

一般社団法人

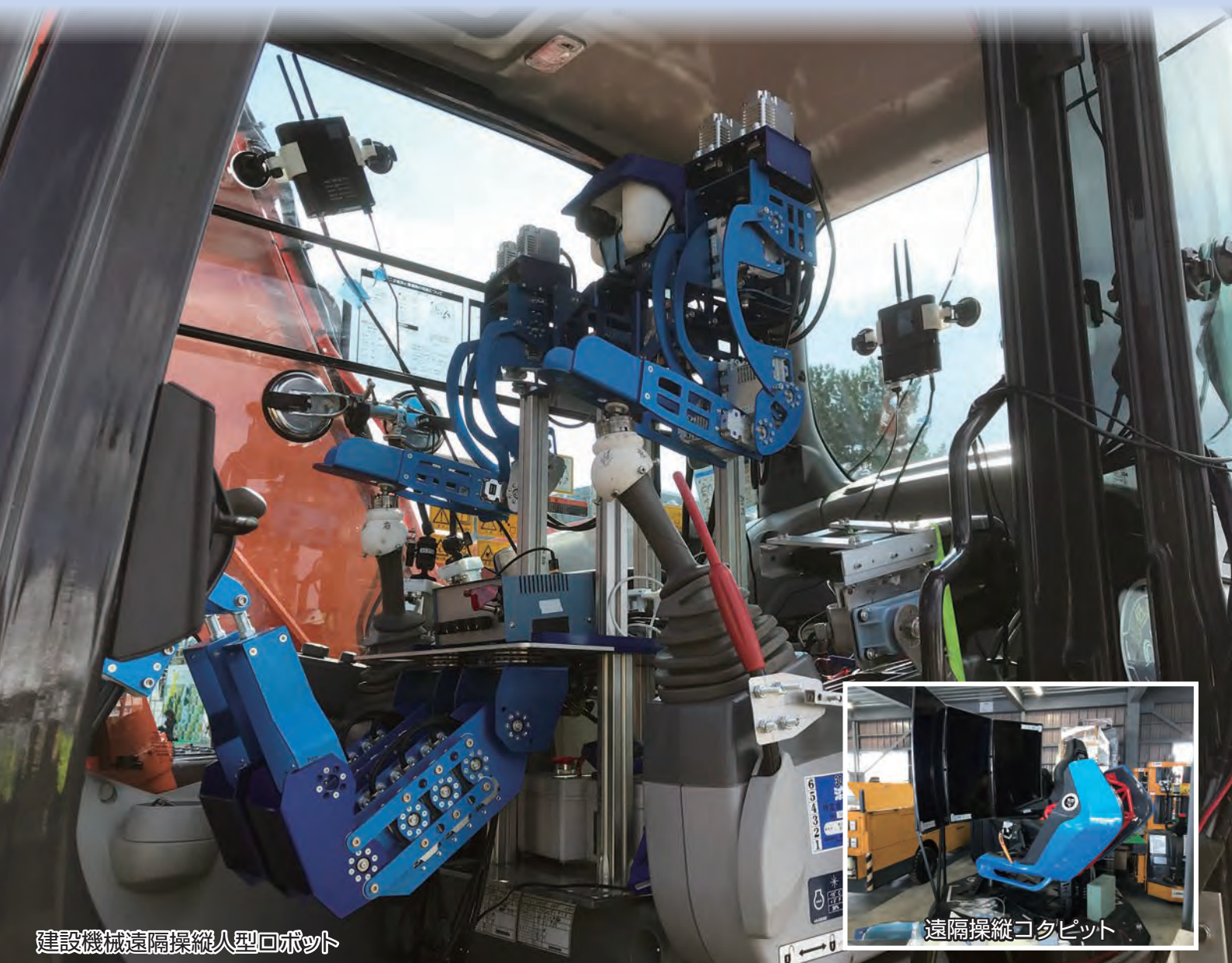
日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

2018

建設機械施工 11

Vol.70 No.11 November 2018（通巻825号）

特集 最先端の高度な 建設技術の開発と実用化



建設機械遠隔操縦人型ロボット

遠隔操縦コクピット

巻頭言

最先端技術を用いた建設機械施工への期待

技術報文

- AIによるシールド掘進計画支援システムの開発
- 次世代インフラ監視システムの開発と運用
- 四つ葉プレート工法の実プロジェクトへの適用
- 人間工学に基づいた軽量設計
- 「ウェアラブルバイブレータ®」の開発 他

行政情報

- 「公共工事等における新技術活用システム」(NETIS)の現況
- 次世代社会インフラ用ロボットにおける取り組み

交流のひろば

建設機械遠隔操縦人型ロボットの現状と将来性

JCMA報告

平成30年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その3）

統計

平成30年 建設業の業況

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

●コストパフォーマンスに優れる。

機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。

●安全性に優れる

コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。

●環境に優しい。

河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。

●大型機材の運搬も可能

専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

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

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



振動ローラーコンパクター

省人化

経済性

作業環境改善

▶▶▶ 新しいアタッチメントが日本上陸!!

- ▶ 振動ローラーによる締固め
スピーディかつ締固め度 95%を両立!
- ▶ 圧倒的なコスト削減を実現!
- ▶ 従来アタッチメント同様の簡単な脱着!

NETIS登録済み
NO.KT-170071-A

日本での特許済み
特許第6208387号

お気軽にお問合せください

▶▶▶ デモ可能



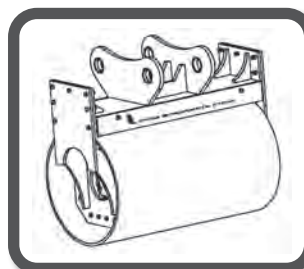
SARAN株式会社

〒136-0072 東京都江東区大島3-32-12 東栄ビル202

Tel : 03-5875-2548 Fax : 03-5875-2549

E-mail : info@sarancorporation.co.jp

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



振動ローラーコンパクター本体図面



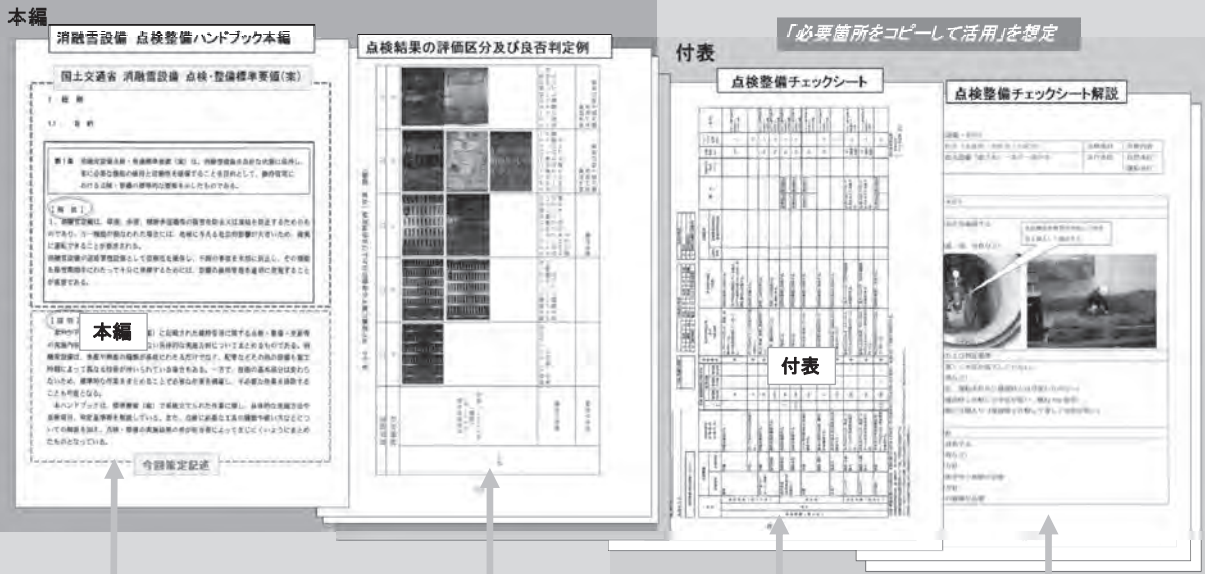
振動ローラーコンパクターによる締固め

消融雪設備 点検・整備ハンドブック

平成30年7月発刊

本書は、消融雪設備の老朽化対策として平成28年3月に国土交通省が策定した「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」の技術者向け解説書です。

■消融雪設備 点検・整備ハンドブック



○箱枠内に「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」を掲載し、【説明】として解説事項を箱枠外に掲載。

標準要領の目的理解を支援

○5段階状況写真等を利用した評価例と施設の状態解説、対処方法例を掲載。

的確な判定を支援

○「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」に、実際の点検内容の解説等を追加掲載。

本書の購入者は、出版元ホームページからID、PASSでチェックシートのダウンロードが可能です

技術の継承・支援

○点検方法、判定方法および判定基準、不良時の措置方針を掲載。

若手技術者育成・支援

消融雪設備 点検・整備ハンドブック策定委員会

（一社）新潟県融雪技術協会

（一社）日本建設機械施工協会 北陸支部
北陸融雪技術協議会

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 282-1114/FAX (025) 281-1507

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 280-0128/FAX (025) 280-0134

〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 TEL (025) 281-8812/FAX (025) 281-8832

※ 裏面に注文書があります。

消融雪設備 点検・整備ハンドブック注文書

注文日：平成 年 月 日

官公庁・会社名			担当部署：
担当者			
電話番号	-	-	
FAX番号	-	-	
メールアドレス			
お届け先	住所	〒	
注文内容	会員 ・ 非会員 ← どちらかに○印をつけて、必要部数を記入してください。		
		会員	非会員
	必要部数	冊	冊
	価 格	10,000円/冊	12,000円/冊
	消費税	800円/冊	960円/冊
	送 料	700円/冊	700円/冊
	合 計		
備考	請求書の宛名等ご希望をお知らせください		

※ 送料(送料・手数料)は冊数が複数になる場合は、変更になります。

【申し込み先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部 他 最寄の本部・支部。
 ※ 北陸支部については、北陸支部ホームページからご注文が可能です。
<http://www.niigata-inet.or.jp/jcmahoku/>

【内容問合せ先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部
 TEL 025-280-0128
 FAX 025-280-0134

「平成 30 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:田崎忠行)は、書籍「平成 30 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 30 年 5 月 8 日

■体 裁 : A4判、モノクロ、約475ページ

■内 容

- 第Ⅰ章 機械損料の構成と解説
- 第Ⅱ章 関連通達・告示等
- 第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)
- 第Ⅳ章 建設機械等損料算定表
- 第Ⅴ章 船舶損料算定表
- 第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表
- 第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表
 - ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
 - ・損料の算出例を掲載

■定価 本体(税別)

一般: 8,000円 会員: 6,800円

※送料は一般・会員とも700円

なお、複数冊ご購入の場合の送料はお問い合わせください。

***** 以上 *****

■参考

5 月 17 日発売の「よくわかる建設機械と損料2018」も併せてご活用ください。

(特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・図入りで紹介
- ・主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介

■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)



書籍の表紙イメージ

よくわかる建設機械と損料 2018

(平成30年度版 建設機械等損料表の解説書)

■発刊日:平成 30 年 5 月 12 日

■体裁:A4 判、一部カラー、約 320 ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般:6,000 円 会員:5,100 円

■特長

★損料用語を平易な表現でわかりやすく解説

★換算値損料や損料補正值の計算例を紹介

★損料算定表の主な改正点を表にして紹介

★17 件の関連通達類の位置付けと要旨を解説

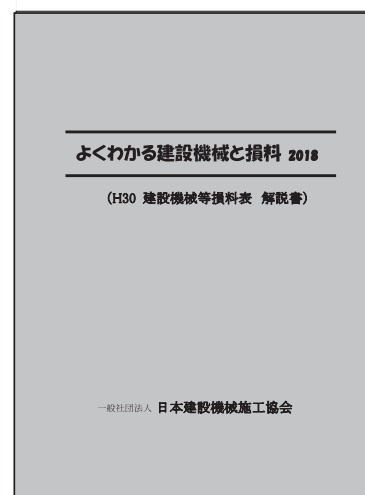
★建設機械器具のコード体系を大分類(下記 01～50)別に図示

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 船舶及び機械器具等(作業船) |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |

★大半の建設機械器具について概要・特徴を写真・図入りで紹介

★主要な建設機械についてはメーカ・型式名を表にして紹介

★索引でヒットしない機械について、その要因・対処方法を表にして紹介



一般社団法人 日本建設機械施工協会

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

橋梁架設工事の積算

平成30年度版

∞ ∞ ∞ 改定・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 30 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成 30 年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

つきましては、橋梁架設工事の設計積算業務に携わる関係各位に是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。

敬具

◆内容

平成 30 年度版の構成項目は以下のとおりです。

- 〈本編〉 第 1 章 積算の体系
第 2 章 鋼橋編
第 3 章 P C 橋編
第 4 章 橋梁補修
第 5 章 橋梁架設用仮設備機械等損料算定表
- 〈別冊〉 橋梁補修補強工事 積算の手引き
(補修・補強工事積算の適用範囲・手順の解説)

◆改訂内容

平成 29 年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編

- ・架設機材複合損料の改訂
- ・送出し、降下作業ステップ図の追加
- ・架設用製作部材単価の改訂
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

2. P C 橋編

- ・架設機械の複合損料改定
- ・床版水抜きパイプ設置工の歩掛を追加
- ・架設桁架設工法の既設構造物アンカー工歩掛を追加
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

3. 橋梁補修編

- ・各足場タイプ別の作業日当り標準作業量の掲載
- ・チッピング工（ブラケット背面部）労務編成の改定
- ・検査路撤去・再設置歩掛の掲載
- ・外ケーブル補強工（鋼橋）の掲載
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



● A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）
別冊約 200 頁 セット

●定価

一般価格：10,800 円（本体 10,000 円）
会員価格：9,180 円（本体 8,500 円）

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 900 円
沖縄県 710 円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊予定 平成 30 年 5 月 20 日

関係部署にも御回覧をお願いします。

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

平成30年度版

改訂・発刊のご案内

平成30年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

平素は当協会の事業推進について、格別のご支援・ご協力を賜り厚く御礼申し上げます。

本協会では、平成28年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成28年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成30年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成30年度版」を発刊することと致しました。

つきましては、大口径岩盤削孔工事の設計積算業務に携わる関係各位の皆様には是非ご利用いただきたくご案内申し上げます。 敬具

◆ 内 容

平成30年度版の構成項目は以下のとおりです。

- | | |
|----------------------|----------------------|
| 第1編 適用範囲 | 第2編 工法の概要 |
| 第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算 | 第4編 パーカッション掘削工法の標準積算 |
| 第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算 | 第6編 建設機械等損料表 |

◆ 改訂内容

平成28年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の歩掛・損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・オーガ、パーカッション、ケーシング回転掘削工法のイラストの刷新、施工機械諸元を最新情報に改訂
- ・工法概要、標準積算例により解りやすく解説
- ・施工条件に対応した新たな岩盤削孔技術事例の紹介
- ・施工実績の改定に伴う掘削工法の種類と選定資料の部分改訂

● A4判／約230頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,480円（本体6,000円）

会員価格：5,508円（本体5,100円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時に申込みの場合は別途とさせていただきます。

● 発刊予定 平成30年5月22日

（本の発送は、5月31日頃からはなります。）

大口径岩盤削孔工法の積算

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

国土交通省では、平成28年度より建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとして、i-Construction(アイ・コンストラクション)を進めています。

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

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

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

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

主な内容

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



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

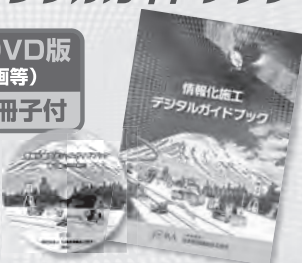
648円(本体600円)

実務者向け!!
情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

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

JCMA 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

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

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

(注)沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

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

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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

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



発 刊 日

平成28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

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

2016年版 内容目次

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

今後の予定

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2016年版

冊

上記図書を申込み致します。

平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

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

〔お問合せ及びお申込先〕

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

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

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

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

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

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

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

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

発売時期

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

Webサイト 要覧クラブ

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

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

様々な環境で閲覧できます。

タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス



今後の予定

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

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

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌に掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

- 建設機械及び建設機械施工に関わる学術研究団体です。(特許法第30条に基づく指定及び日本学術会議協力学術研究団体)
- 建設機械に関する内外の規格の審議・制定を行っています。(国際標準専門委員会の国内審議団体(ISO/TC127、TC195、TC214)、日本工業規格(JIS)の建設機械部門原案作成団体、当協会団体規格「JCMAS」の審議・制定)
- 建設機械施工技術検定試験の実施機関に指定されています。(建設業法第27条)
- 災害発生時には会員企業とともに災害対応にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 附属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。

■会員構成

会員は日本建設機械施工協会の目的に賛同された、個人会員(個人:建設施工や建設機械の関係者等)、団体会員(法人・団体等)ならびに支部団体会員で構成されており、協会の事業活動は主に会員の会費によって運営されています。

■主な事業活動

- ・学術研究、技術開発、情報化施工、規格標準化等の各種委員会活動。
- ・建設機械施工技術検定試験の実施。
- ・機関誌「建設機械施工」をはじめ各種技術図書・専門図書の発行。
- ・建設機械と施工技術展示会“CONET”の開催。除雪機械展示会の開催。
- ・シンポジウム、講習会、講演会、見学会等の開催。海外視察団の派遣。 etc.

■主な出版図書

- ・建設機械施工(月刊誌)
- ・日本建設機械要覧
- ・建設機械等損料表
- ・建設機械図鑑
- ・建設機械用語集
- ・地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル
- ・建設施工における地球温暖化対策の手引き
- ・建設機械施工安全技術指針本文とその解説 etc.

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会 会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会 個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな		生年月日
氏名 (自署)		昭和 平成 年 月 日
勤務先名		
所属部課名		
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
機関誌の送付先	勤務先 自宅 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。)	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

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

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成 30 年 11 月現在）

消費税 8%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H30 年 8 月	消融雪設備点検・整備ハンドブック	12,960	10,800	700
2	H30 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2018	6,480	5,508	700
3	H30 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 30 年度版	6,480	5,508	700
4	H30 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版	10,800	9,180	900
5	H30 年 5 月	平成 30 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
6	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	900
7	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	700
8	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術（情報化施工）	1,296	1,080	700
9	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,780	3,402	700
10	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	700
11	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	700
12	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	900
13	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	900
14	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	700
15	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	250
16	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	700
17	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂 4 版）	6,480	5,502	700
18	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		250
19	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		700
20	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	700
21	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	700
22	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	700
23	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		700
24	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	250
25	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）*	1,029		250
26	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）*	5,142		250
27	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	700
28	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		700
29	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		700
30	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
31	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	700
32	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	700
33	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		700
34	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		700
35	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		700
36	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	250
37	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	700
38	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	700
39	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	700
40	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	700
41	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	700
42	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		250
43		建設機械履歴簿	411		250
44	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	700
			定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込)		

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

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

最先端の高度な建設技術の開発と実用化

特 集

巻頭言

行政情報

特集・
技術報文

4 最先端技術を用いた建設機械施工への期待

高橋 弘 東北大学大学院環境科学研究科

5 「公共工事等における新技術活用システム」(NETIS) の現況

渡邊 賢一 国土交通省 大臣官房 技術調査課 課長補佐

11 次世代社会インフラ用ロボットにおける取り組み

AI を含めた高度なインフラ点検に向けて

東山 遼 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 施工企画係長

15 マルチスペクトルカメラ, AI を利活用した施工現場地質状況自動評価システムの構築

宇津木慎司 安藤ハザマ 先端技術開発部 担当部長

20 AI によるシールド掘進計画支援システムの開発

AI が自己学習により掘進計画を最適化

中谷 武彦 清水建設㈱ 土木総本部土木技術本部 開発機械部 技術開発グループ 課長

23 山岳トンネル工事における切羽監視の新技術

Face Condition Viewer (商標出願中) 切羽変状可視化システムの開発

佐藤 裕考 ㈱竹中土木 技術・生産本部 技術部

市川 晃央 ㈱竹中土木 技術・生産本部 技術部 課長

芥川 真一 神戸大学大学院 工学研究科 市民工学専攻

27 次世代インフラ監視システムの開発と運用

センサ Box だけで始められ, 巡視による「目視点検」の弱点をカバーするパラマキ型の傾斜監視システム『OKIPPA104』

鶴田 大毅 西松建設㈱ 社長室 事業創生部 事業創生一課 担当課長

永山 智之 西松建設㈱ 社長室 事業創生部 事業創生一課 担当課長

32 四つ葉プレート工法の実プロジェクトへの適用

熊野 豪人 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門

奥野雄一郎 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門

岩本 卓麻 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門

内山 元希 ㈱竹中工務店 大阪本店 設計部 構造部門

37 屋内位置認識技術を用いた高所作業車管理アプリの開発

松田 耕 ㈱竹中工務店 技術研究所 先端技術研究部 デジタル生産グループ 研究員

吉田 真悟 ㈱朝日興産 販売部 IoT 推進グループ 課長

杉本 俊介 ㈱竹中工務店 名古屋支店 生産統括部 技術部門 計画 2 グループ 建築担当

42 作業員と建設重機との接触を防止する安全装置の開発

人とヘルメットを選択的に検知して重機を止めるシステム

「クアトロアイズ[®]」

上條 宏明 ㈱大林組 東京機械工場技術開発課 課長

小林 只和 ㈱大林組 大阪機械工場電機課 副課長

西脇也寸男 ㈱大林組 東京機械工場技術開発課 副課長

46 人間工学に基づいた軽量設計「ウェアラブルバイブレータ[®]」の開発

コンクリート締固め作業を省人化, 品質向上にも寄与

弓削 毅 鹿島建設㈱ 機械部 技術 2 グループ 次長

50 鉄筋結束ロボット T-iROBO[®] Rebar の開発

高橋 要 大成建設㈱ 技術センター 先進技術開発部 次世代建設技術開発室 課長

西村 健志 千葉工業大学 未来ロボット技術研究センター 研究員

	55	次世代無人化施工技術 拡張型高機能遠隔操作室の開発 緊急災害対応で柔軟な拡張性を持つ移動式遠隔操作室 北原 成郎 (株)熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室 室長 坂西 孝仁 (株)熊谷組 土木事業本部機材部 担当部長 飛鳥馬 翼 (株)熊谷組 土木事業本部 ICT 推進室
交流のひろば	61	建設機械遠隔操縦人型ロボットの現状と将来性 吉田 道信 (株)カナモト ニュープロダクツ室
ずいそう	66	人型ロボット（ドカはるみ）の生い立ち 角 和樹 (株)富士建 専務取締役
	68	カンボジアでの思い出 中川 明彦 (株)荏原製作所北陸支社 支社長
JCMA 報告	70	平成 30 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 3）
CMI 報告	80	超速硬コンクリートのはつり作業の効率化に関する研究 中村 浩章 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 主任研究員 小野 秀一 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 部長 渡邊 晋也 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 主任研究員
部会報告	83	平成 30 年度 夏季現場見学会報告 建設業部会
	87	カヤバシステムマシナリー(株)三重工場見学会報告 機械部会 トンネル機械技術委員会
	89	新工法紹介 機関誌編集委員会
	92	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	96	平成 30 年 建設業の業況 機関誌編集委員会
	103	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
	104	行事一覧 (2018 年 9 月)
	114	編集後記 (久保・山本)

◇表紙写真説明◇

建設機械遠隔操縦人型ロボット

写真提供：(株)カナモト

過去の災害現場や工事現場では、危険を承知の上で人による作業が行われていたが、近年の技術でその危険作業を機械で行うことができてきた。その一つ的手段として、建設機械を遠隔で操縦する技術の確立に取り組んできた。開発当初よりラジコン専用機を作るのではなく、ロボット技術を駆使して従来からある重機をそのまま利用するというアイデアを基に開発を進めてきた。VR で遠隔操縦を行う技術開発は、オペレータの操作感覚や機器類の実用性を考慮しなければならない為、とても困難であったが、試行錯誤の結果、通信速度に関する課題もあるが、各地の災害現場や危険地帯、さらには全国の防災訓練でもデモンストレーションを行っている。写真は、パワーショベルを人間に代わって操作するロボットの操縦状況であり、右下の写真は、最新型の遠隔操縦コクピットである。

2018 年(平成 30 年)11 月号 PR 目次
【ア】朝日音響(株)……………後付 8
【カ】コベルコ建機(株)……………後付 1
コマツ……………表紙 4

【サ】SARAN(株)……………表紙 2
【タ】大和機工(株)……………後付 3
(株)鶴見製作所……………後付 6

【ハ】baum 2019 メッセ・ミュンヘン……………表紙 3
日立建機(株)……………後付 2

【マ】マルマテクニカ(株)……………後付 5
三笠産業(株)……………後付 7
【ヤ】吉永機械(株)……………表紙 2

巻頭言

最先端技術を用いた 建設機械施工への期待

高 橋 弘



1985～1990年にヒットした映画の1つに「バック・トゥ・ザ・フューチャー」シリーズがある。スポーツタイプの乗用車デロリアンを改造して開発したタイムマシンで過去と未来を行き来するSF映画で、全部で3作品が作られた。第1作では、1985年から1955年にタイムスリップし、第2作では逆に2015年の未来にタイムトラベルした。第1作、第2作では近未来（2015年）を描いた様々な技術が映画の中に登場している。例えば、メガネ型のコンピュータ、音声で指示を認識するコンピュータなどであるが、映画の中で描かれたように、これらは既に実用化の域にある。生ごみで走る車は実用化されていないが、生ごみを利用したバイオマス発電は既に実用化されている。さらに自動乾燥機能付ジャケットは、似たようなものが開発されており、自動でヒモが締まるシューズは限定的に販売された。さらに空中に浮かぶスケートボードは実現間近とも言われている。このように、SF映画の中で登場する技術の多くが実現化されている（あるいはされつつある）のは驚くべきことであるが、現在、広く使用されているスマートフォンは映画の中で描かれていない。さすがにスマートフォンの出現までは予想できなかったのではと言われているが、それほどまでに情報・通信技術の進展は著しい。そして、この情報・通信技術の進展は、建設機械および建設機械施工の分野にも技術革新をもたらしている。例えば、建設機械の稼働状況を現地で取得し、通信でメインサーバに転送することにより、地球の裏側にある重機の診断もできるようになった。故障が予想されるような場合は、実際に故障が生じる前に重機を点検することも可能であり、その結果、施工効率が落ちたり、工期が大幅に遅れたりするような事態を回避することが可能になっている。重機の遠隔操作は、以前はタイムラグが問題視されていたが、今では映像を見ながらの遠隔操作は普通であり、2次災害が懸念されるような災害現場では、重機の遠隔操作は不可欠な技術になっている。最近では、高画質な映像を低遅延で送受信する技術も開発され、臨場感の

ある重機の遠隔操作も可能になってきている。今後、技術開発がより進展し、地上から月面の重機を遠隔操作し、月面基地を建設するという時代が来るかもしれない。

建設現場の生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す取組であるi-Constructionも先端技術の導入によるところが大きい。情報化施工では、マシンガイダンス(MG)やマシンコントロール(MC)の導入により生産性の向上が見られたが、i-Constructionでは、先端技術であるドローンを測量に取り入れることにより、特に起工測量が圧倒的に効率化され、工期の大幅短縮が可能となった。ドローン等を利用することで3次元測量が短時間で終了し、さらに3次元データによる設計・施工計画、3次元データを用いたICT施工、そしてドローン等による3次元測量を活用した検査など、先端技術の導入により建設施工全体が大きく変化してきていることは確かである。

そして今後は、IoT、ビッグデータ、人工知能(AI)、ロボット等のイノベーションを積極的に取り入れ、更なる生産性の向上を目指し、魅力ある建設現場を目指していくことになると想像される。国土交通省と経済産業省は、社会インフラの維持管理、災害調査・災害復旧の効率化を目指し、「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」を設置し、平成26年度および27年度にロボットの現場実証を行った。優れたロボット技術は積極的に社会実装が進められており、今後ロボットの需要は益々増大すると考えられる。また本協会が毎年開催しているシンポジウムでも、昨年は「建設施工におけるビッグデータ・AIの活用に向けて」と題した特別講演が開催されており、ビッグデータや人工知能といった先端技術を建設施工分野にも取り入れる試みが既に行われている。バック・トゥ・ザ・フューチャーを観て、近未来の社会にワクワクした感情をいま思い出すが、最先端で高度な土木技術・建設技術が開発され、若者が心ときめく魅力ある建設現場が実現されることを期待したい。

行政情報

「公共工事等における新技術活用システム」(NETIS)の現況

渡 邊 賢 一

国土交通省では、有用な新技術の積極的な活用を推進することで、公共工事のコスト縮減や品質向上を図り、新技術の更なる改善を促進するための仕組みとして、NETIS（新技術情報提供システム）を運用している。より一層の新技術の活用促進のため、テーマ設定型（技術公募）を実施する第三者機関等の公募や、新技術のNETIS登録の迅速化のため、開発者のNETIS登録申請を支援する団体の公募等を実施しており、本稿ではそれら最新の取り組みについて紹介する。

キーワード：建設施工における新技術、NETIS（新技術情報提供システム）、テーマ設定型（技術公募）、有用な新技術の活用促進、NETIS登録の迅速化

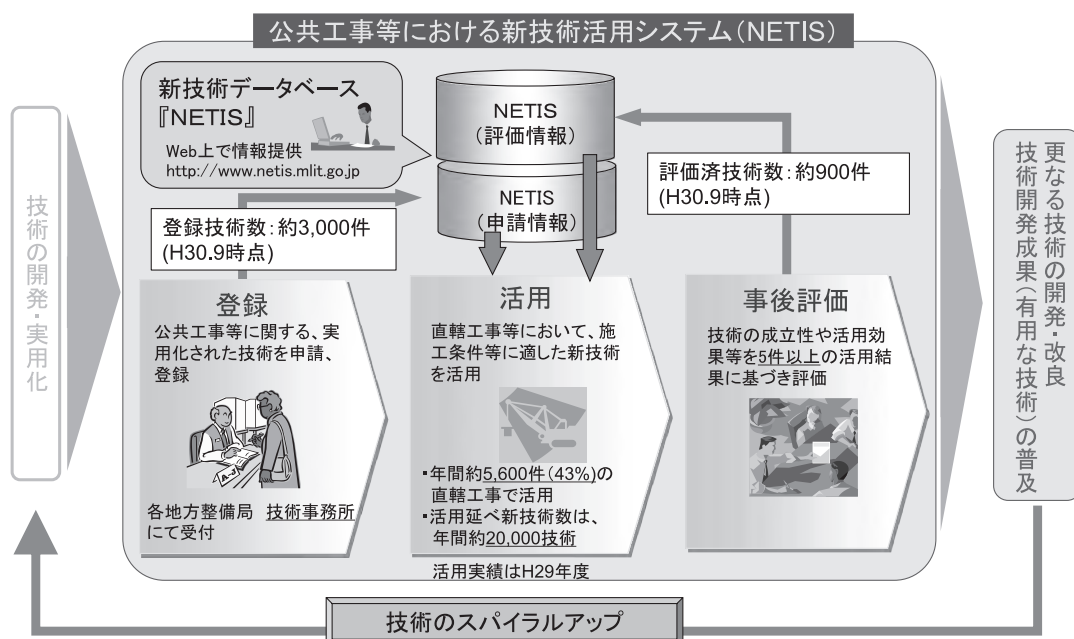
1. NETISの概要と新技術活用の現状

国土交通省では、有用な新技術の積極的な活用を推進することで、公共工事のコスト縮減や品質向上を図り、新技術の更なる改善を促進するための仕組みとして、2001年度からNETIS（新技術情報提供システム、約3,000技術登録（2018.9時点））を運用し、国土交通省発注工事における新技術の活用率（新技術を活用

した工事件数を総工事件数で除したもの）は、約43%（2017年度）となるなど、NETISは新技術の普及に寄与している（図－1参照）。

一方、NETIS登録技術は数多あるものの、個々の技術的特徴がわかりにくい等の原因により現場での活用が進みにくいという課題がある。この課題を解決するために、「テーマ設定型（技術公募）」の活用方式を用い、技術比較資料を作成し、発注者や設計を担当す

民間事業者等により開発された有用な新技術を公共工事等において積極的に活用・評価し、技術開発を促進していくためのシステム（平成13年度より運用）。



図－1 公共工事等における新技術活用システム

る建設コンサルタント等が技術を選定しやすくする取り組みを推進している。2018年度からは、「テーマ設定型（技術公募）」を実施する第三者機関等の公募を行い、その取り組みの一層の加速を図っている。

また、特に有用な技術の普及・現場導入を推進するため、推奨技術等を対象に専用サイトを設立するとともに、NETIS掲載期限を終了した技術について確認できるように、技術名称や開発者名等を記載した掲載期限終了技術リストを更新している。

また、NETIS登録の迅速化も求められており、2018年度にはNETIS登録申請時に申請者を支援する団体を公募し、その情報をNETISで発信する取り組みを開始している。

本稿では、以上のようなNETISの最新の取組について紹介する。

2. 新技術の現場導入促進に向けた取り組み

(1) 「テーマ設定型（技術公募）」の拡大について（第三機関等の公募）

従来の活用方式である、「試行申請型」、「フィールド提供型」、「発注者指定型」、「施工者希望型」に加え、「テーマ設定型（技術公募）」を2014年4月より開始した。

「テーマ設定型（技術公募）」を通して、現場ニーズに基づき設定した技術テーマに対し、応募のあった技

術を、同一条件下での試行調査等を経て、現場で積極的に評価（原則、1年以内に評価）することで、新技術の現場導入、評価の加速化に取り組んでいる。

活用、評価した技術については、技術比較資料を作成し、技術特性（優れた点や類似技術との違い）を明らかにするとともに、設計要領等に位置付けることで、受発注者等が、技術比較資料を新技術選定に活用でき、適切な技術の現場導入を促進することとなる。

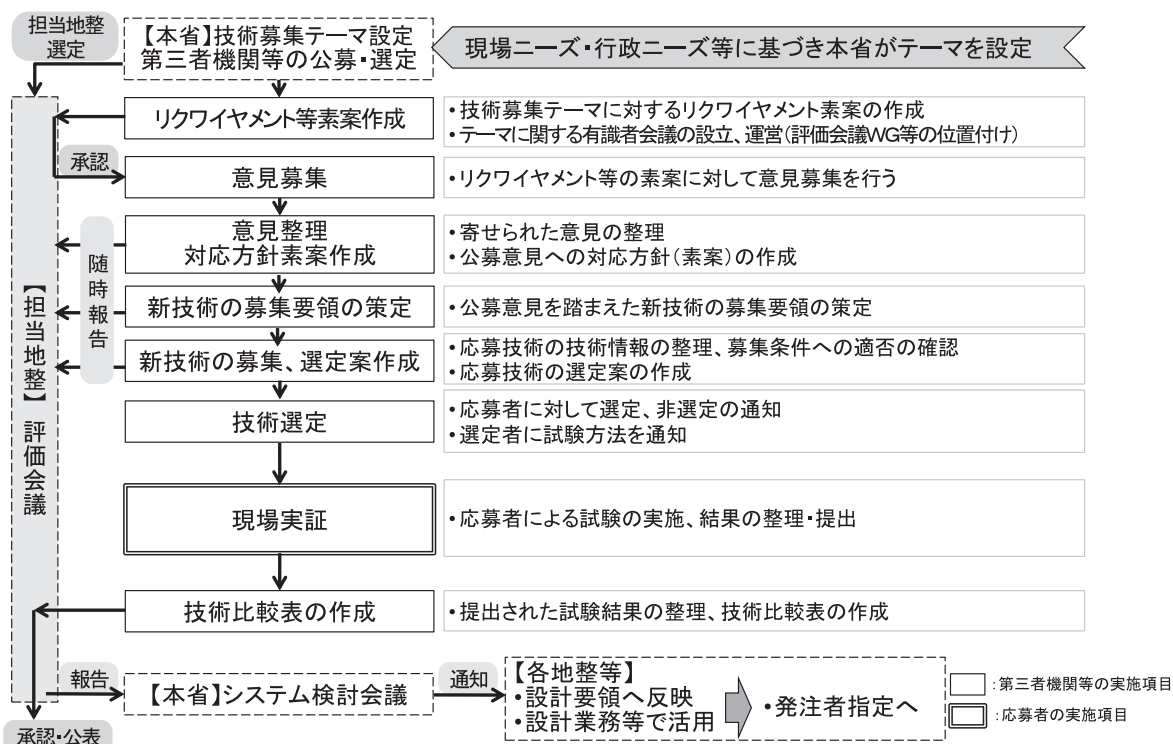
テーマ設定型による新技術のさらなる現場導入を加速させるため、今後取り組む技術テーマについては、リクワイヤメント（要求性能）等を設定することとした。

2018年度からは、「テーマ設定型（技術公募）」を実施する第三者機関等を公募・選定し、技術テーマを倍増させ、更なる新技術の現場活用の早期拡大を図っていく（図—2、3参照）。

なお、リクワイヤメント等を設定した技術テーマのうち、「コンクリート構造物のうき・はく離を検出可能な非破壊検査技術」については、2018年3月に技術比較表を公表するとともに要領等に反映され、現場への試行導入も進んでいるところである（図—4参照）。

「テーマ設定型（技術公募）」の最新状況（選定技術や現場検証状況など）については、下記HPにて公表している。

<http://www.m-netis.mlit.go.jp/>



図—2 テーマ設定型（技術公募）のプロセス

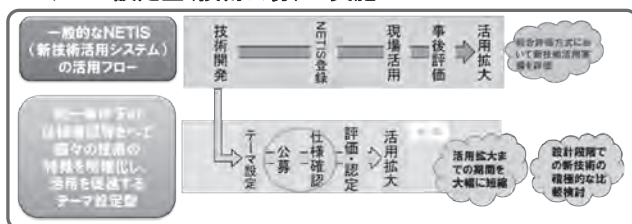
第三者機関等	申請分野	実施テーマ
(一財)国土技術研究センター	一般土木工法	自動識別が可能なカメラ撮影・解析技術(夏冬タイヤ判別等) 道路付属物(標識、照明施設等)の支柱路面境界部以下の変状を非破壊で検出できる技術 道路付属物の基礎を簡易に設置する工法
(一財)砂防・地すべり技術センター	砂防技術	UAV等を用いた砂防堰堤の自動巡回・画像取得技術
(一財)先端建設技術センター	先端建設技術	遠隔操縦における作業効率向上に資する技術(第5世代通信(5G)) 遠隔操縦における作業効率向上に資する技術(HMD(ヘッドマウントディスプレイ)など) ライティング技術、AR技術等の除雪作業の効率化に寄与する技術
(一財)土木研究センター	土木系材料・製品・技術、道路保全技術	大規模コンクリート舗装工事の効率化に貢献する技術 現場施工が可能な耐久性、耐候性に優れた高強度コンクリート技術
(一社)日本建設機械施工協会	建設機械施工、トンネル	建設機械の騒音低減に資する技術
モニタリングシステム技術研究組合	インフラモニタリングシステム	道路橋の塩害モニタリング技術

※実施テーマについては、今後必要に応じ追加

図一3 テーマ設定型(技術公募) 第三者機関等と実施テーマ

現場ニーズに基づき設定した技術テーマに対し、応募のあった技術を、同一条件下での試行調査等を経て、現場で積極的に評価(原則、1年以内に評価)することで、新技術の現場導入、並びに評価を加速

■テーマ設定型(技術公募)の実施フロー



技術比較表の作成事例

技術比較表の作成事例

表の構成: 技術名、概要、特徴、効果、適用範囲、コスト、リスク、評価結果

■実施事例:コンクリート構造物のうき・剥離を検出可能な非破壊検査技術



現場での実証試験の後、技術比較表を作成

図一4 テーマ設定型(技術公募)の取り組み

(2) 推奨技術等専用サイト

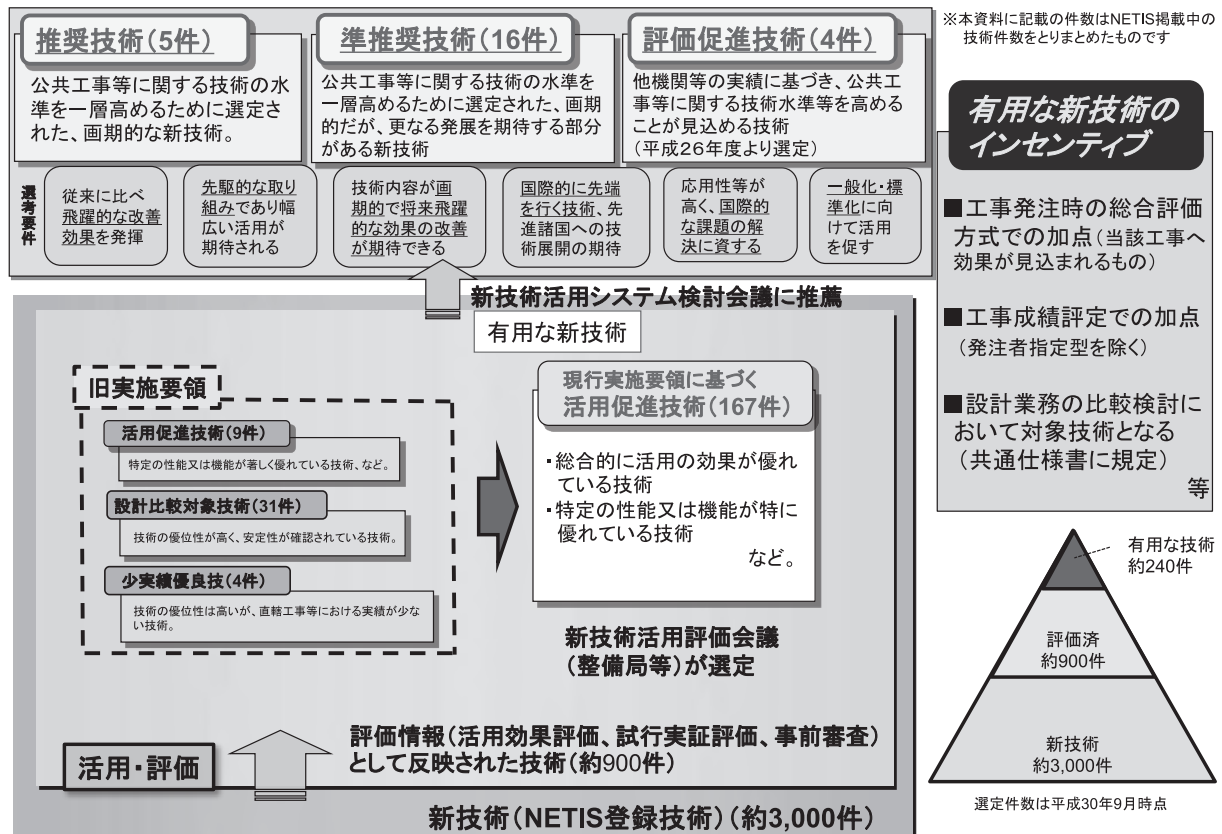
国土交通省では、公共工事等に関する技術の水準を一層高めるため、有用な新技術を対象に「推奨技術」等を新技術活用システム検討会議(有識者会議)において選定し、当該新技術の普及啓発や活用促進等を行っている。

2018年度は、推奨技術1技術、準推奨技術6技術、評価促進技術2技術を選定したところである。これに

より、推奨技術の合計は5技術、準推奨技術は16技術、評価促進技術4技術となった(図一5～8参照)。

加えて、2017年度まで推奨技術、準推奨技術、一般化・標準化技術に選定された96技術について、技術特性を分かりやすく表にまとめた専用サイトを更新し、一層の活用の促進がはかれるよう広く周知している。

推奨・準推奨技術に選定された技術は、掲載期限(最



図ー5 有用な新技術の位置付け

1. 平成30年度推奨技術	2. 平成30年度準推奨技術	3. 平成30年度準推奨技術
CB-070019-VE (掲載期間終了技術)	CB-100017-VE	CB-110010-VE
GTフレーム工法 (ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工)	プレキャストシール版 (小段排水溝や縦排水溝の周囲を雨水や湧水から保護するプレキャスト版)	仮締切LPF工法 (ライナープレートの水中仮締切工法)
ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂をのり枠材に用いた吹付のり枠工法である。この組み合わせから得られる、ねばり強く、柔なりのり枠構造は、耐久性に優れ、さらに枠自体にも植物が生育できるため、のり枠面を含む全面緑化が可能となり、自然と調和した緑豊かな景観の保全が図れる技術である。 【概要図】 上: 施工中 右: 施工後 縦排水施工状況1 縦排水施工状況2 小段排水施工状況1 小段排水施工状況2	道路路面に設置される小段排水溝や縦排水溝において、水路の周囲に、側溝とのズレを抑える形状を有したプレキャスト製品を敷設することにより、小段排水溝や縦排水溝の周囲を雨水や湧水から保護する技術である。 縦排水施工状況1 縦排水施工状況2	水中に既存する橋脚の補強・補修時の気中空間を確保するライナープレートの仮締切工法。現地に合わせた施工部材で施工性を向上し大幅な工期短縮が可能となる。桁下低空間(1.8m程度)や大型機械が配置できない施工環境(人力)でも可能である。水深15.0mまで可能。(実験により)仮締切形状は円形・小判形・矩形など。 施工中 完成 構成部材

図ー6 平成30年度 推奨技術等一覧 (1/3)

4. 平成30年度準推奨技術	5. 平成30年度準推奨技術	6. 平成30年度準推奨技術
QS-110030-VE	QS-110033-VE	SK-070010-VE (掲載期間終了技術)
INSEM材製造専用プラント :SR-メサイア (現地土砂を活用した砂防ソイルセメント(INSEM材)製造装置)	エンパソル (ロータリー式サウンディングによる地盤調査システム)	簡易支持力試験機エレフット (地盤の平板載荷試験の補完試験機)
建設現場で発生する土砂にセメントと水を自動添加混合し、砂防ソイルセメントのINSEM材として再利用する専用の全自動プラントである。  INSEM材製造状況  堰堤内部材としての利用状況	注入工事等の施工に使用するドリリングマシンに取り付けた各種センサーを用いて削孔と同時に種々のデータを測定・記録し、これらのデータをコンピュータにより解析することで、一般の地質調査法と併用し地盤の分類、硬軟を迅速に判断できるシステムである。さらに、地盤改良工事の事前と事後のデータを比較することで、地盤改良の効果確認が可能である。  データ収集状況  データチャート 	試験機器は、軽く(約8kg)、丸椅子程度、手軽に扱い易く、現場技術者用に開発。狭い場所でも試験可能。試験は当会の講習を受講(修了証所持)された方が行います。 試験方法は平板載荷試験同様に段階毎に静的加圧を10点行い、その結果をPCに入力すればグラフと沈下量に併せて、判定結果がPC画面に現れます。この間、試験を含め約30分弱です。10点を総合的に判定し、もし支持力不足となれば、その場で更に深く掘つての支持層確認や周辺を確認します。 平板載荷試験が難しい、何ヶ所も確認、即時結果等で活躍。最大4375kN/m²。   

図一 平成30年度 推奨技術等一覧 (2/3)

7. 平成30年度準推奨技術	8. 評価促進技術	9. 評価促進技術
TH-110020-VE	QS-080010-V	HR-120004-A
小径NSエコパイル工法 (高さ制限や狭隘地への対応が容易な無排水・回転杭工法)	ハイジュールネット工法 (高エネルギー吸収型落石防止柵)	ECONビ工法 (側溝の上部補修補強工法)
本工法は、先端にらせん形状の鋼板(羽根)を取付けた鋼管杭を木ねじのようにそのまま地中へねじ込む杭工法である。水やセメントを使用しないためプラント設備が不要であり、またコンパクトな小型杭打機のみで施工ができるため、従来工法に比べ、用地制限や高さ制限、近接施工等への対応が容易である。  	大きな落石エネルギーをブレーキエレメント(緩衝装置)を用いて吸収し、耐久性が高く部分的な補修ができて維持管理が容易な高エネルギー吸収型落石防止柵(ハイジュールネット)。日本の地形に応じた支柱割付が可能であり、柵高のメニューも取り揃えている。  施工事例  土砂捕捉試験(実物大)	側溝本体を壊さず、老朽化した蓋のみをECONビ蓋(一次蓋・二次蓋)と交換することにより修繕する側溝修繕工法です。一次蓋を充填剤で固定すると同時に側溝本体の破損部も補修でき、交通を即日開放することが可能な技術である。  一次蓋設置状況  二次蓋設置状況

図一 平成30年度 推奨技術等一覧 (3/3)

大10年)後も推奨・準推奨技術の名称を使用でき、引き続き本推奨技術等専用サイトにて紹介していく。本年度以降に選定された技術についても、今後、追加する予定である。

<http://www.netis.mlit.go.jp/NetisRev/Search/html/RecomendList.html>

参考1:「推奨技術」

公共工事等に関する技術の水準を一層高めるために選定された画期的な新技術

参考2:「準推奨技術」

公共工事等に関する技術の水準を一層高めるために選定された画期的な新技術で、推奨技術と位置づけるためには更なる発展を期待する部分がある新技術

参考3:「評価促進技術」

他機関等の実績に基づき、公共工事等に関する技術水準等を高めることが見込める技術

(3) 掲載期限終了技術リストについて

NETIS 掲載期限を終了した技術について確認できるよう、技術名称や開発者名等を記載した掲載期限終了技術リストを更新した。なお、評価済みの技術については、「活用状況」欄に NETIS 掲載期間内の大まかな活用件数を示している。

以降に掲載期限を終了する技術についても、追加する予定である。

(4) NETIS 登録申請支援団体について

NETIS の登録申請受付、並びに相談等については、

これまで各地方整備局等において窓口を設置し対応してきたところであるが、NETIS 登録の迅速化を求める意見もあり、2018 年度より NETIS 登録申請を支援する団体を公募し、NETIS ホームページ上で一元的に周知する取り組みを開始した。なお、本取り組みは2018 年度末までの1 年限りの試行であり、その効果等について検証していくこととしている。

3. おわりに (今後の展望)

国土交通省では、有用な新技術の積極的な活用を推進することで、公共工事のコスト縮減や品質向上を図り、新技術の更なる改善を促進するための仕組みとして、2001 年度から NETIS を運用しており、2018 年度においても、「テーマ設定型 (技術公募)」を実施する第三者機関等を公募する等、その取り組みを拡大している。

今後も、更なる効率的・効果的な新技術活用を推進するため、NETIS の改正や新たな取り組み等を検討していくので、開発者、施工者、設計業者各位におかれては、引き続きご支援・ご協力をお願い申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

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



行政情報

次世代社会インフラ用ロボットにおける取り組み

AIを含めた高度なインフラ点検に向けて

東 山 遼

国土交通省では、経済産業省と共同で、社会インフラの現場ニーズに基づき、国内外の異分野も含めた産学の技術シーズを踏まえ、「維持管理・災害対応（調査）・災害対応（施工）」の3つの重要な場面におけるロボットについて、その開発・導入分野を明確化するなど実用化に向けた方策を検討するため、「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入検討会」を平成25年7月に設置した。本報では、次世代社会インフラ用ロボットによる点検業務効率化に寄与する施策である「AI・ロボット革新的技術のインフラ分野への導入」の取り組みを中心に紹介する。

キーワード：維持管理、次世代社会インフラ用ロボット、AI、教師データ、AI開発支援プラットフォーム

1. はじめに

我が国の社会インフラをめぐっては、老朽化の進行、現場の担い手不足等の課題に直面しており、より効果・効率的なインフラ点検・災害対応を実施するためのロボットの現場への導入を推進してきた。H25年度に経済産業省と共同の検討会でロボットの重点導入5分野（橋梁、トンネル、水中（河川、ダム）、災害状況調査、災害応急復旧）（図—1）を設定し、H26及び27年度、重点5分野についてのロボットを民間企業等から公募し、直轄現場等でその性能を検証した。

H26及び27年度の現場検証において一定の性能が確認された技術について、災害対応分野のロボットは実際の災害現場での積極的な活用を推進（写真—1）し、維持管理分野のロボットは実際の点検と同等の条件下でその実用性の検証（試行的導入）（写真—2）を進めてきたところである。

トンネル分野は、平成30年3月29日に検証を行っ

た4技術について、「次世代社会インフラ用ロボット現場検証委員会」トンネル維持管理部会の審議を経た評価結果を公表した（図—2）。その評価結果によれば、「圧ざ、ひび割れ」、「うき、はく離」を表す変状箇所のチョーキングを全箇所識別できると共に、チョーキングがない「漏水等」を全箇所識別できた。このように把握すべき損傷を見逃すことがない鮮明な



フィルタリング後の地盤形状

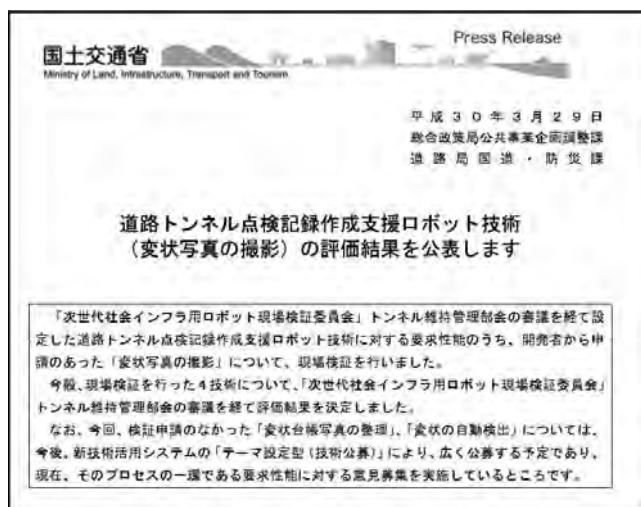
写真—1 熊本地震における斜面崩壊調査



図—1 ロボットの重点導入5分野



写真—2 試行的導入の実施状況



図—2 道路トンネル点検記録作成支援ロボットの評価結果における報道発表

画像を取得できるようになった。

今回は、上記のような環境の中で今年度より始まった次世代社会インフラ用ロボットによる点検業務効率化に寄与する施策である「AI・ロボット革新的技術のインフラ分野への導入」の取り組みを中心に紹介する。

2. 「AI・ロボット革新的技術のインフラ分野への導入」の背景

これまで、i-Construction 施策の一つとして「人の作業」を支援するインフラ点検ロボット技術等の普及促進を進めてきたところであるが、「人の作業」の支援に加え、AI などによる「人の判断」の支援を行うことが、インフラ点検の一層の効率化を図るために必要である。また、昨今の社会情勢では、ものづくり分野を中心とした世界的な潮流であるネットワークやIoTの活用について、ものづくりだけでなく様々な分野に広げ、経済成長にとどまらず社会変革につなげようとする取り組み「Society5.0」が、政府の第5期科

学技術基本計画として打ち出されている。そして、「未来投資戦略2018」では、「ロボット・AI等の革新的技術の開発・導入は、試行的・補助的に活用を進めることにより、段階的に技術開発の完成度を高めていく柔軟な視点に立って進める」と記載されており、AIに代表される革新的な技術により Society5.0 が目指す「超スマート社会」を建設分野として実現し、インフラのマネジメントを取り巻く諸課題に対応することが求められている。そういった中で、「AI・ロボット革新的技術のインフラ分野への導入」の施策では、従来行ってきたロボットによる人の点検「作業」の効率化の取り組みに加え、AIによる人の「判断」の効率化を図る取り組みを行う（図—3）。



図—3 本施策が目指すイメージ

3. 本施策の目的と実施内容

(1) 目的

ロボットが、「人の判断」を支援するためには、人を代替しうる高精度なAI等の開発が必要不可欠であり、その開発にあたっては、高性能な「教師データ」の整備が必要となる。教師データ (teaching data) とは、AIを開発する際の例題となるものであり、大量の教師データを用いてAIが学習を行うことで、未見なものについても認識や推論することができる。また、インフラ維持管理における教師データ（損傷等の有無や分類等）は、公物管理者が点検要領等を作成し定義づけしているものである。このことから、正確な

判断を行うことができる AI を開発するためには、土木技術者の正しい判断がなされた高精度な「教師データ」を国が整備することが求められる。また、整備された高精度な「教師データ」が AI 開発を行っている研究者に提供される環境整備を行い広く開発を促すことも必要である。このように本施策では、高精度なインフラ点検に用いる AI 開発を目的に、高精度な「教師データ」を作成し、AI 開発を行う研究者が「教師データ」にアクセスできる環境整備を行うものである（図一4）。



図一4 施策概要

(2) 実施内容

(a) 教師データの整備

教師データとして必要なのは、国等の管理者が所有する「人」による診断結果と、診断結果とのデータ上の紐付きが担保された大量のセンシングデータである。そのために、まずどのようなデータが教師データに必要なのか検討を行い取りまとめ、それに基づき教師データの試作を行う。

教師データの例としては、損傷に写った元画像に対し、土木技術者の正しい判断に基づき腐食や漏水遊離石灰等で色分けを行うこと（図一5）などが想定される。

元画像と教師データを学習用のデータセットとして

AI 開発支援プラットフォームにおいて研究者に提供するものである。

(b) 教師データへのアクセシビリティの確保

教師データに研究者が自由にアクセス出来るような開発環境整備（AI 開発支援プラットフォーム）のため、AI 等研究者と診断結果を提供する土木技術者の役割と責任の分担（知財の帰属等）を整理した上で教師データへのアクセシビリティを確保する必要がある。そのため、両者が信頼関係を確保しつつ連携できる体制等の仕組みの検討を行い、膨大なデータを扱うデータベース等の物理的環境整備を実施する。

(c) 開発成果の現場検証・評価

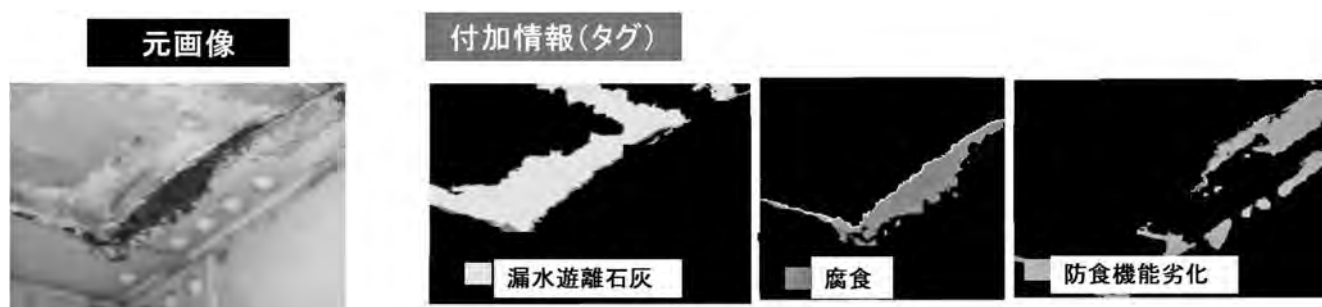
実インフラ点検業務等に AI を導入するためには、AI 技術者（研究者、民間事業者など）が開発した技術の性能を検証・評価する必要がある。また、検証・評価を行うためには、教師データとは異なる土木技術者による正しい判断結果の蓄積が必要である。現場検証し評価を行った上で、有識者によるオーソライズを予定している。

(d) AI 等の実装に必要な技術基準類等の策定

実工事・業務における社会実装に向けては AI 等の基盤技術の開発だけでなく技術基準類等の策定が必要であり、現場に導入される技術の性能が想定でき次第、模擬現場及び実際の直轄工事現場において取得されたデータを用いた詳細な現場検証を行い、必要なデータを収集し、技術基準策定及び改訂に向けた調査・分析の準備を行う。

4. AI 開発支援プラットフォームの開設準備 WG の設置

本施策の一環として「AI 等開発支援プラットフォーム」の設立を検討している。その前段階として「AI を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究」の公募を開始した国立研究開発法人土木研究所と連携して、AI 開発支援プラットフォームの開設準



図一5 教師データのイメージ

国土交通省
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism

Press Release

平成30年 7月27日
総合政策局公共事業企画調整課

A1開発支援プラットフォームの開設準備WGの設置
～A1技術とロボット技術を組み合わせ、インフラメンテナンスを更に効率化～

国土交通省では、「A1等開発支援プラットフォーム」^{※1}の設立に向け、良質で効率的な教師データ整備のあり方や、点検に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤のあり方について検討する。開設準備WG^{※2}を設置することとしました。

※1 A1開発支援プラットフォーム（別紙参照）
国土交通省では、メンテナンスサイクルにおける点検作業の信頼性・生産性の向上を目指し、加速度的に発展するA1技術とロボット技術を組み合わせた技術開発の支援を目的とした取組の一環として、土木技術者の正しい判断を元にした良質な「教師データ」の提供や開発されたA1の性能評価等により、民間のA1開発を促進する取組を行っております。その一環として「A1等開発支援プラットフォーム」の設立を検討しています。

※2 A1開発支援プラットフォーム開設準備WG
開設準備WGは、国土交通省に加え、国立研究開発法人土木研究所及び同研究所が本日より公募を開始する「A1を活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究」（以下参照）における「点検AIの開発」又は「データ基盤の開発」の構成体のうち、当WGへの参画を希望する者により組織されます。

図－6 開設準備WG設置の報道発表

資料配布の場所・日時

1. 筑波研究学園都市記者会（資料配布）
2. 国土交通記者会（資料配布）
3. 国土交通省建設専門記者会（資料配布）
日時：平成30年7月27日（14：00）

国立研究開発法人土木研究所『共同研究者の募集』について
（AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究）

国立研究開発法人土木研究所では、平成30年度新規に実施する以下の共同研究について、共同研究者を募集します。なお、研究内容等の詳細につきましては、担当にお問い合わせください。

1. 土木研究所が推進する共同研究（土研推進型：公募共同研究）

AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究 （詳細は別添－1）	平成30年9月（予定） ～平成34年3月
担当： 構造物メンテナンス研究センター 橋梁構造研究グループ	

共同研究の目的（必要性）

近年社会インフラの老朽化が喫緊の課題となっているが、橋梁では5年に1回行う定期点検が標準化された。一方で、老朽化進捗の増加にともなう点検コストの増大や、橋梁についての専門知識を持った熟練技術者の減少などの課題が顕在化してきており、より効率的な維持管理が求められている。

そこで、加速度的に発展するAI技術に着目して、メンテナンスサイクルにおける点検・診断・措置の信頼性向上を目指し、ロボットなどの支援により診断に役立つデータを取得する技術や、点検の発生と防止や効率的な調査の作成など点検を補助する技術（点検AI）および、劣化要因の判断や的確な措置の判断など診断を支援する技術（診断AI）ならびに点検・診断に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤の開発を目的に共同研究を実施する。

共同研究の内容

図－7 共同研究者の募集の報道発表

備WGを設置し、良質で効率的な教師データ整備のあり方や、点検に関するデータの取得・保存・分析・活用を円滑に行うデータ基盤のあり方について検討を開始している（図－6）。なお、開設準備WGは、国土交通省および国立研究開発法人土木研究所に加え、土木研究所が公募を開始する「AIを活用した道路橋メンテナンスの効率化に関する共同研究」における「点検AIの開発」又は「データ基盤の開発」の構成体のうち、当WGへの参画を希望する者により組織されます（図－7）。

（募集期間：平成30年7月27日（金）から平成30年9月4日（火））

5. おわりに

AIをインフラ点検等に導入していく取り組みは、始まったばかりである。社会実装までの道のりは長い。AIの導入も踏まえた維持管理分野におけるロボット導入の環境整備に努めていきたい。

J C M A

〔筆者紹介〕

東山 遼（ひがしやま りょう）

国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課
施工企画係長

マルチスペクトルカメラ，AI を利活用した 施工現場地質状況自動評価システムの構築

宇津木 慎 司

ダムやトンネルなど岩盤構造物の建設に際しては、計画地点における地質状況を詳細に把握し、その状況に応じて最適な設計および施工を実施することが重要となる。これに対して、施工段階においては、実際の掘削のり面やトンネル切羽で地質観察を実施し、事前の想定と実際の状況との差異を評価するとともに、その状況に応じた最適な施工仕様を選定しなければならない。本稿においては、岩盤の工学的特性に影響を及ぼす岩種や風化区分の評価について、既往の目視観察による定性的な評価に対し、マルチスペクトルカメラ撮影により得られる125次元の色調情報データ処理により、岩種区分図および風化区分図を自動作成するシステムに関して、具体的な検討内容を詳述する。

キーワード：マルチスペクトルカメラ，AI，岩盤，自動評価

1. はじめに

ダムやトンネルなど岩盤構造物の建設に際しては、計画地点における地質状況を詳細に把握し、その状況に応じて最適な設計および施工を実施することが重要となる。これに対しては、調査・設計段階において、地質調査や物理探査などを実施することにより、計画地点を構成する地質の分布状況や工学的特性などを評価し、その結果をもとにダム基礎やトンネル支保などの設計が行われる。ただし、この調査・設計段階において、種々の検討にかかる費用に限度があるとともに、上述した地質調査や物理探査の精度自体に限界があるため、この段階で広範にわたり詳細な地質状況を把握することは困難となる。

上述した課題に対して、施工段階においては、実際の掘削のり面やトンネル切羽において地質状況を詳細に確認し、事前に想定されていた状況と実際の状況との差異を評価する。そして、その状況に応じて、追加対策工の検討など、施工計画や設計を見直すことが重要となる。

実際に施工時の掘削のり面やトンネル切羽において岩盤の工学的特性を評価する際には、地質技術者が目視により、岩種および岩盤の硬さ、割れ目分布状況、風化の程度など、所要の評価項目について状況を確認し、各項目の組み合わせや重み付けを考慮して総合的な判定がなされている。これについては、特にトンネル切羽において、安全上の観点より切羽に近接して詳

細な観察が実施できないことから、上述した各項目が定性的な評価であったり、幅を持った範囲での定量的な評価に留まっていることが課題とされてきた。また、各項目の組み合わせ方や重み付けの設定方法が実情に合致していない場合もあり、総合的な評価結果である支保パターン選定結果との整合性が取れない事例などが確認されている。

また、ダム基礎岩盤の適性評価など、重要度の高い箇所における地質観察については必ず地質技術者によって実施されるものの、トンネル切羽観察や道路土工掘削のり面の土岩判定などにおいては、現場に常駐する土木技術者による判断に委ねられる場合がほとんどである。このため、その評価の妥当性について懸念する指摘もあり、その対策として、岩盤評価の定量化、自動化に関する種々の取り組みが実施されている。

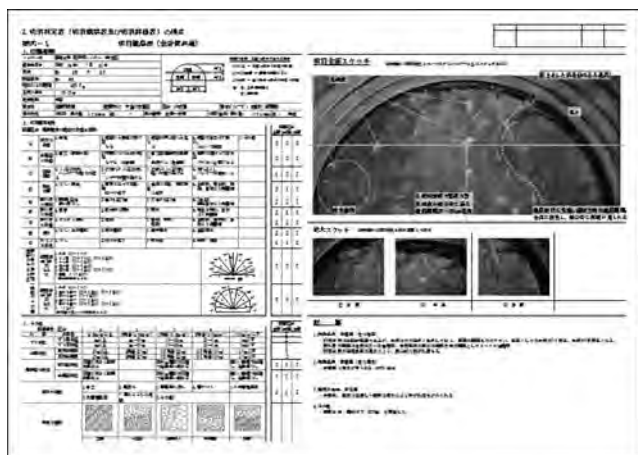
これに対して、筆者は、現時点で地質専門技術者が目視による定性的な評価を実施している地質観察において、マルチスペクトルカメラ（写真—1，2）で取得した125次元の色調情報データ（図—1）を有する岩盤の画像を撮影するとともに、評価アルゴリズムにAIの画像



写真—1 マルチスペクトルカメラの外観

これに対し、トンネル掘削時の地質状況観察結果を例に取ると、通常、一日一回、数 m 間隔で実施される図—3 に示すような切羽観察記録として整理される。そして、支保パターンの変更などを企業者と現地で実施する岩判定時においては、既掘削箇所は吹付工が施されているため、この切羽観察記録を参照して状況を確認するとともに、唯一、直接、地質状況を確認できる切羽のみで評価が行われる。これについては、観察記録で当該箇所における地質状況は適格に整理されているものの、表—1 に示すような、岩盤の圧縮強度や割れ目の頻度、風化変質などの各評価項目が、幅を持った定量的な評価が定性的な評価に留まっている。また、各評価項目に重み付けが課されそれを合算して得られる切羽評価点についても、図—4 に示すように、支保パターンとの相関関係は確認されているものの、データのばらつきがやや大きいことが課題とされている。

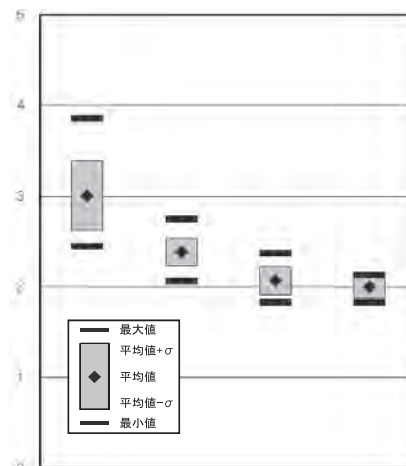
上述した現状や課題を踏まえ、地質状況の複雑なわが国において岩盤構造物を建設する際には、事前地質調査結果より得られる情報に限界があることを認識するとともに、施工時に得られる地質情報や物理探査結果をもとに実際の地質状況をより詳細に把握した上で、その状況に応じたより効率的かつ効果的な施工を実現する必要があると考えられる。



図—3 切羽観察記録の一例

表—1 切羽観察記録における地質状況評価項目の一例

	1	2	3	4
圧縮強度	100 MPa 以上 ハンマー打撃はね返る	100 ～ 20 MPa ハンマー打撃で砕ける	20 ～ 5 MPa 軽い打撃で砕ける	5 MPa 以下 ハンマーの刃先食いこむ
割れ目の頻度	1 m 以上 割れ目なし	1 m ～ 20 cm	20 ～ 5 cm	5 cm 以下 破碎当初より未固結
風化変質	なし・健全	岩目に沿って変色 強度やや劣化	全体に変色 強度相当に低下	土砂状・細片状・破碎 当初より未固結



区分	DI-b	CII-b	CI	CI-L
度数	65	73	26	9
最大値	3.86	2.75	2.37	2.13
平均値+σ	3.39	2.54	2.22	2.12
平均値	3.01	2.39	2.07	2.00
平均値-σ	2.62	2.23	1.91	1.87
最小値	2.45	2.06	1.83	1.83
標準偏差	0.38	0.15	0.16	0.12

(C I 拡張部)

図—4 支保パターンごとの切羽評価点頻度分布例

3. マルチスペクトルカメラ、AI を利活用した 施工現場地質状況自動評価システムの概要

(1) マルチスペクトル画像取得システム

可視光線の波長帯の電磁波や、不可視光線の波長帯の紫外線や赤外線、遠赤外線等の電磁波を各波長帯に分光して記録した画像をマルチスペクトル画像と呼ぶ。物体は種類ごとに波長帯ごとの電磁波の反射強度（スペクトル反射特性）が異なっており、異なる波長帯の電磁波を記録するマルチスペクトル画像は、物体のスペクトル反射特性を把握するために必要なデータとなる。

マルチスペクトル画像の取得にはエバジャパン社製のスペクトルカメラ NH-8 を用いた（写真—1）。波長範囲 380 nm～980 nm のスペクトル反射特性の取得が可能である。今回は波長 5 nm ごと、125 波長帯に分光したマルチスペクトル画像を取得し検討に用いた。透過型分散素子をベースとした分光部により、スリットを透過した 1 ラインの光を分光して複数の波長データを同時に取得することで、スペクトルデータを

取得する。本方式の場合、従来はカメラもしくは対象物を動かす機構が必要となり、大型の外部装置が必要であったが、カメラ内部で光学系を駆動することにより外部装置を要さずカメラとノート PC のみで撮影可能となった。

マルチスペクトル画像取得時に用いる照明は、各波長帯の出力特性の強弱が少ないことが望ましいため、市販の照明の中で比較的各波長帯の出力特性の強弱が少ないハロゲンランプを照明として用いた。また、画像取得時と同時に標準反射板を撮影することにより、照明条件の違いの補正を行った。

写真—2 に岩石のマルチスペクトル画像取得時の様子を示す。マルチスペクトルカメラは岩石試料から反射した反射スペクトルを計測するため、3 台のハロゲンランプとソフトボックスを用い、光源むらの少ない環境で撮影を行った。

(2) 岩石種別自動判定手法の概要

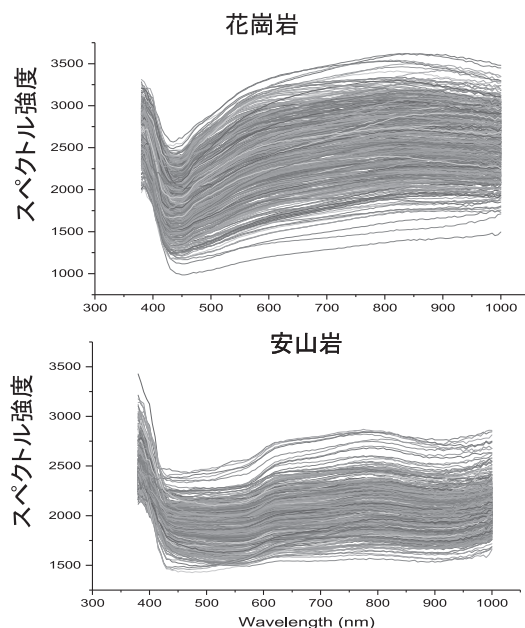
今回開発した手法は、人工知能の画像認識技術を活用し、岩石試料のマルチスペクトル画像から岩石の種別を自動判定するものである。

岩石試料の外観写真と岩石種別との関係を人工知能に学習させるのに際し、CNN 法と呼ばれる、他部門では広く適用事例がある人工知能の機械学習手法を適用した。CNN 法とは、情報を紐づけされた画像データをもとに反復的に学習し、そこに潜むパターンを自動的に見つけ出す機械学習の一手法である。脳機能に見られるいくつかの特性を、計算機上のシミュレーションによって表現することを目指した数学モデルであるニューラルネットワークを多層化した手法の一つで、畳み込みニューラルネットワークと呼ばれる。これに画像データを入力すると、情報が第 1 層からより深くに伝達されるうちに、各層で学習が繰り返される。この過程で、これまでは画像や音声などにより当該分野の研究者、技術者が手動で設定していた特徴量が自動で計算される。

岩石種別判定に使用した火山岩 4 種類、(安山岩、デイサイト、玄武岩、花崗岩) についての自動判定手法、自動判定結果について詳述する。玄武岩をマルチスペクトルカメラで撮影した特定波長 (580 nm) の反射強度イメージを図—5 に、花崗岩と安山岩のマルチスペクトルパターンを図—6 に示す。マルチスペクトルパターンは、横軸に波長をとり、スペクトル強度が縦軸に示されている。本検討では岩石試料の反射強度イメージを直接 AI に学習させるのではなく、岩石試料から得られたマルチスペクトルパターンの形



図—5 波長 580 nm での反射強度イメージ (玄武岩)



図—6 マルチスペクトルパターンの例

状と岩石種別の関係を教師データとして AI に学習させ、学習後に未知のマルチスペクトルパターンを AI に与えることで自動判定を行った。

AI での判定では、教師データとして多数のデータが必要となるため、一つの撮影した反射強度イメージから約 400 の領域を切り出し、それぞれの領域のマルチスペクトルパターンを得た。図—6 の線の一本一本は、それぞれ 1 領域のマルチスペクトルパターンを表している。1 領域は反射強度イメージ (1200 × 1204 ピクセル) 上の約 50 × 50 ピクセル (約 5 × 5 mm) とした。

表—2 に本検討の条件および判定結果をまとめる。今回 AI による岩石種別判定では、得られたマルチスペクトルパターンの 90% を教師データとして学習に用い、残りの 10% を自動判定のテストデータとした。4 岩石種から得た総データ数は 1804 データ、このうち 1624 データ (90%) を AI の学習に用い、181 データ (10%) を学習に用いずに自動判定のテストに用いた。

自動判定手法の精度検証のため、教師データの学習後、教師データの一部を用い、岩石種別の自動判定を

表—2 本検討の条件と自動評価結果

岩種	全データ数	各データ ピクセルサイズ (5 mm 枠)	教師データ数	テストデータ数	教師データの 正答率 (%)	テストデータの 正答率 (%)
・流紋岩 ・安山岩 ・玄武岩 ・デイサイト	1804	50 × 50	1624	181	98	93

行った結果、98%の正答率が得られた。これにより、自動判定に用いた AI が適正に学習していることが確認された。また、教師データに用いていないマルチスペクトルパターン 181 データの岩石種別の自動判定を行った結果、93%の正答率が得られた。

(3) 風化区分自動判定の概要

上述した、岩石を室内で撮影し種々の検討を実施した後、トンネル切羽全面に花崗岩が分布する現場において、原位置でマルチスペクトル画像を取得し、面的な広がりを持った岩盤評価への適用性および表—1に示した既往の風化区分自動評価の可否を検討した。

実際の掘削のり面やトンネル切羽における地質観察においては、図—7に示すような、新鮮岩～弱風化

岩～風化岩と漸移的に風化程度が変化する岩盤の外観を表—1の定性的な評価基準により区分している。これに対して、図—8に取得した切羽における画像を処理して風化区分図を自動作成した結果を示す。これをみると、幅 10 m 程度の広範における多次元の色調データを取得できているとともに、従来であれば地質技術者が時間をかけて手書きで作成していた風化区分図を精度よく瞬時に作成できていることがわかる。今後、トンネル切羽や掘削のり面において、このような多種の岩盤におけるデータを継続的に所得していくとともに、それぞれの対象ごとに異なる色情報を AI に学習させることにより評価アルゴリズムを継続的に改善していくことで、高度な地質評価を自動的に実施していく所存である。

4. おわりに

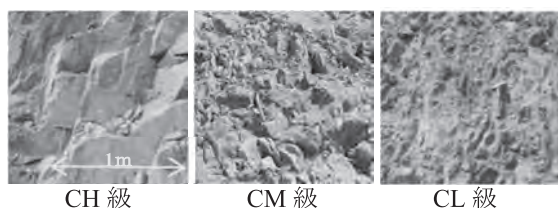
本稿においては、室内で撮影した火成岩のマルチスペクトル画像を用いることにより、高い精度で AI による岩種自動判定ができることを示した。現在、他の岩種についても火成岩と同様の自動判定手法を検討中である。また、同一の岩種が分布するトンネル切羽において、広範における多次元の色調データを取得できているとともに、従来であれば地質技術者が時間をかけて手書きで作成していた風化区分図を精度よく瞬時に作成できることを確認した。

今後は、様々な地質評価、工学的特性評価に本手法を展開し、その適用性を確認していくとともに、トンネル切羽のみならず屋外での切土法面などを遠隔から撮影し、面的な地質状況を判定する手法を開発する所存である。

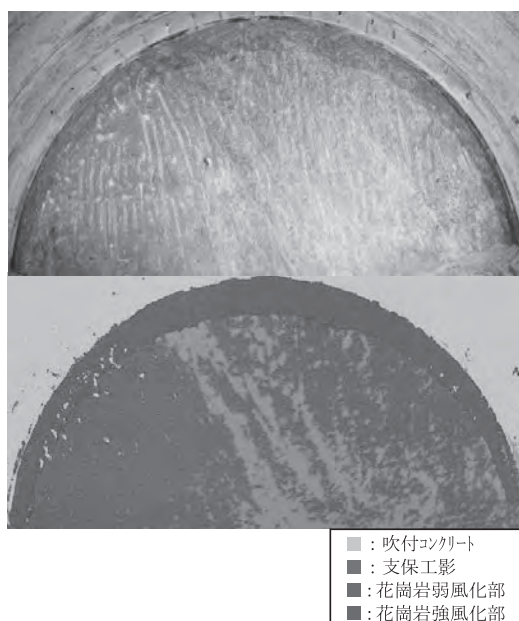
J C M A

[筆者紹介]

宇津木 慎司（うつき しんじ）
安藤ハザマ
先端技術開発部
担当部長



図—7 岩盤等級区分評価例



図—8 トンネル切羽における風化区分図自動作成事例

AI によるシールド掘進計画支援システムの開発

AI が自己学習により掘進計画を最適化

中 谷 武 彦

建設業における生産性向上のためのツールとして AI の活用がある。特に、AI が自己学習によって良い答えを導き出す強化学習の手法は、AI に最も期待する機能の一つである。本稿では、この強化学習の適用について検討し、その適用対象にシールド工法における計画業務を扱った。直線と曲線を組合せて構成するトンネル線形に対するシールド機の操作計画、並びにセグメントの割付計画を本手法に基づいて AI がシミュレーションを行う。この開発事例を、建設業における更なる AI 適用に向けて展開していく意向である。

キーワード：シールド工法、AI、強化学習、計画シミュレーション、CIM

1. はじめに

i-Construction をはじめ、情報化技術の活用による建設業の生産性向上は急務である。その中で期待されるものの一つが AI の活用である。

筆者らは、シールド工法において従来から収集していた施工管理データに工夫を加え、AI が機械学習に基づいてシールド掘進操作支援を行うシステムの開発を試みている¹⁾。この取組みでは、実施工から収集するデータを「正しい操作」のための手本として学ぶ方式であり、良質かつ大量のデータを必要とする。データの収集・保管の仕組みと共に、得られたデータから良質のデータを抽出する工夫が求められる。

一方今回は、実データから学ぶ仕組みではなく、自己の試行錯誤から学ぶ仕組みを扱った。これによって AI が施工計画を支援するシステムの開発について報告する。

2. 強化学習、他

自己学習の仕組みの一つに強化学習がある。Google 社が出資する Deep Mind 社の人工知能 DQN²⁾ をテレビゲーム『ブロック崩し』へ活用した事例が有名である。何回も繰り返しプレーすることによってゲームの攻略法を自己学習し、試行を重ねるにつれて得点をアップしていく(図-1)。強化学習と類次の手法である遺伝アルゴリズム(GA)にも活用の余地がある。生物の進化する過程に着目し、複数の答えを遺伝的に

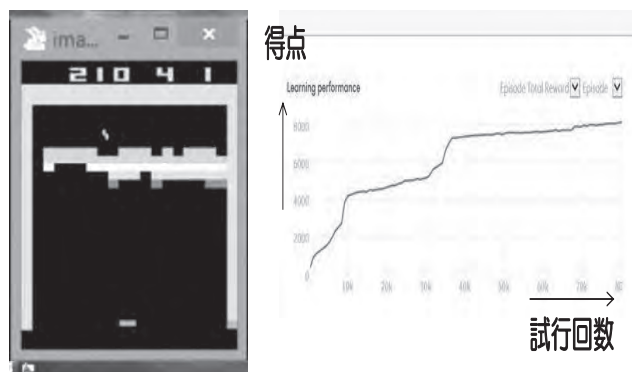


図-1 ブロック崩しでの活用事例

変化させながらよりよい答えを導き出す手法である。

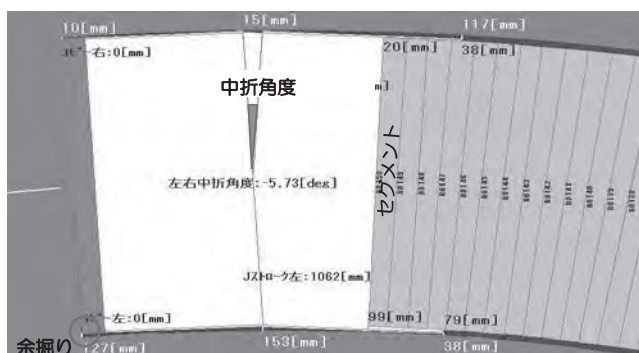
このタイプの AI 技術では、前述のように蓄積された実施工データを必要としない。代わりに検討対象のシミュレーションを行う“場所”と、AI の検討結果の良し悪しを評価する“指標”が必要となる。すなわち検討対象を前述の事例のような“ゲーム”の場で AI にプレーさせ、その結果をゲームの得点として評価するしくみが必要となる。

3. シールド掘進シミュレーション

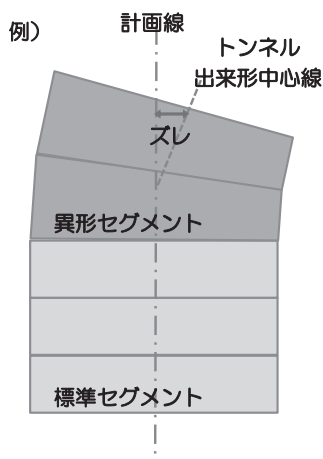
(1) 概要

シールド工法では、曲線を含むトンネル線形に対して、異形セグメントと標準セグメントを組合せ、シールド機の中折れと余掘り装置を使ってトンネルを掘進する。計画段階においては、実施工に先立ってこれらの計画値を検討する。従来の計画方法では、シールド

機メーカーが保有する専用のプログラムを用いて、中折れ値、余掘り値の計画シミュレーション（一般に“カーブシミュレーション”と呼ぶ）を行う（図－2）。シールド機形状や与えられた曲線半径等に基づいて、三角関数を用いた理論計算によって計画値を算出するものである。またセグメントの組合せ計画については、現場の技術者が手計算に基づいて実施する（図－3、セグメント割付計画）。



図－2 カーブシミュレーション



図－3 セグメント割付

(2) 開発システム（AI によるシミュレータ）

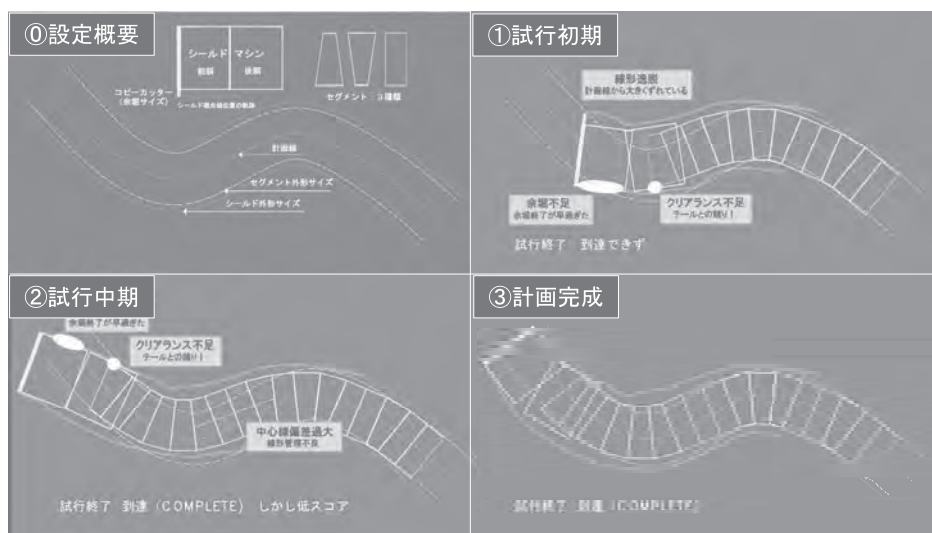
そのような従来のやり方に対して、AIを活用するシミュレータでは、AIが自ら設定するセグメントの割付けや、中折れ、余掘りの設定値を試行錯誤しながら仮想空間上で模擬掘進を行う。そして各試行における計画線形に対する偏差や、掘進の効率性を評価し、その評価に基づいて掘進計画を都度向上させていく（図－4）。最後に評価得点が高止まりするところを最適解として扱い掘進計画に活用する、というものである。

結果を評価する得点算出においては、偏差だけでなくテールクリアランス確保や、掘削地山とシールドマシンとの干渉度合いなども評価指標として取入れる。評価手法の設定に際して、技術者が実際に掘進計画を作成する際の考え方を忠実に反映させる工夫を施した。例えば複数の評価項目間では、「どの項目がどの程度重要か？」を採点の重みによって順位づけた。このように従来曖昧にしていた評価基準をも明確にし、かつ重要性の優劣評価を加えることで、より客観性の高い掘進計画の作成へつなげる。

開発したシステムを、実工事の施工計画に適用し、従来の技術者によるセグメント割付計画、およびシールド機メーカーによる掘進シミュレーション結果との比較を行った。結果に大きな差はなく、いずれも実施工に対して適用可能な計画であることが確認できた。

(3) 3次元への展開

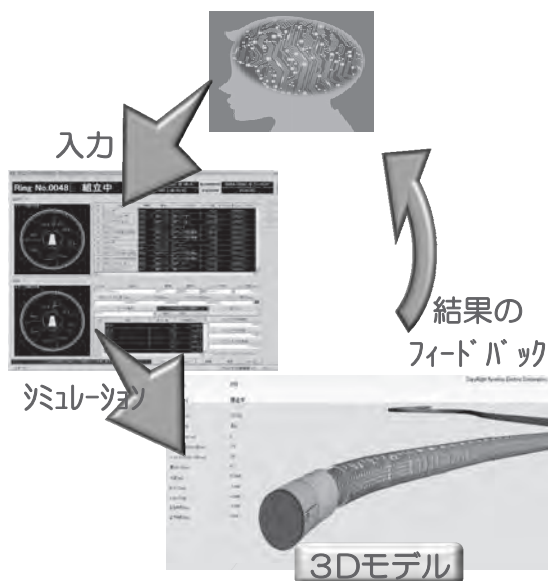
ここまで報告したシミュレータは、従来の検討業務と同様に、平面と縦断を別々に扱う2次元によるものである。作成に当たっては、セグメントやシールド機



図－4 シミュレータのイメージ

を動かす仮想空間のグラフィック部分もゼロからプログラミングした。一方昨今では、シールド工事に特化した CIM（あるいは 3 次元モデル作成システム，以下「シールド CIM」）が利用可能であり，技術者が入力画面からセグメントタイプや掘進計画値を入力することで 3 次元の計画シミュレーションを行うことが可能である。このシールド CIM を活用して，入力役割を AI に実行させる（すなわち従来のヒトの作業を AI に代行させる）ことが考えられ，これによって更に CIM 活用，AI 活用が広がっていく，と期待できる。

またこの開発シミュレータは，施工開始前の計画作成だけでなく，施工開始後の位置ズレ修正など任意の場面で活用できる。すなわち，掘進途中で計画線形からのズレが生じた場面からの修正掘進シミュレーションを AI が行う。具体的な活用手順は，①その場面でのシールド機位置とセグメント出来形を測量結果からシールド CIM に入力する。② 3 次元モデル上で，AI が余掘り量やテールクリアランスを確認しながら修正掘進計画を作成する，となる。イメージを図—5 に示す。



図—5 CIM と AI の融合

4. おわりに

強化学習のように AI が自分で試行錯誤して学んでいく，物事を改善していく，という機能は，我々が AI に期待する最も有用な働きの 1 つである。さらにその AI の機能を，昨今活用促進されている 3D モデル上での検討に適用すれば，「施工計画」という業務が画期的に変化するものと期待できる。本稿ではまず，そのシールド工法における取組みを報告した。この手法が，建設業における他の工法での施工計画／管理業務，あるいは設計業務にも展開しうることを視野に入れて，更なる展開を図っていく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 杉山博一ほか，人工知能によるシールドマシン操作に関する予備的検討，第 72 回年次学術講演会概要集，土木学会，2017
- 2) <https://deepmind.com/research/dqn/>

【筆者紹介】

中谷 武彦（なかや たけひこ）
清水建設㈱
土木総本部土木技術本部 開発機械部
技術開発グループ
課長



山岳トンネル工事における切羽監視の新技術

Face Condition Viewer（商標出願中）切羽変状可視化システムの開発

佐藤 裕考・市川 晃央・芥川 真一

山岳トンネル工事において、切羽面からの肌落ちや崩落、崩壊の兆候を事前に予測し、ICTを活用することで切羽の崩壊危険度を知らせる警報発信手法 Face Condition Viewer（切羽変状可視化システム）（以下「本システム」という）を開発した。切羽のリアルタイムな押出し挙動から、鏡面へマーキングすることにより直接的な警報を可視化情報として発信する。同時に AR 技術を活用し、実際の切羽映像と切羽の変位状況をウェアラブル端末や PC 等の端末機器へリアルタイムに表示して可視化させる。切羽の崩壊危険度をリアルタイムに把握することで、切羽直近で作業している者に対して退避の指示や注意喚起を促すことができ、切羽作業の安全性を向上させることが示唆された。

キーワード：山岳トンネル、安全性の向上、切羽の監視、切羽の押出し、可視化、リアルタイム

1. はじめに

山岳トンネルの施工において、岩盤掘削のため重機による掘削作業のほか、穿孔した発破孔に爆薬を装填する作業や岩盤を支える鋼製支保工を建込む作業など、切羽に作業員が近づく作業が多く行われるため、切羽面からの落石等の肌落ちや崩落、崩壊による労働災害がたびたび発生している。肌落ち災害では、6%が死亡し、42%が休業一ヶ月以上となっており、発生した場合の重篤度が高くなっている。平成30年1月に改正された「山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン」¹⁾に記載されている肌落ち防止対策の選定表を表1に示す。肌落ち防止対策は、切羽での肌落ちのリスクを低減させるもので様々な対策が存在し、現在も新たな対策の考案、既存対策の改善が行われている。

通常、切羽の安定度は、現場職員や現場作業員、切羽監視員などが目視で観察することにより確認している。しかしながら、目視による確認では、現場職員などの経験に依存する部分が多く、切羽の不安定箇所の見落としから、肌落ちや崩落、崩壊などにつながる恐れがある。そこで、道路トンネルの地山等級 D、E（鉄道トンネルの地山等級 II、I）の軟弱地山では、時間依存性による切羽の押出し後に肌落ちや崩落、崩壊が起きる可能性が高いことから、切羽の変位計測が有効とされている。切羽の変位計測には、レーザー距離計による計測技術^{2), 3)}や画像処理技術を利用した切羽

表1 肌落ち防止対策の選定¹⁾

肌落ち防止対策	地山等級等による肌落ち防止対策の適否					湧水対策等（切羽の地盤）	掘削機（掘削機）	その他	
	IV、B	III、C	II、D	I、E				掘削機を伴う場合の適用性	人体防護性
鏡吹付け	△	○	◎	◎	◎*	◎	◎	◎	△
鏡ボルト	△	△	○	◎	○	△	△	×	△
浮石落し	◎	◎	◎	△	◎	◎	△	△	△
水抜き・さぐり	○	○	◎	◎	◎	○	×	×	×
穿孔									
切羽変位計測	×	△	◎	◎	×	○	◎	◎	×
設備的防護対策	△	△	△	△	△	△	△	△	○

注：◎：最良、○：良、△：可能、×：不適

◎*：水抜き対策を併用することで良。

の監視などがあり、切羽の押出し挙動を捉える技術の開発が進んでいる。そこで、切羽の不安定箇所を速やかにわかりやすく伝えることが切羽直近で作業している者を退避させるために重要となる。

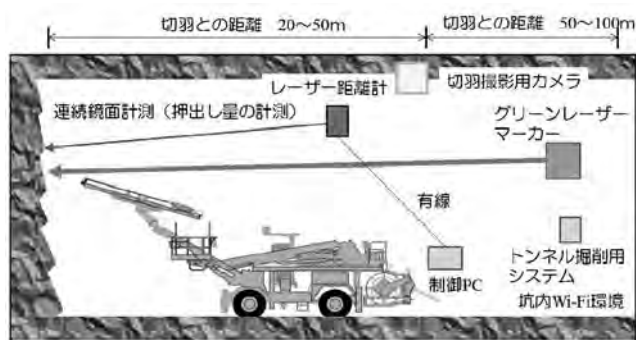
今回、切羽面からの肌落ちや崩落、崩壊の兆候を事前に予測し、ICTを活用することで切羽の崩壊危険度を知らせる警報発信手法本システムを開発した（特許出願中）。本稿では、開発した技術の概要について報告する。

2. 切羽作業の安全性向上についての開発

著者らは、レーザー距離計を使用した切羽の計測から肌落ちや崩落、崩壊を事前に予測できることを利用して、切羽のリアルタイムな変位状況（切羽の不安定部）を鏡面へマーキングすることにより直接的な警報

を可視化情報として発信する。同時に AR 技術を活用したウェアラブル端末（スカウター型や透過式メガネ型）に表示して可視化させる本システムを開発した。坑内機器配置図を図－1に、現場適用時の機器配置状況を写真－1に、本システムの概要を図－2に、機器拡大写真を写真－2にそれぞれ示す。使用する

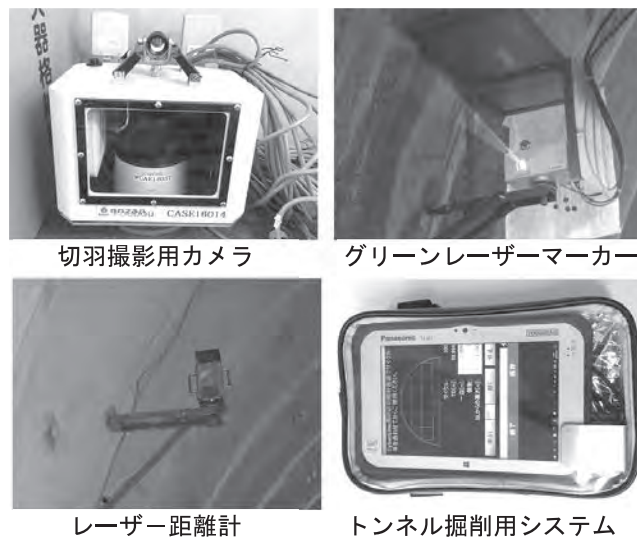
機器は、切羽計測用のレーザー距離計と制御 PC、マーキングすることで警報を可視化情報として発信するグリーンレーザーマーカ、切羽の映像撮影用カメラ、これらを統括するトンネル掘削用システムで構成される。グリーンレーザーマーカとは、緑の光を高速回転で照射することで切羽に任意形状を描画するものである。切羽の崩壊危険度を知らせる警報発信手法の1つ目として、マーキングによる不安定部の明示状況を写真－3に示す。レーザー距離計で連続的に鏡面の押出し量の計測を行い、管理レベルを超過した計測点の周辺をグリーンレーザーマーカで鏡面へ直接マーキングし、切羽の不安定部を切羽直近で作業している全員に対して可視化させる。



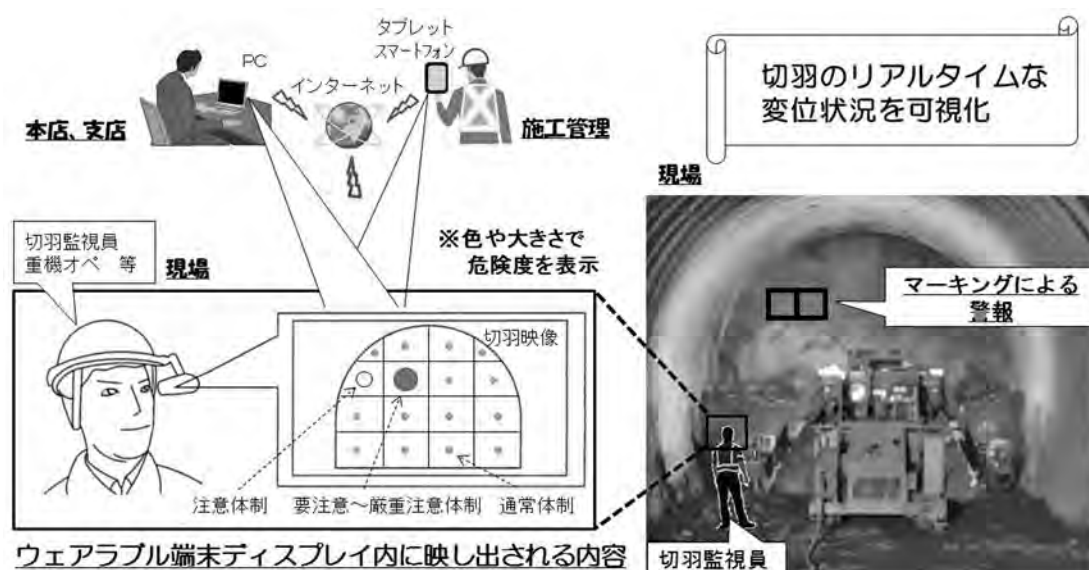
図－1 坑内に配置している機器³⁾



写真－1 現場適用時の機器配置状況³⁾



写真－2 機器拡大写真³⁾



図－2 本システムの概要³⁾

写真-3 マーキングによる不安定部の明示³⁾

次に、切羽の崩壊危険度を知らせる警報発信手法の2つ目として、実際の切羽監視状況とウェアラブル端末使用状況を写真-4に、ウェアラブル端末に映し出される映像を写真-5に、管理レベルの一般的な考え方⁴⁾を図-3にそれぞれ示す。ウェアラブル端末（スカウター型や透過式メガネ型）を使用し、切羽撮影用カメラで撮影した実際の切羽映像と切羽のリアルタイムな崩壊危険度を管理レベルに応じて可視化さ

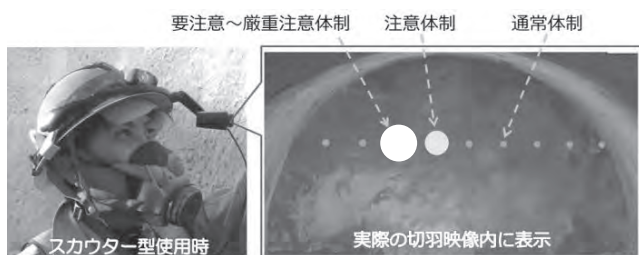
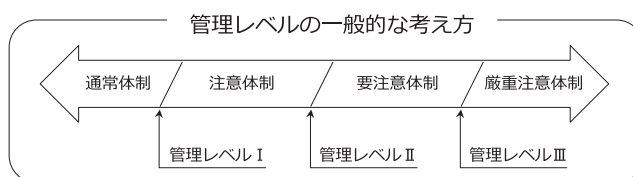
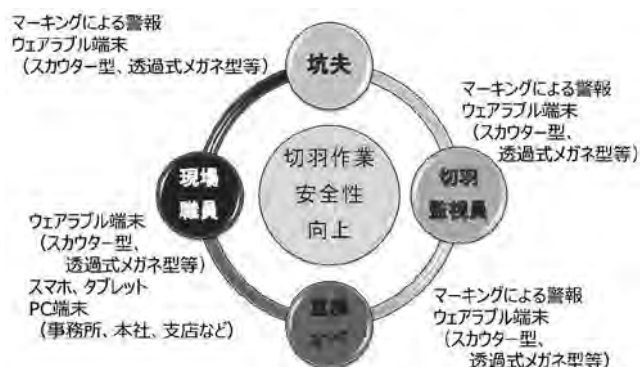
写真-4 切羽監視状況とウェアラブル端末使用状況³⁾

写真-5 ウェアラブル端末に映し出される映像³⁾
 (小丸：通常体制，中丸：注意体制，大丸：要注意～嚴重注意体制)

せた。レーザー距離計で計測している変位データは管理レベルの一般的な考え方に基づいて、通常体制：緑色，注意体制：黄色，要注意～嚴重注意体制：赤色の三段階に分類し，崩壊危険度の表示は，切羽をメッシュ状に分割した任意箇所へ三段階の色分けと円のサイズで知らせる。また，警告灯や警報音，バイブレーターによる警報発信も可能である。この端末は，使用する人の視界や作業の妨げにならないものを選定した。本技術は，インターネットを介することで，切羽監視員や作業員などの現場だけでなく，坑内外の事務所や本社，支店でも，スマートフォンやタブレット，PC等の端末機器で切羽状況を確認できる。よって，切羽に常にいることのできない現場職員やトンネル工事関係者全員が切羽のリアルタイムな変位状況（切羽の不安定部）を把握可能な技術である。

本開発が目指す構図を図-4に示す。切羽の変位状況をトンネル工事関係者全員がリアルタイムに把握することで，事務所や本社，支店のトンネル技術者が切羽の崩壊危険度を判断し，予防保全的に切羽の安定化対策を講じることができる。さらに，このようなウェアラブル端末を切羽監視員や作業員などが装着し，従来の目視による監視と本システムを併用して切羽を監視することにより，切羽直近で作業している者に対して退避の指示や注意喚起を促すことができ，切羽の肌落ちや崩落，崩壊に対する安全性を向上させることが可能である。ただし，当技術は地山等級や坑内環境などを考慮して適用し，従来の監視に加え補助的役割で併用することが望ましい。

図-3 管理レベルの一般的な考え方⁴⁾図-4 本開発が目指す構図³⁾

3. おわりに

山岳トンネル工事において、切羽面からの肌落ちや崩落、崩壊の兆候を事前に予測し、ICTを活用することで切羽の崩壊危険度を知らせる警報発信手法を開発した。切羽のリアルタイムな押出し挙動から、鏡面ヘマーキングすることにより直接的な警報を可視化情報として発信する。同時にAR技術を活用し、実際の切羽映像と切羽の変位状況（切羽の不安定部）をウェアラブル端末やPC等の端末機器へリアルタイムに表示して可視化させる技術である。この技術は、切羽の変位状況（切羽の不安定部）をトンネル工事関係者全員がリアルタイムに把握することができ、事務所や本社、支店のトンネル技術者が切羽の崩壊危険度を判断し、予防保全的に切羽の安定化対策を講じることができる。さらに、このようなウェアラブル端末を切羽監視員や作業員などが装着し、従来の目視による監視に加え本システムを併用して切羽を監視することにより、切羽直近で作業している者に対して退避の指示や注意喚起を促すことができ、切羽の肌落ちや崩落、崩壊に対する安全性を向上させることが示唆された。

さらに本システムは、レーザー距離計や3Dレーザースキャナー、ビデオカメラなど切羽挙動を捉える技術と併用することが可能で、広く切羽作業の安全性が向上することが期待される。

本技術は、福井県のトンネル現場にてシステムの有効性を実証済みであり、今後も押出し性を有する脆弱地山等での適用を検討している。なお、山岳トンネルだけに限らず、様々な現場でこのような可視化を用い

た技術による安全性の向上に貢献していきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 厚生労働省：山岳トンネル工事の切羽における肌落ち災害防止対策に係るガイドライン，2018.1.
- 2) 佐藤裕考，市川晃央，林稔，藤原伸輝，芥川真一：トンネル工事関係者全員がリアルタイムに切羽状況を把握可能な技術の開発，土木学会第73回年次学術講演会講演概要集，VI-054，pp.107-108，2018.
- 3) 佐藤裕考，市川晃央，林稔，橋村義人，芥川真一：山岳トンネルにおける切羽変位可視化システムの開発，第28回トンネル工学研究発表会，2018.11.（投稿中）
- 4) 日本道路協会：道路トンネル観察・計測指針，p.129，2009.

【筆者紹介】

佐藤 裕考（さとう ひろのり）
㈱竹中土木
技術・生産本部 技術部



市川 晃央（いちかわ あきお）
㈱竹中土木
技術・生産本部 技術部
課長



芥川 真一（あくたがわ しんいち）
神戸大学大学院
工学研究科 市民工学専攻



次世代インフラ監視システムの開発と運用

センサ Box だけで始められ、巡視による「目視点検」の弱点をカバーする
バラマキ型の傾斜監視システム『OKIPPA104』

鶴 田 大 毅・永 山 智 之

施工現場での課題や経験を活かし、極力手軽に利用かつ安価にすることで、施工・供用中の様々なインフラ監視へ導入することをコンセプトとして、傾斜を把握したい施設の監視・点検を目的に、省電力広域無線通信 LPWA の Sigfox (シグフォックス) を用いた傾斜監視クラウドシステム (OKIPPA104) (以下「本システム」という) を開発した。巡視による目視点検の補佐として計測データ利用し、従来の詳細計測などへスムーズに移行することを可能としている。今後は、OKIPPA シリーズ (以下「本シリーズ」という) として、地盤伸縮計の開発や計測データの異常値と連動したドローンによる視認代行サービスの構築を進めている。さらには実績を重ね、地盤や気象などの関連データと AI を掛け合わせ、有機的なインフラ点検の可能性を追求していく。

キーワード：省電力広域無線通信、傾斜監視、衝撃検知、クラウドシステム、インフラ監視、インフラセンシング、LPWA (Sigfox)、OKIPPA

1. はじめに

昨年 (2017 年 2 月末) から提供が始まった省電力広域無線通信 LPWA (Low Power Wide Area) の Sigfox (シグフォックス) を用いた本システムは、施工現場での課題や経験を活かし、極力手軽かつ安価にすることで、施工中のみならず供用中の様々なインフラ監視への導入ハードルを下げることをコンセプトとし、巡視による目視点検が困難なインフラ施設のうち、傾斜を把握したい施設の監視・点検を目的に開発

した (図-1)。

巡視による目視点検は、広範囲で植生の繁茂や天候の影響などにより、変状しているのか不明確で、結果が定量的に表しづらいため、明確な根拠に乏しいことから適切な判断が困難であることが課題であった。建設業の働き手不足により、生産性向上が求められるなか、点検員による巡視の補佐として本システムの計測データを利用し、従来用いられている簡易・詳細計測などへ移行することによってスムーズなインフラ監視の実現を可能としている (図-2)。

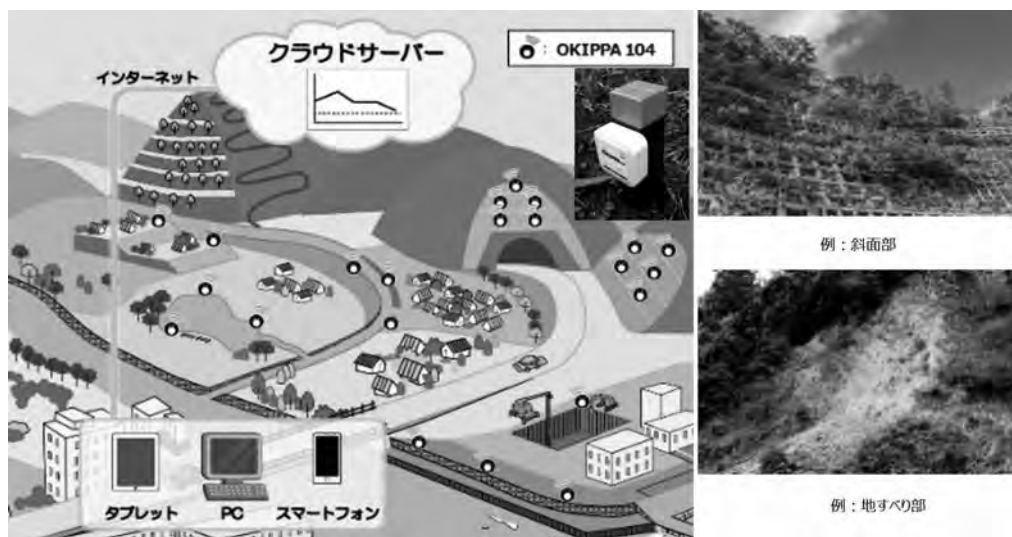
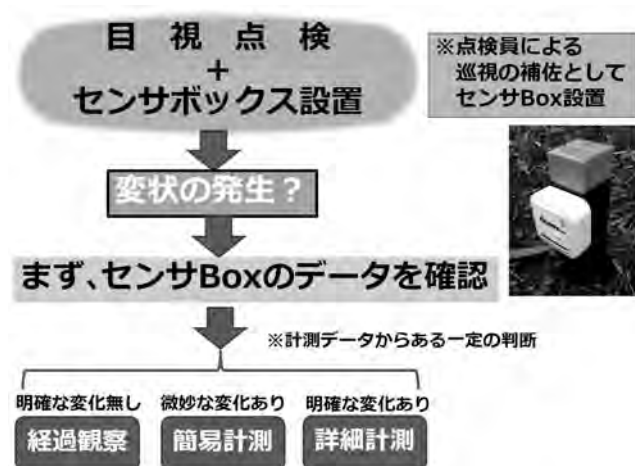


図-1 設置箇所例



図ー2 目視点検補佐から各種計測へ

2. センサ Box の概要

本システムの計測項目は、傾斜角度(分解能:0.06°)、衝撃検知(2G～16G)、GPS(機器位置検索)、温度(Box内部)、方位角(磁気影響を受けないこと)であり、計測データを省電力広域無線通信LPWAのSigfoxを用いてクラウドにあげ、管理画面にて可視化させることによりシステムを確立している。LPWAのSigfoxを用いることによって、自営の基地局や中継器を設置する必要がなく、省電力であることから、バッテリーで2年間(1時間/回通信時)稼働が可能で、通信や給電の為に有線を設置する必要がなく、現場はセンサBoxを設置するだけで、計測が始められる。センサBoxの大きさは、10cm×10cm×4cmで2か所のビス止めで固定が可能である(表ー1)。

表ー1 センサ Box 仕様

サイズ	10cm×10cm×4cm
測定範囲	±180°(3軸方向の角度)
傾斜計測・通信間隔	分解能 : 0.06° 通信間隔: 1時間に1回 (遠隔操作で変更可: 最小15分・最大1日に1回)
GPS 測位	位置測位のみ: 1週間に1回
地磁気(方位角)	周辺に磁気影響がない場合のみ計測可能: 1週間に1回
ボックス仕様	防水型 IP67 (IEC 規格)
使用可能温度	-10～60℃ (-10℃未満及び60℃超となる環境では使用不可)
使用可能湿度	20～80% RH (結露なきこと)
電源	リチウムイオン電池 (1時間に1回計測及び通信時: 2年間稼働)

3. 導入による効果

本システムは、従来の詳細な計測システムではなく、インフラ施設の不安な箇所(例: 地質が悪く対策工を施した箇所や地滑りが懸念される箇所など)に安価かつ手軽に設置し、『バラまく』ことで変状を見つけ出し、従来の詳細な計測システムを導入すべき場所を見つけ出すシステムである。

(1) 点検業務の省力化

自営の基地局が不要なため保守にかかる作業がないことや設置に対して有線での配線作業がなく、2年間電池稼働するため、機器の交換頻度も軽減される。また、規定した計測間隔以外でも衝撃検知により、倒木等の挙動監視が可能で広域な点検箇所の選別が可能である。そして、いずれの計測も閾値を設け、それを超えた場合には、あらかじめ登録されたアドレスにメール通知され、インフラ施設の見守りを代行することができる。

(2) 目視点検後の対策判断を明確化

定性的な要素の多かった目視点検後の結果に定量的な傾斜データを加えることによって、点検後の対策判断を明確にできる。

(3) 安価で手軽に斜面監視

センサBoxの計測項目を傾斜に注目し本体費用を抑えたこと、また、LPWAのSigfoxを用いたことによって、自営の基地局や中継器の設置工事及び、配線工事などが必要ないことから、コストが本体費及び利用料で月額換算約1万円弱程度の費用で斜面監視が可能となり、安価で手軽に広範囲なバラマキ型の監視ができる。

4. 本システムの概要

センサBoxで計測されたデータは、省電力広域無線通信LPWAのSigfoxを用いてクラウドにあげ、管理画面にて可視化やデータのダウンロード、管理閾値や計測モードの設定などが可能である。また、管理画面の構築については、現場の経験を活かして利用者がデータを1画面で即時確認できるよう配慮した。

(1) 傾斜データ(図ー3)

利用者は設置後、システム上で初期値を設定し、3軸の傾斜角度の差分を表示して変状を確認する(図ー

3は1週間表示)。この他、電池電圧や電波状況などを表示することができ、計測データはCSV等でダウンロードできる。

(2) 概略設置位置 (図—4)

GPS データは、センサ Box の位置把握や誤設置防止を目的とし、変状を見るためには使用しない。

(3) センサ Box の姿勢表示 (図—5)

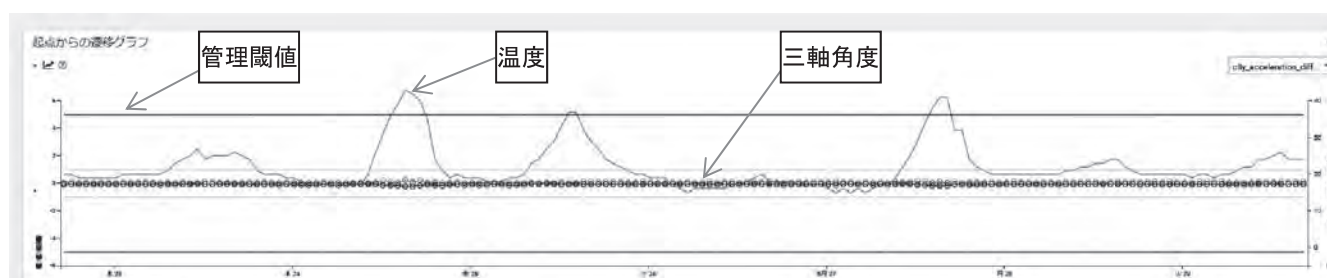
現状のセンサ Box の姿勢（傾きの状況）を確認できる。

(4) センサ Box の計測モードの変更 (図—6)

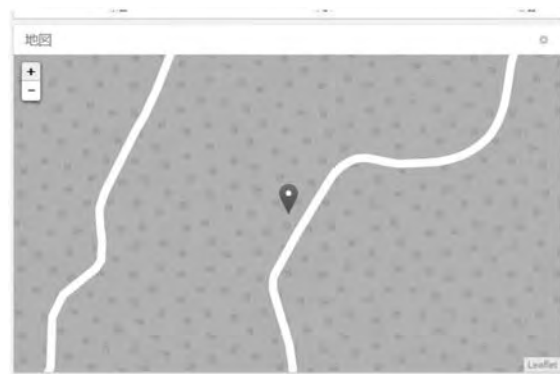
悪天候予測時などに傾斜測定周期を短くしたい場合、また、利用用途に応じ衝撃検知閾値を変更したい場合は遠隔で設定変更できる。

5. 導入状況

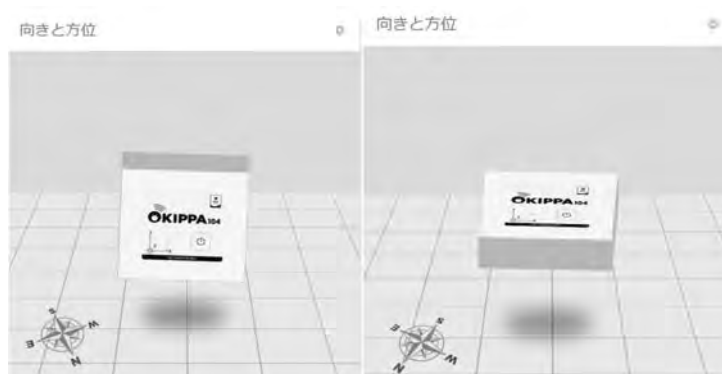
国土交通省 大臣官房技術調査課 i-Construction 推進コンソーシアム事務局 技術開発・導入 WG にて実証マッチングが行われ、「斜面の安定性を確認する技術」として九州地方整備局宮崎河川国道事務所で試行導入されている (図—7)。



図—3 傾斜データ



図—4 概略設置位置



図—5 センサ Box の姿勢



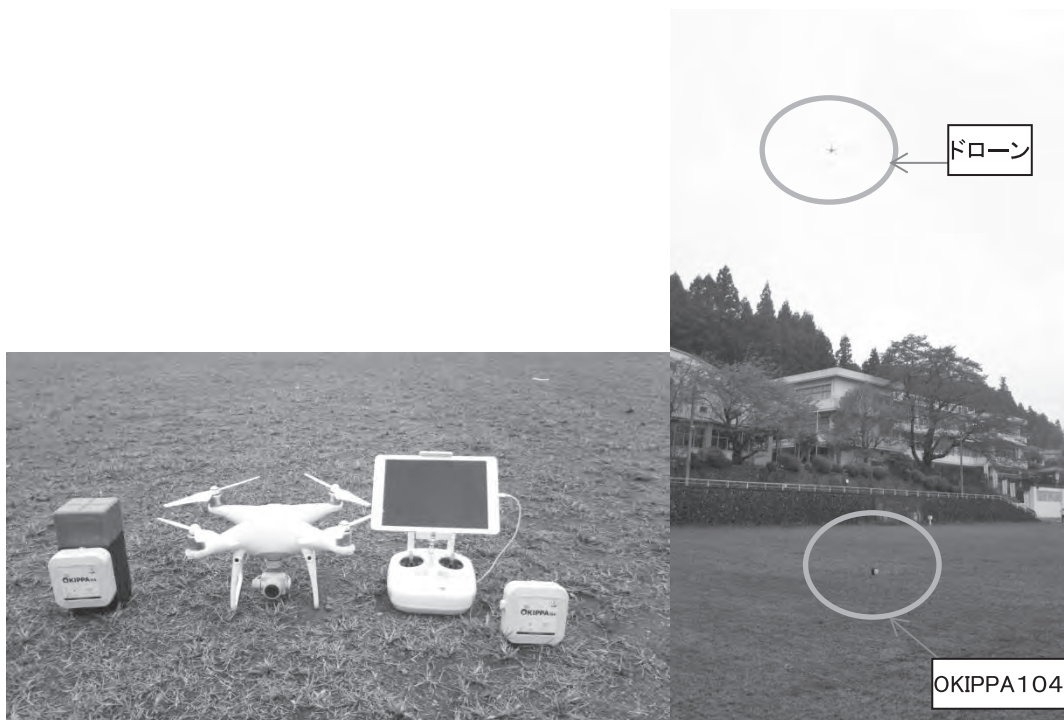
図—6 計測モードの変更



本システムの設置状況



図ー7 設置フィールドと設置状況



図ー8 ドローン機材と本システム（左）飛行連携状況（右）

その他，私立大学や地方自治体の土木関連，民間鉄道事業者で導入されており，また，大手建設コンサルタント・国立大学と共同で実証研究を行っている。

6. おわりに

施工現場での課題や経験を活かして，極力手軽に利用かつ安価にすることで，施工中のみならず供用中の

様々なインフラ監視への導入ハードルを下げる概念である本シリーズとして，ソリューションを追加していく。具体的には，OKIPPAの要素技術を応用した地盤伸縮計を実証中であり，常時確認可能な本システムに組み込む予定である。

そして，センサBoxが異常値を発報した際に，目視点検が困難なインフラ施設に対してドローンが自律飛行し視認代行できるサービス連携の構築を進めてい

る(図—8)。さらには数々の計測実績を重ねながら、地盤や気象などの関連データとAIを掛け合わせ、有機的なインフラ点検(施工中から供用後)の可能性を追求していく。

CIM(Construction Information Modeling/Management)と同様に、インフラ施設のライフサイクル全体を見通した情報マネジメントや情報の見える化に寄与できるよう、網羅的にインフラ施設を監視できる『バラまき型』の本システムが、従来型の詳細な監視システムの導入箇所を顕在化し効率的に選定することで、安全な建設工事の省力化に貢献していくことを目指す。

J C M A

[筆者紹介]

鶴田 大毅(つるた ともたか)
西松建設㈱ 社長室
事業創生部 事業創生一課
担当課長



永山 智之(ながやま ともゆき)
西松建設㈱ 社長室
事業創生部 事業創生一課
担当課長



み、ボルト接合する。

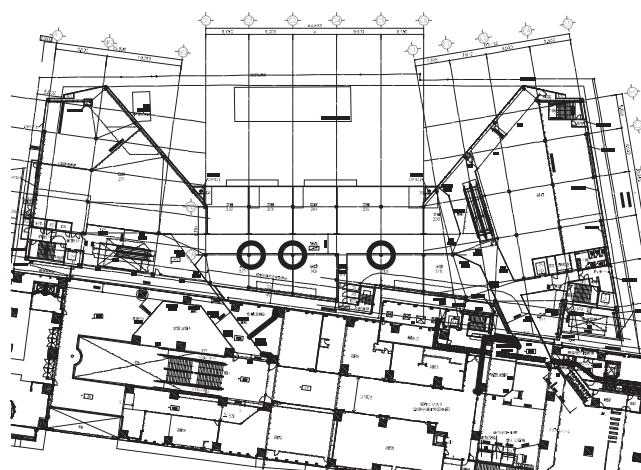
工場加工・建方のステップを図一2に示す。工場加工においては、製作工場で柱にショートブラケットを隅肉溶接で取り付け、現場に運搬する。建方においては、まず大梁をウェブスプライスプレートでボルト接合し、次に四つ葉プレートを取り付け、それらをボルト接合することで建方が完了する。

2. 適用プロジェクトの紹介

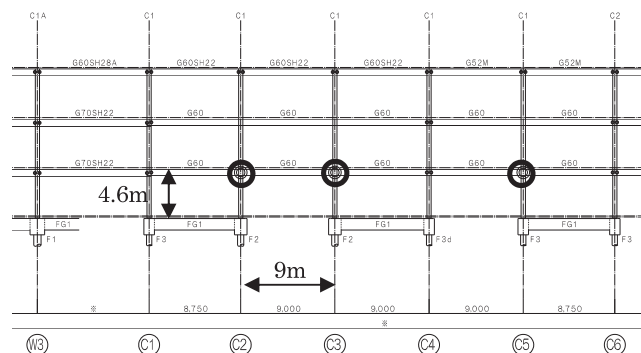
本工法を適用した2つのプロジェクトを紹介する。ここでは、①「製作効率」②「運搬効率」③「現場施工効率」の3つの観点に着目して、本工法を適用することにより得られる生産性のメリットについて説明する。

(1) エビスタ西宮増築計画

本建物は、長辺方向 120 m、短辺方向 32 m の形状であり、長辺・短辺方向ともにブレースを有するラーメン架構である。本工法を適用した柱梁接合部の箇所を図一3および図一4に示す。なお、本建物では計画段階において全数ノンブラケット溶接接合法（以



図一3 本工法の適用箇所（2階床伏図）



図一4 本工法の適用箇所（軸組図）



図一5 建物全景（エビスタ西宮増築計画）

下「ノンブラケット工法」）としており、両者の比較検討を行うことができた。

①製作効率

本プロジェクトではノンブラケット工法に比べて、鋼材加工費を低減させることができ、かつ UT 検査を削減することができた。柱梁接合部 1 か所あたりの比較をした場合、ノンブラケット工法の場合必要な人工が 43.5 人工であるのに対して、本工法は、37.5 人工となり、製作時の溶接工数が約 15% 低減される。

②運搬効率

運搬効率については、一般にダイアフラムからの張出し部の長さによって、トラックに積載可能な鉄骨柱本数が制約されるが、本工法の場合、ショートブラケットのサイズが小さいため、ノンブラケット工法の場合に比べて概ね変わらない。

③現場施工効率

ノンブラケット工法の場合は、梁端の継手を現場溶接とするが、事前に梁を取り付けるために鳶工の作業が必要である。本プロジェクトでは、鳶工の人工と溶接工の人工で柱一台あたり 2.5 人工を要した。一方で、本工法は、現場溶接工人工が不要であり、鳶工の人工だけで施工が可能である。しかし、フランジのボルトジョイントがあるので、ノンブラケット工法に比べて鳶工の人工が多く必要だが、合計では柱一台あたり 2.0 人工と少ない。すなわち、現場施工工数としては、本工法とすることで、約 25% を低減することができる。

なお、本プロジェクトにおいては、柱周りに通常のコラムステージを使用してボルト接合ができた。

(2) 国際くらしの医療館・神戸

本建物は、基本スパンを 9.0 m × 9.0 m とした、長辺方向 36 m、短辺方向 27 m の整形の建物であり、長辺・短辺方向ともにブレースを有するラーメン架構である。代表的な断面は、柱は □-400 × 400 × 16、梁 H-600 × 200 × 11 × 17 である。

図一6、7に示すように、2階～5階内柱の柱梁接

合部、計 24 か所に四つ葉プレート工法を適用した。なお、本工法を用いない外周柱については、在来ブラケットボルトジョイント工法（以下「在来ブラケット工法」としており、両者の比較検討を行うことができた。

①製作効率

本工法は、在来ブラケット工法と比べて、加工費の低減、UT 検査の削減による省人化およびコスト削減効果が見込まれる。

使用する鋼材量は、在来ブラケット工法に比べてスプライスプレートが大きくなり、9%程度増加した。しかし、製作時の加工工数が在来ブラケット工法と比べて 60%程度低減され、この効果が鋼材比の増加によるデメリットを大きく上回る結果となった。さらに、UT 検査が不要となるため、柱一本あたりのコストとしては、15%のコスト低減効果が確認できた。

鉄骨工場での鉄骨部材製作効率は、生産能力とともにストックヤードの広さにも依存することが多い。在来ブラケット工法による柱部材は、ブラケットが長いために積層させることは困難であるが、本工法によるショートブラケット柱は、積層させてストックさせることができ、ストックヤードを有効に活用することで、鉄骨工場における生産性の向上にも効果があるこ

とが分かった。

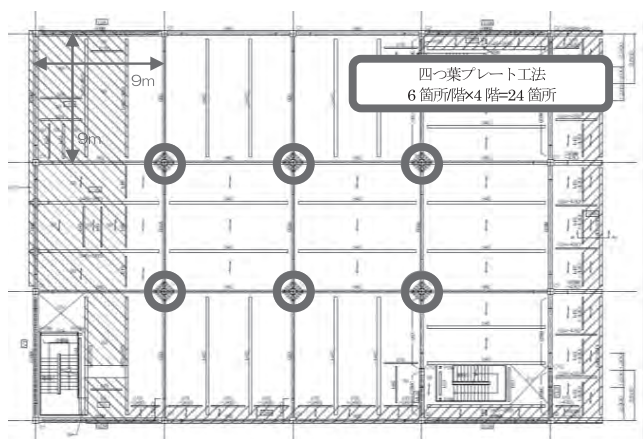
②運搬効率

写真—1、2 に、本工法の柱部材のトラックへの積載状況を示す。運搬効率についても、在来ブラケット工法では 12 回の運搬が必要であるのに対して、本工法では 3 回の運搬のみで中柱の運搬が完了し、建方の工期短縮による生産性向上のみならず、運搬効率向上によるコストの大幅な削減効果が確認できた。

③現場施工効率



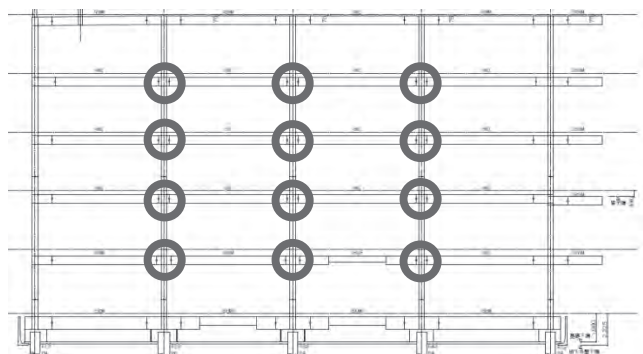
写真—1 在来ブラケット工法 柱部材の積載状況



図—6 本工法の適用箇所（床伏図）



写真—2 本工法 柱部材の積載状況



図—7 本工法の適用箇所（軸組図）

写真—3 に在来ブラケット工法および本工法の鉄骨建方状況を示す。現場施工については、在来ブラケット工法と同等の現場施工工数を達成できており、上述した①「製作効率」②「運搬効率」のメリットのみを享受できるため、在来ブラケット工法に比べると、生産性の向上に十分に効果がある。



写真一3 建方状況
(左：在来ブラケット工法, 右：本工法)



図一8 建物全景 (国際くらしの医療館・神戸)

3. まとめ

本工法を2件のプロジェクトに適用し、以下の知見を得た。

①製作効率

エビスタ西宮増築計画におけるノンブラケット工法との比較では、溶接工数が15%程度低減された。国際くらしの医療館・神戸における在来ブラケット工法との比較では、加工工数が60%程度低減できる結果となった。

②運搬効率

在来ブラケット工法と比較すると、本工法は柱材に取り付けブラケットが短いことにより、大幅な運搬効率の向上を発揮することができる。

③現場施工効率

エビスタ西宮増築計画におけるノンブラケット工法との比較では、現場溶接不要であることにより、工数としては25%程度低減が可能となった。国際くらしの医療館・神戸における在来ブラケット工法との比較では、現場施工効率は概ね同等となった。

4. 改善点と今後の展開

上述にて示した通り、本工法は、製作効率、運搬効率および現場施工効率において、在来工法と比較してメリットが大きいことが分かった。

一方で、今後さらに普及・展開するために解決すべき課題も挙げられる。

本工法は、隣り合うブラケットがスプライスプレートにより接合されるため、取り合う梁成はすべて同一とならなければならない。そのため、適用する建物の荷重条件やスパンによっては、構造計算上必要な断面以上の断面設定を要し、合理的な設計が困難になる場合がある。



写真一4 本工法設置状況
(上：見上げ, 下：見下げ)

また、現状では四面に梁が取り合う内柱への適用に限られており、外周部への適用ができない。

加えて、梁断面が大きいものになる場合、四つ葉プレートも大きくすることが必要となると、施工上のデメリットが生産効率以上に大きくなる可能性もある。

上記のような課題を解決するために、現在さらなる実験的研究を進めており、成果が確認され次第、続報として報告したいと考えている。

5. おわりに

新しい柱梁ボルトジョイント工法である、本工法「四つ葉プレート工法」を2件の実プロジェクトにおいて適用し、主に製作時、運搬時において大きく生産性向上のメリットがあり、現場施工においても在来工法と同等程度の効率となることを確認した。今後、更なる水平展開を図るため、適用範囲の拡大に向けて実験的研究を進めていく予定である。

【建物概要】

建物名称	エビスタ西宮増築計画
建築地	兵庫県西宮市田中町2番1他
設計・施工者	(株)竹中工務店
建築面積	3,465.71 m ²
延床面積	10,247.78 m ²
建物高さ	14.317 m
階数	地上3階、塔屋2階
構造種別	S造
工期	2017年10月～2018年10月(13ヵ月)

【建物概要】

建物名称	国際くらしの医療館・神戸
建築地	兵庫県神戸市中央区港島南町1-3-1
設計・施工者	(株)竹中工務店
建築面積	1,132.30 m ²
延床面積	5,553.93 m ²
建物高さ	26.08 m
階数	地上5階
構造種別	S造
工期	2017年10月～2019年3月(18ヵ月)

《参考文献》

- 1) 「高力ボルト摩擦接合を用いた乾式組立外ダイアフラム柱梁接合部に関する実験的検討（その1～2）」日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.737-740,2017
- 2) 「高力ボルト摩擦接合を用いた乾式組立外ダイアフラム柱梁接合部に関する実験的検討（その3～4）」日本建築学会大会学術講演梗概集 pp.1245-1248,2018

【筆者紹介】

熊野 豪人（くまの たけひと）
(株)竹中工務店
大阪本店 設計部 構造部門



奥野 雄一郎（おくの ゆういちろう）
(株)竹中工務店
大阪本店 設計部 構造部門



岩本 卓麻（いわもと たくま）
(株)竹中工務店
大阪本店 設計部 構造部門



内山 元希（うちやま もとき）
(株)竹中工務店
大阪本店 設計部 構造部門



屋内位置認識技術を用いた 高所作業車管理アプリの開発

松 田 耕・吉 田 真 悟・杉 本 俊 介

BLE ビーコンを活用して、建築工事向け屋内位置認識技術を開発し、高所作業車の位置を把握できる環境を整備した。高所作業車の運用上の課題を抽出し、位置探索と予約管理を組み合わせることでその課題を効果的に解決できるアプリを開発した。本アプリを実際プロジェクトに適用してその効果を確認したので、報告する。

キーワード：屋内位置認識、BLE ビーコン、高所作業車、位置探索、予約管理、予約率

1. はじめに

建築工事のほとんどは屋内で行われるため GPS を用いることができず、これまで位置情報の自動取得は困難だった。屋内位置認識技術として最近注目されているのは、ビーコンと呼ばれる Bluetooth の小型発信器を活用する方法である。比較的安価に活用できるため、オフィス内の人の位置探索や小売店舗内での売り場に応じた商品の宣伝通知などに活用されつつある。

この技術を応用して、建設現場内及び高所作業車にビーコンを設置することで、高所作業車の位置を探索したり、予約管理したりすることができるモバイル端末用アプリを開発した。開発したアプリをプロジェクトに適用し、一定の成果を得たので報告する。

2. 建設現場向け屋内位置認識技術の開発

(1) 本技術の特長

これまで建設現場向け屋内位置認識インフラ技術で広く普及しているものは存在しなかった。その理由として、施工に伴う日々の変化に柔軟に追従することが困難、本設の電力が供給されるまでは電源確保が困難、位置認識技術を活用した建設現場向けアプリケーションが不足、などが考えられる。

本技術は発信機であるビーコンを建物側にインフラとして設置し、ひとが携帯するモバイル端末を受信機とする形式を採用している。建設会社であれば、施工計画に合わせて柔軟にビーコンの取付作業や盛替作業を行なうことが可能である。仮設照明にビーコンを取付けるなど既存の工事とビーコン取付作業をセットに

する工夫も行なっている。取付治具には磁石やフックなどを選定し、工事に合わせた盛替が容易に行なえる。ビーコンの電池は2年程度持つため給電は不要である。さらに、高所作業車などの資機材にもビーコンを設置することで、ものの位置認識も可能となる。

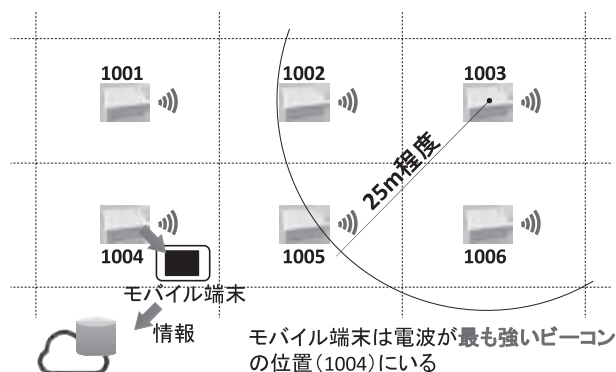
システム構成としては、安価なビーコンを建物と資機材に取付け、高価な受信機はひとが既に保有しているモバイル端末とすることで、システム全体を低コスト化している。

(2) ひとの位置認識の仕組み

本技術ではひとの位置はモバイル端末の位置として認識する。どのモバイル端末を誰が保有しているかをあらかじめ登録しておくことで、人の位置が認識できる。

図—1 は建設現場にビーコンを配置した平面図である。ビーコンの電波は 25 m 程度届くので、25 m 以内のピッチでビーコンを計画することが一般的である。その環境下をモバイル端末が通過すると、複数のビーコンの電波を受信する。その中で最も電波強度が強い（すなわち、モバイル端末との距離が近い）ビーコンの情報をサーバに送ることでモバイル端末の位置が認識できる。図—1 ではモバイル端末が 1004 番の位置に認識される。

位置認識技術によっては複数のビーコンの電波強度から位置を推定する複数点測位を採用しているが、本技術では取えてひとつのビーコンから位置を推定する1点測位を採用している。日々異なる工事を行ない電波環境が安定しない建設現場においては複数点測位による精度向上が認められなかったためである。1点測

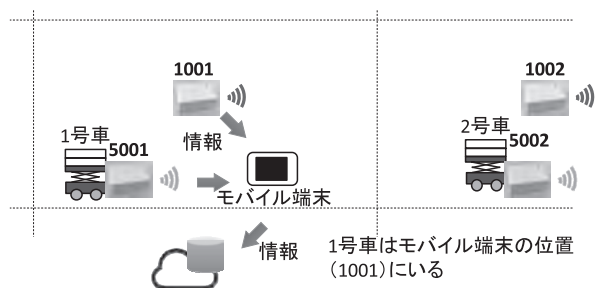


図一 ひとつの位置認識の仕組み

位ではビーコンの設置間隔以上の精度は出ないが、ユーザにとってアルゴリズムが分かりやすい利点があり、位置補正のインターフェイスを実装しやすい。

(3) ものの位置認識の仕組み

次に、もの（資機材）の位置を認識する技術を開発した。資機材にモバイル端末を取り付ければひとつの位置認識と同じ仕組みで位置が分かるようになるが、コストが高くなり現実的ではない。そこで、資機材にもビーコンを取り付け、建物に取付けたビーコンからの電波と資機材に取付けたビーコンからの電波をモバイル端末で受信してサーバに送ることで資機材の位置を把握する仕組みとした（図一2）。この図では、1号車が1001番の場所にあると認識できる。実際はより複雑な処理を行なっているが、その詳細については参考文献^{1), 2)} 参照とし、ここでは割愛する。



図二 ものの位置認識の仕組み

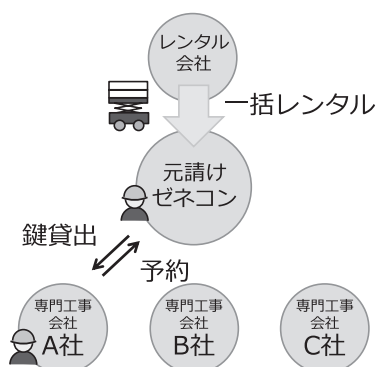
本技術は、安価なビーコンを各所に取付け、ひとが保有しているモバイル端末にアプリケーションをインストールして建設現場内を巡回するだけで、ひとつものの位置が把握できるため、システムが低コストで実用的な点が特長である。一方で、資機材の位置はモバイル端末が付近を通過したタイミングで認識されるので、例えば図一2の2号車のように近くにモバイル端末が存在しない資機材の最新位置は更新されず、ものの位置認識のリアルタイム性はモバイル端末の巡回

頻度に依存する。

この欠点を補うためにモバイル端末より安価でビーコンの電波を受信してサーバへ送信することができるログ収集機を併用する。資機材が置かれることの多い場所（高所作業車の充電スポットや資材置き場など）にログ収集機を設置すれば、資機材の位置情報を効率的に取得できる。

3. 高所作業車管理の現状

高所作業車は建築工事で用いられる建設機械の中でも最も使用台数が多く、プロジェクトによっては数百台にも達する。運用としては、元請がレンタル会社から工事に必要な台数の高所作業車を一括でレンタルし、日々の作業に応じて専門工業者に個別に貸出している。貸出しの際には、専門工業者が使用したい高所作業車をホワイトボードや紙の帳票で予約し、元請が該当する高所作業車の鍵を貸出し、利用者が予約した高所作業車を現場内から探し出して借りた鍵を用いて使用するというのが一般的な流れである（図一3）。



図一3 高所作業車の運用

4. 高所作業車管理の課題

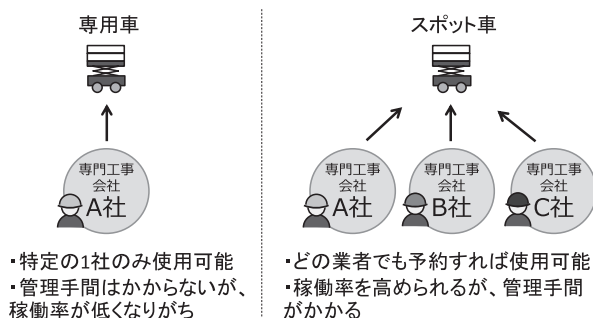
高所作業車管理の課題を3つ抽出した。

(1) 予約管理の効率化

予約管理にはホワイトボードが用いられることが多い。限られたスペースの中で縦軸に全高所作業車名、横軸に1週間分の日付を記入し、いつ、どの専門工業者が使うかを日々手書きで記入するため、過去の日付の欄を消して新しい日付に書き換えたり、高所作業車のレンタル状況に応じて表を手作業で更新したりする手間が生じる。また、予約するためには毎回ホワイトボードが置かれている事務所まで移動しなければならない。これらの手間を削減するためには、アナログ

媒体からデジタル媒体に移行するとともに、入力作業を簡易化し、かつリストの更新作業を自動化する必要がある。また、モバイル端末でいつでもどこでも予約できなければならない。

貸出しの方式として、ある高所作業車をひとつの専門工事業者が専用で使用する専用車方式と、ある高所作業車を複数の専門工事業者で共有して使用するスポット車方式の2通りがある（図—4）。専用車は特定の専門工事業者が常に予約している状態となるため予約管理手間はかからないが、実際には不要な時間帯でも他社が予約できないため稼働率が低くなる傾向がある。スポット車は複数社で使い回すため稼働率は高まる傾向があるが、先に述べたホワイトボード管理のような一連の予約作業が必要となり管理手間は多くなる。専用車の稼働率を向上し、スポット車の予約管理手間を削減する仕組みが必要である。



図—4 高所作業車の貸出し方式

(2) 高所作業車の位置把握の効率化

これまでの、専門工事業者が日々の作業を終えた後、どこに高所作業車を停車したか把握することは困難であった。プロジェクトによっては専門工事業者が鍵を元請に返却する際にホワイトボードに高所作業車を停車した場所を記入する運用を採用することがあったが、その場合も階の管理に留まることがほとんどであり、高所作業車の探索手間が生じていた。

専門工事業者が日々高所作業車を探索することなく作業を始めたり、作業場所の近くにある高所作業車を予約して移動手間を削減したりするためには精度が高く、かつ手間のかからない高所作業車の位置把握が必要となる。

(3) 予約状況の見える化

これまでのアナログの媒体による予約管理では、予約結果が日々上書きされて消えていくため、予約状況を集計して見える化することは困難であった。しかし、元請はレンタル費を削減するためには、必要な場

所に必要な台数の高所作業車を配置し、余分な高所作業車があれば早期に返却しなければならない。その判断根拠として予約状況を常に見える化して把握しておく必要がある。

5. アプリの概要及び特長

前節で抽出した課題を解決するために3つの機能を盛り込んだアプリを開発した（図—5）。

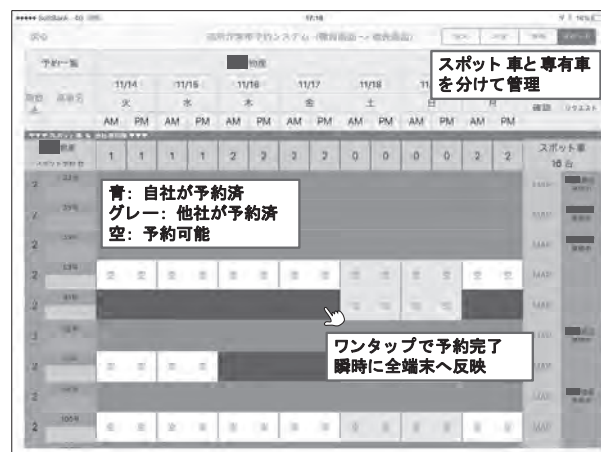


図—5 アプリの概要

(1) リストから予約機能

縦軸を階及び高所作業車名、横軸を日付としたリスト画面を設計した（図—6）。横軸の日付は日々自動更新するためこれまで手書きで行っていたリストの更新作業が不要になる。自社が予約済みの個所を青、他社が予約済みの個所をグレー、予約可能な個所を「空」として表示する。予約したい場合は「空」をタップするだけで青色に変わり、MQTTという通信プロトコルを用いることで同一プロジェクト内の他の全てのモバイル端末に変更点が瞬時に反映される。

グレーの個所をタップするとその個所を予約している専門工事業者が表示される。どうしても使用したい高所作業車が先に予約されている場合に交渉先が分か



図—6 リスト画面の概要

る仕組みである。これらの機能によってスポット車の予約管理手間が削減できる。

一方で、専用車については元請の管理画面で専用車登録を行なうことができる。専用車の予約は登録された専門工事業者の予約として日々自動的に入力されるが、不要な時間帯については「空」とすることができる。この時間帯は専用車であっても他の専門工事業者が予約できるため稼働率を高める運用が可能となる(図一7)。



図一7 リスト画面による専用車の管理

(2) マップから予約機能

建築現場内及び高所作業車にビーコンを設置すれば、前述の屋内位置認識技術を用いることで、高所作業車の位置を自動的に把握できるようになる。この位置情報を基にマップから予約できる機能を開発した(図一8)。

マップ上で予約したい高所作業車をタップすると予約画面がポップアップして予約可能となる。これによって、専門工事業者が作業場所の近くにある高所作業車を選んで予約することができる。また、リスト画



図一8 マップから予約できる機能

面にある「MAP」をタップすることで、予約した高所作業車がマップ上で光ってどこにあるか示されるため、作業前に高所作業車を探索する作業が削減できる。

なお、ビーコンを設置しない作業所のために、リスト画面で高所作業車の階を手入力する機能を用意している。元請と専門工事業者が協力して、作業後に停車した階をアプリに入力する運用を徹底すれば、屋内位置認識技術を用いるよりは手間がかかるものの、位置管理が可能となる。また、ここで手間をかけて位置を入力しておけば、次節で述べる予約状況の見える化でも活用できる情報となる。

(3) 予約状況の見える化機能

本アプリが使われるにつれて、どの専門工事業者がどの高所作業車をどの時間帯で予約していたかという履歴がサーバに蓄積されていく。このデータから高所作業車の予約率(全体台数に対する予約台数の割合)をいろいろな軸で集計することができる。

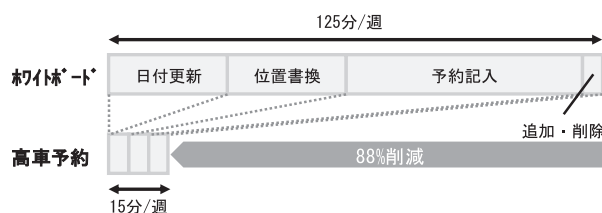
図一10ではあるプロジェクトにおける予約率の推移を時系列示している。例えば、予約率が右肩下がりになってきたら、高所作業車が余ってきていると判断し、高所作業車を返却するといった管理を支援できる。

6. プロジェクト適用とその効果

本アプリを80台の高所作業車が稼働している大学の新築工事(プロジェクトA)及び60台の高所作業車が稼働している工場の新築工事(プロジェクトB)に適用しその効果を確認した。

プロジェクトAでは、従来型のホワイトボードによる管理を行っていた。そこで、本アプリを試適用し予約にかかる工数の削減効果を確認した。日付更新、位置書換、予約記入について効率化でき、全体として88%の工数削減となった(図一9)。

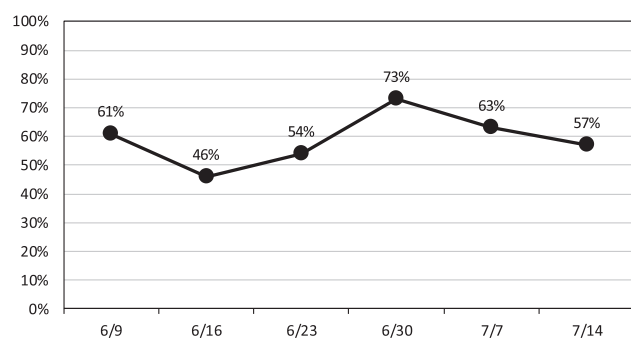
プロジェクトBでは、昼礼時に元請と専門工事業者が高所作業車の予約を毎日10分程度の時間をかけて調整していた。昼礼は元請と専門工事業者が一堂に会して翌日の作業調整を行なう1日の中でも最も重要な時間帯である。そこで、本アプリ主体での予約調整



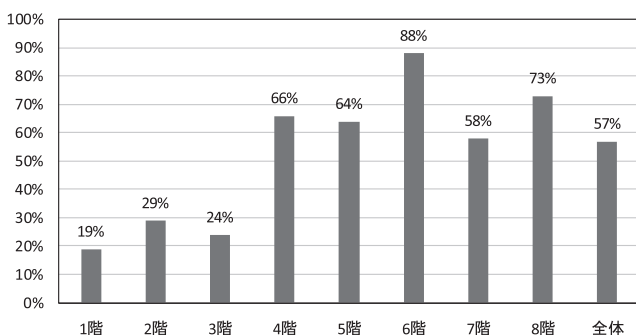
図一9 予約にかかる工数の削減効果

を試みた。専門工事業者が予約操作に慣れるまで質問や代理入力への依頼があったものの、昼礼での調整時間が一切なくなった。昼礼の貴重な時間を他の調整に充てることができ、利用者からは大変好評であった。以前は昼礼後にも貸出し台数の再調整依頼が度々あったが、専門工事業者が各自で本アプリを通して調整を行なうため、元請の残業時間削減にも寄与した。

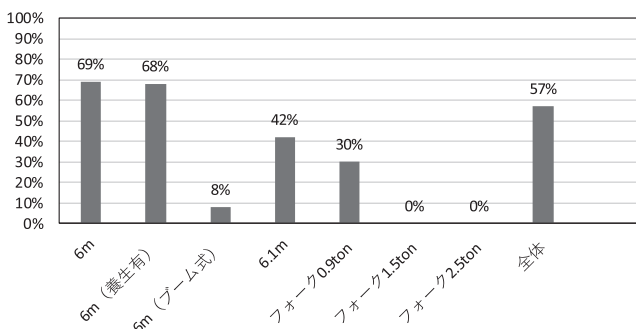
プロジェクトBでは予約率の見える化を試行した。見える化の例を図一10～12に示す。これまで職員が巡回により感覚的に判断していた予約状況を数値化し、階別・種別・高所作業車別など、あらゆる軸から予約率を算出することで、台数が不足している階への高所作業車を移動したりや余分な種類の高所作業車を返却したりすることができた。



図一10 予約率の推移 (全体)



図一11 階別の予約率



図一12 機材種別の予約率

7. おわりに

本開発では、建設現場に低コストで適用できる位置認識技術を開発した。位置認識の対象として管理に手間のかかる高所作業車を選定し、その位置を把握しながら予約管理ができるアプリを開発した。本アプリを実際のプロジェクトに適用し一定の効果を確認した。

JCMA

《参考文献》

- 1) 吉田, 松田, 杉本他: 移動ビーコンを用いた高所作業車位置把握システムの精度改善に向けた研究 (その1～その3), 日本建築学大会梗概集, pp.85-90, 2017.9
- 2) 吉田, 杉本他: 移動ビーコンを用いた高所作業車位置把握システムの精度改善に向けた研究 (その4～その5), 日本建築学大会梗概集, pp.43-46, 2018.9

〔筆者紹介〕



松田 耕 (まつだ こう)
 (株)竹中工務店
 技術研究所 先端技術研究部
 デジタル生産グループ
 研究員



吉田 真悟 (よしだ しんご)
 (株)朝日興産
 販売部 IoT 推進グループ 課長



杉本 俊介 (すぎもと しゅんすけ)
 (株)竹中工務店
 名古屋支店 生産統括部 技術部門
 計画2グループ 建築担当

作業員と建設重機との接触を防止する安全装置の開発

人とヘルメットを選択的に検知して重機を止めるシステム

「クアトロアイズ[®]」

上 條 宏 明・小 林 只 和・西 脇 也 寸 男

重機と作業員との接触による死傷者数は、建設業に限っても毎年 800 人前後を推移し、重機と作業員との接触災害の根絶には程遠い状況である。また、従来からこの型の災害を低減すべく赤外線や電磁波などを利用して、人や物を検知し警報を出す安全装置は存在していたが、それぞれに一長一短があり広く現場で使用されている状況とは言えなかった。

筆者らは、この状況を改善すべく、AI を利用した重機と作業員との接触災害に対する安全装置「クアトロアイズ」(以下、本装置という)を開発した。本報では、本装置の開発概要と現場への適用事例について報告する。

キーワード：油圧ショベル、ディープラーニング、AI、画像認識、重機接触災害

1. はじめに

建設業において、重機と作業員の接触災害(激突され)は長年深刻な安全上の問題である。厚生労働省の労働災害統計によると、この型の災害による死傷者数は毎年 800 人程度、そのうちの死亡者数は 20 人を下らない。接触災害については、これまで数多くの分析や研究¹⁾がなされ、さまざまなタイプの災害を防止するための安全製品が発売されてきたが、広範に導入が進んでいるものはバックモニタと近接センサ程度である。ただし、これらは後述する理由で必ずしも接触災害を根絶に導くための要件を満たしておらず、事実、毎年多くの作業員が不幸にも命を落としている。

また、少子高齢化の影響もあり建設業における人手不足の深刻化が指摘される中、国土交通省では i-Construction による生産性向上を推進しているが、同時に建設現場のいわゆる 3K のイメージを払拭することも建設業界全体の重要な課題である。

筆者らは、重機により挟まれ亡くなるような不幸を一つでも減らし、最終的には根絶すると言う困難な課題に挑戦することとした。本報では新しい接触防止装置を最新の AI 技術を取り入れ開発し、建設現場へ導入するまでの一連の開発概要と現場への適用事例および成果について記す。

2. 開発の背景

重機と人あるいは物との接触防止技術には、大きく以下のような基準で分類ができる。

- ①人と物を区別できるか
- ②検知対象に何かを装備する必要があるか
- ③検知対象を検知した際の動作

筆者らは、開発にあたり既存の接触防止技術として入手できた各種の製品を現場に導入しオペレータ、相番作業員および管理者側の意見を聞き上記①～③の基準について下記の通り考察した。

①まず、接触防止装置が人と物を区別できることは、重機、特に油圧ショベルの接触防止装置としては極めて重要な能力である。油圧ショベルでは旋回の繰り返し動作が前提であるため、人と物を区別できない近接センサ等の接触防止装置では、狭隘な現場で旋回を行うたびに、万能堀や建築物そのものに反応し、警報などを発してしまう。このためオペレータは、そのような接触防止装置を直ちに無視する、あるいは電源を落とすことになる。これはいわゆる「オオカミ少年効果」であり、人と物を区別できることは重機との接触防止装置の開発を始めるにあたり最重要要素と位置付けた。

②次に、現場の管理者側としては、検知対象に何らかの機器やシールなどを装備させることは管理の煩雑さからできるだけ避けたい。特に、電池を必要とする機器の継続的な動作管理は数百あるいは 1000 人

以上が従事する現場において、その導入と管理は現実的ではないと考えた。

- ③最後に、検知対象を検知した場合、モニタに警告表示するだけ、あるいは警報を発報するなどの選択肢があるが、モニタを見ながらバックホウを操作することは逆に危険性を上げる結果となり、最低限警報を発報する必要があることは明白であった。特に、油圧ショベルの作業では旋回動作時に挟まれる頻度と同等あるいはそれ以上に移動時、とりわけ後進時の接触災害が多いことは研究結果^{2),3)}や経験からよく知られている。このことは、バックモニタを装着した油圧ショベルであってもオペレータは常にバックモニタを視認しながら後進しているわけではないことを示唆している。また、検知後に重機を止めることには、重機を止めることで危険性が増す可能性を研究⁴⁾や筆者らのヒアリング結果も示していたが、重機との接触による死亡災害を根絶するためには、この重機の自動停止はあえて踏み込まなければならない領域と考えた。以上の検討結果から、筆者らは開発する接触防止装置に求める要件を、①人と物を確実に区別し、②検知対象には機器を装備する必要がなく、危険性が高まった時には③自動的に重機を止めることができることとした。その上で再度既存技術について検証した結果、既存技術はこれらの要件のどれか一つ以上が欠けていることがわかった。

3. システムの概要

(1) 本装置の仕様

本装置の仕様を表―1に示す。本装置はカメラにより検出された人物が、任意に設定する距離より近づいた場合に警報、さらに近づいた場合、重機を強制的に停止させる機能を有する。本装置の水平視野角はこれまでのバックモニタや人物を認識するカメラなど類似機器（以下、従来機）にはない180度を達成しており、動作を保証する最低照度はトンネル工事における最暗部と定められている20 lxである。

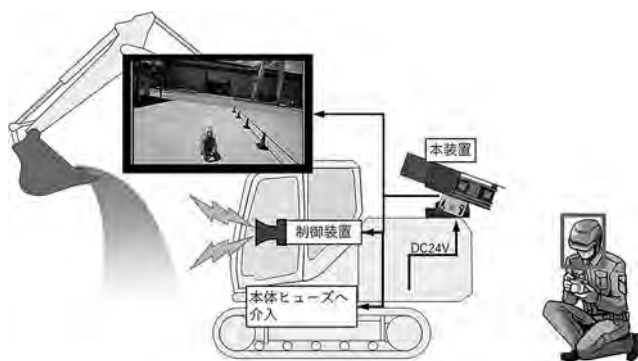
表―1 本装置の仕様

検知範囲	10 m 以下
水平視野角	180 度
垂直視野角	70 度
距離精度	± 20 cm
耐水耐塵性能	IP65（屋外仕様）
動作温度範囲	-10 ～ 45 ℃
動作最低照度	20 lx

(2) 油圧ショベルへの設置イメージ

本装置の油圧ショベルへの設置イメージを図―1に示す。本装置本体をマグネットで油圧ショベルに取り付け、電源は油圧ショベルのDC24V電源を用いる。次に、運転室内に置く警報付き制御装置に本装置からの検知出力を接続し、制御装置を油圧ショベルのエンジンを動作させるヒューズに介入するように接続するだけで本装置の油圧ショベルへの設置は完了する。

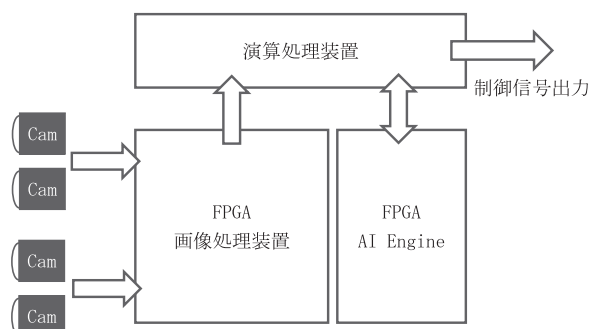
エンジンを強制的に停止させるためには、キースイッチの電気回路に介入する手法やソレノイドバルブなどの油圧回路に介入する手法などが他に想定されるが、時間やコストを最低限にするためにヒューズを差し替えるだけで重機の回路に介入ができるこの手法を選択した。



図―1 本装置の油圧ショベルへの設置例 (NTS)

(3) 本装置の本体のシステム

本装置本体のシステム概要図を図―2に示す。本装置は、対象物との距離を測定するために、カメラ2台からなるステレオカメラシステムを2組、すなわち合計4台のカメラを用いて周辺の画像を撮影する。それぞれのステレオカメラから得られた画像は、明るさ、コントラスト、ホワイトバランスなどを瞬時に画像処理装置にて補正され演算処理装置へと送られる。演算処理装置は、すでに別のシステムにおいて人物の特徴をディープラーニングの手法を用いて学習した



図―2 本装置本体のシステム概要図

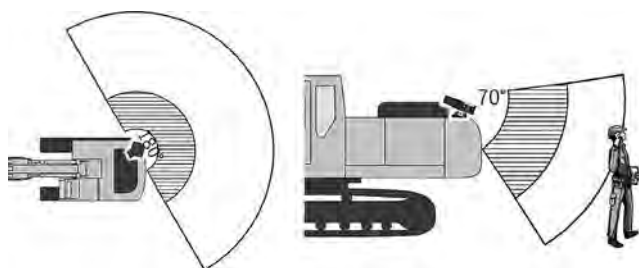


図-3 本装置の検知範囲（設置の向きは一例）

AIが人物を検出する。

上述の通り、本装置の視野角は従来機より極めて広い、半径10m、角度180度の半円でありこの範囲から人物を検出するため、演算処理装置に大きな負荷がかかる（図-3）。詳細は割愛するが、この問題を解決するため、画像処理装置や演算処理装置などはFPGAと呼ばれるタイプの集積回路を採用することなどにより、演算処理速度の向上と小型化を実現した。現状は周辺画像の撮影から画像処理、人物の検出とその距離の算出、制御信号の出力までの一連の動作を6fps（一秒間に6回）で行っている。

（4）ディープラーニングの手法を用いた学習効果

人と物を区別して作業員を検出するタイプの従来機は、屈んで作業をしている作業員や、大きな荷物を運ぶ作業員など、通常の人間のシルエットと大きく異なる場合は見逃してしまうなど、認識能力において改善の必要性があった。そこで筆者らは、ディープラーニングにより様々な姿勢で作業する作業員の画像をAIに学習させ従来機より飛躍的に人物の認識率を向上させた。表-2に一般的な人物画像のデータセットを用いた学習による検出率と、追加で当社の建設現場における様々な作業姿勢の画像を含めた学習後の検出率の比較を示す。このように、一般的な人物画像による学習による人物の検出率は人物が立っている状態では十分であるが、屈んで作業している人物やケースとしては稀であるが転倒などで地面に倒れている人物の検出率は低い。これらの検出率が低い姿勢の検出に対して、追加で様々な作業姿勢の画像を学習させた後の検出率は1.7～4.4倍向上した。

さらに、大きな荷物を運んでいても歩いている以上は頭部が露出している可能性が高いことと、国内の建



図-4 合板を運搬中の作業員の検出

設現場においてはヘルメットの着用率はほぼ100%であることから、ヘルメットを被った頭部まわりの画像を重点的に追加学習することで、頭部さえ荷物や物陰から露出していれば人物として検出することが可能となった。図-4に合板を運ぶ作業員の頭部のみを検出した事例を示す。

4. 性能の検証結果と現場適用事例

本装置を当社機械工場といくつかの当社が施工中の建設現場の油圧ショベルに適用し、その性能の確認と管理者側とオペレータ側の意見を聴取した。

（1）性能検証結果

本装置を複数箇所の現場における掘削作業を行っている油圧ショベルに適用し、管理者側とオペレータの意見聴取を行った。第一に、建設現場において想定される雨天、粉じん、逆光などの環境においても人物の認識に支障は見られず良好な性能を発揮した。また、距離精度を検証したところ、例えば6m離れた位置の人物の測定誤差は20cm、3%であり、警報や重機の停止信号を出す目安としては十分な精度であることが確認された。

（2）建設現場における適用と意見聴取結果

管理者側の意見は概ね好意的であり、むしろオペレータが勝手に本装置の電源を落とせないようにして欲しいなど常時使用を推進したい意見が顕著であった。

表-2 人物の検出率の比較

	立位	屈んだ姿勢	寝た姿勢
一般的な人物画像の用いた学習の結果	97%	60%	17%
建設作業中の画像を追加学習させた結果	99%	99%	69%

オペレータ側は、比較的広い土木現場においては、災害リスクの低減に資すると思うなどの意見であったが、狭隘な都市土木現場や建築現場においては、油圧ショベル近傍を作業員が背後を通るたびに警報や重機の停止が動作するために、業務の効率が低下するなど否定的な意見もみられた。

これは当然予測した結果であり、極めて狭隘な現場では重機の停止動作をする距離を縮小する、安全通路の設置位置を再検討するなど全体的な安全対策を検討して対応したいと考えている。

また、管理者とオペレータが本装置を使い続け、周囲の作業員がうっかり油圧ショベルに近づき油圧ショベルを停止させることで、その危険なエリアを再認識し、無意識に油圧ショベルに近づくことを忌避するようになると考える。

5. おわりに

本報では、AIを用いた人物検出機能とステレオカメラによる距離測定機能を用いた重機と作業員の接触防止装置について、その機能の検証結果と現場での適用事例について報告した。AIを用いた人物検出には、建設現場の作業姿勢に特化した画像とヘルメットを含む頭部に集中した画像の追加学習を適用した。その結果、

- ①一般的な人物画像のデータセットによる学習と比較して、建設現場に特化した作業姿勢を追加学習することで1.7～4.4倍の認識率の向上が確認された。
- ②ステレオカメラによる人物の距離測定精度は、6mにおいて20cm、3%であった。
- ③現場への適用では、仕様通り雨天、照度20lxおよび逆光などの悪条件下にあっても良好な人物認識能力を発揮した。
- ④狭隘な現場に適用した結果、オペレータへの意見では、警報や重機の停止動作が頻発することもあり

り作業効率の低下が懸念され否定的な意見もみられた。極めて狭隘な現場では重機の停止動作をする距離を縮小する、安全通路の設置位置を再検討するなど全体的な安全対策を検討して対応する必要がある。

今後、さらに多くの現場に本装置クアトロアイズを適用するとともに、油圧ショベルだけでなく移動式クレーン、フォークリフト、ロードローラなどの重機への適用を試み重機との接触災害の撲滅に挑戦し続けたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 玉手聡, 吉川直孝, 堀智仁, 清水尚憲, 梅崎重夫, 濱島京子, 建設機械の転倒及び接触災害の防止に関する研究, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 No.46, 2016 年
- 2) 高木元也, 高橋明子, 頻発する死亡災害に対するリスク低減対策の評価に関する研究, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), Vol70, No.4, I_53-I-60, 2014 年
- 3) 高木元也, 土木工事におけるドラグショベル作業の安全を考える, 建設の施工企画, 2012 年 7 月
- 4) 清水尚憲, 濱島京子, 梅崎重夫, 吉川直孝, 建設機械と人間の接触等を防止するための保護装置に関する研究, 労働安全衛生総合研究所特別研究報告 No.46, 2016 年

【筆者紹介】

上條 宏明 (かみじょう ひろあき)
 ㈱大林組
 東京機械工場技術開発課
 課長



小林 只和 (こばやし ただかず)
 ㈱大林組
 大阪機械工場電機課
 副課長



西脇 也寸男 (にしわき やすお)
 ㈱大林組
 東京機械工場技術開発課
 副課長



特集 >>> 最先端の高度な建設技術の開発と実用化

人間工学に基づいた軽量設計 「ウェアラブルバイブレータ[®]」の開発 コンクリート締固め作業を省人化、品質向上にも寄与

弓 削 毅

建設就業者数は平成9年の685万人をピークとして、平成27年には500万人へと約3/4に減少する状況下であり、国土交通省のi-Constructionに示されるように、近年建設現場の生産性向上の取り組みが加速している。特に土木工事に使用されるコンクリートは建築に比べスランプは小さく硬練りの場合が多く、バイブレータを使った締固めは非常に労力のいる作業である。こういった慢性的な建設就業者数の不足対策と労働環境の改善は喫緊の課題であり、機械化・自動化のニーズは高まっている。

本編では現場打ちコンクリートの締固め作業の省人化を目的とし、リチウムイオンバッテリーを採用して電源コードを省略した背負い式バイブレータ「ウェアラブルバイブレータ」（以下「本開発機」という）を開発したので、ここに紹介する。

キーワード：コンクリート打設、生産性向上、ウェアラブルバイブレータ、線持ち、偏心式、高性能リチウムイオン電池

1. はじめに

国内の建設現場では、コンクリートの締固め機械として、モータを本体に内蔵した偏心式バイブレータを一般的に用いている。ただし、このバイブレータを、スラブのような面積の広い場所の締固めに用いた場合、電源コードが締固め作業の支障となるため、取回しに補助作業員（以下「線持ち」という）を必要とする（写真—1）。

一方、米国をはじめとする諸外国ではエンジン式の背負い式バイブレータ（以下「エンジン式バイブレータ」という）を主流としており、小型のエンジンを駆動源とし、フレキシブルシャフトを介してエンジンの回転力を振動体に伝達させることによって締固めを

行っている。上記海外製エンジン式バイブレータは、補助作業員（線持ち）を削減できるという利点はあるものの、重い重量等は課題であった。そこで本開発では、背負い式の利点を生かしてこの課題を解決する、軽量のバイブレータについて検討を行った。

2. 海外製エンジン式バイブレータの試適用

開発に先立ち、海外製エンジン式バイブレータを現場に試適用（写真—2）した結果、以下の3つの課題が抽出された。



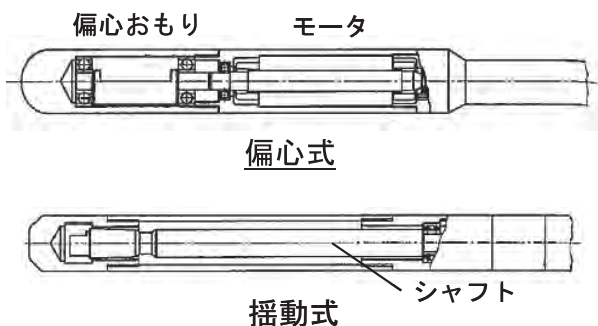
写真—1 従来の一般的な締固め作業



写真—2 海外製エンジン式バイブレータ

- ①重い重量 (20 kg 程度)
- ②シャフトは硬く、取回しにくい
- ③エンジンの排気ガスは熱く、騒音も大きい

バイブレータの振動方式には2種類あり、偏心させたおもりの両端を固定し、内蔵したモータによって回転させる偏心式と、シャフトに連結されたおもりの片端を固定し、その回転による揺動によって振動を起こす揺動式である (図—1)。海外製エンジン式バイブレータでは、エンジンの回転力をそのままシャフトに伝達させる揺動式を採用しており、シャフトの硬さがそのまま取回しにくさに直結していた。



図—1 バイブレータの振動方式¹⁾

3. 本開発機の開発方針

そこで本開発では、これらの課題を解決し、線持ち作業員の省人化を図るため、電源コードのない背負い式バイブレータを目指すこととした。開発方針は、下記のとおりである。

- ①本体重量 10 kg 以下
- ②偏心式バイブレータの採用
- ③動力源にリチウムイオンバッテリーの採用 (連続使用時間 60 分以上)

4. 本開発機の仕様

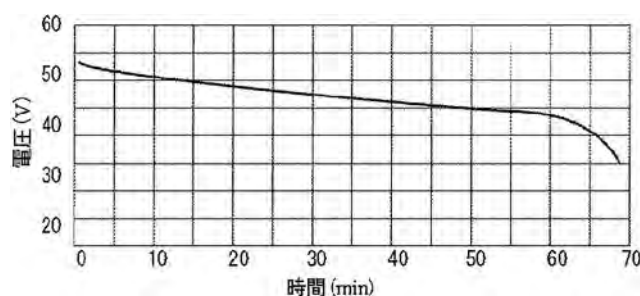
本開発機 (写真—3) は、大容量バッテリー、インバータ、振動体およびフレキシブルホースを一体化したものである。表—1 に本開発機の仕様を示す。本体に高性能リチウムイオン電池を採用し、装置全体として 10 kg 以下 (上部バッテリー 5.7 kg, 下部インバータ 3.9 kg) という軽量化を実現した。また、人間工学の観点から、重いバッテリー部分を本体上部に配置することによって、長時間使用しても疲れにくく、操作者に優しい設計とした。さらに 1 台分の電池によって $\phi 40$ mm のバイブレータを約 70 分間連続運転可能とし、予備電池と急速充電器を併用すると、使用時間に



写真—3 本開発機の外観

表—1 本開発機の仕様

本体	外形寸法	335 W × 125 D × 335 H (mm)
	重量	9.6 kg (上部 5.7 kg, 下部 3.9 kg)
	使用可能時間	約 70 分 ($\phi 40$ mm バイブレータ時)
	その他	独立起動スイッチ
蓄電池	名称	高性能リチウムイオン電池
	定格電圧	48.1 V
	公称容量	10 Ah
	付属品	急速充電器



図—2 バッテリー電圧と運転時間の関係

関係なく作業することも可能とした (図—2)。

本開発機の使用により、電源装置などとの接続コードがなくなるため、線持ちは不要となり省人化を図るとともに、作業環境の改善にもつながる。また、狭隘な場所での締固めを容易にし、従来線持ちによる電源 ON/OFF を操作者自身により可能となったため、丁寧かつ機動的な締固め作業による、コンクリートの品質向上効果も期待できる。

5. 現場試適用および評価

本開発機を現場に試適用 (写真—4) した結果、下記の意見を抽出した。

(利点)

- ・手元の ON/OFF 操作は便利



写真—4 本開発機の試適用状況

・電池が着脱式で交換も容易

(改良が必要な点)

・狭隘な場所での周囲との接触に対して、本体の強度が不足

・ケーブルのコネクター部分が脆弱

全体的には「取扱い易く、重量も許容範囲だが、もう少し軽い方が良い」という意見であった。

6. 改良機の開発

現在は上記評価を考慮した、改良機(写真—5)に移行している。表—2に改良機の仕様を示す。初期の開発機は専用電池仕様であったため、電池故障の場合は、製作メーカーによる修理となり、手間と費用を要した。また、電池性能は日進月歩であり、新たに高性能な電池を製作した場合、別途多大な手間と費用を必要とする。そこで改良機では、これらの懸念事項を

表—2 改良機の仕様

本体	外形寸法	250W×200D×560H(mm)
	重量	7.8kg(電池2個装備時) 9.6kg(電池4個装備時)
	使用可能時間	約22分(電池2個装備時) 約45分(電池4個装備時) ※φ40mmパイプレータ使用時
	その他	独立起動スイッチ
蓄電池	名称	リチウムイオン電池
	個数	カートリッジ式4個
	定格電圧	25.2V
	公称容量	4Ah
	付属品	急速充電器

解消するため、安価な市販品の電池を採用した。その結果、故障時に代替品確保が容易になるとともに、電池劣化時の交換・改良された新製品への対応も可能となった。

今回改良した点は以下のとおりである。

・市販品のカートリッジ式電池を採用し、電池製作リスク(故障時や性能向上時の手間と費用)を回避した。

・カートリッジ式電池を本体1台につき4個装備した。ただし、2個でも運転を可能として、軽量化を図った。

(2個の場合に重量7.8kgで連続運転時間約22分、4個の場合は重量9.6kgで連続運転時間約45分)

・筐体にプラスチック製樹脂(ABS樹脂)を採用し、軽量化を図った(初期はアルミニウム製)。

・現場における過酷な環境に耐えられるよう、コネクター部の耐久性を向上させた。

・市販を考慮して、デザイン性を向上させた。

改良機を現場に試適用した(写真—6)。その結果、パイプレータ2台に1人必要であった線持ちを削減



写真—5 改良機の外観(左:電池4個装備,右:電池2個装備)



写真—6 改良機の試適用状況

し、約 30%の省人化効果を確認できた。電源コードと線持ちの省略により、非常にすっきりとした打設風景となり、作業員同士の接触による怪我のリスクも減少した。また、狭隘な場所での締固めを容易にし、従来の線持ちによる電源 ON/OFF を操作者自身によって可能としたため、丁寧かつ機動的な締固めによるコンクリートの品質向上効果も期待できることを確認した。

7. おわりに

現在は、改良機のウェアラブルバイブレータを全国の土木建築現場に展開して実適用を続けており、バッテリー性能の向上や軽量化を続け、更なる現場打ちコ

ンクリートの締固め作業の生産性向上を図っていく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) JIS A 8610：建設用機械及び装置—コンクリート内部振動機 付属書 A 図 2 振動機の内部構造

〔筆者紹介〕

弓削 毅（ゆげ たけし）
鹿島建設㈱
機械部 技術 2 グループ
次長



鉄筋結束ロボット T-iROBO[®] Rebar の開発

高 橋 要・西 村 健 志

建設業においては「少子高齢化」を背景とする技能労働者不足の顕在化や生産性の停滞といった問題が切迫している。本報では機械化の進まないコンクリート工において、ロボット化による単純繰返し作業や苦渋作業からの開放及び生産性の向上を目的とした鉄筋結束ロボットの開発及び現場実証について紹介する。具体的には開発経緯の第一段階として、鉄筋上の移動機構を具現化する移動機を試作した。続いて第二段階として、移動機から得た様々な知見や課題及びその対策を踏まえて改良を加え、その移動機に自動結束機を搭載した鉄筋結束ロボットを試作した。そして実際に建築現場で鉄筋結束ロボットによる実証実験を行い、各種の動作確認を行った。

キーワード：ロボット、技能労働者、コンクリート工、鉄筋結束、生産性向上、省人化、産学連携

1. はじめに

建設技能労働者は他産業に比べ極端に高齢化が進んでいる。図-1に示すように日建連の推計によれば、今後約10年間に128万人の大量離職が見込まれ、入職者の若者は少子高齢化を背景に90万人であるとした場合、不足する35万人は「生産性向上」による省人化で対応することが求められている¹⁾。

図-2に示す通り、建設業では山岳トンネル工のように約50年で生産性が10倍に向上した工種がある反面、生産性向上の遅れている分野（土工、コンクリート工）が存在する²⁾。生産性向上の遅れている特にこれらの現場において、ロボット技術による生産性の向上が期待されている。

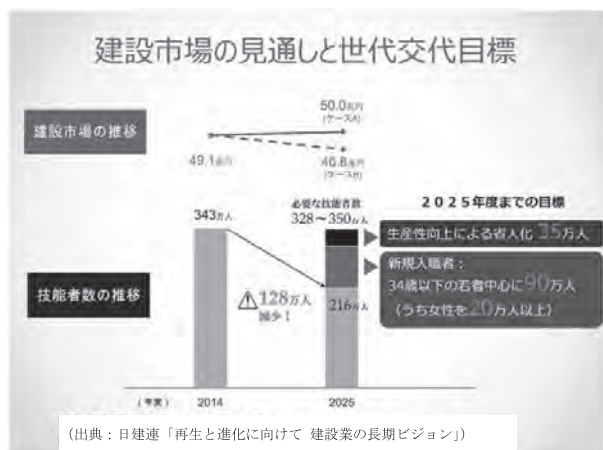


図-1 建設市場の見通しと世代交代目標¹⁾

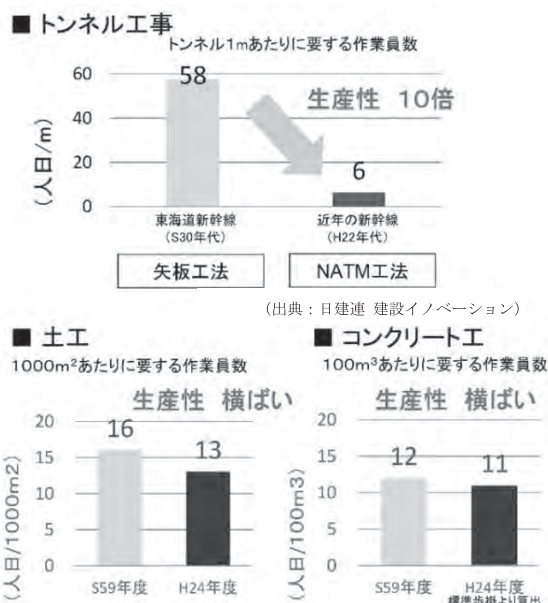


図-2 土木における生産性向上の推移²⁾

建設業におけるロボット技術の活用は災害時や危険箇所³⁾における無人化施工やシールドトンネルなど特定の工種では多く採用されている一方、建設業の根幹となるコンクリート工ではその活用が進んでおらず、釘打機等の工具レベルの使用にとどまっているのが現状である⁴⁾。

この様な背景よりロボット技術の活用が遅れているコンクリート工のうち、スラブ鉄筋の結束の自動化を開発の対象とした。写真-1にスラブ鉄筋の現場状況を示す。コンクリート工ではコンクリートを流し込



写真一 1 スラブ鉄筋 現場状況

む前に型枠の内部に配筋を行う。その形態は鉄筋を格子状に配置し、鉄筋同士を焼きなまし鉄線で結束して固定する。スラブ鉄筋の結束作業は単純であるが広範囲に渡り中腰で行う作業であるため身体への負担が大きい。そこで、鉄筋の結束作業を自動で行うことのできる鉄筋結束ロボット T-iROBO[®] Rebar（以下「本ロボット」という）の開発に着手した。

鉄筋結束ロボットは単純繰り返し作業を行い、限られた労働力は作業難度の高い作業を担当するといった人とロボットとの共働作業による当該工種の生産性向上を目指した。

開発にあたってはロボット機構等の開発を千葉工業大学が担当し、現場ニーズ調査および実験フィールドの選定を大成建設が行った。

2. 開発の概要

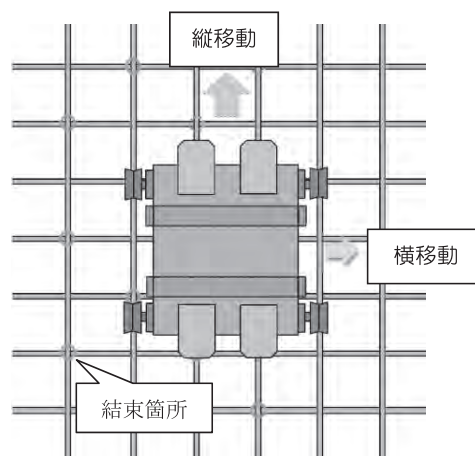
(1) ロボット開発の基本計画

鉄筋工事の現場ニーズからロボットの開発方針を定め、ロボット開発の基本計画を以下の様に決定した。

(a) 移動機構

格子状に配筋された鉄筋の上部側を案内（レール）として結束箇所へ移動（縦移動）する（図一 3）。

これによって縦方向の配筋とロボットの相対位置が拘束される。また縦移動時に横方向の鉄筋を検出することで結束箇所の判定を行う。上部鉄筋を案内レールとして縦移動し、横方向の鉄筋をセンサによって検出することで結束箇所とロボットとの相対位置を定めて結束作業を行う。縦方向の鉄筋端部または障害物などにより縦移動が不能と判断した段階で隣の鉄筋に乗り移り（横移動）、反転する機構を搭載する。また、人の鉄筋仮組の誤差に対する許容範囲内（コンクリート標準示方書⁵⁾に準じる）での移動および結束が可能な機構を開発した。尚、ロボットは誰もが手軽に持ち



図一 3 鉄筋を案内（レール）とした移動イメージ



写真一 2 結束機（マックス社製）

運べるように重量を 25 kg 以下とし、サイズは L500 × W500 × H400 mm 程度とした。

(b) 結束機構

鉄筋を結束する機構は市販の自動結束機を搭載することとした。自動結束機（写真一 2）（以下「本結束機」という）を鉄筋上の移動機構に搭載し、結束箇所を検出して自律的に結束機を操作しながら結束作業を可能とする自律制御機構の開発を行った。

(c) アルゴリズム

鉄筋上の縦移動・横移動を繰り返して指定範囲内の鉄筋を自動結束するアルゴリズムを開発した。また、人の進入や障害等を検知して停止するためのセンサおよびアルゴリズムの検討を行った。

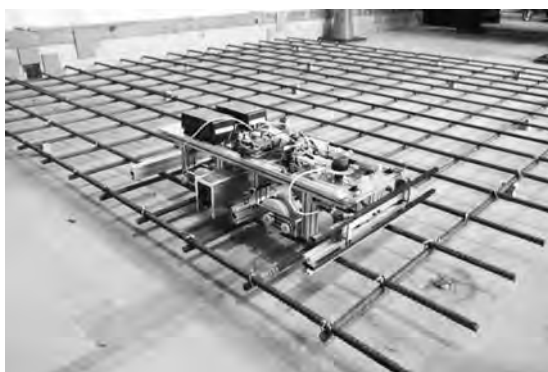
(2) ロボット移動機構部の試作及び動作確認

開発の第一段階として、移動機構の検討を具現化する鉄筋上移動機を試作した。以下にその内容を述べる。

(a) 移動機の試作

移動機を試作する主な目的は鉄筋結束（交差）部を自律的に検知して、走行・停止を繰り返す機構の動作の現実性を確認することである。

また、制御に用いるマイコンを本体に搭載し、鉄筋端部や障害物等を検知するセンサには接触式のリミットスイッチを用いた。試作機とその仕様を写真一 3、表一 1 に示す。



写真一 3 試作機（鉄筋上移動機構）

表一 1 試作機仕様

Size (W×L×H) [mm]	480×820×240
Weight [kg]	15.5
Drive System	4WD walking by mechanical linkage
Prime mover	DC motor
Battery	Li-ion battery

(b) 基本動作の確認実験

鉄筋上移動機構の確認項目を以下に記す。尚、動作確認に使用したスラブ配筋は、鉄筋径 D13 × D13、鉄筋間隔 200 mm とした。

- ①移動（縦移動・横移動）機構の動作の確実性および再現性の確認
- ②鉄筋段差部の乗越えの可否
- ③結尾部での停止・移動を繰返し、鉄筋端部を検知して反転または横に移動するアルゴリズムおよびセンシングの検証
- ④人による鉄筋仮設置の誤差（コンクリート標準示方書⁵⁾に準じる）に対する移動時の追従性の検証

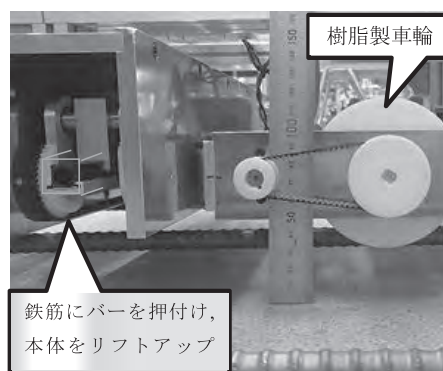
写真一 3 のスラブ配筋上において移動・停止を確実に繰返して鉄筋端部を検知し、移動方向を反転できることを確認した。また移動方向を反転する一連の動作でリンク機構による鉄筋段差部の移動（横移動）がスムーズにできることを確認した。鉄筋段差部の移動に採用したリンク機構を図一 4、5 に示す。

また機体重量は目標値を満たしたものの、サイズは目標値を満たさず、開発の第一段階においては小型化が今後の課題となった。

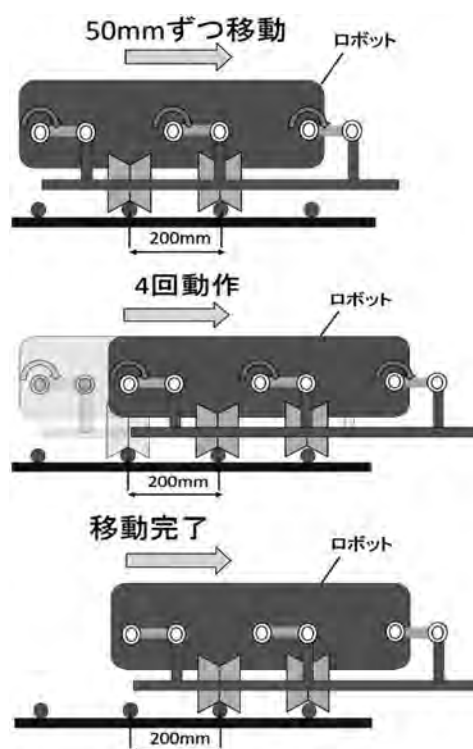
またロボットが移動する際の脱輪等は車輪形状を考慮することで有効に働き、不具合等が発生しなかった。

一方、人による鉄筋仮設置における鉄筋間隔の誤差により、走行移動時に鉄筋検知の接触式リミットスイッチが一時的に鉄筋から外れて誤動作を起こすことが確認された。

以上のような結果を踏まえて開発の第一段階の移動



図一 4 リンク機構と車輪

図一 5 リンク機構による横移動イメージ⁶⁾

機構の適合性を確認し、第二段階の鉄筋結束機構を搭載したロボットの試作を進めた。

また課題として鉄筋の配筋誤差に対する車輪の追従性の向上と、誤動作低減のためにセンサの種類や配置の見直しが必要であると判断した。

(c) 鉄筋上移動機の改良と結束機構の付加

開発の第一段階から得た移動機構の知見や課題及びその対策を踏まえて、結束機構を付加した鉄筋結束ロボットを製作した。本ロボットとその仕様を図一 6、表一 2 に示す。

搭載する結束機は、建設現場で広く使われている本結束機（適合径 D16 × D16）を採用した。本結束機は結束用鉄線を放出するため、先端部が独自のクランプ形状となっており（写真一 2）、結束機を鉄筋に対して鉛直方向に上下させるだけでは先端のクランプ部

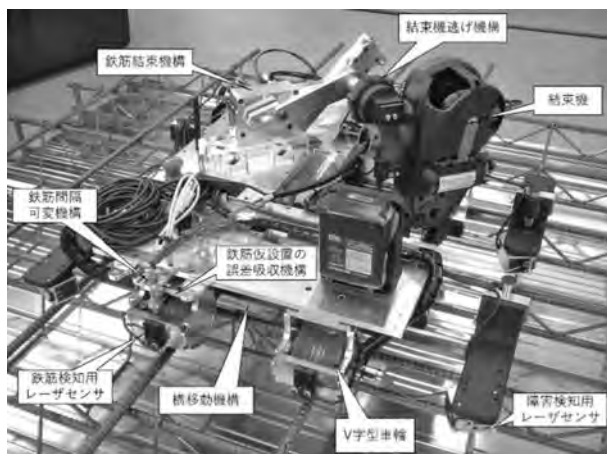


図-6 本ロボット

表-2 本ロボット仕様

Size (W×L×H)	[mm]	400×500×315 (本体)
Weight	[kg]	19.0
Drive System		4WD walking by mechanical linkage
Prime mover		DC motor
Battery		Li-ion battery

が鉄筋に干渉して結束することができない。そのため結束機は鉄筋に対して斜めに操作する必要がある。またロボットの移動中、結束機は鉄筋と干渉しない高さまで引き上げる必要もある。したがって結束部を検知すると結束機を斜め下方に降下させ、鉄筋の結束を行った後、結束機を鉄筋と干渉しない高さまで引き上げる。この繰り返しにより指定範囲内の自動結束作業を行った。

また試作の移動機からの主な改良として鉄筋検知等のセンサに非接触タイプを採用し、センシング精度の向上とセンサ配置の見直しによるロボット小型化の試みや横移動時にロボットをリフトアップする際に生じていた不安定なロボット姿勢の改善および人の鉄筋仮設置の誤差に起因する車輪の脱輪に対する改良を行った。尚、動作確認に使用したスラブ配筋は、試作機の実験と同様の鉄筋径 D13 × D13、鉄筋間隔 200 mm とした。

(d) 効果確認実験

非接触タイプのレーザーセンサを用いて鉄筋結束部と鉄筋端部の検知を行った。レーザーセンサでは接触式のリミットスイッチで問題となった配筋誤差によるセンサの誤動作が発生しないことを確認した。

移動機構についての改良効果は以下の通りである。

- ①横移動機構の改良により鉄筋面が傾斜（ロール・ピッチ）していても転倒しない安定性を確認した。
- ②人の鉄筋仮設置の誤差（コンクリート標準示方書⁵⁾に準じる）を吸収する鉄筋追従機構を車輪に付加

したことにより、 ± 20 mm の配筋誤差に対して脱輪すること無く走行出来ることを確認した。

- ③車輪形状および材質の見直しにより、縦移動の際に人の鉄筋仮設置の誤差によるロボットの車輪の脱輪が無くなった。

この様に移動機構の改良によって、確実な移動と結束を繰り返す高い再現性を確認できた。

また結束機構の搭載により重量が試作の移動機に比べ約 30% 重い 19 kg となったが、目標重量の 25 kg 以下を満たした。サイズはセンサ配置等の見直しにより L500 × W500 × H400 mm（本体構造）以下となり、誰もが持ち運ぶことができる重量およびサイズとなった。

以上のことから、ロボットが基本計画を満たすことを確認した。

3. 実証実験

製作した鉄筋結束ロボットを使い、実際の工事現場において、RC 在来工法の建築スラブ配筋で実証実験を行った（写真-4、5）。鉄筋は D13 と D10 の交互配筋で、鉄筋間隔は 200 mm であった。

□-1.4 × 2.0 m のエリアで全結束数 92 箇所の連続



写真-4 実証実験 建築現場



写真-5 実証実験状況

結束を試行した。ロボット姿勢の傾きや鉄筋ふみ曲げ箇所で鉄筋交差部の検出エラーが3箇所発生したが、その他の箇所では問題なく結束を行うことができ、エラー発生率は3.3%であった。

この結果から、鉄筋の上を確実に移動する移動機構、鉄筋を検知するセンサ、鉄筋を結束するための結束機構がそれぞれ高い精度で動作することが検証された。

4. 今後の開発展望

(1) ロボットの目標能力

鉄筋工事に占める結束作業の割合を推定するため、物流施設の建築現場で調査を実施した。

現場のスラブは主筋が床材に溶接されているフェローデッキである。

調査の結果、鉄筋工事に占める結束作業の割合が約20%と見込まれた。この調査結果をもとにロボット能力の算定は当該現場の鉄筋工事歩掛 500 m²/班・日を満足する様、ロボット2台を使い、1台あたり250 m²/日を目標能力とした。

現時点では確実な結束や移動繰返しの信頼性を向上するための実験を継続して進めている。ただし駆動用

のモーターは目標能力を満たすことを確認している。

(2) 現場環境に応じたセンシングと制御

今回の実証実験を行った現場のような比較的細径の鉄筋の場合、配筋作業中にわずかな鉄筋の曲がりなどを発生させやすく、これが鉄筋検知の精度に大きく影響した。また、現状のレーザセンサの検出スポットは非常に狭く、ロボット姿勢の傾斜によっては鉄筋を検出する事が出来ない場合が生じた。このような状況を想定して今後、鉄筋が湾曲している場合の検知・対応や障害物などによって結束が不可能な場所を検出・回避するための方法として、センサとアルゴリズムの工夫やカメラを用いた画像処理の検討など現場環境に適応可能なセンシングと制御の構築を目指す。

5. おわりに

コンクリート工における生産性向上に向けて、自律的に鉄筋を結束することのできるロボットの開発を現在も進めている。

今後はより実用的な鉄筋結束ロボットを開発し、現場実証を通して改善改良へのフィードバックを積み重ねながら、誰もが手軽に使えるより汎用性の高いロボットの構築を目指す。

J C M A

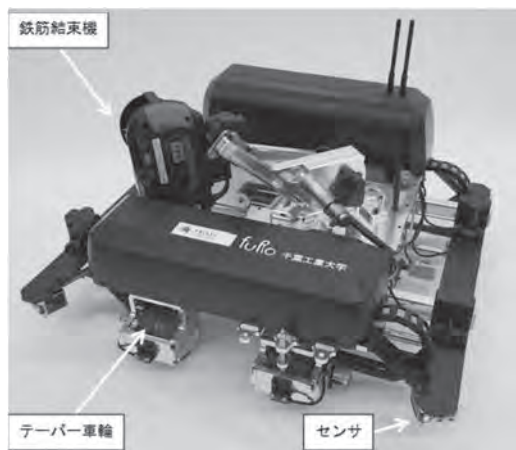
《参考文献》

- 1) 日建連ホームページ http://www.nikkenren.com/sougou/pdf/ikusei/2016_1018_ikusei.pdf (2017年8月閲覧)
- 2) 国交省ホームページ <http://www.qsr.mlit.go.jp/ict/iconstruction/page1.html> (2017年8月閲覧)
- 3) 井上猛雄：災害とロボット 第1版 平成24年4月25日
- 4) 日建連 電力土木委員会：電力土木における情報化施工・ICT活用に関する調査、調査報告書 平成29年3月
- 5) 土木学会：コンクリート標準示方書【施工編】平成14年3月
- 6) 千葉工業大学 伊東稔明、保坂謙史郎、西村健志、米田完：自動鉄筋結束ロボットの開発、日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会 講演論文集 平成29年5月

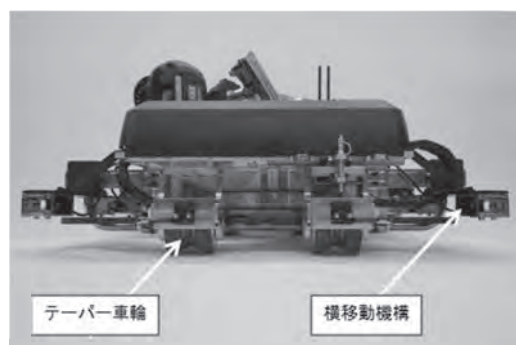
【筆者紹介】

高橋 要（たかはし かなめ）
大成建設㈱
技術センター 先進技術開発部
次世代建設技術開発室
課長

西村 健志（にしむら たけし）
千葉工業大学
未来ロボット技術研究センター
研究員



(外観)



(側面)

図一七 現在の本ロボット

次世代無人化施工技術 拡張型高機能遠隔操作室の開発

緊急災害対応で柔軟な拡張性を持つ移動式遠隔操作室

北 原 成 郎・坂 西 孝 仁・飛鳥馬 翼

無人化設備構築の時間を短縮し、迅速に災害対応することを目的として開発された高機能遠隔操作室は、阿蘇大橋地区斜面防災対策工事に導入され、工事着手後3日目に無人化施工開始という効果を発揮した。当該工事に代表されるような近年の災害は、規模の拡大化や複雑化する傾向にあり、高機能遠隔操作室の導入後の課題も見えてきた。その課題を解決するために開発された、段階的に遠隔操作室の機能を拡張し、柔軟に災害対応を可能にする拡張型高機能遠隔操作室の紹介をする。

キーワード：無人化施工、緊急災害対応、移動式遠隔操作室、ネットワーク対応型無人化施工システム

1. はじめに

人の立入りが危険な災害現場に導入される無人化施工技術は、難易度の高い現場であるほど設備が複雑化し、無人化施工開始までの準備期間が長くなる。災害現場では時間の経過とともに状況が大きく変化するため、無人化設備の構築の時間をいかに短縮して、迅速に工事に着手するかが課題となっている。

また複雑化した通信システムは、設備構築時の誤配線や機器の損傷などのトラブルを招きやすく、緊急時の対応には障害となる。

災害対応を含め砂防工事など様々な一般的な工事において生産性向上を目指す i-Construction においても、ICT の役割はリアルタイム性が求められるため、可能な限り障害を少なくすることが重要となる。

これらの課題を解決するために、ネットワーク対応型無人化施工システムに対応した移動式遠隔操作室である高機能遠隔操作室（写真—1）を開発した。当該開発は平成28年熊本地震により熊本県阿蘇郡南阿蘇村で発生した大規模斜面崩壊の緊急対策工事に導入され、工事着手後3日目に無人化施工開始という緊急対策工事への迅速な対応を発揮した。

当該工事に代表されるような近年の災害は、規模の拡大化や複雑化する傾向にあり、遠隔操作で同時に稼働させる建設機械の台数は災害現場の条件に適するよう柔軟に対応していくことが求められている。

ここではネットワーク対応型無人化施工システムの能力を最大限に引出し、大規模災害においても迅速に柔軟な対応ができる拡張型高機能遠隔操作室を開発し



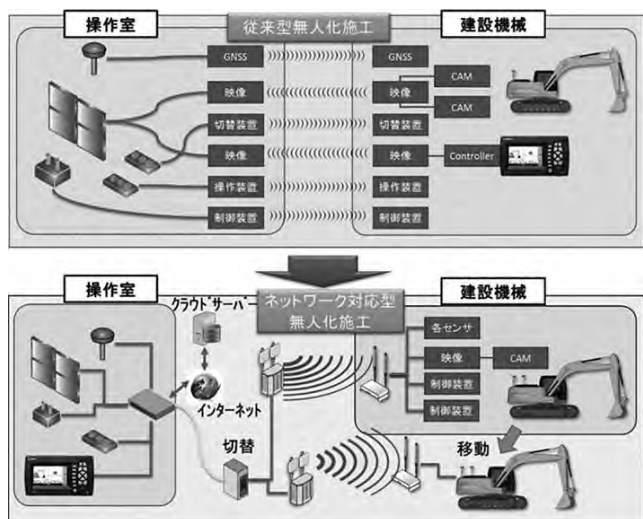
写真—1 高機能遠隔操作室

たので紹介する。

2. ネットワーク対応型無人化施工システム

高機能遠隔操作室、拡張型高機能遠隔操作室はネットワーク対応型無人化施工システムに対応するように開発されている。ネットワーク無人化施工システムとは無人化施工で必要とされる①建設機械の遠隔操作信号、②作業用固定カメラ・車載カメラの映像信号、③情報化施工機械（MG・MC）の制御信号を変換機器によってIP（Internet Protocol = インターネット・プロトコル）化して伝送し、1つのM2M（Machine to Machine）ネットワーク上で無人化施工機械群の一元管理をするシステムである（図—1）。

当該システムは東日本大震災を契機に、広域での災害対応（火山災害・原子力災害等）を想定し、国土交



図一 従来方式とネットワーク対応型の違い

通省が平成 23 年 3 月に長崎で実施した超長距離遠隔操作実証実験の成果を基に確立された。この成果により施工箇所から 80 km を超える遠隔操作室から安定して遠隔操作式建設機械の操作が可能であることが実証された¹⁾。

当該システムには以下のメリットがある。

(1) 無線資源の有効活用

IP 化により遠隔操作式建設機械との通信手段として無線 LAN の選択肢が増えた。無線 LAN は現場に適した無線機やアンテナを自由に選択が可能である。また 1 周波数で複数の建設機械を遠隔操作可能であるため、無線周波数の干渉回避やコスト削減となる。

(2) 遠隔操作室設置位置の自由度向上

IP 化により通信手段として長距離無線 LAN、光ケーブル等の選択肢が増え、通信の中継も容易になった。これにより遠隔操作室位置の自由度が向上し、現場から数十 km 離れた安全な場所からの遠隔操作が可能になった。

(3) 最新技術の導入が容易

IoT 機器や自動運転等の最新技術も導入が可能で、現場状況により技術を組み合わせ、システムの発展性や拡張性が向上した。また国土交通省が推進する i-Construction へも適用が可能である。

3. 高機能遠隔操作室の開発

拡張型高機能遠隔操作室の報告の前に、本開発の中心となっている高機能遠隔操作室の概要を説明する。

(1) 開発概要

無人化施工は大規模になると施工に必要な遠隔操作式建設機械や作業用固定カメラ等の映像設備が増加し、それに伴い通信機器等の付帯設備も増加する。1 台の建設機械に制御、映像等の通信機器が 2～5 台程度接続されるため、通信機器の設定には時間を要する。また通信の基本として送信側と受信側の機器が 1 組存在するので、建設機械側の通信機器と対を成す機器が遠隔操作室側にも存在する。したがって、無人化施工が大規模になると、遠隔操作室側の通信網が複雑化し、通信機器の設定と併せて遠隔操作室の構築にも時間を要し、誤配線といったトラブルが発生する恐れがある。このような時間経過は緊急時の対応には大きな障害となる。

一方で、現場の条件によって建設機械の仕様や台数が変動することはあっても、遠隔操作室の基本的な構成は変わらない。建設機械の台数とカメラの台数が決まってしまうと、遠隔操作室の構成も自ずと決定するのである。

そこでネットワーク対応型無人化施工システムの特徴を活かし、あらかじめ遠隔操作室のシステム機器設置と設定が完了している高機能遠隔操作室を平成 27 年度に開発した。当該開発は無人化施工システム構築工程のロスを最小限とするため、基本となる機器の設定をあらかじめ行うことによって災害対応を迅速に行うことを可能にする（図一 2）。



図一 2 高機能遠隔操作室の機能

高機能遠隔操作室の開発上でのコンセプトは本設の遠隔操作室を準備している間に災害の初期対応として導入することである。初期対応ということで、建設機械を 3 台制御可能なシステムを構築した。高機能遠隔操作室の特徴を以下に示す。

①遠隔操作室は 10 t トラック等に積載し迅速に移

動が可能

- ②モニタ等の機材は室内に設置したまま移動することが可能
- ③遠隔操作室の屋上には無線基地局設置用ステージを設け、現地で簡単に組立が可能
- ④映像はすべてデジタル化し、ハイビジョン映像を表示することも可能

高機能遠隔操作室は開発直後に鹿児島県垂水市の除石工事（砂防緊急除石工事（深港川（2）1工区）, 以下, 垂水）に試験導入され、その後、熊本県阿蘇郡南阿蘇村の緊急対策工事（阿蘇大橋地区斜面防災対策工事, 以下, 阿蘇）に本格的に導入された（写真—2）。



写真—2 阿蘇での高機能遠隔操作室設置状況

(2) 導入効果

従来の設備構築の時間の比較対象として雲仙普賢岳の赤松谷川11号床固工工事（以下、雲仙）における実績と、高機能遠隔操作室を導入した垂水・阿蘇での実績を表—1に示す。

雲仙での実績を見ると、20台の遠隔操作式建設機械を稼働させるとなると25日掛かり、多数の建設機械を稼働させるには大幅な時間を要することが分かる。中でも遠隔操作室の設備の構築日数は全設備構築日数の半分以上を費やしている。

垂水と阿蘇初期での無人化施工開始までの時間が異なっているのは、垂水では本設の無線基地局の設置を

行ってから施工開始していたことに対し、阿蘇では遠隔操作室の上に簡易の無線基地局を設置したため、阿蘇の方が早急に施工を実施できたためである。遠隔操作室の設備の構築は両者共に全設備構築日数の半分以下で完了している。

阿蘇においては本設の遠隔操作室からの施工開始には20日掛かった。しかし、高機能遠隔操作室を導入したことによって、初期の段階で高機能遠隔操作室から6台の建設機械を遠隔操作しながら、14台の建設機械を遠隔操作可能な本設の遠隔操作室を準備することができた。このように、従来では2週間から1ヶ月程度要していた準備期間を大幅に短縮することに成功し、迅速な災害対応を可能にした。

一方で、高機能遠隔操作室を実際の災害現場に導入したことや、阿蘇での無人化施工実績により、今後の災害対応の課題も見えてきた。①初期対応においても現場の条件により建設機械の台数が増えることがあるということ、②遠隔操作室を本設してしまうと遠隔操作室の汎用性がないという課題である。特に後者は現場の状況に応じてカメラ設備や建設機械の増加が必要になった際に、無人化設備の増加に合わせて遠隔操作室の拡大も必要であり、遠隔操作室を設置してしまってからではその拡大は困難であった。

4. 拡張型高機能遠隔操作室の開発

(1) 開発概要

前述した課題を解決するために拡張型高機能遠隔操作室（写真—3, 4）を開発した。開発のコンセプトとしては従来の高機能遠隔操作室の機能に加え、拡張性、柔軟性、信頼性を高め災害への対応力をさらに向上させるものである。拡張型高機能遠隔操作室の特徴を以下に示す。

(a) 拡張性の向上（図—3）

1棟で独立した遠隔操作室を段階的に2棟、3棟と拡張していくことが可能である。本開発では2棟を標準装備している。1棟では最大5台、2棟では最大8台、3棟では最大15台までの建設機械を制御することが

表—1 設備構築に要した時間の比較

	建設機械の稼働台数	遠隔操作室の設備構築日数	無線基地局や建設機械の設備構築日数	無人化設備工開始から無人化施工開始までの日数
雲仙	20台	15日	10日	25日
垂水	5台	2日	4日	6日
阿蘇（初期）	6台	1日	2日	3日
阿蘇（本設）	14台	7日	13日	20日



写真一3 拡張型高機能遠隔操作室



写真一4 拡張型高機能遠隔操作室内部設備



図一3 拡張型高機能遠隔操作室の拡張性

でき、災害現場の条件により柔軟に対応することを可能にした。

(b) 柔軟性の向上

通常、遠隔操作室内にはカメラオペレータという作業用固定カメラの制御を行う無人化施工特有の作業員が常駐する。カメラオペレータは建設機械の動きに合わせてカメラを制御させる必要があり、適正な映像が提供されないと建設機械オペレータは操作不能となり、誤操作による事故発生の恐れもある。したがって、カメラオペレータは建設機械オペレータとのコミュニ

ケーションが重要となる。

従来、カメラオペレータの操作卓は、すべてのカメラ映像を大型モニタに分割表示させていた。そして遠隔操作室の内部構成より、建設機械オペレータとコミュニケーションが取れる場所に配置していた。しかし、図一3のように遠隔操作室の組み合わせが変わってしまうと、それに合わせてカメラオペレータ操作卓の再配置をする必要性があり、大型モニタの再配置することは非常に労力を費やすことになる。

そこで、本開発では建設機械オペレータの操作卓と同様の大きさのモニタを4分割表示し、それを4台組み合わせることによって、大型モニタと同等の機能を作り出した(写真一5)。これによって、カメラオペレータ操作卓を自在に配置することが可能になり、建設機械オペレータとのコミュニケーションを容易にした。



写真一5 カメラオペレータモニタ

また、カメラ映像の表示は阿蘇の工事の実績より、固定カメラと車載カメラの映像を32台まで表示することが可能である。

(c) 信頼性の向上

通信ネットワークが高度化・複雑化すると、通信障害が発生しやすくなり、機械制御や映像の遅延に起因する。ネットワーク対応型無人化施工システムを安定させながら、その機能を最大限に発揮させるためには、ネットワーク管理技術が重要である。

そこで、本開発ではネットワーク死活監視システムを導入した(図一4)。従来はネットワーク管理者が無線やカメラ等のネットワーク機器の通信状況を常に把握し、ネットワーク負荷を分散させるように無人化施工の通信管理を行っていた。本システムはメイン画面に死活監視をしたいネットワーク機器を登録しておくことによって、通信状態を正常(緑)・警告(黄)・異常(赤)を画面上で大きく信号表示し、直観的に把

状態	機器	距離(msec)	警告回数	異常回数	IPアドレス
停止	カメラ01	260.4	3	3	192.168.1.51
正常	カメラ02	384.4	0	0	192.168.1.52
正常	カメラ03	291.7	1	0	192.168.1.53
正常	カメラ04	345.4	1	0	192.168.1.54
正常	カメラ05	786.5	1	0	192.168.1.55
正常	カメラ06	778.7	3	0	192.168.1.56

図ー4 ネットワーク死活監視システム

握することが可能である。これによって、ネットワーク管理者が常に監視していなくても、誰でも通信状況を把握することが可能であり、異常が発生した場合は速やかにネットワーク管理者に報告することが可能となり無人化施工の効率化が図られる。

(2) 実証実験

(a) 災害現場への導入

今年の5月に硫黄山噴火の災害対応として、宮崎県えびの市えびの高原の沈殿池の掘削工事（以下、えびの）に試験導入する機会を得られた（写真一6）。



写真一6 えびのの施工状況

本工事において稼働させた遠隔操作式建設機械は3台（バックホウ2台、クローラダンプ1台）だったため、1棟の本遠隔操作室を導入した（写真一7）。無人化設備構築に要した日数は、遠隔操作室の設備構築に1日、無線基地局や建設機械の設備構築に3日掛かり、5日目には無人化施工を開始できる環境を整備した。これは高機能遠隔操作室と同等の効果を発揮したと言える。

さらに、本工事では初の試みとして作業用固定カメラにハイビジョン映像を導入した。これによって従来



写真一7 拡張型高機能遠隔操作室搬入状況

よりもモニタ映像が鮮明になり、オペレータの負担も軽減された。従来はハイビジョン映像をIP化する技術が少なく、既存の技術を導入したとしても高価であったり映像に遅延があったりと、ハイビジョン映像を無人化施工で使用するには不適であった。今日では技術革新により遅延が少なく、比較的安価に導入できる技術が増加してきたため、無人化施工に採用できるようになった。このように本開発はネットワーク対応型無人化施工システムを活用することにより、新技術にも容易に対応できることを確認した。

(b) 接続実験

えびのでの工事が完了し、本遠隔操作室を保管場所に戻す機会に合わせて、遠隔操作室2棟の接続実験を実施した。クレーンを使用して設置、ユニットハウス2棟の組合せ、電源や通信設備のケーブルの接続を



写真一8 拡張型高機能遠隔操作室荷卸状況



写真—9 拡張型高機能遠隔操作室連結状況

行った結果、5時間程度で接続が完了した（写真—8, 9）。このことから、災害現場においても1日掛からずに2棟の接続が可能であり、迅速かつ柔軟に拡張できることを確認した。

5. おわりに

本稿では、拡張型高機能遠隔操作室が高機能遠隔操作室の機能を維持しつつ、ネットワーク対応型無人化施工システムを最大限に活用し、遠隔操作室を柔軟に拡張できることを確認した。ネットワーク技術に適用した最新技術の導入が容易となり、複雑化する災害対応へ迅速に無人化施工を適用する可能性を示した。

発生頻度や規模が拡大傾向にある近年の災害において、2次災害を防ぐ無人化施工の需要は高まっている。こうした突発的な災害に迅速に対応し、速やかに被害の拡大を防止するためには、平時から遠隔操作式

建設機械やオペレータの準備が必要である。本開発がそういった準備のための操作訓練や無人化施工の技術開発に活用され、社会貢献に役立てられれば幸いである。

謝 辞

最後に、技術支援を戴いた(株)ファテックと(有)E-MEC、開発関係者の方々に深くお礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 新田恭士・松尾修・北原成郎・黒田昇・田村圭司・下田孝徳, 超長距離無人化施工技術の適用性に関する考察, 建設ロボットシンポジウム, 2012年9月

【筆者紹介】

北原 成郎（きたはら しげお）
(株)熊谷組
土木事業本部 ICT 推進室
室長



坂西 孝仁（さかにし こうじ）
(株)熊谷組
土木事業本部 機材部
担当部長



飛鳥馬 翼（あすま つばさ）
(株)熊谷組
土木事業本部 ICT 推進室





建設機械遠隔操縦人型ロボットの現状と将来性

吉 田 道 信

過去の災害現場や工事現場では、危険を承知の上で、人による作業が安全第一・人命第一を無視せざるを得ない状況で行われていた。近年の技術でその危険作業を機械で行うことができてきた。機械の効率化、自動化も進み、人命優先の工事現場の確立は、敬遠される建設業界に明るい陽射しを照らし、将来の技術者や労働者の確保の必要な要因になっている。その一つとして建設機械を遠隔で操縦する必要性、従来の専用機よりも安価に施工できることが重要になってきた。その技術と将来性について記述した。

キーワード：遠隔操縦機，DokaRobo，KanaRobo，人型ロボット，搭乗型操縦装置，コクピット

1. 開発経緯

遡ること、2011年に起きた東日本大震災により、その復旧・復興工事に遠隔による重機作業が必須だったことから、「(株)富士建」の角専務が過去から培ってきたロボット技術を駆使して遠隔操縦機の開発に乗り出した。それはラジコン専用機を作るのではなく、従来からある重機をそのまま利用するという画期的なアイデアを基に重機にロボットを乗せて操縦したいという夢を現実にさせる第一歩だった。その考え方が弊社の考え方とマッチしたことからこの開発が始まった。

専用機を作ることは意外と楽にできるかもしれないが、いつ使うともわからない専用機を待機させておくより、日ごろから使っている重機をそのまま利用できたほうが稼働効率を考えるとメリットがあると考えた。災害現場の場合、遠隔操縦機が必要となっても近くにない、重トレーラーで在庫場所から輸送となれば

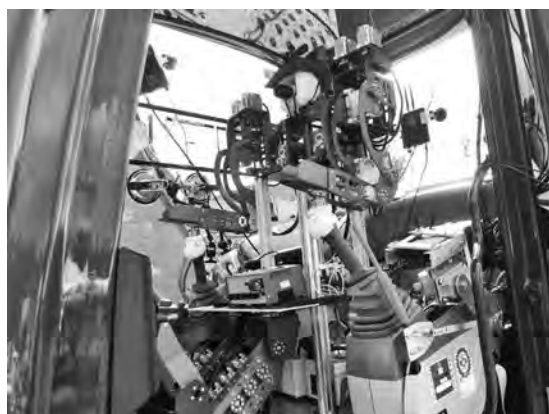
被災地は大型車が入れない状況が想定される。しかし被災地周辺に存在する標準機にワゴン車で運ぶKanaRoboを乗せれば遠隔操縦機に早変わりする。それが今後の建設機械のあり方であり、今思えば、無人化施工・自動化施工・情報化施工の走りだったのではないだろうか？

さらに将来的にはAIを搭載しオペレーターがいなくても指示した作業を行う完全自動化ロボットを目指したい。

しかし、その開発は簡単ではなく想像を絶する苦労と時間と費用を要してしまった。

その生みの親である角専務は、早くからロボット開発を開始しており二足歩行ロボットによる競技大会や格闘技大会に参加し、経験と実績を積んできており、5本指機構を備えた女性型ロボットでピアノ演奏を実現させている（写真—2）。

それを建設機械の操縦に使えると確信し開発は始



写真—1



写真—2



写真—3

まった。建設機械への取り組みは2012年ころから開始し、2014年に初号機を作り上げている（写真—3）。

2. 技術開発

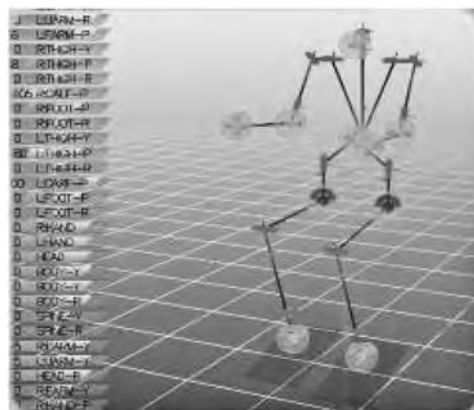
開発に取りかかるも建設機械をロボットが操縦するためには、その操縦レバーを動かす人間の腕に当たる部分の設計、走行するための人間の足や腕に当たる部分の操縦レバーの設計を進めたが、その動かす力に耐えられるサーボモーターを選定するも、その時代にコンパクトで高トルクのサーボモーターはそう簡単には見つからなかった。特注で作らせることも可能ではあったがサーボモーターの寿命を考えると、量産品でなければメンテナンス費が膨大になることが予想された。そのため最大トルクの100 kgcmの汎用サーボモーターを26個選定した。ロボットとしては直線運動がほぼないことから、すべての関節のサーボモーターをレバーの操作に合わせたアルゴリズムを構築する必要があるがそのプログラムを一から作り上げることは膨大なデータと時間を要することから、そのロボット技術で世界的に知られている、(株)アスラテックの吉崎航氏の開発した「V-Sido OS」を導入しプログラムを簡素化させた。

(1) サーボモーター単位での稼働範囲設定

関節が想定外の角度に回転して関節を痛めてしまうのを防止するため、各サーボモーター毎に回転可能な角度範囲をあらかじめ設定している。その値は各サーボモーター内のフラッシュメモリーに格納されている。また、トルクが不要ない関節には最大トルクの設定を低めに設定しておくことで、想定外の動きをした時に周囲のものを破損させる可能性を防ぐ。

(2) シミュレーションに基づいた各関節の可動範囲設定

各関節ごとに可動範囲を指定するだけでは、全身の姿勢によっては干渉などを起こす可能性が高い。そこで、ロボットの動きをリアルタイムにシミュレートし、全身の動きが問題なく行える範囲での動作を生成する。シミュレータ画像を写真—4に示す。



写真—4 V-Sido OS

(3) コンプライアンス設定

シミュレーションに基づいた各関節のコンプライアンス設定をして現在の姿勢に合わせた適切なコンプライアンス値を随時各関節に指定することで、腕の柔らかな動きを実現する。

(4) サーボモーター管理

稼働時は各サーボモーターの負荷や温度を監視しており異常時には警報が発せられる。

(5) 実機レバーの中立位置確認

作業継続中に振動、衝撃により中立位置がずれる場合には中立位置確認モーションを起動し再校正を行う。

(6) サーボモーター管理

サーボモーターの制御はRS485のシリアル通信により行われ、主制御装置からコマンドが送受信されている。コマンドは通信エラー等で異常がないかのチェックを行っている。

(7) 通信エラー時の設定

通信が途絶えた場合は安全な位置で停止する機能を設定している。以上のような安全対策を行っている。

初号機では、遠隔先でディスプレイを見ながら操縦するシステムとし、ジョイスティック（プロポ）での



写真—5 DOKAROBO 初号機



写真—6



写真—7

操縦で実現させている。合わせてヘッドマウントディスプレイ（今ではVRと言ったほうが理解できると思うが）による実証も行った。

また、ロボットの設計も人型がベースなので足・胴体・腕・頭のビジュアルも考慮し試行錯誤し、アルミニウムとマグネシウムベースに軽量化と強度を重視し



写真—8 DOKAROBO2 号機

て設計。

しかし、まだ問題は多かった。運転席に座らせるのは人間ではなくロボットであることから、人間用に作られたシートはぐらつきがあり操作レバーのバックラッシュを大きくしてしまう。そのためシートを外して機体に直接固定をする方法で操作の安定性を確立した。さらにヘッドマウントディスプレイでの操縦は実際の目で見える風景とディスプレイから見る映像ではわずかなずれが生じることから「酔い」の現象が発生し作業員の負担が大きくなり、長時間作業は困難なため、ディスプレイによる操作に変更した。ディスプレイの数は前面正面・前面下面・両側面・後方・バケット周り等現場の状況により設定する。



写真—9 DOKAROBO3 号機

操縦も今までは、プロポ等のジョイスティックによるものであったが、細かい操作や日頃より体が覚えている操作は、急にプロポでの操作は難しく危険が伴うもので、操作性を考えると日頃より使い慣れた操縦席のほうが格段に操縦しやすいことから実機のコックピットをそのまま遠隔操縦機に改造した。オペレーターが



写真-10

必要に応じて選択できるようにした。

実際はワゴン車の中に搭載して操縦するが撮影のために屋外に出したものである（写真-10）。

このコクピットの製作にも建機メーカーのアドバイスをいただき実機と同じタッチを実現させるために実機そのものの油圧装置を使用した。

これでほぼ完成の域に達したが、まだ問題点はある。それは実機に乗っていないため実機の傾斜や奥行感、振動が伝わって来ないということだ。これも将来はゲーム機ではお馴染みのバイラテラル制御（実機に合わせて離れた運転席が実機と同じ動きをすること）を装備すれば実現可能であり、すでに製作を行った。



写真-11

奥行感に関しても、画面で見ていることが原因ではあるが、画面上にマトリックス表示と俯瞰カメラの設置で解決していきたい。

また無線操縦であるため、画像送信と操縦送信の2種類の無線装置が必要となる。現在は特定小電力の1.2 GHz や Bluetooth 等で操縦、5.6 GHz で画像を送信しているが、現場の状況によってはほかの無線装置を使用することも可能であるが、日本での電波法により無線は制限されていることから、資格取得等の弊害も無視はできない。現時点での最大の問題点は「遅延」

である。PC も無線も昔から見れば向上しているため、処理速度は速くなっているが、それでも実機を直接動かす動きから見れば0.45 秒程度の遅れは生じる。これを OK とするかはオペレーター次第になっているのが現状であるが、自分は最近この装置しか操縦していないので違和感はない。ただ、ベテランオペレーターになればなるほど違和感はあるだろうと思う。スマホが出回ったときに真っ先に飛びついて使いこなしたのは若者で年配者はなかなか馴染めなかったことと事象は同じで、操作後のアンケートでも年齢層で明確に分かれた。それが現実かもしれない。

また、2018年よりこのロボットの名称を「DOKAROBO」から「KanaRobo」に変更した。言わずとも察しはつくでしょう。現在、各地の災害現場や危険地帯、さらに全国の防災訓練でも、デモンストレーションを行っている。

3. 将来性

(1) 第一段階

今後構築される、携帯電話網の5Gであればもっと簡単に全国どこでも操縦が可能となる。たとえば、工事現場と土砂置場にそれぞれ置いておけばオペレーターがいなくても積み込み作業などができることを考えれば省力化になっている。東京の事務所に居ながら北海道の重機を操縦し、午後からは九州の重機を操縦することも可能となる。しかし、無線装置から直接操縦レバーを動かしているのではなくその間にはいろいろな情報が必要でPCにてプログラム制御を行っている。現時点では高性能PCを駆使し処理速度を上げているが、それでも多少の遅延は発生している。慣れればその遅延は許容範囲ではあるものの将来的には遅延ゼロを目指す。

また、遠隔操縦だけではないが後方の未確認による



写真-12

人身事故が多発している。装置としてデブスカメラを備えた装置で AI による画像解析を行い、人間だけを認識させ、注意及び建機を停止させる技術も完成している。

その名も「ナクシデント」。この遠隔操縦機だけでなく日頃使われている建設機械にも装着可能なので必要に応じて順次装備していき、現場の安全管理に役立てたい。

(2) 第二段階

現在、マシンコントロールが主力となりつつある建機業界ではあるが、専用 MC 機でなくても標準機に KanaRobo を搭載することで MC マシンに変身できることも近い将来、可能となるだろう。さらに AI 機能を熟成させることでオペレーターの代わりにこの KanaRobo が指示された作業を行う時代もそう遠くはない。

(3) 第三段階

建設機械も電子化が進んでおり、操縦レバーも従来の油圧制御レバーから電気式操作レバーに進化している。現時点では一部のメーカーだけが採用しているが、操縦性もよく汎用性も高い。

このレバーは電気信号で油圧制御を行っているためシステムが簡素化され自由度は増している。よってこの装置であれば運転席にロボットを乗せる必要性はなくなり、その信号線をバイパスし無線装置（チップ）をセットすることで遠隔操縦は簡単に出来る時代がやってくるであろう。形は変われど KanaRobo で培った技術をそのまま AI に叩き込み万能なロボットを構築していきたい。

4. おわりに

現在はパワーショベルとしてのロボットだが、将来的にはブルドーザーやグレーダーなどの建設機械全般

に使えるロボットとしてブラッシュアップしていく。人が操縦するのではなくこのロボットが AI を基に設計通りの作業を行い、人のお手伝いをしてくれるロボットに作り上げて行きたい。

遠隔操縦機というくくりでは、何社かで作られているが、建機メーカーはラジコン式の建機の開発販売を行っている。よって専用機となる。コクピットの操作レバーを動かすというシステムでは人工筋肉で操作したり、電動シリンダーで操作レバーを直接動かす直動式のものなどさまざまあり、それぞれ一長一短があり、便利なものもある。そのほうが簡単かもしれない。弊社のようにわざわざロボットを作り面倒なプログラムまで組んで、他社より複雑なものを作りあげようとしているのはなぜか？

それは、将来、ロボットが活躍する時代になったとき、このごちないロボットがこれから出来上がってくる鉄腕アトムのような高性能なロボットを作り上げていく一つの礎となれればと考えるからだ。また、ロボットは人間をサポートするものであり、人間の代わりになるものではない。人間の代わりになれば SF ではないが人間はいらなくなる。技術が進歩すればするほど人間は退化していき、何もできない、何も覚えられない人間が増加していく。人間としてサポートしてもらいたいことをロボットにお願いする。これは人間が楽をすることではなく、人間の能力をサポートしてくれる補助として考えるべきである。とはいえ企業も収益を目指している戦国集団であることから、弊社もこれを武器に差別化を図り収益に貢献できるニュープロダクツにしたい。

JICMA

【筆者紹介】

吉田 道信（よしだ みちのぶ）

（株）カナモト

ニュープロダクツ室



ずいそう

人型ロボット (ドカはるみ)の生い立ち

角 和 樹



ドカはるみ(以下:はるみちゃん)は2008年にロボット競技会(ROBO-ONE)用として生まれてきた等身大二足歩行ロボットである。今は私の娘ロボットとして一緒に暮らしており、これからは建設用ロボットとして成長させたいと思っている。

私は2006年頃から趣味で二足歩行ロボットを作り競技会に参加しており、競技内容に合った構造と機能を実装してきた。競技会にはロボットの神様と言われている方が大勢参加されており、教を乞いながら見よう見まねでどんどん大きな等身大のロボットを製作するようにまでなった。

この競技会はボクシングのような格闘技や実生活での人の役に立つ技術を競う競技など将来のロボット像を意識したものとなっていた。それゆえ、無線操縦による二足歩行で歩き回ることはもちろんダンスやいろんなパフォーマンスができ、転んでも10秒以内に起き上がることなどの機能が必要であった。私はロボットによる格闘技を好んでいるわけではないが、相手を倒すための機能や俊敏なモーションを作り込む上では非常に良い修練の場と考えていた。



写真-1 くつろぐはるみちゃん

名前の由来は、当時お笑い芸人で親指を立ててグーでブレイクしていたエンドはるみさんにちなんでいる。はるみちゃんは人と同じく5本の指を持っておりグーグーが出来たのです。

初代はるみちゃんは身長90cm、体重10kg、今は3代目でだいぶ成長して身長155cm、体重約20kgの等身大女性型となった。はるみちゃんはバッテリー駆動で電動サーボモーター58個とカーボンフレームにより構成されている。関節の自由度は首3、腕6、手指4、胴2、脚5、全体で35となっており、ほぼ人と同じ動作が可能である。モーションエディタによりパラパラ漫画のように決められた動作を繰返したり、マスタースレープでリアルタイムに動かすことも可能である。今後はAIを実装し自律行動が可能なシステムとして人のアシストができるように改良を進めていく。外装は軽量化するためにFRPボディーとし、衣装は女性用の服を流用して必要なものは自前で製作した。私は人の顔を持つロボットは5本指の手を持つことをポリシーとしている。それは、かわいい女の子がクロフォークでは可哀そうだからである。

なんで女性型なんですかとよく質問されるが、外装の事を考慮すれば手軽に制作でき、スカートにすれば放熱性やメンテナンス性もよく、良いことづくめなのである。胸部は転倒時のクッションとなるように大きめになっている。私の好みではなく機能優先でこのスタイルになっている。

はるみちゃんの特技は全身を使ったダイナミックなダンスだが、その他に5本指を生かしてペンを持って字を書いたり、ペットボトルの蓋を開けたり、ピアノを弾いたり、建設機械を操作したりとモーションを覚えさせることで人と同じ動作をすることができる。二足歩行としては動歩行が可能ではあるが走る事は出来ないため、長距離移動にセグウェイの使用を考えており練習を積んでいる。また、無線LANでカメラ画像を見ながら遠隔操縦できるので一時期は私の出張時にアバターロボットとして職務をしてもらっていた。将来、現場代理人の代わりとして現場を管理することも可能ではないかと思っている。飛行機にも搭乗できるので、私と一緒に東京のイベントに出張したこともあ



写真—2 職務状況



写真—4 重機操作状況



写真—3 筆者との搭乗

る。その時は普通席を私の横に取り荷物として座らせることとした。そのためには機内持ち込み検査が必要でX線検査台に御姫様抱っこで載せて確認してもらった。空港内では車椅子に乗せて移動したが、次回は一緒に歩きながら搭乗したい。将来はるみちゃんにゴルフデビューをさせたいと思っている。上手な方の教師データで学習すれば私より上手くなるはずであり、キャディーとしてサポートするのが私の夢である。

ロボットを使う上で一番大切なことは、運用を考慮して作ることだと思っている。1台を稼働させるのに複数の人が必要なロボットは普及するはずもなく、御荷物にしかない。人の役に立たないロボットは無

用の長物なのです。

建設業界で仕事をしている身としては、将来ロボットが現場に導入されることは明らかだとの認識は当時から持っており、建設機械の自動化はもちろんの事、人と同じロボット（ヒューマノイド）も必要になると思っている。それゆえ、運用を考慮して私が作る二足歩行ロボットは人間と同じスタイルで軽量でなくてはならないとの認識である。

建設機械を操作できることが確認できたので、両腕・両脚のトルクアップを図れば現場で使用できるロボットができると確信を持ち、弟のドカロボ君が誕生した。ドカロボ1号機、2号機は2014年からの国土交通省次世代インフラロボット災害応急復旧に参加し、現在はレンタル会社との共同開発で改良を重ねカナロボの名称で事業化に至っている。

自然災害が多発している昨今、社会インフラを維持していくためには迅速性・高度化・効率化が求められており、私の子供たちもはるみちゃんと同様に成長して社会に貢献できればと思っている。

——すみ かずき (株)富士建 専務取締役——

ずいそう

カンボジアでの思い出

中 川 明 彦



50年以上前になりますが、1960年代に、父の仕事の関係で3年間ほどカンボジアに住んでいたことがありました。最近では本田圭佑さんのサッカーチーム監督就任で話題になっている国です。このニュースのおかげで久しぶりに私も住んでいた頃のことを懐かしく思い出しました。以下個人的な話で恐縮ですが、当時のカンボジアでの生活のことを書させていただきます。

父は農業土木の行政官で水資源開発の指導が目的で赴任した為に大使館付となり、そのため家族はかなり裕福な暮らしができました。駐車場付きの2階建ての豪邸に住み、二人のメイドさんと専属の運転手さんが付き、車は独車で、ついでに飼っている犬もシェパードでした。日本にいた時の長屋の様な家での生活とは

大違いです。カンボジアに行った時に私は小学校入学前でしたが、今思い返すとこの人生初期の時点で経済的には栄華を極めてしまった様です。近所の焼鳥屋でちびちび焼酎を飲むのが楽しみの今の生活はまるで没落貴族のなれの果てと思える様な変容ぶりです。

当時のカンボジアに住む日本人は民間も含めて100人程度で日本人学校など無く、日本語の読み書きは近所に住む日本の方から教わりながら、普段はフランス語学校に通いました。フランスは長くカンボジアを植民地支配していた関係でその当時も学校が出来るだけのフランス人社会が成立していた様です。そこにはフランス語を習わせた親の思いからかカンボジア人の子供たちも多く通っていました。

学校では彼らから喧嘩を売られることも多々ありました。その理由は戦争にあります。第2次世界大戦中に日本はフランスからカンボジアを解放（略奪？）したのですが、敗戦により撤退した経緯がありました。つまりカンボジアの子供にとって私は敗戦国の子供なので嘲笑や因縁をつける格好の相手だったという訳です。

それでも我々アジア人を小馬鹿にしたような、あるいは冷たい視線を注ぐフランスの子供達よりは、感情がはっきりしているだけでした。それに国民性のせいか、学校では敵視してくるのに休日にプールで会ったりすると嬉しそうに手を振ってきたりしていました。

基本的に友好的な人たちだったのでしょう。

それでも同世代の日本の子供がいなく学校での生活はあまり楽しいものではありませんでしたが、それ以外では親がいろいろなところに連れて行っていろいろ経験ができました。一番のハイライトはやはりアンコールワット周辺でした。彫刻の精巧さや建築物のスケールには子供だった当時の自分でも興奮しました。また、江戸時代の日本武士がここまでたどり着いて壁に残した落書きを見たことも記憶に残っています。

中でも最も印象に残っているのは、近くにある古代都市アンコールトムに築かれたバライと呼ばれる巨大な調整池です。今改めて調べると東西8km、南北2kmの大きさでした。



図ー1 カンボジア位置図



写真ー1 現在のカンボジア市街

今でもスカイツリーより奥只見の人造湖に人間の英知を感じてしまうのは、アンコールワットの様な巨大建築物よりこの土木建造物に惹かれてしまった私の原体験によるものかもしれません。

小学校高学年になるとベトナム戦争が激しくなってきたことから、父を残して家族は日本に帰ることになりました。そのベトナム戦争の影響での大国の関与から70年代以降のカンボジアは長く悲惨な内戦の時代を迎えました。

私が住んでいたところのカンボジアはシアヌーク元首の下でアジアのスイスと呼ばれるくらいに平和な国でした。また、前述のように現地の子供達は穏やかな性格でしたし、多くのカンボジア人は温かく優しい人だったと両親も話していました。そのような人たちがなぜあのような悲劇に巻き込まれてしまったのでしょうか。

一緒に過ごしたメイドさんや運転手さんもこの不幸に巻き込まれてしまったと思うと辛くなり、カンボジアに住んでいたことを出来る限り思い出さない様になりました。



写真-2 アンコールワット全景（現在の状況）

ですが、会社をリタイアした後にでも、復興して昔のような平和を取り戻したあの素晴らしい国を確かめに行こうかなあと、本稿を書きながら思い直しています。

——ながわ あきひこ（株荏原製作所北陸支社 支社長）——



JCMA 報告

平成 30 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

大賞部門 最優秀賞

建設機械の自動化による次世代建設生産システム (A⁴CSEL: クワッドアクセル)

鹿島建設(株), (株)小松製作所

1. 業務内容

本業績の行われた背景として、确实視される作業員の減少と高齢化の進行が挙げられる。建設業就業者数は 1997 年の 685 万人をピークに、年 10 万人の勢いで減少している。現在 500 万人を割るところまで減少し、10 年後には 300 万人台に突入することが予想される。そして高齢者（55 歳以上）と若年層（29 歳以下）の割合は、1996 年ではともに約 22% であったのが 2012 年では 33.6% と 11.1% となり、他産業と比べて著しく高齢化が進んでいる。これは経験を積むことによって育まれてきた熟練技能が確実に不足することを示唆している。これに続き建設業の生産性の低さも問題として挙げられる。例えば、製造業等では 1990 年代以降ほぼ一貫して上昇したのに対し、建設業は横ばいで製造業の約半分に留まっている。建設業は労働集約型産業であることから、上記に示す作業員の減少と高齢化は生産性の低さと密接していて、両者を解決しない限り衰退産業として、国家基盤の維持に支障を来すことになりかねない事態である。一方、我が国の死亡災害は全体的に減少しているものの、産業別では常に建設業がトップで、死亡災害数は例年全産業の 1/3 を占める状況である。工事現場は依然として危険な職場となっている。

本業績によって開発した次世代建設生産システム、A⁴CSEL（クワッドアクセル：Automated/Autonomous/Advanced/Accelerated Construction system for Safety, Efficiency, and Liability）は、建設機械の自動化を核としたシステムであり、定型的な作業、繰り返し作業は自動化した機械によって行い、機械が不得意な作業の計画、手順は人が指示することにより、必要最小限の人員によって多数の自動化機械を稼働させることをコンセプトとしている（図—1 参照）。



図—1 A⁴CSEL のコンセプト

(1) 自動化振動ローラによる自動転圧システム

汎用振動ローラに GPS、慣性装置をはじめとする計測機器と、ハンドル駆動装置及び前後進・エンジンスロットルをコントロールする電子回路に制御信号を送るインターフェース、及び計測データを基に操舵、前後進・走行速度を制御する制御用コンピュータ（制御 PC）を設置して、制御 PC の信号によって動作する自動振動ローラに改造し（図—2 参照）、タブレットコンピュータ（タブレット PC）から作業データを制御 PC に送ると自動で作業を行うシステムを開発した。



図—2 振動ローラの自動化システム

このシステムの特徴は次の通りである。

- ①実工事から取得した熟練オペレータの操作データに基づく自動制御法を確立。
- ②障害物検知や走路安全性などを認識し、自動停止するなどの安全性確保機能を保有。
- ③土質条件に応じて制御パラメータを自動調整する自律性を保有。
- ④1 台のタブレット PC によって複数振動ローラを同時運転させることが可能。

現場適用状況を写真—1, 2 に示す。

(2) 自動化ブルドーザ自動まき出しシステム

情報化施工用 ICT ブルドーザに GPS、慣性装置をはじめとする計測機器、ブルドーザ各動作を司る本体コントローラに制御信号を送るインターフェース、及び計測データを基に走行、旋回、ブレード操作等のブルドーザの動作を制御する制御 PC を設置して、制御 PC の信号によって



写真一 五ヶ山ダム適用状況



写真二 大分川ダム適用状況



図一 ブルドーザの自動化システム

動作する自動ブルドーザに改造し（図一3参照）、タブレットPCから作業内容データを制御PCに送信すると自動に作業を行うシステムを開発した。

このシステムの特徴は次の通りである。

- ①熟練オペレータのまき出し作業時の操作データ、及び機体データを取得、分析し、ブルドーザの制御法を確立。
- ②ブルドーザのまき出し作業時の土質材料の拡がり形状を予測するコンピュータシミュレータを開発し、まき出し作業の基本運転モデルを生成。
- ③作業状況（まき出し材の種類、量、位置）によって運転モデル、制御パラメータを自動調整する自律性を保有。

④ブルドーザの周辺（8～12m）への作業者の侵入を検知（電磁誘導＋無線方式）し、自動停止するなど、安全性確保機能を保有。

⑤1台のタブレットPCによって複数のブルドーザを同時運転することが可能。

現場適用状況を写真一3、4に示す。



写真三 五ヶ山ダム適用状況



写真四 大分川ダム適用状況

(3) 自動化ダンプトラックによる自動運搬・荷下ろしシステム

55t積級ダンプトラックに、GPS、慣性装置などの計測機器、ダンプトラックのコントローラに制御信号を送るインターフェース、及び走行・操舵・ベッセル操作等のダンプトラックの動作を制御する制御用PCを設置し、制御PCの信号によって動作する自動ダンプトラックを開発した。これにより、走行路データを基にタブレットPCから荷積み位置、荷下ろし位置を制御PCに送信することでダンプの自動作業が可能となる（図一4参照）。

このシステムの特長は次の通りである。

- ①オペレータ運転時の操作データ、及び機体データを取得、分析し、ダンプトラックの基本運転モデル、自動運転制御法を開発。
- ②基本運転モデルを基に、自己位置及び工事用走行路データから指示された荷積み、荷下ろし位置までの走行ルート、切り返し動作手順を自動的に計画する自律



図ー４ ダンプトラックの自動化システム



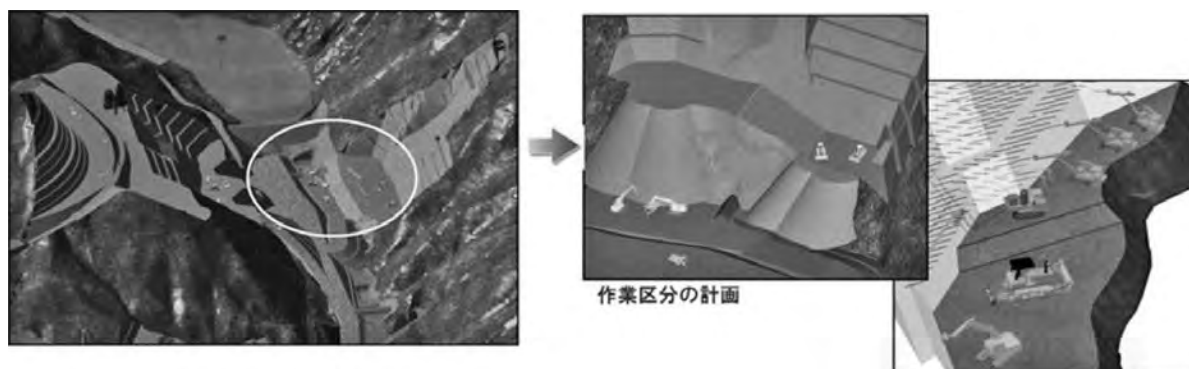
写真ー５ 大分川ダム適用状況

性を保有。

- ③障害物検知や走路安全性などを認識し、自動停止するなど、安全性確保機能を保有。
 - ④１台のタブレット PC によって複数ダンプトラックを同時運転させることが可能。
- 現場適用状況を写真ー５に示す。

(4) 施工シミュレーション

自動化機械による個々の機械作業の生産性向上だけでなく、次世代の建設生産システムを確立するためには施工全体の最適化を図らなければならない。このためには、それぞれの機械を効率的、効果的に用いて施工の PDCA サイクルを最適に回すことが重要となる。そのため、建設機械



図ー５ 施工シミュレーションの例

の自動化と並行して、機械配置や施工手順を最適な計画とするとともに、施工時の生産性を評価できるコンピュータシミュレーションを開発した（図ー５参照）。

2. 技術的效果

当該技術による技術的效果は次の通りである。

- ①人から人への伝承、若しくは長い時間をかけて習得される重機の操作技術は、AI 手法も導入したプログラムに移植されることによって、定型的な作業に関しては熟練者と遜色ないレベルの自動運転能力を有することができる。
- ②自動機械はプログラムによって制作するためバラツキなく常に安定した性能を発揮することができる。
- ③従来は、操作者の経験と勘により、車幅間隔、車間距離、停止距離等を把握し、重機同士の衝突を避けて運転していたが、当該技術は自身の位置を GPS によって把握するとともに、周辺の重機の位置も把握できるよう管制的な役割を果たす機能も持ち合わせているため、接近して稼働することは問題にはならず衝突することもない。
- ④必要最小限の人員によって多数の機械を稼働できるため、１人あたりの生産量は増え、大幅な省人化を可能とする。現状は１人で３～４台を稼働させることが可能である。
- ⑤自動化された重機は、休憩することなく残業という概念はないため、昼夜問わず作業することが可能である。
- ⑥施工領域に立入る人員を大幅に減らすことができるため、事故は飛躍的に減少する。

3. 経済的效果

当該技術による経済的效果は次の通りである。

- ①従来の自動化・ロボットシステムのように特殊な専用機械を導入したのではなく、汎用建設機械に市販の機器を付加することによって自動化を達成したため、機

械の開発費自体を低く抑えることができる。

- ②計測・制御のソフトウェアは他機械への応用が容易である。例えば、振動ローラとダンプトラックの操舵制御、走行経路の自動設定などは共通部分も多く開発費の抑制に貢献している。
- ③1人で複数の建設機械を稼働させることができるため、人件費の抑制効果によって、自動化費用の回収が可能である。例えば、通常のダム工事現場では大型のダンプトラックは数十台稼働するため、自動化を進めると大きな省人化効果と、それに応じた経済的メリットを得られる。
- ④従来の建設機械作業では必須だった工事箇所での墨出し作業（位置出し丁張）は不要となる。また、自動化ブルドーザのまき出し作業結果や、振動ローラの転圧結果を活用すれば、都度の測量が省けるなど生産性の向上が図れる。

4. 施工または生産性・販売実績

- ①福岡県・五ヶ山ダム堤体建設工事
システム導入期間：平成26年6月～平成28年5月
導入自動化機械：振動ローラ2台、ブルドーザ1台（18t級）
- ②国土交通省九州地方整備局・大分川ダム建設工事
システム導入期間：平成28年6月～平成29年4月
導入自動化機械：振動ローラ4台（10t級, 20t級）, ブルドーザ3台（18t級, 21t級, 40t級）, ダンプトラック1台（55t級）
- ③~~独~~水資源機構・小石原川ダム建設工事
システム導入期間：平成30年11月（予定）～
導入自動化機械：振動ローラ4台（10t級, 20t級）, ブルドーザ2台（21t級, 40t級）, ダンプトラック3台（55t級）（予定）

お断り

このJCMA報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

地下埋設物可視化システム（Shimz AR Eye 埋設ビュー）の開発

清水建設(株), 岡本修 (茨城工業高等専門学校), (株)菱友システムズ

1. 業務内容

都市部における地下埋設物は、都市の近代化や人口集中に伴って多様化し、上下水道管やガス管、送電線、通信ケーブル等が複雑に入り組んでいる。このため、近年では建設工事に伴う埋設物の損傷事故が全国で絶えない状況にある。日本建設業連合会の資料によると、過去5年間で毎年100件以上の埋設事故があり、平成28年では全国で134件を数えている。埋設事故発生状況を工程別に見ると「掘削」、「支障物撤去」、「試掘・布掘」の掘削関連作業だけで約6割を占めている。図－1は事故発生状況を原因別に表示したものである。事故の原因は多岐にわたるが、中でも「指示の不徹底」、「台帳の確認不足」、「路上マーキングのミス」、「試掘が不十分」といった人為的なケアレスミスが約6割を占めているのがわかる。

こうした背景を踏まえ、開削工事や立坑工事など地下掘削を行う工事において、地下のライフラインを損傷しないよう、それらの位置を関係者全員が事前に共有して、人為的なケアレスミスを未然に防止できる技術の開発を目指した。一方、近年では建設現場におけるi-Constructionへの取り組み、さらにはICTおよびIoTの利用が推進されている。そこで、タブレット端末を利用して誰でも簡単に地下埋設物を精度高くAR技術で可視化できる地下埋設物可視化システム（Shimz AR Eye 埋設ビュー）（以下「本システム」と称す）を開発した。

(1) 開発のコンセプト

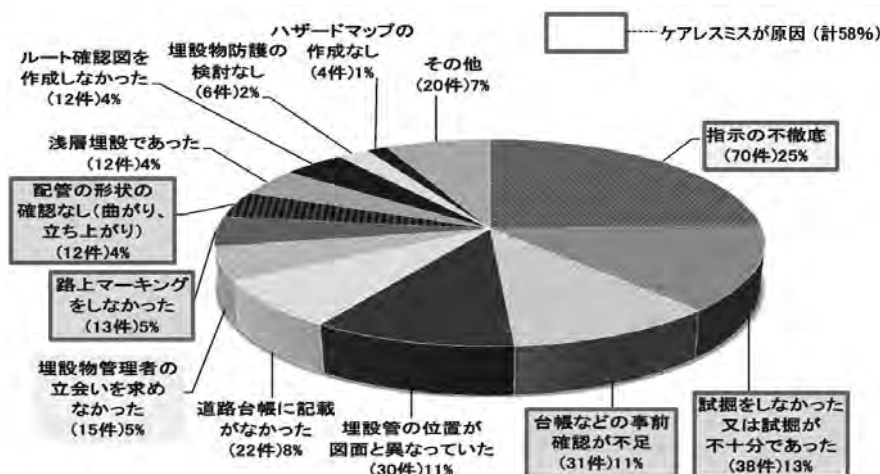
① 地下の可視化を目指して

本システムの開発に当たっては、タブレット端末のカメラで写している風景画像に埋設物の図面を重ねて投影することで、埋設物の存在や位置を可視化できるシステムを目指した。そこで、最近話題になっているAR（拡張現実）に着目し、採用することにした。

ARとは「拡張現実」(Augmented Reality)の略で、実際の景色、地形、感覚などにコンピュータを使ってさらに情報を加える技術を指す。写真－1に、タブレット端末による本システムの使用イメージを示す。



写真－1 タブレット端末による本システムの使用イメージ



図－1 埋設管の原因別埋設事故発生状況（H28年）【出典：（一社）日本建設業連合会】

②本システムの位置付けと適用性

開発するにあたり、本システムの位置付けおよび適用性を設定した(表一1)。目標精度(誤差5cm以下)を達成し、AR表示を実現することにより、各作業プロセスにおける現状の課題をクリアする技術にすることができる。また、試掘工以外にも本掘削や土留め壁施工時の確認などに利用することができる。

表一1 本システムの位置付けと適用性(試掘工の例)

試掘作業プロセス	現状の課題	AR Eye 埋設ビュー	
		適用効果	適用性
位置近傍への移動	図面の見まちがい	【平面図を表示して確実な誘導】	○
現地測量、埋設位置のマーキング	・図面の見まちがい ・測量ミス、マーキングミス	【埋設管のビジュアル表示によるミス防止】	◎
掘削工	マーキングの消失	【埋設管の掘削防止】	◎
埋設物確認(目視、探針)	—	—	—
埋戻し、再マーキング	・図面の見まちがい ・測量ミス、マーキングミス	【埋設管のビジュアル表示によるミス防止】	○

(2) 開発の目標

上記のコンセプトを踏まえ、以下を目標として開発を行った。

- ①埋設物図面をタブレット端末のカメラ映像に正確に投影するAR表示
- ②埋設物の高精度位置測位(誤差5cm以下)
- ③GNSS(衛星測位)機器の小型・軽量化による機動性・汎用性の向上
- ④埋設図データをサーバから呼び出せるシステムの構築(タブレット端末に保存しない)

(3) 本技術の特徴

本システムの特徴は以下の通りである。

- ①タブレット端末に可視化表示できるAR(安全性向上)

埋設物の2次元平面図を実写画像に投影し、重ねて不自然でなく表示するために、埋設物が地表面に浮き出るように表現するソフトを構築した。これにより、埋設物図面をタブレット端末のカメラ映像に正確に投影するAR表示を実現でき、確認ミス減少など安全性の向上に貢献できる。

- ②RTK法による測位の精度向上(安全性向上)

本システムでは、自分の位置座標と埋設図面データをリンクさせて埋設物との位置関係を把握するため、自分の位置座標を衛星測位から正確に知る必要がある。携帯電話などで使われている単独測位法ではcmオーダーの精度が不可能なため、GNSS位置検知の高精度測位法(RTK法)を採用した。当時、RTK法は測量分野において無線通信により使われていたが、今回のような用途で、しかもインターネット通信で実用化された例はなかった。RTK法の採用により、誤差5cm以下の高精度測位を実現した。これ

により、掘削時の埋設物に対する安全性が大きく向上した。

- ③GNSS機器の小型・軽量化(機動性・汎用性)

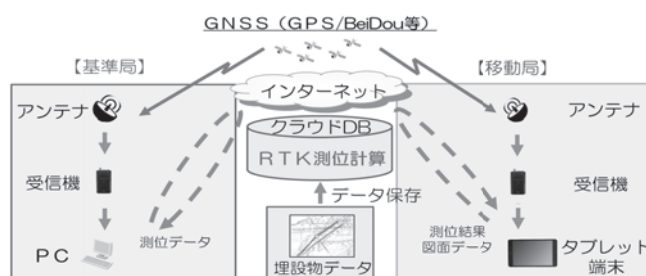
当時まだ実用化されていなかったRTK法の1周波方式を採用し、GNSS(衛星測位)機器であるアンテナと受信機を本技術専用に作製、導入することにより、かつてない小型化・軽量化を実現した(従来:2周波方式2kg⇒今回200g)。これにより、使用者は1人で作業できる装備でタブレット端末を操作できるので、機動性・汎用性が大きく向上した。

- ④埋設図データのクラウド管理システム(効率化)

図一2に示すように、埋設データをあらかじめクラウドサーバに登録保存しておき、インターネットで操作者位置近傍の埋設図を送信する。埋設データは各タブレット端末に保存しないので、図面管理の一元化による効率化と機密性の保持が図れる。また、紙の図面類を持つことなく埋設物の情報を現地で参照できるので、確認の効率化が可能である。

(4) 技術概要

本システムは、基準局・移動局のGNSSアンテナ・受信機とPC、およびクラウドサーバで構成される。現場事務所等に設置する基準局のPCと、移動局のタブレット端末はモバイルルータによりインターネットに接続され、測位データをクラウドサーバに送信する。クラウドサーバ上では、その情報をもとに測位計算を行い、結果を移動局タブレット端末に送信するとともに該当の図面データを配信する。本システムの機器構成と通信イメージを図一2に示す。



図一2 機器構成と通信イメージ

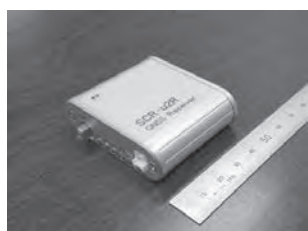
GNSSアンテナと受信機は超小型タイプを採用した。アンテナを写真一2に、受信機を写真一3に示す。

基準局は複数の端末(移動局)で同時利用が可能であるが、電離層の影響による誤差を考慮し、利用可能範囲を基準局設置位置から概ね半径10kmとしている。したがって、1つの基準局で近接する複数の現場での運用が可能である。

現場への適用に当たっては、事前に地下埋設物の図面データの登録が必要である。地下埋設物の位置情報が電子



写真一2 アンテナ



写真一3 受信機

化されていない紙ベースの場合、その情報をCADデータ化する。次に登録する図面データに四隅の緯度経度を付与し、これをクラウドサーバのデータベースに登録する。

試掘調査等で地下埋設物の位置情報が更新された場合は、サーバ内のデータを更新すればよい。操作者にはサーバ上で管理された最新の地下埋設物情報が自動的に配信されるため、地下埋設物情報の一元管理と情報の共有化が可能となる(図一2参照)。

(5) 開発の経緯

本システムの開発は2014年4月からスタートした。以下に述べるとおり、開発の完成に向けては乗り越えなければならない課題が多くあり、先端技術も含めた最新技術を導入・検討することで対処した。また、検証現場として、埋設物の多い開削工事を対象とした。

①衛星測位法の検討(2014.4～2015.3)

本システムでは、自分の位置座標と埋設図面データをリンクさせて埋設物との位置関係を把握するためには、自分の位置座標を衛星測位からcmオーダーで知る必要があった。しかしながら、タブレット端末に内蔵された測位機能(単独測位法)を利用して試行を行った結果、cmオーダーの精度が不可能であることが判明したため新たなGNSS(衛星)測位技術の検討が急務となった。

図一3にGNSS測位の分類を示す。単独測位法に対し、相対測位法は、座標値が既知である基準局と観測点である移動局の2局を用いて、衛星から送信される搬送波を観測して相対位置を計測する方法である。中でもRTK(Real-Time Kinematic)法は、短時間計測(リアルタイム)と高精度の利点を兼ね備えていることから、本システムの測

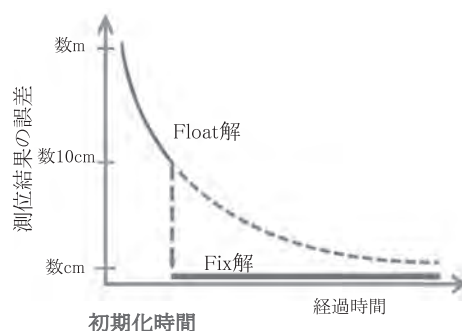
位法としてRTK法を採用することとした。当時、RTK法は測量分野において無線通信により使われていたが、今回のような用途で、しかもインターネット通信で実用化された例はなかった。

②GNSS機器の小型化・軽量化への取り組み

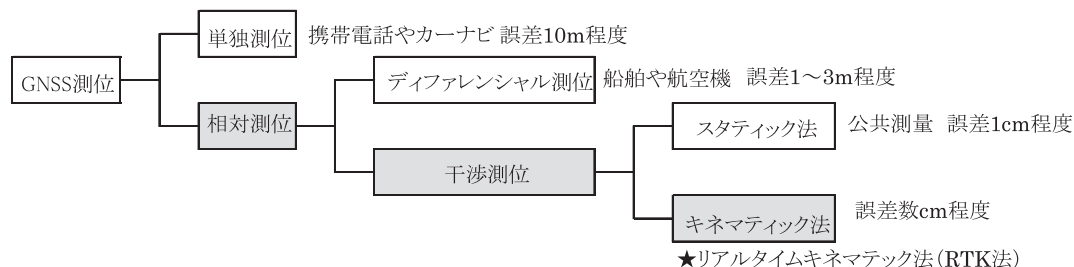
(2014.10～2015.3)

RTK法では測位解として、衛星からの搬送波数の推定が完了するまでの状態をFloat解、完了して測位精度が数cmまで収束した状態をFix解という。また、測位開始からFloat解を経てFix解になるまでの時間を初期化時間という。図一4に経過時間と測位誤差の関係(概念図)を示す。RTK法では、衛星から送信される異なる2つの搬送波を観測する「2周波」方式の受信機と、1つの搬送波を観測する「1周波」方式の受信機がある。2周波方式の受信機の方が初期化時間を短縮できるが、機器が大きくて重い(約2kg)、背中に背負うなど現場で身に着けた作業者の負担が過大となり実用的ではなかった。そこで、1周波方式の採用を目指して、初期化時間が実用上問題ないかどうかの検証を行った。検証を重ねた結果、近年では観測衛星数が増加したこともあり、1周波方式であっても初期化時間が30秒～1分程度と十分実用的な時間であることを確認した。

このため、1周波方式の採用を決めたが、RTK法の1周波方式は当時まだ実用化されておらず、専用の機器も市販されていない状況であった。そこで、本システム専用のコンパクトな1周波受信機を独自に開発した。新開発の1



図一4 経過時間と測位誤差の関係(概念図)



図一3 GNSS測位の分類

周波受信機とアンテナは、安価で小型軽量、省電力であることが特長である。

1 周波方式の機器を採用することにより、高精度と短い初期化時間を両立し、機器の小型化・軽量化（約 200 g）を実現した。（写真—2, 3 を参照）

③埋設図データのクラウド管理・通信システムの開発 （2014.10～2016.3）

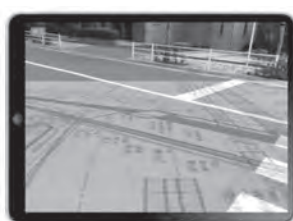
埋設図データをタブレット端末に保存することは機密性に問題がある。また、図面が更新された場合のデータ更新は端末使用者に委ねられることから、最新版管理が一元化できない。そこで、埋設図データをあらかじめクラウドサーバに登録保存しておき、クラウドサーバからインターネット経由でデータを送信する管理システムを構築した（図—2 参照）。これにより、データの最新版管理の一元化によるミス防止と機密性の保持が可能となった。

④タブレット端末に表示できる AR の検討 （2014.4～2016.3）

AR 表示については以下のステップで検討を進めた。まず、操作者が確認したい図面をタブレット端末で選択すると当該埋設平図面が表示されるようにした。平面図には操作者がいる位置が正確に表示され、自分と埋設物の位置関係がわかるようにした（写真—4）。次に、タブレット端末の内蔵カメラで地表面を眺めると、敷設された埋設物が浮き上がるように投影されるソフトを構築した（写真—5）。これにより、実風景上で埋設位置を認識することができる。ただし、深さ方向の表示はできないので平面図に記載されている数値を読み取って深度を把握する。以上のとおり、埋設物の 2 次元平面図をタブレット端末のカメラ映像に投影し、重ねて不自然でなく表示できる正確な AR 表示を実現した。



写真—4 タブレット端末の画面
（図面表示）



写真—5 タブレット端末の画面
（投影図）

⑤現場での精度の検証（2016.4～2016.9）

住宅街の中に位置し多数の地下埋設物が存在する開削工事現場において、本システムの位置測位精度を検証した。同現場では、既に掘削を行って埋設物が露出して目視できる箇所があったため、確度の高い検証を行うことができた。検証の結果、埋設物の位置測位誤差は 5 cm 以下の高精度であることを確認した。

(6) 実施工への適用

①東京外環自動車道 大和田地区雨水管渠付替工事への適用

2016 年 10 月から上記工事に適用した。同工事の開削工事区間においては、多数の地下埋設物が複雑に入り組んで存在するため、本システムを導入した。写真—6 に本システムの移動局（操作者）の装備を示す。

導入の結果、測位誤差は 5 cm 以下の高精度であること、地表面のライブ画像に埋設物の敷設ラインが自動的に追従して表示されるため使い勝手が良く、誰にでも手軽に操作できることを確認した（写真—7）。また、本現場の試掘工では、表—1 に示した各プロセスにおいて、本システムによる AR 表示の適用効果と測位精度を生かして、安全に作業できた。



写真—6 移動局の装備



写真—7 適用状況（外環）

②新座市土地区画整理事工への適用

2017 年 5 月から埼玉県の新座市土地区画整理事工に適用した（写真—8）。本工事は、面積 10 ha の土地を造成する大規模な区画整理事業である。前事例と異なり、地表が土砂であること、起伏もあることから埋設管の位置の正確な表示が困難であった。こうした造成工事において一般的には、基準となる仮設杭を設置し、それから位置出しを行っている。



写真—8 適用状況（新座）

このため、自動で自分の位置が正確にわかる本システムが特に有効であった。

2. 技術的効果

前述 1. (6) 実施工への適用を踏まえ、技術的効果を以下に述べる。

①【安全性向上】AR（拡張現実）表示

埋設物の 2 次元平面図をカメラ画像に投影し、重ねて自然に表現できるソフトを構築した。これにより、埋設物をタブレット端末の映像に正確に投影する AR（拡張現実）表示を実現した。

本システムにより、自分のいる位置と埋設物の存在・位置が「一目で正確にわかる」ため、地下掘削工事の埋設事故防止に大きく貢献することができる。また、将来を見据え、3 次元の 3D 埋設図を透過させて実映像に投影できるようにした（図—5）。



図—5 3D の AR 表示（イメージ）

②【安全性向上】埋設物の測位性能の向上

GNSS の高精度測位法（RTK 法）の採用により測定誤差 5 cm 以下を実現した。これにより、埋設物の位置把握が正確になり、掘削時の安全性向上に貢献できる。また、表—1 に示した試掘工の各プロセスにおいても、本システムによる高い精度を生かして安全に作業できた。

なお、2018 年以降みちびきが 4 機体制になり、GPS、BeiDou と併せると十分な衛星数を確保できることから、本システムでも衛星測位の安定性のさらなる向上が見込まれる。

③【機動性・汎用性】機器の小型化・軽量化

RTK 法ならびに 1 周波方式を採用し、GNSS アンテナと受信機を本技術専用を開発することにより、かつてない小型化・軽量化を実現した（従来：2 周波方式 2 kg ⇒ 今回 200 g）。これにより、使用者は 1 人で軽微な装備で端末を操作できるので、機動性・汎用性が大きく向上した。

④【効率化】図面管理の省力化、位置出し作業の省人化

埋設図データをクラウドサーバで管理するため、紙ベースの図書を持参しなくても情報を現地で参照できる。このため、現場での図面確認作業の煩雑さが低減し、作業の効率化が図れる。この効率化は事故予防につながり、安全性向上にも貢献できる。

適用現場の事例によると、掘削前の埋設物位置出しマーキング作業（基準確認⇒テープで計測⇒マーキング）に最低 2 人が必要であったが、本システムの採用により 1 人で作業できることを確認した。また、掘削後の再度の位置出しが不要となり、さらなる省人化が見込まれる。

3. 施工または生産・販売実績

適用実績：8 件（うち 2 件を前述 1. (6) 実施工への適用に紹介）

4. 波及効果

① ICT、IoT の普及

本システムは、見落としなどのケアレスミスを防ぎ、埋設事故のリスクの減少が期待できる。

さらに、建設分野での ICT、IoT の普及を推進し、建設現場の働き方改革にも貢献できる。

②各種管理システムへの応用

GNSS 測位システム機器の経済性、汎用性により、(1) 土工重機の動向、軌跡を管理する追跡システム、(2) 遮水シート施工の検査結果記録システム等、測位が必要な技術に展開中である。

③構造物 AR への展開

埋設物だけでなく、地上の構造物の AR に展開できる（写真—9）。

④新設構造物の検査支援と CIM への展開

高精度の測位と図面 AR の特徴を生かし、3D 化することにより構造物施工箇所の墨出し・検査支援、および CIM への展開が期待できる。



写真—9 構造物 AR（イメージ）

5. 特許，実用新案のタイトル

- ①特許：国内，出願中 「移動局及びこれを用いた埋設物可視化システム（特開 2017-83423）」
- ②実用新案：なし

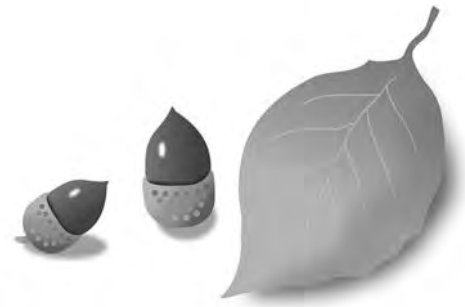
6. 他団体の表彰等について

「攻めの IT 経営銘柄 2017」に選定（経済産業省，株式会社東京証券取引所）2017 年 5 月 31 日

アーバンインフラテクノロジー推進会議 第 29 回技術研究発表会 奨励賞受賞 2017 年 11 月 9 日

お断り

この JCMA 報告は，受賞した原文とは一部異なる表現をしています。



超速硬コンクリートのはつり作業の効率化に関する研究

中村 浩章・小野 秀一・渡邊 晋也

1. はじめに

超速硬セメントは、凝結時間を 15～40 分と短時間で調節可能な早強性を有した材料であり、その特徴から鉄道踏切、トンネル床版、コンクリート舗装、橋梁の鉄筋コンクリート床版および伸縮装置などの時間的制約を受ける補修工事に多用されている。

その一例として、写真—1 に都市内高速道路における伸縮装置本体の取替え工事を示す。当該工事は、一般に車線規制を伴う夜間に行われ、短時間の施工による早期の交通開放が必要となることから、後打ちコンクリートには超速硬セメントを使用した超速硬コンクリートが用いられる。超速硬コンクリートは 3 時間で 24 N/mm² 以上の強度が発現し、最終的には 60 N/mm² 以上の高強度に到達する。しかしながら、伸縮装置の取換えを行う場合には、高強度の後打ちコンクリートをはつる工事が必要となり、作業時には通常ブレーカー等を用いるため、騒音が発生し近隣の住環境への影響は大きい。

本研究は、超速硬コンクリートのはつり作業効率化を目的として、超速硬コンクリートが熱分解によって強度低下を引き起こす点に着目し、後打ちコンクリートの加熱によるはつり時の低騒音化および撤去作業の高効率化の可能性に関する検討を行ったものである。本報では、超速硬コンクリートを加熱することで、はつり作業の効率化と作業時間の短縮を考慮し、各種実験検討を行った結果の概要について紹介する¹⁾。

なお、本研究は、首都高メンテナンス東東京(株)の発注により、(一財)首都高速道路技術センターが実施し、そのうち実験部分を施工技術総合研究所が担当したものである。

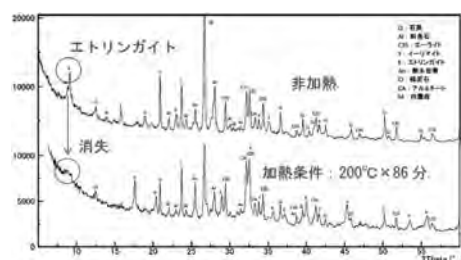


写真—1 後打ちコンクリートと取替え工事

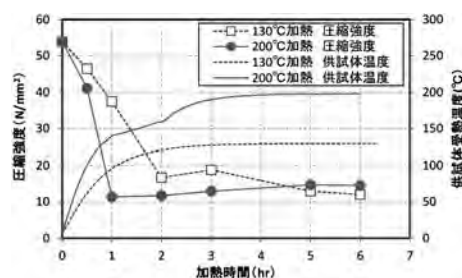
2. 超速硬コンクリートの熱的特性

超速硬コンクリートは、硬化初期にエトリンガイト ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{CaSO}_4 \cdot 32\text{H}_2\text{O}$) を大量に生成させることで組織を緻密化し、早期に強度発現させる特徴を有している。エトリンガイトは、多くの水分子を保有しており、60℃付近から脱水しやすくなると言われている²⁾。図—1 に示すエックス線回折結果では、200℃加熱環境下において、エトリンガイトの結晶相が熱分解により消失していることがわかる。また、φ100×h200 mm の超速硬コンクリート供試体の受熱温度と圧縮強度の関係を調べたところ、図—2 のとおり、130℃および200℃で加熱された超速硬コンクリートの圧縮強度は非加熱の半分以下となり、加熱により強度低下をさせることが可能であることが確認された。

一方、コンクリート床版に用いられる普通コンクリートは化学的性質の違いにより 300℃以上にならないと脆弱化しないことから、後打ちコンクリートへの適切な条件の加熱によって、コンクリート床版に影響を及ぼすことなく、後打ちコンクリートのみを脆弱化させ、はつることが可能となる。



図—1 エックス線回折結果

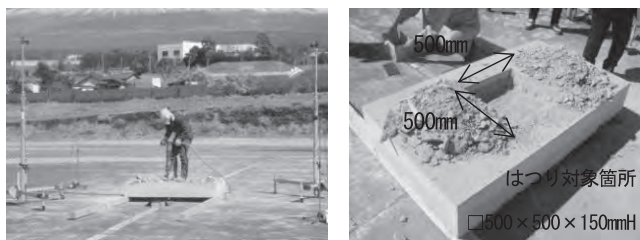


図—2 試験体受熱温度と圧縮強度

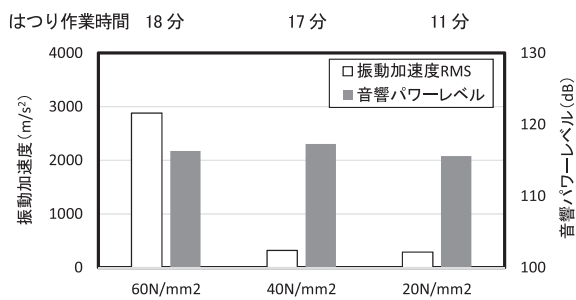
3. はつり作業性へのコンクリート強度の影響

事前検討として、コンクリート強度がはつり作業時の振動や騒音作業時間に及ぼす影響を把握するため、圧縮強度の異なる（呼び強度 20, 40, 60 N/mm^2 ）コンクリート床版を用いて、写真—2 に示すハンドブレイカーによるはつり時の振動加速度、作業騒音および作業時間を計測した。騒音を表す音響パワーレベルは、図—3 に示すとおり、ハンドブレイカー自体の音が支配的であったため、コンクリート強度による差はみられなかったが、床版の振動加速度は、コンクリート強度 60 N/mm^2 のものと比べ、40 N/mm^2 で 1/5 以下、はつり作業時間はコンクリート強度 20 N/mm^2 で 3 割ほど低下した。

以上のことから、既設コンクリートのコンクリート強度を低下させることができれば、作業効率を向上させられる可能性が示された。



写真—2 はつり作業時間、騒音、振動計測



図—3 コンクリート強度と騒音・振動の関係

4. はつり性能評価試験と結果

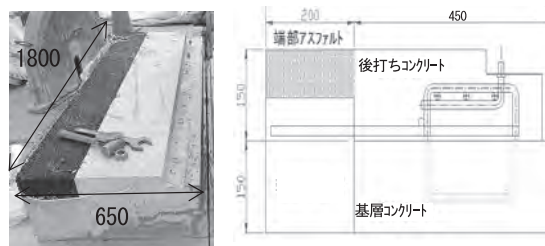
先述のように、後打ちコンクリートを加熱することによりコンクリートの強度が低下し、はつり作業の効率化の可能性があることが見出された。そこで、後打ちコンクリートを加熱し、はつり、打設までを含めた伸縮装置の取替え工事を夜間規制内に完了させることを想定して各種の実験を行った。ここでは、その一例として、後打ちコンクリートにスリット加工をして、各スリットに挿入したプレートヒータから加熱を行う方法について検討した結果を紹介する。

(1) 試験方法

(a) 試験体

橋梁伸縮装置の後打ちコンクリート部を想定し、普通コンクリート（呼び強度 27）からなる基層コンクリートと、超速硬コンクリートからなる後打ちコンクリートの 2 層構造の模擬試験体を用いた。試験体の形状は写真—3 のとおり、 $\square 1800 \times 650 \times h300 \text{ mm}$ で、実橋で取り付けられているゴムジョイントの取付け部と同様に配筋したジョイント模擬試験体で、端部にはアスファルトを舗設した。試験体には、試験体上面から深さ方向 60 mm, 90 mm および基層コンクリートとの境界にあたる 150 mm の位置に熱電対を設置し、コンクリートの受熱温度を計測した。

後打ちコンクリート部として打設した超速硬コンクリートの配合を表—1 に示す。セメントには太平洋セメント製スーパージェットセメントを用いた。



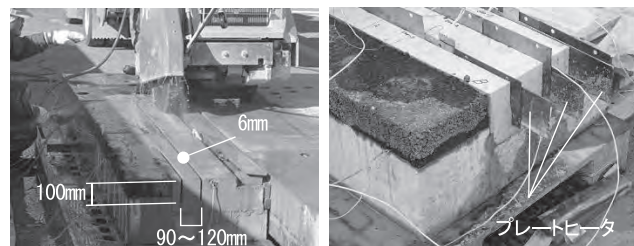
写真—3 試験体外観および形状寸法

表—1 示方配合

Gmax (mm)	スランプ (cm)	W/C (%)	S/a (%)	単位量 (kg/m^3)					
				セメント	水	細骨材	粗骨材	減水剤	遅延剤
20	12±2.5	37.2	43	400	149	787	1051	2.8	2.4

(b) 加熱装置の配置と加熱目標

スリット形状は、写真—4 に示すとおり、幅 6 mm, 深さは床版通し筋を切断しないよう 100 mm とし、スリット間隔を 90 ~ 120 mm とした。各スリットにプレートヒータを挿入し加熱温度を 400 $^{\circ}\text{C}$ として加熱を行った。後打ちコンクリートの深部まで加熱されたかの判断基準については、深さ 90 mm の受熱温度が、超速硬コンクリートの圧縮強度に低下がみられた 130 $^{\circ}\text{C}$ に到達させることを目安とした。



写真—4 スリット加工およびプレートヒータ

(2) 試験結果

図-4に後打ちコンクリートの深さ方向における受熱温度の計測結果を示す。時間経過とともに受熱温度は上昇し、加熱後60分における深さ90mmの地点の受熱温度が130℃に到達することが確認された。

加熱後の後打ちコンクリートおよび比較として非加熱のものについて、はつり性評価を行った。加熱後はハンドブレイカーで容易にはつることができることに加え、写真-5のとおり、ハンマーやバールなど人力による破碎も可能であった。しかし、所定の受熱温度に到達しなかった箇所は、人力によるはつり出しは困難であった。非加熱の場合、人力によるはつり出しは困難で、ハンドブレイカーでは加熱したものに比べ時間を要した。

以上のように、超速硬コンクリートを用いた後打ちコンクリートを加熱することで、はつり性の効率化が認められた。ハンドブレイカー使用時の騒音レベルは先述のとおり、加熱有無による違いは見込めないが、バールなどを用いてある程度後打ちコンクリートを壊し、仕上げとしてハンドブレイカーを用いるなどの組合せで、騒音発生時間を減らし騒音低減を実現することが期待できる。

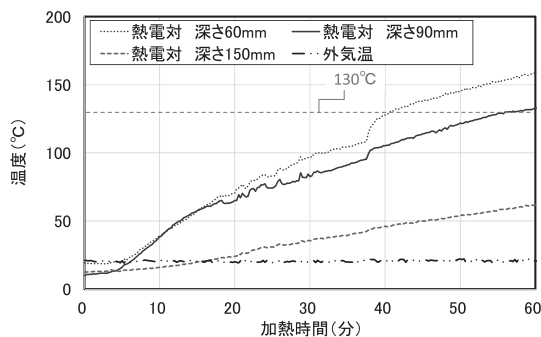


図-4 後打ちコンクリートの受熱温度



写真-5 後打ちコンクリートの加熱部の破碎

5. おわりに

伸縮装置取替え工事における後打ちコンクリート（超速硬コンクリート）のはつり時の騒音低減および撤去作業の高効率化を図ることを目的として、後打ちコンクリートを加熱することで脆弱化させ、その後はつり取る方法を考案し、ここでは加熱試験により受熱と脆弱化の関係を把握した。この結果、加熱工法および条件を適切に設定することによって、後打ちコンクリートは脆弱化し、はつり性の向上が認められた。

今後、本実験で得られた技術的知見を活用し、図-5に示す後打ちコンクリート加熱システムを用いて試験施工に取り組み、改善を図りながら効率的かつ低騒音のはつり技術の実用化を目指していく予定である。

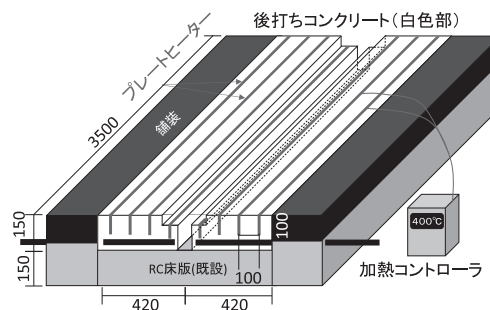


図-5 加熱システム

J C M A

《参考文献》

- 1) 繪鳩武史, 岡部次美, 小野秀一, 飯塚明彦: 伸縮継手取替え工事の騒音低減と効率化の実験的研究, 第73回土木学会年次学術講演会 VI-572 (2018.8)
- 2) 坂内秀雄, 中川見次: エトリンジャイトの加熱変化, Gypsum&Lime No.97 (1968.8)

【筆者紹介】



中村 浩章 (なかむら ひろあき)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 主任研究員



小野 秀一 (おの しゅういち)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 部長



渡邊 晋也 (わたなべ しんや)
(一社) 日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所
研究第二部 主任研究員

部 会 報 告

平成 30 年度 夏季現場見学会報告

建設業部会

1. はじめに

建設業部会では、平成 30 年度夏季現場見学を 2018 年 8 月 23 日に北海道新幹線、野田追トンネル（北）工事、8 月 24 日に北海道新幹線、村山トンネル他工事において実施した。

参加者は事務局を含め 18 名だった。

2. 見学会スケジュール

平成 30 年 8 月 23 日（木）

11:30 函館空港集合
 11:45-13:30 貸切バスにて野田追トンネル JV 事務所まで移動
 13:45-14:15 現場事務所にて着替え、現場概要説明
 14:15-15:15 現場内見学
 15:30-16:00 野田追トンネル JV 事務所にて質疑応答
 16:00- 野田追トンネル JV 事務所 出発

平成 30 年 8 月 24 日（金）

09:30 ホテル出発
 09:30-10:30 貸切バスにて村山トンネル JV 事務所まで移動
 10:45-11:15 現場事務所にて着替え、現場概要説明
 11:15-12:15 現場内見学
 12:30-13:00 村山トンネル JV 事務所にて質疑応答
 13:00-14:00 貸切バスにて函館空港に移動
 14:00 解散

3. 工事場所・概要

(1) 野田追トンネル（北）工事

- ・工事名称 北海道新幹線、野田追トンネル（北）工事
- ・工事概要 トンネル工：4,490 m、土路盤工：40 m

- ・掘削方法 機械掘削タイヤ方式及びベルコン方式
- ・発注者 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
北海道新幹線建設局
- ・施工業者 フジタ・株木・石山・砂子 北海道新幹線
野田追トンネル（北）他 特定建設工事共同企業体
- ・事務所住所 北海道二海郡八雲町栄町 74-1

(2) 村山トンネル他工事

- ・工事名称 北海道新幹線、村山トンネル他工事
- ・工事概要 トンネル工：5,365 m、路盤工：15 m
- ・掘削方法 機械掘削ベルコン方式
- ・発注者 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
北海道新幹線建設局
- ・施工業者 岩田地崎・熊谷・不動テトラ・相互
特定建設工事共同企業体
- ・事務所住所 北海道北斗市市渡 631 番地 1

4. 現場見学

(1) 野田追トンネル（北）工事

(a) 現場概要説明

野田追トンネルは北海道新幹線の新函館北斗駅と新八雲駅を結ぶ路線上のトンネルであり、野田追トンネル（北）工事はトンネル総延長 8,170 m の内、4,490 m を施工する工事である。

施工にあたっては、土被り 2D 以下の区間が約 800 m あり、特に端ノ巣別川横断区間では土被りが 3 m になるため、地盤改良が必要だったことや、掘削土はヒ素・セレンといった自然由来の重金属を含み、なおかつ土捨て場が決まっていなかったため、現場にて仮置きをしているといった課題があると(株)フジタ浅沼様から説明を受けた。

(b) 工事の進捗

8 月 21 日時点で掘削延長 1,740.1 m、インバート工 1,302.0 m、防水工 980.4 m、覆工 609.0 m が完了していた。

(c) 場内見学

車両で切羽まで移動後、切羽から坑口に向かってインバート区間、覆工区間を徒歩で見学させていただいた。切羽は泥岩であり、支保パターンはIN(1.2 m ピッチ)で施工されていた。坑内での湧水は130 t/h 程であった。自由断面掘削機は(株)三井三池製作所のS300(300 kW 級)の機械が使用されていて1シフトで3基施工するとの事であった。掘削土の搬出に使用するベルトコンベヤは、新技術である連続ベルコンシステムが用いられていた。

覆工では養生区間があり、セントルの後方12ブロック分が養生されていた。

トンネル坑内は機械、設備の配置がよく考えられており、インバート、覆工ともに作業空間が十分に確保されていると感じた。

(d) 質疑応答

- ・契約電力は800 kW 未満だが今後は中継ブースターを導入予定
- ・ベルコン設備は2週間に1回延伸している(約70 m 毎)。延伸はボーリング時を見計らって実施していて、連続ベルコンシステムを採用する事で従来の1/3程度の作業時間で済んでいる



写真一 スライドセントル（切羽側）



写真二 坑外ベルトコンベヤ（90 m）



写真三 ベルトコンベヤヘッド部 ずり置き場

- ・ロードヘッダのケーブルは100 m あり、電源はクラッシャー前に設置されている分電盤から取得している

(2) 村山トンネル他工事

(a) 現場概要説明

村山トンネルは北海道新幹線、新函館北斗駅～札幌駅間のうち、日本最長の陸上山岳トンネルとなる渡島トンネル(延長32,675 m)の函館側入口工区となる。

坑内湧水量が非常に多く、現在、約12 t/分の湧水が出ており、切羽付近の湧水もH30.8 月上旬から2 t/分～3 t/分程度に増加した。その為、排水管を既設の10 吋管2 系統、6 吋管1 系統に加えて、10 吋管2 系統を追加している。坑内湧水は清濁分離にて処理されており、濁水処理プラントは3 基あり、合計で360 t/時の能力としていた。また、坑内では100 m 毎に、切羽に先行して水抜きボーリングを120 m 実施しているそうである。

その他、タイプZの急結材を使用している理由や、切羽の掘削方法などの説明を受けた。

(b) 工事の進捗

8月24日時点で掘削延長3,976.0 m、インバート工3,463.5 m、防水工3,312.0 m、覆工3,075.0 mが完了していた。

(c) 場内見学

当日は排水設備の段取り替え作業が行われていた。見学箇所は切羽から坑口に向かって覆工コンクリート養生区間までを見学した。

切羽付近の湧水は側壁近傍に側溝を設け、導水がしっかりとされていた。路盤も砂利を使用して整備されていたので非常にきれいな現場の印象を受けた。

トンネル坑外ではベルトコンベヤのシュート部をトタンで覆い、凍結対策がされていた。また現場から放流河川までの距離が長い為、各濁水処理プラントで処

理された水を放流河川まで送るための放流設備が設置されていた。

(d) 質疑応答

- ・坑内ではφ350 mmの中央集水管が埋設されている
- ・水抜きボーリングを兼ねた先進調査ボーリングを実施している
- ・黒松内層上層部では転石が多く点在出現し、ロードヘッダのヘッド部が転石にぶつかった際、振動が大きくなる場合があり、掘削に手間取った時もあった



写真—4 トンネル切羽状況 (支保パターンIN)



写真—7 ターンテーブル設置状況



写真—8 インバート栈橋設置状況



写真—5 ブームヘッダ (カヤバシステムマシナリー(株) RH-250MB-SL)



写真—9 防水工区間



写真—6 クラッシャー、テールピース (㈱タグチ工業 NT-250)



写真—10 覆工コンクリート養生部

- ・吹付面のコソクをしっかりとすることで、ロックボルトの頭部の金具が支保工より出ないようにして、防水シートが破れるリスクを抑えている



写真—11 放流設備内状況（処理水をポンプにて移送）

謝 辞

最後に、大変お忙しい中、今回の準備、現場との調整役をして頂いた㈱フジタ浅沼様、岩田地崎㈱中田様、及び野田追トンネル(北)と村山トンネルの現場の方々には厚くお礼申し上げます。

J C M A

[筆者紹介]

岡田 雄大（おかだ たけひろ）

清水建設㈱

北海道支店 土木部

北海道新幹線、ニツ森トンネル（尾根内）工事

機電主任



部 会 報 告

カヤバシシステムマシナリー(株)三重工場見学会報告

機械部会 トンネル機械技術委員会

1. はじめに

機械部会のトンネル機械技術委員会では、年間行事として現場見学、工場見学を毎年実施している。今年の工場見学会を2018年9月28日に三重県津市のカヤバシシステムマシナリー(株)三重工場でブームヘッダーおよび工場を対象に実施したので紹介する。

参加者は事務局を含め14名であった。

2. 見学会スケジュール:平成30年9月28日(金)

12:30	津駅集合
12:30-13:00	貸切バスにて工場まで移動
13:00-13:40	会社・製品紹介
13:40-13:50	貸切バスにて分工場へ移動
13:50-14:40	ブームヘッダー等見学
14:40-14:50	貸切バスにて三重工場へ移動
14:50-15:30	三重工場見学
15:30-16:00	質疑応答
16:30	津駅着、解散

3. カヤバシシステムマシナリー(株)三重工場

(1) 三重工場について

三重工場は三重県津市に位置し1971年に新設された47年の歴史を誇る工場である。

敷地面積 27,491 m²、建物面積 16,001 m²であり一般工作機械・MC/NC機、各種溶接機・大型加振試験機を有している。

まず工場の概要説明と取扱製品について説明していただいた。

顧客のニーズに応える企業理念により特殊機械等の一品製品製作も多々あり、主として三重工場では精密機械系、分工場では大型機械系と区別し運営されている。

多様な工種に対応するため設計者も70名程度配置されている。製品に特化した設計者がそれぞれ配置されているが、多様な工種に対応するため設計者同士のコミュニケーションが重要とのことである。

①舞台・建物製品(音響反射板、可動壁・床・屋根)

・劇場や複合施設等多数採用されている
・静かな施設での使用となるためウインチ等の騒音に苦慮されている

②シミュレータ製品(加振試験機、内圧試験機、疑似体験)

・ショックアブソーバーやオイルダンパ試験機

③環境・産機製品(自走式コンベアごみ検査機)

・自走式コンベアごみ投入検査機、航空機用タイヤを交換する特殊車両等

④防衛関連製品(艦船・陸自車両搭載装置、タイヤ組立装置)

・各種油圧製品、航空機整備装置等

⑤建設機械製品(自由断面掘削機、エレクトラ装置)

・自由断面掘削機

ブームヘッダーシリーズ

RH-10J-SS(カッター出力330kW)、RH-8J-1000(カッター出力240kW)、RH-8J-700(カッター出力240kW)、RH-250-MB-SL(カッター出力250kW)

(2) ブームヘッダー(RH-250-MB-SL)見学(写真—1, 2)

三重工場から分工場へ移動してブームヘッダーを見学。当該機械は前田建設工業(株)様が発注し製作されたものである。新規受注製作は数年振りとのことである。

納期は、RH-8J、RH-10Jで1年程度である。

○特徴

①大断面用トンネル用ブームヘッダー

②硬岩掘削、高速施工が可能

③機械の移動なしで8.7m(高さ)×9.5m(幅)×4.5m(ミニベンチ長)の掘削が可能

・中折れ式、床下1.5m以上

・ブームのスライド(2.15m)機構とカッター伸縮

④自動掘削システムにより掘削時の機体ズレ等に影響されずプロファイルカットが可能である。(機体位置は、離れた位置に設置したトータルステーションから本体に取付けたプリズムを視準することにより原位置を把握)

※余掘量の低減が可能となりコンクリート吹付量の低減となる。



写真一 1 RH-250-MB-SL 見学



写真一 4 RH-8J, RH-10J (本体部)



写真一 2 RH-250-MB-SL 見学



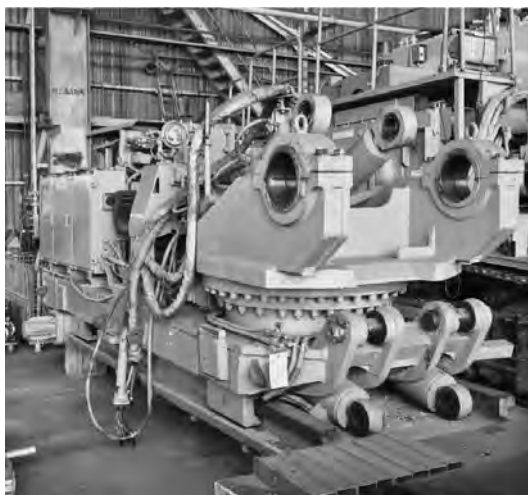
写真一 5 見学者全員の記念撮影

(3) その他

分工場内には、各現場で使用され返還されたミゼットマイナー、RH-8J、RH-10J 等が配備されていた(写真一 3, 4)。一度にこれら機械を見学することはできないため良い経験になった。

①ミゼットマイナー (小断面用硬岩掘削機)

小型サイズで小断面トンネルの掘削に最適。強力な掘削力で硬岩掘削が可能



写真一 3 ミゼットマイナー (本体部)

② RH-8J : (上半先進・ショートベンチ掘削)

中硬岩掘削に適しておりロスが少ない。作業効率が高く安定した掘削が可能

③ RH-10J : (全断面・ミニベンチ掘削)

硬岩掘削に最適であり、機械の移動なしで 8.7 m (高さ) × 9.5 m (幅) × 4.5 m (ミニベンチ長) の掘削が可能

4. おわりに

最後にカヤバシステムマシナリー(株)三重工場様には、当委員会見学を快くお受け頂き、感謝し厚く御礼申し上げます。また、最新鋭のブームヘッダーの見学をご承諾くださった前田建設工業(株)様にも厚く御礼申し上げます。

J C M A

[筆者紹介]

橘 伸一 (たちばな しんいち)

(株)大本組

東京本社土木部

機電課長 技術士

(一社) 日本建設機械施工協会

機械部会 トンネル機械技術委員会 委員

03-183	鉄骨溶接と仕上工事のロボット化	清水建設
--------	-----------------	------

▶ 概 要

建設業の労働力不足を発端に労働環境の改善や生産性の向上が求められており、建設労働者の苦渋作業、危険作業の解消、生産の効率化、省人化、無人化は業界の課題となっている。

過去にも建設作業の省人化、無人化を目指す技術開発が80年代～90年代に建設会社各社で行われてきたが、現在まで残っているものはほとんどない。それは完全無人化ではなく、事前の段取り作業や、作業者が合番する必要があるため結局のところ労務削減には至らなかったことや、作業毎に専用機となっていたため、汎用性がなく稼働率が悪いことが原因である。

以上のような課題に対し事前の段取り作業を極力排除した完全自律制御で、プラットフォームを共有化して作業毎に汎用性を高めたロボットをコンセプトに溶接ロボットと建設作業ロボットを開発した。

▶ 特 徴

鉄骨柱継手を対象とした溶接ロボットは、手押し台車と台車上部に設置したリニアテーブル上にマニピュレータを1台搭載し、マニピュレータには溶接トーチとレーザセンサを取り付けている。このユニットを柱の対面に二機設置し、柱の半分ずつを溶接することで鉄骨柱継手の溶接が可能となる。一般的な柱継手の溶接部には建入調整ジグが取り付けられており、今回開発した溶接ロボットはこのジグを避けて溶接を行うことが可能である。ロボット溶接作業の手順は、開先の位置、寸法、形状をレーザセンサにより取得認識し1パス目の溶接作業を行う。2パス目以降においても開先形状及び溶接ビードをレーザセンサによって認識し、溶接トーチ先端の軌道を自動計算させ、ロボットを適切に制御することで多層の溶接を実現している。

溶接ロボットによって、溶接作業の省人化率80%を目指している。

建設作業ロボットはアウトリガと昇降ステージを有し、自律移動可能な車両の上部にマニピュレータを2台搭載している。また、作業ロボットに対し資材を供給する間配りロボットがあり、これは昇降ステージを有し自律走行可能な搬送ロボットである。これら自律移動とステージの昇降により、作業箇所へ建築資材とともに接近が可能となる。

マニピュレータは先端ツールを交換することにより様々な作業に対応し、ツールにはレーザセンサや画像センサが搭載され、作業対象となる天井下地やインサート、取付け資材であるボ



ドやボルトなどの位置を特定することが可能である。

作業ロボットへの作業指示はタブレット端末などにより作業内容、エリア、順序などを指定し実行の命令を送信する。作業ロボットは無線通信により作業命令を受信すると所定の作業場所へ移動を開始し、作業場所へ到着後アウトリガの展開とともに資材を供給する間配りロボットが接近する。作業箇所が高所であればステージを上昇させる。作業手順は、天井ボードのビス打ち作業では、センサによりボード及び天井下地の座標を取得する。取得した座標値を参照し一方のマニピュレータでボードを把持し、天井下地に位置合わせを行うと同時にもう一方のマニピュレータに取り付けられたビス打ち機によりボードを天井下地に取付ける。その後、移動と作業を繰り返し、作業命令を実行していく。作業ロボットにより従来のボード取付け作業の省人化率70%を目指している。

▶ 用 途

- ・鉄骨柱継手の溶接
- ・天井ボード取付け作業、吊ボルト取付け作業など

▶ 実 績

- ・都内某現場

▶ 問合せ先

清水建設(株) 生産技術本部

〒104-8370 東京都中央区京橋2丁目16番1号

TEL: 03-3561-4020

新工法紹介

04-396	インバートコンクリート 長期養生工法 「キュアロード」	五洋建設 岡三リビック 積水化成品工業 早川ゴム
--------	-----------------------------------	-----------------------------------

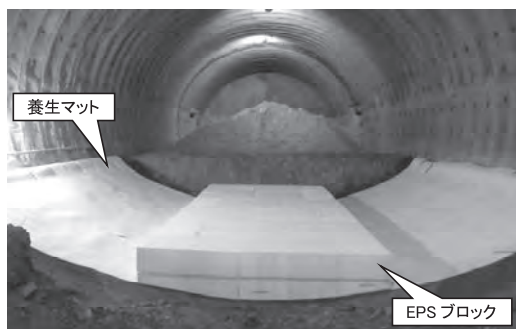
▶ 概要

一般に、山岳トンネル工事では、切羽作業と並行して切羽後方のインバートを施工するため、インバートの施工箇所において、切羽からの掘削ずりの搬出や資機材の搬入通路を確保する必要がある。このため、インバートを左右に2分割して通路を確保しながら施工する方法、移動式栈橋等を用いて全幅を一括で施工する方法が採られている。しかしながら、いずれの場合も、インバートコンクリートが坑内通行車両の輪荷重等に耐えられる強度に達した後、特段の養生をすることなく、インバートコンクリートを掘削ずり等で埋め戻すことが多い。

トンネルにおけるインバートは、トンネル構造の安定性を長期にわたって確保するための重要な構造部材の一つである。このため、他のコンクリート構造物同様、保温・湿潤養生を一定期間実施して水和反応を促進させ、十分な強度発現と緻密化を図ることが重要と考えられる。

そこで、五洋建設(株)は、岡三リビック(株)、積水化成品工業(株)および早川ゴム(株)と共同で、山岳トンネルのインバートコンクリートを効率的かつ経済的に長期間保温・湿潤養生できる「キュアロード」(特許番号:特許第6359060号)を開発した。

本工法は、コンクリート平面や傾斜面に対して高い保温・保水性能を有する養生マット「うるおんマット」をコンクリート全面に敷設した後、軽量で耐久性に優れたEPSブロック「エスレンブロック」を仮設路体として養生マットの上に設置することで、インバートを左右に分割することなく切羽作業と並行して、インバートコンクリートの長期保温・湿潤養生を行うことが可能である。これにより、インバートコンクリートの強度と表層緻密性の向上が期待できる。



写真一 キュアロード設置例



写真二 キュアロードによる養生状況

本工法の施工手順を以下に示す。

- ①インバートコンクリート打設後、養生マットを人力でコンクリート全面に敷設。
- ②養生マットの上に、インバートの形状寸法に合わせて工場ではプレカットしたEPSブロックを人力で設置。
- ③EPSブロックの保護と輪荷重の分散を図るため、EPSブロック上面に敷鉄板を敷設。
- ④養生完了後、敷鉄板、EPSブロックおよび養生マットを撤去し、次スパンへ転用。

施工現場における実証実験の結果、28日間の長期保温・湿潤養生により、標準施工(気中養生)に比べて24%の強度増進が確認され、表層緻密性の指標である透気係数も1/27となった。

▶ 特徴

- ・インバートを左右に分割施工することなく、切羽作業と並行してインバートコンクリートを任意の期間、保温・湿潤養生が可能。
- ・養生マットおよびEPSブロックを転用することで、インバート施工延長が長くても経済的に保温・湿潤養生が可能。
- ・養生マット、EPSブロックともに、軽量であるため、人力で設置・撤去が可能。
- ・EPSブロックは、インバートの形状寸法に合わせて工場ではプレカットするため、様々なトンネルのインバートに適用可能。

▶ 用途

- ・山岳トンネル工事におけるインバートコンクリート施工

▶ 実績

- ・道路トンネル工事(国土交通省:1件)

▶ 問合せ先

五洋建設(株)

土木部門 土木営業本部 土木プロジェクト部

〒277-0885 東京都文京区後楽2-2-8

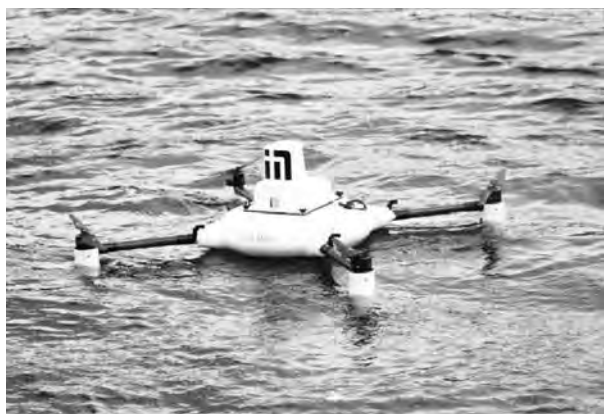
TEL: 03-3817-7672

新工法紹介

09-44	水面浮体型ドローンによる 浅海域のモニタリング技術	鹿島建設
-------	------------------------------	------

▶ 概 要

沿岸浅海域におけるサンゴ礁や海草藻場等の生物調査ではダイバーによる観察や写真撮影が一般的であり、調査範囲が広域となる場合には多くの時間を要する。また、沿岸には岩礁などの障害物が多く、船舶では調査地点に容易に近づけない場合がある。一方、ドローンを用いた上空からの観測は短時間で広域の撮影が可能であるものの、海面下の状況については詳細な把握が出来ない。そこで、水中撮影や水深、海水温の計測を可能とする水面浮体型ドローン SWANS (System of Water and Aerial Nearshore Survey, 写真—1) を開発した。今回、沖縄県慶良間諸島海域におけるサンゴ礁のモニタリングに適用し、その有効性を確認した。



写真—1 水面浮体型ドローン SWANS

▶ 特 長

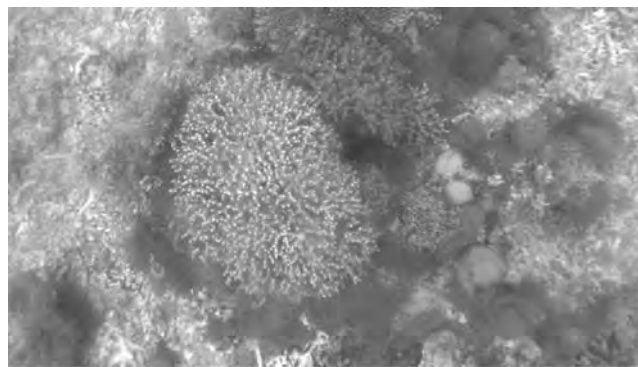
表—1 に主な仕様を示す。SWANS は、通常の上空からの撮影に加え、目標地点の海面に着水して、水面下の状況を高解像度の動画や写真を撮影、画像を伝送することが出来る。SWANS の浮体機構は、機体のローター部4ヵ所と中央部胴体に浮力を持たせ、安定した着水と水面での移動を可能とした。撮影用カメラは、波による機体の揺れに対してカメラの角度を一定に保持できるジンバルを搭載し、ブレのない水中映像を撮影できる。機体の位置情報は、GPS によりリアルタイムで伝送する。さらに、水深計測、温度計測などの機能を有する。これらにより、サンゴ群集や海草藻場などの広域モニタリングを実現し、調査期間の短縮やコスト削減、安全面での向上が期待される。

表—1 SWANS の主な仕様

サイズ	幅 860 × 高さ 345 mm
機体重量	4.0 kg
飛行時間	20 分 (バッテリー 1 台)
搭載可能荷重	最大 3.5 kg
最大速度	50 km/h 以上
飛行可能風速	8 m/s (10 分間平均風速)
防水性能	IP-55 相当
搭載カメラ	4K カメラ (動画・静止画)
測深機能	超音波式 分解能 1 mm
制御可能距離	最大 1 km

▶ 現地実証試験

SWANS の現地実証試験は、慶良間諸島国立公園海域内の約 5,000 m² のサンゴ礁で実施した。通常、サンゴ礁のモニタリングでは、海底面にメジャーを配置するライン法、1 m 四方の方形枠を設置してその中のサンゴ被度を目視計測するコドラート法などが用いられている。SWANS によるモニタリングでは、遠隔操作で位置情報を基に海底のサンゴの分布状況を把握し、被度解析用のデータを迅速に取得できた (写真—2)。本実証試験の結果、調査に必要な時間を従来のダイバー作業と比較して 1/4 ~ 1/5 に短縮できることが明らかになった。



写真—2 SWANS により得られたサンゴ群集の水中映像

▶ 今後の展望

SWANS は、水中撮影による生物調査用途以外に、その機動性を活用し工事海域における水質モニタリング (pH、濁度等) への適用についても検討を進めている。

▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 土木管理本部 土木技術部
〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11
TEL : 03-5544-0499

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈12〉モータグレーダ、ロードスタビライザ、締固め機械およびソイルプラント

18-〈12〉-01	酒井重工業 プレートコンパクタ PC43, PC53, PC63 PC43SL (低騒音型)	'17.09 発売 (PC63) '18.04 発売 (PC53) '18.07 発売 (PC43, PC43SL) 新機種
------------	---	--

碎石、砂、適湿土の表層転圧、アスファルトの舗装仕上げ、補修作業に使用されるプレートコンパクタである。

転圧板に高張力鋼を採用しており、転圧板反転機構“ぐるっとプレート”によりさらに転圧板の高寿命化を図っている。

エンジンガードを兼ねた吊フックを標準装備し運用性の向上を図っている。

表－1 「PC シリーズ」の主な仕様

	PC43	PC53	PC63	PC43SL
機械質量 (kg)	47	54	63	52
振動数 (Hz(vpm))		96.7 (5800)		
起振力 (kN (kgf))	6.4 (650)	9.0 (920)	10.8 (1100)	6.4 (650)
最大転圧速度 (m/min)		20 ~ 25		18 ~ 21
転圧板 (mm)	298 × 480	340 × 530	360 × 545	298 × 480
全長 × 全幅 × 全高 (mm)	850 × 298 × 790	905 × 340 × 845	915 × 360 × 850	850 × 298 × 790
エンジン名称	ホンダ GX100	ホンダ GX100	ホンダ GX120	ホンダ GX100
エンジン最大出力 (kW/min ⁻¹)	2.2/3800	2.2/3800	2.8/3800	2.2/3800
燃料タンク (L)	0.77	0.77	2.0	0.77
価格 (百万円)	0.14	0.15	0.16	0.16



写真－1 酒井重工業 PC63 プレートコンパクタ

オプション装備として施工品質向上に役立つ簡単に水タンクが脱着可能な“散水装置”，輸送に便利な“跳ね上げ車輪”，スロットル操作時の煩わしさを解消した“手元スロットルレバー”を搭載可能である。

PC43SL は転圧板にウレタン樹脂を充填することで転圧時の打撃音を低減したモデルで、住宅地や夜間の工事にも有効である。

問合せ先：酒井重工業(株) 技術開発部

〒350-1156 埼玉県川越市中福 849

18-〈12〉-02	酒井重工業 ランマ RS45, RS55, RS65	'18.02 発売 新機種
------------	----------------------------------	------------------

管理設等の溝埋め戻し工事で使用されるランマである。

自社独自の防振ゴム構造により手元振動低減を図る一方で、転圧作業時にハンドルを押し付けた際、その力がダイレクトに機体に掛かる様にストッパが設けてあり、防振ゴムの保護および操作性の向上を図っている。

ハンドルより手を離さずにスロットル/ストップスイッチ/燃料コックを同時に操作できる“ワンレバースロットル”により、安全性と操作性の向上を図っている。

エンジンメンテナンス頻度低減の“W エアークリーナー”，ガソリンの紫外線劣化および蒸発を防ぐ“特殊樹脂の燃料タンク”，軟質土における転圧速度を向上させる打撃板形状、使い勝手の良い“一点吊りフック”を標準装備している。

オプションとして“ハンドル式運搬車”，“簡易車輪”，エンジン回転数と運用時間を表示する“マルチメータ”を選択できる。

表－2 RS シリーズの主な仕様

	RS45	RS55	RS65
機械質量 (kg)	52	57	69
振動数 (Hz(vpm))	10.8 ~ 11.5		11.7 ~ 11.3
打撃ストローク	40 ~ 60		50 ~ 70
最大転圧速度 (m/min)	8 ~ 12		12 ~ 16
転圧板 (mm)	230 × 340	260 × 340	280 × 340
全長 × 全幅 × 全高 (mm)	675 × 375 × 1015		715 × 390 × 1040
エンジン名称	ホンダ GX100		
エンジン最大出力 (kW/min ⁻¹)	2.3/4000		2.1/3600
燃料タンク (L)		2.8	
価格 (百万円)	0.20	0.21	0.22

新機種紹介



写真—2 酒井重工業 RS45 ランマ

問合せ先：酒井重工業(株) 技術開発部

〒350-1156 埼玉県川越市中福 849

18-〈12〉-03	酒井重工業 タイヤローラ TZ704/TZ704Guardman	'17.10 発売 (TZ704)
		'18.10 発売 (TZ704G) 新機種

平成 26 年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制とオフロード法 2014 年基準に適合したタイヤローラである。

TZ704/TZ704Guardman は、エンジンに尿素水の不要なマフラー一体型 DPF を搭載し、さらに DPF におけるスス堆積量の表示計、DPF 再生やオーバーラン時の音声付警告モニタ、エンジン故障診断装置によりメンテナンス性の向上を図っている。

ECO モードではフルスロットル作業時と比較して、燃費は最大 36% 向上、騒音値は超低騒音基準値よりさらに 5 dB 低減（社内試験値）するなど、経費削減と作業環境の向上が図られている。

また、従来機と比較してコーナーミラー、バックミラーを増設し、安全性の向上を図っている。

TZ704Guardman は、TZ704 に追加して 3 つの安全機能（トリプル・セーフティ）で構成された緊急ブレーキ装置（後進用）を搭載している。

セーフティⅠは、車両後方に取り付けたセンサーにより人や障害物などの対象物を検知し、衝突の危険が高まっていると判断した時に、衝突回避または被害軽減のために緊急ブレーキを作動させる機能である。セーフティⅡは、車両後方に設置したカメラにより撮影された画像をディスプレイに常時表示する機能であり運転者の後方監視を支援している。セーフティⅢは、ディスプレイに警告と操作方法などの表示とスピーカーからの音声と警報音により運転者と周辺作業員へ警告する機能であり、さらなる安全性の向上を図っている。

また、緊急ブレーキと警告／警報のタイミングは、車両の後進速度により変わり、後進速度が遅い時は、車両の後方に人や障害物などの対象物があっても、近距離に近づいてから緊急ブレーキを作動させることで施工性の向上を図り、後進速度が速い時は、速度が遅い時と比較して対象物まで離れていても、緊急ブレーキを作動させることで安全性の向上を図っている。

表—3 TZ704/TZ704Guardman の主な仕様

	TZ704	TZ704Guardman
運転質量 (kg)	12,600	12,630
機械質量 (kg)	9,100	9,130
エンジン出力 (kW (PS) / min ⁻¹)	54.6 (74.2) / 2,200	
全長 (m)	4.985	
全幅 (m)	2.275	
全高 (m)	2.905	
運搬時高さ (m)	2.360	
締固め幅 (m)	2.275	
作業速度 (Lo/Hi) (km/h)	0 ~ 12 / 0 ~ 24	
最小回転半径 (外輪基準) (m)	6.3	
散水タンク容量 (L)	3,500	
価格 (百万円)	12.8	14.8



写真—3 酒井重工業 TZ704 タイヤローラ

問合せ先：酒井重工業(株) 技術開発部

〒350-1156 埼玉県川越市中福 849

新機種紹介

〈14〉維持修繕・災害対策用機械および除雪機械

18-〈14〉-03	酒井重工業 ロードカッタ ER555F	'17.7 発売 新機種
------------	---------------------------	-----------------

平成 26 年ディーゼル特殊自動車排出ガス規制に適合し、車検取得に対応した路面切削工事用ロードカッタである。

超音波式安全装置（ミハール）と安全バンパに加え、安全カメラ、モニタによって、車両周囲の死角の安全確認を行い視認性と安全性の向上を図っている。

カメラは、車両周囲に 5 台、モニタは運転席と作業位置に 3 台設置しており、回送、作業モードの走行状態に応じて、死角となる 5 台のカメラ映像を自動で切り替え、モニタへ表示する。

ラジエタ冷却ファン可変制御機能により、エンジンの過熱状況を監視した上で、ファンの回転数を最適化することで、省エネ性と冷却性能の両立を図っている。

集塵装置により、施工時の車両周囲に浮遊する粉塵量を、自社従来機に比べ、75%低減させている。

捕集された粉塵と空気は、フィルタを通してろ過された後、クリーンな空気として排出されるため、作業者の健康面だけでなく、周囲環境と視認性の確保も図っている。

ACCS IV（オートマチック・カッタ・コントロール・システム）により、切削時の車高変化によるカッタドラムリフトの追従性および切削路面の品質（平坦性）の向上を図っている。

その他の機能として、アイドリングストップ／再始動スイッチ、エアコンプレッサ、LED 作業灯、ダンプ合図用ライト、降車用 LED ライト、アクセサリースOCKET（24 V）、電動格納ミラーを備え、利便性の向上を図っている。

表—4 ER555F の主な仕様

運転質量	(t)	28.9
全長	(mm)	10,455
全幅	(mm)	2,460
全高（回送時／運搬時）	(mm)	3,180／2,800
走行速度	(km/h)	0～27
作業速度	(m/min)	0～55
定格出力	(kW/min ⁻¹)	370/1,800
作業幅	(mm)	2,050
最大切削深さ	(mm)	230
散水タンク	(L)	2,000
価格	(百万円)	100



写真—4 酒井重工業 ER555F ロードカッタ

問合せ先：酒井重工業(株) 技術開発部

〒350-1156 埼玉県川越市中福 849

18-〈14〉-04	日本ビソー ゴンドラ車 GC-240	'18.07 レンタル開始 新機種
------------	--------------------------	-------------------------

橋梁点検車にゴンドラ機能を搭載したゴンドラ車である。橋梁点検車のブームを吊元とした昇降が可能なゴンドラでありレンタルサービスを開始している。

これまで橋梁の点検やメンテナンスを行う場合、ハイピアと呼ばれる高さのある橋脚や、河川や急斜面により基部から近づけない橋脚において、近接目視による点検が困難な箇所があった。

そのため日本ビソーはゴンドラメーカーとしてのノウハウを活かし、昨年中型車をベースとするゴンドラ車 GC-200 を開発し、今回、大型橋梁にも余裕をもって対応できる GC-240 をラインアップに加えた。

大型車をベースとする GC-240 は、4 本のブームによるアクセス機能を備え、安全に橋桁下部へ近づくことが可能である。ブームを最も降ろした状態で、車体設置面から最大 64.5 m まで降下することができる。

作業者が搭乗するデッキ部には、ゴンドラ専用の昇降機であるビソマック 206 を 2 機搭載している。昇降機はデッキ内に備えたバッテリーで駆動する。

ゴンドラ車は、ゴンドラ構造規格に適合するよう、これまでの橋梁点検車の先端ブーム部を改造するなど、専用ゴンドラとして製作されたものである。伸縮・旋回等を行うブーム部は、ゴンドラ昇降時には固定される仕様とするなど、安全性を高める機構を採り入れ、橋梁点検車とゴンドラの 1 台 2 役を実現している。

表—5 GC-240 の主な仕様

デッキ部 自重	(kg)	180
長さ×幅×高さ	(mm)	1,850 × 600 × 1,225
積載荷重	(kg)	240
最大降下距離	(m)	64.5
昇降速度	(m/min)	7.0
旋回台 旋回角度	(°)	右 100～左 100
第 1 ブーム 長さ	(m)	6.0～7.9
第 2 ブーム 長さ	(m)	6.96
第 3 ブーム 長さ	(m)	5.18～10.11
第 4 ブーム 長さ	(m)	1.3
車両格納時長さ×幅×高さ	(m)	11.50 × 2.49 × 3.70
価格		レンタルのみ 個別見積り

新機種紹介



写真—5 日本ビソー GC-240 ゴンドラ車

問合せ先：日本ビソー(株) インフラメンテ部
〒243-0021 神奈川県厚木市岡田 3127

▶ 〈15〉 作業船

18-〈15〉-01	不動テトラ サンドコンパクション船 ばいおにあ第30 フドウ丸	'18.05 建造 リフォーム
------------	---------------------------------------	--------------------

海洋における埋立造成事業や既存岸壁耐震化等に適用される地盤改良船である。1993年に大水深・大深度施工を可能とするサンドコンパクション船として建造し、沖合人工島をはじめとする埋立造成事業に使用している。大深度施工に対応し、最大で水面下70mまでの打設が可能であり、海底地盤中に直径1,000～2,000mmの締固まった砂杭を造成し、各種護岸・岸壁・栈橋等の沈下・安定・支持力対策や液状化対策等を行う。

操船の自動制御など、作業の効率化と機能の向上を図っている。

ネットワーク型RTK-GPS測位（VRS方式）の導入により速やかに正確な位置情報を得ることができる。これまで必要であった固定局の設置が不要となり、2人で2台必要であった受信機も1人1台で測量が可能となり、測量作業の軽減を図っている。

作業船の回航経路を記録・表示する作業船位置・回航情報システム（全日本漁港建設協会）を導入したことで、作業船の現在位置や回航履歴など、作業船の管理運用に必要な情報がインターネットで提供される。パソコンやスマートフォンのブラウザで閲覧でき、遠隔にある管理事務所などで、リアルタイムの情報を得ることができる。

その他、船員・作業員の作業空間、居住環境改善のため室内設備を一新している。

表—6 ばいおにあ第30 フドウ丸の主な仕様

砂杭径	(mm)	1,000～2,000
砂杭ピッチ	(m)	2.0～6.3
打設深度	(m)	水面下70
連装数	(連装)	3
パイプロハンマ	(kW)	300
ケーシング径	(mm)	800～1,200
船体寸法 全長×全幅×深	(m)	70×30×4.6
排水量	(t)	4,900
リーダー高	(m)	水面上90
主機関	(PS)	3,000×2
補機関	(PS)	155
主発電機	(kVA)	2,500×2
補発電機	(kVA)	125
価格	(百万円)	見積もり



写真—6 不動テトラ ばいおにあ第30 フドウ丸 サンドコンパクション船

問合せ先：(株)不動テトラ 地盤事業本部 技術部 技術企画課
〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町7番2号

平成 30 年 建設業の業況

1. はじめに

わが国の建設業就業者は、人口減少等により、平成 9 年の 685 万人をピークに減少しており、しかも極めて速いスピードで高齢化している。また、長引く建設投資の減少により労働環境が悪化していたため、十分に担い手を確保できているとは言えない状況にある。このため、建設業者が事業を継続していくためには、生産性を向上させていくことが必要である。

国土交通省では、建設業の人材確保・育成を目的に建設産業政策会議においてとりまとめた「建設産業政策 2017+10 ～若い人たちに明日の建設産業を語ろう～」を実現するため、本年 4 月に中央建設業審議会・社会資本整備審議会基本問題小委員会において、長時間労働の是正、処遇改善、生産性向上、地域建設業の持続性確保に関する中間のとりまとめをした。

このような状況の中、建設業の業況について、直近のデータを交えてその内容等について紹介する。

2. 建設投資の概要

平成 30 年度の建設投資は、国土交通省、「平成 30 年度建設投資見通し」をみると、前年度比 2.1% 増の 57 兆 1,700 億円となる見通しである。このうち、政府投資は 23 兆 600 億円（前年度比 0.1% 増）、民間投資が 34 兆 1,100 億円（前年度比 3.4% 増）となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資が 31 兆 1,100 億円（前年

度比 2.4% 増）、土木投資が 26 兆 600 億円（前年度比 1.6% 増）となる見通しである。

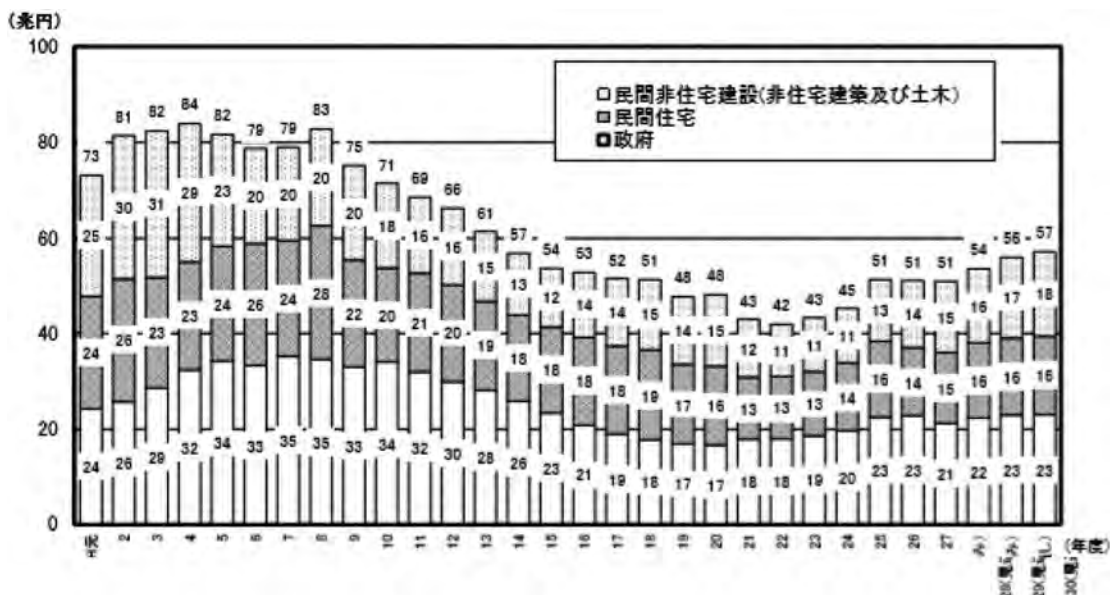
また、平成 29 年度の建設投資は、前年度比 4.6% 増の 56 兆 200 億円となる見込みである。このうち政府投資は 23 兆 400 億円（前年度比 2.9% 増）、民間投資は 32 兆 9,800 億円（前年度比 5.7% 増）と見込まれる。建築・土木別に見ると、建築投資が 30 兆 3,800 億円（前年度比 4.8% 増）、土木投資が 25 兆 6,400 億円（前年度比 4.3% 増）となる見込みである。

建設投資は、平成 4 年度の 84 兆円をピークに減少基調となり、平成 22 年度には平成 4 年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等により回復傾向となっている。平成 30 年度の建設投資については、復興予算や平成 29 年度の補正予算等に係る政府建設投資が見込まれること等から、総額として 57 兆 1,700 億円となる見通しである（図—1）。

平成 30 年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が 60%、政府投資が 40% である。民間投資のうち住宅と非住宅を合わせた建築投資が全体の 50% を占めている。政府投資は土木投資が全体の 35% を占めており、この両方で建設投資全体の 85% を占めている（図—2）。

3. 全国許可業者数の推移

国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、平成 30 年 3 月末現在の建設業許可業者は 464,889 業者で、前年同



図—1 建設投資額（名目値）の推移（出展：国土交通省）

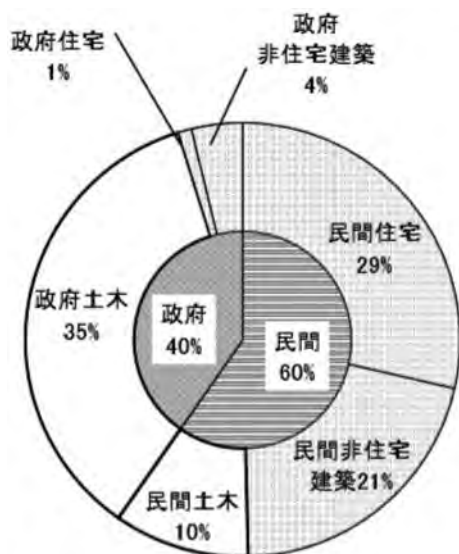


図-2 平成30年度建設投資の構成（名目値）

月より565業者（0.1%減）減少した。

平成29年度中に新規に建設業許可を取得した業者は21,035業者で、前年度より813業者（4.0%増）の増加となった。

また、平成29年度中に建設業許可が失効した業者については21,600業者であり、前年度より803業者（8.3%減）減少した。内訳としては、建設業を廃業した旨の届出を行った業者は前年度より431業者（4.3%減）減少し9,601業者であり、許可の更新手続きを

行わないことにより許可が失効した業者は前年度より372業者（3.0%減）減少し11,999業者となった。

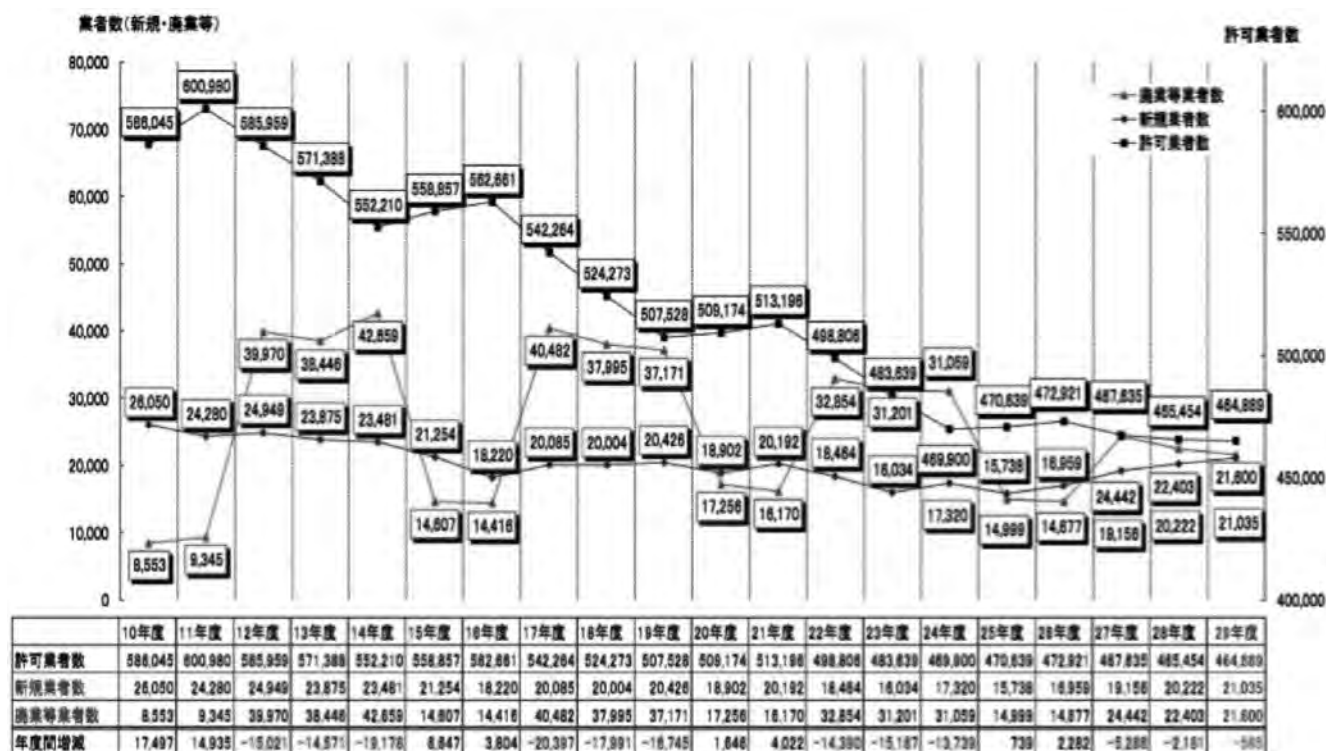
建設業許可業者数が最も多かった平成12年3月末時点のピーク時の業者数600,980業者と比較すると、136,091業者（22.6%減）減少している（図-3）。

4. 業種別許可業者の推移

業種別許可業者の推移について国土交通省「建設業許可業者数調査の結果について」をみると、平成30年3月末現在における業種別許可の総数は1,519,653で、前年同月比2.8%の増加となり、許可業者数が最も多かった平成12年3月末時点の1,392,339より9.1%の増加となった。

前年同月に比べ、取得業者数が増加した許可業種は24業種となった。増加率についてみると平成28年6月1日建設業法が改正となり、従前の28業種区分に「解体工事業」が新設されたため、解体工事業が112.6%の増加と最も高くなった。続いて熱絶縁工事業が7.6%、鉄筋工事業が7.4%増加しており、以下、ガラス工事業（6.6%増）、板金工事業（5.8%増）、防水工事業（5.5%増）が続いている。

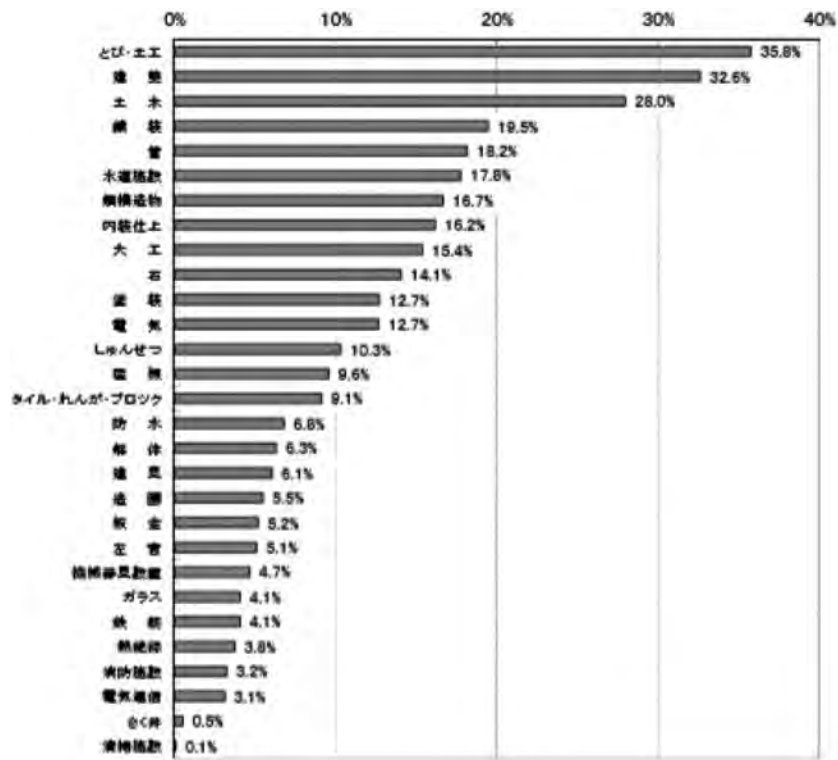
また、前年同月に比べて取得業者数が減少した許可業種は5業種となった。最も減少率が高かったのは清掃施設工事業の2.6%減となっており、続いてさく井工事業、建築工事業が2.1%減となった。以下、造園工事業（1.6%）、土木工事業（0.7%減）が続いている（図-4、表-1）。



※ 許可業者数については各年度末（3月末時点）の数、新規業者数、廃業等業者数については各年度の数を示す。

図-3 許可業者数・新規及び廃業等業者数の推移（出展：国土交通省）

統計



図ー４ 建設業許可業者における業種別許可の取得率（出展：国土交通省）
※ 平成 28 年 6 月 1 日建設業法が改正となり、従前の 28 業種区分に「解体工事業」が新設された。

表ー１ 建設業許可業者における業種別許可業者数の増減表（出展：国土交通省）

【業者数が増加した許可業種】

許可業種	前年同月比
解体	15,537 業者 (112.6%)
塗装	2,493 業者 (4.4%)
とび・土工	2,381 業者 (1.5%)
鋼構造物	2,130 業者 (2.8%)
内装仕上	2,096 業者 (2.9%)
石	1,954 業者 (3.1%)
大工	1,735 業者 (2.5%)
屋根	1,703 業者 (4.0%)
タイル・れんが・ブロック	1,691 業者 (4.1%)
防水	1,643 業者 (5.5%)
板金	1,320 業者 (5.8%)
鉄筋	1,297 業者 (7.4%)
しゅんせつ	1,292 業者 (2.8%)
熱絶縁	1,229 業者 (7.6%)
ガラス	1,173 業者 (6.6%)
建具	1,172 業者 (4.3%)
左官	1,141 業者 (5.0%)
電気	912 業者 (1.6%)
舗装	825 業者 (0.9%)
管	486 業者 (0.6%)
機械器具設置	465 業者 (2.2%)
水道施設	449 業者 (0.5%)
電気通信	241 業者 (1.7%)
消防施設	70 業者 (0.5%)

【業者数が減少した許可業種】

許可業種	前年同月比
清掃施設	▲ 12 業者 (▲ 2.6%)
さく井	▲ 53 業者 (▲ 2.1%)
造園	▲ 411 業者 (▲ 1.6%)
土木	▲ 954 業者 (▲ 0.7%)
建築	▲ 3,228 業者 (▲ 2.1%)

5. 労働災害発生状況

労働災害発生状況について厚生労働省「労働災害発生状況」をみると、全産業における平成28年の休業4日以上の死傷者数は120,460名であり、前年同期117,910名と比べ約2,550名の増加(2.2%増)となった。死亡者数についても前年同期928名と比べ50名増加し(5.4%増)し978名となった(図-5)。

死亡者数は、長期的には減少傾向にあるが、3年ぶりに増加した。休業4日以上の死傷者数は、陸上貨物運送事業や第三次産業で増加するなどして、2年連続で増加した(図-6)。

一方、建設業における休業4日以上の死傷者数は、15,129名であり、前年同期15,058名と比べ71名の増加(0.1%増)となった。また、死亡者数についても323名となっており、前年同期294名と比

べ29名の増加(10.0%増)となった。

建設業の労働災害は、2年連続で過去最少となっていたが、本年度は増加に転じる結果となった(表-2)。

死傷災害における事故の型別についてみると、「墜落・転落」が46%で最も多く、次いで「挟まれ・巻き込まれ」が15%、「転倒」が14%となった。

また、死亡災害については、「墜落・転落」が48%で最も多く、次いで「交通事故(道路)」が17%、「崩壊・倒壊」が10%となった(図-7)。

死亡災害については平成27年の労働安全衛生規則の改正により、足場からの墜落防止措置の強化を図ったことにより減少傾向にあったが、今年度はすべての事故の型別において前年度を上回る結果となった。

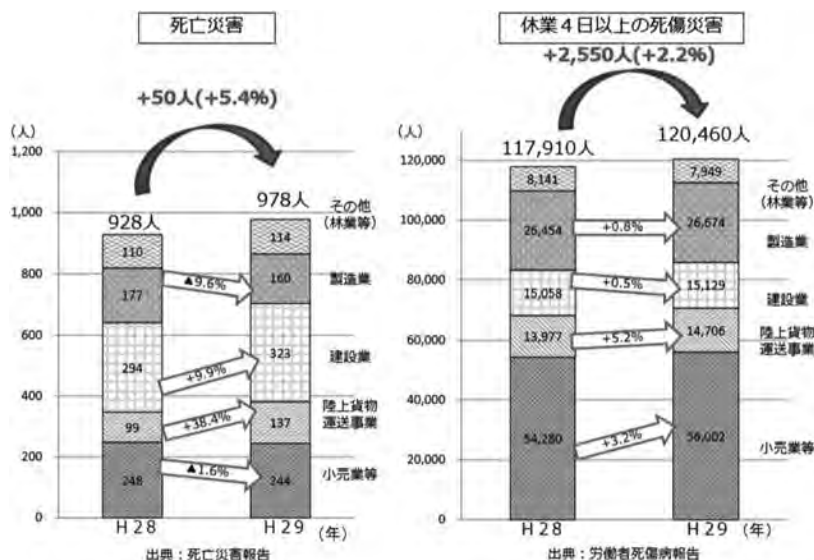


図-5 平成29年労働災害発生状況(出展:厚生労働省)

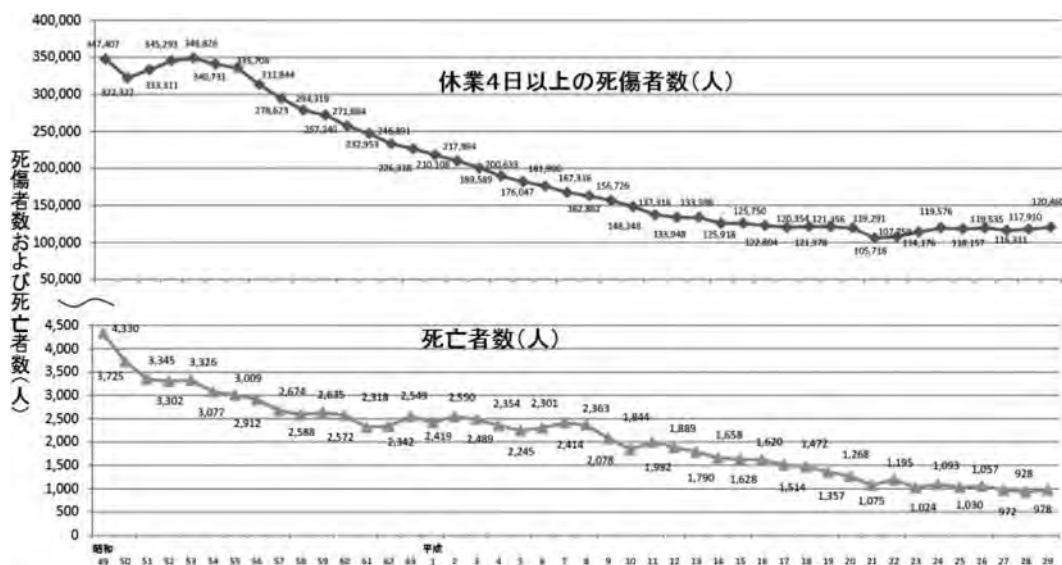


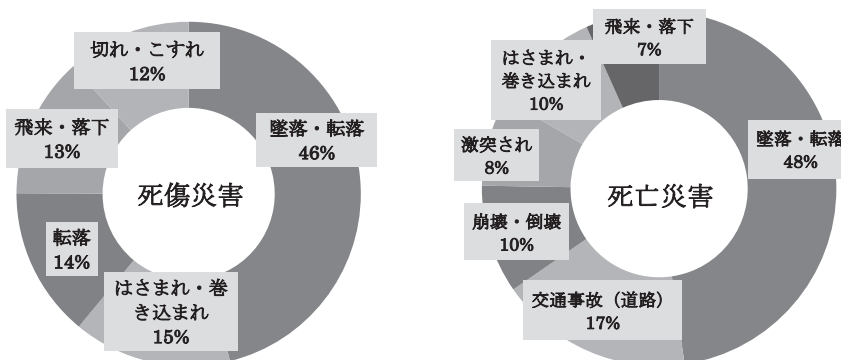
図-6 労働災害発生上の推移(出展:厚生労働省)

統計

表一 建設業における事故の型別 労働災害発生状況（出展：厚生労働省）

[人]

	H25	H26	H27	H28	H29
死傷災害	17,189	17,184	15,584	15,058	15,129
事故の型別					
墜落・転落	5,983	5,941	5,377	5,184	5,163
はさまれ・巻き込まれ	1,889	1,892	1,731	1,585	1,663
転落	1,621	1,795	1,546	1,512	1,573
飛来・落下	1,802	1,655	1,545	1,457	1,478
切れ・こすれ	1,632	1,568	1,409	1,422	1,312
死亡災害	342	377	327	294	323
事故の型別					
墜落・転落	160	148	128	134	135
交通事故（道路）	33	45	28	39	50
崩壊・倒壊	27	26	29	27	28
激突され	27	26	29	22	23
はさまれ・巻き込まれ	19	38	34	19	28
飛来・落下	20	18	25	15	19



図一 7 事故の型別内訳（出展：厚生労働省）

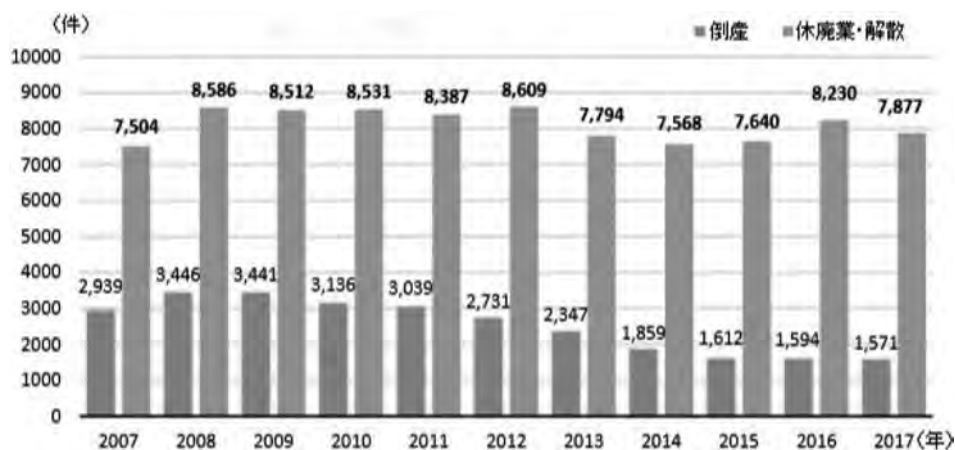
6. 倒産件数の推移

2017年の企業倒産件数は、前年8,164件より2.6%増の8,376件となり、リーマン・ショック後で1万3,306件となった2009年以来8年ぶりに増加した。

建設業の倒産については、前年比1.1%減の1,571件であった。職別工事業において前年比3.6%増の638件となり6年ぶりに増加

に転じたものの、底堅い公共工事や民間設備投資を背景に、建設業全体としては9年連続の前年比減となった。

一方、休廃業・解散件数については、前年より43減少し7,877件であり、全体の約3分の1を占めた。建設業では、好調が続く業界環境を反映して、休廃業・解散の押し下げ要因となっているが、各産業において後継者不在の状況が続いており、代表の高齢化と相まって、否応なく休廃業・解散を選択する企業の増加が懸念されている（図一8）。



図一 8 建設企業の倒産、休廃業・解散の推移（出展：国土交通省）

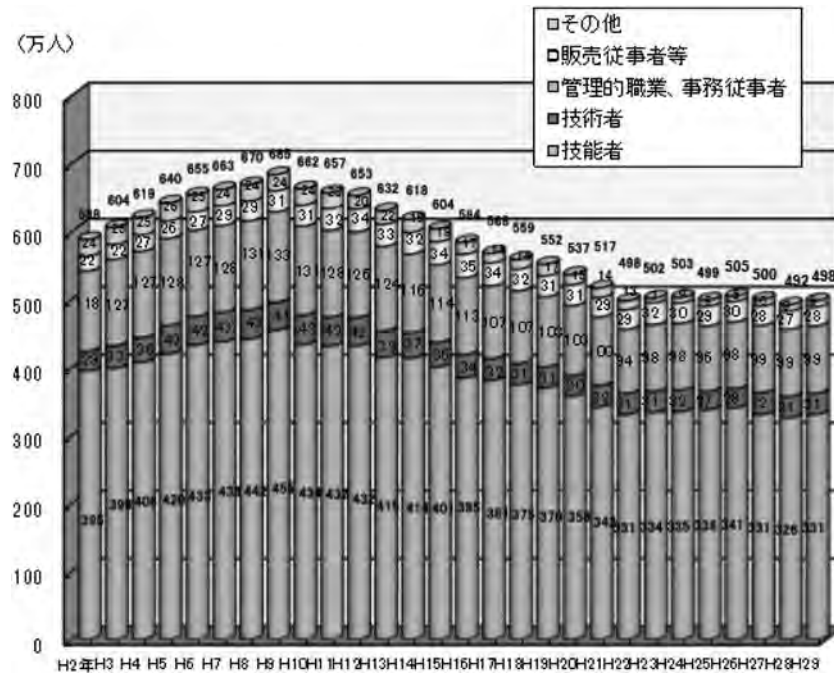
7. 建設業就業者数の推移

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

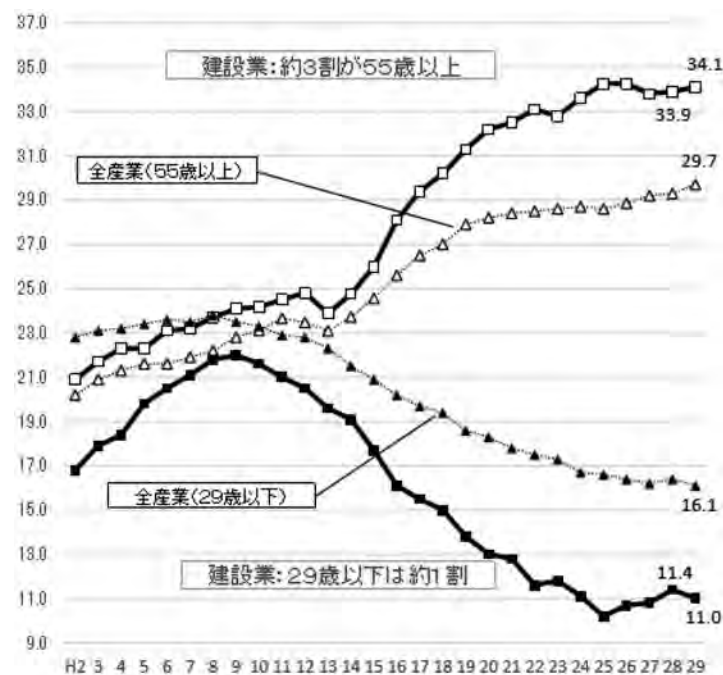
平成29年の技術者や事務系を含めた建設業就業者数は498万人であり、前年の492万人より6万人増加した。

建設業に従事する技能労働者数についても平成9年の455万人をピークとして減少が続いてきたが、平成29年の技能労働者数は331万人となり、前年度より5万人の増加となった（図－9）。

また、建設業の就業者を年齢層別にみると、平成29年度の建設業就業者数の年齢層は、55歳以上の割合は前年度より0.2%増加し34.1%となった一方、29歳以下の割合は前年より0.4%減の11.0%となった。



図－9 建設業就業者数の推移（出展：総務省）



図－10 建設業就業者の年齢層の推移（出展：総務省）

／ 総 計

建設業では、3割以上の就業者が55歳以上となっている一方、29歳以下の就業者は約1割となっており高齢化が進んでいる状況にある（図—10）。

8. おわりに

昨今わが国は、「大阪府北部を震源とする地震」、「平成30年7月豪雨」、「平成30年北海道胆振東部地震」など一連の災害により、各地で大きな被害が発生している。

建設業は、これらの災害からの復旧・復興工事、また今後も増加していくことが予測されているインフラの維持更新やマンション等

の大規模修繕に寄与するわが国の基幹産業である。また、2020年に開催が予定されている東京オリンピック・パラリンピック競技大会の関連工事等を通じて、わが国の経済成長につなげていく役割を担う産業である。

昨今、人口減少や少子高齢社会化に伴い、建設就業者の担い手が不足することが懸念されている。このため、国土交通省等関係省庁、関係機関では労働環境等の整備、ICT活用による省力化が検討されている。

建設業就業者の確保、生産性の向上等の取組みにより、建設産業が国民の安全・安心に寄与できる産業であり続けることを切に願う。

（文責 清水）



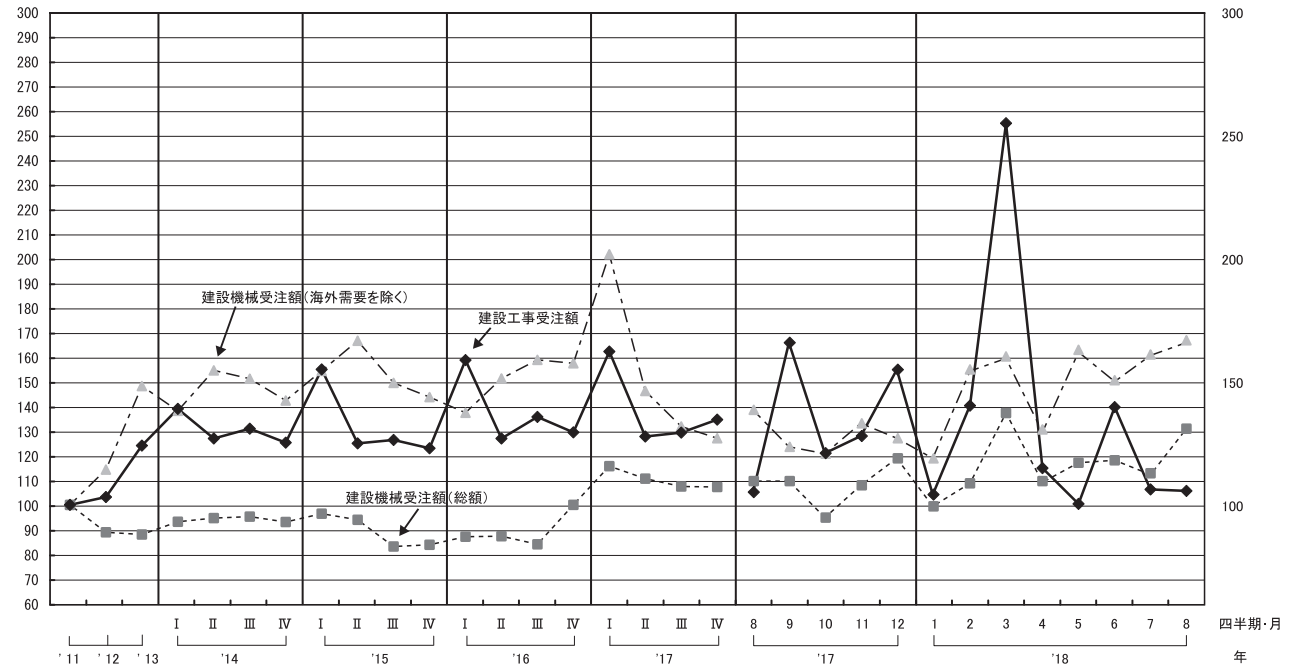
統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2011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 2011年平均=100)

受注額

受注額



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							
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4,993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5,247	3,309	98,626	48,366	151,269	134,037
2017 年	147,828	101,211	20,519	80,690	36,650	5,183	4,787	99,312	48,514	165,446	137,220
2017 年 8 月	9,339	6,346	1,566	4,780	2,543	341	110	6,715	2,624	161,441	10,088
9 月	14,762	10,547	1,941	8,606	2,752	640	823	10,104	4,658	161,902	13,482
10 月	10,757	6,941	1,246	5,695	2,719	815	282	6,898	3,859	163,724	9,897
11 月	11,379	8,357	1,883	6,474	2,018	423	582	7,580	3,800	163,423	12,380
12 月	13,789	10,120	2,613	7,507	3,265	- 4	407	10,202	3,586	165,446	14,276
2018 年 1 月	9,256	6,082	1,439	4,644	2,213	491	469	6,269	2,987	165,251	9,284
2 月	12,479	8,030	2,160	5,870	3,428	383	638	7,722	4,757	159,835	20,576
3 月	22,717	15,428	3,004	12,424	5,894	556	839	14,500	8,216	171,191	22,294
4 月	10,212	7,007	1,473	5,534	2,473	438	293	5,763	4,448	171,322	11,334
5 月	8,921	6,449	2,271	4,178	1,940	330	202	6,091	2,830	161,200	8,310
6 月	12,424	9,114	2,245	6,869	2,100	487	723	8,989	3,435	171,024	13,637
7 月	9,439	6,656	2,205	4,451	1,445	358	980	6,221	3,217	170,413	9,782
8 月	9,390	6,336	1,863	4,474	2,564	380	109	6,512	2,878	-	-

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	11 年	12 年	13 年	14 年	15 年	16 年	17 年	17 年 8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	18 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月
総 額	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	1,785	1,785	1,542	1,757	1,936	1,617	1,770	2,237	1,784	1,906	1,923	1,836	2,132
海 外 需 要	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	1,281	1,336	1,103	1,273	1,474	1,185	1,206	1,654	1,309	1,313	1,375	1,250	1,525
海外需要を除く	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	504	449	439	484	462	432	564	583	475	593	548	586	607

(注)) 2011～2013 年は年平均で、2014～2017 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2017 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

行事一覧

(2018年9月1日～30日)

機械部会



■油脂技術委員会

月 日：9月4日(火)

出席者：豊岡司委員長ほか19名

議 題：①燃料エンジン油分科会…バイオ燃料の最近の話題 ②高効率作動油分科会…高効率作動油/試験内容に関する意見ヒヤリング結果 ③規格普及促進分科会…a) JAMA エンジンオイルセミナー2019の件, b) マイクロクラッチ標準油ラウンドロビンテスト進捗報告 ④油脂技術委員会…a) JCMS 油脂規格普及促進協議会運営委員会の改組及び会議運営法についての議論, b) 平成30年度上期活動結果, 下期活動計画作成の件, c) 日本建設機械要覧の見直しについて

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：9月12日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか17名

議 題：①基礎工からの寄稿依頼の対応について ②薬液注入工法について ③各社製品説明…日本車輛製造㈱のアースドリル, 三点杭打機の説明 ④各社トピックス…㈱技研製作所の会社紹介とインプラント工法に関する説明 ⑤11月コマツ IoT センタ見学会の概要紹介

■路盤・舗装機械技術委員会 総会

月 日：9月13日(木)

出席者：山口達也委員長ほか44名

議 題：①開会挨拶 ②平成30年度活動経過報告 ③第4次排ガス規制対応道路建設機械に関する発表(2件) ④道路建設機械最新技術の動向に関する発表(6件) ⑤住友建機㈱千葉工場～JFE スチール㈱東日本製鉄所見学会の概要説明 ⑥閉会挨拶

■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：9月19日(水)

出席者：岩野健委員長ほか6名

議 題：①ICT 技術に関するアンケートの件…a) アンケート結果に対するヒヤリング項目の確認, b) ヒヤリング実施日程ほか検討 ②見学会の計画について…a) カヤバシステムマシナリー㈱見学会(9/28(金)), b) 山岳トンネル見学会(新東名高速道路「高取山トンネル」)(12/5(水)), c) シー

ルドトンネル見学会 ③後継者育成のための講演会について…日程, 講演者, 講演内容の調整 ④JIS 見直しの件

■原動機技術委員会

月 日：9月20日(木)

出席者：工藤睦也委員長ほか21名

議 題：①前回の議事録確認 ②建設機械の次期燃費基準の件 ③次期特殊自動車排気ガス規制の状況 ④海外排出ガス規制の動向についての情報交換 ⑤ディーゼルエンジンの自動車(乗用車を除く)から排出される亜酸化窒素およびメタンの測定値(文献) ⑥油脂技術委員会より報告 バイオ燃料の最近の話題

■トラクタ技術委員会

月 日：9月25日(火)

出席者：椎名徹委員長ほか5名

議 題：①次期燃費基準の件…未認定機械調査結果報告 ②製品トピックス紹介…コマツ ICT プルドーザの紹介

■ダンプトラック技術委員会

月 日：9月27日(木)

出席者：田中哲委員長ほか5名

議 題：①各社トピックス…キャタピラージャパン 大型ホイールローダの製品紹介 ②安全装置/システム…自動車の自動ブレーキについて ③ホームページの見直しの件 ④JIS 見直しについて

■トンネル機械技術委員会 見学会 カヤバシステムマシナリー㈱ 三重工場見学会

月 日：9月28日(金)

参加者：岩野健委員長ほか13名

見学会内容：①工場見学…精密機械製品生産ラインの見学, 会社説明 ②機械見学…自由断面掘削機ブームヘッダー RH-250MB-SL

製造業部会



■製造業部会 幹事会

月 日：9月18日(火)

出席者：豊岡司部会長ほか13名

議 題：①「建設機械の高度化による省CO₂ 効果実証事業(環境省, 国交省連携事業)」について国交省ご担当からの概要説明と意見交換 ②i-Construction 推進状況の説明 ③ISO13766(土工機械の電磁両立生 EMC 規格)改正の件(電波暗室の状況について) ④H30 年度上期活動実績報告の件 ⑤製造業部会の進め方に関しての討議

建設業部会



■三役会

月 日：9月6日(木)

出席者：金丸清人部会長ほか2名

議 題：①「i-Con 事例」及び「ICT 安全の事例」アンケート回答の途中状況検討 ②その他

■機電交流企画 WG

月 日：9月11日(火)

出席者：進邦康成主査ほか8名

議 題：①第22回機電技術者意見交換会について・申し込み状況・当日の調整など ②H30 年度第1回若手現場見学会の詳細 ③その他・機電職就活パンフについて

■平成30年度第1回若手現場見学会

月 日：9月14日(金)

出席者：落合博之委員長ほか23名

見学先：①住友建機㈱ ICT 研修センター…住友 ICT 建機及び FVM2 の説明・試乗(MG/MC の運転) ②住友重機械建機クレーン㈱(HSC) 名古屋工場…クレーンの製造から検査までの流れを視察

■機電 i-Con 現場 WG (臨時開催)

月 日：9月26日(水)

出席者：宮内良和主査ほか1名

議 題：①「i-Con 事例」及び「ICT 安全の事例」アンケート回答の途中状況検討 ②その他

レンタル業部会



■レンタル業部会

月 日：9月6日(木)

出席者：平清二郎部会長ほか14名

議 題：①平成30年度上期事業報告内容について ②分科会活動状況報告 ③各社の取組事項, 部会員共通の問題, 課題について ④その他(11月予定の見学会について)

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：9月5日(水)

出席者：見波潔委員長ほか19名

議 題：①平成30年12月号(第826号)の計画の審議・検討 ②平成31年1月号(第827号)の素案の審議・検討 ③平成31年2月号(第828号)の編集方針の審議・検討 ④平成30年9月号～平成30年11月号(第823～825号)の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：9月27日（木）

出席者：山名至考分科会長ほか2名

議 題：①「H30 建設業の業況」素案検討（清水委員） ②その他

■新機種調査分科会

月 日：9月28日（金）

出席者：江本平分科会長ほか4名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討
②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■建設技術担い手育成プロジェクト（苫小牧工業高校出前授業（座学））

月 日：9月12日（水）

場 所：苫小牧工業高校

受講者：土木科2年生40名

内 容：①従来の道路施工とICT施工（座学） ②行政が取り組むICT活用工事とICT導入効果（座学）

講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダー

■平成30年度除雪機械技術講習会（第3回）

月 日：9月14日（金）

場 所：旭川市（道北経済センター）

受講者：130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30年度ICT活用施工連絡会

月 日：9月20日（木）

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23名

議 題：①i-Construction（ICT施工）に関する連絡事項 ②事務局体制について ③平成30年度活動計画（案）について ④その他

■平成30年度建設工事等見学会

月 日：9月27日（木）

見学場所：①北海道電力株石狩湾新港発電所建設現場 ②NEXCO 東日本北海道横断自動車道余市～小樽間工事現場

出席者：川崎博巳広報部会長ほか34名

■平成30年度除雪機械技術講習会（第4回）

月 日：9月30日（日）

場 所：稚内市（稚内海員会館）

受講者：106名

内 容：上記第3回と同じ

東北支部



■第3回 情報化施工技術委員会

月 日：9月4日（火）

場 所：仙台市 太陽生命仙台本町ビル6階 会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか25名

内 容：①i-Academy 恋地（建設ICT総合研修エリア運営協議会）について ②ICT 基礎技術講習会（東北土木技術人材育成協議会）について ③チャレンジ型ICT活用工事のアドバイザーについて ④金ヶ崎町との取組について

■ゆきみらい 2019in 新庄 除雪機械展示会に係る建築確認申請打合せ

月 日：9月5日（水）

場 所：新庄市 山形県最上総合支庁 会議室

出席者：阿曾貢貴事務局長ほか5名

内 容：①ユニットハウスの基礎構造について ②積雪荷重について ③会場敷地形状の確認 ④会場敷地内情報の確認

■学校への出前セミナー

月 日：9月6日（木）

学校名：学校法人北杜学園 仙台工科専門学校

受講生：環境土木工学科2年生32名

講 師：情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか2名

内 容：ICT 建機と従来施工（座学）

■第2回施工部会

月 日：9月7日（金）

場 所：支部会議室

出席者：坪井正博施工部会長ほか10名

内 容：①平成30年度除雪講習会開催一覧表について ②平成30年度道路除雪の手引きについて ③平成30年度パワーポイントについて

■第2回広報部会

月 日：9月11日（火）

場 所：支部会議室

出席者：浅野公隆広報部会長ほか5名

内 容：①「支部たより175号」の反省について ②「支部たより176号」の編集計画について ③「支部たより176号」の原稿執筆依頼について

■技術部会現場見学会打合せ

月 日：9月13日（木）

場 所：北上川下流河川事務所

出席者：小野由則技術部会長ほか2名

内 容：現場見学会の依頼

■ICT, UAV (i-Construction) 基礎技術講習会（宮城県・仙台市）に関する打合せ

月 日：9月20日（木）

場 所：東北地方整備局会議室

出席者：東北地方整備局 企画部技術管理課 片野正章建設専門官ほか9名

内 容：①受講者応募状況について ②運営（役割分担等）について ③アンケートについて ④CPD（CPDS）について

■除雪講習会

①弘前会場

月 日：9月26日（水）

場 所：弘前市 弘前文化センター

受講者：172名

②青森会場

月 日：9月27日（木）

場 所：青森市 ホテルクラウンパレス 青森

受講者：250名

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

【座学】・東北地方整備局におけるi-Constructionの取り組み ・宮城県における取り組み ・ICT活用工事（概要、実施方針、要領） ・3次元測量の概要と留意点（3次元測量の基礎知識、安全対策、事例等） ・ICT建機施工 ・ICT活用工事の監督・検査の留意事項 ・点群ソフト、3D設計データ ・TS、GNSS3次元計測（検査等現場計測）

【実習】・ICT建機操作実習に関する概要説明 ・ICT建機操作実習 ・レーザースキャナ計測実習 ・TS、GNSSローバー計測実習

①宮城県会場（座学）

月 日：9月26日（水）

場 所：仙台市 宮城県自治会館会議室

受講者：53名（国・自治体21名、民間32名）

②宮城県・仙台市 合同会場（実習）

月 日：9月27日（木）

場 所：岩沼市 日本キャタピラー（同）岩沼ICTセンター

受講者：午前23名（国・自治体11名、民間12名）、午後19名（国・自治体4名、民間15名）

③仙台市会場（座学）

月 日：9月28日（金）

場 所：仙台市 仙台市役所会議室

受講者：21名（国・自治体7名、民間14名）

北 陸 支 部

■ ICT 活用現場見学会 施工計画打ち合わせ

月 日：9月5日（水）

場 所：新潟国道事務所 黒埼国道維持出張所

出席者：堤雄生事務局長

内 容：当日の見学会の流れ、役割分担の決定

■ 除雪機械管理施工技術講習会 講師事前打合せ会

月 日：9月10日（月）

場 所：（一社）日本建設機械施工協会 内

出席者：穂苅正昭企画部長、堤雄生事務局長ほか5名

中 部 支 部

■ 建設機械施工技術検定実地試験

月 日：8月31日（金）～9月3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135名、2級延べ受験者360名

■ 建設施工研修会（映画会）

月 日：9月19日（水）

場 所：名古屋市中小企業振興会館

参加者：65名

■ 技術・調査部会

月 日：9月25日（火）

出席者：青木保孝部会長ほか8名

議 題：技術講演・発表会の発表テーマの選出について

関 西 支 部

■ 「建設技術展 2018 近畿」幹事会

月 日：9月13日（木）

場 所：大阪マーチャントイズ・マートビル

出席者：松本克英事務局長

議 題：①「建設技術展 2018 近畿」のプログラム及び全体概要について ②開会式出席依頼について ③注目技術賞の審査員について ④当日の動員体制について ⑤技術交流会について ⑥その他

■ 第3回広報部会

月 日：9月21日（金）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長

議 題：①行事予定 ②JCMA 関西について

■ 工場見学会

月 日：9月21日（金）

見学先：日立造船（株）堺工場

参加者：河村謙輔広報部長以下24名

内 容：日立造船（株）堺工場見学

■ 建設用電気設備特別専門委員会（第445回）

日 時：9月26日（水）

場 所：日本銀行 京都支店

議 題：①前回議事録確認 ②見学会：日本銀行京都支店

中 国 支 部

■ 1・2級建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月1日（土）～3日（月）

場 所：大竹市晴海地先（大竹晴海商業施設等用地）

受験者：1級64名、2級230名（1種28、2種224、3種4、4種38）

■ 第3回広報部会

月 日：9月5日（水）

場 所：中国支部事務所

出席者：錦織豊部会長ほか2名

議 題：①広報誌（CMnavi）49号の発行について ②広報誌（CMnavi）50号の編集について ③支部ホームページの管理について ④その他懸案事項

■ 第2回開発普及部会

月 日：9月6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平成30年度事業活動について ②その他懸案事項

■ 第1回企画部会

月 日：9月21日（金）

場 所：中国支部事務所

出席者：鷺田治通部会長ほか3名

議 題：①H30 企画部会事業実施計画について ②情報伝達訓練について ③中国地方整備局との意見交換会について ④その他懸案事項

■ 「中国地方整備局所管施設にかかる応急対策業務に関する協定」による情報伝達訓練

月 日：9月26日（水）

場 所：中国支部事務所他

参加者：鷺田治通企画部長・實田泰之施工技術副部長・役員2名ほか協定参加会員35社（内支部団体会員28社）
内 容：被災想定に対応した訓練（応急対策業務支援）を実施し、協定で定める実施体制・連絡系統の再確認を行った

■ 第3回部会長会議

月 日：9月26日（水）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか8名

議 題：①H30 支部事業実施計画の進捗について ②各部会の実施状況について ③その他懸案事項

四 国 支 部

■ 平成30年度建設機械施工技術検定【実地】試験

月 日：9月8日（土）～9日（日）

場 所：日立建機日本（株）四国支店構内（善通寺市）

受験者：1級109名、2級265名、計374名（延べ人数）

試験監督者：須田道夫総括試験監督者ほか12名

■ ICT 施工現地講習会・美馬（中島防災ステーション舗装工事）

月 日：9月14日（金）

場 所：座学…徳島県立西部防災館（徳島県美馬市美馬町中島）、現場…中島防災ステーション舗装工事

参加者：58名

内 容：①3D レーザースキャナーを用いた起工測量について ②3次元設計データ作成・起工測量データの処理について ③3次元出来形管理・3次元電子データ納品について ④3D レーザースキャナーによる測量の実務 ⑤ICT 建機による施工の実務

■ 協賛事業「平成30年度第1回四国建設広報協議会」

月 日：9月19日（水）

場 所：高松サンポート合同庁舎南館606会議室（高松市）

出席者：協議会を構成する27の団体・組織のうち20団体・組織から23名が出席。JCMA 四国支部からは山下事務局長が出席

内 容：①平成29年度収支報告と監査 ②建設フェア四国2018in 高松について ③その他

■ 第2回四国 ICT 施工活用促進部会

月 日：9月28日（金）

場 所：高松サンポート合同庁舎 低層棟2F アイホール（高松市）

出席者：部会を構成する20の団体・組織から51名が出席。JCMA 四国支部からは山下事務局長が出席

内 容：①平成29年度までの取り組み ②徳島県 ICT モデル工事取り組みの紹介 ③ICT 取り組み事例の紹介 ④i-Con 大賞の紹介 ⑤平成30年度の取り組み

九州支部



■建設機械施工技術検定試験（実地試験）

月 日：8月28日（火）～9月6日（木）

場 所：コマツ教習所（九州センタ）

受験者：1級222名、2級714名

■i-Construction 実機体験講習会（福岡県嘉麻市会場）

月 日：9月11日（火）

場 所：コマツIoTセンタ北九州

受講者：6名

内 容：①ICT活用工事への取り組み事

例 ②ICT建機と計測器の実機体験

■i-Construction 実機体験講習会（熊本県大津町会場）

月 日：9月14日（金）

場 所：コマツIoTセンタ九州

受講者：18名

内 容：①ICT活用工事への取り組み事

例 ②ICT建機と計測器の実機体験

■i-Construction 実機体験講習会（福岡県北九州市会場）

月 日：9月19日（水）

場 所：トプコン北九州トレーニングセ

ンタ

受講者：9名

内 容：①ICT活用工事への取り組み事

例 ②ICT建機と計測器の実機体験

■企画委員会

月 日：9月26日（水）

出席者：原尻克己企画委員長ほか9名

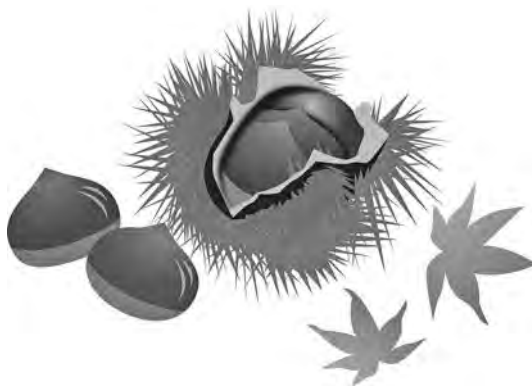
議 題：①2期i-Construction講習会の

開催について ②第2回運営委員会の

開催について ③建設行政講演会の開

催について ④ICT標準化への展開

について ⑤その他



“建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

平成 28 年 7 月号（第 797 号）



コンクリート工事、コンクリート構造 特集

- ◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上
- ◆技術報文
 - ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
 - ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術 涼徳橋上部工連続化工事
 - ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
 - ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
 - ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法、ND-WALL 工法の事例
 - ・設計基準強度 300 N/mm² の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
 - ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
 - ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
 - ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
 - ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上
- ◆投稿論文
 - ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発
- ◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 20） 小形除雪車（2）
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号（第 798 号）



i-Construction 特集

- ◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命
- ◆行政情報
 - ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介
- ◆技術報文
 - ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
 - ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
 - ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
 - ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探索 比抵抗センサーを用いた介在砂層探索技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC^{MAX}
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
- ◆投稿論文
 - ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～
- ◆交流の広場
 - ・ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み
- ◆CMI 報告
 - ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 21） 小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）



道路 特集

- ◆巻頭言 道路事業の今後と課題
- ◆行政情報
 - ・「凸部、狹窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
 - ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化
- ◆技術報文
 - ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
 - ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
 - ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
 - ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
 - ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
 - ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
 - ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
 - ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
 - ・グレーダ開発の変遷史
 - ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
 - ・除雪作業の安全性向上に関する検討
 - ・ベイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
- ◆交流の広場
 - ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
- ◆JCMA 報告
 - ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 2）
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷（その 1）黎明期～昭和 12 年
- ◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験
- ◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



800 号記念、維持管理・リニューアル 特集

◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
- ・「建設機械施工 (旧誌名: 建設の機械化)」誌創刊第 2 号, 第 3 号

◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な活用
～地方の道をだれがいかんかに守っていくか～

◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工工事

◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)」の概要, インフラ老朽化対策の主な取り組み等

◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数 100 年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事
高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介
舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械
定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

◆CMI 報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発 (続報)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 2) 昭和 13 年～31 年

平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



土工 特集

- ◆巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて

◆行政情報

- ・CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告

◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Construction を含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solution の提案

- ・i-Construction における重機 ICT コミュニケーション
ライカ アイコン テレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発
ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベル
の開発 施工効率向上を実現する Cat[®] グレードアシスト
- ・UAV 搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦
無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工における ICT 施工と CIM 化への対応
陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策
剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
- ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI 報告
- ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
- ・アスファルトプラントの変遷 (その 3) 昭和 32 年～36 年
- ◆統計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



防災、安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成
凍結管の削孔・建て込み, 凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』
山田宮古道路—山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介
国道 45 号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曽三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介
砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車
両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステム ASAM

◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

◆交流の広場 防災・災害把握へのドローンの利用

◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 4) 昭和 37 年～42 年

◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成 28 年 建設業の業況

平成 29 年 1 月号 (第 803 号)



建設機械 特集

- ◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る
- ◆行政情報
 - ・国土交通省における「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」における燃費基準の検討の動向
- ◆技術報文
 - ・新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ
 - ・最新型ホイールローダ 950MZ
 - ・新型 50t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズラフター SL-500Rf PREMIUM
 - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9t 吊クローラクレーン開発 CC985S-1 の特長
 - ・ガソリン /LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ～ 3.5 トン
 - ・リチウムイオンバッテリーを搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10
 - ・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
 - ・新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2
 - ・全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
 - ・新世代 350t 吊クローラクレーンの開発 SCX3500-3
 - ・搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス)
 - ・大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V
 - ・鉄道クレーン車 KRC810N
 - ・油圧ショベル PC138US/PC128US-11
 - ・ショベル系の開発と変遷史
- ◆交流の広場
 - ・安全の責任について考える ～技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚～
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 5) 昭和 43 年～50 年
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について

平成 29 年 2 月号 (第 804 号)



大深度地下、地下構造物 特集

- ◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために
- ◆技術報文
 - ・地下鉄建設技術と工事用機械 90 年の歴史を概観する
 - ・倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
 - ・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法

- ・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム!! リアルタイムによる施工管理システム
- ・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
- ・3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING® 工法
- ・国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越～東名) 事業に使用
- ・縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
- ・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
 - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
 - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年～58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



地球温暖化対策、環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
 - ・二酸化炭素 (CO₂) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO₂ ミニマム)セメント・コンクリートシステム
 - ・CO₂ 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
 - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
 - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
 - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
 - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
 - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
 - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
 - ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 徐放性凝集剤「J フロック」
 - ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
 - ・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化 再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み
 - ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ
 - ・おもりをを用いた工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法
- ◆交流の広場
 - ・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その7）

平成 29 年 4 月号（第 806 号）



建設業の海外展開，海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開

◆行政情報

- ・建設業の海外展開と ODA

◆技術報文

- ・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事
ベトナム国内最大の海上橋
- ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
- ・シンガポール MRT
トムソン－イーストコーストライン T207 工区
- ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績
台湾・大安電力シールド工事
- ・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバランダム建設工事
JICA Loan IP-534
- ・ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事
JICA Loan Agreement No. KE-P25
- ・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
- ・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
- ・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事

◆交流の広場

- ・日本企業による水ビジネスの海外展開

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その8）

平成 29 年 5 月号（第 807 号）



解体とリサイクル，廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

◆技術報文

- ・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
シミズ・クールカット工法
- ・最新の超大型建物解体機 SK2200D
- ・各種技術を駆使したダム撤去工事
- ・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充
- ・大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み
- ・震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

- ・産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
- ・植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」
- ・汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T
- ・新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策
- ・簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
- ・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
- ・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討

◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その9）

◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算

平成 29 年 6 月号（第 808 号）



都市環境，都市基盤整備，自然再生等 特集

◆グラビア 時代の建層（ときのけんそう）

◆巻頭言 育てる

◆技術報文

- ・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
- ・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術
原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法
- ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
- ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- ・礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例
- ・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策
樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ アクアロード」の開発
- ・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発
ハイブリッド雨水貯留システム
- ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- ・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト
- ・「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況
都市域における生物多様性向上を目指して
- ・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
- ・樹木対応型壁面緑化システムの開発
パーティカルフォレスト®
- ・時代の建層（ときのけんそう）
建設残土を利用した，時代を積み重ねる都市更新の提案

◆交流の広場

- ・セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その10）

◆統計 主要建設資材価格の動向

平成 29 年 7 月号 (第 809 号)



基礎工、地盤改良 特集

- ◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて
- ◆技術報文
 - ・高機能、施工の省力化、省資材化を達成した防潮堤の開発
ハイブリッド防潮堤の開発施工事例
 - ・ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 大深度立坑築造工事
 - ・狭隘空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と施工事例
超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18
 - ・地中障害物撤去の新技術・新工法の開発 A-CR 工法
 - ・都市高速道路における ASR 劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工
阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介
 - ・空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な小口径鋼管杭工法の開発
ST マイクロパイル工法
 - ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例
富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事
 - ・廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と施工事例
リフューズプレス工法
 - ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KS-S・MIX 工法
 - ・地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム、GNSS ステアリングシステム、3D-ViMa システム
 - ・大口径掘削杭工法対応のアースドリル開発 SDX612
 - ・三点式杭打機フェニックスシリーズ「DH758-160M」の紹介
 - ・低空頭、狭隘地で活躍する軽小型の地中連続壁掘削機の開発
MPD-TMX 工法
 - ・地盤改良工事を全自動で施工管理
ICT を導入した全自動施工管理制御システムの開発 Y-LINK
 - ・木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 1)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 8 月号 (第 810 号)



歴史的遺産・建造物の修復 特集

- ◆グラビア
 - ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去、現在そして未来へ
- ◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素
- ◆技術報文
 - ・魅せる素屋根の技術と見せる保存修理
近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場
 - ・伝統建築における設計施工一貫 BIM
薬師寺食堂(じきどう)復興事業
 - ・熊本城の櫓を鉄の腕で支える
飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
 - ・経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理

- ・国重要文化財の永代橋、清洲橋の長寿命化
- ・大規模シェル構造ラジアルゲート建設への取り組み
大河津可動堰改築ゲート設備工事
- ・新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
- ・狭山池の改修とその技術の変遷
- ・歴史的鋼橋の補修補強工事
土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介
- ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
過去、現在そして未来へ
- ・歴史的建造物の移動(曳家)、免震化(レトロフィット)工事
- ・消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖

◆交流の広場 博物館明治村

◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 2)

◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その 11)
- ・ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

◆統計 建設企業の海外展開

平成 29 年 9 月号 (第 811 号)



維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

- ◆巻頭言 社会インフラの老朽化、これは JAPAN IN RUINS ですか
- ◆行政情報
 - ・ダム再生 既設ダムの有効活用
 - ・道路の老朽化対策の取り組み
- ◆技術報文
 - ・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工
用宗高架橋(下り線)の床版取替え工事
 - ・PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁
 - ・短工期を実現した天井板撤去の取組み
神戸長田トンネル天井板撤去工事
 - ・走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)
画像・レーザー・レーダー技術による点検・調査・診断支援技術
 - ・武蔵水路「安全・安心な施設へのリニューアル」
水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績
 - ・福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策
 - ・港湾構造物の維持管理への ICT の活用
無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム
 - ・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
 - ・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術
 - ・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料
タフショットクリート®
 - ・産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と立坑掘削時における地山の変位と対策
 - ・歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存
蔵上浄水場第 1 高区配水池改良工事
 - ・船場センタービル外壁改修工事
大規模商業施設における外壁改修
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 3)
- ◆CMI 報告
 - ・構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究
鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷(その 12)
- ◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し

平成 29 年 10 月号 (第 812 号)



建築 特集

◆巻頭言 人工技能研究のすすめ

◆行政情報

- ・「適正な施工確保のための技術者制度検討会」とりまとめ
- ・建築物省エネ法の概要

◆技術報文

- ・ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事
- ・既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor
- ・VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム
- ・地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を用いたコンクリートの実用化
- ・外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発
- ・杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合工法 TO-SPCap 工法の開発
- ・スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC Co チェックシステム」アプリケーションの紹介
- ・ロボット溶接による建築現場溶接施工工法の開発と適用
- ・自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner
- ・建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の安全性を自動診断
- ・ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発

◆交流の広場

- ・デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)

◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

平成 29 年 11 月号 (第 813 号)



防災、安全／安心を確保する社会基盤整備 特集

◆巻頭言 社会資本整備を考える

◆行政情報

- ・Lアラート：防災情報共有システムの現状

◆技術報文

- ・平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面防災対策工事での分解組立型バックホウの活用
- ・国内初大型ニューマチックケーソン 2 両同時設け施工
- ・サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発 ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム
- ・熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査

- ・地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの可視化による検出システムの検討

- ・無排泥粘土遮水壁工法の開発 エコクレイウォールⅡ工法
- ・老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの機械化施工
- ・超音波振動を併用した薬液注入工法 UVG 工法
- ・石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工

◆交流の広場

- ・非常食の循環システム付き宅配ロッカー「イーバルボックス」ソリューションによる、ローリングストック実現にむけて

◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5)

◆部会報告

- ・ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械—操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告

◆統計 平成 29 年 建設業の業況

平成 29 年 12 月号 (第 814 号)



先進建設技術 特集

◆巻頭言

- ・建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」 具体化への期待

◆行政情報

- ・i-Construction 推進の取組み状況 普及促進事業の進捗
- ・国土交通省における CIM の導入・推進

◆技術報文

- ・ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
- ・総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工
- ・油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS
- ・自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の自動化
- ・次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望 ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム
- ・大水深対応型水中作業ロボットの開発 DEEP CRAWLER
- ・ドリル NAVI における新機能の開発
- ・AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発
- ・建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例
- ・次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発 EXBeacon プラットフォーム現場管理システム
- ・IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼働監視を実現、未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減
- ・移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究

◆交流の広場

- ・パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減

◆部会報告

- ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

編集後記

本号の特集テーマは「最先端の高度な建築技術の開発と実用化」ですが、今現在、様々な企業や研究機関が競うようにロボットやICTなどを活用した自動化技術の開発に取り組んでいます。ニュースなどの報道でも、こうした新しい技術を目にしない日は無い、と言っても過言ではないでしょう。ただし情報を詳細に見ると、未だ実用化には相当の時間がかかるものであったり、適用範囲が非常に狭いといったような、言わば「芽が出たばかり」の技術が多いことも事実です。

翻って建設産業はどうか。建設産業でも、現場の生産性をICTで革新するi-Constructionの普及推進はもちろんのこと、更にその先を行く先進的な研究開発が数多く行われています。それらの研究開発は、巷間に溢れる数多の新技术とは異なり、今そこ（現場）にある課題を解決す

るために、技術者がスピード感を持って開発しているものが多いのではないのでしょうか。本号でご紹介した「最先端の高度な」技術の選定においては、「実用化」に焦点を絞りました。本号でご紹介するこれらの技術が、近い将来の建設産業の生産性を飛躍的に向上させ、同時により魅力的な産業へと変える大きな推進力となると考えております。建設産業の生産性向上にはまだまだ多くの課題がありますが、これは即ちまだまだ大きな伸び代がある、とも言えます。官民には多くの熱意溢れる技術者がいますし、積極的に新技術を取り込む現場もあります。建設産業の未来は非常に明るい、と本号を通して実感することが出来ました。読者の皆様に共感頂けましたら幸いです。

最後になりますが、お忙しい中、大変貴重な原稿をご寄稿頂いた方々に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

(久保・山本)

機関誌編集委員会

編集顧問

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

編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

編集委員

林 利行	国土交通省
山口 康広	農林水産省
中村 弘	(独)鉄道・運輸機構
岡本 直樹	(一社)日本機械土工協会
加藤 誠	鹿島建設(株)
赤坂 茂	大成建設(株)
宇野 昌利	清水建設(株)
佐藤 正明	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
宮川 克己	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
竹田 茂嗣	鉄建建設(株)
松澤 享	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
鈴木 貴博	日本国土開発(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
中川 明	コマツ
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
新井 雅利	(株)加藤製作所
川井 成人	古河ロックドリル(株)
山下純一郎	(株)前田製作所
太田 正志	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

12月号「防災、災害対応・復旧・復興、国土強靱化特集」予告

・欲しい情報がきつと見つかる「防災ポータル / Disaster Prevention Portal」・都市再生安全確保に関する取組・関東技術事務所の建設技術展示館紹介・ICTが同時に学べる無人化施工訓練・既設宅地のスマート液状化対策工法の開発・道路事業における土石流対策に関する一考察・河川管理におけるUAVの活用方策に関する現地実証試験・砂防事業におけるICT活用工事の課題・さまざまな大きさの地震に対応できる制震工法・将来の気候変動を想定した積雪地帯における地すべり対策工法の確立・都市防災への活用を目的とした建築物の瞬時被害把握システムの開発・標定点無しの高精度測量を可能にするドローン測量技術の開発・火山災害対策のための情報ツールの開発・i-Constructionを加速させる長距離無線LANシステムの開発・ロッキング橋脚を有する橋脚の大規模地震対策

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料（12冊）9,252円（税・送料込）

建設機械施工

第70巻第11号（2018年11月号）（通巻825号）

Vol.70 No.11 November 2018

2018（平成30）年11月20日印刷

2018（平成30）年11月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

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

本誌上への
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

効率化は、 3DMC

3Dマシンコントロールは、アームレバーの押し引きによる「1レバー操作」だけで、ブーム・バケットをシステムが自動制御。設計面に沿った整地作業が可能なので、熟練オペレータ並のスピードと品質の施工を行うことができます。



作業効率と安全性の向上は、同時開発する必要がありました。

安全は、 衝突軽減

衝突軽減システム「K-EYE PRO」は、旋回や後方への走行時に死角エリアで人や障害物を検知した場合、ディスプレイ表示とアラームでのお知らせに加え、自動減速/自動停止。建機メーカ初*の新技术が事故抑制に貢献します。※自社調べ。



HITACHI

Reliable solutions

スムーズに、意のままに 施工図面を再現。

日立建機の制御技術を集約したマシンコントロールにより
オペレータをサポートしながら、高精度な作業を実現。
スマートフォン感覚で扱えるタッチパネルディスプレイにより、
オペレータの要求にスピーディに応えます。



写真には、一部オプション品が含まれます。

ICT油圧ショベル
ZAXIS200x

後方超小旋回型 ICT油圧ショベル
ZAXIS135usx

高精度に、図面を再現

Solution Linkage Assist

システムに登録した施工図面に沿って掘削を行うICT油圧ショベルは独自のマシンコントロール技術により、オペレータの操作をアシスト。3D/2Dに対応し、お客さまの現場に合わせてICT油圧ショベルの仕様を選択できます。

3Dシステム i-Construction®対応機

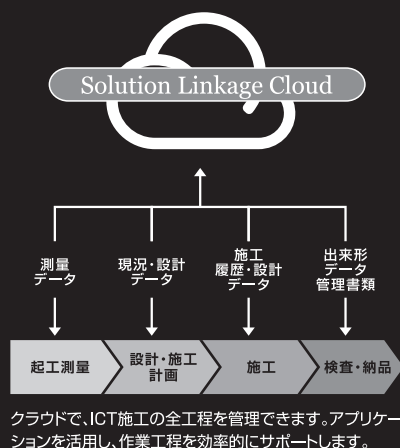
3D設計データ必要 丁張り大幅削減

※i-Constructionは、国土交通省の登録商標です。

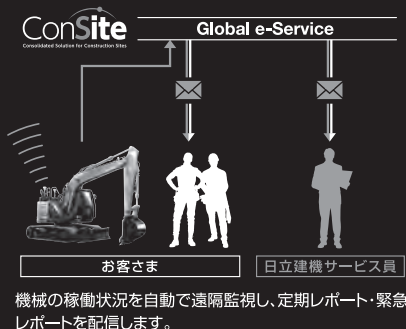
2Dシステム

3D設計データ不要 丁張りを利用

ICT施工を包括的に支援



更なる効率、安定稼働へ



 日立建機株式会社

www.hitachicm.com/global/jp/



特定特殊自動車
排出ガス2014年基準
適合車



国土交通省
超低騒音型建設機械
指定機

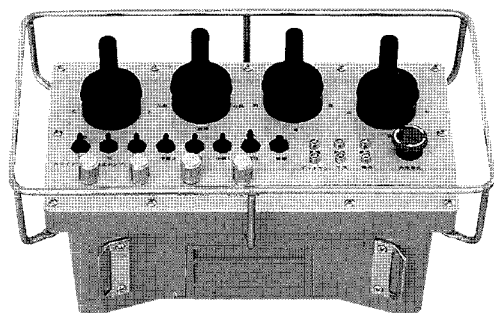


2020年燃費基準
100%達成建設機械

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

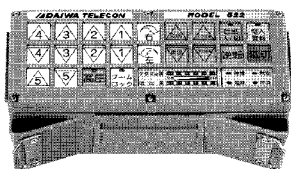
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ出力仕様**も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

「もう、こんな時間」を。
「まだ、こんな時間」に変えませんか？

まかせてください！



お気軽に
ご相談ください。

会 社案内・カタログ・社史・社内報・マニュアル・電子書籍
などの制作で、お困りのご担当者様はいらっしゃいませんか。ご担当者様のお仕事は多岐にわたり、何かとご多忙のこととお察しいたします。

そんな方には、ぜひNPC日本印刷をご紹介します。私たちのご提供できるサービスは、版下づくり、印刷・製本ばかりではありません。膨大な資料の整理、講演のテープ起こし、インタビューをもとにした原稿づくりほか、企画から仕上げまで、トータルにお手伝いさせていただいております。もちろん、コストダウンに関するご提案も承ります。どうぞ、お気軽にお声をおかけください。

月刊誌

会社案内
カタログ

社史

社内報

マニュアル

電子書籍

etc. ▶

企画、原稿づくりから
仕上げまで、トータルに
お手伝いします。

NPC 日本印刷株式会社 ☎ **(03)5911-8667** (担当:海坂)

〒170-0013 東京都豊島区東池袋4-41-24 東池袋センタービル
TEL:(03)5911-8660(代) FAX:(03)3971-1212

URL: <http://www.npc-tyo.co.jp/>

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：

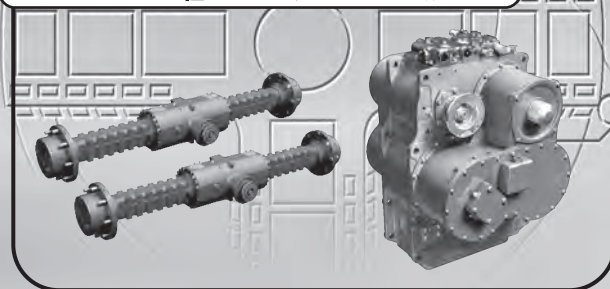
	広告掲載号	メーカー名	製品名
①	月号		
②	月号		
③	月号		
④	月号		
⑤	月号		

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

MARUMA

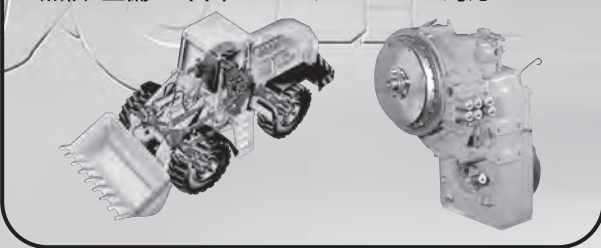
あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

イタリアDANA社のアクスルトランスミッション



建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



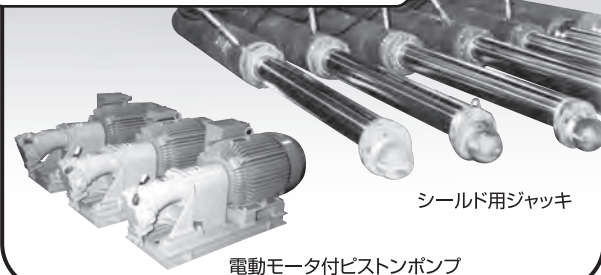
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

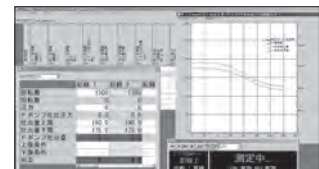
電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性の由縁です。



MH-R220は従来の油圧ドライブ型油圧機器試験機に比べ、インバータ制御電動モーター駆動、及びエネルギー回生回路の採用により大幅な消費電力量の削減を実現しました。大型油圧ポンプの試験も可能です。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京工場 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

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



小型 pH 中和処理装置

TPC-0103G 型

処理能力▶1~3m³/h



0306G 型

処理能力▶3~6m³/h

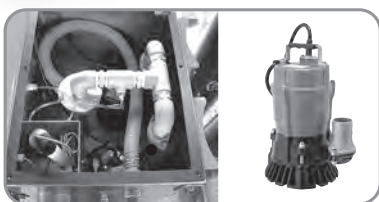


比較的小規模な土木建設現場、生コン工場、砕石工場、ゴミ焼却場、で発生する少水量のアルカリ排水を炭酸ガスを用いて排水基準内のpHに中和調整。

- 原水ポンプ不要の自吸式!
- 単相 100V 仕様!
- 炭酸ガス方式で操作が容易!
- 台車型で移動が容易!
- コンパクトで二段積可能!



写真は TPC-0306G 型



特殊エジェクタを内蔵。
また、吸引攪拌ポンプには HS 型を使用。
(0103G 型 × 1 台、0306G 型 × 2 台)



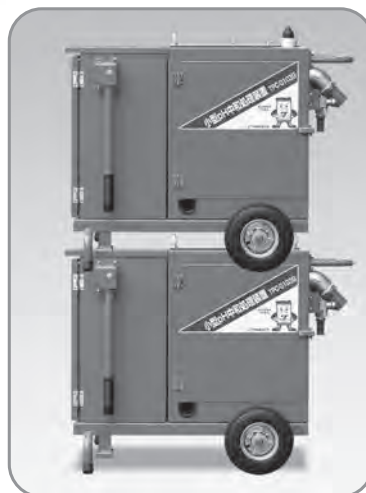
扱いやすい操作パネル
pH 記録計装備



炭酸ガス圧力調整器、
炭酸ガス注入電磁弁付



0103G 型はハンドル
折りたたみ式



両型共に二段積可能。
(写真は 0103G 型)



ツルミ小型pH中和処理装置
(TPC-0103G型 / 0306G型)
ご紹介動画をご覧ください

株式会社 鶴見製作所

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

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

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

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

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

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

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

www.tsurumipump.co.jp

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

バイプロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

タンピングランマー

MT-55H

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

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

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

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

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 リンソーサー 離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ボーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

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
(取扱価格)
防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

N/U/Gシリーズ
●2段押しスイッチ
装着可能
●モテルチェンジ！
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
●優れた
耐塵・防雨性能
●ボタンの配置自在／最大32点
●送信機はIP65相当
●自社開発 高耐久性
2段押しスイッチを
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
●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
●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
●セットで
15万円
(取扱価格)
●セットで
17万円
(取扱価格)

●モテルチェンジ！ 内部設計を一新！
●全ての互換を優先しました。
N/U/Gシリーズ
標準型
RC-8616N
●16操作16リレー
最大32リレーまで
対応可能
●堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上
●優れた
耐塵・防雨性能
●送信機はIP65相当
●ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能
●特殊スイッチ
●オーダー対応例
●自社開発 高耐久性
2段押しスイッチを
装着可能
●セットで
22万円
(取扱価格)
●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)
●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～
(取扱価格)
●ジョイスティック
2本装着オーダー例
●全押しボタン
RC-7126N
●セットで 45万円～
(取扱価格)
●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
●3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN
●ジョイスティック
●スイッチガード付き押しボタン
●全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U

チップケーブルレス Nシリーズ
●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
(取扱価格)
●片手で握り替えずに
正逆操作が入ります！
●ボタンの突起
ボタン間の仕切り一体型の
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
●従来機と
信号互換あり！
●受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ ポケットサイズの本格派！
N/Rシリーズ
●微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応
●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能
●2段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
(取扱価格)
●特許！
テルハには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更におんぶ/だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)
●取付例

リソーサー
離操作 N/U/Gシリーズ
●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
(取扱価格)
●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！
N/R/U/G
シリーズ
●微弱電波・特定小電力
ラジコンバンド
全モデル対応
●機器間の信号伝送に！
●多量の有線配線の代わりに！
標準型 セットで
TC-1305R 20.5万円 (取扱価格)
TC-1308N (微弱電波) 22万円 (取扱価格)
送信機
(外部接続入力型)
7100型
6300型
5700型
3200型
受信機
写真は
Uシリーズ

MAX サテレ-タ Uシリーズ
Gシリーズ
●特定小電力
専用モデル
●ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能
RC-9300U
●多機能多操作
(比例制御対応も可)
●金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!
●全押しボタン
装着タイプ
●セットで
95万円
(取扱価格)
●無線変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置
発破番 ES-2000R
●標準付属品付
セットで
40万円
(取扱価格)
●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)
2km～(6km)

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索



朝日音響株式会社
〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野東原43-1
FAX: 088-694-5544 (代) TEL: 088-694-2411 (代)
http://www.asahionkyo.co.jp/



Messe München

Connecting Global Competence

THE HEARTBEAT OF OUR INDUSTRY

All Keyplayers. All Trends. All Innovations.



専用サイトで
前売り入場券
好評発売中



2ホール増設し
展示スペースをさらに拡大
60万人の来場者を見込む
世界最大規模の建設機械業界
専門見本市baumaに
ぜひご来場ください。

2019年4月8日～14日 メッセ・ミュンヘン

www.bauma.de

お問合せ: メッセ・ミュンヘン日本代表部 / info@messe-muenchen.jp / Tel: 03-6402-4583

bauma

労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる
現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。
現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。
そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも
高効率な施工を実現。

GNSS* アンテナと基準局から得た刃先の
位置情報、施工設計データをもとに、
作業機操作のセミオート化を実現した世界初の
マシンコントロール油圧ショベルです。

*GNSS(Global Navigation Satellite
System)GPS、GLONASS等の
衛星測位システムの総称。



PC200i

PC300i

ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、
スリースリップが起らないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。
さらに、事前に設定した設計面に近づく自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <https://home.komatsu.jp/>

動画で紹介

