

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

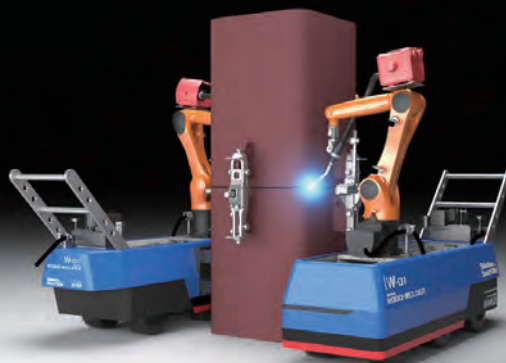
2018

建設機械施工

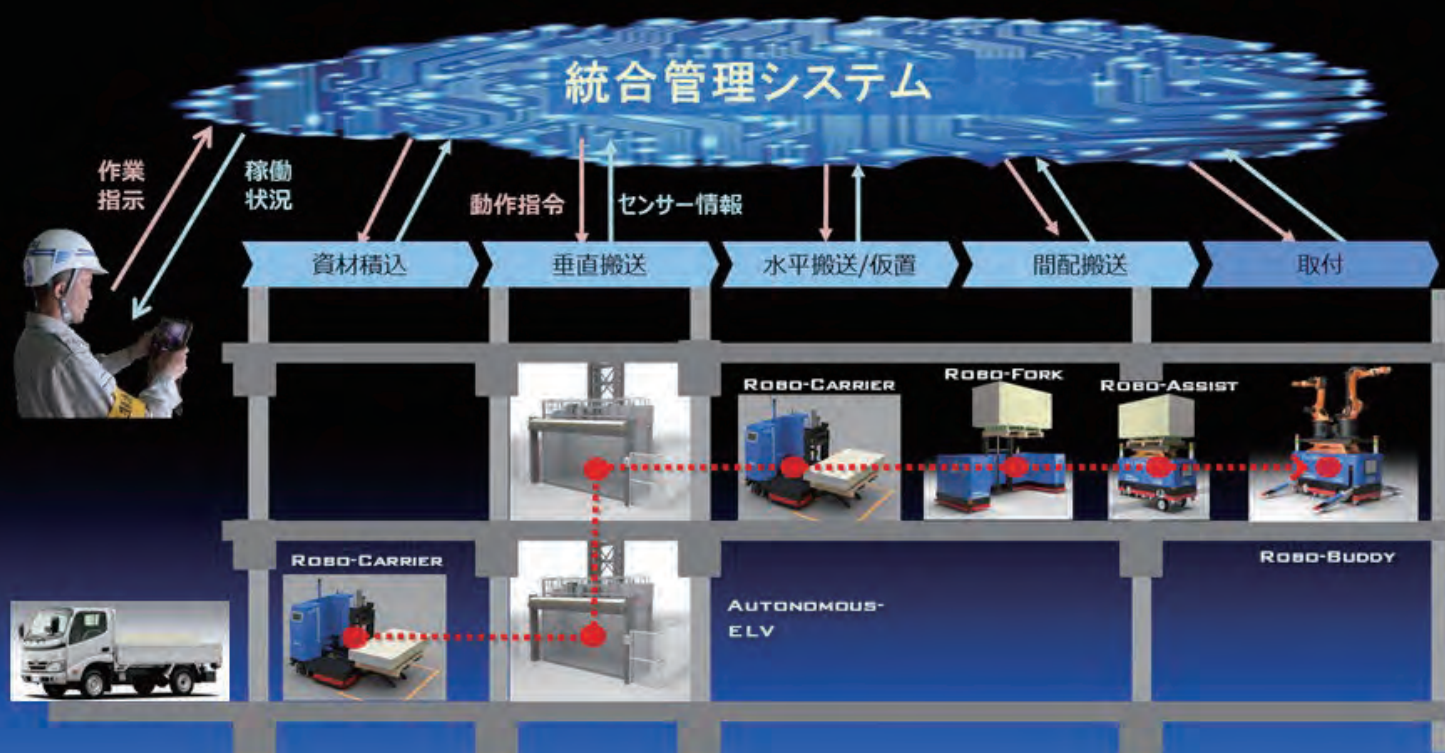
1

Vol.70 No.1 January 2018 (通巻815号)

特集 建設機械



次世代建築生産システム 自律型ロボット



巻頭言 新年のご挨拶

技術報文

- ICTを活用した盛土の締固め管理技術
- 坑内で掘進機回収
- 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ開発と工事事例報告
- 次世代型油圧ショベルの開発
- 自航式多目的船を使用した魚礁設置実績 他

投稿論文

ロボットアーム型重量物鉄筋配筋作業支援ロボットの開発

行政情報

- 新たな国土交通省技術基本計画
 - 災害用ロボットに関するデータベースの試行的公開
- 次世代建築生産システム
平成29年度 建設機械施工技術検定試験 結果報告
建設機械産業の現状と今後の予測

交流の広場

JCMA報告

統計

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、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

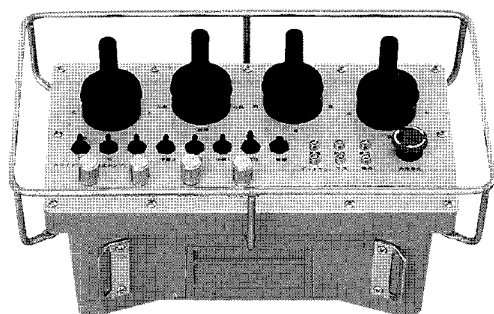
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651

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

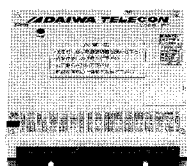
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

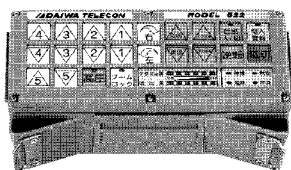
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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+オーバータイム付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171

TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005

ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>

e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp

営業所 東京、大阪、他

平成30年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度に『会長賞』を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りましたが、平成27年度からは、表彰内容の拡充に伴い表彰名称を『会長賞』より『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

平成30年度の表彰につきましても、下記により受賞候補者を公募いたしますので、内容検討の上、奮ってご応募いただきますよう、ご案内いたします。

1. 表彰の目的

大賞部門は、我が国の建設事業における**建設機械及び建設施工に関する技術等に関して、調査・研究、技術開発、実用化等**により、その高度化に顕著な功績をあげたと認められる業績を表彰し、**地域賞部門**は、地域に根ざした**独自のアイデア・創意工夫等**により従来の施工方法・技術を改良したり、地域に普及させる等の**取り組み**を通じて、**地域の建設事業**に貢献している業績を表彰し、もって**国土の利用、開発及び保全並びに経済及び産業の発展に寄与**することを目的とします。

2. 表彰対象

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

3. 表彰の種類

表彰は、**大賞部門は最優秀賞、優秀賞**とし、**地域賞部門は地域貢献賞**とします。

大賞部門の最優秀賞は総合的な評価の最も高かったもの、優秀賞はそれに準ずるもの、また地域賞部門の地域貢献賞は当該地域特性に合わせたアイデアや創意工夫により、従来の施工方法・技術を改良したり、それらを地域に普及させる等の取り組みで地域の活性化や地域の建設業の魅力向上に寄与したと判断されるものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような業績があれば、選考委員会賞として表彰することもあります。

受彰者には賞状及び副賞として1件につき下記の賞金を授与します。

副賞賞金	最優秀賞・・・・・・・・30万円	優秀賞・・・・・・・・20万円
	地域貢献賞・・・・・・・・10万円	選考委員会賞・・・・・・5万円

4. 表彰式

本協会第7回通常総会（平成30年6月12日（火））終了後に行います。

5. 応募

別紙「日本建設機械施工大賞応募要領」に基づく応募用紙の提出により行われます。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。なお、自薦、他薦を問いません。応募の締め切りは、平成30年1月31日（水）（必着）です。（申し込みアドレス：t-abe@jcmnet.or.jp）

6. 選考

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

7. その他

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

以上

平成30年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

『平成30年度 日本建設機械施工大賞』（大賞部門、地域賞部門）を部門ごとに募集いたします。大賞部門と地域賞部門の両方へ応募することもできますが、同一内容の業績では、両部門へ重複して応募することはできません。

それぞれの応募用紙を作成していただきます。

1. 表彰対象 （一社）日本建設機械施工協会の団体会員、支部団体会員、個人会員又は建設機械及び建設施工に関する技術等の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。
2. 募集の方法 表彰候補の団体、団体に属する個人及びその他の個人の応募による。
3. 応募の方法 協会所定の応募用紙（大賞部門、地域賞部門）による。
応募用紙は、当協会のホームページ（<http://www.jcmanet.or.jp/>）からダウンロードし、必要事項を記載の上、Excel形式及びPDF形式とし、電子メールにてお申し込み下さい。
（※Excel形式の枠内に自由にレイアウトして記載）
なお、提出いただいた資料は返却いたしません。
4. 応募締切 平成30年1月31日（水）
5. 記載方法
大賞部門
 - 「推薦文」（自薦・他薦を問わず、1ページ以内）
 - 「業績内容の概要」を記述する（1ページ以内）
 - 「業績内容」（下記aからiまで項目順に、簡潔に10ページ以内）
 - a. 業績の行われた背景
 - b. 業績の詳細な技術的説明
 - c. 技術的効果
 - d. 経済的効果
 - e. 施工または生産・販売実績
 - f. 類似工法または機械との比較
 - g. 波及効果
 - h. 特許、実用新案のタイトル（出願、公開、登録、国内・国外を明記）
 - i. 他団体の表彰等に応募中か、すでに表彰を受けているかを記述
 - 参考資料として次のものを添付して下さい。
 - a. 特許関係（公開または登録済みのものがあれば1頁目の写し2～3点）
 - b. カタログ（主要なもの1～2点）
 - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー（2～3点）
 - 提出物
応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの）
参考資料

地域賞部門

- 「推薦文」（自薦・他薦を問わず、1 ページ以内）
- 「業績内容の概要」を記述する（1 ページ以内）
- 「業績内容」（下記 a から e まで項目順に、簡潔に 2 ページ以内）
 - a. 業績の行われた背景
 - b. 業績の説明（地域特性に合わせたアイデア・創意工夫などの独創性について）
 - c. 業績の効果
 - d. 施工または生産・販売実績
 - e. 地域への貢献度（地域での適用実績など）
- 参考資料として次のものを添付し、簡単に説明文をつけて下さい。
 - a. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー（2～3 点）
 - b. カタログ、パンフレット（主要なもの 1～2 点）
 - c. 新聞記事、写真等（主要なもの 1～2 点）
- 提出物
応募用紙（「推薦文」・「業績の概要」・「業績の内容」がセットのもの）
参考資料

6. 申込・お問い合わせ先

大 賞 部 門 一般社団法人日本建設機械施工協会

本部

日本建設機械施工大賞事務局 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289
申し込みアドレス：t-abe@jcmnet.or.jp

地域賞部門 一般社団法人日本建設機械施工協会

本部

日本建設機械施工大賞事務局 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289

支部

北海道	TEL 011-231-4428	FAX 011-231-6630
東 北	TEL 022-222-3915	FAX 022-222-3583
北 陸	TEL 025-280-0128	FAX 025-280-0134
中 部	TEL 052-962-2394	FAX 052-962-2478
関 西	TEL 06-6941-8845	FAX 06-6941-1378
中 国	TEL 082-221-6841	FAX 082-221-6831
四 国	TEL 087-821-8074	FAX 087-822-3798
九 州	TEL 092-436-3322	FAX 092-436-3323

第64回欧州建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ

INTERMAT 2018 (パリ)

本協会では、毎年海外視察団を派遣し、海外の建設機械及び施工技術を見聞し、我が国の建設施工の機械化に寄与して参りました。本年度も関係各位のご要望にお応えして、下記要領により海外視察団参加者を募集し派遣することになりました。今回の目的は、フランス・パリで開催される国際的な建設機械及び建設資材等の展示会“INTERMAT 2018”の視察です。3年ごとに開催されるこの展示会は世界3大建機展の一つで、2015年には1,450社／団体が出展しております。最新の建設機械、部品、サービスなどの技術を一望することができます。また、注目されている工事現場視察や建設機械メーカーなどの工場見学も企画しております。関係各位におかれましては、最新の国際的な建設機械の動向とともに、欧州の建設施工を視察することにより、社会基盤整備に携わる建設産業の今後に役立つものと思われまます。多数の方々にご参加賜りたく、ご案内を申し上げます。

皆様のご参加をお待ち致しております。(現場視察や工場見学は、旅行者が確定してからの決定になります。)

【INTERMAT 展示会概要】

【開催地】フランス・パリ

【周 期】3年毎

【会 場】パリ、ノール ヴィルパント見本市会場

【入場者】183,000人 (2015年実績)

【期 間】2018年4月23日(月)～28日(土)

【主 催】Comexposium France

【出展社】1,450社 (2015年実績)

【主要出展内容】

土木・建設機械、建設用車両、リフティング、ハンドリング機械、コンベヤ、建設機器・工具、モルタル処理・製造、型枠、足場、鉱業用原料抽出機械、原料処理、選鉱、建材用セメント・石灰・石膏製造、コンクリート・コンクリート製品・プレハブ構成材製造機械・システム、アスファルト製造機械・プラント、予混合ドライモルタル・漆喰・スクリード製造機械・プラント、石灰岩、発電所残渣使用建材製造・プラント、石膏・石膏ボード製造機械・システム、建材処理・包装トランスミッション・流体技術、発電ユニット、付属品、摩耗部品、サービス、検査、測定、プロセス制御技術、通信、ナビゲーション、作業安全、土砂運搬、解体、基礎工事、道路、採掘、碎石、ビル建設など

日 程 表

	2018年 月・日	発着地／滞在地名	発着現地 時刻	交通機関名	摘 要
1 日 目	4月22日 (日)	東京(羽田)発 シャルルドゴール着	10:35 16:10	航 空 機 専 用 車	8:30集合 日本航空、パリへ 到着後、ホテルへ (パリ泊)
2 日 目	4月23日 (月)	パリ 滞在	終 日	専 用 車	◎INTERMAT2018国際見本市視察 (パリ泊)
3 日 目	4月24日 (火)	パリ 滞在	終 日	専 用 車	◎INTERMAT2018国際見本市視察 (パリ泊)
4 日 目	4月25日 (水)	パリ 滞在	終 日	専 用 車	メトロ拡張計画、EOLE駅建設プロジェクト 見学 または、建機メーカー (EXP:マキ、fayat、Haulotte) 見学予定 (パリ泊)
5 日 目	4月26日 (木)	パ リ 発 フランクフルト着	A M P M	専 用 車 航 空 機	パリ→フランクフルト エールフランス フランクフルト空港第三ターミナル建設プロジェクト見学予定 (フランクフルト泊)
6 日 目	4月27日 (金)	フランクフルト発	午 前 16:30 19:20	航 空 機	自由行動 日本航空、帰国の途へ (機内泊)
7 日 目	4月28日 (土)	東京(成田)着	午 後		到着後、入国審査及び通関手続終了後、解散

※発着地及び交通機関は変更になることがあります。

・視察期間 平成30年4月22日(日)～4月28日(土) 5泊7日

・視 察 地 パリ・フランクフルト(2都市)

・催行人員 催行予定人員15名(添乗員同行)

・参 加 費 お一人様※449,500円 (1名1室)

(空港諸税・燃油サーチャージ、INTERMAT2018入場料・登録代行手数料、見学施設入場費用は別途)

・締 切 日 募集締切日は2018年2月19日(月)

※お申込み人数が15名未満の場合参加費が変わります。
8名未満の時は催行いたしません。

●募集パンフレット請求先 ⇒ (株)JTBコーポレートセールス 法人営業横浜支店 担当：佐藤
TEL045(316)2376 FAX045(316)5531

●お問い合わせ先 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3-5-8 機械振興会館2階
TEL03(3433)1501 FAX03(3432)0289
担当：安川

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

国土交通省では、平成28年度より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り組みとして、i-Construction(アイ・コンストラクション)を進めています。

具体的な取り組みとして、ICT(情報化施工)を建設現場に積極的に取り入れようとする「i-Construction」対応工事(ICT土工)では、①3次元起工測量、②3次元設計データの作成、③ICT建設機械による施工、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの電子納品の5項目について実施することになっています。

既に建設現場では、ICTを活用した建設技術(情報化施工)として工事が実施されています。

本書は、これから建設分野を目指す学生や初めてICTを活用した建設工事に携わる方々を対象に作成いたしました。

既刊の「情報化施工デジタルガイドブック」と併せてお読み頂ければ、より詳しくICTを活用した建設技術(情報化施工)がご理解頂けるものと思います。

主な内容

- 1 情報化施工のあらし
- 2 従来の設計・施工
- 3 情報化施工の測位
- 4 情報化施工技術
- 5 3次元設計データ
- 6 i-Construction
- 7 情報化施工の効果的活用
- 8 ICTを活用した建設技術の一般的な用語の解説



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

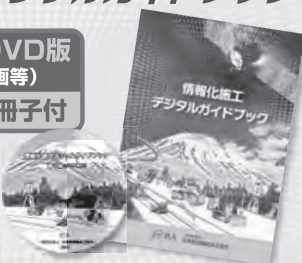
648円(本体600円)

実務者向け!!
情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



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3-5-8 機械振興会館

TEL (03) 3433-1501 FAX (03) 3432-0289

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

JCMS 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
		FAX	
住 所	〒		
必 要 書 類	見積書()通	請求書()通	納品書()通
送料の取扱	()単価に送料を含む ()単価と送料を2段書きにする (該当に○) 【指定用紙がある場合は、申込書とともにご送付下さい】		

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

(注)沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住 所	TEL	FAX
本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(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	(022)222-3915	(022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	(025)280-0128	(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5F	(052)962-2394	(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	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	(087)821-8074	(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	(092)436-3322	(092)436-3323

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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

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



発 刊 日

平成28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

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

2016年版 内容目次

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

今後の予定

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版

冊

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

官 公 庁 名			
会 社 名			
所 属			
担当者氏名	⑩	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他（ ）		
必 要 事 項	見積書（ ）通 ・ 請求書（ ）通 ・ 納品書（ ）通 （ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

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

〔お問合せ及びお申込先〕

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

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

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

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記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

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

発売時期

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

Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス



今後の予定

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

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

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

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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 (自署)		昭和 平成 年 月 日
勤務先名		
所属部課名		
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

○個人会員は、定款上、本協会の目的に賛同して入会する個人です。 ○入会手続きは本協会会長宛に入会申込書を提出する必要があります。

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

【個人情報の取扱について】

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	600
2	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
3	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,296	1,080	400
4	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
5	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
6	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
7	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
8	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	600
9	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
10	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
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
12	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
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,240		250
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
19	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
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,029		250
21	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,142		600
22	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
23	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
24	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
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	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
27	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
28	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
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
31	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
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	10,800	9,720	500
37	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
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工 【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

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

特 集

巻頭言

行政情報

特集・
技術報文

建設機械

4 新年のご挨拶 — i-Construction による生産性革命の先にあるもの—

田崎 忠行 一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長

5 新たな国土交通省技術基本計画

渡邊 賢一 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

10 災害用ロボットに関するデータベースの試行的公開

杉谷 康弘 国土交通省 国土技術政策総合研究所 社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室 主任研究官

14 ICT を活用した盛土の締固め管理技術

飽和度モニタリングシステム

永井 裕之 (株)安藤・間 技術本部 技術研究所 土木研究部

19 坑内 ICT を駆使した大断面トンネル高速施工技術

国道 45 号 新鉄台トンネル工事 (月進 232.5 m 達成)

賀川 昌純 前田建設工業(株) 東北支店 新鉄台トンネル作業所 現場代理人

24 坑内で掘進機回収 坑内回収型上向きシールド工法

川口 雄大 大成建設(株) 関西支店 工事主任

31 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ開発と工事事例報告

飯塚 尚史 青木あすなろ建設(株) 土木技術本部 土木リニューアル事業部 担当課長
馬欠場真樹 青木あすなろ建設(株) 土木技術本部 副本部長兼土木リニューアル事業部長
小笠原 司 青木あすなろ建設(株) 土木技術本部 土木リニューアル事業部 担当課長

37 次世代型油圧ショベルの開発

Smart Iron を体現する Cat[®] 320GC/320/323

白澤 博志 キャタピラー・ジャパン合同会社 商品サポート部 主任

44 尿素水不要のエンジンを搭載したハイブリッド油圧ショベルの開発 ZH200-6

太田 泰典 日立建機(株) 研究・開発本部 先行開発センタ 主任技師

49 ハイブリッド油圧ショベルの紹介 HB335-3

中村 勝 コマツ 開発本部 建機第一開発センタ 環境商品開発グループ チーム長

55 伸縮ブームクローラクレーン TK750G・TK750GFS

花本 貴博 コベルコ建機(株) グローバルエンジニアリングセンター (GEC) 開発本部 クレーン開発部 特機開発グループ

61 矩形シールド工法による高速道路ランプ部の施工実績

アポロカッター工法による小土被り・既設土留め壁近接併走掘進
阪神高速道路大和川線 常磐工区開削トンネル工事

真鍋 智 鹿島建設(株) 機械部 企画グループ 次長
加藤 淳司 鹿島建設(株) 関西支店 常磐工区 JV 工事事務所 機電課長
浅川 剛 カジマカトロエンジニアリング(株) 関西技術部 機工グループ 課長

67 自航式多目的船を使用した魚礁設置実績

AUGUST EXPLORER による近海域における定点保持機能の性能検証

吉田 涼 東洋建設(株) 中国支店 工事部 課長

72 遠隔操縦型水中バックホウと水陸両用型水中バックホウ

イエローマジック 7 号とイエローマジック 8 号

米光 証貴 東亜建設工業(株) 土木事業本部 機電部 機械グループ

	77	水深 100 m をロボ点検 水上からの遠隔操作で水中構造物を的確に点検 水中点検ロボット「ディアグ」と姿勢制御装置「アクアジャスター」 徳永 篤 (株)大林組 土木本部 生産技術本部 ダム技術部 副部長
	81	スクレーパ小史 その改良発展と盛衰の軌跡 岡本 直樹 建設機械史研究家
投稿論文	87	ロボットアーム型重量物鉄筋配筋作業支援ロボットの開発 大木 智明 清水建設(株) 土木技術本部 開発機械部 小西 真 (株)ATOON 商材開発本部 本部長 本保 裕文 (株)エスシー・マシーナリ 生産支援本部 副本部長
交流の広場	95	次世代建築生産システム シミズ・スマート・サイト 印藤 正裕 清水建設(株) 生産技術本部 常務執行役員 生産技術本部長 坂本 真一 清水建設(株) 生産技術本部 副本部長
ずいそう	100	プータンの建設機械・道路整備機械と人造り 白井 一 NPO 法人国際建設機械専門家協議会代表理事・(株)テラグリーン代表取締役
	103	女性技術者がいきいきと働ける環境づくりへ 建設どさん娘の会
JCMA 報告	104	平成 29 年度 建設機械施工技術検定試験 結果報告
	106	新工法紹介 機関誌編集委員会
	108	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	115	建設機械産業の現状と今後の予測 (一社)日本建設機械工業会
	120	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会
	121	行事一覧 (2017 年 11 月)
	130	編集後記 (石倉・江本)

◇表紙写真説明◇

次世代建築生産システム 自律型ロボット

写真提供：清水建設(株)

作業半径を調整する水平スライドクレーン、柱溶接ロボット、天井や床材を施工する多能工ロボット、水平・垂直搬送ロボットで構成されている。各ロボットは、AI や IoT を用いたロボット統合管理システムから送信される作業指示に基づき、自己の所在位置や施工対象物を認識し自律的に稼働する。稼働状況や作業結果は統合管理システムにリアルタイムに記録・蓄積され、タブレット画面上で常時確認できる。

2018 年(平成 30 年)1 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)……………後付 8
【カ】コスモ石油ブリカンツ(株)…後付 6

コベルコ建機(株)……………後付 1
コマツ……………表紙 4
【ク】大和機工(株)……………表紙 2
(株)鶴見製作所……………後付 5

【ハ】日立建機(株)……………後付 2
【ヘ】マルマテクニカ(株)……………後付 3
三笠産業(株)……………後付 7

【ヤ】吉永機械(株)……………表紙 2
【ワ】(株)ワキタ……………表紙 3

巻頭言

新年のご挨拶

— i-Construction による生産性革命の先にあるもの —

田 崎 忠 行



新年あけましておめでとうございます。

日本建設機械施工協会が取り組んでいる分野にも、新しい波が押し寄せています。そのなかでも i-Construction が追求している生産性革命に代表されるように、従来の業務の方法を先端技術や ICT を活用して抜本的に変革していこうという動きが急です。

建設業及び関連業界は全産業の中でも特に就業者の高齢化が進んでいます。また人手不足も深刻です。このために生産性革命によって生産性を向上させ、限られた人手で所要の作業量がこなせるように、様々な新技術開発や事業執行の工夫が取り組まれています。ここではその成果を前提としたうえで、生産性革命のさらなる効果について述べてみたいと思います。

建設業はかつて 3K の職場と言われ、負のイメージを持たれていました。現在では業界の努力によって施工現場はきっちりと整頓され、外見はずいぶんきれいになってきましたが、業務内容は従来とあまり変化がないように外部からは見られています。製造業や情報産業では革新的技術が広く知られているのに比較して、建設業は実際には多くの技術開発が進められているにもかかわらず、多くの国民が認識するには至っていません。i-Construction の目的の一つがこのイメージを変えることであったのですが、すでに成果を上げつつあります。情報化と無縁と思われてきた建設業が、無人化施工やドローンの活用など最新の技術を使って効率や安全性の向上を目指している姿は、建設業を先進的な産業に位置付けることに大いに貢献しています。これから職業選択をする多くの学生諸君が建設分野に目を向けてくれることにも役立っています。

i-Construction の役割のもう一つが、工事の施工管理や施設の維持管理に関するものだと思います。品質管理を例にとると、従来は施工過程から一定の頻度でサンプルを抽出して品質を測定し、これが基準を満足しているかで判断していました。すなわち、施工と品質管理、さらにその後の維持管理を別々の工程で行っていました。別の言い方をすれば、施工と品質管理を同時処理するツールを持っていなかったのです。しかし情報化施工になれば、施工と同時に品質に関するデータを取得、蓄積することが可能であり、わざわざ抽出管理をする必要がなくなります。

自動車の組み立て工場の花型ロボットにスポット溶接機があります。ロボットアームが目にもとまらぬスピードで数千カ所のスポット溶接を、火花を散らして処理している姿は、工場生産自動化の象徴として、その映像を記憶されている方も多いでしょう。もっとも最近のスポット溶接は火花をできるだけ出さないようにしているそうです。それはともかく、メーカーの方にお聞きしたところでは、数千カ所の溶接全数で検査しているそうです。スポット溶接は2枚の板金を電極で挟み込み、大容量の電流を流すことで接着するのですが、接着が不完全だと十分な電流が流れないので、そのような場合は直ちに検出可能で、不良箇所を見逃すことがないのです。また別のメーカーにお聞きしたのですが、大量のボルト締めを、一つ一つのボルト締め付けトルクを記録し、一つでも不十分なボルトがあれば次の工程には進まないような仕組みになっているそうです。この記録は工場で保管すると同時に、客先にも納品と同時に提出するので、客先は将来万一の不具合があった際には製造時点のデータに立ち返ってチェックできるということでした。この二つの事例は、製造と検査を同時に全数やっているわけですし、後者では将来のメンテナンスにも活用しています。このようなプロセスは製造業では当たり前のことですが、建設ではそうではありませんでした。しかし今そのツールが与えられたのです。

全数管理を前提とすれば、従来の抽出管理とは管理基準が異なってきた当然です。すでに ICT 土工では、情報化施工を前提とした施工管理基準が導入されていますが、これを他の工種に広げていかなければなりません。抽出管理を前提とした施工管理基準の測定、記録方法を単に ICT 化するものではありません。ICT 化のメリットは施工、品質管理、維持管理を、取得したデータを軸に一体で運用できることです。そのためには場合によっては ICT にふさわしい施工方法、施工管理基準、維持管理基準に改めなければならないこともあると思います。これらに必要な検討については、当協会会員各位のノウハウが貢献できることが多々あると思われます。最後になりましたが、今年一年の皆様のご多幸をお祈り申し上げます。

行政情報

新たな国土交通省技術基本計画

渡 邊 賢 一

国土交通省は、国土交通行政における技術開発等を含む技術政策の基本的な指針として、平成29年度から平成33年度までの5か年を計画期間とする、新たな「国土交通省技術基本計画」を策定した。

この「国土交通省技術基本計画」は、技術政策の基本方針を示し、技術研究開発の推進、技術の効果的な活用、技術政策を支える人材の育成等の重要な取組を定めるものである。

新たな計画では①人を主役としたIoT、AI、ビッグデータの活用、②社会経済的課題への対応、③好循環を実現する技術政策の推進、を3つの柱として掲げ、新たな価値の創出により生産性革命、働き方改革を実現し、持続可能な社会を目指すものとなっている。

キーワード：国土交通省技術基本計画、超スマート社会（Society 5.0）、生産性革命、働き方改革、規制・基準の見直し

1. はじめに

国土交通省は、国土交通行政における技術開発等を含む技術政策の基本的な指針として、平成29年度から平成33年度までの5か年を計画期間とする、新たな「国土交通省技術基本計画」を策定した。

この「国土交通省技術基本計画」は、科学技術基本計画、社会資本整備重点計画、交通政策基本計画等の関連計画等を踏まえ、持続可能な社会の実現のため、国土交通行政における事業・施策のより一層の効果・効率を向上させ、国土交通技術が国内外において広く社会に貢献することを目的に、技術政策の基本方針を示し、技術研究開発の推進、技術の効果的な活用、技術政策を支える人材の育成等の重要な取組を定めるものである。運輸技術審議会答申（平成12年12月）、社会資本技術開発会議答申（平成14年7月）の両答申を踏まえ、平成15年に第1期計画を策定しており、今回、第4期となる。

新たな計画では、近年の科学技術の大きな変革といった状況や、社会経済的課題、第3期計画の課題を踏まえ、

- ①人を主役としたIoT、AI、ビッグデータの活用
- ②社会経済的課題への対応
- ③好循環を実現する技術政策の推進

を3つの柱として掲げ、新たな価値の創出により生産性革命、働き方改革を実現し、持続可能な社会を目指

すものとなっている（図—1）。

今回の計画策定にあたっては、社会資本整備審議会・交通政策審議会の技術部会において有識者により熱心な議論を頂くとともに、関係する業界団体、学会へのヒアリングはもとより、今回の新たな試みとして、幅広い業界の企業経営者からもヒアリングを実施し、パブリックコメントも含め、頂いた様々なご意見を計画に反映した。

以下、3つの柱立てに沿って、計画の概要を説明する。

2. 人を主役としたIoT、AI、ビッグデータの活用

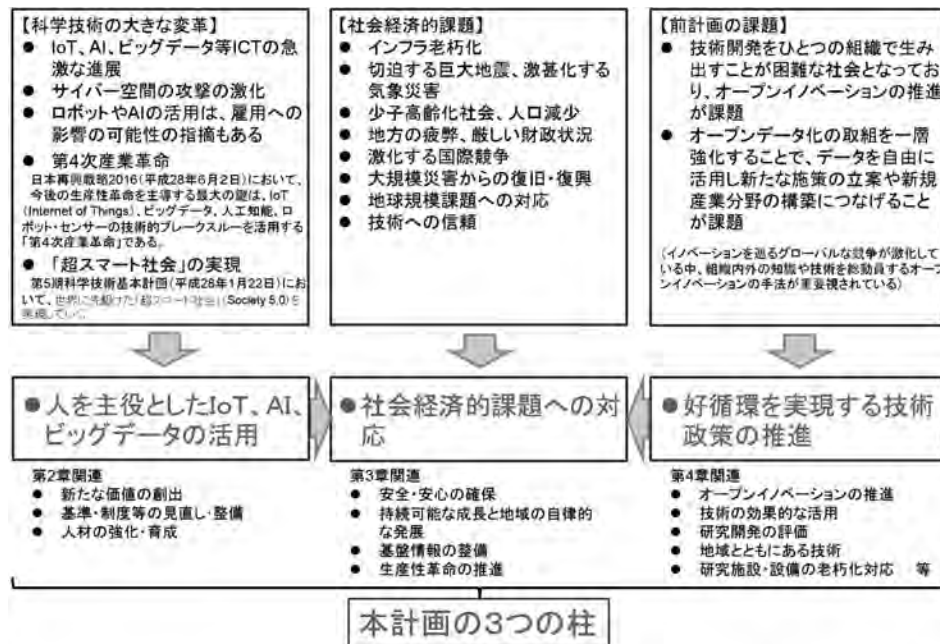
本計画の1つ目の柱として、人を主役としたIoT、AI、ビッグデータの活用がある（図—2）。現在、飛躍的な発展を遂げるICTやネットワーク化による第4次産業革命を迎えており、この流れを社会にまで適用する「超スマート社会（Society 5.0）」に向けた取組が政府で進められている。この、IoT、AI、ビッグデータ等と、人の創造性を融合することで、常に人を中心に考え、人の力を高め、新たな価値を創出することが可能となっている。

(1) 新たな価値の創出と生産性革命の推進

このため、本計画では、IoT、AI、ビッグデータ等

を技術政策の全てにおいて徹底活用する検討を行い、賢く使っていくこととしている。これにより、公共サービスを改善し、新たなサービス、ビジネスを創出し、

生産性革命の推進、競争力の強化を進め、多様な働き方を実現、そして、社会経済を発展させ、豊かな国民生活を実現する。



図ー1 第1章 技術政策の基本方針(概要)

図の詳細については、国土交通省のHPにて確認されたい。http://www.mlit.go.jp/common/001179532.pdf

(新たな価値の創造と生産性革命の推進、規制・基準の見直し、人材強化・育成と働き方改革)



図ー2 第2章 人を主役としたIoT、AI、ビッグデータの活用(概要)

ただし、検討にあたっては、日進月歩で進化する ICT と、設計から廃棄まで数十年、百年を超える社会資本の時間的スケールの違いや、進化のスピードの違いについて、十分な留意が必要である。

(2) 基準・制度等の見直し・整備

現在の基準や制度等は、従来の技術や体制、課題等を前提として形作られているため、新たな技術の導入時には、必要に応じて基準、規制、制度等の整備や見直しを行う。

特に、プロセス全体の最適化を目指す全体最適の考えを導入する。導入にあたっては、製品やシステムの開発において、設計技術者から製造技術者まで全ての部門の人材が集まり、諸問題を討議しながら協調して同時に作業にあたる生産方式「コンカレントエンジニアリング」(出典：大辞林)や、システム開発や製品製造の分野で、初期の工程において後工程で生じそうな仕様の変更等を事前に集中的に検討し、品質の向上や工期の短縮化を図る「フロントローディング」(出典：(一財)日本建設情報総合センター HP)の考え方が有効である。

(3) 人材の強化・育成と働き方改革

さらに、IoT、AI、ビッグデータ等の導入により仕事の仕方が大きく変わるとともに、これにより新たな価値がもたらされ、また新たな市場創出につながる可能性を秘めている。このような変化に対応するためには、科学技術の進展に対応した人材育成が必要である。

このように、技術の導入、普及、基準制度等の見直し、人材育成の取組等が仕事の仕方を変え、多様な働き方を可能とし、あらゆる人材が活躍できる働き方改革を実現する。

3. 社会経済的課題への対応

2つ目の柱は、社会経済的課題への対応である(図一3)。加速するインフラの老朽化、切迫する巨大地震、激甚化する気象災害、少子高齢化、人口減少、地方の疲弊、厳しい財政状況、激化する国際競争、大規模災害からの復旧・復興、地球規模課題への対応、技術への信頼といった現状の諸課題に対して、第3期計画に継続して

①国民の経済・社会活動の基盤となっている社会資本、交通・輸送システムの更なる「安全・安心の

(4つの分野の推進)



図一3 第3章 社会経済的課題への対応 (概要)

確保」

②豊かで質の高い生活を確保するため我が国の優れた技術や経験を活かす「持続可能な成長と地域の自律的な発展」

③様々な技術の基盤となる「技術基盤情報の整備」とともに、600兆円経済の実現や、生産年齢人口の減少に伴う人手不足への対応を進めていくため、今回の計画では、第4の重点分野として、

④「生産性革命の推進」を位置づけた。

これら4つの分野に対して、本計画では、技術研究開発等の課題と社会資本整備重点計画等に位置づけられた施策との関連を明確化しつつ、事業や施策の遂行に必要となる技術研究開発、技術基準の作成等の技術政策を個々位置づけ、推進していくこととしている。

なお、本計画の検討中に、地下空間の安全確保が喫緊の課題とされたことから、社会資本整備審議会・交通政策審議会の技術部会の下に、地下空間の利活用に関する安全技術の確立に関する小委員会が設置され、議論が進められているところであるが、「技術基盤情報の整備」の分野に「地盤情報の集積・共有による地下空間の安全」を位置づけたところである。

4. 好循環を実現する技術政策の推進

3つ目の柱は、好循環を実現する技術政策の推進である（図—4）。技術は国民のためにあり、技術研究開発の成果が社会に実装され、国民に還元されなければならない。開発された技術が使われない「死の谷問題」を乗り越えるため、ユーザーがニーズを具体的に提供するなど、使われる技術を開発するシステムとする。そして、その技術が使われ、評価されることで、改善など更なる技術開発が進み、優れた技術の普及につながるイノベーションのスパイラルアップが連続する好循環を実現する。

(1) オープンイノベーションの推進

まずは、昨今の一組織での技術開発が困難になりつつある状況において、外部の知識や技術を積極的に取り込むオープンイノベーションの取組が強く求められているところである。この取組にあたっては、ニーズに基づいて産学官による自律的で有効な技術開発を促進していくことが重要であり、オープンデータ化の推進によって、新たな施策の立案や、新規産業分野の構築につなげていく必要がある。

（技術開発⇒技術活用⇒技術評価⇒技術開発（改良）が連続し、国民に成果が還元されるイノベーションのスパイラルアップ）



図—4 第4章 好循環を実現する技術政策の推進（概要）

さらには、グローバルな競争の中で拡大する協調領域に対応した産学官の連携に向けて、人・知・財が結集する、コンソーシアム等の場の形成が重要である。このほかにも、開発に係る助成・補助制度の拡充によって、オープンイノベーションを推進する。

(2) 技術の効果的な活用

開発された技術を効果的に活用するため、新技術活用システムの再構築なども含め、現場における活用体制を整備・拡充する。また、企業による技術研究開発を促進するため、技術の差別化が企業の価値を生む調達方式を活用する。ただし、その活用にあたっては、革新的技術の初期段階における脆弱な価格競争力に配慮する必要がある。

加えて、採算性を単なるコスト縮減や維持管理を含めたトータルコストの縮減と捉えることなく、工期短縮や労働力不足対応、品質や安全性向上等、社会経済が必要とする技術を積極的かつ適正に採用することが重要である。

このほか、研究開発の評価、老朽化施設・設備の更新、我が国の技術の強みを活かした国際展開、技術政策を支える人材育成、技術に対する信頼の確保等に関わる取組を進めることで、好循環を実現する技術政策を推進していくこととしている。

5. おわりに

前述のとおり、第4期国土交通省技術基本計画の概要を述べたが、詳細については、国土交通省のHPにも掲載している計画の本体を見ていただきたい。

特に、本計画のあとがきにおいて、日々変化する科学技術の進展、国内及び国際的な社会経済情勢の中で、これからの技術政策を実施するにあたっては、国土交通省の使命の下、常に新たな視点を持つことが重要であり、例として次の6つの分野を掲げている。

- ①グリーンイノベーション
- ②地下空間
- ③移動
- ④メンテナンス
- ⑤防災
- ⑥新素材・新工法

国土交通省では、平成29年度以降、本計画に基づいて、技術政策の具体化を図っていくこととしており、技術が支える事業・施策を通じて魅力のある社会・経済・国民生活を実現していきたい。

J C M A

【筆者紹介】

渡邊 賢一（わたなべ けんいち）
国土交通省 大臣官房 技術調査課
課長補佐



行政情報

災害用ロボットに関するデータベースの試行的公開

杉 谷 康 弘

国土技術政策総合研究所では「インフラ用ロボット情報一元化システム」に関する研究を進めており、その一部である災害用ロボットに関するデータベースについて紹介する。データベースはインターネットで試行的に公開しているものであり、国土交通省が設置したロボットに関する現場検証委員会において検証が行われた「災害状況調査」及び「災害応急復旧」ロボットの情報が収録されている。検索機能としては該当する条件を絞り込んで目的の技術を検索する条件検索と、配置位置を地図上に表示する地図検索が可能である。

キーワード：ロボット、データベース、災害対応、技術開発、地図検索

1. はじめに

国土技術政策総合研究所では、インフラ用ロボットに関する情報を検索できるデータベースと、ロボット関係者が情報交換やコミュニケーションを行う場を提供するコミュニティを一体的に運営する、インフラ用ロボット情報一元化システム（以下「一元化システム」という。構成を図-1に示す。）の構築を目指した検討¹⁾を行っている。一元化システムにおけるインフラ用ロボットとは、維持管理用ロボットと災害用ロボットを想定しているが、本稿では災害用ロボットについての現状を報告する。

一元化システムにおけるデータベースは、平成28年度から試行的にインターネットで公開（<https://www.infra-robotech.info/>）している。ただし、災害用ロボットについて、現在、検索が可能な（データベース化している）データは、国土交通省が設置している「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」（以下「検証委員会」という。）において、平成27年度に現場検証が行われた「災害状況調査」及び「災害応急復旧」ロボット技術（開発者等からデータベースでの公開の許可をとったものに限る。）のみであり、データベースとしては、今後、充実が必要である。そのような状況であっても公開している主旨としては、完成

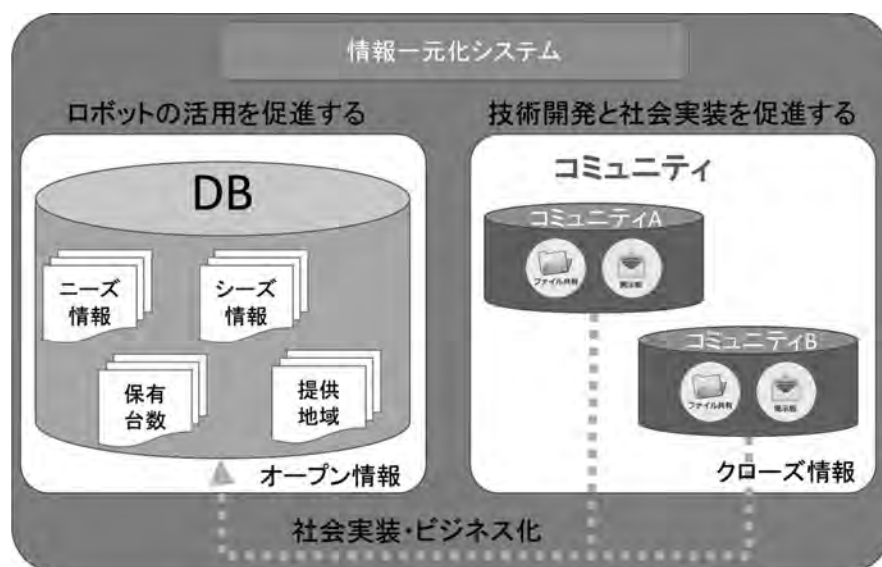


図-1 一元化システムの構成

されたデータベースとして情報を提供するというよりも、むしろ、多くのロボット関係者に閲覧してもらい、今後のデータベース改良（情報構成や検索項目、検索方法の追加等）に向けて多様なご意見を集めることを目的としていることにある。そのため、本稿をお読みになった方は、ぜひインターネットのデータベースも閲覧になり、ご意見をお寄せ頂きたい。

2. データベースの概要

(1) 目的

データベースのユーザとしては、主に、行政における災害担当者、ロボット開発者、センサー等要素技術保有者の3者を想定している。これらのユーザに対するデータベースの効果としては、①緊急時（災害等）における行政災害担当者の調達を進めやすくする、②緊急時には、シーズ側（技術）とニーズ側の両方から必要な情報へのアプローチが可能となる、③平常時には、災害対応へのロボット技術適用の新しいアイデアの創出や技術開発が促進される、④開発者の適切なニーズ把握を支援する等を想定している。

(2) 検索項目

データベース化しているデータは別途PDFファイル等で公開済みのデータが多いが、そのままでは、検索できることが限られている。そのため、上記のユーザの使い方を考慮し、検索項目の設定をするとともに、一部新しい情報（NETIS登録の有無（有りの場合は登録番号）、災害協定の有無（有りの場合は協定相手）、災害出動の実績）を別途調査の上、検索を可能とした。各ロボット技術それぞれについて検索可能な項目は以下のとおりである。

- 技術名称（サブタイトルを含む。）
- 開発者
- 共同開発者
- 技術概要（外観・イメージの写真、イラスト等を含む。）
- 対象分野（災害調査分野、災害応急復旧分野の別。）
- 技術構成
 - ・移動機構（飛行系、走行系、水中系、水上系、懸架式、その他の場合は具体名。）
 - ・センサー（静止画、動画、赤外線熱画像、打音、レーザー、水分計、その他の場合は具体名。）
 - ・データ処理（3次元データ、3次元画像、オルソ化等、処理方法と処理に使用しているソフト等。）
 - ・通信手段（使用周波数：2.4 GHz、FOMA 回線、特定省電力無線等。）

- 配置場所（出動等する場合の起点となる住所。）
- 問合せ先（企業名、担当者名、電話番号、FAX 番号、メールアドレス、ホームページ。）
- NETIS 登録（有り（登録番号）、無し。）
- 災害協定（有り（どこと締結しているか）、無し。）
- 災害時の出動実績（災害協定の有無を問わない。）
- 特徴・成果品（開発者の自己申告による説明文、メリット、これまでの成果、サービス内容等。）

(3) 検索方法

検索方法としては、「条件検索」と「地図検索」の2通りの方法ができるようにしている。

「条件検索」では、移動機構（1つを選択）、センサー（複数選択可）、データ処理（有無を選択）、通信手段（有無を選択）、災害協定（有無を選択）を条件指定し検索する（web 画面を図—2 に示す。）ことができる。また、キーワードでの検索も可能である。キーワード検索の場合、入力した単語が、技術名称（サブタイトル含む）及び技術概要に含まれている場合に該当するものと判断される。検索条件に該当するロボット技術については、一覧表示する（web 画面の例を図—3 に示す。）ようになっている。一覧表示画面においては、技術名称だけでなく、それぞれの技術についての写真や概要等を表示することにより、一定の情報が得られるようにしている。この一覧表示画面において個々の技術名称の表示箇所を選択（クリック）すると、それぞれのロボット技術の詳細情報画面が表示される。詳細表示画面では、「2）検索項目」で記載した全ての項目の内容に加えて、開発者から提供のあった「画像」や「映像」及び検証委員会での「評価書」が閲覧できるようにしている。

図—2 条件検索の画面

「地図検索」では、条件（キーワードを入力）に合致したロボット技術の配置場所を地図上で表示するようにしている。キーワードとして入力した単語が、技術名称（サブタイトル含む）及び技術概要に含まれている場合、該当するロボット技術の一覧及びその配置場所が地図上に表示される（web 画面を図—4 に示す。なお、対応していないウェブブラウザもあるため

注意。）ようになっている。なお、地図上で配置場所を示すピン（マーカー）は災害協定有り無しで色分けをしている。また、地理的な検索範囲として、地図の中心からの距離（全て、1, 2, 5, 10, 20, 50, 100 km から選択する。）を条件として指定することができる。ちなみに、データベースに登録されている全てのロボット技術（配置場所の登録があるものに限る。）の配置場所を地図上で確認したい場合は、キーワードを無入力にし、地図中心からの距離を「全て」にして検索すると、全てのロボット技術を表示することができる。一覧表示から該当するロボット技術を選択若しくは地図上のピン（マーカー）を選択（クリック）すると、該当するロボット技術の名称、概要、詳細画面 URL がポップアップ表示される。

3. データベースの改良に向けて

現在公開しているデータベースは、具体的な改良意見を収集するためのプロトタイプ（いわゆるベータ版）として作成したものである。今後、行政における災害担当者等を対象に、例えば実際の災害時の場面を設定した上でこのデータベースを操作してもらい、ロボット技術の情報収集ツールとして必要な情報や機能の意見を聞くなど、内容の充実を図っていくこととしている。また、昨年度、ロボット開発者等（シーズ側）に対して行ったアンケートでは、データベースへの関心が高い項目として、「ロボット技術に求められる性能や仕様（約 64% が回答）」、「利用者等による評価情報（約 48% が回答）」が挙げられている。今後の技術開発促進のためには、こうしたシーズ側に対しても有益

検索結果一覧：46件

No.1 非GPS環境対応型マルチコプターを用いた近接目視点検技術

開発者名: [非公開]
共同開発者: [非公開]
センサー: 静止画、動画、赤外線、熱画像
データ処理: 3次元データ、3次元画像、オルソ化等・・・PhotoScan
画像解析(トレース、CAD化等)・・・伏羲させて頂きます。
通信手段: 無線(周波数: 2.4GHz、映像伝送: 2.4GHz、機体モニタリング: 900MHz)
現場検証評価: 有

レーザー測距にSLAMの概念を取り入れた非GPS環境対応型UAVを用い、搭載したカメラにて構造物を撮影・解析を行う近接目視点検技術。操作ミス等による衝突回避制御の他、飛行経路との距離を一定に保つ(風に押されても戻る)制御、障礙物の検出に依存せず、安全運転できる機能を有している。
撮影画像は解析ソフトウェアを用いて写真上で構造物のトレースすることにより規模を測定し、図面と合成することで構造物の位置特定を行う。

No.4 画像情報と位置計測をリンクしたひび割れ調査作成技術

開発者名: [非公開]
共同開発者: [非公開]
センサー: 静止画
データ処理: 自社開発ひび割れ解析ソフト(特許出願中 2015-179973)
画像解析ソフト: HALCON, Open-CV [BTO]
通信手段: Wi-Fi 通信 (2.4GHz)
現場検証評価: 有

本システムは構造物の損傷箇所を特定し、近接目視点による検出を代替するものである。
カメラを搭載した2台のロボットにより構造物の損傷箇所を撮影し、損傷箇所の位置や大きさを表示する損傷箇所マップを作成できる。
作業員が現場でも迅速な測定が行えることや、計測だけでなく画像収集が可能であるため、人が危険したり、UAVに接触できる利点がある。

No.5 複眼式撮像装置を搭載した検査近接目視点検ロボットシステム

開発者名: [非公開]
共同開発者: [非公開]
センサー: 静止画、動画
データ処理: ステレオカメラによる距離計測、オルソ化、画像画像合成、ひび割れ検出、ひび割れ解析(自社開発ソフト)、点群調査作成(市販ソフト)。
通信手段: 有線LAN、および無線(2.4GHz)
現場検証評価: 有

複眼式撮像装置(ステレオカメラ)を搭載したロボットで鋼材下フランジを移動しながら検出を繰り返し、撮影画像を画像処理し「ひび割れ検出」における検出精度を向上させる点検システムの提供、および点検データの作成を支援するシステム。
NEDO「インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト(インフラ維持管理用ロボット技術・新鋭技術実証事業)」にて2016年度より開発開始、2019年度中に開発予定。

図—3 一覧表示の画面



図—4 地図検索の画面

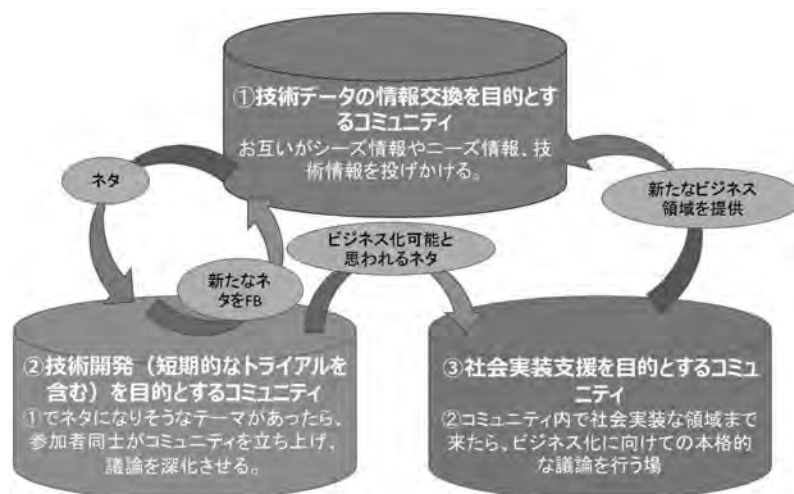


図-5 コミュニティの概要

な情報の充実を図っていく必要があると考えている。

その他、現在は通常のパソコン用に画面の作り込みをしているが、災害時には屋外で閲覧することも想定されるため、スマートフォンやタブレット端末での閲覧を想定した画面構成のものも作成していきたいと考えている。また、国土交通省では、自然災害発生時に現場から災害情報を収集して、地図上に表示することができるシステム（統合災害情報システム「DiMAPS」）（<http://www.mlit.go.jp/saigai/dimaps/>）を運用しているが、こうした別のシステムとの情報連携の方法についても検討が必要である。

4. 一元化システムのコミュニティについて

一元化システムは、データベースとともに、技術開発と社会実装を促進するコミュニティ活動（概要を図-5に示す。）で構成されている。コミュニティは、技術データの情報交換、技術開発、ビジネス化支援等を目的としており、目的や内容毎にコミュニティを立ち上げ（参加メンバーは自由にコミュニティに登録、参加が可能である。）、参加メンバーの協働によって活動することを想定している。インターネット上のデータベースとして情報を広く公開することも重要であるが、技術開発の過程においては、参加者を限定（情報の拡散を限定）することが必要な場合もあり、ロボット技術においても、両者のメリットを上手に使う、ニーズ側、シーズ側の要求に応じていければと考えている。なお、コミュニティへの参加については、「<https://www.infra-robotech.info/register/>」を参照して頂きたい。

5. おわりに

災害用ロボット情報に関するデータベースの必要性は、産業競争力懇談会（COCN）における「災害対応ロボットセンター設立構想」プロジェクトの報告書²⁾においても指摘されているが、福島第一原子力発電所の事故対応に際して、使用可能な災害対応ロボット等がどこにあるのかもわからないという状況に直面したということが教訓となっている。データベースの整備においては、同じ状況に再び陥ることのないようにするとともに、カタログ情報（シーズ情報）だけに偏ることなく、ニーズ情報を合わせて掲載し、より正確で迅速な対応が可能なシステムとして整備していきたいと考えている。

なお、本稿におけるデータベースの作成は、内閣府総合技術会議・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：国土交通省）の研究課題である「社会インフラ用ロボット情報一元化システムの構築」により実施しているものである。

JICMA

《参考文献》

- 1) 森川・杉谷・岡島、インフラ用ロボット情報一元化システムの構築、土木技術資料 59-8, p18-p21, 2017
- 2) 産業競争力懇談会：災害対応ロボットセンター設立構想, p7, 2014

【筆者紹介】

杉谷 康弘（すぎたに やすひろ）
国土交通省 国土技術政策総合研究所
社会資本マネジメント研究センター社会資本施工高度化研究室
主任研究官



ICT を活用した盛土の締固め管理技術

飽和度モニタリングシステム

永井 裕之

近年大地震や集中豪雨などの自然災害による盛土構造物の崩壊例が増えており、従来よりも高品質な盛土の施工が求められている。このような背景から、従来の乾燥密度と含水比の管理に加えて、最適飽和度に着目した新たな盛土管理手法が提案されている。しかし、土の密度や飽和度は施工完了後に測定した点情報であるため、効率的なリアルタイムの施工管理にならない。そこで、既知の含水比で締固め施工中にCCVシステムによって評価された地盤剛性（CCV値）（以下「本剛性値」という）から、リアルタイムで面的に土の密度、飽和度を推定する手法の確立を目的とした大型土槽内での締固め機械による転圧試験を実施し、本剛性値からリアルタイムで面的に土の密度、飽和度を推定可能なことを示した。

キーワード：盛土、締固め、リアルタイム、飽和度、CCV値

1. はじめに

近年大地震や集中豪雨などの自然災害による道路や鉄道の盛土、宅地造成盛土やため池堤体などの崩壊例が増えており、主要因の一つとして締固め不足が挙げられている¹⁾。このような背景から、従来よりも高品質な盛土の施工が求められている。一方、従来の盛土品質管理で主流であった乾燥密度と含水比の管理に加えて、最適飽和度を基本にして飽和度を管理する新たな締固め管理法が提案されている^{2)~4)}。

また、近年、TS・GNSSを適用した盛土の締固め管理法が進展している。この方法は、事前に実施した試験施工で決定した施工仕様（使用機械、撒き出し厚、転圧回数）に基づく工法規定方式であり、乾燥密度と含水比を管理する従来の施工管理よりも大幅な省力化が見込まれている。しかし、工法規定方式でも、施工仕様を締固めた土の乾燥密度と含水比が設計で要求する物性を実現できるように決める必要がある。以上を踏まえると、以下の二つが解決すべき課題となる。

課題①：従来の管理法は、施工後に限られた場所で測定した土の乾燥密度、飽和度に基づいているため、効率的なリアルタイムの施工管理にならない。

課題②：TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理において、規定した転圧回数で施工を行った場合に、土質や含水比がばらつくことによって、過転圧や転圧不足が発生する懸念がある。

筆者らは、上記の課題を解決するため、締固め施工中にCCV (Control Compaction Value)⁵⁾ システム（以下「本システム」という）によって評価された地盤剛性から、既知の含水比に対して、リアルタイムで面的に土の乾燥密度と飽和度を推定する手法の確立を目指している。

2. 締固め管理の現状と課題

(1) 盛土の要求性能と管理基準

「盛土構造物の要求性能を満足する盛土の剛性・強度・透水性・コラプス抵抗等の諸物性を実現するには、締固めにおいて、盛土材の土質と含水比 w （以下、 w ）、締固めエネルギー CEL（以下、CEL）、締固め土の乾燥密度 ρ_d （以下、 ρ_d ）あるいは所定の CEL に対する締固め度 D_c （以下、 D_c ）と飽和度 S_r （以下、 S_r ）を適切に管理する必要がある」として、表-1に示す5つの管理境界に基づく管理法が提案されている^{2)~4)}。表-1によると、盛土構造物の要求性能に必要な物性管理項目は、a) 高い強度・剛性の確保、b) 水浸による強度低下の抑制、c) 必要な遮水性の確保、d) 水浸による沈下の抑制、e) 過転圧の防止であり、これらの要求を満足するために必要な管理境界は、含水比下限線（以下、WL）、含水比上限線（以下、WU）、締固め度下限線（以下、DL）、飽和度下限線（以下、SL）、飽和度上限線（以下、SU）である。それぞれの管理項目を満足するために必要な管理境界を、●（非

表—1 盛土締固め管理における5つの管理境界^{2)～4)}

土構造物の要求性能の実現に必要な物性管理		a) 高い強度・剛性の確保	水浸による b) 強度低下 d) 沈下の抑制	c) 必要な遮水性の確保	e) 過転圧の防止
管理境界					
締固めに用いる盛土材に対する管理境界	含水比下限線：WL	○	●	○	
	含水比上限線：WU	●			●
締固めた盛土に対する管理境界	締固め度下限線：DL	●	○	○	○
	飽和度下限線：SL		●	●	
	飽和度上限線：SU	○			●

●：要求項目の確保に非常に重要な管理境界 ○：要求項目の確保に重要な管理境界

常に重要), ○ (重要) と表記してある。なお, WL, WU は締固めに用いる盛土材に対する管理項目であり, WL, WU, DL, SL, SU の全てが締固めた盛土に対する管理境界である。

(2) 従来管理と飽和度管理の現状と課題

従来の盛土の締固め管理法は, 表—1 に示す管理境界 DL, WL, WU を規定する方法が主流である。DL は締固め度 D_c (= 現場で締固めた土の乾燥密度 / 基準の締固め試験での最大乾燥密度) の全測定値の許容下限値であり, D_c の平均値は許容下限値よりも 5% 程度高くなることを前提としている。標準プロクター (IEc) による最大乾燥密度と最適含水比を基準とした場合, 実締固め機械 (近代的機械施工) の締固めエネルギーは標準プロクターより大きいことが多いため, 従来許容下限値として採用されることが多い $D_c = 90\%$ は低すぎる場合が多い。また, WL, WU は盛土材の含水比の最適含水比に基づく許容下限値と上限値である。日本のように雨の多い地帯では, 自然含水比が最適含水比よりかなり高い場合が多く, その状態で乾燥密度を高める施工を進めようとするときオーバーコンパクションが生じやすくなるという施工上の問題に加えて, 施工後の変形が過大になることや, 安定性の確保が難しくなるなどの長期品質保証の観点からも問題が生じることが多い。

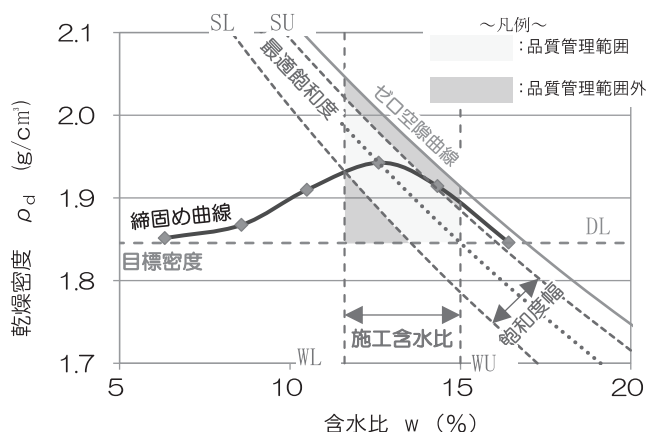
しかし, 最大乾燥密度と最適含水比は締固めエネルギーと土質が変化すると変動する。また, 締固めエネルギーと土質は, それぞれの現場で規定するが一定程度変動し, しかも通常は締固めエネルギーは不明である。このような背景から, 高品質な盛土実現のためには, 締固めエネルギーや土質の不可避的な変化に依存せず, 効率良く締固めが行える新たな盛土品質管理指標が必要となってきている。

龍岡らは, 粘性土・砂・礫質土と幅広い土質材料を対象にした締固めの研究を行っている^{2)～4)}。その結果によると, 所定の締固めエネルギーで所定の土が最

大乾燥密度を示す飽和度 (最適飽和度と呼ぶ) の値は土質と締固めエネルギーの変化に鈍感である。このことから, 土質と締固めエネルギーを規定している現場では最適飽和度は一定と見なして, 両者の変化に関わらず最適飽和度の実現を締固めの目標することによって, それぞれの現場締固め条件での最適な締固め状態を実現する方法が提案されている^{2)～4)}。

また, CBR などの変形・強度特性や飽和後の透水係数は, 乾燥密度と締固め時の飽和度の関数であることも明らかにされている^{2)～4)}。これらの結果に基づき, 図—1 に示すように, 従来の施工含水比の管理と締固め度下限値管理に加え, 「最適飽和度」を挟んだ一定の範囲の飽和度を実現する飽和度管理を導入することによって締固め管理を合理化する方法が提案されている^{2)～4)}。この方法では, 従来の管理法で規定する WL, WU, DL に加えて表—1 に示す SL, SU を規定する。

しかし, 施工後に測定した土の乾燥密度と飽和度に基づいて管理する方法では, 要求値を満足しないと再施工となる場合がある。また, 測定数が限定的なので品質不良を見落とす可能性がある。これらの課題を解決するためには, リアルタイムかつ面的な品質管理を行う必要がある。

図—1 飽和度管理図^{2)～4)}

(3) 情報化施工の現状と課題

我が国において、建設現場における生産性の向上、建設現場の魅力の創出を目的とした i-Construction が打ち出され、最優先課題として「ICT の全面的な活用 (ICT 土工)」が進められている。図—2 には、従来施工と ICT 土工 (情報化施工) との比較を示すが、土工における施工は、施工着手前の試験施工で決定した施工方法 (締固め機械、締固め層厚、転圧回数) に基づいた施工規定方式であるが、大規模な造成工事や線状盛土工事では盛土材の採取場所が広範囲に及ぶため、施工に伴って締固め特性が変化し、着手前の試験施工に基づいて規定された施工方法が実情と合わなくなる場合がある⁶⁾。例えば、同一の施工仕様 (転圧回数) で施工した場合に、場所によっては転圧不足や過転圧が発生するといった課題である。これらの課題は、特定の施工仕様 (転圧回数や撒き出し厚) ではなく、土の乾燥密度や飽和度などの品質情報も含めた施工管理を行うことで解決する必要がある。



図—2 従来施工と情報化施工の比較

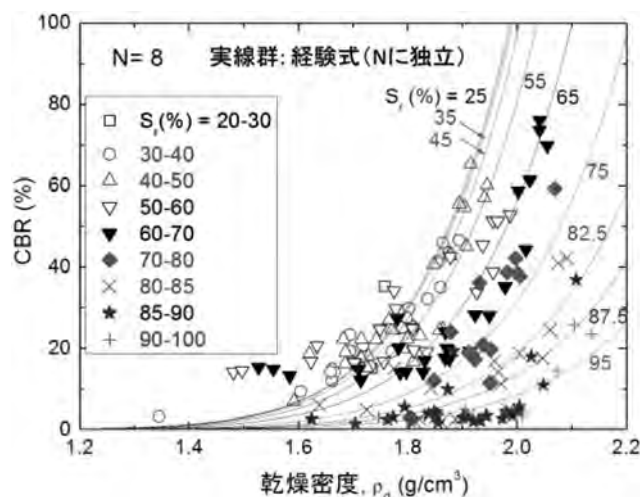
(出展：国土交通省九州地方整備局公共工事における i-Construction の概要)

3. 飽和度モニタリングシステムの開発

土の乾燥密度と飽和度を面的に、リアルタイムに把握することができる「飽和度モニタリングシステム」を開発した。既往の研究による検証、開発に伴い実施した実大締固め試験、飽和度モニタリングシステムの概要について以下に示す。

(1) 既往の研究成果

旧建築機械化研究所では、1965 年～1990 年の期間に、砂質ロームを対象として多数の締固め機械を用いた実大締固め試験を実施しており、図—3 は龍岡らがその結果をまとめたものである^{2)～4)}。これらの研究では、転圧回数 8 回における乾燥密度と CBR 試験の関係を異なる飽和度毎に分類している。図—3 を見ると、 S_r 一定の条件で ρ_d が増加した場合と ρ_d 一定の条件で S_r が減少した場合は、CBR は常に増加している。また、 S_r 一定条件下での CBR ～ ρ_d 関係は締固め機械の種類と転圧回数 (締固めエネルギー) に依らない。さらに、異なる S_r での CBR と ρ_d 関係の形は相似である。この結果に基づいて、龍岡ら^{2)～4)} は図—3 に示すように、CBR が以下の式 (1) で表現できることを導いた。



図—3 締固め終了時の飽和度 S_r をパラメータとした関係^{2)～4)}

$$CBR = f_{CBR}(S_r) \cdot (\rho_d / \rho_w - b)^c \quad \dots \text{式 (1)}$$

ρ_w は水の密度、 $(\rho_d / \rho_w - b)^c$ は単調増加関数であり、 b と c は正の定数で土質により異なる。 $f_{CBR}(S_r)$ は、 S_r の単調減少関数である。式 (1) は締固めエネルギーの情報を含まないため、 ρ_d と S_r がわかれば CBR 値を推定できることを意味している。

(2) 実大締固め試験による検証

本システムを設置した 13 t 級振動ローラを使用し、砂質土を対象とした実大締固め試験を実施した。転圧試験状況、本システムの概要、CCV の仕様を、それぞれ写真—1、図—4、表—2 に示す。ここで、本システムとは、図—4 に示すように、振動ローラの前輪に取付けた加速度計で測定した応答加速度に基づく締固め管理システムであり、振動ローラの天端に



写真-1 実大締固め試験状況



図-4 本システムの概要

表-2 CCV の仕様

電源電圧	12 V または 24 V 専用
使用温度条件	-10℃～50℃
使用湿度条件	85 RH% 以下
耐振性	5 G 以下 (5～60 Hz)
防水性	IP65 相当
消費電力	50 W 以下
耐衝撃 (ピーク)	1000 G

取付けた GNSS 受信アンテナより取得した位置情報と組み合わせることで、リアルタイムかつ面的な盛土の品質管理に活用することが可能である。

(3) 本剛性値推定式の作成

転圧回数毎に本剛性値と密度試験を測定し、本剛性値と ρ_d および S_r との関係を確認した。図-5 に、実大締固め試験で得られた本剛性値と ρ_d の関係を飽和度毎に分類した結果を示す。

図-5 より、 S_r が一定で ρ_d が増加した場合と、 ρ_d が一定で飽和度が減少した場合には、本剛性値は常に増加することが確認できる。これより、式(1)に倣い、 S_r をパラメータとした本剛性値と ρ_d の関係の経験式を式(2)のように導いた。

$$CCV = f_{CCV}(S_r) \cdot (\rho_d / \rho_w - b)^c \quad \cdots \text{式 (2)}$$

$f_{CCV}(S_r)$ は、 S_r の単調減少関数である。含水比の値が既知ならば、式(2)によって本剛性値から ρ_d と S_r を推定することが可能になる。筆者らは、この推定方法によって、乾燥密度と飽和度をリアルタイムに管理することが可能な「飽和度モニタリングシステム」を開発した。図-6 に、本システムのモニタリング画面を示すが、式(2)より求められる施工中の乾燥密度、飽和度を面的（最小 50 cm メッシュ）にリアルタイムで把握することができる。これにより、従来管理、飽和度管理、そして ICT 土工の課題を解決した効率的な飽和度管理が可能となった。なお、飽和度の測定に必要な含水比は、転圧前に RI 等を活用して素早く確認することとしている。

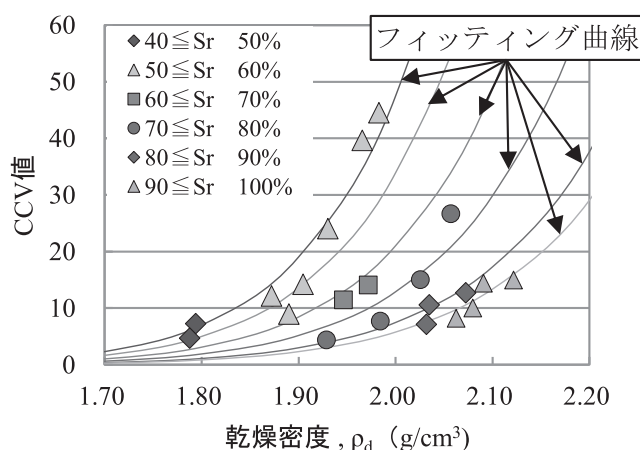
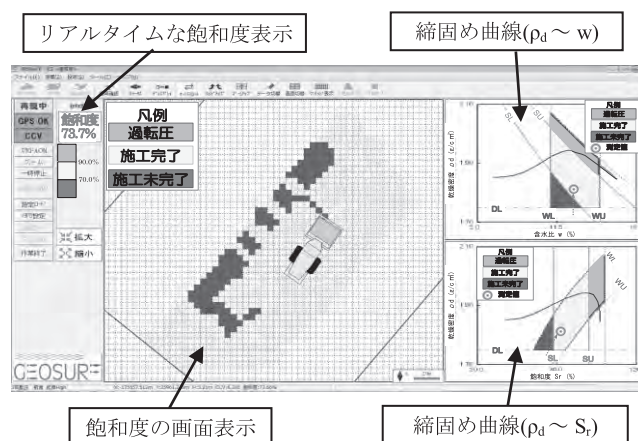
図-5 締固め終了時の飽和度 S_r をパラメータとした関係

図-6 飽和度モニタリングシステム

4. おわりに

盛土の締固め管理は、従来から乾燥密度と含水比の管理が主流であるが、近年では最適飽和度を締固め目標値の一つとして飽和度を管理する新たな盛土管理手法が提案されている。また、近年はTS・GNSSを用いた盛土の締固め管理の現場適用が進められている。しかし、これらの管理手法には、前述の課題が挙げられる。そこで、筆者らは、飽和度をパラメータとした本剛性値CCV値と乾燥密度の推定式を確立し、推定式を本システムCCVシステムに応用することで、土の乾燥密度、飽和度をリアルタイムかつ面的に管理できることを確認した。本システムを活用することで、前述の課題を解決できるため、高品質な盛土の実現が可能となった。今後は、施工中の含水比をリアルタイムに測定する技術の開発を行い、本剛性値から得られる乾燥密度、飽和度の精度向上を目指すとともに、本技術を多くの施工現場に広く展開することで、災害に強い社会資本の構築に貢献していきたい。

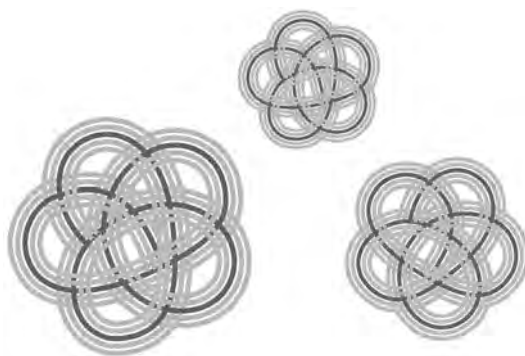
J C M A

《参考文献》

- 1) 福島県農業用ダム・ため池耐震性検証委員会 (2012) : 藤沼湖の決壊原因調査報告書.
- 2) Tatsuoka, F. (2015) : Compaction characteristics and physical properties of controlled the degree of saturation, Keynote Lecture, Proc. of 15th Pan-American Conf. on SMGE and 6th Int. Conf. on Deformation Characteristics of Geomaterials, Buenos Aires, pp.40-76.
- 3) 龍岡文夫ら (2013～2015) : 地盤工学・技術ノート, 盛土の締固め1～20回, 雑誌「基礎工」, 2013年7月号～2015年2月号.
- 4) 龍岡文夫: 土の締固めにおける飽和度管理の重要性, 雑誌ダム技術, No.354, pp.3-16, 2016.
- 5) 横田聖哉, 吉田武男, 藤井弘章, 内山恵一: 振動ローラ加速度を利用した締固め管理の検討—大規模土工における情報化施工に関する研究(3)—, 第37回地盤工学研究発表会, pp.664-665, 2002.
- 6) 吉田輝, 北本幸義, 早崎勉: 施工規定方式における規定転圧回数の実用的な更新手法, 土木学会第59回年次学術講演会, pp.55-56, 2004.
- 7) 松尾健二, 茂木正晴, 橋本毅, 古屋弘, 内山恵一, 山口達也: 盛土施工における締固め特性について(その3)～大型振動締固め機械と加速度応答法の適用性～, 第49回地盤工学研究発表会, pp.669-670, 2014.

【筆者紹介】

永井 裕之 (ながい ひろゆき)
 (株)安藤・間
 技術本部 技術研究所 土木研究部



坑内 ICT を駆使した大断面トンネル高速施工技术

国道 45 号 新鍬台トンネル工事（月進 232.5m 達成）

賀 川 昌 純

国道 45 号新鍬台トンネル工事は、東日本大震災復興道路事業の一環として整備が進められる三陸沿岸道路で最長となる岩手県大船渡市と釜石市を貫く延長 3,330 m の長大トンネル工事である。三陸沿岸道路は、地域の復興を後押しする『命の道』として位置付けられる震災復興事業のシンボルであり、一日も早い開通が地域住民より切望されている。そこで、国内初導入となるコンピュータ制御のドリルジャンボのほか、コンピュータで制御する次世代型電子発破制御システムなど、さまざまな最先端の ICT 技術を導入し、想定される技術的課題に取組み、NATM の大断面山岳トンネルにおける過去最長記録を達成した。

キーワード：高速施工、ベストマッチ、坑内 ICT 技術、坑内作業の安全と効率化、周辺環境保全

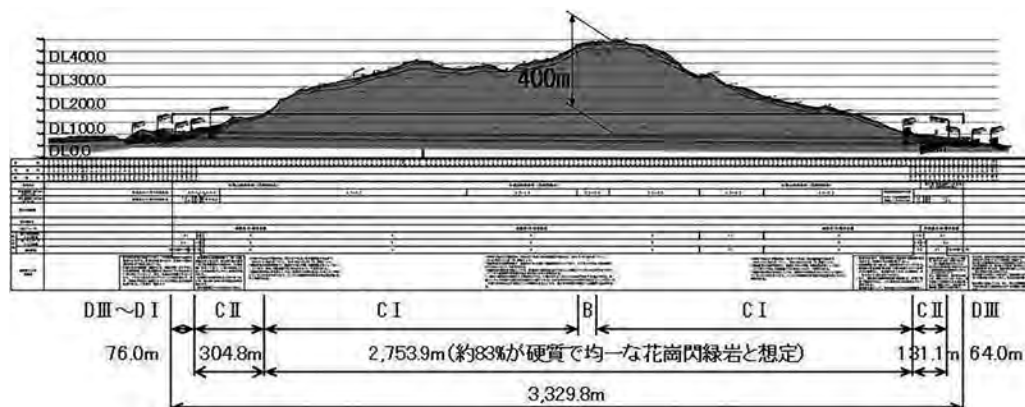
1. はじめに

国道 45 号新鍬台トンネル工事（以下に本工事と略す）は、延長 3,330 m の本坑と延長 3,362 m の避難坑を 4 切羽同時に掘り進めるものである。また、延長約 370 m ごとに非常駐車帯区間が計画されており、各非常駐車帯区間において、本坑と避難坑をつなぐ避難連絡坑 8 本を施工する三陸沿岸道路最長の長大トンネル工事である。本工事周辺環境は、坑口から約 200 m 程度の位置に周辺家屋が数多く点在するとともに国道に近接した立地条件であるため、施工に際しては坑内作業の安全はもとより周辺環境にも十分配慮した施工が求められた。本報告書は、掘削断面積 110 m^2 を超える大断面トンネル工事において果敢に挑んだ坑内 ICT を駆使した高速施工技术について述べるものである。

2. 施工条件と克服すべき技術的課題

本工事掘削断面は、幅員 14 m（断面積 110 m^2 ）の大断面Ⅱクラスに該当するため、1 サイクル当りの作業量が非常に多くなる。また、本工事地質条件は、両坑口側には CⅡ パターン以下の区間が約 570 m あるものの、トンネル全体約 8 割の区間には B または CⅠ 等級の花崗閃緑岩が分布し、最大土かぶり厚は約 400 m である（図—1）。本工事を代表する地質は、一軸圧縮強度 200 MPa（弾性波速度 $V_p = 5,000 \text{ m/sec}$ 以上）を超える B または CⅠ 等級地山であるため、確実な岩盤破砕を行うためには大量の爆薬を消費することとなる。

このような施工条件において、非常に硬い硬岩地山を対象とした高速施工を行うため、地山が比較的安定し始めた掘削初期段階より、さまざまな最先端技術を



図—1 地質縦断面図

導入し、高速施工への適用性について現場検証を繰り返し行った。その結果、高速施工にむけて克服すべき以下の課題が確認された。

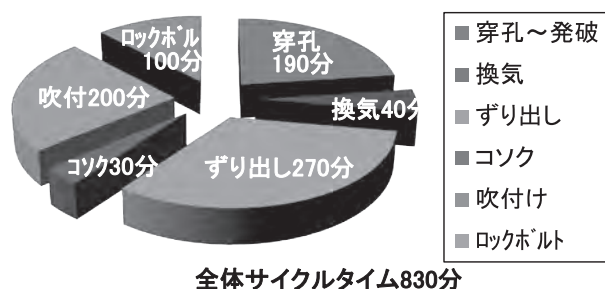
- ①単位作業サイクルタイム向上と余掘り低減
- ②発破作業の効率化と周辺環境保全

3. 課題克服に対し取り組んだ高速施工技術

(1) 各単位作業サイクルタイム向上

掘削断面積 110 m^2 を超える大断面トンネルにおいてサイクルタイム向上を図るためには、各単位作業のサイクルタイム向上が必要となる。サイクルタイム向上を図るうえでは、可能な限りの大型機械導入や主要機械の能力アップが有効な手段となる。本工事施工条件は、大断面トンネルであること、トンネル全体の約8割を占める範囲に硬質で均一な花崗閃緑岩が分布すると想定される地質条件であることを考慮し、各単位作業に対して複数の施工機械を導入する計画とした。また、大断面である施工条件を有効活用し、複数配置する施工機械は、すべて大型機械を選定した。

トンネル施工サイクルは、発破孔穿孔⇒装薬⇒発破・換気⇒ずり出し⇒吹付け⇒ロックボルトの順序となる。このうち、トンネル施工サイクルの中でもっとも大きなウェイトを占めるのは『ずり出し作業』であり、ずり出し作業の高速化に対しては特に慎重な計画と現場検証を繰り返し実施した（図－2）。



図－2 初期掘進時サイクルタイム (4.0 m 掘進)

高速ずり出し施工を達成するため、ホイール式のベルトコンベア搭載型バックホウ（積込能力 $300\text{ m}^3/\text{h}$ 級）や大型ホイールローダなど、さまざまな組合せを計画し、現場検証を行った。ベルトコンベア積込み方式のバックホウは非常に高い積込み能力を有するが、発破で破碎する掘削ずり粒径をベルトコンベア幅よりも小さくする必要があるため、発破孔穿孔に時間を要することとなる。ホイールローダによる積込み方式は、ベルトコンベア方式よりも積込み能力は劣るものの、掘削ずりの粒径に制限がないため、発破孔穿孔時間を短縮

することが可能となる。

このように、ずり出し作業の効率化の検証とはいえ、他の作業との関連を含めて総合的に検討し、もっとも高速ずり出し施工が可能なベストマッチ施工となる配置機械の組合せを決定した。最終的には、大型ホイールローダ（ 3.5 m^3 級）2台と重ダンプトラック（27t 積み）8台の組合せが最適な組合せとなり、重ダンプトラック1台当たりの積込み時間約1分、全体ずり出し時間は標準施工の約45%短縮することとなった。この検証結果は、高速施工の確立に大きく寄与した。

以上のように、能力の優れた機械を配備したとしても、施工条件が合わなければ機械の能力を発揮できず、機械単体の能力よりも施工条件への適用性を重視した機械選定と複数機械の最適な組合せを見出すことが重要であった。本工事で採用した施工機械の組合せは以下のとおりである（写真－1～4）。

この複数機械によるベストマッチ施工と、繰り返し行ってきた作業手順や作業順序の改善により、全体サイクルタイムを約40%短縮することが可能となった。



写真－1 穿孔速度向上 (2台穿孔)



写真－2 高速ずり出し (2台積み)



写真一3 吹付け時間短縮 (2台吹付け)



写真一4 ロックボルト時間短縮 (2台施工)

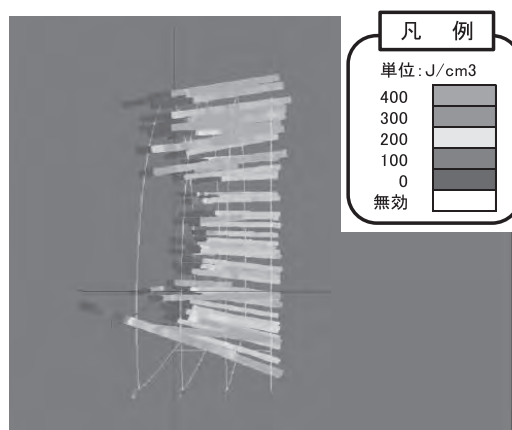
(2) 坑内 ICT を活用した余掘り低減

複数機械による作業標準が確立される中、さらなるサイクルタイム向上を図るうえで着目したのは、余掘りによるサイクルロス低減である。本工事では、余掘り低減を図るため、坑内 ICT と連携する2種類のコンピュータ制御のドリルジャンボを起終点側それぞれの切羽に2台ずつ導入した。コンピュータジャンボを制御する坑内 ICT 技術は、自動追尾型レーザー断面

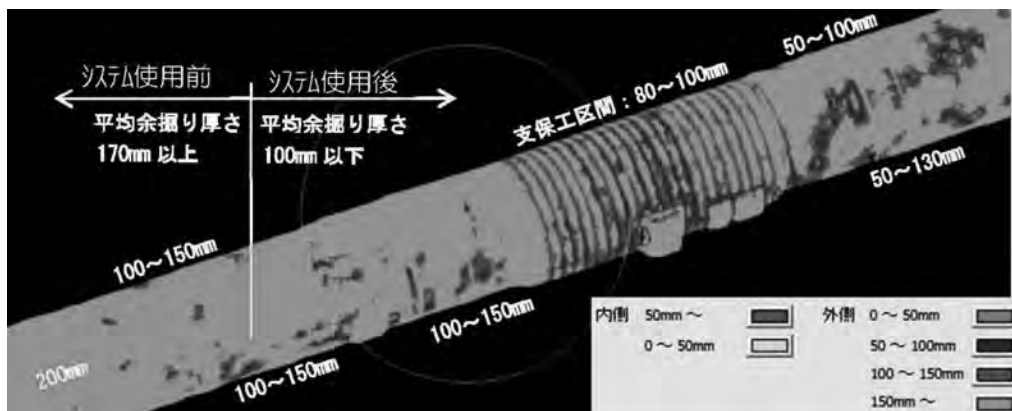
照射システムと全方位 3D スキャナーを採用した。

コンピュータジャンボとは、トンネル線形情報、断面形状、発破パターンやロックボルト配置情報をあらかじめ登録し、切羽でドリルジャンボに位置情報を与えることによって穿孔方向や深さ・角度をコンピュータで制御するシステムである。このシステム導入により、すべての穿孔データが記録されるため、発破後の掘削仕上り形状を 3D スキャナーを用いて測定し、測定結果と穿孔データを比較して次の発破計画時に測定結果をフィードバックすることによって余掘り量をコントロールすることが可能となる。また、すべての発破孔の孔尻を同一断面に揃えることが可能となるため、発破後の鏡は常に平滑な面となり、発破効率が向上するとともに、作業員の技量に左右されることなく均一で円滑な仕上り形状を構築することも可能となる。さらに、穿孔時の打撃エネルギーや穿孔速度も記録されるため、常に切羽前方の岩盤特性を把握することも可能となる(図一3)。

このシステム導入によって、起終点側両工区とも余掘り量が 100 mm 程度低減され、ずり発生量も 10% 程度低減された。ずり出しから吹付け完了までのサイクルタイムは、約40分短縮することとなった(図一4)。



図一3 発破孔穿孔情報



図一4 掘削仕上り形状

(3) 発破作業の効率化と周辺環境保全

本工事を代表する地質は、一軸圧縮強度 200 MPa を超える花崗閃緑岩であるため、確実な岩盤破碎を行うためには大量の爆薬を消費する必要がある。そこで、確実かつ経済的で安全な発破掘削を行うため、機械装填式で密充填が可能な威力ある ANFO 爆薬を採用した発破技術を選択した。

使用する雷管は、切羽直下で行うもっとも危険な結線作業時間の短縮が可能であり、さらに、静電気や迷走電流、落雷に対しても安全な導火管付き雷管（以下に LP 雷管と称す）と電子雷管を採用した。

(a) 発破作業の効率化

大量爆薬を消費する際の発破作業の効率化として着目したのは、上記に示す装薬・結線作業効率化のほか、発破時の飛び石と発破後ガスの対策である。

大量爆薬を消費すると飛び石距離が大きくなるとともに、大量の発破後ガスが発生することとなる。そこで、発破時の飛び石飛散抑制と発破後ガス換気時間の短縮を図るため、マルチバルーンを採用した。マルチバルーンとは、防弾チョッキとパラシュート素材で縫合された特殊バルーン内に空気を送り込み、切羽後方約 80 m の位置に隔壁を設けて、飛び石や発破後ガスを密閉遮断する設備である。マルチバルーン採用により坑内設備の防護が容易となり、発破退避距離と換気時間の短縮が可能となった。発破後ガスの換気時間は、本工事では約 20 分短縮可能となった（写真—5）。



写真—5 マルチバルーン（飛び石防護時）

(b) 大量爆薬消費時の周辺環境保全

大量爆薬を消費する場合、坑内を発生源とする発破騒音や振動など、周辺環境に及ぼす影響が非常に大きくなるため、総薬量を制限する対策が一般的に採用される。しかし、総薬量を制限することは、1 発破当りの発破対象土量を制限することとなるため、高速施工

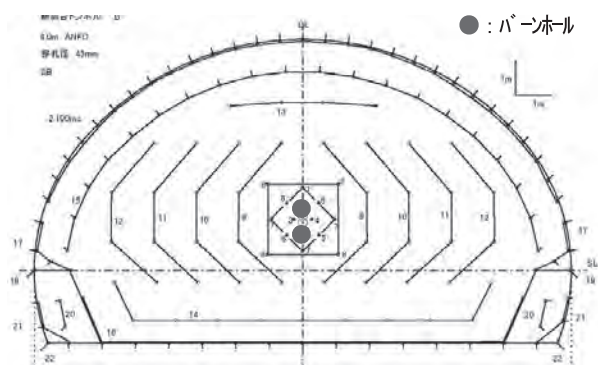
を目的とした発破方式とは相反する対策となる。

そのため、本工事では発破対象土量に対して必要となる総薬量は制限せず、1 段当りの斉発量制御を目的として、秒時差付きバンチコネクターを併用した LP 雷管による多段発制御発破を採用した（最大 50 段発）。

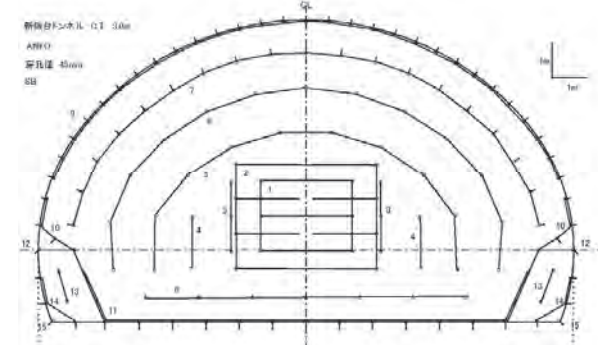
環境測定の結果、芯抜き時の瞬間発破騒音や振動値が環境基準値に対して余裕がないため、芯抜き方式の改善によって対策を行った。芯抜き方式は、平行芯抜きとダブル V カット方式を取り入れた。平行芯抜き方式とは、確実な芯抜き破碎効果を得るため、発破孔のほか、発破時の自由面形成のために空孔（バーンホール $\phi 90 \sim 115$ mm）をトンネル中心部に 2～4 箇所設置する必要がある、穿孔時間が通常よりも長くなる。

そのため、周辺環境に対する影響低減効果と穿孔サイクルタイムを考慮し、ダブル V カット方式を基本スタイルとした。この結果、芯抜き時の発破騒音、振動値ともに約 3 dB の低減効果が確認された（図—5）。

【平行芯抜き方式（バーンホール併用）】



【ダブル V カット芯抜き方式】



図—5 計画発破パターン図

しかし、鉾台山中核部に向かうにつれて地山特性はさらに高くなり、弾性波速度 $V_p = 6,000$ m/sec 級の硬岩地山となってきたため、1 発破当りの総薬量は 1,000 kg を超える状況となった。そこで、さらなる周辺環境保全対策を図るため、電子雷管を用いた新たな制御発破技術（全孔段発発破）への切り替えが必要となった。

採用した電子雷管は、バーコードリーダーを介して

【電子雷管 (e-Dev II)】

【スキャナー】

【コンピュータ制御発破器】



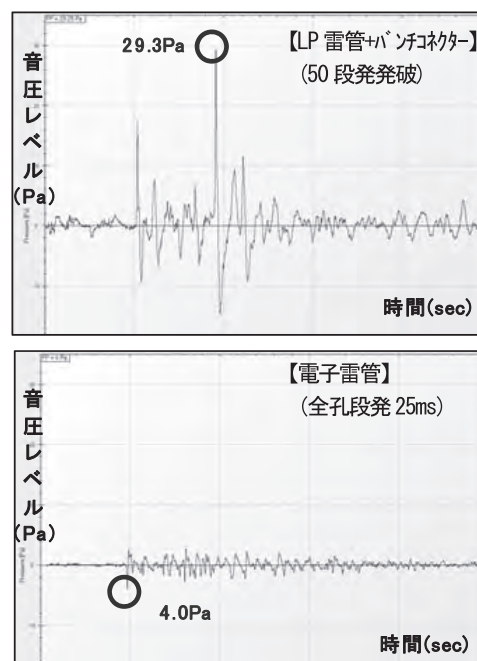
写真—6 電子雷管と発破制御システム

起爆時間を現地で自由自在に設定変更が可能なコンピュータ制御式の次世代型電子発破制御システムであり、最大 500 段まで分割制御発破が可能な電子雷管である (写真—6)。

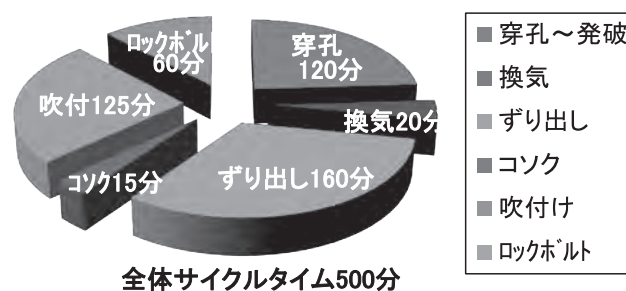
電子雷管を採用することによって、全孔をバラバラに分割発破することが可能となり、1 段当りの斉発量も大きく制御することが可能となる。本工事実績では、LP 雷管と比較し、1 段当りの斉発量は約 1/8、発破騒音 7 dB、振動値 6 dB の低減効果が確認された。低周波レベルは、電子雷管秒時差を 17 ms から 25 ms に変更するだけで約 3 dB の低減効果があり、LP 雷管と比較すると約 8 dB の低減効果を得ることができた。さらに、電子雷管は全音圧レベル制御に対しても優れた効果があることが新たな知見として得られた。LP 雷管による制御発破時には、全音圧レベルは各段発ごとに大きなエネルギー差を示している。これに対し、電子雷管で全孔段発発破を行った際には、芯抜きから隅踏まえまでの全発破継続中、ほぼ一定した小さなレベルで全音圧レベルが推移し、対策が困難とされる低周波レベル低減効果が発揮されたものとする (図—6)。

4. おわりに

定期的実施した環境測定結果を反映した発破騒音・振動影響予測を行い、周辺環境に対する影響程度を確認しながら最適な発破計画の見直しを繰り返し策定し、坑内 ICT 技術を活用した高速施工スタイルの確立を図ってきた。最適な発破計画は、周辺環境に対する影響の程度から求められる装薬量より算出した発破長によってフレキシブルに設定した。その結果、掘進長 4.0 m の初期掘進時と比較し、さまざまな最先端技術を駆使した高速施工時の全体サイクルタイムは 830 分から約 330 分短縮する結果となった (図—7)。



図—6 全音圧レベル測定結果図



図—7 高速施工サイクルタイム (4.0 m 掘進)

また、非常駐車帯区間以外の標準断面区間を 1 か月連続して掘削した月間において、最大月進 232.5 m/月を記録した。本坑貫通までに要した期間は 18 か月であり、標準施工による掘削工程 27 か月に対し約 1.5 倍の掘削速度という結果となった。

この記録的な掘進を支えた技術は、威力ある制御発破技術、掘削精度を制御する坑内 ICT と連携するコンピュータジャンボではあるが、施工時に得られた情報を次施工にフィードバックし、作業手順や施工計画の見直し・改善を繰り返すという従来からの施工管理手法は色あせることなく重要なものであり、依然として非常に有効な管理手法であった。

J C M A

【筆者紹介】

賀川 昌純 (かがわ まさずみ)
前田建設工業(株)
東北支店 新鉄台トンネル作業所
現場代理人



坑内で掘進機回収

坑内回収型上向きシールド工法

川 口 雄 大

「新今里～寺田町幹線」における特殊マンホールの構築は、施工箇所が大阪環状線（今里筋、南北向き片側3車線）に位置するため、地上から施工を行う場合は、道路使用が可能な夜間作業のみとなる。また、夜間作業時には車道一車線を確保する必要があり、狭い作業ヤードでの施工となる。さらに、一般家屋や病院等の公共施設が多数近接しており、工事期間中の騒音・振動および周辺地盤への影響を最小限に抑えなければならない厳しい施工条件が特徴であった。

上記の施工条件に対応するため、新たに開発した「坑内回収型上向きシールド工法」についての施工事例を報告する。

キーワード：上向きシールド工法、坑内回収、周辺交通環境の改善、周辺地盤への影響低減、新工法

1. はじめに

(1) 地域特性と大阪市の取組み

大阪平野は、淀川などの土砂の堆積によってできた沖積平野であり、上町台地等の一部を除いて大阪市域の約90%がポンプ排水に頼らなければならない雨に弱い地形となっている。また、市域全体で市街化が進んだ結果、雨水が浸透する地面が舗装化され、雨水の大半が下水道管へと短時間かつ集中的に集められるようになったため、浸水の高まり、抜本的な浸水対策が必要となった（図-1）。

そのため、大阪市の、主要な下水道幹線、雨水貯留管等合計13路線の新規建設や、ポンプ施設の新増設を進めるとともに、局地排水用マンホールポンプの設置など局地的な浸水対策も同時に進めていた。

(2) 本事業概要

「新今里～寺田町幹線」が位置する既設下水管への集水区域は、大部分が中浜処理区内の東成区、生野区であり、大阪市内でも特に雨水排除能力が不足している地域である。

そのため、平成9年度、平成11年度と大規模な浸水被害が発生し、道路交通の円滑性・安全性が著しく損なわれた経緯がある等、市民生活の安全性確保の観点からも、一刻も早い浸水対策が必要であった。

さらに、大阪環状線（今里筋）路下には、地下鉄8号線の延伸が計画されており、開通後に施工する場



図-1 大阪市の地形図と工事箇所位置関係図

合、列車運行の安全確保のための地下鉄トンネル防護工事に多大な費用が必要となるため、全体事業計画の中でも優先着工された。

当事業は、第1期および第2期事業で構成されており、第1期事業では、大阪市生野区林寺2丁目から中川西1丁目に至る内径5.0m、延長3.3km、雨水貯留量6.5万トンの雨水貯留管ならびに特殊マンホールの施工を行った。

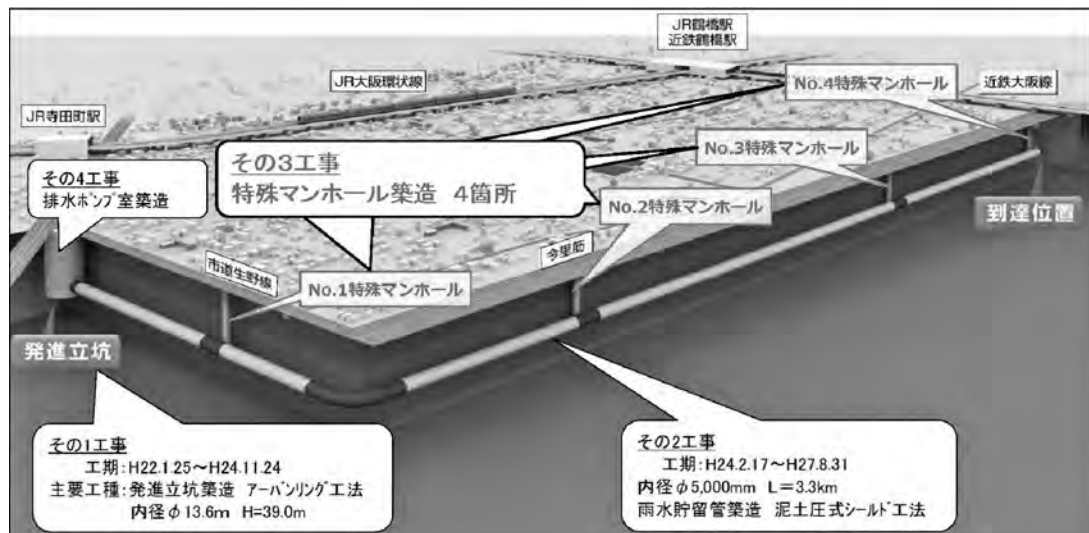


図-2 本事業全体概要・構成図

「新今里～寺田町幹線」第1期事業は、その1工事～その4工事から構成され、それぞれの工事が分割発注された（図-2）。

その1工事は発進立坑工事、その2工事は泥土圧式シールド工法にて延長約3.3km、内径5.0mの雨水貯留管の築造工事であった。

本稿では、引き続き発注された特殊マンホール4箇所を築造するその3工事において、当現場の地域特性、環境特性を考慮した上で改良した新工法の「坑内回収型上向きシールド工法」を導入し、騒音・振動・夜間作業といった近隣住民への影響低減と周辺交通への負荷軽減を実現した施工事例を報告する。

2. 工事概要

(1) 工事概要

本工事は、前述した土被り約23mの雨水貯留管（内径φ5.0mのシールドトンネル）と直上に位置する既設下水管（内径1.0m～3.0m）とを接続する特殊マンホールと呼ばれる中間立坑を4箇所構築する工事である。

本工事での特殊マンホールは、上向きシールド工法により構築する内径φ2,750mm、延長約14.5mの落差工人孔と、開削工法により構築する高さ約8.0mの越流人孔の2つの構造からなる（図-3）。

当該工事箇所の一部は、大阪環状線（今里筋、南北向き片側3車線）に位置するため、地上から特殊マンホールの施工を行う場合は、道路使用が可能な夜間作業のみとなる。また、夜間作業においても車道一車線を確保する必要があり、狭い作業ヤードでの施工となる。さらに、一般家屋や病院等の公共施設が多数近接

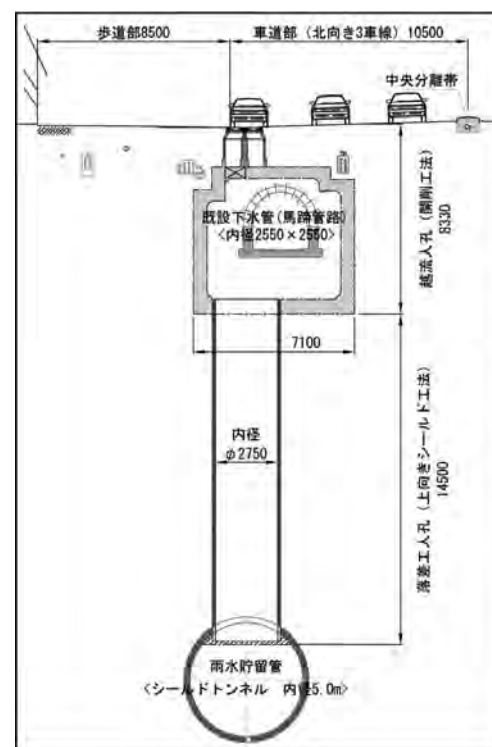


図-3 特殊マンホール断面図

しており、工事期間中の騒音・振動および周辺地盤への影響を最小限に抑えなければならない厳しい施工条件が特徴であった。

そのため、工程短縮と路上の使用期間を短くできる施工法である、「上向きシールド工法」が採用された。

「上向きシールド工法」は、当社などが開発した立坑築造工法であり、既設の本線シールドトンネル内部から地上に向けて上向きにシールドトンネルを構築していく工法である（図-4）。

当工法は、材料の運搬・供給ともに地下の本線シールドトンネル内から行うことで、地上工事を最小限に

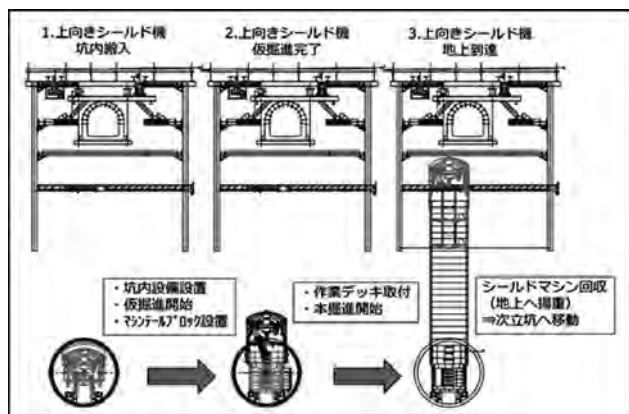


図-4 上向きシールド工法概要図

することができる。また、開削工法と比較して地上での施工期間を短縮でき、近隣住民や周辺道路環境への影響を最小限に抑えることが可能な工法である。

(2) 土層構成

図-5に本工事の土質縦断図を示す。

上向きシールドで掘進する該当地層の土質は、N値が3～32程度の洪積粘性土層（Tc層、Oc層）とN値30以上の洪積砂質土層（Ts層）の互層が主体となる。また、地下水位はGL-3.0m～5.0mである（図-5）。

本工事での上向きシールドでの掘進は、上記に示すような地層を掘削していくため、数m単位で掘削土の性状が変化していく。そのような土質の急激な変化に短時間で対応できる掘進および排土管理を行う必要があった。

(3) セグメント

本工事の立坑覆工には、二次覆工省略型のコンクリート系セグメントを用いた。セグメントは外径

3,000 mm、厚さ125 mm、セグメント幅500 mm、分割数は6分割である（図-6）。また、本線トンネルである雨水貯留管との接続部では、接合を考慮して高い合成を有するコンクリート一体型鋼製セグメント（合成セグメント）を採用した（図-7）。

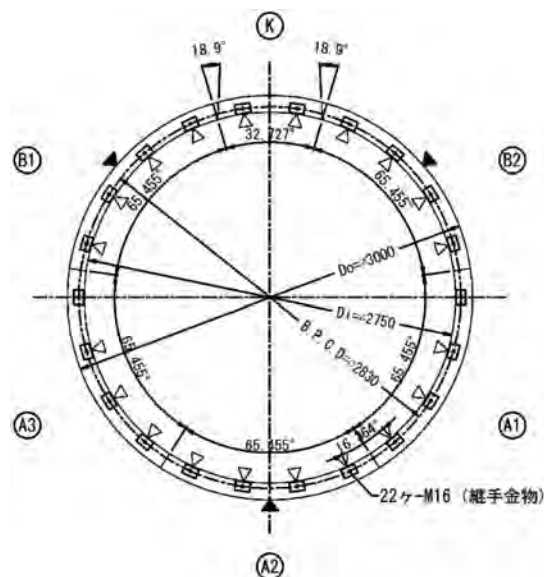


図-6 RCセグメント組立図

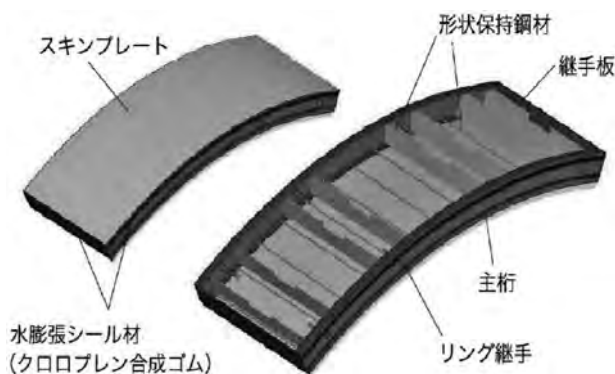


図-7 合成セグメント構造概念図

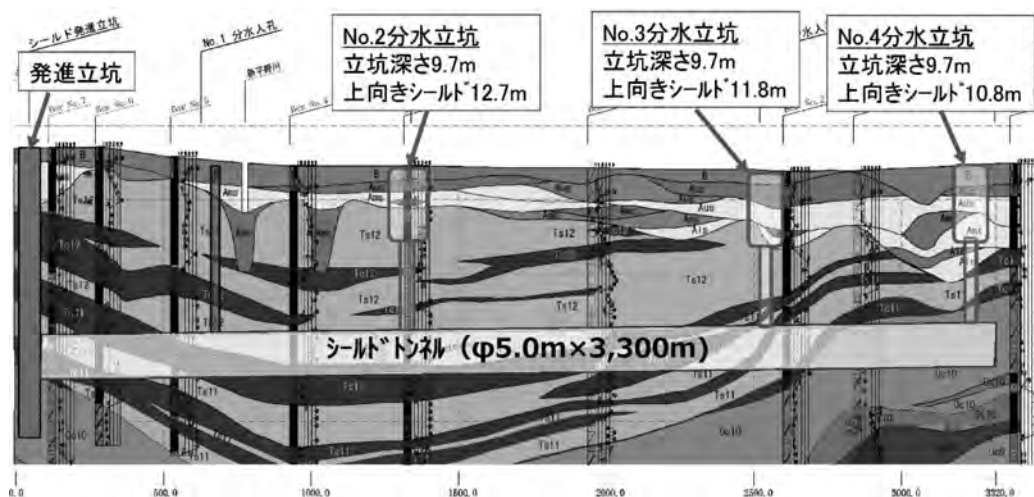


図-5 土質縦断図

3. 坑内回収型上向きシールド機の開発

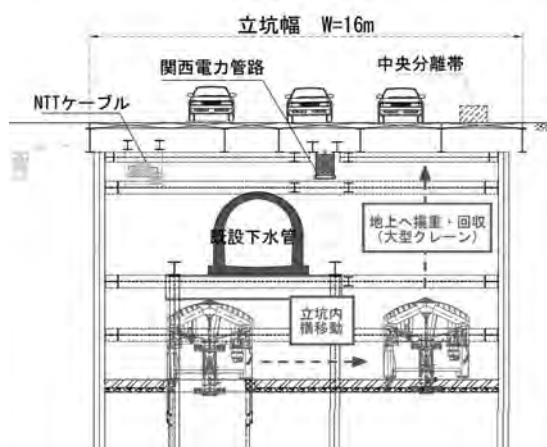
(1) 従来工法適用上の課題

当工事における上向きシールド工法での施工では、立坑内の埋設物の下に上向きシールド機が到達するため、上向きシールド機の回収方法が課題であった。

過去の施工実績では、立坑到達後の上向きシールド機は、大型クレーンを用いて地上へ揚重し回収を行ってきた。

しかし、当工事においては、上向きシールド機到達位置の直上および周辺に、供用中の既設下水管、NTT 管路および関西電力管路が存在し、直上へ揚重し回収する事は不可能であった。

そのため、当初設計は、上向きシールド機を地下埋設物に干渉しない位置まで立坑内を横移動させた後、地上へ揚重し回収する計画であった（図—8）。



図—8 上向きシールド機回収方法概要図（当初計画）

この計画は、地上開削立坑の必要面積が拡大するため、大阪環状線（今里筋）の南向き、北向き両車線の同時使用が必要となり、工事による周辺交通環境の悪化が懸念された。

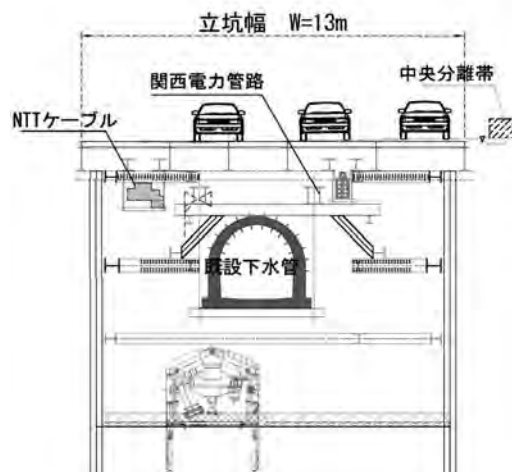
そこで、上記の課題を克服すべく、立坑に到達した上向きシールド機を、発進した本線シールドトンネル内へ吊り降ろすことで回収する「坑内回収型上向きシールド機」の開発を行った。

(2) 坑内回収型上向きシールド機概要

本工事で開発した坑内回収型上向きシールド機の特長は以下の3点の機構である（図—9）。

(a) 本体の二重構造

上向きシールド機本体は、フード部およびボディ部を外筒部、上部カッタおよび駆動部とシールドジャッキなどを有する内筒部とした二重構造となっており、



図—9 上向きシールド機到達立坑（実施工）

固定ピンを取外すことで分割可能な機構とした。

(b) シールドジャッキのスライド構造

シールドジャッキにスライド機能を設け、掘削完了後にシールドマシン内筒部にスライドして収納できる機構とした。

(c) カッタスポークの分割構造

カッタスポーク外周の接続ピンを取り外すことで分離可能な機構とした。

上記3点の機構により、上向きシールド機の到達後に外筒部と内筒部を分割することで、内筒部を、築造した上向きシールドトンネル内の本線トンネルに向けて吊降ろすことが可能となる。さらに、別途に製作しておいた外筒部を本線シールドトンネル内の上向きトンネル直下に事前に準備しておき、吊降ろした内筒部と外筒部を接続することでマシン組立工程の短縮を図った（図—10）。

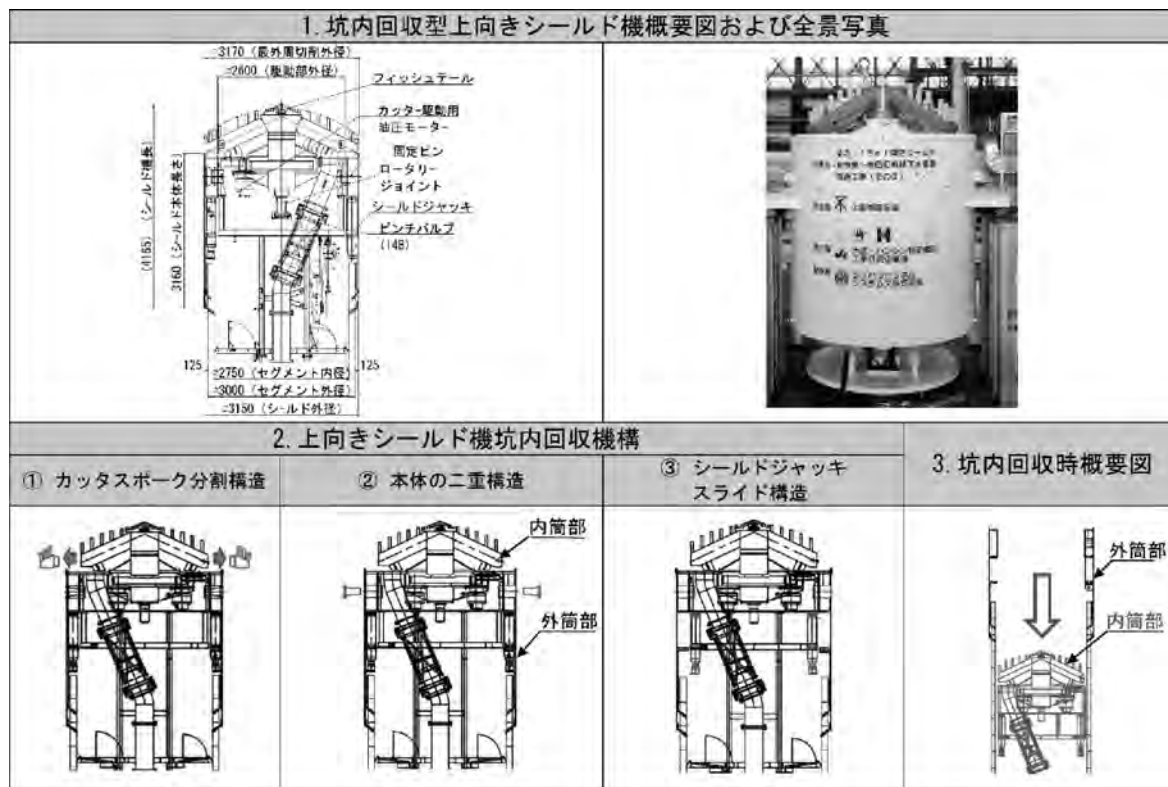
その結果、マシンの到達立坑内での横移動と地上の揚重スペースが不要となり、上向きシールド到達立坑の平面積を約20%縮小することができた。

このことにより、今里筋の北向き2車線の道路使用のみでの施工が可能となり、周辺交通環境への影響についても最小限に抑えることができた。

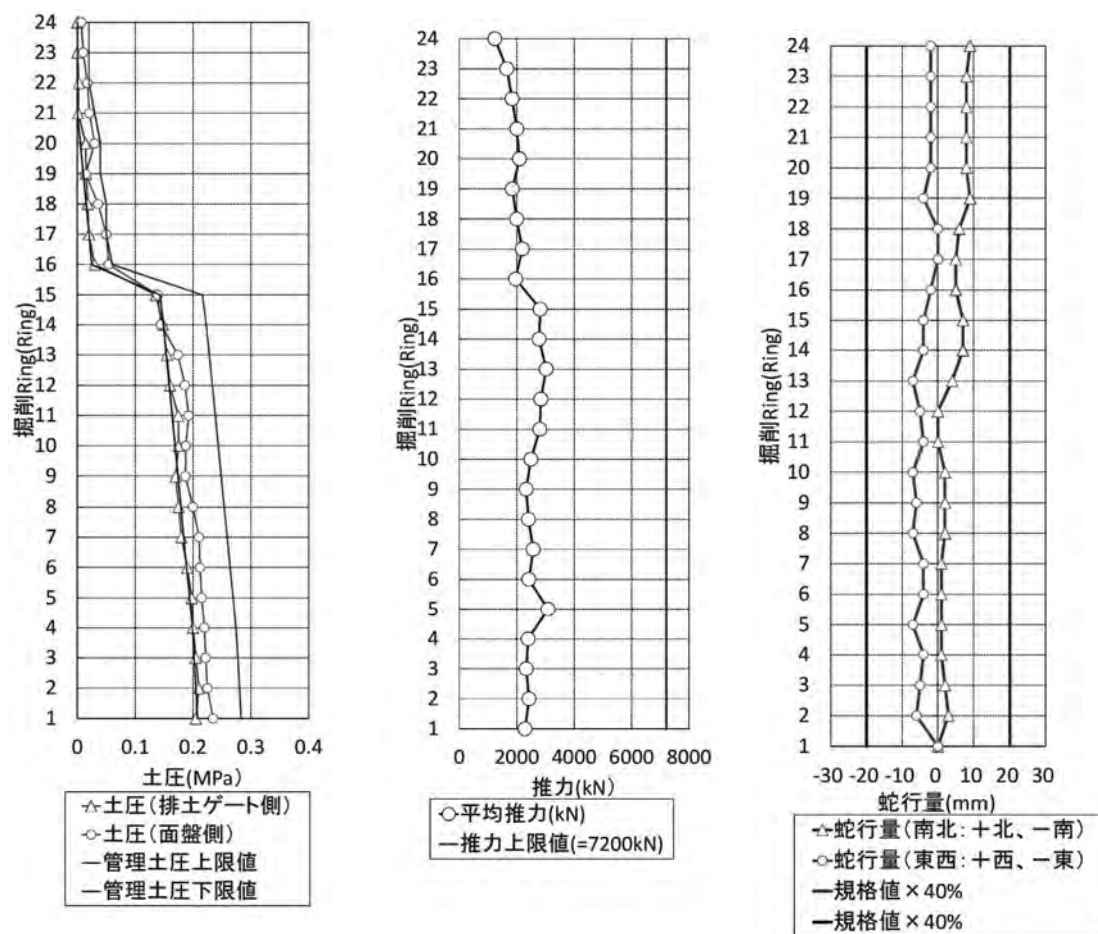
(3) 坑内回収型マシンの課題と対策

今までの上向きシールド機と、坑内回収型上向きシールド機の大きな違いは、カッタ駆動部を内筒部に収める二重構造としたことであり、カッタ支持方式を外周支持方式からセンター支持方式へ変更した点である。

その結果、排土管がシールド機中心から周辺に偏心した位置となり、シールド機に作用する土圧が偏り、重心位置が変化すること、さらにシールド機が固定ピ



図一 10 坑内回収型上向きシールド機構造概要



a) 切羽土圧推移

b) 掘進推力推移

c) 蛇行量推移

図一 11 上向きシールド立坑施工結果 (No.2 分水人孔施工時)

ンの支持による二重構造のため、固定ピンの遊びによりマシンが偏心することで掘進時の姿勢制御について懸念された。

そこで、実施工においては、上記課題への対策として以下の点に留意して掘進管理を行った。

①加泥材注入管理

想定土質に対する、掘進速度に対応した注入量および土質に適した加泥材の性状を管理し、掘削土砂の塑性流動化を図った。

②排土量管理

排土量を計測し、掘進距離に対して適切な排土量となるよう管理を実施した。

③マシン及びセグメント計測

片番（掘進延長1m）毎にマシンとセグメントの測量を行い、方向確認と修整を実施した。

No.2 分水人孔における上向きシールド工の施工実績を示す（図—11）。

切羽土圧については管理値内で推移しており、排土ゲート側および排土ゲート対角側の土圧について明確な差が生じることはなかった。

このことから、切羽土砂の塑性流動化を適切に管理すれば、排土管位置の偏りによる切羽土圧への影響は無いことが確認できる。

次に、施工時のジャッキ推力については約 2,000 kN で一定に推移しており、上限値の約 1/4 の値となっている。

このことから、排土量についても適切に管理することで、ジャッキ推力が一定となり周辺地盤を乱すことなく施工を行うことが可能となる。

また、掘進中は地表面の隆起や沈下を起こすことなく施工を完了した。

また、蛇行量については、規格値（ ± 50 mm）の約 20% の ± 10 mm 以内で施工を完了した。

以上の結果より、本工事では、前記①～③の対策を行うことで課題であった土圧の偏りおよび掘進時の姿勢制御について対応することができた。

(4) マシン吊降ろし設備の概要

地上到達立坑部では、地下埋設物（下水管、NTT 管路、関西電力管路）が支障となり、夜間の道路使用をした上での資機材投入開口部の面積が $1\text{ m} \times 4\text{ m}$ 程度に制約された状態であった。

さらに、到達立坑内は床付け面から下水道吊防護鋼材まで約 2.5 m 程度に空頭制限されることが課題であった。

そのため、坑内回収型上向きシールド機の吊降ろし



写真—1 マシン吊降ろし設備立坑投入状況



写真—2 マシン吊降ろし設備設置状況

設備は、組立分解可能な門型の鋼製フレームに電動チェーンブロックを装備して行うこととし、資機材は夜間の狭小な開口部からの搬入を可能とした（写真—1）。

また、複数台の電動チェーンブロックを装備することで揚重設備の低空頭化を図った。

本工事では山留材（H-400 × 400）を使用した門型鋼製フレームおよび 10 t 電動チェーンブロックを 4 台使用し、上向きシールド機の坑内回収を行った（写真—2）。

4. 施工実績

吊降ろし設備の設置完了後、まずカッタスポークの分割および上向きシールド機の仮吊りを行い、外筒部—内筒部間のそれぞれの固定ピンを取り外す。

その後、10 t 電動チェーンブロック 4 台にて内筒部の吊降ろしを行う。吊降ろし中は、上向きシールド機内筒部の傾斜の発生を抑えるため、吊降ろし長を一定間隔で 4 点レーザー測距計にて計測し、差が 20 mm 以



写真—3 上向きシールド機坑内回収状況①



写真—4 上向きシールド機坑内回収状況②



写真—5 上向きシールド機坑内回収状況③

内になるように吊降ろし長さの微調整を行った（写真—3、4）。

所定の位置まで上向きシールド機内筒部の吊降ろし完了後、本線シールドトンネル内に先行して配置した上向きシールド機外筒部と固定ピンにて接続を行い、次の施工箇所へと移動した（写真—5）。

施工実績としては、回収準備作業1日（昼夜間施工）、坑内回収作業1日（昼間施工）の計2日で完了した。これは、大型クレーンを用いた地上への回収作業と同程度の施工日数である。

また、回収費用についても、大型クレーン等が不要になったため、従来工法と比較して回収作業費用の低減が図れた。

5. 今後の展望

「坑内回収型上向きシールド工法」の開発によりシールド機回収時の大型クレーンが不要となる。このことにより、上向きシールド工法の利点である地上作業による周辺交通環境への負荷軽減、ならびに近隣住民への影響低減への、更なる改善が可能となった。

今後、需要の増加が見込まれる都市部でのインフラ整備事業は地上での制約条件が多いため、地上工事量の大幅縮減、周辺環境への影響低減を可能とする当工法が対応策の一助になると考えられる。

謝 辞

「坑内回収型上向きシールド工法」の開発および施工にあたり、多岐に亘りご指導、ご支援を頂戴した関係各位に厚く御礼を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

川口 雄大（かわぐち ゆうた）
大成建設㈱
関西支店
工事主任



遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ開発と 工事事例報告

飯塚 尚史・馬欠場 真樹・小笠原 司

遠隔操縦式水陸両用大型バックホウは、浅水域を作業領域とする無線遠隔操縦式水陸両用機械である。当社は、東日本大震災により被災した海岸保全施設の災害復旧に、開発した本機と既に保有する遠隔操縦式水陸両用ブルドーザを駆使し復旧工事を行った（写真—1）。

本稿では、本機の開発過程と災害復旧工事事例を報告する。

キーワード：水陸両用機械、建設機械化施工、無人化施工、仮設備の低減、安全性の向上

1. はじめに

2011年（平成23年）3月11日、東北地方太平洋沖地震により発生した大津波は、東北から関東にかけての東日本一帯の太平洋沿岸部に多大な被害をもたらした。海岸保全施設である離岸堤や潜堤は、既設消波ブロックの飛散や沈下等、甚大な被害を受けた。

福島県南相馬市に位置する角部内地区海岸の離岸堤は、津波により消波ブロックは背面の海中に飛散し、地盤が沈下したため、消波機能を有し背後地を保全するための基準高さを満たさない状況であった。

このため機能を回復し保全するため、早急に消波ブロックを高上げる災害復旧が必要となった。

当該離岸堤の背面は、水深が平均0m～3m程度と浅く、飛散したブロックも点在し、また波浪等の海象状況も悪いので、作業船での施工は困難であり、原

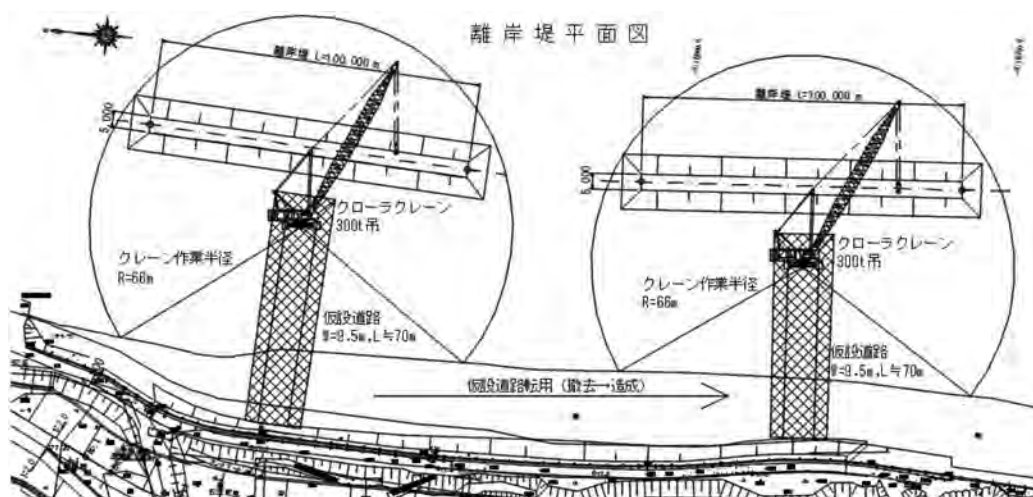
設計は陸上から大量の石材で巻出して仮設道路を造成し、大型のクローラクレーン（300t吊）で施工する設計であった（図—1）。

しかし、上記工法は、仮設道路に使用する大量の石材調達、購入費・最終的な処分費、仮設道路の転用（撤去・造成）問題、波浪等による仮設道路の維持管理・復旧費用、仮設道路上を走行するダンプトラックの安全性、被災地における大型クレーンの調達、また砂浜域生態系への影響等、様々な課題があった。

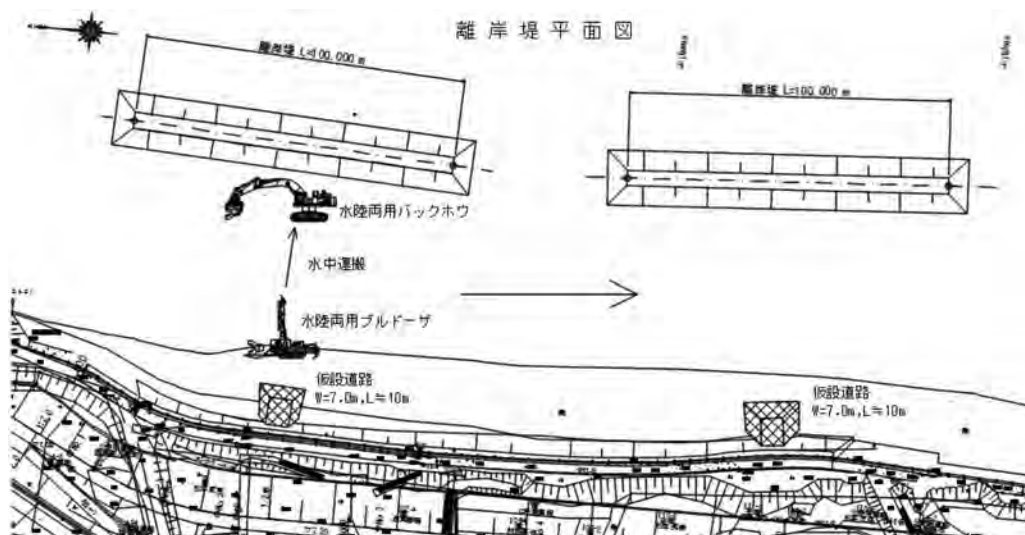
そこで、仮設道路を縮小して仮設が大幅に低減でき、従来必要となる潜水土による玉掛け作業を不要とし、点在した飛散ブロックを直接回収し再設置を可能とする水陸両用バックホウ3.1m³級およびブロック把持用特殊アタッチメントを開発し復旧工事を実施した（図—2）。



写真—1 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウ、水陸両用ブルドーザ



図ー１ 大型クローラークレーンによる施工方法



図ー２ 水陸両用バックホウによる施工方法

2. 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウおよび特殊アタッチメント開発

(1) 開発条件

本機の仕様は、離岸堤復旧標準断面や現場状況から下記のとおりとした（図ー３）。

- ①作業可能水深は2m
- ②最大作業半径は12m程度
- ③ブロック8t型を把持する特殊アタッチメントが装着可能
- ④特殊アタッチメントを作動する油圧配管と油圧ポンプ能力
- ⑤無線遠隔操縦装置が装備可能
- ⑥汎用性

(2) 機械の選定

開発する水陸両用バックホウの母体となる機械は、

開発条件からバックホウ3.1m³級（PC800）とした。機械選定にあたっては、8tの重量物を操作できる作業半径が最も重要と考え、転倒計算と実証試験を実施した。

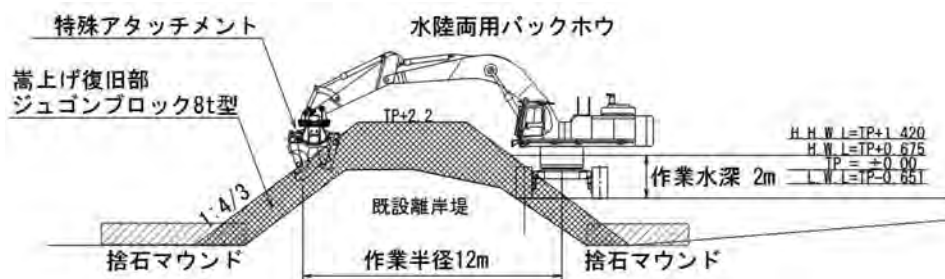
(a) 転倒計算

転倒計算は、機械が最も不安定な履帯の向きと最大作業半径12mで計算し安定度は1.02であった（図ー4）。※適宜無人化施工

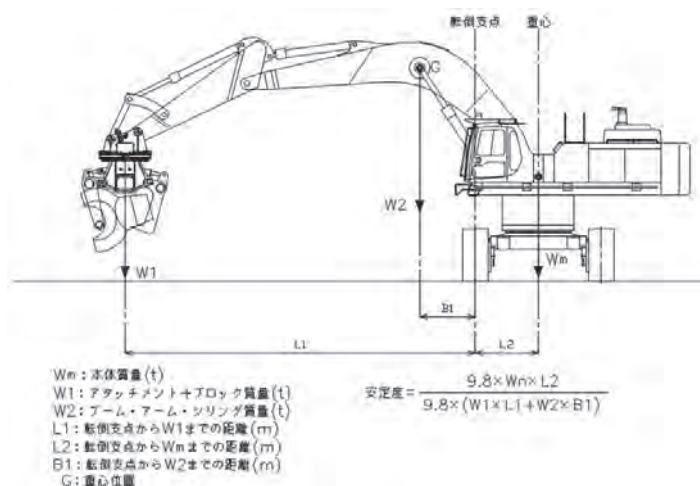
(b) 転倒に対する安定性検証

実証試験は、バケット（3.8t）の先端に水陸両用ブルドーザのカウンターウェイト1個（7.5t）、コンクリート塊2個（1.5t×2）を吊り、吊荷重を合計14.3tとし、徐々にアームを伸ばし、履帯が浮く寸前までの距離を測定した。

結果、作業半径（旋回体の中心から吊荷までの距離）は、12mであり、目標としていた最大作業半径をクリアした（写真ー2）。

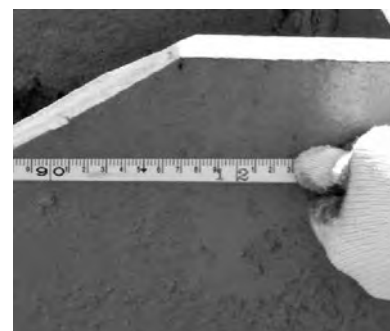


図—3 離岸堤復旧標準断面図



Wm=	本体	75.225t	コラム	4.2t	ハケット	3.8t	アタッチメント	6.9t	ブロック重量	7.52t
=		90.045t								
W1=	アタッチメント	6.9t	ブロック重量	7.52t						
=		14.42t								
W2=	ブーム	8.1t	アーム	4.5t	シリンダ	2.5t				
=		15.1t								
L1=	最大作業半径	12m	L2	1.8m						
=		10.2								
L2=		1.8m								
B1=		0.8m								
安定度=										
=		1.02								

図—4 転倒計算



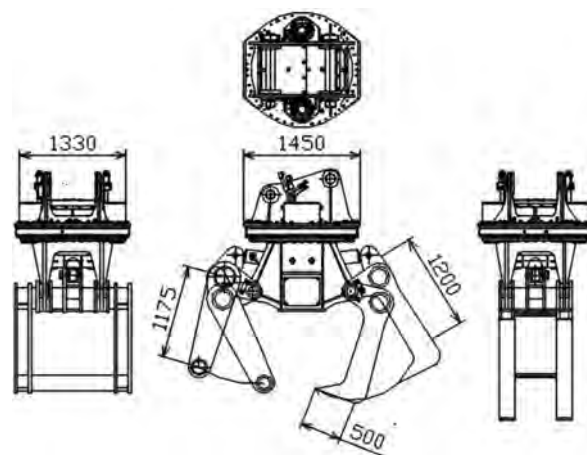
写真—2 水陸両用バックホウ転倒実証試験状況

(3) 特殊アタッチメント

アタッチメントは、対象となるブロック（ジュゴンブロック 8t 型）が異形なため、専用の特殊アタッチメントを開発した（図—5、表—1）。

通常、ブロックを把持するアタッチメントは、2本のアームでブロックを挟みこむ形状が一般的であるが、本ブロックは、U型を直角に背中合わせにした形状（図—6、写真—3）であるため、アームで挟むことができず、1本のアームでU型の凹部をすくい上げ、もう一方を枠型にして凸部を押えこむ形状とした（写真—4）。

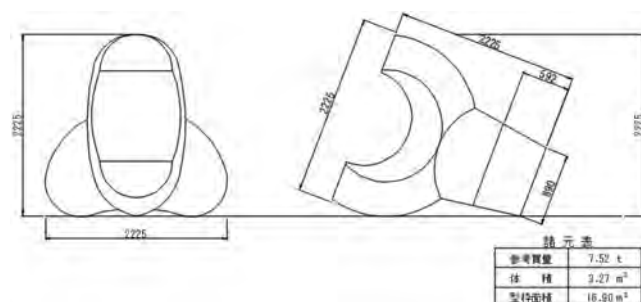
また、ブロック据付時や回収時に容易に作業できるよう 360 度回転できるようにした。



図—5 特殊アタッチメント

表一 特殊アタッチメント諸元

質 量	6,190 kg
使用圧力（開閉）	29.4 MPa
使用圧力（回転）	20.6 MPa
回 転 数	8 ～ 10 rpm（可変可）
シリンダー推力	455 kN
つかみ力（すくい側）	62 kN
つかみ力（押え側）	87 kN
旋回トルク	17 kN



図一 6 ジュゴンブロック 8t 型



写真一 3 ジュゴンブロック 8t 型



写真一 4 特殊アタッチメントブロック把持状況



写真一 5 HETORONIC 社 無線遠隔操縦装置

(4) 無線遠隔操縦装置

オペレータの安全確保，キャビンから目視できない場合（海域作業における飛沫の影響等）の遠隔操縦，また今後の無人化施工現場への対応等から，無線遠隔操縦装置を標準装備とした。

無線遠隔操縦装置は，多数のデュアル軸ジョイスティック・トグルスイッチの操作性，テレコントロール無線（429 MHz 帯）の適用，建設機械への実績等から HETORONIC 社の無線遠隔操縦装置とした（写真一 5）。

(5) 嵩上げコラム

作業水深 2 m に対応するため，下部走行体と上部旋回体の間に嵩上げるコラムを製作し取付けた（写真一 6，実用新案出願済（実願 2012-007745））。

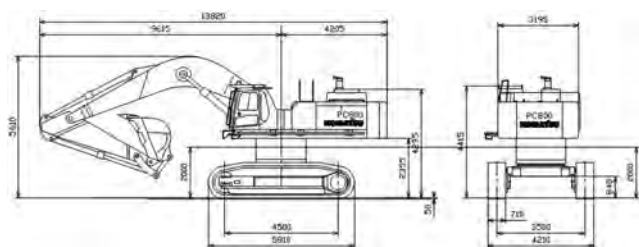
使用した鋼材は，自重，吊荷重，曲げモーメント・曲げ応力度，機械本体の構造等から検討し，S50C（機械構造用炭素鋼）とし，ベース部（フランジ） $t = 80$ mm，円柱部（ウェブ） $t = 50$ mm，補強部（リブ） $t = 25$ mm とした。

(6) 遠隔操縦式水陸両用大型バックホウおよび特殊アタッチメント性能テスト

本機は，陸上ヤードで各種性能テストを実施し，油圧ポンプ，コントロールバルブの調整，特殊アタッチ



写真—6 嵩上げコラム



図—7 水陸両用バックホウ 3.1 m³ 級外形図

表—2 諸元

本 体	コマツ PC800-6
総重量 (バケット装着時)	79.5 t
バケット容量	3.1 m³
作業可能水深	2.0 m
テレコン無線	特定小電力無線 429 MHz 帯

メントの形状改良，電気系統調整，長時間連続稼働試験を経て，計画も含め約 12 ヶ月で完成した（図—7，表—2）。

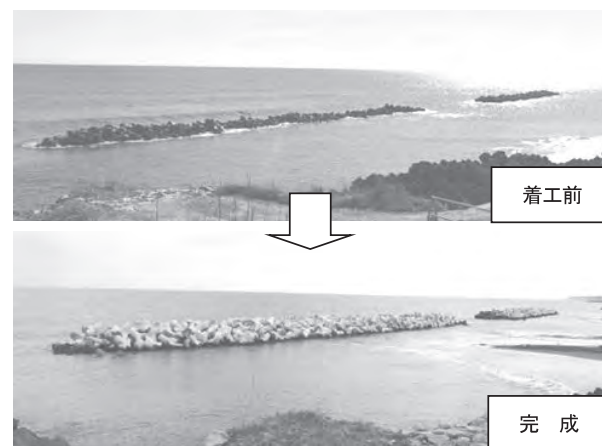
3. 工事例

(1) 福島県角部内地区海岸（1 工区）離岸堤復旧

2015 年（平成 27 年）10 月，開発した本機を現場に搬入，組立した。施工は，まず標準バケットを装着した水陸両用バックホウと水陸両用ブルドーザ 43.5 t 級で，水深が 2 m 以上となる深い箇所（H.W.L.TP+0.675 m から 2 m 下の TP-1.325 以深）に必要な最小限の水中仮設走路を造成し，消波ブロック基礎部の捨石マウンドを投入，敷均し造成した。

飛散した消波ブロックを回収後，ブロック運搬用に改造した遠隔操縦式水陸両用ブルドーザ 43.5 t 級で，嵩上げ用の消波ブロック（8 t 型）を運搬し，本機で据付けた。

当初の計画では，ブロック据付作業量は，実働日当たり 20 個程度と想定していたが，1 号離岸堤は 38.7 個／日，2 号離岸堤は 27.1 個／日であった。



写真—7 離岸堤復旧完了

また仮設材（石材）も大幅に低減でき，工程を大幅に短縮し，無事故・無災害で完成した（写真—7）。

施工場所：福島県南相馬市小高区角部内

工 期：2015 年 9 月 1 日～2016 年 3 月 31 日

工事内容（離岸堤 1 号，2 号合計）

離岸堤嵩上げ消波ブロック 8 t 型：782 個

離岸堤嵩上げ消波ブロック 4 t 型：117 個

洗掘防止工（捨石マウンド）：2,061 m³

(2) 熊本地震災害復旧

2016 年（平成 28 年）4 月 14 日～16 日にかけて発生した熊本地震により，当社が施工中であった立野ダム仮排水路工事現場も被災した。

被災現場は，法面が大規模崩壊し，パイロット道路および仮設渡河橋が破壊され，使用していたバックホウや資機材が河川内に取り残された。4 月下旬～5 月初旬にかけて，当社および協力業者所有の遠隔操縦式機械（バックホウ 3 台，不整地運搬車 3 台，水陸両用ブルドーザ 1 台，ブルドーザ 1 台）を搬入し，5 月下旬には，開発した遠隔操縦式大型バックホウを投入し，復旧作業に功績を残した（写真—8）。



写真—8 熊本県立野ダム災害復旧状況

(3) 福島県いわき市久ノ浜地区海岸災害復旧

現在、久ノ浜地区海岸の潜堤の嵩上げ工事に本機を投入して施工中である。

4. おわりに

この度、海岸保全施設の災害復旧工法として、省資源化・省力化をコンセプトに遠隔操縦式水陸両用バックホウ 3.1 m³ 級および特殊アタッチメントを新たに開発し、災害復旧現場で施工し無事竣工した。当工法は海岸保全施設の復旧において、従来工法では必要となる仮設道路材の大幅な低減を図り、またブロック据付時に必要な潜水土を不要とし、作業効率、安全性においても従来工法を凌ぐ新工法と考える。

本機を使用した施工実績は、まだ少ないが、近年、全国各地域で発生している集中豪雨災害や、地震、火山活動等に伴う土砂災害、また今後想定される大規模な自然災害で、必ず必要とされる特殊な機械と考える。

また、建設業就業者の高齢化と熟練技能者不足、社

会資本の老朽化問題に対し、大型建設機械による機械化施工および無人化施工技術は、建設生産性の向上を図る一つの重要な役割を担っていると考ええる。

今後は、海岸保全施設に限らず、港湾・漁港・河川工事や砂防工事等にも積極的に取組み、社会インフラの整備に貢献していきたい。

謝 辞

最後に、角部内地区海岸復旧工事の事業主である福島県の関係者の皆様、バックホウ本体の水陸両用化・遠隔装置搭載を担当した(有)信和サービス様、特殊アタッチメント製作や本体油圧回路改造等に協力いただいた各メーカー様、関係各位には、ここに深謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】

飯塚 尚史 (いづか なおし)
青木あすなろ建設(株)
土木技術本部 土木リニューアル事業部
担当課長



馬欠場 真樹 (うまかけば まさき)
青木あすなろ建設(株)
土木技術本部
副本部長兼土木リニューアル事業部長



小笠原 司 (おがさわら つかさ)
青木あすなろ建設(株)
土木技術本部 土木リニューアル事業部
担当課長



次世代型油圧ショベルの開発

Smart Iron を体現する Cat[®] 320GC/320/323

白 澤 博 志

20 トンクラス油圧ショベルの開発において従来モデルからデザインを一新し、新技術と新機能を積極的に盛り込み、マーケットの期待を上回る製品の導入を目指した。先進的な油圧システムの適用等による燃料消費量の低減、タッチパネルモニタ等の新しいオペレータインターフェースの採用、メンテナンスアイテムの改良によるランニングコストを低減し、2D セミオートマシンコントロールシステム、ペイロード計量システム及び作業範囲制限機能を標準装備した油圧ショベルのラインナップにより、作業効率や安全性の飛躍的な向上を実現している。その技術について本文で紹介する。

キーワード：2D マシンコントロール、ペイロード計量、自動停止、作業効率向上、燃料消費量低減

1. はじめに

建設機械に対する排出ガス規制は、段階的に強化され、それに対応する形で油圧ショベルを始めとする製品の開発、モデルチェンジを繰り返し、サステナビリティを追求しつつ、ユーザーニーズに応じてきた。現時点、排出ガス規制強化は、オフロード法 2014 基準の適合により最終段階に到達した状況にあり、建設機械メーカーは、排出ガス規制対応に縛られない、今まで以上に自由なコンセプトのもと製品開発できる状態にある。

また、国土交通省の i-Construction の推進や、建設施工分野における人材不足に対応する省力化の必要性等から、ICT 建設機械に対する期待が非常に高まって

いる。一方で、ユーザーが求める製品性能は、アプリケーションやビジネススタイルによって様々であり、1つのモデルで全てのユーザーニーズに応える事は困難であった。これらの背景を受け、油圧ショベルの新モデル開発において、全ての面でデザインを一新し、ICT 機能を盛り込む事は勿論、多数の新しいシステムの採用を図った。また、様々な要望を抱える全てのユーザーに対応できるモデルラインナップを構築し、20 トンクラス(バケット容量 0.8 m³ ~ 1.0 m³ クラス)油圧ショベルとして、ユーザーの期待を上回る Next Generation (次世代) の製品と言える 3 モデル、Cat320GC/320/323 (以下「本シリーズ」という)を導入したので、本稿でその特長について紹介する (図-1)。



図-1 本シリーズ油圧ショベル

2. モデルラインナップ

3モデルのうち、320/323は、次に示すハイテクノロジーを標準で搭載したモデルで、従来モデルから大幅な作業効率向上と、優れた安全性を実現している。

- ・2D セミオートマシンコントロール 標準装備
- ・ペイロード計測システム 標準装備
- ・作業範囲制限機能 標準装備

また、スタンダードの位置付けのモデルの320が4.4Lエンジン（ツインターボ）を採用しているのに対し、7.1Lエンジンを搭載し、大型足回りを採用した323は、ハイパフォーマンスと高い安定性を期待するユーザに応える事ができるプレミアムモデルであり、標準バケット容量も1.0 m³としている。320GCは時間当たりコストの低減を実現できるベーシックモ

デルであり、4.4Lエンジン（DPF レス・シングルターボ）を採用し、320/323に比べて生産性（エンジン出力・油圧馬力）を多少抑えつつ更なる燃費性能の向上を図り、2D マシンコントロール等のハイテクノロジーの搭載を制限して入手性に優れたプライシングを行っている。

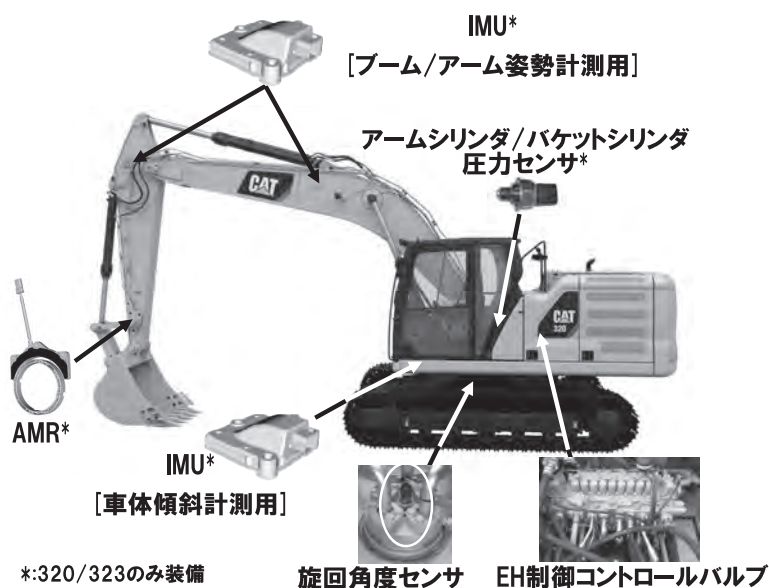
これら3モデルを20トンクラスにラインナップする事で、多様なユーザニーズに対応している（表―1）。

3. 新コンポーネント

本シリーズは、新コンポーネントを多数採用しており、中でも320/323はICTシステム、オペレータサポート機能を支える様々なセンサを標準装備している（図―2）。

表―1 本シリーズモデルラインナップ・位置付け

		320GC	320	323
エンジン	型式	C4.4 シングルターボ	C4.4 ツインターボ	C7.1
	NET 出力	90 kW	121 kW	121 kW
排出ガス規制対応技術		DOC + 尿素 SCR	DOC + DPF + 尿素 SCR	DOC + DPF + 尿素 SCR
標準バケット [m³]		0.8	0.8	1.0
足回り		スタンダード	スタンダード	ロング
2D マシンコントロール		－	標準装備	標準装備
ペイロード計量システム				
作業範囲制限機能				
作業用途			ヘビーデューティ	ヘビーデューティ
		ミディアムデューティ	ミディアムデューティ	ミディアムデューティ
		ライトデューティ		
位置付け		ベーシック [シンプル]	スタンダード [オールラウンダ]	プレミアム [高生産性・高安定性]



図―2 新コンポーネント

(1) EH (Electro-Hydraulic) 制御油圧システム

先進的な油圧システムを新たに採用している。従来の油圧パイロット方式に対し、新システムでは、操作レバーの動きを電気信号としてコントローラに入力、コントローラがコントロールバルブの各スプールのシフト量を調整する電磁比例弁を制御する方式に置き換えている。優れた操作性をもたらすと同時に、自由度の高いスプール制御が可能となり、車両の自動制御・自動停止機能の実現に大きく貢献するシステムである。また、高効率の電子制御式メインポンプも新たに採用し、燃料消費量の低減に貢献している。

(2) フロント／車体姿勢センサ (320/323)

320/323 は、アーム／ブームの姿勢、車体の傾斜をセンシングする為に 3 軸のジャイロと 3 方向の加速度計の機能を有する IMU (Inertial Measurement Unit: 慣性計測装置) を 3 個装備している。バケットの姿勢 (角度) はアーム先端第 2 ピン部に装備されている AMR センサ (Anisotropic Magneto Resistive: 磁気センサ) でセンシングしている。上部旋回体と下部走行体の油圧ラインを接続しているスイベル部に旋回角度センサを設置し、旋回角度をセンシングしている。

4. セミオートマシンコントロール

320/323 は 2D セミオートマシンコントロール (Cat グレードコントロール 2D + アシスト) を標準装備している。本機能を活用する事で作業効率が向上し、同じ施工でもサイクルタイムを 45% 短縮させる事も可能である (図-3)。

(1) ブーム／バケット半自動制御

基準点に対して、設計施工面の深さ・勾配を車両にすれば、バケット刃先の設計施工面に対する距離、勾配をリアルタイムでモニタ上に示す事ができる (ガイダンス機能) だけでなく、マシンコントロール機能を利用すると、アームの動作をマニュアルで操作するだけでブームの上下の動きが自動制御され、設計通りの深さ・勾配に掘削する事ができる。また、ブーム・アームを動かしても、バケットの対地角度を一定に保つバケットの自動制御機能も有しており、法面整形や水平均しなどバケットの底面を使って作業する場合に活用すると有効である。

(2) 旋回自動停止制御

トラック積込や溝掘削、ホッパへの投入作業等では、旋回操作を頻繁に繰り返す。このような作業で、旋回アシスト機能を使い、旋回を停止させたいポイントを設定すると、旋回操作レバーをフルに入れても、設定した旋回角度ポイントで、旋回が自動的に停止する。一度自動停止した後は、再度旋回操作レバーを入れると、旋回動作を継続して行えるので作業効率にも優れており、オペレータの負荷を軽減する機能である。

(3) アップグレード対応

標準装備の 2D セミオートマシンコントロールは直線的な設計施工面を対象としているが、段付きの法面・溝の掘削を対象とした Cat グレード 2D アドバンスドを工場出荷オプションとして用意している。このシステムにはコントローラ、10 インチタッチパネルモニタが第二モニタとして追加され、モニタ上で指をなぞ

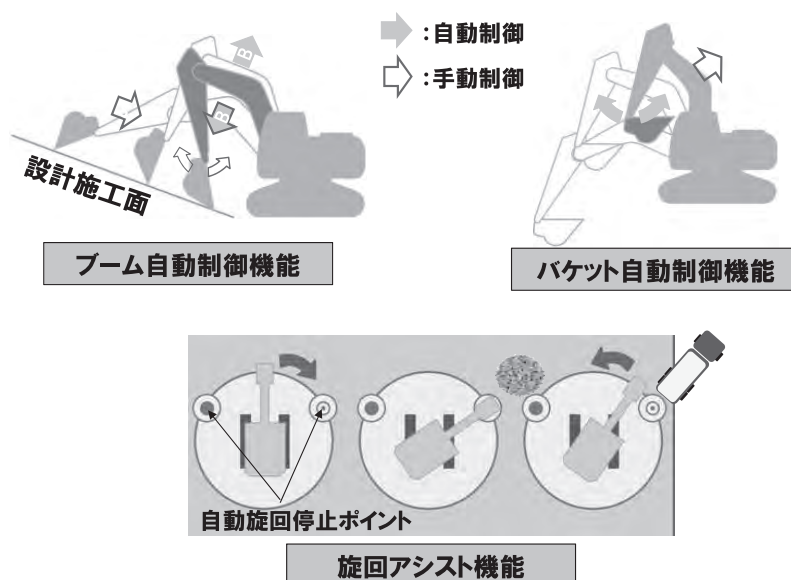


図-3 セミオートマシンコントロール機能

る要領で段付きの法面などの施工設計図をキャブ内で作成（インフィールドデザイン）、その設計図通りに、セミオートマシンコントロール機能で掘削する事ができる（図—4）。

また3Dセミオートマシンコントロール（Cat グレード3D）も工場出荷オプションとして用意しており、GPS/GLONASS アンテナと受信機、10 インチタッチパネルモニタが追加され、別途入手頂く無線機と併せて利用する事で、車両の位置を把握する事が可能となり、3D 設計図面通りの掘削施工の対応が可能となる。

5. ペイロード計量システム

320/323 はバケット内の荷の重量を計量して、トラック積載量の管理、生産量の管理に貢献するシステムを標準装備している（図—5）。

(1) トラック積込時計量機能

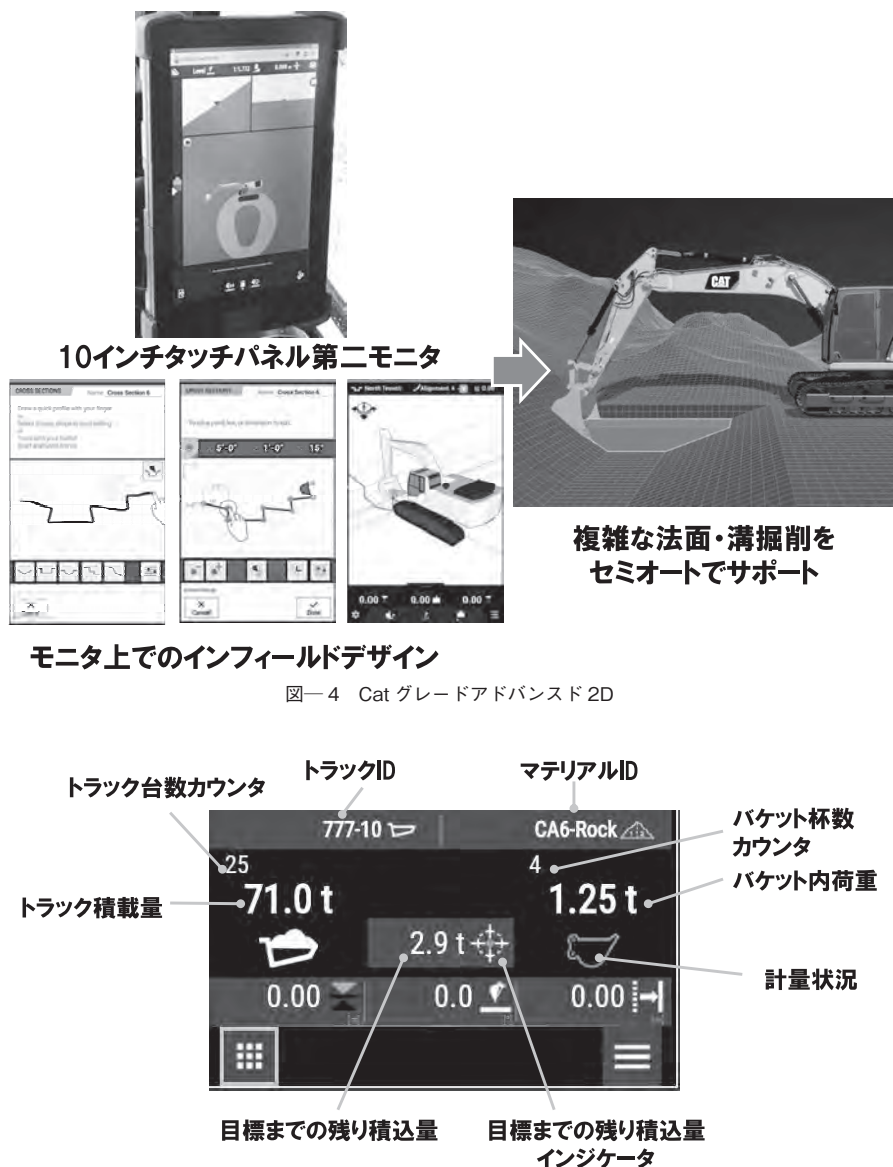
トラック積込作業時に、ブーム持ち上げ旋回操作中にバケット内荷重を計量し、モニタ上にトラックへの積載量を示すと同時に、予め設定した目標積載量までの残り必要な積込量を示すガイダンス機能を有している。これにより、トラックへの過積載や過小積載を回避する事ができる。

(2) 静的計量機能

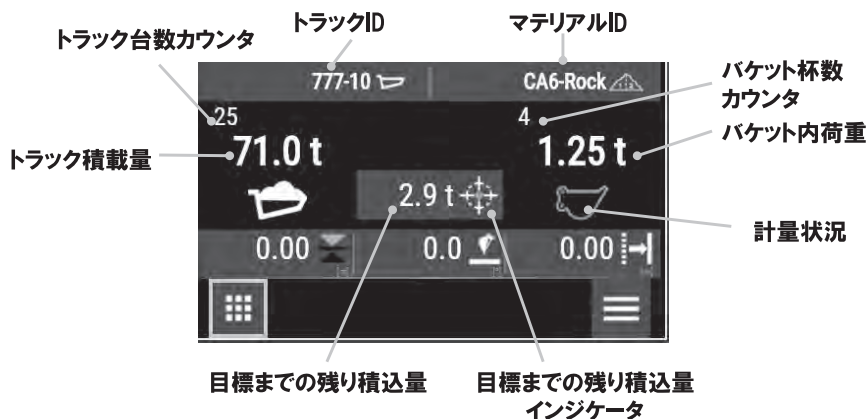
ブーム上げ操作だけの場合でもバケット内荷重を計量する事ができ、ホッパ投入作業時等のバケット内ペイロード把握に利用できる。

(3) オートキャリブレーション機能

システムのキャリブレーションには校正用ウェイト等の器材は不要であり、空荷でのフロント・旋回操作



図—4 Cat グレードアドバンスド 2D



図—5 ペイロード計量システムモニタ画面

のみで完了できる。キャリブレーションにはブーム持ち上げ旋回操作が必要であるが、旋回操作だけ手動で行えば、車両がブーム持ち上げ操作を自動制御してくれるので、連動操作が必要なキャリブレーション作業も容易に実施できる。

6. 作業範囲制限機能

320/323 は、障害物や周囲作業者との接触事故を回避するのに貢献する作業範囲制限機能を標準装備している（図—6）。

(1) 作業高さ／作業深さ／半径距離制限機能

設定した作業高さ、作業深さ、半径距離にフロントが近づくと、フロントの上昇、下降、伸ばしの動きを自動停止させる。車両上部に電線や橋梁がある、地中にガス管や水道管等の埋設物がある、車両前方に壁や建物があるなど、作業範囲に制限を与えたい場合に有効な機能である。

(2) 旋回角度制限機能

設定した旋回角度に近づくと、旋回の動きを自動停止させる。停止ポイントは右旋回位置・左旋回位置の2点を個別に設定可能であり、車両側方に道路や壁があるなど、右旋回・左旋回の動作を制限したい場合に有効な機能である。

(3) キャブ干渉防止機能

大型のバケットを装備する場合など、フロント姿勢によってはバケット刃先がキャブ構造物と干渉する作業範囲を有する場合に、バケットがキャブに接近すると、自動的にフロントの動きを自動停止させ、接触を

回避させる機能である。

7. オペレータインターフェース

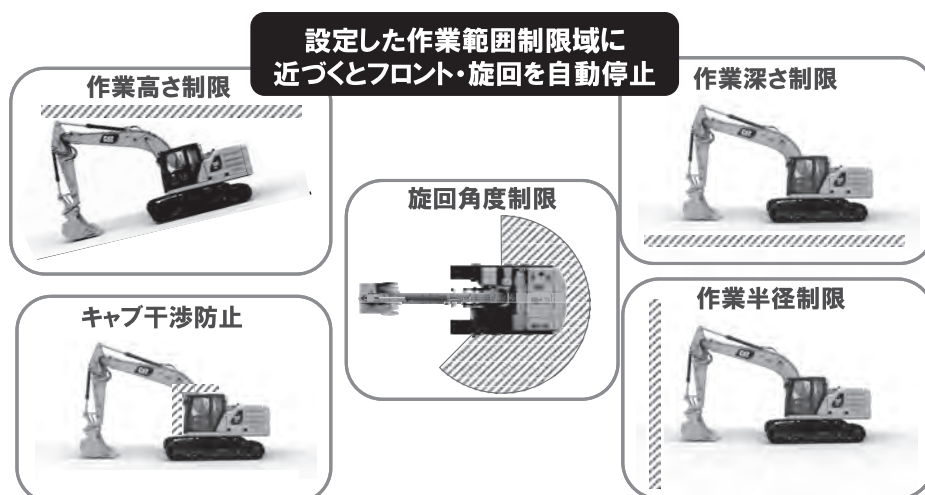
様々な機能・システムを車両に付与した事から、それらの操作をより簡単に、直感的に行えるようにオペレータインターフェースを従来モデルから一新した（図—7）。

(1) タッチスクリーンモニタ

8インチのタッチスクリーンモニタが標準装備されている。モニタ上に表示されるメニュー選択画面、数値入力画面、アイコン等を指でタッチして操作する事が出来る。軍手などの手袋をはめた状態でもタッチスクリーンモニタを操作可能である。モニタはタッチスクリーンで操作できるのに加え、操作レバーのすぐ近くに設置されているジョグダイヤルスイッチでも操作



図—7 オペレータインターフェース



図—6 作業範囲制限機能

が可能である。モニタまで手を伸ばさずとも、手元のジョグダイアルの回転動作・上下左右動作・クリック動作で直感的にモニタ操作が行える。

(2) 操作レバースイッチ

左右の操作レバーにはそれぞれ、スライダ式スイッチ1個とプッシュスイッチが4個装備されている。これらのスイッチにはそれぞれ20種類以上の様々な機能の割り振りが可能で、良く使う機能やオペレータの好みに応じて自由に設定でき、操作レバーから手を離さずに様々な機能进行操作する事ができる。

(3) セキュリティシステム

最大50件のオペレータIDを車両に登録可能であり、エンジン始動時（プッシュスタート）にオペレータIDのパスコードを入力すると、エンジンの始動が可能となる。また、320/323は、予め登録されたキーFOBあるいは専用アプリをインストールした個人のスマートフォンを持っていれば、Bluetooth通信で認証され、このパスコード入力をスキップしてエンジン始動する事ができる。オペレータIDにひもづいて、レバー操作方式の切替え、操作レバースイッチの機能割り振りが、車両始動時に自動的に変更される機能も有しており、一台の車両に複数人のオペレータが乗車する場合に、入れ替わり都度、設定を手動で変更する手間が省ける。

8. メンテナンス・サービス性

メンテナンス間隔の拡大等でメンテナンスコストを最大15%低減（12,000時間稼働時）し、メンテナンス作業の更なる容易化を図る新技術を適用している。

(1) グランドレベルでの日常点検

全ての日常点検アイテムを、地上から実施する事ができる様に、エンジンオイルレベルゲージをエンジンルームだけでなく、車体右側ポンプ室内に第二エンジンオイルレベルゲージを新たにリモート設置している。

(2) 電動冷却ファン

従来のベルト駆動の冷却ファンから5個の電動冷却ファンに置き換えており、冷却対象のラジエータ、オイルクーラ、アフタクーラの状態に応じて、個々のファン回転数を最適制御する。ファン騒音の低減や、寒冷期のエンジン始動時には回転数を最低化して暖機を促進させる。ファン消費馬力も低減される事から、燃料消費量の低減にも貢献している。また、リバースファン機能も標準装備されており、クーリングパッケージのコアに詰まったホコリや異物を、ファンの逆回転による送風で吹き飛ばす事ができる（図—8）。

(3) プレクリーナー体型エアフィルタ

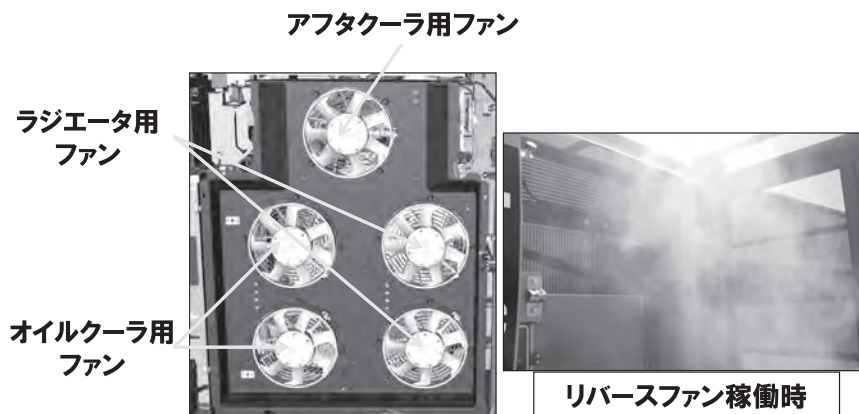
従来、プレクリーナーはエアフィルタとは別置きで、オプション扱いとしていたのに対し、新型のエアフィルタシステムは、標準でプレクリーナー一体構造としている事から、エアフィルタエレメントの寿命が2倍に拡大している。

9. 安全機能

上述した作業範囲制限機能以外にも、安全性の向上に寄与する新技術が適用されている。

(1) オペレータ視界／アクセスシステム

燃料タンクは、複雑な形状に成形可能な樹脂素材を採用している。柔軟なデザインが可能となった事から燃料タンクの高さを低減してオペレータの車体右側視



図—8 電動冷却ファン



図-9 機体上面アクセスシステム

界を向上させると同時に、燃料タンク形状を機体上面昇降用ステップも兼ねるデザインとし、車体右側センター位置から昇降する新アクセスシステムを採用している。両手分のハンドレールが装備されている事もあり、確実に三点支持をキープできる（図-9）。

(2) 走行方向表示／電子水準器

足回りに対する上部旋回体の相対位置をリアルタイムでモニタ上にアニメーション表示できる事から、180°旋回状態で起きやすい走行操作レバーの誤操作を回避できる。また、320/323はIMUにより、車体のピッチ・ロール状態をセンシングし、モニタ上にピッチ角度とロール角度を表示する電子水準器を採用している。

(3) 360°ビューカメラシステム

320/323にオプションで用意されている360°ビューカメラシステムは、車体周囲360°の視界を4つのカメラの映像を俯瞰図状にひとつの画につなげてモニタ上に表示するものであり、一目で車体全周囲の視界を確認する事ができる。

10. 燃費性能

本シリーズに採用されているスマートモードを選択している時には、作業負荷をモニタリングし、軽負荷作業が継続している場合には自動的にエンジン出力・油圧馬力を低減して、燃料消費量の低減に寄与する。上述の先進的な油圧システム、エンジン回転の最適制御、電動冷却ファンの採用、そしてスマートモードの活用により、従来機の320Eに対して最大24～30%の燃料消費量の低減を実現しており、お客様の燃料コスト削減に大きく貢献する。

11. おわりに

最新の20トンクラス油圧ショベルについて解説したが、これらのモデルはNext Generationの名にふさわしい先進性を有していると自負している。本シリーズが建設施工分野において、飛躍的な生産性・効率向上、コスト低減、安全な作業に貢献する事を期待している。本シリーズは将来的なアップデートを見越したベースデザインとなっており、今後もニーズに応えられる新技術を適用、導入し、お客様のビジネス成功に貢献する事を追求していく所存である。

JCMMA

【筆者紹介】

白澤 博志（しらさわ ひろし）
キャタピラージャパン合同会社
商品サポート部
主任

尿素水不要のエンジンを搭載した ハイブリッド油圧ショベルの開発

ZH200-6

太 田 泰 典

オフロード法 2014 年基準に対応するため、ほとんどの建設機械が尿素 SCR システムを搭載しているが、NOx 還元剤として尿素水が必要となり、ランニングコスト増の要因となる。

ハイブリッド油圧ショベル「ZH200-6」（以下「本機種」という）は、尿素 SCR に依らずにオフロード法 2014 年基準に適合するエンジンを搭載し、新型ハイブリッドシステムと高効率油圧システムが高度に融合した制御システムにより、操作性と低燃費を両立した。本稿では、その技術的特徴について紹介する。

キーワード：油圧ショベル、省エネ、ハイブリッド、リチウムイオンバッテリー、オフロード法、尿素 SCR

1. はじめに

近年、建設生産システムの生産性向上を目的に、「i-Construction」が推進されているが、地球温暖化防止や低炭素社会の実現の観点から、建設機械においては燃費低減も重要である。また、最新のオフロード法への適合や低騒音化といった環境性能にも対応していく必要がある。

国土交通省は、建設機械に対しクラス毎に 2020 年燃費基準値を設定し、「燃費基準達成建設機械の認定制度」を実施している。また、先進技術であるハイブリッド機構や電動機構等により省エネ化を達成した建設機械に対し、「低炭素型建設機械認定制度」を設け、補助金や融資等支援措置による低燃費型建設機械の普及促進を図っている。

一方、環境省は大気汚染防止を目的に、オフロード法による排出ガス規制を強化している。オフロード法の規制値の推移を表 1 に示す。2014 年基準では 2011 年基準に対し、窒素酸化物（NOx）の排出規制が強化されており、この規制に適合するため、ほとんどの建設機械が NOx を無害な窒素（N₂）と水（H₂O）



写真—1 ZH200-6

に還元する尿素 SCR システムを搭載している。しかしながら、尿素 SCR システムには NOx 還元剤として尿素水が必要となり、ランニングコスト増の要因となる。

そこで、尿素 SCR システムに依らずにオフロード法 2014 年基準に適合し、燃費をさらに低減した本機種（写真—1）を開発した。本稿では、その特徴について紹介する。

2. ハイブリッドエンジン

油圧システムの効率向上により、油圧ポンプ駆動に必要なエンジン出力は減少傾向にあり、エンジンは中負荷領域の使用頻度が高くなっている。そこで、使用頻度の高い領域で低燃費となる小型エンジンを採用し、ハイブリッド機器であるアシスト発電モータとの

表—1 オフロード法規制値の推移（定格出力 75～130 kW）

単位 g/kWh

	オフロード法		
	2006 年基準	2011 年基準	2014 年基準
PM	0.20	0.02	0.02
NOx + HC (NMHC)	4.0	3.5	0.6

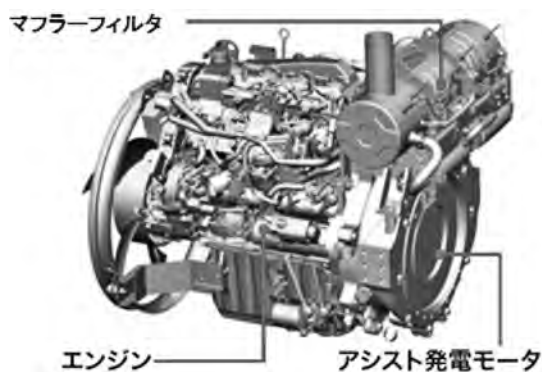


図-1 ハイブリッドエンジン

合計出力を従来とほぼ同等出力とすることで、高負荷作業にも対応可能としたハイブリッドエンジン（図-1）を開発した。

本ハイブリッドエンジンでは、オフロード法 2014 年基準対応として図-2 に示すような 2 系統のクールド EGR（排気再循環）システムを設けた。排出ガスの一部を冷却してエンジンに戻す EGR の比率を高く設定し、酸素濃度を抑制、燃焼温度を下げることで NOx の発生量を抑制している。また、排出ガス中の PM（微粒子状物質）は DOC（酸化触媒）と DPF（ディーゼル微粒子捕集フィルタ）で構成されたマフラーフィルタ（図-3）で捕集され、堆積した PM は従来と同様、再生制御により除去される。このような構成とすることで、本ハイブリッドエンジンは尿素 SCR システムに依らずにオフロード法 2014 年基準に適合し、尿素水を不要とした。

アシスト発電モーターは薄型で高効率な永久磁石モーターで、エンジンと一体化構造とすることで伝達効率を高め、エンジンルームに搭載可能とした。また、油圧ポンプの急峻な負荷変動に対し電動モーターの高応答性を生かした制御で、エンジンの負荷変動を平準化し（図-4）、ハイブリッドエンジンの信頼性を高めている。

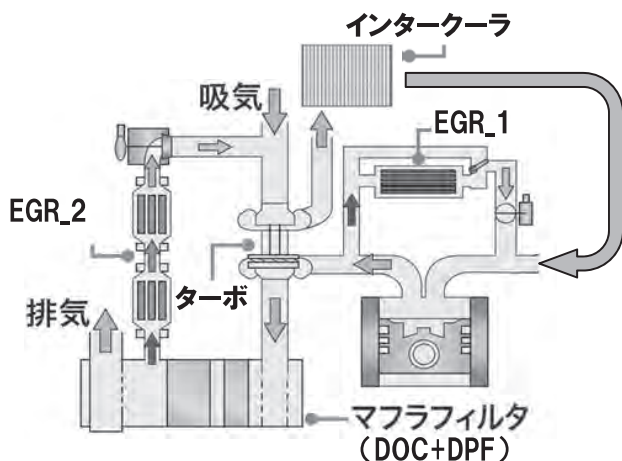


図-2 大容量クールド EGR システム

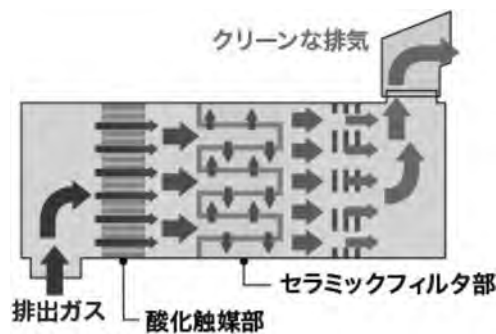


図-3 マフラーフィルタ

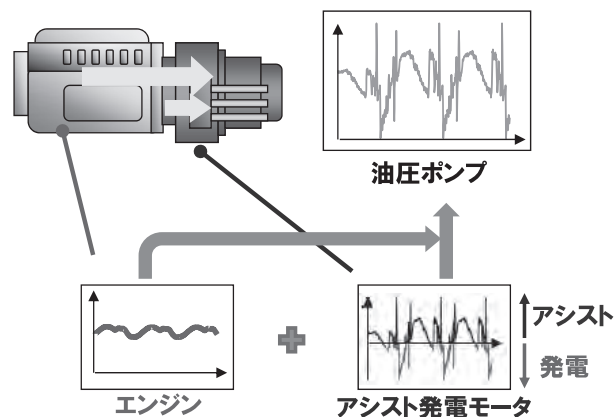


図-4 エンジンの負荷変動抑制

3. 制御システム

ハイブリッド油圧ショベルの機器配置を図-5 に示す。主要機器はハイブリッドシステムと油圧システムの構成要素として大別され、これら 2 つのシステムが高度に融合した制御システム（図-6）を構築している。

本システムの機能の一例として、図-7 を用いてエンジンモーター協調制御について説明する。油圧制御では、レバー操作量やポンプ圧等から油圧ポンプ駆動に必要なポンプ要求出力を演算し、ハイブリッド制御におけるエネルギーマネジメントでは、リチウムイオ

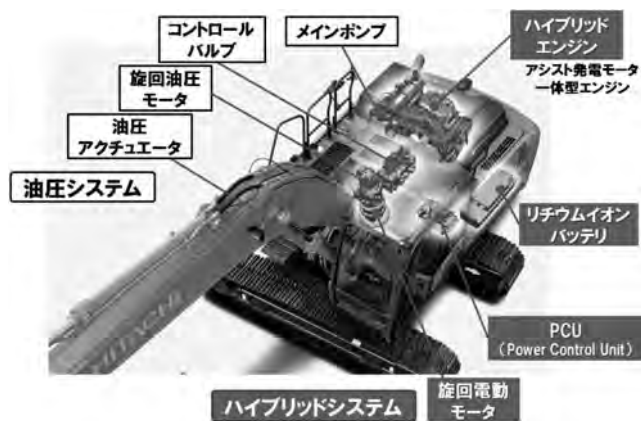


図-5 ハイブリッド油圧ショベルの機器配置

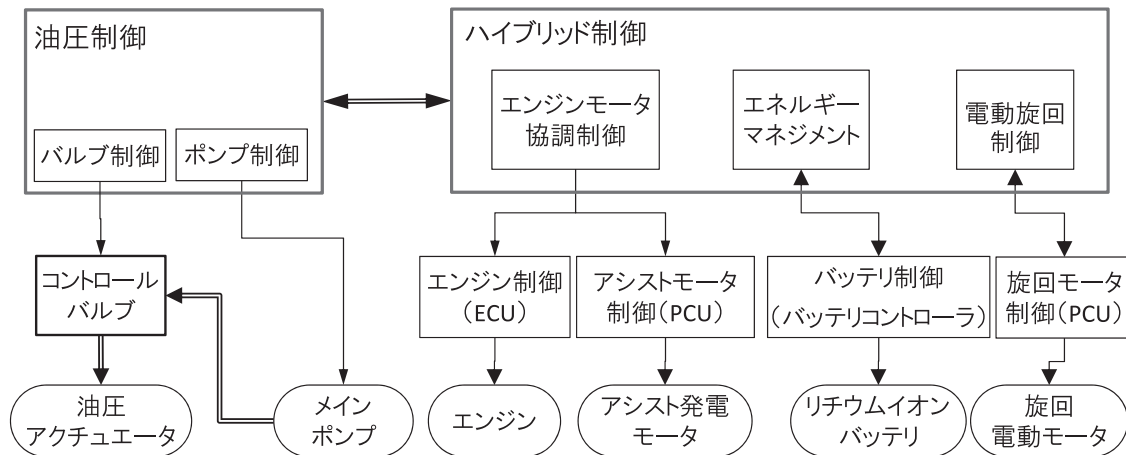


図-6 本システム

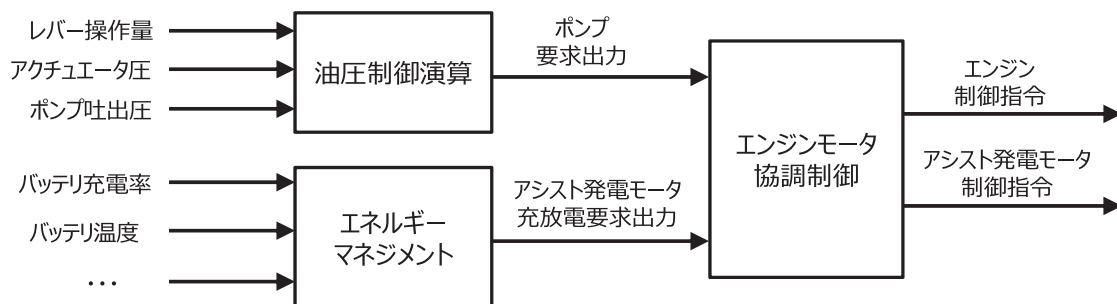


図-7 エンジンモータ協調制御

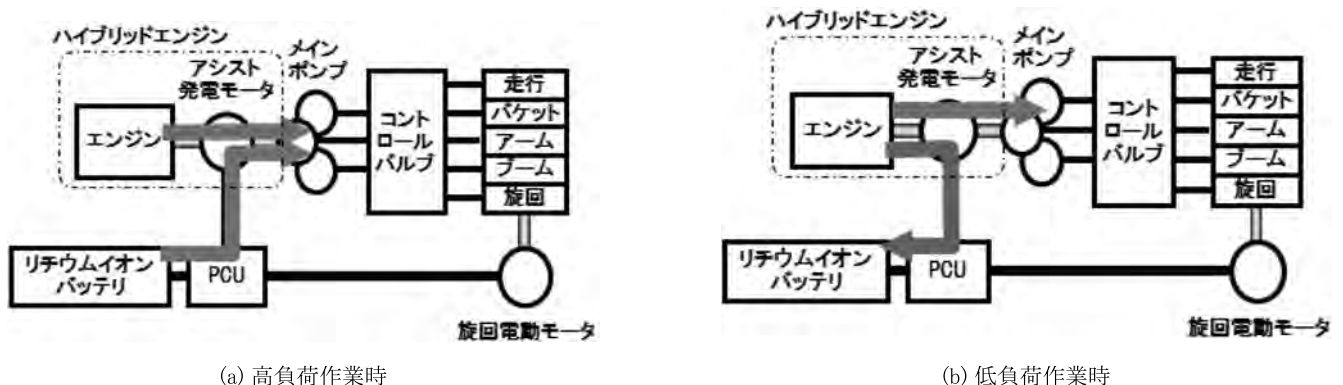
ンバッテリーの充電率等に応じたアシスト発電モータの充放電要求出力を演算している。これらの2つの要求出力の演算値を入力値とし、エンジンとアシスト発電モータで協調制御することで、油圧ポンプに動力を供給すると同時に、リチウムイオンバッテリーの充電率を適正範囲に保っている。

たとえば図-8に示すように、高負荷作業時にはリチウムイオンバッテリーの電力を用いてアシスト発電モータがエンジンをアシストし、エンジンとアシスト発電モータの合計出力により油圧ポンプを駆動する。一方、低負荷作業時にはエンジンの動力を用いてアシスト発電モータが発電し、リチウムイオンバッテリーの充電率を維持するよう制御される。

PCU（Power Control Unit、図-9）は、小型ながら大電流に対応可能で、車体コントローラからの指令に基づき、アシスト発電モータや旋回電動モータを制御する。また、PCU自体や制御対象の電動モータの状態監視、および機器保護機能等も有している。

旋回電動モータ（写真-2）は旋回油圧モータと旋回減速機の間に取り付けられ、従来よりも最大出力を38%向上し、ハイブリッド性能を強化した。PCUからの指令でトルク制御され、旋回体の減速時にエネルギー回生、加速時には旋回油圧モータをアシストし、燃費を低減している。

リチウムイオンバッテリー（写真-3）は、アシスト発電モータの発電電力や旋回電動モータの回生電力を



(a) 高負荷作業時

(b) 低負荷作業時

図-8 パワーフローの一例

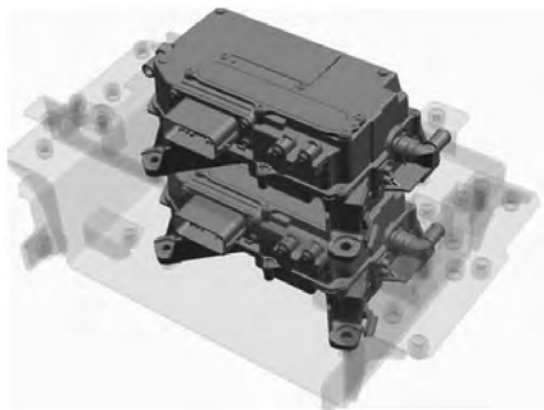


図-9 PCU



写真-2 旋回電動モータ

蓄電し、エンジンアシスト時や旋回加速時にアシスト発電モータや旋回電動モータに電力を供給する。従来のキャパシタよりも高出力(約4倍)、大容量(約20倍)で、電動モータへ安定した電力供給を可能としている。

リチウムイオンバッテリーは、耐衝撃性や防水性を確保するため、強固なアルミケース内に収納している。また、高温状態における劣化進行を抑制するため、ラジエータ前に搭載し、エンジンの吸込み式ファンによる外気導入で常温環境を保つと同時に、冷却水による冷却回路も設け、バッテリーの長寿命化に配慮している。その他、低温時のバッテリー暖機や過剰な充放電を防止するバッテリー制御で、安定したバッテリー性能を確



写真-3 リチウムイオンバッテリー

保している。

油圧システムは、従来の3ポンプ3バルブシステム(TRIASシステム)をベースとし、図-10に示すような電子制御をしている。レバー操作量や油圧負荷情報により、メインポンプやコントロールバルブを電磁弁で細かく電子制御し、油圧ポンプの余剰流量やコントロールバルブ内の圧力損失等によるエネルギーロスを最小化し、操作性を維持しながら低燃費を実現している。

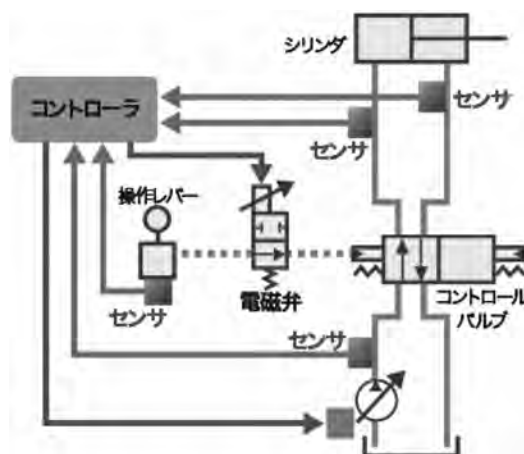


図-10 電子制御油圧システム

4. アイドリングストップシステム

ロックレバーのロック状態が一定時間経過した時に、エンジンを停止させる機能は従来と同様であるが、エンジン停止までの時間をマルチモニタにバー表示している。

設定時間が経過した時に、エンジンおよびアシスト発電モータを停止するが、アイドリングストップ中は、車体システムを待機状態(図-11)にして、アシスト発電モータによるエンジン再始動が可能な構成とし、静かで速やかなエンジン再始動を実現している。また、エンジン再始動にもマルチモニタを活用し、再始動のための操作内容を表示する等、安全にも配慮している。



図-11 アイドリングストップシステム

さらに、エンジンが停止してから所定条件を満たした場合、オペレータに再始動の意思がないと判断し、バッテリー上がり防止の為、車体システムをシャットダウンする機能も設けた。このシャットダウンまでの時間もマルチモニタにバー表示している。

5. おわりに

本稿では、オフロード法 2014 年基準に適合する本機種ハイブリッド油圧ショベル ZH200-6 の特徴を紹介した。20tクラスの油圧ショベルでは初めて尿素水不要とし、燃費も標準油圧ショベル（ZX200-6）に対し 20%の燃費低減を実現しており、ユーザーにとってランニングコストの抑制が可能である。

また、2020 年燃費基準達成や、低炭素型建設機械認定は当然であるが、小型エンジンの採用により低騒音化も実現している。低炭素社会の実現に向け、燃費低減への取り組みは今後も継続していくが、安全性や利便性を含めた市場ニーズにも応えていく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

太田 泰典（おおた やすのり）
日立建機㈱
研究・開発本部 先行開発センタ
主任技師



ハイブリッド油圧ショベルの紹介

HB335-3

中 村 勝

20tハイブリッド油圧ショベル3機種、豪州などの海外向けに市場導入した30tハイブリッド油圧ショベル2機種に続き、日本の特定特殊自動車排ガス2014年基準適合、北米EPA Tier4 Final、欧州EU Stage4の排ガス規制に対応した30tハイブリッド油圧ショベルを日米欧向けに開発、2016年より市場導入した。この30tハイブリッド油圧ショベルは、これまで培ってきたハイブリッド技術に加え燃費低減技術、安全性およびICTの最新技術を織込み、さらなる進化を実現させた。本稿ではその概要について紹介する。

キーワード：油圧ショベル、30tクラス、ハイブリッド、燃費低減、発電機モータ、旋回電動化、キャパシタ、インバータ

1. はじめに

近年、地球温暖化問題への対応として、自動車ではハイブリッド車や電気自動車が販売されている。建設機械においても、2008年に市販車として世界初の20tハイブリッド油圧ショベルを発売、2010年にはモデルチェンジ車、2013年には2011年排ガス規制に対応した20t車2機種の発売、また同年に30tに系列拡大した2機種を豪州などの海外向けに導入し、全世界の販売台数は2017年10月末までに合計4217台に達している。これらの販売・市場稼働実績で蓄積したノウハウと技術を活かし、次期30tクラスのハイブリッド油圧ショベル（以下「本開発機種」という）を日米欧向けに開発、市場導入したので、その概要について紹介する（写真—1）。

本開発機種は、土木作業向けと作業機とボディを強化して碎石現場に最適な仕様の2機種としている。

2. ハイブリッドシステム概要

ハイブリッドシステムは、これまでの機種のシステムを踏襲している。構成は、自社開発した旋回電気モータ、発電機モータ、インバータ、キャパシタで成り立っている。

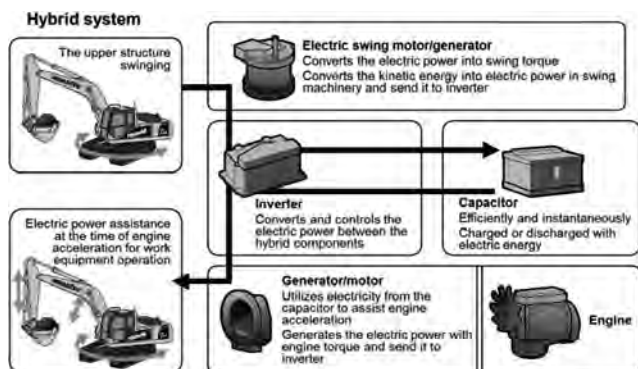
旋回ブレーキ時の上部旋回体の運動エネルギーを電力に変換しキャパシタへ供給（蓄電）する。旋回のフル電動化により、油圧ロスが無く、減速時のエネルギー



写真—1 本開発機種（土木作業向け）外観

を全量回収できる。また、発電機モータはこの電力を使って加速時のエンジンをアシストし、キャパシタの電力が減ってくると発電を行う。インバータは、キャパシタに頻繁に出入りするこれらの電力の制御を行っている。

このハイブリッドシステムでは、電気エネルギーを効率よく瞬時に蓄電・放電することを可能にするためにキャパシタを採用していることが特徴のひとつである（図—1）。



図一1 ハイブリッドシステム概要

3. ハイブリッドシステムのコンポーネント

ハイブリッドコンポーネントは、30tハイブリッド従来機のコンポーネントを踏襲している。一部整備性向上による形状変更を織込んでいるがレイアウトは同じであり、30t標準機（2014年適合車）と車体外観寸法を変更することなく、車体に装着している（図一2）。



図一2 ハイブリッドコンポーネント搭載概要

(1) 発電機モータ

発電機モータ（図一3）は、エンジンと油圧ポンプの間にビルトインされているため伝達効率が高く、効率の良い発電と優れたエンジン加速性を実現し、ハイブリッド機での燃費低減を図っている。

発電機モータは、発電機としてキャパシタへの蓄電補充と旋回加速時の旋回電気モータへの電力供給を行う。

また、発電機モータをエンジン加速アシストモータとして機能させることにより、操作待機時にはエンジンを超低速で保持し、レバー操作時には瞬時に必要回転へ復帰させる超低速アイドルリング、必要な油圧吐出量を確保しながらエンジン燃費の良い低速回転でのポンプマッチング制御を採用しているが、本開発機種では、エンジン、ポンプマッチング制御の変更により従来機よりさらなる燃費低減を実現している。

発電機モータには、SR（Switched Reluctance）モータ



図一3 発電機モータ

を採用している。SRモータは、構造が簡素でレアアース磁石を使用せず、耐熱性に優れている。この優れた耐熱性により、高温となるエンジンと油圧ポンプの間にビルトインされたモータの信頼性を高めている。また、永久磁石を使用していないため、エンジンアシストや発電を行っていない空転時の連れ回り損失が非常に小さく、燃費低減に貢献している。しかしながら、SRモータは構造上、振動・騒音の課題があるため大出力では実用化の例が少ない。表一1にSRモータと旋回電気モータに採用しているPM（Permanent Magnet）モータの特徴を示す。

表一1 SRモータとPMモータの特徴（当社比）

	SR モータ Switched Reluctance Motor	PM モータ Permanent Magnet Motor
駆動力	電磁コイル吸引力	永久磁石磁力とコイル磁界
構造	簡素	複雑
永久磁石	無し	有り（レアアース磁石）
耐熱性	高	中
振動・騒音	大	小
実用例	少	多
	オイルポンプ 掃除機	ハイブリッド自動車 電気自動車

SRモータは、ロータ（回転子）がステータ（固定子）の電磁コイルに吸引されることにより回転する。回転時の電磁コイルのON/OFFに伴い、吸引力もON/OFFが繰り返されるので振動・騒音が発生する（図一4）。

発電機モータは、20t車用に対して車格アップ分出力をアップしている。電磁力は出力に比例するため、ステータに作用する吸引力は20t車よりも大きくなり、振動・騒音の起振力が大きくなる分の強度アップが必要となる。一方、車載可能なモータのサイズには制約があるため、FEA（Finite Element Analysis（有限要素解析））や種々の実験・解析を行い、筐体・ステータコア等の構成部品形状と駆動制御を最適化することによって振動・騒音の課題を解決した。

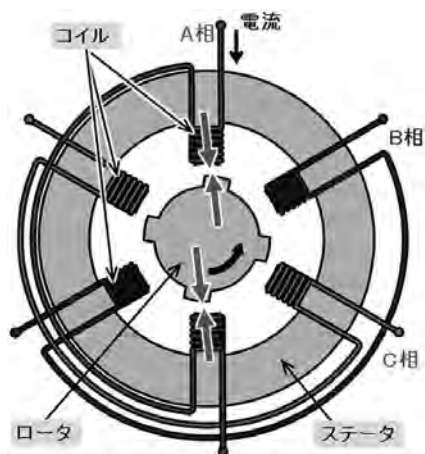


図-4 SR モータの構造

(2) 旋回モータ

油圧モータでは旋回減速時に熱として放出していたエネルギーを電動モータにすることで回収可能としキャパシタに蓄電する。このエネルギーを駆動時に再利用することで大幅な燃費低減を実現している。また電動モータは油圧モータよりも加速時の効率が良く、スムーズな旋回性能を発揮できる点も大きな特徴である。標準機の旋回減速機に減速段をアドオンで追加し、電気モータを高回転で使用することで、モータの効率アップと小型化を図っている（写真-2）。



写真-2 旋回電気モータ

(3) インバータ、キャパシタ

出力アップに伴うインバータとキャパシタのサイズアップを最小限にとどめ、コンパクトに搭載した。工具レスでアクセスでき点検が容易である（写真-3）。

インバータは、キャパシタ・発電機モータ・旋回電気モータ間の電流・電圧を変換・制御する機能を持つコンポーネントである。効率良い蓄電・出力制御を車体の頻繁に変化する稼働条件に応じて瞬時に行うことにより、燃費効率の大幅改善を可能とした。

キャパシタは、余剰エネルギーを蓄電および出力するコンポーネントである。通常のバッテリーとは異なり



写真-3 インバータ、キャパシタ

電子・イオンの移動のみで充放電でき、化学反応を伴わないことから、短時間での充放電が可能である。また、バッテリーに比べて劣化が遅く、長寿命で充電液の補充等のメンテナンスも不要であることから長期に稼働を続ける建設機械に最適である。

4. 燃費低減効果

本開発機種は、進化したエンジン、油圧、ハイブリッドシステムの電子制御とファンクラッチシステムの採用により標準車と作業性能はそのまま、大幅な燃費低減を達成した。

30t標準機（8型）と比較して作業量同一で平均30%、30t標準機（10型）に対し22%の燃費低減を達成した（図-5）。これは、平均的な使われ方同士で比較した場合を社内基準（車両管理システム『KOMTRAX』（以下「本車両管理システム」という）で取得したデータの解析による平均作業パターン）で実測した結果である。

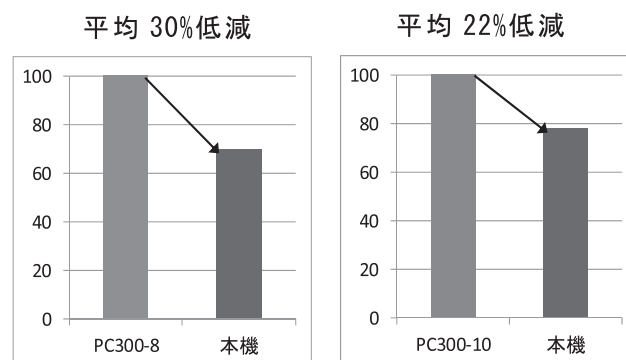


図-5 平均燃費効果

5. 低騒音化

本開発機種は、30tクラスでは業界で初めて超低騒音型建設機械の基準値をクリアした。オペレータ耳元の騒音は、20tクラスの油圧ショベルと同等レベルで

あり、快適な環境で運転ができる。本機では超低騒音を実現するために下記技術を織込んでいる。

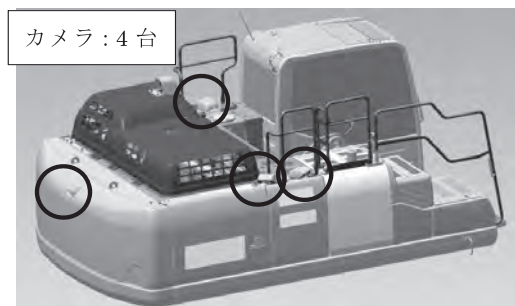
- ①エンジン回転低速化（従来機よりさらに低速化）
- ②ファンクラッチの搭載
エンジン水温，作動油温をセンシングして最適なスピードでファンを回転させる。
- ③低騒音シュラウド
- ④V字型フィン

6. 安全，快適性

(1) KomVision（一般建機用周囲監視システム）

機械側面と後方に設置した4台のカメラ（図－6）を用いて，機械周囲を俯瞰画像としてモニタ上に表示する事ができる（図－7）。

国内は標準装備としている。



図－6 カメラ配置



図－7 モニタ画面

(2) ロックレバー自動ロック機能

作業機操作レバーおよび走行レバーを操作した状態でロックレバーを解除しても，自動的にロックレバーがロックされる。

7. ICT，安心

(1) 高精細7インチLEDモニタ

大画面の高精細モニタを搭載。さまざまな車両情報の表示および本車両管理システムを活用した燃料経費

の削減から車両管理業務の効率化までサポートする。

以下の (a) (b) (c) の表示機能は30tハイブリッド従来機から織込んでおり省エネ運転のサポートとハイブリッドシステムの負荷状況が確認ができるようになっている。

(a) エコガイドンス，エコゲージ，燃費計

運転状況に応じて，4種類のエコガイドンスをリアルタイムにポップアップ表示し，タイムリーにオペレータに知らせることで省エネ運転をサポートする。また，エコゲージ，直近5分間の燃費の棒グラフ表示，平均燃費の表示機能がある（図－8）。



図－8 エコガイドンス，エコゲージ，燃費計

(b) 運転実績，燃費履歴，エコガイドンス記録

省エネガイドンスメニューから，“運転実績画面”，“燃費履歴画面”，“エコガイドンス記録”を表示でき，稼働状況を確認できる（図－9）。



図－9 運転実績，燃費履歴，エコガイドンス記録画面

(c) ハイブリッド温度ゲージ，エネルギーモニタ

ハイブリッドシステムの温度ゲージをモニタに表示し，エンジン水温，作動油温と同様にハイブリッドシステム温度をひと目で確認できる。

また，標準画面からワンタッチでエネルギーモニタ画面を表示でき，キャパシタの充放電や発電機モータ



図—10 ハイブリッド温度ゲージ、エネルギーモニター

のエンジンアシスト・発電の状況をエネルギーフローとして確認することができる（図—10）。

(d) AdBlue[®]管理

AdBlue[®]残量レベルをモニタ画面に常時表示。さらに補給が必要なタイミングになると、AdBlue[®]残量ガイダンスがポップアップ表示する。

(2) ID キー（標準装備）

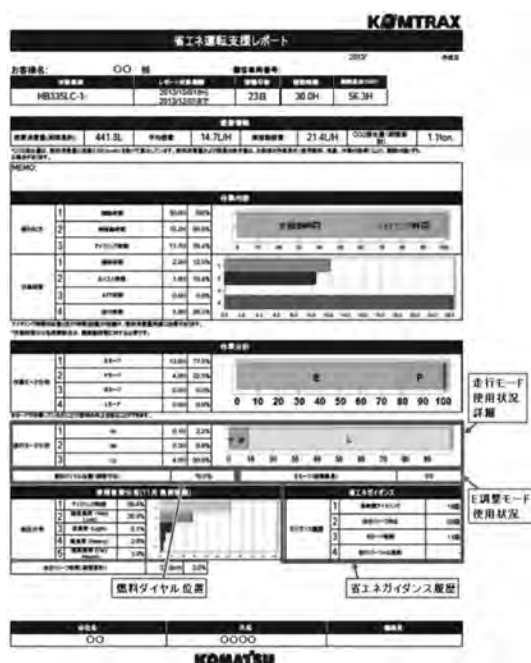
始動キーにICチップ内蔵のIDキーを標準装備。登録済のIDキー以外では、エンジンが始動できないようになっている。また、IDキーを使用した稼働オペレータ識別管理情報を取得することができる。

(3) オートアイドルストップ

アイドリングが一定時間続くと、無駄な燃料の消費とCO₂と排気ガスの発生を防ぐためエンジンが自動停止する。エンジン停止までの時間は調整することができる。

(4) 本車両管理システム機能の充実

これまでの本車両管理システムレポート内容に加



図—11 本車両管理システムレポート内容の充実

え、省エネガイダンス履歴、走行モード使用状況詳細等の情報を追加し、内容の充実を図った（図—11）。

8. その他の特徴

(1) エンジン

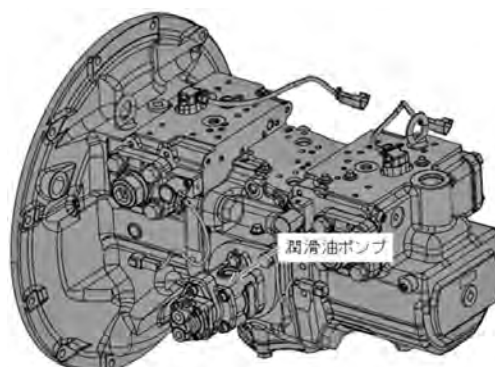
2011年規制対応技術を改良するとともに、新たにコマツディーゼルパーティキュレートフィルタ(KDPF)と触媒還元(SCR)を組み合わせた排出ガス後処理システムの採用により、NO_xと粒子状物質(PM)を大幅に低減した次世代エンジンを搭載。特定特殊自動車排出ガス2014年規制をクリアしている。

また燃費効率(燃費マップ)の大幅な改善を実現した。

エンジン出力は、30t級標準機種と同じである。

(2) メインポンプ

発電機モータと旋回電気モータ潤滑用の油圧ポンプをマウントしたメインポンプ。この潤滑油ポンプを用いた専用の潤滑システムによって、発電機モータと旋回電気モータの信頼性を確保している（図—12）。



図—12 メインポンプ

また、このメインポンプには斜板角センサが装着されており、ポンプ容量を精度よくセンシングすることにより必要十分なポンプ吐出流量を確保した上で、可能な限りエンジン回転数を下げることが可能となった。これにより、20tハイブリッド車で採用したマッチング制御を進化させ、エンジン回転数の更なる低速化による燃費低減を実現した。

(3) 仕様の充実

30tハイブリッド従来機でブレーカ、クラッシャ、フォークグラブ等のアタッチメントを追加したが、本開発機種では2アタッチメント仕様や、EU仕様などを追加し標準機と同様のラインナップとした。



図一 13 作業モード選択画面，Eモード調整画面

(4) 作業モード

20 t, 30 t ハイブリッド従来機と同様に，標準機と同一の多種類の作業モードが選択でき，Eモードの調整も可能で，現場の状況と作業の内容にあった最適運転を可能にした（図一 13）。

9. おわりに

2008 年の 20 t ハイブリッド油圧ショベルを導入以降，2011 年排ガス規制対応の HB205-2，30 t 系列拡大である HB335-1 に続いて，2014 年規制対応の 30 t ハイブリッド油圧ショベル HB335-3 を量産化，市場導入することができた。

今後も市場の情報・要求に対し迅速に対応し，ハイブリッド油圧ショベルの更なる商品力向上を図り，全世界に市場拡大していきたいと考える。

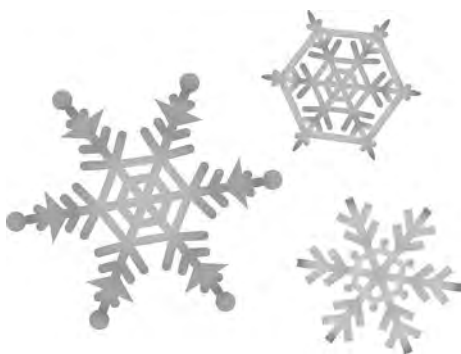
JCM A

【筆者紹介】

中村 勝（なかむら まさる）

コマツ

開発本部 建機第一開発センタ 環境商品開発グループ
チーム長



伸縮ブームクローラクレーン

TK750G・TK750GFS

花 本 貴 博

伸縮ブームクローラクレーンはクローラ走行体に伸縮ブームを搭載した移動式クレーンである。小型のものは地下鉄工事現場での敷板鉄板設置など狭所での荷役に用いられている。一方、大型のものはクレーン用途に加え基礎工事用途に広く用いられる。本報では、伸縮ブームクローラクレーンの特徴・用途ならびに、基礎工事用途に用いられる大型伸縮ブームクローラクレーンについて強度剛性、クレーン能力、輸送性・分解組立性といった課題を TK750G・TK750GFS の取り組みを交えて紹介する。

キーワード：クレーン、伸縮ブーム、基礎工事、オーガ、ハンマグラフ

1. はじめに

本機の外観を写真—1に主要諸元を表—1に示す。伸縮ブームクローラクレーンはクローラ走行体に伸縮ブームを搭載した機動性に優れた移動式クレーンである。これまで特に都市部における狭い現場の増加や道路占有が難しくなるなどの環境変化、また工期短縮の要望に応えるため、クレーン用途および基礎工事用途として活躍してきた。更に近年は、輸送性・分解組立性の改善が望まれている。本稿では伸縮ブームクローラクレーンの特徴と課題、また市場ニーズに応えるために開発した本機の特徴について紹介する。



写真—1 本機外観 (TK750GFS)

表—1 主要諸元

機種名		TK750G	TK750GFS
最大定格総荷重		t × m	75.0 × 3.0
ブーム長さ		m	10.0 ~ 30.1
ワイヤロープ	主巻	mm × m	φ 22 × 170
	補巻	mm × m	φ 22 × 75
	サード (オプション)	mm × m	φ 22 × 170
ロープ速度	主巻	m/min	120 (1 層目)
	補巻	m/min	120 (1 層目)
	サード (オプション)	m/min	120 (1 層目)
トランスリフト		標準	←
カウンタウエイト自力脱着装置		オプション	←
クローラ自力脱着装置		オプション	←
ブーム脱着装置		オプション	←
油圧源 (基礎アタッチメント駆動用)		オプション	←
本体輸送幅		mm	2,990
エンジン	型式	Daimler OM936LA	←
	定格出力	kW/min ⁻¹	254/2,000

2. 伸縮ブームクローラクレーンの特徴と課題

代表的な他の移動式クレーンとして図—1にラチスブームクローラクレーン(左)とラフテレーンクレーン(右)を示す。ラチスブームクローラクレーンはラチスブームが高張力鋼管を組み合わせ構成していること、およびブーム先端を支持することで圧縮柱として作用する仕組みであることから軽量高剛性である。また、クローラ走行体は接地圧が低く不整地に強い、そのためクレーン用途のみならず、重作業である基礎工事用途も得意とする。一方、ラフテレーンクレーン



図ー１ 代表的な他の移動式クレーン

は伸縮ブームが高張力鋼板で構成された各段が入子状に構成されており、油圧シリンダなどによりブーム長さを容易に変更できる。また、ホイール走行体は公道走行が可能で、そのため機動性が重視される作業を強みとする。

伸縮ブームクローラクレーンはこのようなラチスブームクローラクレーンとラフテレーンクレーンの特徴を併せ持っており、伸縮ブームによる機動性とクローラ走行体による不整地走行時の安定性に優れる。具体的には、都市部における狭い現場においても縮小した状態のブームを搭載するスペースさえあれば、機械を搬入し組立てることができる。さらにブーム先端に基礎アタッチメントを装着する場合でもブームを伸長しながら組立てることができる。このような現場ではブームを地上に伏せて水平に継ぎ足す必要があるラチスブームクローラクレーンは使用できない。次に不整地の現場においても接地圧が低いことから沈み込むことなく、安定して走行することが可能である。このような現場ではラフテレーンクレーンの場合接地圧が高いことから沈み込み脱出できなくなる恐れがある。

さらに伸縮ブームクローラクレーンには、最大吊り上げ能力 4.9 t 以下の小型のものから（写真ー2）、最大吊り上げ能力 20 t 以上の大型のものがある。小型のものは地下鉄工事現場での敷板鉄板設置など狭所での荷役に用いられている。一方、大型のものはクレーン用途に加え国内においては基礎工事用途に用いられることが多い（写真ー3～5）。以下この基礎工事用途に使用される大型の伸縮ブームクローラクレーンについて記述する。

ここで基礎用途の種類について少し触れておきたい。写真ー3 はプレボーリング工法と言われるものでブーム先端に装着された大きなドリルで地中に穴を開けたのち、H 鋼や鉄筋コンクリート製の杭を埋設する工法である。写真ー4 はオーガケーシング工法と



写真ー2 小型伸縮ブームクローラクレーン



写真ー3 プレボーリング工法



写真ー4 オーガケーシング工法



写真-5 オールケーシング工法

言われるものでブーム先端に装着された大きなパイプ状のカッターで地中に埋設された杭などの障害物を円柱状に切り取ったのちに引き抜く地中障害物撤去工法である。写真-5はオールケーシング工法のひとつでパイプ状のカッターをオールケーシング掘削機（写真-5右下）で地中に埋設された杭などの障害物を円柱状に切り取ったのち、ハンマグラブで引き抜く地中障害物撤去工法である。オールケーシング工法にはこの他に場所打ち杭工法がある。

このような特徴のある伸縮ブームクローラークレーンであるが、ラチスブームクローラークレーン並みの基礎工事用途に使用できる性能を実現するためには、①大型のウインチを搭載するスペースの確保、②構造物の強度剛性、③クレーン能力、といった背反の課題を解決する必要があった。更に輸送面におけるコンプライアンス遵守の流れから、④輸送時全幅、⑤輸送時質量の軽減が課題となった。以下本機の特徴を例にこの課題解決について紹介する。

3. 本機の特徴

(1) ウインチ配置

ラチスブームクローラークレーンではブーム基端部が上部旋回体の前端に設けられており、上部旋回体中央部にウインチを搭載することが可能である。そのため基礎工事用途に対応できる巻き取り力の強い大型ウインチの搭載も容易である。一方、伸縮ブームクローラークレーンでは後述するブーム装着時のコンパクト性とクレーン能力向上のため、ブーム基端部をなるべく後方に配置したいが、前述の大型ウインチの搭載スペースとの背反となる。そこで本機では主巻補巻ウインチを上部旋回体後方に上下に重ねて配置するとともに（図-2）、サードウインチは上部旋回体前方に配置している（写真-6）。これにより大型のウインチの搭載スペースとコンパクト性、クレーン能力向上といっ



図-2 第1第2ウインチ配置



写真-6 サードウインチ配置

た背反の課題を解決している。

(2) 構造物強度剛性

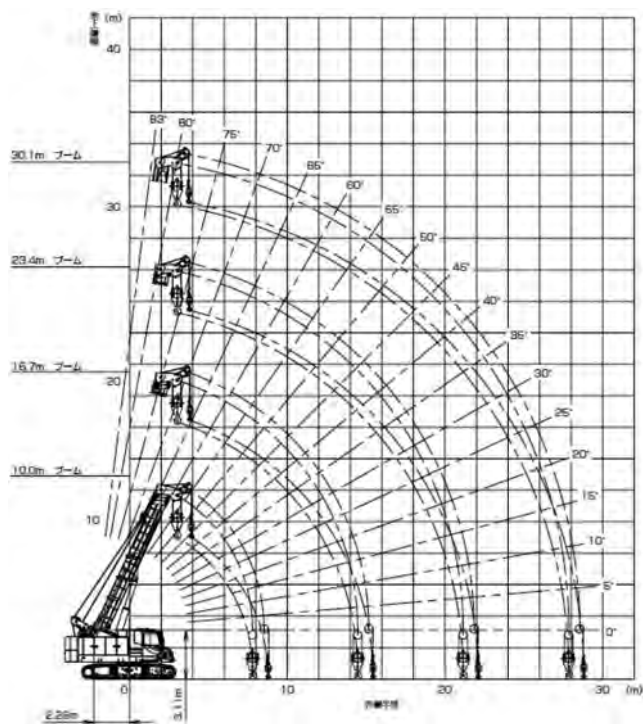
伸縮ブームクローラークレーンでは伸縮ブームと旋回フレームの構造物強度剛性が課題となる。本機では4段の伸縮ブーム（写真-7）を採用しつつ、ラチスブームクローラークレーン並みの基礎作業が可能な仕様とした。一般的なラフテレーンクレーンに採用される伸縮ブームとの違いは、より大きな水平力に耐えられること、全ての段を油圧シリンダで伸縮することで大きな伸縮力を発揮できること、基礎用途での繰り返しの荷重に耐えること、である。本機では旋回フレームにおいても同様に基礎用途に耐える強度剛性を確保した。



写真-7 伸縮ブーム

(3) クレーン能力

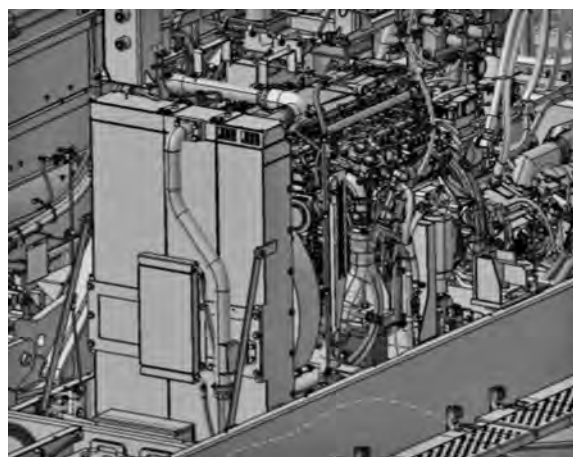
伸縮ブームクローラクレーンの場合、前述のように基礎作業に必要な伸縮ブームの強度剛性を確保しようとする、どうしてもブームが重くなりクレーン能力に悪影響がでる。本機では前述のウインチ配置により、重量物であるウインチを上部旋回体後端に集中させることでカウンタウエイト効果を最大化しクレーン能力の向上に対応した。さらに伸縮ブームの基端部を旋回中心後方 2.26 m まで後退させることで伸縮ブームの重心位置を後方に移動させ、クレーン能力にとって有利な配置とした（図—3）。また、建屋内や地下、橋梁の下など高さ制限のある現場において、より手前で作業することができ高いクレーン能力を発揮することができる。以上主要重量物のレイアウトを最適化し、伸縮ブームの強度剛性とクレーン能力向上といった背反の課題を解決している。



図—3 作動範囲図

(4) 連続作業性

基礎工事用途では、なるべく短時間に地中を掘削して杭を埋設したり、地中の障害物を撤去することを求められる。そのため高サイクルの連続作業による、エンジンの冷却水や油圧作動油のオーバーヒートが課題となる。そこで本機ではラジエータ、インタークーラ、オイルクーラを上部旋回体左前面に横並びに配置して、全ての冷却器に冷気が直接入るレイアウトとした（図—4 左からラジエータ、オイルクーラ、インタークーラ）。また大径の冷却ファンを採用することで十



図—4 冷却器配置図

分な風量を確保した。これにより冷却水や油圧作動油が容易にオーバーヒートすることのない基礎工事用途に耐える連続作業性を実現した。また冷却ファンの回転数を電磁クラッチで制御することにより寒冷時の暖機性にも配慮した。またエンジンは 254 kW として余裕のある出力を選択するとともに、後処理装置を SCR とした。SCR とは尿素水を利用して、排気ガス中の窒素酸化物（NOx）を窒素と水に分解して排気ガスを浄化する仕組みである。後処理装置には他に DPF がありそれぞれメリットデメリットがあるが、DPF の場合はフィルター再生の際にエンジン稼動に影響を受ける。基礎工事用途では本機のように本体から油圧動力を取り出して地中を掘削することがあるが、その際に作業の途中でエンジンの出力制限が行われると、ドリルが地中で固着するなど好ましくない状況となる。そこで本機では連続作業に配慮し SCR タイプとした。

(5) 輸送性・分解組立性

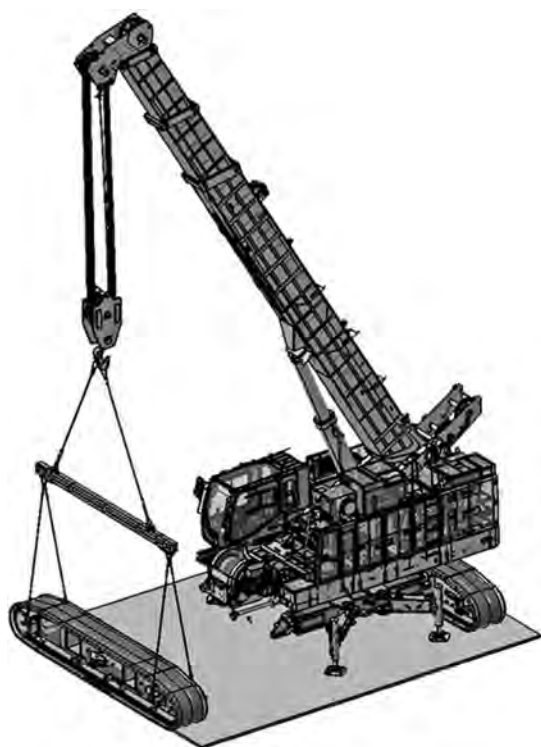
本機は輸送性・分解組立性の向上を図るため、全幅を 2,990 mm とし、従来のカウンタウエイト自力脱着装置に加え、クローラ自力脱着装置とブーム脱着装置を新たにオプション設定した。またカウンタウエイトの分解組立性改善を図った。以下その概要を示す。

(a) 全幅

エンジンのダウンサイズ、レイアウトの見直しにより全幅を従来機の 3,200 mm から 2,990 mm とした。これにより幅 3 m 未満のトレーラの使用が可能となり、トレーラの昼間待機が不要となることから、輸送コスト低減および、現場のスペース有効活用を可能とした。尚、ブーム中心軸と旋回中心をオフセットさせることなく、構造物の強度剛性に配慮した。

(b) クローラ自力脱着装置（オプション）

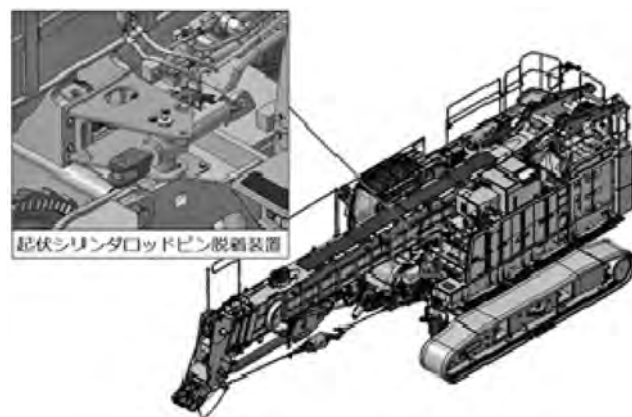
トランスリフタによりジャッキアップした状態で、専用の吊天秤を用い自力でクローラを吊って着脱することが可能である。安全面ではジャッキアップした状態でのクレーン能力を持っており、過負荷防止装置とも連動することで負荷状況を確認しながら安全に作業ができる。尚、ジャッキシリンダは跳ね上げて格納することで作業中のロードクリアランスを十分確保した。これにより凹凸のある現場においても、ジャッキ先端が地上と接触しにくくなっている。オプションには専用の吊天秤とクローラ専用吊り具も含まれる（図—5）。



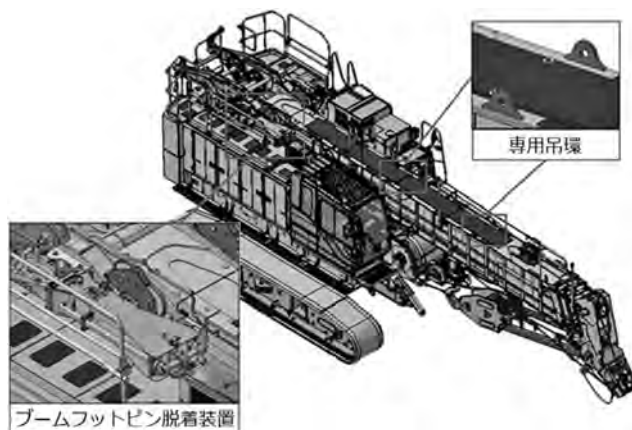
図—5 クローラ自力脱着状況

(c) ブーム脱着装置（オプション）

伸縮ブームクローラクレーンでは全質量のうち伸縮ブームが占める割合が大きく、昨今の環境変化により分解輸送時にブームを容易に取り外せることが市場ニーズとして高まっていた。そこで本機ではブーム脱着装置として、図—6に示す起伏シリンダロッドピン（起伏シリンダとブームの結合ピン）脱着装置および図—7に示すブームフットピン（ブームと上部旋回体の結合ピン）脱着装置を設けた。どちらも油圧シリンダによって、ピンを抜き差しする構造のもので、本体に設けられた専用の油圧回路により、スイッチ操作で容易にピンが抜き差しできるものである。また使用しないときには90°回転させて格納することができ



図—6 起伏シリンダロッドピン脱着装置



図—7 ブームフットピン脱着装置

る。これにより、ブームフットピン脱着装置では分解なしで全幅2,990 mm内に収まるレイアウトとし、起伏シリンダロッドピン脱着装置ではシリンダにワイヤーロープ等が引っ掛からないよう配慮した。

(d) カウンタウエイト自力脱着装置（オプション）

カウンタウエイトが無い状態でのクレーン能力を持っており、自身でカウンタウエイトを吊って、車両から積み下ろし地上に据え付けることが可能である。次に地上に据え付けられたカウンタウエイトを本体後部に設けられた油圧シリンダ駆動のアームの起伏動作と巻上げにより、自力で引き揚げ搭載できる仕組みとなっている（写真—8）。

(6) 環境・安全性能

(a) 環境性能

本機では国土交通省低騒音型建設機械の指定およびオフロード法2014年規制対応エンジンを搭載している。

(b) 安全性能

安全および機械の維持管理が容易となる遠隔稼働管理システム「KCROSS」を新たに搭載している。これ



写真—8 カウンタウエイト自力脱着装置

により機械の負荷率をはじめとする各種データやサービス情報を離れた場所でも確認することができる。

4. おわりに

伸縮ブームクローラークレーンは、クローラ走行体に伸縮ブームを搭載するため、特に基礎工事用途においては強度剛性、クレーン能力、輸送性・分解組立性といった構造上の課題も多い。本稿ではその課題と本機での具体的取り組みについて紹介を行ったが、市場からはさらに高い機能性能が求められている。また、狭隘地の増加や工期短縮、環境対応等の面から工法も変化しており、今後も更なる改善に努めていきたい。また、今回紹介した基礎工事の現場では様々な機械が活躍している。そのような活気ある現場で本機が活躍できれば幸いである。

【筆者紹介】

花本 貴博（はなもと たかひろ）
コベルコ建機㈱
グローバルエンジニアリングセンター（GEC）
開発本部 クレーン開発部
特機開発グループ



矩形シールド工法による高速道路ランプ部の施工実績

アポロカッター工法による小土被り・既設土留め壁近接併走掘進 阪神高速道路大和川線 常磐工区開削トンネル工事

真 鍋 智・加 藤 淳 司・浅 川 剛

地下に高速道路を構築する阪神高速道路大和川線建設事業のうち、出入口ランプと本線トンネルの分岐合流部を建設する常磐工区開削トンネル工事では、ランプ拡幅部の施工にあたり、地上の工事占用幅縮小による近隣住民への負担軽減を目的として、出口ランプ側を開削工法から矩形シールド工法に変更した。

矩形シールド工事は、小土被り発進、本線開削土留め壁近接併走掘進、下り 8% 急勾配掘進といった厳しい施工条件となり、これに対し厳格な切羽土圧管理による地表面沈下抑止対策やシールド機の姿勢制御、合成セグメントの採用による断面精度の向上等の各種対策を行った。今般、延長 225 m の矩形シールドの掘進を無事終えたので、その対策と成果について報告する。

キーワード：開削工法、泥土圧式シールド工法、矩形シールド工法、アポロカッター工法、切羽土圧管理、沈下抑止特殊充填材

1. はじめに

本工事は、大阪府堺市内の住宅地において堺市が事業を行う府道高速大和川線常磐西出入口付近の本線トンネル 350 m とランプ 376 m を開削工法で構築する工事である。本線から出口ランプに分岐する区間では、近隣住民への負担軽減策として地上の工事占用幅を縮小し、生活道路を確保することを目的に開削工法から矩形シールド工法に変更した。シールド線形は、延長 225 m、発進立坑から 8% の下り勾配、土被りは発進部で約 1.5 m、到達部で約 17 m である。セグメントと本線開削部の土留め壁芯材との離隔は 500 mm で、約 150 m にわたって近接併走掘進となる。トンネル覆工は、断面が大きい上に用地条件等の制約から覆工厚を極力小さくする必要があるため、六面鋼殻合成セグメントを採用した。本報告では、計画段階での矩形シールド工法への変更の際の構造検討と、施工における小土被り発進、本線開削部の土留め壁近接の併走掘進から到達までの各種対策と実績、評価を報告する。

2. 工事概要

(1) 事業概要

府道高速大和川線は、大阪府、堺市、阪神高速道路(株)の三者共同事業による延長 9.9 km の路線であり、その大部分は地下構造となっている(図-1 参照)。

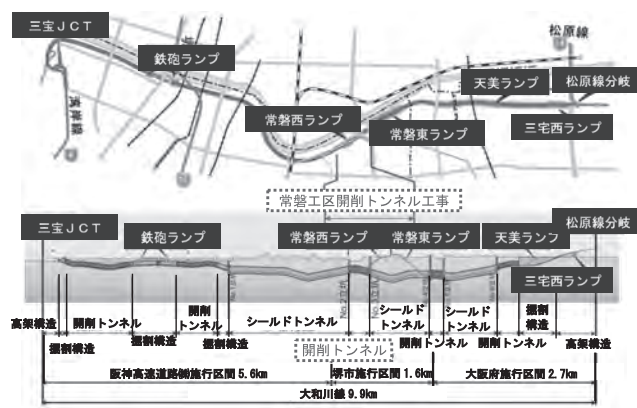


図-1 トンネル構造と事業区分（ランプ名称は仮称）

このうち常磐工区開削トンネル工事は、堺市施行区間に位置し、阪神高速道路(株)が同市から受託して施工している。本工区は、工区両端に本線施工のシールドを転回させる立坑を有し、また、両立坑間にはランプ分岐合流部（常磐西ランプ（仮称））を有するため、開削トンネル構造を採用している。

(2) 矩形シールド工法への変更

ランプ出口部分については、開削トンネル構造で構築する場合、沿道民家の生活道路を長期間車両通行止めにする必要があるなど、周囲に及ぼす影響が大きいことから施工法を再検討した。その結果、ランプ分岐部分は地中切開き工法で路下施工による躯体拡幅を行い、ランプ単独部分についてはシールドトンネルによる非開削工法をそれぞれ採用した。さらに、シールド

表—1 シールドマシン諸元表

シールド本体諸元		
外 寸 法	高さ 8,090 mm × 幅 8,480 mm	
機 長	9,050 mm	
シールド ジャッキ	上部	2,500 kN × 1,300 st × 34.3 MPa × 25 本
	下部	3,000 kN × 1,300 st × 34.3 MPa × 7 本
中 折 れ 角 度	左右 1 deg 上下 1 deg	
総 推 力	83,500 kN	
カッターヘッド諸元		
形 式	アポロカッター方式	
公 転 周 期	4 min/rev (0.25 rpm)	
カッターヘッド	回転数 4.7 min ⁻¹ トルク 720 kN-m	
揺 動 フ レーム	回転数 Max 0.9 min ⁻¹ トルク 1,900 kN-m	
公 転 ド ラム	回転数 Max 0.9 min ⁻¹ トルク 2,200 kN-m	
コピーカットストローク	Max 70 mm	

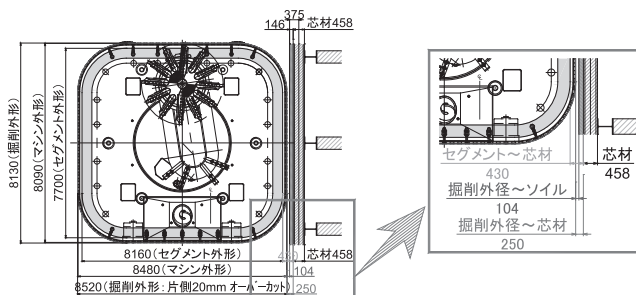


図-6 シールドと土留め壁の離隔

(2) 本線開削土留め壁との近接併走掘進

本線開削部の土留め壁併走区間では、図-6に示すように掘進時のシールド掘削外径と土留め壁芯材との実際の離隔は、さらに最小 250 mm まで接近する。このため、慎重な線形管理と同時に土留め壁への影響に配慮した切羽土圧の管理が要求された。

(3) 線形管理とシールド姿勢制御

土留め壁との近接併走掘進にあたり離隔を保ちながらの掘進が必要である。また、下り勾配 8% での掘進と到達付近での +1.37% までの引起しを伴うことから、線形管理がより重要となる。さらに矩形シールドの場合、ローリング発生により、マシンとセグメントの間隙（テールクリアランス）が著しく減少することでセグメント組立が困難になることが懸念された。これらのことから、マシン、セグメントともに方位とローリングを含めた姿勢制御を必要とした。

(4) 急勾配施工における安全確保

シールド掘進は下り 8% の急勾配施工であることから、セグメントや各種資材の坑内搬送においても、逸

走等による作業員との接触防止をはじめとする安全対策が必要である。また、切羽を含め坑内作業員の転倒を防ぐことや搬送設備の滑動防止といった対策も事前に計画する必要がある。

4. 各種対策と計画

(1) 小土被り発進の各種対策

発進に際しては、近隣民家にも接近しており、以下にあげる要件から沈下抑止対策と地盤崩壊防止策を施した。

- ・小土被り（押え盛土造成前の最小土被り 1.5 m）
- ・矩形断面の上部が平坦

表-2 の内容で、押え盛土と影響遮断壁（無芯ソイルモルタル壁）を配置し、水平傾斜計を利用した地表面沈下の自動計測を押え盛土造成時に設置した。また、シールドマシン前胴からは掘進中に沈下抑止特殊充填材を使用した。裏込め注入もシールドマシンからの掘進同時裏込め注入方式を採用した。写真-2 に発進状況を示す。

(2) 土留め壁近接併走掘進の切羽土圧管理

掘進時の切羽土圧管理では、今回の掘進に伴い深度が連続的に増えることから、掘進 10 m ごとに切羽土

表-2 小土被り発進対策

対策	内 容
(1) 押え盛土	・範囲…発進直後 L=16.5 m（機長程度）、 h=2.5 m ・盛土材…セメント改良土（50 kg/m³ 添加） ・目的…①切羽圧への上載圧 30 kN/m² 付加 ②加泥材、裏込め材の噴出防止
(2) 影響遮断壁	・範囲…発進直後 L=30 m 区間（深さ 15 m） ・立坑土留 TRD 施工時に無芯ソイルモルタル壁施工（南北 2 面） ・目的…周辺道路、家屋への沈下影響防止
(3) 浅層改良	・範囲…土被り 1D 相当（深さ 8 m）程度までの区間 ・表層…セメント混合改良（2 m 以深は薬液注入） ・目的…①地表面沈下の抑止 ②加泥材、裏込め材の噴出防止
(4) 地表面沈下計測	・範囲…発進直後 L=22 m（押え盛土区間含む） 2 m ピッチで水平挿入式傾斜計設置（沈下量演算） ・目的…①掘進時のリアルタイム計測 ②掘進時の設定切羽土圧の妥当性検証
(5) 沈下抑止特殊充填材	・範囲…掘進中のマシン周囲のカッター余掘り部分に充填（マシン前胴から掘進中に充填） ・材料…流動性（充填性）を有し、1 ヶ月で地盤強度相当に硬化

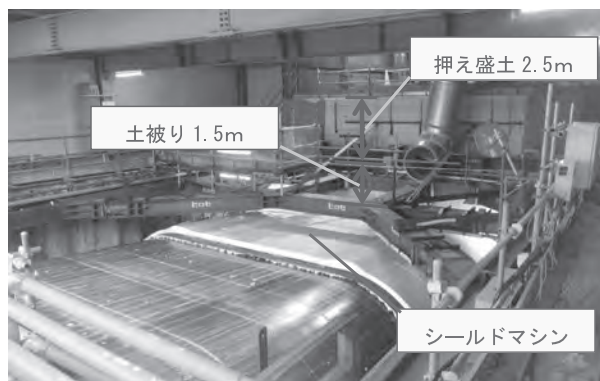


写真-2 シールド発進状況

圧管理値を地下水位も勘案し段階的に設定した。掘進距離、深度に応じた静止土圧、主働土圧、静水圧を図-7に示す。

掘進管理に際しては開削側の土留め計測管理データも同時に取り込み監視する計画とした。図-8に開削部の計測配置図を示す。掘進時は、実測の地下水位に基づく土水圧を再計算し、矩形シールド通過時の土留め変位と切梁軸力を計測しながら早い段階で最適な管理値を決定し掘進管理に反映した。

アポロカッター工法における切羽土圧管理は、泥土圧式シールド工法と同様の考え方に基づいて、噴発や閉塞を防ぎ切羽土圧を安定させるために、添加材調整によるチャンバー内での掘削土砂の均質な混合攪拌と流動性確保が求められる。本工法では、カッターヘッドが小径でシールド機フードから露出しているため、特に慎重な切羽安定確保が必要である。そこで、チャンバーには上下3段、左右対称で合計6点の土圧計を

配置し、カッター回転に伴う土圧分布を運転室内の土圧分布監視モニター（写真-3参照）にコンター図として可視化しながらの切羽土圧管理を行うこととした。

掘進は15 mm/min程度の速度で平均日進量2m（昼方のみ）である。以上の対策を表-3に整理する。

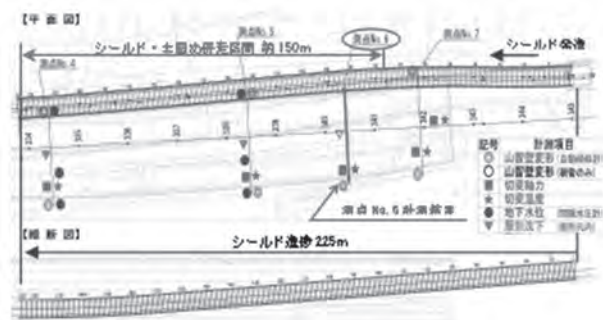


図-8 シールド併走部の土留め計測断面配置図

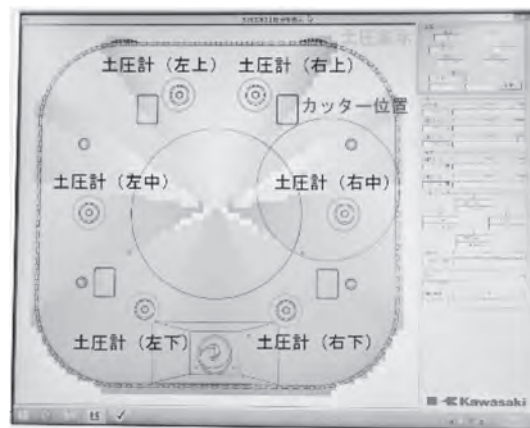


写真-3 土圧分布監視モニターにおけるコンター図

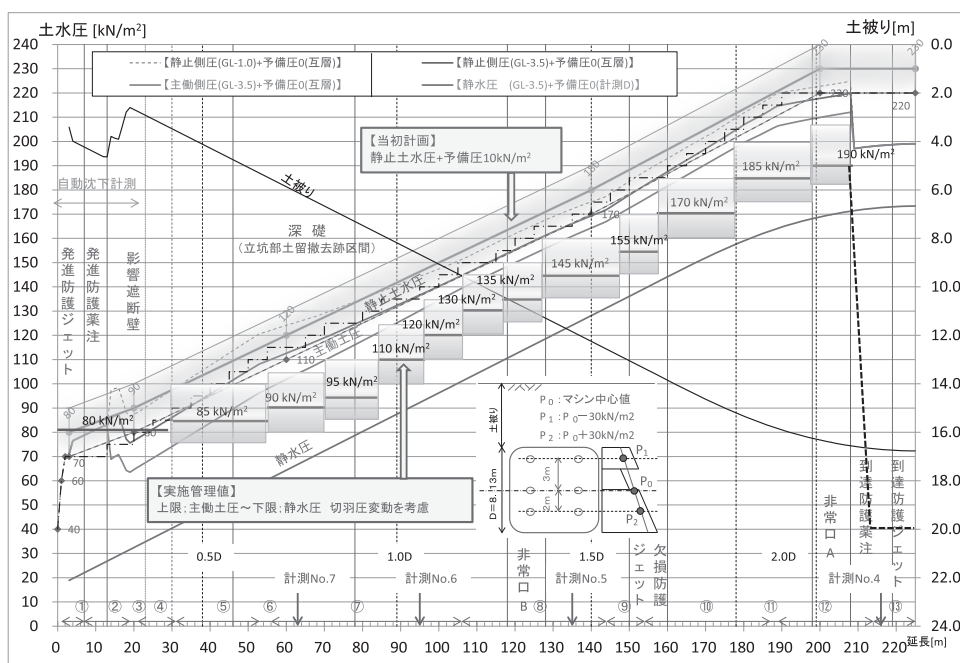
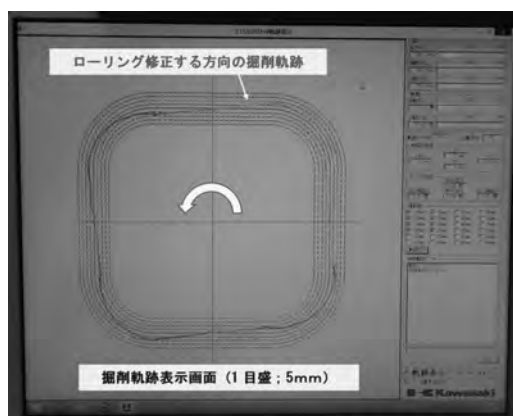


図-7 掘進深度に応じた切羽土圧管理値の設定

表一三 土留め壁併走掘進の対策

対策	内 容
(1) 計測関係	・本線開削部土留め計測との連携 土留め変位, 土留め支保工軸力, 間隙水圧 等 ・掘進データと同じ時系列でデータ監視, 整理
(2) 切羽圧管理	・本線開削部土留め壁の監視 (目視, カメラ設置) ・地表面への影響と合わせ, 切羽管理土圧設定を事前に検討 静止土水圧 + 予備圧 (10 kN/m^2) を基準に最適な管理値を設定 →発進時の沈下計測実績から, 主働土圧 + 予備圧での設定に変更
(3) 姿勢制御	・土留め壁併走区間では土留め壁側の緩みでシールド左右不均衡の恐れ マシン姿勢制御, ローリング制御の影響が想定されるため, カッター余掘り制御, 中折れ, シールドジャッキパターンで調整
(4) 線形管理	・シールド掘削外径と土留め壁離隔: 最小 250 mm → 慎重な線形管理が必要 セグメント幅を 1.0 m とし, 蛇行修正セグメントを計画的に準備



写真一四 ローリング修正掘削システム（操作画面）

(3) 姿勢制御システムの導入（線形・姿勢管理）

本線開削土留め壁との小離隔の掘進に際し, カッター余掘り制御によるローリング修正対策も施すこととした。アポロカッター工法のシールド機は, カッターの切削精度 (カッター回転軌跡) $\pm 3 \text{ mm}$ で掘進する。マシンがローリングする場合は, 写真一四のカッター操作画面に示すように目標軌跡をある座標軸で回転させたような軌跡として, 余掘り修正掘削する制御が可能である。

なお, シールド機には曲線施工時の余掘り量低減と, 到達付近での掘進勾配変化 (シールド機の引起し) に対応するために中折れ装置を装備した。

(4) 坑内搬送設備の工夫・改善

掘進時のセグメント (1 ピースあたり重量 4.5 t) をはじめとする坑内の資材搬送は, 逸走防止, 接触防止

といった安全確保が重要である。専用の特殊搬送台車について, 事前の制動確認の実験を行い導入することとした。掘進中の坑内運搬状況を写真一五に示す。また, 切羽でのセグメント組立に際しては, 勾配の影響を考慮しエレクター周辺の可動足場や後部作業デッキを水平に保つよう作業性に考慮した。

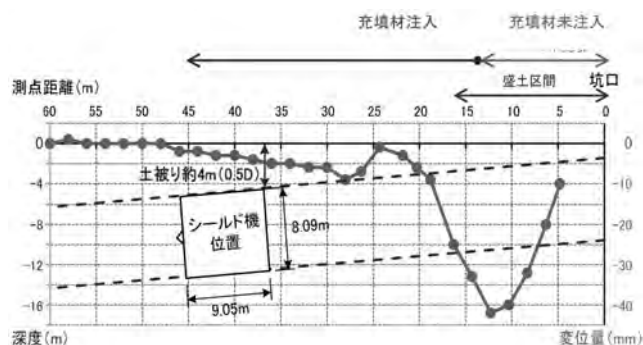


写真一五 セグメント坑内運搬状況

5. 掘進実績と評価

(1) 小土被り発進の評価

地表面沈下計測結果 (シールド機が図中の位置まで来た時点でのシールド中心線上での地表面沈下量) を図一九に示す。裏込め材と沈下抑止特殊充填材は, シールド機全長 (9.05 m) が発進立坑エントランス内 (地盤内) に入って坑口止水注入が完了してから充填した。発進直後の未充填区間 (工事占用帯の発進基地内) では, カッター余掘り分に相当する沈下が最大 40 mm 発生した。しかし, 充填開始後は沈下量は 10 mm 以下に抑制され, 沈下抑止特殊充填材の効果が発揮されたと考える。また, 発進後の押え盛土の効果により, 切羽土圧を作用させた際の添加材の地表面への噴出もなく安定した設定土圧を保つこともできた。シールド周辺地盤への沈下影響, 緩み影響の抑止のために築造した影



図一九 発進時の地表面沈下測量結果 (土被り 0.5D 掘進時)

響遮断壁の効果も発揮され、遮断壁外側の官民境界（歩道縁石）での地表面沈下量は、1 mm 以下に抑えられた。

(2) 土留め壁近接併走掘進の評価

掘進時は地表面沈下を抑制すると同時に、土留め壁に過剰な影響を与えないよう切羽土圧管理値を極力低く設定した。当初は静止土水圧（+予備圧）で設定したが、発進時の実績で沈下が抑えられたことから、主働土圧+予備圧（10 kN/m²）まで抑えた設定に変更した。初期掘進から本掘進まで延長 225 m を本線開削土留め壁からの漏水、出水を誘発することなく無事終えた。

計測断面 4 ヲ所のうち、土留め壁への作用土圧が大きい深度をシールドが通過するため、掘進前後の影響が最も現れた測点 No.6 での土留め計測結果を図-10 に示す。シールド通過前後で軸力がやや減少傾向にあったが、土留め壁変位はほとんど変化なく影響を抑えられた。

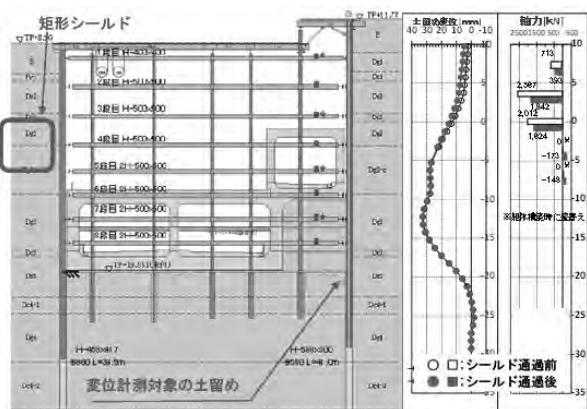


図-10 掘進前後の土留め計測結果（測点 No.6）

(3) 姿勢制御の実績

矩形シールド機の姿勢制御では、到達付近での下り 8% から +1.37% まで引き起こす線形であったが、中折れ装置を上方向に効かせることにより、セグメントに過剰な推力をかけることなく、目標の方位に掘進できた。

ローリング修正に対しては、掘進中のローリング角度やテールクリアランスを監視しながら、発生に応じて下記の対策を順次施した。

・カッター公転方向による修正

ローリング発生方向とカッター公転方向を逆転させ地盤切削反力を利用した修正を行った。

・中折れ装置によるマシン方位角変更による修正

中折れ装置により、マシン前胴の方向を傾け、重心位置を移動させることによる修正方法を用いた。

・余掘り修正掘削システムによる修正

前述のローリング修正掘削による余掘りで掘削軌跡を捻ることによって角度修正を行った。

ローリング修正実績として、セグメント組立に必要なテールクリアランス確保のための施工上の限界値と、トンネル構造物の建築限界確保のための品質上の限界値から、許容値を 0.5° に設定した。これに対し、施工中は最大 0.3° までローリングが発生したが、上述の余掘り修正掘削システムによる修正掘進により、1 機長相当の約 9 m の修正掘進を継続し基準の 0° までのローリング修正に成功した。今回工事で採用したアポロカッター工法の掘削機構が、矩形シールドの姿勢制御にも有効であることが確認できた。

6. おわりに

近年、狭隘な都市部において、小土被り施工や構造物近接掘進、非円形断面トンネルの計画など厳しい条件での工事が増えている。本工事で得られた知見が今後の工事の計画、施工に活用されれば幸いである。

謝 辞

工事に際し、矩形シールド工法への変更に伴う計画から設計、施工まで、ご尽力いただいた関係各位に謝意を表す。

J C M A

《参考文献》

- 奥平守幸, 原田大, 吉田潔, 真鍋智, 永森邦博, 小田誠: 地下通路工事における矩形シールド工法（アポロカッター工法）について, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008.9.
- 鈴木隆文, 山崎仁: 東急東横線渋谷～代官山駅間地下化工事（シールド工事）, 土木学会第 64 回年次学術講演会, 2009.

【筆者紹介】

真鍋 智（まなべ さとし）
鹿島建設㈱
機械部 企画グループ
次長



加藤 淳司（かとう あつし）
鹿島建設㈱
関西支店 常磐工区 JV 工事事務所
機電課長



浅川 剛（あさかわ たけし）
カジマメカトロエンジニアリング㈱
関西技術部 機工グループ
課長



自航式多目的船を使用した魚礁設置実績

AUGUST EXPLORER による近海域における定点保持機能の性能検証

吉 田 涼

昨今の水産業を取り巻く現状は、水産資源の悪化、世界的な水産物需要の逼迫等厳しい状況にあり、沖合漁業の生産量の減少は特に著しいものである。

水産庁では、積極的な水産資源の回復・増大を図るため、日本海西部地区（兵庫県、鳥取県、島根県の沖合）の排他的経済水域内において、保護育成礁を整備する日本海西部地区直轄漁場整備事業（フロンティア事業）を平成19年度より進めている。本報ではこの事業へ自航式多目的船「AUGUST EXPLORER」（以下「本船」という）を使用した実績及び本船に搭載された機能を紹介する。

キーワード：自航船、DPS、近海区域、水中トランスポンダー

1. はじめに

水産庁直轄フロンティア事業とは、兵庫県、鳥取県、島根県の各地区で製作した大型魚礁（高さ：4 m～5 m、重量：約20～43 t/個）を沖合数十キロの沿海～近海区域内に位置する各漁場まで運搬し、2 km四方の区域内へ定められた間隔で1個ずつ設置していくものである（図—1）。

魚礁を設置する水深帯は約200 m～350 mと通常の魚礁据付事業とは異なる大水深への設置となるため、特殊な管理方法を採用している。

2. 魚礁の位置管理

従来の魚礁据付管理方法は起重機船のクレーンジブ頂部へ取り付けられたGNSSでの位置管理であったが、大水深においてこの位置管理方法では海流・潮流等の影響が大きく、実際の水中位置の信頼性が低下してくる。

そのため、トランスポンダーを使用した水中音響測位方式によってリアルタイムで魚礁位置を検出し、計画位置へ誘導・据付を行っている。

音響測位方式とは、水中での音源（発信音）を船体に取付けられた複数のマイク（受信機）で拾うことによって音の到達時間差から位置を測位する方法である。

トランスポンダーとはこの音源の役割を担うもので、決まった音を受信すると設定された音を発信する



図—1 魚礁設置位置図

中継器（受送信器）であり、魚礁の吊り枠に取付けている。

3. DPS による自動定点保持

水中音響測位を使用し魚礁を所定の位置へ据付けるためには、起重機船を洋上で確実に定点保持することが必要である。

これまで採用していた定点保持方法は、起重機船（非航旋回式350 t吊）の船尾側アンカーを落とし、引船にて起重機船を引くことによって位置調整を行うアンカー固定方式を採用していた（図—2）。

アンカーを設置することにより洋上での定点保持は可能であるが、デメリットとして、水深が深くなるほ

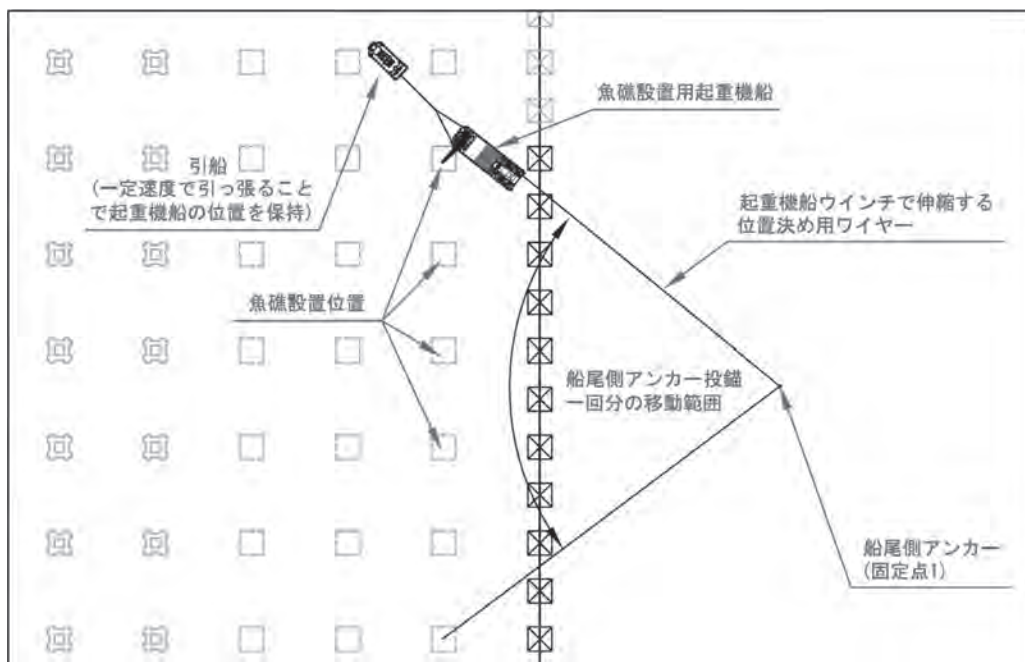


図-2 アンカー固定方式施工状況図

ど設置、回収および転錨作業に時間を要すること、施工中にアンカーがひけた場合、定点保持不能になり再設置を行う必要が生じることが挙げられる。

今回、使用した本船はDPS (Dynamic Positioning System) と呼ばれる定点保持機能を搭載しており、強い潮流や強風の時でもアンカーを使用することなく定点保持が可能である。

本船には船尾に360°旋回する（これをアジマス式と言う）スラスター（推進機）を2基、船首側には昇降して船内に格納できるアジマス式スラスター2基とトンネル式スラスター1基を有しており、GNSSによ

る船体測位を基に潮流や風速の影響を計算し、これら5基のスラスターを制御することによって、船体の向きや位置の保持や目的地の座標入力による自動転船が可能としている（図-3）。

特に船首側のアジマス式スラスターは昇降格納型を採用、通常航行時の抵抗軽減と浅い海域への進入を容易にしており、これらを除いた残り3基のスラスターでも定点保持を行えるようになっている。

また、ジョイスティックや回頭ダイヤルによる手動操船がブリッジおよび可搬型操作盤（写真-1）でも可能であり、位置の微調整や岸壁離接舷に威力を発揮する。

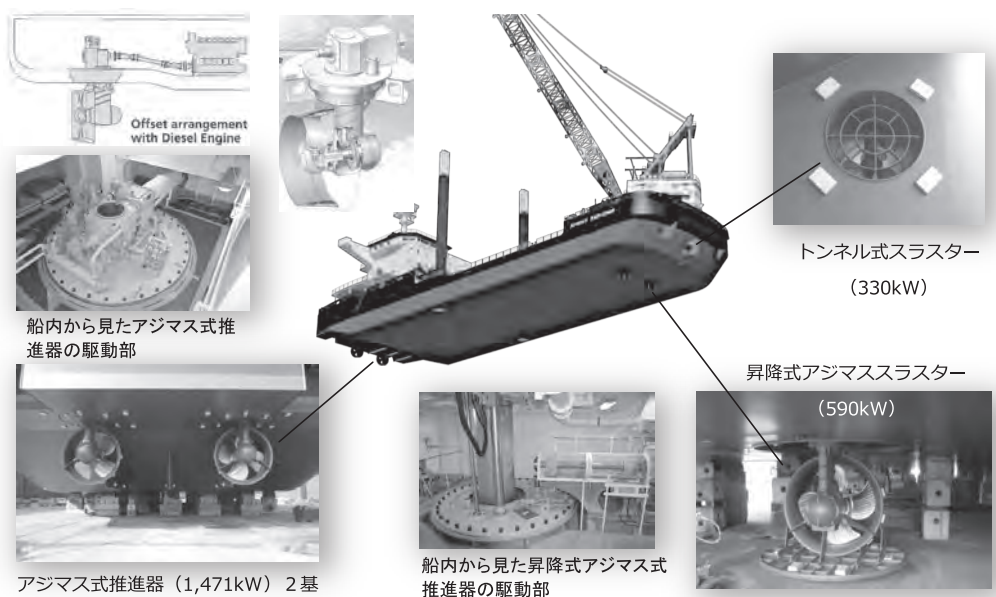


図-3 アジマス式スラスター及びトンネル式スラスター図



写真—1 可搬型操船装置

4. その他の本船の特徴

さらに本船は DPS 以外にも以下に挙げる特徴を有している。

①広い作業甲板

作業甲板は 36.7 m × 27.0 m のフラット構造であり、物資運搬や調査機器等の設置に柔軟に対応できる広さを有している。

また、重量物機材の搭載および艀装を考慮して鉄製甲板の厚みを 32 mm としている。

②長期間運用

海洋調査等で現場海域に長期間留まって作業することを考慮し、3 か月間の無寄港運用を可能とする大型

燃料タンク、海水淡水化装置、大型の冷凍貯蔵庫や食糧庫を装備している。

③多人数収容

調査業務では多数の研究者や作業従事者が乗船することも考慮し、34 部屋 52 名の最大搭載人員を確保、それに見合う船内居住設備等も充実している。

④洋上通信設備

近海区域航行に適応した通信設備の他に VSAT を利用したインターネット環境を構築、TV 会議システムをはじめ本土との情報共有をスムーズに行えるようにしている。

また、本船の主要緒元を表—1 に示す。

5. DPS とアンカー固定方式の定点保持能力比較

周辺に目標物の無い沖合での作業は船体方位も解り難いため D-GNSS により位置情報を取得し、独自の管理システムにて据付目標位置、船体図、魚礁水中位置をモニターへ表示させて据付管理を行っている。

アンカー固定方式も DPS 方式も船位が固定されれば、ほぼ変わらないとを感じるが DPS の能力を確認するため、従来のアンカー固定方式と DPS による自動定点保持システムによる定点保持能力の比較を行った。

比較条件は、各施工時の海象条件の良好及び荒天時について行い、比較方法は船体に取り付けている D-GNSS（船体方位用及びクレーンジブ頂部用）を魚礁据付開始時から着底時までの間、位置情報を連続記録（秒毎）したものを使用する。

比較内容は、以下の 7 個のデータを使用し比較したものが表—2、船体 GNSS の 10 秒毎の軌跡が図—4 である。

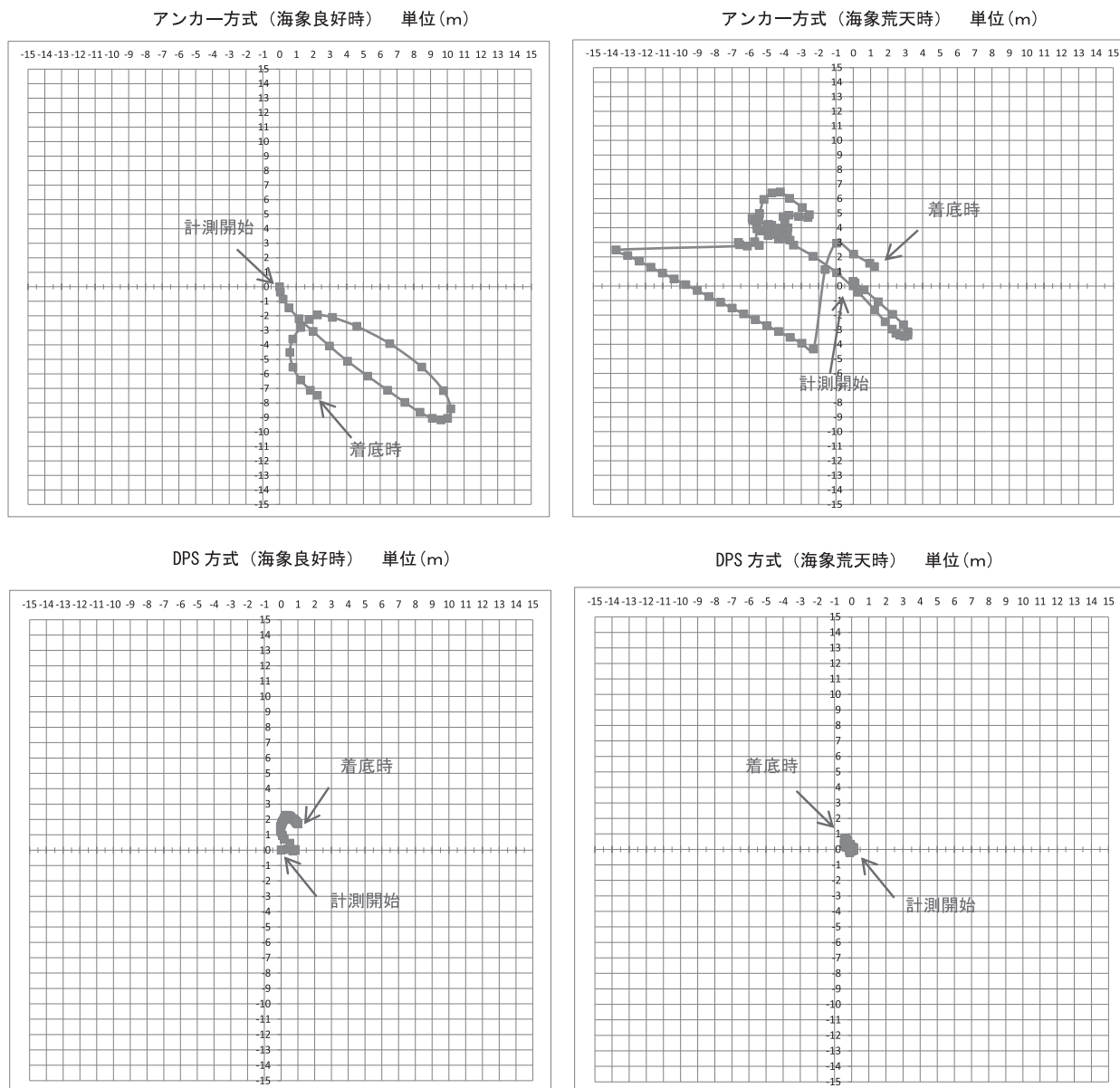
- ①波状況（波高、周期）
- ②魚礁重量
- ③据付水深
- ④据付時間（魚礁着水～着底まで）
- ⑤平均据付サイクルタイム
- ⑥クレーンジブ GNSS 総移動距離
- ⑦船体 GNSS 総移動距離

表—1 本船主要緒元表

船体全長	89.9 m
船体幅	27.0 m
船体深さ	5.0 m
最大積載荷重	3,500 t
最大搭載人員	52 名
総トン数	4,831 t
船級	NK2014
航行区域	近海区域（非国際）
推進装置	全旋回式 1,471 kW × 2 基
バウスラスター	昇降式全旋回式 590 kW × 2 基
補助スラスター	トンネル式 330 kW × 1 基
クレーン型式	SKK-50015GDT-K
最大吊能力	500 t
最大ジブ長さ	57.4 m
スパッド	1,500 mm 角 長さ 33 m × 2 本

表—2 各施工方式比較表

現場状況 施工方式	海象状況	据付年月日	波高	周期	魚礁重量	据付水深	据付時間	平均据付サイクル タイム	クレーン GNSS 総移動距離	船体 GNSS 総移動距離
アンカー方式	良好時	2016/7/12	20 cm	2 秒	38.4 t	-238 m	300 秒	20 分 / 1 基	46.3 m	33.4 m
	荒天時	2016/6/21	81 cm	4 ~ 6 秒	38.4 t	-289 m	840 秒	30 分 / 1 基	297.7 m	90.0 m
DPS 方式	良好時	2017/6/19	29 cm	4.5 秒	43.1 t	-298 m	390 秒	14 分 / 1 基	36.7 m	13.9 m
	荒天時	2017/6/6	79 cm	7.2 秒	38.4 t	-244 m	410 秒	24 分 / 1 基	48.3 m	33.2 m



図—4 船体 GNSS 軌跡図 (4 ケース)

以上項目による比較から各施工方式の特徴は下記の通りである。

- ①アンカー固定方式の海象良好時は風波等による影響も少ないものの、少しずつ流されて位置修正を行っている。
ただし、据付時間が短時間で完了したため GNSS の総移動距離は比較的少なかった。
また、クレーンジブ頂部に取付けた GNSS の移動距離も船体動揺が小さかったため位置調整の操作が少なく移動量も少なかった。
- ②アンカー固定方式の海象荒天時は風波等の影響が大きく船体固定が不安定であり、急激な位置修正を行っている。
また、船体動揺が大きいことから据付時間が長く、据付位置調整のためクレーンの操作量も多くジブ

トップの GNSS 移動量は相当大きなものとなっている。

- ③DPS 方式の海象良好時は定点保持が確実できているためクレーン操作量、GNSS の総移動距離は最も少なかった。
- ④DPS 方式の海象荒天時はアンカー方式と比較した場合、GNSS の移動量は約 1/3 程度となっており、GNSS 軌跡はほぼ、定点保持されている。
そのため、クレーン操作量も少なく荒天下でも安定的に据付できることが確認された。
- ⑤各ケースにおける平均据付サイクルタイムも DPS の方が 20 ～ 30% の減少が見られる。
また、軌跡図を見て解る通り DPS の自動定点保持は非常に有効に機能しており、船体位置保持に対する手間を大幅に減少させていることがうかがえる。



写真—2 本船による魚礁据付空撮

6. おわりに

今回、同事業に DPS 搭載船を初投入したが、従来の施工と比較した場合ある程度荒天下でも安定した施工が可能であることを確認した。

本船 AUGUST EXPLORER の DPS 機能はここ以外でも GPS 波浪観測ブイの撤去工事、自律型潜水調査機 (AUV) の複数同時運用などでも活躍している。

目的海域まで自力で航行し、アンカー無しでその場に留まり作業を行い、自力で帰港するという新しいス

タイルが今後、我が国の沖合海洋資源調査、水産資源の保護、再生エネルギー開発など様々な分野へ導入されて行き、さらに高度な工法に発展すれば幸いである。

J C M A

〔筆者紹介〕

吉田 涼 (よしだ りょう)
東洋建設(株)
中国支店 工事部
課長



遠隔操縦型水中バックホウと 水陸両用型水中バックホウ

イエローマジック7号とイエローマジック8号

米 光 梶 貴

潜水士の安全性や施工能力の向上を実現すべく、従来の潜水士搭乗型水中バックホウに改造を施し開発した「イエローマジック7号」（以下「本遠隔操縦 BH」という）は、遠隔操縦による無人運転機能を有し、潜水士作業では危険性の高い条件下における水中無人化施工が可能である。また近年開発した「イエローマジック8号」（以下「本水陸両用 BH」という）は、水際から水中まで1台で対応可能な水陸両用型水中バックホウである。これらの水中施工機械を国内の様々な水中土木工事に導入してきた。本稿では、各種水中バックホウによる施工事例を紹介し、その有効性を示す。

キーワード：水中施工機械、水陸両用、水中バックホウ、遠隔操縦、体感装置

1. はじめに

20 年余り遡ると、水中土木工事は、その殆どを潜水士による人力作業に頼っているのが現実であり、潜水士の安全確保・水中作業技術の継承、施工効率の向上等の課題を抱えていた。これらの問題を解決し、水中土木工事の効率化と安全性向上に寄与するため、平成7年に潜水士搭乗型の水中バックホウ「イエローマジック1号」を開発・実用化した。

その後、水中バックホウの施工場所・施工範囲の多様化を求める声に呼応する為、平成13年に遠隔操縦型水中バックホウ「本遠隔操縦 BH」（写真—1）を建造した。また平成28年に、水陸両用型水中バックホウ「本水陸両用 BH」（写真—2）を建造し、国内の様々な水中土木工事へ導入してきた。



写真—1 本遠隔操縦 BH



写真—2 本水陸両用 BH

本稿では、「本遠隔操縦 BH」と「本水陸両用 BH」の概要を述べると共に、施工事例を紹介することで、水中バックホウの有効性を示すものである。

2. 本遠隔操縦 BH

水中バックホウによる、水中土木工事の実績が示されることで、大水深域や危険箇所等の過酷な環境下での施工をはじめ、水中バックホウの施工範囲拡大が求められるようになった。同時に、過酷な施工条件においても、潜水士の安全性向上や施工効率の向上を実現していく必要があった。これらの問題を解決すべく、従来の潜水士搭乗型水中バックホウの機能をそのままに、無人運転に対応した本遠隔操縦 BH を開発、建造した。これと同時に、水中バックホウの姿勢情報などを体感情報としてオペレータへ提供する「水中

バックホウ施工支援システム」も開発，導入した¹⁾。

(1) 遠隔操縦型と潜水土搭乗型の切り替え

本体に装備しているバルブを操作することで，遠隔操縦型と潜水土搭乗型の切り替えを行うことが可能である。

(2) サンドポンプを自機に搭載

本体にサンドポンプを標準装備しており，潜水土搭乗型，遠隔操縦対応型にかかわらず水中での掘削・掘削土の排送が可能である。

また，サンドポンプはインバータにて駆動しているため，流量の調節を容易に行う事が可能である。

(3) 施工支援システム

一般にバックホウを使用した作業では，オペレータが自身の五感を通じてバックホウの動作や，作業対象の情報を把握し，操作を行っている。無人化施工を行う場合，この五感情報をいかにしてオペレータに提供するのが重要となる。

陸上での無人化施工では，施工状況は目視にて確認しながら，安全な場所からオペレータが遠隔操縦装置にて操縦を行っている。そのため，陸上の無人化施工では，遠隔操縦信号は無線式，施工状況は目視やカメラ映像による確認方法が一般的である。

しかし，水中無人化施工を実現する場合，既存の水中カメラによる映像では，低い透明度や作業に伴う濁りの影響で視認不能となるため，陸上の無人化施工技術の手法をそのまま適用することは困難であった。そこで，水中バックホウからの体感情報をオペレータへ

提供する要素技術を組み合わせた「水中バックホウ施工支援システム」(図—1)を開発した。各種装置を組み合わせることで，施工場所から離れたオペレータ席で，音や振動，傾斜等を実際に体感しながらの操縦が可能となっている。これによって安全で確実な遠隔操縦による無人化施工を可能としている。以下にシステムを構成する基幹装置について述べる。

(a) 施工管理装置

水中バックホウの姿勢（ブーム俯仰角度・旋回角度等），水深，油圧負荷，アタッチメント等の運転状況をグラフィック化や数値化し，オペレータ席のモニターに表示する装置である（図—2）。

(b) 水中視認装置

水中バックホウの遠隔操縦には，周辺状況や作業状況の視認・把握が必須と考えている。本遠隔操縦 BH では，水中カメラやカラーイメージングソナー，音響



図—2 施工管理装置画面

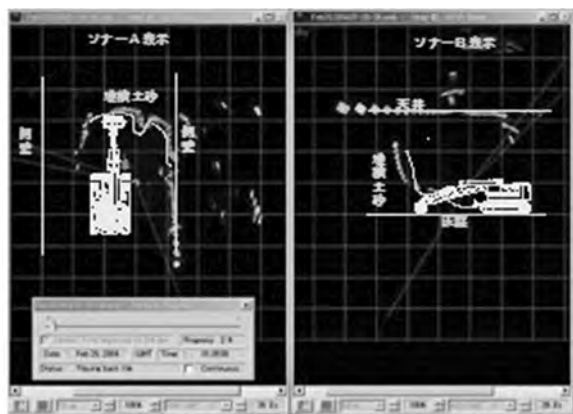


図—1 水中バックホウ施工支援システム概要

カメラを水中視認装置として搭載することで、水中での視界を確保している。

①カラーイメージングソナー

水中バックホウの周囲の構造物や施工対象物の状況など、比較的広い範囲の視認を行うための装置で、ソナーからの距離を点の集合でとらえる（図—3）。

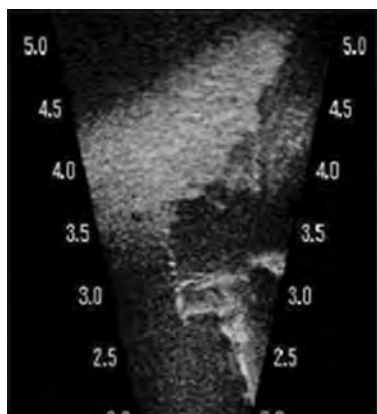


図—3 カラーイメージングソナー画面

②音響カメラ

光学式水中カメラでは撮影不可能とされていた濁水中や、暗闇での撮影を可能とする（図—4）。

カメラ前面の状況をリアルタイムでとらえる為、作業対象並びにアタッチメントの視認に使用する。



図—4 音響カメラ画像

(c) 水中音響装置

水中バックホウに取り付けた集音マイクを使用し、駆動音や、その他周辺の音を収集しオペレータ席で再現する。

(d) 体感装置

作業に伴う水中バックホウの振動、傾斜等をオペレータ席にリアルタイムに反映する装置である（写真—3）。

これによりオペレータは、実際に水中バックホウに



写真—3 遠隔操縦状況（体感装置）

搭乗し、作業を行うのと同様の感覚で操縦を行うことが可能であり、掘削・旋回・走行等の動作をスムーズに行うことが出来る。

3. 本水陸両用 BH

近年、水中バックホウに求められている作業は、ケーソンマウンド等の均し作業のみならず、海底ケーブル・取水配管の敷設やコンクリート構造物の撤去など、その作業内容や作業場所・作業水深が多様化し、水深の浅い水際の作業も増加してきた²⁾。

そこで、水際から水中までの施工を1台のバックホウで行える様に、エンジン式と電動油圧式を換装可能な本水陸両用 BH を建造した。従来のバックホウをベースにしているため、豊富なアタッチメントはそのまま適用可能である。

(1) リアデッキの換装

リアデッキを換装することにより、水際から水中までの作業を1台で行う事が可能である。装備の換装は半日程度で行う事が出来る（図—5）。



図—5 リアデッキ換装イメージ

適用水深は、水陸両用時は陸上～-4 m、水中使用時は-2 m～-50 m まで運用可能となる。

(2) エレベートキャブ

オペレータ席が水没する程度の水深では、エレベートキャブによりオペレータが水中に入ることなく作業可能となるため、作業負担の軽減と効率化を実現している（図-6）。



図-6 エレベートキャブ

(3) 減圧管理システム

水深 10 m を超える海域での水中作業中、潜水士は常に減圧症のリスクを抱えながら作業を行わなければならない。そこで減圧管理システムを同機に導入し、潜水士の状態を常に監視することで、減圧症のリスク軽減を図る（図-7）。



図-7 減圧管理システムイメージ

(4) 生分解性の作動油・グリースの採用

生分解性の作動油、グリースを標準で採用し、環境面へ配慮している。

4. 施工事例

(1) 放水路内堆積物除去工事

放水路内に堆積した土砂を遠隔操縦により除去した。

放水路内の堆積物除去は、作業が進むにつれて奥部に進むため、緊急時の救出が困難になる等、潜水士の重大災害が高くなる。そこで、本遠隔操縦 BH を導入して無人化施工を行った。図-8 に実際の施工イメージを示す。対象となる堆積物除去用に開発したロータリーカッター式浚渫装置を装着し浚渫を行った。前述の水中視認装置により、放水路内の床板、隅部まで確実に浚渫することが可能となり、施工品質の向上が見られた（写真-4）。

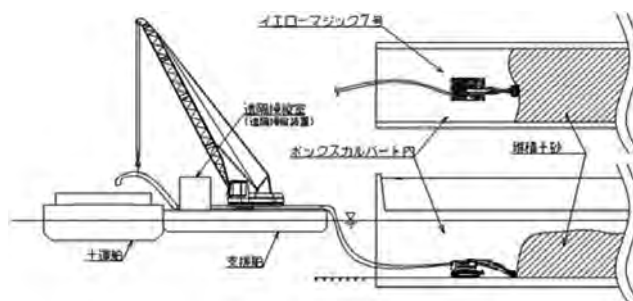


図-8 放水路内の堆積物除去状況

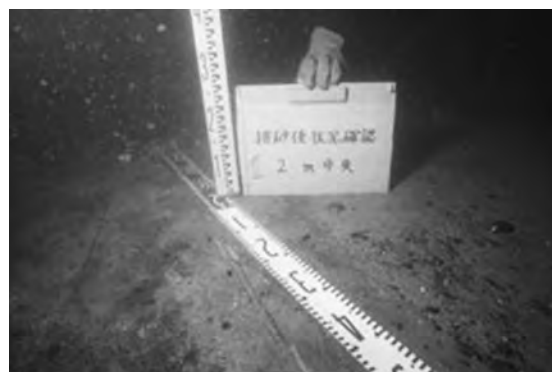


写真-4 堆積土砂浚渫後

(2) 護岸法面均し工事

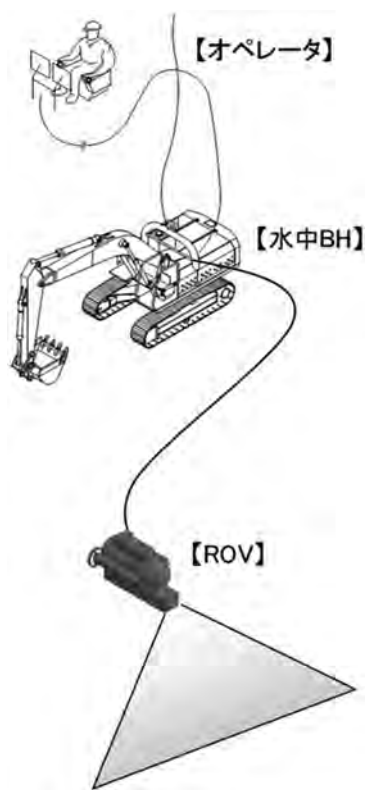
水深が浅いため作業船の侵入が出来ず、更に陸上機ではリーチが足りないため、海側から施工を行った（写真-5）。陸上機や作業船が接近することが出来ない場所で、本水陸両用 BH での施工は非常に有効である。

5. 今後の取り組み

現場への導入を通して実績を積み重ねると共に、適用工種・施工環境の拡大を図っていく。同時に、水中昇降機能、姿勢制御機構、遠隔操縦機能の拡充等を行い、あらゆる状況への対応力を高めることにより、現



写真—5 護岸法面均し状況



図—9 小型 ROV 装着イメージ

場へ導入する機会を増やしていきたい。拡充の一例として、小型 ROV を水中バックホウの補助装置とし、広範囲な作業エリアの状況把握、本体の簡単な修理などを行う（図—9）。また、アンビリカルケーブルを使用した遠隔操縦の高度化・設備の簡素化及び、耐圧性能を向上させることで、海底資源開発に目を向けた技術開発にも取り組んでいきたい。

6. おわりに

本稿では、本遠隔操縦 BH「イエローマジック 7 号」及び本水陸両用 BH「イエローマジック 8 号」の各種水中バックホウの仕様・施工事例を述べてきたが、これらの施工機械は水中土木工事における施工効率並びに安全性の向上に大きく貢献していると考える。

今後は、適用環境を拡大するべく、各種技術の向上に取り組み「水中バックホウ」を様々な方面に提案していきたい。

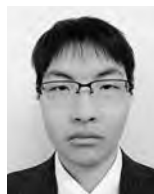
J C M A

《参考文献》

- 1) 熊谷崇信：遠隔操縦対応型水中バックホウの施工事例と有効性，建設の施工企画〈No.733〉，pp.41-45，2011.3
- 2) 東亜建設工業㈱：水陸両用／水中バックホウと大水深対応型水中作業ロボット，機関誌「作業船」10月号〈No.321〉，pp.19-24，2015.10

【筆者紹介】

米光 柁貴（よねみつ まさたか）
東亜建設工業㈱
土木事業本部 機電部 機械グループ



水深 100 m をロボ点検

水上からの遠隔操作で水中構造物を的確に点検

水中点検ロボット「ディアグ」と姿勢制御装置「アクアジャスター」

徳 永 篤

近年、多くの社会インフラ施設が老朽化する中、ダム水中部の潜水土による近接目視の代替・支援技術が望まれている。そこで水中における姿勢制御装置「アクアジャスター[®]」（以下「本装置」という）を搭載した水中点検ロボットを製作し、供用中のダムで実証実験を行った。

本稿では、流れのある濁った水の中でも鮮明な点検映像を取得できる撮影技術の他、水中点検ロボットのさまざまな機能の紹介を行うとともに実証実験の結果を報告する。

キーワード：ダム、水中点検、映像、鮮明、大深度、計測、位置情報

1. はじめに

我が国の多くの社会インフラ施設の老朽化が進行する中、年々リスクの高まる大規模地震や頻発する風水害などの災害対策および社会情勢として人口減少・少子高齢化といった重要かつ喫緊の課題がある。これに対して、近年、ICT などの活用により効率的・効果的な対応を可能とする技術を開発し、導入することが求められている。そうした中、ダム水中部の潜水土による近接目視の代替または支援技術の現場検証が国交省から公募された。そこで当社開発技術である本装置を搭載した水中点検ロボット「ディアグ[®]」（以下「本ロボット」という）を新規製作し、供用中のダムで実証実験を行って、水中のダム堤体面やゲート設備などの鮮明な映像を取得することができた。

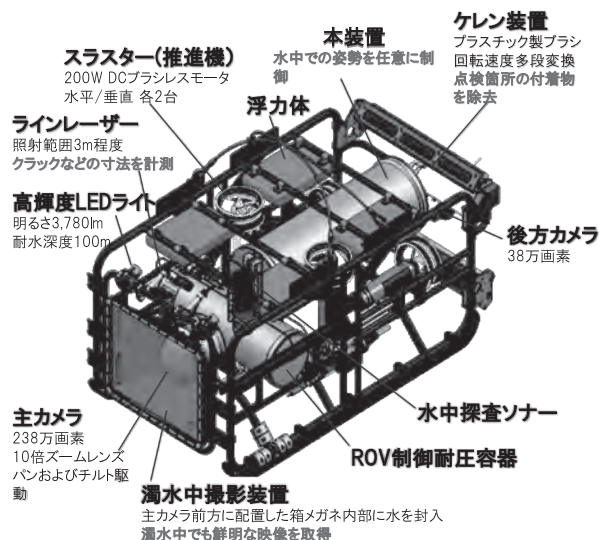
従来はダムなどの水中構造物・インフラ設備の点検を潜水土により行っていたため、潜水深度によって作業時間の制限や危険を伴っていたが、水上からロボットの遠隔操作により点検することで、安全にかつ長時間連続して行うことが可能である。以下に本ロボットの機能と実証実験での結果について記述する。

2. 本ロボットの機能

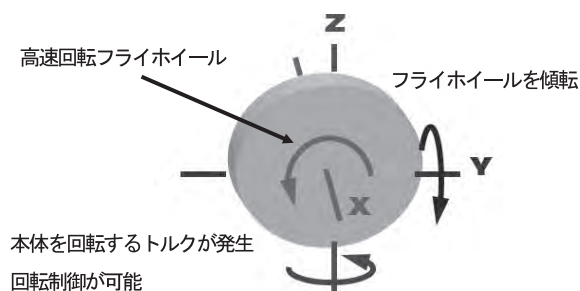
本ロボットは濁りや流れのある目視困難な水中でも的確な点検を実施できるように、さまざまな機能を備えている（図—1）。

(1) 本装置

本装置は、東京スカイツリー[®]建設時に効果を発揮したクレーン吊荷制御装置スカイジャスター[®]を水中で使用できるようにした装置である。ジャイロ効果を利用することで本ロボットの姿勢制御が可能となる。



図—1 本ロボットの構成



図—2 ジャイロ効果の説明

ジャイロ効果とは、地球ゴマのように物体が自転運動をする際、回転速度が大きいほど姿勢が安定する現象である（図—2）。

本装置を搭載することで、流れのある水中（流速1ノットまで適用可能）でのロボットの姿勢が安定し、対象物を的確にとらえることが可能である。

（2）画像鮮明化機能

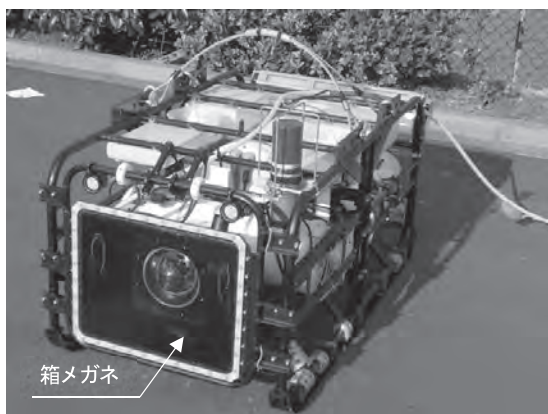
本ロボットは主カメラとして238万画素のハイビジョンカメラを機体前方に搭載している。水中での光量不足に対応するために照度3,780 lmの高輝度LEDライトを備えるとともに、濁りによる不鮮明な映像のノイズを除去し、最適化して映し出す「画像詳細強化装置」によりリアルタイムに鮮明な画像を見ることができる（写真—1）。さらに、主カメラ前方に配置した箱メガネ（濁水中撮影装置）内部に清水を入れて対象物に接近することで極端に濁った水中でも鮮明な画像を取得できる（写真—2）。

（3）耐圧機能

機器、電線、コネクターなどを耐圧仕様にすることで、水深100 mまでの作業を長時間連続して行える。これにより、従来潜水士では作業できなかった大深度での作業が可能である。



写真—1 画像詳細強化装置による効果



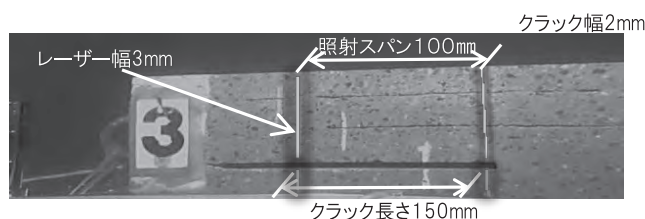
写真—2 箱メガネ（濁水中撮影装置）

（4）クラックなどの計測機能

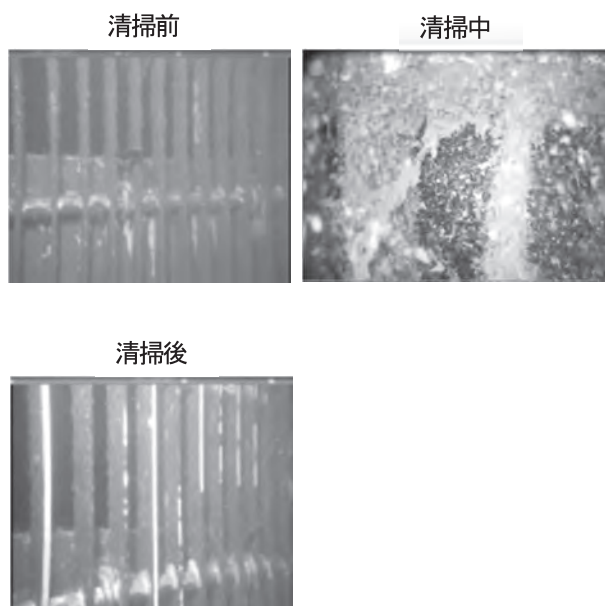
機体前方から対象物に対してラインレーザーを照射することができ、クラックなどの寸法測定が可能である。照射するラインレーザーは幅3 mm、間隔100 mmで、取り込んだ画像からスケールアップにより寸法測定を行う（写真—3）。

（5）点検対象物の清掃機能

本体後方にプラスチック製ブラシのケレン装置を搭載しているので、点検対象物の付着物を除去することができ、明瞭に撮影することができる（写真—4）。



写真—3 ラインレーザー照射状況



写真—4 スクリーンの清掃状況

（6）位置情報の取得機能

GPSまたは自動追尾機能付きトータルステーションとトランスポンダ（送信機と応答機の音波授受により位置情報を取得できる装置）を使用して水中にある本ロボットの正確な位置を割り出し、撮影箇所の位置を把握することができる（図—3）。

（7）簡易な取扱い機能

本ロボットの大きさは幅780×奥行1,508×高さ711 mm、重さは約130 kgであり、作業員4人で持ち運びが可能である。大型重機を使用することなく、地

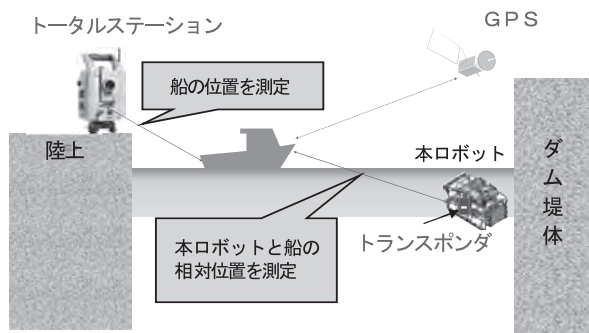


図-3 位置測定システム

上または船上から人力で水中投入することができる。また、ワゴン車1台にすべての機材が積み込み可能で運搬が容易である。

本ロボットの操作は陸上または船上のモニター画面を見ながらジョイスティック形式の操作リモコンを使用する。操作が簡単で資格も不要である（図-4、写真-5）。

3. 本ロボットのシステム構成

本ロボットのシステム構成を示す（図-5）。

(1) 本ロボット本体（図-5①）

一部を先述したが、本装置、パンチルト機能付きハ



図-4 操作モニター



写真-5 操作リモコン

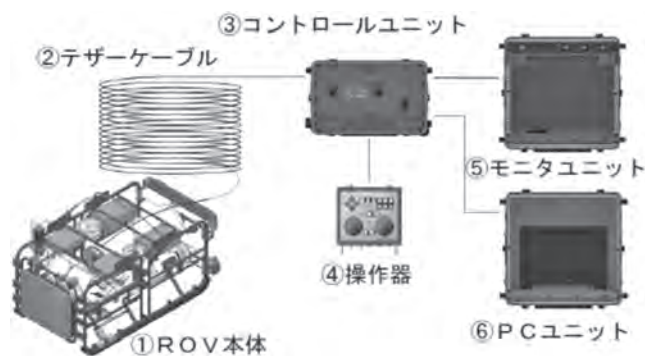


図-5 本ロボットのシステム構成

イビジョンカメラ、後方監視カメラ、高輝度LED照明、スラスタ、ケレン装置、ラインレーザー、プロファイリングソナー、深度センサ、姿勢センサを搭載し、鮮明な撮影データを取得する。

(2) テザーケーブル（図-5②）

本ロボット本体とコントロールユニットを接続する水中ケーブルで、本体への動作指示や取得した撮影データのコントロールユニットへの送信を行う。送電線、光ファイバー、テンションメンバで構成されている。

(3) コントロールユニット（図-5③）

システム全体を制御するコントローラで、CPUやトランスなどを内蔵している。

(4) 操作器（図-5④）

本ロボット本体の運転を行う。本装置やカメラの操作スイッチ、スラスタ操作のアナログスティックなどにより構成されている。

(5) モニタユニット（図-5⑤）

本ロボットが撮影したハイビジョン映像を表示するモニタ、録画するレコーダおよび本ロボット本体の傾きや方位を表示するディスプレイで構成されている。

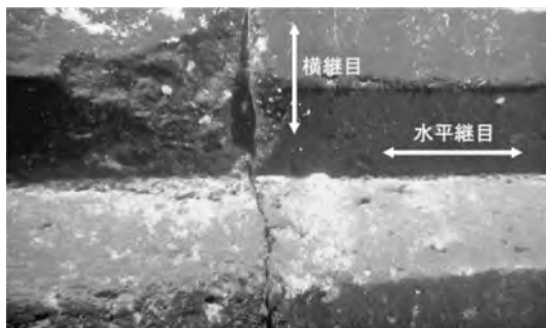
(6) PCユニット（図-5⑥）

本ロボットのすべての情報を表示するとともにログ保存を行う。

4. 実証実験結果

国交省公募事業での実証実験は、平成27年11月20日に天ヶ瀬ダム（京都府）、同年12月7日に弥栄ダム（広島県・山口県）で実施した。

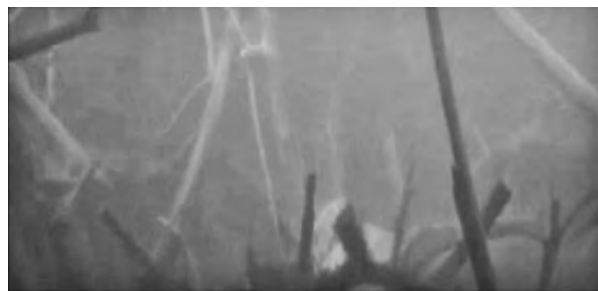
各ダムでの調査項目は①横継目・水平打継目・堤体面の概査, ②模擬版探索・精査, ③予備ゲート戸当り変状調査, ④低水放流設備および着底水深調査, ⑤選択取水塔調査(弥栄ダムのみ)であった。模擬版とは予め予備ゲート付近に設置されたコンクリート製の調査用試験体である。模擬版は、各ダムにおいて4種類設置されており、円柱状の突起や幅の異なるクラックが設けられている。①横継目, 水平打継目, 堤体面の概査ではクラックの有無を確認しながら水深40m付近まで潜行した。水中映像は高輝度LEDライトと画像詳細強化装置を使用しながらハイビジョンカメラで撮影した。弥栄ダムでの横継目の概査状況を示す(写真—6)。



写真—6 横継目概査状況 (弥栄ダム水深 30 m)

②模擬版調査は本装置とラインレーザーを用いて計測した(写真—3)。③予備ゲートの戸当り調査では変状箇所が見られなかった。④予備ゲート下部着底水深調査では天ヶ瀬ダムで40m, 弥栄ダムで82mであった。⑤選択取水塔調査では、水深41mにて流木の堆積を確認した(写真—7)。また、水深20m付近で本ロボットに搭載したケレン装置を使用してスクリーンの清掃を行った結果、付着していたヘドロを除去でき、金属の光沢が現れた(写真—4)。

これら2つのダム現場での水中心点検を実施した結果、点検撮影時に本ロボットの姿勢を安定させる本装



写真—7 流木堆積状況 (弥栄ダム)

置によりブレない鮮明な動画を撮影できたことや、画像鮮明化技術を有してより精細な動画を撮影できたことが評価されて平成27年度末に国交省より最高評価となる「★★★」星3つの評価をいただき、試行的導入推薦技術とされた。そして平成28年度には国交省の管轄する2箇所のダムで今後の本格導入に向けた試行的導入を行った。

5. おわりに

合計4現場での実証実験では、堤体表面の状態を把握できる映像を取得することができ、一定の支援が可能な性能を有することが確認できた。今後はダムにおける水中心点検ロボットの本格導入に向けて改良を行うとともに、護岸・栈橋といったダム以外の河川構造物や港湾・海洋構造物への適用範囲拡大に取り組む。さらに測量機能などを付加してダム再開発工事での適用も検討していく。

J C M A

【筆者紹介】

徳永 篤 (とくなが あつし)

(株)大林組

土木本部 生産技術本部 ダム技術部

副部長



スクレーパ小史

その改良発展と盛衰の軌跡

岡 本 直 樹

スクレーパの誕生からその改良発展の軌跡を辿る。輓曳からトラクタ牽引となりパワー化され、転倒排土からエジェクタ式に進化し、自走化されて3軸から2軸オーバハング型に収斂した。タンデムエンジンとエレベータリング方式等の派生とスクレーブドーザ史を加えて開発史を振り返る。また、わが国への導入から国産化、隆盛期から衰退への盛衰を辿り、最後に近年の動向を加えて小史としてまとめた。

キーワード：建設機械史、土木史、スクレーパ、スクレーブドーザ

1. はじめに

土工の革命児として生まれたスクレーパは、米国等で大活躍していたが、戦前の日本では知られていず、戦時中の鹵獲機械でその存在を知り驚愕する。戦後は進駐軍がキャリオールを持ち込み、その施工法を習得することになる。著者の若い頃は、宅地造成工事等で花形の定番機械であった。しかし、近年の日本では、モータスクレーパの生産は中止され、牽引式やスクレーブドーザもバブル崩壊以降は製造されていない。造成現場から殆ど姿を消し、その工法も忘れかけ絶滅危惧種となってしまった。そんなスクレーパだが、誕生からの改良発展と盛衰の歴史を遡ってみる。

2. 輓曳からトラクタ牽引

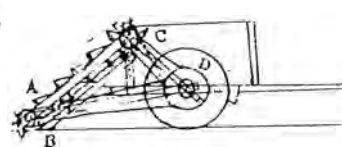
スクレーパの起源は、17世紀のプラウを改良した木製スクレーパ（図—1）まで遡れる。19世紀になると種々のものが考案され、1825年にはエレベータリング式のセルフローディングス機構（図—2）を仏 Legris が既に考案し、1840年には2輪スクレーパ（図—3）が製作された。Pierre Couvrex は、1845年にロープ操作のボール転倒式の3バケットスクレーパ（図—4）を考案し、後年の LeTourneau のコンセプトを先取りし、翌年には1952年の未来的なエレベータリング（図—5）の特許を出願しているが、実機が造られたかは不明である。これらは単なる車輪の取付けから、車輪回転を動力として、バケットやエレベータリング機構を動かすメカニズムが考案されている。

19世紀末、米国では3タイプの牽引式スクレーパ

が使われていた。ドラグスクレーパとフレスノ、車輪スクレーパの3種である。車輪スクレーパは、1879年に Western Wheeled Scraper Co.（写真—1）が生産を始めている。操向とボウル操作は、Johnson Bar（図—6）と呼ばれるハンドルで行う。20世紀に入ると4輪スクレーパが普及し始める。写真—2は、



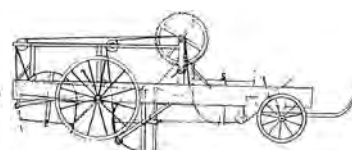
図—1 17世紀のスクレーパ



図—2 1825年のエレベータリング



図—3 2輪スクレーパ



図—4 3バケットスクレーパ



図—5 エレベータリング



図—6 Johnson Bar



写真—1 Western Wheeled Scraper



写真一2 Baker Maney の1910年製と改良型

Baker Maney の1910年製と改良型である。ボウルの引上げは、後輪からのチェーン駆動で行う。

(1) フレスノスクレーパ

有名なフレスノスクレーパは、James Porteous が1883年に26個の部品からなるスクレーパ（図一7）の特許を取り、1910年迄に数千台が造られた。1930年代には数十万台に達し、無軌道土工（rail-free earthmoving）の標準器械となつて、道路建設コストを1/4に下げている。そして2011年には、米国機械協会 ASME の機械遺産に認定された。



図一7 フレスノスクレーパと構成部品

(2) ランドレベラ

スクレーパの類似機種としてランドレベラがあり、1912年に Henry A Large が“Ground Plane”（写真一3左）を製作し、Schmeiser も1915年から大小のランドレベラ（写真一3右、写真一4左）を開発している。

(3) ロータリスクレーパ

回転式のロータリスクレーパ（Revolving Scraper）



写真一3 Ground Plane と Schmeiser Baby Leveler



写真一4 Schmeiser Giant と Killefer Tumble-bug

もランドレベラ的一种と言えるが、Baker, Isaacson, Killefer 製がある。写真一4右は、Killefer 製“Tumble-bug”（容量18～85 cubic feet）である。

3. スクレーパのパワー化

(1) ルターナ の取組み

近代スクレーパへの発展は、R.G.LeTourneau の貢献が大きいので、彼の取組みを紹介する。1920年に32歳となったR.G.LeTourneau は、その頃よく使われていたSchmeiser スクレーパをレンタルして、工事を請負っていた。この頃のスクレーパは通常、トラクタとスクレーパ側にもオペレータを必要としていた。このオペレータを減らすために、電動モータの取付けを試みた。1922年に最初の自作電動スクレーパ“Full-drag”を造り上げ、同年に“Gondola”（写真一5左）を、1923年に6 yd³ (4.6 m³) “Mountain Mover”（写真一5右）と最初の自走式スクレーパ（写真一6）を開発した。1927年にはトラック式テレスコ式5ボウルスクレーパ“Earth Mover”を発表した。そして、1928年には画期となるケーブルコントローラ PCU（写真一7）を開発し、翌年セミドラッグスクレーパ Highbody（写真一8）に活用している。パワーコントローラとしては、油圧ブレードを1925年にLaPlant-Choate が既に開発していたが、まだ非力で大型機はこのPCUを採用して行くことになる。ルターナは更に改良を重ね、1932年に革新的なエジェクタ式“Carryall” Model A（写真一9左）を発表し、近代スクレーパの原形を創り上げた。1938年には大型ゴムタイヤの出現に合わせて、本格的な自走式スクレーパ“Tournapull” Model A（写真一9右）を設計し、土工機械の高速化を果たした。オーバハングエンジンの2輪トラクタで、未来を先取りしたデザインは、競合メーカが模倣追従することになる。そして1947年には、パワーシフト（Tournamatic）化したTournapull Model B（写真一10）を発表した。その後、電動化（写真一11～13）に熱中し、マルチボウル型（写真一12）も多種開発した。写真一13は、テレスコ型バケットスクレーパである。スクレーパの他にも多種多様の機種を開発していた。ところが、R.G.LeTourneau は、1953年に会社を突然Westinghouse に売却し、LeTourneau-Westinghouse となり、WABCO が商標となる。WABCO ブランドでも多数のモデルが開発され、1977年のWABCO 353FT（写真一14）は、史上最大の36 yd³ ツインエンジンエレベータースクレーパとなった。



写真—5 LeTourneau の Gondola と Mountain Mover



写真—6 自走式スクレーパ



写真—7 ケーブルコントローラ PCU



写真—8 Highbody



写真—9 “Carryall” Model-A と “Tournapull” Model-A



写真—10 Tournapull Model-B



写真—11 電動式 L28



写真—12 LeTourneau LT-360



写真—13 6-B 150



写真—14 Wabco 353FT

(2) その他のメーカー

Bucyrus は、1934 年に牽引式（写真—15）で参入した。Euclid は 1938 年に 4 輪トラクタによるモータスクレーパ 4FDT+1SH を試作し、1949 年には先駆的ツインモータスクレーパの 51FDT（写真—16）を開発し、1954 年にはオーバハング型ツインモータスクレーパ TS18（写真—17）を発表した。Allis-Chalmers は、1952 年に買収した LaPlant-Choate のスクレーパデザインを踏襲して、モータスクレーパの生産を開始。エレベータースクレーパの実機は、1952 年のハンコック（写真—18）が最初である。



写真—15 Bucyrus の 9cy 型と 12cy 型



写真—16 Euclid 51FDT



写真—17 Euclid TS18



写真—18 ハンコックの Elevating Scraper

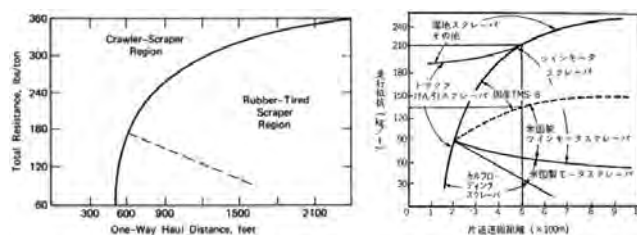
(3) Caterpillar

牽引式スクレーパは、専門メーカーが製造し、クローラトラクタメーカーに提供してきた。しかし、CAT は 1946 年から自社生産を開始し、D7 牽引用のオープントップ型 No.70 と D8 用の No.80 から始めた。49 年には初の油圧式となる、D4 用の No.40 を発表した。1955 年から #400 シリーズへの置換を始め、D8 用 463、D7 用 435、D9 用 491 を発表した。著者もこのタイプを昔に使った。このデザインは、国土開発がコピー生産して、日本で販売している。CAT の牽引式スクレーパは、1973 年に生産を中止した。

最初のモータスクレーパは、1941 年の 100 馬力 4 輪トラクタ DW10（写真—19）で、牽引スクレーパは 10 yd³ の LaPlant-Choate 製であったが、47 年に自社製 No.10 に置換えた。最初の 2 軸モータスクレーパ DW21（写真—20）は、1951 年に発表され、今日の

CAT デザインの基本が出来上がった。DW シリーズは DW20 と DW15 が付加えられたが、1960 年～1962 年に #600 シリーズに置換えられる。番号付けの意味は、6X1 がシングルエンジン、6X7 がタンデムエンジン車、6X3 がエレベータリング、6X9 がそのタンデム型、X の 1～6 は、番号が大きいほど大型である。660 は 3 軸、3 軸タンデムエンジンの 666 (写真—21) は、1963 年に発表されて CAT 最大の機種となり、78 年迄生産された。タンデムエンジン 6X7 には、プッシュプル仕様がオプションとしてある。これはローディング時に 2 両連結して、順にプッシュ&プル (図—8) で 4 つのエンジンで積込むため、プッシャが不要となる。この装置は、施工会社が考案したもので、CAT 以外のメーカーも採用している。1965 年に造られた Triple 657 (写真—22) は、657 を 3 両を固定連結したもので、プッシュ・プルで積込む。ハンコック式のエレベータリングスクレーパ (図—9 左) は、1964 年に Johnson 製を採用した J619 から始めて、多様なモデルに拡張した。最大機種の 639D はタンデムエンジンの 34 yd で、1979 年から 84 年迄生産された。セルフローディング方式には、他にオーガタイプがある。70 年代に Wotco が開発したもので、ボウル内のオーガ (図—9 右) により、土の巻込みを補助する。CAT は 1984 年に製品化した。

米国のスクレーパの選定基準を図—10 左に示す。横軸が運搬距離、縦軸は走行抵抗である。曲線が牽引



図—10 スクレーパの選定基準

式と自走式の境目で、破線の下側はエレベータリングスクレーパの領域である。但し、小型エレベータリングスクレーパは、運搬機と云うより、仕上げ用機械として使われている。右側は伊丹康夫博士がこの米国式資料を基に、当時わが国で使われていたスクレーパの適用範囲を細分化したものである。

(4) スクレーブドーザ史

スクレーブドーザは、Menck & Hambrock 社が製造したクローラ駆動の自走式スクレーパである。脱着式ブレードによるドーザ機能も有している。メンク社は、ショベル系掘削機の製造で有名であったが、転倒式スクレーパを 1934 年 (写真—23) と 36 年 (写真—24) に製産している。スクレーブドーザは、ドイツで最初にスクレーパを開発した Dr. H.Cordes が、独陸軍の要請により対戦車壕の掘削機械として、1938 年から開発を始めたもので、いくつかのプロトタイプ (SR39: 写真—25, 26 等) が試作されている。1943 年に SR43 (写真—27) を製品化し、1953 年に Menck & Hambrock 社が SR53 (写真—28) の量産を始め、SR65, SR85 へと進化した。

わが国では、日本車輛製造(株)が SR53 を技術導入して、日車メンク SR62 として国産化 (昭和 37 年) したため、通称メンクと呼ばれている。その後、改良型の SR64 となり、SR264 (昭和 42: 写真—29) と独自の発展をした。昭和 40 年には、国内需要から三角シューを装着した小型の超湿地タイプ SR40 (写真—30) も開発された。この辺は著者が若い頃に使った機種である。そして、SR264C から SR280P (写真—31) へモデルチェンジし、パワーシフトドライブとなって大型化した。しかし、バブル崩壊後に生産を停止した。

一方、本家の Menck 社は 1978 年に倒産し、SR85 をスイスの M.Buhrer 社が継承し、SR928, Operator 1030 に発展した。近年は、Frutiger 社が SR2000, SR2001 を日車から逆輸入している。そして、フルティガ社は 2000 年から 18 m³ 級の SR3000 (SRT-18: 写真—32) を開発した。また、近年は中国の瑞龍が SRT-12 (12 m³: 写真—33) を製造している。



写真—19 CAT DW-10

写真—20 CAT DW-21



写真—21 CAT 666

写真—22 Triple 657



図—8 Push Pull Loading と装置



図—9 Elevating Scraper と Auger Scraper



写真—23 1934年のMenckスクレーパ



写真—24 1936年のMenckスクレーパ



写真—25 転倒ボウル型の試作SR39



写真—26 試作SR39の例



写真—27 SR43



写真—28 Menck SR53



写真—29 日車SR264



写真—30 日車SR40



写真—31 日車SR280P-2



写真—32 Frutiger SRT-18



写真—33 瑞龍 SRT-12

軟弱地に強く、シャトル運転ができるスクレーブドーザは、わが国の土質・地形に合致し、その絶大な支持者達のメンク施工会社が幾つも残っている。日本車両は、20年以上前に生産を中止して再開の兆しはない。そこで、程度の良い中古機を求めて再生したり、部品取用の中古機を求めて、老朽機の稼働維持に努めている。Y社では、SR280をディファレンシャルステアリングに改造し、電動式も開発中である。

(5) わが国への導入

フレスノスクレーパが、日本人に使われたと云う記述が米国の文献にあるが、国内の資料では確認できない。スクレーパの確実な最初のもは、満州でのパワースクレーパである。建国間もない満州では、国防道路の急速施工が要請され、国道局が米国式トラクタ工法を昭和8年(1933)に導入した。ブルドーザの他に、Killefer製ロータリスクレーパ(写真—4右)とBaker製3連セルフローディングスクレーパ(写真—34)等を輸入、Baker製はエジェクタ以前の転倒式排土であった。前年開発のルターナのエジェクタ式キャリオールは、まだ無名で知るよしもなかった。そして、これらの使用実績は学会誌にも発表されたが、内地は建設機械の使用禁止時期で、この初期のトラクタ工法は注目されず、やがて忘却されてしまう。



写真—34 満州国道局の3連スクレーパ

ところが、太平洋戦争に突入後、ガタルカナル以降の米軍の反攻が始まると、ブルドーザやスクレーパを駆使した飛行場急速造成能力に圧倒され、陸海軍共に緊急開発が求められた。スクレーパは、ウェーキ島の鹵獲キャリオールを模倣して、金剛、宮原、帝国車両、日立等で製作されたが、戦力化には至らなかった。

戦後は、進駐軍が大量のブルドーザやスクレーパを持込み、国土復興に投入された。まず、米軍による各地の飛行場拡張整備に駆り出されたわが国の建設業者が、トラクタ工法に驚きながらノウハウを身に付けて行く。そして、これらの米軍機械は昭和22年から払下げを開始し、内務省もスクレーパ17台等を取得している。昭和23年に発足した建設省では、建設機械整備費が予算化され、払下げ機械の購入や国産機開発へ弾みを付ける。昭和26年には神戸製鋼がAllisとスクレー

パの技術提携を結び、昭和28年に日本開発機がオープントップ型牽引式スクレーパFA8型(6m³)を設計製作、その後FA8-S、-K型へと改良して100台程製造する。金剛製作所も同形式のC-80(6m³)を防衛庁の発注で製作する。同年、土研が牽引式スクレーパCat No.70とルトルノ(戦中からこの頃迄LeTourneauをこのように発音した)LS(8yd³)性能比較試験を実施している。昭和30年、三菱が、通産省の鉱工業研究補助金を得て、4輪駆動トラクタのモータスクレーパのWTS(4.5m³)を試作し、32年には防衛庁発注のウーリッジ型モータスクレーパMSを試作する。同年、日本開発機がFA12(9m³)を試作。33年、道路公団が輸入モータスクレーパを施工会社に貸与する。34年、建設省がトルコン駆動のEuclid S-7を輸入。同年、相模工業がD80用のRS6(6.1m³)を開発。35年には、Allis-Chalmers TS360, Cat DW21 + 470, 619 + 442, Tournapull-Cを輸入。36年、三菱が9m³モータスクレーパMS10型を試作、日本開発機はFA14(平11m³)を製作。37年、日立が5m³スクレーパを製作、輸入はEuclid TS12、エレベータースクレーパのLeTourneau D型。昭和40年、神鋼がAllis型TS260(山15.2m³)、42年は、三菱がツインモータスクレーパTMS-8型(写真—35)を、国土開発が24SBH、日車がSR264を開発する。43年、Euclid TS24を輸入。43年にはCAT 657(写真—36)、627の国内販売を開始。小松は、45年にツインエンジンのWS16(写真—37)を開発し、50年にはシングルエンジンのWS23Sを発表したが、現在は生産はされていない。



写真—35 三菱 TMS-8



写真—36 CAT657



写真—37 小松 WS16



写真—38 WABCO 333FT



写真—39 Deere1814D



写真—40 農耕トラクタ牽引

エレベータースクレーパは、国内の土質には不向きで普及しなかったが、日泰リースが、昭和46年に当時最大のWABCO 333FT(写真—38)を輸入して鹿島港工事に投入して注目された。

(6) 近年の動向

スクレーパ系の国内の現状は、前述の通りである。

海外でもモータスクレーパの有力メーカは撤退して、CAT だけとなってしまった。

牽引式スクレーパは、70年代初頭迄にトラクタメーカが生産を止めてしまったので、農業用のニッチ市場に参入したRomeやReynolds, Miskin等が成功を収め、土工業者にも提供し始め、牽引式スクレーパの再需要が米国で生まれている。これらは従来のスクレーパデザインを一新し、一軸多輪でボウルやエプロン、エジェクタのシリンダ位置を変更して、作動機構が独特で、ダースネックもなくしている(写真—39)。更に、排土時間短縮のためにエジェクタをなくして、転倒式に先祖帰りしたものもある。大型農業用トラクタで牽引され、2両連結運転(写真—40)が多く見られる。

4. おわりに

スクレーパの歴史を振り返ったが、紙幅の関係でかなり間引いてしまい、重要な欠落があるかも知れない。

モータスクレーパは、嘗て宅地造成工事の花形機械で、盛場から見上げた稜線上のMSは騎馬武者のように見えたものである。若い頃によく使い、大好きで得意な工法であったが、今は見ることもなくなり残念である。

JCMA

《参考文献》

- 1) H.H.Cohrs, 500 years of Earthmoving, GmbH, '95.
- 2) S.J.L.Allhands, Tool of the earth mover, SHCP, '51.
- 3) K.Haddock, Giant Earthmovers, MBI, '98.6.
- 4) E.C.Orlemann, LeTourneau Earthmovers, MBI, '01.5.
- 5) P.G.Gowenlock, The LeTourneau Legend, '96.
- 6) H.H.Cohrs, Menck-Album, Giesel, '96.
- 7) 岡本, 建設機械の歴史, 建設の施工企画, JCMA, '08.1.
- 8) 岡本, 機械化土工のあゆみ, 土木施工, '09.8.
- 9) 岡本, 建設機械のモンスター達, 建設機械施工, JCMA, '15.1.
- 10) 岡本, 外地の機械化施工, 建設機械施工, JCMA, '15.4.
- 11) 岡本, 消えた建設機械遺産群, 建設機械施工, JCMA, '17.8.
- 12) 土工教室 / <http://hw001.spaqns.ne.jp/geomover/>

【筆者紹介】

岡本 直樹 (おかもと なおき)
建設機械史研究家
e-mail : gemvnky@gmail.com



投稿論文

ロボットアーム型 重量物鉄筋配筋作業支援ロボットの開発

大木 智明¹・小西 真²・本保 裕文³

¹ 清水建設株式会社土木技術本部開発機械部（〒104-8370 東京都中央区京橋二丁目16-1）

E-mail: t.togi@shimz.co.jp

² 株式会社ATOUN商材開発本部 本部長（〒631-0801 奈良県奈良市左京6丁目5-2）

E-mail: m.konishi@atoun.co.jp

³ 株式会社エスシー・マシーナリ生産支援本部 副本部長（〒246-0002 神奈川県横浜市瀬谷区北町25-9）

E-mail: hiro.honpo@scm.shimz.co.jp

近年、コンクリート工では、鉄筋が太径化・高密度化し、技能労働者の高齢化も相まって鉄筋組立における生産性の向上が課題となっている。

そこで、熟練技能労働者のコツを生かしながら作業負担を大幅に低減できるロボットアーム型重量物鉄筋配筋作業支援ロボット（配筋アシストロボ）を開発した。

本ロボットは、操作グリップを動かしたい方向に軽く押すだけで、操作者の意のままに重量負担なく鉄筋を移動させることができる（ハンドガイド方式）。これにより、鉄筋組立時における苦渋作業からの開放と人とロボットの協働作業が実現した。

実施工においても効果が確認されており、配筋作業の省人化・省力化技術として、安全性向上と労働環境改善にも役立つ業界初の技術である。

キーワード: *assist, rebar, the collaboration human and robots, handling guide, manpower saving*

1. 開発の背景

建設業では、高齢化による大量離職等により今後10年間で技能労働者が約130万人減少することが予測されている。このような中、必要なインフラを整備していくためには、生産性向上や3K（きつい、きたない、きけん）からの脱却による新規入職者の確保が早期に求められており、国土交通省主導のもとi-Construction施策による取組みが推進されている。

コンクリート工においては、近年の耐震化により鉄筋が太径化・高密度化し、鉄筋組立時の負担が増大している。さらに技能労働者の高齢化も相まって生産性が低下している。

そこで重量物鉄筋の配筋作業に着目し、熟練技能労働者のコツを生かしながら作業負担を大幅に低減できる、人間の腕の動きを模した重量物鉄筋配筋作業支援ロボット（配筋アシストロボ）（以下「本ロボット」という。）を開発した。本ロボットは、配筋作業の省人化・省力化、苦渋作業の軽減が図れ、安全性も向上する技術であり、現場での適用において優れた効果を確認した。

写真-1に本ロボットを示す。



写真-1 本ロボット全景

2. 技術の概要

2.1 開発のコンセプト

構造物を構築する際、どこにどのような鉄筋をどれだけ配置するのか、その鉄筋の太さや長さ、配置間隔等、いわゆる配筋の仕様は構造物によって異なり、まったく同一のものはない。その上構築する場所も同じ場所ではないため、配筋作業を自動化する際に障害となっている。また、効率よく鉄筋配筋作業を行うには組立て順序等に熟練者のノウハウが必要である。しかし、配筋作業

は体力が必要なため、熟練者が高齢化すると体力が落ち、配筋作業に従事することは困難であった。

そこで、体力のいる力仕事部分はロボットで補い、高齢化した熟練技術者のノウハウを継続して活用する、人とロボットの融合したシステムの構築をコンセプトにして、鉄筋組立作業の大幅な生産性向上を目指した。

2.2 開発の目標

以下を目標として開発をおこなった。

- ①重量物鉄筋組立に要する人員の削減(省人化)
- ②重量物鉄筋運搬・組立時の重量負担の低減(苦渋作業の低減(省力化)・高齢熟練者の活用)
- ③ハンドガイド方式によるなめらかな動作(熟練者のコツの発揮)
- ④軽量化および分解組立方式による設置・運搬時の機動性の向上
- ⑤操作者の手の動きのみでの操作による安全性の向上

2.3 構造および諸元

本ロボットは、人間の右肩、上腕、肘、下腕、手にそれぞれ相当する「肩旋回部」「第一アーム」「肘旋回部」「第二アーム」「把持部」の5パーツと制御盤から構成されている。図-1に構造概要を示す。腕全体の動きをアシストするサーボモータを肩旋回部と肘旋回部、第二アームに組み込むことで、人間の右腕に近い動作性を実現した。本ロボットは人力での運搬を可能にするため4分割の構造とし、各ブロックの重量は約400N～約600N程度である。諸元を表-1、水平及び鉛直可動範囲を図-2に示す。

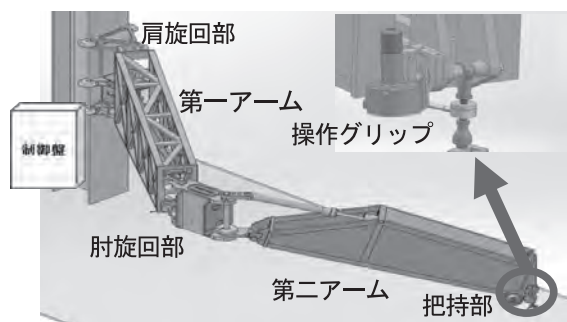


図-1 本ロボット構造概要

表-1 本ロボット諸元表

定格荷重	2500 N
作業半径	約 5.3 m
揚程	約 2.0 m
分割数	4 分割
入力電源	三相 AC 200 V
水平方向 操作方法	操作グリップ式 (6 軸センサー内蔵)

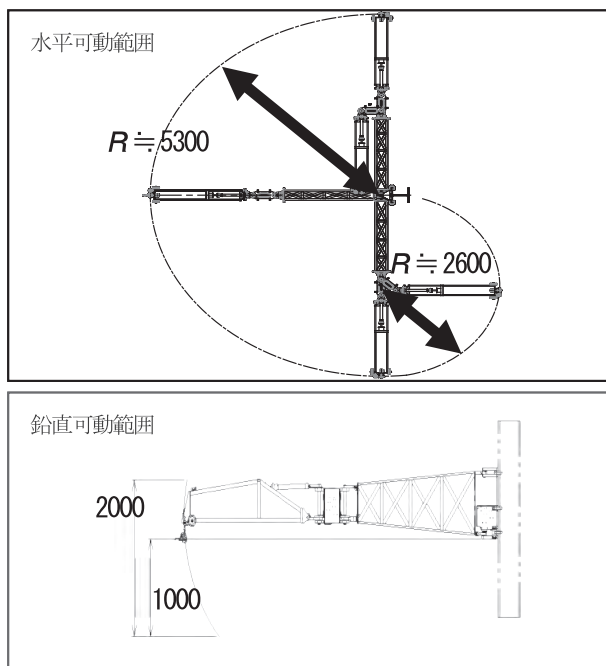


図-2 水平及び鉛直可動範囲図

2.4 技術の特徴

以下に本ロボットの特徴を記す。

①人とロボットの協働作業の実現

操作グリップに力覚センサーを採用し、操作者の微妙な手の動きを検知して本ロボットが作動(ハンドガイド方式)

②人間の腕のモデル化

本ロボットの動きに関して、3次元的に人間の腕(肩+上腕+下腕)をモデル化によるロボットの動きの単純化(自分の腕のような感覚での操作)

③軽量化の実現

本ロボットを治具として、生産性の低下が懸念される箇所に容易に手で運搬・設置できるように究極の軽量化を実現(本ロボットの構造部材はアルミ合金(板形状・トラス形状))

④分解組立方式の採用

人力での運搬・設置ができるように分割(4分割)タイプの採用

⑤サーボモータとアシスト制御の採用

電動式のサーボモータを採用しアーム関節をアシスト制御することにより、なめらかな動作を実現。細かい調整が必要とされる詳細位置決めにも支障なく使用が可能

2.5 運用方法

本ロボットは鉄筋配筋作業において、対象の鉄筋重量に関わらず操作者1名、介添者1～2名で使用することを基本としている。その使用イメージを図-3に示す。

操作者は、本ロボット先端にて操作をして鉄筋を移動する。介添者は鉄筋端部に配置され、鉄筋移動時の荷ぶれ防止や鉄筋の正確な位置への誘導と鉄筋の固定を行う。

なお、本ロボットの第一の展開先として都市内での開削トンネル現場を選定した。このため、地上の交通荷重を支持する等の目的で設置されている中間杭(H型鋼)を支持材として本ロボットを取付ける方式とした。

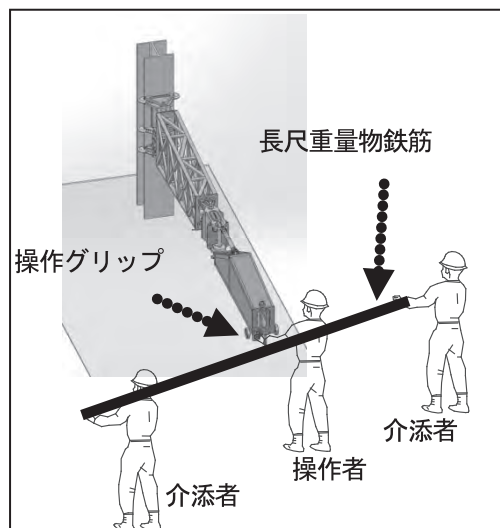


図-3 使用イメージ図

本ロボットを使用して配筋作業を行う場合は、以下の手順で行う。

【準備作業】

- ・本ロボットを使用場所に組立・固定する。

【配筋作業】

- ・事前に配筋場所付近までまとめて運搬済みの鉄筋束から、配筋する鉄筋をより分ける。
- ・本ロボットで鉄筋を把持した後、昇降ボタンを操作して鉄筋を持ち上げる(写真-2)。
- ・操作者が操作グリップを移動したい方向に押して鉄筋を移動する(写真-3, 4)。

なお、この鉄筋移動の際には操作グリップを押すだけで動きに合わせてサーボモータが稼働し、アームがアシスト制御され、操作者の意図する方向に水平移動できる。アームが操作者の意思と判断に合わせて直感的かつなめらかに動くため難なく配筋できる。

- ・図面で図示されている所定の位置まで鉄筋を運搬した後、昇降ボタンを操作して鉄筋を下す(写真-5)。この際に介添者は所定の位置に鉄筋を合わせる。

【分解・移動作業】

- ・本ロボット施工範囲内の配筋作業終了後分解し、つぎの使用場所に運搬する。



写真-2 鉄筋把持状況



写真-3 鉄筋移動状況 1



写真-4 鉄筋移動状況 2



写真-5 鉄筋配筋状況

2.6 パワーアシストシステム

本ロボット先端に操作グリップが取り付けられており、このグリップ直下に配置した6軸力覚センサーにより操作者が入力した力の方向と大きさを検出する。ただし、ここで検出した力の向きはあくまでも本ロボット先端部を基準とした向きでしかない。これを本ロボットが取り付けられているH鋼を基準とした向きに変換する必要がある。つまり、本ロボット先端部の相対座標系からH鋼を基準とした絶対座標系へ変換しなければならない。そのため本ロボットでは、本ロボットの各関節(肩部、肘部)の角度を元に先端部の角度を計算し、6軸力覚センサーの値を逐次変換している。

また操作者がグリップに加える力の大きさは単なるスイッチのon/offではなくアナログ値で入力されており、この時の操作者が加える力の大きさに合わせて本ロボットの動作速度を調節している。この速度調節も上記の方向と同様に各関節の角度に合わせ各関節のモータ速度を逐次最適な速度に調節し、合成速度として本ロボット先端の操作部での速度としている。

速度の設定に際しては、オペレータの操作部分≒鉄筋の移動速度を最大200 mm/secと設定した。鉄筋等の重量物の搬送時に異常時でも咄嗟に対応できる速度を上記の最大速度とし、各モータの合成速度がこれを超えない範囲で制御している。機構設計時には、この速度を維持するに十分な出力のモータを選定し最適な減速比となるよう本ロボット専用減速器を設計、製作した。

これにより操作者は本ロボットの向きや位置という状態を意識することなく、操作者自身が望む方向と望む力加減でグリップを押すだけで操作が可能となる。

2.7 通常のアシスト機器との差異と問題点

通常のアシスト機器(ハンドガイド式)ではここまでの大型のものは少ない。多くの場合、アシスト機器を操作する操作者は一定の場所に留まりアシスト機器を操作する。しかしながら本ロボットの場合、半径5mの範囲で操作者は移動しながらアシストロボの操作を行う。これは操作者が歩きながら操作グリップを操作することを意味する。つまり操作者が操作グリップを操作する際に、歩行に伴う上下動と水平方向の移動速度のムラが操作グリップに入力されてしまうことになる。このような操作者自身が望まない不安定な入力をいかに排除するかが今回の開発のポイントとなった。

上記問題に対して2つのアプローチにて対処した。まず、歩行に伴う上下動に関してはZ軸方向(昇降方向)の入力のみスイッチ式とし、6軸力覚センサーからの入力と切り分けた。これにより安定した水平移動と鉄筋の

昇降動作をそれぞれ行うことができた。これは現場実証試験により実際に作業者の多くが水平方向移動と昇降作業の同時操作を望まないことにより決定した。むしろこれらの作業(水平移動と昇降作業)を切り分けることにより、わかりやすい操作と作業性の向上が図れた。

次に歩行による水平方向速度のムラに対しては、操作グリップ自体を上下に2分割し、その下部を6軸力覚センサーと切り分けることで操作者がしっかり握っても入りに影響しない、操作の基準とした。この上部に6軸力覚センサーに接続された入力部を設けた。この構造により操作者は操作の基準となるグリップ下部を握り、グリップ上部により入力する形となる。このため実際に6軸力覚センサーに入力される値は、下部の基準に対する相対的な入力とされるため、歩行などによる速度のムラを排除することができる。しかしながら実際には作業者は操作グリップに対してあらゆる方向からあらゆる握り方を行う。このため上記の2分割構造は必ずしも有効とは言えなかった。さらにこれとは別に入力された値にフィルタを通すことにより不用意な入力と思われるノイズを排除した。最終的には水平方向の速度ムラに関してはこのフィルタリングが最も有効であった。

3. 開発の経緯

2015年4月から開発をスタートした。適用の対象として、太径鉄筋(D51等)が多用され、生産性低下が特に懸念される開削トンネルを想定した。ただし、適用は開削トンネルに限定されるものではなく、他工種や他分野など汎用性を持たせるべく目標設定した。

3.1 鉄筋工の組立ノウハウの取得および設計 (2015.4～2015.9)

本ロボットのユーザーである熟練鉄筋工が当初から開発メンバーとして開発に参画し、鉄筋の組み立て時のノウハウや詳細な手の動きを確認して、操作時に無理や支障となるべく項目を排除した。そして、小型模型を作り(写真-6)動きや使い勝手を全メンバーで確認した後、開発の目標を設定し(2.2に記述)設計に着手した。



写真-6 模型による確認

3.2 構造部材の軽量化への取り組み (2015.4～2015.9)

人力での運搬を可能とするため、軽量化をする必要があった。構造部材は人間の手で運搬・設置・撤去できることを前提に、分解した部材の重量を600 N以下とした。

本ロボットを多くの部材に分解する設計にした場合、一部材は軽くなるが組立に時間がかかるため、できるだけ分割数を少なくして部材重量も抑えることが必要となる。形状検討、構造解析及び材料選定を実施し軽量化を追求した結果、材料にはアルミ合金を選定し、構造的には引っ張り強度確保のため薄板をアーム表面に貼る板金構造とした(写真-7)。これにより、分割数を4分割で、一部材の重量も600 N以下に抑えられることが判明した。ところが、動作実験を行ったところ、想定以上にアルミ合金板の変形が大きく、かつ、薄板にきしみ音が発生した。原因は、先端の第二アームの動きにより、根本の第一アーム部にねじれによる正反逆のモーメントが繰り返し発生したためである。このままでは溶接部が繰り返し疲労により破断する可能性があるため構造の変更をおこなった。



写真-7 動作実験（板金構造）

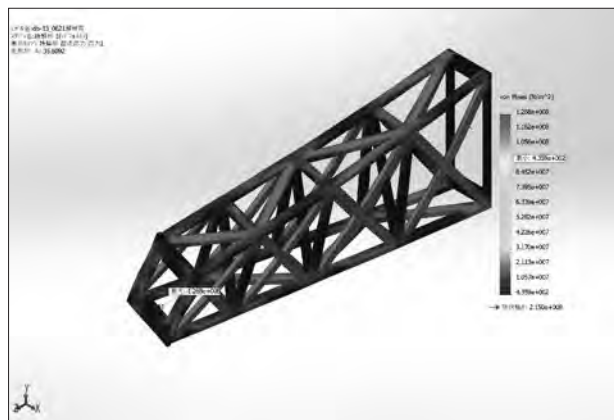


図-4 構造解析例

3.3 構造の確定および実証実験 (2015.10～2016.8)

構造の再検討に際しては、橋梁やクレーンなどの構造を参考としてトラス構造とした。しかし橋梁やクレーンと異なり大きなねじり荷重がかかることから、基本的なトラス構造にねじり荷重を受ける部材を追加し解析をおこなった。この際、可能な限り重量増を招くことなく効率的に強度を上げるため追加部材の方向、本数を変えたもので設計、モデリング、CAE解析を繰り返し行い最終的な形状を決定した。このとき細かな設計案も含めると約20通り以上の構造設計案を解析、検討した。この結果、部材の重量は600 N以下を維持しつつ、上腕部となるパーツを一般的なトラス構造とし、最適形状(最軽量構造)を決定した(図-4)。ただし、先端アーム部材は従来通り板金構造を維持した。この変更した設計をもとに、再度本ロボットを試作し(写真-8)、性能の実証を試みた。



写真-8 変更後第一アーム構造写真

ることで「なめらかな操作」を実現させた。

4. 実施工への適用

2016年12月に2つの工事現場において実際に本ロボットを適用した。適用結果について述べる。

4.1 適用例1

【適用概要】

- ・対象構造物：ボックスカルバート(外寸 幅15.46 m × 高さ11.4 m, 1連)
- ・施工対象鉄筋：頂版部主筋 D51 $L \approx 10.0$ m, 6.5 m 各15本 全重量約40 kN(参考：D51の鉄筋とは直径51 mmの鉄筋を指す。重量は1 mあたり159 Nである。)

3.4 操作性向上の取り組み (2016.08～2016.10)

協働作業を実現するためハンドガイド方式を採用している。実証実験の結果人の移動を伴う大きな動作がある場合、人が操作グリップに与える力が安定しないため、センサーへの入力も安定せず、「なめらかな操作」に支障をきたすことがわかった。ここで、なめらかな操作とは、思った方向に移動している際に意図しない方向の力が働かないことである。具体的には操作グリップを押している手に、押している方向の反力以外の方向の力が働かない状態である。そこで、2.7節でも述べたように改良す

【適用詳細】

ランプ道路用1連ボックスカルバートの頂版部の主筋D51で適用を行った。以下図-5、6に鉄筋加工図および適用箇所を示す。なお、本適用箇所は埋設型枠を使用しているため鋼製リブ材や鋼材が存在し、特に鉄筋組立のしづらい場所であった。

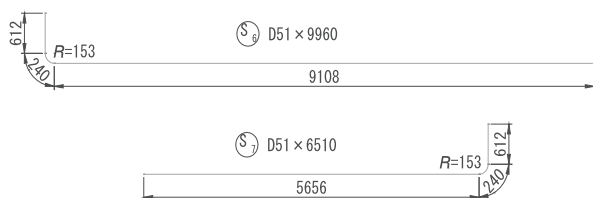


図-5 鉄筋加工図

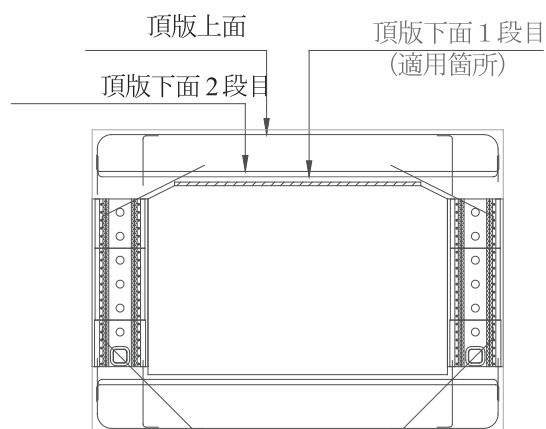


図-6 適用箇所断面

本ロボットを使用した場合と従来通り施工した場合の比較を定量的に行った。表-2に本ロボットを使用した場合と従来通り施工した場合の比較を示す。

表-2 適用例1適用結果

	本技術 (A)	従来 (B)	(A)/(B)
鉄筋組立時間(分)	120	150	0.80
鉄筋工数(人)	4	6	0.67
物的労働生産性(*1)	83.3	44.4	1.88
一人あたり重量負担(N)	0	280	
(参考)準備・解体時間(分)	20+20	0	
準備解体を含めた物的労働生産性	62.5	44.4	1.41

*1: 施工量(N)/(工数(人)×時間(分))

ここでは生産性を評価する指標として、1分で1人あたりに施工した鉄筋重量を「物的労働生産性」と定義して比較した。この結果より、本ロボットにより労働生産性は約1.9倍となった。1箇所配筋作業がおこなえる施工量は配筋の仕様(鉄筋間隔、鉄筋径、長さ)により変化するが、参考として本ロボットの準備・解体時間を考慮

しても約1.4倍の効果があることが確認できた。

4.2 適用例2

【適用概要】

- ・対象構造物：ボックスカルバート(外寸 幅35.48m×高さ13.6m, 2連)
- ・施工対象鉄筋：底版部主筋 D51 L=6.0m 49本 全重量約47kN

【適用詳細】

道路用2連ボックスカルバートの頂版部の主筋D51で適用を行った。以下図-7、8に鉄筋加工図および適用箇所を示す。



図-7 鉄筋加工図

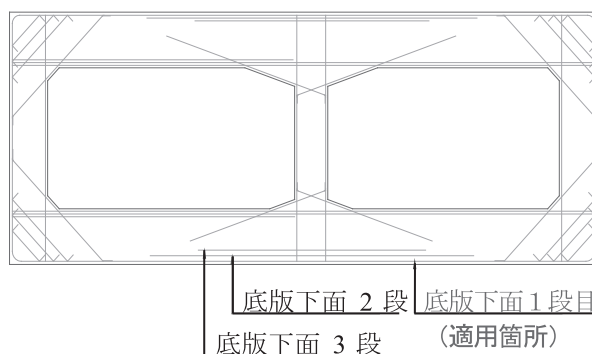


図-8 適用箇所断面

当初は、長尺であったが仕様変更をして長さを6m以下にしてローラーを使って施工している。本適用では2本を一度に運搬した。表-3に本ロボットを使用した場合と従来通り施工した場合の比較を示す。

表-3 適用例2適用結果

	本技術 (A)	従来 (B)	(A)/(B)
鉄筋組立時間(分)	83	110	0.75
鉄筋工数(人)	2	2	1.00
物的労働生産性(*1)	283.1	213.6	1.33
一人あたり重量負担(N)	0	480	
(参考)準備・解体時間(分)	20+20	0	
準備解体を含めた物的労働生産性	191.1	213.6	0.89

*1: 施工量(N)/(工数(人)×時間(分))

適用例2においては、鉄筋投入開口寸法の制約と人力で組立作業をすることを考慮して、1本6mに分割され

て施工している。その上組立時には、ローラーを使用し配筋する等当初から省力化・省人化の工夫を既に行っている。以上の対策をおこなった状況下であっても本ロボットを使用すれば物的労働生産性は約1.3倍あり、効果が十分あることが確認できた。また適用例1と同様に重量負担軽減効果も大きい。

5. 本技術の効果

以上の適用結果を踏まえ、開発の効果を述べる。

①人とロボットの協働作業

“高齢熟練工のノウハウの活用”を実現

本ロボットの完成により体力のいる力仕事部分はロボットで補い、高齢化した熟練技術者のノウハウを継続して活用する、人とロボットの融合したシステムを構築した。本ロボットは、体力が低下した熟練高齢者でも使用可能でより高齢でも働くことができるため、高齢熟練工のノウハウを生かし効率的な施工が継続して可能となる。したがって、将来懸念される労働者不足解消の一助となることが期待できるとともに、高齢熟練工による技術を伝承する機会が広がることも期待できる。

②経済的效果

適用の結果、長尺重量物鉄筋で1.88倍の生産性向上、短尺の重量物鉄筋においても1.33倍の物的労働生産性向上効果(施工量/延べ投入人工)が確認できた。したがって、従来の約5割($1/1.9 \approx 0.52$)～約8割($1/1.3 \approx 0.77$)の件数で施工可能である。また、当該作業での削減できた鉄筋工は同現場の他の箇所での配筋作業に従事しており、生産性向上に関して相乗効果がある。また、長尺で重量のある鉄筋ほど効果を発揮し、生産性が上がることがこの結果からわかる。さらに、本ロボットの使用を前提にすれば、太径長尺鉄筋を分割しなくても施工可能なため、分割による継手数を削減できる効果がある。

③省人化による施工効率の上昇

D51で10m程度(重量約1600N)の鉄筋を配筋する際には、従来6人前後必要であった。しかし本ロボットを使用すれば、施工条件にもよるが半分以下の2～3人で配筋可能であり省人化が図れる。また、本ロボット使用により削減できた人員(3人で本ロボットを使用する場合の削減人数は $6 - 3 = 3$ 人)は、同じ現場内において他の鉄筋組立作業に従事できるため、施工効率が上昇する。さらに、複数台使用することで更なる施工効率上昇が見込まれる。

④省力化

鉄筋移動時の重量は本ロボットが負担するため、作業員は重量負担がなく作業が可能で、苦渋作業から開放さ

れる。10mのD51鉄筋を6人で組み立てる際には、1本組立ごとに一人あたり約300Nの重量を負担しなければならなかったが、本ロボットを使用すれば重量負担はなく意のままに操作可能であり、鉄筋組立作業の省力化が図れる。

⑤安全性向上・労働環境の改善

従来に比べ、同一作業に必要な人員自体が減り、扱う重量負担も激減することから労働環境が大幅に改善される。また操作においても、クレーン等を使った場合は他者の操作による作業であるのに対して、操作者自身の操作で行うため危険回避(ロボットの移動を止める等)に対する対応も素早く取れるため安全性が向上する。さらに、本技術は非常停止、挟み込み防止措置、過荷重検知センサー等の安全装置を装備している。

⑥分解組立方式採用による機動的な運用

本ロボットは、人力で運べる重量になるようにロボット本体は4分割が可能で(制御盤を入れて5分割)、移設が容易である。したがって、重量物鉄筋の組立等の重量負担が大きく作業効率の悪い作業に、機動的にピンポイントで使用することができる。そのため、人力での組立が効率的な場合(細径の配筋筋、幅止め筋等)は人力で組立を行い、太径長尺の鉄筋等本ロボットによる組立のほうが効率のいい場合には本ロボットによる組立を行うといった具合に、効率のよい組立方法を自在に選択が可能となり、施工効率も上昇する。

6. 本技術の展開

本技術は、重量物である鉄筋の組立をアシストするため、機動性を重視した治具である。特に生産性の低下が懸念される太くて長い鉄筋組立作業等に効果を発揮するものである。また、施工条件に合わせて設置方法を変更することで、更に適用範囲が広がる可能性がある。以下に期待される展開事例を記す。

①建設分野での展開

設置方法は、固定式(定置式)と移動式のどちらも可能である。固定式(定置式)については前述しているため割愛する。移動式の例としては、バックホウの先端に取り付けることで任意の位置に自走させることが可能である(図-9)。また、移動用レールとトローリーを組み合わせることで、本体ごと横移動可能な仕組みとする(図-10)ことも可能である。

②他分野への展開

工場内や物流倉庫内の重量物の運搬には、クレーンやフォークリフト等を使用するのが一般的であるが、小規模工場において、重量物(1～2kN程度)を決められた

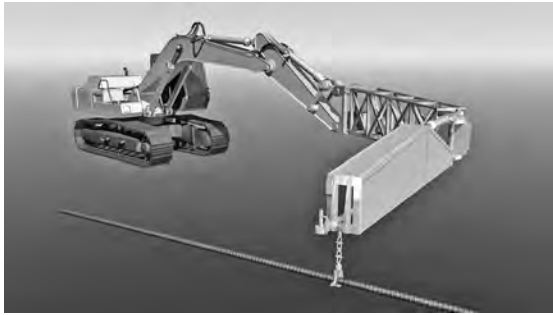


図-9 例：BH アタッチメント（自走式）

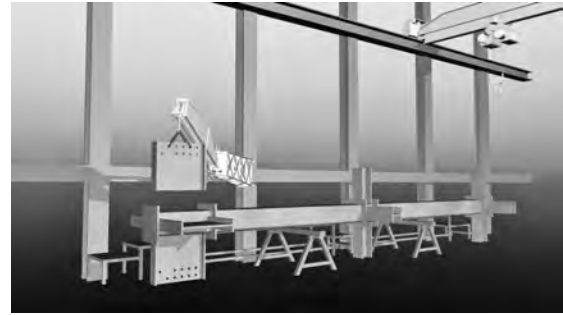


図-11 例：小規模工場での使用例

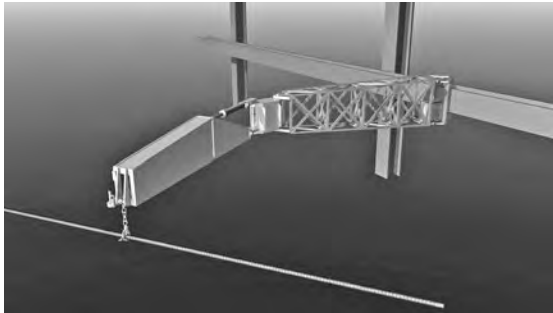


図-10 例：移動式

範囲に移動する場合に、大掛かりな設備を使用することなく作業が可能になると思われる(図-11)。

7. おわりに

本技術は、ロボット技術を導入し、操作者の手の動きのみでロボットが動作する技術である。本技術により、熟練工は重量負担を伴わず、今まで培ったノウハウを最大限生かし、力仕事部分はロボットが分担するという‘人とロボットの協働作業’が可能な、鉄筋組立作業の生産

性を向上させる業界初の革新的技術を開発した。安全面においても、他者の操作によるクレーン等作業に対して、実作業者自身の操作でロボットが動作するので、危険回避対応(ロボットの移動を止めたい時に止める)も素早く取れ、安全性も高い。したがって、きつい、きけん等の労働環境を改善する技術である。さらに、本技術を使用すれば、高齢化した熟練技能者は体力が低下しても引退せずに可能な限り作業に従事することができ、若い技能者への技術(ノウハウ)の教育・伝承(技術のみえる化)となる。また、建設分野に限らず様々な分野での展開が可能であり発展性がある。

今後は、施工実績を積み重ね、応用できる範囲を拡大するために改良を進めたい。

参考文献

- 1) 大木智明：配筋作業をアシストするロボットアーム型作業支援ロボットー『配筋アシストロボ』，電力土木，第388号，pp.97-99，2017
- 2) 金丸清人：配筋アシストロボの開発，月刊技術士，6月号，pp.4-7，2017

(2017.6.16 受付，2017.7.24 採用決定)

DEVELOPMENT OF THE SUPPORTING ROBOT ARM DEVICE FOR ARRANGEMENT OF THE HEAVY REBAR

Tomoai OGI¹, Makoto KONISHI² and Hirofumi HOMPO³

¹ Civil Engineering Division, Civil Engineering and mechanical Engineering Development Department, Manager, Shimizu Corporation

² Product Development Division, General Manager, ATOUN Inc.

³ Production Affairs Promotion Division, Deputy General Manager, SC Machinery Corporation

Improvement of productivity through rebar arrangement becomes important issue, because of high density of the reinforcing bars and the aging of skilled workers. Therefore, we have developed the robot that supports to arrange the heavy rebar by robotic arm. This robot can drastically reduce the burden of the workers by using the know-how of skilled workers. The operator can manipulate the rebar by handling the guide grip without any weight load. We achieve the collaboration human and robots, and the workers are released from the laborious works during reinforcement assembly. We have confirmed its effect that not only helps to enhance the productivity but also improves the safety, and labor environment.



次世代建築生産システム

シミズ・スマート・サイト

印 藤 正 裕・坂 本 眞 一

将来、労働者が不足すると予測されている建設分野において、生産性向上に向けた活動および将来の担い手確保は喫緊の課題である。筆者らは、個別作業で50%以上の生産性向上、苦渋作業の低減、管理業務の効率化を狙いとした新時代の生産システム「シミズ スマート サイト」を提案した。シミズ・スマート・サイトの現場では、最先端技術を搭載した自律型ロボットが活躍する。30年前にブームとなったロボット開発の失敗を分析するとともに、急速に進展を遂げている AI, IoT 技術と建設業の“ものづくりのノウハウ”を融合させることによって、作業員や係員が仲間と感じられる新たな建設ロボットを目指す。本論では、それらの自律型ロボットの概要を示す。

キーワード：新時代の建築生産システム Shimz Smart Site, 自律型ロボット, AI, IoT, 労働者不足, 生産性向上, 省人化効果

1. はじめに

労働者不足は、建設業だけではなく、運送、介護、農業などにおいても深刻な問題となっている。これらの業種の共通点として、作業がきつい、休みが取れない、給与が安いなどが指摘されている。特に建築現場においては、きつい作業の繰り返しが一日中続くようなものも多く、若者の入職者数は年々減少傾向にある。

日本建設業連合会が公表した長期ビジョンの中では、10年後の技能労働者数不足の対策として、総合的な処遇改善や働き方改革による若者の確保と併せて、生産性向上技術の導入による省人化を業界一体となって進めることが提案されている。また、国レベルにおいても2016年の第1回未来投資会議において、

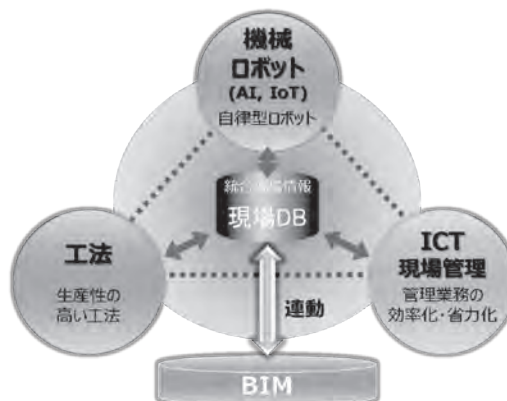
安倍総理大臣から、「建設現場の生産性を i-Construction により2025年までに20%向上させる」という方針が出され、土木分野を中心とした活動が活発となっている。建築分野においても、生産性の向上と魅力ある現場の実現に向けた活動は待ったなしの状況であり、具体的な施策の提案と実証・導入が不可欠である。

2. シミズ・スマート・サイト

図一1は、BIMとAIを搭載した自律型ロボットが連携するシミズ・スマート・サイトのコンセプトを示したものである。筆者らが提案する新時代の建築現場は、最先端の自律型ロボットやICT技術を導入することによって、苦渋作業や繰り返し作業をできる限り

新時代の建築生産システム

- ① 長時間労働削減、4週6閉所の実現
生産性向上（個別作業で50%以上）
- ② 危険作業、繰返し/苦渋作業の低減
- ③ AI/IoT技術による業務効率化



図一1 シミズ・スマート・サイト 【コンセプト】

軽減し生産性を向上させるとともに、若者が働いてみたいと感じるような魅力ある現場を実現することにある。

図-2は、シミズ・スマート・サイトを導入した建築現場のイメージを示したものである。全天候カバーの内部空間では、自在に稼働できる水平伸縮式のクレーン Exter によって鉄骨建方や外装材の取り付けが行われ、溶接ロボット Robo-Welder が柱を溶接しながら躯体工事を進める。下層階からは作業ロボッ

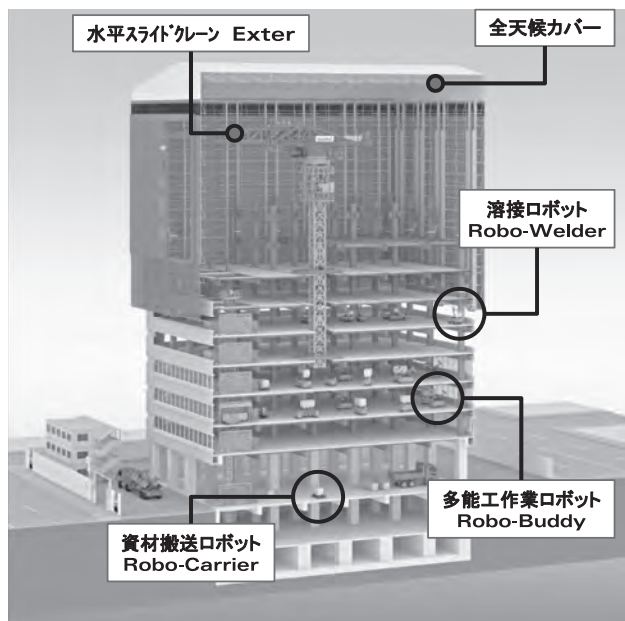


図-2 シミズ・スマート・サイト 【現場のイメージ】

ト Robo-Buddy が最終工程となる天井、床を仕上げていく。現場に搬入された資材は、夜間に、水平搬送ロボット Robo-Carrier を核とする搬送ロボットによって所定の作業階に搬送・仮置きされる。

3. 過去の反省

清水建設では、1990年代に「スマート工法」という全天候型の自動施工システムを提案している。現場を工場のようにというコンセプトを掲げ、写真-1に示すような十数種類のロボットを開発した。これらのロボットを2件の新築現場に適用したが、その後使われることはなかった。理由は、ロボットを動かすために人が介在することが必要であり、施工品質も低く手直しが多かったことである。「人がやったほうが早くて手直しも少ない」といった声が多くなり、開発されたロボットは放置され現在1台も残っていない。

4. 各種ロボットの概要

筆者らは、AI、IoT、センシング技術が急速に進化している現在において、過去の反省を踏まえ、「人と共存できる新しいロボット、自分で考え働ける知恵を持つロボットを開発する」というコンセプトのもと2016年4月から開発に着手した。



'82 耐火被覆吹付ロボット



'89 天井ボード貼りロボット



'93 中荷重バランサー
(グレージングロボ)



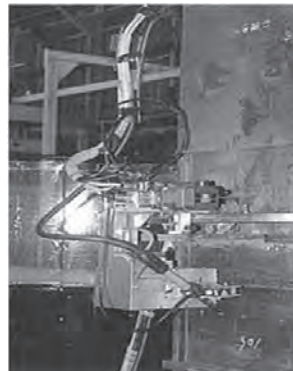
'87 左官仕上ロボット



'85 外壁自動吹付装置
(SBマルチコーター)



'92 耐火被覆吹付ロボット
(ウェットボーイ)



'92 鉄骨柱溶接ロボット

写真-1 スマート工法 (1980年代～2000年)

(1) 溶接ロボット Robo-Welder

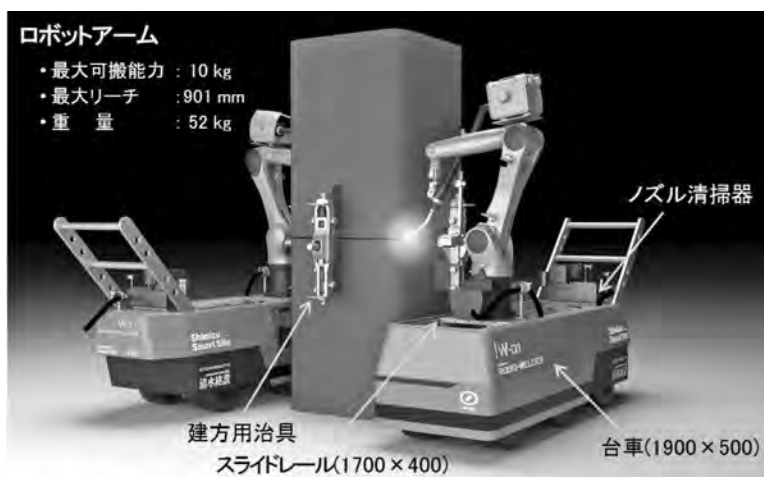
図一3に溶接ロボットの概要を示す。鉄骨製作工場では、全自動溶接ロボットが導入されているが、建築現場では精度の確保が工場の場合に比べて難しいため、導入の実績はほとんどない状況にある。

開発中のロボットは、柱を挟むように2台のロボットをセットし、タブレットで柱の幅、板厚、床面からの開先（溶接される箇所）の高さを入力してスタートボタンを押せば、後は建方用の治具を回避しながら溶接終了まで自動で稼働するものである。溶接部のレー

ザーセンシングとデジタル型の溶接機を採用し、次パスの溶接条件を最適化できるように、大阪大学大学院工学研究科の浅井知教授の積層シミュレーションを組み込んでいる。これらの技術の採用によって、全自動溶接を実現している。

(2) 多能工作業ロボット Robo-Buddy

図一4に、多能工作業ロボットの概要を示す。レーザーセンサで取得した躯体等の位置情報とBIM情報の照合により自分の所在位置を認識し、指示された作



図一3 溶接ロボットの概要



図一4 多能工作業ロボットの概要



吊ボルト挿入



天井ボード貼(ボード把持+ビス打ち)



写真一2 各種作業の学習状況

業場所まで自動で移動する。作業を行う2台のロボットアームは6自由度の30 kg可搬の性能を有するものであり、自動走行台車の昇降式台座上で稼働する。写真―2に示すように、画像センサとレーザーセンサで施工部位を認識した上で、2本のロボットアームを駆使しながら天井吊ボルトのインサートへの挿入、下地材の組み立て、天井ボードの取り付け、ビス留め、OAフロアの台座やパネルの設置などを行う。ロボットアーム先端の手先部（エンドエフェクタ）を取り換えることで多様な機能を発揮する。

(3) 自動搬送システム

図―5に、自動搬送ロボット Robo-Carrier の概要を示す。搭載した機能を下記に示す。



図―5 自動搬送ロボットの概要

①自己位置認識機能

レーザーセンサで取得した躯体等の位置情報とBIM情報の照合により自分の所在位置を認識し、指示された作業場所まで資材を自動搬送する。

②パレット正対機能

2眼カメラシステムによって、パレットに設置したマーカを見ながら角度の補正と水平距離の補正機能を有する。

③リルート機能

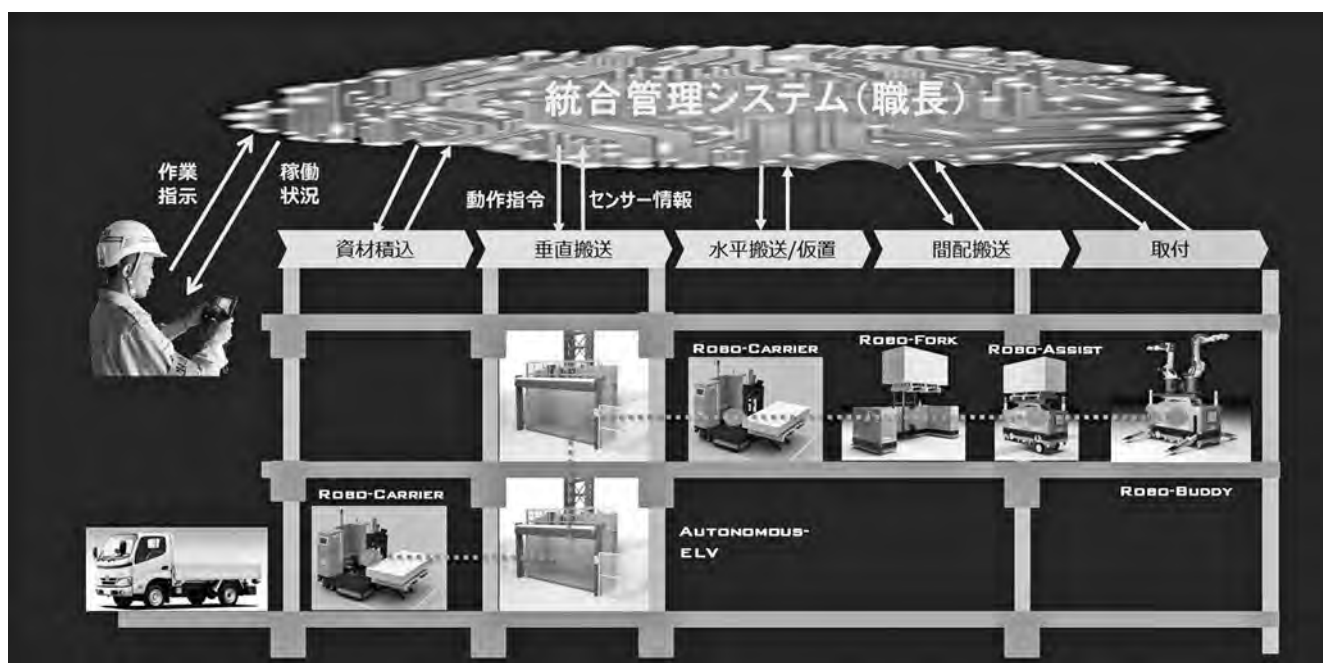
レーザースキャナによって、障害物を検知すると搬送ルートを自動的に再検索・修正する機能も付加している。

④安全対策

人がある一定距離以内に入ったときに停止する機能や段差を検知するセンサなども搭載している。

5. 統合管理システム

十年後の建築現場では、数十台のロボットが稼働している。一つの指示に対して、各ロボットが互いに通信し合って作業を進めるよりも、現状の現場のように、職長が数人から数十人を束ねることが作業進捗の観点から有効である。シミズ・スマート・サイトでは、各ロボットをクラウド型で制御可能な統合管理システムを導入している。図―6にその概要を示す。職長あるいは係員が、作業をタブレット上で入力することによって、各ロボットが連動して作業を進めることができる。また、進捗状況や各ロボットの稼働状況もタブ



図―6 統合管理システムによる各ロボットの連携

レット画面でリアルタイムに確認することができる。

6. 省人化効果

シミズ・スマート・サイトを30階建て、基準床面積3,000 m²クラスのビルに適用した場合の省人化の効果は、揚重・搬送作業で75% (2,700人)、天井・床施工で78% (2,100人)、柱溶接作業で79% (1,150人)、計6,000人近くになるという試算結果を得ている。ただし、この規模の現場になると、延べ54万人工の作業員が関わっており、ロボット導入による省人化の効果は約1.1%に過ぎない。今後、他の作業ロボットにも適用していく予定である。

7. おわりに

建築現場では何千何万の作業（プロセス）によって工事が進められる。現在開発中のロボットは3つの作業（溶接、天井、搬送）を対象としたものであり、

他の多くの作業のプラットフォームと考えている。各ロボットから得られる情報はデータベース（DB）として保存され、そのDBをもとにロボット自身が学習を行い、さらに進化させる仕組みが必要である。

なお、各種ロボットは順次現場に投入し実証を重ね、2018年に関西の超高層ビルでシミズ・スマート・サイトを本格的に導入予定である。

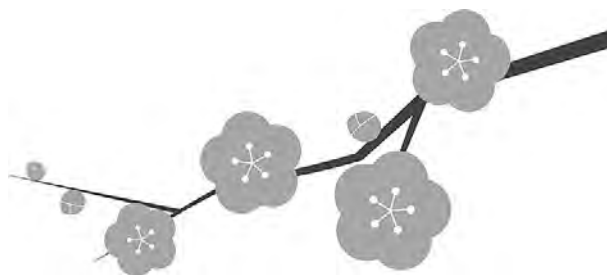
J C M A

【筆者紹介】

印藤 正裕（いんどう まさひろ）
清水建設㈱
生産技術本部
常務執行役員 生産技術本部長



坂本 眞一（さかもと しんいち）
清水建設㈱
生産技術本部
副本部長



ずいそう

ブータンの 建設機械・道路整備機械と人造り

白 井 一



ブータンは「最後の桃源郷」と言われ、或いは「世界一幸せの国」と言われている。南西アジアのヒマラヤ山脈東部に位置し、おにぎりをつぶした様なブータンの地形の北側半分は中国のチベット自治区に接し、南側半分に当たる、南西部・東部は総てインドと国境を接している。ヒマラヤ山中のブータン人の大半は標高 1000 m 以上に住んで大半は農業を営み、ヤクを飼いながら生活している遊牧民は 4000 m 以上の高地を移動して生活している。道路網は今日でも不十分で山間奥地に入る道路がなく、全国踏破が出来ず奥地にはどの位の人口があるか、正確には判らないという。面積は九州の 1.1 倍の 4 万 7000 km²。人口は 80 万人弱と発表されている。最大都市、首都のティンプー (Thimphu) の人口は約 8 万人と言われ、2008 年以降、建設ラッシュが続き、車が増え、もはや桃源郷とは言えない。

2016 年 11 月に、当職は 13 年ぶりに、国際空港のあるパロに始まり、首都ティンプーから東ブータンのデワタンまで、ほぼブータン全域を走破する自動車横断旅行を敢行した。同時にこのブータンを西から東に横断する 900 km の自動車旅行は、2003 年に実施した「JICA ブータン国社会基盤整備計画予備調査」で全国の道路調査を行って以来の本格的な全国横断で、改めてブータンのほぼ全域を走破する道路調査にもなった。2014 年にブータン王立大学 (Royal University of Bhutan, 以下 RUB)・日本技術史教育学会主催、日本機械学会・日本設計工学会協賛、日本ブータン友好協会・足利工業大学・NPO 法人国際建設機械専門家協議会後援で開催した「2014 年度ブータン国際会議」を記念して、2015 年 2 月に RUB の構内に 27 本、その傘下の 7 つのカレッジに分散して総数 50 本の日本桜、「舞姫、紅華」の苗木を植樹した。今回の全国横断は、その植樹した苗木の育成状態を確認する目的を兼ねていた。この苗木は、1962 (昭和 37) 年 4 月に建設機械メーカーのコマツの当時の河合良成社長の提唱で創設された公益財団法人「日本花の会」からの寄贈を受け、植樹して既に 2 年近く経過している。桜の苗木の生育確認と枝下しを兼ね、地方に分散している RUB 傘下の 7 カレッジを訪問した。日本桜はヒマラ

ヤが故郷と言われている。2014 年度国際会議開催記念の日本桜の寄贈は、「桜の故郷ヒマラヤ・ブータンへの日本桜の里帰りプロジェクト」と名付け、定期的にブータンを訪問して育成状態を確認している。

2003 年当時のブータンの建機は道路局所有の建機しか見当たらなかった。ブータンを横断する国道は一本しかなく、その国道を西から東に移動しながら谷底の一本の橋を渡ると、大きな山の脇腹を曲がりくねりながら幅 5 m 程のアスファルト舗装の半分ほどが剥がれた道か、あるいは砂利舗装道路を峠を目指して半日程走り、標高 3000 m 以上ある峠を越えると今度は同じ様に山の反対側の曲がりくねった道を下り、又谷底の一本の橋まで来るとまた上ると言う同じ事を繰り返し、次の峠を目指して走る。ブータンを西から東に横断するには (1) チェレ・ラ (2) ドチュ・ラ (3) ペレ・ラ (4) ヨント・ラ (5) トゥムシン・ラという 3000 m 以上の 5 つの峠と、(6) コリ・ラと (7) ヤンプ・ラという 2000 m を超える 2 つの峠の、合計 7 つの峠を上り下りする必要がある。これらの峠と峠の間の谷に大きな川があり、ヒマラヤの雪解け水が流れ下って、インドの大地を潤している。建設機械は主にこれらの山中の道路建設と道路の維持管理に使われている。ブータンの谷は日本の谷と違い、向こう側に行くには一日車で走る必要のある深い、深い谷になっている。山と谷をボルトのネジ山と谷に例えれば、ネジのピッチは 30 km 位あると考えると、その雄大さが想像しやすい。

ブータンはこのような山岳内陸国特有の厳しい国土を有し、生命線ともいえる道路交通網が唯一の移動・輸送手段であることから、ブータンの公共事業・定住省が全国に 8 カ所の地方道路管理事務所を置き、道路の整備と維持管理を行っている。ブータン政府は、第 9 次 5 カ年計画 (2002 年から 2007 年) において「道路建設機材整備拡充計画」を作成し、この計画に必要な資金を日本政府に対する無償資金協力の要請を行ったことで、その実施のための 2003 年のブータン横断の道路調査が当職の最初のブータン訪問であった。その後道路局の要請を受けて、翌年の 2004 年から 2008 年まで、日本政府の 1995 年の第 2 次道路建設整備計画

で納入された範多機械(株)製のフィニッシャーの整備と、フィニッシャーを使った道路整備技術指導を実施した。その結果、2008年にはパロとティンブー間には技術指導した道路局のオペレータの手で立派な舗装道路が完成し、これまで車で片道2時間半掛ったのが完成後は1時間以下に改善された。2003年を機に当国への技術支援と人造り活動が始まり、その活動は今日まで続き、2016年11月の訪問は22回目の訪問であった。

2003年のブータンの道路事情調査では、車の通れる道路の大半を道路局のヘソタンカ (Hesothangkha) 中央整備工場長、サンゲ・ドルジ (Samgy Dorji) 氏とランドクルーザーでブータン全国を走り回った。写真1、2は、2003年の道路調査中に確認した道路局の舗装工事の写真である。その翌年の2004年から、横浜の(有)きくや機械産業の木村貢社長と当職がアスファルトフィニッシャーの点検と不具合整備、及び整備したフィニッシャーと追加納入したフィニッシャーを使い、本格的なアスファルト舗装技術指導を5年に亘って実施した。

2003年の道路調査は1月～2月であったが、日中は暖かく積雪はほとんどなかったが、標高3000m以上の

峠は、さすがに雪に覆われていた。ブータンの主要道路はインド工兵隊 (Border Road Authority Organization/DANTAK) が管理している。日本には東海道五十三次を代表する様に、品川、鈴ヶ森など宿場や刑場等が主要道路脇に連なり、宿泊施設が昔から存在していた。ブータン人は今日でも国内移動の場合は町や地方に散在する友人、知人、家族の一員の家に投宿しながら移動し、ホテルを利用する姿は多くない。2003年当時はホテルもほとんどなく、地方の道路局のゲストハウスを利用して全国の道路を調査した。昨年2016年の横断旅行でも基本的には変わらず、今回はRUB傘下カレッジのゲストハウスに投宿しながら900kmの車の旅を続けた。勿論ブータン、モンガール、シェムガン等の大きな町にはホテルがあり、旅行者が快適に利用できる。2003年当時では考えられないほど変化していた。2016年の横断旅程の900km中、半分以上で道路の拡幅工事が行われていた。その旅程中、道路脇にある建機を職業柄目で追い、出来る限り記録した。大半が道路拡張工事用の建機である。2016年11月8日にティンブーを発ち11月13日、途中、滑走路の仕上げ不具合で閉鎖し、再開に向けて補修中のヨンブ・ラ (Yongphu la) 空港を視察し、午後3時35分に888kmを走破してデワタンに到着した。目視出来た道路脇の建機の総数は90台ほどになる。キャタピラー、コマツ、コベルコ、ボルボ、JCBなどが主で、ブルドーザーはインド製が多い。大半が油圧ショベルとホイールローダで、大半が道路拡張工事用に使われていた。

最初のブータン横断道路調査から昨年2016年の第2回目の横断道路調査の13年間に、2006年12月14日に、ジグミ・ケサル・ナムゲル・ワンチュク第5代国王が即位され、2008年11月6日に戴冠式が行われた。当職も首都ティンブーのスタジアムで行われた戴冠式後の祝典にブータン国民と共に参加した。第5代国王はご成婚後初の海外旅行として、東日本大災害の半年後の2011年11月15日に来日され、11月17日にはブータン国王・王妃両殿下歓迎レセプションに参加され、翌日の国会演説では東日本大災害の被災者や国会議員と多くの日本国民に勇気を与えていただいた。しかし幸せの国ブータンにも慶事ばかりは続かず、2012年には国民の消費意欲が膨らみ、自動車やビルラッシュに伴う建築資材の輸入が急増し、主要外貨のインドルピーが枯渇する危機に陥り、経済的にも難しい舵取りを強いられている。

当職はその間、技術支援を続けながら、建機や道路整備機械の本格的な維持管理には機械技術者の育成が



写真1 技術指導前のフィニッシャー舗装



写真2 2004年当時のアスファルト舗装

必要であることに鑑み、RUBに機械工学科の設立を図ってきた。建設機械の整備には部品再生、バケット・ブレードの鉄板張替え、アスファルトやクラッシャープラントの設備補修には機械技術者が欠かせない。その様な事情から道路局への技術支援をした2004年から2008年の間、ブータン政府側関係者に必要性を訴えてきた。幸いジグメ・ナムゲル工科大学、Jigme Namgyel Engineering College（以後JNEC）のアンドゥ・ドゥクパ（Andu Dukpa）学長がその必要性を認め、協働して設立を図ってきた。日本の大学関係者の支援が得られ、今年から機械工学科設立支援目的で

大学の元機械設計教員がJNECにRUB准教授として赴任している。2018年7月には4年制の機械工学科を開設し、30名の新入生が入学する予定である。これらの機械工学科設立支援案件が2017年度文部科学省「日本型教育の海外展開推進事業（EDU-Port 日本）」応援プロジェクトに採用された。今後東京都立工業高校の教師の様に、座学は勿論、実技実習もこなす文武両道で、常に「なっぱ服」を着用した教師を育成する必要があると思っている。

——しらい はじめ NPO 法人国際建設機械専門家協議会代表理事・
(株)テラグリーン代表取締役——



ずいそう

女性技術者が いきいきと働ける環境づくりへ

建設どさん娘の会

私たち建設どさん娘の会は、建設業にかかる全てのことをテーマに勉強会などを自らが主体となっており、参加した女性技術者・技能者の知識や見聞を広げるとともに、業界団体や行政に対して、積極的に提言などを行うことで、建設産業における女性技術者・技能者の活躍に資することを目的に、2016年11月に発足しました。発足当時は6人だった会員は今では22人に増え、定期的な勉強会などを楽しく行っています。

建設どさん娘の会は北海道内の建設産業や建設関連行政などに従事する女性ならどなたでも入会可能です。2、3カ月に一度、外部から講師を招き「建設業での女性活用について」「建設業で女性が働くために」「女性が働く環境づくり」など、さまざまなテーマについてお話しいただいています。講演後はフリーの意見交換を行い、講演内容に関する質問や、講師に聞きたいことなど、和気あいあいとした雰囲気の中で情報を交換しています（写真—1）。

勉強会は2016年度には3回、2017年度にはこれまでに2回開催しており、さまざまな角度から「女性が働くこと」「女性技術者への期待」「北海道の地域づくり」などのお話を聞くことで、新しい発見があったり、考えさせられたり、勇気づけられたり……と、大きな刺激につながっています。2016年度の活動について



写真—1



写真—2

は活動報告書（写真—2）も作成し、各関係機関や行政、企業などに配布させていただき、建設どさん娘の会の活動について幅広く周知しています。

そして毎回、勉強会後のお楽しみは「懇親会」です。建設どさん娘の会の入会の原則は「女性」ですが、私たちの活動を応援してくださる男性陣には「サポート会員」として入会していただいています。勉強会は「男子禁制」ですが、懇親会は性別・年齢に関係なく、無礼講で（!!）開催しています。日常の業務では会えないようなメンバーが一堂に会し、仕事の話や趣味の話、家族の話など楽しい話題に花が咲き、あっという間に終わりの時間が来てしまいます。

建設どさん娘の会では今後も外部講師を招いての勉強会や現場見学会の開催のほか、建設どさん娘の会オリジナルのロゴマークの作製なども計画しています。何より会の活動は「自主性」を大事にしていますので、会員が「やりたい!!」と意見を出した企画については積極的に実施することになっています。

建設どさん娘の会に関心をお持ちの方はお気軽にお問い合わせください。

—けんせつどさんこのかい—

JCMA 報告

平成 29 年度 建設機械施工技術検定試験 結果報告

1. はじめに

建設機械施工技術検定試験は、建設工事の機械施工に従事する技術者の技術の向上を図ることを目的に、建設業法第 27 条に基づく国土交通大臣指定試験機関として一般社団法人日本建設機械施工協会が実施している。

この試験は、建設機械運転技術者の操作技能のみを対象とするものではなく、建設工事の機械化施工に必要な土木技術、建設機械の管理技術さらに、こうした技術の熟練度と応用力を兼ね備えた施工技術を対象に学科試験及び実地試験により行う。

技術検定試験では、1 級及び 2 級に区分される。

本技術検定に合格し、所定の手続きを行うと国土交通大臣から建設機械施工技術検定合格証明書が交付され、「1 級又は 2 級建設機械施工技士」と称することが認められ、建設業の許可に必要な有資格者や施工現場における監理技術者（1 級に限る）又は主任技術者（1 級・2 級）としての資格が与えられる。

2. 試験実施状況

(1) 学科試験

① 1 級の学科試験

土木工学、建設機械原動機、石油燃料、潤滑剤、建設機械、建設機械施工法、法規について一般的な知識を問う択一式と記述式による試験を行う。

② 2 級の学科試験

建設機械の種別ごとに実地し、それぞれ土木工学、建設機械原動機、石油燃料、潤滑剤、建設機械、建設機械施工法、法規についての概略の知識及び一般的な知識を問う択一式による試験を行う。試験種別は下記のように、第 1 種から第 6 種に細分している。

- ・第 1 種：トラクター系建設機械・施工法
- ・第 2 種：ショベル系建設機械・施工法
- ・第 3 種：モーター・グレーダー・施工法
- ・第 4 種：締め固め建設機械・施工法
- ・第 5 種：は装用建設機械・施工法

- ・第 6 種：基礎工事用建設機械・施工法

(2) 実地試験

① 1 級の実地試験

記述式試験（「建設機械組合せ施工法」）と実技試験による。

記述式試験は、学科試験と同日に実施し、実地試験の実施時期と合わせて採点を行い、実技試験は、上記 2 級種別と同じ実機によって第 1 種から第 6 種の建設機械について操作施工法の科目として 2 科目を選択し、所定のコース内で操作施工の試験を行う。

② 2 級の実地試験

上記の 6 種別の内から受検種別ごとに、所定のコース内で操作施工試験を行う。

(3) 試験の実施及び結果

平成 29 年度の学科試験及び実地試験を下記①のとおり実施した。その結果及び内訳を②から⑤に示す。

① 学科試験及び実地試験の実施

学科試験	試験日	6 月 18 日（日）
	合格発表日	8 月 2 日（水）
実地試験	試験日	8 月 19 日（土） ～ 9 月 8 日（金）
	合格発表日	11 月 17 日（金）

② 学科試験及び実地試験の実施結果

試験区分 \ 級別区分		1 級	2 級
学科試験	受検者（人）	3,263	8,250
	合格者（人）	1,443	4,828
	合格率（％）	44.2	58.5
実地試験	受検者（人）	1,540	5,103
	合格者（人）	1,296	4,305
	合格率（％）	84.2	84.4

注）「2 級」の受検者・合格者人数は延べ人数とし、1 人が 2 つの種別を受検（合格）した場合は受検者（合格者）を 2 人として計算している。

③ 2 級の学科試験の種別ごとの受検者及び合格者
(延べ人数) の内訳

区分	受検者数(人)	合格者数(人)	合格率 (%)
第 1 種	894	527	58.9
第 2 種	6,330	3,872	61.2
第 3 種	149	57	38.3
第 4 種	663	279	42.1
第 5 種	115	51	44.3
第 6 種	99	42	42.4
合 計	8,250	4,828	58.5

④ 資格(学歴)別ごとの 1 級・2 級の実地試験の結果

受検資格区分 (学歴)	1 級		2 級	
	受検者	合格者	受検者	合格者
大学 (高度専門士含む)	228 人 (14.8%)	171 人 (13.2%)	307 人 (6.6%)	215 人 (5.4%)
短大、高等専門学校 (専門士含む)	75 人 (4.9%)	65 人 (5.0%)	121 人 (2.6%)	101 人 (2.5%)
高等学校、専門学校	808 人 (52.5%)	698 人 (53.9%)	2,392 人 (51.4%)	2,044 人 (51.4%)
上記以外	429 人 (27.8%)	362 人 (27.9%)	1,835 人 (39.4%)	1,619 人 (40.7%)
合計	1,540 人	1,296 人	4,655 人	3,979 人

注：() 内は全体の人数に占める割合の百分率を示す。

2 級で 2 つの種別を受検する場合でも、1 人として数える実人数で示す。

⑤ 2 級の実地試験の種別ごとの受検者及び合格者数
(延べ人数) の内訳

表— 4 種別ごとの 2 級の実地試験結果

区分	受検者数(人)	合格者数(人)	合格率 (%)
第 1 種	563	424	75.3
第 2 種	4,091	3,508	85.7
第 3 種	61	45	73.8
第 4 種	295	247	83.7
第 5 種	51	42	82.4
第 6 種	42	39	92.9
合 計	5,103	4,305	84.4

3. 平成 30 年度の予定

2 級学科試験は、平成 30 年度から年 2 回実施する。
これにより高校生は在学中学科試験を最大で 4 回受検
可能となるなど資格取得の機会が拡大される。

【1 級 2 級試験の予定】

- ・ 1 級学科, 2 級学科 (1 回目) 試験
平成 30 年 6 月 17 日 (日)
- ・ 1 級学科, 2 級学科 (1 回目) 合格発表
平成 30 年 8 月 2 日 (木)
- ・ 1 級・2 級実地試験
平成 30 年 8 月下旬から 9 月中旬
- ・ 1 級・2 級実地試験合格発表
平成 30 年 11 月 21 日 (水)

【2 級学科試験 (2 回目)】

- ・ 2 級学科試験 (2 回目) 試験
平成 31 年 1 月 20 日 (日)
- ・ 2 級学科試験 (2 回目) 合格発表
平成 31 年 3 月 8 日 (金)

受検の申込, 受付, 申請書類(受検の手引)等につ
いては日本建設機械施工協会のホームページに掲載し
ている。

J C M A

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-386	光で覆工打設高さを管理する スターライトセンサシステム	飛鳥建設 北斗工業 大栄工機
--------	--------------------------------	----------------------

▶ 概 要

山岳トンネル工法の NATM でセントル型枠を用いて覆工コンクリートを打設する場合、コンクリートの打上がり速度が速すぎたり、左右の打上がり速度が違いすぎると、型枠に大きな圧力や偏圧が作用して変形やずれの原因となる。また、打重ね時間が長くなってしまうとコールドジョイントの原因となる。これらの施工上のトラブルを防ぐため、コンクリートの打設高さを管理することは施工管理の上で重要である。

通常、覆工コンクリートの打設高さを確認するためには、狭隘なセントル内から検査窓越しに照明を当てながら覗き込んで目視確認する苦渋作業を要した。そこで、照度センサと LED 照明をセントル型枠内の管理上必要となるすべての箇所に埋め込み、コンクリートの有無を照度で判別してセントル型枠全域の打設高さを見える化する打設高さ管理システム「スターライトセンサシステム」を開発した。

▶ 特 徴

①照度センサと LED 照明を採用

照度センサには安価な CdS セルを採用し、コンクリートが照度センサを覆って暗くなったときの照度の変化を検知する(図-1)。検知部分は照度センサと LED 照明が1つずつで1セットとなり、縦断方向に5断面、1断面あたりアーチ方向に打設高さが一定の増分となる間隔で11セット、合わせて55セット設置する。多数の LED 照明によって打設空間の照度が確保され、作業効率や安全性の向上にも寄与している。

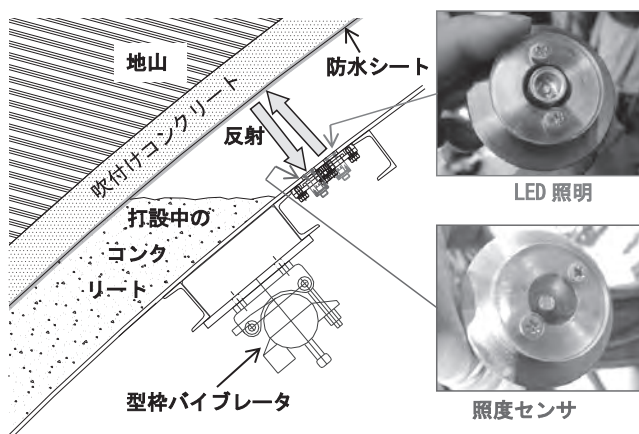


図-1 照度センサと LED 照明の設置例

②クラウド対応の管理画面

打設中、管理画面では、各照度センサの照度が事前に設定した閾値以下になると、そのセンサに対応する画面の箇所が着色され、打設高さをリアルタイムに見える化する(図-2)。画面の右側にはコンクリートポンプ車から送られる情報が表示されており、累計の圧送量から設定打設量に対して残り打設量を計算して表示する。

また、この画面は制御用 PC で管理されており、各情報は自動的に記録される。同じ画面がセントルの切羽側の妻部付近に設置した大型ディスプレイに常時表示される他、クラウドサーバを介して、坑内外、ならびに遠隔地でもスマートフォン等の情報端末で、打設の進捗具合を確認することができる。



図-2 システム管理画面

③型枠パイプレータの自動締固め機能

本システムは「型枠パイプレータ集中制御システム (NETIS: KT-130066-A)」と連携して、コンクリートが打ち上がった箇所に対し、タイマー制御による自動締固めを行うことができる。機械による自動制御を行うため、振動不足による締固め不足や振動過多による材料分離のリスクを排除することができる。

現在は試験導入という位置付けで、肩部から天端部にかけての限定した部位に型枠パイプレータを設置し、人力の棒状パイプレータと併用して最適なタイマー制御方法を検証している。今後検証・改善を進め、将来的には締固め作業の完全自動化を実現して省力化による生産性向上に貢献したいと考えている。

▶ 用 途

・山岳トンネルの覆工コンクリートの打設管理

▶ 実 績

・中国地方整備局 長門俵山道路大寧寺第3トンネル北工事

▶ 問 合 せ 先

飛鳥建設(株) 土木事業本部 土木技術部

〒108-0075 東京都港区港南1-8-15 Wビル4F

TEL: 03-6455-8327

09-43	音響管付二重防音壁 (サイトピアノシモ®)	(株)大林組
-------	--------------------------	--------

▶ 概 要

施工時の周辺への騒音対策は、住民の環境意識の高まりとともに、ますます重要になっている。特に、工事境界に近接した民家での要求度が高く、新技術等による、より効果的な対策が求められている。従来の対策としては、通常用いる万能鋼板製の高さ3mの「仮囲い」に代えて、壁高の高い防音壁を設けることもあった。しかしながら、基礎構築工の追加による建設費の高騰を招くと同時に、基礎施工時の騒音・振動が大きな課題であった。

そこで、図—1に示すように、万能鋼板による二重の防音材と天端に設置した音響管による「音響管付二重防音壁（サイトピアノシモ）」を開発した（写真—1，2）。「音響管付二重防音壁（サイトピアノシモ）」は、音響管による消音効果を利用して近隣民家での騒音を効率的かつ経済的に低減することができる。

▶ 特 徴

図—2に示す通り、音響管の設置と防音材の二重化による①～③の効果で、仮囲いに比べて、近接民家での騒音を最大8 dB 低減できる。

- ①『音響管による干涉』により、防音壁の上を回り込む音を打ち消す。
- ②回折点を2か所に増やし、『二重回折』させることにより、防音壁の上を回り込む騒音をさらに低減する。
- ③防音材（万能鋼板）を二重にすることで、『透過損失増加』により、壁面を透過する騒音をさらに低減する。

汎用仮設材の組み合わせで設置できるため、同等の防音効果のある防音パネルに対して50%のコストダウンが図れる。

▶ 用 途

- ・工事現場近傍での騒音低減対策

▶ 実 績

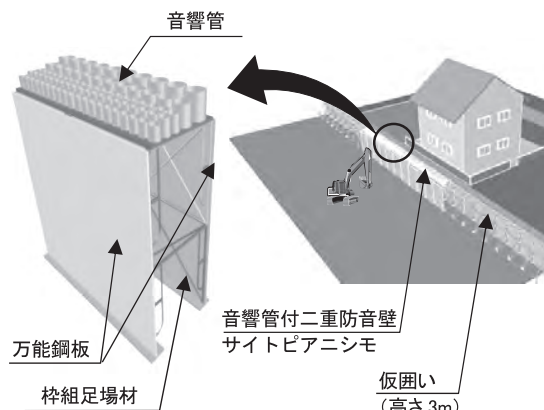
- ・神奈川県道路工事現場での実証試験

▶ 問 合 せ 先

(株)大林組 生産技術本部 技術第二部

〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟

TEL：03-5769-1302



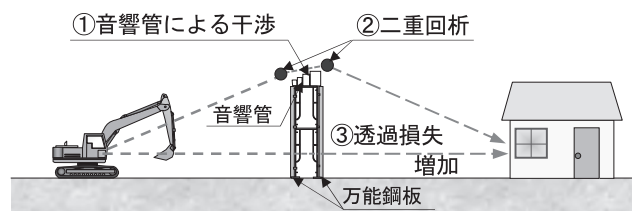
図—1 音響管付二重防音壁の設置イメージ



写真—1 音響管付二重防音壁設置状況



写真—2 音響管設置状況



図—2 音響管付二重防音壁の騒音低減効果

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

17-〈02〉-06	日立建機 ホイール式油圧ショベル ZX125W-6	'17.09 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準および、平成 26 年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制に適合したホイール式油圧ショベルであり、「尿素 SCR システム」を採用している。

3.5 m の道幅で全旋回が可能であり、狭い現場での作業に対応している。シャーシフロント車軸に油圧式サスペンションを採用することで走行時の不快な突き上げ等を吸収し、オペレータの疲労の低減を図っている。また、新規エンジンにより、力強い加速とスムーズな登坂を可能としているほか、作業時にアクセルから足を離すとフロントサスペンションシリンダを自動でロックするオートアクスルロックシステムにより、作業時の車体の安定性の向上を図っている。

HIOS IV 油圧システムにより、レバー操作量およびフロントにかかる負荷に応じて積極的にポンプ流量を制御し、操作性や作業性の向上を図っている。

長期間使用した場合においても、性能・信頼性を維持するように各部の強化を図っており、足回り部品では、走行モータの信頼性向上や、新規アクスルにより耐久性の向上を図っている。油圧機器では、油漏れリスク低減のため、高温に強いシール材を採用している。

上部旋回体の上部の手すりや、供給電源を容易に遮断可能なバッテリーディスコネクトスイッチにより、メンテナンス時の安全性の向上を図っている。また、LED 式テールランプにより、高い視認性と省電力化・高耐久性の向上を図っている。

表一 1 ZX125W-6 の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.45
運転質量	(t)	13.84
エンジン定格出力	(kW/min ⁻¹)	91/2,000
最大掘削半径	(mm)	7,910
最大掘削深さ	(mm)	5,010
最大掘削高さ	(mm)	9,000
最大ダンプ高さ	(mm)	6,570
最大掘削力 (昇圧時)	(kN)	95
旋回速度	(min ⁻¹)	9.2
走行速度 (高/低)	(km/h)	38.0/9.3
全長	(mm)	7,400
全幅	(mm)	2,485
全高	(mm)	3,485
後端旋回半径	(mm)	1,740
フロント最小旋回半径	(mm)	1,750
標準小売価格 (税抜)	(百万円)	23.5



写真一 1 日立建機 ZX125W-6 ホイール式油圧ショベル

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

17-〈02〉-15	コマツ 中型油圧ショベル PC200/210 (LC)-11 PC228US (LC)-11	'17.9 発売 新機種
------------	---	-----------------

建設機械用排出ガス後処理システム (※1) により、窒素酸化物 (NOx) と粒子状物質 (PM) の排出量を大幅に低減してオフロード法 2014 年基準に適合した中型油圧ショベルである。

機体のメインユニットを最適に制御するトータルビークルコントロール (機体総合制御) とオートアイドルストップ機能により、燃料消費量を従来機に比べ平均 6% 低減 (※2) し生産性の向上を図っている。また、「PC228US-11」については、1 クラス上の PC220 用足回りを採用し、安定性の向上を図っている。

KomVision (機械周囲カメラシステム)、ロックレバー自動ロック機能により、安全性の向上を図っている。

また、KOMTRAX (機械稼働管理システム) は、オペレーターごとの車両運転情報の管理を可能にするとともに、排出ガス後処理システムの選択触媒還元 (SCR) に必要な AdBlue[®] (※3) の残量についても確認可能にしている。さらに、国内で初めて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)」が新車購入時から付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働への貢献を図っている。

新機種紹介

- ※1. コマツディーゼルパティキュレートフィルタ (KDPF) と選択触媒還元 (SCR) を組み合わせて、NOx と PM を除去するシステム
- ※2. 自社従来機との比較 (自社テスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある
- ※3. ドイツ自動車工業会 (VDA) の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと

表-2 PC200-11/PC200LC-11 の主な仕様

	PC200-11	PC200LC-11
機械質量 (t)	19.8	21.2
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	123/2,000 [167/2,000]	
標準バケット容量 (新 JIS/旧 JIS) (m ³)	0.8	
標準バケット幅〈サイドカッタ含む〉 (m)	1.045 (1.170)	
全長 (輸送時) (m)	9.425	
全幅 (m)	2.805	3.08
全高 (輸送時) (m)	3.135	
後端旋回半径 (m)	2.83	
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	22.2	23.1

表-3 PC210-11/PC210LC-11 の主な仕様

	PC210-11	PC210LC-11
機械質量 (t)	21.8	22.7
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	123/2,000 [167/2,000]	
標準バケット容量 (新 JIS/旧 JIS) (m ³)	0.8	
標準バケット幅〈サイドカッタ含む〉 (m)	1.050 (1.115)	
全長 (輸送時) (m)	9.625	
全幅 (m)	2.875	2.98
全高 (輸送時) (m)	3.135	
後端旋回半径 (m)	3.02	
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	23.6	24.5

表-4 PC228US-11/PC228USLC-11 の主な仕様

	PC228US-11	PC228USLC-11
機械質量 (t)	22.6	23.3
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	123/2,000 [167/2,000]	
標準バケット容量 (新 JIS/旧 JIS) (m ³)	0.8	
標準バケット幅〈サイドカッタ含む〉 (m)	1.045 (1.170)	
全長 (輸送時) (m)	8.825	8.92
全幅 (m)	2.805	3.08
全高 (輸送時) (m)	3.24	
後端旋回半径 (m)	1.785	
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	24.3	25

写真-2 コマツ PC200-11 油圧ショベル
(一部オプションが含まれる)写真-3 コマツ PC228US-11 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

新機種紹介

▶ 〈03〉 積込機械

17-〈03〉-01	日立建機 ホイールローダ ZW140-6, ZW150-6	'17.09 モデルチェンジ
------------	-------------------------------------	-------------------

一般荷役作業、土木作業、農畜産業、廃棄物処理業などで使用されるホイールローダのモデルチェンジである。

排ガス後処理装置は、DPF（Diesel Particular Filter）を必要としない尿素 SCR（Selective Catalytic Reduction）システムである。また、国土交通省低騒音指定機でもあり、市街地での作業などの環境に配慮している。

フロント作業機の油圧負荷やけん引力などから、発進加速、掘削、走行などの運転状態を判断し、HST（Hydro Static Transmission）ポンプ・モータを効率よく制御する「アクティブ HST コントロール」を標準装備している。アクスルの抵抗を低減することで、両機種共に標準的な作業における燃料消費量を約 10%低減している。

作業モードは多くの作業環境に適した「スタンダードモード」と作業速度を求められる作業環境に適した「パワーモード」の 2 種類に集約することで、設定ミスによる作業量の低下、燃料消費量増加のリスクを低減している。

キャブは、ROPS/FOPS 構造とし、加えて前後左右とも視認しやすいピラーレイアウトおよび標準装備のリアエンダミラーによりオペレータや周囲への安全性の向上を図っている。また、最適なドライビングポジションが得られるチルト&テレスコピック機構付きステアリングと、サスペンションシート、フルオートエアコン、ホット&クールボックス、外部入力端子付きラジオなどを標準装備し、オペレータの居住性の向上を図っている。

荷こぼれの防止やオペレータの疲労低減に寄与するライドコントロールシステムは、車速によって自動的に作動する車速感应型とし、作業内容による ON/OFF 操作を不要としている。

バッテリーを電気系統から遮断できる、「バッテリーディスコネクトスイッチ」を標準装備し、メンテナンス中の感電事故のリスクを低



写真—4 日立建機 ZW150-6 ホイールローダ

減するとともに、長期保管時のバッテリー上がりの可能性を低減している。

エンジン冷却回路のエア抜きを自動で行うエキスパンションタンク、尿素給水回数を低減する大容量尿素タンクを装備するなど、メンテナンスコストの低減を図っている。

携帯電話通信網による通信機能により、車両稼働位置情報やサービス履歴、メンテナンス時期・実施状況、稼働状況など、車両のメンテナンス計画に有益な情報を確認することができる。

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

17-〈03〉-02	日立建機 ホイールローダ ZW180-6	'17.09 モデルチェンジ
------------	----------------------------	-------------------

一般荷役作業、土木作業、農畜産業、廃棄物処理業などで使用されるホイールローダのモデルチェンジである。

排ガス後処理装置は、DPF（Diesel Particular Filter）を必要としない尿素 SCR（Selective Catalytic Reduction）システムである。また、国土交通省低騒音指定機でもあり、市街地での作業などの環境に配慮している。

フロント作業機の油圧負荷やけん引力などから、発進加速、掘削、高速走行、登坂走行の運転状態を判断し、最適なアクセルワークとなるようオペレータをサポートするエンジン回転数自動制御を標準装備している。従来機の「シンプルなモード選択」や、「操作性」「静粛性」などの性能を踏襲しながら、定格積載質量を従来機比約 7% 向上している。

キャブは、ROPS/FOPS 構造とし、加えて前後左右とも視認しやすいピラーレイアウトおよび標準装備のバックモニターによりオペレータや周囲への安全性の向上を図っている。また、最適なドライビングポジションが得られるチルト&テレスコピック機構付きステ

表—5 ZW140/150-6 の主な仕様

	ZW140-6	ZW150-6
標準バケット容量 (m ³)	2.0	2.3
運転質量 (t)	10.63	11.82
最大出力 (グロス) (kW/min ⁻¹)	108/2,200	
定格荷重 (t)	3.20	3.68
全長 (バケット地上時) (m)	7.325	7.410
全幅 (バケット) (m)	2.480	2.560
全高 (バケット地上時) (m)	3.190	3.265
ホイールベース (m)	3.000	3.000
トレッド (m)	1.930	1.930
ダンピングクリアランス (m)	2.820	2.850
ダンピングリーチ (m)	1.030	1.010
最高走行速度 (前進/後進) (km/h)	35/35	39/39
標準小売価格 (税抜) (百万円)	20.7	23.3

新機種紹介

アリングと、サスペンションシート、フルオートエアコン、ホット&クールボックス、外部入力端子付きラジオなどを標準装備し、オペレータの居住性の向上を図っている。

荷こぼれの防止やオペレータの疲労低減に寄与するライドコントロールシステムは、車速によって自動的に作動する車速感应型とし、作業内容による ON/OFF 操作を不要としている。また、クラッチカットオフ機構は、アクセルの踏み込み量と車速から車体のショックを抑えることができるタイミングでクラッチを切る制御を行い、操作性の向上を図っている。

バッテリーを電気系統から遮断できる、「バッテリーディスコネクトスイッチ」を標準装備し、メンテナンス中の感電事故のリスクを低減するとともに、長期保管時のバッテリー上がりの可能性を低減している。

エンジンエアフィルタにはプレクリーナ機能を内蔵し、さらに一定時間ごとに逆回転することでラジエタに付着した埃を清掃する自動逆転クリーニングファンおよび、エンジン冷却回路のエア抜きを自動で行うエキスパンションタンク、尿素給水回数を低減する大容量尿素タンクを装備するなど、メンテナンスコストの低減を図っている。

携帯電話通信網による通信機能により、車両稼働位置情報やサービス履歴、メンテナンス時期・実施状況、稼働状況など、車両のメンテナンス計画に有益な情報を確認することができる。

表—6 ZW180-6の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	3.0
運転質量	(t)	14.75
最大出力 (グロス)	(kW/min ⁻¹)	129/2,200
定格荷重	(t)	4.80
全長 (バケット地上時)	(m)	8.000
全幅 (バケット)	(m)	2.690
全高 (バケット地上時)	(m)	3.280
ホイールベース	(m)	3.100
トレッド	(m)	2.050
ダンピングクリアランス	(m)	2.760
ダンピングリーチ	(m)	1.100
最高走行速度 (前進/後進)	(km/h)	38.5/28.3
標準小売価格 (税抜)	(百万円)	29.5



写真—5 日立建機 ZW180-6 ホイールローダ

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

▶ 〈13〉 舗装機械

17-〈13〉-02	住友建機 アスファルトフィニッシャー HA45W-10	'17.09 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合したクリーンエンジン搭載のホイール式アスファルトフィニッシャーである。

道路のほか、駐車場や小規模な現場に対応可能な高剛性コンパクトボディと、2.0 m から 4.5 m まで無段階に伸縮可能な J・Paver スクリード (※1) を組み合わせ、舗装精度の向上を図っている。

クリーンエンジンとエコモード機能により、環境性能の向上と燃費の低減を図っている。また、パワーモード機能では、最高舗装速度を 12 m/min に向上させている。

運転席には、太陽光を遮るための折りたたみ式キャノピをオプション設定し、暑い時期の作業環境の改善を図っている。また、各種作業状況を把握するため 7 インチ高輝度カラーモニタを運転席に装備し、操作性の向上を図っている。

メンテナンス面では、遠隔稼働管理システム G @ Nav (ジーナビ) を標準装備し、機械の安心稼働をサポートしている。

『3D データ活用舗装工事』に対応するため、3D マシンコントロール機器を装着できるブラケットを、今年度内にオプション設定する計画である。

※1 J・Paver スクリード：住友建機が独自に開発した延長スクリードを必要としない伸縮自在のスクリード

表—7 HA45W-10の主な仕様

舗装幅	(m)	2.0 ~ 4.5 無段階
舗装厚	(mm)	10 ~ 150
舗装速度	(m/min)	4WD : 1 ~ 12 (パワーモード時)
ホッパ容量	(t)	4.2
質量	(kg)	約 7,540
全長	(mm)	5,465
全幅	(mm)	2,175
全高	(mm)	1,920
軸距	(mm)	2,070
輪距 (前輪/後輪)	(mm)	1,575/1,500
総排気量	(L)	3,769
定格出力	(kW/min ⁻¹)	54.6/2,200
最大トルク	(N・m/min ⁻¹)	305.4/1,500
燃料タンク容量	(L)	90
価格	(百万円)	36.7

新機種紹介



写真—6 住友建機 HA45W-10 アスファルトフィニッシャー

問合せ先：住友建機販売(株) 営業企画部

〒141-6025 東京都品川区大崎 2-1-1

▶ 〈18〉原動機および発電・変電設備等

17-〈18〉-01	デンヨー ハイブリッド発電装置 HYB-2000E	'17.10 発売 新機種
------------	---------------------------------	------------------

バッテリーとディーゼルエンジンによる発電とを組み合わせたハイブリッド発電装置である。

ハイブリッド運転では、バッテリーから交流電源を供給し、バッテリーを充電するときだけエンジン発電機を運転する。ハイブリッド ON 時の定格出力は 2.0 kVA で、バッテリーの残量が少なくなると自動的にエンジン発電機からの供給に無瞬断で切り替えると同時にバッテリーを充電する。エンジン発電機は、バッテリー充電電力 (1.0 kVA 以下) を負担するため、軽負荷運転を避けて、燃料消費効率を高めた運転となり、一度の給油による運転時間を長くできる。例えば、LED 照明や工事現場で使用される LED 表示板として 200 W 負荷の使用時では、通常のエンジン発電機に比べ約 2 倍の長時間運転が可能であり、頻繁に給油できない現場などで便利である。

ディーゼルエンジン発電機は、商用電源のない工事現場や屋外イベントなどにおける電源確保に使用されるが、例えば週末の工事現場では、作業休止日であっても回転灯や信号機・表示板などは継続して使用するため発電機を運転するため給油作業が必要になることがある。

発電機の給油間隔を長くする手段として大容量の燃料タンクを搭載したエンジン発電機があるが、本機は燃料消費の効率を高めることで運転時間を長くしている。

エンジン発電機で使用する機器は、LED 製品の普及に代表されるように省エネ化が進み、消費電力が小さくなっているが、エンジン発電機は使用機器がない無負荷運転状態では燃料消費効率が悪く、

バッテリーの充電残量は本機内部の制御基板で管理され、充電の開始・終了およびエンジンの運転・停止も連動して自動で行われるため、使用者は、バッテリー充電残量の心配がなく、機器を連続して使用することができる。

この他、強制充電ボタンを押すことによりエンジンを始動させて充電を行える。例えば、昼間のうちにバッテリーを継ぎ足し充電して、夜間には満充電状態からエンジン発電機をとめたまま、無騒音で使用することができる。

バッテリーは現場に出かける前に充電ケーブルを商用 100 V コンセントに挿して充電できる。

表—8 HYB-2000E の主な仕様

		HYB-2000E
周波数	(Hz)	50 / 60
定格出力 (kVA)	ハイブリッド ON 時	2.0
	ハイブリッド OFF 時	3.1
定格電圧	(V)	100
コンセント数		15 A × 2 個
		30 A × 1 個 ^{*1}
力率		1.0
相数		単相 2 線式
ハイブリッド運転用バッテリー		鉛蓄電池 60 Ah × 3 個
エンジン名称		クボタ Z402
エンジン形式		水冷 4 サイクル渦流室式
エンジン定格出力		5.5 kW / 3,000 min ⁻¹
燃料、燃料タンク	(L)	軽油, 15
全長 × 全幅 × 全高	(mm)	1,485 × 800 × 1,250
乾燥質量 [整備質量]	(kg)	388 [409]
価格	(百万円)	—

^{*1} ハイブリッド ON 時は 15 A 側のみ使用可能。



写真—7 デンヨー HYB-2000E ハイブリッド発電装置

問合せ先：デンヨー(株) 研究開発部第二課

〒350-0214 埼玉県坂戸市千代田 5-4-34

新機種紹介

▶ 〈19〉 建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, ワイヤロープ, 検査機器等

17-〈19〉-09	コマツ ICT 油圧ショベル PC200i/PC200LCi-11	'17.9 発売 新機種
------------	---	-----------------

建設機械用排出ガス後処理システム（※1）を採用し、窒素酸化物（NOx）と粒子状物質（PM）の排出量を大幅に低減したオフロード法 2014 年基準に適合した ICT 油圧ショベルである。

KomVision（機械周囲カメラシステム）、オートアイドルストップ、ロックレバー自動ロック機能などを有している。

GNSS（全地球衛星測位システム）アンテナと GNSS 補正情報から得たバケット刃先の位置情報を、施工設計データと照合しながら作業機（ブーム、アーム、バケット）を制御する「インテリジェントマシンコントロール」技術を使用している。自動整地アシストなど従来のマシンコントロール機能に、バケット角度保持制御、締め叩き制御などを追加し、大幅な操作性の向上と施工時間の短縮を図っている。また、日本のみちびき（QZSS）を含むマルチ GNSS に対応することで、より安定したマシンコントロールによる施工を図っている。

車両前方の地形を 3 次元データ化できるステレオカメラ（KomEye）により、「i-Construction」（※2）における出来高部分払いの数量算出にも利用できる。カメラユニットをキャブ外に配置することで視界性およびオペレーターの居住性の向上を図っている。また、ダンプトラックへの積込重量をタブレットで管理できるペイロードメータによりダンプトラックの運搬土量の最大化を図っている。

- ※1. コマツディーゼルパティキュレートフィルタ（KDPF）と選択触媒還元（SCR）を組み合わせ、NOx と PM を除去する新システム
- ※2. 国土交通省が推進する、「ICT の全面的な活用（ICT 土工）」などの施策を建設現場に導入することによって、建設生産システム全体の生産性向上を図り、魅力ある建設現場を目指す取組み

表—9 PC200i-11/PC200LCi-11 の主な仕様

	PC200i-11	PC200LCi-11
機械質量 (t)	19.8	21.2
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹ (PS/rpm))	123/2,000 [167/2,000]	
標準バケット容量 (新 JIS/旧 JIS) (m ³)	0.8	
標準バケット幅〈サイドカッタ含む〉(m)	1.045 (1.170)	
全長 (輸送時) (m)	9.425	
全幅 (m)	2.805	3.08
全高 (輸送時) (m)	3.135	
後端旋回半径 (m)	2.83	
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	37.7	38.75

写真—8 コマツ PC200i-11 ICT 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

17-〈19〉-10	日立建機 ICT 油圧ショベル ZX200X-6	'17.09 発売 新機種
------------	--------------------------------	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合し、ICT 機能を搭載した油圧ショベルである。

車体と施工目標の位置関係や姿勢情報を 2D または 3D で示す「マシンガイダンス（MG）機能」や、施工目標データに基づき車体を半自動制御する「マシンコントロール（MC）機能」を備えた情報化施工対応システム「Solution Linkage Assist」を搭載している。これらの機能の組み合わせにより、システム仕様として 4 つのバリエーション（2DMG/2DMC/3DMG/3DMC）に対応している。

マシンガイダンス機能として、施工目標面は 2D では専用モニターで直接入力し、3D では 3D 設計データを取り込むことで入力可能である。専用モニターは大画面のタッチパネル式であり、各種機能は見やすく直観的な操作をすることが可能である。

マシンコントロール機能として、施工目標面を掘り過ぎることなく自動でブーム上げ操作やアーム速度調整を行い、効率的な掘削・整地が可能となる「掘り過ぎ防止機能」を搭載している。

掘り過ぎ防止機能には速度優先の「粗掘削モード」と、仕上げ精度優先で速度が制限される「仕上げモード」の 2 つのモードが用意されており、「粗掘削モード」でもレバー操作量を少なくして「仕上げモード」相当の速度に調整することで「仕上げモード」同等の仕上げ精度にすることが可能である。また、施工目標面に対してバケット角度を一定にする「バケット角度保持モード」により、パケッ

新機種紹介

トのレバー操作をすることなく、法面仕上げが可能である。

応答性のよいフロント姿勢センサにより、従来機に比べマシンコントロール作業での速度アップや精度・操作性の向上を図っている。

さらに、クラウドソリューションサービスである「Solution Linkage Cloud」との連携が可能である。

表— 10 ZX200X-6 の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.8
運転質量	(kg)	20,700
エンジン定格出力	(kW/min ⁻¹)	122/2,000
最大掘削半径	(mm)	9,920
最大掘削深さ	(mm)	6,670
最大掘削高さ	(mm)	10,040
最大ダンプ高さ	(mm)	7,180
最大掘削力（昇圧時）	(kN)	158
旋回速度	(min ⁻¹)	11.8
走行速度 低／高	(km/h)	3.5／5.5
全長	(mm)	9,660
全幅	(mm)	2,860
全高	(mm)	3,120
後端旋回半径	(mm)	2,890
最低地上高さ	(mm)	450
標準小売価格	(百万円)	38.6（3DMC）



写真— 9 日立建機 ZX200X-6 ICT 油圧ショベル

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

建設機械産業の現状と今後の予測

(一社) 日本建設機械工業会

1. はじめに

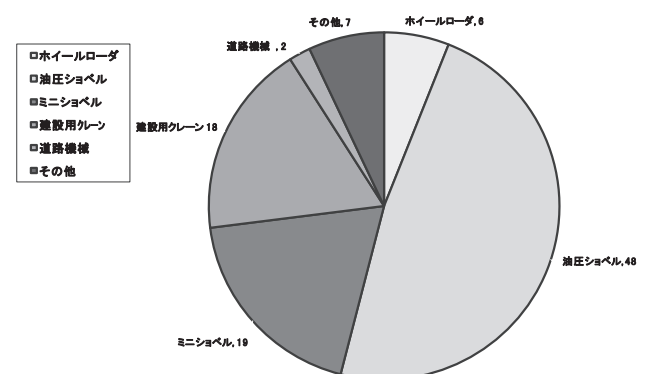
当業界は、100年に一度と言われる世界同時不況となった2009年度から一転、2010年度にはV字回復した。2011年度も内需は震災復興の需要、外需は新興国、資源開発国向けの需要を中心に好調に推移した。2012年度は、内需は震災復興需要等で継続的に良かったものの、外需は世界的な景況の悪化から減少に転じた。2013年は震災復興の本格化、排ガス規制継続生産猶予期間終了前の旧規制機の需要増で再び2011年度並みに回復した。2014年度は国内に一部機種に反動減が見られたものの、輸出が好調に推移し、2年連続で増加したものの、2015、2016年度は輸出が反動減となり、2年連続で減少となった。

2. 建設機械産業の現状

経済産業省の機械動態統計から建設機械の生産金額の推移を見ていきたい(図-1参照)。

2012年度の総計は、1兆5,747億円で前年比約10%減少し、2005年度と同水準となった。2009年度は、総計が8,000億円を下回り、

30数年前の生産金額と同水準まで落ち込んだが、2010年度、2011年度と、そこから大きく回復した。しかし、2012年度は、アジアを中心とした世界的な景況の悪化から一時的に減少に転じたものの、2013年度は、主力機種を中心に国内向けが大きく増加し、再び2011年度水準まで回復した。2014年度は、輸出を中心に続伸し



総額 14,981 億円

図-2 機種別生産金額構成比

出典：経済産業省 機械動態統計

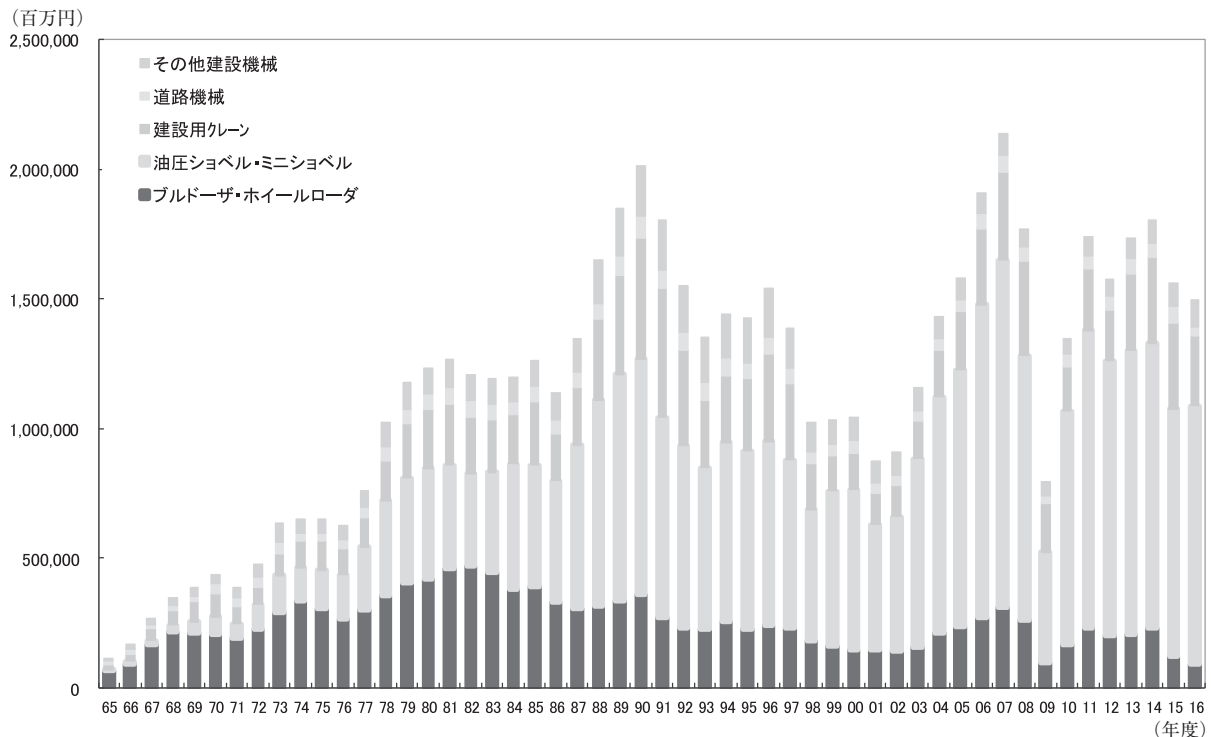
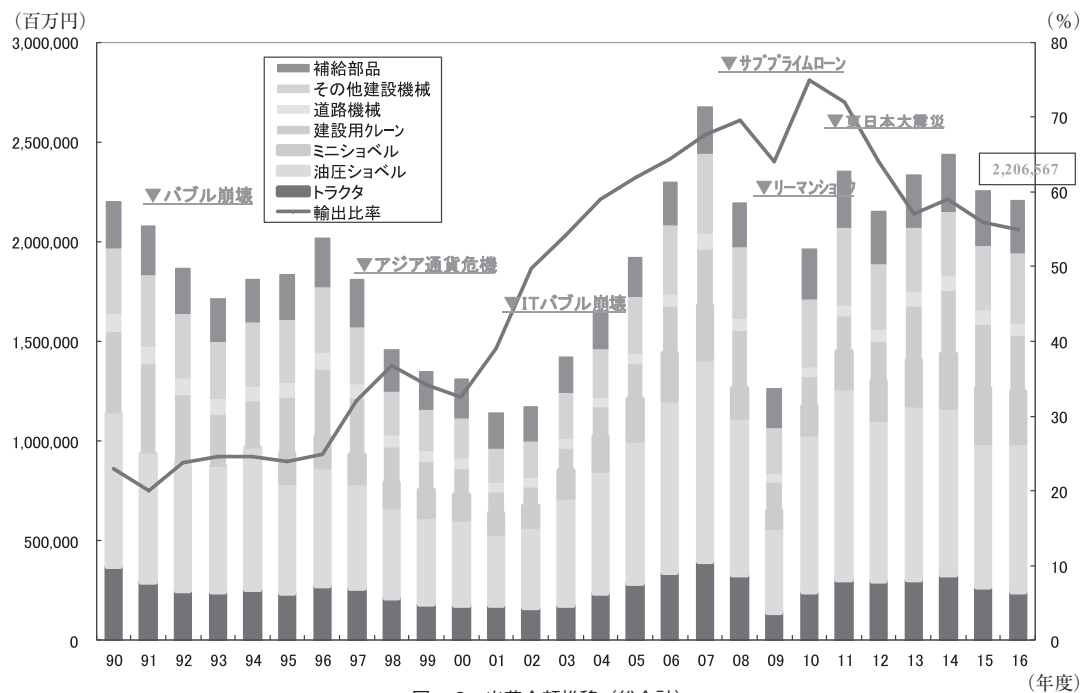


図-1 生産金額推移(総合計)

出典：経済産業省 機械動態統計

統計



図一 3 出荷金額推移（総合計）
 ※ 10 機種（油圧ショベル、ミニショベル、トラクタ、建設用クレーン、道路機械、コンクリート機械、トンネル機械、基礎機械、油圧ブレード圧砕機、その他建設機械、補給部品）の出荷金額ベース
 出典：日本建設機械工業会自主統計

たものの、2015 年、2016 年度は資源開発国や中国向けが減少し、2 年連続で減少した。

機種別の詳細は図一 2 の通り。

次に当工業会の自主統計である出荷金額統計で建設機械産業の現状を見ていきたい。

当工業会設立の 1990 年度から統計を開始した（図一 3 参照）。

2008 年度のリーマン・ブラザーズ破綻を契機とした世界的な景気低迷により、内外需とも大幅に減少し、2009 年度は、前年比 43%の減少となった。

しかし、2010 年に入ると旺盛な海外需要により、国内出荷は前年比 14%増加、輸出が 84%増加した。2011 年度は、震災復興の需要等で国内出荷は同 34%増加、輸出は同 17%増加した。2012 年度は、震災復興の需要等の継続により国内出荷は同 18%増加したものの、アジアを中心とした景気の悪化から、輸出は同 19%減少した。2013 年度は、震災復興の本格化や排ガス規制継続生産猶予期間の終了前の旧規制機の需要増などにより、2011 年度水準まで戻った。2014 年度は、国内で一部機種に反動減が見られたものの、輸出が緩やかに回復し、続伸した。2015 年度は、国内の一部機種の反動減の継続、輸出も反動減となり、2016 年度もその傾向が続いた。

輸出比率は 2010 年に、最高の 75%を記録した（国内輸出比率は、当工業会が統計を取り始めた 1990 年度と真逆となった）ものの、2011 年度は 72%、2012 年度は 64%、2013 年度は 57%と減少してきている。これは上記の通り、震災復興や排ガス旧規制機の需要増により、国内に機械が多く出荷されたためである。しかし、2014 年度は国内で前年の反動減があり、輸出が伸びたことから 59%と

なった。2016 年度は輸出減により 55%となった。

機種別出荷金額構成比は、代表的建設機械である油圧ショベルとミニショベルで 52%、これに主力機械である建設用クレーンとトラクタを足すと主力 4 機種で約 8 割の構成比となっている（図一 4 参照）。

また、輸出先では、不動産価格の下落や金融引き締め等の影響を受けている中国の比率が大きく下がっている。北米市場の需要が非常に好調で 36%、欧州市場が大きく回復し 21%となっており、この 2 地域で半分以上を占めている（図一 5 参照）。

2016 年度は、最大輸出先の北米向けの需要が堅調で 36%となった。また、欧州向けの構成比は昨年に引き続き 21%と好調に推移している（図一 6 参照）。

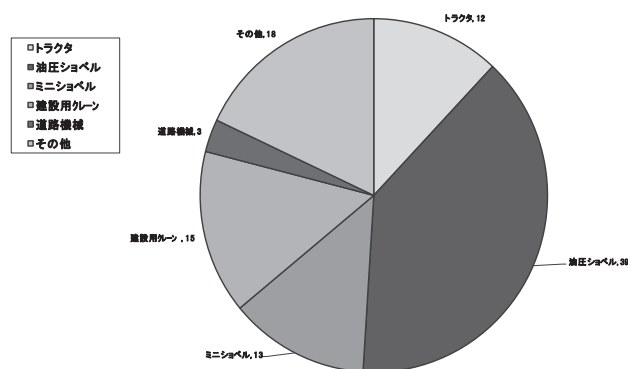
3. 今後の建設機械産業の展望

当工業会は 2017 年 8 月末に建設機械産業の 2017 年度～2018 年度の補給部品を除いた建設機械本体ベースでの需要予測結果を発表した（表一 1 参照）。

2017 年度の国内出荷は、上期、引き続き建設投資が高水準で推移すると見込まれることに加え、主力機種の含まれるエンジン定格出力 D1～D4 クラスの 2014 年次排ガス規制生産猶予期間終了に伴う旧型機需要がレンタル業界を中心に見込まれる。下期は旧型機駆け込み需要の反動減も想定されるものの、年度計では 9,242 億円（前年比 7%増加）と予測した（2 年振りの増加）。

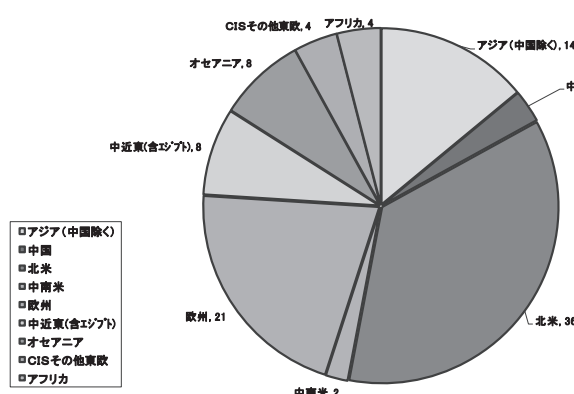
2017 年度の輸出は、最大の輸出先である北米の堅調な住宅投資

統計



総額 1兆9,431億円

図—4 機種別出荷金額構成比

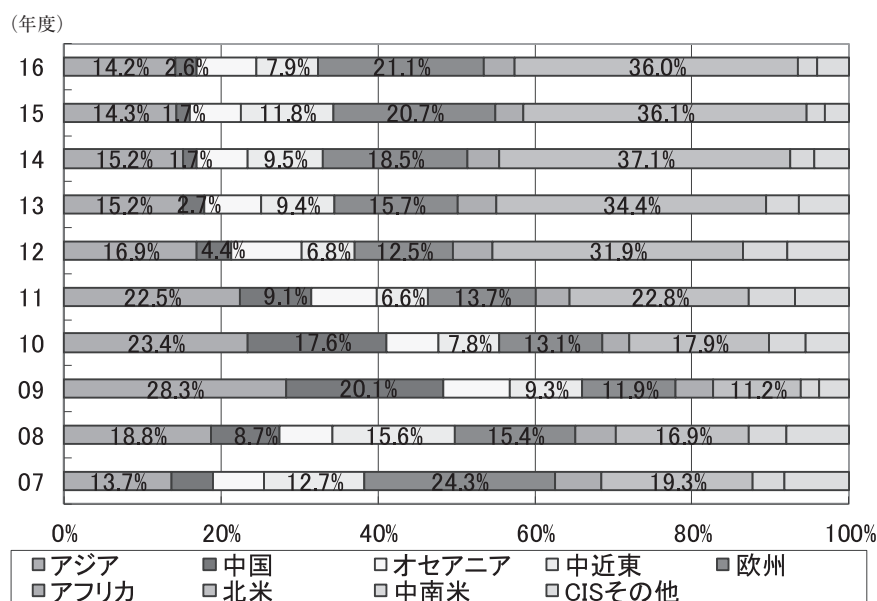


総額 9,159億円

図—5 地域別輸出額構成比

※ 10 機種（油圧ショベル、ミニショベル、トラクタ、建設用クレーン、道路機械、コンクリート機械、トンネル機械、基礎機械、油圧ブレード圧砕機、その他建設機械、補給部品）の出荷金額ベース

出典：日本建設機械工業会自主統計



図—6 新車輸出の推移

に加え、インドネシアや CIS 等の鉱山向け需要の増加により、1兆1,923億円（前年比11%増加）と予測した（3年振りの増加）。

この結果、2017年度の国内輸出をあわせた総合計では、前年比9%増加の2兆1,165億円と予測した（2年振りの増加）。

2018年度の国内出荷は、一部機種で2014年次排ガス規制生産猶予期間終了に伴う旧型機需要の反動減が想定され、上期計では4,212億円（前年比8%減少）、下期計では4,437億円（前年比5%減少）と予測した。この結果、2018年度合計では、8,649億円（前年比6%減少）と予測した（2年振りの減少）。

2018年度の輸出は、北米向けを中心に他地域も堅調に推移すると予測し、上期計では6,005億円（前年比2%増加）、下期計では6,127億円（前年比2%増加）と予測した。その結果、2018年度合計では、

1兆2,132億円（前年比2%増加）と予測した（2年連続の増加）。

この結果、2018年度の国内輸出をあわせた総合計では、前年比2%減少の2兆781億円と予測した（2年振りの減少）。

ここ数年の輸出シフトへの動きから、先述の通り、2010年度では輸出比率が75%を超えた。震災後、機械が国内に還流し、ここ数年の輸出比率は50%台で推移している。

直近の動きとして、海外の状況がドラスティックに動いており、外的要因で状況が大きく変わる局面にあり、先行き予測を許さない。

国内需要と相関関係のある中古車輸出については、2015年度の実績で、主要6機種（油圧ショベル、ミニショベル、ホイールローダ、ブルドーザ、クローラークレーン、ラフテレーンクレーン）で、6万台近くが輸出された（ピーク時の2007年度は約9万5,000台、

統計

表 1 建設機械需要予測

2017 年度予測

上段：金額 百万円

下段：対前年同期比指数 %

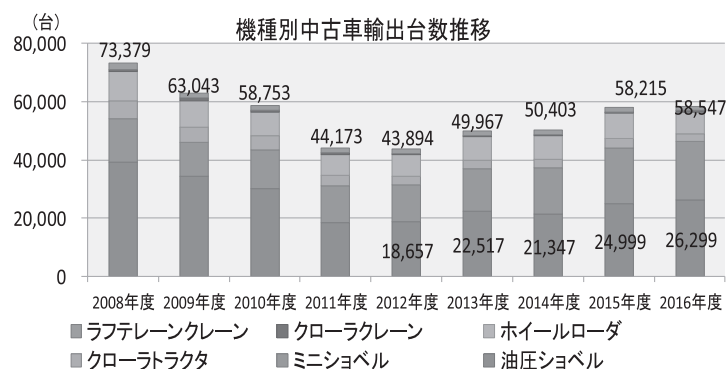
	上期見込			下期見込			年度見込		
	国 内	輸 出	合 計	国 内	輸 出	合 計	国 内	輸 出	合 計
トラクタ	53,000	71,300	124,300	69,100	66,400	135,500	122,100	137,700	259,800
	123	126	125	98	95	96	107	109	108
油圧ショベル	158,500	271,500	430,000	130,700	278,000	408,700	289,200	549,500	838,700
	145	115	125	91	106	101	114	110	112
ミニショベル	37,400	111,200	148,600	42,500	95,800	138,300	79,900	207,000	286,900
	110	125	121	98	107	104	103	116	112
建設用クレーン	102,700	28,800	131,500	103,700	36,400	140,100	206,400	65,200	271,600
	97	80	93	96	107	99	96	93	96
道路機械	18,600	15,400	34,000	28,900	15,900	44,800	47,500	31,300	78,800
	126	138	131	133	108	123	130	121	126
コンクリート機械	14,100	900	15,000	15,900	800	16,700	30,000	1,700	31,700
	102	93	102	102	108	103	102	102	102
トンネル機械	9,000	100	9,100	8,000	500	8,500	17,000	600	17,600
	90	10	83	122	80	119	103	38	97
基礎機械	18,300	2,900	21,200	22,000	3,500	25,500	40,300	6,400	46,700
	104	122	106	103	93	102	103	104	104
油圧ブレーカ	9,600	3,800	13,400	10,700	4,700	15,400	20,300	8,500	28,800
油圧圧砕機	106	111	107	109	113	110	107	112	109
その他建設機械	35,000	83,500	118,500	36,500	100,900	137,400	71,500	184,400	255,900
	106	120	115	103	111	109	104	115	112
合 計	456,200	589,400	1,045,600	468,000	602,900	1,070,900	924,200	1,192,300	2,116,500
	117	116	117	98	106	102	107	111	109

2018 年度予測

上段：金額 百万円

下段：対前年同期比指数 %

	上期予測			下期予測			年度予測		
	国 内	輸 出	合 計	国 内	輸 出	合 計	国 内	輸 出	合 計
トラクタ	49,800	69,200	119,000	67,000	64,400	131,400	116,800	133,600	250,400
	94	97	96	97	97	97	96	97	96
油圧ショベル	131,600	279,600	411,200	116,300	286,300	402,600	247,900	565,900	813,800
	83	103	96	89	103	99	86	103	97
ミニショベル	40,400	113,400	153,800	43,800	95,800	139,600	84,200	209,200	293,400
	108	102	103	103	100	101	105	101	102
建設用クレーン	98,600	30,200	128,800	98,500	37,500	136,000	197,100	67,700	264,800
	96	105	98	95	103	97	95	104	97
道路機械	18,200	15,200	33,400	27,500	15,700	43,200	45,700	30,900	76,600
	98	99	98	95	99	96	96	99	97
コンクリート機械	14,200	900	15,100	16,100	800	16,900	30,300	1,700	32,000
	101	104	101	101	100	101	101	100	101
トンネル機械	5,000	1,000	6,000	5,000	1,000	6,000	10,000	2,000	12,000
	56	100	66	63	200	71	59	333	68
基礎機械	17,900	2,700	20,600	21,800	3,400	25,200	39,700	6,100	45,800
	98	93	97	99	96	99	99	95	98
油圧ブレーカ	10,100	4,000	14,100	11,200	4,900	16,100	21,300	8,900	30,200
油圧圧砕機	105	105	105	105	105	105	105	105	105
その他建設機械	35,400	84,300	119,700	36,500	102,900	139,400	71,900	187,200	259,100
	101	101	101	100	102	101	101	102	101
合 計	421,200	600,500	1,021,700	443,700	612,700	1,056,400	864,900	1,213,200	2,078,100
	92	102	98	95	102	99	94	102	98



図一 7 機種別中古車輸出台数推移
データ出典：財務省貿易統計

図一 7 参照)。

2013 年から 4 年連続で増加している。為替の要因も一部あるが、主力の油圧ショベル、ミニショベルを中心に東南アジア等では旺盛な需要があるようである。

ここ数年で、中古車輸出の主力機が排ガス 2006 年次規制機から 2011 年次規制機に移行する。よりデリケートな機械になることから、排ガス規制値の低い地域に輸出することが難しくなっていくため、ここ数年が転換期になる可能性もある。

今後も国内の需要を図る上で、中古車輸出台数の推移は重要な資料であるので、継続してウォッチしていきたい。

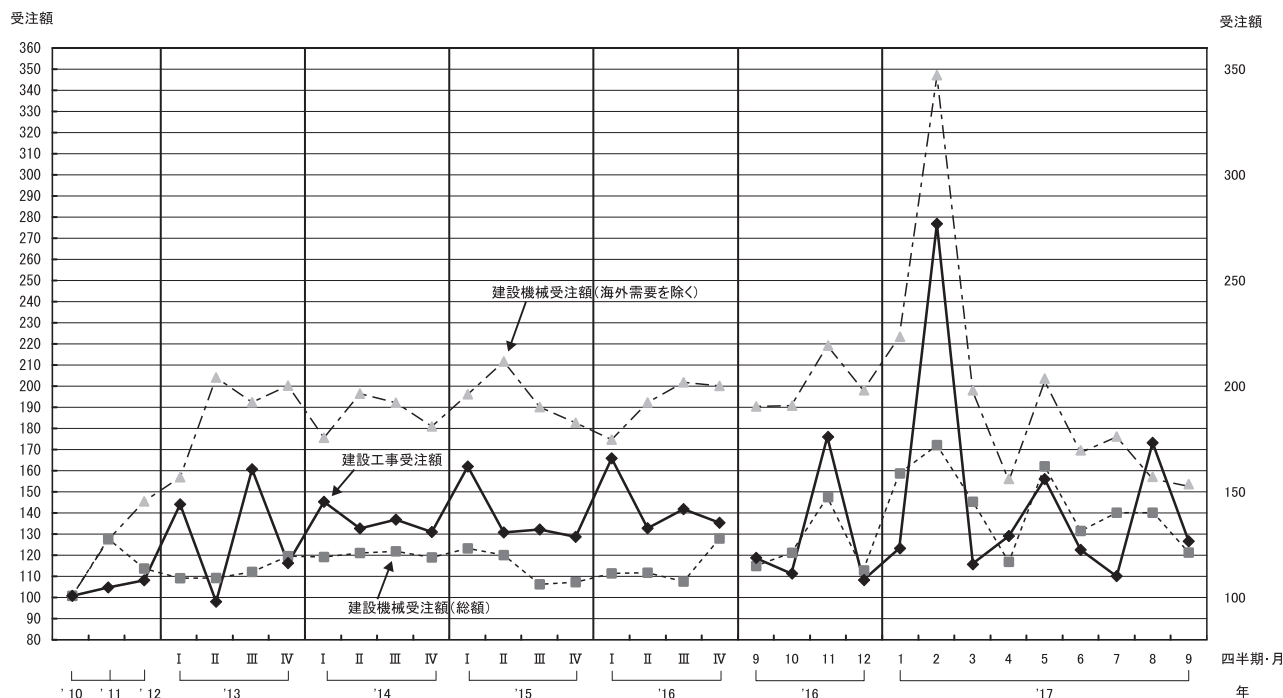
【筆者紹介】

内田 直之（うちだ なおゆき）
（一社）日本建設機械工業会
業務部次長



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 2010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 2010年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位: 億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
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
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	103,310
2016 年 10 月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11 月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	151,269	10,310
12 月	15,004	10,262	1,835	8,427	3,609	423	710	10,751	4,253	153,050	13,787
2017 年 1 月	9,177	6,865	1,181	5,683	1,727	391	194	6,526	2,651	152,200	9,298
2 月	10,468	6,785	1,638	5,147	3,044	396	243	6,717	3,750	152,452	10,560
3 月	23,672	15,598	2,562	13,036	6,815	500	759	15,074	8,598	156,805	17,212
4 月	9,819	6,468	1,375	5,092	2,442	405	505	6,586	3,233	157,721	8,111
5 月	10,970	7,014	1,613	5,401	3,075	364	517	6,896	4,074	158,899	9,766
6 月	13,289	8,796	1,424	7,371	3,779	510	205	8,527	4,761	159,386	12,772
7 月	10,407	7,374	1,477	5,898	2,471	402	160	7,487	2,920	161,416	9,378
8 月	9,339	6,346	1,566	4,780	2,543	341	110	6,715	2,624	161,441	10,088
9 月	14,762	10,547	1,941	8,606	2,752	640	823	10,104	4,658	161,902	13,482
10 月	10,757	6,941	1,246	5,695	2,719	815	282	6,898	3,859	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	16 年 10 月	11 月	12 月	17 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
総 額	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	1,460	1,541	1,880	1,433	2,024	2,196	1,851	1,485	2,067	1,674	1,785	1,785	1,542
海 外 需 要	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	915	995	1,252	866	1,384	1,199	1,284	1,039	1,484	1,189	1,281	1,336	1,103
海外需要を除く	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	545	546	628	567	640	997	567	446	583	485	504	449	439

(注) 2010～2012 年は年平均で、2013～2016 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2016 年 10 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

(2017年11月1日～30日)

機械部会



■原動機技術委員会

月 日：11月10日（金）

出席者：工藤睦也委員長ほか19名

議 題：①前回の議事録確認 ②機械部会幹事会、他委員会の活動報告 ③油脂技術委員会からの情報提供 ④海外排出ガス規制の動向についての情報交換 ⑤協会ホームページの見直しについて ⑥次期燃費基準について ⑦特殊自動車の排出ガス低減対策について

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：11月14日（火）

出席者：山口達也委員長ほか10名

議 題：①平成29年度の活動計画の進捗状況の確認 ②下期委員会総会の概略内容の確認と開催日程の検討 ③建設機械施工に係わる安全対策の向上について ④施設・工場見学の参加状況の確認 ⑤アスファルトプラントの変遷の掲載原稿料の分配について ⑥その他

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：11月15日（水）

出席者：関徹也委員長ほか13名

議 題：①機械部会幹事会、他委員会の活動報告 ②各社のトビックス紹介3件の発表 ③攪拌工法のSIM化について

■トンネル機械技術委員会 現場見学会

月 日：11月16日（木）

出席者：岩野健委員長ほか21名

内 容：新横浜 羽沢トンネル工事現場の見学（シールドトンネルで2種類の工法（RCセグメント、SENS））

施工業者：大成・東急・大本・土志田特定建設工事共同企業体

■油脂技術委員会

月 日：11月22日（水）

出席者：豊岡司委員長ほか22名

議 題：①燃料エンジン油分科会：バイオディーゼルの最近の情報について等 ②高効率作動油分科会：動粘度低下率の比較について等 ③規格普及促進分科会：JCMAS 運用マニュアルの見直しについて等 ④油脂技術委員会：JCMAS 規格の改訂について等 ⑤次回工場見学開催について

■路盤・舗装機械技術委員会 施設・工場見学会

月 日：11月29日（水）

出席者：山口達也委員長ほか19名

議 題：①日立建機 ICT デモサイトの見学（ICT 建機について等） ②コマツ茨城工場の見学（大型建機の組立ライン等）

標準部会



■ISO/TC 127 土工機械委員会 SC 2 分科会 ISO/TC 127/SC 2/WG 24 対応特設有志会合

月 日：11月2日（木）

出席者：田中主査ほか5名

議 題：①ISO/pWiTR 19014-5 リスク評価の事例 ②ISO/WD 19014-2（機能安全-第2部：安全関連機械制御系の設計及び評価） ③油圧制御系の扱いに関する件 ④ISO/FDIS 19014-3（機能安全-第3部：制御系の安全関連部分で使用する電子及び電気構成部品の環境性能及び試験要求事項） FDIS 投票不承認への対応の件 ⑤ISO/TC 127/SC 2/WG 24 マイアミ近傍ドラル国際 WG 対応方針 ⑥その他

■ISO/TC 127/SC 2/WG 24 マイアミ近傍ドラル国際 WG 会議

月 日：11月6日（月）～9日（木）

場 所：米国フロリダ州マイアミ近郊ドラル市 Deere 社事務所内会議室

出席者：日本からは国際専門家の田中氏ほか1名

議 題：①TS 19014-5 パフォーマンスレベル見積（今回はバックホウローダ対象） ②WD 19014-2 機能安全一制御系の安全関連部品の設計及び評価

■ISO/TC 195 国際会議

月 日：11月7日（火）～10日（金）

場 所：米国オースティン One Eleven Congress Plaza

出席者：川上晃一 SC 1 議長ほか日本使節団2名

議 題：①SC 1 総会 日本提案「トラックミキサ-用語及び商業仕様」ほか ②WG 9 会議-自走式道路建設用機械及び装置の安全要求 ③WG 5 会議-道路建設及び維持用機器 ④TC 195 総会-建設用機械及び装置

■ISO/TC 195/WG 9 特設グループ会議

月 日：11月13日（月）～15日（水）

場 所：米国ナッシュビル WIRTGEN AMERICA

出席者：小倉公彦（国内専門家代表）

議 題：①AHG 2 会議-自走式道路建

設用機械及び装置の視界性 ②AHG 8 会議-自走式フィーダ

■標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会 SC 3/WG 5 分科会有志会合

月 日：11月20日（月）

出席者：正田 TC 127 委員長、塚田 SC 3 委員長ほか13名

議 題：①ISO/NPTS 15143-4（土工機械及び走行式道路工事機械-施工現場情報交換-第4部：施工現場地勢データ）投票方針検討

建設業部会



■機電交流企画 WG

月 日：11月20日（月）

出席者：落合博幸主査ほか5名

議 題：①第21回機電技術者意見交換会事後アンケート結果について ②その他（第2回若手現場見学会等）

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：11月1日（水）

出席者：見波潔委員長ほか14名

議 題：①平成30年2月号（第816号）の計画の審議・検討 ②平成30年3月号（第817号）の素案の審議・検討 ③平成30年4月号（第818号）の編集方針の審議・検討 ④平成29年11月号～平成30年1月号（第813～815号）の進捗状況報告・確認

■新工法調査分科会

月 日：11月2日（木）

出席者：升形剛分科会長ほか3名

議 題：①新工法情報の持ち寄り検討 ②新工法紹介データまとめ ③その他

■建設経済調査分科会

月 日：11月21日（火）

出席者：山名至孝分科会長ほか5名

議 題：①「H29 建設機械市場の現状」原稿検討 ②「外国人技能実習制度について」の取り纏め方針検討

■新機種調査分科会

月 日：11月28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

支部行事一覧

北海道支部



■帯広工業高校出前授業「ICTを活用した建設技術」

月 日：11月6日（月）

場 所：帯広工業高校

受講者：環境土木科2年生約40名，3年生約40名

内 容：①ICTを活用した建設技術（座学）②建設ICTの衛星測位（座学）③UAV写真測量（屋外）④三次元計測技術実習（TS, GNSS）（屋外実習）講師等：鈴木勇治本部 i-Construction 普及WG委員ほか12名

■ICT活用施工連絡会事務局会議（第2回）

月 日：11月27日（月）

場 所：北海道支部会議室

出席者：石塚芳文事務局長ほか9名

議 題：①事務局体制について ②ICT施工講習会について ③i-Construction セミナー2018の開催について ④その他

東北支部



■ICT活用工事検査講習会

主 催：東北地方整備局

内 容：①座学（i-Construction 概要）②座学（検査の留意事項）③座学（ICT活用工事の検査）④座学（3次元データ（点群，設計データ））⑤実習（TS計測）⑥実習（GNSSローパー計測）

講 師：東北支部 情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか

①宮城県会場

月 日：11月2日（木）

場 所：東北地方整備局 東北技術事務所

受講者：東北地方整備局職員21名，宮城県職員4名

②岩手県会場

月 日：11月8日（水）

場 所：東北地方整備局 岩手河川国道事務所 滝沢防災ステーション

受講者：東北地方整備局職員21名，岩手県職員4名

③秋田県会場

月 日：11月9日（木）

場 所：東北地方整備局 秋田河川国道事務所 秋田防災ステーション

受講者：東北地方整備局職員23名，

秋田県職員7名

④青森県会場

月 日：11月16日（木）

場 所：東北地方整備局 青森河川国道事務所 青森東防災ステーション

受講者：東北地方整備局職員19名，青森県職員19名

⑤福島県会場

月 日：11月17日（金）

場 所：東北地方整備局 福島河川国道事務所

受講者：東北地方整備局職員12名，福島県職員9名

■北海道帯広工業高等学校 特別授業

月 日：11月6日（月）

場 所：帯広工業高等学校敷地内

受講生：環境土木科2年生40名，3年生40名

講 師：東北支部 情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか

内 容：①座学…ICTを活用した建設技術 ②実習…建設ICTの衛星測位，UAV写真測量 ③実習…3次元計測（TS, GNSS）

■除雪講習会 仙台会場

月 日：11月8日（水）

場 所：宮城県仙台市 フォレスト仙台

受講者：218名

■講演「i-Construction 活用工事の実例」

月 日：11月14日（火）

場 所：郡山市 郡山市労働福祉会館

主 催：福島県「平成29年度 地域に生きる建設企業経営講座」

講 師：東北支部 情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長

参加者：県内建設会社70名

■平成29年度（一社）日本建設機械施工協会東北支部（一社）河川ポンプ施設技術協会との合同意見交換会

月 日：11月28日（火）

場 所：仙台市 TKP ガーデンシティー 勾当台

出席者：東北地方整備局 渡邊泰也企画部長ほか5名，JCMA 会員26名・事務局2名，APS 会員11名・事務局2名 全47名

内 容：①意見交換会…各種課題等について，不調・不活状況について ②その他…事例紹介「排水ポンプ設備の状態監視による設備診断について」

■仙台工科専門学校 特別授業（測量実習）

月 日：11月29日（水）

場 所：宮床校舎敷地内

受講生：環境土木工学科2年生14名

講 師：東北支部 情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか

内 容：UAV や MMS を活用した地形測量及び路線測量実習

北 陸 支 部



■けんせつフェア北陸 in 新潟 2017

月 日：11月1日（水）～2日（木）

場 所：新潟市産業振興センター

来場者：約4,700名

■平成29年度建設技術報告会

月 日：11月28日（火）

場 所：新潟コンベンションセンター 朱鷺メッセ

聴講者：約400名

中 部 支 部



■第2回運営委員会

月 日：11月1日（水）

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24名

議 題：上期事業報告及び上期経理概況について

■技術・調査部会

月 日：11月6日（月）

出席者：部会員6名

議 題：技術発表会原稿査読及び準備について

■道路除雪講習会

月 日：11月8日（水）

場 所：岐阜県高山市飛騨・生活文化センター

受講者：82名

■技術講演会及び技術発表会

月 日：11月22日（水）

場 所：名古屋市中企業振興会館

参加者：85名

■広報部会

月 日：11月27日（月）

出席者：高木理仁部会長ほか7名

議 題：支部だよりの校正について

■道路除雪講習会

月 日：11月30日（木）

場 所：名古屋市中企業振興会館

受講者：82名

関 西 支 部



■建設機械展示会見学

月 日：11月1日（水）

見学先：(株)竹中工務店 西日本機材センター

参加者：河村謙輔広報部会長以下整備・サービス業部会員以下20名

内 容：(株)竹中工務店 西日本機材センター建設機械展示会見学

■「ふれあい土木展 2017」 出展

月 日：11月10日（金）～11日（土）
場 所：近畿技術事務所
入場者：約1,700人
テーマ：①「情報化施工の普及促進」
②2本腕のロボット建設機械「アスタコ」及びミニショベルの展示

■建設業部会・リース・レンタル業部会・整備サービス業部会 合同見学会・部会

月 日：11月16日（木）
見学先：天ヶ瀬ダム
参加者：滝崎治行建設業部会長、山本祥平リース・レンタル業部会長、整備・サービス業部会員以下24名
内 容：①天ヶ瀬ダム見学 ②部会（合同討論会について）

■企画部会

月 日：11月21日（火）
場 所：関西支部 会議室
出席者：溝田寿企画部会長以下8名
議 題：①運営委員会に提出する議題関連 ②その他

■除雪機械運転技術講習会

月 日：11月22日（水）
場 所：今庄 365 スキー場
参加者：55名
内 容：①国土交通省近畿地方整備局福井河川国道事務所の除雪作業について ②福井県の除雪作業の取り組みについて ③福井市の除雪作業の取り組みについて ③メンテナンス実技指導 ④除雪作業の施工に関する留意事項について

■建設用電気設備特別専門委員会（第440回）

月 日：11月29日（水）
場 所：中央電気倶楽部 会議室
内 容：①「JEM-TR246 建設用電気設備の接地工事指針」改定案審議 ②次期 JEM-TR 改正方針検討

■運営委員会

月 日：11月30日（木）
場 所：大阪キャッスルホテル 会議室
出席者：深川良一支部長以下23名
議 題：①平成29年度上半期事業報告 ②平成29年度上半期経理概況報告 ③その他

四 国 支 部



■H29 災害情報伝達訓練(四国地整と協働)

月 日：11月1日（水）
場 所：支部事務局（情報集約）を拠点に会員各社にて
参加社：支部会員38社
伝達手段：E-mail

■H29 秋季合同部会幹事会

月 日：11月7日（火）
場 所：建設クリエイティブ第1会議室（高松市）
出席者：宮本正司企画部会長ほか19名
議 題：①H29 上半期事業報告 ②H29 上半期収支状況報告 ③H29 下半期事業計画（案） ④人事異動等に伴う役員等の変更について

■H29 第2回運営委員会

月 日：11月14日（火）
場 所：ホテルマリパレスさぬき（高松市）
出席者：長谷川修一支部長ほか25名
議 題：①H29 上半期事業報告 ②H29 上半期収支状況報告 ③H29 下半期事業計画（案） ④人事異動等に伴う役員等の変更について

■第1回徳島 ICT モデル工事支援協議会

月 日：11月16日（木）
場 所：那賀町地域交流センター（徳島県）
出席者：国土交通省公共事業企画調整課久保恭伸施工調整係長ほか関係16機関から35名が出席。JCMA 四国支部からは山下安一事務局長が出席
議 題：①徳島 ICT モデル工事支援協議会の設立について ②「ICT 施工の最近の動向」について ③徳島県における「ICT を活用したモデル工事」の試行について ④「i-Construction 普及加速事業」モデル工事の概要について ⑤ ICT 活用モデル工事への技術支援について ⑥今後のスケジュールについて

■共催事業「ICT 計測機器 展示・実演フェア」&「ICT 施工技術講習会 in 四国」

月 日：11月21日（火）～22日（水）
場 所：国土交通省 四国技術事務所（高松市）
参加者：基礎講習85名、実践講習61名、展示フェア49名
内 容：【基礎講習】ICT 施工技術全般を学ぶコース 【実践講習】3次元出来形計測技術、3次元設計データ作成の実務を演習するコース 【フェア】ICT 建設機械、高性能トータルステーション、地上型レーザースキャナー、無人航空機等展示

■H29JCMA 四国支部「建設施工研修会」

月 日：11月30日（木）
場 所：建設クリエイティブ第1会議室（高松市）
参加者：37名
内 容：「伊豆縦貫自動車道天城北道路狩野川横断高架橋メラン材ロアリング

工法（施工記録）」等、全21件の建設記録映像DVDを上映

中 国 支 部



■秋季運営委員会

月 日：11月6日（月）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：河原能久支部長ほか30名
議 題：①平成29年度上半期事業報告に関する件 ②平成29年度上半期経理状況報告に関する件 ③平成29年度下半期事業実施計画（案）について ④その他懸案事項

■土木機械設備技術研修会

月 日：11月14日（火）
場 所：北溝川排水機場・十日市排水機場・願万地排水機場
参加者：13名
内 容：①流域、施設の概要について…三次河川国道事務所専門職 岡田弘見氏 ②実地研修 ③意見交換・質疑応答等

■第3回部会長会議

月 日：11月16日（木）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：鷺田治通企画部会長ほか6名
議 題：①H29 意見交換会の準備状況について ②その他懸案事項

九 州 支 部



■i-Construction（ICT 活用工事）技術講習会

月 日：11月8日（水）
場 所：天文館ビジョンホール 6F
受講者：23名
内 容：①国土交通省の i-Construction への取り組み ② ICT 工事の概要 ③情報化施工の概要 ④情報化施工の測位 ⑤活用技術 ⑥点群処理

■企画委員会

月 日：11月15日（水）
出席者：原尻企画委員長ほか8名
議 題：①第2回運営委員会の開催について ②建設行政講演会について ③その他

■平成29年度第2回運営委員会

月 日：11月15日（水）
出席者：麻生副支部長ほか17名
議 題：①平成29年度上半期事業報告 ②平成29年度上半期経理概況報告 ③支部団体会員数について ④運営委員交代に関する件について

“建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

平成 28 年 7 月号（第 797 号）



コンクリート工事、コンクリート構造 特集

- ◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上
- ◆技術報文
 - ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
 - ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術 涼徳橋上部工連続化工事
 - ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
 - ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
 - ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法、ND-WALL 工法の事例
 - ・設計基準強度 300 N/mm² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
 - ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
 - ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
 - ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
 - ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上
- ◆投稿論文
 - ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発
- ◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 20） 小形除雪車（2）
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号（第 798 号）



i-Construction 特集

- ◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命
- ◆行政情報
 - ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介
- ◆技術報文
 - ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
 - ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
 - ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
 - ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探索 比抵抗センサーを用いた介在砂層探索技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
- ◆投稿論文
 - ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～
- ◆交流の広場
 - ・ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み
- ◆CMI 報告
 - ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 21） 小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）



道路 特集

- ◆巻頭言 道路事業の今後と課題
- ◆行政情報
 - ・「凸部、狹窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
 - ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化
- ◆技術報文
 - ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
 - ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
 - ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
 - ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
 - ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
 - ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
 - ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
 - ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
 - ・グレーダ開発の変遷史
 - ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
 - ・除雪作業の安全性向上に関する検討
 - ・ペイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
- ◆交流の広場
 - ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 2）
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷（その 1）黎明期～昭和 12 年
- ◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験
- ◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



800 号記念、維持管理・リニューアル 特集

◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
- ・「建設機械施工 (旧誌名: 建設の機械化)」誌創刊第 2 号, 第 3 号

◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な活用
～地方の道をだれがいかんかに守っていくか～

◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工工事

◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)」の概要, インフラ老朽化対策の主な取り組み等

◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数 100 年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事
高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介
舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械
定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

◆CMI 報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発 (続報)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 2) 昭和 13 年～31 年

平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



土工 特集

- ◆巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて

◆行政情報

- ・CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告

◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Construction を含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solution の提案

- ・i-Construction における重機 ICT コミュニケーション
ライカ アイコン テレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発
ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベル
の開発 施工効率向上を実現する Cat[®] グレードアシスト
- ・UAV 搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦
無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工における ICT 施工と CIM 化への対応
陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策
剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
- ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI 報告
- ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
- ・アスファルトプラントの変遷 (その 3) 昭和 32 年～36 年
- ◆統計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



防災、安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成
凍結管の削孔・建て込み, 凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』
山田宮古道路—山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介
国道 45 号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曽三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介
砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車
両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステム ASAM

◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

◆交流の広場 防災・災害把握へのドローンの利用

◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 4) 昭和 37 年～42 年

◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成 28 年 建設業の業況

平成 29 年 1 月号 (第 803 号)



建設機械 特集

- ◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る
- ◆行政情報
 - ・国土交通省における「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」における燃費基準の検討の動向
- ◆技術報文
 - ・新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ
 - ・最新型ホイールローダ 950MZ
 - ・新型 50 t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズラフター SL-500Rf PREMIUM
 - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9 t 吊クローラクレーン開発 CC985S-1 の特長
 - ・ガソリン /LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ～ 3.5 トン
 - ・リチウムイオンバッテリーを搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10
 - ・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
 - ・新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2
 - ・全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
 - ・新世代 350 t 吊クローラクレーンの開発 SCX3500-3
 - ・搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス)
 - ・大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V
 - ・鉄道クレーン車 KRC810N
 - ・油圧ショベル PC138US/PC128US-11
 - ・ショベル系の開発と変遷史
- ◆交流の広場
 - ・安全の責任について考える ～技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚～
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 5) 昭和 43 年～50 年
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について

平成 29 年 2 月号 (第 804 号)



大深度地下、地下構造物 特集

- ◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために
- ◆技術報文
 - ・地下鉄建設技術と工事用機械 90 年の歴史を概観する
 - ・倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
 - ・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法

- ・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム!! リアルタイムによる施工管理システム
- ・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
- ・3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING®工法
- ・国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越～東名) 事業に使用
- ・縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
- ・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
 - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年～58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



地球温暖化対策、環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
 - ・二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO₂ ミニマム)セメント・コンクリートシステム
 - ・CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
 - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
 - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
 - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
 - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
 - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
 - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
 - ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 徐放性凝集剤「J フロック」
 - ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
 - ・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化 再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み
 - ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ
 - ・おもりをを用いた工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法
- ◆交流の広場
 - ・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その7）

平成 29 年 4 月号（第 806 号）



建設業の海外展開，海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開

◆行政情報

- ・建設業の海外展開と ODA

◆技術報文

- ・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事
ベトナム国内最大の海上橋
- ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
- ・シンガポール MRT
トムソン－イーストコーストライン T207 工区
- ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績
台湾・大安電力シールド工事
- ・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバランダム建設工事
JICA Loan IP-534
- ・ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事
JICA Loan Agreement No. KE-P25
- ・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
- ・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
- ・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事

◆交流の広場

- ・日本企業による水ビジネスの海外展開

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その8）

平成 29 年 5 月号（第 807 号）



解体とリサイクル，廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

◆技術報文

- ・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
シミズ・クールカット工法
- ・最新の超大型建物解体機 SK2200D
- ・各種技術を駆使したダム撤去工事
- ・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充
- ・大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み
- ・震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

- ・産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
- ・植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」
- ・汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T
- ・新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策
- ・簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
- ・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
- ・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討

◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その9）

◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算

平成 29 年 6 月号（第 808 号）



都市環境，都市基盤整備，自然再生等 特集

◆グラビア 時代の建層（ときのけんそう）

◆巻頭言 育てる

◆技術報文

- ・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
- ・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術
原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法
- ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
- ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- ・礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例
- ・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策
樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ アクアロード」の開発
- ・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発
ハイブリッド雨水貯留システム
- ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- ・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト
- ・「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況
都市域における生物多様性向上を目指して
- ・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
- ・樹木対応型壁面緑化システムの開発
パーティカルフォレスト®
- ・時代の建層（ときのけんそう）
建設残土を利用した，時代を積み重ねる都市更新の提案

◆交流の広場

- ・セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その10）

◆統計 主要建設資材価格の動向

平成 29 年 7 月号 (第 809 号)



基礎工、地盤改良 特集

- ◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて
- ◆技術報文
 - ・高機能、施工の省力化、省資材化を達成した防潮堤の開発
ハイブリッド防潮堤の開発施工事例
 - ・ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 大深度立坑築造工事
 - ・狭隘空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と施工事例
超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18
 - ・地中障害物撤去の新技術・新工法の開発 A-CR 工法
 - ・都市高速道路における ASR 劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工
阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介
 - ・空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な小口径鋼管杭工法の開発
ST マイクロパイル工法
 - ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例
富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事
 - ・廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と施工事例
リフューズプレス工法
 - ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KS・S・MIX 工法
 - ・地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム、GNSS ステアリングシステム、3D-ViMa システム
 - ・大口径掘削杭工法対応のアースドリル開発 SDX612
 - ・三点式杭打機フェニックスシリーズ「DH758-160M」の紹介
 - ・低空頭、狭隘地で活躍する軽量小型の地中連続壁掘削機の開発
MPD-TMX 工法
 - ・地盤改良工事を全自動で施工管理
ICT を導入した全自動施工管理制御システムの開発 Y-LINK
 - ・木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 1)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 8 月号 (第 810 号)



歴史的遺産・建造物の修復 特集

- ◆グラビア
 - ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去、現在そして未来へ
- ◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素
- ◆技術報文
 - ・魅せる素屋根の技術と見せる保存修理
近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場
 - ・伝統建築における設計施工一貫 BIM
薬師寺食堂(じきどう)復興事業
 - ・熊本城の櫓を鉄の腕で支える
飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
 - ・経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理

- ・国重要文化財の永代橋、清洲橋の長寿命化
- ・大規模シェル構造ラジアルゲート建設への取り組み
大河津可動堰改築ゲート設備工事
- ・新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
- ・狭山池の改修とその技術の変遷
- ・歴史的鋼橋の補修補強工事
土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介
- ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去、現在そして未来へ
- ・歴史的建造物の移動(曳家)、免震化(レトロフィット)工事
- ・消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖

◆交流の広場 博物館明治村

◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 2)

◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その 11)
- ・ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

◆統計 建設企業の海外展開

平成 29 年 9 月号 (第 811 号)



維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

- ◆巻頭言 社会インフラの老朽化、これは JAPAN IN RUINS ですか
- ◆行政情報
 - ・ダム再生 既設ダムの有効活用
 - ・道路の老朽化対策の取り組み
- ◆技術報文
 - ・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工
用宗高架橋(下り線)の床版取替え工事
 - ・PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁
 - ・短工期を実現した天井板撤去の取組み
神戸長田トンネル天井板撤去工事
 - ・走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
画像・レーザー・レーダー技術による点検・調査・診断支援技術
 - ・武蔵水路「安全・安心な施設へのリニューアル」
水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績
 - ・福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策
 - ・港湾構造物の維持管理への ICT の活用
無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム
 - ・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
 - ・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術
 - ・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料
タフショットクリート®
 - ・産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と立坑掘削時における地山の変位と対策
 - ・歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存
蔵上浄水場第 1 高区配水池改良工事
 - ・船場センタービル外壁改修工事
大規模商業施設における外壁改修
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 3)
- ◆CMI 報告
 - ・構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究
鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷(その 12)
- ◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し

平成 29 年 10 月号 (第 812 号)



建築 特集

◆巻頭言 人工技能研究のすすめ

◆行政情報

- ・「適正な施工確保のための技術者制度検討会」とりまとめ
- ・建築物省エネ法の概要

◆技術報文

- ・ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事
- ・既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor
- ・VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム
- ・地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を用いたコンクリートの実用化
- ・外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発
- ・杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合工法 TO-SPCap 工法の開発
- ・スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC Co チェックシステム」アプリケーションの紹介
- ・ロボット溶接による建築現場溶接施工法の開発と適用
- ・自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner
- ・建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の安全性を自動診断
- ・ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発

◆交流の広場

- ・デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)

◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 11 月号 (第 813 号)



防災、安全／安心を確保する社会基盤整備 特集

◆巻頭言 社会資本整備を考える

◆行政情報

- ・Lアラート：防災情報共有システムの現状

◆技術報文

- ・平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面防災対策工事での分解組立型バックホウの活用
- ・国内初大型ニューマチックケーソン 2 両同時設け施工
- ・サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発 ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム
- ・熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査

- ・地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの可視化による検出システムの検討

- ・無排泥粘土遮水壁工法の開発 エコクレイウォールⅡ工法

- ・老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの機械化施工

- ・超音波振動を併用した薬液注入工法 UVG 工法

- ・石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工

◆交流の広場

- ・非常食の循環システム付き宅配ロッカー「イーバルボックス」ソリューションによる、ローリングストック実現にむけて

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5)

◆部会報告

- ・ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械—操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告

◆統計 平成 29 年 建設業の業況

平成 29 年 12 月号 (第 814 号)



先進建設技術 特集

◆巻頭言

- ・建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」 具体化への期待

◆行政情報

- ・i-Construction 推進の取組み状況 普及促進事業の進捗
- ・国土交通省における CIM の導入・推進

◆技術報文

- ・ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
- ・総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工
- ・油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS
- ・自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の自動化
- ・次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望 ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム
- ・大水深対応型水中作業ロボットの開発 DEEP CRAWLER
- ・ドリル NAVI における新機能の開発
- ・AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発
- ・建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例
- ・次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発 EXBeacon プラットフォーム現場管理システム
- ・IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼働監視を実現、未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減
- ・移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究

◆交流の広場

- ・パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減

◆部会報告

- ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

編集後記

読者の皆様、いかがお過ごしでしょうか。寒い季節となって参りました。今年は戌年です。犬が元氣よく駆け抜けていくように、建設機械飛躍の年になればいいですね。

さて、1月号は、恒例の建設機械特集です。別の号で、i-Constructionや、ロボット化について特集があるようですので、なるべく最近の建設機械関連のニュースを中心に報文を選定いたしました。

巻頭言は田崎日本建設機械施工協会会長に書いて頂いております。

行政情報は、技術基本計画、新技術や災害ロボットに関係するものです。

報文は、おかげさまで多数集まり、ありがとうございました。施工・点検、建設機械両面に渡り、幅広く書

いて頂けたのではないかと考えております。施工・点検は、水中、トンネル、土工など、建設機械は、油圧ショベル、クローラクレーン、シールドマシン、作業船、スクレーパ史などです。

交流の広場は、建築の分野での最新の自動化技術となっております。土木に比べれば、比較的工場生産に近い傾向があり、自動化を進めやすい気がします。自動車の分野では、自動運転も最高レベルに10年くらいで到達するのではないかという勢いです。建設機械は、それらの技術を活用しながら、高度な自動化へと進んでいくのでしょうか。

今回の記事が、皆様の業務の参考になれば幸いです。大変舌足らずで申し訳ありません。

終わりに、お忙しい中執筆頂いた方々に厚くお礼申し上げます。

(石倉・江本)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

山口 武志	国土交通省
山口 康広	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
安藤 正紀	(株)加藤製作所
森田 育男	古河ロックドリル(株)
山下純一郎	(株)前田製作所
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

2月号「安全対策、労働災害防止特集」予告

・建設工事従事者の安全及び健康の確保に関する基本的な計画 ・衝突軽減システム付バックホウ
・日本国内向けに、建設現場の安全性を向上させる視認支援装置の販売レンタルを開始 ・ドラグ・ショベルに係る死亡災害の詳細分析と再発防止対策の検討 ・路面への画像照射による安全喚起装置の改良 ・大型建設機械転倒防止に関する研究 ・道路建設業における人と機械の協調安全技術の開発 ・IoTの活用による山岳トンネル工事の安全管理と作業環境改善 ・建設業におけるリスクアセスメント教育の質的向上に関する研究 ・橋梁撤去・架設の3Dシミュレーション
・モーションキャプチャによる没入体験を安全教育に活かす ・IoTを活用した作業員向け安全管理システム ・鉄道工事安全システム ・安全な足場環境の確保

【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70巻第1号(2018年1月号)(通巻815号)

Vol.70 No.1 January 2018

2018(平成30)年1月20日印刷

2018(平成30)年1月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀 12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町 3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への
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

国土交通省・技術提案テーマにおける

ワキタからの 技術提案

インクラインシステム

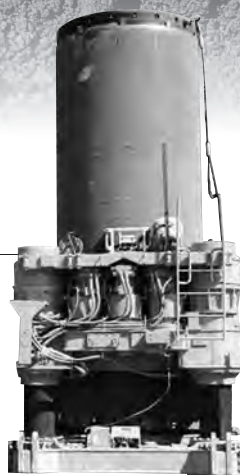
鉛直管理システム

確実なリアルタイム計測を実現!

熟練の技術を必要とせず

オペレータ単独で作業が可能!

- 2軸傾斜計を搭載したローラ型検出器を直接、ケーシング(鋼管)に押し当てて測定します。
- 計測データは無線でオペレータ室の小型PCに表示します。
- 施工機のオペレータが単独で鉛直精度の管理・修正案を即座に対応可能です。



オートスライムライト

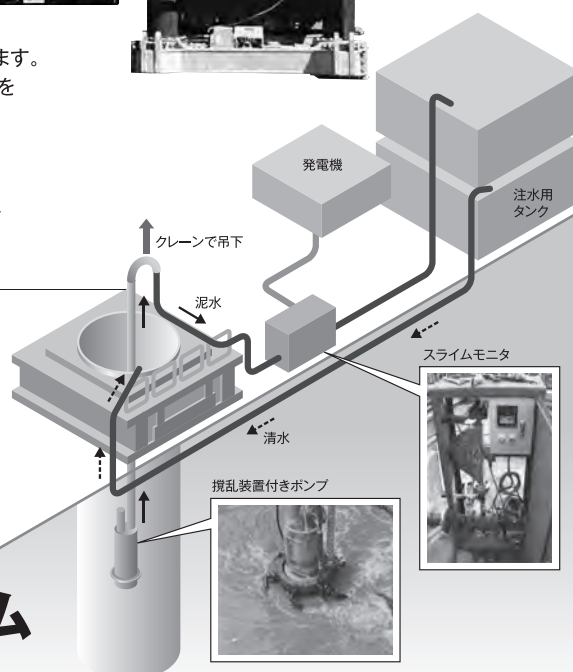
泥水密度管理システム

攪乱装置付きポンプで

拡底スライムを浮上させて地上に排出。

同時に地上モニタでスライム除去を確認!

- コリオリ式(質量流量計)を用いた泥水密度管理
- スライムモニタに泥水密度をリアルタイム表示
- 計測データはメモリーカードに保存後PCにてプリント可能



Geoモニターシステム

支持層管理システム

トルク信号等を取り込み柱状図との

相関データと比較することで、

土質・掘削深度をリアルタイムに確認可能!

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

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

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

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

PC200i

PC128USi

ICTブルドーザ

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



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/>

動画でご紹介

