

建設の施工企画 11

2008 NOVEMBER No.705 JCOMA

名神高速道路(改築)大山崎舗装工事における
ホットジョイントでの舗設

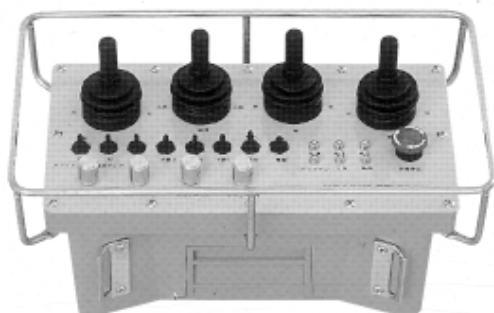


情報化施工・IT技術・
ロボット無人化施工 特集

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

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

ダム工事用コンクリート運搬テルハ（クライミング機能付）

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

- コストパフォーマンスに優れる。
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



吉永機械株式会社

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

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

情報化施工研修会のご案内 ～ICT建設機械の实地研修～

社団法人 日本建設機械化協会

(社)日本建設機械化協会は、3次元データを利用した建設機械制御に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として、本年7月より「情報化施工研修会」を開催しております。今年度内の研修会は下記日程で実施することとしておりますので、研修生の募集についてご案内申し上げます。

記

1. 開催日： 平成21年 2月12日(木)～13日(金)
(以降の開催日程、開催日の追加・変更などの最新情報については、当協会ホームページにてご確認ください。)
2. 場 所：(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所（静岡県富士市大淵3154）
『情報化施工・安全教育研修センター』
3. 主 催：社団法人 日本建設機械化協会
4. 対 象：建設現場管理者、建設機械オペレーター、その他マシンコントロールの体験あるいは習得を希望する方。（实地研修は道路路盤工で実施）
5. 研修会のコース

コース名	研 修 目 標	受 講 資 格	受 講 費 用
体験コース (開催期間の初日1日) 定員:20名	○マシンコントロール(MC)を用いた 施工の概要 (システム構成、運用)を把握する ○マシンコントロール(MC)用データを使用した 実機施工を試乗体験 する	①特になし (「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転体験が可能)	25,000円/人
実務コース (2日間) 定員:20名	○設計図面を読み MC用データ作成 をマスターする ○測量データを利用し データ作成、出来形管理の基本 を習得する ○ 実機を用いた実習 によりMC施工の基本を習得する	①「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」の修了者 ②パソコン(エクセルなど)操作経験がある者	130,000円/人 ○研修用パソコンを利用(一人一台) ○「 研修修了証 」を発行

- ・現時点で日程が決まっている研修会では、トプコン社製のMCシステムを使用する予定です。
- ・受講費用には、建機・機材のレンタル費、パソコンの利用、傷害保険、テキストなどの費用が含まれています。宿泊費、食事代は含みません。また、主要箇所へのバス送迎を予定しております。
- ・ヘルメット、安全チョッキは当方で準備します。なお、実習の際は安全靴の着用をお願いします。

6. 講 師

- ・日本建設機械化協会 情報化施工委員会
- ・施工技術総合研究所
- ・その他、施工会社、建設機械メーカー、測量器械メーカーなどの専門家

7. 申し込み先：(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所(<http://www.cmi.or.jp/>)
〒417-0801 静岡県富士市大淵3154

f a x : 0545-35-3719 メール: joho-kenshu@cmi.or.jp

申込書に記入の上、郵送、Faxまたはメールにてお願いします。申込書は当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/>)より入手できます。

開催日1週間前をもって締切とします。申込み受付後、確認メールを送付致します。

8. 問い合わせ先：(社)日本建設機械化協会(担当：藤原)

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5-8(機械振興会館)

電話：03-3433-1501 f a x : 03-3432-0289

又は、(社)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所

電話：0545-35-0212 (担当：研究第三部 上石，総務部 引地)

※ 企業単位で研修を行いたいなどのご要望があれば、別途ご相談下さい。

「情報化施工研修会」参加申込書

20 年 月 日

No. _____

(フリガナ) 参加者氏名	(年齢： 才)		
機関名(会社名) 所属・役職			
連絡先住所	〒		
	TEL		FAX
E-mail			
希望コース	※どちらかに○をお付け下さい。 1. 体験コース (25,000円/人) 2. 実務コース (130,000円/人)		
受講資格の確認	※どちらかに○をお付け下さい。 1) 「車両系建設機械運転技能講習(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)」 の修了 ・ 済 ・ 未 2) パソコン(エクセル等)経験 ・ あり ・ なし		
請求書	※どちらかに○をお付け下さい。 必 要 ・ 不 要 通		
	※その他必要な送付書類(見積書、領収書等)をご記入下さい。		
送金日	※あらかじめお分かりでしたらご記入下さい。 月 日 銀行 支店より送金		

※申込の人数が少ない場合、中止する場合があります。また、定員オーバーなどの場合、受付をお断りする場合がありますので、予めご了承願います。

平成 20年度 施工技術報告会

主題「最近の建設技術と施工事例」

CPDプログラム認定報告会
(No.JSCE08-0368)

共 催 (社) 日本建設機械化協会関西支部
(社) 土木学会 関西支部
(社) 地盤工学会 関西支部

三学・協会では、直接、設計・施工に携わった方々に施工技術の成果を報告していただく「施工技術報告会」を毎年企画しております。過去32回における当報告会には、官公庁・建設業・コンサルタント業をはじめ広範囲の多数の技術者に参加いただき、好評を得ております。近年、事業の計画・立地に当たっては、建設現場の自然環境や住環境の保護といった観点から、種々の社会的要求が出され、事業者の企画の困難さは日に日に増しています。これに伴い、建設技術者も厳しい条件下での設計、施工を余儀なくされており、設計方法・施工方法・使用材料・施工設備など解決すべき問題は多岐にわたっています。このような困難な工事に対応するため、安全、環境との調和を前提に、施工方法の改善・開発さらには新材料・新技術の導入などに努めています。第33回目を迎える今回は、厳しい条件下で施工された建設工事の中から4件を選び、実際に施工に携わった技術者より施工事例を発表していただきます。日頃直面している諸問題について関係各位の相互啓発にたいへん参考になると存じますので、多数参加いただきますようご案内申し上げます。

記

1. 日 時：平成21年1月28日(水)13:30～

2. 場 所：建設交流館 8Fグリーンホール 電話 06-6543-2551
(大阪市西区立売堀2-1-2 地下鉄四ツ橋線本町駅23番出口より徒歩5分)

3. プログラム：(※都合により発表順序が変更する場合があります)

13:30～13:35 開会挨拶 (社)日本建設機械化協会関西支部支部長 深川 良一

13:35～14:15 ①厳しい都市環境下での創意工夫による地下鉄工事
一阪神なんば線第4工区土木工事一
西大阪高速鉄道(株) 取締役設計画部長 丸山 忠明
阪神電気鉄道(株) 阪神なんば線開業準備室 建設事務所 副所長 原田 大
鹿島・清水・銭高・中林建設共同企業体 所長 吉田 潔
鹿島・清水・銭高・中林建設共同企業体 副所長(監理技術者;開削) 今村 宏
鹿島・清水・銭高・中林建設共同企業体 工事課長(監理技術者;シールド) 西川 明宏
鹿島・清水・銭高・中林建設共同企業体 工事課長 ○ 真鍋 智

14:15～14:55 ②ハイブリッド式親子シールドによる長距離掘進と親子分離方法
一桂川右岸流域下水道幹線管渠工事(雨水北幹線第3号・第2号管渠)一
京都府流域下水道事務所 施設整備室副室長 駒路 勝男
京都府流域下水道事務所 施設整備室主任 福井 重明
大林・鴻池・三井住友・ケイコン特定建設工事 共同企業体 所長 美馬 健作
大林・鴻池・三井住友・ケイコン特定建設工事 共同企業体 工事長 ○ 河田 利樹

14:55～15:10 休 憩

15:10～15:50 ③スラリー連続脱水処理システムによるシールド工事余剰泥水の処理
一寝屋川流域下水道飛行場南増補幹線(第3工区)下水管渠築造工事一
大阪府東部流域下水道事務所 課長補佐 松本 欣久
大阪府東部流域下水道事務所 主査 原田 聖司
大阪府東部流域下水道事務所 副主査 平沢 猛
(株)奥村組 技術本部 関西土木技術部 都市トンネルグループ グループ長 中村 誠喜
(株)奥村組 技術本部 関西土木技術部 山岳トンネル・ダムグループ 主任 ○ 吉田 和睦
(株)奥村組 関西支社 土木工事第4部 機械主任 城井 光雄

15:50～16:30 ④関西国際空港2期用地造成工事における転圧締固め工法に適用された情報化施工システム
一関西国際空港2期空港島埋立工事一

関西国際空港用地造成(株) 常任顧問 田端 竹千穂
関西国際空港用地造成(株) 事業推進部 参事 坂井 彰
関西国際空港(株) 二期施設整備部 設計グループリーダー 播本 一正
関西国際空港(株) 建設事務所 技術・設計グループリーダー 江村 剛
東亜建設工業(株) 関西国際空港総合事務所 山根 信幸
東亜建設工業(株) 関西国際空港総合事務所 ○ 樺沢 健一郎

(※施工時の所属・役職名を記載しておりますので、現所属・役職名と異なる場合があります)

16:30～16:35 開会挨拶 (社)土木学会関西支部支部長 小河 保之

4. 定 員 : 200名 (先着順)

5. 参 加 費 : 会 員 5,000円, 非会員 7,000円 (いずれも講演概要資料代を含む)

6. 申込期限 : 平成20年12月26日(金)

7. 申込方法 : 参加申込書に勤務先, 連絡先, 氏名, 会員の所属学・協会名を明記し, 参加費とともに現金書留にて下記へお送りください。参加証をお送りいたします。なお, 納入された参加費の払い戻しはいたしませんので, ご了承ください。官公庁等で参加費を別途お支払いの場合は, 申込書の余白に請求書等必要書類をご指示ください。

8. 申 込 先 : (社)土木学会関西支部
〒541-0055 大阪市中央区船場中央2丁目1-4-409号
TEL 06(6271)6686 FAX 06(6271)6485
e-mail: inf@civilnet.or.jp

平成20年度 施工技術報告会
参 加 申 込 書

連 絡 者	勤務先名称		
	氏名・部署		
	所 在 地	〒	
		TEL: FAX:	
参 加 者	氏 名	所属学・協会名	勤 務 先 部 課 名

連絡事項 :

ゆきみらい2009in高岡の概要

■概 要

- ❖名 称／ゆきみらい2009in高岡(仮称)
- ❖開催期間／平成21年2月12日(木)～2月14日(土)
- ❖開催場所／富山県高岡市
- ❖主 催／「ゆきみらい2009in高岡」実行委員会
(国土交通省、富山県、高岡市、社団法人 北陸建設弘済会、社団法人 雪センター、
社団法人 日本建設機械化協会、高岡商工会議所、社団法人 高岡青年会議所、
中日本高速道路株式会社 金沢支社)

■実施内容

- ❖ゆきみらいフォーラム
 - ・開催日／平成21年2月12日(木)14:00～17:00<予定>
 - ・会 場／ウイング・ウイング高岡4Fホール<高岡市末広町1-7>
 - ・実施主体／「ゆきみらい2009in高岡」実行委員会<北陸地方整備局(企画部)主体>
- ❖ゆきみらい研究発表会(第1～3分科会)
 - ・開催日／平成21年2月13日(金)10:30～17:00<予定>
 - ・会 場／ウイング・ウイング高岡4Fホール、5F研修室・創作工房<高岡市末広町1-7>
 - ・実施主体／「ゆきみらい2009in高岡」実行委員会<北陸地方整備局(道路部)主体>
- ❖ゆきみらい見本市(※2/12(木)9:45より、ゆきみらい全体のオープニングセレモニーを行う。)
 - ・開催日／平成21年2月12日(木)～14日(土)10:00～17:30 ※最終日は15:00まで<予定>
 - ・会 場／ウイング・ウイング高岡1F交流スペース等<高岡市末広町1-7>
 - ・実施主体／「ゆきみらい2009in高岡」実行委員会<富山県・高岡市主体>
- ❖除雪機械展示・実演会(※2/12(木)10:30より、除雪機械展示・実演会のオープニングセレモニーを行う。)
 - ・開催日／平成21年2月12日(木)10:00～17:00、13日(金)10:00～15:00<予定>
 - ・会 場／高岡文化の森 特設会場<高岡市中川1>
 - ・実施主体／(社)日本建設機械化協会

※県内外から高岡に来て頂いた参加者との意見交換や親交を目的とし交流会を開催予定。
開催日／平成21年2月12日(木)18:00～19:30<予定>

	1日目 2/12(木)	2日目 2/13(金)	3日目 2/14(土)
①ゆきみらいフォーラム	14:00	17:00	
①ゆきみらい研究発表会	10:30	17:00	
②ゆきみらい見本市	10:00		15:00
③除雪機械展示・実演会	10:00	15:00	

○時間については、変更の場合もあります。

○これらの内容につきましては、下記でもご覧いただけます。

開催全体案内HP・・・高岡市ホームページ (<http://www.city.takaoka.toyama.jp/>)

○お問い合わせ等に関しましては、下記実行委員会事務局まで御連絡下さい。

○実行委員会事務局：〒939-0192 富山県高岡市福岡町大滝 12 高岡市福岡庁舎内

TEL 0766-64-1453

路面消・融雪施設等設計要領 改訂発刊のご案内

平成20年6月 (社)日本建設機械化協会

謹啓、時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。

平素は当協会の事業について、格別のご支援ご協力を賜り厚くお礼申し上げます。

「路面消・融雪施設等設計要領」は昭和56年9月に「散水融雪施設等設計要領」として第1版が発刊され、全国の国、県、市町村等で広く利用されて参りました。

この度、前回の平成12年度版発刊以来8年が経過し、環境負荷の低減、省エネルギーの消融雪技術が開発されてきていることや、消融雪施設に対する考え方の変化に対応し、今回、全面的な見直しを行いました。

つきましては、消融雪施設の設計、施工、管理等の関係業務に携わる方々の技術資料として広くご活用いただきますようご案内申し上げます。

改訂内容

■ 体裁 A4判 240頁 送料 500円
■ 価格 官公庁、会員 5,000円 一般 7,000円

● 第1編 総則および調査

現行の融雪施設のエネルギー別の分類に、新たな熱源の考え方を加え、様々なエネルギーの活用方法を選定できるようにしました。

● 第2編 消雪施設

必要散水量の算定式を全面的に改訂し、路面管理レベルを明確化したほか実験結果を踏まえて排水性舗装への対応も可能としました。また、今後維持更新施設が増えてくることや、短周期で発生した大地震を教訓に、配管構成等に関して新たな考え方を導入して対応できるように工夫しました。

● 第3編 融雪施設

各種放熱方式や熱源などではできるだけ標準化して必要熱量や必要温度が過大にならないようにしたほか、融雪施設の施工実績を調査して新しい熱源を導入した施設もできるだけ多く紹介することとしました。

路面消・融雪施設等設計要領 申込書

申込書送付先 (社)日本建設機械化協会北陸支部 行
〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1興和ビル9F
TEL : 025-280-0128 FAX : 025-280-0134 E-mail : jcmahoku@beige.ocn.ne.jp
振込先 郵便振替口座 00600-0-15651 (一般の方は前金でお願いいたします)
第四銀行白山支店 普通預金口座 1073866

官公庁、会社名

所 属

担当者名

〒

住 所

電話番号

FAX番号

お申込み部数

冊

機械経費積算に必携

平成20年度版 建設機械等損料表

〈発行〉社団法人 日本建設機械化協会

- 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- わかりやすい損料積算例や損料表の構成を解説
- 機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- 各機種 of 燃料消費量を掲載
- 各種建設機械の構造・特徴を図・写真で掲載
- 日本建設機械化協会発行「日本建設機械要覧」参照頁を掲載



20年4月24日発行

B5判 約600ページ

- 一般価格 7,700円(本体7,334円)
- 会員価格(官公庁・学校関係含) 6,600円(本体6,286円)
- 送料 沖縄県以外 600円
沖縄県 450円(但し県内に限る)
(複数お申し込みの場合の送料は別途考慮)

現場で役立つ建設機械一覧を掲載

平成18年度版 建設機械損料の解説と機械一覧

〈発行〉社団法人 日本建設機械化協会

- 機械損料算出や現場で役立つ建設機械機種一覧を掲載
- 機種一覧には、一目でその機械の概要がわかる解説を掲載
- 機械損料算出方法を解説
- 機械経費算出方法を解説
- 機械損料計算事例を掲載



18年4月既刊

B5判 約300ページ

- 一般価格 4,900円(本体4,667円)
- 会員価格(官公庁・学校関係含) 4,300円(本体4,096円)
- 送料 沖縄県以外 450円
沖縄県 340円(但し県内に限る)
(複数お申し込みの場合の送料は別途考慮。
また建設機械等損料表と同時注文の場合、
解説と機械一覧分の送料は無料とします。)

◆ 購 入 申 込 書 ◆

社団法人 日本建設機械化協会 行

平成20年度版 建設機械等損料表	部
平成18年度版 建設機械損料の解説と機械一覧	部

上記図書を申し込みます

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名 等			
所 属			
担 当 者 名	印	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他()		
必 要 書 類	見積書()通 ・ 請求書()通 ・ 納品書()通		
送 料 の 取 扱	()単価に送料を含む。()単価と送料を2段書きにする。(該当に○をして下さい。) 【指定用紙がある場合は、申込書と共にご送付下さい。】		

■お申込方法■

- ①官公庁 : FAX(本部、支部共)
 ②民 間 : (本部へ申込) FAX
 (支部へ申込) 現金書留のみ(但し会員はFAX申し込み可)
 ※北海道支部はFAXのみ

(注)本部への申込は関東・甲信地区のみとし、その他の地区は最寄りの下記の各支部及び(社)沖縄建設弘済会宛お申し込み下さい。

本部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL(03)3433-1501 FAX(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条2-8 さつけんビル	TEL(011)231-4428 FAX(011)231-6630
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	TEL(022)222-3915 FAX(022)222-3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL(025)280-0128 FAX(025)280-0134
中部支部	〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26 昭和ビル	TEL(052)241-2394 FAX(052)241-2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL(06)6941-8845 FAX(06)6941-1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL(082)221-6841 FAX(082)221-6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL(087)821-8074 FAX(087)822-3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル	TEL(092)436-3322 FAX(092)436-3323

沖縄の方は

(社)沖縄建設弘済会	〒901-2122 沖縄県浦添市勢理客4-18-1 トヨタマイカーセンター内	TEL(098)879-2097 FAX(098)878-0032
------------	--	--------------------------------------

橋梁架設工事の積算

平成20年度版

∞∞∞改訂・発刊のご案内∞∞∞

平成20年4月 社団法人 日本建設機械化協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準、建設機械等損料算定表等が改正され、平成20年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成20年度版」を発刊致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成20年度版」を別冊(セット)となっています。

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

敬 具

◆内容

平成20年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



◆改訂内容

平成19年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- 1. 共通(鋼橋、PC橋)
 - ・共通仮設費率の改訂
 - ・架設用仮設備機械等損料算定表の改訂
 - ・機械設備複合損料の改訂
- 2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・設備損料の諸雑費の改訂(ケーブルクレーン、送出し設備、門型クレーン、トラベラクレーン等)
 - ・架設桁組立・解体歩掛の改訂
 - 2) PC橋編
 - ・プレグラウトPC鋼材縦締工歩掛の新規設定
 - ・コンクリート床版の炭素繊維補強工法の吊足場改訂

●B5判/本編約1,120頁(カラー写真入り)
別冊約120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)

- ※ 別冊のみの販売はいたしません。
- ※ 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)

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

●発刊 平成20年4月28日

◆ 購入 申 込 書 ◆

社団法人 日本建設機械化協会 発行

橋梁架設工事の積算 平成20年度版	部
-------------------	---

上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	①	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送 金 方 法	銀 行 振 込 ・ 現 金 書 留 ・ その他 ()		
必 要 書 類	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通		
送料の取扱	() 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする(該当に○) 【指定用紙がある場合は、申込書と共にご送付下さい】		

■ お 申 込 方 法 ■

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員は FAX 申込み可）

※北海道支部は FAX のみ

（注）本部への申込は関東・甲信地区のみとし、その他の地区は最寄りの下記の各支部及び（社）沖縄建設弘済会
あてお申込み下さい。

【お問合せ及びお申込先】

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園 3－5－8 機械振興会館	TEL (03)3433-1501 FAX (03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北 3 条西 2－8 さつけんビル	TEL (011)231-4428 FAX (011)231-6630
東 北 支 部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 1 6－1 二日町東急ビル	TEL (022)222-3915 FAX (022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6－1 興和ビル	TEL (025)280-0128 FAX (025)280-0134
中 部 支 部	〒460-0008 名古屋市中区栄 4－3－2 6 昭和ビル	TEL (052)241-2394 FAX (052)241-2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2－7－4 谷町スリースリースビル	TEL (06)6941-8845 FAX (06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 1 2－2 2 築地ビル	TEL (082)221-6841 FAX (082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町 3－1 1－2 2 建設クワイートビル	TEL (087)821-8074 FAX (087)822-3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-8-26 第 3 白水駅東ビル	TEL (092)436-3322 FAX (092)436-3323

沖縄の方は

(社)沖縄建設 弘済会	〒901-2122 浦添市勢理客 4－18－1 トヨタマイカーセンター	TEL (098)879-2097 FAX (098)878-0032
----------------	-------------------------------------	--

大口径岩盤削孔工法の積算

平成20年度版

∞∞改訂・発刊のご案内∞∞

平成20年6月 社団法人 日本建設機械化協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

本協会では、平成18年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成18年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準、建設機械等損料算定表等が改正され、平成20年4月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、当協会では内容をより充実し、わかりやすく解説した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成20年度版」を発刊致しました。

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

敬 具

◆ 内 容

平成20年度版の構成項目は以下のとおりです。

- | | | |
|----------------------|----------------------|---------------------|
| (1) 適用範囲 | (2) 工法の概要 | (3) アースオーガ掘削工法の標準積算 |
| (4) ロータリー掘削工法の標準積算 | (5) パーカッション掘削工法の標準積算 | |
| (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算 | (7) 建設機械等損料表 | (8) 参考資料 |

◆ 改訂内容

平成18年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・ 国交省の建設機械等損料の改正等に伴う関連箇所の改訂
- ・ 歩掛改正に伴うケーシング回転掘削工法の変更
- ・ 標準積算例をよりわかりやすく解説
- ・ 施工条件等に対応した岩盤削孔技術事例の紹介
- ・ “よくある質問と回答”の記載

● A4判／約240頁（カラー写真入り）

● 定価

非会員：5,880円（本体5,600円）

会 員：5,000円（本体4,762円）

※ 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 450円

沖縄県 340円（但し県内に限る）

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

● 発刊 平成20年5月30日



◆ 購 入 申 込 書 ◆

社団法人 日本建設機械化協会 発行

大口径岩盤削孔工法の積算 平成20年度版

部

上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	〒	TEL	
		FAX	
住 所			
送 金 方 法	銀 行 振 込 ・ 現 金 書 留 ・ その他 ()		
必 要 書 類	見積書 () 通 ・ 請求書 () 通 ・ 納品書 () 通		
送料の取扱	() 単価に送料を含む、() 単価と送料を2段書きにする (該当に○) 【指定用紙がある場合は、申込書と共にご送付下さい】		

■ お 申 込 方 法 ■

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員は FAX 申込み可）

※北海道支部は FAX のみ

（注）本部への申込は関東・甲信地区のみとし、その他の地区は最寄りの下記の各支部及び（社）沖縄建設弘済会あてお申込み下さい。

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園 3－5－8 機械振興会館	TEL (03)3433-1501 FAX (03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北 3 条西 2－8 さつけんビル	TEL (011)231-4428 FAX (011)231-6630
東 北 支 部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町 1 6－1 二日町東急ビル	TEL (022)222-3915 FAX (022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町 6－1 興和ビル	TEL (025)280-0128 FAX (025)280-0134
中 部 支 部	〒460-0008 名古屋市中区栄 4－3－2 6 昭和ビル	TEL (052)241-2394 FAX (052)241-2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町 2－7－4 谷町スリースリースビル	TEL (06)6941-8845 FAX (06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀 1 2－2 2 築地ビル	TEL (082)221-6841 FAX (082)221-6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町 3－1 1－2 2 建設クワイートビル	TEL (087)821-8074 FAX (087)822-3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-8-26 第 3 白水駅東ビル	TEL (092)436-3322 FAX (092)436-3323

沖縄の方は

(社)沖縄建設 弘済会	〒901-2122 浦添市勢理客 4－18－1 トヨタマイカーセンター	TEL (098)879-2097 FAX (098)878-0032
----------------	-------------------------------------	--

写真でたどる 建設機械 200年

発刊のご案内

油脂技術委員長などを務めたコマツの大川聰氏が、長年の博物館や文献調査に基づき世界の建設機械の歴史を取り纏めました。本書では建設機械が出現する以前の人力器械の時代から、1800年初頭の蒸気浚渫船や蒸気ショベルの発明に始まり、現在に至る200年間の建設機械の歴史を約350葉の写真と図でたどることができます。

建設機械に全く初めての方でも分かるように平易な解説になっており、また建設機械を熟知されている方にとっても本邦初の写真の掲載等もあり、皆様に役立ち愉しめる内容となっています。

写真でたどる 200 years of construction vehicles in photographs

建設機械 200年

社団法人日本建設機械化協会
大川 聰 著
Satoshi Ohkawa



2003 キャタピラー789Dダンプトラック（アメリカ）



1954 小松製作所 HD150-1ダンプトラック（日本）



1922 ロジャーストラクター&トラクター社4輪駆動トラクター（アメリカ）



1924 コムナークローラトラクター（ソビエト）

初めてまとめられた 建設機械の写真集

建設機械（建機）は、様々な建築現場や災害現場などで活躍し、人々の生活を豊かなものにしていく。ふたんにすることが少なく、一般的に余り知られていない。建機の世界をここに明らかにする。



●主な掲載内容（全15章）

1. 18世紀以前の人力による建設器械
2. 蒸気式建設機械の誕生
3. 蒸気トラクタや蒸気ショベルの発達
4. クローラの発達史
5. ガソリンエンジン式建設機械の出現
6. ディーゼルエンジンへの移行
7. 第2次世界大戦前後の建設機械
メーカーの状況
8. 戦後の建設機械の技術革新
9. 最近の建設機械の流れ

●A4判、128頁

●平成20年6月発刊

●定価2,800円

（税込み2,940円）送料450円

●会員価格2,372円

（税込み2,490円）送料450円

◆ 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

建設の施工企画

2008 年 11 月号 No. 705

目次

情報化施工・IT 技術・ロボット無人化施工 特集

7	グラビア	国土交通省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」 油圧ショベルによる IT 施工システムに関する研究 — 掘削積み込み作業の自律化にむけて —	
9	巻頭言	情報化施工への期待	建山 和由
10		「情報化施工推進戦略」について	森下 博之
15		フィルダム堤体盛土の ICT 施工	古屋 弘
21		嘉瀬川ダム (RCD 工法) における ICT 施工の取り組み 中島 修・永松 和彦・谷口 正浩	
26		実証された数値制御施工の効果と更なる機能・普及展開	福川 光男
32		小規模工事における情報化施工の活用 小葉 賢一・宇田川健治・上野 健司	
36		3DMC システムを適応したコンクリート舗装の事例 — スリップフォーム工法への情報化施工技術の活用例 — 平野 晃	
42		IT 土工による造成地盤の性能評価 川崎 廣貴・長澤 正明	
51		ロボット無人化施工研究の道程 — エレクトロニクス総プロからロボット総プロへ — 久武 経夫	
58		施工現場で利用する施工管理データの構築 田中 洋一	
64		油圧ショベルによる IT 施工システムに関する研究 — 掘削積込作業の自律化にむけて — 山元 弘・茂木 正晴・大槻 崇	
69		油圧ショベルによる自律掘削と動作計画に関する研究 茂木 正晴・山元 弘・大槻 崇・邵 輝・境田 右軌	
75		ホイールローダによる積み込み作業を対象とした自律作業システム	皿田 滋
80		「情報化施工研修会」について 上石 修二	
86	交流の広場	アラウンドビューモニター 金岡 晃廣	
90	ずいそう	日本一低い山「天保山」..... 川本 正之	
91	ずいそう	書の思い出 島原 利昭	
92	CMI 報告	建設ロボット計測支援システムの実装・実験 (第 2 報) 上石 修二	
95	お知らせ	平成 20 年度調査票提出促進運動について 経済産業省経済産業政策局調査統計部	
96	部会報告	「平成 20 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 6 編, 優秀ポスター賞 2 編を表彰 — 広報部会	
		優秀論文賞 大規模免震レトロフィットへ適用した機械化・情報化施工事例	
104	新工法紹介	 機関誌編集委員会	120 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	新機種紹介	 機関誌編集委員会	121 行事一覧 (2008 年 9 月)
115	統 計	建設機械市場の現状 機関誌編集委員会	124 編集後記 (村上・山本・藤田)

◇表紙写真説明◇

名神高速道路 (改築) 大山崎舗装工事における ホットジョイントでの舗設

写真提供: 鹿島道路㈱

幅員の広い箇所を 2 台のアスファルトフィニッシャーを並行に走らせ
せ合材を舗設する場合, 先行フィニッシャーの右側及び後続フィニッ

シャの左側は基準線を利用した従来のシステムで対応が可能である。
しかし, 先行するフィニッシャーの中央部の高さを自動制御する
ことは高さをとる基準線を設置することは出来ず, 従来のシステム
では困難であった。写真はトータルステーション式の三次元マシン
コントロールにより先行フィニッシャーの中央部 (車体の左側) の高
さを, 予め作成しておいた制御データにより遠隔操作している状況
である。

2008 年 (平成 20 年) 11 月号 PR 目次

【ア】
朝日音響㈱..... 表紙 3
【カ】
カヤバシステムマシナリー㈱..... 後付 6

キャタピラー・ジャパン㈱..... 後付 3
コベルコ建機㈱..... 後付 2
コマツ..... 表紙 4
【ク】
大和機工㈱..... 表紙 2

【マ】
マルマテクニカ㈱..... 後付 5
三菱産業㈱..... 後付 4
【ヤ】
吉永機械㈱..... 表紙 2

【ラ】
㈱流機エンジニアリング..... 後付 1

CONET2009 —平成 21 年度 建設機械と施工技術展示会—出展のご案内

「建設機械と施工技術展示会」は我が国の最高水準の建設機械と施工技術の展示会として、国内をはじめアジア各国を含む海外から高い評価と関心を獲得し、今回で 41 回目の開催となります。右記のようにご案内致しますので、積極的なご参画・ご支援をお願い申し上げます。

会 期：平成 21 年 6 月 25 日（木）～
28 日（日）
会 場：幕張メッセ（9・10・11 ホール及び屋外展示場）
展示規模：国内外 150 社／団体
申込方法：出展申込書に必要事項をご記入の上、運営事務局にご提出ください。

申込先・詳細問い合わせ先：
CONET2009 運営事務局
〒100-6012 東京都千代田区霞が関
3-2-5 霞が関ビル 12 階
アテックス(株)内
TEL：03-3503-7807
FAX：03-3503-7620
e-mail：info@conet2009.jp
http://www.conet2009.jp

情報化施工研修会 参加のご案内

下記の通り、「情報化施工研修会」の参加をご案内致します。

開催日：平成 21 年 2 月 12 日（木）～
13 日（金）

場 所：(社)日本建設機械化協会 施工
技術総合研究所 情報化施工・
安全教育研修センター

研修会のコース：①体験コース（MC
を用いた施工概要の把握、MC
用データを使用した実機施工の
試乗体験）／25,000 円（1 日）

②実務コース（MC 用データ作成、
出来形管理の基本習得、実機を用いた
実習）／130,000 円（2 日間）

申込先：(社)日本建設機械化協会 施工
技術総合研究所

〒417-0801 静岡県富土市大淵 3154

FAX：0545-35-3719

e-mail：joho-kenshu@cmi.or.jp

http://www.cmi.or.jp/

申込書に記入の上、郵送、FAX ま

たは e-mail にてお申込みください。

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会（担当：藤原）

TEL：03-03433-1501

FAX：03-3432-0289

(社)日本建設機械化協会 施工技術総合
研究所（担当：研究第三部 上石、総
務部 引地）

TEL：0545-35-0212

平成 20 年度版 建設機械等損料表 購入のおすすめ

—機械経費積算に必携—

■国土交通省制定「建設機械等損料算
定表」に基づいて編集

■損料算定例や損料表の構成を解説

■機械損料等に関する通達類を掲載

■各機種燃料消費量を掲載

■各種建設機械の概要を紹介

■当協会発行「日本建設機械要覧」の
参照頁を掲載

発行：平成 20 年 4 月

体裁：B5 判 約 600 頁

価格：（送料別途）

一般 7,700 円（本体 7,334 円）

会員 6,600 円（本体 6,286 円）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

http://www.jcmanet.or.jp

写真でたどる建設機械 200 年 購入のおすすめ

本書では建設機械が出現する以前の
人力器械の時代から、1800 年初頭の
蒸気浚渫船や蒸気ショベルの発明に始
まり、現在に至る 200 年間の建設機械
の歴史を約 350 葉の写真と図でたどる
ことができます。

■主な掲載内容（全 15 章）

1. 18 世紀以前の人力による建設器械
2. 蒸気式建設機械の誕生
3. 蒸気トラクタや蒸気ショベルの発

達

4. クローラの発達史

5. ガソリンエンジン式建設機械の出
現

6. ディーゼルエンジンへの移行

7. 第 2 次世界大戦前後の建設機械メー
カの状況

8. 戦後の建設機械の技術革新

9. 最近の建設機械の流れ

発行：平成 20 年 6 月

体裁：A4 判 128 頁

価格：（送料別途）

一般：2,940 円（本体 2,800 円）

会員：2,490 円（本体 2,372 円）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

http://www.jcmanet.or.jp



出 展 の ご 案 内

International Exhibition for Construction
Equipment & Technology



CONET2009

平成
21年度

建設機械と施工技術展示会

2009年6月25日(木)～28日(日)

10:00～17:00 (最終日は16:00まで)

幕張メッセ

(9・10・11ホールおよび屋外展示場)



未来を築く先端技術がここにある。

主催／社団法人 日本建設機械化協会

後 援／国土交通省 経済産業省 農林水産省 総務省消防庁 防衛省

(独) 水資源機構 (独) 森林総合研究所 (独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構

(独) 都市再生機構 日本下水道事業団 千葉県 千葉市 (順不同、申請予定)

協 賛／(社) 日本土木工業協会 (社) 日本道路建設業協会 (社) 日本機械土工協会

(社) 全国建設機械器具リース業協会 (財) 国土技術研究センター (財) 先端建設技術センター

(財) 道路保全技術センター (財) 日本建設情報総合センター (社) 河川ポンプ施設技術協会

(社) 全国クレーン建設業協会 (社) 日本基礎建設協会 (社) 軽仮設リース業協会

重仮設業協会 (順不同、申請予定)

企画・運営／アテックス株式会社

www.conet2009.jp

開催にあたって

(社)日本建設機械化協会は、重要な事業活動として発足当初の1949年から「建設機械と施工技術の展示会」を開催し、建設機械分野の発展を担ってきました。以来、わが国の最高水準の建設機械と施工技術の展示会として、国内をはじめアジア各国を含む海外から高い評価と関心を獲得し、今回で41回目の開催となります。

2009年は前回の2006年から3年を経っていますが、最近の社会的に関心が特に高い「先端技術」「環境」「安全・安心」を中心テーマとし、建設機械の技術を結集して「未来を築く先端技術がここにある」を広くアピールできる場を企画しました。

建設機械を中心に施工技術、仮設機材、ICT関連機器等、関連する分野を網羅した展示とし、ユーザーや事業主体の課題解決の展示会を目指し、併せて世界に誇る日本の科学技術の一環として建設機械、施工技術を広く一般来場者にもアピールしていきます。

関係各位におかれましては CONET2009 の趣旨をご理解いただき、積極的なご参画・ご支援を賜りたくお願い申し上げます。

社団法人 日本建設機械化協会
会長 辻 靖三

開催概要

名称: **CONET2009** International Exhibition for Construction Equipment & Technology JCOMA **平成21年度 建設機械と施工技術展示会 (CONET2009)**
International Exhibition for Construction Equipment & Technology

会期: 2009年6月25日(木)～28日(日)
10:00～17:00 (最終日は16:00まで)

搬入: 6月22日(月)～24日(水)

搬出: 6月28日(日)会期後～29日(月)午前中

会場: 幕張メッセ (9・10・11ホールおよび屋外展示場)
〒261-0023 千葉県千葉市美浜区中瀬2-1

主催: 社団法人 日本建設機械化協会

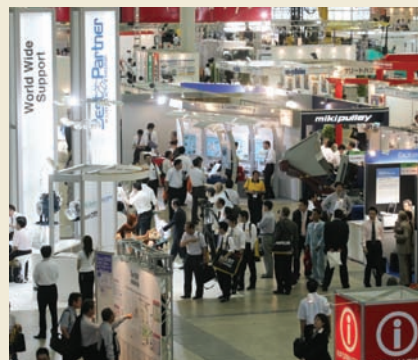
後援: 国土交通省 経済産業省 農林水産省 総務省消防庁 防衛省
(独)水資源機構 (独)森林総合研究所 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
(独)都市再生機構 日本下水道事業団 千葉県 千葉市 (順不同、申請予定)

協賛: (社)日本土木工業協会 (社)日本道路建設業協会 (社)日本機械土工協会
(社)全国建設機械器具リース業協会 (財)国土技術研究センター
(財)先端建設技術センター (財)道路保全技術センター
(財)日本建設情報総合センター (社)河川ポンプ施設技術協会
(社)全国クレーン建設業協会 (社)日本基礎建設協会
(社)軽仮設リース業協会 重仮設業協会 (順不同、申請予定)

企画・運営: アテックス株式会社

展示規模: 国内外150社/団体 (予定)

入場料: 無料 (登録制、Web事前登録可)



出展のメリット

1 製品・技術 PR に最適! 建設機械と施工技術が集う国内最大の展示会

- 建設機械・技術に関わる製造・販売業、レンタル業、建設コンサルタントなど幅広い業界関係者が来場します。
- 業界や世代を越え、あらゆる来場者を誘致します。環境配慮、社会貢献を展示や実演にて広く PR することができます。

2 周辺分野も包括した幅広い出展構成により、活発な情報交流を実現

- 建設機械・機材・部品等のユーザーや異業種の来場が新たな製品・技術 PR の場を創出します。
- 出展者同士の情報交換・業務提携や周辺業種への自社 PR を効果的に行うことができます。

3 建設産業界の「いま」にスポットをあてた充実の併催企画

- 専門性の高い企画展示・セミナーを開催し、建設産業界関係者の来場を促進します。
- 業界に捉われない多目的なイベントを開催し、建設産業界の内外から関心を喚起します。

■ 出展対象・来場対象

出展対象 (建設機械・部品メーカー、建設業、測量機械・施工管理機械メーカー、建設コンサルタント、建設関連団体、レンタル業 など)



A 建設機械 (大型・小型)

ブルドーザ、掘削機械、積込機械、運搬機械、クレーン、基礎工事機械、骨材生産機械、トンネル工事用機械・設備 など



B 仮設機材

足場・手摺材、型枠材、配管材、ポンプ、山留め材 など



C 施工技術

建設工法、土木工法、建築工法、環境対策工法、土地改良工法 など



D 作業用品・備品

作業服、防寒着、防塵服、つなぎ、安全靴、ヘルメット、ゴーグル など



E アタッチメント・部品

油圧ブレード、破碎機、鉄筋カッター、バケット、エンジン、タイヤ、ワイヤロープ、整備・検査機器、ガラス、ライト、稼動記録計 など



F メディア・団体・その他

新聞・雑誌、広告、インターネット関連、コンサルティングサービス など



G ICT関連製品

CAD、CAE、解析ソフト、積算ソフト、施工管理ソフト、電子入札、測量機器、情報化施工機器、施工管理機器、接近検知・警報機器、GPS など

特 設 ゾ ー ン

先端技術ゾーン

先端施工技術、情報化施工技術、位置情報関連機器、遠隔稼動情報収集 など

環境ゾーン

排気ガス対策、振動・騒音対策、CO₂削減、建設副産物リサイクル など

安全・安心ゾーン

災害対策、災害救助、災害復旧、交通安全、福祉 など



来場対象

建設機械製造業

建設業

建設機械販売・サービス業

機材・部品等製造販売業

リース・レンタル業

商社・ディーラー

建設コンサルタント

官公庁・団体等

報道関係

一般

学生

■ 併催企画

■ セミナー・講演

● 出展者プレゼンテーションセミナー

会場内特設ステージにて、新製品の発表会や濃密な技術紹介が可能です。

※開講費用は別途有料。後日、ご案内を送付いたします。

● 主催者セミナー

行政機関、各種団体との連携のもと、経営者・学識者らによるセミナーを予定しています。Web サイト、Eメール配信、新聞・雑誌等にて情報を公開し、来場を促進します。



■ 併催イベント

「先端技術」「環境」「安全・安心」の3種類の企画展示コーナーや、建設機械を用いた実演・デモンストレーションの他、特殊車両の展示等を予定しています。また、一般来場者の興味を引くイベントも多数開催を予定しています。

【予定】

主催者コーナー（「先端技術」「環境」「安全・安心」企画展示）、働く乗り物展示コーナー、建設機械操作競技会コーナー、建設機械試乗会、全国物産展、プラモデルパビリオン など



■ 来場者誘致のためのプロモーション活動

● 公式 Web サイト

事前来場登録システム、出展者一覧、各種イベント・セミナーの案内等、来場に直結する最新情報を随時公開します。

www.conet2009.jp

● 特別招待券の発送

出展者はもちろん、各種関連団体および個別会員企業、報道関係者他、多数の来場対象に直接招待券を発送します。

● VIP 招待サービス

出展者および VIP 顧客に入場を限定したラウンジを設営し、より専門的かつ濃密な情報交換の場を提供します。

● 広告展開・パブリシティ活動

建設・土木専門誌、日刊紙、スポーツ誌、Web 等への広告掲載を実施し、業界関係者・ユーザーのみならず一般生活者へも広範に告知します。また、記者発表会、プレスリリースの配布など、積極的に PR 活動をおこないます。

■ 出展要項

1. 展示規格・料金について

(1) 並列小間・複列小間

① 基礎小間

隣接する小間がある場合、境界を仕切るバックパネル、サイドパネル、小間番号板を主催者の負担で設置します。

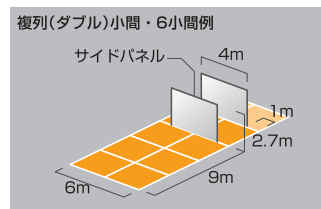
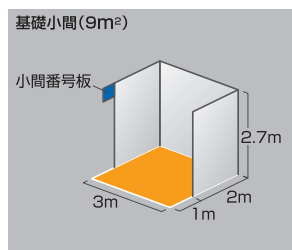
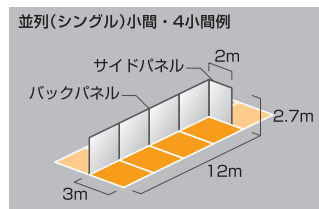
※カーペットは含まれません。

※角小間など隣接する小間のない場合、サイドパネルは設置しません。

※複列小間は4小間以上からの申し込みとなります。

② 小間規格

小間(9㎡)は以下の2種類があります。



③ 出展小間料金(税込)

会 員	300,300円/屋内1小間
非会員	346,500円/屋内1小間

1小間=9㎡(間口3m×奥行3m×高さ2.7m)

※(社)日本建設機械化協会の本部・支部団体会員のお申込については、会員料金が適用されます。

④ 角小間指定料金(税込)

1〜3小間をご希望の場合は、出展申込時に、有料で角小間をご指定いただけます。

会 員・非会員	52,500 円
---------	----------

※小間数に関わらず、上記の料金です。

※指定のない小間に関しては、小間数、申し込み順等を考慮して配置します。

※4小間以上お申し込みの場合は、原則として角小間になります。

(2) スペース小間

原則として4方向を通路とした、展示ホール内のスペースのみを提供します。

※㎡単位での受付となります。ご希望に添い兼ねる場合もありますのでご了承ください。

※間仕切となるパネルは設置しません。

※エンジン駆動による実演はできません。

① 出展小間料金(税込)

会 員	~200㎡以下	20,790円/㎡
	200㎡超~300㎡以下	19,635円/㎡
	300㎡超~400㎡以下	18,480円/㎡
	400㎡超~	17,325円/㎡
非会員	—	24,255円/㎡

(3) 屋外展示・実演

屋外展示場(北側・南側)に、展示スペースのみを提供します。

エンジン駆動による実演が可能です。

※㎡単位での受付となります。ご希望に添い兼ねる場合もありますのでご了承ください。

※間仕切となるパネルは設置しません。

① 屋外出展小間料金(税込)

会 員	5,775円/㎡
非会員	9,240円/㎡

② 注意事項

- ・雨天、強風等の悪天候により、実演等ができない場合があります。
- ・天候不良の場合であっても出展料金の返金には応じられません。予めご了承ください。
- ・JR京葉線の線路沿いとなりますので、列車通過時には騒音があります。
- ・施工にあたっては、掘削はできません。

● 出展小間料金に含まれるもの

- (1) 出展スペース
- (2) バックパネル、サイドパネル(隣接小間のある場合のみ)
- (3) 特別招待券(出展小間数に応じた規定枚数)
- (4) 公式Webサイト、会場案内図、公式ガイドブックへの社名・出展内容掲載
- (5) 主催者による企画運営費および広告宣伝費
- (6) 主催者による安全管理費、要員費および警備費

● 出展小間料金に含まれないもの

- (1) 出展者の自社小間の装飾、設営、運営費
- (2) 自社小間内の電気・水道・ガス等設備工事費および使用料
- (3) 自社出展機器などに対して付保した損害保険料
- (4) 展示・実演および搬入・出作業の際に発生した対人・対物事故などにかかる費用
- (5) 法令および展示規則に基づく展示装飾等の改修費用
- (6) その他、出展小間料金に含まれない費用

2. 小間位置の決定

各出展者の小間位置は、出展内容、出展規模、実演の有無、出展申込順等を考慮し、会場計画に基づき主催者が決定します。

3. 出展申込方法について

① 申込方法

出展申込書(別添)に必要な事項をご記入の上、下記運営事務局にご提出ください。

CONET2009 運営事務局

〒100-6012 東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビル12階 アテックス(株)内

申込期限：2009年2月25日(水)

※但し、スペースがなくなり次第締め切ります。

② 申込の保留・取り消し

出展内容が本展示会の趣旨にそぐわないと判断した場合、事務局はその受付を保留または拒否することがあります。

4. 料金の支払いについて

① 出展小間料金の支払い方法

主催者が申込書記載内容を確認の後、請求書を送付します。

支払期限までに指定口座にお振込みください。

支払期限：2009年3月25日(水)

※振込手数料は出展者にてご負担願います。

② 出展申込の解約(キャンセル)

一度申し込みされた出展の取り消し・変更は原則としてできません。万一、出展申込者の都合により、出展の取り消しまたは変更があった場合は、下記の通り解約料を申し受けます。なお、出展申込のキャンセルは、書面にてのみ受理します。

書面による解約通知を受領した日	解約料
2009年3月25日以前	出展小間料金の50%
2009年3月26日以降	出展小間料金の100%

■ スケジュール

2008年10月下旬	出展募集開始
2009年2月25日	出展申込締切
3月25日	出展小間料金 支払期限
3月下旬	出展者説明会・記者発表会 出展マニュアル配布 プースレイアウト発表
6月22日~24日	小間装飾工事・搬入日
6月25日~28日	CONET2009会期
6月28日 会期後~29日午前中	搬出日

■ 会場アクセス

● 会場：幕張メッセ(JR京葉線、海浜幕張駅徒歩5分)

※ご来場の際は、できるだけ公共交通機関をご利用ください。



■ 主催

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(代表) FAX: 03-3432-0289

www.jcmanet.or.jp

■ お申し込み・お問い合わせ

CONET2009 運営事務局

〒100-6012 東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビル12階 アテックス(株)内

TEL: 03-3503-7807 FAX: 03-3503-7620 E-mail: info@conet2009.jp

www.conet2009.jp

国土交通省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」 油圧ショベルによる IT 施工システムに関する研究

— 掘削積み込み作業の自律化にむけて —

写真提供：(独) 土木研究所



⇩ IT 施工システム（全景）

設計形状に掘削，ダンプへの土砂積み込みを自律で行う油圧ショベル。



⇩ IT 施工システムによる自律掘削・積込試験状況（1）

設計形状（トレンチ形状）に基づき，バケット刃先の計画軌跡にしたがって粗掘削，仕上げ掘削を行う。



⇩ IT 施工システムによる自律掘削・積込試験状況（2）

ダンプの位置情報により旋回して土砂を積み込む。ダンプの荷台の形状はレーザ装置（次頁）で計測，監視する。



⇩ 位置方位計測システム

油圧ショベルの上部旋回体の位置及び方位を計測，時刻データを用いて他の計測データの値を抽出する。



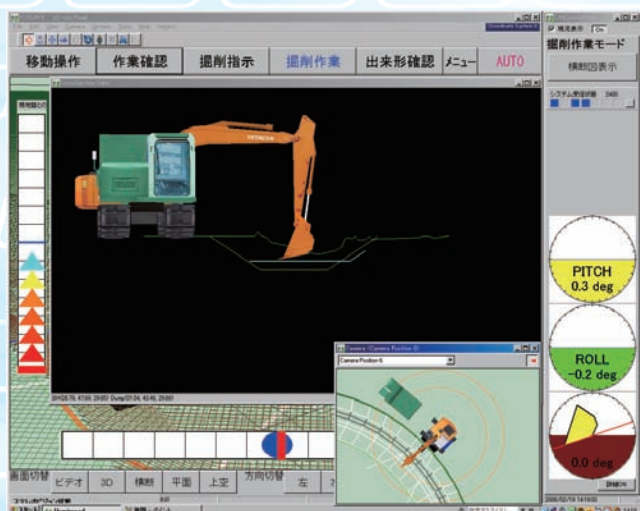
↑レーザ，ステレオビジョン装置

レーザ装置は掘削箇所，機械周辺，ダンプ荷台等を計測し，ステレオビジョンは掘削箇所の形状を計測し，画像を取得する。



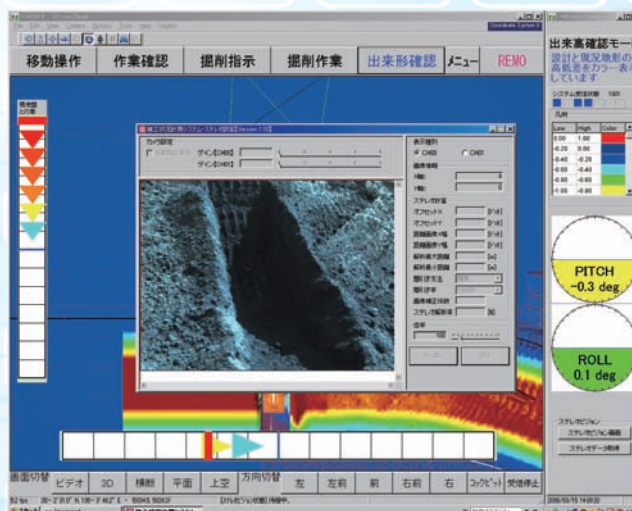
↑掘削性能試験状況

このシステムを使用した場合の掘削形状の精度確認のための掘削性能試験状況。



↑掘削作業時のメイン画面構成

掘削作業時に使用する通常の画面。掘削形状やダンプ荷台の形状を提供するのが特徴。



↑掘削地形確認時の画面（ステレオビジョンデータを表示）

必要ウィンドウが自動切り替えされる他，オペレータは必要な時に，掘削箇所の形状や画像も確認できる。



↑システム操作状況

オペレータ支援モードで，操作室で画面を見ながら操作するオペレータ。2～3台の画面での操作を想定している。

巻頭言

情報化施工への期待

建 山 和 由



「情報化施工」という言葉は、決して新しい言葉ではない。少なくとも1980年頃にはトンネル施工において地山の状況に応じて掘削方法や支保の選択を行う手法として認識されていた。その後、様々な情報化施工の技術が提案されたものの、現場の多様性、作業の複雑さなどから汎用化に至るものは少なかった。同時期の一般製造業が情報技術を基礎とした自動生産システムの導入により生産効率を画期的に向上させていったのに比べ、建設業は大きく遅れをとる形となった。時を経て、近年、急速に進歩する情報・通信技術を背景に、これらを建設施工に導入する方法論が再び提案されるようになってきた。機が熟したという感さもある。

情報化施工の機能は大きく2つに分けられる。1つは、情報ツールを用いて建設機械の自動化を図る機能である。無人ロボットとは言わないまでも、例えば、ブルドーザやグレーダのブレードをGPSやTSを利用して自動制御することにより、オペレータの操作を簡略化することができる。この技術では、機械は電子地図と出来形の情報をコンピュータ内に有しているため、所定の出来形になるようにブレードを自動で操作していく。このため、丁張りを大幅に削減して施工を行うことも、夜間作業も可能になる。さらには、均し作業の回数が有人の場合より少なくすむため機械の作業時間が短くなり、結果として工事に伴うCO₂の排出量を抑制してくれる。舗装工事では、作業員の高齢化等で熟練オペレータが不足しつつある状況も一因となり、この種の自動化技術を導入しているケースが徐々にではあるが増えてきている。

もう1つの機能は、施工で得られる情報を現場で実務にたずさわる技術者の判断の高度化に利用する機能である。我が国は、戦後の復興期に効率的にインフラ整備を行うために、基準やマニュアルの整備を進めてきた。そのおかげで、我が国は他に類をみないほど効率的に所定の品質の社会基盤整備を達成することができた。このことは、基準やマニュアルによる一律管理の疑うべくもない成果といえ、20世紀型社会基盤整備の最も大きな特徴といえる。しかしながら、一律管

理は、一方で不確定要因に起因する無駄を避けることができないという課題を有している。すなわち、一般の建設工事では、天候や地質のばらつきに代表される不確定要因を前提に構造物の設計や施工計画を作成せざるを得ないため、これらの過程では安全率の導入など、余裕を持った計画を立てることになる。しかしながら、限られた資源の有効利用や工事に伴う環境への影響軽減、構造物の品質の向上に関する要求が高まる今日、基準やマニュアルに従う一律管理だけでは、これらの要求に十分には応えることができず、一律管理に加えて現場の状況に応じて柔軟に対応する個別評価の仕組みを取り入れることが求められる。すなわち、21世紀の社会基盤整備では、基準やマニュアルを標準としつつも、それに過度に依存することなく、現場の状況に応じて柔軟に対応することでより精緻な工事を行うことが求められ、これを実現するために、技術者にはこれまで以上に高度な判断力を有することが要求されることになる。情報化施工は、質の良い情報を技術者に提供し、的確な判断を引き出すという技術者の判断支援の役割を担っている。

歴史を振り返ると、建設施工は、新しい技術の導入により段階的に発展してきたことがわかる。古くは鉄器や爆薬の導入により作業効率を大幅に向上させ、明治初めには外国から建設機械という最新技術を導入して生産性を飛躍的に向上させた。戦後は、機械化施工の本格的な導入や、油圧技術の進歩により建設機械の性能が画期的に向上したことで、国土の復興に大きく寄与した。情報化施工は、機械化施工に情報・通信技術や制御技術、測量技術を融合した建設施工革命として、建設現場をさらには、建設のイメージをも一変させるポテンシャルを有している。いま、建設技術は、情報化施工の導入により、技術の階段を一步上がろうとしている。情報化施工が一般技術として汎用化されることにより、建設技術が21世紀にふさわしい技術になることを期待する。

「情報化施工推進戦略」について

森 下 博 之

グレーダやブルドーザに3次元の設計データを入力してブレード（排土板）を自動制御する「マシンコントロール技術」や、TS（トータルステーション）やGPSを用いてローラの走行軌跡を管理する「締固め管理技術」、「TSによる出来形管理技術」などの情報化施工技術は、すでに実用化・商品化され、近年、特に欧米で急速に導入が進んでいる。日本においては、舗装工事や一部の大規模工事において導入が始まっているが、一般的な工事に広く普及するには至っていない。このため、情報化施工の本格的な普及を目指して、普及に向けて解決すべき課題と対応方針、スケジュール等を取りまとめた「情報化施工推進戦略」が7月31日に策定された。本稿では、この「情報化施工推進戦略」の概要について紹介する。

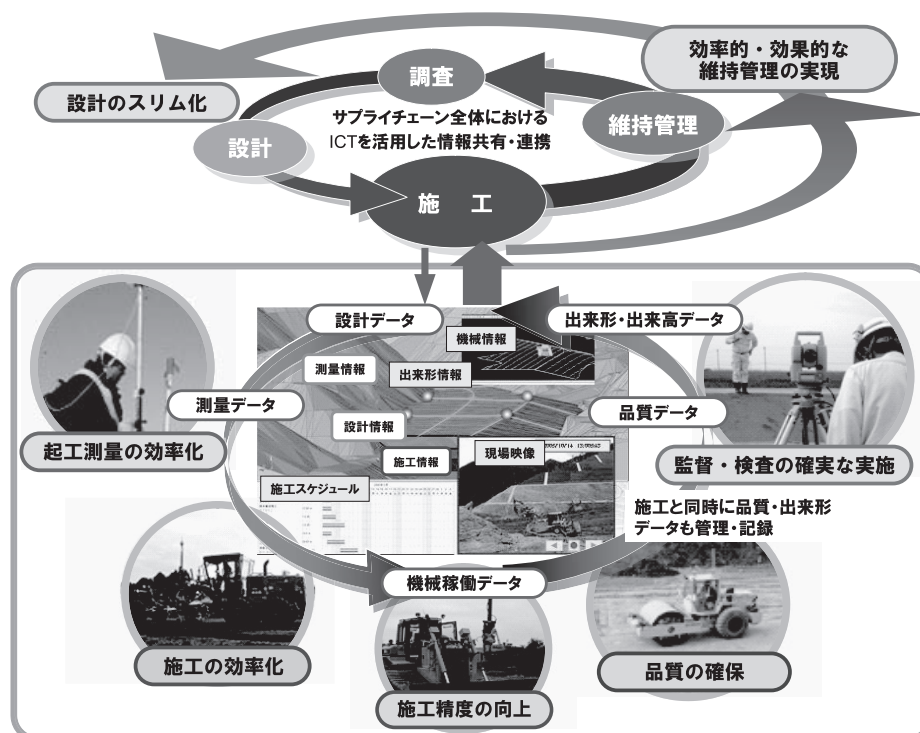
キーワード：情報化施工，ICT，CALS／EC，施工の合理化

1. はじめに

一部の大規模工事現場で導入が進みつつある情報化施工の本格的普及を目指し、産学官による『情報化施工推進会議（委員長：建山和由 立命館大学教授）』が本年2月25日に設置され、普及に向けて解決すべき課題の抽出、対応方針や役割分担、スケジュール等に

ついて議論されてきた。これまでの議論の成果として、情報化施工の戦略的な推進のための指針となる「情報化施工推進戦略」が7月31日に策定・公表された。

本稿では、本推進戦略の概要を中心に、情報化施工の推進に向けた取り組みについて紹介する。



図—1 情報化施工の実現イメージ

2. 情報化施工技術の現状

現在、『情報化施工』という名称は、ICTを活用した広範囲にわたる技術を用いた合理的な施工方法の総称として用いられている。本会議での議論を進めるにあたって、『情報化施工とは、建設事業の調査、設計、施工、監督・検査、維持管理という建設生産プロセスのうち「施工」に注目して、ICT（情報通信技術）の活用により各プロセスから得られる電子情報を活用して高効率・高精度な施工を実現し、さらに施工で得られる電子情報を他のプロセスに活用することによって、建設生産プロセス全体における生産性の向上とともに、透明性の向上や品質の確保を図るシステムである。』という広い意味で捉えている。

その中でも、設計データに基づいて建設機械の作業装置を数値制御するマシンコントロール技術や、TS（トータルステーション）による出来形管理技術、GPS（全地球測位システム）やTSによるローラの締固め管理技術などは、すでに実用化・商品化されており、大規模工事において導入が進みつつある。さらに、振動ローラの加速度応答を用いて締固め強度を管理するような新しい品質管理技術についても、実用化に向けて各種の研究・開発が進められている。その他、3次元CADやGIS（地理情報システム）を用いて施工プロセス全体で情報を共有化するような情報の統合管理技術の導入されている事例もある。

3. 情報化施工の推進の背景

情報化施工は、建設施工を取り巻く課題に対応するために、発注者、施工者双方にとって、強力なツールとなり得る大きな可能性を有している。具体事例を以下に紹介する。

(1) 施工効率の向上

建設施工は、国民生活や経済活動の基盤となる質の高い住宅・社会資本を安価に提供するための生産技術として重要な役割を担っている。

これまで、かつての人力施工から建設機械の導入、さらには建設機械の性能の向上という「建設施工の機械化」により、その生産効率を高めてきた。

しかしながら、今後予想されている人口減少・少子高齢化の急速な進展や、グローバル化の爆発的進展、地球規模での資源・環境問題という状況下においても、建設施工がその役割を果たすためには、これまでの機械化をさらに推し進めるだけでなく、ICTを活用す

ることにより、製造業における自動化技術やコンカレントエンジニアリングによる最適化技術などを建設施工にも適用し、投入する資源（エネルギーや資材等）を少なくする効率的な施工を実現していくことが、将来の重要な課題となることが予想される。

例えば、マシンコントロールでは、設計データが建設機械に入力されているために現場への丁張りの設置作業が大幅に削減するほか、数値制御の導入により建設機械の作業効率も大幅に向上する。また、目視が困難な夜間作業でも効率よく施工できるなど、建設施工の生産効率が大幅に向上することが期待できる。さらに、現場の詳細地形データや3次元設計データを用いた施工手順のシミュレーション等により、手戻りの少ない効率的な作業を実現することが可能となる。

(2) 熟練技術者不足への対応

我が国は、かつて経験したことのない人口減少社会を迎え、若年労働者の確保が大きな課題となっている。その中でも建設産業は、厳しい経営環境の下で賃金が低下傾向にあるなど労働条件等の悪化が進み、若年労働者の入職者の減少、熟練技術者の高齢化が急速に進展しており、団塊世代のリタイアに伴い、今後、急速に熟練労働者が不足することが予想される。さらに将来的には、人口減少・少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少が予想されることから、熟練技術者・技能労働者の確保が困難になることが懸念される。

情報化施工は、現場の詳細地形データや3次元設計データを用いて、施工手順のシミュレーションやマシンコントロールによって、オペレータの熟練度に大きく依存しない施工速度や施工品質、施工の安全性を実現することが可能となる。

(3) 発注環境の変化と品質確保の重要性の高まり

品確法の施行、技術を評価指標とする入札契約方式（総合評価方式、プロポーザル方式）の普及、発注者責任の明確化と公共工事の調達システム全体の見直し・検討など発注環境が大きく変化している。さらに、ダンピング入札の増加などを背景に、手抜き工事などの不良工事の危険性増大が指摘される中、良質な社会資本を国民に提供するために、より適切かつ効果的な監督・検査を実施することが発注者に求められている。

情報化施工の導入により、施工データを把握・蓄積することで、完成後も必要に応じて施工品質を追跡でき、手抜き工事の防止や、瑕疵に対する責任の所在が明確化できる。これによって、食料品の生産・流通データのトレーサビリティによって消費者が品質をチェッ

クできるように、土木構造物についても構造物本体の品質についてのトレーサビリティが確保され、国民が土木構造物をより安心して使用できる環境が得られる。

また、公共工事においては、工事発注者の監督・検査における判断に必要な情報を施工者と共有することが可能となり、監督・検査の業務が効率化できるとともに、求める施工品質が実現していることをより確実に確認できるようになる。さらに、中間検査、完成検査だけでなく、施工プロセス全体を通じて工事実施状況を確認し、その結果を検査に反映させる「施工プロセス検査」が試行的に導入されているが、今後、情報化施工で連続的に記録された施工データを活用することも期待できる。

(4) 施工現場の安全確保

過去5カ年間（H14～18）での建設業（土木工事）における死亡者数のうち、約1/4は建設機械との接触・下敷き・挟まれなどによるものであり、最大の要因となっている。この死亡事故を回避するには、人と建設機械を混在させない対策が効果的であり、建設機械との接触事故の危険性が高い区域への検測作業員・作業指示者・作業補助員の侵入回避が求められている。

建設機械の自動制御は、施工機械との接触事故の危険性が高い区域内に検測作業員が侵入するリスクを低減する。また、土工板が自動制御されるため、オペレー

タは車両の運転に集中でき、操作ミスによる事故の低減にも寄与するものと考えられる。

また、いわゆる3K（キツイ、キタナイ、キケン）のイメージで捉えられがちな工事現場が、ICTを駆使した先進的な生産現場へと転換し、高効率、高品質かつ安全な生産活動を実現することで、他産業と比べて良好とは言えない建設現場の作業環境が改善され、建設産業が若年就業者にとって魅力のある産業へと転換していくことも期待できる。

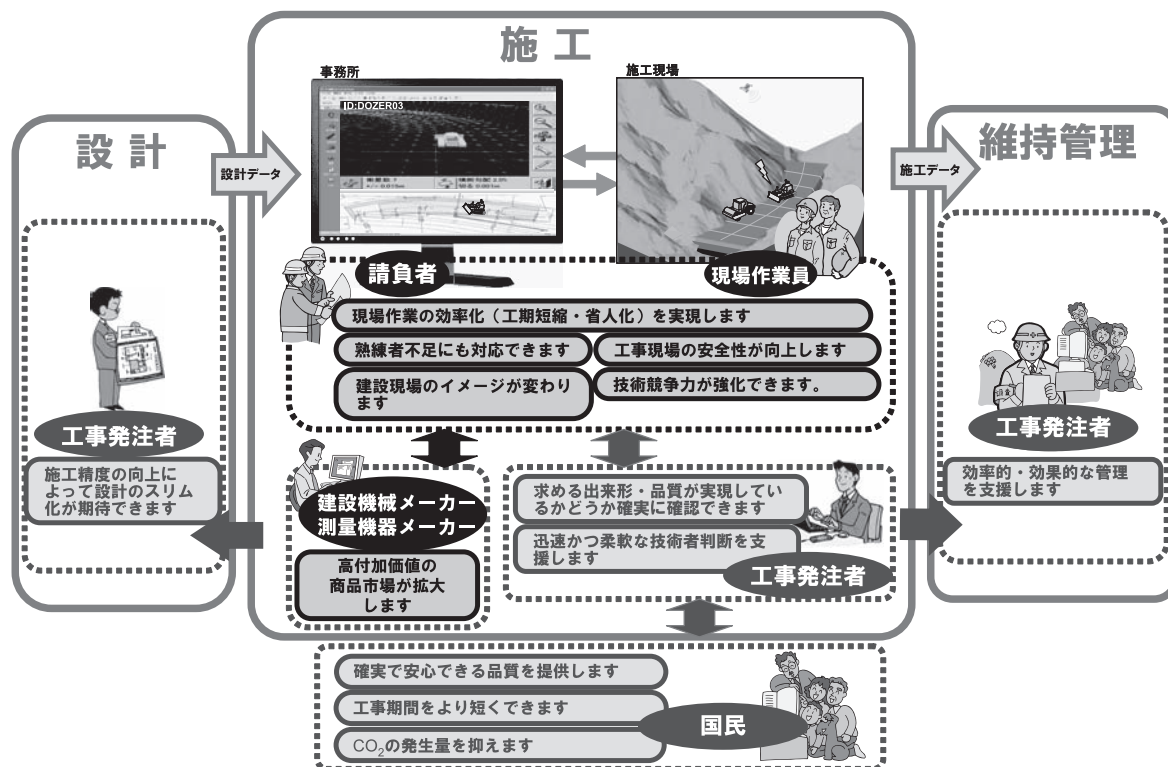
(5) 地球温暖化問題への対応

建設産業は、我が国の全産業の約1割のCO₂排出量を占めており、建設施工においても例えば効率的な建設機械の効率的な稼働による燃料消費量の削減や、自動制御による精密な施工の実現による建設資材の使用量の削減が期待できる。

(6) 国内外における技術競争力の強化

産業のグローバル化が進む中、我が国の建設業の海外受注額も近年増加している。今後、国内はもちろん、広がる海外市場を獲得するためには、所定の施工品質を工期内に実現できる高い技術力と高い生産性が必要である。

厳しい工期においても所定の施工品質を確実に実現できる情報化施工は、総合評価方式の技術評価におい



図一 情報化施工の普及によるメリット

て高い評価を受けた事例も報告されており、プロジェクト受注のための高い技術競争力となるほか、海外工事において当初条件から工期短縮や品質向上を実現した場合の報奨制度がある場合などは、さらなる利益向上も期待できる。

(7) 効率的・効果的な管理を支援

高度成長期に建設された社会資本が老朽化を迎えることから、補修・維持管理費が今後、急速に増大することが予想され、経済的な補修・維持管理手法を確立することは喫緊の課題である。

情報化施工の導入によって、施工中に得られる施工データを土木構造物のカルテとして活用し、メンテナンス履歴に統合していくことで、例えば点検における管理基準値データとして活用して補修箇所を特定・予測するなど、合理的・効果的な補修・維持管理を行い、メンテナンスコストを縮減できる可能性がある。

4. 情報化施工技術に関する海外の動向

海外においても、建設事業に対する品質確保や生産性の向上を目的として、マシンコントロールや面的な施工管理の実現に向けて、情報化施工の推進に向けたプランが策定されている。米国の道路事業では、FHWA（Federal Highway Administration：米国連邦道路庁）やAASHTO（American Association of State Highway and Transportation Officials：米国全州道路交通運輸行政官会議）においては、次のような計画が着実に進められている。

(1) Intelligent Compaction Strategic Plan（FHWA：2005）

Intelligent Compaction とは、締固め作業中に、計測された地盤反力に応じて締固めの加振力を制御し、それらを計測できる振動ローラを用いて、強度、締固め回数を高精度な位置計測結果とともに連続的に計測し、帳票として出力するものである。これにより、舗装の締固め管理において、従来の点的な管理から面的な管理・検査へと移行し、品質の均一性向上と検査の省力化を目指している。

また、本計画では、長期的ゴールとして、2009年を目標として標準的な施工手順としての確立を予定している。

(2) Automated Machine Guidance（AMG）の普及計画（AASHTO：2007）

AASHTO による AMG の普及計画が公示され、米国内で利用が進んでいる重機制御システムの普及に向け、広報、技術指導の実施、教育体制の確立、地形データや設計データの有効活用や標準の策定が計画され、2010年までに利用するデータ標準の策定や利用者の拡大等を計画している。

(3) 海外の導入事例

国内外で情報化施工を導入している施工企業や情報化施工機器を販売している建設機械メーカ、測量機器メーカによると、近年（特に欧米）において、情報化施工への関心が急速に高まっている。

米国においては、建設機械の販売台数のうち、グレーダでは約3割、ブルドーザでは約1割がマシンコントロールに対応しているという民間調査会社の報告もある。

欧州においては、東欧を中心に EU への新規加入諸国での大規模プロジェクトが近年増加している。これらのプロジェクトに参加（落札）するために、短い工期で確実な施工品質が実現できること、また、北欧では極夜などの厳しい環境条件から短期間で高効率な施工が必要なことから、3次元マシンコントロールの導入が進んでいる。

また、フランスやドイツでは振動ローラによる締固め管理がすでに施工管理手法として取り入れられているなど、従来の点的な施工管理から面的な施工管理への移行が積極的に進められている。

5. 情報化施工の普及促進に向けた推進戦略の策定

「情報化施工推進戦略」は、これまで述べてきたような建設施工を取り巻く課題や状況の変化への対応、海外での普及状況などを背景としつつ、技術的にはすでに実用段階にあることから普及に向けた環境の整備が大きな課題であるとの認識の上で、情報化施工の普及を戦略的に推進することを目的として7月31日に策定・公表された。

本推進戦略では、普及に向けた課題について、工事発注者の課題、施工企業等の課題、共通課題という3つに大きく分類し、それぞれの課題について対応方針や役割分担、スケジュールが具体的に示されている。

誌面の制約上、ここで詳細にご紹介することができないため、詳細な内容については、以下のホームページで公表されている本文をご覧いただきたい。

http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/kensetsusekou/kondankai/ICTsekou/ICTsekou_index.htm

(1) 工事発注者の課題

- ①施工管理手法および監督・検査の情報化施工への対応
- ②施工データの受発注者間の共有
- ③総合評価方式における技術提案に対する適正な評価
- ④情報化施工を前提とした設計基準の見直し

(2) 施工企業等の課題

- ①分かりやすい技術情報の提供
- ②ハード・ソフトの普及促進

(3) 共通課題

- ①技術者の育成
- ②標準化の推進
- ③普及のための情報発信

さらに、特に大きな柱として取り組むべき目標として3つの重点目標が定められている。

①情報化施工の普及に関する重点目標

直轄の道路土工、舗装工、河川土工の各工事において、大規模の工事では2010年までに、中・小規模の工事では2012年度までに、情報化施工を標準的な施工・施工管理方法として位置付ける。

②機器・システムの普及に関する重点目標

情報化施工機器を容易に装着できるオプション設定機種を拡大する。さらに、重点目標①の実現のために必要となる情報化施工機器を搭載した建設機械（ブル

ドーザ、グレーダ、油圧ショベル）の普及を図る。

③人材育成に関する重点目標

重点目標①の実現のために必要となる情報化施工機器・システムに対応できる人材を育成する。

6. おわりに

情報化施工は、機械化施工にICTや制御技術、測量技術を融合した建設施工革命として、建設現場をさらには、建設のイメージをも一変させるポテンシャルを有している。

「情報化施工推進戦略」は情報化施工の普及に向けたプログラム（計画）であり、本格的な普及に向けた第一歩に過ぎない。情報化施工が、日本において本格的に根付くかどうかは、今がまさに正念場である。

今後、本プログラムを着実に実行し、情報化施工を広く普及させていくことが最も重要であり、関係各機関の協力を強くお願いしたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 情報化施工推進会議 資料（第1回～第4回）

【筆者紹介】

森下 博之（もりした ひろゆき）
国土交通省総合政策局
建設施工企画課
企画専門官
工学博士



フィルダム堤体盛土の ICT 施工

古 屋 弘

近年の性能規定化への対応，および情報化施工の推進に対する国土交通省の取り組みを背景に，ICT を利用した「3次元情報と α システムによる情報化施工」をフィルダムにて試行した。施工管理に用いたシステムは，3次元データを管理するデータベースを中心に，GPSと α システムによる振動ローラの転圧管理システム，および現場ネットワークにて構成した。ICTによるリアルタイム施工管理システムの導入により，施工プロセスは大きく変わり，品質や安全性の向上に寄与する可能性が高いことが確認された。
キーワード：フィルダム，堤体，土工，3次元データ，データベース，GPS，無線LAN，加速度応答法

1. はじめに

フィルダム建設では，近年コスト縮減・環境保全・省エネルギー等が求められ，現場発生材料の有効利用とともに本体施工の合理化，およびそれに伴う工期の短縮が求められている。この中で，ダムの要求性能を確認するために実施される施工管理試験は，現状では多大な労力と時間を要しており，試験方法を含めた施工管理手法の効率化は施工者にとって解決すべき重要なテーマである。この解決策の一つとして，情報化施工（ICT）の導入は重要なツールとなり，あわせて性能規定化に対して必要な品質管理データ等の情報を，受発注者間で迅速に交換することにも有効に利用でき

るものとする。

以下，本誌で紹介する事例は，性能規定化および情報化施工に対する国土交通省の方針に基づき，新技術情報提供システム（NETIS）の評価試験を兼ね，堤体盛土の品質管理において，堤体の締固めに用いる振動ローラに，加速度解析装置（ α システム）を搭載し，さらに設計・施工情報を管理するネットワークシステムを構築し，施工に適用したものである。

今回，情報化施工システムを適用したフィルダムは，国土交通省東北地方整備局発注の森吉山ダムで，米代川水系小又川に建設されている堤高89.9m，堤頂長786m，堤体積5,850,000 m^3 という規模を有する中央コア型ロックフィルダムである。

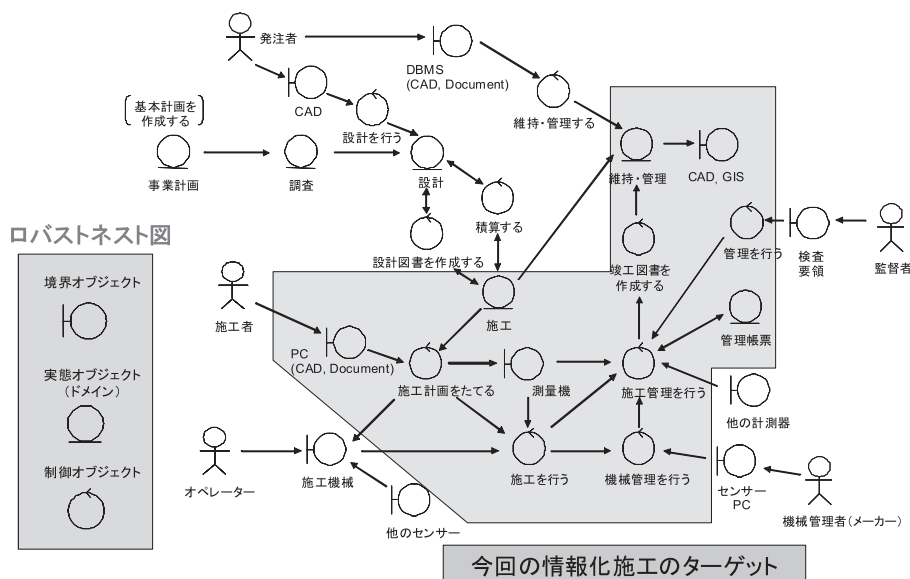


図1 情報化施工のターゲット（文献1に加筆）

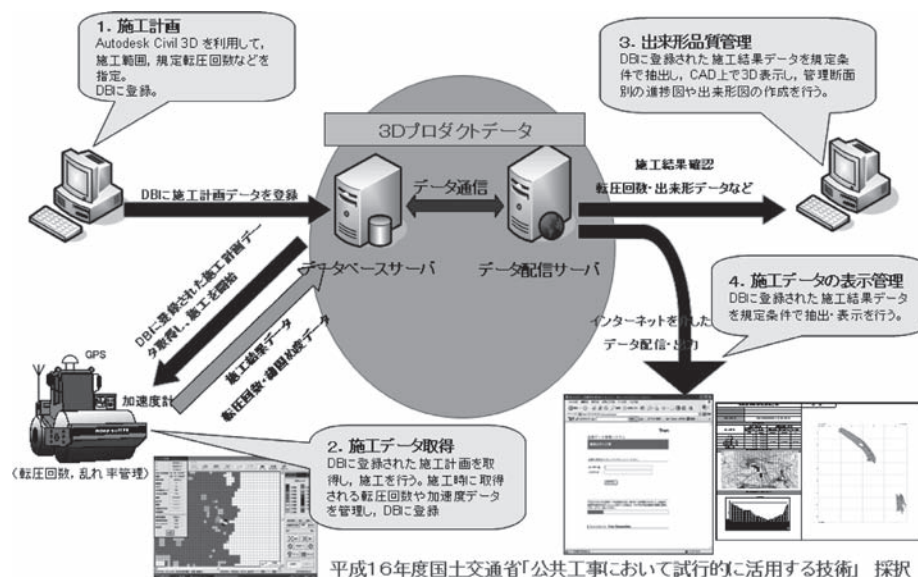


図-2 システム構成

システムは新しい加速度応答法の適用性検討を行うことから、品質管理を中心とした情報化施工を行うことを目的としたものだったが、施工計画から管理帳票までを一連で管理することを目標に、図-1に示す部分をターゲットとしたシステム構築を行い、現場適用を図った。

2. システム概要

導入したシステムの論理構成を図-2に示す。システムは、GPS・ α システム・無線LAN・3D-CAD・データベースサーバ・データ配信サーバ(Webサーバ)で構成され、これらをフィルダム用に再構築したものである^{2), 3)}。システムを構成する主要な技術を以下に示す。

(1) GPS 搭載振動ローラと α システム

α システム^{4), 5)}とは、図-3に示すように、振動ローラにGPSと転圧管理システム(車載PC)に加え、加速度センサーおよび加速度解析装置を設置し、締固め施工を行いながら、地盤の変形係数・密度を算出し、面的な管理を行うシステムである。GPSと組み合わせることで取得データ(転圧回数、地盤変形係数、密度等)は、位置・高さ情報とセットとなり、平面図上で取得データ種別ごとの表示ができるとともに、性能規定に対応した品質管理を行う上で重要な統計的なデータ処理も可能である。取得したデータはシステム内のメモリに保存されるとともに無線LANを介してデータベースサーバに格納される。

α システム(ローラ加速度応答法)による地盤剛性

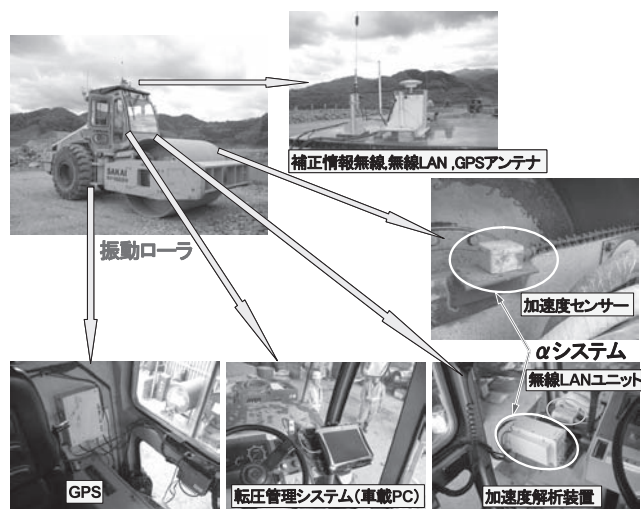


図-3 重機側システムの搭載状況

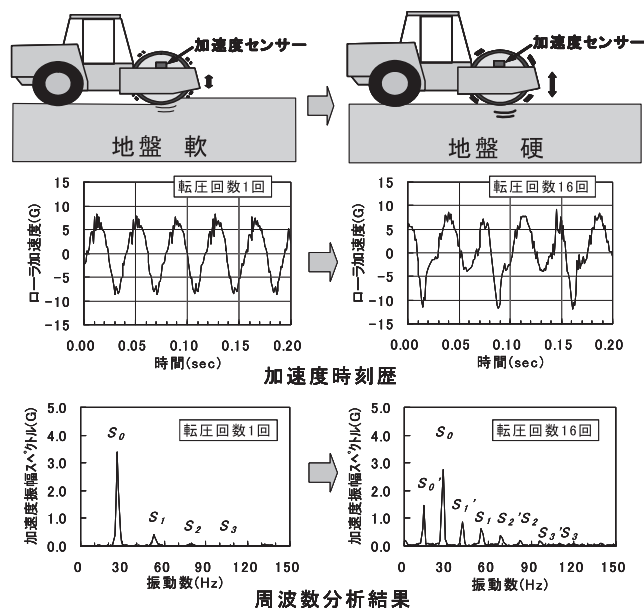


図-4 振動ローラの加速度計測例と乱れ率の定義

評価手法に関しては図—4に示すように、振動ローラによる転圧に伴い地盤が締固まり地盤の剛性が高まるにつれ、振動ローラの加速度波形が乱れ、その高調波スペクトルから「乱れ率」を算出し(図—4および式(1)参照)、さらに剛性評価式に基づき地盤の変形係数を算出するものである。詳細は文献4～7を参照されたい。

$$\text{乱れ率} = \frac{\sum_{i=1}^3 S_i + \sum_{i=1}^3 S_i'}{\frac{S_0 + S_0'}{F/(m_1 + m_2)g}} \quad \dots (1)$$

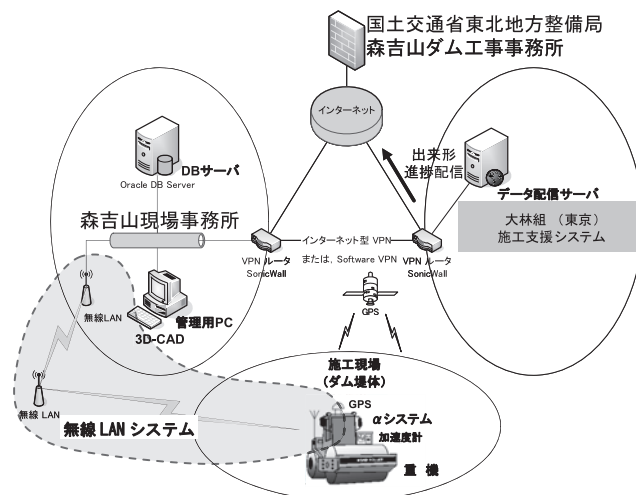
本システムの大きな特徴は、振動ローラの諸元をパラメータとした正規化式により、様々な振動ローラに対して適用可能で、地盤の変形係数を施工を行いながら取得できる点である。

なお、密度については、予め試験転圧時にキャリブレーションを行い、材料ごとに現場密度試験値とその付近での加速度解析値から得られる乱れ率との関係を整理し、較正式を定め、管理システムに登録しておくことで、施工時に密度換算を行う。

(2) 現場ネットワーク

本システムの特徴の一つは、リアルタイム施工管理を行い、施工支援と品質管理の合理的な実施を行う点である。このためには情報交換を迅速に行うことは必要条件で、現場にネットワークを構築し、データ交換を行える環境を整備する必要があった。筆者らは2001年以来、現場における無線LANを利用した施工支援システムを運用しているが²⁾、今回はJV工事事務所まではISDNのみが利用可能で、図—2に示すシステム導入は当初困難に思われた。しかし、今回は国土交通省の協力により、図—5に示すように国土交通省森吉山ダム工事事務所まではADSLによるVPNを構築し、同工事事務所・JV工事事務所およびダム堤体右岸側の試験室間は国交省の光ケーブルを利用させていただいた。試験室から先は、堤体盛土施工中、重機との通信経路が絶えず確保できるように、堤体の右左岸の高台に中継局を設置し、堤体上の重機間を無線LANにてネットワーク化してリアルタイムなデータ交換を可能とした(写真—1)。

また、ネットワーク化により、重機に搭載したシステムの不具合の診断や点検を本社側から遠隔で行うことも可能となった。



図—5 現場ネットワーク



(1) 試験室側アンテナ施設 (2) 中継局アンテナ施設
写真—1 無線LANシステムの中継局

(3) 3次元情報(3Dプロダクトモデル)の活用

当技術は、現場で取得した施工管理データを3次元CADとデータベースサーバを利用し管理するシステムである。プロダクトモデルとは、従来は製品の設計から製造・使用・保守・廃棄に至るまでのライフサイクルの中で生じる様々な情報を統合的に記述したデータを意味する。従来は製造業での利用が中心であったが、建設分野でもその必要性和有用性が認識されつつあり、当技術は重機土工による施工時の品質・施工管理データを空間情報とセットにして、プロセス管理を行うシステムである。したがって、品質管理、出来形管理を行い、任意の帳票出力を行うことも可能である。

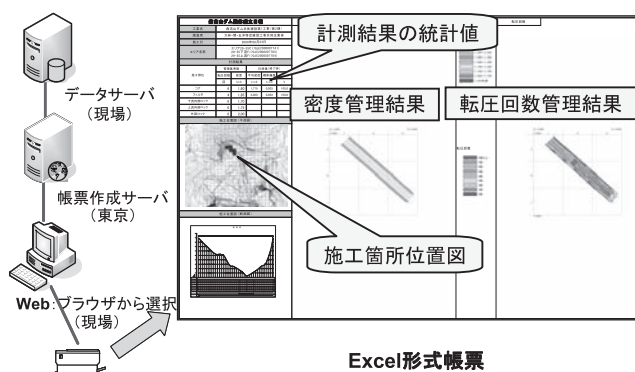
また、当然ではあるが、施工重機に対する施工指示も3D-CAD上で行い、施工計画から品質管理までを一貫して管理することとした。

(4) Webサーバを用いた施工管理

ネットワークを用いた施工支援システムであるという特性を生かし、品質管理データを本社(東京)のサーバにて管理し、必要なデータや帳票等はWebサーバからのダウンロードにて取り扱うこととした(図—2)。データベースサーバ(VPN接続)とデータ配信用のWebサーバを分離した点は、データの安全性の確保の他、以下のようなメリットがあった。

- ①個別のアプリケーションソフトを必要とせずに、Web 環境下の任意の場所（現場事務所／本社支援部門）で施工データの確認，出力，検索ができる。
- ②実務的に現場職員の作業負担を減らすため，予めテンプレートを作成しておくことで，Web ブラウザのメニュー上から簡単な選択で日報や作業指示書等の管理帳票が出力可能となった。
- ③必要とする関係者間（現場事務所／本社支援部門等）での情報共有が可能となった。

図－6 に Web サーバを介してブラウザ上から作成・出力される日報出力例を示す。



図－6 帳票出力（日報出力の例）

3. システムの運用方法

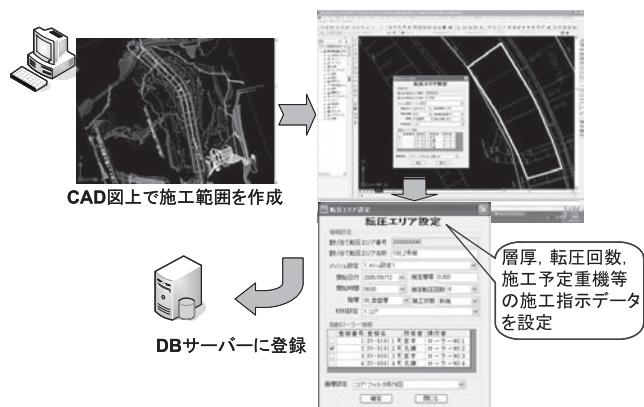
今回，フィルダムに適用した情報化施工システムの論理構成は図－2 に示した通りであるが，実際の運用の概要と手順を以下に示す。

(a) 施工データの 3 次元化

設計図書の平面図・断面図および周辺地形データ（2 次元情報）を 3 次元データ（CAD）に変換する。

(b) 施工計画の作成・登録

現場用にカスタマイズした 3D-CAD システム（管



図－7 施工範囲の設定

理用 PC）にて施工計画を立案し，振動ローラへの施工指示（各重機の施工範囲，転圧回数等）を作成し，データベースサーバに登録する（図－7）。

(c) 施工計画データの取得

システムを搭載した各振動ローラは，施工範囲等の指示を無線 LAN を介して取得し，施工指示データに従って施工を行う。施工中も振動ローラの施工データ（施工位置，転圧回数，密度情報等）は無線 LAN を介して事務所側データベースサーバに送信・登録される。

(d) リアルタイム施工結果確認

施工完了後は，データベースサーバに登録された施工結果データを規定条件で抽出し，直ちに確認する。

(e) 施工データの管理・帳票出力

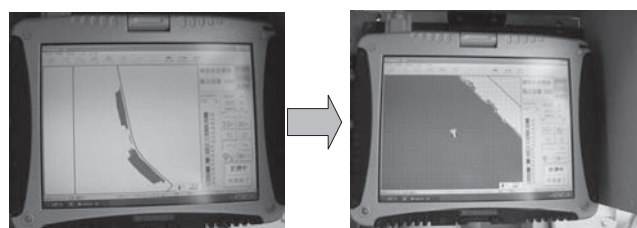
データベースサーバに登録されたデータは，データベースで管理を行うことで，施工後の多角的なデータ検討や施工管理図書・竣工図書に利用可能な状態でデータを格納する。また日報等の帳票は現場の定めた帳票スタイルに従い自動的に作成し，現場および必要な部門で Web サーバを介してダウンロードする（図－6）。

4. システム導入のメリット

フィルダム（盛土工事）における今回の情報化施工システムの導入のメリットを以下に列挙する。

(1) リアルタイム施工管理

フィルダム堤体施工のような品質規定型の工法規定においては，計画通りの転圧が品質を保証することとなる。本システムでは，締固めを行う振動ローラのオペレータは，転圧管理システム（車載 PC）にて施工範囲が所定の転圧回数の色に全て塗りつぶされることを確認しながら施工を行う（メッシュによるコンター管理：図－8）。これにより，工法規定に対しての確実な施工管理が可能となった。

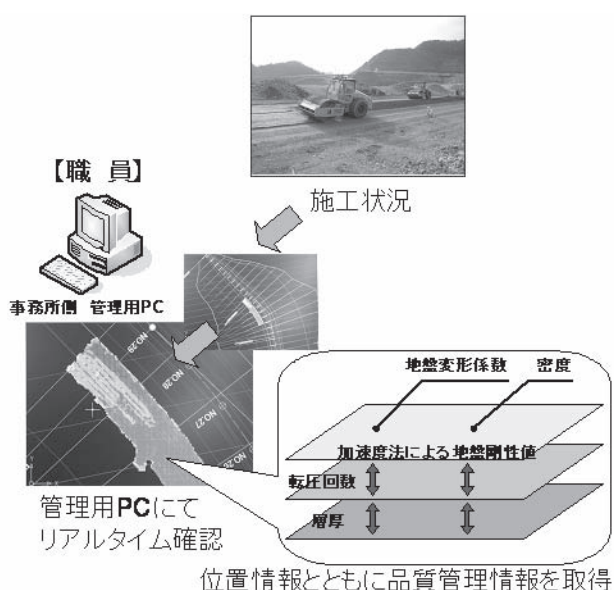


図－8 車載 PC での転圧状況の確認

また，品質規定型の場合には，従来手法（日常管理手法として現場密度試験の実施）に加えて，本システ

ムを用いることにより、振動ローラによる転圧時に地盤の変形係数・密度を自動判定することで、締固め施工を行いながら地盤の品質評価を行うことができた。従って、所定の剛性や密度が得られない場所の検知も速やかに可能となり、施工中に追加転圧の実施や置換えによる対処の判断も行え、品質の確保がより確実なものとなる可能性がある。

また、施工データおよび自動判定結果は、無線LAN等の通信回線を用いることで事務所のデータベースサーバに順次転送されることから、職員が事務所にいる場合にも、管理用PCにて現地の施工状況を随時把握することができ、品質確保にも貢献した(図—9)。



図—9 リアルタイム施工管理の概念図

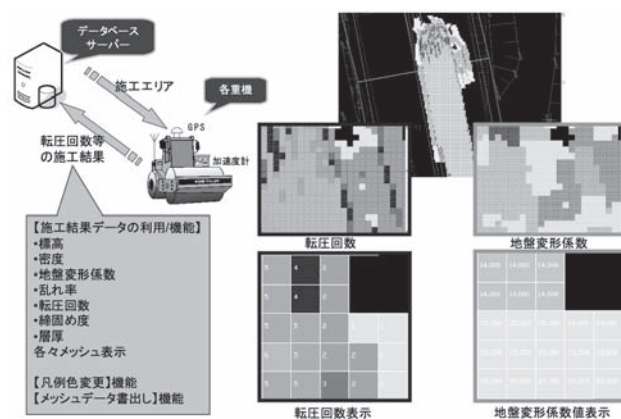
(2) 3次元の面的管理

振動ローラによる施工時には、自車位置と加速度応答解析による地盤変形係数と密度をリアルタイムに判定し、これを50cmメッシュに走行軌跡から求めた転圧回数とともに記録・管理した。このデータは施工エリアのほぼ全領域をカバーしたもので、各メッシュには転圧回数・標高・品質管理データが数値データとして格納されており、表示切替えにて図—10の施工管理データ概念図のように、各種の表示が可能となった。

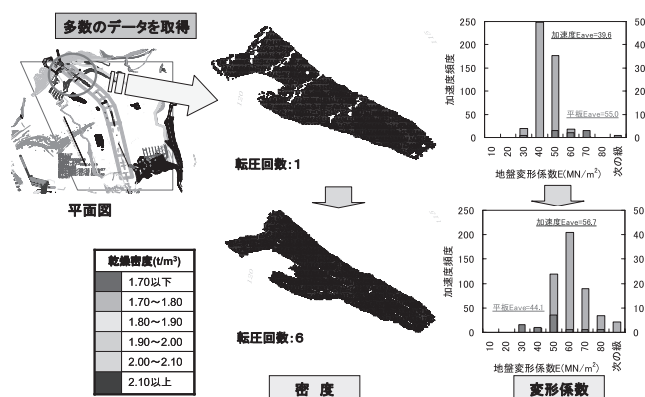
さらに、多数のデータを取得できることは客観的な統計手法を用いた品質管理も可能となり、図—11に示すようなデータの検討も可能となった。

(3) 土構造物のトレーサビリティ

施工時に取得された施工データ、品質管理データがそのまま3次元データとしてデータベースに登録・格



図—10 施工管理データ概念図



図—11 施工データの取得と管理（統計的検討の例）

納されることから、竣工後の維持管理段階においても必要により、施工時の品質情報を抽出・確認が可能となる。したがって、全数検査に近い当システムは、土構造物のトレーサビリティの向上を可能とすることが期待できる。

(4) 安全性の向上

品質管理が、従来手法（現場密度試験）から本システムに計測方法が替わると、現場計測における人的作業が減少するとともに、機械と人間との作業の分離が行えることから、安全性の向上に寄与する(写真—2)。



写真—2 従来手法と本システムによる試験計測状況

5. おわりに

情報化施工の導入にあたっての制度面を含めた問題点に関しては、他の論文に譲ることとし、今回のシステム導入による施工プロセスの変化を最後にまとめる。

図—12に、従来手法と当システムを用いた施工管理プロセスのイメージを示す。本システムを用いると、従来手法の施工指示が職員から職長へ、職長からオペレータへと伝達される手順が簡素化され、電子データとして確実にオペレータへ指示事項が届くこととなる。また、各データはデータベースに格納されること

から、CALS/EC対応の竣工データの出力も容易に行えることとなる。

また、日常の品質管理結果が短時間で出力可能となることから、施工管理の合理化にも繋がり、さらに新しい品質管理手法と従来手法をその信頼性を確認した上で適切な頻度で実施することで、工期短縮の実現も可能となる可能性があることが解った。

最後に、今回のリアルタイム施工管理システムの試行は、NETIS 試行申請型の評価試験として実施させていただいたものであり、国土交通省東北地方整備局森吉山ダム工事事務所の方々には、計測機械の提供や通信環境の構築にご理解とご協力を賜り、感謝する次第である。

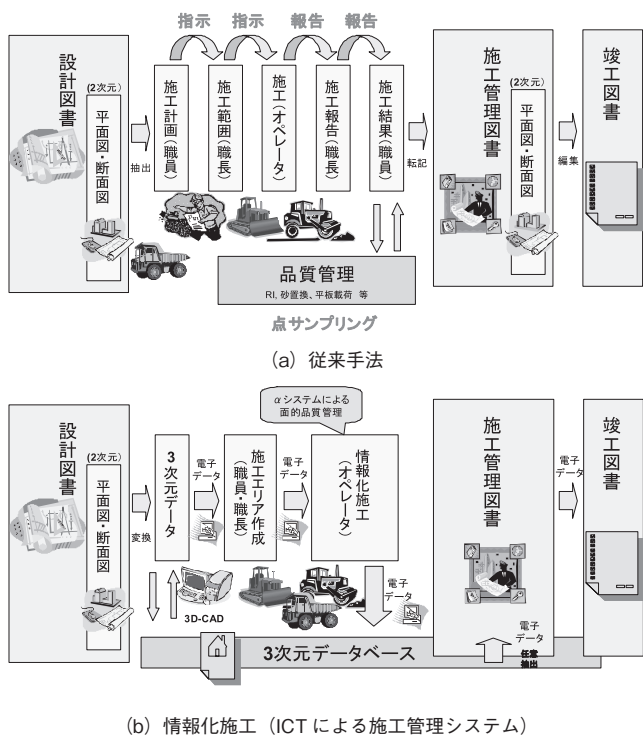
J C M A

《参考文献》

- 1) 土木学会：土木情報ガイドブック，p.186
- 2) 古屋弘・千葉洋一郎：3Dプロダクトデータを用いた土工事施工支援システムの開発と現場適用，第29回情報利用技術シンポジウム論文集，Vol.13，pp.243-250（2004.10）
- 3) 古屋弘：3次元プロダクトモデルを用いた土工事施工支援システム，建設企画，[674]，pp.35-40（2006.4）
- 4) 古屋弘・串間正敏：振動ローラに取付けた加速度センサーによるリアルタイム施工管理技術，土と基礎，Vol.50，No.6，pp.19-21（2002.6）
- 5) 藤山哲雄・古屋弘：振動ローラ加速度応答を利用した地盤剛性評価装置の開発，平成16年度近畿地方整備局管内技術発表会（2004.7）
- 6) 古屋弘他：振動ローラ加速度応答法による路床ブルーフローリング装置の開発，第39回地盤工学研究発表会，pp.1309-1310（2004.7）
- 7) 藤山哲雄・建山和由：振動ローラの加速度応答を利用した転圧地盤の剛性評価手法，土木学会論文集 [652/Ⅲ-51]，pp.115-123（2000）

【筆者紹介】

古屋 弘（ふるや ひろし）
 (株)大林組
 東京本社 生産技術本部
 基盤技術部（情報化施工担当）
 上席技師



図—12 施工プロセスの比較

嘉瀬川ダム（RCD 工法）における ICT 施工の取組み

中 島 修・永 松 和 彦・谷 口 正 浩

嘉瀬川ダム建設工事における ICT 施工の取組み状況を報告する。重力式コンクリートダム工事（RCD 工法）に導入可能な ICT について、システムと運用マニュアルを検討し、現場で試験的に導入して確認した効果について紹介する。

キーワード：情報化施工（ICT）、重力式コンクリートダム、RCD 工法、監督・検査、施工管理

1. はじめに

近年、わたしたちの暮らしの中で様々な ICT（Information & Communication Technology）の利用が進み、生活がより便利なものとなっている。わが国の建設工事においても ICT 導入の取組みを本格化すべく、国土交通省は「国土交通分野イノベーション推進大綱」（平成 19 年 5 月）において社会資本整備・管理への ICT 導入の方向性を示し、「情報化施工推進戦略」（平成 20 年 7 月）において ICT 施工の具体的な普及方策を発表した。

嘉瀬川ダムにおいても、品質の向上、工期短縮等に留意して設計・施工を行ってきたところであるが、今後もこれらについてより一層の努力を継続することが求められている。

ICT 分野のめまぐるしい技術の発展により、様々な施工現場において ICT 導入による施工の合理化が図られている。しかし、ICT 導入による工事受注者・発注者のメリット（品質の向上、工期の短縮、施工管理の省力化、監督・検査の省力化、維持管理への活用等）についての明確な評価検討が行われていないのが実情である。そこで、昨年度より嘉瀬川ダム建設工事での受発注者への ICT 導入によるメリットを評価検討するために、有識者、専門家の指導・助言を得て、工事受注者の協力のもと、ICT 導入の検討を継続的に実施している。

本稿は、主に ICT 導入によって発注者として得られるメリットを明確にすることを目的として、嘉瀬川ダムの本体工において導入可能な ICT について検討し、それらを現場で試験的に導入して確認できた効果等、嘉瀬川ダムでの ICT 施工の本格運用に向けての検討の概要について報告するものである。

2. 工事の概要

嘉瀬川は、背振山系に源を発し佐賀平野を南流して有明海に注ぐ、流域面積約 368 km²、幹線流路延長約 57 km の 1 級河川であり、その流域は県都佐賀市を含む 3 市にまたがり、古くから流域の社会、文化の基盤となっている。

嘉瀬川ダムは嘉瀬川の上流部、佐賀県佐賀市富士町に建設中の多目的ダムで、総貯水容量 7,100 万 m³、堤高約 97 m、堤頂長約 460 m の重力式コンクリートダムであり、洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、都市用水の供給、並びに発電を目的としている。昭和 63 年に建設事業に着手し、平成 6 年に付替道路工事に着手、平成 17 年 9 月に基礎掘削を開始、平成 19 年 10 月から本体打設を行っており、平成 23 年度のダム完成を予定しているところである。嘉瀬川ダムの諸元を、表 1 に示す。

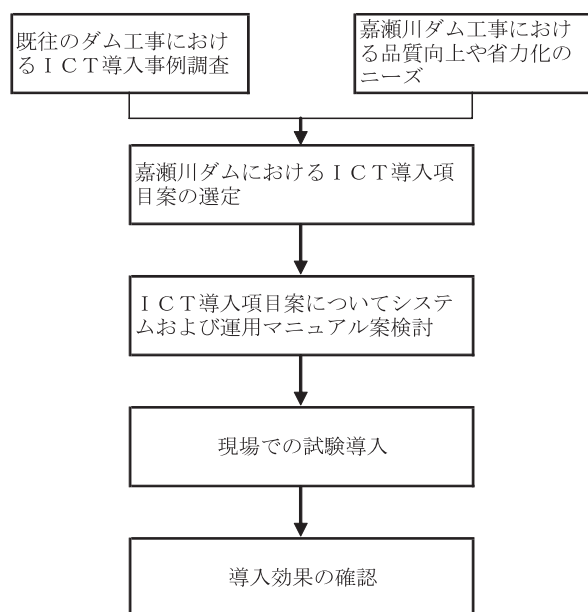
表 1 嘉瀬川ダムの諸元

形式	重力式コンクリートダム
目的	洪水調節、流水の正常な機能の維持、かんがい用水、都市用水（水道用水、工業用水）、発電
河川名、水系	嘉瀬川水系嘉瀬川
堤高	約 97 m
堤頂長	約 460 m
堤体積	約 1,000,000 m ³
集水面積	128.4 km ²
湛水面積	約 2.7 km ²
総貯水容量	71,000,000 m ³
有効貯水容量	68,000,000 m ³

3. ICT 導入の検討

(1) 検討の方法

嘉瀬川ダム工事において効果的な ICT 施工を実現するため、既往のダム工事における ICT 導入事例と嘉瀬川ダム工事における品質向上や省力化のニーズに基づき、検討の対象とする ICT の項目案を選定した。それらの ICT 導入項目案について、システム機器やソフトの内容を検討し、現場で運用するにあたってのマニュアル案を策定した。それらのシステムや運用マニュアル案について現場で試験導入を実施し、品質の向上や施工管理の省力化等の程度についての効果を確認した。嘉瀬川ダムにおける ICT 導入検討のフローを、図—1 に示す。



図—1 ICT 導入検討のフロー

(2) ICT 導入項目案

既往のダム工事における ICT 導入事例に基づき、重力式コンクリートダム工事において導入可能な ICT として以下の 15 項目を選定した。

- ①岩盤スケッチ支援システム
- ②三次元出来形管理システム（掘削工）
- ③ダンプトラック運行管理システム
- ④掘削管理システム
- ⑤環境監視システム
- ⑥締固め回数管理システム
- ⑦関係者間工程共有システム
- ⑧積算温度管理システム
- ⑨三次元出来形管理システム（堤体工）
- ⑩配筋検査支援システム
- ⑪埋設計器無線システム
- ⑫ボーリング検尺システム
- ⑬グラウチング監視システム
- ⑭法面動態観測システム
- ⑮ダム維持管理支援システム

- ⑪埋設計器無線システム
- ⑫ボーリング検尺システム
- ⑬グラウチング監視システム
- ⑭法面動態観測システム
- ⑮ダム維持管理支援システム

さらにこれらの中から、嘉瀬川ダム工事における ICT 導入のニーズおよび委員会での審議に基づき、本格的に検討する対象として 8 つの ICT 導入項目案を選定した。ICT 導入項目案の概要を、表—2 に示す。

(3) システムおよび運用マニュアル案検討

8 つの ICT 導入項目案について、それぞれ具体的なシステム機器やソフトの内容を検討し、現場でそれらを実際に使用して施工管理や監督・検査を実施するための運用マニュアル案を策定した。例として「積算温度管理システム」についてのシステム構成図を、図—2 に示す。このシステムによって積算温度管理を行う場合の運用フローを、図—3 に示す。

(4) 試験導入

8 つの ICT 導入項目案について、システム機器やソフトを準備し、現場で試験導入を行った。試験導入では可能な限り運用マニュアル案に沿って模擬的な施工管理や監督・検査を行い、品質や省力化の程度等の効果を確認した。例として「積算温度管理システム」における試験導入の状況を、写真—1、写真—2 に示す。本システムの出力図（積算温度の履歴）を、図—4 に示す。

(5) 導入効果

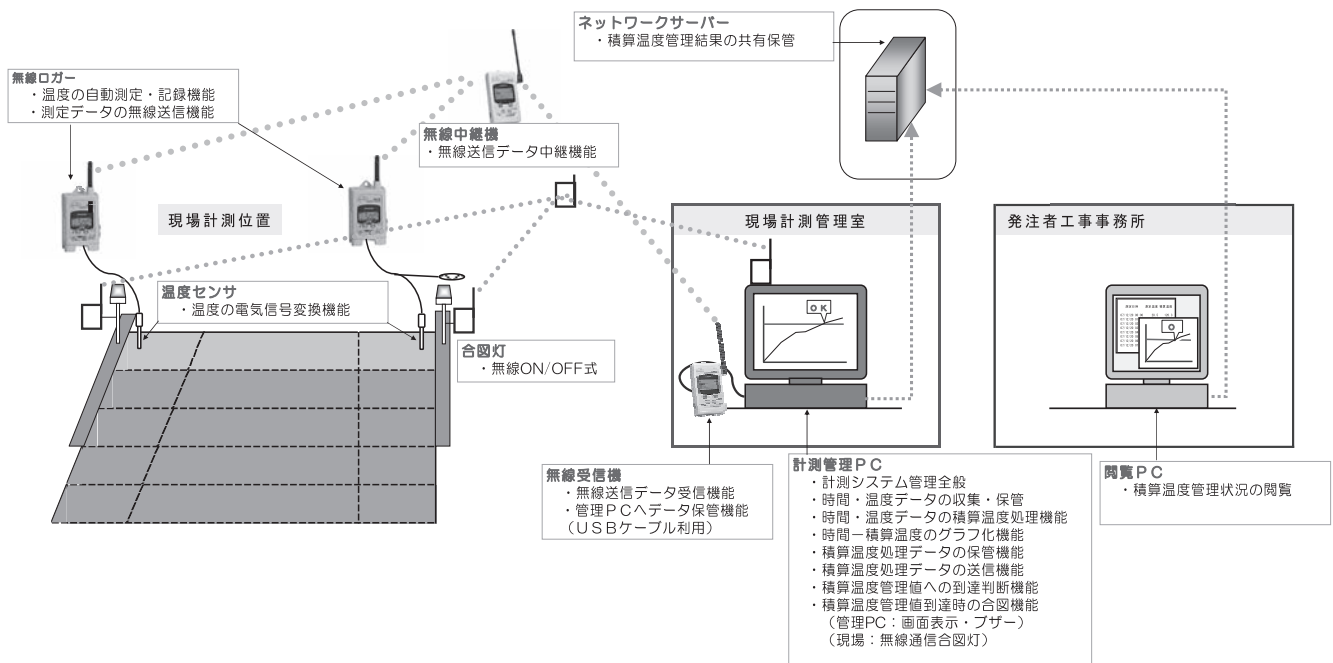
8 つの ICT 導入項目案について、試験導入によって確認できる効果を整理した。各 ICT 導入項目案の試験導入による効果を、表—3 に示す。全般的に、品質確保・向上、監督・検査や施工管理の省力化に寄与するものが多い結果となっている。

4. おわりに

今年度も引き続き、嘉瀬川ダムにおいて適用性が高いと判断される ICT を選定し、それらについて各種課題（技術的課題、運用上の課題、コストの課題）とその解決方法について検討し、課題が容易に解決できるものについてできるだけ早期に本格運用を開始することを考えている。

表一2 嘉瀬川ダム工事における ICT 導入項目案の名称と概要

名称	概要
岩盤スケッチ支援システム	デジタルカメラで岩盤を撮影し、撮影画像を台紙として現場の所見（亀裂、断層位置、岩級区分等）を記入し、現場での調査を省力化（スケッチ時間短縮等）する。撮影画像を岩盤スケッチ図と対応した平面画像で保管し、ダム再開発等の際、岩盤の画像情報を利用しやすくする。
三次元出来形管理＋地質分布モデル作成システム（原石山掘削工）	原石山の事前の地質調査結果に基づき、三次元 CAD を利用して地質分布モデルを作成しておく。実際の掘削作業において、地質境界（採取岩と廃棄岩）等の出来形や出来高を確認する箇所の三次元座標を測量する。これを三次元 CAD に入力し、廃棄岩等の数量を算出する。さらに、掘削面等から得られる地質情報をもとに未掘削領域の地質分布モデルを修正し、原石賦存量の予測等に利用する。
締固め回数管理システム	GPS で締固め重機の走行軌跡を取得し、キャビン内に設置したモニタで締固め回数を面的に把握することで所定の締固め回数を確保し、その施工結果を記録する。
積算温度管理システム … 図一2、図一3 参照	外部コンクリートの型枠スライド時期を、積算温度により管理する。コンクリートの温度計測値を1時間毎に無線でパソコンに送信し、算出した積算温度が管理値を上回れば型枠のスライドが可能であると判定する。
三次元出来形管理システム（堤体）	トータルステーション（TS）を用いて堤体の出来形計測点の三次元座標を計測し、堤体の出来形（堤幅、ジョイント間隔、基準高）を確認する。あらかじめ出来形計測点の設計座標を TS に入力しておくことで、測量と同時に出来形の過不足をチェックする。測量結果を帳票作成ソフトに入力し、出来形帳票を自動作成する。
配筋検査支援システム	鉄筋配置が複雑な箇所について、設計配筋図を三次元モデルで作成しておき、施工時の段取り筋等の配筋計画に利用する。また、配筋検査において、携帯パソコン画面上で設計配筋図の三次元モデルを表示し、現場の配筋状況と照合する。
埋設計器無線システム	無線によって計測値を送信できる埋設機器を用いることで、ケーブル設置作業を省略し、ケーブルに起因する計測障害の発生リスクを低減する。
ダム維持管理支援システム	各種の施工データを位置情報に関連づけて GIS 上に記録する。これにより、リスト No、ブロック No、打設日等を検索キーとして迅速に必要なデータを引き出す。



図一2 積算温度管理システムのシステム構成図

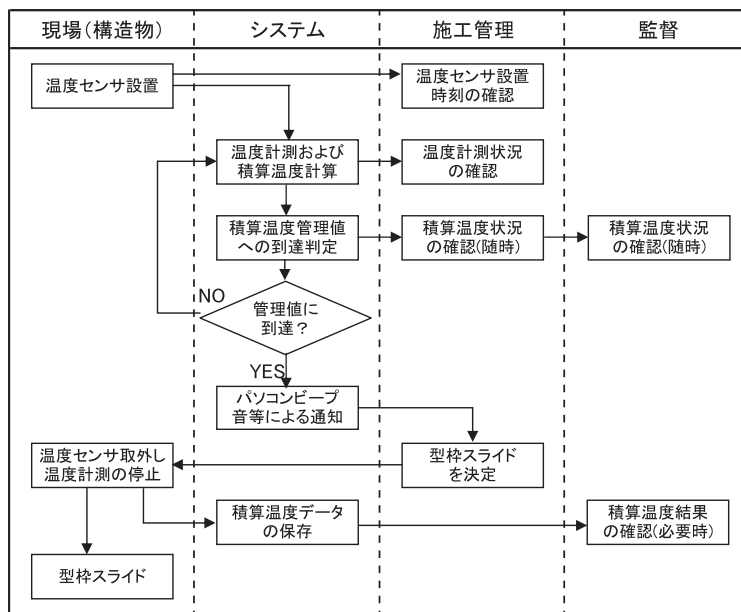


図-3 積算温度管理システムの運用フロー

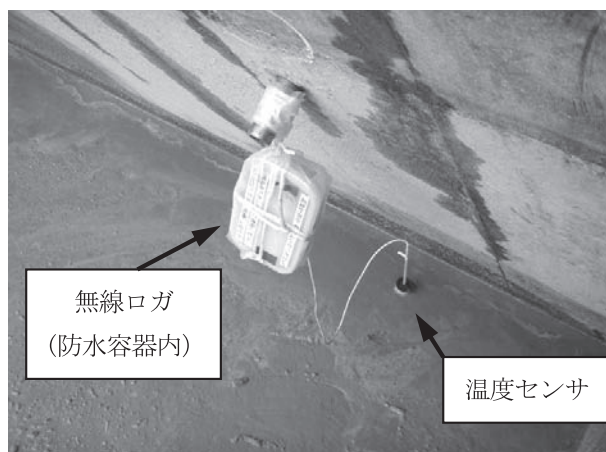


写真-1 試験導入状況（温度センサと無線ログ設置）



写真-2 試験導入状況（無線受信器と計測管理 PC）

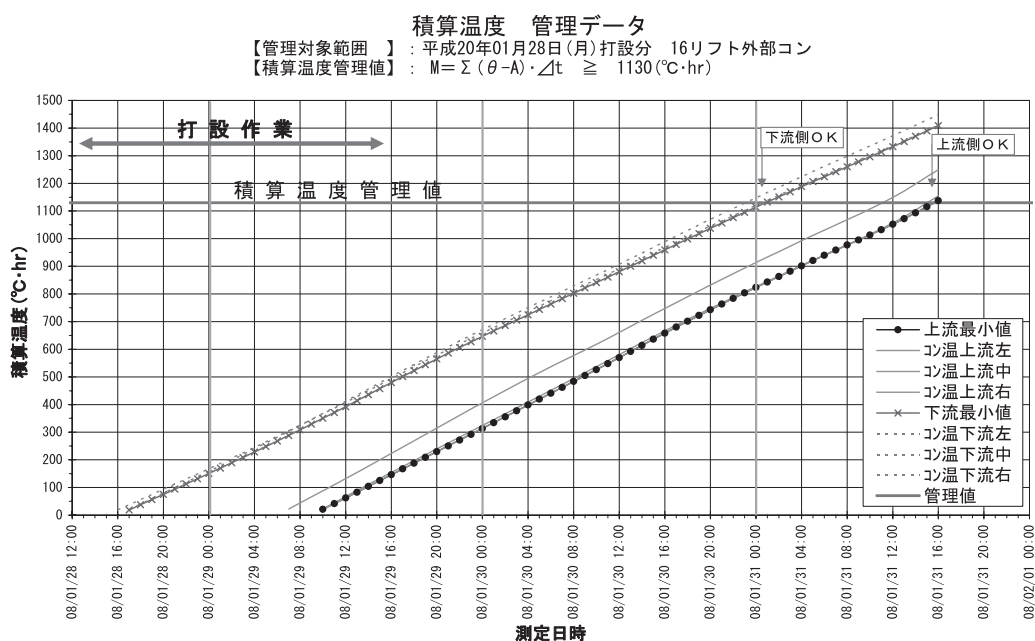


図-4 積算温度管理システムの出力図（積算温度の履歴図）

表—3 各 ICT 導入項目案の試験導入による効果

ICT 導入項目案	試験導入で判明した効果 (○:効果あり, ×:効果なし, △:従来と変わらない)				
	①品質確保・向上	②工期短縮	③監督・検査の省力化	④施工管理の省力化	⑤維持管理への活用
岩盤スケッチ 支援システム	—	×:仕上げ掘削段階 では従来方法のほう がスケッチ所要時間 が短い	—	×:仕上げ掘削段階 では従来方法のほう がスケッチ所要時間 が短い	○:平面図化処理し た岩盤画像をスケッ チ図とともに保管 し、維持管理・ダム 再開発に活用可能
三次元出来形 管理+地質分布 モデル作成 システム (原石山)	—	—	○:器械盛替え作業 が不要のため、地質 境界の位置を確認す る立会時間が短縮	○:器械設置作業・ 盛替え作業が不要、 ワンマン測量が可能 ×:三次元モデルで の数量算出は、従来 の平均断面法との差 が大きい	—
締固め回数管理 システム	○:RCD 転圧回数 についての施工品質 確保	△:転圧効率は従来 と変わらない	○:規定回数の転圧 を行っていることを 帳票等で確認可能	○:規定回数の転圧 を行っていることを モニタ・帳票で確認 可能	—
積算温度管理 システム	○:型枠スライド時 に外部コンクリート 強度が十分かどうか を確認可能	—	○:管理データある いは帳票により脱枠 可能時期の妥当性を 確認可能	△:温度センサ設置 等の手間は小さい	—
三次元出来形 管理システム (堤体)	—	—	○:従来のレベル+ メジャーによる測量 に比べて立会時間が 短縮	○:出来形管理(測 量および帳票出力) に要する時間が短縮	—
配筋検査支援 システム	○:段取り筋や継ぎ 手位置等も入力可能 とすることで、請負 者による配筋計画を 容易化	—	×:現状のシステム では操作性が悪く、 時間短縮につながら ない ○:断面が変化する 箇所等の設計配筋の 理解に役立つ	×:現状のシステム では操作性が悪く、 時間短縮につながら ない	—
埋設計器無線 システム	○:65m 程度 の コ ンクリート中の無線 通信が可能	—	—	—	—
ダム維持管理 支援システム	—	—	△:打設データのシ ステムへの登録に要 する手間は小さい	—	○:必要なデータの 検索・出力が容易

【筆者紹介】



中島 修 (なかしま おさむ)
国土交通省 九州地方整備局
嘉瀬川ダム工事事務所
事務所長



谷口 正浩 (たにぐち まさひろ)
国土交通省 九州地方整備局
嘉瀬川ダム工事事務所
工務第二課 専門調査員



永松 和彦 (ながまつ かずひこ)
国土交通省 九州地方整備局
嘉瀬川ダム工事事務所
工務第二課長

実証された数値制御施工の効果と 更なる機能・普及展開

福 川 光 男

土工革命として、従来の人的操作を根本的に変えた、ブルドーザ、モータグレーダなど土工用建設機械の作業装置の操作に数値制御システムが21世紀に入り実用化され、本格的に取り入れられてきており、その有効性も徐々に認知され始めている。しかし、システムの導入には、コストと操作、運用の知識が必要になるため、企業者は費用対効果を模索しているのが現状ではあるが、施工事例が多くなり、それに伴って具体的な効果の実証も数値的に把握されてきている。更に、高度化を目指したシステムの開発と運用促進のためのインフラ整備が始まっている。

キーワード：情報化施工、3D-MC、仕上り精度、慣性制御機構、AMG、EED、CORS

1. はじめに

システムの機能評価については、一般の製造業とは違い、施工条件、状況がその都度異なっている。また、同一現場で、わざわざ従来工法と比較する事例も少なく、更に、自社での評価を把握していてもその公表に対して疑問視する企業もある。一方、公正を図るための公の機関での機能評価事例は少ない。したがってこのシステムの真の機能評価を得ることは難しい面もあるのだが、ここに、第三者機関、他社、そして自社（鹿島道路株式会社）での施工実績に基づいて公表されたシステムの機能評価を数例述べる。しかしながら、システムの採用を計画している企業者は、評価に関する情報を吟味したうえで、自らの判断に従うべきであろう。

2. 実証効果事例

(1) 公的機関、第三者機関での機能評価

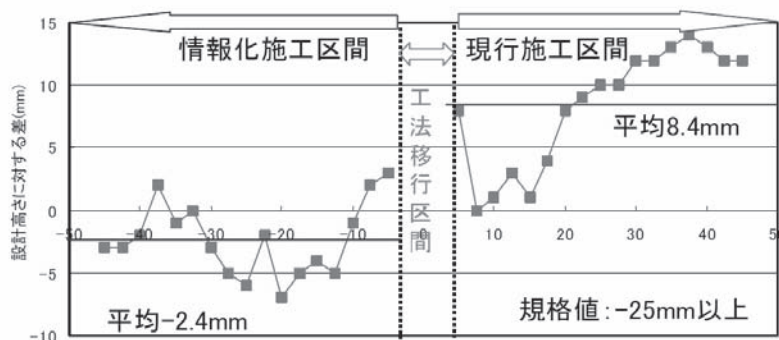
発注者としても常に施工の合理化を求めており、その一環として建設機械の数値制御に関しても、評価のための実証テスト、現場での調査を行い、採取データによる貴重性の高い定量的評価を行っている。

① 17年度建設施工と建設機械シンポジウム

（報文18番：舗装工の情報化施工について）

施工技術総合研究所の実験フィールドにおいて、トータルステーション（TS）3D-MCシステムを用いてモータグレーダの制御を行い、施工の機能評価を実施した。このときには道路構築作業における路盤材敷均し作業において、従来施工との仕上がり精度の比較を行っている（図—1）。

また作業の効率化による燃料消費量は38%の削減効果があることが報告されている。



図—1 路盤仕上がり精度比較

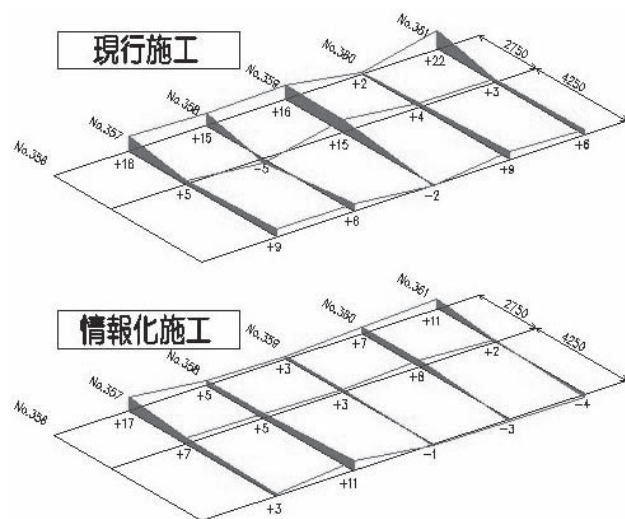
② 18 年度建設施工と建設機械シンポジウム

(報文 37 番：舗装工における建設機械の位置情報技術を利用した施工・施工管理の提案)

実際の A, B 異なった 2 箇所の道路構築作業において、同様にモータグレーダによる路盤仕上げ作業における従来工法と TS-3D-MC システムの施工現場での作業効率(表—1)、仕上がり精度比較(図—2)を行っている。更に、ここでは燃料費削減に関して 30～40%の効果があることが報告されている。

表—1 作業効率の比較

項目	作業面積 (m ²)	施工区分	作業時間 (hr)	作業能力 (m ² /hr)	作業能力比 ① / ②
A 工事	900	①情報化施工	3	300	1.46
		②現行施工	4.4	205	
B 工事	1,350	①情報化施工	5.4	250	1.84
		②現行施工	9.9	136	



図—2 上層路盤の仕上がり精度比較

(2) 長大斜面施工での実績

(九州電力小丸川揚水発電所上部調整池建設工事)

我が国で本格的な総合情報化施工が取り入れられ実施された工事であり、情報化施工機器がその機能を如何なく発揮した現場であった。特に揚水発電用の貯水ダム構築において、傾斜角 21.8 度 (2 割 5 分)、最大斜面長約 120 m に及ぶ長大な斜面の遮水用アスファルトフェーシング基盤材の敷均しに、GPS と TS 機能を使用したブルドーザでの数値制御施工が行われた。

従来の施工方法は作業指標となる丁張りのズレが高さ精度に大きく影響するため、基盤斜面に多数の丁張りを設置し、斜面にいる検測員の指示によりショベルのバケットを左右にスイングさせながら材料を敷き均

していた(写真—1)。または敷均し高さのガイドとして法面に沿って長いヌキ板を設置し、敷均し作業を行っていた(写真—2)。



写真—1 法面整形作業



写真—2 法面に設置されたヌキ板

この現場では、GPS 機能を用いた 3D-MC ブルドーザで材料の粗均しを行い、TS-3D-MC ブルドーザで基盤材敷き均しの仕上げを行った。施工面積は約 30 万 m² に及び、従来工法であれば 9,000 本以上の丁張りを斜面に設置する必要があったが、実施工においては作業用の丁張りを設置する必要がなかった(写真—3)。



写真—3 TS-3D-MC ブルドーザの施工状況

施工中に丁張りが無いということは、後工程の転圧作業を同時進行でスムーズに行うことができ、GPS 機能を用いた転圧管理ガイダンスシステムによって品質の高い締め固め作業を行うことが可能であった(写

真一4)。更に、上部調整池の形状は複雑な3次曲線の組み合わせで構成されている。しかしこのシステムの採用により、直線区間から曲線部への緩和区間の連続施工を容易にすることが可能であった（写真一5）。



写真一4 転圧管理システムを搭載した法面ローラ



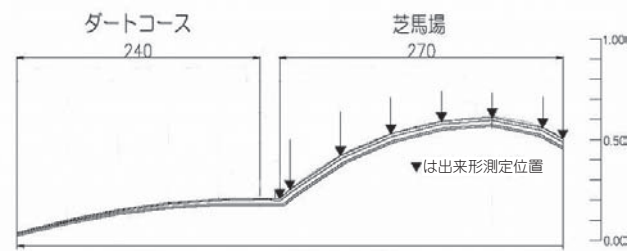
写真一5 3D-MC ブルドーザによる緩和区間の施工

(3) 特殊な用途での活用報告（競馬場馬場造成工事）

更に複雑な3次元形状の施工例として、競馬場での芝馬場の基盤整形作業に、複数のTSシステムをエリアや指定すること（レーザ受光器のセット高さに高低差を設ける）により、ブルドーザ、モータグレーダにて基盤材を敷均した（写真一6）。図一3に示すように、多数の変化点に対応するため、従来工法であればその



写真一6 複数のTS-3D-MCマシンの運用



図一3 競馬場芝馬場の横断形状の例

都度、測量作業によって作業指標を作りながらの敷均し作業が必要であった。

(4) 新たな機能活用施工報告

①夜間での使用実績（供用中の空港滑走路延長工事）

施工座標情報の受授はTSのレーザにて行うため、指標確認の照明は不要である。機能分析により操作に必要な機能を抽出した結果、この機能を夜間作業に応用することは正にVE（Value Engineering）に則ったものといえる。従来、夜間工事においては人的操作で必要であった指標目視のための照明はレーザ機能、通信機能を使用することにより不用になる。当たり前のことであるが実際の施工に当たって、視界の悪い環境下での出来形確認のための検測作業も不要になり、作業の安全性も著しく向上したため、施工に従事した現場担当者から高い評価を受けた（写真一7）。



写真一7 3D-MC グレーダによる夜間工事

同様に、トンネル内での舗装工事にも機能を発揮でき、使用例も多くなっている。

②舗装工事における高さ基準ガイドが設置できない箇所の制御（高速道路ランプ施工事例）

舗装業者として、曲率が小さく縦横断勾配が連続変化する高速道路のランプの施工に当たっては、幅員が広く複数レーンで施工する場合には先行レーンのジョイント側の高さ基準をどのように取るかが問題と

なる。下層から基準値を設定するには線形曲率と縦横断勾配がきつく、常に変化するためにスクリード勾配センサも做い基準としてのロングスキーも使用できない。そこで、先行するアスファルトフィニッシャのジョイント側の高さを TS システムで制御する方法が採用され効果を上げた（写真—8）。



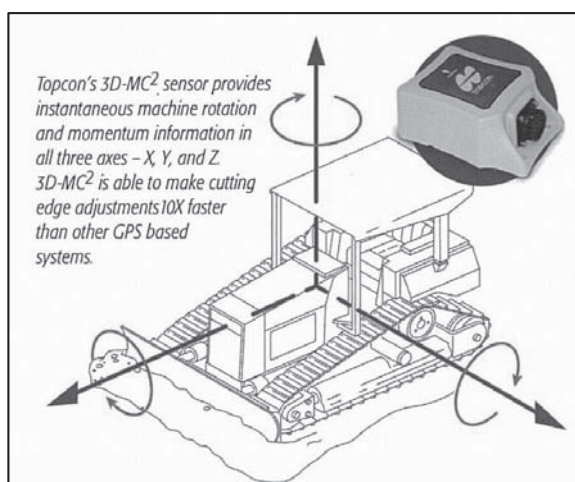
写真—8 3D-MC のフィニッシャへの応用

3. 新たな機能展開

3D-MC システムの施工事例も多くなり普及が進むと、ユーザ側からはもっと機能の高いシステムの市場での展開が要求されており、制御システム製造メーカーは開発を進めている。一方ではシステム運用の容易化が求められており、海外事例ではあるがシステム運用のためのインフラ整備が始まっている。

(1) 慣性制御機構を搭載した高速施工ブルドーザ

情報化による建設機械の数値制御機構における制御精度は GPS 機能にレーザ機能を付加することにより複数の機械を高い精度で同時に制御できるシステムが開発され使用されるようになった（トプコン社の



図—4 慣性制御機構を搭載したブルドーザ

mmGPS-3D-MC)。次に要求されるのが作業速度の向上であるが、単に制御データの処理能力を高めても、作業装置の応答性能が備わらない場合には作業速度の向上は不可能である。そこでブルドーザの作業装置に慣性センサを取り付け挙動予測が伴った制御をすることにより、応答性の高いシステムが開発された。これにより従来の施工速度の倍の速度で施工することが可能とされている（図—4）。

(2) ステアリング機能を付加したアスファルトフィニッシャ

3D-MC の制御データ形式としては、ラインデータ形式とメッシュデータ形式がある。いずれの形式のデータを用いても建機の進行方向が運転席の制御インジケータに表示され、それを参考に操作員は操向操作を行っている。モータグレーダやブルドーザは操作上、前後進走行を行うが、アスファルトフィニッシャのような敷均し機械の作業時の走行は前進のみである。このようなアスファルトフィニッシャのための、操向指示情報も含むデータを使用する自動操向機能が付加されたシステムが開発され、海外では Navitronic Plus (Vogele 社の商標) の名称で使用され始めている（写真—9）。



写真—9 ステアリング制御機能を備えた 3D-MC

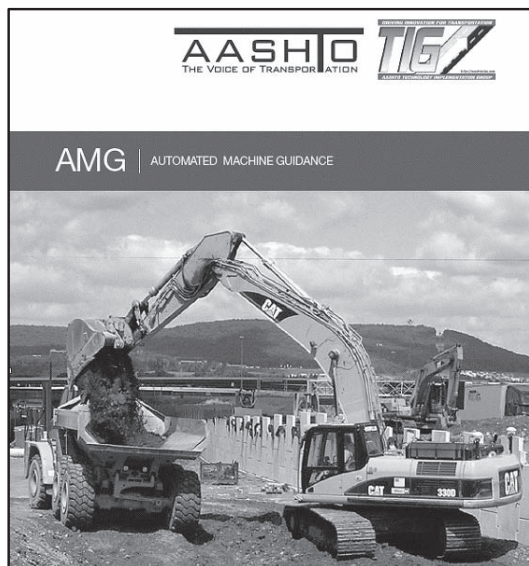
技術上 TS 機能を用いて操行制御を行うことは可能であり、複数の TS を用いたコンクリートスリップフォームペーパーでの施工実績も報告されている。しかし、この Navitronic システムは一台の mmGPS-3D-MC を用いて、敷均し高さ、勾配、操向の制御を行っている。当然このようなシステムを使用した場合には、施工能力が増すため、連続施工上ネックとなるダンプトラックからのアスファルト混合物のチャージを大型のスタッカを接続することにより対応している（写真—10）。



写真—10 大型スタッカと3D-MC フィニッシャ

4. 北米での取り組み

我が国においては、国土交通省が今年の7月に情報化施工推進戦略を策定し、情報化施工の本格的な普及促進が図られ始めた。一方、活用効果の高い大規模工事から、合理的施工を目的とした小規模工事まで急速な普及が進む北米において、AASHTO（American Association of State Highway and Transportation Officials：米国連邦道路・交通行政官協会）は、我々が述べている情報化施工での数値制御システムを、AMG（Automated Machine Guidance）システムと呼び、普及促進プランが策定されている。AMGはすでに多くの州において施工現場での実践的な活用が行われている（写真—11）。



写真—11 AMG システムの紹介パンフレット

(1) 電子技術データの活用

情報化施工を運用するための基本的な要素として、電子データが必要であり、ニューヨーク州の道路局においてはEED（Electronic Engineering Data）と称

する標準化された電子データを準備し、このデータを基に設計・施工・検査・維持管理全ての工程を一元管理することができる仕組みを整えつつある。具体的な利点として、

- ①現場に合わせたデータ再計算が不要
- ②データの再入力作業が不要
- ③設計者の意図の視覚化
- ④設計・施工上の問題箇所の発見
- ⑤施工用データ作成の自動化
- ⑥工事進行状況を即座に入手可能
- ⑦全ての工程におけるデータの共有化
- ⑧数値制御による施工の自動化

などが挙げられる。EEDは発注者が作成し、施工業者に与えられる。

(2) GPSシステム普及のための固定基地局インフラ整備

GPS（GNSS）機能を用いた建設機械の制御システムにおいて、移動体を精度良く制御するにはRTK方式が用いられる。このシステムを用いるのには概知の座標点に設置する位置情報補正用の固定局としてのGPS受信機とそのデータを移動局（制御対象機）に送信する無線装置が必要になる。大規模な工事での運用には定置式の固定局を設けることは設置費用の面においても困難ではないが、中小規模の工事においてその都度設置することは、労力などの採算面において余計な出費を強いられることになる場合もある。北米では州によっては、CORS（Continuously Operating Reference Station）と称される、州単位で全域をカバーできる補正用固定局の運用を、州の公的なサービスとして提供している。

ここからの出力情報は州の運輸局などの公的機関のみならず、民間のエンジニアリング会社、測量コンサルタントと民間の施工業者が無償で使用することができる。例えばニューヨーク州運輸局は46箇所の固定局を運営している。小規模で対象構造物が複雑な形状の工事が多い我が国において、今後の情報化施工の推進を図るのにあたっては、このようなサービスを受けられるインフラの整備が必要であり、その整備の実現こそが情報化施工推進の牽引役となると考える次第である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省 関東整備局、関東技術事務所：舗装工の情報化施工について、17年度 建設施工と建設機械シンポジウム
- 2) 国土交通省 関東整備局、関東技術事務所：舗装工における建設機械の位置情報技術を利用した施工・施工管理の提案、18年度 建設施工

と建設機械シンポジウム

- 3) Automated Technologies in Construction
2008 IOWA Workshop, Don STREETT, PE and LS New York
State DOT



[筆者紹介]

福川 光男 (ふくかわ みつお)
 (社)日本建設機械化協会
 施工部会
 情報化施工委員会委員長
 (鹿島道路㈱常任顧問)

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>

小規模工事における情報化施工の活用

小 薬 賢 一・宇田川 健 治・上 野 健 司

情報化施工といえば、大規模工事に威力を発揮し、これまでも GPS や TS を利用したマシンコントロール、現況測量、検測などに取り入れられ活用されてきた。しかし小規模工事においては、その現場が狭小であるがため①出会い帳場が日々入り乱れ煩雑である、②設計面が現況の先行構造物に左右され安定しない、③日々の工程だけでなく、時間工程も管理する必要があるといったことから、敬遠されてきた。しかし情報化施工の利点を生かしこの要因をクリアすればさらに情報化施工が広がり活発化するものと思ひ、ここに小規模工事の施工事例をも合わせて紹介するものである。

キーワード：情報化施工、小規模工事、小型ブルドーザ、トータルステーション、先行構造物、品質の確保

1. はじめに

近年情報化施工という言葉がここかしこで叫ばれてきている。またこの2月には情報化施工推進会議が設置され、7月には情報化施工推進戦略が発表された。しかし情報化施工というと大規模工事における土木施工管理としての GPS の活用が中心となり、精度を高めて、部分的にトータルステーション TS を利用してきた。最近では GPS や TS の精度向上と使い勝手の簡易化により道路舗装工事に使用されるようになってきた。しかし、GPS や TS はその特性から使用される工事が大規模工事にとどまり、小規模工事においては、なかなか普及していないのが実情である。しかしながらわが国の工事事情においては、小規模工事にも適合した使用方法を考えなければ、狭隘な部分での工事における煩雑さの解消、品質の向上、安全性の向上は図れない。ここでは小規模工事における情報化施工という観点から考えてみたい。

2. 小規模工事の海外事例

6月の情報化施工 WG において発表された海外事例報告写真の中に、小規模工事においても使用されているかのような事例が報告された。ただし狭い現場に似つかわしくない大きなブルドーザを投入しているので、どのような使われ方をしているのかは、知る由もないが、ただそれほどに、海外においては情報化施工が普及しているという現われだと思ふ（写真—1）。



写真—1 海外事例写真

3. 大規模工事と小規模工事の相違点

大規模工事においては、基本設計があり設計に合わせた施工をするし実施できる。

他業種業者との出会い帳場であっても、作業の出会いをかわしながらの工事が可能である。

ブルドーザも大型のものが使用でき、平面工事ではグレーダも使用できるので、スピードだけでなく連続性にすぐれた施工ができる。前進作業のみでも後退スピードを早く取れるので施工効率の低下は少ない。また、情報化施工においては丁張ごとの検測が不要のため後ろに検測員がおらず、施工と運転に集中できるので、安全性が高まり、施工時間の短縮、作業性の向上につながる。

小規模工事においては、設計厚さはあるもののそれ

ぞれの工種における高さ管理は先行しており、現場の構造物や既設の構造物に合わせて仕上りの全体計画を考えなくてはならない。他業種業者との出会いも頻繁かつ交錯して作業するため、小型のブルドーザが小回りもきき使いやすい。ただし前後進は頻繁にかつ煩雑に行うことから、高さの管理においては後進の自動コントロールも必要になるうえ、足回りもそれなりの推進力を備え平坦性確保のため幅も広くする必要があった。

(参考: ㈱建設図書 舗装 平成20年8月号 18頁)

4. 小規模工事に情報化施工を導入するメリットと問題点

小規模工事ではすべてが一定勾配ですむように思いがちだが、小規模ゆえに周囲すべてがそれぞれの構造物を持ちまた高さもまちまちである。それゆえ初期に水勾配の計画高設定が重要になる。

TSは測量器なので周辺の位置・高さ測量を作業準備期間に行い、仕上げ計画を決定できる。このときに当然TSの設置位置も確認しておく。

ただしここで使うTSは自動追尾型のものであり、その特性上TSと重機をある距離(20m)以上離すことが必要となり、条件により頻繁に設置場所を移動しなければならない場合もある。2次元レーザでの施工では受光部と発信機の位置は一定状態を保たなければならなかったが、TSの場合は距離と角度から受光部の位置を特定するので、その位置での機械の作業状況を指令すれば施工ができる。近隣に高所で現場が見渡せる場所が確保できれば最適である。しかし、実際にはそうでない場所がほとんどであるため、TSはある程度移動する必要がある。TSは測量器そのもののなので、そのつど位置確認が必要でその設置時間が施工時間に直結する。小規模工事におけるTSの設置にはすばい反応と確実な据付が必要になる。

小規模工事では特に施工現場全体をパソコン画面上で再現できるため、どこを重点に作業する必要があるか、出会い帳場であってもどこから手をつけられるかということも判断でき、その日その日の材料や人員の手配を決定できる。それゆえに、経験を積み現場の状況に応じ、すばい処理が大切になってくる。

施工箇所全体を図面上と目視の両方で確認できるため、大きな流れを見失うことなく把握できる良さもある。メッシュデータを活用するので重機も線形上を走るのは異なり縦横無尽に走行でき、段差のない連続した面の流れとなり出来形にも良い影響を与えるはず

である。

5. 品質の確保

厚み管理は舗装強度を確保するために、品質管理上重要である。小規模工事は何度も言うように先行構造物に、商品の化粧面である舗装仕上げ面を合わせる必要があるため、その下地の路盤仕上げが最も重要になる。

それにはTSの設置スピードと計測の位置取りと設計面の決定が、作業の迅速化をうながし、施工の出来映えを決定付け、品質の向上に貢献することとなる。

6. 経験と訓練

小規模工事と大規模工事では工種が同じであれば工程管理の手法はまるで同じである。ただ月ごと、週ごとなどと異なり、時間や分の管理となり、そのうえ狭いエリアでの作業となるので設計変更の必要性が頻繁に発生してくるので現場での早い対応、すばやく設計データを修正し、入力しなければならない。これには回数を重ねた訓練と現場での対応を積み重ねていくことが必要である。

小規模工事に情報化施工を導入する優位性は、上記のような経験と臨機応変に対応する知識が必要ではあるが、狭い範囲で通常の丁張りによる施工では、作業が交錯するなかでの丁張りに頼った検測や施工は危険であり、頻繁にはできないうえ、丁張りそのものも壊されたり動かされたりする。また、狭小な現場に丁張りがあると重機の進行方向が限られ、材料分離や転圧不足にも繋がる。これは舗装の品質確保のうえでも支障をきたす。

ここに情報化施工を導入することで、丁張りが不要になり施工機械をコントロールしていたTSが測量器そのものなので、仕上がり検測は不要になる。つまり入力データそのものが検測データとなり品質も保障できるようになる。そのうえ作業時にも丁張りを気にせず施工できるため、周囲の安全性を確かめる余裕もでき、安全性の向上にも繋がる。

7. 小規模工事の特徴

小規模工事においては、設計図があっても周囲の構造物がそのままなので、設計と現況の両方から最適な出来形を見つけなければならない。TSの設置場所も施工方向に対して前方向、後ろ方向、上部方向など設

置できる場所を見つけ確保しなければならない。

小型駐車場などでは、ほとんどが他業種との出会い帳場なので、丁張りは非常にじゃまになる。情報化施工では不要なので問題がない。

TSは測量器そのものなので、現況測量も任意点で可能なため、施工に必要なポイント数を抑えることができる。その上全体の出来形もパソコン上で推測できる。

狭い範囲での構造物に合わせた施工となるので、水勾配を決定するにも早いうちに施主との打ち合わせも可能になる。



写真—2 路面補修工事



写真—3 一般通路舗装工事

8. 施工事例

ここで小規模工事の施工例を紹介する(写真—2～6)。

9. おわりに

小規模工事において情報化施工を取り入れるということは、その工事施工の安全面や品質管理面に貢献することとなるが、大規模工事とは異なりその場での判断や瞬時の変更決定など時間とともにめまぐるしく変化する、その変化に合わせて、臨機応変に対応し、施主の意向にそったもので仕上げなければならない。これは教科書どおりに動いてできるものではなく、日々の積み重ねた経験と判断力がものをいうようになる。

情報化施工は熟練したオペレータに近づいたマシンコントロールはできるが、かわりにある意味、測量・計画における卓越した技術者が必要になってくるのかもしれない。

J C M A



写真—5 コンビニ駐車場舗装工事



写真—4 一般駐車場舗装工事



写真—6 倉庫外構舗装工事

[筆者紹介]



小栗 賢一（こぐすり けんいち）
前田道路㈱
機械センター
担当部長



上野 健司（うえの けんじ）
前田道路㈱
東京支店



宇田川 健治（うだがわ けんじ）
前田道路㈱
機械センター

建設の施工企画 2007 年バックナンバー

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

1 月号（第 683 号）

建設機械特集

6 月号（第 688 号）

建設施工の安全対策特集

10 月号（第 692 号）

維持管理・延命特集

2 月号（第 684 号）

道路工事・舗装工事特集

7 月号（第 689 号）

建設施工における新技術特集

11 月号（第 693 号）

情報化技術特集

3 月号（第 685 号）

除雪特集

8 月号（第 690 号）

防災・災害復旧特集

12 月号（第 694 号）

ロボット・無人化施工特集

4 月号（第 686 号）

環境特集

9 月号（第 691 号）

河川・港湾・湖沼・海洋工事
特集

■体裁 A4 判

■定価 各 1 部 840 円
(本体 800 円)

5 月号（第 687 号）

ダムの施工技術特集

■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>

3DMC システムを適応したコンクリート舗装の事例

—スリップフォーム工法への情報化施工技術の活用例—

平 野 晃

舗装分野においても舗装の出来形管理だけでなく、施工機械の制御に GNSS や TS を利用する事により、設計どおりの構造物を成型する情報化施工システムが確立されつつある。このシステムは、熟練オペレータが減少していく中で、所定の品質確保の有効な手段であるとともに、施工の効率化も期待できる。今回、自動追尾トータルステーションを利用したスリップフォーム工法によってコンクリート舗装を行ったのでここに報告する。

キーワード：コンクリート舗装，スリップフォーム工法，3DMC，トータルステーション

1. はじめに

情報化施工とは、情報機器を利用し、施工管理や施工の合理化に活かす技術のことである。その中でもここ数年、三次元マシンコントロールシステム（3DMC）は、舗装業界において実用化され、飛躍的な進歩を遂げている。

近年の 3DMC には、① GNSS（Global Navigation Satellite System）とレーザを融合し、mm 単位の制御を可能にした mmGPS システムと、②トンネル内での工事のように閉塞された場所など上方視界の影響を受けずに施工可能な自動追尾式のトータルステーションを利用した制御システムがある。

これらのシステムは三次元の位置情報をリアルタイムに測定しながら施工を行い、省熟練化、生産性の向上、施工の合理化を推し進める面からも有力な手段になりうると期待されている。

情報化施工技術の活用として、3 年ほど前より mmGPS システムと自動追尾トータルステーションシステムを導入し、これらのシステムを適応した舗装技術の普及に取り組んできた。本文では、その中で、ライカ・ジオシステムズ社が GOMACO 社のスリップフォームペーパー専用開発した自動追尾トータルステーションによる 3DMC システムであるライカ LMGS-S（Leica Machine Guidance System-Slip Form Paver）についてシステム概要と構成を紹介するとともに同システムを導入して、連続鉄筋コンクリート版舗装、および、トンネル工事での普通コンクリート版舗装を行った施工事例について紹介する。

2. システム導入のメリット

従来工法と比較して、本システム導入により、以下のようなメリットがある。

- ①従来の制御用センサーロープ設置、丁張り設置工等の施工前準備作業が簡素化され、施工の効率化が図れる。
- ②舗装機械周辺、作業エリア内からセンサーロープ等の障害物が無くなり、作業の安全性が向上する。また、アジテータからの材料供給がスムーズになるため、生産性の向上が見込まれる。
- ③現場の設計データを基準として、機械制御から出来形管理までを行うので、データ共有化による施工の合理化が図れる。

3. システム構成

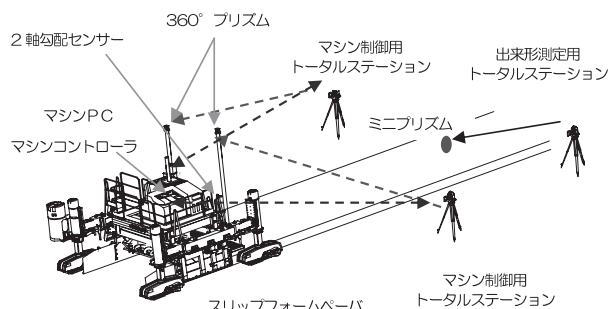
(1) システム概要

本マシンコントロールシステムは、スリップフォームペーパーのマシンフレーム左右にマストを立て、その先端部に 360°プリズムを設置する。そのプリズムを 2 台の自動追尾トータルステーションで、1 秒間に 5～10 回測定する。これらの測定値は無線モデムによってマシンに搭載されたマシン PC に送信される。また、同時にマスト下方に取り付けられた 2 軸勾配センサによって、マシンのモールドの縦横勾配に関する情報もマシン PC に提供される。

このように継続的にモールドの位置、高さ、勾配情報を使用して、実際（現時点での）のモールド位置、

高さ、勾配および進行方向が算出される。これらのモールドの実位置情報（位置、高さ、勾配）は、マシンPC内で3D設計モデルと瞬時に比較され、実際値と設計値の比較差（偏差）は補正值として、機械本体のマシンコントローラ（油圧制御用）へ送信し、油圧制御によって機械本体およびモールドを設計ライン上および基準面上に誘導されるシステムである。

本システムの概念を図－1に示す。



図－1 システムの概念

(2) 主なシステム制御機器

主なシステム制御機器を以下に示す。

(a) トータルステーション：TCP1201（3台）

機械制御用として2台のトータルステーションで自動追尾を行う。また、出来形測定用として1台のトータルステーションにて敷きならし高さおよび、仕上がり高さの測定を行う（写真－1）。



写真－1 トータルステーション：TCP1201

(b) スリップフォームペーバ

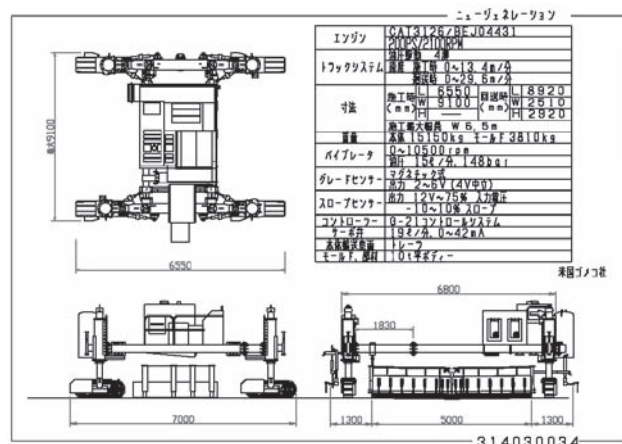
スリップフォームペーバ（GOMACO社 コマンダーⅢ GT-6300 ニュージェネレーション）の外観および仕様の概略を写真－2、図－2および表－1に示す。

(c) マシンコンピュータ（1台）

本システムの全ての制御を司るメインPCで、機械制御用トータルステーションからのデータ受送信のため、3台の無線モデムを備えている（写真－3）。



写真－2 スリップフォームペーバの外観



図－2 スリップフォームペーバの仕様の概要

表－1 仕様

エンジン	CAT3126/BEJO4431 200PS/2100RPM 油圧駆動 4脚
トラックシステム	速度 施工時 0～13.1 m/min 回送時 0～26.9 m/min
寸法 (mm)	施工時 L 6,550 × W 9,100 回送時 L 8,920 × W 2,510 × H 2,920 施工最大幅員：W 6,500
重量	本体：15,150 kg モールド：3,810 kg
パイプレータ	0～10,500 RPM
グレードセンサ	マグネチック式
コントローラ	G21 コントロールシステム
輸送車両	本体部：トレーラ モールド・部材：10 t 平ボディー車

(d) G21 マシンコントローラ

本装置は、スリップフォームペーバ本体に内蔵されており、マシンPCから送信された指令（補正值）を受け、前後左右の4つのトラック（クローラ）の高さ、進行方向を油圧制御するものである（写真－4）。



写真-3 マシンコンピュータ

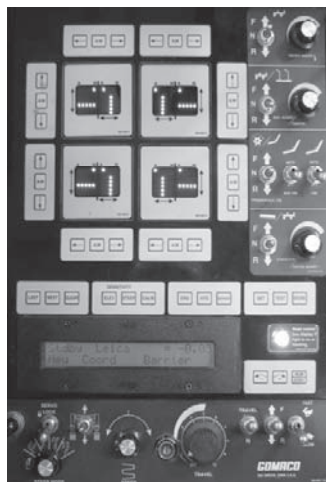


写真-4 G21 マシンコントローラ

(e) 2軸勾配センサ (2台)

モールドの縦断・横断勾配をリアルタイムに計測し、マシンPCにデータをリンクする (写真-5)。

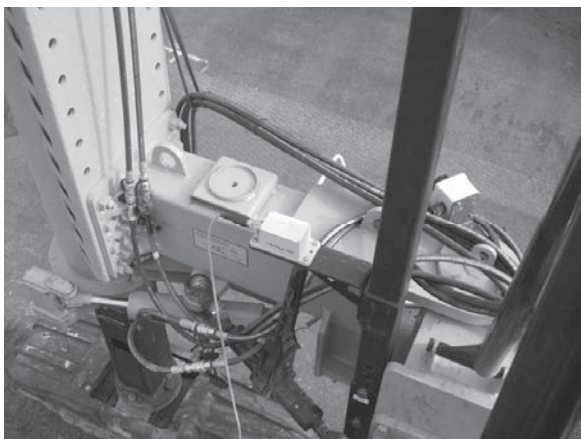


写真-5 2軸勾配センサ

(f) 360°プリズム (機械視準用×2台)

機械視準用のターゲットとして、マシンフレームの左右にマストを立て、その先端部に360°プリズムを設置する (写真-6)。



写真-6 360°プリズム

(g) 360°プリズム (後方交会用×3台)

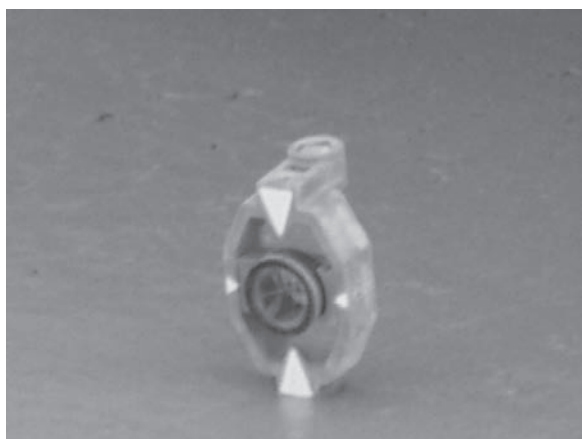
トータルステーションを任意の位置に設置する際に既知の基準点にプリズムを設置 (3箇所以上) して、トータルステーションの位置座標を測定算出する (写真-7)。



写真-7 360°プリズム

(h) 出来形測定用ミニプリズム (1台)

敷きならし直後、または打設完了後に舗装面上に設置して舗装の出来形を測定する (写真-8)。



写真—8 出来形測定用ミニプリズム

4. 明かり部の施工事例

本システムを用いたスリップフォーム工法による連続鉄筋コンクリート舗装の施工事例を以下に紹介する。

工事概要を表—2に示す。

表—2 工事概要

工 事 名	総社バイパス植木地区舗装工事
施工期間	平成 19 年 12 月 17 日～ 平成 20 年 1 月 30 日
施工場所	岡山県総社市植木地区内
工 種	連続鉄筋コンクリート舗装
使用機械	GOMACO 社 コマンダーⅢ GT-6300 ニュージェネレーション
施工幅員	4,215 ～ 4,325 m
施工延長	1,530 m
施工数量	6,500 m ²
施工厚さ	25 cm

(1) 施工準備

データファイルの作成

【設計データファイル】

システムを運用するには、計画設計データファイルが必要となる。データ作成には、① 3次元 CAD から設計データを作成する方法と、② Excel ファイルで設計データを作成、編集する方法がある。1 横断面のデータは最大 50 点、ファイルデータは最大 3,000 点とする。また、設計データは実際の施工幅員よりも幅広くデータを作成する必要がある。

今回の施工では、②の方法で 500 ポイントの設計データファイルを作成した。

【基準点データファイル】

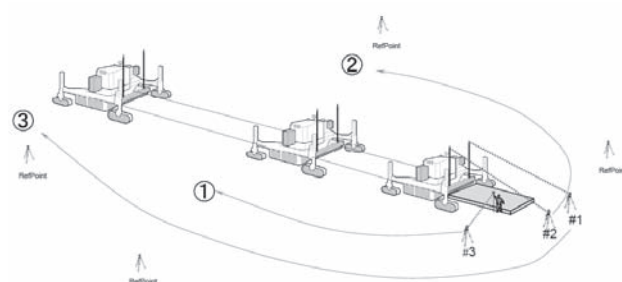
基準点データは、施工時に設置するトータルステーションの位置座標を確認するための基準点となり、施

工エリアを囲むように設置する必要がある。

今回の施工では、設計データファイルと同様な方法で 40 ポイントの基準点データファイルを作成した。

(2) 機器の据付

3 台のトータルステーションを機械制御用、出来形測定用に順番にローテーション（移動セットアップ）させることで、継続的にロングスパンの施工が可能となる。ここで、トータルステーションのターニングの概念を図—3に示す。なお、ターニング時の器械高さの誤差は、マシン PC の自動補正機能により処理される。また、機械据付上の留意点を以下に示す。



施工開始時：すべての TS を後方視準位置に配置。

- Part1：#3TS をマシン制御用に移動
#2TS を出来形測定用に切替え
Part2：#2TS をマシン制御用に移動
#1TS を出来形測定用に切替え
Part3：#1TS をマシン制御用に移動
#3TS を出来形測定用に切替え

図—3 TS のターニングの概念（#1, 2, 3）

【機器据付上の留意点】

- ① GPS のように上方視界に左右されないが、光波の視準を妨げる障害物等の影響を受けない位置に据え付ける。
- ② 施工条件、施工距離を考慮し、施工方向に対して、前方からの視準、後方からの視準を検討する。
- ③ 据付け地盤の悪い箇所は極力避ける。また、沈下、振動による三脚のずれ等に備え、定期的に水準を確認する。
- ④ 光波とマシンの最大操作距離は 100 m 程度（メーカー推奨値：150 m）を目安にターニング（盛換え）を行う。

(3) 施工

アジテータトラックで現場に搬入した生コンを本体のベルトコンベアで横取りし、本体に供給する。

本体部のモールドで生コンを所定高さに敷きならし成型後、本体に付帯するオートフロートにて表面仕上

げを行った。

施工状況を写真—9 に示す。



写真—9 施工状況

(a) 施工中の高さ調整および出来形確認

出来形測定用トータルステーションおよびハンドプリズムにて随時、敷きならし高さを確認する。施工開始直後、勾配変化点付近は十分に確認する必要がある。高さ方向の制御に関しては、制御の追従性は生コンの性状に依存するところが大きく、舗装高さを適宜測定確認し補正、調整操作を行う必要がある。打設時に円形水路等の構造物が設置してある場合は、現況構造物の高さを測定し設計データの入れ替えを行った。

写真—10 に測定状況を示す。

(b) 施工中の水平方向の制御

施工機械をスタート位置にセットすると設計ラインに対して、若干のずれが生じており、施工開始前にデータをオフセットし補正処理を行った。また、施工中も適宜成型後の水平位置を確認し、補正処理を行った。



写真—10 出来形測定状況

(4) 出来形測定結果

出来形測定結果を以下に示す。

①位置精度（設計ラインに対する精度）

水平方向に±10 mm 以内、高さ方向に±6 mm 以内の精度を確保した。

②舗装面の平坦性

平坦性は、 $\sigma = 1.0 \text{ mm}$ 以下（規格値： $\sigma = 1.8 \text{ mm}$ 以下）であった。

5. トンネル部の施工事例

本システムを用いたトンネル内部でのスリップフォーム工法による普通コンクリート版舗装の施工事例を以下に紹介する。

工事概要を表—3 に示す。

表—3 工事概要

工事名	平成 19-20 年度福井トンネル舗装工事
施工期間	平成 20 年 5 月 13 日～平成 20 年 6 月 13 日
施工場所	徳島県阿南市福井町貝谷～海部郡美波町田井
使用機械	1 層目) GOMACO シリンダフィニッシャ C-650 2 層目) GOMACO コマンダーⅢ ニュージェネレーション
施工幅員	4,250 mm
施工延長	1,278 m
施工数量	11,060 m ²
施工厚さ	25 cm

(1) 機器の据付

トンネル内部での施工は、閉塞空間であるため、トータルステーションの据付には、以下の点に留意した。

【機器据付上の留意点】

- ①カーブ（曲線部）の施工では、トータルステーションの追従性を考慮し、ターニング距離（盛換え）を 70 m 間隔とした。
- ②先行打設レーンでの施工は、材料搬入車両の通行などで、トータルステーションの追従を遮断する恐れがあるため、トータルステーションの設置には、専用のブラケットを製作し、トンネル地覆に固定した。
- ③間打ちレーンでの施工は、トータルステーションの追従性が良好であったため、三脚を使用して、トータルステーションの設置を行った。専用ブラケットによるトンネル地覆へのトータルステーションの設置状況を写真—11 に示す。

(2) 施工

アジテータトラックで現場に搬入した生コンを、1 層目施工では、シリンダフィニッシャ C-650 を使用して、所定厚さの 2/3 を敷きならした。



写真—11 トータルステーション設置状況

鉄網・目地金物設置後、2層目施工では、スリップフォームペーパーを使用して、本体部のベルトコンベアで生コンを横取りし、本体のモールド前部に供給する。本体部のモールドで生コンを所定高さに敷きならし成型後、本体に付帯するオートフロートにて表面仕上げを行った。

施工状況を写真—12に示す。



写真—12 施工状況

(3) 施工中の水平方向の制御

カーブ（曲線部）部の施工において、敷きならし成型後の舗装幅員が、直線施工部と比較して舗装幅員が減少する傾向にあった。これは、一旦成型された施工端部をモールド後端が削り取る状態で走行したことによるものである。カーブ部の施工では、これらの現象を考慮し、補正が必要である。

(4) 出来形測定結果

出来形測定結果を以下に示す。

①位置精度（設計ラインに対する精度）

水平方向に $\pm 10\text{ mm}$ 以内、高さ方向に $\pm 6\text{ mm}$ 以内の精度を確保した。

②舗装面の平坦性

平坦性は、 $\sigma = 1.0\text{ mm}$ 以下（規格値： $\sigma = 1.6\text{ mm}$ 以下）であった。

6. まとめ

位置精度および舗装面の平坦性測定結果から、所定の規格値を満足させる結果が得られた。よって、ライカ LMGS-S システムによるスリップフォーム工法は所定の出来形管理基準を十分に満足する舗装施工システムであると判断できる。

7. おわりに

情報化施工においては、「現場設計データの処理」「現場の現況測量」「基準点の位置決めおよび測量」「設計データと現況比較」等の施工前準備作業が、実施工での精度、効率を大きく左右する重要なポイントとなる。これらの処理には技術力が要求され、また、労力も要する。情報化施工導入により、作業の省力化・施工にかかわる省熟練化等の期待が大きい反面、新たな技術力、および人材養成等も要求される。また、コスト面での対比効果等、今後のシステム普及に向け、総合的な観点からシステム運用を検討していく必要がある。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 平野晃・関口峰・多田勝俊：3DMC システムを適応したコンクリート舗装の事例，舗装，43，pp.22-26（2008.8）

【筆者紹介】

平野 晃（ひらの あきら）
大成ロテック(株)
生産技術本部機械部
グループリーダー



IT 土工による造成地盤の性能評価

川崎 廣貴・長澤 正明

最先端の IT 製品が次々と社会に拡がっており、それを活用した造成地盤の土工事、いわゆる IT 土工が一般化しつつある。将来的には、IT 土工による施工情報を土木インフラの整備から維持更新段階まで活用できるように、造成地盤の変形強度特性という施工中の性能評価結果も IT 土工に取り込み、そのデータを供用時管理に引き継ぐことが重要と考えられる。この観点で IT 土工をより発展させるため、衝撃荷重を地盤に載荷して地盤剛性を計測する高精度の全自動地盤剛性評価システム SFWD を新たに開発し、その実工事への展開を図っている。

ここでは、初めに、近年ではほぼ確立している IT 土工の総合化システムを概説し、次に、新開発の全自動地盤剛性評価システム SFWD の概要と適用事例について紹介する。

キーワード：造成地盤，盛土，締固め，性能評価，IT，ICT，FWD，SFWD，変形係数，地盤剛性

1. はじめに

20 年前のスーパーコンピュータの計算速度は、現在のパソコン用の最先端 CPU であるクアッド型 CPU で発揮できるものとなっている。パソコンをはじめとする IT 製品は、日々より小型化・大容量化し、しかも高速化して安価となり、これに伴って社会に急速に普及した。企業や個人レベルにおいてはインターネットでの情報化がすっかり定着し、時間と距離に制約されないコミュニケーションが可能になっている。建設分野においても例外ではない。ICT を活用した情報交換速度が速くなることによって、生産形態の変化のテンポも速くなっている。

一方、「土工」という分野では、従前において施工を人力と土工機械のみに頼ってきたローテク最前線といえるものであったが、変化の速い ICT 化の潮流によりその流れを大きく変えてきた。建設プロジェクトの大型化によって、広範囲な面積で大土量・高盛土の施工を行う大規模造成工事が出現し、これに伴い戦略的でチャレンジングな ICT を活用した総合的な土工システムが開発され、実用化に至っている^{1) 2)}。

この総合的な ICT 技術の活用は、施工情報のリアルタイム処理とコンカレント化による情報の加工と共有をもたらしており、施工の高度化と効率化、および施工管理の確実性が可能になっている。

しかし、土木インフラ整備の基本を考えた場合、よ

り長期的な視点を持ったメンテナンスを見据えた ICT 化の実現も同時に求められている。すなわち、施工段階に把握した造成地盤の変形強度特性という土構造物の性能情報を、ICT でデジタル化して可視化し、それを供用後の管理・維持・更新に提供できるようにする。これにより、道路の舗装や設備などの更新時期との関係が把握できるようになり、メンテナンス時期の目安が立てやすいというメリットが出てくる。また、耐震性向上がより高いレベルで必要になった場合でも新たな詳細地盤調査の必要がなく、過去の施工時の性能情報に基づいた効率的な対応ができる可能性がある。

こうした観点から、設計・施工・維持更新を網羅した土工の ICT 化を目指すことが重要であり、この分野で今後ともさらなる進展が期待される。

ここでは、これまでに開発・実用化された ICT 技術と土工を総合的に組合せた IT 土工システムについて、現状を紹介するとともに、最先端の精密 ICT 技術を駆使して造成地盤の性能評価を行う SFWD について、その概要と適用事例を述べることにする。

2. 土工技術の課題

土工は、道路・空港や宅地などを造成するために行うもので、地山を切土掘削し、土を運搬して盛土する工事である。施工は、自然環境条件と地域性を強く受ける一品生産という形態であり、建設機械の大型化

による施工の効率化は従来からなし得たものの、ICTとの関係という点ではどちらかといえば遅れていた感があつた。

この工事の特徴は、単純作業の繰り返しであるが施工量が著しく大量で、他工種に比べて建設機械の役割が大きく、さらに、気象条件の影響を受けやすいということである。また、土と岩石を材料として盛土を築造することになるため、コンクリート構造物に比べて施工の程度による変形強度特性という性能品質でバラツキが大きくなりやすいという問題がある。

大規模造成工事においては、発生土を有効利用しながら大土量を高速施工し、作業手間の軽減と安全性の確保を結び付ける必要があり、同時に品質向上とコスト削減を図ることが重要な課題となっている。このためには、盛土材料のゾーニングを考慮した運土計画、盛土材の撒出し層厚管理と転圧回数管理、土工の出来形管理などにおける大量施工データの分析処理という一連のワークフローにおいてスムーズ性とスピーディ性が求められる。

一方、道路や堤防などの盛土の締固め管理は、従来から乾燥密度や空気間隙率による施工管理で一般的に行われている。しかし、これらの管理手法は、粘性土・砂質土・礫質土などの盛土材料に起因する土構造物の変形強度に関する性能特性が把握できないものである。巨大地震に対する耐震性や豪雨などの自然災害に強いという性能特性を直接的に施工管理できるようにするというのも課題である。これには、施工中に土構造物全体の変形強度という性能品質をより高い精度で明示できる技術の開発が必要と考える。

これらの課題を解決する手段として、単一の技術の採用に留まらず、ICT技術を総合的に駆使したものがIT土工であり、以下にその内容を報告する。

3. IT 土工の総合化システム

IT 土工の総合化システムは、図一1に示すように土砂搬入システム・敷均しシステム・転圧システム・性能評価システム（SFWD システム）・3次元CADシステム・情報コムシステムからなるものである。これらの概要は、次のとおりである。

①土砂搬入システム

多種類の搬入土砂を対象に土砂運搬用ダンプトラックを渋滞させることなく、盛土ヤードに適正に誘導する。入場管理にはIDタグが用いられる。

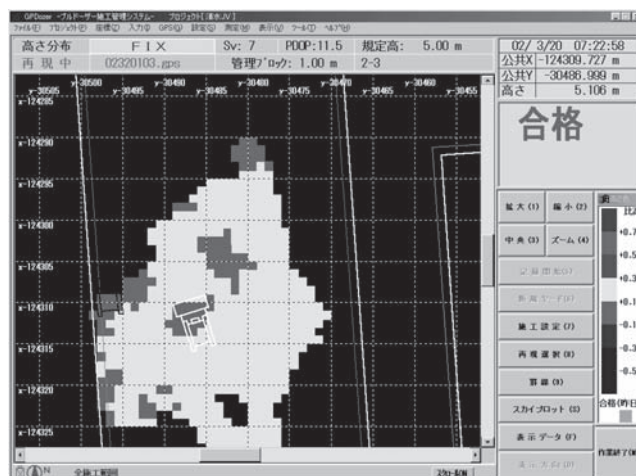
②敷均しシステム

ブルドーザにGPSを搭載して、施工エリアの敷均



図一1 IT 土工の総合化システム

し層厚を面的に管理する。ブルドーザキャビン内のモニタでは、図一2に示すように規定値に対する施工層厚のズレ量を平面表示で1m管理メッシュ毎に色別表示する。また、施工ナビゲーション機能により施工範囲を地図情報として表示して、施工エリアへの誘導を簡便化している。



図二 敷均し管理モニタリング

③転圧システム

写真一1に示すように、振動ローラにGPSを搭載して走行軌跡を解析し、盛土ヤードの転圧回数と施工層厚を管理する。転圧回数は、50cm四方の管理メッシュ毎に判定し、振動ローラのキャビン内モニタには、転圧回数に応じた色別状況がリアルタイムに表示され、オペレータはモニタを確認しながら所定の転圧回数になるまで転圧を繰り返す。転圧状況は無線LANで事務所にも転送され、事務所では転圧状況をリアルタイムに監視できる。



写真-1 GPS搭載振動ローラ

④性能評価システム（SFWD システム）

重錘落下により衝撃荷重を地盤に作用させて、その瞬間的な応答挙動から地盤剛性を評価する。計測は、パソコン制御の全自動で実施する。迅速な計測により、多点計測が可能で造成地盤の剛性が面的に評価可能となり、土構造物の性能品質が明示できる。この内容については、次章で詳述する。

⑤3次元CADシステム

出来形図面・土量計算・品質管理帳票の作成を自動化したものであり、土質別の切土数量やゾーニングを考慮した盛土数量、出来形図の作成等を容易に行う。3次元の地形モデルからは、任意断面における図面や鳥瞰図の作成、切盛土量の算出を行う。図-3は、施工中の出来形を3次元CG化したものであり、現地状況が3次元の視覚情報としてビジュアルに確認できる。

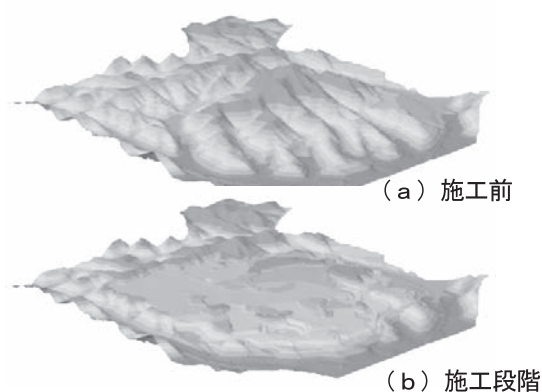


図-3 3次元鳥瞰図による施工状況把握

⑥情報コムシステム

最新の情報通信技術により、建設現場で取得した各種の施工情報などのデータを受発進する。土砂搬入ゲート、施工ヤードおよび現場事務所内は、無線LANによる高速データ通信を用いてネットワーク化

し、この通信網を利用することによって、ブルドーザや振動ローラの走行軌跡データなどの品質管理や土量管理データ、およびダンプトラックによる土砂搬入管理データなどの各種施工情報をリアルタイムに共有化できるようになる。施工者と事業者は、インターネットを経由して各種の施工情報をシームレスに共有することで、ペーパーレス化が図られる。

これらの土砂搬入から情報コムまでの各サブシステムは、相互に有機的な関連性を持たせることによって、施工情報のリアルタイム性とシームレス性が確保でき、これにより、施工の高度化と効率化をより加速できる。データベース構築においては、施工結果から得られる管理データの帳票化を進め、適切な状態でデータを集合化して、ボトルネックが生じないように施工情報の一次処理を行うとともに、これが想定される箇所においては情報の滞りを解消できる対策を講じておくことが重要である。

IT土工の総合化においては、サブシステム間の関係によって高いメリットが得られるものを関連付け、全体的な作業の流れを作る必要があり、これにより効率化が高められる。さらに、建設現場での作業効率を考えた場合、設計・現場施工・工事管理・データ整理・報告書・承認というプロセスを考慮したワークフローのコンカレント化を進め、業務のスピーディ性を図ることも重要と考える。

4. 造成地盤の性能評価システム「SFWD」

道路舗装や建物基礎などの設計・施工においては、支持力確保や残留沈下防止をより確実なものにすることが求められている。この観点から路体や路床などの造成地盤の性能評価が重要となっている。また、性能設計への移行の流れを踏まえて、構造物を合理的に最適化できる信頼性設計の考えを同時に取り入れて行く必要がある。これに対応するためには、施工現場において地盤の変形強度特性という性能品質をより直接的に多数かつ精度良く調査できる計測手法が求められる。この手法を実用化することにより、大量の施工データの取得と同時に統計処理が可能となり、安全係数への反映が可能になる。さらに、設計検証や維持更新での重点箇所の設定などに活用できるため、設計・施工から維持更新段階において土構造物の総合的な合理性がより高められると考える。

筆者らは、舗装診断用のFWD計測機における簡便な計測原理に着目し、独自に自動化や省力化などの考案を行い、高精度に地盤剛性が得られる全自動地

盤剛性評価システム「SFWD (Super Falling Weight Deflectometer) システム」を新たに開発し、これを建設工事に適用している。本システムは、平板載荷試験と等価な地盤剛性を得ることができるとともに、計測作業の迅速・簡便化により適正な施工状態の検証を効率良く行うものである。本システムでは、計測の全自動化により、一日あたり 50～100 点程度を測定でき、さらに、計測データを即時解析するため、オンサイトで面的な地盤剛性の評価が実現できる。この高精度の評価を現場に適用し、リアルタイムに状況を把握しながら施工できるので品質確保も容易に行うことができる。本システムは、地盤の衝撃荷重応答のデータを 1/10,000 秒単位で高精度に高速サンプリングし、それを瞬時に解析評価して GPS と連動させている。まさに、最先端の精密 ICT 技術の結集となる IT 土工のサブシステムとなっており、しかも面的評価で迅速に地盤性能を可視化できるものとして今後の発展が期待される。

ここでは、初めに、地盤技術の評価技術の全般を概説し、次に、SFWD のシステム概要と適用事例について述べる。

(1) 地盤剛性の評価技術

地盤剛性を評価できる技術としては、表—1 に示すように変位を直接的に評価して剛性を求める方法（平板載荷試験・現場 CBR 試験・FWD・小型 FWD・SFWD）と、加速度指標値の換算から間接的に剛性を評価する方法（簡易支持力測定器・ローラ加速度法）がある。載荷板径は調査地盤の土質の最大粒径の 3 倍以上に設定する必要があること、および得られた計測値は原地盤の計測面から載荷板径の 2 倍以内の深度までの地盤状態を反映したものと評価することである。

平板載荷試験は、表—1 に示すようにもっとも一般的な試験法であるが、本試験では大きな反力装置が必要であり、しかも 1 点あたりの計測に数時間を要するため、手間と時間が掛かるという問題がある。一方、

加速度指標値を用いる間接法は、簡便ではあるが適用地盤範囲と精度的な面に難点がある。例えば、ローラ加速度法は、あくまでも振動ローラの振動輪加速度を利用したものであり、転圧中の振動輪接地面積が同一にならないという計測境界条件のバラツキの問題があるため、地盤剛性の大きな目安値を調査する場合に適用されている。

FWD と小型 FWD では、重錘を同一高さから 6 回程度落下させて地盤剛性を求めることが標準的に行われている。この 1 回目載荷は端面誤差解消用の予備載荷となっており、これにより地盤には荷重履歴が加えられたことになる。このため、2 回目以降の剛性は再負荷による繰返し載荷の剛性となり、平板載荷試験の K 値として求められている単調載荷時の荷重変位挙動とは、本質的に異なったものになっている。

SFWD システムは、FWD の原理を利用したものであるが、載荷方法はこれと異なるものである。すなわち、漸増荷重の連続的な多段階載荷を実施し、この荷重変位関係の増加勾配を地盤剛性と定義している。このため、平板載荷試験の単調載荷の結果から求める K 値と等価なものが得られやすく、地盤剛性の良否をオンサイトで瞬時に判断しやすいという特長を有している。また、計測可能な最大変位は 30 mm に設定しており、既存 FWD の最大変位が 2～5 mm であるのに比べて、変位計測レンジが大きく、地盤の荷重変位挙動の取得範囲がより広いものとなっている。

(2) システム概要

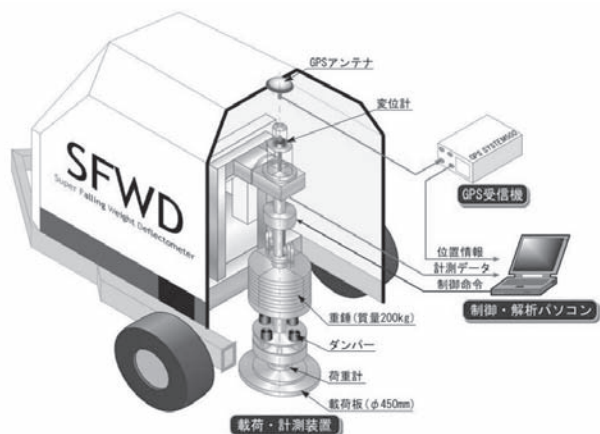
(a) システム仕様

本システムは、重錘落下による急速載荷法により地盤面に最大 90 kN の衝撃荷重を作用させ、そこから得られる荷重と地盤の変位量から地盤剛性を面的に解析・評価するものである。この特長は、地盤剛性を迅速・簡便・高精度に評価するオンサイト型全自動計測システムになっていることであり、これにより、地盤剛性の計測作業を大幅に合理化でき、効率的な施工と性能品質確保の簡便性を実現することができる。

表—1 地盤剛性の評価技術一覧

剛性評価法		項目	計測項目	変位精度	載荷板径 (mm)	予備載荷履歴	K 値算定法	K 値との相関性
直接法	平板載荷試験	変位荷重	高	φ 300～φ 750	なし	—	—	—
	現場 CBR	変位荷重	高	φ 50	なし	換算式	礫質土で低	
	FWD	変位荷重	高	φ 300～φ 450	あり	繰返し域を利用	中	
	小型 FWD	加速度荷重	低	φ 100～φ 300	あり	繰返し域を利用	やや低	
	SFWD	変位荷重	高	φ 300～φ 450	なし	平板試験と等価	高	
間接法	簡易支持力測定器	加速度	—	φ 50	あり	換算	極低	
	ローラ加速度法	加速度	—	ローラ幅	なし	換算	低	

このシステムは、図—4に示すように载荷機能と荷重および地盤の変位量を計測する機能を一体化した载荷・計測装置、GPS受信機、それら装置をコントロールし計測結果を解析して地盤剛性を評価する制御・解析パソコンにて構成している。表—2にシステム仕様を示す。



図—4 SFWDシステムの計測装置概念

表—2 システム仕様

項目	仕様
重錘質量	200 kg
最大落下高	300 mm
最大衝撃荷重	90 kN
载荷板直径	φ 450, φ 300
衝撃荷重計測	ロードセル
変位計測	磁歪& LVDT センサ
変位測定レンジ	0 ~ 30 mm
計測時間	5 ~ 10 分 / 点

(b) 地盤剛性の計測法

本システムにおける計測状況を写真—2に示す。地盤剛性の計測は、一般に次に示す手順で行われている。

①所定の計測位置にSFWDシステムを誘導する。



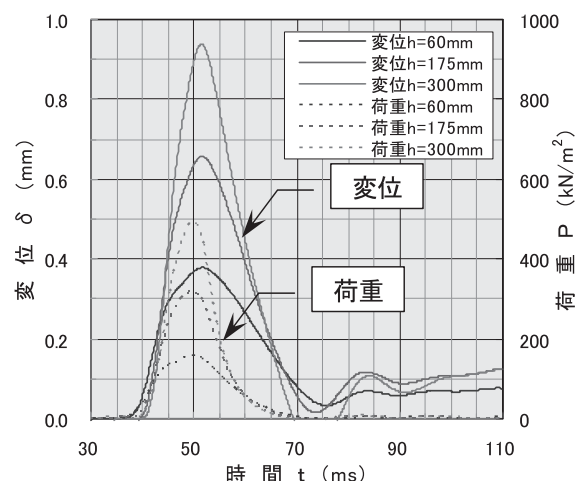
写真—2 SFWDの計測状況

- ②制御・解析パソコンには载荷条件を設定しておき、所定の計測位置で計測開始ボタンをクリックする。
- ③载荷・計測装置はパソコンからの指令を受けて、設定された载荷パターンに基づき質量 200 kg の重錘を任意の高さからダンパーに連続的に落下する。なお、最大落下高は 300 mm である。
- ④衝撃荷重はダンパーを介して地面に接した载荷板に作用し、この時の衝撃荷重は载荷板上部の荷重計で、地盤の変位は载荷板に直結した装置上部の2種類の変位計で計測する。
- ⑤計測した連続多段階载荷による荷重と変位の関係から、地盤剛性解析に必要な変形係数を算出し、これらにGPS計測の位置データを合成して、データを記録し、载荷・計測装置を収納する。③～⑤の計測は全自動で行われる。
- ⑥計測点のデータが蓄積された段階で、面的な地盤剛性の評価を独自に開発した地球統計学による空間推定法（クリギング）を用いて造成地盤の剛性分布などを把握する。

(c) データ処理法

SFWD 計測では、質量 200 kg の重錘を落下高の漸増によって衝撃荷重を多段階で連続的に大きくしながら地盤に作用させ、その連続変位を取得することで地盤剛性を評価する。最大落下高 300 mm 時の最大荷重は約 90 kN となり、これを衝撃的に地盤に負荷することができる。

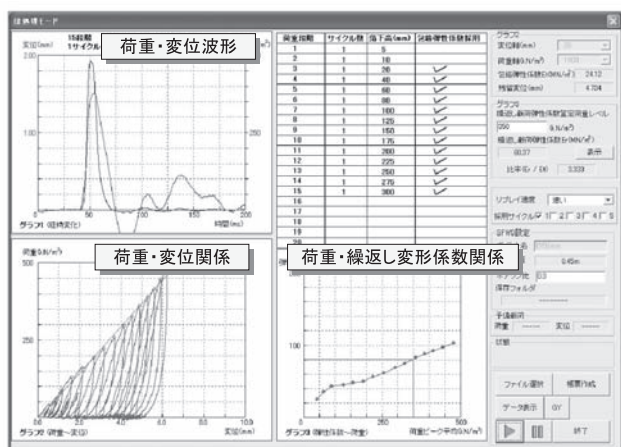
図—5には、落下高さを $h = 60, 175, 300$ mm として $\phi 450$ 载荷板を用いた場合の衝撃荷重と地盤変位の経時波形を示す。同図に見られるように衝撃荷重の载荷は、起点からピーク点までが約 0.01 秒であり、凸状で極めて衝撃的に作用する。荷重の減衰は载荷時に比べてやや長くなり、ピーク点から約 0.02 秒で



図—5 SFWDの変位と荷重の経時波形

零となる。一方、地盤変位は荷重ピーク点に対してやや遅れてピーク点が現れ、減衰後の載荷終点以降はやや揺れながら残留変位状態に収束する。落下高 $h = 300 \text{ mm}$ の載荷終点付近では変位が負値となっている箇所があるが、これは平板がわずかに跳ね上がる現象を示している。

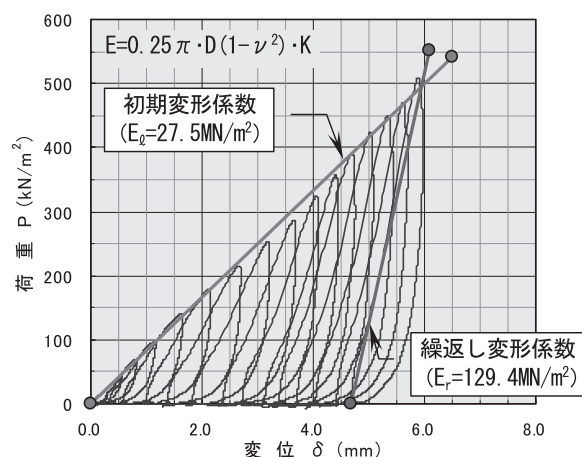
図—6 は、SFWD のパソコンの計測結果解析画面を示している。同図に示すように荷重・変位波形、荷重・変位関係、荷重・繰返し変形係数関係が計測と同時にリアルタイムに表示され、地盤剛性を瞬時に把握できるようになっている。



図—6 SFWD の計測画面

図—7 には、室内において同一締固め程度の礫質土地盤を作製し、これに対して落下高を連続的に漸増させる多段階載荷試験を実施した結果を示す。同図において各荷重段階のピーク点を結んだ線を初期剛性、各荷重段階の起点からピーク点を結んだ線を繰返し剛性と定義し、これから求められる変形係数をそれぞれ初期変形係数と繰返し変形係数と定義している。

同図より、多段階載荷による各段階の荷重ピーク点



図—7 SFWD 計測による多段階載荷挙動

を結ぶライン（初期変形係数）は、通常の平板載荷試験から得られる単調載荷時の荷重変位曲線に類似している。これと平板載荷試験の支持力係数 K 値から求める変形係数との相関を採ることにより、SFWD 計測点において平板載荷試験とほぼ等価な支持力係数や変形係数という計測値を得ることができる。

なお、変形係数 E は、地盤の平板載荷条件による支持力係数 K 値との関係式 (1) から算定している。

$$E = 0.25 \pi (1 - \nu^2) D \times K \quad \cdots \cdots (1)$$

ここに、 ν : ポアソン比

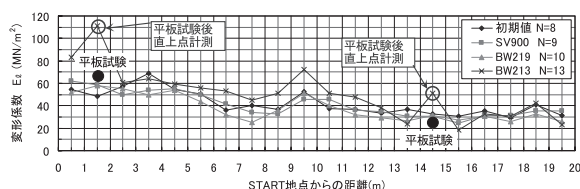
D : 載荷板径

(3) 平板載荷試験との関係

図—8 には、最大粒径 $D_{\max} = 300 \text{ mm}$ の礫質盛土の土工事現場において、振動ローラによる所要転圧後の 1 転圧レーンを対象にして、SFWD 計測による地盤剛性の分布調査を実施したものである。締固め仕様は、施工層厚 60 cm 、転圧回数 8 回であり、所要転圧後の RI 計測結果の平均値は、乾燥密度 $\rho_d = 2.18 \text{ g/cm}^3$ 、含水比 $w = 4.6\%$ であり、締固め度 $D_c = 95.5\%$ である。



(a) SFWD の転圧レーン計測方法



(b) 転圧に伴う変形係数の変化

図—8 SFWD と平板試験の転圧レーン比較

転圧レーンにおける SFWD の変形係数の分布傾向は、所要の 8 回転圧後の初期値と振動ローラによる転圧回数増加後の値がほぼ同様の傾向であり、平板載荷試験による変形係数と比較的良好な相関性が見られ、かつ転圧回数増加による SFWD 計測の再現性も高い。

図—9 には、平板載荷試験との載荷挙動を示すが、両者は極めて類似した曲線を描くことが明らかである。

図—10 には、平板載荷試験と SFWD との相関度合いを示すが、相関係数 r は $r = 0.870$ であり、両者には極めて高い相関性があることが明らかである。

図—11 には、SFWD による計測結果を平板載荷試

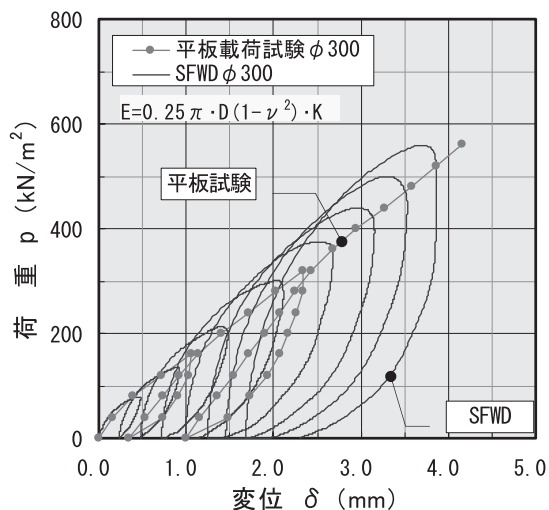


図-9 SFWDと平板試験の荷重挙動

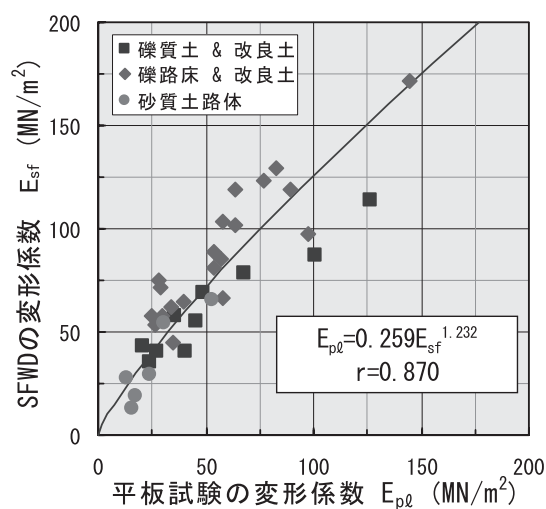


図-10 平板とSFWDの変形係数の関係

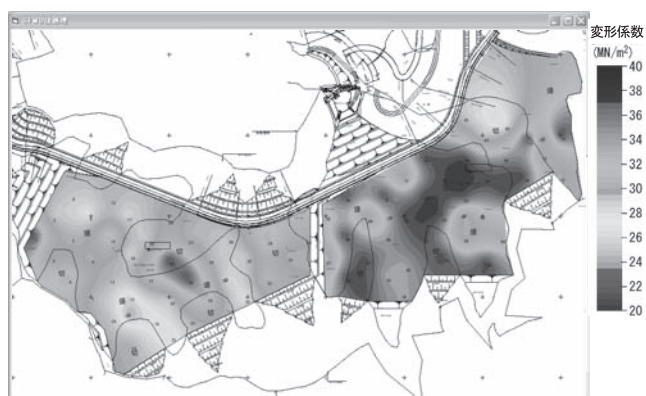


図-11 面的地盤剛性の評価例

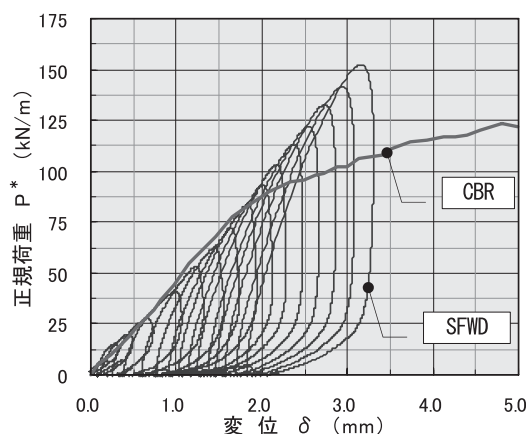
験のK値に換算し、造成地盤の面的な変形係数を評価したものである。このように、ICT技術を単に施工の確実性や効率化に適用するのみではなく、性能品質把握にも適用できる段階に来ており、IT土工のさらなる発展が期待できる状況となっている。

(4) 現場 CBR 試験との関係

建設現場の礫質土路床などにおいて現場 CBR 試験を行い、SFWD との相関を調査すると、CBR 試験の荷重ロッド径 $\phi 50 \text{ mm}$ の影響で現場 CBR 値にバラツキが生じて両者の相関性が低くなる。このため、室内の大型土槽を用いた実験により材料の影響による CBR 値のバラツキを小さくして SFWD と比較することとし、碎石と硅砂を用いて締固めた状態の地盤条件で、現場 CBR 試験と SFWD の計測を行った。なお、CBR 値の広いデータ幅で相関傾向を把握するため、締固めエネルギーは $0.5E_c \sim 4.5E_c$ で調整した。

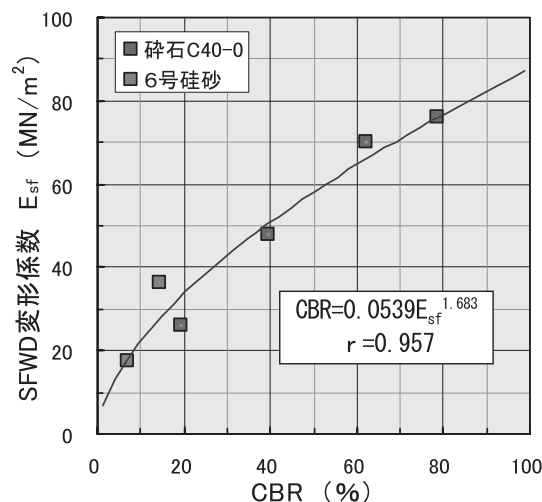
図-12には、現場 CBR 試験値と SFWD の荷重挙動関係を同時に示す。同図より、変位 2.0 mm 以下で両者は極めて類似した曲線を描き、SFWD 結果から CBR 値が十分推定可能であることが分かる。

図-13には、現場 CBR 試験の CBR 値と SFWD の変形係数 E_{sf} との相関度合いを示す。同図より、CBR 値と SFWD の変形係数は累乗近似状態で表すこ



注) 正規化荷重 $P^* = P \times 0.25\pi \cdot D(1-\nu^2)$

図-12 SFWDとCBR試験の荷重挙動

図-13 CBRとSFWD変形係数 E_{sf} の関係

とができ、その相関係数 r は $r = 0.957$ であり、両者には極めて高い相関性があることが明らかとなった。

したがって、SFWD の変形係数を用いて精度良く CBR を推定することができるものと考えられる。

(5) SWS 地耐力との関係

産業団地造成工事における造成仕上げ盤において、SFWD 計測とスウェーデンサウンディング試験 (SWS 試験) を実施し、両者の結果を比較した。この工事での SFWD 計測は載荷板 ϕ 300 mm で実施している。計測対象とした造成地盤は、まさ土材料による盛土仕上げ盤とまさ土地山の切土仕上げ盤の 2 種類である。SWS 地耐力 q_a は、SWS 試験の結果を基に国交省告示第 1113 号の式 $q_a = 30 + 0.6 N_{sw}$ を用いて深度別に平均地耐力 q_a を求めたものである。

図—14 は、SFWD 変形係数 E_{sf} と SWS 地耐力 q_a の相関度合いを示している。同図の SWS 地耐力は、深度 $z = 0.75$ m までのものであり、載荷板径の 2.5D までは SWS 地耐力との相関性が良いという結果が得られている。同図中に示す $q_a = 21.65E_{sf}^{0.549}$ の相関式により、SFWD を用いて精度良く地耐力を評価する

ことができると考えられる。

図—15 は、SFWD による計測結果を SWS 地耐力 q_a 値に換算し、造成地盤の面的な地耐力を評価したものである。これにより、SFWD が広範囲の施工領域の地盤剛性と地耐力を高精度に評価する手法として効果的であることが明らかである。

5. おわりに

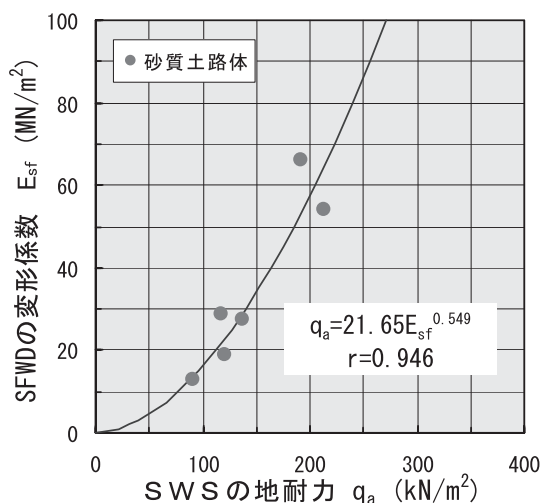
ICT は時間と空間的距離を克服するものであるため、建設現場において既存業務の枠組みをブレークスルーし、そのあり方を変える手段として好適なものである。一方、土構造物においては、巨大地震に対する耐震性や豪雨などの自然災害に強いという安全・安心な土木インフラ造りが求められている。これには施工における高い性能品質の確保はもちろんのこと、過去に遡った際にはトレーサビリティによる施工履歴と性能品質の可視化ができ、後から設計検証を可能にする技術が重要になる。

こうしたニーズに効率良く応えるには、建設現場の ICT 化がもっとも近道と考える。この方法論としては、現場の最適性を考慮してシステムに柔軟性を持たせ、かつ、現場作業員の情報化対応能力を向上させながら、従前手法からの脱皮を図り、建設技術の高度化を目指していくことが求められる。

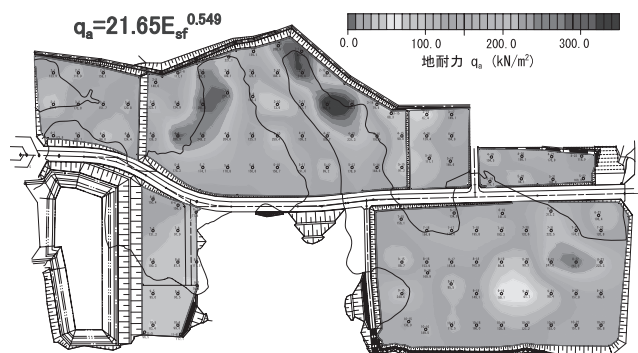
さらに、SFWD のように土構造物の性能評価を建設現場で迅速・簡便に行い、適正な性能品質の検証を効率良く行い、地盤剛性という施設構造に直接影響する変形強度特性の良否を判定し、早期の施工フィードバックを実施することで造成地盤への品質保証がより明確化できると考える。

SFWD の計測時間は、計測移動距離と SFWD の荷重段階にもよるが約 5～10 分/点程度であり、平板載荷試験や現場 CBR 試験の計測で数時間を費やしているのに比べて著しく短い。この点で言えば、地盤剛性の調査には時間とコストが掛かるという、既存概念に変革をもたらすのに十分なものとする。将来的には、造成地盤の性能品質が保証できるように、地盤剛性と密度の併用管理が土構造物の施工管理におけるあるべき姿であるとする。

IT 土工システムは、最新 ICT 技術の活用と土工に求められるべきニーズを意識して、ブラッシュアップを加え最先端の高度化システムとして今後も進化させていく考えである。建設現場というフィールドで ICT 化を図るためには、建設現場で実際に利用する立場からの意見とより広い分野の知識までを集約し、これを



図—14 SFWD と SWS 地耐力の関係



図—15 面的地耐力の評価例

システムに総合的に反映させ、課題を解決して行く視点が必要であり、知恵と戦略および努力を傾注することが求められる。

本システムは、造成地盤の要求性能に対して確実な施工を工事管理面で保証でき、デジタル化で可視化された施工情報を供用後の管理・維持・更新に役立てることができるものを目指しているが、これに限らず、建設技術と ICT 技術をマッチングさせた情報化施工が、今後ともさらに発展することを期待するものである。

最後に、本報告が土工現場や供用時メンテナンスの際の ICT 活用において、何らかの参考になれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 小林・片寄・板垣・竹野・川崎：IT 土工システム DREAM - 第二東名における大規模土工の合理化施工法 -, 土木施工, 42 [1] (2001.1)
- 2) 板垣・川崎：大規模高盛土の合理化施工に挑戦 - 盛土 460 万 m³ の高速施工と管理精度の飛躍的向上を実現 IT 土工システム「DREAM」-, 土木学会誌 (2002.1)
- 3) 土木学会：FWD および小型 FWD 運用の手引き, 舗装工学ライブラリ 2 (2002.12)
- 4) 川崎・皿海・龍岡・平川：地盤剛性全自動評価システムにおける地盤剛性計測法, 土木学会第 59 回年次学術講演概要集 (2004.9)
- 5) 皿海・川崎・龍岡・平川：地盤剛性全自動評価システムの室内試験による精度評価, 土木学会第 59 回年次学術講演概要集 (2004.9)
- 6) 川崎・皿海・長澤・龍岡：地盤剛性全自動評価システム (SFWD) による礫質盛土の地盤剛性評価, 第 41 回地盤工学研究発表会講演集 (2006.7)
- 7) 川崎・土屋・長澤・龍岡：地盤剛性全自動評価システム (SFWD) による改良土地盤の地盤剛性評価, 第 41 回地盤工学研究発表会講演集 (2006.7)
- 8) 堀田・長澤・川崎・龍岡：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) による空港造成地盤の剛性評価, 土木学会第 62 回年次学術講演概要集 (2007.9)
- 9) 川崎・長澤・龍岡・平川：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) と現場 CBR 試験との相関性, 土木学会第 62 回年次学術講演概要集 (2007.9)
- 10) 杉本・長澤・川崎・村松：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) による空港造成泥岩地盤の剛性評価, 第 43 回地盤工学研究発表会講演集 (2008.7)
- 11) 岩村・川崎・長澤・杉本・田崎：全自動地盤剛性評価システム (SFWD) による産業団地造成地盤の剛性と地耐力評価, 第 43 回地盤工学研究発表会講演集 (2008.7)

【筆者紹介】

川崎 廣貴 (かわさき ひろたか)
清水建設㈱
土木技術本部先端技術部
担当部長



長澤 正明 (ながさわ まさあき)
清水建設㈱
土木技術本部先端技術部
課長代理



ロボット無人化施工研究の道程

—エレクトロニクス総プロからロボット総プロへ—

久 武 経 夫

建設ロボットと情報技術の融合を課題としたロボット総プロが終了し、従来の施工機械単体の自動化から、施工と機械を一体化した IT 施工実現の基礎が固まった。内閣府連携施策群「次世代ロボット」のプラットフォームの整備など、従来研究と試作に止まっていた建設系ロボット実用化への基盤が整った。この基盤を背景に、1970 年代に始まった建設ロボットの研究が、情報技術との融合によって新しい展開を始めた。

機械と情報の融合は、エレクトロニクス化された調査、設計、施工、維持管理作業の統合および情報の相互有効利用による効率化、コスト縮減、品質向上を標榜した「エレクトロニクス総プロ（1983 年～1987 年度）」に源流がある。

屋外作業機械での設計と施工融合のロボット化のキーテクノロジーである位置認識システムは、誘導（磁、光波、画像）、地磁気センサ、レーザ方位、光波測距器、ジャイロスコープ、ミリ波灯台を経て GPS 利用に到達した。GPS の高機能化と光学系センサとの複合利用が相俟って、屋外作業ロボット化の未来が見えてきた。既存の GPS 衛星を眺望できない山陰やビル陰を補うための準天頂衛星も総プロの枠の中で研究されている。

施工機械の高度化と、調査・設計・施工・保守のライフサイクル情報統合を企図した情報化施工を支える技術として、GIS（地理情報システム）、3D-CAD、GPS—光学系センサによる 3 次元位置情報、情報処理技術（IT）、情報と施工機械の制御系を直結した自動運転技術がある。

ロボット総プロで開発された、情報と直結して動く掘削積込機械のロボット化実現に続く展開は、施工全体のロボット化である。本稿では、エレクトロニクス総プロ以来 30 年の間に施工現場全体の統合化を試みた研究の道程を振り返り、今後の展開への一助としたい。

キーワード：総プロ、IT 施工、建設ロボット、位置認識、GPS

1. 建設機械のロボット化と作業のシステム化

土木施工機械の操縦系へのエレクトロニクス導入は、1967 年水中ブルドーザが嚆矢とされている。以来、遠隔操縦、自動化、ロボット化など建設機械へのエレクトロニクス導入が 50 年を迎えようとしている。

建設機械の高度化は、鉱山や荷役分野で先行している。1960 年代には、製鉄所の溶鉱炉近傍で稼動する機械にラジコン建機が使用された。土木分野では、転圧機械（ランドフィルコンパクト（1980 年））、地盤調査機械（1983 年）、振動ローラ（1987 年）、ダンブトラック（誘導式 1980 年、ジャイロ方式 1985 年、GPS 方式 2005 年）の開発が行われた。表—1 に、機能の概要を示す。同表は、作業全体がロボット化された施工現場のイメージ図を開発、作成された年代順に列記したものである。

遠隔操作型建設機械が人間に代わって全作業を行うロボット施工は、従来、鉱山での採掘や運搬、大型ダ

建設総合技術開発プロジェクト（総プロ）

建設技術に関する重要な研究課題のうち、特に緊急性が高く、対象分野の広い課題を取り上げ、行政部局が計画推進の主体となり、産学官の連携により、総合的、組織的に研究を実施する制度として、1972 年度（昭和 47 年度）に総合技術開発プロジェクト（総プロ）が創設された。現在までに 60 テーマが採りあげられ、建設機械の高度化に関わるテーマとして、① 1983～1987 年度：第 2 次総プロ「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発（エレクトロニクス総プロ：エレクトロニクスを用いて建設技術の高度化と効率化を図るための未来展望の策定）」、② 1990～1994 年度：建設事業における施工新技術の開発、④ 1996～1998 年度：統合情報システム活用による建設事業の高度化技術の開発、⑤ 2003～2007 年度：ロボット等による IT 施工システムの開発、⑥ 2003～2007 年度：準天頂衛星による高精度測位補正に関する技術開発、がある。

<http://www.mlitt.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/soupro.html>

表一 群管制型無人化施工システム例

年	システム名	自動化機械	位置・姿勢認識	衝突防止	群管制の対象機種	IT融合	無線種別 データ内容	段階	誘導方式	長所	短所	開発主体
1980	鉦山 運搬システム	ダンプ トラック (I)	電磁誘 導線方式	通過センサ	ダンプトラック、 複数可	無し	使用せず	デモ投入	経路上に誘導線を配置し、誘 導電波を検知しながら走行	工場、倉庫等で実績有 シブル、汎用製品で確実	レイアウトの変更困 難、変化する現場 に不向き	コマツ
1982 1983	道路 施工システム	コンパクタ	地磁気センサ +車輪エンコーダ	超音波+ 距離ハルス	コンパクタ 5台	無し	ラジコン用 制御信号	機能実 験/1台	遠隔操縦による絶対位置補 正	汎用機器使用で廉価 拡張性がある	耐環境性評価、電 波到達距離未実証	東京大学 フジタ CAT
1985	エレクトロニクス総プロ	複合	電波灯台	電磁波		有り		コンセプト	自動及び管制室より遠隔操 縦	掘削・積込・運搬等作業 全体の統合化	机上の検討で細部 の検証未	国土交通省
1985 ～ 1987	RCDダム 施工システム	振動ロー	光波式位置 認識装置	無し	振動ロー 5台	転圧エリア 分担	400MHz 制御信号	現場実 験/1台	地上と車面に光波距離計と 自動追尾装置搭載、相互の 距離と水平移動角を測定	高精度位置測定、山間 部等 GPS で対応不可な 空間でも使用可	光波追尾装置が高 価、設置部直下等 死角対応が必要	宮ヶ瀬ダム工事事 務所 三菱重工(株)
1990	技術開 発の ビジョン	ダム 堤体 土工	運搬、巻出、 転圧、養生 掘削、積込、 運搬、転圧	光学式誘導 基準点、他	全作業機械	全体監視の み	制御、ヘリ情 報入手	コンセプト	掘削等は遠隔操縦、打設・養 生は半自動、プラントは全自動	全工事の集中管理で生 産性向上を図れる	工程毎の機械の入 替等段取の無人化	建設技術開 発会議/国土交 通省
				不詳	全作業機械		無線 LAN アペンドメント	コンセプト	中央制御室から土工情報管 理、建機の遠隔操縦支援	同上	掘削・積込・押土作 業は遠隔支援要	
1984 ～ 1991	鉦山 運搬システム	ダンプ トラック (II)	ジャイロ+距離 ハルス+路側 定点補正	超音波、相 互無線通信	ダンプ 2台+有 人オペレータ	無し	微弱電波	実用化	機械式ジャイロコンパスと路側定 点との距離測定	外部誘導装置が簡略 搬送路変更が容易	誤差が積算される ため定期的な補正 必要	日鉄鉱業(株) CAT、慶応大学
1989 ～ 1993	ロボテック研究所 実験システム	複合	電波灯台方 式	リレーレーザ	複数ダンプトラ ック+積込機 械	無し	70GHz 帯 ミ波	ワゴン車 で現場 実験	複数の電波灯台からの受信 波の距離と角度を測定する	レイアウト変更可 対物センサは計測距離が 長い	ミ波高出力デバイ スの開発、路面凹凸 等認識装置開発	基礎技術研究 促進センター
1994	建設車両自動 運転システム	ダンプ トラック	ジャイロ+ 距離ハルス+ コーナキューブ	CCDカメラ+ 画像解析	複数ダンプトラ ック	無し	無線	ワゴン車 で現場 実験	有線通信網と無線アクセ スポイントの複合システム	コーナキューブが廉価で確 実、誘導理論が確立し ている	移動経路が確定す る運搬機械以外へ の展開が困難	民間組 筑波大学
1994 ～	防災工事 無人化施工	全機械	GPS	カメラ映像目 視、超音 波、他	無し、原則個 別遠隔制御	転圧作 業有り	400MHz 1,2,2.4,5.0 GHz他	実用化	個別の遠隔制御、転圧機械、 ダンプトラックの、ロボテックの無 人走行実績有り	蓄積した技術の活用 無人化施工の実績 行政の支援	完全自動への展開	国土交通省 建設無人化施 工協会
～ 2002 ～	鉦山 自動運搬システム	ダンプ トラック (III)	GPS	ミレーレーザ、 他	複数ダンプトラ ック+積込機 械	無し	2.4GHz 無線 LAN	実用化	複数の衛星からの信号によ って位置と移動距離・方向を 測定する	屋外の現場向き 基準局の併用で高精度 な位置計測が可能	必要数の衛星を捕 捉できない場所、 時間帯が存在する	住友大阪セメン ト CAT コマツ
2008	ロボテック総プロ	油圧 ショベル	GPS、傾斜計 3次元計測 センサ		積込機械+運 搬機械、他	融合が 原則	2.4GHz 無線 LAN	基礎実 験	施工情報に基づく動作計画、 施工状況の 3次元情報	施工情報と機械の融合		土木研究所 東京大学

ム施工、潜函工法など危険、苦渋を伴う作業で採用または研究されていた。この工法が、1994 年雲仙普賢岳の災害復旧工事で本格的に導入され、以来、北海道有珠山、三宅島、中越地震など、災害復旧や救援作業で多用されている。無人化施工を実現するために、施工法の変更、新作業機械の開発、機械の状態（位置、姿勢）や現場地形などの計測技術が一般化した。これらの成果が、転圧機械、積込機械、運搬機械などの自動化研究へと展開している。

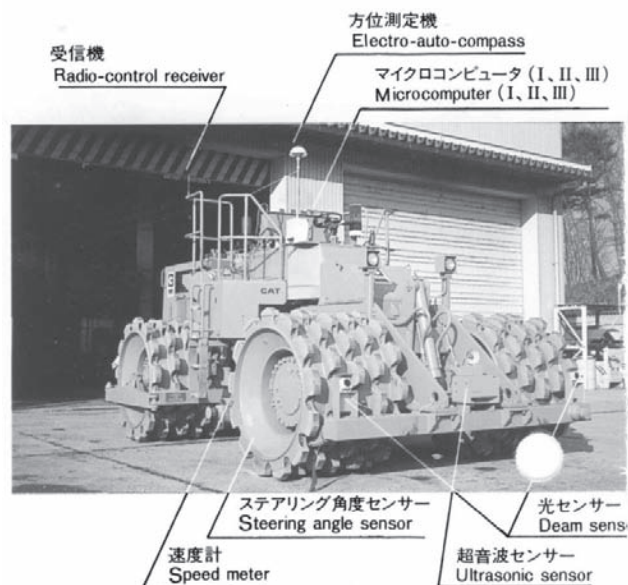
ロボット等による IT 施工システムの開発はこれら技術進展の総括と位置づけられる。表一は、作業機械と施工の融合を企図した研究事例を示す。

2. 個別機械の自動化と作業全体のシステム化

(1) ランドフィルコンパクト (1983 年)

土木工事のうち、転圧作業は前後走行を行う単純作業が主で自動化が容易なため、多くの研究が行われている。

写真一 1 の自動運転システムは高速道路施工時のランドフィルコンパクト 5 台のフリート無人走行を前提に開発された。地磁気方位センサ、走行パルスエンコーダ、ステアリング角度センサ等により走行軌跡情報を得て無人走行を行う。1 名のオペレータが遠隔操縦装置を用いて 5 台の機械の経路補正を行う。開発は、フジタ（衝突防止）、東京大学（誘導）、キャタピラー三菱(株)（走行パルスセンサ、遠隔操縦改造、無線シス



写真一 1 無人コンパクト

テム）の共同で行った。実験フィールドでの 1 台の走行試験には成功したがフリート走行の実験、実作業での採用は行っていない。研究成果が 3-3、3-5、3-7 開発の契機となっている。

(2) 無人化された現場のイメージ (1985 年)

1981 年～1985 年の間実施された「エレクトロニクス総プロ」に於いては、掘削・積込・運搬の全機械を離れた場所に設置した操作室からの操縦を提案している。1994 年に実現した「無人化施工」の原型である。「個々の機械の自動化では投資効果が無い、現場全体

の無人化が必要である」との趣旨で作成された未来施工現場のイメージである（図—1）。走行など単純作業は無人、掘削作業など作業サイクルの一部は遠隔操縦で支援する提案で、後出 3-6 の鉱山に於ける無人搬送システムの原型となった。



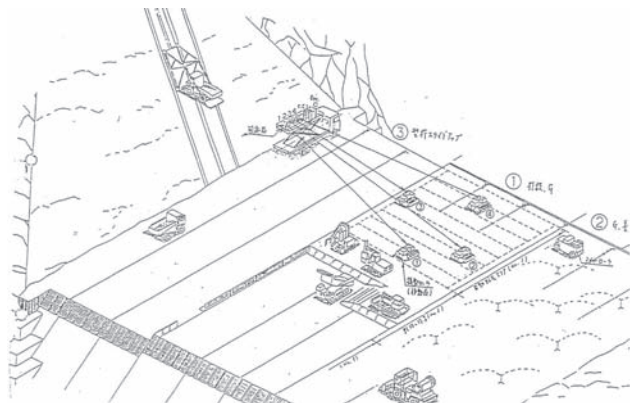
図—1 ロボット化された土木現場のイメージ
（「エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発 報告書」）

（3）振動ローラ群の無人運転（1987 年）

振動ローラの運転は運転者への負荷が大きい、作業が単純なため転圧回数のミスカウントが生じ易い。この問題を解決するために建設省（現国土交通省）と三菱重工業㈱が大型 RCD ダムで 5 台の転圧機械の協調運転を想定した自動運転システムの開発を行った。

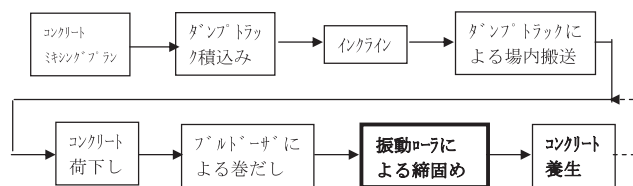
転圧機械の位置検出認識は± 0.1 m を目標とし、光波式位置検出装置を用いた。

機械制御は、振動ローラ 1 台の実験機と実証試験に止まったが、中央制御部は 5 台までの拡張を想定したシステムとした（図—2）。同プロジェクトでは、コンクリート養生（グリーンカット）機械の自動化試作も行った。ダンプトラック、ブルドーザの自動化システムを構築し、工程変更の段取と機械入れ替えの自動化システムを開発すれば、図—3 の「RCD ダム堤体盛



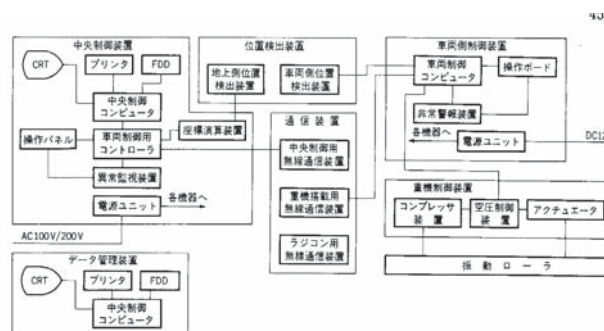
図—2 RCD ダムへの無人コンパクト群導入のイメージ

立て」の全作業のロボット化が実現する。図—4 が、RCD ダム堤体盛立て時の工程例である。



<http://www.ktr.mlit.go.jp/sagami/moredam/build/02.htm>

図—3 RCD ダム堤体盛立て時の工程



図—4 システムブロック図

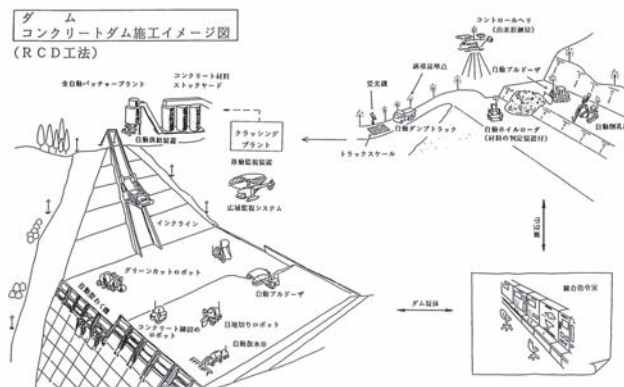
（4）技術開発のビジョン（1990 年）

（a）コンクリートダム施工

図—4 が、原石採掘現場を含めた RCD ダムの堤体盛立て全工程へのロボット導入のイメージである。全ての施工機械をロボット化し、総合指令室に全施工情報を集約する。運搬路には光学式の誘導基準点を設けダンプを自動走行させる。コンクリート締固めロボットは、（3）の「振動ローラ群の無人運転」に相当する機能を有する。

（b）大型土取現場

図—5 は、「施工合理化技術開発のビジョン」による切土工・盛土工現場へのロボット導入のイメージである。場内に配備した無線中継点を介して中央コ

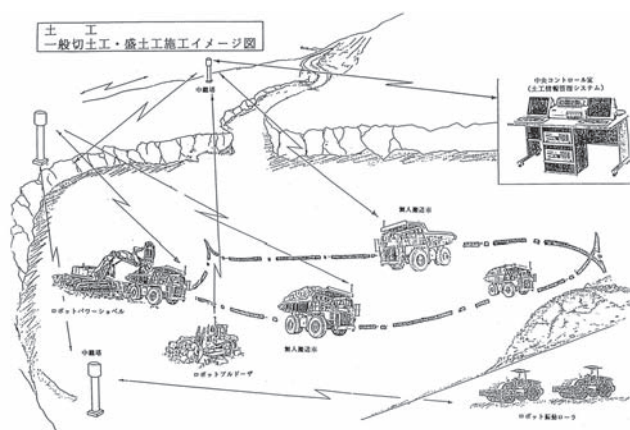


図—5 RCD ダム施工イメージ

ントロール室と施工機械が双方向の通信を行う。全ての施工機械がロボット化されている。このイメージのパワーショベルとダンプトラックの組み合わせ部分が

(5) 項, (6) 項の開発の目標となっている。

なお、「技術開発のビジョン」は、施工合理化技術の開発と普及促進を目的に、トンネル、ダム、道路、建築施工分野へのロボット導入のイメージを体系化し、41枚の「近未来の施工現場」図として纏めたものである。施工機械の自動化のレベルを、①全自動、②半自動、③マニュアル、④プレハプ化（工場自動化）に分類し、その時点での最先端技術を基に作成されている。（1990年3月）



図一六 切土工・盛土工現場へのロボット導入のイメージ

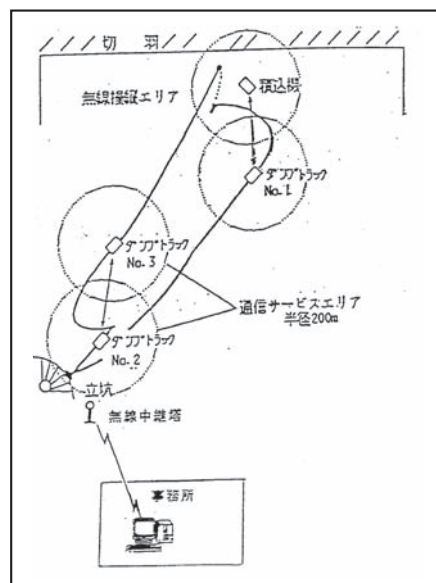
(5) 鉱山に於けるダンプトラックの無人フリート走行システム（1991年）

日鉄鉱業(株)（衝突防止等安全システム）、キャタピラー三菱(株)（誘導、無線）の共同開発である。代案システムの併行研究の部分に慶応大学の協力を得た。

メカニカルジャイロスコープ、車軸の回転エンコーダ、路側の位置修正ポールによる軌道管理が行われる。スケールモデルによる制御システムの開発、実験フィールドでの実機（32t級ダンプトラック）走行試験を経て日鉄鉱業(株)鳥形山作業所での実作業（85t級ダンプトラック）に移行した。同システムの開発が、(8)におけるシステム開発の基盤となった。

システムは、複数台の無人ダンプトラックと有人積込機械の組み合わせで、積込機械のオペレータが積込エリアでのダンプトラックの遠隔操縦を行う。ダンプ同士は特定小電力無線装置の伝送エリア内（図中の円弧内）で通相互信を行い相互の位置を認識し車間距離の調整を行うことができる（図一七、写真一2）。

コマツも光ファイバージャイロを用いた同様の無人ダンプトラックシステムを海外の大型露天掘り現場に



図一七 有人積込機械と特定小電力無線装置を用いたダンプトラック群の無人走行システム



写真一2 ダンプトラックの無人走行

納入している。

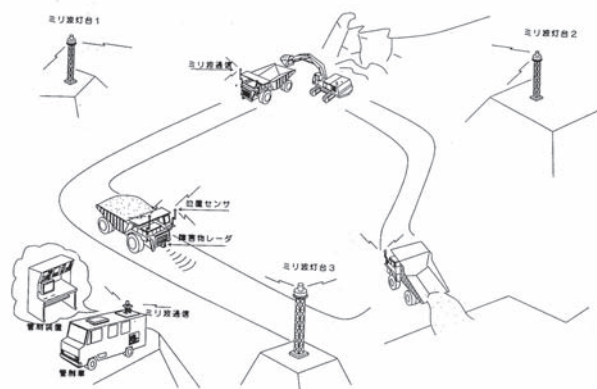
(6) ミリ波を利用した建設施工の自動化システム（1993年）

1989～1993年度に当時の郵政省の指導でミリ波利用の研究が行われた。払底した低周波数帯の電波需要の拡張領域として周波数の高い未利用領域（30～120 GHz）利用を企図したものである（図一8、9）。

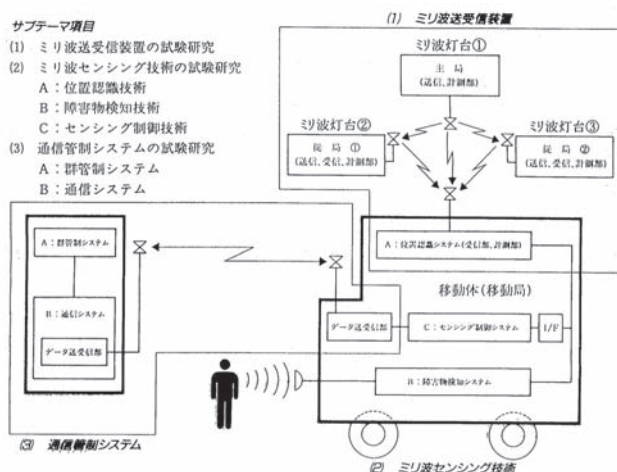
この「ミリ波を利用した屋外作業自動化の研究」を行うために、基盤技術研究促進センターの支援による期間限定（1989～1993年度：予算規模21.5億円）のロボテック研究所が設立された。同研究所が実施した研究は下項である。

- ①位置認識：ミリ波の遠距離伝播を前提とするミリ波灯台システム
- ②障害物検知と回避（ミリ波障害物センサ）：ミリ波を用いた障害物認識システム

- ③車両制御：実験車による位置認識，障害物検知，通信管制システム
- ④運搬車両群管制の最適化手法：運行計画支援システム，交通管制システム
- ①に関しては課題が残ったが，②～④に関しては研究成果が得られた。



図—8 ミリ波を利用した建設施工現場の自動化



図—9 ミリ波移動体制御

(7) ダムに於ける複数台無人運搬車両の制御と運行管理システム (1994 年)

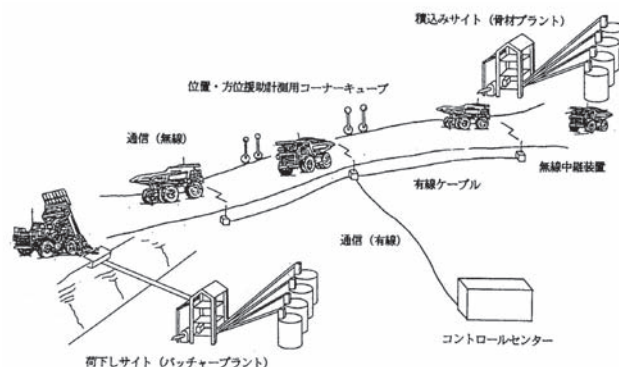
(株)間組が筑波大学の支援を得て開発。ダンプトラック自動運転システムは下記で構成されている。

- ①無人操縦：CPU ユニット
- ②位置及び方位認識：ジャイロとロータリーエンコーダから成る自律計測系及びレーザ投受光装置と路肩に設置したコーナーキューブを用いた援助計測系で構成
- ③前方障害物検知機能：CCD カメラによる車両前方画像のコンピュータ処理，60 m 前方の障害物認識が可能

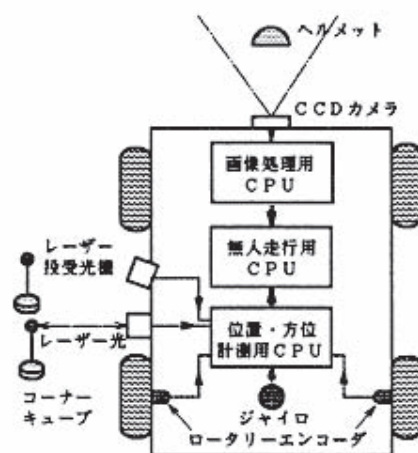
- ④通信機能：有線通信網と無線アクセスポイントの複合システム

上記システムを搭載した実験車を，全長 500 m，幅員 7 m，最小カーブ半径 40 m，最大起伏勾配 1% ダム工事専用道路において走行実験を行った。

図—10 が実施のイメージである。積込サイトと荷下ろしサイトに遠隔操縦のオペレータを配し，運搬路は完全無人で走行するシステムである。



図—10 複数台無人車両の制御と運行管理システム



図—11 無人車両システム構成

(8) 雲仙普賢岳無人化施工 (1994 年～)

普賢岳の災害復旧工事は 1994 年以来，作業者が直接作業に介入しない「無人化施工」を行っている。導入時 34 社 45 件の施工法提案から選別された 6 工法より開始し 2006 年度までの 70 件の工事を通じて，無線伝送技術 18 件，建設機械の遠隔操縦化技術 19 件，工種・工法 25 件，特殊把持装置等 20 種類の新作業装置等，新技術の導入で無人化施工が可能な施工領域を拡大した。コンパクトなど転圧機械，ダンプトラック，ブルドーザ，測量機械等の無人運転の試みが行われている。

機械の位置認識に，従来の誘導，光波，ジャイロなどによる認識手法から，稼働領域を自由に選択できて

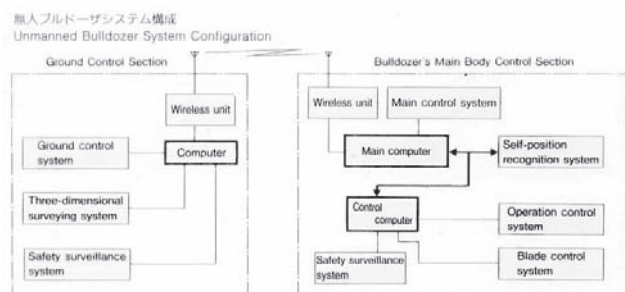
位置補正のための補助システムが不要な GPS が採用された。GPS を搭載した機械の移動軌跡から PC 上に地形を再現し、その地形に基づいて掘削や転圧の管理を行うなど、出来形情報と施工の融合が実現した。高緯度衛星信号の受信システム、GPS 機器やソフトウェアの高機能化、業務用無線モデム等を用いた固定局情報の共有など環境も整備されてきた。GPS の普及に伴う廉価化で測量や丁張り無しの施工が可能となり、施工時間の圧縮等の利点が評価されている。屋外作業機械の自動化への障壁が排除された。

普賢岳無人化施工では、ジャイロによる機械方位計測、インターネット上を介した遠隔地からの機械操縦等の止を含む遠隔操作も試行された。地形、出来高、



http://www.kenmukyou.gr.jp/f_sekouhou.htm

図—12 無人化施工現場



http://www.fujita.co.jp/release/r1999/1999_1013muj.htm 1999.10

図—13 無人ブルドーザシステム



写真—3 無人ブルドーザ

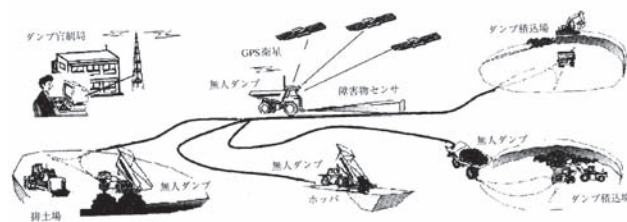
出来形等の作業情報の共有による CALS への展開も試行された。

山間地、ビル陰、衛星を補足できる、時間帯に影響されず全国をほぼ 100% カバーする高緯度を周回する準天頂衛星の測位サービスが実現すればさらに高精度な測位が可能となる。

「無人化施工」では、「設計」「施工」「機械」が融した全自動施工も試みられている（図—12, 13, 写真—3）。

(9) 鉱山用無人ダンプトラック/GPS 方式 (2003 年)

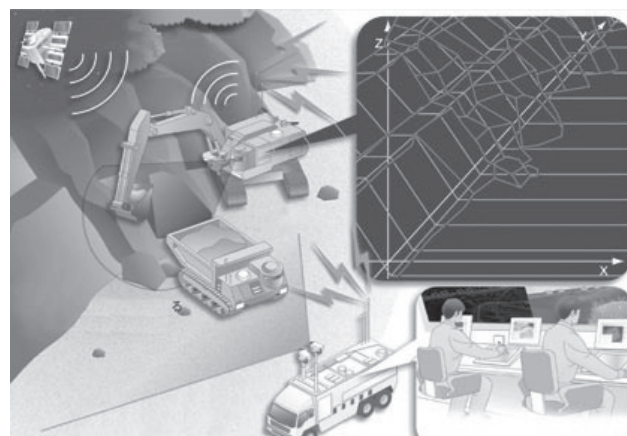
GPS の高機能化と廉価化、100 m 以上の監視機能を有するミリ波レーダの出現によって鉱山用無人ダンプトラックも新しい展開をしている。1990 年代に移動体搭載型の高精度 GPS が入手可能となり、(6) のシステムが GPS 利用へと展開した。高機能な無線 LAN の普及も無人ダンプの現場への適応性を高めている。図—14 に GPS 衛星を中心としたダンプトラックの無人走行システムを示した。



図—14 無人ダンプトラック群管理

(10) ロボット等による IT 施工システムの開発 (2008 年)

情報通信技術とロボット技術活用による施工の効率化を企図したロボット総プロでは、3 次元設計情報と 3 次元地形情報を基にした動作計画に基づいて施工機



志田文伸 [技術紹介 建設機械の自動化技術の検討] Advance No.26

図—15 建設機械の IT 施工技術

械の自律運転を行う研究が行われた。システムは、設計と施工現場の3次元情報管理機能、ロボット建設機械への遠隔指令・遠隔操縦機能、無線通信機能、ロボット建設機械の自動制御システム等で構成されている(図—15)。

3. 終わりに

エレクトロニクス総プロでは、調査、計画・設計、施工、維持管理の4ブロックにおける個別作業のエレクトロニクス化を情報の相互有効利用を通じて統合することが提言された。これを実現するために、①作業の単純化・標準化、②作業の連続化・複合化、③施工性を考慮した構造形式の選定が必要であるとしている。作業の単純化・標準化の一手法として、センサによって得られた情報を用いた設計基準等の採用など具体的な手法も提案されている。

その後のセンサ技術の進展が機械の位置や姿勢、コンピュータ技術の進展が情報の高度化と相互利用を促進し、ロボット総プロの成果に結実したと言える。

ロボット総プロにおいて油圧ショベルの自動運転の研究が展開されている。転圧機械、ダンプトラックの自動運転は実現している。単一機種の施工機械については、群管制の研究も行われている。施工の全工程を形成する複数機種の機械群管制システム、工程移行時の段取、機械の入替えなどの自動化が残された課題である。

個々の作業機械の自動化による生産性の達成は難しい。ロボット機械導入のメリットを達成するためには、作業機械群全体の生産性目標を個々の機械制御に帰還し、最適化する仕組みが前提である。

J C M A

《参考文献》

- 1) Sato, Hisatake : UNMANNED SYSTEM FOR HEAVY CONSTRUCTION EQUIPMENT, The ISRC (1988.6)
- 2) 建設省：建設総合技術開発プロジェクト エレクトロニクス利用による建設技術高度化システムの開発 報告書 (1984.3, 1985.3, 1986.3, 1987.3, 1988.3)
- 3) 小笠原保・藤原正雄, 他：締固め機械の自動運行システム, 三菱重工技報, 25 [5] (1988.9)
- 4) ミリ波センシングシステムの開発に関する調査研究委員会：ミリ波センシングシステムの開発に関する調査研究報告書, (財)無線設備検査検定協会 (1987.3, 1988.3, 1989.3, 1990.3, 1991.3)
- 5) Sato, Hisatake : AUTONOMOUS LAND VEHICLE USING MILLIMETER WAVE SENSING SYSTEM, The ISRC (1988.6)
- 6) 建設技術開発会議施工合理化部会施工合理化技術開発専門部会：施工合理化技術開発のビジョン, 建設技術開発会議 (1990.3)
- 7) 廣瀬：ダンプトラックの無人フリート走行システム, 建設の機械化, pp.51-54 (1993.5)
- 8) 滝澤・油田：建設車両自動運転システムの開発(第4報)ー複数台無人車両の運行管理システムについてー, 第4回建設ロボットシンポジウム論文集, p.43-48 (1994.7)
- 9) 岡本：ロボテック研究所の設立目的と研究の現状-ミリ波有効利用のために-(建設用インテリジェントロボット研究⑧), 計測技術 (1991.8)
- 10) 古川(新キャタピラー三菱)・杉浦(間組)・大島(コマツ)：無人ダンプトラック事例紹介(建設用インテリジェントロボット研究⑩), 計測技術 (1991.12)
- 11) 浅山芳夫：コマツの建設機械情報化への取組み, 建設機械 (2002.4)
- 12) 建設無人化施工協会技術委員会：無人化施工の推移と展望, 建設の施工企画 (2008)
- 13) 山元弘, 他：油圧ショベルの自律化に向けた基盤技術についてーロボット等によるIT施工システムの開発ー, 第11回建設ロボットシンポジウム論文集 (2008.9)

【筆者紹介】

久武 経夫(ひさたけ つねお)
(株)インロッド・ネット
代表取締役



施工現場で利用する施工管理データの構築

田 中 洋 一

国土交通省では、2003年度より2007年度までの5ヵ年の計画で総合技術開発プロジェクトとして「ロボット等によるICT施工システムの開発」を実施した。このプロジェクトでは、最先端の情報通信技術とロボット技術を活用し、土木施工における課題に対処するため、「建設機械のICT施工技術の開発」および「3次元情報を用いた施工管理技術の開発」を実施した。本論文では、「3次元情報を用いた施工管理技術の開発」としてロボット建設機械に搭載するための施工管理データの構築と実際の施工現場でも3次元の設計データを活用できるようにトータルステーションによる出来形管理手法に最適化した施工管理データの内容について報告する。

キーワード：データ交換標準，設計データ，施工管理データ，測量機器，道路中心線形

1. はじめに

土木施工は、劣悪な作業環境であり危険・苦渋作業がいまだに存在している。また、他産業に比べてICTの導入が遅れており、業務の効率化、コストの低減、品質向上のための技術開発が求められている。国土交通省では、2003年度より2007年度までの5ヵ年で総合技術開発プロジェクトとして「ロボット等によるICT施工システムの開発」を実施した¹⁾。国総研では、施工管理情報として3次元設計データと3次元で得られる地形情報により、効率的な施工管理を行うことを目的に、ロボット建設機械に搭載するための面的な施工管理が可能となる施工管理データの構築、3次元情報に対応した出来形管理の要領や手引きの作成、民間におけるトータルステーションを開発するために必要な開発要求仕様書の作成を実施した。

2. 3次元情報を用いた施工管理技術の開発

3次元の設計データは、SXF Lv4²⁾、JHDM³⁾、IFC⁴⁾、OKSTRA⁵⁾などにより、建設分野におけるオブジェクトデータとしての研究が進められている。オブジェクトデータは、施工された構造物に関する効率的な情報収集、蓄積を想定しており、図面表示や台帳の管理に活用することができる。しかし、データサイズの大きさやモデルの複雑さから、測量機器や建設機械と連携した施工管理での活用には至っていない。また、建

設機械の制御に利用する設計データは、汎用的な3次元データであるTIN（不整三角形網）モデルが普及している。TINによる地形表現は、設計形状表現を実現するソフトウェアとして広く市場で普及している。しかし、TINを用いる場合は、設計形状の変化が多いデータを作成するとデータサイズが膨大になる。しかし、現地状況に応じて設計形状の修正が発生した場合、データ修正に手間がかかりデータ量も大きくなるため、施工段階で発生する形状の修正に柔軟に対応することができない。

3. 施工管理データの構築

施工管理データは、3次元設計データを核として、施工管理に必要な情報項目を設計データに関連付けて構成することにより構築した。施工管理データの構成は、設計データとして必要な座標参照方法を記述した座標系定義と設計の形状定義、施工管理として必ず実施される出来形管理の情報項目を定義した。設計データは、3次元の空間情報における必要最低限の設計項目のみを定義し、アプリケーション処理により3次元の形状データを生成し、地形形状の変更などに柔軟に対応させることとした。そして設計データは、最低限の設計項目を交換することでデータ量を低減し、軽微な項目の変更で形状データの修正が容易となる⁶⁾。表1に道路形状の表現に必要な設計項目を示す。設計データは、LandXML⁷⁾の記述要素を参考としてXML

表一 1 道路形状の表現に必要な設計項目

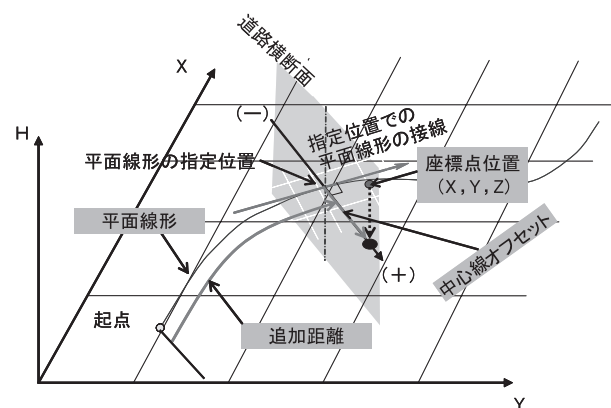
		項 目	項目の詳細
平面線形	主要点 (or IP点) 位置	主要点 (線形要素の変化点) の座標値	
		IP点における座標値	
	平面線形パラメータ ※主要点 (or IP点) との間 連付けが必要	直線区間: なし 曲線区間: 曲線半径 (R) 値および回転方向 緩和区間: クロソイトパラメータ (A) 値および開始・終了半径 (R) 値	
	測点設定	開始側の測点 (測点 NO + 追加距離) ブレーキ設定 (ブレーキの前測点、後測点)	
縦断線形	縦断勾配変化点位置	縦断勾配変化点 (サグ・クレスト等) の測点と標高値	
	縦断曲線パラメータ ※縦断勾配変化点との間 連付けが必要	縦断曲線半径 (VCR) 値 縦断曲線長 (VCL) 値※ (※水平距離)	
横断形状	道路面	計画高位置 (FH)	計画高 (PH) ば横断上の位置 (CLからのシフト量)
		構成要素の配置	横断面構成要素の種別 (車道、中央帯、歩道等)、CLからの並び順および適用区間 (開始・終了測点)
		幅員 (※構成要素毎)	要素毎の幅員値 要素毎の開始・終了測点での幅員値 (※拡幅擦り付け区間)
		横断勾配 (※構成要素毎)	要素毎の横断勾配値 要素毎の開始・終了測点での横断勾配値 (※片勾配擦り付け区間)
	法面等	構成要素の配置	構成要素の種別 (法面、小段、擁壁等)、CLからの並び順および適用区間 (開始・終了測点)
		横断形状 (※構成要素毎)	要素毎の幅・勾配・高さ (いずれか2つ) EX) 法面の場合: 勾配=1:1.2, 高さ=7.0m
			要素毎の開始・終了位置での幅・勾配・高さ (いずれか2つ) EX) 法面の場合: 開始勾配=1:1.2, 開始高さ=7.0m / 終了勾配=1:1.2, 終了高さ=7.0m

形式によるデータの表現方法を採用した。設計データは、道路形状を表現する必要最低限の設計項目で定義することで、形状の修正が容易となり、TINなどの3次元モデルと比較して施工段階で発生する変更柔軟に対応でき、少ないデータ量でのデータ交換が可能となった。

(1) 座標系の定義

設計データは、実際の工事で利用するために、位置の指定 (位置参照) として座標系を明確にし、基本座標系要素を表現しておく必要がある。建設工事の設計・施工においては、測地座標系としての平面直角座標と標高が用いられることが多く、これを採用した。また、設計データは、定義された形状の任意位置を平面直角座標と標高に変換できる必要がある。参照する座標系の情報は、設計データ内に必ず記述することとした。

道路形状などから間接的に位置参照する方法は、道路中心線形の平面線形、縦断線形と横断形状を参照することで表現することとした。平面線形を参照した位置は、追加距離と道路中心線オフセットにより指定する。追加距離は、平面線形の基点から計測した距離として平面線形上に位置を定義する。そのため、平面線形上の任意の位置は、追加距離を用いて表現することができる。追加距離を用いた位置の指定を行う場合は、参照する平面線形を明確とする必要がある。道路中心線オフセットは、道路横断面上における、平面線形からの水平方向の離れ量と定義し、道路横断面を起点側から終点側に見て、右方向への離れを正、左方向への



図一 1 道路中心線形座標面の概念図

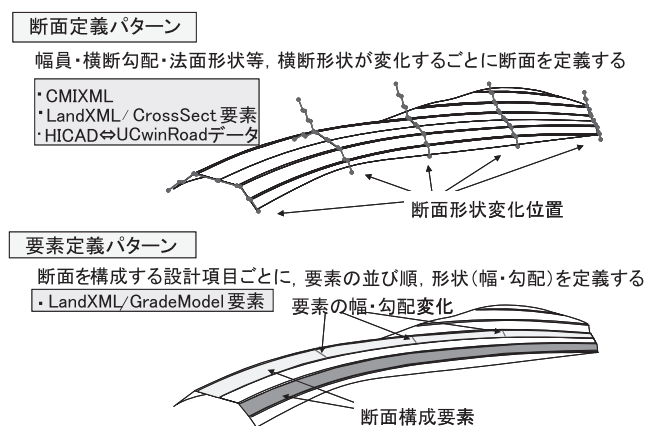
離れを負の値で表すものとする。ここで、道路横断面とは、指定した平面線形上の位置で、平面線形に直交する断面として定義する。図一 1 に道路中心線形座標面の概念図を示す。

(2) 道路中心線形

道路中心線形の要素は、道路中心線形の平面線形、縦断線形により定義される。平面線形は、水平面上に定義された、道路形状の基準となる線である。縦断線形は、道路の縦断形状における計画高位置を定義する線形である。縦断線形の要件は、縦断線形の定義区間内にある任意の道路横断面に対し、計画高位置が算出できなければならない。また、縦断線形の表現は、縦断勾配変化点を追加距離と標高で定義し、縦断勾配変化点に縦断曲線長を定義する必要がある。

(3) 横断形状

横断形状について、断面ごとに横断形状を定義する断面定義パターンと、断面を構成する設計項目ごとに形状を定義する要素定義パターンの表現方法について比較した。図一2に横断定義の模式図を示す。



図一2 横断定義の模式図

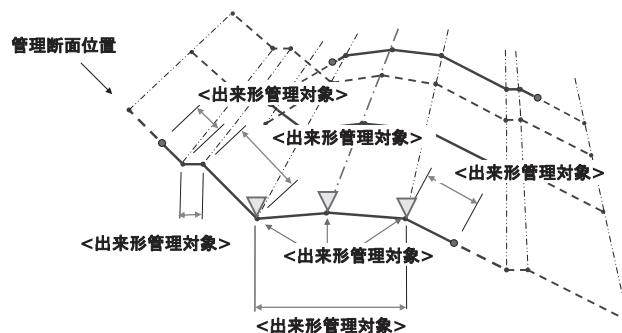
断面定義パターンは、設計図面の横断図のように、道路の横断形状を横断面ごとに表現するモデルである。断面定義パターンは、LandXMLのCrossSect要素で表現することができる。断面定義パターンは、モデルが理解しやすいというメリットがある。

要素定義パターンは、LandXMLの記述要素のGradeModelを基に改良したデータ構造をロボット建設機械用に新たに構築した。定義された設計データは、「建設機械のICT施工技術の開発」における3次元表示技術の開発⁸⁾で利用されている。ロボット建設機械では、任意位置の正確な設計形状の再現が必要である。断面定義パターンでは、幅員の変化、横断勾配の変化、法面形状（切土・盛土）の変化ごとに断面を設定しなければならない。断面定義パターンは、変化を定義する断面以外にも、断面情報として定義するためデータ量が大きくなる問題がある。要素定義パターンは、要素ごとに適用する区間と幅、勾配を定義することで、任意位置の正確な横断形状を算出することができる。

(4) 出来形管理対象情報

3次元情報に対応した出来形管理では、測量機器で記録した計測情報から出来形帳票の自動作成を行う。計測情報から出来形管理をするためには、設計データにどこが出来形の管理対象であるか、管理項目が何であるかといった情報を持たせる必要がある。また、出来形帳票では、出来形の管理工種（盛土工、切土工）、

管理項目（基準高、幅、法長）、対象範囲（左の切土法面、右の盛土法面など）、対象部位（1段目の法面、2段目の小段など）ごとに集計する必要がある。3次元情報に対応したトータルステーションなどを用いた出来形管理を実施するため、施工管理情報として出来形管理対象の情報を定義した。図一3に出来形管理対象の情報項目を示す。

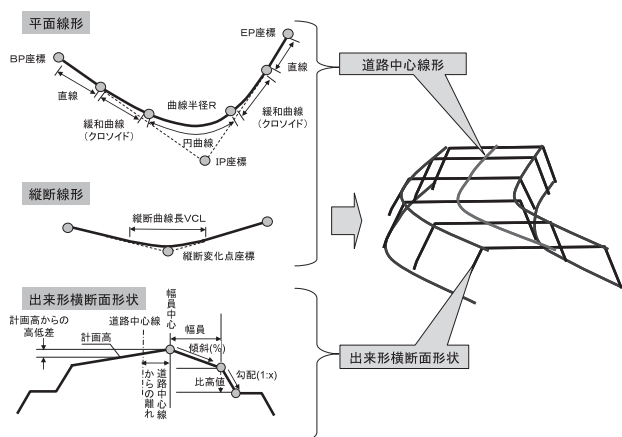


図一3 出来形管理対象の情報項目

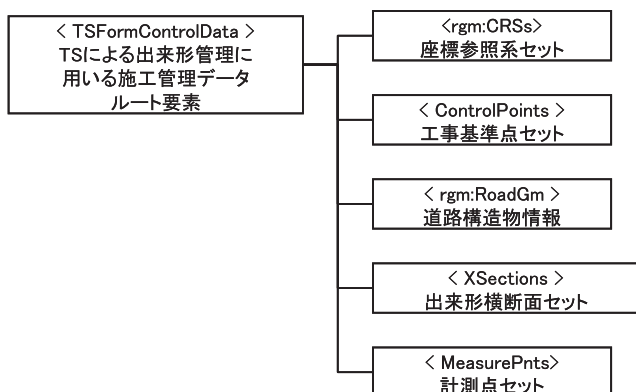
4. 出来形管理技術に対応させたデータの構築

設計データの利用は、実際の施工現場における出来形管理を対象とした場合、施工管理する横断面についてデータ交換するだけで十分である。3次元情報に対応したトータルステーションによる出来形管理では、設計モデルについて理解しやすい断面定義パターンを採用し、施工管理データについて必要項目を抽出することでデータ構造を最適化し、データ交換方法について定義した。トータルステーションによる出来形管理に利用するシステムは、3つのソフトウェア機能から構成される。それぞれのソフトウェア間で確実にデータを交換させるためには、データ交換に必要な情報モデルを確定しなければならない。「3次元情報を用いた施工管理技術の開発」では、LandXMLを基本設計データおよび出来形計測したデータを交換する情報モデルとして利用していた。しかし、LandXMLにある情報項目だけでは出来形管理で利用する情報項目を表現するには十分ではなかったため、「トータルステーションによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）」Ver2.0（以下「データ交換標準」という）を作成した。図一4にデータ交換標準における情報モデルの概念図を示す。

データ交換標準は、トータルステーションによる出来形管理における施工管理データ（設計データおよび出来形計測データ）について整理し、データ仕様を定めたものである。図一5にデータ交換標準の全体構



図—4 データ交換標準における情報モデルの概念図



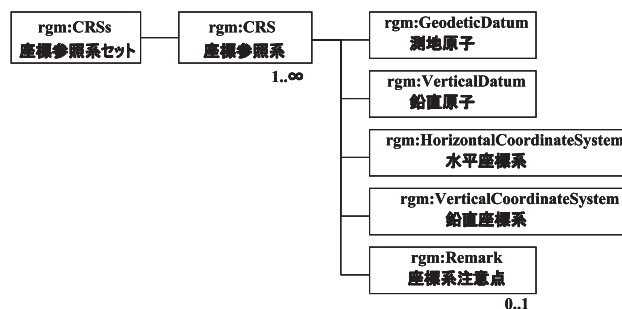
図—5 データ交換標準の全体構成

成を示す。データ内容は、座標参照系セット、工事基準点セット、道路構造物情報、出来形横断面セット、計測点セットから構成される。データ交換標準は、将来の3次元情報標準化を念頭に作成している。現在出来形横断面セットの定義は、測量機器に受け渡すために道路土工の出来形管理に必要な最低限の情報項目だけとしている。また、構築したデータモデルは、実際の施工現場における試行工事という形で適応性について検証した⁹⁾。

(1) 座標参照系セット

座標参照系セットは、「道路中心線形データ交換標準（案）基本道路中心線形編 Ver1.0」¹⁰⁾で規定されている要素を使っている。座標参照系セットは、測地原子、鉛直原子、水平座標系、鉛直座標系、座標系注意点から構成される。図—6に座標参照系セットの構成を示す。

測地原子は、日本測地系2000（新測地系）か日本測地系（旧測地系）を定義している。鉛直原子は、基準面名とT.P.（東京湾中等潮位）との差を定義している。水平座標系は、平面直角座標系の系列を定義して



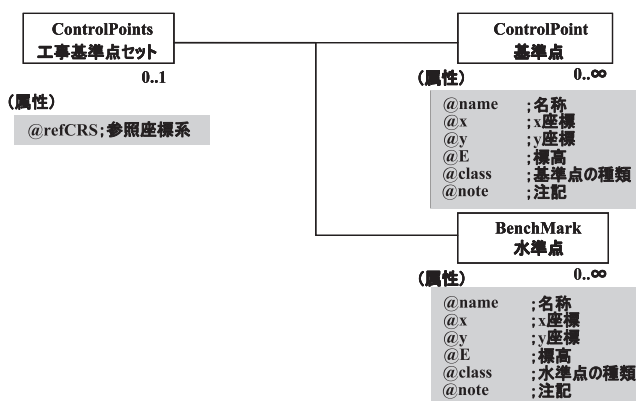
図—6 座標参照系セットの構成

いる。鉛直座標系は、鉛直原子となる平均海面からの高さを定義している。座標系注意点は、座標参照系のコメントを定義している。

(2) 工事基準点セット

工事基準点セットは、基準点、水準点の座標が参照する座標系の内容を属性として持ち、基準点、水準点から構成される。図—7に工事基準点セットの構成を示す。

基準点は、基準点測量により施工現場に設置された狭義の基準点に関する情報を定義している。水準点は、水準点測量により設置された水準点の情報を定義している。



図—7 工事基準点セットの構成

(3) 道路構造物情報（道路中心線セット）

道路構造物情報（道路中心線セット）は、座標参照系セットと同様に「道路中心線形データ交換標準（案）基本道路中心線形編 Ver1.0」で規定されている要素を使っている。道路中心線形セットは、平面線形、縦断線形から構成される。平面線形は、さらに測点定義、主要点リスト、IP点リスト、中間点リスト、線形要素から構成される。図—8に道路構造物情報（道路中心線セット）の構成を示す。

測点定義は、管理断面を定義する測点間隔を定義し

ている。主要点リストは、線形要素が代わる点の座標値を定義している。IP 点リストは、IP 点の設定をしている。ただし、トータルステーション出来形管理では、IP 点データは交換するが、平面線形は主要点の座標と線形要素から算出することを基本としている。中間点リストは、中間点の座標値を定義している。線形要素は、平面線形の幾何要素（直線、円弧、クロソイド）を定義している。

縦断線形は、縦断の勾配変位点などを定義している。

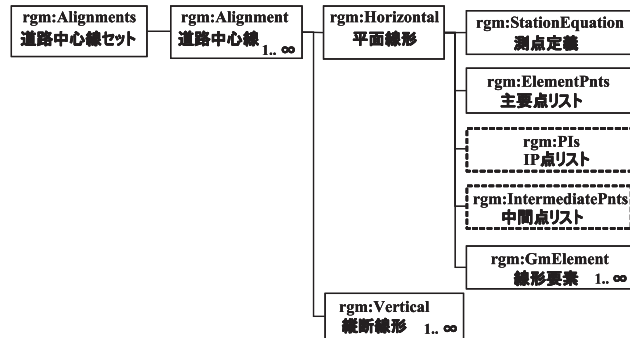


図-8 道路構造物情報（道路中心線セット）

(4) 出来形横断面セット

出来形横断面セットは、出来形管理を行う横断面と構築形状の属性を持ち、構成点、出来形管理対象から構成される。図-9 に出来形横断面セットの構成を示す。

構成点は、横断面の構築形状を構成する構成点を定義している。出来形管理対象は、出来形管理対象についての情報（管理工種、管理項目、対象範囲、対象部位）について定義している。

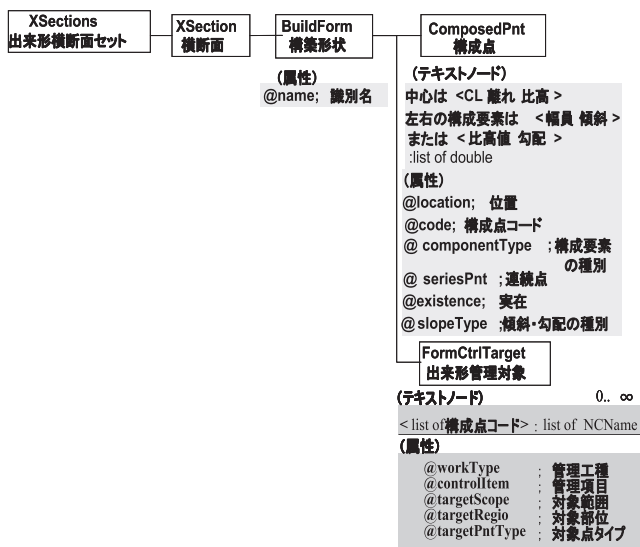


図-9 出来形横断面セットの構成

(5) 計測点セット

計測点セットは、計測対象が参照する道路中心線ごとに作成され、計測点を属性としている。計測点は、出来形計測をした点についての座標値や取得した時間などの情報を定義している。

5. おわりに

「3次元情報を用いた施工管理技術の開発」は、3次元情報に対応したトータルステーションにより効率的な施工管理としての出来形管理を実現することができた。施工管理データは、3次元設計データと3次元で得られる地形情報により、施工管理情報としてロボット建設機械に搭載するためのデータ構造を構築することができた。また、道路施工に関する施工管理データとして、設計データと出来形管理の計測データを受け渡すためのデータ交換標準を構築した。さらに、実際の利用事例として、3次元情報に対応したトータルステーションによる出来形管理手法を構築し、施工現場でのデータ活用を実現し、3次元情報の有効性を確認することができた。

今後は、データの記述方法やデータ記述項目を詳細に決めたデータ辞書を作成することで、土工機械を対象とした建設機械のデータ交換方法としての国際標準（ISO15143）に提案したいと考えている。また、日本国内におけるISO15143の利用を考えて、運用をするためのスキーマを構築し、データ交換方法を確立することで国内の標準化をする必要がある。建設機械や測量機器においては、構築されたスキーマおよびデータ辞書により国内標準として利用できる環境を構築していきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 山元 弘 他：油圧ショベルの自律化に向けた基盤技術について、第11回建設ロボットシンポジウム、日本ロボット工業会、[11]、pp.243-252（2008.9）
- 2) 公共事業支援統合情報システム
(<http://www.mlit.go.jp/tec/it/cals/index.html>)
- 3) 日本道路公団試験研究所：Japan Highway Data Model 概要書（案）、（2005）
- 4) IAI：<http://www.iai-japan.jp/>
- 5) OKSTRA：<http://www.okstra.de/>
- 6) 松岡謙介 他：情報化施工を実施する施工現場において利用される情報項目、2005年度土木情報利用技術講演集、土木学会、[30]、p.81-84、（2005.10）
- 7) LandXML.org：<http://www.landxml.org>
- 8) 柳沢雄二 他：作業機械の遠隔操作におけるマンマシンインターフェイスに関する研究、第11回建設ロボットシンポジウム、日本ロボット工業会、[11]、pp.253-262（2008.9）
- 9) 神原明宏 他：土工事におけるトータルステーションを用いた出来形管理手法、第11回建設ロボットシンポジウム、日本ロボット工業会、[11]、pp.173-182（2008.9）

- 10) 国土交通省国土技術政策総合研究所:道路中心線形データ交換標準(案)
基本道路中心線形編 1.0, 国土技術政策総合研究所資料, [371] (2007)



[筆者紹介]

田中 洋一 (たなか よういち)
国土交通省
国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター
情報基盤研究室

「建設機械施工ハンドブック」改訂3版

近年、環境問題や構造物の品質確保をはじめとする様々な社会的問題、並びに IT 技術の進展等を受けて、建設機械と施工法も研究開発・改良改善が重ねられています。また、騒音振動・排出ガス規制、地球温暖化対策など、建設機械施工に関連する政策も大きく変化しています。

今回の改訂では、このような最新の技術情報や関連施策情報を加え、建設機械及び施工技术に係わる幅広い内容を取りまとめました。

「基礎知識編」

1. 概要
2. 土木工学一般
3. 建設機械一般
4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令

「掘削・運搬・基礎工事機械編」

1. トラクタ系機械
2. ショベル系機械
3. 運搬機械
4. 基礎工事機械

「整地・締固め・舗装機械編」

1. モータグレーダ
 2. 締固め機械
 3. 舗装機械
- A4 版／約 900 ページ

● 定 価

非 会 員：6,300 円（本体 6,000 円）

会 員：5,300 円（本体 5,048 円）

特別価格：4,800 円（本体 4,572 円）

【但し特別価格は下記◎の場合】

◎学校教材販売

〔学校等教育機関で 20 冊以上を一括購入申込みされる場合〕

※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 700 円、沖縄県 1,050 円

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

●発刊 平成 18 年 2 月

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>

油圧ショベルによる IT 施工システムに関する研究 —掘削積込作業の自律化にむけて—

山 元 弘・茂 木 正 晴・大 槻 崇

土木施工は、危険・苦渋作業がいまだに多く存在している。これらの劣悪な作業環境を改善し、安全を確保することが喫緊の課題である。また、他産業に比べて IT の導入が遅れており、業務の効率化、コストの低減、品質向上のための技術開発が求められている。そこで、国土交通省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」が実施され、情報技術 (IT)・ロボット技術 (RT) を活用し、土木施工における危険・苦渋作業の解消や熟練者不足への対応に向けた研究開発を実施した。本稿では、ロボット技術 (RT) を中心とした技術開発として油圧ショベルの自律化に向けた研究について報告する。

キーワード：油圧ショベル、自律化、情報通信技術、ロボット技術、3次元情報

1. はじめに

土木工事は、災害復旧現場などの危険・苦渋作業がいまだに多く、安全対策のため、一部で遠隔操作方式の無人化施工の技術開発が進められてきた。しかし、有人施工と比較して作業効率が低く高コストであり、災害復旧現場等の大規模で特殊な施工現場への限定した適用にとどまっている。

一方、一般の施工現場においても若年労働力不足や熟練者不足、IT 導入の遅れによる業務の非効率性等の課題に対処していく必要がある。

本研究は、国土交通省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」(H15～H19、以下「総プロ」)の一環として進められたものである。情報技術 (IT)・ロボット技術 (RT) を活用し、土木施工における危険・苦渋作業の解消や熟練者不足への対応として、3次元情報を活用しつつ、建設機械 (油圧ショベル) の自律化に向けた基盤技術に関する研究開発を行った。

本研究で対象となる油圧ショベルは、諸工種に共通する土工に用いられる汎用的で数の多い建設機械であり、自律化については過去にも取り組まれてきたが、難易度と期待性能、費用、現場実態等から市場性が見えず、また不況から好況への急転換、厳しい排ガス規制対応開発等もあり、近年では民間での新技術開発が進んでいない状況にある。一方、情報・通信・計測・制御技術の高速・高精度・安価化が昨今進んでおり、総合技術開発プロジェクトにおいて建設機械 (油圧

ショベル) の基盤技術を向上し、機体性能の見通しや今後の課題を明らかにしておくことが要請されたことから本研究開発が行われるものとなった。

本報告は、IT 施工システムに関して油圧ショベルにおける掘削積込作業の自律化に関する研究開発の概要と技術開発によって得られた知見について述べる。

2. 研究概要

本研究では、建設機械の IT 施工技術の実用化を目的として、その基盤となる以下の要素技術の研究開発を行うとともに IT 施工システムのプロトタイプの開発を行った。

- (1) 施工状況の 3次元情報の計測システム
- (2) IT 施工操作システム (マンマシンインターフェイス)
- (3) ロボット建設機械の自動制御システム

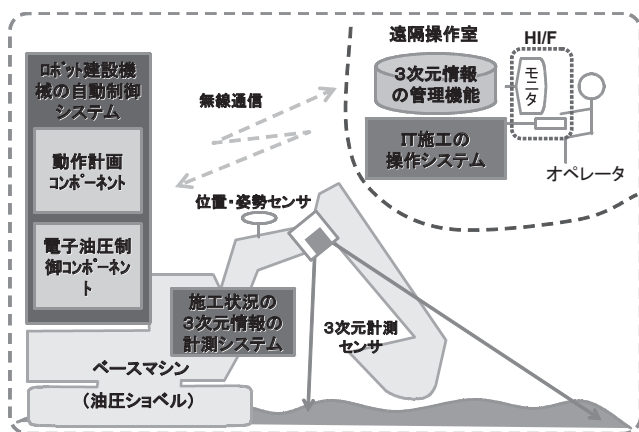
本研究では、代表的汎用建設機械である油圧ショベルを研究開発の対象として、図—1に示すように IT・RT を、現実的な範囲で最大限導入し、基盤技術に取り組んだ。

油圧ショベルは種々の作業があるが、手法の転用を念頭に、溝掘削積込作業を対象とした。設計形状の 3次元情報をもとに、作業中に変化する地形形状を計測し、これに応じた掘削積込動作を計画して機械を制御し、熟練オペレータの施工精度と速度と概ね同等の自律作業を行うものとしている。要素技術について研究

開発を進めるにあたり、図—2に示すような複数のシステムに大別し、研究開発を進めた。



図一1 ロボット等によるIT施工システムの開発イメージ



図一2 IT 施工システムのプロトタイプ概念図



写真—1 要素技術を装備した実機

3. 研究開発内容

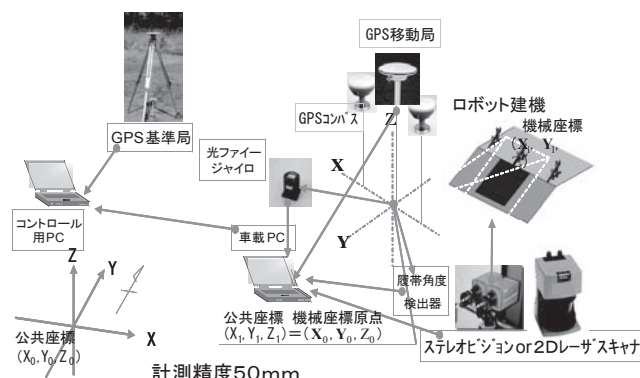
(1) 施工状況の3次元情報の計測システム

ロボット建設機械が自律作業をするには、変化する

作業中の地形の3次元情報を把握する必要がある。このため、揺動するロボット建設機械上に設置したレーザスキャナなどの3次元計測器で3次元情報を計測・座標変換する技術を開発した。

はじめに計測システムを試作し、その後検証実験を繰り返し、改良を継続した。総合計測精度は5 cm 以内を目標とした。結果としての精度は、通常はセンサ単体の最大誤差が累積はしないこと、GPS が正しい計測値であるとし、ほぼ達成されたものとなった。

システム構成の概念を図—3に示すとともに、それぞれの機能については以下の通りである。



図一3 3次元情報の計測システムの概要

(a) 自機位置

自機位置把握には、RTK-GPSと自動追尾トータルステーションが選択肢となるが、使用場面の汎用性と計測頻度からRTK-GPSを選択した。TSの場合、油圧ショベルが旋回する時にミラーがブームやアームに隠れ、追尾できなくなる可能性が想定された。また計測頻度は、周囲計測やバケット位置把握の根本となるものとして、最低10Hzの確保を想定した。

GPS アンテナ取付位置は、他の搭載物の位置関係もあり、上部旋回体の後端中央とした。精度としては、(何が正しい計測値なのかの問題もあり、) 水平 2 cm, 鉛直 3 cm 以内を想定している。計測遅延は 60 msec, 頻度は 10 Hz である。

なお掘削精度に対しては、移動終了後の一連の作業中には、旋回中心の移動はなく、比較的良好な精度が確保可能なものとなった。

(b) 上部旋回体の方位・姿勢

上部旋回体の方位は、GPS 位相差方位計と光ファイバージャイロの組合せとしている。

選択肢としては、GPS 系とジャイロ系が考えられ、GPS 系では、GPS 位相差方位計と 2 基の RTK-GPS (1 基は位置と兼用) が選択肢となるが、精度と費用の両

面から、GPS 位相差方位計を選択した。ジャイロ系ではドリフトの問題があり、何らかの方法でゼロ点補正する必要がある。

また、姿勢センサでは、比較的安価な傾斜計での精度と計測遅延の問題があり、比較的高価ではあるが、計測頻度でも利点のある光ファイバージャイロを検討した。

以上から、方位及び姿勢は、光ファイバージャイロとして、一定時間旋回しなかった時に GPS 位相差方位計によりドリフトを補正することとした。

(c) 揺動の対応

周囲計測では、計測器自体の揺動・振動が問題となることが想定される。このため、揺動・振動実験をしたところ、振動についてはほとんど問題がなく、揺動については無視できないことがわかった。計測器が計測した時点にどちらを向いていたかにより補正する必要がある。上部旋回体の揺動の周期は、1Hz 強であり、補正のためには、最低 5Hz、できれば 10Hz 以上の位置・姿勢計測頻度が望ましいとわかった。また計測値には、計測時刻のタイムスタンプが必要である。

(d) 周囲計測

当初、施工現場全体と、施工対象周辺の、両者の実施を計画していた。

前者は、100 m 四方程度を、3 次元レーザスキャナにより数箇所で見況地形形状を計測し、これを合成することを想定していた。しかし、応用可能な既存技術があり、ここでは、後者に特化することとした。

後者は、10 m 四方程度を想定し、時々刻々と変化する施工対象を把握し、自律掘削、動作計画に反映させようとするものである。

総合計測精度の目標を 5 cm としているところから、単体計測としては、1 cm 程度が目標となる。

ここでは、レーザスキャナとステレオカメラが選肢となるが、事前の実験等からステレオカメラの計測時間が長く、計測範囲が限定され、また天候対応等もあることから、レーザスキャナを主とし、ステレオカメラを従とすることとした。

(e) レーザスキャナ

計測密度は、リアルタイム性があることを前提として、施工対象で 5 cm 程度、施工対象周辺の粗なところで 10 cm を目安として検討した。

結果として、施工対象に対し、2 次元縦方向で計測し、旋回時に 3 次元計測となるものとした。作業装置（ブーム、アーム、バケット）の両側を計測線として 2 個の固定設置としており、どちらに旋回しても、掘削直後及び掘削直前の形状が計測可能である。可動装

置は、不要であると判断し、現在までの掘削積込の範囲においては、支障はない。

精度としては、10 m 前方（0.8 m³ 級の場合のバケット先端）で 2 cm 以内を想定している。計測遅延は 10 msec、頻度は 18 Hz である。揺動を補正するため、姿勢センサとともにタイムスタンプをつけて同期を取り、座標変換しており、掘削動作計画に用いている。

(f) ステレオカメラ

ステレオカメラは、ステレオ処理に時間がかかるためリアルタイムの活用より、状況の把握、移動のない範囲での作業後の出来形計測・確認（現在位置での作業の終了確認）に活用するものとしている。

計測時間が問題であり、動作計画に用いるための通信を含む目標時間としては、1 回の掘削後、次の掘削動作計画を行うまでとして、想定する掘削サイクルタイム 20 秒から、6 秒間としていた。

これに対して、当初は、精度は高い一方 21 秒を要していた。そこで、高速を要する場合には、精度は 2 cm 以内は許容することとして、処理画素数を実質的に 1/16 とすること等により、通信込みで 7 秒間とした。

これにより、作業後の出来形計測・確認だけでなく、十分ではないが場合によっては、レーザスキャナの掘削直後の計測を代替可能なものとした。

(g) ビデオカメラ

自律動作の補助表示や、非常時の遠隔・介入操作用として手動遠隔で最低限の操作が可能なよう、カメラ動画を準備した。アナログとデジタル各 1 台としたが、デジタルの遅延時間を圧縮等により、0.2 秒に短縮できたため、後述の付加価値からデジタルを主とすることとした。

(2) IT 施工操作システム（マンマシンインターフェイス）

ロボット建設機械が自律作業をするには、計測・座標変換に関する 3 次元情報を把握して作業状況が設計データに対して適切であるかを確認するとともに、簡易的な指示を行う必要があり、このための技術を開発した。

(a) IT 操作システム（表示機能）

計測した現況（地形）の 3 次元情報や目標の形状（設計）の 3 次元情報を重ね合わせて提示する表示技術を開発した。またこの画面上で、作業範囲や作業内容などの簡単な指示を行う技術を開発した。

バケットと設計の相対位置を表示する支援技術については、いわゆる GPS ショベルとして既に実用化さ

れており、これをベースに計測した現況（地形）等をあわせて表示し、自律動作の設定・指示に用いるものである。任意の視点でのCG表示も可能としている。

追加機能としては、自律機能とは切り離し、建設機械のオペレータ（遠隔操作等）に、作業の目標（設計）と現況（地形）の3次元情報と自機の位置などを提示して、作業を支援するシステムのプロトタイプとして、遠隔フルマニュアル操作に関する開発も併せて行った。

表示機能に関しては、基本的に2画面で、CGとカメラ動画像で、ウインドウを展開して画面数を増やすことが可能で、CGは必要なウインドウに自動切替えとしているが、手動にも対応している。

また、カメラ動画像に、設計線を重ね合わせる表示を可能とした。

原理は、ステレオカメラと同様で、カメラの位置、向き、画角、歪み等が正確に把握され、高速に補正できればよい。精度は、実験計測の範囲では4cm以内、遅延は0.2秒であったが、回転時に設計線の表示遅れがあった。デジタル動画像の遅延短縮技術は、遠隔操作の分野で進んでおり、実用時には、さらなる高速化が期待できると考える。

(b) 3次元情報の管理機能

ここでは、設計や計測の3次元情報を管理し、各サブシステムやコンポーネントと通信する機能も必要であり、3次元情報管理装置とした。設計データとしては、3次元空間データ交換仕様及び一般的なCADデータ交換形式であるDXFに対応している。

設計や計測の3次元情報は、取扱の簡便さと通信量低減から、メッシュデータとして提供することとしている。メッシュの大きさと設定エリア範囲は任意であるが、データ通信量と実用上のバランスから、掘削積込対象範囲に10cmメッシュで設定しており、掘削積込については支障はない。計測密度からは5cmメッシュ程度まで細かくすることは可能であり、今後の作業内容の拡大にあっては、検討を要すると考えている。

また、動作計画や表示を行うためのデータを管理し、必要に応じて処理して、提供する機能がある。主な機能は、以下の通りである。

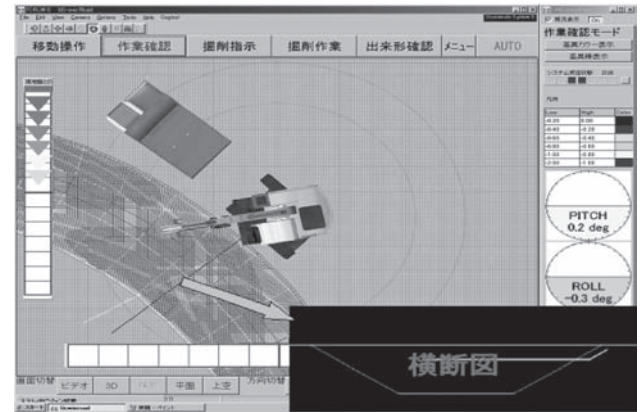
- ①設計データと初期地形データの取込と保持
- ②メッシュの設定
- ③設計や計測値のメッシュデータ生成と提供
- ④建機・ダンプの位置・内界センサデータ保持と提供
- ⑤現況作業状態コードの保持とトリガー提供
- ⑥計画軌跡データの入力と表示への提供
- ⑦掘削対象の設計断面の生成と制御への提供

⑧掘削対象の現況断面の生成と制御への提供

⑨放土対象（ダンプ）の断面の生成と制御への提供

⑩ステレオカメラ計測データの取込と提供

IT（表示・）操作システムと3次元情報管理装置の役割分担は、基本的には、作業中に人間とのやりとりがある事柄か否か、で分けられている。



図一4 IT 施工操作システム

(3) ロボット建設機械の自動制御システム

油圧ショベルを自律作業させるための制御技術は、本研究の中心的位置付けにあり、自動制御システムについては、以下に述べるような研究・開発を行った。

(a) 熟練オペレータ操作時の動き方の把握

自律と熟練オペレータ操作での作業装置の軌跡の差異を数値として解釈する。そのため、複数の熟練オペレータによる作業で、建設機械の作業装置の動き、油圧圧力変化やレバー操作量などを計測し、解析を行った。

(b) 建設機械の自動制御技術

作業目標（設計）と現況（地形）の3次元情報を用いて、ロボット建設機械の作業装置の動作の計画を自動生成する制御アルゴリズムを、上記のオペレータのデータを参考として開発した。また、作業装置の位置や機械の姿勢等をリアルタイムに計測し、制御する装置を開発した。

①内界センサ

内界センサとしては、バケットの位置・姿勢を把握するものである。

当初、バケット、アーム、ブームの関節角度計測のために、純正オプションのポテンシオメータを用いた。しかし、ノイズにより計測値が分散してしまうことから、これをある程度押さえるフィルタに0.2～0.33秒を要することとなり、位置のPID制御の場合では、計測値のふらつきによる振動が問題となった。

このため、ロータリエンコーダを追加し、精度が大幅に改善され、計測値のふらつきによる大きな振動は見られなくなった。

この他に、GPSの効かない屋内実験と、表示のための下部走行体と上部旋回体の相対位置把握のために、旋回センサがある。耐久性のあるポテンシオメータと検証用の室内用高精度のものを実装している。

②電子油圧制御コンポーネント

軌跡計画に追従する、位置のPID制御で油の圧縮性を省いた1型2次系に簡略化し、補償器はFF型2自由度としている。シミュレーションで調整しており、電磁比例弁の油圧系では難しいと予想されるが、この確認には意味があると考えていた。ポテンシオメータの場合では、振動を抑えられなかったが、計測したケース(空中動作の自動追尾TSによる1Hzサンプリング)では、軌跡計画に対する追従性は10cmに収まっていた。ロータリエンコーダでは、通常の使用に問題ないと考えている。

③動作計画コンポーネント

どのように作業を自律で行うか、計画を行い、指令値を出すコンピュータのコンポーネントである。開発環境は、MATLAB/SIMLINK及び一部Cで、速度は100Hzで動作するものとしている。詳細については本機関誌「油圧ショベルによる自律掘削と動作計画に関する研究」をご覧ください。

(4) プロトタイプシステムによる検証

以上のまとめとして、油圧ショベルによる掘削・積込の機械土工の作業を対象として、プロトタイプシステムで構内模擬現場試験を行い、機能の検証を行った(写真-2)。

積込はクローラダンプに行い、クローラダンプにぶ



写真-2 掘削積込状況

つけないため等の確実な動作のために、サイクルタイムは、荒掘掘削で40秒、仕上げ掘削で50秒を要することになったが、仕上げ精度は、10cmに収まり、一定の成果を得たものと考えている。

ここでの課題は、スムーズな動作とサイクルタイムの短縮、掘いきれない土砂がバケットからこぼれる対処等であった。

4. おわりに

本研究開発では、代表的な汎用建設機械である油圧ショベルについて、IT・RTをIT施工システムとして構成し、基盤となる要素技術の開発に取組み、自律化された作業を具現化することを可能とした。

今後は、土質地盤条件、作業内容・形状・範囲等への条件対応、例えば多様な地盤条件に適応するシステムを実現する研究を更に進める必要がある。また、ここで可能性の見てきた自律機能を活用する、操作支援や施工方法への取組も必要となる。

謝辞：本研究を実施するにあたり国土交通省、ロボット等によるIT施工システム研究委員会(委員長：筑波大学油田教授)、東京大学人工物工学研究センター浅間研究室、(社)日本建設機械化協会、(財)先端建設技術センター、土木学会建設用ロボット委員会、建設無人化施工協会をはじめ多くの方々にご指導頂きました。お礼申し上げます。また実験にご協力いただいた方々に感謝いたします。

J C M A

【筆者紹介】



山元 弘 (やまもと ひろし)
(独)土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主席研究員



茂木 正晴 (もてぎ まさはる)
(独)土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主任研究員



大槻 崇 (おおつき たかし)
(独)土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
研究員

油圧ショベルによる自律掘削と動作計画に関する研究

茂 木 正 晴・山 元 弘・大 槻 崇・邵 輝・境 田 右 軌

土木工事には、危険・苦渋作業がいまだに多く、作業環境を改善し、安全を確保することが課題となっている。また、今後の少子高齢化社会の進展により建設就業者の高齢化、若年者・熟練者の不足に備え着実に対処方策を講じておく必要がある。

そこで、ロボット等による IT 施工システムを実用化し、危険・苦渋作業の解消と作業の迅速化・効率化を目標として、その基礎技術の 1 つである油圧ショベルの自動制御技術に関する研究を行ったので報告する。

キーワード：油圧ショベル、自律化、IT 施工システム、動作計画、事象駆動型、軌跡追従型

1. はじめに

土木施工における危険・苦渋作業の解消や熟練者不足への対応として、基盤となるロボット技術（RT）を中心とした要素技術に関する研究を進めているものである。

本研究では、油圧ショベルによる自動制御のための動作計画について、熟練オペレータに対して掘削作業における動作に関するヒアリング調査、そのヒアリング結果に基づく掘削作業効率を優先させた粗掘削と、出来形精度を優先させた仕上げ掘削の、2つの動作計画を構築した。これらの掘削作業については、粗掘削を事象駆動型の動作計画、仕上げ掘削を軌跡追従型の動作計画とし、自動制御のための動作計画とした。

これらの動作計画と掘削環境を 3 次元で計測するシステムと組合せることにより、動作計画に基づく一連の掘削作業（掘削～積込）について自律した自動制御が可能となった。

2. IT 施工システムの概要

IT 施工システムを搭載したプロトタイプの油圧ショベルは、施工状況の 3 次元情報計測システム、IT 施工の操作システム、ロボット建設機械の自動制御システムの 3 つのシステムから構成される

(1) 施工状況の 3 次元情報計測システム

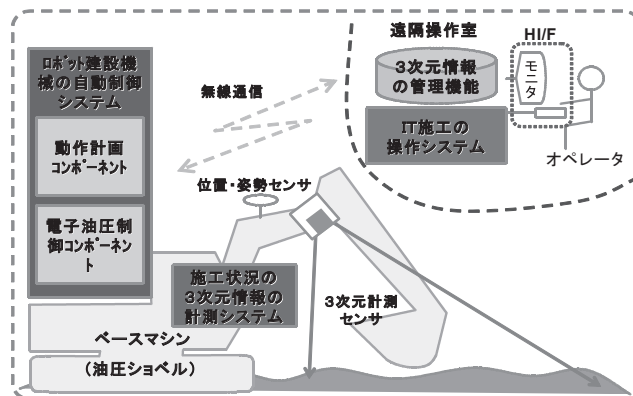
GPS、ジャイロ、レーザ等を利用し、掘削作業など

に伴い変化する地形の 3 次元情報とベースマシンの自己位置、方位、傾きなどを計測し、リアルタイムに IT 施工の操作システムやロボット建設機械の自動制御システムに情報を提供するものである。

(2) IT 施工操作システム（マンマシンインターフェイス）

ベースマシンのオペレータ（遠隔操縦等）に、作業の目標と現況の 3 次元情報と自機の位置などを提示して、作業を支援するシステムであり、自動制御時は監視支援システムとなる。

遠隔操作室内の IT 操作システムとベースマシンに搭載されている施工状況の 3 次元情報計測システム、ロボット建設機械の自動制御システムの間は、様々なデータを無線で伝送している。実験で利用している無線伝送は、帯域により特定小電力無線（429 MHz 帯）



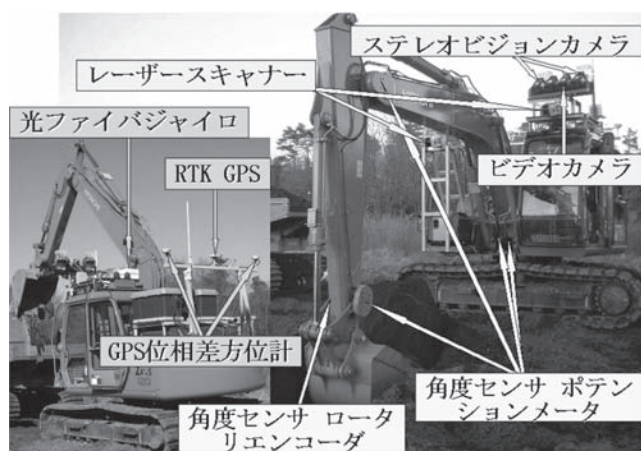
図一1 IT 施工システムの概要図

と無線 LAN (2.4GHz 帯) の 2 種類がある。

(3) ロボット建設機械の自動制御システム

遠隔でオペレータが作業位置などの簡単な作業指示を行うと、作業の目的（設計）と現況の 3 次元情報を基に、ベースマシンのバケット、アーム、ブーム等の油圧シリンダを自動制御し、掘削・積込・出来形計測の一連の繰り返し作業を自動化したシステムである。

ベースマシンは油圧ショベル 12 トン級（バケット容量 0.5 m³）であり、遠隔操作および PC 制御ができるように改造したものである。また、写真—1 に示す計測用の各種センサを取り付けている。



写真—1 各種センサ取付状況

3. プロトタイプによる実験と動作シナリオ

プロトタイプによる実験は、掘削とクローラダンプへの積込・放土作業を、遠隔操作および自動制御で行うものである。一連の施工作業は、設計の 3 次元情報（3D-CAD データ交換形式 DXF または国総研 XML 形式）に基づいて行われる。実験は、土木研究所内の屋外実験場（50 × 50 m）とし、掘削対象としては、実験場の既存土質（関東ローム）で実施した。

実験の動作シナリオは以下①～⑥までの作業を繰り返すように設定した。

なお、オペレータは、車載カメラの他、自動切替の複数の CG 画像を用いる。

- ①オペレータは、ベースマシンを遠隔操作で移動して、適切な位置（旋回中心から掘削箇所までが 7.5 m ～ 5.5 m に入る）に停止する。
- ②遠隔操作により、ベースマシンの上部旋回体を 360 deg 回転させ、レーザースキャナによって周辺の 3 次元情報を計測する。
- ③オペレータは、クローラダンプを遠隔操作で移動し

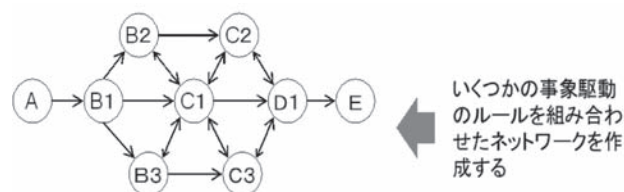
て、積込可能位置で停止する。

- ④ベースマシンを自動モードに切り替える。
- ⑤自動制御によりベースマシンは、掘削・積込を行う。作業が終わると自動的に遠隔操作状態に戻る。
- ⑥オペレータは、クローラダンプを遠隔操作して、放土する。

4. 事象駆動型動作計画

事象駆動型動作計画を、粗掘削用の動作計画として開発した。粗掘削では、作業速度、すなわち高い掘削効率求められる。制御をかけることによって細かい動作の補正が入ると、作業速度が低下してしまう。そのため、事象駆動型動作計画では、精度を求めずに、作業効率を向上させるために、Point-to-Point の指定による動作計画とした。

事象駆動型の動作計画は、ある事象が発生した時にある動作を駆動する動作計画である。いくつかの事象駆動のルールを組み合わせ、階層化したネットワークを作成することで、目的とする作業を実現する動作計画を作成した。図—2 にイメージを示す。○が状態、矢印が事象を示し、○状態 A ～ E の各状態に設定、選択され状況に応じて動作が切り替わる（B1 → B2, B1 → B3 のように）ことで、作業目的を達成することとした。



図—2 事象駆動ネットワークイメージ

(1) 事象駆動型動作計画の有用性

設計した事象駆動型動作計画は、検証実験を行い、おおむね良好なものであったが、想定していない条件での作業、例えば掘削時の掘削負荷が大きいなどの作業では、掘削が止まってしまう問題があった。

そこで、熟練オペレータによる掘削作業の操作計画実験の際に収集したデータを解析して、上述した問題を修正することを目指し、有用な掘削方法を探ることとした。

(2) 熟練オペレータの作業解析

実験は、熟練オペレータ 2 人に、それぞれ掘削に最

適だと判断する位置からの掘削（最適位置掘削）と、ブーム、アームおよびバケットを油圧ショベルの前方に最大限伸張した位置からの掘削（最遠位置掘削）の2ケースとし、幅はバケット幅、深さは1.2 mと設定して行った。

掘削時における、アーム動作とバケット動作の関連を調べるために、ブーム－アーム角度（アーム角）とアーム－バケット角度（バケット角）の相関値を算出した（表－1、四回粗掘削の相関値）。各相関値の平均をとると、おおむね0.94以上であり、アームとバケットの動きには高い相関があることが確認できた。

また、掘削時における、掘削方向に対するバケットの姿勢を調べるために、バケット底面と掘削方向のなす角度を求めたグラフを作成した。例として1試行目

の1掘削目について、図－3および図－4を示す。

掘削開始時のバケット入射から、直線掘削への移行時に大きくなり、そこから掘削終了時までゆるやかに小さくなっており、バケット引上開始時にはほぼ0 degになっている。すなわち、掘削開始時はバケット口側から掘削して徐々にバケットを抱えこむように動かしていることがわかる。これは、掘削開始時はバケットに多く土を入れるためにバケット口側から掘削し、バケットを引き上げる際にはできるだけ抵抗が少なくなるようにバケットを移動させるためであると推察できる。

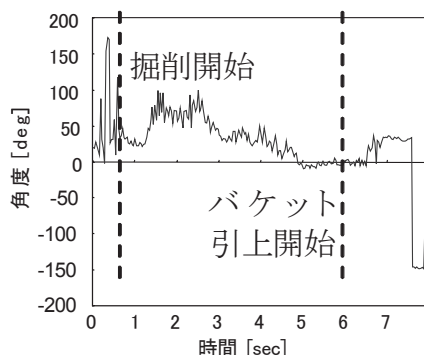
以上から、掘削時はアームとバケットの角度を協調して動作させ、バケットの姿勢は掘削の進捗に応じて徐々に抱え込むように動かしていることが判明した。これは、掘削の段階に応じてバケットの姿勢を変化させることで作業効率の向上を図っているものと推察できる。

（3）事象駆動型動作計画の改良と評価

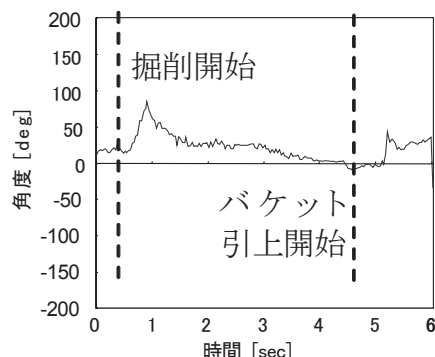
熟練オペレータの作業解析で得られたデータを用いて、事象駆動型動作計画を改良した。解析して得た目

表－1 アーム角とバケット角の相関値

	最適位置掘削		最遠位置掘削	
	オペ A	オペ B	オペ A	オペ B
1 掘削目	0.955	0.988	0.969	0.938
2 掘削目	0.959	0.864	0.959	0.929
3 掘削目	0.964	0.995	0.953	0.963
4 掘削目	0.939	0.997	0.982	0.939
平均	0.95	0.96	0.97	0.94

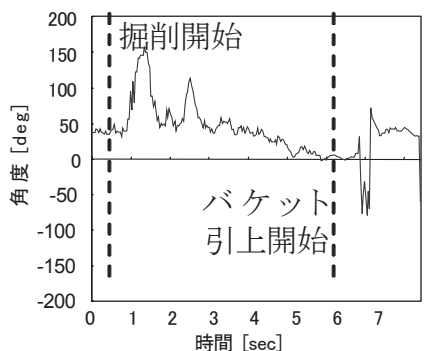


①最遠位置掘削

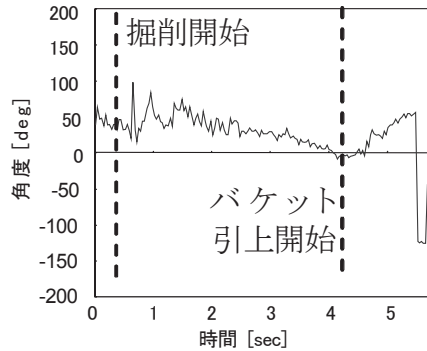


②最適位置掘削

図－3 掘削方向とバケット底面のなす角度（オペレータ A）



①最遠位置掘削



②最適位置掘削

図－4 掘削方向とバケット底面のなす角度（オペレータ B）

②掘削方向へ旋回

掘削範囲の地表面現況形状情報受信

③掘削開始点へバケットを下げて掘削・引上げ

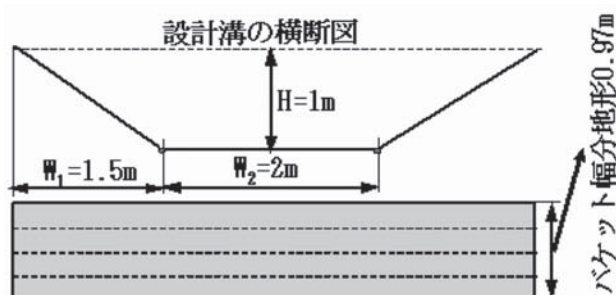
クローラダンプのベッセル情報受信

④クローラダンプ方向へ旋回，放土

設計情報受信

(b) 掘削軌跡での3次元情報の活用

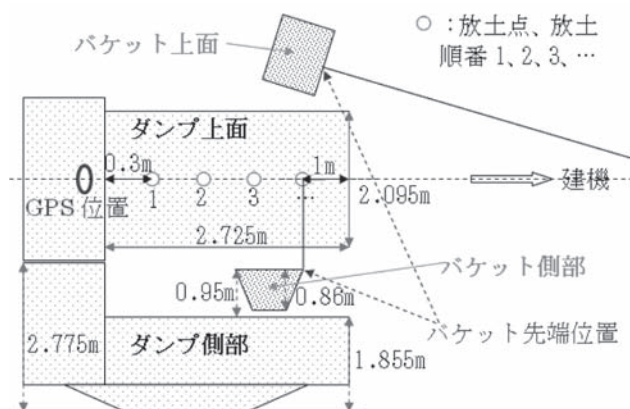
現況形状の3次元計測データは、粗掘削から仕上げ掘削へ、掘削終了の切り替え、および掘削開始点等を動的に判断するために用いている。計測データは、図一7に示すように、掘削溝の中心（バケット中心）の直線と左右0.2m等分に振り分けた1ラインずつの、計3直線を代表値として用いている。この計測データと、設計（目標掘削形状）の標高差を比較して判断を行うものとしている。



図一7 地形断面情報

(c) 放土軌跡での3次元情報の活用

放土前に受け取るクローラダンプの情報は、ベッセルの中心と、中心から左右0.5mの3直線をレーザスキャナで計測した高さである。受信したベッセル情報を現場座標系から建機座標系に変換して、図一8に示すようにダンプのベッセルの長さにより放土点1, 2...を算出する。なお、バケットとベッセルの接触を

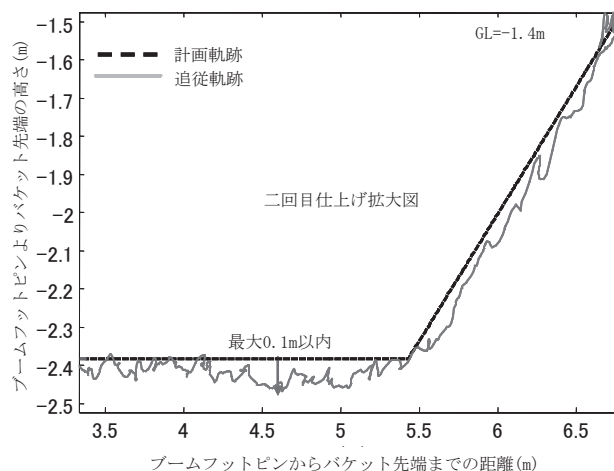


図一8 ダンプへの放土計画イメージ

確実に避けるように、ベッセルのあおり側より0.2～0.3mの安全距離と移動の余裕時間を設定した。

(3) 軌跡追従型動作計画の検証

検証実験の結果、現況地形と設計の掘削形を比較しながら、仕上げ掘削への切り替え、掘削終了を判断することや、状況により掘削位置を変更することを実験により検証した。図一9に計画した軌跡と、実際に動作したバケット先端の軌跡を示す。



図一9 掘削時の計画軌跡と実掘削軌跡（例）

ここでは、ダンプへ安全・確実に放土するため、引上げ、旋回および積込放土動作の時間に余裕をみることで、粗掘削1サイクルを約30sec、仕上げ掘削1サイクルを約40secに設定した。

設計や現況地形の3次元情報を活用し、設計した台形軌跡により指定された掘削溝に関して粗掘削から仕上げ掘削までの自律連続動作を実証、実現することが



図一10 一連の掘削作業状況

できた。また、粗掘削から仕上げ掘削までの掘削動作を検証した結果、0.1 m 以内の精度が確保できたことを確認した。また、クローラダンプへの自律積込作業を実現することができた。

6. 終わりに

本研究において、事象駆動型動作計画として熟練オペレータの作業解析に基づく動作計画の確認（作業効率は通常の作業と同等）、軌跡追従型動作計画として3次元計測システムとの連携による施工精度の向上（作業効率は同等）を図り、IT 施工システム全体としての有用性を検証した。

その結果、動作計画、掘削精度の確保（0.1 m 以内）を確認することができた。また設計や現況地形の3次元情報を活用し、状況に応じた動的対応可能な自律化掘削・積込作業を実現できた。

今後、多様な土質、掘削条件を想定した動作計画、クローラダンプへの積込情報を活用した、動的な自律計画を進めて行く必要がある。

最後に国土交通省、ロボット等による IT 施工システム研究委員会（委員長：筑波大学油田教授）、東京大学人工物工学研究センター浅間研究室、建設無人化施工協会など多くの方々のご協力により本研究を進めることができたことを記し、謝意を申し上げます。

J C M A

[筆者紹介]

茂木 正晴（もてぎ まさはる）
（独）土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主任研究員



山元 弘（やまもと ひろし）
（独）土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
主席研究員



大槻 崇（おおつき たかし）
（独）土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
研究員



邵 輝（しょう き）
（独）土木研究所
技術推進本部 先端技術チーム
専門研究員



境田 右軌（さかいだ ゆうき）
（独）理化学研究所
理研—東海ゴム人間共存ロボット連携センター
ロボット動作研究チーム



平成 20 年度版 建設機械等損料表

■内 容

- 国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- 各機種の燃料消費量を掲載
- わかりやすい損料積算例や損料表の構成を解説
- 機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- 各種建設機械の構造・特徴を図・写真で掲載
- 日本建設機械化協会発行「日本建設機械要覧」参照頁を掲載

■ B5 判 約 600 ページ

■一般価格

7,700 円（本体 7,334 円）

■会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600 円（本体 6,286 円）

■送料 沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円（但し県内に限る）

（複数お申込みの場合の送料は別途考慮）

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>

ホイールローダによる積み込み作業を対象とした自律作業システム

皿 田 滋

ホイールローダによる砂利の積み込み作業を対象として、操作員による関与を一切必要としない自律システムの開発を行っている。中型の実機をベースにした実験機とダンプトラックにより砂利堆積からのすくい取り・ダンプへの積み込みを実現した。堆積やダンプの位置などの環境情報は作業システムのセンサー系により取得し、それに基づいて作業計画を作成し、動作制御機能により自律的に作業を遂行した。本文においては実機ベースの実験機による開発の概要を述べる。

キーワード：自律作業、ホイールローダ、積み込み作業、自動化、ステレオビジョン、LRF

1. はじめに

ホイールローダ（フロントエンドローダ：以下ローダ）は露天鉱山や採石場での積み込み作業用の機器として最もよく用いられている機器のひとつであり、通常はダンプトラックとの組み合わせで用いられることが多い。ダンプトラックの自動化については、すでに日常的な操業に応用される水準に達しているが^{1) 2)}、ローダについては、採石場での使用を目的とした一部自動化の開発例³⁾があるものの完全な自動化はまだまだ達成されていない。

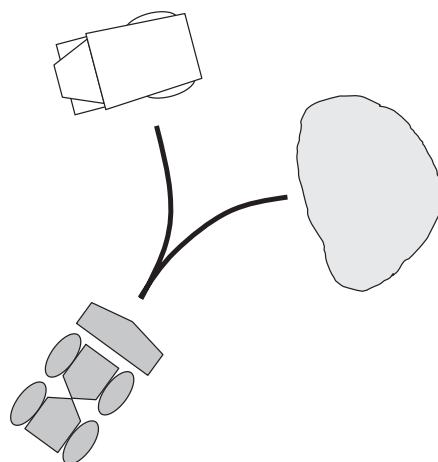
建設や鉱業などのいわゆる非製造業の作業は、作業対象が不定形の不定形物体の集積であり、それらの形状と位置は作業の進展に応じて刻々と変化することが大きな特徴である。このような作業を遂行するシステムには変化する環境の中で適切な動作を決定する機能である「自律性」が必須であり、システムの作業遂行能力は「自律性」の程度に大きく依存する。

筆者らは自律作業システム開発の一環としてローダによる積み込み作業を対象として、操作員の関与が一切不要な自律作業システムの開発を目指した研究を実施してきた。これまで小型実験模型を用いた実験室内での研究^{4) ~ 6)}を行ってきたが、平成16年度からは中型の実機をベースとした実験機「山祇（やまづみ）4号」を用いた屋外実験を開始し、実験機による一連の積み込み作業を実現した。本文においては実機ベースの実験機による開発の概要を述べる。

2. 実験機「山祇4号」のシステム構成

(1) 対象とする積み込み作業

ホイールローダとダンプトラックの組み合わせによる積み込み作業ではVシェープ方式が多く用いられているので、本研究もこの方式を対象とした。図—1に示すようにローダは堆積とダンプトラックの間を途中に切り返しを含むV字型の経路を往復走行する。堆積からのすくい取り位置とダンプ荷台への積み込み位置は作業の進展に応じて変化する。



図—1 Vシェープ積み込み方式

(2) ホイールローダの機構と制御系の構成

図—2に実験機「山祇4号」を示す。ベースになったローダは通常の中型ローダである。ベースマシンの全長は約7m、車体重量は約7トン、バケット容量は



図—2 実験機「山祇4号」

1.4 m³である。

ベースマシンの駆動操作系にパイロットバルブ等を付加し、電算機による制御が可能のように改造を施した。バケットアームおよびバケット傾斜、ステアリングは油圧シリンダによって駆動され、また、走行は走行用の油圧モータによって駆動されている。これらの油圧アクチュエータにパイロット弁を介してコントローラから制御可能とした。ローダ全体の動力はエンジンから供給されており、供給動力はエンジン回転数を制御することによって調整するが、電動モータによってエンジン回転数を制御するように改造し、コントローラによって供給動力の調整を可能とした。制動装置はブレーキペダルを電動直動機構によってブレーキペダルを押し下げることににより制動の調整を行うようにした。

山祇4号には3台の制御用電算機が搭載されている。1台はコントローラであり、油圧シリンダ等の油圧機器を駆動する。このほかに2台のPCが搭載されており、1台は運動制御用の「PC1」、もう1台は環境計測と作業計画を担う「PC2」である。コントローラとPC1、PC2はCANとイーサネットにより結合されており、必要に応じて情報の送受信を行っている。全体

の統括と作業段階の遷移はPC2によって行われ、各作業段階に応じた運動制御はPC1によって行われる。PC1からの動作指示に従いコントローラは各油圧シリンダ等を作動させる。図—3に制御系の概略図を示す。以下にセンサー系の構成を述べる。

(3) センサー系

センサー系は運動制御用と環境計測用の2種類に大別される。運動制御用はローダの各部の位置、角度、速度、圧力などを計測し、環境計測用はローダの位置、堆積形状、ダンプ位置などを計測するためのセンサーである。

運動制御用センサーは車輪回転軸、車体屈曲軸、バケットアーム回転軸、バケットチルト回転軸に取り付けた回転角度センサーおよび油圧アクチュエータに取り付けた油圧センサーである。前者の回転角度センサーによってローダ各部の姿勢および運動速度等を検出する。また、後者の圧力センサーによって、主としてすくい取り動作においてバケットが受ける堆積物からの反力を検出する。

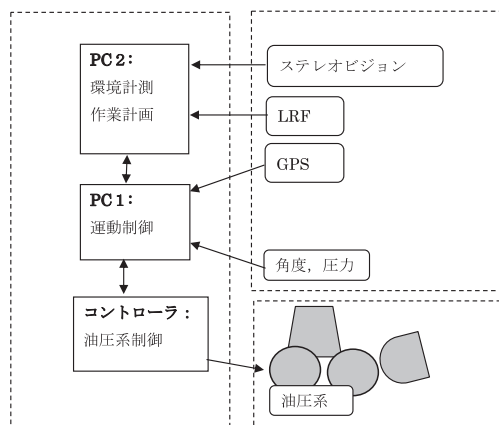
環境計測用センサーはGPS、ステレオビジョンシステム、レーザーレンジファインダー（LRF）である。GPSによる位置検出では実験場に固定したGPS基準局を用いたRTK-GPSにより±2 cm程度の精度で位置計測が可能である。また、山祇4号には2台のGPS受信機を搭載し、位置および車体方向の検出を行っている。

ステレオビジョンシステムは堆積の位置および形状の計測を目的としており、2台のCCDカメラは屋外設置用の防護箱に収められ、GPSアンテナと同様、車体後部キャノピー上部に固定している。

LRFは車体の側面に2台設置され、主として積み込み動作において山祇4号がダンプへ接近した際に衝突を防止するため、ダンプ荷台位置の検出に用いている。装備したLRFはレーザービームを回転走査することにより、ビーム走査面内での対象物の2次元形状を取得することができる形式のものである。LRFはビーム走査面が地面に垂直になる角度で取り付けただけで、車体前方にある対象物の垂直断面形状が計測可能である。

(4) 実験用ダンプトラック

実験に用いたダンプトラックは通常の10 tダンプトラックであり、操作機構には改造を施していない。運転は運転員によって行うが、位置と方向の検出を可能とするため、図—4に示すように山祇4号と同じ2台のGPSが装備されている。また、運転席にはPC



図—3 制御系の構成

が装備されており、GPS データに基づいて位置と方向を算出するとともに、無線 LAN を経由して山祇 4 号とデータの送受を行うことができる。山祇 4 号からの要求によってダンプの位置と方向を送信する。



図—4 実験用ダンプトラック

3. 環境認識と運動制御

(1) 堆積形状計測とモデル化

すくい取り位置は堆積の 3 次元形状と位置に基づいて決定する。堆積の形状は 2 台の CCD カメラによるステレオビジョンによって得られるが、2 枚の画像から 3 次元形状を構成するためには相関法を用いた。破碎岩石の集積である堆積の表面はランダムな模様になっており、相関法によってきわめて良好な 3 次元形状が構成できた。ステレオビジョンによって得られた 3 次元形状は柱状要素モデル⁴⁾に変換し、堆積の裾野輪郭の抽出と堆積重心位置の算出を行った。

(2) ダンプ位置検出

ダンプへの積み込みの際、ローダとダンプの距離はきわめて小さくなり、バケットはダンプの荷台上に進入するので衝突の可能性が高くなる。衝突の危険を回避するため LRF によってローダとダンプ荷台の相対位置の検出を行った。山祇 4 号には GPS による位置決めシステムが装備されているが、GPS による位置検出には時間遅れがあり、また、車体傾斜等によってアンテナ位置が移動し、位置検出に影響があるため、積み込み過程では LRF によるダンプ荷台検出位置に基づいて積み込み動作の制御を行った。

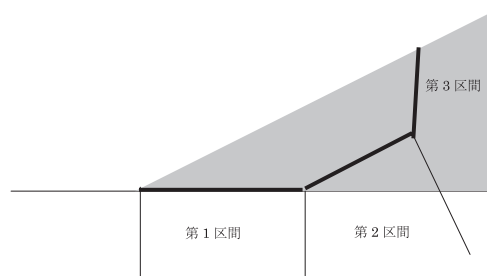
(3) 経路計画

経路計画において経路要素を組み合わせることで経路計画を行う方法を採用した⁶⁾。経路要素として直線と曲線の要素が必要であるが、曲線要素はローダがその曲線上を走行可能であり、また記述が単純であることが

望まれる。そのような性質をもつ曲線要素としてクロソイドにローダのステアリング方式の特性を考慮して修正を加えた対称擬似クロソイド (Symmetrical Pseudo-Clothoid: 以下, SPC) を考案した。

(4) すくい取りバケット制御

すくい取り過程ではバケットに大きな反力が発生するため、バケット進行方向を適切に制御する必要がある。すくい取りの際のバケット経路を図—5 に示すように 3 つの区間に分けた。第 1 区間ではバケット先端は地面に接して水平に貫入する。このときのバケット底板角度は水平である。ついで第 2 区間ではバケット先端は斜め上方に進行するとともにバケット角度も増加し上向きになる。第 3 区間はすくい取り動作を終了するためバケットを上方に移動して堆積から離脱するための動作である。第 1 区間から第 2 区間の移行はバケット荷重の水平分力と密接な関係がある車輪駆動用油圧モータの油圧計測値に基づいて決定した。第 2 区間ではバケットの上方への移動とバケット傾斜の増加の調和が、すくい取り効率にとってきわめて重要である。アーム角度の増加とチルト角度の増加を交互に行うことにより適切なバケット動作を実現した。第 3 区間へはバケット先端位置が所定の高さに達した時点で移行することとした。



図—5 すくい取り動作の区分

(5) 経路追従制御

実際には油圧系の動作誤差や遅れ、積荷状態の変化、地面とタイヤとの相互作用などにより計画経路から外れるので計画経路になるべく近づけるよう経路追従制御を行った。GPS によって得られた現在位置および方向と計画経路での位置・方向との間の誤差をローダに付随した車体座標系で表し、横方向の誤差と進行方向の誤差を操舵角速度にフィードバックした。操舵操作量は経路計画に基づくフィードフォワード項と誤差に基づくフィードバック項の和である。なお、経路追従制御では、進行方向の誤差についての修正は行っていない。この修正を行うためには車体速度の制御を

行う必要があるが車体は重量が大きいため制御性が悪く、有効な制御ができないからである。

4. 実験方法と結果

(1) 実験方法

実験は産総研つくば北サイトの屋外実験場において行った。図—6に実験場全景を示す。実験用の堆積として砂利 100 m³ を使用した。堆積物の粒度は 5 ～ 20 mm である。



図—6 屋外実験場

実験内容は 1 台のダンプを満載にするまでのサイクルを一連の作業として、次のような過程によって構成した。

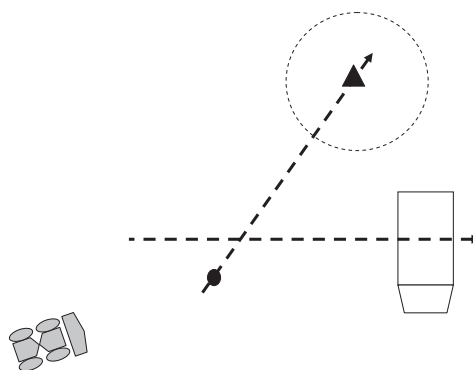
- ①初期位置から堆積撮像位置までの走行
- ②すくい取り開始点と積み込み開始点の決定
- ③すくい取り開始点までの走行
- ④すくい取り
- ⑤積み込み開始点までの走行
- ⑥積み込み
- ⑦すくい取り開始点までの走行
- ⑧④～⑦を 4 回繰り返す
- ⑨最後の積み込み終了後、初期位置へ戻る走行

なお、実験開始以前にシステムに対して与える情報は堆積の概略位置のみである。堆積の概略位置は実際の操業においては常に把握しているので、この位置をシステムに与えることは実用上、困難なことではないであろう。

なお、上記の①と②の過程の概要は次のとおりである。

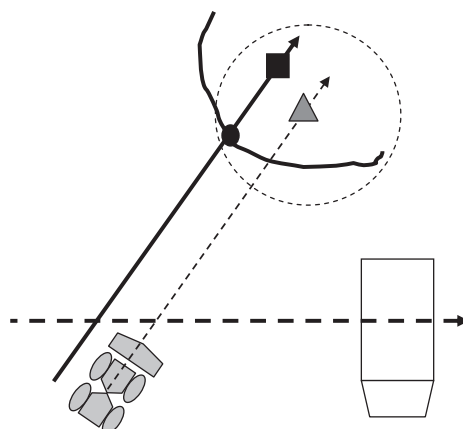
①初期位置から堆積撮像位置までの走行：この過程では堆積撮像位置の決定が最も重要な項目である。プログラムが開始するとローダは GPS によって自己位置および方向を取得する。ついでダンプと交信しダンプ

の位置・方向を取得する。図—7に示すように、すくい取りの方向をダンプに対して一定の角度（実験例では 45 度）に設定し、堆積概略位置（図中の▲）を通りこの方向の直線上に堆積形状撮像位置（図中の●）を設定する。概略位置との距離は 25 m に設定した。



図—7 すくい取り位置と積み込み位置の決定
堆積撮像位置

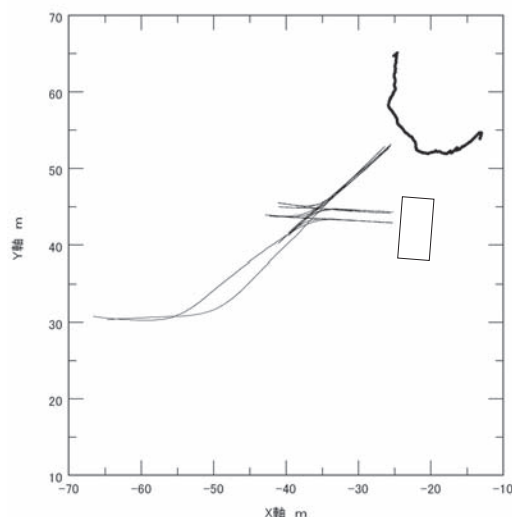
②すくい取り開始点と積み込み開始点の決定：この過程では、ローダは堆積形状撮像位置に移動し、ステレオビジョン画像から堆積の 3 次元形状を構成し、モデル化して堆積裾野輪郭線と堆積の重心位置の算出を行う。図—8に示すように、重心（図中の■）を通りすくい取り方向の直線と堆積裾野輪郭線との交点をすくい取り開始位置（図中の●）とする。なお、ダンプへの積み込み位置・方向はダンプの位置・方向に基づいて決定する。方向はダンプ荷台に対して直交する方向とし、積み込み位置は堆積物なるべく均等になるように 4 回の積み込み位置を前後左右にずらして設定した。



図—8 すくい取り位置と積み込み位置の決定
すくい取り位置の決定

(2) 実験結果

図—9にローダの走行経路および堆積裾野輪郭線、



図－9 走行経路

ダンプトラック位置を示す。なお、ローダの位置は車体中心の位置であり、バケット先端は約 2.5 m 前方である。初期位置 ($X = -68$ m, $Y = 31$ m) から発進し 4 回のすくい取りと積み込みを終了した後、初期位置に戻り作業を完了した。すくい取り位置および積み込み位置は堆積およびダンプトラック位置に基づいて決定されたが、適切な箇所に設定されている。図一 10 に実験中の様子を示す。すくい取り、走行、積み込みの動作も順調に遂行されている。作業時間については、すくい取りから積み込みを経て次のすくい取りまでの 1 サイクルの所要時間は約 60 秒であった。なお、すくい取り位置と積み込み位置の直線距離は約 10 m である。

実規模実験において、作業環境の計測に基づいて作業計画を生成し実行することにより作業を自律的に遂行することができた。

5. おわりに

自律作業システム開発の一環として、ホイールローダによる積み込み作業を対象とした自律システム開発について述べた。これまでの研究成果を実機ベースの実験機に搭載し、一連のすくい取り作業を自律的に行う作業を実現した。システムの実証として、ダンプに満載となる 4 回の積み込みを実現した。

自律システムとして作業を遂行する機能は実証されたが、まだ、実機実験機による開発は緒についた段階である。荷台への積み込み位置、すくい取り量の均質



(a) すくい取り



(b) 積み込み

図一 10 実験結果

化など作業の質の向上も課題である。さらにより自律性を向上させることも課題である。引き続き研究を継続し、課題の解決に努めたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 宮下・川地・石井：無人ダンプトラックの走行システムの開発・運用，第 67 回石灰石鉱業大会予稿集，pp1-14 (2008)
- 2) <http://www.komatsu.co.jp/CompanyInfo/profile/ad/tvcm/c06/index.html>
- 3) Sarata,S.: Research and Development on Unmanned Loading Operation by Wheel Loader, Proceedings of Aachen International Mining Symposium, pp249-258 (2002)
- 4) Sarata,S.: Model-based Task Planning for Loading Operation in Mining, Proceedings of IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp439-445 (2001)
- 5) Sarata,S.,Osumi,H.,Kawai,Y.,Tomita,F.: Trajectory Arrangement based on Resistance Force and Shape of Pile at Scooping Motion Proceedings of IEEE International Conference on Robotics and Automation,pp.3488-3493 (2004)
- 6) Sarata,S.,Weeramhaeng,Y.,Tsubouchi,T.: V shape Path Generation for Loading Operation by Wheel Loader, Springer Tracts in Advanced Robotics Vol.25, pp591-602, Springer (2006)

【筆者紹介】

皿田 滋 (さらた しげる)
(独) 産業技術総合研究所
知能システム研究部門



「情報化施工研修会」について

上 石 修 二

情報化施工のとりくみとして、土木施工の効率化、施工品質の確保、施工管理や監督検査における業務改善等を目的として情報通信技術（ICT）の利用が進みつつある。国土交通省が開催する「情報化施工推進会議」より発表された「情報化施工推進戦略」では、情報化施工の普及課題のひとつとして「人材育成」があげられている。この「人材育成」に関して、(社)日本建設機械化協会が立ち上げた「情報化施工研修会」について紹介するとともに、今後の課題について述べた。

キーワード：情報化施工，ICT，マシンコントロール，研修

1. はじめに

近年、情報通信技術（ICT）の建設分野への導入により、土木施工の効率化、施工品質の確保、施工管理や監督検査における業務改善へのとりくみが行われるようになってきた。

国土交通省においては、盛土工・舗装工を中心にICT技術の活用方策検討を進めており、この成果の一環として、「TS・GPSを用いた盛土の締固め情報化施工管理要領（案）」（国土交通省）や「施工管理データを搭載したトータルステーションによる出来形管理要領（案）」（土工編）がまとめられてきている。

また、大規模土木工事の施工現場においては、施工および工事管理の省力化、品質向上を目的として、マシンコントロール（以下、MC）技術を用いた施工支援システムを含む「ICTを用いた施工及び工事管理システム」を導入するなど、ICT技術の活用事例も報告されている。

このような中、国土交通省が今年2月に立ち上げた『情報化施工推進会議』から「情報化施工推進戦略」が発表され（7月31日）、その中で、情報化施工の普及のための重点課題のひとつに「人材育成」が挙げられている。

このような背景から、(社)日本建設機械化協会は、3次元データを利用した建設機械制御に関する基本的な教育を実施し、実践的な活用ができる技術者を育成することを目的として情報化施工・安全教育研修センターを発足した。本文は、同センターが開催する「情報化施工研修会」（9月現在、3回実施済み）に関して、

この研修会の内容および課題等について報告するものである。

2. 研修会の概要

従来より土木施工の現場においては、ブルドーザやグレーダのオペレータが丁張りなどの目標物を見ながら、ブレードをコントロールするレバー操作を行い、目標に達するまで繰り返し施工を行ってきた。ICTを活用した新しい施工技術（情報化施工）は、丁張りなどの目視情報に代わって電子情報を用い、ブレード高さを制御するもので、施工効率の向上や、熟練度に左右されない均質で高品質な施工などを実現する方法として、さらに普及が期待されている。

このようなICTを用いた施工技術を習得するため、研修プログラムを作成して、研修をスタートした。当面、このようなMC技術を用いる道路路盤工を対象とし、係る現場管理者、機械オペレータを育成するものである。

(1) 研修会の目的

3次元データを利用した建設機械制御に関する基本的な教育を実施し、実践的な活用（制御データの作成、マシンコントロール、ICT施工管理）ができる技術者を育成することを目的とする。

(2) 研修会のコース設定

上記の目的のため、設計データの入力、機械施工の実習、出来形確認を実地に行い、体験または習得する

コースとして以下を設定した。

①体験コース

- MC を用いた施工概要（システム構成、運用）を把握する
- MC 用データを使用した実機施工を試乗体験する

②実務コース

- 設計図面を読みMC用データ作成をマスターする
 - 測量データを利用しデータ作成、出来形管理の基本を習得する
 - 実機を用いた実習によりMC施工の基本を習得する
- 各コースの内容については、研修会の利用者の意見などを踏まえて拡充を図る方針であり、「発注者コース」を新規に設けることも検討中である。

(3) 開校式

(社)日本建設機械化協会「情報化施工・安全教育センター」の開校式は、第1回の研修会の前日に執り行われた。研修センターは協会の施工技術総合研究所に設置したもので、岩立忠夫国土交通省総合政策局建設施工企画課長の他関係者約50名が出席して、開校式が行われた（写真—1）。



写真—1 開校式：テープカット

3. 研修の内容

ICT 建設機械施工に必要となる研修内容およびカリキュラム内容等を以下紹介する。

(1) 設計データの入力

MC 用設計データの作成方法には大きく2通りの方法があり、「路線データ」による方法と「メッシュデータ」による方法がある。それぞれの活用目的は、路線データの場合は比較的単純な線形を有する道路の区間に適応されるもので、横断構成が複雑な区間や、駐車場など広範囲の造成および舗装の場合ではメッシュデータによる方法が適している。

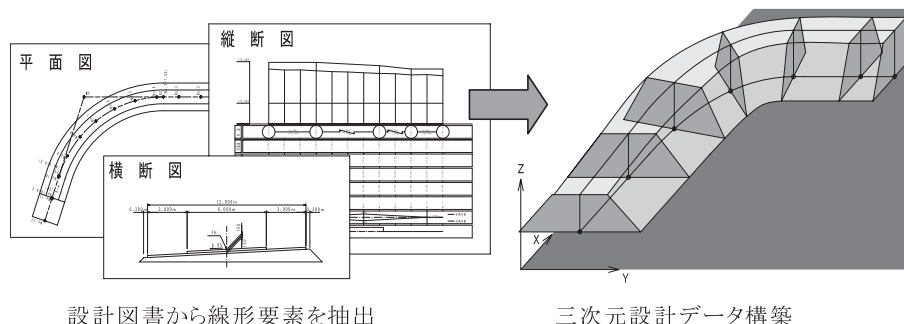
路線データによる方法は、平面線形要素、縦断線形要素、横断構成要素の3要素を設計図書から読み取ってMC用のコンピュータ内に三次元道路線形データを構築する方法で、抽出する設計情報は、平面線形要素から設計始点の二次元座標と線形要素（直線か曲線の別）および追加距離、縦断線形要素からは縦断変化点の各計画高さおよび追加距離、横断構成要素からは横断構成変化位置での道路幅員と横断勾配が基本となる。

路線データによるMC用設計データのイメージを図—1に示す。

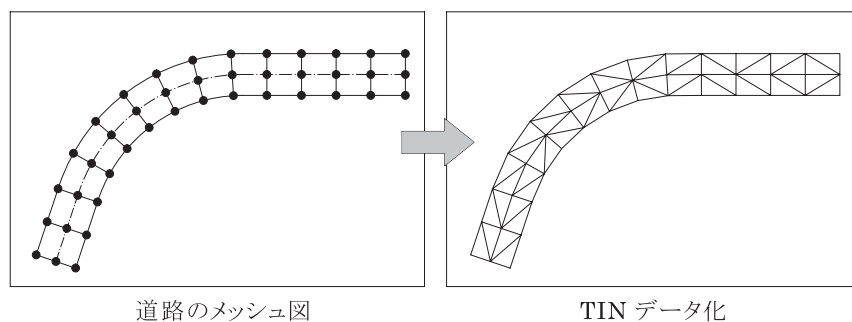
メッシュデータによる方法は、施工対象範囲にメッシュを定義してこのメッシュの交点の三次元座標を求めてTIN（不定三角網）データを作成する方法で、TINデータ作成による手法はCGの分野では立体物を処理する一般的な手法と同じである。

メッシュデータによるMC用設計データのイメージを図—2に示す。

メッシュデータのデータ抽出は任意の点の三次元座標を求めることになるが、直接、設計図書から座標を読み取ることはできないので、講義では二次元CADおよび三次元CADから座標を抽出する例を紹介するとともに、現段階で定義されているCADデータ交換標準（SXFレベル2）についての説明を加え、CAD



図—1 路線データによるMC用設計データのイメージ



図一2 メッシュデータによる MC 用設計データのイメージ

に馴染みのない受講者に対しても理解しやすいよう心がけた講義としている。また、設計データの作成手段として CAD が利用できることの説明を加えることで、電子データ上で抽出したデータをそのまま設計データ作成ソフトに読み込ませるという情報化施工の一連の流れが形成できることをアピールし、情報化施工の将来性についての説明を行っている。

以上の、路線データおよびメッシュデータを用いた MC 用設計データ作成のための設計情報の抽出方法を紹介し、MC 用設計データソフトを実際に操作しながら設計データの作成実習を行う。

講義では、これらの設計情報の抽出方法の説明に加えて、設計図書を見慣れていない受講者に配慮して、設計図書（主に関係する図面）に記載のある主要内容や図面の読み方についての説明を加えている。

(2) 建機を用いた施工実習

上記で作成した「設計データ」を重機に搭載して、施工実習を行う。実習において説明する基本事項は以下のとおりである。

①ハードウェア構成

建機搭載の ICT 機器構成、設置・調整方法の基本を説明する。

②基準点などの設置

自動追尾式トータルステーションにおいて、機械点、後視点の基準点設置、無線チャンネル設定などの諸条件入力、等を説明する。

③コントローラの使用法

キャビンに搭載したコントローラの見方や使用方法について、マシンの種類（ドーザ、グレーダ）の入力、センサの種類や位置情報、ブレード幅などの入力に関する説明を行う。

④キャリブレーション

この中では、センサ、コントローラなどの構成を説明するとともに、作業装置位置（ブレード）のキャリブレーションの概要についてデモンストレーションを

加えた説明を行う。

⑤重機側のコントローラに設計データをコピー

MC 用設計データソフトを使って作成した設計データを媒体（現在：CF カードなど）を使用して、重機に設置されているコントローラにコピーする。

⑥建機操作：操作時の留意事項

操作時の留意事項の説明を行う。

⑦施工実習

以上で重機を使った施工が可能となる。指導員の指示により交代しながら施工実習を行う。

(3) 出来形確認

予め入力した「設計データ」と機械施工後の出来形データを实地に確認をする。

確認方法は、①出来形確認用に設置した丁張りと水糸を使ってメジャーにより直接確認する方法、② TS を使った出来形管理方法とする。

(4) カリキュラム

以上のような研修内容をこなすため、2 日間のコースで設定したカリキュラムの例を図一3に示した。

第1日目		第2日目	
①	ガイダンス	⑨	昨日の復習
②	情報化施工の動向	⑩	MC用データ作成(2) (3次元路線データの作成方法)
③	「マシンコントロールとは？」	⑪	マシンコントロールの ハード設定
④	MC用データ作成の概要	⑫	作成したMC用データによる施 工実習 ①グレーダ ②ブルドーザ ③出来形管理
⑤	MCデータ作成の流れ		
⑥	設計図面の見方		
⑦	測量基礎とデータの利用	⑬	質疑、研修修了証
⑧	MC用データ作成(1) (三角メッシュデータ作成方法)		

図一3 カリキュラム（「実務コース」の例）

(5) 「修了証」の発行

実務コースの修了者には、「修了証」の発行を行っ

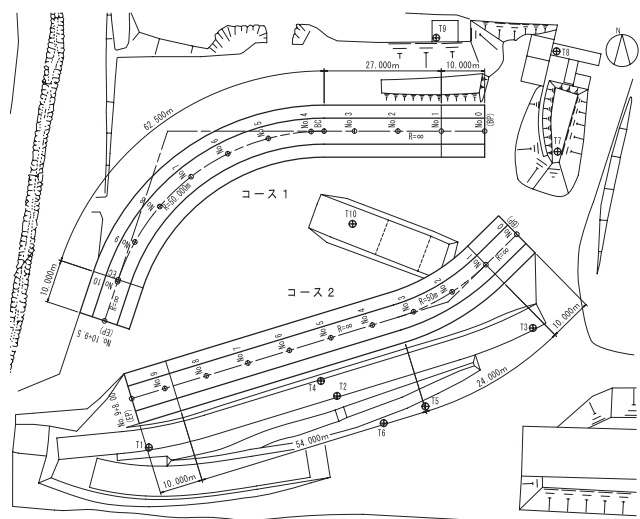
ている。現在のところ、「修了証」を持つメリットは明確ではないが、研修会を主催する側としては、これから ICT 建設機械施工が普及していく中で、評価の参考として考えて頂けるようになることを期待したいところである。

4. 実習コース

三次元 MC 機能を搭載した重機を実際に操作する実習コースは、研修会場内のグラウンドに 2 コース設置した。実習コースの状況を写真—2 に、平面図を図—4 に示し、線形の概要を表—1、2 に示す。



写真—2 実習コース全景



図—4 実習コース平面図

表—1 平面線形概要

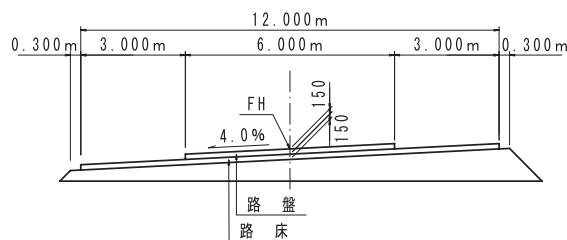
		コース1	コース2
線形要素と 区間延長	総延長	109.5m	98.0m
	直線	37.0m	10.0m
	曲線	62.5m	24.0m
	曲線半径	R=50.0m	R=50.0m
測点間隔	直線	10.0m	54.0m
	曲線	10.0m	10.0m

表—2 縦断線形概要

		縦断勾配と区間距離			
		0.0%	-1.0%	-2.0%	0.0%
コース1	勾配	0.0%	-1.0%	-2.0%	0.0%
	区間距離	30.0m	40.0m	20.0m	19.5m
コース2	勾配	0.0%	-1.0%	-2.0%	0.0%
	区間距離	20.0m	40.0m	20.0m	18.0m

実習コースの延長はコース1が109.5m、コース2が98.0mで、平面線形は、両コースとも直線→半径50mの単曲線→直線の組み合わせ、縦断勾配では、両コースとも0.0%→-1.0%→-2.0%→0.0%の組み合わせとなっており、コース1の方が曲線延長が長く設定されている。

横断構成は図—5に示すとおり、路床幅員12.0m、層厚15cmの上部に幅員6.0m層厚15cmの路盤がある2層で構成され、横断勾配は、コース1では0.0%から最大4.0%、コース2では0.0%から最大5.0%で、一部区間では勾配方向が逆転する構成となっている。



図—5 横断構成

実習コースでは、受講者が各自作成した設計データをマシンに読み込んで、路盤の敷均しを実際に体験することができるようになってきていることから、コースでブレードや排土板の動きを確認できるように、各測点の横断勾配を図面から簡単に判断できる単純な設計となっているのが特徴であり、また、コースの各測点に



写真—3 実習コースの水糸下がり管理用丁張

は水糸下がりによって高さ確認ができるように丁張が設置されている。写真—3に丁張の状況を示す。

5. 研修会の実績

(1) 研修会実績

これまで実施してきた「情報化研修会」は、9月時点で計3回開催し、51名の受講があった。これまでの研修の状況を写真で紹介する。写真—4に座学による受講風景、写真—5にはI C T機器の説明状況、写真—6では重機およびMC機器の説明、写真—7はMCを用いた建設機械の施工実習である。



写真—4 受講風景（座学）



写真—5 I C T機器説明



写真—6 重機、MC機器説明



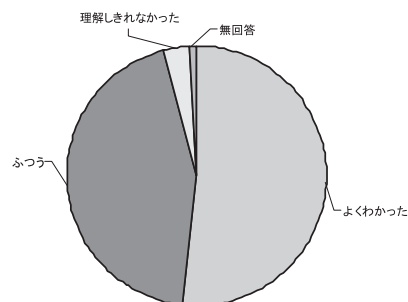
写真—7 機械施工の実習

(2) アンケート結果

第2回研修会を修了した受講者（15名）に対してお願いしたアンケートの結果を一部紹介する。

①講義内容の理解度

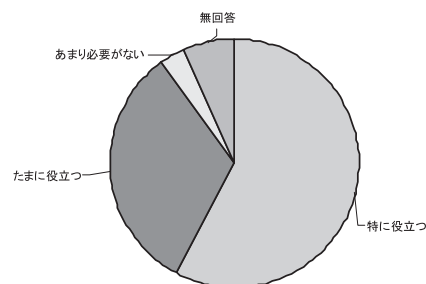
図—6に示すように、講義内容について“よく分かった”、“普通”と答えた方が大半であり、“理解できなかった”は僅かであった。



図—6 講義内容の理解度

②今後の業務への貢献度

研修の成果が業務に役立つかどうかという質問については、図—7に示すように、約6割が“特に役立つ”と答えており、業務に役立つと評価されているものと思われる。



図—7 業務への貢献

③具体的な意見

具体的な意見を頂いたものからいくつか紹介する。

- ・自分で作成したMC設計データを修正して再度試したい。
- ・設計データ作成や基地局設置、MCハード設定などそれぞれ手順書があれば良いと思う。
- ・実技での待ち時間が長い
- ・路線データとメッシュデータの使い分けがよく分からなかった。

その他、多数の意見を頂いているので、今後の研修会の改善のため、活かしていきたい。

6. おわりに

ICT 建設機械を用いた施工技術普及のためには、ハード的な技術の開発が必要であるが、設計情報、現場で得られる施工情報をより有効に利用するための技

術開発が必要であると考える。

今後さらに研修内容の拡充を図り、情報化施工の専門家を本研修システムによって多数育成することで、情報化施工全体の発展に寄与することを目指していきたい。

最後に、本研修会の立ち上げと実施にご協力を頂いた日本建設機械化協会 情報化施工委員会の方、施工会社、建設機械メーカー、測量器械メーカーなど多数の方々に改めて感謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】

上石 修二（あげいし しゅうじ）

(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所



橋梁架設工事の積算

——平成 20 年度版——

■改定内容

1. 共通（鋼橋、PC 橋）
 - ・ 共通仮設費率の改訂
 - ・ 架設用仮設備機械等損料算定表の改訂
 - ・ 機械設備複合損料の改訂
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・ 設備損料の諸雑費の改訂（ケーブルクレーン、送出し設備、門型クレーン、トラペザクレーン等）
 - ・ 架設桁組立・解体歩掛の改訂
 - 2) PC 橋編
 - ・ プレグラウト PC 鋼材縦締工歩掛の新規設定
 - ・ コンクリート床版の炭素繊維補強工法の吊

足場改訂

■ B5 判／本編約 1,120 頁（カラー写真入り）
別冊約 120 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

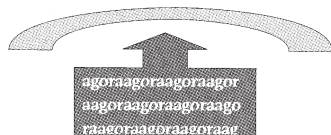
沖縄県以外 600 円

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>



アラウンドビューモニター

金 岡 晃 廣

近年、自動車の車両外周の視界を確認するために、バックビューモニターやサイドブラインドモニターといった車両周辺監視用のカメラが多くの車種に採用されている。日産自動車では、この進化版としてアラウンドビューモニターを開発し世界で初めて採用を開始した。本稿では、このアラウンドビューモニターの概要と機能について紹介する。

キーワード：アラウンドビューモニター、駐車支援、カメラ、視点変換、車両周辺監視

1. はじめに

近年、自動車業界においては、ドライバーの視界補助を目的とした車載カメラシステムが普及してきている。日産自動車では、後退時に車両後方を映すバックビューモニター（図—1）や、幅寄せや縦列駐車時の確認用として助手席前輪付近を映すサイドブラインドモニター（図—2）を開発・販売し、好評を頂いてきた。



図—1 バックビューモニター



図—2 サイドブラインドモニター

一方、バックビュー・サイドブラインドモニターでかなりの「気になる死角」をカバーできるが、次の未解決ニーズがあった。

- 1) 気になる死角を“同時に”確認したい
- 2) 前後左右の方向感覚を把握したい、真っ直ぐ駐車したい
- 3) 駐車可能か判断したい
- 4) 縦列駐車の高いコース取りを容易に理解できるようにしたい

これらのニーズを満たすために、従来のリヤビュー・サイドブラインドモニターの良さを生かした正常進化形として、究極の駐車アシストカメラシステムであるアラウンドビューモニターを開発した（図—3）。



図—3 アラウンドビューモニター

アラウンドビューモニターは上空から自分の車を見下ろしたような視界により、縦列駐車などの難しい駐車シーンにおいても、障害物との位置関係やコース取りの把握が容易になり、誰でも安心して駐車することを可能にする画期的なシステムである。

上空から自車を見下ろすというユニークな発想のみでなく、実現に向け、最高水準の技術力を結集して高い品質を作りこみ、「人にやさしい先進技術」の考えのもと、お客様の満足の最大化を狙った。具体的には、

「分かりやすい」「使いやすい」「見やすい」という狙いに展開し、各々を達成するために最先端の技術を開発・投入することで達成したものである。

この結果、アラウンドビューモニターを試乗頂いたお客様から、「縦列駐車が簡単に感じる驚きのシステムである」といった驚きに加えて、真に役に立つ技術であるとの評価を頂いている。また初期のオプション装着率も高く、車両の購入動機にも結びつくなど、安心・豊かなカーライフに貢献している。

2. アラウンドビューモニター概要

アラウンドビューは、世界初の上から見下ろしたような映像（以下トップビュー）を表示するだけでなく、バックビュー・サイドブラインドモニターを使用されているお客様にとっても違和感無く使用できるシステムでありながら、「分かりやすい」「使いやすい」「見やすい」を実現し、さらなる死角の低減、さらなる使いやすさを求めた。

(1) 「分かりやすい」の実現

死角を補うカメラの個数を増やす一方で、表示する画面の数を極力減らし、直感的に理解できるインターフェースとする必要があった。

そこで、車両周辺を撮影するために最小限必要な4台のカメラ映像を、上から見下ろしたような映像として合成することで、画面の数を減らし、直感的理解を促すことにした。

世界初の上から見下ろしたような映像（以下トップビューと呼ぶ）は、気になる死角の同時確認など先に述べた4つの未解決ニーズを満たすばかりか、縦列駐車車の複雑なコース取りが分かりやすくなり学習効果も得られるなど、副次的効果ももたらしている。

(2) 「使いやすい」の実現

リヤビューもしくはフロントビューを同時表示する



図—4 サイドブラインド画面（左側）

ことで、車両周囲の状況に加え、進行方向の状況を同時に確認することができる。また、従来のリヤビューモニターの持つ利便性も提供している。

サイドブラインド画面へ容易に切り替えることができ、助手席側コーナーの確認を容易にしている（図—4）。これも、従来のサイドブラインドモニターの持つ利便性を提供し、同モニターを使用されているお客様にも違和感無く使用頂けるよう配慮したものである。

(3) 「見やすい」の実現

車載用として現時点で最高レベルの解像度（従来リヤビューモニター比4倍程度）を持つ高解像度カメラを採用した。

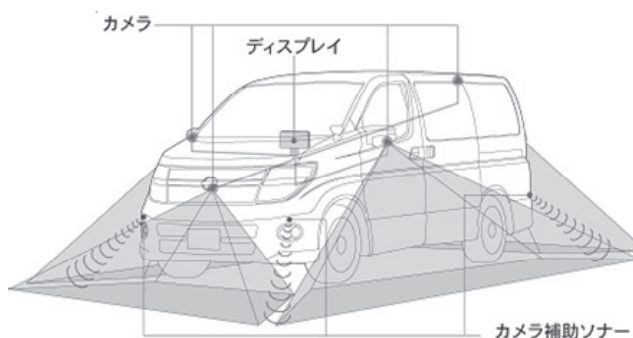
これにより、鮮明なトップビュー画面・サイドブラインド画面を実現した。

3. アラウンドビューモニターの機能

4個のカメラを両サイドミラー下部、フロントグリル（図—5）、バックドアに、また、4個のカメラ補助ソナーをバンパー4隅に配置した（図—6）。



図—5 フロントグリルに内蔵したカメラ



図—6 カメラ&カメラ補助ソナーのレイアウト

視点変換・合成はカメラコントローラで行う。視点変換とは、実カメラの信号を仮想カメラの信号に対応

付ける映像加工技術である。具体的には、カメラの位置、向き、画角及びレンズのディストーションをパラメータとして、仮想カメラの1つの画素に入射する光線ベクトルが、任意の基準面を介して、実カメラのどの画素に入射する光線ベクトルと対応しているかを算出する。これを仮想カメラの全ての画素について算出することにより、仮想カメラで映した映像に変換する。本システムは、地面を基準面とした視点変換処理により、車両の上空より真下を向いている仮想カメラからの映像を、各カメラ映像の所定の領域を抽出し、その画素をプロットすることにより作成する。次にそれぞれのカメラ映像により作成した4つの視点変換映像とCGによる車両のアイコンを合成して、上空から自車両を見下ろした一枚の映像を作成する(図-7)。これがトップビューであり、カメラコントローラはトップビューとリヤビューもしくはフロントビューをディスプレイに送出する(図-8)。

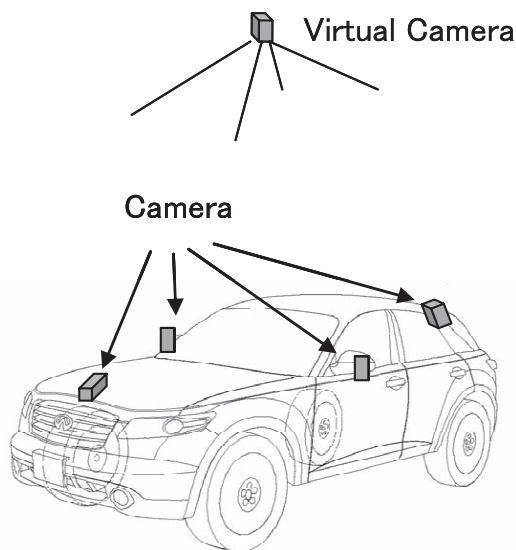


図-7 視点変換

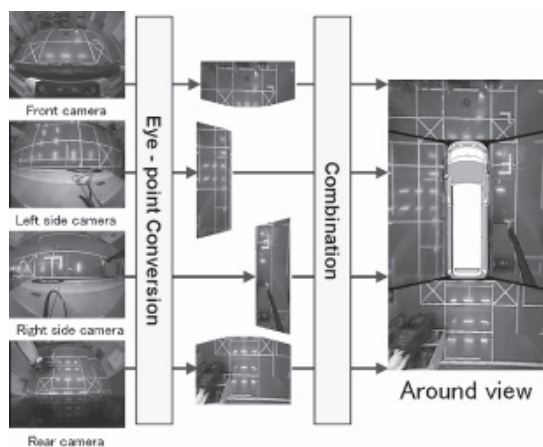


図-8 トップビューへの変換・合成

また、本システムでは、カメラ補助ソナーを採用した。カメラの長所である「目で見て確認できる」とことと、ソナーの長所である「音で知らせてくれる」ことを組み合わせることで、より安心感の高いシステムとした。

最も擦りやすい車両4隅にソナーを配置し、接近度合いに応じて3段階で音と表示を変化させることとした。また、トップビュー上に表示することで、接近部位を直感的に理解できるよう工夫した(図-9)。



図-9 カメラ補助ソナー表示

アラウンドビューモニターは、お客様にとって直感的に理解できる「分かりやすい」「使いやすい」インターフェースの実現を重要視して開発してきている。

お客様の使用シーン分析に基づき、必要最小限の画面を抽出した結果、世界初のトップビュー画面と従来お客様にご好評頂いてきたリヤビュー・サイドブラインド画面、新たに加えたフロントビュー画面を用意することとした。

次に、これらの画面をどのように組み合わせるのが最適かをトライ＆エラーを繰り返して検討した結果、

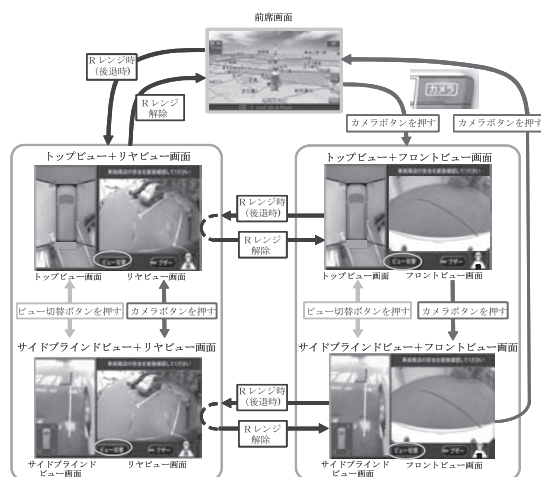


図-10 操作方法、画面遷移

画面助手席側にトップビューまたはサイドブラインド、運転席側にシフト位置と連動してリヤビューまたはフロントビューを表示することとした。

また、トップビューとサイドブラインドの切り替えはタッチスイッチもしくはカメラスイッチ、ナビゲーションの決定スイッチで操作可能とし、操作の間口を広げている（図－10）。

4. 効果

市場反響も非常に大きく、現時点でジャーナリストなどの試乗体験の声として下記のような反響を頂いている。

- ・縦列駐車が簡単に感じる驚きのシステムである
- ・真上から見た映像をカーナビに表示できるため、駐車時に便利である
- ・車の上にカメラが付いていないのに、そのような映像に見える技術に驚きを感じる

技術的な目新しさもさることながら、実際に使ってみて便利であるとの声を多く頂いており、狙い通りの結果といえる。

また、お客様から、「エルグランドに憧れていたが、妻が取りまわしを懸念していた。しかし、アラウンドビューモニターがこの問題を解決してくれ、念願のエルグランドを購入することができた」というような声も頂いている。また実際に初期のオプション装着率も高く、アラウンドビューモニターが車両の購入動機に繋がっているケースもあり、安心して豊かなカーライフ実現に貢献している。

5. まとめ

世界初となるトップビュー画面を含め、従来のリヤビュー・サイドブラインドモニターの良さを盛り込んだアラウンドビューモニターを開発し、エルグランドに搭載して発売した（図－11）。

日産自動車の掲げる「フレンドリーイノベーション」の理念に基づき「分かりやすい」「使いやすい」「見やすい」を狙って最先端の技術を開発し、投入した。

J C M A



図－11 新型エルグランド

〔筆者紹介〕

金岡 晃廣（かなおか あきひろ）
日産自動車(株)
技術開発本部
IT & TIS 開発部
ITS 先行・製品開発グループ



ずいそう

日本一低い山「天保山」

川 本 正 之



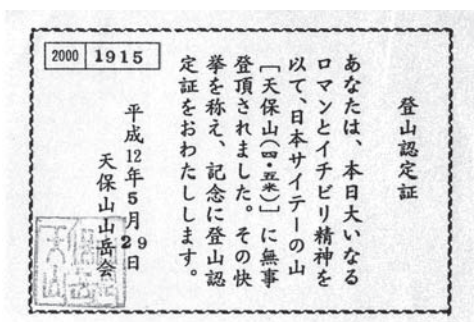
先日、上京の折に本誌編集委員から原稿依頼を受けた。その帰りの新幹線に次のようなテロップが流れていた。日本一低い山「天保山」の登山認定証が5万枚を突破した。と、これだけでは何のことか分からない向きが多いと思うので、今回の依頼に応えようと思った。

私は、退職前約半年間（2000年）だけ西日本支社勤務をした。大阪という所は、いろいろと面白い都会である。その中でも、ある大阪の人が私の山登り好きを聞いて、日本一低い山へ案内しようと連れて行ってくれた。それが「天保山」標高4.5mである（図—1）。登山後、近くにある喫茶店で登山認定証をいただいた（図—2）。

天保山（大阪市港区築港4丁目）は日本サイターの山として、マスコミで度々取り上げられて人気が高まり、いまや年間数千人の登山者を迎えている。天保山は天保2年（1831年）船の航行を妨げる安治川の底の土砂を浚渫、岸に積み上げてできた人工の山である。



図—1 日本一低い山「天保山」の標識



図—2 登山認定証

当時は高さ18～20mぐらいあり、後に松や桜を植え、ふもとに掘り割りをつくるなど公園のようにしたところ、遊覧船が増えて浪速随一の名所となった。その賑わいぶりが公園入口のタイル絵に描かれている（原画は初代歌川貞升）。

しかし、幕末には外国船が出入りするようになって、警戒のため山に砲台がつくられた。明治以降は周辺の埋め立て用に山が削られるなど、次第に低くなった。戦後は、工場による地下水の汲み上げで、地盤沈下を起し、とうとう4.5mになってしまった。平成6年、もはや山ではないと地形図から消されたが、山の好きな人や地元住民の運動で復活した。ちなみに日本で2番目に低い山は、日和山（6.05m・仙台市）、3番目は弁天山（6.08m・徳島市）となっている。

平成12年（2000年）5月3日の大阪新聞記事によると、「山男」火災から再起という見出しで、自宅（薬局）が突然の火事で全焼、転業して喫茶店「山小屋」を開業したそうである。以前（薬局）の時からアイデアマンで、天保山登山者に認定証を無料でプレゼントしていた。「火事を出して薬局が焼け、もともと不況で売り上げが頭打ちだったこともあり、思い切って転業を決めた」と「天保山山岳会」事務局長の橋本誠さん。登山者が休憩できるような店をやりたい、と喫茶店開業を決心した。平成10年（1998年）夏にシャレで配り始めた認定証だが、マスコミに何度も取り上げられ大人気に。「台湾や米国からも」「ほしい」と言ってくる人がいる。認定証を配る場所が絶対に必要だと思った、と戦後すぐから営業している老舗旅館の広間を借り上げ、純和風の落ち着いた座敷となっている。

天保山登山の認定証は「山小屋」の玄関でこれまでどおり無料でプレゼントするが、「ついでに中に入ってお茶でも飲んでもらったら…」がホンネ。橋本さんは「座敷でくつろげる喫茶店は大阪では珍しい。登山で疲れたら、ぜひウチでゆっくり休んでください」とPRしている。

この認定証の中の「イチビリ精神」の、意味をその時大阪の人に問うたが、どうも正確な意味は今もってわからない。

ずいそう

書の想い出

島 原 利 昭



私は今年の2月に満63歳の誕生日を迎えた。父が亡くなった年令に達し、何がしかの緊張感と安堵感を憶えた日でもあった。以後、彼岸の国へ渡る準備、言い換えれば此岸（娑婆）での身辺整理をそろそろしなければと何気無しにはあるが考えて来た。何を子供達に残すかの篩い分けは中々難しい作業でその割りに、毎日の生活に追われているだろう子供達にとっては親の遺品を取捨選択する時間など有ろう筈が無く、私と女房がこの世を去れば古家は解体され、写真も書籍も家具類もガラガラポイと廃棄されてしまうだろう。だから子供達が気兼ね無く捨てることができるよう、親は下手に身辺整理などやらぬ方が得策で、片付けるといふ気苦労からも解放されるというものである。

そんな事を考えつつも、多少なりの身辺整理をしていた折、書道に関する書籍や道具が意外に多く有ることに気がついた。書というものに夢中になった記憶は無いが、常に関心が有った事は確かのようなのである。以下、書を通しての思い出を綴りたいと思う。

昭和20年代後半の小学校3年の頃、どう考えても生活にゆとりが有ったとは考えられない時代に、どういふいきさつかは判らないが2年間程書道塾へ通った。薄暗く、寒い部屋であったが同年代の子供で賑やかだった。週2回程の「習字」の勉強のお蔭かどうかは疑問だが、その後の文化祭で何らかの賞を数回は頂いたと記憶している。

昭和43年に新潟県に採用され、出先土木事務所に配属された。世は高度経済成長時代を迎えて公共事業



写真—1 鉄舟高歩書

も大いに活気づいていた。信濃川大河津分水路が海へ注ぎ込む町であり、今では鮮魚のアメヤ横丁（主に関東地方の観光客が萬円札を切ってポリ箱一杯の魚介類を仕入れて帰る寺泊町の中心地）の端れにある「初君橋」という小さな橋の架換工事を監督した。その橋名版に私の字が残っているかも知れないという図々しくも淡い期待を抱いて現地を訪ねた。その字は実に優しく品が有り、一目で私の書いたもので無いことが判った。

昭和57年から3年間、県庁砂防課地すべり係に在籍したが、その間にも大きな地すべり災害が頻発した。当時、県議会では地すべり対策特別委員会が設置されており、災害の報告や地すべり地域の安全を確保する為にはどうしたら良いか等の議論がされていた。災害の説明のために、大洋紙を3m四方の大きさにつなぎ合わせ、被災状況やその対策等手描きで製作していた。この資料を見栄え良く仕上げるには、タイトルを大きく、しっかりした文字で書く必要があった。そんな時には毛筆が最適で、紙と墨と筆があれば即刻出来る。私に任せて頂いてさらさらとしたためた（実際は失敗すればダメージも大きく、緊張して書いた筈である）。

15年程前、ある美術商から山岡鉄舟の掛軸を買った（写真—1）。堂々として力強く、しかも大河の水面を流れるが如く一気に書き上げた書で、殺風景な土木事務所々長室が引締った。本物かどうかは判らないが、後日その美術商が買い戻しに来た事を想うと本物のだろう。どちらにしても一生楽しめるのだから安い買物であった。

冒頭、亡父の年令を超えたことを書いた。父の死後も義父母や92歳まで長生きした母も逝き、友人、知人の訃報を聞く事も多くなった。これ等先人達の供養にと春から写経を始めている。物豊かにして心亡ぶ現代社会において、写経によっていつでも、好きなだけ心静かな時間を得る事ができそうである。写経を通して仏の心を書き写し、故人の供養をさせて頂きながら、「書の世界」の一隅なりとも覗くことができれば幸いである。

CMI 報告

建設ロボット計測支援システムの 実装・実験 (第2報)

上石 修二

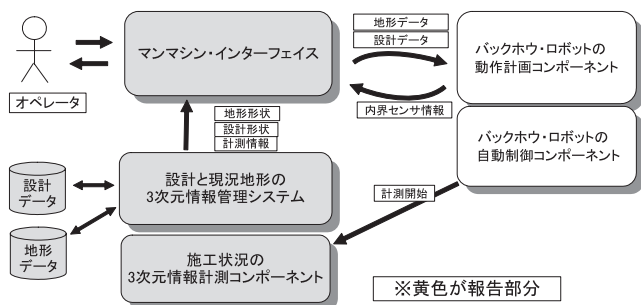
1. はじめに

従来、災害現場等における復旧工事において重機の遠隔操作を行う際には、オペレータにビデオカメラ映像を提供することで実施していた。これに対して、オペレータの必要情報を提供するための計測システムとインターフェイスを開発した（バックホウをベースマシン）ので以下に概要を報告する。

なお、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19年度にシステムの改良と実証実験を行ったものである^{1), 2)}。

2. 全体システム構成

この建設機械ロボットの全体システムは、現在の機械位置、掘削目標および地形形状を認識して、自動制御によって掘削・積込みを行うものであり、計測コンポーネント、3次元情報管理コンポーネント、インター



図ー1 バックホウ・ロボットのシステムの構成

フェイス、動作計画コンポーネントおよび自動制御コンポーネントにより構成される（図ー1）。

計測コンポーネントは、自動制御コンポーネントの計測要求（トリガー発生）を受けて、機械位置・方位、地形データ、画像データなどを計測、次に3次元情報管理コンポーネントは地形情報および設計情報を管理してインターフェイスにデータを送り、さらに動作計画コンポーネントに送られる。自動制御コンポーネントは動作計画コンポーネントの作業指示に従い掘削と積込みを自律的に行う。仕上げ掘削後は、遠隔操作により次の作業場所に移動し、繰り返し上記の動作を行うものである。

実証実験で扱う設計形状は平面カーブを有するトレンチ形状とした。

3. システム改良について

本テーマの第1報（2007、12月号）³⁾で報告した計測システムについて、主として積込み作業の自動化を行うための機能の追加および機能の向上として、計測コンポーネントの機能追加、3次元情報管理コンポーネントの作成、および自動化によらないフルマニュアル操作インターフェイスの作成および実証実験を行った。

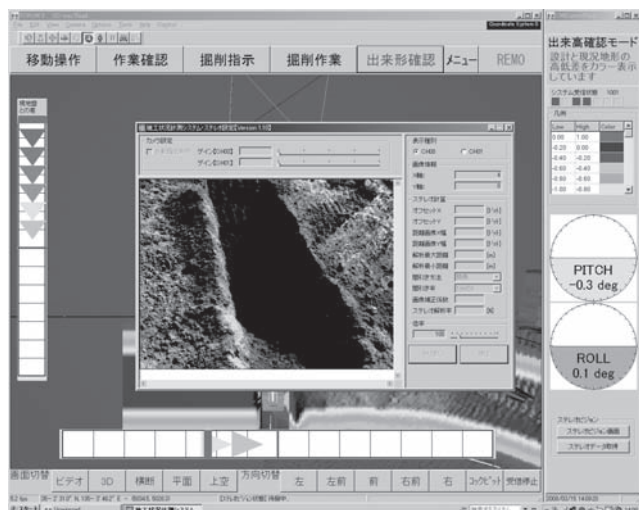
(1) 計測コンポーネント

この計測コンポーネントでは、三次元情報計測器で地形を計測する装置（ステレオビジョン、レーザスキャナ）の測定結果を機械位置を計測する計測装置により現場座標系のデータに変換して現場の地形形状を取得している。

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（写真ー



写真ー1 ステレオビジョン・システム



図一2 ステレオビジョンによる計測結果

1). インターフェイス画面には計測結果を表示するが、オペレータが必要とするときに、デジタル画面を表示する機能を追加した(図一2)。

レーザスキャナ(2D)は、パルス状の測距用レーザ光をライン状に発射し、バックホウの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(写真一2)。これらの計測は、ともに掘削後からダンプへの放土後のもどりの旋回動作中に行うものである。



写真一2 レーザスキャナ・システム

今回の改良では、レーザ装置をマシンの左右の2箇所に取り付け(1箇所の追加設置)、右旋回・左旋回時の掘削形状計測を可能とした。これによりダンプ位置が左右どちらでも自動による放土作業ができるようになった。

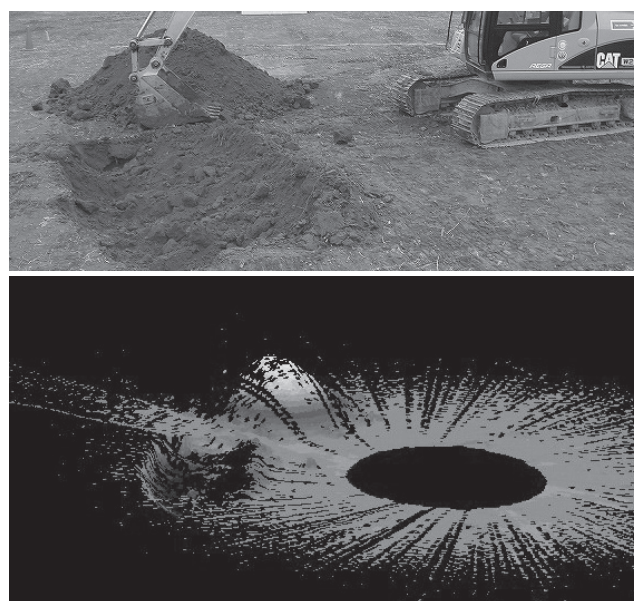
(2) 3次元情報管理コンポーネントの作成

3次元情報管理コンポーネントは、設計情報と逐次

更新される現況地形のデータを保存するとともに、機械位置における設計の断面形状情報を出力するもので、これを新たに追加設置した。

設計情報は、国総研で開発された3次元空間データ交換仕様及び一般的なCADデータ交換形式であるDXFに対応するものである。

3次元情報管理コンポーネントで扱うデータは、取扱の容易さ通信負荷を考慮して、メッシュデータとして提供することとしている。メッシュの大きさ、設定範囲は任意であるが、掘削や積込み対象を10cmメッシュで表している。今後、施工の要求による見直しの可能性もある。



図一3 レーザスキャナによる測定結果

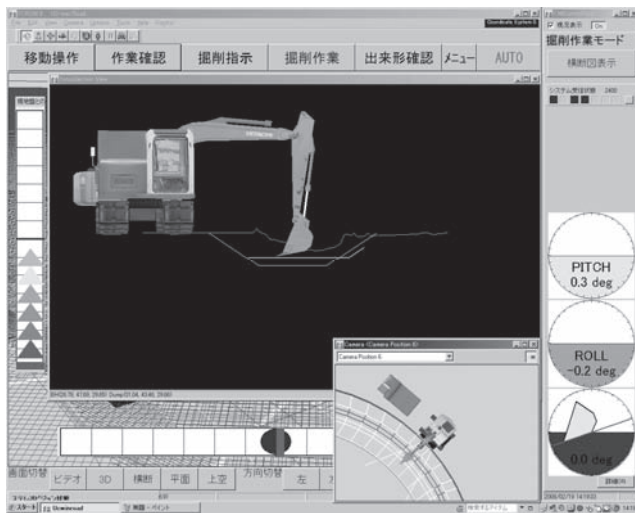
(3) フルマニアル操作インターフェイスの作成

当システムの自動掘削・積込みの一部を自動化した作業ではなく、これまでのオペレーターによるリモート・コントロール(遠隔操作)でこのマシンを使うことを想定したインターフェイス(フルマニアル操作インターフェイス)を作成した(図一4)。このインターフェイスはCCD映像、バケット歯先情報、および設計情報の提供を行う点では、バックホウのガイダンスシステムと同じであるが、現況地形を同時に提供する点が相違する。作成に当たっては、

- ・タッチパネルによる画面切り替え機能
- ・ブーム方位方向の断面表示機能

を搭載して、利便性の確保に考慮したものである。

建設機械ロボットの計測コンポーネントの機能追加、3次元情報管理コンポーネントの作成を行い、自動掘削・積込みの基礎実験を行った。また、自動化に



図—4 操作インターフェイスの画面（例）



写真—3 自動掘削・積込みの基礎実験状況

よらないフルマニュアル操作インターフェイスの作成および実証実験を行った（写真—3）。プロジェクトの

最終年度（H19）を修了し、開発成果については、実験結果の分析とその報告については今後、関係機関から行われるものと考えられる。

4. まとめ

この IT 施工システムの実証実験は構内実験の範囲であり、今後、実工事における検証実験を経て、さらにシステムの高度化とインターフェイスの使い易さの向上が期待される。

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
- 2) 山元・柳沢・邵輝・境田・野末・山口：油圧ショベルの自律化に向けた基盤技術について—ロボット等による IT 施工システムの開発—, 第 11 回建設ロボットシンポジウム（2008.9）
- 3) 上石：建設ロボット計測支援システムの実装・実験, 建設の施工企画（2007.12）

【筆者紹介】

上石 修二（あげいし しゅうじ）
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第 3 部
 次長



■□お知らせ□■

平成 20 年度調査票提出促進運動について

経済産業省経済産業政策局調査統計部

経済産業省経済産業政策局調査統計部が実施する各種統計調査につきましては、平素より御協力頂き、厚く御礼申し上げます。

皆様より提出された調査票は、当部において集計・加工・分析をした上で公表され、国・地方公共団体の行政施策の基礎資料、商工鉱業における企業経営資料として、さらには諸研究のための貴重なデータとして広く利用されております。また、社会経済の急激な変化や国民生活の多様化などに伴い、経済活動の現状を正しく見極める指標として、統計の果たす役割は一層重要性を増しております。

しかしながら、調査を取り巻く環境の悪化により、調査票の未提出、提出期日遅延、記入漏れ等の増加により、調査の使命である信頼性の高い調査結果を早期に公表するということが困難な状況にあります。

このため、経済産業省では、調査環境の変化に対応した調査内容の見直し等により報告者の記入負担の軽減に常々努めるとともに、調査対象企業・事業所に御理解と御協力を得つつ、調査を円滑に実施するため、各事業団体等加盟の調査対象企業・事業所のうち調査票の未提出等の事業所に対して改めて調査票提出の依頼を行う「調査票提出促進運動」を、毎年「統計の日」(10月18日)を中心として実施しております。

調査を取り巻く環境が悪化する中、より精度の高い統計を作成するためには、皆様の御協力により正確な調査票を所定の期日までに提出していただくことが何にもまして重要であります。

引き続き皆様の御理解を賜り、調査票の提出に御協力下さいますようお願い申し上げます。

【平成 21 年 4 月よりオンラインシステムが変わります】

現在ご利用いただいております新世代統計システムは、平成 21 年 4 月よりデジタル証明書の更新タイミングを迎えた客体の皆様から順次、新システム（政府統計共同利用システム）へ切り替えて頂きます。

円滑にシステムの変更ができるよう、御協力お願い申し上げます。

※政府統計共同利用システムについては、経済産業省ホームページで紹介しておりますので、是非御覧下さいますようお願い申し上げます。(10月中旬頃掲載予定)

URL : <http://www.meti.go.jp/statistics/index.html>

部 会 報 告

「平成 20 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 6 編, 優秀ポスター賞 2 編を表彰—

広 報 部 会

社団法人日本建設機械化協会主催による「平成 20 年度 建設施工と建設機械シンポジウム」が、平成 20 年 10 月 16 日 (木) ~ 17 日 (金) の二日間にわたり、東京都港区の機械振興会館において国土交通省、経済産業省、(独)土木研究所、(社)土木学会、(社)日本機械学会、(社)地盤工学会および(社)日本機械土工協会の後援のもとに開催された。

今年の発表も、現場における課題に対し、様々な取り組みや工夫で改善するものが多く、実用性の高い技術開発に関する内容が多かった。その中でも他分野の技術やツールを建設分野に取り入れて新しい技術開発を行った事例が見られたことは、建設技術の高度化にとって明るい展望であり、今後も他分野との連携や情報収集を積極的に進めることが望まれる。

今年は産学官から寄せられた 43 編の論文及びポスターセッションに 11 編の応募があり、5 分野・3 会場で発表され、活発な質疑が行われた。1 次選考として厳正に査読・審査し、当日の発表内容の 2 次選考の結果、6 編に対し優秀論文賞が、またポスターセッションでは同じく 2 編に優秀ポスター賞が授与された。



写真—1 論文発表状況

◆優秀論文賞◆

(1) 大規模免震レトロフィットへ適用した機械化・情報化施工事例

池田雄一、坂井利光、谷口英武 (株)大林組

大規模な免震レトロフィットへ工事の施工事例と施工にあたり必要となった開発について良く纏められている。今後必要とされる耐震強度アップ工事、狭い地下空間での様々な工夫は充分評価できる論文であった。

(2) キャビテーション噴流技術を用いた高速清掃装置の開発

時枝寛之 (株)高速道路総合技術研究所

キャビテーション噴流技術により、トンネル照明器具の清掃の高速化を可能にした実用化が望まれる技術である。

(3) 乾式系吹付けアスベスト除去ロボットの開発・実証

森直樹、長瀬公一 (大成建設(株))

開発された技術の概要がうまく説明されている。社会的に大きな問題となっているアスベスト除去技術で、興味深い。

(4) 機内から障害物を撤去する推進工法の開発と下水道工事の施工例

萩野淳三、大和田剛、近藤紀夫 (大豊建設(株))

小口径推進装置内より切羽に移動でき、掘削トラブルに対し非常に有効である。

(5) 油圧ショベルによる IT 施工システムに関する研究

邵輝、山元弘、茂木正晴、大槻崇、柳沢雄二 ((独)土木研究所)、野末晃 (株)フジタ、境田右軌 (理化学研究所)、山口崇 (環境省)

内容的にも完成度の高い論文である。災害復旧時だけでなく、砂防ダムの排土など危険箇所での作業に有効である。

(6) 道路トンネル無人調査ユニットの開発

宮島実, 小林弘朗, 畑山啓 (国土交通省 北陸地方整備局 北陸技術事務所)

地震被災時での必要性・有用性がよく理解でき, 有意義な取り組みである。他分野でも活用できる探査車でもある。



写真—2 表彰式

本誌では, 本号及び12月号において, 優秀論文全編を全文紹介する。

◆優秀ポスター賞◆

(1) 能動スコープカメラ：狭路空間内の品質検査のために

昆陽雅司, 澤田一奈, 田所諭 (東北大学)
能動スコープカメラは原理的・機能的にも非常にユ

ニークな技術。ポスターセッションでの発表も分かりやすく, 最も注目される発表である。応用範囲が広く, 有用な技術である。

(2) NSWS (Nihon Screw Weight System)

大北耕三 (株)大北耕商事, 近藤巧 (有)O & KCorporation)

説明が分かりやすく, 視覚的にも良いポスターと言え, 将来性を感じる。

◆特別講演, 講演, 施工技術総合研究所研究報告, 機械部会・建設業部会・標準部会活動報告◆

下記の特別講演, 講演を行うとともに, 本協会の施工技術総合研究所の研究発表および機械部会・建設業部会・標準部会の成果報告も併催された。

特別講演 演題:「情報化施工推進戦略の策定について」

講師: 国土交通省総合政策局建設施工企画課 工学博士 森下博之 企画専門官

講演 演題:「建設産業における環境行動の現状と今後の方向性について」

講師: 株式会社日本能率協会総合研究所 社会環境研究本部

本部長 高野 昇様

厳しい経済情勢にも関わらず, 参加者は170名に達し活発な質疑が行われ成功裡に終了した。

J C M A

優秀論文賞

大規模免震レトロフィットへ適用した 機械化・情報化施工事例

大林組 技術研究所 ○池田 雄一
特殊工法部 坂井 利光
東京建築事業部 谷口 英武

1. はじめに

官庁施設は、地震災害時において、災害応急対策や救難・救護の活動拠点として機能することが求められている。経済産業省総合庁舎別館においては、耐震診断の結果、防災拠点として必要とされる耐震性能を満足していないことが明らかになったため、耐震改修工法の技術的検討および工法の選定が進められた。その結果、改修後の耐震性能および執務機能、工事費、工期、施工性などを総合的に評価して、基礎下免震工法が採用されることとなった¹⁾。多くの耐震改修工事（レトロフィット）で採用されている基礎下免震構法は、耐震壁や鉄骨ブレースなどの増設が基本的には不要であるため、執務機能は改修工事前とほとんど変わらない利点がある。本報では、大規模な建物を対象とした免震レトロフィットにおいて、各種機械化・情報化施工を適用した事例について得られた知見を報告する。

2. 工事概要と施工条件

(1) 工事概要

建物を使用しながらレトロフィットを進め、執務空間内での工事を一切伴わないという基本方針で耐震改修工法の選定が行われ、基礎下免震構法が採用された。対象建物は図-1のように竣工後35年以上が経過した地上11階建て、3スパン×17スパンの延床面積が約6万m²の大規模なビルであり、地下掘削深さが非常に深いという特徴がある。深礎杭の負担軸力は、場所によって20MNを越えるため、国内最大級の免震装置を使用し、免震装置の最大重量は49kNを越える。

(2) 施工手順と施工条件

地下が深い建物に基礎下免震構法を採用する場合、基礎下の掘削深さをできるだけ抑え、施工全体費用の縮減を図る設計手法が一般的である。一方、建物下の作業空間を高く確保できれば、大型の建設機械を使用

できるため、免震レトロフィットの施工効率は大きく向上する。これらの相反する条件を考慮した設計がなされ、免震装置を設置する段階での作業高さは2.5mとなった。その高さは、深礎杭解体・解体ガラ搬出や免震装置の運搬・設置作業において、小型の建設機械が稼働するための最低限の作業高さである。また、地下への資材の荷降ろしおよび解体ガラ搬出用の開口を建物の妻面に限定して設置したため、地下作業空間での水平運搬距離は最大70mに達した。

建物を使用しながら深礎杭の解体工事を行うため、構造体へ与える振動レベルを抑え、かつ、低騒音タイプの解体工法を選択しなければならない。また、コンクリートの解体数量が2,000m³を越えるため、同時に施工効率を重視した解体工法を採用する必要がある。

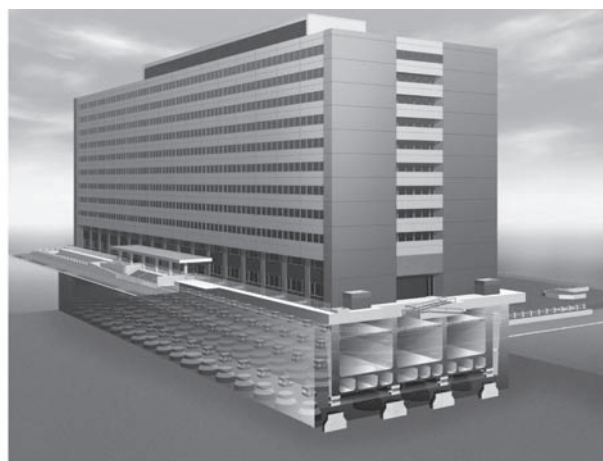


図-1 大規模免震レトロフィット概要

3. 機械化・情報化施工法の適用計画

(1) 深礎杭の解体計画

深礎杭の解体手順計画を図一2に示す。既設の深礎杭は、比較的大きな径（2.6～4.6 m）だったことから、中長期の柱軸力を地盤に伝達できることを確認し、同図のように3工程に分けた解体計画とした。なお、躯体に対して影響の少ない解体工法として、低騒音・低振動のワイヤーソーおよびロックジャッキを利用する計画とした。解体手順は、まず、深礎杭中心部の必要となる断面を残しながら周辺を2方向から解体し（第1工程、第2工程）、解体した部分に仮設ジャッキを設置して柱軸力を受け替え、最後に中心部を解体する（第3工程）。準備工事として、先行削孔を行い、ワイヤーソーで杭との縁を切る。深礎杭は無筋コンクリートであるため、ロックジャッキにて亀裂を生じさ

表一1 深礎杭の解体手順と解体工法

	第1工程	第2工程	第3工程
手順1	コア削孔	コア削孔	ワイヤーソー（無水）
手順2	ワイヤーソー	ワイヤーソー	ロックジャッキ
手順3	ロックジャッキ	ロックジャッキ	ブレーカ付バックホウ
手順4	ブレーカ付バックホウ	ブレーカ付バックホウ	

せて大きなコンクリート塊にする。最後にブレーカ付バックホウでコンクリート塊をコンクリートガラに小分割する。ワイヤーソーは、第1および第2工程では施工効率の高い通常の有水タイプのワイヤーソーを利用することとしたが、第3工程では、解体部分近傍に設置した仮受設備にコンクリートノロが飛散しないように完全無水タイプのワイヤーソーを利用する計画とした。

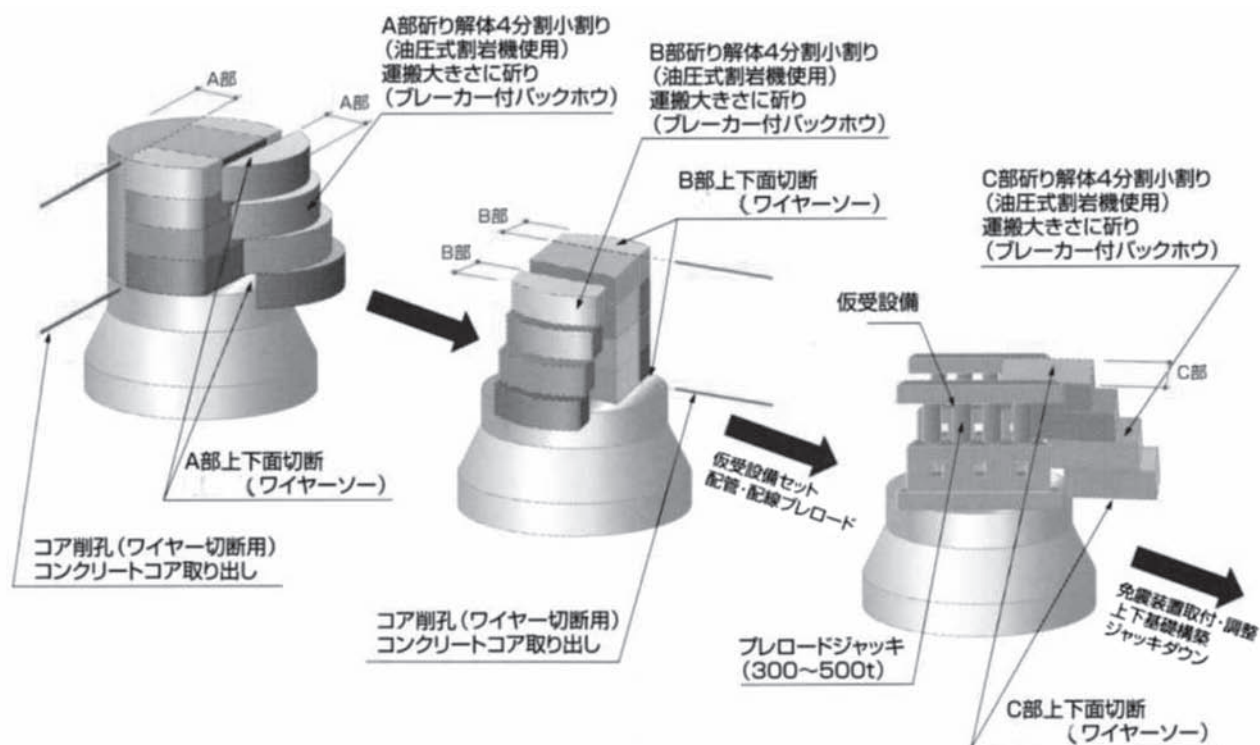
(2) 免震装置の運搬・据付計画

(a) 免震装置の設置工事

上部および下部免震基礎の構築および免震装置の設置に関する施工手順を検討した結果、以下に示す施工手順で工事を進める計画とした。

- ①下部免震基礎の構築，下部ベースプレート（以下、B-PL）の設置
- ②上部差筋アンカー工事，上部B-PLの仮固定
- ③免震装置の設置
- ④上部免震基礎の構築

上記施工手順では、上部B-PLをコンクリートのかぶり厚さ分持ち上げて仮固定できるため、免震装置設置時の上下方向のクリアランスを約30 mm確保できる。すなわち、免震装置を下部免震基礎上で水平移動させる際の上下方向の余裕は30 mm程度である。

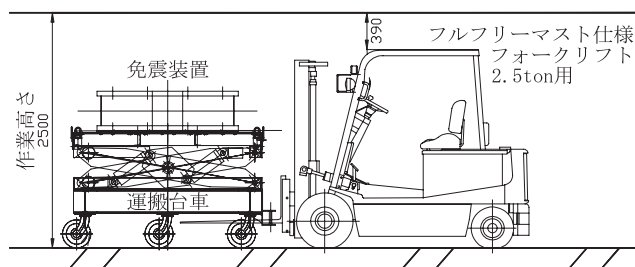


図一2 深礎杭の解体手順

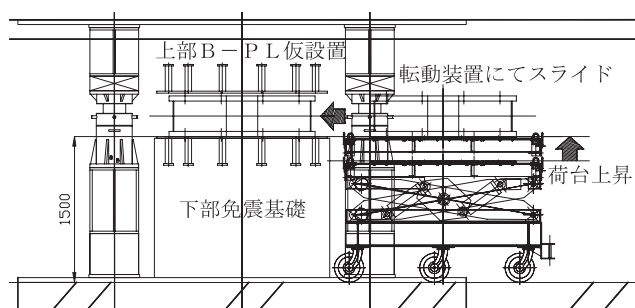
(b) 制約条件の整理

免震装置の運搬・据付に関する施工上の制約条件を以下に示す。

- ・図—3に示すように作業高さが2.5mであることから、大型フォークリフトは利用できない
- ・上記に伴い、自走式または牽引式の運搬台車が必要となる
- ・運搬台車には図—4に示すように最大荷重53.9kNの免震装置を高さ約1,500mmの下部免震基礎まで上昇させるリフター機構が必要である
- ・上下方向のクリアランスが非常に小さいため、チルローラなどのスライド装置は、装置自体の高さの制約から利用できない



図—3 免震装置運搬計画



図—4 免震装置据付計画

(c) 専用機械・装置の開発

免震装置の運搬・据付に関する作業内容を事前に分析した結果、1台ですべての関連作業を実施できる専用機械を開発すると多くの機能が必要になる。このため、機構が複雑化し、コストアップの要因となる。そこで、リフター機構を備えた運搬台車および免震装置を水平方向に移動させるスライド装置に分割して検討した。運搬台車は機能分散・コスト縮減の観点から、自走式ではなく牽引式とした。作業高さが2.5mの制約から、マスト高さを低く抑えられるフルフリーマスト仕様のフォークリフトを利用しなければならない。フォークリフトは他の運搬作業にも転用が可能であるため、費用対効果が高い。リフター付運搬台車の要求仕様を表—2に示す。

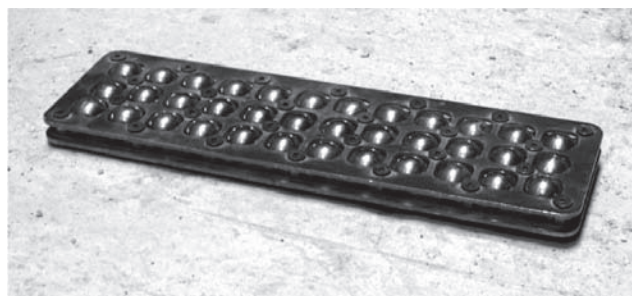
一方、スライド装置については、高さのクリアランスが約30mmしかない空間で利用するため、以下に示す3種類の方法について、各種検討を進めた。

- ・MCナイロンとステンレス鋼板
- ・鋼棒状のコロ
- ・鋼球を利用した転動装置

写真—1に示す転動装置は、免震支承の一つである球体転がり支承を参考に考案した。写真のように鋼球を2枚の鋼板で挟み込んだ簡便な装置である。

表—2 運搬台車の要求仕様

寸法	W2,000 × D2,000 × H1,200 ~ 2,200 mm
キャスター数	6輪 (すべて自在式)
リフター機構	油圧シリンダー
リフターストローク	1,000 mm
最大積載荷重	59.8 kN
作業時の固定方式	アウトリガー4点
備考	フォークリフトとの連結装置付



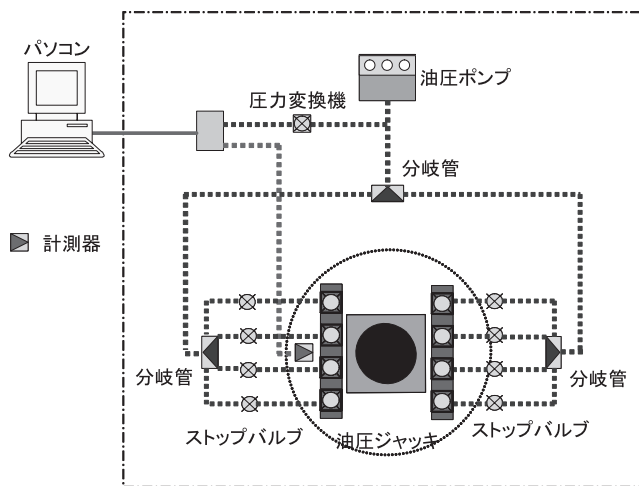
写真—1 転動装置

(3) ジャッキダウン時の計測管理計画

免震装置を設置し、上部免震基礎を構築した後、仮受設備で受けていた建物荷重を免震装置に徐々に移行させるジャッキダウン作業を行う。同作業時における施工条件を以下に示す。

- ・各柱近傍で鉛直変位を1/100 mm単位まで計測する必要がある
- ・関連作業中、隣合う柱間の相対鉛直変位を1 mm以内にしなければならない

上記を満足するため、計測管理システムを構築し、図—5に示すように各柱の鉛直変位と負担荷重をモニタリングする計画とした。なお、負担過重については油圧ポンプに配管を接続した柱(28本、7通り分)のみモニタリングできる。1/100 mm単位で鉛直変位の計測値を得るため、計測器として1/1000 mm単位まで計測可能なリニアエンコーダを使用した。なお、リニアエンコーダのストロークは50 mmであるため、高さの不足分を支柱で補う計画とした。計測機器は、各深礎杭近傍の工事の妨げにならない場所に設置した。



図一5 計測管理システム

4. 検証実験

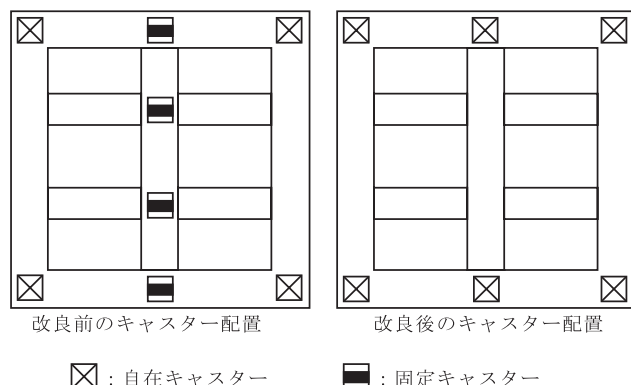
計画時に検討課題となった項目について、検証実験を行い、最終の施工法に反映させた。

(1) 運搬台車

運搬台車の検証項目を以下に示す。

- ・キャスター配置・個数と自在／固定の選択
- ・牽引方式（押す／引く）の違いによる位置決め性能および運転制御性能の確認

運搬台車のキャスター配置を図一6に示す。同図は、運搬台車を下から見た図で、左が当初計画案、右が改良した配置である。計画当初、直進性および前方視認性を重視して、同図左のキャスター配置でフォークリフトによって引っ張る方式としていたが、走行試験を繰り返したところ、小回り性能が低く位置決めが難しいことが判明した。これらの理由により、キャスターの配置を変更して小回り性能を高くした。さらに、位置決めしやすくするために、フォークリフトで運搬台車を押す方式へ変更した²⁾。



図一6 キャスター配置詳細

(2) スライド方式

前章で示した3種類のスライド方式（MCナイロンとステンレス鋼板、鋼棒状のコロ、鋼球を利用した転動装置）について検証実験を行った。免震装置を大きくスライドさせ、大まかな位置まで移動させる際は、直進性が重視される。一方、ボルトで固定する際は、前後左右の細かい位置決めのため微調整機能が重視される。検証実験の結果を表一3に示す。同表に示すように摩擦係数の違いがそのまま作業性に表れ、最も摩擦係数の低い転動装置が工具なしの状態でも前後左右すべての動きに優れていたため、実工事においては、転動装置を採用した²⁾。

表一3 スライド方式の検証

	MCナイロンと ステンレス鋼板	鋼棒状のコロ	鋼球を利用した 転動装置
摩擦係数	0.15 ～ 0.2 程度	0.1 程度	0.01 程度
スライドに要する力（計算値）	10,780 N	5,390 N	539 N
スライド作業性	前後左右ともスライドには大きな力が必要	前後方向はスライドさせやすい	前後左右の方向制御が工器具なしで可能
工器具の利用	レバブロックなどが必要	レバブロックなどが必要	特に必要なし
備考	大重量物のスライドには不向き	動かしやすい反面、位置を微調整しにくい	表面に付着したゴミや埃を定期的に除去する必要がある

5. 工事適用結果

(1) 深礎杭の解体

深礎杭の解体状況を写真一2～4に示す。ワイヤーを通す穴を先行削孔した後、ワイヤーソーにて深礎杭の外側部分の解体を行った。ワイヤーソーで解体作業を行っている杭周辺には立入禁止措置を行った。続いて、ロックジャッキの先端部を挿入する穴を先行削孔し、杭と縁の切れた無筋コンクリートにロックジャッキで大きなひび割れを生じさせる。先行してガイドホールを削孔することによって、ひび割れの方をコントロールできた。最後に大きなコンクリート塊をバックホウに取付けた油圧ブレーカにより細かく破碎し、ガラを集積した後、地上へ搬出した。



写真—2 ワイヤソーによる解体



写真—3 ロックジャッキによる解体



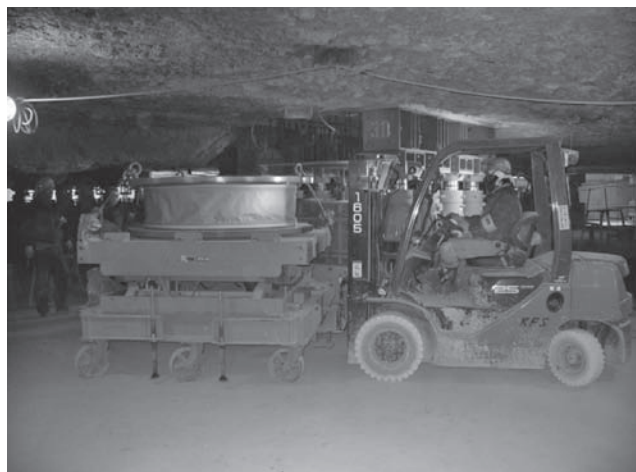
写真—4 油圧ブレーカによる解体

(2) 免震装置の運搬・据付

(a) 免震装置の運搬

免震装置運搬時の状況を写真—5に示す。引っ張る方式から押す方式に変更したことで、フォークリフトと一体で運搬できるため、狭い地下空間を長距離にわたり、スムーズに短時間で運搬することができた。

設置場所近傍に台車を寄せ付けた後、アウトリガーを張り出し、運搬台車の荷台をリフター機構で下部免震基礎よりも少し高いレベルまで上昇させた。なお、あらかじめ荷台上面に転動装置をセットし、免震装置が動かないよう荷台へ固定した。



写真—5 免震装置運搬



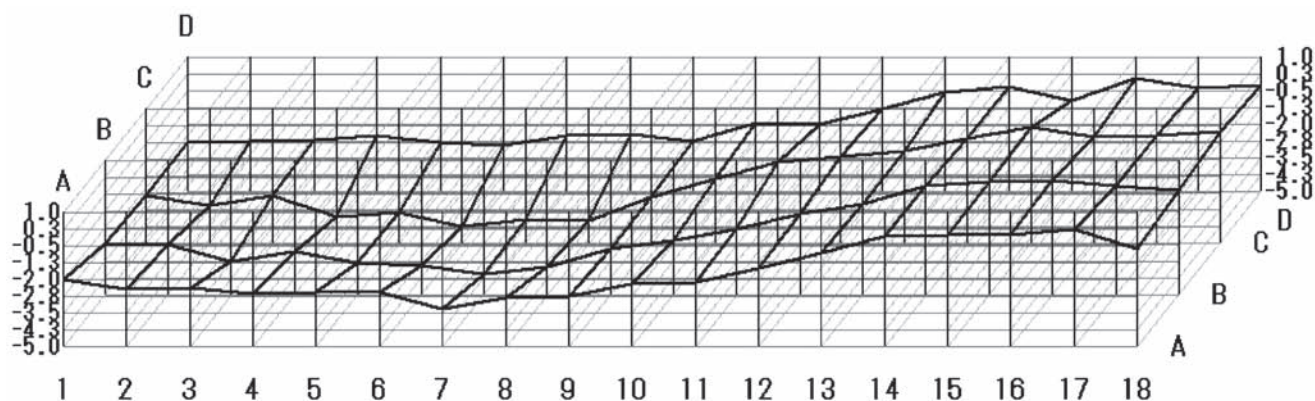
写真—6 免震装置据付

(b) 免震装置の据付

免震装置の固定を解き、荷台から下部免震基礎上の下部プレート上へ免震装置をスライドさせる。転動装置を固定せずに使用した場合、免震装置のスライドとともに転動装置は後方へ移動する。このため、免震装置の前方には常に転動装置を十分にセットしておく必要がある。直線移動、前後左右への微調整・位置決めなどを簡単に手作業で実施できたため、他のスライド方式に比べ作業時間を短縮できた。

(3) ジャッキダウン時の計測管理

1台の油圧ポンプと柱4本(1通り)分のジャッキを配管で接続した。油圧ポンプを7台(7通り分)準



図一七 計測管理画面 (10 通りまでジャッキダウン完了)

	1 通り 4 柱	2 通り 4 柱	3 通り 4 柱	4 通り 4 柱	5 通り 4 柱	6 通り 4 柱	7 通り 4 柱
STEP- 1	1mm						
STEP- 2		1mm					
STEP- 3	1mm						
STEP- 4			1mm				
STEP- 5		1mm					
STEP- 6	1mm						
STEP- 7				1mm			
STEP- 8			1mm				
STEP- 9		1mm					
STEP-10	1mm						
STEP-11					1mm		
STEP-12				1mm			
STEP-13			1mm				
STEP-14		1mm					
STEP-15	1mm(完了)						
STEP-16						1mm	
STEP-17					1mm		
STEP-18				1mm			
STEP-19			1mm				
STEP-20		1mm(完了)					

図一八 ジャッキダウンの作業手順 (第 1 日目)

備し、配管が完了した柱では、油圧から換算して得られた荷重値をモニタリングした。ジャッキダウン時の制約（隣合う柱の相対鉛直変位は 1 mm 以内）から、図一八の作業手順に示すステップを踏んで 1 通りずつジャッキダウンを進める施工方針とした。実工事では、各ステップ内で柱 1 本ずつ 0.5 mm 程度の細かいジャッキダウンを繰り返し行い、1 日あたり 2 通り（柱 8 本）分のジャッキダウン作業を完了させた。5 日目終了時点での変位計測画面を図一七に示す。同図は、10 通りまでジャッキダウンが完了した図であるが、11～13 通りも相対変位 1 mm 以内の制約を守りつつ、少しずつレベルを下げていく状況がわかる。すべての柱の変位およびジャッキダウン作業に関連する柱のジャッキで仮受けしている荷重をモニタリングできる専用の計測管理システムを開発し、対象の柱や周辺の柱の変位および荷重を確認しながら作業を進められたため、きめ細かい油圧ポンプの操作が可能になり、

ジャッキダウン時の制約を守りつつスムーズな作業が実現した。

6. おわりに

本報では、大規模建物の免震レトロフィットにおける各種機械化・情報化施工について各種検証を行い、以下の知見を得た。

- ・深礎杭の解体において、ワイヤーソー、ロックジャッキ、油圧ブレーカの組合せで解体したことにより、振動・騒音レベルを抑えた施工効率の高い解体作業が実現した
- ・作業高さ 2.5 m の作業空間で免震装置を運搬するため、リフター機構付運搬台車を開発し、フォークリフトで押した。装置重量を低減でき、狭い空間を長距離に渡り、スムーズに運搬できた
- ・上下のクリアランスが 30 mm しかない空間で免震装置の据付を行うため、鋼球を使った転動装置を開発した。この結果、作業性が大きく向上し、作業時間の短縮に貢献した
- ・専用の計測管理システムを開発し、ジャッキダウン作業を行ったところ、各柱の変位および負担荷重を把握して的確に作業を進めることができた

最後に発注者の国土交通省大臣官房官庁営繕部をはじめ、御協力頂いた工事関係者に感謝の意を表す。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 三宅伸幸：経済産業省総合庁舎別館耐震改修工事，Re，（財）建築保全センター，[152]，pp.81-84（2006）
- 2) 池田雄一・坂井利光・谷口英武：大規模免震レトロフィットにおける機械化施工法の開発，2008 年度建築学会大会学術講演梗概集 A-1 材料施工，pp.283-284（2008）

新工法紹介

機関誌編集委員会

04-299	エコグラウト (省面積立坑システム)	戸田建設
--------	-----------------------	------

概要

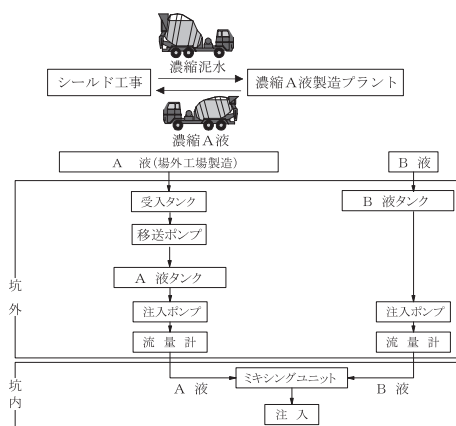
「エコグラウト」は「省面積立坑システム」の要素技術の一つである「泥水濃縮システム」により処理された濃縮スラリーの用途拡大の一環として開発された技術である。シールド工事で発生した余剰泥水を場外のプラントで裏込め材料のA液の原料として使用して現場に搬入、注入するものである。

システム

裏込め注入はシールド掘進と同時に注入する二液性（セメント系—A液、水ガラス—B液）の注入材で施工されている。エコグラウト採用工事では、このA液の一部に濃縮スラリーを再利用する。A液は、濃縮スラリーの粒度等の品質を確保し、現場での圧送管閉塞等の不具合の防止と裏込め注入プラント用地の省面積を目的として、場外の工場で製造する。

工場では現場から搬入した濃縮スラリーを分級サイクロン（φ50mm）により砂分の混入率を3%以下に再処理し、硬化材、助材、安定材、水を加えA液として現場に搬出する。A液としての品質は現場搬入後、3日を保障している。また、図—1に示すように、現場からの濃縮スラリーを搬出する車両を復路にA液を搬入することで運搬の効率化を図っている。

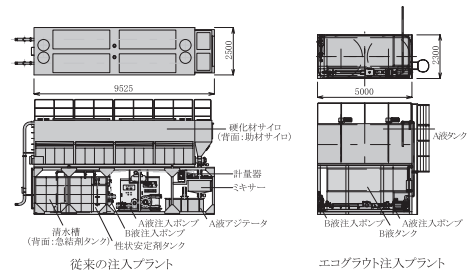
注入設備は、図—1に示すように、ミキサー車からのA液を受け入れるA液受入タンク、A液を攪拌・貯留するA液タンク、A液受入タンクからA液タンクへのA液移送ポンプ、注入ポンプとB液タンク、注入ポンプで構成される。



図—1 システム

基地省面積の効果

A液製造設備が不要となるため、基地面積は従来のプラントと比較して50%の省面積化が図れる。プラントは配合、製造工程がシンプルとなり、遠隔操作による無人運転が可能である。また、「泥水濃縮システム」採用工事ではコスト低減になっている。



図—2 プラント比較図

表—1 機器仕様

受入タンク	A液タンク（アジテータ）	B液タンク
容積 1.0 m ³	容積 20.0 m ³	容積 9.0 m ³
移送ポンプ	注入ポンプ	注入ポンプ
口径 75A	吐出量 20 ~ 130L/min	吐出量 1.8 ~ 20L/min
電動機 11kw	電動機 11kw	電動機 3.7kw

品質管理値、配合、品質試験結果

- 1) 本システムの、品質管理値（可塑状グラウト協会より）を表—2に示す。

表—2 品質管理値

比重	A + B 液 ゲルタイム (秒)	フロー値 (秒)	一軸圧縮強度 (N/mm ²)			ブリージング率 (%)
			σ 1hr	σ 1日	σ 28日	
1.23 ± 0.02	5 ~ 15	9 ~ 12	0.10	0.50	2.00	5%以内

- 2) 配合

表—3 エコグラウト 1m³ 当たりの配合

A 液				B 液
硬化材 エスハイト (kg)	助 材 助材 S (kg)	安定剤 SP-RS (L)	泥水 (L)	凝結剤 SP-90 (L)
240	30	4.0	826	74

- 3) 品質試験結果

表—4 品質管理試験結果

比重	A + B 液 ゲルタイム (秒)	フロー値 (秒)	一軸圧縮強度 (N/mm ²)			ブリージング率 (%)
			σ 1hr	σ 1日	σ 28日	
123	9.03	9.94	0.13	1.09	2.34	0.4

実績

国土交通省関東地方整備局 大森蒲田共同溝工事



写真—1 エコグラウトプラント

問合せ先

戸田建設(株) (省面積立坑システム研究会事務局)

〒104-8388 東京都中央区京 1-7-1

Tel : 03(3562)6120 Fax : 03(3535)1524

11-89	トンネル施工情報管理システム	飛鳥建設
-------	----------------	------

▶ 概 要

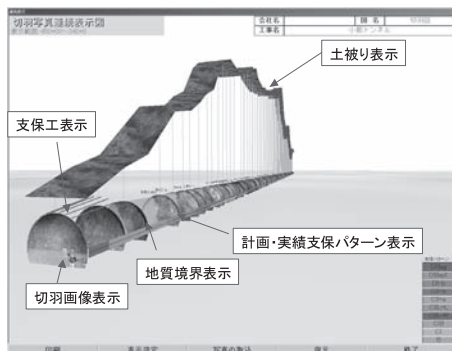
山岳トンネル建設工事では、経済性や品質を確保し、より安全な施工を行うため、計画・設計情報と実際に掘削した切羽の地質状態、施工実績、写真などを記録し、必要に応じてそれらを検索し、計画と実態を比較・分析している。しかし、施工現場で切羽の地質状態の観察記録をとりまとめることや、トンネル全体にわたり予実績を管理し分析することに多大な労力を費やしている。そのため、これらの情報を一元管理し、素早く容易に検索や分析ができ、わかりやすく表示されるシステムが切望されていた。

本システムはこれらの課題に対して、2つの機能で対応するものである。

ひとつは、①トンネル情報（計画・設計情報、施工実績情報、切羽観察情報、切羽画像情報）の一元管理、②検索・分析作業の高度化・省力化、③トンネル情報の可視化・電子化という情報の一元管理・分析・表示機能である。

もうひとつは、日常の施工管理として撮影されている切羽（掘削面）撮影画像を有効に活用する切羽撮影画像処理機能である。すなわち、レーザーマーキング技術と画像処理・画像計測技術の融合により実現した、切羽撮影画像を用いた画像処理・計測機能である。

本システムを利用することで、関連する情報を一元管理することができ、過去（既施工区間の施工実績情報）、現在（掘削中の切羽状況や画像計測による掘削面積）、未来（今後の計画・設計情報や地質の予測）をひとつのシステムで評価することが可能となった。施工管理を飛躍的に合理化するとともに高品質の施工を実現するシステムである。

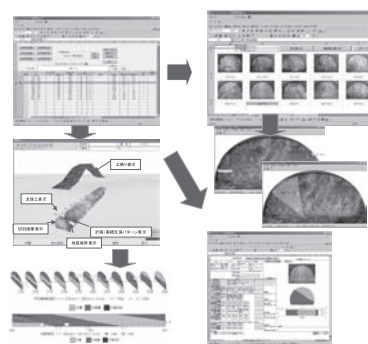


図一1 3次元表示（計画・設計・施工実績）

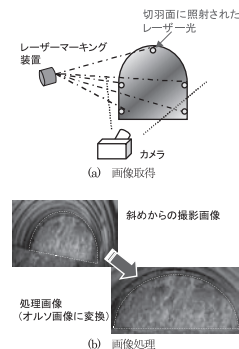
▶ 特 徴

本システムは、①情報の一元管理・分析・表示機能、②切羽撮影画像処理機能の2段階で構成される。

①情報の一元管理・分析・表示機能（図一2）



図一2 情報の一元管理・分析・表示



図一3 画像取得と画像処理

◆情報の一元管理

・計画・設計情報、施工実績情報、切羽観察情報、切羽画像情報を電子化し一元的に管理

◆多様な分析、画像表示機能

- ・撮影画像の管理
- ・地質縦断・横断図作成・予測
- ・情報（切羽位置・切羽画像・支保パターンなど）の3次元可視化表示
- ・土被りや切羽画像をトンネル線形に合わせてわかりやすく表示
- ・マウス操作で対象地点の詳細情報を表示

②切羽撮影画像処理機能（図一3）

- ・写真上で画像計測可能なオルソ画像に変換処理（撮影位置・ズームの違う画像をオルソ画像化し直接比較）
- ・撮影画像を用いた画像計測（地質境界位置や掘削面積を計測可能）

▶ 用 途

トンネル建設工事における施工情報の管理

▶ 実 績

・県道山口宇部線道路改良（小郡トンネル）工事（試験適用）

▶ 工業所有権

・特許出願中

▶ 問 合 せ 先

飛鳥建設(株) 広報グループ 小島秀二郎

〒102-8332 東京都千代田区三番町二番地

Tel : 03(5214)8212（直通）

新工法紹介

機関誌編集委員会

05-64	マルチジェット工法	前田建設
-------	-----------	------

概要

最近、数十年以内に発生する可能性が高いと言われている巨大地震に備えて、各種沿岸構造物を中心に「耐震補強・液状化対策」を計画する事例が増加している。このような背景の下、仮設用として広く地盤改良に用いられている高圧噴射攪拌工法に対して本設利用としてのニーズも高まってきている。

「マルチジェット工法」は、高圧噴射攪拌による地盤改良工法である。改良の基本原理は従来工法と同じだが、改良地盤造成用ロッドの動きを揺動方式にしたこと、スラリーの噴射口にツインノズルを採用したことに本工法の大きな特徴があり、これにより次のような「コストダウン」、「適用範囲の拡大」などの効果を上げることができる（写真—1）。



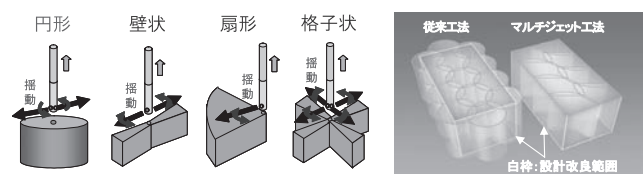
写真—1 気中噴射イメージ



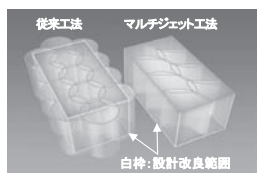
写真—2 口径仕様の3方向改良体

特徴

①従来工法の主流である円形だけでなく、壁状・扇形・格子状といった「自由な形状」の改良地盤の造成が可能である（図—1, 2, 写真—2）。従って必要範囲を無駄なく改良でき、従来工法に対して10～30%のコストダウンが図られる。



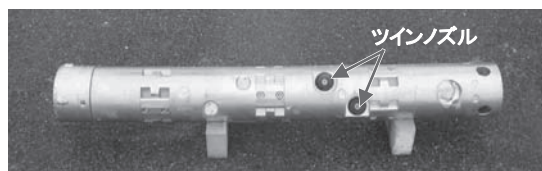
図—1 改良体のイメージ



図—2 改良体の平面配置の比較

②従来工法の改良範囲は最大直径が約5mであるのに対し、本工法では最大直径8mの「大口径改良体」の造成ができる。このため地上や地中に支障物が多い場合、既設構造物直下の改良を行う場合など、削孔位置が制限される工事では特に有効となる。

③ツインノズルの採用により、従来工法では造成が難しいとされていた「礫を巻き込んだ改良体」の造成が可能のため、礫を多く含む盛土や埋戻し土にも適用できる（写真—3, 4）。



写真—3 (上) 造成モニター



写真—4 (左) 礫地盤の改良体

④噴射方向を自由に設定できるため、既設構造物に向けた噴射が避けられ、「既設構造物の破損リスクを低減」できる。また、従来工法と比較して排泥量を10～60%程度低減でき、「環境負荷軽減」とコストダウンが図られる。

⑤従来の高圧噴射攪拌工法では実績に基づいて決められた施工仕様で改良体を造成し、約1ヶ月後に強度の確認を行う品質管理が行われている。これに対してマルチジェット工法では、改良位置、噴射方向、改良径、改良強度をリアルタイムで把握する「高精度な品質管理」を行い、改良体の品質を向上させる（写真—5）。



写真—5 管理装置画面

用途

- ・岸壁の液状化対策（格子状改良）、タンク基礎・基礎構造物・開削トンネルの耐震補強などの本設利用
- ・土留め底盤改良、土留め欠損防護、シールド発進・到達防護をはじめとした仮設利用

実績

- ・岸壁の液状化対策工事
- ・高速道路直下の地盤改良工事

問合せ先

前田建設工業㈱ 土木事業本部 土木部設計グループ
(担当) 手塚広明

〒179-8903 東京都練馬区高松 5-8 J.CITY14F

Tel : 03(5372)4738 (ダイヤルイン)

新機種紹介

機関誌編集委員会

▶ 〈01〉ブルドーザおよびスクレーパ

08-〈01〉-03	キャタピラージャパン ブルドーザ CAT D6K ほか	'08.08 発売 新機種
------------	-----------------------------------	------------------

硬土地盤から軟弱地盤までの一般土木工事に幅広く使用されるブルドーザとして、環境対応性、生産性、操作性、居住性、安全性、耐久性、メンテナンス性などの向上と、車両遠隔管理機能（プロダクトリンクジャパン）搭載によるユーザサポートの充実を図って完成させた CAT D6K と D6N の 2 機種（輸入）である。

両機の搭載エンジンは排出ガス規制をクリアする ACERT 型で、国内の特定特殊自動車排出ガス基準適合車に認定されている。両機においては、ブレード装置の強度アップとともにブレード容量をアップしており、土質や作業条件に合わせてカッティングエッジの掘削角度（55 度～61 度）を任意に調整ができる VPAT（Variable pitch, Angle Tilt）を採用して、生産性を向上している。また、足回り装置では、リンクレールとの接触がなく、リンクレールの偏摩耗の心配がないセントラックアイドラや、摩耗の均一化を図ったローリングブッシュトラックを採用して耐久性を向上しており、とくに D6N では高位置スプロケットドライブを採用して、地面からパワートレイン各部への直接的な衝撃を回避している。D6K においては、10 段階調整が可能なダイヤル式アクセルコントロールや、2 ポンプ・2 モータの電子制御式 HST を採用して無段変速としており、操作レバーは、ブレード上げ下げ・チルト・シェイクボタン・アングル操作ホイールを備えた作業機レバー（右）と前後進切換え・

左右ステアリング・ホーンボタン・速度調整ホイール・速度メモリボタン（よく使用する速度を記憶・呼出し）を備えた走行レバー（左）の 2 本にまとめて操作性を良くしている。また、デセルペダルにブレーキ機能を集約し、ブレーキは HST ブレーキと油圧開封式湿式多板スプリング作動ブレーキの併用式としている。D6N では、3 段変速を電子制御により 5 段変速に設定したトランスミッションを搭載しており、スイッチ操作一つで作業負荷に対する細かな対応を可能にして、デセルペダルによる車速コントロール操作の軽減や低燃費、低騒音運転を実現している。また、予め前後進の速度段の組合わせを 3 設定できる 3 モードクイックシフト機能や、作業中の負荷に対応する Hi/Lo モード切替え式オートダウンシフト機能を備えて運転を容易にしている。トランスミッションには、クラッチ接続を最適に制御してシフト時のショックを解消する ECPC (Electronic Clutch Pressure Control) を搭載しており、さらに、ステアリング機構に両トラックをフルタイムに駆動する電子式ディファレンシャルステアリングを採用して、押土しながらの旋回、片押しドージング時の直進維持、急な下り坂での逆操向不要などのスムーズな作業性を実現している。操作レバーは、油圧パイロット式を採用した操作力の軽い作業機レバー（右）と変速アップボタン・変速ダウンボタン・左ステアリング・右ステアリング・前後進切換・パーキングブレーキスイッチを備えた走行レバー（左）の 2 本にとめており、アクセルコントロールをスイッチ式 Hi/Lo 切換（始動時は Lo アイドル状態）+ デセルペダルの調整式として、操作性を容易にしている。ブレーキシステムは、常用・駐車用・非常用を共通に、湿式多板スプリング作動油圧開封式としている。両機共に、乾地車（XL）にはリッパの装着（オプション）を可能にしているほか、密閉加圧式 ROPS/FOPS キャブの標準搭載や、ニュートラルエンジンスタート機構、万一のエンジン停止の場合に自動的に作動する非常ブレーキ、バックアップアラームなどの装備によって安全性を高めている。ヒンジ開閉式ラジエータガード（D6K は電動ファンユニットもヒンジ開閉式）、メンテナンスフリーバッテリーなどの採用や、稼働データ、走行情報、メンテナンス情報、車両診断データなどをリアルタイムに表示するメッセージモニタ（D6K）、稼働状況、システム状況、自己診断機能によるサービスコードなどを表示する EMS モニタリングシステム（D6N）の搭載によって、メンテナンス性を向上している。

表—1 CAT D6K ほかの主な仕様

	D6K (LGP) (湿地車)	D6K (XL) (乾地車)
運転質量 (t)	13.5	12.9
定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	93 (127)/2,100	93 (127)/2,100
排土板 幅×高さ (m)	3.36 × 1.14	3.08 × 1.14
排土板 最大チルト量 (m)	0.485	0.465
リッパ 最大掘削深さ (m)	—	0.36
最高走行速度前進/後進 (km/h)	10.0/10.0	10.0/10.0
最小旋回半径 (m)	2.0	2.3
最低地上高 (m)	0.435	0.410
接地圧 (kPa)	32	43
全長×全幅×全高 (m)	4.98 × 3.36 × 2.985	4.98 × 3.08 × 2.96
価格 (百万円)	20.233	18.441

	D6N (LGP) (湿地車)	D6N (XL) (乾地車)
運転質量 (t)	17.45	16.35
定格出力 (kW (PS)/min ⁻¹)	112 (152)/2,200	112 (152)/2,200
排土板 幅×高さ (m)	4.08 × 1.265	3.275 × 1.185
排土板 最大チルト量 (m)	0.62	0.485
リッパ 最大掘削深さ (m)	—	0.36
最高走行速度 F5/R5 (km/h)	10.0/11.6	10.0/11.6
最低地上高 (m)	0.580	0.450
接地圧 (kPa)	32	52
全長×全幅×全高 (m)	5.37 × 4.085 × 3.23	4.905 × 3.275 × 3.09
価格 (百万円)	25.11	23.108

(注) ROPS・FOPS キャブ付を標準仕様とする。



写真—1 キャタピラージャパン CAT D6K ブルドーザ

新機種紹介

▶ 〈02〉 掘 削 機 械

08-〈02〉-20	キャタピラー・ジャパン 油圧ショベル（超小旋回形） CAT 313D SR	'08.08 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

狭隘地や都市部での土木工事に使用される油圧ショベル（超小旋回形）CAT 313 SR について、環境対応性、低燃費生産性、居住性、安全性、メンテナンス性などを向上し、車両遠隔管理システム（Product Link Japan）によるユーザサポートの充実を図ってモデルチェンジしたものである。

搭載のエンジンは排出ガス規制をクリアする ACERT 型で、国内の特定特殊自動車排出ガス基準適合車に認定されている。また、各部の防音対策により、国土交通省の低騒音型建設機械基準値もクリアしている。低燃費エンジンの採用、ブーム、アームの戻り油制御によるエネルギー再生、リリーフ圧付近での出力ロスを低減したりリリーフバルブや大型コントロールバルブと大口径配管の採用、自動デセル、ワンタッチローアイドルなどで高効率化と低燃費化を実現している。さらに、標準モードのほかにエコノミモード（標準モード比で約-11%燃費）を設定して燃費低減を図っている。アーム掘削力、バケット掘削力、最大けん引力などをアップするとともに、モード切替なしで、速いブーム上げが必要なブーム優先操作と旋回パワーを必要とする旋回優先操作のコントロールができるスマートワークシステムを搭載して、スムーズな運転を可能にしている。作業機においては、ブーム、アーム、オフセット各部に設置されたセンサとモニタのコントローラによって管理する作業機制御装置（E-フェンス）を搭載しており、①キャブおよび本体付近にバケットが近づくと警報の後にアームを自動制御して回避するキャブ干渉防止機能、②作業機の動ける範囲（高さ、深さ、オフセット量）をモニタで設定する位置制限機能、③この動ける範囲をリアルタイムにフルグラフィックカラーモニタ画面に表示する距離表示機能の3機能で作業効率を高めている。ヘッドガードキャブは、スライド式ドア（開時のはみ出し幅 85 mm）やスライド式天窓を採用して安全性と広い視界に配慮しており、フルオートエアコンを装備して居住性を向上している。安全装備として、全作業機油圧ロック&エンジンニュートラルスタート機構、エンジン非常停止スイッチ、エンジンとポンプのファイアウォール、緊急時ブーム降下装置、オートマチックスイングブレーキ、旋回反転防止弁、後方脱出窓、2 ブリードトラックアジャスタ、電子系トラブル用バックアップスイッチなどを採用して安全性を高めている。標準装備の車両遠隔管理システム（Product Link Japan）では、車両の位置、メンテナンス、警告などの情報管理により、迅速で確実なユーザサポートを実現している。グリース封入式トラック、3 連装備の燃料フィルタ、6 μ m エレメントの作動油カプセルフィルタなどの採用で耐久性を向上するとともに、ポンプ圧力検出タップや作動油およびエンジンオイルチェックのためのサンプリングバルブの設置で迅速な点検サービスに配慮しており、さらに、ラジエータとアフタクーラの並列配置、エアコンフィルタのキャブ内装備、油圧機器やフィルタ類の点検箇

所の集中配置、ブームや旋回ベアリングのリモート式集中給脂などでメンテナンス性を良くしている。また、エンジンオイルとエンジンオイルフィルタの交換間隔 500 h、作動油の交換間隔 5000 h、作動油フィルタの交換間隔 2000 h、作業機回り（バケット回りを除く）の給脂間隔 1000 h などとして、交換間隔の延長を図っている。

土木仕様のほかに、ショベルクレーン仕様（最大吊り上げ能力 2.9 t × 3.9 m）を確立して、対応可能作業を拡大している。

表—2 CAT 313D SR の主な仕様

標準バケット容量	(m^3)	0.45
運転質量	(t)	14.4[14.9]
定格出力	(kW (ps))/min ⁻¹	60(82)/1,700
最大掘削深さ×同半径	(m)	4.84 × 7.39
最大掘削高さ	(m)	8.48
最大掘削力(バケット)	(kN)	88
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	6.53/1.42
走行速度 高速/低速(自動)	(km/h)	5.0/3.4
登坂能力	(度)	35
接地圧	(kPa)	47[48]
最低地上高	(m)	0.435
全長×全幅×全高(輸送時)	(m)	7.49 × 2.49 × 2.80
価格	(百万円)	15.62

(注) (1) 鉄クローラ仕様 [ゴムパッド・クローラ仕様] の書式で示す。

(2) 高さ関係数値はグロウサ高さを含まず。



写真—2 キャタピラー・ジャパン「REGA」CAT 313D SR 油圧ショベル（超小旋回形）

08-〈02〉-21	コマツ 油圧ショベル（後方超小旋回形） PC78US-8	'08.08 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------------	----------------------

一般土木工事や都市部など狭隘な作業現場での工事に広く使用されている油圧ショベル PC78US について、環境適応性、安全性、居住性、メンテナンス性などの向上と、車両遠隔管理システム（KOMTRAX）のグレードアップによるユーザサポートの充実（省エネ運転支援、盗難防止メールなど）を図ってモデルチェンジした

新機種紹介

ものである。

搭載エンジンは日米欧の排出ガス規制をクリアする ecot3 型で、国内の特定特殊自動車排出ガス基準適合車に仕立てている。また、騒音対策によって国土交通省の低騒音型建設機械基準値をクリアしている。けん引力アップと強化ブレード（ボルトオンカッティングエッジ付）の標準装備により掘削土の埋戻し作業などの効率化を図っており、また、燃費を低減するオートデセルを採用したほか、パワフルで作業量優先の P モードと軽負荷作業においては燃費優先の E モードの 2 作業モードを設けて、モニタパネルからワンタッチで簡単に選択できるようにして、経済的な運転を可能にしている。油圧ショベル転倒時運転者保護構造キャブを装備し、転倒時や落下物からの運転者保護について安全性を確保している。キャブは前方視界と足元スペースを拡大しており、エンジン、油圧機器、エアコンの低騒音化や吸音、遮音などによる対策によりキャブ内騒音を低減している。搭載の 7 インチ大形マルチカラー液晶モニタでは、ファンクションスイッチにより多機能操作を容易にしており、予め記憶させたパスワードを入力しないとエンジンが始動できないパスワードロック（イモビライザ連動）を装備して盗難からの予防を図っている。

バケット仕様のほかに、吊り走行ができるアームクレーン仕様を標準設定している。

表一 3 PC78US-8 の主な仕様

標準バケット容量	(m^3)	0.28
機械質量	(t)	7.29
定格出力	(kW (ps)/ min^{-1})	40.7 (55)/1,950
最大掘削深さ×同半径	(m)	4.10 × 6.38
最大掘削高さ	(m)	7.3
最大掘削力(バケット)	(kN)	61.3
作業機最小旋回半径 / 後端旋回半径	(m)	1.75/1.24
走行速度 高速 / 低速(自動)	(km/h)	5.0/2.9
登坂能力	(度)	35
接地圧	(kPa)	32.3
最低地上高	(m)	0.36
全長×全幅×全高(輸送時)	(m)	5.77 × 2.33 × 2.73
価格	(百万円)	8.5575

(注) 高さ関係数値はグローサ高さを含む。



写真一 3 コマツ PC78US-8 油圧ショベル（後方超小旋回形）

08-〈02〉-22	キャタピラージャパン ミニショベル（超小旋回形） CAT 304C SR	'08.08 発売 新機種
------------	--	------------------

都市土木工事や農林業土木工事などで使用されるオフセットブーム付ミニショベルの新機種で、環境対応性、操作性、居住性、耐久性、安全性、メンテナンス性などを向上した CAT 304C SR である。

エンジンは排出ガス規制をクリアするものを搭載して、特定特殊自動車排出ガス基準適合車としており、また、市街地作業や夜間作業に備えた防音対策により、キャノピ仕様車は国土交通省の超低騒音型建設機械基準値（キャブ仕様車は低騒音型建設機械基準値）をクリアしている。エンジンと油圧ポンプの最適マッチングでバケット掘削力やアーム掘削力をアップし、操作レバーには軽くスムーズな動きの油圧パイロット式を採用している。足回り装置には、バケット仕様車にゴムクローラを、ブレーカ仕様車、ショベルクレーン仕様車などにはダブルグローサシューを標準装備している。無操作時にエンジン回転数を自動的にローアイドルに下げる自動デセルに加え、ダイヤルアクセルの設定からエンジン回転数を 10% 落とすエコモードを採用して燃費の向上を図っている。警報と自動停止で注意を喚起するバケットとキャノピの干渉防止システムは、モード切替スイッチにより、バケットやブレーカなどアタッチメントの種類に合わせた干渉防止領域へ変更が可能である。走行 2 速は自動変速としており、低速走行が必要な場合は、選定スイッチで 1 速固定とすることができる。作業機操作レバーは運転席サイドに備えたリスト式を採用して足元を広くしており、キャノピには天窓を設けて上方視界を確保している。作業性能向上とともに、ブーム、メインフレーム、走行フレームなどの強度アップを図っており、耐久性を向上している。安全装備として、油圧ロックレバーと油圧ロック時しかエンジンが始動しないエンジンニュートラルスタート機構、走行駐車ブレーキ、旋回駐車ブレーキなどを採用、バケット、アーム、ブレードのシリンダホースにコイル状のガードを装着、ブームホースに布製の飛散ガードを装備、けん引フックの装備などで安全性を高めている。日常点検サービスなどのメンテナンスについては、機器類の集中配置とシート跳ね上げ式によるアクセスやフルオープンボンネットの採用、地上から直接給油のできる燃料給油口の配置などで作業を容易にしている。また、板金製フードの採用で損傷時の補修を容易にしている。エンジンオイル&フィルタの交換間隔 500 h、燃料フィルタの交換間隔 500 h、作動油リターンフィルタの交換間隔 500 h、ファイナルドライブオイルの交換間隔 1,000 h、作動油の交換間隔 2,000 h、エアクリーナエレメントの交換間隔 2,000 h などとメンテナンス間隔の延長を図っている。

キャノピ仕様やキャブ仕様のほか、ブレーカ仕様、ショベルクレーン仕様（0.9t 吊）、単動配管仕様を用意して作業の多様化に対応しており、車両遠隔管理システム（Product Link Japan）、ID 番号登録によるマシンセキュリティシステム（MSS）などがオプションで用意されている。

新機種紹介

表-4 CAT 304C SR の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.11
機械質量	(t)	3.60[3.75]
定格出力	(kW (ps)/min ⁻¹)	24.5(33.3)/2,300
最大掘削深さ×同半径	(m)	3.25 × 5.00
最大掘削高さ	(m)	5.7
バケットオフセット 量左/右	(m)	0.865/0.660
最大掘削力(バケット)	(kN)	31.5
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	0.995/0.855
走行速度 高速/低速(自動)	(km/h)	4.8/2.8
登坂能力	(度)	30
最低地上高	(m)	0.315
接地圧	(kPa)	31.3[32.5]
全長×全幅×全高(輸送時)	(m)	4.50 × 1.78 × 2.49
価格(キャノピ仕様)	(百万円)	6.43

(注) (1) キャノピ・ゴムクローラ仕様 [キャブ・ゴムクローラ仕様] の書式で示す。

(2) 作業機最小旋回半径は、オフセット時を示す。



写真-4 キャタピラージャパン「REGA」CAT 304C SR ミニショベル(超小旋回形)

▶ 〈05〉クレーン、エレベータ、高所作業車およびウインチ

08-〈05〉-05	タダノ オールテレーンクレーン(伸縮ブーム形) ATF220G-5	'08.03 発売 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、吊上げ能力と作業性、安全性、信頼性、走行性、キャリア部の軽量化による輸送性などの特長を有している(「タダノ」子会社ドイツ・ファウン社との共同開発機種)。

ブームは、高張力鋼板使用のラウンド断面形状箱型7段で、ブーム内蔵の1本シリンダによる油圧伸縮式として軽量化を図っている。ブームの伸長は、カラーモニタ画面により必要な長さを選択し、伸縮レバー操作で簡単に行われる。各段の伸縮は、ブーム固定ピンとシリンダ固定ピンの順次抜き差しによって行われるもので、シリンダ連結ピンとブーム固定ピンは、同時には抜けない機械的な機構となっている。ラフィングジブは、高張力鋼使用のラウンド断面形状箱型3段同時伸縮式で、軽量化とともにトラック搬送を考慮して、

格納時全長を短く抑えている。ブームのたわみによる地切り時の荷振れを防止するリフト・アジャスタ装置を備えており、吊り荷の地切り操作時、コンピュータ制御によりブームのたわみ量に応じてブームの起伏を行ない、荷振れを抑制している。ブーム起伏微速モードや旋回微速モードの設定装置、カウンタウエイトやブームの着脱装置、ドラム視認モニタなどがあり、作業運転の容易化が図られている。安全装置として、過負荷防止装置(作業範囲制限機能付、フック移動量表示機能付)、アウトリガ張出幅自動検出装置(個別検出式)、旋回範囲制限機能、旋回自動停止機能、ブーム起伏緩停止機能、巻過防止装置、捨巻確保装置、水準器、旋回ロック装置、油圧安全弁、油圧ロック装置(伸縮・起伏・巻上・ジャッキ)などを備えている。

走行駆動は、通常・10×6駆動(オフロード・10×8駆動、デフロック機構付)としており、変速機はフルオートマチック前進16段/後進2段、全輪ハイドロニューマチックサスペンションを採用して、悪路での走破性と高速での安定走行に対応している。ステアリング方式は、左ハンドル、全油圧パワーステアリング2系統式で、非常用パワーステアリングを備えており、ノーマルステアリング(前4輪+後4輪)、クラブステアリング(前4輪+後4輪)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。主ブレーキは2系統式・空気式全輪制動で、補助ブレーキに流体式リターダ(変速機内蔵式)と排気ブレーキを採用し、駐車ブレーキは2・4・5軸(6輪)制動で、非常ブレーキと兼用している。キャリアは、ブームおよび起伏シリンダを取外した旋回体を装備した状態で公道走行が可能である(道路法、C条件に適合)。

表-5 ATF220G-5 の主な仕様

吊上げ能力 主ブーム 13.2m/68.0mの時	(t) × (m)	220 × 2.5/13.8 × 16.0
吊上げ能力 ジブ 8.5m/20.9mの時	(t) × (m)	27.5 × 7.0/5.6 × 34.0
最大地上揚程 主ブーム /+ ジブ	(m)	68.0(13.8t)/86.0(4.2t)
最大作業半径 主ブーム /+ ジブ	(m)	64.0(3.0t)/60.0(1.8t)
ブーム長さ(7段伸縮)/ジブ長さ(3段)	(m)	13.2 ~ 68.0 /1.85+8.5 ~ 20.9
起伏角度 主ブーム / ジブ	(度)	-0.7 ~ 84.0/5 ~ 60
巻上ロープ速度(4層)主巻/補巻	(m/min)	107/107
旋回角度	(度)	360
車両総質量(乗車定員2名)	(t)	40.75
作業用エンジン最大出力	(kW (PS)/min ⁻¹)	138(188)/1,800
走行用エンジン最大出力	(kW (PS)/min ⁻¹)	390(530)/1,800
最高走行速度 F16/R2	(km/h)	85
登坂能力	(tan θ)	0.7
最小回転半径(車体最外側)公道走行/構内移動	(m)	11.31/11.85
アウトリガ張出幅(H型)最大/中間/中間/中間	(m)	8.3/7.0/5.6/4.6 (2.70+1.65+2.44+1.70)
軸距×輪距	(m)	× 2.54
タイヤサイズ	(-)	445/95 R25 177E ROAD
全長×全幅×全高	(m)	13.43 × 3.00 × 4.02
価格	(百万円)	294

(注) (1) ジブ吊上げ能力は、主ブーム 34.1m + ジブ 8.5m / 主ブーム 50.9m + ジブ 20.9m を装着した時。

(2) 作業時には、カウンタウエイト質量 (71t/47t/35t/23.5t/12t) を装着する。

(3) 公道走行時は、ブームおよび起伏シリンダを別送とし、旋回体を後方向に向けた状態にする。

新機種紹介



写真-5 タダノ ATF220G-5 オールテレーンクレーン

08-〈05〉-06	加藤製作所 オールテレーンクレーン(伸縮ブーム形) KA-2200	'08.08 発売 新機種
------------	---	------------------

高層ビル、橋梁、高速道路、港湾、プラントなどの大形建設工事に使用される6軸・12輪のオールテレーンクレーンで、ラフィングジブとヘビーリフトジブの2種類を標準装備して、建物越し作業や屋上作業などの高揚程接近作業・遠隔作業も可能にしている。

走行用(キャリヤ)エンジンは欧州排出ガス規制(3次)に適合するもので、クレーン用(上部旋回体)エンジンは国土交通省の低騒音型建設機械基準値をクリアしている。

ブームは箱型5段油圧伸縮式(2段、3・4・5段同時)で、ブームを4本の油圧シリンダで伸縮する。ラフィングジブは1.5mベースブラケット+箱型3段油圧伸縮式で、ヘビーリフトジブは4.4mベースブラケット+トラス式を採用している。巻上装置は油圧モータ駆動、平歯車+遊星歯車2段減速式、自動ブレーキ付の高低速切換装置付を、また、旋回装置は油圧モータ駆動・遊星歯車減速付(ネガティブブレーキ内蔵)×2の高低速切換式を採用して、スピーディで確実な運転を可能にしている。上部旋回体キャブは、0～15度までのチルト機構を装備してロングブーム作業時の上方視界を確保しており、スライドステップ付として乗降を便利にしている。操作レバーは微操作が可能な油圧パイロット式を採用しており、搭載のカラーモニタでは、作業状態や安全状況などの情報を同時に表示できるほか、作業範囲制限機能なども有している。

キャリヤは、自動ロックアップクラッチ付トルクコンバータ、フルオートマチック変速機(流体式リターダ付)、副変速機(Hi-Lo切換付)、第1軸&第3軸(ステアリング)、第2軸&第6軸(ドライブ&ステアリング、減速機、デフロック付)、第4軸(ドライブ、減速機、デフロック、インターアクスルデフロック付)、第5軸(ドライブ&ステアリング、減速機、デフロック、インターアクスルデフロック付)、ハイドロニューマチックサスペンション(サスペン

ションロック機構付)を搭載して、8輪駆動(12×8)としている。一般走行モードにおけるステアリングは、1・2・3軸を同位相操向、5・6軸を逆位相操向として、構内走行姿勢での走行における直角通路幅8.25m(最小回転半径11.6m)を実現している。ブレーキ装置の主ブレーキに2系統空気式全輪制動を採用、補助ブレーキに排気ブレーキ+デコンプレッションブレーキと流体式リターダを併用、駐車ブレーキに非常ブレーキ兼用の空気式車輪制動(3・4・5・6軸)を採用している。5段階の張出アウトリガのほかに、車両サイドサポート(4本)を補助装備しており、アウトリガ使用時の剛性と安定性を高めている。

安全装備として、全自動過負荷防止装置、作業範囲制限装置、アウトリガ張出幅自動検出装置、旋回位置検出装置、過巻防止装置、ブーム自然降下防止装置、ドラムロック装置、ドラム回転計、ドラムホールド安全装置、自動ブレーキ装置、乱巻防止装置、油圧安全弁、

表-6 KA-2200の主な仕様

吊上げ能力 主ブーム 13.6 m/50.0 m の時 (t) × (m)	220 × 3/35 × 18
吊上げ能力 ラフィングジブ 10.5 m/27.3 m の時 (t) × (m)	24 × 16/7 × 30
吊上げ能力[ヘビーリフトジブ 13.0 m/54.0 m の時] (t) × (m)	[84 × 9/9.3 × 28]
最大地上揚程 主ブーム/ +ジブ(m)	51/79[106.9]
最大作業半径(吊り荷重) 主ブーム/ +ジブ (m)	46(7.2 t)/62(2.0) [80(1.8 t)]
ブーム長さ(5段伸縮)/ジブ長さ (m)	13.6 ~ 50.0/10.5 ~ 27.3[13.0 ~ 54.0]
ブーム起伏角度/ジブ起伏角度(度)	-1 ~ 83/5 ~ 60[10 ~ 60]
巻上ロープ速度(3層)主巻/補巻共 高速/低速 (m/min)	135/80
旋回角度(度)	360
作業用エンジン最大出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	188(256)/1,800
走行用エンジン最大出力 (kW(PS)/min ⁻¹)	390(530)/1,800
全長×全幅×全高(構内走行姿勢) (m)	16.89 × 3.00 × 4.05
アウトリガ張出幅(H型) 最大/中間/中間/中間/中間 (m)	9.4/8.4/7.4/6.4/5.4
車両総質量(台車のみ) (t)	42.74
全長×全幅×全高(台車のみ) (m)	14.71 × 3.00 × 2.82
最高走行速度(台車のみ) F5/R1(Hi/Lo) (km/h)	75
登坂能力(台車のみ) (tan θ)	0.5
最小回転半径 (m)	11.6
軸距×輪距(前後輪共) (m)	(2.77+1.95+1.65+1.70+1.65) × 2.50
タイヤサイズ (-)	445/95 R25 177E ROAD
価格 (百万円)	304.5

- (注) (1) 13.6 m 主ブーム吊上げ能力は、重荷重装置付の場合を示す。
(2) ジブ関係仕様値は、ラフィングジブ[ヘビーリフトジブ]の書式で示す。
(3) ラフィングジブ吊り上げ能力は、主ブーム 45.5 m + 1.5 m + ジブ 10.5 m / 主ブーム 50.0 m + 1.5 m + ジブ 27.3 m 装着時を示す。
(4) ヘビーリフトジブ吊り上げ能力は、主ブーム 13.6 m + 4.4 m + ジブ 13.0 m / 主ブーム 22.7 m + 4.4 m + ジブ 54.0 m 装着時を示す。
(5) 機械質量には、カウンタウエイト質量(60 t/40 t/25 t/10 t)を含まず。
(6) 乗車定員は2名。
(7) 公道走行時は、旋回体およびブームを別送とし、台車のみとする。構内移動時は、走行速度 25 km/h 以下とする。
(8) 旋回体にカウンタウエイトを装着している時は、アウトリガを使用した状態にする。

新機種紹介

アウトリガロック装置、旋回ロック装置、緊急用かじ取装置、サスペンションロック装置などを採用して安全性を確保している。



写真—6 加藤製作所 KA-2200 オールテレーンクレーン

08-(05)-07	アイチコーポレーション 高所作業車（伸縮ブーム形） SB10A ほか	'08.07 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

各種メンテナンス工事、建築工事などに使用されている高所作業車のモデルチェンジ機 SB10A と、電気・通信工事、CATV 工事などに使用されている高所作業車のモデルチェンジ機 SH10A、SH11A の 3 機種である。3 機種ともにトラックシャシーマウントのブーム後方格納型で、基本性能、操作性、安全性、環境対応性などの向上が図られており、コンパクト・軽量化によって自動車普通免許の車両総重量 5t 未満の車両に該当する。

SB10A、SH10A、SH11A は、軽量アルミ 6 角ブームを採用して最大作業半径の拡大や、バケットの揺れを低減するショックレス機構を採用してブームの操作性向上を実現しており、ブームの起伏速度（+約 60%）や連動操作時の速度、ジャッキの張出し速度（+約 40%）をアップして作業効率を向上している。操作性向上や省エネ対策として、エンジン始動・停止（2 度掛け防止装置付・省エネ対応型）、オートアクセル、旋回自動停止またはブーム自動格納、前後順次作動機能付ジャッキ自動張出し（SB10A はオプション）、ジャッキ接地表示、水準器などの装置や、路面を傷つけないジャッキ用ゴム付パッドベースなどを標準装備している。ジャッキ装置は、横への張出しがなく狭い現場にも対応できる直下型オフセットジャッキとしている。安全装置として、油圧系安全装置（油圧安全弁・ジャッキ伸縮安全装置・ブーム起伏安全装置・ブーム伸縮安全装置・バケット平衡安全装置）、作動停止スイッチ、下部優先スイッチ、イネーブルスイッチ（SH10A、SH11A の操作レバー）、非常用ポンプ、誤作動を防止するフートスイッチ（SB10A）、ジャッキ・ブームインターロック装置、キャブ干渉防止装置などが装備されている。

特別仕様（オプション）として、バックモニタ、ニュートラル検知インターロックなどのほか、SB10A の誤操作を防止するセーフティスイッチ、200 kgFRP 製拡張底バケット、SH10A、SH11A の第

3 ブーム FRP コーティング、3 軸ジョイスティックレバー（イネーブル付）、自動水平機能付ジャッキ自動張出し装置、輪止めインターロック、安全帯インターロック、第 3 ブレーキインターロック、ローラージャッキ、傾斜地警報装置、ジャッキ作動警報装置などが用意されている。さらに SH10A、SH11A には、バッテリー駆動型低騒音ユニット、エンジン駆動型低騒音ユニット、簡易バッテリー駆動型低騒音ユニット、地上乗込み機能などが設定されている。

表—7 SB10A ほかの主な仕様

	SB10A	SH10A	SH11A
最大積載荷重(搭乗人員) (kg)	200(2 名)	200(2 名)	120(1 名)[200(2 名)]
最大地上高 (m)	9.7	9.9	11
最大作業半径 (m)	7.6	8.9	8.9
床内側寸法 幅×奥行×高 (m)	1.0 × 0.7 × 0.9	0.95 × 0.7 × 0.9	0.75 × 0.8 × 0.9 [0.95 × 0.7 × 0.9]
首振角度 左/右 (度)	105/105	105/105	105/105
ブーム長さ(直進 3 段) (m)	3.300 ~ 7.040	3.515 ~ 8.355	3.515 ~ 8.355
起伏角度 (度)	- 17 ~ 80	- 17 ~ 80	- 17 ~ 80
旋回角度 (度)	360	360	360
ジャッキ張幅 前/後 (m)	1.67/1.49	1.67/1.49	1.67/1.49
全長×全幅×全高 (m)	4.79 × 1.72 × 2.80	4.94 × 1.735 × 2.77	4.94 × 1.735 × 2.77
架装シャシー (—)	2.0 t クラス	2.0 t クラス	2.0 t クラス
価格 (百万円)	10.575	12.034	12.034

(注) (1) 車両寸法は架装シャシーにより異なる。

(2) SH11A は、最大積載荷重 120kg 仕様[最大積載荷重 200kg 仕様]の書式で示す。



写真—7 アイチコーポレーション「スカイマスター」SB10A（左）と SH11A（右）高所作業車

新機種紹介

▶ 〈12〉モータグレーダ、路盤機械および締固め機械

08-〈12〉-03	キャタピラージャパン コンパクト(アーティキュレート式) CAT 815F2 ほか	'08.08 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

ロックフィルダム、土地造成などの大規模土木工事における締固め作業に使用されるコンパクト(タンピングローラ) CAT 815F2 と廃棄物の最終処分場における廃棄物の破碎・減容・転圧作業に使用されるコンパクト(トラッシュ) CAT 816F2 の2機種である。環境対応性、生産性、安全性、信頼性、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ものである。

両機には、排出ガス規制をクリアする ACERT 型エンジンを搭載しており、国内の特定特殊自動車少数特例基準適合車として認定されている。電子制御プラネタリ式パワシフト変速機を搭載しており、前後進や速度段切替えの際、クラッチ接続圧を電子制御し、同時に変速時の燃料噴射をコントロールして、乗り心地や変速機の耐久性を向上している。作業の状況に応じて任意のエンジン回転にセットすることが可能で、アクセルコントロール操作なしでの運転ができる。

CAT 815F2 のホイールチップには、接地圧の高い山形フートを一輪につき 60 個装着して、強い締固め力とともに大きなけん引力を発揮できる。4 個のホイールにはそれぞれ前後 2 つのクリーナバーを装備しており、前進、後進にかかわらずホイールに付着した土砂を落とすことができる。また、後方監視カメラを標準装備して後方の安全に配慮している。主ブレーキは前 2 輪油圧作動湿式多板ディスクを採用し、駐車ブレーキは推進軸制動スプリング作動内部拡張式で、セコンダリブレーキと併用している。

CAT 816F2 は、回転部分のシールを保護するアクスルガード(フロント&リヤ)の標準装備に加え、ラジエータの冷却性能アップなどにより、40℃以上の酷暑の下での運転を可能にしている。ラジエータなどの冷却エアは、車両最後部のエアスクープ上面のスクリーンから取入れられ、エンジンルーム内に入り外部に放出されるようになっており、エンジンルーム内に可燃物が堆積することを防止している。ホイールチップは現場の条件に合わせてプラスチックとチョップパから選択することが可能で、一輪につき 20 個装着している。また、ホイールには、絡みついた廃棄物を掻き落とすストライカバーが装備されている。主ブレーキは全油圧式密閉湿式多板

ディスクを採用し、駐車ブレーキは推進軸制動スプリング作動内部拡張式で、セコンダリブレーキと併用している。オイルクーラ、クランクケースガードやパワートレインガードはヒンジ開閉式で、清掃やメンテナンスに便利になっている。



写真—8 キャタピラージャパン CAT 815F2 タンピングローラ

▶ 〈17〉原動機、発電装置等

08-〈17〉-01	デンヨー ディーゼルエンジン溶接機 DLW-200 × 2LS	'08.07 発売 新機種
------------	---------------------------------------	------------------

軽量・重量鉄骨建造物、プラント・パイプラインなどの溶接に幅広く使用される溶接機として、小型・軽量・低燃費化を図るとともに、環境対応性(アイドリングストップ機能など)、溶接作業性(2人同時溶接など)、安全性、メンテナンス性などの向上を実現した新機種である。

本溶接機は、従来の 400 A × 1 人溶接(溶接 14.4 kW → エンジン出力 19.1 kW)の考え方から、200 A × 2 人溶接(溶接 11.2 kW → エンジン出力 17.8 kW)に合わせた考え方で、小型・軽量・低燃費化を実現したものである。エンジンは国土交通省の排出ガス対策(3次規制)基準値をクリアするものを搭載し、防音対策によって同省の超低騒音型建設機械にも適合する。溶接作業(溶接作業後の 100 V コンセント電源使用時の場合も同様)を休止すると自動的にエンジンが停止するアイドリングストップ機能を搭載しており、操作パネル上のアイドリングストップスイッチを ON にして、調整器で設定した時間(1 ~ 30 分)を越えて休止すると自動的にエンジンが停止する。エンジン再始動時は、溶接棒で溶接部材を軽く叩くようにタッチするか、100 V コンセントにつないだ電動工具の電源を ON → OFF → ON → OFF にすることで自動的にエンジンが再始動する。アイドリングストップモニタを搭載しているので、自動停止/再始動時に安全機能が動作した場合、その状態を容易に把握して対処することができる。また、CO₂の削減、燃費や騒音の低減などを実現する 3 ポジションの e モードスイッチを設けており、①可変速/低速モードでは、溶接作業を開始すると無段階可変速制御され、交流負荷の接続時にはエンジンは自動的に高速運転に、無負

表—8 CAT 815F2 ほかの主な仕様

	CAT 815F2	CAT 816F2
運転質量 (t)	20.87	23.05
定格出力 (kW(PS))	173(235)	173(235)
ブレード寸法 幅×高さ (m)	3.765 × 0.86	3.65 × 1.915
ホイール外径(内チップ高さ)×幅(m)	1.425(0.395) × 0.99	1.600(0.300) × 1.015
最高走行速度 (km/h)	F3/R3 17.6/19.5	F2/R2 9.5/10.6
最小回転半径(ブレード先端) (m)	6.455	6.465
軸距×輪距(前後輪共) (kPa)	3.35 × 2.255	3.35 × 2.32
最低地上高(チップを含む) (m)	0.390	0.455
全長×全幅×全高 (m)	6.845 × 3.765 × 3.35	7.855 × 3.65 × 3.805
価格 (百万円)	47.7	41.4

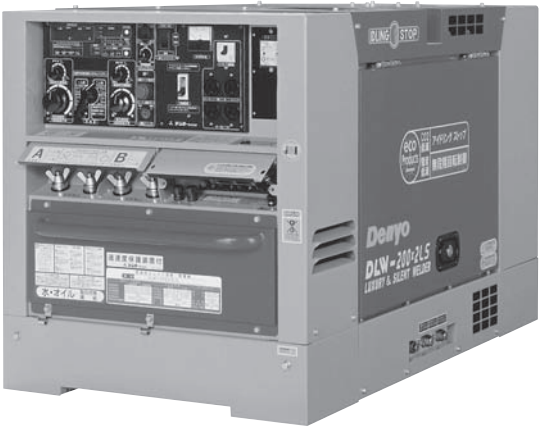
新機種紹介

荷になると低速運転になる。②高速／低速モードでは、溶接作業または交流負荷を接続すると高速運転に、無負荷になると低速運転になる。さらに、③高速モードでは、無負荷、負荷に関係なく常に高速運転になる。溶接 A 側、溶接 B 側それぞれに溶接特性調整器を装備しており、アーク長が変化しても、設定した電流値からの溶接電流の変化がないので均一な溶接ビードが得られる「定電流特性」と、アーク長を変化させ、アーク電圧の変化により溶接電流を変化させてビード幅、深さ、たれの調整ができる「垂下特性」の両機能を保有している。さらに、垂下特性の傾きも調整可能としているので、作業内容や作業者の好みに応じて溶接特性を調整できる。溶接作業の休止時に溶接無負荷電圧を 15 V 程度に下げる電撃防止機能 (VRD) を備えており、高所や湿度の高い作業環境でも作業者の安全が保たれるように配慮されている。そのほか、サイドドアが開いている場合は再始動不可、三相交流電源遮断機が ON の時は感電事故防止のためアイドリングストップおよび自動再始動が不可などの安全対策が採られている。

表—9 DLW－200×2LS の主な仕様

直流溶接・定格出力	(kW)	7.9/8.7[7.8/8.8]
直流溶接・定格電流	(A)	260/280[150/165]
直流溶接・定格電圧	(V)	30.4/31.2[26.0/26.6]
直流溶接電流範囲	(A)	30～300/30～340[30～180/30～200]
直流溶接・適用溶接棒径	(mm)	φ 2.0～6.0[φ 2.0～4.0]
交流(三相)・定格出力	(kVA)	10.7/11.8
交流(三相)・定格電圧	(V)	200/220
交流(单相)・定格出力	(kVA)	7.0/7.7
交流(单相)・電圧	(V)	100/110
交流(单相)専用端子／コンセント(kVA)		3.0×1ヶ/1.5×4ヶ
周波数	(Hz)	50/60
エンジン定格出力	(kW(ps)/min ⁻¹)	14.9・17.8(20.3・24.2)/3,000・3,600
整備質量	(t)	0.44
燃料タンク容量	(L)	36
全長×全幅×全高	(m)	1.41×0.68×0.76
価格	(百万円)	1.953

(注) 1 人使用時[2 人使用時]の書式で示す。



写真—9 デンヨー DLW-200×2LS ディーゼルエンジン溶接機

お詫びと訂正

建設の施工企画 10 月号 No.704「新機種紹介」108 頁 08-(05)-04 タダノ ラフテレーンクレーン GR-250N の表—7 の価格に誤りがありましたのでお詫びして訂正いたします。正しくは、価格：54.6 (百万円) です。

建設機械市場の現状

1. 建設機械出荷金額推移

2007年度の建設機械出荷金額（内需・外需の合計）は、2兆6,757億円で前年度比16.3%増加となり過去最高となった。内需は8,903億円で5.1%の増加、外需は1兆7,855億円で22.8%増加した。その結果、内需は5年連続の増加、外需は7年連続の増加、合計では6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、油圧ショベルは2,953億円で7.8%増加、建設用クレーンは1,701億円で16.3%の増加など8製品が増加した。

また、外需について製品別に見ると、トラクタは3,091億円で25.9%の増加、油圧ショベルは7,200億円で21.7%の増加、ミニショベルは1,868億円で15.0%の増加、建設用クレーンは1,179億円で34.8%の増加、その他建設機械は2,493億円で26.2%の増加など9製品と補給部品が増加した。

表—1 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	2007 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	86,751
	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	309,147
	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	395,898
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	295,296
	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	719,983
	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	1,015,279
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	79,793
	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	186,806
	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	266,599
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	170,066
	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	117,935
	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	288,001
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	29,515
	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	43,926
	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	73,441
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	22,988
	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	3,229
	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	26,217
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	7,724
	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	5,923
	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	13,647
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	24,787
	外 需	4,580	2,638	2,147	986	986	994	818	260	654	1,449	984	1,229	2,118
	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	26,905
油圧ブレーカ・ 圧砕機	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	16,537
	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	15,209
	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	31,746
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	55,609
	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	249,295
	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	304,904
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	101,204
	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	131,888
	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	233,092
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	890,270
	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	1,785,459
	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	2,675,729

(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

表一に「建設機械出荷金額実績（内需・外需）」の推移を示す。

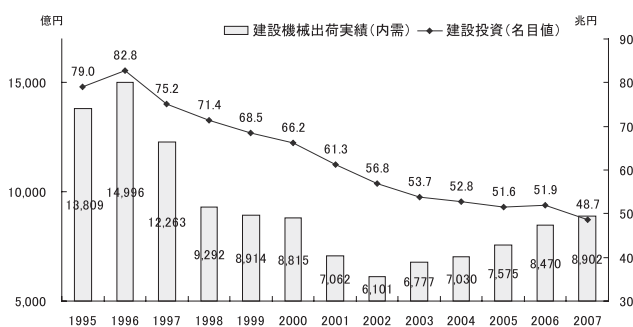
2. 市場動向

(1) 国内市場

建設機械の国内出荷金額実績は、図一に示す通り、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）は微減であるのに対して、建設機械の国内出荷金額は増加に転じており、2007年度についても、建設投資（名目値）は前年比△6.2%減少の見通しに対して、建設機械の国内出荷金額は、全製品計で前年度比5.1%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。

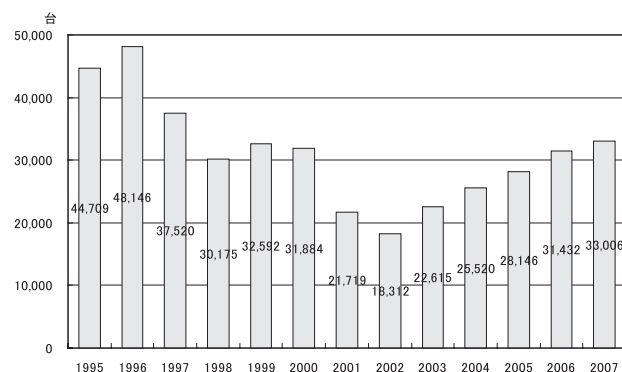
図一に「建設機械出荷実績（内需）」と「建設投資（名目値）」の推移を示す。



図一 建設機械出荷実績（内需）／建設投資（名目値）

図二に示す通り、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、その後は持ち直すかに見えたが、再度下降に転じた。

2002年度を底に、以降2007年度までの5年連続増加に転じ、



図二 油圧ショベル国内出荷台数

2007年度については、前年度比5.0%の増加となった。

ここ数年の増加の背景として、建設機械関連における経済動向は公共投資の削減傾向が依然として継続しているものの、排ガス規制による代替需要の増加、さらにこの数年高水準に推移する中古車の海外輸出を背景としたレンタル需要により増加基調が継続している結果と思われる。

図二に「油圧ショベル国内出荷台数」の推移を示す。

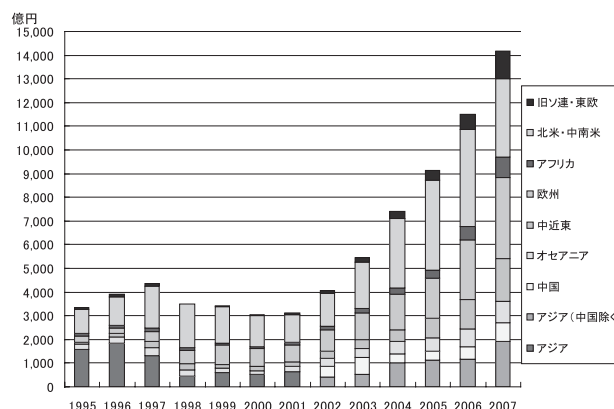
(2) 海外市場

図三に示す通り、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。

2007年度について地域別に見ると、北米・中南米を除く各地域で大幅に拡大している。とりわけ、旧ソ連・東欧（前年比＋81.2%）、中国を除くアジア（前年比＋66.5%）、中国（前年比＋45.3%）、中近東（前年比＋44.8%）、アフリカ（前年比＋44.7%）と新興国の伸長が著しい結果となった。

一方、北米・中南米については、米国サブプライムローン問題による景気悪化の影響を受け前年比△19.2%の減少となった。

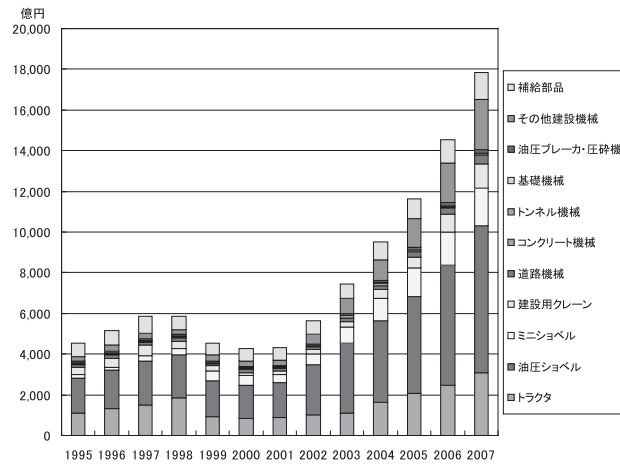
図三にコンポーネントを除いた「建設機械完成品地域別輸出金額」の推移を示す。（2002年度より、アジア地区を「中国」と「アジア（中国除く）」に区分した。）



図三 建設機械完成品地域別輸出金額

図四に示す通り、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、2007年度の総出荷金額は7,200億円と全体の40.3%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。また、ミニショベルについては、1,868億円と前年度比15.0%と大幅に増加しており、全体の10.5%を占めるに至っている。

図四に「建設機械別海外出荷金額」の推移を示す。



図—4 建設機械海外出荷金額

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高い比率で推移している。

2007年度の国内におけるリース・レンタル業向け出荷金額比率（主要5製品）は40.0%と前年度比△0.2%とほぼ横ばいの状況である。

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。

2007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47.2%と前年比△0.2%とほぼ横ばい、ミニショベルも49.9%と前年比0.4%増加しており、リース・レンタル比率は依然として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に「リース・レンタル業向け出荷金額比率（主要5製品）」を示す。

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	2007
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	66,683
	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	20,068
	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	86,751
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	155,881
	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	139,415
	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	295,296
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	39,976
	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	39,817
	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	79,793
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	99,570
	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	70,496
	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	170,066
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	14,990
	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	14,525
	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	29,515
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	20,660
	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	2,328
	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	22,988
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	7,699
	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	25
	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	7,724
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	22,828
	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	1,959
	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	24,787
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	12,582
	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	3,955
	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	16,537
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	32,807
	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	22,802
	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	55,609
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	473,676
	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	315,390
	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	789,066
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	101,204
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	890,270

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

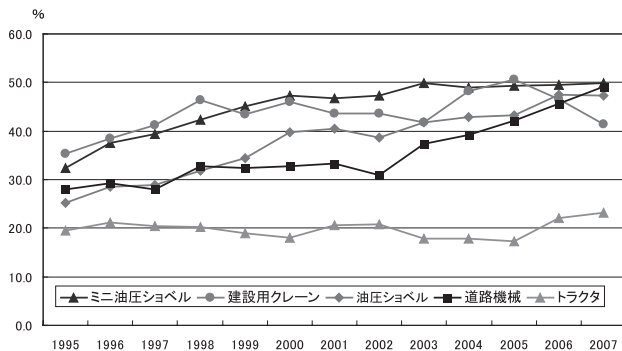


図-5 リース・レンタル業向け出荷金額比率（主要5製品）

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した。

（1）新車販売台数と中古車発生台数

中古車の発生は下取等で新車販売店に入庫するものと、中古車販売会社を買取するものとの2通りに大別される。その総発生量と新車販売台数を表したのが、図-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-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年度の中古車発生台数は、新車販売台数の2.3倍とピークになり、以降新車販売台数の増加に伴い比率は減少傾向であるが、2007年度は約1.7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

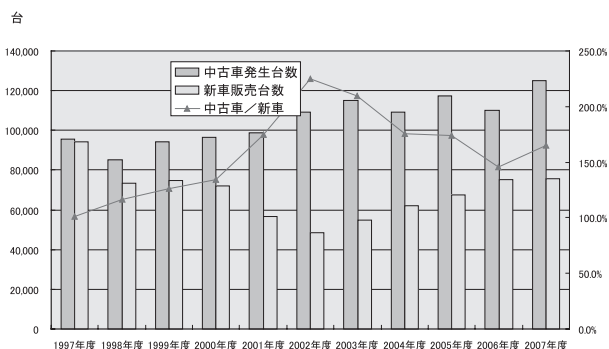


図-6 中古車発生・新車販売台数（主要6機種）

と思われる。

（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-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-7に示す通り国内向けは年々減少傾向にある反面、輸出は増加基調にあり、途中1998年度と2004年度はアジア金融危機及び中国金融引締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90,000台の水準を保っている。2007年度の需要における海外構成は86%を占めている。

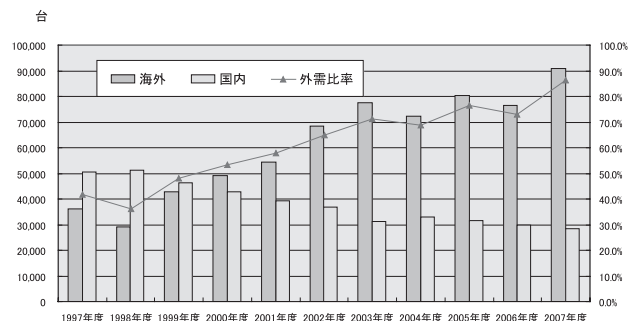


図-7 中古車需要の国内・海外構成（主要6機種）

（3）中古車輸出状況

図-8「機種別中古車輸出台数」は、2003年度～2007年度の中古車機種別輸出状況を示す。2007年度の機種構成では、油圧ショベルが約54%で最も多く、ついでミニショベル（21%）、ホイールローダ（12%）の順である。

また、中古油圧ショベルの輸出先を見ると、図-9「中古油圧ショベル輸出先状況」の通りであり、2007年度は、「中国・香港」が44%と突出しており、ついで「ベトナム」（14%）、「マレーシア」（6%）である。「米国」への輸出台数は対前年で約1,170台減の1,030台（2%）となっている。

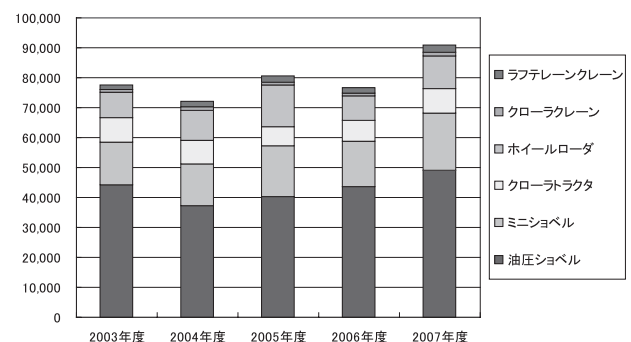
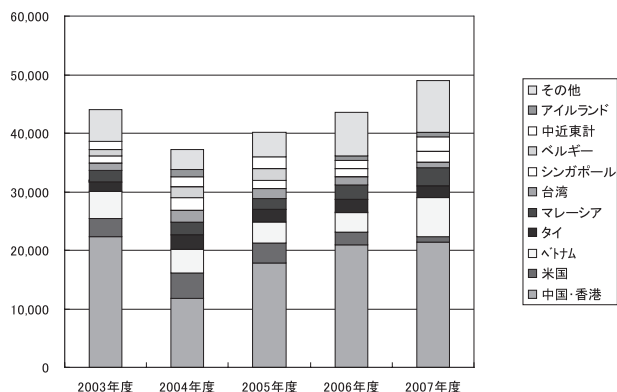


図-8 機種別中古車輸出台数（主要6機種）



図一 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、公共投資は引き続き低調に推移することに加え、道路財源の一次凍結、改正建築基準法施行による工事縮小や遅れにらび、価格の値上げ、資材価格等の上昇による購入意欲の低下等の影響により減少に転じると予測される。

一方、海外市場においては、米国サブプライムローン問題、欧州住宅着工数の減少、北京オリンピック特需の反動等、先行き不透明な市況にあり減少に転じると予想される。

尚、上記掲載統計諸資料は(株)日本建設機械工業会 発表の統計資料による。

大口径岩盤削孔工法の積算 ——平成 20 年度版——

■内 容

平成 20 年度版の構成項目は以下のとおりです。

- (1) 適用範囲
- (2) 工法の概要
- (3) アースオーガ掘削工法の標準積算
- (4) ロータリー掘削工法の標準積算
- (5) パーカッション掘削工法の標準積算
- (6) ケーシング回転掘削工法の標準積算
- (7) 建設機械等損料表
- (8) 参考資料

● A4 判／約 240 頁（カラー写真入り）

● 定 価

非会員：5,880 円（本体 5,600 円）

会 員：5,000 円（本体 4,762 円）

※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 450 円

沖縄県 340 円（但し県内に限る）

●発行 平成 20 年 5 月

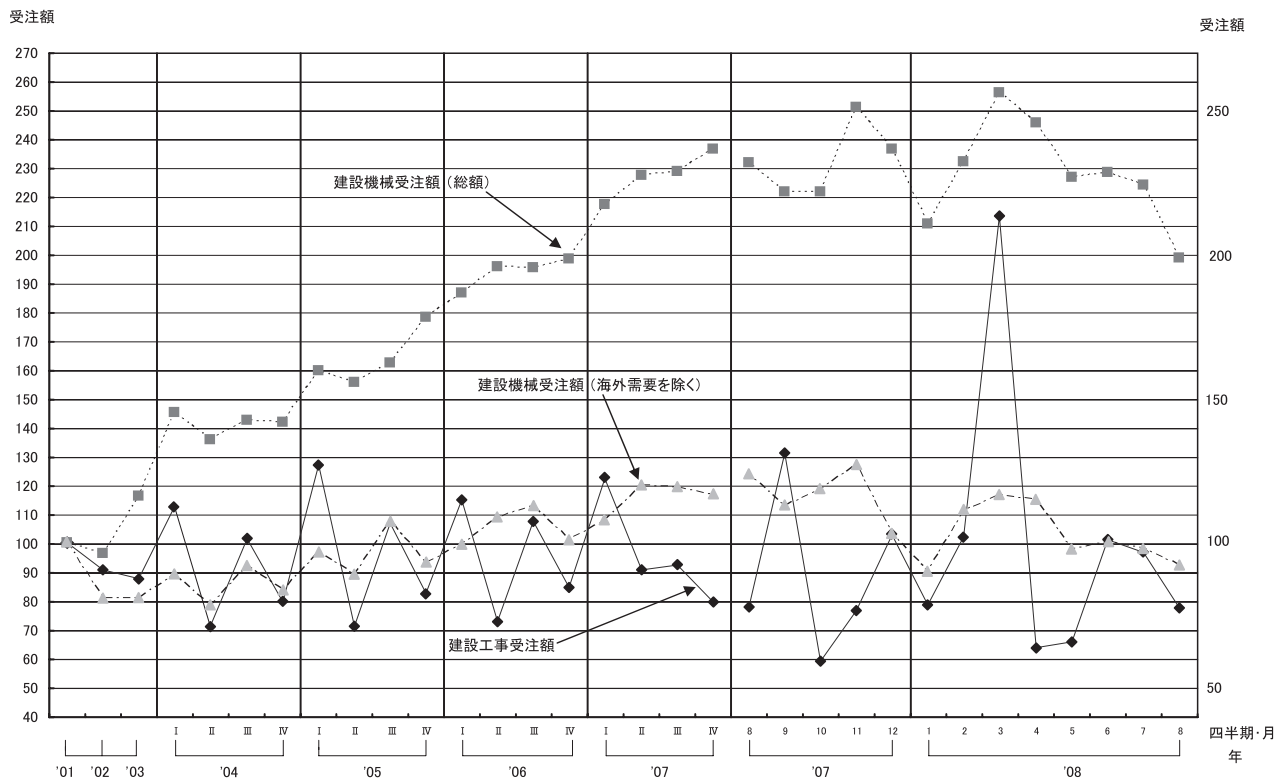
社団法人 日本建設機械化協会

〒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 2001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 2001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							
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
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2007 年 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	135,728	14,672
10 月	7,044	5,368	1,311	4,056	882	437	358	5,019	2,025	132,936	9,864
11 月	9,155	7,046	2,000	5,046	1,211	458	440	6,870	2,285	130,427	11,794
12 月	12,293	8,722	1,712	7,011	2,068	518	984	8,821	3,472	129,919	12,450
2008 年 1 月	9,385	6,789	1,358	5,432	1,686	352	557	6,737	2,648	130,042	9,709
2 月	12,212	7,768	1,823	5,946	3,371	481	591	8,242	3,969	130,681	11,615
3 月	25,513	18,247	4,046	14,201	4,369	602	2,295	18,308	7,206	134,911	20,115
4 月	7,598	5,844	1,639	4,205	759	450	545	5,456	2,141	132,528	10,963
5 月	7,829	6,064	1,515	4,550	839	440	485	5,816	2,012	132,608	9,642
6 月	12,078	8,114	1,840	6,275	2,447	560	957	8,516	3,562	132,533	11,917
7 月	11,553	8,471	2,543	5,928	2,057	496	530	8,479	3,074	134,214	9,759
8 月	9,276	6,525	1,522	5,003	1,530	464	758	6,461	2,816	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	01年	02年	03年	04年	05年	06年	07年	07年 8月	9月	10月	11月	12月	08年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
総 額	8,983	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	1,739	1,663	1,662	1,883	1,773	1,578	1,740	1,919	1,842	1,699	1,713	1,680	1,491
海 外 需 要	3,574	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,209	1,181	1,154	1,127	1,309	1,308	1,173	1,238	1,393	1,323	1,259	1,261	1,237	1,075
海外需要を除く	5,409	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,268	558	509	535	574	465	405	502	526	519	440	452	442	416

(注) 2001～2003年は年平均で、2004年～2007年は四半期ごとの平均値で図示した。

2007年8月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2008年9月1日～30日)

■ 機 械 部 会

■トラクタ技術委員会

月 日：9月1日(月)

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ホイールローダの機体質量の定義

③ H20 年度上期活動実績と下期活動

計画 ④その他

■油脂技術委員会

月 日：9月1日(月)

出席者：杉山玄六委員長ほか10名

議 題：①グリース分科会について

②規格普及分科会について ③下期活動

動計画について ④その他

■トンネル機械技術委員会・事故災害防止(山岳トンネル)分科会

月 日：9月2日(火)

出席者：市川政美分科会長ほか9名

議 題：①報告書成果品の問題点及び青

果物に対する討議 ②その他

■トンネル機械技術委員会・未来型機械分科会

月 日：9月3日(水)

出席者：河上清和分科会長ほか5名

議 題：①研究報告書のとりまとめにつ

いて ②その他

■路盤・舗装機械技術委員会・安全環境分科会

月 日：9月4日(木)

出席者：小葉賢一分科会長ほか6名

議 題：①アスファルトプラントの安全

対策について ②その他

■建築生産機械技術委員会・幹事会

月 日：9月4日(木)

出席者：石倉武久委員長ほか3名

議 題：① H20 年度上期の委員会活動

報告 ② H20 年度下期の活動計画

③その他

■機械部会・運営連絡会

月 日：9月11日(水)

出席者：青柳幸雄部会長ほか8名

議 題：① H20 年度上期委員会活動報

告と下期活動計画について ② 12 月

の技術連絡会のテーマについて ③そ

の他

■ショベル技術委員会

月 日：9月11日(木)

出席者：此村 靖委員長ほか8名

議 題：①建設施工の地球温暖化対策検

討分科会概要 ②燃費測定を進め方

③技術連絡会報告と今後の対応につ

て ④その他

■除雪機械技術委員会・除雪ドーザ分科会

月 日：9月18日(木)

出席者：久村公彦分科会長ほか3名

議 題：①国土交通省建設機械仕様書

(除雪機械)の審議 ②その他

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：9月19日(金)

出席者：佐藤文夫分科会長ほか4名

議 題：①リスクアセスメント纏めの内

容確認 ②規格作成についての方針決

定 ③その他

■ダンプトラック技術委員会

月 日：9月19日(金)

出席者：伊戸川博委員長ほか7名

議 題：①ホームページ改正内容につ

て ②各社トビックス紹介 ③不整地

運搬車のビクトリアル化について

④ JIS 改正審議 ⑤その他

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：9月19日(金)

出席者：青山俊行委員長ほか6名

議 題：①機械部会・幹事会報告にいて

②情報化施工事例報告会内容確認につ

いて ③ 10 月の工場見学会について

④各事業テーマの方針について ⑤ホ

ームページの整備について ⑥その他

■路盤・舗装機械技術委員会・舗装機械変遷分科会

月 日：9月25日(木)

出席者：小葉賢一分科会長ほか10名

議 題：①歴史の目次の絞り込み ②そ

の他

■機械整備技術委員会

月 日：9月29日(月)

出席者：高橋賢次委員長ほか6名

議 題：①エバークリーン(株)工場見学

会 ②その他

■トンネル機械技術委員会・事故災害防止(シールドトンネル)分科会

月 日：9月30日(火)

出席者：川本伸司分科会長ほか3名

議 題：①報告書取り纏め ②作業分担

検討 ③その他

■ 建 設 業 部 会

■建設業部会 機電技術者意見交換会

月 日：9月8日(月)～9日(火)

出席者：内田克己部会長ほか30名

議 題：①様変わりする外部環境におい

て機電技術者に期待される役割 ②講

演「建設機械における電動化について」

■建設業部会・幹事会

月 日：9月9日(火)

出席者：内田克己部会長ほか19名

議 題：①上期事業中間報告 ②機電技

術者意見交換会成果発表 ③建設生産

システムについての意見交換会の進め

方について ④その他

■建設業部会・建設機械事故防止推進分科会

月 日：9月25日(木)

出席者：村本利行分科会長ほか8名

議 題：①アドバイザー・会長からの報

告 ② DB について ③ 20 年度事業

計画の現状確認と見直し ③情報収集

の進め方について ④ DB 完成後の広

報について ⑤その他

■ CP 車総合改善委員会

■第一分科会

月 日：9月19日(金)

出席者：宇治公隆分科会長ほか7名

議 題：① CP 車打設において遵守する

事項を数字を根拠に検討②打設中の不

徹底事項を徹底するためには ③高圧

モードでなければ出来ない作業は

④その他

■ CONET2009 関係

■イベント会社プレゼン

月 日：9月3日(水)

出席者：辻 靖三会長ほか9名

議 題：プレゼン参加会社8社の企画提

案の説明

■イベント会社選定会議

月 日：9月10日(水)

出席者：辻 靖三会長ほか9名

議 題：イベント会社の選定

■先端技術分科会

月 日：9月18日(木)

出席者：上田尚輝分科会長ほか5名

議 題：①特別展示内容詳細打合せ

②作業分担について ③スケジュール

について ④その他

■安全・安心分科会

月 日：9月29日(月)

出席者：高見俊光分科会長ほか5名

議 題：①特別展示内容詳細打合せ

②作業分担について ③スケジュール

について ④その他

■業種別合同部会

■業種別合同部会

月 日：9月11日(木)

出席者：製造業・建設業・レンタル業・

商社・専門工事業 27 名
議 題：①ミニショベル等のブレーカ作業の安全対策について ②その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会・作業燃費に関する検討会

月 日：9月3日（水）
出席者：田中利昌リーダほか8名
議 題：①低燃費型建機の指定制度について ②今後の進め方について

■製造業部会・業種別合同部会

月 日：9月11日（木）
出席者：溝口孝遠幹事長ほか8名
議 題：①ミニショベルのブレーカ作業の安全対策について ②その他

■製造業部会・マテリアルハンドリングWG

月 日：9月18日（木）
出席者：溝口孝遠幹事長ほか5名
議 題：①定期自主検査対象機以前の対応について ②その他

■製造業部会・小幹事会

月 日：9月25日（木）
出席者：溝口孝遠幹事長ほか1名
議 題：①平成20年度上期活動実績、下期計画 ②業種別合同会議について ③その他

■ 各 種 委 員 会 等

■機関誌編集委員会

月 日：9月3日（水）
出席者：岡崎委員長ほか28名
議 題：①平成20年12月号（第706号）の計画の審議・検討 ②平成21年1月号（第707号）の素案の審議・検討 ③平成21年2月号（第708号）の編集方針の審議・検討 ④平成20年9～11月号（第703～705号）の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：9月30日（火）
出席者：渡部務分科会長ほか6名
議 題：①新機種情報の検討・選定 ②技術交流・討議

■建設経済調査分科会

月 日：9月24日（水）
出席者：山名至孝分科会長ほか5名
議 題：10月号原稿テーマの検討（平成20年度建設業の業況）

■新工法調査分科会

月 日：9月26日（金）
出席者：村本利行分科会員ほか8名
議 題：①新工法調査情報検討 ②新工法に伴う機械の取扱方の検討

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月5日（金）～7日（日）
場 所：石狩市（株）日立建機教習センター
北海道教習所
受験者：1級146名、2級335名

■平成20年度除雪機械技術講習会（第1回）

月 日：9月17日（水）
場 所：帯広市 とかちプラザ
受講者：118名
内 容：①除雪計画 ②施工方法 ③VTR「北海道の除雪機械」 ④冬の交通安全 ⑤除雪の安全施工 ⑥除雪機械の取り扱い

■平成20年度除雪機械技術講習会（第2回）

月 日：9月19日（金）
場 所：旭川市 旭川トーヨーホテル
受講者：257名
内 容：第1回に同じ

■平成20年度除雪機械技術講習会（第3回）

月 日：9月26日（金）
場 所：札幌市 ホテルポールスター札幌
受講者：328名
内 容：第1回に同じ

■平成20年度除雪機械技術講習会（第4回）

月 日：9月30日（火）
場 所：札幌市 北海道教育会館ホテルユニオン
受講者：168名
内 容：第1回に同じ

■ 東 北 支 部

■平成20年度総合防災訓練

日 時：9月1日（月）9：30～12：00
場 所：協会会議室
参加者：阿部新治技術部会長ほか4名
訓練内容：東北地方整備局の総合防災訓練と同時に支部の情報伝達訓練
被災箇所想定：10箇所
参加会員：（株）イスマックほか9社

■ 北 陸 支 部

■建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月13日（土）～16日（火）
場 所：コベルコ教習所 新潟教習センター
受験者：1級55名、2級247名 計302名（延べ）

■雪氷部会

月 日：9月18日（木）
場 所：新潟県建設会館
出席者：丹羽吉正雪氷部会長ほか18名
議 題：平成19年度事業結果と20年度事業計画

■普及部会

月 日：9月29日（月）
場 所：新潟県建設会館
出席者：青木鉄朗普及部会長ほか14名
議 題：平成19年度事業結果と20年度事業計画

■除雪機械展示・実演会幹事会

月 日：9月29日（月）
場 所：新潟県建設会館
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか19名
議 題：①ゆきみらい 2009in 高岡の概要 ②除雪機械展示・実演会計画案

■ 中 部 支 部

■平成20年度建設機械施工技術検定試験（実地試験）実施

月 日：9月6日（土）～9日（火）
場 所：刈谷市「住友建機販売（株）名古屋技術研修所」
受験者：1級89名、2級326名（延べ1級154名、2級386名）

■「建設技術フェア 2008in 中部」事務局会議に出席

月 日：9月17日（水）
出席者：五嶋政美事務局長
議 題：「建設技術フェア 2008in 中部」の実施について協議

■調査部会

月 日：9月25日（木）
出席者：山本芳治調査部会長ほか8名
議 題：「建設事業最近の話題」の実施について協議

■ 関 西 支 部

■平成20年度建設機械施工技術検定実地試験

月 日：9月6日（土）～8日（月）
場 所：キャタピラー教習所（株）およびコベルコ教習所（株）
受験者：1級219名、2級452名

■広報部会

月 日：9月9日（火）
場 所：支部会議室
出席者：安田佳央部会長ほか8名
議 題：①「建設技術展 2008 近畿」実行委員会への協力について ②建設施工研修会（第41回映画会）について ③「JCMA 関西」第94号の取組みに

ついて

■広報部会・編集委員会

月 日：9月9日（火）

場 所：支部会議室

出席者：安田佳央編集委員長ほか5名

議 題：JCMA 関西 第94号の編集について

■建設技術展 2008 近畿 出展者打合せ

月 日：9月29日（月）

場 所：マイドーム大阪 2F ホール

出席者：加藤事務局員ほか1名

■建設技術展 2008 近畿 第1回実行委員会

月 日：9月30日（火）

場 所：支部会議室

出席者：安田佳央委員ほか7名

議 題：①開催概要の説明 ②出展テーマと具体的内容の検討

■広報部会 編集委員会

月 日：9月30日（火）

場 所：支部会議室

出席者：安田佳央編集委員長ほか5名

議 題：①JCMA 関西第94号の編集について ②特集の予定テーマについて

■ 中 国 支 部

■第23回「新技術・新工法」発表会

月 日：9月24日（水）

場 所：国際教育センター

参加者：203名

課 題：①道路建設における環境に優しい硬質岩盤剥離掘削技術の開発 呉工業高等専門学校 重松尚久氏 ②マンホール浮上抑制工法「ハットリング工法」ライト工業㈱ 杉田信夫氏 ③情報化施工「3次元データによる敷き均し」西尾レントオール㈱ 稲葉恭彦氏 ④センサー機能を有する補強土壁「アデムウォール工法」前田工機㈱ 吉田浩一氏 ⑤コンクリートの表面保護工法「スケルトンコーティングシリーズ」新光産業㈱ 相田雄治氏・㈱エムピーエス 山本哲也氏 ⑥冬期路面対策として凍結抑制機能を付加した舗装「ザベック工法」世紀東急工業㈱ 鈴木 徹氏

■ 四 国 支 部

■平成20年度建設機械施工技術検定実地試験を実施

月 日：9月4日（木）～5日（金）

場 所：善通寺市弘田町「日立建機㈱香川営業所」

実施種別：1～4種

受験者：延べ301名（1級：87名、2級：214名）

■支部活性化検討委員会の開催

月 日：9月17日（水）

場 所：高松市福岡町「建設クリエイト

ビル」

議 題：①四国支部規程改正（案）について ②四国支部の現状について ③四国支部経営改善計画について ④その他

出席者：望月秋利支部長ほか7名

■河川土木機械施設見学会の開催

月 日：9月24日（水）

見学先：吉野川水系「角ノ瀬排水機場」
「鷺谷樋門ゲート設備」等

参加者：17名

■ 九 州 支 部

■第6回企画委員会

月 日：9月3日（水）

場 所：福岡県糟屋郡粕屋町 コマツ教習所

議 題：①建設機械施工技術検定試験結果と反省 ②支部規程変更申請について ③第3四半期事業計画について ④大規模津波防災総合訓練について ⑤その他

■大規模津波防災総合訓練実行委員会

月 日：9月9日（火）

出席者：事務局長

議 題：訓練シナリオ及び運営要領等の最終確認について

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので、ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しています。建設ロボット、建設IT、各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工、安全対策、災害・復旧、環境対策、レンタル業、リニューアル・リユース、海外建設機械施工、などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させよ

うと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが、更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

（1）投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の2種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

（2）詳 細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール、電話でご連絡願います。また、JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ、原稿の書き方等、投稿に関わる不明な点はご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

情報技術「IT」がいつ頃から広く一般に使われるようになったかを調べてみました。

ウィキペディアによると、「日本では2000年に内閣総理大臣に就任した森喜朗が「IT」のことをよく理解しておらず「イット」と発言したことで話題となり広く知られることとなった。」とありました。そういえば先日、内閣総理大臣に就任した麻生新総理も一部ではアキバ系と呼ばれているようですが、何故かITとは無縁のような気がします。たまに思いついたことを調べるのに、目の前のパソコンでインターネットを使って5分とかからない。

情報技術の代表的なインターネットは、2000年当時、すでに一般的に認知され使われるようになってきましたが、当時は搬送速度が遅い14.4 kbpsのモデムで接続していた記憶があります。現在、個人の家庭で光回線を引いて、24時間常時接続で月額5～6千円という環境は当時想像すらできませんでした。個人のレベルではここ10年の情報技術の進歩はめざましく、その環境は激変してきました。

本号で紹介したように、建設機械・土木の分野でも着々と情報技術が活用されてきています。現在、その環境は「激変」というまでには至っていないものの、近い将来のブレイクスルーの可能性を感じています。

(村上・山本・藤田)

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	今岡 亮司
上東 公民	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

岡崎 治義 (社)日本建設機械化協会

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
野村 英孝	(株)高速道路総合技術研究所
石戸谷 淳	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	川崎重工工業(株)
安川 良博	(株)熊谷組
渥美 豊	コベルコ建機(株)
富樫 良一	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(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)
中村 優一	(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)
吉越 一郎	(株)間組
藤田 一宏	施工技術総合研究所

12月号「建設施工における標準化特集」予告

- ・地理空間情報活用推進基本計画
- ・社会基盤情報標準化委員会における三次元情報活用への取り組み
- ・都市交通における安全性に関する標準化の動向
- ・2007年版示方書によるコンクリート施工の考え方
- ・情報化に関する標準化のJCMAの活動
- ・建設業労働安全衛生マネジメントシステム(COHSMS)認定事業
- ・鉄道建築と建築基準法改正
- ・トンネルの性能規定化の動向とマネジメント
- ・現場情報化施工におけるデータ標準化の必要性
- ・施工現場で利用する施工管理データの標準化戦略

No.705「建設の施工企画」 2008年11月号

〔定価〕1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成20年11月20日印刷

平成20年11月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 社団法人 日本建設機械化協会

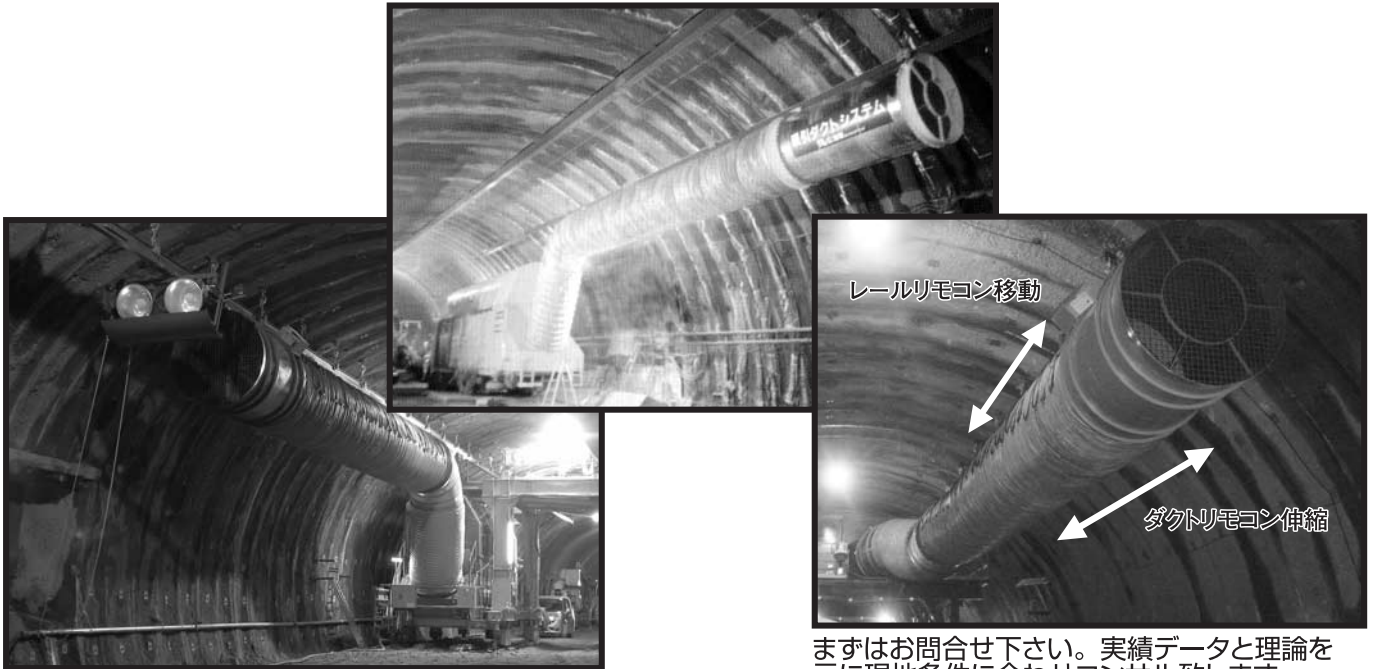
〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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	部〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話 (011) 231-4428
東北支	部〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1	電話 (022) 222-3915
北陸支	部〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話 (025) 280-0128
中部支	部〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26	電話 (052) 241-2394
関西支	部〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話 (06) 6941-8845
中国支	部〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話 (082) 221-6841
四国支	部〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話 (087) 821-8074
九州支	部〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26	電話 (092) 436-3322

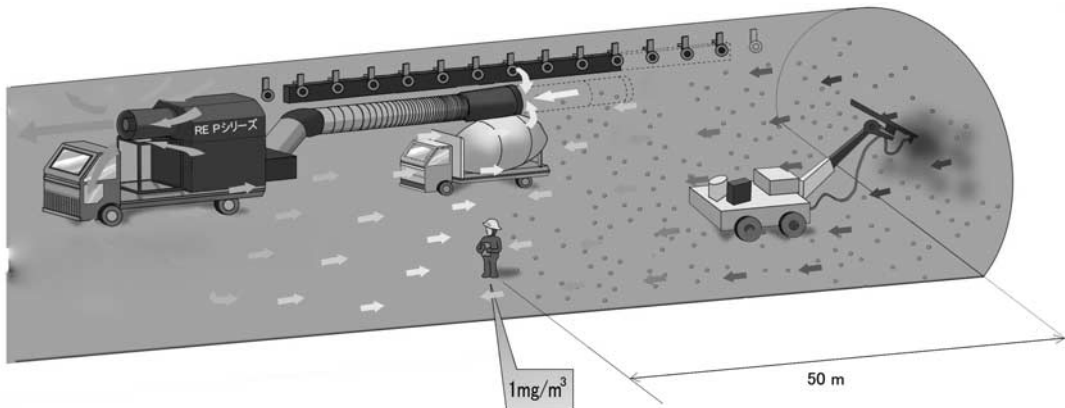
吸引ダクトシステム

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。



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

KOBELCO

さすがコベルコ!

選択される「商品」「社員」「会社」へ

“さすが”を
証明



後方超小旋回の小・中型機には

通常形の中・大型機には

極低騒音 低燃費

超低騒音基準より -5dB (SK70SRは -0dB)

当社従来機より $-18\sim 20\%$

SK70SR SK125SR
SK135SR [LC] SK225SR
SK235SR [LC]

SK200 SK210LC SK250
SK260LC SK330 SK350LC
SK460 SK480LC

※燃費は同等作業土量で比較

ACERA アセラ・ジオスペック
GEOSPEC

フルラインナップ完成!



全機種
オフロード法適合

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



サイズが違ってても、
積み重ねてきたものは変わらない。

油圧ショベルの歴史は
この小さなCATミニの中に詰まっている。
どの国の現場に居ようとも…。

キャタピラージャパン株式会社

本社（営業部門） 神奈川県相模原市田名3700 〒229-1192
Tel 042-764-8730 <http://japan.cat.com/>
CATERPILLAR(キャタピラー)及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

CATERPILLAR®
TODAY'S WORK. TOMORROW'S WORLD.™

パイプレーションローラー
MRH-600DSA



コンクリートカッター
MCD-216VDXS



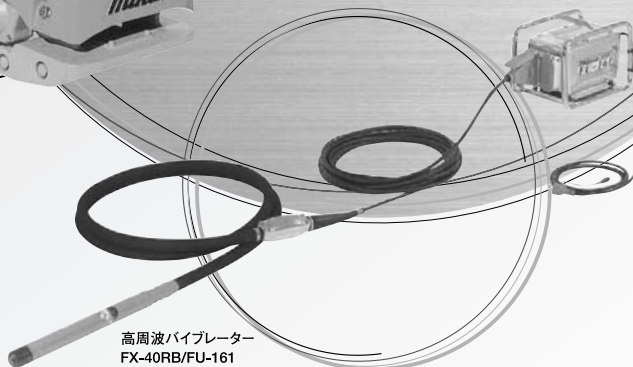
パイプロコンパクター
MVH-306DS



タンピングランマー
MT-55L



高周波パイプレーター
FX-40RB/FU-161



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 大阪市西区立売堀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

木質粉碎の処理機械・廃棄物の高速選別機械は マルマにおまかせください。

粉碎機械

特 長

- ◎抜群の生産量
- ◎均一チップの生産
- ◎独自のドラムカッターによる大幅コスト低減
- ◎自動負荷制御
- ◎ヘビーデューティ
- ◎コンパクト設計
- ◎安定した機動性
- ◎移動しながらの高効率粉碎
- ◎チップ飛散極小

木材・巨根の粉碎

自走式大型木質系粉碎処理機（タブグラインダー）



長材・家屋廃材の粉碎

横投入式木質系粉碎処理機（ホリゾンタルグラインダー）



自走式混合廃棄物高速選別機

特 長

- ◎大量選別
- ◎星型ブレード
- ◎過負荷防止機能
- ◎残土、混廃、チップ等選別可能
- ◎コンパクト設計
- ◎材料を跳ね上げて選別
- ◎優れた輸送性

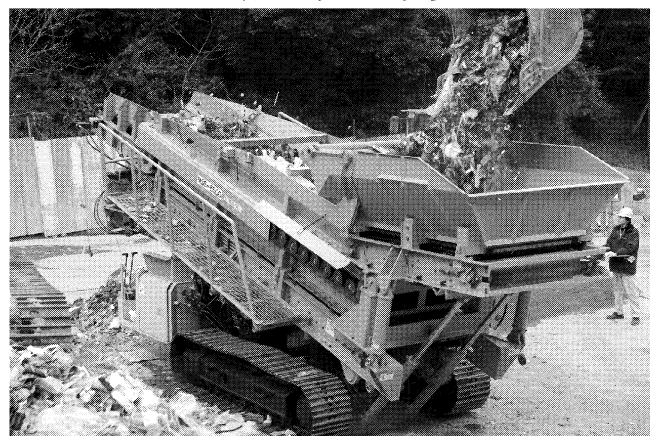
木材チップの選別

モービル・スタースクリーン



混合廃棄物の選別

モービル・スタースクリーン



日本輸入総代理店



マルマテクニカ株式会社

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

営業部 TEL 042 (751) 3091 (代表) FAX 042 (756) 4389

東京事業部 東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
TEL 03 (3429) 2141 (代) FAX 03 (3420) 3336

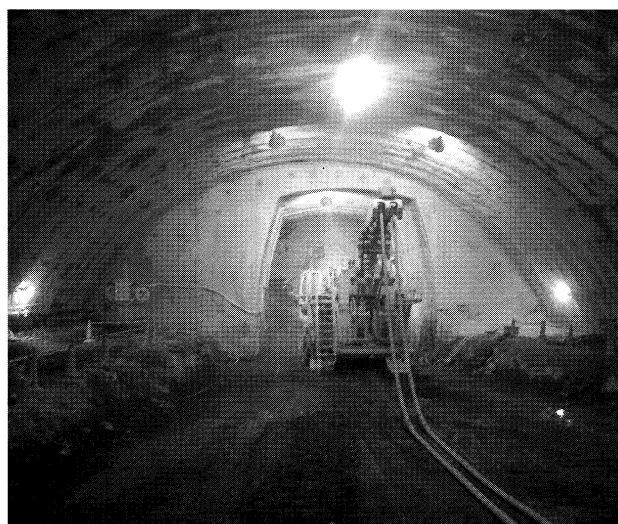
名古屋事業所 愛知県小牧市小針2丁目18番地 〒485-0086
TEL 056 (877) 3311 (代) FAX 056 (872) 5209

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
中部支店
西部支店
三重工場

〒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
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2
〒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
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町62番地2

TEL. 03-5733-9443
TEL. 059-234-4139
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。日本国内自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!! ケーブルレス サテラ 離操作

Nシリーズ：微弱電波
Rシリーズ：産業用ラジコンバンド
Uシリーズ：429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ：1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ：防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続

スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

微弱電波・特定小電力
両モデル対応 Nシリーズ
Uシリーズ

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

フルオーダー対応で
最大32点まで対応可！

- スリムなボディ…従来品(TX-5600)との体積比約88%
- 自由度の高い操作スイッチ配置など、多様なオーダー対応性
- 優れた耐塵防雨性能…送信機はIP65相当
- 衝撃に強い新プラケースを採用
- 自社開発！新生2段階押しスイッチで高い耐久性
- パネルゴムに突起部を追加、操作感を向上(標準釦位置のみ)
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」

標準型
RC-5708N

- 8操作8リレー
- 軽量・コンパクト受信機

セットで
15.75万円



標準型
RC-5712N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで
17.85万円



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ
標準型

RC-6016N

- 16操作16リレー
- 最大24操作まで対応可能

セットで
21万円



防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波・特定小電力)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ

3ノッチジョイスティック型

RC-7132N

セットで

94.5万円～

ジョイスティック

2本装着オーダー例

無段変速対応可

防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波のみ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

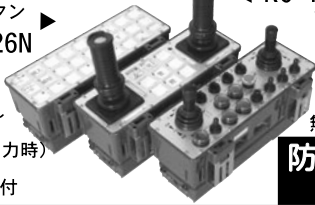
全押しボタン

RC-7126N

セットで

47.25万円～

- 最大操作数64(オープンコレクタ出力時)
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型

RC-8416N

セットで

23.1万円

- 16操作16リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- ハンディ～なロータリー・トグルスイッチ装着可能
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」



裏側
スイッチ
装着例

新 チップケーブルレス

コンパクトという選択肢!!

～機能を絞ると、こんなに小さくなりました～

微弱電波モデル
対応

標準型

RC-3208N

- 6操作8リレー

セットで

12.6万円

スリムなので

片手で握り替えずに、

正逆操作が行えます!

- スリム・小型・軽量
- 送信機ケース強度が増大!
- 防水性アップ(送信機はIP65)
- 価格がさらに安価に!
- 従来機と信号互換あり!

チップケーブルレス

(親指が遠くまで

届きます)

従来機

(ケーブルレス型)

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ

- 微弱Nシリーズは、240MHz化でより安定した電波の飛び!
- 2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)

● 3操作3リレー

最大5リレーまで対応可能

テルハには

ゼロ線電源*と

おんぶ/だっこ金具*で

電気配線不要・取付簡単!

(*オプション)

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

標準型

RC-4303N/R

セットで

10.5万円

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

リソーサー 離操作

Nシリーズ
Uシリーズ

価格もサイズも
ハンディー並み!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型

RC-2512N

セットで

23.1万円

- 12操作12リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- 送信機防塵防滴構造強化
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」

軽量コンパクト
ショルダータイプ

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

データケーブルレス

工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

N/R/U/Gシリーズ

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで

TC-1305R 21.525万円

TC-1308N(微弱電波) 23.1万円

送信機

(外部接点入力型)

写真はUシリーズ

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

7100型▶

6300型▶

5700型▶

3200型▶

受信機

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

MAXサテラ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン

装着タイプ

RC-9300U

- 多機能多操作(比例制御対応可)

セットで

99.75万円

無段変速ジョイスティック

2本装着例

取付例

取付例

取付例

取付例

取付例

無線式火薬庫警報装置

アンテナ等の標準付属品付

セットで

42万円

発破番

ES-2000R

音声

音声

音声

音声

音声

音声

音声

音声

音声

音声

音声

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

2km～(6km)

KOMATSU

8スタイル。 待望の登場



ALL NEW PC120/130-8

特定特殊自動車排出ガス基準適合車

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 03435-11



4910034351183
00800

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円