

一般社団法人  
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)



2016

# 建設機械施工 11

Vol.68 No.11 November 2016 (通巻801号)

## 特集 土工



UAVモニタ画面

空撮ポイント

地形点群処理

現況リアルタイム表示 (クラウド経由)

デジタルアースムービング

### 巻頭言 ICT導入による建設施工の生産性向上に向けて

- 技術報文
- 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
  - UAV 搭載レーザ計測システムの開発
  - 大分川ダム建設工事
  - 大規模土工事におけるICT施工とCIM化への対応
  - 近頃の土工技術 他

- 行政情報 CM方式を活用した震災復興事業の現状報告
- 交流の広場 海洋探査技術の現状
- 部会報告 アスファルトプラントの変遷 (その3)



# 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。



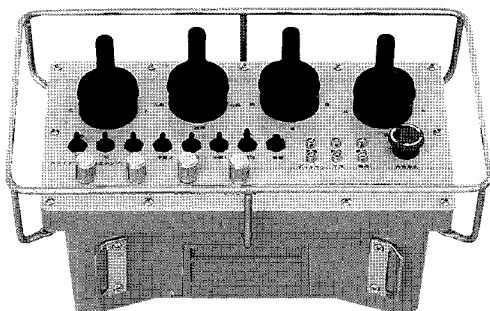
## 吉永機械株式会社

〒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

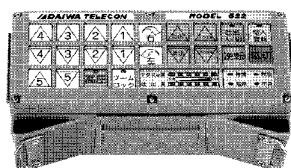
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



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)又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式(一△V検出+オーバータイムタイマー付き)
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

**DAIWA TELECON**

大和機工株式会社

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

# 平成29年度 日本建設機械施工大賞の公募について

本協会では、平成元年度から一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞を創設し、建設事業の高度化に関し顕著な功績をあげた業績について表彰して参りましたが、平成27年度から新たに、地域への貢献が顕著な業績も表彰すると共に、表彰内容の拡充に伴い表彰名称を『会長賞』から『日本建設機械施工大賞』に変更いたしました。

平成29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**独自の視点**に基づき、従来の施工方法・技術を改良したり、地域に普及させるなどの**取り組み**を通じて、**地域へ貢献**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への貢献度が高いものに与えられます。なお、ユニークなアイデアあるいは特に秀でた特徴を有するような提案があれば、選考委員会賞として表彰することもあります。

受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6回通常総会（平成29年5月30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29年1月31日（火）（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**」で選考致します。なお、該当する業績が無い場合は表彰いたしません。

## 7. その他

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

以上

# 平成29年度 日本建設機械施工大賞 応募要領

『平成29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29年1月31日（火）
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の最初のページの写し）
    - b. カタログ（主要なもの1点）
    - c. 学会，技術誌等への発表論文があれば，そのコピー（主要なもの1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（工夫した点など）
  - 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
- 参考資料として，あれば以下のものを添付し，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のコピー
  - b. カタログ，パンフレット
  - c. 新聞記事，写真等
- 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@jcmanet.or.jp](mailto:t-abe@jcmanet.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63回米国建設機械施工視察団 団員募集のお知らせ

## CONEXPO 2017(ラスベガス)

本協会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、我が国の建設機械化の発展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、アメリカ・ラスベガス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“CONEXPO 2017”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、170カ国2,400社以上/団体が出展を予定しており、最新の建設機材、サービス、そして技術を一望することができます。また、今回は、工事現場のみならず、1930年代米国ニューディール政策で構築され80年を超えて健全さを維持している社会資産フーバーダムとその資料館、日本の建設会社による世界四位(当時)のコロラドリバー橋(鋼製ストラットツインアーチコンクリート橋)も視察ルートに加え企画しました。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、アメリカの社会基盤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。

### 【展示会概要】

【開催地】アメリカ・ラスベガス 【期 間】2017年3月7日(火)～11日(土)  
 【周 期】3年毎 【主 催】AEM  
 【会 場】ラスベガスコンベンションセンター 【出展社】2,400社(2014年実績)  
 【入場者】125,000人(2014年実績)

### 【主要出展品目】

建設機械、建設用車輛、リフト、コンベヤー、建設機器・工具、特別システム、コンクリート店モルタル処理・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、石灰砂岩・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 など

### 日 程 表

	月日曜	発着地/滞在地名	発着現地時刻	交通機関名	摘 要
1日目	2017年3月6日(月)	東京(成田)発 ロサンゼルス乗換 ラスベガス着	夕 刻 午 後	航 空 機 専 用 車	空路、ラスベガスへ -----日付変更線----- 到着後、ホテルへ (ラスベガス泊)
2日目	3月7日(火)	ラスベガス滞在	終 日	公共交通機関 (タクシー)	◎CONEXPO 2017国際建設機械見本市視察 (ラスベガス泊)
3日目	3月8日(水)	ラスベガス滞在	終 日	公共交通機関 (タクシー)	◎CONEXPO 2017国際建設機械見本市視察 (ラスベガス泊)
4日目	3月9日(木)	ラスベガス滞在 ラスベガス空港発 ロサンゼルス空港着	午前 午後 夕 刻	専 用 車 航 空 機	フーバダム、資料館、コロラドリバー橋 見学 ロサンゼルスへ移動 (ロサンゼルス泊)
5日目	3月10日(金)	ロサンゼルス滞在	午 前 午 後	専 用 車	◎地下鉄工事視察予定 (ロサンゼルス泊)
6日目	3月11日(土)	ロサンゼルス発	午 前	航 空 機	空路、帰国の途へ (機内泊)
7日目	3月12日(日)	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29年3月6日(月)～3月12日(日) 5泊7日  
 視 察 地 ラスベガス・ロサンゼルス(2都市)  
 催行人員 最少催行人員15名(添乗員同行)  
 参加費 お一人様432,000円(1名1室)  
 (空港諸税・燃油サーチャージ、CONEXPO2017入場料・登録代行手数料 別途)  
 締 切 日 募集締切日は2016年12月27日(火)  
 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





## 「平成28年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

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

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

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

\*\*\*\*\* 記 \*\*\*\*\*

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

### ■内容・特長

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

### ■備考

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

\*\*\*\*\* 以上 \*\*\*\*\*



書籍の表紙イメージ

### ■書籍に関するお問い合わせ先

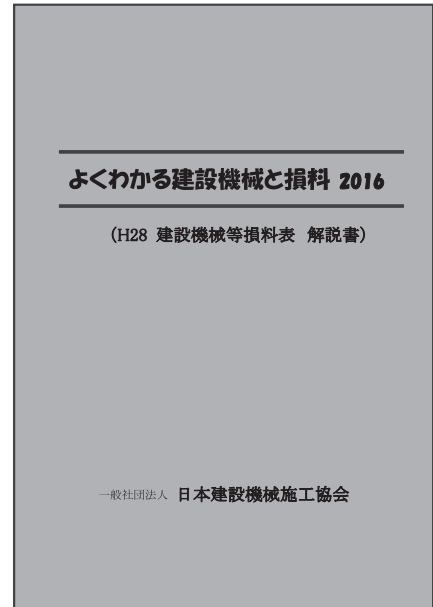
〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)  
一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)

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

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

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

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



書籍の表紙イメージ

■発 売 日 : 平成28年5月31日

■体 裁 : A4版, 一部カラー, 約320ページ

■価格(送料別途)

一般 : 税込 6,480円 (本体 6,000円)

会員 : 税込 5,508円 (本体 5,100円)

■内容・特長

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

\*\*\*\*\* 以上 \*\*\*\*\*

■お問い合わせ先

東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (TEL:03-3433-1501)



# 2016年版 日本建設機械要覧

## 発刊ご案内

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

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



### 発刊日

平成28年3月末

### 体裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

### 価格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

### 特典

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

## 2016年版 内容目次

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

### 今後の予定

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

## ◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

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

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

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

◆ 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](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

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

## ★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



初の  
実務者向け入門版!!

# 情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3  
発刊!

土木工事の施工現場においては、施工および施工管理の省力化、品質向上を目的として、モーターグレーダやブルドーザなどのマシンコントロール技術やトータルステーションを用いた施工管理・出来形管理技術をはじめ、ICT技術の活用事例が大規模工事現場はもちろんのこと、小規模工事においても適用されはじめています。

このような中、国土交通省は、平成25年3月に今後の情報化施工の普及促進のための新たな施策「情報化施工推進戦略」～「使う」から「活かす」へ、新たな建設生産の段階に挑む!!～を発表しています。

当協会では、情報化施工を考えておられる実務者の皆様のために新しい情報化施工入門書「情報化施工デジタルガイドブック」を刊行いたしました。本書によって、情報化施工技術を理解していただき、現場施工に役立てていただきたいと考えています。



情報化施工  
デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人  
日本建設機械施工協会

## 特徴

本書では、情報化施工を担当する現場技術者の皆様を対象として作成したもので、DVD版の主な特徴は以下のとおりです。

- ★画像・映像による解りやすい技術紹介
- ★業務の流れに沿った解説
- ★導入効果の概説
- ★50項目以上の用語説明
- ★インターネット・エクスプローラ等のブラウザを使用して画面を切り替えながら見ることができる



Windows版

JCMA  
一般社団法人 日本建設機械施工協会  
(禁複製)

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

## 定価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

## 主な内容

- |                    |                         |                     |                     |                       |                   |                     |           |            |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|
| 1<br>情報化施工の<br>あらし | 2<br>情報化<br>施工技術の<br>種類 | 3<br>情報化施工<br>の適用工種 | 4<br>情報化施工<br>の運用手順 | 5<br>建設機械・<br>測量機器リスト | 6<br>情報化<br>施工データ | 7<br>情報化施工<br>の導入効果 | 8<br>導入事例 | 9<br>用語の説明 |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-----------|------------|

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>

JCMA 図書 検索

## ◆ 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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。○資格喪失時の権利及び義務:資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。○抛出品の不返還:既納の会費及びその他の抛出品金は原則として返還いたしません。

**【個人情報の取扱いについて】**

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



No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
2	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
3	H28 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版	6,480	5,508	500
4	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
5	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
6	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
7	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
8	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
9	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
12	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
13	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)	5,142		600
19	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
20	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,944		400
21	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,944		400
22	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
23	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第 3 版)	6,480	6,048	500
24	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第 2 版)	2,675	2,366	400
25	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
26	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
27	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
28	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,888	3,456	500
29	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
30	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
31	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
32	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
33	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
34	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック	6,480		500
35		建設機械履歴簿	411		250
36	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400

定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)

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

## 目 次

### 土工 特集

3	巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて	渡辺 和弘
4	行政情報 CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告	渡部 英二
8	「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	本郷 毅
14	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クス	高木 徳雄
17	加速度応答システムの適用性評価	橋本 毅・茂木 正晴・梶田 洋規
22	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」	泉 枝穂
27	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 <sup>®</sup> グレードアシスト	松村 秀雄・白澤 博志
32	UAV 搭載レーザ計測システムの開発	河村 倫明
38	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	古屋 弘・森 直樹・小林 和彦
46	大分川ダム建設工事	奈須野恭伸
53	大規模土工事における 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	中牟田直昭・山本 修一・定月 良倫
58	シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態	林 健太郎・秋本 哲平
63	ジオシンセティ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	岡本 正広
69	近頃の土工技術 デジタルアースムービング	岡本 直樹
76	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	水野 勝紀・浅田 昭
79	ずいそう 裁判員制度に参加して	田中 洋二
81	ずいそう 夢が渡る越佐海峡	池野 正志
83	CMI 報告 補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティクス補強土壁の紹介	鈴木 健之
86	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 …………… 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)	
90	部会報告 平成 28 年度夏季現場見学会 福岡県伊良原ダム建設工事, 大分県の大分川ダム建設工事	建設業部会
93	部会報告 ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野) 2015 年 9 月フランス・パリ市 国際作業グループ会議報告	植田 洋一
96	部会報告 ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野) 2015 年 12 月英国・ロンドン市 国際作業グループ会議報告	植田 洋一
98	部会報告 ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野) 2015 年 5 月フランス・パリ市 国際作業グループ会議報告	高山 剛
100	新工法紹介 …………… 機関誌編集委員会	
105	新機種紹介 …………… 機関誌編集委員会	
110	統 計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し …………… 国土交通省土地・建設産業局 建設市場整備課	
114	統 計 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	
115	行事一覽 (2016 年 9 月)	
118	編集後記 …………… 岡本・竹田	

### ◇表紙写真説明◇

#### デジタルアースムービング

写真提供：山崎建設(株)

ICT 施工中の土工現場の CG (コンピュータグラフィック) である。UAV 空撮測量による現況地形モデリングは、重機の走行軌も細かく捉えている。重機は GNSS 情報化施工を行い、クラウド経由で現況地形や稼働データ等

の情報を現場と本支店が共有している。デジタルアースムービングとは、計画段階から施工管理までデジタル処理する土工事である。

下のはめ込み画は、左から飛行中の UAV モニタ画面、空撮ポイント画面、地形情報処理システムによる点群処理画面、クラウド経由による現況のリアルタイム表示画面である (本文 p.69 ~ 75)。

## 第10回 日本建設機械施工協会 研究開発助成について

### 1. 研究開発助成の対象

建設機械又は建設施工（施工に伴う調査を含む）に関する研究であって、以下のいずれかをその目的として、新規性・必要性・発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

- ①施工の合理化、生産性向上
- ②施工の品質管理
- ③建設工事における安全対策
- ④建設工事における環境保全
- ⑤災害からの復旧及び防災

⑥社会資本の維持管理・保全技術の向上又は合理化

⑦その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

### 2. 助成対象者

大学、高等専門学校及びこれらの附属機関、もしくは法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループ

### 3. 公募期間

平成28年9月5日～10月31日；終了

### 4. 助成決定

平成28年12月中旬

### 5. 助成期間

助成決定の翌日～平成30年3月31日

詳細問合せ先：

一般社団法人日本建設機械施工協会  
研究開発助成事務局

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

## 平成28年度版 建設機械等損料表 発売のお知らせ

建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値を掲載。工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料です。

### 1. 内容・特長

・国交省制定「建設機械等損料算定表」に準拠

・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載

・燃料・電力消費率を掲載

### 2. 発売日

平成28年5月

### 3. 体裁

A4版、約460ページ

### 4. 本体価格（送料別）

一般：8,640円

会員：7,344円

詳細問い合わせ先：

一般社団法人日本建設機械施工協会

TEL：03-3433-1501

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

## 2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍（PDF）版 発売のお知らせ

2016年3月に発行した「日本建設機械要覧」の、2種類の電子書籍（PDF）版を発売。PC、タブレット、スマートフォンからアクセスでき、現場技術者の工事計画の立案、積算や、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用できます。購入はHP（<http://www.jcmanet.or.jp/>）からお申込みください。

### 1. 商品名、価格（3年間、税込）

・日本建設機械要覧2016 電子書籍（PDF）版  
会員 54,000円／非会員 64,800円

・建設機械スペッカー一覧表 電子書籍（PDF）版  
会員 48,600円／非会員 59,400円

### 2. 購入特典

Webサイト「要覧クラブ」において、過去の日本建設機械要覧が閲覧、ダウンロード可能。

詳細問い合わせ先：

一般社団法人日本建設機械施工協会

TEL：03-3433-1501

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

## 日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

個人会員は、日本建設機械施工協会の定款に明記されている正式な会員で、本協会の目的に賛同され、建設機械・施工技術に関心のある方であればどなたでも入会頂けます。

会費：年間 9,000円

### ★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。

○協会発行の出版図書を会員価格（割引価格）で購入できます。

○シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、

会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人日本建設機械施工協会  
個人会員係

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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



## 巻頭言

# ICT 導入による 建設施工の生産性向上に向けて

渡辺 和弘



昨今、第4次産業革命というフレーズに触れる機会が多くなってきた。ものづくり分野では、AIやIoT導入による生産性革命と女性の活躍の機会の増大、これらを支える人材育成と研究開発の推進が、重要な政策課題の一つとなっている。建設分野に目を向けると、この9月に、政府の「未来投資会議」において、第一弾として『建設現場の生産性革命』に向け、次の方針が決定されたところである。「建設現場の生産性を2025年までに20%向上させる。そのため、3年以内に公共工事の現場で、施工・検査に至る建設プロセス全体を3次元データでつなぐ新たな建設手法を導入する。3Kのイメージを払拭し多様な人材を呼び込むことで、人手不足も解消し中小の建設現場も劇的に変わる。」というものである。

これに先立ち、国土交通省は、2016年を「生産性革命元年」と位置づけ、建設施工分野では「i-Construction」と銘打って、トップランナーとしてICT土工を強力に推進してきている。この背景には、建設業従事者の顕著な高齢化と、わが国が人口減少・少子高齢化の段階に突入したことがある。建設業団体の試算によると、2025年までに128万人が離職し、90万人の新規入職を確保、35万人分の省人化を達成する必要があるため、若手技術者にとっての魅力の創出、女性の進出できる環境の醸成等が急務であるとされている。今まさに、『生産性革命』着手の機運が高まっているところである。

一方で、発注者側も、行政ニーズの多様化に伴い、慢性的な人材不足に陥っている面は否めないといえる。工事の監督・検査を担うべき職員数に限界のある中で、品質確保に向けた制度の充実による負担も高まり、受発注者相互の関係性からの生産性低下も大いに危惧されている。施工技術のみならず、発注者側における監督・検査技術にも、今一層AIやIoTを導入し、生産性向上に寄与することが望まれている。施工者の社内管理では既に導入されている画像共有システム等のIoTを駆使したツールを、受発注者間の監督・検査で活用する等の取り組みが、是非とも推進されるよう期待するところである。

ところで、今回の「i-Construction」の一連の施策は、生産性向上を主たる目的とするものであり、90年代後半の「建設コスト縮減」の施策とは異なるものである。生産性向上とコスト縮減とを混同することなく施策を推進して頂きたいと考えている。一般に、生産性は、付加価値労働生産性（＝付加価値額÷従業者数）で代表されることが多く、他に、物的労働生産性（＝生産量÷従業者数）の概念もある。付加価値労働生産性は、請負型であり公共調達中心の土木施工の生産性の物差しとしては、必ずしも実情を的確に表現できるとは限らないとされているが、敢えて引用してみる。ICT土工の導入により、現場の多数の技能労働者が少数の技術者に取って代わることにより、2割の人員削減を達成できたとしても、人件費については相対的に高額な給与の技術者の投入により、削減は困難であり、さらにIT機器への投資も考慮すれば、直接工事費が必ずしも減少するとは限らない。従って、付加価値分を含む一般管理費も積算上は減少が見込まれ難いはずである。一方で、現場では2割の人員削減が図られており、現場における一人あたりの付加価値労働生産性は確実に2割向上していることとなる。生産性向上とコスト縮減は必ずしも連動するものではない。生産性向上の取り組みにより、建設施工現場が技術者にとって処遇面でも技術力発揮の面からも魅力あるものとなることを期待している。

最後に、「近年、トンネル工に比べ土工の生産性向上が相対的に遅れている」という土工関連技術者にとって不名誉な状況があるが、戦後、他工種に先立ち真っ先に「建設の機械化」により劇的な生産性向上を図った工種こそが土工であり、その後、土工の成熟期にトンネル工などの工種が追いつける形で生産性を上げたため前述の表現が使われたものと解している。いま、再びAI・IoTの導入により、土工が第4次産業革命のフラッグシップを担うべき時期にさしかかっている。社会資本の整備の担い手であり、安全・安心な地域の守り手である建設産業の健全なる発展のために、「i-Construction」施策の成就を願っている。

—わたなべ かずひろ

（一社）日本建設機械施工協会 業務執行理事

## 行政情報

## CM方式を活用した震災復興事業の現状報告

渡部 英二

UR都市機構では、東日本大震災で被災した市街地の早期復興に向けて、新たなマネジメント技術（復興版CM方式）の構築を図っている。同技術を活用した復興まちづくりは、12市町、19地区で展開している。いずれの地区においても、大規模な土工事が概ね完了し順次宅地の完成、移管を進めるなど、着実に復興が進んでいる。とりわけ大規模な土工事を伴う高台移転地造成においては、マネジメント技術の活用による施工効率の最大化等、大幅な工程短縮が実現できている。

キーワード：震災復興、高台移転、機械土工、土工計画、工程短縮、CM方式、官民連携

## 1. はじめに

UR都市機構では、東日本大震災で被災を受けた市町からの要請を受けて、復興市街地の整備及び災害公営住宅の建設を実施している。現地に震災復興支援本部（盛岡市、仙台市の2か所）及び震災復興支援事務所（12か所）を設置し、平成28年9月現在、460名体制で業務を進めている。

復興市街地整備事業の実施に当たっては、早期復興を実現するために、多くの事業地区に関わるなどUR都市機構の人的資源を有効に活用するとともに、より上流側から官民連携で事業を進めるためのマネジメント技術を構築した復興版CM方式を導入している。復興版CM方式は、発注者であるUR都市機構が、受注者とプレコンストラクションサービスを含む調査、測量、設計及び施工を一体的に契約することで、双方の連携による関係者等調整の推進、民間の優れた施工技術や調達能力の活用による工程短縮を目指したものである。

東日本大震災からの復興に向けて、平成28年度から「復興・創生期間」を迎えている中で、UR都市機構が実施する復興市街地の整備については、高台移転地等における大規模な土工事が概ね完了し、整備スケジュールを遵守しながら、順次自立再建のための宅地の完成、引渡しを進める状況となっている。

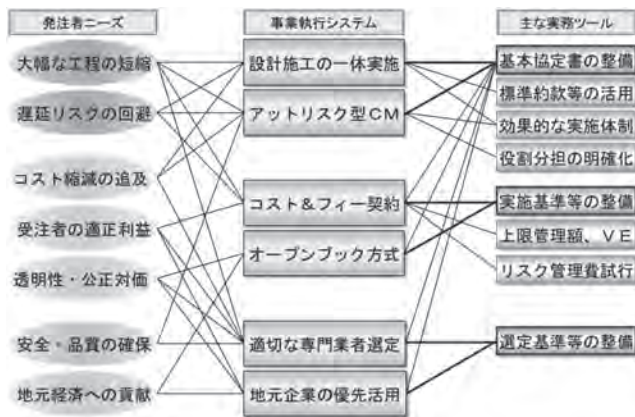
本稿では、復興版CM方式の意図や狙いを簡単に紹介したうえで、概ね工事が完了した大規模造成に焦点を当てて、新たなマネジメント技術を導入した効果等について紹介する。

## 2. マネジメント技術の構築

## (1) 復興版CM方式

復興市街地整備の開始に当たっては、高台移転希望等、地元の意向を踏まえて策定される整備計画が変動する可能性が高いこと、物価の高騰や労務、資材、機械の調達が逼迫していることなどから、着工時期や工程が大きく遅延する要素を抱える状況下にあった。こうした中で早期復興を実現するためには、様々な知恵と工夫を凝らし工程短縮や工程遅延を回避する仕組みの構築が不可欠であった。一方では、公共事業としての性格に鑑みて、適正なコストでの整備の実施やコスト縮減の追及、透明性や公正性の確保、品質や安全の確保、地元経済への貢献等についても満足できる仕組みが必要であった。復興版CM方式は、こうした発注者ニーズを具現化するために構築したもので、アットリスク型のコンストラクションマネジメントを基調とした事業執行システム（図—1）である。事業執行システムとしては、設計・施工の一体的実施に加えて、マネジメント業務の包含、コストプラスフィー契約及びオープンブック方式の導入等を図っている。

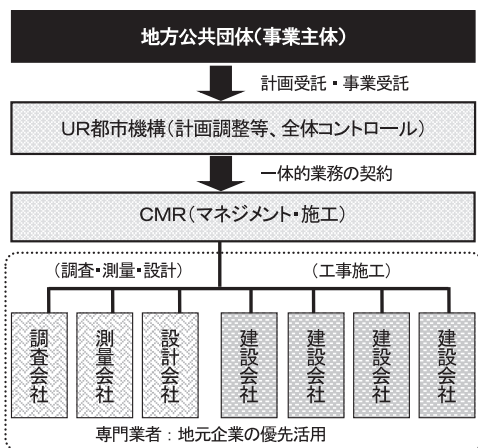
さらに、事業執行システムを現場で運用させるためには、新たな試みであり実施経験もないことから、具体的な実施方法等を定めることが不可欠な状況であった。そのために事業執行システムと関連づけて、様々な実務ツールの整備（図—1）を図っている。業務全体の進め方を規定した基本協定書、コストプラスフィー契約やオープンブック方式を行うための実施基準、適切な専門業者選定を行うための選定基準である。



図一 事業執行システムの構築

(2) 事業執行体制

復興版 CM 方式のもとで事業を円滑に進めるためには、事業主体である地方公共団体、一体的な業務の発注者である UR 都市機構、受注者(コンストラクションマネジメント実施者で、以下「CMR」という。)が、相互に連携することが不可欠であり、各々の役割分担を明確にした事業執行体制(図一2)を構築している。UR 都市機構は、関連する他事業を含む計画調整や事業全体のコントロールを行う。CMR は、調査、測量及び実施設計を含んで施工に係るマネジメント及び専門業者の選定、契約を行うものである。なお、専門業者の選定においては、地元企業の活用を図るものとしている。



図一2 事業執行体制

(3) 導入地区

復興版 CM 方式は、平成 24 年 10 月に契約を締結した女川町を皮切りに、12 市町、19 地区で展開している(表一1)。UR 都市機構が実施している土地区画整理等の復興市街地整備事業は、いずれも規模が大きいものであり、市町から受託している内容も計画策定段階から事業完了段階までのフルパッケージである。

表一 1 CM 方式導入地区

市町名	地区名	契約日
女川町	中心部地区、離半島部地区	H24.10.19
東松島市	野蒜北部丘陵地区	H24.11.02
陸前高田市	高田地区、今泉地区	H24.12.10
山田町	山田地区、織笠地区	H25.04.16
宮古市	田老地区	H25.06.14
大槌町	町方地区	H25.06.21
気仙沼市	鹿折地区、南気仙沼地区	H25.07.10
南三陸町	志津川地区	H25.07.24
大船渡市	大船渡駅周辺地区	H25.10.18
釜石市	片岸地区、鵜住居地区	H25.10.29
いわき市	薄磯地区、豊間地区	H25.11.12
山田町	大沢地区	H25.11.26
石巻市	新門脇地区	H26.03.27

3. マネジメント技術の展開

(1) 主な地区(地域)の土工規模

高台移転地造成を伴う震災復興市街地整備事業は、大規模な土工事(表一2)を伴っているのが特徴である。なかでも切土量が 100 万 m<sup>3</sup> を超えるものが 7 地区(複数地区の運土計画を一体的に行っている場合には、1 地区としてカウント)に及んでおり、陸前高田市高田・今泉地区では 1,000 万 m<sup>3</sup> を超えたものとなっている。また、地区別に見た切土量、盛土量の収支は、バランスを基本としつつも現況地形や使い勝手を考慮した宅盤高の設定等で、不足土の場外からの搬入、余剰土の場外搬出と多様なものとなっている。

表一2 土工規模の大きな地区(地域)

地区	切土(万 m <sup>3</sup> )	盛土(万 m <sup>3</sup> )	搬出入
女川町中心部	410	583	搬入
東松島市野蒜北部丘陵	560	280	搬出
陸前高田市高田・今泉	1,200	1,200	バランス
山田町山田・織笠	370	110	搬出
宮古市田老	100	100	バランス
南三陸町志津川	420	420	バランス
いわき市豊間・薄磯	260	220	搬出

(2) 施工効率の向上

大規模な土工事を効率良く進めるためには、施工効率を向上させ最大化を図ることが不可欠である。マネジメント技術は、こうした施工効率の最大化(図一3)に向けて広く展開されている。具体的に展開されたマネジメント技術は、以下の通りである。

- ① 制約条件の解除や効率良く土量配分や運搬を行うための各種調整における発注者、受注者の連携





図一三 施工効率の最大化

- ②マイルストーンや調達計画を織り込んだマスタースケジュール等，工程管理ツールの整備，管理
- ③地区の地形状況や施工を取り巻く周辺環境の入念な分析，分析結果を踏まえた施工段階における工夫

特に，地区の実情に応じてケースバイケースで様々な工夫を凝らすことで，施工ヤードの拡大や制約条件の解除等が図られ，ベルトコンベアや大型機械のフル稼働が可能となっている。

復興版 CM 方式を導入した地区におけるベルトコンベアの稼働状況（表一三），大型機械の稼働例（表一四）を示した。こうした設備や機械の導入が，復興市街地整備事業のスピードアップに著しく貢献したものである。また，ベルトコンベアについては単なるスピードアップに留まらずに，一部の地区では児童，生徒の通

表一三 ベルトコンベア稼働状況

諸元	単位	野蒜北部丘陵	今泉	織笠	山田
ベルト幅	mm	1,800	1,800	900	900
ベルト速度	m/分	120	250	90	100
最大運搬能力	m <sup>3</sup> /日	9,200	21,500	2,500	3,000
設置延長	m	1,215	2,985	224	300
搬出土量	万 m <sup>3</sup>	310	756	50	93
実稼働期間	月	12	17	14	11

表一四 大型機械の稼働例

機種	現場で稼働した主な規格
バックホウ	5.0 m <sup>3</sup> , 6.3 m <sup>3</sup>
ホイールローダ	11.5 m <sup>3</sup> , 12.0 m <sup>3</sup>
ダンプトラック	32 t, 36 t, 40 t, 50 t, 52 t, 60 t

学路の安全確保や周辺環境の保全等に対しても有効手段となっている。

#### 4. マネジメント技術の導入効果

大規模な土工事については，施工効率を向上させることで大幅な工程短縮が図られたが，復興市街地整備事業全体に眼を転じると，発注者及び受注者が連携して関係機関調整，周辺工事との調整，各種ライフライン調整を効率良く進めたこと，受注者の施工能力や調達能力を最大限に発揮し得たことが工程短縮に大きく貢献している。さらには，設計・施工一体型の利点を活かした究極のファストトラック方式が，大幅な工程短縮に繋がっている。こうしたように復興版 CM 方式は，大幅な工程短縮等を実現するために導入したものであるが，意図した効果が十分に発揮できるものとなっている。

東北復興は，女川町中心部地区における駅や商業施設の開業（写真一1），東松島市野蒜北部丘陵地区における仙石線の全面再開や駅の開業（写真一2）を始めとして多くの地区でまちびらきがなされ，また，高



写真一1 女川町中心部地区の状況



写真一2 東松島市野蒜北部丘陵地区の状況



写真—3 宮古市田老地区の状況

台移転地の全宅地の引渡しが完了した宮古市田老地区（写真—3）を始めとしてすべての地区で宅地の引渡しが計画的に進められるなど、いずれの地区においても復興まちづくりが着実に進んでいる。

## 5. おわりに

復興版 CM 方式は、事業の上流段階から民間の技術力を活用することで、体制の確保が困難な発注者においても事業のスピードアップ等の発注者ニーズが実現できるものである。発注者と受注者が連携できる環境、受注者が有する施工能力や調達能力をフルに発揮できる環境を整えることは、今後、複雑な事業や急を要する事業が生じた場合に、大きな効果を発揮するも

のと思われる。その際には、震災復興事業で導入したマネジメント技術やその一部を活用することが有効な場面もあると思われる。こうした状況に臨機に対応するためにも、復興版 CM 方式の経験や評価を通して公共調達技術として発展させていくことや公共調達技術をデザインできる技術者の育成を図ることが重要である。公共工事におけるマネジメントの活用は、十分に浸透したと言える段階がなく、今後、発注者と受注者の意識改革が進んでいくことを期待している。

最後に、震災の発生から5年余が経過したが、未だ復興の途上である。UR 都市機構としても、現場で生じる様々な課題に迅速に対応し、事業完了に向けて全力を傾ける所存である。平成28年度には、集中復興期間から復興・創生期間と新たなステージを迎えている。中心市街地のビルドアップの促進等、真の意味での復興に向けて関係機関と連携を図りながら、引き続き支援を行っていきたいと考えている。

JCMA

### 【筆者紹介】

渡部 英二（わたなべ えいじ）  
 (株)都市再生機構  
 復興支援統括役



# 「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

本 郷 毅

i-Construction により建機を使用した現場の生産性は向上するが、施工管理のみでなく、機械管理、生産管理、安全管理の分野を総合的に提供するソリューションとして Cat Connect Solution を提案する。

キーワード：i-Construction, ICT 建機, 3D, アップグレード

### 1. はじめに

4月独ミュンヘンで開催された「BAUMA 2016」に久々に訪れた。このBAUMAは世界で開催される、多くの建設機械機展示会の中でも、全世界の新技术が発表される場として、常にその斬新性で注目を集めている。3年毎開催の今回の目玉はズバリ「建機搭載デジタルテクノロジー祭り」の様相であった。国産メーカーはもとより、米国や欧州メーカー、そして測器メーカーの出展ブースは大変な賑わいを見せていた。中でもひととき多彩なデジタルテクノロジーの数々を展示していたキャタピラー(以下「当社メカ」という)ブースには「Cat Connect」(以下「本システム」という)という文字が大きく躍っていた。

当社メカのディーラーは全世界に約180社ある。そのうち100社を超えるディーラーが総合的建機ソリューションである本システムを導入している。それぞれのディーラーが、それぞれの国で、お客様の環境に合わせたテクノロジーを組み合わせて、お客様の仕事を効率化するための最適なソリューションを展開している。日本においても、生産性を上げる為に現場ベテラン従事者の豊富な経験と知識に頼るのではなく、現場の状況を的確に把握し問題の顕在化やその具体的な対処において、これらテクノロジーの活用は多く存在すると考えている。

我々日本キャタピラー(以下「当社」という)はディーラーである。日本においてメカとディーラーの関係はメカが戦略を立案し、ディーラーがそれを実行するというのが一般的である。しかしながら、当社の資本が100%外資になったのに伴い、この関係性も変化をしており、日本における戦略の立案と実施が当社に課せられたミッションである。本レポートではメカ

### 海外との比較

- ・ 豪州では約25%、北米では約15%の油圧ショベルが2D仕様で販売
- ・ 必用に応じて3D仕様へアップグレードし対応
- ・ 政府の目標は、2020年までに情報化施工機を30%  
(経済産業省、国土交通省指針 現状4%程度)

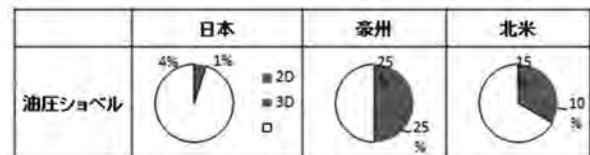


図-1 油圧ショベル出荷比率

提供による技術も当社技術として紹介する。

お客様(=現場)に最も近いディーラーという立場を生かし、建設産業を取り巻く様々な課題に対し、総合的なソリューションを本システムという名で提案する。

### 海外のテクノロジー機の出荷状況

【参考】日本においては、約14万台の当社製品が稼働しており、そのうち約3万台が、すでにConnect(接続)している。日本国内においては、2D、3D機能をもつIoT建機はi-Constructionの導入で一気に認知度があがったが、米国や豪州では既に半分近くをIoT建機が占めている。

### 2. 総合的建機ソリューションの概要

総合的建機ソリューションのイメージ図を示す(図-2, 3)。

Connectとは日本語に訳すとツナガルという意味であり、当社の最新テクノロジーを搭載した建設機械から発せられた様々な情報は、現場に従事する人だけでなく、関係する全ての人に「つなげる」ことが可能と





図一2 CAT CONNECT SOLUTIONS 概念図

	CAT CONNECT TECHNOLOGY	お客様のメリット
機械管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>CAT Inspection</li> <li>S.O.S</li> <li>CSA</li> <li>EPP</li> <li>ONセンサーサポート</li> <li>タイヤモニタリング</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>機種の位置/稼働情報が得られる</li> <li>稼働時間/稼働/メンテナンス/燃料消費率/燃料残量/燃料消費率/燃料消費率/燃料消費率</li> <li>ONセンサーによる適切なアドバイス</li> <li>タイヤ寿命の延長</li> <li>計画的なメンテナンス/予防整備</li> <li>稼働コストの削減</li> <li>稼働率の向上</li> </ul>
生産管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>CAT Production Measurement</li> <li>TPMS</li> <li>Payload Control System</li> <li>VIMS (I-PC)</li> <li>Load &amp; Cycle project Monitoring</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>稼働/生産/燃料消費率/稼働率</li> <li>稼働/生産/燃料消費率/稼働率/稼働率</li> <li>燃料消費率/燃料消費率/燃料消費率</li> <li>燃料消費率/燃料消費率/燃料消費率</li> <li>稼働率の向上</li> </ul>
施工管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>Asset/Grade</li> <li>CAT Grade Control</li> <li>3D Project Monitoring</li> <li>Trimble Connected Community</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>タイムリーな出力/稼働/稼働率</li> <li>工事の進捗/状況/稼働率</li> <li>施工現場の向上/稼働率</li> <li>設計/変更への対応/稼働率</li> </ul>
安全管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>ProximityLink</li> <li>AccoGrade</li> <li>CAT Grade Control</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>危険区域への進入/稼働率</li> <li>危険区域への進入/稼働率</li> <li>危険区域への進入/稼働率</li> <li>危険区域への進入/稼働率</li> </ul>

図一3 CAT CONEECT SOLUTIONS 技術一覧

なる。これにより、リアルタイムに機械と人、人と現場がつながり、お客様に最適なソリューションをタイムリーに提供する事が可能となった。このサービスの総称を本システムと呼んでいる。

このサービスは4つの大きな要素で構成されており、「機械管理」「生産管理」「施工管理」「安全管理」に大別される。従来からその単一要素を使ったサービスは存在していたが、ICTの活用により4つの側面を統合的に管理する事が可能となった。建設現場は日々状況が変化しており、問題を解決する要因は様々である。例えば…日々の生産性が上がってない⇒施工面？機械管理面？それぞれの原因を多角的に原因追究する事が可能となる。又、機械の突発的な故障が発生した場合、日々の生産・施工への影響を即座にシミュレーションし、その後の施工計画の見直しをすることが出来る。

これらの情報は、クラウドサービス「VisionLink (ビジョンリンク)」を通じて得ることが出来、当社の機械のみならず各社メーカーの機械の情報も得ることが出来る。その情報を使って、機械の位置や稼働状況の把握に留まらず、現場の生産性、施工の状況、そして安全についても「見える化」することが可能となった。

### 3. 施工を管理する (施工の進捗/設計変更)

ICT技術を活用した情報化施工は、従来の勘や経験に頼った施工から脱却し、省人化・熟練工不足にも対応できる大きな機会である。しかし、i-Constructionで使用が求められる3Dマシンコントロール、マシンガイダンス仕様の建機は標準機と比べて高価である。もちろん、i-Constructionで施工される現場の単価はこの費用を考慮してはいるが、お客様から投資に踏み切れないという言葉も聞く。この状況に対して当社は「アップグレード」というソリューションを提供している。これは、3Dで使用することが可能なように、出荷時に各種センサーが取り付けられ、配線の取り回しもされている。このため、標準機を3Dに改造することと比べて極めて低コストかつ短時間でセットアップが可能である。当社ではこれらの仕様を油圧ショベルではCGC、ブルドーザ、モータグレーダではAROという名称で発売されており、既に数年前から日本市場に投入している。

3Dは機械の位置・方角が設計面と常にリンクし、施工の進捗も記録できるほか、丁張りも不要となり、大規模な現場や複雑な地形での作業の効率化に大いに役立つ。

また、2Dは少ない初期投資で、作業効率を改善、小規模な現場や単純な地形での作業等、あらゆる現場で精度向上が図れる。更に、座標軸を持った3D機と組み合わせることにより、相對測地の2D機の施工現場の品質安定も実現出来る。

土工用コンパクターでは転圧回数を記録/可視化する事によって、転圧ムラや過転圧による施工時間の無駄を省くことができる技術が市場投入されているが、当社製品でも提供している。

これらの技術の普及は、勘や経験に頼らず一定の精度を維持する事が可能となることから、熟練オペータ不足への対処という課題にも一役買うはずである(図一4)。

施工管理の一例を紹介する。図一5は画面右側が海岸線、上側が仙台空港となる当社岩沼ICTセンターをVisionLink画面上に表示したものである。

ここは東日本大震災により壊滅的被害を受けたが、2013年に岩沼ICTセンターとして復活を遂げた。そのICTセンターでデモ用作業場を製作するために3D起工測量、データ作成・管理、ICT建機による施工を行った例である。設計図面を入力し3D化したもの、つまり予め想定した切盛土の施工計画に則して、実際の施工状況が表示されている。設計通りの施工高





図一4 施工管理 概念図



図一5 施工管理画面



図一6 i-Construction 対応図

既に多くの i-Construction 施工が各地で実施されている。当社の総合ソリューションにおける「施工管理」は、「i-Construction」に対して、それぞれ6つの段階に分けて一貫してサポートが可能となる（図一6）。

#### 4. 生産を管理する（積込量／運搬量／生産効率）

積込や運搬に関わる作業量の計測は、従来、重量計を現場に持ち込み実際の荷重計測を行うことが必要であったが、各種センサーが取り付けられた最新の建設機械に於いては、遠隔でその情報を取得する事が可能である。生産管理機能では機械一台毎に積込・運搬データを取得し、一日の生産量を管理することができる。

この他に VisionLink で閲覧可能な情報には、運搬回数や運搬距離、サイクルタイムなどがあり、現場内の最適な機種編成や運搬走路の検討が可能となる。

又、取得した燃料消費量や稼働時間の情報を加味し、燃料1リットル当たりの生産量を容易に把握できる。これによって、お客様の生産性向上やコスト削減に向けた、最適な機種選定や現場効率の改善提案が可能となる（図一7）。



図一7 生産管理画面

を表す on Glade が緑、設計高との差異が 0.2 m, 0.1 m, 0.05 m の場所をそれぞれ濃赤, 赤, ピンクで表現している。もちろん車載モニターから確認できるが、この画面は私自身が VisionLink を通して当時の施工進捗を、東京本社の自分の席で毎日確認していたものである。

本年4月より国土交通省が推進する「i-Construction」がスタートした。15の基準及び積算基準を見直し、従来の情報化施工がリニューアルされた。例年1200件以上ある直轄工事の20%程度の発注が見込まれ、



図一8 ペイロード画面

生産管理機能ではキャブ内に搭載されたモニターにより、積込車両の積込量を管理できる。また、ダンプトラックの積荷重量や積込機の積込回数も見易い画面で「見える化」することができ、規定重量を設定する事により過積載の把握が容易となり、その防止に役立ってることが出来る（図—8）。

更に VisionLink は、日・週・月毎に作業量を管理することも可能であり、積込機のエンジンハイアイドル時とアイドル時の作業量を同時にグラフ化することにより、無駄なダンプ待ち時間の短縮や、現場内に潜在的に存在する非効率要素を顕在化することが出来る。

## 5. 機械を管理する（稼働時間／位置／燃料消費）

過去より当社が提案してきた機械管理は、S.O.S（定期オイル分析サービス）や豊富な修理歴から得られる修理予測等、定性的かつ定量的なデータを基に、知識と経験を持ったメカニックによる機械点検／修理を組み合わせる事によって、未然に故障を防ぐ「予防整備」であった。

現在の ICT 建機は、機械に備えられた自己診断システムからのデータを豊富に蓄えており、その情報をリアルタイムで把握する事により、従来からの「予防整備」に加え、機械不具合の兆候を把握する事はもとより、その原因を把握する事が可能となってきた。

当社が提供する機械管理サービスは、以下の5つの要素から構成されている（図—9）。

### ①電子データ

ProductLink (PL) を通じて取得し、稼働時間／場所／不具合情報が遠隔地でもリアルタイムに把握出来る。

又、運転／操作情報の記録から、不具合に至る原因究明に役立ってることが出来る。

### ②S.O.S分析

定期的なオイルや冷却水等の分析結果。目に見えない機械内部の摩耗や劣化の状態を把握。故障の兆候を早期に発見することが出来る。

### ③インスペクション

プロメカニックによる機械点検情報。機械の性能維持に必要な項目を網羅した点検は、数値化出来る計測項目だけでなく、目視による点検項目も映像として記録。

### ④修理歴データ

新車納入時からの車両の生涯修理歴データを記録。

その履歴情報を分析する事により、故障発生時の原因究明やその後の予防整備に役立って。

### ⑤サイトコンディション

メンテナンス実施状況や運転操作状況等の機械情報に限らず、車両の稼働する現場環境の情報を記録。機械を取り巻く環境についてもデータ化する事により、現場にあった運転操作や、機械に合った現場改善に役立って。

2015年11月に当社秩父ビジターセンターに設立したコンディションモニタリングセンターでは、全国で稼働する全ての車両のデータを総合的に収集／分析し、お客様の機械稼働の最大化、コストの最小化を実現するサポートを行っている。



図—9 機械管理概念図

図—10はその秩父ビジターセンターにある車両を VisionLink で閲覧した画面である。

地図上にプロダクトリンクで取得した車両の稼働場所が示されている。

これらの車両から、車両の識別や資産番号、シリアル、保有者、稼働時間情報と共に、車両側で発生している様々なイベント（出来事）や不具合情報がリアルタイムに送信される。その情報の一部はスマートフォン



図—10 所在情報





図-11 イベント情報



図-13 安全警告



図-12 コンディションモニタリングセンター

へも配信可能で、どの様な場所であっても VisionLink 画面を通して機械情報の取得が可能となった (図-11, 12)。

### 6. 安全を管理する (警告/異常)

お客様は車両毎に必要な警告情報を選択し受信する事が出来る。機械から発せられる警告や異常は常に機械側に原因があるとは限らない。警告データの蓄積により、その要因は機械にあるのか、作業現場にあるのかを特定し、その原因を取り除く事が出来る。これにより作業員の安全を確保することが可能となる。

又、VisonLink 画面の地図上で任意の境界を設定する事が可能である。現場内に境界を仮想設定することで危険箇所への侵入を防ぎ、車両の盗難防止等に役立てることが出来る。

機械から発せられる異常や警告のデータは、車両の状況をリアルタイムに把握する事だけでなく、その記録を基に不安全行動への対処にも利用できると考えている。今まではオペレータだけに発せられていた警告 (例：シートベルト未装着警告など) が現場内で共有できるようになり、不安全行動の把握やハザードマッ

プの作成等もでき、現場における事故災害を未然に防ぐ事に役立つ (図-13)。

### 7. ICT 建機ラインナップの展開

当社の海外販売店では ICT 建機と呼ばれる製品ラインナップとして、以下の様な商品を販売している。海外では生産性の向上という観点から、2D、3D の機能が以前から求められてきたため、製品ラインナップが多彩である。日本国内への導入は、お客様のニーズや適合性等の検証が必要であるが、世界の優れた技術を進んで導入したいと考えている (図-14)。

製品	2D	3D
モーターグレーダー	✓	✓
油圧ショベル	✓	✓
スクレーパー	✓	✓
ブルドーザー	✓	✓
土工用掘削ローラー	✓	✓
舗装用ローラー	✓	✓
アスファルトフィニッシャー	✓	✓
路面切削機	✓	✓
コンパクトトラックローダー	✓	-

図-14 ラインナップ

### 8. 総合的なソリューションへの期待と自覚

去る7月12日より3日間に亘り、秩父ビジターセンターにて「Solution Days」と称して i-Cnstruction の普及も含めた「ICT セミナー」を開催した (写真-1)。多くのお客様に足を運んで頂き当社のテクノロジーの数々を披露させて頂いた。その中でお客様の当社に対する期待を強く感じ、改めて気を引き締めた。海外に

比べその歩みは決してトップランナーのそれではない国内に於いて、「どのようにICTを見せて、説明していくのか？」という問いに改めて向き合っている。

## 9. おわりに

4月に情報化施工担当に着任し、その時期を境にして多くのプレスから取材や各地で講演をさせて頂いた。建設産業と建設機械にスポットがあたっている今こそ、わが業界の大きなチャンスであり、現場へ提案出来る大きな機会と強く感じている。今後も、日本建

設機械施工協会の委員会や各支部での活動に参加しながら、海外で導入されているソリューションの紹介に努め、当社が提唱している「機械の声を聞く」という大きな波をお伝えしていきたいと感じている。

JCMA

### 【筆者紹介】

本郷 毅 (ほんごう つよし)

日本キャタピラー

執行役員 広域営業事業部長 兼 情報化施工推進担当





# 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

高木 徳雄

国土交通省 i-Construction がスタートし建設業界に次々と新しい技術が導入される昨今、情報化施工技術の進化もまた目覚ましい。今後予測される建設業界の人員不足を補完し、土工現場における施工効率と安全性を向上させるためのマシンガイダンス・マシンコントロールシステムのコミュニケーション機能を使った最新動向を紹介する。

キーワード：土工、油圧ショベル、ブルドーザー、マシンガイダンス・マシンコントロール、三次元データ、通信機能、遠隔管理、運行管理

### 1. はじめに

i-Construction では、従来工法による測量・丁張り・トンボ等を使った施工方法に代わり、起工測量～設計・施工～出来形確認・管理を一貫して三次元データで行うが、ここで必須となる 3D MG/MC（マシンガイダンス／マシンコントロール）システムが重機オペレータの作業効率を一気に向上させるソリューションである事は周知の事実である。完全な三次元データと高精度の GNSS を搭載した 3D MG/MC システムを導入し、油圧ショベルではキャビン内に設置されたコントロールボックスの表示器にターゲット面とバケット刃先位置をグラフィックで示す事でオペレータは丁張りを不要とする。ブルドーザーの場合ブレード最下点が設計データの高さ通りに自動で上下するマシンコントロール機能を使えば、重機操作が非常に簡単になり高精度な高速施工が可能となる。これが 3D MG/MC の基本的なメリットであるが、ICT コミュニケーションによってさらに利便性がアップする。

### 2. 重機 ICT コミュニケーションの機能とメリット

土工現場における重機に搭載された 3D MG/MC の通信機能はシステムメーカー各社が提供しているが、以下“Leica iCON telematics（ライカ・アイコン・テレマティックス）”（重機 ICT コミュニケーション）の主な機能について説明する。

#### (1) View

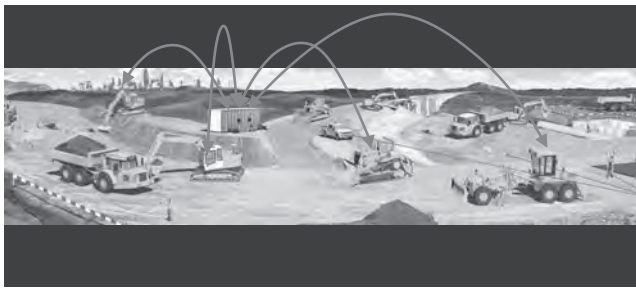
重機キャビン内に設置されたコントロールボックスに表示されている画面を携帯回線や WiFi などの通信チャンネルを使って事務所の PC で共有することができる（図—1）。これにより遠隔で現場状況をリアルタイムで把握しデータ共有することで、施工時の問題などに対してアドバイスなどを与えることができる。また、オペレータがシステム操作について不明点がある場合や操作ミスによりトラブルになった場合でも、販売代理店やシステムメーカーがリモートサポートすることができる。この機能によりトラブル発生から解決までの時間を大きく改善することができる。

#### (2) Sync

三次元設計データの変更などがある場合でも遠隔操作でデータを送信・更新することが可能になる。これまで設計変更などがあった場合に USB メモリーなどでデータの受け渡しをしているとすれば大幅に効率をアップすることができる。重機オペレータ側で現場状況に応じて設計データ変更を加えた場合にも逆に事務



図—1 View：通信システムによるリモートアクセス



図一2 Sync：現場事務所やオフィスと重機間で双方向のデータ通信

所側のデータへフィードバックすることができる（図一2）。

### (3) Track

Google マップなどの地図データサービスなどで提供されるマップ情報に対して、設計データをかぶせて表示させ、なおかつ重機位置をリアルタイムで示す事ができる機能である（図一3）。また、タイムスタンプを確認することで重機の位置履歴を把握することができる。

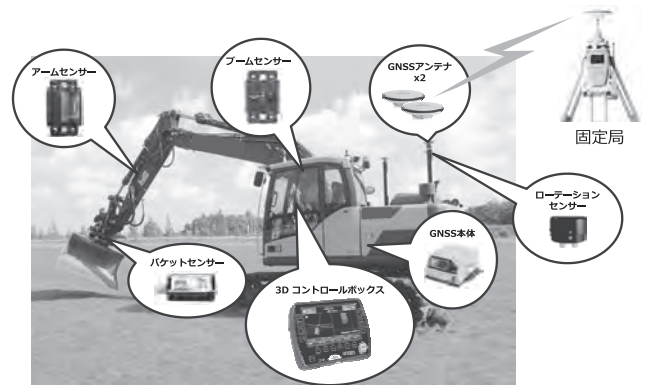


図一3 Track：地図データ上で重機位置を把握

### 3. システム構成

油圧ショベルのバケット・アーム・ブームに取付けられた角度センサーとキャビン内のコントロールボックスを CAN ケーブルで接続すると同時に、GNSS とアンテナからの位置情報を取り込む（図一4）。ブルドーザーも同様にブレードに取付けられた角度センサーとコントロールボックスを接続する。GNSS をブレード上に取り付けることでブレード刃先位置がリアルタイムに表示される。

コントロールボックスに搭載されている通信モジュールとしては SIM カード利用の携帯回線と WiFi があり、クラウドコンピュータを介してデータ通信する。現場で使用される重機に搭載されているコントロールボックスに三次元設計データをインプットし現場座標値を把握することでリアルタイムに設計面と現況との差を表示する。



図一4 3D マシンガイダンスシステム構成図



図一5 A) 単独 GNSS システム  
B) クラウド利用による通信システムのイメージ図  
C) 各重機の稼働状況集計データ

#### 4. 拡張機能と統合運行管理

3D MG/MC が搭載されている重機だけでなく、それらが搭載されていない重機についても運行管理ができるシステムを紹介する。

スタンドアローン（単独設置）タイプのGNSSモジュールをダンプトラックなどに搭載し、運行情報をリアルタイムで把握することができる。これは位置情報だけでなく重機のエンジン振動をセンサーで感知し、実際に動いているのかアイドルしているだけなのかも把握することができる上に、計画土量に対する実際の土の動きを比較したデータも確認できるため、現場のリアルな統合運行管理を可能にする画期的なシステムである。スマートフォン等のアプリで自由にアクセスできる利便性もある（図-5）。

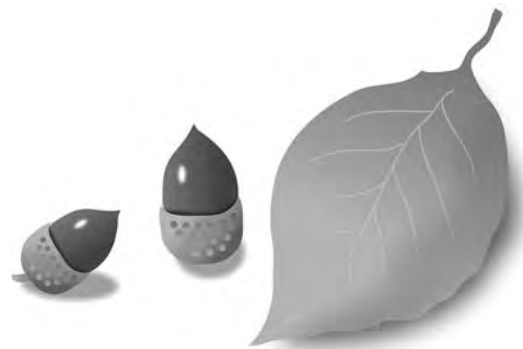
#### 5. おわりに

3D MG/MC が必須となった i-Construction の現場をさらに進化させる重機 ICT コミュニケーションは、今後ますます利便性を追求される事になるが、最先端の機器と通信ネットワークを活かしたシステムでさらなる省力化・省人化・安全性向上に寄与する。

JCMA

##### 【筆者紹介】

高木 徳雄（たかぎ のりお）  
ライカジオシステムズ㈱  
マシンコントロール事業部  
事業部長





# 加速度応答システムの適用性評価

橋本 毅・茂木 正晴・梶田 洋規

振動締め機械の振動挙動が接している地盤の剛性に影響を受けることを利用し、振動締め機械に搭載した加速度計の信号を解析して地盤剛性を推定するシステムが、振動ローラや前後進コンパクタなどで商品化されている。このシステムは地盤剛性を面的に施工しながら確認できるため、効率化や省力化などを可能とする技術として注目されている。

(国研) 土木研究所では民間企業 10 社と共同で「盛土施工手法及び品質管理向上技術に関する共同研究」を平成 23～25 年度に実施し、国内で商品化されている複数のシステムの地盤剛性測定器としての適用性を調査してきた。本報ではその実験結果について報告する。

キーワード：締め固め，振動ローラ，振動コンパクタ，加速度応答システム

## 1. はじめに

振動ローラや平板式振動コンパクタなどの振動締め機械の振動挙動は、接している地盤の剛性の影響を受ける。このことを利用し、振動締め機械に搭載した加速度計の信号を解析して地盤剛性を推定するシステムが、これまで大型の振動ローラや小型の前後進コンパクタなどで商品化されている。このシステムは国内では一般的に「加速度応答システム（以下「システム」という。）」と呼ばれ、地盤剛性を面的に（多点で）、かつ締め固め施工を行いながら確認できるため、品質の確保や地盤剛性計測作業の省力化などを可能とする技術として注目されている。

現在、世界の各メーカーから様々なシステムが商品化されているが（表—1, 2）、すべて振動締め機械の振動部に取り付けた加速度計からの信号を各メーカー独自

の手法で解析し、地盤剛性推定値をリアルタイムで表示するものである。振動ローラ用システム（図—1）では車載 PC 等にて結果を記録し、GNSS 等による位置情報と組み合わせることが可能であるメーカーが多い。一方前後進コンパクタ用システム（図—2）では、現在は記録や位置情報とのリンクを行うことができず、解析結果を機体に搭載された複数の LED などによりオペレータに表示している（点灯個数が多いほど剛性が高い）。

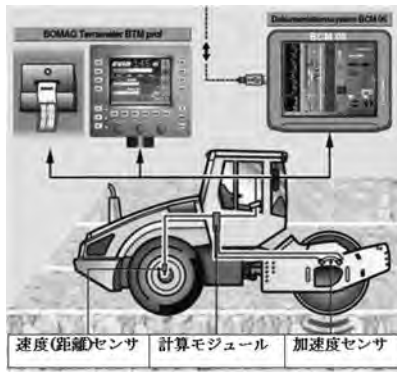
(国研) 土木研究所では民間企業 10 社と共同で「盛土施工手法及び品質管理向上技術に関する共同研究」を平成 23～25 年度に実施し、その中で国内で商品化されている複数のシステム、複数の振動締め機械、複数の土質条件によるシステムの表示値と地盤剛性との関係を同一の実験条件下で測定し、システムの地盤剛性測定器としての適用性を調査してきた。本報ではその実験結果について報告する。

表—1 主な振動ローラ用加速度応答システム

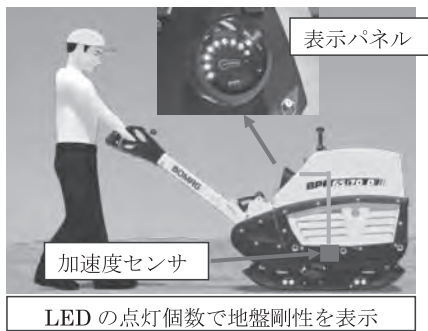
システム名	$a$	CCV	Evib	ACE	DCA	CMV	CompAnalyser	HCQ
メーカー	$a$ システム研究会 (日本)	酒井重工 (日本)	BOMAG (ドイツ)	AMMANN (スイス)	Dynapac (スウェーデン)	Caterpillar (米国)	VOLVO (スウェーデン)	HAMM (ドイツ)

表—2 主な前後進コンパクタ用加速度応答システム

システム名	COMPASS	ECONOMIZER	ACE	COMPATROL
メーカー	三笠産業 (日本)	BOMAG (ドイツ)	AMMANN (スイス)	Weber (ドイツ)



図一 1 振動ローラ用システム概略



図一 2 前後進コンパクト用システム概略

表一 6 前後進コンパクト仕様

メーカー	三笠	三笠	BOMAG
型式	MVH-306 DSC-PAS	MVH-406 DSC-PAS	BPR45/55D
総質量 (kg)	330	410	396
起振力 (kN)	45	50	45
振動数 (Hz)	73	73	70
締固め幅 (m)	0.445	0.5	0.55
実験 F 溝幅 (m)	0.5	0.55	0.6
搭載システム	COM PASS	COM PASS	ECONO MIZER

(2) 実験土質・実験パターン

本実験で使用した土の物理特性を表一 7 に、粒径加積曲線を図一 3 に示す。また、実施した実験パターンを表一 8 に示す。実験は、本共同研究全体の計画や予算の都合等により、表一 8 の全パターンについて実施できなかったが、多くの条件によるデータを取得できた。

(3) 実験フィールド

実験は写真一 1 に示す土木研究所土工実験施設内の実験ピット（幅 5 m、長さ 44.8 m、深さ 4 m）を使用した。ピット底面の影響を受けないように、振動ローラの場合は、山砂を用いてピット底面より高さ 2.8 m

2. 実験概要

(1) 使用システム・使用締固め機械

実験では国内で入手が可能なシステム、締固め機械を使用した。本実験で使用したシステムの詳細情報を表一 3, 4 に、締固め機械の仕様を表一 5, 6 に示す。

表一 3 実験に使用した振動ローラ用加速度応答システム

システム名	$a$	CCV	Evib
メーカー	$a$ システム 研究会	酒井重工	BOMAG
出力値	乱れ率	CCV 値	Evib 値

表一 4 実験に使用した前後進コンパクト用加速度応答システム

システム名	COMPASS	ECONOMIZER
メーカー	三笠産業	BOMAG
出力値	LED 点灯個数	LED 点灯個数

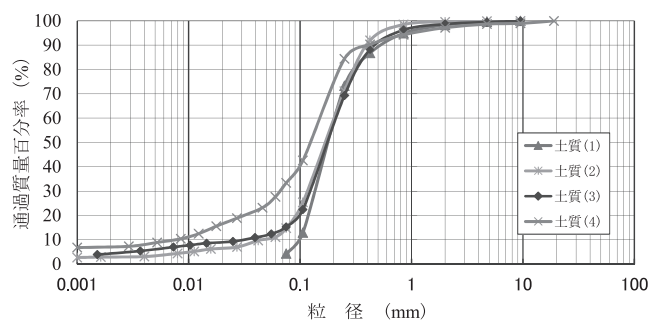
表一 5 振動ローラ仕様

メーカー	酒井	BOMAG
型式	SV512D	BW141AD-4AM
総質量 (kg)	11050	8700
振動輪荷重 (kg)	5700	4550
起振力 (kN)	226	144
振動数 (Hz)	27.5	45
締固め幅 (m)	2.13	1.5
搭載システム	$a$ , CCV	$a$ , CCV, Evib

表一 7 材料の物理特性

呼称	土質 (1)	土質 (2)	土質 (3)	土質 (4)
土粒子密度 $\rho_s$ ( $g/cm^3$ )	2.647	2.666	2.675	2.681
最大粒径 $D_{max}$ (mm)	9.5	9.5	9.5	19.0
細粒分含有率 $F_c$ (%)	4.3	14.8	15.3	33.4
最大乾燥密度 $\rho_{d_{max}}$ ( $g/cm^3$ )	1.571	1.625	1.674	1.666
最適含水比 $w_{opt}$ (%)	18.2	17.8	16.0	18.8

注) 最大乾燥密度, 最適含水比: JIS A 1210 A-c 法



図一 3 粒径加積曲線

表一 8 実験パターン表

土質	(1)	(2)		(3)			(4)
目標実験時 含水比 (%)	16.0 付近	16.0 付近	17.0 付近	10.0 付近	15.0 付近	16.0 付近	18.0 付近
SV512		○	○	○	○	○	○
BW141	○	○	○			○	○
MVH-306	○		○				○
MVH-406	○						○
BPR45/55D				○	○	○	



写真一 実験ピット

まで十分に締固められた基礎地盤をピット内に製作し、その上に表一 7 に示す実験材料を表一 8 に示す目標含水比付近になるよう調整し、仕上がり厚さ 300 mm になるよう盛り立てて実験フィールドを製作した。前後進コンパクタの場合は、同様の基礎地盤を高さ 3.0 m まで作成し、その基礎地盤の壁際に、各締固め機械の接地幅に応じて設定された溝幅 (表一 6 の実験 F 溝幅) × 長さ 25 m × 深さ 0.3 m の溝を掘削し、そこへ同様に実験材料を仕上がり厚さ 300 mm になるよう盛り立てて実験フィールドを製作した。

(4) データ計測方法

上記実験フィールド上を、各締固め機械にて 16 回締固めを行い (8 往復), 0, 2, 4, 6, 8, 12, 16 回時の地盤剛性, システム表示値を測定した。実験状況を写真一 2, 3 に示す。

地盤剛性値は超小型動的平板載荷試験装置 (アプライドリサーチ社製: IST03) を用いて実験フィールド区間内の 3 点で行い平均値を採用することとした。測定状況を写真一 4 に示す。この装置は平板載荷試験や小型 FWD などと同様の地盤反力係数  $K_{30}$  値を測定できることが文献 1) や予備実験などによって確認されている。またシステム表示値は、振動ローラにおいては車載 PC にて各締固め回数時の値を記録し平均値を算出した。前後進コンパクタにおいては各締固め回数時の LED 点灯状況をビデオ撮影し「平均 LED 点



写真二 振動ローラ実験状況



写真三 前後進コンパクタ実験状況



写真四 地盤剛性測定状況

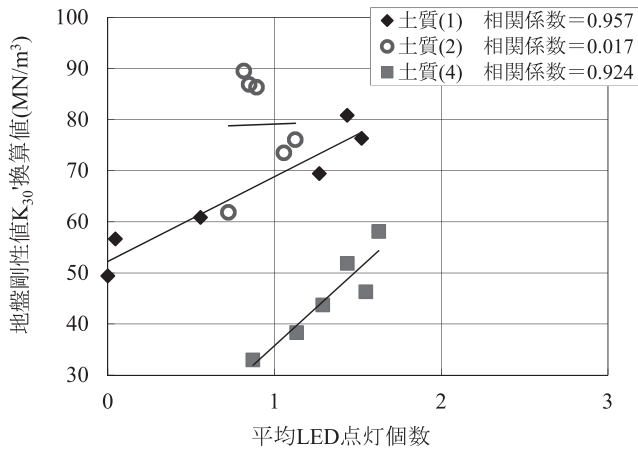
灯個数」を算出した。

3. 実験結果

実験結果の一例として、MVH-306 における平均 LED 点灯個数と地盤剛性値との関係を図一 4 に示す (近似曲線と相関係数も併せて示す)。

図一 4 の土質 (1) および (4) のように、システム値 (平均 LED 点灯個数) と地盤剛性値の両者に強い正の相関がある場合は、システム値から地盤剛性値





図一四 平均 LED 点灯個数と地盤剛性値の関係 (MVH-306)

を推定することが可能であり、システムの適用性が高いといえる。しかし、土質 (2) のように、両者に相関がない場合は、システム値から地盤剛性値を推定することが困難であり、システムの適用性は低いことになる。文献2) などによると、一般的な目安として、相関係数が0.7以上あれば両者にかなり強い正の相関があると判断できる。そこで本報では相関係数が0.7を超えているか否かで、システムの適用性を評価することとした。

すべての実験ケースにおける相関係数を算出し、0.7以上の強い正の相関を示す場合を黒丸にて表したものを、表一9に示す。なお、表には実験時含水比も併せて示している。

表一9 強い正の相関の有無および実験時含水比

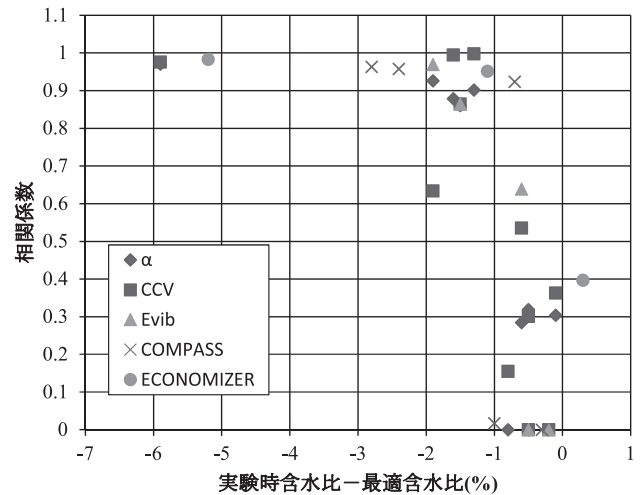
土質	(1)	(2)	(3)		(4)	
最適含水比 (%)	18.2	17.8	16.0		18.8	
目標実験時含水比 (%)	16.0	16.0	17.0	10.0	15.0	16.0
付近	付近	付近	付近	付近	付近	付近
SV512 α	●	○	●	●	○	○
16.2	17.0	10.1	14.7	15.9	18.3	
SV512 CCV	●	○	●	●	○	○
16.2	17.0	10.1	14.7	15.9	18.3	
BW141 α	●	●	○		○	○
16.3	16.3	17.3			15.8	18.2
BW141 CCV	○	●	○		○	○
16.3	16.3	17.3			15.8	18.2
BW141 Evib	●	●	○		○	○
16.3	16.3	17.3			15.8	18.2
MVH-306 COMPASS	●		○			●
15.8		16.8				18.1
MVH-406 COMPASS	●					○
15.4						18.5
BPR45/55D ECONOMIZER			●	●	○	
			10.8	14.9	16.3	

●：相関係数0.7以上 ○：相関係数0.7未満  
下段：実験時含水比

表一9によると、相関係数が0.7以上か否かは、締め機械、システムの違いによる明確な傾向はない。また、土質 (2), (3) の結果から、同じ土質でも含水比が低い場合は相関係数が0.7以上あり、高い場合は0.7未満となっている。従って相関係数が0.7以上か否かは締め機械やシステムではなく含水比に影響を受けていると考えられる。

これは、実験中の土表面状態が、相関係数が0.7を下回る場合は表面に水がしみ出ていることが多く、逆に0.7を上回る場合は表面はほぼ乾燥したままであったことから推察できる。

そこですべての実験ケースにおける相関係数を、各実験時の含水比と各土質の最適含水比との差 (実験時含水比-最適含水比 (%)) でまとめたものを図一5に示す。なお、図中では相関係数が負になった場合はすべて0 (ゼロ) にて表している。



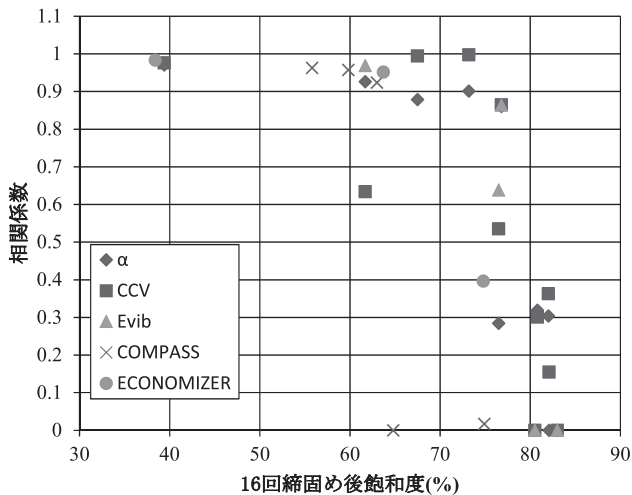
図一五 (実験時含水比-最適含水比) と相関係数の関係

図一5によると、実験時含水比-最適含水比が、約-1%を境に傾向の相異があり、より小さい (実験時含水比が乾燥側) 場合は、相関係数がおおむね0.7以上あり、より大きい (実験時含水比が湿潤側) 場合は相関係数が0.7より低くなっていることがわかる。

以上から、システムの適用性は含水比の影響を受け、施工時含水比を最適含水比 (JIS A 1210 A-c 法で求めた) より1%以上乾燥側にて締め施工を行えば、適用性が高いことになる。

#### 4. 含水比に影響を受ける理由の考察

システムの適用性が含水比に影響を受ける理由を考察するために、土粒子間の水の状態を表す指標のひとつである飽和度にてデータを整理することを考える。



図一六 16回締固め後飽和度と相関係数の関係

図一五の相関係数を施工終了後（16回締固め後）の飽和度にて整理したものを図一六に示す。飽和度は16回締固め後の地盤3カ所の含水比と密度をコアサンプルにて測定し、平均値から算出した。図一六によると、ばらつきはあるが概ね飽和度70～80%を境とする形で図一五と同様な傾向の差異が見られることがわかる。これは地盤剛性測定器（本実験ではIST03）とシステムが表す測定値の傾向が、飽和度70～80%を境に異なっていることを示している。

文献3)によると、外力によって土が変形するときの抵抗力は、飽和度約70%程度より低い場合では土粒子間に懸架された水の表面張力によって発生する土粒子間摩擦力が主体であり、約70%程度より高い場合では土粒子間からの水の排出抵抗が主体であるとしている。このことを参考にすると、IST03（や小型FWD）などのように単発の衝撃を与える地盤剛性測定機器と、細かい振動を与える加速度応答システムは、土粒子間摩擦力が主体の場合は同じ傾向を示すが、排出抵抗が主体の場合は土粒子間から水を排出させるメカニズムが異なるため両者の傾向に違いが生じ、それにより両者の相関が低下する、すなわち加速度応答システムの適用性が悪化するのではないかと考えられる。

今後さらにデータを蓄積するとともに、水の排出メカニズムについても研究を進め、加速度応答システムの適用範囲の拡大を検討していきたい。

## 5. おわりに

本研究の結果、本実験条件の範囲内であれば、以下のことがいえる。

- 1) 加速度応答システムの適用性は、締固め機械の違い、システムの違いに影響を受けない。
- 2) 加速度応答システムの適用性は、含水比に影響を受け、施工時含水比を（JIS A 1210 A-c 法で求めた）最適含水比より1%以上乾燥側で施工を行えば適用性が高い。
- 3) システムの適用性が含水比に影響を受ける理由には、飽和度が関わっていると考えられる。今後さらなる研究が必要である。

本研究をさらに進め加速度応答システムの適用範囲を明らかにすることにより、システムの現場導入が加速され施工の効率化や地盤剛性計測作業の省力化などが可能となることが期待できる。また、現行商品化されているシステムの課題の一つとして、図一四の例のようにシステム表示値が土質条件によっては非常に低い値になってしまうため、値の読み取りが困難になることが挙げられる。今後、土質条件等に応じた表示レンジの調整機構などの開発に期待したい。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 境, 極壇: 重錘落下による地盤反力係数の測定, 第41回地盤工学研究発表会論文集, pp.975～976, 2006.
- 2) 柳井, 高値: 新版多変量解析法, p.10, 朝倉書店, 1985.
- 3) 地盤工学会: 土の締固め, pp.7～9, 2012.

### 【筆者紹介】



橋本 毅 (はしもと たけし)  
 (国研) 土木研究所  
 技術推進本部先端技術チーム  
 主任研究員



茂木 正晴 (もてき まさはる)  
 国土交通省関東地方整備局  
 関東技術事務所  
 技術情報管理官  
 (元土木研究所主任研究員)



梶田 洋規 (かじた ひろき)  
 (国研) 土木研究所  
 技術推進本部先端技術チーム  
 上席研究員

# 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」

泉 枝 穂

国土交通省は、土木建設現場の ICT 活用により生産性、安全性を大きく高める取り組みとして、2016 年度より国の直轄工事に「i-Construction」を導入することを発表した。

これは 3D データをベースに、測量・設計から施工、管理、検査にいたる全プロセスに ICT の活用を展開するものである。

本稿では、施工目標面情報とショベルの位置、姿勢情報を照合しながらフロントを半自動制御することで、効率的な作業が行えるマシンコントロール機能を備えた ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」（以下「本機種」という）のマシンコントロール機能の概要とその特徴について述べる。

キーワード：油圧ショベル、情報化施工、マシンコントロール、ICT

### 1. はじめに

近年、ICT の発達に伴い、建設事業においても生産性や品質、安全の向上を目的として、電子情報の活用が急速に普及しつつある。特に、施工に関して、先進国では人口減少や少子高齢化、新興国では施工数の急増により、建設機械の熟練オペレータ不足が懸念されている。この問題を解決する手段の一つとして、ICT を活用した情報化施工がある。情報化施工とは、調査、設計等の各プロセスで得られる電子情報を用いて高効率、高精度な施工を実現し、さらに施工で得られる電子情報を維持、管理等の他のプロセスで活用することで、建設生産プロセス全体における生産性の向上や品質、安全の確保を図るシステムである。

図-1 に従来の工法と情報化施工機を活用した場合の作業効率の改善例を示す。このように、i-Construction で提案されている 3D データを用いた情報化施工機を活用することで、丁張りや検測作業を大幅に削減し生産性と品質、安全の向上を実現できる。

これまでに、情報化施工に対応するため、施工目標面とバケット爪先の距離をモニタに表示する、あるいは音によってオペレータに知らせるマシンガイダンス機能を搭載したショベルが使用されているが、操作はオペレータが実施するため、出来形は技量に依存する部分が多く、生産性及び品質向上の面で課題があった。

そこで、施工目標面情報とショベルの位置、姿勢情

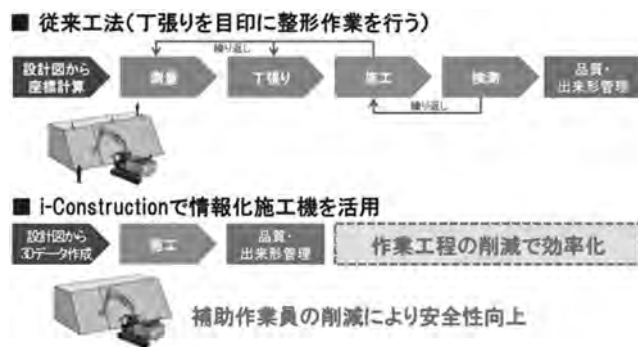


図-1 情報化施工機の活用

報を照合しながらフロントを半自動制御することで効率的な作業が行える、マシンコントロール機能を備えた油圧ショベルを開発した。

### 2. マシンコントロール機能概要

マシンガイダンスの表示例を図-2に示す。図-2に示すように、従来のマシンガイダンス機では、施工目標面とバケットの位置関係やバケット角度などの情報がモニタに表示されるため、位置を確認するためには表示を気にしながら操作を行う必要がある。

それに対し、マシンコントロール機では、施工目標面に対して掘り過ぎを防止する機能を備えるため、モニタを気にせずに操作が可能であり、またオペレータの技量に依存する部分が減り、生産性、施工品質、安全の面で改善が期待できる。





図一 二 マシンガイダンス表示例

本機種に搭載したマシンコントロール機能の特徴について以下に示す。

(1) 掘り過ぎ防止機能

本機能は、施工目標面とバケットとの距離情報を基にフロントを半自動制御することで、施工目標面に対する掘り過ぎを防止し、効率的な掘削を可能とするものである。

各操作におけるマシンコントロールの動作について、それぞれ説明する。

(a) ブーム下げ動作

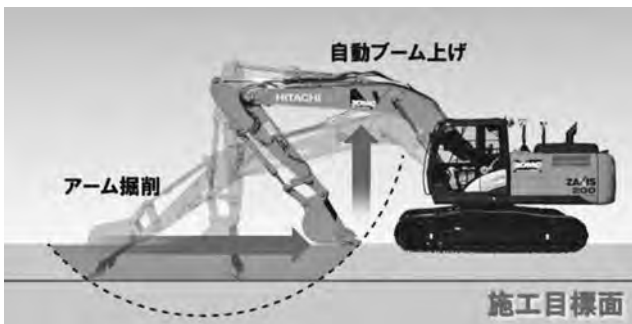
ブーム下げ操作によりバケットが施工目標面に近づくとき、ブーム下げ動作を減速し、施工目標面上で停止するように制御する。

本制御は、掘削動作を開始する際に、バケット先端を掘削開始位置に合わせて、バケットの先端を用いて測量を行ったりする場合に有効な機能である。

また、バケット底面のうち、目標面と最も近い部分を選択して制御するため、バケット先端のみでなく、後端部の目標面への侵入も防止することができる。

(b) 掘削動作

アームまたはバケット操作によりバケットが施工目標面に近づくとき、必要に応じて施工目標面とバケットの位置関係によってフロント速度を制御する。本操作においても、前述した内容と同様に、バケット底面の



図一 三 掘り過ぎ防止機能 掘削動作

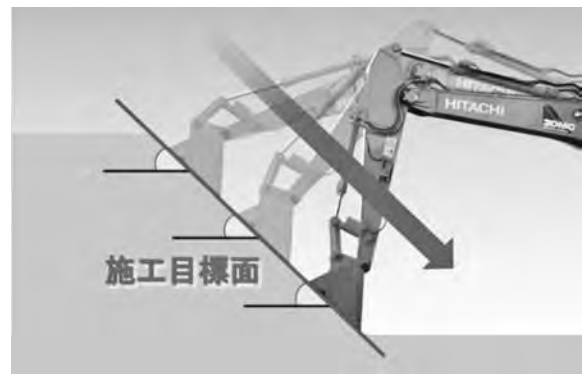
うち、目標面と最も近い部分を選択して制御する。アーム引き操作により自動でブームが上がる例についての概念図を図一 三 に示す。

掘削方向に連続した複数の施工目標面に対して掘削操作をした場合には、面のつなぎ目に対して減速をかける。これによって、掘削操作の途中で角度が変化するような施工目標面においても、連続して掘削することができる。

(2) バケット角度保持機能

本機種は、バケット角度を一定に保持する機能を備えており、この作業モードで使用するには、バケット操作をしなくても、バケット角度を一定に保つことができる。本機能は、目標面とバケットの距離、角度が所定の条件を満たす場合に有効となる。

バケット角度保持機能の概念図を図一 四 に示す。本機能を用いることで、ブームとアームの操作のみで法面形成も行うことが可能となる。また、本機能が有効であっても、オペレータによりバケット操作が行われた場合には、オペレータの操作を優先してバケットを動かすことが可能である。さらにその際にも、ブーム上げ操作を自動で行う為、目標面を掘り過ぎることを防止することができる。



図一 四 バケット角度保持機能

(3) 作業モード

本機種ではマシンコントロールの作業モードとして、速度を優先する粗掘削モードと、精度を優先する仕上げモードとを備えている。粗掘削モードではオペレータの操作を優先するために、レバー操作に対する減速を弱めに設定している。一方、仕上げモードではオペレータ操作よりも精度を優先するため、オペレータのレバー操作に対し減速を強めに設定している。このようにアクチュエータの速度を抑えることで、施工目標面に対する高精度な制御を実現している。

オペレータは、施工目標面まで距離が遠い場合には

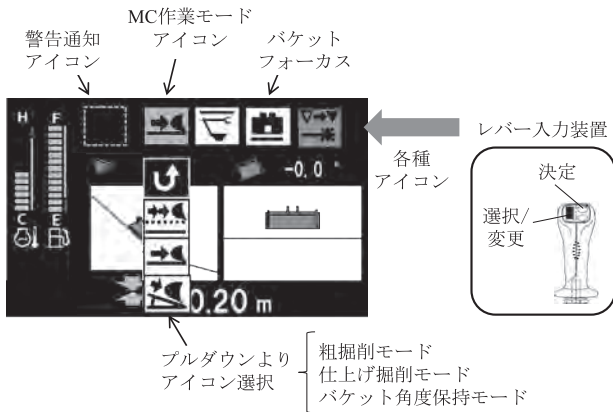


図-5 マシンコントロール (MC) モード切替え表示

粗掘削モードを選択し、仕上げ時には仕上げモードを選択して使用することで、作業速度と精度の両立が可能となる。

図-5 に作業モードの切替え表示例を示す。

作業モードの切替えや、バケット角度保持機能の有効化は、操作レバー上のスイッチで容易に変更可能な構成としている。

また、本機種のマシンコントロール機能は、操作レバーに設けられたスイッチによりレバーから手を放すことなく ON/OFF を変更可能であり、マシンコントロールが不要な状況下での使い勝手を高めている。さらに、使い勝手と安全性を両立させるために、走行状態や、車体の傾斜角度といった条件により、マシンコントロールの ON/OFF を自動で変更する機能を設けている。

### 3. システム構成

本機種のシステム構成と共に、マシンコントロールを実現するために必要な機器について説明する。

#### (1) 全体システム

本機種のシステム構成を図-6 に示す。ショベルに設置された角度センサ、ストロークセンサ、車体傾斜センサにより、ショベルの姿勢を検出する。

また、操作レバーの操作量に応じてパイロットバルブから圧力が出力される構成となっており、この操作パイロットラインの圧力センサにより、オペレータの操作量を検出する。レバー入力装置やディスプレイコントローラからは、マシンコントロール機能の設定変更要求を受け取る。また 3D システムコントローラから、目標施工面情報を取得する。情報化施工コントローラは、これらの情報からフロントを半自動制御するための指令値を演算し、後述する油圧制御ユニットへ出力することで、マシンコントロール機能を実現する。

#### (2) 油圧システム構成

油圧ショベルは、オペレータのレバー操作によりパイロットバルブが駆動し、生じた圧油によってコントロールバルブ内のスプールが動き、油圧シリンダの動作を制御する。油圧機器のシステム構成を図-7 に示す。

本機種の油圧システムは標準機と同一であるが、パイロットバルブとコントロールバルブの間に、マシンコントロール用油圧制御ユニットを搭載している。この油圧制御ユニットには、電磁比例弁が含まれており、これらは情報化施工コントローラからの指令により駆動される。これらの電磁比例弁の駆動により、オペレータ操作によるパイロット圧に対して介入し制御することで、マシンコントロール機能を実現している。さらに、油圧式遮断弁、電磁式遮断弁を搭載することで、電磁比例弁故障時の安全性を確保している。また、マシンコントロールを用いない場合は標準機と同等の操作感を確保できる構成としている。

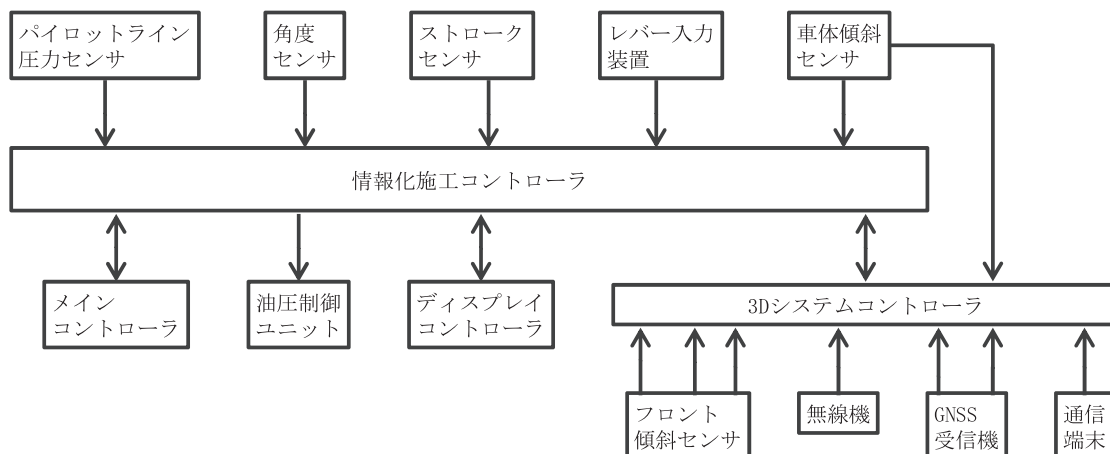
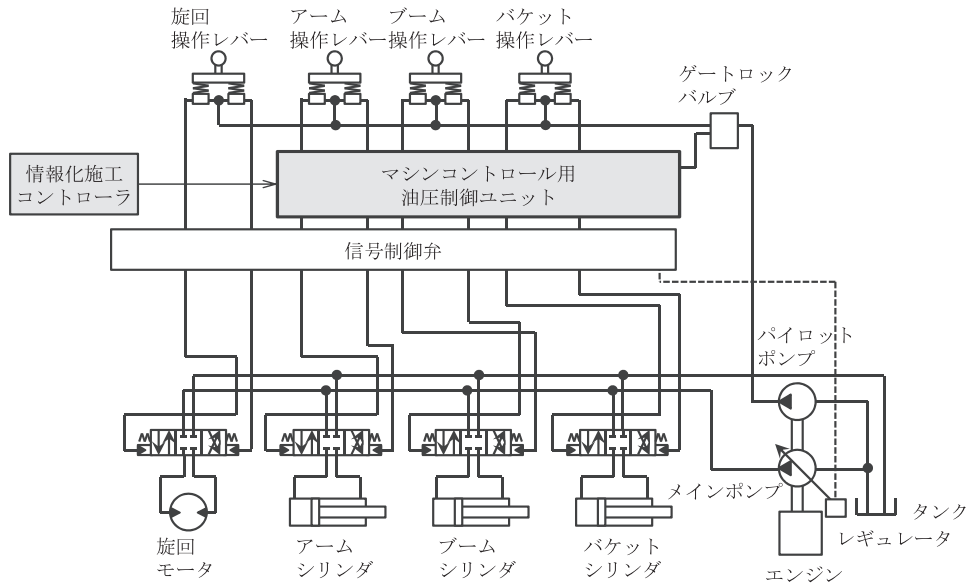


図-6 システム構成

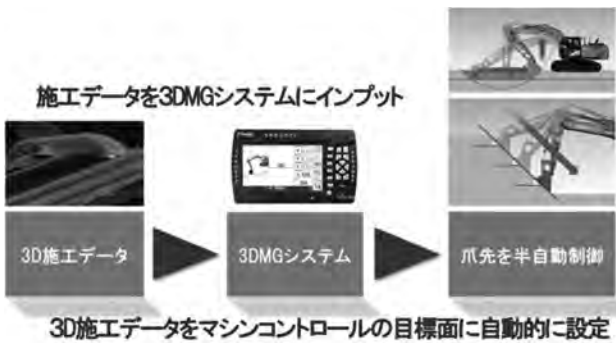


図一七 油圧システム構成

#### 4. 3D マシンガイダンス機器との連携

図一八に3D マシンガイダンス (MG) システムとの連携機能の概念図を示す。

3D マシンガイダンス機器とのインタフェース機能により、3D マシンガイダンス機器から施工目標面となる3D 設計データを取り込み、車体システムと連動することで、3D 施工に対応可能なマシンガイダンスやマシンコントロールを実現する。



図一八 3D ガイダンス機器との連携

図一九に3D マシンガイダンス用の搭載機器を示す。3D マシンコントロール機では、3D マシンガイダンス機器から衛星測位および姿勢センサによる機械の位置・姿勢情報と、施工目標面の3D 設計データに基づいて、機械のフロントをリアルタイムに半自動制御を行うことが可能である。

また本機種は3D ガイダンス機器を搭載しない、2D のシステムにも対応している。

3D システムはGNSSなどの衛星測位によりグローバルな座標系を用いたシステムであるが、2D システ



図一九 3D マシンガイダンス用機器

ムはショベルの車体基準のローカルな座標系を用いたシステムである。

2D システムは、小規模な工事から導入が容易で、手軽に情報化施工が可能であり、衛星測位が困難な場所においても有効なシステムである。

本機種ではスイッチ式ボタンやアナログ入力を備えたレバー装置を用いて簡単に目標面の設定を行うことができる。

2D システムの目標面設定モードの一つとして図一十に「目標設定ダイレクトモード」を示す。本モードでは、バケットを接地しスイッチを押すと、その時



図一十 目標設定ダイレクトモード



のバケットの背面角度と爪先位置で施工目標面を作成することができ、数値入力の手間を省くことができるモードである。

## 5. おわりに

ICTを活用した情報化施工対応機として、マシンコントロール機能を備えた本機種 ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」を開発、市場投入を開始した。

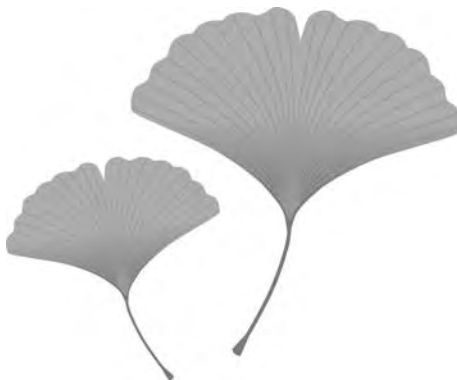
マシンガイダンス、マシンコントロール機能は土木建設現場の生産性、安全性を改善する重要な技術の一つである。

今後もマシンガイダンスのユーザーインターフェースやマシンコントロールの機能など、ユーザーの皆様の意見を聞き改善していく所存である。

JICMA

### 【筆者紹介】

泉 枝穂（いずみ しほ）  
日立建機㈱  
研究本部 IoT 事業化プロジェクト  
主任技師



# 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<sup>®</sup> グレードアシスト

松村 秀雄・白澤 博志

マシンガイダンスシステムを発展させた2次元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を開発し、国内供給を開始した。情報化施工に対応可能となるこのシステムを搭載した油圧ショベルを現場に投入する事で、設計図面通りの掘削作業が容易となり、建設施工の作業効率向上、サイクルタイムの短縮、燃料消費量の低減が実現できる。その技術について本文で紹介する。

キーワード：油圧ショベル、情報化施工、マシンコントロール、法面整形、溝掘削

### 1. はじめに

土木・建設施工分野では、2008年7月に国土交通省が設立した情報化施工推進会議にて「情報化施工推進戦略」が策定されたのを機に、情報化施工（ICT）が普及し始めた。建設機械における情報化施工技術には、主にマシンコントロールとマシンガイダンスが挙げられる。マシンコントロールは設計図面に従って車両が自動制御されて施工するシステムであり、マシンガイダンスはオペレータに設計図面通りに施工できるようにガイドするシステムである。そこで、市場ニーズにいち早く呼応する、油圧ショベルのオプションとして、2次元マシンガイダンスシステムであるCatグレードコントロール 2D ガイダンス（以下「本基本システム」という）を2012年に市場導入した。本基本システムは容易に情報化施工に対応できる機能として、土木工事の情報化施工や圃場整備などで幅広く活用され、好評を得た。



写真-1 2次元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

現在、国土交通省は昨年より建設施工におけるICT技術の全面活用を目指す「i-Construction」を推進し、情報化施工の更なる普及に取り組んでいる。そこで、更なる作業効率向上をもって情報化施工の普及に貢献すべく、本基本システムから機能を発展させた2次元セミオートマシンコントロールシステム「Catグレードアシスト」（以下「本改良システム」という）を搭載した油圧ショベルを開発した。本報では、この本改良システムの特長について紹介する。

### 2. 本改良システムの特長

#### (1) 2次元セミオートマシンコントロールシステム概要

油圧ショベル用の2次元マシンガイダンスシステムである本基本システムは、車両に入力された目標施工面の深さ・勾配の2次元データに対し、車両に装着されたセンサ群が車体姿勢をリアルタイムに計測して、目標施工面とバケット刃先との高さの差異をフィードバックし、車両側からオペレータにガイダンスを行うシステムである。3次元システムに比べて、必要となる設計図面情報、車両側計測機器が少ない為、容易に導入できる情報化施工対応システムである。本基本システムは±3cmの高い精度を発揮可能であり、オペレータはモニタに表示されるガイダンスの通りにブーム・アーム・バケットを操作して掘削作業を行えば、高品質の施行が実現できる。一方で、ガイダンス通りに掘削作業を行う為には、オペレータにはある程度の操作技量が求められる。

これに対し、2次元セミオートマシンコントロール

システムの本改良システムは、入力した目標施工面データに対し、ブーム・アーム・バケットが半自動制御される事から、経験の浅いオペレータでも容易に目標通りの深さ・勾配に掘削作業を行う事ができる。

(2) 本改良システム システム構成

本改良システムは本基本システムをベースに開発された2次元セミオートマシンコントロールシステムである。車両・フロント作業機姿勢を把握する為のセンサ群は本基本システムと共通ながら、フロント作業機の半自動制御を行う為に、EH (Electro-Hydraulic) コントロールシステム (以下「本電子油圧コントロールシステム」という) を追加採用している。

(a) ピッチ／ロールセンサ

スイングフレーム部に設置されたピッチ／ロールセンサは、車両の前後方向及び左右方向の傾き角度をセンシングしている。作業足場が傾斜している場合でも、正確にマシンコントロールを行う事ができる。

(b) ポテンションメータ (角度センサ)

ブーム後端部ピンに装備されたポテンションメータがブームの姿勢 (角度) をセンシングし、ブーム先端部ピンに装備されたポテンションメータがアームの姿勢 (角度) をセンシングしており、ブーム及びアームの姿勢を検知する。センサの応答性は高く、フロント作業機を早く動かした場合でもリアルタイムに姿勢を計測する事ができる。

(c) ストロークセンサ付バケットシリンダ

バケットの姿勢 (角度) を把握する為、バケットシリンダロッドの動きをセンシングするシリンダ内蔵型センサである。また、強固なバケットシリンダガードを装備する事で、センサのハーネスコネクタ部への飛

来物等による損傷を回避しており、耐久性／信頼性も確保されている

(d) 本電子油圧コントロールシステム

フロント作業機を自動制御する為に、本電子油圧コントロールシステムを採用している。上述のセンサ群で車両・フロントの姿勢を検知した上で、操作レバーの動きを油圧パイロットラインに装着した圧力センサが検知し、コントローラに電子信号として入力、ターゲット施工面をトレースできるフロント姿勢を保持する様に、コントローラがブームシリンダ／アームシリンダ／バケットシリンダの油圧パイロットラインに装着されたソレノイドバルブを電子制御する事で、正確な自動掘削が可能となる。

(e) 本改良システム情報表示機能付き標準モニタ

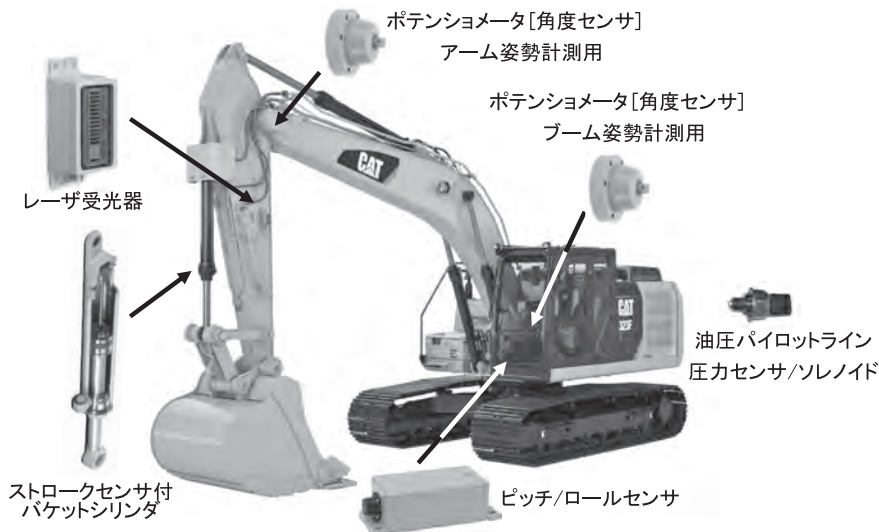
本改良システムの情報はキャブ内の標準モニタ内に搭載されており、追加ディスプレイを設置する必要はなく、オペレータの視界を遮ることがない。モニタ上では掘削の高さ指示やバケット表示の確認、目標施工深さ／勾配の設定が可能である。

(f) モジュレーションスイッチ付き操作レバー

本改良システムの各種設定をリモート操作できるスイッチ付きの専用レバーを採用している。オペレータは操作レバーから手を離すことなく施工深さや勾配をスムーズに設定できるため、オペレータの負荷の軽減、作業効率の向上に繋がる。

(g) レーザ受光器

アーム側面にはレーザ受光器を装着しており、車両を移動させての施工が必要となる長い距離の溝掘削では、レーザ機能を使用することで効率よく作業できる。車両が移動した際に、レーザ面に受光器を合わせてシステムを設定することで、施工面までの高さ情報



図一 本改良システムのシステム構成





図一 本改良システム情報を表示する標準モニタ及びスイッチ付ジョイスティック

を継承できる。

### (3) 本改良システムの機能

#### (a) セミオートマシンコントロール機能

本改良システムは、ブーム・アームの姿勢によらずにバケット角度を自動制御で一定に保つ機能を有している。本機能を活用すると、施工面とバケット底部を平行に自動保持する事もできるので、法面整形や水平均し作業での効率が期待できる。

また、本改良システムにベンチマークを基準とした施工目標深さ（高さ）、勾配を入力して掘削作業を行うと、バケット角度固定機能に加えてオーバカット防止機能により、バケット角度を一定に保持しつつ、目

標施工面より深くブームが下がらなくなる制御が働く。これにより、オペレータは左手の操作レバー一本でアームを引く操作を行えば、ブームとバケット動作は自動で制御され、施工目標通りの深さ・勾配の掘削が行える。水平引きでの整地作業、法面整形、溝掘削（水平・勾配付き）等の高い技量を有する作業が、本機能を活用する事で容易に行える。

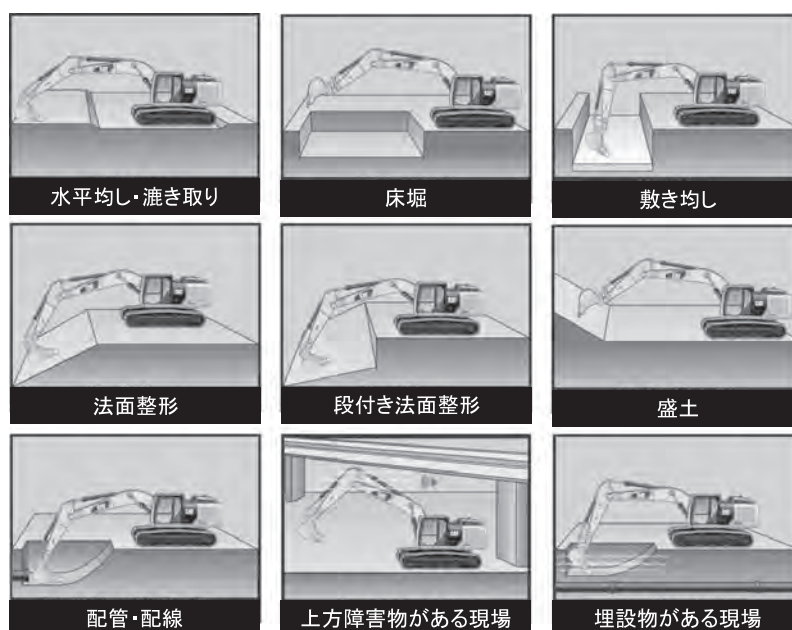
#### (b) E-フェンス機能

E-フェンス機能（以下「本高上制限機能」という）は、橋梁・電線下での作業やガス管等の埋設物がある箇所での作業など、車両フロント部の垂直方向の稼働範囲が限られている現場において、あらかじめ作業範囲の上・下限を設定することで、車両フロント部が上・下限に近づいた際にまずは警告アラームによってオペレータに注意を促した後、フロント部を自動停止させる機能である。この機能を使用することにより、周囲構造物との誤接触の危険性を低減し、車両・オペレータ・周囲作業員・施工現場の安全性を確保することができる。

#### (c) 3次元仕様へのアップグレード

大規模な現場や複雑な設計面の現場等 3D マシンコントロールが最適な場合は、Cat AccuGrade（以下「本3次元用コンポーネント」という）を追加装着することによって容易に 3D（3次元）仕様のセミオートマシンコントロールにアップグレード可能で、国土交通省「i-Construction」に対応。

GNSS アンテナ、GNSS 補正情報用無線機、3次元用コントロールボックス等の追加コンポーネントを簡単に装着可能な配線、ブラケット類が予め装備されて



図一 本改良システムを活用できる施工例



図一 4 本3次元用コンポーネント機器装着イメージ(※図はGNSS仕様)

いるため、ボルトオン作業のみで短時間で3次元仕様に変更できると共に、2次元仕様でのキャリブレーションデータがそのまま3次元仕様でも自動的に引き継がれるため、面倒なフロント作業装置のキャリブレーションが不要。

### 3. 本改良システム導入による施工効率向上

#### (1) アシスト機能による生産性向上効果

##### (a) 施工時間を短縮

従来型の施工では、実際の機械施工の結果が目標設計通りに仕上がっているかの確認(検測)を行い、その結果手直しが必要な場合は再度修正作業を行う必要があり、現場によってはオペレータ自らが機械から降りて検測作業を行わなければならない、この間作業は止まった状態となっている。

これに対してセミオート機能を利用することでバケット刃先が自動的に施工目標深さ(高さ)に合わせた施工が可能になるため、従来型の施工に比べ最大45%施工時間が短縮(社内比較)され、生産性が大幅に向上する。

##### (b) 少ない労力でより多くの作業

セミオート機能により、オペレータはアームを操作するだけで法切り作業や床付け作業を正確に行えるため、ブームとバケットが不要になりジョイスティック操作量が大幅に低減すると共に3連動操作が不要になるため疲労低減にも大きく貢献する。

オペレータが油圧ショベルから降りて検測する必要もなくなるため、疲労を大幅に軽減することが可能。

##### (c) 勘に頼らず自信をもって作業

目標設定通りの高さや勾配を正確に仕上げることができるため、掘過ぎや手直しを無くし、作業回数や時間を大幅に短縮可能。

不慣れなオペレータでも容易に法切り作業を行うことができるため、現場での人材確保・人材活用を進め



写真一 2 本改良システムを使った溝掘削

ることができる。

##### (d) 現場全体にわたって精度を確保

2D(2次元)仕様は測量機器を使わずに本改良システム単体でセミオート機能を使用できるため、現場で特別な準備を必要とせず、手軽に生産性を向上。

広範囲な水平均し、天端・床付けの高さ決め、溝掘削など、油圧ショベルを移動させながらの作業ではレーザ発光機を利用することで、正確な作業を行うことができる。

さらに複雑な仕上げ形状の現場では、3D(3次元)仕様へアップグレードしてGPSと3次元図面を利用することで、施工効率をさらに向上させることが可能。

##### (e) 現場コストを削減。

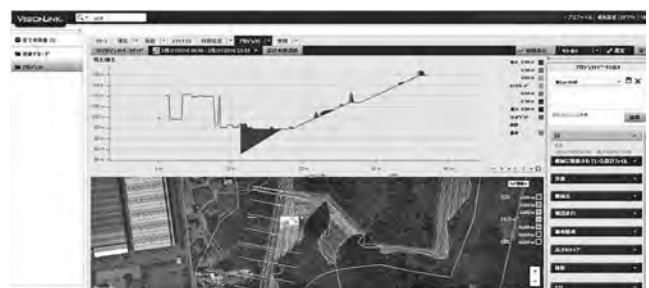
丁張りの数を削減、検測作業の人手や時間を不要にすることで、施工時間の短縮、人件費の削減、機械の摩耗を低減、現場の材料の無駄を無くすることができるため、この分のコスト削減も図ることができる。

##### (f) 安全な施工

本高上制限機能を使って予め上方や下方の高さ制限を設定することで、頭上や地中の障害物への接触を防止するため、オペレータは施工対象に集中して安全に作業することができる。

##### (g) 施工管理の手間を削減

3次元仕様は、オンラインでVisionLink<sup>®</sup> 3Dプロジェクトモニタリングを使用すると、LINKテクノ



図一 5 VisionLink<sup>®</sup> 3Dプロジェクトモニタリング

ロジを経由して毎日の生産性データを確認可能である。切盛り作業の進捗を3Dマッピングデータで自動的に離れた事務所で把握できるため、予定通りに作業を進めるための判断をいつでも容易に行うことができる。

(利用登録とハードウェアの追加が必要)

#### 4. おわりに

油圧ショベルの自動化は作業装置の構造の複雑さから、ブルドーザやモータグレーダに比べて遅れていたが、セミオートコントロールシステムとして自動化の第一歩を踏み出した。

今後予測されるベテランオペレータの引退と若年労働

人口の減少の環境の中で現在のインフラを維持していくためには自動化による生産性向上は不可欠の技術となっている。

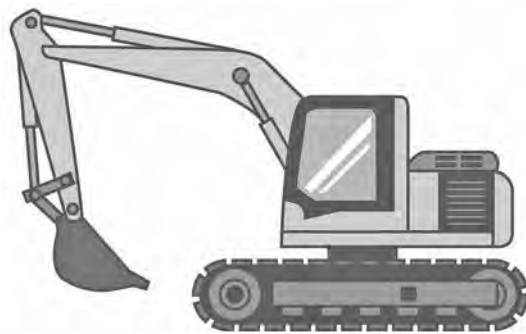
今後も更なる自動化の研究開発を進めていくにあたり、より多くのお客様に本改良システムを使用いただき、評価をいただければ幸いである。

JCMA

#### 【筆者紹介】

松村 秀雄 (まつむら ひでお)  
キャタピラー・ジャパン(株)  
コンストラクション デジタル&テクノロジー  
ICT 担当

白澤 博志 (しらすわ ひろし)  
キャタピラー・ジャパン(株)  
商品サポート部  
主任





# UAV 搭載レーザ計測システムの開発

河村 倫明

情報化施工の推進は、測量分野においても成果の活用面で本格的な取組みを推進させている。その一つに UAV を用いた 3 次元解析への取組みが挙げられる。本報告では、情報化施工に重要である地表面情報を高密度・高精度に取得するための取組みとして、レーザ測量システムを UAV に搭載した事例を紹介する。産業用ラジコンヘリコプターへの機材搭載から基礎的なデータ取得と精度検証、さらなる改良によるドローンタイプへの搭載と実地検証における処理速度を中心に報告する。

キーワード：情報化施工, UAV, 航空レーザ測量, 基本性能, 現場検証, 処理速度

## 1. はじめに

平成 25 年 3 月には情報化施工推進会議において「情報化施工推進戦略」が取りまとめられ、起工測量の効率化や出来高・出来形管理等、情報共有のプロセスに測量が位置付けられた<sup>1)</sup>。これにより、情報化施工に対する測量成果の活用に関して本格的な取組みが進展してきた。

これと並行して、無人航空機 (Unmanned aerial vehicle: 以下「UAV」) に関しても急速な発展をしてきた。特に近年の動向として、構成機器の高性能化や軽量化によりペイロードが格段に向上し搭載するセンサー等の自由度も広がった。機体自体の価格も安価となり、安定した操縦性能は専門の操縦者を選ばないところまで発展している。

さらに UAV から得られた空中写真を解析し 3 次元情報を生成する SfM (Structure from Motion) ソフトウェアも比較的安価に提供されはじめた。これにより UAV によって撮影された空中写真から 3 次元情報を作成する業務が飛躍的に発展している状況である。

測量分野においては、UAV 写真測量の基礎研究を踏まえ、「UAV を用いた公共測量マニュアル (案)」(平成 28 年 3 月:国土地理院)が発行された。これにより、公共事業における UAV 写真測量の活用は様々な方向へ発展することが容易に想定できる。

各種センサーのダウンサイジングは、UAV への搭載を飛躍的に発展させた。UAV の高性能化とセンサーの小型化は、従来有人の航空機でしかできなかった空中からの様々な計測を可能とさせている。このシステ

ムによって、平成 26 年 10 月に有人機で実施している航空レーザ測量システムと同様の構成で小型化されたシステムを UAV に搭載し初計測を行った。その後、システムを改良しながら計測を実施している。本論では、航空レーザシステムの UAV 搭載までの基礎検討、性能評価・現場検証、今後の課題等について報告する。

## 2. UAV 搭載レーザ計測システム

### (1) 航空レーザ測量の概要

航空レーザ測量システムは、GNSS/IMU とスキャン式レーザ測距装置を移動体に搭載することで、面的な計測を実施するシステムである (図-1)。航空レーザ測量のメリットは、高密度な標高点を計測することで、写真測量では取得が困難である植生等に覆われた地表面等の情報を取得できることである (図-2)。

航空レーザ測量において、植生下の地表面を計測す

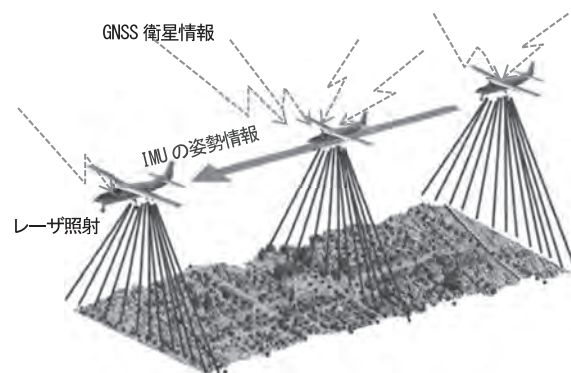


図-1 航空レーザシステムの概念図



図-2 レーザ点群の横断表現

るためには、点密度が高くかつ微弱な反射を取得できる低高度の計測が望ましいが、一方で低高度の計測は計測幅が狭くなるのがデメリットとなる。計測面積に対して効率的な飛行高度、レーザの発射回数を設定し所定の照射密度で計測することが重要となる。

有人機での航空レーザ測量では、レーザの照射密度に応じて地図情報レベル(縮尺精度)を設定している。照射密度が1 m × 1 m に1点の場合は地図情報レベル1000, 0.5 m × 0.5 m に1点の場合は地図情報レベル500としている<sup>2)</sup>。

(2) UAV に搭載するレーザ測距装置の性能

UAV に搭載するレーザ測距装置は、シングルパルス式の簡易なもの(小型)から照射中のパルスすべてを波形として記録することができる連続波形記録方式(大型)まで様々である(図-3)。シングルパルス式では、基本的に写真測量と同様に植生下の地表面データが取得できないため、樹木・下草・地表面に照射されたパルスを分離し、高精度な地表面データの取得が可能となる連続波形計測データをオンラインで波形解析可能な VUX-1 (リーグル社)(以下「本測距装置」

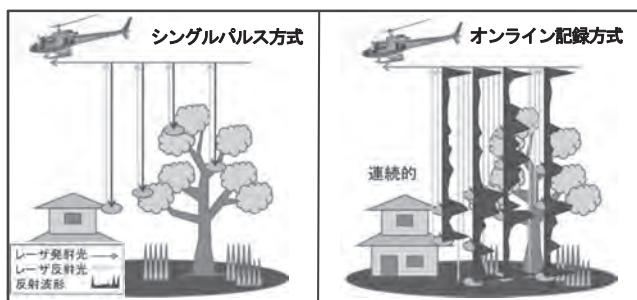


図-3 波形記録方式の特徴

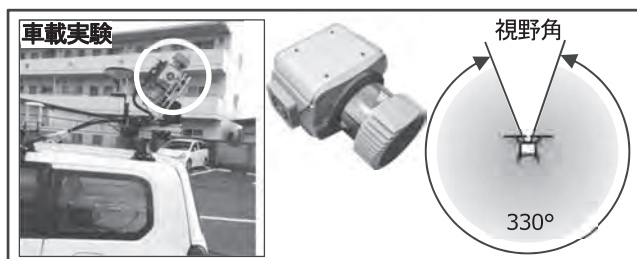


図-4 本測距装置の外観

表-1 本測距装置の性能

項目	性能
最大測定距離	920 m (ターゲット反射率 60%)
最大測定距離	550 m (ターゲット反射率 20%)
測定精度	10 mm
最短計測距離	3 m
レーザクラス	クラス 1 (アイセーフ)
有効測定レート	500,000 回/秒
視野角 (FOV)	330 度 (直下 + 片側 165 度)

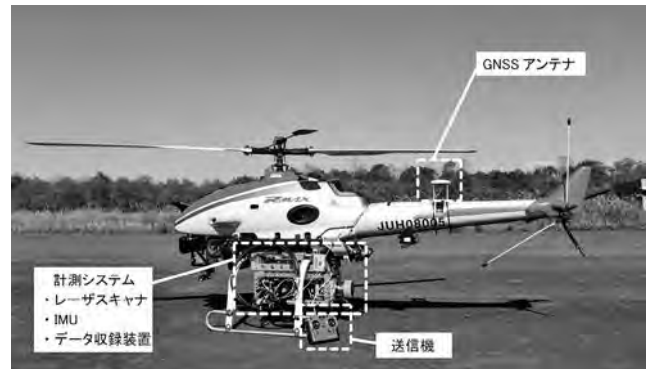


図-5 ヘリコプターへのシステム搭載状況

という)を採用した(図-4, 表-1)。

本測距装置の性能検討には、農薬散布や写真撮影等の飛行実績がありペイロードも大きい産業用ラジコンヘリコプター R-MAX を使用した(図-5)。

(3) 基礎的データの取得

本測距装置による基礎的データの取得は、2014年10月15日から2日間かけて北海道胆振地方にある白老滑空場及び錦多峰川(2号遊砂地周辺)にて実施した。

白老滑空場では、飛行高度の違いによる精度検証に加え、計測幅や標高分解能等の基礎的な検討を行った。

レーザ測量は光を用いた計測であり、光エネルギーは距離の二乗で減衰する。有人機を用いた高高度(300 m 以上)より UAV を用いた低高度(150 m 以下)の方が理論上データの劣化は少ない。樹木下の地形データ検知力向上を期待して錦多峰川2号遊砂地周辺で植生の影響評価のための基礎的なデータ取得を行った(表-2)。

(a) 対地高度と標高精度・水平精度

平坦地に基準点を4点設置し、基準点を中心とした25 cm 四方内のレーザ点と実測値を比較した(図-6)。

標高精度及び水平精度の検証結果を表-3に示す。標高精度の標準偏差は、全ての対地高度で1 cm 以下であり、真値からのバラつきが少なく全体をシフトす

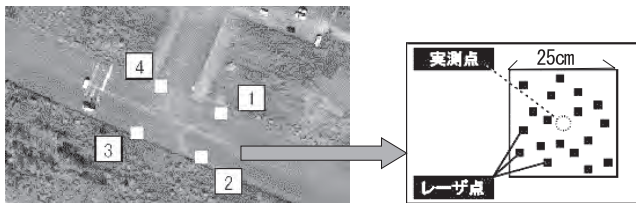
表一 基礎的データの取得状況

検証項目	対地高度	検証方法	実施場所
標高精度	150 m, 100 m, 50 m	実測値との比較	白老滑空場
水平位置	150 m, 50 m	実測値とレーザ点群トレース	〃
計測幅	150 m, 100 m, 50 m	点群の到達範囲を解析	〃
標高分解能	50 m	点群断面による解析	〃
植生下標高	80 m	実測値との比較	錦多峰川

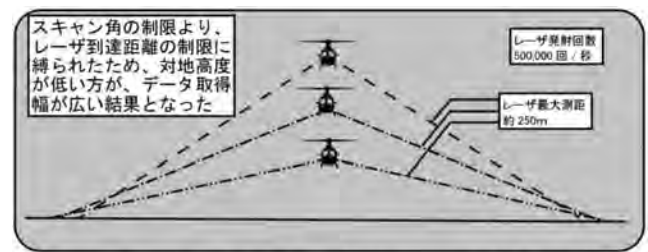
表一 3 対地高度別の標高・水平精度検証結果

項目	対地高度 150 m		対地高度 100 m		対地高度 50 m	
	平均較差	標準偏差	平均較差	標準偏差	平均較差	標準偏差
標高精度	-0.102 m	0.009 m	-0.051 m	0.004 m	-0.059 m	0.006 m
水平位置	0.033 m	0.017 m	-	-	0.024 m	0.010 m

※標高精度は平均較差をオフセットすることで軽減可能



図一 6 基準点の設置状況



図一 7 対地高度と計測幅 (実点群幅を再トレース)

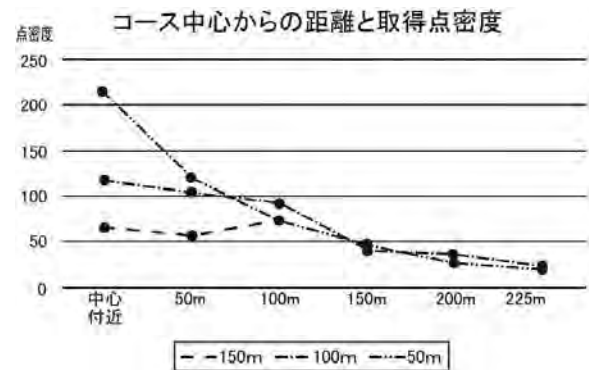
ることで標高調整が可能であることを示している。実測値との対地高度別の標高較差は、150 m が最大で 100 m と 50 m は近似していた。これは、100 m と 50 m は同一フライトで計測したため、GNSS の影響が同等であったことが要因と考えられる。対地高度別の水平精度に関しては、150 m と 50 m で検証した結果、平均較差は 150 m で 3.3 cm, 50 m で 2.4 cm であった。

(b) 飛行高度と計測幅・点密度

本測距装置の測定レートを最大 (500,000 回/秒) に設定し、対地高度毎の計測幅を検証した。測定レートは可変式であり、最大にしたことにより 1 照射のレーザエネルギーは小さくなり測距が 250 m 程度と短くなる。

検証結果は、高高度計測の方がデータ取得幅が狭い結果となっているが、実際の計測では対地高度が高いほど構造物の影は少なくなる。また、レーザ光線の入射角が高高度になるほど大きくなりフットプリント (レーザ光の広がり) が小さくなるため、コース端部の精度は高高度の方が良好であると考えられる (図一 7)。

点密度は、対地高度 150 m では直下で 50 点 /m<sup>2</sup> 程度、対地高度 50 m では直下で 200 点 /m<sup>2</sup> 以上と高密度であるが、コース端部では 25 点 /m<sup>2</sup> 程度と高度に関係なく劣化する (図一 8)。実際の計測では、コース端部を使用せず隣接コースとの重複を設定すること



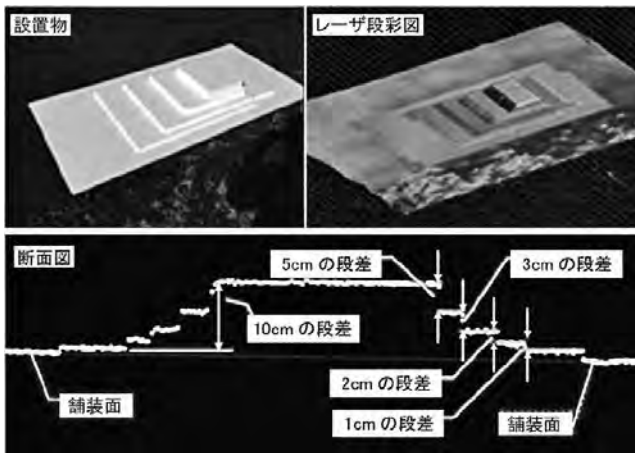
図一 8 対地高度と点密度の関係

で目標とする点密度を満足する高度でフライトする必要がある。

(c) 標高分解能

標高分解能は、実際の施工等の小規模な段差等の認識能力に該当する。認識能力は点密度にも依存するが、標高分解能が高いほど物体の認識能力が高くなる。標高分解能の検証では、板厚 1 cm から 5 cm の発砲スチロール板を作成し比較対地高度 50 m で計測した。検証結果は、1 cm の段差も認識可能であった (図一 9)。





図一9 標高識別能力の検証

(d) 植生下の標高

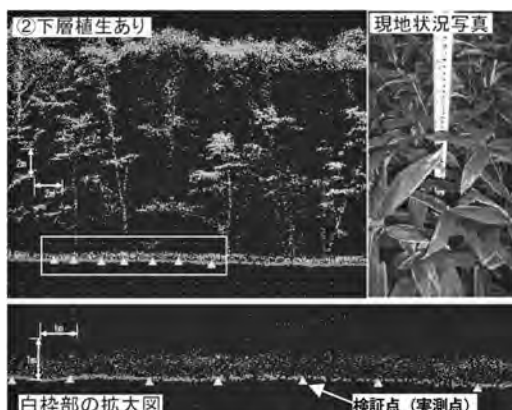
公共測量の作業規程<sup>2)</sup>では、植生下のレーザ点群の標高精度は定められていないが、実際の測量では植生下の地表面標高精度が重要視される。

検証箇所は、高木の下に下層植生（航空レーザでは取得が困難な笹）のある地区、無い地区を選定した。

検証結果では、全体的に実測よりレーザ計測が高めの傾向となった。下層植生の無い区域では較差6cm程度と良好な結果であるが下層植生のある地区では最大10cmの較差であった。実測の場合、下層植生下の落葉下の地表面を計測するのに対し、レーザは落葉の表面からの反射を計測していることによるものと考えられる（図一10、表一4）。

(4) ドローンへの搭載

検証に使用したヘリコプターは自律飛行機能が無



図一10 植生下の計測状況（下層植生あり）

く、操縦者を中心とした半径150mかつ高さ150mの範囲内でしか飛行できない等、飛行上の制約が多かった。

ドローン（マルチコプター）の最大の特徴は、GNSSを利用した自律飛行が可能で、計測区域を指定すれば自動的に計測コースが設定できる簡易的なソフトにより正確な計測を実施できることである。

一方で、小型化されたとはいえ総重量10kgを超える機材、本測距装置の特徴である視野角330度の超広角計測範囲をプロペラアームやランディングスキッドが邪魔しないような機体の構造、飛行の安全・安定性を考慮したバランス設計を含めた開発が必要であった。

全体的な軽量化を進めるにあたり、特にGNSS/IMU装置の選定を行った。機体の位置姿勢情報は、GNSSによる位置情報とIMUによる機体の姿勢情報により解析される。開発時点において、既にGNSS/IMUは非常に小型化されていた。有人航空機に搭載されているものと同程度の取得頻度（周波数）であったが、IMUの3軸角速度の計測精度は劣る。今後の更なる高精度化を迫及した場合、GNSSボードとIMUの分離交換が可能なAP20（トリンプル社）を採用した（表一5）。

表一5 IMUの性能

項目	APX15 UAV	Trimble AP20
速度	0.015m/s	0.01m/s
ロール・ピッチ角	0.025度	0.015度
トゥルーヘディング角	0.080度	0.035度



写真一1 本開発システム

表一4 植生下の標高精度検証結果

区分	検証点数	最大	最小	平均	RMS	標準偏差
①下層植生なし	22	0.056 m	-0.034 m	0.022 m	0.033 m	0.024 m
②下層植生あり	37	0.100 m	0.031 m	0.070 m	0.072 m	0.016 m

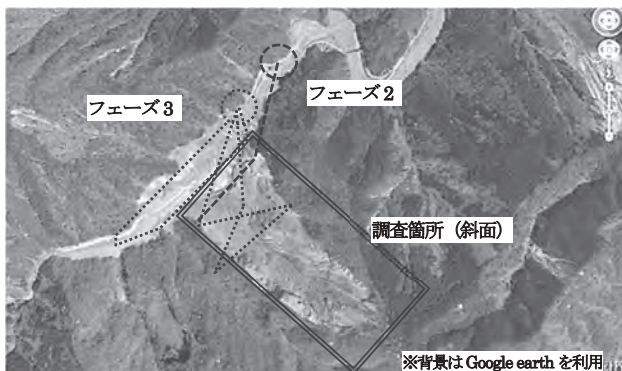
開発したドローンタイプの UAV システムは、名称を「TOKI」（以下「本開発システム」という）と命名した（写真—1）。

### 3. 現地検証

#### (1) 検証サイト

本開発システムの災害対応ロボットとしての評価を確認するため、国土交通省総合政策局の取り組みである「次世代社会インフラ用ロボット現場検証」（2015年12月）に参加した<sup>3)</sup>。

検証フィールドは、平成23年9月の台風12号の影響により大規模崩壊が発生し、天然ダムを形成した奈良県五條市大塔町赤谷地区である。検証は、実際の災害を想定し、崩壊発生斜面からの距離に応じて、フェーズ1（被災地に近づけない）からフェーズ4（被災地近傍で対策検討）の4段階に分かれており、フェーズ2およびフェーズ3に参加した（図—11）。フェーズ2は、被災想定対象地から約1.5 km（目視で確認できない状況）、フェーズ3では約1 kmと離れている箇所であり、自律航行による計測を実施した。フェーズ2は、計測当時は目視外の飛行に対する規制は無かったが、2015年12月の航空法改正により、現在は国土交通大臣による承認が必要となり、所定の手続き（飛行申請）が必要となっている<sup>4)</sup>。



図—11 各フェーズと調査箇所の位置関係

#### (2) 検証データの取得と処理速度

##### (a) 取得データ

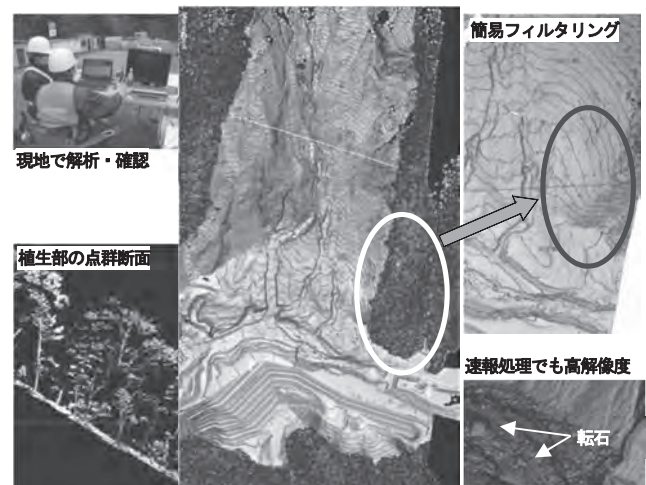
フェーズ2では、斜面から少し離れて全体を確認することを目的として、レーザの照射設定を100,000回/秒とし、斜面下部から斜面に平行する1コースで計測した。概略の点密度は100点/m<sup>2</sup>である。フェーズ3では、詳細なデータ取得のためレーザの照射設定を500,000回/秒とし斜面に平行した標高毎に8コースの計測を実施した。

##### (b) 速報データの処理速度と精度

フェーズ2では、災害緊急対応を想定し現地立入りが出来ない状況かつリアルタイムでの計測結果の提示を条件とし、現地検証点を使用せず速報解析処理を行った。計測後、30分で点群データを提供した。

速報解析では、機体のGNSS/IMU情報とレーザ計測データのみで解析を行った。GNSS/IMU解析は、速報処理のため単独測位による解析を実施した。速報解析の「絶対的」な位置精度はm単位となるが、「相対的」な位置精度は高く地形形状の把握には十分である。

点群解析処理ではノートパソコンでも稼働するビューワソフトにより、簡易等高線図や点群断面図を現場で作成したほか、点群の最下点を表示する簡易的なフィルタリング機能により植生下の状況も把握した。視野角330度の超広角計測により、斜面中腹部までのデータ取得ができています（図—12）。



図—12 取得30分後のデータ状況

##### (c) 高精度解析データの処理速度と精度

フェーズ3ではフェーズ2同様に災害緊急対応を想定しているが、データ解析は高精度処理を行い、計測後約8時間で高精度な点群データを提供した。

高精度処理では、GNSS/IMU解析を固定局（電子基準点等）とのキネマティック解析を行うことにより、機体位置の絶対位置精度が確保され、現地に整合した点群データとなる。裸地の地表面精度は約2 cmであり、非常に高精度であることが確認できた。

点群解析処理では、専用ソフトにより精密かつ高精度な処理を行い、任意地点での縦横断解析、各種地形解析による主題図作成、地表面の状況把握等の緊急対策工事に資するデータ提供が可能となる。

### (3) 検証から考えられる適用範囲と人員構成

今回の検証から、計測面積は地形・計測条件に左右されるが平均 0.5～1.0 km<sup>2</sup>/日と想定しており、2日間で 2.0 km<sup>2</sup> までの範囲での利用が有効であると考えられる。配置人員は、通常 1 現場当り、運航担当者が 2 名（操縦者・モニター監視者）、見張員：最低 2 名（地域状況により変動）、速報処理が必要な場合は解析処理担当者が 1 名必要となり、さらに即日中の高精度解析処理を行う場合は、基準点測量等に 2 名が必要となる。

計測条件としては、航空法の改正により十分な現地把握が必要であり、DID 地区や道路等の規制に注意が必要である。

## 4. 現状の課題と改善の方向性

現状の課題は飛行時間にある。現状のシステムは、約 10 分間（直線距離で約 2 km）のフライトが可能であるが、産業用ラジコンヘリコプター（R-MAX）の飛行時間（約 20 分）に比べると圧倒的に短い。この改善には、搭載機材の更なる軽量化・省電力化と、バッテリー持続性の向上は必須である。機体性能の向上では、モータの強靱化やアンプ装置の改良等を進めながら、実際の計測作業で生じた些細な改良点も計測作業を進めながら着実に進める必要がある。

画像情報の取得も、今後の改良点の 1 つである。有人機の航空レーザ測量を多数手掛けてきた経験値から、写真画像があることにより作業の効率化とフィルタリング精度が向上することは明白である。しかし現状のシステムでは、高精細なデジタルカメラの搭載は機体バランス・ペイロード等の課題、レーザとの画角の違い等があり、更なる改良を進める必要がある。

## 5. おわりに

本報告の通り、UAV 搭載のレーザ計測システムは精度面において十分な可能性を秘めている反面、運用面の課題はまだ多い。今後、「i-Construction」の推進役を担うであろう本技術の改良を迅速に進めていく予定である。また、ユニット化された機材は UAV に限らず、様々なプラットフォームで移動計測が可能となる（図—13）。現場状況に応じた的確な計測手法の選定が、効率的な施工の一助になるものとする。



図—13 可搬式による計測事例

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 情報化施工推進戦略 ウェブページ  
[http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei\\_constplan\\_fr\\_000015.html](http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/constplan/sosei_constplan_fr_000015.html)
- 2) 一公共測量—作業規程の準則（公益社団法人 日本測量協会）2016年6月
- 3) 災害調査技術の現場検証・評価の結果（次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会 災害調査部会）2016年3月
- 4) 無人航空機（ドローン・ラジコン機等）の飛行ルール ウェブページ  
[http://www.mlit.go.jp/koku/koku\\_tk10\\_000003.html](http://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html)

### 【筆者紹介】

河村 倫明（かわむら ともひろ）  
中日本航空(株)  
調査測量事業本部  
空間計測第2グループ  
サブリーダー





# 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

古屋 弘・森 直樹・小林 和彦

建設分野でのロボット化は、危険作業の代替や調査点検などを目的として開発され、近年無人化施工機械は一般的になり、その他多くのロボットが開発されている。筆者らはこれらのロボットのの一つとして、2011年に3D画像と体感型操縦を用いた「次世代無人化施工システム」を開発したが、今回、既存のバックホウに簡易着脱可能な汎用遠隔操縦装置を開発し、さらに土砂災害現場での初動調査に活用可能な地盤探査ロボットを開発中である。本報文では、これらのロボットの開発概要と成果の一部を紹介する。

キーワード：建設ロボット、遠隔操縦、無人化施工、災害調査、地盤調査

### 1. はじめに

国土交通省の建設ロボット技術の定義では、「建設施工・調査の現場で用いられる機械・機器に、何らかの新しいメカニズムや制御・情報処理の機能を付加することにより、作業の支援や、自動化・遠隔制御化を実現し、効率、精度、安全などの性能向上・課題解決を可能にする技術」とされていることから、近年のシールドマシンなどもシステムも含め建設ロボットであり、土木分野では多くのロボットが既に実用化されていると言える。近年では、災害現場において遠隔操縦型の無人化施工機械が投入され、復旧活動に当たることも一般的になりつつある（写真—1）。この遠隔操縦型の重機は建設ロボットの代表的なものとされている。さらに、社会インフラの老朽化に対する調査点検の重要性も再認識され、新しい調査点検手法が幾つか提案されているが、その技術の一つとしてロボット化があり、遠隔操縦による調査ロボットや、自律式のマルチコプター（DRONE）の活用などを筆頭に、技術の進歩はめざましいものがある。



写真—1 災害復旧で活躍する無人化施工機械（玉石重機㈱提供）

このように、近年の建設分野でのロボット開発の目的は、災害復旧に代表される危険作業の代替と、高齢化や減少が進む技能工の代替が主目的となりつつあるが<sup>1)</sup>、建設ロボットは工場などで用いられる産業用ロボットと異なり、屋外での利用が前提となる。このため以下のようなロボット開発における課題がある。

- 1) 利用環境は毎回異なり、現地での自然環境を受け入れ、劣悪な条件下での作業
- 2) 使用頻度も一般的には低いことから、開発および導入費用が高額
- 3) 現在の建設ロボットは遠隔操縦が基本であり、遠隔操縦における情報伝達の遅延による施工効率の低下
- 4) モニタなどを利用した遠隔操縦の訓練の必要性
- 5) 屋外の無線LANにおける伝送容量・速度の制約による機能の制約が発生する可能性

筆者らはこれらの課題3)、4)に対して、2011年に3D画像と体感型操縦を用いた「次世代無人化施工システム」を開発し、遠隔操縦室のオペレータにリアルな情報を提供することにより操縦の支援を行い、施工効率の低下を大幅に低減することに成功した<sup>2)</sup>（写真—2）。

無人化施工の専用機も販売される一方、課題2)に対する解決策として、既存機械を遠隔操縦する搭載型ロボットの開発も活発になってきている<sup>3)~5)</sup>。筆者らもこの課題に対して、バックホウを対象としたシンプルな機構の着脱可能な遠隔操縦装置を新たに大裕㈱と共同開発した。さらに、上記の課題解決の取り組みとは別に、土砂災害現場での初動調査に活用可能な地盤探査ロボットを2014年からNEDOの助成を受け開



写真一 2 3D画像と体感型操縦を用いた「次世代無人化施工システム」



発中である。以下これらのロボットの概要を紹介する。

## 2. 汎用遠隔操縦装置の開発

無人化施工建機は、遠隔操縦を行う特殊性による「価格の高さ」が課題であり、災害現場に限らずニーズは高まりつつある。これは、2014年から国土交通省より「次世代社会インフラ用ロボット技術 現場実証」の応急復旧部門においてニーズが示されたことも大きな要因となり、各機関は現場適用を加速させている。しかし、その価格が原因で導入台数が少ないことから、調達が容易でないことが課題となっている。無人化施工機械が高額になる原因としては、例えば既存のラジコンバックホウは、油圧系統に別途ソレノイドバルブ等を設け、それを遠隔操作することで重機を操縦することを基本としていることから、油圧ユニットに大がかりな改造を要するためである。

一般的に重機などの有形固定資産は減価償却費を小さくし、さらにこの償却費用の回収をできるだけ一定にすることが望まれる。前者は導入費用を抑えるか償却期間を長くすることであるが、総合工事業用設備の償却期間は一般的には6年であることから、導入費用を抑えることが重要である。後者に関しては、製造業のように減価償却費が製造原価の一部を構成され、製品製造が比較的安定しているような場合と異なり、建設業は請負業であることから、減価償却費の回収を予測することは難しく、できるだけ稼働率を上げることでしか対応できないのが現状である。施工業者がレンタル機械に頼るのもここに原因がある。

このような背景から、一般の重機を容易にしかも安価に遠隔操作化できる装置があれば、上記の問題を解消でき、無人化施工機械を利用できる機会の増加に対応が可能となるものと考え、汎用遠隔操縦装置「サロゲート」を開発した(写真一3, 4)。このサロゲートは、汎用の建設機械運転席に「後付け」で装着するこ



写真一 3 汎用遠隔操縦装置「サロゲート」概観



写真一 4 遠隔操縦状況

とにより遠隔操縦を可能にし、以下のような特徴を有する装置である。

- 1) 遠隔操縦専用機に対して大幅にコストを縮減
- 2) シンプルな機構であることから複数のメーカーや機種に対応可能
- 3) 脱着が容易で取り付け時間は2時間程度
- 4) 装置を装着状態でも搭乗操作が可能である

システムは、左右手元アクチュエータ(電動シリンダー)、左右足元アクチュエータ(サーボモータ)、リモコン、制御盤、回転灯から構成され、429MHz帯の特定小電力無線を用いて遠隔操縦を行う仕様である(写真一5)。遠隔操縦オペレータに操縦性に違和感を持たせないように、操作レバー入力に対する応答性(操



操作用レバー側アクチュエーター

走行用レバー側アクチュエーター



サーボモーター+円弧状ギヤで操作

片側重量：11kg+プラケット部2kg

写真—5 各部制御機構（アーム・バケット操作，走行操作）



写真—6 装置装着状態での有人操作

作性)を、オペレータの操作感覚に合わせてタッチパネルから微調整（動作特性変更）を可能としている。なお、記載した特徴のうち2), 3)に関しては開発途上の部分があるが、4)に示す機能は本装置の大きな特徴である。災害現場で利用される場合には、当初から無人化を実施することが想定されるが、一般作業においても危険な作業時に無人化を行うなど、有人操作と無人操作が混在する作業も予想される。本装置では即座に搭乗操作と遠隔操縦を切り替えることも可能で、有人操作による効率的な作業と、危険作業時の安全確保のための無人化施工を両立することを可能とした(写真—6)。

本装置は、現状では重機のエンジンスタートや緊急停止に伴う伝送系へのシステム介入が必要なことから、取り付けにやや時間と工夫を要しているが、さらなる簡素化を進め対応機種を増やすための開発を継続中である。

### 3. 災害対応型ロボットの開発

近年、我が国は不幸なことに、数多くの自然災害にさらされ、多くの被害を受けている。これらの災害復旧や社会インフラの再構築に、無人化施工技術は少な

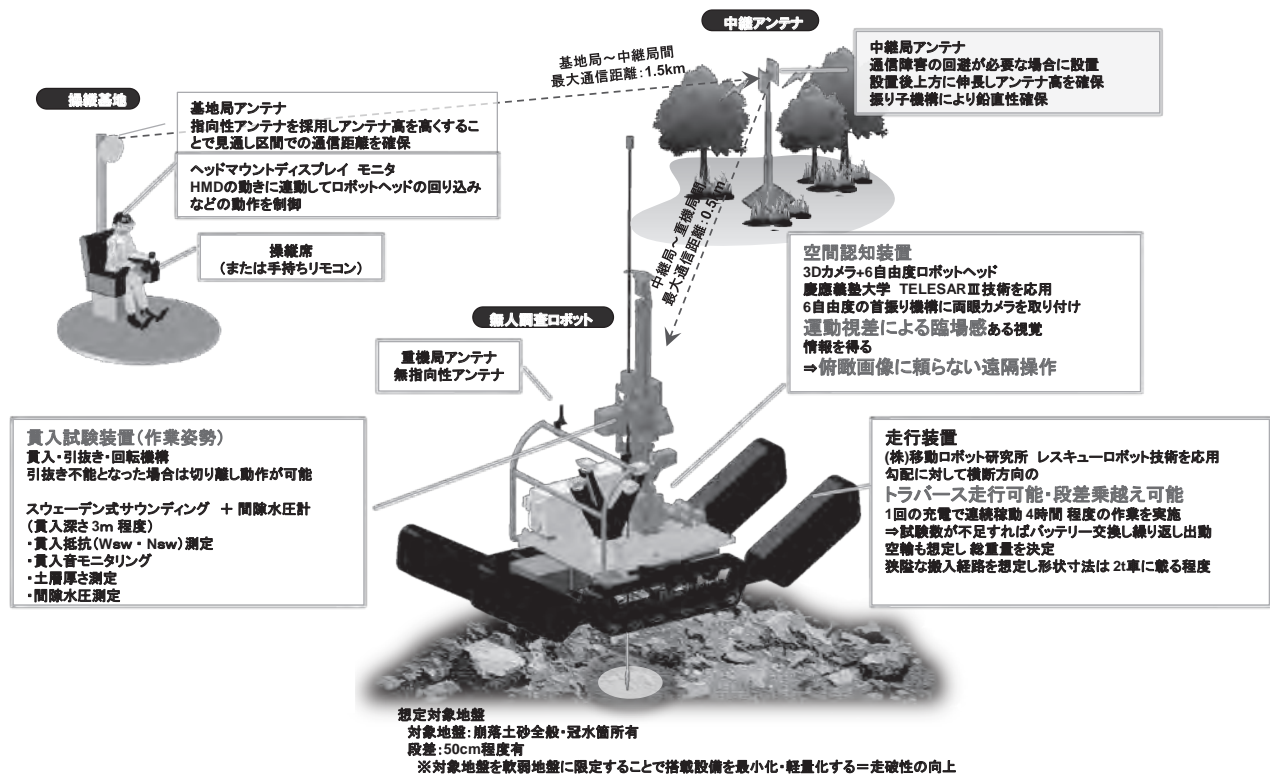
からず寄与している(表—1)。災害は噴火、地震、豪雨など多岐にわたるが、結果的に土砂災害が起こることが多く、筆者らはこの土砂災害対応ロボットへの開発を実施することとし、2014年度のNEDOの開発助成を受け、土砂災害を想定した「マルチクロウ型遠隔操縦無人調査ロボット」の開発に着手した(図—1, 写真—7)。このロボットは、災害地の初動調査に活用することを想定したもので、以下の条件を克服し作業を行うことを目標とした。

- 1) 安全な場所からの探査：操縦地点と災害調査地点の間の2kmの往復を可能とする
- 2) 泥濘地（軟弱な地盤）での走破性能の確保（コーン指数200kN/m<sup>2</sup>での走破性の確保）
- 3) 登坂能力：傾斜30度、段差50cmを走破

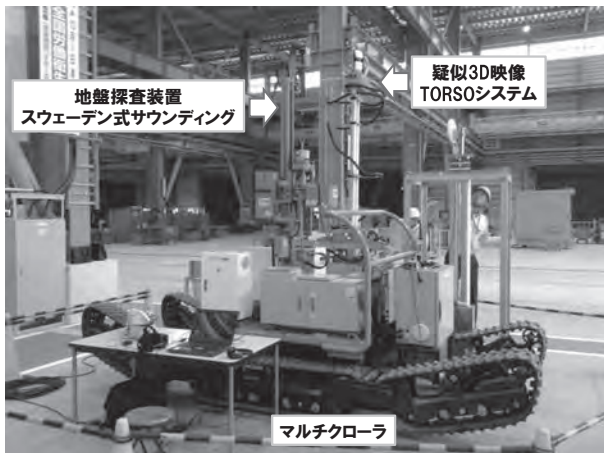
表—1 近年の大規模災害（1993年～2016年）

年	大規模災害
1993	北海道南西沖地震（7月） 平成5年8月豪雨（鹿児島県）（8月）
1994	北海道東方沖地震（10月） 三陸はるか沖地震（12月）
1995	兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）（1月）
1997	鹿児島県出水市針原川土石流災害
1998	高知豪雨（9月）
1999	6.29豪雨災害（福岡・中国地方）（6月）
2000	有珠山噴火（3月～）三宅山噴火：全島避難（7月～） 東海豪雨（9月）鳥取県西部地震（10月）
2003	宮城県北部地震（7月）十勝沖地震（9月）
2004	新潟・福島豪雨／福井豪雨（7月） 新潟県中越地震（10月）
2006	平成18年豪雪（日本海側） 平成18年7月豪雨（九州・中部）（7月）
2007	能登半島地震（3月）新潟県中越沖地震（7月） 福岡県西方沖地震（9月）
2008	岩手・宮城内陸地震（6月） 平成20年8月末豪雨（紀伊半島から関東）（8月）
2009	平成21年7月中国・九州北部豪雨（7月）
2010	西日本豪雨災害
2011	東北地方太平洋沖地震（東日本大震災）（3月） 紀伊半島豪雨災害（9月）
2012	平成24年梅雨前線豪雨（九州から近畿）（7月） 三陸沖地震（12月） 平成24年豪雪（11月～平成25年3月）
2013	平成25年台風26号（大島土石流）（10月）
2014	伊豆大島近海地震（5月） 平成26年8月豪雨による広島市の土砂災害（8月） 御嶽山噴火（9月）
2015	箱根山で火山活動が活発化（5月） 鬼怒川の氾濫（9月）
2016	平成28年（2016年）熊本地震（4月）





図一 1 マルチクローラ型遠隔操縦無人調査ロボットの概要



写真一 7 マルチクローラ型遠隔操縦無人調査ロボットの主要機構

- 4) 災害発生直後の弱い通信インフラにも対応：災害発生地で有人での俯瞰カメラ等の設置を行わなくても良いように、俯瞰画像は用いずロボットに搭載した6軸両眼カメラヘッドロボット (TORSO)<sup>6), 7)</sup> の画像のみで操縦する
- 5) 遠隔地からの地盤探査: 表層3mまでのスウェーデン式サウンディングと間隙水圧測定による地盤探査性能

このロボットの機能要件を設定の根拠は次の通りである。㈱大林組がこれまで対応にあたった土砂災害現場の状況を分析し、深層崩壊した土砂は崩壊地からおおよそ2 km 下流まで流出していることから、遠隔操

縦できる距離を2 km と設定した。この災害発生地点では、沢筋に沿って流された土砂は上流に行くほど礫が大きくなり、粒径50 cm ~ 80 cm の礫が存在する。ある程度の回避を前提とし、高さ50 cm 程度の段差や障害物の乗越えが可能であれば目標地点への到達が可能であると判断した。また、現地では水流と共に土砂の細粒分が流出し、堆積する場所では人が歩けないくらい軟弱な状態となっていることが多い。人が歩けない状態、建機が走行できない状態の目安がコーン指数  $200 \text{ kN/m}^2$  未満とされるため、この状況下の軟弱地盤でも走行が可能であることも目標とした。さらに、堆積土砂の一般的な安息角が  $30^\circ$  程度であることから、地盤がスリップしない条件下で  $30^\circ$  の登坂能力の確保を目標とした。運用面の目標としては、狭隘な林道等でも搬入が可能となるよう2 t 車に積載可能な外形寸法及び重量とし、現地到着後2時間程度の短時間で立上げが可能であることとした。

### (1) 走行装置の開発

本開発では、レスキューロボット技術として実績のある「マルチクローラ型走行装置」(㈱移動ロボット研究所製)の技術を応用して開発することとした。これはメインクローラに前後サブクローラを追備したもので、今回の仕様に合わせスケールアップし、試作機を製作し要素試験を実施し改良を行った(写真一8)。



写真一八 開発したロボットの走行装置

駆動はモータとし、クローラは、全装備重量2t以下を目標としたことから、重量の比較的軽い芯金入りゴム製クローラとした。

## (2) 貫入試験装置の開発

土砂崩落災害において、重機を使用する復旧作業を開始するためには、崩落土砂の地盤性状を迅速かつ正確に収集し、人間及び機械を現場に投入可能かどうかの安全性を定量的に検討することが重要である。本開発では、陸路からアクセスし崩落地盤そのものの性状を得ることを目的として、災害地の地盤性状を把握するためのサウンディング方法を選定した。2t以下の調査ロボットを目標としたことから、あまり貫入力を要せずに所定のデータの得られるスウェーデン式サウンディングによる試験方法を採用することとした。

一般的なスウェーデン式サウンディングにおいては、オペレータが貫入ロッドから発する音によって土質を判定しているが、今回はロッド周辺音を採取し操作場所で判定できるようにすることとした。さらに、一般のスウェーデン式サウンディング試験機では間隙水圧の測定は不可であるが、ロッドの先端部に間隙水圧計を埋込むことで、間接的ではあるが地下水位の計測も可能とした。

試験可能深度は、できる限り深い方が望ましいが、今回はロッドは継ぎ足すことは行わず予め貫入深さ分のロッドを装着した状態で走行することとし、運搬時に立木等との接触リスク等を勘案して、ロッド長（貫入深度）を3mとした。なお、今回はロッドとそれを保持する貫入機構を伴うリーダー自体を可倒式とする方法を採用することとした。このリーダー起倒機構によって、試験地でベース部の鉛直が確保できない場合にも起倒装置によって角度調整することにより、常に鉛直方向にロッドを貫入することを可能とした（写真一九）。



写真一九 ロボットに搭載する貫入試験装置

## (3) 画像取得装置の開発

従来の応急復旧段階での無人化施工では俯瞰画像が必須とされているが、俯瞰カメラの設置は有人作業によるため危険を伴うことが課題である。特に今回のロボットのように災害の初動調査を目標とした場合は、俯瞰カメラの設置は時間的に困難である。このため、今回はトレイグジスタンス技術を応用したTORSOシステム（3Dカメラ+6自由度ロボットヘッド（慶應義塾大学製）<sup>8)</sup>）を改良し、俯瞰画像を用いずヘッドマウントディスプレイ（以下HMDとする）上の映像のみで障害物の回避や乗り越えといった走行の遠隔操作が可能となるよう画像取得部分の開発を行った（写真一十）。なお、TORSOシステムによる3D画像のみでなく、状況に応じて2D全方位画像も併用することで、いわゆる3D酔いのリスク低減を図ることとした。

トレイグジスタンスとは、操縦者の身体運動と全く同期した運動を行うロボットの頭部に人間の左右眼と同等のステレオカメラを配置し、操縦者にHMDを装着してステレオカメラの映像を投影することによって、操縦者が自在に身体を動かした際に、ロボットがあたかも操縦者の「分身」のように動き周囲の映像を操縦者にフィードバック、操縦者が遠隔地からロボットに乗り移ったかのような感覚を得ることができるとの技術の総称である。本開発項目においては、このトレイグジスタンス技術を今回開発した調査ロボットの遠隔操縦に用いることで、操縦者が安全な地点にいながら無線を通じてまるで重機に搭乗しているかのような感覚で操縦することができる災害調査ロボットシステムの開発を目指した。

## (4) 無線通信システムの開発

無線通信は距離や障害物等を想定して、基地局、中継局、移動局の3つから構成することとした。





写真—10 屋外用 TORSO の外観と HMD を装着した遠隔操縦の状況

基地局は定置式とし、通信距離を最大限確保するため、全通信距離 2 km のうち 1.5 km 通信することを目標とした。中継局は、運搬する装置上に搭載することでそれ自身が移動可能とし、基地局および移動局との通信を常時確保するために追従機能を持たせることとした。中継局から移動局の通信距離は残りの 500 m となり、移動局は散在する岩塊や樹木等乗り越える為に絶えずアンテナ方向が変わることから、安定的に無線通信ができるよう全方位無指向性のアンテナを採用した。使用した周波数帯域は、電波干渉リスクに関してはアンテナの指向性で対処することとし、通信距離・回り込みのどちらも期待できる 2.4 GHz 帯（出力 10 mW）を選定した。

基地局は高利得パッチアンテナを搭載するが、見通しでの通信距離を最大限確保するため、伸縮ポールで高利得パッチアンテナを水圧シリンダで 10 m まで上昇させる仕様とした。

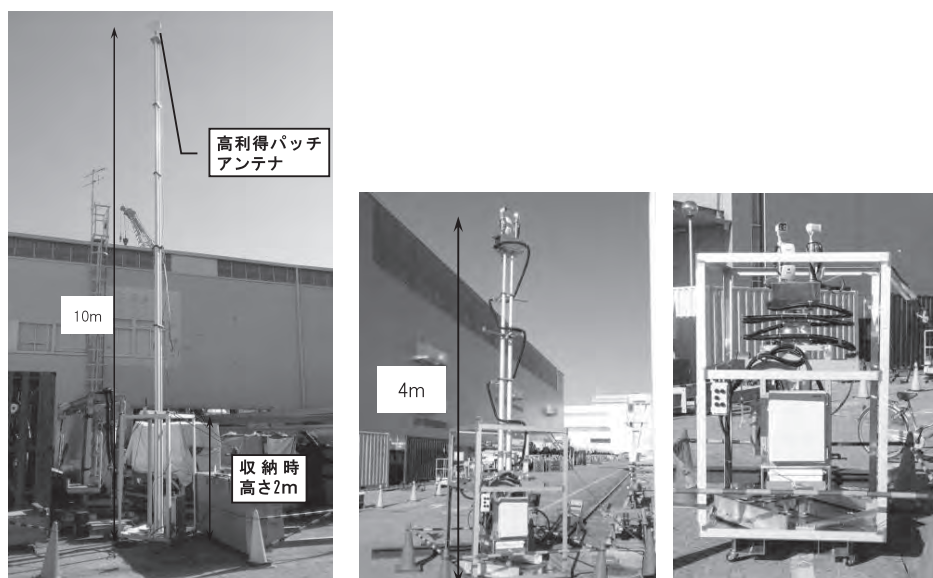
中継局は、運搬する装置上に搭載することで、それ

自身が移動可能とすることを想定している。中継局も基地局同様にアンテナ高が高い方が通信距離を確保する上では有利となるが、設置場所がより災害地に近くなることを想定し、地盤の傾斜や不陸、強風下の転倒のリスクを考慮し、電波を伝送するためのフレネルゾーンが確保できる最低限の高さの 4 m とした。伸縮方式は、基地局と同様、水圧シリンダ方式を採用している（写真—11）。

#### (5) 開発ロボットの評価

以上、紹介したロボットは現在も開発を継続中であり、克服すべき課題も残っているが、2015年11月に雲仙においてフィールド試験を実施した。

軟弱地盤上の走破性能、段差乗り越え性能とも、当初の設定条件以上の性能を有することを確認したが、勾配走行に関しては、目標はスリップしない条件で 30° の登坂走行を掲げていたが、本試験では 25° 勾配までの登坂となった。登坂においては雨天後での実験



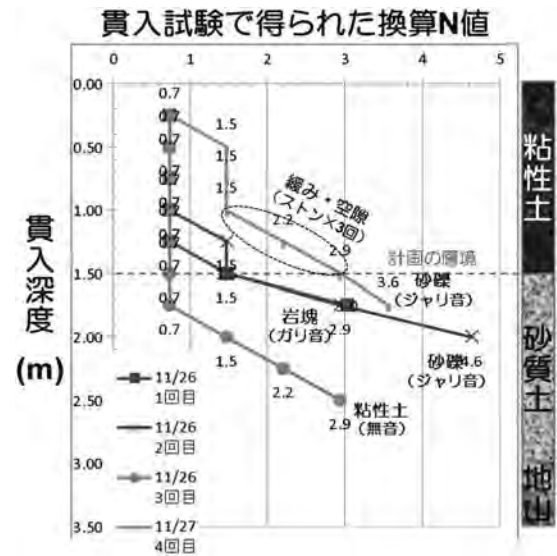
写真—11 自動昇降アンテナを有した基地局（左）と中継局（右）



であったことも影響したが、対象土質によりサブクローラをさらに有効に使うことで登坂可能であると考えられ、走行装置と操縦に関する課題が残ることとなった（写真—12, 13）。

地盤探査の性能に関しては、試験場に3mの深さまで地盤を緩めた上、表層1.5mは粘性土、その下部1.5mを砂質土に置換し互層地盤を作成した。今回のロボットは遠隔操縦によるスウェーデン式サウンディング装置を搭載しており、貫入試験で得られた結果から換算N値を求めることができる。試験はこの造成地盤で4回実施し、試験結果とあらかじめ解っている地層と比較を行った（図—2）。試験結果は、いずれも地層の境界を明確に捉えるとともに同様の特性を示し、再現性が高いことがうかがえた。また本装置には試験装置のロッド近傍にマイクを設置しており、基地局操作室にてスピーカーから発する音を確認したところ、互層の境で音が変わる様子も確認できた。

また、今回の試験では、俯瞰画像に頼らずTORSOシステムを用いた3Dカメラと2D全方位カメラを併用して走行操作および試験が可能であることを検証した。試験時と障害物の無い平地走行では、2D全方位カメラでも十分な空間認知性能を有していることが確認できたが、走行に慎重を期する必要がある障害物の



図—2 遠隔操縦によるスウェーデン式サウンディング試験結果と地盤の比較結果

回避動作や段差乗越え動作には、3Dによる運動視差や両眼視差による遠近感の把握が有効であることを確認した。なお、今回の試験に参加したオペレータは、特別な訓練を行ったのではなく、目視に近い3D画像により、搭乗操作と同様の空間認知性・操作性を両立することで、特殊技能を持たないオペレータでも遠隔作業が行えることが今回の実験で検証できた。

#### 4. おわりに

本報告では、建設分野における2つのロボット化の挑戦に関して概要をまとめた。

汎用遠隔操縦装置に関しては、無人化施工機械をより身近に使える環境を作り、常時の作業におけるオペレータに対する安全性の確保を目指すとともに、災害時により多くの無人化施工機械を提供できるよう、さらなる開発による適用機械の拡大とコストダウンを目指すこととしている。



写真—12 段差乗り越え試験



写真—13 勾配走行（登坂）試験（写真右はスリップ痕）

遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボットの開発では、今まで災害発生直後の初動段階において、有人での調査に頼らざるを得なかった作業が、幾つかの課題は残るものの、遠隔操作にて崩落地盤を走破し原位置でスウェーデン式サウンディング試験を実施することで、現地の状況とともに地盤性状の物性調査をリアルタイムに取得することを可能とした。これにより、応急対策・復旧計画立案に必要なデータを迅速かつ正確に取得することができ、有人調査による二次災害リスクの低減、応急復旧工の早期着手・精度向上に寄与するものと考えられる。

一方、遠隔操縦においては無線通信が必須であり、より安定的な無線通信を確保するために、無線周波数帯の再選定や、無線通信の2重化などの検討も必要であることも開発中の課題として浮かび上がった。このような課題を解決しつつ、より現場で有用な技術となり得るよう引き続き改良を重ねていきたい。

## 謝 辞

今回開発したロボットのうち災害対応型ロボットは、2014年度から2年間、NEDOから委託を受けた「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・非破壊検査装置開発」のうち「遠隔搭乗操作によるマルチクローラ型無人調査ロボット」の研究開発成果である。

J C M A

## 《参考文献》

- 1) 古屋 弘：(総説) 建設事業における情報化施工 (ICT) の活用，基礎工，Vol.40，No.5，pp.2-7，2012.5.
- 2) 古屋 弘，栗生暢雄，清水千春：次世代無人化施工技術の開発—3D

映像及び体感装置を用いた遠隔操作—，第13回建設ロボットシンポジウム論文集，pp.109～116，2012.9.

- 3) 藤本 昭，松岡雅博，茶山和博，藤岡 晃，遠隔操縦ロボット (ロボQ) の開発，土木学会第58回年次学術講演会，pp.61-62，2003.9.
- 4) [https://www.jacic.or.jp/movie/jseminar/pdf/movie20151008\\_toyoda.pdf](https://www.jacic.or.jp/movie/jseminar/pdf/movie20151008_toyoda.pdf)
- 5) <https://www.asratec.co.jp/robot/dokarobo/>
- 6) Kouichi Watanabe, Ichiro Kawabuchi, Naoki Kawakami, Taro Maeda, and Susumu Tachi : TORSO: Development of a telexistence visual system using a 6-d.o.f. robothead, Advanced Robotics, Vol.22, No.10, pp.1053-1073, 2008
- 7) Charith Lasantha Fernando, Masahiro Furukawa, Tadatosh Kurogi, Sho Kamuro, Katsunari Sato, Kouta Minamizawa, Susumu Tachi : Design of TELESAR V for transferring bodily consciousness in telexistence, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS), pp.5112-5118, 2012.10.
- 8) Charith Lasantha Fernando, Mhd Yamen Saraiji, Yoshio Seishu, Nobuo Kuriu, Kouta Minamizawa, and Susumu Tachi : Effectiveness of spatial coherent remote drive experience with a telexistence backhoe for construction sites, In Proceedings of the 25th International Conference on Artificial Reality and Telexistence (ICAT - EGVE '15), Eurographics Association, Kyoto, Japan, pp. 69-75, 2015.10.

## 【筆者紹介】

古屋 弘 (ふるや ひろし)  
 (株)大林組技術研究所 生産技術研究部  
 上級主席技師



森 直樹 (もり なおき)  
 (株)大林組 機械部  
 課長



小林 和彦 (こばやし かずひこ)  
 (株)大林組 東京機械工場  
 副部長



# 大分川ダム建設工事

奈須野 恭 伸

大分川ダム建設工事は、大分県大分市の南西に位置する中央コア型ロックフィルダムを構築する工事である。本工事では、発注者から受領した2Dモデルを3D化し、それをもとに①設計照査・施工計画シミュレーション、②施工、③品質管理（維持管理への移行）、④出来形・出来高管理、の4段階においてICTを駆使した合理化を図り成果を上げている。また、堤体盛立工事においては、フィルター材製造における画像粒度による粒度管理の採用、埋設計器の無線化など様々な諸施策を実施し、盛立工事は順調に進捗している。

キーワード：中央コア型ロックフィルダム、ICT、CIM、MG・MC、アラウンドウォッチャー、G-Safe、クワッドアクセル無線化、平面オルソー画像

## 1. はじめに

大分川ダムは、大分川水系七瀬川に建設中の堤体積約3,800,000 m<sup>3</sup>、堤高91.6 m、総貯水容量2,400万tの中央コア型ロックフィルダムである。ダムサイトは左右岸斜面とも地形が急峻であり、左岸上流側ロック敷範囲では迫り出した尾根地形となっている。地質は、中生代白亜紀の山中花崗閃緑岩と荷尾杵花崗岩を基礎とし、それを被覆する第四紀の未固結の堆積物及び火砕流堆積物で構成されている。堤体盛立材料としては、コア材が基礎掘削で発生したCL級岩盤に相当する岩ズリを-150 mmに破碎した粗粒材と、材料山から採取した細粒材（閃緑岩C1、C2材、花崗岩C1材）とを積層で盛り、ストックパイルで一定期間置いたものをスライスカットして利用している。フィルター材は原石山ロック材を-150 mmに破碎したものと、材料山の細粒材とをベルトスケールにて重量管理し、DK-Sミキサーで混合するプラント製造形式を採用している。コアについては1層30 cm、フィルターは1層60 cmで盛立てを行っている。ロック材は-1,000 mmになるように発破をかけ、1層120 cmで盛り立てている。盛立量も8月末で全体の50%を超え、15,000 m<sup>3</sup>/日を超える盛立てを行っており順調に工事を進めているところである。

通常フィルダムでは、基礎掘削から河床部の監査廊、基礎処理（ブランケットグラウチング）、盛立、埋設計器の一連のクリティカル工程をいかに合理的に

効率良く行うかということが、生産性向上のための重要な課題の一つであり、当工事でも品質・出来形・出来高管理を迅速に行うため、情報化施工技術を多数取り入れ、様々な工夫と対策を施しながら工事を行っている。

### (1) 工事概要

工事名：大分川ダム建設（一・二期）工事

発注者：国土交通省九州地方整備局

施工者：鹿島・竹中土木・三井住友特定建設工事  
共同企業体

JV比率（鹿島50：竹中30：三井住友  
20）

工事場所：大分県大分市大字下原地先

工期：2013（H.25）9.3～2019（H.31）3.31



写真-1 完成予想鳥瞰図



(2) ダム諸元

形 式：中央コア型ロックフィルダム  
 堤 高：91.6 m  
 堤 頂 長：496.2 m  
 堤 体 積：3,800,000 m<sup>3</sup>  
 堤 頂 標 高：EL201.6 m  
 総貯水容量：24,000,000 m<sup>3</sup>  
 有効貯水容量：22,400,000 m<sup>3</sup>  
 洪水調節容量：14,300,000 m<sup>3</sup>

2. ICT 施工方針

大分川ダム建設工事では、仮想クラウドを設け、設計時の情報（構造物、材料、地質等のデータ）に対して、ICT 等を利用した施工で得られる情報を追加・更新していき、工事事務所・コンサルタント・施工者で共有している。そのデータを施工管理および品質管理に迅速にフィードバックさせるとともに、試験湛水、維持管理までデータを引き継ぐことで、「設計－施工－維持管理」を一体化した CIM (Construction-Information-Modeling, Management) を有意義に活用する計画である。

取り組みの目的としては以下の通りである。

(1) 生産性の大幅な向上

(2) 管理（特に品質）の合理化

- ①施工により得られる各種情報の、構造物 Model での一元的管理（仮想クラウドでの共有）
- ②上記を用いた、施工協議、設計へのフィードバックの迅速化
- ③建設生産物の品質トレーサビリティと維持管理段階への活用（湛水第三期への早期移行）

3. 取り組み内容

発注者より受領した2次元設計図面を3D化し、ICT 施工に活用している。そして、その DATA を現場の各状況に合わせ図-1に示す取組みを実施している。以降に主な実施例を上げる。

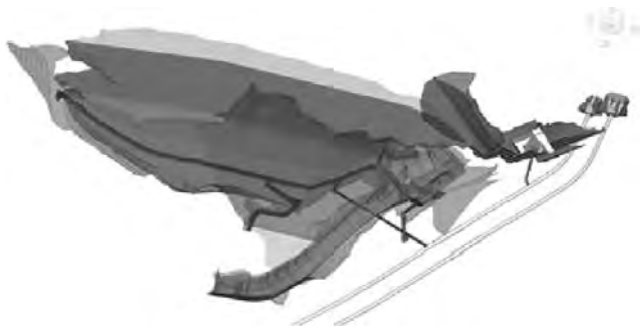
4. 実施項目例

(1) 設計照査・施工計画シミュレーション

- (a) 施工方法の妥当性のチェック・発注図面の整合性のチェック・バーチャル現場での施工計画
- 3D モデルを構築し堤内にある構造物等を透視化することで、配置される構造物の3次元的な相互干渉の確認や2次元の断面・平面図では表現困難な物の確認が容易となる（図-2, 3）。施工着手前に3次元的な位置関係を確認しておくことで、施工の待ち、手戻り



図-1 取り組みフロー



図一 2 ダム内部透視図

をなくす。また、施工段階での施工方法の妥当性の確認を実施している。

(b) 数量算出 (材料別土量調査)

2次元設計図面を、任意断面においてスライスを切ることによって、設計と現地との乖離を瞬時に把握でき、材料廃棄を含め将来の材料採取のシミュレーションを立てることができる。

(2) 施工

(a) GPSによるワンマン測量

RK-T補正データはVRS(仮想基準点)方式を採用しているため基地局不要である。また、軽量薄型タブレットの採用により、従来のものに比べ現場での取り扱いが格段に向上した。

(b) MG(マシンガイダンス)・MC(マシンコントロール)を使用した丁張レス施工

重機にGPSシステムと3D-CADシステムを搭載することにより、目的物の位置や形を運転席のモニターで確認できるシステム(図一4,5)。重機オペレーターは予め機械に入力された目的物データに基づきモニターに表示されるガイドに従うことによって、目標とする形状に掘削や整形を行うことができる。これにより均一な出来形を確保できるとともに、測量作業省略により機械稼働率が向上する。また、測量による位置出し確認のために人間が重機の作業エリアに近づく頻度が激減するため、安全性も向上する。大分川ダムではバックフォウ・ブルドーザーを合わせて20台近く



図一 4 地質3Dモデルイメージ図(原石山地質図)

材料(フィル堤体材料データに基づく管理)



図一 3 地質3Dモデルイメージ図(原石山地質図)



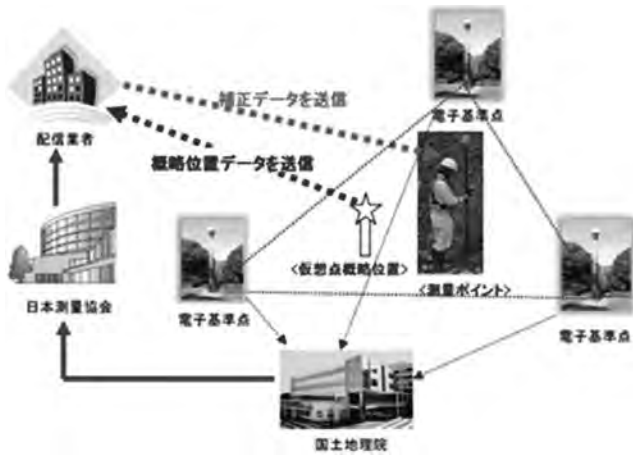


図-5 DATA送信イメージ図

の機械にセットされており現場の丁張りが9割削減された。

(c) 重機周囲安全警報システム (アラウンドウォッチャー)

本システムは、重機周りに一定の磁界を発生させ、ICタグを携帯した作業員が磁界内に侵入した際、直ちに重機オペレーターに侵入を知らせるものである(図-6, 7)。オペレーターは運転席に備えた警告灯、モニター、カメラ映像により重機周辺の状況を確認できるため、人と重機の分離、重機災害の防止に寄与する。作業レベルに合わせて、磁界の範囲を3段階に設定でき、侵入者の氏名をモニターに表示することができる。



図-6 電波発信イメージ図

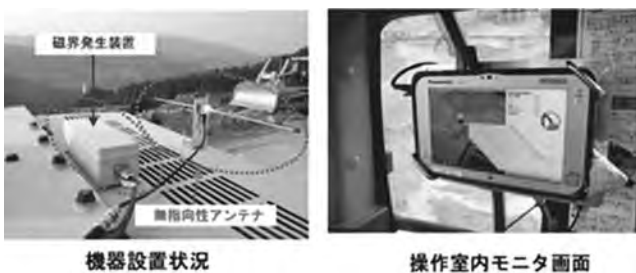


図-7 アンテナ設置状況・モニター画面

(d) ダンプ運行管理システム (G-Safe)

本システムにより、大型ダンプをはじめとする工事車両の安全な運行と作業効率の向上を図れるとともに、山間部等の狭隘な道路における大型工事車両同士の『すれ違い管理』が可能である(図-8)。また、クラウドにDATAを蓄積することで、フィルダムに必要な、「何を」「いつ」「どこから」「どこへ」「どのくらい」運んだのか、といった積載物の種別に応じた確実なトレーサビリティ管理を行っている。

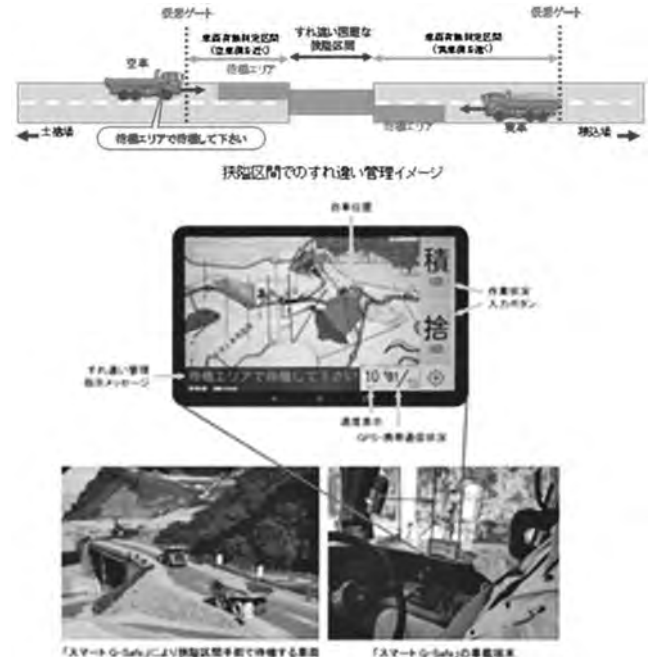


図-8 設置状況・モニター画面

(e) 重機の自動化 (クワッドアクセル)

①振動ローラー

当ダムでは、汎用の振動ローラーに計測機器や後付自動化装置を設置することで、自動運転可能な機械となる。施工範囲をPCで指示することによって自動で転圧作業が行われる。本システムでは1台のタブレットPCで複数の振動ローラーを同時運転させることができる。また、本システムはリアルタイムで機械の位置や姿勢、周囲の状況を計測し、障害物検知や走路の安全性などの認識、自動停止、自動再開機能など安全性確保の面でも多くの機能を有している。

②ブルドーザー自動撒き出しシステム

当ダムでは情報化施工用ブルドーザーに計測機器や自動化機器・装置を設置して自動運転可能な自律型自動ブルドーザーに改造している。堤体における撒き出し作業を対象として、実施工で取得したオペレーター操作データを基に、撒き出し経路、ブレード高さの違いによる材料の拡がり形状を予測するシミュレショ





写真一 2 無人自動ローラー稼働状況

ンデータを製作し、これらの情報を基に作業を行う実験を実施中である(写真一 2)。

(f) 埋設計器の無線化

フィルダムには、多数の土圧計、間隙水圧計、層別沈下計などの埋設計器が設置されている。従来は、これらの計器の設置箇所から地上のデータロガーまで、計測用ケーブルでデータを伝送するのが一般的である(図一 9)。本ダムでは3測線のうち1測線を地中無線通信技術によって無線化し、堤体内に埋設された計測器から地上(または監査廊内)までを無線でデータ伝送している。本システムで使用されている超低周波の電磁波では磁界成分が卓越しており、海中や地中において伝送損失が少ないという特徴がある。

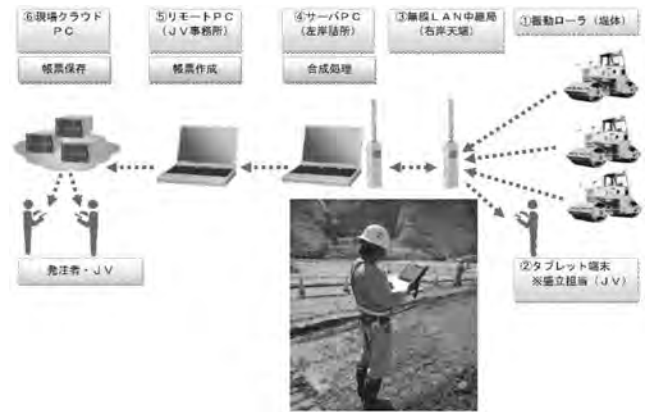


図一 9 従来設置状況→無線設置状況

(3) 品質管理

(a) 転圧管理システム

本システムは、振動ローラーにGNSS 受信機を搭載して走行位置の座標値を表示・記録することにより、盛土の転圧回数を管理するものである(図一 10)。盛土地盤を予め管理ブロック(メッシュ)に分割し、管理ブロックの転圧回数を表示・記録する。オペレーターは操作室内のモニターを確認しながら運転することで、リアルタイムに転圧状況を確認すること



図一 10 DATA 受信イメージ図



図一 11 転圧ローラー設備設置状況

ができる。また、本システムは、無線LAN を用いて複数台の振動ローラーの転圧データ(転圧エリア及び回数)を共有化し、1台単独の転圧回数のみならず複数転圧データを合成することが可能である(図一 11)。

(b) 盛立材料の粒度管理の合理化(フィルター材製造におけるDK-S ミキサーの利用)

大分川ダムでは、フィルター材をDK-S ミキサーによってブレンド製造する(図一 12)。また、製造後の品質確認として1回/15分の頻度で画像粒度法による粒度確認を実施する(図一 13)。これまででない高頻度の粒度監視により、フィルター材に関しても品質管理の合理化を行うことができる。当技術はCSGダムの品質管理において実績があるものであるが、最大粒径の30%程度までが評価の限界である。一方、フィルター材は、フィルター則を確認するために5mm 粒径を確認する必要があるため、大分川ダムでは新たな試みとして-40mm 分にふるい分けした材料の画像を別途撮影し、対象となる材料を2段階撮影することで、5mm 粒径の評価を実施している。



図-12 フィルター製造設備

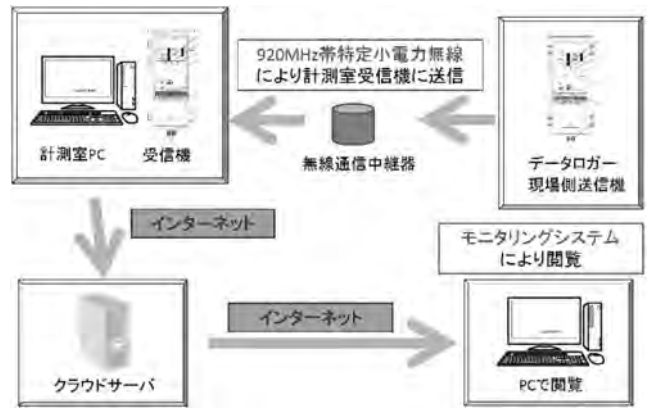


図-14 埋設計器システムフロー図

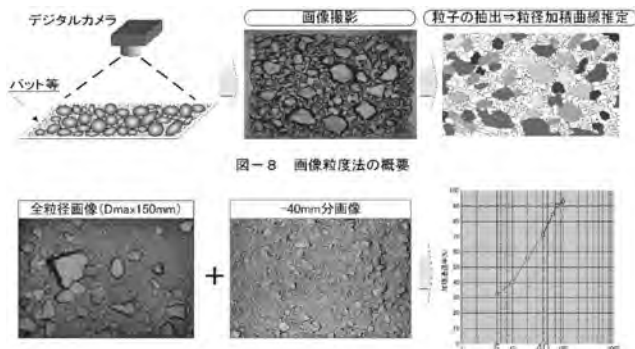


図-13 画像解析イメージ図



図-15 計測 DATA 画面

(c) 埋設計器のリアルタイム管理化

埋設計器はダム施工から試験湛水-維持管理にいたるまで、フィルダムにおいては非常に重要な設備である。しかし、従来はSDカード等でデータ回収後、データ整理が必要であったため、地盤の異常な挙動や計器の故障・断線施工中の断線、停電等によるDATAの未取得等のトラブルを見逃すことが少なかった。

大分川ダムではそれらに対処するために、施工中における埋設計器の情報をインターネット上に表示し、リアルタイムに確認できるシステムを構築した(図-14, 15)。また、乾電池で駆動するロガーおよび中継対応特定省電力無線機との組み合わせにより従来困難であった盛立中の埋設計器自動観測を可能にした。

(d) 堤敷地質情報を活用した基礎処理の管理

基礎処理工事において平面オルソー画像と地質マップを重ねることにより、基礎岩盤状態、亀裂や断層に対する改良効果を3次元で視覚的に確認し、確実な改良を実施している(図-16)。

(4) 出来形・出来高管理

(a) UAVを使用した写真測量による出来高算出

UAVによる写真測量を利用して高精度な3次元図面を短時間で作成し、土量管理、工事の進捗管理に利

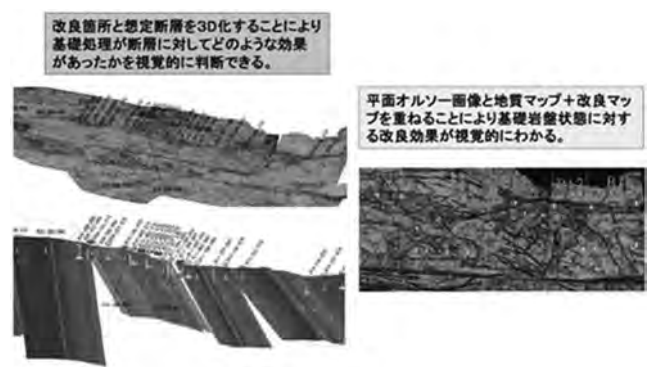


図-16 岩盤データ重ね合わせ図

用している。本システムは、空撮からデータ処理までの一連の作業において、ドローンやカメラ等の機器の選定、作業方法や使用ソフトの最適化を図ることで高精度な空撮測量を実現している(図-17)。3D現状DATAと3D地質DATAを組み合わせることで、材料の残数量の把握及び出来形管理、堤体の外部変形管理の推移等の把握に利用することができる(写真-3)。

また、オルソー平面図と組み合わせることで設計と現況の把握が容易になり、進捗状況把握を行える。

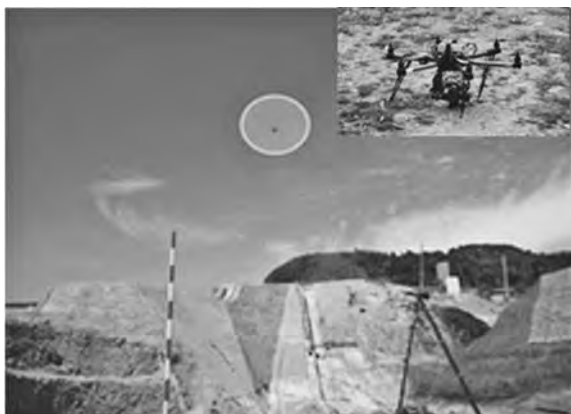


図-17 UAV 飛行状況

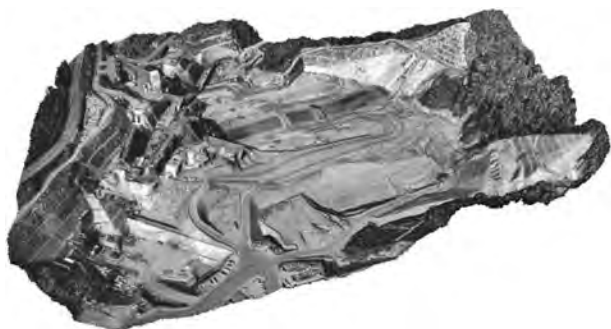


写真-3 写真解析 DATA

## 5. おわりに

大分川ダムでは19以上の項目で、ICTによる「飛躍的な生産性の向上」と「管理（特に品質管理）の合理化」を図り成果を挙げている。建設業は今後ますます高齢化が進み、そのうち携わる人材がいなくなることが懸念される。魅力ある建設業にしていき、女性も活躍でき、少人数で生産性をあげていくためには、便利なものは便利なものとして利用し、それに知恵を加えて、人が行くことを極力減らしていく取り組みが安全・品質にも寄与していく。そういうことを現場で日々考え、投資していくということが今後ますます重要であると思う。

JICMA

### 【筆者紹介】

奈須野 恭伸（なすの やすのぶ）  
鹿島建設㈱  
九州支店大分川ダムJV工事事務所  
統括副所長





# 大規模土工事における 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

中牟田 直 昭・山 本 修 一・定 月 良 倫

本事業は、東日本大震災で甚大な被害を受けた岩手県陸前高田市の被災市街地土地区画整理事業である。発生した土砂や破碎岩を巨大ベルトコンベヤで高速搬送し、かさ上げ工事を行う大規模造成工事である。

この大規模土工事における生産性の向上や品質管理に採用した ICT 土工管理システムの中で、広範囲の造成エリアの測量の省人化・精度の高い土量管理を目的とした① UAV（無人飛行機）航空写真測量と盛土工事で使用するブルドーザーや振動ローラーに GNSS を搭載して敷均し厚さや締固め転圧回数を管理する②敷均し・締固め管理システムについて報告する。

キーワード：震災復興、大規模土工、土量管理、盛土品質管理、UAV（無人飛行機）、ICT 施工、CIM、オルソ画像

### 1. はじめに

本事業では、硬岩を含む今泉地区の山（標高 125 m）を標高約 45 m まで掘削して、約 500 万 m<sup>3</sup> という大量の土砂や破碎岩を巨大ベルトコンベヤで仮置き場まで搬送する。その後、仮置き場から高田地区のかさ上げ部に盛土材を運搬して敷均し・転圧する大規模土工事である（図一 1, 2）。本工事では、これまでに類を見ない規模で ICT 施工を導入して、大規模土工事に

おける精度の高い土量管理、効率的な盛土施工管理を達成した。ここでは、UAV（無人飛行機）航空写真測量による 3 次元出来形管理、また、GNSS 敷均し・締固め管理システムによる品質管理、さらに 3 次元データをモデル化し、材料や施工管理情報を属性情報として管理する CIM 化を試みたので報告するものである。

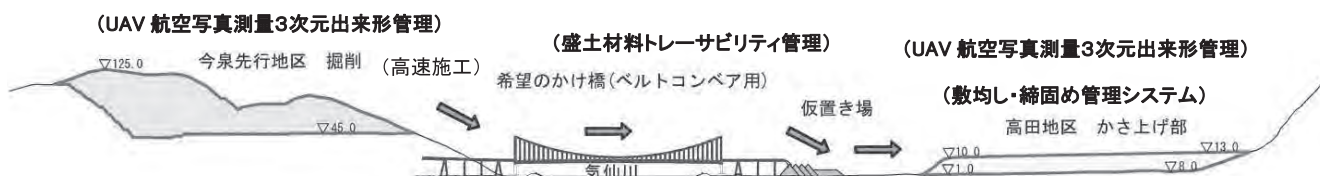
- ・事業施行者：陸前高田市
- ・工事発注者：独立行政法人都市再生機構
- ・工事受注者：清水・西松・青木あすなろ・オリエンタルコンサルタンツ・国際航業 JV
- ・業 務 名：陸前高田市震災復興事業の工事施工等に関する一体的業務
- ・工 期：平成 24 年 12 月 11 日～平成 31 年 3 月 31 日



図一 切土部（赤）とかさ上げ部（黄）までの土運搬の流れ

### 2. 急速施工における土量管理・盛土品質管理上の課題

本事業は、300 ha という広大な敷地面積において、毎月平均 30 万 m<sup>3</sup>、合計約 1,100 万 m<sup>3</sup> という大量の土砂・岩石を掘削する超大規模土工事であり、かつ、



図二 今泉地区から高田地区かさ上げ部へ土の運搬イメージ（断面図）

震災復興事業として急速施工が求められる現場である。また、今泉地区切土部は、土砂を掘削している箇所と岩材料を掘削している箇所が点在する。このため土砂と岩材料の比率により、ベルトコンベヤで搬送される材料の粒度分布が変化する。粒度分布が変化した盛土材料は、仮置き場に集積された後、再度切り崩して高田地区かさ上げ部へ運搬される。面積約 140 ha、高さ約 10 m のかさ上げ部では、敷均し厚 30 cm、約 33 層の積み上げ作業が必要である。

このように、広大な測量範囲 (20 m メッシュで 5,000 点以上)、膨大な切盛土量、膨大なデータ量の管理が求められる当現場の出来形管理・盛土品質管理上の課題は、下記の 3 つである。

- ①【出来形管理の課題】従来の方眼測量では毎回 2 週間以上の測量期間必要となり、日々の土工量が大きい当現場は測量中に出来形形状が大きく変化し、精度の高い出来形管理・土量管理ができない。
- ②【盛土材料管理の課題】日々土砂と岩石の混合比が変化する盛土材料の仮置き場での精度の高い材料管理が難しい。
- ③【盛土施工管理の課題】広大なかさ上げ部の高精度な敷均し厚さ・転圧回数管理の確認が難しい。

### 3. 課題に対する対応策

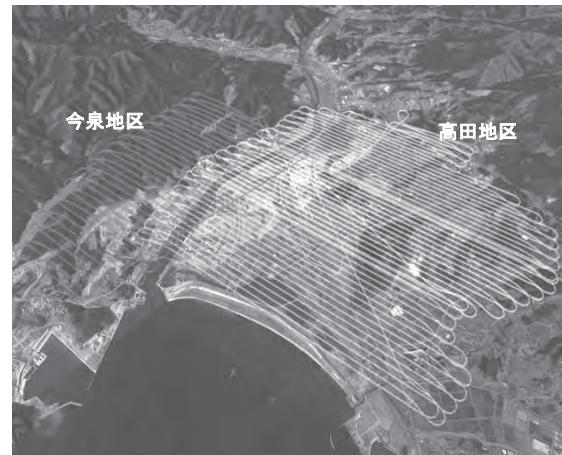
#### (1) UAV (無人飛行機) 航空写真測量による省人化、工程短縮

まず、測量上の課題を解決するため、1～3 日間、3 人で測量が可能な UAV (無人飛行機) 航空測量 (写真一 1) を導入し、従来の 20 m 方眼測量と比較して



タイプ	固定翼
質量	2.5kg(カメラ・バッテリー搭載)
外寸	100cm×65cm×10cm
飛行速度	80km/h
搭載カメラ	SONY デジタル一眼カメラα5100

写真一 1 UAV (無人飛行機) UX5



写真一 2 UAV 飛行ルート (飛行時間 約 50 分/ルート)

安全 建設気象KIYOMASA			
高度別/最大風速予測			
高度選択 地上の風速予測			
岩手県 陸前高田市 180mの風速予測(m/s)			
03月10日(木)			
時刻	平均	最大	極まれ
08時	8	11	15
09時	5	8	10
10時	5	8	11
11時	5	8	10
12時	5	8	10
13時	5	8	10
14時	8	11	15
15時	8	11	15
16時	5	8	10
17時	5	8	10
18時	5	8	11

図一 3 高度別風速予測

大幅な省人化と測量の工程短縮を図った。土工事の進捗状況を正確に把握する目的で、航空測量はほぼ毎月実施している。プロペラを駆動させるモーターのバッテリー能力から、測量対象エリアを 4 分割 (写真一 2) し、GNSS による自動操縦により飛行高度 230 m (今泉地区)、180 m (高田地区) で測量している。また沿岸に位置する現場特有の強風、突風に対応できるように、局地的な気象情報の提供システムを導入し、各飛行高度での風速 (図一 3) をリアルタイムで確認しながら慎重に実施した。

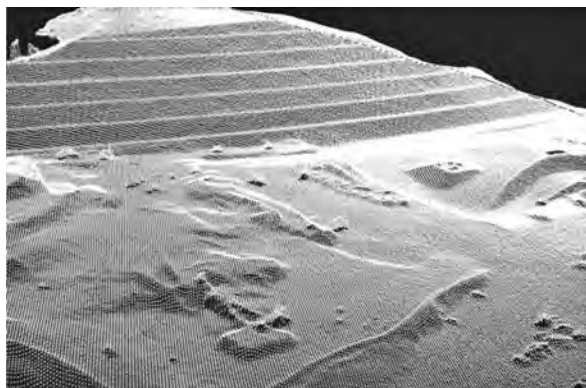
#### (2) 測量データの 3 次元モデル処理

当現場では、80%ラップ率で合計約 4,000 枚の写真撮影し、写真合成処理を行っている。具体的には、専用ソフトにより写真のひずみ処理 (オルソ補正) を施した航空合成写真 (オルソ画像) (写真一 3) と 1 m および 20 m メッシュ xyz 座標の点群データを作





写真一3 航空写真オルソ画像と20mメッシュ標高データ



写真一4 1mメッシュ座標による3次元モデル

成している。また、対象範囲の外周部と内部に約50点の標定点をバランス良く設置し、GNSSの測量精度を補正している。誤差は最大で10cm程度である。さらに、1mメッシュ点群データから面データおよび3次元モデル(写真一4)を作成し、土工事施工状況の正確な情報共有および土量解析に活用している。

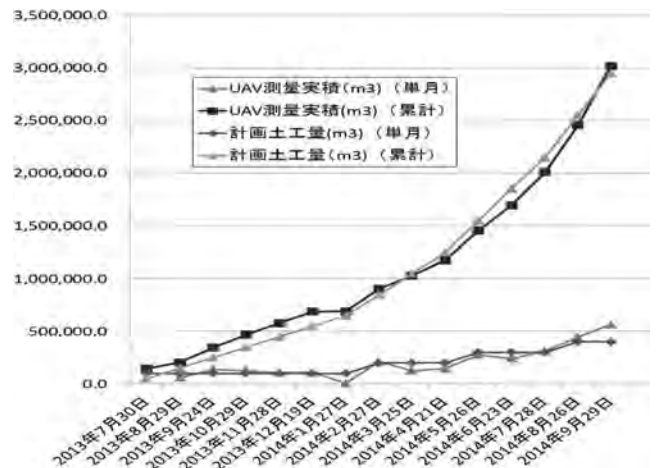
**(3) 3次元モデルによる土量管理と出来形確認**

当現場では3次元モデルにより毎月の土工量を短時間で算出し、グラフ管理(図一4)をしている。併せて、土工事進捗状況を視覚的に把握するため、3次元モデルとオルソ画像を重ねた鳥瞰図を作成し、毎月の出来形管理(図一5)を行っている。3次元データ管理により、造成計画変更時の全体土量バランスの確認作業や運土計画の修正への早急な対応も可能にしている。

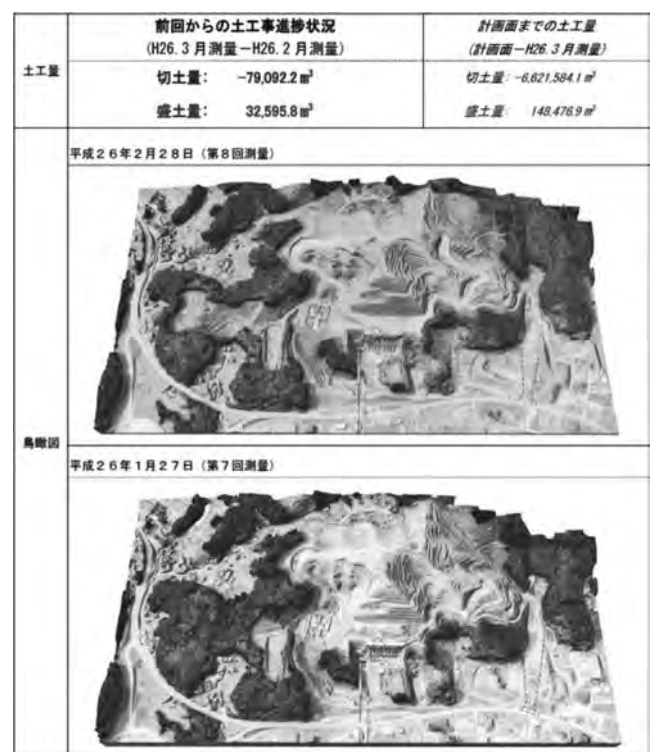
**(4) 盛土材料のトレーサビリティ管理**

盛土品質管理上の課題に対応するため、盛土材料情報や締固め管理情報を伝達と共有化する方法として、GNSSを利用したトレーサビリティ管理と敷均しガイダンス、締固め管理システムを導入した。各施工段階での対応を(図一6)に示す。

盛土材料情報については、GNSS機能付きスマート



図一4 土量管理グラフ



図一5 月別出来形管理図

フォンを装備したダンプトラックにより積荷の土軟岩区分とともに積み込み地点から荷降ろし地点の位置情報を取得してサーバーに保存する。このデータを各運搬段階(切土~仮置, 仮置~かさ上げ)で引き継ぐとともに、土質試験結果を追加して敷均し・締固め工程のデータへ引き渡す。

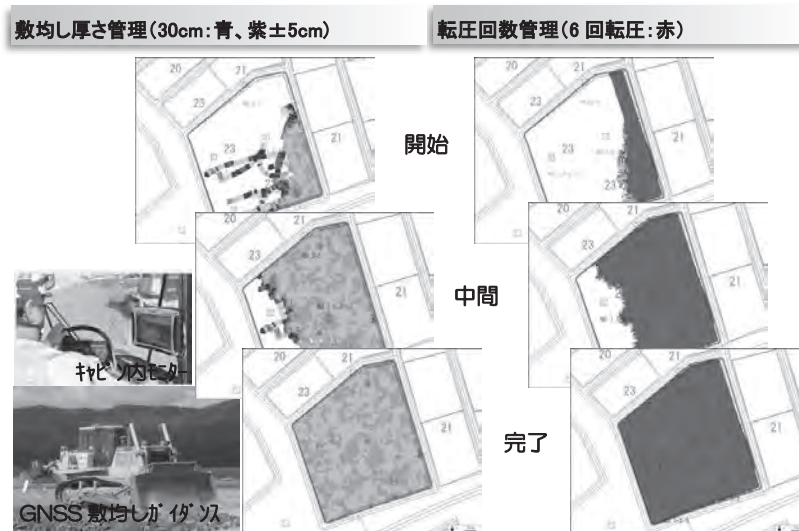
**(5) GNSS敷均しガイダンス、締固め管理システム**

敷均しは、GNSS搭載ブルドーザで敷均し厚30cmを高精度に確保している。また、締固め管理については、材料管理データに基づく締固め仕様に従って締固め軌跡・回数をGNSS搭載振動ローラで転圧管理している(図一7)。転圧管理データはサーバーを経由

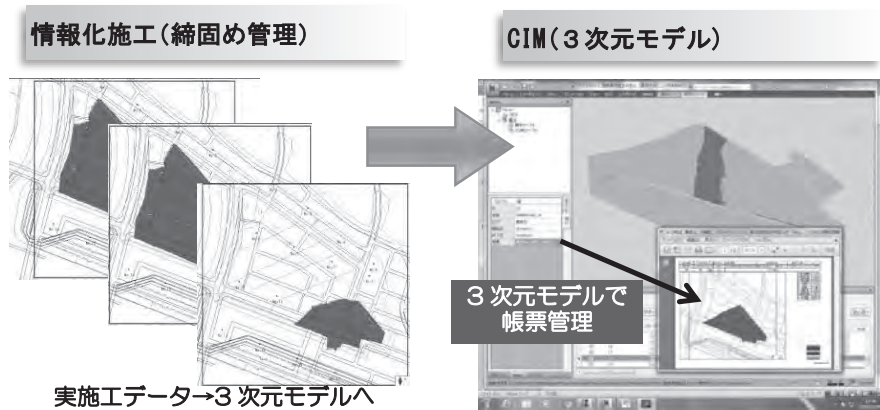




図一六 盛土材料のトレーサビリティ管理



図一七 GNSS 敷均し・転圧管理



図一八 CIM化への対応

して複数台数の振動ローラで共有でき、広範囲エリアの同時・引継施工が可能となっている。また、この位置情報を3次元モデル(CIM)に利用している。敷均しについても排土板位置・高さをGNSSで管理している。

(6) GNSS データを活用した CIM モデル  
ICT 技術を活用して得られた管理データは、工事が大規模であることから施工データは膨大になる。この膨大なデータを効率良く蓄積・管理し、将来的にデータ共有を図るためには CIM 化が必要と考えられた。

このため、ICT 施工による締固め管理において、GNSS から得られる 3 次元データ (GNSS 搭載振動ローラ) を活用して、1 層毎の締固め終了後の面データを重ね合わせ、実施工モデルを作成した (図-8)。ここに、締固め管理で得られた情報を属性情報として持たせることで、3 次元モデルとして CIM 化し一元管理するよう試みている。属性情報としては、作業期間、施工高さ、走行時間、まき出し厚、転圧回数、施工面積、盛土材品質情報である。

#### 4. おわりに

平成 30 年 3 月の 1 次造成が完了するまで UAV 航空写真測量を継続するとともに、さらに測量解析技術、土工管理技術の向上と効率的かつ高精度の土量管理に取り組む所存である。また、今泉地区も 45 ha のかさ上げ部があり、高田地区と同様に管理している。今後も ICT 土工システムを積極的・効率的に活用し、またさらに CIM への取り組みも継続して、品質確保に万全を期す所存である。

J C M A

#### [筆者紹介]

中牟田 直昭 (なかむた ただあき)  
清水建設㈱ 土木総本部  
土木技術本部 基盤技術部 造景グループ



山本 修一 (やまもと しゅういち)  
清水建設㈱  
土木東京支店 土木第三部



定月 良倫 (さだつき よしとも)  
清水建設㈱  
東北支店 震災復興まちづくり建設所



# シェル型浸透固化処理工法

## 新しい注入形態

林 健太郎・秋 本 哲 平

溶液型恒久薬液を使用する浸透固化処理工法は、既設構造物直下地盤の液状化対策として、多くの実績のある工法である。しかしながら、締固めなどの一般的な地盤改良工法と比べて5～10倍ほど高価な工法である。今回開発したシェル型浸透固化は、薬液の使用量を2割削減することでコストダウンをはかる新しい注入形態である。今回、遠心載荷模型振動実験を行い、コストは2割下がったが、耐震効果は100%改良と同程度であることが確認された。

キーワード：砂地盤、滑走路、液状化対策、薬液注入、地盤改良

### 1. はじめに

2011年の東日本大震災の後で多くの耐震基準が見直され、より大きな地震動に対する安全性が求められるようになった。特に原子力施設などに関してはこれまでになく巨大な地震動に耐えられるように基準が変更されている。これらの方向性は正しいが、コスト面で考えると施工に係わる費用は莫大になっている。

本来、幅広く多くの構造物の耐震性を向上させるためには、既存の耐震工法の多くでコストダウンの試みが必要である。また、すべての構造物に原子力施設並みの耐震性が必要というものでもなく、構造物の目的に合ったコストバランスのとれた、いろいろなバリエーションの耐震性が求められる。

今回報告するシェル型浸透固化処理工法は、通常の浸透固化処理工法で使用する薬液量の8割の薬液を先行して注入し、後から2割の海水を注入することで、外側が硬く固結して、内側に未改良砂が残る改良体を作る方法である。いわば、できるだけ少ない材料を使いながら、耐震効果を最大にしようとする新しい地盤改良の試みである。

もともと浸透固化処理工法は、供用中の既設構造物の耐震対策として、20年前に開発され実績も多い地盤改良工法である<sup>1)</sup>。地盤中の一点から低圧で薬液を注入することで、直径2m程度の球状の改良体を造成する方法である。既設構造物の耐震対策として実績も、効果もある反面、改良費は、通常の地盤改良の5～10倍程度高価な方法である。本方法が高価である一因は、使用する溶液型恒久薬液が高価で、多くの場

合、工費の半分を占める点である。工費を下げようとするれば、使用する薬液の量を減らすのが最も有効である。

「シェル型浸透固化処理工法」は、浸透注入すると薬液が球状に固まる性質、すなわち、後から注入した溶液は先行注入された溶液を追い越さないという性質を利用して、先に薬液を、後から海水を注入する方法である。本文では「シェル型改良」についての造成方法と実際に注入して作成した模型盛土地盤を用いて、遠心載荷装置による振動台実験を行い、盛土の地震時の沈下量に関する耐震効果についてとりまとめている。

### 2. シェル型改良の造成方法

粒径のそろった均質な砂地盤に土中の一点から薬液を注入すると、薬液は放射状に広がり、固化するまでの時間と注入が終了する時間を同じにすることで、球状固化体を造成することができる。実際には、この固結までの時間（ゲルタイムと呼ばれる）と注入するのに要する時間をほぼ同じにすることは容易なことではないが、薬液注入による地盤改良では改良品質に最も影響を与える要因である<sup>2)</sup>。実際に模型土槽や実地盤に注入にして造成された球状の改良地盤を写真—1、2に示す。

#### (1) 70%改良とシェル型改良

改良体が球状にできることから、通常の施工では、液状化が予想される範囲に対して、注入点を土中に等

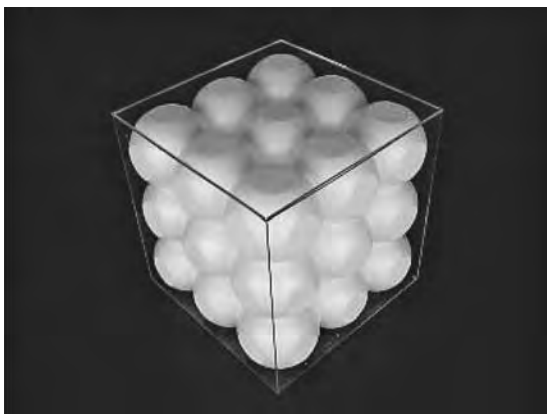




写真一 確認された改良体 (模型注入実験)



写真二 確認された改良体 (松坂 2000)



写真三 70%改良の出来形イメージ

間隔に配置し、一点が負担する体積に応じて、未改良部が残らない量の薬液を注入する<sup>3)</sup>。いわゆる100%改良である。このときに必要な薬液量を1として、7/10の薬液を注入する方法が70%改良である。70%改良時の出来形イメージを写真一3に示す。

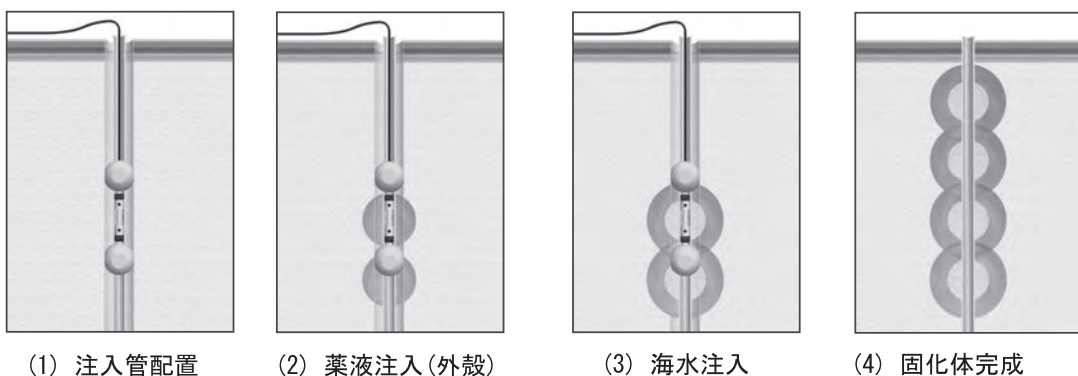
写真からも分かるように、改良体はお互いに連結しているが、未改良部も連続しているのが特徴的である。この方法は薬液注入対策工事の施工コストを下げ方策として有効であり、危険物保安協会による旧法タンク基礎の液状化対策の設計手法の一部に使用されている。

写真一1からも分かるように、球状に固結すると言うことは、先にも述べたように、先行して注入された薬液は、後から注入された薬液から追い越されることはないことを示している。シェル型改良は、この注入原理を利用して、先に薬液を、後から水または海水を注入することで造成される。

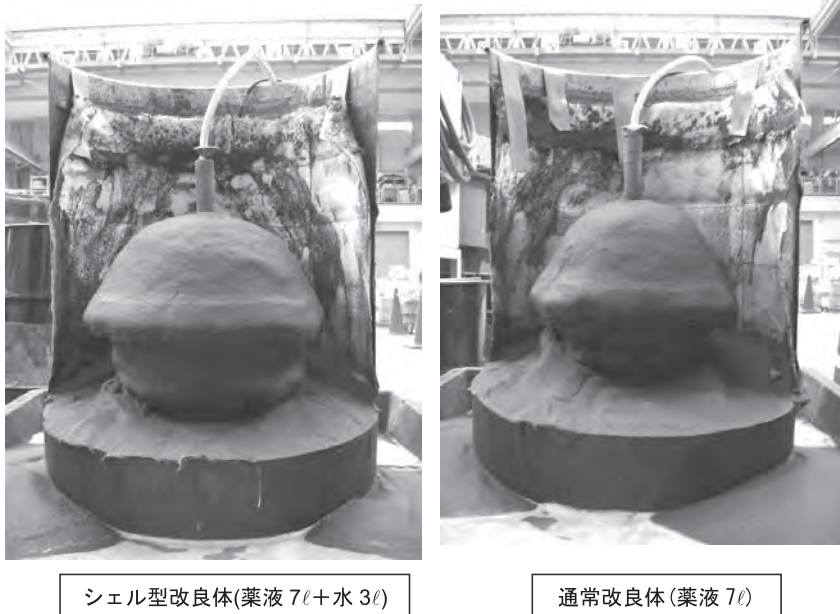
## (2) 室内模型実験による造成

シェル型改良体の造成方法を図一1に示す。通常の注入と同じように土中に注入ポイントを設置し、負担する空隙量の7割の薬液を注入したのち、配管を変え、3割の水または海水を注入する。このときに薬液のゲルタイムを、水の注入が終わった時点と一致させることが重要である。

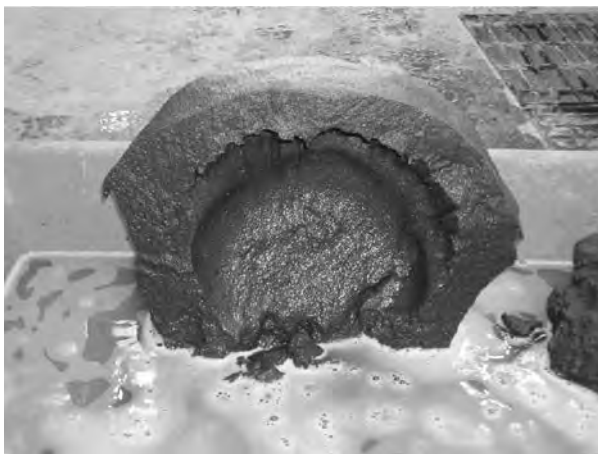
ドラム缶内に作った模擬地盤に薬液7リットルと水3リットルを注入して、作製したシェル型改良体と7リットルの薬液を注入して作製した通常の改良体を比較したものを写真一4に示す。二つの改良体を比べると、どちらもほぼ球状であるが、同じ薬液量を注入したにもかかわらず、シェル型改良体は1.4倍ほど大きく固結しているのが分かる。このシェル型改良体を二つに切断し、中央部の未改良砂を洗い流したのが写真一5である。写真から水も球状に薬液を押し出していることが分かる。



図一1 シェル型工法の施工方法



写真一四 模擬地盤注入実験の改良体の比較



写真一五 シェル型改良体（写真一四）固結部の断面形状

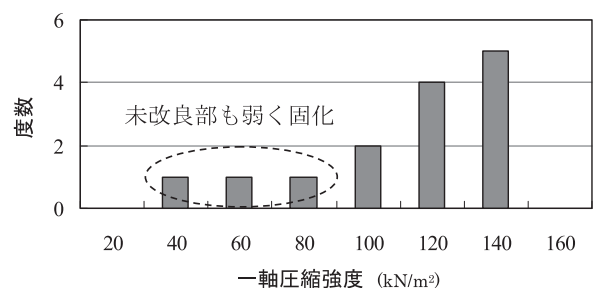


写真一六 確認されたシェル型改良体

**(3) 現地実験による作製の検証**

シェル型改良の実地盤への適用性を調査するため、2007年に石狩湾新港にて、現地注入実験を実施した。本実験では、シェル型の改良体を作成するために、1箇所あたり、942ℓの薬液を注入後、628ℓの海水を注入した（総注入量：1,570ℓ）。写真一六に改良体を掘り出した状況を示す。先行注入した薬液が固結して球状改良体の表面を形成し、直径1.9mのシェル型改良体が地盤中に造成されていることが確認された。

また、トリプルチューブによりシェル型固化体のサンプリングを行い、一軸圧縮試験により調査した結果を図一二に示す。得られた一軸圧縮強度は、当然ながら外殻部分と未改良の中央部で明確に異なった。外殻部では100 kN/m<sup>2</sup>を超える十分な強度が得られていたが、中央の未改良部においても、薬液が通過したことにより弱く固結していることが確認された。



図一二 トリプルチューブ採取によるシェル型固化体の強度分布

**3. 注入により造成されたシェル型改良地盤の遠心模型沈下実験について**

**(1) 注入による模型地盤の作製方法**

今回の実験は、盛土が載ったシェル型改良地盤や100%薬液注入を行った地盤などに加振を行い、未改

良部分に液状化を発生させて沈下量を比較し、シェル型地盤の耐震性を評価しようというものである。

改良された地盤の耐震性を模型実験で確認する場合、模型改良地盤によく用いられるのは型枠等を使って地盤改良部分の模型を作成し、固結後、型枠を外して、模型地盤の中に埋め込んで作成する方法である。この方法を用いれば、ほぼ均一な改良地盤を作成することができる。深層混合処理工法などの均一な改良体であればこの作成方法が最適であることは理解できる。ただし、薬液注入後方に適用するには均一すぎるのが問題であると考えられた。

このため、今回の模型改良地盤は、実施工と同様に地盤内に薬液を注入することにより、一様ではない薬液改良地盤を作成している。実際には、地盤内に薬液を注入するための内径2mmのチューブによる注入口を10cm間隔に24箇所設置し、ゲルタイム≒注入時間と設定した薬液を注入することにより、薬液による改良地盤を作成した。

盛土材には貧配合の固化処理土を用い、飽和砂地盤にはケイ砂5号を使用した。実験ケースを表1に示す。無対策の飽和砂地盤のケース0のほか、改良地盤として、改良域の空隙に100%薬液を注入したケース1と80%注入のシェル型浸透固化改良のケース2およびDr90%まで締め固めた飽和砂地盤のケース3を実験の対象とした。

表1 実験ケース

実験ケース	改良方法	改良仕様	改良率
ケース0	無対策	無対策	0%
ケース1	浸透固化	100%改良	100%
ケース2	浸透固化	シェル型	80%
ケース3	締め固め	Dr90%	100%

模型縮尺は1/40、地震動としては、最大加速度250 galのSIN波30波を使用した。地震の実振動数は1.25 Hzを対象として、模型縮尺率1/40から、土槽には50 Hz、継続時間0.6 sを作用させた。

シェル型改良地盤の模型形状を図3に示す。盛土はプロトタイプで高さ2mを想定し、盛土材には貧配合の固化処理土を使用し、地表面付近には非液状化層として、1cm程度の不飽和地盤の薄い層を設けた。模型地盤内には、盛土中央と側部に水圧計と加速度計を設置した。

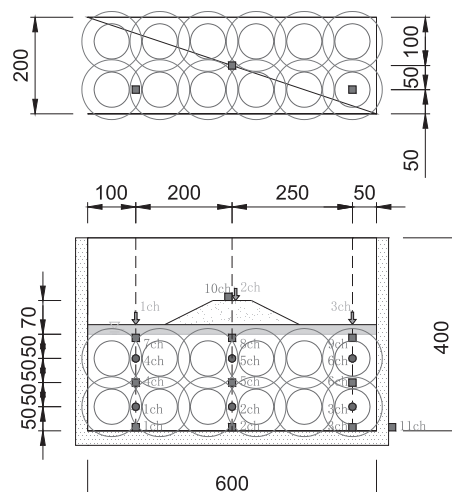


図3 シェル型改良地盤の模型形状

(2) 加振結果

加振後の各ケースの盛土天端と底面の沈下形状を図4に示す。ケース0の無対策では過剰間隙水圧比が100%まで上昇し、完全液状化が生じ、盛土天端にプロト換算で80cmの沈下が生じた。100%改良とシェル型改良のケース2では、地盤内部の過剰間隙水圧の上昇は認められず、盛土の沈下量もほとんどなく、無

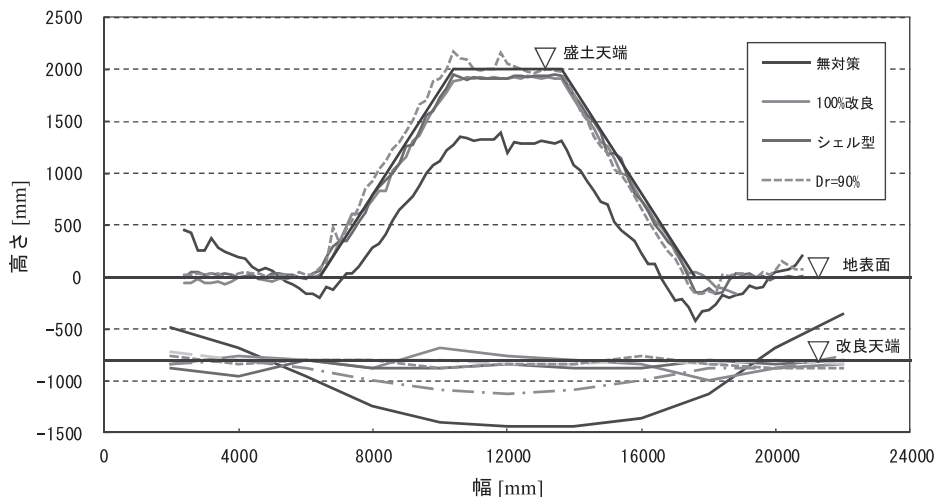


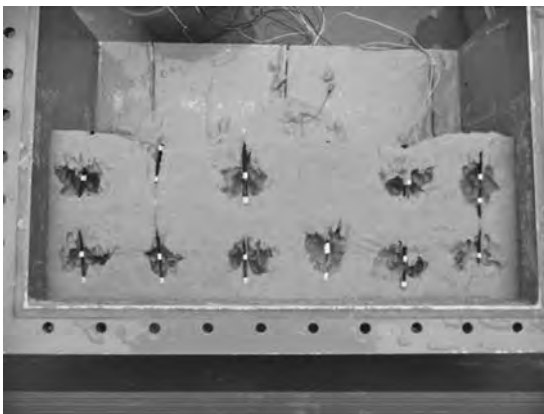
図4 加振後の沈下形状



対策飽和地盤（ケース0）の1/10程度となった。締固めのケース3では、盛土天端の沈下は殆どなく、過剰間隙水圧の上昇も認められなかった。

この結果から、90%まで締め固めたケース3が盛土の沈下を抑止するのに最も効果的であることがわかった。これに比べると薬液注入による改良地盤では若干の沈下が生じたが、シェル型改良も100%改良も盛土の沈下に関しては同程度の耐震効果があることがわかった。

加振終了後にシェル型地盤の解体を行い、ガラス面から数センチほど奥まで削り取り、未固結砂を水で洗い流して、シェル型の出来型形状を確認したものを写真一七に示す。これから分かるように、薬液注入によって作られたシェル型改良体では、注入口の周りから2cmほど不均一な形状の未固結の状態が存在していることが分かる。ただし、これらの未固結部の外側には連続して固結した部分がつながっており、盛土の荷重を伝えることができたことが分かる。



写真一七 解体されたシェル型改良地盤

#### 4. おわりに

薬液を使った液状化対策の新しい改良形状であるシェル型改良に関して、現地注入実験、遠心載荷装置による盛土地盤の加振実験を実施し、現地での実現性や改良効果に関して確認を行った。この結果、対策が必要な全体を改良した100%改良の場合に比べ、80%のシェル型改良では、耐震性能に大きな差はなく、液状化による地盤沈下などの被害は100%改良の場合と同程度に防ぐことができることがわかった。薬液注入による液状化対策工事のコストの半分程度は薬液代であることを考えると、使用する薬液量を20%削減することで大きなコストダウンが期待される。すべての構造物に完全な液状化対策を実施している現状において、多少の変形を許すが致命的な変状を防止できる、安価な対策の必要性を感じている。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 浸透固化処理工法技術マニュアル（2010版）：沿岸技術研究センター、平成22年6月
- 2) 溶液型薬液注入工法の施工管理方法に起因する改良土の強度低下のメカニズム、土木学会論文集C、林健太郎、山崎浩之、善功企、Vol70、No.4、387-394、2014
- 3) 旧法タンクの液状化対策工法に関する自主研究報告書（注入固化工法）、危険物保安技術協会、平成12年3月

#### 【筆者紹介】



林 健太郎（はやし けんたろう）  
五洋建設技術研究所  
副所長



秋本 哲平（あきもと てっぺい）  
五洋建設技術研究所  
土木技術開発部  
係長

# 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

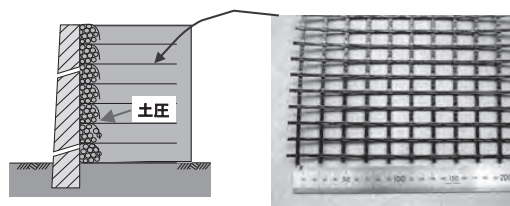
岡本 正 広

我が国は、色々な自然災害による被害大国である。近年では、平成7年の兵庫県南部地震、平成23年の東北地方太平洋沖地震、平成28年の熊本地震に代表される大規模地震や平成24～25年にかけての北九州や山口・島根両県を襲った集中豪雨、あるいは、毎年上陸する台風などの自然災害によって未曾有の被害が発生している。本報告では、これら自然災害によって破壊された構造物の強化復旧対策として採用されたジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧工事について紹介する。

キーワード：ジオシンセティックス、補強土、災害復旧、大規模地震、集中豪雨、台風

### 1. はじめに

ジオシンセティックス補強土構造物（以下、「GRS構造物」と称す）とは、曲げ剛性を有する一体の壁面工と面状補強材とを用いて急こう配、あるいは鉛直壁面を構築する盛土補強土擁壁（以下、「GRS擁壁」と称す。図-1）と橋台・橋脚を構築する補強土橋台・橋脚（以下、「GRS一体橋梁」と称す。図-7, 8）、および防潮堤などを構築する水際防災補強盛土（以下、「GRS盛土」と称す。図-6）などを指す（GRS: *geosynthetic-reinforced soil structure*）。



- ・見掛けは、通常のRC擁壁
- ・面状補強材は、土との噛み
- しかし
- ・全く新しい形式の擁壁
- 合わせが良く、土と一体化する

図-1 「GRS擁壁」の概要<sup>1)</sup>

「GRS構造物」は、面状のジオテキスタイル補強材で補強した盛土を建設後、支持地盤と盛土の変形が十分に生じたことを確認してから、剛で一体の壁面工をジオテキスタイル補強材と連結しつつ建設する（図-2）。したがって、主動域の安定・補強材の引張り力発生に壁面工が重要な役割を果たしている<sup>1), 2)</sup>。

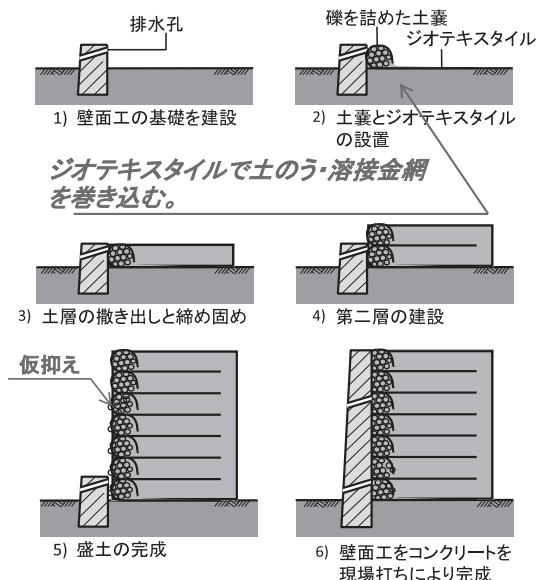


図-2 「GRS擁壁」の施工方法（段階式施工）<sup>1)</sup>

### 2. 「GRS擁壁」の特長

「GRS擁壁」は、現在（平成28年3月末）までに総延長165km、総現場数1,130ヶ所以上を超える実績があるが、施工中・施工後を含めて事故はゼロである（図-3参照）。

1995年1月の兵庫県南部地震や2011年3月の東北地方太平洋沖地震では数多くの従来の擁壁、橋脚・橋台、あるいは高架橋などに大きな被害が生じたが、激震地に設置されていた本工法で構築された「GRS擁壁」にはほとんど被害がなく、極めて高い耐震性が証明されている<sup>1)</sup>（写真-1, 2参照）。

「GRS擁壁」の主な特長を以下に示す。

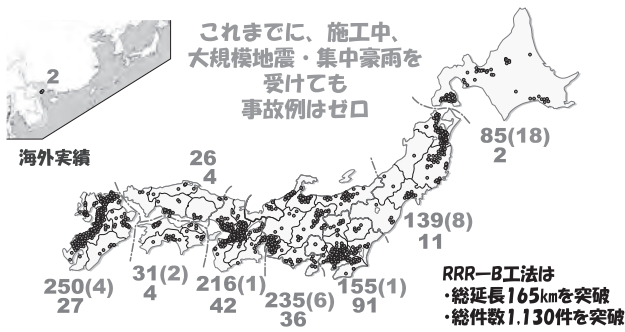


図-3 「GRS 擁壁」の実績（平成 28 年 3 月末現在）

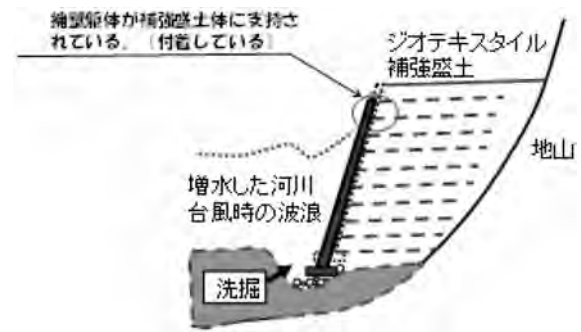


図-4 剛な一体壁面の支持形式の説明図



写真-1 兵庫県南部地震での従来工法の被災例<sup>1)</sup>

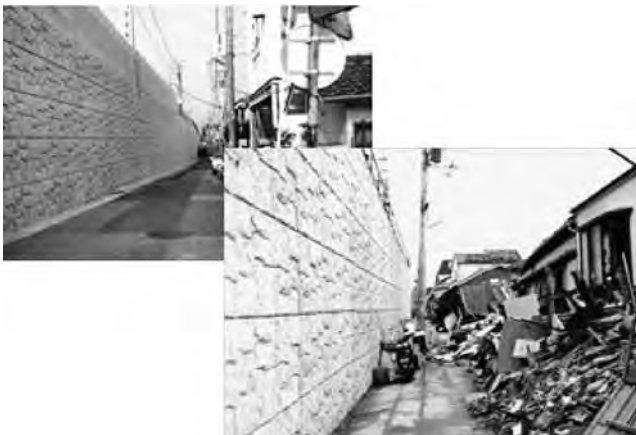


写真-2 兵庫県南部地震（震度 7 超）の激震地（通称、たなた地区）の「GRS 擁壁」の状況<sup>1)</sup>

支持地盤が洗掘されても擁壁全体は容易には転倒しない。このため、河川に面して洪水を受ける護岸構造物や外洋に面して波浪を受ける護岸構造物にも適用できる（図-4）。

### 3. 大規模（レベル 2）地震災害復旧の施工事例<sup>3)</sup>

#### (1) 被災状況および経緯

平成 23 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災によって、三陸鉄道北リアス線は甚大な被害を受けた。特に、鳥越駅付近においては、駅および近接する松前川橋梁、コイコロベ沢橋梁、ハイベ沢橋梁が流出するなど、被害が深刻であった（写真-3）。



写真-3 東日本大震災における津波による被災例<sup>3)</sup>

- 1) ジオテキスタイル補強材層と剛な壁面工が一体化しているため、擁壁全体の安定性が非常に高くなり完成後の変形を小さく抑えることができる。
- 2) 剛な一体壁面工は、防護柵（ガードレール）、遮音壁、電柱などの上部構造物の基礎として機能することができる。
- 3) 壁面工の間際まで道路・鉄道として使用できる。このため、用地は従来の盛土工や他の補強土工法と比較して大幅に縮小できる。
- 4) 基礎地盤や盛土自身の変形が十分に生じてから、壁面工コンクリートを現場で打設する段階施工のため、剛な一体壁面工と補強材との連結部が相対沈下で損傷しない。
- 5) ジオテキスタイル補強材を介して剛な一体壁面工と盛土が一体化しているため、壁面工の

懸命の復旧作業により、順次、運転再開区間が拡大し、小本・田野畑間が最後まで不通区間となっていたが、線路の復旧が終わり、平成 26 年 4 月 6 日に全線開通した（図-5）。

#### (2) 復旧対策の概要

鳥越地区は、被災前の高架橋形式から、第二線堤的な役割が期待できる盛土形式「GRS 盛土」にて復旧されることとなった。松前川との交差部は、門形カルバート形式が採用され、ここに「GRS 一体橋梁」が適用された。また、道路との交差部には、Box カルバートが設置され、この袖壁に「GRS 擁壁」が採用された（図-6）。

コイコロベ沢では、既設の単純桁 2 連（RC 桁（L



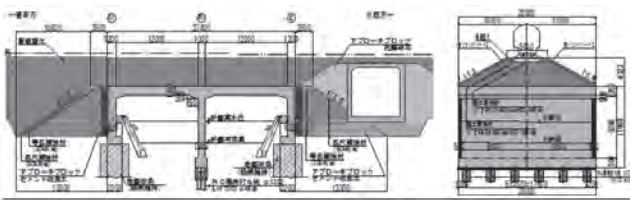


図一五 三陸鉄道北リアス線復旧旧経緯・工事位置<sup>3)</sup>

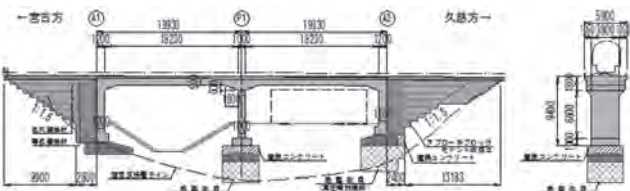
#### 4. 集中豪雨災害復旧の施工事例<sup>4)</sup>

##### (1) 被災状況および経緯

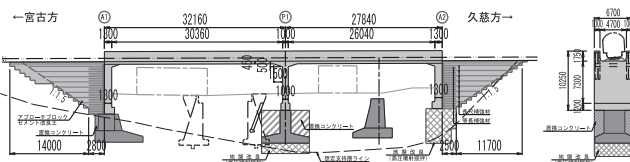
平成25年7月28日の山口県・島根県豪雨災害では、JR山陰線・山口線が甚大な被害を受けた。特にJR山口線の船平山～津和野間では、白井トンネル出口付近（新山口駅起点54k700m付近）から58k400m付近まで約4kmにわたり大規模な盛土崩壊が多数発生した（図一9、写真一4）。当該区間は名賀川と近接していることから、河川管理者である島根県で計画されている河川改修計画と調整を図る必要があった。図一10に河川管理者と調整された結果を示す。



図一六 松前川橋梁「GRS一体橋梁」<sup>3)</sup>



図一七 コイコロベ沢「GRS一体橋梁」<sup>3)</sup>



図一八 ハイベ沢「GRS一体橋梁」<sup>3)</sup>



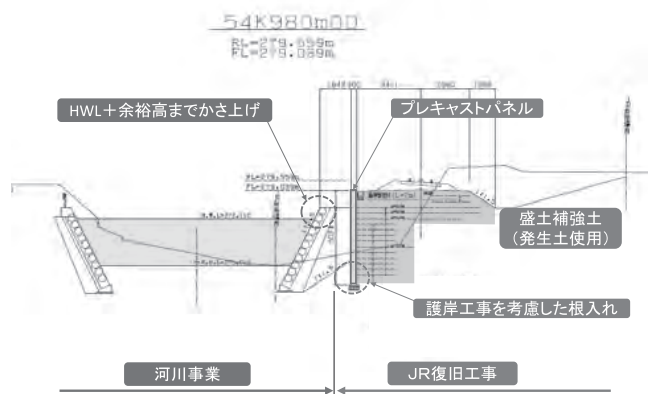
図一九 船平山～津和野間 被災概要<sup>4)</sup>



写真一四 名賀川近接部被災状況<sup>4)</sup>

= 20.0 m) + PCホロー桁 (L = 20.0 m)) が津波により流失し、既設橋台2基および既設橋脚1基は、躯体部に損傷を受けた。そこで、既設橋台2基および既設橋脚1基の躯体部の撤去と2径間連続RCラーメン橋「GRS一体橋梁」の構築により復旧することとなった（図一七）。

ハイベ沢では、既設の単純桁2連 (PC下路桁 (L = 32.1 m) + RCT形桁 (L = 16.6 m)) と起点方の既設橋台1基が津波により流失し、既設橋脚は躯体基部に洗掘を受けた。そこで、既設橋台2基および既設橋脚1基の躯体部の撤去と2径間連続SRC下路ラーメン橋「GRS一体橋梁」の構築により復旧することとなった（図一八）。



図一十 河川事業との施工区分<sup>4)</sup>

### (2) 復旧対策の概要

当該箇所は、名賀川に近接した狭隘な位置にあるため、土構造標準に定められている標準のり面勾配 (1:1.8) を満足しない。そのため、補強盛土とすることで勾配を急にし、のり尻に盛土補強土壁を構築することになった(写真—5)。復旧計画図を図—11に示す。



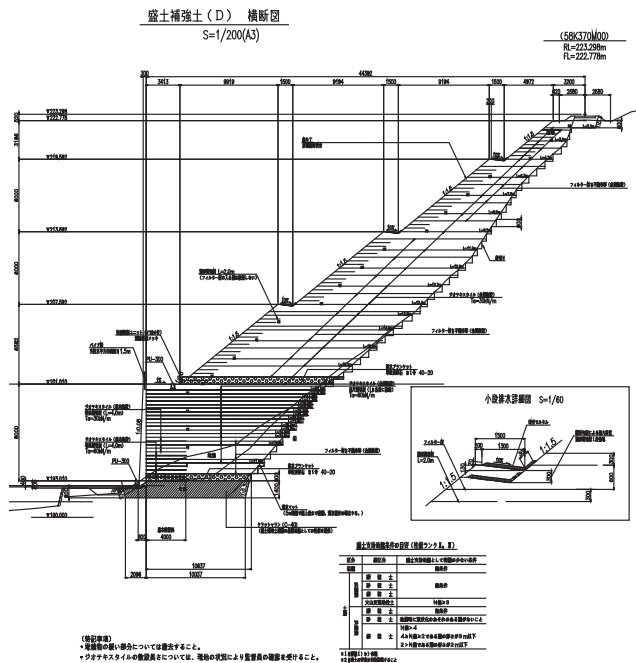
写真—5 「GRS擁壁」の施工状況<sup>4)</sup>



図—12 西湘バイパスの概要 (出典：横浜国道事務所 WEB サイト<sup>6)</sup>)



写真—6 被災時の様子 (出典：横浜国道事務所 WEB サイト<sup>6)</sup>)



図—11 「GRS擁壁」による復旧対策<sup>4)</sup>

また、崩壊斜面から湧水が見られたため、盛土内の水位上昇を抑制することが重要であった。そこで盛土内部に浸透した雨水や湧水が溜まらないよう、盛土補強土壁下部および上部に単粒碎石からなる排水ブランクネット層を排水対策として設置することとなった。

## 5. 台風災害復旧の施工事例<sup>5)</sup>

### (1) 被災状況及び経緯

平成9年9月7日2:00頃に小田原市付近に上陸し

た台風9号によって海岸沿いを走る国道1号西湘バイパス (図—12 参照) の一部区間 (大磯 IC から西湘二宮 IC) の道路護岸が崩壊した (写真—6)。国土交通省は速やかに調査検討委員会を設置して、原因究明と対策工法の検討が行われた。

その結果、被災後約3週間で応急復旧工事により、車両通行が可能になり、平成20年4月には暫定4車線が開通する運びとなった。その後、平成20年6月初旬に本復旧工事 (消波ブロック、吸出し防止鋼管矢板設置等) に着手し、平成21年9月には補強土擁壁護岸の工事に着手して、平成22年秋に完成した。

### (2) 工法選定の経緯

護岸工についてはコンクリート躯体による重力式構造、被覆ブロックを用いた傾斜式構造、ジオテキスタイルなどを用いた補強土壁構造等による比較が行われ、被災形態 (重力式構造での基礎洗掘による全面崩壊)、護岸の安定、周辺的环境・利用面などから総合的に評価されて、補強土壁工法が選定された。

次に、補強土壁構造として「GRS擁壁」工法、ジオテキスタイル工法、テールアルメ工法等による二次比較が行われ、砂浜への張出しによる影響、耐震性能、塩害対策、施工性などの観点から護岸幅が最も狭かつ



信頼性の高い剛壁面補強土工法の「GRS擁壁」(RRR-B工法)が採用された。

(3) 復旧対策の概要

(a) ジオテキスタイル敷設

通常、「GRS擁壁」(RRR-B工法)では、面状補強材のジオテキスタイルを30cm厚ごとに敷設し、耐震性向上・転倒防止のために盛土高さ1.5m間隔でジオテキスタイルを全層敷き込むものとしている<sup>2)</sup>。

しかし、本工事では背後に道路応急復旧用鋼矢板が打設されており、かつ、砂浜幅を最大限広く確保し、護岸幅をできる限り狭くする必要があったことから、安定計算で所要安全率を満足する最小幅とされた。

図-13に「GRS擁壁」の標準断面図を示す。「GRS擁壁」(RRR-B工法)の設計敷設長の最小敷設長は1.5m、もしくは壁高の35%の長さのうち、長い方とされており<sup>1)</sup>、今回の場合、壁高H=8.5mの35%であることから約3mとなり、この長さを上部の最小敷設長とすることとなった。また、鋼矢板の法線方向に鉄筋を溶接して、5段ごとに巻き返すこととした。図-14にその概要を示す。

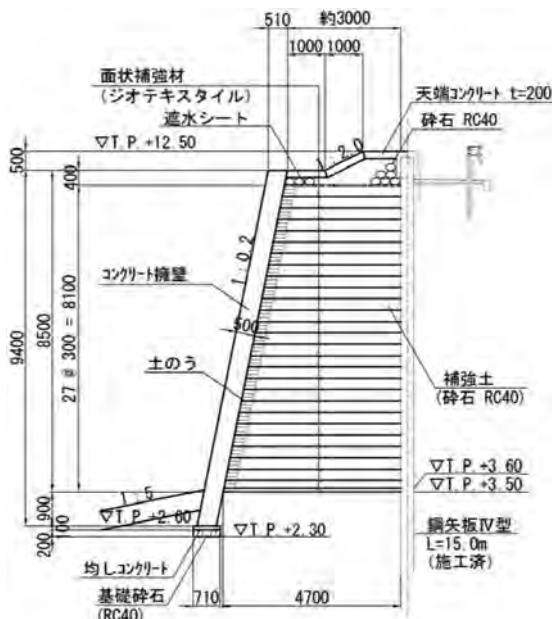


図-13 「GRS擁壁」の標準断面図<sup>5)</sup>

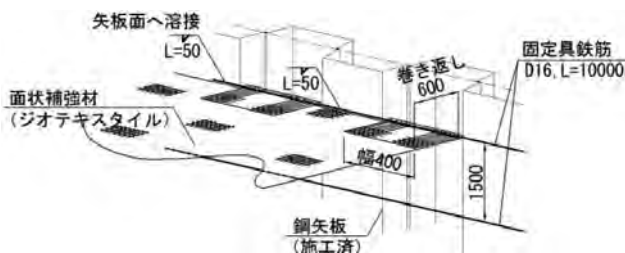


図-14 鋼矢板へのジオテキスタイルの巻き込み<sup>5)</sup>



写真-7 施工(補強盛土の盛り立て)状況<sup>5)</sup>

(b) 被覆コンクリート

本護岸は道路護岸であるものの海岸に面しており、直接波浪を受けることから被覆コンクリート厚は0.5mとし、被覆コンクリートのり面上に遡上・越波した水を速やかに海側へ返すことが必要であることから、のり面勾配を1:0.2とした。また、目地部には海水等侵入を防止するため止水板が設置された。

(c) 補強土壁盛土材

本工事は、建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律(いわゆる「建設リサイクル法」)に基づき、特定建設資材の分別解体等及び再資源化等の実施について適切な措置を講ずることになっており、補強土壁盛土材に再生砕石(RC-40)が使用された(写真-7)。

(d) 耐久性に優れた補強材

再生砕石は、セメント成分を含んでいることからアルカリ性を呈し、耐アルカリ性に優れた性能を有するビニロン繊維が主材料の面状補強材が採用された。

6. おわりに

以上、ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧工事について紹介した。災害復旧工事の基本は、緊急性が優先されるが、緊急復旧したものは、旧土構造物の耐震性のレベルにも達していない可能性があり、今後想定される大規模地震等の発生を考慮すれば、強化復旧する必要がある。ジオシンセティックス補強土構造物は、従来工法と比較して、構造強化はもちろん断面積縮小・工期短縮・建設費の合理化等が可能であり、災害復旧対策として適している。

謝辞

本稿を作成するにあたり、RRR工法協会の協会だよりNO.28, 34および36に掲載された写真・図面等を使わせていただいた。末筆ながら関係各位に感謝の意を表します。



## 《参考文献》

- 1) 龍岡文夫監修：新しい補強土擁壁のすべて—盛土から地山まで—，pp.326～331，2005.10
- 2) 龍岡文夫：RRR 補強土擁壁の本質は何？，RRR 工法協会 協会だより No.37，2016.2
- 3) 三陸鉄道(株)他：三陸鉄道北リアス線におけるジオシンセティックス補強土構造物の適用事例，RRR 工法協会 協会だより No.34，2015.8
- 4) JR 西日本(株)：RRR-B 工法による降雨災害復旧の施工事例，RRR 工法協会 協会だより No.36，2016.8
- 5) 大成建設他：波浪を直接受ける海岸護岸構造物への補強土壁工法 (RRR-B 工法) に適用事例，RRR 工法協会 協会だより No.28，2010.8
- 6) <http://www.ktr.mlit.go.jp/yokohama/seisyou/index.htm>



## 【筆者紹介】

岡本 正広 (おかもと まさひろ)  
RRR (スリーパー) 工法協会  
事務局長



# 近頃の土工技術

## デジタルアースムービング

岡本直樹

土工技術について、近頃使われている計画技術と施工技術の概要を紹介する。計画技術では、CIMを含めた地形情報処理と UAV による広域測量について概観し、施工技術では岩掘削・運搬・締固めに分けて、工法の種類とその適用性・能力等を概説する。更に ICT 技術の現状として、情報化施工、無人化施工、i-Construction と業界の対応、AHS、その他の自動化・ロボット化、フリート管理について海外の動向も含めて記し、最後に建機メーカーのアライアンス動向を付記した。

キーワード：機械土工、DTM、DEM、CIM、UAV、ドローン、岩掘削、機種選定、シミュレーション、i-Construction、AHS

### 1. はじめに

近年、土工に関連したドローンによる空撮測量や i-Construction 対応に業界が忙しい。i-Con 導入が目的なのではなく、i-Con は手段に過ぎない。i-Con の上辺だけを取入れるのではなく、土工計画から施工管理のプロセスに上手く取入れてこそ意義がある。本稿では最近の土工技術として、デジタルアースムービングを中心に話を進める。

### 2. 計画技術<sup>1)</sup>

土工計画では、まず、原地形図と造成計画図の差分から土量計算を行い、土量分布を把握してから、最適な土量配分<sup>2)</sup>を行う。その際、地形図は DTM (Digital Terrain Model : 図-1) 化して作業を進める。次に搬土走路を設定して、距離別搬土量を求める。これらに組合せ機械を選定し、それぞれの機械能力計算から必要台数を求め、工程上で山積/山崩を行い機械投入計画を作成する。

#### (1) 地形情報処理<sup>3), 4)</sup> と CIM

地形図を数値化するための一次地形情報には、等高線、断面図、格子点標高、ランダム点標高があり、数値標高モデル (DEM : Digital Elevation Model) には 図-2 のようなものがある。レンダリングに適した TIN (Triangulated Irregular Network) によるモデリングがパソコンでも処理できるようになり、価格低

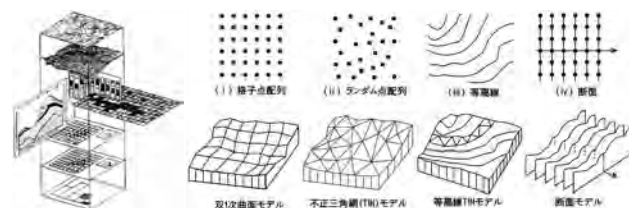


図-1 DTM の概念図

図-2 各種の DEM

下が進み普及が始まった。そして、CIM は 3D-CAD をベースに属性情報を付加したものとされるが、施工計画 (手順) を 4D で見える化して、詳細な事前検討 (フロントローディング) が行える。クラウドを利用すれば見える化の共有も可能である。

#### (2) UAV による広域測量<sup>5), 6)</sup>

近年、自動測量技術として 3D レーザスキャナ、スキャニング機能付き TS (写真-1) や写真測量の利用が進んでいる。そして、UAV (ドローン : 写真-2) と写真測量解析ソフトウェアが近年、革新的な性能 UP と価格破壊が行われ、一気に利便性が向上し、迅速な広域測量が廉価で可能となった。そのため広域地形測量の最有力な手段となり、i-Construction にも取

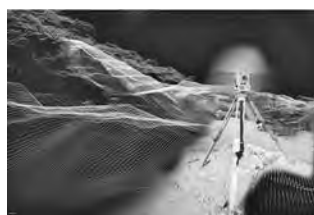


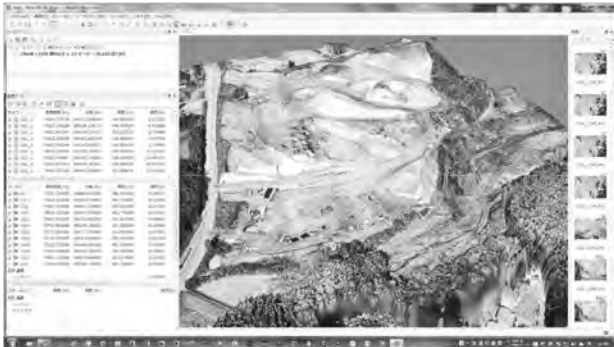
写真-1 スキャニング機能付 TS



写真-2 離陸中の UAV



写真—3 UAV 飛行中のモニタリング



図—3 写真解析画面



図—4 3D 地形モデル出力例

入れ普及に拍車が掛かっている。また、最近ではレーザーキャナの UAV 搭載（本号掲載：UAV 搭載レーザー計測システムの開発）も試行されている。

UAV は飛行計画に従って自律飛行を行い、連続的にラップ写真を撮ることができる。写真—3 は UAV 飛行中のモニタリング画面である。図—3 は、写真



図—5 CG によるプラントと建機の配置

解析中の画面である。そして、図—4 は 3D モデルの出力例である。本誌の表紙写真は、このモデルの視点を変えて、CG 建機を配置したものである。建機はモデリングして機械配置やグリズリ等のプラントレイアウトに利用できる（図—5）。また、アニメーション化<sup>7)</sup>も可能である。

### 3. 施工技術<sup>8)</sup>

#### (1) 岩掘削

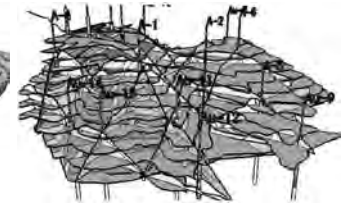
岩掘削では、岩分布の把握が必要となる。そして、岩掘削は環境面から発破が制限されることが多く、特殊発破としての制御発破や無発破工法の選定が問題となるので、ここでは各種岩掘削工法の種類を紹介する。

##### (a) 岩分布の見える化

岩数量が未定の場合、ボーリングデータや弾性波探査データから岩盤境界を推定して数量を算定する。図—6 は岩盤面を見える化した例で、図—7 は地質の垂直断面と水平断面を組合せて、3D パネルダイアグラムとしたものである。画面上で視点を自由に動かせ、地質内部構造を立体的に見える化できる。



図—6 岩盤境界の見える化



図—7 3D パネルダイアグラム

##### (b) 岩掘削工法の選定

一般的な岩掘削工法の適用範囲は概ね図—8 のようになる。無発破工法の適用が増加し、大型ブレーカ（写真—4）や割岩機（図—9）、静的破碎剤がよく使われている。その他に低公害岩掘削技術には、図—10 のようなものがある。大型バックホウ、ツインヘッドの掘削能力を図—11 に示す。その他に近年、軟岩破碎の生産性向上を図ったエキセントリックリッパ（振動リッパ：図—12）が注目されている。



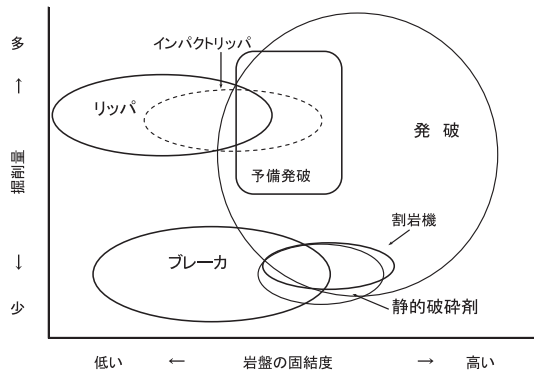


図-8 岩掘削法の適用範囲



写真-4 超大型ブレーカ

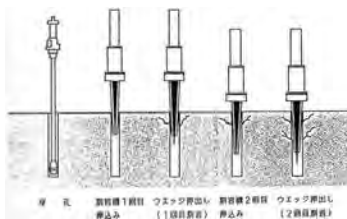


図-9 油圧割岩の手順

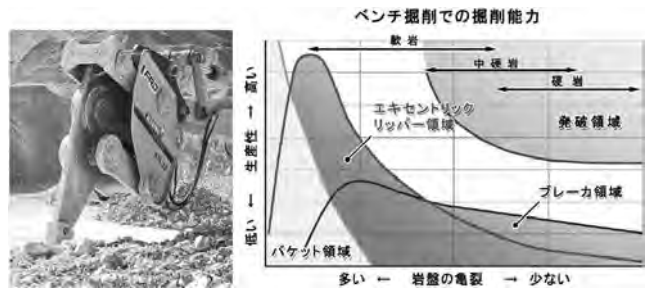


図-12 エキセントリックリッパと適用範囲

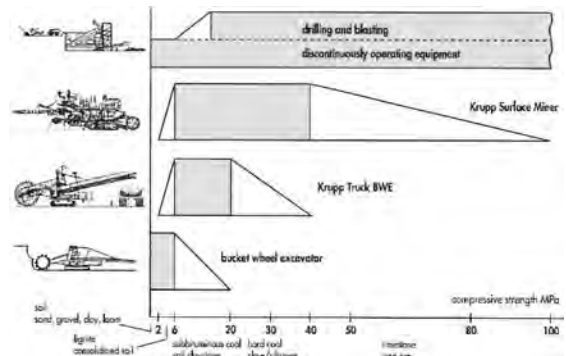


図-13 海外の大型連続掘削機の掘削性能

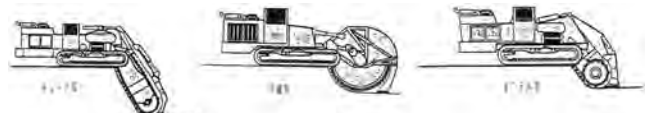


図-14 岩盤トレンチャの形式

また、参考として図-13に、海外の大型連続掘削機の能力を示す。図-14は米国や英国で生産されている岩盤トレンチャで、我が国にも輸入されている。

(2) 走行・運搬技術

現行大型搬土機械の経済的搬土距離を図-15に示す。走行機械の選定では、その他にトラフィカビリティや登坂力・降坂能力を考慮する。登坂力と降坂能力は図-16のような牽引力曲線とブレーキ性能曲線から求める。これは後述の走行シミュレーションでも利用する。

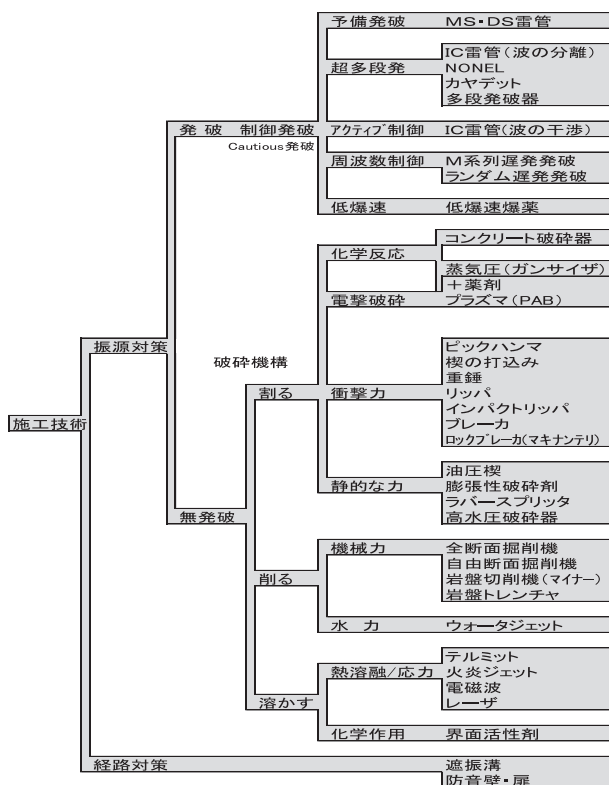


図-10 低公害掘削法の種類

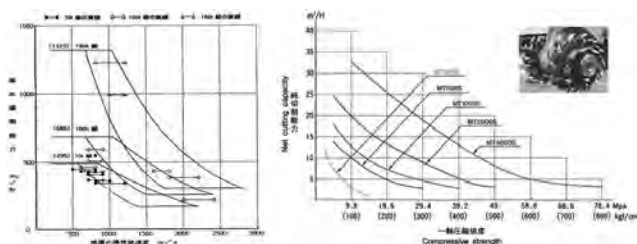


図-11 大型バックホウとツインヘッダの掘削能力

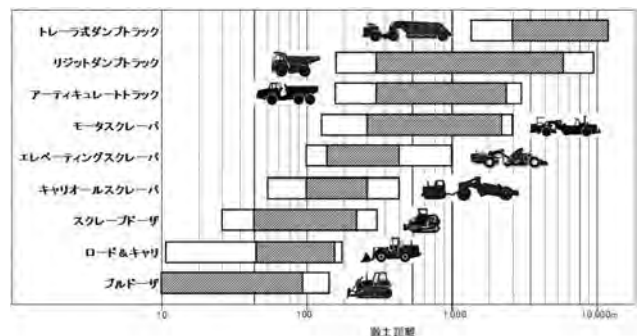
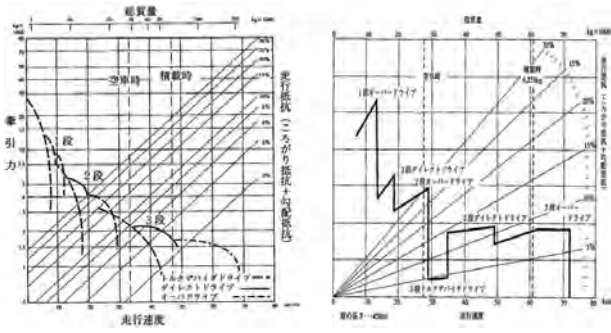


図-15 大型機の経済的搬土距離

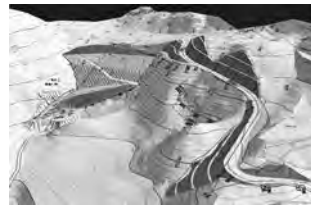


図一16 牽引力とブレーキ性能曲線

原石山等への登坂可能なパイロット道の取付け検討や運搬工事用道路の設計<sup>9)</sup>は、3D-CADで作図し、CG鳥瞰で表示する(図一17, 18)。また、切盛展開に合わせた取付道の検討にも利用できる。



図一17 パイロット取付検討



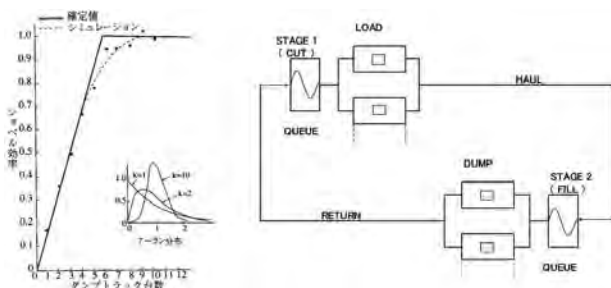
図一18 工事用道路設計の例

(a) 走行シミュレーション

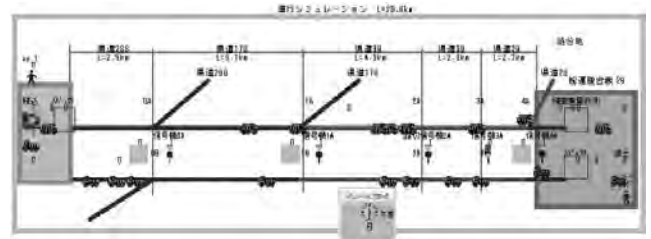
運搬機のサイクルタイムや作業量を高精度に求めるには、走行シミュレーションを利用する。図一16のような牽引力等を利用した走行シミュレーションは、CATやコマツ、土木研究所、山崎建設<sup>10)</sup>が開発して利用している。

(b) 待ち行列シミュレーション

複数台の運搬機を扱うシミュレーションでは、待ち行列型シミュレーションを行う。場内運搬では、積場と盛場の2ステージ循環型待ち行列(図一19)となるが、場外運搬の場合は交差点や離合箇所の待ち行列が問題となる(図一20)。



図一19 2ステージ循環型待ち行列型シミュレーション



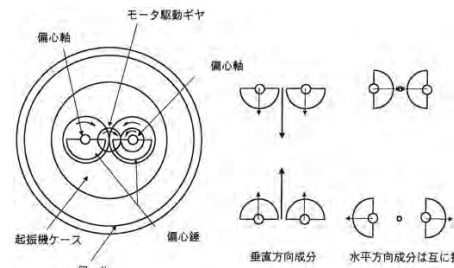
図一20 場外シミュレーション例

(c) 運搬管理と積載量

運行管理システムについては、従前、ノンストップ・トラックスケールや行先表示装置等が利用されたが、近年はGNSS運行管理が一般的となっている。また、積載量は内部センサ計測が高精度になり、積込機にもオプションが用意されている。

(3) 締固め

締固め機械では、従来の締固め機種に加え、2軸偏心垂直振動(図一21)やポリゴンドラム(写真一5)が生まれ、斜面用にクローラ駆動振動ローラ(写真一6)が造られている。そして、締固め法では新東名工事から厚層締固めが規定化され、近年は情報化施工による締固め回数管理や加速度応答法を用いた管理規定が利用されている。また、土木研究所では商品化されている機種の評価試験を実施している(本号掲載: 加速度応答システムの適用性評価)。



図一21 2軸偏心垂直振動機構



写真一5 ポリゴンドラム



写真一6 クローラ駆動振動ローラ

4. ICT 建機の現状

(1) 情報化施工

情報化施工は、設計図面(3D-CAD)と位置情報



(GNSS, TS) を付合せて、排土板やバケット等の作業装置を制御 (MC, MG) して施工する技術である (図-22)。出来形把握も可能で、出来形検査 (TS) にも利用されている。MG (マシン・ガイダンス) や MC (マシン・コントロール) を採用する工事が増え、レンタル機器も増えた。最近の機種では、MC バックホウ (本号掲載: 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, 本号掲載: 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) やシュースリップを検知してブレードコントロールを行うインテリジェントブルドーザが登場している。そして、脱着等の取扱が容易になったシステムも現れ、新しい機種への装着も試みられている。しかし、情報化施工機器はまだ高価なのが難点である。価格低下と簡便性の向上が待たれる。

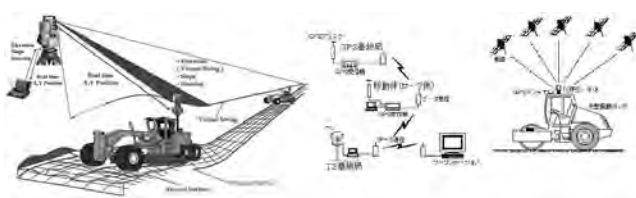


図-22 TSとGNSSの利用

### (2) 無人化施工 (遠隔操作)

無人化施工は、人が立入ると危険な地区で遠隔操作により施工を行う方法である。平成6年の雲仙普賢岳における試験施工から研究が始まり、移動体映像伝送や各種通信技術が発展した。目視遠隔操作の第1世代、モニタ映像操作の第2世代、情報化施工技術を併用した第3世代、CAN (Controller Area Network) とLANを接続したネットワーク型遠隔操作の第4世代へと進化している。

### (3) i-Construction



図-23 i-Construction 構想

昨年11月に国交省が、i-Construction 構想 (図-23) を上げた。UAV 写真測量技術を積極的に取り入れて、出来型管理を断面管理から面管理へ移行させる。そのために15もの新規の基準類や改訂を急速に整備し、情報化施工やCIM技術と統合して、一気呵成に情報化の加速を図ろうとしている。驚くほどのスピード感である。関連団体・企業等においてもi-Construction 対応への組織変更が矢継ぎ早に発表されている。

### (4) 業界の i-Con 対応

コマツはi-Construction に先んじて、スマートコンストラクション構想 (図-24) を発表し、UAV 測量やインテリジェント建機を活用したクラウドサービス (KomConnect) を開始していた。

クラウドサービスは、Trimble の VisionLink (写真-8) が先行していたが、国内の認知度は低かった。ここに来て、i-Construction 対応も絡んでCAT-Jpn と連携 (本号掲載: 「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: 図-25) 強化しての活動が活発化してきた。日立建機も VisionLink を利用するようだ。その他にLeicaが iCONect (本号掲載「i-Construction における重機 ICT コミュニケーション」) を用意している。

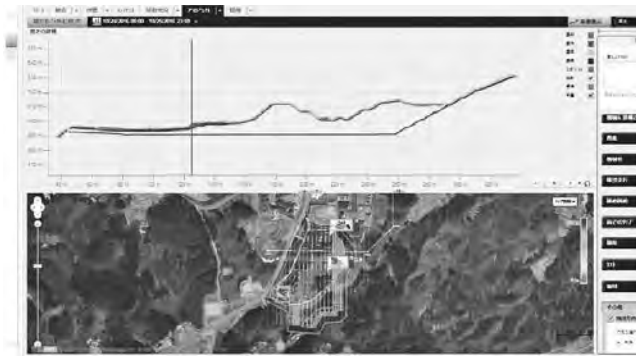


図-24 Smart-Construction





写真一七 サポートセンター



写真一八 VisionLink 画面

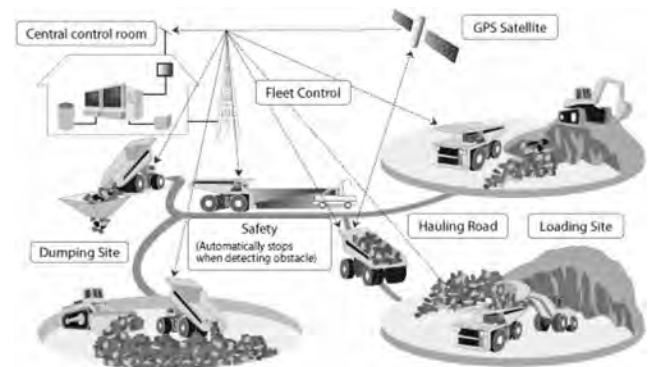


図一 25 Cat Connect

(5) AHS<sup>11), 12)</sup> (Autonomous Haulage System, 図一 26)

AHSの研究は、1976年の小松の電磁誘導から始まり、1990年に新CAT三菱開発のコーナキューブ位置補正の90tDTの日鉄鉱業/鳥形山鉱山への導入がある。1993年にはロボテック研究所がミリ波電波灯台方式<sup>14)</sup>の走行試験を行った。GPS方式では、1994年にCATがテキサスで試験走行を行い、MINExpo1996ではアリゾナからのデモ走行を中継した。KOMATSUは、1995年から豪州で930E-AT 4台によるテストを開始し、2004年にはチリCodelco社のRadomiro Tomic鉱山に投入(5台)した。2008年には、同社の新鉱山Gabriela MistralでAHSのみによる操業を開始し、現在18台が稼働している(写真一9)。自動化に熱心なRio Tinto社も2008年からWest Angelas鉱山に5台を試験導入し、その後、Yandicoogina, Nammuldi, Hope Downsの各鉱山で69台が稼働し、150台までの増車が計画されている。一方、ライバルのBHP-Billion社もMt.Keith(アリゾナ) Navajo(New Mexco), Jimbleba(豪州)の各鉱山にCATのAHSを導入し、

Rioと同じく150台までの増車を予定している。今日、Googleや自動車メーカ各社が争って開発中の自動運転技術は、DARPAのGrand Challenge 2004・2005, Urban Challenge(DUC)2007で基盤技術が生まれた。CATは、これらにスポンサ参加しており、MINExpo 2008ではDUC2007で優勝したCMUの車両を展示し、Autonomousをテーマとしていた。CATのAHSはLiDARを搭載しており、これらの技術を導入していると思われる(写真一10)。また、CATはFortescue社の豪州Solomon 鉱山にも納車しており、45台まで増車する予定である。日立建機も2013年から試験走行を豪州Stanwell社のMeandu 鉱山で始め(写真一11)、2017年の販売を目指している。



図一 26 Autonomous Haulage System



写真一九 コマツのAHS



写真一〇 CATのAHS



写真一一 日立建機のAHS



写真一二 ASIのAutonomous BD

(6) その他の自動化・ロボット化<sup>12), 13)</sup>

土工機械の作業装置系では、ブレードコントロールやバケットコントロールが古くから研究され、その成果が情報化施工や無人化施工に取入られている。

米ASI社は、AHSの他にバックホウ、ブルドーザではリッピングやスロットドーピング(写真一12)

等の自律化に取り組んでいる。我が国でも施工自動化の試みが始まった。鹿島建設のA<sup>4</sup>CSELでは、敷均ブルドーザと振動ローラの自動運転に取り組んでいて、ブルドーザはICT建機D61PXiを利用して自律化を図っている。また、プレカによる小割作業の自動化では、T-iROBO-Breaker（大成建設）が登場した。その他に大林組が汎用遠隔操縦装置を開発し、災害用地盤探查ロボットを開発中（本号掲載：土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦）である。

(7) フリート管理FMS<sup>11), 12)</sup>

FMS：Fleet Management Systemsは、海外露天掘り鉱山で利用されている建設機械群の管理システムで、Modular社（コマツ系）、CAT、Wenco（日立建機系）、Leica等が提供している。配車の最適化や意思決定支援に利用され、クラウドとAIを利用したビッグデータ処理の取り組みも始まっている。海外大型鉱山における建設機械は、維持修理費込みの販売契約（FMC：Full Maintenance Contract）を建機メーカーが行っている。このため機械の保全管理システムを含む稼働管理システムが必要となり、ソフトベンダを取込んで運用し、配車・フリート管理サービスへと拡張している。資源需要・価格の低迷の中で、鉱山各社は積極的にAHS導入とFMSの機能アップによる生産性と安全性の向上に取り組んでいる。日本でもi-Con絡みのクラウド経由で、類似サービスの一部が受けられるようになりつつある。

(8) 建機メーカーのグローバルアライアンス

建機メーカーの世界的合従連衡は留まることを知らない。Terexの鉱山部門を吸収したBucyrusをCATが買収し、ケーブルショベルや大型プラストホルドリル、地下鉱山機器を入手し、O&K系の超大型油圧ショベルとUnitRigの超大型電動ダンプも手に入れた。そして先頃、KomatsuがJoy Global社の買収を発表<sup>15)</sup>した。地下鉱山機器の他にP&Hのケーブル機と世界最大の40m<sup>3</sup>級ローダ（旧LeTourneau）が手に入る。2大建機メーカーが更に巨大化して、地上と地下のアースムービング機を支配することになった。参考として、ケーブル機とコマツPC8000（800t級油圧ショベル：左下）の大きさ比較を図-27に示す。

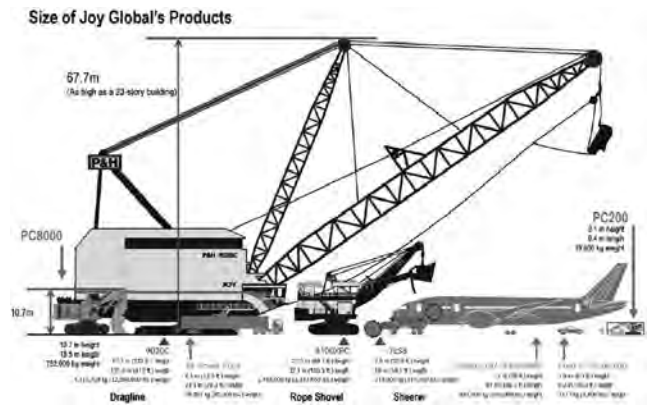


図-27 ケーブル機の大きさ比較<sup>15)</sup>

5. おわりに

デジタルアースムービングは、IT技術として土工計画で進めていたが、UAV空撮測量データやICT建機のセンサ情報がクラウド経由でリンクされ、施工管理へ拡張されつつある。近い将来、更なるIoTとビッグデータ利用に拡大し、他業界で話題のAI技術も建機や意思決定支援に応用<sup>12), 13)</sup>されていくだろう。本稿では土工技術全般についてももう少し言及したかったが、紙幅の関係で断念した項目が多い。次の機会に記したい。

JICMA

《参考文献》

- 1) 岡本, 専門工事業者による施工計画, 建設機械施工, '13.9
- 2) 岡本, 4章 土量配分計画, 環境土構造工学 (1), 電気書院, '06.4
- 3) 岡本, デジタルアースムービング, 建設の施工企画, '09.3
- 4) 岡本, デジタルアースムービングによる施工計画, 建設機械, '09.12
- 5) 岡本, 4D 土工管理のマルチコプタ運用, 建設機械施工, '14.4
- 6) 岡本, マルチコプタによる4D 土工管理, 建設機械, '15.1
- 7) 岡本・田中: 重機稼働アニメーションについて, 第17回土木情報シンポジウム講演集 1992.10
- 8) 岡本, 連載 土工機械の話 3~6, 月刊土木施工 2009.9~12
- 9) 岡本, 工用道路の設計と安全, 建設の施工企画, '08.7
- 10) 岡本, 大下: 搬土機械の走行シミュレーションにおける走行速度の合理的決定法, 第9回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集, 土木学会, 91.12
- 11) 岡本, 海外露天掘り鉱山の情報化施工, 建設機械, '09.11
- 12) 岡本, シンギュラリティ前夜の建設機械, 建設機械施工, '16.10
- 13) 岡本, 建設機械のシンギュラリティ, 建設機械施工, '15.12
- 14) 岡本, ミリ波を利用した遠隔監視制御システム, 建設ロボット・自動化便覧, 先端建設技術センター, 1995
- 15) 大橋徹二, ジョイ・グローバル社の買収について, '16.7

【筆者紹介】

岡本 直樹 (おかもと なおき)  
山崎建設 (株)  
技術顧問







# 海洋探査技術の現状

## 水中音響計測技術の応用例紹介

水野勝紀・浅田 昭

ソナー技術は、海底地形計測、水中通信、水産資源調査、海底資源探査などといった、海洋の幅広い分野で利用されており、近年では、水中構造物の劣化診断などにも用いられ始めているなど、技術の発展とともに新たな応用分野が開拓されつつある。本稿は、最新の研究事例を交えながらソナー技術の応用例を紹介し、建設工事の分野との技術交流を図ることを目的とする。

キーワード：ソナー、海洋鉱物資源探査、水中環境計測、水中構造物の劣化診断技術

### 1. はじめに

ソナー (SONAR: Sound navigation and ranging) は水中を伝搬する音波を用いて、物体を探索、探知、測距する装置である。水中音響計測技術は、光が届きにくい水中において必要不可欠な技術であり、各種超音波利用技術の原点ともいわれる。1912年に発生したタイタニック号沈没を契機として技術検討が開始され、その後の実験によって氷山や海底面を探知できることが示されて以来、様々な技術が開発されてきている。ソナーの方式としては、自ら音を発し、その反射音を利用するアクティブ方式と、自然界に存在する、或いは人工的に発生している音を利用するパッシブ方式がある。ソナー技術は、海底地形計測、水中通信、水産資源調査、海底資源探査などといった、海洋の幅広い分野で利用されており、近年では、水中構造物の劣化診断などにも用いられ始めているなど、技術の発展とともに新たな応用分野が開拓されつつある。本稿では、東京大学生産技術研究所海中観測実装工学研究センターで取り組んでいるソナー技術応用例を紹介する。

### 2. 最近の応用例

#### (1) 海洋鉱物資源広域探査

我が国周辺の海底には、海底熱水鉱床やコバルトリッチクラストなどと呼ばれる海洋鉱物資源が眠っており、この貴重な資源を有効に活用するためには、海底に多数存在する小域の海底熱水鉱床を突き止め、さらにその正確な賦存量を広範囲にわたって計測するた

めの技術が必要である。当センターでは、その熱水鉱床を広域で、且つ効率良く探査するための音響計測システムの開発及び、実用化を進めている<sup>1)</sup>。海洋調査においては、図-1に示すように、先ず、調査船に備えられている遠距離用のマルチビームソナー（海底地形の計測に適するソナー）を用いた概査が行われる。熱水鉱床の探査では、水深は500-3,000 m程度の海域が対象となり、水深や計測環境にも依るが、凡そ5-10 m程度の分解能を有するグリッド地形を取得する。また、その概査の結果を元に、Autonomous Underwater Vehicle (AUV) や Remotely Operated Vehicle (ROV) と呼ばれる海中ロボットや曳航体などの計測プラットフォームを投入した詳細な絞込み調査が実施される。ここでは、計測プラットフォームを海底近傍まで接近させ、近距離用のマルチビームソナーやサイドスキャンソナー（海底面における音の散乱強度を計測するソナー）、サブボトムプロファイ



図-1 海洋鉱物資源の探査戦略



イラー（海底下の層構造などを計測するソナー）などを用いて海底や海底下の詳細な情報を取得する。マルチビームソナーを用いた1m程度の分解能を有する詳細な海底地形計測やサイドスキャンソナーによって得られる海底面からの音の散乱強度を利用する底質分類手法の検討、サブボトムプロファイラーを利用した海底下の地層検出手法開発を進めている。また、当センターで開発したインターフェロメトリック合成開口ソナー<sup>2)</sup>を用いる場合には、10-25 cm程度の分解能を有する海底地形の取得も可能である（図-2）。最終的には、それら詳細な調査の結果から候補地を絞り込み、採泥・採岩などを実施し、その分析結果に基づいて熱水鉱床を特定することになる。以上の様に、広大な海の中から新しい資源域を探し出すには、幾つかの探査フェーズを経ることになるが、ソナー技術を駆使することによってそこまでの道りを単純化し、資源探査を効率化させることが可能となる。

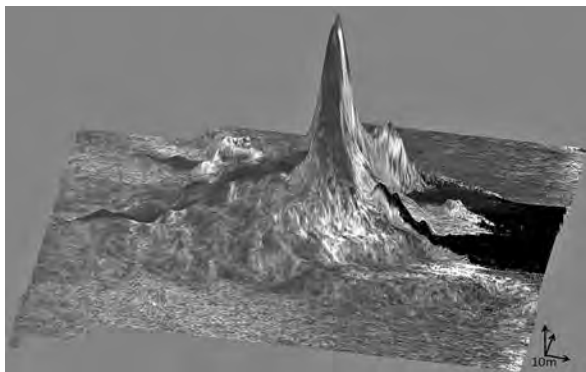
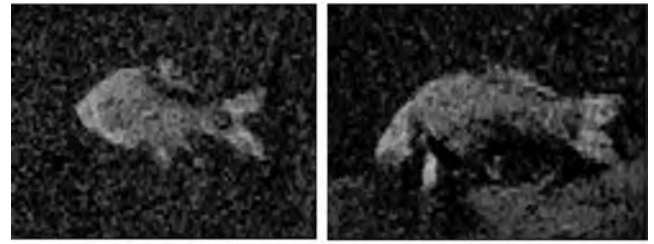


図-2 深海で発見した熱水鉱床マウンドの3次元音響画像

## (2) 水中環境計測

最新のソナー技術を応用して、生物多様性の維持、海洋資源利用に向けたアセスメント、地球温暖化の抑制など、環境保全、修復、改変を目的として、海、川、湖沼などの水域における環境変化・状態を計測するための新しい計測手法の開発を進めている。多くの研究機関や企業との連携研究でもあり、地域に密着し、それぞれの土地で生じている特有の課題の解決を目指している。上記(1)で用いられるソナーの多くでは数百kHz以下の周波数帯域の送波信号が用いられていたが、最近では1.1-3.0 MHz帯域を使用する「音響ビデオカメラ」と呼ばれるイメージングソナーが開発されており、その高い分解能を利用して、水中環境計測に応用され始めている。中心周波数3.0 MHzを送波信号に用いるタイプの音響ビデオカメラでは、ビーム数128本、レンジ分解能は3 mm-10 cmという高い分解能を実現しており、計測範囲は5-15 m程度



(a) ゲンゴロウブナ (b) コイ

図-3 魚類の音響画像例

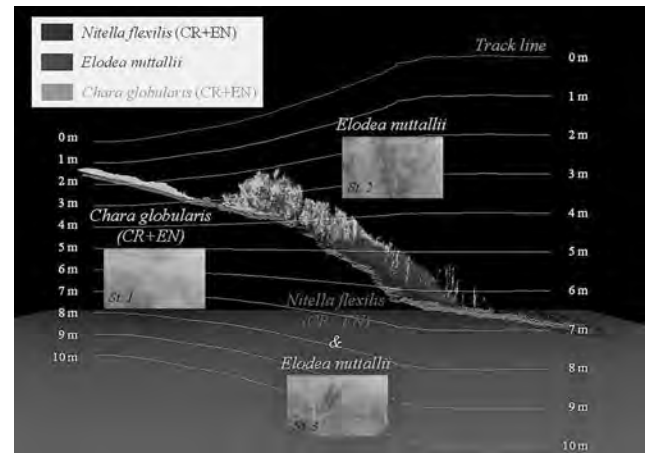
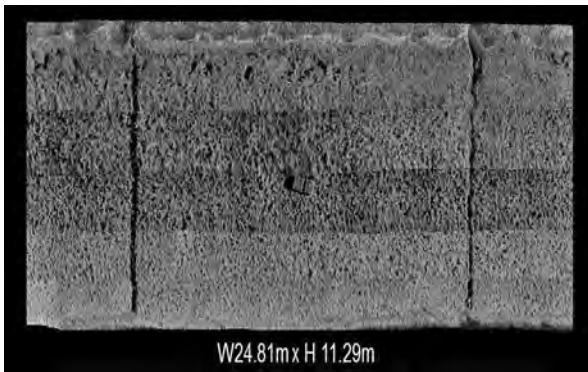


図-4 沈水植物群の3次元音響画像例

と短いものの、音響計測における課題の一つとされていた魚類や水生植物の識別をも可能とする新しいデバイスとして期待されている。図-3, 4に音響ビデオカメラを用いて取得した魚類の2次元音響画像や沈水植物群の3次元音響画像を示す。種毎の形状的な違いを確認することが出来る。また、画像内の濃淡は、対象からの音響散乱の強度を反映しており、対象の硬さなどの質的な情報も含んでいる。またこれらの取り組みは、地球環境をグローバルな視点から考えるために、東南アジア域の大学を中心とした国際的な連携体制の下で推進されている。発展途上の地域には豊かな自然が残されている一方で、急速な経済発展に伴う環境の劣化が懸念されている。しかしながら、それら地域の多くは環境影響評価技術を有していないケースも多く、当センターで培ってきた水中音響計測ノウハウを駆使しながら、国際的な技術協力を実施している。

## (3) 水中構造物の劣化診断技術の開発

平成19年度から、土木研究所寒地土木研究所と共同で実施している研究である。近年、社会資本の老朽化に関する問題が顕在化しており、国土交通省によると港湾施設においては、建設後50年を経過する岸壁が、2013年の約8%から2033年には約58%と急速に増加するため、今後一斉に補修や改修が必要となると



図一5 音響画像から再構築した岸壁のモザイク図

予想されている。また、その補修や改修時には、優先順位を決める必要が出てくると考えられる。そこで当センターでは、水中構造物の劣化診断技術の開発を目的として、音波を使って水中構造物の外部を詳細に計測する技術と構造物内部の状況を把握するための技術を研究開発してきた。図一5に音響ビデオカメラを用いて計測した岸壁表面のモザイク画像を示す。気泡などの影響で、視認や光学画像での確認が困難な、岸壁表面の凹凸などを把握することが出来る。また岸壁の内部状況を把握するために、パラメトリック送信技術を利用したソナー（パラメトリックソナー）を開発し、矢板やコンクリートの裏側に配置された対象物体の可視化にも成功している<sup>3)</sup>。本研究は、現在も継続的に進められており、港湾インフラの分野で大きく発展することが望まれている。

### 3. おわりに

上述した海洋探査技術は、濁水中の物体探知や水中作業時のリアルモニタリング、構造物内部の可視化などに適しており、使用方法によっては、建設工事の分野においても有力なツールになると考えられる。例えば、駅改良工事等の場所打ち杭施工時において、掘削途中に支障物が出現した場合、その支障物の位置や種類を正確に特定することにより、工事費増大・工期延伸のリスクを低減可能であると期待されるが、安定液

は濁度が高いため、視認及び光学カメラなどによる支障物探査は困難である。そのような場合、濁度の影響を比較的受けにくいソナーを応用した支障物探査技術が有効であると考えられ、技術検討も進められている。また最近では、沿岸域における建設工事にもソナー技術の応用検討が進められており、特に底泥の巻き上がりや気泡が発生する水中施工時の状況を音響映像としてリアルタイムにモニタリングすることで、作業の安全性や正確性の向上が期待されているなど、ソナー技術の新しい展開が垣間見え始めている。

以上のように、海洋の分野を中心に発展してきたソナー技術は、建設工事の分野にも様々な用途で応用可能であると考えられるため、異分野間における技術の交流が促進されるとともに、新たな技術課題から派生する新しい応用技術が生まれることを期待している。

JCMA

#### 【参考文献】

- 1) 水野勝紀, 他: 海底熱水鉱床の音響探査の最前線, 日本音響学会誌 解説, 72 (8), pp. 477-483, 2016.
- 2) Kojima, M. et. al., 3D Acoustic imagery generation by interferometric analysis of long baseline using Interferometric Real Aperture Sonar., Proceedings of OCEANS'15, INSPEC Accession Number: 15798943, 2015.
- 3) Kishi, N. et. al., Inspection Methods for Underwater Structures of Ports and Harbors., Proceedings of Underwater Technology 2015, in press.

#### 【筆者紹介】



水野 勝紀 (みずの かつのり)  
東京大学生産技術研究所  
海中観測実装工学研究センター  
特任助教



浅田 昭 (あさだ あきら)  
東京大学生産技術研究所  
海中観測実装工学研究センター  
教授

ずいそう

## 裁判員制度に参加して

田中 洋二



### 1. まさか裁判員になるとは

公判最終日、しーんと静まりかえった法廷の中「主文、被告人を懲役〇年に処する…」裁判員席で判決宣告を聞きながら、「うう～ん、さすが裁判長かっこいいな～」と感心しながら、我々建設業に携わる者なら誰でも味わってきた工事竣工時の達成感と似たような感慨もありました。

1年前に裁判員候補者名簿に登録されたとの通知がきた時には、まさか正式に裁判員に選任されることはないだろうとタカをくくっていたのですが、忘れた頃に裁判所から呼出状が来たので行ってみると30名強の候補者が集まっていました。その後、裁判所・検察官・弁護人の簡単な面接がありましたが、最終的に抽選で6名の裁判員に選任されてしまいました。(ただし検察官と弁護人には裁判所が選ぶ裁判員に対して、原則4名まで拒否できるそうです) 候補者名簿に登録される確率が0.2%、そして最終的に裁判員・補充裁判員に選任される確率が0.01% (全国で一年間に約8,000人) ですから、まさに宝くじの確率です。「どうせ当たるなら宝くじに当たってほしかったな～」と思うのは私だけではなかったと思います。もともと推理小説も法廷ドラマも好きでしたし、職務上法務関係の事柄には興味もありましたので裁判員は是非やってみたいとは思っていましたが、いざその立場になると「死刑の判決はな～」とか「被告が否認してたらな～」と重たい気持ちになっていましたが、幸い今回担当する事件は死刑か無期かというような凶悪事件でもなく、又被告人も起訴事実を認めていましたので安心して評議に臨むことが出来ました。

### 2. 公判と評議

さて、裁判員裁判では裁判長以下3名の裁判官と6名の裁判員で審理・評議を行うのですが、裁判員の構成は60代の私を筆頭に20代まで、男女比率もバランス良く構成されていました。裁判員選任中の裁判員の身分は裁判所の非常勤職員と同じで、裁判所出入り口での通門証も発行されましたし、館内のメニュー豊富

でお手頃価格の食堂も利用できます。

又、期間中の交通費も支給されますし、相当額の日当まで支給されましたので、待遇的には恵まれているのではないのでしょうか。

審理・評議に当たっては、裁判長以下プロの裁判官が懇切丁寧に説明指導しながら進めるのですが、最終的な評議の一票の重みは裁判官も裁判員も同じです。裁判員制度が施行されて7年になりますが、特に凶悪事件や性犯罪事件では、裁判員制度での裁判のほうが厳しい判決がでる傾向が多いそうです。

通常の刑事事件の公判は①冒頭手続(検察官が起訴状を読み上げ、それに対して被告人や弁護人の言い分を聞く)→②証拠調べ手続(具体的証拠の取り調べや証人尋問)→③弁論手続(検察官の論告求刑と弁護人の弁論)→④評議(裁判官の議論)→⑤判決宣告という手続を踏み、短くても一か月はかかるそうですが、裁判員裁判では裁判員の負担を少なくする為、裁判を始める前に、検察官・弁護人及び裁判所が公判前整理手続をして、事前に争点や証拠を絞り込み審理も集中して行えるので、公判の期間も5～6日程度です。私の場合も、月曜日に冒頭手続が始まり火曜日中には弁論手続が終わり、水・木・金曜日で裁判官と裁判員による評議、そして翌月曜日に判決宣告という短期間で終わりました。

今回の裁判は前述の通り被告人・弁護人が起訴事実を全て認めていましたので、三日間の評議は量刑(刑罰の程度)をどうするかが議論のほとんどでした。刑法〇〇条の〇〇罪における量刑の範囲は明記されていますが、どの罪状でもその幅はかなり大きく示されており、その範囲内であればどの程度の量刑にするかは裁判官と裁判員の評議に任されています。評議では、犯行の動機や計画性、手段や方法の悪質性、被害の大小と被害者感情、そして本人の反省の度合い等を鑑みながら、過去の似たような判例を参考にどの程度の量刑にするかを議論することになります。「同じような事例であれば、全国どこの裁判所でも、ほぼ同じような量刑がなされる必要がある」というのが司法の基本的な考えだと教えてもらいましたが、まさにその通りだと痛感しました。



### 3. 日常業務と比べてみて

裁判員には守秘義務があり、評議の内容や個人のプライバシーについては述べることは出来ませんが、裁判員として刑事事件に携わった中で、自分の日常業務と比較して感じたことがあります。まずひとつは、「我々はいつも事実に基づいた合理的判断をしているか」です。裁判所ではまず事実が何であるか、真実は何なのかを徹底的に追及しますが、我々は往往にして、そのことに手を抜いているのではないかと。日常生活はともかく、仕事でも「理よりも情」で判断していないか？ 時間的な制約もあるし、マンパワーの問題もあるから、時と場合によっては大ざっぱな認識での判断もやむを得ないが、重大な問題ではもっともっと腰を下ろして考えないといけなと思います。もうひとつは、「我々の会社には有効利用出来るデータベースがあるか」です。今回の量刑をどうするかの評議においては、裁判官より今回の犯罪と似たような過去の事例とその判決内容が10件ほど示され（どうもそのような検索システムがあるようです）、それと比べて我々の担当するこの事件はどうかを徹底的に議論しました。例えば、「A事例に比べて計画性は薄いな」、「被害の程度はB事例に近い」とか「そうかC事例の量刑が重いのは常習性があるからか」等、過去のデータと比較しながら議論して全員一致で結論をみたのですが、これだけのデータベースが整備されているのは素晴らしいことだなと感じました。我々は土木施工の会社ですが、新規工事の見積や施工計画に、過去に施工した似たような事例が反映されているのでしょうか。

私の所属する会社でしたら2～3千件の施工実績はあるはずですから、新規案件に酷似した施工済み工事は何件かあるのでしょうか、それが反映されていると

は思えません。どうも我々土木屋は現場の経験知を個人に蓄え、組織としての知識にするのが苦手なようです。それは何を導き出すためのデータを集積整理するのかという目的がはっきりしてないからではないでしょうか。裁判所は「同じような事例であれば、ほぼ同じような量刑を」という明確な目的があったから、膨大な裁判事例のデータベースを構築したのだと思います。

我々も目的をはっきりさせて（例えば「見積制度の向上」、「現場での不具合防止」、「好事例の水平展開」、「重機稼働率の向上」等）、その為にはどのデータが必要かという観点で取り組めば、意外と簡単にやれるかなと考えています。

### 4. 記憶に残る言葉

裁判員として実質6日間の経験でしたが、とてもいい経験をさせてもらったと思っています。「事実に基づいた合理的判断」とそれを補助するデータベース、言いかえると「インプット情報が同じなら、ほぼ同じアウトプットとなる仕組み」。凡人である我々は感情の左右する日常生活ではなかなかそうもいきませんが、少なくとも職業人としての仕事では大変参考になる言葉ではないでしょうか。昨今、裁判員制度の是非が議論されていますが、一般市民にとって実際の裁判がどのようになされているのか、どういう考えのもとに判決がなされているのかを知り、又それに参加するのはとても良いことではないかと思っています。是非皆さんも、もし裁判員候補になったら積極的に参加されたほうが良いと思います。

ずいそう

## 夢が渡る越佐海峡

池野 正志



夏になると沈んでしまいそうに人口が増える佐渡島。そこは日本海に浮かぶ面積 854.76 平方キロメートル、人口 58,000 人の島である。そこに生まれ 18 年間住んだのち海を渡り本土に住むこととなった。今は、母親の介護のため月に 2～3 回この海峡を渡る。この海峡を渡るたびに時々思うことがある。40 年以上前を思い出し当時は、貧困な農家に育ち、父親は体が弱く、不器用なためいつも私が学校から帰ると、故障した農機具の修理と農家の手伝いであった。田んぼの一部が加茂湖の淵にあり、ここで農作業をしていると佐渡汽船の汽笛が鳴り時を知らせてくれる（写真—1）。この汽笛が、唯一の休憩や食事時間を知らせてくれる。「一服せんかっちゃ」と母親の声が掛かると、俺も親父も一服にはいる。海の方を眺めるものの会話は少なかった。好奇心が旺盛な私はいつも海を眺めながら「海の向こうには何があるのだろう」「どんな世界があるのだろう」と思う日々が続いていた。唯一の情報は、集落の先輩で、本土で学校に通っている方や働いている方が盆や正月で帰省した時に色々な話を聞かせてくれる。この事が楽しくてしょうがない。「俺も海の向こうへ行きたいな～」と想像しながらいつも夢を描いた。



写真—1 ジェットフォイルすいせい

当時佐渡島から海を渡るとき、佐渡汽船ではお別れのテープを引き「達者でな～」「また帰ってこいよ」「元気でな～」「手紙くれよ～」などと大きな声で相手を送り出した（写真—2）。涙をこらえながら、テープ



写真—2 カーフェリー

がなくなるまで岸壁で手を振る。同年代であればこんな光景を体験し、見て来た人は数多いと思う。この船は人を運ぶと共にその人の夢や希望も運んでいる。

季節により乗客も異なる。冬はほとんどの乗客は島内外で働く人や病院に通う人たちだけで人数は少ないが、春から秋にかけては島の四季折々の自然を楽しむ観光客により乗客は増える。地殻変動によりもたらされた美しい光景や国際保護鳥「とき」、海底での大魚「こぶたい」との出会い、そして北緯 38 度線が通過しているため 1,700 種近い南北両系の植物の自生、そして山野草の群生を見るため佐渡島へ渡る観光客は多い。胸を弾ませいろんな自然や歴史との出会いを楽しみに夢を膨らませている。

佐渡には野生のシカやクマがいないため山も安心して歩けると、他では見ることが出来ないシラネアオイの群生や、推定 300 年の杉が生き続ける神秘的杉林もあるという。船の中で聞こえてくる会話は、「珍すい花いっぱい見さ行くべ」「金山さ行ってみっが」「お土産すこだま買っていくべ」等とどこかの方言が飛び交っている。観光を終え佐渡から帰る観光客は、満足そうな顔して、土産をいっぱい抱えている。お土産袋には名前こそ書いてないが、我が家の嫁にとか孫にとか行先は決まっているのだろう。これもまた、袋の中には次なる夢の切符が入っていることだろう。2 月～3 月は受験シーズンなのか学生や父兄同伴の乗客が多い。将来を夢見て受験に向かうのであろう。その後、昔は「桜咲く」や「越佐海峡波高し」の電報が飛んできたものだ。結果はともかくこれもこの海峡を渡る。



写真—3 願いを込めるのぼり

常に越佐海峡は色んなものを渡らせる。今の船なら5m位の高波でも往来はできる。2m程度なら高速船まで走る(写真—1)。最近船も大型化し高性能になったため「波高し」の言葉は通用しなくなったと思う。

新潟県と佐渡市は平成18年度から共同で佐渡金銀山の世界文化遺産登録推進事業に取り組み、平成22年10月に我が国の世界遺産暫定一覧表への追加記載が了承された。その後世界文化遺産登録に向けて新潟県も佐渡市も取り組んでいるが、登録には至っていない(写真—3)。最近、また世界遺産の登録を審査するユネスコ(国連教育科学文化機構)は年1回の審査で扱う件数の上限を45件から25件に減らす検討に入ったとの事である。登録に向け関係者は努力を積み重ねているが、佐渡金銀山の世界遺産登録はなぜか遠くに感じられる。今まで、多くの人の夢が渡ってきた越佐海峡、今度の夢もどうか渡ってきてほしいと願う船の上である。

—いけの まさし (株)興和 代表取締役社長—



# 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

鈴木 健之

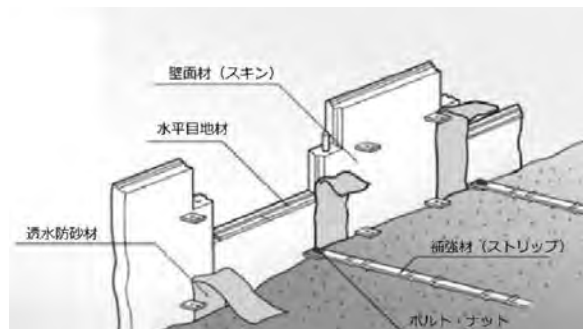
## 1. はじめに

帯鋼補強土壁は、1964年にフランス国内で道路盛土において採用されたのを皮切りに世界中に普及し、2013年現在においては世界で4620万m<sup>2</sup>の帯鋼補強土壁が構築されている。一方、日本国内への導入は1972年に旧日本道路公団において、高速道路盛土で初めて採用され、国内では、これまでに950万m<sup>2</sup>を超える帯鋼補強土壁が構築されている<sup>1)</sup>。

本報告では、当研究所の敷地内において実物大のコンクリートパネルを用いた補強土壁を施工(写真—1参照)し、各種検証を行った新技術である帯状ジオシンセティックス補強土壁と帯鋼補強土壁工法の設計・施工方法について報告を行うものである。



写真—1 当研究所の敷地内における補強土壁



図—1 帯鋼補強土壁の構造

## 2. 帯状ジオシンセティックス補強土壁の概要

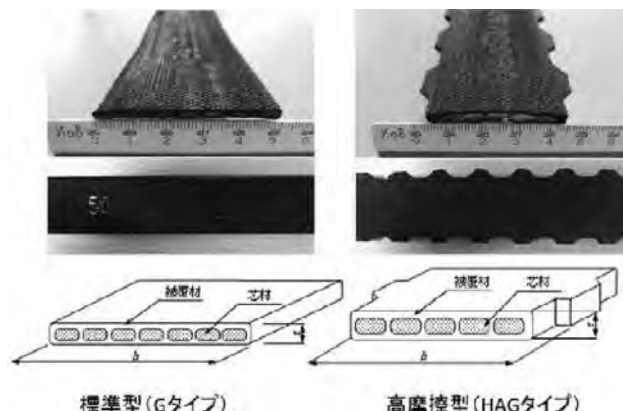
帯鋼補強土壁とは、鉛直の壁面を構成している壁面材(スキン)とその背面の盛土中に鋼製の補強材(ストリップ)を層状に敷設した構造である(図—1参照)。

帯鋼補強土壁は鉛直の壁面を構成しているスキンとストリップを敷設した補強領域から成り立っており、帯鋼補強土壁の安定性は、ストリップが敷設された砂質の盛土内の応力状態が主応力状態に近づき、不安定になろうとしている壁面付近の主働領域をそれ以外の抵抗領域における引抜き抵抗(ストリップと盛土材の摩擦抵抗)によって引き止めることによって保たれている。

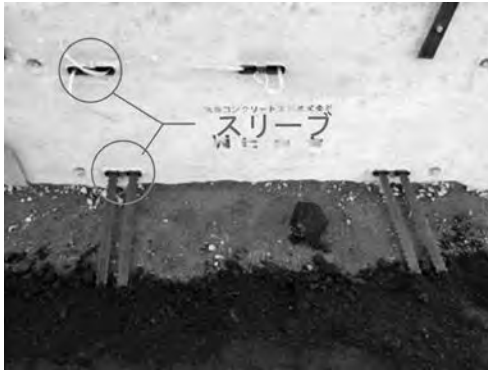
帯状ジオシンセティックス補強土壁は、厳しい腐食環境下においても補強土壁が施工できるように、一般的な帯鋼補強土壁工法で使用される鋼製補強材(ストリップ)の代わりに、写真—2に示す帯状ジオシンセティックスを補強材として用いる工法であり、帯鋼補強土壁と補強材以外の構造に変わりはないが、補強材の素材特性により設計手法は異なる。

また、施工に際して壁面材の初期変位を抑制するためにトレンチ等を構築し、張力を与えることも帯状ジオシンセティックス補強土壁の特徴である。

さらに、構造特性として一般的な補強土壁では壁面材と補強材とをボルトなどを用いて接合するが、帯状ジオシンセティックス補強土壁ではあらかじめ壁面内に設置されたスリーブに帯状ジオシンセティックス補強材を通し接合するジョイントレス構造となっている(写真—3参照)。



写真—2 帯状ジオシンセティックス補強材



写真一3 帯状ジオシンセティックス補強土壁の補強材取付け状況

### 3. 帯状ジオシンセティックス補強土壁の概要施工手順

帯鋼補強土壁の施工手順は、「壁面材の組立」、「補強材の取付」、「盛土材のまき出し、敷均し」、「盛土材の締固め」を所定の高さまで繰り返す工法である。一方、ジオシンセティックス補強土壁では、補強材を設置する際に、補強材先端より100 cmの位置に、幅50 cm、深さ10 cmの溝堀（トレンチ）掘削を行うことで、盛土材の敷均し、締固めの際に補強材に引張力が加わり、これにより施工時の初期変位を抑制する効果が得られる（図一2）。

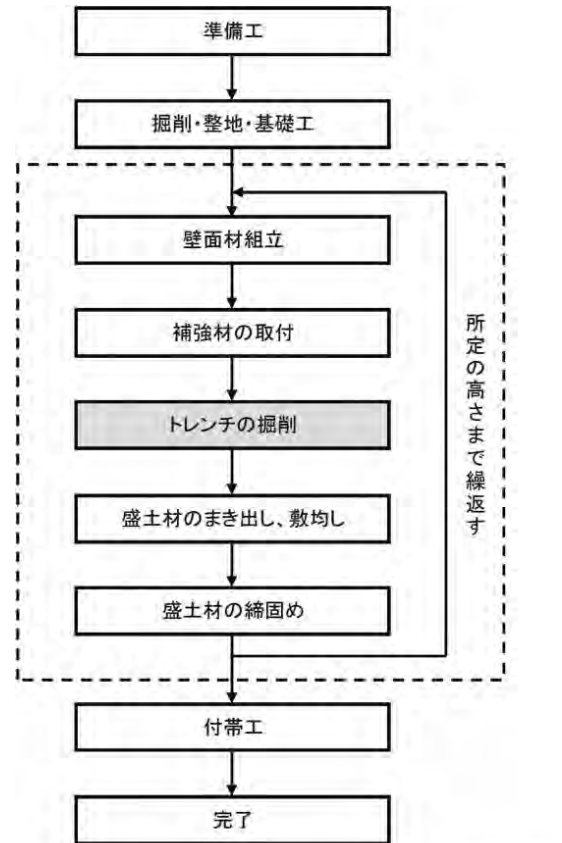
また、それぞれの作業に使用する一般的な建設機械が表一1に示す通りである。一般的な帯鋼補強土壁工と帯状ジオシンセティックス補強土壁で使用する機械の違いは、補強材を設置する際のバックホウのみであり、他の作業においては、帯鋼補強土壁工と同様である。

### 4. 帯状ジオシンセティックス補強土壁の特徴

補強材として帯状ジオシンセティックスを用いることにより、下記の事項が従来工法よりも優位であると考えられる。

#### ①高腐食環境下での耐久性の確保

従来工法では、様々な対策を行わなければ施工できなかった沿岸部など特に厳しい腐食環境下において、帯状ジオシンセティックス補強材を用いることで、鏽



※破線部が補強土壁の作業内容  
※ハッチング部が帯状ジオシンセティックス補強土壁専用の作業内容

図一2 帯状ジオシンセティックス補強土壁の施工手順

等の問題が発生しない。また、セメント（石灰）改良土やコンクリート再生材を含む広範囲の土壤環境に適合する。

#### ②施工時の省力化、安全性の向上

帯状ジオシンセティックス補強材は、鋼製補強材に比べて柔らかく軽量で、金属製の突起物がないので、作業の安全性が向上する。なお、鋼製補強材の単位長さ当たりの重量は、2.02 kg/mであり、帯状ジオシンセティックス補強材は、0.137 kg/mである。このことから、運搬時の環境負荷低減効果も期待できる。

#### ③経済性の向上

従来工法で使用されている鋼製補強材では、腐食環境下における追加対策が必要であったが、新技術は追加対策が不要であるため、経済性の向上を見込むことが可能となる。

表一1 帯鋼補強土壁工との使用機械の比較

作業内容	一般的な帯鋼補強土壁工における建設機械	帯状ジオシンセティックス補強土壁における建設機械
壁面材組立	ラフテレーンクレーン、バックホウ	ラフテレーンクレーン、バックホウ
補強材の取付	(人力)	バックホウ
盛土材のまき出し、敷均し	ブルドーザ、バックホウ	ブルドーザ、バックホウ
盛土材の締固め	振動ローラ	振動ローラ

## 5. おわりに

帯状ジオシンセティックス補強土壁の実物大試験体を作成することで、施工方法の検討や各種計測を行ったが、現在は、その実物大試験体を使用して、帯状ジオシンセティックス補強土壁における補強材と土との付着強度試験や壁面の挙動特性に関する確認を定期的に行うことで、壁面の安定性評価を行っている。

JICMA

### 《参考資料》

- 1) 一般財団法人 土木研究センター, 補強土(テールアルメ)壁工法設計・施工マニュアル 第4回改訂版, 平成26年8月

### 【筆者紹介】

鈴木 健之(すずき たけゆき)  
(一社)日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所 研究第一部  
主任研究員





## 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

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)

## 第3章 プラントの大型化

1957年 (昭和32年) 国土開発縦貫自動車道建設法  
公布  
高速自動車道国道法公布

日本建設機械要覧

1957年 (昭和32年) アスファルト舗装機械概説  
抜粋

## ◎アスファルトプラントの大型化

混合した合材が均等質を保持するためには、一練当りの混合容量の増大とともに混合性能の大きいプラントが必要となって来ている。この要求に沿ってプラントは次第に大型、高性能化する傾向にあり、コンティニューアス式のものも使用され始めている。

…最近、道路工事が脚光を浴び、工事規模も増大化し、施工技術も高度のものが要求されるようになるとともに、欧米の新しいプラントの導入もあり、アスファルトプラントは進歩し大型化される気運にある。

ドライヤ：2～3t/hのものから25t/h位までのものがある

バーナ：圧縮空気、蒸気、低圧プロア等で重油を噴出燃焼させるもの

ミキサ：パグミル型 150kg/B～500kg/B程度  
(毎分60～80回転)

ダストコレクト：プラント操業の際に生ずるダストを集める集塵装置で、最近ではほとんどのプラントにもこの装置をつけるようになった

東京工機製 1,500yd<sup>2</sup>アスファルトプラント組立状況  
阿蘇登山道路 15.3km 工事に使用 (能力 15～20t/h)

愛岐道路 多治見市～守山市間舗装工事に使用  
(公団発注の第2号工事 工事延長 11,763m  
舗装面積 76,732m<sup>2</sup>)

アスファルト単価 昭和32年当時 23,000円/t  
(以前 17,000円/t)

松下工業(株)

1日10時間の作業において、それぞれ5cm厚のシートアスファルト1,500yd<sup>2</sup>、1,000yd<sup>2</sup>、800yd<sup>2</sup>、600yd<sup>2</sup>、400yd<sup>2</sup>または200yd<sup>2</sup>の舗装に要する合材を生産。  
大別して600yd<sup>2</sup>型以上は定置式、400yd<sup>2</sup>型以下



写真3-1 東京工機製 1,500yd<sup>2</sup>アスファルトプラント  
『東亜道路工業六十年史』(東亜道路工業(株))



写真 3-2 1,600 yd<sup>2</sup> アスファルトプラント  
 『株渡辺組 五十年の歩み』(株渡辺組)

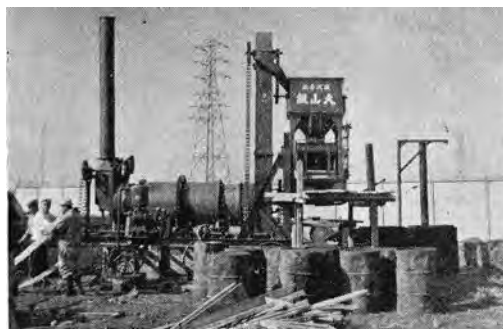


写真 3-4 400 yd<sup>2</sup> 型アスファルトプラント



写真 3-5 田中铁工製 600 yd<sup>2</sup> アスファルトプラント長崎県庁へ納入  
 (建設機械産業のあゆみ：日本建設機械工業会 20 年史)

は可搬式。

乾燥機：径 760 mm より 1,480 mm

長さ 2,450 mm より 5,000 mm

頑強な溝形鋼製台枠上に設置

燃焼装置：ロータリブローア低圧送風重油バーナ吹込式

計量器：骨材分配用として 200 ~ 500 kg 台秤を設置  
 必要に応じ、アスファルトおよび石粉計量用として自動鍵秤を附する場合もある

混合機：一練り 100 kg 単軸式のものより 500 kg 双軸式のものまである (パッグミルミキサ)

要覧記載メーカー全 5 社, 上記記載以外業者名  
 三栄興業(株), 松村工業事務所, 丸善鉄工所

**1958 年 (昭和 33 年) 名神高速道路山科工事起工  
 道路整備緊急措置法施工**

日本工具製作(株) (現：日工(株))

アスファルトプラント試作機 完成

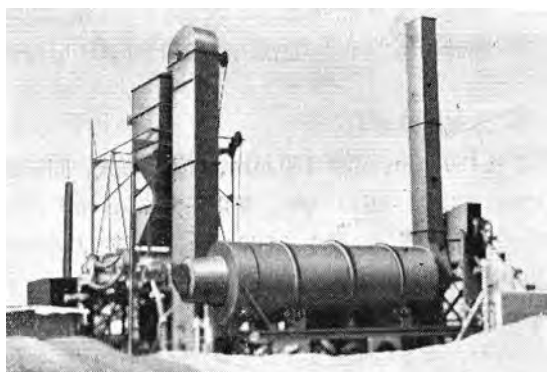


写真 3-3 800 yd<sup>2</sup> アスファルトプラント

建設の機械化 1958 年 10 月号 アスファルト・プラントの問題点 抜粋 (日本舗道(株) 今田元氏氏)

ここ 2 ~ 3 年来アスファルト舗装機械に対する近代化という問題が、施工技術の向上の一環として大きく取上げられ、特に最近では各方面において急を要する問題となって来ている。

わが国における建設機械の発達はここ数年来長足の進歩を遂げたことは、関係者の等しく認めるところであって、開発のテーマが出されるたびごとにその工事に使用される建設機械が導入され、あるいは製造され、それが建設の相当広い分野にわたって掘げられて来たものである。

すなわち農地の開発、電源開発、河川改修、港湾改修などおよそ国内の大規模な工事には新式の建設機械が性能を競っている状態である。このような環境にありながら、ひとりアスファルト舗装機械が近代化の点で立遅れていると云われる原因は、種々考えられるが、何と云っても従来の舗装工事の規模が小さかったことが第 1 の原因として考えられるであろう。

… (中略) 筆者はこの機会にまだ国内では標準化されていないと思われるアスファルト・プラントについてこれからの発達の動向を展望しながら、今後の問題点についてふれて見たいと思う。

## I. プラントのタイプの問題

- (1) 示された粒度配合が容易に得られるものであること。
- (2) 材料の温度調節が容易に行われること。
- (3) 混合が完全であって、均一な合材が得られること。  
… (中略)

## II. 乾燥加熱装置の問題

- (1) 内容積が小さくて所要の乾燥加熱が行われること。
- (2) 燃焼加熱によりドライヤ外壁の変形損耗が少ないこと。
- (3) ダストや未燃焼のばい煙が出ないこと。
- (4) 骨材の滞留時間が短くて所要の乾燥加熱状態が得られること。  
… (中略) ドライヤの長さは燃焼の状況と骨材の滞留時間からそう極端に短くはできない。  
ドライヤを熱交換器として見ると、カウンター・フロー型に属するものである。実際使用上問題となる点は、骨材の含水量であって、加熱温度に相当の影響を与えることは既に知られているとおりである。

### II-2. バーナおよび燃焼装置について

現在使用されているバーナは空気噴霧式重油バーナであって、これに低圧式と高圧式とがある。低圧、高圧の別は微粒化に使用する空気の圧力によって一般には区分されていて低圧は大略  $1 \text{ kg/cm}^2$  以下のものをいい、高圧は  $5 \sim 7 \text{ kg/cm}^2$  のものを云う。  
… (中略)

### II-3. ダストコレクタについて

# 80 通過程度の微粒回収のために、ダストコレクタが設けられている。ダストコレクタとしてはサイクロン型式が現在採用されている。… (中略) 一般的には小型のプラントにはシングルのもので、大型のプラントにはダブルクロンマルチクロンが使用されているようである。

… (中略) アスファルト・プラントを市街地の付近で使用する場合はばい煙の問題はかなりやっかいとなってくる。従って小型高性能のものが出現が望まれる。

## III. グラジュエーション・ユニットの問題

### III-1. ふるい分けについて

- … (中略) アスファルト・プラントの振動ふるいの特徴としては、
- (1) 小型高性能のものが必要であること。
  - (2) ふるい分けられる骨材の種類が多いこと。  
… (中略) 振動ふるいにおける振動の形体や振動数の問題は今後もっとくわしく解明したいものの1つである。

### III-2. 計量装置について

… (中略) ただどの程度の自動化がアプライされるかという問題が残る。… (中略) はかりそのものの誤差のほかには人為的な誤差も入ってくるので、ゲートの開閉の操作は極力容易なものとする必要が生じてくる。

### III-3. ミキサについて

現在使用されているものは殆どが、2軸バクミルであって、

… (中略) また材料の供給方法を改善して、混合性能をあげて行くことや、爪の数、角度等を研究して行くことが必要であろうと思われる。

## IV. アスファルト計量装置について

… (中略) 従って現在では重量計量のものと同容積計量のものでいずれも使用されている。… (中略) 取扱が便利で、計量が正確な装置の出現が望まれる。

## V. あとがき

… (中略) しかし工場の設備やダムのプラントのように生産能力も生産規模も大きいものであれば、理想的な構造や配置がとられるであろうが、道路舗装用のプラントは、3~6ヶ月ごとに移動を要するのが現状であるので、これらの点をどの程度取捨選択して行くかが考え方の基本となると思う。以上述べたほかに、今後研究もしくは改良して行かなければならないものとしては

- (1) 流量の調整が容易で、構造が簡単なフィーダ。
- (2) バケットエレベータと簡単な安全装置。
- (3) ドライヤ、ホットエレベータなどの回転部分に使用する高温グリース。
- (4) 骨材の温度や流量などの標示装置。
- (5) 石粉の簡易な運搬方法。
- (6) 分解および組立に便利な塔屋。  
などがあげられる。… (以下略)

## 1959年(昭和34年) 首都高速道路公団発足

### メートル法実施

日本工具製作(株) アスファルトプラント1号機完成  
(京都 玉井組に納入 現 玉井建設(株))

### 新型機械の導入と開発

プラントについては、高度成長下の昭和31年、米国バーバークリーン社よりコンテナス型  $40 \text{ ton/h}$  を導入したのをはじめとし、34年に同社のバッチ型  $60 \text{ ton/h}$ 、続いて36年にはコンテナス型  $100 \text{ ton/h}$  の導入をはたしたが、さらに37年にはヨーロッパに目を向け、西独ウイバウ社のバッチ型  $40 \text{ ton/h}$  の導入に踏み切った。当時、これらの大型プラントを普及させることができるような状況ではなかったが、新型



装備から学ぶところが数多く、低圧バーナ、レシプロフィーダ、振動ふるい、ただちに当社の一般工用プラントに取り入れられ、B/G型20tプラントとして普及をみた。その後2、3年を経ずして国産プラントにもこの方式が採用され、さらにアスファルトの間接加熱装置、自動計量装置、サイクロン等を装備した大型プラントの国産化へと続いた。

『日本舗道五十年史』

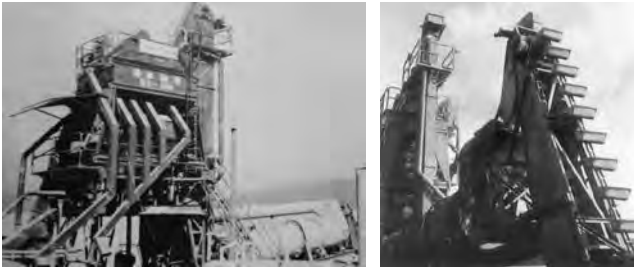


写真3-6 バーバークリーン社製 892型(日本舗道株)  
バッチタイプ 60 ton/h 名神高速 京都山科工区

### ○ 892型バッチタワーの仕様及び特徴

本機の主な仕様

#### (1) 892型バッチタワー

ふるい分け装置：3・1/2 デッキ水平振動ふるい  
骨材貯蔵槽：碎石用－3種類 砂用－1個 容量  
指示装置およびオーバーフローシュート付  
計量槽：骨材用－4種 フィラー用－1個  
容量 砂用－680 kg 碎石用－各450 kg  
フィラー用－225 kg 自動計量装置付  
混合装置：2軸式パグミル 容量－900 kg  
アスファルト計量装置：容量－約186 kg  
Transfer pump および Spray pump 計量装置付  
ホットエレベータ・コールドエレベータ：各1組

#### (2) 852型ダストコレクタ

動力装置：作業時 100 p.s.  
ディーゼルエンジン付（ドライヤも駆動）  
排気集じん装置：サイクロン式のダストコレクタ  
および排気機を含む。  
またドライヤ用ブロワを備えている。

本機の主な特徴

#### (1) 材料の計量方法について

20t級以下のプラントでは骨材の計量は累加計量であるため混合時間が伸びることは避けられない。各個に独立した計量装置を備えて同時計量を行うことが理想的であるが、全体を極度にコンパクトにする必要上、同時計量を行うことは困難とされていたがこの点を見事に解決して、独自の計量方式を採用している。

#### (2) ミキサについて

軸方向の長さを短くし回転方向の混合を主眼とした点特色がある。

(建設の機械化：1959年12月号 日本舗道株 今田元氏氏)

#### 1960年(昭和35年)

昭和35年現在 高野建設の所有するプラントは大型中型合わせて13基 その最大のもの1時間当り80ton～100tonの混合物製造能力を有し その運搬にはダンプカー15台～30台を休みなく使用 舗装はフィニッシャーによる機械化一貫流れ作業を行なっている  
『高野建設 風雪30年』



写真3-7 拜島瀝青混合所 バーバークリーン 80～100 ton/h(株高野建設)

回転する巨大なドライヤーと新しき構想による極めて能率的なミキサを有し、一切が自動的に調整された新型機

ドライヤー：シングルドラム 径7呎 長20呎  
ボイラー 40hp 3基  
ミキサ パグミル連続式  
フェルトタンク 15,000立(リットル)  
瀝青混合物製造能力 80～100 ton/H

日本工具製作(株)

建設省の指導により、電子管操作式アスファルトプラント1号機完成

近畿地方建設局大阪国道工事事務所、姫路工事事務所に納入

## 部 会 報 告

# 平成 28 年度夏季現場見学会 福岡県伊良原ダム建設工事，大分県の大分川ダム建設工事

建設業部会

## 1. はじめに

建設業部会では，平成 28 年度夏季現場見学会を 2016 年 9 月 6 日に福岡県の伊良原ダム建設工事，9 月 7 日に大分県の大分川ダム建設（一期）工事において実施した。

参加者は事務局を含め 16 名であった。

## 2. 工事概要

### (1) 伊良原ダム建設工事

伊良原ダムは，祓川水系祓川の福岡県京都郡みやこ町犀川下伊良原地先に多目的ダムとして建設するもので祓川総合開発の一環をなすものである。

ダムの目的は，洪水調節，水道用水の供給および川の水量の安定化である。

発注者：福岡県 伊良原ダム建設事務

施工者：大成建設・フジタ・岡本土木特定建設工事  
共同企業体

ダム諸元：

型式	重力式コンクリートダム
堤高	81.3 m
堤頂長	295.0 m
堤体積	419,000 m <sup>3</sup>
総貯水容量	28,700,000 m <sup>3</sup>
有効貯水容量	27,500,000 m <sup>3</sup>

### (2) 大分川ダム建設（一期）工事

大分川ダムは，大分川水系七瀬川の上流約 21 km の位置にある，大分県大分市大字下原地先に多目的ダムとして建設するもので，大分川の総合開発の一環をなすものである。

ダムの目的は洪水調節，流水の正常な機能の維持，水道用水の取水である。

発注者：国土交通省 九州地方整備局 大分川ダム  
工事事務所

施工者：鹿島・竹中土木・三井住友特定建設工事共  
同企業体

ダム諸元：

型式	中央コア型ロックフィルダム
堤高	91.6 m
堤頂長	496.2 m
堤体積	3,800,000 m <sup>3</sup>
総貯水容量	24,000,000 m <sup>3</sup>
有効貯水容量	22,400,000 m <sup>3</sup>

## 3. 現場見学

### (1) 伊良原ダム建設工事

現場見学にあたり，事務所の会議室で工事概要の説明を受けた。

現場は大きく 4 箇所（原石山，骨材製造設備，コンクリート製造設備，ダム堤体）に分かれており，原石山を除いた 3 箇所を見学した（写真—1～5）。

まずは骨材製造設備を見学した。原石山から重ダンプで運搬された原石を，破碎・篩分けて，3 種類の粗骨材（G1：80-40 mm，G2：40-20 mm，G3：20-5 mm）と細骨材を（砂：5 mm 以下）を製造する。製造能力は約 180 m<sup>3</sup>/h である。製砂設備では騒音発生抑制のため，ボールミルを使用していた。

次にコンクリート製造設備を見学した。ミキサーは 2 軸強制練 3.0 m<sup>3</sup> × 2 基で 180 m<sup>3</sup>/h の能力がある。製造されたコンクリートはトランスファーカーでコンクリートバケットまで運搬し，ケーブルクレーンで堤体上まで運搬する。

最後に堤体を見学した。残念ながらこの日は日中の打設が終了していたため，コンクリートの打設状況を見学することはできなかった。



写真—1 ボールミル



写真一 2 骨材製造設備



写真一 3 5.0m<sup>3</sup> コンクリートバケット



写真一 4 右岸から左岸を望む



写真一 6 上流から下流を望む



写真一 5 上流から下流を望む



写真一 7 左岸から右岸を望む

内部コンクリートにはセメントが少ないゼロラン  
プコンクリートをブルドーザで 25 cm × 4 層敷均し、  
振動ローラで締固めて 1 m とする合理化工法である  
RCD 工法が採用されている。

### (2) 大分川ダム建設（一期）工事

現場見学にあたり、事務所の会議室で工事概要の中  
でも、今回の見学会では、おもに ICT を活用した事  
例について説明を受けた。

まずは、見学ステージより現場を全貌した（写真一  
6、7）。

次に堤体を見学した。ここでは振動ローラを自動化  
し、タブレット端末で 2 台の振動ローラが自動運転で  
施工されていた（写真一 8）。今回は見学できなかつ  
たが、撒き出しのブルドーザも自動運転での施工が行  
なわれている。

また、ゾーン境界の施工においても、マシンガイダ  
ンスを用いた施工が行われていた。

また、ドローンを用いた写真測量を毎月実施し、進  
捗管理および出来高管理を実施している。

次にバッチャープラントおよび洪水吐を見学した  
（写真一 9）。洪水吐工は昼夜 24 時間体制で施工され





写真一八 振動ローラ自動運転



写真一九 洪水吐構築

ている。騒音対策として、バッチャープラントを防音ハウスで囲っていた。また、暑中コンクリート対策として、液体窒素を用いて、コンクリートの練り上がり温度を低下させている。

#### 4. おわりに

##### 謝 辞

最後に、大変お忙しい中、今回の見学会にご協力頂きました。伊良原ダム建設工事の大成建設・フジタ・岡本土木特定建設工事共同企業体、大分川ダム建設(一期)工事の鹿島・竹中土木・三井住友特定建設工事共同企業体、ならびに現場に御同行いただきました国土交通省九州地方整備局大分川ダム工事事務所の建設監督官様らには、厚く御礼申し上げます。

JCM A

##### [筆者紹介]

森方 浩順 (もりかた ひろゆき)  
西松建設(株)  
九州支店 土木計画課

## 部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野)  
2015年9月フランス・パリ市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)

植田 洋一 (コベルコ建機)

2015年9月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野 改正, SC 1 及び SC 2 の連結作業グループ) 会議がフランス国パリ市で開催され, 協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した植田氏の報告を紹介する。

- 1 開催日: 平成 27 年 9 月 28 日～29 日
- 2 開催地: フランス国パリ市 国立安全研究所 (INRS)
- 3 出席者: 29 名 (WebEx 参加 6 名含む)

米国 (ANSI) 7 名, フランス (AFNOR) 7 名, 英国 (BSI) 5 名, ドイツ (DIN) 2 名, イタリア (UNI) 1 名, スウェーデン (SIS) 2 名, チェコ (UNMZ) 1 名, 日本 (JISC) 4 名

## 4 会議概要:

## ●運転員の視野に関する各種動向の報告 (2 件)

- 1) ISO/TC127/SC1 総会 (@米国 Lahaina) における Resolution 2 の報告 (コンビナー報告)

◆注記 a) 2014 年の Ronneby 総会で合意された Resolution 1 No.282/2014 の確認。

◆注記 b) ISO/CS の依頼により, 改訂を Amendment ではなく Revision とする。

◆決議: 2015/9/28-29 の WG 5 の WG 会合の議題を ADCO Task Force の 5 点要求にもとづく WG 5 N 61 改訂案の改善に絞る。特に, 地上にいる人間に近接して使われる small sized machines (油圧ショベル, ホイールローダ, スキッドステアローダ, フロントマウントスキッドダンプ) の RB での対象物高さについて検討をする。

◆決議: WG 5 のコンビナーは DIS 案文を SC 1 Secretary までに送付すること。

◆決議: CD 投票をスキップして, 直接に DIS 投票に進むこと。

- 2) ADCO Task Force の代表による 2015 年 9 月の提案 (コンビナー報告)

◆ ADCO Task Force とは, 欧州域内の各国の規

制当局 (例: イギリスの HSE) が意見をまとめて, 欧州委員会に諮問する活動。

- ◆ RB 境界での視覚を評価するための対象物高さの変更 (表—1, 斜体字は提案済)。

表—1

Machine Type	Front	LH Side	RH side	Rear
Loader<10 ton	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Skid Steer Loader<6 ton	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Excavator<6 ton	1.0 m	1.0m	1.0m	1.0m
Backhoe Loader<??ton (not yet fixed)	<i>1.2 m</i>	1.2 m	1.2 m	<i>1.2 m</i>
Front Mounted dumpers<3 ton	1.2 m	<i>1.2 m</i>	<i>1.2 m</i>	<i>1.2 m</i>
Articulated trucks<10 ton	1.2 m	1.2 m	1.2 m	<i>1.2 m</i>

- 3) 今回の WG で決定が必要な項目
  1. Revision を説明するための文章を Introduction に入れる (追加要)。
  2. Table 1 の何を変えるかを決定すること。Table 1 を Original version とするか, Full revision で変えるか。Eye spacing をマスキング領域に応じて変えるか。直接視界を優先する。Table 1 と Table 2 での資料区分の整理。
  3. Table 2 の Criteria の何を変えるか。
  4. 可動する作業機と視覚補助装置のマスキングについての改善。

## ●規格案文 Doc N 61 に対する論議

- 1) CEN/TC 151/WG1 での EU 委員会の警告を解消するための計画の説明 (イギリス報告)

◆ CEN で Ad hoc team が形成され, 英国専門家が委員長に就任した。CEN の inquiry は 2016 年 3 月 26 日以前に終了する。

◆現在は 3 つの Solution の選択肢を考えている。

1. ISO が予定された日程で発行される場合: ISO 5006 改訂規格を EN 474-1 に引用する。
2. DIS 投票が予定された日程で採択される場合: ISO/DIS を EN 474-1 に引用する。
3. 上記が不調の時には ISO/DIS 5006 の全文を EN 474-1 の附属書として追加する。

- ◆ CEN Ad-Hoc は 2015 年 10 月に開催し、その結果は WG メンバーに連絡する。
- 2) Table 1 について、これまでの WG で議論してきたセクター F も含めて、今回の改訂では改訂しないことになった。  
Table 1 は次回の Full Revision で見直すことになった。  
但し、3 月の ADCO Task Force で視界性向上を報告済のため、欧州当局が Table 1 を見直しなしで承認するか不透明なため、DIS 案文での確認が必要と思われる。
- 3) Table 2 について、ADCO の提案をベースに質量の上限を Table 1 に合わせる事となった。作業現場での人間を巻き込む事故の大半を占める small size (and medium size) machine を含めることを重視したため、対象物各機種内の質量区分は Table 1 とは整合していない。
- 4) Table 2 については表—2 のとおりとなった。
- 5) 7.3 項のミラーの要求事項の件で、RB での目標物高さとして 1.0 m, 1.2 m が新たに追加となったので、この注記を追加する。
- 6) ミラーの位置は、Doc N 70 でも Doc N 61 のまま (7.2 項で変化なし)。
- 7) 油圧ショベルの右側遮蔽部の視界確保は、Doc

N 70 では Doc N 61 から下記のように変更された。

8.3.3.5

If visibility aids are required, excavators shall be evaluated with the linkage in a travel position as per Figure A.3 for at the rectangular boundary. Wheeled excavators may be evaluated at an alternative travel position that is the manufacturer’s specified road travel position.

Starting with the linkage in the travel position, the boom shall be manipulated through a range of motion that keeps the bucket above ground level.

- Either a computer simulation using the eye spacing of 405 mm with the light bar perpendicular to the visibility aid (s) being evaluated.
- or with an operator in the seat with the eye point at the same height as the FPCP. The operator shall be allowed to move to simulate the 405 eye-spacing.
- to determine if visibility aids for the side of the machine opposite from the operator (e.g. on the other side of a moving linkage from the side the operator is on) are masked.

When maskings are created due to a lack of

表—2

Machine Type	Mass	Front	LH Side	RH side	Rear
Loader	$m < 10t$	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Loader	$10 t \leq m < 30 t$	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.2 m
Skid steer loader	All - wheeled and crawler	1.2 m	1.2 m 1.5 m in RB as shown in Figure A.9	1.2 m 1.5 m in RB as shown in Figure A.9	1.2 m 1.5 m in RB as shown in Figure A.9
Dozer	$m < 18 t$	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.2 m
Excavators	$m < 6 t$	1.0 m	1.0 m	1.2 m	1.0 m
Excavators	$6 t \leq m < 40 t$	1.2 m	1.2m	1.2m	1.2 m
Backhoe Loaders	$m < 15 t$	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Rigid Frame Dumpers		1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Dumper (Front Body)	$m < 3 t$ $3 t \leq m < 10 t$	1.2 m 1.2 m	1.2 m 1.5 m	1.2 m 1.5 m	1.2 m 1.2 m
Articulated frame dumpers	$m < 10 t$	1.2 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Articulated frame dumpers	$10 t \leq m < 50 t$	1.5 m	1.5 m	1.5 m	1.2 m
Graders	$m < 15 t$	1.5 m	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Soil and Landfill Compactors	$m < 10 t$ $10 t \leq m < 35 t$	1.2 m 1.5 m	1.2 m 1.5 m	1.2 m 1.5 m	1.2 m 1.2m
Rollers	$m < 10 t$ $10 t \leq m$	1.0 m 1.2 m	1.0 m 1.2 m	1.0 m 1.2 m	1.0 m 1.2 m



indirection vision (because of an obstructed view in the direction of a mirror under specific position of boom), then the direct visibility must be ensured in the direction of the maskings. If it is technically not possible due to the size of the machinery, the following requirements shall apply:

If there are 2 visibility aids on the opposite side to cover the side of the RB at no time shall both be masked.

If there is only 1 visibility aid to cover the opposite side of the RB, it shall not be masked by linkage motion.

Mirrors used exclusively for road travel (e.g. for ISO 14401 and typically on Wheeled excavators) may be masked by linkage motion provided that they are not masked in the specified travel position of the linkage.

●今後の検討案件

今回採用されなかった案件は Full Revision で検討される。

5 今後の日程：

- 改訂案文を修正して editorial change 確認のために WG メンバーに送付⇒ Doc N 70  
技術的な内容はこの時には変更しない。
- ISO/TC 127/SC1 に改訂案文を送付。
- PL は DIS 案文を登録後に掲示する。
- DIS の投票は 5 ヶ月を予定する。内訳は案文のフランス語への翻訳が 2 ヶ月 (waiting time)。実際の投票が 3 ヶ月。
- 見直した議事録と PL のコメントを記入したコメント集を掲示する⇒ Doc N 69, Doc N 71
- Full Revision の第 1 回 WG 会議開催予定 (12 月@ロンドン)  
想定される対象項目は下記のとおり。
  - ① RB (1m) と 12m Circle との間の視界性の規定
  - ② Large Machine の取扱い
  - ③ Dynamic Motion (作業機の連続的な動き) の取扱い
  - ④ Table 1 の改訂
  - ⑤機種毎の移動速度を考慮した規定
  - ⑥視界性に関連した ISO 5006/ISO 16001/ISO 14401 の連携

## 部 会 報 告

# ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野) 2015年12月英国・ロンドン市国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)  
植田 洋一 (コベルコ建機)

2015年12月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野 全面改正, SC 1 及び SC 2 の連結作業グループ) 会議が英国ロンドン市で開催され, 前回9月に引き続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した植田氏の報告を紹介する。

- 1 開催日: 平成 27 年 12 月 10 日～11 日
- 2 開催地: 英国ロンドン市 英国規格協会 (BSI)
- 3 出席者: 25 名 (WebEx 参加 4 名含む)  
米国 (ANSI) 6 名, フランス (AFNOR) 3 名, 英国 (BSI) 7 名, ドイツ (DIN) 4 名, イタリア (UNI) 1 名, スウェーデン (SIS) 1 名, 日本 (JISC) 3 名
- 4 会議概要:

### ● Amendment (小改正) の進捗状況の報告

- 1) 投票用に FDIS (Doc N 72) が発行された。
    - ◆ 2016 年 4 月 4 日に投票が終わる予定である。
    - ◆ ADCO の 2015 年 12 月 2 日の会合での意見としては DIS の案文には賛成で, EU 委員会でも反対は無いであろうと考えている。
- ⇒このままの内容で EN 474 規格に取り入れられる見込み (プラン B)。

### ● 今回の全面改正に対する論議

- 1) 過去の議論の振り返り
  - ◆ 2009 年に議論を始めた。最初は対象範囲が狭かったが, 次第に拡大した。

その後に EU 委員会の警告があり, 2014 年 6 月以降 5 点要求に絞った小改正作業が進み, 全面改正はその後進めることとなった。
- 2) 今回の全面改正の目的
  - ◆ 過去実施した議論で取り込みできていない項目の取込みを行い, 新しい技術の採用も考えていく。
- 3) 今回の全面改正にあたって, ブレーンストーミング (BS) を実施。
  - ◆ 前回 (2015 年 9 月) の会合で提案された対象項

目と, 今回 BS で追加した項目は下記のとおり。

- ① 1 mRB と 12 mVTC との間の視界性の規定  
⇒どこにいるものを見るか? 試験かシミュレーションか? 視認性マップは規定に入るか?
- ② Large Machine の取扱い  
⇒イギリス HSL (国立研究所) の研究の紹介。大型リジッドダンプの走行を想定したテストエリアの検討 (図-1)。  
⇒この研究も参照していく。
- ③ 静的評価に動的評価を追加
  1. Dynamic Motion (連続的な動き) の取扱い  
⇒油圧ショベルの旋回作業/走行, アーティキュレート機種のステアリング走行, リジッドダンプのステアリング走行等を検討する。
  2. 機種毎の移動速度を考慮した規定  
⇒機械の形状, サイズ, 車速, オペレータの反応速度を仮定して, 評価エリアサイズを決める。
- ④ Table 1 の改正  
⇒目の間隔を人間工学に基づき見直す。具体的な値の検討は今後。
- ⑤ 視界に関連した ISO 5006/ISO 16001/ISO 14401 の連携  
[日本側のプレゼン資料]  
⇒総論として, 今後も連携することは賛成。

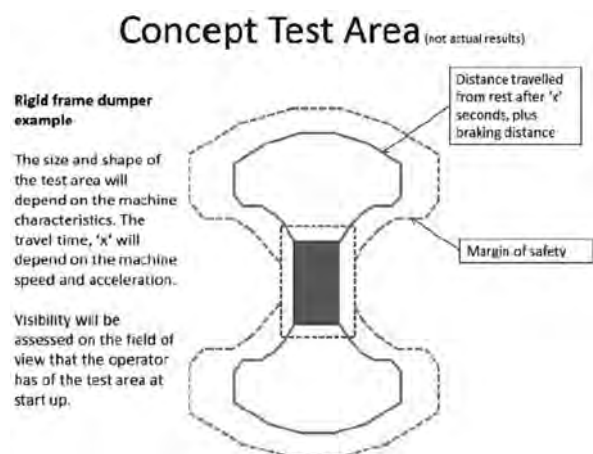


図-1 リジッドダンプの走行を想定したテストエリア

## ◆今回 BS で追加した項目

- ⑥ 360° View の可能性（英国 HSE の研究紹介：カメラ 4 台設置）

⇒意図は賛成。ただし、建機はアーティキュレートや揺動する機種（ローダやダンプ等）があり、動きがリジッドフレームの機械より複雑なので、画像処理が難しいだろうとの見解。

## ⑦評価方法

⇒シミュレーションで評価 OK としても、実測可能な評価とするべき。

- ⑧より多くの情報をオペレータへ提供

⇒視界補助装置の調整方法、清掃方法、残留リスク

- ⑨ ISO 5006 を Part 1 (Procedure and definition) と Part 2 (Requirement) に分けてはどうか？

- ⑩直接視界に関する規程の明確化

- ⑪セクター F をセクター A と同じ寸法に

- ⑫視界補助装置をたくさん付けた場合に、オペレータの負担が増えないか？

- ⑬ 1mRB をより機械に近づけてはどうか？

- ⑭試験体高さをどれにするか？（0 m, 1 m, 1.2 m）

- ⑮試験方法をシンプルに簡単に検証できること

- ⑯ ISO 5006 を満足する製造者が決めた最大アタッチメントの情報をユーザに提供しては？

## 5 今後の日程：

## ●今後の会議の予定

- 1) 2016 年 4 月 6 日～8 日に JTLM（国際建機工技術連絡会議）がドイツにて開催されるのに合わせて、4 月 6 日に小改正の投票コメントの対応検討 WG を開催する予定。

## ●次回のフル改正の WG の予定

- 1) 2016 年 6 月 22 日～24 日開催予定。場所はドイツかフランスかイギリス。





## 部 会 報 告

# ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野) 2015年5月フランス・パリ市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家 (Expert)

高山 剛 (日立建機)

2015年5月に国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127 (土工機械) 傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 5 (ISO 5006 土工機械—運転員の視野 改正, SC 1 及び SC 2 の連結作業グループ) 会議がフランス国パリ市で開催され, 協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家 (Expert) として出席した高山氏の報告を紹介する。

- 1 開催日: 平成 27 年 5 月 26 日～27 日
- 2 開催地: フランス国パリ市 国立安全研究所 (INRS)
- 3 出席者 (敬称略): 26 名 (WebEx 参加 1 名含む)  
米国 (ANSI) 6 名, フランス (AFNOR) 6 名, 英国 (BSI) 3 名, ドイツ (DIN) 2 名, イタリア (UNI) 1 名, スウェーデン (SIS) 2 名, ベルギー (NBN) 1 名, チェコ (UNMZ) 1 名, スイス (SNV) 1 名, 日本 (JISC) 3 名

#### 4 会議概要:

##### ●運転員の視野に関する各種動向の報告 (3 件)

- 1) ADCO Task Force の 2015 年 3 月 10～12 日の会議報告 (フランス報告)

◆ ADCO Task Force とは, 欧州域内の各国の規制当局 (例: イギリスの HSE) が意見をまとめて, 欧州委員会に諮問する活動。

##### ◆ 3 月の決定事項

- ・ Task Force は Amendment の draft の内容には賛同した。
- ・ 直接視界を優先する。
- ・ 既存機に対しても視界性向上の対応をしたい意向がある。
- ・ 視界性マップについては, 今回は提案しない。
- ・ 10 月に次回の Task Force 会議を予定している。

- 2) イギリス HSE による視界性ガイドラインの公布 (イギリス報告)

◆ HSE の HP に情報あり。: <http://www.hse.gov.uk/safetybulletins/earth-moving-machinery.htm>

◆ 2015 年 5 月 18 日に公布された。

◆ 視界性マップが含まれる。

◆ 欧州域内全体には強制力はない。

- 3) 英国建設施工会社による 360° カメラシステムの要求

◆ 同社の HP に情報あり:

<http://www.skanska.co.uk/cdn-1d08c00f37dc4a1/Global/OU/Cementation/Images/7%20Bentley%20Works/360%20camera.pdf>

<http://www.skanska.co.uk/360>

◆ 同社の英国拠点, 自身の現場で使用する建設機械に対して, 360° カメラシステムを要求することを決定。

##### ●規格案文 Doc N 61 に対する各国意見リスト Doc N 64 (Doc N 63 にイタリア意見追加) の確認及び採用

- 1) ややもすれば 5 点要求以外に話が波及しがちだったが, 「時間的制約があるため今回の Amendment は 5 点要求に絞るべき」との主張が最終的に採用された。

- 2) 7.1.2 の「視覚補助装置が可動物で遮られないこと」について, 前回会議では「ショベルは 2 姿勢で評価する (但し姿勢は未決定)」だったが, 最終的には姿勢は決めずに, 「バケットが地上より上の全ての範囲」となった。要約は下記の通り。

・ まず, 図 A.3 のメーカーが決めた走行姿勢にて, 12 m 視界円及び 1 mRB を評価する。

・ 直接視界が不可能な場合は, 視界補助装置 (ミラーやカメラ等) を備えること。

・ バケットが地上より上の全ての範囲で, ブームを操作した時に 1 mRB 用の視界補助装置の全てが同時にブームで遮られないようにしなければならない (対応例: ミラー 2 個装備)。

・ 視界補助装置での 1 mRB 評価の Eye space は 405 mm とする。

- 3) Table 1 について, 今回の Amendment では改訂しないことになった。

前回の「Sector F は全形状とも eye space = 205 mm とし, マスキング「300」とする」等は, 次回の Full Revision で見直すことになった。

但し、3月のADCO Task Forceで視界性向上を報告済のため、欧州当局がTable 1を見直しなしで承認するか不透明なため、DIS案文での確認が必要と思われる。

- 4) 7.3のミラー性能要求については、具体的な議論はなかったが、5点要求以外の要求のため、DIS案文で元の文章（ミラー曲率の要求）に戻っているかを確認する。
- 5) Table 2について、機械質量の上限をtable 1に合わせる。各機種内の質量区分もTable 1に合わせるべきとの意見もあったため、DIS案文での確認が必要と思われる。
- 6) Table 2について、表中の文言をなくし、サイドは一つの値とシンプルにした（表—1）。

●今後の検討案件

セクターF内に、セクターAと類似の狭い範囲F1を設けること（資料Doc N 44）を、次回のFull Revision時に検討される可能性あり。

5 今後の日程：

- 投票のためのDIS案文準備
- 今回の議事録とDIS案文をPLがメンバーに送付
- DIS案文に対する投票を実施
- DIS案文に対するコメントの受領
- DISコメントに対するWG会議（12月@英国ロンドン BSI, Gunnersbury）
- 案文をISO本部へ提出  
（\*「顕著な技術的なコメント」が無いとの前提でFDISはスキップを予定する）
- ISO事務局へ、2016年2月5日までの公布を要求する。EN474-1の改訂（+A5）に間に合わせる（Plan A）。間に合わない場合は要求文をEN474-1の附属書に入れ込むことになる（Plan B）。
- Full Revisionの第1回WG会議開催予定（9月@パリ）

※今回のAmendmentは、公布までに1回の投票しかない非常にリスクのあるプランであるが、EN474の改訂に合わせるべく推進する（PL談）。

表—1

Machine Type	Front	Left&Right side	Rear
Wheel Loader <8 ton	1.2 m	1.5 m	1.2 m
Wheel Loader 8<m<30 ton	1.5 m	1.5 m	1.2 m
Dozer <10 ton	1.5 m	1.5 m	1.2 m
Dozer 10 ton<m<18 ton	1.5 m	1.5 m	1.2 m
Wheel Excavator <20 ton	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Wheel Excavator 20<m<25 ton	1.2 m	1.5 m	1.2 m
Crawler Excavator <20 ton	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Crawler Excavator 20<m<40 ton	1.2 m	1.5 m	1.2 m
Backhoe loader <15 ton	1.2 m	?	1.2 m
Rigid-frame dumper <50 ton	1.2 m	1.2 m	1.2 m
Articulated-frame dumper <50 ton	1.5 m	?	1.2 m
Graders <15 ton	1.5 m	1.2 m	1.2 m
Soil and Landfill Compactors <10 ton	1.2 m	?	1.2 m
Soil and Landfill Compactors 10<m<35 ton	1.5 m	?	1.2 m
Rollers <25 ton	1.2 m	1.5 m	1.2 m





新工法紹介

04-371	<b>山岳トンネル 安全対策・省エネ制御システム 「TUNNEL EYE」</b>	(株)銭高組 (株)イー・アイ・ソル 株流機エンジニアリング
--------	---	--------------------------------------

▶ 概 要

山岳トンネル工事では、入坑者の入坑状況把握や、作業環境改善等の安全管理の充実が求められる。また、トンネル掘削作業のために多くの電気機器が利用されているが、工事の安全を確保できる範囲でエネルギー消費量を削減することが望まれる。

本システム「TUNNEL EYE」は、IoT（モノのインターネット）の仕組みを用いて、入坑者の位置情報や作業環境濃度を計測するセンサーと、現場の施工機械や電気機器をインターネットでつなぎ、電気機器（工事照明や換気装置等）を作業に適した状態に自動制御することで、安全管理の向上と省エネルギー化を両立させたものである（図-1）。

当システムを「高松自動車道 志度トンネル工事」（施工：銭高組）で試験的に導入し、その実用性を確認した。

▶ 特 徴

RFID タグを用いた入坑者位置や工事車両の運行管理と、作業環境濃度をリアルタイムに計測する技術、また、使用電力量の計測や、濃度計のデータを利用した換気ファンの出力制御を行うシステムを連動させていることが特徴である。例えば、入坑管理情報と施工機械（電気機器）の稼働情報（電流値）を用いて、サーバーで作業工程を分析・判断し、工事照明や換気装置を作業に適した状態に自動制御する（特許出願中）。また、作業環境濃度の情報に応じて、換気装置の風量を自動制御で変更し、換気の実確性を高める。各種の情報は Web 画面で全て閲覧できるため、入坑管理や坑内作業環境等の安全管理情報と省エネルギー化のための使用電力量の把握や、デマンド監視等を一元管理することができる（図-2）。以下に、本システムの機能を示す。

(1) 安全管理の向上

① アクティブ RFID タグで坑内作業の情報管理

- ・ 入坑位置・行動履歴把握（100m 毎のリーダー）
- ・ 工事車両（大型ダンプ、生コン車等）の運行把握

② 作業環境濃度のリアルタイム監視

- ・ 温度、湿度、CO<sub>2</sub>、CO、O<sub>2</sub>、CH<sub>4</sub>、粉塵、風速等
- ・ 濃度上昇時の警報メール、パトライト通知

(2) 省エネルギー化

① 換気装置の自動制御（例）

- ・ 作業工程判断により、粉塵発生作業前に風量を高め、粉塵

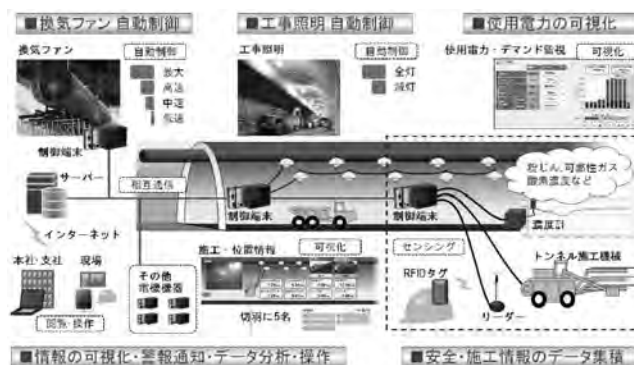


図-1 システムの概要



図-2 閲覧画面の一例（左：メイン画面、右：デマンド監視）

発生が少ない作業の場合は風量を低く自動制御

- ・ 作業工程判断に加え、作業環境濃度（各種ガス、粉塵等）の設定値（閾値）により、換気装置の風量を自動制御

② 工事照明の自動制御（例）

- ・ 作業工程判断により、ずり出し中等の大型ダンプの往来が多い場合は、照度を向上する自動制御
- ・ 作業が少ない場合は、通路照度 20ルクス（最暗部）を確保できる程度に間引きで節電する自動制御

③ デマンド監視

主要な電気機器の使用電力量をそれぞれ計測し、30分の最大需用電力（デマンド値）を予測する。上限設定値（閾値）を超える場合には、警報メールで通知。

▶ 用 途

- ・ 山岳トンネル（NATM）工事

▶ 問合せ先

(株)銭高組 技術本部 技術研究所  
 〒 102-8678 東京都千代田区一番町 31 TEL：03-5210-2440  
 (株)イー・アイ・ソル  
 〒 108-0014 東京都港区芝 5-33-7 TEL：03-6722-5040  
 (株)流機エンジニアリング  
 〒 108-0073 東京都港区三田 3-4-2 TEL：03-3452-7400

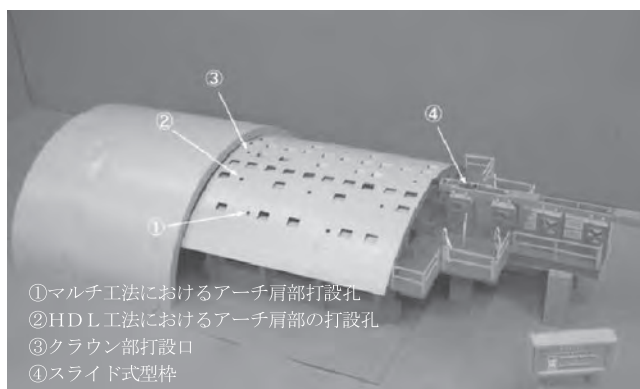
## 新工法紹介

04-372	HDL (Crowning High Dense Lining System) 工法 (クラウン部密充填ライニングシステム)	前田建設工業
--------	---	--------

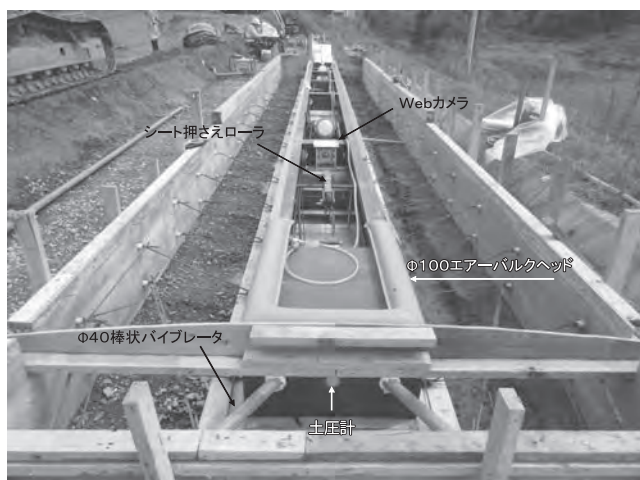
### 概要

当社はこれまで、覆工コンクリートの品質及び耐久性の向上を実現すべく技術開発に取り組み、覆工マルチ工法を開発している。当工法は多くの施工実績を積み重ねるとともに、コンクリートの品質、耐久性向上の効果も確認している。

そして、さらなる品質向上をめざし、天端の充填圧アップと平準化および充填状況の可視化を可能にする工法、クラウン部密充填ライニングシステム（略称:HDL工法）を開発した（写真一1）。HDL工法は天端部に多機能型スライド式型枠を設置し（写真二2, 3）、増設した7ヶ所の打設口から天端部コンクリートを密充填圧入する工法で、天端に打設口を増設して圧入高さを低くすることで、充填圧入の効果が発揮しやすくなる。



写真一1 HDL工法全体図（模型）



写真二2 スライド式型枠全景（実証実験時）



写真三 スライド式型枠先端部の圧力計とバイブレータ

覆工マルチ工法とHDL工法を組合せる事で、覆工コンクリートの隅々までバイブレータを用いて均一に締固めることにより、空洞のない高品質化・長寿命化を実現できる。各工法の相乗効果により、竣工時のひび割れ発生率は標準工法の1/10以下に低減できるとともに、トンネル覆工コンクリート特有の竹割り縞模様も少なく出来映えも向上する。また、コンクリート締固め作業のシステム化・自動化、遠隔操作による省人化により、従来比約2割の労務費削減を実現することが可能である。さらにHDL工法により、高密度な覆工を可視化しながら確実に構築することが可能である。

### 特徴

- ① HDL工法では、センター吹上口からの打設時間が30分に短縮でき、流動性を確保できる（覆工マルチ工法は90分、標準工法は2.5時間以上）。
- ② 充填圧のアップ（妻側で4倍程度向上）と、平準化ができる。
- ③ スランプ保持・打設時間の短縮・高い充填圧がさらに高度化され、空隙のない高密度な覆工ができる。
- ④ 天端の充填状況を可視化できる（無筋区間）。
- ⑤ 竹割模様の無い、出来映えの良い覆工ができる。
- ⑥ 充填性、密度、ひび割れ抑制、出来映え、可視化など覆工に関する課題の多くを解決できる。

### 用途

- ・山岳トンネルの覆工コンクリート工事

### 実績

- ・道路の山岳トンネル工事（延長：479m、内空面積：106m<sup>2</sup>）

### 問合せ先

前田建設工業(株) 土木事業本部 土木設計部

〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-2

TEL：03-5276-5166

04-373	覆工コンクリート 施工管理システム	フジタ
--------	----------------------	-----

▶ 概 要

山岳トンネルにおける覆工コンクリートはトンネルの内面を覆う構造物であるため、高品質化、長寿命化への要求が高まっている。そのためには、施工方法や施工管理、適切な維持管理が非常に重要であるが、施工中はコンクリート打込みに従事する作業員や施工管理担当者の勘に頼ることが少なくなく、また維持管理時には施工状況の記録が残っていない場合がある。

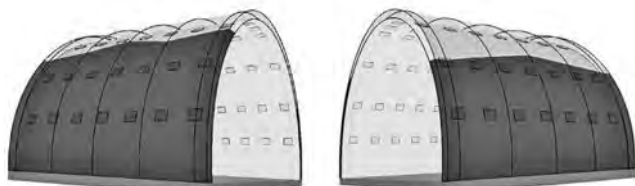
そこで、覆工の打込み状況をリアルタイムに可視化するとともに、施工状況を電子化（データ化）できる『覆工コンクリート施工管理システム』を開発した。覆工ウォッチャー<sup>®</sup>と圧力ウォッチャー<sup>®</sup>等の計測技術を用いて、コンクリートの打込み位置とセントル（移動式型枠）に作用するコンクリートの圧力をリアルタイムに測定し、コンクリートの施工状況を大型モニタに3次元表示させるとともにデジタル保存できる（写真-1）。



打込み位置表示モニタ      圧力状況表示モニタ  
写真-1 大型モニタでのコンクリート施工状況の3次元表示



平面図（天端）



側面図（左側）

側面図（右側）

図-1 覆工ウォッチャーによるコンクリートの打込み位置を表示

▶ 特 徴

① 施工管理システム

覆工ウォッチャーを用いた打込み管理システム、圧力ウォッチャーを用いた圧力監視システム等の計測結果をリアルタイムに2次元あるいは3次元的に図化、表示することにより、コンクリートの打込み状況をリアルタイムに把握することができる。

② 覆工ウォッチャー<sup>®</sup>

覆工ウォッチャーは、国土交通省の新技术情報提供システム（NETIS）に登録されている技術（KT-140049-A コンクリート充填ウォッチャー）を覆工用に改良したものである。コンクリートの打込み位置が把握できるため、決められた打込みステップや打込み速度の遵守、打ち重ね時間などの管理に役立つ。また、型枠内に複数設置することにより、より正確にコンクリートの打込み位置を把握することが可能となる（図-1）。

③ 圧力ウォッチャー<sup>®</sup>

圧力ウォッチャーは、セントルの表面に圧力センサを設置し、セントル全体に作用する圧力状況を監視するものである。圧力が左右均等になるように打込み位置や高さ、時間等の管理に役立つほか、コンクリートの密充填が可能となり、天端部の空隙発生を防止することができる。また、複数の圧力値を設定することにより、圧力レベルを色で識別して綿密な充填管理ができる（図-2）。

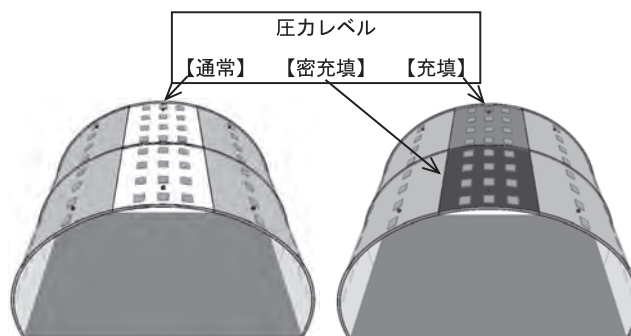


図-2 圧力ウォッチャーによるセントルに作用する圧力状況の表示（圧力レベルを色分けにより表示）

▶ 用 途

・山岳トンネル工事

▶ 実 績

・山岳トンネル（延長 L = 963 m、内空断面積 A = 88.9 m<sup>2</sup>）

▶ 問 合 せ 先

（株）フジタ 広報室

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2

TEL：03-3402-1911



## 新工法紹介

11-100	タブレット・ICカードを利用した コンクリート運搬・施工時間の 管理・集計システム	安藤ハザマ
--------	---	-------

### 概要

構造物の建設において、コンクリートの品質管理は非常に重要である。中でも、コンクリートの練混ぜから荷卸しおよび打ち終わりまでの時間（以下、「運搬・施工時間」という。）は、JIS A 5308 レディーミクストコンクリート（日本工業規格）、コンクリート標準示方書（公益社団法人土木学会）およびJASS5 鉄筋コンクリート工事標準仕様書（一般社団法人日本建築学会）の規格・基準書等に準拠して厳密に管理できるよう、工事現場で管理台帳を作成している。

管理台帳の作成は手書きのため、システム開発会社やゼネコン各社が省力化に取り組んでいるものの、サーバーを利用する既存のシステムは、導入・運用コストが割高となっていた。

開発したシステムは、タブレット・ICカードを用いて、コンクリートの運搬・施工時間をスピーディーに管理・集計のうえ帳票化するものである（図-1）。品質管理情報は、インターネット回線を経由せずICカードに直接記録されるため、システム構成の小規模化と導入・運用コストの低減が可能となった。

### 特徴

#### ①品質管理

・運搬・施工時間が規格・基準書の許容値であるか否かをタブレットで確認できるため、練混ぜから荷卸しまでの時間および練混ぜから打ち終わるまでの時間のいずれかでも超過したコンクリートは打設前に排除できる。

#### ②省力化

・品質管理情報としての運搬・施工時間が自動で集計・帳票化されるため、業務の省力化が図れる。  
・品質管理者は自動集計された帳票を場所を選ばずタブレットで確認できるため、作業性が向上する。

#### ③手軽な小規模システムで経済的

・品質管理情報の記録には、安価なICカード（FeliCa）を使用する。  
・ICカード1枚に生コン車1台を対応させ、繰り返し使用するため経済的である。  
・ICカードへの読み書きは、タブレットに搭載のNFCリーダライタを利用するため、専用の外付けリーダライタ機は不要となる。  
・品質管理情報は、インターネット回線を経由せずICカードに直接記録するため、システム構成の小規模化と、導入および運用にかかるコストの低減が可能となる。

### 用途

・コンクリートの練混ぜから荷卸しおよび打ち終わりまでの時間の管理・集計（帳票出力）

### 実績

・トンネル工事（国土交通省）2件  
・橋梁下部工事（国土交通省、宮城県）2件

### 問合せ先

安藤ハザマ 土木事業本部土木設計部  
〒107-8658 東京都港区赤坂 6-1-20  
TEL：03-6234-3670

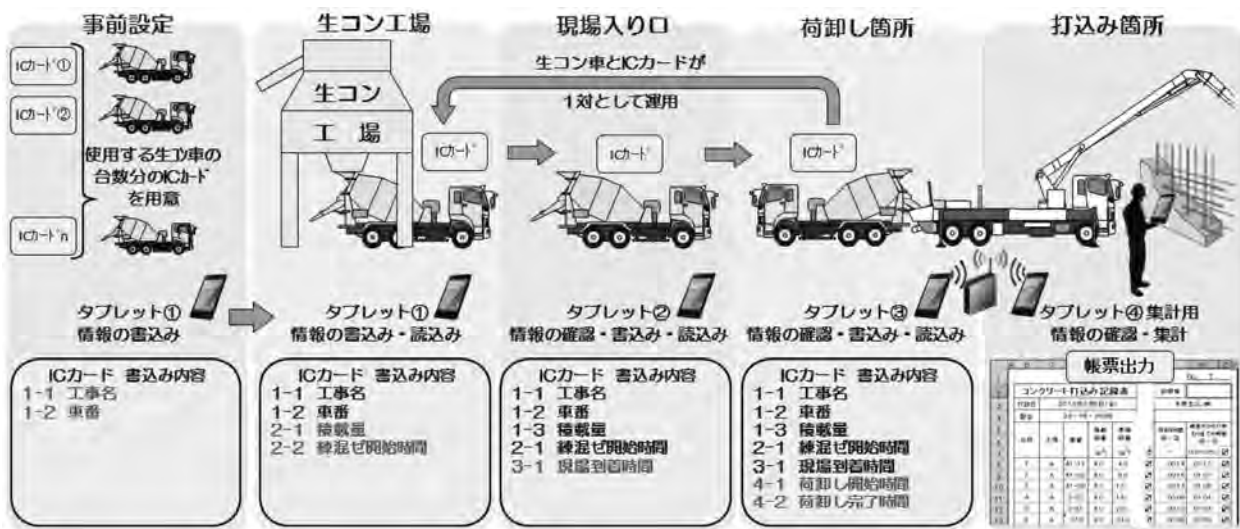


図-1 システムの概要説明図

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

16-〈02〉-09	コマツ ミニショベル  PC58UU-6	'16.2 発売 新機種
------------	-------------------------------	-----------------

オフロード法 (\*1) 2014年基準に適合した超小旋回ミニショベルである。排出ガス後処理システムとしてコマツディーゼルパーティキュレートフィルタ (KDPF), 電子制御クールド排出再循環 (EGR) システム, コモンレール式最適燃料噴射システムなどの環境対応技術を織り込み, NOx (窒素酸化物) と PM (粒子状物質) の排出量を大幅に低減している。また, E (エコノミー) モード, オートデセル, オートアイドルストップ機能を新たに採用すると共に, エンジンと油圧システムを最適に制御する独自の電子制御システムの採用により燃料消費量を従来機に比べ4%低減 (\*2) している。

横転時保護構造 TOPS (\*3) 対応のキャノピ/キャブ, 作業機レバーニュートラル検出機能, セカンダリエンジン停止スイッチ, およびシートベルト未装着警報などを新たに加え安全性を高めている。また, 干渉自動回避, 深さ測定, 高さ自動停止などの UU シリーズ独自の先進機能を織り込んで作業効率の向上を図っており, これらの情報を見やすく表示するため 3.5 インチカラー液晶多機能モニタを採用している。

整備面ではコマツの超小旋回機では初となるフロアチルトアップ構造の採用により, 機体内部の整備作業性を大幅に向上させている。位置情報やサービスメータ時間 (SMR) 情報に加え, 燃費情報や負荷頻度など取得可能なデータが大幅に増えた KOMTRAX の装備により, 機械稼働の「見える化」を進めている。

- \*1. 特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律。
- \*2. 従来機との比較 (コマツテスト基準による)。実作業では作業条件により異なる場合がある。
- \*3. Tip-Over Protective Structures。ISO 12117 (JIS A 8921) に適合。

表一 PC58UU-6 の主な仕様

【主な仕様：キャノピ仕様】		PC58UU-6
機械質量	(t)	5.200
エンジン定格出力	ネット (JISD0006-1) (kW/min <sup>-1</sup> [PS/rpm])	28.3/2400 [38.5/2400]
標準バケット容量 (JIS A 8403-4)	(m <sup>3</sup> )	0.22
標準バケット幅 (サイドカッタ含む)	(m)	0.610 (0.680)
全長 (輸送時)	(m)	5.350
全幅 (輸送時)	(m)	2.000
全高 (輸送時)	(m)	2.540
後端旋回半径	(m)	1.080
作業機最小旋回半径 (オフセット時)	(m)	1.070
価格	(百万円)	8.05



写真一 コマツ PC58UU-6 超小旋回ミニショベル (一部オプションが含まれる)

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

▶ 〈05〉 クレーン, インクラインおよびウインチ

16-〈05〉-04	タダノ ラフテレーンクレーン  GR-1450EX	'16.04 発売 新機種
------------	------------------------------------	------------------

海外市場における資源開発等の大型プラント建設・メンテナンスに用いられる移動式クレーンの大型化, 長尺化, 狭所への進入性への要望を受け, 海外市場向けに 2013 年 8 月に発売された製品をもとに, 港湾やプラントの構内等で使用される大型移動式クレーンのニーズに応えるため, 国内での発売となったものである。

シングル伸縮シリンダ機構およびクラス最長の 61.0 m の高強度ラウンドブームを採用している。さらに油圧でジブのチルト角が自在に操作可能な 2 段バイフォールドパワーチルトジブ装着により最大地上揚程 78.2 m を実現している。

コンパクトな 3 軸キャリアは狭所への進入が容易で機動力があり, カウンタウエイトやアウトリガの自力着脱可能な分解搬送システム, クレーン作業時にキャブ (運転席) を最大 15 度傾けられるキャブチルト機能を搭載している。

クレーン作業時や走行時の燃料消費情報を常に表示する『燃料消費モニタ』, クレーン作業中の不要なエンジン回転数を制御する『エコ・モード』, および作業中の油圧ポンプ吐出量の最適制御をはかる『ポジティブ・コントロール』等により低燃費化を図っている。さらに, 携帯通信によるクレーンの稼働状況の掌握と, GPS による位置情報確認, また保守管理のための情報をウェブサイトをサポートするテレマティクス Web 情報サービス『HELLO-NET』を装備している。

## 新機種紹介

表-2 GR-1450EX の主な仕様

クレーン諸元		
最大クレーン容量	(t × m)	145 × 2.5
最大地上揚程		
ブーム	(m)	60.0
ジブ	(m)	78.2
最大作業半径		
ブーム	(m)	54.0
ジブ	(m)	60.3
ブーム長さ	(m)	13.1 ~ 61.0
ジブ長さ	(m)	10.3, 18.0
キャリア諸元		
エンジン名称		カミンズ QSB6.7+SCR Tier4F
エンジン最大出力	(kW [PS])	201 [270] /2,000 min <sup>-1</sup> [rpm]
エンジン最大トルク	(N × mm [kgf × m])	990 [101] /1,500 min <sup>-1</sup> [rpm]
全長	(m)	16.190
全幅	(m)	3.315
全高	(m)	3.785
車両総重量	(t)	91.2
価格 (税別)	(百万円)	165.0

注) 価格は、装備等により異なる。  
本機は車両登録ができないため、公道走行できない。



写真-2 タダノ GR-1450EX ラフテレーンクレーン

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

16-(05)-05	コベルコ建機 クローラクレーン SL16000J, SL16000J-H	'16.05 発売 新機種
------------	--	------------------

大型の橋梁工事、製鉄所・発電所などの建設工事、メンテナンス工事に使用されるラチス式ブームを装備したクローラクレーンである。

従来機に対し、つり上げ能力の向上、作業範囲の拡大を図ると共に、輸送性を改善し、組立・分解作業を容易とし作業時の安全性を高めている。またエンジン排出ガス基準、低騒音基準を満たしている。

最大つり上げ荷重は、Sブーム、Hブーム、Lジブの3種類のブームの組み合わせと、カウンタウエイト台車、パレットウエイトの使用により、SL16000Jは1,000t、SL16000J-Hは1,250tとなっている。カウンタウエイト台車、パレットウエイト共に、後端の取付け位置は、19m～25mの範囲で設定可能である。

国内輸送に適合するよう一部部材を除いて輸送幅3.2m未満、輸送質量32t以下を達成している。またブームの長さも10m以下にすることでトレーラ輸送を容易にしている。

組立・分解作業に対しては組立補助の油圧シリンダー、外部油圧源などが設定されている。運転室は幅1.8mの幅広キャブで、汎用機種と同様にISOに準拠したレバー配置となっている。

環境に対しても、オフロード法2011年基準適合エンジンを搭載し、低騒音型建設機械の指定を受けており、環境省のグリーン購入法特定調達品目の判断基準を満たしている。

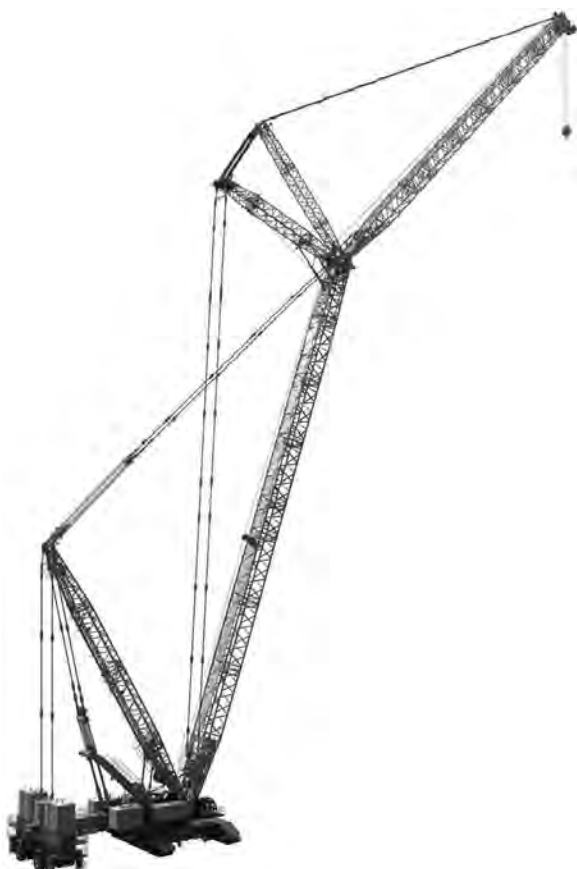
表-3 SL16000J, SL16000J-H の主な仕様

	SL16000J	SL16000J-H
最大つり上げ荷重	(t) 1,000	1,250
最大ブーム長さ	(m) 85	150
ラフティング最大つり上げ荷重	(t) 250	550
ラフティング最大ブーム長さ+ジブ長さ	(m) 85 + 75 80 + 95	95 + 85 -
巻上ロープ速度	(m/min) 110 ~ 3	110 ~ 3
ブーム起伏ロープ速度	(m/min) 2 × 40 ~ 2 × 2	60 ~ 2
ジブ起伏ロープ速度	(m/min) 60 ~ 2	60 ~ 2
旋回速度	(m <sup>-1</sup> ) 0.9	0.9
走行速度	(km/h) 1.2	1.2
作業時質量	(t) 745	867
接地圧	(kPa) 146	170
定格ラインプル	(t) 22	22
カウンタウエイト台車質量	(t) -	500
伸縮ブーム付きパレットウエイト質量	(t) -	500

(注) (1) 速度は負荷によって変動します。  
(2) 作業時質量、接地圧はブーム、カウンタウエイトの構成によって変わります。



## 新機種紹介



写真—3 コベルコ建機 SL16000J-H クローラクレーン  
※ SHL ラッピングジブ仕様

問合せ先：コベルコ建機株式会社 クレーン事業本部 開発本部  
クレーン開発部  
〒674-0063 兵庫県明石市大久保町八木740

### ▶ 〈08〉トンネル掘削機および設備機械

16-〈08〉-01	鹿島建設 揺動型掘削機	R-SWING 機	'16.02 製作 新機種
------------	----------------	-----------	------------------

都市部の交通渋滞をもたらす周辺環境への影響に対し、対策の一環として道路の地下立体交差化が進んでいる。また、都心の再開発プロジェクトなどにおいては、テナントの利便性向上のため、建物と駅を地下でつなぐ地下連絡通路のニーズが高まっている。

これらの建設工事にあたって、地表面から掘り下げる従来の開削工法では地上に交通規制が多く発生してしまうこと、またシールド工法などの非開削工法では、発進・到達立坑の用地確保が難しいことや短い距離の工事ではコストが割高になってしまうこと、土被りの小さい箇所には適用が難しいことなどの課題がある。

本機は、地上発進・地上到達が可能で、トンネルへのアプローチ部とアンダーパス部を一度に構築できる矩形（長方形）断面の揺動

型掘削機3連 R-SWING 機である。

本機は、掘削機の上部に装着した屋根（ルーフ）を突き出した状態で先行掘削することにより地盤沈下などを防止し、周辺環境への影響を最小限に抑えながらトンネルを構築することができる。

掘削機本体部（幅2.3m×高さ2.7m）とルーフ部（幅2.3m×高さ0.9m）の基本ユニットを必要に応じてブロックのように組み合わせ、小断面から大断面まで、用途に応じた断面調整を可能にする構造としている。

本機は、別の工事で使用した2連 R-SWING 機（幅4.85m×高さ3.6m）に基本ユニットを各々1基追加し、基本マシンにスパーサーなどを挟み込むことで、今回適用する通路の矩形断面寸法（幅7.25m×高さ4.275m）に対応した掘削機としている。また、全てのユニットは汎用のトラック輸送ができるサイズまで容易に分割が

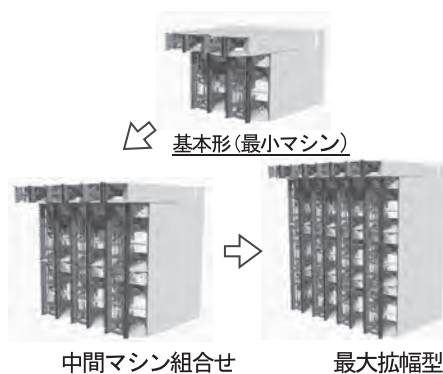
表—4 R-SWING 機的主要仕様

形状	矩形
掘削外形（幅）最小～最大 (m)	4.6～9.2
掘削外形（高さ）最小～最大 (m)	3.6～9.0
適用地盤	N値20程度の粘性土・砂層
適用土被り (m)	5～10程度
適用地下水位 (MPa)	0.1程度
価格	お見積り

(注) 掘削外形は変更可能



写真—4 鹿島建設 R-SWING 機 揺動型掘削機



図—1 R-SWING 機のユニット組み合わせ例

## 新機種紹介

可能であり、繰り返しの利用もできるため、掘削機のコストを抑えることができる。

一般的なシールド工事では、掘削機の組立を溶接作業で行い、解体をガス切断作業でそれぞれ行うが、両作業ともに作業時間を要している。本機は各ユニット間をボルトのみで短時間に接合できる機構であるため、従来の掘削機で多くの時間を要した組立・解体工程と比較し、約50%の大幅な工程短縮を図っている。

問合せ先：鹿島建設(株) 本社機械部技術3グループ  
〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11



写真一6 RE-2400QDP 機械掘削の切羽の状況

問合せ先：(株)流機エンジニアリング  
〒108-0073 東京都港区三田3-4-2

16-(08)-02	流機エンジニアリング トンネル工専用大型集塵機 RE-2400QDP	'15.04 共用 新機種
------------	--	------------------

トンネル工事中の換気方式である「吸引捕集方式」の専用集塵機である。「吸引捕集方式」は粉じんの発生量が最も多い切羽直近(1D以内、D：トンネル幅員)で粉じんを拡散させずに直接吸引処理を行なうため集じん機の吸込口に「伸縮風管」を接続している。これまでは従来型の集じん機に「伸縮風管」をオプションとして追加していたため、圧力損失が増加した分の動力を増設することで運用してきたが、本機は専用機として再設計を行い従来機の40%の動力で同様の能力を発揮する。従来機ではオプション対応であった集じん機で捕集した機内の堆積粉じんの「自動回収装置」を標準搭載しメンテナンス性の向上を図っている。

また、従来機同様に切羽の環境に応じて「高速運転・中速運転・低速運転(又は停止)」を自動制御することにより、ランニングコストの低減を図っている。

表一5 RE-2400QDPの主な仕様

処理風量	(m <sup>3</sup> /min)	2,400
吐出清浄度	(mg/m <sup>3</sup> )	0.1以下
集じん効率	(%)	99以上
実動力(伸縮風管接続時)	(kW)	83
寸法(L×W×H)	(mm)	2,869×12,963×3,387
基礎価格	(百万円)	93



写真一5 流機エンジニアリング RE-2400QDP  
トンネル工専用大型集塵機(工場内)

### ▶ <12> モータグレーダ、ロードスタビライザ、締め機械およびソイルプラント

16-(12)-01	範多機械 ディープスタビライザ HCS500	'16.07 発売 新機種
------------	------------------------------	------------------

路床土にセメントや石灰を路上混合方式で添加混合する地盤安定処理工法に使用する排ガス2011年基準適合のディープスタビライザである。

軟弱地盤の多い国内では、路床土にセメントや石灰などの固化材を添加し、スタビライザやバックホウで攪拌して路床の支持力を高める工法が広く適用されているが、2004年からディープスタビライザの販売が終了されていた。

従来は現地盤の起伏によって車体が傾いた場合、オペレータの勘にたよって混合ドラムを上下させていたが、深さ自動制御装置により、本体の姿勢を検出し、混合深さを常に一定に保つことができる。最大掘削深さは1,000mm、最大混合深さは800mmで、ドラムは左右650mmスライドし、本体に対して5度傾くチルト機構および

表一6 HCS500の主な仕様

運転質量	(kg)	約26,300
全長	(mm)	9,450
全幅	(mm)	2,980
全高(作業時)	(mm)	約3,000
全高(回送時)	(mm)	約3,800
接地圧	(kg/m <sup>2</sup> )	0.42
混合幅	(mm)	2,000
最大掘削深さ	(mm)	1,000
最大混合深さ	(mm)	800
エンジン		
総排気量	(cc)	11,906
定格出力	(kw)	370
排ガス規制		暫定4次
価格(税別)	(百万円)	99

新機種紹介



写真一七 範多機械 HCS500 ディープスタビライザー

ロータ回転数を作業状況に応じ低速・中速・高速に可変できる機能を搭載している。

また、複数カメラの画像を合成した俯瞰画像を操縦席から確認できる「バードモニター」をオプション設定して安全性の向上を図っている。

問合せ先：範多機械(株) 特販・特機部  
〒175-0091 東京都板橋区三園 1-50-15

▶ 〈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

16-〈19〉-02	日立建機 ICT 油圧ショベル ZX200X-5B	'16.6 発売 新機種
------------	---------------------------------	-----------------

各種 ICT 機能を搭載した油圧ショベルであり、情報化施工や日本・欧州 (EU Stage III B) ・北米 (EPA Interim Tier 4) の排ガス規制に対応しているほか、超低騒音型建設機械の指定を受けている。

2D マシンガイダンス (MG)、マシンコントロール (MC)、3D システムとの連携機能を搭載しており、それらの組合せにより、システム仕様として4つのバリエーション (2DMG, 2DMC, 3DMG, 3DMC) が可能である。

2D マシンガイダンス機能は、姿勢センサから得られる機械の姿勢情報と、モニタへ入力した施工目標面に基づいて、オペレータへ表示や音によるガイダンスを提供するものであり、小規模な工事や衛星測位が困難な場所において有効なシステムである。また、バケットを地面に設置しスイッチを押すだけで、基準点と施工目標面を容易に設定することができるなど、スイッチ式ボタンやアナログ入力を備えたレバー装置を用いている。

マシンコントロール機能としては、施工目標面を掘り過ぎることなく掘削が可能となる「掘り過ぎ防止機能」を搭載しており、施工

目標面に対してフロントをリアルタイムに半自動制御することで施工効率を向上させている。また、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、バケット操作を気にすることなく、アームとブームの操作だけで法面を仕上げるができる。

3D システムの機能としては、トリンプル社製の3D 機器を搭載することにより施工目標面となる3D 設計データを取り込み、車体システムと連動させることで、3D 施工に対応可能なマシンガイダンスやマシンコントロールを実現させている。3D マシンコントロール機では、衛星測位および姿勢センサによる機械の位置・姿勢情報と、施工目標の3D 設計データに基づいて、機械のフロントをリアルタイムに半自動制御をおこなうことが可能である。

表一七 ZX200X-5B の主な仕様

標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	0.8
運転質量	(kg)	20,100
エンジン定格出力	(kW/min <sup>-1</sup> )	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)	143
回転速度	(min <sup>-1</sup> )	11.8
走行速度	(km/h) 低/高	3.5/5.5
全長	(mm)	9,660
全幅	(mm)	2,860
全高	(mm)	3,160
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)	37.5 (3DMC)

注) 単位は国際単位系 (SI) による表示。価格は工場裸渡し、消費税別。



写真一八 日立建機 ZX200X-5B 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



## 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

国土交通省土地・建設産業局 建設市場整備課

### 1. はじめに

国土交通省では、建設事業に使用される主要な建設資材の年間需要量の見通しを公表することにより、建設資材の安定的な確保を図り、円滑な建設事業の推進に資することを目的として、昭和 51 年度より「主要建設資材需要見通し」を毎年公表している。

本稿では、平成 28 年 8 月 9 日に公表した「平成 28 年度主要建設資材需要見通し」の概要を報告する。

### 2. 対象建設資材

平成 28 年度主要建設資材需要見通しでは、「①セメント」「②生コンクリート」「③骨材、砕石」「④木材」「⑤普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼」および「⑥アスファルト」の 6 資材 9 品目を対象とし、需要見通しを推計・公表している。

### 3. 需要見通しの推計方法

平成 28 年度の主要建設資材の需要見通しは、「平成 28 年度建設投資見通し（国土交通省総合政策局情報政策課建設経済統計調査室平成 28 年 7 月 29 日公表）」の建築（住宅、非住宅）、土木（政府、民間）等の項目ごとの建設投資見通し（実質値）に、建設資材ごとの原単位（工事費 100 万円当たりの建設資材需要量）を乗じ、さらに各建設資材の需要実績等を考慮して、平成 28 年度の主要な建設資材の国内需要の推計を行った。

### 4. 平成 28 年度主要建設資材需要見通し

#### (1) 概況（平成 27 年度および平成 28 年度）

平成 27 年度の主要建設資材の需要量実績は、同年度の建設投資見込み（名目値）が前年度比 0.6% の減少で、うち建築部門は 2.1% の増加となったものの土木部門は 3.5% の減少となり、平成 26 年度の実績値と比べて全ての資材が減少となった。

平成 28 年度の主要建設資材の需要見通しは、同年度の建設投資見通し（名目値）が前年度比 1.6% の増加で、うち建築部門は 1.8% の増加、土木部門は 1.4% の増加と見通されていることから、全ての資材において昨年度実績値と比べて増加と見通される。

平成 28 年度主要建設資材需要見通しは、**図-1** および **表-1** のとおりである。

#### (2) 主要建設資材の需要見通し

##### ①セメント、②生コンクリート

平成 27 年度における需要量実績は、セメントが前年度比 6.3% 減少の 4,267 万 t、生コンクリートが前年度比 7.4% 減少の 8,708 万 m<sup>3</sup> であった。平成 28 年度については、セメントが前年度比 0.8% 増加の 4,300 万 t、生コンクリートが前年度比 1.1% 増加の 8,800 万 m<sup>3</sup> と見通される。

##### ③骨材、砕石

平成 27 年度における需要量実績は、骨材が前年度比 7.1% 減少の 23,100 万 m<sup>3</sup>、砕石が前年度比 6.3% 減少の 11,697 万 m<sup>3</sup> となると推計される。平成 28 年度については、骨材が前年度比 1.3% 増加の

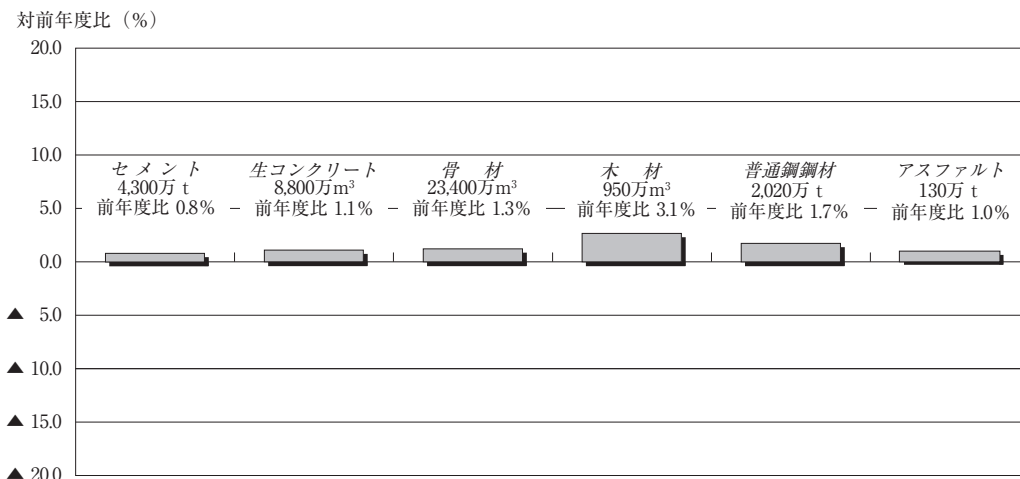


図-1 平成 28 年度主要建設資材需要見通し

(注) 棒グラフは、平成 27 年度の実績値（骨材・普通鋼鋼材・形鋼は推計値）と平成 28 年度見通し値との対比です。

表一 1 主要建設資材の需要量実績値及び推計値

資材名称	単 位	需要量			伸び率	
		H26 年度 実績値	H27 年度 実績値	H28 年度 見通し	27/26	28/27
セメント	万 t	4,555	4,267	4,300	▲ 6.3%	0.8%
生コンクリート	万 m <sup>3</sup>	9,401	8,708	8,800	▲ 7.4%	1.1%
骨 材	〃	24,875	23,100	23,400	▲ 7.1%	1.3%
砕 石	〃	12,478	11,697	11,800	▲ 6.3%	0.9%
木 材	〃	925	921	950	▲ 0.4%	3.1%
普通鋼鋼材	万 t	2,107	1,986	2,020	▲ 5.7%	1.7%
形 鋼	〃	457	452	460	▲ 1.1%	1.8%
小形棒鋼	〃	829	770	780	▲ 7.1%	1.3%
アスファルト	〃	133	129	130	▲ 3.2%	1.0%

- (注) 1. 本見通しは、「平成 28 年度建設投資見通し（国土交通省総合政策局 情報政策課 建設経済統計調査室平成 28 年 7 月 29 日 公表）」をもとに推計したものである。
2. 各資材の対象は、セメントは〔内需量〕、生コンクリート、砕石は〔出荷量〕、木材は〔製材品出荷量〕、骨材は〔供給量〕、普通鋼鋼材、形鋼は〔建設向け受注量〕、小形棒鋼は〔建設向け出荷量〕、アスファルトは〔建設向け等内需量〕。
3. 本見通しの有効数字は、セメントは〔100 万 t〕、生コンクリート、骨材および砕石は〔100 万 m<sup>3</sup>〕、木材は〔25 万 m<sup>3</sup>〕、普通鋼鋼材、形鋼および小形棒鋼は〔10 万 t〕、アスファルトは〔5 万 t〕。
4. 平成 27 年度需要量のうち、骨材、普通鋼鋼材、形鋼は推計値を使用しているため、見込み値（イタリック体）。その他の資材については実績値。
5. ▲はマイナス。

23,400 万 m<sup>3</sup>、砕石が前年度比 0.9% 増加の 11,800 万 m<sup>3</sup> と見通される。

#### ④木材

平成 27 年度における需要量実績は、前年度比 0.4% 減少の 921 万 m<sup>3</sup> であった。平成 28 年度については、前年度比 3.1% 増加の 950 万 m<sup>3</sup> と見通される。

#### ⑤普通鋼鋼材、形鋼、小形棒鋼

平成 27 年度における需要量実績は、普通鋼鋼材が前年度比 5.7% 減少の 1,986 万 t、うち形鋼が前年度比 1.1% 減少の 452 万 t、小形棒鋼は前年度比 7.1% 減少の 770 万 t となると推計される。平成 28 年度については、普通鋼鋼材が前年度比 1.7% 増加の 2,020 万 t、うち形鋼が 1.8% 増加の 460 万 t、小形棒鋼が 1.3% 増加の 780 万 t と見通される。

#### ⑥アスファルト

平成 27 年度における需要量実績は、前年度比 3.2% 減少の 129 万 t であった。平成 28 年度については、前年度比 1.0% 増加の 130 万 t と見通される。

## 5. 主要建設資材需要量の推移

主要建設資材の国内需要量推移を表一 2 および図一 2 に示す。各主要建設資材の需要量実績、需要見通しの対象は、次の (1)～(8) のとおりである。

### (1) セメント

国内メーカーの国内販売量に海外メーカーからの輸入量を加えた

販売等の量を対象としている。「内需量」=「国内販売量」+「輸入量」。

なお、表一 2 および図一 2 の平成 27 年度までは実績値で、(一社)セメント協会の「セメント需給実績」の値を用いている。

### (2) 生コンクリート

全国生コンクリート工業組合連合会組合員工場の出荷量とその他の工場の推定出荷量とを加えた出荷量を対象としている。「出荷量」=「組合員工場出荷量」+「その他工場推定出荷量」。

なお、表一 2 および図一 2 の平成 27 年度までは実績値で、全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会の「出荷実績の推移」の値を用いている。

### (3) 骨材

国内における供給量を対象としており、輸入骨材も含んでいる。

なお、表一 2 および図一 2 の平成 26 年度までは実績値で、経済産業省の「骨材需給表」をもとに算出した値である。平成 27 年度は推計値で、経済産業省の「砕石等統計年報」「砕石等統計四半期報」「骨材需給表」をもとに算出した値である。

### (4) 砕石

メーカーの国内向け出荷量を対象としている。

なお、表一 2 および図一 2 の平成 27 年度までは実績値で、経済産業省の「砕石等統計年報」「砕石等統計四半期報」をもとに算出した値である。

統計

表一2 主要建設資材の国内需要量実績の推移

国土交通省 土地・建設産業局 建設市場整備課  
平成28年8月9日 現在

	セメント (内需要)		生コンクリート (出荷量)		骨材 (供給量)		砕石 (出荷量)		普通鋼鋼材 (建設向け受注量)			形鋼 (建設向け受注量)		小形棒鋼 (建設向け出荷量)		アスファルト (建設向け等内需要)		
	千 t	前年度比 (%)	千 m <sup>3</sup>	前年度比 (%)	千 m <sup>3</sup>	前年度比 (%)	千 m <sup>3</sup>	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)	千 t	前年度比 (%)
7年度	80,377	▲0.8	175,723	▲0.0	530,625	▲0.4	258,875	▲0.4	23,880	▲6.7	28,667	2.8	7,226	1.2	11,988	1.3	4,243	▲2.7
8年度	82,417	2.5	180,256	2.6	538,750	1.5	275,125	6.3	24,395	2.2	30,659	6.9	8,114	12.3	11,836	▲1.3	4,266	0.5
9年度	76,573	▲7.1	167,292	▲7.2	512,500	▲4.9	253,250	▲8.0	21,103	▲13.5	28,642	▲6.6	7,303	▲10.0	11,373	▲3.9	4,117	▲3.5
10年度	70,719	▲7.6	153,308	▲8.4	459,375	▲10.4	228,688	▲9.7	18,924	▲10.3	25,715	▲10.2	6,399	▲12.4	10,554	▲7.2	3,777	▲8.3
11年度	71,515	1.1	151,167	▲1.4	455,625	▲0.8	222,438	▲2.7	18,396	▲2.8	26,863	4.5	6,704	4.8	10,726	1.6	3,823	1.2
12年度	71,435	▲0.1	149,483	▲1.1	458,750	0.7	219,156	▲1.5	17,282	▲6.1	28,024	4.3	6,896	2.9	11,001	2.6	3,804	▲0.5
13年度	67,811	▲5.1	139,588	▲6.6	466,250	▲1.6	209,089	▲4.6	15,196	▲12.1	26,004	▲7.2	6,011	▲12.8	10,695	▲2.8	3,580	▲5.9
14年度	63,514	▲6.3	131,413	▲5.9	442,500	▲5.1	191,503	▲8.4	14,270	▲6.1	25,828	▲0.7	5,615	▲6.6	10,700	0.0	3,366	▲6.0
15年度	59,687	▲6.0	123,735	▲5.8	414,237	▲6.4	179,269	▲6.4	14,042	▲1.6	25,177	▲2.5	5,704	1.6	9,827	▲8.2	3,229	▲4.1
16年度	57,569	▲3.5	118,982	▲3.8	368,750	▲11.0	165,265	▲7.8	13,446	▲4.2	25,066	▲0.4	5,623	▲1.4	9,725	▲1.0	3,014	▲6.7
17年度	59,089	2.6	121,549	2.2	343,130	▲6.9	164,219	▲0.6	13,161	▲2.1	24,703	▲1.4	5,659	0.6	10,089	3.7	2,478	▲17.8
18年度	58,985	▲0.2	121,903	0.3	340,000	▲0.9	166,472	1.4	12,791	▲2.8	25,781	4.4	5,926	4.7	10,991	8.9	2,400	▲3.1
19年度	55,506	▲5.9	111,881	▲8.2	317,500	▲6.6	153,616	▲7.7	11,912	▲6.9	24,984	▲3.1	5,616	▲5.2	10,508	▲4.4	2,323	▲3.2
20年度	50,087	▲9.8	101,009	▲9.7	285,000	▲10.2	136,105	▲11.4	10,809	▲9.3	21,240	▲15.0	4,738	▲15.6	8,722	▲17.0	1,882	▲19.0
21年度	42,732	▲14.7	86,030	▲14.8	243,750	▲14.5	118,691	▲12.8	9,282	▲14.1	17,384	▲18.2	3,696	▲22.0	7,360	▲15.6	2,092	11.2
22年度	41,614	▲2.6	85,278	▲0.9	237,500	▲2.6	117,084	▲1.4	9,498	2.3	18,473	6.3	3,791	2.6	7,450	1.2	1,796	▲14.2
23年度	42,650	2.5	87,964	3.1	233,125	▲1.8	116,998	▲0.1	9,217	▲3.0	19,243	4.2	3,973	4.8	7,759	4.2	1,739	▲3.1
24年度	44,577	4.5	92,098	4.7	238,130	2.1	121,670	4.0	9,380	1.8	20,604	7.1	4,314	8.6	8,234	6.1	1,566	▲10.0
25年度	47,705	7.0	98,850	7.3	253,130	6.3	129,390	6.3	10,232	9.1	21,920	6.4	4,886	13.3	8,824	7.2	1,455	▲7.1
26年度	45,551	▲4.5	94,014	▲4.9	248,750	▲1.7	124,780	▲3.6	9,249	▲9.6	21,071	▲3.9	4,570	▲6.5	8,289	▲6.1	1,329	▲8.6
27年度	42,668	▲6.3	87,077	▲7.4	231,000	▲7.1	116,970	▲6.3	9,211	▲0.4	19,860	▲5.7	4,519	▲1.1	7,698	▲7.1	1,288	▲3.2

(注) 1. 各資材の需要量は四捨五入して算出しているため、各月の合計と年度計とは一致しない。

2. 前年度比欄の▲はマイナス。

3. 骨材は、平成26年度までは実績値、平成27年度は推計値 (イタリック体) で、経済産業省「砕石等統計年報」「砕石等統計四半期報」「骨材需給表」をもとに算出。

4. 木材の平成23年度実績値には、東日本大震災の影響により、平成23年4月～6月の岩手県、宮城県および福島県分の出荷量が含まれていない。

5. 普通鋼材および形鋼は、平成26年度までは実績値、平成27年度は推計値 (イタリック体) で、(一社) 日本鉄鋼連盟の資料の値 (国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの) および国土交通省「主要建設資材別需要予測」をもとに算出。

(出典) ・セメント… (一社) セメント協会 (セメント需給実績)

・木材… 農林水産省資料 (製材統計)

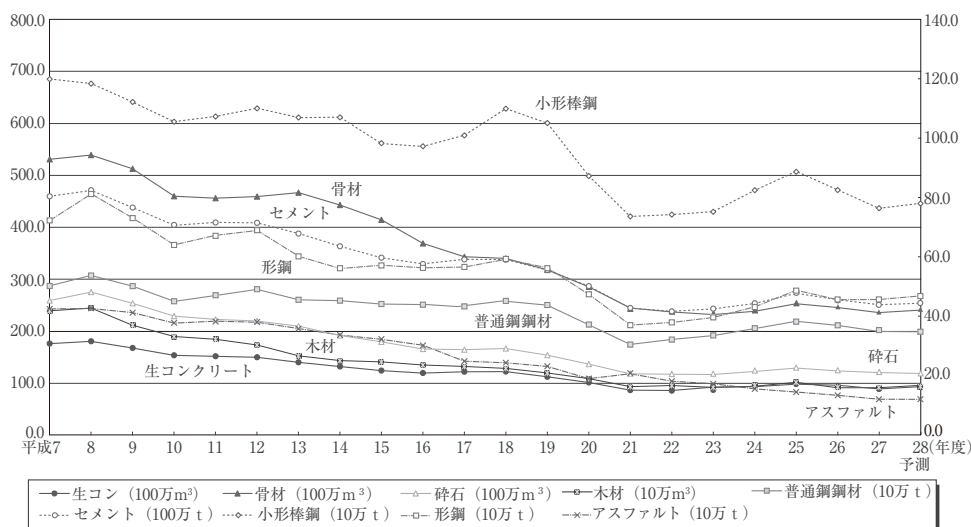
・アスファルト… 石油連盟資料 (石油アスファルト統計月報)

・生コンクリート… 全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会 (出荷実績の推移)

・普通鋼鋼材、形鋼… (一社) 日本鉄鋼連盟資料

・小形棒鋼… 経済産業省「鉄鋼需給動態統計調査」





図一 主要建設資材需要量の年度推移

(注) グラフの見方・実線(生コンクリート, 骨材, 砕石, 木材, 普通鋼鋼材)については左軸, 点線(セメント, 小形棒鋼, 形鋼, アスファルト)については右軸を参照。

- ・平成27年度の需要量は, 骨材については推計値, その他の資材については実績値。ただし, 木材の平成22・23年度実績値には, 東日本大震災の影響により, 平成23年2月～6月の岩手県, 宮城県および福島県分の出荷量が含まれていない。
- ・平成28年度の需要量は, 見通しの値。

(出典)

- セメント…(一社)セメント協会(セメント需給実績)
- 生コンクリート…全国生コンクリート工業組合連合会・協同組合連合会(出荷実績の推移)
- 骨材…経済産業省(骨材需給表)
- 砕石…経済産業省(砕石等統計年報, 砕石等統計四半期報)
- 木材…農林水産省(製材統計)
- 普通鋼鋼材…(一社)日本鉄鋼連盟 資料
- 形鋼…(一社)日本鉄鋼連盟 資料
- 小形棒鋼…経済産業省「鉄鋼需給動態統計調査」
- アスファルト…石油連盟(石油アスファルト統計月報)

(5) 木材

国内メーカーの製材品出荷量を対象としており, 建設向け以外の量を含んでいる。また, 製材用素材として外材を含んでいる。

なお, 表一2および図一2の平成27年度までは実績値で, 農林水産省「製材統計」の値を用いている。

ただし, 平成22・23年度実績値には, 東日本大震災の影響により, 平成23年2月～6月の岩手県, 宮城県および福島県分の出荷量は含まれていない。

(6) 普通鋼鋼材および形鋼

国内メーカーの国内建設向け受注量を対象としている。

なお, 表一2および図一2の平成26年度までは実績値で, (一社)日本鉄鋼連盟の資料の値(国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの)を用いている。

平成27年度は推計値で, (一社)日本鉄鋼連盟の資料の値(国内向け受注総量から国内建設向け受注量を推計したもの)および国土交通省「主要建設資材月別需要予測」をもとに算出した値である。

(7) 小形棒鋼

国内メーカーおよび国内販売業者からの国内建設向け出荷量を対

象としている。ただし, 海外メーカーからの輸入量は含まれていない。

なお, 表一2および図一2の平成27年度までは実績値で, 経済産業省「鉄鋼需給動態統計調査」の値を用いて算出している。

(8) アスファルト

国内メーカーの建設向けストレートアスファルト内需量のうち, 燃焼用および工業用を除いた国内建設向け等内需量を対象としている。「建設向け等内需量」=「国内建設向け内需量」+「建設向け輸入量」。

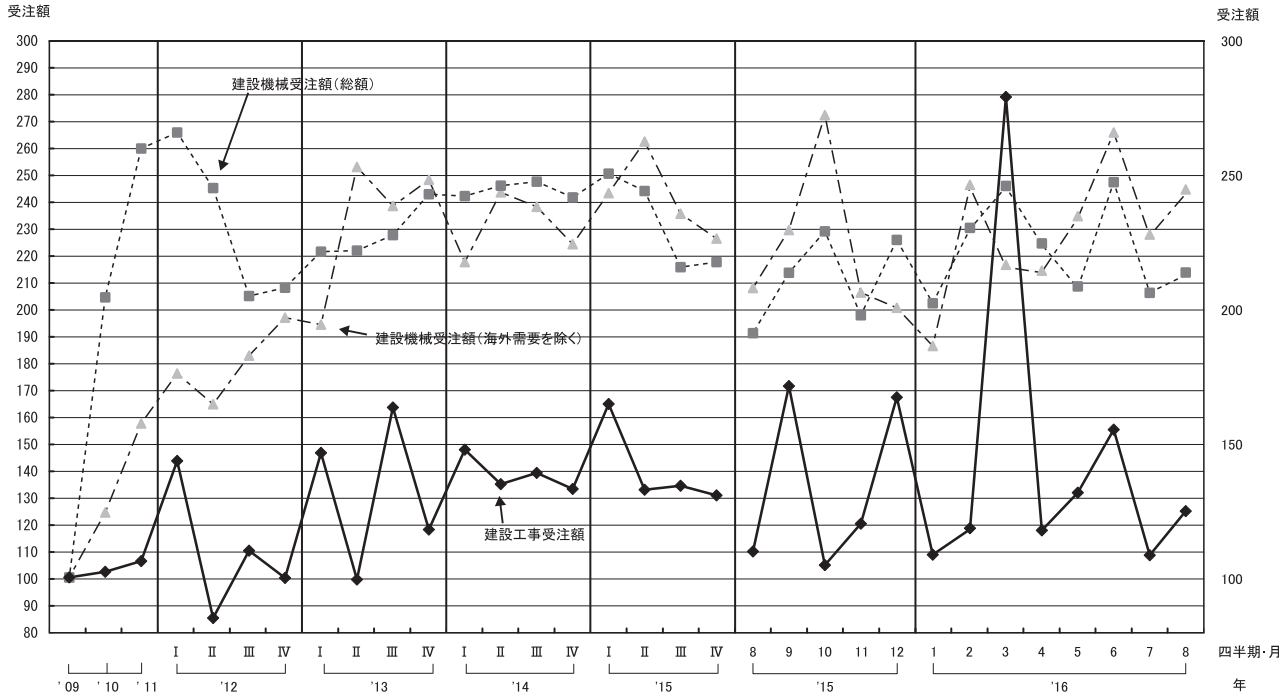
なお, 表一2および図一2の平成27年度までは実績値で, 石油連盟の「石油アスファルト統計月報」の値を用いている。

6. おわりに

「主要建設資材需要見通し」は, 国土交通省のホームページ(統計情報のページ)で公表しているので参照されたい([http://www.mlit.go.jp/statistics/details/kgyo\\_list.html](http://www.mlit.go.jp/statistics/details/kgyo_list.html))。

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額・建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2009年平均=100)  
 建設機械受注額・建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2009年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位: 億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非 製 造 業							
2009年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2015年 8月	9,178	5,975	1,867	4,108	2,455	370	378	5,928	3,251	142,165	10,141
9月	14,360	10,758	1,572	9,187	2,877	450	274	10,831	3,529	143,650	14,223
10月	8,754	5,681	1,632	4,049	2,439	377	258	5,862	2,893	141,723	10,835
11月	10,045	5,942	1,466	4,477	2,670	417	1,016	6,293	3,752	140,930	11,339
12月	14,004	9,426	1,855	7,572	3,210	390	977	10,085	3,919	141,461	13,853
2016年 1月	9,081	5,789	1,017	4,772	2,189	344	758	6,103	2,978	144,221	9,496
2月	9,906	6,887	1,360	5,527	2,394	443	183	6,520	3,386	142,223	10,642
3月	23,414	15,234	1,823	13,411	7,211	557	411	15,157	8,257	144,084	18,435
4月	9,838	6,613	1,786	4,827	2,588	503	135	6,103	3,736	143,928	8,278
5月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	146,155	9,119
6月	12,993	8,802	2,009	6,793	3,555	404	232	8,832	4,161	145,673	12,638
7月	9,061	6,800	1,179	5,622	1,874	276	110	6,169	2,891	146,252	9,138
8月	10,444	6,552	1,178	5,374	3,135	375	382	6,439	4,005	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	09年	10年	11年	12年	13年	14年	15年	15年 8月	9月	10月	11月	12月	16年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
総 額	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	1,195	1,336	1,433	1,237	1,413	1,265	1,441	1,539	1,405	1,304	1,548	1,289	1,337
海 外 需 要	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	715	806	804	761	950	835	872	1,039	910	762	934	763	772
海外需要を除く	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	480	530	629	476	463	430	569	500	495	542	614	526	565

(注) 2009～2011年は年平均で、2012～2015年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2015年8月以降は月ごとの値を図示した。

出典: 国土交通省建設工事受注動態統計調査  
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

# 行事一覽

(2016年9月1日～30日)

## 機械部会



### ■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日：9月6日(火)  
出席者：山口達也委員長ほか9名  
議題：①上期総会の次次第について  
②省エネ運転マニュアル改訂に関して  
③コマツ粟津工場見学会に関して  
④その他報告…1) L2-Tech 認証について、2) 委員交替について

### ■除雪機械技術委員会

月日：9月12日(月)  
出席者：江本平委員長ほか13名  
議題：①除雪現場見学会について  
②協会中期事業計画について ③除雪機械技術委員会の取組について ④平成29年度の新規テーマについて  
⑤情報化施工技術の検討 ⑥除雪ICT化の官民推進組織の紹介 ⑦小型除雪機械の事故防止について ⑧機械部会他委員会の活動について ⑨アンケート内容について

### ■トンネル機械技術委員会 幹事会

月日：9月13日(火)  
出席者：加藤誠幹事ほか6名  
議題：①省エネ事例の報告状況について ②省エネ事例についての内容討議  
③今後の推進の仕方と個別ワーキングの展開について ④見学会の報告書完成について

### ■基礎工用機械技術委員会

月日：9月14日(水)  
出席者：関徹也委員長ほか13名  
議題：①委員交替挨拶 ②工場見学会について ③L2-Tech 認証について  
④基礎工の掲載原稿について ⑤土木学会の立坑掘削に関する発表資料の紹介

### ■ダンプトラック技術委員会

月日：9月16日(金)  
出席者：田中哲委員長ほか4名  
議題：①各社のトピックスについて 重量自動計測システム ②過積載の悪影響についての討議 ③最大積載量についての検討 ④次期テーマについて ⑤L2-Tech 認証について ⑥i-Construction について

### ■ショベル技術委員会

月日：9月26日(月)  
出席者：尾上裕委員長ほか8名

議題：①地球温暖化対策検討分科会の審議内容について報告 ②機械災害についての過去の検討資料について  
③林業伐出機械 Q&A 案について  
④パウマ展示会の写真提供について  
⑤その他

### ■路盤・舗装機械技術委員会 総会

月日：9月27日(火)  
出席者：山口達也委員長ほか27名  
議題：①委員長より挨拶 ②平成28年度の委員会活動計画について ③道路建設機械に関わる技術発表…1) モータグレーダ12M3, 2) スタビライザ HCS500, 3) アスファルトフィニッシャー HA90C  
④新技術の普及促進…1) 複数ローラの一管理, 2) i-Construction の協会の取組 ⑤コマツ粟津工場見学の案内 ⑥協会からのお知らせ…建設機械要覧2016 電子ブックの紹介

### ■コンクリート機械技術委員会

月日：9月29日(木)  
出席者：大村高慶委員長ほか10名  
議題：①前回議事録確認 ②工場見学会について ③JIS 見直し JISA8613  
④ISO DIS19711 の投票結果について ⑤ISO 定期見直し…ISO-18650-1 Part2 について議論 ⑥ISO 国際会議の予定、内容について ⑦次期委員長について

### ■情報化機器技術委員会

月日：9月30日(金)  
出席者：白塚敬三委員長ほか6名  
議題：①平成28年上期の活動報告のまとめ ②規格関連…1) ISO15143 の内容を把握して EagleJCMAS を見直す議論, 2) ISO19014 (8月会議開催) の動向共有, 3) ISO13766 の動向共有  
③今期活動項目の情報共有…準天頂衛星とガリレオの情報信号の言語共通化 ④その他情報交換…複数ローラの一管理システム等

## 製造業部会



### ■マテリアルハンドリング WG

月日：9月8日(木)  
出席者：小野朝浩主査ほか9名  
議題：①マグネット仕様機の低騒音対応について ②林業 Q&A に対する疑問点の討議

### ■L2-Tech 認証制度 環境省と製造業部会、機械部会代表者 意見交換

月日：9月23日(金)  
出席者：阿部里視機械部会副会長ほか9名  
議題：①L2-Tech 認証の主旨について

②本制度に対する質疑、応答  
③今後の進め方について等

## 建設業部会



### ■建設業部会夏季現場見学会

月日：9月6日(火)～7日(水)  
参加者：佐藤康博部会長ほか15名  
発注者：北海道胆振総合振興局  
①工事名：伊良原ダム  
発注者：福岡県  
施工者：大成・フジタ・岡本土木 JV  
場所：福岡県京都郡みやこ町犀川横瀬29  
内容：ムコンクリートの打設型枠・鉄筋ほかの準備工、基礎処理工、原石採取工(廃棄岩・表土処理工含む)、骨材製造工、濁水処理工、原石山法面保護工視察

②工事名：大分川ダム  
発注者：国土交通省九州地方整備局  
施工者：鹿島・竹中土木・三井住友 JV  
場所：大分県大分市廻栖野 3039-2  
内容：情報化施工/ロックフィルダムの堤体盛り立て視察

### ■機電交流企画 WG

月日：9月14日(水)  
出席者：落合博幸主査長ほか5名  
議題：①10月の機電技術者意見交換会について・シャッフル等について  
②9/29開催建設業部会について  
③機電職員確保に向けたPR活動パンフレット作成について検討・8月中旬締切原稿の確認・次工程(原稿作成)の担当割り ④その他

### ■建設機械事故調査 WG

月日：9月20日(火)  
出席者：松藤敏夫主査長ほか7名  
議題：①公表に向けたデータの精査・見直し・8月中旬締切の公表用再検討結果見直し ②9/29開催建設業部会でのWG発表内容について ③その他

### ■三役会

月日：9月27日(火)  
出席者：佐藤康博部会長ほか4名  
議題：①9/29建設業部会について  
②各WG報告 ③第20回機電技術者意見交換会について ④その他

### ■建設業部会

月日：9月29日(木)  
出席者：佐藤康博部会長ほか22名  
議題：①部会長挨拶 ②平成28年度建設業部会活動計画 ③各WG報告・機電技術者交流企画WG・建設機械事故調査WG・クレーン安全情報WG



④その他・夏季現場見学会報告・国土交通省「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」についての報告・部会員の皆様からのご意見、ご提案

## レンタル業部会



### ■レンタル業部会

月日：9月8日(木)

出席者：渡部純部会長ほか11名

場所：①分科会活動状況報告 ②秋季現場見学会 ③各社の取組事項、部会員共通の問題、課題について ④その他

## 各種委員会等



### ■機関誌編集委員会

月日：9月7日(水)

出席者：田中康順委員長ほか20名

議題：①平成28年12月号(第802号)の計画の審議・検討 ②平成29年1月号(第803号)の素案の審議・検討 ③平成29年2月号(第804号)の編集方針の審議・検討 ④平成28年9～11月号(第799～801号)の進捗状況の報告・確認

### ■建設経済調査分科会

月日：9月14日(水)

出席者：山名至孝分科会長ほか4名

議題：①(仮)「建設企業の海外展開産業の活性化」原稿検討(古澤)・フォロー済現状+国際市場の実績で構成 ②その他

### ■新機種調査分科会

月日：9月27日(火)

出席者：江本平分科会長ほか5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



#### ■平成28年度除雪機械技術講習会(第3回)

月日：9月8日(木)

場所：小樽経済センター

受講者：125名

内容：①除雪計画 ②除雪の施工方法 ③冬の交通安全 ④除雪の安全施工 ⑤除雪機械の取り扱い

#### ■平成28年度除雪機械技術講習会(第4回)

月日：9月15日(木)

場所：道北経済センター

受講者：93名

内容：上記第3回と同じ

#### ■平成28年度情報化施工推進連絡会

月日：9月28日(水)

場所：さつげんビル6階会議室

出席者：石塚芳文事務局長ほか39名

議題：①平成27年度の取組状況 ②「i-Construction」について ③JCMAの取組について ④事務局体制について ⑤活動方針(案)について ⑥その他

## 東北支部



#### ■平成28年度 i-Construction (ICT) 実機セミナー

月日：9月7日(水)

場所：宮城県岩沼市 日本キャタピラー 仙台・岩沼 ICT センター

受講者：36名

内容：①建機操作コース：ICT 建機操作体験 3DMC BD・3DMG BH ②測器コース：UAV(ドローン)・点群処理ソフト・3次元計測・レーザスキャナ

#### ■除雪講習会事前打合せ

月日：9月8日(木)

場所：支部会議室

出席者：稲村正弘施工部会長ほか3名

内容：除雪講習会用パワーポイント改訂作業

#### ■田瀬ダム機械遺産調査検討委員会

月日：9月12日(月)

場所：支部会議室

出席者：北上川ダム統合管理事務所 佐藤伸吾所長ほか10名

内容：①機械遺産登録申請書作成に向けた作業経緯と申請書作成の方向性について ②機械遺産登録申請書(案) ③機械遺産登録に係るスケジュールについて

#### ■平成28年度 i-Construction (ICT) 実機セミナー

月日：9月14日(水)

場所：宮城県大郷町 コマツ IoT センタ東北

受講者：16名

内容：①建機操作コース：ICT 建機操作体験 3DMC BD・3DMG BH ②測器コース：UAV(ドローン)・点群処理ソフト・3次元計測・レーザスキャナ

#### ■特殊工事現場研修会(建設部会)

月日：9月15日(木)～16日(金)

場所：仙台湾南部海岸深沼南区 井土浦地区堤防復旧工事

出席者：河本高広建設部会長ほか8名

内容：①仙台湾川国道事務所発注の工事現場視察 ②盛土工・CSG 製造工・CSG 打設工等

#### ■除雪講習会

①天童会場

月日：9月27日(火)

場所：山形県天童市 べにばなスポーツパーク

受講者：222名

②奥州(1)会場

月日：9月29日(木)

場所：岩手県奥州市 奥州市文化会館

受講者：182名

③奥州(2)会場

月日：9月30日(金)

場所：岩手県奥州市 奥州市文化会館

受講者：154名

## 北陸支部



#### ■i-Construction 実技講習会

月日：9月15日(木)

場所：北陸地方整備局北陸技術事務所 構内

出席者：宮村兵衛事務所長事前調査

#### ■親睦ゴルフ大会

月日：9月27日(火)

場所：日本海カントリークラブ

出席者：小林鶴雄運営委員ほか13名

## 中部支部



#### ■建設機械施工技術検定実地試験

月日：9月2日(金)～5日(月)

場所：愛知県刈谷市「住友建機販売(株) 愛知教習センター」

受験者：1級 延べ受験者145名、2級 延べ受験者328名

#### ■コマツ IoT センター中部見学会

月日：9月8日(木)

参加者：34名

内容：i-Construction の ICT 土工デモンストラーション見学

#### ■技術・調査部会

月日：9月26日(月)

出席者：青木部会長ほか11名

議題：技術講演・発表会の発表テーマの選出について

#### ■建設施工研修会(映画会)

月日：9月28日(水)

場所：名古屋市中小企業振興会館

参加者：約60人

#### ■講習会講師派遣

月日：9月30日(金)

主催：岐阜県(公財)岐阜県建設研究センター

場 所：岐阜県瑞穂市総合センター

参加者：約60人

内 容：「平成28年度技術力向上セミナー」においてi-ConstructionのICTを活用した機械施工について講義を実施した

## 関西支部



### ■建設用電気設備特別専門委員会(第428回)

日 時：9月1日(木)

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-TR236 建設工事用400V級電気設備施工指針」の審議

### ■工場見学会

月 日：9月14日(水)

場 所：コベルコ建機(株)大久保事業所

出席者：河村謙輔広報部会長以下23名

内 容：コベルコ建機(株)大久保事業所工場見学

### ■意見交換会事前打合せ

月 日：9月16日(金)

場 所：エル・おおさか

出席者：松本克英事務局長以下21名

内 容：意見交換会事前打ち合わせ

### ■建設技術展2016近畿幹事会

月 日：9月21日(水)

場 所：大阪マーチャンダイズ・マートビル

出席者：松本克英事務局長

内 容：①「建設技術展2016近畿」の準備状況について ②出展企業等について ③審査員について

## 中国支部



### ■第2回開発普及部会

月 日：9月8日(木)

場 所：中国支部事務所

出席者：飯國卓夫部会長ほか5名

議 題：①第39回新技術・新工法発表会の準備について ②新技術活用等現場研修会の準備について ③土木機械設備現場研修会について ④協賛事業への参加について ⑤その他懸案事項等

### ■第2回施工技術部会

月 日：9月14日(水)

場 所：中国支部事務所

出席者：齋藤実部会長ほか6名

議 題：①I-CON(情報化施工)関係行事(案)について ②平成28年度道路除雪講習会(案)の企画について ③その他懸案事項

### ■第3回施工技術部会

月 日：9月28日(水)

場 所：中国支部事務所

出席者：齋藤実部会長ほか5名

議 題：①I-CON(情報化施工)関係行事(案)について ②平成28年度道路除雪講習会(案)の企画について ③その他懸案事項

## 四国支部



### ■平成28年度建設機械施工技術検定【実地】試験

月 日：9月3日(土)～4日(日)

場 所：日立建機日本(株)四国支店構内(善通寺市)

受検者：1級：107名 2級：318名 計425名(延べ人数)

試験監督者：小松修夫総括試験監督者ほか12名

### ■協賛事業「平成28年度大規模津波防災総合訓練」実行委員会(第2回)

月 日：9月27日(火)

場 所：高知市文化プラザかるぼーと(高知市)

出席者：畠中秀人四国地方整備局企画部長ほか実行委員会構成91機関から86名(支部からは岩澤委式事務局長が出席)

## 九州支部



### ■建設機械施工技術検定試験

月 日：8月29日(月)～9月10日(土)

場 所：コマツ教習所(株)九州センタ

受験者：1級243名、2級677名

### ■企画委員会

月 日：9月21日(水)

出席者：久保田正春企画委員長ほか10名

議 題：①建設機械施工技術検定実地試験結果について ②本部理事会資料について ③運営委員会の開催について ④九州技術フォーラム2016について ⑤i-Construction(情報化施工)講習会について ⑥建設行政講演会について ⑦その他

## 編集後記

先日まで汗ばむ日が続いていたかと思っていたら、突然寒さが増し、北国からは初雪の便りが届くようになりましたが、読者の皆様はいかがお過ごしでしょうか。

11月号のテーマは「土工特集」で、2013年9月以来、ほぼ3年ぶりとなります。

今月号の巻頭言は渡辺当協会業務執行理事に「ICTによる建設施工の生産性向上に向けて」と題して、i-Construction 施策におけるトップランナーとしてのICT土工の「生産性向上」について、その方向性を示していただきました。

また、行政情報では渡部(独)都市再生機構復興支援統括役に「CM方式を活用した震災復興事業の現状報告」と題して、復興版CM方式導入により、事業上流段階からの民間の技術力活用による施工効率の最大化・工程短縮等の成果について、ご

解説いただきました。

技術報文では、機械土工を中心に、最もホットな話題であるi-Construction／情報化施工や、建設ロボット関連、UAV（ドローン）を使った航空測量等の関連最新情報、さらに最近の補強土や軟弱地盤対策等をご執筆いただきました。いずれも、大変興味深い内容となっておりますので、ぜひ一読いただきたいと思います。

昨年の国勢調査では、調査開始以来約100年で、初めて日本の人口が減少に転じたこと、先日報じられました。人口減少社会においても、この豊かな日本社会を維持するためには、経済成長は不可欠であり、その実現には生産性向上は、乗り越えなくてはならない課題であることを、再認識した次第です。

最後になりましたが、ご多忙中にも関わらず、執筆を快諾いただいた執筆者の方々、また仲介の労をいただいた方々には深く感謝するとともに、厚くお礼申し上げます。

(岡本・竹田)

### 12月号「防災、安全・安心を確保する社会基盤整備特集」予告

・次世代社会インフラ用ロボット現場検証の評価結果（H27年度） ・総合的な都市防災対策の推進 ・臨海部防災拠点マニュアル ・熊本地震における災害対策用機械の活用 ・震災から5年を迎える河口部堤防の復旧復興状況 ・東日本大震災からの復旧・復興の着実な進展 ・仙台湾南部海岸堤防復旧プロジェクト ・東日本大震災からの鉄道復旧 ・凍土方式による陸側遮水壁の造成 ・工事を支える2つの「見える化」 ・早期復興にためるために取り組んだ現場運営の紹介 ・進化した橋脚・基礎の耐震補強 ・類例なき道路宅地一体補強 浦安市の市街地液状化対策 ・首都圏の重要導水施設が改築完了 ・締固めによる木曾三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介 ・浜岡原発の防波壁、両端に盛り土を配して完成 ・徳島に国内最大級の無動力陸閘ゲート ・水陸両用バックホーで仮設道路を省く福島県の離岸堤復旧工事 ・災害復旧用無線遠隔操縦ロボットによる森林伐採

### 【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をのり記入のうえ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）

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

### 編集委員長

田中 康順 鹿島道路(株)

### 編集委員

新田 恭士	国土交通省
大槻 崇	国土交通省
田中 忠重	農林水産省
浅野 仁之	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
荒瀬 純治	清水建設(株)
三輪 敏明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
北原 成郎	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラージャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
江本 平	範多機械(株)
太田 正志	施工技術総合研究所

### 事務局

日本建設機械施工協会

## 建設機械施工

第68巻第11号（2016年11月号）（通巻801号）

Vol.68 No.11 November 2016

2016（平成28）年11月20日印刷

2016（平成28）年11月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖 三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154 電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 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



KOBELCO

低燃費、さらに高耐久



10%  
燃費改善  
もっと  
低燃費

稼働を  
止めない  
高耐久

世界の都市へ、鉱山へ。

地球上の多様な現場で活躍するために

「地球型建機」へと力強い進化を遂げたコベルコ。

圧倒的な低燃費を実現しながら、パワーを向上し、

高い生産性を発揮。同時に、あらゆる作業に強い耐久性も備え、

時代に先駆ける新たな価値を提案します。

地球環境の未来を見据えつつ、

さらなる作業の効率化と

ライフサイクルコスト低減へのニーズ。

世界の現場からの期待に、

コベルコは次世代の性能で応えます。

Hモード...約**10%**低減



ITを活用したコベルコ建機  
独自の予防保全システム

コベルコ建機株式会社

<https://www.kobelco-kenki.co.jp>

東京本社 〒141-8626 東京都品川区北品川15丁目5番15号 ☎(03)5789-2111



コベルコ建機  
Webサイト



You Tube

# HITACHI

Reliable solutions



## Reliable solutions powered by ICT

日立建機は、施工の効率化や品質向上、労働力不足といったお客様の課題に向き合い、情報化施工に対応する建設機械をはじめ、ICTを活用したソリューションを提供。お客様の多様なニーズにお応えしていきます。

## お客様の多様なニーズに応える、日立のICT建機。

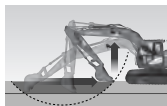
### マシンコントロール

目標面の施工に対して必要なフロント操作の一部を、リアルタイムで半自動制御。施工現場に応じて、3D設計データ又は2D設計データに対応できます。

#### ベテランオペレータのような施工ができる機能

##### ● 掘り過ぎ防止機能

フロント作業を半自動制御することで、施工目標面に対する掘り過ぎを防止。効率的な掘削が可能になり、生産性・品質が向上します。



##### ● バケット角度保持モード

バケット操作を気にすることなく、角度を一定に保つことができ、アームとブームの操作のみで法面などを仕上げるすることができます。



### マシンガイダンス

目標面の施工に対して必要な操作を、モニタや音によりオペレータに分かりやすくナビゲートします。

#### 施工目標面を見える化する機能

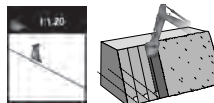
##### ● 3Dマシンガイダンス用モニタ

機械の位置・姿勢情報と3D設計データに基づいて、施工目標面とバケット爪先の距離をモニタで見やすくナビゲートします。



##### ● 目標設定ダイレクトモード

バケットを接地し、スイッチを押すだけで、施工目標面を設定することができ、数値入力の手間と時間を省きます。



ICT油圧ショベル  
ZX200X-5B



日立建機株式会社 日立建機日本株式会社

[www.hitachi-kenki.co.jp/](http://www.hitachi-kenki.co.jp/) レンタル機をご用命の際は、最寄りの日立建機日本の営業所へお問合せください。

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

## パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

## 自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

## スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

## リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

## サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

## ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

### ■ 名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037  
電話 0568(77)3312  
FAX 0568(77)3719

### ■ 本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031  
電話 042(751)3800  
FAX 042(756)4389

### ■ 東京工場

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054  
電話 03(3429)2141  
FAX 03(3420)3336



# 建設機械施工 広告掲載のご案内

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

## ■職業別 購読者

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

## ■掲載広告種目

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

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

## サンタナアートワークス

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

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

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F



## 建設機械施工 カタログ資料請求票

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送りください。

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

お名前： \_\_\_\_\_ 所属： \_\_\_\_\_

会社名(校名)： \_\_\_\_\_

資料送付先： \_\_\_\_\_

電話： \_\_\_\_\_ F A X： \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

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



新技術ツルミの

# NETIS登録商品シリーズ



**NETIS登録商品とは**  
 〈New Technology Information System〉  
 公共事業等における新技術活用を促す  
 国土交通省の新技術情報提供システムです。



## 電極式自動運転ポンプ (NETIS登録番号 CG-110036-VE)

工事 排水用	<b>LBA型</b> 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 40・50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.25・0.48kW 全揚程: 6・8m 吐出し量: 0.1・0.12m <sup>3</sup> /min	<b>HSE型</b> 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.4kW 全揚程: 8m 吐出し量: 0.1m <sup>3</sup> /min	<b>HSDE型</b> 水中泥水ポンプ 吐出し口径: 50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.55kW 全揚程: 9m 吐出し量: 0.1m <sup>3</sup> /min	<b>KTVE型</b> 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 50~100mm 相・電圧: 三相200V 出力: 0.75~5.5kW 全揚程: 10~22m 吐出し量: 0.18~0.6m <sup>3</sup> /min
	低水位 排水用	<b>LSCE型</b> 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 25mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.48kW 最高排出揚程: 11m (50Hz) 12m (60Hz)	<b>LSRE型</b> 水中ハイスピンポンプ 吐出し口径: 50mm 相・電圧: 単相100V 出力: 0.48kW 全揚程: 8m 吐出し量: 0.12m <sup>3</sup> /min	残水 吸排水用

## 自動アイドリングストップ機能付き エンジン式高圧洗浄機

(NETIS登録番号 CG-140002-A)



「HPJ-5ESMA型」の  
ご紹介動画をご覧ください。



## HPJ-5ESMA型

〈アイドリングストップ仕様〉  
 連続定格出力: 3.7kW [5.0PS] / 1800min<sup>-1</sup>  
 圧力: 7.8MPa [80kgf/cm<sup>2</sup>]  
 吐出し量: 21.2ℓ/min

株式会社 鶴見製作所

大阪本店: 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800  
 東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店: TEL.(011)787-8385 東京支店: TEL.(03)3833-0331 中部支店: TEL.(052)481-8181 近畿支店: TEL.(06)6911-2311 四国支店: TEL.(087)815-3535  
 東北支店: TEL.(022)284-4107 北関東支店: TEL.(027)310-1122 北陸支店: TEL.(076)268-2761 中国支店: TEL.(082)923-5171 九州支店: TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

未来へ伸びる、三笠の技術。



吸塵式乾式カッター  
**MCD-RY14**  
 NETIS No.TH-150001



**Mr.LIGHT 2**  
 MLP-1212A



高周波バイブレーター  
**FX-40G/FU-162**



転圧センサー

バイプロコンパクター  
**MVH-308DSC-PAS**  
 NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー  
**MT-55L-SGK**  
 NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター  
**MVC-F40S**  
 NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー  
**MRH-601DS**  
 低騒音指定番号5097

**三笠産業株式会社**

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

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

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

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452  
 長野出張所 TEL: 080-1013-9542  
 中部営業所 TEL: 052-451-7191  
 金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

中国営業所 TEL: 082-875-8561  
 四国出張所 TEL: 087-868-5111  
 九州営業所 TEL: 092-431-5523  
 南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328



# クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。  
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中!

## ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテレタ リンナー 離操作

Nシリーズ 微弱電波  
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド  
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力  
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力  
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応!
- ◆ 常に! 業界一のコストパフォーマンス!
- ◆ 迅速なメンテナンス体制!
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい! 日々互換性を継承、補修の永続制

## 新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現!

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応  
2段階押しスイッチ  
装着可能

モデルチェンジ!  
内部設計を一新

全ての  
互換を優先  
しました

自由度の高い  
多様なオーダー対応  
ボタン配置自在/最大32点

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性  
2段階押しスイッチを  
装着可能

パネルゴム突起で  
操作クリック感が  
向上

8操作標準型  
RC-5808N

●8操作8リレー  
●軽量コンパクト  
受信機

セットで  
15万円  
(税抜価格)

12操作標準型  
RC-5812N

●12操作12リレー  
●照明出力リレーの  
保持を標準採用

セットで  
17万円  
(税抜価格)

16ボタン  
モデル

16操作標準型  
RC-5816N

●16操作16リレー  
●同じ外形で  
16個のボタンを  
コンパクトに配置

## マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型  
RC-6016N  
●16操作16リレー  
最大25リレーまで  
対応可能

セットで  
20万円  
(税抜価格)



防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応  
2段階押し・特殊  
スイッチ装着可能

モデルチェンジ!  
内部設計を一新!!  
全ての互換を優先しました。

## 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型  
RC-8616N

●16操作16リレー  
最大32リレーまで  
対応可能

セットで  
22万円  
(税抜価格)



堅牢なボディ  
耐衝撃性が向上

自社開発 高耐久性  
2段階押しスイッチを  
装着可能

ハンディなのに  
特殊スイッチを  
装着可能

優れた  
耐塵・防雨性能  
送信機はIP65相当

特殊スイッチ  
オーダー対応例

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

## マイティサテレタ

N/U/Gシリーズ

●操作信号数 最大32点  
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応  
ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型  
RC-7132N

セットで  
90万円~  
(税抜価格)



全押しボタン  
RC-7126N  
セットで 45万円~  
(税抜価格)

ジョイスティック  
2本装着オーダー例

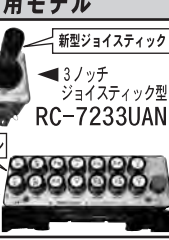
## 旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル

RC-7233UAN

●3ノッチ  
ジョイスティック型

スリッガード付き押しボタン

全押しボタン型  
オーダー例  
RC-7215U



## チップケーブルレス

Nシリーズ

微弱電波モデル  
対応  
標準型  
RC-3208N

●8操作  
8リレー

セットで  
12万円  
(税抜価格)



片手で握り替えずに  
正逆操作が行えます!

ボタン部の突起  
ボタン間の仕切 一体型の  
シリコンカバーで  
操作性が向上

チップ部品採用で  
ポケットサイズ化

トコトコ機能を絞って  
コストダウン

アルカリ乾電池なら  
連続使用60時間以上

高い防水性能  
送信機はIP65

従来の機と  
信号互換あり!

受信機は既設のまま送信機のみ取替も可

軽量コンパクト  
ショルダータイプ

## ケーブルレスミニ

## ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド  
両モデル対応

N/Rシリーズ

●3操作3リレー  
最大5リレーまで対応可能

●微弱Nシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び!  
●2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)

標準型  
RC-4303N/R

セットで  
10万円  
(税抜価格)



標準型  
RC-4303N/R

セットで  
10万円  
(税抜価格)



## リンナー 離操作

N/U/Gシリーズ

価格もサイズも  
ハンディー並み!

微弱電波・特定小電力  
両モデル対応

標準型  
RC-2512N

●12操作12リレー  
最大32リレーまで対応可能  
●見易くなった電池残量告知ランプ付

セットで  
22万円  
(税抜価格)



軽量コンパクト  
ショルダータイプ

## データケーブルレス

## 工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力  
ラジコンバンド  
全モデル対応

N/R/U/G  
シリーズ

●機器間の信号伝送に!  
●多芯の有線配線の代わりに!

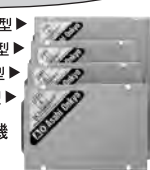
標準型 セットで  
TC-1305R 20.5万円 (税抜価格)  
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税抜価格)



送信機  
(外部接点入力型)

7100型  
6300型  
5700型  
3200型

受信機  
写真は  
Uシリーズ



## MAX サテレタ

Uシリーズ  
Gシリーズ

特定小電力  
専用モデル

金属シャーシの  
多操作・特注仕様専用機!!

ジョイスティック  
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U  
●多機能多操作  
(比例制御対応も可)

全押しボタン  
装着タイプ

セットで  
95万円  
(税抜価格)



無段変速ジョイスティック  
2本装着例

## 無線式火薬庫警報装置

## 発破番 ES-2000R



標準付属品付  
セットで  
40万円  
(税抜価格)

●長距離伝送  
到達距離約2km~(6km)  
●受信機から  
電話回線接続機能  
●高信頼性  
異常判定アルゴリズム  
●音声メッセージで  
異常箇所を連絡(受信側)  
●大音量警鳴音発生  
110dB/m

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

無線化工事のこならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索



## 朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部  
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)  
http://www.asahionkyo.co.jp/

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

# 進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した  
コマツハイブリッド油圧ショベルは、  
国内で1,200台を超える実績を重ね、  
確かな信頼を得ました。  
さらなる進化を遂げて誕生した  
コマツ第三代ハイブリッドHB205-2は、  
油圧ショベルのスタンダードとなります。

NEW

- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**  
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。  
実際の作業では、作業内容により上記以下に  
なる場合があります。



## KOMATSU

### コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

雑誌 03435-11



4910034351169  
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)