -1.6     | -4.6     | -3.2     |                                                                                                                      |
| No.405 + 17.5 (No.85) | -2.4     | -2.1     | -2.6     |                                                                                                                      |
| No.405 + 12.5 (No.90) | -3.4     | -2.2     | -3.4     |                                                                                                                      |
| No.405 + 8.5 (No.95)  | -6.2     | -2.6     | -4.6     |                                                                                                                      |

る。風化砂岩－粘板岩の互層である区間の平均値は、天端沈下が－3.5 mm、脚部沈下が－3.7 mm、内空変位が－3.7 mmであった。2区間（スレーキング性の高い粘板岩の区間、風化砂岩－粘板岩互層区間）に比べ、坑口部（切羽崩落した箇所までの区間）の変位が明らかに大きい。

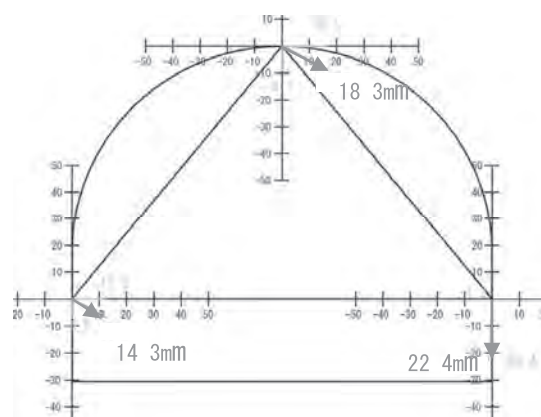
天端沈下量と脚部沈下量は12 mm、内空変位量は21 mmを管理基準値Iとしていた。これに対し、実

際の天端沈下量の最大値は9 mm、内空変位量の最大値は15 mmであり、管理基準値I以下であったが、脚部沈下量の最大値は坑口部で22 mmであり、管理基準値Iを大きく超えて要注意体制となったため、計測頻度の強化を行った。

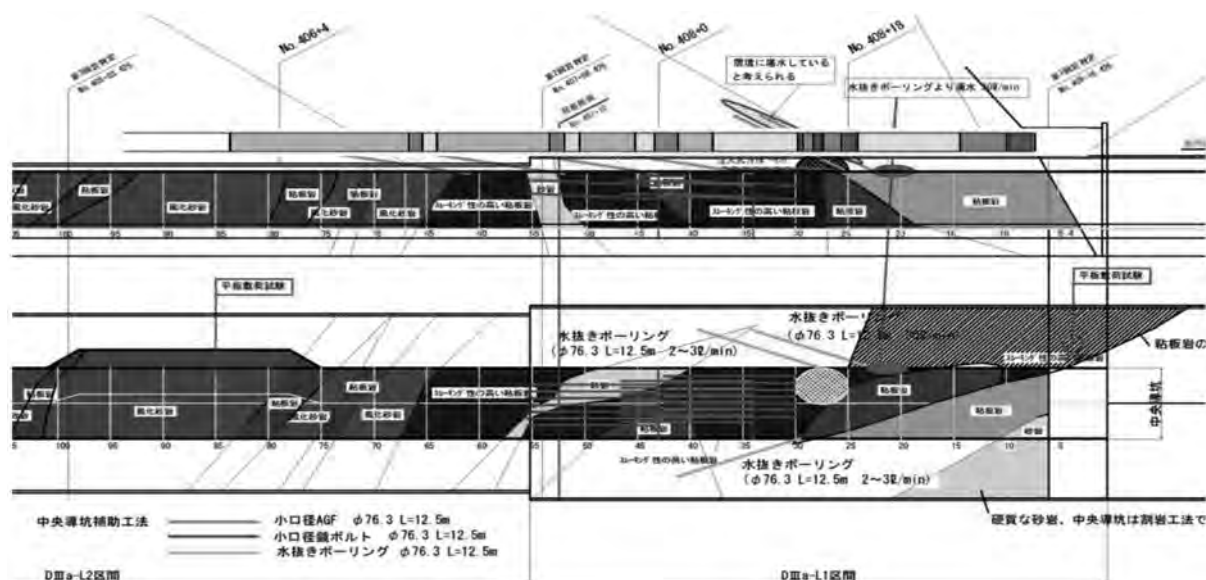
測定点の変位方向（変位ベクトル）は、坑口から84.5 mまでは切羽に向かって左上から右下方向となっている（図－3）。これは、坑口付近の地形と一致しており、左から右へと偏圧を受けているためと思われる。

経時変化グラフでは、坑口部では切羽が3.5D～4D（D：トンネル掘削幅）進んだ時点で変位が収束している。また、変位の大きい右側脚部の変位速度は3 mm/日である。

スレーキング性の高い粘板岩の区間では、変位速度は1 mm/日、変位収束は切羽が2.5D～3D進んだ時点となっている。また、風化砂岩－粘板岩互層区間は、変位速度は1 mm/日、変位収束は切羽が1.5D進んだ時点となっている。このことにより、坑口部は、スレー



図－3 変位ベクトル図（支 No.7）



図－4 中央導坑の切羽観察記録による地質と水平ボーリングによる岩級区分



キング性の高い粘板岩および風化砂岩等に比べて変位収束が遅く、変位量も大きいことがわかった。

本トンネルの終点側の本坑断面は超大断面であり、ゆるみ領域が広範囲となることから、上記の中央導坑の施工実績に基き、十分な補助工法の検討を行った。特に中央導坑掘削時の記録から作成した図—4の地質平面、縦断図によると坑口から72m付近まではスレーキング性が高いと評価される地山が分布しており、明らかに「健岩」とは言い難いCL～D級と評価される区間が散在していることから、補助工法が必要であると判断した。

#### 4. 補助工法の検討・選定

中央導坑の実績を基に補助工法の検討を行った結果、超大断面区間における補助工法選定フローを、平成24年度「気仙沼唐桑道路 気仙沼地区トンネル詳細設計業務 報告書」P4-1を参考にして作成し、当現場において有効な補助工法を3つ選定した。

##### (1) 長尺鋼管フォアパイリング (AGF工法, 図—5)

長尺鋼管フォアパイリングは、鋼管と注入材によってトンネル周辺地山を補強・改良する長尺先受工法である。有孔鋼管をトンネル掘削に使用するドリルジャンボで打設し、鋼管内にインサート管と中間パッカーを設置することにより、注入材のステップ注入が可能で、均等な注入効果が期待できる。鋼管周辺の地山を確実に固結改良することで、切羽天端の崩落防止および断層破碎帯などの不安定地山の緩み防止に高い効果を発揮する。

本工法を採用することにより、坑口から中央導坑の崩落箇所までの土被りの小さい区間において、安全な掘削作業を可能にするとともに、掘削に伴う先行変位抑制などの先受効果が期待された。

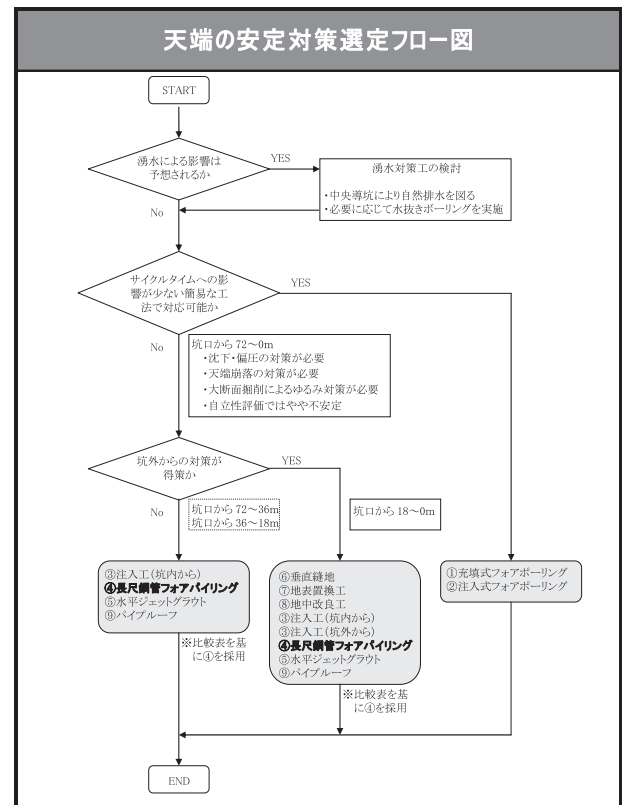
##### (2) 長尺鏡ボルト (図—6)

中央導坑施工時に発生した天端崩壊および切羽崩壊の対策として、本工法を採用した。

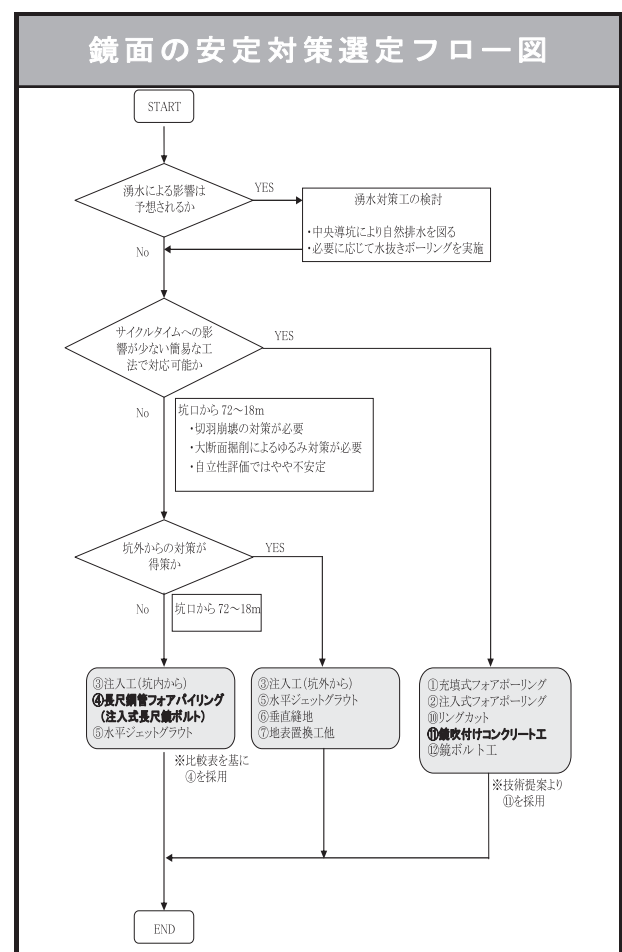
長尺鏡ボルトは掘削の進行に伴って切断可能な小口径スリット加工鋼管 ( $\phi 76.3 \text{ mm}$ ,  $L = 12.5 \text{ m}$ ) を用い、注入材との長尺改良効果により、切羽前方の補強による切羽崩壊防止、先行緩みの抑制効果に優れている工法である。

##### (3) 脚部補強パイル (図—7, 8)

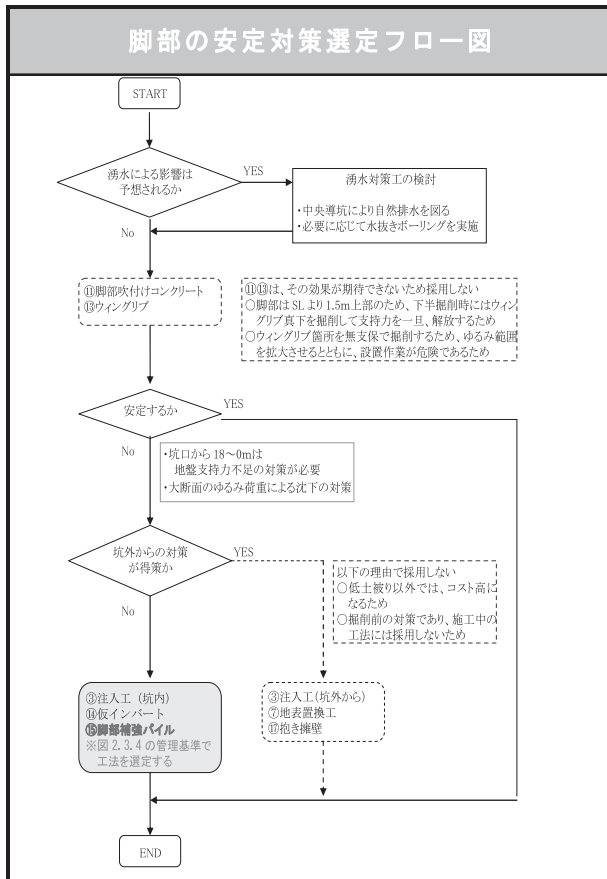
中央導坑実績により、右脚部にスレーキング性の高



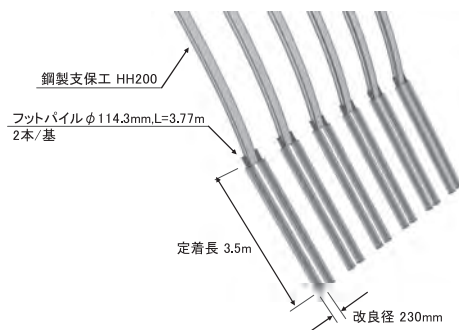
図—5 天端の安定対策選定フロー



図—6 鏡面の安定対策選定フロー



図一 脚部の安定対策選定フロー



図一 脚部補強工（フットパイル）概要図

い粘板岩が存在していたことから、地耐力不足によるトンネル脚部の沈下および脚部の沈下に伴う地表面への影響が懸念された。

脚部補強工は、鋼管と注入材により杭を構築し、脚部の沈下や内空変位の増大を抑制する工法であり、脚部に集中する地山荷重をフットパイルが摩擦杭として支持し、注入材による定着効果、改良効果により地耐力の向上を図る目的で採用した。

なお、各工法の注入材としては、確実な改良効果が期待でき、強度発現の早いウレタン系（シリカレジン）を採用した。

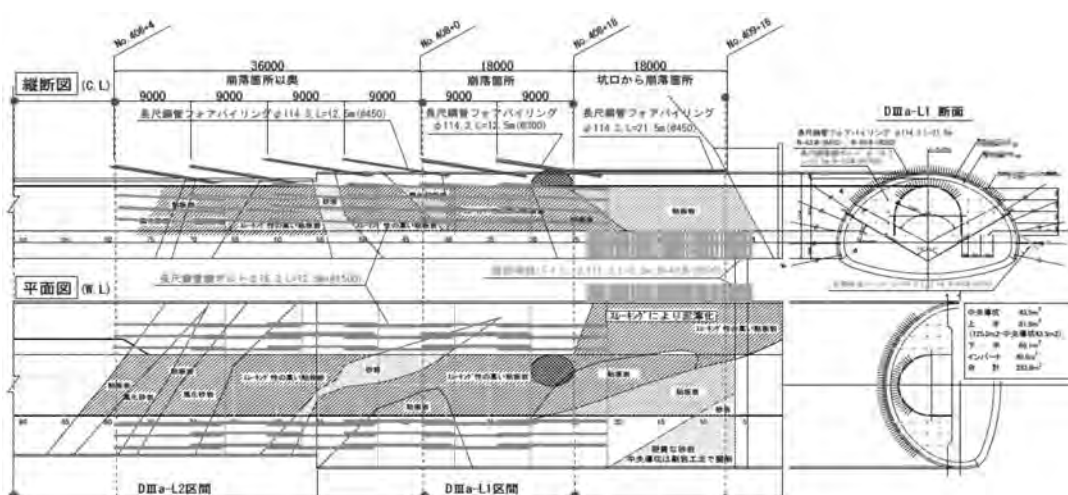
## 5. 超大断面の施工

### (1) 施工実績（写真—4、図—9）

超大断面の施工実績として、天端の安定対策工は、坑口から崩落箇所までの18m区間を超長尺鋼管フォアパイリング（ $\phi 114.3\text{ L} = 21.5\text{ m} @ 450$ ）にて対策工を施し、スレーキング性の高い粘板岩が広範囲に分布される奥の18m区間を長尺鋼管フォアパイリング



写真—4 補助工法施工状況（崩落箇所）



図—9 超大断面における補助工法施工計画図



( $\phi$  114.3 L = 12.5 m @300) を 2 シフト, 崩落箇所  
奥は長尺鋼管フォアパイリング ( $\phi$  114.3 L = 12.5 m  
@450) を 4 シフト施工した。

また鏡面は, 長尺鏡ボルト  $\phi$  76.3 L = 12.5 m N =  
18 本 @1,500) を 6 シフト施工した。

脚部では, 補強パイル ( $\phi$  114.3 L = 3.5 m) を 19  
基施工した。

## (2) 施工の評価

天端部および鏡面とも, 心配されていた崩落もなく  
安全に掘削を進めることが出来た。また, 計測の結果,  
天端沈下で最大 29.6 mm (管理基準値 114 mm) また,  
内空変位では最大 12.0 mm (管理基準値 228 mm) と  
なった。脚部について, 坑口部では中央導坑で 22.4  
mm に対して超大断面で 6.7 mm と, 対策した右側の  
沈下量が左側と同程度だった。また, 施工前検討時に  
削孔水により支持地盤を損傷し, 脚部補強の効果の損  
なわれることが懸念されていたが, 左右の脚部沈下量  
が同程度だったことから, 削孔水の影響は小さく, そ  
の効果が認められた。

以上の結果により, 補助工法の効果は超大断面にお  
いて確認された。

## 6. おわりに

本報文では, 日本有数の超大断面トンネルの施工お  
よび補助工法について, 現場の実績を基に報告を行っ  
た。

平成 28 年現在, 拡幅断面掘削は完了し, 標準断面  
区間へと施工を進めている。今後, 拡幅断面区間の覆  
工および標準部の覆工, インバート半線施工等により  
工事は大きな繁忙期を迎える。超大断面トンネルなら  
ではの問題点など, 想定外の課題が発生することが考  
えられるが, 適切な検討をし, フローを作成すること  
により対策を行っていく予定である。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 土木学会：山岳トンネルの補助工法—2009 年版—
- 2) ジェオフロンテ研究会：ウレタン系注入式フォアボーリング
- 3) ジェオフロンテ研究会：注入式長尺先受工法 (AGF 工法)「標準積算  
資料」第六版
- 4) 土木学会：2006 年制定, トンネル標準示方書 (山岳工法・同解説)

### 【筆者紹介】

佐藤 大輔 (さとう だいすけ)  
佐藤工業㈱東北支店  
気仙沼第 2 トンネル作業所



# トンネル切羽前方探査システム

## TSP303

### 切羽前方の断層破碎帯や地質境界面及び湧水の有無を弾性波反射法の3次元解析で予測

四 塚 勝 久・篠 原 茂

リニア中央新幹線トンネル工事がスタートし、トンネル施工に関する新たな技術の蓄積が急務である。トンネル工事では、1000 m を越える土被りもあり地質状況の把握は重要である。TSP は事前調査で十分には地質状況を把握できない山岳トンネル工事や、詳細な地質の把握が必要なトンネル（TBM 工事も含む）に適用可能で、掘削に悪影響を及ぼす断層破碎帯や地質境界面、さらには湧水の推定を弾性波反射法による3次元解析で行う。弾性波反射法は一般的な探査技術であるが、トンネルにフォーカスした最新のTSP303（以下「本システム」という）について紹介する。

キーワード：TSP303 切羽前方探査、P 波速度、S 波速度、弾性波反射法、3次元解析

#### 1. はじめに

本システムは、アンベルグテクノロジー社（スイス）が開発した切羽前方の地質状況の探査を弾性波反射法に基づいて行うシステムである。測定から解析まで1日で作業ができ現場施工に直ちに有効な情報としてフィードバックできる。以下で、TSP の歴史、本システムの概要、実施例について紹介する。

#### 2. TSP の歴史

1990 年アンベルグテクノロジー社は、石油探査技術を応用しフェライナトンネル（スイス鉄道）の地質探査用として TSP を開発した。初期のモデルはハーゲンバッハテストトンネルで繰返し実験が行われ1994 年に TSP202 として世に出た。TSP202 は、2 方向（X, Z）に加速度計を組込んだレシーバーを左右側壁に1本ずつ設置し、掘削地点での弾性波速度を基にそれぞれのレシーバー毎で2次元で反射面の位置を特定した。

2001 年には2次元の解析結果を3次元で表示する TSP203 が開発され、ゴッタルドベーストンネル（スイス鉄道）で実施工に採用され、その後世界中で多くの実績を残した。TSP203 は3成分（X, Y, Z）の加速度計を組込んだレシーバーを左右側壁に1本ずつ設置し、切羽前方の速度分布は、それぞれのレシーバーにおいて2次元で解析し反射面の特定、左右の結果を合わせて3次元的に表示している。

それに対して、最新の本システムは、同じく3成分（X, Y, Z）の加速度計を組込んだレシーバーを左右側壁に2本ずつ設置し、より3次元的にデータを取得できる。切羽前方の速度分布は3次元で解析し反射面の特定、湧水の可能性などを TSP203 に比べて6倍のデータ量から解析を行う。

#### 3. 既存技術との比較

切羽前方の地質を予測する場合は、掘削作業を一旦止めて切羽からボーリングを行うのが既存の調査方法である。ボーリングは実サンプルの評価が可能であるが前方地質を面では無く点で評価するのに対し、本システムは360度方向に広がる弾性波の反射波を捉え、3次元モデルを使った解析技術により切羽前方の弾性波速度分布を3次元的に把握し評価を行う。本システムには以下の特長がある。

- ①弾性波速度の値から地質状況を定量的に評価できる。
- ②切羽前方100～150 m の予測に、準備として1～2時間、探査として約2時間の作業で終える事ができ、トンネル施工への影響が少ない。
- ③解析に費やす時間は2～3時間で、施工に対して迅速なフィードバックができる。
- ④切羽周辺の地質変化を3次元的に把握し、トンネルルート周辺の地質性状や断層破碎帯等がルート上へ出現するか否かの予測ができる。
- ⑤トンネル設計時の地山区分に使用した弾性波速度と、本システムによる予測値との対比が可能で、地



山区分の評価が合理的に行える。特にトンネル掘削に悪影響を及ぼす断層破碎帯の規模を明らかにすることができる。

#### 4. 本システムの概要

本システムを構成する機器類を写真—1に示す。



写真—1 本システムの機器類

##### (1) レイアウトの決定

既知の地質データ、トンネルの側壁状況を踏まえて図—1のように測線のレイアウトを決める。発振孔は事前の地質走向角度を基準に左右どちらかに決めるが、事前情報が無い場合や坑内の側壁に送水管や電源設備がある場合はこれに限らない。切羽に一番近い位置から1.5 m 間隔で24ヶ所の発振孔の位置をマーキングする。坑口側の最終発振孔から15 m 坑口側に戻り、受振孔の位置を左右にマーキングする。更に坑口側に5 m 戻り受振孔の位置を左右にマーキングする。探査に必要な測線は、約55 m になり受振孔、発振孔のマーキングは、計28ヶ所になる。

##### (2) 削岩機による削孔

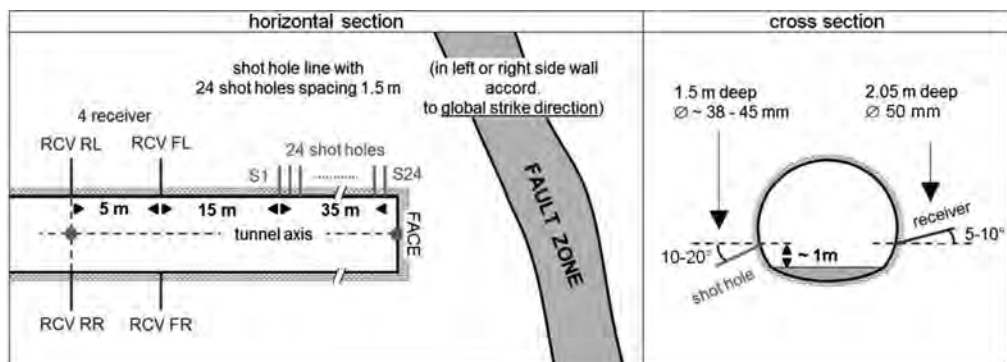
マーキングした発振孔及び受振孔を、削岩機を使用して削孔する(写真—2)。発振孔は、 $\phi 38 \sim \phi 45$  mm、深さ1.5 ~ 2 m、下向き10度(水を溜め込物にする)で24孔、受振孔は、 $\phi 51$  mm、深さ2 m、上向き10度(地山の水を抜く)で4孔である。受振孔は削孔後レシーバーを挿入し固定する為、地山状況による穴荒れや曲りに注意を払い削孔する。穴荒れや曲りが確認された場合は穴の位置を前後にずらし再度削孔を行う。削孔後はローディングパイプなどで穴荒れを保護することも重要である。



写真—2 受振・発振孔削孔状況

##### (3) レシーバーの設置、火薬装填、結線

レシーバーは、切羽掘削による地山の緩み領域の影響を受け難い深さ2 mの位置に設置する。レシーバーの地山への固定は水を含ませたチューブ状の即硬モルタル(写真—3)を孔内に挿入し(写真—4)、孔底に到達したチューブ状のモルタルをレシーバー先端に取付けた鋭利なダウエル(写真—3)で破り混ぜ地山に密着させる(写真—5)。ダウエルのみの固定なのでレシーバーは探査終了後に回収できる。次に記録装置にPC、レシーバー4本、トリガーBOX、発破器を接続する。削孔作業を除く準備時間は約30分である。使用する火薬は爆速5000 m/s以上のものを100 g(地



図—1 本システム測線レイアウト

山状況による) 使用し雷管は瞬発雷管を使用する。装填は、切羽側、坑口側のどちらからでも良く装填後に水で満たす。



写真-3 ダウエル、即硬モルタル

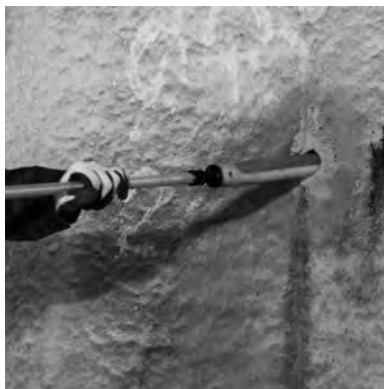


写真-4 即硬モルタルの挿入



写真-5 レシーバーの挿入、モルタルの密着

#### (4) 測定、撤収

発破器を使い火薬を順に発破する。4本のレシーバーは、直接波及び切羽前方の地山不連続面から反射された反射波形を24回の発破毎に記録する(写真-6)。サンプリング周波数は最大で48kHz、データ長は500msまたは1000msである。記録された波形データの品質(最大振幅、初動、ノイズ)はPC上で直ちに確認でき(図-2)、不具合がある場合、再測定や除去できる。測定終了後、孔内に固定したダウエルからレシーバーを抜き回収する。



写真-6 測定データの収集



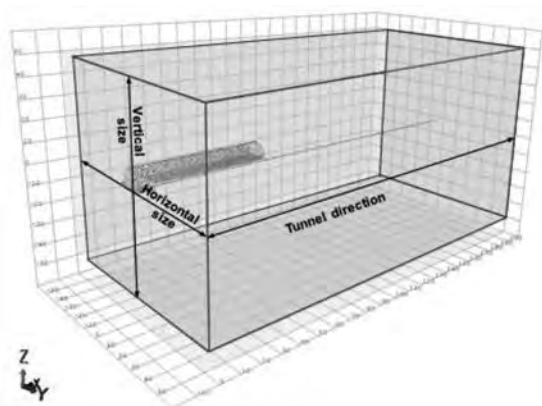
図-2 データ収集 PC 画面

#### (5) 解析

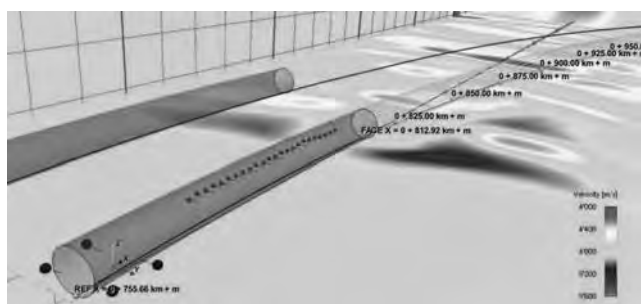
解析は20のステップから成り、主な内容は以下のとおりである。

- ①トンネルジオメトリの入力：左右レシーバーに伝わる直接波の伝達経路の計算
- ②オフセット計算：トンネルジオメトリによるデータの配列
- ③データの回転：加速度計の向きの補正
- ④空中ノイズの除去：トンネル内空を伝わる発破音の除去
- ⑤バンドパスフィルター：ノイズの除去
- ⑥直接波のピック：直接波のP波、S波の特定と伝播速度の算出
- ⑦反射波の抽出：エネルギーの距離減衰を補正
- ⑧P波、S波の分離：反射波をP波、SV波、SH波に分離
- ⑨3次元速度解析  
レシーバーから200m(前方)×100m(水平)×100m(垂直)の領域を、1000×200×200のグリッドに分け速度モデルを作成(図-3)
- ⑩反射面の特定と速度分布  
マイグレーション処理によりP波、S波の反射面の特定(図-4)
- ⑪反射体の抽出  
P波、S波それぞれの速度マップ、マイグレーション

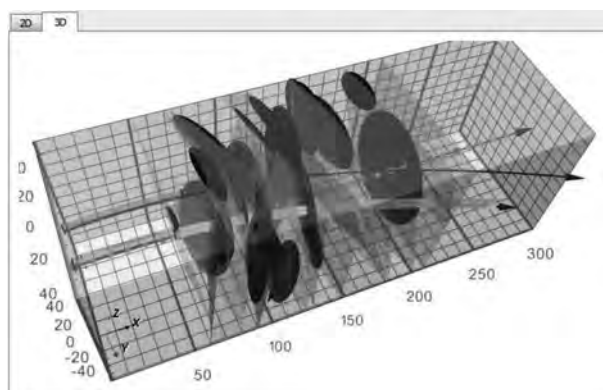




図一3 3次元弾性波速度モデル



図一4 3次元P波速度マップ



図一5 3次元反射体の抽出

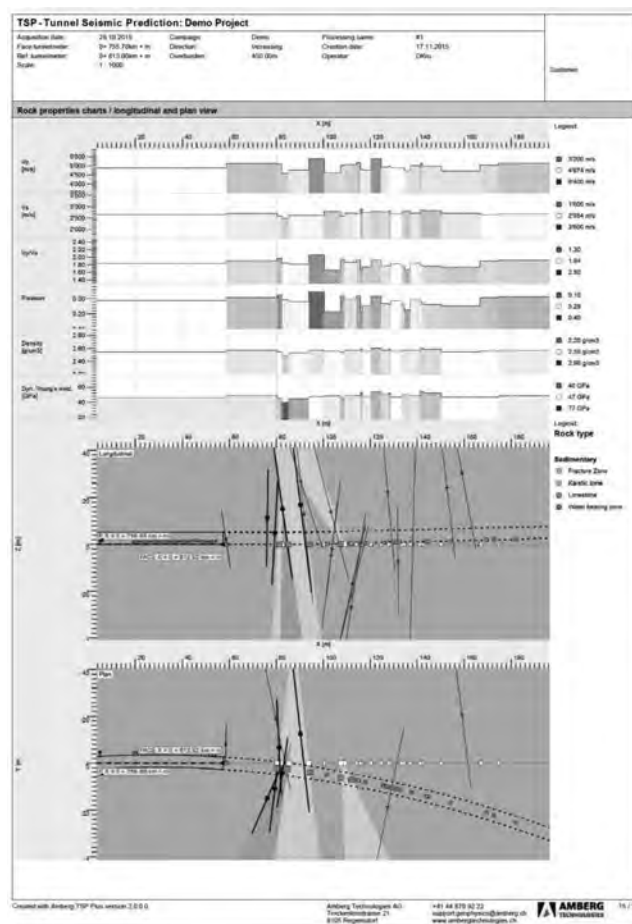
ン処理から反射体の位置、大きさを特定（図一5）

#### ⑫最終結果の表示

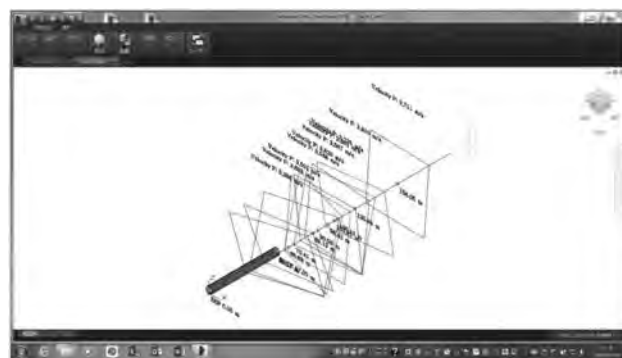
P波およびS波の速度分布、およびそれらの値から計算した  $V_p/V_s$  比、ポアソン比、密度、弾性係数などの物性値の表示と、速度分布や反射面の位置、断面図、平面図の表示（図一6）

#### ⑬最終結果の出力

最終結果はCADファイル(.dxf)に出力でき、他ソフトウェアに反射境界面の情報を出力することが可能（図一7）



図一6 反射面の結果、物性値の出力



図一7 反射面体のCAD出力

## 5. 海外での実施例

南米コスタリカ水力発電プラント工事での本システム探査実績について紹介する。図一8に示すように谷部付近に存在する断層帯手前で探査を行っている。

図一9は、解析結果から特に注意を要するS波の低速度帯（S波=2040 m/s以下）をレンダリングした図で、切羽近くにS波速度1700 m/s程度の低速度帯が確認でき、またその先にS波速度1900 m/s程度の位置が確認できる。

図一10は、切羽から前方90 mまでのコアボーリ

ングの結果と本システム解析結果を対比したもので、本システム解析結果では切羽3m先からP波の落ち込みが約18m間、S波の落ち込みが約33m間、顕著に確認でき、これはコアボーリング結果と対比する

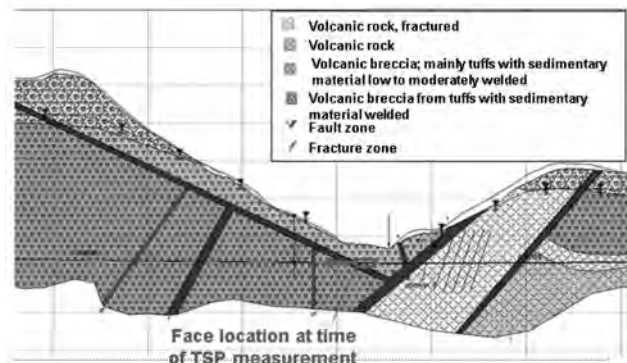


図-8 地質縦断面図及び TSP 探査位置

と非常に良く整合した結果になっている。特に断層位置に関して非常に精度良く探査出来たことを示している。

図-11は図-10の探査結果を3次元で表示したもので、岩盤タイプ別に色分けし反射面の走向、傾斜

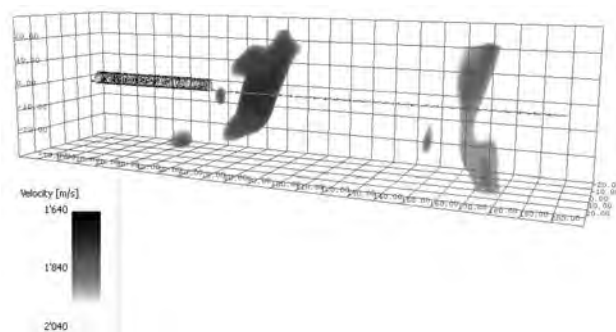
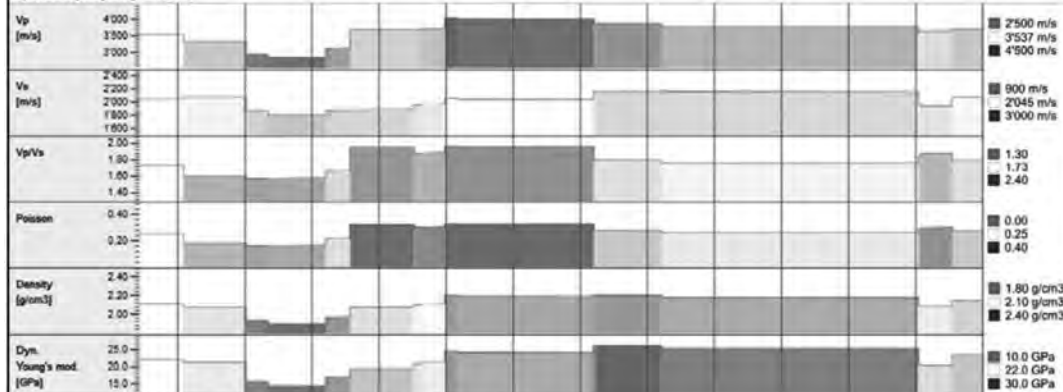


図-9 低速度帯のレンダリング (S波 2,040 m/s 以下)

#### a) Geological forecast

| Rock type          | Volcanic breccia weathered      | Fault zone            | fractured           | Volcanic breccia    | Fracture zone | Volcanic breccia |
|--------------------|---------------------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------|------------------|
| Probe drill        | Tunnel                          |                       |                     | End of drill        |               |                  |
| Classification RMR | III-IV<br>35-40<br>fair to poor | V<br><20<br>very poor | IV<br>21-40<br>poor | II<br>61-80<br>good | IV            | III              |
| Fracturing         | strong                          |                       | mod                 | little              | strong        | moderate         |
| RQD%               | 0-4%                            |                       |                     | 43%                 |               |                  |
| Water presence     | 1.25l/s                         |                       |                     | dry                 | possible      | dry              |

#### b) Rock property charts



#### c) Seismic result accord. to Dyn. Youngs Modulus (longitudinal view)

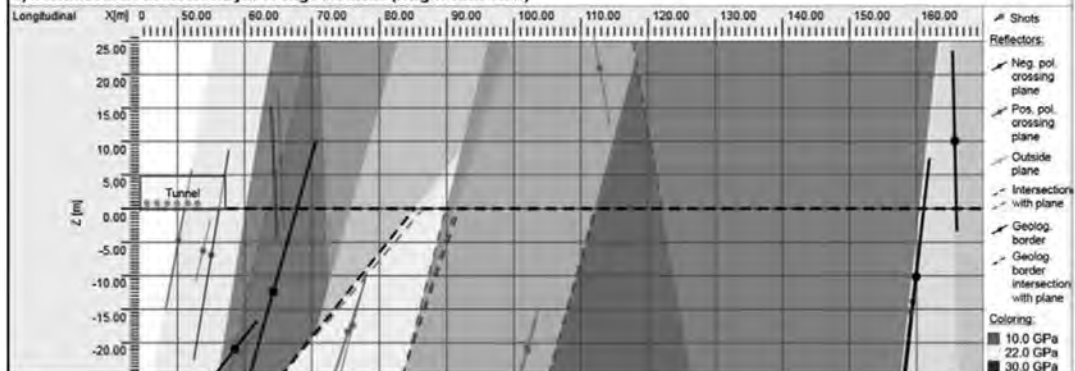
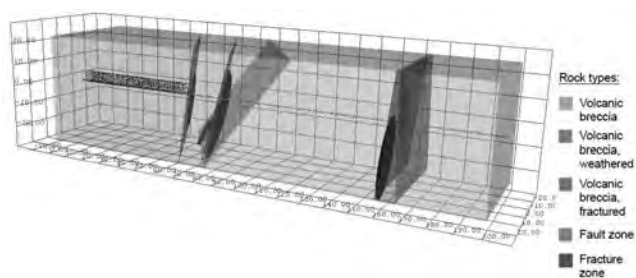


図-10 ボーリング結果と本システムの結果比較 (岩盤物性値グラフ及び反射面側面図)





図ー11 3次元反射面探査結果

が視覚的に確認できる。また、強い反射エネルギー部には楕円状の反射体キューブも表示し、より注意すべき位置を表示している。ソフト上では現場のニーズに合わせた結果出力が可能になっている。

## 6. おわりに

本システム TSP303 は初期のモデルから2世代進化した熟成された技術となった。解析技術の向上とそれを実行するPC等も格段に性能が向上し完全な3次元で

切羽前方の領域を評価する。本システムは短時間での探査が可能で、既存の探査技術と上手く融合し、より精度の高い地山評価が可能になると考えられる。リニア中央新幹線の工事が待ち構える中、安全に高速に工事を進める上で本システムが役立てられることを期待している。

J C M A

### 【筆者紹介】



四塚 勝久（よつづか かつひさ）  
エフティーエス(株)  
特機営業部  
リーダー



篠原 茂（しのはら しげる）  
エフティーエス(株)  
技術部

# 新版・換気技術指針に対応した電気式集じん装置

## FTE2400-E/FTE2700-E

平 孝 次・佐々木 勇 造・横 山 知 久

トンネル工事では平成9年から電気式の集じん装置が試験的に採用され始め、今日に至るまで15年余が経過した。その間、トンネル工事に用いる電気式集じん装置はめざましい進化を遂げた。平成20年10月には会計検査院より、イニシャルコスト・ランニングコスト共に経済的な電気式との比較検討を実施するよう是正要求がなされ、かつては「フィルタ式が当たり前」とされたトンネル工事業にあっては画期的な省エネ装置として置き換わるようになった。この動きはそもそも定置式の道路トンネル用から派生したもので、この分野では既に全てが電気式となっている。

平成24年3月「ずい道等建設工事における換気技術指針」が改正され、集じん装置の選定要件が強化された。その後、比較検討できる電気式が無い状態がしばらく続いたが、このたびに対応できる電気式集じん装置 FTE2400-E/FTE2700-E（以下「本装置」という）が普及してきたのでその現状を報告する。

キーワード：トンネル、集じん装置、換気技術指針、電気式、フィルタ式、CO<sub>2</sub>、希釈封じ込め、吸引捕集

### 1. トンネル建設工事におけるじん肺の現状

わが国のじん肺は昭和47年の労働安全衛生法の制定と昭和53年のじん肺法の改正以降、減少傾向を示している。厚生労働省の安全衛生関係統計によると、かつて約59万人を占めていた粉じん作業員数は昭和60年から減少傾向となった。平成4年に入ってから粉じん作業員数は40～50万人で横ばいを示す一方、じん肺有所見者の発生件数は昭和55年の6,842人から大きく減少し平成22年になると200人を下回るようになった。有所見率についても同じで、昭和57年には17.4%であったものが平成14年以降は5.0%を下回るようになり、平成25年には1.0%を達成した。今日でもなお産業全体の新規有所見者数が毎年200人程度で横ばいを示す中、トンネル建設工事業に限ってみれば平成20年にはゼロを達成、その後も2人以下を堅持している。

このように、建設業関係者による不断の努力や基準強化の効果もあって、産業全体の粉じん作業労働者数が減らない一方で、とりわけトンネル建設工事業にあっては際だった成果を挙げている。

### 2. 換気技術指針の概要

トンネル工事業ではこのような成果を示す中、一層

の作業環境改善を果たすため平成24年3月「ずい道等建設工事における換気技術指針」（建設業労働災害防止協会）が改定（以下「新指針」という）された。翌年2月には、「第8次粉じん障害防止総合対策の推進について」（厚生労働省労働基準局長）で本書について触れ、「必要に応じ、参照するよう」通知がなされ、現在では多くの現場でこれに基づき施工計画が立てられている。

ここで紹介する集じん装置に対する取扱い、新指針の「第2編 換気技術の設計」で詳述されている<sup>1)</sup>。

本編を要約すると次の通りとなる。

#### (1) 換気方式

①換気方式はトンネルの大小（断面・延長）を問わず「吸引捕集方式を標準とすること」。

②吸引捕集方式としない時は「送風機<sup>a)</sup>および集じん装置の容量<sup>b)</sup>を1.5倍内外に引き上げること」。

##### (a) 希釈封じ込め方式

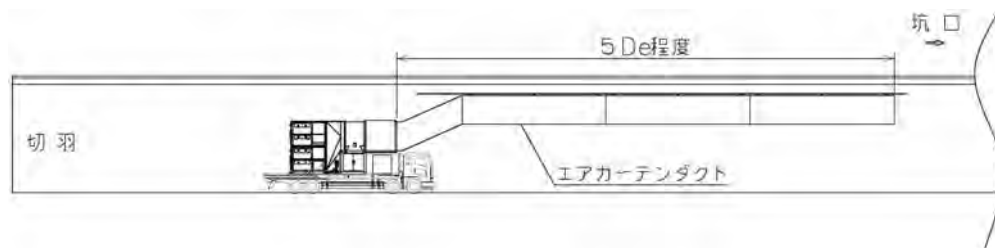
従来通り台車等に集じん装置を搭載する方式（いわゆるトラックマウント方式）で、その吐出口（坑口側）にトンネル等価直径（De）の5倍程度<sup>c)</sup>の長さのエアカーテンダクト等を設置する方式（図—1）。

a) 本稿では送風機に対する検討を割愛する。

b) ろ布の目詰まり等により風量低下するなど一様でないため「定格風量」とする。

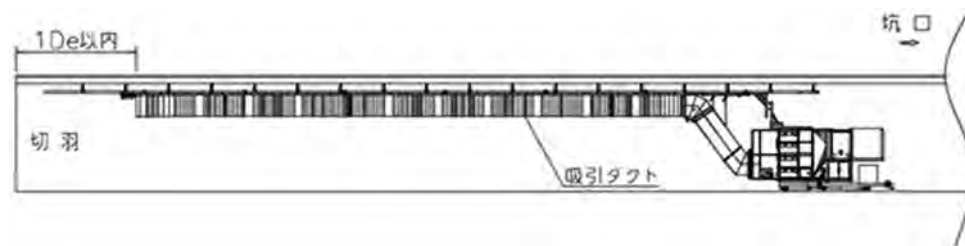
c) 一般的な道路トンネルでは50～60mとなる。





図一 希釈封じ込め方式の例

(上記 (a) 希釈封じ込め方式で示す「エアカーテンダクト等」はエアカーテンダクトに限定するものではないので、各社それぞれの対応で封じ込め効果を高めており、指針改定以後、実際にエアカーテンダクトを取り付けた例は確認できていない。



図二 吸引捕集方式の例

#### (b) 吸引捕集方式

集じん装置の吸込み口（切羽側）に吸引ダクト<sup>d)</sup>を接続し、切羽近傍から直接発生した粉じんを吸引しようとする方式（図一2）。

#### (2) 換気方式による計算方法の変更

旧指針（平成17年3月）では、送風機等により強制的に換気する「風管換気法」を検討するに当たり、一つの式でトンネル断面積及び延長を考慮し集じん装置の容量を割り出していた。

新指針では「吸引捕集方式であるか否か」によって二つの式に使い分け、それぞれで装置の容量を割り出すこととした（詳細は後述（6）計算例を参照）。

#### (3) 所要換気量の算出基準を強化

希釈封じ込め方式で集じん装置の容量を求める場合、送風量決定の基となる「所要換気量」には以下を考慮することとした。

- ① 粉じん発生量はコンクリート吹付機の吐出量で評価
- ② 粉じん低減効果係数の基準を粉じん低減剤の種類によって厳格化
- ③ 外気の粉じん（ $0.07 \text{ mg/m}^3$ ）を考慮する

即ち、集じん装置の選定はコンクリートの吹付量と低減剤によってのみ左右され、トンネルの断面や延長は考慮しなくて良いこととなった。

#### (4) 吸引捕集方式の場合は特定の粉じん作業を免除

吸引捕集方式は、吸引ダクトを用いれば粉じん発生

源から粉じんを捕集排除し清浄化することができるとしている。これを根拠として吸引捕集方式の所要換気量算出には、最も発生量が多いとされる「吹付作業時の粉じん」及び「発破粉じん」の検討を不要とし、これに伴う形で粉じん低減剤・SECコンクリートなどの「粉じん低減対策」も免除となった。

#### (5) 集じん効率は装置毎にメーカーが示した値を用いる

旧指針ではフィルタ式（ろ過集じん）の集じん効率は95%以上、電気式は70～90%とされていた。

新指針ではその集じん効率の採用に当たって「装置毎にメーカーが示した値を用いること」と改め、次のような事情に配慮した。

トンネル工事用集じん装置は短時間で膨大な風量を処理しなければならない。そのため一般的なフィルタ式は、ファンの動力が過大とならぬようろ布（フィルタ）の日開き（孔のサイズ）を大きく取り<sup>2)</sup>  $0.5 \mu\text{m} \times 90\%$ となるよう設定している。ところが、人体に有害とされる「吸入性粉じん」は微細（ $4.0 \mu\text{m}$ 以下が50%以上：特に $0.2 \sim 5.0 \mu\text{m}$ が有害とされている）であるため<sup>3)～4)</sup>、公称の集じん効率（99%或いは95%）を満足するのはろ布が目詰まりし、一次ろ過層が形成された後のことである。使用済みの未整備品を転用すれば納入当初から吸入性粉じんに対する能力は発揮するが、その一方で実態の風量は20%強低下する（表一1）。この結果、新指針が要求する「定格処理風量時での集じん効率」が不明瞭となっていた。

d) 特定業者が特許取得済みの製品名。

表—1 処理風量の実態

|            | フィルタ式（従来技術）<br>（RE-1500P） |                           | 電気式<br>本装置（FTE2400-E） |                           |
|------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 処理風量       | 定格風量                      | 1,800 m <sup>3</sup> /min | 定格風量                  | 2,400 m <sup>3</sup> /min |
|            | 現場実測                      | 1,408 m <sup>3</sup> /min | 現場実測                  | 2,601 m <sup>3</sup> /min |
|            | （増減率）                     | ▲ 21.78 %                 | （増減率）                 | 8.38 %                    |
| 設備動力及び消費電力 | 設備動力                      | 113.7 kW                  | 設備動力                  | 40.5 kW                   |
|            | 消費電力                      | 88.1 kW                   | 消費電力                  | 31.3 kW                   |
| 集じん性能      | 集じん機前（A）                  | 7.30 mg/m <sup>3</sup>    | 集じん機前（A）              | 7.440 mg/m <sup>3</sup>   |
|            | 集じん機後（B）                  | 1.82 mg/m <sup>3</sup>    | 集じん機後（B）              | 0.844 mg/m <sup>3</sup>   |
|            | 現場集じん効率（1-A/B）            | 75.1 %                    | 現場集じん効率（1-A/B）        | 88.7 %                    |
|            | 機器定格                      | 99 %                      | 機器定格                  | 95 %                      |

従来技術データは参考文献5) より転載

一方の電気式にあっては、断線トラブルが課題とされた「線の放電電極」は解消し、現在製造されているものは全て断線トラブルの無い「板の電極（ブレード式電極等）」へと置き換わっている。これに連動する形で各電気式の集じん効率は大きく向上した。

#### (6) 実際の計算例

施工条件として、断面積 60 m<sup>2</sup> 程度の一般的な道路トンネルを想定した。

(a) 希釈封じ込め方式の場合の計算例

①粉じん発生量

$$F_0 = 360 \times 22 \text{ (P)}^e \times 0.75 \text{ (}\alpha\text{)}^f = 5,940 \text{ (mg/min)}$$

②所要換気量

②-1. 吹付け粉じんに対する換気量

$$Q_{4a} = 5,940 \text{ (F}_0\text{)} / (3.0 \text{ (Ga)} - 0.07 \text{ (G}_0\text{)}) \\ = 2,027 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

②-2. 坑内作業員に対する換気量

$$Q_p = 3.0 \text{ (q)} \times 20 \text{ (n)} = 60 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

②-3. 所要換気量

通常は  $Q_{\max} = Q_{4a}$  (吹付け粉じんに対する換気量) となるので、所要換気量は

$$Q_a = 60 \text{ (Q}_p\text{)} + 2,027 \text{ (Q}_{\max}\text{)} = 2,087 \text{ (m}^3\text{/min)} \text{ と}$$

なる。

（但し、

$$F_0 : \text{吹付コンクリート作業時の粉じん発生量 (mg/min)}$$

$$360 : \text{定数 (定格吐出量の場合)}$$

$$P : \text{吹付機定格吐出量 (m}^3\text{/h)}$$

$$\alpha : \text{粉じん発生量低減対策による低減効果係数}$$

$$\alpha = 1 \quad \text{対策なし}$$

$$\alpha = 0.75 \text{ 粉じん低減剤・SEC コンクリート・}$$

e) 国土交通省 標準積算基準書に基づく。

f)  $\alpha = 0.6$  や  $0.4$  は取扱いが難しい、入手困難など現実的でないため  $0.75$  とした。

微粒分混入

$Q_{4a}$  : 所要風量 (m<sup>3</sup>/min)

$G_a$  : 粉じん濃度目標レベル 3.0 mg/m<sup>3</sup> 以下

$G_0$  : 拡散希釈に用いる空気濃度 (mg/m<sup>3</sup>)  
(送気式 (外気) : 0.07 mg/m<sup>3</sup>)

$Q_p$  : 坑内作業員に対する換気量 (m<sup>3</sup>/min)

$q$  : 作業員 1 人当り所要換気量 (3.0 m<sup>3</sup>/min)

$n$  : 作業員の坑内最大人員 (人)

$Q_{\max}$  : 工種ごとの換気量のうち最大値 (m<sup>3</sup>/min)

$Q_a$  : 所要換気量 (m<sup>3</sup>/min)

③集じん装置の選定

よって、集じん装置の容量は

$$Q_s = 1.2 \text{ (K}_e\text{)} \times 2,087 \text{ (Q}_a\text{)} / 0.93 \text{ (}\eta_D\text{)}^g \\ = 2,693 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

（但し、

$Q_s$  : 集じん装置の容量 (m<sup>3</sup>/min)

$K_e$  : エアカーテンの効果係数 (1.2)

$Q_a$  : 所要換気量 (m<sup>3</sup>/min)

$\eta_D$  : 集じん効率

となり、2,700 m<sup>3</sup>/min 級以上の集じん装置が必要となる。

(b) 吸引捕集方式の場合の計算例

集じん装置の容量は

$$Q_s = 60 \text{ (A}_t\text{)} \times 0.4 \text{ (V}_C\text{)} \times 60 / 0.95 \text{ (}\eta_D\text{)}^g \\ = 1,516 \text{ (m}^3\text{/min)}$$

となり、1,800 m<sup>3</sup>/min 以下の集じん装置でも対応が可能となる。

（但し、

$Q_s$  : 集じん装置の容量 (m<sup>3</sup>/min)

$A_t$  : トンネル断面積 (m<sup>2</sup>)

$V_C$  : 制御風速 (0.4 m/s)

$\eta_D$  : 集じん効率

g) 電気集じん装置の特性として、風量 (風速) を下げた時は集じん効率が向上する。



上述のケースでは、希釈封じ込めの「集じん装置の容量」は、 $2,693 \text{ m}^3/\text{min}$  必要なのに対し、吸引捕集方式では  $1,516 \text{ m}^3/\text{min}$  で済むため 1.8 倍程度の開きが出る。

つまり、吸引ダクトの対価を負担しても経済的にコスト安となる価値が生まれるケースが多くなる。なお、この方式は延長 100 m 程度の短いトンネルであっても同様の傾向がある。

### 3. 昨今の換気設備市況

指針改定以前（平成 23 年度まで）の吸引ダクト納入実績について述べる（表—2）。表からも明らかのように、吸引ダクトの実績は例年 10 件以下のペースが続いていた。実際に採用された例は総合評価落札方式による技術提案など用途が限定的で、供給も限られていた。

希釈封じ込め方式における送風機や集じん装置についても同様に、片側 3 車線ある第二東名高速道路など特殊な場合を除けば、送風機は  $2,000 \text{ m}^3/\text{min}$  級、集じん装置は  $2,400 \text{ m}^3/\text{min}$  級まであれば十分とされていたため、希釈封じ込め方式で計画するとしてもこれを超える集じん装置の供給は限られていた。

この様な事情から、新指針に対応できる集じん装置の開発が望まれていた。

### 4. 電気集じんのメカニズム

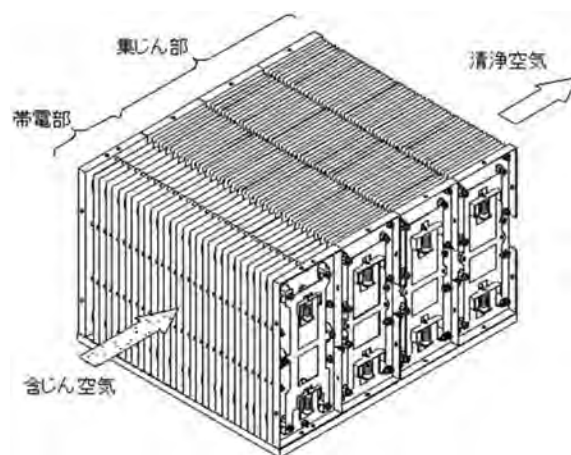
#### (1) 電気集じん法の原理

後段の説明をするに当たり、電気集じん法の原理について解説する。

電気集じん法とは、平行に置かれた集じん電極間に放電電極を配置し、これに直流高電圧を荷電し、放電電極の表面でコロナ放電を発生させて集じんする方法である（図—3）。

マイナスの直流高電圧を荷電した方がプラスの直流高電圧よりもコロナ放電が安定するので、マイナスの直流高電圧が一般的に使われている。放電電極にマイナスの直流高電圧を荷電すると、コロナ放電でできた正イオンはすぐ近くの放電電極に吸引されて荷電を失うが、負イオンは集じん電極に向かって移動する。従って、空間の大部分は、集じん電極に向かって走行する負イオンの流れで満たされる。この空間に含じんガスを導入すると、ガス中の粉じんには負イオンが衝突附着して負の電荷を持った粉じんとなる。負の電荷を持った粉じんは、静電気力により、集じん電極の表面に引きつけられて集じんされる。

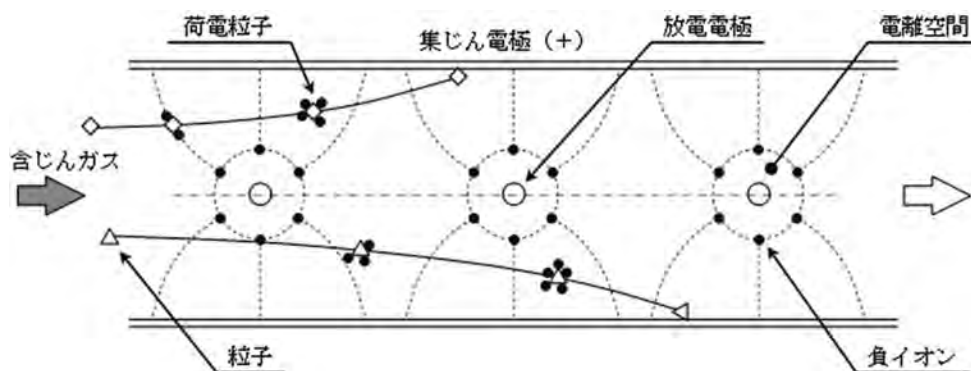
トンネル工事のようにコンパクトかつ大風量を要求する場合は 2 段階荷電方式とするのが妥当なため、帯



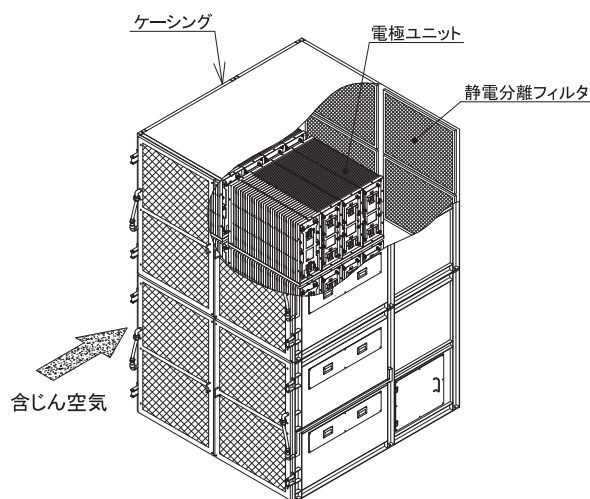
図—4 電極ユニット

表—2 吸引ダクト納入実績（ダクト吸引方式を含む）

| 平成12年度 | 13年度 | 14年度 | 15年度 | 16年度 | 17年度 | 18年度 | 19年度 | 20年度 | 21年度 | 22年度 | 23年度 | (件) |
|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|
| 1      | 3    | 3    | 7    | 5    | 7    | 5    | 4    | 6    | 8    | 4    | 10   |     |



図—3 電気集じん法の原理



図一5 電気集じん装置本体

電させることを目的とする「帯電部」と集じんさせることを目的とする「集じん部」とに分けている（図一4）。帯電部と集じん部を分離する事で、コロナ放電に最適な電極構造と静電気力による捕集に最適な電極構造とを使い分けている。

## (2) 電気集じんの特長

図一4に示すとおり、電極ユニットは帯電を目的とする帯電部と、捕集を目的とする集じん部により構成されている。トンネル工事用としてはこの電極ユニットを8組集成し断面積を確保することで、トンネル内で発生した多量の粉じんを一度に処理することを

可能とした（図一5）。

電気集じん装置は空気の流れを阻害しない。つまり、ろ布に含じん空気を通過させ目詰まりさせて捕集する原理（フィルタ式）と異なるため、次のような特長を持つ。

- ①動力が小さく、同じ処理風量でフィルタ式の1/4～1/5となる。
- ②ろ布の目をすり抜ける微細な吸入性粉じんに対し、効果を発揮する（図一6）<sup>6)～8)</sup>。
- ③電力負荷低減に伴うCO<sub>2</sub>削減が図れる。
- ④処理風量の低下が無く、いつでも仕様通りの風量が確保できる。

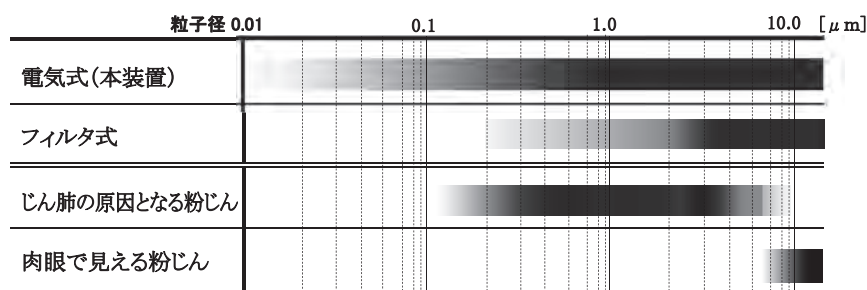
## 5. 新指針に対応した電気式集じん装置

電気集じん法はトンネル工事でも取り入れられており、既に新指針に対応できる機種が多く現場で活用されている。

### (1) 希釈封じ込め方式への対応

前述2.(6)計算例の通り、希釈封じ込め方式で集じん装置を選定する際はトンネル断面や延長に左右されない。換言すれば、一定の風量さえ満たせば全てのトンネルで適用が可能となる（写真一1）。

新指針に対応できるフィルタ式と電気式との仕様比較を表一3に示す。



図一6 捕集できる粒径範囲

表一3 仕様比較表（希釈封じ込め対応機種）

|            | フィルタ式<br>(RE-3000P2) <sup>h)</sup> |                               | 電気式<br>本装置 (FTE2700-E) |                                     |
|------------|------------------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------|
| 処理風量       | 定格風量                               | 3,000 m <sup>3</sup> /min     | 定格風量                   | 2,700 m <sup>3</sup> /min           |
|            | 現場実測<br>(増減率)                      | 不明 m <sup>3</sup> /min<br>(%) | 現場実測<br>(増減率)          | 2,771 m <sup>3</sup> /min<br>(2.6%) |
| ファン静圧      | 定格                                 | 1,500 Pa                      | 定格                     | 570 Pa                              |
| 設備動力及び消費電力 | 設備動力                               | 153.7 kW                      | 設備動力                   | 46.0 kW                             |
|            | 消費電力                               | 不明 kW                         | 消費電力                   | 39.8 kW (フル運転時)                     |
| 集じん性能      | 機器定格                               | 99 %                          | 機器定格                   | 93 % <sup>i)</sup>                  |

h) メーカー公表のカタログ諸元表より。

i) 第三者計量機関による新指針が定める試験方法に基づく値。

表—4 損料表の損率にて換算

| 種類                     | 規 格                         |              |             | 基礎価格<br>(千円)         | 運転 1 日当たり                   |           | 供用 1 日当たり                   |           | 供用 1 日当たり<br>換算値            |           | 燃料<br>消費量<br>(kWh/h) |
|------------------------|-----------------------------|--------------|-------------|----------------------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|-----------------------------|-----------|----------------------|
|                        | 諸元                          | 機関出力<br>(kW) | 機械質量<br>(t) |                      | 損料率<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 損料<br>(円) | 損料率<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 損料<br>(円) | 損料率<br>( $\times 10^{-6}$ ) | 損料<br>(円) |                      |
| フィルタ式                  | 3,000 m <sup>3</sup> /min 級 | 150          | 15.5        | 87,800               | 837                         | 73,500    | 741                         | 65,100    | 1,299                       | 114,000   | E 110                |
| 【新技術の集塵装置】             |                             |              |             |                      |                             |           |                             |           |                             |           |                      |
| 電気式<br>本装置 (FTE2700-E) | 2,700 m <sup>3</sup> /min 級 | 46           | 11          | 75,500 <sup>j)</sup> | 837                         | 63,200    | 741                         | 55,900    | 1,299                       | 98,100    | E 41                 |

j) メーカー公表の見積価格より。



写真—1 希釈封じ込め方式への対応（電気式）

新指針に対応可能となった電気式を「平成 27 年度版 建設機械等損料表」に当てはめ換算すると表—4 の通りとなる。

上記からも新指針に対応できる電気式は、省エネ性、経済性いずれも優位性が認められる。

## (2) 吸引捕集方式への対応

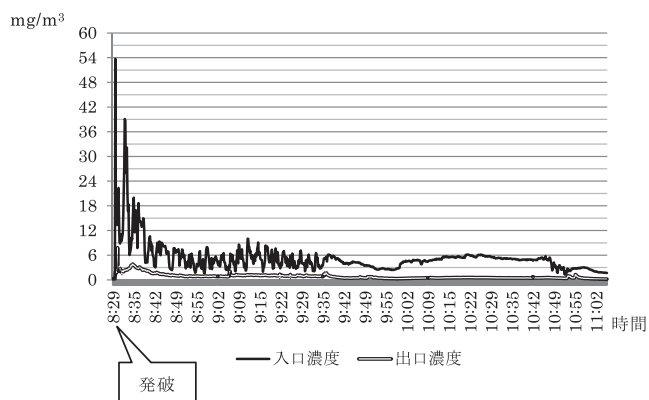
これまで「電気式は吸引捕集方式に対応できない」と認識されてきた。しかしながら、最近ではダクトと本体との間に接続部（入口ダクト）を設け流れ込む空気の整流を行うことで、対応可能となっている（写真—2）。



写真—2 吸引捕集方式への対応（電気式）

集じん性能について、実際の工事現場で得られたデータの一例を図—7 に示す。

図から出口側粉じん濃度は、発破 4 分後からガイドライン（平成 23 年 3 月）に示す目標レベル 3 mg/m<sup>3</sup>



図—7 吸引捕集方式での粉じん濃度推移（電気式）

以下をキープしていることが分かる。吸引ダクト（または同等品）は、格納状態から切羽に到達させるまで最低 3～4 分要することから、吸込口の切羽到達直後から清浄化されていることが分かる。

## 6. 換気現場の現状

新指針では、希釈封じ込め方式に対し集じん装置が無いものとみなし、送風量だけでも 3 mg/m<sup>3</sup> 以下となるよう基準を定めている。一方で吸引捕集方式ならば、コンクリート吹付時における集じん容量は問わないこととしている。両者の取扱いに極端な開きがあるため、より現実的な視点に立った多様な意見があるので以下に紹介する。

- ①吸引ダクトで吸引できなかった粉じんに対して、より大人数が控える後方作業員の粉じん暴露に配慮すべきであろう<sup>9)</sup>。
- ②集じん容量の大型化について、工法次第では風量を一定以上引き上げても粉じん低減の効果（清浄化の程度）に与える影響は小さいのではないかと<sup>9)～10)</sup>。
- ③機械掘削現場は全て「吸引捕集方式が望ましい」とされているが、吸引捕集方式には新鮮空気で粉じん濃度を薄める概念がないため、捕集する前にまず新鮮空気で希釈すべきではないか。
- ④フィルタ式は動力負担が過大であるため、濃度が



3 mg/m<sup>3</sup> 以下になると粉じん作業中であるか否かを問わず自動的に停止、或いは処理量を低下させるよう制御している。このような「3 mg/m<sup>3</sup>を少しでも下回れば良しとする経済合理性を優先した考え方」に対する指摘がある<sup>1)</sup>。具体的には、運転時間と使用電力の報告を求めるべきとの意見がある（本稿紹介の装置は、タッチパネルによる運転状況の可視化や常時監視が可能）。

## 7. わが国が直面する環境問題

昨年末採択された温暖化対策の新たな国際ルール「パリ協定」へ向け、政府は地球温暖化対策推進法に基づき「地球温暖化対策計画」を閣議決定するとしている（本稿執筆時点）。温暖化ガスを中期目標としては30年に26%減、長期目標では50年に現在よりも80%減として国際社会に示す見通しだ。これにはまず排出量の4割を占める発電部門への対策が不可欠だが、当の原発再稼働については直下に活断層が認められるなど先行き不透明な状況が続いている。このままでは発電部門でまかないきれず、省エネ機器の普及へ振り向けられるのは必至の状況だ。

トンネル工事にあっても、本装置を用いることで多少とも貢献することができる。1台をフルに活用するだけでCO<sub>2</sub>削減量は519 t-CO<sub>2</sub>/年にもなり、一般家庭でおおよそ200世帯の年間消費量に充当することが出来る。トンネル工事用集じん装置は、国内で常時100台以上が稼働している。これを電気式に置き換えることで20,000世帯ものの消費量を削減させる計算となる。

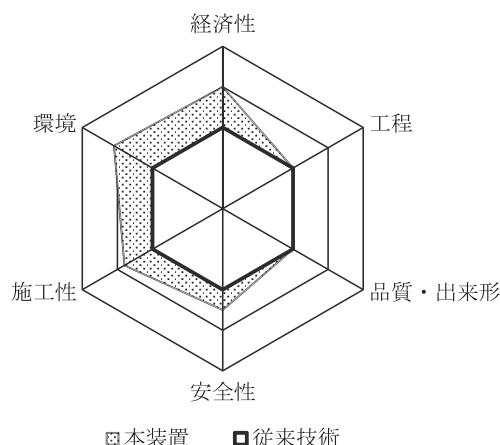
## 8. 新技術の活用

### (1) 新技術情報提供システム（NETIS）の位置づけ

国土交通省では新技術情報提供システム（NETIS）に登録された技術について、経済性や安全性、環境面といった六つの視点から、画期的若しくは独創的、又は国際的に先端を行く若しくは先進諸国への技術展開が期待される等の評価を行っている。また、このような技術の積極活用に対しては①総合評価方式の技術提案の審査において、また②「施工者希望型」の工事成績評価において、加点を行っている。

### (2) 評価結果

本装置は平成22年度に開発されたもので、上記NETISにおける評価済み技術（TH-100024-VE）となっている。



|        | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 平均 | 従来技術 |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|------|
| 経済性    | C | B | B | B | B | B | B | A | B  | C    |
| 工程     | C | C | C | C | C | C | C | C | C  | C    |
| 品質・出来形 | C | C | C | C | C | C | C | C | C  | C    |
| 安全性    | C | C | C | B | B | B | B | C | C  | C    |
| 施工性    | B | C | C | B | B | B | B | A | B  | C    |
| 環境     | B | B | B | B | B | B | B | A | B  | C    |
| 総合評価点  | C | C | C | B | B | B | B | B | B  | C    |

A：従来技術より極めて優れる

B：従来技術より優れる

C：従来技術と同等

D：従来技術より劣る

図—8 NETIS 事後評価結果<sup>k)</sup>

k) 国土交通省新技術情報システムより。

評価結果から分かる通り、本装置はフィルタ式（従来技術）と同等以上の安全性確保はもちろんのこと、経済性や施工性、環境面では「従来技術より優れる」と位置づけられている。「今後も是非活用したい」「活用を検討したい」は全体の9割以上<sup>1)</sup>を占め、劣るとされる点は見受けられない（図—8）。

このたび国内の評価が確定したことで、本装置は今後、鉄道を始めわが国の土木技術の海外展開に伴い「日本固有の技術」として広く国際社会に貢献してゆくものと期待される。

## 9. おわりに

換気技術指針の改正以後4年の歳月を経て、高い省エネ性を有するゆえに永らく期待された電気集じん装置が新指針に対応できるようになり、普及してきたのでここに報告する。今後も、わが国や工事関係者の利益や安全と健康に貢献できるよう環境イノベーションに邁進していく所存である。

JCMMA

1) 全体で83%提出されている内の75%を占める。

## 《参考文献》

- 1) 建設業労働災害防止協会, 新版 ずい道等建設工事における換気技術指針, 建設業労働災害防止協会, 平成 24 年 3 月
- 2) 平孝次・小峰新平, 新しい高効率電気集じん器, 建設の施工企画, 第 741 号, 日本建設機械化協会, 2011 年 11 月
- 3) 白谷三郎・橋本康孝・友田孝, トンネル工事の衛生と環境保全, 土木工学者, 1982 年 8 月
- 4) 建設業における粉じんによる疾病の防止, 建設業労働災害防止協会, 2008 年 8 月
- 5) 新谷義行・藤内 隆, トンネル工事における集じん機の比較検討, 《一般国道 229 号 岩内トンネル》, トンネルと地下, Vol.33 No.9, 土木工学社, 2002 年 9 月
- 6) 松本俊次, 電気集塵機の計画・選定と評価, (株)アイピーシー, 1980 年 3 月
- 7) 橋本清隆・谷口 堯, 電気集塵装置の理論と実際, (株)電気書院, 1965 年 10 月
- 8) 狩郷修, ゴミ焼却炉選定の技術的評価, 工業出版社, 1979 年 2 月
- 9) 山下信一・荒川晃士・小林誠・中村亮・宮ノ原隆一・小林雅彦, 発破現場対応「トラベルクリーンカーテン」(トンネル坑内の粉じん低減工法)の適用, 2014 トンネル技術研究発表会 論文集, 北海道土木技術会トンネル研究委員会, 2014 年 2 月
- 10) 前田全規・真下義章・田中誠, エアカーテンを用いたトンネル新換気システムによる高濃度掘削粉じん対策, 平成 26 年度全国大会 第 69 回年次学術講演会, 土木学会, 2014 年 9 月
- 11) 西村章, 進化するトンネル換気技術, 建設の施工企画, 第 727 号, 日本建設機械化協会, 2010 年 9 月

## [筆者紹介]

平 孝次 (たいら こうじ)  
古河産機システムズ(株)  
小山栃木工場 設計部  
技師長



佐々木 勇造 (ささき ゆうぞう)  
古河産機システムズ(株)  
小山栃木工場 設計部  
主任技師



横山 知久 (よこやま ともひさ)  
古河産機システムズ(株)  
営業本部 第三営業部  
参与



# 硬岩トンネル掘削機の開発

## TM-100

### ディスクカッタにより硬岩を自由断面に掘削

内 田 正 孝・足 達 康 軌・松 尾 陽 介

近年、国内のトンネル工事においては、自然環境の保全や近隣住民の生活環境意識への配慮などから、より環境への負荷を少なくすることが求められている。一方、国内の現状の無発破工法技術は、大型ブレイカや自由断面トンネル掘削機による機械掘削、或いは割岩機や薬剤による割岩工法のための選択肢しかない。そこで、国内のトンネル掘削機メーカーと共同で、新たな硬岩トンネル掘削機 TM-100（以下「本機」という）を開発、製作した。

本機は、ディスクカッタによる圧砕により、従来困難であった一軸圧縮強度 100 MPa 超の硬岩を、自由断面に効率的に掘削するトンネル掘削機である。

キーワード：トンネル，硬岩，自由断面トンネル掘削機，ディスクカッタ，圧砕，自動運転

## 1. はじめに

近年、都市部や住宅地に近接した地域でのトンネル工事が多くなり、周辺の生活環境への配慮が必要になっている。また重要構造物など施設の保全、安全の要求から発破掘削が制限され、騒音、振動を抑えた施工が求められている。

そこで、国内のトンネル掘削機メーカーと共同で、ディスクカッタによる新たな硬岩トンネル掘削機本機を開発、製作、工事に適用したので紹介する（写真—1）。

## 2. 開発の背景

写真—2 に示すロードヘッダ（三井三池製作所製）に代表される自由断面トンネル掘削機は、ピックと呼



写真—2 国内最大級の自由断面トンネル掘削機  
（ロードヘッダ SLB-350S）<sup>1)</sup>

ばれるビットをらせん状に配置したドラムを回転させながら岩盤に押し付け、切削（図—1）により掘削するものであり硬岩には適さない。大型ブレイカによる打撃破碎掘削も、硬岩になればチゼル（のみ）の摩耗、機械の損傷が激しく使えない。なお、打撃破碎による発生衝撃音・振動は発破とは異なり、連続的な騒音や振動を与えるため、近隣住民に発破以上に不快感を与えるケースが多くなっている。

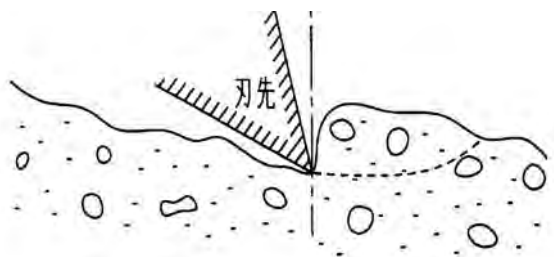
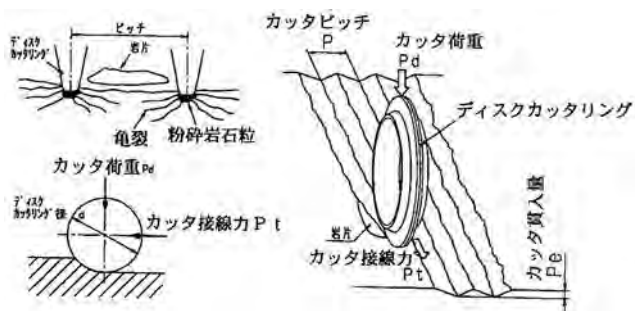
一方、海外では、鉱山を中心にディスクカッタを使用した圧砕（図—2）による掘削機が各種実用化されている。一例を写真—3 に示す。

また、20 年以上以前であるが日本においても、オーストラリアの鉱山で使用されていたモービルマイナーを基に、自由断面を掘削できるようにした硬岩自由断面掘削機 MM130R を海外のトンネル掘削機メーカーが



写真—1 工場で作成した本機



図—1 切削原理<sup>4)</sup>図—2 圧砕原理<sup>4)</sup>写真—3 海外メーカーが製作したディスクカッターによる掘削機<sup>2)</sup>

製作し、導入した。しかしながら掘削自体は想定通りの性能を発揮したが、組立・解体や施工時の機動性に問題があり、結局一工事での適用で終わった。

### 3. 機械概要

#### (1) 特徴

本機の特徴を以下に示す。

- (a) ディスクカッターによる圧砕で、一軸圧縮強度  $\sigma = 100 \text{ MPa}$  超の硬岩を自由な断面形状で掘削できる。
- (b) 常に切羽形状を球面状に維持し、切羽の安定化が図れる。
- (c) 位置・姿勢計測システムと自動運転システムを

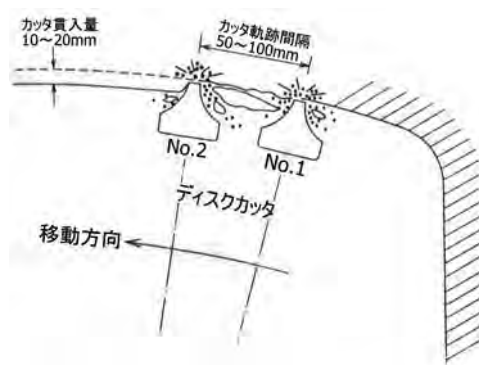
連動し、設計断面プロファイルを自動運転により掘削できる。

- (d) 余掘りを最小限に抑えられる。
- (e) 自動運転により、掘削中の省力化、効率化が図れる。
- (f) カッターをディスクからピックに変えることにより、軟岩域の掘削も可能である。

#### (2) 構造

掘削原理は、8個の15.5 in ディスクカッターを取り付けた直径2.7 mのカッターホイールを縦回転させながら、横移動（スイング）することにより、切羽岩盤をTBMと同様に圧砕する。図—3に掘削の原理を示す。カッターホイールは上下動するピッチングブームに支持され、ピッチングブームは左右動するスイングブームに支持されている。スイングブームはメインビームの先端に取り付けられており、メインビームはスラストシリンダで前進することができる。つまり、カッターホイールは回転しながらピッチングブームで上下動、スイングブームで左右動、メインビームで前進することができる。

一見、オープン型TBMのカッターホイールを縦方向に配置したものとも言える。

図—3 本機の掘削原理<sup>3)</sup>

なお、カッターホイールには8個のフェイスカッター以外に、左右斜め方向に各4個のゲージカッターを配置して側壁面を掘削できるようにし、更に仕切り状のパドルを配置し、掘削ずりを手前に掻き上げるようにしている（写真—4）。

掘削中、本体前方のドーザと後方のアウトリガ2基が下方の地盤に機体質量の80%の力で張出し、上方には前後左右4本のグリッパがトンネル天端面に張出すことで、硬岩掘削による反力に抵抗できるように確実に本体を固定する。

所定の掘進長（例えば1.0 m）或いはずりの処理が

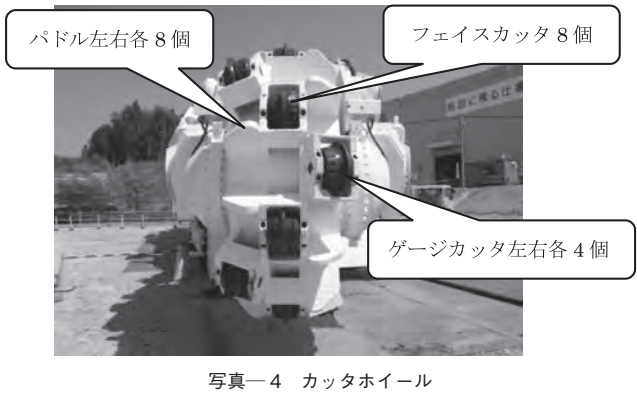


写真-4 カッターホイール

必要な場合は、前記のグリッパ、ドーザ、アウトリガを収納し、クローラで後方に移動、退避する。ずり処理等を行ったあと再度移動、セットして掘削を再開する。

(3) 全体組立図

本機の全体組立図を図-4 に示す。

(4) 仕様

本機の主な仕様を表-1 に示す。

(5) 想定能力

掘削能力については、製作工場内で掘削の要素試験を実施したので、その結果を説明する。

試験は、掘削反力に耐える質量のベースコンクリートとブームを支持する仮設架台を製作し、それに先行

表-1 本機主要仕様

| 項目           | TM-100 仕様                                                 |
|--------------|-----------------------------------------------------------|
| 寸法(全長×全幅×全高) | 28.5 m × 3.8 m × 4.8 m                                    |
| カッターホイール径    | 2.7 m                                                     |
| 全総質量         | 約 280 t                                                   |
| スラスト量        | 1.2 m                                                     |
| カッターホイール電動機  | 225/150 kW 4/6P 2 台 (水冷)<br>1000/1100 V-50/60 Hz          |
| カッターホイール形状   | ディスクカッタ型と<br>ピック型を交換可能                                    |
| カッターホイール回転数  | 22.3/14.9 min <sup>-1</sup> 4/6P                          |
| カッタ周速        | 3.2/2.1 m/s 4/6P                                          |
| カッタ数量        | 15.5 in ディスクカッタ 8 個<br>+ ゲージカッタ 左右各 4 個<br>または 丸ピック 174 個 |
| クローラ (幅×長さ)  | 1.12 m × 7.86 m (片側)                                      |
| 接地圧          | 0.17 MPa (1.7 kg/cm <sup>2</sup> )                        |
| 走行速度 低速      | 2.7/3.2 m/min-50/60 Hz                                    |
| 〃 高速         | 5.0/6.0 m/min-50/60 Hz                                    |
| 油圧用電動機       | 225 kW 4P 2 台 (空冷)<br>1000/1100 V-50/60 Hz                |

して製作したカッターホイール、ブームを取り付け、掘削対象は一軸圧縮強度 110 MPa の中国産の花崗岩を、コンクリート内に埋め込み模擬岩盤とし、カッタの貫入量、カッターホイールの移動速度をそれぞれ変化させ掘削を実施した (写真-5)。

試験の結果、カッタ貫入量 13 mm、軌跡間隔 83.9 mm の設定で、一軸圧縮強度 110 MPa の硬岩を、最

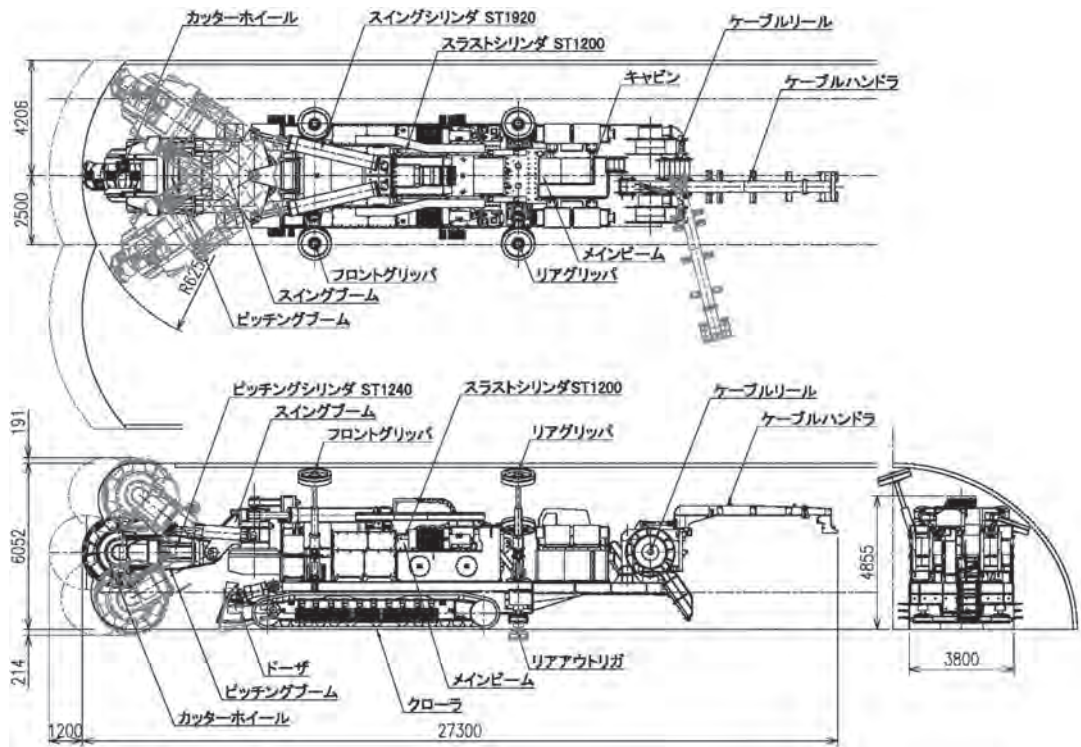


図-4 本機全体組立図



大  $22 \text{ m}^3/\text{h}$  の能力で掘削することを確認した。

写真—6 に、掘削で発生した花崗岩のずりの岩片を示すが、圧砕の掘削原理にあって、細長い平板状になっている。



写真—5 掘削要素試験状況



写真—6 掘削要素試験で発生したずりの岩片

## (6) 位置・姿勢計測システム

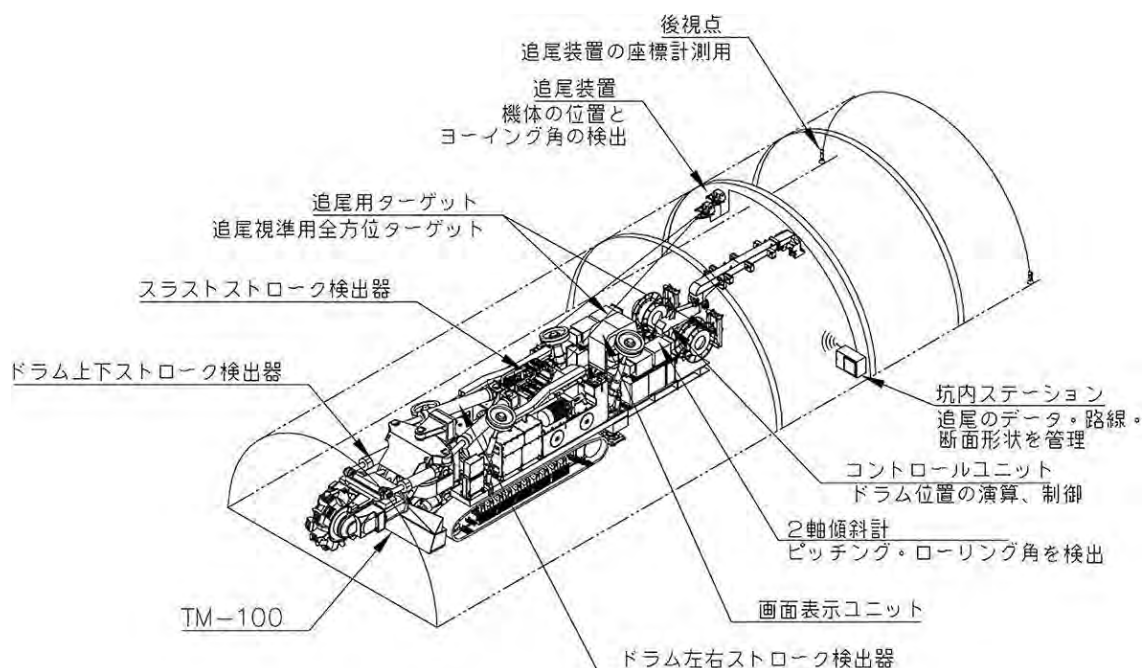
掘削に際し、まずは本機本体を掘削開始位置に移動する必要がある。目視による誘導には限界があるため、ここでは自動追尾型のトータルステーションにより、機械の位置を把握し、オペレータの操作で目標点に移動するようにした。

具体的には、トンネル内の任意の位置にトータルステーション2台を設置し、既知の2点から測量機の位置、方位を自覚し、機械本体に搭載された2台のターゲットを自動追尾することにより、本機本体位置と方位を把握し、本体に搭載された傾斜計とスラストシリンダのストロークから姿勢を演算、ブーム旋回中心を求めるようにした（図—5）。

オペレータは、運転席のディスプレイに表示されるブーム旋回中心と掘削開始目標位置、方向、離れの情報から、ジョイスティックで左右のクローラを操作して、機械本体のブーム旋回中心を目標点近く（ $\pm 200 \text{ mm}$  以内）に移動する（図—6）。機械側では、前回掘削を終了した時点で、切羽の位置情報を保持し、それに合わせて最終的な微調整をスラストシリンダの伸縮により行う。その結果、掘削開始時に、カッタの過度な貫入もなく、空振りも無くすることができる。

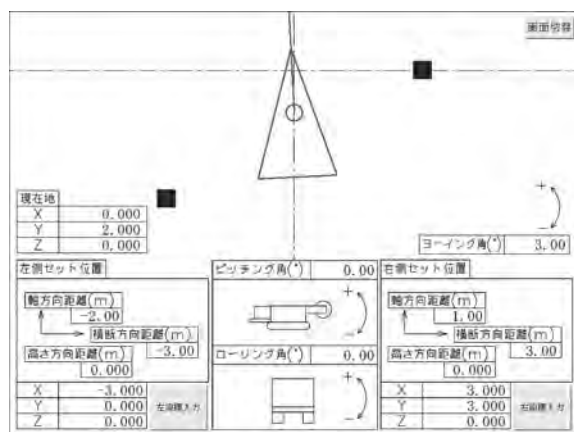
## (7) 自動運転システム

本機は、位置・姿勢計測システムで掘削開始位置にセットできた段階で、自動運転開始ボタンを押すだけで掘削を開始する。機械本体の位置、姿勢、カッタ位置は常に位置・姿勢計測システムと各シリンダに内蔵



図—5 位置・姿勢計測システム概要





図—6 位置・姿勢計測システム表示例

したストローク計により計測・演算し、予め設定された断面形状に沿ってブームを移動コントロールする。所定のブーム運動により1貫入量分（通常は10～20 mm程度）の掘削を完了し、スラストシリンダで次の貫入を行い、同じブーム運動を繰り返す。所定の掘進長或いはずりがドーザの前に堆積し、掘削の継続が困難になった時点で（0.5～1.0 mを想定）、掘進を停止し、機械本体を後退させる。

ディスクカッタによる圧砕掘削においては、カッタの貫入量と軌跡間隔を決定するスイングブームの移動速度の制御が重要になる。つまり貫入量が大きすぎるとカッタの許容荷重を超え、ディスクカッタの破損、最悪ブーム等の本体側にも損傷を与えることになる。また、軌跡間隔が大きすぎると軌跡間に未掘削部分が発生してしまう。逆に貫入量や軌跡間隔が小さすぎると無駄な動きのため、掘削能力の低下、エネルギーロス、カッタの過剰な消耗が発生することになる。

現時点では、オペレータが掘削中のカッタモータの電流値をみて、適切な貫入量とカッタ軌跡間隔（ブーム移動速度）を設定しながら運用する。将来的には、これも自動的に適切な値を設定できるようにする予定である。

#### 4. 工事実績

本機は工場完成後、基本的な検査を終え、兵庫県内の新名神高速道路川西トンネル工事（2車線）に導入した。

現在、トンネルの一部の適用場所（硬岩で、発破掘削が許されない区間）で掘削を実施後、貫通側の掘削に備え休止中であり、ここでは実績の途中経過について述べる。

#### (1) 現場搬入

本機の分解部材は、通常にトレーラ運搬が可能な、幅寸法を3.0 m以下、質量を30 t未満に抑えている。運搬に要した車両を表—2に示す。

トレーラ運搬に関しては、特車の許可を得て運搬した。

表—2 本機部材運搬車両

| 車種           | 台数 |
|--------------|----|
| 30 t 積重トレーラ  | 4  |
| 20 t 積セミトレーラ | 6  |
| 10 t 積トラック   | 12 |
| 計            | 22 |

#### (2) 現場組立、移動

本機の現場組立は、屋外で120 t吊オールテレーンクレーンにより実施した（写真—7）。

表—3に組立歩掛を示す。今回のケースでは、民家に近接した場所であり、昼間の8:30～17:00の時間帯での作業となった。仮に、残業が可能で昼夜作業を実施すれば約1週間で完了できる（写真—8）。

なお、本機は現状エンジンを搭載しておらず、走行もすべて電力によるため、組立後の坑内への移動ではトラックに搭載した500 kVAの発電機の電力により

表—3 本機組立歩掛

組立日数

| 作業内容          | 方数1 <sup>*1</sup> | 方数2 <sup>*2</sup> |
|---------------|-------------------|-------------------|
| クレーン組立        | 1.0               | 1.0               |
| 部材組立          | 11.5              | 11.5              |
| 油圧配管、電気配線     | 5.5               | 1.0               |
| 試運転、調整、クレーン解体 | 6.5               | 0.5               |
| 計             |                   | 14.0              |

基本、1方8時間作業

<sup>\*1</sup>方数1：実質方数（他の作業と同時作業を含む）

<sup>\*2</sup>方数2：拘束方数（部材組立と同時作業方数を除く）

作業員数

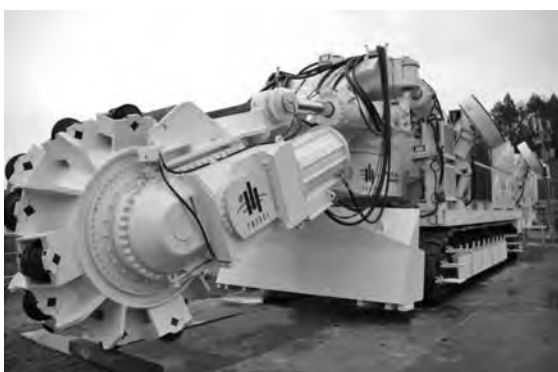
| 職 種       | 延人工 |
|-----------|-----|
| 作業指揮者・設計者 | 28  |
| 機械・油圧工    | 78  |
| 電気・制御工    | 39  |
| クレーン運転者   | 15  |
| 計         | 160 |

機械工具数

| 機械名                | 延台数 |
|--------------------|-----|
| 120 t 吊オールテレーンクレーン | 14  |
| 25 t 吊ラフテレーンクレーン   | 1   |
| トルクレンチ             | 10  |
| チェーン（レバー）ブロック各種    | 10  |
| その他一般工具            | 14  |



写真—7 組立中の本機



写真—8 組立を完了した本機



写真—9 掘削状況（切羽面）



写真—10 掘削状況（掘削機と集塵機をセット）

実施した。

### (3) 掘削

本機による掘削は、開始当初一部の不具合やトラブルが発生し、その対応を余儀なくされた。各種改善の結果、トラブルは収まり、本格的掘削に耐えることを確認したが、その後発破可能区間に入り、現在貫通側の国道近接箇所での掘削に備えている（写真—9、10）。

現地での、掘削能力、精度、環境影響については、後日の報告とさせて頂く。

## 5. おわりに

本開発機械 TM-100 は、従来困難であった 100 MPa 超の硬岩を、ディスクカッタによる圧砕で掘削可能にしたものである。自由断面で掘削できるディスクカッタ型硬岩掘削機としては世界で初めての実用機と言える。今後、硬岩で発破掘削方式が採用できない場合に大きなツールとなることが期待される。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 株式会社三井三池製作所、ロードヘッダ SLB-350S カタログ, <http://www.mitsumiike.co.jp/product/excavator/rh/index.html>

- 2) Aker Wirth GmbH, Wirth Mobile Tunnel Miner カタログ, [http://www.infomine.com/suppliers/PublicDoc/AkerWirth/Mobile\\_Tunnel\\_Miner\\_en.pdf](http://www.infomine.com/suppliers/PublicDoc/AkerWirth/Mobile_Tunnel_Miner_en.pdf)
- 3) 社団法人日本建設機械化協会・建設機械化研究所（現、一般社団法人日本建設機械施工協会・施工技術総合研究所）、硬岩トンネル自由断面掘削機（MM130R）性能確認試験報告書, 1996.12
- 4) 一般社団法人日本トンネル技術協会、TBM ハンドブック, 2000.2.

### 【筆者紹介】

内田 正孝（うちだ まさたか）  
大成建設㈱  
土木本部 機械部 機械技術室  
主事



足達 康軌（あだち やすき）  
大成建設㈱  
関西支店 新名神高速道路川西トンネル工事作業所  
作業所長



松尾 陽介（まつお ようすけ）  
㈱三井三池製作所  
産業機械事業本部 技術部 産機流体設計グループ



# 「メッシュマッピングアシスト」をトンネルズリの重金属含有岩石判定の補助技術として導入

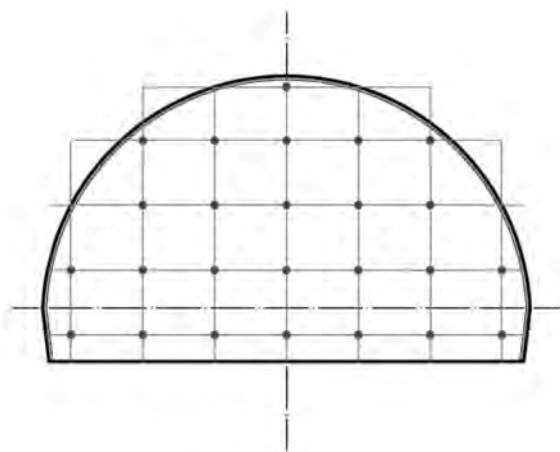
鈴木 裕彦・山下 裕司

本技術は拡張現実（AR）技術とラインレーザー照射技術を組み合わせ、トンネル切羽にさまざまな形状をマーキングする技術である。本技術を利用することで切羽において重金属の含有する岩石を判定し、切羽観察や試験判定の効率性向上と安全性の確保に寄与したので報告する。

キーワード：AR 技術，ラインレーザー，タブレット端末，安全性の向上

## 1. はじめに

トンネル工事では、施工区間に存在する岩石の変質割合に応じて、土壌汚染対策法の基準以上のヒ素が溶出する可能性がある。こうした自然由来の重金属を含有する岩石を判定し、適正に処理しなければいけない。判別方法は地質専門技術者が切羽を目視で岩種や岩級を判定する。採取対象の岩石が複数の場合、切羽に25点（図—1）で構成するメッシュを配置し、岩石種の面積比に応じて採取する試料を決める。採取した試料は公定分析の結果に基づき適切な搬出先に運搬するのが一般的である。



図—1 25点メッシュの配置

重金属を含有する地山は、熱水変質作用を受け不安定で崩れる可能性が多い地質分類に属することが多く、掘削直後の切羽に人が近づいてメッシュを切羽に描くことは危険であった。そこで、本システムを採用し安全かつ迅速にスケッチ及び試料採取を行うために



写真—1 使用機器

AR 技術を利用した切羽マーキングシステム「メッシュマッピングアシスト」を現場で実用化した（写真—1）。

## 2. システムの概要

本システムは、高解像度の動画カメラ（写真—2）で撮影した切羽の画像を現場のパソコン（写真—3）とタブレット端末（写真—4）に表示し、その画像空間内において拡張現実（AR）技術を利用して切羽形状に合わせたメッシュを描くものである。映像上にメッシュを描くと同時に、坑内に常設したラインレーザー（写真—5）で実際の切羽にも任意のメッシュ区間をタブレット操作でマーキングする（写真—6）。これを基に岩石種分布の面積比を把握し、分析試料を採取する。現場条件に合わせて断面形状などを変更でき、さまざまなトンネル工事に適用が可能である。

今回実用化した現場では、新システムをトンネル掘





写真一 使用機器「動画カメラ」



写真五 使用機器「ラインレーザー」



写真三 現場 PC モニタ画面



写真六 切羽へのレーザーマーキング



写真四 タブレット

削施工サイクルに組み入れた。AR 画像の情報と、実際の切羽でのメッシュを同時に確認でき、切羽観察と採取試料の判別に要する時間短縮と安全性向上が図れた。

本システムは、現場条件に合わせて断面形状などをカスタマイズでき、他のトンネル工事にも適用可能である。現状の仕様では画像のみでの岩石種判別は困難

であるため、今後は光量を一定に保ちつつ静止画像レベルまで機器のスペックを向上させることで、画像からの岩石種判別を可能にし、地質専門技術者が遠隔地でも判別・採取試験指示ができるところまで視野に入れ開発を進めたいと考えている。

J C M A

## [筆者紹介]

鈴木 裕彦 (すずき ゆうひこ)  
 (株)演算工房  
 営業部  
 グループリーダー



山下 裕司 (やました ゆうじ)  
 (株)竹中土木  
 大阪本店 工事部  
 課長



# 長距離、急勾配トンネル工事に対応する バッテリーロコ最新技術

鳥海 宏 行

トンネル工事に於いて立坑から切羽までの資材搬送を受け持つバッテリーロコ（蓄電池機関車）は昭和初期より鉱山で使われ始め、今日まで長い歴史を持っている。

近年日本ではトンネル工事の長距離化、大深度化にともないバッテリーロコは高速化、急勾配対応、自動化の要求に応えるために独自の進化をしつつある。

本報ではこれら要求に応じた高速走行、急速充電、急勾配に対応した最新のバッテリーロコの技術について報告する。

キーワード：バッテリーロコ、蓄電池機関車、サーボロコ、リチウムサーボロコ、ピンラックロコ、タイヤ式自走台車

## 1. はじめに

バッテリーロコは当初、鉱山のズリ出し用として大手輸送機メーカーや重電機メーカーにより製造されたが、戦後、多くの鉱山が閉山する中、その活躍の場を地下鉄や新幹線などのトンネル工事に移した。

しかし、トンネル工事では限られた期間での使用であり、工事が終了すれば次の工事へと転用されるため絶対的な需要数が少なく、山陽新幹線や青函トンネルの完成を機に大手メーカーは次々と新車製造から撤退した。

その後、しばらくは中古のバッテリーロコが整備、改造され使用されてきたが、メーカーからの保守部品の供給が覚束なくなるとともに、小型化の要求も増え従来型での対応に限界が出て来たのを機に大手メーカーの代理店として整備、改造を行ってきたが近年新型のバッテリーロコの製造を開始し、新たなバッテリーロコの進化が始まった。

以下にその概要を紹介する。

## 2. 制御と装備の進化

### (1) 速度制御

バッテリーロコの制御技術はモーターの速度制御技術でもある。

当初は直流モーターにかかる電圧を抵抗器やモーターの直並列切り換えで段階的に変化させ速度を制御

していた。また制動時や下り勾配ではモーターを発電機として使用し、発電された電力を制動抵抗器にて消費し制動力を得る発電制動が使われている。

その後、半導体技術の進化により、大手メーカーが電車技術をダウンサイジングする形でバッテリーロコにも採用したサイリスタやトランジスタを使用したチョッパー制御によりモーター電圧を無段階で制御できるようになり、加減速がスムーズに行われるようになった。また、発電制動の電力でバッテリーを充電する回生制動も可能となった。

ここまでのバッテリーロコは、被牽引重量や勾配の大小により速度が変化するため、安全な速度での運行は運転者の技量に頼るところが大きく暴走事故も多かった。

現在のバッテリーロコは車両全体の制御装置としてプログラマブル・ロジック・コントローラ（以下PLCと記す）を搭載し、モーターには電車よりも精度の高いサーボモーターを採用した車両（サーボロコ）が主流となっている（写真—1）。

サーボモーターを使用することにより速度フィードバック制御が可能になり、牽引重量や勾配に影響されずに、コントローラで指示された速度に追従して走行することができ、運転者の技量にかかわらず安全な運行が可能になった。

また、サーボモータドライバ間での通信により複数のモーターによる多軸協調制御が可能となり、単車のみならず重連運転にも対応できる。



写真一 1 サーボロコ

PLC が搭載されたバッテリーロコはプログラムにより各ノッチ速度や加減速度等を簡単に現場に応じた数値に変更したり，速度制限区間の設定，前方の障害物を検出して減速，停止する自動停止等の機能を追加することもできる。

## (2) ブレーキ

初期の小型バッテリーロコには手動ハンドルにより車輪にブレーキシューを押し付ける手動ブレーキが，大型ロコには手動ブレーキに加えエアブレーキが搭載されていた。現在のバッテリーロコはサーボモーターによる速度制御により減速時に速度 0 まで制動トルクが働き，勾配路でもモーターの力だけで停止し続けることができ常用ブレーキとして使用される。また上述した複数モーターの多軸協調制御により各軸の速度とトルクをコントロールすることで登り勾配での空転，下り勾配でのアンチロックブレーキシステムを構築している。

さらに，サーボドライバの故障に備え油圧ディスクブレーキ（写真一 2）を，駐車ブレーキとして電源不用な負作動電磁ブレーキ（写真一 3）を，車輪がスキッドした時のために電磁力によりレールに吸い付くレールブレーキ（トラックブレーキ）（写真一 4）を装備し制動に万全を期している。

## (3) 高摩擦車輪

バッテリーロコの最大牽引力はバッテリーロコの質量×車輪の粘着係数で決定されるが，自重を増さずに牽引力を増すために高摩擦車輪を採用している車種がある。

高摩擦車輪はアルミ材料を使用したタイヤリングを鉄車輪にはめ込んだもので，従来の鋳鋼製車輪の粘着係数が 0.2 であるのに対し，高摩擦車輪の粘着係数は 0.42 で，牽引力を倍増するとともに制動距離も短くて



写真一 2 油圧ディスクブレーキ



写真一 3 負作動電磁ブレーキ



写真一 4 レールブレーキ

きる。（写真一 5）

## (4) メンテナンス性の向上

最近のバッテリーロコは制御が複雑なために，いざ故障が発生すると原因を特定するために PLC に PC を接続してモニターする必要があるが，最新のバッテリーロコでは配電盤面にタッチパネルを設置し，異常内容，異常履歴，PLC の I/O の状況を表示することで復旧時間の短縮を図っている（写真一 6，7）。





写真—5 高摩擦車輪



写真—6 タッチパネル



写真—7 異常履歴画面

### 3. 長距離対応

トンネル掘削に使用されるシールドマシンの性能が向上し、30年前には2km程度だった施工距離が現在は10kmとなることも珍しくなく、掘進速度も速くなったためバッテリーロコにも高速搬送、大量搬送が要求されるようになった。

速度と牽引重量増加はモーター容量をアップすることで対応可能で、幸いにも昨今のEV需要により小型で容量の大きなモーターが開発され、既存の車体にも収まるようになった(写真—8)。



写真—8 55 kW サーボモーター

一方、必要電力が増加するため、今まで搭載されていたバッテリーでは容量が足りなくなり電池容量のアップが必要であるが、従来の鉛バッテリーでは容量をアップすると自重が増し、さらにモーター容量をアップせざるを得なくなり、またバッテリー容量が足りなくなるという“いたちごっこ”に陥ってしまう。

そこで、現在は長距離対応として以下の2つの方式が採用されている。

#### (1) ハイブリッド方式

発電機と充電器を搭載、又は牽引して充電しながら走る方式。

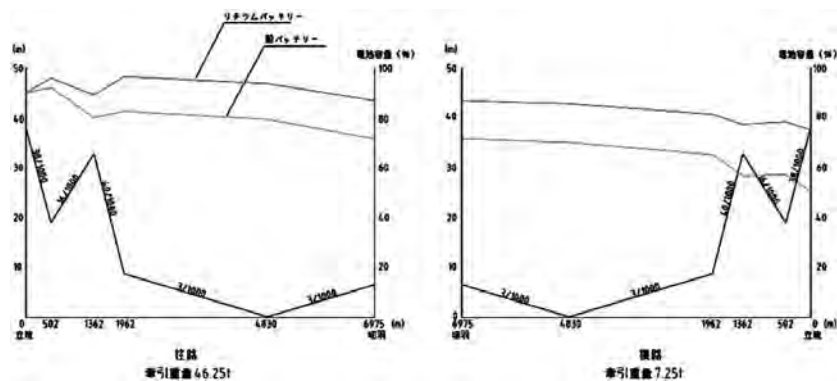
国内のトンネル工事では坑内で排気ガスが出ることが敬遠されることが多いが、2002年に登場した初めてのハイブリッド車は排気がクリーンと言われるマイクロガスタービンを搭載したバッテリーロコで、灯油を燃料としていた。

その後、高速化でマイクロガスタービンでは容量が足りなくなったことと、排ガス規制によりディーゼル発電機の排気が改善されたことにより、電源車と呼ばれるディーゼル発電機を搭載した台車を牽引しながら充電する方式となっている。

#### (2) リチウムバッテリー+急速充電方式(リチウムサーボロコ)

前述したように従来の鉛バッテリーは重量の問題もあり長距離搬送には限界がある。

一方、一時、発火の問題でクローズアップされたりリチウムバッテリーであるが、開発が進み安全性を重視した製品が発売されたことにより、まだ高価ではあるがバッテリーロコにも採用できるレベルとなった。



図ー1 バッテリー消費量

リチウムバッテリーは鉛バッテリーに比べ内部抵抗が小さいため、電圧降下、発熱が少なく大電流の放電、充電に適しており、回生充電の効率も良い。そのため鉛バッテリーより少ない容量で済み、急速充電も可能となる（図ー1）。

現場の条件にも依るが、立坑、切羽間往復の消費電力量を10～20分で急速充電できるように設定すれば、鉛バッテリーでは必要だった予備バッテリーが必要なくなる。

ただし、バッテリーロコの場合、牽引力を出すためには自重を確保する必要があるが、リチウムバッテリーで軽量化された分、ウェイトで重さを補償しなければならないことが悩ましいところである（写真ー9、10）。



写真ー9 リチウムイオンバッテリーロコ



写真ー10 リチウムイオン電池

#### 4. 急勾配対応

大都市のトンネル工事では長距離化とともに大深度化が進んでおり、急勾配に対応したバッテリーロコの需要も増えている。

労働安全衛生法によりバッテリーロコのような軌道装置は車輪とレールとの摩擦係数の関係からレール勾配50／1000以下での使用に制限されているため、これ以上の勾配の場合にはレール間にピンラックレールを敷設し、バッテリーロコ側に駆動するピンギヤを配置した通称“ピンラックロコ”が使用される（写真ー



写真ー11 ピンラックロコ



写真ー12 ピンラック輪

11, 12)。

ピンラックレールはラックギヤのような施工精度が必要なく泥土などの蓄積も無い。ピンラックロコは急勾配部だけでなく平坦部も走るため、車輪駆動とピンギヤ駆動を備え切り換えられる制御となっている。

## 5. 自動化対応

バッテリーロコの自動化の歴史は古く、1985年に誘導無線装置を使って行われている。

初期の頃、通信方法として誘導無線方式と光空間伝送方式が混在したが、現在は坑内に無線アクセスポイントを複数設置してゆく無線ネットワーク方式へと変わっている。

バッテリーロコもサーボモーターを使用することで負荷や勾配に関係なく一定速度で走行できるようになり勾配のある路線でも安全に自動運行ができるようになった。

バッテリーロコの現在地把握や速度指令にはIDシステムが使われ、現在地情報や速度指令情報が記録されたIDタグをレール間に設置しておき、バッテリーロコに搭載されたIDアンテナで読み出すことで現在地や指令速度を認識できるようになっている。

前方の障害物検知は従来赤外線センサーが使用されてきたが、走行速度が速くなると制動距離が検知距離よりも長くなってしまうため、高速走行をするバッテリーロコには検知距離の長いレーザー式の測距センサーが搭載されている。このセンサーは上述のID情報により検知エリアを変更することが可能で、カーブ等でも壁を検出せずに走行をすることができる。

## 6. バッテリーロコと自走台車

トンネル工事の搬送手段として定番のバッテリーロコは、セグメント台車や、ズリトロ等様々な車両を連結して使用する牽引車であるのに対し、自走台車は荷物を荷台に載せて自走する積載型車両である。

近年ズリ出しが無い工事ではこの自走台車を重連して自動運転で使われることも多い。

牽引車が無い分だけ編成長さが短くでき、立坑、切羽でのスペース確保に有利となる。

制御技術としてはバッテリーロコとほぼ同じである。

最近では駆動輪にゴムタイヤを使用し、センターにガイドレールを設置してセグメントの上を走らせる方式の自走台車も使用されている。この方式は通常のレール方式よりもレール敷設コストが安くできるメリットがある（写真—13）。



写真—13 タイヤ式自走台車

## 7. おわりに

バッテリーロコは確実に進化しているが、労働安全衛生規則で想定されているバッテリーロコは古いタイプのもので、ブレーキ等の装備が現状にそぐわない状況になっている。今後もトンネル工事の工法により様々な車両が使用されることが予想され規定されなければならない項目も発生すると思われる。現状にあった労働安全衛生規則の見直しを切に希望する。

JCMA

### 【筆者紹介】

鳥海 宏行（とりうみ ひろゆき）  
新トモエ電機工業㈱  
設計部  
部長





# コンクリート構造物の機能保持技術

## タフネスコート

興 石 正 己

鉄筋コンクリート構造物（以下、RC という）の衝撃力に対する抵抗性、剥落防止性および耐久性の向上を目指して、ポリウレア樹脂でコンクリート表面を被覆する技術「タフネスコート」（以下「本工法」という）に着目し、平成 24 年より技術開発を行ってきた。本工法は、従来のエポキシ樹脂やポリウレタン樹脂で被覆する工法に比べて、引張強度（ $\sigma_t=24 \text{ N/mm}^2$ ）と伸び性能（ $\varepsilon_{tu}=200\%$ ）に優れたポリウレア樹脂を、専用装置で RC 構造物に吹付けることにより一体化（付着強度  $\sigma=1.5 \text{ N/mm}^2$ ）させ、衝撃力に対する抵抗性能、剥落抵抗性能および耐久性を向上させるものである。本稿では、①本工法に使用するポリウレア樹脂の材料特性、②衝撃性能の検証、③剥落防止性能の検証、④耐久性向上 について紹介する。

キーワード：ポリウレア樹脂、衝撃性能の向上、剥落防止、耐久性向上

### 1. はじめに

2011 年 3 月 11 日の東日本大震災以降、発生する確率は小さいが地震・津波災害時の大きな作用荷重に対する安全対策が急務となっている。特に防波壁の破壊による津波被害の拡大<sup>1)</sup>や橋桁や建築物の物的被害などが報告されており、効果的な「防災」「減災」技術の研究開発が望まれている。

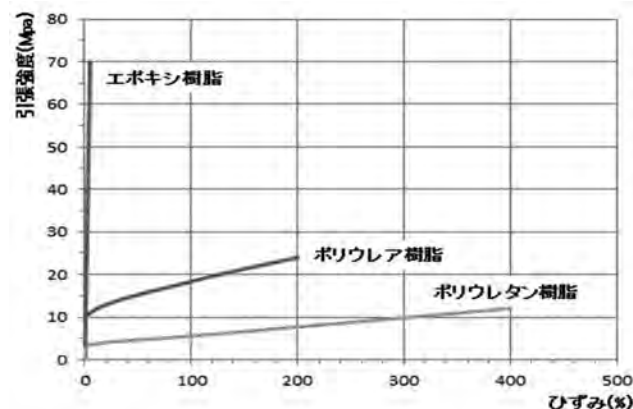
著者らはライニング材料<sup>2)</sup>で RC 構造物を被覆することにより、構造物の崩壊を抑制し大変形しても耐荷力を保持できる本工法を研究開発中である。本報告では、ポリウレア樹脂の特徴、本工法の衝撃性能（実物大の衝撃実験）、コンクリートの剥落防止効果及び耐久性向上に必要なひび割れ追従性、遮塩性に関する知見を紹介する。

### 2. ライニング樹脂

本工法に使用するライニング材料としては、ポリウレア樹脂<sup>2)</sup>、エポキシ樹脂、ポリウレタン樹脂などがある。図—1 に樹脂材料の力学特性の比較を示す。この図より、ポリウレア樹脂は引張強度が 24 MPa と大きく、破断時のひずみは 200% 程度である。エポキシ樹脂は引張強度 70 MPa と非常に大きいですが、破断時のひずみは 5% 程度と小さい。また、ポリウレタン樹脂は破断時のひずみは 400% 程度と大きいですが、引張強

度は 10 MPa 程度と小さい。そこで今回、引張強度と伸び性能に優れたポリウレア樹脂に着目し研究開発を開始した。ポリウレア樹脂は反応性に富むイソシアネート（ $\text{O}=\text{C}=\text{N}-\text{Q}-\text{N}=\text{C}=\text{O}$ ）とポリアミン（ $\text{NH}_2-\text{R}-\text{NH}_2$ ）を 2 液混合スプレーでウレア結合させ、構造物表面に塗布するものである。その特徴として、①施工直後に瞬間的に硬化する。②早期に強度を発現する。③毒性がない。④耐候性（紫外線）、耐酸性、耐アルカリ性に優れる等が挙げられる。

衝撃力による大きな荷重を受ける RC 構造物のライニング材料としては大きな変形性能とひずみが多い領域での復元力を確保できる強度が必要であり、破断時のひずみが小さいエポキシ樹脂、引張強度が小さいポリウレタン樹脂は適していない。一方、ポリウレア



図—1 樹脂材料の力学特性の比較

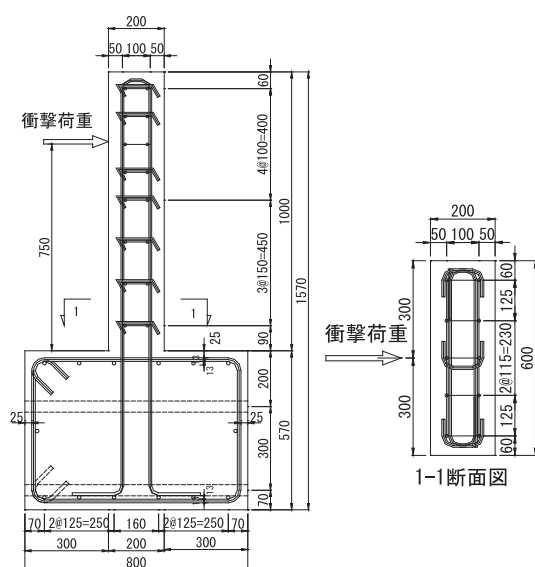
樹脂は従来の樹脂材料になかった引張強度と伸び性能を併せ持った材料であり、本工法はこのポリウレア樹脂の持つ力学特性を利用して、構造物をラッピングし衝撃力に対する安全性向上、剥落防止及び耐久性向上を図る技術である。

### 3. 衝撃性能の検証（実大衝撃実験）

#### （1）実験概要

本実験では、高速道路の壁高欄を一部切出した RC 片持梁試験体をライニング材料で被覆し、設計荷重の 2.5 倍程度を想定した衝撃載荷を行なった。載荷方法としては、衝撃載荷で損傷した試験体に設計荷重レベルの衝撃力を繰返し作用させることにより崩壊までの挙動を確認した。また、無被覆の RC 片持ち梁試験体と比較検討することにより、本工法の効果を定量的に把握した。図一 2 に衝撃実験試験体の概要を示す。RC 片持ち梁試験体は、幅 600 mm、高さ 200 mm、長さ 1,000 mm で主鉄筋及びせん断補強鉄筋には D10 (SD345) を使用した。RC 片持ち梁の主鉄筋は厚さ 570 mm のフーチングに十分定着し、片持ち梁の基部における主鉄筋の拔出しを防止した。ライニング材料は、試験体の梁部の上下面及びフーチングの上面、側面に厚さ 2 mm、4 mm で一様に塗布した。

写真一 1 に衝撃実験装置の概要を示す。せん断スパン長 750 mm で片持ち支持された RC 梁試験体に質量 1,000 kg の重錘を落下高さ 300 mm から自由落下させた。さらに初期衝撃載荷実験後に損傷した RC 片持ち梁試験体の損傷程度（残留耐力）を定量的に評価するために、設計荷重レベルの衝撃力として落下高さ



図一 2 衝撃実験試験体



写真一 1 衝撃実験装置

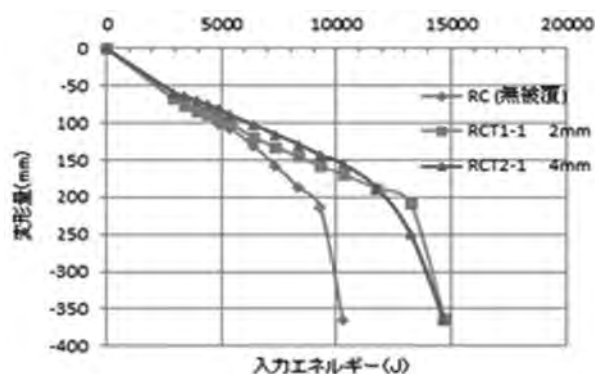
表一 1 衝撃実験試験体の一覧

| 試験体    | 初期落下<br>高さ<br>mm | 繰返し落下<br>高さ mm         | 入力エネ<br>ルギー<br>J | 塗布厚<br>mm  |
|--------|------------------|------------------------|------------------|------------|
| RC     | 300              | 50, 100                | 10,290           | 0.0<br>(無) |
| RCT1-1 | 300              | 50, 100, 150           | 14,700           | 2.0        |
| RCT1-2 | 300              | 50, 100, 150           | 17,640           | 2.0        |
| RCT1-3 | 300              | 50, 100, 150           | 14,700           | 2.0        |
| RCT2-1 | 300              | 50, 100, 150           | 14,700           | 4.0        |
| RCT2-2 | 300              | 50, 100, 150, 200, 300 | 19,600           | 4.0        |
| RCT2-3 | 300              | 50, 100, 150           | 14,700           | 4.0        |

50 mm から質量 1,000 kg の重錘を繰返し自由落下させた。表一 1 に実験試験体の一覧を示す。

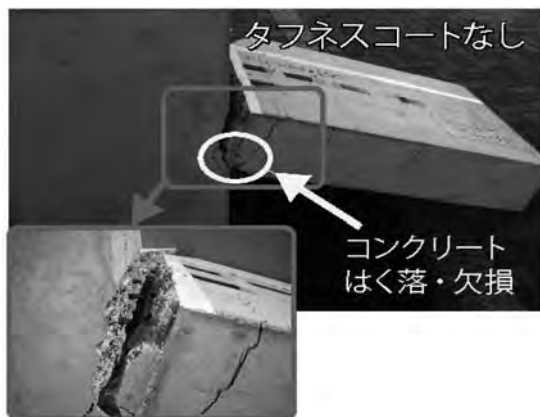
#### （2）衝撃実験結果

実験にて得られた RC 試験体、RCT1-1 及び RCT2-1 試験体の入力エネルギーと変位の関係を図一 3 に示す。この図より、試験体の崩壊（変形が 350 mm 以上）までに入力したエネルギーの総和はポリウレア樹脂で被覆した場合（吹付厚 2 mm、4 mm）には、無被覆の RC 試験体に比べて 43% 程度増加することが確認



図一 3 入力エネルギーと変位の関係 (H=300)

された。3 試験体の平均値では、2 mm 塗布した試験体が 52%，4 mm 塗布した試験体が 59% の増加となった。写真—2，3 に RC 及び RCT1-1 試験体の崩壊状況を示す。RC 試験体では圧縮側（下面側）のコンクリートが崩落するため、ひび割れがフーチング内部まで進展し引張鉄筋の破断と同時に急激に崩壊した。一方 RCT1-1 試験体はポリウレタ樹脂により圧縮側のコンクリートが保持されるため、ひび割れが壁体基部に留まり引張鉄筋が破断した後に緩やかに崩壊した。



写真—2 RC 試験体の崩壊状況



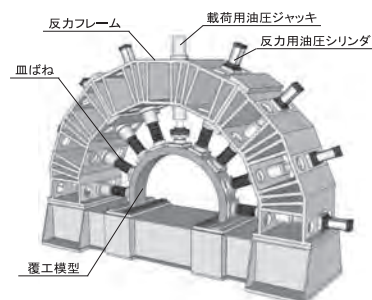
写真—3 RCT1-1 試験体の崩壊状況

## 4. 剥落防止性能の検証

### (1) 実験概要

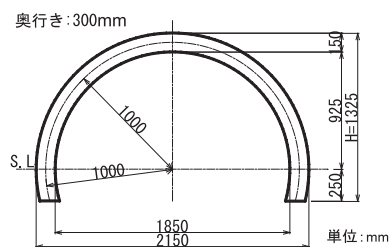
山岳トンネルでは、覆工の剥落を防止するために定期的に検査が行われている。また、予防策として各種の剥落防止対策工が開発されすでに採用されているが、耐久性や施工性に一部課題が残っている。この課題の解決を目標として、大型トンネル覆工模型実験装置を用いた載荷実験を行った。実験装置の縮尺は新幹線複線標準断面の 1/5 相当である。実験装置は、図—4 に示すように載荷用油圧ジャッキ、反力用油圧シリ

ンダ、反力フレーム等で構成され、模型覆工の周囲に取り付けられた皿ばねにより覆工と地盤との相互作用を模擬することができる。



図—4 載荷装置図

試験体の構造を図—5 に示す。覆工は矢板工法による新幹線トンネル（巻厚 70 cm）を想定し、材料は無筋コンクリートとした。実験ケースはケース 1（無筋）とケース 2（樹脂被覆）の 2 ケースとした。ケース 2（樹脂被覆）は覆工の内面にポリウレタ樹脂を厚さ 1.35 mm で吹付けた。載荷実験は変位制御により、覆工天端を鉛直下向きに最大 70 mm 変位させることにより行なった。この際、破壊状況、載荷重  $P$ 、載荷点変位  $\delta$ 、ひび割れ位置、ひび割れ幅の計測を行った。

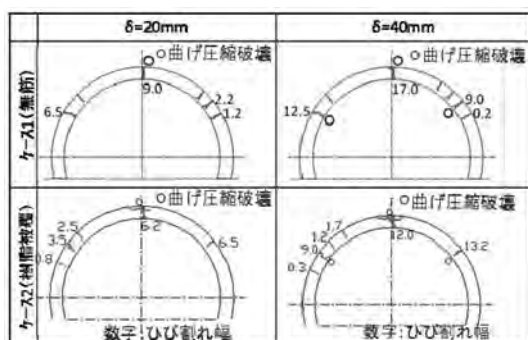


図—5 試験体の構造図

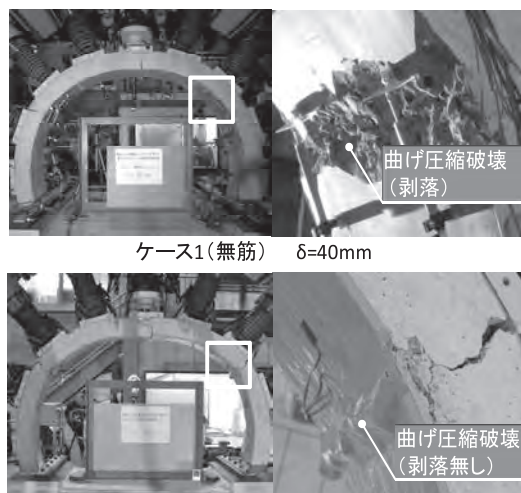
図—6 に覆工天端の鉛直変位が  $\delta = 20, 40$  mm 時におけるひび割れ状況を示す。2 ケースとも  $\delta = 2$  mm 程度で曲げ引張りひび割れが天端内側及び肩部外側に発生した後、 $\delta = 16$  mm（ケース 1）、 $\delta = 20$  mm（ケース 2）で天端に曲げ圧縮破壊が発生した。

図—7 に天端変位が進んだ後の曲げ圧縮破壊箇所の状況を示す。ケース 1（無筋）では  $\delta = 40$  mm 時点で掌大の塊状剥落が発生しているのに対し、ケース 2（樹脂被覆）では、 $\delta = 70$  mm に到達しても、曲げ圧縮破壊箇所においては樹脂の表面に凹凸が見られるものの樹脂で被覆されていることにより覆工の剥落はなく、また樹脂自体の剥離や破断が発生することもなかった。



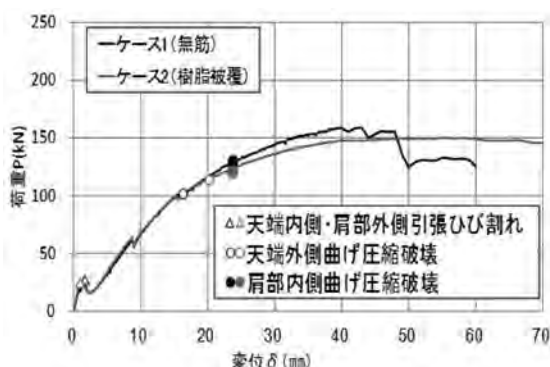


図一六 ひび割れ状況図



図一七 試験体の破壊状況

図一八に各ケースの荷重  $P$  と載荷板の変位  $\delta$  の関係を示す。いずれのケースも、 $\delta = 2$  mm 程度で引張ひび割れが発生して 3 ヒンジアーチ状態となった際に荷重が一旦低下した。その後地盤ばねにより支持されたアーチ構造であるため、 $\delta = 16$  mm (ケース 1)、 $\delta = 20$  mm (ケース 2) で天端に、 $\delta = 23$  mm 前後(ケース 1, 2) で肩部に曲げ圧縮破壊が発生し、トンネルとしての剛性が低下したが、両ケースとも耐力を失うことはなかった。さらに変位を増加させると、ケース 1 (無筋) は  $\delta = 48$  mm で荷重が急激に低下した。こ



図一八 荷重－変位曲線

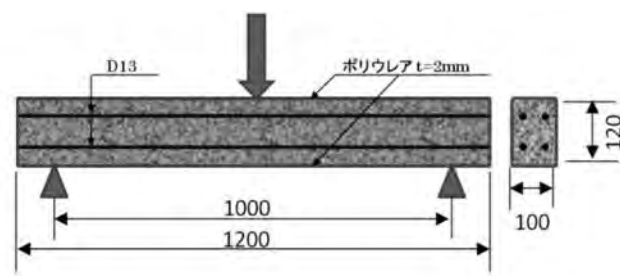
れは、曲げ圧縮破壊箇所でコンクリートが剥落し断面欠損を生じたためと考えられる。ケース 2 (樹脂被覆) ではこのような荷重の急激な低下は観察されなかった。これは樹脂で被覆された試験体では剥落が生じないため、コンクリートには破壊が生じるものの荷重伝達が行われているためと考えられる。

## 5. コンクリート構造物の耐久性向上

### (1) 曲げ実験概要

コンクリート構造物の劣化現象としては、塩害、中性化、凍害及びアルカリ骨材反応などが報告されている。このようなコンクリート構造物の劣化現象を防止するために、それぞれの劣化要因に対して対策が取られているが、その一つとしてコンクリート表面を樹脂で保護し、ひび割れが発生した後の外部からの水分浸透を防止することは有益な対策と考えられる。

このような状況に鑑み、今回ポリウレタ樹脂、ポリウレタン樹脂及びエポキシ樹脂で 4 面を被覆した試験体による準静的曲げ試験(載荷速度: 0.1 mm/s)を実施し、それぞれの樹脂のひび割れ追従性を確認した。図一九に準静的曲げ試験体の概要を示す。準静的曲げ試験体は、幅 100 mm、高さ 120 mm、長さ 1,200 mm で主鉄筋には D13 (SD345) を使用した。表一 2 に試験体の一覧を示す。



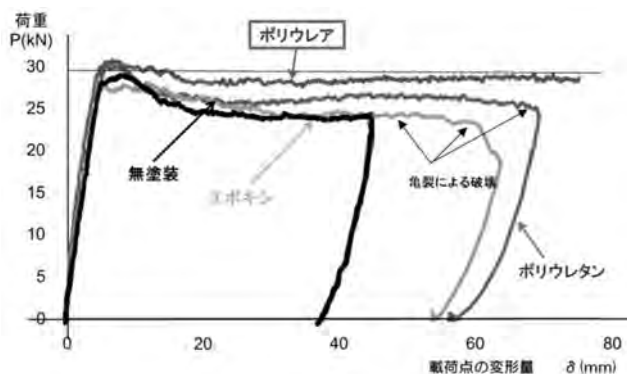
図一九 準静的曲げ試験の試験体

表一 2 準静的曲げ試験体の一覧表

| 試験体  | 載荷スパン長<br>mm | 被覆材料   | 被覆厚<br>mm | 被覆面 |
|------|--------------|--------|-----------|-----|
| RC   | 1,000        | —      | —         | —   |
| RCE  | 1,000        | エポキシ   | 2.0       | 4 面 |
| RCPU | 1,000        | ポリウレタン | 2.0       | 4 面 |
| RCP  | 1,000        | ポリウレア  | 2.0       | 4 面 |

### (2) 曲げ実験結果

図一 10 に示すように、準静的曲げ試験(載荷速度: 0.1 mm/s)では、RC 試験体は初期降伏後に耐荷力を維持したまま変形量が 46 mm まで計測され、RCE 及

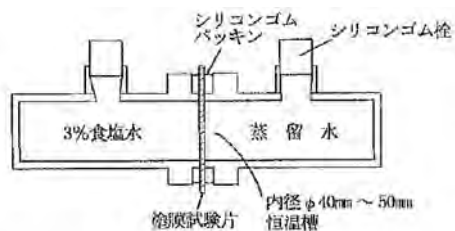


図—10 各試験体の荷重変形量曲線

び RCPU 試験体では同様にそれぞれ 62 mm, 73 mm まで計測された。さらに, RCP 試験体では初期降伏後に耐荷力を維持したまま変形量が増大し最大 75 mm まで計測された。荷重-変形関係において, 荷重が低下し始める変形量は計測器の制限値により計測できなかったが, 他の樹脂に比べて大きな変形特性を有することが確認された。また, ひび割れ性状は, RC 試験体及び RCE 試験体においては, 載荷点直下にひび割れが集中し大きなひび割れ幅が観測されたが, RCPU 及び RCP 試験体では良好な分散性を示し, 破壊時まで樹脂の破断は観測されなかった。

### (3) 塩化物イオン浸透試験概要

コンクリート構造物の劣化現象の一つとして, 国内の海岸部及び内陸部でも凍結防止剤を多用する地域においては, 塩害による被害が多数報告されている。この対策としてポリウレタ樹脂の有効性を確認するために, 塩化物イオン透過試験<sup>3)</sup>を実施した。試験方法としては, 図—11 に示すように, 厚さ 1 mm のポリウレタ樹脂で 3% の食塩水と蒸留水を分離し, 一定時間放置した後の透過塩分量をイオンクロマトグラフ法で計測した。



図—11 塩化物イオン浸透試験 模式図

### (4) 塩化物イオン浸透試験結果

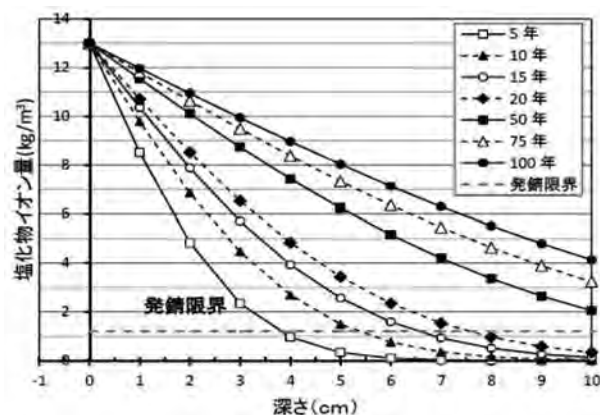
試験結果の一覧を表—3 に示す。計測された塩化物イオン透過度は  $0.23 \sim 1.92 \times 10^{-5}$  であり, 一般環境の PC または RC 構造物に対する基準値  $1.0 \times 10^{-2}$  の 1/500 以下, 特に厳しい環境における基準値  $1.0 \times$

表—3 準静的曲げ試験体の一覧表

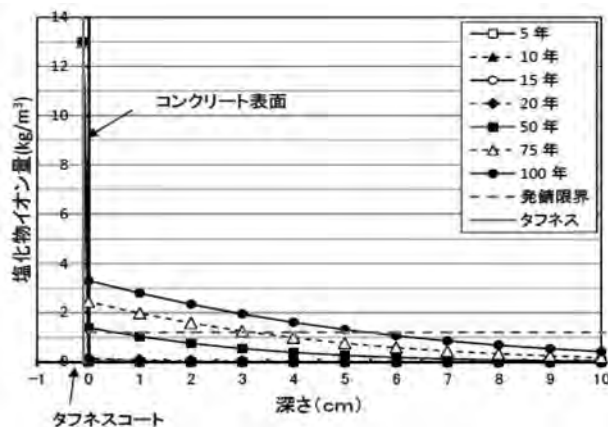
| 試験期間<br>(日) | 塩化物イオン透過度<br>( $\text{mg}/\text{cm}^2 \cdot \text{日}$ ) | 塩化物イオン濃度<br>( $\text{mg}/\text{g}$ ) |
|-------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 30          | ND                                                      | ND                                   |
| 90          | $1.47 \times 10^{-5}$                                   | 0.13                                 |
| 120         | $1.01 \times 10^{-5}$                                   | 0.12                                 |
| 270         | $1.92 \times 10^{-5}$                                   | 0.51                                 |
| 300         | $0.23 \times 10^{-5}$                                   | 0.07                                 |

$10^{-3}$  に対しても 1/50 以下であり, 十分な遮塩効果が確認された。

次に, 今回の塩化物イオン浸透試験結果をもとに, フィックの拡散式を用いて, 塩化物イオン量の深さ方向への浸透状況を確認した。図—12 は, コンクリート表面の塩化物イオン量  $C_0$  を飛沫帯の  $13 \text{ kg}/\text{m}^3$ , 普通セメント, 水セメント比 W/C を 50% とした場合の算定結果である。この表より, かぶり 50 mm の位置においては 10 年程度で鉄筋の発生限界値  $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$  に到達することが確認された。一方, ポリウレタ 1 mm で表面被覆した場合には, 図—13 に示すように 100 年程度で  $1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$  となっており, 塩害に対す



図—12 塩化物イオン浸透曲線



図—13 塩化物イオン浸透曲線 (表面被覆 1 mm)

る耐久性を大幅に向上することが可能であることが判明した。

## 6. おわりに

現在までの、研究開発により得られた知見を以下に述べる。

- 1) 実大衝撃実験における初期衝撃载荷では、ポリウレタ樹脂（2 mm, 4 mm）で4面被覆することにより、破壊時における圧縮側（下面側）のコンクリートの剥落を防止できる。  
さら RC 壁の基部に発生するひび割れは圧縮側では壁体に留まりフーチング部へは損傷が波及しないことが確認された。
- 2) 実大衝撃実験における初期衝撃载荷では、ポリウレタ樹脂（2 mm, 4 mm）の有無による変形量には有意な差は認められなかった。
- 3) 実大衝撃実験における繰返し衝撃载荷では、ポリウレタ樹脂（2 mm, 4 mm）で被覆することにより試験体への入力エネルギーは3体平均で52%～59%程度増大した。
- 4) トンネル覆工に関しては、ポリウレタ樹脂塗布により曲げ圧縮破壊箇所で剥落が防止でき、この際、樹脂自体の剥離や破断が発生せず覆工へに高い追随性が確認された。
- 5) トンネル覆工において曲げ圧縮破壊が発生した断面におけるコンクリートの剥落を防止できること

より、荷重の急激な低下を防止できることが確認された。

- 6) コンクリート構造物の耐久性向上に必要な樹脂のひび割れ追随性に関しては、ポリウレタ樹脂及びポリウレタン樹脂は終局状態のひび割れ幅まで追随できた。
- 7) ポリウレタ樹脂の塩化物イオン透過度は、 $0.23 \sim 1.92 \times 10^{-5}$  (mg/cm<sup>2</sup>・日) であり、一般環境における基準値の1/500以下、特に厳しい環境における基準値の1/50以下であることが確認された。
- 8) ポリウレタ樹脂で表面被覆することにより、塩害に対する抵抗性を大幅に向上できることが確認された。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 中央防災会議：東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門委員会（中間とりまとめ），2011年6月26日。
- 2) スワールスプレーシステム（ポリウレタ樹脂防水防食材）スワール 三井化学産資機技術資料
- 3) 道路橋の塩害対策指針（案）・同解説，日本道路協会

### 【筆者紹介】

奥石 正己（おしいし まさみ）  
清水建設㈱ 土木技術本部 開発機械部  
主査





# トンネル天井用乾式研掃装置の開発と現場適用

石井 敏之・西山 宏一・粟津 利一

都市内高速道路における片側車線供用下でのトンネル天井面の補修・補強工事は、一般通行車両への飛散抑止を行いながら、短い規制時間内での人力作業となる。特に、塗膜等の除去を行う表面処理は、高所で無理な姿勢での作業となり、処理面の品質低下や作業環境の劣悪さ等が問題となっている。そこで、天井面の表面処理を機械化し、かつ粉塵等の飛散防止が行える「天井用車載型乾式研掃装置」を開発した。

今回、トンネル剥落防止対策工事に適用した。その結果、塗膜の取り残しがなく処理面品質の向上、粉塵等の飛散抑止による作業環境の改善、および作業の省力化と安全性の向上が図れることを確認した。

キーワード：補修工事、機械化、天井面の表面処理、飛散抑止

## 1. はじめに

都市内高速道路におけるボックスカルバートトンネル天井面（以下、天井面）の補修・補強工事は、片側車線供用下で、一般通行車両へのコンクリート片や粉塵等の飛散抑止を行いながら短い規制時間内での人力作業となっている（写真—1）。この補修・補強工事において、下地処理としての天井面の排気ガスで汚れた塗膜等を薄く削り取る表面処理は、一般的に、飛散防止を行った高所作業車上で、作業員が天井を見上げた姿勢でディスクサンダー等の動力工具を使い、排気ガス由来の有害な粉塵等が飛散する環境での作業となっている（写真—2）。そのため、天井面の表面処理は、①作業員の技量差に起因する処理面仕上がり品質のバラツキ、②発生した粉塵等による作業環境の悪



写真—2 人力によるトンネル天井面の表面処理

化、③高所での無理な姿勢による安全性と作業効率の低下、等が問題となっている。

そこで、天井面の表面処理を、地上部から全ての操作が行えるように機械化し、同時に発生した粉塵等の飛散を抑止できる「天井用車載型乾式研掃装置」（以下、研掃装置）を開発した。今回、都市内高速道路のトンネル剥落防止対策工事に、天井面の排気ガスで汚れた塗膜除去作業の表面処理に、本研掃装置を適用した。本稿では、研掃装置の概要と現場適用結果について報告する。

## 2. 研掃装置の概要

研掃装置の外観を写真—3に、仕様を表—1に示す。研掃装置は、機動性および施工時の設置・撤去時間



写真—1 トンネルの補修・補強工事



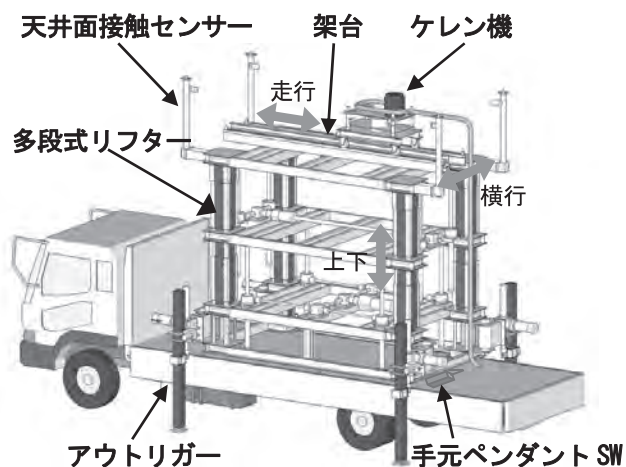
写真—3 天井用車載型乾式研掃装置

表—1 研掃装置の仕様

| 装置部位        | 項目    | 仕様                           |
|-------------|-------|------------------------------|
| ケレン機        | 走行速度  | 0.5 ～ 10 m/min               |
|             | 押付け力  | 0.3 ～ 0.9 kN                 |
|             | 鉛直凹凸  | ± 40 mm 追従                   |
|             | 研 掃 幅 | 250 mm                       |
| 多段式<br>リフター | 昇降速度  | 0.375 m/min                  |
|             | 昇降高さ  | 1,200 mm                     |
|             | 施工高さ  | 4.3 ～ 5.0 m                  |
| 全 体         | 総 重 量 | 42.2 kN                      |
|             | 施工範囲  | 走行：2.69 m                    |
|             |       | 横行：1.56 m                    |
|             |       | 面積：4.2 m <sup>2</sup>        |
|             | 非常停止  | 装置本体：3 箇所<br>手元ペンダント SW：2 箇所 |

短縮の観点から車載型とした。研掃装置の構成は、天井面の表面処理を自動運転で行う研掃装置本体を搭載した4t車と、集塵機、発電機、制御盤、コンプレッサー等を搭載した2t車からなる。

研掃装置本体は、図—1に示すように、天井面の表面処理を自動運転で行うケレン機、ケレン機が走行・横行を行う架台、この架台を上下に移動・停止させる多段式リフターと天井面接触センサー、研掃装置本体

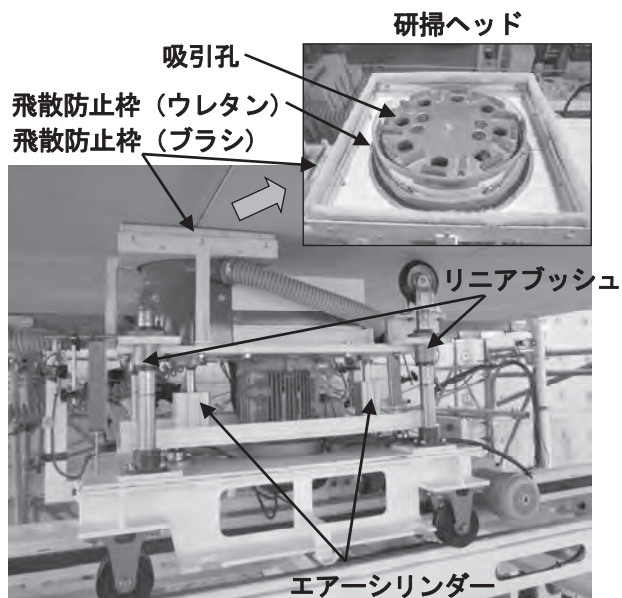


図—1 研掃装置本体

を設置・支持するアウトリガー、およびこれら进行操作する手元ペンダントスイッチからなる。

以下、それらの機能について説明する。

#### (1) ケレン機 (写真—4)



写真—4 ケレン機

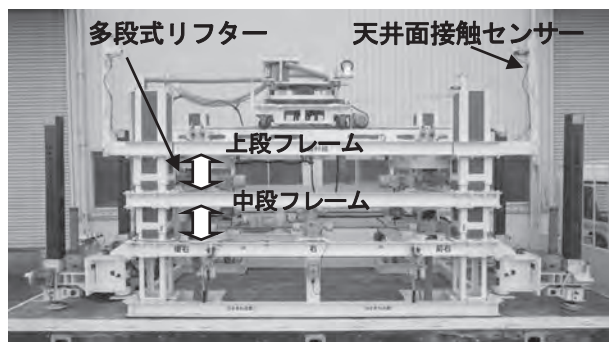
ケレン機は、天井面の表面処理を行う部分と発生した粉塵等の飛散抑止を行う部分からなる。

表面処理を行う部分は、鋼製ビットを配した円盤状の研掃ヘッドを、高速回転させながら、2台のエアシリンダーで天井面に一定の力で押付け、一定速度で走行させる構造により、表面処理を行う。なお、押付け力と走行速度は、現地の対象構造物を用いた試験施工を行い、適切な処理面の付着力等を考慮して定める。また、押付け力と走行速度の制御について、押付け力の制御は、レギュレータによる調整とリニアブッシュにより処理面の凹凸や勾配の変動に追従させることによって、押付け力（エアシリンダー圧）が一定になるようにしている。走行速度の制御はラックアンドピニオンとインバーターによって速度が一定になるようにしている。

飛散抑止を行う部分は、研掃ヘッドの周囲に設けたウレタンとブラシによる2重の飛散防止柵と研掃ヘッドの吸引孔から集塵機で吸引させる構造により、表面処理中に発生した粉塵等の飛散抑止を行う。

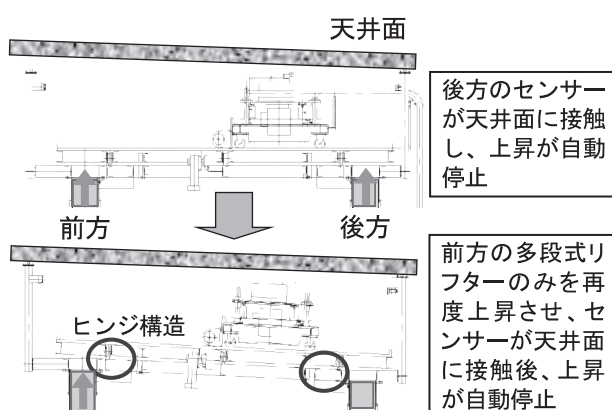
#### (2) 多段式リフターと天井面接触センサー (写真—5)

多段式リフターは、ケレン機を、格納位置から天井面近傍までの上昇・下降と天井面との勾配調整を行う



写真一5 多段式リフターと天井面接触センサー

ものである。ケレン機の上昇・下降は、ケレン機が走行と横行を行う架台と連結している上段フレームと中段フレームを、多段式リフターによって上下に移動させることによって行う。また、ケレン機は、上段フレームの4隅に設置した天井面接触センサーが天井面に接触することによって、上昇時に天井面近傍で自動停止する。なお、天井面が道路縦断方向に勾配を有する場合には、図一2に示すように、ヒンジ機構を有する上段フレームの接触していない一端側（前方あるいは後方）を再度上昇させ、天井面とケレン機を平行にする。



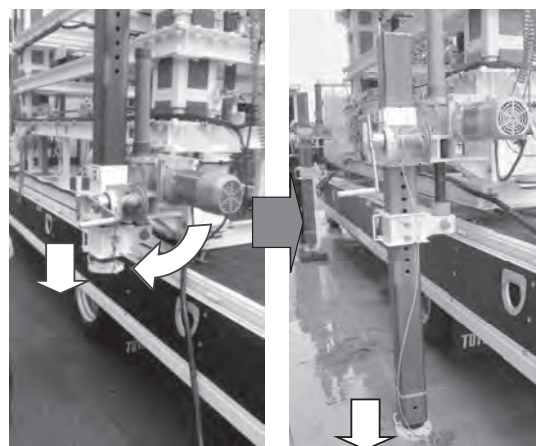
図一2 ケレン機と天井面の勾配調整

### (3) アウトリガー（写真一6）

アウトリガーは、穴あき鋼管柱とジャッキからなる。研掃装置本体の設置・支持は、4隅に配したアウトリガーを90度回転させて道路側に配し、穴あき鋼管柱を地表面近傍でピン止め後、残りをジャッキを伸長させることによって行う。なお、アウトリガーにより研掃装置本体は、道路の縦断および横断勾配に関係なく水平に設置・支持させる。

### (4) 手元ペンダントスイッチ

手元ペンダントスイッチは2台あり、1台が研掃装

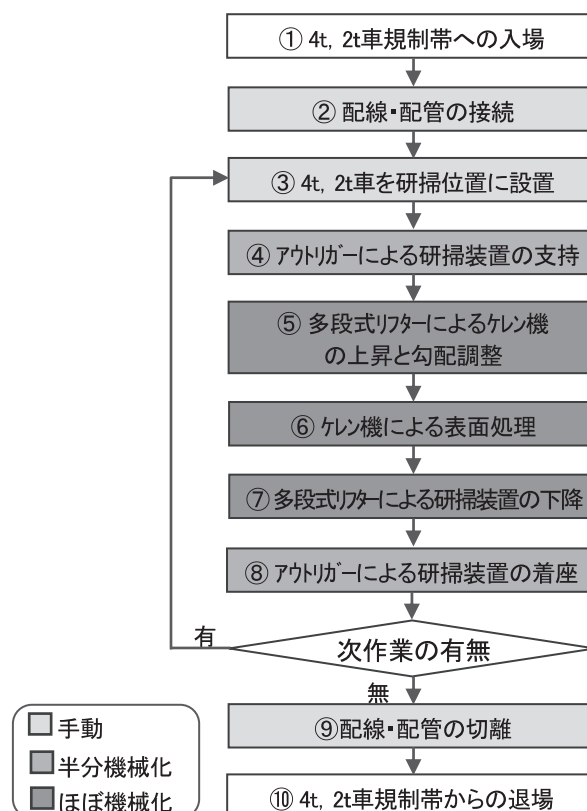


写真一6 アウトリガーの設置

置の設置用、もう1台が表面処理の操作用である。これらの手元ペンダントスイッチの操作によって、研掃装置の設置・格納および天井面の表面処理の全ての作業が地上から行える。また、同スイッチには、ボタン操作による非常停止の機能を設けている（他に、研掃装置本体に2箇所、制御盤に1箇所）。

## 3. 研掃装置の施工手順

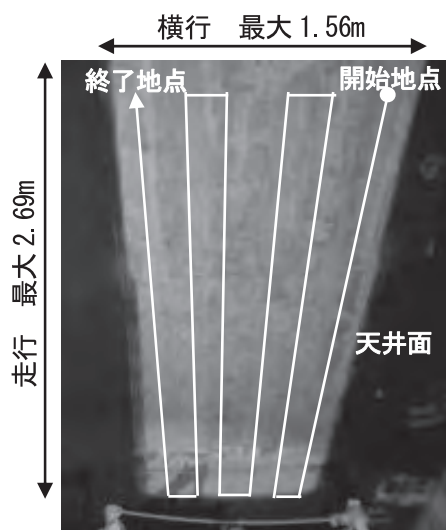
都市内高速道路トンネルでの標準的な施工フローを図一3に示す。



図一3 施工フロー



研掃装置を車載した4t車と2t車が規制帯内への入場後、配管・配線を接続し、4本のアウトリガーで研掃装置本体を道路勾配に関係なく水平に設置する。次に、多段式リフターと天井面接触センサーで、ケレン機を天井面近傍まで上昇させ、ケレン機と天井面が平行になるように勾配調整を行う。ケレン機による表面処理は、写真一七に示すように、ケレン機を開始地点に移動させ、天井面に一定の力で押付けながら一定速度で走行させる自動運転で行われる。なお、ケレン機による表面処理の施工パスは、研掃装置本体を設置後、1回の走行終了後ケレン機を研掃幅程度横行させ、再度走行させる操作の繰返しとなる。研掃装置設置1回あたりの最大表面処理面積は、ケレン機の走行2.69m、横行1.56mの範囲で、4.2m<sup>2</sup>である。



写真一七 ケレン機の施工パス

## 4. 現場適用

### (1) 現場概要

適用した工事は、都市内高速道路におけるトンネル剥落防止工事である。適用したトンネルは、写真一八に示すように、中央分離帯が設けられた片側2車線ずつの4車線を有するボックスカルバートで、その内空



写真一八 適用トンネル

形状は、高さ4.7m×幅16.1m×長さ100mである。

### (2) 適用結果

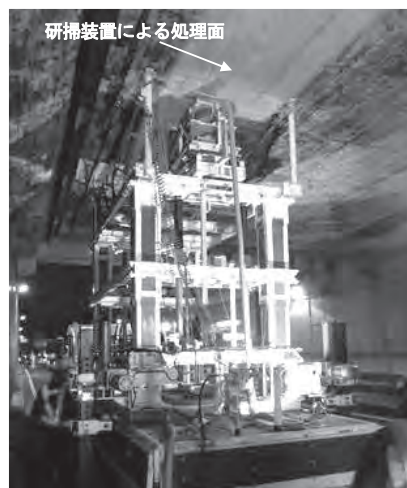
#### (a) 適用の概要

本研掃装置を適用した表面処理は、天井面の剥落防止工事において、躯体コンクリートと剥落防止材との一体化を図るために、排気ガスで汚れた塗膜の除去作業である。今回の研掃装置の適用日数は6日間で、その施工面積は計画施工面積2,630m<sup>2</sup>の内の150m<sup>2</sup>で、一部区間での適用となった。

施工状況を写真一九、一〇に示す。施工条件として、道路規制条件は片側車線供用下の単車線規制帯内での夜間作業（規制時間4～6時間）である。研掃装置による表面処理条件は、現地での試験施工から、ケレン機の走行速度4.5m/min、押付け力0.6kNとした。



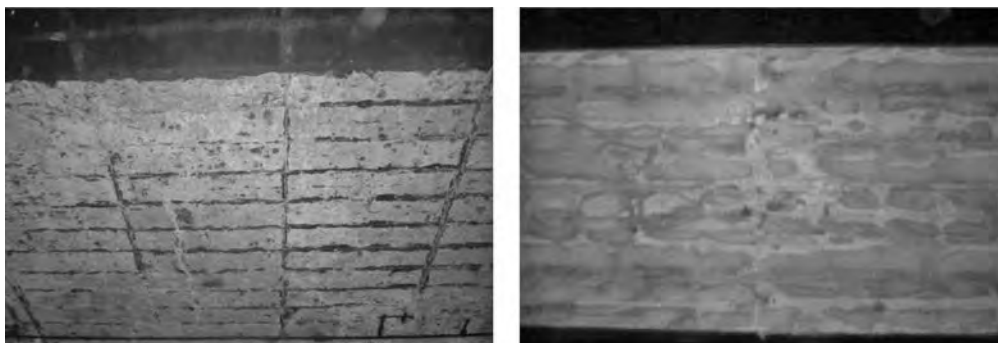
写真一九 施工状況（研掃装置の設置）



写真一〇 施工状況（表面処理）

#### (b) 処理面の出来形

処理面の出来形として、ディスクサンダーによる人力施工と研掃装置による施工の比較を写真一一に示す。



写真—11 処理面の比較（左：人力による処理面，右：研掃装置による処理面）

研掃装置による施工の場合には、適切な一定の押付け力と一定の走行速度で表面処理が行われたため、塗膜の削り残しが見られず、確実に除去されていることがわかる。一方、人力施工の場合には、塗膜を完全に除去するのに多大な時間と労力が必要となるため、型枠の継ぎ目部などに塗膜の取り残しが見られた。その結果、建研式付着力試験による付着強度は、人力施工の場合で約  $1.5 \text{ N/mm}^2$ 、研掃装置による場合で約  $3.4 \text{ N/mm}^2$  となり、大きく向上した。これらのことより、研掃装置による表面処理では、天井面の一般通行車両の排気ガスにより汚れた塗膜が、一定の処理条件下で確実に除去され、処理面の品質のバラツキが改善されたことから、付着強度が大きくなったと考えられる。

#### (c) 施工性能

研掃装置による表面処理の施工時間および施工出来高等を表—2に示す。同表において、作業時間とは規制帯への入場から研掃装置格納までの時間、組立時間とは研掃装置設置開始から表面処理開始前までの時間、格納時間とは表面処理終了後から研掃装置格納までの時間とする。また、表面処理時間とは表面処理開始から終了後の研掃装置移動を含めた次作業の表面処理開始までの時間とする。

表—2 適用結果

| 項 目          |      | 施工結果                       |
|--------------|------|----------------------------|
| 規制時間         |      | 4～6時間                      |
| 作業時間         |      | 2.5～4.5時間                  |
| 作業準備時間       | 組立時間 | 約30分                       |
|              | 格納時間 | 約30分                       |
| 表面処理時間       |      | 約18分/回                     |
| 施工面積（1回設置当り） |      | $3.0 \text{ m}^2/\text{回}$ |
| 施工能力         |      | 約 $7 \text{ m}^2/\text{h}$ |

同表より、研掃装置による作業時間は約2.5～4.5時間で、規制時間の4～6時間より1.5時間短かった。また、研掃装置の組立時間は20～31分、格納時間は20～33分で、共に30分程度かかり、表面処理時間

以外に約1時間の準備等の時間を要した。表面処理時間は14～23分/回で、平均で18分/回程度であった。表面処理時間は12分/回程度を想定していたが、1.5倍程度の時間を要した。今回の適用では、作業員の研掃装置の操作の不慣れ等により、表面処理時間が想定していたものより長くなってしまった。今後、操作性の向上等により、組立・格納時間および表面処理時間を短縮できると考えている。

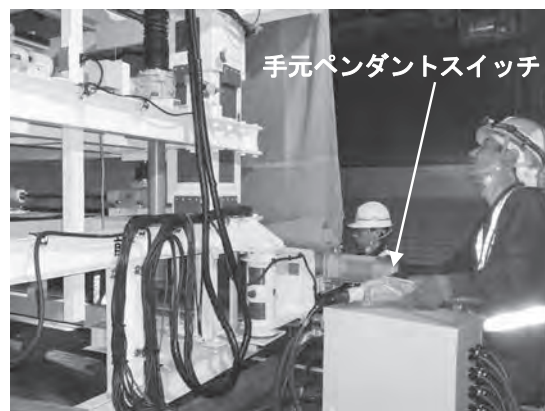
作業員の人数については、研掃装置の操作者として1人、補助員としてアウトリガー設置時や配管・配線および次作業への車両移動作業等に2人と、計3人が必要であった。また、研掃装置設置1回あたりの表面処理施工面積は、 $2.5 \text{ m} \times 0.2 \text{ m} \times 6 \text{ パス} = 3.0 \text{ m}^2/\text{回}$ であった。

この結果、今回の本研掃装置の適用による天井面表面処理の施工能力は約  $7 \text{ m}^2/\text{h}$ であった。

#### (d) 作業性

本研掃装置による表面処理の作業は、写真—12に示すように、操作者の手元ペンダントスイッチ等で全ての操作が地上部から行えた。これにより、高所での無理な姿勢による人力作業がなくなり、天井面の表面処理の省力化および安全性の向上が図れることを確認した。

また、表面処理時に発生した粉塵等は、確実に飛散



写真—12 研掃装置の操作

防止柵と集塵機によって遮断・吸引された。これより、片側車線供用下での本研掃装置による施工においては、一般通行車両に対する粉塵等の飛散抑止および作業箇所での飛散抑止による作業環境の改善ができることを確認した。

## 5. おわりに

都市内高速道路におけるトンネル剥落防止対策工事において、天井面の塗膜除去作業の一部区間に本研掃装置を適用した。研掃装置の適用により、既設コンクリート表面の汚れや塗膜の取り残しがなく確実に除去でき、仕上がり面の品質のバラツキも改善されたことから、付着性能が人力施工に比して向上した。また、表面処理時に発生した粉塵等の飛散が抑止され、作業環境の改善が図れた。更に、表面処理の省力化および安全性の向上も図れるようになった。

今後は、今回の適用で得られた操作性や作業効率の向上等を図るためのブラッシュアップを行うと共に、コンクリート構造物の補修・補強工事において高品質化・省力化ができる施工技術として、既に実用化して

いる「ウォータージェットによるコンクリート表面処理機」とあわせて、発注者に積極的に提案していく所存である。

J C M A

### 【筆者紹介】



石井 敏之（いしい としゆき）  
（株）奥村組  
技術研究所 土木研究グループ  
主任研究員



西山 宏一（にしやま こういち）  
（株）奥村組  
東日本支社 リニューアル技術部 技術課  
課長



粟津 利一（あわづ としかず）  
（株）奥村組  
東日本支社 リニューアル技術部 工事所  
所長



# セグメント真円度とテールクリアランスの 自動計測システム開発

## 高精度な一次覆工を実現

中 村 多 聞・浅 沼 廉 樹

シールド工事中において、組立てたセグメントの真円度とテールクリアランスを計測することは、品質管理上で重要である。しかし、複雑なマシンの構造や後方設備の支障物に遮られ、セグメント組立て部付近でこれらを計測し、施工に活用する技術は少ない。特に小口径断面の場合、連続的な自動計測が難しい。

セグメントの真円度を、中大口径においてはマシンに装備した形状保持装置に計測器を設置することで、小口径においては小型化した回転式レーザー距離計を用いることで計測を可能にした。テールクリアランスの計測は、レーザー照射を用いた画像処理方式を採用した。本稿では、この2つの自動計測システムの概要と有効性について述べるものである。

キーワード：シールド、セグメント、真円度、テールクリアランス、自動化

### 1. はじめに

シールド工事中において、セグメントは必ずしも、シールドマシン内面と同心円状に組立てられるものではなく、偏心したり、楕円状に変形したりすることがある。そのためセグメントの真円度、およびシールドマシン内面とセグメント外面の隙間（以下、テールクリアランス）を計測することは、品質管理上で重要なことである。特に急曲線を施工する場合は、これらを把握しながらセグメントを所定の位置に組む、高い技術が要求される。また、近年用いられている二次覆工省略型のセグメントでは、クラックや漏水等を発生させない品質管理が求められている。しかし実際の施工では、これらを定量的に測ることは難しく、セグメントの真

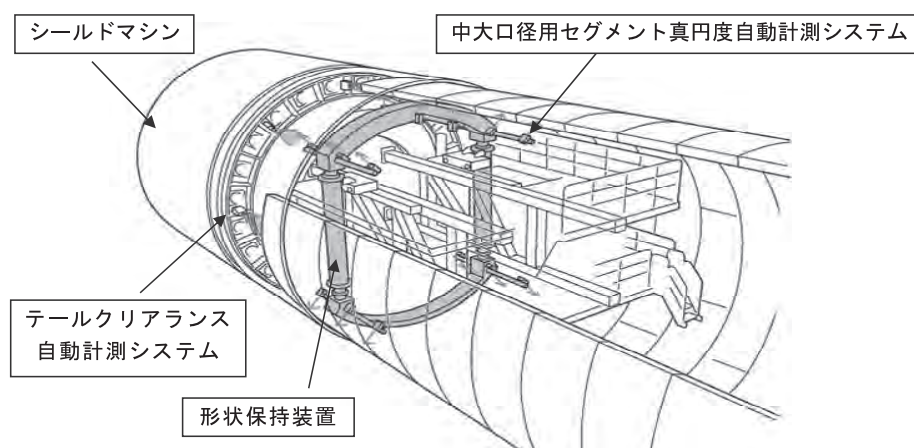
円度が低くひずみが大きくなるとセグメントの継手でズレが起り、掘進中に偏荷重が作用して割れや欠けが発生する。この原因としては以下の2点が考えられる。

①シールドマシンとセグメントのテールクリアランス不足による「せり」

②セグメント組立て時の真円度の管理不足

そこで、トンネル掘進中であっても、セグメントの組立てに必要な計測を連続的に行うことができる「真円度自動計測システム」と、「テールクリアランス自動計測システム」の2つのシステムを開発し、ひずみの少ないセグメントの組立てを可能とした（図—1参照）。

本稿では、これら2つの計測システムの概要と現場導入実績を報告するものである。



図—1 真円度、テールクリアランス自動計測システム概念

## 2. システム概要

### (1) 真円度自動計測システム

#### (a) 従来の真円度計測

シールド工事におけるセグメント真円度の測定は、従来シールドマシンの構造の問題や後方設備の支障物により、セグメント組立て部付近での計測が困難であった。特に中大口径の断面と比べて、小口径の断面では、計測を狭隘なスペースで行うことになるため、精度の維持や連続的な計測の自動化が遅れていた。そのため真円度の確認は、シールドマシンと後続台車通過後の支障物がない位置で、レーザー測量器や測量用スタッフで計測するのが一般的であった（写真—1 参照）。



写真—1 従来のセグメント真円度計測方法

しかし、この手法ではセグメント組立て時から真円度確認までかなりの時間が経過しており、単に出来形の確認をするだけになってしまう。不具合の発生状況や、セグメントがシールドマシン後胴部から地山部へ移り変わる時の変化を計測することは難しかった。

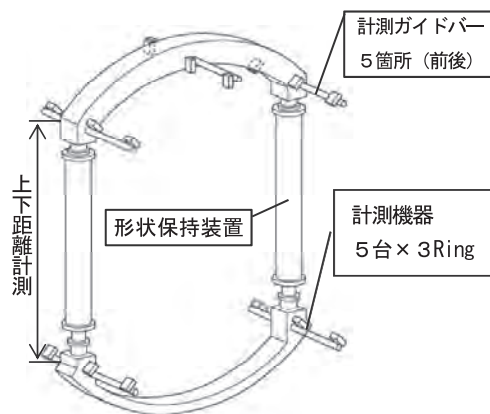
#### (b) 中大口径用真円度自動計測システム

中大口径用システムは、シールドマシンに装備される形状保持装置の前後に計測ガイドバーを5箇所設置し、計測機器（レーザー距離計）をリング毎に5台配置することで、3リング分の内空変位を同時に計測する。また形状保持装置は、本体が上下動することから、内空変位を求める計測機器とは別に、上下間の計測ガイドバーの距離を計測するセンサを設けた（図—2 参照）。

使用するレーザー距離計は、セグメントの微小な変位より真円度を求めるため高精度なものを選定し、シールド工事の悪条件を考慮して専用ボックス内に収納した。レーザー距離計の仕様を表—1に示す。

レーザー距離計にて計測されたセグメント内空変位は制御ユニットにて解析され、中央制御室（シールド運転室）にセグメント真円度として表示される。シールド

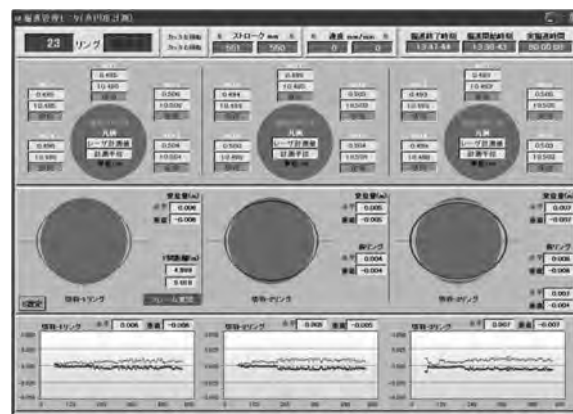
マシン操作者は、この3リング分の計測データを参考に、掘進中はジャッキ選択に留意すると共に掘進完了時のセグメントの真円度を切羽に連絡し、セグメントの組み方でひずみを修正する（図—3、写真—2 参照）。



図—2 形状保持装置と真円度自動計測システム

表—1 レーザー距離計緒元

| 項 目    | 内 容                    |
|--------|------------------------|
| 測定距離   | 0.05 m ～約 50 m         |
| 距離精度   | ± 1.5 mm               |
| 最小表示単位 | 0.1 mm                 |
| 光源     | レーザーダイオード：620 ～ 690 nm |



図—3 真円度計測表示画面



写真—2 真円計測システム稼働状況（上部側）

これにより、シールド掘進にともない変位するセグメント真円度の推移を連続的に解析し、即時にシールド掘進組立て管理に反映・修正が可能となった。

### (c) 小口径用真円度自動計測システム

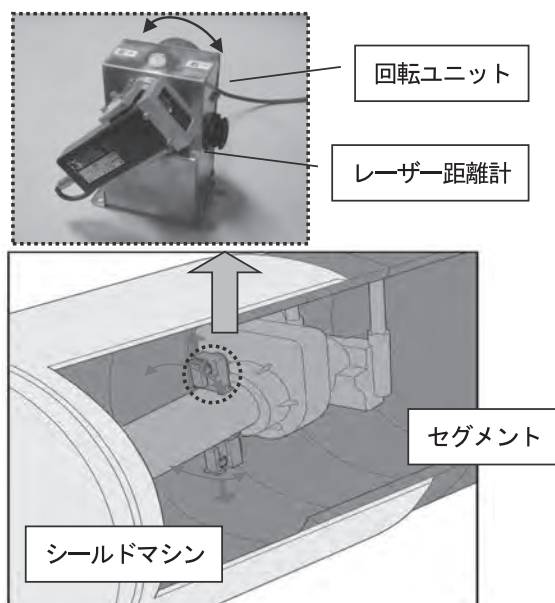
小口径用システムは、セグメント形状保持装置を有さない小口径シールドマシンを対象に開発したもので、設置スペースが限られたシールド坑内でも計測可能にするため、回転式レーザー距離計を採用した。これにより中大口径用と比較して、機器の設置台数を減らせ、計測部の小型化につながった（表—2 参照）。

システムの構成は、シールドマシン内に計測部と制御装置、中央制御室に通信表示ユニットである。計測部は、セグメントが見通し可能な2箇所に取り付け、レーザー距離計がセグメントに対して垂直に照射・計測できるようにする（図—4）。

セグメント真円度計測は、シールドマシン掘進に合わせて連続的に計測され、計測結果を随時解析しセグメント真円度として表示される。

表—2 計測部寸法比較

| 項目                  | 中大口径用  | 小口径用             |
|---------------------|--------|------------------|
| 幅                   | 83 mm  | 140 mm           |
| 長手方向                | 200 mm | 142 mm           |
| 高さ                  | 200 mm | 178 mm           |
| 機器単体の測定可能範囲         | 1 点    | 360 度<br>(角度設定可) |
| 機器設置台数<br>(1 断面あたり) | 5 台    | 2 台              |



図—4 スクリューに設置した場合の真円度計測状況

## (2) テールクリアランス自動計測システム

### (a) 従来のテールクリアランス計測

シールド工事におけるテールクリアランスは、シールド掘進管理だけでなく、出来形管理にも極めて重要な要素である。従来、このテールクリアランスの計測は、作業員がコンベックスやスチールテープ、楔形の測定器などを用いて行うことが多く、計測頻度もシールドマシンの掘進前後にのみ行うだけである（写真—3 参照）。

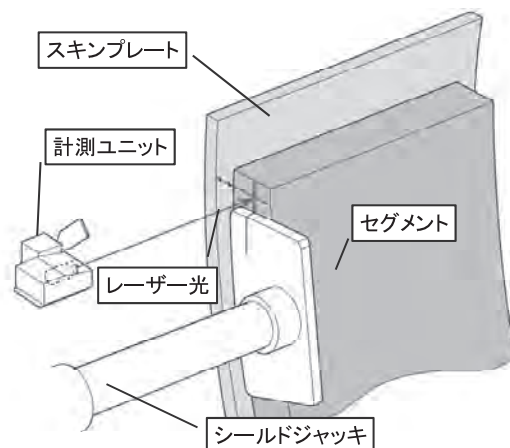


写真—3 従来のテールクリアランス計測状況

しかしこれは、掘進時にシールドジャッキ付近で作業することになり、不安定な足場での計測が余儀なくされた。また、大断面のトンネルでは高所作業も発生するため、安全面での改善が課題であった。

### (b) テールクリアランス自動計測システム

これらの問題を解決するため、レーザー照射を用いた画像処理方式を採用した、テールクリアランス計測システムを開発した。切羽側に計測ユニットを設置し、テールクリアランス部にレーザー照射することで、シールドマシンテール部の環境に影響なく計測が可能となり、セグメント組立て時だけでなくシールドマシン掘進時のテールクリアランスをリアルタイムで計測可能とした（図—5、写真—4 参照）。



図—5 テールクリアランス計測システム概念





写真—4 計測ユニット設置状況

計測ユニットの設置箇所は、上部・右90度・左90度・下部の4箇所を標準とするが、現場の施工条件により、下部のユニットは水没などの影響がない範囲に移設ができる。また、最大取付け数量に制限はなく、必要に応じて増設することにより綿密な計測管理が可能である。

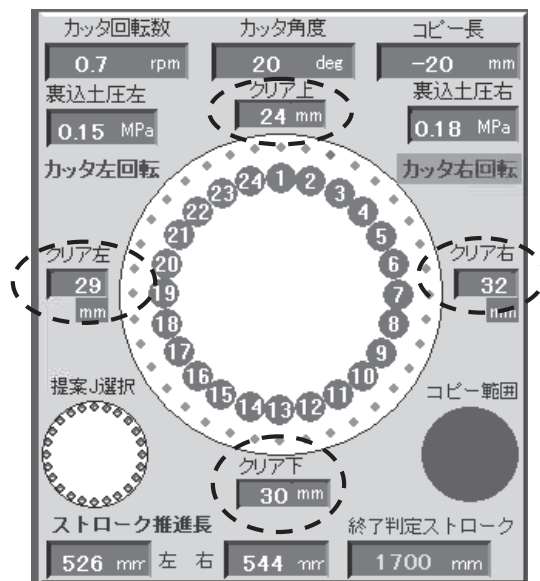
計測されたテールクリアランス値は、リアルタイムで中央制御室（シールド操作室）のディスプレイ上（図—6参照）に表示され、シールドマシン操作者の掘進管理上で重要なデータとなる。

### 3. 導入結果

#### (1) 中大口径用真円度自動計測システム

本システムの導入にあたり、計測精度の検証を行うため、従来行っていたレーザー距離計によって求めた内径と比較をした。その結果として、計測精度が $\pm 2\text{ mm}$ 以内であることが確認できたため、システムの運用を開始した。

口径8.04 mのシールド工事に本システムを導入し、組立て直後3リング分の真円度を同時に自動計測しながら掘進した結果を図—7に示す。セグメント



図—6 テールクリアランス表示画面

の変形は真円度が100%を超える場合は縦型つぶれ、逆に100%未満では横型つぶれ状態を表す。

一般にセグメントの組立て真円度の偏差量は、口径の0.4%以下で管理される。本システム導入により0.2%以下を目標とした管理が可能となり、極めて真円に近い高精度な一次覆工を構築できた。

#### (2) 小口径用真円度自動計測システム

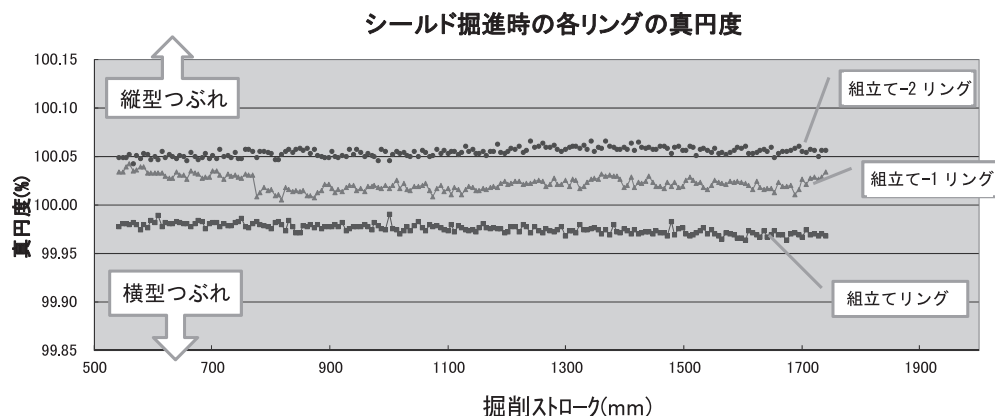
今回の現場導入で以下の3点を確認した。

##### ① 高精度なセグメント内空計測が可能

計測精度 $\pm 1.5\text{ mm}$ を有する回転式レーザー距離計で高精度なセグメントの内空計測が可能となった（写真—5参照）。

##### ② シールド掘進と連動して計測が可能

シールド掘進と連動したリアルタイムの計測で、掘進にともない変位するセグメント真円度の推移を解析し、次のセグメント組立て管理に即時反映することが可能となった（図—8参照）。



図—7 真円度計測グラフ（測定前）



写真-5 計測機器設置状況（上側）

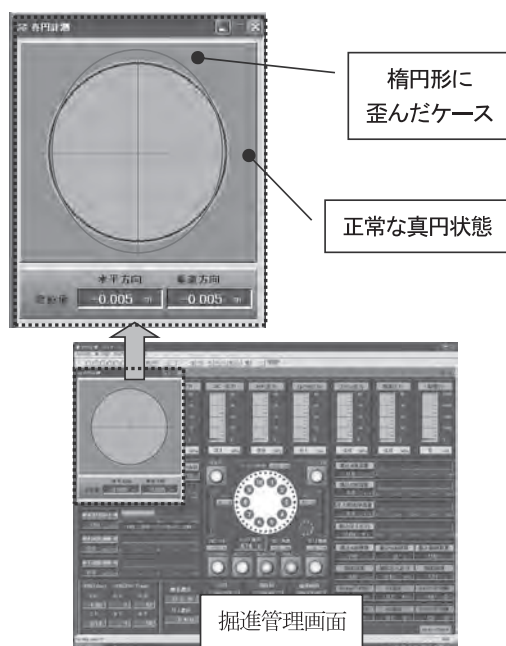


図-8 セグメント真円度モニタ

### ③計測装置の小型化の実現

計測部が小型化したことで、小口径断面（直径2 m）の狭隘なシールドマシン内に後付けで設置が可能となった。

### （3）テールクリアランス自動計測システム

本システムの有効性を確認するため、テールクリアランス計測をシールド掘進開始から終了までの1リング分行い、人による計測と比較した（表-3 参照）。

計測精度は、数値にバラツキはあるが $\pm 2.5$  mm以内であることが分かった。この差は、画像センサの受光素子数に関係する。図-9に示す様に、検出面の端部は場所によって受光素子の感度に変化するため、検出結果(画素座標値)も変動する。この対策として、画像認識センサ自体の受光素子数を増やし、検出面を細分化させて検出結果の安定を図った。

表-3 テールクリアランス計精度比較

| SJ<br>ストローク | 20R 押し (単位: mm) |       |       |      |       |       |      |       |       |
|-------------|-----------------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|-------|
|             | 上クリア            |       |       | 右クリア |       |       | 左クリア |       |       |
|             | 実測              | 計測    | 誤差    | 実測   | 計測    | 誤差    | 実測   | 計測    | 誤差    |
| 738         | 26              | 25.70 | 0.30  | 35   | 33.95 | 1.05  | 27   | 26.09 | 0.91  |
| 841         | 25              | 23.64 | 1.36  | 35   | 35.49 | -0.49 | 27   | 26.69 | 0.31  |
| 949         | 24              | 22.50 | 1.50  | 36   | 36.80 | -0.80 | 28   | 29.65 | -1.65 |
| 1,058       | 25              | 26.61 | -1.61 | 37   | 37.82 | -0.82 | 27   | 26.65 | 0.35  |
| 1,168       | 24              | 25.60 | -1.60 | 37   | 36.50 | 0.50  | 27   | 27.37 | -0.37 |
| 1,270       | 24              | 26.14 | -2.14 | 37   | 37.86 | -0.86 | 27   | 28.37 | -1.37 |
| 1,420       | 23              | 25.56 | -2.56 | 39   | 37.70 | 1.30  | 26   | 26.89 | -0.89 |
| 1,530       | 20              | 18.61 | 1.39  | 40   | 38.80 | 1.20  | 26   | 27.24 | -1.24 |
| 1,755       | 21              | 23.56 | -2.56 | 40   | 41.23 | -1.23 | 27   | 27.41 | -0.41 |

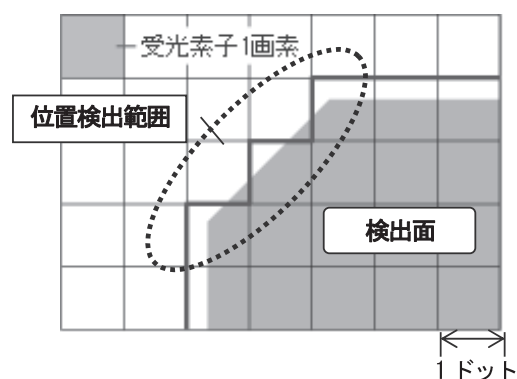


図-9 画像認識概念

## 4. おわりに

今回開発した2つの技術は、シールド工事において実現が難しいテーマであった。これらの新技術は中大口径だけでなく小口径のシールド工事にも適用可能な技術であり、今後は多くのフィールドで運用を継続し、その有効性を確認したい。最後に本技術の開発に際し、ご支援・ご協力いただいた関係各位に誌面をお借りしてお礼を申し上げます。

J C M A

#### 【筆者紹介】

中村 多聞（なかむら たもん）

㈱フジタ

建設本部 土木エンジニアリングセンター機械部



浅沼 廉樹（あさぬま なおき）

㈱フジタ

建設本部 土木エンジニアリングセンター機械部  
主席コンサルタント



## シールドマシンの海外調達における 製造工程管理と品質管理

高 田 哲 也

シールドマシンの国内市場は、ここ2～3年は、道路トンネル及びリニア新幹線等の超大口径シールドの需要は期待出来るものの、その後の国内需要は減少傾向になると予測される。

従い、国内メーカーも海外案件を視野に入れて活動する必要がある、海外メーカーとの価格競争では、シールドマシンの海外製作が必須となる。

弊社は、2002年頃より中国メーカーへの技術協力を発端に海外市場向けのシールドマシンにおいて中国メーカーでの製作をおこなうにあたり品質管理に関しての教育を行ってきた。

今回は、その一部を紹介する。

キーワード：意識改革、品質向上＝万人が満足

### 1. 日本と中国の文化、習慣の違いを理解する

異国の同士が同じ仕事をおこなうには、第一にお互いの違いを知ることが大切である。

日本人のものさしで中国人を計らないことである。

日本人なら「この程度は、当然確認する」や「言わなくても分かるはず」等々、日本人の勝手な判断で解釈しないことである。

これらを理解して「製造工程管理と品質管理」の伝達をおこなった。

### 2. 講義内容

前提として「お客様が満足していただける商品を提供する」を理解させ現状の製造意識の変革を目的とした内容の講義とした（写真—1）。



写真—1 講義風景

「顧客満足＝自己満足」その内容を簡単にご報告する。

- ①「ただ作るだけの管理」＝自己満足→「お客様が満足する管理」＝顧客満足→「利益を出す管理」＝万人が満足する。
- ②物づくりとは、「物に設計図、指示書の内容を転写する作業」この作業を更に「転写の精度を上げる＝品質を向上させる」ことが、万人を満足させられる商品である。
- ③作業時間とは、「正味の作業時間」＝物に転写している作業。「付随作業」＝工具等の段取り、整理する作業。「無駄な作業」＝後戻り（やり直し）作業。であり「無駄な作業」を削減することで収益の悪化を防ぎ、万人が満足する。
- ④品質管理として「作業者が汚さないことを心がける」「汚したら自ら清掃する」を意識付けることで、清掃することで未実施事項の確認が早くなる。
- ⑤「製品を大切にする」→養生や保護をおこなう。
- ⑥「治工具の片づけ」→作業時間の無駄を省くことにより工程管理が出来、収益が悪化しない。→万人が満足する（写真—2, 3）。
- ⑦「各種図面、書類の整理」→上記と同様。
- ⑧「後工程はお客様」のつもりで現作業をおこなう。→全ての作業を同一人物がおこなうのであれば、後で修正するようなことにならないように製作精度、清掃等に気を付けるはず。であれば、前工程の作業をおこなう人が後工程のことを配慮して作業をおこなうようにする（写真—4～6）。→「時間の無駄

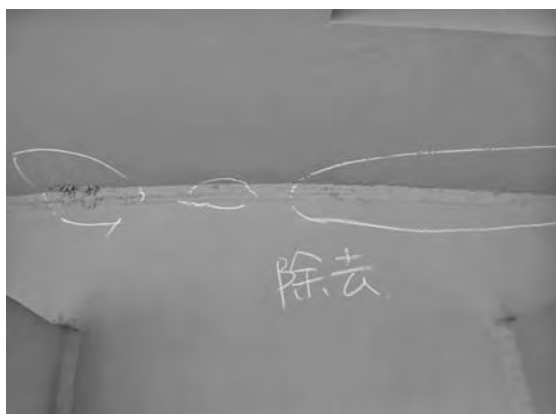




写真—2 治工具の整理整頓①



写真—3 治工具の整理整頓②



写真—4 後工程の配慮無 スラグの上に塗装



写真—5 後工程の配慮無 ボルト穴にゴミ



写真—6 後工程の配慮無 注入管ネジが塗装やゴミで汚い

を省く」＝「工程管理」＝「品質管理」＝「収益改善」＝万人が満足する。

- ⑨「再発防止」をおこなうには、不具合、不手際情報を文書化することを習慣づけさせる。

文書化は、その人を責めるためのものではなく、次工事の再発防止をおこなうためのものである。文書化することで「何が要因か」を明確にし「どのようにすれば回避できるか」を考え、作業員全員に周知し「再発防止」をおこなう（人は完ぺきではなく失敗はするものであり人は失敗を隠したがる）。

- ⑩全ての人が「三現主義（現物、現場、現実）\*の理解」を深める→営業、工務、調達、設計、工場、品質管理、現地組立の全ての部門の人が参加し\*\*良い製品を納入するために目的を共有して活動をする。

\*現物：作っているもの、現場：どのように作っているか、現実：どのようになっているか

\*\*万人が満足する商品

### 3. おわりに

人は、よく分からない物やよく分からない人からは買い物をしないので、①優れた品質活動を確立し②お客様の要望を理解し③その活動の効果が確認できれば、他社との差別化につながる＝万人が満足する。→信用、信頼を得られ事業継続発展させることが可能となる。

J C M A

#### 〔筆者紹介〕

高田 哲也（たかだ てつや）  
ジャパントネルシステムズ(株)  
販売技術部



ずいそう

## ビ ッ ク リ、 カ イ ロ 初めてのエジプト出張

竹之内 博 行



一昨年、昨年と2回にわたりそれぞれ3週間ずつ、JICAの仕事でエジプトの首都カイロに出張する機会を得た。この地域への旅は私にとって初めての経験だったので、見るもの聞くものすべてが驚きの連続だった。ほんの短い期間の、限られた地域での経験によるものだが、いくつか印象を綴ってみたい。

エジプトでの仕事は、日本からの技術支援により橋梁の維持管理技術をエジプトに根付かせようとするもので、エジプト政府の運輸省直下の組織である「道路・橋梁陸運総庁（GARBLT）」に対して行われたものである。私の役目は疲労に関する短期専門家という立場で、現地橋梁の点検調査とそれに基づくアドバイスやセミナーの開催などを行って、現地技術者のレベル向上を図るものであった。

### 活躍する女性

GARBLTを訪れてまず驚かされたのが、女性幹部の多さである。GARBLTは、道路総延長約24,000 km、1,700橋余りを管理する大きな組織である。そのナンバー2である橋梁局長や設計課長も女性である（写真1）。通訳や秘書はもとより、意思決定する立場で個室を持つ幹部技術者の多くが女性なのである。その比率は日本を大幅に上回っていると思う。女性上司にお茶を出し、指示書にサインをもらうために並んで待つ男性職員の姿は日常茶飯である。イスラムの女性は戒律に縛られて家庭内に閉じ込められ、教育もままならないようなイメージを抱いていたが、それとはまったく異なる状況であった。これらの女性幹部も家

に帰れば夫もいれば子育てもするだろうに、家庭ではどんな生活をしているのだろうか、などと余計なことが心配になったが、今回のミッションではそこを突っ込む余裕はなかった。ただし、橋梁工場を訪問した時や現場調査の際にはあまり女性技術者の姿は見えなかった。工場や現場では、政府機関のオフィスなどと違って女性は少ないのかもしれない。

### ベリーダンス

組織の中核でバリバリに活躍するこれらの女性は、基本的にこちらの伝統的な服装で働く。日本であれば和服で霞が関の本省で働くような感じだ。スカーフのような布でしっかりと髪の毛を覆っている。親族以外には髪の毛を見せてはいけないそう。もちろん髪の毛を覆わない女性もいるが、その辺の詳しい使い分けについてはよくわからない。なお、女性には握手も含め体に触れてはならないとのこと。この事務室でも、新任の日本人がエジプト人の女性秘書に「よろしくね」と軽く肩に触れた途端、“Don't touch me!”と叫ばれ、一時険悪な雰囲気になる事件があった。

全身がゆったりしたガウンのような衣服で覆われているエジプト女性の姿は謎である。服装に隠れて気付かなかったが、エジプト女性の肥満率はかなりのもので、WHOの世界ランキングで11位（ちなみに日本は178位）と、トップレベルだ。そのあたりの調査というわけではないが、仕事の最終日に、あこがれのカイロの踊り、ベリーダンスに連れて行って頂いた。最も品のいい踊りを見せてくれるという船上レストランのショーだった。肥満とは縁遠い鍛え抜かれた腹筋とリズムカルに動く腰のくねり、生の音楽と合わせてまさに「おー」と声が出るすばらしさ。美しく、迫力のあるセクシーな踊りであったが、驚いたのは周りの雰囲気。観客のほとんどが週末を楽しむ家族連れやデートを楽しむカップルで、男二人の我々がやや特異な存在だった。おまけに家族連れの子供たちが踊り子の周りでじゃれていたり、観客が飛び入り参加したりして、男目線で想像していたのとは大違いの家庭的で明るい雰囲気なのだ。あれだけ厳密に全身を覆う日常とのギャップは、一体何だろう。



写真1 着任早々の幹部技術者との打合せ



### 雑踏の市街地

グーグルアースでエジプトを眺めてみれば一目でわかるが、エジプトの国土はほとんどが砂漠で茶色、ナイル川沿いだけに緑の地域があり、それが河口の扇状地で広がるハスの花のような形を呈している。カイロはそのハスの花の付け根に位置するアフリカ最大の都市である。カイロを一言で語るのは難しいが、東京と同様に高速道路があり高層ビルがあり下町の雑踏がある大都市だ。ただ、砂ぼこり、道端のごみ、車と人の混雑のレベルは、我々が日本で普段目に見ているものとは大きく異なり、最初は度肝を抜かれた（写真—2）。



写真—2 市街地の雑踏

市街での高速道路は、建設後かなりの年数が経っているものが多く、これから維持補修の必要性が増すものと思われるが、雑踏の中での仕事には様々な問題がありそうだ（写真—3、4）。

### 砂塵の郊外

郊外では、砂漠を突っ走る高規格の幹線道路の建設が急ピッチで進められている。道路は国力の証であり軍事的にも重要な施設であることから、その建設においては軍隊の関与も大きいようだ（写真—5）。大型トラックと並走するロバに引かれた荷車と、砂埃と一緒にいつまでも消えてくならないビニール袋が舞い飛んでいる光景が心に残った（写真—6）。

### 別天地ザマレク

滞在中はカイロのザマレク地区のホテルに泊まった。ザマレク地区は、ナイル川の中州にあり、各国の大使館や外国人が多く住む場所で、カイロ市内でも最も落ち着きのある高級地区だ。安全性も問題なしということで、朝のジョギングも楽しむことができた。しかし、犬の糞と歩道の凸凹、そして自動車には細心の注意が必要だ。写真に撮ると、砂埃やゴミは写らないので、こんなにきれいな風景になってしまう。仕事で



写真—3 橋の上にも露店



写真—4 街中での橋梁点検



写真—5 郊外の幹線道路



写真—6 ロバも走る





写真—7 別天地ザマレク

走り回った道路から見る景色と比べれば、この地区は確かに別天地かもしれない（写真—7）。余談だが、帰国後、この川のたもとで起きた爆弾事件のニュースを聞いて、胸をなでおろした。

#### 4,500年の歴史を訪ねる

休日には、ギザのピラミッドを中心に有名な観光スポットを駆け足で巡ることができた。短時間ではあったが、古代からのエジプトの歴史に直接触れることが出来て、当時の文化の素晴らしさやそれが今に実物でつながっていることに感動した。中でも安置されているミイラの表情が、つい寸前に息を引き取ったかのようにリアルで、永遠の命を信じた当時の人々の思いが、4,500年の年月を超えて伝わってくるような気がした（写真—8）。

また、エジプト考古学博物館には歴史や美術の教科書でしか見たことがない品々が、すぐ目の前に、見切れないほど陳列されている。こんな素晴らしい文化遺産を持つ国民が、最近の暴動の際にはここに入り込み、



写真—8 4,500年の歴史を訪ねる

いくつもの貴重品を壊したり略奪したりしたそうで嘆かわしい。どうりですぐそばには装甲車が何台も配備されていたわけだ。

見慣れぬ景色もしばらくすると慣れてしまう。砂まみれの街路を車に轢かれぬようにすれすれに避けながら、ごみを跨いで歩くこともあたりまえになってしまう。仕事もこちらの人のリズムに合わせれば、楽しくできるようになる。まこと人間の順応性の高さには感心するばかりである。しかし、日本に戻って、改めて青い空と澄んだ空気を吸い、ごみが落ちていない街路や整然とした車の流れを見たり、新鮮な日本料理を味わったりすると、異国での緊張感が一気に解放されて、故郷に帰った、という思いがこみあげた。日本の国土や日本人の気質についていくつも再認識させられた出張だった。

——たけのうち ひろゆき （一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所 技師長——

ずいそう

## カンボジアで考えさせられたこと

中 田 利 治



2015/11/25 から 12/3 まで、いつも一緒に海外旅行をしている親しい仲間 12 人のグループでカンボジアのシェムリアップ、ラオスのルアンパバーン及びベトナムのハノイを旅行した。このうちカンボジアには 3 泊 4 日滞在した。その時の印象を記す。

カンボジアで最も驚いたのは、ホテルだけでなく土産物屋でもレストランでも日本語で対応してくれるスタッフがいることだ。それだけでなく、彼らが非常に親日的なことである。なかでもカンボジア滞在中アテンドしてくれた 2 人の青年ガイド（愛称パナ君とサビ君）の発言が印象に残った。

二人とも日本語が非常に上手である。親日的であるだけでなく、発言の中に日本に対する大いなる憧れと尊敬の念が感じられた。以下は、主としてパナ君が観光ガイドをする合間に教えてくれたカンボジアの実情の要約である。

カンボジアでは小学校と中学校は義務教育制が敷かれている（小学校では午前中に低学年、午後は高学年の 2 部制）が、カンボジア学校の教科は、読み書きそろばんだだけで、体育や音楽はないのだとのこと。しかも、就学率が 60% 程度と非常に低いとのことである。

理由は、カンボジアは農業国で子供が学校へ行くより、家で農業や牧畜の手伝いをした方がよいと考える親が多いからだという。また義務教育以上の学歴を積んでも役人（警察官）か学校の先生になるしか学歴を活かせる道がないことも一因とのこと。

警察官は（正規の給料以外にも収入を得ることが出来るので、《あくまで彼の弁で、真偽の程は確認できない》）生活には不自由しないが、先生は少し離れたところに赴任すると交通費や住宅費が掛かり、給料だけでは生活が成り立たないのだとのこと。

パナ君の実家も農家で、彼が学校へ行くことを父親が許してくれなかったのだが、向学心に燃えていた彼は、いろんなつてを頼って、日本人女性（和歌山県出身）が主催する NGO にたどり着き、そこで学校に通わせて貰っただけでなく日本語も勉強させて貰ったとのこと。

その日本人女性（彼はママと呼んでいた）に同世代

の友達数人と、2 週間ほど日本に連れて行って貰い、千葉県や和歌山県に滞在したとのこと。彼らが新幹線の速さにびっくりすることを心配したママさんから、乗ってすぐ睡眠薬（？）を飲まされたらしく、一眠りしたらもう新大阪だったので驚いたと笑わせる。

彼は訴える、カンボジアを日本のような立派な国にしたいが、悲しいかなポルポト政権下で、文字を読める人、眼鏡を掛けている人は全てインテリ階級と見なされ、殆どが抹殺されてしまった。

そのため、今のカンボジアには 50 歳代以上の層が非常に薄く、我々（パナ君ら）を指導してくれる人がいない。出来ることなら、人生経験の豊かな日本人の専門家に指導に当たって貰えたらいいと考えているのだがと。

彼の観光ガイドの内容も面白く我々を満足させてくれたことはいまでもない。しかし、何度も外国を旅行した経験はあるが、これ程までに自分の国の将来を思うだけでなく、日本国と日本人を評価してくれている外国人に会ったことはない。

パナ君のことばかりを書いたが、繁華街の土産物屋のどの店にも日本語を上手に話す売り子（女性）が少なからずいる。

我々が、お土産を買った店の売り子は、我々が去ろうとすると本とノートを出してきて日本語の勉強を始めたので、頼んで彼女が持っていた本とノートを見せてもらった。

本は古本屋で約 600 円（定価の 1/4 位）で買ったとのこと。独り者なら月 1 万円程で過ごせると聞いたカンボジアではかなりの出費であろう。ノートにはひらかなや小学校 2 年生レベルの漢字が丁寧に書かれていた。帰りしなに「日本の女性と話しているのと変わらないね」というと、すかさず「お世辞がお上手ね」と返された。

観光旅行のつもりで訪れたカンボジアで、これからの日本国と日本人が彼らに何をしてあげられるかを考えさせられたのは、想定外の出来事であった。

——なかた としはる 元（一社）日本建設機械施工協会  
関西支部 技術部長——

## JCMA 報告

## 平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告（その 4）



## 論文賞



## IoT を取入れた次世代無人化施工システムの実現 ICT を活用した赤松谷川 11 号床固工工事の無人化施工

北原 成郎・坂西 孝仁・飛鳥馬 翼

### 1. はじめに

IoT (Internet of Things =モノのインターネット) とは、日常生活における身の回りのあらゆるモノがインターネットを介して情報をやり取りする能力を備えていくという概念である。1990 年代には「ユビキタスコンピューティング」、2010 年代前半には「M2M (Machine to Machine)」などと呼ばれ、機械同士の自律的な制御や連携を表す世界観として認知されてきた概念であり<sup>1)</sup>、今日では、ICT (Information and Communications Technology = 情報通信技術) の発展に伴い、注目を集めている。

近年、土木業界においても IoT 導入への取組みが行われ始めた。

自然災害の多い日本では、台風や集中豪雨、地震によって生じた土砂災害の復旧、火山の噴火に伴って生じる火砕流や土石流の緊急復旧作業に当たり、2 次災害の危険性があることから無人化施工が採用されることが多い。平成 23 年に発生した東日本大震災や、近年の局地的な豪雨や火山の噴火の増加によって無人化施工は注目されるようになった。平成 23 年には超長距離遠隔操作実証実験<sup>2)</sup> が行われ、光ファイバケーブルや無線 LAN を使用することにより、施工箇所から遠隔操作室までの距離の制限が無くなり、オペレータは施工箇所より離れた安全な場所から施工可能となった。

一方で、少子化や若者の建設業界離れを背景として、土木業界において従事者の高齢化、減少による人員不足の問題から、ICT を活用した施工管理の効率化、生産性の向上が図られている。国土交通省が普及推進する CIM (Construction Information Modeling) は、計画から維持管理までを 3 次元モデルを中心に管理するシステムであるが、施工時の CIM の活用が課題とされている。維持管理をしていく中での施工時の情報は重要視されており、施工過程の情報を可視化し、共有・活用していく必要がある。

当社では、次世代無人化施工としてネットワーク対応型無人化施工に情報化施工、CIM を取入れた最新の施工技術の現場への適応を進めている。赤松谷川 11 号床固工工事（以下、本工事）では高度化する無人化施工に対応する

ため、この次世代無人化施工技術を総合的に取入れ実施し、平成 27 年 3 月に施工を完了した。

多様化する施工工法や利用する装置に柔軟に対応するため、光ファイバケーブルや無線 LAN を使用したネットワーク対応型の無人化施工システムを構築し、20 台の建設機械の運用・施工を実現した。この技術をベースとして現場では、ICT を活用した施工支援システムを構築し、施工過程を可視化したリアルタイムモニタリングシステムを実現した。

本報告では、これまでに例のない大規模次世代無人化施工技術の実工事での成果を報告する。

### 2. 本工事概要

本工事は水無川砂防基本構想に基づき、雲仙普賢岳からの土石流災害から地域の安全安心な生活を確保することを目的とした砂防施設を建設するものである。本工事施工箇

表—1 工事概要

|      |                                    |
|------|------------------------------------|
| 工事名  | 赤松谷川 11 号床固工工事                     |
| 発注者  | 国土交通省 九州地方整備局                      |
| 工事場所 | 長崎県南島原市深江町上大野木場地先                  |
| 工期   | 平成 24 年 12 月 11 日～平成 27 年 3 月 30 日 |
| 主要工事 | 砂防土工 = 249,199 m <sup>3</sup>      |
|      | 作業土工（床掘）＝一式                        |
|      | RCC コンクリート = 48,592 m <sup>3</sup> |
|      | 無人化設備工＝一式                          |
|      | 仮設工＝一式                             |



図—1 工事位置

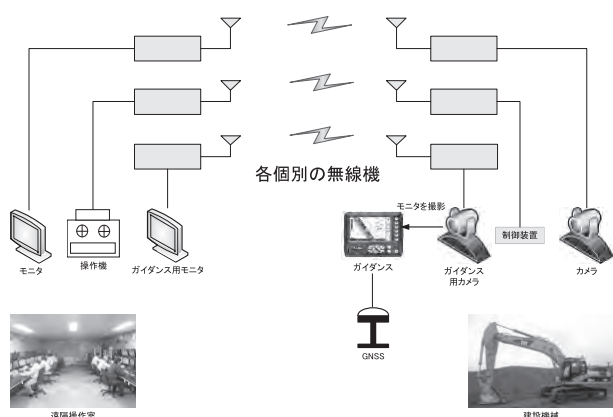


所は土石流や溶岩ドーム崩落が発生する恐れのある警戒区域内であるため、作業員の安全を確保するため、施工は遠隔操作による大型建設機械を駆使した無人化施工で実施した。工事概要を表―1に、工事位置を図―1に示す。

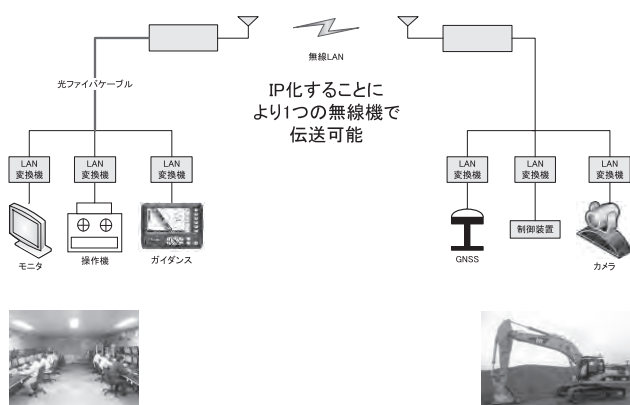
### 3. 無人化施工の概要

#### 3.1 ネットワーク対応型無人化施工システムの概要

従来の無人化施工のデータ伝送は、特定小電力無線、建設無線といった専用の無線機で伝送を行っていた。そのため、建設機械の操作情報、車載カメラ情報は個別の無線機が必要であった(図―2)。今日では、超長距離遠隔操作実証実験の成果により、IoTを取入れたネットワーク対応型無人化施工システムが主流となり(図―3)、これにより通信手段として光ファイバケーブルや無線 LAN 等の選択肢が増えた。



図―2 従来の無人化施工システム



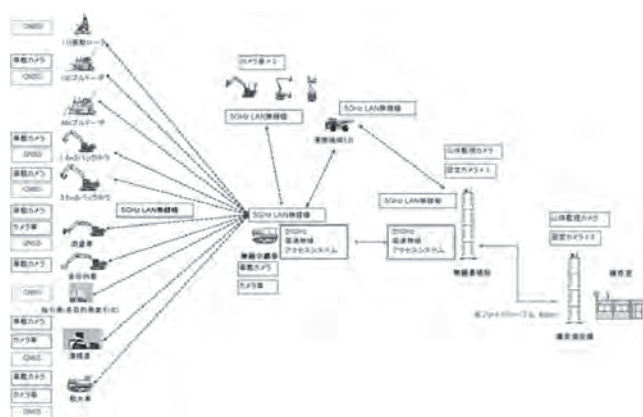
図―3 今日の無人化施工システム

無線 LAN は、現場に適した無線機やアンテナを自由に選定でき、ローミング機能<sup>※付録1)</sup>があるため、無線基地局を複数用意し長距離無人化施工にも対応できることが挙げられる。また、1つの無線親機で複数の建設機械を遠隔操作可能であるため、本工事のように多くの建設機械を使用する工事においては、無線周波数の干渉回避やコスト削減といった面でも有効なシステムである。

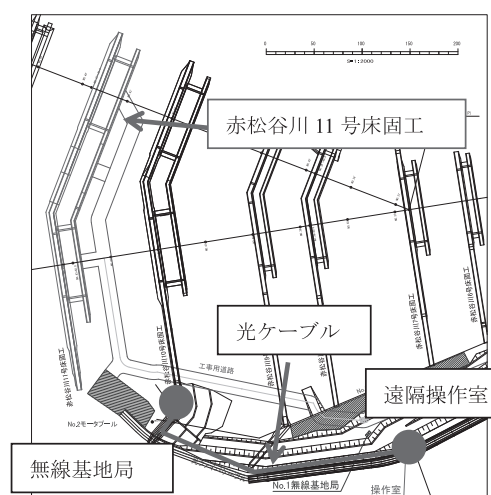
#### 3.2 本工事におけるネットワーク対応型無人化施工システム

建設機械の操作データ、車載カメラデータ、情報化施工データを全て IP (Internet Protocol = インターネット・プロトコル) 化して伝送した。遠隔操作室から無線基地局までの 400 m 間は光ファイバケーブルを使用して伝送した。無線基地局から施工箇所までは最大 400 m 程度距離があるため、無線の確実な配信のためクロラダンプをベースとした移動式無線中継局(以下、無線中継局)を設置し、無線親機を無線基地局に4台、無線中継局には3台設置した。無線基地局と無線中継局の間は、指向性は強いが、伝送量も大きく、長距離伝送が可能である、25 GHz 帯の高速無線アクセスシステムを使用した。無線親機と無線子機には 5 GHz 帯の無線機を使用し、合計 20 台の建設機械を稼働させた(図―4, 5, 表―2)。

複数建設機械を制御するという事は、データの増加分だけ伝送経路に負荷がかかるということであり、無線機のデータ伝送の限界が懸念された。本工事においては初期においては単純な通信接続だけではカメラ画像が乱れるトラブルが頻繁に生じた。そこで、日々の施工時には、稼働し



図―4 ネットワーク系統図



図―5 無人化施工設備平面図

表一 2 使用機械一覧

| 使用機械                         | 用途               |
|------------------------------|------------------|
| 16 t 級ブルドーザ                  | コンクリート敷均し        |
| 68 t 級ブルドーザ                  | 土砂掘削・敷均し         |
| 0.45 m <sup>3</sup> バックホウ    | 測量車              |
| 0.8 m <sup>3</sup> 級バックホウ    | 多目的車             |
| 1.4 m <sup>3</sup> 級バックホウ    | 施工盛土・土砂整形        |
| 1.4 m <sup>3</sup> 級バックホウ    | コンクリートはつり        |
| 3.5 m <sup>3</sup> 級バックホウ    | 土砂掘削             |
| 45 t 積ダンプトラック×3              | 土砂運搬             |
| 36 t 積ダンプトラック×2              | コンクリート運搬         |
| 11 t 級振動ローラ                  | コンクリート締固め        |
| 0.45 m <sup>3</sup> 級トラックローダ | コンクリート打継面清掃      |
| 10 t 積クローラダンプ                | 散水車              |
| 10 t 積クローラダンプ                | 移動無線中継車          |
| 路面清掃車                        | コンクリート打継面レイタンス吸引 |
| 0.45 m <sup>3</sup> 級バックホウ   | カメラ車             |
| 9.9 m 級高所作業車                 | カメラ車             |
| 6 m 級高所作業車                   | カメラ車             |

ている建設機械のデータ伝送量を均すように、無線親機への通信接続を変更した。トラブルが生じた際にはその都度データ伝送量を確認し対処した。その結果、トラブルを少なくして画像データ等を安定して伝送することができた。

#### 4. 情報化施工の概要

警戒区域内においては人の立入りが禁じられているため、施工管理も無人化施工で行う必要があり、本工事では無人化施工の支援を行うツールとして情報化施工を取入れた。

##### 4.1 MG・MC

バックホウとブルドーザには測量作業不要で掘削・敷均し施工が可能となる、GNSSを活用したMG (Machine Guidance = マシンガイダンス) とMC (Machine Control = マシンコントロール) を導入した。特にMCは自動的にブルドーザの排土板が動作するため、オペレータは前後進操作のみで設計の高さに敷均すことが可能となり、RCCコンクリート※付録2) の出来形向上へと繋がった。

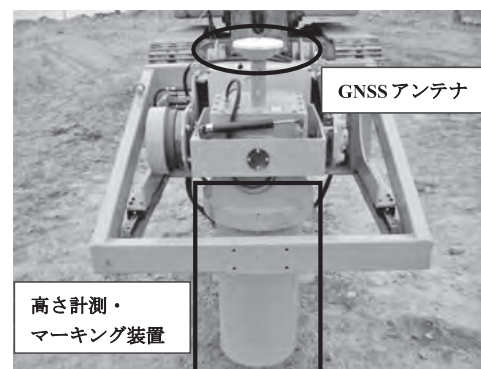
MG・MCは、通常は建設機械の運転席で使用するシステムであるが、当社ではネットワーク対応型無人化施工システムに適用するために、MG・MCの制御モニタ装置だけを操作室へ設置することに成功した(図一6)。MG・MCにはCAN (Controller Area Network) ※付録3) が使用されており、CANをLANへ変換することによって制御モニタ装置だけを建設機械から切り離して操作室へ設置し、本工事のネットワークへ適用させることができた。これにより、建設機械の運転席で行わなければならなかったMG・MCの操作が、操作室からいつでも操作可能となった。



図一 6 MG 施工状況

#### 4.2 無人測量システム

測量には無人測量システムを導入した。測量装置本体はバックホウのアタッチメントとして使用した。計測装置にはGNSS受信機を搭載し、その真下部に測量位置を確認するカメラ、測量高さを計測する距離センサ、測量した箇所の位置出しを行うマーキング装置を搭載している(図一7, 8)。これらを使用することで、無人化施工にて出来形管理を実施した。



図一 7 測量装置



図一 8 スプレーマーキング操作画面

#### 4.3 締固め管理システム

振動ローラにはGNSSを活用した締固め管理システム (SiteCompactor) を導入した。GNSSにより車両位置を高精度に測位することで、転圧工事をリアルタイムに管理す

ることが可能である。RCC 工法<sup>※付録2)</sup>では工法規定として振動ローラで10回締固めることが定められており、このシステムを使用することにより、転圧不足や過転圧を防止することができ、RCC コンクリートの品質向上へと繋がった。さらに、本工事よりローラ部に加速度計を搭載し(図-9)、CCV (Compaction Control Value = 加速度応答値)を締固め指標として相対的な締固め状況を管理した(図-10)。

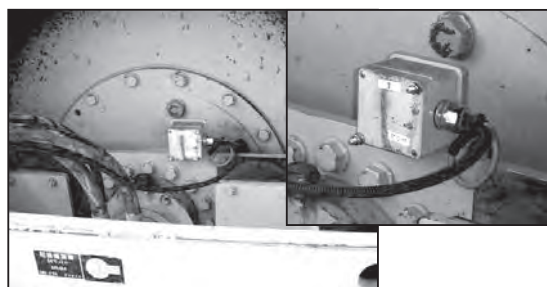


図-9 加速度計取付状況



図-10 CCV 管理

## 5. CIM の概要

CIM とは、調査から維持管理までを3次元モデルを軸に管理するシステムである。現場においては施工部分が当てはまり、着工前・施工中・完了時に分けることができる(図-11)。

### 5.1 着工前

航空測量から現況の3次元モデル、設計図面から掘削面や構造物の3次元モデルを作成した。3次元モデルにより任意の側線での断面表示が可能となり、現況と設計図面とを照合することにより工事数量の算出をした(図-12)。設計図面の3次元モデルは先に記述した情報化施工での施工図面として展開した。

### 5.2 施工中

CIIM (Civil Infrastructure Information Management) という計画から設計、施工、維持・管理までの情報共有・活用することを目的に提唱された概念<sup>3)</sup>を使用して、当

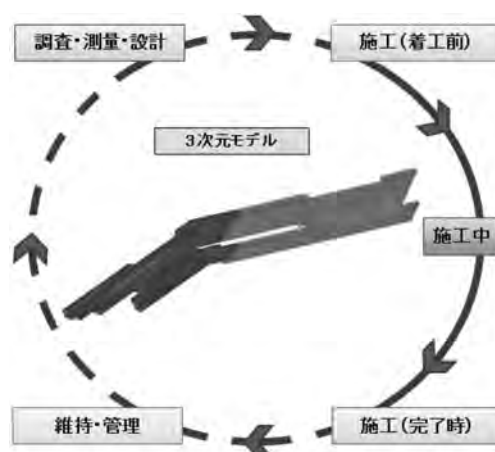


図-11 CIM 概念図

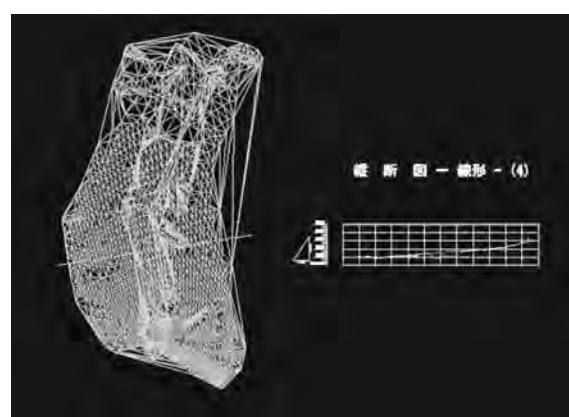


図-12 現況、設計との照合及び断面表示

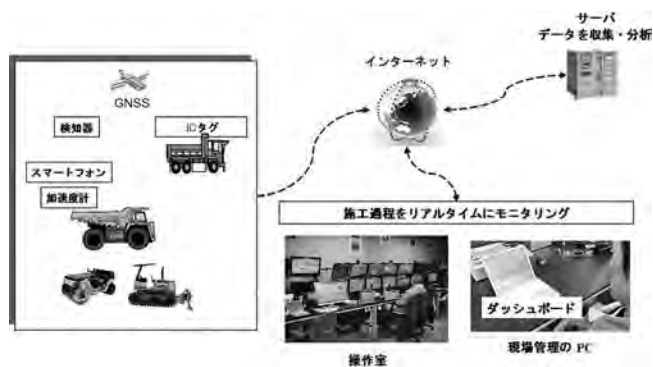
社ではIoTを取入れることによって施工管理におけるシステムを構築した。

各建設機械に計測機器として加速度計、GNSS 受信機、IC タグを搭載し、ICT を活用して情報の取得を行うことで、施工過程の情報を可視化し、リアルタイムで一元管理し、情報の共有・活用を可能にするシステムを構築した(図-13)。ICTとしてインターネット、サーバを使用して情報の収集・分析を行うことから、インターネット環境が整備されている場所であれば、施工情報をリアルタイムで把握することを可能にした。このシステムを使用することにより、現場と本社・支店や発注者とのリアルタイムによる施工情報の共有が可能である。

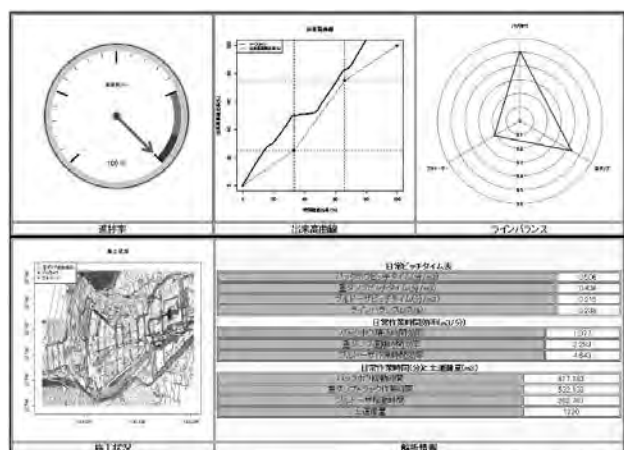
#### 5.2.1 土工事の運行管理システム

ダンプトラックにGNSS 受信機を搭載していることから、積み込み場所から荷卸し場所までを1台1台管理することができる。どこの場所からどの位置にどれだけの土量が荷卸しされたかの詳細なデータも集約しており、測量作業をすることなくトレーサビリティを定量的かつ明確にすることを可能にした(図-14, 15)。また、その情報をリアルタイムで得られることから、進捗状況に合わせた指示や施工条件の相違による土運搬量の評価をした。

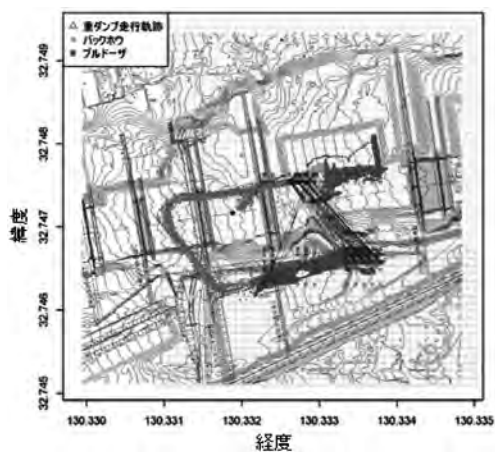




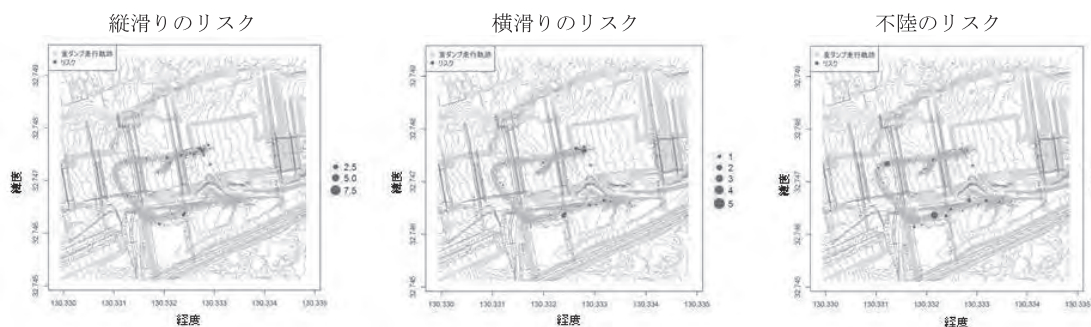
図—13 CIIMシステムの構成イメージ



図—14 土工事の運行管理システム



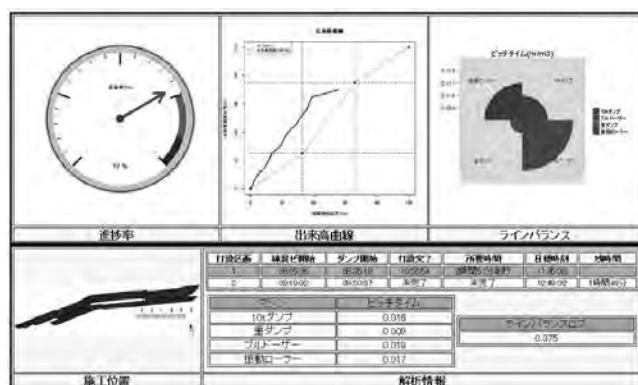
図—15 各建設機械の走行軌跡，土量



図—17 ハザードマップ

## 5.2.2 RCC コンクリート打設管理システム

現場とコンクリート工場間をコンクリート運搬するダンプトラックに搭載したICタグと現場及びコンクリート工場に設置された受信機により、リアルタイムで進捗状況を把握すると共に、コンクリートの練混ぜ開始から締固め完了までの時間管理（トレーサビリティ）を行うことで品質管理を行った（図—16）。このシステムにより、設計図書では4時間以内にコンクリート打設を完了しなければならないところ、3.5時間以内でのコンクリート打設を可能にした。



図—16 RCC コンクリート打設管理システム

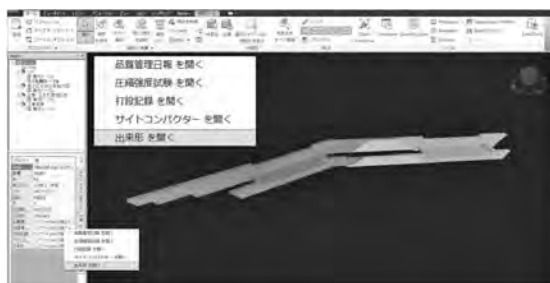
## 5.2.3 安全管理システム

加速度計を使用しての工事用道路の評価をしたハザードマップの導入を行い、安全管理の向上を図った。ハザードマップを図—17に示す。xyzの3軸の加速度を解析することで、縦滑り，横滑り，不陸のハザードを検出する。この数値は道路の損傷の状態を表しており，同じ場所に連続して発生することにより道路補修の時期を示す1つの指標となった。特に無人化施工においては，カメラ画像では工事用道路の状態を把握することが困難なため，危険である箇所をリアルタイムに把握しながら建設機械を操作できることは，オペレータ支援として非常に有効であった。

## 5.3 完了時

既存ソフトを使用し，構造物の3次元モデルに品質・出来形・写真等の施工データを集約することで，データの—

元管理を行った。3次元モデルの打設ブロックをクリックすることで、施工管理記録を瞬時に表示することができ、工事完了後のデータ維持管理を容易にできる（図—18, 19）。また、竣工図書として発注者に提出することにより書類の削減にもなる。



図—18 構造物3次元モデル



図—19 出来形管理データの呼出し

## 6. 本工事の成果のまとめ

IoT を取入れたことによる本工事の成果を以下に示す。

- ・無線 LAN を計画的に使用することにより、20 台の建設機械を運用した。
- ・情報化施工を取入れることにより、オペレータの施工支援となり、品質向上にも繋がった。
- ・MG・MC において、CAN を本工事のネットワークに適用させることにより、制御モニタ装置を操作室へ設置させることができ、施工性の向上へ繋がった。
- ・3次元モデルを作成することにより、計画・施工管理・工事記録を容易にした。
- ・3次元モデルへ工事記録を集約することで、竣工検査時の説明を容易にし、書類の削減にも繋がった。
- ・各種計測機器を建設機械に搭載することにより、インターネット上からリアルタイムに施工管理を行うことを可能にした。

- ・土工事では運行管理と土運搬量を、測量作業をすることなくトレーサビリティを明確にした。
- ・コンクリート打設管理では、設計図書では4時間以内に打設完了すればいいところ、3.5時間以内での打設精度による品質管理を行った。
- ・ハザードマップを導入することにより、建設機械の故障を未然に防ぎ、無人化施工におけるオペレータの施工支援に貢献した。

多様化する工法や装置、無人化施工の精度向上、施工管理の効率化に対応するために IoT を取入れることは非常に有効であり、当社における次世代無人化施工システムを確立した。

## 7. おわりに

本工事では、IoT を取入れることにより、2年以上にも渡る大規模無人化施工工事を安全かつ精度よく工事を完了することができた。

益々 ICT が発展していく中で、本報告での成果が多種多様な工事へ適用されるように、現場支援や技術開発をしていく所存である。

最後に、本工事の施工においてご指導いただいた国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所の方々を始め、関係者各位に深く謝意を表す。

### 《付 録》

- 1) 無線子機が移動した時に接続する無線親機を自動的に切替える機能
- 2) RCC (Roller Compacted Concrete) 工法で使用する固練りのコンクリート。RCC 工法とは RCC コンクリートをダンプトラックで運搬、ブルドーザで敷均し、振動ローラで転圧して締固める工法である
- 3) 車両などの装置の通信として利用される双方向のネットワーク

### 《参考文献》

- 1) 國塚篤郎：モノのインターネットによる建設現場の施工支援，建設機械施工，Vol.67・No.5，pp.46～49，2015
- 2) 新田恭士・松尾修・北原成郎・黒田昇・田村圭司・下田孝徳：超長距離無人化施工技術の適用性に関する考察，第13回ロボットシンポジウム，2012
- 3) 佐藤直良・矢吹信喜：対談「CIMの歴史と可能性」，土木学会誌，Vol.100・No.6，pp.10～13，2015

北原 成郎

(株)熊谷組 土木事業本部 機材部

坂西 孝仁

(株)熊谷組 土木事業本部 機材部

飛鳥馬 翼

(株)熊谷組 土木事業本部 機材部

### お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。

## 論文賞

## 定張力ウインチシステムと斜面舗装機械の開発

伊藤 圭祐

## 1. はじめに

本報は斜面舗装の為に、新たに開発した定張力ウインチシステムを取り付けた、定張力サブウインチポータ（以下、定張力SWP）及び、新規に開発した斜面舗装機械について紹介するものである。また、それらを導入した現場事例についても紹介する。

定張力ウインチシステムとは、斜面での切削や、清掃作業において、安全かつ円滑に作業を行う為の定張力油圧回路を備えたウインチの事である。

## 2. 概要

ここで述べる斜面舗装とは、ダムや調整池の表面遮水壁をアスファルトコンクリートで構築する舗装の事であり、アスファルトフェーシングとも称される。当社では、斜面舗装に関する技術は既に保有しており、過去に施工した実績も多数ある。しかしながら、補修を目的とした大規模な斜面切削の実績例は無かった。そのため、効率的に斜面切削を実施する為の機械開発が必要となった。

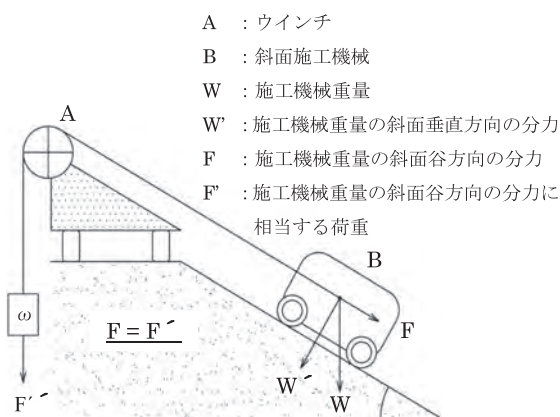
通常、斜面上で機械作業を行う場合、その機械の姿勢保持が重要となる。斜面勾配が緩く、施工機械が斜面を滑落する事が無い角度以内で、自走でも安全に作業ができる場合を除き、一般的には斜面上部からのサポートが必要となる。そのため、斜面勾配がきつくなるに従い、確実に施工機械を保持しなければならない。しかし、施工機械をワイヤロープやロッドで固定すると、施工機械の動きは制限を受け、自由に施工することを制約される。例えば、ウインチ等の巻き上げ装置を用いてワイヤロープで施工機械を保持すると、施工機械の移動はウインチの巻き上げと巻き下げ速度に拘束されるものとなり、施工機械自身が自由に移動作業することを制約する。そこで、斜面舗装工事に供用する施工機械のサポートシステムとして、定張力ウインチシステムを開発した。このシステムにより、斜面上の施工機械を安全に保持しつつ、且つ、自由に施工移動できる。また、新規に開発を行った斜面舗装機械は施工効率の向上と品質の確保を目的としたものである。

## 3. 定張力ウインチシステム

斜面施工機械にサポートが必要な場合、一般にはウインチ等のサポート機械を堤頂に配置し、そこからワイヤロープを斜面施工機械に接続し、ウインチの巻き上げ、巻き下

げにより施工機械の移動を行う。しかし、通常のウインチの場合、斜面施工機械はウインチの巻き上げと巻き下げ速度に拘束されるものとなるため、施工機械の能力を最大限発揮する事が出来ないばかりか、無理なウインチ操作により施工機械を破損する恐れがある。

そこで図—1の概念図に示すように、施工機械重量の斜面分力 $F$ と同じ力 $F'$ で釣り合うように反力相当の力を滑車の先にウエイトで賄えば、施工機械の斜面分力はキャンセルされ、自力で自由に移動作業することが出来る。



図—1 「定張力油圧回路」概念

この考えを油圧ウインチに応用して、常にワイヤロープを斜面分力相当 $F'$ で緊張するシステムを開発した。施工機械が下へ移動する時は、ワイヤロープに $F'$ を超える張力が働き、ワイヤロープは巻き出される。逆に、施工機械が登板する時はワイヤロープが緩もうとするので、ウインチによりワイヤロープは巻き取られる。また、施工機械は斜面上の任意の位置で停止する事も出来る。この働きを担う「油圧回路」を組み込んだ定張力ウインチシステムを開発し、斜面補修工事に用いるSWPに搭載した。

このシステムを備えた定張力SWPは、斜面舗装工事の安全作業、品質向上及び、工期短縮に貢献した（写真—1、表—1）。

## 3.1 定張力ウインチシステムを用いた斜面切削

斜面での切削作業を行う為には、斜面下側から上側に向かって作業を行うか、斜面上側から下側に向かい作業を行う方法がある。後者の方が切削屑の処理等の点から、作業





写真—1 定張力 SWP 全景

表—1 定張力 SWP 仕様表

| 機械名    |      | 定張力サブウインチポータ<br>(定張力 SWP)  |
|--------|------|----------------------------|
| 使用目的   |      | 小型切削機等の牽引及び運搬              |
| 主要寸法   | 全長   | 7,570 mm                   |
|        | 全幅   | 3,000 mm                   |
|        | 全高   | 3,000 mm                   |
| 車体重量   |      | 14,100 kg                  |
| エンジン出力 |      | 110 kW                     |
| ウインチ能力 | 定格荷重 | 20 kN                      |
|        | 動作速度 | 0 ~ 70 m/min               |
| その他特徴  |      | ・定張力ウインチ機構搭載<br>・デッキ旋回移動可能 |



写真—2 切削機使用状況

には効率的である（写真—2）。

切削作業を斜面上側から下側に向かって行う場合、滑落しない勾配上では、切削機は自走での施工が可能ではあるが、安全を考慮して切削機をサポートする必要がある。しかし、切削機は切削深さによる抵抗の差や、滑りにより、施工速度に差が生じる。そのため、ウインチを一定速度で回転させるだけの従来の施工方法では、ワイヤロープの弛みや張り過ぎに繋がり、作業効率も悪く仕上がり面が不揃いになり、機器の破損に繋がる恐れも有る。定張力ウイン

チシステムにより、斜面上においても水平自立走行での作業と同様の感覚での切削作業が可能となったことにより、切削精度の向上や施工の効率化に寄与する事ができた。

### 3.2 定張力ウインチシステムを用いた斜面清掃

切削作業後、油圧ショベルで切削材の撤去を行うが、切削面には切削材の一部やダスト分が多く残るので入念に清掃する必要がある。この清掃作業には小型の搭乗型スリーパを使用して、小型切削機と同様に、斜面上側から下側に向かって作業を行うのが有効である。この際、自走での施工は困難であり、安全な作業を行う事と作業の効率化を図るために、定張力ウインチシステムを使用した（写真—3）。結果、安定した清掃作業が行え、人力清掃に比べはるかに短期間で清掃作業を終了した。



写真—3 スリーパによる清掃作業状況

## 4. 斜面舗装機械

斜面舗装については、多様な現場状況に応じて特殊機械を開発し、現場導入を行ってきた。しかし、短期間で完了させなければならない補修工事という現場条件に合わせ、従来機よりも機能と品質の向上が求められ、新たに開発を行った。

この度、斜面舗装に関して新規に開発を行った機械はメインウインチポータ（以下、MWP）及び、斜面舗装用アスファルトフィニッシャ（斜面用 AF）である。

### 4.1 メインウインチポータ

MWPは主に斜面用 AF を牽引するための施工機械である（写真—4、表—2）。SWP とは牽引する機械が異なるため、より大きな能力のウインチが必要であり、且つ、低速で巻き上げを行う安定性が求められた。

斜面における舗装作業は、アスファルト合材（以下、アス合材）の供給と抱えの点から、切削作業とは異なり斜面上側から下側に向かって作業を行っていく。そのため、アス合材を抱えた AF が自力で斜面を上り、斜面舗装作業を行うことは困難であり、MWP からのワイヤロープ巻き上げにより斜面舗装作業を行う必要がある。そのため、

MWP のウインチには定張力ウインチシステムは取り付けず、オペレータ同士が作業状況の確認をしながらワイヤロープを巻き上げ、舗装を行っていく。また、MWP には現場条件に応じて、斜面上にて合材供給を行う為のダンパ車を牽引するウインチを搭載する事が可能であり、これは AF 用ウインチとは独立して巻き上げ・巻き下げを行う事が出来る。

斜面舗装のスタート時は、細かな敷き均し調整が必要である。この為、斜面用 AF の巻き上げには超低速で巻き上げが行える様、微速巻き上げシステムを搭載した。これにより、安定したアス合材の敷き均しが可能となり舗装の品質が向上した。



写真-4 MWP 全景

表-2 MWP 仕様表

| 機械名    |      | メインウインチポータ (MWP)                                                                                                                                                           |
|--------|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 使用目的   |      | 法面アスファルトフィニッシャの牽引及び運搬                                                                                                                                                      |
| 主要寸法   | 全長   | 9,200 mm                                                                                                                                                                   |
|        | 全幅   | 3,100 mm                                                                                                                                                                   |
|        | 全高   | 4,300 mm                                                                                                                                                                   |
| 車体重量   |      | 18,600 kg                                                                                                                                                                  |
| エンジン出力 |      | 80 kW                                                                                                                                                                      |
| ウインチ能力 | 定格荷重 | 69 kN                                                                                                                                                                      |
|        | 動作速度 | 0 ~ 20 m/min                                                                                                                                                               |
| その他特徴  |      | <ul style="list-style-type: none"><li>・施工規模に応じてダンパ車用ウインチ搭載可能</li><li>・AF 施工スタート時に有効な微速巻き上げシステム搭載</li><li>・AF &amp; ダンパ車搭載可能な回転移動デッキ</li><li>・回送時には運転席収納可能でコンパクト化</li></ul> |

4.2 斜面用アスファルトフィニッシャ

この機械を新規に開発するに当たり、高い締固めで安定したアス合材を敷き均すためのスクリード機能を検討し

た。斜面用 AF は、母体となる小型 AF の伸縮スクリードを取り外し、タンパ・パイプレータ (TV) 方式のリジッド (固定式) スクリードに交換した。一般に用いられる伸縮スクリードは、舗装幅員に合わせて任意にスクリード幅を変えられるので、舗装幅員の調整には便利であるが、伸縮式機構であるがゆえに、スクリードが前後に配置されている。一般の舗装では問題とはならないが、ダム、調整池等の斜面舗装においては、底面 (水平面) から斜面に向かって勾配が変化する部分での敷き均し調整は非常に難しい。そこで、今回はリジッドスクリードを採用し、仕上がり面の向上を図った。また、このクラスの AF では、パイプレータ (V) 方式のスクリードが一般的であるが、アスファルト量の多い特殊アス合材の敷き均し密度向上のため、TV 方式のスクリードを採用した (写真-5、表-3)。

同時に、合材の飲み込み角度の変更や、オペレータの安全確保としてステップの角度を斜面勾配に合わせて設けた。他には、搭載する発電機が、AF の傾きに関わらず常に水平を保てる機構や、施工ジョイント部を加熱するジョイントヒータが任意の高さ、角度に調整できる機構を設けた事が特徴である。



写真-5 斜面用 AF 全景

表-3 斜面用 AF 仕様表

| 機械名    |    | 斜面用アスファルトフィニッシャ (斜面用 AF)                                                                                                                                  |
|--------|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 使用目的   |    | 斜面アスファルト施工                                                                                                                                                |
| 主要寸法   | 全長 | 5,000 mm                                                                                                                                                  |
|        | 全幅 | 3,400 mm                                                                                                                                                  |
|        | 全高 | 1,980 mm                                                                                                                                                  |
| 車体重量   |    | 8,000 kg                                                                                                                                                  |
| エンジン出力 |    | 40 kW                                                                                                                                                     |
| その他特徴  |    | <ul style="list-style-type: none"><li>・ホイール式</li><li>・舗装幅 3.0 m (+エクステンション 0.4 m × 2)</li><li>・タンパ・パイプ方式のリジッドスクリード採用</li><li>・ホッパの大型化により合材抱え量向上</li></ul> |

## 5. 現場活用事例

ここで、新規開発を行った機械を導入した施工現場を紹介する。

### 5.1 現場概要

場所：山梨県内

概要：発電農水・飲料水用調整池

概要：遮水壁補修面積 約 9,000 m<sup>2</sup>

当現場は、既存の傷んだ舗装を切削して新規の特殊アス合材で舗装を行う現場であり、斜面傾斜が約 22°であった。

夏場の用水供用に向け、舗装作業は冬期施工となり、アス合材の温度管理が難しかったが、合材供給専用ホッパを保温するなどして温度低下を防ぐ事に努めた。また、施工機械が多数導入され、それらが錯綜する現場であったが、大きなトラブルもなく、特に切削作業は単位時間当たりの施工量を予定よりも大幅に上回り全体工期の短縮に貢献した。斜面舗装作業は、微速度巻き上げシステムと TV 方式のリジッドスクリードの効果もあって、舗装面の良好な仕上がりが得られた。

### 5.2 施工状況

当現場では、図-2 に示すような施工体制で作業を行った。

本現場においては施工の規模と作業の効率を重視して、合材供給専用ホッパとクローラクレーンを組み合わせて特殊アス合材の供給を行い、施工を行った（写真-6、7）。

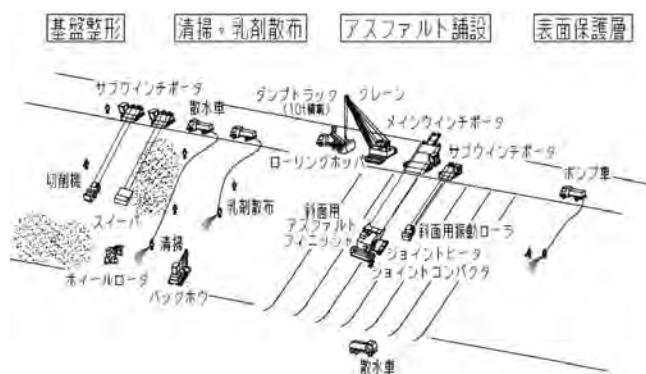


図-2 一般的斜面舗装施工体制概略



写真-6 合材供給専用ホッパによるアス合材供給状況



写真-7 斜面舗装施工状況全景

## 6. おわりに

本報では、定張力ウインチシステムと、新規に開発を行った斜面舗装機械に関して報告を行った。斜面での機械施工の難しさを少しでも緩和する、斜面特殊機械の開発により、斜面切削技術を確立すると共に、斜面舗装の施工効率と品質の向上に繋げる事が出来た（写真-8）。

今後も、「品質向上」、「安全確保」、「工期短縮」、「コスト縮減」に貢献できる機械開発を行っていく所存である。



写真-8 現場完成写真

伊藤 圭祐  
鹿島道路(株) 機械部

### お断り

このJCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。



## 部 会 報 告

## 除雪機械の変遷（その 18） 凍結防止剤散布車（4）

機械部会 除雪機械技術委員会

## 6-8 湿式方式

湿式方式の変遷について、湿式と湿潤式に分けて述べる。どちらも塩と溶液を混合する方式であるが、湿式は、効率的な散布ができることから、高速道路では、すべての路線で採用されており、標準的なものといえる。湿潤式は、湿式と異なり溶液タンクを基地に設置する必要がなく、水道水を利用するため初期投資を軽減できる点が特徴である。

## 6-8-1 湿式

塩に塩水や塩カル溶液を混合する方式について3社（範多機械(株)、(株)日本除雪機械製作所、ワイ・エンジニアリング(株)）の湿式の方式を紹介する。

平成5年頃、範多機械(株)は、旧日本道路公団向けに湿式凍結防止剤散布車を開発した。この時の散布剤と塩水の混合方式では、ベルトコンベアから搬送されてきた散布剤は、車両後部の横置きスクリーンに流入し、搬送中にスクリーン内で塩水と十分混合され、湿塩が生成される（図6-3）。

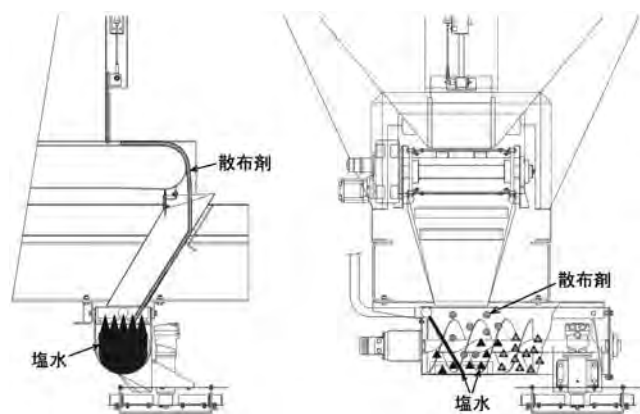


図6-3 範多機械(株)の湿式における溶液混合のやり方 日本道路公団向け

平成10年に範多機械(株)は、湿式の混合方式としてシュート内混合装置（特許取得）を開発した。これはシュート内で溶液を多段混合する方式である。散布剤は、シュート後方上部位位置から落下してくる溶液上に落下した後、さらにもう1回シュート壁に衝突し、散布円盤導入シュートにより絞られながら散布円盤上に落下する。これにより溶液と散布剤を十分に混合する

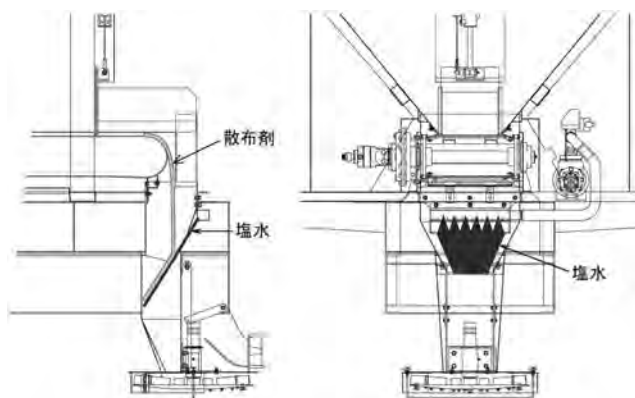


図6-4 範多機械(株)の湿式における溶液混合のやり方

ことができ、散布円盤からの飛散時には湿潤塩状態になる（図6-4）。

平成元年より(株)日本除雪機械製作所は、以下の溶液混合方式を採用した湿式凍結防止剤散布車を旧北陸地方建設局へ納入した。これは、凍結防止剤をホッパ下部に設けられたスクリーンコンベアで搬送すると共に、水溶液をホッパ側面に設けられた水溶液タンクからポンプにて圧送、水溶液を散布円盤上で凍結防止剤に添加し、散布円盤にて均一に散布する方式である。なお、水溶液、凍結防止剤の湿式割合、散布幅、散布密度等については、運転室内の操作パネルと装置後部の制御器の間でCAN方式により通信制御され、さまざまな状況に対応可能である。また、車速に同調して湿式割合、散布幅、密度を一定に自動制御する機能も有している。

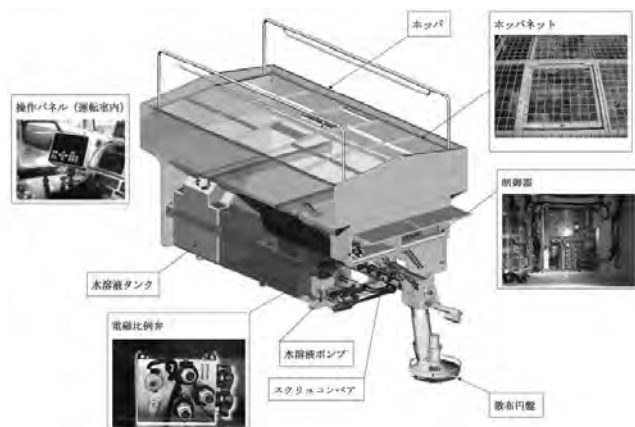


図6-5 (株)日本除雪機械製作所の湿式における溶液混合のやり方

散布円盤上で凍結防止剤に溶液を添加することで以下のようなメリットがある。

- 1) 凍結防止剤の搬送経路を乾燥状態に保つことで、湿式・乾式の切替を瞬時に行うことができるため、乾燥路面には乾式散布、橋梁や交差点等の凍結しやすい路面には湿式のスポット散布を行いやすいなど、汎用性が高い。
- 2) 塩化カルシウム等の潮解性が高い凍結防止剤を散布する場合においても、搬送経路内でのベタつきおよび固化がなく、安定した散布をすることができる。
- 3) 凍結防止剤を溶けた状態ではなく湿った状態で散布することで、固形剤の持続性を保つことができるため、溶液散布の即効性と、乾式散布の持続性を併せ持つことができる。
- 4) 一度ポットに溶液を溜めることで、配管経路内の空気などの影響を受けにくい（図 6-6）。

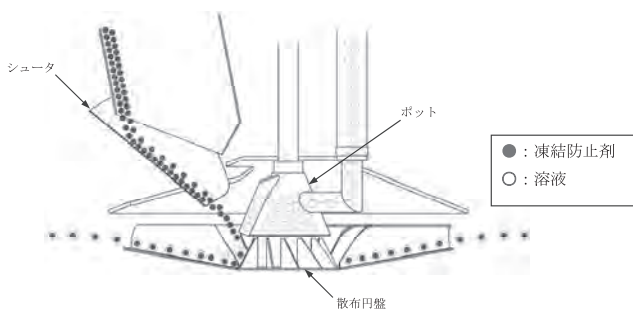


図 6-6 溶液混合部詳細（散布円盤部）

シュミット社製湿塩散布装置（現ワイ・エンジニアリング㈱輸入販売）は、ホッパ下部に設けられたベルトコンベア式移送システムにより、凍結防止剤を送り出し、散布装置後部のシュートを介し、散布円盤へ移送する構造になっている。なお、ベルトコンベア速度は車速と同調する。凍結防止剤と溶液の散布円盤ディスク内での直前混合方式（5ゾーンミキシングシステム）により、混合物の均一化を図っている（図 6-7）。

円錐形のコーン、散布円盤、散布ブレードにおいて混合（ミキシング）効果を高めることにより、凍結防止剤を路面へ均一に散布する。

5ゾーンミキシングシステムとは、次の5つの混合過程よりなる（図 6-8）。

- 1) 固形剤と溶液が別々の経路により円盤の中央部へ運ばれる。
- 2) 中心にある円錐型のミキシングコーンの軸部分において固形剤と溶液が衝突し、最初の混合が行われる。
- 3) 円盤中心の放物線形状の曲面において放射状に混合される。



1. 溶接されたスチール製ホッパ 2. コンベアベルト 3. プラスチック製ローラー 4. ステンレススチール製固定カバー 5. 湿式散布用防錆ポリマータンク 6. 5th ホイール用テレスコピック式ガイド（インナー部分はステンレス） 7. ポリマー製マットガード 8. 調整可能型ステンレススチール製シュート 9. 散布ディスク 10. 内蔵型コントロールボックス 11. フォールディングカバー

図 6-7 湿式凍結防止剤散布機ストラトス シュミット社（ドイツ）製造、ワイ・エンジニアリング㈱輸入販売

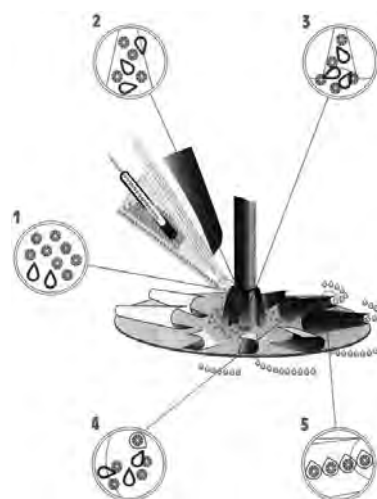


図 6-8 5ゾーンミキシングシステム ワイ・エンジニアリング㈱

- 4) 円錐型の散布ブレードにおいて、遠心力によりさらに混合される。
- 5) 混合された散布剤は、均一化されて、円盤より散布される。

## 6-8-2 湿潤式

平成 10 年に範多機械㈱は、現国土交通省北陸地方整備局の指導の元に湿潤式散布車を開発した。

湿潤式の場合、溶液タンク内の塩水は、水道水とホッパから供給される塩により生成される。特に攪拌は行わない。塩水（濃度約 3 %）は、溶液ポンプにより、配管を通して溶液タンクより吸入され、スクリーコンベア中央部に設置された散布ノズルから、搬送中の塩に吹き付けられる。スクリーコンベアによって、コンベア出口までの間、塩と塩水は、攪拌混合されて、湿潤状態になる。その後、シュート内を落下して、散

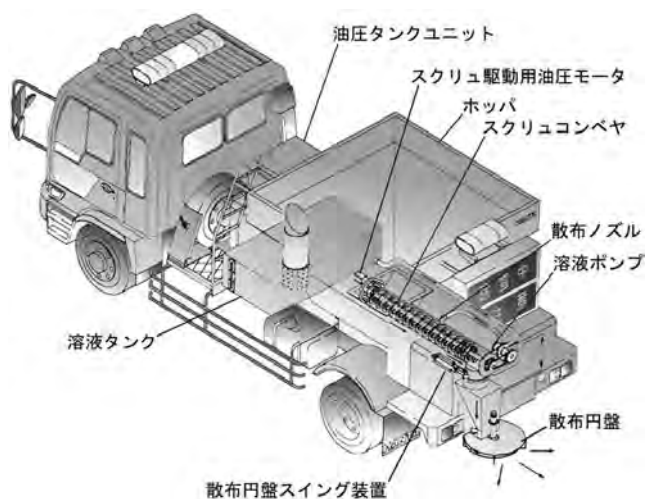


図 6-9 湿潤式の塩水混合方法 範多機械(株)

布円盤に至り、そこから散布される。

## 6-9 その他

### 6-9-1 溶液散布車

溶液散布車による散布のやり方は、除雪基地に塩化カルシウム溶液の溶液タンク設備を設置し、溶液散布車に供給し、それにより散布するものである。即効性があるのが特徴である。散布効果の持続時間は固形に比べ短いので、散布回数を増やす必要がある。旧日本道路公団で採用され、車両は、散水車が使用された。したがって、特に溶液散布車独自の装置の開発はなされていない。

平成 7 年の阪神淡路大震災後に、範多機械(株)は、旧建設省近畿地方建設局の指導のもとに溶液散布車 (WSN-63T) を開発し、平成 7、8 年に近畿地方建設局に納入した。タンクは、災害時に飲料水等が運べるようオールステンレス製となっている。

平成 18 年に、範多機械(株)は、冬季の滑走路や誘導



写真 6-64 溶液散布車 WSN-63T 範多機械(株) 平成 7 年

路の融雪・融氷・凍結防止のために溶液散布車 (WS-80T) を開発し、名古屋空港 (セントレア) に納入した。これは、12 m の散布幅を有し、30 m 幅の滑走路を従来より短時間で散布でき、散布バーは、折り畳み式と



写真 6-65 溶液散布車 WS-80T 範多機械(株) 平成 18 年

なっている。

### 6-9-2 散布剤貯蔵庫

昭和 30 年代の散布剤は、砂が使用され、特に貯蔵庫はなく、地面に野積みされていた。それをトラック荷台に積載して人力散布をしていた。

昭和 50 年代前半に、薬剤庫が設置され、散布剤が貯蔵できるようになった。当時、塩化ナトリウム (原塩) は、30 kg 単位の袋で貯蔵され、人力で、散布車に積み込まれた。

昭和 60 年代には、積み込みに時間を要する袋体に代わり、0.5 t パック、1 t パックが使用されるようになった。

その後、薬剤庫では、積み込みは、トンパック (1 t を袋詰めしたもの) をホイストクレーンで 2 階部分の作業スペースまで吊り上げ、このトンパックの底をカマ等で切り開き、作業スペース床開口部から散布車に投入する方法で行われるようになった。

平成 5 年に、範多機械(株)は、高架式薬剤貯蔵庫 (通

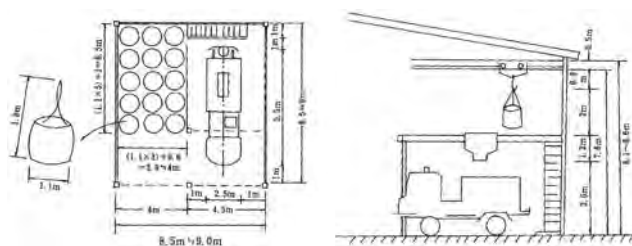


図 6-10 薬剤庫の概要 ③

称：塩サイロ) の設計開発を行った。

平成 12 年、範多機械(株)は、旧日本道路公団の指導の元に塩サイロ HGS-60 を開発した。これは、凍結防止剤散布車のホッパに塩を自動供給するもので、30 t サイロ 2 基を備え受入から供給まで自動化された本格的な塩サイロプラントであった。平成 12 年度、1 号機が、東北の秋田管理事務所横手 IC に納入された。サイロ内で塩の固結現象が発生するなど運用までに種々の故障が発生したが、その後の製作にその経験が生かされた。以後現在 (平成 28 年時点) まで、約 30 基が製作された。



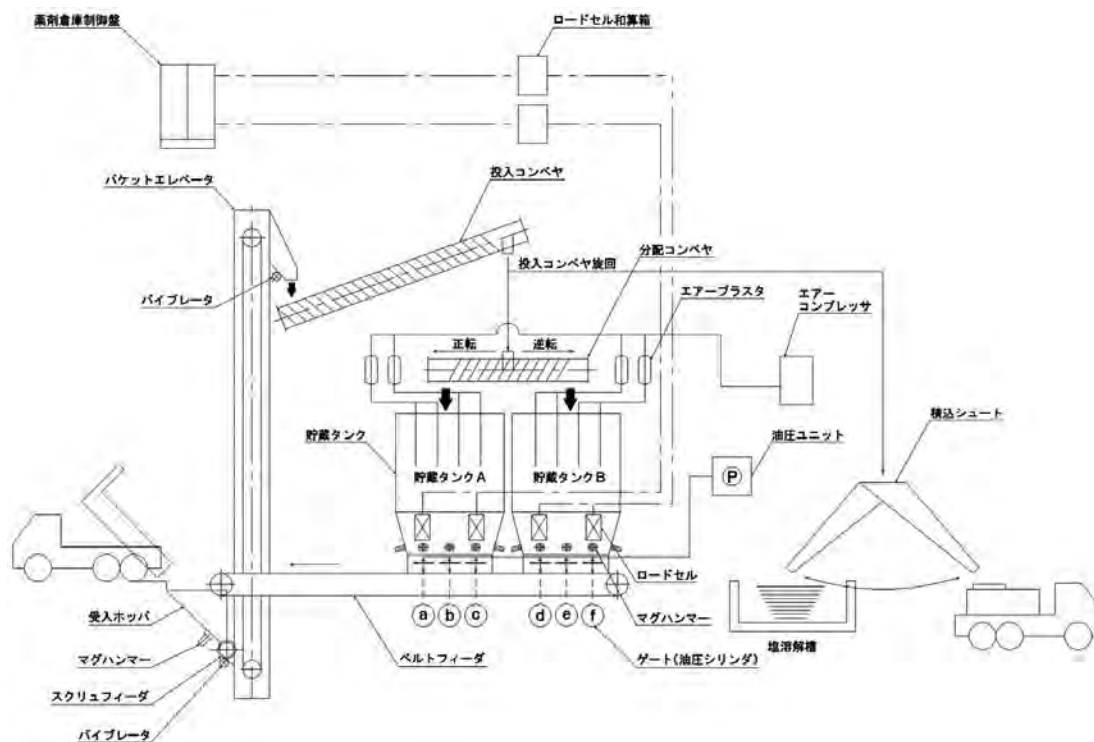


図 6-11 高架式薬剤倉庫のフロー



側面



正面

写真 6-66 高架式薬剤貯蔵庫（模型：側面、正面）

それまで、人力作業では、4tの塩を散布車に積み込むのに約30分を要していたが、塩サイロでは実績として約10分であり迅速に積み込み、作業の効率化が図られた。

塩サイロは塩をタンクに貯蔵し、必要に応じて設定量を散布車に積み込み、または塩溶解槽（塩水）がある場合はそこにも投入を行う。本設備は、受入ホッパ、スクリュフィーダ、バケットエレベータ、投入コンベヤ、分配コンベヤ、積込シュート、貯蔵タンク（2基、以下「サイロ」という）、ベルトフィーダ、油圧ポンプ、制御盤等により構成されている（図6-11）。

積込作業能力は、30 t/hである。所要動力は、約30 kWで既存の電源を利用する。

### 6-9-3 散布剤積み込み装置

平成元年に範多機械(株)は、散布剤積込装置（油圧リフト式）を山形県と共同開発した。これは散布車にリフト装置を装備したものである。散布剤の積込設備のない場所で、1袋25 kgの剤を最大100 kg（4袋）まで油圧リフトにて、ホッパ上方に上げることができ散布剤の供給を容易にしている。

平成5年に(株)日本除雪機製作所は凍結防止剤積込装置NML-1とNML-2を開発した。NML-1は、スクリュコンベア搬送式で、積載能力は6 t/h、積載高さ2.8 mとなっているが搬送能力が小さく実用化されなかった。NML-2は、ブロウ型エアー搬送式で積載能力は10 t/h、積載高さ2.8 m、200 V電動式となっており、北海道、東北の一部で採用された。

平成6年に(株)日本除雪機製作所は、凍結防止剤積込



持ち上げた状態



格納状態



剤を装置に載せた状態

写真 6-67 散布剤積込装置（油圧リフト式） 範多機械(株) 平成元年



NML-1



NML-2

写真 6-68 凍結防止剤積込装置 NML-1,NML-2 (株)日本除雪機製作所 平成 5 年



NML-3



自動開袋装置部分

写真 6-69 凍結防止剤積込装置 NML-3 (株)日本除雪機製作所 平成 6 年

装置 NML-3 を開発した。ベルトコンベア搬送式で積載能力は 12 t/h、積載高さ 2.665 m となっている。オプション装置として自動開袋装置を装備した NML-3C も同年に開発されており、200 V 電動式で北海道、東北の一部で採用された。

平成 7 年に(株)日本除雪機製作所は、凍結防止剤積込装置 NML-4 を開発した。ベルトコンベア搬送式で、積載能力も 12 t/h で NML-3 と同じであるが、積載高さが約 3 m となっており、大型車両への積込も可能である。横棧付のフレックスベルトを採用して搬送効率向上を図っている。手動の開袋装置を装備した

NML-4C を含め 10 台程度が各地に納入された。

平成 7 年に範多機械(株)は散布剤積込機 MSF-10E II を開発した。自治体などで積み込み設備のない場合、25 kg の袋を手で開封して積み込んでいたが、MSF-10E II によって、地上で散布剤の袋を開封して、スクリーコンベアで搬送し散布車のホッパに積み込むことができる。搬送量は、約 10 m<sup>3</sup>/h である。散布剤を本装置のホッパに投入するだけで高速で積込め(2.5 m<sup>3</sup>のホッパで約 15 分)時間が大幅に短縮され省力化が図れ、散布剤の積込みを安全・迅速に行える。動力源は 3 相 200 V 電動式であり、電源のない基地などでは



写真 6-70 凍結防止剤積込装置 NML-4 (株)日本除雪機製作所 平成 7 年



写真 6-71 散布剤積込機 MSF-10E II 範多機械(株) 平成 7 年



受け入れホッパ

投入コンベア

写真 6-72 散布剤積込機 MSF-15 範多機械(株) 平成 21 年



写真 6-73 標準タイプのトラック 4 輪 1 軸駆動 (4 × 2)

平成 3～8 年まで散布車の車両には、4 輪 2 軸駆動 (4 × 4) の高床式が使用された。



写真 6-74 高床式の車両 4 輪 2 軸駆動 (4 × 4)

特別仕様で本装置に発電機が装備できる。散布車の大きさに応じて、投入コンベアの角度調整が可能である。

平成 21 年に範多機械(株)は、受け入れホッパと投入コンベアからなる散布材積込機 MSF-15 を宮城県道路公社と共同開発した。散布剤の 1t 袋をクレーンで吊って人力で開封し、受け入れホッパに投入する。これは、散布車ホッパ上方の車庫の空間が狭くて 1t 袋等の吊り上げが困難な場合に適している。搬送量は、約 15 m<sup>3</sup>/h (6 m<sup>3</sup> のホッパで約 24 分) で、MSF-10E II と同様の特徴を備えている。

#### 6-9-4 車両

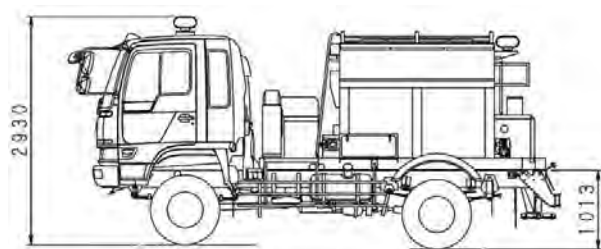
車両の構造の変遷について述べる。

平成 8 年以降、散布車の車両は、低床式の 4 輪 2 軸駆動 (4 × 4) が採用され現在に至っている。

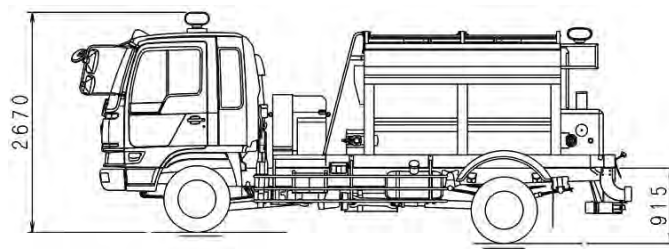
低床式は、車両の地上高を低くして、車両重心の安定を図るものである。わかりやすいように、高床式と低床式の車両の散布装置を搭載後の状態を図面で示す。

6 輪駆動は、凍結防止剤散布車にプラウ及びトラックグレーダを装着するとき使用される車両である。当該車両は、除雪トラック専用車として多く使用され





高床式



低床式

図 6-12 高床式と低床式の比較（散布装置搭載後）



写真 6-75 低床式の車両 4 輪 2 軸駆動 (4 × 4)

ている。

4 輪 2 軸駆動 (4 × 4) (7t 車) や 6 輪 2 軸駆動 (6 × 4) (10t 車) は、フロントプラウだけを装着する場合に使用される。

総輪駆動 (6 × 6) (10t 車) は、トラックグレーダとフロントプラウを装着する場合に使用される。



写真 6-76 フロントプラウを装着した凍結防止剤散布車 6 輪 2 軸駆動 (6 × 4)



写真 6-77 フロントプラウとトラックグレーダを装着した凍結防止剤散布車 6 輪 3 軸駆動 (6 × 6)

### 6-9-5 防錆

散布車の耐久性を左右するのがシャシの防錆である。防錆の手段としては、塗装が一般的である。車両メーカーから提供される車両は、すでに塗装がなされているが、さらに、防錆効果を上げるために国土交通省の塗装基準による防錆塗装がなされている。

塩を散布することにより、車両自体も塩を浴びるので、車両のフレームや配管系統の腐食が起きやすい。

昭和 48 年当初から、ブレーキパイプが普通の鋼製パイプでは錆びるので、銅パイプに変えられた。しかしその後、銅が有毒であるため使用されなくなった。

昭和 50 年代半ばにエポキシ樹脂、ジーバード塗装などの特殊塗装を防錆のために実施した。

当時ホッパの中は、エポキシ塗装、外側は普通塗装であったが平成 5～6 年頃に内外ウレタン塗装に変わった。

平成 19～20 年に、以下の特殊防錆塗装が実施された。

下塗り：高分子エポキシ樹脂塗料

上塗り：耐寒ゴム系塗料

ガードコート：合成アクリルゴム系塗料

(散布装置・運転席表面はポリウレタン樹脂系塗料)

平成 22 年、国土交通省の仕様書に以下の塗装の性能が規定された。

- ・エポキシ樹脂塗料（最終膜厚 100  $\mu$  以上）を超える防錆性能があること。
- ・塩水噴霧試験 (JIS Z 2371) にて 1,000 時間経過後、発錆率が 10% 未満であること。

平成 23 年に塩水噴霧 1,000 時間の記述が抹消され、以下の塗装が規定された。

- ・標準塗装であるシャシブラックの上に下記の防錆塗装を追加で施すこと。
- ・エポキシ樹脂塗料を防錆塗装として塗装すること、または同等性能以上の防錆性能を有する塗装を施すこと。

散布車の延命のためには、車両側の防錆対策が重要である。車両側のトラックフレームが腐食し、耐荷力



写真 6-78 シャシフレーム洗浄装置 (写真は 4～5.5t 車用)  
 範多機械(株) 平成 21 年

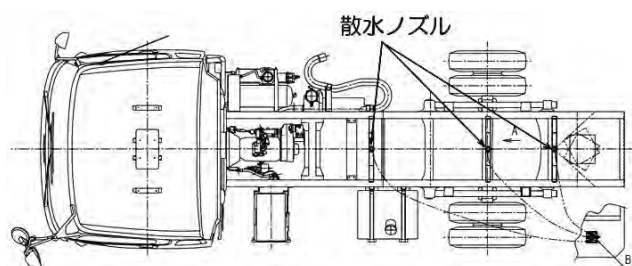


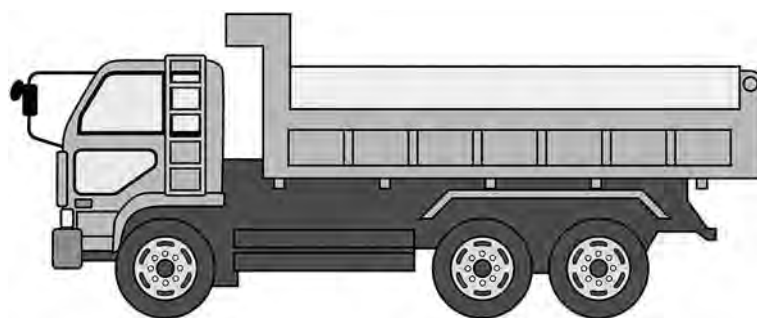
図 6-13 シャシフレーム洗浄装置 散水ノズル取付位置

がなくなることを防ぐためには、散布後に付着した塩分を洗浄することが重要である。しかしながら、車両外側からは、洗浄の死角が生じやすく、完全に洗い流しにくいという欠点がある。平成 21 年に範多機械(株)は、シャシフレーム洗浄装置を開発した。これは、散布車のシャシフレーム内に回転式散水ノズルを 3～4 セット (シャシにより異なる) 設置し、手持ちの温水高圧洗浄機のホースにカップラを接続するだけで、シャシフレーム内部の洗浄を短時間に効果的に行い、付着塩分を効率的に落とすものである (写真 6-78, 図 6-13)。オプション対応であるが、既存の散布車へも取り付け可能である。防錆塗装と併用すればさらに車両寿命の延命が図られることが期待される。

J C M A

《参考文献》

- 3) 除雪機械の歴史 平成 3 年 3 月 監修 建設省北陸地方建設局 発行  
 社団法人 日本建設機械化協会北陸支部



## 部 会 報 告

## 第 19 回 機電技術者意見交換会報告

建設業部会 機電技術者交流企画 WG

## 1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業 53 の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ事業活動を行っている。

これまで時代の要求や業界の状況を反映し、様々な事業活動が実施されてきたが、とくに建設の生産性向上と品質確保および環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人づくり』、『場づくり』の企画は、当部会の大きな柱となっている。

当意見交換会は平成 9 年より昨年まで 18 回開催されてきているが、第 16 回目からは当部会の中に「機電技術者交流企画 WG」を立ち上げ、意見交換会の開催意義を再検討し、機電技術者のさらなる育成・交流に資する活動として、討議テーマ、グループ編成、講演内容、PR 活動などの検討を行っている。

今年度は第 19 回目となり、昨年開催後の反省を踏まえ、新たな取り組みを盛り込み開催された。

以下、第 19 回機電技術者意見交換会に関する概要とまとめをダイジェストで報告する。

※詳細報告書は、協会のホームページ内の建設業部会の中に、過去分を含め報告書として掲載されているので確認して頂きたい。

## 2. 第 19 回機電技術者意見交換会

## (1) 概要

## ①機電技術者意見交換会参加者の選出基準

機電技術者 30 ～ 40 歳前後（会員会社で現場施工業務が主体のグループ会社社員も含む）

## ②開催日時：平成 27 年 10 月 8 日（木）～ 9 日（金）

## ③場所：国立オリンピック記念青少年総合センター

## ④テーマ：あなたは機電技術者として今何を頑張りますか～魅力ある建設業にするために～

## ⑤講演会

演題 1：「陸前高田震災復興事業について」

講 師：清水建設(株)陸前高田市震災復興事業 機電課長 小野澤龍介様

演題 2：「ロボットスーツ HAL の開発」

講 師：CYBERDYNE(株) 営業部門マネージャー 前川幸士様

## ⑥スケジュール

## 1 日目

10：30 ～ 11：00 参加者受付  
11：00 ～ 11：30 オリエンテーション  
12：30 ～ 13：45 自己紹介（自己アピールシート PPT による）  
14：00 ～ 15：30 グループ討議（班編制メイン）  
15：30 ～ 17：00 グループ討議（班編制シャッフル Ver.1）  
17：30 ～ 全体懇親会→グループ別懇親会

## 2 日目

8：30 ～ 10：00 グループ討議（班編制シャッフル Ver.2）  
10：00 ～ 12：00 グループ討議（班編制メイン）  
討議成果のまとめ  
13：00 ～ 14：00 講演会  
14：15 ～ 16：50 討議成果発表会&講評  
16：50 ～ 17：00 閉会

## (2) 参加者

参加者は、ゼネコン、海洋系、道路、会員のグループ会社から 23 社 23 名であった。

班編制は、昨年よりシャッフルする方式を取り入れたが、昨年度のアンケートでより多くの参加者との意見交換を望む声が多かったことから、2 回シャッフルすることとし、業種別をメイングループ（表 1）、シャッフル Ver.1 は年代別、シャッフル Ver.2 は平均年齢別とした。

表 1 班編制（メイン）

| 班編制         | 人 | 平均年齢（歳） |
|-------------|---|---------|
| 1 班 ゼネコン建築系 | 4 | 32.5    |
| 2 班 ゼネコン土木系 | 5 | 34.6    |
| 3 班 ゼネコン土木系 | 5 | 33.6    |
| 4 班 ゼネコン海洋系 | 4 | 32.8    |
| 5 班 道路系     | 5 | 31.8    |



### (3) グループ討議と成果発表

「あなたは機電技術者として今何を頑張りますか～魅力ある建設業とするために～」という討議テーマのもとに、参加者23名を前述した分け方で5班に編制し、お互いの業務内容、悩みや抱えている問題点から解決策を導き出す形で討議が行われた（写真—1）。

各班の成果報告シートを図—1～5に示すが、現状の課題については概ね各班とも同じようなものがあったが、対策やまとめ方にはそれぞれ特徴があり、興味深い内容である。



写真—1 グループ討議

成果発表では、まず班のメンバー全員が壇上に整列し、代表者が成果を発表した。その後、昨年と同様に班員全員が一人ずつ、それぞれの考えや会に参加しての感想を約2分ずつ発表していくスタイルをとった（写真—2）。



写真—2 成果発表

### (4) 総評抜粋（先輩方の講評）

成果発表終了後、建設業部会の各社から来られた管理職の方々から講評をいただいているので抜粋を以下に示す。

- ・建設業における機電職員として仕事のやりがいを見

つけ、もっと自己アピールをして欲しい（能動的ではだめ）それが機電の立場を向上させ会社に貢献することになります。

- ・他社の機電職員も同じ悩みを持つことを知り、コミュニケーションを取る機会が大事であることを認識したと思います。グループ討議の成果は職場に持ち帰り上司に報告し、今後も10年後を見据え前向きに仕事にあたって欲しい。
- ・特許や技術論文を情報発信して、技術開発で表彰されることを目標とすればやりがいや面白みにつながります。
- ・自社の商品や技術を好きになってもらいたい。楽しい仕事ばかりでないが自分がつくるものの社会的意義や価値を考えると、人がわくわくする技術に挑戦する意欲につながります。

### (5) 参加者アンケート回答の分析

当意見交換会では、会の反省や次年度への参考にする目的で、参加者へのアンケートを毎回実施している。アンケート項目はWGにて決定し、後日メールにて回収した。以下に要約および図—6に抜粋を示す。

#### ①参加した感想

意見交換会の開催意義を図る上で、最も直接的な設問である参加しての感想では、有意義であったという回答が100%であった。また、参加前後で業務の取り組み意識は変化したかという問いでは、大いに変化したとどこか変わったという回答が合わせて83%に登った。また、91%がこの会で得たことを社内展開したいと答えた（図—6）。以上のことから、今後も継続して意見交換会を開催していくべきであると確信を得た。

#### ②講演会について

講演会のテーマに関しては、有意義であったが74%、まあまあであったが26%で不満・改善を要す



写真—3 ロボットスーツ HAL の装着体験

作成日 2015 年 10月 19日

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                    |     |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|
| 班                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 1                                                                  | 記録者 | (株)竹中工務店 小川 貴文      |
| 打合日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 2015年10月8日～9日                                                      | 場 所 | 国立オリンピック記念青少年総合センター |
| 出席者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 株式会社竹中工務店 小川 貴文<br>東急建設株式会社 箱崎 正美<br>株式会社大林組 永嶋 充<br>大豊建設株式会社 林 孝作 |     |                     |
| <b>&lt;議 事&gt;</b><br><br><b>【現在】</b><br>◆ 10年後まで機電職はチャンス!!<br>・現場数が多く、技術提案がしやすい<br><br>◆ 職員に加え職人も人材不足<br>・機械化施工が求められる<br>・女性機電系職員がいない<br><br>◆ 国としてロボット化を進めている<br><br><b>【対策】</b><br>◆ 忙しくても、対応して機電の存在価値をアピールする。<br><br>◆ アシストスーツ、施工ロボットを積極的に使用して貰えるよう提案して行く。<br><br>◆ 大学の機電系に女性が少ないので情報系から採用する。<br><br>◆ 現場の要望とメーカーとの架け橋となり、機電主導で進めて行く。<br><br><b>【魅力ある建設業にするために】</b><br>◆建設業ゆとり時代へ<br>・週休2日制<br><br>◆小・中学生に対して機電職主体の見学会を開く<br>・なりたい職業のTOP10以内へ!!<br><br>◆機電系学生のアルバイトを採用する。<br><br><b>【まとめ】</b><br>◆ 各位が活動し、業界全体での機電職の地位を上げて行く。 |                                                                    |     |                     |

図一 1 第 19 回機電技術者意見交換会 成果①

作成日 2015年10月20日

|                                                                                                                                                                              |                                                                              |     |                     |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|
| 班                                                                                                                                                                            | 2班<br>(土木：シールド・トンネル・橋梁)                                                      | 記録者 |                     |
| 打合日                                                                                                                                                                          | 2015年10月8日～9日                                                                | 場 所 | 国立オリンピック記念青少年総合センター |
| 出席者                                                                                                                                                                          | 小林 悟 (鉄建建設)<br>塩塚 正吾 (鹿島建設)<br>森田 尚徳 (SMCテック)<br>中村 多聞 (フジタ)<br>牧野 大介 (安藤・間) |     |                     |
| <b>〈議 事〉</b><br>テーマ：あなたは機電技術者として今何を頑張りますか？～魅力ある建設業にするために～                                                                                                                    |                                                                              |     |                     |
| <b>【現状・課題】</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・建設業の機電職の認知度が低い</li><li>・社内の専門組織が無い</li><li>・機電職員が少ない</li><li>・入っても辞める人が多い</li><li>・魅力を感じ始めるまで時間がかかる</li></ul>          |                                                                              |     |                     |
| <b>【対策案・解決案】</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・リクルート活動、求人募集</li><li>・電気、機械のセミナーに参加する</li><li>・辞めない人材に育てる</li><li>・機電職員育成を現場任せにしない</li><li>・機電職向けの現場見学会の実施</li></ul> |                                                                              |     |                     |
| <b>【魅力ある建設業にするために今自分が何をすべきか】</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・自分が辞めない</li><li>・共有できる環境をつくる（機電会議等）</li><li>・辞めない教育や指導をする</li></ul>                                  |                                                                              |     |                     |
| <b>【まとめ・結論】</b> <ul style="list-style-type: none"><li>・何事にも楽しくやろうという意識を持って仕事に取り組む</li><li>・機電職の楽しさをみんなに伝える</li><li>・建設業界全体の給料アップ</li></ul>                                   |                                                                              |     |                     |

図－2 第19回機電技術者意見交換会 成果②



作成日 27年 10月 22日

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                    |     |                     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|
| 班                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 3 班                                                                | 記録者 | 内場 弘毅               |
| 打合日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2015年10月8日～9日                                                      | 場 所 | 国立オリンピック記念青少年総合センター |
| 出席者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | 清水建設(株) 藤井<br>(株)奥村組 池島<br>西松建設(株) 内場<br>日本国土開発(株) 水谷<br>(株)鴻池組 内藤 |     |                     |
| <p>＜議 事＞ テーマ「あなたは機電技術者として今何を頑張りますか？」～魅力ある建設業にするために～</p> <p>①現状</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・一般社会に機電職が浸透していない</li><li>・新入社員が少ない</li><li>・若手職員の退職者が多い</li><li>・将来役員になれない</li></ul> <p>②課題</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・アピール不足</li><li>・我々が魅力を感じて仕事を行っているか？</li><li>・入社前の情報とギャップがある(仕事内容、労働時間)</li><li>・3 Kがマイナスになっている(きつい、汚い、危険)</li></ul> <p>③対策</p> <p>1. 全体としてできる事</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・会社単位ではなく業界全体でアピールする</li><li>・テレビ番組、CM等を使ってアピールする</li><li>・社内的地位を確立させる</li><li>・自動化、ソフト制御開発を進め幅広い層を入社させる</li></ul> <p>2. 個人でできる事</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・若手職員の育成</li><li>・SNS等を使用して、コミュニケーションを図る(日本建設機械施工協会HP、ツイッター等)</li><li>・自分自身の日々の仕事を粛々で行う→役員になり社内体制を変える(機電職の地位向上)</li><li>・機電職主体とした現場見学会を行う</li><li>・早い段階で一人で現場を任せてもらえる(施工計画、現場運営)</li></ul> <p>④まとめ</p> <ul style="list-style-type: none"><li>・我々が率先して魅力を感じて積極的に情報発信する</li><li>・他社と機電職の技術の共有を図る(トラブル事例等)</li><li>・若手職員へよりきめ細かなコミュニケーションを図る</li></ul> |                                                                    |     |                     |

図一3 第19回機電技術者意見交換会 成果③

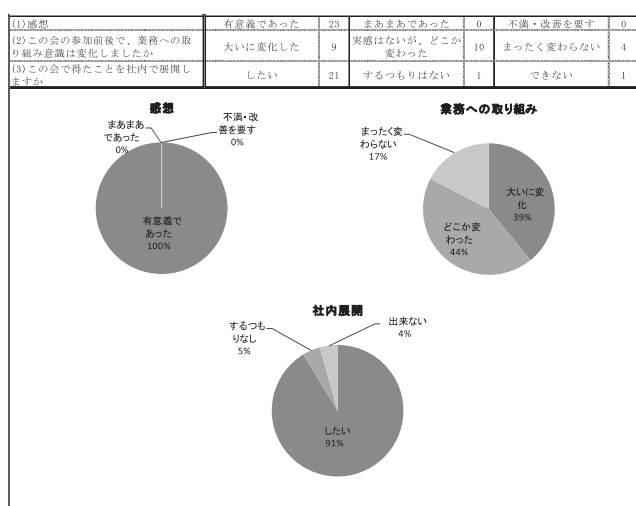
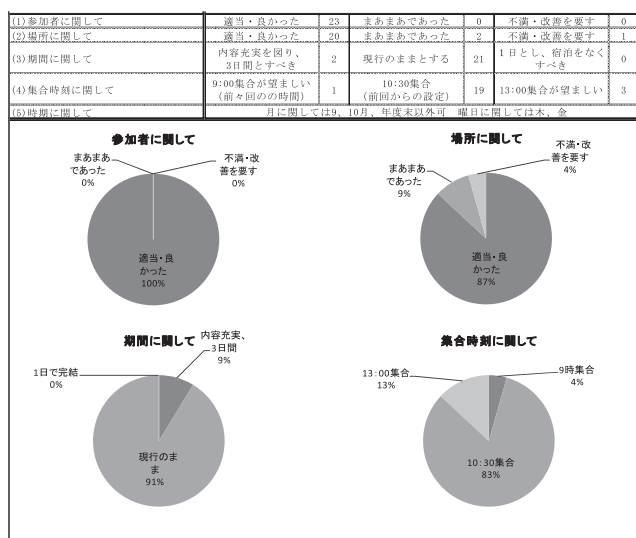
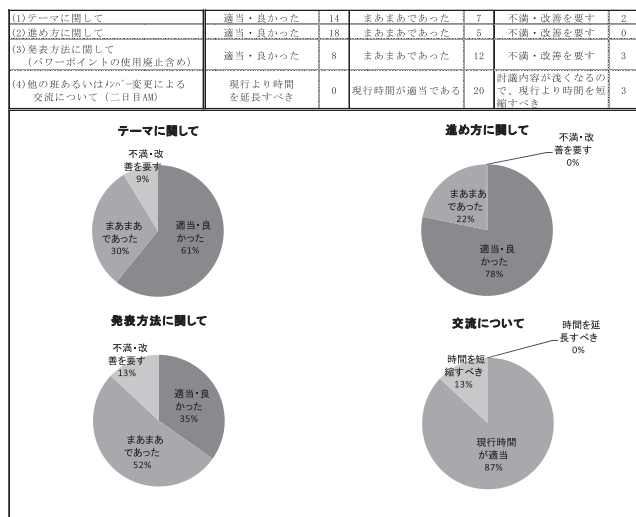
作成日 2015年 10月 20日

|                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                         |     |                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|
| 班                                                                                                                                                                                                                                                         | 4 班                                                                                                                                     | 記録者 | オリエンタル白石(株) 福田淳二    |
| 打合日                                                                                                                                                                                                                                                       | 2015年10月8日～9日                                                                                                                           | 場 所 | 国立オリンピック記念青少年総合センター |
| 出席者                                                                                                                                                                                                                                                       | 角俊幸 (五洋建設(株) 本社土木部門 土木本部 船舶機械部)<br>飯田北斗 (東洋建設(株) 関東支店土木本部 新宿作業所)<br>熊谷崇信 (東亜建設工業(株) 土木事業本部機電部機電グループ)<br>福田淳二 (オリエンタル白石(株) 本社施工・技術本部技術部) |     |                     |
| 〈議 事〉                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                                                                         |     |                     |
| テーマ「あなたは機電技術者として今何を頑張りますか?～魅力ある建設業にするために～」                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                         |     |                     |
| 【現状、課題 など】                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                         |     |                     |
| ☆建設業界のイメージが悪い<br>・ 3K+∞ (きつい、きたない、きけん、くさい、くるしい…)<br>・ 人の不幸で儲けていると思われている<br>・ 薄給、長時間労働、休日不定期<br>☆建設業界における機電職の存在を知られていない<br>→構造物等の成果品のみに人々の目が向けられている<br>作る過程で活躍する人、機械に目が向けられていない<br>☆各会社の機電職への理解不足<br>→土木・建築部門との乖離                                          |                                                                                                                                         |     |                     |
| 【対策案、解決案 など】                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                         |     |                     |
| ☆イメージアップ<br>…CM (メディア)、ゆるキャラ (キデンくん)、建設機電の日 (KK-DAY)<br>→機電職に対して親しみを持ってもらう<br>☆機電職、機電設備に特化したイベント (東京ドーム、ビックサイト、SSA)<br>→企業同士が融合した、機電部門としてのアピール<br>☆「機電職」のネーミングを変える<br>ex) バリスタ、CA、マイスター、ソムリエ、MR<br>☆社内の機電職の必要性<br>→会社として設備保有を訴える<br>機械、設備があれば、機電職の必要性が増える |                                                                                                                                         |     |                     |
| 【～魅力ある建設業にするために～今自分が何をすべきか など】                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                                                         |     |                     |
| ☆機電職としての知識・技術の更なる研鑽<br>☆社内へのアピール (認知度、理解の向上)<br>☆団体、協会、リクルート活動への参加、関与<br>☆各会社の機電職同士の交流                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                         |     |                     |
| 【まとめ、結論 など】                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                         |     |                     |
| ○建設業界における機電職の地位向上を図り、その必要性を社会 (+社内) に植え付ける<br>○時代に即した、機電技術の開発および水平展開を継続していく                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                         |     |                     |

作成日 平成27年10月26日

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                                                   |     |                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----|---------------------|
| 班                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 5                                                                                 | 記録者 | 大成ロテック(株) 越村 聡介     |
| 打合日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 2015年10月8日～9日                                                                     | 場 所 | 国立オリンピック記念青少年総合センター |
| 出席者                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 株NIPPO 及川 巧<br>前田道路(株) 十部 和也<br>鹿島道路(株) 新満 伊織<br>大林道路(株) 末田 修嗣<br>大成ロテック(株) 越村 聡介 |     |                     |
| <p>＜議 事＞</p> <p>＜現状＞</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 人手不足である</li><li>○ 女性職員が少ない</li><li>○ まとまった休暇が取れない</li><li>○ 3K（きつい・汚い・危険）のイメージ</li><li>○ 炎天下の作業が多い</li></ul> <p>＜対策案＞</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ イメージアップを図る</li><li>○ 実車体験の実施（建設機械を学校等の施設へ持ち込み実施）</li><li>○ 機械の無人化</li><li>○ 業界全体による休暇取得の取組み</li><li>○ 雇用形態の細分化（女性が専門で担当する業務）</li><li>○ フレックスタイムの活用</li></ul> <p>＜今何をすべきか？＞</p> <ul style="list-style-type: none"><li>○ 職場環境の改善</li><li>○ 動画サイト等を利用した機電職員業務のアピール</li><li>○ 新技術の採用（CIM等）</li><li>○ 協会主催によるCM・広告の掲載</li><li>○ 社内報等により機電職員の貢献度を積極的に発信する</li><li>○ 新人教育に注力する</li></ul> <p>＜まとめ＞</p> <p>子供たちに夢を！！</p> <p>未知なる道に機電者あり</p> <p>現在の業務を見つめ直し、その魅力を再認識すると共に、未来につながる新技術の開発、および安全な作業環境を構築し、後世に継承する。</p> <p>『俺達の後ろに道はできる！！』</p> |                                                                                   |     |                     |





図一6 アンケート抜粋

は0%であった。写真一3は講演会で行ったロボット  
スーツ HAL の装着体験である。

### ③今年度の成果

全体の感想として、有意義であったという回答が  
100%であった。昨年は4%がまあまあと回答してお  
り今回の参加者にとっては良い会であったと推察され  
る。その要因を考察すると以下があげられる。

- ・討議時間を多くするような時間配分を計画した。
- ・シャッフルを2回にすることで、より多くの人との  
交流が図られた。
- ・講演に関して、プロジェクト系と未来系の中から、  
時代に沿ったテーマを選定できた。
- ・新聞掲載がある事で、参加者の士気が上がった。  
業界紙への取材依頼は、次年度以降も継続して行う  
こととしたい。

### (6) おわりに

建設業部会機電技術者交流 WG では、「育成の場」、  
「交流の場」の他に「機電技術者のPR」という3つ  
の柱を中心に検討している。第19回ではPRの一環  
として初めて業界紙への投稿を行った。また、将来の  
機電技術者に向けた建設業における機電技術者の紹介  
用パンフレットの製作も計画中である。

2016年度は10月13日～14日に第20回の節目と  
なる意見交換会が開催される予定であり、更に充実し  
た内容になるよう討議テーマ、講演内容等について  
WG で検討を進めている。

JCM/A

(文責 機電技術者交流 WG)

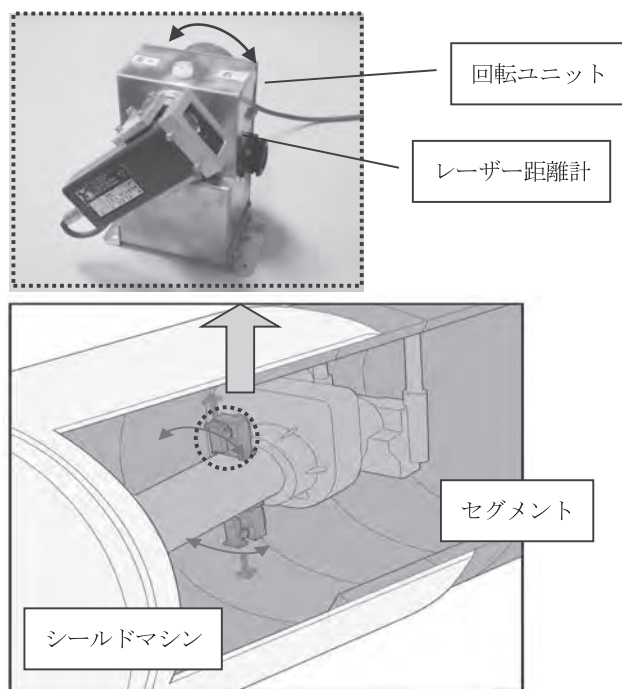
# 新工法紹介 機関誌編集委員会

|        |                  |     |
|--------|------------------|-----|
| 04-365 | 小口径シールド真円度計測システム | フジタ |
|--------|------------------|-----|

## 概要

シールド工事に於いて、構築されるトンネルは複数のセグメントを円筒状に組立て継ぎ足していくが、セグメントは必ずしもシールド内面と同心円状に組立てられるものではなく、偏心したり、楕円状になったりすることもある。特に急曲線施工の場合、組立てられたセグメントの真円精度が悪く歪が大きいと、セグメントの継手に目開きや目違いが発生し、掘進中にセグメント単体に集中荷重が作用し損傷（割れ欠け）や漏水の原因となる。このため、セグメント真円精度の確保に留意することが一次覆工の良否につながる。しかし、これらの計測作業は小口径の狭隘なスペースで行なうことになるため、精度の維持が困難で、またマシン内に装備されたスクリュウコンベアが邪魔となり連続的な計測の自動化が遅れていた。

新システムでは回転式レーザー距離計を採用するとともに装置を小型化し、小口径のトンネル工事に対応できるようにした。計測機器はシールドマシン内の対角位置2個所に取付けた回転式レーザー距離計と制御装置から構成される（図—1）。組立直後のセグメントの真円度を掘進と連動して連続計測を可能にした。



図—1 小口径シールド真円度計測システム

## 特徴

### ①高精度でセグメント内空計測が可能

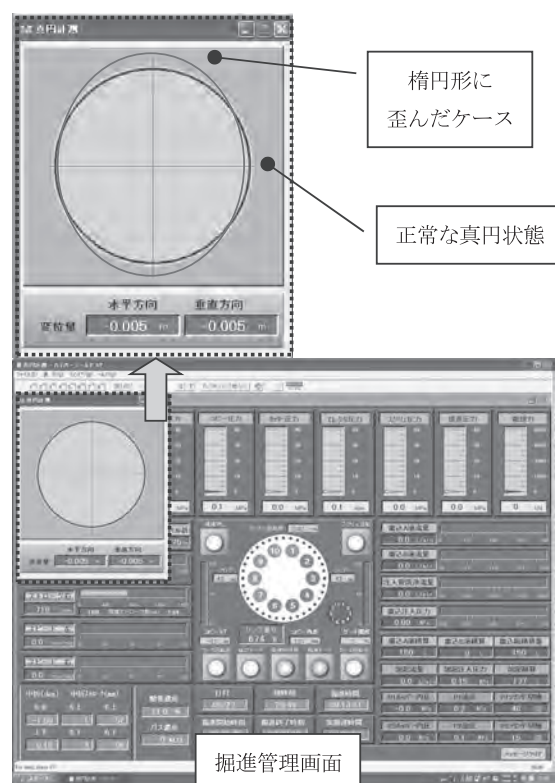
計測精度 $\pm 1.5 \text{ mm}$ を有する回転式レーザー距離計で高精度にセグメント内空の計測が可能。

### ②シールド掘進と連動して計測が可能

シールド掘進と連動したリアルタイムの計測で、掘進にともない変位するセグメント真円度の推移を解析し、即時次のセグメント組立管理に反映することが可能（図—2）。

### ③計測装置の小型化を実現

計測装置と制御部を分離し小型化することで、小口径断面（直径2m）の狭隘なシールドマシン内に後付け設置が可能。



図—2 セグメント真円度モニター

## 用途

- ・小口径断面のシールド工事

## 実績

- ・下水道管渠築造工事（セグメント内径2,000mm、延長965m）

## 問合せ先

（株）フジタ 広報室

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2

TEL：03-3402-1911

# 新機種紹介

機関連誌編集委員会

## 〈02〉掘削機械

|            |                                |                  |
|------------|--------------------------------|------------------|
| 16-〈02〉-02 | コマツ<br>ミニショベル<br>PC45MR/55MR-5 | '15.12 発売<br>新機種 |
|------------|--------------------------------|------------------|

オフロード法<sup>(※1)</sup>2014年基準に適合した後方超小旋回型ミニショベルである。

排出ガス後処理システムにコマツディーゼルパティキュレートフィルタ (KDPF)、電子制御クールド排出再循環 (EGR) システム、コモンレール式最適燃料噴射システムなどの様々な環境対応技術を織り込んだエンジンにより、NO<sub>x</sub> (窒素酸化物) と PM (粒子状物質) の排出量を大幅に低減している。

Eモード、オートデセル、オートアイドルストップ機能およびエンジンと油圧システムを最適に制御する電子制御システムなどにより燃料消費量を従来機に比べ5%低減<sup>(※2)</sup>している。

作業機レバーニュートラル検出機能、セカンダリエンジン停止スイッチ、シートベルト未装着警報などにより安全性の向上を図っている。また、燃費やメンテナンス情報など多くの情報を見やすく表示する多機能高精細の3.5インチカラー液晶モニタや、ユーザが取得可能なデータが大幅に増え機能アップしたKOMTRAXにより、機械稼働の「見える化」を図っている。

キャブ仕様においては、新設計の大型ドアやエアコン標準装備などにより快適なオペレータ空間の実現を図っている。

- \* 1. 特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律。
- \* 2. 従来機との比較 (コマツテスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。



写真—1 コマツ PC45MR-5 ミニショベル  
(一部オプションが含まれる)

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

表—1 PC45MR/55MR-5の主な仕様

|                         |                                      | PC45MR-5 <small>〈x仕様<sup>注1)</sup>〉</small> |                              | PC55MR-5 <small>〈x仕様<sup>注1)</sup>〉</small> |                              |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|---------------------------------------------|------------------------------|
|                         |                                      | キャノピ                                        | キャブ                          | キャノピ                                        | キャブ                          |
| 機械質量                    | (t)                                  | 4.470 <small>〈4.710〉</small>                | 4.590 <small>〈4.830〉</small> | 4.800 <small>〈5.040〉</small>                | 4.920 <small>〈5.160〉</small> |
| エンジン定格出力                | グロス<br>kW/min <sup>-1</sup> [PS/rpm] | 29.1/2400 [39.6/2400]                       |                              |                                             |                              |
| 標準バケット容量 (JIS A 8403-4) | (m <sup>3</sup> )                    | 0.14                                        |                              | 0.16                                        |                              |
| 標準バケット幅 (サイドカッタ含む)      | (m)                                  | 0.535 (0.600)                               |                              | 0.585 (0.650)                               |                              |
| 全長 (輸送時)                | (m)                                  | 5.220                                       |                              | 5.550                                       |                              |
| 全幅                      | (m)                                  | 1.960                                       |                              |                                             |                              |
| 全高 (輸送時)                | (m)                                  | 2.550                                       | 2.590                        | 2.550                                       | 2.590                        |
| 後端旋回半径                  | (m)                                  | 1.040 <small>〈1.120〉</small>                |                              |                                             |                              |
| クローラシュー幅                | (m)                                  | 0.400                                       |                              |                                             |                              |
| ブレード (幅×高さ)             | (m)                                  | 1.960 × 0.355                               |                              |                                             |                              |
| 価格                      | (百万円)                                | 5.90                                        | 6.435                        | 6.40                                        | 6.935                        |

注1) 増量カウンターウェイト装着時 (オプション)



## 新機種紹介

|            |                                            |                 |
|------------|--------------------------------------------|-----------------|
| 16-〈02〉-03 | コマツ<br>油圧ショベル<br>HB335-3 (LC)/HB365 (LC)-3 | '16.2 発売<br>新機種 |
|------------|--------------------------------------------|-----------------|

オフロード法<sup>(※1)</sup> 2014年基準に適合したハイブリッド油圧ショベルである。20トンクラスハイブリッド油圧ショベルで蓄積してきた技術を活かし、30トンクラスに系列拡大している。

NOx（窒素酸化物）とPM（粒子状物質）の排出量を大幅に低減し、特定特殊自動車排出ガス2014年基準の排出ガス規制をクリアしている。

エンジン・油圧・ハイブリッドシステムにトータル電子制御とファンクラッチシステムを採用したことにより、従来機の作業性能はそのままに、燃料消費量を従来機に比べ22%低減している<sup>(※2)</sup>。また30トンクラスでは初めて超低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。

国内では初めてKomVision（一般建機用周囲監視システム）を標準装備するとともに、オートアイドルストップ、レバーニュートラル検知、オペレーター識別機能等を追加している。

新車購入時に自動的に付帯されるパワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、サービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」の提供により、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働の実現を図っている。

- \* 1. 特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律。
- \* 2. 従来機との比較（コマツテスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。



写真—2 コマツ HB335-3 油圧ショベル  
(一部オプションが含まれる)

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

表—2 HB335-3 (LC) /HB365 (LC) -3 の主な仕様

|                            |                               | HB335-3             | HB335LC-3 | HB365-3       | HB365LC-3 |
|----------------------------|-------------------------------|---------------------|-----------|---------------|-----------|
| 機械質量                       | (t)                           | 32.000              | 32.800    | 34.200        | 35.000    |
| エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) | kW/min <sup>-1</sup> (PS/rpm) | 201/1950 (273/1950) |           |               |           |
| (ファン最高回転速度時のネット出力)         | kW/min <sup>-1</sup> (PS/rpm) | 187/1950 (254/1950) |           |               |           |
| 標準バケット容量 (新 JIS/旧 JIS)     | (m <sup>3</sup> )             | 1.4/1.2             |           |               |           |
| 標準バケット幅 (サイドカット含む)         | (m)                           | 1.340 (1.460)       |           | 1.340 (1.385) |           |
| 全長 (輸送時)                   | (m)                           | 11.145              |           |               |           |
| 全幅                         | (m)                           | 3.190               |           |               |           |
| 全高 (輸送時)                   | (m)                           | 3.255               |           | 3.260         |           |
| 後端旋回半径                     | (m)                           | 3.445               |           |               |           |
| 価格                         | (百万円)                         | 44.10               | 45.40     | 46.40         | 47.90     |

### 〈03〉 積込機械

|            |                             |                  |
|------------|-----------------------------|------------------|
| 16-〈03〉-01 | コマツ<br>ホイールローダ<br>WA40/50-8 | '15.12 発売<br>新機種 |
|------------|-----------------------------|------------------|

オフロード法<sup>(※1)</sup> 2014年基準に適合したミニホイールローダである。アクセルワークだけで発進・加減速・停止ができる電子制御ハイドロスタティックトランスミッション (HST) や、ロングホイールベース&ワイドトレッドで安定性を確保しつつ、狭所でも高い作業性を発揮するショートオーバーハング構造などを継承している。

排出ガス後処理システムとしてコマツディーゼルパティキュレー

トフィルタ (KDPF)、電子制御クールド排出再循環 (EGR) システム、コモンレール式最適燃料噴射システムなどの環境対応技術により、NOx（窒素酸化物）とPM（粒子状物質）の排出量の大幅な低減を図っている。

セカンダリエンジン停止スイッチやシートベルト未装着警報などにより安全性の向上を図っている。また、燃費履歴、メンテナンス情報などの情報を見やすく表示する多機能高精細の3.5インチカラー液晶モニタやユーザが取得可能なデータを大幅に増やし機能アップしたKOMTRAXの装備により、機械稼働の「見える化」を図っている。

- \* 1. 特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律。

## 新機種紹介

表—3 WA40/WA50-8 の主な仕様

|                                  |                               | WA40-8      |       | WA50-8      |       |
|----------------------------------|-------------------------------|-------------|-------|-------------|-------|
|                                  |                               | キャノピ仕様      | キャブ仕様 | キャノピ仕様      | キャブ仕様 |
| 運転質量                             | (t)                           | 3.365       | 3.525 | 3.725       | 3.875 |
| エンジン定格出力    ネット                  | kW/min <sup>-1</sup> [PS/rpm] | 28.4/2400   |       | [38.6/2400] |       |
| バケット容量 (B.O.C. 付)                | (m <sup>3</sup> )             | 0.5         |       | 0.6         |       |
| 最大掘起力 (バケットシリンダ)                 | kN [kg]                       | 29.4 [3000] |       | 29.9 [3050] |       |
| 全長                               | (m)                           | 4.365       |       | 4.580       |       |
| 全幅 (バケット幅)                       | (m)                           | 1.690       |       |             |       |
| 全高                               | (m)                           | 2.500       | 2.540 | 2.500       | 2.540 |
| ダンピングクリアランス (45 度前傾 B.O.C. 先端まで) | (m)                           | 2.435       |       | 2.475       |       |
| ダンピングリーチ (45 度前傾 B.O.C. 先端まで)    | (m)                           | 0.805       |       | 0.900       |       |
| 最小回転半径 (最外輪中心)                   | (m)                           | 3.125       |       |             |       |
| 価格                               | (百万円)                         | 5.90        | 6.30  | 7.25        | 7.65  |

写真—3 コマツ WA40-8 ホイールローダ  
(一部オプションが含まれる)

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

|            |                            |                      |
|------------|----------------------------|----------------------|
| 15-〈03〉-05 | コマツ<br>ホイールローダ<br>WA30-6E0 | '15.12 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|----------------------------|----------------------|

NOx (窒素酸化物) と PM (粒子状物質) の排出量を大幅に低減し、国土交通省第3次排出ガス基準に適合したミニホイールローダである。

アクセルワークだけで発進、加減速、停止ができる電子制御 STARE-HST\* を引き続き採用している。作業にあわせて最大速度をスピードコントロールスイッチで無段階に調整することができ、最大駆動力はトラクションコントロールスイッチで3段階に設定でき、安全の向上と効率化を図っている。

車両遠隔管理システム「KOMTRAX (コムトラックス)」を標準搭載し、車両の位置や稼働状況をいつでも把握でき、保守管理業務

の効率化を図っている。

\*HST: Hydro-Static Transmission (ハイドロスタティック・トランスミッション: 油圧駆動変速機)

表—4 WA30-6E0 の主な仕様

|                                                     |                   | キャノピ仕様                | キャブ仕様 |
|-----------------------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------|
| 運転質量                                                | (t)               | 2.795                 | 2.975 |
| エンジン定格出力    ネット<br>(kW/min <sup>-1</sup> ) [PS/rpm] |                   | 17.8/2000 [24.1/2000] |       |
| バケット容量 (BOC 付)                                      | (m <sup>3</sup> ) | 0.4                   |       |
| 最大掘起力(バケットシリンダ) (kN) [kg]                           |                   | 26.5[2700]            |       |
| 全長／全幅 (バケット幅)／全高                                    | (m)               | 4.080／1.575／2.500     |       |
| ダンピングクリアランス<br>(45 度前傾 BOC 先端まで)                    | (m)               | 2.140                 |       |
| ダンピングリーチ<br>(45 度前傾 BOC 先端まで)                       | (m)               | 0.785                 |       |
| 最小回転半径 (最外輪中心)                                      | (m)               | 2.980                 |       |
| 価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)                               |                   | 4.55                  | 4.95  |

写真—4 コマツ WA30-6E0 ホイールローダ  
(一部オプションが含まれる)

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

新機種紹介

▶ 〈05〉 クレーン，インクラインおよびウインチ

|            |                                     |                  |
|------------|-------------------------------------|------------------|
| 16-〈05〉-01 | 日立住友重機械建機クレーン<br>クローラクレーン<br>800HLX | '16.01 発売<br>新機種 |
|------------|-------------------------------------|------------------|

港湾荷役や基礎土工事の相判専用として開発された最大つり上げ荷重 80 t のクローラクレーンである。

オフロード法 2014 年基準適合エンジンを搭載し，ウインチの巻上能力やつり上げ性能の強化を図っている。

「尿素 SCR システム」のエンジンにより，従来機（SCX800HD-2）に比べ，NOx（窒素酸化物），PM（粒子状物質）ともに約 90 % 低減し，さらにオートアイドルストップ機能および軽負荷時にエンジンを低回転のままハイスピードの巻上げ・巻下げを可能にする ECO ウインチモードにより CO<sub>2</sub> の排出削減および燃費向上を図っている。

作業面では，基礎工事で多用されるクラムシェルやハンマグラブなどによる効率的なバケット作業に適したフリーフォールモード対応巻上ウインチを装備している。直径 26 mm ワイヤロープは，定格ラインプル 11 t のハイラインプル仕様である。

後端半径は，クラス最小の 3.98 m とし，狹隘地に対応させるとともに安全性に配慮している。さらに，カウンタウエイト検出付の減少カウンタウエイト仕様（オプション）により，重量制限のある構台や栈橋などに対応している。

フリーフォールモード対応ウインチのブレーキペダルは，従来機の踏み込み式ペダルに代えてコントロールし易いつり下げ式ペダルとし，リンク構造の見直しにより，つり荷重量による操作感覚の変化を抑えるなど，操作による疲労を軽減させている。

また操作し易いスムーズな旋回を可能とする旋回機構，旋回中立ブレーキおよび強風時の旋回操作に効果を発揮する旋回ブレーキ操作ペダル（オプション）により，操作の容易化を図っている。

予防保全システム「リモートセンシング」により機械の健康状態を把握し，ダウンタイムの最小化とメンテナンス性の向上，整備時間やコストの削減を図っている。

表—5 800HLX の主な仕様

|                                         |                                    |
|-----------------------------------------|------------------------------------|
| 最大つり上げ荷重×作業半径 (t × m)                   | 80 × 3.4                           |
| ブーム長さ (m)                               | 9.5 ～ 54.5                         |
| 巻上ロープ速度 フロント／リヤ (m/min)                 | 105                                |
| 第 3 ウインチ (m/min)                        | 90                                 |
| 起伏ロープ速度 (m/min)                         | 67                                 |
| 旋回速度 (min <sup>-1</sup> )               | 5.0                                |
| エンジンメーカー／型式                             | カミンズ／QSB6.7<br>(オフロード法 2014 年基準適合) |
| エンジン定格出力 (kW (PS) / min <sup>-1</sup> ) | 201 (273) / 2,000                  |
| 販売価格 (標準仕様，税別) (百万円)                    | 946                                |



写真—5 日立住友重機械建機クレーン  
800HLX クローラクレーン

問合せ先：

日立住友重機械建機クレーン(株) 販売企画部  
〒 110-0015 東京都台東区東上野六丁目 9 番 3 号

|            |                               |                 |
|------------|-------------------------------|-----------------|
| 16-〈05〉-02 | 前田製作所<br>クローラクレーン<br>CC985S-1 | '16.1 発売<br>新機種 |
|------------|-------------------------------|-----------------|

土木・建築作業現場や地下などでの荷揚げ，荷下ろしに使用される 4.9 t 吊りクローラクレーンである。2014 年排出ガス規制，低騒音型建設機械指定に適合している。排ガス後処理装置はメンテナンスフリーの DOC 方式（ディーゼル用酸化触媒）としている。

新型モニタにより車体情報，モーメントリミッター情報，後方カメラ画像を一元化して表示している。クレーン作業記録機能のほか，消耗品の交換時期が一目でわかる一覧表示など，機能の向上を図っている。

後方挟まれや衝突事故防止のためにワンタッチでモニタ画面を切り替えられる後方カメラ，クレーン作業で重要な上部の視認性を向上させる天窓ワイパおよびクレーン作業記録装置，作業範囲規制装置，過巻下防止装置，乱巻防止ローラー，3 色回転灯により安全性の向上を図っている。

地下工事や狭小な現場において安定度を確保しつつ後端旋回半径をより小さくするために，エンジンと油圧機器を車体右側に配置し，車体後方はカウンタウエイトのみとしている。さらに，車体右側のカバーを跳ね上げ式のフルオープン構造とし，横からでも機器を見渡せるようにして，エンジンの日常点検と油圧機器のメンテナンス性の向上を図っている。



## 新機種紹介

表—6 CC985S-1 の主な仕様

|               |           |                    |
|---------------|-----------|--------------------|
| クレーン容量        | (t) × (m) | 4.9 × 2.1          |
| 最大作業半径        | (m)       | 14.67              |
| 最大地上揚程        | (m)       | 16.5               |
| フック巻上速度 低速/高速 | (m/min)   | 30/44              |
| ブーム伸時間        | (sec)     | 24                 |
| 機械後端旋回半径      | (m)       | 1.39               |
| 旋回速度 360 度連続  | (rpm)     | 1.9                |
| 走行速度 低速/高速    | (km/h)    | 1.9/3.2            |
| 全長 × 全幅 × 全高  | (m)       | 5.19 × 2.32 × 2.73 |
| 機械質量          | (t)       | 9.38               |
| 価格 (税別)       | (百万円)     | 19.5               |



写真—6 前田製作所 CC985S-1 クローラクレーン

問合せ先：(株)前田製作所 産業機械本部 産機事業部 販売管理課  
〒388-8522 長野市篠ノ井御幣川 1095

▶ 〈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

|            |                                                   |                  |
|------------|---------------------------------------------------|------------------|
| 15-〈12〉-11 | 関東鉄工<br>コンバインド型／タンデム型<br>振動ローラ<br>KV40CSi/KV40DSi | '15.10 発売<br>新機種 |
|------------|---------------------------------------------------|------------------|

主に道路や基礎の建設現場で土壌やアスファルトなどの締固め作業に使用される 4t クラスの締固め機械である。

排出ガス後処理装置 (DPF) 付きのディーゼルエンジンを搭載し、特定特殊自動車排出ガス規制 (オフロード法) の 2014 年規制に、また、国土交通省超低騒音型建設機械の基準に適合している。

電子燃料噴射装置と ECU 装置により、作業負荷の変動時にもエンジン回転数を定格回転に保持することが可能になり、締固めに必要な安定した振動回転を得ることができる。

作業モードは、従来機より大きな出力を持つ標準モードと同等の作業能力であるエコモードの 2 段階に設定することで、燃料消費量の削減を図っている。

エンジン状態を確認、診断できる情報表示機能付きディスプレイを装着し、メンテナンス性の向上を図っている。

表—7 KV40CSi/KV40DSi の主な仕様

|             | KV40CSi                                        | KV40DSi  |
|-------------|------------------------------------------------|----------|
| 起振力         | (kN) 26.1                                      | 26.1 × 2 |
| 運転質量        | (t) 3.6                                        | 4.0      |
| 前輪質量        | (t) 2.0                                        |          |
| 後輪質量        | (t) 1.6                                        | 2.0      |
| 定格出力        | (kW (PS) / min <sup>-1</sup> ) 25 (34) / 2,400 |          |
| 最高走行速度 高/低  | (km/h) 12/9                                    | 10/7.5   |
| 登坂能力        | (%) 40                                         |          |
| 全長          | (mm) 3,100                                     |          |
| 全幅          | (mm) 1,380                                     |          |
| 全高          | (mm) 1,630                                     |          |
| ローラ幅 × 径    | (mm) 1,300 × 800                               |          |
| タイヤサイズ × 本数 | 10.5/80-16-6PR × 4                             | —        |
| ホイールベース     | (mm) 2,300                                     |          |
| 締固め幅        | (mm) 1,300                                     |          |
| 最低地上高       | (mm) 250                                       |          |
| カーブクリアランス   | (mm) 610 (左右)                                  |          |
| サイドクリアランス   | (mm) 40 (左右)                                   |          |
| 散水タンク容量     | (ℓ) 330                                        |          |
| 価格          | (百万円) 9.288                                    | 9.396    |



写真—7 関東鉄工 KV40CSi コンバインド型振動ローラ



写真—8 関東鉄工 KV40DSi タンデム型振動ローラ

問合せ先：

関東鉄工(株) 営業部

〒306-0101 茨城県古河市尾崎 41-14

新機種紹介

▶ 〈16〉 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

|            |                                           |                      |
|------------|-------------------------------------------|----------------------|
| 15-〈16〉-02 | タダノ<br>高所作業車<br>スカイボーイ AT-170TG， AT-220TG | '15.11 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-------------------------------------------|----------------------|

最大地上高 17 m クラスと 22 m クラスの一般工事中用高所作業車である。作業範囲拡大による作業効率の向上，安全性・快適性・利便性の追求，環境性能向上とランニングコストの低減をコンセプトにしている。AT-170TG は，中型免許（限定）枠の直伸ブームタイプで最大の作業半径である。また，作業範囲は作業範囲制御装置から，積載荷重に応じた作業範囲規制が可能となる過負荷防止装置へ変更され，従来の同クラス機に対して飛躍的に拡大した。AT-220TG は，架装対象車両を 3 t 車クラスに変更し，車幅や全高をコンパクトにし，かつ作業範囲を従来機より拡大し，地上高さ 19 m 以下では 27 m クラスと同等の作業範囲を確保している。環境に配慮した機能としてアイドリング・ストップ機能とアクセル無段階制御を標準装備し，操作に応じてエンジンが自動停止，再始動し，CO<sub>2</sub> 排出や燃料消費削減，アイドリング騒音の低減を図っている。バッテリー上がり防止のため，車両バッテリーの電圧監視機能（バッテリーモニタ）を装備している。アクセル無段階制御により，無駄なエンジン回転の上昇を抑え，作業時の燃料消費も改善している。旋回や起伏操作時の緩起動・緩停止機能を向上することで，急操作や急停止した場合でも，従来機に比べてブームの揺れが抑えられ，安全性の向上を図っている。大型クレーンで運用中のテレマティクス Web 情報サービス「HELLO-NET」を標準装備することで，車両の稼働状況や位置情報を把握し，保守管理のインターネット上での実施を可能とし車両故障時における迅速なアフターサービスを可能にしている。

表―8 AT-170TG，AT-220TG の主な仕様

|                 | AT-170TG     | AT-220TG     |
|-----------------|--------------|--------------|
| バケット積載荷重        | 200 kg       | または 2 名      |
| バスケット最大地上高 (m)  | 17.2         | 22.4         |
| バスケット最大作業半径 (m) | 15.9         | 15.2         |
| ブーム長さ (m)       | 6.20 ～ 15.40 | 6.85 ～ 20.65 |
| ブーム起伏角度 (°)     | －16 ～ 80     | －16 ～ 80     |
| 架装対象車           | 3.0 t 車クラス   |              |



写真―9 タダノ AT-170TG，AT-220TG 高所作業車

問合せ先：(株) タダノ マーケティング部  
〒130-0014 東京都墨田区亀沢 2 丁目 4-12

## 平成 28 年度 公共事業関係予算

### まえがき

平成 28 年度国土交通省公共事業関係予算については、激甚化する気象災害や切迫する巨大地震等に備えるための防災・減災対策、高度成長期以降に整備されたインフラの老朽化対策、コンパクトシティの推進、経済成長を支える社会基盤の整備など我が国が直面する喫緊の課題に取り組むため、「東日本大震災からの復興加速」、「国民の安全・安心の確保」、「豊かで利便性の高い地域社会の実現」、「日本経済の再生」の 4 分野に重点化して計上している。以下に、概要を紹介する。

### 1. 平成 28 年度予算の基本方針

#### 1.1 全体方針

激甚化する気象災害や切迫する巨大地震等に備えるための防災・減災対策、高度成長期以降に整備されたインフラの老朽化対策は、喫緊の課題となっている。また、個性豊かな活力ある地域の形成や成長戦略の具体化による「強い経済」の実現が強く求められている。

こうした認識の下、平成 28 年度予算については、「東日本大震災からの復興加速」、「国民の安全・安心の確保」、「豊かで利便性の高い地域社会の実現」及び「日本経済の再生」の 4 分野に重点化し、施策効果の早期発現を図る。

具体的には、国民の命と暮らしを守り、国土強靱化の取組を推進するため、防災意識社会への転換を図りつつ、ハード・ソフトを総動員した防災・減災対策を進めるとともに、戦略的なインフラ老朽化対策に取り組む。また、我が国の領土・領海を守るため、戦略的海上保安体制を構築する。

あわせて、日本経済の再生と地方創生の推進を図るため、成長を支える基盤を着実に整備するとともに、人口減少等を見据えた「コンパクト＋ネットワーク」の形成など子どもから高齢者まで豊かに暮らせる生活環境を整備する。さらに、訪日外国人 2,000 万人を目前に控え、「次の時代」に向けた質の高い観光立国の実現に取り組む。

これらの取組により、国土形成計画、社会資本整備重点計画、交通政策基本計画及び北海道総合開発計画を着実に推進するとともに、「一億総活躍社会」の実現を目指す。

#### 1.2 今後の社会資本整備

今後の社会資本整備に当たっては、生産性向上を導く社会資本のストック効果を重視することにより、アベノミクスによる「民間投資を喚起する成長戦略」の実効性を高め、経済成長を支えていくことが重要である。このため、真に必要な事業への重点化（「賢く投資」）、既存施設の最大限の活用（「賢く使う」）や地域のニーズを踏

まえた社会資本の集約・再編に留意しつつ、その整備を推進する。

ストック効果の高い公共投資により経済成長を図り、経済再生と財政健全化の双方を実現するため、必要な公共事業予算を安定的・持続的に確保する。

#### 1.3 効率的・円滑な事業の実施

限られた財政資源の中での効率的な事業執行に向け、地域のニーズを踏まえつつ、情報公開を徹底して、投資効果や必要性の高い事業への重点化を進めるとともに、民間の資金やノウハウを積極的に活用する。

公共工事の円滑な施工の確保については、人材や資材の円滑な確保を図るとともに、改正品確法の趣旨を踏まえた適正価格による契約や適切な規模での発注の徹底、国庫債務負担行為の活用による施工時期の平準化等に努める。また、ICT 技術の全面的な活用等による「i-Construction」（建設現場の生産性向上）に取り組む。

### 2. 平成 28 年度国土交通省関係予算（国費）

事業毎の予算を表 1 に示す。

### 3. 予算の概要

#### 3.1 東日本大震災からの復興加速（（注）復興庁計上）

平成 28 年度から平成 32 年度までの復興・創生期間における新たな枠組みに基づき、住宅再建・復興まちづくりや基幹インフラの復旧等を着実に推進。

- (a) 住宅再建・復興まちづくりの加速…………… 2 億円  
被災地における住宅再建・復興まちづくりの取組を着実に推進する。
- (b) インフラの整備 …………… 2,777 億円  
被災地の復興に必要なインフラの着実な整備を進める。
- (c) 被災した公共交通の復興の支援…………… 15 億円  
被災地の暮らしを支える被災地のバス交通等について、住宅再建・復興まちづくりの進捗に応じた柔軟な支援を継続する。
- (d) 被災地の観光振興 …………… 45 億円  
風評被害払拭のため、地域の発案によるインバウンドの取組を支援し、観光魅力を海外へ発信するとともに、福島県の震災復興に資する国内観光関連事業を支援する。
- (e) 被災地における PPP／PFI の推進 …………… 1 億円  
東日本大震災からの復興の基本方針を踏まえ、PPP／PFI を活用した復興事業を実施する被災地の地方公共団体等を支援する。





## 3.2 国民の安全・安心の確保

- (1) 激甚化する水害・土砂災害、切迫する巨大地震や加速するインフラ老朽化に対し、既存施設の有効活用、真に必要な事業への重点化を図りつつ、ハード・ソフト総動員の防災・減災、老朽化対策を推進。
- (2) 尖閣諸島周辺海域をはじめとする領海警備等に万全を期すための戦略的海上保安体制を構築。
- (3) 密集市街地対策の推進、住宅・建築物の耐震化や公共交通における安全対策など、日常生活における安全・安心を確保。

## (1) 新たなステージに対応した防災・減災対策、老朽化対策の推進

※計数については、一部重複がある。

- (a) 気候変動に備えるための水害・土砂災害対策や火山災害対策の推進…………… 4,434 億円 (1.03)
- 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨を踏まえた大洪水に備えるハード・ソフト対策を進めるとともに、既存施設を賢く使う取組と選択と集中による対策等を推進する。
- (b) 大規模水害の被害想定との共有と ICT 等の情報ソフトインフラの整備による防災・減災対策の推進…………… 12 億円 (1.72)
- 平成 27 年 9 月関東・東北豪雨等を踏まえ、水害・土砂災害を対象として、ICT 等も活用しつつ、総合的な対策に緊急かつ省横断的に取り組む。
- (c) 南海トラフ巨大地震・首都直下地震対策等の推進…………… 1,651 億円 (1.02)
- 南海トラフ巨大地震等の発生に備え、ゼロメートル地帯等において、各々の地震で想定される具体的な被害特性に合わせた対策を省の総力を挙げて推進する。
- (d) 火山、地震、津波、台風、集中豪雨等に対する観測・監視体制等の強化…………… 98 億円 (0.96)
- ※ H27 補正を含め 104 億円 (1.02)
- 火山、地震、津波、台風、集中豪雨等に対する観測・監視体制や防災気象情報等の提供体制を強化する。
- (e) 災害時における人流・物流の確保…………… 4,327 億円 (1.04)
- 災害発生時に備えて、陸上・海上輸送ルートの整備や耐震対策、情報提供体制の構築等を推進する。
- (f) インフラ老朽化対策等のための戦略的な維持管理・更新の推進…………… 4,100 億円 (1.04)
- 国民の安全・安心の確保等のため、インフラ長寿命化計画（行動計画）に基づき、将来にわたって必要なインフラの機能を発揮し続けるための取組を推進する。
- (g) 次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進…0.6 億円（皆増）
- 社会インフラの老朽化に対し、より効果的・効率的に対応できるロボットの開発・導入を促進するため、現場での実際の点検と同等の環境下で性能等の検証を行う。
- (h) 地域における総合的な防災・減災対策、老朽化対策等に対する集中的支援（防災・安全交付金）…………… 11,002 億円 (1.01)

頻発する風水害・土砂災害や大規模地震・津波に対する防災・減災対策、インフラ長寿命化計画を踏まえた老朽化対策など地域における総合的な取組を集中支援する。

## (2) 戦略的海上保安体制の構築等

- (a) 戦略的海上保安体制の構築…………… 381 億円 (1.06)
- 尖閣領海警備や離島・遠方海域を含む我が国周辺海域における様々な不審事象、不法行為等に隙のない対応を行うため、戦略的海上保安体制の構築を推進する。
- (b) 法の支配に基づく海洋秩序維持のための支援… 0.9 億円 (3.06)
- 法の支配に基づく海洋秩序維持の重要性をアジア諸国間で共有すること等を目的として、海上保安政策課程（修士）の拡充や教育・研究基盤の強化等を実施する。

## (3) 生活空間の安全・安心の確保

- (a) 密集市街地対策の推進、住宅・建築物の耐震化・省エネ化の促進\* …………… 354 億円 (0.97)
- ※この他に、H27 補正予算（防災・安全交付金）において、公営住宅等の耐震化等を緊急的に実施
- 大規模地震の発生時の人的・経済的被害の軽減を図るため、密集市街地の改善や住宅・建築物の耐震化を推進する。併せて、住宅・建築物の省エネ化を促進する。
- (b) 公共交通における安全の確保と生活空間における交通安全対策の推進…………… 3 億円 (1.79)
- 自動車、航空、船舶など公共交通における安全確保に万全を期するとともに、踏切や生活道路など生活空間における交通安全対策を推進する。

## 3.3 豊かで利便性の高い地域社会の実現

- (1) 人口減少等を見据え、既存施設の集約・再編、地域の公共交通ネットワークの再構築等により、「コンパクト＋ネットワーク」を形成。
- (2) 子育てがしやすく、子どもから高齢者まで豊かに暮らせる生活環境の整備を促進。

## (1) 「コンパクト＋ネットワーク」の実現等

- (a) 都市機能の集約・再編等によるコンパクトシティの推進…………… 136 億円 (1.00)
- 高齢者や子育て世代が安心できる健康で快適な生活環境や持続可能な地域経済圏等を実現するため、都市機能の集約・再編等によるコンパクトシティを推進する。
- (b) 道路ネットワークによる地域・拠点の連携【再掲】…………… 3,621 億円 (1.04)
- 個性ある地域や小さな拠点を道路ネットワークでつなぐことで、広域的な経済・生活圏の形成を促進する。
- (c) 公共交通ネットワークの再構築…………… 271 億円 (0.93)

## ／ 統 計

※ H27 補正を含め 320 億円 (1.10)

地域公共交通ネットワークの充実・再編等の取組に対する各種支援を、観光施策と連携しつつ着実に実施するとともに、交通政策基本計画の施策を展開する。

(d) 「小さな拠点」の形成推進※ ……………2 億円 (0.90)

※内閣府における「小さな拠点」関連施策と連携し、総合的に事業を実施

中山間地域等において、基幹集落に生活機能等を集めた「小さな拠点」を核に、道の駅等も活用し、周辺集落とのネットワークを確保した集落生活圏の形成を推進する。

(e) 連携中枢都市圏の形成等…………… 1 億円 (皆増)

連携中枢都市圏において、地域資源を活用した内発的な自立発展を促すため、官民の多様な主体が連携して地域の「稼ぐ力」を強化するための取組の支援等を行う。

### (2) 地域と暮らしの魅力向上

(a) 空き家対策の推進、既存住宅ストックの流通促進

……………277 億円 (1.08)

空家対策特別措置法の施工を踏まえた市町村の空き家対策の取組の支援とともに、既存ストックの質の向上や中古住宅流通・リフォーム市場の環境整備を図る。

(b) 若年世帯・子育て世帯・高齢者世帯が安心して暮らせる住まいの確保……………540 億円 (1.06)

多様な世帯が安心して健康に暮らせる住環境を実現するため、三世帯同居に対応した住宅や子育て支援・福祉施策等と連携した住宅等の整備を促進する。

(c) バリアフリー・ユニバーサルデザイン化等の推進… 19 億円 (1.05)

子育てや高齢者、障害者等に配慮した環境を整備するため、鉄道駅のバリアフリー化やホームドアの整備、バリアフリー化対策を講じた道路空間の創出等を推進する。

(d) 地域交通のグリーン化を通じた電気自動車の加速度的普及促進……………4 億円 (1.39)

燃料電池自動車をはじめとする電気自動車の普及促進に向け、これらを活用した地域の実情を踏まえた交通サービスの提供等の先駆的取組を支援する。

(e) 条件不利地域（離島、奄美群島、小笠原諸島、半島、豪雪地帯等）の振興支援…………… 45 億円 (1.00)

条件不利地域（離島、奄美群島、小笠原諸島、半島、豪雪地帯等）について、地域の資源や特性を生かした創意工夫ある取組に対する支援を行う。

(f) アイヌ文化復興等の促進のための民族共生の象徴となる空間の整備……………2 億円 (1.69)

「民族共生の象徴となる空間」の整備によるアイヌ文化復興等の促進やアイヌ文化に関する国内外との交流の拡大に取り組む。

### (3) 地域を支える社会資本整備の総合的支援

(a) 地域を支える社会資本整備の総合的支援（社会資本整備総合

交付金）…………… 8,983 億円 (1.00)

「コンパクト＋ネットワーク」の推進に資する取組や子育て・高齢者に対応した地域と暮らしの魅力の向上に資する取組等を重点的に支援する。

### 3.4 日本経済の再生

- (1) 戦略的・計画的な社会資本整備を通じて民間企業の生産性向上と投資拡大を図るため、ストック効果を重視し、インフラに「賢く投資する」、インフラを「賢く使う」取組を促進。
- (2) 民間投資や生産性向上を導き高い利活用が期待される社会資本整備への重点化等によるストック効果を通じて成長を支える基盤を着実に整備。
- (3) 民間能力の活用やインフラシステムの海外展開等により、国内外における民間のビジネス機会を拡大。
- (4) 訪日外国人 2,000 万人を目前に控え、「次の時代」に向けた質の高い観光立国実現のため、受入環境整備、観光地域づくり、地方誘客や旅行消費拡大に向けた訪日プロモーションなどの取組を推進。
- (5) 現場を支える人材の確保・育成対策、物流の効率化を展開するとともに、i-Construction（建設現場の生産性向上）を推進。
- (6) オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた対応を推進。

#### (1) 経済成長を支える社会資本のストック効果の最大化

(a) ストック効果の高い事業への重点投資

わずかな投資で過去の投資効果が発現する事業等への重点的な投資（賢く投資）により、ストック効果の高い社会資本整備を推進する。

(b) 既存ストックを「賢く使う」取組の徹底

本格的な導入が開始された ETC2.0 の活用等による「道路を賢く使う取組」や羽田空港の飛行経路の見直しで空港処理能力を拡大する「賢い空港利用」等を徹底する。

(c) 社会資本の集約・再編による「密度の経済」の実現

地域のニーズを踏まえ、都市機能の集約によるまちなか賑わい再生、下水道の既存のシステムの見直し等により生産性の向上や維持・管理の効率化を図る。

(d) 地方におけるストック効果最大化の取組への支援（社会資本整備総合交付金等）

社会資本整備総合交付金及び防災・安全交付金において、重点的に支援する対象を明確化し、地方公共団体による社会資本整備のストック効果の最大化の取組を支援する。

#### (2) 成長を支える基盤の着実な整備

(a) 効率的な物流ネットワークの強化…………… 3,170 億円 (1.06)

交通渋滞の緩和等による迅速かつ円滑な物流を実現することで、競争力の高い物流ネットワークの実現を図る。

(b) 首都圏空港等の機能強化……………152 億円 (1.01)



# 統計

首都圏空港等において、国際競争力を強化し、経済成長を促進するため、機能強化に必要な施設整備等を重点的に実施する。

(c) 地方空港・地方航空ネットワークの活性化…387 億円 (1.08)  
訪日外国人旅行者の受入環境整備を推進するとともに、地方航空ネットワークの安定的な確保に向けて総合的な支援を実施する。

(d) 整備新幹線の着実な整備……………755 億円 (1.00)  
我が国の基幹的な高速輸送体系を形成する整備新幹線について、着実に整備を進める。

(e) 都市鉄道ネットワークの充実……………159 億円 (1.32)  
都市内の移動の円滑化によるビジネス効率向上、我が国の立地競争力強化のため、都市鉄道ネットワークの充実や駅機能の高度化を推進する。

(f) 国際コンテナ戦略港湾等の機能強化……………815 億円 (1.08)  
我が国の産業競争力を強化するため、コンテナ船の基幹航路の維持・拡大を図るとともに、資源・エネルギー等の安定的かつ効率的な海上輸送網の形成を推進する。

(g) 地域の基幹産業の競争力強化のための港湾整備…110 億円 (1.02)  
地域の雇用と所得を維持・創出するため、地域の基幹産業を支える産業物流の効率化及び企業活動の活性化に直結する港湾施設の整備を推進する。

(h) 競争力強化のための社会資本の総合的整備（社会資本整備総合交付金）【再掲】……………8,983 億円 (1.00)  
IC や工業団地等へのアクセス道路など都市や地域において高い利活用が期待される成長基盤の民間投資と連携した整備や、PPP/PFI の推進等を重点的に支援する。

## (3) 民間のビジネス機会の拡大

(a) PPP/PFI の推進 ……………268 億円 (1.22)  
民間の資金やノウハウを活用した PPP/PFI の推進により、民間のビジネス機会の創出を図ることで、経済成長を促進させる。

(b) 都市再生制度の見直し等による都市の競争力の強化  
……………143 億円 (1.13)  
都市再生制度の見直し等による都市の競争力強化や都市の機能に着目した民間による都市開発を推進する。

(c) 土地情報の拡充等による不動産の取引・投資環境の整備  
……………155 億円 (1.01)

※計数については、一部重複がある

地籍や地価の土地情報の拡充、中古住宅の流通環境整備や地方での不動産の取引・投資環境の整備により、不動産に係る取引や投資を促進する。

(d) インフラシステム海外展開など民間企業の海外進出の支援  
……………19 億円 (1.15)  
プロジェクトの構想段階から管理・運営まで官民一体で取り組むことにより、国土交通分野※における質の高いインフラシステムの海外展開を推進する。

※鉄道、道路、港湾、航空、都市開発、都市交通、住宅、水・防災、海洋・船舶、測量・地図、物流等の各分野

(e) 海洋の開発・利用・保全の戦略的な推進……149 億円 (0.86)  
※ H27 補正を含め 187 億円 (1.08)

海洋資源・エネルギー等の開発・利用のための安全・環境対策、海事産業の競争力強化に資する取組、我が国の海洋権益の保全・確保に関する取組等を推進する。

## (4) 質の高い観光立国の実現

(a) 「次の時代」に向けたインバウンド受入環境整備…101 億円 (7.67)  
※計数については、一部重複がある。

「次の時代」に向けた質の高い観光立国実現のため、官民一体となって、インバウンド受入環境整備に向けた取組を加速化する。

(b) 地域の観光振興の促進 ……………28 億円 (1.90)  
国内観光を振興するため、地域の観光資源を活かした魅力ある観光地域づくりと、新たな旅行需要の創出を図る。

(c) 戦略的訪日プロモーション及び MICE の誘致・開催の促進  
……………85 億円 (1.06)

好調なインバウンド観光の効果を地方の隅々まで行き渡らせるため、訪日外国人旅行者の地方への誘客、観光消費の拡大等、訪日プロモーションの更なる推進等を図る。

(d) 社会資本整備と一体となった観光振興  
各地域において、社会資本整備の進捗に合わせた観光振興の取組を促し、観光振興への社会資本の利活用を推進する。

## (5) 現場を支える技能人材の確保・育成対策等

(a) 建設業、運輸業、造船業等における人材確保・育成、物流の効率化……………32 億円 (1.03)

現場を支える技能人材の確保・育成や生産性の向上のため、賃金等の処遇改善、女性や外国人等の人材活用、教育訓練の充実、現場の省力化等を官民一体で推進する。

(b) i-Construction（建設現場の生産性向上）  
技能労働者一人一人の生産性向上を通じ、企業の経営環境改善を図るとともに、賃金水準や建設現場の安全性を向上させることで魅力ある建設現場を実現する。

※「i-Construction」:「ICT 技術の全面的活用」、「規格の標準化」、「施工時期の平準化」等による建設現場の生産性向上の取組

## (6) オリンピック・パラリンピック東京大会に向けた対応

オリンピック・パラリンピック東京大会の開催に向け、交通手段の確保やバリアフリー化、会場周辺の環境整備、戦略的な訪日プロモーションの展開等を推進する。

## あとがき

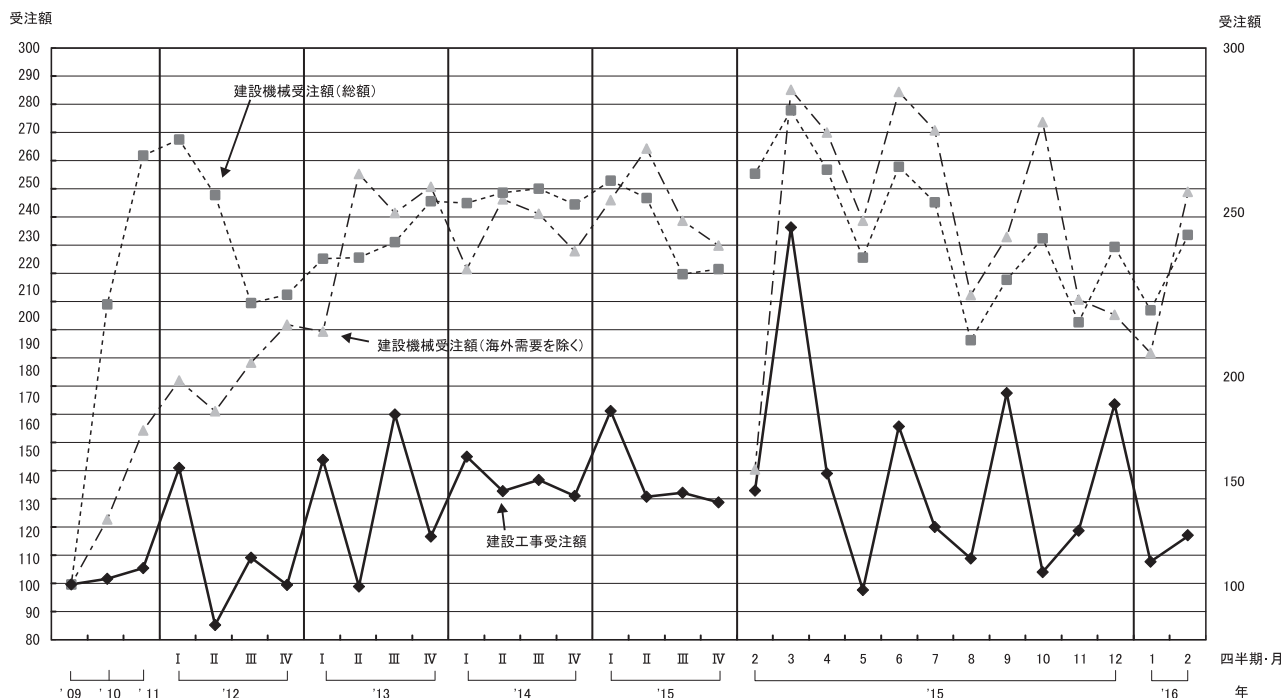
平成 28 年度予算は、政府として早期執行が指示されている。

個人消費などが停滞する中、景気を支えるためには公共工事の 8 割程度を占める国土交通省予算の早期執行が重要である。

【文責：小笠原】

## 建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査（大手50社）（指数基準：2009年平均=100）  
建設機械受注額：建設機械受注統計調査（建設機械企業数24前後）（指数基準：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<br>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 2 月 | 11,306  | 7,809   | 1,174  | 6,635  | 2,910  | 438   | 148    | 7,788     | 3,517  | 136,998    | 10,628  |
| 3 月        | 19,543  | 12,683  | 1,855  | 10,828 | 6,342  | 407   | 112    | 11,622    | 7,921  | 140,330    | 19,823  |
| 4 月        | 11,836  | 8,791   | 2,135  | 6,656  | 2,383  | 557   | 105    | 8,489     | 3,347  | 145,449    | 9,296   |
| 5 月        | 8,193   | 5,622   | 1,131  | 4,491  | 1,958  | 353   | 260    | 5,284     | 2,908  | 145,260    | 9,626   |
| 6 月        | 13,316  | 8,635   | 1,525  | 7,110  | 3,445  | 502   | 734    | 8,758     | 4,558  | 146,253    | 12,424  |
| 7 月        | 10,167  | 7,221   | 2,122  | 5,099  | 2,454  | 372   | 120    | 7,202     | 2,965  | 146,731    | 8,728   |
| 8 月        | 9,178   | 5,975   | 1,867  | 4,108  | 2,455  | 370   | 378    | 5,928     | 3,251  | 142,165    | 10,141  |
| 9 月        | 14,360  | 10,758  | 1,572  | 9,187  | 2,877  | 450   | 274    | 10,831    | 3,529  | 143,650    | 14,223  |
| 10 月       | 8,754   | 5,681   | 1,632  | 4,049  | 2,439  | 377   | 258    | 5,862     | 2,893  | 141,723    | 10,835  |
| 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  | —          | —       |

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<br>2 月 | 3 月   | 4 月   | 5 月   | 6 月   | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  | 16 年<br>1 月 | 2 月   |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|
| 総 額     | 7,492 | 15,342 | 19,520 | 17,343 | 17,152 | 18,346 | 17,416 | 1,584       | 1,732 | 1,593 | 1,388 | 1,600 | 1,517 | 1,195 | 1,336 | 1,433 | 1,237 | 1,413 | 1,265       | 1,441 |
| 海 外 需 要 | 4,727 | 11,904 | 15,163 | 12,357 | 10,682 | 11,949 | 10,712 | 1,024       | 1,075 | 973   | 844   | 945   | 895   | 715   | 806   | 804   | 761   | 950   | 835         | 872   |
| 海外需要を除く | 2,765 | 3,438  | 4,357  | 4,986  | 6,470  | 6,397  | 6,704  | 560         | 657   | 620   | 544   | 655   | 622   | 480   | 530   | 629   | 476   | 463   | 430         | 569   |

（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 2 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## 行事一覽

(2016年3月1日～31日)

### 機械部会



#### ■基礎工事事業機械技術委員会 現場見学会

月 日：3月2日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか12名

見 学：東京都下水道局／前田・大日本  
JV 千代田区永田町地先 アーバンリン  
グ立坑工事現場の見学

#### ■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：3月15日(火)

出席者：藤内隆委員長ほか10名

議 題：①平成28年度の活動テーマ「トンネル工事における省資源・省エネルギー(仮題)」について・テーマについての再確認・検討体制と活動の進め方および目標スケジュール・現場見学会の計画 ②平成28年度 委員会 総会(4/20開催予定)の発表テーマについて ③「トンネル工事事業排出ガス対策型建設機械の現状の課題と今後の対応検討(平成27年度活動成果)」についての国土交通省との打合せについて ④その他・2/22開催の機械部会幹事会の報告

#### ■除雪機械技術委員会

月 日：3月16日(水)

出席者：江本平委員長ほか13名

議 題：①ホームページの作成について ②ロータリ除雪車の安全対策について ③ロータリ除雪車性能試験方法の検討について ④除雪機械の変遷について ⑤除雪機械技術ハンドブックの見直しについて・ロータリ除雪車・除雪グレーダ ⑥2/15開催した合同部会、2/22開催した機械部会 幹事会の報告について ⑦その他・除雪現場見学会

#### ■ショベル技術委員会

月 日：3月18日(金)

出席者：尾上裕委員長ほか9名

議 題：①地球温暖化対策検討分科会(3/23 or 3/31)に向けた作業燃費検討WGと国交省の確認打合せ(2/29開催)の報告について ②燃費データ(JCMAS 評価値)のクラス分けをバケット容量から運転質量に変更した場合の案に対する確認について ③2/15開催した合同部会、2/22に開催した機械部会 幹事会の報告について ④環境省のL2-Tech 認証制度について ⑤電気式マルチレバーにおける標準

準操作方式の表示について ⑥平成28年度の活動テーマとその進め方について ⑦その他

#### ■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

月 日：3月22日(火)

出席者：吉野友純分科会長ほか13名

議 題：①アスファルトプラントの変遷原稿1993年以降の修正部分の確認について ②変遷原稿2004年以降について ③今後の編集作業について

#### ■ダンプトラック技術委員会

月 日：3月24日(木)

出席者：田中哲委員長ほか4名

議 題：①各社トビックスについて ②ダンプ・不整地運搬車の動画紹介と安全作業ガイド改定版のHP掲載の最終確認について ③平成28年度の活動計画について・重ダンプの運行管理に関する文献調査について ④2/15開催した合同部会、2/22開催した機械部会 幹事会の報告 ⑤その他

#### ■路盤・舗装機械技術委員会 総会

月 日：3月24日(木)

出席者：山口達也委員長ほか34名

議 題：①平成27年度活動経過報告、平成28年度活動計画 ②技術発表〔建設機械・施工に係る安全対策〕1. アスファルトフィニッシャのフューム対策 2. タイヤローラの緊急停止装置〔情報化施工の今後の動向〕1. 情報化機器保有数調査結果の報告 2. ドローンの活用 国土技術政策総合研究所 3. 情報化施工最新機器情報 4. 情報化施工見学会報告 5. JCMA からの連絡・CONEXPO Latin America 参加報告・事務局連絡

#### ■情報化機器技術委員会

月 日：3月25日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか6名

議 題：①2/22開催した機械部会 幹事会の報告について、平成27年度の活動報告と平成28年度活動計画、6月開催予定の合同技術連絡会での「傾斜計」の紹介発表について ②平成28年度の活動テーマとその具体的な進め方について ③国交省のi-Constructionのその後の動きについて ④規格関連の情報共有(進展あれば)について ⑤2/15開催した合同部会の報告について ⑥その他情報交換

#### ■トンネル機械技術委員会 建設生産システムの変革分科会

月 日：3月29日(火)

出席者：橘伸一分科会長ほか7名

議 題：①報告書の確認について ②そ

の他

## 建設業部会



#### ■建設業部会

月 日：3月3日(木)

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか24名

議 題：①部会長挨拶 ②平成28年度活動計画(案) ③平成28～30年度中期事業計画(案) ④平成28年度事業計画(案) ⑤平成27年度活動報告 ⑥平成25～27年度中期事業計画取組結果 ⑦平成27年度活動報告・活動体制・活動スケジュール・各WG活動・その他の活動 ⑧その他部会員の皆様からのご意見、ご提案

#### ■機電交流企画WG

月 日：3月16日(水)

出席者：相田尚主査ほか8名

議 題：①3/3(木)開催建設業部会の報告 ②機電職員確保に向けたPR活動パンフレット作成について検討 ③その他

#### ■機械事故調査WG

月 日：3月23日(水)

出席者：松藤敏夫主査ほか7名

議 題：①3/3(木)開催建設業部会の報告 ②「事故事例・ヒヤリハット160220 修正版」の検討 ③その他

#### ■三役会

月 日：3月30日(水)

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか5名

議 題：①各WG報告 ②4/22提出期限：平成27年度事業報告原稿検討 ③その他

## レンタル業部会



#### ■レンタル業部会

月 日：3月3日(木)

出席者：隼直毅委員ほか18名

議 題：①中期事業報告及び中期事業計画 ②平成28年度事業計画 ③分科会活動テーマ選定の経緯について ④各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ⑤その他

## 各種委員会等



#### ■機関誌編集委員会

月 日：3月2日(水)

出席者：田中康順委員長ほか18名

議 題：①平成28年6月号(第796号)の計画の審議・検討 ②平成28年7月号(第797号)の素案の審議・検討 ③平成28年8月号(第798号)の編



集方針の審議・検討 ④平成 28 年 3  
～5 月号（第 793～795 号）の進捗状  
況の報告・確認

#### ■新機種調査分科会

月 日：3 月 22 日（火）  
出席者：江本平分科会長ほか 1 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

#### ■建設経済調査分科会

月 日：3 月 24 日（木）  
出席者：山名至考分科会長ほか 4 名  
議 題：①「国土強靱化関係予算案の概  
要」関係の執筆について ②「建設技  
能労働者の確保について」執筆検討  
③「平成 28 年度公共事業関係予算に  
ついて」執筆検討 ④その他

## 支部行事一覧

### 北海道支部

#### ■広報部会

月 日：3 月 1 日（火）  
場 所：北海道支部会議室  
出席者：杉岡博史広報部会長ほか 8 名  
内 容：①平成 27 年度の事業報告につ  
いて…支部だより No.109 号の発行に  
ついて ②平成 28 年度の事業計画に  
ついて…支部講演会について、建設工  
事等見学会について ③その他

#### ■調査部会

月 日：3 月 2 日（水）  
場 所：北海道支部会議室  
出席者：渡辺総悦調査部会長ほか 8 名  
内 容：①平成 27 年度の事業報告につ  
いて ②平成 28 年度の事業計画につ  
いて ③その他

#### ■技術部会

月 日：3 月 3 日（木）  
場 所：さつけんビル 6 階会議室  
出席者：服部健作技術部会長ほか 12 名  
内 容：①平成 27 年度の事業報告につ  
いて ②平成 28 年度の事業計画につ  
いて ③その他…除雪機械技術講習会  
の取組について

#### ■北海道開発局との意見交換会

月 日：3 月 9 日（水）  
場 所：さつけんビル 6 階会議室  
出席者：西股忠克副支部長ほか 31 名  
内 容：①北海道開発局からの情報提供  
…i-Construction の推進について、除  
雪機械の現状について ②支部会員か  
らの意見・要望事項について ③意見  
交換

### 東北支部

#### ■第 3 回 支部運営委員会

月 日：3 月 3 日（木）  
場 所：仙台市 パレス宮城野  
出席者：高橋弘支部長ほか 16 名  
議 題：①平成 28 年度事業計画（案）に  
ついて ②平成 28 年度事業予算（案）  
について ③その他

#### ■第 2 回 東北震災復興 i-Construction (ICT) 連絡会議（現地視察）

月 日：3 月 4 日（金）  
場 所：東松島市野蒜字中下地区（鳴瀬  
川中下地区現場）ほか  
出席者：桑原徹郎東北地方整備局副局長、  
高橋弘東北支部長ほか 33 名  
内 容：①鳴瀬川河口部堤防整備現場に  
おける ICT 導入状況の視察 ②第 3  
南蒲生幹線工事現場におけるロボット  
スーツ導入状況視察

#### ■東日本大震災 5 年シンポジウム～建設技 術者が果たした役割、そしてこれから～

月 日：3 月 10 日（木）  
場 所：仙台市 江陽グランドホテル  
主 催：東北建設業協会連合会、東北地  
方整備局  
共 催：（一社）日本建設機械施工協会  
東北支部ほか 10 団体  
内 容：①開会挨拶 ②基調講演 ③パ  
ネルディスカッション ④パネル展  
参加者：行政機関、建設産業界から 760  
名

#### ■復興加速功労者表彰式

月 日：3 月 16 日（水）  
場 所：東北地方整備局  
出席者：太田副支部長ほか 1 名  
内 容：（一社）日本建設機械施工協会  
東北支部ほか 66 団体が受賞

#### ■田瀬ダムコンジットゲート機械遺産登録 に向けた打合せ（第 2 回）

月 日：3 月 22 日（火）  
場 所：東北支部会議室  
出席者：高橋弘支部長、佐藤伸吾北上川  
ダム統合管理事務所長ほか 6 名  
内 容：①当時の関係者からのヒアリン  
グ ②今後の進め方 ③その他

### 北陸支部

#### ■新技術評価会議

月 日：3 月 10 日（木）  
場 所：北陸地方整備局会議室  
出席者：藤田明施工技術部会長（新技術  
評価会議委員）  
内 容：新技術活用効果評価

#### ■北陸 ICT 戦略委員会

月 日：3 月 14 日（月）  
場 所：北陸地方整備局会議室  
出席者：穂苅正昭企画部会長  
議 題：①平成 26 年度の取り組み状況  
（速報） ②平成 26 年度の取り組み状  
況（速報） ③平成 27 年度の取り組み  
計画

#### ■第 2 回企画部会

月 日：3 月 16 日（水）  
場 所：新潟県建設会館  
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか 11 名  
内 容：①平成 27 年度事業報告（中間）  
②平成 27 年度決算報告（見込み）  
③平成 28 年度事業計画（案） ④平成  
28 年度予算（案）

#### ■第 2 回運営委員会

月 日：3 月 18 日（金）  
場 所：新潟県東映ホテル  
出席者：丸山暉彦支部長ほか 12 名  
内 容：①平成 27 年度事業報告（中間）  
②平成 27 年度決算報告（見込み）  
③平成 28 年度事業計画（案） ④平成  
28 年度予算（案）

### 中部支部

#### ■中部圏インフラ用ロボットコンソーシア ム第 2 回会議

月 日：3 月 3 日（木）  
支部出席者：所輝雄支部長、永江豊事務  
局長  
場 所：愛知県名古屋市中区ウィルあいち  
内 容：次世代社会インフラ用ロボット  
開発・導入の推進について等

#### ■第 2 回部会長・副部会長会議

月 日：3 月 7 日（月）  
出席者：三宅豊企画部会長ほか 8 名  
場 所：愛知県名古屋市中区三愛ビル  
議 題：①平成 27 年度事業報告（案）、  
平成 27 年度決算報告（概算） ②平成  
28 年度事業計画（案） ③平成 28 年  
度収支予算（案）等

#### ■第 3 回運営委員会

月 日：3 月 14 日（月）  
場 所：愛知県名古屋市中区桜華会館  
参加者：所輝雄支部長ほか 21 名  
議 題：①平成 27 年度事業報告（案）  
②平成 27 年度決算報告（概算） ③平  
成 27 年度事業計画（案） ④平成 28  
年度収支予算（案）等

#### ■企画部会

月 日：3 月 17 日（木）  
出席者：三宅豊企画部会長ほか 5 名  
場 所：愛知県名古屋市中区三愛ビル  
議 題：平成 28 年度総会についての打

合せ等

## ■第7回 東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議

月 日：3月24日（木）

場 所：日本ガイシフォーラム

支部出席者：所輝雄支部長、永江豊事務局長

議 題：南海トラフ地震対策中部圏戦略会議活動計画等

## 関 西 支 部



### ■企画部会

月 日：3月3日（木）

場 所：関西支部 会議室

出席者：溝田寿企画部会長以下6名

議 題：①平成28年度事業計画（案）、平成28年度予算（案）について ②会員入退会について ③優良建設機械運転員等表彰について ④その他

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第424回)

月 日：3月3日（木）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②JEM-TR 236 建設工事用 400V 級電気設備施工指針の審議 ③その他

### ■運営委員会

月 日：3月8日（火）

場 所：大阪キャッスルホテル 6F 会議室

出席者：深川良一支部長以下29名

議 題：①平成28年度事業計画（案） ②平成28年度予算（案） ③その他

### ■平成28年度 施工技術報告会 幹事会

月 日：3月15日（火）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下6名

議 題：①平成27年度施工技術報告会実績報告 ②平成28年度施工技術報告会について

### ■情報化施工現場見学会

月 日：3月25日（金）

見学先：西尾レントオール(株)西日本テクノヤード

参加者：松本克英事務局長以下57名

内 容：①国土交通省の取り組み ②ICT 建設機械見学

## 中 国 支 部



### ■第4回開発普及部会

月 日：3月2日（水）

場 所：中国支部事務所

出席者：飯國卓夫部会長ほか5名

議 題：①平成27年度部会事業活動の状況について ②平成28年度部会事業活動計画（案）について ③第38回新技術・新工法発表会の準備について ④その他懸案事項

### ■第5回部会長会議

月 日：3月15日（火）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか10名

議 題：①運営委員会（3月期）について ②第5回通常総会について ③「i-Construction」関連事項について ④その他懸案事項

### ■3月期運営委員会

月 日：3月24日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：河原能久支部長ほか24名

議 事：①平成28年度事業計画（案）に関する件 ②平成28年度収支予算（案）に関する件 ③その他懸案事項

## 四 国 支 部



### ■国交省との共催事業「平成27年（松山管内）遠隔操縦式バックホウ操作訓練」

月 日：3月1日（火）～3日（木）

場 所：重信川河川敷（愛媛県東温市上村地先）

参加者：松山管内河川・道路維持業者等からの参加者14名が受講

訓練評価者：岩澤委式事務局長

内 容：①0.45 m<sup>3</sup> 級バックホウを目視により遠隔操縦 ②目視による遠隔操縦訓練に関し、訓練前後の技量変化を評価 ③訓練修了証の交付

### ■（企画・施工・技術）各部会幹事会

月 日：3月11日（金）～18日（金）

方 法：メールによる資料の配信と意見交換

対象者：各部会長及び全部会幹事

内 容：①平成28～30年度中期事業計画（案）について ②平成28年度事業計画（案）について

### ■会員会社との共催事業「情報化施工（コマツ・スマコン）現場見学会」

月 日：3月16日（水）

場 所：高知県梺原町

参加者：119名

内 容：①工事概要説明 ②コマツ Smart Construction の説明と活用方法 ③現場見学（MC（Machine Control）搭載バックホウによる施工）

### ■平成27年度第3回運営委員会

月 日：3月31日（木）

場 所：ホテルマリンパレスさぬき（高松市）

参加者：風間優副支部長ほか20名

内 容：①平成28～30年度中期事業計画（案）について ②平成28年度事業計画（案）について ③平成28年度予算書（案）について

## 九 州 支 部



### ■企画委員会

月 日：3月16日（水）

出席者：久保田正春企画委員長ほか10名

議 題：①第3回運営委員会の運営について ②本部及び支部の総会等開催計画について ③i-Construction（情報化施工）技術講習会について ④支部団体会員の入会について

### ■運営委員会

月 日：3月16日（水）

出席者：江崎哲郎支部長ほか23名

議 題：①平成28年度事業計画書（案）に関する件 ②平成28年度収支予算書（案）に関する件 ③平成28・29年度支部役員候補に関する件

## 編集後記

最近、世の中でもっとも話題のトンネルは、先日北海道新幹線が開通した青函トンネルでしょう。昭和39年に斜坑掘削開始、昭和60年に本坑全貫通しました。52歳の私の人生と意外とラップするようです。JR北海道青函トンネルの説明HPを見ると、青函トンネルにまつわるあれこれが載っていますが、技術屋としても「へえー」となる内容となっています。

トンネル延長53.85km（その内海底部23.3km）総工事費6900億円、述べ労働者数1400万人、ちなみに使用火薬量は2900tだそうです。実際は、1本のトンネルでは無く、先進導坑、作業坑、本坑および連絡通路で複雑に構成されたトンネルとなっています。

技術的には、現在のトンネル掘削施工のベースとなる技術開発が、青函トンネル施工において初めて行われています。例を上げると「レーザー照射による測量技術」「薬液注入による地盤安定化技術」「水平ボーリング技術」「コンクリート吹付工法」「ロックボルト工法」などなど。これらの最新高度技術によって青函トンネルは施工されたわけですが、本州側と北海道側から掘り進められ中央で出会い貫通した時の施工精度は、距離で2cm、高低差で6cmの

誤差であったそうです。片方25kmのトンネル施工なわけですから、GPS測量やトータルステーションといった測量機械があるわけでもないなかでの結果としてはすごいものだと思います。

現在、業界でもっとも話題のトンネルは、リニア中央新幹線です。総延長で200km以上のトンネルが施工される予定です。南アルプス下を貫くトンネルをはじめ、非常に難易度の高い施工が予想されています。建設および機械設備メーカー各社は、水面下でリニアトンネル施工に向けた新技術開発を推し進めているところだと思われます。

今回の新技術のカギとなるのは「CIM」「I-Construction」といった情報化技術ではないでしょうか。そしてリニアトンネルで培われた技術が、今後半世紀のトンネル技術のベースとなるのでしょうか。

青函トンネルの話題で最後のもう一つ。新幹線開業に伴って「吉岡・竜飛海底駅」が廃止となっています。1回ぐらい行っておけばよかった。あと、青函トンネルについては、今回のトンネル特集に盛り込むべきだったと、編集後記を書きながら若干後悔しています。

最後になりますが、お忙しい中ご執筆いただきました皆様には深く御礼申し上げます。

（京免・赤井）

### 6月号「新しい建設材料、最先端の高度な建設技術の開発と実用化特集」予告

・国立研究開発法人 土木研究所における技術の普及 ・新技術の普及促進に向けた取り組み  
・自由断面分割施工方法によるトンネル構築技術 ・Win BLADE 工法（拡翼型機械式攪拌工法）  
・急速処理システム ・JSウォール堰堤工法 ・土質に応じてシールドマシンのカッタービットを変更 ・建設工事における自然由来セレン含有排水の処理方法 振動低減型舗装の開発  
・穴開き帯状鋼板を用いた覆工コンクリートひび割れ抑制対策の現場適用 ・鋼材を使わない超高耐久橋梁 ・電磁波レーダを活用したRC床版上面の非破壊調査システムの開発 ・強力超音波音源を用いた音響探査技術の開発

### 【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」に以下事項をもれなく記入のうえ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68巻第5号（2016年5月号）（通巻795号）

Vol.68 No.5 May 2016

2016（平成28）年5月20日印刷

2016（平成28）年5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      | 部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8    | 電話（011）231-4428 |
| 東北支       | 部〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1    | 電話（022）222-3915 |
| 北陸支       | 部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1     | 電話（025）280-0128 |
| 中部支       | 部〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 | 電話（052）962-2394 |
| 関西支       | 部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4    | 電話（06）6941-8845 |
| 中国支       | 部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22    | 電話（082）221-6841 |
| 四国支       | 部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22    | 電話（087）821-8074 |
| 九州支       | 部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 | 電話（092）436-3322 |

## 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

|       |         |
|-------|---------|
| 田中 康順 | 鹿島道路(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)       |
| 岩野 健  | 清水建設(株)       |
| 三輪 敏明 | (株)大林組        |
| 久保 隆道 | (株)竹中工務店      |
| 安川 良博 | (株)熊谷組        |
| 戸田 修実 | (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           |
| 大塚 清伸 | 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)       |
| 原 幹生  | (株)KCM        |
| 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

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

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

E-mail：san-mich@zam.att.ne.jp 担当：田中



# KOBELCO

**低燃費のコベルコ!**  
低炭素社会の実現へ

## 小旋回機の未来は、 いつもコベルコから。

「狭い所で自由に働ける建機を」  
重機で初めての本格後方超小旋回機は  
現場の声をなによりも大切にする  
コベルコから生まれました。  
コンパクトな作業範囲。  
後方への安心感と操作のしやすさ。  
これまでなかった機能を生み出したのは  
独自の発想とテクノロジー。  
そしてその技術力で、つねに時代の  
最先端マシンへと進化を続けています。  
iNDRが革新した静かさ。  
新たに、最大で21%向上した圧倒的な低燃費\*。  
都市工事のニーズを理想のかたちにする  
ものづくりの力は、コベルコのDNAとして  
未来へ続いていきます。



ACERA  
GEOSPEC  
**SK135SR**

—21%の低燃費で、新登場。

13トンクラスは、コベルコ

**SK125SR SK130UR SK130SR+**

コベルコの  
新世機

圧倒的な燃費性能で新たな世代をリード  
するコベルコの「新世機」。その技術で、  
低燃費のコベルコは、もっと低燃費の  
コベルコになる。



2020年燃費基準達成度  
★★★をクリア。



オフロード法 2011年基準適合  
排出ガス中のPM (粒子状物質) を大幅削減。

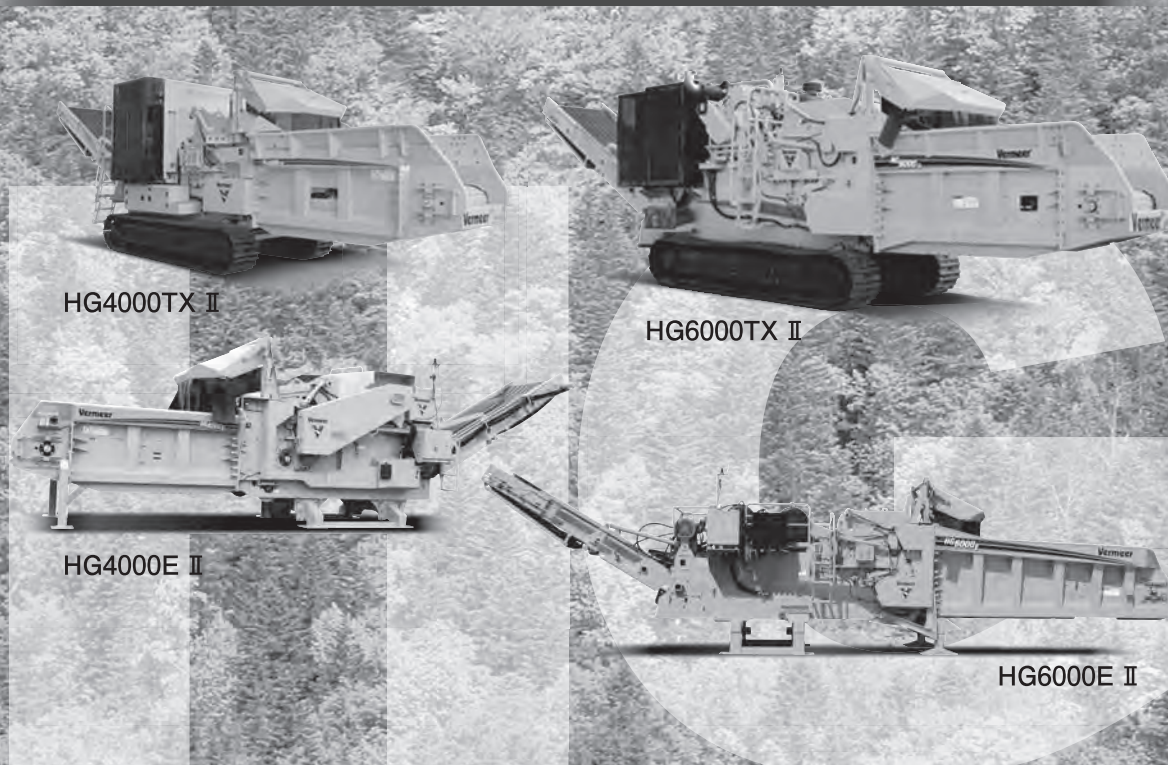


約270°の後方視界で  
安全性を確保。  
(オプション設定)

※ 従来機Sモード比 / 新ECOモード

**コベルコ建機株式会社** 東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15 ☎03-5789-2111 [www.kobelco-kenki.co.jp](http://www.kobelco-kenki.co.jp)

# マルマテクニカのホリゾントラインダー



1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



## 特長

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

# 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





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-40/FU-162

# 未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイブロコンパクター

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: 06-6541-9631  
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

# 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 サテレタ リンカー 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  
ボーバ 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！

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

2段階押しスイッチ  
装着可能

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

自社開発 高耐久性  
2段階押しスイッチを  
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

優れた  
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

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

## マイコンケーブルレス

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)



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。

N/U/Gシリーズ  
頑強 ケーブルレス

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

裏面  
スイッチ

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

## マイティサテレタ

N/U/Gシリーズ

●操作信号数 最大32点  
(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

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

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)

全押しボタン  
RC-7126N

セットで  
45万円  
(税別価格)

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

## チップケーブルレス

Nシリーズ

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!

ボタン部の突起  
ボタン間の仕切 一体型の  
シリコンカバーで  
操作性が向上

チップ部品採用で  
ポケットサイズ化

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

トコト機能を絞って  
コストダウン

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

## コンパクトという選択肢!!

チップ部品採用で  
ポケットサイズ化

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

トコト機能を絞って  
コストダウン

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

高防水性能  
送信機はIP65

## ケーブルレスミニ

N/Rシリーズ

微弱電波・ラジコンバンド  
両モデル対応

●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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

## 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

●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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

ミニには  
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)

## データケーブルレス

N/R/U/G  
シリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

●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  
(外部接続入力型)

7100型

6300型

5700型

3200型

受信機

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

写真は  
Uシリーズ

## MAXサテレタ

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

標準型  
RC-9300U

●多機能多操作  
(比例制御対応可)

全押しボタン  
装着タイプ

セットで  
95万円  
(税別価格)

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)

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



# 進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した  
コマツハイブリッド油圧ショベルは、  
国内で1,200台を超える実績を重ね、  
確かな信頼を得ました。  
さらなる進化を遂げて誕生した  
コマツ第三世代ハイブリッドHB205-2は、  
油圧ショベルのスタンダードとなります。

NEW

- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**  
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。  
実際の作業では、作業内容により上記以下に  
なる場合があります。



## 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-kenki.co.jp>

