

建設の施工企画 12

2007 DECEMBER No.694 JCMMA



4足歩行型法面作業ロボット
TITAN XI

ロボット・無人化施工 特集

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！

- ◆業界随一のオーダー対応制度…「小ロット」オーダー対応、「安全対策」特注仕様対応、他
- ◆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
- ◆業界随一のフルラインアップ
- ◆25年間代々互換性を継承、補修の永続

防爆形無線機のボ－バ (BoBa)

(社)産業安全技術協会検定合格品

新小型防爆

- ▶ 小型・軽量、取り回し良好！
- ▶ 危険場所設置用受信機(*)の設置が容易！
- ▶ 特定小電力局もラインアップ！

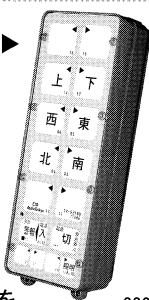
(*)オプション

少点数の防爆形クレーンに最適！

TX-6B00N/U型
送信機例
(ボ－バ6000)

微弱・特小両対応
203×78×42 420g
最大操作点数 24点
本質安全防爆構造
I2G3

★他に、多点数・
レバー対応機、
外部接点入力機を
ラインアップ！



(オプション対応)
危険場所設置用
耐圧防爆箱入り受信機
230×400×180 約18Kg 最大26リレー
耐圧防爆構造 Exd[ia] II BT4

特小チャンネル不足でお困りのかたへ

一挙解決！1.2GHz帯 特小

Gシリーズ

400MHz帯が混雑していても
新規導入可能！！

マイコンケーブルレス データケーブルレス

6000G

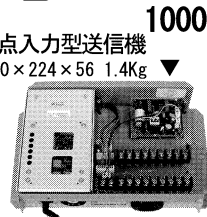
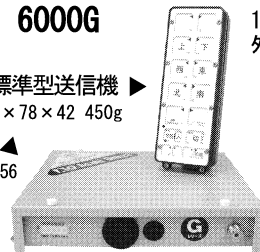
16点

1000G

外部接点入力型送信機
170×224×56 1.4kg

16点標準型送信機
203×78×42 450g

受信機
240×264×56
2.1kg



ラインアップを順次拡充予定！

お薦め

既に429MHz特小機をチャンネル数いっぱいの40台近く
導入されている事業所で新規クレーン設備等の無線化を
検討中のお客様、および高層ビル建築現場など多数の
無線化された設備が密集して使われる場所にお薦めです。

無線化実績例

ラジコンブル



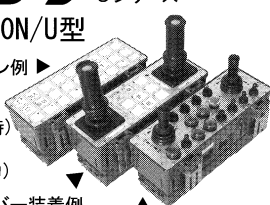
マイティ サテラ Nシリーズ Uシリーズ

微弱・特小
両モデル対応 RC-7100N/U型

レバー・特殊
スイッチ装着可能 全押しボタン例

- 最大操作数64
(オープンコレクタ出力時)
- 比例制御対応可
(電圧/電流アナログ出力)

3ノッチレバー装着例
モノレバー
2本装着オーダー例



MAX サテラ Uシリーズ

RC-9300U型

無段変速レバー
2本装着例



- 多機能多操作
- 比例制御対応可
(電圧/電流
アナログ出力)

スリムケーブルレス Nシリーズ Uシリーズ

特殊車輛

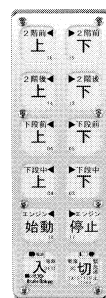
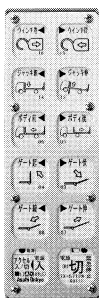


微弱・特小
両モデル対応 2段階スイッチ
装着可能

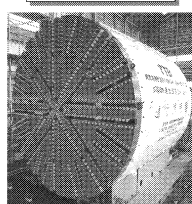
RC-5700N/U型

- 最大32リレーまで対応
- 表示LED取付など、安価で
多様なオーダー対応性
- 優れた対塵・防雨性能
…IP65相当
- 自社開発！新生2段階押し
スイッチで高い耐久性

12点オーダー対応例 (キャリアカー操作)



トンネル掘削機

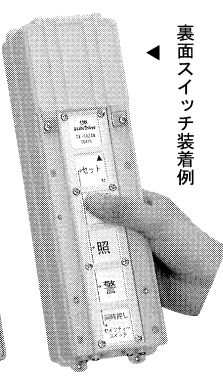
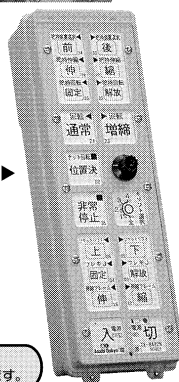


ハイパーケーブルレス

微弱・特小
両モデル対応 2段階押し・特殊
スイッチ装着可能 Nシリーズ
Uシリーズ

RC-8400N/U型

- 16操作16リレー
最大32リレーまで対応可能
- ハンディなのにロータリースイッチや
トグルスイッチ等の
特殊スイッチ装着可能



特殊スイッチ装着
押し釦ハーフビッチ配置例

裏面
スイッチ装着例

(表面だけでは操作点数が不足する場合)

コンクリートバケット



ケーブルレスミニ Nシリーズ Rシリーズ

微弱・ラジコンバンド
両モデル対応

RC-4300N/R型

- 3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

標準型



- Nシリーズ
240MHz化で安定した飛び！
・2段階押し対応可能 (オプション)

微弱・特小ともにフルラインで取り揃えていますので、
お気軽にお問い合わせください。ホームページでもご紹介しています。

常に半歩、先を走る



ベンチャー企業創出支援投資 対象企業
朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX 088-694-5544(代) TEL 088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/

東日本地区代理店
FAX 0424-92-0411
東海地区代理店
FAX 0562-46-1908
大阪地区代理店
FAX 06-6393-5632

株式会社 広進
TEL 0424-92-0410
(有)キノシタ・エシステムズ
TEL 0562-46-1905
中川システム
TEL 06-6393-5635

平成20年度

(社)日本建設機械化協会会長賞の公募について

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

平素より、(社)日本建設機械化協会の業務につきましては格別のご理解、ご支援を賜り厚く御礼申し上げます。

(社)日本建設機械化協会は、平成元年、創立 40 周年を記念して(社)日本建設機械化協会会長賞を創設し、建設事業の機械化に関し顕著な功績をあげた技術について表彰してまいりました。

今回も下記により公募いたしますので、内容ご検討の上、多数の応募をお願い申し上げます。

敬具

記

1. 表彰の目的

日本の建設事業における建設の機械化に関して、調査研究、技術開発、実用化等により、技術の向上に顕著に寄与したと認められる業績を表彰し、もって建設事業の高度化を推進することを目的とします。

2. 表彰対象者

表彰は、本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員および関係者のうち表彰目的に適う業績のあった団体、団体に属する個人およびその他の個人を対象とします。

3. 表彰の種類

表彰は、会長賞（本賞）、貢献賞および奨励賞とします。

受賞者には賞状、賞牌および副賞（1 件につき規定金額）が授与されます。

副賞賞金 会長賞・・・50 万円

貢献賞・・・20 万円

奨励賞・・・10 万円

なお、該当論文がない場合はこの限りではありません。

4. 表彰は年 1 回とし、本協会通常総会（例年 5 月）の際に行います。

5. 会長賞への応募は、応募用紙の提出により行われます。推薦書は自薦、他薦を問いません。

6. 応募は別紙「(社) 日本建設機械化協会 会長賞募集要領」によります。

7. 会長賞の選考は本協会「会長賞選考委員会」で行います。

8. 提出期限 平成 20 年 1 月 18 日（金）（必着）

9. 受賞者の成果については、当協会機関誌「建設の施工企画」に掲載いたします。

以上

(社)日本建設機械化協会会長賞募集要領

1. 候補対象 本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員および関係者のうち表彰目的に適う業績のあった団体、団体に属する個人およびその他の個人。

2. 募集の方法 候補対象の団体、団体に属する個人およびその他の個人の応募による。

3. 応募の方法 協会所定の様式による。応募用紙は協会本部／会長賞事務局にありますので、FAXまたは電話でお申し込み下さい。(当協会のホームページからも取得できます。アドレス <http://www.jcmanet.or.jp/>)

記載方法

- 「業績内容の概要」を記述する(1ページ以内)
- 「業績の内容」(下記 a から)まで項目順に、簡潔に 10 ページ以内)
 - a. 業績の行われた背景
 - b. 業績の詳細な技術的説明
 - c. 技術的効果
 - d. 経済的効果
 - e. 開発コストおよび販売価格
 - f. 施工または生産・販売実績
 - g. 類似工法または機械との比較
 - h. 波及効果
 - i. 特許、実用新案のタイトル(出願、公開、登録、国内・国外を明記)
 - j. 他団体の表彰等に応募中かすでに表彰を受けているかについて記述
- 参考資料として次のものを添付して下さい。
 - a. 特許関係(公開または登録済みのものの写し)
 - b. カタログ
 - c. 学会、技術誌等への発表論文があれば、そのコピー
- 提出部数
 - 応募用紙(「推薦書」・「業績の内容」セットのもの) 15 部
 - 参考資料 1 部

4. 審査 (社)日本建設機械化協会会長賞選考委員会において応募技術を審査し、受賞者および表彰内容を決定する。

5. 表彰 平成 20 年度 (社)日本建設機械化協会総会終了後、賞状、副賞を贈る。

6. 応募の締切期日 平成 20 年 1 月 18 日(金)(必着)

7. 提出先 〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内
(社)日本建設機械化協会 会長賞係 TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289

8. 成果の報告 受賞者の成果については、当協会機関誌「建設の施工企画」に掲載いたします。

—平成20年度—
社団法人 日本建設機械化協会

会長賞応募用紙

平成20年 月 日

受賞候補題目	
--------	--

推薦者	機関名(代表者) または氏名		
	勤務先		
	所在地	(〒)	
		Tel:	Fax:

技術開発者	グループ名、代表者 または氏名		
	勤務先		
	所在地	(〒)	
		Tel:	Fax:
	グループ名、代表者 または氏名		
	勤務先		
	所在地	(〒)	
		Tel:	Fax:
	グループ名、代表者 または氏名		
	勤務先		
	所在地	(〒)	
		Tel:	Fax:
	グループ名、代表者 または氏名		
	勤務先		
	所在地	(〒)	
		Tel:	Fax:

「推薦文」

[illegible]

業務内容

2008ふゆトピア・フェア in 千歳 除雪機械展示・実演会

入 場 無 料



主催 社団法人日本建設機械化協会
日時 平成20年1月31日(木)10:00~16:00
2月 1日(金)10:00~15:00
場所 千歳市立千歳中学校グラウンド
(北海道千歳市栄町4丁目35番地)
交通 JR千歳駅から徒歩10分
新千歳空港から車で15分
道央自動車道千歳ICから車で7分



●出 展 者●

いすゞ自動車(株)・開発工建(株)・(株)カナモト・川崎重工業(株)・(株)共栄社・(株)協和機械製作所
コベルコ建機(株)・(株)小松製作所・新キャタピラー三菱(株)・(株)拓和・TCM(株)・(株)トプコン
新潟トランス(株)・日産ディーゼル工業(株)・(株)日本除雪機製作所・(株)パトライト・範多機械(株)
日立建機(株)・日野自動車(株)・北海道ホンダ販売(株)・三菱ふそうトラック・バス(株)・矢崎総業(株)
和同産業(株)・北海道開発局 (順不同)

●お問い合わせ先●

社団法人日本建設機械化協会 除雪展係
東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館内

TEL 03 - 3433 - 1501

FAX 03 - 3432 - 0289

除雪機械展示・実演会のホームページ

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

2008ふゆトピア・フェアin千歳のホームページ

<http://www.fuyutopia2008.com/index.html>

第59回海外建設機械化視察団派遣のお知らせ

CONEXPO-CON/AGG2008 国際建設展示会他視察

(社)日本建設機械化協会では、毎年海外視察団を派遣し、海外の建設機械及び施工技術を視察し、我が国の建設機械化の発展に寄与して参りました。本年度も関係各位のご要望にお応えして、海外視察団を派遣することといたしました。

今回の主目的は、3年おきに開催され、かつ、2008年最大の国際建設機械に関する見本市である“CONEXPO-CON/AGG2008”(平成20年3月11日～15日、米国ラスベガス)の視察です。加えて、建設工事現場等の視察も予定しております。

関係各位におかれましては、本視察団に参加されることにより今後の企業活動に大いに役立つものと思われまします。つきましては、ご検討の上、是非多数の方々にご参加賜りたく、ご案内申し上げます。

期 間

平成20年3月9日(日)～16日(日)
(6泊8日)

訪 問 地 (予定)

米国 (ラスベガス、シカゴ及びサンフランシスコ)

視察目的

- ・ CONEXPO-CON/AGG2008 視察 (ラスベガス)
- ・ 建設工事現場視察等 (シカゴ及びサンフランシスコ(予定))

定 員

20名 (最少催行人員15名、添乗員同行)

参 加 費

約480,000円
(航空運賃(エコノミークラス、空港使用料・燃料サーチャージ料込み)、ホテル代(一人部屋使用)、食事代(一部除く)、ガイド・通訳(現地視察他)、専用バス等)

申込締切

平成20年2月1日(金)

日 程						
	月日	発着地/滞在地名	現地時間	交通機関	摘 要	食 事
①	3/9 (日)	成 田 発 シカゴ(オヘア) 着	17:55 15:25	UA882 専用バス	空路、シカゴへ 着後、ホテルへ (シカゴ泊)	× 機 ○
②	3/10 (月)	シカゴ 滞在	終日	専用バス	シカゴオヘア国際空港工事現場他視察 (シカゴ泊)	○ ○ ○
③	3/11 (火)	シカゴ(オヘア) 発 ラスベガス 着	10:30 12:30	UA1575 専用バス	空路、ラスベガスへ 着後ホテルへ (ラスベガス泊)	○ ○ ×
④	3/12 (水)	ラスベガス 滞在	終日		CONEXPO- CON/AGG2008視察 (ラスベガス泊)	○ × ×
⑤	3/13 (木)	ラスベガス 滞在 ラスベガス 発 サンフランシスコ 着	19:38 21:07	UA1503 専用バス	CONEXPO- CON/AGG2008視察 空路、サンフランシスコへ 着後ホテルへ (サンフランシスコ泊)	○ × ○
⑥	3/14 (金)	サンフランシスコ 滞在	終日		サンフランシスコ市内もしくは周辺現地視察 (サンフランシスコ泊)	○ ○ ○
⑦	3/15 (土)	サンフランシスコ 発	12:27	UA837	空路、帰国の途へ (機中泊)	○ 機 一
⑧	3/16 (日)	成 田 着	15:30		入国審査・通関	一 機

UA : ユナイテッド航空

●お問い合わせ先●

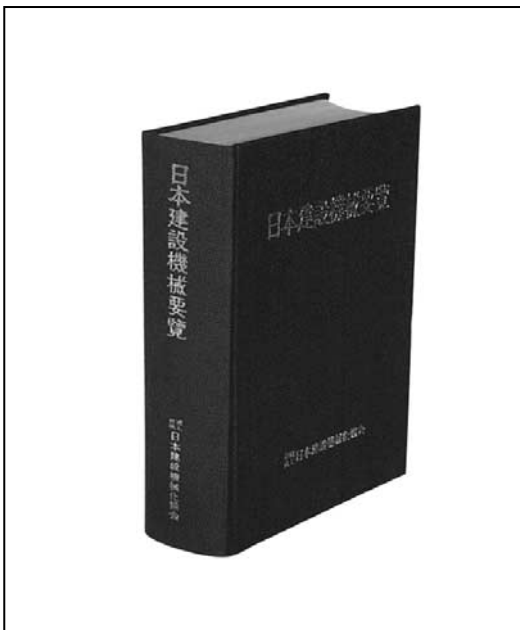
社団法人 日本建設機械化協会 海外視察団係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階
TEL 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289

2007年版 日本建設機械要覧

発行ご案内

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ご活用頂き、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、主要諸元、性能、特徴等の技術的事項を網羅しております。今回は、購読者専用Webページによる特典が付いており、2001年版、2004年版のデータもご活用頂けるため、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信じております。



体 裁

B5版、約1200頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

(消費税5%含む)

会 員 43,050円 (本体41,000円)

非会員 51,450円 (本体49,000円)

平成19年3月30日発行

(注) 送料は1冊1,050円となります。

「会 員」・・・本協会の本・支部会員または、官公庁、
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

特 典

2007年版日本建設機械要覧ご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年版及び2004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1998年から2006年までの建設機械データがご活用いただけます。

2007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、タイヤ、ワイヤロープ、検査機器等

◆ 日本建設機械化協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

個人会員は、日本建設機械化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し、建設機械・施工技術にご関心のある方であればどなたでもご入会頂けます。

★個人会員の特典

- 「建設の施工企画」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。
「建設の施工企画」では、建設機械や建設機械施工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優待価格(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、会員優待価格(割引価格)で参加していただけます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非ご入会下さい!!

◆ 社団法人 日本建設機械化協会について ◆

社団法人 日本建設機械化協会は、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。経済産業省および国土交通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。

社団法人 日本建設機械化協会とは…

- 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)
- 付属機関として「施工技術総合研究所」を有しており、建設機械・施工技術に関する調査研究・技術開発にあたっています。また、高度な専門知識と豊富な技術開発経験に基づいて各種の性能試験・証明・評定等を実施しています。
- 北海道から九州まで全国に8つの支部を有し、地域に根ざした活動を展開しています。

■会員構成

会員は日本建設機械化協会の目的に賛同された、個人会員(個人:建設機械や建設施工の関係者等)、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「建設の施工企画」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

- ・建設の施工企画(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、日本建設機械化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お使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

社団法人 日本建設機械化協会 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

社団法人 日本建設機械化協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械化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)	大正 昭和 平成 年 月 日	
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
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、会費は年度末(3月)までの月割りで計算致します。なお、1～3月に入会される場合は、入会年度の月割り会費に、次年度の会費を併せて請求させて頂きます。
- 会費には機関誌「建設の施工企画」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、日本建設機械化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。

建設の施工企画

2007 年 12 月号 No. 694

目次

ロボット・無人化施工 特集

- 3 巻頭言 ロボット化・無人化に求められるもの ―建築分野を中心として― …三浦 延恭
- 4 水中バックホウを利用した水中作業の無人化に関する取り組み ……田中 敏成
- 10 遠隔操作ロボット(ロボQ)の今後の展開 ……木村 直紀・小阪 高志・牧野千代春
- 15 建設ロボット概説 ……要覧編集委員会 第19章編集委員会
- 22 地雷除去機のロボット化と普及による国際貢献 ……雨宮 清・生田 正治
- 27 外壁タイル診断ロボットの開発と導入事例 ……遠藤 健
- 32 4足歩行型法面作業ロボット TITAN XI ……土居 隆宏・広瀬 茂男・岡本 俊仁
- 38 超高層構造物の解体工法 スカイクラッシュ工法 ―高所作業をなくして、
解体ロボットが超高層構造物を安全に解体― ……山田 祐輝・古長 達廣
- 42 災害復旧におけるロボット技術 ……藤岡 晃・小幡 克実・三村 洋一
- 48 情報化施工に基づく無人化施工の実施 ―無人情報化施工システムの完成―
……………北原 成郎・周藤 健
- 53 ニューマチックケーソン工法の無人化施工技術 ……小滝 勝美
- 58 ダムコンクリート打設自動化システム ……戸澤 清浩・石橋 則秀・石井 敏之
- 64 特別報文 アスベスト処理工事に向けた技術開発と実施例
……………塚原 裕一・中村 寛・左成 信之
- 69 交流の広場 建設機械による地雷除去の機械化“地雷除去現場 13 年の報告”
……………中込 璋
- 74 交流の広場 学生たちのロボコン奮闘記 ……澤田 祐一
- 77 ずいそう 古武術とロボット ……川副 嘉彦
- 78 ずいそう 引越し ……横井 真二
- 79 CMI 報告 建設ロボット計測支援システムの実装・実験 ……上石 修二
- 81 新工法紹介 ……機関誌編集委員会
- 85 新機種紹介 ……機関誌編集委員会
- 89 統計 建設機械市場の現状 ……機関誌編集委員会
- 94 統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移
- 95 行事一覧 (2007 年 10 月)
- 98 編集後記 ……(大林, 久留島)
- 99 「建設の施工企画」既刊目次一覧

◇表紙写真説明◇

4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI

写真提供：東京工業大学

TITAN XI は、急傾斜法面での削孔工事の自動化を目指して開

発中の 4 足歩行型法面作業ロボットである。最大全長約 10 [m]、重量 7,000 [kg] の実際に工事作業が可能な機体を有し、3 台の計算機と各種センサと油圧アクチュエータにより、脚、削孔機、牽引ワイヤを制御し、傾斜が急で凹凸のある地形に適応した移動と削孔が可能である。

2007 年 (平成 19 年) 12 月号 PR 目次

【ア】朝日音響株式会社 ……表紙 2
荒山重機工業株式会社 ……後付 2.3
【カ】カヤバシステムマシナリー株式会社 ……後付 14
コスモ石油ブリカンツ株式会社 ……後付 8

コベルコ建機株式会社 ……後付 4
コマツ ……表紙 4
【サ】新キャタピラー三菱株式会社 ……後付 5
【タ】大和機工株式会社 ……後付 12
株式会社鶴見製作所 ……後付 13

デンヨー株式会社 ……後付 11
【ハ】範多機械株式会社 ……後付 10
【マ】マルマテクニカ株式会社 ……後付 7
三笠産業株式会社 ……後付 9
株式会社三井三池製作所 ……表紙 3

三菱マテリアル株式会社 ……後付 6
【ヤ】吉永機械株式会社 ……後付 12
【ラ】株式会社流機エンジニアリング ……後付 1

平成 20 年度 (社)日本建設機械化協会会長賞の公募

本協会は、平成元年に創立 40 周年を記念し、建設事業の機械化に関し顕著な功績をあげた技術について(社)日本建設機械化協会会長賞を創設し、表彰してまいりました。今回も下記により公募しますので、多数の応募をお願い申し上げます。

表彰の目的：日本の建設事業における建設の機械化に関して、調査研究、技術開発、実用化等により、技術の向上に顕著に寄与したと認められる業績を表彰し、もって建設事業の高

度化を推進する。

表彰対象者：本協会の団体会員、支部団体会員、個人会員および関係者のうち表彰目的に適う業績のあった団体、団体に属する個人およびその他の個人。

表彰の種類：会長賞（本賞）、貢献賞および奨励賞。なお、該当論文がない場合はこの限りではありません。

応募方法：表彰は年 1 回とし、本協会通常総会（例年 5 月）の際に行います。表彰への応募は、応募用紙の提

出により行われます。推薦書は自薦、他薦を問いません。応募用紙は協会本部／会長賞事務局にて配布。詳細は HP (<http://www.jcmanet.or.jp/>) より。

提出期限：平成 20 年 1 月 18 日（金）

必着

提出先：東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館内 (社)日本建設機械化協会 会長賞係 TEL：03-3433-1501 FAX：03-3432-0289

2008 ふゆトピア・フェア in 千歳 除雪機械展示・実演会

平成 19 年度「ふゆトピア・フェア」が 2008 年 1 月 31 日～2 月 1 日、千歳市にて開催されます。その一環として本協会主催の「除雪機会展示・実演会」が行われます。最新技術を活用した除雪機械や除排雪装置、雪関連の計測機器、機材等が展示、紹介されます。

開催日時：平成 20 年 1 月 31 日（木）
10：00～16：00 2 月 1 日（金）
10：00～15：00

開催場所：千歳市立千歳中学校グラウンド（北海道千歳市栄町 4 丁目 35 番地）

出展：本年は以下の 24 の企業・機関が出展いたします（順不同）。

いすゞ自動車(株)、開発工建(株)、(株)カナモト、川崎重工業(株)、(株)共栄社、(株)協和機械製作所、コベルコ建機(株)、(株)小松製作所、新キャタピラー三菱(株)、(株)拓和、TCM(株)、(株)トプコン、

新潟トランス(株)、日産ディーゼル工業(株)、(株)日本除雪機製作所、(株)パトライト、範多機械(株)、日立建機(株)、日野自動車(株)、北海道ホンダ販売(株)、三菱ふそうトラック・バス(株)、矢崎総業(株)、和同産業(株)、北海道開発局
詳細問い合わせ先：(社)日本建設機械化協会 除雪展係 TEL：03-3433-1501 FAX：03-3432-0289 <http://jcmanet.or.jp/jyosetsu>

第 59 回海外建設機械化視察団派遣
— CONEXPO-CON/AGG2008 国際建設展示会他視察 —

3 年に一度、かつ 2008 年最大の国際建設機械に関する見本市である「CONEXPO-CON/AGG2008」が 2008 年 3 月 11 日～15 日の間、米国・ラスベガスで開催されます。

本協会は海外の建設機械および施工技術を視察する海外視察団を毎年派遣しております。本年度も第 59 回視察

団派遣を下記の要項で計画しましたので、ご検討の上、是非多数の方々にご参加賜りたく、ご案内申し上げます。

目的：「CONEXPO-CON/AGG2008」および周辺の建設工事現場等の視察
日時：平成 20 年 3 月 9 日（日）～16 日（日）

訪問地：米国・ラスベガス、シカゴお

よびサンフランシスコ（予定）

定員：20 名

参加費：48 万円程度

申込締切：平成 20 年 2 月 1 日（金）

詳細問い合わせ先：(社)日本建設機械化協会 海外視察団係 TEL：03-3433-1501 FAX：03-3432-0289

巻頭言

ロボット化・無人化に求められるもの —建築分野を中心として—

三 浦 延 恭



製造業などにおける産業用ロボットの輝かしい成果を契機として、建築生産へのロボット導入に関する研究開発が開始されてから約30年が経過した。学協会の各種委員会或いは共同研究プロジェクトなどで調査研究が進められるとともに大手ゼネコンも独自に技術開発へ取り組み、1982年には耐火被覆吹付けロボットが世界に先駆けて建築現場工事に適用された。その後、仮設工事から躯体・仕上・設備・メンテナンス・解体工事に至る広範な分野を対象に研究開発がなされ、開発事例は約170機種に上る。自動化の進んだ建設機械や道具・治具の延長線上に位置するものなど、その技術的レベルにはバラツキが見られるが、無人化というよりは作業者による遠隔操作・操縦型のものが多い。

ロボットの普及状況は、特定の現場で試験的に使用されたものから、2号機或いは3号機と改良を重ねたもの、メーカーから販売されたりリース・レンタル会社の商品となったものまで様々であるが、実用化のレベルに達したものは約20機種といわれている。現場でロボットを使用した者の評価は、安全性、疲労軽減、施工品質に対する効果は認めるが、作業能力、工期短縮、人員削減については期待に反して効果が低いとの声があり、重量・大きさ、信頼性、適応範囲、段取り作業の煩雑さなどロボットの性能・仕様面に関する不満が指摘されている。

ゼネコンのロボット開発担当者は普及を阻害している要因について、1) 自動化・ロボット化技術が未成熟である、2) 市場性が少なく開発費・製作費が高いので経済的効果が充分でない、3) ロボット化施工を前提とした建築設計や設計の事前確定が難しい、4) サブコンとの開発時における情報交換や下請契約など運用面における協調が不足している、5) 故障時の対応など保有体制が未整備である、などを挙げている。

少子・高齢化の増進や熟練労働者の減少、品質の確保など信頼性・透明性への強い要請、建設投資の急激な減少からくる企業間競争の激化によるコストダウン・生産性の追求、急速に進展する情報化への対応、建物の長寿命化や環境を配慮した持続可能な生産システムの構築など、建設産業を取り巻く社会経済情勢の

変貌に伴って、建築生産には大きな変革が求められている。建築物の品質・性能・コストなどに対するこれらの新たなニーズに対応可能な革新的な技術が求められる中、生産性の向上、安全性の確保、工期の短縮などを実現するために高度な施工技術や建設機械・ロボットの開発が不可欠である。経済産業省が策定した「技術戦略マップ2007」のロボット分野では特殊環境ロボットとして建設ロボットが取り上げられ、その技術の特徴や必要な機能・環境を明らかにした。また、2007年度「次世代ロボット知能化技術開発プロジェクト」では、人間共存環境を含めた実環境で自律的に活動するロボットのニーズが拡大することを踏まえて、高性能センシングなどの要素技術を活用しつつ、機能の高度化に必要な知能化技術を開発する事業を展開するなど、行政をはじめ多方面で検討がなされ対策が打ち出されつつある。高度な施工技術やロボットを活用した建築生産システムにおいては、工事計画・管理も複雑となるためICT（情報通信技術）の利活用も併せて推進することが求められる。

今後、建築生産をめぐる様々な問題を解決する手段の一つとして、ロボット化・無人化に関する研究開発の重要性は高い。これまでに培われてきた成果や経験は不可欠かつ有力な武器として役に立つと考えられる。普及を阻害している要因を一つ一つ克服する継続的で組織的な努力が必要である。建築業協会ロボット専門部会はロボット化を図る際に考慮すべき事項として、1) 建築ロボットは性能が良く使いやすくなければならない、2) 建築ロボットは費用対効果を満足しなければならない、3) 建築設計の自由度を大幅に損なってはならない、4) 建築生産システムのトータルな合理化に寄与しなければならない、5) 労働環境の快適化や作業内容の魅力化に繋がらなければならない、を提言している。

最先端で高度な建築技術を駆使しないと実現不可能な建築プロジェクトが現代では殆ど無いと言っても良い。ロボット化・無人化施工によっていつまでも後世に残る画期的な仕事が行なわれることを願っている。

水中バックホウを利用した 水中作業の無人化に関する取り組み

田 中 敏 成

港湾施設はその大部分が水面下に構築されるため、その整備や点検、維持・補修は水中での作業となり、それらはいまだ潜水士等の人力に大きく依存している。このような水中作業を一層安全で効率的に行う技術の確立が急がれているが、水中では濁りなどにより対象物の視認が困難であり、これらの解決は容易でない。

そこで筆者らは水中バックホウが受ける接触情報を利用し、「手応え」と接触点座標の「CG 表示」により、光学映像に頼らない遠隔操作システムを提案し、捨石均し作業への適用を試みた。また、現在ではその応用として、水中構造物の点検作業への適用も試みている。本稿ではこれら一連の取り組みについて紹介する。

キーワード：水中バックホウ、水中遠隔操作、捨石マウンド、均し作業、鋼管杭、点検作業、非接触

1. はじめに

防波堤、大水深岸壁、廃棄物埋立護岸、海上空港の整備だけでなく、水中施設の点検・診断、維持・補修作業なども今後作業量が増大することが想定されている。これらにかかる水中部での作業はますます要請が高まるものと考えられ、これらを安全かつ効率的に実施することが求められている。このことから従前よりこれらの作業への機械力の導入が強く要請されてきた。

しかしながら、施設の大部分は水中に位置することから、海上から水中部の施設を直接的に見ながら作業を実施することが困難であるだけでなく、機械力を導入し単に水中 TV カメラ等を用いて遠隔で作業を行おうとしても濁りや浮遊物質による散乱光によって作業対象物の視認が極めて困難な状況にある。このように、水中での作業環境は陸上のそれとは大きく異なるものであり、作業の無人化や遠隔操作化は容易でないことから、いまだ潜水士が多くの水中作業を担っている。

また水中では、視界の悪さや潮流などの海象条件によって作業能率が低下するだけでなく、多くの船舶が行き交う港内での作業である場合も多く、危険の察知や回避が必ずしも容易ではない。また、長時間の潜水作業は水圧による肉体への負担が大きいことから、その労働条件は陸上に比べて過酷な点も多い。すなわち、水中ではひとたび事故が起これば潜水士の生命に関わ

る事故になりかねないことから、効率性や安全性の確保が困難な水中作業にこそ無人化は有用であろう。

そこで港湾空港技術研究所では、各種水中作業の無人化について研究を行ってきた。本稿では港湾工事にかかる水中作業の無人化について、水中バックホウを利用した筆者の所属するグループの一連の取り組みについて紹介する。

2. 触覚情報を用いた遠隔操作による均し作業

(1) 遠隔操作システム

(a) 相似形入力操作

本システムの操作方式には Master-Slave 方式を採用した。これはロボットと同じ形状の操作装置を用いし、オペレータがその先端を動かせば、その各関節の角度がそのまま作業ロボットの各関節の指令値となることから、バックホウではオペレータの手首から先の動きとバケットの動きを連動させ、直感的で平易な遠隔操作を実現した。また、操作装置は相似形であるが、把持部をスティック状にし、ペンを持つように操作することで操作性と可動範囲を確保した。

なお、インタフェースの相似スケールは腕の可動範囲と操作精度から水中実機の 20 分の 1 とした。また、一般に遠隔操作では Slave にかかる負荷をフィードバックすることで操作性が向上することから、この相似形インタフェースには反力提示機構を組み込んだ。

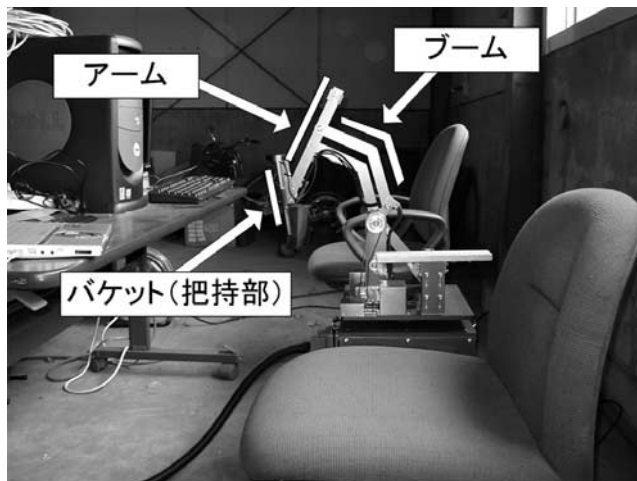


写真-1 相似形入力装置

(b) バイラテラル制御

バイラテラル制御とは、制御の対象を Master の位置と力、Slave の位置と力の4つとし、Master と Slave 間で位置と力それぞれの偏差をゼロとする双方向の制御である。ここでは無負荷時に Master-Slave 間の姿勢変位を抑える「位置対称型バイラテラル制御」を基本に、「力逆送型バイラテラル制御」を Master のバケット関節トルクにのみ適応させ、バケットのトルクに応じてその拘束力のゲインを急激に高めることで接触時の負荷に応じて手応えを変化させた。このような制御方法は比例補償ゲイン及び力伝達ゲインを接触センサの入力に基づいて可変としていることから「可変ゲイン位置対称型バイラテラル制御」¹⁾と呼ばれている。

(c) 接触センサ

本実験機ではバケットにかかるピッチングトルクを計測するための反力センサを製作し取り付けしており、機体本体の改造を少なくするため、バケット軸にとりつけるアタッチメント方式とした。機構的には平面上に引張圧縮型ロードセルを4基配置したものとし、ス

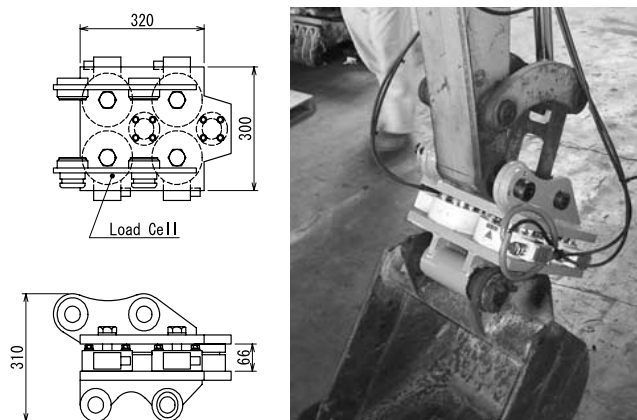


写真-2 アタッチメント式接触センサ

ラスト方向の応力をキャンセルするためのピンを設置している（写真-2）。

(d) Haptic Image

欠落した視覚情報を補完するために力のフィードバックによる力覚情報の提示が有効であることは既に述べた。ここでは各関節角から自機とバケット先端の相対座標を算出することが可能であることから、この相対座標について反力を受けた地点だけを PC 上のモニタにプロットすることで、オペレータにバケットが接触したマウンド高さを提示することとした。この反力プロット画像（CG）は作業中においても視点を変えて俯瞰することができ、作業範囲の高低差なども確認することが可能である。この画像は Haptic Image（触像）の一種であり、このような情報を人間の認識しやすい形に変換し提示²⁾することでオペレータに状況把握をさせ、作業効率の向上を図った（図-1）。

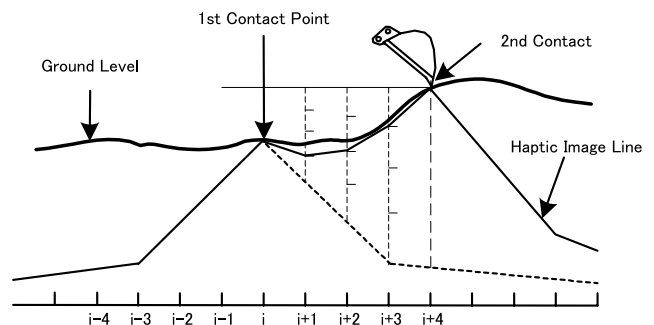


図-1 接触情報による地形認識

(2) 実海域実験機の開発

平成16年度に実施工現場における本遠隔操作システムの有効性について実証するための実海域実験機を製作した。本実験機は当研究所と共同研究を行った佐伯建設工業株式会社所有の水中バックホウ「ビッククラブ3

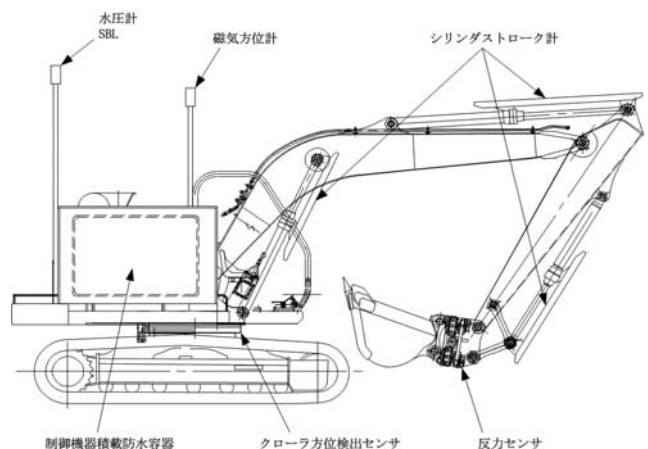
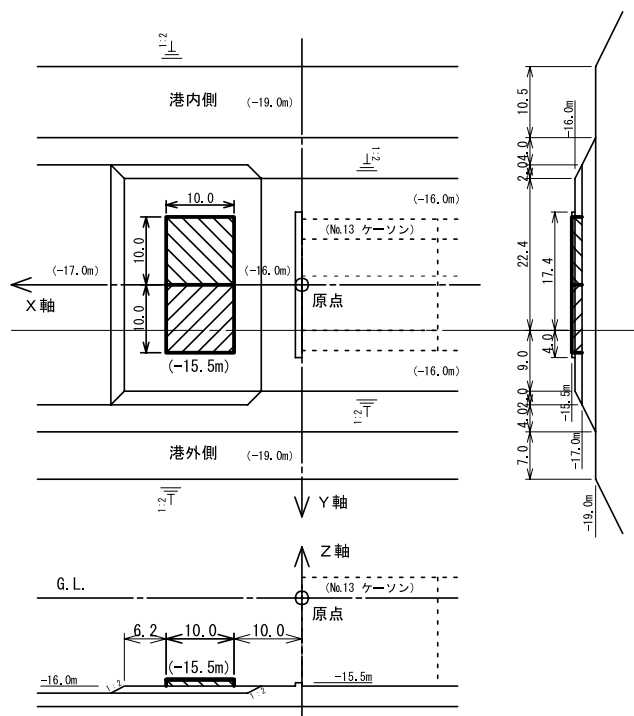


図-2 実海域実験機

号（以下 BC3）」をベースマシンとした。水中バックホウ BC3 の全景を図—2 に示す。ここではバックホウの水深を水圧計で計測することとしたが、潮位による影響はデータベースにその時間の潮位を入力することで補正することとした。

(3) 実海域実験

実験は長崎県長崎市神ノ島沖防波堤の -16.5 m 捨石マウンド上で行った。海象条件は休止日を除いて波高 50 cm 以下、透視度 5 m、潮流 0 ~ 0.3 ノットの非常に穏やかな条件であった。捨石の大きさは 5 ~ 100 kg / 個、評価範囲は 10 m × 10 m とし、対象とする作業は ± 30 cm の捨石荒均し作業とした。図—3 に実験評価範囲を示す。また、写真—3 にバックホ



図—3 実験評価範囲

ウ投入状況を示す。

オペレータは TV カメラを用いず、前述の CG のみの情報で作業を行い、必要な高さまで掘削して作業範囲外に捨てる動作を基本的な動作として繰り返した。また、データベースに入力されている設計高さと接触した高さを比較することで、オペレータは丁張りに頼らずに均し作業を実施した。

(4) 実験結果

今回の実験における均し面積は 32 m² であり、実験時間の制約から目標である 100 m² には達しなかった。作業後に撮影したマウンドの状況を写真—5 に示す。作業前は約 80 cm 程度の不陸が存在していたが、作業後にはほぼ平面に均すことができた。

遠隔操作によって施工された範囲の測量点全点を平均すると + 17 cm であり、その標準偏差は ± 8.1 cm であった。また施工管理基準 ± 30 cm を超えた点が 2 箇所あったが、目標高さより下回った点は 1 箇所であった。半数以上の測量点において + 10 cm ~ + 20 cm の間に収まっていた。写真—4 に遠隔操作の様子を示す。



写真—4 遠隔操作状況



写真—3 投入状況



写真—5 作業後のマウンド状況

3. 水中構造物の点検作業への適用の取り組み

(1) 水中マニピュレータの提案

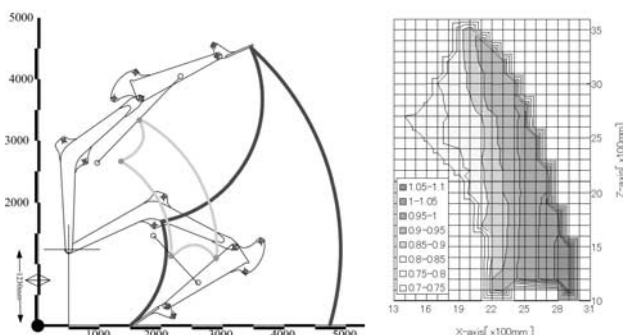
以上のように、マウンド築造工事において触像を用いた水中バックホウの遠隔操作システムの有効性を示した。しかしながら、港湾施設はその大部分が水面下に構築されるため、その整備や点検・診断、維持・補修の多くは水中での作業となり、これらも現状では潜水士に依存している。そこで、水中作業における機械化の次の段階として、水中バックホウの遠隔操作に関する成果を基に、維持補修を目的とした重作業用マニピュレータとして利用することを提案している。

元来、バックホウは様々なアタッチメントを取り付けることで、種々の作業に対応可能な汎用作業機械である。水中での当該作業においてもその汎用性が期待できることから、フォークグラブを用いた水中ハンドリングマニピュレータを研究している。

(a) 油圧作業機械の追従性向上

均し作業では問題とならなかったが、操作時の追従性低下の大きな要因は、ブームシリンダ伸長時と縮長時にその特性が大きく異なることであると考えられる。つまり、シリンダの発生力と摩擦力が平衡状態にある範囲が操作の不感帯となるだけでなく、ブームシリンダの伸長時にはその摩擦力に加えてバックホウフロント部の重量が負荷となってさらにその動きを阻害し、逆に縮長時にはその重量がブームシリンダの動きを補助することとなり、伸縮の違いで特性に差異が生じている。さらに、フロント部自体の重量は不変であるものの、その姿勢の変化によって重心位置が変化し、シリンダに掛かる負荷も変化してしまう。よって、位置偏差のフィードバックによる比例制御でバルブ開度を決定するだけでは、特に操作レバーの中立付近での細かな制御が困難であった。

そこで、フロント部の重心位置をパラメータとした重力補償マップを用意し、それを動作開始電圧値とし

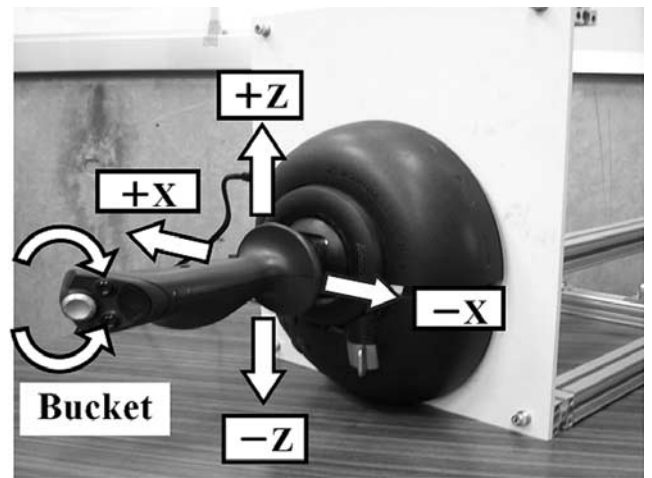


図—4 重心可動範囲・補償マップ

てブームシリンダを制御することで、エンドエフェクタの追従性と直線運動の精度を向上させた（図—4）。

(b) 維持補修作業用インタフェース

先に開発した相似形インタフェースでは長時間の操作に課題があった。また、ペンを持つように握るため、維持補修作業に必要なフォークグラブなどの複雑な操作が困難と考えられる。そこで、ジョイスティックを横置きとし、その操作角度をエンドエフェクタの速度指令とする水中ハンドリングマニピュレータの操作システムを構築している。この入力方式と前項の補償アルゴリズムを組み合わせることで、マニピュレータの先端座標を直感的に、かつ任意の方向に対して容易に直線的な軌道を取ることが可能である（写真—6, 7）。



写真—6 入力インタフェース



写真—7 ハンドリング状況

(2) 非接触型鋼管肉厚測定アタッチメントの開発

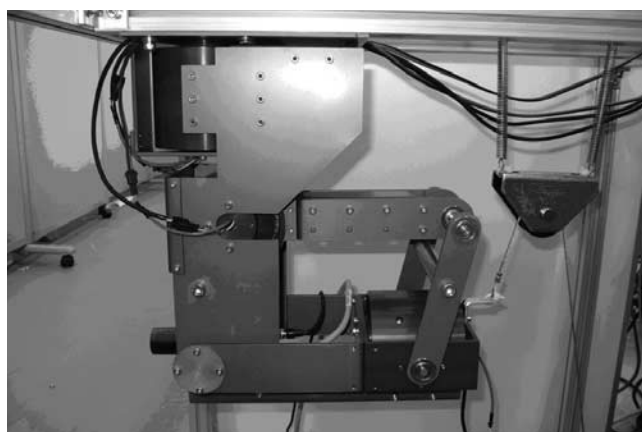
港湾施設の維持補修作業への水中バックホウ適用の試みの一つとして、鋼管杭の肉厚測定に取り組んでいる。現状では接触式の超音波肉厚計を使用していることから、潜水士のケレンによる付着生物除去作業が不可欠であるが、ここでは遠隔操作型水中バックホウと

新たな点検用センサを用いることで、水中部の無人かつ非接触（ケレン作業無し）での実施を目指している。

(a) 点検用センサの搭載機構

点検時の点検対象物との相対姿勢は、水中バックホウがいかなる姿勢を取ろうとも、常に適正に保持されなければならない。しかしながら、その先端部が世界座標系において取りうる姿勢は、地盤の傾斜を含めると3自由度であるが、バックホウ自体が制御しうる姿勢はその機械座標系における2自由度のみである。

そこで、センサ搭載部単独でロール、ピッチ、ヨーの3自由度の姿勢制御が可能なセンサ搭載機構をアタッチメントとして開発している（写真—8）。



写真—8 防水型センサ搭載機構の試験機（側面より）

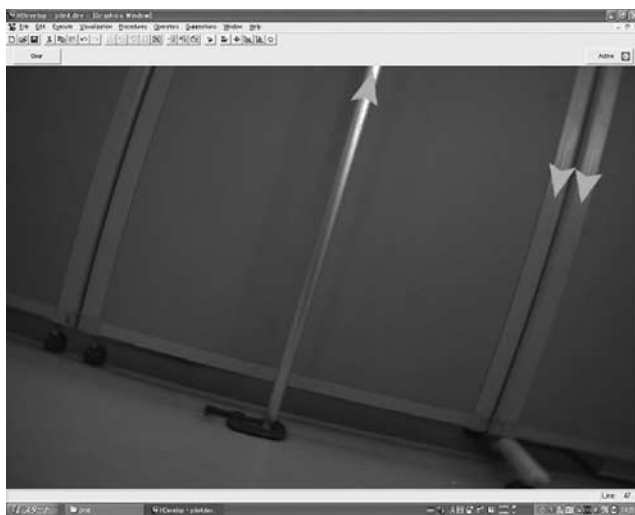
点検用センサは、点検対象物との相対姿勢を一定に保つことに加え、その間の距離を任意に制御するために、本機構の下部に前後方向に可動する直動機構とともに設置する予定である。点検用センサは超音波方式を用いるが、この装置から発せられる超音波はある距離で強い収束を伴う。不要な反射波を除去し、点検対象からの強い反射のみを得るためには、その収束点に点検部位を位置させる必要があることから、直動機構によってセンサを前後に走査しながら測定するものである。

(b) 近接画像の利用

マニピュレータの先端に設置されるセンサ搭載機構は、シリアルリンクの累積誤差を吸収する役割もある。このセンサ搭載機構には点検用センサに加えてカメラを設置し、本機構の姿勢制御やセンサ位置の微調整等の低次な制御はこのカメラによって取得される近接画像に基づいて自動で行うことを目指している。

すなわち、リアルタイムに取得され、濁りの影響が少ないであろう点検対象物の近接画像を利用して、点検対象物とセンサ搭載機構の相対位置と姿勢を適切に保持・制御することが可能な、ビジュアルサーボ系を

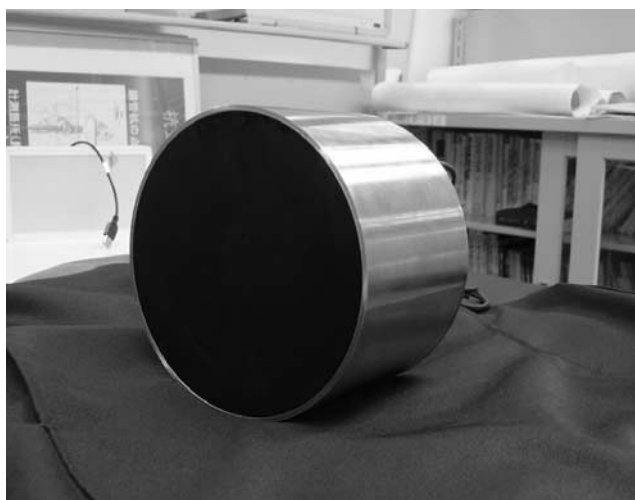
構築しようとするものである（写真—9）。



写真—9 画像計測による柱状構造物姿勢の自動認識
（「矢印」が認識された柱状構造物の傾斜方向）

(c) 点検用センサの試作

チャープ信号によるパルス圧縮を用い、鋼板裏面からの反射波と鋼板内の多重反射波を利用することで、肉厚測定が可能であるが、生物付着状態ではそれらによる音圧の減衰が顕著であるため、より広帯域かつ高出力のチャープ信号を効率的に送信できる音源が必要となった。そこで、中心周波数1 MHz、周波数帯域500 kHz～1.1 MHz、直径 ϕ 150 mm、曲率半径300 mmとした収束音源を試作した（写真—10）。



写真—10 鋼管杭肉厚測定用の広帯域収束音源

4. まとめ

触覚情報を用いた遠隔操作インタフェースの有効性を実海域における捨石均し作業で検証した。この作業は比較的単純な作業ではあるが、所定の施工精度を要求される重作業であり、作業の重要性、頻度からも最適な作業対象だったと言える。

一方、高度経済成長期に整備された数多くの港湾施設が耐用年数に近づいており、これらを健全な状態で維持・管理し、有効に活用することが求められている。本稿で紹介した筆者の所属するグループの取り組みは、このような要請に対応するものである。 JCM A

《参考文献》

- 1) 山田宏尚・武市教児・武藤高義：遠隔操作建設ロボットシステム用マスタ・スレーブ制御，日本機械学会論文集（C編）**66** [651]，pp.140-147（2000）
- 2) 秋園純一・平林文嗣・山本恭・酒井浩・矢野博明・岩崎正揮：Teleoperation of Construction Machines with Haptic Information for Underwater Applications, International Association for Automation and Robotics in Construction, pp.340-345（2004）

【筆者紹介】

田中 敏成（たなか としなり）
独立行政法人 港湾空港技術研究所
施工・制御技術部 情報化技術研究室 研究官
LCM 研究センター 特任研究官（併任）



橋梁架設工事の積算

——平成 19 年度版——

■改定内容

- 1) 鋼橋編
 - ・架設桁設備質量算定式の改訂
 - ・施工歩掛の新規及び一部追加掲載（沓据付工（ゴム沓据付工）、歩道橋（側道橋）架設工）
 - ・施工歩掛の改正（鋼橋架設工足場工）
 - ・その他（送出し・降下の数量名称簡素化，工種内容の説明補足，床版足場工簡素化）
- 2) PC 橋編
 - ・機能分離支承の設置歩掛
 - ・外ケーブルによる既設構造物の補強工
 - ・プレキャストセグメント組立工 7 分割の歩掛
 - ・その他（張出架設柱頭足場工の追記，地覆高欄作業車設備の組立解体歩掛，架設桁アンカ

一数の変更等）

3) 橋梁補修補強工事積算の手引き（別冊新刊）

■ B5 版／本編約 1,100 頁（カラー写真入り）
別冊約 110 頁 セット

■定 価

非会員：8,400 円（本体 8,000 円）
会 員：7,140 円（本体 6,800 円）

※別冊のみの販売はありません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円（但し県内に限る）

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

遠隔操作ロボット（ロボ Q）の今後の展開

木村 直紀・小阪 高志・牧野 千代春

遠隔操縦ロボット（ロボ Q）は、平成 10 年度、国土交通省九州地方整備局九州技術事務所と㈱フジタの共同開発により、災害復旧における初動体制の迅速化と二次災害防止を目的に、汎用の建設機械に現地で簡単に着脱できる遠隔操縦装置の開発を行ったものである。現在、全国の地方整備局に 12 台が導入配備されており、各地の災害復旧作業に活躍している。しかし、開発後 10 年を迎えようとしている現在、汎用建設機械の新機種増加による遠隔操縦ロボットの取付可能な機種の減少や、近年のロボット技術の発展による新たなニーズも増えつつある。本報文では、これらの課題と今後の期待を含めた展開予定について、その概要を紹介するものである。

キーワード：遠隔操縦機械、建設ロボット、災害復旧、安全・迅速

1. はじめに

毎年のように、日本各地で大規模な風水害、土石流、地震、火山噴火などの自然災害が発生している。これらの自然災害が発生した場合においては、迅速な復旧作業の着手と、復旧作業時の二次災害に対応でき、安全な施工を確保することが現場における最重要課題である。この課題に対し、国土交通省九州地方整備局九州技術事務所と㈱フジタは、危険区域内作業の無人化及び災害復旧作業における初動体制の迅速化を図ることを目的に、汎用の建設機械に現地で簡単に着脱できるコンパクトタイプの遠隔操縦ロボット（以下、「ロボ Q」という）を開発し、その技術向上と普及定着を図ってきた。

ロボ Q は、平成 10 年度にバックホウ用を開発し、続いて平成 12 年にブルドーザ用、平成 16 年に不整地運搬車用を開発した。これにより、災害現場での危険作業において掘削、積み込み、運搬、整地の一連土工作业が可能となった。

ロボ Q はこれまでに、全国の地方整備局にバックホウ用が 10 台（うち九州技術事務所に 3 台）、ブルドーザ用と不整地運搬車用がそれぞれ 1 台（九州技術事務所）が配備されている。九州技術事務所所有のロボ Q は、これまでに土砂災害現場を中心に実際の災害現場に 5 回出動し、土砂崩落の危険ある中での崩落土砂の除去作業を行った。

2. ロボ Q の概要

（1）ロボ Q の特徴

ロボ Q は必要とき必要な場所で、汎用の建設機械の運転席に取り付けることにより、遠隔操縦を可能にし、安全な場所から作業できるロボット技術である。ロボ Q の特徴は、次のとおりである。

- ① 汎用建設機械の改造が不要で、現場で着脱が可能
- ・ 遠隔操縦方式は、建設機械の改造を不要とするため操作レバーをロボットで直接動かす操作レバー駆動方式を採用している。
- ・ 操作室内の運転席を取り外し、そのスペースにロボ Q を装着する方式（写真—1）とし、建設機械本体の改造を必要としない。



写真—1 バックホウ運転席に取り付けたロボ Q

②短時間で建設機械への着脱が可能

- ・ロボ Q を 8 つのユニットに分割し（写真—2）、持ち運びが容易なサイズとし、簡便に被災地まで運搬可能である。
- ・ロボ Q の動力には空気圧方式を採用し、簡素化、軽量化を図っている。
- ・ロボ Q の取付は、ボルト締め及び配管配線の接続のみとし、特殊な工具等は不要なため、短時間で建設機械への着脱が可能である。



写真—2 ロボ Q 装置分割状況

③操作には特殊な免許が不要

- ・遠隔操縦用無線には特定小電力無線を、また、映像用無線には SS 無線を採用することによって、操作に特殊な免許は不要であり、建設機械の操作資格のみで遠隔操縦が可能である。

④ 150 m 以上離れたところから操作可能

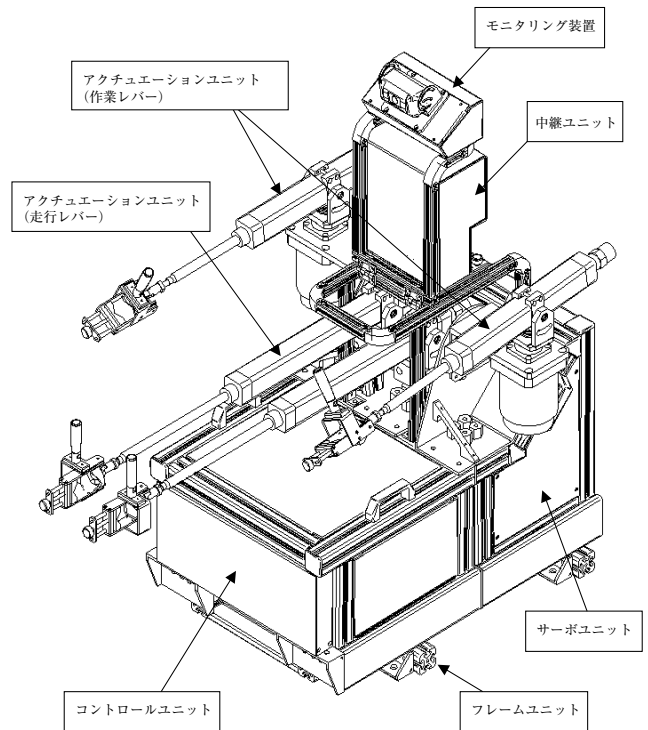
- ・特定小電力無線及びロボ Q 本体にカメラを搭載したモニタリング装置により、150 m 以上離れたところからでも操作が可能である。

⑤多くの機種に対応可能

- ・バックホウ用については、各メーカーとも操作方式が統一されているため、多くの機種に対応が可能である（一部機械を除く）。
- ・ただし、ブルドーザ用と不整地運搬車用については、操作方式が統一されておらず全国シェアの一番多い機種を対象としている。

(2) ロボ Q の構成

ロボ Q は、図—1 に示すようにフレームユニット、コントロールユニット、サーボユニット、アクチュエーションユニット（走行レバー用、作業レバー用）、中継ユニット、モニタリングユニットの 7 ユニット及びサプライユニットから構成される。各ユニットは運転席を取り外した後、順次組み立てられる。



図—1 各ユニットに分解された格納ロボ Q

アクチュエーションユニットは走行レバー用と作業レバー用があり、それぞれバックホウの走行レバーと作業レバーに固定され、遠隔操縦により空気圧でそれぞれの操作レバーを直接動かす。

サプライユニットはアクチュエーションユニットの動力源である空気圧を供給するエンジンコンプレッサで、バックホウ本体に取り付けられる。

ロボ Q 頭部に取り付けられたカメラより撮影された映像は、映像伝送装置（モニタリングユニット）によりオペレータまで伝送される。

伝送された映像は、オペレータのヘッドマウントディスプレイで、臨場感溢れる視聴覚映像が得られ、携帯型操縦装置のジョイスティックを操作することによりロボ Q を操作する（写真—3）。

ロボ Q（バックホウ用）の諸元を表—1 に示す。



写真—3 ヘッドマウントディスプレイ装着状況

表一 1 ロボ Q (バックホウ用) の諸元

項 目		内 容
取付調整員		2 ～ 3 名
取付時間		2 ～ 3 時間程度
収納ケース数		大—6, 小—1 コンプレッサー—1
総重量		約 180 kg
組立外形寸法	幅	620 mm
	奥行き	1,100 mm
	高さ	1,040 mm
主なアクチュエータ		空気圧シリンダー
無線方式		特定小電力無線 (制御用) SS 無線 (映像用)
遠隔操作距離		150 m (無線の使用環境による)

3. ロボ Q の現状

ロボ Q は、災害対策用としての用途を主眼として開発され、多くの関係者から高い評価を得ている。平成 18 年度には、沖縄県中城村の土砂災害現場での活躍と技術の高さが認められ、経済産業省主催の「今年のロボット大賞」優秀賞を受賞した (写真—4)。

しかしながら、開発後の経年変化やロボット技術の進展等により、更なる性能向上を求められている。現在のロボ Q の現状は、次のとおりである。

(1) 作業内容

バックホウの用途として、現在は掘削作業及びブレ



写真—4 沖縄県中城村での災害復旧状況

ーカ作業が可能であるが、その他の作業については、開発されておらず、有人で行うバックホウの作業全てが可能とはなっていない。

(2) 組立作業

ロボ Q は、8つのユニットに分割され、運搬用のケースに収納されており、出動時に組立作業が行われる。組立作業は、比較的簡単であり、短時間の訓練で組立技術の習得が可能であるが、ロボ Q のコントロールユニット部をバックホウ本体の操作室内の運転席を取り外し、そのスペースに取り付けるため、作業スペースが狭く、作業がしづらいこともあり 2 ～ 3 時間程度を要する。

表—2 主なロボ Q 災害等出動事例 (九州地方整備局保有機械 BF 用)

名 称	大分県朝見川 土砂災害	鹿児島県桜島野尻川 4 号ダム土石流処理	耶馬溪ダム竹ノ弦 地区法面補修	沖縄県中城村 土砂災害
出動年月	H12.6	H14.10	H16.3 ～ 5	H18.6
出動台数	1 台	2 台	1 台	3 台
被災状況等	①朝見川右岸の斜面 高さ 20 m, 幅 20 m, 深さ 5 m, 体積約 2,000 m ³ が崩壊。内, 500 m ³ の崩壊土砂 が河川を閉鎖。 ②河道内掘削等約 1,000 m ³ を掘削。	①野尻川 4 号ダム (スクリーンダム) 上に堆積した土石約 860 m ³ の撤去。	①耶馬溪ダム貯水池 管理用道路の法面崩 落が発生し、現場上 部にある県道の安全 確保及び貯水池保全 のための法面对策 ②掘削約 1,700 m ³ , 盛土約 9,000 m ³ , 盛 土法面整形約 2,300 m ² を施工。	①山の斜面が幅約 200 m, 長さ約 150 m, 崩壊土量約 14 万 m ³ の崩落。村道 を崩壊し、崩壊土砂 が下方の集落に迫り 止まっている状況。 ②仮設道路 260 m, 排水路 295 m を施 工。
現地での BF への装着時間	2 h 15 min / 台	2 h / 台	—	2 h 30 min / 台
輸送手段	トラック輸送	トラック輸送	トラック輸送	トラック輸送 + 船舶 (フェリー)
BF 能力	0.7 m ³	0.8 m ³	0.8 m ³	0.8 m ³

(3) 遠隔操作距離

遠隔操作は、特定小電力無線を使用しており、無線の使用環境にもよるが、建設機械から半径約 150 m 程度と比較的短い。

(4) 施工効率

遠隔操作による施工は、オペレータによる操作と比較して 60 % 程度であり、施工効率の向上が望まれる。

4. ロボ Q の課題と今後の展開

(1) ロボ Q の稼働場所

ロボ Q は、開発からまもなく 10 年を迎えようとしている。表—2 に開発後からこれまでのロボ Q の主な出動実績を示す。一例を挙げれば、多量の水分を含んだ崩れやすい土質の法面崩落現場への出動が主となっているが、地震等災害の規模によっては、バックホウ本体の能力の大小が問われる場合も生じると考えられる。現在のロボ Q は、0.45 m³ 級から 1.5 m³ 級までのバックホウに搭載可能であるが、地形、災害の規模等の現場条件によっては、より小さな機種や、大きな機種が必要となる可能性があり、搭載可能機種の拡大を検討する必要がある。

(2) ロボ Q の作業内容及び能力等

- ①現在のロボ Q は、掘削作業を主として開発された。前述のとおり、掘削作業の外に構造物の取り壊し作業等も考えられる。また、災害対策だけでなく、一般建設工事における危険箇所の施工への普及を考えるとオペレーターによる作業と同等な作業が出来ることが望まれる。
- ②災害出動では緊急を要するため、ロボ Q の現場への輸送及び現場での機械への取付に当たっては、迅速性が要求される。現在、建設機械の改造は必要としないが、運転席内の座席の取り外し、操作レバーを直接操作するエアシリンダー等の取付を行う必要があり、作業は狭いキャビン内で行うため、組立

作業に 2～3 人を必要としており、更なる組立作業の短縮する方法の検討が必要である（写真—5）。例えば、現在ロボ Q は、8 つのユニットで構成されるが、ユニット数を減らすと共に、各ユニットの軽量化による作業の簡素化を図る等の組立作業の短縮化に向けた検討等が考えられる。

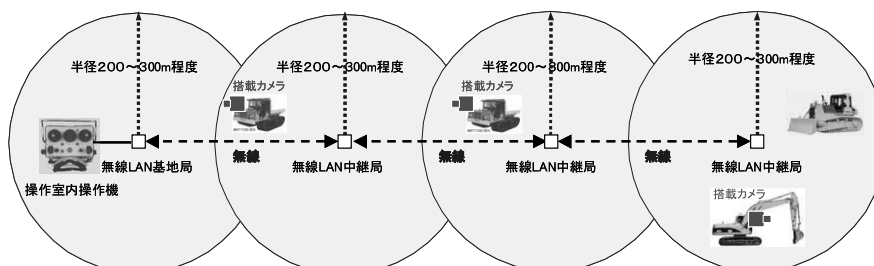


写真—5 現場でのロボ Q 組立状況

- ③広範囲な災害現場においては、遠方から操縦するための通信情報の遠距離化が重要な課題である。現在の無線システムは、制御用を特定小電力無線で、搭載カメラの映像を SS 無線で行っている。この無線システムには、以下に示す技術的な課題が挙げられる。
 - ・遠隔操縦するための制御用無線と、搭載カメラ映像用の無線がそれぞれに必要なため、稼働台数が増えた場合無線チャンネルが多数必要となり、電波干渉を生じる恐れがある。
 - ・操作機から 150～300 m 以上離れると、電波が届かず建設機械が停止する。

これらの課題の解決のため、無線 LAN システムの実証実験を行ってきた。図—2 に無線 LAN システムのイメージを示す。このシステムは従来の無線システムの技術的課題を解決し、以下の特徴を有する。

- ・操作機、基地・中継局、装置を体系化した無線回線



図—2 無線 LAN システム

でシステムがコンパクトとなり、複数の装置の制御と搭載カメラ映像の通信が同時に行える。

- ・これまでと同様に遠隔操縦用無線には特定小電力無線を、また、映像用無線にはSS無線を採用することによって、操作に特殊な免許は不要であり、建設機械の操作資格のみで遠隔操縦が可能である。
- ・中継局を追加することにより遠隔操縦可能な距離を数kmまで拡大することができる。

実験は、簡易遠隔操縦装置を使ってバックホウと近年開発された、不整地運搬車を使用し、同時に遠隔操作し、掘削・積込み・運搬といった一連の土工作業を無理なく実施出来ることが確認できた。同時に無線LANシステムの実験では、ローミング（移動局の受信電波が1つの発信基地から違う発信基地の電波に移り変わる現象）時に時間がかかる場合もあったが、その多くは想定範囲内で解決できるものであり、新たな問題ではないことを確認しており、実現場への導入が期待される。

- ④遠隔操縦ロボットを広範囲な災害復旧工事や一般建設工事に用途を広げるため、これまでに、現場実証実験において施工効率、施工精度、サイクルタイム等の調査分析を行ってきた。結果、視覚情報技術と前述の通信技術が最も重要であることが判明した。視覚情報技術は、遠隔操縦ロボットの目にあたり、最も重要な要素技術である。オペレータが運転席に搭乗しているのと同じ広範囲な映像をいかに再現するか？現場条件に見合った最適な視覚情報システムを検討することが重要である。一方、通信技術は制御情報や映像情報を送信するだけでなく、いかに鮮明な映像を遅延なく遠距離まで送信するかがポイントとなる。

遠隔操縦ロボットを広範囲な災害復旧工事や一般建設工事に用途拡大していくためには、上記の要素技術の開発状況を踏まえ、次に示す技術的課題として、

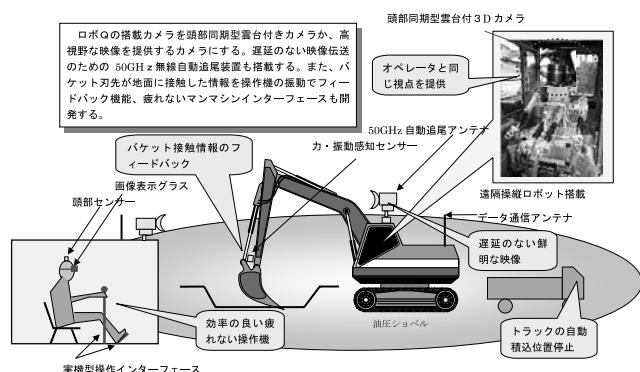


図-3 新たな視覚情報等システムのイメージ

- 画像伝送システムの遅延量改善
- 広視野映像・立体映像システムの開発
- バケット接触・負荷情報伝達システムの開発
- 測量・位置認識技術等の情報化施工技術の開発導入

の解決を図り、さらに技術改良を加えていくことが重要であると考え（図-3）。

5. 終わりに

近年、各地で多発する災害は、広域にわたり国及び地方自治体も対応に苦慮している。これらの初期の対応は、迅速に対応できる体制の確保、現場における二次災害への安全性の確保はもちろんであるが、施工時のスピード（施工効率）の向上も重要な課題である。また、一般建設工事においても、建設事故の予想される危険箇所の施工が多く、これらの施工に対し、ロボQの積極的な活用による工事の安全確保を図るための運用を行っていく予定である。そのためには、今後の検討に当たって、災害復旧作業等の二次災害防止の観点のみならず、施工効率、施工精度等を含めた総合的の見直しが必要である。

検討の主な内容として、ロボQの作業内容の拡大、組立時間の更なる短縮、施工効率の向上、施工精度の向上等の様々な検討課題を残しており、更には近年のロボット技術の急速な発展により、ロボQへも現場からの新たなニーズが多く生まれてくると思われる。

今後は、これらの課題やニーズに応えるべく、絶えず改善に努め、使い易いロボQへ進めていく考えである。

JICMA

【筆者紹介】

木村 直紀（きむら なおき）
国土交通省
九州地方整備局
企画部 施工企画課
課長



小阪 高志（こさか たかし）
国土交通省
九州地方整備局
九州技術事務所
副所長



牧野 千代春（まきの ちよはる）
国土交通省
九州地方整備局
九州技術事務所 機械課
課長



建設ロボット概説

要覧編集委員会 第19章編集委員会

我が国では、1977年建築内装組立自動化システムの研究を皮切りに、1982年に本格的なロボットとして耐火被覆の吹付ロボットが開発され、以降総合建設業や建設機械メーカーを中心とした建設作業のロボット化の研究開発が進められた。バブルが崩壊すると、研究開発が停滞し、建設産業は他の産業に比べ、労働生産性や収益率において大きく水をあけられることとなった。しかしながら2000年代に入り、IT技術と連動した新たな建設ロボットが登場してきた。

本報文は「日本建設機械要覧2007 19.1 建設ロボット」の概説を紹介するものであり、表1に、2004年以降に主な関連学会誌、機関誌、論文予稿集に掲載された開発事例を示した。建設ロボットは、建設産業が抱える課題を解決する手段として、今後の開発・普及促進が期待されている。

キーワード：建設ロボット、自動化システム、吹付ロボット、土工機械、労働力不足、省人・省力化、診断・点検システム、無人化施工機械、ビル建設自動化、労働生産性、マニピュレーション機能、プログラム制御、ICタグ、RT、IT

1. 概説

我が国における「建設ロボット」の研究開発の着手は、1970年代後半とされている。1980年代に入り、民間の設備投資の伸びが堅調に推移したことに支えられ、総合建設業や建設機械メーカーを中心に「建設ロボット」に対する研究開発が本格的に開始された。

土木分野では、国内の大型プロジェクト（青函トンネル・本州四国連絡橋など）が多数あり、数多くの技術者、研究者が建設ロボットに関わる研究開発に携わっていた。

建築分野では、バブル経済による労働力不足が顕著となり、省人・省力化を目指した研究開発がピークを迎えた。

開発された建設ロボットの事例は、まず土木分野では土工機械の自動制御や遠隔操縦から始まり、シールド掘進機やNATM用コンクリート吹付機、災害復旧工事によって開発が促進された無人化施工機械などが挙げられる。

一方建築分野では、耐火材吹付ロボット、クレーン関連の自動化装置、コンクリートの打設および均し装置、外壁塗装装置、外壁診断装置、資材搬送システムなどが開発された。さらに、ビルの全体をロボット化の対象としたビル自動化施工のシステムが開発された。

ここで記述する「建設ロボット」とは、①建設工事に関連する施工または二次製品、資材の製作、加工、搬送を行う機械・装置であること、②「マニピュレーション機能または移動機能」、「プログラム制御」、「自由度の高い動作」、「条件変更に対する柔軟性」を有すること、③自動化のレベルは、全自動に限定せず、半自動、遠隔操作を含む、という条件に当てはまる技術とした。

2. 建設ロボットの現状

1990年代に入り、バブルが崩壊すると、労働力不足の緩和や労働賃金の低下により、建設ロボットの導入の有効性が低下してきたため、それまで活発に研究開発を推進してきた総合建設業や建設機械メーカーの研究開発活動が停滞した。この結果、建設産業は他の産業に比べ、労働生産性や収益率において大きく水をあけられることとなった。

しかしながら2000年代に入り、IT技術と連動した新たな建設ロボットが登場してきた。

2004年以降に主な関連学会誌、機関誌、論文予稿集に掲載された開発例を表1に示す。ここでは、開発済みで技術的に実用性が確認され、かつ実際の工事に対応できるものとした。また情報化施工に関するものは除いている。

表1 建設ロボットの開発（2004 年以降）

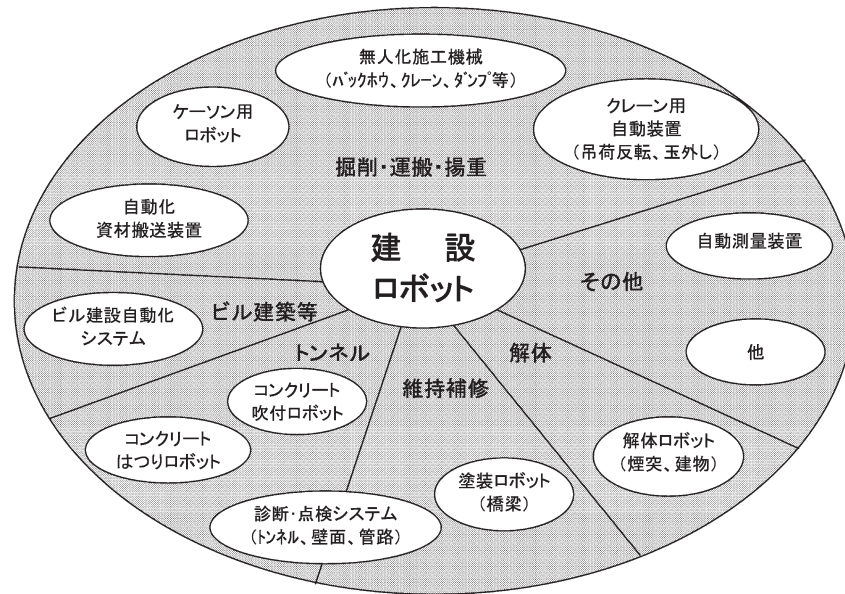
分類	機械名	開発会社	自動化の内容
〔掘削、運搬、揚重〕	鋼製スリット砂防堰堤工事用無人化施工機械	フジタ	無人ダンプトラック、無人ブルドーザ、無人振動ローラ、無人散水車、無人打設面清掃車、無人測量システム、無人バックホウ把持装置および通信システムからなる無人化施工機械群
	ブルドーザ用遠隔操縦ロボット	国土交通省九州地方整備局 九州技術事務所 フジタ	災害現場で調達が容易で、一般工事に使用している建設機械に、有人にかわってロボットを運転席に装着して遠隔操縦を可能とする
	無人ラフテレーンクレーン	国土交通省北陸地方整備局 先端建設技術センター コマツ	クレーン作業だけではなく、走行及びアウトリガ張り出しも完全に無人で遠隔操作ができる
	水中バックホウ遠隔操作システム	(独)港湾空港技術研究所	視覚情報が不十分な水中作業の遠隔操作において、作業機械から得られる接触情報（接触時に作用する反力、接触点の位置情報等）をバイラテラル操作系によってオペレータにフィードバックする
	ニューマチックケーソン（New Dream）工法における遠隔地耐力試験装置	大豊建設	大気圧下で遠隔操作無人機に地耐力試験装置を取り付け、遠隔操作により支持地盤の任意の位置へ移動させて、試験装置を設置し遠隔操作で地耐力試験を実施する一連のシステム
	ロボット浚渫船「カミザウルス」	国土交通省関東地方整備局 霞ヶ浦河川事務所 三菱重工業 エムイーシーエンジニアリングサービス	浚渫作業の実績をふまえて浚渫効率の向上、高含泥率浚渫、施工精度向上及び省力化を進めるため各種改良を加えた
	複数の遠隔操縦ロボットによる一連土工作业	国土交通省九州地方整備局 九州技術事務所	簡易遠隔操縦装置をバックホウと整地運搬台車に搭載し、掘削・積込・運搬の一連土工作业を実施
	遠隔操縦ロボット（ロボQ）	国土交通省九州地方整備局 九州技術事務所	必要な時、必要な場所で汎用のバックホウの運転席に取り付けることにより、遠隔操縦を可能にし、安全な場所から作業できるロボット
	天井走行式掘削機（ケーソン函内作業の無人化）	国土交通省北陸地方整備局 伏木富山港湾事務所 五洋建設	沈下掘削において、作業員の高気圧障害防止のため、0.18 MPa 以上において3台の天井走行式掘削機（0.25 m ³ ）を遠隔操縦による無人掘削を実施
	ケーソンロボットシステム	白石	ケーソン函内のショベルや監視カメラ等の設備を組立・解体・メンテナンスを行う「すーぱーくん」と運搬を行なう「りふとくん」と呼ばれる2種類のケーソンロボットによりケーソン完全無人化施工を実現
	ケーソン無人化据付システム	五洋建設	ケーソンの動態監視、ウインチ操作、注排水監視、操作等の作業をシステム化し、無線 LAN を用いて遠隔から一元的に集中監視・操作する
	遠隔操縦ロボット（ロボQ）による災害復旧	国土交通省九州地方整備局 九州技術事務所	遠隔操縦ロボット（ロボQ）をバックホウ用、ブルドーザ用、不整地運搬車用に順次開発を行い、九州地方整備局において合計5回の災害復旧作業を行った
	油圧ショベルのIT化と遠隔操作技術	日立建機	汎用の油圧ショベルにIT機能が搭載され、油圧機器の稼動状況や位置情報がデータ通信により遠隔地から把握でき、機械を遠隔操縦する。遠隔操縦には、実機を目視で把握し操作する場合とモニター画像を見ながら操作する方法がある
	無線操作式反転装置「まん転」	東京アールアイ	無線操作によりPC板、PC柱の反転、梁の傾斜吊りが可能な装置
	無線操作式自動玉外し装置「パワーシャックル」	東京アールアイ	バッテリーを内蔵し、無線操作により玉外しが行える装置。マイティシャックルエースを基に、さらに省力化と安全性を高め、故障絶滅を図った
	内装資材搬送システム	清水建設	コントロールセンターからの指示により、内装資材の揚重から各階の資材の使用場所までの水平移動を自動的に行う

分類	機械名	開発会社	自動化の内容
	資材新揚重システム	大成建設	1 階の狭い積込みスペースで、スムーズで安全に積載し、取卸し階は作業員不在でも取卸し作業の出来るシステム
	資材搬送自動化システム	竹中工務店	揚重サイクルタイムの短縮と効率の運搬を目的とする。リフトへの積込み荷卸し作業の自動化、揚重管理システムによる管理を実施
	自動仕上げ搬送システム	戸田建設	事前に揚重予約したデータを元に、ボタン 1 つで自動的に資材を 1 階で移載機受け取り、リフトに乗せ、指定階に置いてくるシステム
	資材自動搬送システム	フジタ	各階の作業に必要な資材を自動で垂直搬送する。工場～現場所定位置までの資材荷姿標準化
〔トンネル〕	トンネル覆工打音点検システム	国土交通省関東地方整備局 関東技術事務所 (社)日本建設機械化協会	打音点検を自動化して判定の個人差を排除し点検の高効率化を目標とする。対象とするコンクリート構造物に対して表面の脆弱部分を研掃時の打撃音を分析して内部欠陥を探索する
	PVM システム	古河金属 日本道路公団 清水建設	覆工及びその背面を小孔径で高速穿孔しながら、精度よく覆工背面の空洞規模や正常を調査できる
	セグメントストックシステム	戸田建設	セグメントの搬入からストック、搬出、坑内運搬から切羽までの輸送を自動で行うシステム
	吹付けロボット	清水建設	TBM メインビーム上の作業床に設置された走行用レール上を走行し、吹付け位置まで移動した後、本体を 90 度回転させて吹付けノズルをガイドリングに沿って移動させ、トンネル内全周を吹付けする
	シールドトンネル曲線施工部の遠隔測量システム「FRS III」	フジタ	測量器に設置した位置出しカメラにより測量用基準点を画像認識する事で、測量器自身の位置を解析可能とした新位置出し システムを開発。これにより、測量時にのみ、測量台車を基準点まで自走させて測量を行うことを可能とした
	トンネル覆工打音診断システム	熊谷組	機械化した打撃装置による打撃音を解析し、劣化の有無を定量的に判定できる
	自動打音調査システム「易打天」	間組 ダイヤコンサルタント ウォールナット	自動打音装置、トンネル天端から肩部・側壁まで調査可能な保持ユニット、デジタルデータとして記録・保存できる打音分析ユニットから構成されるトンネル覆工調査用の自動打音調査システム
	シールドトンネル点検システム	国土交通省関東技術事務所 国土交通省江戸川河川事務所 (社)日本建設機械化協会	シールドトンネルにおいて、飛行船を用い無人にてトンネル坑内の概略状況を撮影し、リアルタイムに地上に画像を伝送するための初動点検システム
	無人化施工技術（吹付ロボット）	(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所	吹付装置、距離測定装置、画像処理装置から構成され、ベースマシンと吹付装置の連動制御により、レバー 1 本で吹付作業が行える
	コンクリートはつりロボット工法（TSL 工法）	鉄建建設	既設覆工の劣化部分をはつりロボットで切削しながら、同時にベルト式移動型枠を装備した TSL ロボットにより特殊コンクリートを連続打設していく工法
	コンクリートはつり機の遠隔操縦	フジタ	バックホウに遠隔操縦装置（ロボ Q）を搭載し、遠隔操縦によりトンネルの覆工コンクリートのチッピング作業を実施
	トンネル検査車	東京地下鉄 三菱重工業	加熱車、動力車、撮影車の 3 両編成で構成される。撮影車にはトンネル断面形状に対応する自動制御装置を設けている
	トンネラス	東海旅客鉄道 (財)鉄道総合技術研究所 JFE 電制	トンネル覆工壁面を撮影する車上システムと画像処理する地上システムにて構成される。高精度 CCD ライセンサカメラにより走行しながら連続撮影し、撮影データの高速処理が可能

分類	機械名	開発会社	自動化の内容
	ソニックマイスター	大成建設 (財)道路保全技術センター	トンネル覆工コンクリートを自走移動しながら打音診断する装置。産業用アームロボットの先端には、打撃ユニットを5個装備し作業性の向上を図っている
	トンネル覆工打音点検システム	国土交通省関東地方整備局 (社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所	トンネル覆工コンクリートを自走移動しながら打音点検する装置。剥離や内部空洞を検知し、剥離部を除去できる
	走行式コンクリート点検システム	竹中土木	走行台車に搭載したハイビジョンカメラ撮影により、トンネル覆工コンクリートのひび割れを検知し、サーモグラフィにより表面の浮き・剥離の危険性を確認するシステム
	コンクリート構造物ひび割れ検出システム	計測検査	撮影点検車に搭載した3CCD デジタルビデオカメラを用いて、トンネル覆工コンクリートを撮影し、ひび割れ情報を画像と数値で示すシステム
〔ビル建築等〕	全自動ビル建設システム (超高層事務所)	大林組	床デッキプレートおよびノンブラケット鉄骨材を用いた全自動ビル建設システム
	全自動ビル建設システム (在来工法併用)	大林組	既存の全自動ビル建設システムのビル建設工場を建物全体ではなく、部分的に架設する在来工法併用型のシステム。工期内及び関連労務の低減を図る
〔維持補修〕	吊橋の主塔用塗装ロボット	本州四国連絡橋公団	塔壁に吸着して揺れを防ぐ磁石車輪 Gondola とロール塗装装置による塗替塗装ロボット
	海峡部橋梁塗替塗装ロボット	本州四国連絡橋公団	円柱状の回転ブラシ、塗装ロール、これらを支持する他関節アームと台車から構成され、本州四国連絡橋の箱桁橋梁を塗装する
	タイル外壁診断装置	東急建設	診断時の映像、打音・擦過音、位置情報を再現性のあるデータとして記録し、コンピュータによる診断音の解析を行うことで定量的な診断を行う外壁タイル一次診断システム
	CFT コンクリート打設管理システム	戸田建設	落とし込み工法による CFT 柱のコンクリート充填において、コンクリートの上昇スピードをコントロールし、充填品質を上げるためのシステム
	函渠・側溝等における清掃機械	国土交通省四国地方整備局 四国技術事務所	比較的内空断面図の大きい函渠・側溝における清掃作業について、有線遠隔操作を可能とする側溝清掃車に取付可能なアタッチメント機械
	壁面吸着式はくりロボット (サーフ・ジェットⅡ)	スギノマシン	真空吸盤により処理面に強く吸着し、吸着した表面に沿って自在に走行しながらウォータージェット施工を行う壁面吸着式はくりロボット
	アンカー穿孔ロボット (クリーンドリル)	戸田建設	2 台の粉塵吸収ハンマドリルで設置したピッチ、深さで自動的に穿孔できる穿孔ロボット
	外壁打診調査ロボット (ウォールバグ)	ニッケンレジテック	内蔵しているフレックスハンマーで壁面を擦り、発生した擦過音を音圧レベルの変化また減衰音を含んだ音かどうかを解析して記録紙、地上のモニターに出力することにより浮きを判別
	タイル剥離検知システム (吊下げ型システム)	鹿島建設	地上からの遠隔操作でタイル剥離の有無・深さを判定し、検査結果を壁面図としてモニタ画面出力と記録ができる
	外壁タイル診断ロボット (点検虫)	大林組	ビル屋上から吊り下げられたワイヤを巻き取り昇降する。地上から遠隔操作で、人手による打診と同様の打音判別方式により、迅速安全に診断ができる
	壁面タイル自動診断システム	熊谷組	タイル仕上げ壁面に打音診断装置を装着した診断台車を走行させることにより剥離診断を行う。診断結果は、診断台車から無線で送られたデータをパソコンで解析処理、リアルタイムに診断結果を表示し、記録する
	外壁タイル診断ロボット	大成建設	正確に、スピーディーに外壁タイルの貼着状態を診断する事が出来、診断結果により効果的な補修を行い、建物を健全に保つことが可能である

分類	機械名	開発会社	自動化の内容
	外壁自動調査機	竹中工務店	地上からの遠隔操作により、建物外壁を上下に移動しながらタイルを連続加振動し、その反応を7つの周波数帯に分けてパソコンで分析し、剥離の有無、剥離部の位置・深さを判定する
	建築補修ロボット「ガリバー」	MSK	ビルのメンテナンス等に高所作業用足場を使用せず遠隔操作により作業を行う建築補修用ロボット。建物の上部・下部に設置されたガイドレールに沿って直立マストが壁面に対し水平に移動する
	大口径下水道管きょ調査診断システム	日立製作所 鹿島建設 リテックエンジニアリング	管きょの劣化状況を定量的に捉え、劣化の将来予測を可能としたシステム。地上のコントロールユニットから計測装置を操作して調査を行う
	衝撃弾性波法による管路調査・診断システム	積水化学工業	下水道管路を衝撃弾性波法により調査・診断するシステム。管内を調査する検査ロボットには、牽引式と複合型がある。複合型は管路内を自走しながら調査可能
	メトロビーバーシステム	東京都下水道局 管清工業 足立建設工業 東京設計事務所	大口径管きょを調査するシステム。調査機は浮体に調査カメラを搭載した船型タイプであり、モニタおよび制御器搭載車により調査機を操作する
	管内調査用ロボット	JFE エンジニアリング JFE 工建	テレビカメラを搭載し、管内を調査する装置。自走式で走行距離は最大 400 m。カメラ動作制御はリモートコントロールにより実施
	くもロボット	東京ガス 日立製作所	球形ガスホルダー上を自由に移動し、稼動状態でその外面より検査できるホルダー検査ロボット。溶接部の縦割れおよび横割れの検出が可能
	自走型 MS マイケル装置	JFE エンジニアリング JFE 工建	埋設鋼管と大地間に交流電圧（M 系列信号）を印加し、塗覆装の損傷位置を舗装面上からリアルタイムかつ高精度に検知する装置
	オフライン検査装置	東京ガス	超音波センサを使用し、高圧ガス導管内より管外面の検査を行う装置。走行装置には粗探傷、精密探傷、清掃、媒質回収ユニットを搭載可能
	管きょ周辺空洞調査システム	東京都下水道局 鹿島建設 リテックエンジニアリング	電磁波レーダ法を利用し、管きょ内に搬入した自走式調査機を地上より遠隔操作し、管きょ周辺の空洞を非開削で調査できるシステム
	ミラー方式 TV カメラシステム	東京都下水道サービス 日本工営 東京電子工業	TV カメラを使用して管きょ内面の劣化調査を行う。TV 方式は NTSC 方式準拠。41 万画素 CCD。全方位パノラマセンサ射影方式
〔解体〕	吸塵式煙突除染システム	銭高組 新東サープラスト	除染ヘッドのフード内に構成した研磨ブラシで汚染物を掻き落とし、それらを吸塵・密閉輸送してフレダスターで汚染物を袋詰するもの。小型 CCD カメラを搭載しており、管理区域外から作業工程を確認しながら安全にシステムを制御できる
	煙突解体・自動昇降足場装置（ENTOS）	安藤建設	鉄筋コンクリート造煙突解体工事において、内筒洗浄、解体作業を遠隔操作による自動装置により行う。また、足場の自動昇降、外筒解体装置により、人力施工の省力化を図る
	煙突内壁レンガ解体装置	東急建設	焼却施設解体工事において、ダイオキシン類の暴露防止のため、解体作業を半無人とした装置。高速回転するチェーンによりレンガを打撃する解体ユニット、装置を煙突中心にセットする心出ユニット、解体状況を監視する監視ユニットから構成されている
	煙突分別解体工法	奥村組	解体機に設置されたテレビカメラの映像情報が無線 LAN 伝送により地上のモニターに映し出され、オペレータはその映像を見ながら遠隔操作を行う

分類	機械名	開発会社	自動化の内容
	チムリス煙突解体システム	戸田建設	昇降式構台，無人化除染・耐火煉瓦解体ロボット，無人化コンクリート解体機械等で構成される。鉄筋コンクリート造の100m級の煙突をターゲットとし，安全に確実にダイオキシン類を除去し，解体する
	煙突自動除染れんが解体ロボット(スウィンパーロボ)	戸田建設	噴射ノズルが煙突内径の変化に追従できる構造とし，噴射距離を一定に保ち，煙突の構造や汚染状況に応じて下降速度や旋回速度を自動制御する。また，解体用アタッチメントを装着し，遠隔操作により内部レンガを解体する
	Brokk 遠隔解体装置	ビージーイー	ハンドブレーカに替わる解体装置として開発された小型モデルから10tクラスの重機に相当するまで4つのモデルを標準化。電動駆動，クローラ走行，有線／無線による制御を行う
	無人化施工 (解体工事における汚染土壌の掘削除去)	五洋建設 ビージーイー	人体に悪影響を及ぼす環境下での解体作業を無人化で行うもので，機器の構成は電動油圧ショベルとその操作機器，電源，車載カメラ，固定カメラ，映像伝送用無線LANからなる
	NOCC 工法	奥村組 新日本製鐵	専用圧砕機をクレーン先端に吊り下げて煙突上部より解体する工法で，解体片は煙突内に落下させる
	煙突除染ロボット（ペンタクロス）	五洋建設	粉塵等の付着の可能性が高い煙突の耐火レンガやコンクリート内壁を遠隔操作により無人で削り落とすロボット
	〔その他〕 IC タグを利用した配水管 通水試験システム	大林組	IC タグを水とともに配管に流し，下流でデータを読み取ることにより，排水時間の測定と試験結果の判定を行う。試験体の自動回収装置も備えている
	自立運行型除雪ロボット (ゆき太郎)	技術開発研究所	除雪した雪を4本のスクリューで圧縮形成し，高密なブロックとし，本体後方にストックできる。(6ブロック100kg) 全方位カメラGPSを搭載し，自己位置の測定結果により自立運行する
	自動車及び船舶による自動 測量システム	東亜建設工業	機動性に富むバギー車をベースにしたUGV 測量システムと小型船舶をベースとしたUMV 測量システム。測量にはBeluga.Netシステムを適用し，計測データを瞬時に処理し，3次元データを生成する
	パノラマ映像無線伝送・認識システム	コマツ アイデン サイヴァース	遠隔操縦性の改善のため，操縦者があたかも運転席にいるような感覚で操縦出来る，パノラマ映像無線伝送・認識システム
	吹付ロボット	国土交通省富士砂防事務所 (社)日本建設機械化協会	設計勾配，吹付厚さ，断面図形状等の情報を提供するシステムを導入するとともに，複雑な動きを制御しなければならないアーム操作を簡便化し操作レバー一本での操作を可能とした
	コンクリート打設自動運転システム	(独)水資源機構 鹿島建設	コンクリート製造設備から打設現場にいたるコンクリート運搬設備のすべてを把握した総合的な自動化システム
	無人測量システム	フジタ	自動追尾式光波測距儀を用いてリアルタイムに位置を計測しながら，マーキング機構を搭載したラジコンバックホウを目標点まで誘導するシステム
	光ファイバーケーブル敷設システム	東京都下水道サービス 日本ヒューム	専用ロボットを用いて，人の入ることのできない下水道管きょ内において光ファイバーケーブルが敷設可能なシステム
	足掛金物自動付替えシステム	東京都下水道局 東京都下水道サービス 日本ヒューム 三山工業	マンホール足掛金物を地上から自動的に撤去・取り付けできる施工ロボット。CCDカメラによりロボットの作動状況を地上でモニタ確認しながら施工可能



図一 建設ロボットの開発事例分類（2004 年以降）

表一を基に建設ロボットの事例を分類すると図一のように考えられる。

なお 2003 年以前の開発例については、「日本建設機械要覧 2004 19.1 建設ロボット」を参照されたい。

3. 建設ロボットの今後

2006 年の人口統計によると既に我が国は人口減少の時代に突入している。今後建設産業が抱える最も大きな課題の一つとして労働力の不足があり、これを解決する一つの手段としての建設ロボットの開発・普及促進に喫緊の課題として取り組まなければならない。

また、建設産業が社会的責任として取り組まなければならない課題としては、①安全・品質確保、②環境対策および③建設コスト低減などが挙げられている。

これらに対し、建設ロボットにより技術的な解決を図り、さらに建設ロボット技術（RT: Robot Technology）と建設情報技術（IT: Information Technology）との融合により、建設の基幹技術としての役割の一端を担うことが期待されている。

《参考文献》

- 1) 建設ロボット・自動化技術要覧，財団法人先端建設技術センター（1995）
- 2) 建設作業のロボット化に関する調査研究報告書（その 8），社団法人建築業協会（2001）
- 3) 建設作業のロボット化に関する調査研究報告書（その 12），社団法人建築業協会（2005）
- 4) 嘉納成男：建設分野へのロボット導入の課題と将来展望，建設の機械化 1 号（2004）
- 5) ライフライン地下構造物の維持管理，土木学会（2006）
- 6) 建設の施工企画，社団法人日本建設機械化協会（2004.1～2006.11）
- 7) 建設機械，日本工業出版（2004.1～2006.11）
- 8) 第 10 回建設ロボットシンポジウム論文集，社団法人日本建設機械化協会他（2004）
- 9) 平成 16 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集，社団法人日本建設機械化協会（2005）
- 10) 平成 17 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集，社団法人日本建設機械化協会（2005）
- 11) 平成 18 年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集，社団法人日本建設機械化協会（2006）
- 12) 第 15 回建築施工ロボットシンポジウム予稿集，日本建築学会（2004）
- 13) 第 16 回建築施工ロボットシンポジウム予稿集，日本建築学会（2006）

〔筆者紹介〕

光永 純一（みつなが じゅんいち）
東急建設(株)
技術本部
機械技術部
専任部長

地雷除去機のロボット化と普及による国際貢献

雨 宮 清・生 田 正 治

当社は 1997 年から世界の地雷を撤去するために油圧ショベルを強化した対人地雷除去機を開発、これまでに世界 6 ヶ国に 56 台を納入し活躍をしている。しかし世界にはまだまだ多くの地雷があり被害者も一向に減らない。

そこで従来の約 4 倍の処理能力を持つ自走式地雷除去機を開発した。この新型機は大型の地雷にも耐え、さらに遠隔運転システムも装備され安全で、その性能は世界トップクラスである。今後、この自走式地雷除去機を普及させることで国際貢献を図ると共に 2 年後には完全ロボット化を目指し研究を進めていく。今回、その内容を紹介する。

キーワード：地雷、国際貢献、地雷除去機、建設ロボット、遠隔運転

1. はじめに

20 世紀の戦争や内戦により埋められた地雷が、いまだ世界各国に 6,000 ～ 7,000 万個埋設されていると言われ、現在も毎年 20,000 人前後の人が被害に遭っている。また地雷埋設地帯は危険なため土地としても放置されており、なんの経済活動に寄与していない。世界の地雷原をみると中東・北アフリカに全体の 54 %・東アジアに 21 %・中央アフリカに約 18 %と言われている。

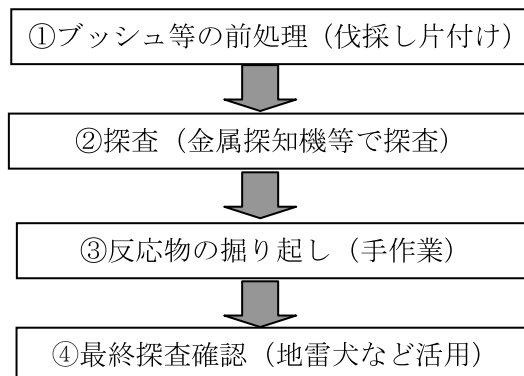
中でも、東南アジアを中心にした地域の地雷原は灌木や竹などが生い茂っており、その前処理に約 6 割強の労力を費やしている。一方、アフガニстанは内戦やアフガン戦争などで対人地雷と戦車用地雷、更には不発弾などが混在している。エジプトには第二次世界大戦時に埋められた戦車用地雷がまだ撤去されないままに生き残っている。

更に、アフリカのサブサハラ地域各国では内戦がほぼ終息し復興を進めているが、インフラ整備や資源開発にあたり地雷が復興や生活の妨げとなっている。

このようにその地域の生い立ちや現場の状況で地雷の撤去方法や除去機を変える必要がある。そしてその国の状況に合わせて、より安全で効率的な除去機を開発提供していくことが技術先進国である日本の役割とも言える。

2. 地雷除去機の開発状況

一般的に手作業で地雷除去を実施する場合は以下の手順で実施する。



この作業の①ブッシュ等の前処理を機械化により安全に早く実施するために、油圧ショベル型の灌木伐採機兼対人地雷除去機を 1997 年に開発した。そしてカンボジアで地雷除去を専門に実施している CMAC (Cambodian Mine Action Center)^{a)} の協力を得て、万一灌木伐採作業時に対人地雷の爆破にあってもオペレータの安全や機械の稼動に支障が発生しないことをテストで確認し除去機を完成させた（写真－1）。

CMAC は、除去員の雇用確保もあり、主に灌木伐

a) カンボジア政府と国連が支援して組織的に地雷除去をしている団体



爆風型地雷 OZM2 による爆破試験状況



完成し伐採作業を実施している 16t 級地雷除去機

写真—1 爆破試験と対人地雷除去機

採に本除去機を使用し土中の対人地雷の探査と掘り起こしは「人」に頼っている。また最終探査は「犬の嗅覚」を利用し実施している。

一方、アフガニスタンにはブッシュも無く多少の草があるだけの現場が多い。そこでロータリカッタ式 20t 級対人地雷除去機で土中の地雷を直接爆破除去している（写真—2）。



写真—2 河川の法面部の地雷の撤去

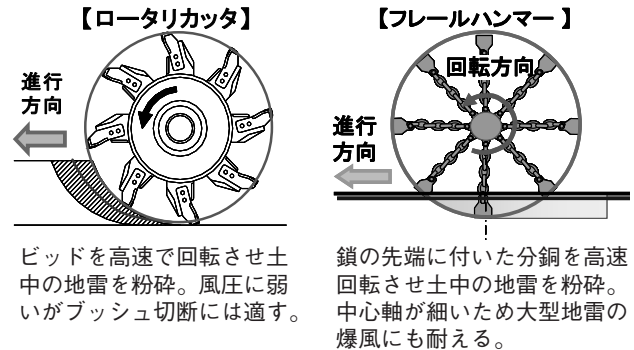
しかし、2001 年の同時テロ後の米軍を中心にした報復戦争で地雷原には大型地雷や不発弾が混在しており、従来の対人地雷除去機では安全性の確保が難しくなってきた。そこでより耐久性の高い地雷除去機の開発が求められようになってきた。

3. 世界の地雷除去機

世界の地雷除去機を見ると欧州圏内の多数の国が地雷除去機を開発してきているがそのタイプは、ほとんどフレールハンマー式が多く、ロータリカッタ式（ドラム型）は比較的少ない（図—1）。

欧州製品（写真—3）に、フレールハンマー式が多いのは、対象とする地雷原にはブッシュ等が比較的小さいためである。

また、走行しながら処理するタイプが多く油圧ショベルを利用した旋回タイプは少ない。



図—1 ロータリカッタ式とフレールハンマー式



ボゼーナ（スロバキア）重量：約 4t



マインウルフ（独）重量：約 18t

写真—3 海外代表的地雷除去機¹⁾

走行タイプの場合、斜面や凹凸の多い現場では処理が難しいという欠点がある。車格としては、20t 以下の機械が多く手作的な商品が多い。

4. 地雷除去作業の課題と研究開発

今まで手作業で実施していた地雷除去作業の機械化が本格化してきたのは 2000 年以降である。日本でも探知技術や除去機の技術開発に「NEDO」の研究支援が認められ本格化してきている。

地雷除去機に求められる最も重要なニーズは以下の通りである。

- ①処理作業で機械の運転者やデマイナー（除去員）が絶対に被害を被らない。



写真—4 30t 級旋回型フレール式除去機

②地雷除去率を限りなく 100 % に近づけ除去後の土地活用が安全にできる。

③除去能力を向上しできるだけ早く地雷原を復興する。

以上の市場ニーズに応じて 2002 年から 30 t 級油圧ショベルを利用したフレールハンマー式強化地雷除去機（無線システム付）の開発を実施してきた（写真—4）。

そして更にその技術を進化させ、2005 年から自走型フレール式除去機の開発に着手し従来機の約 4 倍の能力をもった機械を完成させた（写真—5）。



写真—5 自走型フレールハンマー式除去機

また、大型地雷に万一遭遇しても安全に作業が出来るように 2.4 GHz 帯の無線を使い安全距離の 500 m 以上から運転可能な遠隔操作・映像伝送システムを開発した（写真—6）。



遠隔操作車

遠隔運転席

写真—6 遠隔システム

5. 開発機の試験と性能評価

これらの開発した除去機の処理能力や対爆性能を国内及びカンボジアに持ち込み、試験を実施し確認してきた。

無線装置を利用し、大型地雷相当（火薬量約 10 kg）で対爆試験を実施した（写真—7）。

試験の結果、大型地雷の爆破に対しても一部カバー等の損傷はあるものの十分耐えることが確認できた。



アフガニスタンでの 30 t 級旋回型除去機の爆破試験

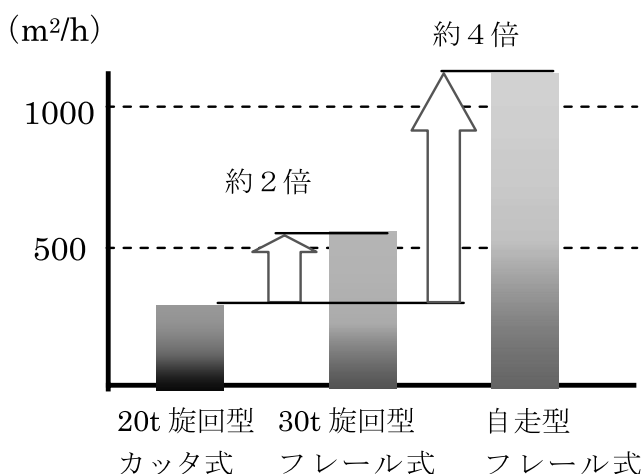


カンボジアでの自走型除去機の爆破試験

写真—7 対爆試験

更に実際の地雷原で除去パフォーマンス試験を実施した。以上のような試験を通じ各製品の性能を纏めると以下の通りである。

新規に開発してきたフレールハンマー式除去機（旋回型・自走型）の従来機との処理能力の比較を図—2 に示す。



図—2 処理能力の比較

次に処理対象物に対する適応状況を表—1 に示す。

このように、地雷除去機はその現場の状況に応じ最適な機械を選択して使用することが重要である。

表―1 処理対象物に対する適応状況

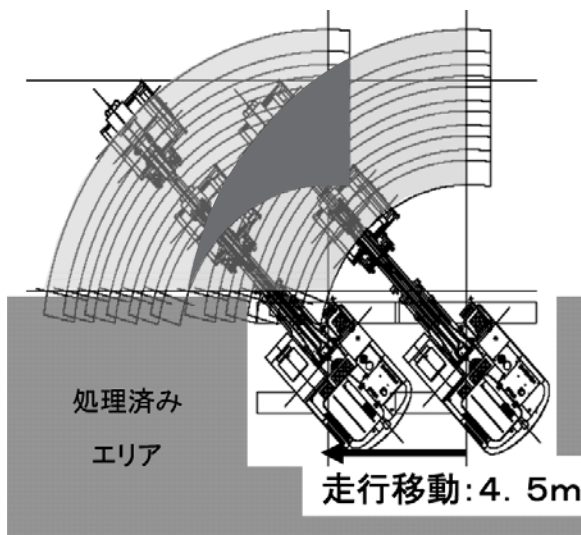
◎：最適 ○：適する △：条件により適用 ×：不適

処理対象物	20 t 旋回型 カタ式	30 t 旋回型 フレール式	自走型 フレール式
草	◎	○	○
ブッシュ	◎	△	△
対人地雷	◎	◎	◎
大型地雷	×	○	○

6. 地雷除去作業の方法

アフガニスタンの地雷原は対人地雷だけでなく大型地雷や不発弾が混在している所が多い。また不整地も多いことから旋回型フレールハンマー式除去機が適している。

旋回型フレールハンマー式除去機で処理する場合は図―3のように安全な処理済のエリアに機械を設置して90度旋回をしながら1スパン約4.5mずつ処理していく。

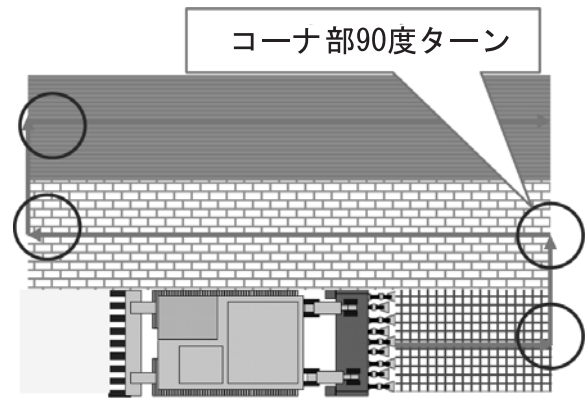


図―3 旋回型の除去作業の方法

遠隔無線操作方式で旋回型除去機を使う場合、地形の凹凸に応じ高さ調整が必要で、この細かい動作が遠隔無線操作では難しいことが判明した。また現地作業者も遠隔無線操作では受け入れに難色を示した。一方アンゴラ等の地雷原は比較的平坦な現場も多く、ブッシュ等もあるものの比較的小さい。今回開発した自走式フレールハンマー式除去機の導入が適していると判断する。

この場合の除去作業の手順を図―4に示す。

本除去機は平坦地で使われることからフレールハンマーの高さ調整（処理深さ）が比較的容易にできる。



図―4 自走式の除去作業の方法

7. 地雷除去機のロボット化の推進

地雷除去機についての基本技術の研究はほぼ完成に近いと判断している。今後は更に不測の事態でも安全確保が出来ることや作業能率の更なる向上が課題となってくる。

その為には、ロボット化による無人化自動運転の技術開発が望まれる。

開発した自走式フレールハンマー式地雷除去機をベースにして現在開発推進中である。

基本イメージを図―5に示す。



図―5 遠隔自動運転のイメージ

位置検出や方向転換時に必要な位置データはGPSデータを補足して確認し自動修正していく。当面は遠隔制御を搭載し、その後衛星データを活用した自動運転でロボット化を目指している。



写真—8 復興され野菜畑になった地雷原

8. 地雷除去機による国際貢献

日本の技術で開発した地雷除去機を世界の地雷で苦しんでいる国に普及させ、1日も早く地雷を撤去していくことが国際貢献に繋がると考えている。現在まで6ヶ国にロータリカッタ式を54台、フレールハンマー式を2台納入することができた。最初に納入した機械は既に10,000時間を超える程の活躍をしている。

今後は今回の開発した従来機の4倍の能力を持つ自走式フレールタイプを提供することで地雷除去の促進に寄与していく。また地雷を撤去した後の土地活用等の支援が必要である。地雷を撤去してもそこに住む

人々が自立した生活が出来るように農地化(写真—8)にも力を入れていく必要がある。

このような背景から、当社グループはOBが中心になり、NPO法人「豊かな大地」を今年発足させ農業指導等をカンボジアで開始した。将来はカンボジア以外にも支援の輪を広げていく予定である。

また国内においては、これらの取組みや活動を広く講演会などを通じ一般の市民や学生に伝えている。地雷原で苦しむ人々の生活や地雷の恐ろしさを伝えることで「人の命の大切さ」や「日本の豊かさ」を伝えていくことも国際貢献と考えている。

JICMA

1) Mechanical Demining Equip-ment Catalogue (Requested by UN)

【筆者紹介】

雨宮 清 (あめみや きよし)
山梨日立建機㈱
代表取締役



生田 正治 (いくた まさはる)
日立建機㈱
商品開発事業部
開発企画室



建設の機械化／建設の施工企画 2004年バックナンバー

平成16年1月号(第647号)～平成16年12月号(第658号)

1月号(第647号)
ロボット技術特集

5月号(第651号)
リサイクル特集

9月号(第655号)
維持管理特集

■体裁 A4判
■定価 各1部840円
(本体800円)
■送料 100円

2月号(第648号)
地震防災特集

6月号(第652号)
海外の建設施工特集

10月号(第656号)
環境対策特集

3月号(第649号)
地下空間特集

7月号(第653号)
安全対策特集

11月号(第657号)
除雪技術特集

4月号(第650号)
行政特集

8月号(第654号)
情報化施工特集

12月号(第658号)
新技術・新工法特集

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

外壁タイル診断ロボットの開発と導入事例

遠 藤 健

特殊な立地条件や構造によりゴンドラが仮設できない建物物件のタイル外壁調査を対象として、タイル診断ロボットを開発した。タイル外壁の劣化診断項目である浮きとひび割れの調査を同時に行うことができ、ともに劣化位置情報を取得しPCに保存することができる。

ゴンドラを掛けられない外壁構造を持つ多目的ホールの外壁診断工事に導入し、曲率の強い壁面や傾斜パラペットなどの条件下で約1,500㎡を施工した。導入時の仮設計画や、施工状況についても報告する。

キーワード：外壁タイル、リニューアル、劣化診断、浮き、ひび割れ、無足場化

1. はじめに

外壁タイル診断ロボットは、弊社が数年来研究を進めてきた一連の壁面作業自動化システムの中でも、最新に位置する技術の一つである。ロボットによる壁面の診断とは、劣化症状の診断に必要な情報取得機能を搭載した機械装置を壁面に設置し、移動させながら遠隔操作で情報収集することを意味する。現在、社会的な情勢や業界の動向によりリニューアル工事への注力が進むにつれて、一般的な調査物件の他に、人による調査が困難な物件の概査のニーズが現場から上がってくるようになった。このため本技術における研究開発もまず実用性を重視し、現況の概査を行うための情報収集機能に注力したロボットを具現化し実績を上げてきた。写真—1、2は過去に実施したロボット診断による物件である。写真—1は建物周囲の木立により、また写真—2は斜壁によりそれぞれゴンドラの設置が困難なケースであり、いずれもロボットによる長所が発揮された調査物件であった。並行して社内ではエンジニアリング部門とリニューアル部門の合同によるWGを開催し、ロボットの適用分野（位置付け）や要求仕様などを検討した結果、弊社ではロボット診断のポイントを下記のように整理した。

- ①人力で診断が可能な部分にロボット診断を適用してもコスト面で不利となる。ロボット診断は当面、ゴンドラによる診断が困難な物件や、無足場化によるコスト効果の大きい物件に特化すべきである。
- ②劣化状況についてはロボット診断でも人力による診断と同程度に把握できることが望まれる。
- ③建物の外壁診断は、簡単かつ低コストで診断し結果

を迅速に出すことが求められる傾向にある。今後はより情報化を進め低コストのロボット診断法を実用化し、実績をつくることが重要である。



写真—1 木立に囲まれた物件におけるロボット診断



写真—2 斜壁におけるロボット診断

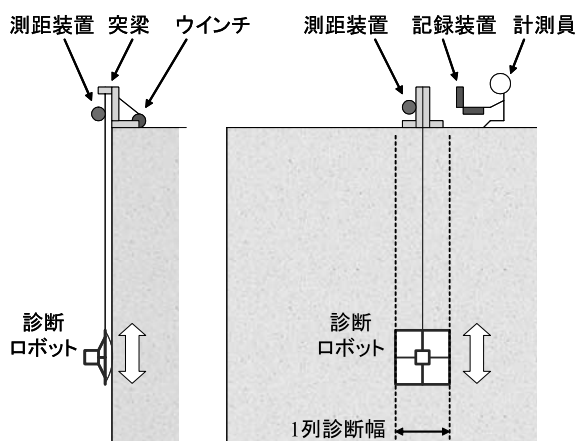
外壁タイル診断ロボットは、過去の施工実績や WG による検討結果を総合的に反映して、人力と同程度の診断情報の収集能力を持ち、かつ優れた可搬性や操作性も持つ診断ロボットを目指して開発された。

2. 外壁タイル診断ロボットの仕様と特長

タイル診断ロボットの概観を写真—3 に、主要機器の配置を図—1 に、仕様を表—1 に示す。タイル診断ロボットは軽量・強固なフレーム枠に各種計測器や制御機器を搭載した構造で、壁面上部に固定したウインチにより上下移動し、計測列の劣化状況を診断す



写真—3 タイル診断ロボットの概観



図—1 主要機器の配置

表—1 タイル診断ロボットの仕様

本体質量 (kg)	21
本体寸法 (mm)	W980 × H1050 × D650
最小ひび検出幅 (mm)	0.1
撮像画素数 (個)	3,872 × 2,592
撮像範囲 (mm)	700 × 450
打診幅 (mm)	620

る。通常、屋上に計測員 1 名、地上に補助員 1 名の計 2 名を配置する。

(1) 浮き診断

浮き診断は、打撃装置により発生させた壁面からの反響音をマイクロフォンにより取得し、振動センサを応用して正常部と浮きの判定を出力する機構である。ウィンドガードをつけたエレクトレットコンデンサマイク、音圧判定用振動センサ、反復運動により壁面を打撃する往復横行式打撃装置等で構成する。振動センサにはマイクからの電圧を直接入力する。振動センサは音圧の判定レベルをある程度自由に設定できる機能を持ち、正常状態では出力 OFF、浮きの状態では出力 ON になるように調整している。振動センサの出力を計測ソフトの位置取得用トリガ信号として利用している。

打撃装置は、2 本の点検用ハンマがバネとクランク機構により断続的に壁面を打撃する機構である。また打撃装置はそれ自体が 500 mm のストロークで左右反復運動する構造で、反復運動の際に 3 個の固定スイッチに順次接触することで、4 つに分けられた区画のどの位置にあるかを簡易に把握できる構造となっている。

(2) ひび割れ診断

ひび割れ診断は、装置中央に配置した一眼レフカメラにより横約 700 mm × 縦約 450 mm の壁面を接写し、撮影写真をもとに目視によるクラックスケールとの比較、又はひび割れ解析用ソフトウェア等を用いてひび割れの幅・長さを特定する仕様である。撮影写真は解析に十分な解像度を持ち、幅 0.1 mm のひび割れの認識が可能である。またシャッタースピードを固定とし、安定した露出を確保するための太陽光等による外乱防止用遮光カバーと内部照明を備えている。

(3) ロボット診断ソフトによる自動化

ロボット診断ソフトの情報フローおよびタイル診断ロボットの主要機器の構成を図—2、図—3 にそれぞれ示す。各種機器はソフトに連携しており、診断の結果は最終的に、PC の HD (ハードディスク)、一眼レフカメラのフラッシュメモリ、DVD レコーダの HD に保存される。ロボット診断ソフトにより、PC の HD には浮きと写真の位置がテキストデータとして、一眼レフカメラのフラッシュメモリには写真データが JPEG ファイルとして保存される。またロボット診断ソフトとは独立して、DVD レコーダの HD 内には診断のモニタ状況が音声・映像のデジタルデータとして

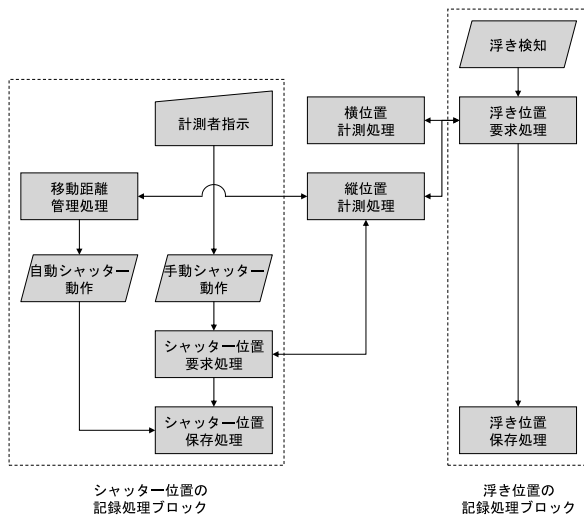


図-2 ロボット診断ソフトの情報フロー

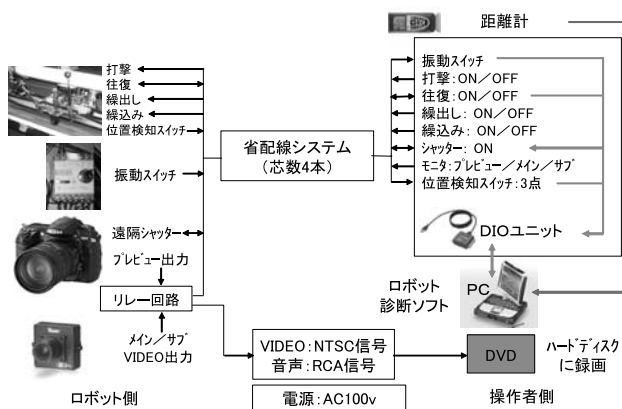


図-3 タイル診断ロボットの主要機器構成

記録される。

ロボット本体の位置は、壁面上部に設置したハンディタイプの測距装置によって検出する。検出値はほぼリアルタイムに計測用PCに転送され、ロボットの計測列における現在位置を常時監視することができる。

浮いたタイルの位置は、判定が出力された瞬間の打撃装置の位置（横位置）を往復横行装置のリミットスイッチから検出すると同時に、測距装置の検出値（縦位置）と合せ計測列を考慮した壁面上での座標として取得する。自動シャッターは測距装置の計測値を常時監視し、あらかじめ入力したピッチを超えるごとに遠隔操作でシャッターを自動操作する機構である。ひび割れの位置は写真位置で管理するため自動シャッターが切られた瞬間の測距装置の検出値を用い、浮きと同様に壁面上での座標として取得する。

3. タイル診断ロボットの現場導入

開発したタイル診断ロボットを某多目的ホールの外

壁調査に導入した。施工状況と結果を以下に記す。

(1) 現場状況

当該ホールの外壁は磁器質のラスタースタイル（45 mm × 45 mm）で化粧され壁面形状は多様である（写真-4）。外壁調査にロボット診断を導入したのは以下①②に示す施工条件により、従来の足場やゴンドラ等による診断方法では、施工の条件的に仮設工数の増加によるコスト増大や施工性の悪化による工期延長、安全対策面等で問題があると考えられたためである。



写真-4 強い曲率の壁面（左）と傾斜パラペットの壁面（右）

①強い曲率の壁面部

- ・最小曲率半径が2 m 程度の非常に曲率の強い曲面である。
- ・パラペットは強い曲率と傾斜のため、ゴンドラの仮設に利用できない。
- ・壁面直下は施設利用のためのエントランスで、通行者が非常に多い。

②傾斜パラペットの壁面部

- ・タイル壁は5 F 以上にあり、途中階の屋根が明り採りの天窓を持ちデッキ状に張り出している。
- ・パラペットは27 ~ 45°で傾斜しており、ゴンドラを仕掛けることができない。
- ・最下層にはレストラン等のオープンテラスが演出されており、大掛かりな仮設はできない。

以上の様な条件下で診断を行うには施設運営を一時停止するなどして総足場を組む以外にないが、施設のスケジュールやコスト的に実現は困難である。そこで当該箇所の診断は無足場で施工ができるロボットにより行うことになった。

(2) 仮設計画

外壁面それ自体は窓部が少なく、通常のオフィスビルなどに多い換気孔などの凹凸の障害物もほとんどないため、ロボット診断には適するタイル面と考えられ

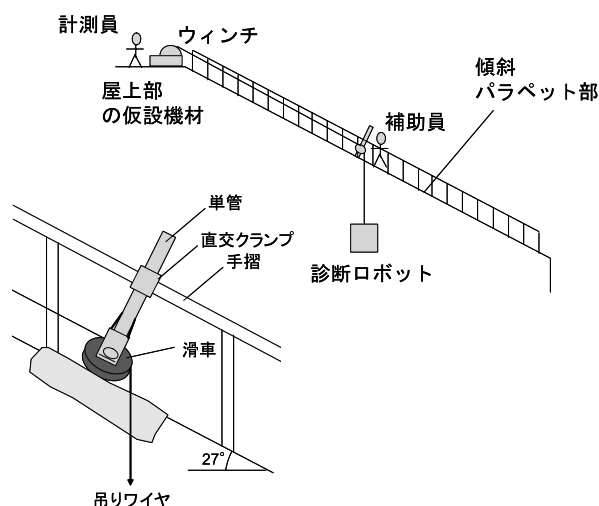
た。仮設における技術的課題は前述の施工条件①②がそのまま相当する。

(a) 強い曲率（最小曲率半径 $r = 2\text{ m}$ 程度）を持つ壁面へのロボットの対策

ハンマを確実に曲面に打撃させること、および撮影写真に距離の違いによる解析不能となるようなフォーカス不良やひずみが生じないかが問題となる。打撃についてはハンマの打撃機構が柔軟構造のため、壁面までの距離が若干変化しても十分に対応できると考えた。撮影写真については、広角レンズを使い被写界深度が深いことと、内部照明により絞りを大きくするなどの工夫により対処できると考えた。これらについては事前に $r = 1\text{ m}$ の曲率でテストしたところ、ハンマの当り具合と撮影後の写真には大きな問題が生じないことを確認しており現行の仕様で臨むこととした。

(b) 強い傾斜（ $27 \sim 45^\circ$ ）を有するパラペット部への安全な吊り仮設の計画

図—4に示す仮設計画の下に実施した。突梁（ウインチ含む）はロボット直上の傾斜パラペット部には仮設せず、反力が十分取れる安全な箇所に設置し、傾斜パラペット部には滑車を設置して吊りワイヤを切回しする方法を計画した。ロボット自体が軽量なことから滑車のみの固定であれば手摺や吊環など様々な控えが利用できることから実施可能と考えた。



図—4 傾斜部の吊り仮設計画

(3) 導入結果

施工は壁面を複数部位に区分けし、診断を実施した。施工状況を写真—5に、また歩掛り結果を表—2に、さらに調査結果の一部を図—5および写真—6に示す。実際には打撃による診断音が建物内部に響くため、店舗営業を侵害しないように映画や公演の上演時間を回避するなどの配慮が必要であった。



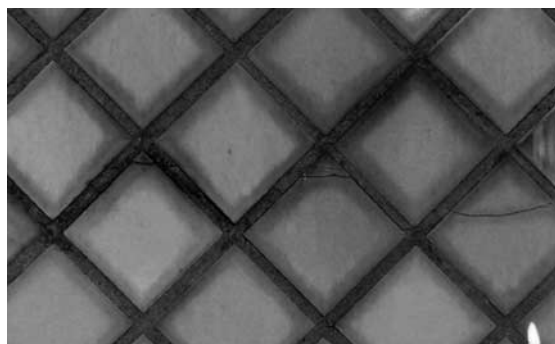
写真—5 施工状況
(左：傾斜パラペット部、中央、右：曲面部)

表—2 調査数量

部位	調査面積 (m^2)	作業時間 (h)	歩掛り (m^2/h)	備 考
A	244.5	16.5	14.8	設置撤去工含む
B	138.8	8.5	16.3	同上
C	244.5	19.0	12.9	同上
D	264.6	13.5	19.6	同上
E	134.4	4.5	29.9	同上
F	378.9	13.0	29.1	同上
G	159.6	8.0	20.0	同上
合計	1565.3	83.0	平均 18.9	日換算 $151\text{ m}^2/\text{日}$



図—5 診断結果の表示例



写真—6 タイル、目地に生じたひび割れの状況
(撮影写真の拡大表示)

4. 考察と課題の抽出

今回の導入における考察と、判明した新たな課題や改善項目などについて以下に記す。

(1) 仮設計画について

吹抜部の傾斜パラペット部については特に問題なく、写真—5 左に示すように滑車によるワイヤの切回しで安全確実に実施できた。また懸念された曲面部については曲率半径が2～十数 m の範囲で段階的に変化するものであったが、写真—5 右に示す様に、ロボットの打撃装置は柔軟に対応し確実な打撃による浮き判定を行うことができた。

(2) 歩掛りデータについて

歩掛りについては外壁自体がこれといった凹凸もなく開口部も少ないためロボット診断には有利と考えていたが、結果は 151 m²/日と通常のロボット診断の約半分という結果であった。これは直接の原因は特殊なパラペットや複雑な屋上形状による列盛替え作業の増加によるものと考えられる。また間接的には施設都合による施工時間帯の分断に伴う変則的な工程なども能率を下げた要因と考えられる。

(3) 浮きのデータについて

PC に記録したデータの位置座標を下に CAD に展開し、凡例を割り付けたのが図—5 である。一列 700 mm の幅を 4 分割した割付で浮きと判定された箇所を図示しており、浮きの数量は最終的に図示された凡例の面積に数を乗じた数量で算出している。なお浮いた箇所に囲まれた正常箇所の評価や、振動センサの捉えきれない浮きと正常の中間状態における微妙な反響音の変化（DVD 記録音声では認められる）の処理については今後の課題であり、実績を積んで行く中で結論付けていきたい。

(4) 写真データについて

図—5 の凡例にある写真枠は、ひび割れの存在する写真の位置と管理番号を図中に表記したものであり、ひび割れの図示（スケッチ）に替わるものである。全ての診断部位における写真を記録しており、写真により正確な情報を得られることから本技術の特長を考慮して採用した表記方法である。それぞれの写真は写真—6 のように鮮明な写真データとして記録することができ、拡大して観察すればひび割れやシールの状況などの詳細を把握することができる。今後、取得した写真データの補修工事における利用法について追加検証していく予定である。

5. まとめ

現場のニーズに即した開発仕様の下にタイル診断ロボットを開発し、無足場を施工条件とする外壁タイル診断を実施した。データを検証し、劣化状態を知るに十分なデータを取得することが可能であることが判った。また新たな課題・改善項目の抽出を行った。

建設現場へのロボット技術の適用は、汎用性、耐久性、信頼性などに課題が多く一般に実用化は困難を伴う。ロボットに必要とされる基本の要求を的確に捉え、できるだけシンプルな着想でこれを実現し実績を重ねていくことが肝要ではないかと考えている。 [JCMA]

《参考文献》

- 1) ROBOMECH 2007 in AKITA 講演概要 建設・解体ロボット・メカトロニクス, (社)日本機械学会, pp.90-92 (2007.5)
- 2) 第 25 回日本ロボット学会学術講演会 講演概要集 屋外作業・建設ロボット, (社)日本ロボット学会, pp.137-139 (2007.9)

〔筆者紹介〕

遠藤 健（えんどう けん）
東急建設㈱
技術本部機械技術部
メカトログループ 主席研究員



4足歩行型法面作業ロボット TITAN XI

土 居 隆 宏・広 瀬 茂 男・岡 本 俊 仁

山間地の多い日本では道路や鉄道などを通すため、山肌を削ってコンクリートフレームで固めた法面を形成する工事が多く行われている。法面では崩落を防ぐアンカーボルトの設置のため、表面から岩盤まで削孔する作業が必要となる。筆者らはこの作業の自動化のため、4足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発を行っており、これまでに、最大全長約 10 [m]、重量 7,000 [kg] の実際に工事作業が可能な機体を製作し、模擬法面にて移動と削孔工事が可能であることを確認しており、まさに現場投入を待つ段階に到達している。

本稿では、TITAN XI のシステムの中で、力センサとウインチによるワイヤ張力制御、歩容（歩き方）、削孔、操縦方法、自動運転のための測量データの利用と追尾機構による自己位置姿勢計測について述べる。

キーワード：法面、コンクリートフレーム、4足歩行ロボット、削孔、ワイヤ、油圧

1. はじめに

山間地の多い日本では道路や鉄道などを通すため、写真—1に示すように、山肌を削ってコンクリートで固めた法面を形成し、その崩落を防ぐために表面から岩盤まで削孔し、アンカーボルトを打ち込んで固定する工事が数多く行われている。

筆者らはこの作業の自動化には、足場を組むことなく凹凸のある法面を自由に歩き回って削孔ができる歩行型の作業機械が適していると考え、4足歩行型法面作業ロボット TITAN XI¹⁾（写真—2）の開発を行っており、本誌 2005 年 1 月号²⁾でその基本コンセプトと機構設計について紹介させていただいた。このロボットは、2007 年 10 月現在で脚を含めた全長が最大約 10 [m]、重量が約 7,000 [kg] という、4足歩行型のロボットとしては、世界最大規模のものである。現在もその開発は継続しており、模擬法面での移動と削孔工事実験に成功し、現場投入を待つ段階にある。

TITAN XI の作業環境である法面は、写真—1のように凹凸のある急傾斜の山肌にコンクリートフレームが設置された環境であり、このような場所で自在に動き、指定箇所に削孔を行う作業を目標としている。コンクリートフレームは特にそのエッジが破損しやすく、修復は手作業で行わなければならない非効率的であるため、ロボットはその脚先がフレームに干渉するのを避け、跨いで移動することが望ましい。



写真—1 大規模な法面の例

このように目標を設定した場合、まず、ロボットの滑落を防ぐワイヤ牽引支持が不可欠である。さらに、歩行に際しては、ロボットの転倒を防ぐために、ロボットの重心と脚先の着地位置との位置関係による安定性を確保した歩き方（歩容）が重要である。

さらに、ロボットの運用方法として、作業者が操縦する方法と、完全自動で行う方法が考えられる。操縦による運用方法では、ジョイスティックにより各脚と胴体部を駆動し、歩行、削孔を行うシステムが必要に



写真-2 TITAN XI

なる。自動運転による運用においては、凹凸に適応するための環境地形情報の事前の測量、運転中の滑りなどの誤差に対応するため、ロボットの位置姿勢の計測が必要となる。

以下にこれらの要素技術の詳細について具体的に説明する。

2. ワイヤによる牽引支持

ロボットの法面からの滑落を防ぐには、ワイヤによる法面上方からの牽引支持が有効である。ロボットは

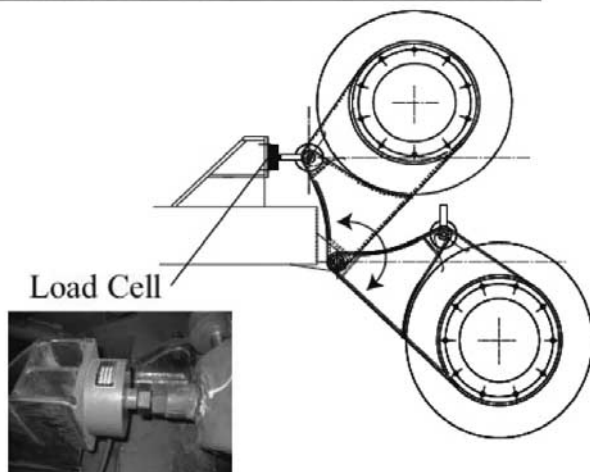


図-1 ウインチと張力計測機構

法面上を上下左右に移動するため、牽引ワイヤは、ウインチと組み合わせてロボットが登る際には巻き取り、下がる際には手繰りだす操作が必要となる。

TITAN XIにおいては、この操作を自動化するため、図-1に示すように胴体後部に取り付けたウインチの台座部分を可動式にし、ワイヤ張力により台座部分がロードセルを押す機構を用いることで、ワイヤの張力を計測できるようにした。さらに、計測した張力情報を、ウインチを回転させる油圧モータへフィードバックすることで張力を一定に保つシステムを構成した³⁾。一定の張力指令に対する追従性を示すグラフを図-2に示す。張力を一定に制御することにより、ロボットが前進する際にはワイヤの張力が下がることでワイヤが巻き取られ、ロボットが後退する際にはワイヤの張力が上がることでワイヤが手繰りだされることになる。これによりロボットは一定の力で斜面上方

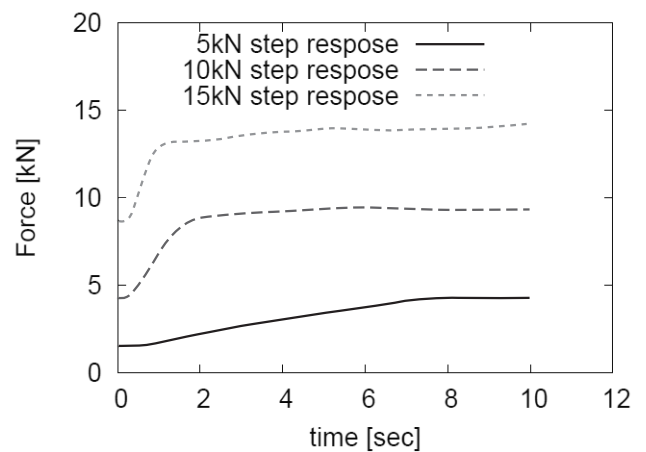


図-2 指令牽引力への追従性



写真-3 TITAN XIのウインチ性能検証

に向けて常に牽引されるサポートを受けることができる。この張力を、ロボットが自重により斜面下側に引かれる力とつり合わせれば、斜面にいながらあたかも平地を歩くような移動が可能となる。

TITAN XI では2本のワイヤにより自重を支えることで、左右の移動も可能になっているが、後述する自己位置計測装置により、ワイヤの張る角度を計算し、自重を支える牽引力を計算することで、移動後のワイヤの牽引方向の変化があっても、自重を変わず支えることができる。また、写真—3に示すように、TITAN XI が垂直になりすべての自重がワイヤにかかるように鉄骨のタワーからぶら下げ、ウインチで巻き取る実験も行い、ウインチの出力が十分であることを確認した。

3. 歩容（歩き方）

車輪やクローラによる移動機構と違い、歩行ロボットには転倒の可能性があるため、実用的な動きをさせるためには、安定性を確保した歩容を検討する必要がある。

これまでに筆者らは、4足動物の最も安定な歩容であるクロール歩容をさらに安定化した間歇クロール歩容⁴⁾、さらに、胴体を地面につけることで、安定性をさらに向上させたインチウォーム歩容⁵⁾、クリープ型インチウォーム歩容⁶⁾、を提案している。

間歇クロール歩容は、足を浮かせて前に運ぶ動作（遊脚）時に、胴体を支える脚（支持脚）が成す3角形の中心に重心を配置する歩容であり、胴体を浮かせた状態では理論的に最大の安定性を有する。推進方向は左右揺動を含みジグザグになる。

これに対してインチウォーム歩容では、遊脚時には

胴体を地面につけてしまうことで、転倒を回避する。遊脚は全ての脚で同時に行い、その後胴体を持ち上げて前に運ぶ歩容となっている。

さらに、クリープ型インチウォーム歩容は、胴体の一部だけしか接地できなくとも、遊脚を個別に行うことで安定に歩行を続けることができる歩容である。これらの3通りの歩容により、模擬法面を移動できることを、実機を用いた実験で確認した（写真—4）。

4. 削孔

法面には凹凸があり、アンカーボルト用の穴は、法面表面に垂直に削孔する必要がある。したがって、削孔機の角度は、法面の表面の方向に応じて調整する必要がある。TITAN XI は4本の脚機構を有し、これらを協調的に制御することで胴体と、そこに搭載した削孔機の位置姿勢を自由に変化させることができる。

削孔機はその付け根を軸に回転させることで、角度を変化させることができる。歩行時には寝かせておき、削孔位置付近に接近したら立てるという運用が可能となっている。その先端のドリル部は伸縮、回転、打撃、圧搾空気の噴出が可能である。この機構を用いた削孔動作を模擬法面上で確認した⁶⁾（写真—5）。



写真—4 模擬法面を歩行する TITAN XI



写真—5 模擬法面で削孔を行う TITAN XI

5. 操縦による運用

ロボットによる法面工事の実用化において、その初期の段階では、操縦によって運用することが現実的かつ有効である。なぜなら計算機を直接操作することなく無線コントローラを用いて駆動箇所を指定して動かすため、作業員にとって操作を理解しやすく、動作の中断や微調整といった柔軟な運用が可能だからである。

無線操縦装置としては、大和機工株式会社製の、4

本のアナログジョイスティックとロータリースイッチを有するものを使用し（写真—6）、スイッチにより、①手動、②削孔、③自動の3つのモードを切り替えられるようにした。



写真—6 無線コントローラ

①の手動モードでは、各関節のシリンダを個別に駆動する方式となっており、レバーを倒した角度に比例した速度で各シリンダが伸縮する。どの脚を動かすかはロータリースイッチで切り替え、関節は各レバーに割り当ててある。

②の削孔モードでは、削孔機の先端部分の伸縮、回転、打撃、圧搾空気バルブ開閉を行う。

③の自動モードでは、TITAN XI に搭載した計算機を介して操縦することが可能になる。計算機はCFディスクからLinuxを起動することができ、電源投入後、OS立ち上げ時に操縦プログラムが自動的に実行されるようになっている。現在実装されている操縦アルゴリズムにおいては、各脚を個別に駆動するモードと、全ての脚を協調させて動かす胴体推進モードがあり、これらはロータリースイッチで切り替えられるようになっている。また、これらの駆動方法は、単純に各シリンダを動かすのとは異なり、現在の位置に対して胴体座標系でx, y, zの座標軸を設定し、どちらの方向に動くかを計算して動かすことができる。それぞれの関節には角度センサ（ポテンショメータ）が取り付けられており、計算機で指令した角度を実現できるように制御されているため、一つのレバーを倒すことで、複数の関節が同時に動き、希望の方向にロボットの脚先や胴体を動かすことができる。胴体に関しては、並進だけでなく、ボタンを押しながらレバーを倒すことでロール・ピッチ・ヨー回転も可能である。

この操縦システムと、クリープ型インチウォーム歩容を用いて、模擬法面での移動と削孔に成功した⁶⁾（写真—7）。



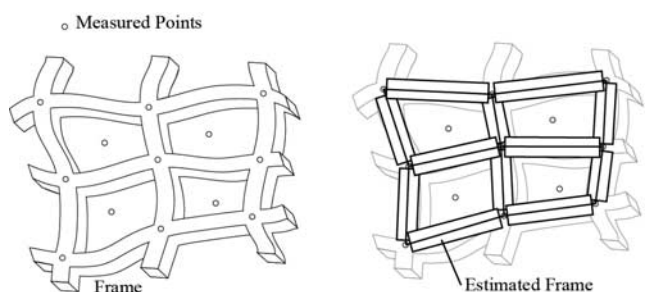
写真—7 模擬法面での移動と削孔

6. 自動運転による運用

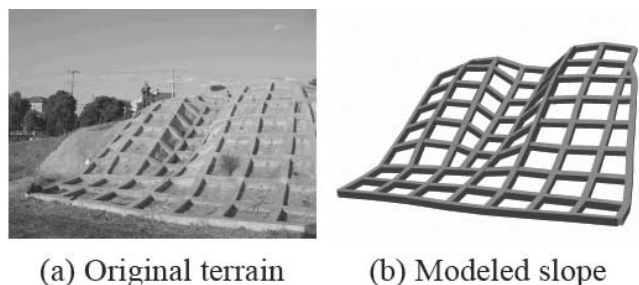
最終的な目標は、スイッチ一つで作業員が介入することなく作業が完了できる、削孔工事の完全自動化である。このためには、ロボットは周囲の地形形状の地図を持ち、時々刻々の自己位置姿勢を知る必要がある。

移動環境の形状の計測方法としては、ステレオビジョン、レーザーレンジファインダ（Cyra⁷⁾、MENSI⁸⁾、Riegl⁹⁾）などを搭載して移動しながら計測する方法が考えられるが、削孔に使う機械に適用することを考えると、レーザーレンジファインダは価格が1000万円以上と高価であること、削孔の際の溶けたコンクリートや泥などが飛散する状況では光学式のセンサは使にくいこと、などから適さないと判断した。そこで、事前に計測した地図データと、自己位置姿勢の計測装置を組み合わせた方法により、地形に適応した動作を実現する。

環境の計測には、測量用の3次元レーザーセンサ（トプコン・トータルステーション¹⁰⁾）を使用する。これは、コーナーキューブミラーと呼ばれる入射光を同じ方向に反射させるミラーを追尾してその位置を計測する装置であり、価格も300万円程度と比較的安価である。今回対象とする環境は、コンクリートフレームで覆われた法面であるため、図—3のようにフレームの交点のみを計測し、その間をつなぐようにフレームと地表面を作成することで、少ない計測箇所でも、使



図—3 フレームの直線近似



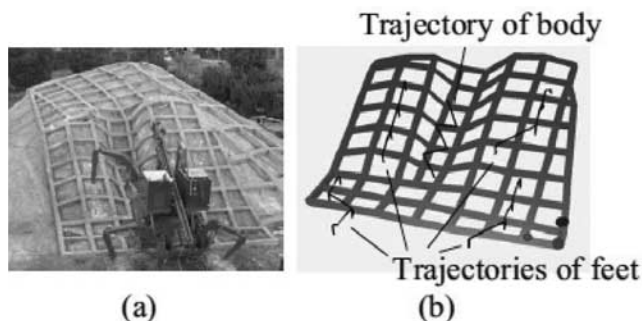
図ー４ 元の地形と、測量により生成した地図データ

しやすい地図を生成することができた。実際の法面と、計測データと近似により生成した地図データを図ー４に示す。

この地図情報に基づき、平地での歩行実験、模擬法面での歩行実験を行った。あらかじめ測量したデータから地図を生成し、その地図を用いてシミュレーションを行って間歇クローラ歩容での動作データを生成した。そのデータを実際のロボットの計算機に入力し、自動運転で実行させた。実験の結果ロボットはフレームを跨いで歩行することができ、これにより、地図データおよびロボットの脚位置制御の有効性が確かめられた。写真ー８、図ー５に、それぞれ平地、模擬法面での実験の様子を示す。



写真ー８ 平地での模擬フレーム跨ぎ越え実験

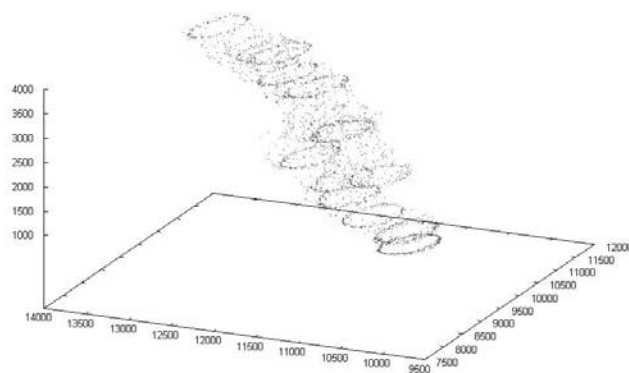


図ー５ 間歇クローラ歩容による模擬法面歩行実験

さらに、自己位置姿勢の計測方法に関しても、同じ３次元レーザーセンサを利用したシステムを提案している¹¹⁾。これは、写真ー９のように、ある半径で回転可能な機構の先端にコーナーキューブを取り付け、このコーナーキューブの位置を、ロボットを停止させ、機構を回転させて計測することにより、回転中心軸ベクトルの方向と、回転中心がわかるというものである。このシステムと姿勢センサを組み合わせることで、ロボットの位置姿勢を計測することができる。図ー６に、ロボットが模擬法面を登って降りる往復移動を行った際の、コーナーキューブの位置の計測結果を示す。



写真ー９ コーナーキューブ回転機構



図ー６ ロボットの自己位置計測結果 単位 [mm]

7. おわりに

以上 TITAN XI を実際の現場での作業に投入するために必要となる要素技術について述べた。移動と削孔に関する機能は、模擬法面において確認済みである。今後は、実際の法面工事現場において運用する中で現実に即した形で機能を改善し、有効性を検証する。

なお、本研究は、平成 14 ～ 16 年度の経済産業省の大学発事業創出実用化研究開発事業費を用いて行われたものである。

最後に、共同で研究開発を行っている東京工業大学機械系 21 世紀 COE 研究員程島竜一氏、玉川大学福田靖氏、大昌建設株式会社 森純一氏に感謝の意を表す。

《参考文献》

- 1) 程島竜一・土居隆宏・福田 靖・広瀬茂男・岡本俊仁・森 純一：4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発－基本設計と脚機構の動作試験，日本ロボット学会誌，**23** [7] pp.847-857 (2005)
- 2) 福田 靖・広瀬茂男・岡本俊仁：4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発，建設の施工企画 2005 年 1 月号，pp.34-41
- 3) 土居隆宏・程島竜一・福田 靖・広瀬茂男・岡本俊仁・森 純一：4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発第 6 報 ロボットの作業環境地図の生成とその利用，ロボティクス・メカトロニクス講演会'05 予稿集，2P1-S-056 (2005)
- 4) 塚越秀行・広瀬茂男：間歇クローラ歩容の提案とその生成原理，日本ロボット学会誌，**17** [2] pp.301-309 (1999)
- 5) 土居隆宏・程島竜一・福田 靖・広瀬茂男・岡本俊仁・森 純一：4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発第 8 報 インチウォーム歩容の提案，日本ロボット学会学術講演会'06 予稿集 (2006)
- 6) 土居隆宏・程島竜一・福田 靖・広瀬茂男・岡本俊仁・森 純一：4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI の開発第 9 報 クリープ型インチウォーム歩容と削孔作業に関する考察，日本ロボット学会学術講演会'07 予稿集，1K27 (2007)
- 7) <http://www.cyra.com>
- 8) <http://www.mensi.co.jp/>
- 9) <http://www.riegl-japan.co.jp/Japanese/>
- 10) <http://www.topcon.co.jp/>
- 11) 特許公開 2005 - 291879 歩行ロボット用歩行データの測定方法

[筆者紹介]

土居 隆宏 (どい たかひろ)
中京大学 生命システム工学部
身体システム工学科 助手



広瀬 茂男 (ひろせ しげお)
東京工業大学理工学研究科
機械宇宙システム専攻
教授



岡本 俊仁 (おかもと としひと)
大昌建設株
代表取締役社長



建設の施工企画 2005 年バックナンバー

平成 17 年 1 月号 (第 659 号) ~ 平成 17 年 12 月号 (第 670 号)

1 月号 (第 659 号)

建設未来特集

6 月号 (第 664 号)

建設施工の環境対策特集

10 月号 (第 668 号)

海外の建設施工特集

2 月号 (第 660 号)

建設ロボットと IT 技術特集

7 月号 (第 665 号)

建設施工の環境対策—大気環境特集

11 月号 (第 669 号)

トンネル・シールド特集

3 月号 (第 661 号)

建設機械施工の安全対策特集

8 月号 (第 666 号)

解体・再生工法特集

12 月号 (第 670 号)

特殊条件下での建設施工機械特集

4 月号 (第 662 号)

建設機械施工の安全対策特集

9 月号 (第 667 号)

専門工事業・リースレンタル特集

■体裁 A4 判

■定価 各 1 部 840 円
(本体 800 円)

5 月号 (第 663 号)

災害復旧・防災対策特集

■送料 100 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

超高層構造物の解体工法 スカイクラッシュ工法

—高所作業をなくして、解体ロボットが超高層構造物を安全に解体—

山 田 祐 輝・古 長 達 廣

スカイクラッシュ工法はブーム伸縮式の大型油圧クレーンをベースマシンとし、ブーム先端にロボットアームと油圧破碎機を取り付けることで既存の解体技術領域を超える高さ 60 m 以上の高層構造物の解体撤去を行うものである。本工法に使用する解体機は地上からの遠隔操作により、安全かつ低公害、高効率に解体作業を行う長大なロボットアームである。このロボットアームはアタッチメントを交換することで多目的に利用できる。今回、本工法により大型鉄骨建屋と頑強かつ大規模の RC 構造物を解体し高い施工能力が確認されたので報告する。

キーワード：解体工法，解体ロボット，搭状コンクリート構造物解体工法，超高層構造物解体工法，大型油圧クレーン

1. まえがき

平成 18 年度労働災害による死者数 1514 名の方のうち、実に 22 %，339 名の方が「墜落・転落」が原因で亡くなっている。

高さのある構造物の解体作業では墜落災害がつきもので、高所で作業する者は常に墜落の危険に晒されている。また工事管理を行う者を含め関係者も不安な毎日を送ることになる。

人間が地球上で行動する以上、高所作業には常に墜落の危険が付き纏っている。

「ご安全に！ 墜落災害ゼロ」をキーワードに、わ

れわれは、超高層構造物の解体無人化施工の共同開発に取り組んできた。

その成果として「スカイクラッシュ工法」を開発し、RC 造煙突（H = 55 m）での実機適用実験によりその実用性を確認することができた¹⁾（写真—1）。そして、この実験の後、大型鉄骨建屋と大規模の RC 構造に対して本工法を適用し、高い施工能力を確認することができた。本報文は、この 2 つの施工の概要を報告するものである。

2. スカイクラッシュ工法

（1）高層構造物の解体の現状

平成 7 年の阪神淡路大震災復興旧工事に際し、高層ビルディング解体工法開発の必要性を強く感じた。また、平成 11 年の台湾集集地震においても同様に、災害発生に対応する救援マシンとして、例えば傾いた高層ビルの迅速な解体撤去に、利用できる工法の開発が望まれている。

高層な RC 構造物の解体は、超ロング解体機で行われているが、汎用機としての施工可能高さは 22 ～ 26 m であり、37 m まで施工できる機種も台数は少ないが製造されている。

しかしこれらの既存の解体機で対応できる建物は 12 ～ 13 階までが限度であり、今後増えるであろう高層建物の解体を地上から安全に施行できる機械が必要となる。



写真—1 親日鐵八幡旧 1 分塊均熱炉煙突 RC 造 H = 55 m

このような状況下、近年 50 m、続いて 65 m の高さの解体を可能とする超大型ビル解体専用機 KOBELCO-SK3500D も出現した。

このように高層構造物の解体の需要を受けて、今後も解体機のより高高度化が進むものと思われる。併せてその経済性や調達の容易性も要求されることになろう。

(2) スカイクラッシャ工法の概要

既存の超ロング解体機のブーム屈曲方式では、高高度に対応するには無理があるため、スカイクラッシャ工法では写真—2 のブーム伸縮方式を採用している。



写真—2 スカイクラッシャ全景



写真—3 ロボットアームおよび油圧破碎機

本工法に使用する解体機は大型油圧クレーンをベースマシンに利用し、主ブーム先端にロボットアームと油圧破碎機（写真—3）を取り付けているもので「スカイクラッシャ」と称している。

ロボットアームと油圧破碎機に必要な油圧は、パワーユニットを別途設置して、主ブーム先端のバルブユニットまで油圧配管により供給している。

バルブユニットは無線信号を受けてロボットアームと破碎機を動作させる。

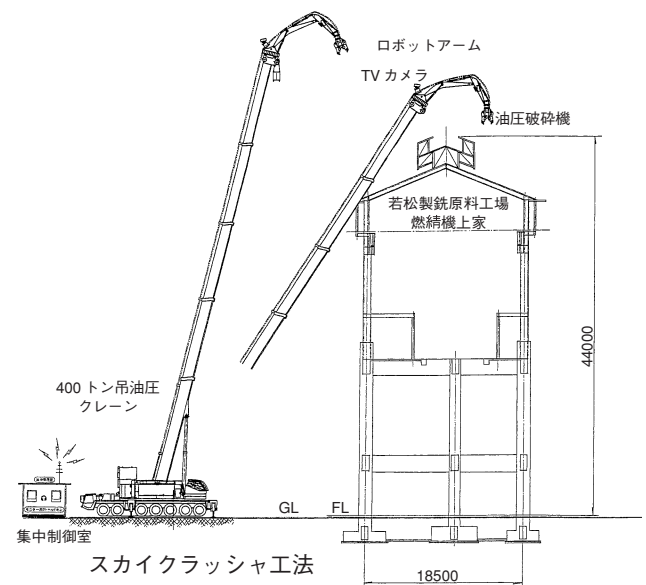
本装置の運転操作は集中制御室のオペレータが行い、クレーンの位置決めはクレーンオペレータが行う。

両者は常にヘッドホンで連絡を取り合い、お互いの運転室に設置されたテレビモニタで解体状況を確認しながら作業を進める。

また、ロボットアームオペレータは解体場所直近に移動して運転が行える。この場合もオペレータはヘッドホンで互いに連絡を取り合い、連携して作業を行う。

(3) スカイクラッシャー工法の特徴

①2 台のテレビカメラ（全景と解体部位をモニタリング）を使用することで、高高度で作業の確実性を高めている（図—1）。



図—1 解体計画図

②本装置が作業時に発生する力（クレーンブームにかかる力）を油圧シリンダの圧力及び、油圧シリンダー、接合ベース、ブームの角度を測定、演算する作業モーメント表示装置を設置し、両オペレータへ表示すると共に大きな負荷に対しては警報で知らせるようにしている。

③粉塵発生抑制のため、散水装置を搭載して、ロボッ

トーム先端の油圧破碎機から散水を行うようになっている。

- ④ベースマシンはメーカ、能力、形式を限定せずに幅広く使用でき、専用解体機と比べ機械損料を安くできる。
- ⑤ロボットアームのクレーンブームへの装着は、接合部の部品の簡単な交換により、簡易に行えるので多数のロボットアームを保有しておけば、一度に必要な台数のスカイクラッシャの調達準備が可能となる。

3. 施工報告 (1)「鉄骨造建屋の解体」

構造物の名称 新日鐵八幡製鐵所若松焼結工場

建屋の規模 高さ 44 m

使用クレーン 住友 360 t

使用アタッチメント 鉄骨カッタ

スカイクラッシャーの解体範囲

- 1 建屋全体の屋根、壁材（大波鉄板）の剥ぎ取り
- 2 クレーンガーダーから上部の小屋組、梁、柱、換気モータ
- 3 ベルトコンベア、ホッパ等機器類

施工結果

予定した解体部分が無足場で人力を介せず、安全に能率よく解体撤去することができた。想像した以上にロボットアームは細かい複雑な作業を行えることが判った。屋根、壁鉄板の剥ぎ取り作業や換気モータ、母屋、胴縁の解体撤去は予定以上にはかどった。

構造部材の解体に於いても以下の仕様鋼材を切断できた（写真—4）。



写真—4 鉄骨造建屋解体状況

H 形鋼 588 × 300 × 20 × 12

H 形鋼 488 × 300 × 18 × 11

I 形鋼 600 × 190 × 25 × 13

H 形鋼 465 × 300 × 18 × 11

鋼管 Φ 600 t = 4, 5

また鋼材の接合部は設計された荷重負担方向とは別方向にロボットアームで力を加えることで容易に切断できることが判った。

ベースマシン（360 t 吊油圧クレーン）に無理な力がかかることは無く、損傷は全く見られなかった。

4. 施行報告 (2)「RC 造構造物解体」

名称 新日鐵八幡製鐵所戸畑コークス装入炭槽

構造物の規模 高さ 43 m

使用クレーン 住友 360 t

アタッチメント 油圧破碎機 2000 kg 開口幅 800 mm

名称 新日鐵八幡製鐵所戸畑焼結工場

構造物の規模 高さ 44.1 m

使用クレーン 住友 360 t

アタッチメント 油圧破碎機 2000 kg 開口幅 800 mm

施工結果

コークス装入炭槽、焼結工場共 GL + 20 m 以上をスカイクラッシャーで解体した後、従来工法の超ロング油圧破碎機と油圧ブレーカを使用して解体した。

コークス装入炭槽は梁が大きく、頑丈な構造のため 2000 kg クラス（開口幅 800 mm）の油圧破碎機では、時間を要したものの全て計画通り解体することができた（写真—5）。焼結工場は SRC 造のため油圧破碎機として RC 用と鉄骨用の 2 機種を使用して施工を行った（写真—6）。

発塵防止：散水装置

破碎部に直接散水するために地上に設置した給水装



写真—5 コークス装入炭槽解体状況



写真—6 燃結工場解体状況

置（容量 8 立米・ポンプ能力 200 L/分・1.5 MPa）からクレーンブーム、ロボットアームを経て油圧破碎機まで配管した。ノズルからの吐出量は 50 ～ 70 L/分であったが十分に発塵を抑制することができた。

これまで泡や霧も試行してみたが地上に近い場所には適するものの高い場所での解体作業では効果を確認できていない。散水するといえば単純な行為のように思えるが粉塵発生抑制には非常に効果があり、有効かつ確実なやり方である。高所における散水のやり方は高圧水を小さなノズルから噴出させ使用するよりも、消防ノズルで水を散らさず纏めて解体する部分に放水するほうが有効である。

5. あとがき

前記した施工報告（2）における施工と同時期に、隣接するコークス装入炭槽を世界最大の超大型ビル解

体専用機 KOBELCO-SK3500D が解体した。解体作業高さ 37 m において 12 t の油圧破碎機を装着したその解体能力は、パワフルで素晴らしく目を見張らせるものであった。

これに対し、スカイクラッシャ工法は解体専用機ではなく、汎用機であるクレーンにロボットアームを取り付けるという特徴を活かし、更なる高高度化を目指すと共に、解体物の規模に応じて今後 5 t 級の油圧破碎機の装着を行う予定である。

またスカイクラッシャは解体専用機と競合するものではなく、準備できる解体専用機が高さにおいて届かない部分に使用することで有効に機能すると考えている。さらにはロボットアームの利点を活かした多用途な使い道ができることから、地震等の災害発生に対する救援マシンとして関係省庁、地方自治体にも紹介して行きたい。

《参考文献》

- 1) 望月武ら：超高層構造物解体工法—高所作業をなくして解体ロボットが超高層構造物を安全に解体—、建設の機械化 '01.5, pp.46-54 (2001.5)

【筆者紹介】

山田 祐輝（やまだ ひろき）
新日本製鐵(株)
八幡製鐵所
設備部 土建技術グループ



古長 達廣（こちょう たつひろ）
株奥村組
九州支店 土木部



災害復旧におけるロボット技術

藤 岡 晃・小 幡 克 実・三 村 洋 一

災害復旧用ロボットの代表的なもののひとつとして遠隔操縦ロボット（ロボQ）がある。ロボットそのものを建設機械に装着することにより、建設機械を遠隔操縦化する技術である。

国土交通省四国地方整備局で平成18年度に公募された四国テーマ設定技術募集（災害対応技術）に応募、採用され、ロボQによる試験施工を実施したので、試験施工の概要、施工能力確認試験、精度確認試験等について紹介する。

キーワード：ロボット、災害復旧、無人化施工、無線、災害対応技術

1. はじめに

近年日本各地では、集中豪雨による土砂崩れや洪水、地震に伴う山崩れ等、様々な災害が発生し、住民に大きな被害を及ぼしている。このような災害が発生した場合、人々の日常生活をとり戻すため、一刻も早い復旧作業を行う必要がある。復旧作業を行う際には、二次災害を防止しながら実施しなければならない。

こうした課題を解決するために、ロボットを用いて災害復旧を実施することが考えられる。ロボットは、医療・福祉、製造、建設、エンターテインメント等、様々な分野で開発が進められているが、建設の土木分野では、災害復旧用のロボット以外に、セグメント自動組み立てロボット、コンクリートの敷き均しロボット、インフラ施設の保守点検ロボット等がある。

災害復旧用ロボットの代表的なもののひとつとして遠隔操縦ロボット（ロボQ）がある。ロボットそのものを建設機械に装着することにより、建設機械を遠隔操縦化する技術である。また、ロボット以外の災害復旧の技術としては、雲仙普賢岳等において災害復興の一環として行われた無人化施工がある。無人化施工も広義な意味で全体のシステムがロボットといえる。

本稿は、災害復旧に用いられている無人化施工の実績ある工種と、災害復旧用のロボットである遠隔操縦ロボット（ロボQ）の概要、及びその試験施工を紹介する。

2. 無人化施工

（1）技術の概要

無人化施工は、無線制御システムやカメラを有するバックホウやブルドーザ等の建設機械を、遠く離れた安全な場所（例えば遠隔操作室、写真—1）からカメラ映像を見ながら遠隔操作することにより、災害復旧における土工、コンクリート打設、無人測量等を行う技術である。無人化施工における災害復旧工事は、2種に大別される。災害発生直後の被害を二次災害を防止しつつ、最小限に抑えるために行う緊急災害復旧工事と、災害がある程度沈静化した後に比較的長期間にわたり本格的に行う復旧工事に分けられる。前者は、何よりも早く工事にとりかかることが重要であり、後者は、多くの建設機械を長期間にわたり稼働させる必



写真—1 遠隔操作室における操作

要がある。

(2) 実績

無人化施工は、雲仙普賢岳や有珠山等における多くの施工の中でシステム化・洗練化され、現在では幅広い工種に対応が可能となっている¹⁾。

(a) 除石

除石工事とは、火砕流や土石流の発生により、下流に堆積した巨石や流木を含む土石等堆積物の除去作業である。人が立ち入ることができない危険区域での除石は、安全な場所に設置された遠隔操作室から、無人バックホウ、無人ブルドーザ、無人ホイールダンプ等の遠隔操縦専用の建設機械を集中的に管理しながら遠隔操作することにより、掘削・積込み・運搬の一連の作業を実施する総合的な無人土工システムで行う。雲仙普賢岳の除石工事における施工状況を写真—2に示す。このシステムの特徴を以下に示す。



写真—2 除石状況

- ①施工箇所から2～3km離れた安全な場所にある遠隔操作室から遠隔操縦ができる。
- ②VR（ヴァーチャルリアリティー）技術を駆使し、臨場感をもたせて作業効率の向上を図る。
- ③無人測量システムによるリアルタイムな施工管理および出来形・出来高管理が可能である。
- ④重機双方向制御システムにより、重機のトラブルを防止し、安定した遠隔操作が可能である。

(b) コンクリート砂防堰堤

コンクリート砂防堰堤の構築は、写真—3に示すように1リフト0.5mで両側に土砂を盛り立て（土砂型枠）、その間にRCC（Roller Compacted Concrete）を打設、これを計画高さまで順次繰り返す施工法が一般的である。RCCは無人ダンプトラックで運搬、無人ブルドーザにより敷き均し、無人振動ローラにより

締め固める。RCCの敷き均し厚さや転圧回数は、GPSを利用して管理する。



写真—3 RCC(Roller Compacted Concrete)の敷き均し及び転圧状況

一方、写真—4に示すようにプレキャストコンクリートブロックを本体兼用の型枠として積み上げ、背面に順次コンクリートを打設することにより砂防堰堤を築造する施工法がある。背面のコンクリートはRCCと有スランプコンクリートを打設する。ブロック背面は付着強度を確保するために、有スランプコンクリートを使用している。プレキャストコンクリートブロックを使用することにより、土砂型枠としての盛土量を大幅に低減することが可能であり、工程・コスト縮減が可能となる。



写真—4 プレキャストコンクリートブロック据付け

(c) 鋼製スリット砂防堰堤

鋼製スリット砂防堰堤の構築は、RCCを使用した砂防堰堤構築技術に加え、1基当たり約15トンの重量物である鋼製スリットを精度良く据付けるとともに、基礎コンクリートとして高流動コンクリートを打

設することが必要になる。

1) 鋼製スリットの無人運搬および無人据付け

転倒・落下防止装置を装備した専用架台を搭載した無人ダンプトラックが鋼製スリットを運搬する。次に写真—5に示すように鋼製スリットの把持・開放および水平方向の回転および微調整が可能な把持装置をアタッチメントとした3.5 m³級無人バックホウが鋼製スリットを据付ける。



写真—5 微調整機能のある把持装置を装備した無人バックホウによる鋼製スリットの据付け

2) 鋼製スリット基礎コンクリートにおける高流動コンクリートの無人運搬および無人打設

鋼製スリットの据付け後に打設する基礎コンクリートに、自己充填性・平坦性に優れた高流動コンクリートを採用する。コンクリートの材料分離に考慮した、アジテーター機能を有するタンクを搭載した無人コンクリート運搬車による運搬後、写真—6に示すように無人ポンプ車による高流動コンクリートの打設を行う。



写真—6 アジテーター機能を具備した無人コンクリート運搬車と無人ポンプ車による高流動コンクリート打設

3. 遠隔操縦ロボット

(1) 遠隔操縦ロボットの必要性

建設機械を安全な場所から遠隔操作する場合、工場で建設機械に無線を取り付け、建設機械そのものを改良して遠隔操縦化する場合と、建設機械は改良せずにロボットを運転席に搭載してロボットを遠隔操作することにより建設機械を遠隔操縦化する場合が考えられる。表—1に両者の比較表を示す。

表—1 遠隔操縦ロボットと遠隔操縦専用建設機械における緊急性への対応等の比較

項 目	遠隔操縦ロボット (ロボQ)	遠隔操縦専用の 建設機械
概 要	建設機械は改良せずに、ロボットを運転席に搭載して遠隔操縦化	建設機械に無線システムを取り付け、建設機械そのものを改良して遠隔操縦化
遠隔操縦化の 容易性	現場で容易に可能	工場での改良が必要
市場性	市販の建設機械（バックホウ）に搭載するため、台数は多い	大型のものが多く、台数が少ない
運 搬	ロボットを分割して宅配便で運搬可能	機械そのものを運搬する必要がある
施工実績	少ない	多い
緊急性への対応	最も適している	適している

緊急災害復旧に対して迅速に対応するために、全国に点在する市販のバックホウや不整地運搬車の運転席に装着して、遠隔操縦を可能とするロボットの開発を実施した。バックホウ用の遠隔操縦ロボットをロボQ、不整地運搬車用のロボットをクロQと呼ぶ。ともに国土交通省九州地方整備局九州技術事務所と当社が共同開発したものである²⁾。

(2) ロボQ（バックホウ用遠隔操縦ロボット）

ロボQは、写真—7に示すように必要な時に、必要な場所で、市販のバックホウの運転席に取り付けることによりバックホウを遠隔操縦化して、安全な場所から作業できる技術である。ロボQの操作は、目視あるいはヘッドマウントディスプレイ（HMD）をかけ、これにロボQ搭載カメラの映像を映し出し遠隔操縦する。ロボQの主な特長を以下に示す。

- ①ロボQを市販のバックホウの運転席に取り付けるだけで、短時間で遠隔操縦化できる。
- ②多数のバックホウのメーカーや機種に装着できる。
- ③持ち運びが容易なサイズに分割できるため、被災地



写真一七 バックホウに装着されたロボQ

まで簡単に運搬可能である。

④搭載カメラ映像により、オペレータ（運転者）は離れた場所から映像を見ながら遠隔操縦できる。

ロボQの諸元を表一2に示す。ロボQは10のユニットに分割され、収納ケースに収め、車等で簡便に被災地まで運搬可能であり、短時間で組立てができる。各ユニットを運転席上に順次組立て、空気圧制御による4本のアクチュエーションユニットの腕が、バックホウの2本の操作レバーと2本の走行レバーを前後左右に遠隔操縦で動かす。空気圧の動力源は、ボンネット部に搭載したエンジンコンプレッサーである。

表一2 遠隔操縦ロボット（ロボQ）の諸元

項目	仕様
対象機種	バックホウ
通信	無線通信方式：制御 特定小電力方式 映像 SS 無線方式 通信チャンネル：429 MHz 帯域の空きチャンネル 自動サーチ 無線通信到達距離：見通のある平坦な場所で 150 m 程度 通信状態の管理：通信状況悪化の場合、自動的に エンジン停止
電源	電源：DC24 V 以上（建機エンジン稼動状態バッ テリ電圧） 消費電力：最大 200W
空圧	最大使用圧力：0.7 MPa（7 kgf/cm ² ） 最大空気使用量：120L/min（大気圧換算）
重量	約 180 kg

（3）クロQ（不整地運搬車用遠隔操縦ロボット）

クロQの特長は、ロボQとほぼ同様である。ロボQのように空気圧制御によるアクチュエーションユニットの腕が、操作レバーを前後左右に動かすことに加え、ペダルの踏み込み等、機構が複雑になっている。

クロQの搭載可能な機種は、不整地運搬車のCD60-Rに限定される。不整地運搬車の操作方法（レバーの種類、位置等）が、メーカーや機種によって異なるため、最も市場性がある機種のひとつのCD60-Rを選定した。写真一8に不整地運搬車に装着したクロQを示す。

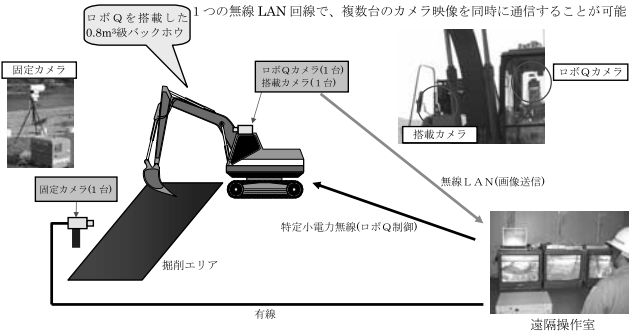


写真一八 不整地運搬車に装着されたクロQ

4. 四万十川での無線LANを利用したロボQの試験施工

（1）試験施工の概要

国土交通省四国地方整備局で平成18年度に公募された四国テーマ設定技術募集（災害対応技術）に応募、採用され、ロボQの試験施工を実施した。ロボQと無線LAN通信システムを融合させることにより、バックホウを遠隔操縦する。図一1に示すように、無線LANによる搭載カメラ・ロボQカメラ映像、及び有線固定カメラによる映像を、ロボQを遠隔操作する遠隔操作室のオペレータまで送信する。ロボQの制御については、従来どおりの特定小電力無線を用い、映像伝送については、バックホウブーム右の機体に取り



図一1 無線LANを活用した遠隔操縦ロボット（ロボQ）の無線系統図

り付けた搭載カメラと、ロボ Q カメラを無線 LAN により送信した。遠隔操作室のカメラ映像のモニター配置を写真—9 に示す。3 台のモニターは、左が固定カメラ、真ん中が搭載カメラ、右がロボ Q カメラの映像を映している。



写真—9 遠隔操作室のモニター配置

これらのカメラ映像を基にロボ Q を遠隔操作することにより、四万十川の護岸復旧工事における根固めブロックの基礎掘削作業を行い、ロボ Q を搭載したバックホウによる無人化施工の施工能力、精度等を検証する。

試験施工の概要を以下に示す。

工種：護岸復旧工事における根固めブロックの基礎掘削

工事場所：高知県四万十市

工期：平成 18 年 12 月 18 日～平成 18 年 12 月 22 日

(2) 施工能力確認試験

写真—10 に示すように、ロボ Q を遠隔操作して、掘削・旋回・横置きという一連の作業を行い、施工能力を算出する。掘削作業等は 2 日間、2 人のオペレータが交代しながら行った。オペレータの経歴を表—3 に示す。オペレータは 2 名とも無人化施工の経験は初めてだった。

本試験の施工能力確認試験結果は、掘削土量 1 日当たり平均 154 m³ であり、国土交通省土木工事標準積算基準書の土工の掘削土量 220 m³ と比較して、約 70 % となった。標準的な遠隔操作による施工能力が、有人施工の約 60 %³⁾ であり、比較的良好な結果となった。

(3) 施工精度確認試験

地面にスプレーしたラインを、ロボ Q カメラと搭



写真—10 施工能力確認試験状況

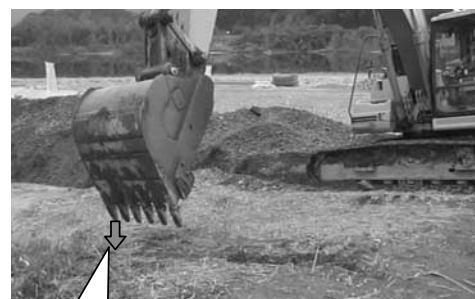
表—3 オペレータの経歴

オペレータ	A さん	B さん
年齢	38 歳	41 歳
経験年数	12 年	10 年
職種	バックホウ	バックホウ
無人化施工経験	なし	なし

載カメラを使用しながら遠隔操作によりロボ Q を操作し、バケット刃先がマーキングした計画位置と、どれくらいずれるかを確認した。オペレータは施工能力確認試験と同一人物であり、バックホウの旋回は左回り、角度は 90 度に統一した。写真—11 に精度確認試験状況を、写真—12 にスケールによる精度測量状況を示す。

表—4 に施工精度確認試験の結果を示す。左右方向のずれは、平均 9.0 cm ・標準偏差で 13.2 cm、前後方向のずれは、平均 17.0 cm ・標準偏差で 22.1 cm、作業時間は、平均 36.4 秒 ・標準偏差 13.2 秒であった。

ロボ Q カメラと搭載カメラの映像では、前後方向



バケットのカドをマーキング
計画位置にあわせる

写真—11 精度確認試験状況

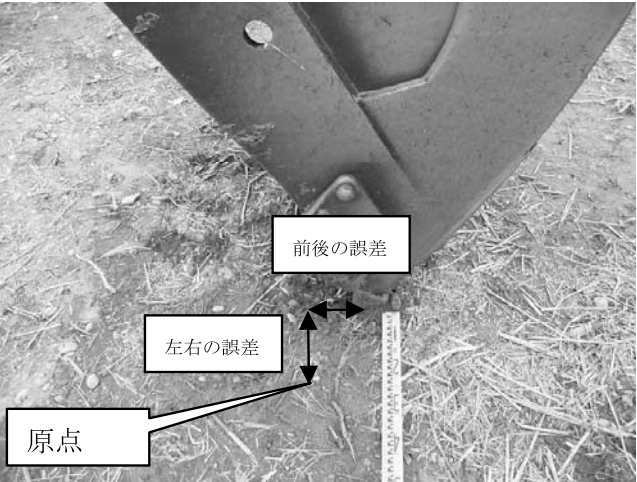


写真12 スケールによる精度測量状況

表4 精度確認試験結果

	左右のずれ (cm) 重機から見て左が+	前後のずれ (cm) 重機から見て手前が+	作動時間 (秒)	備考
1 回目	0	15	50	旋回は全て左回りで90度
2 回目	25	0	50	
3 回目	- 10	15	34	
4 回目	10	- 35	27	
5 回目	0	- 20	21	
平均	9.0	17.0	36.4	ずれの平均は絶対値で計算
標準偏差	13.2	22.1	13.2	

の方が、左右方向よりずれやすいと考えられる。また、ロボ Q カメラによる操作では、施工可能な精度は、左右方向が ± 25 cm 程度（標準偏差の2倍として）、前後方向が ± 50 cm 程度（標準偏差の2倍として）と推定される。考察としては以下の事項があげられる。

①地表面マーキング赤線の太さは、15 cm 程度以上でないと画像を通して認識できない。

②目標をオーバーランしてから目標地点に戻すことが多く、位置あわせに時間がかかった。ただ、回数を重ねるごとに作業時間は短縮されており、習熟度によりさらに時間短縮できる可能性がある。

③精度については、本試験で精度が向上したと判断することは難しい。ロボ Q カメラや搭載カメラのみでは精度の高い作業は難しく、周辺に別角度からの補助カメラ、もしくは3D 立体視システム等の施工支援システムが必要になる。

(4) オペレータヒアリング

ロボ Q の操作性や使い勝手等について、オペレー

タ 2 名に適宜ヒアリングを行い、以下の知見が得られた。

- ①ラジコン操作機のレバーは、当初もちづらく扱いにくかったようだ。終わりのころには慣れてきて、旋回の行き過ぎも極力減った。
- ②ロボ Q の遠隔操作には、遅れ（タイムラグ）はほとんど感じていないようだが、カメラ映像（ロボ Q 及び搭載カメラ）については品質や遅れに多少違和感があるようだ。
- ③ロボ Q カメラに首振り機能をもたせるかは、費用対効果等を含め今後の技術的な課題である。

5. おわりに

災害復旧用ロボットの代表的な技術のひとつである遠隔操縦ロボット（ロボ Q）は、災害復旧工事から一般建設工事へ適用範囲の拡大を検討している。一般建設工事における劣悪な環境下での苦渋作業、危険で過酷な作業等に活用するため、視覚情報技術、無線通信技術、自己位置認識技術等をより改良、発展、融合させることが重要である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 斜面防災・環境対策技術総覧 第6章火山対策工 3節雲仙普賢岳の土石流対策工
- 2) 藤岡晃・小幡克実・三村洋一：災害復旧時の無人化施工，土木施工（2006.4）
- 3) 財団法人先端建設技術センター編：緊急時の無人化施工ガイドブック（2001.7）

〔筆者紹介〕



藤岡 晃 (ふじおか あきら)
㈱フジタ土木本部
土木技術統括部技術企画部
次長



小幡 克実 (おばた かつみ)
㈱FBS
MN 事業部
販売次長



三村 洋一 (みむら よういち)
㈱フジタ土木本部
土木統括部機械部
担当課長

情報化施工に基づく無人化施工の実施 — 無人情報化施工システムの完成 —

北 原 成 郎・周 藤 健

無人化施工ではオペレータにリアルタイムに正確な目標を提示することで施工効率を改善することができる。赤松谷川1号床固工工事では、3次元CADをベースとした無人情報化施工システムを導入し、測量から施工、検査までを情報化施工で行った。これにより、RCC打設時の作業効率が大幅に向上し、施工管理や測量作業などの負担を大きく削減することができたので、そのシステムの概要を紹介する。

キーワード：無人化施工、情報化施工、無人測量機、排土板制御、丁張レス

1. はじめに

遠隔操作で建設機械群を有機的に組み合わせて施工する無人化施工ではオペレータにリアルタイムに的確な目標を提示することが施工効率の向上に重要である。「無人情報化施工システム」とは、GPS技術と無線技術を組み合わせ、搭載した遠隔操作式建設機械により3次元CAD情報を基に正確な施工を行うためのシステムで、測量から施工、出来形検査までを無人化施工で実現した。主な構成は①警戒区域内の測量を全て行う無人測量システム、②無人化施工で初めて排土板の高さ自動制御を実現したブルドーザ排土板制御システム、③3次元CADデータを基に丁張レスを可能にした3次元バックホウ誘導システムの導入。これらに転圧管理システムとブルドーザ敷均し管理システムをあわせて、無人化施工砂防堰堤工事の主要な工種全てにおいて、情報化施工による無人化施工を実施した。これにより、無人化施工全体に対する品質の向上と、施工管理に対するコストの低減などの成果を上げたので紹介する。

2. 工事概要

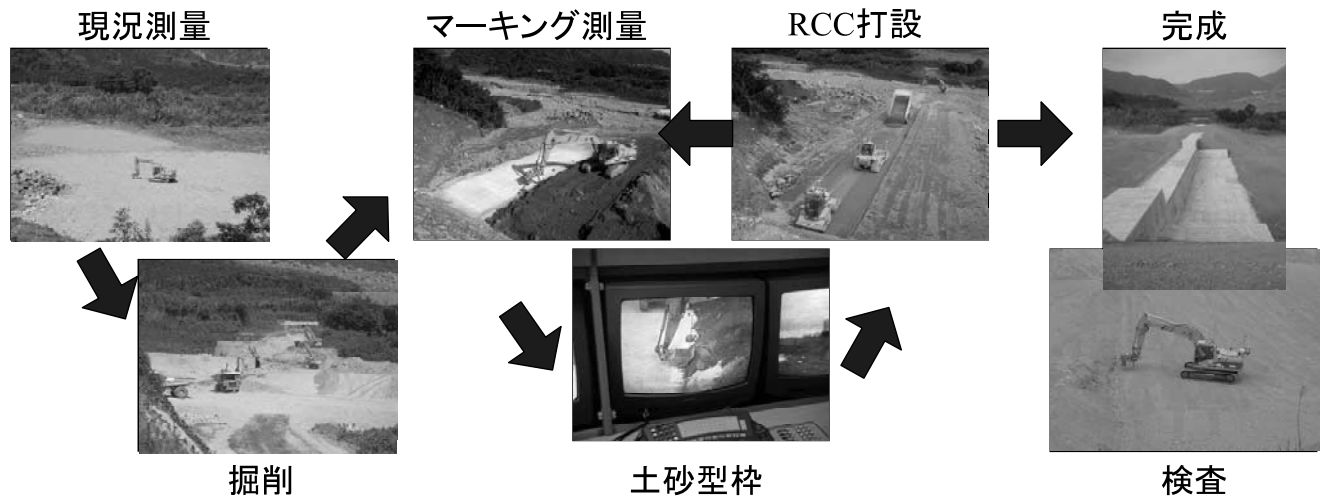
工事概要を下記に示す。また、写真—1に完成時の床固工を示す。

工事名：赤松谷川1号床固工工事
発注者：九州地方整備局
施工数量：床固本体工（重力式RCCコンクリート）
堤長：357.5m 堤高：14.5m
RCCコンクリート：16,680m³
工期：平成18年2月10日～平成19年1月31日
工事場所：長崎県南島原市深江町上大野木場地先

床固工の施工順序を簡単に図—1に表す。工事の特徴としては、土砂を盛土することでRCCの型枠とする土砂型枠を採用している。掘削完了後に測量を行い、土砂型枠を施工後、RCCコンクリートをダンプトラックで運搬し、ブルドーザで敷き均して、振動ローラーで転圧する。この工程を繰り返して、堰堤を施工する。



写真—1 赤松谷川1号床固工



図一 1 施工順序

3. システムの概要

技術の特徴を述べる。本システムでは、RTK-GPSを計測機器として利用し、これを各建設機械の用途に合わせてシステム化して搭載した。無人化施工では作業を行う機械の座標を直接表示することが困難であった。今回、砂防堰堤工事の無人化施工で精度を要求される建設機械について、現況測量や検査に用いる測量機から掘削やコンクリート敷き均しに用いるバックホウ、ブルドーザの主要機械に対して計測できるシステムを構築した。これにより全ての作業をCAD等で数値化し、オペレータに指示することが可能になった。無人化施工では丁張の設置に時間がかかるため、こうした測量の手間は大幅な省力化が可能になった。

(1) 無人化施工システム概要

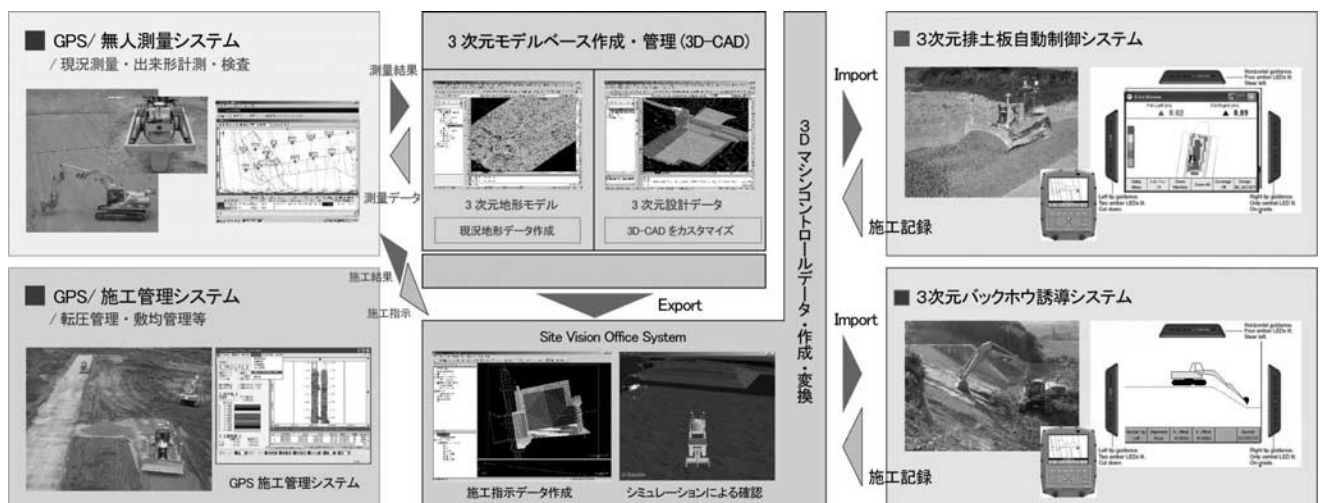
無人情報化施工システムは、施工を行う各建設機械

に搭載したシステムとこれを支援するCADをベースとしたシステムから成り立っている。無人測量システムは現況測量から検査まで警戒区域内の測量作業を受け持つ。主にRCC打設時の敷き均しを行う排土板制御システムは自動で排土板の高さを制御することで均一な施工が可能となる。丁張の代わりに施工時の設計データを画面に表示することでオペレータに常時正確な目標を提供するバックホウ3次元誘導システムがある(図-2)。

(2) 無人測量システム

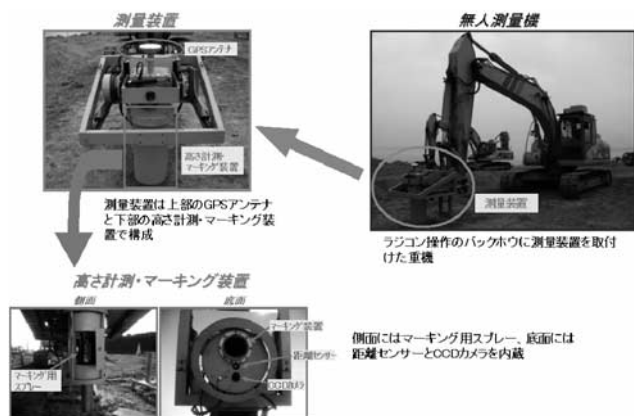
無人化施工用バックホウ(0.7 m³)先端に設置した測量装置にGPSを設置し、水平を保ちながら、精度よくマーキングおよび測量チェックを行うシステムで、すべての操作を遠隔操縦で行うことが可能である。

作業手順は、操作室に設置したPCに設計データとGPS位置をリアルタイムに表示する。コントロール



図一 2 無人情報化施工システム概念図

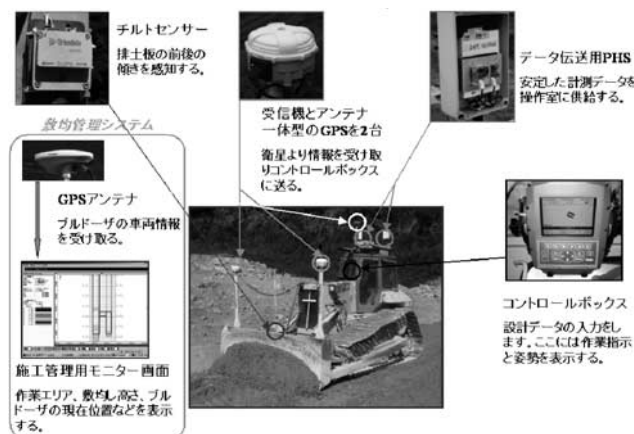
用PCのディスプレイ上に視認カメラ映像を表示，確認しながら装置を制御する。目標に近づいたら，自動計測を行い，目標位置に合わせる。確認後，マーキング装置で現地地盤へスプレーでマーキングを行う（図—3）。



図—3 無人測量システム

(3) 排土板制御システム

ブルドーザの排土板の両端にGPS受信機を取り付け，排土板の位置を直接計測するシステムで，チルトセンサーと電磁バルブを組み合わせ，排土板の高さを自動で制御する。高さはモニター画面に表示される他，LEDのランプ表示で高さレベルが表示できる。無人化施工では，LED（Lightbar）のデータを，PHSを使って伝送し，遠隔操作室で表示した。自動制御のON/OFFは建設機械側の制御信号を使って操作する。排土板の制御情報は事前に3DCADで生成したデータをCFカードで受け渡し，動作する。施工データはブルドーザの運転席天井部に取り付けたGPSアンテナにより常時計測する。その結果は，敷き均し管理システムでリアルタイムに表示，記録する（図—4）。



図—4 排土板制御システム

(4) 3次元バックホウ誘導システム

バックホウのカウンターウェイト上に2つのGPSを設置し，車体の傾きを測るピッチセンサ，ブーム・アーム・バケットの傾斜を測る3個の傾斜センサのデータをCAN（建設機械等車両用ネットワーク）に接続されたコントローラであるコンピュータ上でバケットの姿勢までを算出し，表示するシステムである。これにより事前に入力したCADデータに沿って動作させたバケットの位置がオペレータに容易に確認できる。

位置情報は，運転席内のディスプレイにリアルタイムで表示され，3次元設計データを事前にCFカードでディスプレイ本体に導入する事により，設計データとの相対的な位置関係を表示することができる。運転席内には，3本のライトバーが設置されており，ディスプレイよりも直感的に，オペレータに設計データとの相対位置情報を提供する。本システムでは，ディスプレイの画面をCCDカメラで撮影し，画像を操作室に無線伝送する。また，画面の切替も遠隔で行う機能も持たせた。

無人区域における土砂型枠生成や法面施工において，ディスプレイの情報を参照しながら，丁張り無しで作業が可能となった（図—5）。



図—5 バックホウ誘導システム

(5) その他のシステム

(a) 転圧機械管理システム

振動ローラにGPSを搭載し，PHSを用いてGPS計測データをシステムPCに送信することにより，車両位置を測位し転圧工事をリアルタイムに管理するシステムで，転圧回数を色別に表示，記録が可能である。

(b) 敷均管理システム

ブルドーザの運転席上に GPS を搭載し、PHS を用いて GPS 計測データをシステム PC に送信することにより、車両位置を測位しブルドーザの敷き均し作業をリアルタイムに管理するシステムで、RCC コンクリートの敷き均し状況を計測表示することができる。排土板に設置した GPS での計測では敷均し面の計測を記録することができないため、本システムで測定する。

4. システム導入結果

システムの導入効果としては、工事全体を情報化施工で行うことで、管理面や施工効率の面で省力化として大きな効果を発揮した。2次元設計データを基に、3次元データ化した計画図面を下記の図にあるように現況測量から施工指示、施工、確認および検査まで一連の施工の主な工種でシステムを稼動し、施工精度と施工効率の向上に大きく寄与した。

各システムごとの効果を箇条書きで記載する。

(1) 無人測量システム

- ① 今回の工事では、着工前測量や RCC コンクリート土砂型枠の測量、出来形確認測量等すべての測量に無人測量システムを使用することができた。
- ② GPS を利用した測量システム（GPS-RTK 測量）を使用しているので、直視できない場所でも測量が可能。
- ③ 測量精度は、XY 方向は $\pm 3\text{ cm}$ 、Z 方向は $\pm 5\text{ cm}$ の誤差範囲であった。
- ④ 測量と同時にマーキングを行うことが可能で、マーキングした位置を真上からカメラで確認できるため、正確に対象を計測した。

(2) 排土板制御システム

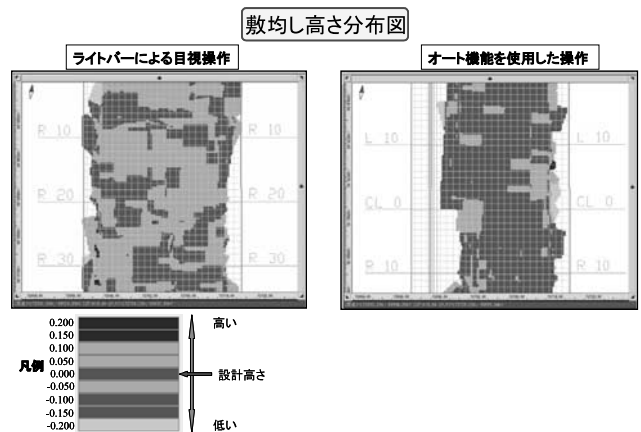
(a) 品質の向上

- ・敷き均し精度が上がることでコンクリート撒き出し厚が均一化することで転圧効果が一定となった。
- ・仕上りの精度が向上（現場で計測した敷き均し状況を図—6 に示す）。
- ・敷き均し時間の短縮により、コンクリートの品質が向上。

(b) 施工時間の短縮

- ・排土板の自動制御で仕上げ時間が大幅に短縮。

コンクリートの敷き均し時間を、自動制御を使う場合と LED を視認する場合とで比較したところ、自動制御で施工した場合は 1.7 倍効率が向上した。



図—6 敷き均し高さ分布図の比較

- ・敷き均しのための測量作業が必要ない。

(c) オペレータの作業負担の軽減

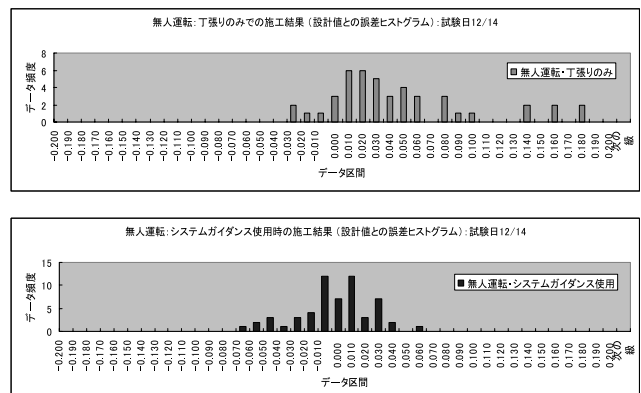
- ・排土板自動制御で目標に合わせる細かい作業がいらぬ。
- ・無人化施工特有の精神的負担が減少した。

また、移動カメラの位置などこれまで設置に苦勞した作業が簡単になるなど副次的効果があった。

(3) 3次元バックホウ誘導システム

- ① 事前の測量作業を省略できた。
→測量作業の負担軽減、工程短縮
- ② 設計データを確認しながらバケットを誘導可能。
→オペレータの技量に関らず一定の出来形を確保
- ③ 常時、設計と現況の確認が容易にできた。
→施工中の確認、測量の時間短縮による工程の短縮（作業の中断がない）

図—7 は誘導システムを用いて法面掘削の仕上げ精度を丁張りをカメラで見た場合（上）と誘導システムを利用した場合（下）で比較したものである。システムを利用した方がばらつきの範囲が半分程度に収まった。



図—7 バックホウ誘導システム掘削精度比較

(4) その他のシステム

(a) 転圧機械管理システム

転圧軌跡が安定し、無駄な転圧を防ぎ、品質を向上した。

(b) 敷き均し管理システム

排土板制御システムの成果を記録することができた。一目で敷均し状況が確認できるため、作業性が向上した。

(c) 3次元 CAD システム

今までは、複数システムを使用する場合それぞれのシステムに則したデータを作成する必要があったが、今回は3次元の設計データファイル1種類を作成することですべてのシステムに作業指示を与えることが可能になった。

①データ作成時間の大幅な短縮

データ作成を3次元CADですべて実施できるため、今まで複数システムを使用して行っていたデータ入力にかかる時間や入力ミスを大きく低減することができた。さらに、3次元CADによる日常業務をより簡素化させるため、工事に特化した専用コマンドを作成したことにより業務がより効率化した。

②データフィードバックによる高度な施工管理

無人測量機や重機搭載のGPSにより日々の施工出来形を計測しデータベースに保存していくことにより、施工データをCADにフィードバックし現況形状の確認や出来形管理、さらに土工量算出などの高度な管理業務を3D-CAD上で容易に行うことが可能となった。

(d) PHS データ伝送システム

- ①双方向高速通信 (32 kbps) が可能となり、大量のデータ伝送でのトラブルが低下した。装置のレスポンスが向上し、安定した。
- ②ローミング機能により、現場周囲にアンテナをおくことでアンテナ配置による障害が少なくなった。これにより建設機械の配置に制限が少なくなった。
- ③他の無線システムに影響を与えたり、電波干渉を受けることがなくなった。連続送信できる周波数は限定されているため、データ伝送をPHSで行うことで他の周波数の節約ができた。RCCコンクリートの敷き均し作業はコンクリートの品質確保等に重要なものである。本システムは、ブルドーザの排土板を自動制御することによって、オペレータの負担を軽減するとともに、出来形の向上や品質の確保に寄与する技術である。

5. まとめ

本工事での主なシステム導入成果のまとめを以下に記す。

- ・無人化施工主要工種で情報化施工（設計データによる施工指示等）により数値を目標とした施工を実施できた。
- ・ブルドーザの排土板高さを自動で制御することで、敷き均し作業の効率を約1.7倍に向上した。
- ・無人化施工で現況測量から検査まで3次元CADデータを基に施工管理を実施し、管理の効率化へ貢献した。

その他、品質の向上や作業負担の軽減、各作業時間の短縮などの成果が上げられる。

工事全体で情報化施工が実現できたのは、無人化施工の特殊性に負うところが大きいですが、将来の情報化施工に向けて、貴重な経験を得ることができた。

今後は、無人化施工の工種の拡大と、情報化施工技術の一般工事への展開を進めていきたい。

6. おわりに

今回、現場にてご助言、ご指導を頂いた国土交通省の方々や、無人情報化施工システムを構築するにあたり、ご協力くださった新キャタピラー三菱(株)、(株)ニコン・トリンプルの関係者の方々に心より感謝いたします。

J C M A

《参考文献》

- 1) 北原成郎・周藤 健：無人化施工におけるブルドーザ排土板制御システム、建設機械 512, 43 [10]

【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
 機材部
 担当部長



周藤 健 (すどう けん)
 (株)熊谷組
 土木事業本部
 ダム技術部
 係長



ニューマチックケーソン工法の無人化施工技術

小 滝 勝 美

ニューマチックケーソン工法において無人化工法が開発されてから25年ほどが経過しており、近年では計画段階より積極的に無人化工法を採用する事例が多くなってきている。無人化工法が開発されてより、安全性の向上や施工能力向上のために様々な開発がなされ、自動化への試みなども行われてきた。今後のニューマチックケーソン工法の無人化施工技術の方向性としては、完全無人化に向けた開発へと進むものと考えられるが、パーフェクトを目指すのではなく可能な限り函内作業を少なくすることを考えるとともに、余剰な設備等をできるだけ減らし、価格競争のできる工法として確立していくべきと考えている。

キーワード：ニューマチックケーソン，無人化工法，施工実績，完全無人化，大深度

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法がわが国において導入されたのは、1902年に横浜税関の岸壁建設¹⁾でエアロックを装着した潜鐘工事が行われたことに始まる。

その後、橋梁基礎を中心に施工実績を積み重ねてきたが、1960年代まではスコップやツルハシを用いた人力掘削が行われ、3Kや5Kといった苦渋作業の代表的な工法として知られていた。函内掘削作業の機械化は電動式ブルドーザの投入から始まり、電動式バックホウから天井走行式掘削機へと急激に進化し、1981年には伊勢湾岸道路名港西大橋（I）工事で、無人化工法が初めて採用されている。機械化から無人化へわずか20年で移行しており、各社の技術開発に対する真剣な取り組みが窺える。

平成に入ってから、徐々に無人化工法が定着するようになり、近年では函内作業気圧が0.29 MPaを超えるような施工では、ほぼ無人化施工が採用されるようになってきた。また、更に深いケーソン（函内気圧0.39 MPa以上）の施工においては、ヘリウム混合ガス併用の無人化工法が開発され、より安全な施工法として確立されている。

本報文では、近年のニューマチックケーソン工法の無人化施工実績等を紹介するとともに、最新の技術動向について報告する。

2. 近年の施工実績の推移

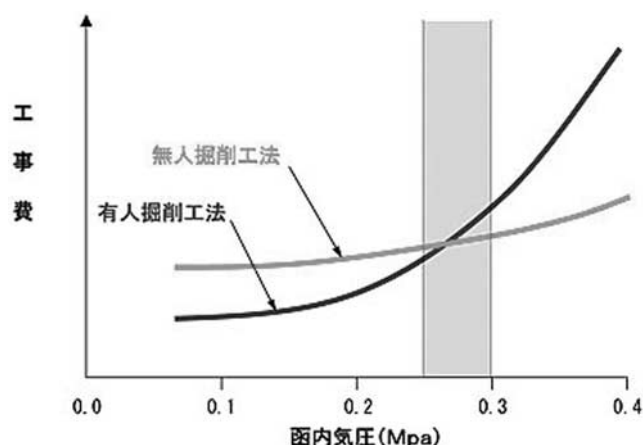
ニューマチックケーソン工法において本格的に無人

表—1 ニューマチックケーソン施工実績

平成年度	掘 削 基 数			全体掘削土量 (m ³)
	無人掘削	有人掘削	合 計	
元年	4	84	88(11)	526,500
2年	3	93	96(3)	431,500
3年	9	68	77(11)	322,500
4年	8	74	82(20)	432,800
5年	6	57	63(10)	306,400
6年	10	84	94(13)	314,900
7年	13	50	63(11)	355,500
8年	15	49	64(7)	233,300
9年	17	54	71(11)	481,900
10年	3	61	64(10)	212,400
11年	14	50	64(6)	234,300
12年	13	43	56(11)	299,400
13年	24	62	86(10)	426,400
14年	8	65	73(14)	397,100
15年	14	52	66(11)	286,600
16年	10	51	61(9)	246,300
17年	23	60	83(19)	355,400
18年	12	46	58(7)	276,500
平 均	12	61	73	341,100

化工法が取り入れられたのは、平成に入ってからであり、既に20年が経過しようとしている。表—1に日本圧気技術協会が実施している施工実績調査の結果をまとめ一覧表として示す。これによると、無人化工法は年間平均として12基程度施工されており、平成当初よりもその施工基数が増えているのが分かる。なお、平成元年より現在に至るまでに無人化工法により施工された基数合計は206基を数えている。

また、表—1の掘削基数の合計で（ ）書きしている数値は、各年度で函内最大気圧が0.29 MPaを超える基数を示している。導入初期（平成元年～6年）には、函内最大気圧が0.29 MPa以上のケーソンでも無人化工法の施工割合が少なかったものの、平成7年度以降は例外はあるものの、0.29 MPa以下のケーソンにおいても無人化工法が採用されるようになってきているのがわかる。

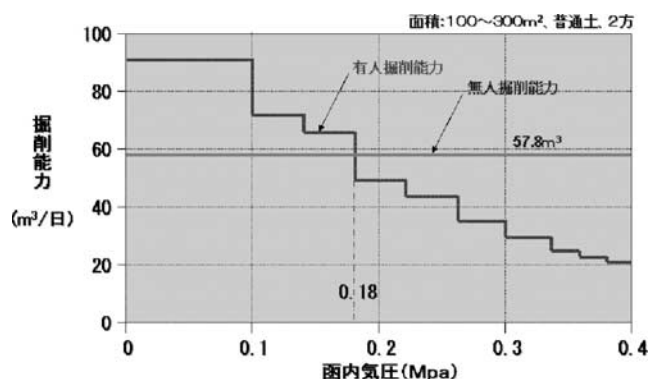


図一 1 有人・無人掘削の工事費比較図

ニューマチックケーソン工法における無人化工法は、ただ安全性を高めるために開発されたのではなく、施工性や施工能力の向上のために開発されてきたものである。この意味においては、無人化工法を用いても従来工法に比較してコスト縮減に繋がるような施工法は他に類を見ない。なお、従来工法（有人掘削）と無人化工法のコストパフォーマンスは図一 1 に示すとおりであり、無人化施工によるトータルコストの逆転効果は、過去の施工実績等により通常 0.25 MPa ～ 0.29 MPa の間にあると考えられている。

3. 無人化工法による掘削能力

ニューマチックケーソン工法の積算基準としては、「国土交通省土木工事積算基準」において通常の有人掘削工法が示されている。一方、無人化工法については、公的な積算基準はなく日本圧気技術協会が発行している、「ニューマチックケーソン積算資料」があるのみであり、無人化工法の公的な積算基準の整備が望まれている。なお、これらの積算基準に記載された掘削能力の比較を図一 2 に示す。



図一 2 有人・無人掘削能力比較図

図一 2 に示すとおり、無人掘削能力は 0.18 MPa を界にして有人掘削能力よりも大きくなる。他の環境下における無人化工法では、通常は有人作業の方が施工能力が大きい。しかしながら、ニューマチックケーソン工法は高压気下という特殊な環境条件にあり、管内での作業時間を制限されることからこのような逆転効果が生まれ、正に無人化工法が最も適した工法となっている。

4. 無人化施工の実際

(1) 管内掘削機

無人化工法に用いられる管内掘削機の仕様については、各社それぞれの特徴を有しているが、基本的には天井走行式掘削機を地上の遠隔操作室においてテレビモニターを見ながら遠隔操作する方法を採用している（写真一 1、2）。

天井走行式掘削機の仕様としては、表一 2 に示すとおり 3 種類が開発されているが、積算上の標準仕様としては 0.15 m³（山積）が採用されている。その他



写真一 1 天井走行式掘削機



写真一 2 遠隔操作状況

表—2 掘削機仕様一覧表

バケット容量	機関出力kW(PS)	機械重量(t)
0.15m ³ (山積)	15.0	8.2
0.25m ³ (山積)	30.0	12.4
0.30m ³ (山積)	37.0	15.3

の大型掘削機については、掘削能力が大きいため大型ケーソンの施工や工程等に余裕のない場合等に採用されている。また、大型の掘削機は掘削力が強く硬質土層の掘削に適しており、故障等が少ないなどの特徴を有している。掘削機仕様の選定に当たっては、土質条件や施工規模等を踏まえて計画する必要がある。

(2) 土砂積替え装置

開発当初は、掘削作業の効率化を図るために土砂積替え装置を採用していた（写真—3）。土砂の積替え方式については、各社各様の装置を開発し施工していたが、設備が多様化すればするほど故障等の不具合が発生しやすく、また、実際の掘削能力についてもそれほど向上しなかったため、現在ではよりシンプルな方法とし、土砂積替え装置は用いずに1固の土砂バケットによる搬出作業を行っている。



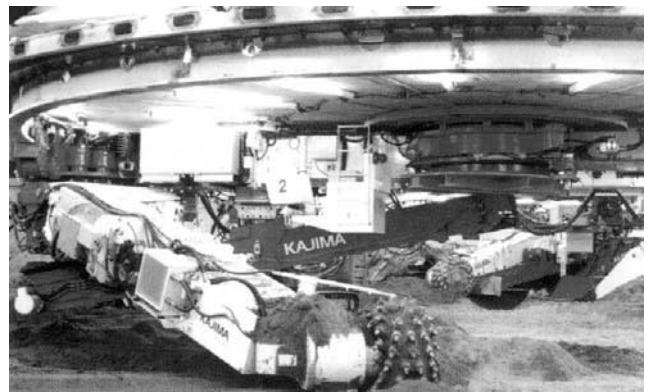
写真—3 底開バケット式土砂積替え装置

(3) 自動化施工

掘削機オペレータの負担低減のため、単純な繰り返し作業等については一部自動化を採用したこともあるが、実際の現場においては初期設定の入力や位置関係の微妙なずれ等の修正等が必要となり、これらに対応するために必要とされる時間的ロスなどを考えると、自動化を採用する意味がなくなってしまい、現在では自動化施工は導入していない。一方、土砂バケットの

搬出作業の自動化についても試みたが、自動化自体は可能ではあるものの、安全性の観点から巻き上げ速度の制限等を余儀なくされ、結果的にはサイクルタイムが非常に長くなるなどの弊害が発生した。このため、現在では無人化施工（掘削作業）の一部に自動化を取り入れることは行っていない。

ただし、バケット式掘削機ではなく、岩盤掘削用としてカッタードラム式掘削機を用いて自動運転するとともに、切削ズリをベルトコンベアにより搬送して、土砂バケットに自動的に投入する施工が行われ、良好な成果を上げている事例もある（写真—4）。

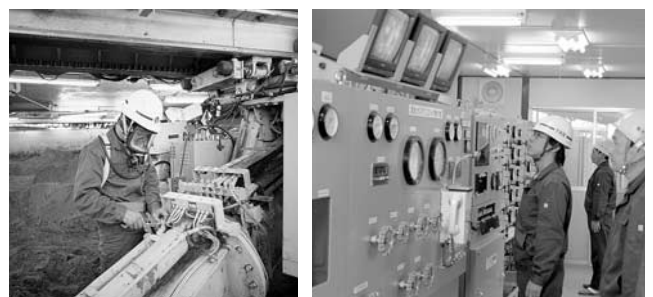
写真—4 自動化施工事例²⁾

(4) ヘリウム混合ガスバックアップシステム

無人化工法の開発により、掘削作業時には基本的に函内に作業員が入ることはなくなった。しかしながら、掘削機のメンテナンスや故障時への対応のためには、どうしても作業員が函内に入る必要がある。

しかしながら、0.29 MPaを超えるような高気圧下では、窒素酔いや呼吸困難等の高気圧障害が発生しやすくなる。これらの障害を回避し安全な函内作業を行う方法として、入函時の呼吸用ガスとして窒素の一部をヘリウムと置き換えた「ヘリウム・窒素・酸素」のヘリウム混合ガスを用いたバックアップシステムを採用している（写真—5）。

ヘリウム混合ガスを併用した無人化工法の開発により、ニューマチックケーソン工法の適用範囲は



写真—5 ヘリウム混合ガス利用状況

表一 3 大深度ニューマチックケーソンの施工実績

No.	構造物名称	発注者	施工時期	平面積 (m ²)	最終気圧 (MPa)
1	中部・西部及び隠工幹線立坑	大阪市	H11～H12	240.5	0.55
2	(仮称)矢部川橋基礎工P1、P2	九州地整	H16～H17	292.5	0.50～0.53
3	富山新港東西線橋梁P22、P23	北陸地整	H15～H17	381.2	0.48～0.49
4	阪南港阪南2区橋梁下部工	大阪府	H12～H13	289.0	0.46
5	高砂・香戸本水管「シルド」用立坑	東京都	H11～H12	122.7	0.46
6	京浜島共同溝発進立坑	関東地整	H16～H17	84.9	0.44
7	名港西大橋Ⅱ期線P2、P3	道路公団	H05～H08	1,080.0	0.40～0.42
8	第二名神員井川橋	道路公団	H09～H10	286.0	0.42
9	日暮里・舎人線荒川横断橋	東京都	H12～H13	103.9	0.41

0.69 MPa までに広がっている。現在までに施工されたヘリウム混合ガス併用の大深度ニューマチックケーソンの施工実績を表一 3 に示す。

5. 最新の無人化工法

ヘリウム混合ガス併用無人化工法により、0.69 MPa まで安全な施工が可能となったが、益々大深度化する橋梁基礎や各種立坑等に対応するため、近年では完全無人化工法への追求が行われている。

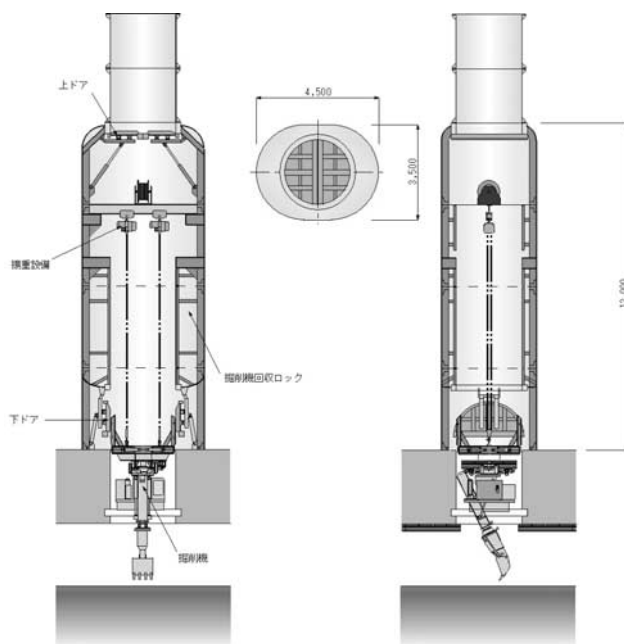
ここに言う完全無人化とは、初期沈下掘削時（～0.18 MPa 有人作業）を除いた、無人化施工時を示すものであり、可能な限り函内に入らないようにするという意味で捉えている。以下に当社において開発し完全無人化を追求する Super-ROVO ケーソン工法について紹介する。なお、本工法の開発により、超大深度（地下水面下約 90 m）までのニューマチックケーソンの施工が可能となった。

(1) 掘削機無人回収システム

本システムでは掘削機のメンテナンス作業と解体・回収作業を大気圧下で行うことが可能となり、安全性が飛躍的に向上するとともに、函内作業がなくなるため、ヘリウム混合ガス使用量の大幅な削減と工期短縮によりコストダウンが図られる。また、本システムでは掘削機を組み立てた状態で函内への搬入・搬出が可能となっている。図一 3 にその概要を示す。

(2) 掘削機のケーブルレス化

現状の無人化工法においては、掘削機の動力線としてキャブタイヤを天井走行レールに沿って配線し、カーテンレールの要領で動力線が伸縮し、掘削機の動きに追従させている。これに代わる方式として、工場の生産ラインや天井クレーン等で実績のある絶縁トロリー給電システムを取り入れた（写真一 6）。この方式の採用により、移動電線のメンテナンスを不要としフレキシブルな移動が実現した。また、掘削機を回収する際に課題となっていた電線の処理も簡易となった。



図一 3 掘削機回収ロック概要図

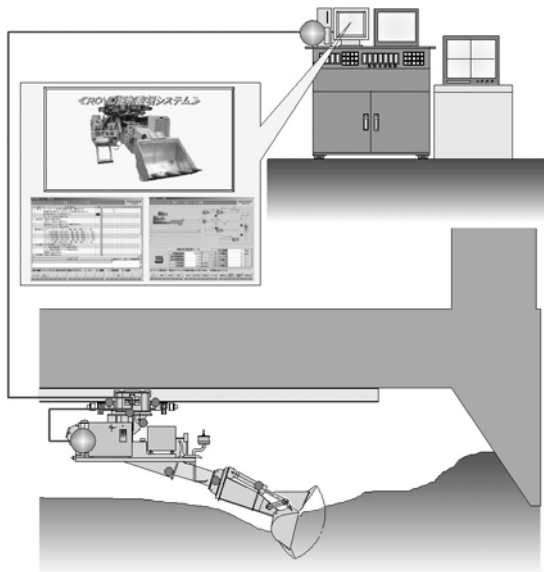


写真一 6 ケーブルレス掘削機

一方、動力線の他には操作線・制御線をもケーブルレス化するために、雲仙普賢岳等の災害復旧工事で実績のある、SS デジタル無線遠隔操作システムを採用し、狭隘空間でも混信等が少なく大容量の電送が可能な信頼性の高い無線システムとして開発した。

(3) 自動メンテナンス・自己診断システム

従来の無人化工法においても導入していたシステムであるが、さらに内容を充実し掘削機から発せられる各種の異常信号を捕らえ、致命的な故障等が発生する前に早期発見できるようにしている（図一 4）。これにより、故障等による函内での補修作業を大幅に削減することが可能となり、ヘリウム混合ガス使用量も減少させることができる。



図ー4 自動メンテナンス、自己診断システム

(4) ヘリウム混合ガス呼吸システムのバージョンアップ

掘削機の無人回収システムやケーブルレス化、または自動メンテナンスシステム等の開発により、ほぼ函内での有人作業は無くなったものの、掘削機の回収不能やトラブル等、非常時にはどうしても有人作業に頼らざるを得ない場合が発生する。このため、ヘリウム混合ガス呼吸システムは必要不可欠な設備となり、超大深度ニューマチックケーソンに対応するために、0.88 MPa（地下水面下 90 m）まで施工可能なシステムの構築を行った。

6. おわりに

ニューマチックケーソン工法は、今から 40 年前までは機械化が最も遅れた施工法のひとつとして数えられていたが、現在では最も無人化施工が進んだ工法のひとつとして挙げることができる。無人化施工を採用することにより、安全性の向上を図ることは勿論のことであるが、施工能力の向上まで併せ持った無人化施工技術は他に例がなく、ニューマチックケーソン工法において無人化が発展してきた原動力となっている。

無人化施工が開発されて、最初に採用した現場にお

いては、現在のように完成度の高い機械ではなかったため故障が非常に多く、特にセンサー関係のトラブルに悩まされた。見学会を開催したときに、見学者が現場へ到着しているのにも拘わらず、作業室内では修理作業を行っていたなどの経験もある。

しかしながら、掘削機械やセンサー類の改良・改善を行うことにより、現在では非常に完成度が高く、故障の少ない掘削機となっている。作業前点検などは欠かせないものの、高圧・高温・多湿の悪条件下でもほとんど故障が発生せずに、1 ロット分の沈下掘削をこなせるようになってきている。近い将来には完全とまでは言えないものの、掘削開始から完了までをメンテナンスフリーに近い状態で施工できる掘削機の誕生も夢ではないものと考えている。

最後に今回は掲載していないが、完全無人化施工の追求に欠かせないものとして、沈下完了後の地耐力試験の遠隔操作技術がある。既に数社において開発されており、実証試験も完了していることから、実用化段階に入ったものと考えている。さらには、掘削機の組立・解体用ロボットの開発なども行われており、掘削機回収用ロックなどの大型設備を必要とせず、より簡易で安価な工法を目指す試みもなされている。

ニューマチックケーソン工法は今後も発展し、完全無人化が完成した場合には、函内気圧の制限を受けることなく 100 m 以上の深度にも対応できる施工方法と成り得る可能性があり、これからも技術開発を進めていきたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 石井通夫：年表で概観するニューマチックケーソン掘削排土装置等の変遷，建設と圧気，日本圧気技術協会，第 27 号（2005.12）
- 2) 傾斜した岩盤を掘削して沈下させる無人化ケーソン工法，建設と圧気，日本圧気技術協会，第 17 号（2000.12）

〔筆者紹介〕

小滝 勝美（こだき かつみ）
 (株)大本組
 技術本部技術企画部
 技術企画課長



ダムコンクリート打設自動化システム

戸 澤 清 浩・石 橋 則 秀・石 井 敏 之

ダムコンクリート打設自動化システムは、ダムコンクリートの一連の打設作業（バッチャープラントでの混練、トランスファークによる運搬、クレーンによる運搬・放出）を総合的に自動化したものである。汎用のバッチャープラントとトランスファークおよびクレーン設備を個別に自動化する独自の制御機器、各設備の制御機器の情報を伝える光ファイバーケーブル、打設場所との情報伝達を行うための無線式ハンディーターミナルおよびこれら全てをネットワーク化し、総合自動運転を行うための制御装置から構成されている。

本システムは、計画に基づいたコンクリートの混練予約とその製造、および打設位置の指示が、打設指揮者のハンディーターミナルにより可能であること、打設指揮者がワンマンコントロールで自動運転に必要な管理情報をハンディーターミナルで確認できること、コンクリートバケットの運行方向の振止め、コンクリート放出後の鉛直方向の振止めと位置決め独自の制御方法を適用することでコンクリートバケットのバンカー線での着床と打設位置での振止めの安定化を図っていることが特徴である。

本システムは、タワークレーンおよびケーブルクレーンのいずれにも適用できる。

キーワード：ダム、自動化、コンクリート打設、混練、運搬、効率化

1. はじめに

コンクリートダム本体建設工事において、コンクリートの運搬・打設作業（バッチャープラントでの混練からトランスファークによる積替え運搬、クレーンによる運搬・放出まで）は、重要な工種である。しかし、この運搬・打設作業は、熟練技術を要しかつ長時間にもおよぶ繰返し作業であるため、熟練技術者の不足や安全性の低下といった問題がある。

我々は、ダムコンクリートの運搬・打設作業の効率化と安全性の向上および長時間の繰返し作業による安全性の低下を防ぐ目的で、ケーブルクレーンによるダムコンクリート打設自動化システムを既に大長見ダム本体建設工事（島根県）で実用化¹⁾している。同様に、ダム用タワークレーンによるダムコンクリート打設自動化システムを開発し、大仁田ダム堤体工事（群馬県）で採用してきたが、それらを改良し、岩井川治水ダム建設工事（奈良県）に導入し成果を挙げた。

導入したシステムは、コンクリートの運搬・打設作業を自動化したもので、打設場から、コンクリートの混練予約、混練指令、打設位置の指定、クレーン旋回方向の設定、自動運転管理情報の確認等が行える。また、バケットの障害物回避、位置決め制御、振れ止め

制御により、運搬中の安全確保および打設位置とバンカー線着床時のバケット到達精度と振れの抑制を確保している。

本システムの導入により、熟練技術者を必要とせず、長時間の繰返し作業による安全性の低下が防げ、安定したコンクリートの運搬・打設作業が可能となり、作業の効率化と安全性の向上に寄与するものとなった。

本報告では、タワークレーンによるダムコンクリート打設自動化システムの概要と導入実績について述べる。

2. ダムコンクリート打設自動化システム

(1) 概 要

図—1にシステムの全体構成を示す。システムは、汎用のバッチャープラント、トランスファーク及びタワークレーン設備を個別に自動化し、情報を伝える光ファイバーケーブルと打設場との情報を伝送する無線式ハンディーターミナルを用いてネットワーク化することによって、コンクリートの運搬・打設作業を、打設場から指示・確認により総合自動運転ができるようにしたものである。

(2) 特 徴

システムの特徴は、以下の通りである。

- ①運搬・打設作業を統合した自動運転で行える。
- ②打設場から運搬・打設作業の指示が行える。
- ③指示の設定・変更・終了が容易に行える。
- ④障害物回避，位置決め，振れ止め制御が行える。
- ⑤手動運転と同程度の打設能力が確保されている。
- ⑥安全性が確保されている。

(3) 構成

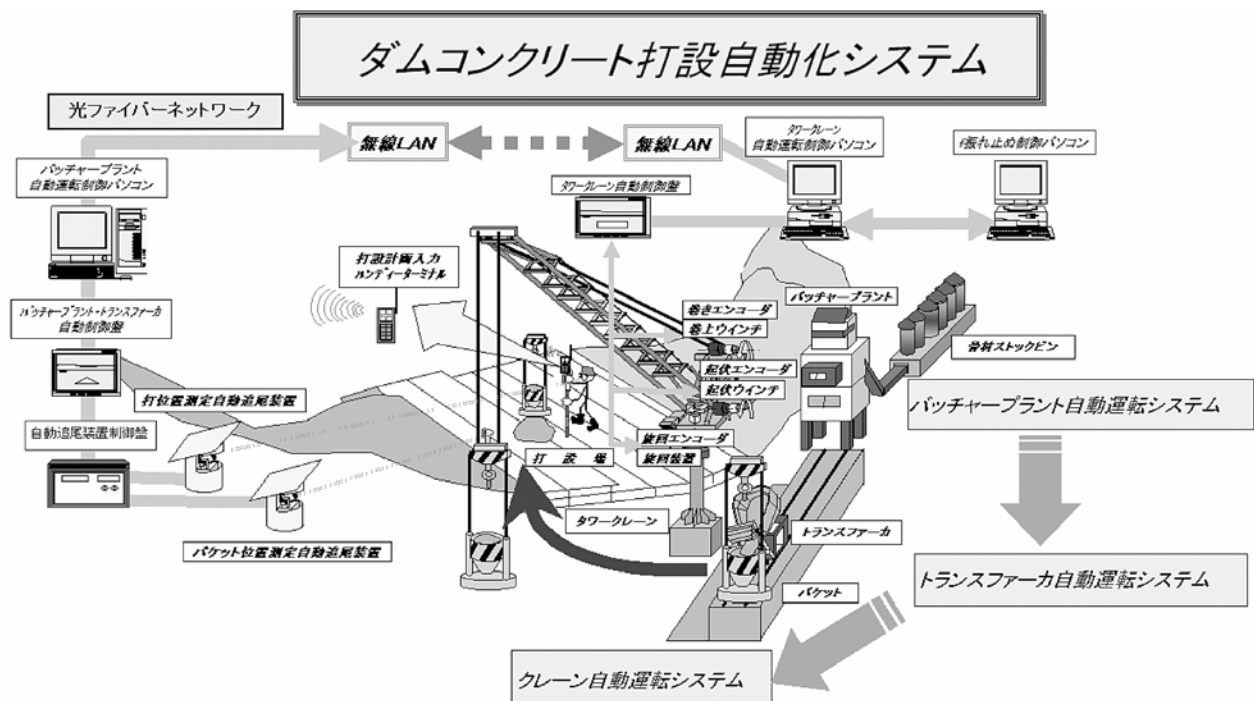
システムは、以下の3つの自動運転システムから構

成されている。

- ① バッチャープラント自動運転システム
- ② トランスファーカ自動運転システム
- ③ タワークレーン自動運転システム

(4) 運転モード

3つの自動運転システムには、表—1に示す運転モードがあり、切替・選択が容易に行える。これらは、操作性の向上および異常時に他の自動運転システムへの影響を少なくするために設定している。



図一1 コンクリート打設自動化システムの全体構成（タワークレーン）

表-1 各システムの運転モード

自動運転システム	運転モード	内 容
バッチャープラント	自動モード	コンクリートの混練及びトランスファーカーへの積込が自動運転
	自動・確認モード	コンクリートの混練は自動運転、トランスファーカーへの積込指令が押しボタン操作
	手動モード	バッチャープラント操作盤での手動運転
トランスファーカー	自動モード	バッチャープラント及びクレーンと連動した自動運転
	自動・確認モード	クレーンが手動モードまたは自動・手動介入モード時に、バケットへの積込指令が押しボタン操作
	手動モード	機側での手動運転
タワークレーン	自動モード	バンカー線離床からコンクリート放出およびバンカー線復帰までのすべての動作が自動運転
	自動・確認モード	打設待機位置で一旦停止した後、クレーン運転手の操作でコンクリートを放出する自動運転
	手動モード	クレーン操作レバーによる手動運転

3. バッチャープラント自動運転システム

(1) 概 要

打設場のハンディーターミナルから入力したコンクリート混練計画に従ったコンクリートの混練，トランスファーカへの積替え，トランスファーカの発進までの作業を自動化したシステムである。また，練上がりコンクリートの性状はコンシステンシー判定装置で測定される。

(2) 特 徴

打設場から以下の項目を指示・確認ができる。

- ①配合別混練量，混練間隔等の予約，追加，修正
- ②混練計画の開始，一時停止，終了指令
- ③打設実績，予約状況，混練状況の確認

(3) 構 成

構成は，従来のバッチャープラント制御盤に，バッチャープラント自動制御盤，バッチャープラント自動運転制御パソコン，配合表示板，コンシステンシー判別システム等を追加したものである。バッチャープラント自動運転制御パソコンでは，コンクリートの予約・混練・実績やスランプの表示，クレーン情報，システム情報，異常表示等がモニターされる。

4. トランスファーカ自動運転システム

(1) 概 要

トランスファーカに積替えられたコンクリートをバンカー線で待機するバケットまで運搬し，バケットへの積込作業を自動化したシステムである。バケットが着床していないときは，バケットと接触の危険がない距離（一時待機距離）で待機する（写真—1）。



写真—1 トランスファーカによるコンクリート積込状況（自動運転）

(2) 特 徴

システムの特徴は，以下の通りである。

- ①コンクリート積込み完了後，自動発進する。
- ②バケット位置からバケット着床位置を計算し，一時待機距離で自動的に停止する。
- ③待機中にバケット着床位置が変われば自動的に一時待機距離を保持するよう待機位置を補正する。
- ④走行中に障害物があった場合には自動的に警報を発して走行停止（非常停止）する。
- ⑤試料採取は，採取ボタンを押すことにより，バッチャープラント手前で自動的に停止待機する。

5. タワークレーン自動運転システム

(1) 概 要

バンカー線でトランスファーカからコンクリートを受取り，打設場で指定された打設位置に，コンクリートを運搬・放出し，再びバンカー線に戻り着床するまでのタワークレーンによる運搬・放出作業を自動化したものである。

(2) 特 徴

- ①施工に応じた運転モードの切替・選択
- ②容易な打設位置の設定
- ③障害物を回避した最適な運行経路の設定
- ④到達位置での到達精度と振れ止めの確保

(3) 構 成

表—2 に示すようにクレーン運転室，バケット，打設場所，自動追尾のシステムからなり，表中の指示・管理作業を行っている。

(4) 打設モード

コンクリート打設モードには直打ち打設モードがある。同モードは，1バケットごとに打設位置を指定してコンクリートの運搬・放出を行うものである（写真—2）。

図—2 に直打ち打設モードのフローを示す。

打設位置の指定方法には以下の2通りがある。

- ①任意の打設位置に打設位置設定用プリズムを置き，自動追尾式トータルステーションで計測する。
- ②打設位置の座標をハンディーターミナルに直接入力する。

(5) クレーン制御方法

クレーンの運行制御手法には，オープン制御を用い，

表—2 タワークレーン自動運転システムの構成

タワークレーン自動運転システム	
運転室システム	自動運転制御装置 ①システム全体管理 ②システム初期設定 ③バケット位置管理 ④運行経路計算 ⑤打設位置設定 ⑥オープン制御管理
バケットシステム	自動制御盤 ①鉛直距離管理（放出高さ） ②バケット開閉管理
打設場所システム	・テレコン ①バケット開閉 ②打設位置計測要求 ③放出方法の選択 ・ハンディターミナル ①コンクリート混練管理 ②クレーン運転条件設定 ③打設位置入力 ④システムの状態表示
自動追尾システム	自動追尾式トータルステーション ①バケット位置計測 ②打設位置計測



写真—2 コンクリート打設位置指示状況

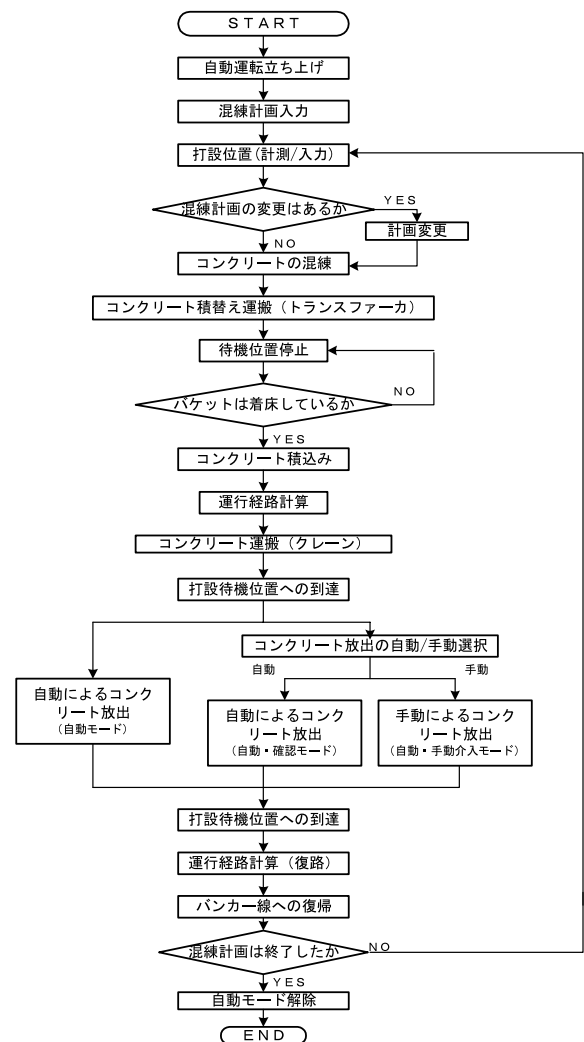
その運行制御指令は、バケットの障害物回避、位置決め、振れ止め制御の条件から求めたクレーンの巻き速度、旋回角速度、起伏速度を用いた。

(a) 障害物回避

障害物は、地形と打設後のコンクリート構造物である。コンクリート運搬時のバケット侵入禁止領域（図—5 参照）は、開始位置から到達位置までの障害物断面形状にバケット障害物回避高さを加えたものとして設定し、この侵入禁止領域を回避した運行経路を求めている。

(b) 位置決め制御

バケット位置は、自動追尾式トータルステーションによる計測と、クレーンの巻き・旋回・起伏エンコー



図—2 打設フローシート

ダから変換されたワイヤー長、旋回角度、起伏角度および吊荷荷重をパラメータとした補正量からの幾何計算の、2つの方法で求めている。自動追尾式トータルステーションで計測したバケット位置データは、運搬中のバケット位置確認に用いている。

(c) 振れ止め制御

バケットの振れ止めは、バケットが到達位置で旋回方向に振れを発生させない方法を適用している。その方法は、バケットをクレーンブーム先端からの振り子モデルとして考え、旋回方向の加速および減速を、クレーンブーム先端からのワイヤー長より求められる固有周期で最大速度あるいは停止するように制御するものである。

6. 導入実績

開発したタワークレーンによるダムコンクリート打設自動化システムを、奈良県発注の岩井川治水ダム建設工事に適用した。

(1) 工事概要

(a) ダム諸元

ダム諸元を表―3に、ダムサイト平面図を図―3に示す。

表―3 ダム諸元

型 式	重力式コンクリートダム
堤 高	55.0 m
堤頂長	180.9 m
堤体積	86,100 m ³

(b) 設備仕様

コンクリート運搬・打設設備の仕様を表―4に示す。

(2) 自動運転の記録

自動・確認モードの運転速度記録を、図―4に示す。運転の流れを以下に示す。

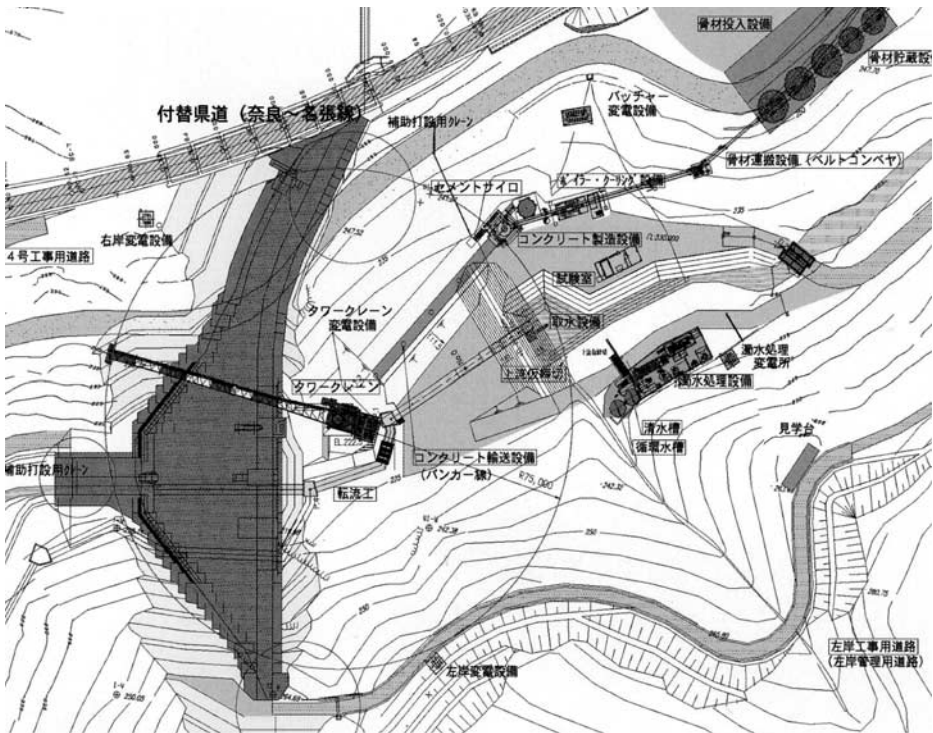
- ①トランスファーカの積込み完了信号を受けて、クレーンは自動的に離床を始める。
- ②バケットの離床確認信号を受けて、旋回は往路計算結果の速度信号に従って振れを発生させない速度で加速・減速され、③の打設待機位置（打設位置の上空）で一旦停止する。
- ③合図者は周囲の安全確認後、自動放出ボタンを押すと、クレーンは自動的に打設高さまで降下し、放出

表―4 岩井川ダムの設備仕様

設 備	項 目	仕 様
バッチャー プラント	方 式	傾胴式攪拌方式
	攪拌容量	3.0 m ³
トランス ファーク	種 別	リフトダンプ式
	全 長	6000 mm
	全 幅	1850 mm
	全 高	3780 mm
	ホイルベース 積載量	3500 mm 3.0 m ³
クレーン	種 別	タワークレーン
	型 式	ジブクライミング式
	定格荷重	9.5 tf
	旋回半径	最大半径 75 m
	最大揚程	135.0 m
	速 度	巻上 42.5 m/min 95.0 m/min 巻下 47.5 m/min 105.0 m/min
	旋回	0.6/0.29 rpm
	起伏	27 m/min
バケット	サイズ	φ 1900 * 1000 * 900 * 2450
	定格容量	3.0 m ³
	空積重量	2.12 tf
	積載時重量	9.5 tf

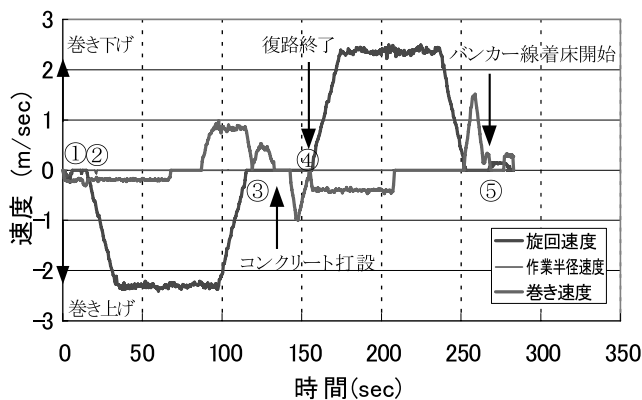
後自動的に打設待機位置まで上昇する。

- ④往路が終了し、バンカー線への復路を計算する。
- ⑤計算後、クレーンはバンカー線への復路にはいり、



図―3 岩井川ダム ダムサイト平面図

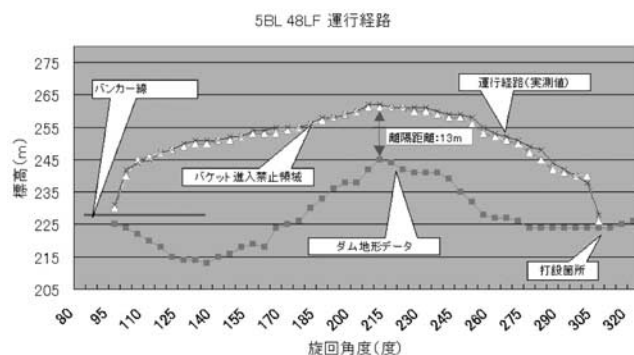
着床まで自動運転される。



図一 4 自動運転速度記録の一例

(3) 障害物の回避

復路自動運転時における計算経路と実際の運行経路の比較を、図一 5 に示す。同図より、計算経路と実際の運行経路はほとんど同じになっており、バケットの障害物回避高さ 13 m に設定したバケット侵入禁止領域を回避して、計算通り運搬されていることがわかる。

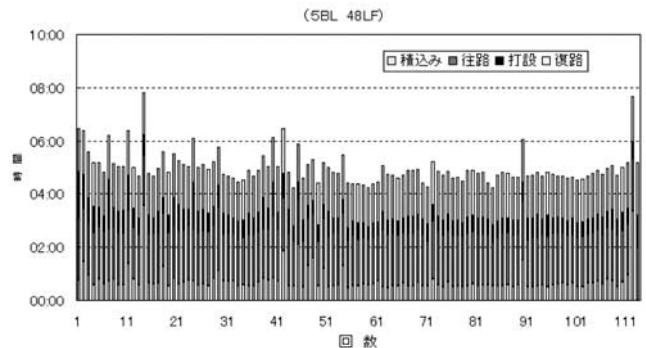


図一 5 運行経路の比較

(4) サイクルタイム

5 ブロック、48LF 左岸旋回での打設サイクルタイムを、図一 6 に示す。打設は、運転モードは、自動・手動介入モードで、旋回角度 225 度、作業半径が 28 m ~ 62 m、打設高さ E.L.224.0 m (バンカー線高さ E.L.230.0m) で行われたものである。打設数量は 323 m³ で、運搬回数は 116 回 (内モルタルが 5 回) であった。

全打設時間は約 9.5 時間であったが、安定したサイクルで運搬・打設作業が行えた。打設平均サイクルタイムは 4 分 50 秒であった。また、時間当たりの打設量が、約 33.7 m³/h であることから、自動運転は計画運転サイクルとはほぼ同程度の打設能力を確保している。



図一 6 岩井川ダム サイクルタイム (一例)

岩井川治水ダム建設工事では、すべてのコンクリート打設作業に、ダムコンクリート打設自動化システムを適用した結果、クレーン運転手は 1 名 (予備 1 名は他の作業に従事している) での打設が可能となり、省力化及び安全性向上が図られた。

7. まとめ

タワークレーンによるダムコンクリート打設自動化システムを開発以後、大仁田ダム堤体工事 (群馬県)、岩井川治水ダム建設工事 (奈良県) に導入した。

その結果、①ダムコンクリートの運搬・打設作業を統合した自動運転が打設場からの指示で行え、②クレーン運搬での障害物回避、高精度な位置決め、振れ止め制御が行え、③手動運転と同程度の打設能力が確保でき、④長時間にわたって安定した打設が行え、⑤省力化できることが確認できた。

JICMA

[筆者紹介]

戸澤 清浩 (とざわ きよひろ)

㈱奥村組
技術本部
東京土木技術部
山岳トンネル・ダムグループ 主任



石橋 則秀 (いしばし のりひで)

㈱奥村組
東京支社
土木統括 機械部工務課 課長



石井 敏之 (いしい としゆき)

㈱奥村組
技術研究所
材料・LCE グループ グループ長



特別報文

アスベスト処理工事に向けた技術開発と実施例

塚 原 裕 一・中 村 寛・左 成 信 之

近年のアスベスト処理工事では廃石綿廃棄物の最終処分場寿命への懸念や工事中的アスベスト粉じんの漏えいなどが社会問題となっている。そこで廃棄物処理技術の一環として、廃石綿の最終処分量を削減するための「アスベスト減容化装置」、「廃石綿セメント固型化工法（東京都中央防波堤外側埋立処分場向け処理技術）」を開発、現場での実証工事において実用性を確認した。さらに、これまでの大気中アスベスト濃度測定の公的な測定法（公定法）に加え、補助計測としてリアルタイムでアスベスト等の飛散の有無を確認できる携帯型測定器「ファイバーサーバイメータ FS-1」を開発・実用化した。

キーワード：アスベスト，処分費用削減，減容処理，セメント固型化，中央防波堤，リアルタイム計測

1. はじめに

アスベスト対応技術の取組は長く、昭和 60 年代にさかのぼる。アスベスト飛散防止技術「ASP 工法（除去工法）」を開発し、日本建築センターから技術審査証明を取得し、本工法の普及を進めてきた（図—1）。平成 17 年のアスベスト問題の顕在化・拡大化を受け、顧客や社会の新たなアスベスト諸問題への要請に応えるべく、三つのアスベスト対応技術を開発実用化した。本報では実証工事での実績を踏まえ開発技術を紹介する。



図—1 アスベスト除去工事

2. アスベスト減容化装置

(1) 開発目的

アスベスト除去工事の急増に伴ない、アスベスト廃棄物量の処分量が急増し、処分場寿命への懸念が生じ

ている。さらに、廃棄物の大量発生により（図—2）、大型のトラックによる長距離運搬量も増加し、地球温暖化ガス（以下、CO₂）発生量も膨大なものとなっている。この問題を解決するために、除去工事現場で発生したアスベスト廃棄物を簡便に量を減らすことにより、処分場の負担軽減、トラック台数の削減によるCO₂発生量の抑制を開発のねらいとした。



図—2 アスベスト廃棄物

(2) 減容化装置

廃棄物の体積を減らす（以下、減容）方法には廃棄物を袋に梱包し、内部の空気を抜く方法や、外部から圧力を加えて減容する方法などが考えられる。前者の方法では減容効果が小さいことから、外圧を加えて減容する方法を選択した（図—3）。一般的なアスベストの種類は「白石綿（クリソタイル）」、「茶石綿（アモサイト）」、「青石綿（クロシドライト）」の3種類である。この3種類はそれぞれ物理的特性が異なる。そ



図—3 アスベスト減容化装置



図—4 減容化処理された廃石綿等廃棄物

のため、それぞれのアスベストごとの減容特性（荷重と減容率の関係）を把握するための試験を実施し、基本的なデータを取得するとともに、減容化装置の基本仕様を下記に示すように設定した。

- ①減容率：50 %以上（基本試験で設定）
- ②圧縮荷重：約 8 t
- ③構造：分割搬入・搬出が可能なこと
- ④重量：分割した際に手で持ち運べること

その他の特徴として、①制御盤や動力ユニットなどは隔離シート内に持ち込まず作業可能なこと、②メンテナンス性能の向上のため、全て材質をステンレスとしたことなどがあげられる。

（3）減容化装置の導入効果

実際のアスベスト除去作業現場に本装置を適用した結果を下記に示す。

- ①廃石綿及び保護衣、隔離シート等の廃石綿等の廃棄物を処理
- ②減容率は全ての廃棄物で 50 %以上を達成（図—4）

- ③作業員 2 名で 1 日約 30 m³ を処理することが可能

これらの試験成果から、実際の運搬・処分量を半分以下に削減し、トラック台数削減による CO₂ 発生量の抑制及び最終処分場延命にも貢献することができた。

3. 廃石綿セメント固型化工法

（1）開発目的

東京都内のアスベスト除去工事で発生する廃石綿廃棄物の最終処分のほとんどは他県に頼っているのが現状である。近年、急増するアスベスト除去工事では処分費用が高騰し、処分量の増加に伴ない処分施設寿命も問題となっている。一方、東京都では平成 18 年 2 月より中央防波堤（図—5）において、セメントにより固型化された廃石綿等廃棄物の受入れを開始した。当該処分基準¹⁾をクリアするためには従来からの方法では固型化処理に手間が掛かり、他県処分に比べても割高な状況にあり、当該処分場を活用する上での障害となっていた。今回開発した工法では、最適配合による高密度／高強度の固型化処理が簡便に行うことが可能で、他県処分と同等のコストで処分できることを確認した。



図—5 東京都中央防波堤外側埋立処分場

（2）東京都の受入基準

東京都中央防波堤外側処分場（以下、中防）に処分するための条件として表—1 に示すように条件が示されている。

アスベスト除去現場からは石綿以外にも作業員が着用する保護衣やフィルタ、隔離エリアを構成するプラスチックシート等多種・多様な廃棄物が発生する。他県で処分する場合には、これらの廃棄物をプラスチック袋二重梱包で運搬・処分することが可能であるが、中防の場合にはさらに、セメントによる固型化が義務づけられ、セメント固型化物の圧縮基準強度や重量、

表―1 東京都の受入基準（抜粋）

固型化対象	石綿，シート，保護衣，マスクフィルター等
処分形態	固型化及びプラスチック袋二重梱包
圧縮強度	1 N/mm ² 以上
圧縮強度確認	5 × 10 cm テストピース，3 本の平均
重量	概ね 10 kg/個
セメント配合量	150 kg/m ³ 以上
形状	30 cm 以下
固型化方法	ミキサー混練

形状にも細かい仕様がある。

そのため，これらを固型化するにはミキサー等を用いた練混ぜ作業や，石綿以外の廃棄物では細断等の事前の前処理作業が必要となる上，固型化廃棄物の品質管理も必要となる。通常のアスベスト除去工事では，ミキサーを用いた混練作業や細断等の作業は発生しない。また，除去するアスベストの種類・形態も現場により異なるため一概に配合等を設定することも困難である。

これらの課題に対して，固型化試験を行い，普通ポルトランドセメントと薬剤を用い，種々の条件下でも固型化できる配合を見出した。また，作業方法に関しても特殊な設備を用いず固型化が可能で，かつ品質管理も簡単にできる方法とした。

（3）固型化作業

アスベストの固型化作業は除去作業開始後，一定量廃棄物を貯めてから行う。固型化作業には専用の管理エリアを設置する（通常の除去作業と同様の隔離エリアを設置し，セキュリティゾーン，除じん装置などを配置）。

図―6 に示すように廃棄物の練混には，二軸ミキサーを用いて練混ぜを行い，練混ぜられたアスベスト廃



図―6 固型化作業（混練）



図―7 固型化された廃石綿等廃棄物

棄物は図―7 に示すように専用の型枠で一定期間養生成型する。また，シートや保護衣などの汚染物は工業用の小型細断装置（シュレツダ）を用いて細断し，セメントと共に練混ぜを行う。一日に製造可能な固型化廃棄物は1 t 以上，廃棄物の含有量は種類により 10 ～ 50 % 程度（重量比）である。また，固型化作業中の環境中の石綿濃度に関しては，除去作業と大きく異なることはなく，適切な作業環境であることも確認できた。

（4）処分状況

固型化された廃石綿等廃棄物は，プラスチック袋で二重梱包し，トラックに積載して運搬・処分を実施した（図―8）。

処分量は固型化を実施した3現場で100 t を超え，固型化作業費用を含めても他県処分の運搬・処分費用と同等であることを確認した。トラック輸送に伴ない発生するCO₂の量は，トラック台数が半減されることで，運搬距離も大幅に削減（運搬距離：数百 km/他県処分，数十 km/中防）されるため，CO₂ 抑制効果が極めて高いことも確認できた。



図―8 中央防波堤処分場への処分状況

4. アスベスト等の粉じんリアルタイム計測装置^{2, 3)}

(1) 開発目的

建築物等のアスベスト除去工事での作業員へのばく露のみならず、工事現場等の周辺に飛散したアスベストによる健康影響を防止するため、大気環境への飛散防止対策が強化されている。建築物等のアスベスト除去工事では、工事現場周辺にアスベストが飛散しないように防止対策を行い、慎重に工事を進めているが、その効果を継続的に確認する必要がある。大気中のアスベスト濃度測定は、フィルターに捕集した繊維状粒子の数を位相差顕微鏡で計数し、採取空気量から総繊維濃度を求めている（以下 PCM 法）。しかし、この方法では空気中に含まれる繊維以外の粒子状物質による計数影響、計数者の熟練度や個人差による測定値のばらつき等の誤差要因があり、測定結果の確認に時間がかかるため、アスベスト粉じんの漏えいなどの突発的な検出が出来ない。

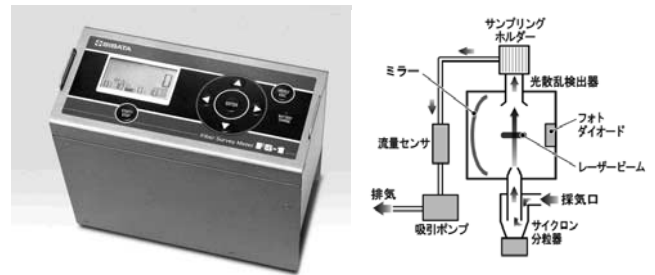
アスベスト除去工事が増加するなか、PCM 法と同等な測定がリアルタイムに可能な測定器の必要性が高まっている。この要求に応えるべく、大気中に飛散したアスベスト等の繊維状粒子濃度がリアルタイムに測定でき、しかも小型・軽量である繊維状粒子自動測定器「ファイバーサーベイメータ FS-1（以下 FS-1）」を開発した。FS-1 のフィールド試験では、400 を超える評価試験データの取得を行った。PCM 法との比較を行い、実際の工事現場での測定に使用可能であることを確認した。

(2) ファイバーサーベイメータ FS-1 の主な仕様

FS-1 の仕様を表—2、外観、ブロック図を図—9 に示す。繊維状粒子の測定範囲は 0 ～ 150 f/L、バックライト付のグラフィック LCD を表示器として搭載し、カウント数・濃度換算値の測定結果、タイマの設定・残時間、バッテリー容量等の表示を行う。測定モードは、①一定時間測定によるタイマ測定と②手動で測定開始・停止を行うマニュアル測定の 2 種類がある。出力は濃度換算値の電圧出力と、繊維状粒子のカウントごとにアラーム音で知らせる機能がある。測定器本体は筐体内部への粉じんの進入を防ぐ防じん構造とした。電源は AC100 V とニッケル水素蓄電池の併用が可能で、ニッケル水素蓄電池での連続動作時間は約 8 時間である。寸法・質量は 210 (W) × 100 (D) × 180 (H) mm ・約 2.6 kg である。

表—2 ファイバーサーベイメータ FS-1 仕様

項目	仕 様
測定範囲	0 ～ 150 f/L
光源	半導体レーザー
吸引流量	0.5 L/min
表示内容	繊維状粒子濃度換算値 (f/L)、設定測定時間など
電源	AC100 V/バッテリー 併用
電池寿命	連続動作で約 8 時間
使用環境	0 ～ 40℃、5 ～ 90 % rh（結露の無いこと）
寸法	W : 210 × D : 100 × H : 180 mm
質量	約 2.6 kg



図—9 ファイバーサーベイメータ FS-1（左：外観、右：ブロック図）

定・残時間、バッテリー容量等の表示を行う。測定モードは、①一定時間測定によるタイマ測定と②手動で測定開始・停止を行うマニュアル測定の 2 種類がある。出力は濃度換算値の電圧出力と、繊維状粒子のカウントごとにアラーム音で知らせる機能がある。測定器本体は筐体内部への粉じんの進入を防ぐ防じん構造とした。電源は AC100 V とニッケル水素蓄電池の併用が可能で、ニッケル水素蓄電池での連続動作時間は約 8 時間である。寸法・質量は 210 (W) × 100 (D) × 180 (H) mm ・約 2.6 kg である。

(3) ファイバーサーベイメータ FS-1 の原理

大気中に浮遊する粒子は吸引ポンプで空気取り入れ口からサイクロン分粒器に導入され、アスベスト等の繊維状粒子の測定に妨げとなるような粗大粒子がカットされる。サイクロンを通過した粒子は光散乱検出器に導入され、バックアップフィルタ、流量センサを通り、ポンプ排気口から筐体内部に排気し、筐体内の汚染を防いでいる。粒子が光散乱検出器を通過すると検出部内に照射された半導体レーザーのレーザー光により散乱光が発生する。散乱光をミラーで集光して、フォトダイオードで検出し、検出信号を電気回路部で増幅、演算処理し、繊維状粒子数をリアルタイムにカウント値 (Count) として表示する。

さらに、予め PCM 法との比較測定（併行測定）で求めた換算係数によってカウント値から繊維状粒子濃度換算値 (f/L) を表示する。試料空気の吸引流量は流量センサで検出され、一定流量に保持されるため、流量変動によるサイクロンの分級性能や光散乱検出器に導入される粒子の通過速度などの変動を抑えている。

(4) ファイバーサーベイメータ FS-1 使用例

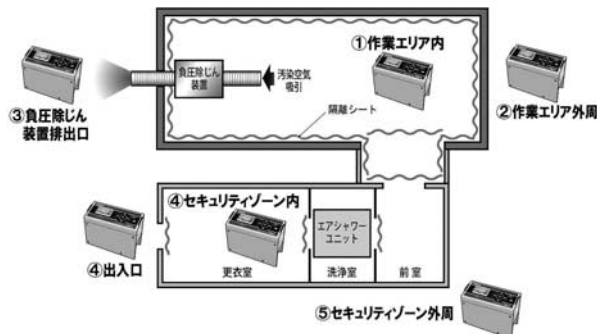
FS-1 の測定方法は容易で、電源を投入し、測定開始キーを押すのみである。測定開始キーを押すと繊維状粒子のカウントを開始し、粒子をカウントするごとにアラーム音を鳴らし、1 分ごとに繊維状粒子濃度を

表示する。予め、測定現場で PCM 法との比較測定を行い、換算係数を設定することで、より精度の高い繊維状粒子濃度の測定が可能である。また、測定時間を設定することで、タイマ運転も可能である。FS-1 の測定は、図—10 に示すように三脚に固定する方法や、携行しながらの測定も可能である。また、測定ポイントは図—11 に示すように、隔離シート内（撤去前を含む）、セキュリティゾーン出入口、隔離シート周囲、



図—10 測定状況（左：携行，右：据置）

サンプリングポイントにおける FS-1 使用例



図—11 FS-1 による測定ポイント

負圧除じん装置排気口等である。

5. あとがき

本稿では今回開発した技術の一部の報告を行ったが、報告した技術のみならず、施工の省力化など多様な技術開発を推進しており、アスベスト対応工事に関わる、必要と考えられる技術の標準化と体制の整備も進めている。今後も、アスベスト問題に対して必要な技術開発を実施し、更なる安全・安心な対応技術確立したいと考えている。

JICMA

《参考文献》

- 1) 飛散性アスベスト廃棄物の処理の手引き（飛散性アスベスト廃棄物のセメント固化の方法），東京都環境局（改正）（2005.12）
- 2) 斉藤恒生・左成信之・小山博巳・塚原裕一：アスベスト除去工事のモニタリングについて，第28回作業環境測定研究発表会 BN02（2007）
- 3) 中村憲司・小山博巳・名古屋俊士：繊維状粒子モニターを用いた環境中の繊維状粒子測定装置の検証，第28回作業環境測定研究発表会 BK03（2007）

〔筆者紹介〕

塚原 裕一（つかはら ゆういち）
清水建設株式会社
生産技術本部
機械技術部 開発グループ 課長

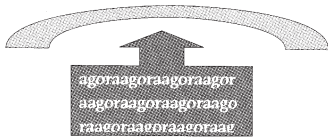


中村 寛（なかむら かん）
清水建設株式会社
生産技術本部
機械技術部 開発グループ



左成 信之（さなり のぶゆき）
柴田科学株式会社
研究開発部 課長代理





建設機械による地雷除去の機械化 “地雷除去現場 13 年の報告”

中 込 瑋

私は、日本政府無償援助の柱「平和構築」の 2 項目

1. 対人地雷除去の機械化推進と地雷・不発弾で苦しむ国の援助調査と納入機材選定
2. 建設機械による小型職業訓練センター無償援助建設（退役軍人や難民を対象に「手に職を」つけて民間に就職する建設機械訓練センターのレイアウト作成と機材納入）

を担当している 1 人である。この 2 項目の仕事により、2004 年 8 月国連 MACA 所長表彰、2005 年 10 月 JICA 理事長表彰と 2007 年 7 月外務大臣表彰を受けた。今回の「交流のひろば」の紙面では、1 項の地雷除去の機械化を書く。特に、建設機械改造補強による対人地雷除去機の推進、地雷で苦しむ国への無償援助機材納入、欧米地雷除去機メーカーと種類、日本メーカーとの比較を報告する。

地雷除去現場 13 年を総括すると

1. 建設機械除去機で人手除去の 200 ～ 250 倍にアップした。
2. 軍人・難民の民間への就職は建設機械運転教育で「手に職」をつけた。
3. 探査犬は人間の嗅覚の 500 倍あり地雷発見除去に欠かせない。

ということである。

キーワード：地雷除去機、探査犬、不発弾、地雷、CMAC、JICA、フレールタイプ方式、耕作型、ロータリーカッタタイプ、ホイールローダタイプ、クラスター爆弾、劣化ウラン弾

1. 日本製対人地雷除去機と欧米の地雷除去機比較紹介

日本製は製造スタートして 13 年で国連テストに合格し、現地で運転実習指導も行い、納入後もユーザの立場で研修したので、ユーザの評判が良い。

現在生産されている機種は 7 機種（開発中含む）、メーカー 4 社（開発会社含む）。幸いなのは無償援助で、タイプも中型に限られ、重量 11 t ～ 25 t で、機種が統一されていることである。

欧米メーカーは 45 年の製造実績があり、日本の 3 倍以上の経験を持っている。製造機種は 36 機種、メーカーも 29 社で日本の 7 倍である。ただ、なぜ日本製に比べ性能がよくないか考えると、機種が大型（軍用）から小型（NGO 用）までと幅広く、大型はブルドーザタイプ系で 47 t ～ 53 t、小型除去機は 5 t ～ 13 t と、機種あたりの製造台数も少なくコストが高い機種が多い。さらに、精度が高くはないのは、軍用で軍の進むコースを地雷除去すれば良いとし、農地や牧場の作業がないため、粗暴にできているからだ。NGO は資金が少ないので、小型で安い機種を買う。メンテナンスも悪く、除去率も稼働率も低い状態を続けている。

本稿で紹介している資料は、ジュネーブにある国連ヨーロッパ本部が指導して発行した「Mechanical Demining Equipment Catalogue 2003」より引用している。

この本では、山梨日立建機製ロータリーカッター BM307、小松製作所ブッシュカッター PC60（いずれもカンボジアで稼働している）、もう 1 社日立-古河ローダヨーロッパの 3 社が紹介されている。

この本で取上げられている機種と性能を 4 タイプに分類し、日本メーカーも補足して紹介する。

（1）タイプ A（メーカー 13 社）

Flail System（フレールタイプ方式）は、最も種類が多く、13 メーカーがあり、チェーンや太いピアノ線の先端に超合金の塊を取り付けて、回転しながら地面を叩くことで、地雷や不発弾を爆発させる。長く叩けば、地上より深く埋められた大型地雷も除去する特長がある。主に、軍が前進するときや、NGO によって先に何があるか調査されていないときに使われる。日本では山梨日立建機が中型を製作している（写真—1）。

Minecat 230

Norwegian Demining Consortium

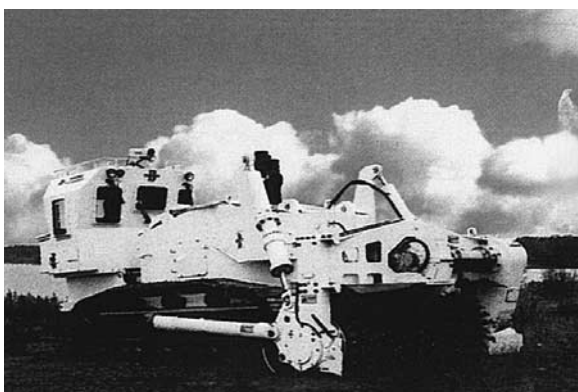


写真—1 モデルはノルウェー 13 メーカーある コソボで使用

(2) タイプ B (メーカー 5 社)

耕作型でクローラタイプブルドーザの前面に、ロータリーカッターの大型を取り付ける。600～700回転しながら前進する。メーカーは大型 5 社。日本では、小松製作所が製作している。東南アジアでは橋も道路も 15t～25t と制限が多いので、災害地か中東・アフリカが大きなマーケットである (写真—2)。

Mine-Guzzler



写真—2 モデルはスウェーデン 紛争地に多く中型から大型で使用制限が多い

(3) タイプ C (メーカー 15 社)

ロータリーカッタータイプ、マルチツール、ロータ等、多目的にジャングル地帯から山岳地、河川、土砂漠まで作業ができる。

広範囲に油圧ショベルを改造補強した型で、本体は 360°回転し、アームが長く、国連の除去効率 99.6% をカバーし、ユーザの活用も最も多いタイプである。

日本では、小型を小松製作所、中型を山梨日立建機が製作している。SCM 社は開発中。小松タイプは、カンボジアで 2 台、山梨日立建機タイプは、納入実績で世界各国に 53 台出荷しており、ユーザ評価は高く、納入実績は最も多い (写真—3)。

Rotary Cutter BM

Yamanashi Hitachi Co



写真—3 モデルは日本山梨日立建機 カンボジア・ニカラグア等で使用中

(4) タイプ D (メーカー 3 社)

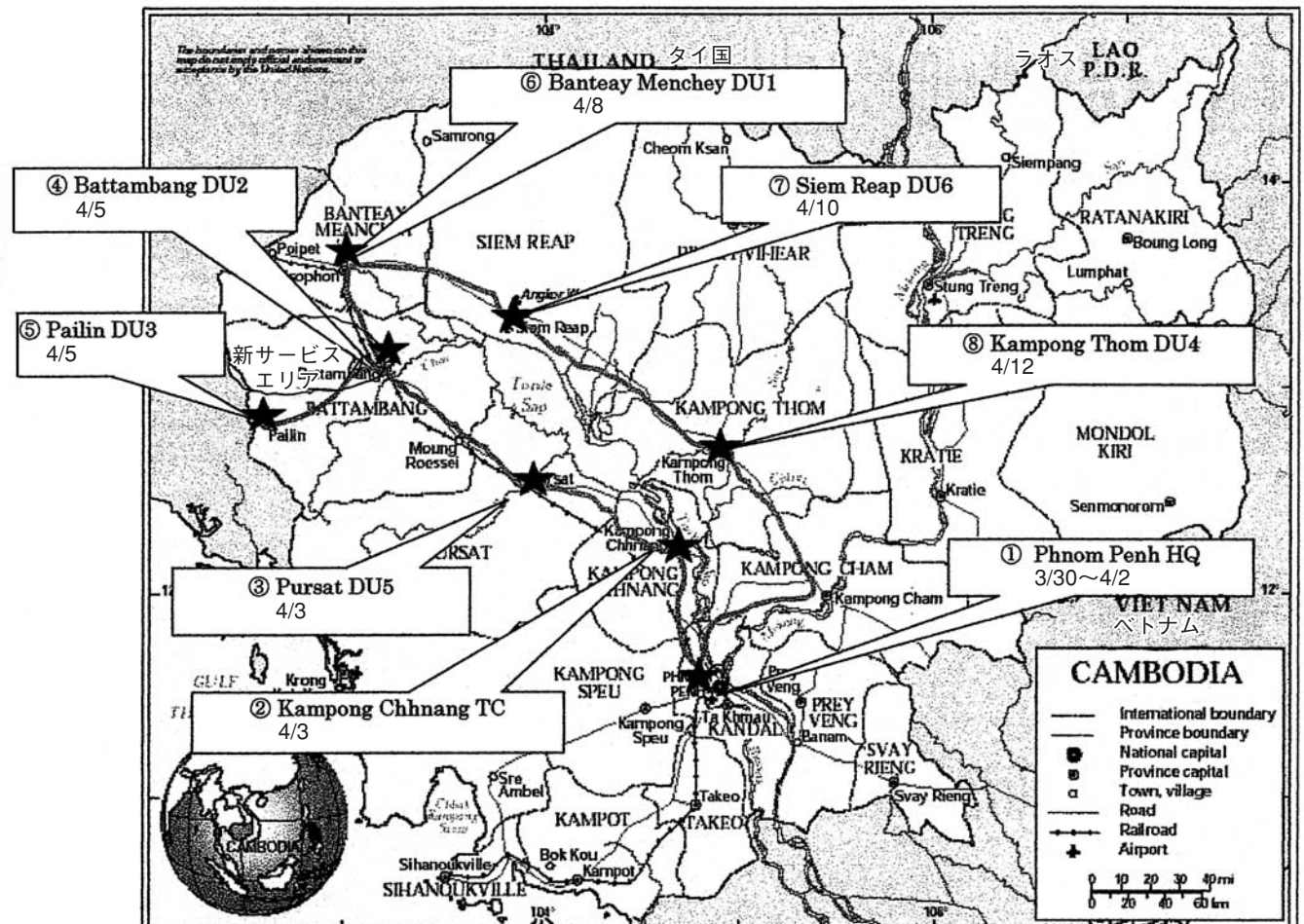
ホイールローダタイプで、フロントにロータリーカッターを取り付ける。湿地以外多目的である。欧米メーカー、ユーザが積極的で、利点はクローラタイプの 10 倍以上早く走る、舗装道路も自由に走れる等である。日本では、川崎重工が製作している。アフリカ・中東市場で今後に期待できる (写真—4)。

MgM Rotar Mk-I

Menschen ge



写真—4 モデルはドイツ MQM ローター ナムビアで使用



図一 調査ルート・調査日

2. 日本政府無償援助調査団の仕事紹介

①カンボジア 2004 年調査例報告

この年の 4 月調査団の 1 人としてカンボジア地雷対策センター (CMAC) を訪問し、専門分野の現地調査をし、JICA へ提出した。

調査担当の私は、CMAC では初めてのサービスショップ兼トレーニングセンターのレイアウト、ブッシュカッター兼地雷除去機の必要台数の調査で、現場 8 ケ所をまわった。カンボジア全土の地雷除去基地 DU1 から DU6 と探査犬センター、整備センターの 8 ケ所である。調査ルート、調査日は地図で報告する (図一)。

現地調査を行った地雷除去基地 DU1 ~ DU6 の代表的な現場、DU1 の地雷除去機作業中の写真 (山梨日立建機製)、地雷探査犬の活動状況、小型地雷除去機作業中 (小松製作所製) を写真で報告する (写真一 5)。他の現場も大略同じ状況となっている。

② CMAC は、日本と国連の支援を受け、放置された農地がジャングル化した山林から地雷除去し、田や牧場になっている。CMAC はこの危険な仕事を 13 年

以上、2500 人の組織的な活動により、遂行し続けてきた。

同じ地雷で苦しむ国、アフリカ諸国、中東、中米等からも見学に来ている。CMAC では人材を出すなどの支援をしている。現地 JICA 所長も「日本の平和構築支援で成功している国」と発表している。

③ 2004 年 3 月東京で開かれた世界地雷会議に、34 ケ国と NGO5 団体が出席、私も外務省の了解を得て同席した。この会議では地雷廃絶問題すべてについて、発表と意見交換を行った。CMAC とアフガニスタン地雷除去センター (MACA) がリーダー国で、成果があり、盛大に終了した。この会議は持ち廻りでヨーロッパ、中米と廻る。

④ JICA 無償援助の発展途上国へのシステムは共通で援助に結びついている。その例として無償援助調査団と CMAC の合同会議を報告する (写真一 6)。

3. おわりに

① 海外出張の合間にボランティア活動で病院へ見舞 (写真一 8, 9)。国連の資料では対人地雷と小型不



No.M5363 Brush Cutter EX150 15 t



排土版付き Brush Cutter



伐開状況（手前の茂みに UXO 有り）



UXO 爆発後の状態



探査の順番を待つ地雷探査犬



地雷探査犬による探査状況

4 月 7 日 11:00 ごろ Brush Cutter EX150 の地表面草木伐開作業中に、Cutter Edge が UXO に接触し爆発
（弾頭無しの Grenade Launcher 72 mm PG7 と見られ、UXO 中央部の信管とブースター火薬推定約 70 g）Edge には損傷無し



地雷原 No.5259 KOMATSU P60-7



地雷原への進入路を建設中



建設された進入路

写真—5 現地調査—2 機械地雷除去状況 DU1 Mechanical demining photograph, Date: 7 Apr. 2004



写真—6 2004 年左側 CMAC 幹部 右側 4 名 JICA 調査団



写真—7 2005 年アフガニスタン無償援助で NGO (ATC) を調査した

発弾（クラスター爆弾含む）の被害者は、1 日 70 人～100 人でその 80 % は一般人の罪のない人達で、内 60 % は女性・子供である。

②海外出張の合間、日本国内の中学・高校や各種団体

で、地雷被爆国の被害や日本が行っている除去活動の実情に関する講演会や展示会を開いている（写真—10, 11）。被害者に届けてくださいと段ボールで学用品やおもちゃをいただくことが多い。これを海



写真—8 地雷被害者 150 人～200 人の病院見舞

写真—9 片足を地雷で取られた子供が大勢いる
日本の講演会でもらったぬいぐるみを渡す

写真—10 各種団体や中学・高校等に海外地雷被害国の講演を続けている

外で、病院見舞いや学校訪問し届けている。日本やヨーロッパの NGO は病院や器具・薬品も援助している。

- ③許せない武器輸出大国による地雷・小型武器の発展途上国への大量援助輸出（内紛国やテロ被害国）を講演会や国会議員、外務省に訴え、最近では7月に外

写真—11 川崎市主催で日本初の大規模地雷、不発弾の展示会を行う
今年2月、8日間で3,500人～4,000人が被害者の姿を見て、
日本の援助を理解した

務大臣表彰をいただいた折、外務大臣に地雷廃絶会議未加入の輸出大国である米、ロ、中に対し、廃絶会議へ加入するよう国連へ働きかけるお願いをした。

アフリカ各国の例では、除去するより多く地雷が埋められ、増加している。地雷を作っている国は40ヶ国以上あるが、大国が廃絶会議に入れば、順次他国も入ると予想される。

おわりに、私の海外出張では地雷、小型武器以外に、去年はクラスター爆弾の被害調査と劣化ウラン弾の調査を依頼された。アフガニスタンではクラスター爆弾が使用されていた。劣化ウラン弾は、7日間ずつ2回調査し、アフガニスタン国土の3分の1の主要都市には、落とされていなかった。このことを国連に報告した。

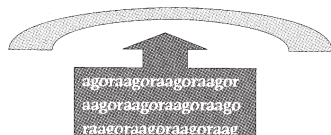
私は、2009年まで個人専門家として JICA 登録があり、建設機械による地雷除去機で東南アジア地雷被害国がゼロになるよう支援を続ける覚悟である。JCMA 会員の理解と日本政府が無償支援を続けてくださるようお願いしながら「地雷除去の機械化」報告を終わりにする。

JICA

[筆者紹介]

中込 璋（なかごめ あきら）
JICA 個人コンサルタント登録 100167
担当：日本政府無償援助の
・地雷除去機械開発と納入
・建設機械職業訓練センター支援





学生たちのロボコン奮闘記

澤 田 祐 一

機械系や電気・電子系の大学生にとって、ロボットを自分の手で作り出すことは、彼らの憧れであり目標の一つでもある。ロボットコンテスト（ロボコン）は、世界でも様々なカテゴリで広く行われており、ロボット作りに携われる貴重な機会である。大学生を対象とし、日本国内で行われるロボットコンテストの一つに、NHK 大学ロボコンがある。テレビ放映されるので、一般にも良く知られた大会である。京都工芸繊維大学では、2007 年度大会に出場するべく「学生と教員の共同プロジェクト」としてロボコンチーム（KIT-ROBBY）を結成し、見事初出場を果たした。その活動を、プロジェクトのサポート教員の立場から紹介する。

キーワード：NHK 大学ロボコン、ABU ロボコン

1. はじめに

毎年6月に開催されるNHK 大学ロボコンは、大学生のみを対象としたロボットコンテストの一つであり、多数の大学チームが出場を目指して、技術と知力を磨いている。1991年に第1回大会が開催され、アジア近隣の大学からも参加が相次いだ。2002年にはアジア太平洋放送連合主催のABU ロボコン（Asia-Pacific Robot Contest）日本代表選考会を兼ねた大会となり、現在に至っている。優勝チームは、日本代表としてABU ロボコン大会に参加する権利を得る。ロボット好きの大学生にとっては、一度は出てみたいコンテストであるが、その機会を得られる学生は一握りである。

2007 年度大会の競技は、世界自然遺産にも登録されているベトナムの景勝地「ハロン湾」の龍の伝説をモチーフとし、パール（発泡スチロールのドーナツ形ブロック）をアイランドと呼ばれる位置に積み上げて得点を競うものであった。この競技ルールに基づいて、NHK 大学ロボコン、ABU ロボコンが戦われた。

2. 京都工芸繊維大学の取組み

京都工芸繊維大学では、「学生と教員の共同プロジェクト」という学生の自主的な活動を、大学として支援する制度があり、経済的・技術的支援を大学から受けることができる。プロジェクトに選ばれるためには、活動計画や活動規模など十分に計画されたプランを、

プロジェクトに参加する教員と共に書面で申請し、審査を受ける必要がある。現在、この制度を利用していくつかの学生プロジェクトが進められている。ここで紹介する「ROBOCON 挑戦プロジェクト」もその一つであり、2006 年春に活動を開始した。プロジェクトの目標は、NHK 大学ロボコンに出場し優勝することである。メンバーは、1 回生から4 回生までの学生約30 名と数名の教職員により構成され、学生が主導してプロジェクトを進めている。メンバーの中には、大学ロボコンに出場するのが小さい頃からの夢であったという学生もいる。

3. 応募準備と1 次審査

学生らは、動くものを総合的に作るという体験は初めてであり、ロボットを作った経験など皆無であった。まず、手探りでロボットとはどのような仕組みなのかを勉強するところから始めた。最初は、小さなライントレースロボットを組み立て、ライントレース制御のソフトウェアを作成しながら、ロボットの基本的な構造と制御方法を学んだ。非常に簡単なロボットであったが、完成まで約3ヶ月を要した。簡単なロボットであっても、電気・電子回路、モータ制御、マイコン、センサなど多岐に亘る知識が必要であるが、夏休みが終わる頃には、ある程度の基礎知識と加工技術を学生が備えていた。

NHK 大学ロボコンの競技ルールは、9 月末頃に発表され、ABU ロボコン開催国（2007 年度の開催地は

ベトナムのハノイ)のお国柄をモチーフにしたものとなる。1次審査応募の締め切りまでの約2ヶ月間で構想を練り、競技を攻略する戦略と使用するロボットの概略設計を申請書に記載する。ロボットは、手動操作ロボット1台と、自律的に移動および得点する自動ロボットを複数台考案しなくてはならない。学生達が苦心したのは、いかに早くアイランドにパールを運ぶかという点であった。使う予定のモータ性能の制約から、十分な加速が得られないことが分かり、方向転換を余儀なくされたが、最終的にパールを飛ばすという着想に至った。大会に出場して分かったのであるが、かなり多くのチームが同様の着想に至っていたことから、自然な発想であったと思われる。

4. ロボットの製作

12月中旬にチーム学生リーダーの近藤君(当時3回生)が、緊張した面持ちで私の部屋までやってきた。彼の自宅に、審査通過のFAXが届いたとの報告であった。学生らは、もしかしたら通らないかもしれないという意識の方が強かったようで、喜びと同時に信じられないといった様子であった。実際には51大学73チームの応募があり、25チームが1次審査を通過した。

この時点から2次審査に向けて、自分たちが設計したロボットを製作するわけであるが、2次審査までは約3ヶ月しかない。その間、後期学期末試験などで約2週間が抜けてしまうため、時間を有効に使う必要に迫られていた。彼らが構想した戦略は、1台の自動ロボットが戦略上最も重要なアイランドへ素早く移動し、手動ロボットから打ち出されてくるパールを受け取ってアイランドに積むというものであった。設計案では、手動ロボットでパールを発射する機構として、ピッチングマシンのようなローラーで加速する方式を採用する予定であったが、実際に作ってみると設計どおりの飛距離が出ないトラブルに見舞われていた。最終的に、その機構をあきらめて投石器方式のカタパルトを製作することになった。学生たちの工作技術は、プロジェクトが始まった頃とは比べ物にならないくらいに向上しており、射出機構の作り直しは、設計を含めてわずか数日で完了した。

もう一つ学生らが苦労していたことがある。それは、自動ロボットの中核であるマイコン関係の製作とプログラミングであった。マイコンの知識に関しては、ほとんどの学生が初心者という状態だった。マイコン担当となった学生は、独学でマイコンの回路とプログラミングを短期間で習得し、なんとか2次審査に漕ぎ着

けることができた。

5. 2次審査と出場決定

4月上旬に、2次審査のための製作状況、戦略、自己PRを学生の手によってビデオ撮影を行い、これをNHK大学ロボコン事務局へ送付した。2次審査は撮影したビデオを基に行われた。ロボットの完成度は十分に満足のいくものではなかったようだが、出来る限りのことをやったという達成感を感じていたようだ。しかしながら、力を出し切ったものの、審査に通過するほどの手応えは残念ながら得られなかったようで、これでおそらく今年の活動は終わりだろうという空気があった。学生たちの緊張感もほぐれ始めた4月中旬、ロボコン事務局から2次審査通過の通知が届き、神妙な面持ちで学生が私の部屋に報告にやって来た。本戦出場は予想外であったようで、嬉しい誤算となった。最終的に、1次審査に通過した25チーム中、最終的に21チームが2次審査を突破した。

大会は6月17日(日)、東京にある国立オリンピック記念青少年総合センターで開催された。2次審査通過後、さらにロボットの完成度を向上させるため、生活時間のかなりの部分をプロジェクトに割いていたようである。この時点でも、ロボットの不具合は多数発生し、学生らは必死でそれを解決しようと知恵を絞っていた。たとえば、手動操縦ロボットからパールを受け取る自動ロボットが、どうしてもまっすぐ走行しないという問題に直面していた。エンコードを用いて左右の車輪の回転数を制御しているにもかかわらず、わずかに左へ逸れてしまう。車輪の滑りか車体の僅かなゆがみが原因であると思われたが、結局完全な解決には至らなかった。自動ロボットは他にも2台あり、これらはライントレースにより走行位置と方向を決定し、目標となるアイランドにパールを置く機能を持つ。これらのロボットも、安定して動かすためセンサの調整やモータ駆動のプログラムの改良など、大会までに完了しなければならない項目が山積みであったが、連日夜遅くまで作業を続けていた。

6. マスコミ報道

大会への出場が決定したことで、地元の新聞にその記事が掲載され、京都工芸繊維大学から初の挑戦であることを、好意的に記事にいただいた。この記事が契機となり、他紙の取材やNHK京都放送局の取材を受けるなど、学生達にとっては晴れがましい日々が

大会直前まで続いた。新聞記事やテレビでの報道を見た方々からも様々な反響があり、予想以上に注目されていることを知ることとなった。

7. 大学ロボコン本戦

ロボットは、大会数日前に会場へ陸送し、本大会の前日にメンバーは会場入りした。大会前日は、ロボットの整備調整、試走、ロボットの計量・計測を行う。作業スペースは、メインステージの裏手にあり、何れのチームも必死で準備を進めている。さて、本学のチームもロボットの機能チェックを始めたが、自動ロボットが全く起動しないトラブルに見舞われた。運送中にマイコン基板にショートもしくは断線が発生したようであった。時間を気にしながら、テスターを手に各部の電圧チェックに追われるが、午後8時には会場からいったん出なければならない。幸い、午後7時過ぎ、基本的な部分が動くようになり、試走と計量に挑んだ。

試走は無事に終えたが、計量で最悪の事態となった。ロボットには重量制限があり、すべての自動ロボットの総重量が50 kg 以下である必要があった。KIT-ROBBY のロボットを重量計に乗せてみると、約5 kg も規定重量を超過していたのだ。何か部品を外して軽量化できるような重量ではないため、3台の自動ロボットのうち1台を登録から外すことで重量超過をクリアした。学生にとっては手痛いペナルティーとなったが、チェック不足が招いた結果であり致し方ない。

試合当日の朝、眠そうに学生メンバーが集まってきた。ほとんど徹夜でプログラムの改良などをやっていたようである。午後の予選に備えてロボットの準備を進めるが、自動ロボットの動作が安定せず苦勞していた。

予選は午後の開会式直後から始まった。京都工芸繊維大学は予選リーグで、千葉大学および神奈川工科大学と対戦した(写真—1)。千葉大学との対戦では、我がチーム、KIT-ROBBY の自動ロボットが中央のアイランドへ順調に移動し、ほぼ正確にアイランド横で停止したが、アイランドに取り付くことができず残念ながら機能を発揮することができなかった。自動ロボットによる得点をあきらめ、手動ロボットによる得点を狙い、見事1点先取し勝利した(写真—2)。相手チームの千葉大学は惜しくも得点できなかった。神奈川工科大学との対戦も、同様の内容となり手動ロボットによる1点先取で勝利した。その結果、初出場にもかかわらず決勝トーナメントに進出できることになった。決勝トーナメント開始まであまり時間が無いため、短時間でロボットの点検整備を行い、トーナメントに



写真—1 自動ロボットのセッティング



写真—2 手動ロボットでの得点

挑まなければならなかった。決勝トーナメント初戦では、金沢工業大学と対戦し、残念ながら大差で敗退した。対戦相手であった金沢工業大学は、今大会の優勝大学であり、その実力差は大変大きかった。

8. おわりに

このプロジェクトでの活動で、学生が得たものは何であろうか。一つは、学生が思い描いたとおりのロボットを設計製作し、ものを作る楽しさを知ったことであろう。ものづくりにおける壁を突破する苦しさも同時に知ることができたはずである。ここから、将来日本の技術を支える人材が巣立ってほしいものである。

JICMA

【筆者紹介】

澤田 祐一(さわだ ゆういち)
京都工芸繊維大学
大学院工芸科学研究科
准教授



ずいそう

古武術とロボット

川 副 嘉 彦



■逆風を利用して走るヨットの原理

武術とスポーツの身体の使い方の違いについて武術研究者・甲野善紀氏が次のように述べている。

「たとえば、サッカーにおいて選手 A が走りぬけようとする動きを選手 B がブロックしたとき、選手 A は方向を大きく変えることになる。しかし、武術的な身体運用法を用いると全く違った展開が拓けてくる。選手 A は選手 B の当たりを利用して（逆風を利用して走るヨットの原理のように）、選手 A が行きたいと思っている方向へ運んでもらうという形をとるように出来るからである。」「このことは、一般的に知られているウェイト・トレーニング等を行って、走り込みをする、というトレーニング方法とは違った身体運用の訓練法が存在していることを示している。」

■ロボットの壁

現状のロボット技術は、生活分野、公共分野、医療福祉分野などにおいて多様な利用が期待されているが、将来の市場に対応した具体的用途や技術の実現可能性を明確にできないでいる。作業の精度、速度、効率を追求する従来のロボットは、外界を認識し、そのモデルを内部に構築し、行動計画を立て、そして実際に行動を起こす。しかし、このような直列方式のロボットは、どこかに誤りがあると、最終行動は失敗してしまう。また、新たな機能を付加しようとする、結局すべてを一から作り直すことになる。

最先端と言われるヒューマノイドロボットも、転倒力を重力に逆らって制御する歩行だから、推進力のブレーキとなり、エネルギー的にも無駄が多く、関節の負担も大きく、複雑精妙な制御を必要とし、外乱に弱くて転倒しやすい。

■体を上手に使う

甲野氏によると、戦前の話だが、ごく普通の体格をした山形県の鈴木みなという女性が米俵を 5 俵(300 キロ)背負って歩いている写真があるそうだ。ものを担ぐといった単純に見える動きでも、上手に担げば、普通の人の何倍もの重さを担げるのである。「ナンバ走り」は、体を上手に使うことで体全体に滞りがなくなり、ある状態から別の状態に一気に変化することにより速さを生む。

転倒力に逆らって制御するのが一般的な二足歩行ロボ

ットであるが、この歩行原理とは反対に、転倒力を利用して「歩きたい方向に倒れ、倒れる方向に足を出す」というのが「源兵衛」と名づけた二足歩行ロボットのナンバ歩き・ナンバ走りである。江戸ー仙台間 300 km を 1 日で走ったといわれる伝説の飛脚「源兵衛」に想いが至る。

「ねじらない・うねらない・踏ん張らない」ナンバ歩きを基本にすると、赤ちゃん歩きから飛脚走りまで、あるいは瞬間的な方向転換、超高速ナンバ走り、急な階段の軽やかな昇り降り、後方から突然押されたときの転倒を検知しての衝撃回避の受身・起き上がりなども実現できる。ただし、俊敏自在の動きは、力づくで制御する従来の工学では無理である。前方に倒れるときには、尻餅をついて後にひっくり返るぐらいの大胆な動きが求められる。受身の出来ないロボットや自分で起き上がれないロボットは、ブレーキのない自動車のようなものだ。

■知能にも身体が必要

1980 年代に MIT のブルックスが「人工知能にも身体が必要だ」と発表したとき、「何をばかな」と会場が騒然として発表を続けられないほど大変なブーイングだったという話に関連して、甲野氏が運動と知覚の本質を次のように見事に捉えている。

「これは、物事の本当に根本に関わる話で、私はこの話を聞いたとき、大変感動しました。ブルックスは、物を考える能力、知能の原点の原点を説いたからです。つまり、お茶を入れたりするようなすごく単純な動作でも、それをまったくゼロから知能が考えて組み上げるには、ほとんど無限なくらい多くの情報量が必要だということに気づいたからです。茶碗の形や机の状況にしても、この場合は大丈夫だ、この場合は大丈夫じゃないと（人工知能が）知らなければならない情報を全て一から教えるとなると、無限に近いほどたくさんあることに気づいたのです。ところが、身体があれば身体ができる限界という、規定されたものが最初からあって、そこから話が始まる。規定されていれば、前提がすでにある。その前提をすべて思考で作り出そうとしたら、キリがないということです。」

生死をかけた武術という身体操作の実践研究から生まれてくる理解力の深さに感嘆するしかない。

——かわぞえ よしひこ

埼玉工業大学工学部ヒューマン・ロボット学科教授——

ずいそう

引越し

横井 真二



本誌の読者のほとんどは会社員でいらっしやると勝手に推測致します。するとその何割かの方々は転勤の経験もありでしょうし、就職以前にも転居の経験もありではないでしょうか？ その転居の回数のお話です。私は今年48歳になったのですが、現在の住居が26軒目の住まいになります。この26軒と言うのが多いのかどうなのか？ きっと読者の中には「なんだそんなものか。自分はもっと多いよ」と仰る方もいれば「え！？ 2年に1回以上も住まいが変わってる計算になるね、考えられない」と仰る方もいらっしやることと思います。今まで私の周囲の方は圧倒的に後者の方が多いので、この「26」と言う数字は少なくないのかもしれないかもしれません。生まれたのは東京の世田谷、昭和34年ですので近年話題になった映画「三丁目の夕日」そのままの風景が原体験として記憶の隅に残っています。

父親は普通の民間の食品会社の社員でしたが、当時の高度経済成長の波に乗り、昭和一桁生まれのモータリッ社員として働いていたことでしょう。社命により私が生まれた後、横浜、また都内の足立区そして名古屋に移り住みます。父親の勤務地は本社、支店、営業所で変わったのかどうかは尋ねたこともないので分かりませんが、特徴として一つの市の中で転居するケースがその後も続いたのです。名古屋市の中で都合三回、福岡市、広島で2回とここまでで9回です。当時、妹は中学3年でしたが学期を跨いで引っ越したおかげ？ で修学旅行を2回同じ年に行ったのですが、転校と同時の修学旅行は友人もいなく寂しい思いをしたようです。また制服や教科書がその都度変わることから母親は「お金が掛かるね」と話していたのを思い出します。高校卒業と同時に家を出たのですが進学に際しいろいろ紆余曲折（笑）がありまして、広島から福岡、東京、

神奈川そしてまた都内へと舞い戻って来たのです。

就職してから今度は会社都合で転勤を伴うことがない転居が続き鳥取県の米子市で2回、岡山県岡山市で2回そして山口県の防府市に行くことになりました。そこで家内と知り合ったのですが、まだ結婚前にまたまた転勤で愛知県の岡崎市に転勤、その後再び山口県の山口市に戻り独身生活を送り、結婚して新居を構えました。ここまでで21回になります。

その後も社命により山口県内で2回転勤、転居をし次に25年ぶりの九州は長崎県佐世保市に辿り着いたのです。3年住み現在の勤務地の所在地である福岡県に転居したのですが、子供の進学のタイミングもあり半年は単身赴任し5年前に今の住まい「26軒目」に住んでいるのです。転校、転勤、転居の功罪をこの場で論ずるのは本意ではありませんが、いろんな土地、いろんな文化に触れられたことは間違いなくプラスであると思います。ですから良く尋ねられる「どこが良かった？」と言う質問にはなかなか答えられないのですがもう一つ答え難いのが「どちらの出身ですか？」ですね。何しろ入った学校（幼稚園、保育園含む）と出た学校が全部違う上に今両親が住んでる三重県の津市は帰省はするものの生まれ育った場所ではなく、毎回返答に苦慮しますが大体「生まれたのは東京ですが、あとはいろいろです」とお答えしております。さて既に5年経過したこの福岡の地も何時までいるのかは全く分かりませんが、退職するまでいや死ぬまで後何回転居があるのか自分でも密かな楽しみにしています。今度はあなたの住む街に行くことがあるかもしれませんね！

——よこい しんじ 日立建機(株) 西日本事業部
九州北支店 支店長——

CMI 報告

建設ロボット計測支援システムの
実装・実験

上石 修二

1. はじめに

建設ロボットに用いる計測システムは、めざましい技術開発が進んでいる情報利用技術（IT）によって、設計情報の利用、およびロボット周辺の状況把握技術（外界センサ）の利用が進み、支援機能が高度化するものと考えられる。従来、ビデオカメラ映像を提供することで操作者が行っていた、自己位置・姿勢の把握、機械周辺および作業箇所の形状についての把握に関して、バックホウをベースマシンとした建設ロボットにおいて、計測支援システムを開発し実装・実験を試みたので以下に概要を報告する。

本報告は、国土交通省の総合技術開発プロジェクト「ロボット等による IT 施工システムの開発」の一環として(独)土木研究所が行っている計測支援システム開発に関して、平成 18 年度にシステムの実装と実証実験を行ったものである¹⁾。

2. 計測支援システム

バックホウ・ロボットの計測システムの機能は、全体システムなどの計測要求に対して、機械位置・方位、地形データ（点群座標データ）、画像データなどを、各測定データの時刻同期をとり、各データを測定器の座標系から現場座標系に変換して出力するものである。この計測システムの構成を図-1 に示した。

現場座標系における地形形状の三次元座標は以下の手順で求める。①建設機械上に設けた座標系（以下機体座標系）の計測基準点上に設置した三次元情報計測器で地形を計測する。②現場座標系における計測中の

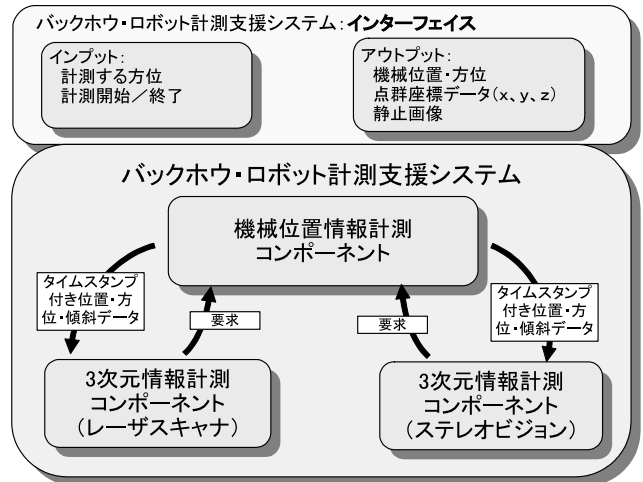


図-1 バックホウ・ロボットの計測支援システムの構成

計測基準点の位置情報および機体座標系の座標軸の回転角情報を計測する。③三次元情報計測器による機械座標系の計測結果を、現場座標系における基準点座標の位置情報と機体座標系の回転角情報を用いて座標変換し、現場座標系の地形形状として求める。ここで①と②で計測する情報は独立した情報として扱えるため、計測のための機器類をコンポーネント化することができる。①を三次元情報計測コンポーネント、②を機械位置情報計測コンポーネントとし、さらに①には原理の異なる2つの計測技術（ステレオビジョン、レーザスキャナ）をそれぞれコンポーネント化して試作・実装することとした。

ステレオビジョンとは二台のデジタルカメラ映像を用いて三角測量の原理で距離情報を求め、撮影範囲を三次元化することができる計測技術である（写真—1）。レーザスキャナ（2D）は、パルス上の測距用レーザ光をライン状に発射し、旋回動作により扇状の計測範囲を三次元化できる計測技術である（写真—2）。ともに掘削後から排土のための旋回動作中に計測する。



写真-1 ステレオビジョン・システム



写真-2 レーザスキャナ・システム

3. 計測支援システム実装機による実験

機械位置情報計測コンポーネント，ステレオビジョン計測コンポーネント，およびレーザスキャナ計測コンポーネントを実装した掘削機を用いて，計測および掘削実験を行った。掘削機はバケット容量 0.5 m³ の油圧パワーショベル，計測対象は 2.7 m × 2.7 m の板を 45 度傾斜させ仮設した計測用盾，掘削地山（粘土層）である。

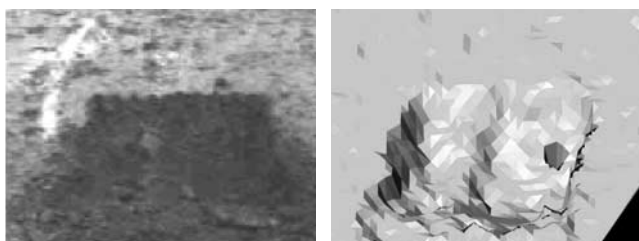


図-2 ステレオビジョンによる計測結果

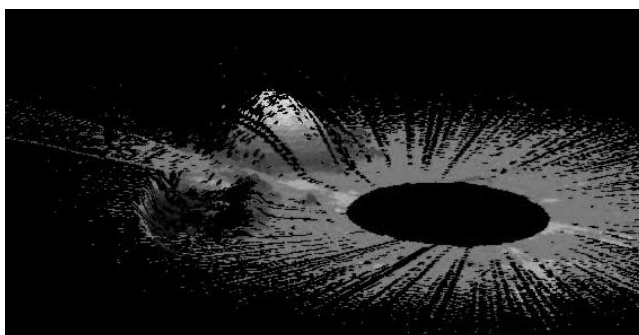


図-3 レーザスキャナによる測定結果

表-1 要求仕様確認結果

	要求仕様	ステレオビジョン方式	レーザスキャナ方式
精度	± 50 mm	○	○
リアルタイム性	10 秒未満	△	◎
計測密度	10 cm ピッチ	◎	△
計測範囲	10 m 四方	△	◎

◎：クリア ○：条件付クリア △：要対策

実験結果（紙面の都合により詳細は省略）から言えることは，ステレオビジョン方式は限られた範囲の地形形状を詳細に把握する場合に適し（図-2），レーザスキャナ方式は広範囲の地形形状を早く把握する場合に適すると言える（図-3）。要求仕様に対する各計測方式の評価について比較整理したものを表-1 に示す。表から判るように二つの方式は，要求仕様に対し互いに補完し合うような特長を有していることが判る。これから計測対象によってコンポーネントを使い分ける，あるいは両コンポーネントによる同時計測等により互いの情報を補完し合うような利用法が考えられる。

4. まとめ

建設機械上からの三次元地形計測を目的とした計測技術を，コンポーネント設計の概念を導入して設計し，試作・実装（特徴の異なる計測器を主体とした二つの独立した計測コンポーネント）し，計測実験を行った。その結果，計測器の特徴から目的により使い分ける可能性を示した。

平成 19 年度は，プロジェクトの最終年度であり，各コンポーネントの高度化と自動制御を含む全体システムの構築を行う予定となっている。

施工技術総合研究所は，様々な場面，様々なニーズに応え，これからも，RT と IT の高度利用のコンセプトのもと，関係各機関と連携しながら建設ロボットおよび要素技術の検討／開発を進めていく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山元・石松・上石・池田他：Example of Experimental Use of 3D Measurement System for Construction Robot Based on Component Design Concept, 国際建設ロボットシンポジウム（2006）

〔筆者紹介〕

上石 修二（あげいし しゅうじ）
 社団法人日本建設機械化協会
 研究第3部
 次長

新工法紹介 機関誌編集委員会

10-41	ダム堆砂処理システム 「大車輪（だいしゃりん）」	間組
-------	-----------------------------	----

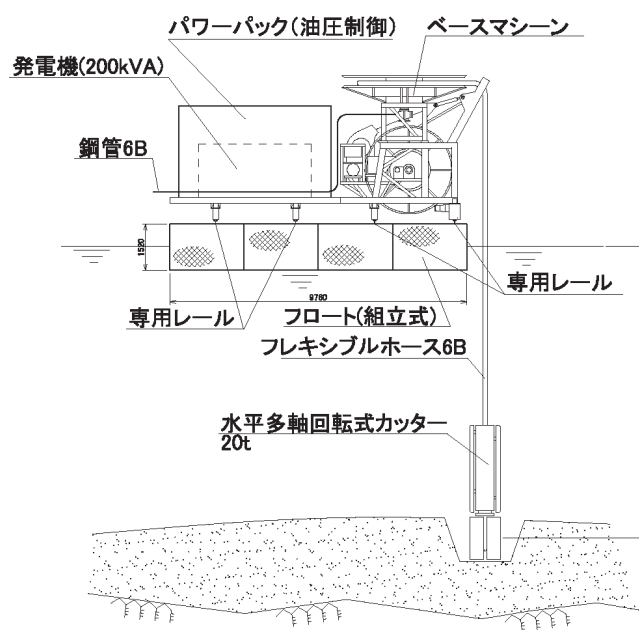
▶ 概 要

「大車輪」は、都市土木分野において数多くの施工実績を残している連続地中壁掘削機の「水平多軸回転式カッター」（写真—1）をダム堆砂処理に応用している。

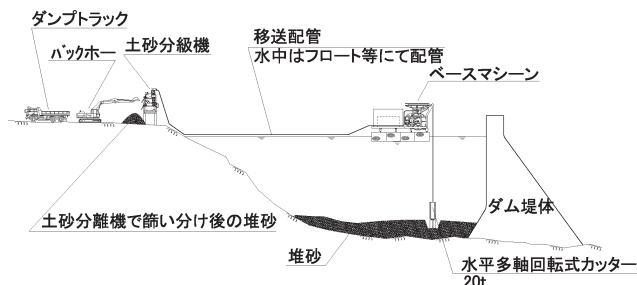
貯水池に浮かべた台船から、この水平多軸回転式カッターを



写真—1 水平多軸回転式カッター



図—1 台船上の設備



図—2 浚渫・圧送・処理のフロー

水底まで吊り下げて堆砂を掘削し、内蔵する泥土ポンプで地上まで圧送する。

陸上では、圧送された堆砂を振動ふるいとサイクロンを組合せた土砂分級機により、砂分を効率的に分離・回収することができる。

ベースマシンの移動、台船移動の他に、左右2つのカッターの回転数を独立して制御することによって、効率的に所定の断面の浚渫を行うことができる（図—1）。

回収された砂分は、そのまま下流河川の還元材として利用することができ、浚渫・圧送・処理（図—2）から河川還元までを一連の作業で処理することができるシステムである。

▶ 特 徴

- ①大水深（標準装備で50 mまで対応可能）での浚渫に対応できるため、あらゆるダム貯水池に適用できる。
- ②浚渫・圧送・処理を一連のシステムとして、連続作業ができる。
- ③カッターは土砂性状に合わせて取替えができ、固結土砂も容易に浚渫できる。
- ④カッターは玉石なども切削可能であり、泥土ポンプはカッター切削物のみを吸引する構造であるため、排泥管などの閉塞の恐れがない。
- ⑤土砂分級機はコンパクトなユニット式であり、可搬性・柔軟性に優れる。

▶ 用 途

- ・ダム堆砂処理

▶ 実 績

- ・社内土砂分離試験

▶ 工業所有権

- ・特許申請中

▶ 問 合 せ 先

(株)間組 土木事業本部 技術部

〒105-8479 東京都港区虎ノ門2-2-5

Tel : 03(3588)5771 Fax : 03(3588)5755

新工法紹介 機関誌編集委員会

05-61	MMB 工法 (マルチ・ミキシングバケット工法)	福田組
-------	-----------------------------	-----

▶ 概 要

我が国では埋め立て地や軟弱地盤の上に都市や工場が形成され、さまざまな問題が生じています。これらの問題を解決すべく、弊社は中日本キャタピラー三菱建機販売㈱の技術協力を得て、「MMB 工法」を開発しました。本工法はベースマシンのバックホウに攪拌装置を取付けるアタッチメントタイプで、バケットの爪（掘削ビット）と噴射装置、攪拌混合羽根を一体化したことで、巾広い地質の地盤ではぐしと攪拌を同時に行えるため、施工能力を大幅にアップすることができます。

さらに自動計測システムを備えたことで確実な施工管理ができます。これは攪拌位置、攪拌深さ、スラリー注入力、羽根切り回数などを運転席にモニター表示し、作業内容を自動的に記録するもので、攪拌混合の品質管理が可能となります。

▶ 特 徴

(1) 場所、地盤

- ・さまざまな場所や地盤に対応
- ・場所：高所、低所、斜面、水中（作業範囲：上方 11 m、下方 9 m、前方 12 m）
- ・地盤：粘性土、砂質土、ローム、腐植土、ヘドロ

(2) 品質

- ・螺旋状に配置した 18 枚の羽根で均質な混合攪拌
- ・自動計測システムで確実な施工管理

(3) 早い

- ・掘削ビット、噴射装置、攪拌混合羽根の一体化で施工能力が大幅にアップ

（在来羽根式工法の 150 %）（当社試算による）

(4) 安い

- ・施工費は在来羽根式工法の 70 %（当社試算による）

(5) 多用途

- ・粉体方式、スラリー方式のどちらにも対応
- ・地盤改良に（建物の支持地盤強化、造成地や道路の沈下防止）
- ・災害対策に（地震時液状化対策、斜面の強度増加、河床の固化、緊急道路確保）
- ・環境対策に（汚染土壌の浄化や不溶化、水質浄化）

▶ 仕 様

- (1) 適用土質：全ての土質に適用可能
- (2) 改良後の地耐力：砂質土で最大 300 kN/m²、粘性土で最大 200 kN/m²
- (3) 改良厚さ：最大 4.0 m

(4) ベースマシン：0.8 m³ 級バックホウ

▶ 問 合 せ 先

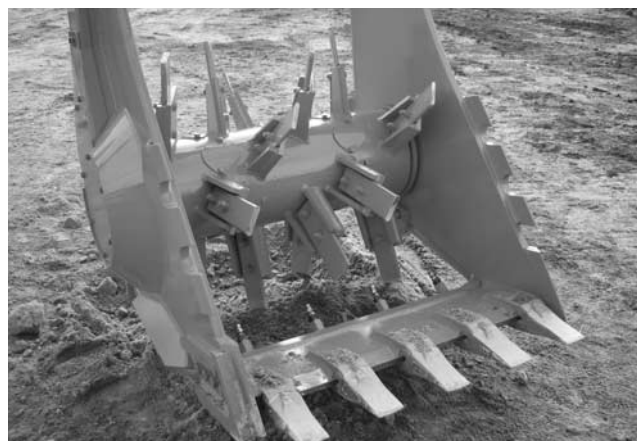
㈱福田組 エンジニアリング事業部

〒162-8411 東京都新宿区市谷本村町 3 番 26 号

Tel：03(3269)4424



写真一 マシン全景



写真二 バケット内部



写真三 地盤改良状況

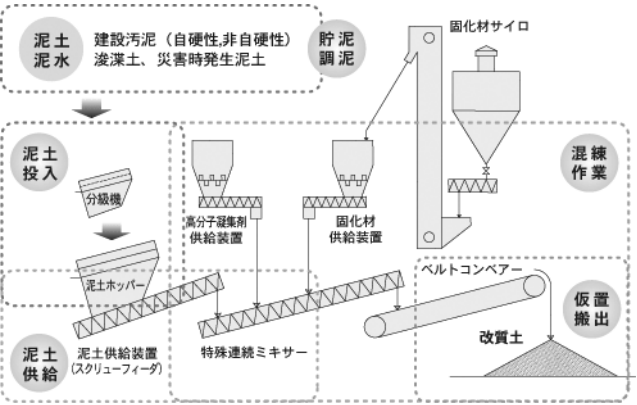
09-24	イーキューブシステム (建設汚泥等の再資源化技術)	飛鳥建設
-------	------------------------------	------

▶ 概 要

最近の国土交通省の調査によれば、建設廃棄物総量は年間約7,700万トンあり、内、建設汚泥は750万トン排出されている。その中で、建設汚泥の再資源化量は360万トン（48％）でコンクリート塊（98％）やアスファルト塊（98％）に比べ、再資源化率が低迷している。

建設汚泥の再資源化率を向上させることは、最終処分場の延命化はもちろんのこと、資源循環コストの低減に大きく役立つ。

飛鳥建設では建設汚泥等を効率よく改質し、再資源化する「イーキューブシステム」を開発した。本技術は、高含水の建設汚泥や流動性を呈する浚渫土等に、固化材や高分子凝集剤を添加し、これを特殊連続ミキサーに投入し、約1分程度攪拌・混合することにより建設汚泥等を粒状の処理土に生成して、盛土材及び埋戻し材等の土質材料に再資源化することが可能である（図－1）。



図－1 プラント概念図

▶ 特 徴

本技術では、多種多様な性状を有する建設汚泥や泥土に対応するために、5種類の固化材から、最適な効果が得られる固化材を選別できる。従来工法に比較して処理効率が高く、産業廃

棄物として処理するよりも経済的である。また、処理土の使用目的に応じた強度の粒状体が生産できるので用途範囲が広く、安定した品質の処理土（第2～4種処理土相当）を生成できる。処理土は粒状を呈し、処理後のハンドリング性に優れているうえ、再泥化しない。本システムは改良プラントが可搬式のため、現場環境の制約が少なく、稼動中の粉塵の発生や騒音・振動が少ない（写真－1）。



写真－1 改質状況

▶ 適用範囲

再生処理の適用範囲は最大粒径が40mm以下で、含水比が40～300％程度の建設汚泥（自硬性、非自硬性）、及び泥土（浚渫土等）とする。

▶ 実績

発注者	工事件名	施工時期	処理量
愛知県	ポンプ場築造工事	H17.12	5,400 m ³
仙台市	地下鉄試験工事	H18.05	400 m ³
中日本高速(株)	道路建設工事	H18.08	3,000 m ³

▶ 問い合わせ先

飛鳥建設(株) 土木事業本部 新規事業統括部
〒102-8332 東京都千代田区三番町2番地
Tel：03(5214)7087 担当：高橋

新工法紹介 機関誌編集委員会

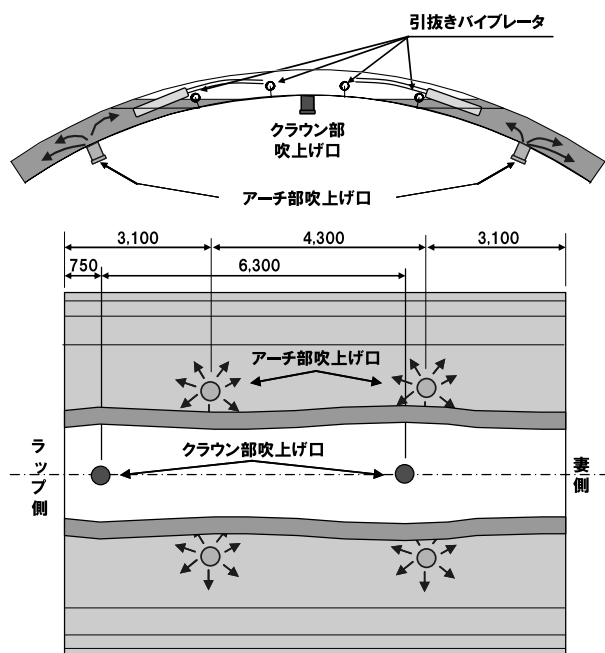
04-289	クラウン部水平圧入打設工法	前田建設工業
--------	---------------	--------

▶ 概 要

現在の NATM においては、トンネル覆工背面の空隙が課題となっている。空隙のできる原因としてはいくつか挙げられるが、今日までの実証実験を踏まえて推測すると、トラブルを除けばアーチクラウン部からの打設量が多い事、打設時間が長い事が大きな原因と考える。

本工法は、アーチ部に圧入可能な吹上げ口（従来のクラウン部吹上げ口と同じもの）を4箇所増設して目視可能な最大高さまで水平に打ち込み（圧入）、クラウン部吹上げ口からの打設量、打設時間を最小限にすることで充填性を確実にするものである。従来のクラウン部吹上げ口からの打設目標は打設量 15 m^3 、打設時間 60 分以内とする。

これまで本工法で打設した覆工のクラウン部の空隙をファイバースコープで検測した結果、空隙は見られず、100%完全に充填されているのを確認している（現時点での覆工施工延長 600m）。図—1 に本工法の概要を示す。



図—1 クラウン部水平圧入打設工法の概要

▶ 水平圧入打設の目的

水平圧入打設工法は型枠の全長にわたって、それまでの充填状況を目視で確認できるようにしたものである。効率良くクラウン部を水平に打設するために、アーチ部からの圧入工法を開発した（写真—1, 2, 3, 4）。

さらに、充填をより確実なものとするため、クラウン部に取付けた圧力センサーとパソコン画面により充填圧を確認しながら打設し、型枠の強度なども考慮した最大の圧力で充填できるようにしている。



写真—1 アーチ部吹上げ口



写真—2 アーチ部吹上げ口全景



写真—3 打設状況



写真—4 圧入状況

▶ 特 徴

- ①トンネル覆工においてクラウン部からの打設量、打設時間を最小限にできる。
 - ②空隙の無いトンネル覆工が構築でき、耐久性が向上する。
 - ③パイプレータで流さないでブリージングが少ない。
- （写真—4）
- ④圧入するのでクラウン部の高い位置まで水平に打設できる。

▶ 用 途

・トンネル工事

▶ 実 績

・道路トンネル 2 件

▶ 問合せ先

前田建設工業(株) 土木部機械グループ

〒102-8151 東京都千代田区富士見 2-10-26

Tel : 03(5276)9426

新機種紹介 機関連編集委員会

▶ <03> 積込機械

07-<03>-08	コベルコ建機 ホイールローダ	'07.06 発売 モデルチェンジ
	LK230Z-6 ほか	

碎石現場、土木工事、除雪作業などで使用されるホイールローダについて、作業効率アップ、環境適合性、操作性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたLK230Z-6、LK270Z-6、LK310Z-6、LK350Z-6の4機種である。

車両は「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」に適合しており、ラジエタ冷却ファンには水温、油温を検知して回転を最適に制御する油圧駆動方式を採用して、騒音と燃費の低減を実現している。最大トルクをアップしたエンジンにはパワーモード（P）とエコノミ（FE）モードを設けて効率的な作業が行えるようにしており、さらにFEモードではシフトタイミング設定変更機能を備えて、走行時のシフトアップタイミングを自動的に早めることで燃費を向上させている。エンジン始動直後にアイドル回転数を上昇させて暖機時間を短縮するウォームアップモード、アイドル状態が一定時間を経過するとアイドル回転数を自動的に下げるスリープモードを装備して、効率アップ、燃費低減を図っている。作業機油圧システムには、掘削時とブーム上昇時の作動油流量をブーム角度で制御するエフィシエント・ローディング・システムを採用しており、掘削時は作動油流量の一部をバイパスさせてバケット作動速度を抑えて余力を必要なけん引力を得るための駆動力に回し、掘削終了後は通常の作動油流量に切替えてブーム上昇スピードをアップさせて、作業効率の向上と燃費の低減を図っている。運転席からのスイッチ操作でブームの停止位置を上げと下げの各々に対し任意に設定できるデュアル・ブームキックアウト機構を備えており、ダンプトラックベッセルやホッパへの積み込み高さ、掘削深さ、運行姿勢への位置合わせが容易にできる。トランスミッションは自動変速式で、アクスルにはトルクプロポーションングデフを装備して、濡れた路面や軟弱地でのスリップを抑えて駆動力を有効に発揮できるようにしている。走行ブレーキシステムの回路は独立2系統で、泥や水の浸入が無い油圧密閉湿式ディスクブレーキを採用しており、駐車ブレーキは内部拡張式として耐久性、信頼性を向上している。ブレーキシステムにはインチングコントロールシステムが備えられており、作業現場の状況やオペレータの好みによってインチング作動ポイントを任意のブレーキ効き位置に設定できるようにしている。ROPS/FOPS キャブにはフルオートエアコンを装備して快適な運転操作空間としている。また、搭載の液晶ディスプレイでは、マシン・オペレーション・ダイアグナスティック・モジュールによって、外気温、エンジン水温、トランスミッション油温、累積走行距離などの車両状態、オイルとエレメント類のメンテナンス時期、故障診断結果の情報表示が可能である。ダブルエレメント・エアクリーナ、アルミ製のラジエタ、作動油クーラやエアクーラ、開閉式ラジエタグリル、耐久性のあるハロゲンランプ（前照灯、前・後作業灯）などを採用してメンテナンス性を向上している。

オプションとして、碎石仕様や寒冷地仕様などのほか、ハイリフトアーム、走行振動抑制装置、ブーム操作レバーの横に配置した前後進スイッチ、2速固定のシフトホールドスイッチ、ファン逆回転仕様、エマージェンシステアリング、LED テールランプなどが用意されている。

表—1 LK230Z-6 ほかの主な仕様

	LK230Z-6	LK270Z-6
標準バケット容量 (カッティングエッジ付) (m ³)	3.0	3.6
運転質量 (t)	14.28	17.75
定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	137 (184)/2,200	152 (207)/2,200
ダンピングクリアランス× 同リーチ (バケット45度前傾) (m)	2.745 × 1.160	2.875 × 1.215
最大掘起力(バケットシリンダ) (kN)	114	146
最大けん引力 (kN)	131	142
最高走行速度 F4/R4 (km/h)	36.9/37.4	36.9/37.3
最小回転半径(最外輪中心) (m)	5.215	5.425
登坂能力 (度)	30	30
軸距×輪距(前後輪共) (kPa)	3.050 × 2.050	3.200 × 2.060
最低地上高 (m)	0.395	0.465
タイヤサイズ (—)	20.5 - 25 - 12PR (L3)	23.5 - 25 - 16PR (L3)
全長×全幅×全高 (m)	7.700 × 2.670 × 3.335	8.125 × 2.680 × 2.800
価格 (百万円)	22.4	24.6

	LK310Z-6	LK350Z-6
標準バケット容量 (カッティングエッジ付) (m ³)	4.0	4.5
運転質量 (t)	19.84	23.03
定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	167 (227)/2,200	202 (275)/2,100
ダンピングクリアランス× 同リーチ (バケット45度前傾) (m)	3.035 × 1.190	3.045 × 1.260
最大掘起力(バケットシリンダ) (kN)	164	190
最大けん引力 (kN)	179	197
最高走行速度 F4/R4 (km/h)	33.1/33.8	36.0/36.4
最小回転半径(最外輪中心) (m)	5.65	5.80
登坂能力 (度)	30	30
軸距×輪距(前後輪共) (kPa)	3.300 × 2.230	3.400 × 2.230
最低地上高 (m)	0.460	0.515
タイヤサイズ (—)	23.5 - 25 - 16PR (L3)	26.5 - 25 - 16PR (L4)
全長×全幅×全高 (m)	8.305 × 3.100 × 3.475	8.715 × 3.100 × 3.535
価格 (百万円)	32.5	38.3

(注) 標準バケット容量は、ルーズマテリアルで示す。



写真—1 コベルコ建機 LK230Z-6 ホイールローダ

新機種紹介

07-〈03〉-09	コマツ ホイールローダ WA200-6 ほか	'07.10 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------	----------------------

砕石現場，土木工事，除雪作業などで使用されるホイールローダについて，低燃費生産性，環境適合性，操作性，安全性，メンテナンス性などの向上と車両遠隔管理システム（KOMTRAX）の充実を図ってモデルチェンジした WA200-6 と WA270-6 の 2 機種である。

搭載エンジンは日米欧の排出ガス対策（3 次規制）基準値をクリアする ecot3 型で，車両は「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」に適合している。ラジエータ冷却ファンには，水温，油温を検知して回転を最適に制御して騒音と燃費の低減を実現する油圧駆動方式を採用し，シール追加などの低騒音設計によって，国土交通省の低騒音型建設機械に適合する。走行駆動方式には，アクセルワークだけで加減速コントロールができるフルオートの STARE II-HST（Speedy Traction control Active performance Reducing moving shock Economy）を搭載して，最適なトラクションやタイヤスリップの減少によりスムーズな運転を実現している（特許出願中事項を含む）。シフトコントロールスイッチによって 4 段階の変速パターンが選択でき，1 速設定時においては，バリアブルシフトコントロールスイッチによって，最高車速を 4 km/h から 13 km/h の間で作業現場状況に合わせて自由に設定ができる。さらに，トラクションコントロールスイッチによって低速時のけん引力を 3 段階に設定が可能で，トルクプロポーションングデフの働きと相まって，負荷や路面条件に最適な駆動力を発揮する。また，除雪作業などにおける滑りやすい路面では，S モードのスイッチ操作により駆動力を抑え，タイヤスリップを減少させて作業を容易にしている。トラクションコントロールスイッチが ON または S モード選択時に，作業レバー上のワンプッシュトラクションコントロールスイッチを押すと，一時的にトラクションコントロールの設定をキャンセルすることが可能で，けん引力は 100 % にアップする。その後再度スイッチを押すか，前後進レバーを切換えるとトラクションコントロールの設定状態に自動復帰する。勾配 6 度以下の坂を下るような場合，車速を約 42 km/h 以下に制限する電子制御のオーバランコントロールシステムが採用されており，パワーラインやブレーキ装置の過負荷を防止している。ブレーキシステムには，全油圧式独立 2 系統の密閉湿式ディスクブレーキを採用しており，塵埃の侵入や水分凍結による作動不良の心配がない。また，駐車ブレーキにも湿式ディスクブレーキを採用して信頼性を向上している。ROPS/FOPS キャブの前面はピラーレスガラスに，後面は熱線入りガラスとして視界を確保し，キャブ・ビスカスマウントや油圧機器のラバーマウント化などで騒音，振動を低減して，オペレータ耳元騒音 70dB（A）の快適な運転空間を実現している。また，車両の走行状態を示す情報の全てを一目で把握できるようにしたメインモニタ，上下スライド調節式リストレストを備えた作業機レバー（WA200-6 はモノレバー，WA270-6 は 2 本レバー），電気式前後進レバー，乗り心地や

荷こぼれを改善する走行振抑制装置（ECSS）などを採用して，運転性の向上を図っている。稼働中でも定期的に逆転スイッチ操作で逆転させて，クーラやラジエータの前面に付着したごみを吹き飛ばすことができるラジエータ冷却ファン（特許出願中），日常点検と定期整備によって開き角度を 2 段階に固定できるサイドパネルなどを採用しているほか，キャブのフロアマットと入り口の段差をなくして泥やごみの掃き出しを容易にするなどでメンテナンス性を向上している。

表一 2 WA200-6 ほかの主な仕様

	WA200-6	WA270-6
標準バケット容量(BOC 付) (m ³)	2.0	2.5
運転質量 (t)	9.815	11.545
定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	94 (128)/2,000	103 (140)/2,000
ダンピングクリアランス×同リーチ (バケット 45 度前傾) (m)	2.760 × 1.000	2.755 × 1.140
最大掘起力(バケットシリンダ) (kN)	93	104
最高走行速度 F4/R4 (km/h)	0 ~ 34.5	0 ~ 38.0
最小回転半径(最外輪中心) (m)	5.1	5.175
登坂能力 (度)	25	25
軸距×輪距(前後輪共) (kPa)	2.840 × 1.930	2.900 × 1.930
最低地上高 (m)	0.425	0.465
タイヤサイズ (—)	17.5 - 25 - 12PR (ロック)	20.5 - 25 - 12PR (L3)
全長×全幅×全高 (m)	6.895 × 2.550 × 3.110	7.160 × 2.685 × 3.200
価格 (百万円)	18.06	21.42

(注) 標準バケット容量は、WA200-6 はストックパイル用で，WA270-6 はルーズマテリアル用で示す。BOC：ボルトオンカッティングエッジ。



写真一 2 コマツ「GALEO」WA200-6 ホイールローダ

▶ 〈05〉 クレーン，エレベータ，高所作業車およびウインチ

07-〈05〉-06	コベルコクレーン (独 マニトワッククレーン社製) オールテレーンクレーン (伸縮ブーム形) KMG5220	'07.09 発売 輸入新機種
------------	--	--------------------

高層ビル，橋梁，高速道路，港湾，風力発電などの大形建設工事に使用される 5 軸・10 輪のオールテレーンクレーンで，先の KMG6300（265 t 吊り），KMG5130（120 t 吊り）と同じく，大きな吊上げ能力と作業性，高い安全性，安定した走行性，高い信頼性，合理的な輸送性などを特長としている。

新機種紹介

7段ブームを1本の油圧シリンダで伸縮する方式を採用して軽量化を図り、さらに、内面補強材を不要としたU断面形状のブームの材料に高張力鋼（1,180 N/mm² 鋼）を使用して軽量化と高剛性を実現している。ブーム伸縮においては、全自動モードを選択して必要なブーム長さを設定すると、ブーム伸縮レバーを操作するだけでブーム伸縮順序、各段伸縮長さ、ブームおよび伸縮シリンダのピンロック・ロック解除が自動的に制御される。ブーム角度計、ブーム長さ計は、センサを二重に装備して万一のトラブルに備えている。アウトリガ張出幅は検出装置により自動的に検出され、過負荷防止装置と連動してオーバーロードによる事故を防止している。また、搭載カウンタウエイト量の検出機能が備えられており、過負荷防止装置と連動してカウンタウエイト量の誤設定による事故を防止している。

走行駆動は、3, 4, 5 軸の駆動（オプションで2軸目追加）で、デフロック付として不整地での走行を確実にしている。全10輪は独立式の油圧ロックサスペンション方式を採用して不整地走行に対応しており、また、ホイールは常時、垂直に接地する機構としているので、安定したけん引力の発揮や悪路での走破性が得られる。全輪ステアリング方式を採用して小旋回性を確保しており、全てのカウンタウエイトを装着した状態でも全輪ステアリング、クラブ走行ステアリングなどのステアリングモードを可能にして機動性を有効にしている。

その他、ハーネスや通信ライン機器の接続部の防水性に配慮し、電装機器を納めたボックス類を防水・防塵構造として信頼性を高めるとともに、機械周囲の安全確認のためのクレーンキャブにおける後方確認カメラ、クレーン作業におけるドラム監視カメラ、走行安全のためのキャリヤキャブにおける後方監視カメラなどを装備して安全性を確保している。カウンタウエイトは7分割にして取扱いを



写真—3 コベルコクレーン KMG5220 オールテレーンクレーン

容易にし、ブームフットピンおよびブーム起伏シリンダの脱着装置の装備などにより組立・分解性を良くして、輸送時の作業性向上、輸送トレーラの台数節減などで合理化を図っている。

▶ <16> 空気圧縮機、送風機およびポンプ

07-<16>-01	デンヨー 空気圧縮機（可搬式） DIS-200VPS	'07.08 発売 新機種
------------	----------------------------------	------------------

大規模化と多様化の進む建築、土木工事において、各種作業に必要な高圧から低圧大容量の圧縮空気を1台で供給可能とするディーゼルエンジン式空気圧縮機である。

空気圧縮機はスクリュ回転型・1段圧縮・油冷式で、フルデジタル制御の可変圧力システムを採用しており、操作パネルにおいて任意の吐出圧力（0.01 MPa 単位）を入力すれば、自動的に使用空気量に合わせた容量制御やエンジン回転速度制御が行われる。搭載エンジンは、コモンレール式燃料噴射システムや EGR システムなどを採用して、国土交通省の排出ガス対策（3次規制）基準値をクリ

表—3 KMG5220 の主な仕様

吊上げ能力 主ブーム 13.3 m/68.0 m の時 (t) × (m)	175 × 2.5/14 × 20.0
吊上げ能力 ジブ 12.0 m/37.0 m の時 (t) × (m)	9 × 24.0/2.7 × 34.0
最大地上揚程 主ブーム/+ジブ (m)	67.8/105.0
最大作業半径 主ブーム/+ジブ (m)	62.0/88.0
ブーム長さ(7段伸縮)/ジブ長さ(4段) (m)	13.30 ~ 68.0/12.0 ~ 21.0 ~ 29.0 ~ 37.0
ブーム起伏角度 (度)	-1.5 ~ 83.0
巻上ロープ速度 主巻/補巻 (m/min)	125/125
旋回角度 (度)	360
機械質量 作業時/走行時 (t)	60.0/37.41
作業用エンジン最大出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	170 (231)/2,200
走行用エンジン最大出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	420 (571)/1,800
最高走行速度(ブーム取外し走行姿勢時) (km/h)	85
登坂能力 (度)	26.5
最小回転半径 ノーマル操向/全輪操向 (m)	11.80/10.915
アウトリガ張出幅(H型)最大/中間/中間/最小 (m)	8.10/6.80/5.60/4.40/2.74
タイヤサイズ (—)	445/95 R25 177E ROAD
全長×全幅×全高 (m)	16.260 × 2.990 × 3.950
価格 (百万円)	367.5

(注) (1) ジブ吊上げ能力は、主ブーム 63.6 m を装着時で示す。
 (2) 作業時機械質量は、カウンタウエイト質量（77 t/51 t/41 t/31 t/21 t/11 t）を含まず。
 (3) 乗車定員は2名。
 (4) 公道走行時は、ブームを別送とする。

表—4 DIS-200VPS の主な仕様

定格空気吐出量/最高吐出空気量 (m ³ /min)	21.2/25.5
吐出圧力範囲 (MPa)	0.7 ~ 1.27 (0.6 も設定可)
定格吐出圧力 (MPa)	1.27
エンジン定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	197 (268)/2,100
運転質量 (t)	3.95
燃料タンク (L)	400
タイヤサイズ (—)	6.50 - 10 - 10PR
全長×全幅×全高 (m)	3.915 × 1.680 × 2.050
価格 (百万円)	14.91

新機種紹介



写真－4 デンヨー DIS-200VPS 空気圧縮機

アしている。また、遮へいなどの防音対策によって、同省の超低騒音型建設機械にも指定されている。本体はコンパクトにまとめて軽量化を図っており、ニューマティックタイヤを装備して可搬式としている。また、トラック輸送では4t積トラックによる運搬を可能としている。

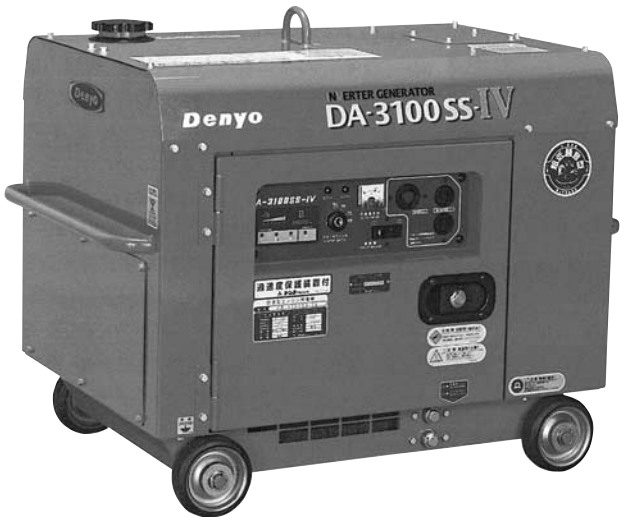
▶ <17> 原 動 機 ， 発 電 装 置 等		
07-<17>-07	デンヨー ディーゼルエンジン発電機 DA-3100SS-IV	'07.07 発売 新機種

建築、土木工事現場などで簡便に使用される小形の発電機で、水冷ディーゼルエンジンとインバータ制御の組合わせで、安定した電気の供給や、低騒音（国土交通省の超低騒音型建設機械）、低燃費の環境対応を実現したものである。

インバータと磁石式高周波発電機を搭載し、電圧変動（整定電圧変動率±1.0％以内）、周波数変動（周波数変動±0.2 Hz 以内）、波形歪（波形歪率±2.0％以内）の少ない、安定した電気の供給を可能にしている。また、インバータ制御方式により 50 Hz と 60 Hz

表－5 DA-3100SS-IVの主な仕様

交流出力	(kW)	3.1
交流電圧	(V)	100
交流電流	(A)	31
周波数	(Hz)	50/60
相数	(—)	単相（2線式）
コンセント数	(個)	15 A × 2、30 A × 1
エンジン定格出力	(kW (ps) / min ⁻¹)	5.5 (7.5) / 3,000
運転質量	(t)	0.19
燃料タンク容量	(L)	15
全長×全幅×全高	(m)	0.910 × 0.590 × 0.750
価格	(百万円)	0.735



写真－5 デンヨー DA-3100SS-IVディーゼルエンジン発電機

の兼用が可能であり、商用電源並みの安定した電気特性が得られるので、コンピュータ負荷から誘導負荷（水中ポンプなどのモータ）までの多くの機器に使用できる。LED ランプを採用したエンジンモニタでは、積算時間計、燃料残量 6 段階表示、異常警報表示（油圧低下、水温上昇、充電不良）、予熱表示灯のチェックが、また、LED 使用の周波数表示ランプでは出力周波数の確認ができる。負荷の短絡や過負荷時に負荷を遮断する遮断器、エンジンが過回転になった場合にエンジンを非常停止させる過速度保護装置などを装備して、発電機の保護とともに安全運転を図っている。

建設機械市場の現状

1. 建設機械出荷金額推移

2006年度の建設機械出荷金額（内需・外需の合計）は、2兆3,006億円で前年度比19.8%増加となり過去最高となった。内需は8,471億円で11.8%の増加、外需は1兆4,535億円で25.0%増加した。その結果、内需は4年連続の増加、外需は6年連続の増加、合計では5年連続の増加となった。

製品別の出荷金額を見ると、トラクタ、油圧ショベル、ミニショベル、建設用クレーン、道路機械、コンクリート機械、基礎機械、油圧ブレーカ圧砕機、その他建設機械の9製品と補給部品が増加した。

内需について製品別に見ると、トラクタは912億円で14.2%増加、油圧ショベルは2,740億円で15.0%増加、建設用クレーンは1,463億円で19.7%の増加など9製品が増加し、内需全体では11.8%増加した。

また、外需について製品別に見ると、トラクタは2,456億円で19.4%の増加、油圧ショベルは5,917億円で23.7%の増加、ミニショベルは1,624億円で16.1%の増加、建設用クレーンは875億円で60.3%の増加、その他建設機械は1,975億円で36.9%の増加など9製品と補給部品が増加し、外需全体では25.0%増加した。地域別に見

表一 建設機械出荷金額実績（内需・外需）

（百万円）

	1995年度	1996年度	1997年度	1998年度	1999年度	2000年度	2001年度	2002年度	2003年度	2004年度	2005年度	2006年度
トラクタ 内 需	128,953	144,529	111,500	88,576	89,095	91,587	87,567	63,612	67,375	73,470	79,907	91,222
外 需	109,209	130,673	151,012	185,873	93,258	83,276	87,020	100,236	108,696	162,962	205,721	245,577
計	238,162	275,202	262,512	274,449	182,353	174,863	174,587	163,848	176,071	236,432	285,628	336,799
油圧ショベル 内 需	376,808	402,362	312,824	247,496	263,380	267,425	188,967	159,521	192,052	214,172	238,281	274,009
外 需	172,868	189,301	214,421	208,604	176,600	163,180	172,457	246,681	345,935	400,994	478,539	591,749
計	549,676	591,663	527,245	456,100	439,980	430,605	361,424	406,202	537,987	615,166	716,820	865,758
ミニショベル 内 需	131,932	140,899	113,169	84,133	82,904	77,058	62,286	50,683	57,222	64,408	70,268	79,449
外 需	17,968	15,988	25,405	34,978	45,808	48,200	41,716	51,793	77,065	108,351	139,938	162,416
計	149,900	156,887	138,574	119,111	128,712	125,258	104,002	102,476	134,287	172,759	210,206	241,865
建設用クレーン 内 需	247,535	290,949	235,651	146,524	121,583	114,087	88,509	75,703	88,724	100,310	122,191	146,263
外 需	35,341	43,155	52,596	33,711	26,689	15,814	16,801	23,539	29,454	44,617	54,577	87,490
計	282,876	334,104	288,247	180,235	148,272	129,901	105,310	99,242	118,178	144,927	176,768	233,753
道路機械 内 需	62,549	69,138	56,413	44,681	39,171	39,754	35,182	32,521	34,443	33,353	28,383	29,012
外 需	10,862	16,283	15,078	15,605	11,556	16,661	11,917	12,338	14,134	18,361	22,299	32,389
計	73,411	85,421	71,491	60,286	50,727	56,415	47,099	44,859	48,577	51,714	50,682	61,401
コンクリート機械 内 需	56,954	62,161	49,335	32,857	30,707	32,612	24,787	20,312	23,955	21,346	21,273	21,516
外 需	5,338	5,061	3,446	1,924	1,320	1,651	1,302	3,290	2,571	2,082	1,777	2,231
計	62,292	67,222	52,781	34,781	32,027	34,263	26,089	23,602	26,526	23,428	23,050	23,747
トンネル機械 内 需	59,064	65,755	63,684	53,323	40,213	38,231	28,503	31,639	34,896	20,580	17,724	14,047
外 需	2,426	3,142	2,568	5,895	2,734	2,902	5,652	3,398	12,887	13,165	8,648	6,642
計	61,490	68,897	66,252	59,218	42,947	41,133	34,155	35,037	47,783	33,745	26,372	20,689
基礎機械 内 需	44,318	41,789	31,437	20,466	19,882	18,067	14,267	14,257	13,983	13,167	15,508	18,139
外 需	4,580	2,638	2,147	986	986	994	818	260	654	1,449	984	1,229
計	48,898	44,427	33,584	21,452	20,868	19,061	15,085	14,517	14,637	14,616	16,492	19,368
油圧ブレーカ 内 需	24,090	25,503	19,816	15,120	15,435	15,563	13,808	11,758	13,135	13,426	14,820	15,915
圧砕機 外 需	5,226	6,433	8,116	8,105	8,375	7,391	6,709	7,414	8,060	9,114	11,099	13,481
計	29,316	31,936	27,932	23,225	23,810	22,954	20,517	19,172	21,195	22,540	25,919	29,396
その他建設機械 内 需	92,251	90,239	76,093	57,690	60,752	60,908	46,610	43,285	45,605	46,532	47,607	53,323
外 需	22,150	30,175	27,798	24,997	27,897	23,696	26,339	50,797	74,008	101,290	144,259	197,527
計	114,401	120,414	103,891	82,687	88,649	84,604	72,949	94,082	119,613	147,822	191,866	250,850
補給部品 内 需	156,471	166,352	156,443	138,426	128,335	126,242	115,766	106,865	106,343	102,269	101,577	104,167
外 需	69,018	74,430	82,118	66,029	60,474	64,871	63,170	63,616	71,189	87,865	95,307	112,760
計	225,489	240,782	238,561	204,455	188,809	191,113	178,936	170,481	177,532	190,134	196,884	216,927
合 計 内 需	1,380,925	1,499,676	1,226,365	929,292	891,457	881,534	706,252	610,156	677,733	703,033	757,539	847,062
外 需	454,986	517,279	584,705	586,707	455,697	428,636	433,901	563,362	744,653	950,250	1,163,148	1,453,491
計	1,835,911	2,016,955	1,811,070	1,515,999	1,347,154	1,310,170	1,140,153	1,173,518	1,422,386	1,653,283	1,920,687	2,300,553

〈参考〉

- ・道路機械：ロードローラ、タイヤローラ、振動ローラ、平板式締固機械、アスファルトフィニッシャ、モータグレーダ、ロードスタビライザ、アスファルトプラント等
- ・コンクリート機械：コンクリートポンプ車、トラックミキサ車、コンクリートパイプレータ、コンクリートプラント等
- ・その他建設機械：ドリル、可搬式コンプレッサ、重ダンプトラック、不整地運搬車、建設廃棄物破砕機等

統計

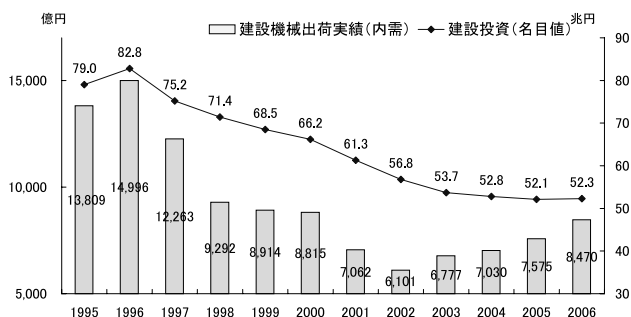
ると、9地域で増加した。

表—1に「建設機械出荷金額実績（内需・外需）」の推移を示す。

2. 市場動向

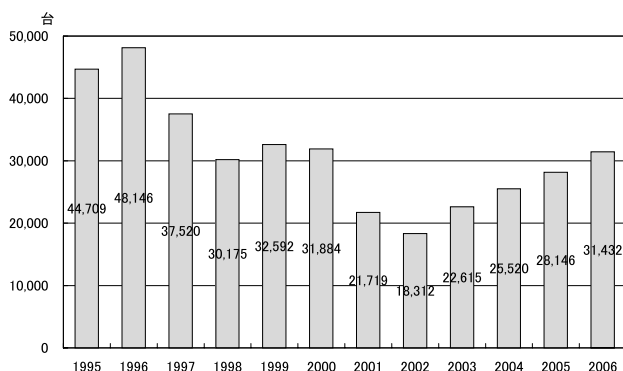
(1) 国内市場

建設機械の国内出荷金額実績は、図—1に示す通り、1996年度をピークとした建設投資の減少を反映した推移を示しており、これは我が国の建設投資動向は、建設機械ユーザの投資意欲に大きな影響を与えていることを裏付けている。しかしながら、2003年度以降、建設投資（名目値）はほぼ横ばいであるのに対して、建設機械の国内出荷金額は増加に転じており、2006年度についても、建設投資（名目値）はほぼ前年並みの見通しに対して、建設機械の国内出荷金額は、全製品計で前年度比11.8%増加した。これは、海外需要の拡大に伴う国内からの中古車輸出の増加を背景に、国内での油圧ショベルを主とした新車への更新需要が高まった結果と思われる。



図—1 建設機械出荷実績（内需）／建設投資（名目値）

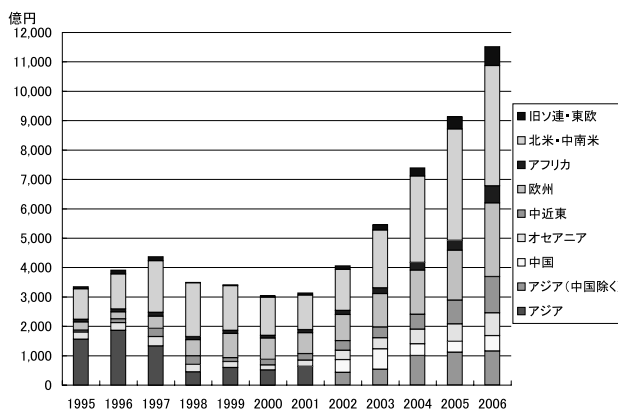
図—2に示す通り、建設機械の主力製品である油圧ショベルの国内出荷台数は、1996年度をピークに下降、1990年代終盤には持ち直すかに見えたが、再度下降に転じた。国内建設市場は既に成熟していることから、需要は景気動向、建設投資等によって左右され、2002年度を底に増加に転じ、2006年度については、前年度比11.7%増加と4年連続の増加となった。



図—2 油圧ショベル国内出荷台数

(2) 海外市場

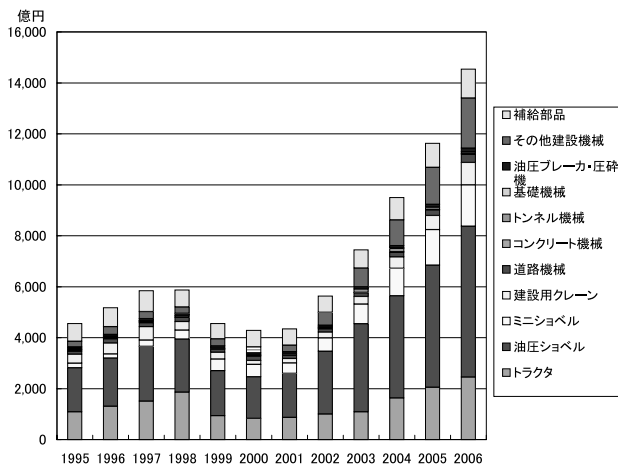
図—3に示す通り、1999年以降米国の景気減速感、アジア地区の景気低迷などから出荷金額は減少傾向を示していたが、2002年度以降、主要なマーケットである北米・中南米地区、欧州の好調な経済成長を背景に、また高成長の著しいアジア地区にも牽引され、増加傾向に転じた。



図—3 建設機械完成品地域別輸出金額

2006年度について地域別に見ると、全地域で大幅に拡大しており、北米・中南米地区は4,093億円で前年度比7.9%の増加、欧州は2,506億円で前年度比47.5%の増加、中国も2004年度以降、政府による金融引き締め策等の影響により減少傾向にあったが520億円と前年度比39.9%の増加に転じた。

製品別では、国内建設機械市場と同様に油圧ショベルの出荷割合が増加してきており、2006年度の総出荷金額は5,917億円と全体の40.7%を占めるに至り、海外市場においても油圧ショベルの需要が増加している（図—4）。また、ミニショベルについては、1,624億円と前年度比16.1%と大幅に増加しており、全体の11.2%を占めるに至っている。



図—4 建設機械別海外出荷金額

3. リース・レンタル動向

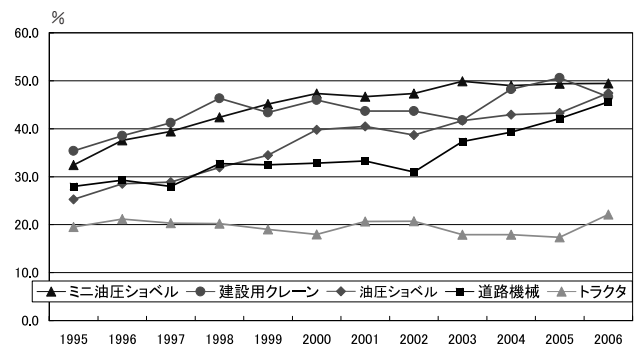
国内建設業界における建設機械のリース・レンタル化は引き続き上昇傾向にある。2006 年度における国内へ出荷された建設機械の内、リース・レンタル業へ出荷された比率は 40.2 % と前年度比 2.4 % 増加している。

表—2 に補給部品を除いた建設機械本体の「業種別（リース・レンタル/その他）国内出荷金額実績」の推移を示す。

2006 年度における国内市場の主力製品である油圧ショベルのリース・レンタル比率は 47.4 % と前年比 4.1 % 増加、ミニショベルも 49.5 % と前年比 0.1 % 増加しており、リース・レンタル比率は依然として増加、ないしは高い比率で推移しており、今後共この傾向は継続するものと思われる（図—5）。

4. 中古車市場動向

国内からの中古車輸出の増加が、更新を主とした国内新車需要の喚起になると想定される点については、2—(1)「国内市場」の項で触れているが、本項ではその中古車の流通状況について特徴を記



図—5 リース・レンタル業向け出荷金額比率（主要 5 製品）

表—2 業種別（リース・レンタル/その他）国内出荷金額実績

(百万円)

		1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
トラクタ	ユーザー等	103,771	113,959	88,823	70,655	72,173	75,113	69,478	50,435	55,305	60,307	66,043	71,065
	リース・レンタル	25,182	30,570	22,677	17,921	16,922	16,474	18,089	13,177	12,070	13,163	13,864	20,157
	計	128,953	144,529	111,500	88,576	89,095	91,587	87,567	63,612	67,375	73,470	79,907	91,222
油圧ショベル	ユーザー等	281,586	287,539	222,438	168,490	172,588	161,046	112,477	97,831	111,964	122,191	135,167	144,024
	リース・レンタル	95,222	114,823	90,386	79,006	90,792	106,379	76,490	61,690	80,088	91,981	103,114	129,985
	計	376,808	402,362	312,824	247,496	263,380	267,425	188,967	159,521	192,052	214,172	238,281	274,009
ミニショベル	ユーザー等	89,138	87,978	68,568	48,473	45,470	40,588	33,206	26,678	28,675	32,865	35,576	40,152
	リース・レンタル	42,794	52,921	44,601	35,660	37,434	36,470	29,080	24,005	28,547	31,543	34,692	39,297
	計	131,932	140,899	113,169	84,133	82,904	77,058	62,286	50,683	57,222	64,408	70,268	79,449
建設用クレーン	ユーザー等	159,938	178,796	138,509	78,603	68,845	61,643	49,841	42,624	51,665	51,940	60,364	78,066
	リース・レンタル	87,597	112,153	97,142	67,921	52,738	52,444	38,668	33,079	37,059	48,370	61,827	68,197
	計	247,535	290,949	235,651	146,524	121,583	114,087	88,509	75,703	88,724	100,310	122,191	146,263
道路機械	ユーザー等	45,060	48,900	40,638	30,058	26,454	26,708	23,477	22,443	21,587	20,250	16,429	15,780
	リース・レンタル	17,489	20,238	15,775	14,623	12,717	13,046	11,705	10,078	12,856	13,103	11,954	13,232
	計	62,549	69,138	56,413	44,681	39,171	39,754	35,182	32,521	34,443	33,353	28,383	29,012
コンクリート機械	ユーザー等	51,520	58,059	46,137	30,234	27,978	29,894	21,929	18,065	21,228	18,594	19,118	18,427
	リース・レンタル	5,434	4,102	3,198	2,623	2,729	2,718	2,858	2,247	2,727	2,752	2,155	3,089
	計	56,954	62,161	49,335	32,857	30,707	32,612	24,787	20,312	23,955	21,346	21,273	21,516
トンネル機械	ユーザー等	55,133	64,735	61,252	50,975	37,901	36,303	26,742	31,294	34,746	19,921	17,504	13,930
	リース・レンタル	3,931	1,020	2,432	2,348	2,312	1,928	1,761	345	150	659	220	117
	計	59,064	65,755	63,684	53,323	40,213	38,231	28,503	31,639	34,896	20,580	17,724	14,047
基礎機械	ユーザー等	42,375	39,778	28,763	18,722	17,149	15,601	13,184	12,831	12,510	11,738	14,564	17,023
	リース・レンタル	1,943	2,011	2,674	1,744	2,733	2,466	1,083	1,426	1,473	1,429	944	1,116
	計	44,318	41,789	31,437	20,466	19,882	18,067	14,267	14,257	13,983	13,167	15,508	18,139
油圧ブレーカ・圧砕機	ユーザー等	22,234	22,862	18,096	10,938	10,915	11,614	12,183	10,541	10,850	10,712	11,355	12,411
	リース・レンタル	1,856	2,641	1,720	4,182	4,520	3,949	1,625	1,217	2,285	2,714	3,465	3,504
	計	24,090	25,503	19,816	15,120	15,435	15,563	13,808	11,758	13,135	13,426	14,820	15,915
その他建設機械	ユーザー等	63,778	57,981	48,696	36,731	40,734	41,338	31,436	30,119	31,233	31,859	32,131	33,526
	リース・レンタル	28,473	32,258	27,397	20,959	20,018	19,570	15,174	13,166	14,372	14,673	15,476	19,797
	計	92,251	90,239	76,093	57,690	60,752	60,908	46,610	43,285	45,605	46,532	47,607	53,323
本体計	ユーザー等	914,533	960,587	761,920	543,879	520,207	499,848	393,953	342,861	379,763	380,377	408,251	444,404
	リース・レンタル	309,921	372,737	308,002	246,987	242,915	255,444	196,533	160,430	191,627	220,387	247,711	298,491
	計	1,224,454	1,333,324	1,069,922	790,866	763,122	755,292	590,486	503,291	571,390	600,764	655,962	742,895
補給部品	ユーザー等	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	リース・レンタル	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	計	156,471	166,352	156,443	138,426	128,335	126,242	115,766	106,865	106,343	102,269	101,577	104,167
内需計		1,380,925	1,499,676	1,226,365	929,292	891,457	881,534	706,252	610,156	677,733	703,033	757,539	847,062

注) ユーザ等とは、建設業者、官公庁など、リース・レンタル以外の全てを言う。

統計

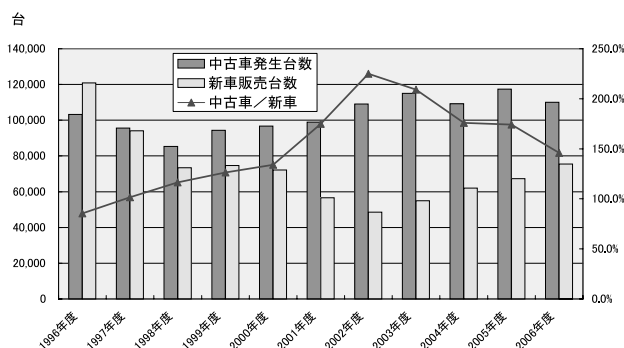
した。

(1) 新車販売と中古車の発生

中古車の発生は下取等で新車販売店が入庫するものと、中古車販売会社を買取るものと2通りに大別されるが、その総発生量と新車販売台数を表したのが、図一6「中古車発生・新車販売台数（主要6機種）」である。

なお、主要6機種とは油圧ショベル、ミニショベル、クローラトラクタ、ホイールローダ、クローラクレーン、ラフテレーンクレーンである。

図一6の通り、1997年度に中古車発生台数が新車販売台数を上回って以来、2002年度の中古車発生は新車の2.3倍でピークになり、以降新車販売台数増加の回復に伴い比率は減少傾向であるが、2006年度は約1.5倍と依然新車販売台数を上回っている。ここ数年の傾向として、エンドユーザやレンタル会社が新車購入の際に下取を複数出したり（下取台数>新車台数）、不要保有機の処分のため、中古車販売会社へ直接売却する等の対策をしているためと思われる。

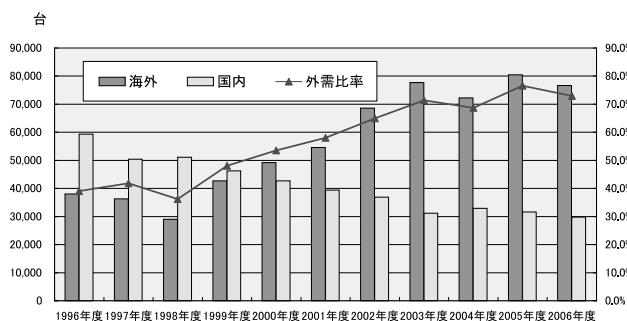


図一6 中古車発生・新車販売台数（主要6機種）

(2) 中古車の需要傾向

発生した中古車は一部（部品取・スクラップ等）を除き、大半が国内または海外（輸出）に販売される。これを国内・海外需要として過去の推移を見ると、図一7「中古車需要の国内・海外構成（主要6機種）」の通りである。

図一7に示す通り国内向けは1996年をピークにそれ以降、年々

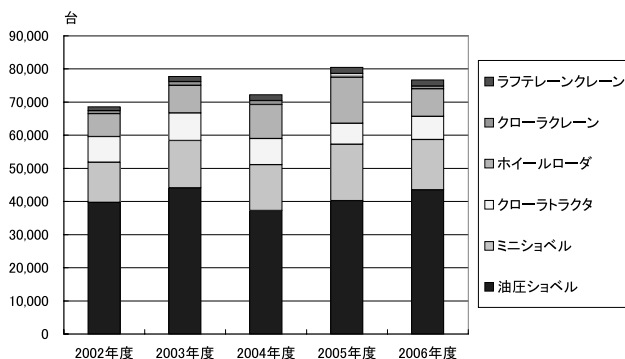


図一7 中古車需要台数の国内・海外構成（主要6機種）

減少し、反面、輸出は増加傾向が続き、途中1998年度と2004年度はアジア金融危機及び中国金融引き締め等の影響により対前年で減少しているもののその後は70,000台から80,000台の水準を保っている。また、2006年度の需要における海外構成は73%を占め、中古車の輸出は、中古車の流通において、重要なファクターであることから、今後安定した輸出ルート of 育成が建機業界として望まれる。

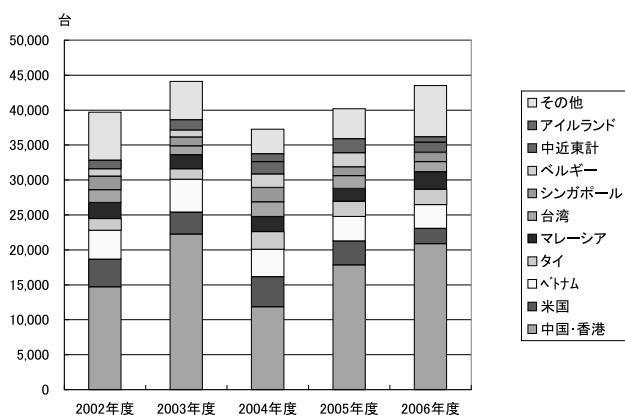
(3) 中古車輸出状況

図一8「中古車機種別輸出台数」は、2001年度～2006年度の中古車機種別輸出状況を示す。2006年度の機種構成では、油圧ショベルが約57%で最も多く、ついでミニショベル（20%）、ホイールローダ（11%）の順である。



図一8 中古車機種別輸出台数（主要6機種）

また、中古油圧ショベルの輸出先を見ると、図一9「中古油圧ショベル輸出先状況の通りであり、2006年度は、「中国・香港」が48%と突出しており、ついで「ベトナム」（8%）、「マレーシア」（6%）である。「米国」への輸出台数は対前年で約1,200台減の2,200台（5%）となっている。「その他」の中では上記以外の「東南アジア」（4%）、「フィリピン」（2%）が大きな割合を占めている。



図一9 中古油圧ショベル輸出先状況

(4) 中古車の販売方法

中古車の販売にあたっては、従来の相対取引に加え、近年、中古

車販売会社が主催するオークション（パレード方式，入札方式）が定着化し，中古車流通の重要な手段となっている。

今後もこれらオークション等の大量販売方式の継続と共に，出展製品種の拡大や IT 機器を利用した販売方法等の伸展が予想される。

5. 建設機械市場の今後の見通し

国内建設機械市場は，公共投資は依然として厳しい状況にあるものの，災害復旧需要，民間設備投資の増加，中古車の海外輸出によ

る入れ替え需要等により，引き続き堅調に推移するものと推測される。

一方，海外市場においても，金融引き締め政策等により先行き不透明であった中国も増加に転じ，主要なマーケットである北米・中南米地区，欧州をはじめ，他の海外全地域でも好調な経済成長を背景とした需要拡大により堅調に推移し，海外市場全体としては，引き続き好調に推移するものと推測される。

尚，上記掲載統計諸資料は(社)日本建設機械工業会発表の統計資料による。

建設の施工企画 2006 年バックナンバー 平成 18 年 1 月号（第 671 号）～平成 18 年 12 月号（第 682 号）

1 月号（第 671 号）

夢特集

5 月号（第 675 号）

施工現場の安全特集

10 月号（第 680 号）

情報化施工と IT 特集

2 月号（第 672 号）

環境特集 温暖化防止に向けて
（大気汚染防止・軽減）特集

6 月号（第 676 号）

リサイクル特集

11 月号（第 681 号）

ロボット・無人化施工特集

3 月号（第 673 号）

環境特集 環境改善（水質浄
化・土壌浄化）

7 月号（第 677 号）

防災特集

12 月号（第 682 号）

基礎工事特集

4 月号（第 674 号）

特集 品確法 公共工事の品質
確保

8 月号（第 678 号）

標準化特集

■体裁 A4 判

■定価 各 1 部 840 円
（本体 800 円）

9 月号（第 679 号）

維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100 円

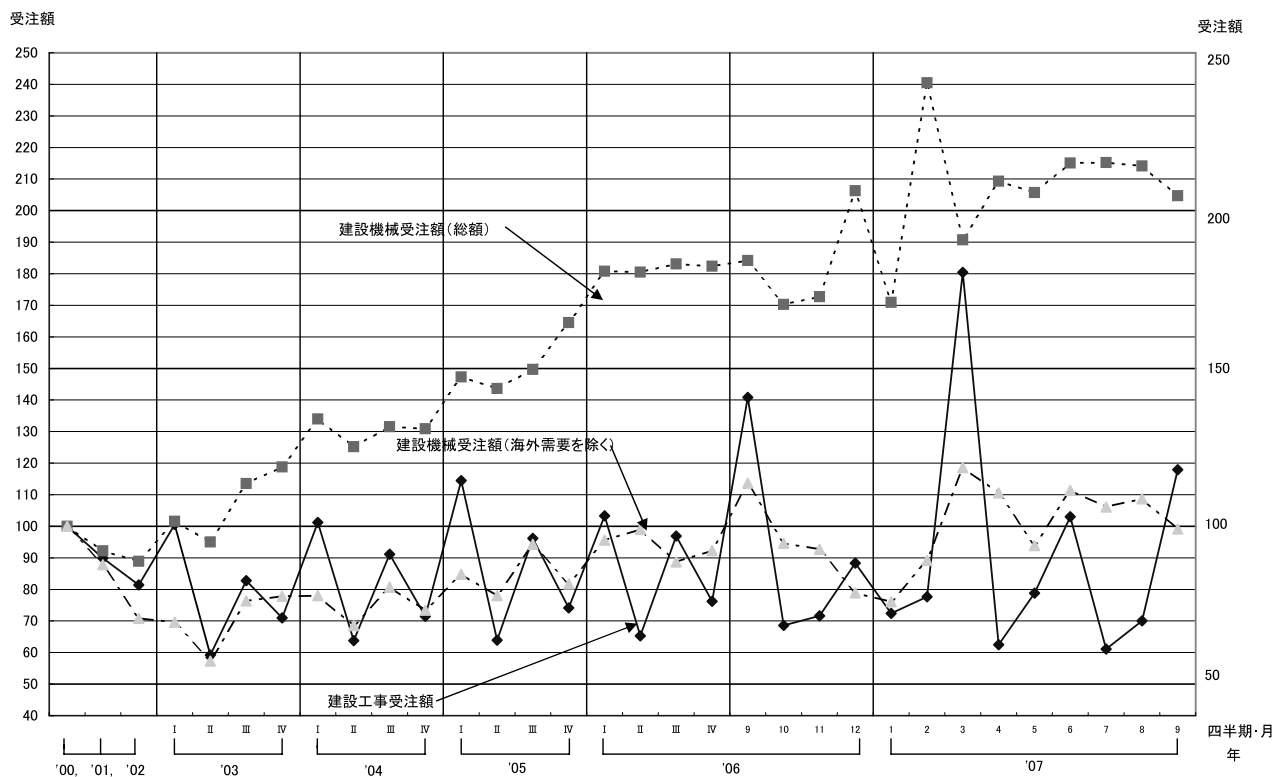
社団法人 日本建設機械化協会

〒 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>

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 2000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 2000年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位: 億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2000 年	159,439	101,397	17,588	83,808	45,494	6,188	6,360	104,913	54,526	180,331	160,536
2001 年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904
2002 年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881
2003 年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2006 年 9 月	18,711	11,813	2,483	9,330	2,431	755	3,713	12,263	6,448	139,816	14,357
10 月	9,118	6,942	1,475	5,467	1,436	415	326	6,619	2,499	139,021	10,083
11 月	9,518	7,023	1,486	5,537	1,426	459	610	6,924	2,595	136,928	11,689
12 月	11,736	9,052	1,751	7,302	1,623	530	531	8,740	2,997	134,845	13,775
2007 年 1 月	9,624	7,694	1,684	6,011	1,240	425	265	7,477	2,148	133,681	10,210
2 月	10,318	7,132	1,372	5,760	2,310	484	391	7,186	3,132	133,709	11,644
3 月	23,973	17,208	3,001	14,206	4,385	708	1,672	16,871	7,102	138,503	19,212
4 月	8,298	6,811	1,558	5,253	784	440	263	6,376	1,922	137,090	9,593
5 月	10,466	7,894	1,826	6,069	961	429	1,181	7,747	2,718	137,504	10,827
6 月	13,680	10,649	2,193	8,457	1,700	520	811	10,667	3,013	138,439	12,818
7 月	8,121	6,111	1,548	4,563	1,060	503	445	5,870	2,250	136,746	10,007
8 月	9,305	6,781	1,204	5,578	1,342	456	726	6,959	2,346	135,311	10,300
9 月	15,669	12,284	2,297	9,987	1,594	618	1,173	11,553	4,116	—	—

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	00年	01年	02年	03年	04年	05年	06年	06年 9月	10月	11月	12月	07年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月
総 額	9,748	8,983	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	1,496	1,383	1,403	1,676	1,388	1,954	1,549	1,700	1,671	1,747	1,748	1,739	1,663
海 外 需 要	3,586	3,574	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	912	897	927	1,271	997	1,496	940	1,132	1,189	1,175	1,203	1,181	1,154
海外需要を除く	6,162	5,409	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	584	486	476	405	391	458	609	568	482	572	545	558	509

(注) 2000～2002年は年平均で、2003年～2006年は四半期ごとの平均値で図示した。

2006年9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…

(2007 年 10 月 1 日～ 31 日)

■ 機 械 部 会

■トンネル機械技術委員会・事務局会義

月 日：10 月 5 日（金）

出席者：篠原慶二委員長ほか 5 名

議 題：①第二関門トンネル施工技術意見交換会 ②その他

■建築生産機械技術委員会・幹事会

月 日：10 月 10 日（水）

出席者：石倉武久委員長ほか 2 名

議 題：①各分科会の活動報告 ②各委員会の活動報告 ③その他

■コンクリート機械技術委員会

月 日：10 月 11 日（木）

出席者：大村高慶委員長ほか 6 名

議 題：①トラックミキサの C 規格 JIS 案の審議 ②コンクリートミキサの JIS 改定作業 ③ホームページについて ④その他

■路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会アスファルトフィニッシャー部門

月 日：10 月 12 日（金）

出席者：勝 敏行分科会長ほか 4 名

議 題：①アスファルトフィニッシャーの変遷について ②その他

■路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会路面清掃車部門

月 日：10 月 12 日（金）

出席者：小葉賢一分科会長ほか 9 名

議 題：①路面清掃車の安全要求事項の検討 ②その他

■油脂技術委員会

月 日：10 月 15 日（月）

出席者：杉山玄六委員長ほか 11 名

議 題：①輸出貿易管理令について ②規格普及分科会関係について ③グリース分科会報告について ④その他

■除雪機械技術委員会・除雪機械技術検討 WG

月 日：10 月 23 日（火）

出席者：谷崎委員長ほか 20 名

議 題：①性能試験改定案について ②除雪機械技術ハンドブックの最終確認 ③除雪機械取扱・施工安全マニュアルについて ④その他

■基礎工事用機械技術委員会・ホームページ分科会

月 日：10 月 24 日（水）

出席者：濱野 衛分科会長ほか 5 名

議 題：①ホームページのメンテナンス

について ②その他

■基礎工事用機械技術委員会・環境対策調査分科会

月 日：10 月 24 日（水）

出席者：鈴木勇吉分科会長ほか 5 名

議 題：①活動内容について ②その他

■基礎工事用機械技術委員会・C 規格分科会

月 日：10 月 24 日（水）

出席者：青柳隼夫委員長ほか 9 名

議 題：①基礎工事機械-安全-第 2 部原案作成 ②今後のスケジュールについて ③その他

■トラクタ技術委員会

月 日：10 月 26 日（金）

出席者：斉藤 秀企委員長ほか 6 名

議 題：①低燃費指定制度経過報告 ②ホームページ立上げ状況報告 ③情報化施工技術の調査方法について ④その他

■原動機技術委員会

月 日：10 月 26 日（金）

出席者：有福孝智委員長ほか 14 名

議 題：①次期排ガス規制の動向について ② 12 月の技術連絡会義の発表について ③ホームページのメンテナンスについて ④その他

■トンネル機械技術委員会・環境保全分科会

月 日：10 月 31 日（水）

出席者：坂下 誠分科会長ほか 5 名

議 題：①厚生労働省からの協力依頼について報告 ②報告書・修正内容の討議 ③その他

■ 建 設 業 部 会

■建設業部会三役会

月 日：10 月 4 日（木）

出席者：佐治部会長ほか 2 名

議 題：① 12/4 合同部会の議題について ②秋季現場見学会について ③その他

■建設業部会三役会

月 日：10 月 29 日（月）

出席者：坪田幹事長ほか 3 名，鹿島建設 2 名（柴田，腹子）

議 題：①ミニバックホウでのブレーカ作業の取扱について ②現場見学会について ③年間行事について ④その他

■ レンタル業部会

■レンタル業部会 第 3 回コンプライアンス分科会

月 日：10 月 24 日（水）

出席者：高見分科会長ほか 10 名

議 題：①国土交通省建設施工企画課新田課長補佐を招いて「緊急災害対策における建設機械等の調達について」の意見交換会 ②会員各社の取組事項について ③その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会・クレーン車道路通行 WG

月 日：10 月 2 日（火）

出席者：溝口孝遠リーダほか 5 名

議 題：①適合証明書制度の廃止について ②その他

■製造業部会・マテリアルハンドリング WG

月 日：10 月 5 日（金）

出席者：溝口孝遠リーダほか 9 名

議 題：①厚生労働省からの疑問点について ②その他

■製造業部会・作業燃費検討 WG

月 日：10 月 9 日（火）

出席者：田中利昌リーダほか 15 名

議 題：①省エネ機構付き低燃費型建設機械の融資制度について ②低燃費型建設機械の制度検討，今後の進め方について ③その他

■製造業部会・ダム・採石用機械のアクセス検討 WG

月 日：10 月 10 日（水）

出席者：田中健三リーダほか 7 名

議 題：①各製品のアクセスに関する問題点の確認 ②今後の進め方 ③その他

■ 各 種 委 員 会 等

■機関誌編集委員会

月 日：10 月 3 日（水）

出席者：中野正則委員長ほか 17 名

議 題：①平成 20 年 1 月号（第 695 号）の計画の審議・検討 ②平成 20 年 2 月号（第 696 号）の素案の審議・検討 ③平成 20 年 3 月号（第 697 号）の編集方針の審議・検討 ④平成 19 年 10 ～ 12 月号（第 692 ～ 694 号）の進捗状況確認

■新機種調査分科会

月 日：10 月 23 日（火）

出席者：渡部 務分科会長ほか 3 名

議 題：①新機種情報の検討・選定 ②技術交流討議 ③その他

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■建設工事等見学会

月 日：10月5日（金）

見学場所：北海道横断自動車道

占冠トンネル東工事 タンネナ

イトンネル及び占冠トンネル

参加者：23名

■第2回企画部会

月 日：10月16日（火）

出席者：美馬部会長ほか14名

議 題：①平成19年度上半期事業概要
及び同経理概況報告 ②平成19年度
下半期主要行事計画

■第2回運営委員会

月 日：10月23日（火）

出席者：小林支部長ほか18名

議 題：①平成19年度上半期事業概要
及び同経理概況報告 ②平成19年度
下半期主要行事計画

■第3回広報部会広報委員会

月 日：10月30日（火）

出席者：林委員長ほか6名

議 題：①支部だより“95号”の発行
について

■ 東 北 支 部

■除雪講習会（青森会場）

月 日：10月2日（火）10：00～16：00

場 所：青森市 ウェルシティ青森

受講者：約280名

■除雪講習会（岩手会場（1））

月 日：10月9日（火）10：00～16：00

場 所：岩手県滝沢村 岩手産業文化センター

受講者：約390名

■除雪講習会（天童会場）

月 日：10月10日（水）10：00～16：00

場 所：天童市 べにばなスポーツパーク

受講者：約240名

■除雪講習会（新庄会場）

月 日：10月11日（木）10：00～16：00

場 所：新庄市 新庄市民プラザ

受講者：約180名

■除雪講習会（横手会場）

月 日：10月15日（月）10：00～16：00

場 所：横手市 あきたふるさと村

受講者：約340名

■除雪講習会（秋田会場）

月 日：10月16日（火）10：00～16：00

場 所：秋田市 秋田テルサ

受講者：約250名

■除雪講習会（会津会場）

月 日：10月22日（月）10：00～16：00

場 所：会津若松市 会津アピオ

受講者：約250名

■技術委員会

月 日：10月24日（水）13：30～15：00

場 所：協会会議室

参加者：高橋 弘委員長（東北大学教授）
ほか6名

議 題：新技術交換会の応募論文について

■除雪講習会（北上会場）

月 日：10月29日（月）10：00～16：00

場 所：北上市 さくらホール

受講者：約160名

■除雪講習会（岩手会場（2））

月 日：10月30日（火）10：00～16：00

場 所：岩手県滝沢村 岩手産業文化センター

受講者：約390名

■ 北 陸 支 部

■新潟地区ゴルフ大会

月 日：10月3日（水）

場 所：ノーブルウッド GC

出席者：和田 惇支部長ほか19名

■会計監査

月 日：10月4日（木）

場 所：北陸支部事務局

出席者：安達孝志会計監事ほか3名

議 題：平成19年度上半期会計監査

■企画部会

月 日：10月5日（金）

場 所：新潟県建設会館

出席者：穂苅正昭企画部会長ほか20名

議 題：上半期事業報告及び下半期事業
計画

■運営委員会

月 日：10月10日（水）

場 所：新潟東映ホテル

出席者：和田 惇支部長ほか29名

議 題：上半期事業報告及び下半期事業
計画

■除雪機械技術講習会

月 日：10月17日（水）～18日（木）

場 所：ゴルフアート富山及び石川県トラック会館

講 師：北陸地方整備局・各事務所、警察、建設機械メーカー

内 容：①冬期の道路管理 ②除雪作業
における事故防止 ③除雪施工法

④除雪機械の点検取扱い

受講者：401名（2会場）

■ 中 部 支 部

■「建設技術フェア2007 in 中部」事務局会議に出席

月 日：10月2日（火）

出席者：植村 靖企画部会委員出席

議 題：「建設技術フェア2007 in 中部」の実施について協議

■「建設技術フェア2007 in 中部」事務局会議に出席

月 日：10月24日（水）

出席者：植村 靖企画部会委員出席

議 題：「建設技術フェア2007 in 中部」の実施について協議

■部会長・副部会長会議

月 日：10月31日（水）

会 場：昭和ビル会議室

参加者：安江規尉企画部会長ほか9名

議 題：①平成19年度上半期事業報告
について ②平成19年度上半期経理
概況報告について ③支部創立50周年
記念事業について

■ 関 西 支 部

■特別研修「近世大和の首邑郡山と古代仏教・聖徳太子ゆかりの寺々」

月 日：10月3日（水）

講 師：高野浩二名誉支部長

参加者：23名

研修内容：環濠集落・古代仏教建築を訪ねる

■「建設技術展2007 近畿」への出展

月 日：10月11日（木）～13日（土）

会 場：インテックス大阪

テーマ：「働く建設機械・ミニチュア大集合」

入場者：12,000名

■広報部会

月 日：10月31日（水）

出席者：安田佳央部会長ほか7名

議 題：①平成19年度部会活動について ②JCMA 関西第92号の取組みについて

■ 中 国 支 部

■第3回部会長会議

月 日：10月19日（金）

場 所：中国支部事務所

出席者：小石川武則広報部会長ほか9名

議 題：①平成19年度上半期事業報告書（案）について ②平成19年度上半期経理概況報告書（案）について ③平成19年度下半期事業計画について

■ 四 国 支 部

■企画部会幹事会の開催

月 日：10月5日（金）

場 所：サン・イレブン高松

議 題：①機関誌「しこく」No.80の編集内容について ②その他

出席者：尾崎宏一企画部会長ほか6名

■合同（企画・施工・技術）部会幹事会の開催

月 日：10月5日（金）

場 所：サン・イレブン高松

議 題：①役員の変更及び支部団体会員入退会状況について ②平成19年度上半期事業報告について ③平成19年度上半期経理概況報告について ④平成19年度下半期事業計画（案）について ⑤その他

出席者：尾崎宏一企画部会長ほか28名

■会計幹事会の開催

月 日：10月11日（木）

場 所：四国支部事務局

内 容：平成19年度上半期事業及び経理状況の監査

出席者：高橋英雄会計監事・武山正人会計監事

■見学会の開催

月 日：10月31日（水）

見学先：①香川用水調整池（水資源機構施工）建設現場 ②坂出 LNG 基地（坂出 LNG ㈱施工）建設現場

参加者：10名

■ 九 州 支 部

■機械設備委員会

月 日：10月9日（火）

出席者：阿部武己委員長ほか8名

議 題：機械設備研修テキスト作成について（第4回）

■現場循環型工法セミナー & 実演会

月 日：10月18日（木）・19日（金）

参加者：官公庁、建設関係関係者約300名
セミナー：①現場リサイクルへの取り組みと稼働事例の紹介 ②能登半島地震に耐えた土質改良工法 ③現場内再資源化におけるレンタルの利活用

■第7回企画委員会

月 日：10月29日（月）

出席者：相川 亮委員長ほか16名

議 題：①秋季運営委員会の開催運営について ②第3四半期の事業計画について ③九州建設技術フォーラムについて ④事務局経費削減対策について

■秋季運営委員会

月 日：10月29日（月）

出席者：古川恒雄支部長ほか37名

議 題：①平成19年度上半期事業報告 ②平成19年度上半期経理概況報告 ③支部団体会員数について ④運営委員交代等について

建設機械ポケットブック ＜除雪機械編＞

本書では、除雪機械について事故や故障を未然に防止するための主要な点検項目や点検時の留意点などを整理しました。日常点検や定期点検・整備における基礎資料として活用され、点検、整備および修理を的確かつ効率的に実施し、道路の維持除雪工事を安全で適正に施工するための一助となれば幸いです。

監修／国土交通省北海道開発局事業振興部機械課
発行／社団法人 日本建設機械化協会
目次

1. 整備点検のあらまし
2. 除雪トラック

3. 除雪グレーダ
4. 除雪ドーザ
5. ロータリ除雪車
6. 小形除雪車
7. 凍結防止剤散布車
8. 資料編

●パスポートサイズ／87ページ

●平成17年9月発刊

●定 価

1,000円（本体953円）送料250円

※送料は複数冊申込みの場合、又は他の図書と同時申込みの場合、割引となる場合があります。

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

編集後記

SF 作家アイザック・アシモフによって書かれた、ロボット工学3原則 (Three Laws of Robotics) とはロボットが従う原則であり、内容としては

- ・第一条：ロボットは人間に危害を加えてはならない。また、その危険を看過することによって、人間に危害を及ぼしてはならない。
- ・第二条：ロボットは人間からあたえられた命令に服従しなければならない。ただしあたえられた命令が、第一条に反する場合は、この限りではない。
- ・第三条：ロボットは、前提第一条および第二条に反するおそれのないかぎり、自己をまもらなければならない。

というようなものです。これは人間にも同じように言えるものだと思いますし、ロボットのほうがずっと賢い。作業量が多いし安全だし、手抜きもしなければ嘘も付かない、徒党を組んで悪さもしない。欠点は故障もするし、人間にはなれない。だけど、人間よりやさしい面も持っているのではないだろうか？

阪神淡路大震災で倒壊した六甲道駅の復旧工事のとき、傾いた高架橋の下の危険な部分に入ったのは、地

震発生以来、外国の捜査犬くらいしかいなかった。

まだ余震が続く危険な場所で高架橋の梁を支える仕事をしたのは人間で、その時最初に「私がいけます」という技術者がいたという話がプロジェクト X27 に掲載されています。こんなとき「私がいけます。いって作業を完遂し高架橋を復元します」と言ってくれるロボットが居たらどんなに頼もしいでしょう。

こんなことを言っている、ロボットも死んだら困る。そんな危険作業は承服しかねる。と言うのがロボット製作者の思い遣りではないでしょうか。

今月号はロボット・無人化施工に関する特集号でした。ロボットに比べて人間の気弱さが出た時期、編集委員の役目も十分に果たせない中、各方面の方々に無理なお願いをし、ようやく発刊にこぎつけました。この編集を通じ、改めて各方面からの建設に対する技術の結集力の強さに、まだまだ魅力ある業界であるのかなと再認識いたしました。最後になりましたがロボット・無人化施工を目指して、その技術による新たな建設の発展を祈願しまして、また不自由な中、ご執筆頂きました方々に深く感謝申し上げます。

(大林・久留島)

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納研之助
桑垣 悦夫	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
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

中野 正則 国土交通省

編集委員

廣松 新	国土交通省
浜口 信彦	国土交通省
米田 隆一	農林水産省
小沼 健一	(独) 鉄道・運輸機構
村東 浩隆	株高速道路総合技術研究所
伊藤 崇法	首都高速道路株
高津 知司	本州四国連絡高速道路株
平子 啓二	(独) 水資源機構
松本 敏雄	鹿島建設株
和田 一知	川崎重工業株
岩本雄二郎	株熊谷組
嶋津日出光	コベルコ建機株
金津 守	コマツ
藤永友三郎	清水建設株
村上 誠	新キャタピラー三菱株
宮崎 貴志	株竹中工務店
泉 信也	東亜建設工業株
中山 努	西松建設株
斉藤 徹	株NIPPO コーポレーション
三柳 直毅	日立建機株
岡本 直樹	山崎建設株
大林 正明	株奥村組
石倉 武久	住友建機製造株
京免 継彦	佐藤工業株
久留島匡繕	五洋建設株
庄中 憲	施工技術総合研究所

1月号「建設機械特集」予告

- ・今後の建設施工の機械化～試行的ロードマップ作り～
- ・これからの重点政策～次の世代に引き継ぐ国土づくり・くらしづくり～
- ・「建設産業政策 2007」について
- ・建設機械マーケットの変遷
- ・道路建設における情報化施工の現状と今後の展望
- ・施工面から見た建設機械の動向と要望
- ・建設施工の機械化の歴史
- ・建設機械用モニタの歴史と進化
- ・建設機械の盗難防止装置
- ・2種類のバッテリー駆動ショベルの開発と今後の展開
- ・未来型クレーンの考察
- ・油圧ショベルの運転席の過去～将来～これまでの取り組みと今後の展開～
- ・施工総研における新機種、新商品の開発

No.694「建設の施工企画」 2007年12月号

〔定価〕1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成19年12月20日印刷

平成19年12月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 社団法人日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所	〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154	電話 (0545) 35-0212
北海道支店	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支店	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支店	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支店	〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支店	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話 (06) 6941-8845
北京市支店	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話 (082) 221-6841
四国支店	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支店	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26	電話 (092) 436-3322

“建設の施工企画” 既刊目次一覧

平成 19 年 1 月号（第 683 号）～平成 19 年 12 月号（第 694 号）

平成 19 年 1 月号（第 683 号）

表 紙 写 真

大型ホイールドーザのバケットで遊ぶ子供たち

写真提供：コマツ

建設機械特集

協会活動のお知らせ

グラビヤ——子どもの夢～建設機械 3

◆巻 頭 言 新年に想うこと	坂 根 正 弘	5
建設機械化の歴史	川 本 正 之	6
日本における建設技術の推移	渡 部 務	13
機械化施工と施工企画の未来	村 松 敏 光	19
Hi-OSS によるリサイクルソリューション提案	草 木 貴 巳	24
コンタミネーションコントロールへ世界最高品質の5★認定工場を目指して～	飯 田 哲 也	29
建設機械における GPS 活用と展開—建設機械遠隔管理システム—	笠 原 時 次	33
油圧ショベルの技術動向—油圧ショベルにおける環境対応技術(排ガス削減,省エネルギー,低騒音化)の動向—	下 垣 内 宏	37
ホイールローダの多用途性について	荻 山 兼 希	41
作業所のための建築工事用機械	佐久間 康 如 洗 光 範	45
土工機械とユーザニーズ	岡 本 直 樹	50
未来に要求される建設生産技術(総論)	山 元 弘	56
第23回 国際建設ロボットシンポジウム(ISARC)—ISARCの20年を振り返って—	久 武 経 夫	61
ダムの有効活用と建設機械	山 口 温 朗	70
IT 施工の将来と課題	上 石 修 二	74
◆交流の広場 模型を通してモノ作りを考える	高 石 賢 一	80
◆ずいそう 私と建設機械～日本におけるブルドーザ開発秘話～	小 蒲 康 雄	84
◆ずいそう 「強くなるために」	谷 本 歩 実	86
◆連 載 土木技術者評伝 嘉南大圳設計者 八田與一技師(3) —台湾で愛され日本人に知られていない偉大な土木技術者—	川 本 正 之	87
◆JCMA 報告 ISO/TC 195/SC 1 及び ISO/TC 195/WG 7 国際会議出張報告	標 準 部 会	90
◆JCMA 報告 BAUMA CHINA2006 出張報告	業 務 部	92
◆CMI 報告 富士山資材運搬機械高度化技術の確立に 向けて～ハイブリッド富士 HEART シス テム(FHS-02)の開発～	石 川 裕 一 山 本 三 千 昭 太 田 正 志	94
◆新機種紹介	広 報 部 会	98
◆統 計 河川道路事業の更新需要と安全・安心	広 報 部 会	101
行事一覧(2006年11月)		105
編集後記	(金津・村上)	108

平成 19 年 2 月号（第 684 号）

表 紙 写 真

山古志トンネル作業所

写真提供：国土交通省 長岡国道事務所

道路工事・舗装工事特集

協会活動のお知らせ

グラビヤ——交通安全対策舗装
新潟県中越地震で被害を受けた国道 291 号が開通 3

◆巻 頭 言 社会のニーズに対応した 施策と技術開発への期待	西 村 和 夫	5
直轄国道の舗装の合理的な維持管理について	久 保 和 幸	6
地表面に民家のある超近接トンネルの施工	新 城 喜 弘 川 崎 正 恒 駒 谷 雄	11
地上の道路交通へ影響を与えずに交差点を立体交差化 [9号京都西立体千代原トンネル本体工事] ～日本最長 150 m のパイプルーフ工法～	栗 林 正 明 瀬 戸 中 啓 田 清 之	18
道路工事における排水管更生	松 島 良 和	26
東名高速道路の集中工事における交通運用 —大井松田～御殿場間 下り線右ルートへの反転運用—	宇 佐 見 純 二 夏 目 惣 治 片 山 弘	30
ブロック型音声案内システム 「ブロックボイス」の適用事例	久 下 晴 巳 工 藤 友 行	34
交通安全対策舗装の取組み	相 田 尚 村 岡 克 山 田 弘	39
◆トピックス 新潟県中越地震で被害を受けた国道 291 号が開通	山 本 益 人	45
◆交流の広場 光ファイバブラッググレーティング(FBG)を利用した各種の防災用センサ	齋 藤 健 一	51
◆ずいそう 時計の中の小宇宙, 1/64 スケールの車	村 東 浩 隆	56
◆ずいそう 建設業を考える	井 木 久 博	57
◆連載 土木技術者評伝 嘉南大圳設計者 八田與一技師(4) —台湾で愛され日本人に知られていない偉大な土木技術者—	川 本 正 之	58
◆建設新技術活用促進フォーラム開催の報告 —平成 18 年度 技術管理業務成果報告会— 国土交通省 総合政策 『技術が動く, 日本が動く。』 局 建設施工企画課		61
◆JCMA 報告 ISO/TC127(土工機械)シドニー 国際会議(総会)報告	標 準 部 会	68
◆CMI 報告 低騒音舗装機能維持車の研究開発	佐 野 昌 伴 加 藤 弘 志	74
◆新機種紹介	広 報 部 会	77
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 2006 年 11 月	広 報 部 会	80
行事一覧(2006 年 12 月)		81
編集後記	(斉藤・村東)	84

平成 19 年 3 月号 (第 685 号)

表 紙 写 真

基礎杭や杭施工法を用いた地中熱、季節間蓄熱の融雪

写真提供：福井県雪対策・建設技術研究所

除雪特集

協会活動のお知らせ

グラビヤ——除雪機械展示・実演会

3

◆巻頭言 何のために
—雪寒対策をふりかえって— …酒井 孝／7豪雪地帯における安全
安心な地域づくり …国土交通省都
市・地域整備局／8官民連携による冬期道路の情報収集・提供実験
—しりべしe街道— …松島哲郎
加治屋安泰／13

雪氷災害発生予測システムの開発への取り組み …佐藤 篤司／18

基礎杭や杭施工法を用いた地中熱、
季節間蓄熱の融雪 …宮本 重信／22

除雪分野への ICT (ITS/GIS 技術) の適用 …田中 洋一／28

操作性を向上させた歩道除雪車 …本間政幸
小齋弘朗／33

鉄道における克雪技術の現状 …藤井 俊茂／39

◆交流の広場

NPO「国境なき技師団」の活動とその目指すもの……小長井 一男／42

◆ずいそう

建設機械の疲労試験と、人体の疲労試験に
関するひとつの考察 …高田 龍二／45

◆ずいそう ガリレオのレンズ …藤澤 伸光／46

◆連載 土木技術者評伝

嘉南大圳設計者 八田與一技師 (5)
—台湾で愛され日本人に知られていない偉大な土木技術者— …川本 正之／47

◆除雪機械展示・実演会報告

ゆきみらい 2007 in 会津
—会津で探す雪国の温もり、ひと・絆— …伊藤 圭／50

◆JCMA 報告

ISO/TC127 (土工機械)
シドニー国際会議 (総会) 報告 (2) …標準部会／56

◆CMI 報告

歩道除雪機械の安全性について …佐々木 隆男／65

◆バックナンバー紹介 …／68

◆新機種紹介 …広報部会／76

◆統計

建設工事受注額・建設機械受注額の推移
2006 年 12 月 …広報部会／79

行事一覧 (2007 年 1 月) …／80

編集後記 …(三柳・岡本)／82

平成 19 年 4 月号 (第 686 号)

表 紙 写 真

回転式破碎混合装置を使用した加熱吸引プラント
—工場跡地における VOC 汚染土壌対策工事—

写真提供 (株)竹中工務店

環境特集

協会活動のお知らせ

◆巻頭言 環境再生の時代 …島谷 幸宏／3

建設施工における環境対策について …清水 純／4

土壌汚染対策の現状と課題 …大林 重信／9

工場跡地における VOC 汚染土壌対策工事……古川 靖英／15

給油所等における油含有土壌の浄化技術 …羽山 高義
関野 英男／20エンバイロジェット工法による
土壌・地下水汚染の原位置浄化 …川端 淳一
大浦 満博／25ハイブリッド浄化工法による重金属汚染
土壌浄化施工例 …高田 史朗
水と天然鉱物によるオンサイト環境修復技術 …岡見 智章
和田 信彦／30建設機械用低騒音バケットの技術開発 …今村 一哉
中田 国昭／35リマン部品 (Remanufactured Products)
～リマン部品が地球の環境を保護します～ …福井 義広／40建設副産物の再資源化の
現状と課題 …(財)先端建設技術センター 企画部／43鹿島道路(株)・日本道路(株)・世紀東急工業(株)
が建設廃材共同リサイクル施設を稼働 …古明地 忠義／48速効・省エネ・低コスト時代の要求に即したフォームド
アスファルトプラントを設置(わが国初の定置型プラント) …阪田 正弘／53

◆交流の広場

はるかな尾瀬(その 1)—尾瀬の自然と環境保全— …鈴木 實／57

◆ずいそう 黒板を見ながら …佐藤 恒壽／63

◆ずいそう

顔面の魅力に魅せられて天下一をめざす。…北御門 義廣／64

◆連載 土木技術者評伝

嘉南大圳設計者 八田與一技師 (6)
—台湾で愛され日本人に知られていない偉大な土木技術者— …川本 正之／65

◆CMI 報告 鋼床版の疲労耐久性実験 …小野 秀一／68

◆建設機械化技術・建設技術審査証明報告 …／70

移動式フレッシュコンクリート製造・圧送システム 丸俊建材株式会社
3DM 工法 (三次元攪拌式地盤改良工法) 株式会社 3DM
MDP 工法 (環境にやさしい管路の新設・維持管理用工法)
株式会社進日本工業・株式会社三和工業

◆新機種紹介 …広報部会／81

◆統計

世界と日本の国土・環境／建設工事受注額・……広報部会／83
建設機械受注額の推移 2007 年 1 月

行事一覧 (2007 年 2 月) …／89

編集後記 …(和田・森本)／92

平成 19 年 5 月号 (第 687 号)

表 紙 写 真

湛水直前の徳山ダム (2006/9)

写真提供 熊谷・大成・青木特定建設工事共同企業体

ダムの施工技術特集

協会活動のお知らせ

グラビヤ——長井ダム堤体打設状況
徳山ダム堤体盛立状況

◆巻 頭 言 治水事業の進展と機械化施工 …横 塚 尚 志	5
ダムに関する最新技術の動向 ……………川 崎 秀 明	6
滝沢ダムの原石採取と骨材生産 ……………向 居 忠 昭	19
コンクリートダム施工の合理化と情報化—長井ダム施工について— …三 浦 健 二	25
徳山ダム—堤体盛立工事 (ロックフィルダム) ……土 屋 任 史	31
ダム施工における情報化施工 ……………植 木 睦 央	37
インド国ブルリア揚水発電所 上ダム河流 …高 木 慎 悟	42
大松川ダム—グラウト工事(コンクリートダム)—新第三紀層 を基礎岩盤とし、地下水構造に着目した止水設計— …田 口 郁 夫	49
既設ダムを有効利用した新丸山ダム嵩上げ計画 —既設ダムの機能を維持した施工計画— …平 光 文 男	55
大保ダムにおける環境保全対策 ……………杉 田 泰 俊	61
◆交流の広場 水理構造物の振動事例 ……………巻 幡 敏 秋	67
◆交流の広場 はるかな尾瀬 (その 2) —尾瀬の自然と環境保全— ……………鈴 木 實	71
◆ずいそう インドの国民車「アンパサダー」……………近 藤 滋	76
◆ずいそう 冬に思う ……………堅 田 豊	78
◆連載 土木技術者評伝 嘉南大圳設計者 八田與一技師 (7) —台湾で愛され日本人に知られていない偉大な土木技術者— …川 本 正 之	79
◆CMI 報告 ミニショベルの転倒事故防止 …西 ケ 谷 忠 明	83
◆新工法紹介 ……………広 報 部 会	86
◆新機種紹介 ……………広 報 部 会	89
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 …広 報 部 会	93
行事一覧 (2007 年 2 月)……………	94
編集後記……………(平子, 吉村)	96

平成 19 年 6 月号 (第 688 号)

表 紙 写 真

手すり先行工法 働きやすい安心感のある足場

現場：南阪奈道路 大黒トンネル工事作業所

発注：国土交通省 近畿地方整備局 大阪国道事務所

施工：株式会社 奥村組

写真提供：全国仮設安全事業協同組合

建設施工の安全対策特集

協会活動のお知らせ

◆巻 頭 言 原子力発電所のトラブル隠し …杉 本 旭	3
建設機械の安全対策と今後の取組について …矢 野 公 久	4
平成 18 年の建設業における労働災害の状況と傾向 …山 崎 弘 志	8
手すり先行工法の展開状況と最近の実施例 …橋 本 信 明	14
建設機械の安全対策に関する研究事例 ……飯 盛 洋	19
無線式重機接近警報装置の開発 ……………吉 田 貴	25
油圧ショベルの安全性に関する一考察 ……杉 明	30
コンクリートポンプ車の事故事例と ……千々岩 伸佐久	35
事故防止に向けて	
IC タグと環境計測を利用した管理区域の安全管理 …半 田 雅 俊	40
IT を利用した工事船舶安全管理システムの開発 …増 田 稔 映	46
GPS の方位データを利用したクレーンの ……神 庭 浩 二 悟	52
衝突防止システムの開発	
高温環境での作業環境を改善する ……片 岡 良 照 勲 治 生	55
熱遮蔽着衣の開発と実用化	
◆ずいそう 東京土木遺産ウォーク ……………村上 誠	59
◆JCMA 報告 社団法人日本建設機械化協会の組織行動規範の制定 ……	61
◆JCMA 報告 社団法人日本建設機械化協会 平成 18 年度事業報告, 平成 19 年度事業計画 ……………	63
◆CMI 報告 ダムの維持管理システムの構築に向けての一考察 ……柴 藤 勝 也 久	85
◆新工法紹介 ……………広 報 部 会	88
◆新機種紹介 ……………広 報 部 会	89
◆統 計 建設業等の建設機械の保有状況(その 2) …広 報 部 会	94
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 …広 報 部 会	99
行事一覧 (2007 年 4 月)……………	100
編集後記……………(中山, 藤永)	102

平成 19 年 7 月号 (第 689 号)

表 紙 写 真

E・C・S工法による「すきとり土」の現場内選別
—宅地造成工事で発生した廃棄物の減量化—

写真提供：あすなろ道路㈱

建設施工における新技術特集

協会活動のお知らせ

グラビヤ—— bauma2007 出展状況

3

◆巻 頭 言

新技術に想う—国家プロジェクトとともに— …梅 田 貞 夫 / 5

公共工事等における新技術活用システムと …森 下 博 之 / 6
施工技術の動向について

ICT (情報通信技術) の施工への応用 ……石 塚 廣 史 / 10
「国土交通分野イノベーション推進大綱」

大学における施工技術研究の現状 ……高 橋 弘 / 18

建設技術審査証明協議会の取り組み ……建設技術審査証明協議会事務局 / 25

NETIS 登録 QS-000013-V MITS 工法 末 次 孝 之 / 31
スラリー中圧噴射 (CMS) システムによる …角 三 浦 哲 彦
深層混合処理工法

自走式土質改良機による土質改良技術 ……伊 藤 敏 夫 / 37
— ESR 工法 — ……平 方 浩 和 幸

パワーブレンダー工法 ……パワーブレンダー工法協会 / 42
(スラリー噴射方式)

油圧不要の新工法 ……島 崎 吉 春 / 48
—トルク入力式ジャッキアップシステム— ……八 木 伸 夫

「すきとり土」の現場内選別工法 ……大 江 幸 久 / 54
……横 田 和 明

残存化粧品枠「パットウォール」 ……前 田 臣 彦 / 59

*街・やすらぎ【JNK 工法】*重防食根巻積層上補修工法【JNK 工法】
国交省近畿地方整備局主催；建設技術展 2006 近畿 …吉 岡 正 博 / 64
活用技術討論の結果、審査委員長特別賞受賞

QRP 工法 (急速舗装修繕工法) ……山 田 健 司 / 68
……尾 崎 浩

◆交流の広場

山の雪解け模様を楽しむファジーでルーズな集合体—国際雪形研究会— ……納 口 恭 明 / 73

◆ずいそう 失敗学で失敗することを恐れずにテレビに挑戦 ……中 尾 政 之 / 76

◆ずいそう 方言 ……小 林 憲 文 / 77

◆JCMA 第 58 回海外建設機械化視察団報告 (1)

国際建設機械・建設資材製造機械・建設用車両・鉱業 …… / 78
機械専門見本市 — bauma2007・BAUMA MINING —

◆平成 19 年度 社団法人日本建設機械化協会 会長賞の決定 …… / 90

◆JCMA 報告 ISO/TC 195 韓国・済州島国際会議報告 ……標 準 部 会 / 95

◆CMI 報告

分岐合流部の非開削工法の研究 ……安 井 成 豊 / 98
……柴 藤 勝 也
……鈴 木 健 之

◆新工法紹介 ……機関誌編集委員会 / 100

◆新機種紹介 ……機関誌編集委員会 / 102

◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 ……機関誌編集委員会 / 107

行事一覧 (2007 年 5 月) …… / 108

編集後記 ……(宮崎, 吉越) / 110

平成 19 年 8 月号 (第 690 号)

表 紙 写 真

遠隔操縦式バックホウによる崩落岩石の除去作業

写真提供：国土交通省北陸地方整備局

防災・災害復旧特集

協会活動のお知らせ

グラビヤ——能登半島地震と北陸地方整備局の対応
米国カリフォルニア州における環境配慮混
合物の活用と情報化施工の普及状況調査

3

◆巻 頭 言 迅速な復旧支援と地域の復興 ……須 野 原 豊 / 5

リアルタイムはん濫シミュレーション ……阿 部 国 治 / 6
システムの活用～利根川の一部区間に
おいて「はん濫後の洪水予報」を開始～

堤防決壊時の緊急対策について ……吉 田 大 / 11

防災情報の発信拠点 ……武 士 俊 也 / 16
～桜島国際火山砂防センターの役割～

能登半島地震と北陸地方整備局の対応 ……国土交通省北陸地
方整備局企画部防 / 20
災課・施工企画課

緊急地震速報による建設作業所における警報システム ……高 橋 郁 夫 / 25
—LNG 地下式貯槽建設作業所における活用事例— ……久 富 浩 介

リアルタイム地震防災システム ……長 島 一 郎 / 30

「建設機械等による災害対処・復旧支援に ……林 利 行 / 36
関する懇談会」提言について

GPS 自動計測サービスを利用した ……渡 辺 修 二 / 43
地すべり計測とトンネル施工への適用 ……野 武 智 雅 夫 加

東京電力の地震防災対策と ……大 橋 裕 寿 / 49
地震被害想定システム InfoRisk ……末 広 俊 夫

首都高速道路中央環状新宿線の ……川 田 成 彦 / 54
トンネル防災概要 ……伊 藤 野 孝 司

◆一般報文 特殊膜濾過による新しい ……澁 谷 啓 司 / 60
高度清澄濁水処理システム ……岡 不 破 和 夫 隆

◆交流の広場 災害救助犬をご存知ですか ……西 原 幹 夫 / 65

◆ずいそう 「技」と「術」 ……長谷川 和 夫 / 69

◆ずいそう 一服どうぞ ……楠 賢 一 / 70

◆JCMA 報告

米国カリフォルニア州における環境配慮 ……路盤・舗装機械
混合物の活用と情報化施工の普及状況調査 ……技 術 委 員 会 / 71

◆JCMA 第 58 回海外建設機械化視察団報告 (2)

国際建設機械・建設資材製造機械・建設用車両・鉱業 …… / 77
機械専門見本市 — bauma2007・BAUMA MINING —

◆CMI 報告 埋設物探査システムの開発 ……榎 園 正 義 / 85

◆新工法紹介 ……機関誌編集委員会 / 89

◆新機種紹介 ……機関誌編集委員会 / 95

◆統 計

平成 19 年度建設投資見通しの概要 ……機関誌編集委員会 / 101

◆統 計

建設工事受注額・建設機械受注額の推移 ……機関誌編集委員会 / 104

行事一覧 (2007 年 6 月) …… / 105

編集後記 ……(岩本, 伊藤) / 108

表 紙 写 真

海の中道奈多海水淡水化センター (愛称: まみずピア)

写真提供: (株)大林組

河川・港湾・湖沼・海洋工事特集

協会活動のお知らせ

◆巻 頭 言 将来の資源開発と必要機材像 …益 山 忠 / 3	
スーパー中樞港湾「阪神港」の整備について 酒 井 敦 史 / 4	
上下流一貫した緊急治水対策の推進 …鈴木 忠 彦 / 9	
一信濃川下流河川災害復旧等関連緊急事業(復緊事業)―	国土交通省航空局 飛行場部計画課大 都市圏空港計画室
東京国際空港の再拡張事業について ……飛行場部計画課大 / 14	都市圏空港計画室
霞ヶ浦流域における下水高度処理について …柏 純 一 / 19	
END 工法～新しい環境浚渫(Environmental Dredging)技術～…八 島 慎 治 / 24	
水底汚染土対策のための原位置 ……原 俊 郎 / 29	固化処理工法「CDM-SSC 工法」
ダイオキシン類汚染底質の汚濁抑制浚渫と …吉 田 将 / 35	脱水中間処理
人工海底山脈の築造と施工管理について ……今 村 一 紀 / 41	田 中 孝 行
サンゴ群体の船舶による長距離運搬技術の開発 ……安 藤 亘 / 46	山 本 秀 一
水中バックホウの遠隔施工技術 ……熊 天 幸 / 51	
みえ尾鷲海洋深層水取水・送水施設の整備 …堀 村 英 仁 / 56	藤 原 哲 郎
海水淡水化施設の計画と施工と今後の運用 ……林 秀 郎 / 61	福岡における日最大量 5 万 m ³ の飲料水生産設備―
「作業船」総論 ……要覧編集委員会第 / 66	15 章編集委員会
杭径比の大きな新しい「多段拡張場所打ち ……平 井 芳 雄 / 76	コンクリート杭工法」の開発と一般工法評 若 井 修 一
定の取得 ……中 島 正 人 / 76	青 木 雅 路
◆交流の広場 建設機械と私の人生 ……小 川 清 / 81	
◆ずいそう 生死の分かれ目 ……嶋 津 日出光 / 85	
◆ずいそう 25 年前のタイ、バンコクの思い出 …村 杉 滋 / 86	
◆JCMA 報告	
ISO/TC 127/SC 2/WG 11 - ISO 2867	
「土工機械-アクセスシステム(運転員・整備員の乗降、移動用設備)」…標準 部 会 / 87	
追補マンチェスター国際会議出席報告	
◆JCMA 報告	
高連川崎縦貫線マルチマイクロシールドトンネル(MMST)工事見学会…椎 橋 孝一郎 / 90	
◆CMI 報告	
河川に架かる水管橋の倒壊事例と今後の ……竹之内 博 行 / 93	維持管理 小 野 秀 一
◆新工法紹介 ……機関誌編集委員会 / 96	
◆新機種紹介 ……機関誌編集委員会 / 100	
◆統 計 平成 19 年度主要建設資材需要見通しの概要 ……機関誌編集委員会 / 107	
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 ……機関誌編集委員会 / 109	
行事一覧 (2007 年 7 月) …… / 110	
編集後記 ……(泉, 嶋津) / 112	

表 紙 写 真

聖学院小学校校舎のバラレル構法による耐震補強

写真提供: 聖学院小学校, 鹿島建設(株)

維持管理・延命特集

協会活動のお知らせ

◆巻 頭 言 賢気楼, シナリオと維持管理 …宮 川 豊 章 / 3	
静岡県における土木施設長寿命化の推進 …静岡県建設部管	
の取り組み ……理局企画監(企 / 4	画・広報担当)
～効果的・効率的な社会資本の維持管理～	
コンクリート構造物の維持管理と構造物の安全性…魚 本 健 人 / 9	
マネジメントの基礎理論: インフラ管理会計のすすめ…小 林 潔 司 / 14	
コンクリート構造物検査用 ……伊 藤 幸 広 / 19	棒形スキャナの開発 高 宮 洋 一
構造物の検査・計測技術 ……小 西 真 治 / 25	―検査機器, 検査方法, 健全度評価法―
設備の重要度と信頼性解析を判断基準 ……平 子 啓 二 / 34	とした機械設備の維持管理
斜め PC 鋼材を用いた ……荒 木 玄 之 文 / 41	耐震補強 (バラレル) 構法 関 林 智 則
コンクリート高構造物の保全作業における ……八 杉 行 治 博 / 46	接近装置の開発 三 谷 宣 博
～真空吸着車輪ゴンドラ～	
損傷した橋梁についての補修事例の報告 ……松 田 健 治 則 / 52	津 野 康 治
◆トピックス	
高松塚古墳石室解体用吊上げ治具の開発 ……山 本 耕 治 通 幸 / 57	坂 井 敬 孝
◆交流の広場	
東京駅丸の内駅舎保存・復元 ……鎌 田 雅 己 / 62	
◆ずいそう 建築の空間感覚に思うこと ……中 村 佳 弘 / 65	
◆JCMA 報告	
ISO/TC 127/SC 3/WG 2 ボン近郊 ……標 準 部 会 / 66	サンクトアウグスティン国際会議出席報告
◆JCMA 報告	
CONEX KOREA 2007 JCMA 出展報告 ……業 務 部 / 69	
◆“建設の施工企画” バックナンバー紹介… / 71	
◆CMI 報告	
劣化や不具合を生じた PC 橋に対する ……設 楽 和 久 泉 / 91	断面修復工法の研究 谷 倉
◆新機種紹介 ……機関誌編集委員会 / 94	
◆統 計 建設業の現況 ……機関誌編集委員会 / 100	
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 …機関誌編集委員会 / 102	
行事一覧 (2007 年 8 月) …… / 103	
編集後記 ……(小沼, 高津) / 106	

平成 19 年 11 月号 (第 693 号)

表 紙 写 真

志河川ダム下流側よりの全景と Web モニタリングの概要図

写真提供：志河川ダム、飛鳥建設㈱

情報化技術特集

協会活動のお知らせ

◆巻 頭 言 人間力の生かし方	小林 一郎	3
トータルステーションを用いた出来形管理要領(道路土工)の紹介	田 中 洋	4
トータルステーションを用いた舗装の出来形管理の効率化	川 俣 裕 行 坂 本 鋼 三	9
UCIS(ケーソン無人化据付システム)―海上工事における無人化施工技術―	眞 鍋 匠	14
3次元レーザースキャナーのトンネル 施工管理への適用事例	塩 崎 正文 安 藤 本 彦 隆	20
「コンタクトクレイ吹き付け工法」 ―着岩材の吹き付け機械化施工について―	勝 又 正 治	26
リアルタイム Web モニタリングシステム によるダム堤体左岸法面の動態監視	庄 司 泰 章 柏 木 元 和 伸	31
RI 水分計によるフレッシュコンクリート の単位水量変動の連続測定	井 上 恵 介 瀬 荒 繁 正 直	36
携帯電話を使用したコンクリート工事の 品質管理	西 岡 真 帆 江 渡 正 満	42
3次元 VR 技術を用いた建設・施工シミュレーションの活用	田 代 則 雄	48
情報化施工支援機器「AccuGrade」の活用事例	河 埜 修 次 松 村 本 秀 雄 太	53
◆特別報文 海洋コンクリート構造物のアセットマネジメントシステムの開発事例	前 田 敏 也	58
◆特別報文 建築用タワークレーンのハイブリッド型電力供給システムの開発	三 浦 拓	62
◆特別報文 横浜市地下鉄におけるコンクリート側壁 の塩害の調査と耐久性診断システムによ る評価	東 宮 邦 和 青 木 村 貫 雄 進	68
◆交流の広場 マネジメント力向上手段としての IT 導入初期の進め方	吉 田 剛	73
◆ずいそう アルジェリア高速道路工事	刈 谷 健 彦	78
◆ずいそう 「団塊の世代」における活動内容の紹介	和 田 雅 和	79
◆ずいそう 人生 2 度目の挑戦?	田 村 末 次	81
◆JCMA 報告 「平成 19 年度建設施工と建設機械シンポジウム」開催報告 ―優秀論文賞 3 編、優秀ポスター賞 3 編を表彰―	広 報 部 会	82
◆JCMA 報告 中国北京 BICES 2007 出張報告	業 務 部	101
◆JCMA 報告 標準化活動に関する受賞報告	標 準 部 会	105
◆JCMA 報告 ISO/TC 127/SC 2/WG 5 ショベル転倒時保護構造オークランド国際会議出席報告	標 準 部 会	106
◆CMI 報告 三次元重機制御による路盤の高度化施工	竹 本 憲 充	108
◆新機種紹介	機関誌編集委員会	110
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会	116
行事一覧 (2007 年 9 月)		117
編集後記	(松本, 庄中)	120

平成 19 年 12 月号 (第 694 号)

表 紙 写 真

4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI

写真提供：東京工業大学

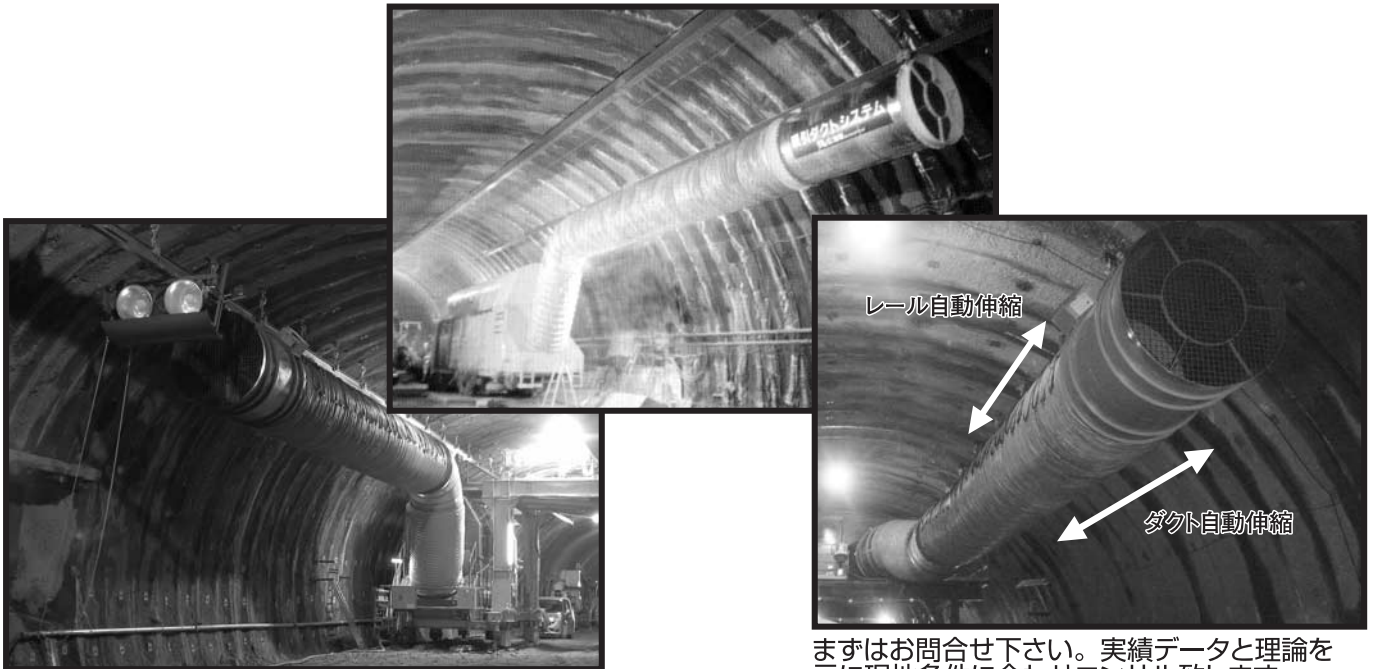
ロボット・無人化施工特集

協会活動のお知らせ

◆巻 頭 言 ロボット化・無人化に求められるもの ―建築分野を中心として―	三 浦 延 恭	3
水中バックホウを利用した水中作業の無人化に関する取り組み	田 中 敏 成	4
遠隔操作ロボット (ロボ Q) の今後の展開	木 村 直 紀 小 阪 高 志 牧 野 千 代 春	10
建設ロボット概説	要 覧 編 集 委 員 会 第 19 章 編 集 委 員 会	15
地雷除去機のロボット化と 普及による国際貢献	雨 宮 清 治 生 田 正	22
外壁タイル診断ロボットの開発と導入事例	遠 藤 健	27
4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI	土 居 隆 宏 広 瀬 本 茂 男 仁	32
超高層構造物の解体工法 スカイクラッシュ工法 ―高所作業をなくして、解体ロボットが超高層構造物を安全に解体―	山 田 祐 輝 古 長 達 廣	38
災害復旧におけるロボット技術	藤 岡 晃 小 三 幡 村 克 実 三 洋 一	42
情報化施工に基づく無人化施工の実施 ―無人情報化施工システムの完成―	北 周 成 郎 原 藤 健	48
ニューマチックケーソン工法の無人化施工技術	小 滝 勝 美	53
ダムコンクリート打設自動化システム	戸 澤 清 浩 石 橋 則 秀 石 井 敏 之	58
◆一般報文 アスベスト処理工事に向けた 技術開発と実施例	塚 原 裕 一 中 村 成 信 寛 之	64
◆交流の広場 建設機械による地雷除去の機械化“地雷除去現場 13 年の報告”	中 込 璋	69
◆交流の広場 学生たちのロボコン奮闘記	澤 田 祐 一	74
◆ずいそう 古武術とロボット	川 副 嘉 彦	77
◆ずいそう 引越し	横 井 真 二	78
◆CMI 報告 建設ロボット計測支援システムの実装・実験	上 石 修 二	79
◆新工法紹介	機関誌編集委員会	81
◆新機種紹介	機関誌編集委員会	85
◆統 計 建設機械市場の現状	機関誌編集委員会	89
◆統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移	機関誌編集委員会	94
行事一覧 (2007 年 10 月)		95
編集後記	(大林, 久留島)	98
「建設の施工企画」既刊目次一覧		99

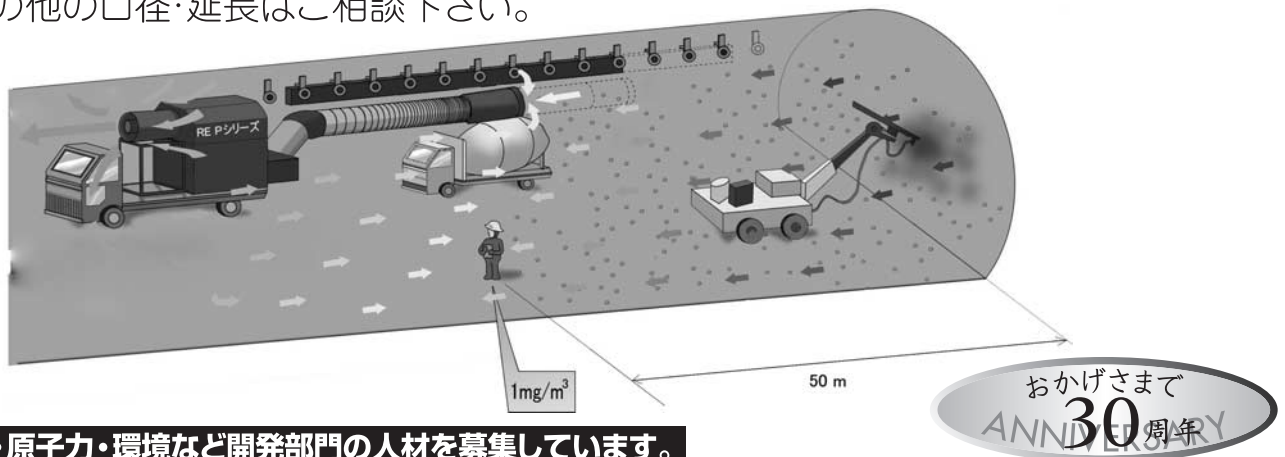
吸引ダクトシステム

吸引ダクトシステム特許取得【第3883483号】
ガイドラインを大幅にクリア $1\text{mg}/\text{m}^3$ を達成!!



まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせコンサル致します。

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適応。**操作のお手間をとらせません。**
- ・**最低限の切羽送気量**と後方の**高い清浄空間**の確保で換気コスト・ランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適応径は $\phi 600 \sim \phi 1500$ 、負圧-2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています。

株式会社流機エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

本社/〒108-0073 東京都港区三田3-4-2 COI聖坂ビル
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370

つくば/〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
テク/センター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

VOLVO CE-ABG社の最新 アスファルト フィニッシャー TITAN をお届けします。



**ホイールタイプ
TITAN 6870**

**クローラタイプ
TITAN 7820**



日本総代理店

荒山重機工業株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

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

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



GHP-2800

飛行場、高速道路、トンネル等の大型舗装工事に最適です。

本機は、高規格道路・空港のエプロン造成などで活躍しております。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



C-650

最も歴史のある舗装機械です。一般舗装、橋梁舗装の造成などに適しています。このシリーズは、傾斜地舗装にも対応でき、ダム造成、河川の土手造成でも活躍しています。



RTP-500

長ブームの碎石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



日本総代理店

荒山重機工業株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

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

KOBELCO

さすがコベルコ!

選ばれる「商品」「社員」「会社」へ

静と動の極みへ。



95dB (A)

新冷却システムが実現した極低騒音。

※国土交通省の指定制度上はあくまでも超低騒音型(基準値は100dB以下)です。
「極低騒音」はコベルコの独自表現です。

燃料消費量21%低減

驚きのコストパフォーマンスを実現。

※数値はSK225SRの場合。当社従来機SK235SRと
単位燃料あたりの掘削土量を比較。標準モード時。



掘削新流儀。——アセラ・ジオスペック

ACERA
GEOSPEC SR

SK225SR: バケット容量:0.8m³
運転質量:22,300kg



用途別専用機ダイナスペック

DYNASPEC SR

SK235SRD: バケット容量:0.8m³
運転質量:24,300kg
SK235SRD_{LC}: バケット容量:0.8m³
運転質量:24,900kg



オフロード法適合

お問い合わせ、カタログのご請求は……

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>

東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111

CAT mini

世界で活躍するキャタピラーの油圧ショベル。
 様々な現場を知り尽くしたその経験は
 操作する人の意のままに操れる、
 ミニ油圧ショベルの高い作業性能にも
 凝縮されています。
 その世界基準の性能をWEBでご確認ください。



CATミニ

検索

CATミニ油圧ショベルシリーズ

301.5cr 1,500kg(キャノピ)	302Ccr 2,050kg(キャノピ)	302Csr 1,990kg(キャノピ)	303sr 2,950kg(キャノピ)	303Ccr 3,070kg(キャノピ)	NEW! 303Csr 2,990kg(キャノピ)	303.5Ccr 3,550kg(キャノピ)	304Ccr 4,560kg(キャノピ)	305Ccr 4,850kg(キャノピ)	305sr 5,310kg(キャノピ)
---------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------	--------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	--------------------------------	--------------------------------	-------------------------------

レンタル



詳しくは
弊社ホームページ
まで

デモ・試乗

秩父デモセンター
0494-24-7311

ライセンス

エス・シー・エム教習所(株)
042-763-7130
<http://www.cmot.co.jp>

カタログのご請求は、最寄りの販売店より申し付けください。また、ホームページよりダウンロードも可能です。
 CATERPILLAR(キャタピラー)及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

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

新キャタピラー三菱

本社(営業部門) 神奈川県相模原市田名3700 〒229-1192

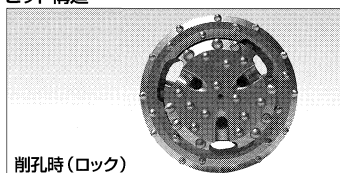
三菱マテリアルの鋼管打撃用掘削工具システム

■用途 基礎杭・マイクロパイル工法・水井戸・地熱・パイプラーフ・アンカー・水抜き

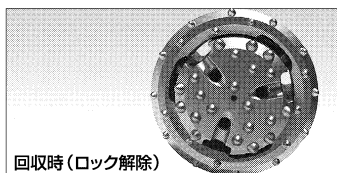
●ウルトラメックスビット (UMB) システム打撃削孔方式・リングロストタイプ

- ・崩壊性地盤から硬質地盤まで対応する高い削孔性能
- ・独自のロック機構とネジ式勘合により回収時のトラブルを克服
- ・孔曲がりを極力押さえたハイスピード削孔を実現
- ・水平方向を含め、安定した全方位削孔が可能

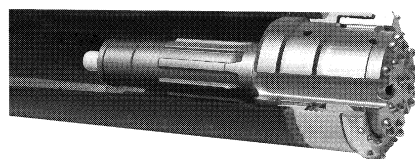
ビット構造



削孔時 (ロック)



回収時 (ロック解除)

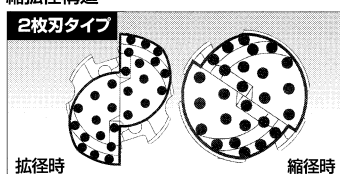


●スーパーメックスビットシリーズ

●スタンダードタイプ (SMB) 打撃削孔方式拡張径タイプ

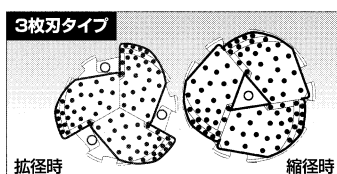
- ・全世界で多くの使用実績を誇るヘッド全面可動式拡張径タイプ
- ・ヘッド全面可動式が可能とする安定した削孔性能
- ・2種類のヘッドバリエーションで幅広い削孔径への対応が可能 (4インチ~26インチ*標準仕様)
- ・ヘッド全面を取替える為、高いコストパフォーマンスを実現
- ・軟~中硬岩に幅広く対応

縮径構造



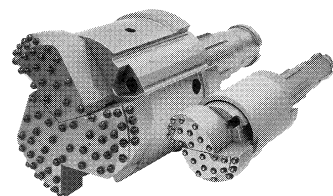
拡張時

縮径時



拡張時

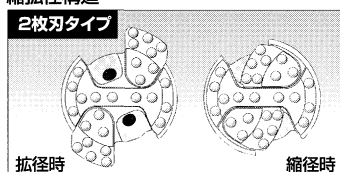
縮径時



●Gタイプ (SMB-G) 打撃削孔方式拡張径タイプ (新型)

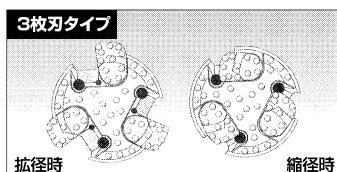
- ・可動部を独立させることで小~中径用 (4インチ~10インチ*標準仕様) として高いビット剛性を確保
- ・独自の設計により特殊な削孔径や厚肉鋼管にも幅広く対応可能
- ・デバイス部に刃先を設けることで硬岩帯における高い削孔性能を実現

縮径構造



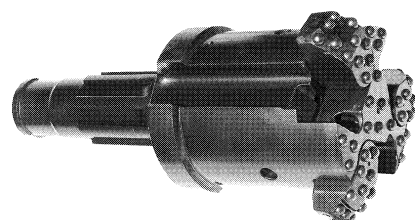
拡張時

縮径時



拡張時

縮径時



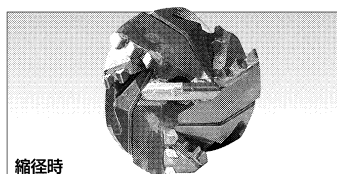
●Rタイプ (SMB-R) 回転削孔方式拡張径タイプ

- ・打撃を必要としない脆弱な地質に対応した回転切削拡張ビット
- ・切削型が可能とする環境に配慮した低騒音・低振動削孔
- ・刃先交換を容易に行えるシンプルな構造

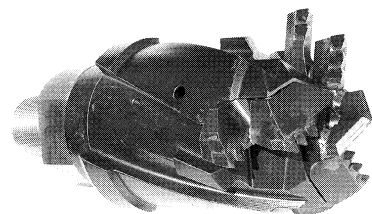
縮径構造



拡張時



縮径時



*鋼管サイズ・削孔径等の条件に合わせ、各種設計承ります。

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

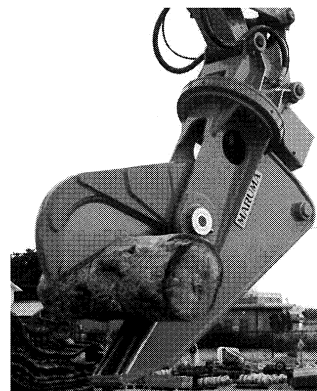
サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所（製作工場）

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 056(877)3311 (ダイヤルイン)
FAX 056(872)5209

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市大野台6丁目2番1号 〒229-0011
電話 042(751)3800 (代表)
FAX 042(756)4389

■東京事業所

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141 (代表)
FAX 03(3420)3336

それはいつまでも
青い空のために



コスモECOディーゼル

「DH-2」対応
ディーゼルエンジンオイル
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

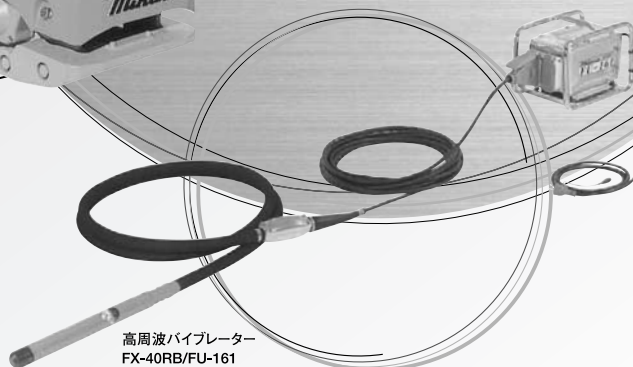
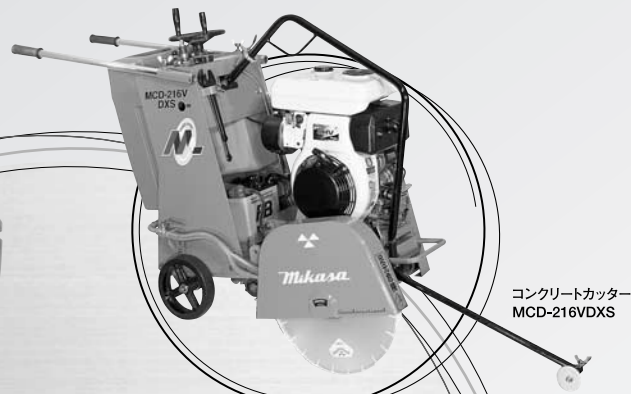
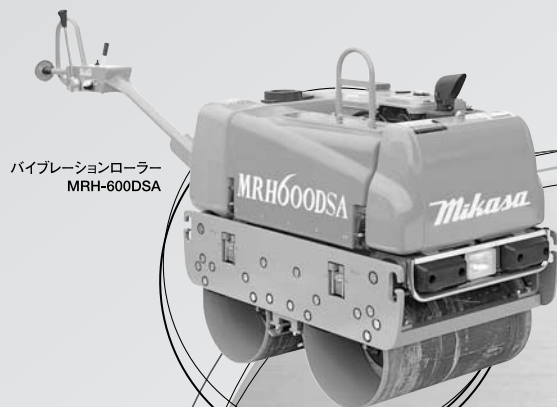
さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。



コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<http://www.cosmo-lube.co.jp/>

カスタマーサポートセンター：0120-15-4899



多様な作業環境に、柔軟に対応する品質・技術・パワー。
 「三笠」は現場に支持されています。

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社/〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL:03-3292-1411 (代)

●営業所:札幌/仙台/北関東/新潟/長野/静岡 ●出張所:山梨

三笠建設機械株式会社

〒550-0012 大阪府西区立売堀3-3-10 TEL:06-6541-9631 (代)

●営業所:名古屋/金沢/広島/高松/福岡 ●出張所:鹿児島/沖縄

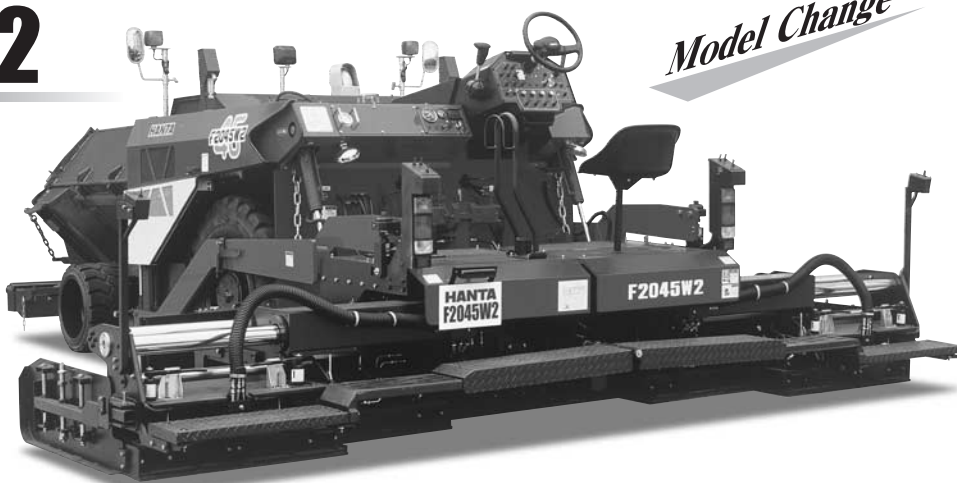
更にパワーアップされた **新型ボディ!!** 実績・定評の **RV3段スクリード!!**

WHEEL TYPE ASPHALT FINISHER

F2045W2

Paving Width : 2.0~4.5m

- 舗装 幅 : 2.0~4.5m
- 舗装 厚 : 10~150mm
- 質量 : 約7,570kg
- フィーダ搬送量 : 236m³/h
- 上層路盤材施工可能
- 排ガス対策型建設機械認定機
- 低騒音型建設機械認定機
- 車検取得可能(大型特殊)



Model Change

■ 姉妹機としてクローラタイプのF2045C2がごございます。

更にパワーアップされた **NEWモデル登場!!** メンテナンス性の向上とランニングコストを重視した **シンプル構造!!**

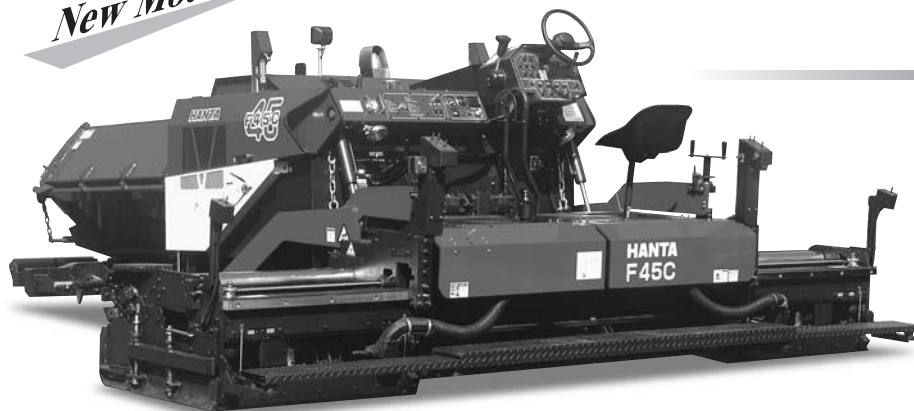
New Model

CRAWLER TYPE ASPHALT FINISHER

F45C

Paving Width : 2.35~4.5m

- 舗装 幅 : 2.35~4.5m
- 舗装 厚 : 10~150mm
- 質量 : 約7,260kg
- フィーダ搬送量 : 236m³/h
- 路盤材施工可能
- 排ガス対策型建設機械認定機
- 低騒音型建設機械認定機



■ 姉妹機としてホイールタイプのF45Wがごございます。

道路機械の未来をめざす
HANTA

範多機械株式会社

〒555-0012 大阪市西淀川区御幣島2丁目14番21号

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

札幌営業所 〒063-0866 札幌市西区八軒6条東2丁目8番10号 TEL.(011) 633-2125(代) FAX.(011) 633-2135
仙台営業所 〒984-0015 仙台市若林区卸町3丁目3番5号 TEL.(022) 235-1571(代) FAX.(022) 235-1419
東京営業所 〒175-0091 東京都板橋区三園1丁目50番15号 TEL.(03) 3979-4311(代) FAX.(03) 3979-4316
中部営業所 〒491-0925 一宮市大和町南高井字五反田65番地 TEL.(0586) 47-6400(代) FAX.(0586) 46-8420
大阪営業所 〒555-0012 大阪市西淀川区御幣島2丁目14番21号 TEL.(06) 6473-1741(代) FAX.(06) 6472-5414
中国営業所 〒733-0012 広島市西区中広町3丁目3番18号 TEL.(082) 503-8381(代) FAX.(082) 503-8380
福岡営業所 〒812-0002 福岡市博多区空港前1丁目9番8号 TEL.(092) 611-0995(代) FAX.(092) 611-0997

Denyo

新登場



豊富なオプションに対応
DCA-25ES12



低騒音型
DCA-300ESK

エンジン発電機 **DCA Series**

環境にやさしく、今日もどこかで暮らしを支える、
デンヨーのパワーソースです。

新登場



可変圧力式
DIS-200VPS

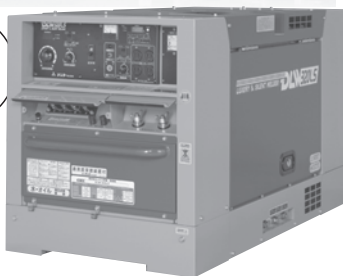


アフタークーラ内蔵
DIS-70AC

エンジンコンプレッサー **DIS Series**

新登場

アイドリングストップ
機能搭載
DLW-320LS



2人同時溶接ができる
DLW-400ESW



エンジン溶接・発電機 **DLW Series**



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL: 03(6861)1111 FAX: 03(6861)1181
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所 022(254)7311
関越営業所1課 025(268)0791
関越営業所2課 027(360)4570
東京営業所 03(6861)1122

横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(935)0621
金沢営業所 076(269)1231
大阪営業所 06(6448)7131

広島営業所 082(278)3350
高松営業所 087(874)3301
九州営業所 092(935)0700

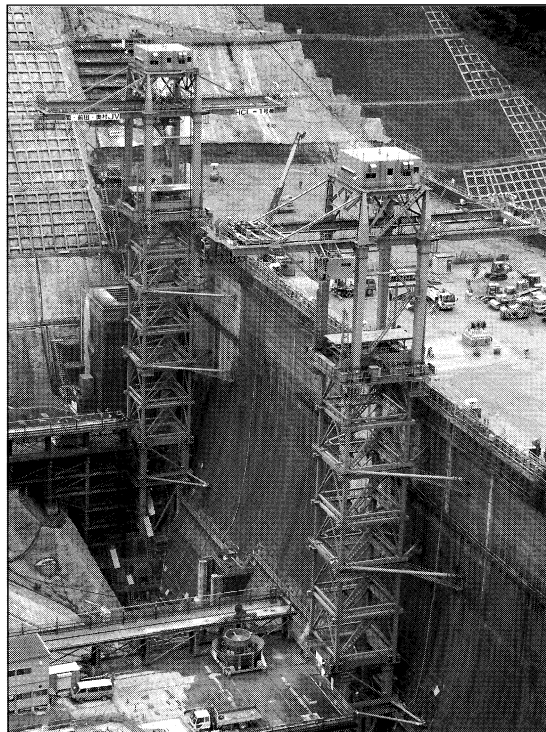
ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

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。



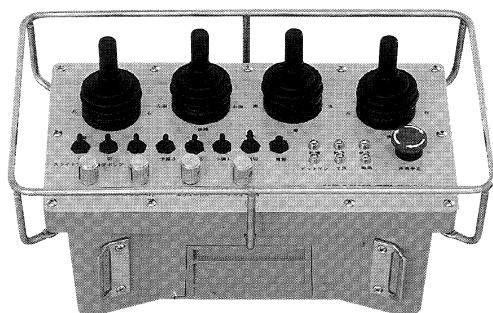
永吉永機械株式会社

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

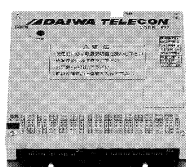
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

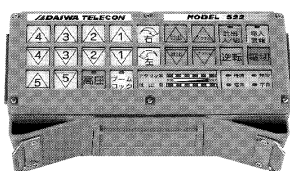
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

ツルミで納得!!

用途に合わせて選べる土木建設工事機器

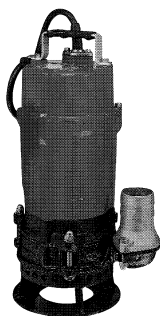
工事排水用水中ポンプ



水中ハイスピンポンプ
(自動運転形)

LBA型

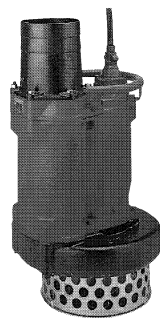
- 吐出し口径: 40・50mm
- 出力: 0.25・0.48kW
- 全揚程: 6~8m
- 吐出量: 0.1~0.12m³/min



水中泥水ポンプ

HSD型

- 吐出し口径: 50mm
- 出力: 0.55kW
- 全揚程: 9m
- 吐出量: 0.1m³/min



水中ポンプ

KRS型

- 吐出し口径: 80~350mm
- 出力: 2.2~37kW
- 全揚程: 10~30m
- 吐出量: 0.5~14m³/min

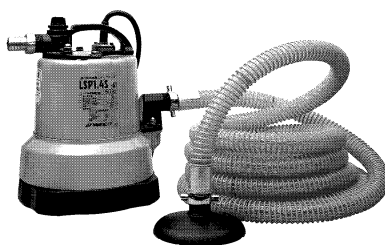
低水位・残水吸排水ポンプ



水中ハイスピンポンプ

LSC型

- 吐出し口径: 25mm
- 出力: 0.48kW
- 最高排水揚程: 11m <50HZ>
12m <60HZ>
- 最低水位: 1mm

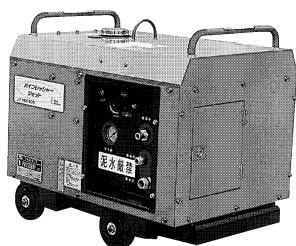


スイープポンプ

LSP型

- 口径: 25mm (吸込) × 25mm (吐出)
- 出力: 0.48kW
- 最大吐出水量: 0.06m³/min
- 最大吐出揚程: 8m <50HZ>
9m <60HZ>

高圧洗浄機 (エンジン/モータタイプ)

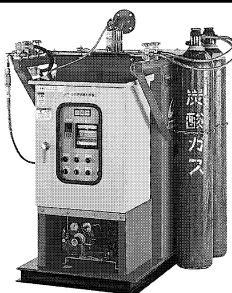


ジェットポンプ

HPJ型

- 吐出量: 6.2~61.4ℓ/min
- 圧力: 4.0~19.6MPa

pH中和装置

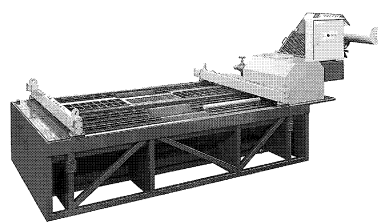


pH中和処理装置

TPC型

- 希硫酸仕様: 4~35m³/h
- 炭酸ガス仕様: 6~40m³/h

タイヤ洗浄機



自動タイヤ洗浄機

MTW型

- 洗浄時間: 40秒 (1台)

株式会社 鶴見製作所

大阪本店: 〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351(代) FAX.(06)6911-1800
東京本社: 〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765(代) 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.(048)688-5522
新潟支店: TEL.(025)283-3363
中部支店: TEL.(052)481-8181

北陸支店: TEL.(076)268-2761
近畿支店: TEL.(06)6911-2311
兵庫支店: TEL.(078)575-0322

中国支店: TEL.(082)923-5171
四国支店: TEL.(087)815-3535
九州支店: TEL.(092)452-5001

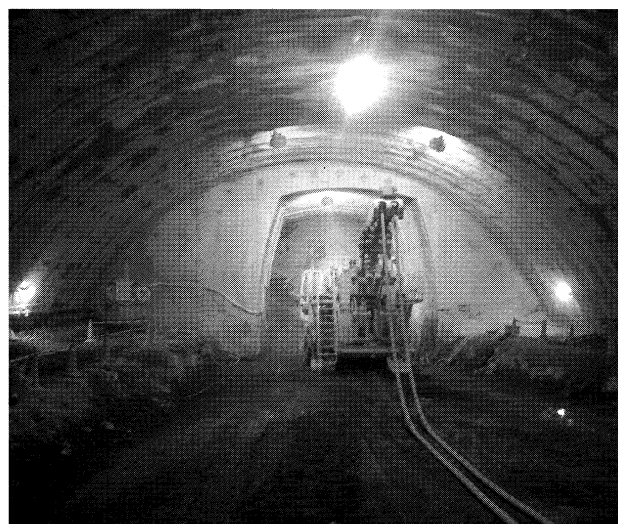
www.tsurumipump.co.jp

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総出量 120ton



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

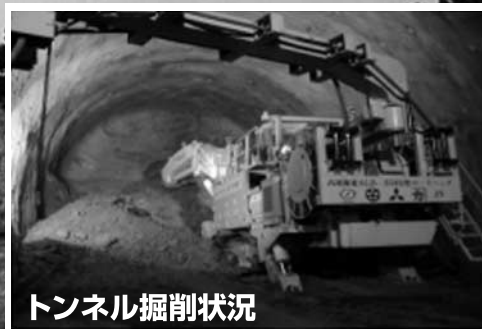
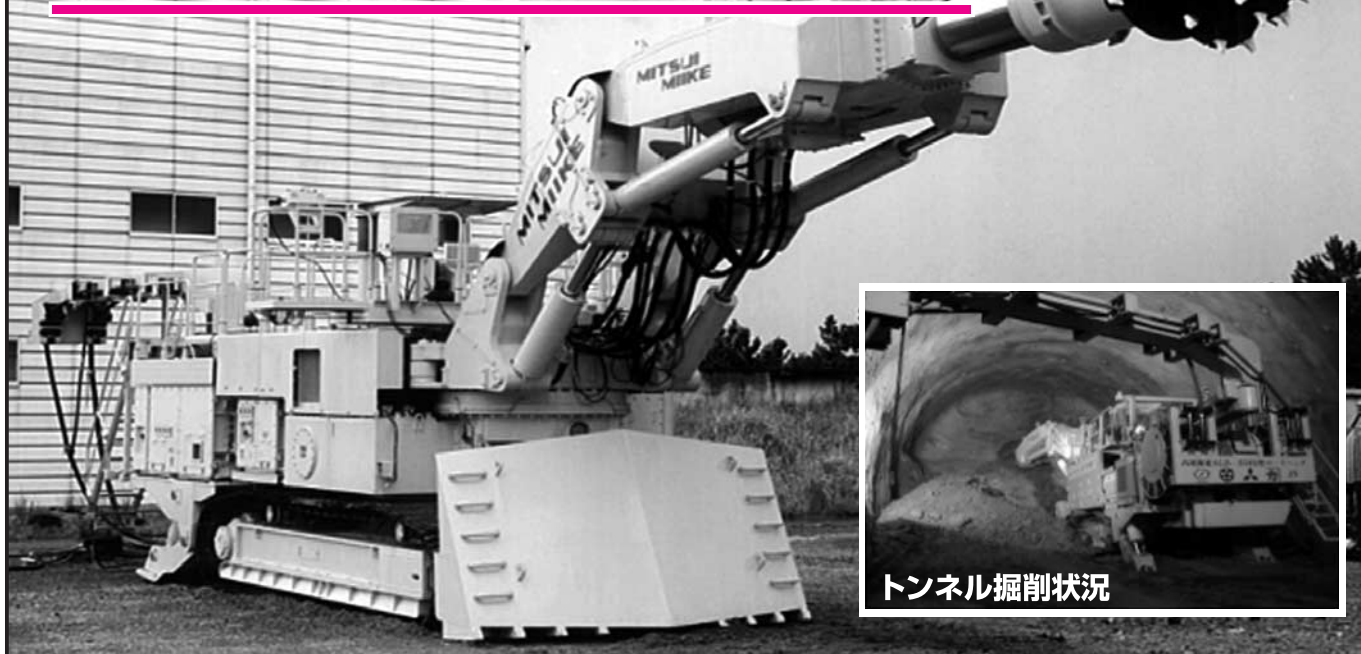
<http://www.kyb-ksm.co.jp>

（旧社名：日本鉾機株式会社）

本社・営業/カスタマーサービス	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9443
中部支店	〒514-0396	三重県津市雲出鋼管町6番地2	TEL. 059-234-4139
西部支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出鋼管町6番地2	TEL. 059-234-4111

全断面对应トンネル高速施工掘進機

ロードヘッダSLB-350S



大断面トンネルの高速施工を目指して

特 徴

- 国内最大の350/350kW定出力型2速切換式電動機を搭載しており、軟岩トンネルはもとより、中硬岩トンネルにおいても十分な掘削能力を発揮します。
- 切削部には中折れブームを採用しており、ベンチ長は最大5mまで確保できます。又、中折れブームを取り外しての全断面掘削、及び上半掘削も可能です。
- 中折れブームの取り外し、及び低速掘削を行うことにより、機体安定性と掘削トルクが増加し、中硬岩トンネル掘削時において高い効果を発揮します。(硬岩用ドラム使用)
- 油圧式のスライドデッキを機体両サイドに装備しており、機体幅より各々1mの張り出しが可能であるため、下部掘削時等におけるオペレータの視界が大幅に改善されます。
- ^{※1,2}ディーゼルエンジンの搭載により、ロードヘッダ単独での走行が可能です。
よって、機体移動に際し配線替えや別途発電機の準備が不要となり、作業時間が短縮されます。

※1 ディーゼルエンジンはオプション仕様となります。

※2 揺寄・コンベヤ仕様の場合、ディーゼルエンジンは搭載されません。



製造元
販売元



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2006 FAX.03-3245-0203

<http://www.mitsuiiike.co.jp> E-mail: koken@mail.mitsuiiike.co.jp

販売・レンタル
及びメンテナンス

MIKE ミイケ 機材株式会社

本社/〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目11番7号 西日暮里ワイエムビル
TEL.03-3241-4711 FAX.03-5615-1180

進化はいま、真価へ。

To The Next Stage
GALEO



情報発信ミニショベル

MR-3
ダッシュスリー

特定特殊自動車排出ガス基準適合車

KOMATSU

コマツ 営業本部 TEL.03-5561-2714
〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/ce/>

雑誌 03435-12



4910034351275
00800

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円