

建設の施工企画 **3**

2009 MARCH No.709 **JCMA**



静岡県内(新東名)における
大規模盛土の施工状況

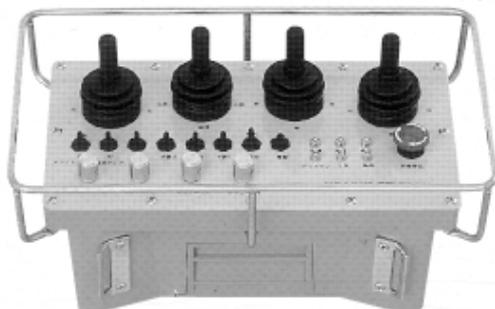
昭和31年頃の
国道20号線(塩尻付近)

土工 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）又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 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

ダム工事に用いる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、昨年7月より「情報化施工研修会」を開催しております。次回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

- 開催日：平成21年 5月21日(木)～22日(金)
(以降、7月16日(木)～17日(金)、9月10日(木)～11日(金)の開催を予定。開催日の追加・変更など最新情報については当協会ホームページにてご確認下さい。)
- 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』
- 主 催：社団法人 日本建設機械化協会
- 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)
- 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)	<u>20,000円/人</u>
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	<u>88,000円/人</u> ○研修用パソコンを利用(一人一台) ○「 研修修了証 」を発行

- ・体験コースを既に受講した方が**実務コースを再受講する場合、68,000円/人**で受講できます。
- ・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3 1 5 4

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

2009年 月 日

No. _____

参加者氏名 (フリガナ)				(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	※希望のコースに○をお付け下さい。 1. 体験コース (20,000円/人) 2. 実務コース (88,000円/人) 3. 実務コース(再受講) (68,000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、予めご了承ください。

「1・2級建設機械施工技士」

国家資格取得にチャレンジしませんか!

—— 平成21年度建設機械施工技術検定試験のご案内 ——

平成21年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次のとおり実施いたしますので、建設機械操作施工に従事している技術者の皆さんは、資格取得を目指してみませんか。

この資格は施工技術の向上を図るため、建設事業の建設機械施工に係る技術力や必要な知識を検定するもので、高い評価が得られ、ご本人と所属の企業にとって大いに役立ちます。

(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問合せをしてください。)

平成21年2月

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 社団法人 日本建設機械化協会

(URL <http://www.jcmanet.or.jp>)

1. 申込み方法は？

所定の受験申込み用紙に必要事項を記載し、添付書類とともに申込み受付期間に郵送申込み。

平成21年2月中旬から受験申込み用紙など(「受験の手引」一式)を当協会等で販売いたします。

「1級受験の手引」1部 600円(送料 200円)

「2級受験の手引」1部 500円(送料 200円)

問合せ先、販売場所は裏面末尾の一覧表のとおりです。

2. 申込み受付期間は？

平成21年3月16日(月)から4月10日(金)まで

* 申請は、郵送申込みのみとなりますのでご注意ください。

3. 試験日は？

学科試験：平成21年6月21日(日)

実地試験：平成21年8月下旬から9月中旬

* 実地試験は、学科試験合格者のみ受験でき、日程は8月上旬に決定、通知いたします。

4. 受験手数料は？

1級学科試験：10,100円

2級学科試験：1種別につき10,100円(2種別は2倍)

1級実地試験：

操作施工法2科目と組合せ施工法の場合 27,800円

操作施工法1科目と組合せ施工法の場合 21,400円

組合せ施工法の場合のみ 15,000円

2級実地試験：1種別につき21,600円(2種別は2倍)

5. 受験資格は？

- (1) この試験は、学科試験と実地試験に区分され、学科試験に合格した方が実地試験を受験できます。
- (2) 学歴等の資格区分に応じて一定の実務経験が必要であり、基本的な資格は下表のとおりです。

学歴等の資格区分		1級(必要な実務経験年数)	2級(必要な実務経験年数)	
大 学	指 定 学 科	3 年 以 上	1 年 以 上	
	指 定 学 科 以 外	4 年 6 月 以 上	1 年 6 月 以 上	
短 期 大 学 高 等 専 門 学 校	指 定 学 科	5 年 以 上	2 年 以 上	
	指 定 学 科 以 外	7 年 6 月 以 上	3 年 以 上	
高 等 学 校	指 定 学 科	10 年 以 上	3 年 以 上	
	指 定 学 科 以 外	11 年 6 月 以 上	4 年 6 月 以 上	
上 記 以 外	—	15 年 以 上	8 年 以 上	
資 格 取 得 者 級	2 高 等 学 校	指 定 学 科	通 算 8 年 以 上	—
		指 定 学 科 以 外	通 算 9 年 以 上	—
	そ の 他	—	通 算 12 年 以 上	—

- * 1級の実務経験には指導監督の実務経験を1年以上を含む必要があります。
- * 1年以上の専任の主任技術者の実務経験を有する場合は、受験資格が緩和されます(1級のみ)。
- * 2級については、2種類の建設機械を受験する場合の必要実務経験年数です。
- * 「指定学科」は、この試験に関し大学、高等学校等における機械工学、土木工学、都市工学等専門的な分野の学科を言い、これらを履修した者の受験資格は緩和されます。

6. 試験地は？

学科試験：北広島市(北海道)、仙台市、東京都、新潟市、名古屋市、東大阪市、広島市、高松市、福岡市、那覇市

* 受験希望地を選択していただけます。

実地試験：石狩市、多賀城市、栃木県下都賀郡壬生町、秩父市、新潟市、小松市、刈谷市、明石市、小野市、広島市、善通寺市、福岡県糟屋郡須恵町、沖縄県国頭郡東村

* 受験希望地を選択していただけます。

(受験する建設機械の種別によっては、受験地に制約あり。)

7. 試験の種別と使用機械等は？

(1) 学科試験

- 1級は、土木工学、建設機械一般、建設機械施工法、法規等の一般的な知識を択一式・記述式で行います。
- 2級は、土木工学、建設機械一般、各種別ごとの建設機械施工法、法規等の概略の知識を、共通科目、選択した種別を択一式で行います。(1種～6種の種別の内、偶数・奇数の組み合わせで、一回の試験で最大2種別まで受験可能)

(2) 実地試験

- 1級は6種別の建設機械施工法に区分され、実地試験は2種別の施工法を選択し、施工の実技試験を行います。
- 2級は学科合格種別を、施工の実技試験で行います。

1級の機械施工法	2級種別	試験使用機械
トラクタ系機械操作施工法	第1種	ブルドーザ
ショベル系機械操作施工法	第2種	油圧ショベル
モータ・グレーダ機械操作施工法	第3種	モータ・グレーダ
締固め機械操作施工法	第4種	ロード・ローラ
舗装用機械操作施工法	第5種	アスファルト・フィニッシャー
基礎工用機械操作施工法	第6種	アースオーガ
建設機械組合せ施工法	-	1級のための記述試験(実地)

8. 資格取得のメリットは？

- ① 「1級又は2級建設機械施工技士」の称号が付与されます。
- ② 建設業の許可基準の一つである営業所ごとに置く専任の技術者、建設工事現場に置く主任技術者、又は監理技術者(1級のみ)になれます。
- ③ 建設業法に基づく経営事項審査における技術力の評価に、技術者数として加点できます。
- ④ 労働安全衛生法に規定する車両系建設機械などの特定自主検査者(事業主を除く。)として、必要な科目について下表のとおりその全部免除(○)又は一部免除(△)の取扱いが受けられます。

特定自主検査者の取扱い(主要なもの)

事業内検査員資格 建設機械技術検定	車両系建設機械				
	整地・運搬・積み込み・掘削・解体用	締固め用	基礎工用	コンクリ打設用	
1級建設機械施工技士	○	○	○	△	
2級建設機械 施工技士	第1種	○	△	△	△
	第2種	○	△	△	△
	第3種	○	△	△	△
	第4種	△	○	△	△
	第5種	△	△	△	△
	第6種	△	△	○	△

◆◆◆ 問合せ先、「受験の手引」請求先一覧表 ◆◆◆

名称	所在地	電話番号
(社)日本建設機械化協会 試験部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F (URL http://www.jcmanet.or.jp)	03-3433-1575
同 北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さつげんビル5F	011-231-4428
同 東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル5F	022-222-3915
同 北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル9F	025-280-0128
同 中部支部	〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26 昭和ビル9F	052-241-2394
同 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8F	06-6941-8845
同 中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル4F	082-221-6841
同 四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル4F	087-821-8074
同 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	092-436-3322
(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4F	098-879-2097
同 北部支所	〒905-1152 名護市字伊差川24-1	0980-53-1555

ご 注 意

最近、当協会が行うこの技術検定の申込み手続きの代行業務やまぎらわしい名前の講習等の勧誘を行う民間団体がありますが、当協会とは関係がありません。当協会は、電話等により直接勧誘又は案内を行っておりませんし、他の機関に受付等の業務の一部を依頼することはありません。この技術検定の申込み、問合せは、ご本人が直接当協会に行ってください。

目次

土工 特集

4	グラビア 高速道路における大型機械を用いた大規模土工の状況 - 新東名高速道路での盛土施工 -	
5	巻頭言 近未来の土工について	深川 良一
6	土工関連のユニットプライスの動向	吉田 潔
11	米国における情報化施工の動向調査報告 森下 博之・竹本 憲充・福川 光男・古屋 弘・藤島 崇	
21	デジタル アースムービング - 土工計画の情報化 : Digital Earthmoving -	岡本 直樹
27	高速道路における土工技術の変遷 - 高速道路盛土での機械化施工・品質管理手法について -	横田 聖哉・中村 洋丈
33	鉄道における土工技術と性能規定化の動向	館山 勝
40	穿孔機の技術動向	櫻井 弘毅
46	ブルドーザの技術動向	迎野 雅行
52	掘削機の変遷と技術動向	三柳 直毅
58	土工事における運搬機の動向	山本 茂太
63	無人ダンプトラック走行システムの開発・運用 宮下 耕一・川地 真司・石井 崇暁	
69	公衆無線網を用いた油圧ショベル遠隔操作 林 宏樹・山本 新吾・三鬼 尚臣	
76	ITを活用したロックフィルダムの施工	品川 敬・菅原 俊幸・大原 伸浩
81	近年の造成土工における問題点と対策例	出淵 隆広
87	交流の広場 トンネル, 土工事への「技術提案」を目指して ~ 建機レンタルの立場から ~	山田 隆
91	ずいそう ゴーパチ国道	村上 誠
92	ずいそう 石鎚 大好き	村上 正典
93	新工法紹介	機関誌編集委員会
95	統計 平成21年度公共事業関係予算の概要 (1) 機関誌編集委員会	
97	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	
98	行事一覧 (2009年1月)	
100	編集後記	(岡本・山本)

◇表紙写真説明◇

静岡県内 (新東名) における大規模盛土の施工状況

写真提供: (株)高速道路総合技術研究所

白黒の写真は昭和31年頃の国道20号(塩尻付近)の状況である。当時の国道の舗装率は約17%、国道1号でも1/3は未舗装であった。

道路の状況は悪くぬかるみに嵌ることもあったようだ。

上部写真は静岡県における新東名の盛土施工の状況である。当該箇所は高さ90m、盛土量350万m³と大規模であり、ダム用の大型機械が用いられた。特に締固めにはGPS等を搭載した320KN級の振動ローラやタンピングローラが活躍した。施工機械の急速な進歩により効率的な土工の施工が可能になった。

2009年(平成21年)3月号PR目次

【7】

朝日音響株式会社.....表紙3

荒山重機工業株式会社.....後付2, 3

【カ】

カヤバシステムマシナリー株式会社.....後付8

キャタピラー・ジャパン株式会社.....後付5

コベルコ建機株式会社.....後付4

コマツ.....表紙4

【ク】

大和機工株式会社.....表紙2

【マ】

マルマテクニカ株式会社.....後付7

三笠産業株式会社.....後付6

【ヤ】

吉永機械株式会社.....表紙2

【ラ】

(株)流機エンジニアリング.....後付1

情報化施工研修会のご案内 — ICT 建設機械の現地研修 —

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「情報化施工研修会」を開催しております。次回の研修生を次のとおり募集いたします。

1. 申込み方法

所定の申込書に記入の上、郵送、Fax またはメールにて申込み。申込書は当協会ホームページより入手できます。

開催日1週間前をもって締切とします。

2. 開催日 (以降、順次開催予定)

平成21年5月21日(木)～22日(金)

3. 受講費用

体験コース：20,000円/人

実務コース：88,000円/人 ※

(※研修用PCを利用、修了証を発行)

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 (担当：藤原)

TEL：03-3433-1501

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

平成21年度建設機械施工技術検定試験

— 1・2級建設機械施工技士 —

平成21年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次のとおり実施いたします。

この資格は、建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問い合わせをしてください。)

1. 申込み方法

所定の受検申込み用紙に必要事項を

記載し、添付書類とともに郵送。

平成21年2月中旬から、受検申込み用紙などを含む「受検の手引」一式を当協会等で販売します。

2. 申込み受付期間

平成21年3月16日(月)から4月10日(金)まで

※申込みは郵送のみです。

3. 試験日

学科試験：平成21年6月21日(日)

実地試験：平成21年8月下旬から9月中旬

※実地試験は、学科試験合格者のみ受験でき、日程は8月上旬に決定、通知します。

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 試験部

TEL：03-3433-1575

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

平成20年度版 橋梁架設工事の積算 購入のおすすめ

— 橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書 —

■主な改訂内容

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, トラベラクレーン等) / 架設術組立・解体歩掛の改訂

2) PC橋編

プレグラウト PC 鋼材縦縮工歩掛の新規設定 / コンクリート床版の炭素繊維補強工法の吊足場改訂

発刊：平成20年4月28日

体裁：B5判 本編約1,120頁

別冊約120頁セット

価格：(送料別途)

一般：8,400円 (本体8,000円)

会員：7,140円 (本体6,800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

e-mail：info@jcmanet.or.jp

<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

発刊：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>

INTERMAT

インターマツト 2009

国際建設機械見本市

2009年

4月20日(月)~25日(土)

於: フランス パリ・ノール見本市会場

Building the future

出展 | **来場者** | **会場面積**
1500社 | 21万人 | 18万m²



A trade show organized by
comexposium

お問い合わせは: フランス見本市協会
TEL: 03-3405-0171
FAX: 03-3405-0418
E-mail: japan@promosalons.com

www.intermat.fr

高速道路における大型機械を用いた大規模土工の状況 —新東名高速道路での盛土施工—



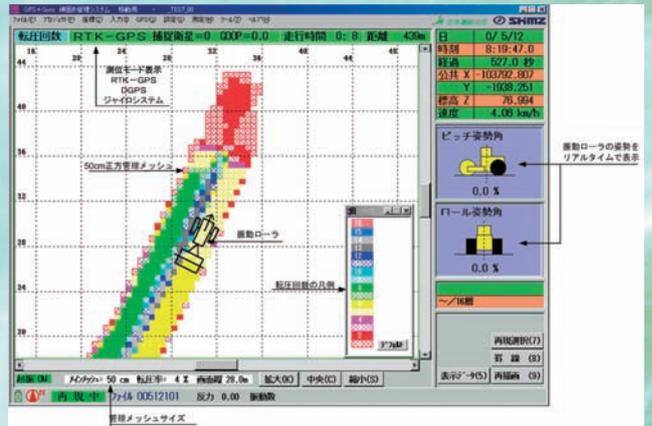
⇨ 1：46 t 積級の重ダンプによる掘削土砂の運搬，積み下ろし



⇨ 2：320 kN 級振動ローラによる転圧作業と，32 t 級ブルドーザによる盛土材料のまき出し



⇨ 3：GPS を搭載した 320 kN 級振動ローラによる盛土の転圧



⇨ 4：GPS 締め管理システムの振動ローラ搭載モニタリング画面



⇨ 5：60 m 級の高盛土施工箇所における大型機械による盛土（盛土初期段階）



⇨ 6：90 m 級の高盛土施工箇所における盛土のり面仕上げ（盛土中段付近）

巻頭言

近未来の土工について

深川 良一



学生時代、土木施工学研究室という名の研究室に在籍した関係で、「土工」という言葉には若干の思い入れがある。一般的な意味では「土工」は従来型の大型開発をイメージさせる古い、ありふれた言葉なのであろうが、若干でも土工に関して研究テーマを設定した者としては簡単そうで実は手ごわいという印象が残っている。例えば、土の構成式や数値解析に関する研究が高度に発達した現在においてもなお、土工の対象であるような普通の土の変形・強度特性を適切に表現することは困難である。普通の土というのが実は大変で、種々の粒径の粒子を含み、間隙が通常水と空気からなる所謂3相構造である。これほど複雑になると、例えばこういう土を30cmで巻き出し、それに対してあるローラーで締固めた場合、何cmくらいに締固まるかという問題を理論的に解明することは容易ではない。

勿論、実務的に経験に基づいて予測することはそれほど困難ではないのかもしれないが、無人化施工、ロボット施工など新たな展開を考えるときにはある程度の理論化・モデル化が必要である。筆者は2002年に立命館大学・建山教授、東北大学・高橋教授とともに、地盤・岩盤上で作業する各種作業機械の自動化・ロボット化に関して、新たな研究分野『ジオメカトロニクス』を提案した（土木学会論文集）が、次のような内容を含むようなものであった。まずは、1) 対象地盤の特性評価である。対象とする地盤がどのような状態にあるかということ各種センサーやCCDカメラ等からの情報に基づいて決定しなければならない。地盤の状態を表す変数も多い。土の種類、粒度、含水状態等々。次に、2) 地盤と機械系の相互作用の評価である。対象地盤の特性が概略判断できたとして、その地盤に直接作用する車輪、履帯、掘削装置などとの相互作用が正しく認識されなければならない。これらの結果として施工時の諸条件が設定される。最後が、3) 地盤特性を考慮した自動化・ロボット化である。土工機械においては、1), 2) というプロセスを踏まえる必要があるため、完全な自動化・ロボット化はかなり

困難な課題である。現実的には、特に対象地盤の認識の部分で人間が介在する半自動化・ロボット化が主流となっているが、いずれにしてもこのジオメカトロニクスという分野は、未知の課題の多い、研究者にとってまさに『宝の山』であると思う。

さて、土工を巡って忘れてならない視点は環境問題への貢献であろう。地球温暖化の影響と見られる異常気象が世界各地で多発している。最近ではオーストラリアの異常早魃と山火事が記憶に新しい。その一方で、我が国の最近の集中豪雨の多発化・広域化という現象もある。これらの極端な現象が地球温暖化に基づくものであるとすれば、その原因である温室効果ガスの削減は急務である。現在世界中で真剣な議論が続いているが、土工分野でも相応の改善を図っていく必要がある。対応策は種々あろうが、検証可能で手取り早いのは土工機械の燃費改善であろう。普通の乗用車とは異なり、単に燃費〇〇km毎時と表現しにくいという難点はあるが、国交省を中心に燃費改善の評価方法に関する検討が続いている。建設残土の有効利用も土工関連では重要な課題である。特に、粘土系の残土はそのまま有効利用することは困難であるため、また往々にしてスラリー状で排出されるため、脱水過程だけでもかなりの時間とコストを必要とする。さらに付加価値を付けようとするれば、コスト増となり競争力を失う結果となる。粘土系残土の量の多さを考えれば、低コストで粘土系材料を構造材料として再生させるような新たな技術革新の進展に期待したい。

土工という施工に関しては、普通の住民は自然環境の破壊、自然からの収奪というネガティブなイメージを持ちやすい。広大な国土を有するような国ではいざしらず、狭い国土で種々の開発事業が住民の目に触れやすい我が国ではなおさらである。現状の自然環境や景観になるべく改変を加えず、必要な社会基盤整備の一貫としての土工をどう提案し、実施していくかが今後益々問われていくのであろう。

—ふかがわ りょういち 立命館大学 理工学部 教授—

土工関連のユニットプライスの動向

吉田 潔

国土交通省が平成16年より取り組んでいるユニットプライス型積算方式は現在7工事区分で試行しており、契約変更協議が円滑化するなどの効果が確認されている。一方ユニットプライスの積算条件や費用内訳等は工事区分により異なる場合があり入札等の際には注意が必要である。本報告では、工事区分による土工関連のユニットプライスの費用内訳の違いや、土の流れから見たユニットの相互関係について紹介する。

キーワード：土工，ユニットプライス，単価合意，コスト構造改善

1. はじめに

国土交通省は公共土木工事の発注者として、公正さを確保しつつ良質な社会資本を適正な価格でタイムリーに調達する発注者責任を有しており、新土木工事積算大系の整備や多様な入札契約方式の導入等に取り組んでいる。

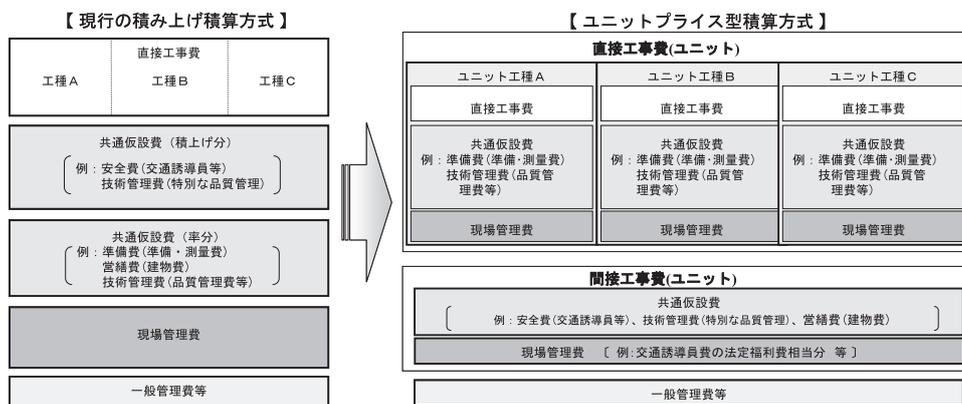
ユニットプライス型積算方式は、歩掛を用いたこれまでの「積み上げ積算方式」から工事目的物の施工単価を中心とした積算体系への転換に向けた取り組みであり、公共事業の全てのプロセスをコストの観点から見直す政府の『コスト構造改善』等の一施策として位置づけられている。

本方式は、平成16年より新設の舗装工事を対象に試行を開始し、道路改良工事、築堤護岸工事、道路維持、道路修繕、河川維持、河川修繕と順次試行範囲を拡大してきた。

本報告では、これまでの試行経緯と土工関連のユニットの概要について紹介する。

2. ユニットプライス型積算方式とは

ユニットプライス型積算方式（以下、「本方式」と言う）とは、材料費、労務費等の直接必要な費用のほか、直接費に連動する測量費や品質管理費等の間接費を含んだユニット区分毎の単位あたり価格（ユニットプライス）を設定し、これに工事数量を乗ずることにより工事価格を積算する方式である。この場合、ユニット区分とは、発注者と請負者において契約した総価を構成する基本区分（工事数量総括表の各項目）をいい、主に直接工事費の内訳の各工種区分を指すが、間接工事費の各内訳および一般管理費等の区分も設定されている（図—1）。



図—1 ユニットプライス型積算方式の価格構成



図一2 ユニットプライス型積算方式の試行スケジュール

本方式では、現行の積み上げ積算のように施工プロセスを想定し、個々の歩掛を積み上げることが不要であるため、積算業務が簡素化される。契約は、積み上げ積算同様、総価で契約を行い、契約締結後、単価合意を行う。この合意された単価は施工量が増減した場合の契約変更額積算に用いられ、契約の透明性向上に寄与する。また、受発注者間で合意された単価データを収集・分析することにより、次年度以降の新たなプライスに価格等の変動を速やかに反映させていく。

3. 本方式の試行

本方式は、平成16年より新設の舗装工事を対象に試行を開始し、道路改良工事、築堤護岸工事、道路維持、道路修繕、河川維持、河川修繕と順次試行範囲を拡大してきた(図一2)。

本方式を試行するにあたっては、まず積算のためのユニットプライスを設定する必要があるが、下記のとおり工事区分により設定方法が異なっている。

舗装工事、道路改良工事、築堤護岸工事(以下「先行3工事区分」という。)においては、国交省の直轄工事請負者の協力の下、既に発注済みの工事の細別(レベル4)の単価を収集・解析し、積算条件のなるべく少ない大括りされたユニットプライスを作成した。このやり方では、前準備も含めた収集・解析などの試行準備に多大な労力と時間を必要としたため、これ以降の工事区分については試行準備の方法を改善した。

道路維持工事、道路修繕工事、河川維持工事、河川

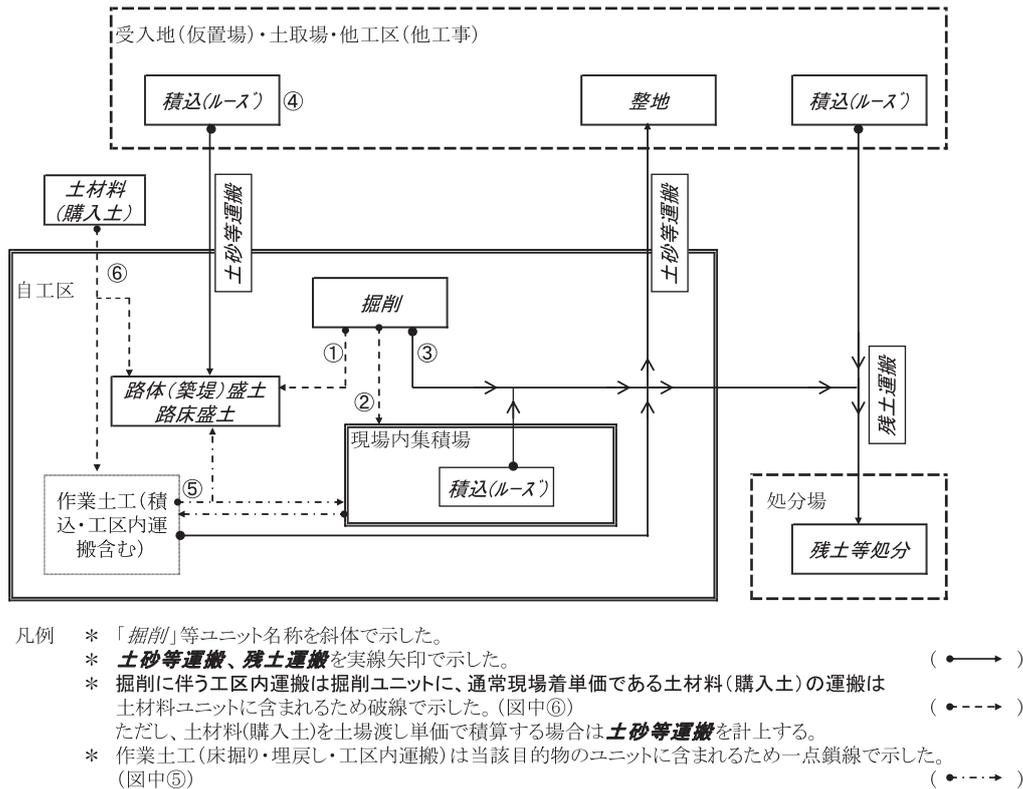
修繕工事(以下「拡大4工事区分」という。)においては、現行の積み上げ積算の機材単価、歩掛、および、それらの使用実績頻度データを活用しユニットプライスの積算条件区分および「プライス初期値」を作成し、試行の中で合意単価を収集し順次「プライス初期値」を本来の合意単価に基づくユニットプライスに置き換えていくこととした。そのため、積算条件については現行積算に準じたものとし、コンクリートと鉄筋・型枠を別ユニットにするなどユニットを先行3工事区分より細分化し合意単価を早期に数多く収集できるよう配慮した。

4. 土工関連のユニットの概要

前節で述べたとおり、先行3工事区分と拡大4工事区分でユニットの成り立ちが異なっており、似たような名称のユニットであっても内訳が異なっている場合があるため、入札や単価合意にあたっては、数量総括表や特記仕様書記載の工事区分とユニットをよく確認する必要がある。工事区分およびユニットごとの費用内訳は「ユニットプライス規定集」「ユニットプライス型積算基準〔試行用〕」で確認して頂きたい。ここでは、先行3工事区分と拡大4工事区分それぞれの土工関連ユニットについて概要を解説する。

(1) 先行3工事区分の土工関連ユニット

先行3工事区分の土工の土の流れとそれに対応するユニットを示したのが図一3である。



図一三 先行3工事区分の土の流れと土工関連ユニット

全部で9のユニット(掘削、路体(築堤)盛土、路床盛土、整地、積込(ルーズ)、土砂等運搬、残土運搬、土材料(購入土)、残土等処分)がある。このほかに、目的物ユニット(「プレキャストL型擁壁」など)に原則として作業土工(床掘り・埋戻し)を含んでいる。

自工区を超えて土の移動がある場合には土砂等運搬が計上されるが、目的物ユニットは作業土工の土砂等運搬を含んでいないため、掘削、盛土ユニットに関するものだけでなく、作業土工に関するものの土砂等運搬も計上されるので注意が必要である。

(2) 拡大4工事区分の土工関連ユニット

拡大4工事区分の土工の土の流れとそれに対応するユニットを示したのが図一四である。

先行3工事区分との主な違いは、下記の2点である。

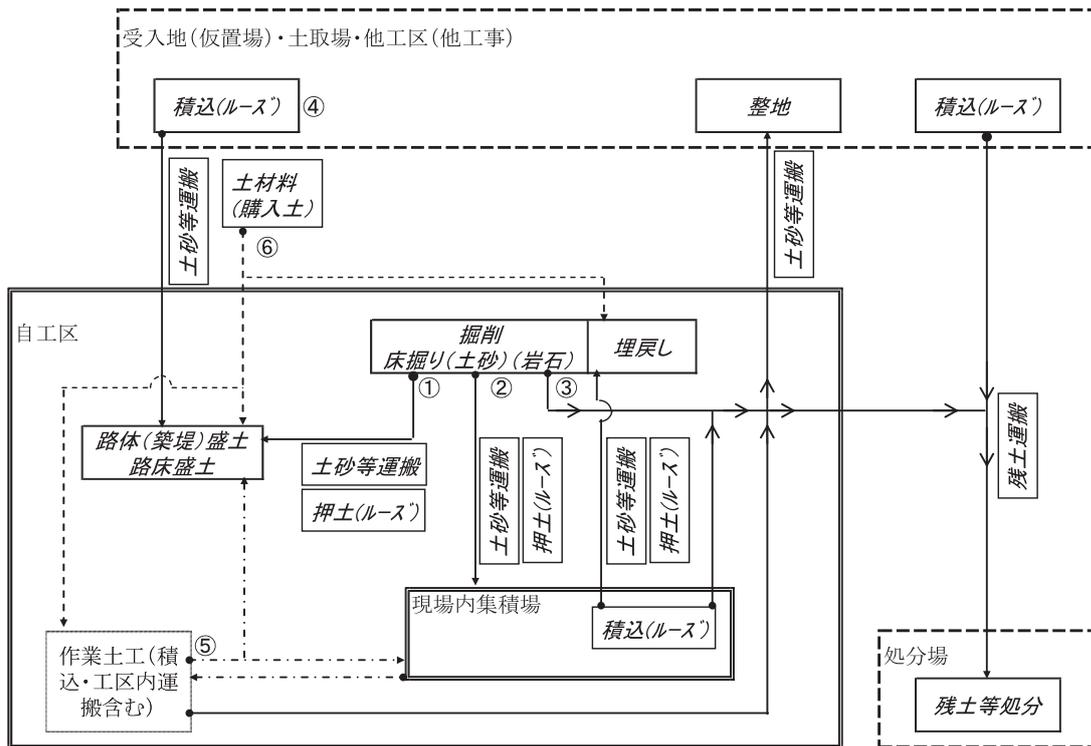
- ①掘削、盛土ユニットから自工区内運搬の大部分を分離して別ユニットとした。
- ②目的物ユニットに含んでいた作業土工(床掘り・埋戻し)

し)を原則分離して別ユニットとした。

(ただし、一部ユニット(防護柵工の「ガードパイプ」など)には作業土工が含まれている。)

これにより、掘削、路体(築堤)盛土、および、路床盛土の工区内運搬の費用内訳が先行3工事区分と変わるとともに、床掘り、埋戻し、および、押土(ルーズ)、が土工関連ユニットとして追加され、土工関連ユニットの数は12となった。

また、作業土工の計上が必要である場合は、数量総括表の「土工」の内訳として一括計上するのではなく、目的物工の中に目的物ユニットと並列に「作業土工」が計上されるのが一般的である。これは、本来ユニットプライス型積算が工事目的物の施工単価を指向しているため、工事目的物毎に作業土工をとりまとめているためである。



- 凡例
- * 「掘削」等ユニット名称を斜体で示した。
 - * **土砂等運搬**、**残土運搬**、**押土(ルース)**を実線矢印で示した。 (—→)
 - * 土材料(購入土)は通常現場着単価であり運搬は土材料ユニットに含まれるため破線で示した。 (- - -→) (図中⑥)
 - ただし、土材料(購入土)を土場渡し単価で積算する場合は**土砂等運搬**を計上する。
 - * 作業土工(床掘り・埋戻し・工区内運搬)は当該目的物のユニットに含まれる場合を一点鎖線で示した。 (·····→) (図中⑤)

- 注
- 1 掘削・床掘りユニットに含まれる自工区内の運搬について(図中①、②)
 - (1)土質が土砂の場合
掘削ユニットにおいて土砂の「押土有り」を選択した場合、工区内運搬(60m以内)を含む。
 - (2)土質が軟岩または硬岩の場合
掘削ユニットまたは床掘り(岩石)ユニットにおいて、以下の条件を選択した場合、工区内運搬(30m以内)を含む。
・軟岩の「500m³以上」または「集積押土有り」を選択した場合
・硬岩の「火薬使用可」または「集積押土有り」を選択した場合
 - 2 掘削・床掘りユニットに含まれない、土砂等運搬・残土運搬時の積込作業について(図中①～③)
掘削、**床掘り(土砂)**、**床掘り(岩石)**において、条件区分により積込作業を含まない場合がある。
土砂等運搬・**残土運搬**を行う場合で、積込作業を含まない条件に該当する場合は、別途「**積込(ルース)**」を計上する。
「積込(ルース)」の計上が必要な条件区分については、(参考)を参照のこと。
 - 3 土取場において、地山を掘削する場合は、「**掘削**」ユニットを使用する。(図中④)

図一 4 拡大4工事区分の土の流れと土工関連ユニット

5. 今後の本方式試行拡大

(1) 本方式試行拡大のスケジュール

今後平成22年度を目標に、特殊なものを除く全ての工事区分にユニットプライス型積算方式を拡大したいと考えている(図一2)。

(2) 課題

残る工事区分においては、年間の工事発注件数が少ないため、合意単価がなかなか蓄積されないことが想定される。また、請負者も、受注機会が少ない工事であるため見積の精度が低くなり、工事毎の合意単価の

ばらつきが大きくなることが予想される。その結果として、「蓄積された合意単価を分析しユニットプライスを設定」することも困難と予想され、データの蓄積手法や精度の検証方法を工夫する必要がある。

また、土工関連ユニットのように、先行3工事区分と拡大4工事区分で費用内訳が異なるユニットについては、今後費用内訳を統一することが必要であると考えているが、プライスも統一するかどうかは各工事区分の合意単価の解析結果による。

6. まとめ

先行3工事区分と拡大4工事区分それぞれの土工関連ユニットについて費用内訳に違いが生じた背景や、土工の土の流れの観点からユニット相互の関係を説明した。これらは、平成20年度版の「ユニットプライス規定集」および「ユニットプライス型積算基準〔試行用〕」に基づくものであるが、試行の結果をふまえ今後変更が加えられる可能性もある。また、現在試行準備中である「電線共同溝工事」「砂防堰堤工事」においては、工事区分特有の土工歩掛があるため、それに対応した新ユニットも追加される見込みである。そのため、ユニットプライス型積算方式の工事の入札・契約に関わる場合は国総研 HP ([http://www.nilim.](http://www.nilim.go.jp/engineer/index.html)

[go.jp/engineer/index.html](http://www.nilim.go.jp/engineer/index.html), 「技術者情報」→「基準マニュアル類」) で常に最新の基準類を確認することが必要である。

平成22年度に特殊なものを除いた全工事区分においてユニットプライス型積算方式が試行できることを目標としているが、今後は、使用実績の少ない工事区分、工種のユニットプライスをいかに設定するか等が本方式への移行のための課題と考えている。

JICMA

【筆者紹介】

吉田 潔 (よしだ きよし)

国土技術政策総合研究所

総合技術政策研究センター 建設システム課

主任研究官

「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術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>

米国における情報化施工の動向調査報告

1. 米国調査の全体概要

森下博之

(1) はじめに

産学官のメンバーで構成する「情報化施工推進会議（委員長：建山和由 立命館大学教授）」において、情報化施工の本格的普及に向けた行動計画である「情報化施工推進戦略」が2008年7月に策定された。本戦略を契機に、情報化施工の導入に向けた取組みが産学官の各方面で具体的に進められている。その一環として、情報化施工の普及が近年急速に進んでいる米国の政府機関（発注者）や実際の施工現場、さらに関連メーカを訪問し、マシンコントロール技術（AMG：Automated Machine Guidance）や振動ローラの加速度応答による締固め管理技術（IC：Intelligent Compaction）の普及に向けた取組みについて、2008年10月に調査を実施した。

本報告は、米国調査に参加した5名のメンバーより、それぞれの専門分野について調査結果をとりまとめたものである。本報告の全体構成および報告担当者は以下のとおりである。

1. 米国調査の全体概要（森下博之）
 2. 米国における AMG の活用状況（竹本憲充）
 3. 米国における AMG 導入現場（福川光男）
 4. 米国における IC の普及促進に向けた取組み（古屋 弘）
 5. 米国における技術者育成の事例（藤島 崇）
- 最初に、米国調査の全体概要について報告する。

(2) 米国調査の基本情報

(a) 調査メンバー（7名）

建山和由（立命館大学教授：情報化施工推進会議 委員長）
 福川光男（鹿島道路㈱：社日本建設機械化協会 情報化施工委員会 委員長）
 古屋 弘（㈱大林組：情報化施工推進会議 委員）
 月本行則（酒井重工㈱：社日本建設機械化協会

情報化施工委員会 委員）

森下博之（国土交通省：情報化施工推進会議 事務局）
 藤島 崇（社日本建設機械化協会施工技術総合研究所：
 社日本建設機械化協会情報化施工委員会 事務局）
 竹本憲充（同上）

(b) 調査日程

平成20年10月19日（日）～24日（金）

(c) 訪問先

①政府関係機関

FHWA（Federal Highway Administration：
 連邦道路庁）

NYDOT（Department of Transportation, NY：
 ニューヨーク州交通局）

MNDOT（Department of Transportation, MN：
 ミネソタ州交通局）

②関連メーカ

TOPCON POSITIONING SYSTEMS, INC.

（カリフォルニア州）

CATERPILLAR PAVING PRODUCTS INC.

（ミネソタ州）

(3) 米国調査結果の概要

(a) AMG について

州政府（発注者）は AMG（日本では「マシンコントロール」や「マシンガイダンス」と呼ばれている）の導入を推奨しているが、導入の採否は施工者の判断に委ねており、発注者側が仕様書等で導入を指示することはなく、AMGの導入コストについても請負者の負担となっている。一方で、州政府の具体的な取組みとして、3次元設計電子データ（EED：Electronic Engineering Data）やGPS補正信号をAMGを導入する施工者に無償で提供するなどにより、施工者のAMG導入を支援している。一部の大規模工事においては、VEを実施した事例もある。また米国では、品質向上や工期短縮等に対するインセンティブ（報奨金）が契約に盛り込まれる場合があり、AMGはこのインセンティブの獲得に繋がる有効な手段として認知さ

れている。これら AMG の活用状況および TOPCON POSITIONING SYSTEMS 社の最新型 AMG ブルドーザの技術動向については竹本氏の報告をご参照いただきたい。

さらに、今回の調査では、ニューヨーク州のアルバニーの国道拡幅工事の現場を調査する貴重な機会を得ることができた。現場調査の詳細については、臨場感のある福川氏の報告をご参照いただきたい。

(b) IC について

FHWA が Intelligent Compaction Strategic Plan (2005) を策定し、IC 普及促進を目的とした活動が精力的に行われている。この Strategic Plan では、Intelligent Compaction が定義づけされている。具体的には、「転圧中にローラ側で材料剛性を測定（土、アスファルト）」、「ローラ位置と材料剛性情報等を連続記録」などが要求されており、振動ローラの加速度応答による転圧管理による品質管理（QC）、品質保証（QA）を目指したものとなっている。

特筆すべきは、Transportation Pooled Fund #954 という基金である。各州 DOT が FHWA に出資し、その基金を各州 DOT へ再配分し、HMA（Hot Mix Asphalt）や路盤・土工を対象に IC を試験導入している。これら IC の普及促進に向けた取組みや研究動向については、古屋氏の報告をご参照いただきたい。

さらに、AMG のところで紹介した品質向上や工期短縮等に対するインセンティブ（報奨金）の獲得に向けて、建設機械メーカ側としても機械の操作方法や ICT による施工管理方法のコンサルティングビジネスを展開している。日本においては、2008 年 7 月より（社）日本建設機械化協会による情報化施工研修会が実施されている。特定のメーカではなく、業界団体が実施するという体制については、米国側も高い関心を示した。詳細については、藤島氏の報告をご参照いただきたい。

(4) まとめ

AMG については、施工品質や施工効率の向上を実現する技術として、発注者、施工者ともに広く認知され、大規模な工事現場のみならず小規模な工事現場においても広く利用されている。発注者も、3次元設計電子データや GPS 補正信号の提供など AMG の導入を推奨し、協力している。

IC については、まだ実用化レベルには至っていないものの、全米規模で精力的に研究・試験導入が進められており、QC/QA を実現する将来の施工管理として期待されている。

全体として、このままでは日本の誇る建設施工の品質や効率において、米国に大きく遅れをとってしまうのではないかという危機感を強く感じた調査であった。日本においても、産学官が強力で連携し、情報化施工推進戦略を強力に実行することで、建設の機械化につづく ICT による建設施工革命を早期に実現する必要性を再認識した次第である。

(5) 謝辞

本調査は、情報化施工推進会議の委員長である建山和由教授の呼びかけにより実現したものである。約 2 ヶ月という短い準備期間と実質 6 日間という短い調査期間にもかかわらず、カリフォルニア州、ワシントン DC、ニューヨーク州、ミネソタ州という広範囲かつ多様な関係者への調査を効率的かつ効果的に実現することができた。これは、FHWA の Victor Gallivan 氏や、先に紹介した米国の IC プロジェクトに参画されている酒井重工(株)の月本行則氏、SAKAI AMERICA, INC の Todd Mansell 氏をはじめ、関係者の方々のご尽力によるものであり、ご協力に心より感謝を申し上げます。（本報告は、2008 年 12 月 18 日（木）に（社）日本建設機械化協会情報化施工委員会の主催で開催した公開報告会における発表内容をまとめたものである。）

2. 米国における AMG の活用状況

竹本 憲 充

(1) AMG の概要

“AMG (Automated Machine Guidance)” とは、重機搭載のモニタに、設計仕上がり形状を横断面図で表示することにより、丁張りに代わるガイドをオペレータに提供するシステムである。広義では、3次元設計データを車載 PC 等に入力し、排土板を設計形状に沿うように自動制御するマシンコントロールシステムも含んでおり、こちらの意味で用いられることが一般的である。元々は同技術を開発・提供している重機・測器メーカから提案された用語であり、AASHTO（米運輸交



写真 2-1 AMG ブル



写真 2-2 AMG 油圧ショベル

通担当者協会)の委員会で正式に用語認定されたものである。

(2) AMG と併用される要素技術

AMG 単体の使用では導入効果が限定的となる。米国では、受発注者双方にとっての AMG 導入効果を最大限に引き出すために、下記 (a)、(b) の 2 技術を AMG と併用している。

(a) 3次元設計データ

設計図書が 3次元設計データ (EED-Electronic Engineering Data) として建設事業の早い段階で作成される。施工計画段階では、3D ビューを用いた施工上の問題点早期把握、数量計算自動化等のメリットが得られ、施工段階では、様々な AMG 建機に入力するコントロールデータとして活用できる。また、建設プロジェクト全体を通じて EED データを共有し、協議等に活用することで、受発注者間の理解・信頼が促進される。

ニューヨーク州、ミネソタ州では発注者が発注段階で 3次元設計データを作成・提供している。これらの州では AMG と EED の円滑な連携をはかるため、精度・データ形式等を仕様書として定めるとともに、EED と GPS ローバ (後述) を用いた出来形検査方法を公表しており、請負者による EED データの利用がなされやすい環境が整備されている。

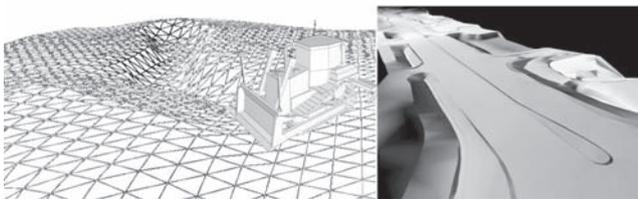


図 2-1 EED の一例

(b) GPS ローバ

AMG による敷均し工・整形工では、現場に設置する丁張りが大幅に省略されるため、丁張りを目安とした出来形管理・検査が困難になる。そこで、GPS ローバで計測した任意点の出来形の座標値を EED と比較し、現場で即座に設計と出来形との比高差を算出・表示するシステムが用いられる。ニューヨーク州の DOT (運輸省) では、GPS ローバは請負者が調達するが、そのコストは発注金額にあらかじめ上乗せされている。請負者は導入コストの負担無しで、ローバを丁張り設置、出来形・出来高管理に利用できる。また、発注者は、測定準備等で請負者に依存する部分の大きかった従来の出来形確認手法から脱却し、既存のベンチマークの正確性チェックを含めた、独自の出来形確

認を行えるようになった。一旦 GPS ローバを使い始めた監督職員はこれを手放せなくなるとの話も聞かれた (写真 2-3 参照)。



写真 2-3 GPS ローバを用いた発注者による出来形確認

(3) AMG 導入に対する発注者のスタンス

米国では、DOT 等の発注機関が AMG の導入を推奨しているものの、導入することに対する請負者への直接的なインセンティブ付与は行っていない。AMG を導入するか否かは基本的に請負者の自由であり、導入コストは請負者の負担となる。ただし、請負者が AMG の導入を希望する場合、EED データ提供や、RTK-GPS の補正信号の無料配信 (インターネット経由) 等、発注者側からの支援が与えられる。また、社会的重要度が高い施工対象物については、品質向上・工期短縮に対するボーナスが設定される場合があり、これが間接的に AMG 導入のインセンティブとなっている。VE についても我が国と同様に実施されており、VE により AMG が導入された事例がある。

(4) 最新の AMG

AMG ブルドーザは、排土板に取り付けた GPS 等により、排土板下端の標高を測定し、排土板が設計に沿うように上下動を自動制御する。ブルドーザの特性として、履帯が地盤の不陸上を通過する際に、ベースマシンがピッチングし、ブレードごと大きく縦揺れする。そのため、ブレードの制御が揺れに追いつかず、設計どおりの仕上がり面が得られないことがある。Topcon Positioning Systems 社の最新 AMG ブルは、排土板の測位を従来の GPS 等に加えて 3 軸ジャイロでも行っており、10 ~ 20Hz で得られる GPS の測位データを、100Hz の高頻度で補間している。本機能により、ピッチングの際の排土板の縦揺れを素早く収束させる制御が可能となった。写真 2-4 (a) は従来の AMG ブルによる敷均し結果であり、部分的な不陸が目立つが、最新 AMG では、写真 2-4 (b) のとおり、高速 (3 速) 走行でも 1 パスで設計どおりの仕上がりを得ることができる。



(a)従来のAMGブル (b)新型AMGブル (3速での施工)

(Topcon Positioning Systems社におけるデモ施工の結果)

写真 2-4 AMG ブルの敷均し結果比較

(5) おわりに

米国では特に発注者が AMG 導入に積極的である。各州の DOT には、AMG や GPS ローバに対応した出来形管理基準・規格値を独自に策定できる裁量があるため、新技術の導入がなされやすい発注環境を柔軟に整備できる。発注者職員の 3D-CAD・GPS ローバへの習熟も進んでいる。そして、受発注者双方が歩調を合わせて AMG 導入に取り組むことで、施工だけでなく建設プロジェクト全体の業務改善がもたらされている。我が国で AMG の普及を促進する上で、成功事例として学ぶところは大きい。

3. 米国における AMG 導入現場

福 川 光 男

(1) はじめに

今回の調査旅行において、唯一、実際の情報化施工現場を見学する貴重なチャンスを得ることが出来た。施工現場は、種々の条件が刻々と変化するので、短い決められた時間内にタイミングよく、目的に合った調査項目をこなすことは極めて稀なことである。限られた時間内の調査であったが、実際の施工現場での情報は大変貴重なものであり、更に、収集した情報を後日精査することにより、北米での情報化施工の普及活用状況を推測することが出来、改めて、情報化施工の有効性を感じた。

(2) 調査を行った工事概要

今回の現場調査に当たっては工事発注者であるニューヨーク州道路局 (NYS-DOT) の紹介によるものである。施工現場はニューヨーク州 (マンハッタンより 500 Km 北上) 内陸部アルパニーの国道の拡幅工事であり、道路網の発達した米国においては、舗装補修とこの種の改良工事が多いようである。米国大陸での現場は我が国では稀な大規模な施工をイメージしていたが今回は供用中の道路を車線規制しながら既存構

造物との接合箇所を持つ極めて我が国での規模に似た箱庭的な施工現場であった。施工業者は AMG システムを搭載したブルドーザ、パワーショベルを数台持つ従業員 400 名程度の中規模の州内施工業者である、Lancaster Development, Inc 社の Dominick IZZO チーフエンジニアに案内をしてもらった。施工体制において、この種の改良工事で我が国と大きく異なる点は、路体、路床の下部構造箇所と路盤、舗装の上部構造箇所を一体で受注、施工しており、施工用データを下層から上層部まで連続した関連付けが出来るので、情報化施工システムを生かした施工の合理化を可能にしている。

(3) 現場での情報化施工体制

まず始めに、現場から 1 Km 程度はなれた所にある現場事務所を訪問した。ここで施工データの作成、運用を基に工事の出来高、出来形、工程、原価などの施工管理を行っている。

(a) 活用を促進する GPS 補正情報サービス

情報化施工において、工事の進捗状況に応じた作業座標をデュアルタイムで得ることが要になり、その手段として GPS (GNSS)、即ち、人工衛星を用いた測位システムが使用される。しかし、瞬時に精度の高い位置情報を得るには、概知座標に設置した補正用の基地局を必要としなければならない (図 3-1)。大規模な長期にわたる工事においてはその都度補正用基地局を設置することが可能であるが、規模の小さい工事、作業箇所が分散している現場などでは手間と費用の掛かる作業となる。そこで、発注者である NYS-DOT (ニューヨーク州道路局) は更なる情報化施工促進のためのサービスとして、補正情報を提供するインフラ整備として固定の補正用基地局を州内に 46 箇所 (間隔は約 40 ~ 50 Km) に設置・運用し (設置、管理)、更に、隣接州の基地局 10 箇所を加えた位置補正基地局ネットワーク (CORS=Continuously Operating Reference Station Network) として構築している。(図 3-2) このネットワークを活用することにより、任意に設置された現場事務所の位置補正データは隣接

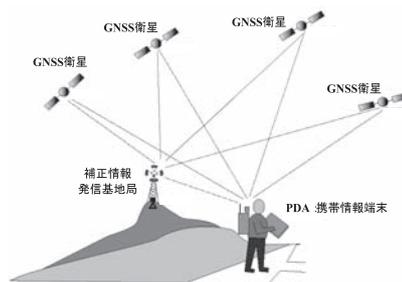


図 3-1 GNSS 測量の要領

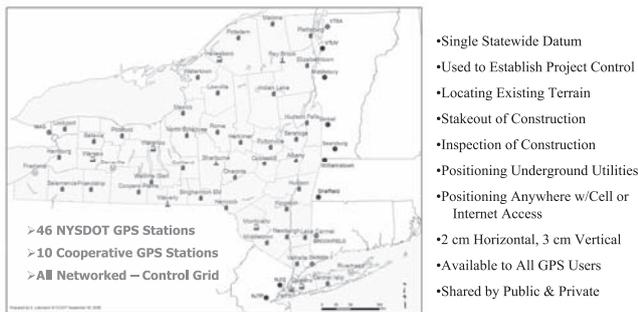


図 3—2 NYS CORS Network

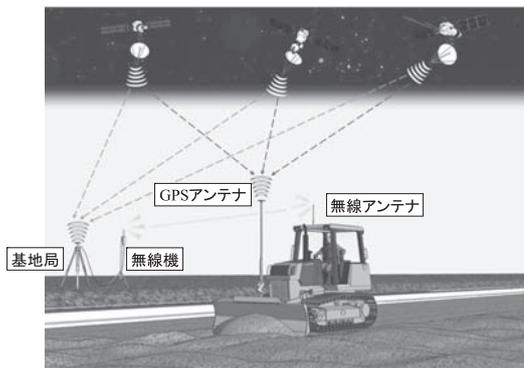


図 3—4 マシンコントロールシステムのイメージ図

する複数の基地局のデータを使用して、作成され、インターネットラインによって配信される。施工現場へはそこから、携帯電話もしくは専用無線により、計測用ローバや施工重機の数値制御システム（AMG, AMC）の位置補正データとして配信される。イメージを図 3—3 に示す。一方、我が国においては、地殻変動監視目的ですでに全国土をカバーする 1200 箇所の GNSS 位置データ補正用基地局のネットワークが平均 20 Km の間隔での完備されており、この機能を土木建設施工面にも活用することが情報化施工の普及に繋がるとして望まれている。

(b) 電子施工データ（EED）の取り扱いとその活用方法

従来工法では施工設計図面より測量作業にて作業指標となる丁張り杭などを設置して、目視により偏差を確認しながら作業を行っていたが、情報化施工では設計座標データを作業用重機械に直接インプットすることにより自動制御することを可能にしている（図 3—4）。そのために作業用デジタルデータ（EED=Electronic Engineering Data）を作成する必要がある。そこで、最も合理的なシステムは、発注者が設計時に作成した CAD データをそのまま提供して

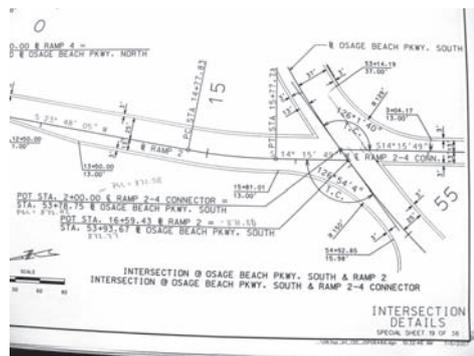


写真 3—1 紙ベースの設計図

活用することが考えられる。しかし、試験的に試みられている州もあるとの情報があるが、一般的には、未だに、発注者より提供された紙ベース（写真 3—1）から受注施工者が情報化施工用に加工したデジタルデータを作成することが必要になっている。情報化施工システムを採用している先進的な施工業者からはこの辺の合理化を望む声も上がっている（写真 3—2）。更に施工業者は、EED をメッシュ状に加工した TIN (Triangular Irregular Network) にして施工機械を制御させる（写真 3—3）。更に、三次元の地形図 DTM (Digital Terrain Model)（写真 3—4）に完工状態をシミュレート加工することにより、既存構造物との整合性の確認、施工従事者間の共通した作業認識を構築することが可能となる。

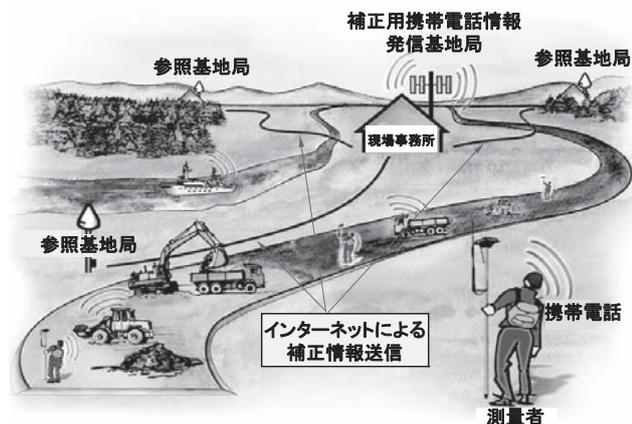


図 3—3 測量 GNSS の建設作業への応用



- Converting paper files to electronic files is “Reverse Engineering”
- This is a nationwide challenge that is being resolved as we speak

写真 3—2 紙ベースからデジタルデータ（EED）への変換作業

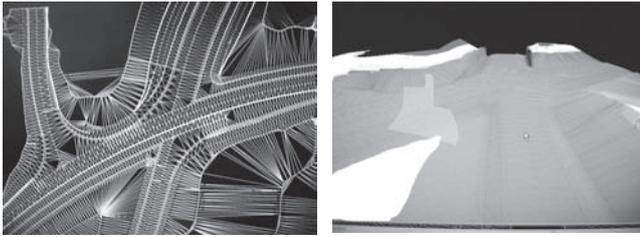


写真 3-3 EED から TIN 図の作成 写真 3-4 EED から DTM の作成

(c) 施工現場状況

秋も深まりつつある 2008 年 10 月 21 日小雨が降る中施工中の現場に向かった。施工現場は交通量の増大に対処するため道路幅員を拡張する工事である (写真 3-5)。この地域の地形は起伏も少なく平坦であるが、冬季には積雪もあり、地下水位も高く故に、舗装路面高さは路体に盛土された路床上の 3~4 m の所に位置する。施工の状況から、拡張部の構成断面は図 3-5 のように推定される。まず、対象地盤の上に荷重分散機能を目的とした地盤補強材としてメッシュ状のジオテキスタイルを広く先行した盛土上をダンプトラックで運搬されてきた碎石をパワーショベルで一定の厚さに敷き均していた (写真 3-6)。引き続き、後方の既存路肩斜面に待機していたブルドーザが移動して客土された盛土材を敷き均す作業が行われ



写真 3-6 地盤補強シート上に碎石を敷き均す

た (写真 3-7)。ブルドーザの敷き均し作業は敷き均し高さと勾配をインプットしたデータにより、キャビン内に設置された左右のブレードの高さと、操向を指示するインジケータ (写真 3-8) に標示することによりオペレータはその指示情報によって操作レバーを制御する、ガイダンスシステム AMG (Automated Machine Guidance) が採用されていた。このシステムは直接 EED の情報を電気信号に変換して作業装置の油圧バルブを制御させる AMC (Automated Machine Control) とは異なり、制御用の電磁バルブを必要としないので既存仕様のブルドーザに付属装置として標示システムを取り付けるだけで運用する簡便性が利点である。但し、操作の応答性については人的操作に依存する面があり施工精度が劣る場合もある



写真 3-5 道路幅員拡張現場



写真 3-7 AMG ブルドーザでの盛り土工

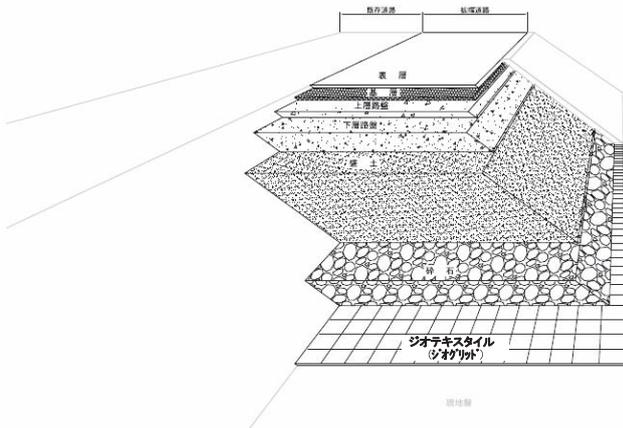


図 3-5 拡張部の構成断面予想図



写真 3-8 AMG ブルドーザの操作レバー指示ディスプレイ

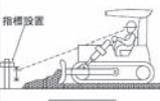
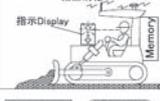
操作方法	人的操作	情報化施工(数値制御)(Numerical Control)	
操作区分	指標操作 Man Control	支持操作 Guidance Control	自動操作 (Automated) Machine Control
施工情報伝達手段	設置指標 (丁張り)	電送(レーザー)位置Data(GNSS, TS) 保持設計座標(Memory Chip)	電送(レーザー)位置Data(GNSS, TS) 保持設計座標(Memory Chip)
操作判断	目視	指示操作情報(Display)	制御情報
操作手段	予測手動操作	指示手動操作	自動制御
操作手順	 指標設置 指標目視 手動操作 出来型検測 修正指示	 指示手動操作 位置情報 補正情報 保持Data 操作支持n/s 手動操作	 自動制御 位置情報 補正情報 保持Data 油圧電磁弁 自動制御

図3-6 情報化における建機数値制御の操作方法



写真3-9 GNSSローバでの出来形計測

が、路床部での施工ではその機能を十分に発揮して実用性が高く、指標を目視する従来操作と比べ飛躍的に操作性が改善される。従来の人的操作と MG, MC 操作方法の比較を図3-6に示す。AMGブルドーザによる敷き均し高さはEEDがインプットされた3次元測位計測のローバによって設計値との出来形のチェックが一人で簡単に出来、機械作業と並行して行われる(写真3-9)。又、計測データはレコーダに記録され、現場事務所でその日のうちに集計され、出来形の確認と、出来高の集計が行われる。もし、従来工法でこの狭隘な施工現場で何層もの異なった材料で構成される各層の高さ管理をどの様に行ったのか？案内してくれたIZZOチーフエンジニアの自信に満ちた顔が思い起せる。

《参考資料》

- 1) Automated Technologies in Construction 2008 Iowa Workshop Dan STREET, PE & S New York State DOT
- 2) GPS in Construction 2008 Duglas Townes P・S FHWA Resource Center
- 3) ‘マシーンコントロールシステムの概要’ 2009.02.12 施工総合技術研究所 第5回情報化施工研修会 福川

4. 米国におけるICの普及促進に向けた取組み

古屋 弘

(1) ICとは

ICとは Intelligent Compaction のイニシャルであり、道路の舗装工事の高品質化と効率化を目指した施工・品質管理を意味する。一般にはICプロジェクトとして認知されており、このプロジェクトは米国FHWA (Federal Highway Administration; 連邦道路局)の政府方針 (IC Strategic Plan, 2005.4)・指導に基づく活動である¹⁾。

Intelligent Compaction は主に振動ローラによる転圧に関するシステム化の試みであり、以下の5つの目標が掲げられている。

- ①転圧中にローラ側で材料(土、アスファルト)の品質、特に剛性を測定する
- ②ローラ位置と材料剛性情報等を連続記録する
- ③剛性値と転圧回数等の締固め情報をリアルタイム表示する(オペレータ・検査官用)
- ④舗装管理システムのデータベースとリンク可能なシステム、データ構造とする
- ⑤振動ローラの締固めパラメータ(振幅・振動数等)を自動制御する

上記の①に関してはNCHRP(全米協力研究プロジェクト)のICプロジェクト(土工用振動ローラ)と並行実施されており、舗装工事のみならず路体への適用も視野に入れている。

このようなシステムを導入することにより、以下のような効果をもたらすものとしている。

- ①情報化 (ICT) によるより良い品質管理の実施と品質保証
- ②面的なデータの取得と可視化による締固め品質の均一化
- ③上記を実現することによる道路構造物の長寿命化
- ④施工の無駄を省くことと高品質化によるコスト削減
- ⑤施工中に得られた情報をプロダクトデータとして、道路の維持管理に活用

このプロジェクトの大きな特徴は、FHWAが主導しTransportation Pooled Fund #954という連邦政府がIC普及促進のための研究を行うために各州より出資させた基金を利用して実工事現場にてICを試験している点である。すなわち本プロジェクトの実験の費用は、各州→FHWA→実験に参加する各州へ再配分、という流れであり、2008年度以降においては13州が参加している(図4-1)。また、このプロジェクトはローラメーカーと連携していることも特徴であり、

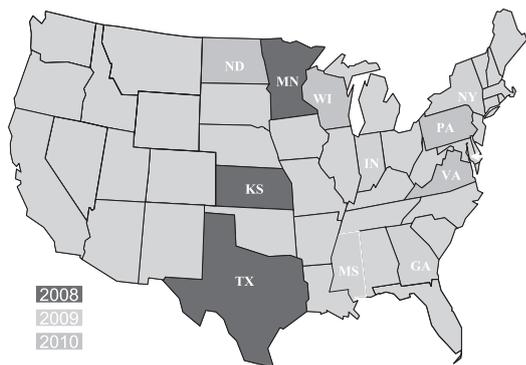


図 4-1 IC ワークショップ (TPF#954 へ参加する DOT)

路盤, アスファルト (HMA; Hot Mix Asphalt) を対象に, 品質管理等の仕様書を作成するとともに, 各メーカーの IC システムから得られたデータを, 現場試験器 (FWD・GeoGauge 等) との相関を確認することとしている。さらに, 試行工事を通じて IC の有効な使い方を受・発注者に学ばせることも目標としており, 建設工事における ICT の普及も一つの目的となっている。

(2) IC に先立つ既往の研究

IC プロジェクトに先駆けて, 振動ローラの施工中に各種のデータを取得し, それを締め固めた土の品質管理を行う試みは 1975 年に創設された Geodynamik の Thurner 博士により本格化し, Dynapac 社, Geodynamik が共同して CMV を開発したことに始まる。1980 年代には Caterpillar 社, Ingersoll Rand 社が相次いで CMV に基づいたシステムを自社機械に採用してきた²⁾。さらに, 1980 年代後期に, Bomag 社は Omega システムを開発し, 1990 年代後期には Bomag 社は土の動的係数を測定する Evib を, Ammann 社は土の剛性 k_s の取得手法を 2004 年に開発した²⁾。

国内では, 酒井重工業が CCV³⁾ を 1990 年後期に開発し, 重機メーカー以外では藤山, 古屋らによる振動ローラ施工時の剛性管理を行うことのできる「 a システム」が 2000 年初期に開発されている⁴⁾。

これらの手法は一部の工事における品質管理に用いられてきたが, 一般的な品質管理が密度管理を基本とすることから普及には至らなかった。しかし, 道路設計の性能規定化や ICT の導入による高度な管理と品質の向上の要求により, IC プロジェクトの始まった 2005 年以降, 再び脚光を集めつつある。

(3) 主なシステム

IC プロジェクトは前述のように振動ローラを対象として, アスファルト (HMA) と土工 (路床・路盤)

を対象としており, 参加する重機メーカーは表 4-1 に示すような解析値の出力と, 転圧時の振動制御を行うこととしている (図 4-2 参照)。

締め固めるアスファルト, 土の物理的な定数は振動輪での加速度応答および機械定数を基に算出することは共通である。図 4-3 には Case/Ammann 社の解析手法, 図 4-4 には酒井重工業の解析手法を示すが, 各社の手法は異なっている。詳細は文献 2 に示されているので参照されたい。

(4) 今後の方向性

IC は本節のはじめに示したように, 舗装工事における施工の効率化とともに品質向上を大きな目標としている。品質の向上に対する目標は対象とする施工部位によって若干目標が異なるが, おおむね以下のような将来に向けてのユースケースを示している。

- (a) 土工 (路盤工) における IC 活用
 - ・オーバローリング (オーバコンパクション) の防止
 - ・検査官とのコミュニケーション改善

表 4-1 各メーカーのシステム

重機メーカー	システムの特徴	
	締め固め時の計測と解析手法	フィードバック
Ammann	$k_s = 4\pi^2 f^2 \left(m_a + \frac{m_r \gamma \cos(\phi)}{A} \right)$	振幅と周波数制御
Bomag	$Z_a = \frac{(1-v^2)}{E_{vib}} \cdot \frac{F_t}{L} \cdot \frac{2}{\pi} \cdot \left[1.8864 + I_n \frac{L}{B} \right]$ where, $B = \sqrt{\frac{16}{\pi} \cdot \frac{R(1-v^2)}{E_{vib}} \cdot \frac{F_t}{L}}$	振幅と振動方向の制御
Caterpillar	$GeodynamikCMV = C \left(\frac{A_{2\Omega}}{A_\Omega} \right)$ $MDP - Pg - WV \left(\sin \alpha + \frac{a}{g} \right) - (mV + b)$	振幅制御
Dynapac	$GeodynamikCMV = C \left(\frac{A_{2\Omega}}{A_\Omega} \right)$ $BouncingValue = \frac{A_{0.5\Omega}}{A_\Omega}$	振幅制御
Sakai	$CCV - \left[\frac{A_{0.5\Omega} + A_{1.5\Omega} + A_{2\Omega} + A_{2.5\Omega} + A_{3\Omega}}{A_{0.5\Omega} + A_\Omega} \right] \times 100$	-

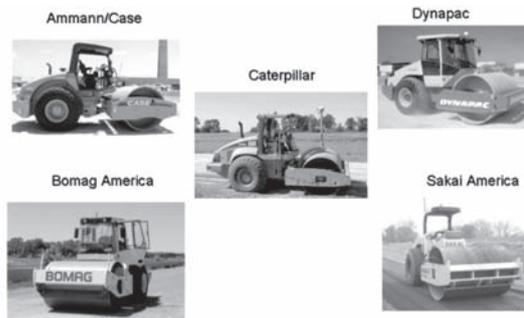


図 4-2 参加するローラメーカー — Soil IC Roller —

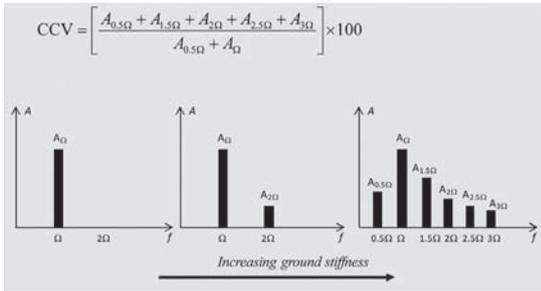


図 4-3 Case/Ammann のシステム

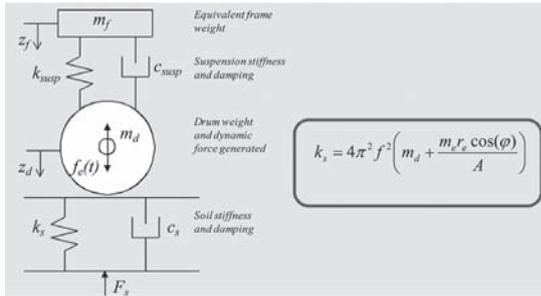


図 4-4 酒井重工業のシステム

- ・品質管理検査の削減（従来手法の検査数量を少なくする）
 - ・軟弱領域の確認 → リスクの減少
 - ・全面管理による品質保証
- (b) 舗装工（アスファルト）における IC 活用
- ・均一な品質（締固め密度）を確保するための管理技術の向上
- 温度、混合物の均一性、均一な転圧パターンの担保による品質保証

将来的には 3次元設計データを基に施工管理を実施し、その中核に IC を用いた品質管理を実施することも考えているようである。図 4-5 に示すように、IC により取得された施工データはリアルタイム管理され、必要に応じて FEM 解析を実施して要求品質の確認を行うこともできるシステムも検討されている。

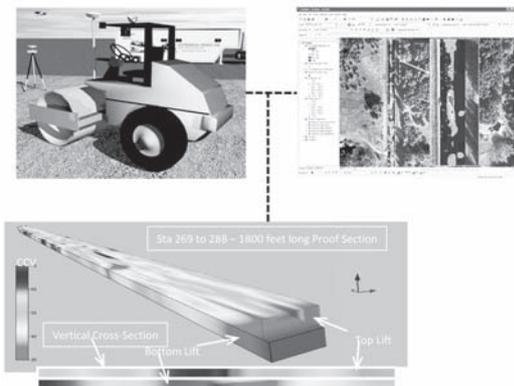


図 4-5 品質管理の可視化の例

ICT の進展と低価格化が進む中で、このようなシステムの実現もあながち夢ではなくなりつつある。このような取組みの根幹は次の言葉に端的に示されている。

「NO FAILURES !」

《参考文献》

- 1) www.intelligentcompaction.com
- 2) Michael Mooney, A.M. ASCE and Dietmar Adam : Vibratory Roller Integrated Measurement of Earthwork Compaction: An Overview, Seventh International Symposium on Field Measurements in Geomechanics, ASCE, 2007
- 3) 北村佳則・西尾貴至・内山恵一：ローラ振動加速度応答を用いた盛土品質評価, 2003, 第 25 回日本道路会議
- 4) 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)

5. 米国における技術者育成の事例

藤 島 崇

(1) 建設機械メーカーを中心とした人材育成体制

米国においては、工期の短縮や品質の向上に対するインセンティブが与えられる仕組みがある。建設機械メーカーにとっても、ICT を組み込んだ建設機械や ICT を用いた施工管理によって、インセンティブ獲得に貢献できるかが商品価値を左右することになる。このため、建設機械の操作技術を対象とした人材育成の他に、より高い品質を確保するための機械の組み合わせや ICT を搭載した建設機械から得られるデータの活用方法等のコンサルティングにも注力しており、以下の 3つの軸で人材育成体制が構築されている（キャタピラー社（ミネソタ工場））。

- ・出張コンサルティングにより施工者のインセンティブ獲得を支援
- ・機器操作方法についての講習
- ・教習教材の整備

(a) 出張コンサルティング

建設機械メーカーでありながら施工のスペシャリストを配置し、各現場の要望に対して、施工計画の作成支援、施工機械の選定など、品質向上や工期短縮などの



写真 5-1 出張コンサルティングによる支援の実施
資料出典：キャタピラー社資料より



写真 5-2 出張セミナーでの講習
資料出典：キャタピラー社資料より

インセンティブ獲得に向けたアドバイスを行う。このスペシャリストについては、社内での教育体制を別途有しており、営業拠点毎に配置しているとのこと。また、報酬については、一般的な期間や業務内容による契約の他に、インセンティブの一部を割り当てることもある（キャタピラー社）。

さらに、コンサルティングは、施工企業だけでなく、州交通局などの発注者に対しても実施することがある。

(b) 機械操作方法についての講習

機械操作方法については、地域ごとに出張セミナーを開催しており、作業員および職長クラス、元請け職員クラス、発注機関向けクラスなどが用意されている。

(c) 教習教材の整備

施工機械に関する基本的な知識、ICT 機器の基礎知識、設置上の留意点などは、アニメーションや動画を取り入れた教習教材として整備されている。

■教習教材(CD-ROM)

舗設の基礎
締固めの基礎
出来高管理システムの概要
舗装欠陥部への対応



舗装施工用の教材（キャタピラー社）

(2) 始まったばかりの国内での人材教育体制

情報化施工の実現に向けては、建設機械の操作のみならず、ICT 機器の特徴を理解し施工や施工管理に活用することが求められる。日本国内においても、昨年7月に公開された「情報化施工推進戦略」において人材育成が重点目標に掲げられている。この様な背景から(社)日本建設機械化協会では、人材育成のための研修会を発足し、ICT 機器の基礎知識から現場での活用までの実習を取り入れた研修体制を構築した。既に第5回までを実施し約100名が講習を修了している。

(3) おわりに

人材育成を進める制度面について、米国では、工期短縮や品質向上にインセンティブを与えるという契約

方式が、建設機械メーカーの技術開発競争や人材育成の仕組みを牽引していると考えられる。

人材活用の面では、発注者側においても各工種の専門職員が多数存在し、施工企業に劣らない技術を有した検査のスペシャリストが育てられており、検査のツールとして積極的に先端技術の導入と活用を進めている印象を受けた。

我が国においても、施工企業だけでなく発注者側においても ICT 技術に対する知識習得を行うことが、技術に応じた施工管理手法や検査手法の確立・普及などに繋がると考えられ、今後のカリキュラムの充実や対象工種の拡張が必要と感じた。

最後に、日本で始まった人材育成体制については、米国にはないプロジェクトであり、施工技術全体のレベルアップ手法として高い関心を持たれたことが印象に残った。今後の人材育成体制の充実とその成果に期待したい。

JICMA

【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



竹本 憲充（たけもと のりみつ）
(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第三部



福川 光男（ふくかわ みつお）
鹿島道路(株)
常任顧問



古屋 弘（ふるや ひろし）
(株)大林組 東京本社
生産技術部 情報化施工グループ
グループ長



藤島 崇（ふじしま たかし）
(社)日本建設機械化協会
施工技術総合研究所
研究第三部



デジタル アースムービング

—土工計画の情報化：Digital Earthmoving—

岡本直樹

近年、GPS等を利用した情報化施工が注目されているが、土工計画においても早くから情報処理技術を利用してきた。本稿では機械土工専門工業者が、土工計画プロセスでデジタル技術をどのように活用してきたかを紹介する。まず、土工計画作成プロセスを概説し、地形情報処理としてDTM・土量計算法・土量配分法等について、機械計画では走行シミュレーション・待ち行列シミュレーション・機械の山積み／山崩し等について述べ、最後に施工シミュレーションの課題等についても付記する。

キーワード：土工計画、機械土工、情報化施工、地形情報処理、シミュレーション、DTM、3D-CAD

1. はじめに

近年、国内でも3D-CADやGIS技術とGPS・自動追尾TS等のポジショニング技術を利用した情報化施工が注目され、締固め管理や整形に利用されている。海外の露天掘鉱山では早くから全車にGPSを装備した統合生産システムが導入^{1) 2) 3)}され、デジタル技術のアースムービングへの利用が進んでいる。また、2001年にはDigital Earthmovingの国際シンポジウム⁴⁾がスイスで開かれ、機械土工に関するGIS、DTM、3D-CAD、GPS等のデジタル技術をテーマとした。

土工計画においても古くから情報処理が利用されてきた。著者等も専門工業者として数多くの大規模土工の施工計画に携わってきて、省力化、合理的計画作成のため実践的な情報化を進めてきた。RTK-GPSが実用化される前に、ミリ波電波灯台方式の位置認識システムを利用した自動運行システム⁵⁾(図-1、写

真-1)の研究開発(1988～1993年)に携わったこともある。

70年代の電子計算機(メインフレーム)はバッチ処理が殆どで自由に使うことができなかった。しかし、1979年に手頃で実用に耐える8bitパソコン(当時はマイコン)が登場したので、いち早く利用を始めた。

ここでは、機械土工の専門工業者として土工計画にどのように情報化を取入れてきたか、主にDTM(Digital Terrain Model)の利用と機械のシミュレーションを中心に紹介する。

2. 土工計画のプロセス

土工計画作成プロセスを簡単に説明する。図面・仕様書等の設計図書から工事概要を把握した後、概ね、図-2のような流れで土工計画の作成を進めていく。

まず、原地形図と造成計画図から土量計算を行い、土量分布を把握し、最適な土量配分を行う。次に搬土経路を設定して、距離別搬土量を求める。これらに組合せ機械セットを選定し、それぞれの機械能力計算を

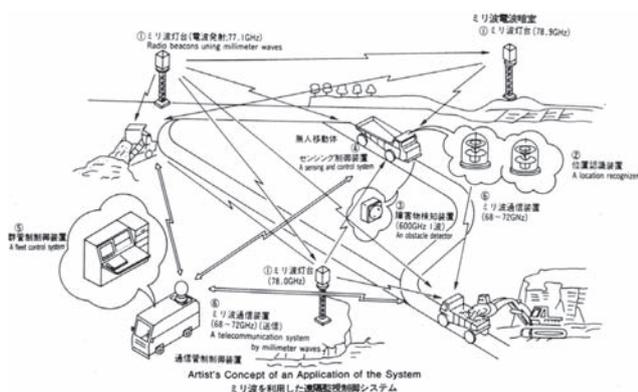


図-1 自動運行システム

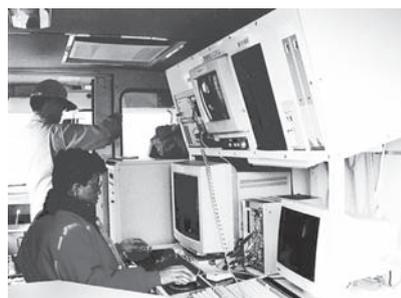
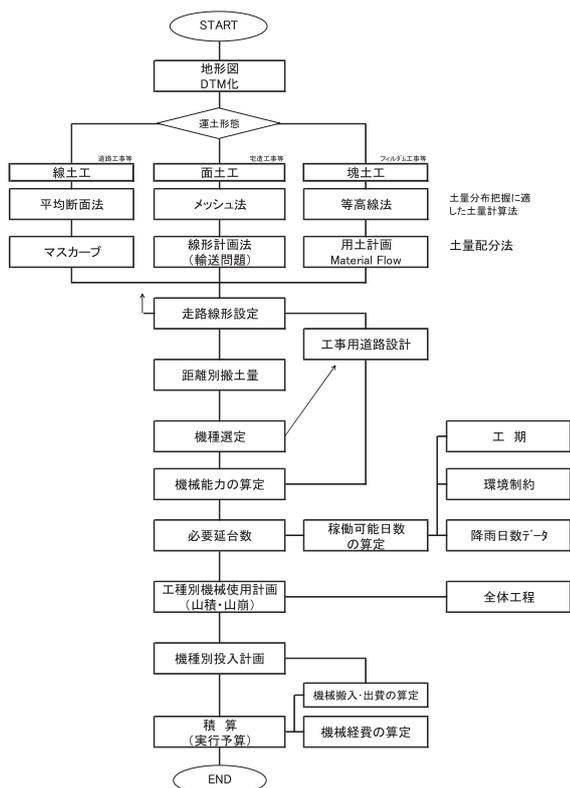


写真-1 管制車内のコンソール 1992



図一2 土工計画のプロセス

行い、必要延台数を求める。更に工種別工程に機械を割付けて山積み／山崩しを行い、機械投入計画を作成する。最後に機械経費等を積算し、見積りや実行予算書を仕上げる。

土工形態

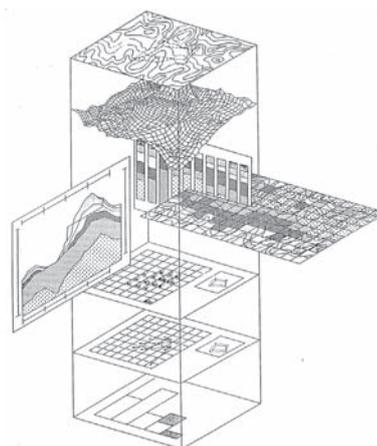
土工事は運土形態から線土工、面土工、塊土工に分類できる。道路・鉄道・堤防工事のような線状の運土工は線土工、宅地造成や敷地造成の多くは面状の運土工となるので面土工である。また、フィルダム工事の原石山・コア山・ダム堤体のように塊状の分布となる運土形態を塊土工（マッシュパナ土工）という。それぞれの運土形態には、各々適した土量計算法と土量配分法があり、基本的な方法は図一2に示している。

3. 地形情報処理

まず、地形図は情報処理に適したDTM (Digital Terrain Model) として数値化する (図一3)。

80年頃は土量計算とマスカーブ、線形計画法 (LP) による最適土量配分計画にパソコンを利用した。当時の演算速度では、LP計算は切土と盛土ブロックを山谷毎に集約する必要があった。

パソコンが16bit化されてから地形情報処理システムを開発した。地形モデルは、まず断面表示 (一次曲線)、グリッド表示 (双一次曲面) モデルであっ



図一3 DTMの概念図

た。TIN (Triangulated Irregular Network: 不整三角網) モデルは89年にIntergraphのシステムを導入して利用可能となった。国産のソフトウェアはまだTIN対応ができていなかった。TINモデルで地形情報の利用が飛躍的に向上し、3D-CADで道路設計が容易となり、レイトレーシング等のレンダリング機能やウォークスルー機能でプレゼンテーション力が各段に増した。その後グラフィック専用ワークステーションSilicon Graphicsを導入し、グラフィック表示の高速化を図った。近年では、パソコンの能力が向上し、TINモデルを組み込んだ地形処理用3D-CADが安価に利用できるようになった。

(1) DTM

地形図を数値化するための一次地形情報には、等高線、断面図、格子点標高、ランダム点標高があり、数値標高モデル (DEM: Digital Elevation Model) には図一4のようなものがある。初期のパソコン時代は、一次曲線、一次曲面モデルであったが、近年ではパソコンでもTINモデルが可能となった。

(2) 土量計算法

土量計算と土量配分は前述のように土工形態に適した方法を選ぶ。土量計算には線土工では線状の土量を捉え易い平均断面法、面土工では面状の土量把握に便利なメッシュ法 (柱状法)、塊土工では採石計画や堤体盛立計画のように施工進行に合わせた高さ毎の土量把握に適した等高線法が適している。

(3) 土量配分法

線土工ではマスカーブ (土積図) を利用すると簡単に土量配分が行える。近頃はExcelを用いた土量・土積計算を行い、グラフ表示機能でマスカーブを自動表示

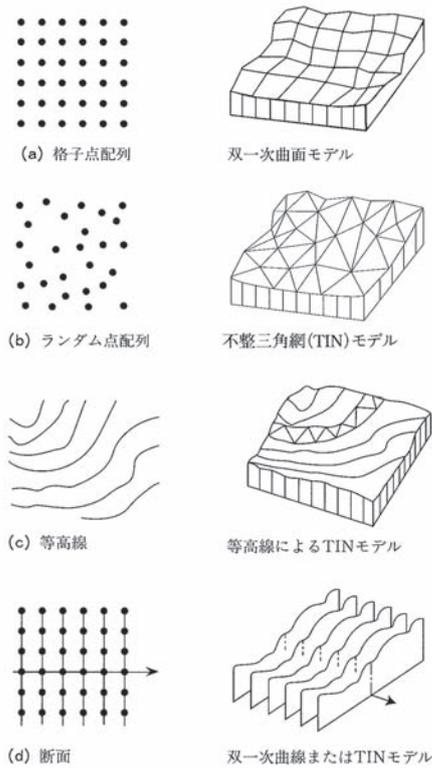


図-4 各種のDEM⁶⁾

は少ないが、ダンプトラックの運搬で本格的な工事用道路を造成する場合は、工事用道路設計⁸⁾を行う。

(5) 工事用道路設計

工事用道路の設計においては、道路設計用の3D-CADを用いて設計を行う。縦断勾配の設定では、後述する使用搬土機械のリムプル（牽引力）とブレーキ性能から検討する。急勾配が長い場合は緊急用の待避線も検討する。また、道路設計用の3D-CADは、パイロット道の取付け検討にも利用できる。図-5は3次元コンターに工事用道路を表示している。背景の山はTIN表示である。図-6はグリッド表示の地形に工事用道路（TIN）のみレンダリングを掛けた例である。



図-5 3DコンターとTIN表示

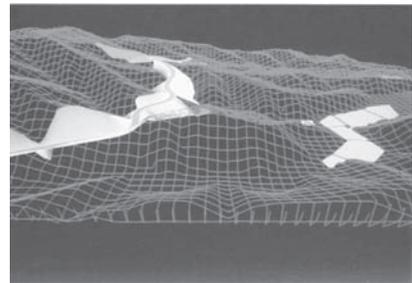


図-6 グリッド表現

している。平衡線の設定はマニュアルで行い、土配を決定する。

面土工の土量配分は、輸送問題として線形計画法で最適化できる⁷⁾。即ち、総仕事量 W_d ($m^3 \cdot m$) の最小化を図る。

$$W_d = \min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n V_{ij} \cdot D_{ij} \quad (m^3 \cdot m)$$

V_{ij} : 各ブロックの土量, D_{ij} : 各ブロック間距離

線形計画法による土量配分計画では、一次解として最短直線距離による最適土量配分を求め、これを基に地形や勾配・障害を考慮した搬土経路を設定して、再度、線形計画法による最適土量配分を行う。これらの手法に対応すべく、各種のシステムを開発したが、最近では市販のものを利用している。

塊土工の代表であるフィルダム工事等では、ロック材・フィルタ材・コア材など材料別に配分するので堤体盛立ゾーン別の材料の流れを材料フロー図として表す。この場合も Excel の計算機能と作図機能を利用できる。

(4) 搬土経路の設定

土量配分計画では搬土経路を設定する。経路の線形は、土取場と盛場の空間的位置関係と地形、機械性能等を考慮して決定する。特に縦断線形では、牽引力(図-7)とブレーキ性能に配慮する。スクレーパ工法では経路設定のみで特段に工事用道路設計を行う必要性

(6) 距離別搬土量

搬土経路を設定後、経路を土量配分計画にフィードバックして実施土量配分計画とし、その結果から距離別搬土量を求め、この一覧から次の機械計画を行う。

(7) 流域粒線図

その他にも地形情報処理として、流域流線図を作成して施工中の排水計画が立案できる。また、降雨データと組合せて調整池の設計にも応用できる。

4. 機械計画

(1) 機種選定

機種選定においては、次のような施工性を検討し、搬土機械については経済的搬土距離を考慮して、使用

する機種を決定する。

- i) 掘削性
- ii) 積込性
- iii) 走行性
- iv) 締固め性

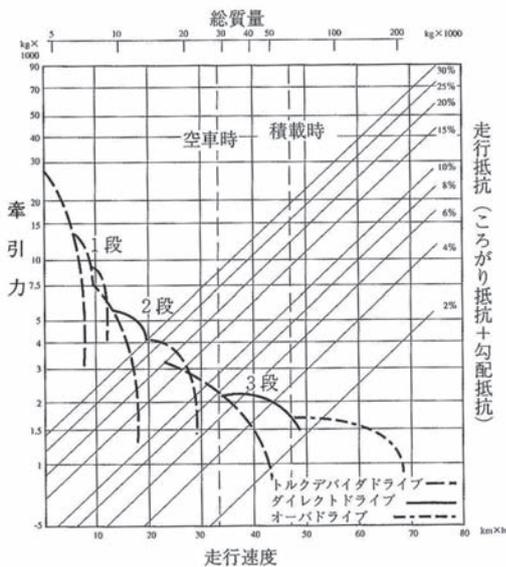
(2) 機械能力算定

次に作業能力の算定を行い、工種毎の必要延台数を求める。機械能力計算では、専用の積算システムを開発して使用したこともあるが、自由フォーマットのExcelを利用した方が便利である。

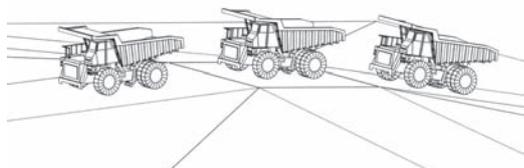
(3) 走行シミュレーション

搬土機械の作業能力は、平均走行速度から求める方法が一般的であるが、走行シミュレーション⁹⁾を利用すると、リムプル（牽引力曲線：図—7）とブレーキ性能から走行速度を合理的に決定し、サイクルタイムを求めることができる。アップダウン等の変化に富む走路の場合に特に有効な方法である。また、これは設計した工事用道路の評価にも利用できる。

更に3D地形図と走行シミュレーションを組合せて、地形サーフェス上での走行シミュレーション表示も可能である。(図—8)



図—7 牽引力曲線



図—8 3D地形図上の走行シミュレーション

(4) 待ち行列型シミュレーション

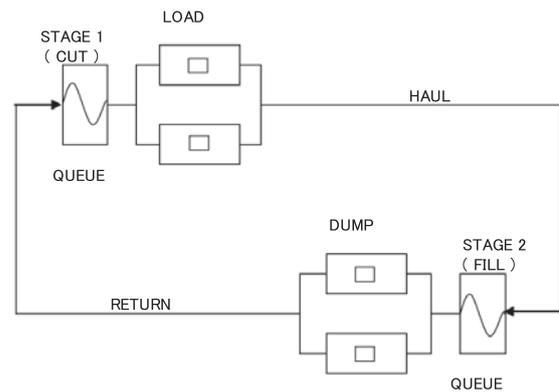
搬土機械は、積込場やホッパ等のダンプアップ箇所ではしばしば待ち行列が発生する。このような機械土工の基本的な待ち行列は、循環待ち行列で図—9のように表せる。

また、運行経路上でも交差点や離合箇所待ち行列が発生する。このような場合のサイクルタイムの遅れの評価や投入台数の決定に利用する。

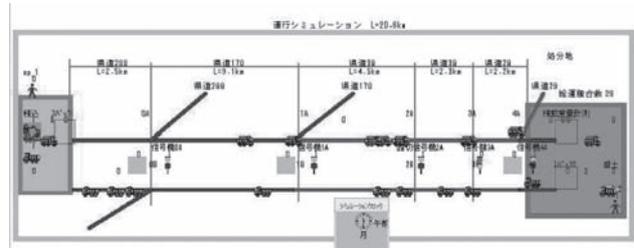
待ち行列型のシミュレーションのプログラミングには各種のシミュレーション言語があり、88年から著者等はSLAM IIを用いてモデリング¹⁰⁾を行った。また、ビジュアル化に同系統のTESSを利用した。近年では、パソコン用の安価なSIMUL8を利用できる。製造業向けで機械土工への利用には工夫が必要であるが、ビジュアルなアイコンを繋ぐだけで極めて容易にモデリングが可能で、複雑なことはExcelのマクロやビジュアルベーシックを組込むことができる。

(5) 機械投入計画

機械能力を計算し、必要延台数が求まると投入機械台数を決定する。そのためには、工種別工程に機械を割付け、山積み・山崩しを行い機械投入の平準化を図る。PERT系の工程計画ソフトウェアに山積み/山崩し機能があるが、大規模土工では投入機種が多いので、自動的に平準化を図ることは困難で、マニュアル操作に頼ることになる。結局、Excelの集計機能を利用し



図—9 2ステージ循環待ち行列モデル



図—10 SIMUL8によるモデリング

て、工程全体を眺みながら平準化を図っている。

運土矢線と工程アクティビティを連動させ、GUI (Graphical User Interface) のスライダー機能を利用して山積み/山崩しを行える対話型システムを試作したこともある (図-11)。

稼働可能日数の算定

稼働可能日数の算定には、降雨日数と降雨量のデータが必要であるが、近頃はインターネットから降雨データを容易に得ることができる。稼働可能日数の算定はExcelを利用して機械的に行えるが、確率的に稼働可能日数を予測する場合は降雨シミュレーションを行う。

5. 施工シミュレーション

デジタルアースムービングといえば、ビジュアルな施工シミュレーションをイメージしてしまう。究極的には、VR (Virtual Reality) の仮想空間に入り込み、仮想体験的に施工検討を行えることであろう。施工法の検討や施工の進捗をビジュアルに表現するには、地形のシミュレーションと機械稼働状況の表示が必要となる。

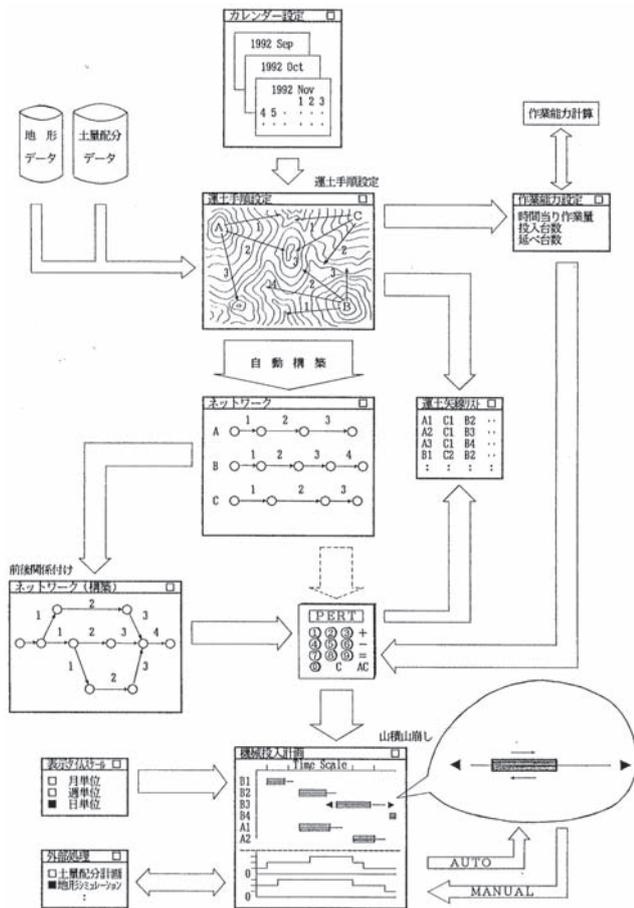


図-11 GUIによる対話型工程計画¹¹⁾

(1) 地形シミュレーション

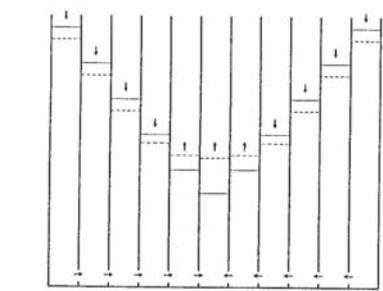
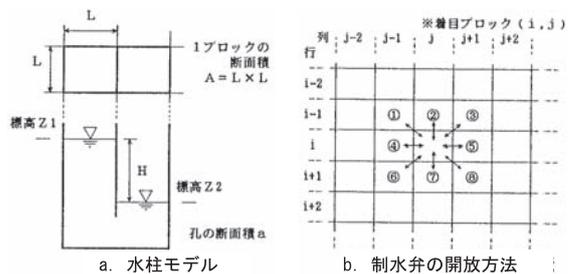
3D-CADで作成した鳥瞰図や完成パースは、自由な視点で表示でき、ウォークスルー機能で自由に動き回ることができる。また、航空写真や地図等をテクスチャマッピングで張付けたり、レイトレーシング等の高描写画像はコマ落としによりアニメーション化が図れる。ウォークスルー機能も時間軸の一種であるが、工程を加えた4D化が行えると理想的である。

土工計画では図-12のような施工段階図を作成し、切羽展開や取付道の検討を行うが、この作業は地形3D-CADを利用していても力仕事となる。効率化を図りたいが、自動化が難しいプロセスである。

粗造成設計の自動化技術に水柱法 (図-13) や Elastic Surface Model (図-14) がある。これらを利用すると連続的な切盛変化の表示が行える。水柱法では制水弁を制御して地形シミュレーションへの応用を研究したことがある。水柱法は、図-13のような格子状の水柱モデルで地形を表現し、各格子間を制水弁の開閉で通水制御し、切盛バランスをさせながら地形を変化させるものである。



図-12 施工段階図



c. 地形変形の過程

図-13 水柱法

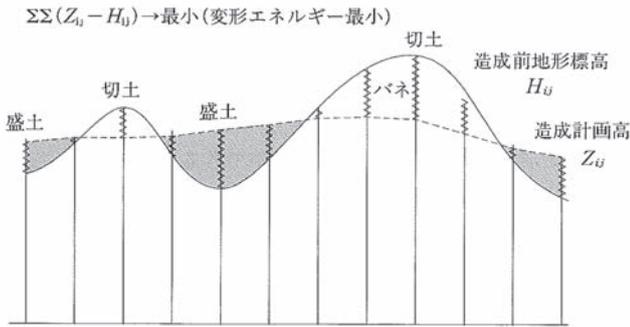


図-14 Elastic Surface Model⁶⁾

(2) 重機稼働アニメーション

建設機械のアニメーション¹²⁾は、作業装置等の関節を図-15のように動かせるようにした3Dモデルを作成し、コマ落としとして作成できる。図-15~17は、90年頃に作成したものである。近年では容易に、より精巧な3Dモデルリングが可能となった(図-18)。

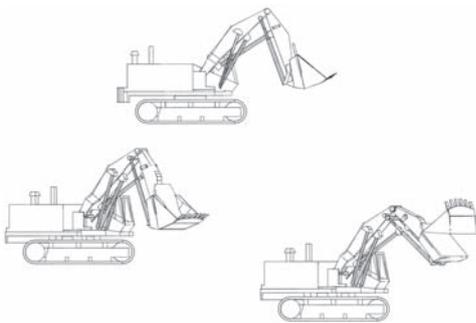


図-15 積込機のアニメーション 1990



図-16 原石山の機械配置 CG 1989



図-17 土取場機械配置 CG 1993



図-18 CG 建機 2008

6. おわりに

アースムービングの専門工事業者としていかに情報化に取り組んできたか、主に土工計画でのDTMの利用と機械計画でのデジタル化の取組みを述べてきた。今後は、施工シミュレーションや施工段階のベンチ展開等の作図の合理化が研究課題であるが、ベンダによる工程進捗を表現できる4D-地形CADの開発にも期待したい。

JCMA

【参考文献】

- 1) 岡本：大型土工機械の動向とコンピュータ管理，建設の機械化，JCMA，2001.5
- 2) 岡本：大規模土工の近未来風景，建設の機械化，JCMA，2003.1
- 3) 岡本：MINExpo2004 見聞記，建設機械，日本工業出版，2005.4
- 4) C.Y.Westort (Ed.)：Digital Earth Moving，2001.9
- 5) ミリ波を利用した遠隔監視制御システム，建設ロボット・自動化便覧，先端建設技術センター，p66,1995
- 6) 村井俊治：空間情報工学，日本測量協会，2002.8
- 7) 岡本：土量配分計画，環境土構造工学 (1)，電気書院，2006.4
- 8) 岡本：工事用道路の設計と安全，建設の施工企画，JCMA，2008.7
- 9) 岡本・大下：搬土機械の走行シミュレーションにおける走行速度の合理的決定法，第9回建設マネジメント問題に関する研究会・討論講演集，1991.12
- 10) 岡本・大下：施工シミュレーションの研究とその開発，第8回シミュレーションテクノロジーコンファレンス発表論文集，1989.6
- 11) 岡本・大下：土工のGUIによる対話型工程計画，第10回建設マネジメント問題に関する研究会・討論講演集，1992.12
- 12) 岡本・田中：重機稼働アニメーションについて，第17回土木情報シンポジウム講演集 1992.10

【筆者紹介】

岡本直樹 (おかもと なおき)
山崎建設(株)
技術部長



高速道路における土工技術の変遷

—高速道路盛土での機械化施工・品質管理手法について—

横田 聖 哉・中 村 洋 丈

高速道路における土工技術は、様々な土質材料に対応するために現場での試験施工を実施し、逐次検証することにより、試行錯誤しながら発展してきた。その結果、名神高速道路の建設から現在に至るまでの土工技術は、設計・品質管理・施工技术の面で飛躍的に向上した。特に名神の建設での機械を主体とした施工と施工管理方法は、現在の土工工事の基本となっている。ここでは、これら土工技術のうち、高速道路盛土における大型機械の導入などの機械化施工の変遷・変化とそれに伴う品質管理手法の推移について述べるとともに、最近の取り組みについて紹介する。

キーワード：高速道路，土工，盛土，機械化施工，品質管理

1. はじめに

高速道路における土工技術は、名神高速道路の建設を契機として、設計・品質管理・施工技术の面で飛躍的に発展した。これら道路土工技術は、土質工学の理論を実際の設計や施工などに適用し、現場での新しい知見と経験を踏まえて、それを活用しながら築かれてきた。また、一方で、施工方法は人力や小規模機械によるものから、大型機械を導入した施工に移り変わり、施工の効率化・高度化が図られた。

名神高速道路の建設では、大型施工機械を基本とした施工方法が本格的に採用されることとなった。多くの場合、これまでに経験のない現場では、たえず試験盛土を実施し、検証することを繰り返し、試行錯誤しながら結果として施工に反映し、道路土工の施工体系を形成してきた。名神高速道路で培われた技術は、東名高速道路、縦貫道、横断道へと全国的に展開され、各地の多種多様な土質や地形的制約、降雨などの気候的な制約への対応や、軟弱地盤対策、切土法面対策など、道路土工技術の基本となった。また、大型施工機械の導入による施工の効率化は、それに伴う品質管理手法の技術向上にも大きく寄与してきた。

本稿では、これまでの高速道路における土工技術の中で、盛土工の施工、品質管理の変遷について紹介する。

2. 機械化施工の変遷

(1) 名神高速道路時代以前の盛土施工

現在では、道路土工といえば機械化施工による短期間の施工が思い浮かぶが、道路土工という言葉が使われるようになったのは、昭和26年頃と言われており、歴史は比較的浅い。当時の我が国の道路状況は、昭和31年のワトキンス調査団報告書の冒頭の言葉「日本の道路は信じがたいほど悪い。工業国にしてこれほど道路を無視している国はほかにない。」で象徴されるように道路整備が遅れた状況であった（写真—1）。



写真—1 国道20号線（塩尻付近）の状況

調査団の来訪と同時期に日本道路公団（以下「公団」という。）が発足し、名神高速道路の建設へ邁進していくこととなる。しかし、当時の道路土工は、人力と小規模な施工機械が中心のものであり、効率的とはいえなかった。

我が国ではじめて本格的に機械施工を導入したのは、公団が昭和31年に着手した雲仙道路である。施工機械には6t級ブルドーザ、0.3m³級のショベル、5t級のダンプトラックを採用した。

その後、昭和32年には、横浜新道の建設において建設省土木研究所、日本機械化協会等の協力と指導のもとに、13t級ブルドーザ（この当時は排土板の操作をワイヤーとウィンチで実施するタイプで、米軍からの払い下げ品であった。）、キャリオールスクレーパによる道路工事が実施された。また、関東ロームを機械施工で手際よく処理するため、ディーゼルロコ（ディーゼル機関車とトロッコの組合せ）を併用した（写真—2）。これらの機械施工においては、品質管理手法に

締固め管理が採用された。この工事を通じて、国産、外国製の施工機械の比較が行われ、わが国の建設機械の性能向上の基盤を築いた。

(2) 名神高速道路時代の盛土施工

名神高速道路建設では、これまでの道路土工工事とは異なり、立体交差が採用されたため土量が増加し、短期間に約2,800万m³に及ぶ土工量の処理や、路面の平坦性を確保するための品質向上、あわせて経済性が必要であったことから、積極的に機械化施工が採用された。

また、均一な品質を有する盛土を効率的に確実に構築するために、機械施工とともに、厳密な施工管理が必要不可欠であった。そのため、土の締固め等に関する土質工学理論を基に室内試験を予め行い、場合によっては現場で試験盛土を実施・検証することで、実際の設計、施工管理に反映していった。写真—3は、機械施工による土工工事の基準や施工管理手法を確立



写真—2 横浜新道のディーゼルロコでの施工



写真—3 名神高速道路の山科地区試験盛土

表—1 締固め機械および品質管理手法の変遷

	1955	1960	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2005	2010
背景	名神高速道路		縦貫道（東北道・中国道ほか）				横断道 他			新東名・名神 他		
	東名・中央高速道路											
	確実な施工 2,800万m ³ /9年		急速大規模土工 6,700万m ³ /7年		東名・名神技術の拡大		施工機械の開発 施工機械の大型化・自動化			品質の向上 コスト削減 効率化		更なる品質の 向上・効率化
締固め層厚 (路体)	20cm以下		30cm以下				土砂 30cm以下 岩 50cm以下			締固め機械と材料の組合せにより決定		
主な 転圧機種	20t※機械重量 タイヤローラ						200kN※起振力 振動ローラ			200kN※起振力 振動ローラ 300kN※起振力 振動ローラ（厚層施工）		
主な品質 管理手法	品質規定方式（突き砂法） 【点管理】						品質規定方式（R I法） 【多点・平均値管理】 または 工法規定方式（タスクメータ法） 【稼働時間管理】			施工規定方式 (GPS法) 【面的管理】		性能規定方式（路床） (ローラ加速度応答法) 【面的管理】

するために先行着手した名神高速道路山科地区の試験盛土区間の状況である。

こうした結果、名神以前の道路土工工事とは異なり、盛土材料を1層1層、平坦に敷均し、十分な転圧により構築する盛土工事が実施されるようになった。

表—1は、名神時代から現在までの締固め機械及び盛土路体部における締固め層厚の変遷である。名神時代の締固め機械は機械重量20tのタイヤローラが主流で、締固め層厚は20cm以下であった。

(3) 東名高速道路時代から平成10年頃までの施工

名神時代に続く東名・中央道の建設においては、基本的には名神において培われた技術の継承のうえに展開されたものである。名神の土工量が9年間で2,800万 m^3 であったのに対して、東名では7年間で約6,700万 m^3 という大規模なもので、機械化施工と大型機械の性能向上により効率的かつ経済的に施工された。

なお、施工機械は名神時代と同じく20tのタイヤローラが主流であった。これは、盛土材料として関東ロームなど高含水比粘性土が多く発生し、このような材料においては、ブルドーザや軽い自走式タイヤローラによって均等に踏み固めるのが最も効果的であったことによる。また、締固め層厚については、名神時代の一層20cmに対して、東名時代ではこれまでの経験を踏まえて一層30cm以下に変更され、効率化が図られた(写真—4)。



写真—4 タイヤローラによる転圧状況(ローム)

昭和60年以降の横断道等の施工においては、建設の主体が山岳部へ移行したことにより、多種多様な材料が発生し、特に硬質な岩の破碎材料が大量に発生した。このような材料に対する締固め効果を向上させるため、締固め機械は、起振力200kN振動ローラが現場での主要機械となった。なお、締固め層厚については、東名・中央道以降と変わらず30cm以下の施工がされてきた。

(4) 新東名・新名神高速道路の盛土施工

新東名・新名神は、現在の東名・名神に比べて、緩やかな平面・縦断線形を採用し、かつ路線の大部分が山岳部を通過しているため、構造物比率が高く、土工も長大切土、高盛土が連続している。とりわけ休憩施設の盛土は、1箇所あたりの土工量が数百万 m^3 に達する高盛土・大規模盛土である(写真—5)。



写真—5 高盛土の施工例(新東名高速道路静岡県内)

このような大規模土工においては、施工をより確実に迅速かつ安全に実施するため、大型施工機械による厚層締固めを採用している。表—2は大規模盛土で施工機械の編成例を示す。通常の施工では、締固め層厚は路体で30cm以下としている。しかし、より大型の締固め機械が開発されている状況を反映し、種々の盛土材料に対して、それに適した締固め機械、締固め方法を確認するため、平成7年度より起振力300kN級以上の締固め機械を用いて、一層仕上がり厚さ60~90cmで試験施工を行った(写真—6)。その結果、

表—2 従来盛土と大規模盛土の施工機械比較

作業内容	従来機種	大規模盛土の大型機種	台数/セット
砕岩及び集積	32t級リッパ付きブルドーザ	60t級リッパ付きブルドーザ	1台
掘削及び積込み	バケット容量1.2 m^3 ショベル	バケット容量3.0 m^3 ショベル	1台
運搬	11t級ダンプトラック	46t級ダンプトラック	4台
敷均し	21t級ブルドーザ	32t級ブルドーザ	1台
締固め	200kN級振動ローラ	300kN級振動ローラ	1台

路体の一層仕上がり厚さ 60 cm による締固めが十分可能であることを確認し、土工工事の効率化と経費節減が進められてきている。



写真一六 300kN 級振動ローラでの厚層施工

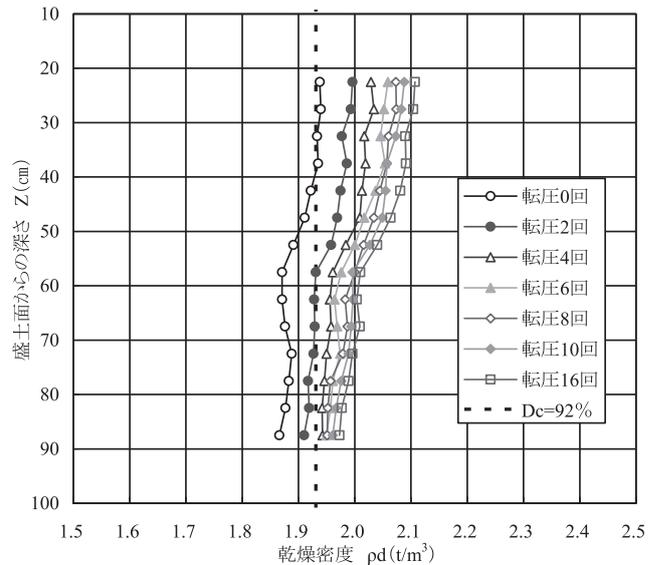
(5) 最近の盛土施工の取り組み

最近の高速道路の建設では、新東名・新名神のような大規模土工において、より一層の品質向上や施工の効率化が求められている。そこで、最近の取り組みのひとつとして八角形振動ローラを用いた盛土転圧試験を紹介する。

八角形振動ローラとは、振動ローラのドラムの形状を従来の円形から八角形にした特殊な振動ローラで、盛土深部まで転圧効果が高いとされている（写真一七）。盛土転圧試験の結果、試験した土砂材料では、下層まで締固められていることを確認した（図一）。



写真一七 八角形振動ローラ



図一 盛土面からの深さと乾燥密度の関係 (土砂)

3. 盛土品質管理の変遷

(1) 名神高速道路時代の品質管理

名神高速道路建設以前の道路盛土に関しては、施工機械と機械の転圧回数のみが規定されている工法規定で、品質の規定は用いられていなかった。しかしながら、高速道路の場合、盛土の沈下は路面の平坦性を損なうことになり、高速走行の安全性、快適性が問題となる。このため、十分な締固めにより沈下を極力少なくすることが、高速道路の盛土に必要な条件と考えられた。

このような締固めの重要性から、当時、土の締固め等に関する土質工学の知見を取り入れた品質管理規定を採用した。また、施工管理は、名神高速道路試験所（現在の株高速道路総合技術研究所）を主体として、各工事事務所に試験室を設け、材料試験、日常管理試験の一部を公団技術者自らで実施していた。

以後、我が国における道路盛土の締固めに対する認識が高まり、道路土工指針類の整備・向上と相まって道路土工の質が大きく向上することとなった。

(2) 東名高速道路・中央道時代の品質管理

東名・中央道時代では施工管理体制が大きく変わった。これまでは、公団職員による日常管理・品質検査であったものが、原則として請負人が行うこととし、公団職員は、その立会いもしくは必要に応じた試験や、抜き取り的な検査を実施することとなった。このような背景には、当時の社会情勢等の理由により、急速な道路整備網の整備が求められたことや、電源開発・名

神高速道路・東海道新幹線などの大規模工事での経験が請負人に蓄積され、品質管理体制が整ってきたことによる。

(3) 横断道時代の品質管理

横断道時代になると、山岳部を通る道路工事が主流となり、さらに扱う土工量が増大してきた。このため、公団において、盛土の品質管理手法として、放射線を利用した土の密度・水分計（以下「RI計器」という。）による締固め度測定方法が開発された。従来の砂の置換による突き砂法による締固め管理では、施工ヤードのある1点における点管理であり、しかもその結果は施工翌日の判断であった。しかし、RI計器の導入により施工ヤードの多点での品質確認が施工直後に判断でき、品質管理の迅速化・効率化・省力化が進んだ。また、この手法によって、締固め度の管理基準は、施工ヤード全体の平均値管理の概念が採用された。一方、密度測定が困難である岩塊盛土の品質管理手法として、締固め機械の稼動時間を管理する工法規定方式も基準化された。

(4) 新東名・新名神高速道路時代の品質管理

さらなる大規模盛土の施工となると、大型施工機械の採用による施工能力の増大に対して、RI計器での測定頻度およびその作業能力では、作業範囲が広くなったため、今まで以上に労力・時間を必要とされることや、品質を向上させるため、施工ヤード全体の面的な管理を目指したいといった課題があった。そこで大規模盛土の広範囲な施工を管理する施工管理法として、GPS（汎地球測位システム）を用いた盛土の締固め管理システムが導入された（写真—8）。これは、施工ヤード全体における締固め機械の走行軌跡、転圧回数、締固め層厚および走行速度をリアルタイムに確



写真—8 GPSを用いた施工状況

認できるものである。このような情報通信技術を用いて施工転圧回数を規定する方式（施工規定方式）によって、品質規定方式や工法規定方式では、困難であった施工ヤード全体にわたる面的かつ連続的な管理が可能となり、盛土の高品質化が図れるようになった。さらに、施工状況の確認はオペレータ自身が車載モニターによってリアルタイムで確認でき、かつ管理帳票の自動出力ができるため、施工管理の効率化・省力化が可能となっている。

(5) 最近の品質管理の取り組み

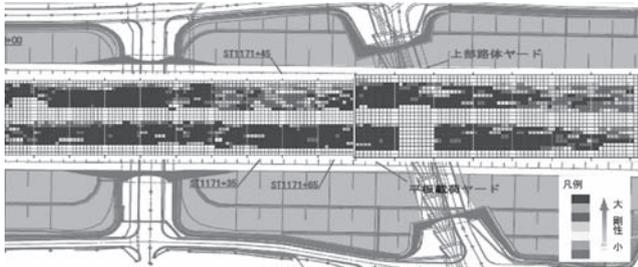
GPSは厳密には締固め度や強度などを管理していないが、新たな施工管理手法として、振動ローラの転圧による地盤応答特性を利用した締固め自動管理手法がある。これは、振動ローラに加速度計を取り付け、転圧中の加速度波形の変化（みだれ）を周波数分析することで、地盤の剛性を計測するものである（写真—9）。この手法は、地盤からの応答加速度が、地盤の剛性が高くなるに従い高周期の波形が上昇する特性を利用し、地盤剛性値などを定量的な指標として表し、面的かつ連続的、リアルタイムに計測できるものである。



写真—9 振動ローラの加速度計取り付け状況

高速道路における路床の最終検査として、強度確認としてのたわみ規定が用いられている。これまでは路床最終仕上がり時には、プルフローリングによる立会い検査を実施していたが、地盤応答特性を利用した手法では、施工箇所全面の剛性評価が可能である。図—2は、位置情報を併用した場合の路床剛性値のアウトプットの一例を示している。これまでに、東・中・西日本高速道路会社では、この手法を路床の検査手法のひとつとして導入している。現在、地盤の強度を直接確認できる手法として、路床以外の適用性について、

種々の盛土材料での試験施工を実施している。機会があれば、これらの結果についても紹介していきたいと考えている。



図一 位置情報を併用した路床剛性値の表示例

4. おわりに

高速道路における土工技術は、土質工学の理論を現場に適用すべく、実際の現場で試験施工を行い、機械施工やその品質管理手法について逐次検証しながら築かれたものである。名神高速道路建設から現在に至るまで、施工規模の増大とともに、それに対応する施工機械の開発やその活用、さらにはそれに合わせた品質管理手法が発展してきたといえる。

現在においても、複雑多様な性質を持つ材料や地盤に対する土工技術は、現場の積み重ねが重要であり、これらに基づく工学的判断が優れた土構造物を生み出

すものと考えられる。一方で、少子高齢化社会においては、省力化・自動化といった技術開発が望まれている。より効率的で経済的な土工技術の向上のためにも、新しい施工機械の開発や情報通信技術を活用した施工方法の開発を期待したい。

JCM A

《参考文献》

- 1) 藤岡一頼・大窪克己：道路における盛土構造物の変化・変遷 (社)地盤工学会誌 土と基礎 54-9 (584) p16-18, 2006.9
- 2) 横田聖哉・吉田武男・吉田安利・鬼木剛一・三浦悟：施工規定方式における品質管理基準値の設定とその評価 (社)地盤工学会誌 土と基礎 50-9 (536) p7-9, 2002.9
- 3) 竹沢正文・井口忠司・藤岡一頼・小林修：八角形ドラム振動ローラを用いた試験施工結果 (その2) —三種類の材料による比較— (社)土木学会 第62回年次学術講演会
- 4) 東・中・西日本高速道路株式会社 土工施工管理要領

【筆者紹介】



横田 聖哉 (よこた せいや)
 (株)高速道路総合技術研究所
 道路研究部 土工研究室 室長



中村 洋丈 (なかむら ひろたけ)
 (株)高速道路総合技術研究所
 道路研究部 土工研究室 研究員

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)

● 発刊 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>

鉄道における土工技術と性能規定化の動向

館 山 勝

在来鉄道の多くは明治～戦前に造られたものであり約9割が土工であったのに対して、昭和39年以降に造られた新幹線における土工の採択比率は約2割まで激減した。このように、線区の高級化や時代とともに土工が敬遠されるようになったのは、土工は建設費も安い災害も多く、メンテナンス費用まで加えた場合には高架橋やトンネルの方が得であるという評価がなされてきたためである。しかしながら、戦後、機械化施工の導入、設計基準の整備、地盤改良技術の向上、補強土工法の導入などにより土工の品質が格段に向上した。その結果、「土工」も構造物として認められ、「土構造物」という名称で呼ばれるようになった。さらに最近では基準の性能規定化によって、高架橋などと等価な性能の土構造物を造ることが可能となってきた。ここでは、鉄道における土工技術の変遷と、基準の性能規定化について紹介する。

キーワード：鉄道盛土、土工、変遷、性能規定、補強土工法、土構造

1. はじめに

図—1に鉄道における土構造物の採択比率を示す。在来鉄道の多くは明治～昭和初期に造られたものであるが、実に総延長の87%が土構造物である。

一方、昭和39年以降に造られた新幹線では徐々に比率が低下し、新幹線全体での土構造物の採択比率は21%に過ぎない。このように、線区の高級化や時代とともに土構造物が敬遠されるようになってきたのは、

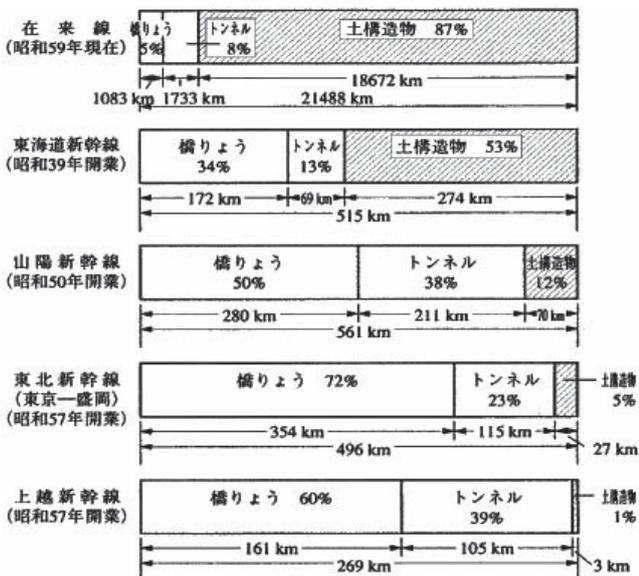
盛土の多くは建設年代が古く品質も不十分であったため、建設費は安いメンテナンス費用まで加えたライフサイクルコストで考えた場合にはRC構造物の方が得であるという評価がなされてきたためと思われる。しかしながら、新幹線など戦後に造られた盛土は、機械化施工の導入、設計基準の整備、地盤改良技術の向上、補強土工法の導入などにより品質が格段に向上し、きちんと造ればそれなりの性能で構築できることが次第と認知されるようになってきた。その結果、盛土も構造物として認められ、従前の「土工」から、「土構造物」という名称で呼ばれるようになった。さらに最近では、設計基準の性能規定化などによって、構造物間の垣根を超えて、高架橋などと等価な性能を有する盛土の設計が可能となってきた。

ここでは、鉄道における土工技術の変遷^{1), 2)}を基準の観点から概観するとともに、新しい考え方である基準の性能規定化³⁾について紹介する。

2. 土工技術の変遷

(1) 戦前の鉄道盛土

戦前（昭和20年以前）の土工は人力施工が基本であり、構築後の保守や安定よりは、切土やトンネル掘削ズリをいかに少ない労力で運搬し盛り立てるかが優先された。この頃は、土量のバランスが最優先であり、盛土材を選んだり水平に撒きならしたりすることもな



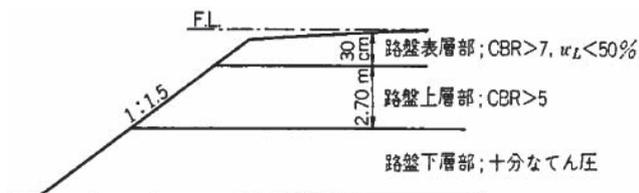
図—1 土構造物の採択比率 (国鉄の例)

く、切土やトンネルの掘削土を撒きこぼして、のり面だけを土羽打ちにより締め固めて造った「盛りこぼし盛土」が多かったようである。

盛りこぼし盛土は、積層方向が斜面方向（すべりやすい方向）と一緒にあるため、ちょっとした雨や地震で容易に滑る。また、発生土を用いることが基本であったことから、盛土材として粘性土が用いられることも多く、構築後の沈下や路盤の噴泥が問題となることも多かった。このため、戦前に造られた盛土は多くの保守を必要とした。しかし、簡単に修復できるメリットもあり、人件費が安く大量の保守要員を擁していた時代には大きな問題にはならなかった。

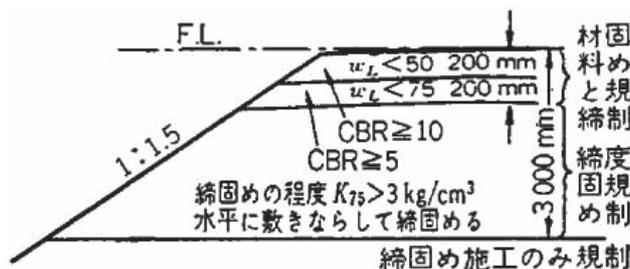
(2) 戦後～東海道新幹線建設まで

戦後、機械土工がアメリカから本格的に導入された。国鉄技術研究所では、昭和 22 年から行われた米軍三沢基地の建設に際しての土工管理に参画し、最新の技術が導入⁴⁾された。その後、これらの技術は信濃川水力発電所の大堰堤の建設に利用されるとともに、昭和 34 年には機械施工を前提とした土工管理の新しい考え方が「路盤構築基準」⁵⁾によって示された。図一 2 にその概要を示すが、CBR 値による上部盛土の強度管理に加えて、路盤面では動的変形量の規制のために K_{75} 値による管理方法も示された。



図一 2 路盤構築基準 (在来線 1, 2 級線)⁵⁾

東海道新幹線の建設のために昭和 36 年に制定された「新幹線規格」⁶⁾もこれとほぼ同じ内容であるが、路盤が 2 層区分され、上層路盤の CBR 値がより厳しいものとなっている (図一 3)。それでも東海道新幹線は、開業当初に多くのトラブルが発生した。東海道新幹線は、特に開業 1 年目に、のり面の降雨時崩壊による運転停止、橋台背面盛土の沈下による速度規制、路盤噴泥による軌道保守の増大などが多発する結果となり、社会的な問題となった。これらの問題は、東海道新幹線が突貫工事であったため、軟弱地盤に対する処置や盛土材の選別、路盤強度の規程が十分ではなかったことに起因したものとされている。



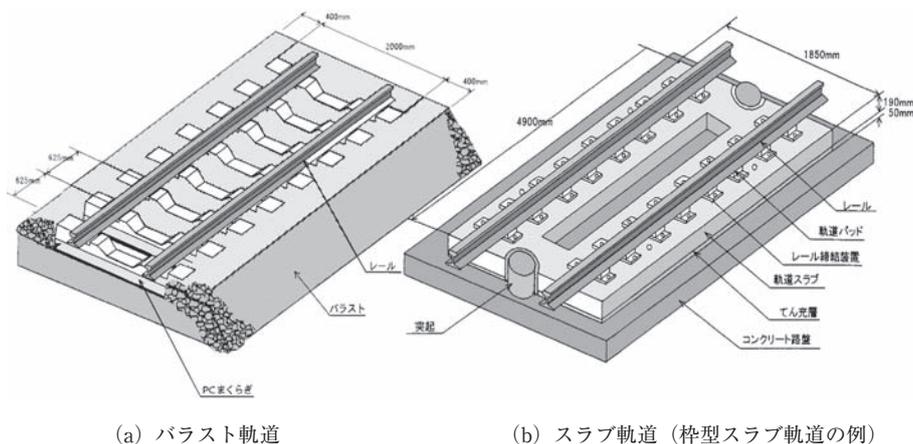
図一 3 東海道新幹線路盤基準⁶⁾

(3) 東海道新幹線以降

東海道新幹線の反省を踏まえて、昭和 42 年に「土構造物の設計施工指針」⁷⁾が制定された。この指針は、指針名にもあるように土工を構造物として捉えて、計画、調査、設計、施工に至る一連の事柄に対してまとめられた初めての基準である。盛土材の選定基準、橋台背面のアプローチブロック、締固め管理値としての乾燥密度・コーン支持力の導入、路盤材料の粒度規程、排水設備の充実、基底破壊に対する円弧すべり安全率による判定などが導入され、当時としては画期的なものであった。山陽新幹線の建設は、この基準を基本としたが、のり面の緩勾配化 (1:1.5 → 1:1.8)、盛土材料、路盤材料の選定基準の強化、締固め度 (D 値) による管理、土留め壁の使用制限などが新たに導入された。

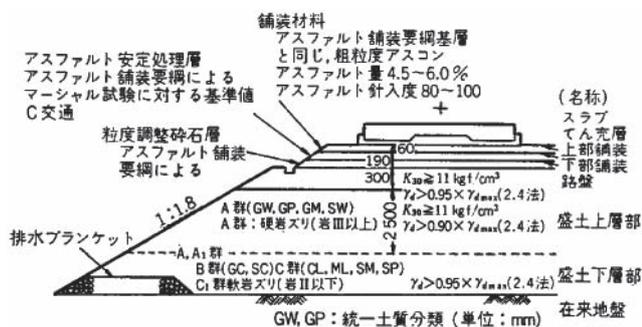
図一 4 は鉄道における軌道の種類を示す。これまでバラスト軌道を基本とした場合の土構造物の設計基準の変遷であったが、軌道のメンテナンスフリーを目指したスラブ軌道の開発が昭和 40 年から始まり、新幹線の建設では高架橋やトンネルなど土路盤以外のほとんどの区間に多用されるようになった。このような情勢を踏まえて、山陽新幹線 (岡山～博多) の建設にあたり、昭和 46 年に制定された「スラブ軌道の設計施工」⁸⁾においてスラブ軌道用盛土の構築基準 (図一 5) が示された。

その後、「省力化軌道用土構造物標準」⁹⁾として改定されたが、基本的にはこの基準を踏襲している。ただし、スラブ軌道は沈下に対する調整代がバラスト軌道に比べれば格段と小さいため、盛土支持地盤に対しては軌道構築後の沈下が 10 mm/10 年間以内、盛土材も基本的には礫系の良質土以外は用いないものとしている。また、兵庫県南部地震以降に整備された耐震標準¹⁰⁾の設計法を取り入れ、L1 地震における残留変形量を 10 mm、L2 地震では 50 mm 程度以内に抑えるように、層厚管理材や盛土補強材を配置することになっている (図一 6)。

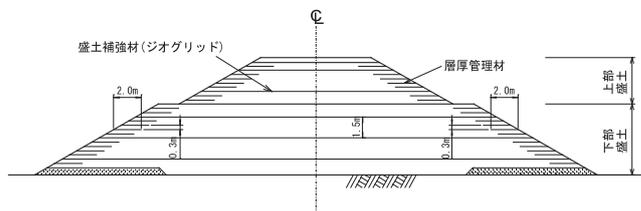


(a) バラスト軌道 (b) スラブ軌道 (枠型スラブ軌道の例)

図一 4 軌道の種類



図一 5 スラブ軌道用盛土の構築基準⁸⁾



図一 6 省力化軌道用盛土断面⁹⁾

(4) 補強土工法の進展

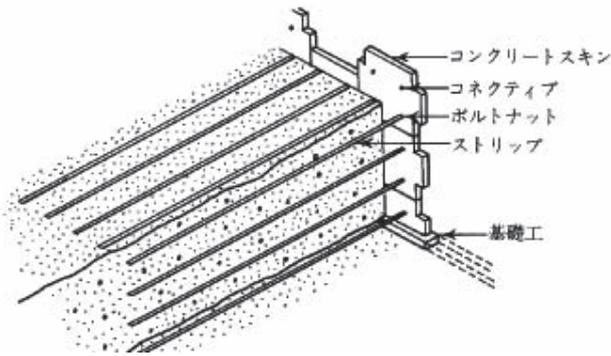
前述した通り、設計基準がない時代に造られた在来鉄道はほとんどは土構造物で造られていたのに対して、皮肉なことに基準の整備が進むにつれて激減し、東北新幹線や上越新幹線ではトンネルとトンネル間の瞬き区間において多少用いられただけで、ほとんど採用されなくなってしまった。この理由の一つに、盛土は地震や雨などの長期的な安定を確保するために、1:1.5程度ののり面勾配が必要となるため、高架橋と比べれば高さに応じて余分な用地が必要となることが挙げられる。例えば、高さ1mの場合で3m、10mの場合には30mの余分な用地が必要となることから、高いほど経済的に不利な構造と言える。したがって、建設費は圧倒的に安い用地費も含めて比較すると、用地が高い都市部や線路高さが高い場合には、高架橋の方が安くなってしまふことになる。このため、人工密集箇所を縫うように造られた新幹線では、建設年代が進むにつれて徐々に採用比率が低下し、昭和56年に開業した上越新幹線では、わずか1%しか採用されない状況になってしまった(図一1)。

そこで、経済的で簡易な土構造物の特徴を活かしつ

つ、のり面を急勾配化し、かつ保守手間のかからない新しい土構造の開発に対するニーズが高まってきた。例えば、鉛直勾配の盛土ができれば、高架橋と同様の用地幅で鉄道の建設が可能となる。また、東海道新幹線では降雨によって頻繁にのり面が小崩壊を繰り返す問題となったが、のり面も強化できれば一石二鳥となる。その解決方法として、補強土工法の適用が進められてきた。

ここで補強土工法とは、土中に鋼材やジオテキスタイルなどの引張補強材を配置することにより、盛土の安定性や自立性を高める工法である。鉄道では古くから、盛土内や盛土底面に引張補強材を配置する技術に着目し、実用化を図ってきた。例えば盛土のり面補強に関しては、昭和40年に漁網を、昭和41年にはポリエチレンネットや帆布を配置した現場施工実験や散水実験¹¹⁾を行い、補強効果が確認された。それらの成果は層厚管理材として昭和53年の基準¹²⁾に取り入れられている。

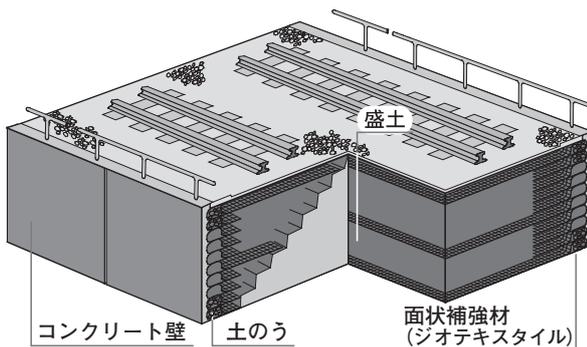
また、1963年にフランスのH. Vidalによって開発されたテールアルメ工法(図一7)にも早くから着目し、振動実験や散水実験、ストリップの腐食に関する研究を経て昭和48年には羽後境の現場に初めて適用された。しかし、鋼製の帯状補強材を用いるため腐食の問題があること、補強密度が小さいため補強材が長



図一七 テールアルメ工法の構造

くなりすぎること、地震時にパネルからなる壁面工の一体性が不明確であることなどの理由により、変位制限が厳しい鉄道構造物に対しては積極的に用いられてこなかった。

これに対して鉄道総研では、東京大学と共同で鉄道のような変位制限が厳しい箇所において、擁壁や橋台・橋脚などのRC構造物の代替としての補強土工法（RRR工法）¹³⁾を開発した（図一八）。この工法は、面状補強材（ジオテキスタイル）と曲げ剛性の高い場所打ち一体壁面工を組み合わせることにより、短い補強長で高い安定性が得られるところに特徴がある。壁面剛性の効果に着目した模型載荷試験によると、同じように補強材を配置しても、分割壁に比べて一体壁の方が壁面剛性の効果で破壊耐力が4倍以上向上することが確認されている。



図一八 RRR工法の構造

本工法の施工手順は、まず土のうなどの仮壁面を用いて盛土を建設し、盛土と地盤の変形が十分に収束した後に、場所打ちコンクリートで本壁面工を建設する。この段階施工と壁面剛性の付加により、次の利点が生まれる。

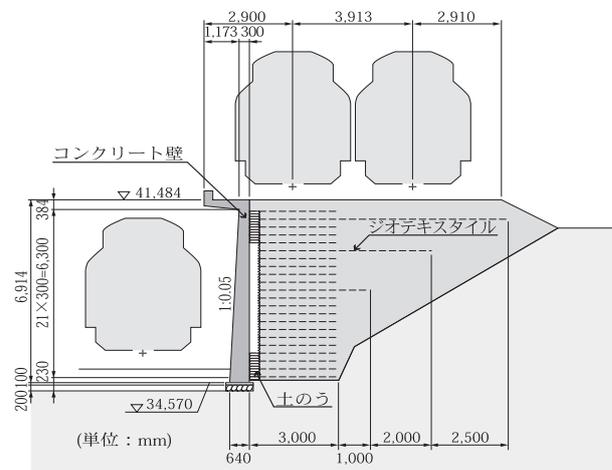
①施工時の盛土と地盤の変形に伴う補強材と壁面工の

- 定着部で生じる応力集中の問題が緩和される。
- ②完成後に剛性の高い壁面工が設置されるため、防音壁や手すりなどの付帯構造物の設置が可能となり、橋台として建設した場合も、盛土天場に作用する鉛直・水平集中荷重に抵抗できる。
- ③壁面工が補強材相互を連結しているため、補強材と壁面工の局所的な破損が構造物の全体破壊につながらない。例えば、施工後に擁壁前面の地盤が掘削された場合でも、十分な安定性を確保できる。
- ④壁面のきちんとした仕上げが保証できる。

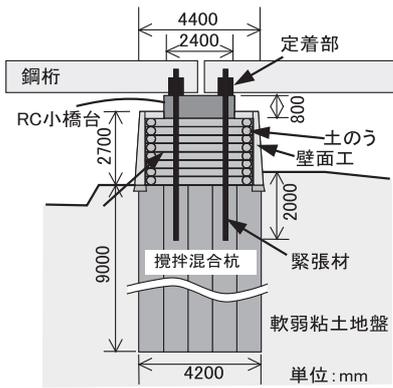
この工法は平成4年の土構造物設計標準¹⁴⁾に採用され、既に100kmを超える施工延長実績を有する。

図一九の現場は、JR山手線の新宿～新大久保間に位置し、中央線との交差部における跨線線路橋の老朽化による橋梁架替え工事に適用された事例である。山手線と中央線は日本における最重要線路である。特に本現場は新宿に隣接していることもあり、日本一の過密線路である。これら6本の重要線路が交差する箇所であり、このような重要箇所にも本構造が採用¹⁵⁾されている。

また、本工法を橋脚や橋台に用いる取り組みも行われている。例えば橋脚の場合は、橋桁からの大きな荷



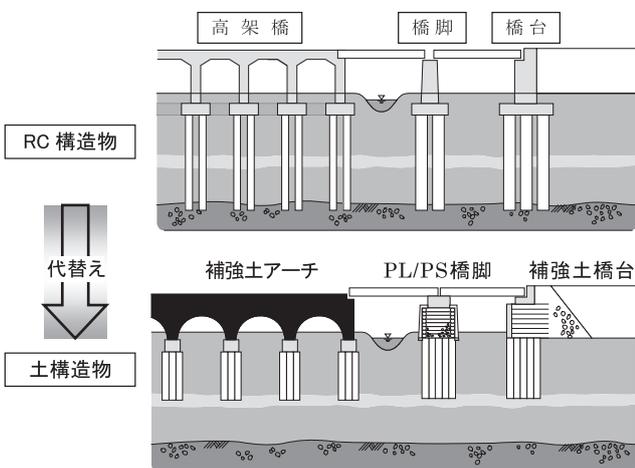
図一九 RRR工法の適用例¹⁵⁾ (山手線, 新宿駅付近)



図一10 PL/PS 橋脚の構造¹⁶⁾

重が作用することになるが、そのような荷重が作用した場合でも盛土の即時・残留沈下が抜本的に小さくなることを目的に、プレロード・プレストレス工法（以降、PL/PS 工法）が提案された。盛土内に鉛直緊張材を配置して一時的な荷重履歴（プレロード）を与え、十分に塑性沈下を生じさせた上で半分程度の荷重を除荷し、残りの荷重を長期的に緊張荷重（プレストレス）として保持する。

図一10に、本工法が初めて適用されたJR九州篠栗線の馬出橋梁¹⁶⁾の構造図を示す。この橋梁は、仮線ではあるが約4年間に亘り営業線として使用された。桁を設置して供用中に生じた残留変形量は、驚くべきことに僅か1mm弱である。この結果は、盛土でもあってもRC橋脚なみの優れた変形性能が得られることを実証したものである。また、RC橋脚と比べて基礎が地盤改良などの簡便な処理で済むことから、大幅なコストダウンが可能であることが確認されている。この他、補強土橋台¹⁷⁾や補強土アーチ構造¹⁸⁾も別途、施工されており、将来は、図一11のようにRC構造物の代替として、これらの新盛土構造が採用



図一11 補強土工法による高架構造

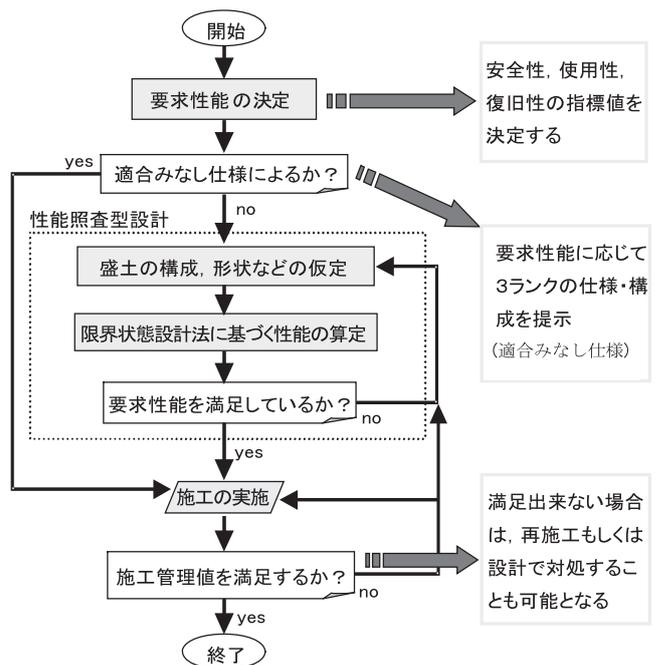
されることも夢ではなくなってきている。

3. 設計の性能規定化

以上のような対処によって、高架橋と同等の信頼性の高い土構造物を構築できるようになった。その一方で、過度な信頼性を追求した結果、経済性の悪化や設計・施工管理の煩雑さなどから、土構造物がもともと持ち合わせていた簡便で容易な構造物という特徴が失われている事実も見逃すことはできない。特に、重要度が低い場合や規模が小さい場合にも、一律に同じ性能で設計することは現実的ではない。

近年、鉄道においては、個別の事情や新技術への対応を柔軟に行うために、規基準類の性能規程化³⁾が進められている。そこで土構造についても、性能照査型設計法の体系に移行することを目指した改訂委員会（土構造物設計標準に関する委員会：委員長 東京理科大学 龍岡文夫教授）を設置し、平成19年1月に新しい設計標準が発刊された。この基準¹⁹⁾は上述の課題を解消できる方法として期待されている。

図一12に新しい基準による盛土の設計²⁰⁾の流れを示す。この基準では性能照査型設計を基本としているため、まず初めに鉄道事業者が重要度や軌道構造、復旧の難易度などを勘案して要求性能を決定する。その後、設計条件や構造・断面を仮定し、限界状態設計法に基づいて応答値を算定し、算定された応答値が要求性能毎に定められた制限値以内であることを照査する流れとなる。しかしながら、土構造物は元来、簡易な



図一12 概略の設計の流れ

構造物であり、設計に過度な労力をかけることが費用や工程の面から必ずしも適切でない場合がある。特に、小規模な工事や緊急性を要する工事においては、実務的に困難である。また、十分な調査や知識を伴わずに性能設計が行われた場合には、実状にそぐわない設計、危険な設計となる場合もある。

そこで、設計の利便性を高めるとともに不確実性に対処する方法として、本設計基準では要求性能水準(性能ランクと呼ぶ)を3段階に設定した上で仕様を示す方法(いわゆる、適合みなし仕様)も併記することにした。この方法は、従来の仕様規定を性能ランク毎に細分化して示すものであり実務的に有効な方法であるため、一般的にはこれを用いる場合が多いと想定される。しかしながら、現場条件から標準的な仕様で対応できない場合、大規模工事において標準的な仕様を用いるよりも更に合理的な設計にしたい場合、新しい形式の土構造物を採用する場合などでは、性能照査型設計による設計が行われることになる。

表一1には性能ランクと要求性能との対応のイメージを示す。本基準において適合みなし仕様を用いる場合には、初めに性能ランク(要求性能のランク分)を定めることになる。その際にはこの表が参考となる。ただし、表に示した適用例はあくまでも適用のイメージを伝えるために軌道構造や線区の重要度の観点から仮に示したものであることに注意を要する。例えば、有道床(バラスト)軌道を支持する土構造物であっても、重要度が極めて高い線区などにおいては性能ランクIが適用されることもあるし、閑散線区であってもL2地震動に対して復旧の容易性を確保したい場合などにおいては性能ランクIIが適用されることがある。つまり性能ランクは、軌道構造や重要度から一義的に定まるものではなく、最終的には経営を含めた諸条件

表一1 性能ランクと要求性能のイメージ

	性能ランク I	性能ランク II	性能ランク III
要求性能	常時においては極めて小さな変形であり、L2地震動や極めて稀な豪雨に対しても過大な変形が生じない性能を有する土構造物。	常時においては通常の保守で対応出来る程度の変形は生じるが、L2地震動や極めて稀な豪雨に対しても壊滅的な破壊には至らない性能を有する土構造物。	常時においての変形は許容するが、L1地震動や年に数回程度の降雨に対して破壊しない程度の性能を有する土構造物。
適用例	例えば、省力化軌道を支持する土構造物	例えば、重要度の高い線区の有道床軌道を支持する土構造物	例えば、一般的な線区の有道床軌道を支持する土構造物

表一2 土構造物の照査項目、照査指標の例

要求性能	性能項目	照査指標の例
安全性	破壊	土構造物の内部破壊安全度(円弧すべり法, 2楔など), 変位・変形
	安定	支持地盤の安定(円弧すべり法, 圧密沈下量), 変位・変形
	列車走行	変位・変形(繰返し累積変位, 動的変位)
使用性	乗り心地	変位・変形(軌道整備基準値, 動的変位)
	軌道保守性	変位・変形(繰返し累積変形, 沈下速度)
	振動・騒音	振動レベル, 騒音レベル
	外観	変形, クラックなど
復旧性	変形, 損傷, 残存耐力	地盤や土構造物の地震時残留変形, 降雨時変形など

に対して、事業者の意志によって選定されるべきものである。

表一2は、性能項目と性能指標の例を示す。具体的に性能照査型設計を行う際には、要求性能に対応した性能項目と照査指標を定める必要があるが、その際にはこの表が参考となる。また、性能照査は照査式を用いて行うことになるが、安定計算法として実績のある円弧すべり(修正フェレニウス)法を例として、照査式として形式変換したものを下式に示す。従来の設計では、円弧すべり安全率が許容安全率以上であることを確認してきたが、ここでは応答モーメントが限界モーメントに対して1以下であることを照査することとなる。

$$\gamma_i \frac{M_{Rd}}{M_{Ld}} = \gamma_i \frac{\sum \{W \sin \alpha + (y/r) K_h W\}}{f_{rs} \cdot \sum \{[(W - bu) \cos \alpha - K_h W \sin \alpha] \tan \phi + cL + T_r\}} \leq 1.0$$

ここに、 γ_i : 構造物係数(一般に1.0)、 M_{Rd} : 設計応答モーメント、 M_{Ld} : 設計抵抗モーメント、 f_{rs} : 円弧すべり抵抗係数、 W : スライス重量、 K_h : 水平震度、 α : スライス底面の角度、 ϕ : 内部摩擦角、 c : 粘着力、 L : スライス底面の長さ、 T_r : 対策工の抵抗力、 r : 円弧の半径、 b : スライス幅、 y : スライス重心と円弧中心間の鉛直距離、 u : 間隙水圧

この他、土構造物に関する照査指標としては、変位・変形に関するものがある。例えば、地震時における滑動変位や揺すり込み沈下に関しては、既に耐震標準において算定法¹⁰⁾が示されている。また、スラブ軌道のように常時における変形の制限値が厳しい場合には、列車の繰返し載荷に伴う盛土の圧縮変形の累積なども問題となることから、本基準¹⁹⁾では新たにその算定法を示した。

一方、土構造物の性能照査にあたっては、設計耐用期間における性能の経時的変化を考慮して行わなければならない。具体的には、降雨における土の強度低下や圧密による強度増加なども必要に応じて考慮しな

ればならない。このため本基準では、系統立てて実施した土質試験結果から、盛土の設計強度定数を土質分類毎に、検討する状態（例えば、降雨時や地震時）毎に設定した。なお、詳細に関しては文献^{19), 20)}を参照するとよい。

4. おわりに

鉄道盛土は時代とともにその要求性能が変化し、RCや鋼構造物と同等の性能を求めて高級化の道を歩んできた。実際、支持地盤をセメントで固めて、良質な盛土材料を購入してよく締め固めを行い、コンクリートでのり面を覆い、ジオテキスタイルなどの補強材を多段に配置することによって、地震や雨に対して他の構造物に負けない性能の土構造物ができるようになってきた。しかしながらその一方で、発生土の再利用率は低下し、設計も複雑になり、経済性や環境適合性も低下するなどの弊害も見受けられる。この点に関する是正は今後の課題である。

盛土は、RCや鋼のような材料劣化がなく建設直後は手が掛かったとしても徐々に丈夫となり全取替えの心配もないため、長いスパンでみれば維持管理がしやすい構造物とも言える。したがって合理的な設計を行うためには、年代効果による性能の向上をどのように評価するのが重要となる。また、盛土の品質を左右するのは締め固めにあることを忘れてはならない。仕様設計では単に締め固めの仕方と施工管理を規定していたが、性能設計では、締め固めを行うことによって、強度や遮水性、剛性などが、どの程度、高まるのかを定量的に示すことが求められる。このように、直接的に締め固めの効果を性能と結び付けて説明できるため、発注者や施工者の理解が得られやすい。その一方で、設計の性能規定化に関しては、事業者が土の本質を見極めた適切な評価ができるかどうか鍵となることを忘れ

てはならない。絵に描いた餅にならないように心がけたい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本鉄道施設協会：鉄道施設技術発達史，1994.1
- 2) 館山勝：鉄道における盛土構造物の変化・変遷，土と基礎，Vol.54, No.9, 2006.9
- 3) 館山勝，村田修：鉄道土構造物の性能規程化の動向，土と基礎，Vol.50, No.1, 2002.1
- 4) 国鉄技研：土質研究室の沿革と研究成果，鉄道技術研究所速報，1980.12
- 5) 日本国有鉄道：路盤構築基準（案），1959
- 6) 日本国有鉄道新幹線建設局：新幹線規格，1961.8
- 7) 日本国有鉄道：土構造物の設計施工指針，1967.12
- 8) 鉄道施設協会：スラブ軌道の設計施工，1971.3
- 9) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（省力化軌道用土構造物），丸善，1999.11
- 10) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），丸善，1999.11
- 11) 斉藤，都，室町他：適正盛土構造の研究（第1報），鉄道技術研究報告，NO595，1967.6
- 12) 日本国有鉄道：建造物設計標準解説（土構造物），1978.11
- 13) 龍岡文夫，館山勝：ジオテキスタイル補強土擁壁，基礎工，1995.11
- 14) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物），丸善，1992.10
- 15) 加藤正二，高橋眞一：JR山手線での剛壁面補強土壁工法の適用について，ジオシンセティックス技術情報，Vol.16, No.2, 国際ジオシンセティックス学会日本支部，2000.7
- 16) 龍岡文夫，内村太郎，館山勝，小島謙一：鉄道橋のプレローディッド・プレストレス（PL・PS）補強土橋脚の挙動，土と基礎，Vol.46, No.8, 1998.8
- 17) 館山勝，青木一二三，米澤豊司，篠田昌弘，渡辺健治：耐震性に優れたセメント改良補強土橋台の開発，鉄道総研報告，Vol.18, No.4, 2004.4
- 18) 古山章一，佐藤春夫，余目祥一，山崎聡：補強盛土によるアーチ高架構造の設計と施工，Vol.30, No.11, 2002.11
- 19) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説（土構造物），丸善，2007.1
- 20) 館山勝：土構造物設計標準の概要，鉄道総研報告，Vol.20, No.12, 2006.12

【筆者紹介】

館山 勝（たてやま まさる）
 財団法人鉄道総合技術研究所
 構造物技術研究部
 部長



穿孔機の技術動向

櫻井 弘毅

道路やビルまたは住居といった社会生活の根幹を成しているインフラ整備に使用される土木建築材料は主に砕石場や石灰鉱山から供給されている。これらの資源採掘を行う砕石業や鉱山業も他産業と同様に業務の効率化、コストの低減、品質向上が強く求められている。本稿では最新の大型穿孔機を用いた最先端穿孔技術を紹介し、作業の効率化、生産性の向上、穿孔作業における危険・苦渋を解消する方法を提案する。また、砕石及び鉱山業は他産業に比べてIT技術の導入が遅れていることや環境対応が急務であること等の現状に適応できる最新の情報管理システム及び騒音軽減技術も併せて報告する。

キーワード：穿孔機，クローラードリル，ロックパイロット，ロッドビット，情報共有システム，ノイズガード

1. はじめに

社会生活に直結するインフラ整備あるいは衣食住の住に関わる土木・建築材料は砕石場や石灰鉱山から供給されている。その中で岩を採取するための一番初めの仕事は穿孔機によってなされている。以下に穿孔機の種類と国内大型の穿孔機需要に伴い今まで国内で対応機種が無かった口径115mm(4.5インチ)～152mm(6インチ)対応のクローラードリルの生産性・安全性向上のための新技術を中心に述べていきたい。また、穿孔機がより良い仕事をするためのロック(ドリル)ツール選定の重要性についても併せて紹介する。

2. 穿孔機の種類

大量の岩石を一度に砕く最も安価な方法は発破によるものである。その薬剤(火薬類等)を入れるための孔を掘る機械が穿孔機であり、その主な穿孔方法は以下の3種類に分類される。

- 1) クローラードリル トップハンマー式(写真—1)
- 2) プラストホール用大型穿孔機 ダウンザホール(以下DTHと呼ぶ)ハンマー式
- 3) プラストホール用大型穿孔機 ロータリーカッティングホール用(写真—2)

2)と3)は高圧のコンプレッサー(25.4bar)を搭載しているか、低圧のコンプレッサーを搭載しているか、または穿孔方法の違いによるもので、機械本体自

体は通常は同じものと考えてよく、その大きさは必要とする穿孔径によりほぼ決まってくる。



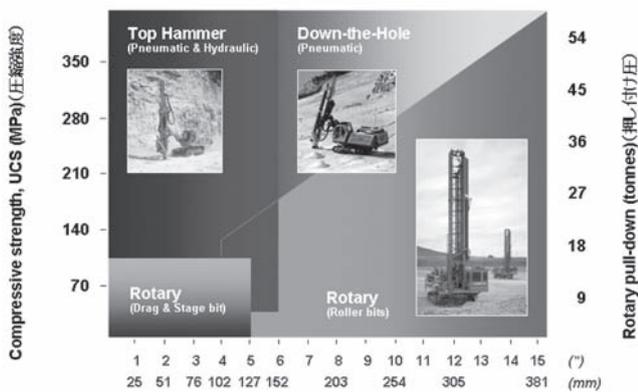
写真—1



写真—2

3. 効率的な穿孔作業を可能にする大型クローラードリル

上記では種類を説明したが、生産量を上げるために効率の良い口径115～152mm（4 1/2 inch～6 inch）範囲での穿孔機（ブラストホール用ドリル）を選定するに当たり、昨今まで非常に難しい選択を強いられた。即ちトップハンマー式では穿孔性能に問題があり、DTHハンマー式及びロータリーカッティング式では、コストパフォーマンスが好しくないという、まさしく穿孔機選択の狭間の領域（図—1）であったためだ。メーカーサイドもドリフター性能を上げること（大型化）は出来てもそれに対応するツールが限られており、加えて岩質の安定していない軟岩層や破碎帯を穿孔することは、ツール折損とジャミング（タケノコ）等によるリスク（コストと時間のロス）、またオペレーターへの負担が大きな支障であった。穿孔機メーカーであり且つツールメーカーでないとこれらのリスクを負った開発は難しかったのが実情である。



図—1 穿孔機の種類と穿孔径・岩質との関係図

Sandvik Mining and Construction 社の孔径 89 mm-152 mm までをカバーする世界で最もポピュラーな DP (DP) シリーズに搭載されている最新穿孔システム『Rock Pilot』は、まさにクローラードリルとDTHハンマー・ロータリーリグの狭間を完全にカバーしうる存在である。写真—1は大手石灰鉱山におけるφ140mmの穿孔作業であるが、クローラードリルによるφ115mmを超えるブラストホール用穿孔作業を可能にし、国内では初めて採用された。

4. Rock Pilot システム

Rock Pilotは最新式の打撃システムで表土、軟弱岩盤、破碎帯、ガマ、安定層全てに適応しロックツールの

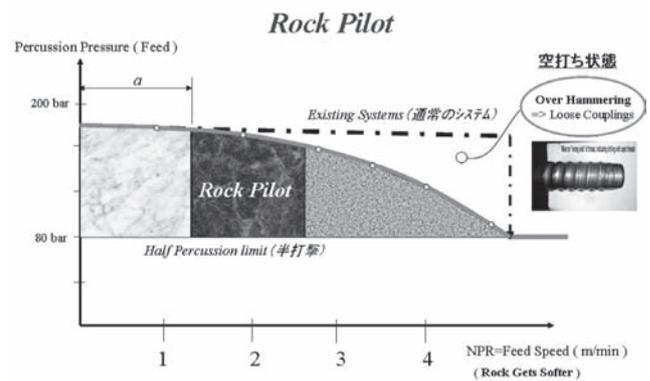
のライフを延ばすと共に孔曲がりやジャミング（タケノコ）を根本から回避する優れたシステムである。その特徴は以下の通りである。

Rock Pilot のメリット

- ①軟岩や破碎帯での穿孔適応力の増加
 - 優れた直進性
 - ジャミング（タケノコ：穿孔中にロッド・ビットが岩につかまって抜けなくなる状態）の回避
 - ツールのライフ向上
- ②オペレーターの負担軽減
- ③穿孔作業率の向上

(1) 穿孔スピードの感知（図—2）

設定した打撃圧での穿孔スピード（ノミ下がり）より速度が増すと、それを即座に感知し自動的に打撃圧を下げていくシステムである。最小値は半打撃の80 barで、これにより軟岩や亀裂層（破碎帯）においても余分な打撃を行わず慎重に穿孔するため、極度な空打ち状態を防ぐことが出来るようになった。図—2のグラフにあるように、従来のシステム（破線）とは異なり、フィード圧と穿孔スピードとの関係はなだらかな曲線を描き、破線と曲線の空白部分が空打ち状態のエリアを示す。空打ちは、シャンクやロッドネジ部の磨耗原因となり、時には折損やビットチップの脱落、ドリフターの故障原因にもなり非常に厄介であるが堆積岩層の多い日本では回避の難しいものでもある。



図—2 打撃力ハーモナイジング

(2) トルクコントロール（図—3）

穿孔作業中の回転圧が通常よりも極度に上がるとそれを感知し、自動的にフィード（押付圧）を落とし空打ち防止をすると共にジャミング（タケノコ）を回避する。従来のシステムはこの自動制御が無く、直接アンチジャミング（ある一定の回転圧になるとドリフターが後退しそれ以上穿孔するのを防ぐシステム）が

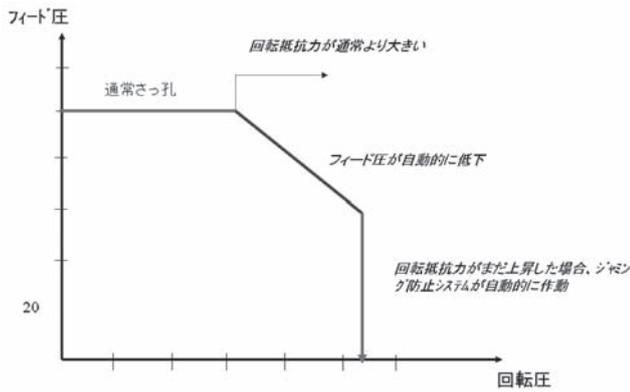


図-3 トルクコントロール

掛かるシステムである。従い、アンチジャミングが直ぐに効く(効きすぎる),あるいはその逆でアンチジャミングが効く前にジャミング(タケノコ)を起こしたりすることが多くあった。

一方で、逆打撃装置を搭載した穿孔機もあるが、あくまでもジャミングが起こってからのリカバリーシステムであり、ジャミングを回避するシステムではない。従って、結果としてリカバリーのための時間消費や使用ツールにとっての激しい負荷、つまり金属の特性である圧縮荷重には強いが引っ張り荷重には弱いという問題からの根本解決策ではないのである。

(3) ラットリングコントロール (図-4)

通常のクローラードリルは、フィード圧を上げれば打撃圧も上がり、フィード圧を下げれば打撃圧も下がるという同調バルブを搭載したシステムである。オペレーターは硬岩や軟岩に対応する際キャビン内での操作でフィード圧を調整している。Rock Pilot システムの一部であるラットリングコントロールは、同様にキャビン内にてフィード圧の調整を行うが、打撃圧が一定のままでフィード圧のみを加減させるシステムで

Rock Pilot

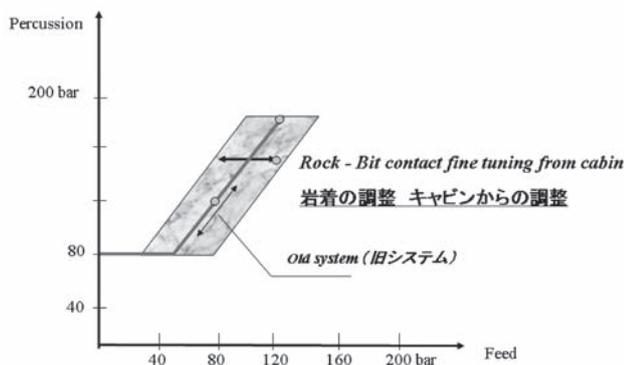


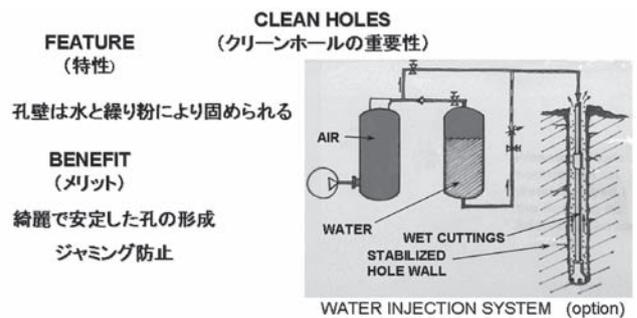
図-4 ラットリングコントロール

ある。これはロックパイロットシステムを補整するシステムであり、打撃圧はあらかじめその現場の岩質に合った最高打撃圧を設定しておく必要がある。適正許容外の穿孔スピード(ノミ下がり)になると自動的に打撃圧は制御され(Rock Pilot システム)適正穿孔スピードで作業するようコントロールされる。

5. その他の DP シリーズ搭載システム

(1) ウォーターインジェクションシステム (図-5)

オペレーターが必要に応じて、搭載されたウォータータンク内の水を特にカラー(口切部)の形成(写真-3)や孔曲がり防止、穿孔作業中における亀裂層(破碎帯)での孔壁固めに使用する。正しい(直線の)形状の孔を掘ることの重要性はジャミング防止、崩落防止、練り粉排出の助成、装薬作業の簡便化といった大きなメリットがある。



Best rock excavation quality !

図-5 ウォーターインジェクションシステム



写真-3

(2) TIM システム (図-6)

TIM はタムロック・インジェクション・メジャーリングシステムの略であり、一度現場に適した穿孔角のセッティングを行うと、各ブラストホールにおいて

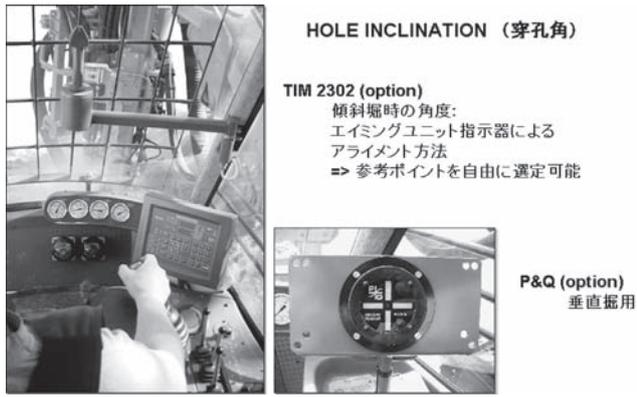


図-6 TIM システム

も再び正確なガイドシールのセッティングを行うことが可能である。これによりブラストホール穿孔作業前のアライメントミス、セッティングミス、アングルミス等を無くし、また、穿孔作業時は逐次穿孔スピードや穿孔長が表示され、オペレーターが状態・状況を把握しやすくなっている。

(3) フラッシングコントロール (図-7)

継続的にフラッシングしながら穿孔を行っている際、突然粘土層などに岩着し、フラッシングホールが詰ってしまうような場合は自動的にフィードがリバースし、ビットの孔詰まりを取ってから再度穿孔作業に入るシステムである。

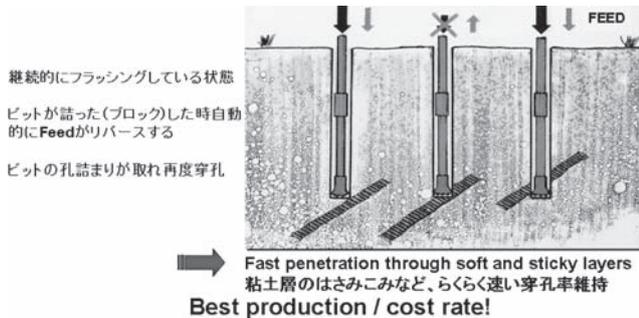


図-7 フラッシングコントロール

(4) ツールの選択 (図-8 ~ 11)

世界で最も優れた Sandvik の特殊鋼 (スウェーデン鋼) を使用したバラエティに富んだ製品群から、現場と使用機種に最適なツール (ビット・ロッド) を選択することが可能である。現在大口径 (102 mm 以上の口径) の穿孔には Sandvik60 (ネジは GT60 という特許ネジを使用) という MF ロッドが世界的にポピュラーになっている。Sandvik60 は断面積で 38%、曲げ応力で 65%、ねじれ応力で 58%、フラッシングホールの面積で 10%、それぞれ T51 のロッドを上回

り、より優れたエネルギー伝達、直進性、フラッシング、ライフ向上が期待できる。余談ではあるが、現在のツールの世界標準となっているロッド・ビットの Tネジ (T38/T46/T551) というネジ形状は Sandvik が開発したネジであり、ツールにおいても MF ロッドの製作特許をはじめ日々技術革新を行っている。

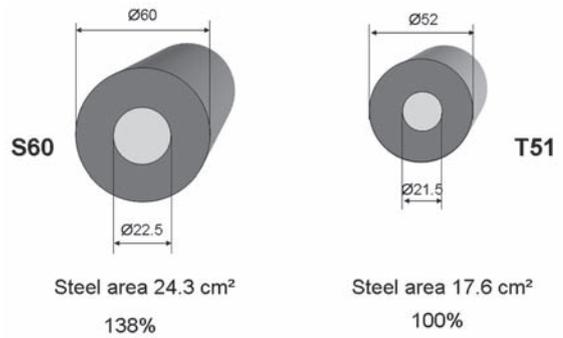


図-8 広い断面積

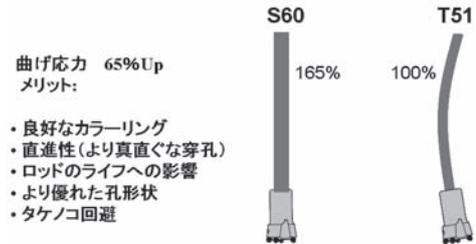


図-9 曲げ応力

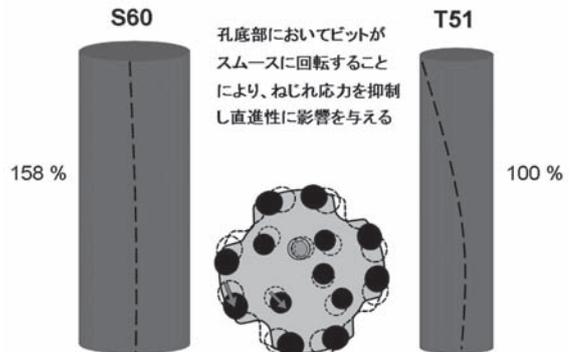


図-10 ねじれ応力

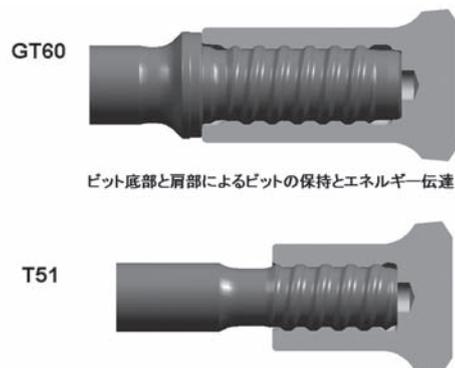
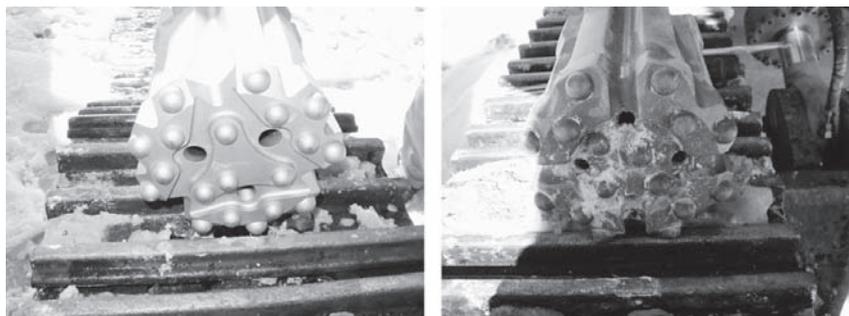


図-11 ビットとロッドのマッチング



写真—4 東谷鉱山使用の2種類の140mmドロップセンターリトラクトビット

6. Sandvik で開発された最新技術

前述した技術に加えて、近年採用され始めている最新技術を3つ紹介する。

まず遠隔情報共有システム（写真—5）がある。ごく最近のトップハンマー式クローラードリルに搭載され始めている機能であり、これにより経営者、監督者、及びオペレーターは現場のデータ共有や報告を場所に関わらずいつでも簡単な指先操作だけで行うことができるようになった。エンジン駆動時間、さく孔メーター、一孔当たりの所要時間などといったさく孔機と作業状況の情報を無線で共有することができる。従って、より素早く正確な作業状況資料を必要なときにいつでも入手することができるのである。このシステムではデータ収集設備として、GPS受信機、インターネット、GSM、GPRS 又は WLAN といった無線技術を搭載している。それによりリアルタイムな状況をコンピュータ、または携帯電話からアクセスして知ることができ、また各穿孔機の位置も危険な現場を見回す必要なくより正確に把握することができようになった。その情報は全て他のシステムに出力可能であり、例えば顧客に資料として電子メールに添付して送信するといったことも可能である。このシステムにより得られる生の正確な情報を分析し、より確実な生産計画やメンテナンススケジュールを立てることが可能に



写真—5 遠隔情報共有システム

なったことで、多くのトラブル、金銭コスト、時間コストを削減でき、生産性の向上につながるのである。

次にノイズガード・マフラーシステム（写真—6）がある。これは主に都市部での土木作業に用いられる穿孔機に有効なシステムといえる。ノイズガード・マフラーはロックドリル用フードと遮音材で構成されており、フードは非常に耐久性の高いプラスチック製、遮音材は小さな穴が無数に開いた薄型アルミニウムプレートでできている。これをブーム部（ドリフター、ドリルロッド、ビットが取り付けられたアーム部分）に装着することで、外部に発する騒音を10dB、キャビン内の騒音を最大8dB抑えることができるようになった。現在では騒音などといった公害に対する規制は年々厳しくなっており、特に居住区、オフィスエリア、病院周辺などといった要望の特に厳しい区域での作業にも対応できる穿孔機の需要は高まってきて



写真—6 ノイズガード・マフラーシステム

いる。そのような状況の中で、このノイズガード・マフラーシステムはそれらの要望に応えるための新しい技術といえるだろう。

三つ目は一孔自動穿孔機能である。例えば同一の山の中の同じ岩質であれば、穿孔位置および穿孔角度を穿孔機が記憶しオペレーターの操作なくして自動的に穿孔を行えるという機能である。これは生産性の観点から見て優れたソリューションといえる。なぜなら、一人のオペレーターが二つの機械をリモコンで同時に操作することが可能になるからである。近く採用される穿孔機用 GPS ナビゲーションシステムと併用すれば、全ての孔をより正確な場所に掘ることが可能になり、発破効率の見通しをより正確にたてることができる。

7. おわりに

以上、大口径穿孔用クローラードリルを中心に、最

新の穿孔技術、ドリルツール、システムを紹介した。これらの最新技術はそれら機械に関わる全ての人々が、快適かつ効率的に業務を行いながら生産性を向上させることを目的として開発された。なお、その技術の導入のメリットを達成するためには、個々のオペレーター、機械管理者の日々の作業における正しい機械利用、メンテナンスが前提である。本報告が砕石、鉱山業務に従事する方々の穿孔機の活用において、何らかの参考になれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

櫻井 弘毅 (さくらい こうき)
 サンドビック マイニング アンド コンストラクション
 ジャパン(株)
 国内営業統括部長



建設機械ポケットブック

<除雪機械編>

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

監修／国土交通省北海道開発局事業振興部機械課

発行／社団法人 日本建設機械化協会

目次

1. 整備点検のあらまし
2. 除雪トラック

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

●パスポートサイズ／87ページ

●平成17年9月発刊

●定 価

1,000円（本体953円）送料250円

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

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

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

ブルドーザの技術動向

迎 野 雅 行

建設機械として歴史も長く馴染み深いブルドーザについて近年市場導入された最新機種を題材に進化を続けているブルドーザの技術動向を紹介する。特にシグマドーザとロックアップ機構付き自動変速機能により大幅な作業量アップと共に大幅な燃費低減を両立した D65EX/PX-16 と D155AX-6、スーパースラントノーズガードにより比類のないブレード前方視界性を実現した D31 ~ D51EX/PX-22 シリーズを中心に、その達成手段について解説する。

キーワード：ブルドーザ，技術動向，スーパースラントノーズガード，シグマドーザ，ロックアップ，自動変速

1. はじめに

近年の社会動向の上からも全ての製品に対し『環境』『安全』に関連する要求が一段と強まっていることは周知の通りである。この情勢を背景に、ブルドーザに於いても排ガス規制対応、エンジン単体での省エネ対応技術の開発はもとより車両全体システムでの燃費効率改善技術の開発を進めてきた。

また一方では誰もが安全にかつ簡単に運転操作でき

るように車体の基本構成から見直しを図り、作業能率そのものを改善させるためのアプローチ、更に建設機械として欠かすことのできない耐久性、整備性、居住性についても粛々と改善を進めてきた。

そこで本稿では、近年市場に導入された最新機種を題材に、表—1 に挙げるテーマに焦点を当てながらブルドーザの技術動向とその成果について紹介する。

表—1 改善のねらいと達成手段

ねらい		着眼点	達成手段	適用機種郡	旧型機状況
燃費効率 向上	作業量の増加	掘削抵抗低減、土こぼれ低減	☆シグマドーザ	中型～大型	セミUブレード
		パワーターン化	☆HSS：Hydrostatic Steering System	中型～大型	トルコン＋クラッチ&ブレーキ
	燃料消費量の 低減	ロス低減	☆ロックアップ機能付き自動変速パワーライン	中型～大型	手動変速トルコンミッション
			☆油圧駆動ファンシステム	小型～大型	エンジン直動ファン
安全性、 作業性 向上	視界性の改善	ブレード前方視界の向上	☆スーパースラントノーズガード	小型	フラットノーズガード
			☆リヤマウントクーリングシステム	小型	フロントマウントクーリングシステム
			☆インシュモータ&ファイナルドライブ	小型	横軸＋車体マウントファイナル
	居住性の改善	車両側方視界の向上	☆ROPS 統合型キャブ	小型～大型	ROPS 分離型キャブ
		乗り心地の改善	☆CDM：Cab Damper Mount	小型～大型	ラバーマウント
	人間工学的操作パターンとノブ形状	☆PCCS: Palm Command Control System	小型～大型	棒状ノブ	
走行／旋回性 能の改善	パワーターン化、無段変速化	電子制御 HST: Hydro Static Transmission	小型	ハイドロシフト＋クラッチ&ブレーキ	
	パワーターン化	HSS：Hydrostatic Steering System	中型～大型	トルコン＋クラッチ&ブレーキ	
整備性 向上	冷却コア清掃 容易化	ファン逆転によるフィン目詰まり清掃	油圧駆動ファンシステム	小型～大型	エンジン直動ファン
		冷却ユニットへのアクセスの容易化	☆スイングアップファンシステム	小型	位置固定ファン
	車両状態把握 の容易化	車両情報の集中管理と制御	☆マルチモニタシステム	中型～大型	ゲージ式
車両集中管理、遠隔管理		KOMTRAX	小型～大型	該当方法なし	
耐久性 向上	足回りの寿命 向上	クリティカル部品の寿命向上	☆PLUS：ロータリブシュ	中型	固定ブシュ
		ガタ低減によるショック、磨耗低減	☆隙間自動調整式アイドラサポート	中型	隙間調整機構なし

2. 改善のねらいと達成手段

表—1 に改善のねらいと最新機種での達成手段、及び旧型機状況を対比させることで簡単な技術変遷を示す。そして本稿では本表の各達成手段（☆印）についての技術的概要を解説する。

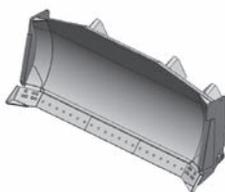
(1) シグマドーザ

ブレードの前面形状の見直しにより掘削抵抗を大幅に低減させ同じ燃料消費量で押土作業量を 15% 増大（旧型機セミ U ブレード比）できるブレードである。

図—1、図—2 に両ブレードの概観を示す。



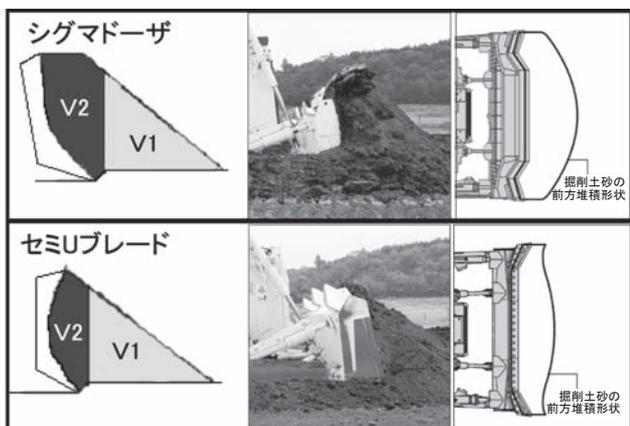
図—1 シグマドーザ



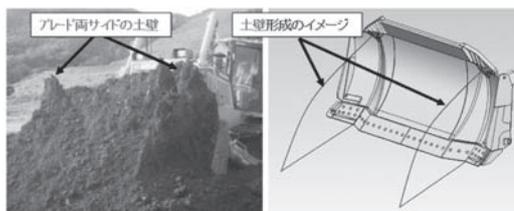
図—2 セミUブレード

本技術の特長は①新規に考案された凸型の刃先形状により車体推進力をブレード中央部に集中させ掘削中の抵抗を減少②ブレードを後傾させ土砂を抱え込むことで運土中の抵抗を減少させたことにある。図—3 にその解説を示す。掘削された土砂を運ぶ際、車体を受ける抵抗は地上と接した土砂堆積（V1）に比例するのでブレード内で保持する量（V2）を増すことにより抵抗を増加させることなく運土量を増大させることが可能となる。

次に図—4 に示すように、この独特な刃先形状によりブレード両側に土壁を形成、それにより土こぼれを減少させブレード中央部に土砂を保持しながら運土することを可能にしている。



図—3 シグマドーザの特長 1



図—4 シグマドーザの特長 2

(2) ロックアップ機構付自動変速パワーライン+HSS

本技術は、動力伝達系のパワーロス低減のため、トルクフローミッションにロックアップ機構を搭載、更にロックアップ状態であってもクラッチ係合制御とエンジン出力制御により自動変速を可能にし、燃料消費量 10% 低減（旧型機比）を達成した技術である。

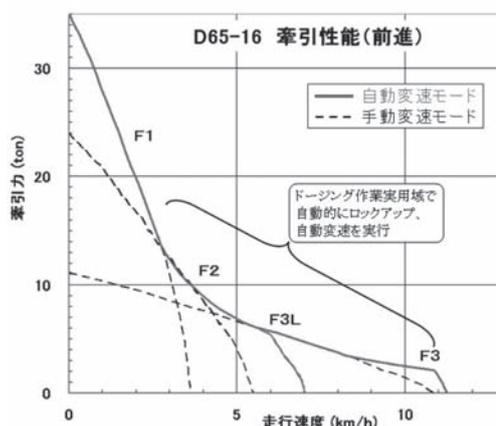
図—5 に代表機種の走行牽引性能線図を示す。線図が表すように自動変速域の牽引カーブを滑らかに接続し燃費低減のみならず自動変速時の変速ショックも大幅に軽減させている。また旧型機では横軸に配備された操向用クラッチを切り、更にブレーキを作動させることで旋回（操向）を行っていたが、最新機種ではクラッチを廃止、その代わりに遊星式差動装置を油圧モータで作動させる HSS（Hydrostatic Steering System）を搭載し旋回性能、旋回操作性を大幅に改善している。図—6 にそのパワートレーンの模式図を示す。

これらの技術の組合せにより合計 25% の燃費効率の改善を可能としている（図—7 参照）。

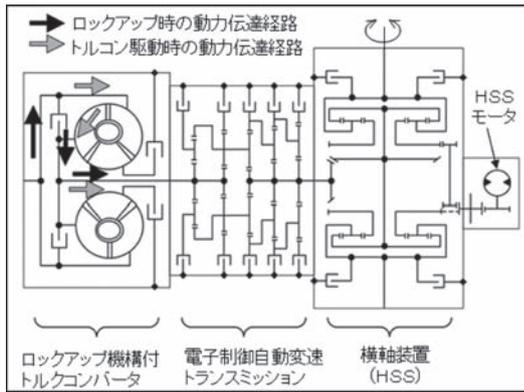
(3) 油圧駆動ファンシステム

本技術は、実作業時のファン騒音低減とロス馬力低減を目的に開発したもので、従来のエンジン直動式ファンをエンジンから分離し油圧駆動化したものである。

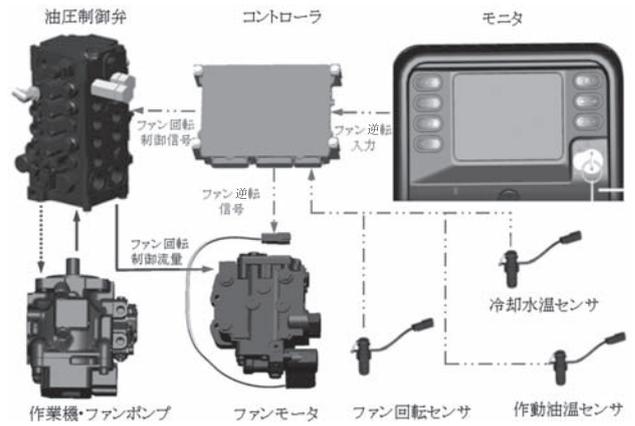
そのシステム系統図を図—8 に示す。従来、ファ



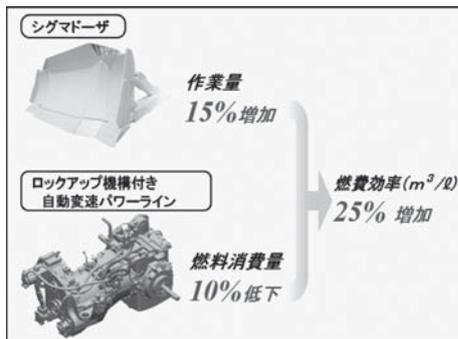
図—5 D65-16 走行牽引性能線図



図一六 ロックアップ機構付自動変速パワーライン



図一八 電子制御油圧駆動ファンシステム



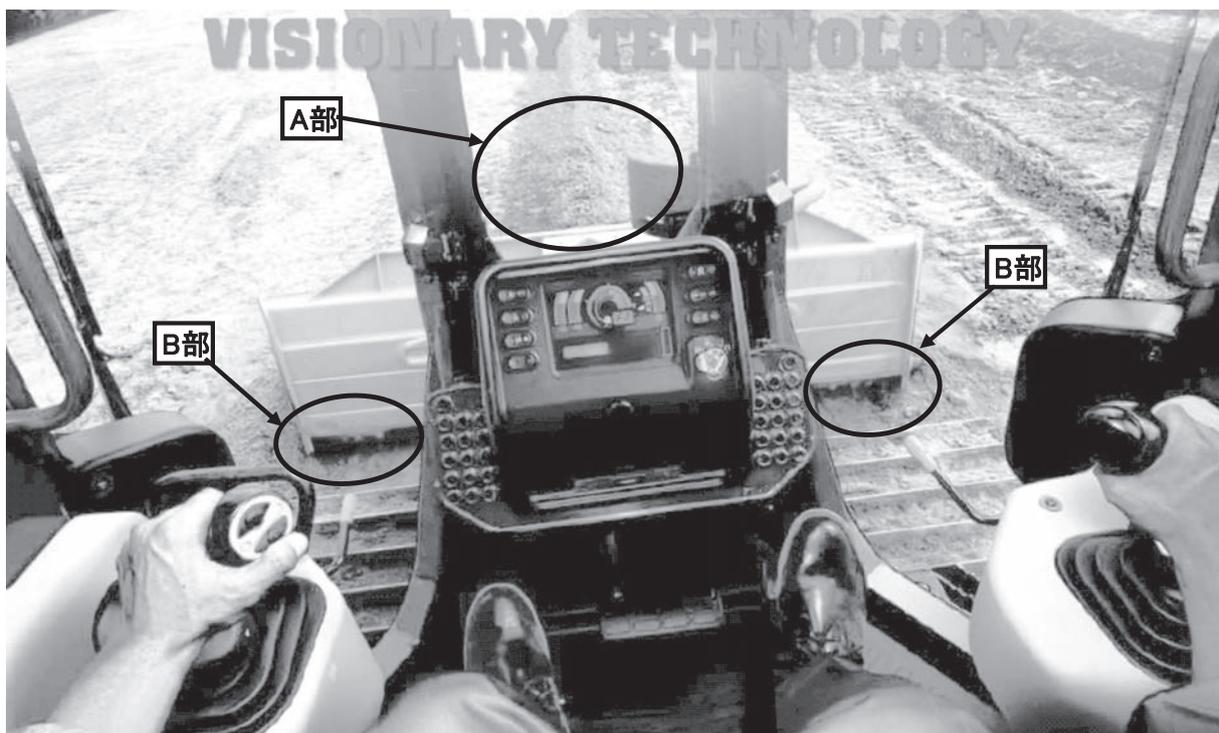
図一七 燃費効率改善結果

転を抑制できるため燃費・騒音低減に効果を発揮する。更にバルブ切り替え信号により簡単にファンモータを逆回転させ冷却コアのフィン間に詰まった塵を吹き出し、コア清掃を容易化する機能も付加している。

(4) スーパースラントノーズガードとリヤマウントクーリングシステム

本技術は、ブレード前方視界を格段に向上し、特に狭い現場で稼働する小型ブルドーザの接近作業性、整地作業性を向上させたものである。図一九にその達成状況を示す。従来のブルドーザの運転席からは全く見えなかったブレード上端とその前方の土壌状態（A部）を視認可能にしている。また、ブレード刃先の接

ン回転はエンジン回転のみに依存し気温や車両の負荷状態（冷却水温、作動油温）とは無関係に駆動され、不必要に高速回転させていた。本システムは、水温や油温に応じて最適にファン回転を制御し無駄な高速回



図一九 運転席からのブレード前方視界 (D51PX-22)

地面と接地幅の可視可能域も同時に増加させている(B部)。この結果、刻々と変化する車体挙動やブレード接地状態、現場環境等、オペレータにとって不可欠な情報のフィードバックを容易にし作業性を向上させている。

図-10に示すように、この視界性確保の達成手段はノーズガード(エンジンフード)のスーパーズラント化であり、それを可能とした技術がリヤマウントクーリングシステムである。従来のブルドーザ前方にはエンジンと共に冷却ユニット(ラジエータ、オイルクーラ、ファン)が鎮座しブレード上端の可視化には、その高さを半減しない限り達成できえないハードルの高い技術テーマであったが、(3)項で紹介した油圧駆動ファンシステムを応用し冷却ユニットを車体後方に配置するリヤマウントクーリングシステムと後述するインシュモータ&ファイナルドライブシステムを開発することで実現している。図-11にその機器の配置イメージ図を示す。

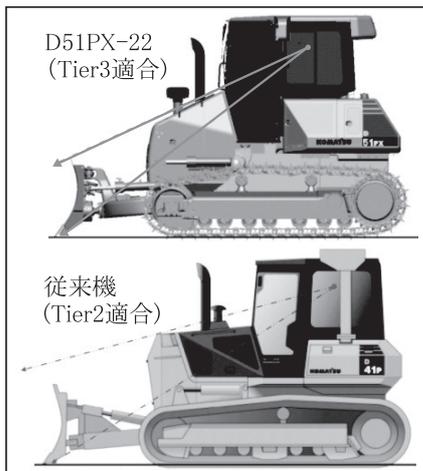


図-10 車両側面形状比較

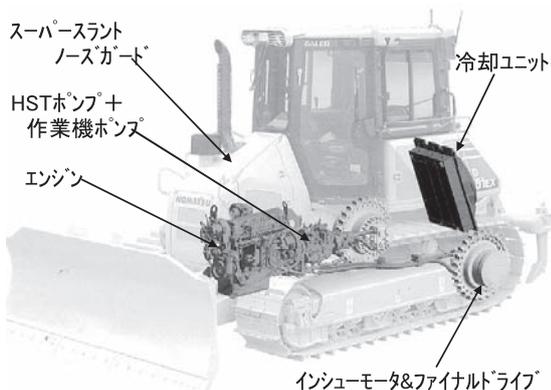


図-11 機器車載透視図

(5) インシュモータ&ファイナルドライブシステム

前述したように冷却ユニットを車体後方に配置するにはその配置スペースの有ることが条件だが、従来のブルドーザは横軸装置を内蔵するSケースによって占有されており冷却ユニット用の配置スペースは皆無である。そこで、パワーラインには横軸装置が不要なHST(Hydro-Static Transmission)を採用、且つHSTモータとファイナルドライブをコンパクトに結合させたインシュモータ&ファイナルドライブを開発する事でその配置スペースを確保している。図-12に従来機と新型機の車体構成比較を示す。

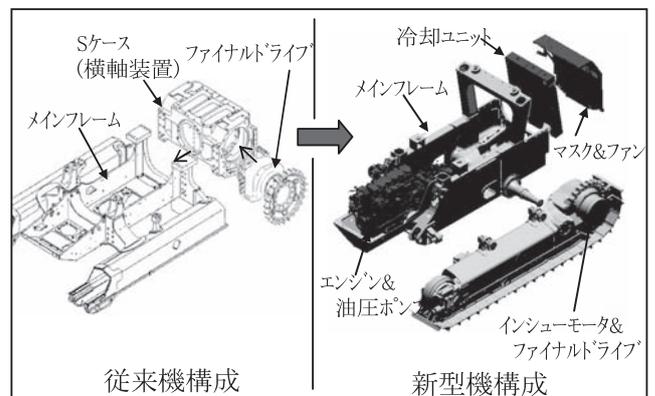


図-12 車両構成比較

(6) ROPS 統合型キャブ

本技術は、従来、キャブと分離されていたROPS機能をキャブ本体支柱に統合することで車体側方視界の大幅改善と居住空間の拡大を図ったものである。図-13に従来機との構成比較図を示す。

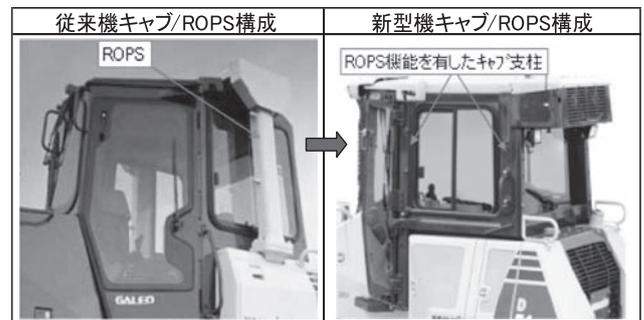


図-13 キャブ構成比較図

(7) CDM (Cab Damper Mount)

本技術は、スプリングとラバーによるショック低減機能とシリコンオイルによる振動減衰機能を1個のカートリッジに統合した物で、従来のラバーマウントに対して大幅に乗り心地を改善している。図-14に

キャブ構成と CDM 配置図を示す。

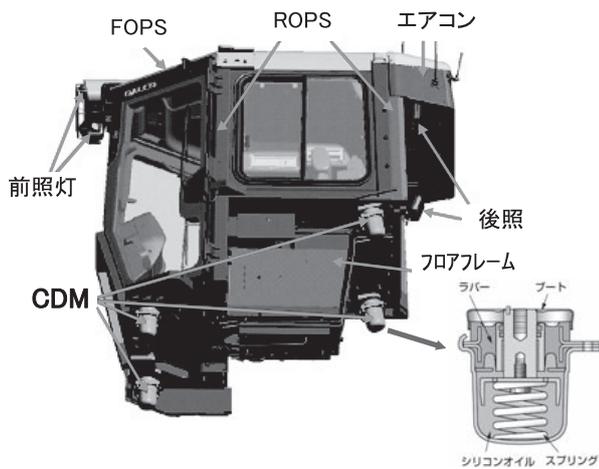


図-14 キャブ構成と CDM

(8) PCCS (Palm Command Control System)

本技術は、人間工学的見地からアプローチし、ブルドーザを運転（走行・作業機操作）する場合に最適なノブ形状と操作パターンを両立させた物であり、国内標準操作パターンにも適合している。図-15のレバー機能図が示すように、車両・作業機の動きとレバー操作方向が合致し、レバーを握り替える事なく車速設定も可能としている。

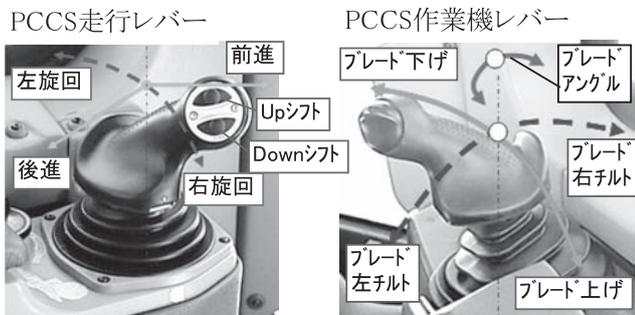


図-15 PCCS レバー機能

(9) スイングアップファンシステム

本技術は、前述した油圧駆動ファンのリモート化技術のメリットを更に活用し、リヤマスクとファンと一緒にスイングアップ（跳ね上げ）し、従来のブルドーザでは容易でなかった冷却コアへのアクセス性を向上、整備性の大幅な改善を実現したものである。（図-16 参照）

(10) マルチモニタシステム

17 インチ液晶カラーモニタにより車体情報を見やすくタイムリーに表示するシステムであり燃料残量、

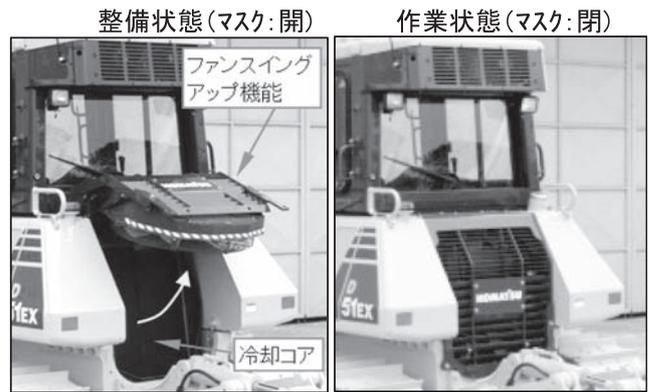


図-16 スイングアップファン機能

油水温情報はもとよりメンテナンス時期、車体異常の警告等を自動的にオペレータに知らせる故障診断機能を備え更に、運転状況をモニタし、燃料消費効率の良い運転状態を教えてくれる「エコゲージ」機能も備えている。図-17 にその表示例の一部を紹介する。

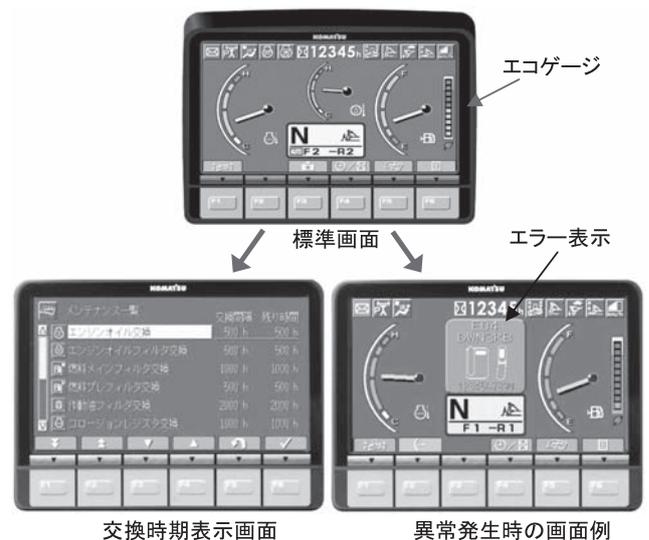


図-17 マルチモニタシステム

(11) PLUS : Parallel Link Undercarriage System

本技術は、足回り部品の寿命限界となっていたトラックブシュ及びsprocket刃先の磨耗寿命改善のために開発されたものでトラックリンクを平行化し従来、回転固定であったトラックブシュを回転可能な構造（ロータリブシュ化）にしたものである。この結果ブシュとsprocket刃先間で発生していた噛み合いによるスベリ摩耗が大幅減少し（稼働地域での差はあるが）旧型トラックリンクに対し約2倍の寿命延長を可能にしている。図-18 にその構造図を示す。

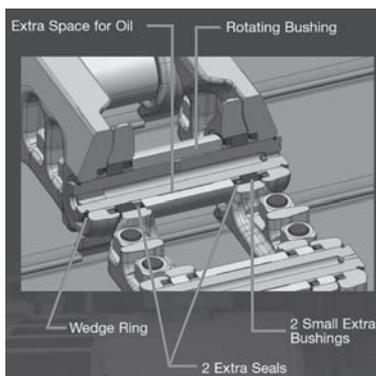


図-18 PLUS (ロータリブシュ)

(12) 隙間自動調整式アイドラサポート

本技術は、トラックフレーム前方に設置するアイドラサポート部にアイドラを支えるリフトスプリングを埋込み、スプリングでアイドラを保持するようにしたもので隙間自動調整機能による摺動板の大幅な摩耗寿命改善と整備性改善、更にガタ抑制による乗り心地の改善に効果を与えている。図-19 にその構造図を示す。

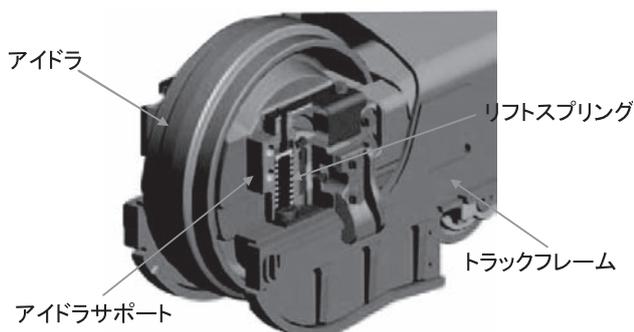


図-19 自動隙間調整式アイドラサポート

3. 最新機種群の紹介

最後に今回の技術動向を表す題材として取り上げた最新機種の一部を図-20 に紹介する。

4. おわりに

本稿ではブルドーザの最新機種を題材にその進化を支えている技術を簡単に紹介したが、技術動向を一口で言えば『環境対応』『安全対応』『IT 対応』に舵が

D31PX-22

エンジン出力: 59.6KW
 運転整備重量: 8550kg



D51PX-22

エンジン出力: 99KW
 運転整備重量: 13100kg



D65EX-16

エンジン出力: 153KW
 運転整備重量: 19510kg



図-20 最新機種例

向けられていると言える。そして、建設機械が人と地球のインターフェースであり続ける限り、これらのテーマは今後更に重要な地位を占め、その改善のための様々な技術進化が醸成されるものと確信する。

JCMIA

【筆者紹介】

迎野 雅行 (むかいの まさゆき)
 コマツ
 開発本部 建機第一開発センタ
 小型開発 Gr.
 GM



掘削機の変遷と技術動向

三 柳 直 毅

掘削機械の代表とも言える油圧ショベルは、約60年前に誕生し、その後いろいろな種類の建設機械の中で最も市場の成長が大きく、ミニクラスも合わせると、全世界の需要台数の約半分を占めるまでに成長している。この成長の背景には、都市化率の上昇があると考えられる。都市化率は先進国以上に新興国で上昇中であり、人口が集中する都市部では多種多様な作業が要求され、汎用製のあるショベルがそれらの工事を広くカバーできたためと考えられる。本編では、油圧ショベルを中心とした掘削機の変遷と最新の技術動向について触れる。

キーワード：機械式ショベル、油圧ショベル、変遷、作業性能、操作性、安全

1. はじめに

建設機械は、本来、ある作業を機械に置き換えて作業能率を向上させるために開発されてきた。掘削機械の場合は、名前のおと「掘る」作業が目標である。この中で代表格とも言える油圧ショベルは、他の建設機械がある作業に限定されているのに対し、動作の自由度の高さから開発当初の「掘る」目的以外の用途にも拡大され、図-1¹⁾に示す国内の生産高に見られるように伸び率が最も大きくなる要因となっている。本稿では、特にショベルを中心に、前半に主要部分の変遷を、後半は最新の機械を中心とした技術動向について触れる。

2. 機械式及び油圧ショベルの誕生

(1) 機械式ショベルの誕生

ショベルの誕生は1838年と言われている²⁾。動力源は蒸気、フロントはロープで動作し、足回りは車輪である。このタイプは時代につれて大型化すると共に、足回りも接地圧の低い無限軌道のクローラ式(1912年)となり、大正時代に導入された台湾の烏山頭ダムの施工では1回で2m³をすくい上げている³⁾。1903年には動力源として電気式、1914年にはエンジン式が登場したが、国産はそれぞれ1931年神戸製鋼50K(1.5m³)、1949年日立U05(0.5m³)と遅れている。フロント動作はワイヤロープ式でクレーン、クラムシェ

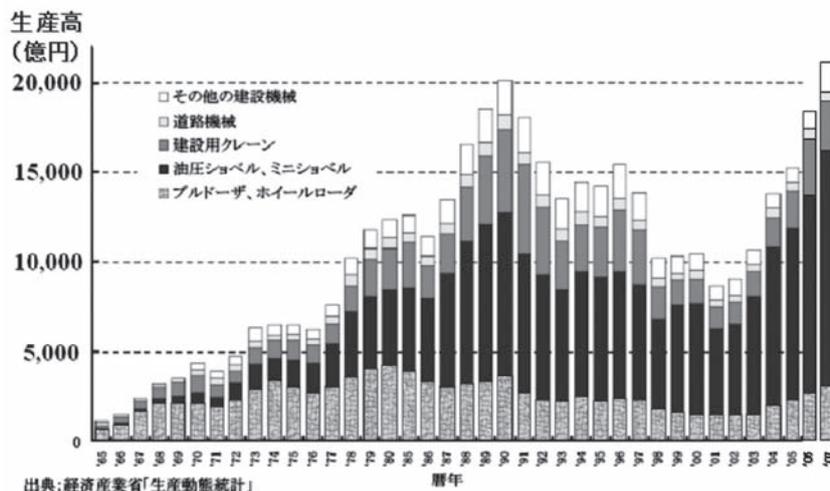


図-1 建設機械の国内生産高の推移

ル、ドラグライン以外にも図-2に示すショベルタイプ、バックホウタイプが多く使われていたようである。クレーンを除くと基本的に「掘る」ための形態であり、初期段階から目的に合わせた汎用性を持っている。

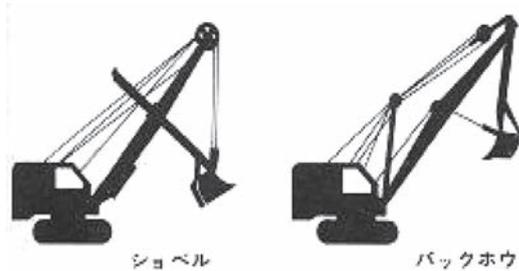


図-2 機械式ショベルのフロントタイプ

(2) 油圧ショベルの誕生

油圧ショベルは1948年にCarlo & Mario Bruneriによって初めて開発された²⁾。国産は1961年シカム社から技術導入した新三菱重工製、純国産は図-3に示す1965年日立製が最初となる。図-1に示す生産統計とも重なる時期である。この登場以来、機械式に比べ、油圧ショベルは操作が簡単で正確な掘削が可能であることから急速に置き換わっていった。ちなみに、筆者も機械式、油圧ショベルの両方を操作した経験があるが、油圧ショベルから始めたことから機械式はとても使えたものではなかった。当時まだ稼働中の機械式を使いこなしている方々に敬意を表した記憶がある。



図-3 機械式(左)及び油圧(右)ショベル1号機

3. 油圧ショベルの変遷

(1) 油圧ショベル初号機

1968年には、バケット容量を基準にすると、現在主流となっている20tクラスの先祖とも言える16.4tのショベルが発売された(図-4)。

このクラスの初代(UH06)の仕様を見ると、図-5に示すように、すでにフロント動作の複合性を確保



図-4 初代の20tクラス油圧ショベル

した2ポンプ2バルブ式を採用している。この機械では当初より可変容量型の油圧ポンプを採用しており、操作レバーの操作量に応じてポンプの吐出量を変化させる外部コンペン制御も備えていた。ブームも2ポンプ合流式で、普通の掘削ではサイクルタイムも18~25秒とカタログに記載されており、現在の性能と比較しても侮れない速さを持っている。

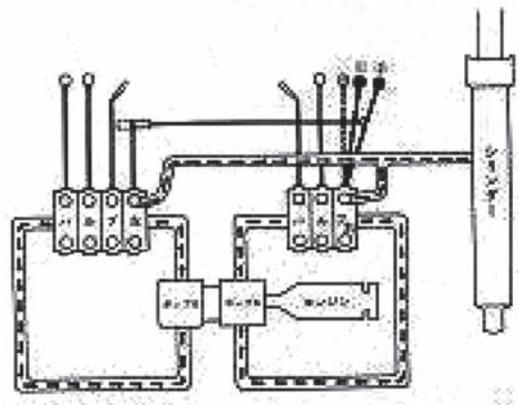


図-5 2ポンプ2バルブシステム

以下、20tクラスを対象に初代と比較しながら、特に変化が大きい部分を対象として変遷を述べる。

(2) 動力源の変遷

図-6にエンジン馬力及び油圧の変遷を示す。初代85PS、175kgf/cm²に対し、油圧が先行しながら最新の仕様166PS、370kgf/cm²とそれぞれ約2倍に増加している。

これらの仕様値は掘削力、旋回力、走行力、あるいは作業速度といった作業の生産性に直接関わるもので、前述したように初代の遜色ないサイクルタイムを見ると、むしろ掘削力等の性能向上の方に大きく寄与しているようである。

このような作業性能面の向上は、燃費の向上或いは同等の車格で掘削力などの力を伝達する構造物にとっては厳しい方向に作用することになる。これに対応する油圧システム、構造物の信頼性、モノづくり品質などがメーカ各社の隠れた競争部分になっているとも言える。

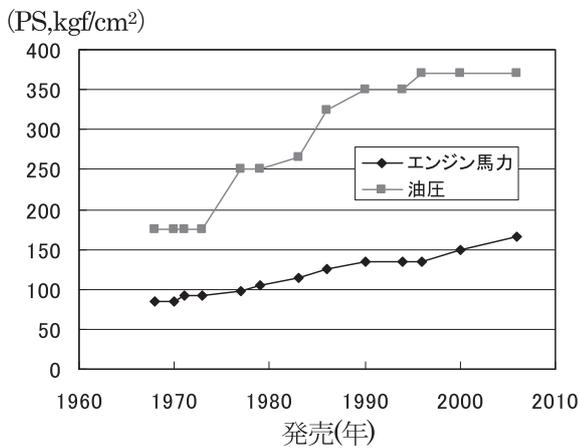


図-6 エンジン馬力と油圧の推移

(3) 足回りの変遷

足回りはショベル式と呼ばれ、今でもクレーンで採用されているトラックリンクのないタイプである。足回りは、図-7に示すように、旋回輪下のトラックフレーム内に備えられた走行モータよりチェーンを介して駆動される。チェーンの伸び等を調整できるように sprocket の位置を大きなネジで調整できるようになっている。その後、表-1に示すように、走行駆動方式はチェーン式からダイレクト駆動式へ、またシュー幅内にモータ及び減速機が納まるように変化している。

(4) 操作レバーの変遷

キャブは今から見ると非常に狭いが、それでも当時のカタログでは、広々としたキャブ内スペースとうたっている。初代の操作レバーは6本で床から立ち上がっている。当時の操作レバーは油圧のコントロール

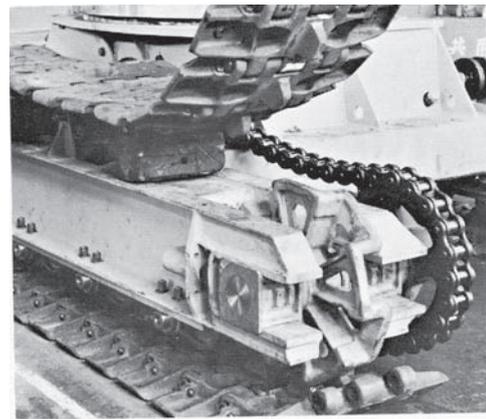


図-7 20tクラス初代の足回り

バルブスプールをロッドやリンクを介して直接操作する直引き式で、走行用が2本、フロント・旋回用が4本のレバーで操作するものである。掘削時は4本のレバーを同時に操作する必要があり、最外側のブーム・旋回は手で、内側のアーム・バケットはレバー根元にあるペダルを足で操作し複合動作を行っていた。その後、表-2に示すように、1本のレバーに前後と左右の2方向操作を割付け、足を使わずに操作が可能な方式、さらにレバーの位置をシートの前側からシートサイドへ移し楽な姿勢で操作可能なアームレスト式へと変遷してきている。

機構的にも前述の直引き式から油圧パイロットバルブを使う油圧パイロット式と変わってきている。操作レバーはオペレータが直接接触するところであり、操作性の評価、オペレータの疲労や好みにも直接関係するところであり各メーカとも苦勞していると思われるが、操作性とのバランスをとりながら、レバーのストロークをより短く、操作力を軽くする方向で変遷してきている。

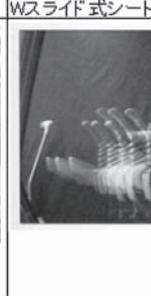
4. 最近の技術動向

前章では初期の油圧ショベルに対して、特に変化の大きい部分をトピックとして取り上げたが、最近の

表-1 足回りの変遷

チェーン駆動式	初期ダイレクトドライブ	中期ダイレクトドライブ	初期シューイン	現在シューインタイプ
チェーン駆動式、ショベル式のシュー	油圧モータのダイレクトドライブだが、減速機が大きくでっぼている	減速機や走行モータが邪魔にならないようにレイアウトされている	シュー幅内にモータと減速機が納められている。配管はフレームの外側	最近では配管をフレーム内に通している。モータは2速タイプが多い。

表一 2 操作レバーの変遷

4本レバー	床立ち2本レバー	スタンド2本レバー	アームレスト式	Wスライド式シート
				
両手と両足で4本のレバーを操作する4本レバー式。レバー方向は前後のみ。	1本のレバーに前後・左右の2操作方向を割付。床立ちなのでストロークは大きい。	スタンド式でレバーが短く、ストロークも小さくなった。	安全性のため、ゲートロックがそなわるようになった。これ以降大部分がパイロット式。	操作レバーに対しシートが前後して体型に合わせられるほか、レバー・シート全体がスライドし、オペレータの前後方向位置を調整できるようになった。

改良は、基本的な掘削、走行、操作といった生産性に深く関わるもの以外に、居住性、安全性、メンテナンス性、環境対応と多岐に亘っている。本章では、最近の技術動向を中心に述べる。

(1) 生産性

「掘る」機械の使命とも言える生産性の向上のためにエンジン出力はモデルチェンジごとに継続して増加しているが、一方で低燃費、排ガス規制の対応など相反する要求にも応える方向にある。

燃費向上に関しては、作業量重視か燃費重視かでエンジンおよび油圧システムの制御により作業モードを切り換えられるようになってきたが、更に燃費重視でもエンジン回転・トルクの最適制御で作業量を確保する技術が搭載されてきている。

また、図一 8、図一 9 に示すように、燃料を高圧化して各インジェクタに均一に供給するコモンレール式燃料噴射システム、及び一度燃焼させた排出ガスの一部を吸入空気と混合して再燃焼させるクールド EGR システムなど、高出力化と排ガス規制を両立させたエンジンも搭載され始めている。今後も排ガス規制は強化される方向にあり、後処理装置の開発と共に電動化に向けた開発も活発である。

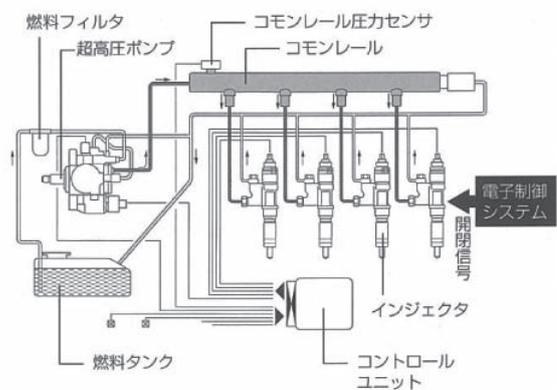
一方、油圧回路の改良によって生産性を上げる工夫も行われている。例えば、シリンダの戻り側の油を作動油タンクに戻さずに直接シリンダの反対側に戻すことで、シリンダ速度を速める「再生機構」の採用も増えてきており、軽負荷時の作業スピードを早めたり、水平引き時の複合性を向上させ、生産性を上げることに貢献している。図一 10 は最新の一例で、アーム引き動作、及びアームとブーム下げ複合時にそれぞれスピードアップが図られている。

また、掘削以外のアプリケーションの拡大にも対応

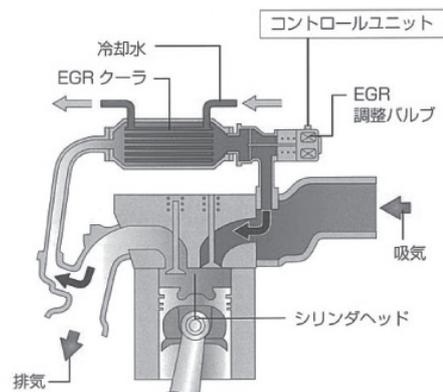
すべく、

- ・ プレーカ等のアタッチメント作業モードを選択できるようにし、最適な油圧システムで生産性を高める、
- ・ 一時的にリリースセット圧力を上げて掘削力を増加させるパワーディギング、
- ・ 矢板引抜作業等で負荷の大きい時自動的にリフト力をアップするオートパワーリフト、

といった個別の作業に対する生産性向上のための機能も付加されている。



図一 8 コモンレール式燃料噴射システム



図一 9 クールド EGR システム

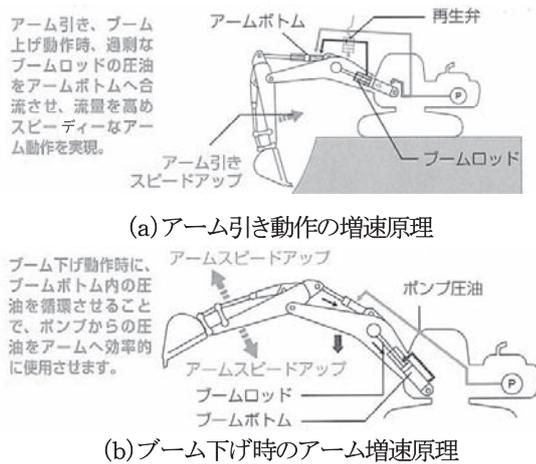


図-10 フロント動作増速原理の例

(2) 耐久性・信頼性

3. (2) で述べたように、世代と共に掘削力等が増加し、機械に作用する力も増加している。これに対応するため、各社過去の機械情報や応力解析、実機測定といった情報から構造物の改善を行ってきている。特にここ数年ではCAD及び解析技術の進歩により、コンピュータ上での事前検証が可能になり、単に板厚を上げるのではなく、よりスリムにより機能的に構造物を構成し、結果として作業中に無駄な燃料消費を少なくし、生産性向上に役立っている。

また、耐久性の面では、メンテナンスインターバルの延長を目指して、例えば、力を伝達する接触面も進化している。図-11はその一例で、タングステンカーバイド(WC)溶射の有無による、アーム先端ボス部の耐久試験結果を示す。溶射を施したものは、1,000時間無給脂にもかかわらず傷がないのに対し、溶射がないと、300時間ですでに傷が多数付いてしまうのがわかる。これ以外にプッシュなども、他の部位のメンテナンスサイクルと同等の長寿命化が図られている。

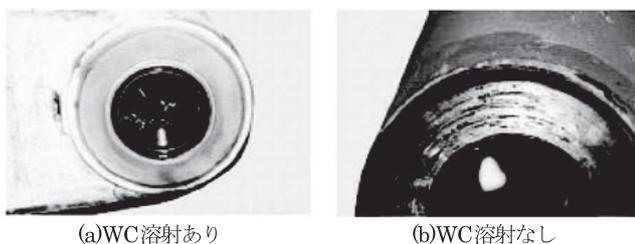


図-11 ボス部の耐久試験結果の一例

(3) 居住性・操作性

キャブは、ここ数年幅1mを超える広い空間を備え、快適性と一方で安全性も向上させている。

居住性に関しては、キャブ全体を液封式防振ゴムで

支えることでオペレータへの振動及び騒音を極力抑えて、運転が長時間に及んでも疲労することが少ないように設計されている。

また、各社モデルチェンジと共に、エアコンのオプション採用から標準化へ、次に冷暖房能力の大幅向上、更にはバイレベルフルオートエアコンの採用と進化してきた。図-12にバイレベルフルオートエアコンにおける風の流れの例を示す。従来の自動的に温度管理する機能に加え、室内、室外の温度条件により複数個の噴出し口から最適な噴出し口を自動的に選択する機能を持っている。加えて外気導入型のエアコンとし、加圧キャブ化することで密閉性を上げ、キャブ内騒音低減及びほこりの進入を防ぐ工夫がされている。エアコン仕様においては、前面に配置されたダクトが直接オペレータに暖冷気を吹付けることができると共に前窓のデフロスタとしても使え、居住性の向上に貢献している。

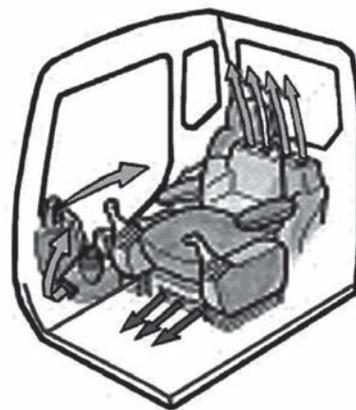


図-12 エアコンの風の流れ

本来のキャブの機能である視認性に関しても、図-13に示すように強度向上と両立させながらガラス面積を増やし、作業性、操作時の安全性確保に寄与している。

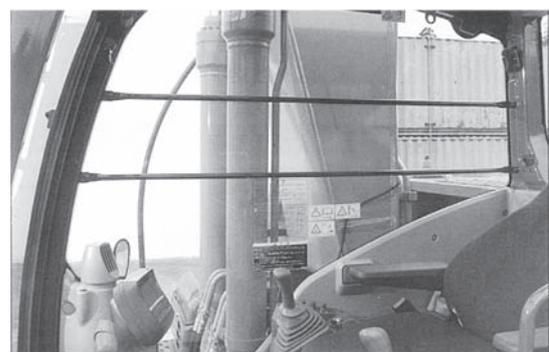


図-13 キャブからの視認性向上の例

(4) 安全性

油圧ショベルが使用される土木・建設業においては、労働災害の撲滅が非常に大きな課題である。こうした要望に対し、車体側にも様々な機能が付加されている。

例えばシートベルトに関しては、ここ10年くらいの間にオプションから標準装備となり、また不慮の事態で車体に閉じ込められた場合に窓ガラスを割り脱出するためのハンマー、あるいは窓枠取り外し機能といったものが装備された。

また、図一14に示すように、後方監視カメラとモニタを備え、走行時のレバー操作によって自動的に画面が切り替わる、などの機能が搭載され、音による作業への警報とオペレータによる周囲作業員の視覚的確認の両面から安全性を確保できるようになってきている。



図一14 後方監視カメラ (左) とモニタ (右)

前述した快適性と視認性を向上させつつ、強度を持たせたキャブの採用も安全性を重視した結果としての付加機能である。

図一15はJCMAS（日本建設機械化協会規格）が規定し最近ISO化された、転倒に対する安全基準（ROPS, Roll Over Protective Structure）に対応したキャブ構造の一例である。ここでも実際に転倒したときのキャブの変形がシミュレーションにより再現され、これらの事前検証技術が、変形を抑えオペレータを保護するための構造に寄与している。



図一15 ROPS 対応キャブ構造

(5) アプリケーション対応

かつては標準仕様に対し、せいぜい足回りの長いLC（ロングクローラ）仕様しかなかったが、顧客ニーズに応じて重掘削仕様、解体仕様といった用途別仕様機が準備されるようになってきた。また、自動掘削或いは掘削のモニタリングを行える情報化施工に対応した機種も品揃えされている。更にここ数年では、法令で定める構造と安全装置を装備し、日本クレーン協会規格に合致した小型移動式クレーン（MLクレーン）仕様機の普及率が急速に高まっている。労働災害撲滅の見地からも今後の普及が見込まれる。旋回半径を小さくし、衝突や挟まれ事故をなくすことに貢献する小旋回型機、超小旋回型機、後方小旋回型機の台頭も、最近の傾向である。従来あったブレーカや破碎機といったアタッチメント対応は、こうした機能をより付け易くしたベースマシンの開発といった結果を導いているが、更に様々な専用機の開発も、このところ各社で盛んに行われている。

5. おわりに

代表的な技術動向を取り上げたが、建設機械メーカーが進めているサービス対応を中心とした情報系（例えばKOMTRAX, e-Service）、あるいは情報化施工など取り上げられなかった動向も多い。また、1990年頃には日本での稼働が最も多かったが、ここに来て、BRICsなどの新興国を含め、よりグローバルに稼働台数とエリアが拡大し、その分その国々独自の要求も加わり、油圧ショベルに対する要求・課題は更に多岐に亘ってきている。昨年の後半から急激に需要が減ってはいるものの、油圧ショベルは更に需要が拡大する機械であり、今後もグローバルな要求に応えるべく進化し続けていくと信じている。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 建設機械工業会まとめ
- 2) 岡本、建設機械の歴史、建設の施工企画、'08.1
- 3) 日本建設機械化協会編、日本建設機械要覧2007、p7

【筆者紹介】

三柳 直毅（みやなぎ なおき）
日立建機株
事業戦略室
室長



土工事における運搬機の動向

山本茂太

土工事における土砂や岩の運搬方法には、公道を走行する10t積みダンプトラックや場内専用の重ダンプトラックなど運搬機による方法と、ベルトコンベアによる連続的な方法など様々な施工法がある。特に場内専用の重ダンプトラックにおいては従来のスクレーパやリジッドダンプトラックに加え、悪路走行に強いアーティキュレートダンプトラックや不整地運搬車も普及してきている。本稿では場内専用の運搬機に焦点を絞り、その種類や特徴について紹介する。

キーワード：運搬機、リジッドダンプトラック、スクレーパ、アーティキュレートダンプトラック

1. はじめに

掘削、運搬、敷き均し、転圧といった土工事における一連のプロセスの中で、運搬作業に従事する建設機械は移動距離が長い場合最も多くの台数を占め、またそのサイクルタイムが工事全体の中で占める割合も大きなことが多い。つまり運搬機の作業量の多寡が、工事全体の作業量を決定付ける最も大きな要素となる。

土工事を計画する場合、運搬作業においては下記の点を考慮する必要がある。

1. できる限り最短距離で運搬する
2. できる限り最少回数で運搬する
3. 最少量のエネルギーで最大量の土砂を運搬する
4. 土質や気象条件に対して最適な運搬機を選定する
5. 最大の投資効果を実現する運搬機を選定する

現場に適合した運搬機を選定は、上記の目的を達成することにおいて第一ステップとなる。選定に当たっては、工事の初期段階のみではなく、工事が進捗した段階も見据えて運搬機を選定する必要がある。

また昨今では工事における二酸化炭素排出量の低減が求められており、運搬作業においては上記目的を実現することがますます重要となってきている。

2. 運搬機の種類と選定

(1) 運搬機の種類

現在、土工事でよく用いられている運搬機には、次のような機種がある。

①ブルドーザ

②ホイールローダ（ロード&キャリアー）

③スクレーパ

④アーティキュレートダンプトラック

⑤リジッドダンプトラック

①～③においては、単一の建設機械で運搬だけではなく、土砂の掘削、積込、運搬、敷均といった一連の作業を完結できる。①と②は、本来運搬用の建設機械ではないため、短距離での運搬に用いられるが、③のうちモータスクレーパ（自走式スクレーパ）は比較的高速で長距離の運搬も可能である。

④と⑤は運搬のみを行い、それらへの積み込みを行う油圧ショベルやホイールローダといった積込機、土砂を降ろした後、敷き均しを行うブルドーザなどの補助機械が必要となる。⑤は公道を走行する10t積みダンプトラックと機構が同じであるが、④は車体が屈折する構造となっており、軟弱地や狭隘地の走行に威力を発揮する特殊な車両である。

(2) 運搬機を選定方法

前項で紹介した運搬機を選定に当たっては、それぞれ運搬対象物の物性や運搬距離を考慮する必要がある。表1、図1に各運搬機の運搬距離に対する適性と現場適用条件を示す。

3. 運搬機の特徴

前述した運搬機の中で、土工事において多く活用されているスクレーパ、アーティキュレートダンプトラック、リジッドダンプトラックの3機種について、

表-1 各機種の現場適用条件

	適用範囲と特徴	勾配	備考
ブルドーザ (ブル押し工法)	幅広い対象物と地盤の状態に対応でき、高い機動力がある 単機で作業が可能 専用走路は不要であり、掘削場所、押土場所が変化しても自由に対応可能	最適な勾配は下り 20 ~ 25%	オペレータの技能と運搬距離に左右される短い下り坂アプリケーションで理想的
ホイールローダ (ロードアンド キャリ工法)	ストックパイルや良く発破された対象物 ある程度整備された運搬走路が必要 掘削場所と放出場所が一定した方が効率的 地盤も良好なことが条件となる	通常、勾配は 10% まで	負荷と走行距離 (TKPH) が重要となる
スクレーパ	シングルエンジンタイプは長距離運搬向きでありタンデムエンジンタイプは地盤が悪いところや勾配のある現場向き エレベータリングとオーガタイプは、平坦な積込場であれば補助機無しの単機で作業が可能	シングルエンジンタイプは 15% まで、 タンデムエンジンタイプは 25% まで	土と粘土物質で特に効果的だが、岩混じりの土質でも使用可能 エレベータリングタイプは仕上げ作業にも適用可能
アーティキュレート ダンプトラック	2 軸タイプは、岩混じりの土砂の運搬が可能 3 軸タイプは、土砂の運搬に最適であり、悪路走行性に優れる	通常、勾配は 20% まで	フローテーションと牽引力に特化して設計されている 岩を積載する場合は考慮が必要
リジッド ダンプトラック	幅広い対象物と様々な積込機に対応可能 よく整備された運搬走路が望ましい	連続的な勾配では 8 ~ 10% まで 短距離であれば 20% 程度まで可能	長距離の運搬では負荷と走行距離 (TKPH) が重要となる 適正な積込機との組み合わせも重要

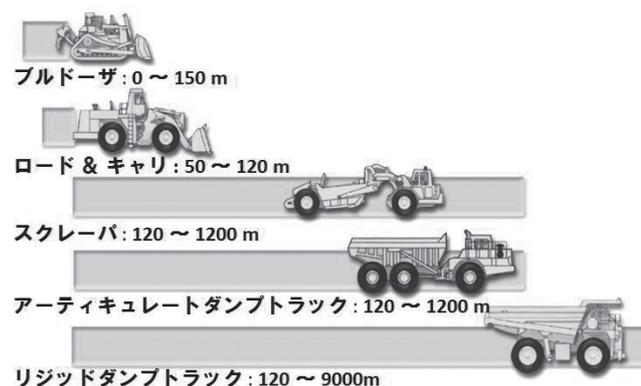


図-1 運搬機の運搬距離による適正



写真-1 初期のモータスクレーパ

その起源や特徴、最近の技術動向について記述する。

(1) スクレーパ

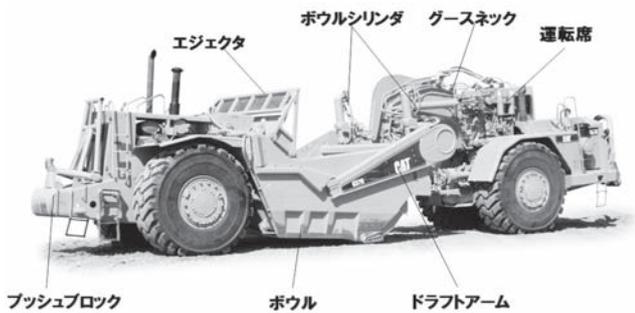
1932 年、初の牽引式スクレーパが開発されて以来、掘削・積込・運搬・敷均の一連の作業サイクルを 1 台でこなせる自己完結的な建設機械として、スクレーパは国内でも宅地造成工事など多くの現場で活躍した。粘土質や砂質の土砂を、1,000 m 前後までの中距離で運搬する場合に威力を発揮する。軟弱地など走行抵抗の大きな路盤での走行にも適している。

しかし開発が進み、現場環境が急勾配で岩掘削が多くなるにつれて活躍の場を失い、現在国内ではその姿を消しつつある。現場間輸送のための分解が非常に困難なことも、国内で使用をためられる原因の一つと

なっている。

スクレーパには、スクレープドーザ、キャリオールスクレーパ(牽引式スクレーパ)、モータスクレーパ(自走式スクレーパ)の三種がある。運搬距離が短距離である場合、小回りの利くスクレープドーザ、キャリオールスクレーパが優位である。運搬距離が長く、大土量を高速で運搬する場合には、モータスクレーパが優位となる。

モータスクレーパは更に、搭載するエンジンの数でシングルエンジンタイプとタンデムエンジンタイプに大別される。シングルエンジンタイプは燃費に優れ、長距離の運搬に向いている。タンデムエンジンタイプは、大きな勾配がある現場や、軟弱地などけん引力を必要とする現場に向いている。モータスクレーパを例にとって、その特徴や作業方法について詳述するが、



図一 2 モータスクレーパの各部名称

作業の基本的な流れはどの機種もほぼ共通である。

掘削・積込の方法には、ボウルと呼ばれる積載部分の先端を地面に押し付けて単機で掘削・積込を行う方法の他、補助機のプッシャ用ブルドーザに後ろから押しもらって積み込む方法、モータスクレーパを2両連結してお互いのけん引力を補うプッシュアンドプルと呼ばれる方法がある。これらの方法を適宜選択することによって、より硬い地盤に対する掘削積込も可能となり、またサイクルタイムも短縮することができる。積込終了後は、エプロンを閉じてボウルを地面から離れた状態で、運搬に移る。



写真一 2 プッシャー工法



写真一 3 プッシュアンドプル工法

運搬においては、スクレーパは比較的広範な土質の路盤を走行可能であるが、モータスクレーパを長距離や高速で運用する場合は、よく整備された運搬走路を準備することが望ましい。

土砂の排出作業は、他の運搬機に対するスクレーパの大きな優位点の一つである。スクレーパはボウルに

積載した土砂を、エジェクタで押し出すことによって、短時間で均一な厚さに土砂を排出することが可能である。このため、敷き均しの補助機を最小限とすることができる。

最近のモータスクレーパにおける技術動向であるが、他の機種と同様に年々強化される排出ガス規制に対応して、環境対策型エンジンが搭載されている。またトランスミッションなど各部が電子制御化され、オペレータの運転環境も省力化と居住性の向上が図られている。情報化施工への対応も進んでいる。

未だ国内には導入されていないが、海外では掘削・積込方法の派生形としてエレベータタイプとオーガタイプのモータスクレーパも存在する。これらは、通常のモータスクレーパと比較して掘削・積込の能力が向上しているため補助機を不要とし、更に広範な土質への適用が可能となっている。エレベータタイプにおいては、敷き均しの精度も向上するため、道路や造成工事の仕上げ作業に用いられることもある。

国内では姿を見なくなったスクレーパであるが、海外ではまだまだ主要な運搬機の一つとして活用されており、平坦で広大な造成地を縦横無尽に走り回る姿を見ることができる。



写真一 4 最新型モータスクレーパの運転席



写真一 5 オーガタイプスクレーパ

(2) アーティキュレートダンプトラック

アーティキュレートダンプトラックは、車体に屈折と回転が自在なアーティキュレーション機構が加わったことから誕生した。世界で最初の生産は1966年と

されている。



写真—6 初期のアーティキュレートダンプトラック

アーティキュレートダンプトラックは、モータスクレーパやリジッドダンプトラックと比べ、幅広いアプリケーションを持つ。油圧式アーティキュレートステアリングの採用により、車体が長いにもかかわらず同クラスのダンプトラックより最小旋回半径が小さく、また幅員も同クラスのダンプトラックに比べ狭い。前部のトラクタ部と後部のトレーラ部の接続部分で、車体が屈折および回転する機構となっているため、タイヤの地盤への追従性が向上している。基本的に全輪駆動であり、必要に応じて駆動軸や車軸を直結するデフレック機構を備える機種もある。そのため最大登坂能力も高い。これらの特徴によって、軟弱地を含む様々な土質で走行可能である。また降雨後のリジッドダンプトラックでは走行が難しい状況でも走行可能であり、天候に左右されない稼働率の高い運搬機械として位置づけられる。車体が細長く、狭隘な地形でも運用できるので、ゴルフ場や宅地造成工事といった土工事の他、各種土工事の準備工事など幅広い工事に適用が可能である。近年、モータスクレーパにとって代わり、普及が進んでいる。



写真—7 最新型アーティキュレートダンプトラックの外観

最近では、荷台にエジェクターと呼ばれる土砂排出装置を装備したアーティキュレートダンプトラックが登場している。これは、荷台を上昇させることなく車体に載せたまま、排出板が前方から後方へ移動することで積載している土砂を排出する機構である。利点としては、素早い土砂の排出によるサイクルタイムの短縮、荷台を昇降させることが無くなるため安全性が向上、走行しながら排出することが可能なため一定厚さでの撒き出しが可能となり敷き均しの補助機が削減できる、といったことが挙げられる。この機構により、アーティキュレートダンプトラックは、モータスクレーパに劣らない撒き出し作業も可能となった。



写真—8 エジェクター機構

(3) リジッドダンプトラック

リジッドダンプトラックの起源は、1934年にコマースハルトトラックをベースに開発された石炭運搬用リアダンプトラックだと言われている。

性能、機能からみると、現在のリジッドダンプトラックの原型ができたのは1950年代であり、トルクコンバータ付きトランスミッションとハイドロニューマチックサスペンションが採用された。その後、大型化と運転居住性向上の要望に伴い、1970年代に発売された46t積みリジッドダンプトラックでは、電子



写真—9 初期のリジッドダンプトラック



写真-10 斜め階段が標準装備された最新型 46t 積みリジッドダンプトラック

制御式フルオートマチック式トランスミッションが採用され一般的となった。安全性の点では、エマージェンシーブレーキとエマージェンシーステアリングがほとんどの機種で標準装備されるようになったほか、高い位置にある運転席への昇降用に、斜め階段が標準装備されている機種も出てきている。

他の機種と同様、対環境性向上がより重要になってきており、エンジンを始めとする車輛の各装置の電子制御化も進んでいる。リジッドダンプトラックは土工事だけではなく、世界各地の露天掘り鉱山でも多く稼働しているが、それらの鉱山では車輛各部の電子センサーを利用して車輛の稼働状況をリアルタイムで監視するシステムが構築されている。併せてGPSを活用することで各車輛の位置や積載量なども管理可能となっており、きめ細かな採掘管理や車輛の維持費用の低減を実現している。国内の土工事でも、積載量の計測機能を出来高の管理に利用している現場が出てきている。

また鉱山では、150t以上の積載量を持つ超大型のリジッドダンプトラックが活用されているが、これらではモータで駆動する電気式の機種が多い。2006年現在、鉱山で稼働する約4,000台のリジッドダンプトラックのうち、50%弱が電気駆動式となっている。電気駆動式には、交流と直流の二種類があるが、近年は交流タイプがほとんどとなっている。電気駆動式は従来のメカニカル駆動式と比較して一般的に、機械的な摩耗部品が少なくなるため維持費用の低減と燃料消費

量の低減が期待できる。また交流タイプは直流タイプと比較し、低速でのトルクの向上、最高速度の向上、モータの維持費用の低減といった点で優れる。なお、メカニカル駆動式は上り勾配や回転抵抗が大きい現場での使用が多く、電気駆動式は下り勾配が多い。

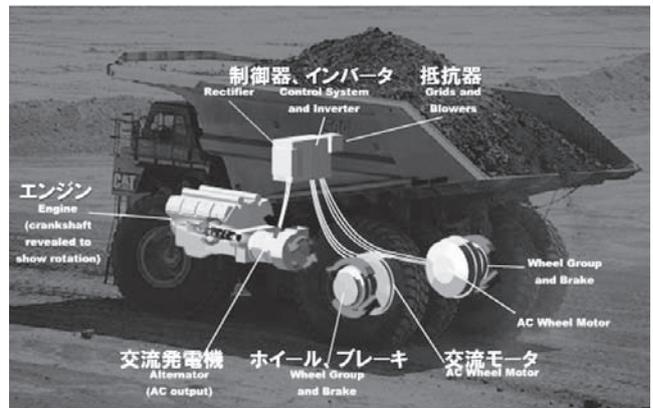


図-3 電気駆動式リジッドダンプトラックの概念図

4. おわりに

土工事で活用される運搬機について、運用に対する考え方と代表的な機種に関する情報を紹介した。

今後、土工事における二酸化炭素の排出量低減がますます求められることが予想されるが、運搬機は移動距離、移動速度が建設機械の中でも最も大きい機種であり、現場での稼働台数も多いため、その効率的な運用が工事全体の二酸化炭素排出量低減に大きく寄与すると考えられる。鉱山では既に無人で稼働する運搬機の導入が始まっており、情報化施工の進展に伴って土工事でも無人での運用が可能となる日が近いと思われる。

本稿が、現場でのより効率的な運搬機の運用に資すれば幸いである。

JICMA

【筆者紹介】

山本 茂太 (やまもと しげた)
キャタピラージャパン(株)
直販部 主任

無人ダンプトラック走行システムの開発・運用

宮下 耕一・川地 真司・石井 崇暁

本稿では、秋芳鉱山において、露天掘石灰石鉱山の無人ダンプトラック走行システムを開発・導入したので、その経緯を紹介する。

このシステムの画期的な特徴は、2台のダンプトラック（180t積）を同時に制御できるとともに、有人ダンプトラックと同一のエリア・立坑での稼働を可能にしたことにある。さらに、GPSを利用してダンプトラック運行位置を制御する本邦初のシステムとして、運搬経路変更の場合でも関係施設移動を必要としない等、従来システムからの決定的な進歩がある。

メーカーと共同で行った無人ダンプトラック走行システムの開発は、1999年に60tダンプトラックのフィールドテストで開始し、その後180tダンプトラックへシステムを移行、2007年から採掘現場での運用に至った。

キーワード：秋芳鉱山、無人ダンプトラック、安全、GPS、フリート、障害物検出装置

1. はじめに

秋芳鉱山は、カルスト台地として有名な景勝地である『秋吉台』や国内最大級の鍾乳洞『秋芳洞』の西方に位置する。昭和40年に操業を開始し、開山以来40年を経過した。現在石灰石の生産量は年間約800万tであり、累計数量としては2億5千万tを突破した。また長期的な安定生産のため現在採掘中の第2鉱画に隣接する第3鉱画の開発に着手しており、2009年度より出鉱開始予定である。

無人ダンプトラック（以下DT）走行システムの開発、運用にあたり次の構想にてシステムの構築を実施した。

①安全第一

安全に特に留意したシステム。対人、対物事故を発生させないこと。

②有人積込運搬機との共存

ベンチ間の移動を含め、同一のエリア、立坑で稼働できること。また有人積込運搬機の実産性阻害要因とならないこと。

③システムの利便性

日々条件が変わる現場条件のもとで、システム運用に伴う付帯作業を可能な限り省力化でき、利便性が高いこと。

無人DT走行システムは、1980年代より石灰石鉱

山においてテスト、導入されてきた。同システムは、推測航行を利用したシステムである。推測航行とは初期位置に対して、各センサーで単位時間あたりの移動距離と進行方向を測定、計算し、逐次現在位置を求めていく方法である。但し、累積誤差が生じるため、それを補正する必要がある。1980年代当時、レーザービームを使用して補正を実施していたが、1990年代後半になるとGPSを使用して位置を補正する技術が確立した。本システムは鉱山の中でGPSを利用し現在位置を補正した無人DTの運用を行っている本邦初のシステムである。

秋芳鉱山での無人DT走行システムプロジェクトは、1999年、メーカーと共同フィールドテスト契約を締結し、60t積DTのテストを実施することでスタートした。共同フィールドテストは、走行テスト、チューニング等を実施し約1年間で完了した。そのテストにおいて発生した問題は改良により解決できると判断し、180t積DTに無人DT走行システムの導入を決定した。表1に経緯を示す。

2. システム概要

(1) 無人DT (Autonomous Mining Truck)

180t積DT2台を無人DTとして改造。GPSや光ジャイロ等を搭載し、位置検出ユニットにて、現在位置の

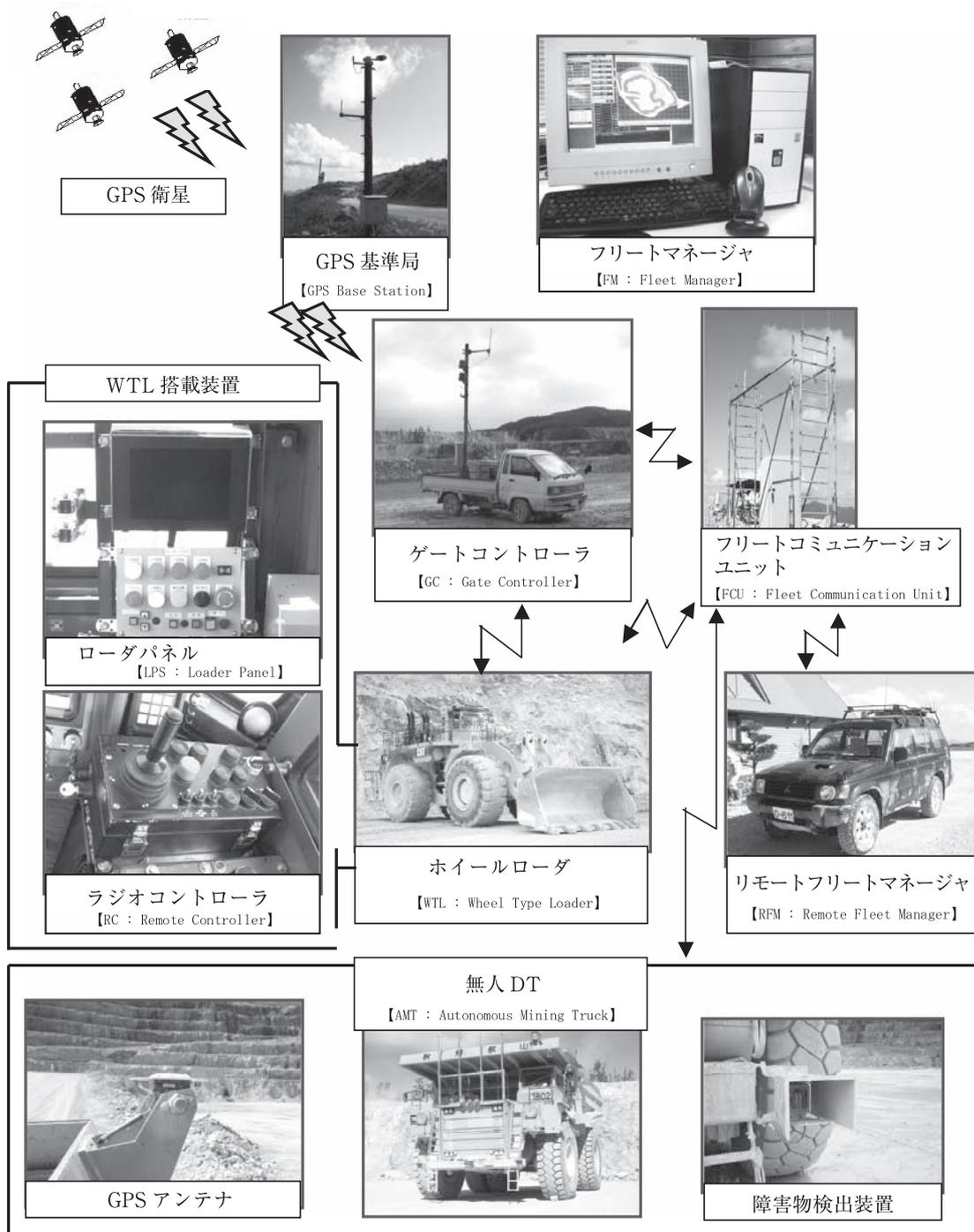
表一 経緯

1999年～2000年	秋芳鉱山において60t積DTによる共同フィールドテスト
2001年	180t積無人DT走行システムプロジェクトスタート
2003年	3月 180t積無人DT走行システム売買契約書締結 4月 1台目改造開始
2004年	1月 鉱山保安監督部に運用試験計画について説明 1月 1台による単体走行テスト
2004年	5月 2台目改造開始
2005年	2月 フリート（ダンプ2台同時）稼働開始
2007年	4月 メーカーより引渡し、運用開始

計測を常時行っている。切り替えスイッチにより自動、手動を変更することができる。手動の場合は改造前と同様に有人にて運転可能である。

(2) フリートマネージャ (Fleet Manager)

定置の中央管理パソコンであり、車両運行管理、立坑・交差点管理、走行コースデータ管理、走行コースデータ作成をする。



図一 無人DT走行システムブロック図

(3) ホイールローダ：以下 WTL (Wheel Type Loader)
バケット容量 18 m³ の WTL を使用。搭載された操作パネル（ローダパネル）にて、無人 DT の積込位置の決定、立坑・駐機場所への発進指示（選択可能）等を行う。

(4) ゲートコントローラ (Gate Controller)

立坑の信号機。無人または有人 DT が、立坑に進出し、投入している場合には、赤回転灯が点灯し、次の無人 DT は、立坑エリア外で待機する仕組みとなっている。ゲートコントローラがあることによって無人、有人の混合投入を可能にする。

(5) リモートフリートマネージャ (Remote Fleet Manager)

移動式の指令車。搭載されたパソコンにて、無人 DT の発進、停止指示、GPS 測量によるコース測量、現場でのモニタリング、故障内容確認、復帰を実施する。

3. 安全対策

無人 DT 走行システムは、安全に特に留意されたシステムである。主たる安全対策について次に説明する。

(1) 無人 DT 本体の安全対策

(a) 障害物検出装置

無人 DT 走行中の落石や機器の故障によりコース離脱した場合の盛土などとの衝突を回避するために、自動でこれらの障害物を検出するシステムが必要不可欠である。またコースから 1.5 m 離脱した場合には緊急停止になるように、二重の安全対策がなされている。

障害物検出装置の設定は、人が直立した状態で調整し、時速 20 km までは対象物手前で自動停止し、悪路、坂道で誤検出しない設定とした（詳細は後述）。

(b) 機械異常検知

無人 DT のベース車両となった 180t 積 DT は VIMS（機械稼働情報管理システム）を搭載しており、機械の稼働状況を常時監視している。システム起動中は、搭乗オペレータによる機械異常の認識ができない。そこで VIMS を利用し、車両異常を監視し、異常な場合緊急停止するシステムとしている。

(c) GPS 位置精度低下、無線通信ダウン

無人 DT の位置補正には、GPS によるリアルタイムキネマティック測位（誤差数 cm）を利用している。DT の正確な位置検出には、一定数の GPS 衛星が必要であり、場所、時間によっては残壁に遮られて、位

置精度が低下することがある。この場合は一時停止状態となり、位置精度が向上次第、自動的に復帰する。また無線が一定時間以上通信ダウンした場合にも一時停止状態となり、通信が再接続次第自動的に復帰するシステムとしている。

(2) 周辺機器の安全対策

(a) 遠隔停止装置

フリートマネージャ、リモートフリートマネージャ、WTL には、クリックまたはボタン式の遠隔停止装置が装着されている。また稼働エリア内に進入する可能性があるオペレータは腕時計式の遠隔停止装置を携帯し、必要があれば無人 DT を停止させることができる。

(b) 接近警報装置

接近警報装置は、無人 DT の接近を検出するための装置である。無人 DT からの連続的に発信されている電波の電界強度によって三段階の警報レベルが設定されており、有人車両にとりつけられている。

4. コース

(1) コース図

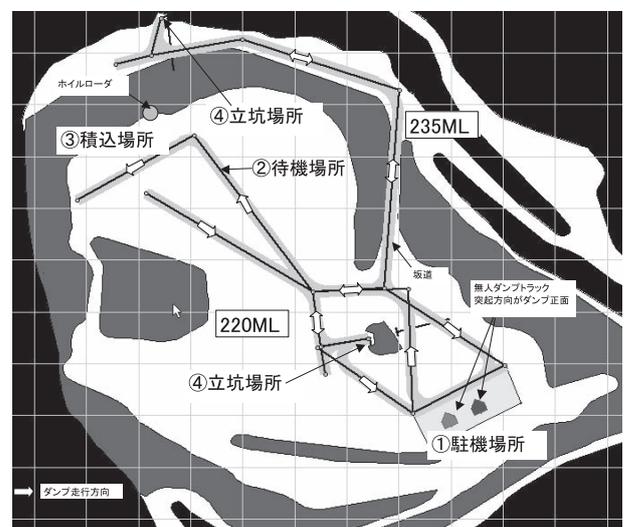
図—2 は実際に使用したコース図である。図のコースの特徴としては、2 立坑投入可能、交差点・坂道があるという点である。コースの仕組みについて次に述べる。走行コースの作成には、

積込対象場所…積込対象場所及びその幅の決定

使用立坑、駐機場所…1 立坑 or 2 立坑、

駐機場有 or 無の決定

走行可能場所…盛土他障害物の有無の確認



図—2 コース図

が必要である。走行可能場所情報は、リモートフリートマネージャによるGPS測量によって得ることができる。図-2の白色部分が、走行可能場所であり、コースを作成することが可能である。また灰色線は無人DTの走行コースである。走行コースは、出発点と到着点で一つのコースとして認識され、図-2の場合、表-2の7つのコースから構成されている。走行コースは、ダンプ同士の衝突をさけるため、ゾーンに細分されている。ゾーンは、コンピュータ上で自動的に計算、細分される。一つのゾーンは一台の無人DTのみ占有する仕組みとなっており、ゾーンの占有、開放を繰り返すことによりフリート制御を可能にしている。仮にそれぞれコース同士でゾーンが重なっている場合は、交差点であると認識し同一のゾーンとなっている。

表-2 走行コース

走行コース	出発点	到着点
1	駐機場所	積込場所
2	積込場所	立坑場所1
3	立坑場所1	積込場所
4	積込場所	立坑場所2
5	立坑場所2	積込場所
6	立坑場所1	駐機場所
7	立坑場所2	駐機場所

5. 問題点の解決

(1) 障害物検出装置の改良

障害物検出装置は、無人DTの前方に3箇所、後方に1箇所取り付けられており、検出した際には、WTLオペレータは、対象物（落石等）を確認し、必要に応じて除去し、安全を確認した上で無人DTを復帰させる。障害物検出装置は安全対策の中で最も重要な項目である。

180t積無人DT走行システムにおいて当初検討した障害物検出装置は、電波法上日本国内で使えなかったため（電波周波数帯不適合）新たな装置を模索した。2005年に超音波センサーを使用し、調整を試みた。超音波センサーは粉塵を誤検出することはなかったが、DTのホーンやコンプレッサーのエア開放音に反応することがあり、調整を断念し装置の再検討が必要となった。障害物検出装置を選定、調整する中で、備える要件を以下の通りとした。

- ①反応対象物 人（直立）、盛土（1m以上）、車
- ②検出範囲（幅）車体幅をカバーし、広過ぎないこと
（最終設定：車体幅片側 + 1m）
- ③対象物前停止スピード 可能な限り大きく
（最終設定：時速 20 km）

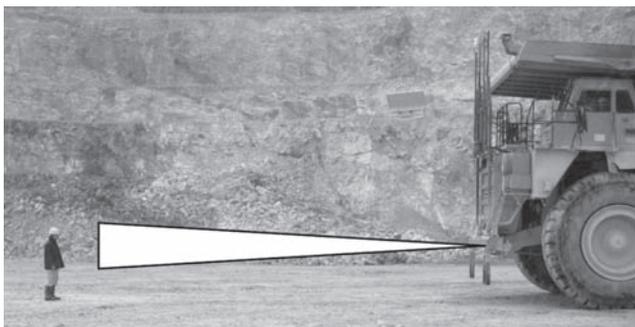
表-3 障害物検出装置 調整経緯

年月	現象	原因	対策
2006年 3月	機器納入・調整開始		
3月	走行中誤検出発生	走行中に路盤を検出していると推定	アンダーガード取り付け
3～4月	走行中誤検出発生	エンジン振動であると推定	ゴムマウントを製作、取り付け
4月	レーダの固体差が顕著		不良レーダの交換
6月	降雨時に誤検出発生	雨を誤検出	オーバーガードの取り付け、レーダ取り付け角度を上方に修正⇒検出範囲が狭くなる 条件を統一するために同一取り付け箇所にて、レーダ検出閾値を調整、設定完了
7月	人を対象にして最終確認実施中にレーダにより個体差が発生	確認走路が若干傾斜 DT本体の沈み込み	整盤実施 サスペンション圧調整
8月～10月	フリート稼動にて確認、通常路盤にても誤検出する場合がある		それぞれの取り付け箇所にて再度レーダ検出閾値を個々に調整、設定完了
11月	レーダの固体差が完全に除去されない		盛土、車は人よりも反射率が高い 人の反射率を高めるために、金属スプレー、金属テープを安全ベストに取り付け、テスト⇒検出状況は変わらず 誤検出の原因と思われる GATE を使用せずに調整・設定完了 坂道での誤検出のチェック⇒誤検出無
12月～2007年1月	フリート稼動にて確認⇒8-10月に比べ誤検出は少なくなった 障害物が車体幅 + 1m以上離れていても検出する場合有り	レーダの検出幅が広い	左右のレーダについては遮蔽板装着し、検出幅を制限
1月	調整完了		

- ④坂道 坂道上り, 下り対応可
- ⑤現場条件 雨, 粉塵, 音に反応しないこと

この条件を満たす可能性が高く, 電波法に適合する障害検出装置(マイクロ波レーダ:FMCW方式24GHz帯)の納入は2006年3月となった。このレーダはGATEと呼ばれる距離ごとに閾値を設定し, 閾値を超えた場合に検出するようになっている。調整を実施するにあたっては, 取り付け方法(マウント, ガード), 取り付け位置・角度, 使用GATEの選択, 各GATEの閾値の調整等を実施した。

採掘現場は一様なものではなく, 路盤条件は常に化する。雨が降ったあとには路盤はぬかるみ, また同一のコースを走行する中で, 荒れてくる。その中で, 上記条件を満たす検出装置になるように調整する必要がある。また調整後, 短期間使用した場合には誤検出がなくても, 長期間にわたり使用した場合には誤検出が起きることがある。そのため起きた事象に対して, 対応策を順次実施し, 最終的な設定に到達することができた。



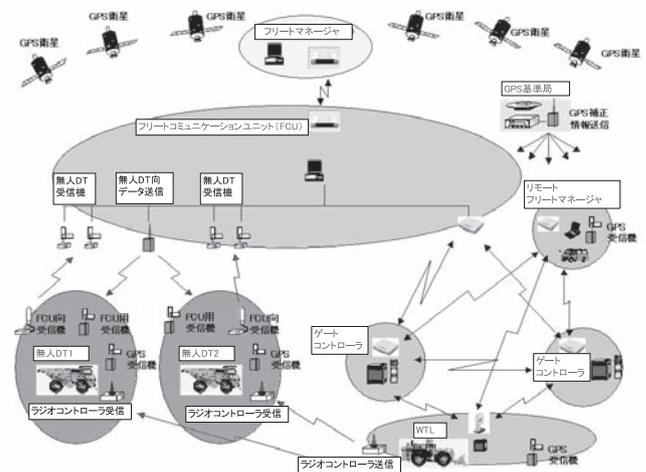
図一3 障害物検出装置 検出範囲概念図

(2) 無線システムの改良

図一4は, 今回使用した無線システムのブロック図である。348M~2.4GHz帯まで様々な周波数帯の無線機を使用することによって, 無線の混信を避けている。

当初検討した無線システムでは, フリートマネージャ⇔無線中継局(アンテナ)の通信設備において, 有線LANを使用していた。しかし無線中継局から, 採掘現場全体が見渡せないため, 無人DTやWTLとの無線電波断が発生することがあった。無線中継局を採掘現場全体が見渡せる場所に移動させるために, 無線LANに変更した。またゲートコントローラに使用されている2.4GHz無線機が製造中止となり, 機器の更新追加等で問題が発生するため, 無線中継局⇔ゲートコントローラの通信設備をフリートマネージャ⇔無線中継局とは電波周波数帯がずれている無線LANに仕

様を変更した。この際, 無線中継局⇔WTL・無線中継局⇔リモートフリートマネージャの通信設備を同様に, 無線LANとして構築することによって汎用性を持たせるとともに, 無線電波断の可能性を低減するために仕様を変更した。



図一4 無線システム

6. 生産実績, 今後の対策

表一4 無人DT生産実績

	2007年1~2月	3~12月	
操業時間:A	599	1,585	[h]
システム稼働時間:B	270	484	[h]
稼働割合:B/A	45.1	30.6	[%]
生産数量:C	284,240	488,680	[t]
生産性:C/B	1,053	1,009	[t/h]
有人DT生産性	1,500	1,500	[t/h]
対有人DT生産性比率	70.2	67.3	[%]

※生産量、生産性はDT2台の合計

(1) 稼働確認(1~2方連続無人)…2007年1月~2月
 障害物検出装置の調整が完了し, 1~2方連続でフリート稼働を実施した。WTLの故障が1週間程度あり稼働できなかった時もあったが, システム機器の完成度は高く, 機器の故障は少なかった。積込運搬作業を省力化することができ, 約15万t/月の生産数量で, 一定の評価に値する結果であった。但し, 2ヶ月間無人DT走行システムの1~2方連続運転を実施することにより, 無人DTに必要な広い作業範囲の確保が困難となった。また, 有人DTとの生産性の差異があり, 1日の必要生産数量を確保するための方策に苦慮していた。そのため3月以降は1方のみでフリート稼働を実施し, 2方は生産数量を確実に確保するために有人DTとして使用している。

(2) 運用 (1方無人, 2方有人) …2007年3～12月
1方のみでフリート稼働を実施しており, 4月にメーカより引渡しとなった。生産性は1～2月とほぼ変わらなかったが, 生産数量が増大しなかった。これは次の理由による。

(a) 切羽整備

無人DT走行システムの稼働を優先した場合は, 下段ベンチからの積込運搬作業が多くなり, 切羽形状が悪化する。上段ベンチの採掘を優先したために, 無人DT走行システムの稼働時間を短くせざるを得なかった。

(b) 生産数量の確保

無人と有人DTの生産性の差異により, 必要生産数量を確保するために, WTL及び無人DTの故障や定期修理実施の際には, 2方だけではなく, 1方においても無人DTを有人DTとして使用した。そのため稼働時間が短くなった。

(c) 故障対応

引渡し後, メーカの駐在員が不在となり, 故障の際, 初期故障診断や現象の再現性確認に時間を要した。

(3) 今後の対策

今後, 無人DTの稼働割合及び生産性の向上のために以下の対策を順次実施していく予定である。

(a) 稼働割合の向上

- ①端縁部の採掘促進によりベンチ段数を減らし, 各ベンチフロア幅を拡げることで, 無人DT走行システムの運行可能場所の増大を実施。
- ②故障対応の迅速化のために故障履歴の活用を実施, 主故障原因については, 改造を含めた抜本的防止対策を実施。
- ③現在システム運用責任者は若干名であり, 常時システムを運用するために, 運用責任者の拡充を実施。

(b) 生産性の向上

- ①各ベンチフロア幅を拡大することにより積込対象場所に応じた最適なコース設計を実施。
- ②現在使用している障害物検出装置をより高性能な装置とすることにより, 最高速度を20⇒30km以上に引き上げる。

また現在, 2009年度より出鉱予定の第3鉱画での稼働を検討している。理由として第2鉱画の採掘レベルの低下に伴って残壁に遮られる割合が多くなり, GPS位置精度低下時間が多くなること及び第2鉱画の立坑貯鉱容量減少に伴い, 投入量と立坑曳き出し量の調整を行う必要があり, 生産性が制限される可能性が高いからである。第3鉱画で稼働することにより, 稼働割合の向上及び生産性の向上の両方を実施するこ

とができると考えている。

7. 終わりに

冒頭で記載のとおり, ①安全第一, ②有人積込運搬機との共存, ③システムの高利便性の構想で開発, 運用を行ってきた。安全第一については, 現在まで対人, 対物事故を発生させていない。有人積込運搬機との共存は, 問題なく実施されている。システムの高利便性についても所用の対策をとることができた。しかしながら有人DT並の生産性の確保を含め今後の運用にあたっては, 次のように考えている。

無人DTの生産性は, 有人DTに比べ7割程度であったが, 積込運搬作業の省力化に一定の成果をあげることができた。今後対策を実施し, さらに省力化を実施していく予定である。

また導入検討から運用までに約8年の歳月が経過した。未だいくつか課題が残っており, 完全に積込運搬作業を合理化できていないことは無人DT走行システムの開発, 運用が如何に困難であることを示している。しかしながら, 無人DTは, 未知の技術ではなくなり, “手に届く”技術となった。今回, 無人DT走行システムを開発, 運用の中で得られた知見及び経験は, 我々の中で間違いなく財産となり, 今後引き継がれていくことであろう。

最後に, 無人DT走行システムの開発, 運用にあたり, システムの開発を担当して頂いたキャタピラー・ジャパン社の関係各位, 懇切丁寧なご指導, ご高配を賜りました諸先輩方に厚く御礼申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

宮下 耕一 (みやした こういち)
住友大阪セメント(株)
栃木工場唐沢鉱業所 鉱山課長



川地 真司 (かわじ しんじ)
住友大阪セメント(株)
鉱産品事業部資源グループ 資源チーム



石井 崇暁 (いしい たかあき)
秋芳鉱業(株)
アンホ製造所火薬生産課係長



公衆無線網を用いた油圧ショベル遠隔操作

林 宏 樹・山 本 新 吾・三 鬼 尚 臣

携帯電話は、音声通話、映像通信、データ通信と適応範囲を広げており、その用途は拡大の一途を遂げている。更なる用途拡大により、人々の暮らしをより豊かにすることが携帯電話事業者の責務であると考えている。

一方、建設土木現場では、人が立ち入ることができない危険な現場にて、建設機械を遠隔操作し施工を行う無人化施工が行われている。無人化施工は、通常の施工と比較し施工効率が60%程度と低く、その一因として通信距離、無線の干渉、通信遅延など無線における課題がある。この無線における課題に対して、公衆無線網を利用することで施工全体の効率改善を行える可能性があると考えられる。

ここでは、世界初の公衆無線網を介した油圧ショベルの遠隔操作について紹介する。従来の特定小電力無線を利用した遠隔操作とHSDPAを利用した遠隔操作の効率比較実験を行い、ほぼ同等の施工効率を得られることを確認した。また、公衆無線網の発展に伴う無人化施工の将来展望について述べる。

キーワード：無人化施工、遠隔操作、油圧ショベル、情報通信技術、携帯電話網、公衆無線網

1. はじめに

遠く離れた人と情報の伝達を行いたいという欲求は、太古の時代からの人類普遍のものであった。烽火(のろし)から始まったと考えられている遠隔地との情報伝達の手段は、伝書鳩、飛脚、モールス信号とその進化の歴史をたどり、1876年に固定電話の発明へと至る。1979年に自動車電話サービスが開始されて以来、携帯電話は爆発的な発展を遂げ、音声通話以外にもメールやインターネットアクセスなどのデータ通信、テレビ電話による映像通信とその適応範囲を広げている。無線情報通信技術の発展により、いつでもどこでも遠隔地の“人とコミュニケーションを取る”こと及び“データにアクセスすること”が可能となった。

一方、建設土木現場では、1990年11月に噴火した雲仙普賢岳の堆積土砂を緊急に除去する災害復旧工事として、1994年に建設機械を遠隔操作し施工を行う無人化施工が行われた。その後、無人化施工の技術開発が進み災害復旧現場での導入が多くなり、適応範囲の拡大が期待されているものの、通常の有人施工と比較し、施工効率が低い、施工精度が低いなどの課題があり、安全上無人化施工が欠かせない災害復旧現場や特殊で劣悪な作業環境への導入に留まっている。施工効率、施工精度をより改善し、システム導入のコスト

が抑えられれば、効率・精度・コストなどの問題から導入が困難で、従来有人施工では危険であった現場での施工が可能となり、非常に大きな意義があると考えられる。

無人化施工にて一般的に利用される遠隔操作システムは、図-1に示すようなものである。施工フィールド及び建設機械の車載カメラの映像を50GHz帯の簡易無線で伝送し、その映像を見ながら、オペレータは、遠隔操作用コントローラを操作し、遠隔操作機能搭載建設機械に対し429MHz帯の特定小電力無線を介して運転制御信号(操作コマンド)を送ることで、建設機械を遠隔操作する¹⁾。この無人化施工において公衆無線網を用いた建設機械の遠隔操作は行われていないが、公衆無線網を利用することにより通信距離にとらわれない建設機械の遠隔操作が可能となり、また双方向通信による建設機械からの情報伝送が同一無線で可能となり、無人化施工に大きな変化をもたらすこ

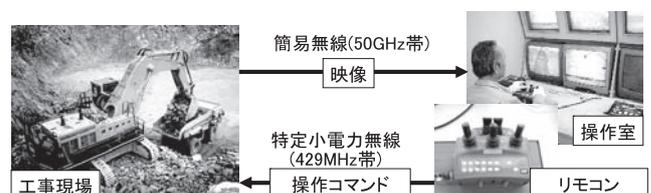


図-1 無人化施工遠隔操作システム

とができると考えている。

ここでは過去に例が無い取組みとして、NTT ドコモが提供する公衆無線網の高速パケット通信規格である HSDPA (High Speed Downlink Packet Access) を利用した建設機械の遠隔操作について述べる。無人化施工における無線技術に関する課題を公衆無線の利用により解決し施工効率の改善に繋げ、また公衆無線網を利用した遠隔操作における将来的な課題発見を行うことを目的とする。HSDPA の技術的特徴としては、無線環境の変動に応じて高速に送信方法を変化させることにより収容加入者数の増大、情報 1 bit 当たりの設備の低コスト化、データ伝送速度の高速化、低遅延化の要求条件を達成していることがあげられる²⁾。遠隔操作のようなリアルタイム性を要求されるアプリケーションが実際に利用可能かどうかの検証には意義がある。公衆無線網は、遠隔地の人と人、または遠隔地の人とデータを繋げることに利用されているものの、“遠隔地の作業と人”を繋げること、すなわち遠隔操作に本格的に利用されていない。通信メディアとして音声・映像の他に作業と人を繋げる遠隔操作を提供することは今後、場所にとらわれない作業や労働の提供による新たな産業の創出が期待できる。また、公衆無線網を利用することにより無人化施工の適応範囲を拡大することは、建設土木業界においても意義がある取組みであると考えている。

本稿では、無人化施工における課題について整理し、世界初の公衆無線網を用いた建設機械の遠隔操作について述べ、施工効率比較実験、伝送遅延計測実験について報告を行い、将来の展望を述べる。

2. 無人化施工における課題

無人化施工における課題は、映像の質が悪い、建設機械にかかっている力が分からないなどの直接施工効率に関わるものと、システム構築に時間とコストがかかる、建設機械の輸送コストがかかる、無線が干渉し建設機械が動かせないことがあるなどの工事全体の進捗やコストに関わるものと大きく2つに分類できると考えられる。文献³⁾やオペレータからのヒアリングなどから得られた無人化施工の課題を以下にまとめる。

(1) 施工効率に関わる課題

- ・映像の視野角が狭い、奥行きが分かりにくい
- ・映像を見ることにより目が疲れる
- ・建設機械にかかっている力や建設機械の傾きが分

からない

- ・操作レバーの操作感が悪い
- ・操作の遅れがあり、操作しにくい

(2) 工事全体の進捗やコストに関わる課題

- ・遠隔操作機能搭載建設機械の数が少なく、建設機械の輸送コストがかかる
- ・無線が干渉し、同時に動かせる建設機械の数が限られている
- ・150 m を超える遠隔操作を行うためには無線中継器が必要¹⁾となり、コストがかかる

以上のように無人化施工における課題としては、施工効率に関わる課題と、工事全体の進捗やコストに関わる課題との大きく2つに分けられる。従来のこれらの課題についての取組みとしては、映像関連に関わる取組みが多い³⁾。オペレータから離れた施工現場の状況を知る手段は、映像のみである場合が多く、映像の改善が施工効率の改善に繋がると考えられているためである。例えばモニタの大きさ、カメラの画角が施工効率にどのように影響しているかを調査し、広角のカメラを利用した方が施工効率が向上するという報告がある⁴⁾。また、工事全体の進捗やコストに関わる課題に対する取組みとしては、遠隔操縦ロボットロボQの取組みがある⁵⁾。ロボQは、遠隔操作機能搭載建設機械の数が少ないことに着目し、建設機械の輸送コスト軽減、初動体制の迅速化を目的とした、汎用の建設機械に現地で簡便に着脱可能なコンパクトタイプの遠隔操縦ロボットである。

従来の取組みとして、映像関連、初動体制迅速化に対する取組みは多く見られる。無線関連技術に関する取組みとして、無線 LAN を用いる取組みなどあるものの⁶⁾、多くは見られない。無線関連技術に関する課題としては、

- ・操作の遅れがあり、操作しにくい
- ・無線が干渉し、同時に動かせる建設機械の数が限られている
- ・150 m を超える遠隔操作を行うためには無線中継器が必要となり、コストがかかる

などの課題があげられ、これらの課題を解決することで無人化施工全体の効率を改善することが可能であると考えられる。

そこで我々は、建設機械の遠隔操作に公衆無線網の適用を提案する。公衆無線網を利用することにより、無線の干渉を軽減し、また通信距離を飛躍的に伸ばした遠隔操作が可能となる。通信遅延については後述するが、現状の公衆無線網においても従来の特定小電力

無線とほぼ遜色の無い通信遅延となっていることを確認している。

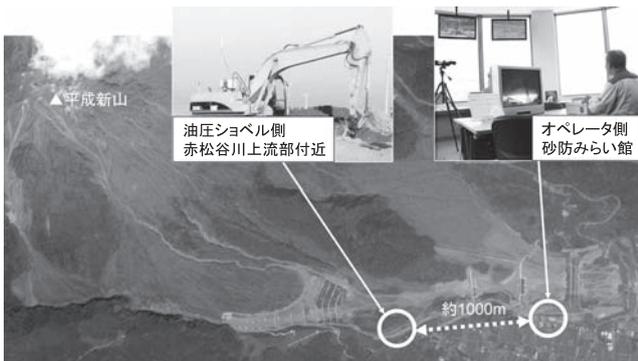
3. 公衆無線網を利用した油圧ショベル遠隔操作実験

公衆無線網を利用した建設機械の遠隔操作を検証するべく、2008年10月に普賢岳赤松谷川上流部付近にて、世界で初めてNTTドコモが提供するHSDPAの公衆無線網を利用した油圧ショベルの遠隔操作実験を行った。なお本実験は、国土交通省九州地方整備局雲仙復興事務所の協力のもとに行われた。

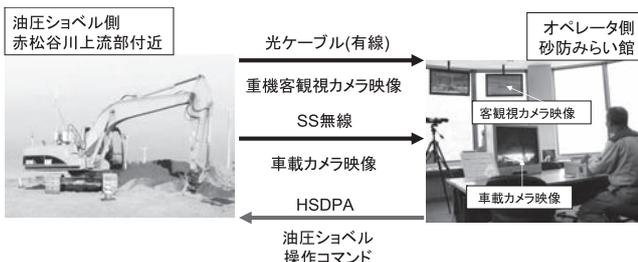
(1) 実験概要及びシステム構成

実験は、2008年10月9日に行った。晴天に恵まれ視界は良好であった。油圧ショベルとオペレータとの位置関係を図一2に示す。油圧ショベルとオペレータとは直線距離にして約1000mであった。これは従来の特定小電力無線などを使用する場合、無線中継器が必要となる距離である。オペレータは大野木場砂防みらい館4階監視ルームから普賢岳赤松谷川上流部付近にある油圧ショベル（キャタピラーージャパン社製320CL）を遠隔操作した。

実験のシステム構成について図一3に示す。油圧ショベルは、今回試作したHSDPA対応遠隔操作コントローラを用い、遠隔操作を行った。映像について



図一2 実験場所上空写真

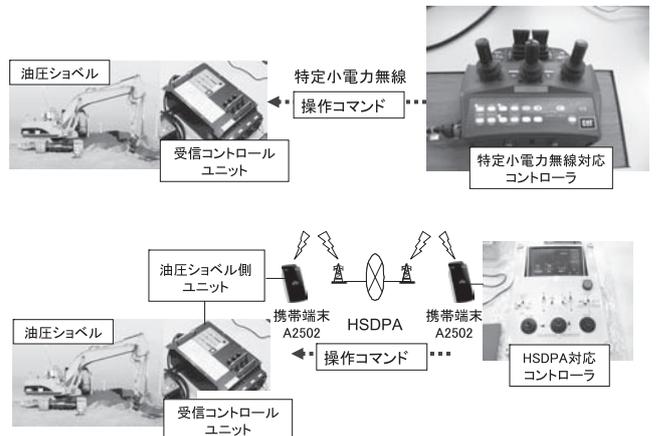


図一3 実験システム概要

は、油圧ショベルキャブ上の車載カメラ映像及び客観視用カメラとして現地は備え付けの監視用カメラを用いた。

(2) 従来システムとの構成比較

今回の実験では、油圧ショベルの操作コマンドはHSDPAを介して伝送し、映像データは従来のSS無線及び光ケーブルにて伝送した。図一4に従来の特定小電力無線を利用したキャタピラーージャパン社製の遠隔操作コントローラと、HSDPA対応遠隔操作コントローラとのシステム構成の比較を示す。従来のシステムでは、オペレータからコントローラの各ボタンやジョイスティックにより与えられる操作コマンドはRS422信号に変換され、特定小電力無線を介して油圧ショベル側受信コントロールユニットに送信している。受信コントロールユニットはRS422信号を解析し、各電磁バルブなどに信号出力することで油圧ショベルが動作する。一方、今回試作したシステムでは、操作コマンドのRS422信号は、遠隔操作コントローラ及び建設機械共にHSDPAで接続された携帯電話端末（NTTドコモ社製A2502）や油圧ショベル側ユニットを介して、受信コントロールユニットに入力している。受信コントロール以下油圧ショベルが動作するまでの部分は従来システムと同様である。



図一4 遠隔操作のシステム構成比較

(3) 実験時の様子

事前に電波計測を行い、普賢岳赤松谷川上流部付近及び大野木場砂防みらい館付近がHSDPAのエリアであることを確認した上で今回の実験を行った。実験は、まず砂防みらい館より赤松谷川上流部付近の油圧ショベルを遠隔操作し、その後赤松谷川上流部付近へ移動、目視で遠隔操作した。複数のオペレータの方に遠隔操

作を体験して頂いたところ、操作レバーの形状が従来と違うことについて指摘を受け、HSDPAを介した遠隔操作は従来と比較し若干遅延が大きいように感じるものの遠隔操作すること自体に全く問題はないとコメントを頂いた。

今回の実験では、映像の伝送は従来のシステムで行ったが、建設機械の操作コマンドを公衆無線網HSDPAを介して伝送し遠隔操作を行った。オペレータのコメントより、体感上特に問題なく遠隔操作可能であることを確認した。このような公衆無線網を利用した建設機械の遠隔操作は、世界で初めての試みであり、通信技術の発展及び建設施工技術の発展にとって意義があるものと考えている。

4. 施工効率比較実験

HSDPAを介した遠隔操作が従来の特定小電力無線を介した遠隔操作と比較しどの程度の施工効率が得られるかを検証するとともに、通信遅延が施工効率にどの程度影響を与えるのかを検証するために、施工効率比較実験を行った。また、HSDPA及び特定小電力無線の通信部分の遅延の計測実験を行った。施工効率比較実験はキャタピラージャパン(株)の協力のもと、キャタピラージャパン秩父デモセンターにて行われた。

(1) 施工効率比較実験方法

施工効率を比較するために、油圧ショベル（キャタピラージャパン社製320DL）を用いて一定の区画（5m×4m：深さ1m）を掘削し、掘削にかかった時間を計測する実験を行った。比較を行った操作条件は、

- ① 通常の有人施工
- ② 特定小電力無線を用いた無人化施工
- ③ HSDPAを用いた無人化施工
- ④ 通信遅延なしの無人化施工
- ⑤ 通信遅延100msの無人化施工
- ⑥ 通信遅延350msの無人化施工

以上の6パターンとした。図-5に掘削範囲と油圧ショベルの位置関係を示す。油圧ショベルは適宜移動し作業を行った。掘削範囲は5m×4m、深さ1mとし、掘削後押し固めて掘削範囲を成型が終了した時点で、作業完了とした。掘削範囲はあらかじめ白線で土表面に記し、オペレータに分かるようにした。また放土範囲は掘削範囲から90度左方向に旋回したあたりとした。掘削開始から作業終了までの時間を計測し、作業終了後、掘削範囲の計測を行い、土量を計算した。

オペレータは、無人化施工において主に油圧ショベ

ルを操作している無人化施工歴7年の熟練オペレータ1名とした。

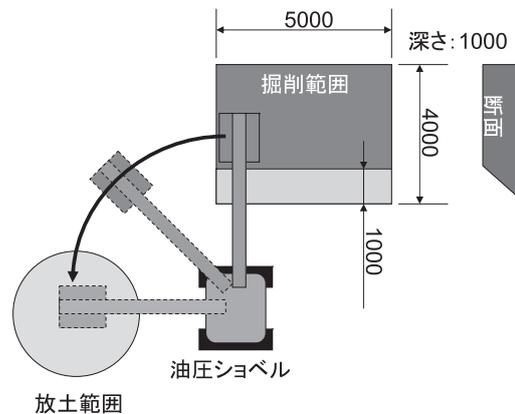


図-5 掘削範囲と油圧ショベルの位置関係

(2) 実験システム構成

実験システム構成図を図-6に示す。通信遅延なし、通信遅延100ms、通信遅延350msと通信遅延を擬似的に付加した実験を行うため、これら3つの条件では、操作コマンドを有線で送信し、経由するネットワークエミュレータにて通信遅延を擬似的に付加させた。擬似的に付加した遅延は、それぞれ揺らぎのない固定値とした。映像については、油圧ショベルキャブ上の車載カメラ1台と客観視用カメラ1台の映像を有線でオペレータ側に伝送し、それぞれを20インチカラー液晶ディスプレイに表示した。特定小電力無線を用いた条件では、キャタピラージャパン社純正の遠隔操作コントローラを、HSDPA及び通信遅延を付加した3つの条件では、試作したHSDPA対応コントローラを用いて実験を行った。実験時の様子を図-7に示す。

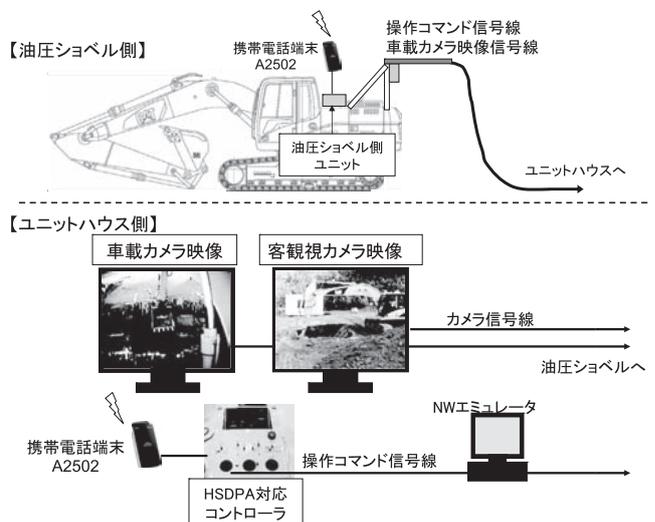


図-6 実験システム構成図

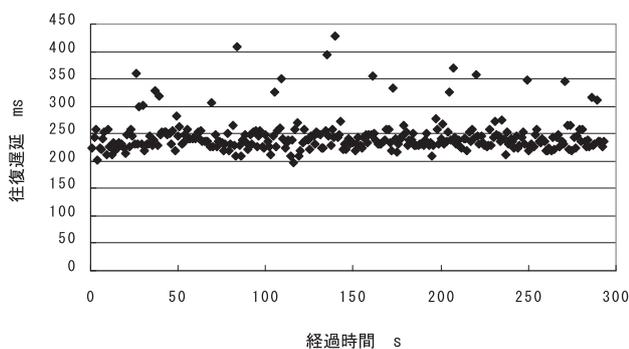


図一七 実験時の様子

(3) 実験結果

実験結果について、表一1に示す。効率については、掘削した土量を作業時間で割り、通常の有人施工の効率を100%とした。また本実験のHSDPAを介した遠隔操作効率計測を行っていた際のHSDPA対応コントローラと油圧ショベル側ユニットとの間の往復通信遅延について図一8に示す。キャタピラージャパン秩父デモセンター（埼玉県秩父市）における実験当時の環境での最小往復遅延は198ms、最大往復遅延は427ms、平均往復遅延は244msとなっており、片道の通信遅延は約120msであった。

実験の結果、従来の特定小電力無線を介した遠隔操作とHSDPAを介した遠隔操作では、効率56.7%と56.8%とほぼ同等の効率を得られることが分かった。オペレータも「HSDPAでは、特定小電力無線との遅延の違いをほとんど感じなかった」とコメントした。また、通信遅延を比較してみると、遅延350msでは44.1%、遅延100msでは59.9%、遅延なしでは、66.5%と遅延が小さくなることにより効率が向上することが分かる。従来、通信遅延と施工効率との関係について言及した文献はなかったが、通信遅延が施工効率に大きな影響を与えることが本実験より明らかに



図一八 実験時の往復通信遅延データ

表一1 効率比較実験結果

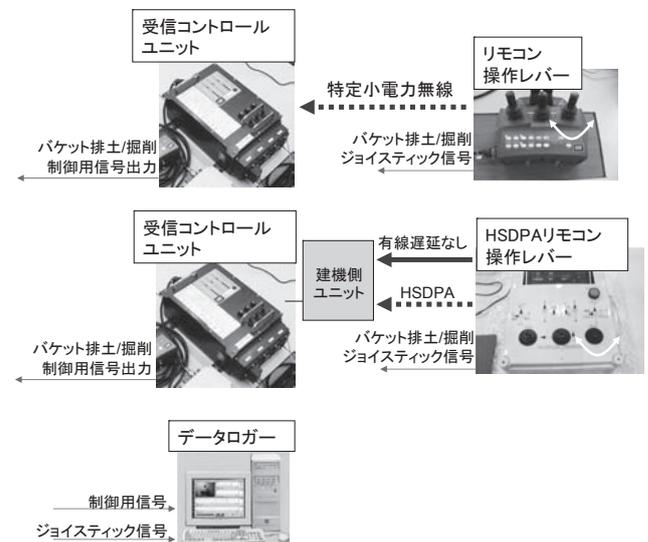
	① 通常有 人施工	無人化施工				
		②特定小 電力無線	③ HSDPA	④遅延 なし	⑤遅延 100ms	⑥遅延 350ms
時間(分:秒)	7:14	12:45	12:50	11:07	11:54	13:51
土量 m ³	19.44	19.44	19.58	19.86	19.17	16.41
効率(通常を1)	100.0%	56.7%	56.8%	66.5%	59.9%	44.1%

なった。

(4) 通信遅延計測実験

HSDPA及び特定小電力無線について、無線区間の通信遅延を比較するために、通信遅延計測実験を行った。実験システム構成を図一9に示す。計測方法は、コントローラの操作レバー操作信号（右レバー左右動作：バケット排土/掘削動作）と油圧ショベル側受信コントロールユニットからの制御用出力信号とを同期させながら計測し、操作レバー操作から制御用信号出力までの時間を計測した。計測を行ったのは、

- ①特定小電力無線
 - ②HSDPA対応コントローラでHSDPA接続
 - ③HSDPA対応コントローラで有線接続(通信遅延なし)
- の3つの条件である。



図一九 通信遅延計測実験システム構成

計測結果を表一2に示す。結果は10回分の計測データを平均したものである。また、本通信遅延計測実験はNTTドコモR&Dセンタ（神奈川県横須賀市）にて行ったが、実験時の環境では、最小往復遅延155ms、最大往復遅延340ms、平均往復遅延191msとなっており、片道の通信遅延は約95msであった。

結果をみると、実験時での環境では、特定小電力無線とHSDPAでは、操作レバー操作から受信コント

表一 2 通信遅延計測実験結果

	操作レバー操作から 制御用信号出力までの時間 ms
①特定小電力無線	229
② HSDPA	223
③遅延なし	108

ローラからの制御用信号出力までの時間が 229 ms と 223 ms となっており、ほぼ同等の結果であった。通信遅延計測実験時の片道通信遅延は約 95 ms であった。通信遅延なしの場合の実験結果が 108 ms であるため、203 ms (95 ms+108 ms) が HSDPA の場合の推測される遅延時間であるが、通信遅延の揺らぎなどもあるため、223 ms という結果は妥当であると考えられる。これらのことから特定小電力無線における通信遅延は、本実験環境での HSDPA における通信遅延とほぼ同等であると考えられ、約 100 ms 前後であると考えられる。

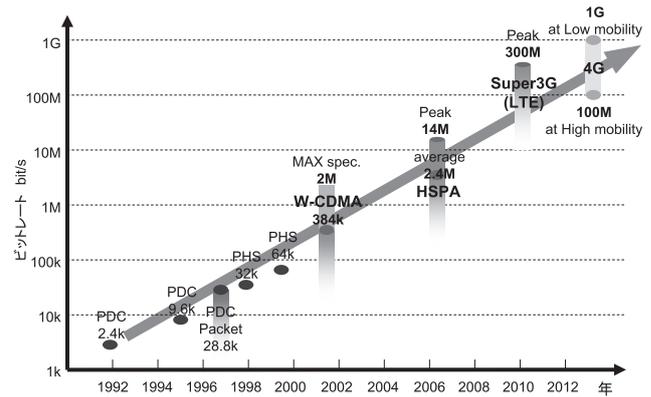
片道通信遅延は、効率計測実験時は約 120 ms であった。したがって効率計測実験時は、特定小電力無線と比較し約 20 ms 程度 HSDPA の方が遅延が大きかったと推測される。秩父デモセンターでの計測時と NTT ドコモ R&D センタでの計測時に見られるような通信遅延の変化は、計測時の電波状況、通信基地局の状態、通信経路など様々な要因が考えられ、予測は難しい。この通信遅延の変化への対応は今後の課題と言えるだろう。

5. まとめ

本稿では、世界初の公衆無線網を利用した建設機械の遠隔操作実験について紹介し、施工効率実験結果、通信遅延計測実験結果について述べた。

普賢岳赤松谷川上流部付近での HSDPA を介した油圧ショベルの遠隔操作実験では、通信距離約 1000 m での遠隔操作に成功し、公衆無線網を用いた建設機械の遠隔操作としては世界で初めての事例となった。施工効率実験を行うことで、従来の特定小電力無線を介した無人化施工と比較し、HSDPA を介した無人化施工では、ほぼ同等の効率を得られることを確認した。また、3つの通信遅延条件で効率比較実験を行い、通信遅延が短ければ施工効率の向上に繋がることを確認した。今回の計測実験では、HSDPA での片道通信遅延が約 100 ms 程度あり、特定小電力無線とほぼ同等であることを確認した。

公衆無線網は図一 10 に示すように⁷⁾、今後も LTE



図一 10 公衆無線網の発展
(文献⁷⁾より再構成)

(Long Term Evolution) や 4G と研究開発を進めており、通信遅延は更に短くなると考えられる。現状の HSDPA で、従来の特定小電力無線と同等の施工効率が得られており、今後 LTE で見込まれている通信遅延の短縮により更なる改善が期待できる。加えて通信帯域の向上により、映像も公衆無線網を介して伝送できるようになれば、従来のような無線中継器が必要のない無人化施工が可能となると考えられる。以上に述べたように、将来的には公衆無線網の利用により、更なる効率向上のほか、通信距離にとらわれる必要のない遠隔操作と無線の干渉の軽減が可能となり、無人化施工の適応範囲拡大が期待される。また公衆無線網の双方向通信を利用することにより、建設機械やその他の計器の情報を施工に活かす情報化施工への展開も考えられる。

6. おわりに

ここでは、公衆無線網を利用した建設機械の遠隔操作についての取組みについて紹介した。まだ実験段階であり、実際の施工に利用するにはいくつか課題が存在すると考えている。今回の実験を通して例えば、建設機械とコントローラとの通信セッション確立、操作レバーの位置や形状、試作りモコンに用いたディスプレイの視認性向上など実装上の課題が見つかった。また、将来的な課題として無線通信路の大きな変動に伴う遠隔操作データ通信の対応、同時使用する建設機械の台数が増加した際の対応、災害時の音声通話と遠隔操作データ通信との共存などの課題がある。これらの課題に対しては、これまでに SIP を用いたセッション確立、通信の冗長性確保や QoS 制御^{8),9)} といっ

た取組みがあるので合わせて参照されたい。

建設機械の遠隔操作を公衆無線網を介して行うことで、より安全により効率的に行えるように研究開発を進めることにより、無人化施工に留まらず、情報化施工など建設土木施工全体に公衆無線網の適用を行えるようにしたい。また公衆無線網を利用して遠隔地の“人と作業”を結びつける遠隔操作というアプリケーションが、この取組みをきっかけに拡大すれば幸いである。

謝辞：施工効率計測実験を行うにあたり、キャタピラージャパン株式会社様には大変お世話になりました。お礼申し上げます。また、実験にご協力いただきました皆様に感謝いたします。



《参考文献》

- 1) (財)先端建設技術センター：緊急時の無人化施工ガイドブック，大成出版社（2001.7）
- 2) 後藤喜和，松谷英之，大矢根秀彦，深澤賢司：HSDPAの概要および無線ネットワーク装置開発，NTTドコモテクニカルジャーナル，Vol.14 No.3，pp.6-13（2006.10）
- 3) 柳沢雄二，山元弘，邵輝，境田右軌，野末晃，山口崇：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論文集，pp.253-262（2008.9）
- 4) 宮島実，関川健一，以倉直隆：無人化施工映像技術に関する検討（バックホウ作業を主体として），第11回建設ロボットシンポジウム論文集，pp.223-228（2008.9）
- 5) 木村直紀，小阪高志，牧野千代春：遠隔操作ロボット（ロボQ）の今

後の展開，建設の施工企画2007年12月号，pp.10-14（2007.12）

- 6) 井上淳，久野晴生：複数の簡易遠隔操縦建設機械による実証実験，九州技報，第39号論文（2006.7）
- 7) 大矢智之，長敬三，橋橋祥一：将来の高速大容量通信に向けた無線要素技術，NTTドコモテクニカルジャーナル，Vol.16 No.2，pp.24-30（2008.1）
- 8) 林弘樹，田村隆幸，高畑実：遠隔操作ロボット用通信モジュール，日本ロボット学会誌，Vol.26 No.3，pp.277-283（2008）
- 9) Takayuki Tamura, Hosei Matsuoka, Minoru Takahata: Seamless PPP Migration between Disparate Wireless Networks, インターネットコンファレンス2008論文集，pp.25-31（2008.10）

【筆者紹介】

林 宏樹（はやし こうき）
 (株)NTTドコモ
 先進技術研究所
 コミュニケーションメディア研究グループ



山本 新吾（やまもと しんご）
 (株)フジタ
 技術センター
 先端システム開発部



三鬼 尚臣（みき ひさおみ）
 (株)フジタ
 土木本部
 土木統括部
 機械部



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>

IT を活用したロックフィルダムの施工

品川 敬・菅原 俊幸・大原 伸浩

胆沢ダム堤体盛立工事は堤高 132 m, 堤頂長 723 m, 盛立量 1,350 万 m³ という国内有数の大規模なロックフィルダム工事である。また, 厳しい気象条件のもとでの大型重機を用いた大規模土工であるため, GPS と 3D - MC を活用した IT を駆使し, 施工・品質管理の効率化・合理化を図ることが当工事の重要課題となっている。当ダムに適用した IT 施工管理システムの現状について報告する。

キーワード: ロックフィルダム, IT 施工, GPS, 3D - MC, 大規模土工, 転圧管理

1. はじめに

胆沢ダムは岩手県南部に位置する奥州市胆沢区に, 「北上川総合開発計画」の一環として 1953 年に建設された石淵ダムの再開発事業として建設が進められている, 洪水調節, 河川環境の保全, かんがい用水・水道用水の供給, 発電を目的とした, 堤体積 1,350 万 m³ の中央コア型ロックフィルダムである。

本工事の発注上の特徴として「分離発注併用」の「CM 試行工事」であることが挙げられる。工区分けとしては堤体基礎掘削工事, 原石山準備工事, 堤体盛立工事, 原石山材料採取工事, 洪水吐き打設工事の 5 工事に大別され, 当工事事務所は堤体盛立工事を受け持つ。

施工上の特徴としては, 国内最大級のロックフィルダムであり, 厳しい気象条件のもと効率的に盛立工事を施工するために大型重機を使用した大規模土工となることである。また, 施工速度の高速化に伴い, 現場における品質管理試験頻度も増えるため, 施工・品質管理の合理化を図ることが重要となった。

胆沢ダムの IT として

- ① GPS 搭載重機による施工 (3D - MC)
 - ② 締固め管理システム
 - ③ IC タグを利用したダンプ運行管理システム
 - ④ IC タグを利用した安全管理システム
- を積極的に取り入れて施工, 品質管理の合理化, 安全性の向上への試みを行っている。

2. 工事概要

ダム諸元

形式:	中央コア型ロックフィルダム
地質:	石英安山岩類
堤頂標高:	EL364 m
堤高:	132 m
堤頂長:	723 m
堤体積:	13,500,000 m ³
流域面積:	185 km ²
湛水面積:	4.4 km ²
総貯水容量:	143,000,000 m ³
有効貯水容量:	132,000,000 m ³
洪水調節容量:	51,000,000 m ³
利水容量:	81,000,000 m ³



写真一 1 ダム完成予想図

3. 施工計画

(1) 目的

ロックフィルダムの盛立は

- ①ブルドーザーによる敷き均し
- ②油圧ショベルによる異種材料境界部（コア材とフィルタ材）の整形
- ③振動ローラーによる転圧
- ④油圧ショベルによる堤体上下流面のリップラップの作業で構成される。

従来の手法では、測量者が張り付きとなり、現場の施工に先立ち丁張りをかける必要があった。この場合、測量業務の遅れや丁張り付近での重機の作業効率低下、測量作業時の重機作業との錯綜による安全性確保等の問題があった。

③の転圧作業においても転圧回数の管理は現場での確認のみに委ねられており、また現場品質管理試験（密度・透水試験）の度に該当箇所の盛立作業との調整が必要であった。

そこで、胆沢ダムにおいては施工管理・品質管理の合理化を図るべく GPS を中心とした IT の導入を計画した。

システムに共通して言えることは、重機に GPS アンテナを搭載し、自機の位置を RTK - GPS（従来からの GPS 測量に無線を組み込むことで、基準局で受信したデータを移動局（重機）に送信し、移動局の受信機内で解析することにより、即座に精度の高い座標値が得られる測量法）で把握し、設計図面との位置関係を車載モニター上にリアルタイムで示す機能を有していることである。

施工管理の合理化の目的を以下に挙げる。

- ・各重機キャビン内車載モニターの設計線との位置関係の確認がリアルタイムに可能となることによる施工精度の向上と手待ち、手戻り等の無駄の排除
 - ・ブルドーザーにおける排土板自動油圧制御による押土回数低減による施工速度向上
 - ・締固め管理帳票の自動出力による施工管理の効率化
- 品質管理の合理化の目的を以下に挙げる。
- ・敷均し厚、転圧範囲・回数が記録で残せるため、敷均し厚、転圧のトレーサビリティ確保が可能
 - ・従来、点の管理であった品質管理を面的に保証することによる、従来手法による盛立面での現場試験頻度の削減

(2) 使用機器・重機

導入した IT 施工管理システムは 3 次元 CAD によ

る設計、GPS による 3 次元測位および重機の油圧制御技術を融合した 3 次元施工システムを中心に調査・設計段階から、施工および施工管理までを一連で管理できるものである。

以下に現場において使用する機器・重機とその適用作業を示す。

① 3D - Navi

3D - Navi(GPS)は測量者がペンタイプ・コンピューターと GPS アンテナを携帯し、地形変化点の位置記録操作をその場で立ち止まり直接画面に指示することだけで連続測定が可能となる。基準点との見通しの可否



写真-2 3D - Navi による測量状況

にかかわらず基本的にワンマンでの測量が可能である。

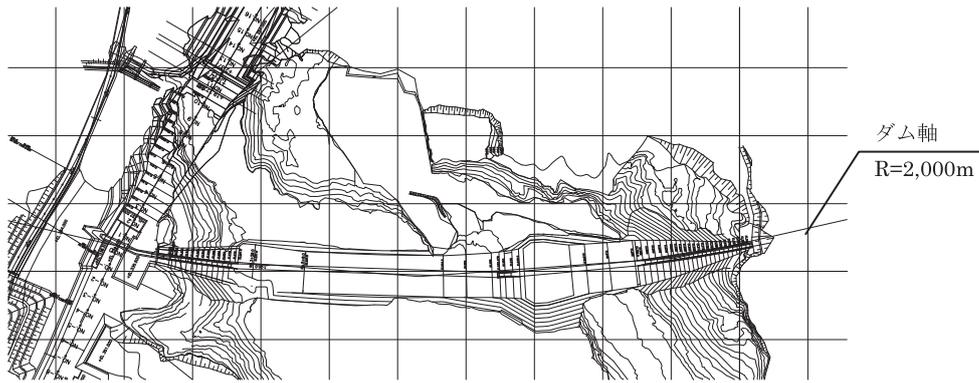
② 3D - MC ブルドーザー

GPS アンテナを搭載し自機位置をリアルタイムで把握し、排土板を自動油圧制御することで設計面に合わせた敷均し作業が可能となる。

胆沢ダムではコア・フィルタ敷均しに 28, 40 t 級、コア材パイリングに 28t 級、ロック敷均しに 40, 50 t 級のブルドーザーを使用している。



写真-3 3D - MC ブルドーザー



図一1 堤体平面図

③油圧ショベル

ブルドーザーと同様に、GPS アンテナを搭載し自機位置をリアルタイムで把握し、バケット位置と設計面との差をキャビン内モニター上で確認可能である。

胆沢ダムにおいてはコア・フィルタ境界部の造成、ロック上下流面のリップラップ施工およびバケットをツインヘッダーに交換してのコア敷き面仕上げ掘削に使用している。



写真一4 GPS 搭載油圧ショベル

④振動ローラー

GPS を搭載した振動ローラーの軌跡を把握することで設計図面上にローラーが転圧した回数をリアルタイムに表示することが可能で、転圧済み範囲をオペレーターが確認しながらの作業を行える。

胆沢ダムではコア・フィルタ転圧に11t級、ロック転圧に19t級を使用している。



写真一5 GPS 搭載振動ローラー

4. 施工実績

(1) 3D - MC ブルドーザー

従来、ブルドーザーで敷均しを行う場合、敷均し面の高さ測定は仕上がり面に測定用の丁張りを多数設置し、水系により行ってきた。このため、曲線部では丁張り間はオペレーターの判断により仕上げられてきた。

胆沢ダムはダム軸がR = 2,000 mの弧を描いており、それに伴いコア・フィルタ・ロックの各境界も弧を描く(図一1)。

そのため、後工程となる油圧ショベルによる整形作業を低減させるためにもいかに精度良く材料を撒き出し、敷き均せるかが施工速度に大きくかかわってくる。

今回はGPS アンテナを2台搭載することで排土板端部の位置をモニター表示できるシステムとすることで、すべての箇所において排土板端部と円を描く境界部の設計位置との差をリアルタイムで確認でき、的確な撒き出し、敷き均し作業を行うことが可能となった。

また、排土板高さも同様に確認でき(写真一6)、施工速度向上と品質面でも敷き均し厚の均一化が図れる。



上段: 設計高からの設定オフセット量
下段: 設定した高さでブレドの高さの差
設計面の勾配とブレドのチルト角の差

写真一6 ブルドーザーキャビン内モニター

コア材ストックパイル造成は粗粒，細粒の2種のコア材料を定められた比率となるように各層を互層に所定厚さでパイリングする必要があるが，通常行うパイル天端端部での測量丁張り作業が完全に省略でき，高速化，安全性向上に大きく寄与している。

(2) 油圧ショベル

油圧ショベルについては通常のショベルとしての使用例は前述のコア・フィルタ境界部施工(写真一4)と，上下流面リップラップ施工である。写真一7に示すように，丁張りは一切行わずに施工を行っている。



写真一7 下流面リップラップ施工状況

コア敷き仕上げ掘削 (t = 50 cm) においてはツインヘッダーによる施工を行ったが，GPS搭載の油圧ショベルを使用することで，測量者を全くつけずに仕上げることが出来た。特に斜面部の仕上げ掘削，夜間作業において，その効力を発揮した(写真一8)。

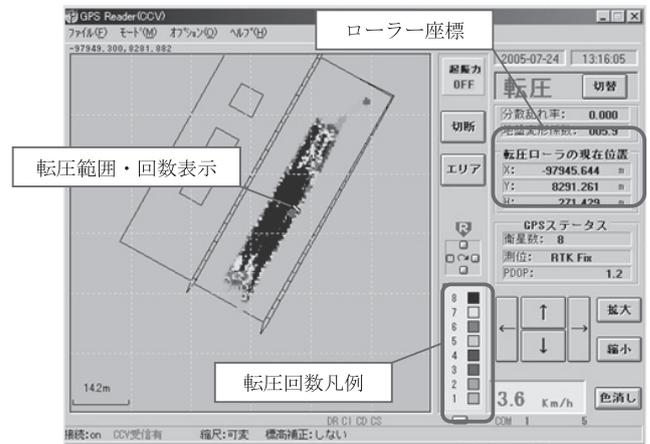


写真一8 仕上げ掘削施工状況

(3) 締固め管理システム

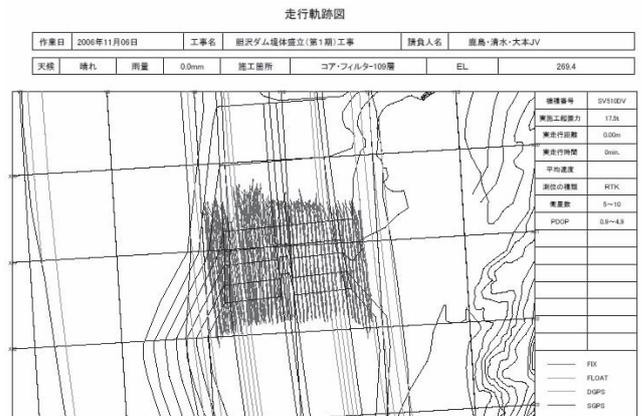
締固め管理システム搭載の振動ローラーキャビン内

モニターには現在位置と振動起振時の軌跡をもとに50 cmメッシュで区切られた範囲が締固め回数により色塗りされる。これにより，オペレーターは一目でリアルタイムに転圧の過不足が分かり，均一で効率的な施工を行うことができる。



写真一9 振動ローラーモニター

現場転圧作業完了後，事務所にて担当者がデータ処理を行う。その結果としての帳票アウトプットを示す(図一2，3)。

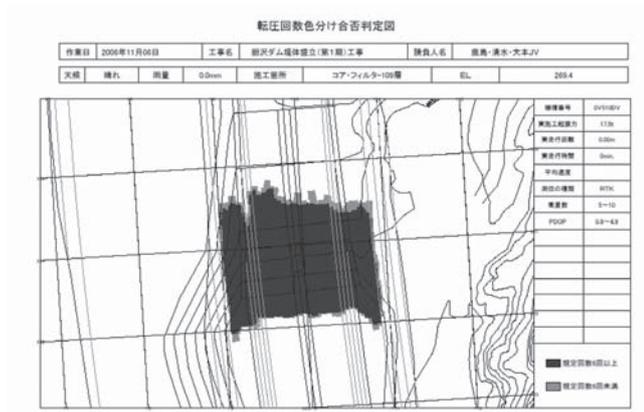


図一2 振動ローラー走行軌跡

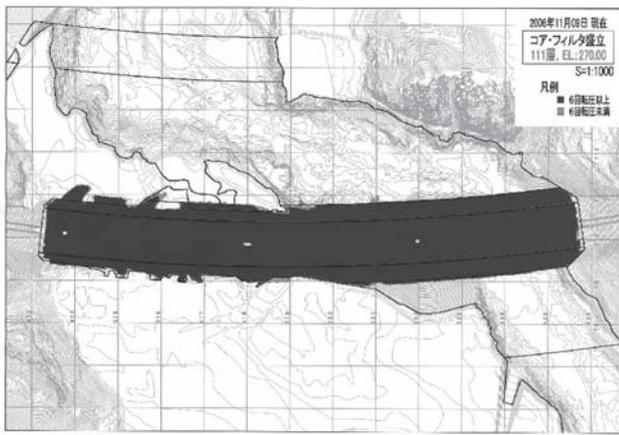
図一3はローラーの号機ごと，日時ごとの図であるが，これらを盛立の層ごとに集計することで各層全体の転圧マップが完成する。転圧マップの例を図一4に示すが，各層で転圧漏れがないことを確認した上で次層の盛立を行う手順をとる。

図一4において色塗り部分は所定の転圧回数6回を満たす箇所を示す。

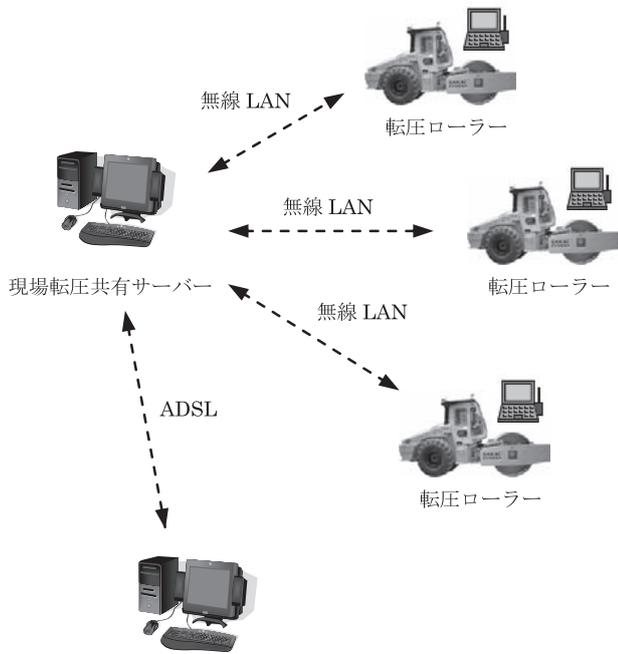
また，現場では転圧エリアが広いので転圧ローラーが複数稼働している。そのため転圧ローラー同士のデータ共有化を図る必要があったため，現場内に転圧管理共有サーバーを設置し現場の転圧状況を一元



図一三 振動ローラー転圧合否判定



図一四 転圧マップ



図一五 転圧管理共有構成

管理している。サーバーと転圧ローラーとの通信は無線 LAN を使用し、サーバーと工事事務所との通信は ADSL 回線を使用している (図一五)。

5. まとめ

堤体盛立は GPS を中心とした IT を活用した施工・品質管理を行い、データ収集に努めてきた。

施工上の合理化という点においては、当現場内は全く丁張りが存在しないという従来の常識を覆えており、効率性、安全性の向上という点でも一定の成果をあげているといえる。

一方で品質管理の合理化においては、従来の品質管理試験頻度は遵守し、現場品質管理試験頻度削減を実現する為、締固め管理システムを利用したデータ収集を行ってきた。

今後の展開としては転圧マップ、現場品質管理試験結果を整理し、工法規定方式による品質管理試験の妥当性を証明し、今後、現場品質管理試験の頻度削減の実現につなげる必要がある。

今回、IT を積極的に活用したことで施工、品質の合理化、安全性の向上に大きな成果をあげることができた。さらに、当現場では他に IC タグを利用した重機周りの安全管理システム他を運用しており、今後もさらに IT 活用の可能性を追求していきたいと考えている。

JCMMA

[筆者紹介]



品川 敬 (しながわ けい)
鹿島建設株式会社
東北支店 盛岡営業所
胆沢ダム堤体盛立工事事務所
所長



菅原 俊幸 (すがはら としゆき)
鹿島建設株式会社
東北支店 盛岡営業所
胆沢ダム堤体盛立工事事務所
副所長



大原 伸浩 (おおはら のぶひろ)
鹿島建設株式会社
東北支店 盛岡営業所
胆沢ダム堤体盛立工事事務所

近年の造成土工における問題点と対策例

出 淵 隆 広

近年の開発事業はさらに郊外へと移っていく傾向にあるが、開発する事業の種類を問わず土工事は必ず発生する工種である。今回紹介させて頂く現場は宅地造成工事であるが、その土工事において発生した問題点と対策をいくつか紹介する。1点目は沢部の薄層盛土部を余盛することで大型重機での施工とし、改めて切土として施工した事、2点目は大型重機での施工が困難な狭隘沢部の盛土方法を工夫することによって大型重機施工を実現し、厳しい工程を克服した事、3点目は問題点ではないが、チップ選別機を本来とは異なる用途に使用し成功した事例である。

キーワード：造成土工，制約条件，大型重機，余盛，仮置き，締固め，発想の転換

1. はじめに

広島市中心部より北西5～10kmのところ、約4,570haの丘陵地に「ひろしま西風新都」が広がる。112万人都市・広島市は「ひろしま西風新都」を21世紀にさらに飛躍・発展していくためのリーディングプロジェクトとして位置付け、「住み」「働き」「学び」「憩う」といった複合機能を持った人口10万人規模の総合自立都市建設を推進している。

西広島開発プロジェクトは、この「ひろしま西風新都」のほぼ中心に位置する約500haの丘陵地を開発するものであるが、今回、そのⅢ期事業について紹介する。



図一 1 ひろしま西風新都イラストマップ

2. 工事概要

(1) 規模

- ①開発面積：1,231,882 m²
- ②住宅計画：戸建住宅 1,194 戸 集合住宅 4 区画
タウンセンター・産業用地 27 区画
- ③道路計画：都市計画道路（内環状線）W=25 m
幹線道路 W=16, 12, 9 m 区画道路 W=6, 4 m
- ④公共施設：小学校 1 校 広島市施設用地 1 ヶ所
公民館用地 1 ヶ所
- ⑤公 園：街区公 4 ヶ所 地区公園 1 ヶ所
近隣公園 1 ヶ所 展望緑地公園 1 ヶ所

(2) 主要工事数量

- ①切盛土工：4,439,000 m³
- ②法面保護工：236,048 m²
- ③防災管：L = 11,035 m (φ 150 ~ φ 1500)
- ④ブロック積擁壁：L = 9,442 m (H = 1.0 ~ 5.0 m)
- ⑤L型擁壁：L = 5,939 m (H = 0.5 ~ 2.6 m)
- ⑥逆T擁壁：L = 55 m (H = 5.0 ~ 9.0 m)
- ⑦石積擁壁：L = 3,305 m (H = 1.0 m 以下)
- ⑧雨水排水管：L = 13,591 m (φ 250 ~ RC-Box 4000)
- ⑨污水排水管：L = 15,770 m (φ 250 ~ φ 450)
- ⑩道路舗装：110,236 m²
- ⑪歩道舗装：27,726 m² (レンガ, インターロッキング)
- ⑫防火水槽：22 ヶ所

(2) 土工事機種選定

切土の内訳は以下の表のとおりである。

表一 土工数量内訳

大区分	数量 (m ³)	区分	数量 (m ³)	地質区分		
				土砂(m ³)	軟岩(m ³)	硬岩(m ³)
土工	4,439,300	1-1 山	158,520	145,200	5,440	7,880
		1-2 山	367,080	100,480	98,880	167,720
		2 山	319,280	53,120	63,520	202,640
		3 山	1,000,680	476,040	238,560	286,080
		4 山	2,078,220	960,240	452,200	665,780
		5 山	178,560	178,560	0	0
		6 山	189,280	141,920	47,360	0
		7 山	78,880	62,400	16,480	0
		水道施設	52,000	40,640	4,960	6,400
		調整池	16,800	16,800	0	0
		計	4,439,300	2,175,400	927,400	1,336,500

前述の制約条件をクリアするためには、25万 m³/月の運土量を確保する必要がある。切土の8割強が運土距離500m以上であるため、必然的に重ダンプ中心の機械配置となった。右に、施工方法（使用機械）と運土距離の一覧表を示す。必要運土量を確保するために、重ダンプについては90t級×3台+45t級×1台、積込用バックホウは10m³級×1台、これを1セットとし、2セット稼働とした。ブルドーザーについては100t級と70t級を各1台ずつ配置した。10tダンプと牽引式スクレイパーについては状況に応じて投入する事とした。開発区域周辺の地質は広島型花崗岩が主体であるが、深度まで風化が進みマサ化している。そのため、排水性は非常に高く、雨天後も直ぐに大型重機が稼働できた。また、重機土工は稼働時間を1時間延長して1日当たり9時間とし、生産性を高めた。その結果、平成20年12月末時点での実績は、平均で24.7万 m³/月、最大41.5万 m³/月となり、当初目標の25万 m³/月を概ね達成している。

4. 土工事の問題点

近年の新規開発工事は郊外から山間部にまたがる場合が多く、複雑な地形の影響を受ける事が少なくない。そのような地形に効率（有効面積）を重視した造成計画がなされるため、開発区域は用地区域一杯まで広げられ、設計的に厳しい部分が発生しやすい状況になっていると思われる。

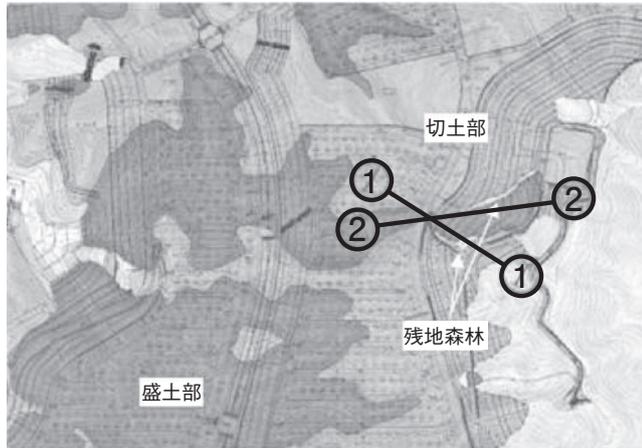
当作業所に於いても、土工事全体としては、目標値を達成し順調に推移しているが、部分的には様々な問題が発生した。そのいくつかを以下に紹介する。

表一 3 施工方法と運土距離

大区分	数量 (m ³)	区分	施工機械	数量 (m ³)	項目	土砂 (m ³)	軟岩 (m ³)	硬岩 (m ³)
土工	4,439,300	1-1 山	ブルドーザー	8,000	対象数量 平均距離	8,000 50		
			重ダンプ	150,520	対象数量 平均距離	137,200 440	5,440 440	7,880 440
			計	158,520		145,200	5,440	7,880
		1-2 山	重ダンプ	367,080	対象数量 平均距離	100,480 600	98,880 600	167,720 600
			計	367,080		100,480	98,880	167,720
		2 山	重ダンプ	319,280	対象数量 平均距離	53,120 680	63,520 680	202,640 560
			計	319,280		53,120	63,520	202,640
		3 山	ブルドーザー	40,000	対象数量 平均距離	19,000 50	9,000	12,000
			重ダンプ	960,680	対象数量 平均距離	457,040 560	229,560 560	274,080 630
			計	1,000,680		476,040	238,560	286,080
		4 山	ブルドーザー	41,000	対象数量 平均距離	19,000 50	9,000 50	13,000 50
			キャリアー	110,000	対象数量 平均距離	75,000 200	35,000 300	
			重ダンプ	1,927,220	対象数量 平均距離	866,240 800	408,200 810	652,780 790
			計	2,078,220		960,240	452,200	665,780
		5 山	ブルドーザー	18,000	対象数量 平均距離	18,000 50		
			キャリアー	110,000	対象数量 平均距離	110,000 200		
			重ダンプ	50,560	対象数量 平均距離	50,560 320		
			計	178,560		178,560		
		6 山	ブルドーザー	19,000	対象数量 平均距離	15,000 50	4,000	
			キャリアー	76,000	対象数量 平均距離	60,000 200	16,000 150	
			重ダンプ	94,280	対象数量 平均距離	66,920 260	27,360 260	
			計	189,280		141,920	47,360	
		7 山	ブルドーザー	3,000	対象数量 平均距離	3,000 50		
			キャリアー	6,000	対象数量 平均距離	6,000 150		
			重ダンプ	69,880	対象数量 平均距離	53,400 240	16,480 240	
			計	78,880		62,400	16,480	
		水道施設	ブルドーザー	2,000	対象数量 平均距離	2,000 60		
			キャリアー	20,000	対象数量 平均距離	20,000 120		
10tダンプ	30,000		対象数量 平均距離	18,640 120	4,960 120	6,400 120		
計	52,000			40,640	4,960	6,400		
調整池	ブルドーザー	3,000	対象数量 平均距離	3,000 50				
	キャリアー	5,000	対象数量 平均距離	5,000 150				
	重ダンプ	8,800	対象数量 平均距離	8,800 200				
	計	16,800		16,800				
土工		ブルドーザー	134,000	対象数量	87,000	22,000	25,000	
		キャリアー	327,000	〃	276,000	51,000	0	
		重ダンプ	3,948,300	〃	1,793,760	849,440	1,305,100	
		10tダンプ	30,000	〃	18,640	4,960	6,400	
		計	4,439,300		2,175,400	927,400	1,336,500	

(1) 沢部の薄層盛土

開発区域の東側部分、切土エリアの中に離れ小島のように盛土部分が計画されていた。切土法面は擁壁部分を含めて10段あり、直高50mになる。この切土法面に挟まれるように盛土部分があり、さらに、切盛り境には残地森林が計画されていた。当該箇所を平面図を図一4に、断面図を図一5に示す。



図一4 薄層盛土位置図

断面図に示すように、盛土厚さは全体的に非常に薄く、現況地盤線から計画地盤線までの水平距離は最大でも25m程度である。このような状況では大型重機での施工は難しく、十分な転圧が出来ないため、すべり破壊を起こす可能性がある。また、小段排水の施工を並行して進めるためには盛土上部からの仮設道路(ミキサー車等進入用)が必要となるが、実際には仮設道路の取付は不可能な状況であった。そこで、残地森林を造成森林に変更し(一度伐採して、後で植林する)、大型重機での施工が可能な範囲まで余盛した後



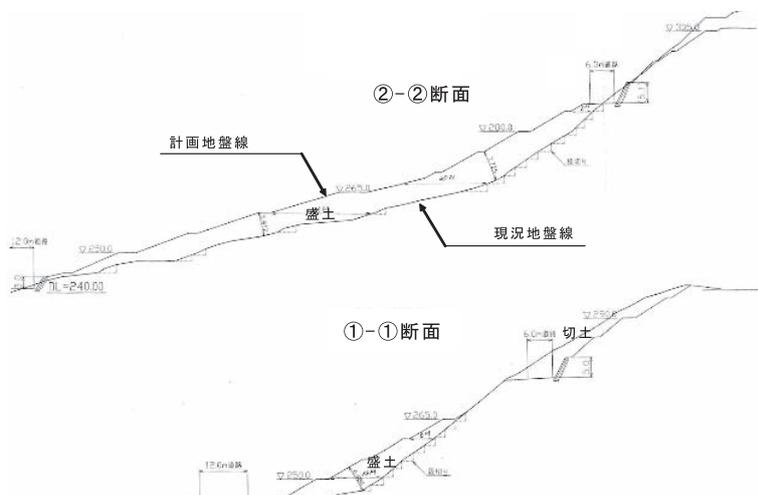
写真一1 薄層盛土部着工前



写真二2 キャリオールスクレイパーによる盛土状況

に、切土として計画法面を仕上げる事とした。

使用する重機は、急勾配と狭いヤードに対応できるキャリオールスクレイパーとし、工程には余裕があったので、1セット配置とした。余盛完了後、10ヶ月程



図一5 薄層盛土部断面図

度放置し残留沈下を促進させた後、切土を開始した。写真一4は現在の切土の状況であるが、小段排水や小段張りコンクリートに変状は見られず、沈下は収束しているものと思われる。



写真一3 余盛完了



写真一4 余盛後の切土・整形状況

(2) 狭隘谷部の盛土

もうひとつの問題点として、大型運土重機が稼働できないほど狭い谷の盛土が計画されていた。勾配的にもヤード的にも重ダンプはおろか、キャリオールスクレイパーも転回できないほど狭く急峻な谷である。近傍に切土エリアがなく、重ダンプ以外では運土距離が長すぎるという難点もあった。そこで、重ダンプが下りる事が可能な途中の地点で盛土材を仮置きし、そこからブルドーザーで盛土下端まで押土し、転圧・整形することにした。ここで注意しなければならないのは、仮置きした盛土材をその都度残さず下方へ押土するという事である。仮置きは所定の撒き出し厚や転圧回数が確保されていないため、締固め不十分な状態になっている。その上に盛土を行えば、いくら入念な施工を



写真一5 狭隘谷部盛土前



写真一6 重ダンプによる盛土材仮置き状況



写真一7 ブルドーザーによる仮置き材押土状況

実施しても不安定な盛土になってしまう。この事に留意しながら、仮置き・押土・転圧・整形のサイクルを繰り返して行った。当該盛土部はH = 5m小段が12段で盛土高さは60mに及ぶが、その半分の6段分をこの施工方法で実施した。

当該盛土部は前述した1工区に含まれ、工程的に厳しい条件であったが、大型重機を有効活用することにより工期内完了をクリアできる見通しである。

(3) チップ材選別機の有効利用

次に紹介する事例は問題点ではないが、同様な工事の参考になればと思い、取り上げた。

土工事に先立ち、必ず伐採工事がある。当然、伐採材の処理はリサイクルを前提に計画されている。ある程度の施工規模であれば、チップ化するための破碎機



写真一八 チップ材選別機による発生土篩い分け状況



写真一九 チップ材選別機篩い分けドラム

を現場に持ち込み処理するというのが通例であると思われる。当作業所ではチップ材の有価物としての価値を高めるため、用途に合わせてチップの大きさを篩い分ける選別機も導入した。

一方、雨水・污水管等の埋設物の埋戻し材として、購入砂や良質土が必要になるが、発生土が直接これに代用できる場合は少ない。前述した通り、当作業所は風化の進んだ広島型花崗岩が主体であり、これを篩い分ける事により埋戻し用の良質土が製作できないかと考えた。本来の機械の用途と異なる使い方としても機械的に問題ないことを確認し、試験施工を実施した。出来上がった製品は埋設管埋戻し用の良質土としてもまったく問題ない状態であり、この方法で約1,000 m³の埋戻し用良質土を製作した。購入砂の場合に比較して約50%のコストダウンが図れた。

5. おわりに

造成土工に限らず、建設産業全体が工程・原価共にますます厳しくなり、品質・安全はより高度なものを要求されている。今回紹介した4.(1)の事例では、原価的にはマイナスとなったが、品質を確保するためには良い選択であったと思う。(3)の事例は発想の転換が功を奏したものであり、原価的にも品質的にもプラスに繋がった。

現在の建設産業を取り巻く厳しい状況の中で円滑に工事を進めるためには、固定概念に囚われない大胆な発想の転換がキーポイントになるのではないだろうか。

JCMA

【筆者紹介】

出淵 隆広 (いであち たかひろ)

(株)フジタ

広島支店 丘陵造成作業所





トンネル，土工事への「技術提案」 を目指して ～ 建機レンタルの立場から ～

山 田 隆

従来，土木工事におけるレンタルは，大手メーカー製の車両系建設機械（整地・運搬・積み込み用および掘削用）など，汎用性の高い機械が取扱商品の中心であったが，最近では専門性の高い分野でもレンタルが活躍するようになり，特にトンネル施工機械や環境修復のためのプラント機械など，システムの設計から独自商品の開発・レンタルまで対応できる企業が力を伸ばしている。また，通信映像機器や最新の測量測定機器などを応用したIT技術も，レンタル会社の連携による一種のコラボレーションによって，現場へ導入されるようになった。このように現場の「環境・安全・効率化」に取り組むレンタル業の現状を紹介する。
キーワード：トンネル機械，エレクター，環境対策，無人化，情報化，技術提案

はじめに

建機レンタル会社には，汎用性の高い商品を中心に全国的なネットワークを展開している広域レンタル会社と逆に特定地域で多店舗をもって地域密着型のレンタルを行っている企業がある。さらに，特定の商品群に特化し，ユーザーも絞ってレンタルしている企業もあり，その形態はさまざまである。

しかし，最近では現場からのニーズも多様化し，工法や機械・装置の革新だけでなく，周辺機材に関しても“安全・環境・効率化”が求められ，それも“レンタル”での調達が主流になっている。ある意味ではメーカー的な役割も担いつつソフトの面までレンタル業界は期待されているのが実情ではないだろうか。

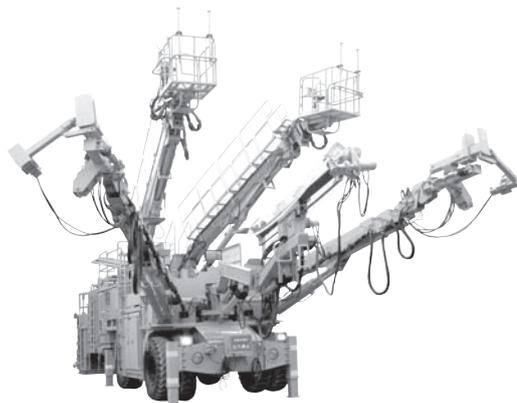
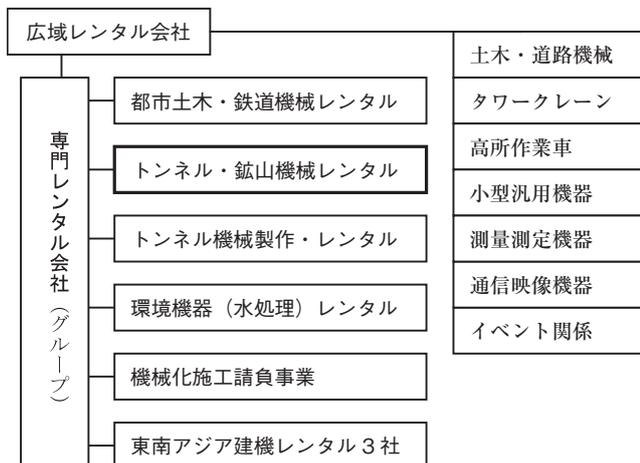
そこで，今回は，トンネル施工に関するレンタル業の取組みの一端をご紹介します。

まず，これから登場するレンタル企業のご覧頂きたい。左下の図のように，幅広い商品を扱う弊社を中心として，独自性の高いレンタル会社が集まりグループを構成している。これらのコラボレーションによりどのようなことができるかを考えていく。

1. 山岳トンネル施工機械レンタルの誕生

この1月に新しい山岳トンネル施工用機械のレンタル会社が誕生した。これは，グループの2社が一つになりスタートしたものであるが，経営の合理化・効率化と企業体力の強化を図り，両社が培ってきたノウハウと実績を融合することで，安定した機械の供給とユーザーへの技術提案力のアップ，つまり現場に最適な機械とサービスの提供を目指している。

また，同時にフリッカー対策機・起動補償装置などを扱う部門も発足し，電気機器営業部としてスタート



コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム

した。トンネル工事での省電力、CO₂削減などの課題にも貢献できるものと考えている。

なお、主なターゲットとしてはトンネルとマイニング（鉱山採石）をあげ、国内のトンネルをメインに、鉱山開発についても、そして海外現場への供給も視野に入れた展開を進めている。

2. 新会社の概要

＜事業内容＞

1. トンネル工専用機械のリース、レンタル、販売、修理
2. 建設機械、土木機械の賃貸業
3. 労働者派遣法に基づく労働者派遣事業
4. 前各号に付帯する一切の業務

＜資本金＞ 207,600,000 円

＜従業員＞ 90 名（男子 79 名、女子 11 名）

＜主な取扱機種＞

■コンプレッサー搭載型エレクター吹付システム

■一体型コンクリート吹付システム、■エレクタージャンボ、■ジャンボドリル、■油圧ショベル、■重ダンプトラック、■ホイールローダ、■パッチャープラント、■フリッカ対策機、■坑内用各種電材 他



重ダンプトラック

ローディングショベル



フリッカ対策機 S V G

一体型コンクリート吹付けシステム

＜事業所＞

本社、大阪支店、高槻工場：大阪府高槻市
 石狩工場、電気機器営業部：北海道石狩市
 東北支店：岩手県北上市
 関東支店：埼玉県所沢市
 九州支店、宮崎工場：宮崎県延岡市
 以上、営業部門 5ヶ所、工場 3ヶ所となっている。

3. 新会社が目指す技術提案

取扱機種のうち汎用性の高い積込機械やダンプはメーカーのものであるが、エレクター、ジャンボ、吹付システムについては、現場の早期の段階から参画させていただくことで最適の施工機械を供給し、あわせてメンテナンスに関してもメカニックの派遣などによる機械稼働の安定化と生産性向上によるコストダウンの実現に貢献できるように提案している。

また、今回新たに加わった電気機器営業部ではフリッカ対策機、起動補償装置、各種電材など、電力系統での合理化提案を用意している。

4. グループ会社との連携

グループ各社が持つ商品・ノウハウをこの新会社を窓口として連携しながら現場への提案を行っていく。

*トンネル機械の製作・レンタル会社

ここでは、トンネル工専用機械の専門レンタル会社であるが、“メーカー”の役割も追求し小断面用・ミニビートル、ミニロボット、コンクリートポンプ台車等、オリジナル機械の製作も手掛けている。エレクター・吹付システム搭載（支保工建込機）「スコーピオン I 型」はオフロード法認可に続き、トンネル工専用第 3 次基準値排出ガス対策機（3-162）としても認可された。



スコーピオン I 型

*都市土木・鉄道機械レンタル会社

首都圏、中部・近畿圏で店舗展開している建機レンタル会社。都市土木、鉄道機械に強く、リニア新線への対応などトンネル工事での連携場面が増えてきている。大型発電機・コンプレッサーを保有しており、最近では環境対策機器にも力を入れている。粉塵捕集装置“DABW”や吸遮音パネル“ノイズソーバー”も評価が高い。



***環境機器（水処理）レンタル会社**

泥・濁水処理、浚渫工事～環境修復分野までプラント機械・システムをレンタルで提供している。

特に、土壌分級洗浄処理、汚染水処理、大気処理の機械の設計・製造、レンタル・販売に力を注いでいる。なお、海外現場、離島などでの工事にも対応している。

土木工事における環境対策に大いに貢献できるものと考えている。



圧搾式フィルタープレス



凝集沈殿装置

***機械化施工サポート会社（請負）**

これも昨年10月に発足した新会社で、タワークレーン（小型～700tmクラスまで）、高所作業車（作業床高さ50mクラスまで）の運用、作業まで一括でサポートする会社で、機械のレンタルではなくオペレータを育成し人材の力で現場に貢献していこうというもの

で、最近ではアスファルトフィニッシャの作業にも進出している。今後もこのようなニーズは高まっていくものと期待している。

***海外グループ会社と海外工事**

マレーシア、タイ、シンガポールにもグループ会社があり、連携しながらトンネル、鉱山現場に向け機械の供給を行っている。また、グループ各社には中近東をはじめアジア各地に出荷した実績もあり、今後も日本の建設会社のサポートを行っていく考えである。

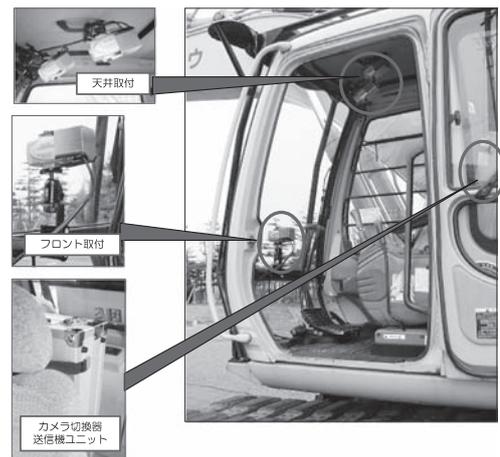
5. IT 機器や周辺機器の開発とレンタル化

“総合レンタル業のパイオニア”として建設・産業分野で幅広くレンタルの可能性を追及してきた実績を背景に、トンネル工事向けにも測量測定機器や通信情報機器、安全対策機器など、様々な商品を現場へ提案し採用されている。

◆通信情報機器

トンネル坑内の各地点と事務所を結ぶ通信ネットワークの構築や映像伝送などに数多くの実績があり、

また、「無人化施工」の現場には遠隔操作機械に簡単に取り付けられる「オペカムⅡ」が活躍している。更に、そのノウハウと保有機器を駆使して、坑内ダンプの無人化運行も手掛けてるなど、通信・映像の面から現場の安全や施工管理面での提案とレンタルを行っている。



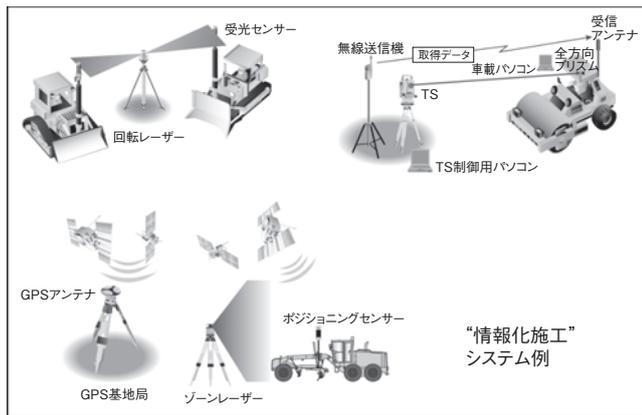
簡易型無人化車両カメラシステム「オペカムⅡ」

◆測量測定機器

光学系測量機からスタートし、レーザー照準機などのレーザー測量機、GPS・TS測量機から「情報化施工」に展開。現在では整地・敷均し・転圧・舗装工事にブルドーザ、モータグレーダ、ローラにセットしてシス

テムのレンタルを行っている。また各種センサーを活用した安全・施工管理のノウハウもあり、入退場システムなども開発している。

その他、鉄筋内部探査機などの非破壊検査機器、載荷試験器やキャスポル等の土質試験機、生コン水分計をはじめとする生コン品質管理試験器、騒音計・振動計・風速計・水質計等の環境関連計測機のアイテムが増えている。また最近では海外製の土密度計、合材密度計など新しい測定機器の商品開発を行い、ユーザーに提案を行っている。



◆安全・省力化機器の開発

夜間工事用照明機器のオリジナル商品として長年にわたり「テラスターシリーズ」を生み出してきた実績があり、気球照明でも先鞭をつけた。最近のヒット商品は重機後方センサーの「安全くん」シリーズ。道路工事での定番になっている。このように、現場の声をもとにしたレンタル商品の開発を行っている。



◆その他 ～小型汎用機器から式典まで～

広域レンタルである弊社の事業所は174ヶ所あり、一般の建設機械・器具のレンタルを行っているが、トンネル工事でも明かり工事で使用される汎用機器やメ



トンネル点検車

ンテナンス工事になるとトンネル点検車(高所作業車)や舗装機械、照明装置などがレンタルされている。また、イベント部門もあることから安全祈願祭などの式典にテント・イス・アーチなどもレンタルしている。

6. まとめとして ～総合力で提案します～

今回は、土工事の特集の中で、トンネル施工機械レンタルの新会社を中心に建機レンタルグループの取組みを紹介させて頂いた。

レンタルといえば、以前は一般の重機(汎用機)だけであったものが、トンネル工事用機械のような特殊で専門的なものや測量測定機器、通信情報機器などの精密機器、さらにそれらをより高度に機能させるソフトも含めたサービスの提供もできるようになってきた。

そしてそれらの専門分野のコラボレーションによる新技術や施工方法による品質の向上や効率化、安全・環境対策などに貢献しているのも事実である。

今後もトンネル工事に限らず、現場ニーズをもとにレンタル商品の開発・導入を進めていくことで更にレンタルグループの総合力を発揮できる場はますます増えてくるものと考えている。

なお、本原稿を作成するにあたり、ニシオティーアンドエム株式会社をはじめ、サコス株式会社、株式会社三央、株式会社トンネルのレンタル、ニシオワークサポート株式会社から写真その他の情報を提供して頂いたことを付記いたします。

JICMA

[筆者紹介]
山田 隆(やまだ たかし)
西尾レントオール(株)
広報宣伝室長

ずいそう

ゴーパチ国道

村上 誠



沖縄に来て4ヶ月。海は碧く、空は広く、雲は大きく、そして料理が美味しい沖縄。沖縄そば、泡盛を堪能しつつ、地元の地理、歴史、文化を勉強中ではありますが、まだまだ驚きと発見の連続です。例えば、沖縄の緋寒桜は1月に咲き始めますが、先ず北から咲き始め、南下してきます。これは、開花には暖かな気温だけではなく十分な寒さも必要だそうで、1月に寒い北部で開花が始まり、寒波が南下する2月に向かって桜前線も南下するという事です。桜の開花は北上するものと決めつけていましたが、本土のソメイヨシノとの違いに驚かされます。

ところで、沖縄県は、東は北大東島、西は与那国島(日本最西端)、南は波照間島(日本最南端)、北は硫黄島と、東西1,000 km、南北400 kmに広がり、49の有人島と1,000 m²以上の無人島160を有する、人口137万人の県です。その沖縄県の中心をなすのが沖縄本島で、その本島には4,000 mと3,500 mの滑走路を有する米軍嘉手納基地、第7艦隊の艦船が入港するホワイトビーチ(うるま市)等、総面積の10%を占める38の米軍施設があり、5万人の米軍人と家族が住み、日本で唯一戦後を残している島と言えます。太平洋戦争末期の1945年3月26日、慶良間諸島の座間味島等を占領した米軍は、4月1日、沖縄本島の読谷村(ヨミタンソン)に上陸、6月23日の牛島司令官の自決で沖縄戦が終結するまでの間に、日本軍と民間人で約20万人、米軍1万2,500人の尊い命が失われました。日本で唯一地上戦を体験した島、それが沖縄です。

この沖縄本島の交通の大動脈が国道58号線、愛称「ゴーパチ」で、この国道は鹿児島県鹿児島市山下町を起点に、種子島、奄美大島を通過し沖縄本島を縦断する総延長857 km、陸上部分255 km、海上部分が600 km強の南の島々を縦断するいわゆる海上国道です。今でこそ若者達に『ゴーパチ』と呼ばれ、毎年10月には数万人が参加してギネスブックにも載る那覇大綱引き(長さ200 m、太さ1.6 m、重さ43トン)の会場に使われている県民に身近な国道ですが、その起源は沖縄を占領した米軍が整備、指定した“Highway

No.1”。当時は緊急時には滑走路として利用することも考慮して作られたとのことです。

琉球政府が発足した1952年には、その“Highway No.1”の国頭村(クニガミソン)～読谷村間の部分は琉球政府道一号線となりましたが、残り部分の読谷村～那覇市間は米軍が管理する軍道のままでおかれ、1972年4月25日になって軍道の管理が琉球政府に移管され、その年の5月15日に沖縄が本土に復帰してはじめて全線が「一般国道58号」に指定されて現在に至っています。

なお、その“58”という二桁国道に命名されたことについては変った生い立ちを持っています。本土復帰以前の1965年の道路法改正で、国道に一級国道、二級国道の区分が廃止されて以降、新設国道は原則三桁の路線番号が付けられることになりました。旧一級国道が居並ぶ二桁国道は1号から57号まででしたが、この「58号線」は特例として二桁国道に加えられたもので、現在、日本の国道は59号から100号まで欠番となっています。道路法が改正されてから新設された二桁国道はこの「ゴーパチ国道」だけ、ということになります。

沖縄本島内で「ゴーパチ」は、ヤンバルクイナ生息地として有名な本島北端の国頭郡国頭村を起点に、本土復帰を願って篝火を焚いた辺土岬を経て、西海岸沿いに終点地である那覇市明治橋に向かいます。その距離125 km。

辺土岬を過ぎると水平線の美しい大宜味村(オオギミソン)、「美ら海(チュラウミ)水族館」を有する本部町(モトブチョウ)入口の名護市、万座ビーチやプライベートビーチが数々点在する恩納村(オンナソン)、陶器工房の読谷村、基地の町の嘉手納町、アメリカンビレッジのある北谷町(チャタンチョウ)、普天間基地のある宜野湾市、浦添市を通過して那覇市内に入ります。嘉手納町から那覇市までは県内唯一の片側3車線となっている「ゴーパチ」は、本島内交通の大動脈として重要な役割を担っています。

—むらかみ まこと キャタピラー沖縄(株) 取締役—

ずいそう

石鎚 大好き

村上 正典



長年の公務員生活に別れを告げ、我が故郷松山に移り住み、石鎚神社の氏子として、西日本最高峰（加賀白山 以西）であり、山岳信仰の山として日本7霊山にも数えられる、日本百名山の名峰「石鎚山」へ。

7月1日のお山開き大祭参拝はもちろん、毎年数回は登っているが、今年は6年目のお山開きが来ようとしている。

去年は、年に300日は濃霧だと言われるのが信じられないくらい最高の天気であった。7月1日のお山開き神事の日がこのように「快晴」なのは、14年ぶりであると、頂上社の宮司さんが言っておられた。去年は7月1日のお山開き大祭を含め7・9・10月と7回参拝し、毎回天候良く「天狗岳：標高1982m」に連続7回登頂することが出来た。また、10月は、紅葉の美しさに魅せられ週3回、足腰の疲れ回復前にまた登り下りの登頂。飽きもせず年寄りが、よく行くよなあ？とは妻の弁。

石鎚山の登山ルートは、西条から石鎚神社成就社を経て北東側から上る表参道ルート、松山・高知方面から石鎚スカイライン経由、南東側の土小屋から上るルート。その他、本格登山者向けのルートもあるが、村上君はいつも土小屋ルートから天狗岳を目指している。

「お上りさんかね」「お下りさんかね」…上り下りの挨拶として、特にお山開き大祭時には、それは賑やかである。熊避けの鈴の音チリン、チリンと響き、一步一步と。

さて、10月の7回目のお山へ。

土小屋遥拝殿にお参り後、土小屋（標高1492m）～弥山石鎚神社奥宮頂上社（標高1974m）。その距離4.6km、標高差500m余り。年寄り村上君の所要時間は、上り2時間30分～3時間、下りは2時間～2時



石鎚山頂

間30分。ゆっくり、急がず、のんびりと…。

瓶ヶ森、大森山（標高1897m, 1399m）を右手に紅葉の登山道を30分も歩くと、いつも休息所としているベンチが見えてきた。目の前が明るく開け、左前方には天狗岳、さすが石の鎚の岩山である。この場所は、弥山までで1, 2を争うビューポイントでもある。

一息の後、表参道成就社ルートとの合流地点、二の鎖小屋へと、手入れの行届いた木の栈道を越えて進む。この辺りは、崩れ落ちた大石も多く、足腰が疲れてはいるもののなぜか何時も早足になる。最初の難所、合流地点手前の急な登坂を越え鳥居を潜ると、二の鎖元小屋に到着である。大休息の後、小屋の先から登山道の分かれ道までが第2の難所である。直進すれば、かの有名な石鎚の大鎖（2箇所鎖場がある）、右手に行けば栈道（通称迂回路）である。栈道は、数年前に大々的に改良され、驚くほど良くなっている。紅葉真っ盛りの時期でもあり、2及び3の鎖場（65m, 68m）を迂回し頂上社へ。石鎚神社 奥宮 頂上社は、H15年6月に開山し5月から11月3日まで神主が常駐しておられ、朝夕の礼拝はどなたでも参列できると聞いている。

山頂（弥山）1974mで奥宮 頂上社にお参り後、弥山の岩場を小鎖で下り、馬背の手前のいつもの岩上で手作りのにぎり飯をと店びらきしていると、お～い写真のじゃまになるから消えてくれと、弥山から紅葉の天狗をねらうカメラマンが大声で叫ぶ。仕方なく死角の場所へ移動する。馬背の峰を越え、北東側の切り立った岩壁を気にしつつ、最後の難所である急傾斜の岩場を上ると、小さな祠があり、終着の天狗岳到達である。祠に寄りかかるように、天狗岳1982mと書かれた小板がある。写真のように登頂時には何時もこの小板と共に記念撮影。天狗からは、九州・中国の山々までも遠望できると期待したが、今回は雲海に阻まれ目にする事は出来なかった。

石鎚山の1000種を超える植物の中には、石鎚山固有種も多く、珍しい高山植物や花の名所としても知られている。大自然の素晴らしさを満喫出来、就学前の幼児から中高年の方々にも身近なハイキングコースです。お子さんやお孫さんを連れて、ぜひチャレンジを。

今年は、二桁安打で行こう、と春よ来い来い早く来い。

—むらかみ まさのり 豊国工業(株) 四国営業所 技監室 参事—

06-6	電磁誘導式 舗装高さ自動制御システム (NEIシステム)	NIPPO コーポレーション
------	------------------------------------	-------------------

▶ 概要

橋面舗装時の橋梁床版は、施工機械やアスファルト混合物運搬車等の総合重量によって、常に変動的な「たわみ」が発生している。従って、橋面舗装における自動制御用の基準線は、常にその「たわみ」と同じ動きをする必要があり、従来より高欄の天端を活用する方法が多く用いられている。

なかでも、木駒や治具を天端に設置し、高緊張に張ったピアノ線を基準線とした自動化施工が一般的に採用されている。

しかしながら、この方法では以下の点に問題があった。

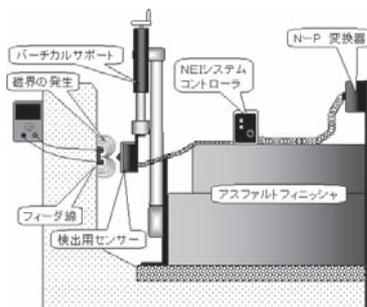
- ① 治具の製作や配置、測量等多くの労力と時間を必要とする。
- ② 高緊張に張っているピアノ線が切れたりする。
- ③ 高欄壁面への治具設置は、舗装端部に転圧不足が発生する。
- ④ 自動調整の操作位置が高く、足下が不安定である。

さらに、工程の関係から舗装開始時には、既に高欄天端上に防護策や目隠し板が設置されていたり、自動制御に必要な基準線の設置が難しい状況にある。

NIPPO コーポレーションは、このような状況を改善していく目的として、電磁誘導式舗装高さ自動制御システム (NEI システム) を実用化した。本文では、その概要について報告する。

▶ 電磁誘導式舗装高さ自動制御システムの概要

このシステムは、高欄壁面に沿って延設した基準電線 (2 芯フィーダ線：以下フィーダ線と言う) に、誘導波送信機により微弱電流を給電し、フィーダ線に磁界を発生させる。その磁界を検出用センサにより検出し、検出結果に応じてアスファルトフィニッシャのレベリングアームを制御する舗装高さ自動制御する装置である。(図一 1 参照)



図一 1 電磁誘導システムの概要

▶ 電磁誘導式舗装高さ自動制御システムの使用手順と特徴

- (1) 事前に、高欄壁面に基準高のポイントを出す。

- (2) 以下の特徴を持つフィーダ線緊張器をセットする。

- ① 平均緊張バネにより、任意の平均緊張が可能。
- ② 高欄の厚さととらわれず自在に設置が可能。
- ③ フィーダ線を任意の高さに設置が可能。
- ④ 自然環境に左右されない。

- (3) フィーダ線を高欄壁面の基準高ポイントに合わせ、ゴムテープ等で数 m 毎に簡易に張り付ける。

- (4) 誘導波送信機とフィーダ線ドラムを専用コードでつなぎ、誘導波送信機の電源を入れる。(写真一 1 参照)

- ① フィーダ線は、1 スパン (1 ドラム) で 200 m 巻き。
- ② 誘導波送信機の使用可能時間は、5 時間以上の充電で連続 15 時間使用が可能。

- (5) アスファルトフィニッシャに、検出用センサーとコントロールボックスをセットする。



写真一 1 フィーダ線の設置状況

▶ 電磁誘導式舗装高さ自動制御システムの利点

- (1) 取り扱いが簡易で、誰でも短時間で設置が可能である。
- (2) センサーロープによるガイドラインの設置が不要である。
- (3) フィーダ線の設置が簡易で安全である。
- (4) 弛みがなく、高い精度の舗装が期待出来る。
- (5) 準備工程の短縮やコストの削減が出来る。
- (6) 検出用センサーは、従来のグレードコントローラと同じ手順で、使用出来るので取扱いが非常に容易である。
- (7) レーザや超音波等比べて、自然環境に左右されない。

▶ 今後の課題

このシステムは、GPS や TS がその「たわみ」の変動に追従出来ないことで考え出された。しかし、舗装幅員によってはこのシステムだけでスクリーン両側を制御できないことがあるため、さらなる技術開発に取り組む所存である。

▶ 問合せ先

(株) NIPPO コーポレーション 生産技術機械部 機械グループ 高橋幸男
〒104-8380 東京都中央区京橋 1-19-11
Tel : 03(3563)6727

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-304	さくさく JAWS 工法	戸田建設
--------	--------------	------

▶ 概要

「さくさく JAWS 工法 (Joint All Water Shutting)」は、トンネルの外殻構造部に継手付き鋼殻エレメントを順次掘削・連結した後、鋼殻内にコンクリートを打設して、トンネルの外殻構造部材を構築してから、内部の地山を掘削搬出することでトンネルを完成させる非開削のトンネル構築技術である。

密閉式推進機の使用を基本とし、止水機能を有した継手構造の採用と施工ガイドを兼用する推力伝達材に推進機を固定して、鋼殻エレメントを間接牽引する方式により、地下水対応型の合理的施工方法を実現する。(図一 1 施工手順図参照)

▶ 特長

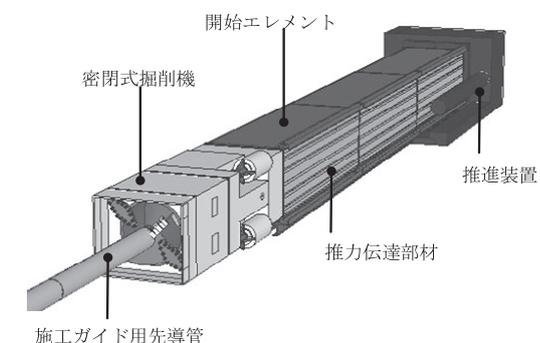
- ①牽引方式のため、推力が鋼殻エレメントに直接作用する従来の推進方式に比べ、エレメント補強を省略でき、鋼殻エレメント費用を抑制できる。
- ②先行エレメント推進で貫通した推力伝達材を次のエレメント

の施工ガイドとして活用するため、施工の効率化及び掘削設備の簡素化が図れる。

- ③施工ガイド機能を兼ねた推力伝達材により、スムーズな推進を可能とし、施工効率を向上することで、工期短縮、工費縮減が図れる。
- ④密閉式推進機と止水機能を有した継手構造の採用により、止水注入等の補助工法を必要最小限に抑え、工事費の削減とともに、地盤変状を抑制することで周辺環境への影響を最小限に抑制する。
- ⑤継手構造は、溶接継手タイプとモルタル充てんタイプの2種類の継手を有し、母材と同程度の応力伝達性能を発揮できる構造であるため、断面力に応じたエレメント構造を設計でき、経済性を確保出来るほか、継手による完成躯体の剛性低下を抑制できる。

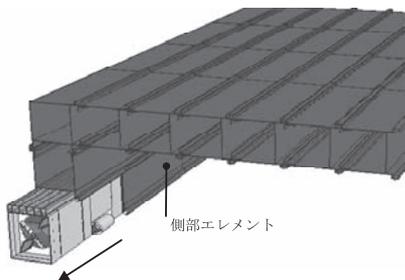
▶ 問合せ先

戸田建設(株) アーバンルネッサンス部
〒104-8388 東京都中央区京橋1-7-1
TEL: 03(3535)1602



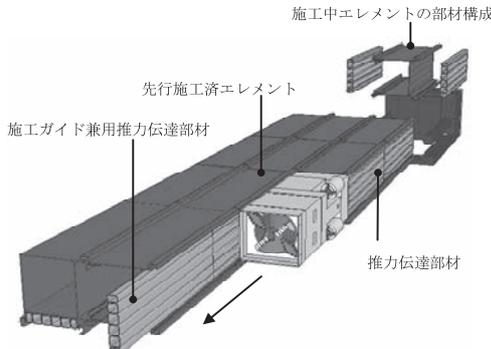
(1) 開始エレメントの施工

開始エレメントの施工に先立ち、その施工精度を確保するため、施工ガイドとなる先導管を小口径推進により施工。この先導管に密閉式掘削機の先端を固定して、開始エレメントを推力伝達部材で間接けん引して施工。



(3) 側部エレメントの施工

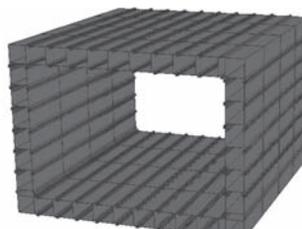
側部エレメントの施工は、推力伝達部材が上下配置となる以外には、上部エレメントと同様の作業手順により行う。



(2) 上部エレメントの施工

先行エレメントの施工で立坑間を貫通した推力伝達部材を施工ガイドとして、両側の推力伝達部材で掘削機に直接推力を与え、掘削機に固定したエレメントを間接けん引して施工。掘削機と一緒に移動する施工ガイド兼用推力伝達部材は、到達立坑で回収して、次エレメント施工のための推力伝達部材として活用。

上記の作業を順次繰り返して上部エレメント部を構築。



(4) エレメント施工の完了

上部、側部、底部の順でエレメント施工を完了して、外殻部を閉合する。施工済みのエレメントについては、継手の接合・一体化、コンクリート打設を行い、トンネル本体構造を構築し、内部土砂を掘削してトンネルを完成させる。

図一1 さくさく JAWS 工法の施工手順

平成 21 年度公共事業関係予算の概要 (1)

はじめに

先日、平成 21 年度公共事業関係予算の概要が国土交通省から発表されました。

ご承知の通り、国の公共事業関係予算は建設投資の中心的役割を担うものであります。総予算額は 15 兆 8,632 億円で昨年度に比べ増加しています。

次に、重点項目を中心にその概要を紹介いたします。

1. 予算規模

基本的考え方は、安全・安心で豊かな社会づくり、地球環境時代に対応した暮らしづくり、地域の活力と成長力の強化などの課題に的確に対応していくため、重点化・効率化を徹底しながら、真に必要な事業・施策を実施し、社会資本の着実な整備と総合的な交通政策の推進を図る。

予算規模

公共事業費関係費	5 兆 7,324 億円 (1.09 倍)
	※ [5 兆 0,499 億円 (0.96 倍)]
一般公共事業費	5 兆 6,790 億円 (1.09 倍)
災害復旧等	534 億円 (1.00 倍)
※特殊要因 (特別会計に直入されていた地方道路整備臨時交付金相当額が一般会計計上に変更されたことによる増加) を除いた額	
非公共事業	
・その他施設費	572 億円 (0.95 倍)
・行政経費	5,677 億円 (1.02 倍)
裁量的経費	2,069 億円 (1.02 倍)
義務的経費	3,608 億円 (1.01 倍)
合 計	6 兆 3,573 億円 (1.08 倍)
財政投融資	2 兆 6,749 億円 (0.73 倍)
財投機関債発行予定額	4 兆 6,278 億円 (1.09 倍)

2. 予算の重点化

安全・安心で豊かな社会づくり、地球環境時代に対応した暮らしづくり、地域の活力と成長力の強化の 3 分野における事業・施策を重点的に推進するとともに、各事業・施策分野においても、その目的・成果に踏み込んできめ細かく重点化し、限られた予算で最大限の効果の発現を図る。

I 安全・安心で豊かな社会づくり

(1) 災害等から命を守る

①地球温暖化に伴う災害リスク増大への緊急的対応の強化

1,220 億 (1.37)

地球温暖化に伴う集中豪雨等の影響による災害リスクの増大に適用するため、

- ・温暖化による影響のモニタリングに基づく災害リスクの評価、災害予測や予警報の充実・強化、適用策のロードマップの作成を行なう制度を創設するとともに、流域自治体が行なう河川への流出抑制対策と連携した河川整備、既存ダムを活用した治水機能の強化、総合的な土砂管理による海岸の侵食対策等の事業をおおむね 5 年間を目標に重点的に実施する枠組みを創設する。

- ・下水道の貯留浸透施設の整備等の流出抑制対策 (ハード対策) に加え、内水ハザードマップ、降雨時のリアルタイム情報の公表等のソフト対策を組み合わせた「下水道浸水被害軽減総合事業」を創設する。

②大規模災害時の対応体制の強化

751 億円 (1.10)

緊急災害対策派遣隊 (TEC-FORCE) の充実強化等

- ・大規模災害時に国民の安全・安心が確保されるよう、緊急災害対策派遣隊 (TEC-FORCE) の派遣による発災直後の緊急調査に加え、被害の拡大を防止するための緊急対応を可能とする制度を創設する。

- ・高度な技術力を要する河道閉塞 (天然ダム) 対策については、応急対策に引き続き一定計画に基づく対策を短期・集中的に実施するための制度を創設する。

③住宅・建築物の安全・安心の確保

430 億円 (2.20)

アスベストによる健康被害の拡大を防止するとともに、大規模地震時の住宅・建築物の倒壊による人的・経済的被害を軽減するため、アスベスト改修と耐震改修の実施を総合的・効率的に支援する「住宅・建築物安全ストック形成事業」を創設する。また、密集市街地における建替えの円滑化に対する支援措置の拡充等を図る。

④公共交通インフラの耐震化等の推進

132 億円 (1.61)

大規模地震等に備え、主要な鉄道駅の耐震補強を実施するとともに、緊急時の物資輸送に利用する拠点空港等の耐震性向上や、災害時において港湾機能を確保するための耐震強化岸壁、応急復旧活動の基地となる基幹的広域防災拠点の整備等を推進する。

⑤都市公園の安全・安心の確保

190 億円 (1.22)

都市公園の防災機能の向上、公園施設の安全確保等、緊急に行なう必要のある安全・安心対策を一括して総合的に支援する「都市公園安全・安心対策緊急総合支援事業」を創設し、子供や高齢者を始

／ 統 計

め、誰もが安全に安心して利用できる都市公園の整備を推進するとともに、地震災害時の避難地となる防災公園の整備を行なう。

⑥ 社会資本ストックの戦略的な維持管理による安全・安心の確保とライフサイクルコストの縮減 4,247 億円 (1.05)

高度経済成長期に集中投資した道路、河川、下水道、港湾、公営住宅等の社会資本ストックが今後急速に老朽化することを踏まえ、長寿命化計画の策定の推進、予防保全の計画的な実施、橋梁の点検や河川管理施設の機器更新に対する支援等戦略的な維持管理を行い、安全・安心の確保とライフサイクルコストの縮減を図る。また、道路に係わる地震・豪雨・豪雪等に対する防災・地震対策を推進とともに、下水道施設について、耐震化を図る「防災」と被害の最小化を図る「減災」を組み合わせた「下水道総合地震対策事業」を創設する。

(2) 生活者の視点に立った安心施策の展開

① 高齢者が安心して暮らせる住宅セーフティネットの充実

2,110 億円 (1.09)

高齢者が住みなれた地域で安心して暮らし続けることができる社会を実現するため、福祉政策との連携のもと、生活支援サービス等が提供される高齢者向け賃貸住宅の供給促進のための制度を創設する。また、高齢者の居住の安定確保に資する事業に対する地域住宅交付金の助成を拡充するとともに、民間金融機関における住宅改良等資金に係わるリバースモーゲージに対して住宅金融支援機構による住宅融資保険制度の適用を拡充する。

② 住宅ストックの再生等の推進 152 億円 (1.13)

良質なマンションのストックの形成を促進するため、マンションの維持管理、修理工を計画的に進めるための長寿命化計画の策定や、建替え・改修を円滑に進めるためのマンション再生計画の策定を行なう管理組合等を支援する制度を創設するとともに、マンションのバリアフリー化・耐震化・省エネ化等、居住者のニーズに合ったマンション再生事業への支援を行なう。また、物件情報が適切に提供される流通市場の環境を整備する。

③ 公共交通の被害者対策・安全対策等の強化 36 億円 (2.14)

- ・公共交通の事故被害者の保護を充実するため、事故発生直後の被害者等への情報提供、被害者等への精神的支援等の被害者対策を強化する。
- ・運輸事業者・行政が一体となって安全管理体制の構築、改善を図る運輸安全マネジメント体制と保安検査を充実強化するとともに、一昨年の航空機の滑走路誤進入事案を踏まえ、ヒューマンエラー等による事故・トラブルを防止するための航空管制業務等の安全性向上を図るなど、利用者が安心して公共交通を利用できるよう安全対策を強化する。

④ 公共交通機関のバリアフリー化 56 億円 (1.00)

- ・1日の利用者数が5千人以上の駅や、地域における拠点性が高い5千人未満の駅のバリアフリー化を推進することにより、公共交通機関における一体的・総合的なバリアフリー化を推進する。

- ・バリアフリー新法に基づく基本構想を策定していない市町村の計画策定を促進するほか、エレベータ等の設置が難しい駅等のバリアフリー化を推進する。

⑤ 歩行者や自転車に配慮した道路空間の再構築 1,316 億円 (0.87)

安全で快適な歩行空間・自転車利用環境等を確保するため、通学路等の歩道整備や、歩行者・自動車から分離された自転車走行空間等の整備を推進する。また、平成21年度を初年度とする新たな無電柱化推進計画に基づき、市街地の新設道路については、電線共同溝の先行整備を推進するとともに、歩道の無い狭隘な道路等においては、軒下・裏配線方式等を積極的に活用し、無電柱化を推進する。

(3) 海洋立国の推進

① 海難救助、犯罪取締の強化を支える海上保安体制の確保

351 億円 (1.15)

老朽・旧式が進んだ巡視艇・航空機等の緊急かつ計画的な代替整備等により、哨戒、救助、取締りを強化し、海上における安全・安心を確保する。

② ふくそう海域での事故半減をめざす ITC (船舶自動識別装置等)

を活用した新たな安全システムの構築 52 億円 (1.00)

船舶交通が集中するふくそう海域において新たな交通ルールの設定等を行なうとともに海上交通センターや港内管制システムの機能強化、船舶自動識別装置を活用したビジュアルな船舶動静の情報提供システムの整備等を推進し、ふくそう海域における海難事故の半減を目指す。

③ 船舶の最先端省エネ技術の開発、国際普及等の推進

10 億円 (2.97)

京都議定書の適用外とされている国際海運の分野について、新造船の燃費を30%向上させる革新的省エネルギー技術の開発と、この新技術の普及促進に向け、世界に先駆けた船舶の実燃費指標の開発・国際標準化等を総合的に展開する(海洋環境イニシアティブ)。併せて、国内では、事業者による省エネ対策への支援、省エネ操船技術の普及促進を図るとともに、省エネ効果の高い船型を調査・開発する。これらにより、海運全体の低炭素化(クールシッピング)を推進する。

④ 海洋管理のための離島施策の新たな展開 121 億円 (1.04)

- ・我が国の海洋を管理する上で重要な役割を担う国境離島について、適切な管理を行なうため、資源探査、海洋観測の活動拠点の整備など保全、管理、利活用のための基盤整備に向けた取組に着手する。
- ・海洋資源の開発・利用、海洋調査等に関する活動が本土から離れた海域でも安全かつ安定的に行なえるよう、輸送、補給、荒天時の待避等が可能な活動・補給拠点及び資機材の備蓄基地等の整備を推進する。
- ・離島住民が安心して生活できる環境を整備するため、離島航路の就航率の向上や運航効率化に資する離島の港湾整備を推進する。

(以下 次号)

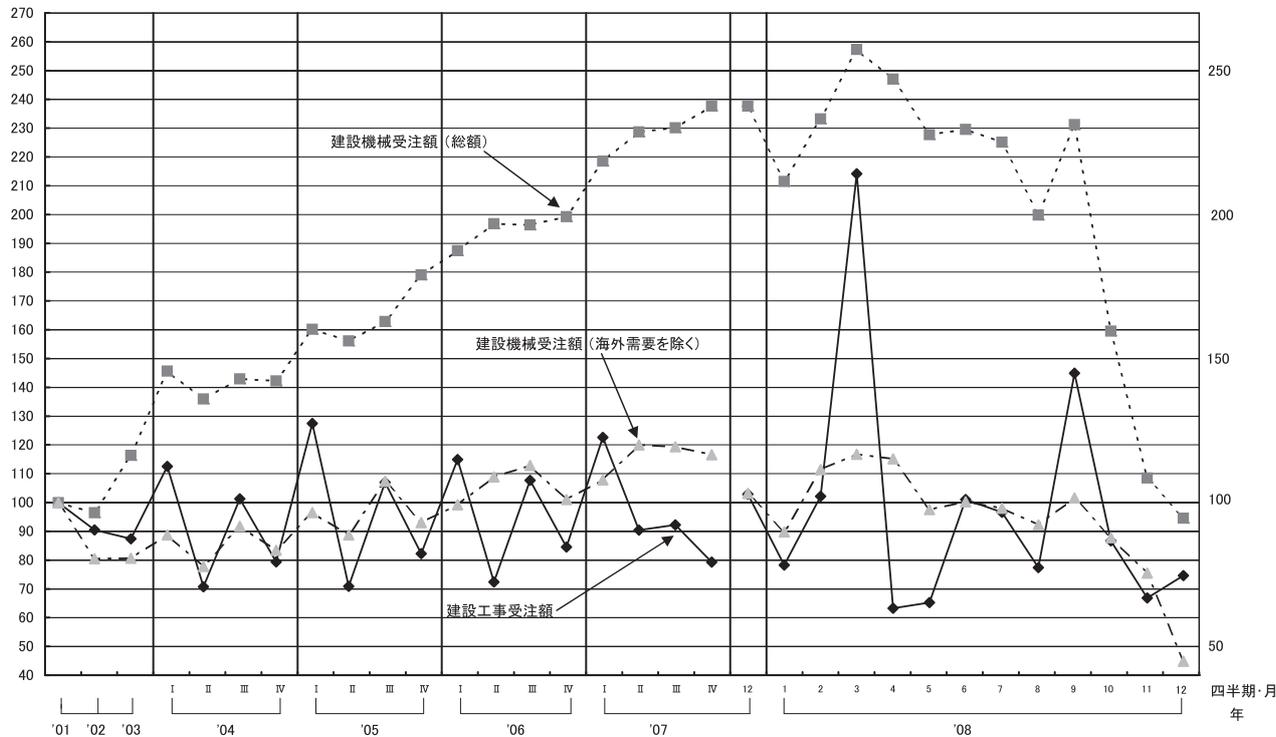
統計 機関誌編集委員会

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 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)

受注額

受注額



建設工事受注動態統計調査 (大手50社)

(単位：億円)

年月	総計	受注者別						工事種別		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	132,644	10,626
9月	17,287	12,873	2,870	10,003	1,637	490	2,287	12,343	4,943	135,704	13,747
10月	10,369	5,638	1,504	4,133	3,016	526	1,189	6,451	3,918	136,081	9,553
11月	8,015	6,067	1,143	4,924	1,259	457	232	5,803	2,212	133,514	11,014
12月	8,942	6,447	1,149	5,298	2,315	423	-243	6,224	2,718	—	—

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12月	08年1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
総額	8,983	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	1,773	1,578	1,740	1,919	1,842	1,699	1,713	1,680	1,491	1,725	1,192	812	708
海外需要	3,574	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,209	1,308	1,173	1,238	1,393	1,323	1,259	1,261	1,237	1,075	1,267	796	470	504
海外需要を除く	5,409	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,268	465	405	502	526	519	440	452	442	416	458	396	342	204

(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12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…

(2009年1月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■基礎工事用機械技術委員会・排ガス検討会

月 日：1月7日(水)

出席者：青柳隼夫委員長ほか4名

議 題：①可搬式発動発電機、空気圧縮機、油圧パワーユニット等に関する排出ガス規制の検討について ②その他

■機械部会・運営連絡会

月 日：1月13日(火)

出席者：青柳幸雄部会長ほか6名

議 題：①平成20年度活動結果について ②平成21年度活動計画について ③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：1月14日(水)

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成果物に対する討議 ②その他

■ショベル技術委員会

月 日：1月14日(水)

出席者：此村靖委員長ほか5名

議 題：①低燃費指定制度について ②C規格の見直しについて ③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：1月15日(木)

出席者：小葉賢一分科会長ほか10名

議 題：①アスファルトフィニッシャの変遷について 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：1月19日(月)

出席者：川本伸司分科会長ほか4名

議 題：①報告書の取り纏め、1次集約 ②その他

■路盤・舗装機械技術委員会・安全環境分科会

月 日：1月22日(木)

出席者：小葉賢一分科会長ほか7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

■機械整備技術委員会

月 日：1月23日(金)

出席者：高橋賢次委員長ほか5名

議 題：①JCMAS見直しについて ②「整備の基本」の編集について ③その他

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：1月23日(金)

出席者：佐藤文夫分科会長ほか3名

議 題：①海外木材破碎機関連規格和訳内容の検討 ②安全要求事項及び安全方策の作成 ③木工機械、林業機械等での安全規格の調査結果報告 ④その他

■トンネル機械技術委員会・環境保全分科会

月 日：1月29日(木)

出席者：坂下誠分科会長ほか4名

議 題：①報告書の最終確認について ②その他

■ダンプトラック技術委員会

月 日：1月29日(木)

出席者：伊戸川博委員長ほか5名

議 題：①各社トピックス紹介(キャタピラージャパン殿) ②ピクトリアル化について ③来期の活動計画について ④その他

■ 建 設 業 部 会

■建設業部会 幹事会

月 日：1月8日(木)

出席者：内田克巳部会長ほか16名

議 題：建設業界における使用燃料調査説明

■建設業部会 建設機械事故防止推進分科会

月 日：1月26日(月)

出席者：村本利行分科会長ほか14名

議 題：①アドバイザー・会長からの報告 ②各部会(製造業、レンタル業、商社)からの報告 ③提案書・報告書の目次及び作成日程と作成担当者 ④D/BのHP上の試運転について ⑤提案書・報告書作成に向けて ⑥その他

■ CP 車総合改善委員会

■第一分科会

月 日：1月15日(木)

出席者：宇治公隆分科会長ほか9名

議 題：①クレーンの設計基準とCP車との検討 ②製造設計内規よりのCP車の安全率の検討 ③オーバーホールの時期について ④機種交換の時期についての検討 ⑤実態調査：現状のCP車の使用状態の把握 ⑥その他

■ CONET2009 関係

■広報分科会

月 日：1月19日(月)

出席者：溝口孝遠分科会長ほか7名

議 題：①広報企画提案について ②作業とスケジュール ③その他

■環境分科会

月 日：1月20日(火)

出席者：川本正之分科会長ほか8名

議 題：①展示内容についての検討 ②作業とスケジュール ③その他

■先端技術分科会

月 日：1月22日(木)

出席者：上田尚輝分科会長ほか7名

議 題：①展示パネルの検討およびレイアウト検討 ②作業とスケジュール ③その他

■安全・安心分科会

月 日：1月29日(木)

出席者：高見俊光分科会長ほか10名

議 題：①出展イラストに基づく来場者の流れや内容の検討 ②他の分科会との連携検討等 ③その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会・小幹事会

月 日：1月15日(木)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか1名

議 題：①平成20年度活動実績について ②平成21年度活動計画について ③その他

■ 各 種 委 員 会 等

■機関誌編集委員会

月 日：平成21年1月7日(水)

出席者：岡崎治義委員長ほか24名

議 題：①平成21年4月号(第710号)の計画の審議・検討 ②平成21年5月号(第711号)の素案の審議・検討 ③平成21年6月号(第712号)の編集方針の審議・検討 ④平成21年1月～3月号(第707～709号)の進捗状況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：平成21年1月20日(火)

出席者：渡部務分科会長ほか4名

議 題：①新機種情報の検討・選定 ②技術交流・討議—VTR(「木の家の秘密」について)

■建設経済調査分科会

月 日：平成21年1月23日(金)

出席者：山名至孝分科会長ほか6名

議 題：①平成21年3月号テーマの検討

■新工法調査分科会

月 日：平成21年1月30日(金)

出席者：村本利行分科会員ほか2名

議 題：①新工法情報の検討・選定

…支部行事一覧…

■ 北海道支部

■第3回広報部会広報委員会

月 日：1月15日（木）

出席者：峰友委員長ほか8名

議 題：支部だよりの発行及び北海道支部講演会その他

■第4回災害応急対策業務協定に関する検討会（企画部会）

月 日：1月20日（火）

場 所：(社)日本建設機械化協会北海道支部

出席者：林企画副部長ほか9名

内 容：①北海道支部における業務支援体制について ②開発局内における今後の作業計画について

■ 東北支部

■建設部会

日 時：1月6日（火）

場 所：東北支部会議室

出席者：箱崎武部会長ほか10名

議 題：平成20年度活動報告，平成21年度計画（案），「支部だより」安全コーナー

■ 北陸支部

■ゆきみらい2009事務局会議

月 日：1月9日（金）

場 所：高岡市役所福岡支所会議室

参加者：三日月事務局長

議 題：ゆきみらい2009 in 高岡の実施計画について

■ゆきみらい2009実行委員会

月 日：1月21日（水）

場 所：高岡市役所会議室

参加者：本部社会長，三日月事務局長

議 題：ゆきみらい2009 in 高岡の実施計画について

■建設技術報告会幹事会

月 日：1月28日（水）

場 所：北陸地方整備局会議室

参加者：三日月事務局長

議 題：平成20年度建設技術報告会報告及び平成21年度計画について

■広報委員会

月 日：1月29日（木）

場 所：北陸支部事務局

出席者：羽賀清治広報委員長ほか5名

議 題：支部機関誌の編集について

■ 中部支部

■「建設技術フェア2008 in 中部」事務局会議

月 日：1月23日（金）

出席者：五嶋政美事務局長

議 題：「建設技術フェア2008 in 中部」の実施結果について，次年度の実施予定について

■「建設技術フェア2008 in 中部」幹事会

月 日：1月28日（水）

出席者：安江規樹企画部会長

議 題：「建設技術フェア2008 in 中部」の実施結果について，次年度の実施予定について

■ 関西支部

■建設業部会リース・レンタル業部会合同幹事会

月 日：1月27日（火）

場 所：鹿島建設(株) 関西支店 会議室

出席者：中山金光建設業部会長，伊勢木

浩二リース・レンタル業部会長ほか2名
議 題：「平成21年 合同討論会」について

■平成20年度 施工技術報告会

月 日：1月28日（水）

場 所：建設交流館 8F グリーンホール

参加者：126名

演 題：①厳しい都市環境下での創意工夫による地下鉄工事 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 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 ④関西国際空港2期用地造成工事における展圧締固め工法に採用された情報化施工システム

■ 中国支部

■第4回部会長会議

月 日：1月23日（金）

場 所：中国支部事務所

出席者：高倉寅喜企画部会長ほか10名

議 題：①平成21年度支部通常総会・記念講演会について ②中国支部活性化に関するアンケート結果を踏まえた取組みについて ③建設の機械化施工優良技術者の推薦のお願いについて

■ 九州支部

■第10回企画委員会

月 日：平成21年1月21日（水）

出席者：相川亮企画委員長ほか7名

議 題：①1月・2月の支部事業について ②災害協定の体制表等見直しについて ③出前講座の開催について ④功労者表彰について

■現場見学会

月 日：平成21年1月28日（水）

参加者：13名

場 所：(独)水資源機構 大山ダム

編集後記

本号は「土工特集」ということで、土を動かす工事についての諸々を取り上げました。一般論として土工事に関わる行政情報や調査、設計の最新情報の紹介、土工事の基本工種である掘削、積込、運搬に関わる建設機械の変遷と技術情報、そして代表的な土工事現場の紹介という構成になっています。行政情報では昨今話題となっているユニットプライス型積算方式を取り上げ、また調査、設計においては各発注機関の研究動向や土工事の計画段階における先端技術を紹介しました。特集報文としては建設機械の最新情報の他、無人ダンプトラックの稼働が始まった国内鉱山や携帯電話を利用した遠隔操作など、アプリケーションにおける先端技術を紹介しています。これらは、土工事現場の究極の安全を確立する近未来の技術として特筆すべきものだと考えています。また土工の現場紹介では、何れも数百万立米という大量の土を動かす、国内では最大規模の現場を紹介しました。出来型を正確に仕上げる最新技術や、超大型の建設機械を効率的に運用する手法など、読者の皆様にご参考になれば幸いです。

土工事のほとんどは公共工事ですが、最近の公共投資は予算が減額される一方です。この経済危機においても、諸外国では景気浮揚の一策として公共投資が積極的に行われているのに比して、日本でその議論は今ひとつ盛り上がっていないように見受けられます。観光分野に関する各国の比較においても、日本は街並みの美しさや交通インフラ（特に高速道路網）において低位に位置するそうです。卑近な例ではありますが、近所へ買い物に行くためにベビーカーを押して、人とすれ違えない電柱のはみ出た歩道、段差の高い車道との境界、などなど多くの不便を経験します。まだまだ我が国のインフラ整備は途上である、と言わざるを得ないのではないのでしょうか？世界第二位の経済大国として、他の先進各国に比べて遜色の無い社会インフラの実現と、未来の我々の子孫が安心、安全で国際競争力のある国土に暮らせるよう、今この時期に投資を英断することは決して無駄にはならないと思うのですが。。。

最後になりますが、お忙しい中本号に対してご執筆頂きました皆様に、厚く御礼を申し上げます。ありがとうございました。

(岡本・山本)

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)
斉藤 徹	(株)NIPPO コーポレーション
高木 幸雄	日本道路(株)
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)
藤田 一宏	施工技術総合研究所

4月号「解体・リサイクル特集」予告

- ・建設リサイクル制度の施行状況の評価・検討
- ・フォームドアスファルト道路の解体
- ・人と環境に優しい高層ビルの解体工法の開発と適用 -カットアンドダウン工法(KC & D工法) -
- ・乾式ダイヤモンド工法
- ・アスファルト舗装の再生技術
- ・次世代マニピュレータによる廃棄物分離・選別システムの開発
- ・フッ素不溶化処理工法
- ・コンクリート塊を全量リサイクルする リ・パースコンクリートの現状について
- ・中間処理施設における建設混合廃棄物のリサイクル
- ・土壌洗浄プラント
- ・世界一の作業高さの解体専用機「SK3500D」
- ・ハイブリッド油圧ショベルマグネット仕様機の開発
- ・除雪機械展示・実演会報告 ゆきみらい 2009 in 高岡

No.709「建設の施工企画」 2009年3月号

[定価] 1部840円(本体800円)
年間購読料9,000円

平成21年3月20日印刷

平成21年3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 仙台市青葉区二日町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

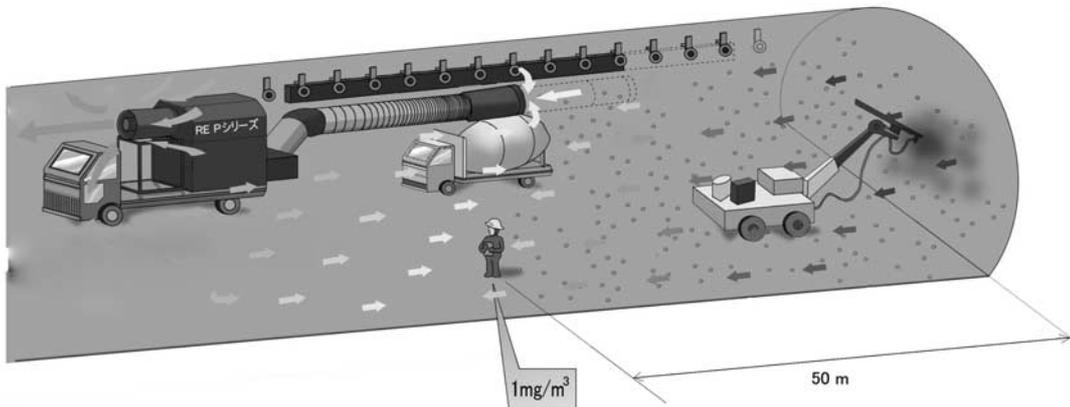
吸引ダクトシステム

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 1mg/m³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φ600～φ1500、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



MORE CARE. BUILT IN.

ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質— 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー。
舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した
最新アスファルトフィニッシャーをお届けします。



Volvo Construction Equipment www.volvoce.com

荒山重機工業株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.arayama.co.jp>

GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



Commander III

最も汎用性の高い機種です。一般道路舗装のほか、路盤工事、河川工事、分離帯・縁石などの構造物構築に最適です。



RTP-500

長ブームの砕石・コンクリート搬入機です。このほかにも、ロック・ホッパーなどへの舗装支援機器として、どんなスリップフォーム機械にも対応可能です。



荒山重機工業株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田1-6-23
TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884
URL: <http://www.arayama.co.jp>

KOBELCO

さすがコベルコ!

選択される「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

GACERA アセラ・ジオスペック
GEOSPEC

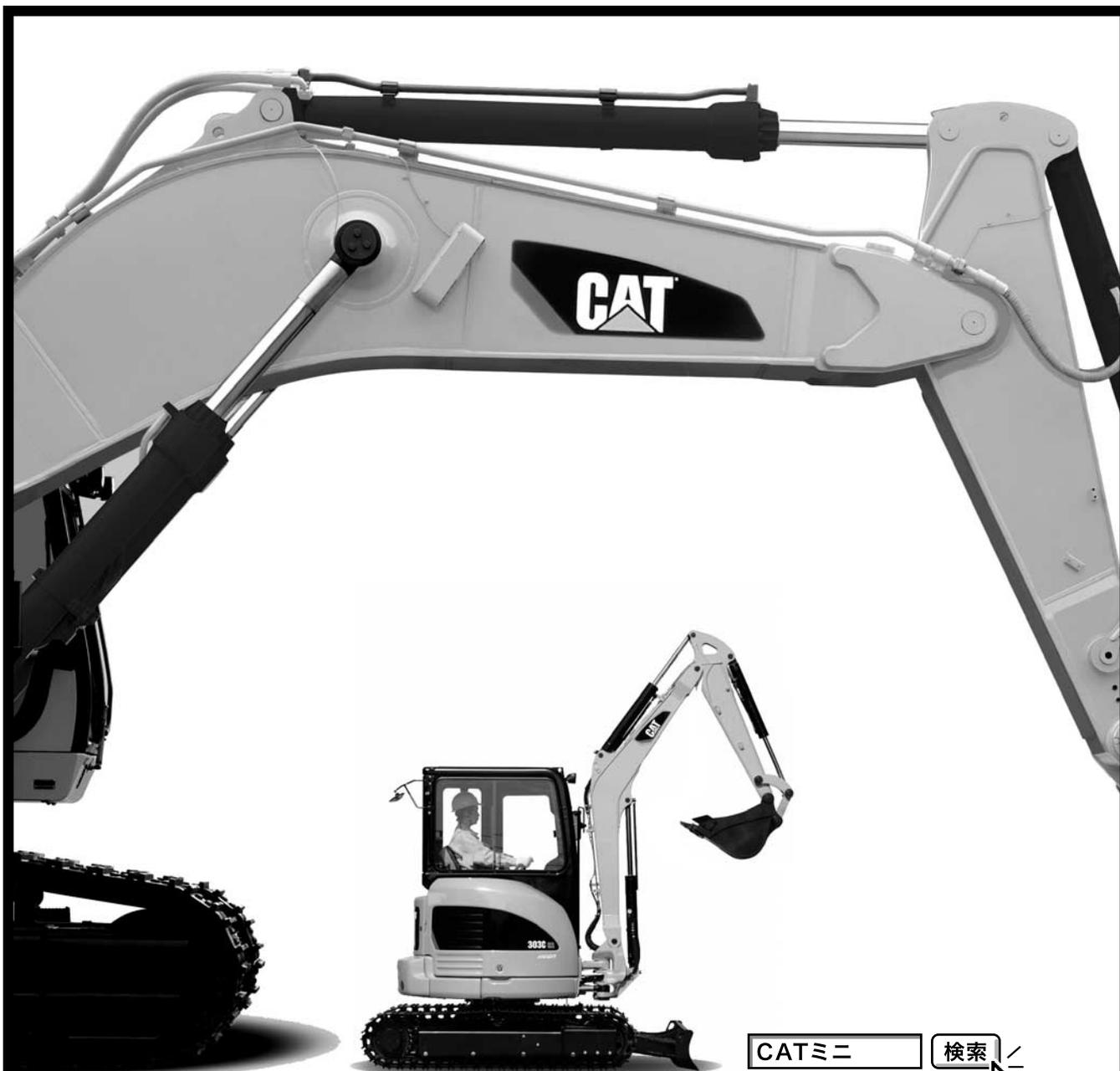
フルラインナップ完成!



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



CATミニ

検索 

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.™

多様な現場環境に柔軟に対応する技術とパワー。
 進化を続ける三笠が確かな未来を約束します。



バイブレーションローラー
MRH-600DSA



バイブロコンパクター
MVH-306DS



高周波バイブレーター
FX-40RB/FU-161



コンクリートカッター
MCD-216V DXS



タンピングランマー
MT-55L

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 / 関越 / 長野 / 静岡 ●出張所: 山梨

三笠建設機械株式会社

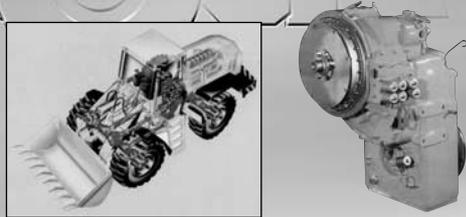
本社 / 〒550-0012 大阪市西区立売堀3-3-10 TEL : 06-6541-9631 (代)
 ●営業所: 中部 / 金沢 / 中国 / 九州 ●出張所: 鹿児島 / 沖縄 / 四国

MARUMA

あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性のゆえんです。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒229-0011 神奈川県相模原市大野台6-2-1

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京事業部 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

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

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



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>

本社・営業/カスタマーサービス	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9443
中部支店	〒514-0396	三重県津市雲出鋼管町6番地2	TEL. 059-234-4139
西部支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出鋼管町6番地2	TEL. 059-234-4111

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!! リモコン ケーブルレス サテライト 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

フルオーダー対応で
最大32点まで対応可!

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

- 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(標準設置位置のみ)
- 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)

マイティケーブルレス

N/U/Gシリーズ

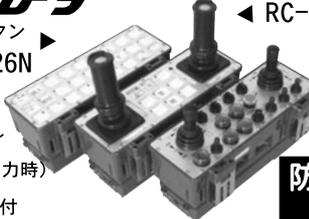
3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
94.5万円~

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



メガケーブルレス

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

- 16操作16リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- ハンディーなのにロータリー・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

標準型
RC-8416N

セットで
23.1万円



裏側
スイッチ
装着例

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、
逆正操作が行えます!

- 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)

ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

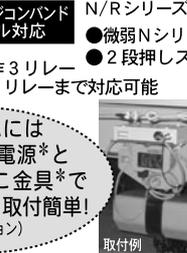
微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

標準型

RC-4303N/R

- 3操作 3リレー
- 最大5リレーまで対応可能

セットで
10.5万円



微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

- 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)

取付例

リモコン 離操作

Nシリーズ
Uシリーズ

標準型
RC-2512N

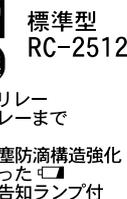
セットで
23.1万円

微弱電波 特定小電力
両モデル対応

標準型

RC-2512N

- 12操作12リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- 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

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

標準型

TC-1305R

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!

セットで
21.525万円



送信機
(外部接点入力型)
写真はUシリーズ



受信機

MAXケーブルレス

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

標準型

RC-9300U

- 多機能多操作
(比例制御対応も可)

セットで
99.75万円



金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン
装着タイプ



無段変速ジョイスティック
2本装着例

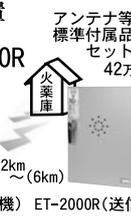
無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

アンテナ等の標準付属品付
セットで
42万円

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

2km~(6km)



- 長距離伝送
到達距離約2km~(6km)
- 受信機から電話回線接続機能、携帯電話へもOK!
- 高信頼性
異常判定アルゴリズム
- 音声メッセージで異常箇所を連絡(受信側)
- 大音量警鳴音発生
110dB/m

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索



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

東日本地区販売代理店/技術拠点
FAX 042-492-0411
東海地区販売代理店/技術拠点
FAX 0562-46-1908
大阪地区販売代理店
FAX 06-6393-5632

株式会社 広進
TEL 042-492-0410
(有)キノシタ・E・システムズ
TEL 0562-46-1905
中川システム
TEL 06-6393-5635

KOMATSU

いま、知性をこの手に。

KOMTRAX標準装備、NEW UUシリーズ登場。



PC30UU-5



PC38UU-5 キャブ仕様



PC58UU-5

情報発信ミニショベル

PC30UU-5
PC38UU-5
PC58UU-5

特定特殊自動車排出ガス基準適合車

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円

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 03435-3



4910034350391
00800