

建設の施工企画 4

2008 APRIL No.698 JCOMA



繊維を混入する
高機能吹き付け機械化施工
(オールグリーンング工法)

建設施工における新技術，新材料 特集

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。日本国内自社自力生産・直接修理を実践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!! ケーブルレス サテラ 離操作

Nシリーズ：微弱電波
Rシリーズ：産業用ラジコンバンド
Uシリーズ：429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ：1.2GHz帯 特定小電力
ポーバ：防爆形無線機

- ◆ 業界随一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続

スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
Nシリーズ
Uシリーズ

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

フルオーダー対応で
最大32点まで対応可！

- スリムなボディ…従来品(TX-5600)との体積比約88%
- 自由度の高い操作スイッチ配置など、多様なオーダー対応性
- 優れた耐塵防雨性能…送信機はIP65相当
- 衝撃に強い新ブラケースを採用
- 自社開発！新生2段階押しスイッチで高い耐久性
- パネルゴムに突起部を追加、操作感を向上(標準釦位置のみ)
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」

標準型

RC-5708N

- 8操作8リレー
- 軽量・コンパクト受信機

セットで
15.75万円



標準型

RC-5712N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで
17.85万円



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型

RC-6016N

- 16操作16リレー
- 最大24操作まで対応可能

セットで
21万円



防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波・特定小電力)

マイティサテラ

N/U/Gシリーズ

3ノッチジョイスティック型

RC-7132N

セットで
94.5万円～

ジョイスティック
2本装着オーダー例

無段変速対応可

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

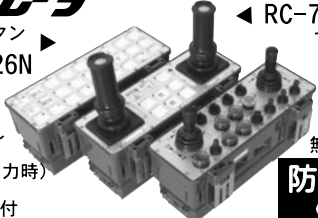
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン

RC-7126N

セットで
47.25万円～

- 最大操作数64
(オープンコレクタ出力時)
- 見易くなった「電池残量告知ランプ付」



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

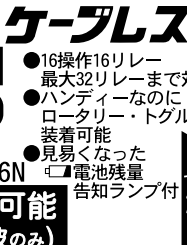
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型

RC-8416N

セットで
23.1万円

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



裏側
スイッチ
装着例

新 チップケーブルレス

コンパクトという選択肢!!

～機能を絞ると、こんなに小さくなりました～

微弱電波モデル
対応

標準型

RC-3208N

セットで
12.6万円

● 6操作
8リレー

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
(銀指が遠くまで
届きます)

従来機
(ケーブルスイ)



ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ

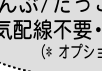
● 微弱Nシリーズは、240MHz化でより安定した電波の飛び!

● 2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)

● 3操作 3リレー

最大5リレーまで対応可能

特許
テルハには
ゼロ線電源*と
おんぶ/だっこ金具*で
電気配線不要・取付簡単!
(*オプション)



標準型

RC-4303N/R

セットで
10.5万円

取付例

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/R/U/Gシリーズ

● 機器間の信号伝送に!

● 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで

TC-1305R 21.525万円

TC-1308N(微弱電波) 23.1万円

送信機

(外部接点入力型)

写真はUシリーズ

受信機

7100型▶

6300型▶

5700型▶

3200型▶

1100型▶

1000型▶

900型▶

800型▶

700型▶

600型▶

500型▶

400型▶

300型▶

200型▶

100型▶

50型▶

20型▶

10型▶

5型▶

2型▶

1型▶

0型▶

00型▶

000型▶

0000型▶

00000型▶

000000型▶

0000000型▶

00000000型▶

000000000型▶

0000000000型▶

リソーサー 離操作

Nシリーズ
Uシリーズ

価格もサイズも
ハンディー並み!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型

RC-2512N

セットで
23.1万円

● 12操作12リレー

最大32リレーまで
対応可能

● 送信機防塵防滴構造強化

● 見易くなった「電池残量告知ランプ付」

軽量コンパクト
ショルダータイプ



MAXサテラ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン
装着タイプ

RC-9300U

セットで
99.75万円

● 多機能多操作
(比例制御対応も可)

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!



無線式火薬庫警報装置

アンテナ等の
標準付属品付
セットで
42万円

発破番 ES-2000R

音声 一般電話へ
自動転送!

音声 音声メッセージ

2km (6km)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

110dB/m

● 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

無線化工事のこたなフルライン、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

講演募集の会告文

平成20年度施工技術報告会講演募集のお知らせ 主題「最近の建設技術と施工事例」

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

三学・協会では、直接、設計・施工に携わった方々に施工技術の成果を報告していただく「施工技術報告会」を毎年企画しております。過去32回における当報告会には、官公庁・建設業・コンサルタント業をはじめ広範囲の分野にわたる多数の技術者が参加され、多大な成果が得られております。

近年、事業の計画・立地に当たっては、建設現場の自然環境や住環境の保護といった観点から、種々の社会的要求が出され、事業者の企画の困難さは日に日に増しています。これに伴い、建設技術者も厳しい条件下での設計、施工を余儀なくされており、設計方法、施工方法、使用材料、施工設備・機械など解決すべき問題は複雑多岐にわたっています。

各位におかれましては、安全、環境との調和を前提に施工方法の改善、開発、さらには新材料、新技術の導入などにより、このような困難な工事に対応されていることと考えます。これらの貴重な経験を発表していただくことは、まことに有意義なことと思われまします。

本年度も下記要領で開催いたしますので、積極的な応募をお願いいたします。

記

日 時：平成21年1月末 13時～17時（予定）

会 場：建設交流館（予定）

プログラムその他詳細については各学・協会誌11月号に掲載予定です。
講演を希望される方は、次の要領によりお申し込み下さい。

講演申込要領

申込方法：講演希望者は題目、講演内容（目的、要旨、結論を300～400字程度にまとめる）、勤務先、氏名（連名の場合は発表者に○印を付ける）、連絡先および所属学・協会名を明記（様式自由）の上、お申し込み下さい。採否の結果については8月上旬に連絡いたします。

申込期限：平成20年7月11日（金）必着のこと

申 込 先：(社)日本建設機械化協会関西支部
問合せ先 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4（谷町スリースリービル8F）
TEL 06-6941-8845 FAX 06-6941-1378
E-mail jcmakans@muse.ocn.ne.jp

講 演 者：講演者は日本建設機械化協会、土木学会、地盤工学会の個人会員または団体資格会員とします。
の 資 格 なお、工事の事業者（発注官庁等に所属する者）と施工者（建設会社等に所属する者）の連名の場合は、発表者（○印）は原則として施工者とします。また、講演ご希望の方（○印）で非会員の方は講演申込期限までに共催学・協会のいずれかに入会の手続きをして下さい。

講演内容：未発表のもので1人1題とします。なお、過去に同じ題材で発表されている場合には、その違いを申込書類の講演内容に追記して下さい。

講演時間：一題あたり30分程度（全6題の予定）

講演原稿：講演者は講演集の原稿を提出して下さい。

提出方法 ①講演集は講演者の原稿をそのままオフセット印刷しますので、必ず所定の様式に従って執筆して下さい。
②原稿提出期限：平成20年10月17日（金）までに（社）日本建設機械化協会関西支部（前掲）に必着のこと。
③原稿はパソコンで作成し、原則として10枚以内（図、表、写真を含む）とします。
④講演者に講演集6部を贈呈いたします。

機械経費積算に必携

平成20年度版 建設機械等損料表

〈発行〉社団法人 日本建設機械化協会

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



20年4月発刊予定

B5判 約600ページ

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

現場で役立つ建設機械一覧を掲載

平成18年度版 建設機械損料の解説と機械一覧

〈発行〉社団法人 日本建設機械化協会

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



18年4月既刊

B5判 約300ページ

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

◆ 購 入 申 込 書 ◆

社団法人 日本建設機械化協会 行

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

上記図書を申し込みます

平成 年 月 日

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

■お申込方法■

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

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

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

沖縄の方は

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

◆ 日本建設機械化協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費：年間 9,000円

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

★個人会員の特典

- 「建設の施工企画」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊840円/送料別途)。
「建設の施工企画」では、建設機械や建設機械施工に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員優待価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員優待価格(割引価格)で参加していただけます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非ご入会下さい!!

◆ 社団法人 日本建設機械化協会について ◆

社団法人 日本建設機械化協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。経済産業省および国土交通省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。

今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

社団法人 日本建設機械化協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械化協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙をお使いください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

社団法人 日本建設機械化協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

社団法人 日本建設機械化協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械化協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

個人会員入会申込書		
ふりがな	生年月日	
氏名 (自署)	大正 昭和 平成 年 月 日	
機関誌の送付先	A. 勤務先 B. 自宅 (ご希望の送付先に○印で囲んで下さい。) ※「勤務先」に送付の場合は下記(A)の項目に、「自宅」に送付の場合は下記(B)の項目にご記入下さい。	
(A) 勤務先名		
(A) 所属部課名		
(A) 勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
(B) 自宅住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
その他 連絡事項	平成 年 月より入会	

【会費について】年間 9,000円

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
- 年度途中で入会される場合、会費は年度末(3月)までの月割りで計算致します。なお、1～3月に入会される場合は、入会年度の月割り会費に、次年度の会費を併せて請求させていただきます。
- 会費には機関誌「建設の施工企画」の費用(年間12冊)が含まれています。
- 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
- また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

“建設の施工企画” バックナンバー紹介

平成 19 年 11 月号（第 693 号）～平成 20 年 3 月号（第 697 号）

平成 19 年 11 月号（第 693 号）

情報化技術特集

◆巻頭言 人間力の生かし方 ……小林 一郎
トータルステーションを用いた出来形管理要領(道路土工)の紹介 ……田 中 洋 一
トータルステーションを用いた舗装の出来形管理の効率化 ……川 俣 裕 行 ほか
UCIS(ケーソン無人化据付システム)―海上工事における無人化施工技術― ……眞 鍋 匠
3次元レーザースキャナーのトンネル施工管理への適用事例 ……塩 崎 正 人 ほか
「コンタクトクレイ吹き付け工法」―着岩材の吹き付け機械化施工について― ……勝 又 正 治
リアルタイム Web モニタリングシステムによるダム堤体左岸法面の動態監視 ……庄 司 泰 章 ほか
RI 水分計によるフレッシュコンクリートの単位水量変動の連続測定 ……井 上 恵 介 ほか
携帯電話を使用したコンクリート工事の品質管理 ……西 岡 真 帆 ほか
3次元 VR 技術を用いた建設・施工シミュレーションの活用 ……田 代 則 雄
情報化施工支援機器「AccuGrade」の活用事例 ……河 埜 修 次 ほか
海洋コンクリート構造物のアセットマネジメントシステムの開発事例 ……前 田 敏 也
建築用タワークレーンのハイブリッド型電力供給システムの開発 ……三 浦 拓
横浜地下鉄におけるコンクリート側壁の塩害の調査と耐久性診断システムによる評価 ……東 邦 和 ほか

平成 19 年 12 月号（第 694 号）

ロボット・無人化施工特集

◆巻頭言 ロボット化・無人化に求められるもの―建築分野を中心として― ……三 浦 延 恭
水中バックホウを利用した水中作業の無人化に関する取り組み ……田 中 敏 成
遠隔操作ロボット（ロボ Q）の今後の展開 ……木 村 直 紀 ほか
建設ロボット概説 ……要覧編集委員会 第 19 章編集委員会
地雷除去機のロボット化と普及による国際貢献 ……雨 宮 清 ほか
外壁タイル診断ロボットの開発と導入事例 ……遠 藤 健
4 足歩行型法面作業ロボット TITAN XI ……土 居 隆 宏 ほか
超高層構造物の解体工法 スカイクラッシュ工法―高所作業を ……山 田 祐 輝 ほか
なくして、解体ロボットが超高層構造物を安全に解体―
災害復旧におけるロボット技術 ……藤 岡 晃 ほか
情報化施工に基づく無人化施工の実施―無人情報化施工システムの完成― ……北 原 成 郎 ほか
ニューマチックケーソン工法の無人化施工技術 ……小 滝 勝 美
ダムコンクリート打設自動化システム ……戸 澤 清 浩 ほか
アスベスト処理工事に向けた技術開発と実施例 ……塚 原 裕 一 ほか

平成 20 年 1 月号（第 695 号）

建設機械特集

◆巻頭言 新年にあたって ……山 本 卓 朗
今後の建設施工の機械化～試行的ロードマップ作り～ ……建 山 和 由
これからの重点政策～次の世代に引き継ぐ国土づくり・くらしづくり～ ……国土交通省総合政策局政策課
「建設産業政策 2007」について ……国土交通省総合政策局建設市場整備課建設産業振興室
建設機械マーケットの変遷 ……内 田 直 之

道路建設における情報化施工の現状と今後の展望 ……伴 康 夫
施工面から見た建設機械の動向と要望 ……川 本 正 之
建設機械の歴史 エボックメイキング新機種・新技術の登場 ……岡 本 直 樹
建設機械用モニタの歴史と進化 ……小 柳 覚 ほか
建設機械の盗難防止装置 ……林 竹 治
2 種類のバッテリー駆動ショベルの開発と今後の展開 ……大 平 修 司 ほか
移動式クレーンの将来動向 ……後 藤 普 司
油圧ショベルの運転席の過去～将来―これまでの取り組みと今後の展開 ……村 上 良 昭
施工技術総合研究所―建設機械の評価と新技術への取り組み― ……西 ケ 谷 忠 明

平成 20 年 2 月号（第 696 号）

環境対策特集

◆巻頭言 建設事業におけるリサイクル ……河 野 広 隆
地球温暖化に対する都市の「みどり」を活用した取り組み ……国土交通省 都市・地域整備局 公園緑地課 緑地環境推進室
北海道における共同利用型バイオガスプラントによる地域バイオマスの循環利用の試み ……横 濱 充 宏
建設機械分野における地球温暖化対策 ……廣 松 新
多自然川づくりに向けた新たな取り組み ……大 沼 克 弘 ほか
建設機械のリサイクル推進 ……滝 下 利 男
油圧ショベルの極低騒音（iNDR）と快音化 ……中 島 一
河川の汚染負荷の検知と水質推定へのシステム工学的アプローチ ……大 住 晃
「資源のみち」に向けた技術開発プロジェクト ……寺 川 孝 ほか
鉄道軌道における環境対策 ……古 川 敦
防振ゴムを利用した振動軽減型舗装の開発 ……伊 藤 彰 彦 ほか
画像に音情報を組み込んだ音源探査装置（音カメラ）の開発と騒音防止対策への活用 ……大 脇 雅 直 ほか

平成 20 年 3 月号（第 697 号）

エネルギー特集

◆巻頭言 エネルギー危機と研究開発 ……後 藤 新 一
バイオディーゼル燃料の導入動向 ……塩 谷 仁 ほか
乗用車等の燃費基準 ……国土交通省自動車交通局技術安全部環境課
省エネ設備導入支援制度 ……独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 省エネルギー技術開発部
大規模揚水発電所における設計と施工～小丸川発電所～ ……井 上 和 敏
郡山布引高原風力発電所の概要と建設工事 ……吉 村 豊 ほか
蓄電池併設による受電電力ピークカット機能付き高機能太陽光発電システム ……徳 田 則 昭 ほか
水路施設における小水力発電設備の設置―地球環境の保全と管理費の負担軽減に貢献― ……赤 尾 博 史
合材工場における木質バイオマスコージェネレーションシステムの導入 ……石 橋 文 夫 ほか
ビール工場の排水処理設備で発生するバイオガスを利用したコージェネレーション設備 ……真 下 尚 男 ほか
波力発電と海洋温度差発電の現状と展望 ……永 田 修 一 ほか
国家石油ガス備蓄基地（地上低温タンク方式）建設工事の概要 ……加 藤 元 彦 ほか
機械施工の省エネ ……山 崎 治 郎 ほか

建設の施工企画

2008 年 4 月号 No. 698

目次

建設施工における新技術、新材料 特集

3	巻頭言 技術が拓く建設界の未来	嘉門 雅史
4	「公共工事等における新技術活用システム (NETIS)」の運用状況	国土交通省大臣官房技術調査課
8	新技術の評価手法	矢野 公久
11	建設施工の自動化における信頼性と環境への配慮	
	—「品質と革新」及びリスクマネジメントによる取り組み—	宮村 鐵夫
18	NETIS における「有用な技術」の選定について	
19	汚泥改良工法 (建設汚泥の有効利用)	坪内 正行・上谷 恵里
24	SAVE コンポーザー工法 —静的締固め砂杭工法—	東 祥二・新川 直利
29	高圧噴射攪拌による高速低変位施工を実現した SDM 工法 (高速低変位深層混合処理工法)	鈴木 孝一・西尾 経・松岡 大介
35	ガンテツパイル (鋼管ソイルセメント杭工法)	堀切 節・昇 健次
42	コスト縮減・工期短縮・リサイクル型植生基材吹付工『アルファグリーン緑化吹付工法』	池崎 真・小林亮太郎
48	繊維を混入する高機能吹付技術 —ローピングウォール工法とオールグリーンニング工法—	大内 公安
54	高強度ネットで斜面・のり面を安定「クモの巣ネット工法」	
	—「人間」と「自然」にやさしい工法をめざして—	門間 敬一
60	高塗着スプレー塗装工法	平田 義弘・鈴木 敬・飯田 眞司
67	フォームライト W (R-PUR 工法) —現場発泡ウレタン軽量盛土工法—	中村 和弘・清水 敦夫
72	自走式土質改良機における加水装置による再利用物の品質向上	
	片岡 広志・濱山 祐司・竹内 裕樹	
77	スラリー連続脱水処理システム	戸澤 清浩・石橋 則秀・白石 祐彰
84	流動化剤を用いたソイルセメント壁の注入量低減工法	佐藤 英二・木之下 光男
90	コンクリート表面のひび割れ幅測定器	庄野 昭
96	推進 T 字側面接合工法 —MELIT 工法—	白上 勝章
101	高周波誘導加熱を利用した除去式アンカー工法	
	堀崎 敏嗣・三浦 利浩・高橋 昌秀	
107	交流の広場 NEDO における研究評価	岡田 桃子
112	ずいそう MOT に思う	室 英治
113	ずいそう 会津をたずねて	佐藤 孝文
114	CMI 報告 防水シートの品質向上に関する研究	横沢圭一郎・藤田 一宏・鈴木 健之
116	新工法紹介	機関誌編集委員会
117	新機種紹介	機関誌編集委員会
120	統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移	
121	行事一覧 (2008 年 2 月)	
124	編集後記	(斉藤・宮崎)

◇表紙写真説明◇

高所作業車専用吹付ノズルアタッチメントによる
高機能吹付事例

写真提供：ライト工業㈱

全自動プラントシステムによる高効率施工、アンカー受圧板などコンクリート構造物の全面被覆による景観性向上、樹木の生育に適した緑化基盤の造成を実現した機械化施工である。

・工事名：第二東名高速道路建設工事引佐第二トンネル工事

・工事場所：静岡県浜松市

・発注者：中日本高速道路㈱ 横浜支社 浜松工事事務所

▼工法名：オールグリーンニング工法

▼NETIS：TH-020031-V (事後評価：「少実績優良技術」指定)

▼平成 15 年度国土交通省テーマ設定技術：「除草発生材・樹木剪定材・流木等のリサイクル技術」

▼グリーン購入該当工法：公共工事分野〈工法・法面緑化工法〉

特定調達品目「伐採材又は建設発生土を活用した法面緑化工法」

2008 年 (平成 20 年) 4 月号 PR 目次

【ア】

朝日音響㈱……………表紙 2

【カ】

カヤバシステムマシナリー㈱……………後付 10

コスモ石油ブリカント㈱……………後付 4

コバロコ建機㈱……………後付 2

【タ】

大和機工㈱……………表紙 3

㈱鶴見製作所……………後付 6

デンヨー㈱……………後付 7

【ハ】

範多機械㈱……………後付 9

日立建機㈱……………表紙 4

【マ】

マルマテクニカ㈱……………後付 3

三笠産業㈱……………後付 5

㈱三井三池製作所……………表紙 3

【ヤ】

吉永機械㈱……………後付 9

【ラ】

㈱流機エンジニアリング……………後付 1

平成 20 年度施工技術報告会講演募集のお知らせ 主題「最近の建設技術と施工事例」

三学・協会では、直接、設計・施工に携わった方々に施工技術の成果を報告していただく「施工技術報告会」を毎年企画しております。

近年、建設技術者は厳しい条件下での設計、施工を余儀なくされており、設計方法、施工方法、使用材料、施工設備・機械など解決すべき問題が複雑多岐にわたっています。安全、環境との調和を前提に施工方法の改善、開発、さらには新材料、新技術の導入などによる困難な工事への対応等、貴重な経

験を発表していただくために、本年度も下記要領で開催いたしますので、積極的な応募をお願いいたします。

プログラムその他詳細については各学・協会誌 11 月号に掲載予定です。

共催：(社)日本建設機械化協会関西支部

(社)土木学会関西支部

(社)地盤工学会関西支部

日時：平成 21 年 1 月末 13 時～17 時（予定）

会場：建設交流館（予定）

申込期限：平成 20 年 7 月 11 日（金）

必着のこと

申込要領：巻頭のお知らせをご覧ください。

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会関西支部

〒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)

TEL：06-6941-8845

FAX：06-6941-1378

e-mail：jcmakans@muse.ocn.ne.jp

平成 20 年度版 建設機械等損料表 購入のおすすめ —機械経費積算に必携—

■国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集

■わかりやすい損料積算例や損料表の構成を解説

■機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載

■各機種の燃料消費量を掲載

■各種建設機械の構造・特徴を図・写

真で掲載

■日本建設機械化協会発行「日本建設機械要覧」の参照頁を掲載

発刊：平成 20 年 4 月

体裁：B5 判 約 600 頁

価格：(送料別途)

一般 7,700 円（本体 7,334 円）

会員 6,600 円（本体 6,286 円）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 業務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：info@jcmanet.or.jp

http://www.jcmanet.or.jp

巻頭言

技術が拓く建設界の未来

嘉 門 雅 史



平成 17 年度から施行された「公共工事の品質確保の促進に関する法律（品確法）」では、発注者責任で建設工事の品質確保の促進に努めねばならないとしているように、近年は建設界全体の成果であるべき社会基盤整備への社会の信頼が揺らいでいることを率直に認めねばならない。特に平成 19 年は建設業界における企業コンプライアンスが厳しく問われた年であった。法令の遵守は当然のこととして、環境保全対策・安全安心の確保等の社会の求めに応じうる、また後世に誇りうる社会基盤を整備するという建設界の使命を果たし、本来の適正な競争環境下において建設事業の達成感を獲得することが大切である。技術開発こそが、これを可能にするものであろう。

元来物づくりとは、「良い」ものを「安く」作ることが基本であり、これを支える原点が技術開発である。史記の「貨殖法」によれば、技術とは物事を巧みにこなう技であり、人間生活に役立てる手段であるとされる。建設工事の対象とする社会基盤はそれぞれが唯一無二のものを作るものであるから、一つ一つに工夫と技を極めることが大切であり、また 50 年、100 年の長期の使用に構造的にも機能的にも耐えうるものでなければならない。したがって、建設技術の開発に当たって時代の動向を敏感に察知して、先見性を持って技術開発に取り組まねばならないことは自明のことである。

ところが、社会基盤整備は公共性が極めて高い工事であるとして、従来は官公庁の工事発注に当たって特殊技術の優位性はほとんど認められることがなかった。一社の独占的な特許技術であると、そのことのみで技術内容を考慮されずに切り捨てられるという不幸な歴史を有していた。そのために工法協会をわざわざ別に立ち上げて、工事を担当しうる社を増加させて独占性を緩和させるなどの方便が取られてきたところである。このような方式は技術を成熟させるという点では、それなりに有効ではあったが、独自技術開発のインセンティブを著しく殺ぐものといわねばならない。

しかしながら、時代は大きく変わってきた。国土交通省が平成 13 年度から開始した「公共工事における新技術活用促進システム（NETIS）」は当初は玉石混交のシステムであったが、より有効なものにするため平成 18 年 8 月から「事後評価の実施・徹底及び NETIS の再構築」、「新技術活用の体系化」、「新技術の試行・評価から活用までの道筋の強化」などを取り入れた本格運用が始まっている。これは国として主体的に民間の技術開発のインセンティブを技術活用システムに導入していこうとするものであり、新開発技術登録を増加させ事後評価を経て、それらの新技術を設計コンサルタントへ情報伝達し、コスト管理に軸足を

置いたものに変貌しつつある。民間の独自特許技術を高く評価して、その評価点を総合評価発注制度システムへ反映する道を開こうとするものである。さらに、「国等における温室効果ガス等の排出の削減に配慮した契約の推進に関する法律（環境配慮契約法）」では、設計契約は環境配慮型プロポーザル方式によるものとし、温室効果ガス排出削減に配慮した技術提案を求め、総合的に判断して最も優れた案を採用するとしている。設計だけでなく、施工や維持管理においても国や独立行政法人に導入を義務付けている。これは従来の会計法の制約を超えるものであり、まさしく技術が正當に評価され尊重される社会が確立されるものと期待される。これでこそ高い技術力を有する民間企業が、その技術を以て良質な社会基盤整備事業に直接携わることを可能とするものであり、担当する個々の技術者が仕事に生き甲斐と誇りを持つことができるであろう。

環境の世紀と称される今世紀における建設技術として、

- 外部営力の増大に伴う巨大自然災害の軽減技術
 - 自然環境と都市環境のバランスのある保全と回復のための技術
 - コンパクトシティへ向けての地方都市修復技術
 - 低炭素社会システムへ向けた地域開発技術
 - 循環型社会環境保全技術（リハビリテーションとリニューアル技術）
 - 既存社会基盤施設の維持管理・診断補修技術（モニタリング技術の高性能化）
 - 長寿命化技術（耐久性の向上）
 - LCCO₂ の評価を加えた、環境効率評価ツールのより広範な展開
 - 大深度地下空間の利用による都市の再開発
 - 海洋空間の利用技術と資源開発
 - 国土環境としての流域生態系保全技術
 - 新交通・輸送システム技術
- 等を挙げることができるだろう。

建設工事の主たる対象が、新設から維持管理・補修・再生へと大きく舵を切り、品確法を踏まえた性能規定型に移行していくことから、ソフトと知恵で勝負しうる技術力に基づいた設計施工一括発注や総合的評価制度等の適正な遂行が期待される。第 3 期科学技術基本計画がスタートし、推進 4 分野の中に物づくり技術や社会基盤等が挙げられていることから、人類の英知を生む多くの新技術開発の取組が進展し、それによって建設界の未来が拓かれることを念願するものである。

「公共工事等における新技術活用システム ネ テ イ ス (NETIS)」の運用状況

国土交通省大臣官房技術調査課

公共工事等において優れた技術を活用することは、公共工事等の品質の確保に貢献し、良質な社会資本の整備に資するものである。このため、民間事業者等により開発された有用な新技術を公共工事等において積極的に活用していくためには、新技術の試行や活用を促進することが必要であり、さらに活用された技術の検証・評価結果を踏まえて、民間事業者による技術のさらなる開発・改良を進めて技術向上のスパイラルアップを進めることが重要である。

このため、国土交通省では平成 18 年 8 月より、新技術の峻別による有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルアップを目的として技術の事後評価に重点をおいた『公共工事等における新技術活用システム』を本格運用しており、このシステムを紹介する。

キーワード：NETIS、新技術、申請情報、評価情報

1. はじめに

公共工事等に関する優れた技術は、公共工事等の品質の確保に貢献し、良質な社会資本の整備を通じて、豊かな国民生活の実現及びその安全の確保、環境の保全・良好な環境の創出、自立的で個性豊かな地域社会の形成等に寄与するものであり、優れた技術を持続的に創出していくためには、民間事業者等により開発された有用な新技術を公共工事等において積極的に活用していくことが重要である。

このようなことから国土交通省では、平成 10 年度に「公共事業における新技術活用促進システム」を構築、さらには平成 13 年度より新技術に係る情報をデータベース化した新技術情報提供システム（NETIS）の一般提供を開始し、新技術の公共工事への活用を促進している。平成 17 年度には、実績の少ない新技術について、現場での確実な試行を実施し事後評価を行うようシステムを再編・強化し、その暫定運用の結果を踏まえ、平成 18 年 8 月からは、有用な新技術の活用促進と技術のスパイラルアップを目的として、新技術の活用後、事後評価の実施を徹底する等の取り組みを盛り込んだ「公共工事等における新技術活用システム」を定め、運用しているところである（図—1）。

この新技術活用システムの本格運用開始から 1 年が経過しており、本システムのこれまでの運用状況について説明するとともに、本システムの今後の展開につ

いても紹介する。

2. 新技術活用システムの運用状況

(1) NETIS 登録件数

登録を開始した平成 10 年度は 900 件程度であったが、以後、登録件数は毎年伸び続けており、現在（平成 19 年 9 月末時点）の累計登録件数は約 4,800 件となっている。（ただし、NETIS の品質を向上させるため、各技術の情報の提供期間を設けていることから、現在掲載されている技術数は約 3,300 件である。）登録技術の技術区分は工法が最も多く、全体の 45 %を占めている（図—2）。

(2) 新技術活用状況

システムの再編・強化を受け、国の直轄工事における新技術の活用実績は 20 %を超えるなど増加傾向にあり、目標としている新技術活用率 30 %を達成するため、発注者、受注者、技術開発者がそれぞれ努力しているところである（図—3）。

また、技術の活用方式のうち、直轄工事等における現場ニーズ・行政ニーズ等により技術を公募する「フィールド提供型」はシステムの本格運用後、各地方整備局等で実施することになり、現在までに 4 地方整備局において実施している（表—1）。

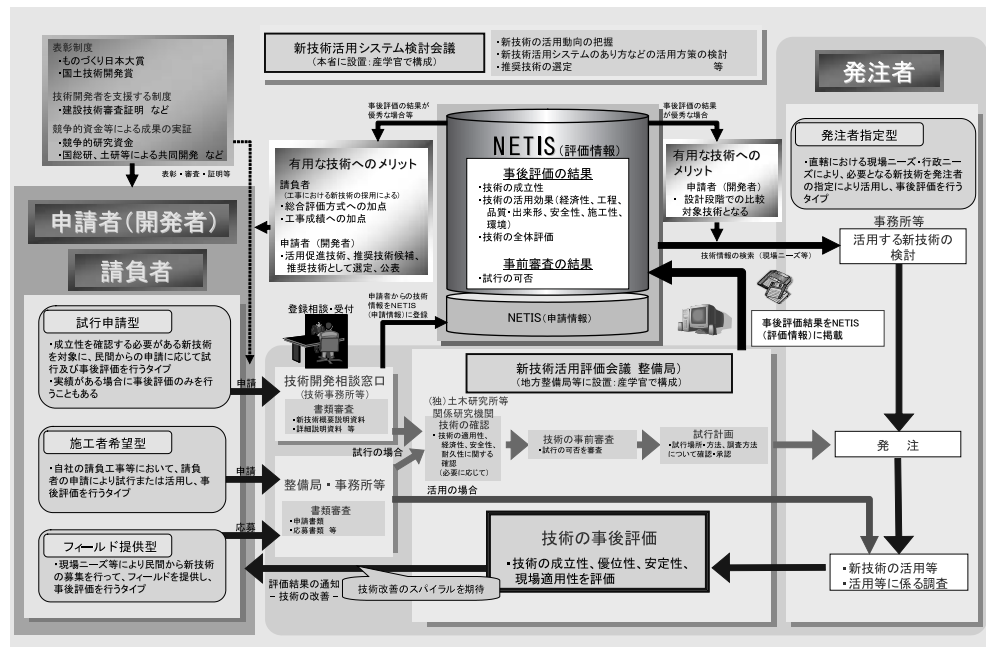


図1 公共工事における新技術活用システム

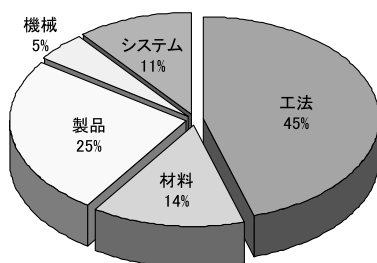


図2 NETIS登録技術の技術区分

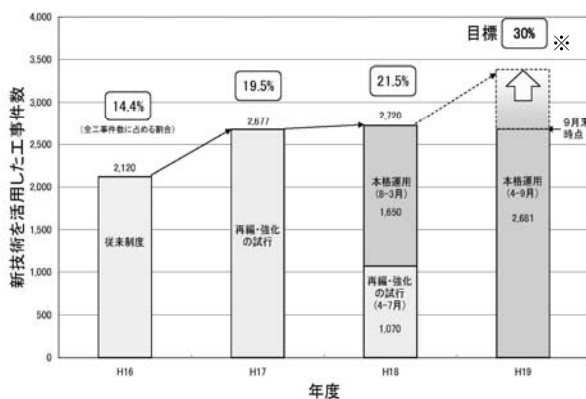


図3 新技術の活用実績（工事件数ベース）

(3) 有用な新技術

有用な新技術については、その活用の促進を図るため、主に2つのタイプにわけてこれを推進している。「設計比較対象技術」は、新技術として技術の優位性が高く安定性が確認された技術であり、設計業務において比較検討を進めるものであり、現在14技術が登録されているところである（表—2）。

また、「少実績優良技術」は技術の優位性が高いと

表—1 本格運用後におけるフィールド提供型にもとづく技術提案募集状況

フィールド募集地整名	募集技術	募集時期
北陸地方整備局	橋梁の効率的な洗浄技術	H19.12 上旬予定
中部地方整備局	排水性舗装においても効果的な凍結防止剤技術	H19.1.22 } H19.2.16
四国地方整備局	無人化施工技術	H19.7.17 } H19.8.3
	災害復旧用三次元測量技術（初動時用三次元測量技術）	H19.7.17 } H19.8.3
	災害復旧用三次元測量技術（本格復旧用三次元測量技術）	H19.7.17 } H19.8.3
九州地方整備局	塗替塗装工事における素地調整の作業環境向上	H19.4.2 } H19.4.27
	地下埋設占用物件探査技術の精度向上（1回目）	H19.4.2 } H19.5.31
	地下埋設占用物件探査技術の精度向上（2回目）	H19.10.29 } H19.12.26

評価は得ているものの実績が少ない技術であり、現在13技術が登録されているところである（表—3）。

(4) NETISの運用

NETISでは、新技術活用システムの円滑な運用を

表一 2 設計比較対象技術

登録番号	分類	技術名称	概要
TH-980002-V	アーチカルバート工 排水構造物工 ボックスカルバート 工 等	モジュラーチ工法	多分割されたプレキャスト部材（サイドウォール、ボールド、センターピア）を現地において組立て、大断面アーチ構造物を築造する。分割位置を上半円弧の肩部交角 90 度とし、異なる規格のサイドウォールとボールドの組合せができるので多種類のアーチ断面が可能
CB-980012-V	軟弱地盤処理工 等	パワーブレンダー工法 (スラリー噴射方式)	軟弱地盤等にセメント、セメント系固化材などの改良材をパワーブレンダー（トレンチャー式攪拌機）により強制的に攪拌混合し、強固な地盤を造成して構造物、建築物、盛土等の沈下及び安定対策と地震時対策を行う技術
CB-980039-V	軟弱地盤処理工 等	SAVE コンポーザー	軟弱地盤中に径 70 cm の締め固められた砂杭を造成する工法。強制昇降装置を用いることで、無振動、低騒音にて、中空管を貫入、引抜き、打戻して、砂杭を造成
CB-980067-V	法面工 等	ネッコチップ工法	切土・盛土法面、急傾斜地などの法面について、現場で発生する伐採木や現地発生表土を利用して生育基盤を造成し緑化するリサイクル法面緑化工法
KT-980134-V	深層混合処理工 等	SDM 工法	高速低変位深層混合処理工法
KT-980188-V	鋼管・既製コンクリート杭打設工 等	ガンテツパイル	構造物の杭基礎を、既成の鋼管と現地盤へのセメントミルク注入により、『鋼管ソイルセメント杭』として構築する技術
TH-990001-V	法面工 等	アルファグリーン緑化吹付工法	従来の客土吹付工・厚層基材吹付工で使用される合成樹脂系の養生剤に代わり、石炭灰（フライアッシュ）を主原料としたリサイクル型の無機系安定剤「アルファグリーン」を用いた緑化吹付工法
QS-990001-V	軽量盛土工 等	フォームライト W (R-PUR 工法)	現場発泡ウレタン軽量盛土（以下 R-PUR）工法用に開発されたノンフロン材料で、2 液の原液を現場発泡させることにより、軽量の盛土体を現場で形成することが可能
CG-990019-V	道路打換え工 アスファルト舗装工 特殊舗装工等	QRP 工法（QUICK REPAIR PAVEMENT 急速舗装修繕工法）	舗装工事のうち、基層（中間層を含む）および上層路盤（瀝青安定処理）を同時に 1 回の敷きならし（施工厚 6 ～ 25 cm）で舗設する施工方法
SK-990021-V	土工 安定処理工 軟弱地盤処理工 等	汚泥改良工法	建設汚泥を 100 % 盛土等によりリサイクルしようとする工法であり、本法の処理技術は、無機性の汚泥を対象とし、無機固化剤マデックスを添加攪拌を行うことにより、団粒固化させ、再利用を可能とする一連の処理技術
HR-990108-V	河川海岸（その他） 等	フレックス笠コンブ ロックス	河川鋼矢板護岸の笠コンクリートを二次製品化したものであり、底板部分が自由自在に動かせるフレックス機能により各種鋼矢板形状に対応可能であり、また、水面ギリギリまで笠コンを低く施工できるもの
HR-990111-V	軟弱地盤処理工 等	高強度帯状ジオシンセ ティック パラリンク	高強度ポリエステル長繊維を平行に密に芯材として用い、それを低密度ポリエチレンで被膜した帯からなる高強度ジオテキスタイルである。それを用いたジオパラリンク敷網工法は軟弱地盤上盛土造成時安定対策必要時において不足する抵抗モーメントを補う工法で盛土下部に敷設するもの
QS-000021-V	法面工 等	ロービングウォール工 法	道路やダムなどの開発に伴い出現する法面や急傾斜地、その他既設構造物の表面に対して、砂とセメントの混合物に長繊維をエアの圧力により強制的に混入し、20 cm の厚さで吹付け造成した補強土によって法面の安定を図り、その補強土表面を植生基材吹付工などで全面緑化することにより、補強土と植生工を組合わせた法面保護工
HK-030032-V	道路付属物工 等	ランブルストリップス (センターライン対応 型)	2 車線道路のセンターライン上で舗装路面を凹型に切削することにより、走行車両がセンターラインを越えたときに、ゴロゴロという音と振動を発生させてドライバーに覚醒・注意を促し、車線逸脱による正面衝突事故を防止する技術

目指して、「よくある質問」の設置や運用マニュアルの掲載を開始した。また、従来からの技術情報の提供に加えて、新技術に関する情報や意見を交換する掲示板「NETIS 会議室」を設置して、更なる新技術の開

発や活用促進を図っているところである。今後も、新技術に関する情報の双方向性を目指して、Web2.0 機能の導入を検討していく予定である。

表一 3 少実績優良技術

登録番号	分類	技術名称	概要
QS-980227-V	深層混合処理工 等	ダブルミキシング工法	バックホウをベースマシンとした地盤改良機により軟弱地盤中にスラリー状のセメント系固化材を注入しながら所定の深度まで土と固化材を機械的に混合攪拌し良質な改良地盤を形成する工法
KK-990010-V	橋梁補修補強工 等	重防食根巻積層嵩上補修工法	犬の放尿、酸性雨等の影響で経年変化により根腐劣化の生じた支柱類を、減肉減少が生じているが支柱類の構造耐力が十分有している間に、当工法の採用により支柱根元部を腐食環境より遮断保護し供用寿命の延長と安全の向上を実現させるための重防食施工技術
KT-990278-V	コンクリート工 コンクリートダム提 体工 擁壁工 等	PCF 工法 PC-Ⅲ型	現場打ちコンクリート擁壁等の残存型枠工法
QS-000013-V	深層混合処理工 等	MITTS 工法 (CMS システム)	掘削に伴う地盤のすべり対策・構造物沈下対策・液状化対策等の軟弱地盤固結工法として、小型ベースマシンを基本とする中深層のスラリー中圧噴射と特殊攪拌翼を併用した新しい原位置地盤改良システムの技術
KK-010051-V	橋梁補修補強工 等	トルクアップ	一般的な油圧ジャッキの油圧を不要とし、電動ドライバーを使用してジャッキアップ・ダウンを行う技術 (トルクアップ)
KT-020016-V	コンクリート工 擁壁工 コンクリートダム提 体工 等	残存化粧型枠「パットウォール」	現場打ちコンクリート擁壁等の型枠工に対し、取り外しのいらない型枠 (埋設型枠) の技術
TH-020031-V	法面工 等	オールグリーニング工法	建設副産物である現地発生土や伐採木・抜根チップなどを有効利用した法面緑化工法。短繊維混入により従来の厚層基材吹付工と比較して非常に高い耐侵食性を有する
KT-020056-V	法面工 等	クモの巣ネット工法	高強度ネットとクモ用プレート及び補強材を使用し、コンクリート構造物を一切使用しない法面保護工法
HK-030003-V	環境対策工 (廃棄処理場) 土工 (その他) 等	「すきとり土」の現場内選別工法	土木工事現場で発生した「すきとり土」を、汎用性の高いバックホウに取り付けたドラム状の篩網を持つトロンメルを回転させて土砂と草根・小木に選別し、選別後の土砂を現場内で流用することにより、土の購入コスト縮減と廃棄物の減量を実現できる工法
HRK-040003-V	構造物撤去工 等	グラブ式異形ブロック撤去装置	現在、異形ブロックの撤去・移設作業は、潜水士・とび工が個々のブロックを人力による「玉掛け作業」として行っている。グラブ式異形ブロック撤去装置は、遠隔操作できる油圧式つかみ装置により、人力による「玉掛け作業」をなくし、撤去・移設時の安全性を向上したもの
HR-050017-V	橋梁塗装工 橋梁補修補強工 機械設備 (塗装・防食) 等	高塗着スプレー塗装	現場可搬の高塗着スプレー塗装装置を使用して、周囲への塗料飛散を極力なくした塗膜形成工法。鋼橋塗装、鋼構造物塗装、機械設備塗装およびそれらの塗り替えに適用
HR-050020-V	防護柵設置工 等	防護柵支柱の低騒音・低振動回転圧入工法	道路用防護柵の支柱を低騒音・低振動で設置することを目的とした技術
HR-060002-V	土工 安定処理工 軟弱地盤処理工 等	ESR 工法	建設発生土の土質改良について、事前調査による現場条件の把握、現場条件と配合設計による使用固化材の選定と添加量の決定、自走式土質改良機による土質改良、改良土を用いた土工の施工管理を一貫して行う技術

3. おわりに

平成 19 年 6 月 1 日に閣議決定された長期戦略指針「イノベーション 25」では、社会システムの改革戦略に向けて早急に取り組むべき課題の一つとして「イノベーション創出・促進に向けた社会環境整備」が挙げられており、その一環として「イノベーションを誘発する新たな制度の構築」、さらに具体的な施策として

公的部門における新技術の活用促進を進めることとしている。国土交通省では、今後も、平成 18 年度から運用している新技術活用システムに従い、有用な新技術の選定をはじめとして、公共工事等に関する技術の水準を一層高め、新技術の活用促進に努めていきたい。

(新技術活用システム [NETIS] のホームページは、<http://www.mlit.go.jp/netis/>)

新技術の評価手法

矢野 公久

「公共工事等における新技術活用システム」は、公共工事等における新技術の活用検討事務の効率化や活用リスクの軽減を図り、有用な新技術の積極的な活用を推進するための仕組みである。新技術の積極的な活用を通じて、民間事業者等による技術開発の推進、優れた技術の創出を促し、公共工事等の品質確保、良質な社会資本の整備に寄与することを目的としている。

キーワード：公共工事等における新技術活用システム、事後評価、NETIS

1. はじめに

公共工事等に関する優れた技術は、公共工事等の品質の確保に貢献し、良質な社会資本の整備を通じて、豊かな国民生活の実現及びその安全の確保、環境の保全・良好な環境の創出、自立的で個性豊かな地域社会の形成等に寄与するもので、優れた技術を持続的に創出していくためには、民間事業者等により開発された有用な新技術を公共工事等で積極的に活用していくことが重要である。

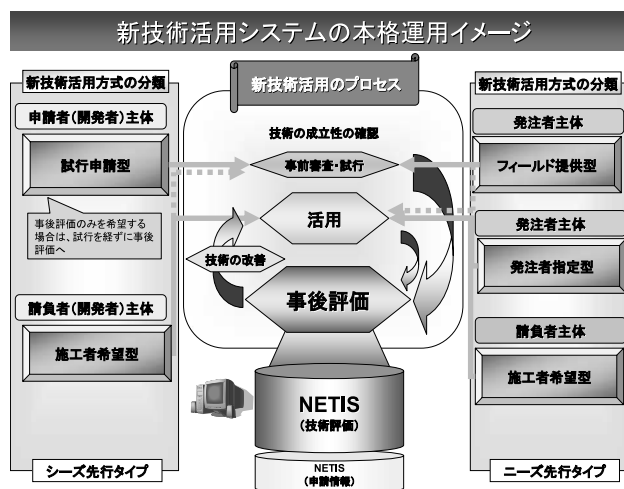
国土交通省では、平成 13 年度から有用な新技術の活用を円滑に進めるために、新技術に関する情報の収集や発注者間での共有、現場への試行導入の手続き、導入効果の検証・評価という一連の流れを体系化した「公共工事における新技術活用促進システム」を創設した。

また、平成 17 年度には、実績の少ない新技術の活用の促進等を図るため、現場での確実な試行を実施し事後評価を行う「評価試行方式」等を導入し、従来のシステムを「公共事業等における技術活用システム」に再編・強化した。

その結果、暫定的運用や新技術活用の実状を踏まえて、事後評価を中心としたものとしてシステム全体を再整理し、平成 18 年 8 月に「公共工事等における新技術活用システム」として本格運用を開始した（図—1）。

なお、本格運用のポイントとしては、以下の 5 つがあげられる。

- ①事後評価の実施の徹底
- ②技術評価の情報を主体に再構築



図—1 新技術活用システムの本格運用（イメージ）

- ③活用方式の追加
- ④申請者・請負者へのインセンティブの明確化
- ⑤設計段階でのインセンティブを明確化

今回、このポイントの一つである事後評価の実施と徹底について、説明を行う。

2. 事後評価について

公共工事等において優れた技術の活用促進を図るためには、NETIS（新技術情報提供システム）全体を、新技術の申請者からの申請情報中心としたものから、現場で施工した結果を反映した評価情報中心としたものにしていく必要がある。

そうすることで、発注者や施工者にとって優れた技術を取捨選択できるようになる。

(1) 事後評価の種類

事後評価には大きく分類して2種類あり、申請情報の妥当性を確認する試行実証評価と、当該技術を総合的に評価する活用効果評価がある（図—4 参照）。

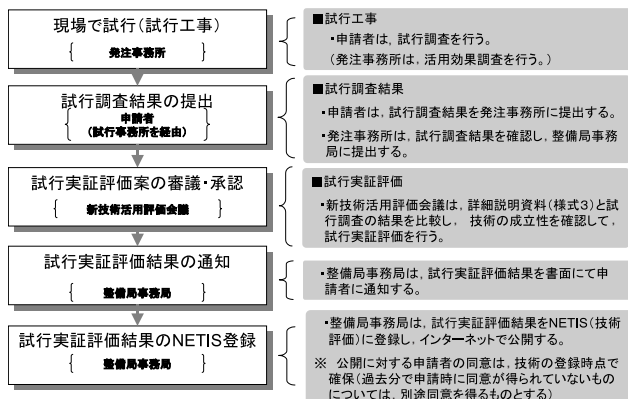
それぞれ現場で実際に施工する際に調査を行ったうえ、その結果に基づいて評価を行うものである。

① 試行実証評価

試行実証評価とは、直轄工事等における技術の成立性等、当該技術の申請情報の妥当性を検証することを目的とし、施工の際に行う試行調査の結果に基づいて、安全性、耐久性等の技術的事項及び経済性等の事項について評価を行うものである。

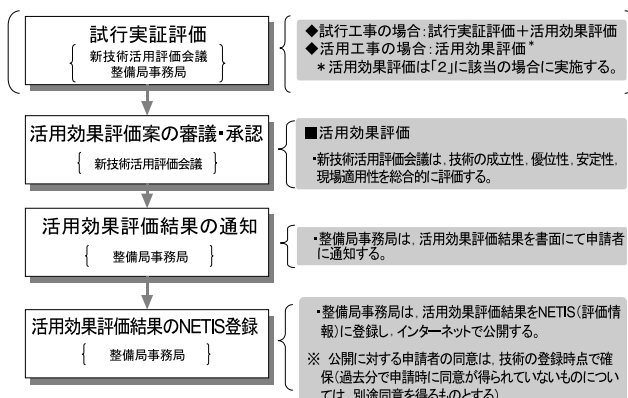
試行実証評価の方法として、申請者から提出された新技術の申請情報の内容と、試行調査の結果に基づいて確認された、安全性、耐久性等の技術的事項及び経済性等の事項を比較し、技術基準や遵守すべき法令基準等を満足しているかを確認するものである（図—2）。

そうすることで、直轄工事等において技術の成立性を判断する。

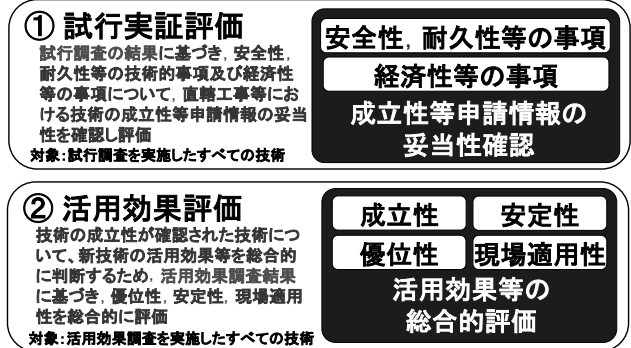


図—2 試行実証評価の内容と流れ

② 活用効果評価



図—3 活用効果評価の内容と流れ



図—4 事後評価の種類

活用効果評価とは、当該技術の活用効果等を総合的に判断することを目的とし、施工の際に行う活用効果調査の結果に基づき、技術の優位性、安定性、現場適用性を評価するものである。

活用効果評価の方法として、個々の工事等の活用効果調査の結果に基づき、従来技術と比較して、技術の優位性、技術の安定性、現場適用性の総合的評価を行うものである（図—3）。

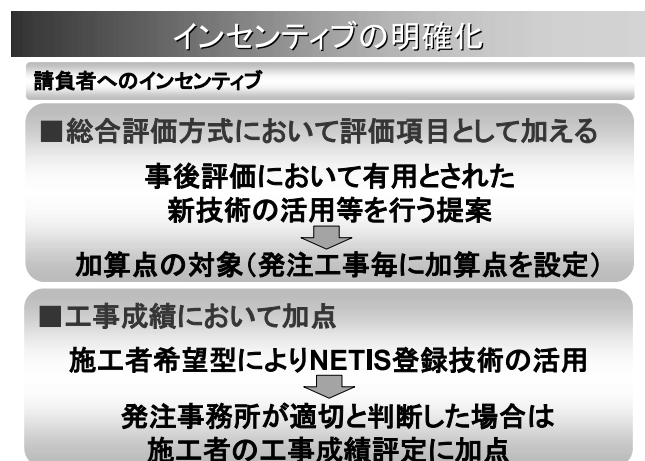
3. 事後評価の結果におけるインセンティブ

よりよい新技術の活用促進を図るため、活用効果評価の結果、有用な新技術との評価を得た技術についてはインセンティブを講じる（図—5、6）。

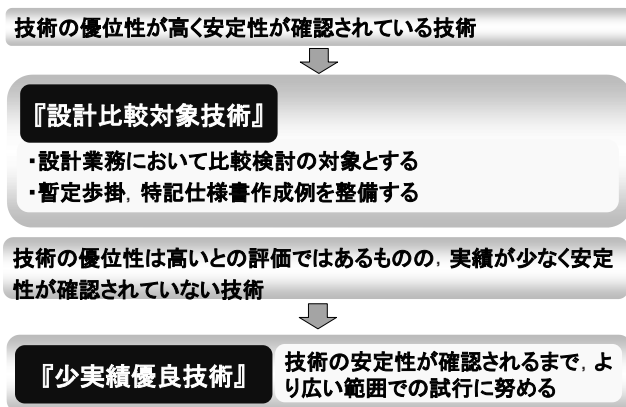
有用な新技術について以下がある。

(1) 設計比較対象技術

活用効果評価の結果、技術の優位性が高く安定性が確認されている技術については「設計比較対象技術」として位置づけられ、直轄工事等の設計業務において比較検討する対象技術となる。



図—5 インセンティブについて



図一6 有用な新技術

(2) 少実績優良技術

活用効果評価の結果、技術の優位性は高いものの、直轄工事等における実績が少なく、技術の安定性が確認されていない技術については、「少実績優良技術」として位置づけられ、技術の安定性が確認されるまでの間、直轄工事等において活用を推進していくものである。

(3) 活用促進技術

活用効果評価の結果は従来技術と変わらなかったものの、特定の性能や機能が著しく優れている技術やそ

れぞれの地域において活用促進を図る技術等については「活用促進技術」として位置づけ、直轄工事等において活用の促進を図る。

(4) 推奨技術等

公共工事等に関する技術の水準を一層高めるため、画期的な新技術を対象に「推奨技術」等の選定を行い、当該新技術の普及啓発や活用促進を図る。

4. まとめ

以上のように、現場で施工された新技術について事後評価することで、有用な新技術を選定し、その活用促進を図ることで、民間における技術開発の促進や優れた新技術の活用による公共工事の品質確保、コスト縮減等を期待するものである。

JICMA

【筆者紹介】

矢野 公久（やの ともしさ）
国土交通省
総合政策局建設施工企画課



建設の機械化／建設の施工企画 2004 年バックナンバー

平成 16 年 1 月号（第 647 号）～平成 16 年 12 月号（第 658 号）

1 月号（第 647 号）
ロボット技術特集

5 月号（第 651 号）
リサイクル特集

9 月号（第 655 号）
維持管理特集

■体裁 A4 判
■定価 各 1 部 840 円
(本体 800 円)

2 月号（第 648 号）
地震防災特集

6 月号（第 652 号）
海外の建設施工特集

10 月号（第 656 号）
環境対策特集

■送料 100 円

3 月号（第 649 号）
地下空間特集

7 月号（第 653 号）
安全対策特集

11 月号（第 657 号）
除雪技術特集

4 月号（第 650 号）
行政特集

8 月号（第 654 号）
情報化施工特集

12 月号（第 658 号）
新技術・新工法特集

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

建設施工の自動化における信頼性と環境への配慮 —「品質と革新」及びリスクマネジメントによる取り組み—

宮 村 鐵 夫

生産性向上と人手不足への対応には建設現場での省力化と機械化が大きな課題であり、企業の社会的責任として信頼性と環境への配慮による「品質と革新」による競争も求められている。ヒューマンエラーや保全性への配慮を含む建設機械等の使用の信頼性は、生産性や施工コストのみでなく人への安全性や環境にも影響する。

施工計画全体を俯瞰的に見通し自動化や環境配慮へ検討を行うには、施工設計段階で工程 FMEA などによるリスクマネジメントを行い、スルーで施工プロセスとその条件管理を検証することが有効である。

キーワード：信頼性、保全性、ロバストネス、ライフサイクル・マネジメント、リスクマネジメント、工程の FMEA、施工管理のシステム化

1. はじめに

建設施工では、

- ・ 製造業と比較して 1994 年に同じであった労働生産性が 2005 年には 2 分の 1 と格差がついており、生産性向上によるコスト低減への合理的な対応
- ・ 建設業就業者数が 1997 年より 2006 年には 559 万人と 18 % 減少しており、熟練者（オペレータ）の高齢化など人財環境変化への備え

を進めるとともに、

- ・ 危険な現場作業における労働安全及び排気ガスと騒音低減など環境に対する社会的責任の遂行

が要請されている。人による作業の省力化や機械化の推進、作業のフルプルーフ化による信頼性と安全性の向上、人と環境に優しい施工計画策定など、「品質と革新による競争」への取り組みが企業倫理（Corporate Ethics）からも求められる。

一つは、リスクマネジメントを取り入れた施工計画の策定、技術と経済性を考慮した工法革新である。施工現場と施工方法に適した建設機械を導入し、故障やチョコ停さらにサイクルタイム変動が少なく、短いアタッチメント交換時間などによる品質と安全性の確保を前提とした生産性向上を図る。

二つは、自動化を真に活用する取り組みである。自動化すれば生産性や安全性が向上するわけではない。オペレータと専門保全のコラボレーション、オペレータ自身の的確な自主保全能力向上、準備工程や機械稼

働時のリスクを想定して個々の問題をしっかりとらえ、安全第一、品質第二、施工第三の考え方にに基づき全体最適を目指してマネジメントしていく施策である。

本稿では、建設施工を取り巻くこれらの状況を考慮に入れながら

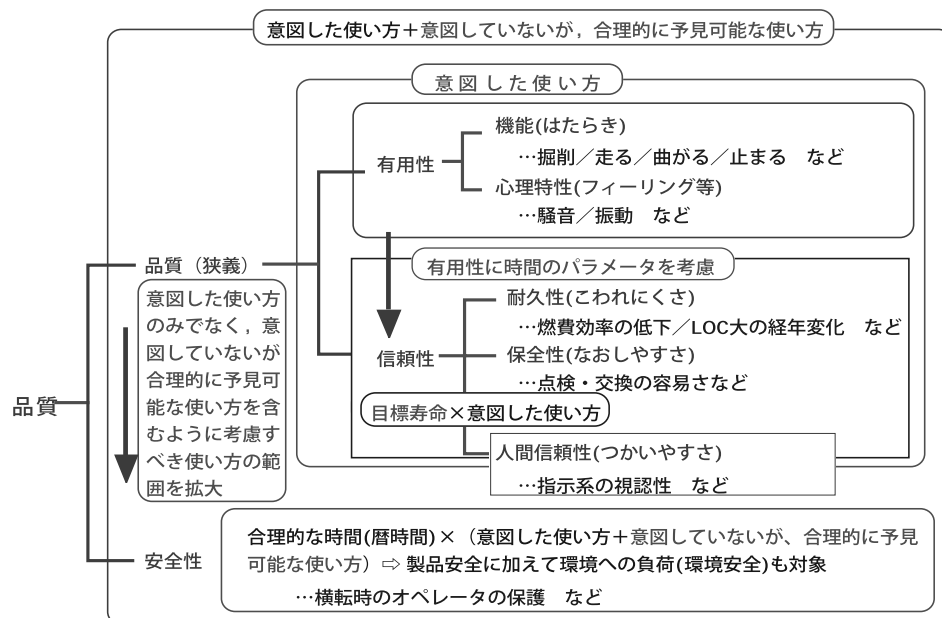
- ・ 建設機械の信頼性と環境配慮
 - ・ 建設機械自動化の背景と進展
 - ・ 安全と環境に配慮した施工計画策定とリスクマネジメント
 - ・ 施工管理のシステム化
- について考える。

2. 建設機械の信頼性と環境への配慮

（1）建設機械の品質と使用の信頼性

建設機械の品質は、図—1 に示すように、有用性、信頼性、安全性の 3 つの要素に分けて考えることができる。有用性は機能的な側面、使用環境条件や経年的な側面に着目したのが信頼性である。安全性は、意図していないが合理的に予見可能な使い方についても致命的な状態へ連鎖しない品質の要素である。

「顧客は購入時と使用中の 2 度評価」すると言われるように、信頼性は使用中の品質評価と密接な関係を有し、信頼性の問題が発生すると影響は第一にユーザに及ぶ。またクレーム対応やリコールなどの事後的な処置が必要になり、メーカーにとっても労力並びに経済



図一 建設機械の品質と使用の信頼性（宮村¹⁾を修正して作成）

的な影響は極めて大きい。図一 1 における信頼性と安全性を含む上位概念が「使用の信頼性」になる。

(2) 使用条件の多様性とロバストネスの考慮

建設機械では、使用される環境条件のみでなく、燃料や作動油などの使用条件が使用の信頼性に影響するところが多い。具体的な取り組みは以下のようである。

(a) 燃料・潤滑剤・作動油

エンジンの性能を十分に発揮して耐久性と排出ガスを良好に保つためには、

- ・ 適正な燃料の使用
- ・ 良好な燃焼の確保
- ・ 燃料中に水分や夾雑物が混入しないように留意

するとともに、使用燃料の適正範囲をできる限り幅広く許容できるようにロバストネスのあるエンジンの設計と評価を進めておくことが望ましい。企業活動と中古品流通のグローバル化で、ブレーキ液、不凍液などの仕様変動が大きくなり、性能や耐久性のロバストネスを考慮した設計の重要性が一段と高まっている。

(b) 安全装置

機械の転倒防止装置やブレーキ装置の充実、インターロック機構などによる誤操作の防止、人の接触や挟まれ事故の防止、故障予知、異常警告や自動停止などの諸装置、及び

- ・ ヘッドガードの要求性能
- ・ FOPS (Falling-object protective structure)
 - …落下物に対するオペレータの保護
- ・ OPG (Operator protective guards)
 - …油圧ショベルに取り付ける運転員保護ガード

- ・ ROPS (Roll-over protective structure)

…転倒時の保護構造

- ・ TOPS (Tip-over protective structure)

…スイング式のブームをもつ運転質量 1,000 kg 以上 6,000 kg 未満のミニショベルが横転したときに、シートベルトで支えられたオペレータが押しつぶされる可能性を少なくすることを目的とした横転時保護構造

などオペレータの保護装置へのきめ細かい対応が、安全性重視には不可欠である。

- (c) コンピュータによるモニタリングと傾向管理による予防保全など安全性への積極的な対応

定期的に行う点検、潤滑油の採油による摩耗粉チェックなどによる状態監視、近年は自動制御、モニタリングの多様化と高度化で建設機械も電子化が進み ECU (Electronical Control Unit) の搭載が増えており、これを予防保全の手段に活用している機械も増えている。機械ユニットの中で油圧、空圧、油温など機械の状態を知る上で重要な情報を得るために、一定間隔で情報（データ）を取り込み、記憶されたデータを解析判定して、機能限界前に部品交換などの判断を行える予防保全の環境が整ってきている²⁾。

(3) 環境への配慮

建設工事による騒音、振動への苦情は年々増加、現場で発生する埃、泥水、排出ガス、漏油なども問題視されることが多くなり、これらの環境負荷を低減する努力が行われている。地球温暖化について、建設業界では 2010 年度に施工段階の CO₂ 排出量を、1990 年度

比で12%削減する目標を立て取り組んでいる。

エンジン(原動機)の排出ガスの4次規制については、米国や欧州の規制と整合化すべく個々の企業で取り組まれている。グローバルな整合化と技術開発のリードタイムを考慮した基準策定が待たれるところである。近年は国内投入の建設機械の新車販売台数が増加している一方で、海外中古車輸出台数が2002年から継続して新車販売台数が上回っている。この循環が持続的に機能するには国内外の使用燃料の品質変動を考慮に入れた開発が重要となる。

地球温暖化防止については、リターダブレーキやハイブリッド方式によるエネルギー回収など建設機械省エネルギー化の機構改善や運転システムの装備などの改良が行われている。工事現場でのCO₂削減では、バイオディーゼル燃料の掘削機や自走式クレーンの導入、急発進や急加速などエンジンに負荷をかけない運転の指導・徹底などが行われ、公共、民間の工事とも温暖化対策などを条件とする案件が増えている。工事での環境戦略が受注競争の重要な要素となっている。

(4) プロダクト・ライフサイクル・マネジメント

海外輸出を含む中古市場との補完性では燃料、作動油などに対するロバストネス、鉱山で使用されている大型建設機械では原単位(\$/kg)のコスト保証など考慮すべきスパンが拡大し、建設機械のライフサイクル・マネジメントの重要性が増している状況である。

2000年に制定された循環型社会形成推進基本法で、廃棄物の適正な処理のみならず、「経済社会システムにおける物質循環」を確保し、「自然物質循環」の保全を確保することが明記され、いわゆる3R(reduce, reuse, recycle)が課題となっている。とくにrecycleの推進では事業者横断的に業界としての取り組みが行われている。(社)日本建設機械工業会においても、「廃棄ゴムクローラ類広域リサイクル」などに取り組んでいる³⁾。

3. 建設機械自動化の背景と進展

(1) 自動化の制約条件と背景要因

建設機械は、動力に蒸気機関を用いる方式から、段取り・調整がより容易なディーゼルエンジンへ、さらに環境へのCO₂負荷が少なくなる電気エネルギーの使用へ、と発展している⁴⁾。制御方式も、リンク機構など機械的な方式から、油圧制御、さらに電気制御へと、よりきめ細かく動力を伝達しフェザータッチ制御へと技術革新が進んでいる。

あわせて

- ・地盤、傾斜地など施工現場の多様性
- ・河川の渡渉など施工現場での多様な使われ方
- ・工期が通年を超え長期にわたる場合の季節変動など自然環境条件の変化
- ・複数作業遂行を考慮に入れた柔軟な段取り・調整などの使用環境条件の多様性
- ・マーケットのグローバル化における使用環境条件の多様性
- ・中古市場のグローバル化による使用燃料や作動油などの多様性

さらに

- ・排出ガス規制の強化

など、環境に対する社会的規範の変化を指摘できる。施工の自動化を進めていく制約条件というだけでなく、技術開発の方向性や建設機械の信頼性や使いやすさへの要求事項の背景要因にもなっている。イノベーションをうながす推進力との位置付けができる。

(2) 自動化のフレームワークとインタフェース

自動化では、前項の議論から、使用時の(建設機械の)「オペレータ」と「(施工)環境」の2つの要素に「建設機械」を加えた図—2に示すフレームワークで考えることができ、「①表示系の見やすさ」、「②操作性」など6つのインタフェースが要となる。

人が行っていた作業を自動化すれば、人による作業の信頼性が必ずしも向上するとは限らない。労力を使ってバルブ操作を行うとき閉を開に間違えることは極めて少ないが、遠隔で自動的に行える場合には間違える頻度が高くなる。自動化で新たなエラーモードが生じるのが一般的であり、オペレータのスキルアップなど教育・訓練を同時に進めていく必要がある。

(a) オペレータとのインタフェース

文献²⁾によれば、「建設機械は、諸外国から導入されたさまざまな操作方式の建設機械を元にして個別に開発が進められてきたため、かつて各メーカーごとに操作レバーの配置や操作方式、ペダルや計器類の配置が異なっていた」ということである。しかし、建設機械の保有形態が買い取りによる自社保有からリースやレンタルへと移行するにともなって、操作方式の標準化が進み、新しく製造される建設機械のほとんどが標準操作方式の建設機械となり、着実に普及が進んでいる。1998年4月から(社)日本建設機械化協会において“標準操作方式建設機械認定制度”として標準操作方式の普及活用が図られている。

メーカーにより操作方式が異なれば、作業手順の習熟性が落ちてサイクルタイムが長くなり生産性への影響

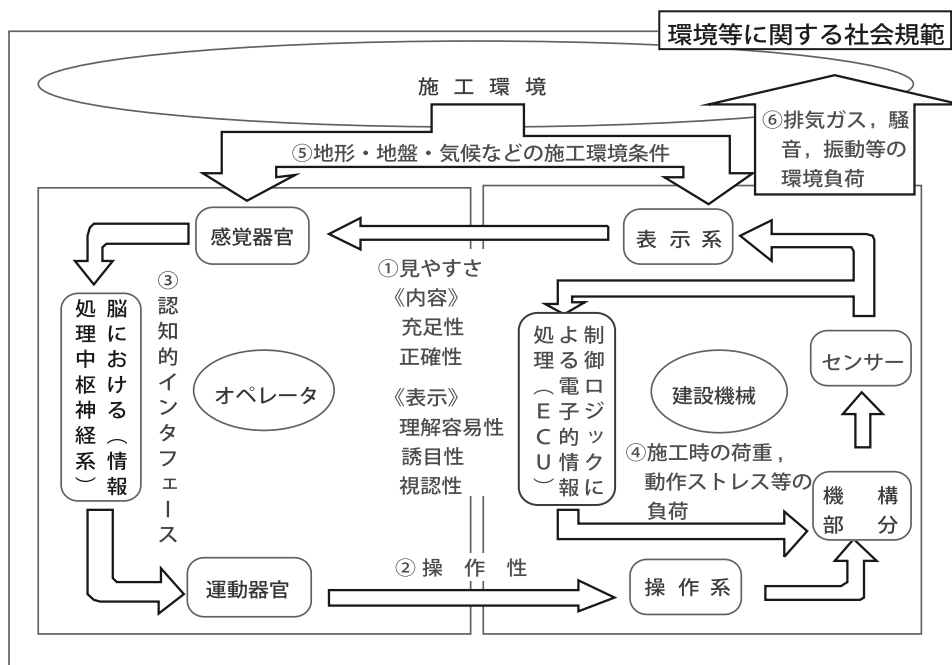


図-2 自動化を考えるフレームワーク（宮村¹⁾を修正して作成）

が出るだけでなく、緊急時に誤操作をする危険性が高まってくることになる。ユーザインタフェースを標準化していく（消費生活用製品の分野で重視されつつある）ユニバーサルデザインの考え方はグローバル化とともに必要性が高まっている。

(b) 自動化とユーザインタフェース

自動化における基幹技術としては

- ・遠隔操作技術
- ・遠隔監視技術
- ・危険予測・回避技術
- ・多重安全回路技術

がある。ユーザと機械との情報のやりとり、複数の機械を通信により管理して施工するように自動化が進化していくと、視認性や操作性などのインタフェースのみでなく、人とコンピュータとの情報処理の特徴を踏まえた認知的インタフェースの標準化も必要になってくる。

(3) 作業手順の標準化と汎用性を考慮した自動化の進化

個々の施工現場は変化するが、同じ原理・方式を用いる工法の作業手順は、図-3に示すように4M（Man, Machine, Method, Material）の要素に構造化することで標準化できる。標準作業手順はコスト見積もりでのサイクルタイム設定などの基礎データにもなる。

作業手順標準化の効用は、

- ・適用対象によって不適切なところがあれば事前に標準を見直して、実行に反映
- ・実行して問題があれば標準を見直すことにより継続

的な改善実施

など組織学習が可能となることである。前者は新規要素・変更点のマネジメント、後者は改善活動による組織学習であり、属人的から組織としてのノウハウの蓄積・継承になる。

標準化にあたって、4Mに関する重要な考慮事項は下記のようなものである。

①工法の検討

工法は、各現場の施工及び周辺環境の条件などにより選定するが、複数の工法が選定可能な現場の場合には地球温暖化対策の観点も含めて総合的な検討を行う。

②資材の選定

材料などの仕様を明確に定義して、異材が混入しないように明確に指定すること。

③建設機械の選定

汎用要請の高い建設機械導入でも専用機と劣らない生産性をあげるには、作業手順の標準化、スキルの教育・訓練などマネジメントシステムと一対となった取り組みが不可欠である。

④排出ガス・粉塵対策

2005年7月に公布された「特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律」（以下、オフロード法）による排出ガス対策型の建設機械の指定要件は、

- ・特定原動機の型式指定
- ・特定特殊自動車の型式届け出
- ・特定特殊自動車の少数承認

の3つであり、これらの要件に適合した届け出により、基準適合表示を行うことができる。

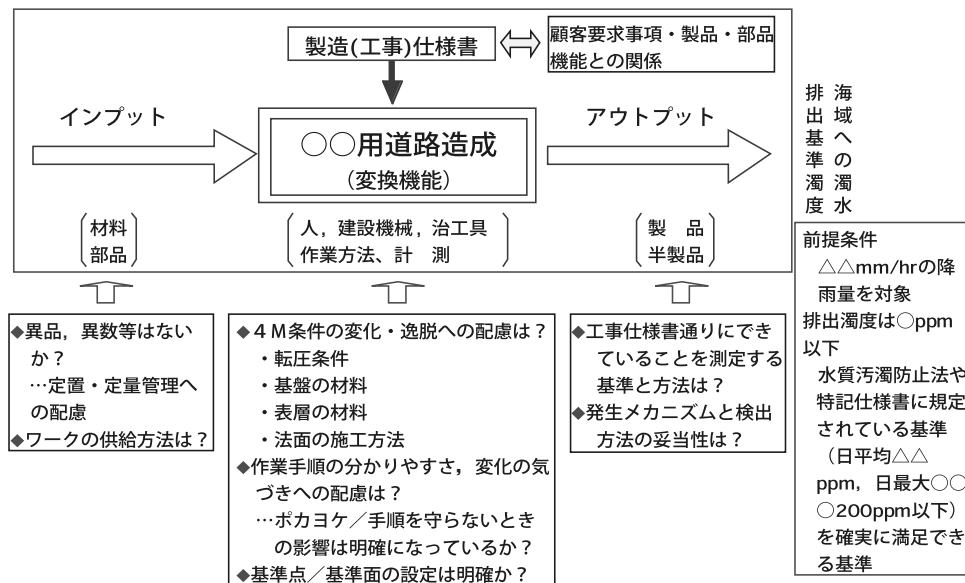


図-3 工事用道路形成の4M条件の一例

4. 施工計画策定とリスクマネジメント

(1) 施工計画策定プロセスの標準化

施工計画策定では、施工プロセスの立案、これをさらに掘削や敷きならしなどの単位作業へと展開していくことになるが、事前調査の可否が計画どおりに施工を進めていく上で大きな比重を占める。施工の段階では関係する事業者が多数かわり、計画作成段階で事業者間でのコミュニケーションをしっかりとって情報を共有化して、施工計画の完備化を進めていく。段取り・調整さらに単位作業のサイクルタイムを的確に読み、実際との差異が発生しないように問題を明らかにして事前に解決するとともに、現場でのTBM (Tool Box Meeting) などをとおして双方向のよいコミュニケーションを図る。

(2) 信頼性と環境に配慮した施工への対応

公共事業では設計と施工の分離原則から、発注者が設計して受注者が施工することになり、設計図書には施工方法についてはほとんど示されていない場合が多い。設計の段階から施工の情報をフィードバックして、より最適な設計仕様の検討を進めていく考え方が取り入れにくい面がある。情報共有化とコラボレーションの進め方で、製造業と異なるところである。

製造業における新製品開発では、「設計仕様に適合した製品を目標原価で安定的に製造できる工法・工程を、これを適正な開発リードタイムで確立し垂直立ち上げでの量産へ結びつけるためには、関連する情報共有が重要であり、開発の源流段階から生産部門も積極的に参画することが大切」との考え方に基づいて、開

発段階から生産部門が生産構想を提示し積極的に参画して以下の取り組みを行っている。

- ①新材料を効果的に使うための設計配慮
- ②新加工技術の採用や既存設備の有効活用のための設計配慮 (例、ネジの切削から転造化、バリ発生ゼロ化と面取りの角度など)
- ③多くの機種に共用できるフレキシブルな生産ライン、加工設備を導入し、成果を上げるための設計配慮
【例】連結・ライン化、工程内物流システムの最適化等による流れるライン、段取り・調整の治工具化、点検・検査の容易化等による生産性の向上
- ④加工ロボットの生産効果を上げるための設計配慮
- ⑤エレクトロニクス装置搭載増加に対する検査装置等への設計配慮
- ⑥製造品質を大幅に向上するための設計配慮 (例、基準面と基準点を考慮した設計や図面指示)
- ⑦製造コストを大幅に低減するための設計配慮 (例、研削個所の少ない構造)

このような考え方を取り入れた新製品開発の進め方—コンカレントエンジニアリング—が、特に設計と生産のすり合わせが重要とされる自動車産業などでは活発である。開発初期からの徹底した情報共有・共用、そして部分から全体最適を指向している。

施工現場がその都度変わるなど前提条件が異なり、この考え方を直接取り入れ実践していくことは難しい面もある。しかし、設計から施工そして検収に至る業務フローの普遍性、他社・異質に学ぶ組織学習の重要性と有用性を考慮すれば、施工方法など後工程の力を施工計画策定段階で積極的に活用する「品質と革新による競争の仕組み構築と実効化」が企業の社会的責任

遂行への要請からも大切である。国土交通省の「公共事業における新技術活用システム」でも、

- ・新技術の採用動向の把握
- ・新技術活用システムのあり方などの活用方策の検討
- ・推奨技術の選定

をととして、より最適な設計と施工の融和を求めている。

(3) 施工計画における事前調査と検証の進め方

—法規制と環境への対応—

施工計画の目標は、「工事の目的である建築物を、設計図書に基づいて、所定の工事期間内に、品質の良いものを経済的に、しかも環境に配慮しつつ、安全に施工する条件と方法を生み出すことである。このため、施工現場の事前調査をしっかりと行うことと、この調査結果を有効に活用できるように協力会社の英知を結集して施工計画業務を進めていくこと」である。施工計画は、「計画→実施→検討→処置」の建設工事における管理のサイクルの第一段階であり、十分な予備調査により慎重に立案するとともに、工事進行の各段階において、計画どおり行うことができるか対比・検討し、必要な是正措置を適切にとれるように作成しておく。

設計図書には主として完成すべき建築物の形状、寸法、品質などが示されているが、施工者は自らの技術と経験を生かしてどのような方法・手段で工事を実施するか検討しなければならないのがほとんどである。立案で要となるのは、施工現場におけるリスクを予測して、これをマネジメントすることである。考慮事項としては以下の項目がある⁴⁾。

- ①公衆災害
- ②騒音・振動対策
- ③水質汚濁対策

建設工事における濁水は、土木材料と水の混合によ

って発生。主なものは

- ・切り土、掘削による濁水
- ・コンクリート骨材の洗浄による濁水
- ・コンクリート打設・洗浄、グラウト、ボーリングなどに伴う濁水
- ・浚渫、埋め立てによる濁水
- ・泥水加圧シールド工法や地下連続壁工法などの泥水処理による廃棄泥水

④濁水処理

建設工事において主として行われる処理方法には、沈降分離、脱水濾過、中和がある。沈降分離では、沈殿地などで水中に浮遊している微細な粒子を高分子凝集剤などにより大きな粒に成長沈降させる。

(4) 工程の FMEA を活用したリスクマネジメント

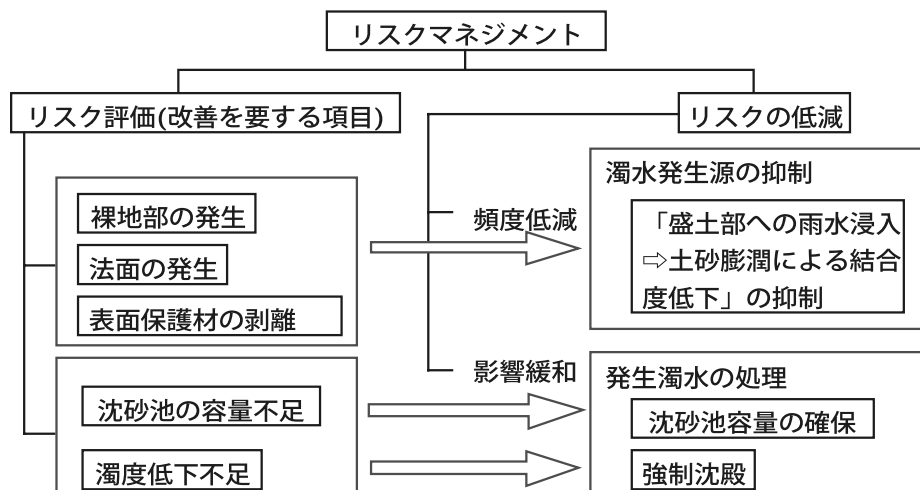
—濁水流出リスクを考慮した環境配慮への活用—

宮本³⁾は、工事エリアの現状を事前調査に基づき把握した上で、「伐採→工事用道路造成→2号沈砂地造成→盛土」の当初施工計画について、

- ・顧客重要要求項目のひとつで環境保全基準における「濁水の流出」と関係のある工事工程を抽出し、
- ・当該工事工程における工事方法の情報を活用して施工時に発生する「濁水の流出」にかかわる問題を故障モードとして想定し、
- ・発生品頻度、検出難易、影響度を考慮してリスク評価し、許容できない故障モードについて事前の対策を検討

している。すなわち、施工時の想定故障モードとリスク評価を工程の FMEA (Failure Mode and Effects Analysis, 故障モードと影響解析) により実施し、事前解析によるリスクマネジメントを行っている。

新たに必要な改善項目は、リスクの種類である故障



図一 4 工程 FMEA 活用によるリスクマネジメント

モードの発生頻度低減と発生した場合の影響（損害の大きさ）緩和に整理でき、その概要は図—4に示す通りである。

濁水発生源の抑制については「敷きならし」、「転圧締固め」などの各単位工程における締固め回数など4M条件を見直し、裸地部等の発生そのものの低減を図る。影響緩和については発生濁水が海に流出する連鎖事象を確実に断ち切ることを考えて、発生した濁水が的確に処理できるようにするため沈砂池の造成による容量確保や濁度を強制的に沈殿する設備形成などを行うように是正する。見直し後の工程概要は、仮沈砂地造成を新たに追加して「伐採→仮沈砂地造成→工事用道路造成→2号沈砂地造成→盛土」となる。

5. 施工管理のシステム化

GPSなどを利用した運行管理システムは、車載無線など人手に頼っていた基地と車両との各種情報授受を、GPS（全地球測位システム）を利用した位置情報や車載の各種機器によるデータ（作業内容、車両状態など）をまとめてリアルタイムに行い、機械管理の効率化を図っている⁵⁾。

道路工事における建設機械のGPSによる位置情報と車載機器のデータの相互交換は、鉱山など大きな規模で多数の機械を管理する必要がある業種では、GPSや通信衛星などを利用した管理方法がとられるようになってきている。

大規模な資源開発や土工においては、ダンプトラックの運行管理システムとして、運搬土量や稼働状況を管理するシステムが利用され、システムの要素は以下のとおりである。

①稼働状況把握

ダンプトラックの稼働状況には、特定の通過地点で行う定点観測と連続的に捉える連続観測がある。

②運搬資源／土量把握

運搬回数（マンボ）やトラックスルー（計量機）の利用から、超音波による体積測定や車載センサー（圧力センサーや磁界変化検出センサー）も活用されている。

③情報入力法

運搬土量などのリアルタイム伝送入力法としては、光通信や無線が利用されている。一方、稼働時間などのリアルタイム性を一般に必要としないパッチ系情報は、直接入力するか、ICカードを介して入力されている。

④運搬資源／土量管理

運搬土量をタイムリーに把握できると、運土計画と対比して、実績値を計画にフィードバックして、計画

の修正が行える。

そのため、地形の変化、土量を適時、的確に把握するために、地形をデジタル化したデジタルテレーンモデルDTM（Digital Terrain Model）として扱い、コンピュータで三次元的に処理して、GPSとこれらの技術を組み合わせればトータル的な情報化施工としての土工管理が可能となる。

⑤作業（盛土先）指示

作業指示は、電光掲示板や無線などが利用されている。

⑥無人ダンプトラック

ダンプトラックは、運土工事の建設機械の中で投入台数が多く、無人化を図った場合、省力化の効果が大きい機種で、GPSを利用した無人ダンプトラックの実用化が予想されている。安全装置としてレーザレーダと超音波センサ、接触センサなどを装備することになる。

6. おわりに

GPSを活用した位置情報と通信技術、遠隔操縦の技術などによる施工の自動化と管理のシステム化が今後さらに進展する。このような自動化を有効に使いこなすには、システムを構成する建設機械など要素についての知識と点検整備などのメンテナンス、さらに事前調査と施工計画の妥当性についての事前検証が大切になってくる。これらの事前検証において、環境配慮への重視が今後のグローバルスタンダードになると考えられる。

最後に、(社)日本建設機械工業会常務理事 徳永隆一様には本原稿作成に当たり文献紹介等何かとお世話になりました。ここに記して謝意を表します。 [JCMIA]

《参考文献》

- 1) 宮村鐵夫：PL制度と製品安全技術，朝倉書店（1995）
- 2) (社)日本建設機械化協会：建設機械施工ハンドブック，(社)日本建設機械化協会（2006）
- 3) 日本建設機械工業会ニュースリリース，“2006年度中古車建設機械の流通量調査の概要”，2007年8月23日
- 4) 建設機械：特集，建設機械の変遷，500，42 [10]，日本工業出版（2006）
- 5) (社)日本建設機械化協会：建設の施工企画—情報化技術特集，11 [693]（2007）
- 6) 宮本康司：海域に面した造成工事における濁水対策，品質管理フォーラム発表資料

〔筆者紹介〕

宮村 鐵夫（みやむら てつお）
中央大学
理工学部経営システム工学科
教授



特集 >>> 建設施工における新技術, 新材料

p.19 ～ 71 で紹介する技術は、NETIS 登録されており、有識者会議にて「有用な技術」として選定された技術の中から選定したものである。

◇ 推奨技術・推奨技術候補

各地整の新技术活用評価会議等からの推薦を受け、本省のシステム検討会議にて下記の選考要件にて審議し、選定された画期的な技術。

〈選考要件〉

- 従来に比べ飛躍的な活用効果の改善が発揮されること
- 従来にはない先駆的な取り組みであり、将来公共工事等における幅広い活用が期待されること
- 技術内容が画期的であり、将来的に飛躍的な活用効果の改善が期待できること
- 技術内容が独創的である等、国際的に先端を行く技術または先進諸国への技術展開が期待されること
- 技術内容の応用性、適用性、普遍性等が高く、国内の諸課題への解決への貢献に加えて、国際的な課題の解決など国際貢献に大きく資すること

◇ 設計比較対象技術

各地整の新技术活用評価会議において「技術の優位性が高く安定性が確認されている技術」と評価された技術。

◇ 少実績優良技術

各地整の新技术活用評価会議において「技術の優位性が高いとの評価は得られているものの直轄工事等における実績が少なく技術の安定性が確認されていない技術」と評価された技術。

◇ 活用促進技術

各地整の新技术活用評価会議において「特定の性能又は機能が著しく優れている技術、特定の地域のみで普及しており全国に普及することが有益と判断される技術」等に該当する技術から選考された技術。

以上の方法にて選定、評価を行っている。

平成 20 年 4 月 11 日現在、下記の通り選定されている。

推奨技術候補	2 件
設計比較対象技術	14 件
少実績優良技術	13 件
活用促進技術	1 件

汚泥改良工法（建設汚泥の有効利用）

坪 内 正 行・上 谷 恵 里

建設汚泥を資源という観点から見直し、どのように有効利用を図るか、そのためにはどのような技術開発が必要か、またその技術が汎用性を持つか、といったテーマを目指して開発された技術である。要点を具体的にいえば汎用性機械（バックホー）による攪拌とそれに適した無機固化剤の開発であった。技術開発のスタートは平成8年国土交通省四国地方整備局四国技術事務所との建設汚泥中間処理装置の共同開発から始まり、国土交通省四国地方整備局の須崎道路建設工事（高知県内）での試験工事、さらにパイロット事業へと発展し現在に至っている。

キーワード：土工、残土処理工、安定処理工、軟弱地盤処理工、固結工、不良土再生、環境

1. はじめに

建設工事に伴って発生する建設廃棄物は、年々増加の一途をたどっている。一方、環境保全の観点から廃棄物の受容適地が減少するとともに、廃棄物の処理や処分をするための施設の立地は、ますます困難な状況にある。このように廃棄物をめぐる問題は年々深刻化しており、その減量化とリサイクルが社会的問題になっている。“減量化とリサイクル及びコスト縮減”を図るため、平成10年度より四国地方整備局の須崎道路建設工事に伴い発生する軟弱土（そのままでは利用できない不良土）を、無機固化剤（マデックス）を混合攪拌し、道路盛土材として全量有効利用する事業が始まり、平成17年度までにおよそ70,000 m³の不良土を改良し、須崎道路の盛土材として100%有効利用し、大幅なコスト縮減を図った。

（例：平成13年度コスト縮減率41.7%）

以下にその概要と特徴を述べることとする。

2. 汚泥改良工法のあゆみ

平成8年度～10年度

国土交通省四国技術事務所と建設汚泥中間処理装置の共同開発を行う。

平成10年4月

土佐国道事務所所管・須崎道路建設工事で不良土改良試験工事開始。

平成11年1月

建設汚泥の中間処理業の許可を取得。

平成11年4月

須崎道路建設工事における不良土改良工事が新技術活用パイロット事業となる。

平成11年10月

汚泥改良工法としてNETIS登録された。

平成12年1月

四国建設技術官民懇談会で新技術として発表。（高松市）

平成13年3月

建設汚泥の受入れを開始。

土佐国道事務所庁舎新築工事に伴い発生した建設汚泥130 m³を受入れて中間処理（無機固化剤マデックスによる薬剤固化）を行い、改良土144 m³を平成13年6月高知河川事務所発注の土佐市バイパス林口改良工事（共栄建設）に販売、盛土として再利用された。

平成13年5月

国土交通省九州技術事務所の要請により新技術発表会（福岡市）で発表。

平成15年12月～17年12月

中村河川国道事務所発注の平成15年度古津賀改良外一件工事と平成17年度森沢改良工事で8,700 m³の不良土を現場改良し、盛土として再利用された。

平成17年度

平成10年度から平成17年度まで、合計7万 m³を超える不良土を改良し、100%須崎道路盛土として

再利用された。

平成 18 年 1 月

新 NETIS 制度において NETIS 登録される。

登録No SK-990021-V

平成 19 年 10 月

第 2 回四国地方整備局新技術活用評価委員会において、公共工事等における新技術活用システム事後評価の結果「設計比較対象技術」となり、その旨 NETIS に掲載された。

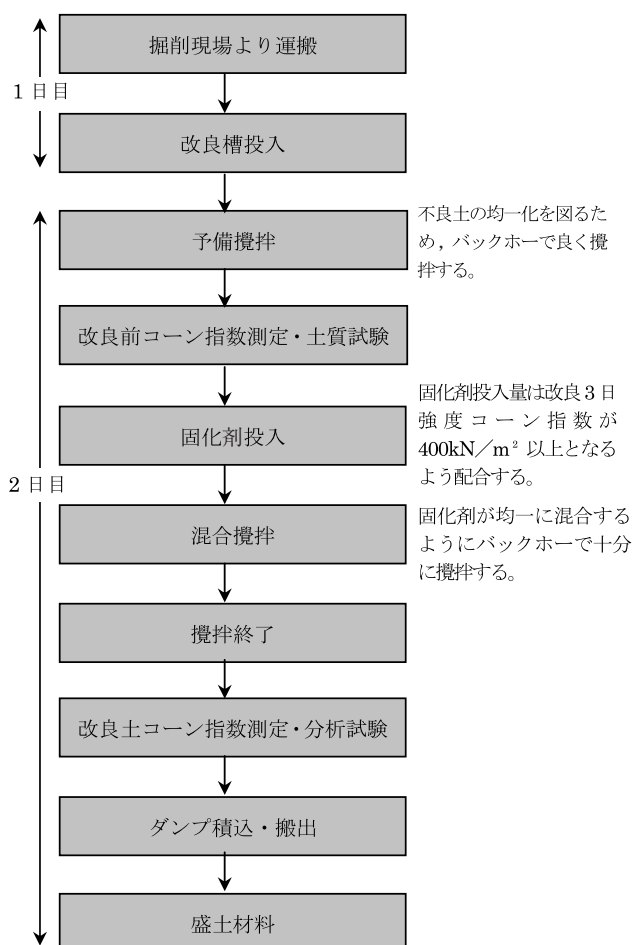
3. 実施事例の紹介

(1) 四国地方整備局土佐国道事務所

平成 12 年度の須崎道路建設工事概要

須崎市吾井郷から新莊間 (5.1 km) で平成 13 年度の暫定開通を目指して、路側構造物、舗装、橋梁下部・上部トンネル内整備、付替市道ボックス工事など、多岐にわたる工事が最盛期を迎えた。

そのうちパイロット事業である現場において発生する不良土を改良し、有効再利用した工事を紹介する。



図一 1 施工フローシート

橋梁下部工から発生した不良土を改良槽へ運搬投入し、不良土の性状を均一にするためバックホーで予備攪拌し、土量、土質、コーン指数等の測定をした後、固化剤を投入し攪拌を十分に行った。改良槽一槽当たり 100 m^3 でおおよそ 2 時間攪拌した。攪拌終了後改良土量、コーン指数、水質等の測定を行い、ダンプに積み込み運搬、盛土材として利用した (図一 1)。

以上のように不良土を改良し、改良土の強度、環境への安全性 (図一 2) を確認して盛土材等に有効利用を図った。

(2) 土質試験

① 原土分析

- ・湿潤密度 ・土粒子の密度 ・含水比 ・粒度
- ・液性、塑性限界 ・pH ・強熱減量

② ポータブルコーン指数測定

- ・改良前 ・改良後 ・改良 3 日後

③ 一軸圧縮強度

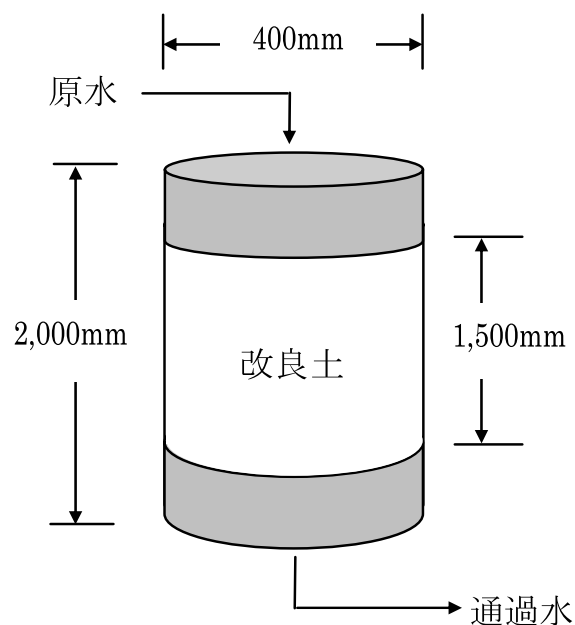
- ・改良後 3 日、7 日、28 日

注 1：一軸圧縮強度 q_u とコーン指数 q_c の関数は $q_c = 5q_u$ を採用した。

注 2：測定頻度は 1000 m^3 に一回程度とした。

(3) 水質試験

直径 400 mm 、高さ $2,000\text{ mm}$ の塩ビ管に改良土をおおよそ $1,500\text{ mm}$ の厚さに敷き込み、上部から原水を投入し、下部からの通過水を 1 週間後、6 ヶ月後の 2 回分析した (図一 2)。



図一 2 水質試験

(4) 分析項目

・ pH	・ リン酸イオン	PO ₄
・ 電気伝導度	・ 硫酸イオン	SO ₄
・ m-アルカリ度	・ マンガン	Mn
・ フッ素イオン F	・ 総クロム	Cr
・ 塩化物イオン Cl	・ 六価クロム	Cr ⁺⁶
・ 臭素イオン Br	・ カドミウム	Cd
・ 亜硝酸イオン NO ₂	・ 鉛	Pb

・ 硝酸イオン NO₃ ・ ヒ素 As
 ・ ケイ素 SiO₂ ・ 水銀 Hg

なお、土壤環境基準 27 項目の溶出試験は必要に応じ適宜行った。

4. 須崎道路建設工事における不良土改良工事写真

NETIS 登録No.SK-990021-V

写真一 不良土掘削状況



写真一六 不良土コーン指数確認状況



写真一十一 改良後コーン指数確認状況



写真一二 不良土掘削状況



写真一七 固化剤マデックス投入状況



写真一二 改良後搬出状況



写真一三 不良土積込状況



写真一八 固化剤マデックス投入状況



写真一十三 改良後搬出状況



写真一四 不良土改良槽投入状況



写真一九 バックホー攪拌状況

写真一十四 現場 3 日強度
コーン指数確認状況

写真一五 不良土土量確認状況



写真一十 改良土土量確認状況



写真一十五 転圧状況



汚泥改良工法

5. 特徴

含水比の高い不良土を道路盛土等に 100 %リサイクルしようとする工法であり，再利用できる程度に固化する時間を大きく短縮し，従来廃棄物とされた建設汚泥等も資源として有効利用する工法である。

①強度出現が早い為再利用可能となるまでの時間が短縮される。

改良後 3 日コーン指数 400 kN/m² 以上

②改良後直ちに普通ダンプで搬出可能となるため作業効率が良い。

③通過水の水質分析結果も基準値以下で環境への影響はない。

四国地方整備局 須崎道路建設工事における改良土コーン指数グラフ (抜粋 表 1 ~ 8)

表 1 平成 10 年度池ノ内高架橋下部工事 改良前土量 5792.5 m³ 平均値

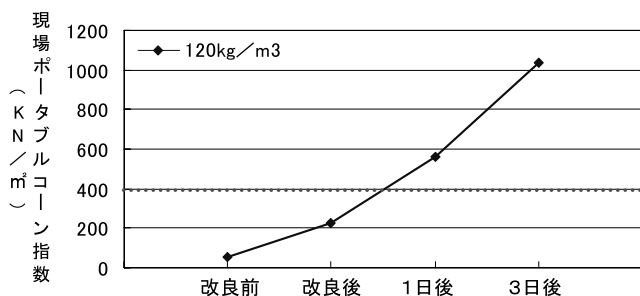


表 2 平成 11 年度池ノ内高架橋下部工事 改良前土量 3650 m³ 平均値

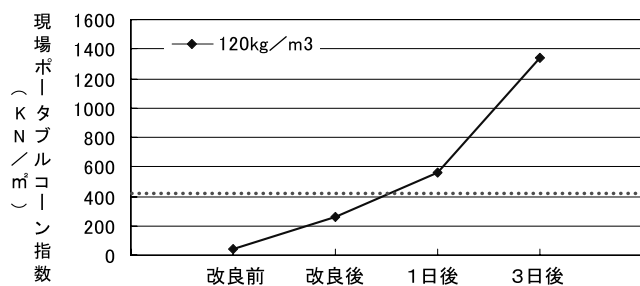


表 3 [11-12] 潮田高架橋下部工事 改良前土量 1725 m³ 平均値

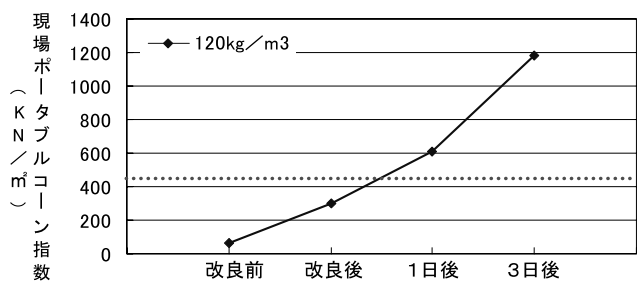


表 4 平成 12 年度桐間改良工事 改良前土量 5630 m³ 平均値

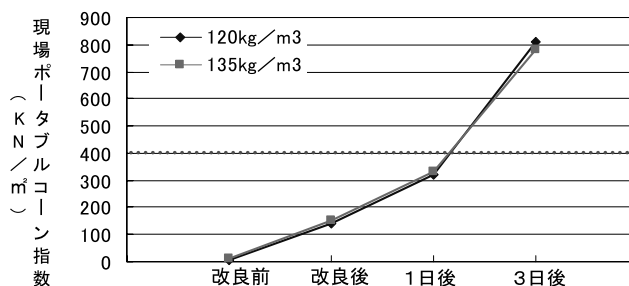


表 5 [12-13] 池ノ内高架橋下部第 2 工事 改良前土量 9350 m³ 平均値

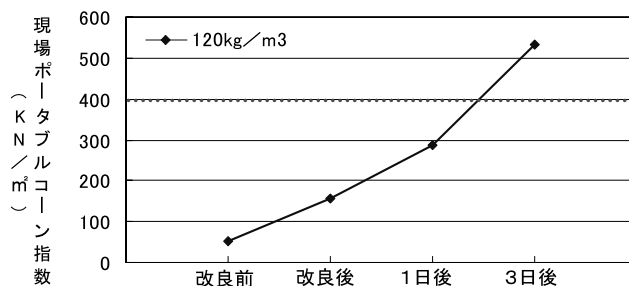


表 6 平成 13 年度池ノ内高架橋下部第 2 工事 改良前土量 2025 m³ 平均値

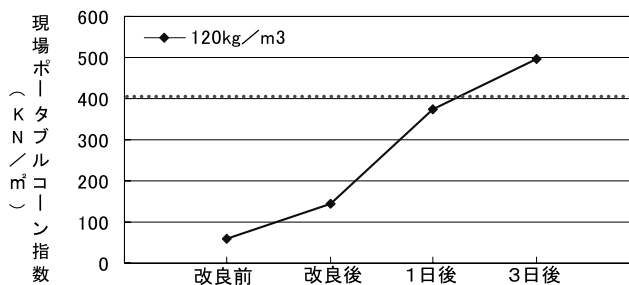


表 7 平成 14 年度池ノ内高架橋下部第 1 工事 改良前土量 775 m³ 平均値

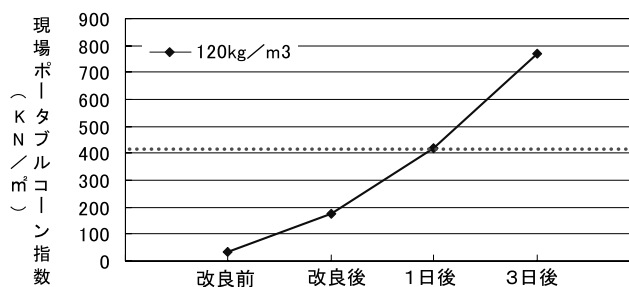
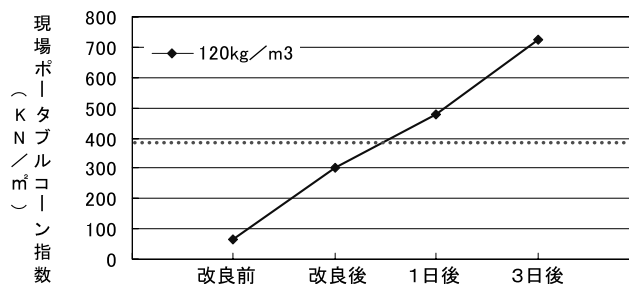


表 8 平成 14 年度桐間高架橋下部工事 改良前土量 850 m³ 平均値



6. 固化剤による固化の理論的考察

本処理法は、水を多く含む流動性のある粘土・シルト・またはこれらに類する微細な粒子からなる堆積物で、一般にヘドロと総称する無機性の物質（一部有機物を含む）に固化剤を加え、攪拌するだけで固化させ、再利用を可能とする一連の処理技術である。

本処理法の特徴は、固化剤の特異的な凝集性と、処理すべきヘドロとの配合条件にある。この条件に関して試験した結果、固化剤とヘドロの配合条件が処理効果に影響するものの、適応できる範囲は広く、多様なヘドロの性質に適応し、迅速に固化することが可能であることが確認できた。また、固化した材料に水を通過させ、その水質についても試験を行った結果、良好な水質であることが確認できた。

本法の処理に関する理論的検討はなお課題を残しているが、およそ次のような作用が考えられる。すなわち、水中に分散したコロイドは電氣的に負の電荷を持つが、多数の粒子と水から構成する粘土鉱物では粘土と水の比率でその性質は千変万化する。粘土とその水分含有量はアッターベルグ限界、または液状限界と呼ばれ、土壌の流動性を大きく左右する。この現象はコンシステンシーとして総括される。種々なコンシステンシーを持つ材料は再利用の際の目安となる。

さて、一般に固化剤は、粘土粒子間の電氣的な衝突を促し、負の電荷を速やかに中和して、自由なブラウン運動によって急速に凝集させる作用を持つ。

本法の固化剤も、ヘドロの粘土鉱物が持つ負の電荷を低下させ、含有する電解質によってコロイドの安定性が失われ、急速かつ強力に凝集沈殿するものである。この作用の主役は多量に含有するケイ酸で、急速な重合により、水分子を構造の中に取り込み、安定な団粒構造を形成するものと見られる。このことは凝集した後、遊離した浸出水が少ないことでも理解できる。

一方、媒体中の異種粒子間に作用する凝集相互作用は、ヘテロ凝集として知られるが、本法の場合もその

作用が伴うと見られる。

従来のヘドロ処理は、一定のコンシステンシーを示すまで天日乾燥させる必要があった。しかし、上述のように急速な固化が可能であるため、天日乾燥の必要がなく、短期日に大量処理が求められる作業現場では極めて効率的に処理できることも本法の特徴である。

（今井嘉彦 高知大学名誉教授 監修）

7. おわりに

NETIS 登録 No. SK-990021-V の「汚泥改良工法」についてその生い立ち、技術内容、結果等について説明してきたが、須崎道路建設工事での実績に基づき平成 16 年度に高知県リサイクル製品等認定制度において当社の建設汚泥改良土がリサイクル製品に認定され（認定番号 3）現在に至っている。

また、平成 18 年 6 月「建設汚泥再生利用指針検討委員会」の検討結果の報告書を踏まえ、国土交通省本省より建設汚泥の利用に関するガイドライン等を策定した旨、記者発表された。

今後、建設汚泥改良工法が優先的に建設工事に利用され、コスト縮減を踏まえて、資源の有効利用が図られるように、特に公共工事において先導的役割を果たして頂きますよう期待する次第であります。 JCMA

〔筆者紹介〕

坪内 正行（つばうち まさゆき）
㈱国際環境技研
事業推進部長



上谷 恵里（かみたに えり）
㈱国際環境技研
事業推進部



SAVE コンポーザー工法

—静的締固め砂杭工法—

東 祥 二・新 川 直 利

わが国において1956年に開発・実用化されたサンドコンパクションパイル工法（以下SCP工法）は、よく締まった砂杭を地盤中に造成する工法で、地盤の締固めや圧密排水等複数の機能を有することから、粘土地盤、緩い砂地盤等あらゆる地盤に適用可能な地盤改良工法として数多くの実績を有している。しかし、SCP工法は施工過程でバイプロハンマーを使用するため、振動や騒音など周辺環境への影響が大きく、市街地や既設構造物近傍での適用が困難であった。これらの課題を克服するために開発されたSAVE コンポーザー工法は、バイプロハンマーを使用しない“静かな締固め”を実現した、周辺環境対応型の地盤改良工法である。

本稿では、SAVE コンポーザー工法の施工機、施工法、施工管理について概説し、改良原理、設計法、周辺地盤への影響、改良効果、最近の知見、適用の拡大等の研究動向、施工実績について述べる。

キーワード：地盤改良、締固め砂杭、低振動・低騒音、液状化対策、環境対応性、環境保全性

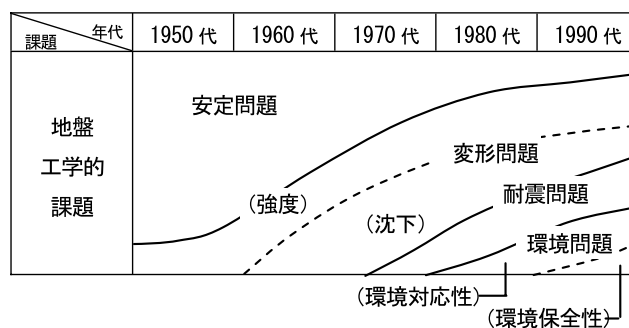
1. はじめに

(1) サンドコンパクションパイル工法

わが国では、軟弱地盤対策として数多くの地盤改良工法が用いられている。その中でも1956年に開発・実用化されたわが国独自の工法であるサンドコンパクションパイル工法（以下SCP工法）は最も代表的な工法である。この工法は、よく締まった砂杭を地盤中に造成する工法で、地盤の締固めや圧密排水等複数の機能を有することから、粘土地盤、緩い砂地盤等あらゆる地盤に適用可能な工法として数多くの実績を有している。1960年代には砂質土地盤を対象に、1970年代には粘性土地盤にも適用され、現在では延べ施工延長約40万kmに達している。特に1995年の兵庫県南部地震では、液状化対策として「締固め」が非常に有効であることが改めて確認され¹⁾、巨大地震に対応できる液状化対策工法として注目された。

(2) 地盤工学的課題とニーズの変遷

わが国における地盤工学的課題の変遷は図—1に示すように、「安定問題」→「変形問題」→「耐震問題」→「環境問題」へと重点が変遷してきている。特に近年では「環境問題」への意識の高まりにより、「環境対応性」（市街化地域における地盤改良工事で問題となる振動、騒音、変位などの周辺環境対応）や、「環境保全性」（建設発生土などの資源の有効活用によ



図—1 地盤工学的課題の変遷 2) に加筆修正

る環境負荷低減)が重要なキーワードとなりつつある。

(3) SAVE コンポーザー工法の開発

SCP工法は、施工過程でバイプロハンマーを使用するため、振動や騒音など周辺環境への影響が避けられない。そのため、市街地や構造物近傍などへの適用には困難な場合が多くなってきた。世の中のニーズとともにこれらの課題を克服すべく開発されたのがSAVE コンポーザー工法（Silent Advanced Vibration Erasing）である。

SAVE コンポーザー工法は、従来では考えられなかったバイプロハンマーを使用しない“静かな締固め”を初めて実現しており（開発・実用化1995年）、写真—1に示すように市街地施工も可能である。振動・騒音などの周辺環境対応性に加えて、最近では再生砕石やコンクリート廃材等のリサイクル材を砂の代替材

として使用するケースも増えてきており、環境保全性への対応可能な工法である。



写真-1 市街地での施工状況

本稿では、SAVE コンポーザー工法の施工機、施工法、施工管理について概説し、改良原理、設計法、周辺地盤への影響、改良効果、最近の知見、適用の拡大等の研究動向、施工実績について述べる。

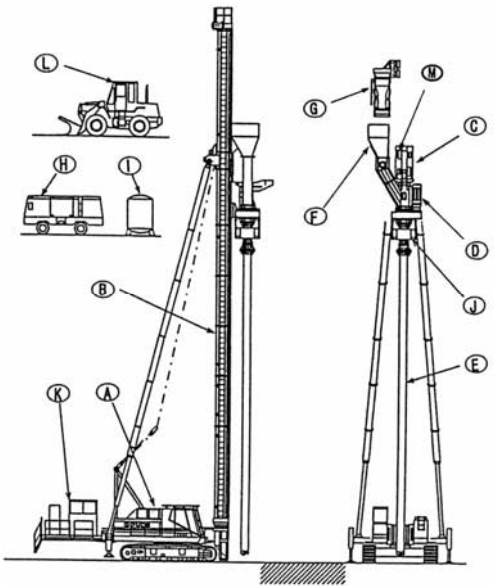
2. 施工機械と施工方法

(1) 施工機械

SAVE コンポーザー工法の施工機械の構成を図-2に示す。施工機械は従来の SCP 施工機と同様のベースマシン、ケーシングを回転させる駆動装置および油圧によるギア駆動の強制昇降装置（写真-2）などにより構成されている。貫入・造成のための主な機構である強制昇降装置は、図-3に示すように2方式を採用している。いずれの方式も、強制昇降装置の必要反力を施工機重量で確保し、スプロケットもしくはピニオンギアを油圧モーターで駆動することで、ケーシングパイプを昇降させる。

(2) 施工方法

SAVE コンポーザー工法の施工手順を図-4に示す。貫入・造成時ともφ400～500mmのケーシングパイプを回転させながら強制昇降装置によって施工する。同図の過程④～⑤の引抜きと打戻し（ウェーブ施工）を行い、φ700mmの良く締まった砂杭を造成し周辺地盤を締め固めるという改良原理は、従来の振動式SCP工法と同じである（図-5）。図-6は、SAVE コンポーザー工法の施工管理システム CONOS：



施工機械の仕様例

記号	名 称	仕 様
A	ベースマシン	50 t 吊クローラークレーン, 155 PS
B	同上リーダー部	丸ポ ス, 3 点支持, 最長 33 m (改良仕様による)
C	強制昇降装置	ピンラック&スプロケット方式 ラック&ピニオン方式
D	回転駆動装置	45 kw×2 台
E	ケーシングパイプ	φ 406.4×t 16
F	ホッパー	容量 1.2 m³
G	バケット	容量 1.0 m³
H	コンプレッサー	7 kgf/cm²×19 m³/min
I	レシーバータンク	容量 3 m³
J	スイベル	耐圧 20 kgf/cm²
K	発電機	350 KVA
L	タイヤショベル	容量 1.2 m³
M	消音装置	SAVE 専用

図-2 SAVE コンポーザーの施工機械構成

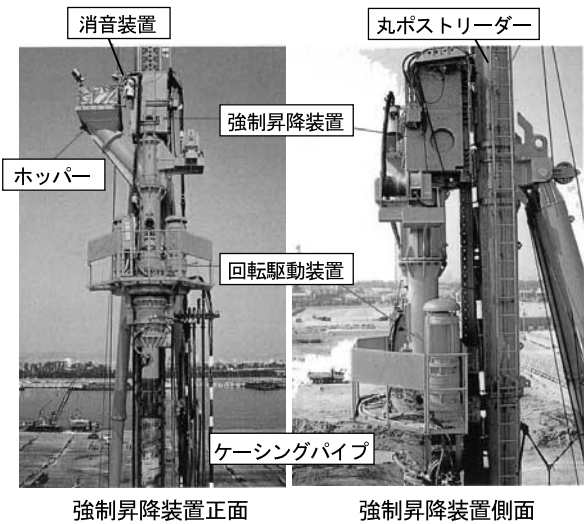


写真-2 強制昇降装置

（Compozer Numerical Operation Supporting System）の構成を示している。ケーシングパイプの深度を示す深度計とケーシング内の砂面の深度を示す

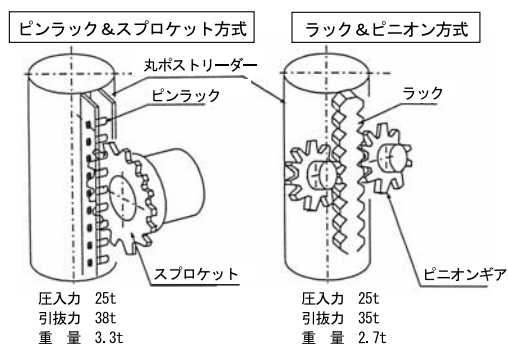


図-3 強制昇降装置の主要部模式図

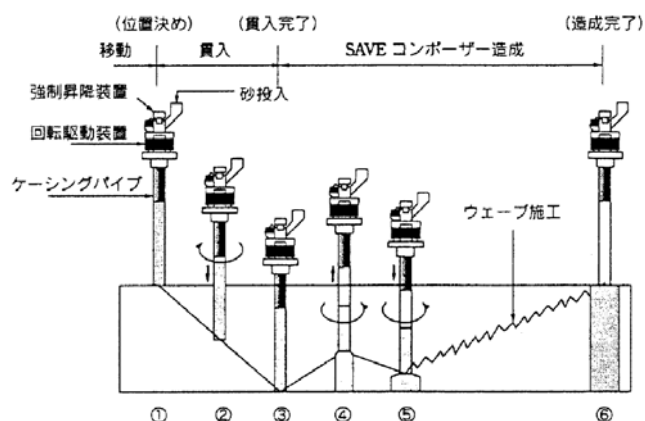


図-4 施工手順

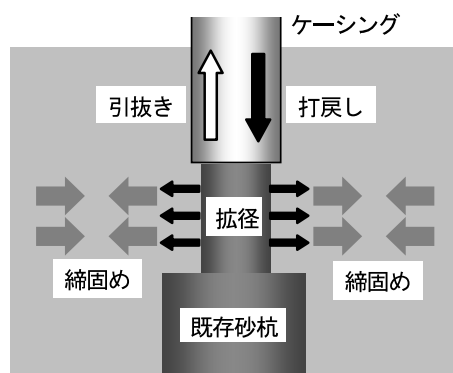


図-5 改良原理

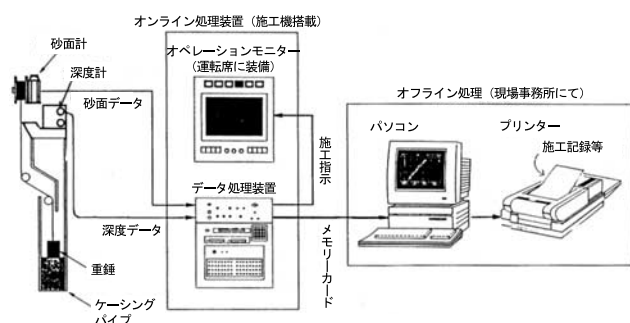


図-6 施工管理システム CONOS の構成

砂面計による検出値をもとに、設計杭径を満足する使用砂量と打戻し量の制御が全自動で行われる。これは、

施工中の振動が発生しないことで搭載可能になったマイクロコンピュータにより実現されている。一日の施工データは、作業終了後、現場事務所で出力・管理するオフラインシステムを採用している。

3. 改良原理と設計方法

(1) 改良原理

SAVE コンポーザー工法の締固めによる改良原理は、図-5に示すように、ケーシングパイプを引き抜きながら排出した砂を、打ち戻しにより押し広げ締固めると同時に周辺地盤も締固めることである。当工法は全く振動を用いないため、当初は多くの技術者から締固めメカニズムに疑問が提示された。

メカニズム解明のため、室内で豊浦砂にカオリン粘土を混合し、種々の細粒分含有率で三軸排水せん断試験を実施したところ、細粒分含有率が20%程度のときにダイラテンシーによる体積圧縮が最も大きくなることを見出した³⁾。さらに、試験工事で杭間N値が増加することが判明し、国内の通常の埋立地(細粒分含有率20~30%)では振動効果によらずとも十分な締固め効果を有することを実証した。また、有限要素法による応力変形解析では、砂杭拡径時に周辺の砂質地盤で80%を超えるせん断ひずみが発生し、塑性体積圧縮が進行することが確認され、理論的にも改良効果、すなわち施工に伴う応力状態の変化が説明されている⁴⁾。

(2) 設計方法

SCP工法の設計法は、従来から方法A、B、Cの3種類⁵⁾が用いられている。方法Aは実績に基づく簡易図表を用いるもの、方法BはN値~相対密度 D_r ~間隙比 e 関係を用いたもの、方法Cは細粒分含有率を考慮した方法であり、方法Cが現在では最も一般的である。

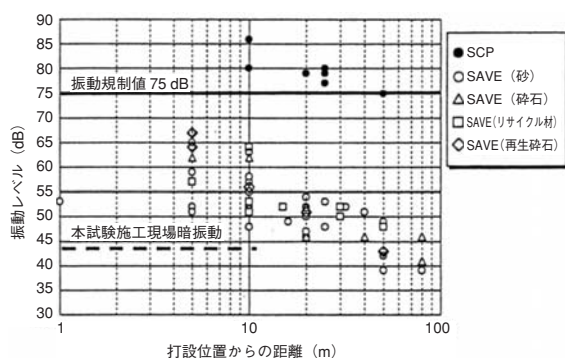
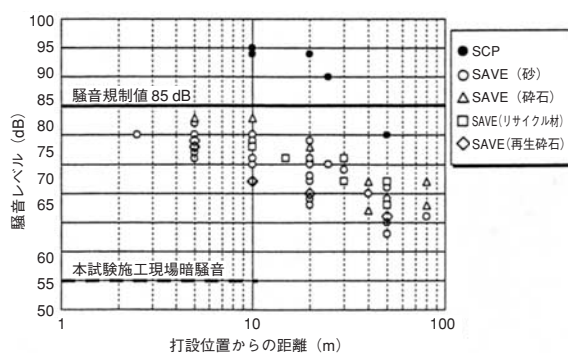
この方法Cをさらに発展させた設計法としてSAVE コンポーザーにも適用できる方法Dが提案されている⁵⁾。方法Dは、砂杭打設時の周辺地盤の沈下や盛り上がりといった変形現象を、“有効締固め係数 R_c ”を導入することにより合理的に考慮する設計法となっている。

4. 効果の確認

(1) 振動・騒音の低減

SAVE コンポーザー工法15現場での施工中の振動・騒音測定結果⁶⁾を、振動式SCP工法の結果と併

せて図—7, 8 に示す。なお図には従来の中詰め材である砂のほかに、再生材料を使用した現場の値も含んでいる。両図からわかるように、振動式 SCP 工法に比べ、振動で 25 ～ 30 dB、騒音で 10 ～ 15 dB 低減が見られる。また打設地点から 5 m の離隔で、振動・騒音の規制値以下であることも確認している。なお計測は JIS Z 8735 (振動レベル測定方法), JIS Z 8731 (騒音レベル測定方法) に準じて行っている。

図—7 振動の距離減衰⁶⁾図—8 騒音の距離減衰⁶⁾

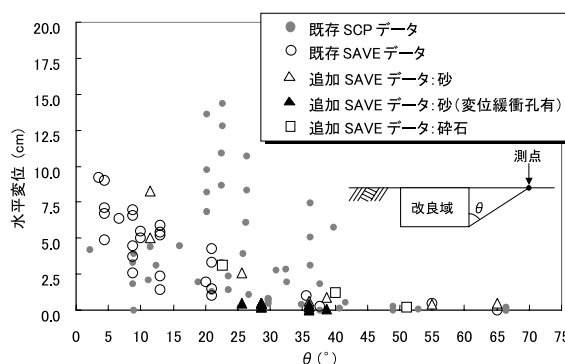
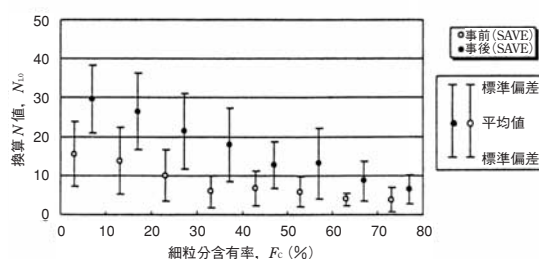
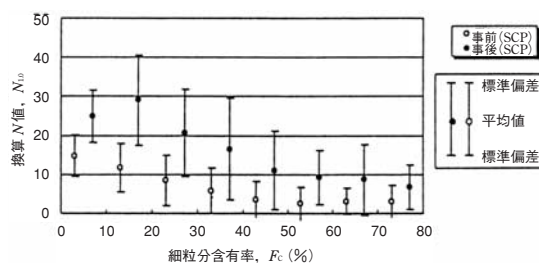
(2) 周辺地盤変位

図—9 に SAVE コンポーザー工法の改良域外で計測された地表面変位⁶⁾を示す。変位量は改良率、地盤条件によって異なるが、おおよそ改良域下端から 45° の範囲までが変位影響範囲と言える。この図から、SAVE コンポーザーによる変位は振動式に比べ小くなる傾向が見られる。

(3) 改良効果 (締固め効果)

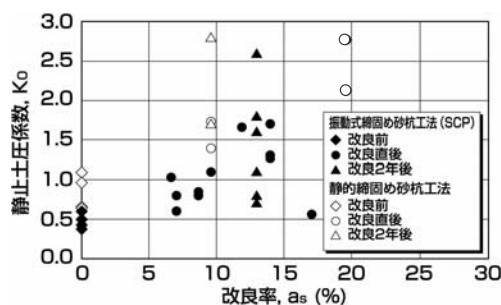
図—10 は、隣接して振動式 SCP 工法と SAVE コンポーザー工法が施工された工事での施工前後の N 値である⁷⁾。横軸は細粒分による影響がわかるように細粒分含有率 F_c とし、縦軸は拘束圧の影響を除いた換算 N 値 ($= 1.7N/(\sigma_v/98 + 0.7) \times \sigma_v$: 有効土被り圧 kN/m^2) である。 N 値は改良率 5 ～ 25 % 程度の範囲で

20 ～ 30 件の現場から採取したデータである。同図より、振動式 SCP 工法と同等の N 値増加が得られており、両工法が同等の改良効果を発揮することを裏付けている。

図—9 周辺地盤変位⁶⁾図—10 改良前後の N 値⁷⁾

5. 最近の知見

締固めによる地盤改良効果は、1995 年の兵庫県南部地震のようなレベル 2 地震動においても確認されている。この地震では、 N 値の増加のみでは説明できない変形抑制効果が報告されており¹⁾、その要因について研究が進められている。その要因の一つとして、締固めによる地盤の静止土圧係数 K_0 の増加が影響していると考えられる。 K_0 の増加効果について、石原ら⁸⁾は、異方中空ねじり試験により、相対密度が同じでも K_0 の増加に伴い、せん断応力比 (τ_d/σ_v') は $(1 + 2K_0)/3$ に比例して増加することを確認している。SAVE コンポーザー施工現場における K_0 の測定事例⁹⁾を図—11 に示すが、改良率の増加に応じて K_0 が増加することや、その持続性についても施工 2 年後の調査により確認されている。



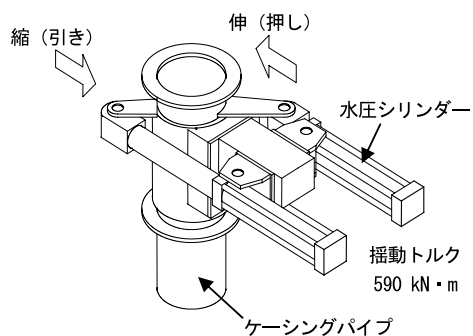
図一 11 改良率と事前・事後 K_0 の関係⁹⁾

6. 適用の拡大

(1) SAVE マリン工法

海上で行う SCP 工法は振動式バイプロを装備した専用施工船を用いるため、護岸直近に工場・民家等がある場合など、適用不可になることが多々あった。このため陸上施工で多くの実績を有する SAVE コンポーザー工法を基に海上工事用の静的締固め砂杭工法を開発した。

海上 SCP の大径ケーシングを回転させるには大型のスイベルが必要であるが、装備の重量・大きさの点から実装が困難であった。そこで SAVE マリン工法ではケーシングの回転に代えて、2 本の水圧シリンダーでケーシングを揺動させる方式がとられている（図一 12）。なお、陸上と同じ機構の強制昇降装置を用いた方法も可能である。



図一 12 揺動装置

7. 施工実績

1996 年に SAVE コンポーザー工法最初の工事を行ってから 2007 年 3 月までの施工実績は約 500 件、延べ施工延長約 4200 km に達している。SAVE コンポーザー工法は、その環境対応性の長所により、河川・海岸堤防の液状化対策や、建築構造物の支持力・液状化対策に多く用いられ、振動式 SCP に代わりわが国を代表する地盤改良工法になりつつある。

8. おわりに

従来の振動式 SCP 工法は、長きにわたりわが国において密度増加工法の代表的な工法である。日本ばかりでなく、オランダ、シンガポール、イラク、マレーシア、中国、韓国にも広く適用され、最近では米国でも適用された。一方で環境保全の問題とともに、わが国で初めて SAVE コンポーザー工法が開発された。

SAVE コンポーザー工法はバイプロハンマーを用いず、強制昇降装置により施工を行うことにより振動・騒音を低減させ、しかも従来の SCP 工法と同等の改良効果を有する工法である。

産業や人口の大部分が平野部に集中するわが国においては、地盤改良は必然的に市街地での需要が高く、環境対応性・環境保全性を有した SAVE コンポーザー工法が将来的に担う役割は大きいと考えられる。

J C M A

《参考文献》

- 1) S. Yasuda, K. Ishihara, K. Harada and N. Shinkawa : Effect of Soil Improvement on Ground Subsidence due to Liquefaction, Soils and Foundations, Special Issue, pp.99-107 (1996)
- 2) 末松直幹・坪井英夫：人工島の建設技術 4. 海底地盤の改良技術，土と基礎，**39** [4]，pp.77-86 (1991)
- 3) M. Nozu, Y. Matsunaga and J. Ohbayashi : Application of the static sand compaction pile method to loose sandy soil, IS-TOHOKU, (1998)
- 4) 浅岡顕・高稲敏浩・野津光夫：各種構造物の実例にみる地盤改良工法の選定と設計—地盤改良と土質力学（その 2），土と基礎，**48** [2]，pp.49-54 (1999)
- 5) 地盤工学会：液状化対策工法，第 1 章 密度増大工法，1.3 サンドコンパクションバイブル工法，pp.233-242 (2004)
- 6) 財国土技術研究センター：SAVE コンポーザー（低振動・低騒音）の静的締固め工法，建設技術審査証明事業（一般土木工法）報告書，(2002.5)
- 7) 原田健二：締固め改良地盤における改良効果の N 値による評価，基礎工 特集 N 値の活用と留意点，pp.87-89 (2003)
- 8) K. Ishihara, A. Iwamoto, S. Yasuda and H. Takatsu : Liquefaction of Anisotropically Consolidated Sand, Proc. of 9th ICSMFE, pp.11-15 (1997)
- 9) 原田健二・山本実・大林淳：静的締固め砂打設地盤の K_0 増加に関する一考察，第 53 回土木学会年次学術講演会，第 III 部 (B)，pp.540-541 (1998)

【筆者紹介】

東 祥二（ひがし しょうじ）
 ㈱不動テトラ
 建設本部 技術統轄部
 地盤技術部 部長



新川 直利（しんかわ なおとし）
 ㈱不動テトラ
 建設本部 技術統轄部
 地盤技術部 設計課 課長



高圧噴射攪拌による高速低変位施工を実現した SDM 工法（高速低変位深層混合処理工法）

鈴木 孝一・西尾 経・松岡 大介

SDM 工法は、機械攪拌と超高圧噴射攪拌を併用したハイブリッドシステムの地盤改良工法である。機械攪拌翼先端部から超高圧ジェット噴射により攪拌することで従来深層混合処理工法に比べ、大口径の改良体が高速で、かつ大量な処理施工が可能であり工期の大幅な短縮が図れる。また、改良時には攪拌軸に装着したオーガースクリュにより、排出土の制御ができ、低変位施工が可能である。本工法は、国土交通省新技術活用システム（NETIS）に登録（KT-980134-V）されており、活用効果評価において技術の優位性、安定性が確認され、有用な新技術の活用促進として設計比較対象技術に指定されている。

キーワード：地盤改良、深層混合処理工法、機械攪拌工法、高圧噴射攪拌工法、低変位、密着施工、高速施工

1. はじめに

近年、地盤改良工法による河川護岸・既設岸壁の耐震補強等において既設構造物に近接した施工や、市街地内の再開発事業等における掘削を伴う都市土木では、沖積粘性土地盤の開削工事等の土留めの安定、底盤改良による受働土圧の増加等を目的とし、地盤改良工法が用いられる場合が多い。しかし、このような都市土木の地盤改良施工では、一連の工程で山留め等との一体化を図れることや既設構造物や周辺地盤への変位等の影響が少ないことなど施工環境に配慮した施工方法が求められている。

SDM 工法では大口径な改良体を造成しながら、既設物との密着施工、改良体の一体化、また、改良時には地盤変位の抑制を図ることが可能な特許工法である。

本稿では、低変位施工と機械攪拌高圧噴射攪拌機構の両面を有する、ハイブリッドな改良方式で環境に配慮した SDM 工法の技術開発概要と施工システムについて報告する。

2. SDM 工法の概要

（1）施工システムとその特徴

SDM 工法（Super Deep Jetmixing Method）は、機械攪拌と超高圧噴射攪拌を併用した複合技術で構成された地盤改良工法¹⁾である。写真—1 に示すよう

に、三点支持式杭打機をベースマシンとし、二軸式機械攪拌翼先端部から超高圧ジェットを噴射攪拌することで、従来深層混合攪拌工法に比べ、大口径の改良体を得られ、1 日当たりの施工量が大量に処理でき、高速施工が可能で工期の大幅な短縮が図れる。改良時には攪拌軸に装着したオーガースクリュにより、排出土の制御ができ低変位施工が可能である。また、本工法では改良体の外周部が超高圧ジェット噴流による攪拌混合のため、基礎杭や山留め壁との密着施工、改良体



写真—1 SDM 工法施工機械と高圧水噴射状況

相互のラップ施工による一体化が図れる。山留め掘削の補助として適用される先行地中梁の造成と土留めとの一体化および受働土圧の増加を目的とした山留めとの一体化など一連の工程により施工が可能である。

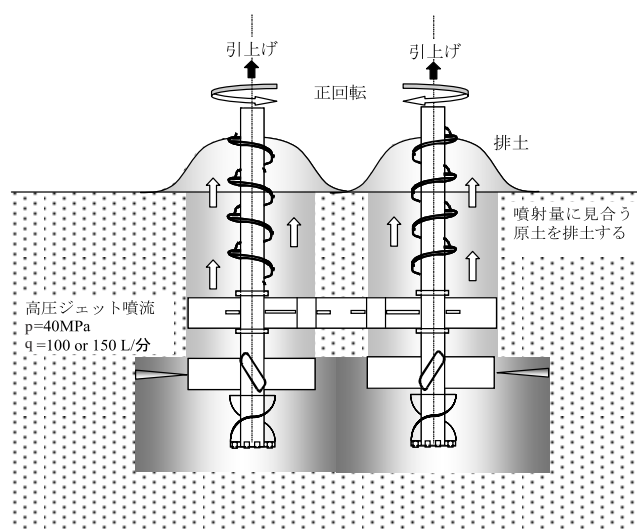
一般的にスラリー攪拌工法では、地中内にスラリー状の液体を混入させるため、地中変位が生じる場合が多い。本工法では変位抑制方法として、改良時に攪拌軸に装備したオーガースクリュの回転方向の制御により、固化材スラリー混入量に見合う量の土砂を排出するため、低変位な施工が可能である。また、その排出土は原土のみで固化材の混入はほとんどないことから、現場内での再利用も可能である。さらに環境面では、エア噴射を伴う高圧噴射工法と異なり、発生土に固化材スラリーの混入がほとんどないため、河川、湖沼等の水質汚濁の影響が少なく、水中内でも同様に低変位および密着施工等の目的で適用されている。

(2) 工法の原理

(a) 攪拌メカニズム

本工法の攪拌混合メカニズムは、機械攪拌翼の噴射攪拌装置の先端部から地盤中に固化材スラリーを高圧ジェット噴射させ、切削破壊混合しながら所定の改良径を造成し、均一に攪拌混合する。

機械攪拌翼に組み込まれた噴射攪拌装置には、超高压ジェット噴流体をよりシャープな線状噴流の形態で強力な切削性能を持たせている。装置内は地盤の切削距離をさらに延伸させる目的から、精密に内面加工を施した長身の円管部の整流域および噴流ノズルの先端口までの縮流部が円滑整形されている。



図一1 SDM 工法メカニズム概要図

(b) 複合攪拌混合

機械攪拌部と超高压噴射攪拌部とのハイブリッド化により、まず噴射攪拌装置から圧力 $p = 40 \text{ MPa}$ 、吐出量毎分 $q = 100 \sim 150 \text{ l}$ の超高压ジェット噴流により地盤を切削破壊しながら改良体を造成する。次に切削混合攪拌され乱された混合土は、噴射攪拌装置の背面に瞬時に移動するとともに、さらに機械攪拌翼との攪拌混合が複合的に攪拌混合され均一な改良が行われる。図一1にSDM工法の攪拌メカニズムの概要図を示す。

(c) 施工時の地盤変位の抑制システム

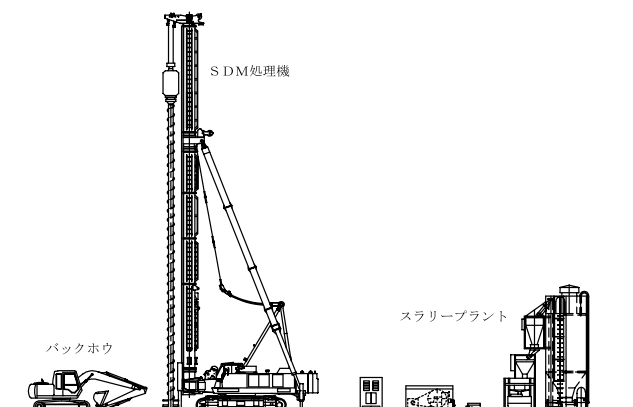
排出土量の制御は、オーガースクリュの回転の正回転と逆回転を施工途中で組み合わせることで、改良と同時に固化材スラリー混入量に見合う量の土砂を制御しながら排出させることができ、変位の抑制が容易に可能である。高圧噴射攪拌機構が主体的なため、攪拌軸のオーガースクリュを改良途中で排出土量を確認しながら正・逆回転させるなど機械攪拌工法では難しいが、本工法では精度の高い排土制御が可能である。

(3) 機械構成

本工法の施工機械の構成は、表一1に示すようにSDM処理機側および超高压ポンプが設置されるプラ

表一1 施工機械構成

機 械 名	仕 様
SDM 処理機	SDM 駆動装置、耐圧 40 MPa 施工管理装置
SDM オーガースクリュ	特殊オーガースクリュ×2軸 SDM オーガヘッドφ 1.0 m×2軸 軸間長 1.4 m～2.0 m
超高压大容量ポンプ	吐出圧力 p40 MPa 吐出量 q100～150 l/分
スラリープラント	処理能力 20 m ³ /h
発動発電機	550 kVA, 450 kVA, 75 kVA
バックホウ	0.6 m ³ , 排出ガス対策型



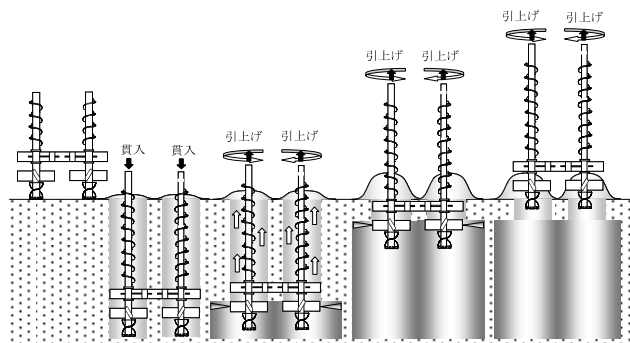
図一2 SDM 工法施工機械図

ント側に大別され、図—2に機械構成図を示す。SDM処理機では三点支持式杭打機を用い、SDM駆動装置は二軸式アースオーガで超高压耐圧化を施している。

プラント側では、固化材をスラリー状に調製し、超高压ポンプを介し、攪拌軸先端の噴射攪拌装置へ圧送する。また、施工管理装置は、施工に関するデータをプラント側とSDM処理機側から検出し、同時に監視し施工管理装置に送信して、自動的に記録される。

(4) 施工手順と改良管理方法

本工法の施工手順を図—3に示す。施工方法として、SDM攪拌翼を所定深度まで定速度で貫入する。このとき、変位抑制のために貫入する攪拌装置容積分の土砂を同時に排出する。改良時において、連続的に引上げながら回転する方法では、高压ジェット噴流体は噴射攪拌装置が精密になるほどシャープさが保たれる反面、噴射切削幅が狭いため、同一位置の切削破壊が行われず、改良側面がスパイラル状となりやすい。本工法では、新たに開発した精密で高精度に操作管理が可能なステップ巻上げ装置の機能により、正確なステップ間隔と時間管理を行いながら、ステップ方式で改良する。超高压ジェット噴流を一定のステップ時間を同一位置で繰り返し切削混合させることで、均一で大口径の改良体を造成する。また同時に攪拌軸ロッドスクリュを正回転あるいは逆回転を組み合わせることで、固化材混入スラリー量に見合う土量を排出することによって、改良時の地盤変位を制御し抑制できる。



図—3 施工手順

3. SDM工法の改良仕様

(1) 標準改良径と改良断面積

本工法の改良径は、超高压噴射攪拌を基本原理としているため、対象土の粘着力、 N 値により設定径が異なる。改良径 ϕ 1.6 m $\sim$ ϕ 2.3 m $\times$ 2軸、面積 $A = 4 \text{ m}^2 \sim 8 \text{ m}^2$ と、従来の二軸式機械攪拌工法の ϕ

1.0 m $\times$ 2軸、面積 $A = 1.5 \text{ m}^2$ に比べ、 $A = 2.7 \sim 5.3$ 倍の改良体が得られる。また、攪拌軸間の長さを1.4 m $\sim$ 2.0 mに変更することで、現場条件によりさらに様々な改良形状に変えることが可能である。適用対象土の範囲は、標準的には粘性土では $S_u \leq 70 \text{ kN/m}^2$ 、砂では $N \leq 20$ としている。SDM工法の標準改良径を表—2に示す。本工法では、より大径化および高粘着力地盤への適用として、SDM-Dy工法を選定するなど経済性が図れる。

表—2 改良対象土質と改良径の関係

対象土質		SDM工法*1)		SDM-Dy工法*2)	
		改良径 D (m)	断面積 A (m ²)	改良径 D (m)	断面積 A (m ²)
砂	$N \leq 10$	1.8 m $\times$ 2軸	5.05	2.1 m $\times$ 2軸	6.81
	$10 \leq N \leq 20$	1.6 m $\times$ 2軸	4.02	1.9 m $\times$ 2軸	5.56
粘土	$S_u \leq 30 \text{ kN/m}^2$	2.0 m $\times$ 2軸	6.07	2.3 m $\times$ 2軸	8.08
	$30 < S_u \leq 40 \text{ kN/m}^2$	1.8 m $\times$ 2軸	5.05	2.1 m $\times$ 2軸	6.81
	$40 < S_u \leq 50 \text{ kN/m}^2$	1.6 m $\times$ 2軸	4.02	1.9 m $\times$ 2軸	5.56
	$50 < S_u \leq 70 \text{ kN/m}^2$	—	—	1.6 m $\times$ 2軸	3.92
腐植土	$w \leq 500 \%$	2.0 m $\times$ 2軸	6.07	2.3 m $\times$ 2軸	8.08

*1) SDM工法：軸間1.7 m、*2) SDM-Dy工法：軸間1.9 mの場合

(2) 施工仕様

(a) 適用地盤

SDM工法の適用地盤を表—3に示す。標準径 ϕ 1.0 mの攪拌翼を有するため、表層部あるいは空打ち部のコンクリートがら、廃棄物、碎石、玉石等の障害物がある場合には、あらかじめ撤去が必要である。

表—3 適用地盤

土質	適用地盤
砂質土	$N \leq 20$
粘土	$S_u \leq 70 \text{ kN/m}^2$
腐植土	$w \leq 500 \%$

(b) 標準施工仕様

本工法の攪拌混合は超高压噴流体による対象地盤の切削破壊・混合攪拌が主体であるため、施工時の吐出圧力 p および吐出量 q 、改良時間 t および回転数 r 等の管理が重要で、その標準施工仕様を表—4に示す。

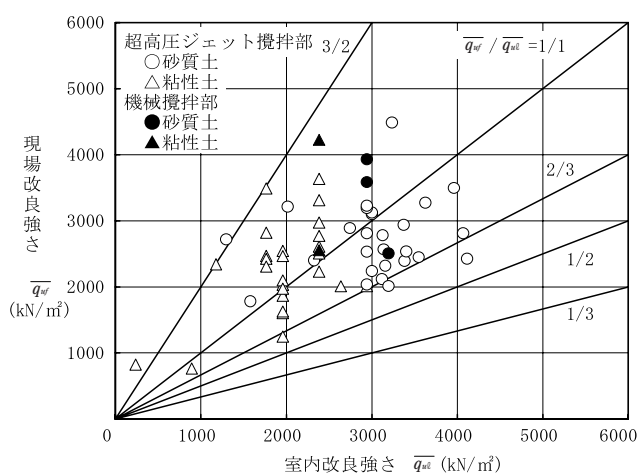
表—4 標準施工仕様

固化材	セメント系固化材
水・固化材比	W/C = 1.0(1.5)
吐出圧力 p	$p = 40 \text{ MPa}$
吐出量 q	$q = 100 \sim 150 \text{ ℓ/分}$
回転数 r	$20 \pm 2 \text{ rpm}$
改良時間 t	$\geq 4 \text{ 分/m}$

(3) 改良土の性状

本工法により改良された改良土の室内改良強さ (q_{ul}) と現場改良強さ (q_{uf}) の関係を図—4 に示す。この関係によると q_{uf} と q_{ul} の比は、 $\bar{q}_{uf} \approx 1/2\bar{q}_{ul}$ 程度が得られている。また、超高圧ジェット攪拌部と機械攪拌部との強度のばらつきは、ほぼ同等程度である。また、設計において、改良体の設計強度 (q_{ud}) と室内改良強さ ($\bar{q}_{ul}$) の関係は一般的に式—1 としている。

$$q_{ud} = \frac{1}{3} \times \bar{q}_{ul} \quad \text{式—1}$$

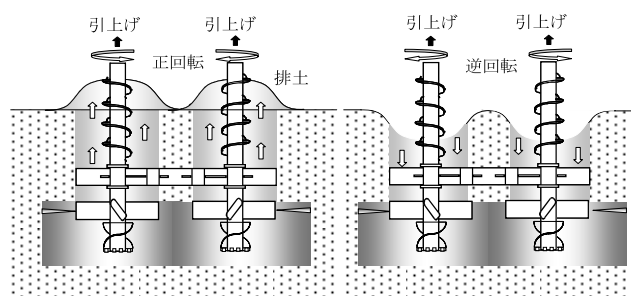


図—4 改良土の室内～現場強さの関係

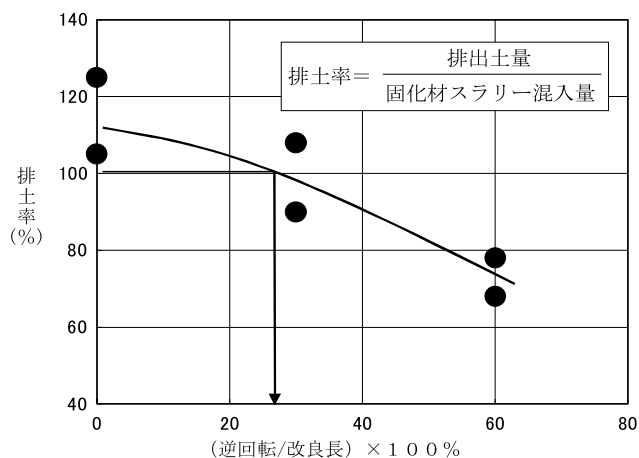
4. 地盤の変位制御方法と変位予測

(1) 地盤変位の抑制制御と効果

本工法の地盤変位を抑制させる制御方法は、施工時に図—5 に示すように攪拌軸に装着したオーガースクリュの回転を正回転と逆回転の比率を組み合わせることで行うことができる。図—6 は攪拌軸の正回転と逆回転の比率と排出土量の関係の一例を示したもので、この関係をもとに精度の高い変位抑制管理が可能である。また、排出土率は、土質にもよるが標準排出土率は 100 % である。



図—5 正回転と逆回転による排土制御模式図



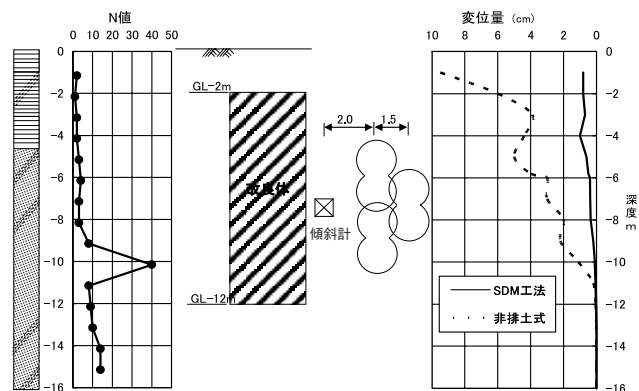
図—6 正・逆回転比率と排出土率の関係 (一例)

(2) 水平変位量の測定例

施工時の地盤の水平変位の測定例として、従来方式 (非排土方式, 排土率 25 %) と排土方式 (排土率 75 %) の施工方法により、挿入式傾斜計を設置し比較したものである。改良仕様は表—5 に示すように、貫入長 $L = 12$ m, 改良長 $L_c = 10$ m において、改良部 (改良杭芯) と傾斜計の離隔距離を 2.0 m とし、その結果を図—7 に示す。SDM 施工による水平変位は、従来方式と比較すると、1/10 ~ 1/5 に低減しており、排出土率を高め、確実に排出することが地盤の水平変位の低減に寄与する。また、水平変位は地盤内への固化材スラリー混入量と排出土率との関係には密接な関

表—5 試験施工における改良仕様

貫入長	$L = 12$ m, $\Sigma L = 72$ m	ピッチ	1.5 m × 3.0 m, 千鳥配置
改良長	$L_c = 10$ m, $\Sigma L_c = 60$ m	面積比	$A_s = 96\%$
施工仕様	$p = 40$ MPa, $q = 100$ l/分 × 2 軸	改良強度	$q_u = 600$ kN/m ²
混入量	$aw = 110$ kg/m ³	改良径	$D = 1.8$ m × 2 軸
改良時間	$t = 5$ 分/m	軸間長	$L = 1.5$ m
施工本数	SDM:3 セット 従来式:3 セット	改良面積	$A = 4.89$ m ²
水・固化材比	W/C = 1.5	固化材	ジオライト 10



図—7 施工時における地盤変位計測例

係がある。

(3) 地盤水平変位量の推移

SDM 施工時における改良深度 L と改良体側面からの傾斜計位置 X の比 (X/L) と地盤水平変位量 δ の関係を図-8 に示す。SDM 施工を $L = 10$ m の深度まで行った場合、SDM 改良体に近接した $X = 1$ m ($X/L = 0.1$) における水平変位量は、 $\delta = 1$ cm 程度と極めて小さく、近接した施工による変位は少ない。また、 $X/L = 0.4$ 以上では、 δ はゼロに等しくほぼ水平変位は生じないことから、環境面に配慮した地盤改良工法である。

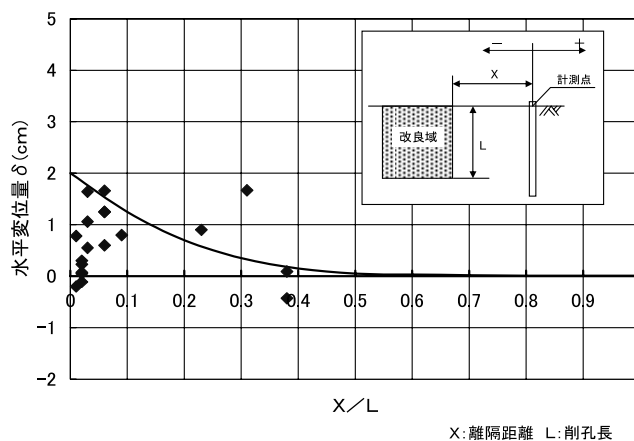


図-8 SDM 工法における地盤水平変位量推移

5. 施工事例

本工事は共同溝の築造工事において、掘削に伴う受働土圧の増加を目的とした底盤改良と周辺地盤と土留め矢板の変形防止および掘削時の止水防止を目的としたものである。工事仕様は改良深度 8.6 m、改良長 3.6 m、改良本数 120 セット、設計改良強度 $q_u = 1000$ kN/m² である。また、SDM 改良仕様は、改良径 $\phi 2.0$ m $\times$ 2 軸、断面積 $A = 5.69$ m²、 $p = 30$ MPa、 $q = 130$ l/分、改良時間 $t = 5$ 分/m である。図-9 に SDM 改良体の配置図、図-10 に施工断面図を示す。

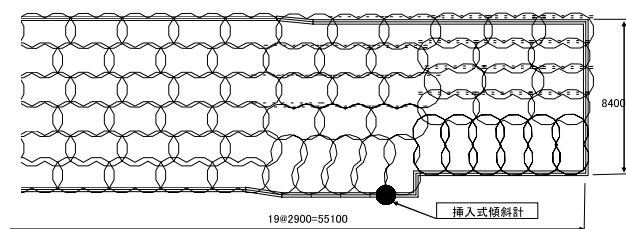


図-9 共同溝の SDM 改良杭配置平面図

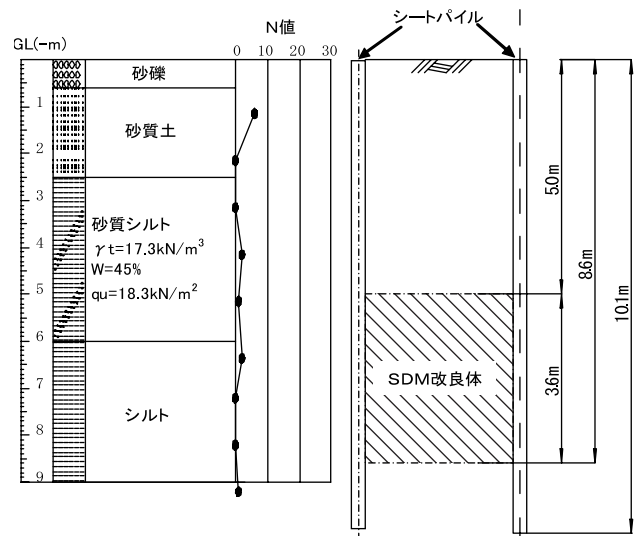


図-10 土質柱状図と施工断面図

す。変位抑制方法では、回転比率を 50 % として行った。SDM 施工時の排出土は、混入固化材スラリー量のほぼ 100 % の原土が排出され、原土には固化材の混入が見られなかった。また、図-9 に示した位置に挿入式傾斜計を設置し、地盤の水平変位を測定した結果を図-11 に示す。この結果、水平変位量は約 1 cm であり、周辺地盤への影響は認められなかった。

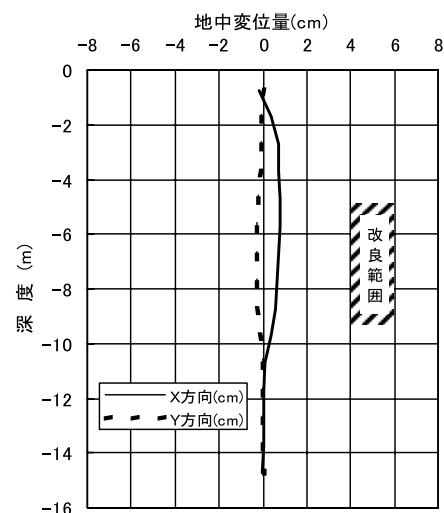


図-11 土留め矢板部の水平変位量測定結果

6. あとがき

SDM 工法は、機械攪拌方式と高圧噴射攪拌方式を組み合わせた複合技術で、大口径な改良体を造成しつつ、既設物との密着施工等が図れ、経済性の高い地盤改良工法といえる。また最近の都市土木で求められる低変位な施工として、改良時の地盤変位の制御により

抑制が図れる。また、排出土が他の高圧噴射攪拌工法と異なり、固化材を含まない原土であることから、水中施工も可能なことなど環境面に配慮した環境にやさしい工法で、今後、様々な施工環境に応じて用いられることが考えられる。

なお、本工法は、国土交通省の公共工事等における新技術活用システム（NETIS）に登録（KT-980134-V）されており、活用効果評価において技術の優位性が高く安定性が確認されたことから、有用な新技術の活用促進として設計比較対象技術に指定されている。

JCMMA

《参考文献》

- 1) 鈴木孝一・西尾経：機械排土式低変位高圧噴射攪拌工法—SDM 工法と LDis 工法の設計・施工—，軟弱地盤の改良⑩，総合土木研究所，p.89（1999.11）



【筆者紹介】

鈴木 孝一（すずき こういち）
小野田ケミコ(株)
取締役常務執行役員
営業本部長



西尾 経（にしお わたる）
小野田ケミコ(株)
技術・工事本部
技術・開発部
部長



松岡 大介（まつおか だいすけ）
小野田ケミコ(株)
営業本部
技術設計部
課長代理

建設の施工企画 2005 年バックナンバー

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

1 月号（第 659 号）
建設未来特集

6 月号（第 664 号）
建設施工の環境対策特集

10 月号（第 668 号）
海外の建設施工特集

2 月号（第 660 号）
建設ロボットと IT 技術特集

7 月号（第 665 号）
建設施工の環境対策—大気環境特集

11 月号（第 669 号）
トンネル・シールド特集

3 月号（第 661 号）
建設機械施工の安全対策特集

8 月号（第 666 号）
解体・再生工法特集

12 月号（第 670 号）
特殊条件下での建設施工機械特集

4 月号（第 662 号）
建設機械施工の安全対策特集

9 月号（第 667 号）
専門工事業・リースレンタル特集

■体裁 A4 判
■定価 各 1 部 840 円
(本体 800 円)

5 月号（第 663 号）
災害復旧・防災対策特集

■送料 100 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

ガンテツパイル（鋼管ソイルセメント杭工法）

堀 切 節・昇 健 次

大都市部を中心とした建設活動に伴う大量の建設発生土が問題となっており、基礎杭工法においても建設発生土の少ない工法、あるいは建設発生土が有効に活用し得る合理的な工法が求められている。ガンテツパイルは、このような要求に応えるべく開発した基礎杭工法である。

ガンテツパイルは、地盤中に造成したソイルセメント柱（固化体）と外面突起付き鋼管から構成される、低排土の杭基礎工法である。また、高い支持力を有しているため、杭本数の削減とフーチング規模の縮小が可能となり、コスト縮減にも寄与できる。

本稿では、ガンテツパイルの施工法、施工管理手法および特徴的な施工事例について述べる。

キーワード：杭基礎、鋼管ソイルセメント杭、低排土、建設発生土、環境、高支持力、施工管理、外面突起付き鋼管

1. はじめに

ガンテツパイルは、環境への配慮から生じた建設発生土低減への社会的要求、基礎の耐震性能と建設コスト縮減への要求、施工品質向上への要求などに対する回答として、基礎施工会社と鋼管材料メーカーが共同開発した基礎杭工法である。

平成9年頃から道路橋基礎を中心に採用が増加し、平成14年道路橋示方書には新しい杭基礎工法（名称：鋼管ソイルセメント杭）の一つとして取り上げられている。

本稿では、ガンテツパイルの施工法を中心に、施工管理方法や施工事例について報告する。

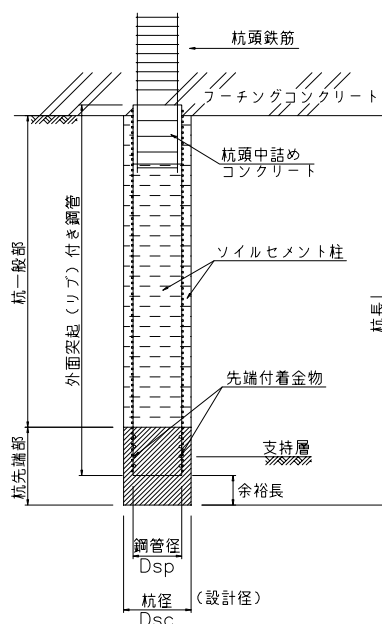
2. ガンテツパイルの概要

(1) ガンテツパイルの構造

ガンテツパイルは、セメントミルクを地盤中に注入攪拌することにより造成したソイルセメント柱（固化体）と、外面突起付き鋼管を一体化させた基礎杭である。杭構造を図—1に示す。ソイルセメント柱の強度は、杭一般部においては、ソイルセメント柱と外面突起付き鋼管との付着力がソイルセメント柱と地盤との摩擦力を上回るように、また、杭先端部においては、鋼管の押し抜きに対するソイルセメントの抵抗が杭先端地盤の極限支持力より大きくなるように決定する。一般には、表—1に示す一軸圧縮強度をソイルセメ

ント柱の標準強度としている。写真—1に杭先端部を掘り起こし、切断した状況を示す。

外面突起付き鋼管は図—2に示すように、突起高さは2.5 mm、突起間隔は40 mm、管軸直角方向に対



図—1 ガンテツパイルの構造

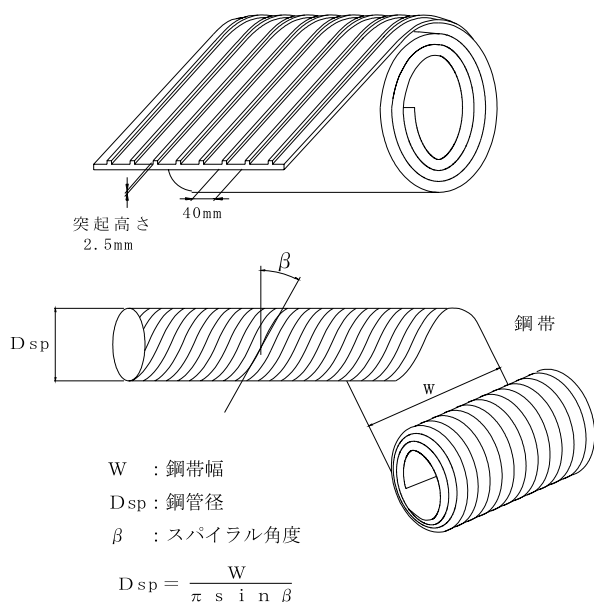
表—1 ソイルセメント柱の標準強度

杭の部位	地盤	q_u (kN/m ²)
杭一般部	砂質土	1,000
	粘性土	750
杭先端部	砂・砂れき	15,000



写真一 杭先端部の造成状況（砂礫地盤）
（現場造成杭を掘り起こし後に切断し断面を撮影）

する突起の角度（スパイラル角度）40度以下を標準としている。また、杭先端部には鋼管内部でもソイルセメント柱との一体性を保つため、鋼管内面に付着金物を設けている。



図一 外面突起付き鋼管の仕様

(2) ガンテツパイルの特長

(a) 環境に優しい工法

- ①現地盤の土を有効に活用してソイルセメント柱を造成するため、建設発生土が少ない（杭体体積の50%以下）。また、その建設発生土はセメント改良土として、同一現場内で盛り土や埋め戻し土に転用可能である。
- ②低騒音・低振動で施工できる（リバース工法と同レベル）。

(b) 地盤を緩めない施工方法

杭の施工において、現地土を積極的に排出せず現地

土とほぼ同比重のソイルセメントが常時満たされており、液圧として孔壁に作用するため、杭周辺地盤を緩めない。これにより、

- ①周面摩擦力、先端支持力ともに安定した性能が得られる。摩擦杭としての適用性も高い。
- ②高い被圧水下でも特別な対策を講じることなく施工可能である。

(c) 高い支持力特性

- ①外面突起付き鋼管とソイルセメント柱が一体挙動するため、鋼管径より200～400mm大きなソイルセメント柱径を設計径として支持力を評価できる。
- ②じん性が高い鋼管を応力材として使用しているため、耐震性能に優れている。

(d) 高品質・高能率施工

- ①独自の施工管理システムにより施工状況（セメントミルク注入量、掘進速度、支持層への到達状況など）を確認しながら施工することができる。
- ②長尺杭を施工する場合でも、ソイルセメント柱と鋼管の心ずれを防止する独自のスタビライザーを用いることで、鋼管外周のソイルセメント柱厚さを確保できる（同時沈設方式）。

3. 施工方法

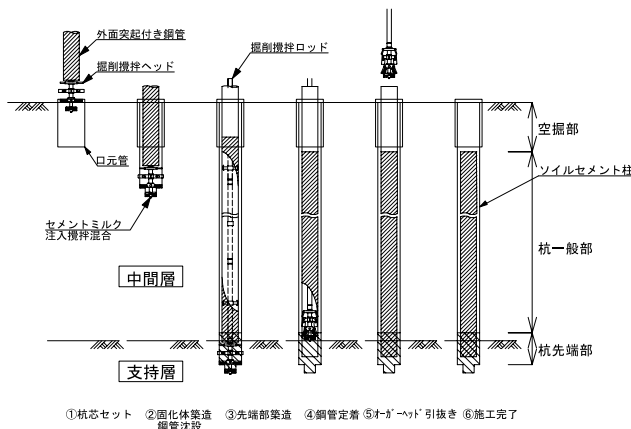
ガンテツパイルの施工方法は、①ソイルセメント柱の築造と同時に鋼管を沈設する「同時沈設方式（Type I）」と、②ソイルセメント柱築造後に鋼管を沈設する「後沈設方式（Type II）」の2方式がある。

(1) 同時沈設方式

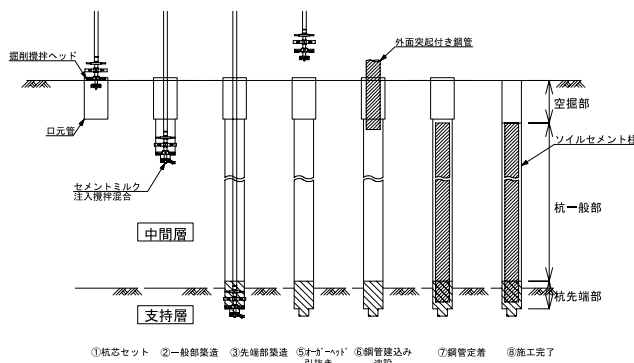
同時沈設方式は、口元管を地盤内に圧入などにより設置した後、外面突起付き鋼管とその中に挿入されているロッドを吊込み、駆動装置に接続してからロッド先端に拡開・縮閉可能な掘削攪拌ヘッドを取付け、杭心にセットする。地盤を掘削しながら、ヘッド先端より杭一般部に用いる配合のセメントミルクを注入攪拌してソイルセメント柱を造成し、同時に鋼管を回転沈設する。継杭の場合は、下杭の施工完了後、クレーンでスタビライザー付きロッドを挿入した中杭もしくは上杭の建込みを行う。掘削深度が支持層付近（一般部下端）に達したら、杭先端部に用いる配合のセメントミルクを注入しながら掘削攪拌を行い、杭先端部ソイルセメント柱を造成する。最後に所定深さに鋼管を定着する。図一3に同時沈設方式の施工手順概要を示す。

(2) 後沈設方式

後沈設方式は、セメントミルクを注入しながら地盤



図一三 同時沈設方式の施工手順



図一四 後沈設方式の施工手順

を掘削攪拌する。ソイルセメント柱の造成方法は同時沈設方式と同様に行い、その後、ソイルセメントがまだ固まらないうちに鋼管を所定深さに沈設し杭体を築造する。図一四に後沈設方式の施工手順概要を示す。

4. 施工機械

ガントツパイルで使用する施工機械は、①施工機本体（装備重量 80 ～ 135 t 級）、②杭の吊り込み等の補助作業を行うクローラークレーン、③セメントミルクの作製および注入作業を行うセメントミルクプラント等のプラント設備、④整地や余剰土の処理等を行うバックホウ、⑤施工管理機器等により構成される。

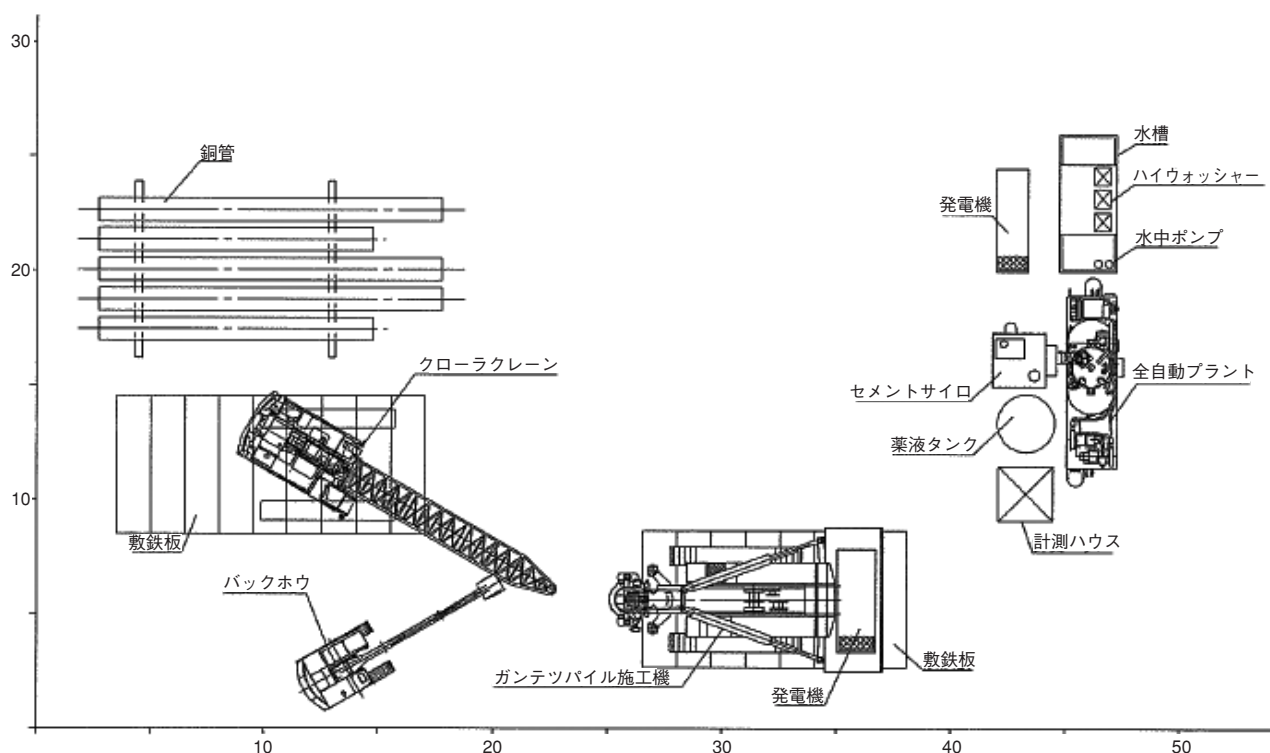
図一五にガントツパイルの施工機械を示す。

(1) 同時沈設方式施工機

同時沈設施工機は、原位置地盤を掘削攪拌でき、同時に鋼管を回転沈設できる能力が要求される。

リーダ部分には、ガントツパイル専用の掘削装置が装備されている。ガントツパイルの掘削装置は、掘削攪拌ロッド・ヘッドを回転駆動する電動オーガ（110 ～ 150 kW）、鋼管を回転沈設するための鋼管回転装置（油圧駆動 340 kN・m）および、鋼管を上下動、圧入できる油圧シリンダが一体型で装備されている。

また、施工機ベースマシン（120 t 級以上）は、電



図一五 ガントツパイルの施工機械

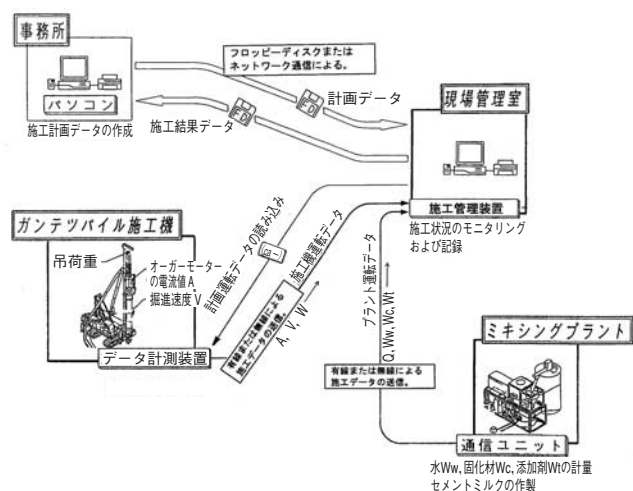
動オーガや鋼管回転装置の回転トルクに耐え得るようリーダ・ステー部の補強や各種油圧駆動装置への油圧源取出しのための専用改造がなされている。

(2) 後沈設方式施工機

後沈設施工機は、同時沈設方式と比較して汎用的な施工機（80 t級以上）が適用でき、リーダ部分には掘削攪拌ロッド・ヘッドの回転駆動と鋼管を回転沈設するための電動オーガ（60～150 kW）を装備する。また、後沈設方式では小型の施工機械が適用できることから地盤条件によっては狭隘なヤードでの施工が可能である。

5. 施工管理

施工は、所要の性能を発揮できるように、掘削・沈設、支持層、注入量など、十分な施工管理を行う必要がある。図—6 にガンテツパイルの施工管理システムの概要を示す。



図—6 施工管理システムの概要

施工管理システムは、施工機に装備したデータ計測装置、現場内に設置した施工管理装置を主として構成されている。データ計測装置は、ソイルセメント築造時の深度、速度、セメントミルクの注入量やオーガ負荷等のデータを施工管理装置に送信する。施工管理装置では、これらのデータを処理・記録し画面表示することで支持層への杭先端根入れ状況等、施工状況をリアルタイムで確認することができる。また、セメントミルクプラントから、水・セメント・添加材料の計量値等、セメントミルクの作製状況を施工管理装置に送信することもできる。

以下に、各施工段階における管理方法を記す。

(1) 施工着手前の管理

施工前に施工機器の性能を確認・照査する（キャリブレーション）。

確認項目は、掘削攪拌翼の長さ（ソイルセメント柱径）や深度計、速度計、プラント計量器、流量計などの計器精度がある。

(2) 掘削・沈設の管理

(a) 杭心の精度

杭心の精度を確保するために、杭打設位置の施工基盤面に口元管を設置する。口元管は、あらかじめ杭心から直角2方向に逃げ心を設け、逃げ心からの距離を測定し設置する。次に、掘削攪拌翼先端の軸心を同様に所定の杭心に合わせる。鋼管沈設時には、写真—2に示すような心出し装置を用いて施工精度を確保する。



写真—2 心出し装置

(b) 杭の鉛直精度

杭の鉛直性は、施工機械の鉛直度検出装置やトランシットなどを用いて、施工機械および鋼管の鉛直度により管理する。

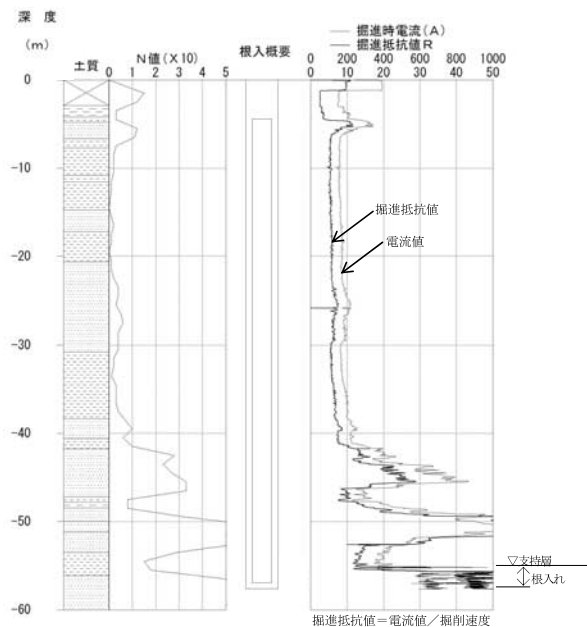
(3) 支持層の管理

支持層の管理は、事前の土質調査と掘削深度データをもとに掘削攪拌軸のトルク（電流値、油圧値）などの掘削抵抗の変化を管理計で測定しながら行う。支持層付近の深度に達した際に、セメントミルクの配合・注入量を杭先端部用に切り替え、掘削速度をできるだけ一定に保ち、支持層への到達および根入れを確実にを行う。支持層の管理例を図—7に示す。

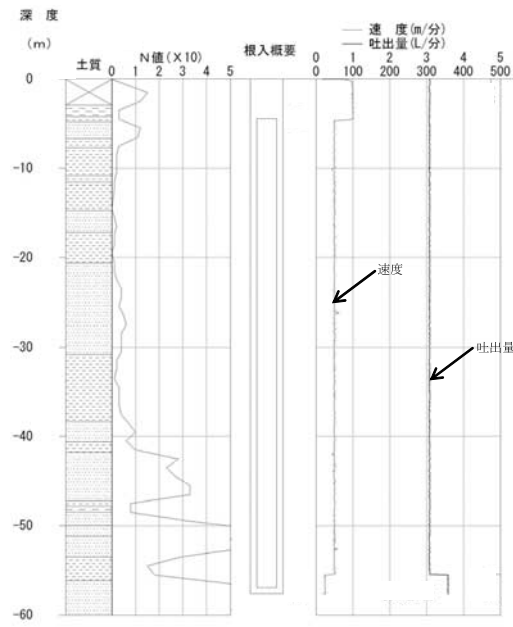
(4) 注入の管理

(a) セメントミルクの配合

セメントミルクの配合は、施工試験や施工実績より



図一七 支持層の管理例



図一八 セメントミルクの注入管理例

定めた、ソイルセメントの品質を確保できる標準的な配合条件を基本とする。表一 2 に標準的な配合条件を示す。ただし、杭一般部を構成する地盤に腐植土を多量に含むなどソイルセメントの品質に影響を及ぼすと考えられる場合には、施工に先立ち原位置土を用いた室内配合試験を行い、実施配合を決定する。

水、固化材および添加材料などの各材料は、ソイルセメント柱が所定の品質を得られるように、プラントの計量器などで質量または容積を計測し、併せてセメントミルクの比重を適宜測定することで管理する。

(b) セメントミルクの注入量

注入量は、プラントで作成したセメントミルクの混練量の確認を行うとともに、掘削撈拌時のセメントミルク吐出量が配合条件より設定される値を満足していることを流量計で確認する。なお、注入に使用するグラウトポンプは、杭一般部および杭先端部の配合条件や掘削速度に応じた設定が可能となる吐出量可変型を用いる。図一 8 に注入管理記録例を示す。

(c) 掘削撈拌

掘削速度は、施工方法、土質条件、掘削撈拌翼の回転数、セメントミルクの注入条件などを踏まえ、ソイ

ルセメントの品質を確保できる値に設定し、掘削深度計や掘削速度計などで管理する。標準的な掘削速度は、杭一般部で 1.0 m/分以下、杭先端部で 0.25 m/分程度である。

ソイルセメント柱の強度を確認するために、各現場で 1 ～ 2 回の頻度で、杭一般部では施工時に未だ固まらない状態のソイルセメント試料を採取し、所定材令での一軸圧縮試験を行う。杭先端部では、プラントより採取したセメントミルクの供試体を用いて一軸圧縮強度試験を行う。

(5) 鋼管接合部の管理

鋼管接合部は、現場溶接継手を基本とするが、施工時間や施工条件（空頭高さ）の制約などから、機械式継手を用いる場合もある。

現場溶接継手の場合、溶接品質を確保するため、事前に溶接部付近の外表面突起を切削除去しておく。現場溶接部の品質確認は、外観検査を基本として良否を判断する。また、超音波探傷試験などで検査を行う場合もある。

表一 2 標準的な配合条件

部位	土質	固化材 C (kg)	ベントナイト，増粘剤 B (kg)	水 W (kg)	水・固化材比 W/(B+C) (%)	硬化遅延剤 固化材重量比 (%)
空掘部	—	150	適宜	150 ～ 225	100 ～ 150	0 ～ 5.0
一般部	砂質土 粘性土	300 ～ 400	〃	300 ～ 600	100 ～ 150	0 ～ 5.0
先端部	砂・砂礫	1,000	〃	600	60	0 ～ 1.0

(原位置土 1 m³ あたり)

生土の低減に対する要求に対しては、参考文献3)に発生土の現場活用方法について詳しく述べているので参照されたい。

今後も、社会、ユーザーの要求に回答すべく、本工法の改良、改善にも努めていきたい。

JCM/A

《参考文献》

- 1) 財国土技術研究センター：ガントツパイル（鋼管ソイルセメント杭工法）、一般土木工法・技術審査証明報告書（2006.1）
- 2) 社日本道路協会：杭基礎施工便覧，pp203-216（2007.1）
- 3) 加藤・山路：鋼管ソイルセメント杭の発生土の有効活用と評価事例，基礎工，pp78-82（2004.8）
- 4) 昇・山口：新しい鋼管杭基礎工法－鋼管ソイルセメント杭，基礎工，pp56-60（2006.12）
- 5) 堀切・田中：鋼管ソイルセメント杭工法の施工管理例，基礎工，pp62-64（2007.10）

[筆者紹介]

堀切 節（ほりきり たかし）
 (株)テクノックス
 工務部
 工務一課長



昇 健次（のぼり けんじ）
 (株)クボタ
 鋼管技術部
 土建技術グループ長



建設の施工企画 2006 年バックナンバー

平成 18 年 1 月号（第 671 号）～平成 18 年 12 月号（第 682 号）

1 月号（第 671 号）

夢特集

5 月号（第 675 号）

施工現場の安全特集

10 月号（第 680 号）

情報化施工と IT 特集

2 月号（第 672 号）

環境特集 温暖化防止に向けて
 (大気汚染防止・軽減) 特集

6 月号（第 676 号）

リサイクル特集

11 月号（第 681 号）

ロボット・無人化施工特集

3 月号（第 673 号）

環境特集 環境改善（水質浄化・土壌浄化）

7 月号（第 677 号）

防災特集

12 月号（第 682 号）

基礎工事特集

4 月号（第 674 号）

特集 品確法 公共工事の品質
 確保

8 月号（第 678 号）

標準化特集

■体裁 A4 判

■定価 各 1 部 840 円
 (本体 800 円)

9 月号（第 679 号）

維持管理・延命化・長寿命化特集

■送料 100 円

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

コスト縮減・工期短縮・リサイクル型植生基材 吹付工『アルファグリーン緑化吹付工法』

池 崎 真・小 林 亮太郎

火力発電所から排出された石炭灰の有効利用と、法面緑化工事のコスト縮減および工期の短縮を目指し、フライアッシュを用いた安定剤『アルファグリーン』を用いた法面緑化工法『アルファグリーン工法』および『アルファガン工法』（NETIS では二つを総称して、『アルファグリーン緑化吹付工法』と呼ぶ）を開発し、その普及に努めてきた。今回、本工法が国土交通省新技術情報システム（NETIS）において設計比較対象技術に指定され、従来工法（植生基材吹付工）との比較技術としての認知を得た。ここでは、従来工法とのコスト面、工程面での比較を中心に、アルファグリーン緑化吹付工法の概要を紹介する。

キーワード：法面工、緑化、吹付工、植生工、植生基材吹付工、石炭灰、フライアッシュ、リサイクル

1. はじめに

法面緑化ということに関しては、江戸時代の砂防にはじまり、数十年前から種子散布工、客土吹付工や植生基材吹付工による緑化工が数多く施工されてきた。これまでは外来草本類のみによる急速緑化が中心であったが、近年になり在来草本・木本類による植生・樹林化が求められてきている。さらには、外来生物法の施行に代表されるように、遺伝子レベルでの種の保全を念頭においた緑化が求められている。

しかし、岩盤法面の緑化が当たり前になるにつれ、施工法面の性状の多様化により、従来からある植生基材・客土・種子吹付工では、当初数年は青々としているが数年経つと植物の枯死や、ひどいときには、吹付した基盤層が降雨や凍上劣化により、流亡・滑落したりしてしまう例も見られる。これでは樹林化どころか緑化工の本来の目的である防災機能も果たすことができない。また、在来種は外来種よりも総じて発芽・生長が遅く、吹付基盤のみで長期にわたって安定していることが必要となる。これらのことより、従来よりもさらに侵食防止機能の高い法面緑化工法が求められてきた。

また、近年の発注者予算の縮減にともない、コスト削減・工期の短縮も同時に必要とされている。

そのような問題を解決できる工法として、われわれは、石炭灰のリサイクル品を主原料とする安定剤『アルファグリーン』を使用した、法面緑化工法『アルファグリーン緑化吹付工法』を 1994 年に開発し、工法の普及に努めてきた。

この工法は従来の施工機械を使用し、吹付材料の高分子糊剤等を安定剤『アルファグリーン』に置き換えるだけという簡単な施工方法であるのにもかかわらず、岩盤その他厳しい条件の法面に対して強固な接着・基盤層の安定をもたらし、それと同時に通常法面においてはラス金網張工等の緑化基礎工を省略することができるため、コスト縮減と工期の短縮を実現するものである。

2. 工法の位置付け

安定剤『アルファグリーン』を使用した緑化吹付工法の位置付けを図 1 に示す。従来からある客土吹付工で使用する、高分子糊剤等を安定剤『アルファグリーン』に置き換えたものがアルファグリーン工法であり、植生基材吹付工（厚層基材吹付工とも呼ぶ）で使用する、高分子糊剤等を安定剤『アルファグリーン』に置き換えたものがアルファガン工法となる。分類としてはそれぞれ従来と変わらず、客土吹付工・植生基材吹付工となる。

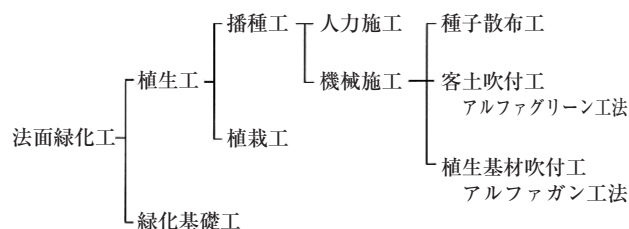


図1 工法の位置付け

3. 施工方法

アルファグリーン工法・アルファガン工法は、特別な施工機械を必要とせず、従来工法で使用してきた施

工機械をそのまま使用できる。アルファグリーン工法・アルファガン工法で使用する施工機械を、それぞれ表—1、表—2に示す。

4. 従来工法との比較

(1) 使用材料・各工法の使い分け・コスト比較

使用材料での従来工法との違いとしては、従来から使用するバーク堆肥に用土を全体の3割混合することがあげられる。高分子糊剤等の代わりに、安定剤『アルファグリーン』を使用するのは先ほど述べたとおりである。通常法面では、ラス金網張工等の緑化基礎工の施工が省略できる。主な特徴を表—3にまとめた。

本工法では、ラス金網張工等の緑化基礎工の省略により、工期の短縮を図ることができる。

工程表を表—4に示す。工期は従来の半分となる。

(2) 活着・安定メカニズムの違い

安定剤『アルファグリーン』の化学的作用としては水と化合してシリカ質の化合物を多量に生成し、イオン交換反応による土粒子の凝集・団粒化を進め、さら

表—1 アルファグリーン工法で使用する標準施工機械

名 称	規 格	数量	摘 要
客土吹付機	ミニクリート式, 37 kw	1	吹付用
空気圧縮機	可搬式 5 m ³ /min, 39 kw	1	吹付用
発動発電機	45 KVA, 42 kw	1	機械動力用
ベルトコンベア	7 m	3	材料投入用
揚水ポンプ	φ 50, エンジンポンプ	1	水汲上用
搭載トラック	クレーン付 4t 以上, 2.9t 吊	1	機械運搬用
運搬トラック	ダンプ 4t	1	用水・材料小運搬用

表—2 アルファガン工法で使用する標準施工機械

名 称	規 格	数量	摘 要
モルタル吹付機	0.8 ～ 1.2 m ³ /h, 18kw	1	吹付用
空気圧縮機	可搬式 10.5 ～ 11.0 m ³ /min, 78 kw	1	吹付用
発動発電機	10 KVA, 13 kw	1	ベルトコンベア・機械動力用
ベルトコンベア	7 m	3	材料投入用
揚水ポンプ	φ 50, エンジンポンプ	1	水汲上用

表—3 工法の比較表

工法種別	使用機械	土質・勾配	基盤材	安定剤	ラス網	対降雨	対凍上	保水性	恒久性	経済性
従来型客土吹付（泥吹）	ハイドロシーダー	土砂 硬度指数 25 未満 勾配 0.8 ～ 比較的柔らかい 切土面・盛土面に適用	土 または バーク で代用	高分子糊剤使用プラスチック状被膜をつくり、保水性を阻害する。紫外線で破壊され、基盤材が流亡する。	勾配・吹付厚で判断	×	×	×	×	○
アルファグリーン工法	ミニクリート（シーダーにポンプが装着された機械）	土砂 硬度指数 25 未満 勾配 0.8 ～ 比較的柔らかい 切土面・盛土面に適用	土と バーク 堆肥	フライアッシュのリサイクル剤アルファグリーン使用 団粒・侵食防止・保水効果をもつ。本格的表土を形成 恒久緑化が可能	原則 不要	○	◎	○	○	◎
従来型植生基材吹付	モルタルガン	土砂・軟岩・硬岩 硬度指数 25 以上 勾配 0.5 ～ 切土面・盛土面に適用	バーク 堆肥	高分子糊剤使用プラスチック状皮膜をつくり、保水性を阻害する。紫外線で破壊され、基盤材が流亡する。	要	△	△	○	△	×
アルファガン工法	モルタルガン	土砂・軟岩・硬岩 硬度指数 25 以上 勾配 0.5 ～ 切土面・盛土面に適用	土と バーク 堆肥	フライアッシュのリサイクル剤アルファグリーン使用 団粒・侵食防止・保水効果をもつ。本格的表土を形成 恒久緑化が可能	原則 不要	◎	◎	◎	○	◎

表一 4 工程表

従来工法及び新工法の 1000 m² 施工における工程表
(1 日施工量で対比)

		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	所要日数		
植生基材 吹付工 (従来技術)	ラス網工 (必須)	7.2																7.2	日	%
	吹付工									7.2								7.2	14.4	100.00
アルファガン 工法	ラス網工 (原則 必要なし)	0.0																0.0	日	%
	吹付工									7.2								7.2	7.2	63.00

※参照

従来技術である植生基材吹付工の標準施工量は、「平成 14 年度 国土交通省土木工事標準積算基準書（共通編）」
ページ t-12-②-15 の表 11.3 区分一植生基材吹付工、規格・仕様一厚 5 cm の施工数量 140 m²/日を使用する。
また、ラス網工の標準施工量は、上記資料の同ページの表 12.2 の施工数量 140 m²/日を使用する。

にケイ酸石灰水和物（CSH）などを生成する。カルサイトとの中和により，化学的に抵抗性の強い複塩化合物を形成する。…【土の骨格】

生物的作用としては【土の骨格】に支えられ，安定した基盤材中に存在する養分を微生物に与え，微生物は持続的に増殖を繰り返す。また安定剤『アルファグリーン』には植物の根毛などの生長に有用な微量元素を含有している。…【土の筋肉】

これら【土の骨格】【土の筋肉】が造成基盤を強固に安定させ，法面の凹凸に密着していく。

このことが，安定剤『アルファグリーン』が高分子糊材をこえる活着性を持ち，基本的にラス金網張工等の緑化基礎工を使用しない要因となっている。

多くの在来種は外来種にくらべて初期の生長が遅く，従来の植生基材吹付工では，在来種よりもまず先に外来種を多量に繁茂させる。そうすると，主構成種である在来種が被圧されて発芽・生長できないということがよく起こっていた。これは，従来工法が降雨に弱く，早く植物を生やしてしまわないと，雨滴や表面を流れる流水によって基盤が流されてしまうため，外来種を早く生やしてしまおうという考え方に起因する。そのため，初期生長が早い外来草本が主流になっ

てしまっていた。それに対してアルファグリーン工法・アルファガン工法は，基盤層自体が非常に強く，植物を生やさなくても降雨・凍上に非常に強いので，生長の遅い在来種，特に木本類の生長を待ちながら基盤層を支えていることができるので，在来種の導入にも向いているといえる。

ラス金網張工等の緑化基礎工無しで施工している様子を，写真一 1 に示す。

(3) アルファグリーン工法・アルファガン工法の吹付厚みについて

吹付厚みについては，従来からある，道路土工指針や日本法面緑化技術協会の吹付厚み選定基準等と同じである。

(4) 緑化基礎工の検討について

通常法面では緑化基礎工は省略できるが，アルファグリーン工法・アルファガン工法で使用する安定剤『アルファグリーン』は，地山への水の浸透がなされない不透水層や，粒子の細かい粘土層，砂質土および，概ねφ 1 m の平滑な一枚岩などの箇所には，接合能力が十分に発揮されない場合があるため，ラス金網張工等の緑化基礎工の検討が必要となる場合があるので注意を要する。

また，従来工法と同じく，法面上部からの流水に対する小段処理や，湧水箇所に対する暗渠などの設置は行う必要がある。

(5) 施工時期について

安定剤『アルファグリーン』による水和反応の生成物は，摂氏 5 度以上でないと反応が進んでいかないので，寒冷地での冬期施工は時期・気温を考慮する必要がある。また，水和反応とは関係ないが真夏の極暑時は吹付した種子が温度・極度な乾燥により枯死するこ



写真一 1 ラス金網張工等の緑化基礎工無しで施工している様子。
吹付材料のリバウンドもほとんどない。

表—5 試験項目

	分 析 項 目	分 析 結 果	単 位	分 析 の 方 法	環 境 基 準
1	カドミウム	<0.001	mg/L	環告46号(JIS K0102.55.1)	<0.01
2	全シアン	<0.1	mg/L	環告46号(JIS K0102.38.22・38.2)	検液中に検出されないこと (<0.1)
3	鉛	<0.005	mg/L	環告46号(JIS K0102.54.1)	<0.01
4	六価クロム	<0.02	mg/L	環告46号(JIS K0102.65.2.1)	<0.05
5	砒素	<0.005	mg/L	環告46号(JIS K0102.61.1)	<0.01
6	総水銀	<0.0005	mg/L	環告59号付表1	<0.0005
7	セレン	0.002	mg/L	環告46号(JIS K0102.67.2)	<0.01
8	フッ素	0.75	mg/L	環告46号(JIS K0102.34.1)	<0.8
9	ホウ素	0.89	mg/L	JIS K0102.47.1	<1
10	酸化ケイ素	44	%	JIS M 8815	-
11	酸化カルシウム	13	%	JIS M 8815	-
12	非晶質アルミナ珪酸塩	21	%	JIS M 8815	-

表—6 実績

施工年月	発注者名称	工事名称	施工厚	面 積
1995 年 6 月	建設省宮ヶ瀬ダム工事事務所	宮ヶ瀬ダム駐車場法面緑化工事	5 cm	200 m ²
1996 年 5 月	大分県白杵土木事務所	荒砂第 21 号砂防ダム・法面緑化工事	5 cm	1000 m ²
1996 年 7 月	国立ウタマ・マレーシア大学	国立ウタマ・マレーシア大学 (UUM) 岩盤緑化工事	1 cm	200 m ²
1997 年 3 月	建設省相武国道工事事務所	圏央道八王子西工区工事	3 cm	1400 m ²
1997 年 4 月	神奈川県横浜市緑政局	都築自然公園法面緑化工事	2～3 cm	1000 m ²
1998 年 7 月	建設省磐城国道工事事務所	金ヶ沢法面保護工事	3 cm	16800 m ²
1998 年 9 月	建設省青森工事事務所	鴨入道路改良工事	3 cm	16000 m ²
1999 年 10 月	北海道由仁町役場	ゆにハーブガーデン造成工事	3 cm	14000 m ²
2005 年 9 月	北海道室蘭土木現業所	道々静内浦河線特改 1 種工事 (道州制) (路盤工)	3 cm	12000 m ²
2000 年 7 月	鹿児島県加治木町役場	平成 11 年度ふるさと林道道路改良工事 3 工区	3 cm	6000 m ²

他 500 件以上

とがあるので、施工時期の配慮および施工後の養生を要することがある。

5. 材料の安全性

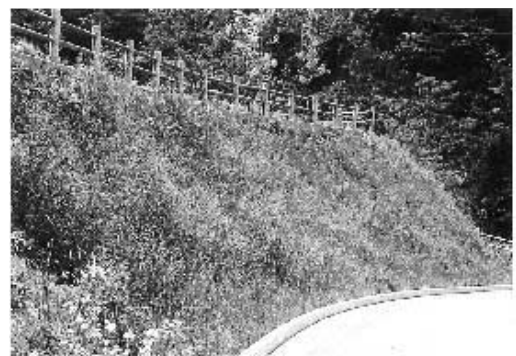
安定剤『アルファグリーン』は、単体で環境庁の告示 46 号の溶出規準をクリアしている。試験項目を表—5 に示す。

6. 施工実績

アルファグリーン工法・アルファガン工法は、両者合わせて全国で約 130 万 m²、500 件以上の実績があり、一番古いもので 1995 年の施工実績がある。いずれも順調に生育している。

(1) 実績表

主な実績を、表—6 に示す。



写真—2 神奈川県 宮ヶ瀬ダムにおける適用事例。一番初めに施工した現場。アルファグリーン工法。1995 年 6 月施工



写真—3 宮崎県 霧島台団地における適用事例。アルファグリーン工法にて約 2 万 m² を施工した。木本類を中心に生育している。1999 年 4 月施工

(2) 施工写真

アルファグリーン工法・アルファガン工法は、従来工法と同程度植生を行うことができる。主な現場の施工後を写真—2、写真—3に示す。

7. 各種併用工法

アルファグリーン工法・アルファガン工法は、各種基礎工や緑化工と併用して、多様な法面緑化に対応できる。事例を以下にあげる。

(1) モルタル吹付面の緑化

ソイルストッパー工法と併用して、アルファガン工法にてモルタル吹付面の修景緑化を行った。吹付厚みは10 cmである。

施工後9年経過するが、現在も植生基盤の流亡もなく、ハギ類を中心に生育している。周辺の植生も侵入しているのが見られる（写真—4）。

(2) 芽苗植栽工との併用

治山工事にて、地元の強い要望から、在来種を使用



写真—4 宮崎県 高千穂町における適用事例。モルタル吹付面の上に、吹付施工した。1996年6月施工



写真—5 高知県 春野町における適用事例。芽苗植栽工と併用した。2002年9月施工

した緑化工が求められた。在来種、特に木本類は初期の乾燥に弱いので、保水性が高く、基盤の流亡が少ない工法として、アルファガン工法5 cmと併用した、芽苗を植栽した。現在も、淘汰を繰り返しながら自然な森に変化している（写真—5）。

(3) 法枠内の緑化

直下を鉄道が走行しているため、特に剥離・流亡のない植生工が求められた。現在では、法枠が見えないほどに生育している（写真—6）。



写真—6 高知県 安芸市における適用事例。法枠内の緑化。2000年11月施工

8. NETIS における事後評価

国土交通省 NETIS における事後評価は、以下のようになっている。NETIS のホームページから引用した、事後評価を表—7に示す。

9. おわりに

土木技術は、日進月歩で進化している。法面緑化の分野においても例外ではない。10数年前にわれわれが取り組み始めた本工法が、今、ようやく NETIS において事後評価で良い結果を頂いたが、その間に発注者や世間で求められる緑化工法は多様化する一方であり、どんどん新しいものが必要とされている。

特に、最近では工事現場で発生する、伐採材や伐根などの植物発生材の現場内利用等におけるリサイクル率の数値目標が、国土交通省によって示されており、各工法が発案・施工されている。

これまでの実績や事例の蓄積・技術を応用し、石炭灰のリサイクルに加え、工事現場における植物発生材の現場内再利用、そしてラス金網張工等の緑化基礎工

表—7

事後評価	従来技術に対する優位性の評価は、経済性、工程、施工性、環境については優れており、特に工程については極めて優れている。品質・出来形、安全性については同等であり、劣っている項目はない。 安定性の評価は、全て（経済性、工程、品質・出来形、安全性、施工性、環境）の項目において高い。
成 立 性	○（技術として成立している）
優 位 性	従来技術より優れる
安 定 性	高い安定性を有す
環境適用性	広い
留意事項など	（活用効果調査表より抜粋） ・地山との付着が良くない場合には、監督員と協議しラス全網の布設など十分な配慮が必要である。 ・施工後一週間程度までは極端な乾燥・低温を避ける。 ・湧水部分については、吹付後に植生種子の流出原因となるため、適時必要と判断された場合には、監督員と協議し排水マットの布設など十分な配慮が必要である。 ・工法選定時は土質も重要だが、地下水の有無や雨量・降雨時の水の流れも考慮し、総合判断すること。 ・従来工法の金網張り工を省略し施工するので、侵食防止剤の配合には、特に留意する。 ○設計比較対象技術に指定

を省略できる緑化工として『PRE 緑化工法』（NETIS
登録番号：CG-020023-V）を開発し、好評を頂いている。

これからも世の中の役に立つ緑化工の研究・開発に
邁進していく所存である。

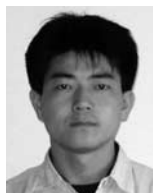
J C M A

〔筆者紹介〕

池崎 真（いけざき まこと）
（有）アルファグリーン
代表取締役



小林 亮太郎（こばやし りょうたろう）
（有）アルファグリーン
取締役



繊維を混入する高機能吹付技術

—ロービングウォール工法とオールグリーニング工法—

大 内 公 安

長く連続した繊維と短く切断した繊維を、のり面・斜面の保護・安定化対策に用いる高機能吹付技術として、長繊維混入補強土一体緑化工法（ロービングウォール工法）と環境配慮型短繊維混入高機能吹付緑化工法（オールグリーニング工法）がある。

ここで紹介するこの2工法は、平成19年10月に国土交通省北海道開発局で行われた「公共工事等における新技術活用システム事後評価」において、ロービングウォール工法は、従来技術である吹付砕工に対する「設計比較対象技術」に、オールグリーニング工法は、従来技術である厚層基材吹付工に対する「少実績優良技術」に指定されている。

キーワード：長繊維、短繊維、吹付、のり面・斜面、補強土、環境負荷低減、緑化、リサイクル、循環資源

1. はじめに

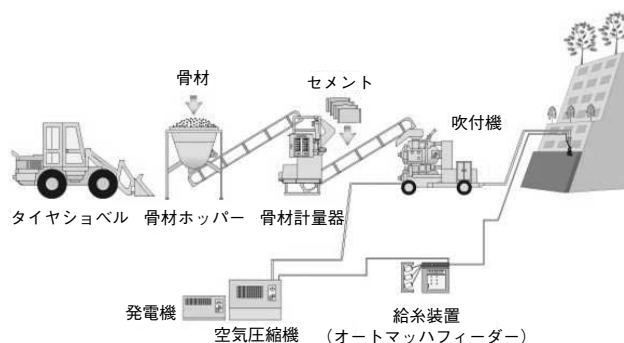
近年、地形の改変によって発生するのり面や斜面に対して、地域環境の保全や周辺景観との調和など環境負荷低減に対する問題から、既存の剛な構造物の対策工ではこれら環境や景観との調和が困難であり、植生工併用による対策工への要求が増加している。

ここでは、このような要求に応えるべく開発した高機能吹付技術として、植生工と長繊維を混入した土構造物を併用し、のり面・斜面の安定化対策と全面緑化による環境負荷低減を目的としたロービングウォール工法と、現場内で発生した伐採木・抜根チップを現地発生土とともに循環資源としてマテリアルリサイクルし、短繊維を混入することにより植生基盤の保持性・耐侵食性を向上させた、吹付緑化工法であるオールグリーニング工法について、繊維に求める性能と混入システムの特徴を紹介する。

2. 工法の概要

(1) ロービングウォール工法（図—1）

本工法は、昭和50年代に開発したモルタル類に長繊維類を混入して吹付ける「地山の補強工法」としての「工法特許」の技術を応用したものであり、当初は吹付緑化工法である厚層基材吹付工や客土吹付工に長繊維を混入し、緑化基礎工である菱形金網張工等の代替と植生基盤の耐侵食性向上という目的で開発され

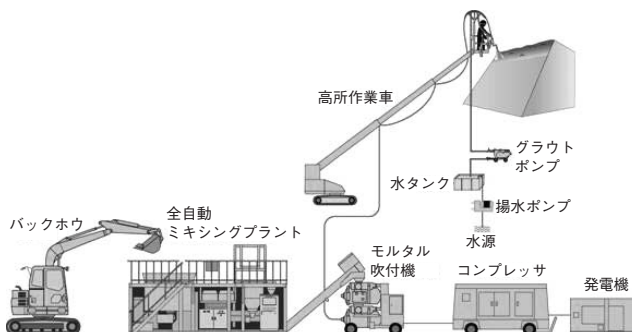


図—1 ロービングウォール工法吹付フロー

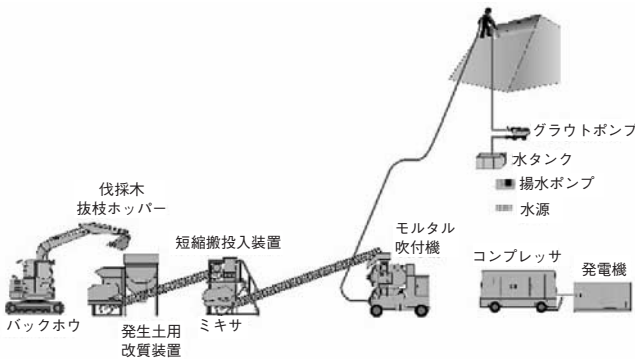
た。その後様々な物性試験等を重ね、新たに開発したのが長繊維混入補強土一体緑化工法である。

(2) オールグリーニング工法（図—2、3）

本工法は、建設副産物である現地発生土と伐採木・



図—2 オールグリーニング工法吹付フロー（大量搬送対応型プラント）



図一3 オールグリーンング工法吹付フロー（省スペース型プラント）

抜根チップをのり面緑化工の主材料(植生基材)としてマテリアルリサイクルし、かつ従来の吹付方式に準じた方法で短繊維混入による植生基盤の保持性と耐侵食性の向上を図りながら、急勾配箇所でも幅広い厚さに植生基盤を造成することが可能な吹付緑化工法である。

3. 繊維に求めた性能

各工法に使用する繊維については、その工法の特性に最も適切な性能を有している必要がある。このため、工法開発時に、繊維の給糸・混入システムの開発を並行して実施して、以下に示すような繊維の種類を選定している。表一1に選定した繊維の一般的な性能を示す。

表一1 一般的な繊維の性能（参考）

項目		繊維	ポリプロピレン (フィラメント)	ポリエステル (フィラメント)
引張強さ (cN/dtex)	標準		4.0～6.6	3.8～5.3
	湿潤		4.0～6.6	3.8～5.3
乾湿強力比 (%)			100	100
比重			0.91	1.38
公定水分率 (%)			0	0.4
耐候性 (屋外暴露の影響)			強さは殆ど低下しない。	強さは殆ど低下しない。
酸の影響			濃塩酸、濃硫酸、濃硝酸では、強さは殆ど低下しない。	35%塩酸、75%硫酸、60%硝酸では、強さは殆ど低下しない。
アルカリの影響			50%水酸化ナトリウム溶液、28%アンモニア溶液では、強さは殆ど低下しない。	10%水酸化ナトリウム溶液、28%アンモニア溶液では、強さは殆ど低下しない。
他の化学薬品の影響			殆ど低下しない。	一般に良好な抵抗性あり。

※試験方法：JIS L 1013（化学繊維フィラメント糸試験方法）
※乾湿強力比：標準状態に対する湿潤状態の引張り強さの比率
（日本化学繊維協会「わが国化学繊維性能表」より抜粋）

(1) ローピングウォール工法

- ①長繊維混入により、疑似粘着力とせん断強度の増加による耐侵食性と耐久性に優れた補強土が造成可能となる。
- ②造成された補強土の物性値が高い値となり、急勾配のり面・斜面に対しても適用することが可能となる。
- ③モルタル吹付機と同等以上の長距離搬送による効率的な施工が可能となる。

このような要求性能より、本工法で使用している長繊維は、以下に示す補強土用繊維として有効な特性を保持しているポリプロピレン繊維を標準としている。

- ①繊維の中では最も軽く、比重は0.91とポリエステル繊維に比べると約1.5倍軽く水に浮く繊維であり、補強土の単位質量あたりの被覆度が大きい特性を有している。
- ②繊維の中で最も耐化学薬品性に優れ、常温では発煙硝酸以外の強酸、強アルカリに侵されない特性を有している。
- ③優れた耐候性を持ち、吸湿、吸水性がないので土中においてもバクテリアの影響が非常に少ない特性を有している。
- ④熱伝導性が低いため、保温性に優れた特性を有している。

(2) オールグリーンング工法

- ①現地発生土と伐採木・抜根チップの混合物に均一に投入可能で、かつ造成した植生基盤中に均一に分散して混入することが可能となる。
- ②造成された植生基盤の物性値が高い値となり、急勾配のり面・斜面に対する適用が可能となる。
- ③標準的なモルタル吹付機で、デリバリーホース内をストレスなく搬送可能となる。

以上のような要求性能により本工法では、短繊維の植生基盤への適用性を考慮して、以下に示す特性を保持している繊維長さ15mmの汎用性のある湿式不織布用ポリエステル繊維を標準としている。

- ①湿潤時でも繊維の強度低下の影響を受けない。
- ②湿潤状態の植生基盤への均一な分散混入が可能である。
- ③優れた耐候性を持ち、土中においてもバクテリアの影響が少ない特性を有している。

4. 繊維給糸・混入システムの特徴

前述したように、この2工法に使用する繊維の分散混入による必要な性能が適切に機能するように、以下に示す各工法専用の繊維給糸・混入システムを繊維の選定と並行して行った。

(1) ロービングウォール工法(写真—1～6, 図—4)

本工法では、補強土としての機能が持続的に保持しながら、モルタル吹付機の吹付能力と同等以上の長繊維の搬送能力（一般には100 m以上を標準としてい

る）が求められていたため、エアによる吸引力と長繊維の引き出し時の摩擦抵抗を低減させる曲面状のクリルスタンド、さらに長繊維の搬送量を管理するための管理装置を組み込んだコンパクトな形状として、省スペースな設置面積と長距離搬送による長大のり面・斜面への対応が可能なシステムとして開発した。

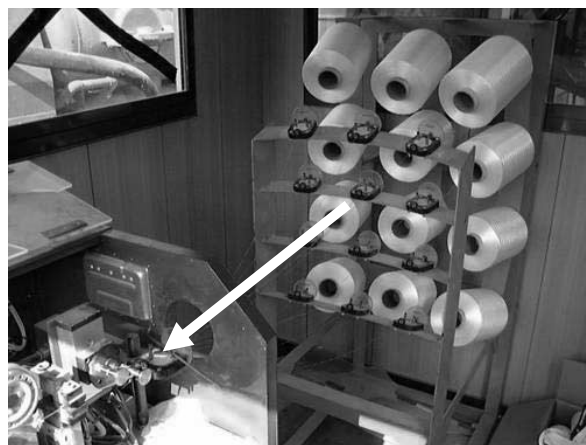
これにより長繊維は、エアの圧力により160 mの長距離搬送が可能となった。また、専用に空気圧縮機を別途設置することにより実際の現場では、200 m以上の搬送距離においても適用可能なシステムである。



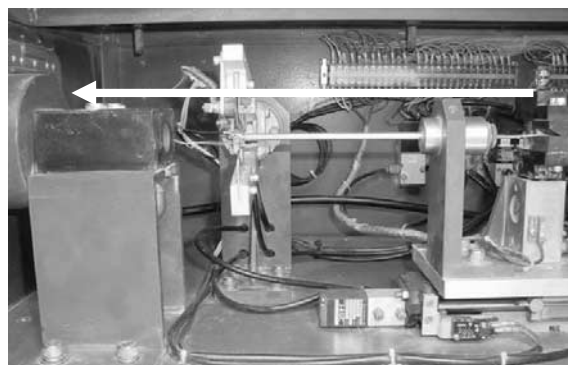
写真—1 長繊維給糸装置全景



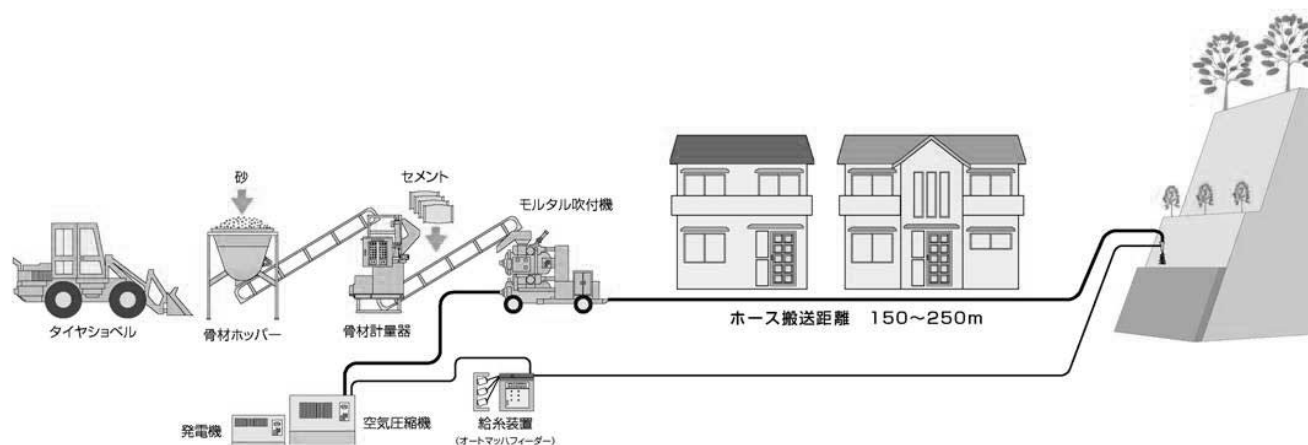
写真—2 長繊維給糸装置近景



写真—3 曲面状のクリルスタンド



写真—4 エアによる長繊維吸引状況



図—4 長繊維の長距離搬送概念図



材 質	ポリプロピレン100%
銘 柄	三菱パイレンマルチフィラメント
品 種	220dtex/40F
織 度	220dtex±13dtex
糸 径	φ0.179mm(179ミクロン)

注：織度(デシテックス:dtex)とは、10,000m当りの糸の重量を表す単位で、220dtexとは、10,000m当り220gの長繊維をいう。

写真—5 ポリプロピレン繊維



写真—6 長繊維混入補強土吹付状況

さらに、長繊維は別系統のホース内をエア圧送するため、風雨などの天候に影響されにくい特徴も保持している。

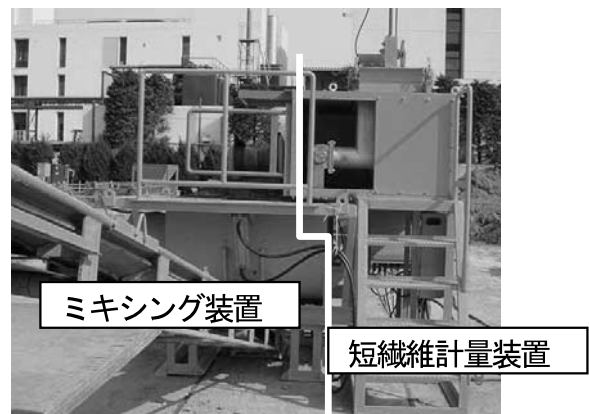
(2) オールグリーニング工法 (写真—7～12, 図—5)

本工法は、伐採木・抜根材や現地発生土をのり面緑化工の植生基材としてマテリアルリサイクルし、環境負荷の低減や景観保全を図ることを目的として開発したもので、植生基材に短繊維を均一に混入させることで、菱形金網工など緑化基礎工の省略と吹付造成厚さで最大 50 cm の植生基盤を造成することが可能である。

短繊維の混入は、長期間にわたり植生基盤を健全な状態で保持することを可能とし、のり面表層の保護を行うとともに植生に適した性状を保持することで、周辺からの植物の侵入や表土中の埋土種子による自然回復を図ることができる。



写真—7 短繊維計量装置近景



写真—8 短繊維計量装置と基盤材用ミキサー全景



写真—9 湿式不織布用ポリエステル短繊維 (カット長 15 mm, 織度 1.7 dtex)

この植生基材への短繊維の混入は、従来技術では計量装置からの定量排出性や植生基材への均一な混入が困難であったため、本工法では短繊維の計量器内に特殊なスクリー等を開発し、定量排出を可能とした。

5. おわりに

繊維を混入する高機能吹付技術について、補強土造成と植生基盤造成の観点から、繊維に求める性能と混



写真一10 人工降雨装置による耐侵食性確認状況



写真一11 省スペース型吹付プラント全景



写真一12 無播種での吹付状況

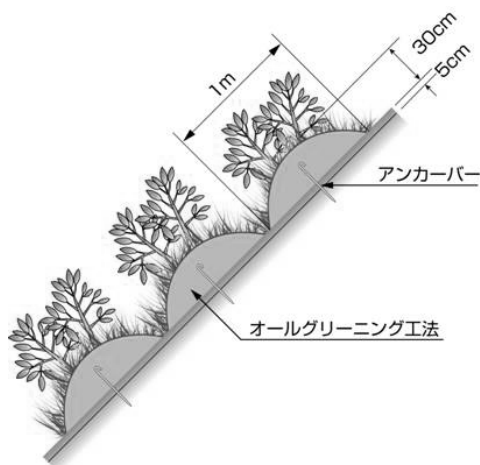
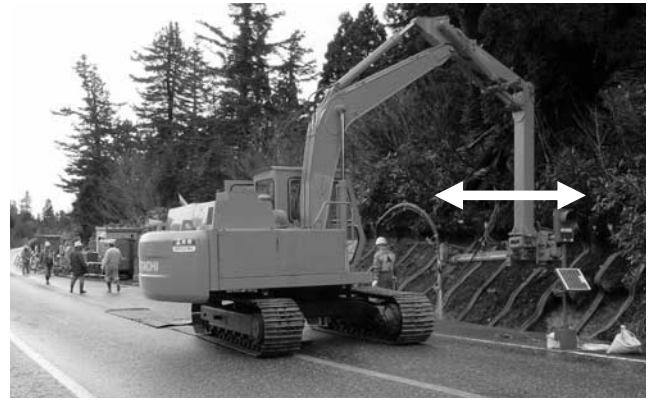
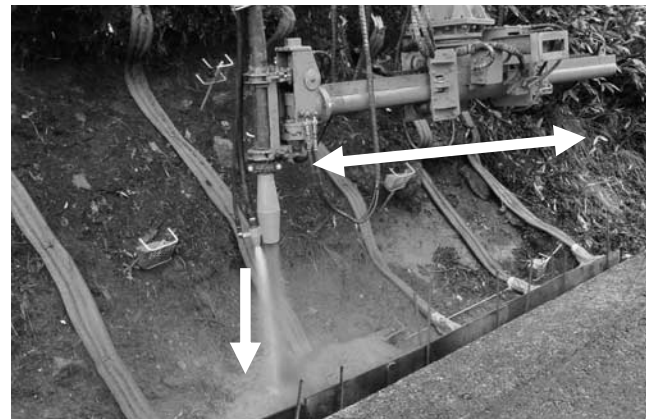


図-5 のり面上に起伏を付けた吹付手法概念図（樹木の生育や周辺からの種子の活着を期待）



写真一13 バックホウ取付 横スライド吹付ノズルアタッチメント（専用機）



写真一14 横スライド吹付ノズルアタッチメント近景

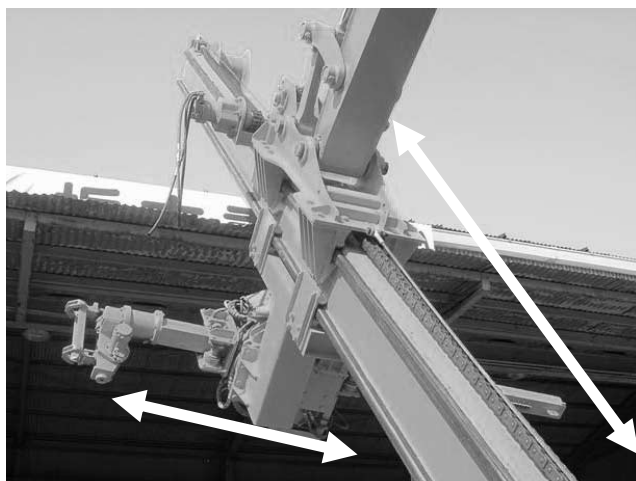


写真一15 バックホウ取付 縦・横スライド吹付ノズルアタッチメント（汎用機取付対応）

入システムの特徴を紹介した。

この2工法対応の機械化施工技術について、吹付作業の施工能力向上と作業の安全性向上を目的として、バックホウに特殊なスライド機能を付加した吹付ノズルアタッチメント2機種と高所作業車専用の吹付ノズルアタッチメントを開発している（写真一13～18）。

今後も、ロービングウォール工法では、土質・地質の違いによる鉄筋挿入工併用時の補強土としての性能確認など、オールグリーニング工法では、無播種での植生基盤の耐久性確認などを継続実施して、時代の要



写真—16 縦・横スライド吹付ノズルアタッチメント近景



写真—18 高所作業車専用吹付ノズルアタッチメント近景



写真—17 高所作業車専用吹付ノズルアタッチメント

請に沿った技術力向上を図っていく所存である。

JCMA

《参考文献》

- 1) 産業用繊維資材ハンドブック, 日本繊維学会・産業用繊維資材研究会, 昭和 54 年 6 月
- 2) ローピングウォール工法 建設技術審査証明 (砂防技術) 報告書, (助砂防・地すべり技術センター, 平成 15 年 9 月

【筆者紹介】

大内 公安 (おうち こうあん)
 ライト工業(株)
 名古屋支店
 営業部長



高強度ネットで斜面・のり面を安定「クモの巣ネット工法」 —「人間」と「自然」にやさしい工法をめざして—

門 間 敬 一

クモの巣ネット工法（以降、「本工法」と記す）は、崩壊が予測される自然斜面やのり面を二重防食された高強度ネットで覆い、不動地山で定着させたねじ節異形棒鋼（補強材）と専用プレートで結合させる、強靱なネット面と長杭による立体構造の斜面安定工で、既存の植生を利用あるいは緑化工を併用する工法である。

従来技術として、モルタル・コンクリートの吹付法砕工等とアンカー工・鉄筋挿入工の併用が主であったが、軽量で粘り強い性質の高強度ネットを代りに用いることで、従来技術に比較して工期の短縮や経済性、施工性などの向上が期待できるほか、環境や景観をほとんど損なうことなく施工が可能であり、CO₂削減にも貢献することができる。本稿では、斜面安定技術としての優位性や経済性等の観点のみではなく、自然環境や景観に対する適応性等の観点を主にして本工法の基本的事項と内容を紹介する。

キーワード：自然斜面、のり面、崩壊、安定、環境、景観、植生、ネット、構造、クモの巣ネット工法

1. はじめに

環境に関する法律や条例が次々に制定、改定されるなか、近年、建設関係事業の特記仕様書等に新たに変わった事項がある。「環境負荷の低減」、「景観・生態系の保全」、「地球温暖化への対応」などである。

環境に関する最近の主な法律

- ◇環境基本法（平成 5 年 11 月 19 日）
- ◇地球温暖化対策の推進に関する法律（平成 10 年 10 月 9 日）
- ◇景観緑三法（平成 16 年 6 月 18 日）
 - ・景観法
 - ・景観法の施行に伴う関係法律の整備等に関する法律
 - ・都市緑地保全法等の一部を改正する法律

関係業界ではこれらに鑑み、「環境負荷の低減」等をキーワードに掲げ、行動計画を策定している。例えば建設業の 3 団体（㈱日本建設業団体連合会、㈱日本土木工業協会、㈱建築業協会）が策定した「建設業の自主行動計画第 4 版」（2007 年 06 月 11 日）によれば、地球温暖化対策、生態系保全、建設副産物対策などの目標やスローガンが挙げられ、環境に配慮する技術として環境配慮設計の推進が挙げられている。

このように建設業を取り巻く情勢は、今や環境抜きには語れず、コスト削減が声高に叫ばれるなか、環境

負荷の低減という新たな潮流ができており、建設技術はまさしくその流れに沿うものが求められている。

建設業の環境自主行動計画第 4 版（一部抜粋）

【地球温暖化対策】

- ◇施工段階における CO₂ の排出抑制
- ◇目標⇒ CO₂ 排出量を 2010 年度までに 12%削減（1990 年度基準・原単位）

【生態系保全】

- ◇施工段階における生態系保全の推進

【建設副産物対策】

- ◇建設混合廃棄物排出量削減を 2010 年度までに 50 %（200 年度基準）

【環境配慮設計の推進】

- ◇土木部門における環境配慮技術の提案の推進

本工法は、京都議定書（1997 年 12 月 11 日）が決議された、約 3 年後に三重県で初めて施工された。

元来はスイス連邦で開発された工法で、環境に関心の高いヨーロッパを中心に、北米、アジアなどで実績を積み上げ、これを日本向けに改良を重ねてきた。

国内の環境保全に対する関心の高まりに伴い、施工実績も増える傾向にあり、ニーズに合致していることの現れと考えられ、評価も高まるものと考えられる。

2008 年 2 月現在までの施工実績は、全国で 188 件延べ約 17 万 m² である。また、国土交通省の NETIS においても「施工実績は少ないものの、優れた技術で

ある」(同ホームページ参照)と評価されている。

2. 本工法の特長

(1) 構成部材の特長

本工法は、「高強度ネット斜面安定工」であり、①高強度ネット(法面工に相当する)、②補強材(鉄筋挿入工に相当する)、③クモ用プレート(支圧板)、④ざぶとん材(支圧板とネットを密着させる裏込め材)が主な構成部材である(写真—1)。そのうち、高強度ネットはスイス連邦からの輸入品であったが、現在では素線のみを輸入し、国内において専用機械(特許取得済)で製造している。



写真—1 高強度ネット、クモ用プレート、補強材頭部ナット、ざぶとん材

ネットに用いられている鋼線の強度は $1,770 \text{ N/mm}^2$ で (High Grade Steel Wire: ドイツ DIN 2078-90), JIS 規格の硬鋼線 (JIS G 3521 SW-C) に相当する。この鋼線を曲げ加工し、ネットに組み上げるのが国内にはない特殊技術で、強靱なネットに仕上がり、この性質はのり面の安定に極めて有効である。そして国内向けに亜鉛アルミ合金めっき (Zn/Al) と飽和ポリエステル樹脂 (PET) コーティングの二重防食を施し、現場吹付法枠工(以降、「従来技術」と記す)などと同程度の耐用年数(一般には 30 ~ 50 年程度)を実現して、充実した品質管理のもとに提供している。

(2) 工法の特長

本工法的主要な特長は、

- ①斜面全体を覆う高強度ネットと補強材が結合された構造で、従来技術と同規模の斜面において同様な必要抑止力の形成ができる。
- ②従来技術に比較して、長寿命の植生基盤材として機能し、その導入が容易で構造体は目立たない。
- ③従来技術に比較して、構成部材が軽量で二次製品で

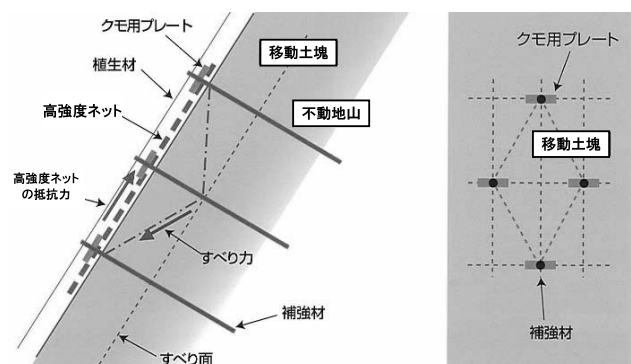
あることから現場養生が少なく、工期が短い。などが挙げられる。

これらは環境への配慮に有用で、例えば②の特長は景観などの環境保全に効果的である。③の特長は施工時の CO_2 排出量削減へ貢献することができる。これら環境への配慮を行うとともに、①の特長である、従来技術と同程度の対策を講ずることが可能である。

3. 設計の考え方

本工法の設計は、①ネットを介した補強材の引き留め効果、締め付け効果による斜面全体の安定、②斜面全体を覆う高強度ネットによる、補強材間の中抜けに対する抵抗力のそれぞれについて検討する(図—1)。

このうち高強度ネットと補強材は、クモ用プレートを介して結合されている構造であることから、補強材辺荷重が結合部の耐力を超えないことを確認する。



図—1 クモの巣ネット工法の設計モデル

4. 施工事例の紹介

本工法の特長が生かされた施工事例を紹介する。

(1) 切土法面の緑化事例

本工事は、九州地方の幹線道路バイパス工事における切土法面安定工である。

手前に従来技術が施工されており、奥の植生の繁茂しているのり面が本工法である(写真—2)。

当初は、従来技術を連続して施工する予定であったが、①道路交通への支障が少ない。②工期が短い。などの理由により、本工法が採用され、結果的に緑豊かな法面が形成された。

のり面勾配が 1:0.5 を超える急勾配で、かつ地質が風化岩であることから、通常の植生基盤材吹付工では、基盤材の剥離が懸念された。このため、植生には植生土のうを使用した。



写真一2 アンカー（鉄筋挿入工）併用現場吹付法砕工（手前）とクモの巣ネット工法を施工した法面（奥の植生が繁茂した法面）

急勾配にもかかわらず、高強度ネットがのり面全体を押さえることにより、植生土のうの安定が保たれ、植生が繁茂して良好な道路景観が形成されている（写真一3～5）。



写真一3 植生土のうを積み上げて植生基盤を造成した



写真一4 木本類と草本類が混在し、自然に近い法面が形成された



写真一5 植生の隙間から頭を見せるクモ用プレート

(2) 従来の地形や植生を保全した事例

本工事は、東海地方のある寺社における庫裡（クリ）背面の斜面崩壊復旧工事である。

現場は、建物と斜面の離隔が狭く、重機の進入が困難な場所である。また寺の境内であるため、施工中の騒音や振動、粉じんなどが少なく、従来の景観を復元するという目的から本工法が採用された。

のり肩には業平竹（ナリヒラダケ）が繁茂している（写真一6）。この竹は直径2～4 cmの小型種で、高強度ネットの網目径（φ 65 mm）以下なので、竹の繁茂に支障はないと判断した。また、斜面上には冬枯れの下草があったが、これも肥料となるのでそのまま放置し、のり肩まで高強度ネットを張った。



写真一6 冬枯れた下草の上に高強度ネットを張った

植生が繁茂し始め、従来の植生である小隈笹や業平竹が芽吹いている。

本工事では、一切の切土と下草等の除去を行わなかったため、崩壊した箇所を除き、従来の植生と自然の

地形がそのまま残された。その結果、本工法によって斜面の安全率が向上しただけでなく、崩壊前の斜面状態に復元することができた（写真—7～9）。



写真—7 地形の切り取りをせずに高強度ネットを張った。植生に必要な土壌が流失している箇所は、植生基盤材を人力で貼り付けた。



写真—8 施工した全景



写真—9 施工後約半年経過
植生が繁茂し始め、従来の植生である小隈笹や葉平竹が芽吹いている。

（3）老朽化したモルタル吹付工の補修事例

本工事は、近畿地方のある主要地方道の老朽化したモルタル吹付面の補修工事である。劣化したモルタルが剥離して崩落する恐れがあると同時に、背面地山の崩壊も予測されることから、本工法が採用された。

現場は狭隘な山間道路で、片側車線を閉塞し交互通行とした（写真—10、11）。



写真—10 施工前の現場全景



写真—11 施工後の状況 全面には落石防護網が架けられている。

本来こうした補修は、モルタルを全面除去した後に再度吹付けを行うのが一般的であるが、当現場では本工法を採用することにより、大量の産業廃棄物処理、施工時の粉じんや騒音が回避された。さらに、施工期間が短縮されるため道路の早期開放が実現でき、車両滞留時の排ガスによる周辺環境への負荷が軽減された。

（4）樹木を残した事例

本工事は、関東地方の杜宅隣接斜面に対する急傾斜地崩壊対策である。

住環境保全の観点から、周辺の植生を残しつつ対策を講ずる必要があることから、本工法が採用された。また、施工においては下草をある程度刈り取ったもの

の切土整形は一切行わず、植生に必要な土壌を残して工事が進められた（写真—12、13）。

施工後約半年経過の状況（写真—14、15）でもわかるように下草が繁茂し、高強度ネットを覆い隠している。また、土壌がそのまま残っているので、従来の



写真—12 ざぶとん材設置状況



写真—13 高強度ネット張工状況



写真—14 施工後半年経過の現場状況
(写真—13と同位置)



写真—15 施工後半年経過の現場状況
(写真—12と同位置)

植生が復元され、住環境を損なうことなく対策することができた。

5. 「人間」と「自然」にやさしい工法をめざして

本工法の目的は、あくまで斜面を安定させることであって、景観・環境の保全ではない。しかし、結果として植生の維持あるいは緑化などによって、それらがもたらされる。それには、①草本などの植生を妨げない網目構造、②小地形に追従することのできる柔軟な構造、③すべり力に抵抗することができるのり面工と補強材との立体構造などが三位一体となった構造は新技術の要諦であり、強靱なネットをのり面工に採用した本工法は、これらの目的を十分に達成している。

斜面やのり面は、表面の姿や形が変わっても、私たちの生活空間に必ずといってよいほど存在するものである。ある日、安全対策を講じて別の構造（もの）に変わったとすれば、それは環境が変化したことを意味する。しかし、従来の環境をほぼ保全したまま為されたらどうであろうか。環境がほとんど変化せずに、安全性だけが向上し、すなわちそれは「人間」と「自然」にやさしいと言えるのではないだろうか。

6. おわりに

ここまで、本工法がいかに環境に配慮した技術として優れているかを述べてきたが、従来技術に僅かであるが及ばぬ課題もある。一つは、網目構造であるために風化浸食防止については、植生による地被に頼らざるを得ない点、あるいは高木の育成に手間を要する点、また斜面の形状や起伏への追従性をさらに高める工夫

が必要な点などである。

本工法に用いる高強度ネットは幅 3.5 m のロール状の仕様で、これを斜面に垂らしながら張ることから、張り方の工夫に加え数量の割り増しが必要である。

したがって、地形が複雑で起伏が激しいほど、工夫と数量増が要求され、割り増しが大きくなり、実際との乖離が大きければ適正を欠く。現在、これらをより実状に近づけるため新たな割増率を提案している。

このように、私たちはより良い工法に改善するための努力を重ね、社会貢献の手間を惜しむことはない。

J C M A

【参考文献】

(社)日本建設業団体連合会監修：建設工事の環境保全法令集平成 19 年度版，(株)富士経済

(社)日本建設業団体連合会・(社)日本土木工業会・(社)建築業協会：建設業の環境自主行動計画第 4 版，2007 年 6 月 11 日

(社)土木学会：吹付けコンクリート指針（案）[のり面編]，2005 年 6 月

(社)全国特定法面保護協会：のり面保護工施工管理技術テキスト（改訂版），平成 19 年 5 月

東日本高速道路(株)・中日本高速道路(株)・西日本高速道路(株)：切土補強土工法設計・施工要領，平成 19 年 1 月

斜面受圧板協会：クモの巣ネット工法設計・施工マニュアル，平成 18 年 4 月

(財)建設物価調査会：建設工事標準歩掛，改定 44 版

[筆者紹介]

門間 敬一（もんま けいいち）

東亜グラウト工業(株)

技術顧問



「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とりまとめました。

「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>

高塗着スプレー塗装工法

平 田 義 弘・鈴 木 敬・飯 田 眞 司

近年、鋼構造物の塗り替えにおいてもより長期の耐久性能を目指すようになり、塗料材料の高性能化とともに施工においても高品質な塗膜形成が求められてきている。また、作業の効率化によるコストダウンも強く求められている。スプレー塗装はそのひとつの有力な方法となるが、鋼構造物の塗り替えに適用するには周辺環境への塗料の飛散が大きな課題となる。この課題に対し静電塗装法、スプレー粒度の制御、エアラップ式ガン、導電性防護シートほかの技術を発展させ、さまざまな検討や工夫を重ねて少飛散、高塗着効率のスプレー塗装法を開発した^{1)~8)}。これによって周辺環境に影響を与えず、安全で効率良い鋼橋の塗り替えが行えるようになった。

キーワード：静電塗装，塗料飛散防止，塗装効率，塗着効率，低塗料損失，静電気，導電性メッシュシート，コロナチャージ，コスト低減，省資源化，工期短縮，低環境負荷，高塗着スプレー塗装，NETIS 登録

1. はじめに

鋼橋に代表される大型鋼構造物の塗り替えは屋外の現場での作業となる。わが国においてはこれら鋼構造物が設置されている周辺環境には住宅、学校・病院などの公共施設、その他がごく近接して存在している場合がほとんどであり、塗装作業にあたってはこれらに影響を及ぼすことのないようさまざまな制約が課せられるため、従来から比較的コンパクトな作業である「はけ塗り」を標準的な塗装方法として採用してきた。これに対して、スプレー塗装は自動車や家電製品その他の比較的小型の工業製品の塗装で一般に採用されており、生産性や品質安定性において優れた塗装方法であることは広く知られているところである。

このスプレー塗装を鋼構造物の塗り替えに適用することによってより高品質な塗膜形成を保証し、作業のスピードアップを進めて工期の短縮とコストダウンを図ることも可能となるが、周辺環境へ塗料が飛散して汚染されること、作業者が塗装ミストの中での作業を強いられ作業環境が劣悪となること、塗料の飛散などで塗着効率が低下して塗料使用量が增大することなどから、資源の浪費やコストアップの可能性が出てくるなどの課題があった。

ここに紹介する「高塗着スプレー塗装工法」はこれらの課題を一挙に解決し、優れた施工品質、工期の短縮、コストダウン、省資源、低環境負荷などを実現して実際

の現場での塗り替え作業に革新をもたらすものである。

2. 設定した開発目標

優れた施工品質、工期の短縮、コストダウン、省資源、低環境負荷などの特長を有する塗装工法とするためには、下記のような機能、目標をクリアすることを必要と考えた。

- ①はけ塗りに比べて高い塗装効率を確保する。
(500 m² 以上/日；はけ塗りの 5 倍以上)
- ②実際の塗装作業における塗料損失を最大限抑える。
(風速 3 m で塗着効率 80 % 以上)
- ③周辺への塗料の飛散が小さい。
- ④作業が容易で安全である。
- ⑤厚膜塗装ができる。(dry60 μm 以上/回)
- ⑥塗膜の仕上がり(外観)が良好である。
- ⑦速乾形の塗料も容易に塗装ができる。
- ⑧従来の塗装足場で支障なく作業ができる。
(塗装機と関連補助機器は小型軽量であること)
- ⑨塗装機の価格は従来のものを大幅に上まわらない。
- ⑩特殊な養生を必要としない。
- ⑪安全で衛生的である。

この中で、従来のはけ塗りの平均的な実績値 1 日 100 m² を前提にして、ある程度高所や狭隘なところが多い構造の鋼橋での作業を考えて、1 時間あたりの塗装可能面積 300 m²、1 日の稼働時間 6 時間、稼働率

35 %とすると、塗着効率を 80 %以上確保できるように設計する必要がある（表— 1）。

表— 1 スプレー塗装の施工効率への想定期待値

	時間あたりの作業面積 [m ² /hr]	稼働時間 [hr/日]	実稼働率	塗着効率	1日に塗装できる面積 [m ²]
は け	22	7	70	90	約 100
スプレー	300	6	35	80	約 500

3. 開発技術と具体的手法

塗着効率に優れ、塗装ミストの発生・飛散が少ない安全で衛生的な塗装法とするため、次のような技術の適用や開発を進めた。

①静電スプレー塗装法

工業用製品の塗装ラインに広く採用されてきている静電塗装法を採用して、高い塗着効率と厚膜塗装の実現を目指した。また、これによって塗装ミストのはね返りを抑え、塗料の余分な飛散を防ぐことも可能となる（写真— 1）。



写真— 1 高塗着スプレー塗装作業の様子⁷⁾
（塗料のはね返りやミストの浮遊はほとんど認められない）

②塗料の微粒化の制御（塗装圧の抑制）

鋼橋などの大型鋼構造物の塗装は当然のことながら屋外での作業となり、たえず風の影響を受けることとなる。塗装ミストは微粒化が進むほど塗膜の仕上がり性向上に有効であるが、風の影響を受け易くなり、塗着効率の低下やミストの飛散・漏洩に繋がる。

このため、実用的な仕上がり性を考慮しながら塗装圧をコントロール（5～8 MPa）して塗料の過剰な微粒化を防止した。このことも前項と同様に塗装ミストのはね返りを抑え、塗料の余分な飛散を防ぐこととなった。

③エア—エアレススプレー方式の採用^{1, 3)}

“Air-Assisted Airless 方式”とも呼ばれ、一般には「エア—ラップ式」と言われている、通常のエアレ

ス霧化メカニズムにさらに霧化を促進する補助霧化エア—流を組み合わせた塗装方式とした。これによって塗着効率の向上、微粒化のコントロール、仕上り性の補強、ミスト飛散の防止などをさらに強化することに繋がった。また、霧化されたミスト周辺に強力なエア—カーテンが形成されることとなり、横風による飛散・漏洩を阻止することにもなった。

通常のスプレー塗装では作業員は濃密な塗料ミスト中での塗装となって明確な視認性を確保しづらい状況に置かれるが、上記の①～③の手法によって塗装ミストの浮遊は大幅に抑制されて良好な視認性が保証され、同時により安全性の高い環境で作業でき、労働環境の改善と塗装品質の向上に繋がることとなった。

④浮遊・飛散ミストの静電法による捕集

前述のようなさまざま技術や手法によって塗装ミストの浮遊や飛散は相当程度まで抑え込むことができるが、若干の浮遊・飛散ミストの発生を完全に防ぐことはできない。このため、横風の不規則な変動やその他の要因で外部の周辺環境への飛散・漏洩が生じる可能性がある。これに対して、浮遊ミストが静電気で帯電していることに着目し、予めアース（接地）をとった導電性の防風ネット（導電性飛散防護メッシュシート、ミストコレクタ）で作業環境を囲うことにより、浮遊ミストを静電作用で吸引捕獲して周辺環境への飛散・漏洩を防止した。

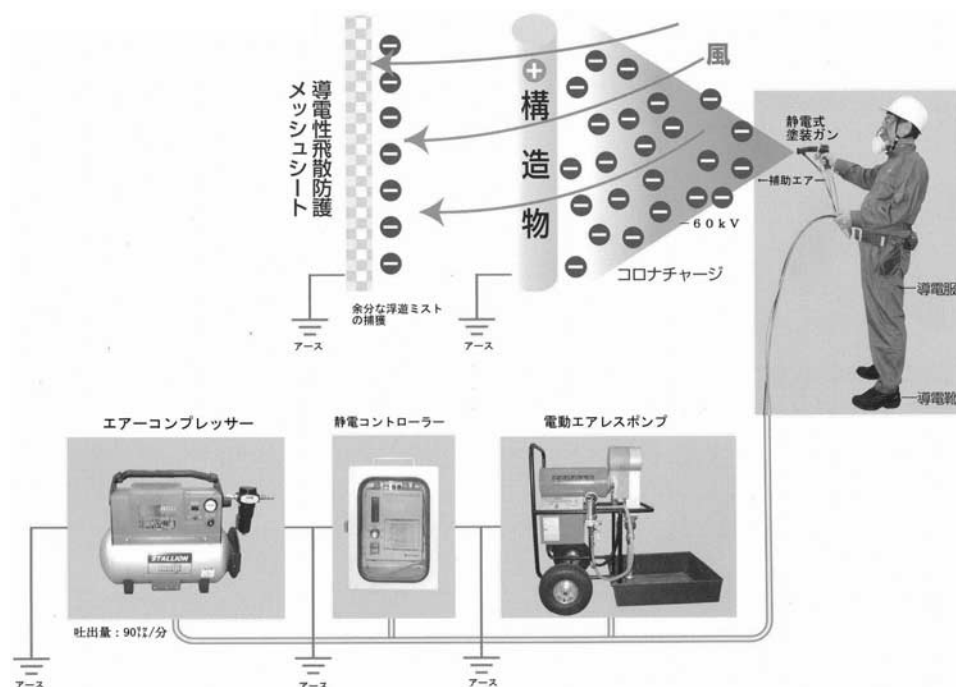
⑤アース集中管理方式⁹⁾の採用

静電塗装を行っている場所とその近傍および周辺を囲っている導電性飛散防護メッシュシートを含めた作業スペース全体について、所定の静電気除去用リード線を接続させてこれを集中的に目視で管理する方式（アースコントロールボックス）により、塗装作業時における静電気除去がもれなく行えるようにした。

4. 基本構成

高塗着スプレー塗装工法の基本構成を図— 1 に示した。静電塗装ガン、電動エアレスポンプとコンプレッサー、専用の静電コントローラー、導電性飛散防護メッシュシートで構成される。

塗装ガン先端の電極には－60 kV の静電気が掛かり、これによって「－」に帯電した微粒化塗料粒子が「＋」側となっている被塗面に効率よく塗着する。ここでの電流値は最大でも 60 μ A とごく微弱で感電する恐れはない。コンプレッサーからは補助エア—が供給されて塗料の霧化を促進すると同時に扇形のスプレーパターンを周りから内側へ挟み込むようなエア—の



図一 高塗着スプレー塗装の基本構成

流れを作って横風による飛散を防ぐ働きをする。

作業現場の周辺には導電性飛散防護メッシュシートが張られており、これによって余分な浮遊ミストを捕捉して外部環境への飛散・漏洩を防げるようになっている。

5. 塗着システム

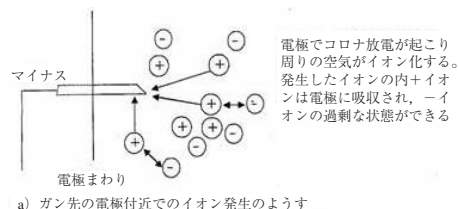
図一 2 に静電塗装のメカニズムを示した¹⁰⁾。最初にガン先端の電極（- 60 kV）の周りで空気がイオン化し、「-」イオンの過剰な状態が形成される。この状態の中に塗料が噴射されて霧化粒子が「-」に帯電する。この「-」の静電気を帯びた塗料粒子が「+」側の被塗面に電氣的に吸い寄せられるようにして塗着し、塗膜となっていく。

高塗着スプレー塗装工法の場合、塗装圧をコントロールして粒子径の分布を比較的大きなものに偏らせているため、塗料粒子が横風などに流されにくく、被塗物に到達しやすい。一部の粒径 30 μm 以下の小さな軽い、浮遊しやすいものも静電力によって被塗面に吸着されるようになる。更には補助エアによる、粒子の外部への漏れを防ぐ作用も塗着効率の向上に繋がっている。

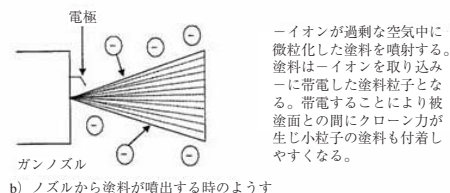
6. 具体的な効果

「高塗着スプレー塗装工法」のそれぞれの開発技術によって、次のような効果が得られることを確認した。

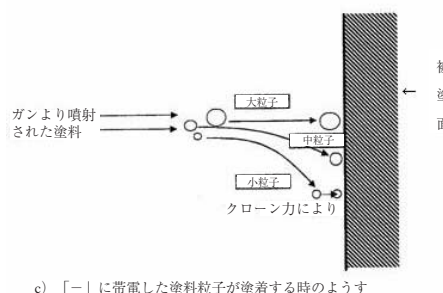
1. 静電塗装, 低塗装圧 (粒度制御・はね返り抑制), 補



a) ガン先の電極付近でのイオン発生の様子



b) ノズルから塗料が噴出する時の様子



c) 「-」に帯電した塗料粒子が塗着する時の様子

図一 2 静電塗装のメカニズム¹⁰⁾

助エアなどの技術によって高い塗着効率（風速 3 m で塗着効率 80 % 以上）を達成でき、塗料の使用量をはけ塗りと同程度まで抑制できる(表一 2)。

2. 前項の各技術で浮遊ミストがほとんど発生しない安全で衛生的な塗装環境が確保できる。
3. 1 項の各技術と導電性飛散防護メッシュシートで

表一 2 高塗着スプレー塗装の塗着効率

塗装ガンの吹き付け距離：200 mm				
試験条件	塗料種	エポキシ樹脂 塗料下塗	ポリウレタン樹脂 塗料上塗	
横風の風速 [m/s]		0.5	3.0	0.5 3.0
印加 電圧 [kV]	0	90.9	84.8	92.5 83.5
	- 60	90.9	88.9	94.1 87.4

(参考) はけ塗りの標準的な塗着効率：90 %

周辺環境への塗装ミストの飛散・漏洩を防止することができる。

4. スプレー塗装法によって作業効率を大幅に改善でき、500 m² 以上/日・人の施工が可能となる。これは一般的なはけ塗り (100m²/日・人) に比べて5倍以上の作業効率である。
5. 塗料使用量の抑制と作業効率の向上から資源の節約と工期の短縮が可能となり、結果として工事費用の低減が可能となる。
6. 仕上がり外観が向上し、塗装技能による塗膜品質のばらつきが軽減される。
7. 速乾性塗料の塗装が容易となり、1回の工程で60 μm 以上の厚膜塗装も可能である。
8. 使用する機器類はコンパクトであり、従来の塗装足場で支障なく作業できる。
9. 塗装ユニットからの塗装ガンの移動範囲は最大100 m まで可能であり、現場での塗装作業が制約されることはほとんどない。
10. アースコントロールボックスによるアースの集中管理方式⁹⁾によって、現場での静電塗装作業において高い安全性が確保できる。

7. 塗装仕様例について

高塗着スプレー塗装工法に基づく塗り替え塗装仕様の代表例を表一 3¹¹⁾ にまとめた。

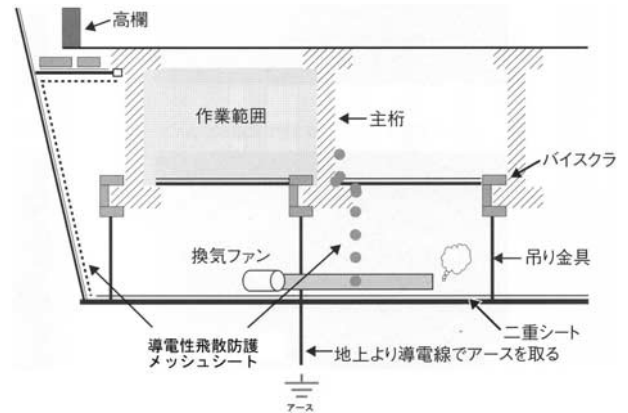
この表でそれぞれの塗料の使用量は従来のはけ塗りとはほぼ同レベルとなっており、エアレス塗装の効率的な作業性や安定した塗膜品質の確保と同時に塗料コストの低減と資源の節約などが実現できる。

8. 安全管理

高塗着スプレー塗装工法では「可燃性液体」である塗料を「静電気」を利用して「スプレー塗装」することから、次のような安全管理を徹底するようにしている (図一 3¹⁰⁾)。

①飛散防止対策

- ・導電性飛散防護メッシュシートで作業空間の周囲を

図一 3 「高塗着スプレー塗装工法」における現場安全対策¹⁰⁾

防護する。

- ・落下防護のすき間などにはシートを重ねるようにする。
- ・塗料の混合はアースされた受け皿で行う。
- ・塗装ガンなどの使用機器の整備、点検は確実に実施する。

②静電気火災事故対策

- ・アースコントロールボックスによる接地状況の確認を着実にを行い、静電気の滞留を防止する。
- ・火気厳禁を徹底する。

③作業員の安全対策

- ・有機溶剤蒸気濃度を測定し、管理値以下であることを確認する。
- ・換気設備、照明設備を設置し、適宜点検してこれらを適切で安全に稼働させる。

④全般的な点検実施項目

- ・各操作、作業の実施にあたっては表一 4 に示した点検項目についてチェックする。

なお、これら安全管理に関する詳細は(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会発行の「高塗着スプレー塗装工法」施工技術マニュアル^{12, 13)}にまとめられている。

9. 高塗着スプレー塗装工法の認定制度

高塗着スプレー塗装工法を実際に現場で採用するにあたっては、静電塗装に関係した知識や技術、アース処理その他の安全対策などに十分習熟しておく必要がある。

(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会では高塗着スプレー塗装の工事を実施する際に必要とされる「施工管理・安全管理の方法」、「塗装方法 (塗装機、ガンの操作その他)」について教育・研修と認証の制度を設けてこの塗装工法の安全で確実な実施の指導とその普及に努めている。塗装工事の施工管理と安全管理に対し

表一3 一般部の代表塗装系例〔塗り替え〕¹⁾

素地調整	塗装工程	塗料名	塗装方法	使用量 (g/m ²)	目標膜厚 (μm)	塗装間隔 (20℃)
1種 ケレン	素地調整	ブラスト処理により、ISO Sa2 $\frac{1}{2}$ まで除錆する。				4時間以内
	第1層 下塗り	有機ジンクリッチペイント	エアレス	600	75	1～10日
	第2層 下塗り	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗	高塗着 スプレー	200～ 210	60	1～10日
	第3層 下塗り	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗	高塗着 スプレー	200～ 210	60	1～10日
	第4層 中塗り	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料用中塗	高塗着 スプレー	140	30	1～10日
	第5層 上塗り	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗	高塗着 スプレー	120	25	1～10日
3種 ケレン	素地調整	動力工具・手工具を用いて劣化塗膜を除去し、鋼材面を露出させる。活膜部は全面目粗しを行う。				4時間以内
	補修塗り	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗	はけ塗り	(200)	(60)	1～10日
	第1層 下塗り	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗	高塗着 スプレー	200～ 210	60	1～10日
	第2層 下塗り	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗	高塗着 スプレー	200～ 210	60	1～10日
	第3層 中塗り	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料用中塗	高塗着 スプレー	140	30	1～10日
	第4層 上塗り	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗	高塗着 スプレー	120	25	1～10日
4種 ケレン	素地調整	全面目粗しなどにより塗膜表面に付着した油脂類、その他異物を完全に除去する。				
	第1層 下塗り	弱溶剤形 変性エポキシ樹脂塗料下塗	高塗着 スプレー	200～ 210	60	1～10日
	第2層 中塗り	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料用中塗	高塗着 スプレー	140	30	1～10日
	第3層 上塗り	弱溶剤形 ふっ素樹脂塗料上塗	高塗着 スプレー	120	25	1～10日

(参考) はけ塗りの場合の使用量

弱溶剤形変性エポキシ樹脂塗料下塗：200 g/m²弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用中塗：140 g/m²弱溶剤形ふっ素樹脂塗料用上塗：120 g/m²

ては「高塗着スプレー塗装施工管理技術者」として、認定期間を5年ごとの更新とし、静電塗装技能に対しては「高塗着スプレー塗装技能士」として、3年ごとの講習を義務付けている。図一4および図一5は「高塗着スプレー塗装施工管理技術者」の認定証と「高塗着スプレー塗装技能士」の修了証の見本例である。

10. 施工実績と NETIS 登録

高塗着スプレー塗装工法はその基本技術が開発、確立されてすでに久しいが、鋼橋の塗り替えにスプレー塗装を採用する動きがごくゆっくりとしたものであったため、これまでのところその普及は一部の地域や橋梁に限定されていたのが実情である。表一5にこれまでに実施された高塗着スプレー塗装工法の施工実績をまとめた。

平成17年12月にあらたに発行された「鋼道路橋塗装・防食便覧」では、塗り替えにあたってスプレー塗装の採用とそのための十分な飛散防止対策の実施を推奨しており、鋼橋の塗り替え工事における標準的な塗装工法としてスプレー塗装が広く適用されていくことが期待される。

高塗着スプレー塗装工法は平成17年度から国土交通省で進められている新技術情報提供システム「NETIS」^{a)}に正式に登録された（技術名称：高塗着ス

^{a)} 国土交通省の「公共事業等における技術活用システム」によって蓄積された技術情報のデータベースで、事業形態・内容に係わらず公共工事に活用できる技術を可能な限り網羅している。

平成17年4月より試行的に運用されてきた「公共工事等における技術活用システム」が平成18年8月より「公共工事等における新技術活用システム」として本格運用されている。

表—4 安全管理のための点検項目

点 検 項 目		チェック
静電気事故の防止	使用機材の アース 確認	塗装ガン
		静電コントローラー
		エアレスポンプ
		エアコンプレッサー
		塗料混合用容器
		機材洗浄用容器
		攪拌装置
		導電性飛散防護メッシュシート
		導電性アースマット
		アース棒
帯電防止対策	作業者の 帯電防止	作業服は導電性か
		作業靴は導電性か
		表面電位を測定したか
		アース棒を使用しているか
安全環境の確保	作業環境の 安全対策	作業場所・近傍の「火気厳禁」の徹底
		消火器設置の確認
		塗装作業位置
		塗料混合位置
		休憩所（喫煙所）
		休憩所（喫煙所）設置の確認
		作業場所の換気の確認
		換気困難な場所でのガス濃度の確認
		保護メガネ着用の確認
		保護マスク着用の確認
塗装機材の安全	作業者の 安全対策	保護マスク吸収剤の使用期限の確認
		塗装ガンの安全装置は正しく作動するか
		コントロールユニットの動作に異常はないか
		塗料圧送圧力は規定値内か
		補助エア圧力は規定値内か
		接合部の接続は確実か（漏れはないか）
		塗料ホースの防護はされているか（破損・磨耗はないか）
		スプレーパターン（霧化状態）は良好か
		導電性飛散防護メッシュシートの設置に不具合はないか

図—6 高塗着スプレー塗装工法の「NETIS」検索画面

プレー塗装，登録：HR-050017)。これによって全国各地の橋梁管理部門やその担当者にインターネットを通じて広報されるようになり，この塗装工法の認知と普及がさらに促進されていくことと考えている。

図—6 は高塗着スプレー塗装工法の「NETIS」検索画面の一部である¹⁴⁾。

11. おわりに

高塗着スプレー塗装工法の概要について解説したが，今後この工法のメリットが橋梁管理者，施工者により広く認識され，鋼橋の塗り替えへの適用がさらに拡大してゆくものと考えている。

但し，橋梁の種類，形式や構造によってはその適用にさらなる工夫や検討が必要な場合もあり，個々の適用技術の開発や改良に努めている。

最後にこの塗装工法の開発に多大のご協力とご助言を戴いている旭サナック株式会社 杉本久氏，有限会社島元商会 島元文隆氏に感謝の意を表したい。

J C M A



図—4 高塗着スプレー塗装施工管理技術者認定証の見本



図—5 高塗着スプレー塗装技能士講習修了証の見本

《参考文献》

- 1) 杉本久：表面技術，**48** [8]，pp.26-30 (1997)
- 2) 少飛散スプレー塗装開発分科会：(社)日本鋼橋塗装専門会 第1回技術発表大会予稿集，pp.69-78 (1998)
- 3) 杉本久：塗装技術，**37** [7]，pp.108-112 (1998)
- 4) 高塗着スプレーシステム開発分科会：(社)日本鋼橋塗装専門会 第2回技術発表大会予稿集，pp.1-16 (1999)
- 5) 福島稔：鋼橋塗装，**27** [3]，pp.8-10 (1999)
- 6) 杉本久：第23回鉄鋼塗装技術討論会発表予稿集，pp.105-108 (2000)
- 7) 杉本久・甘利昌彦：防錆管理，**45** [5]，pp.173-177 (2001)
- 8) 福島稔：(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会 第5回技術発表大会予稿集，pp.47-60 (2002)
- 9) 特許出願公開番号 特開 2005-319400 (2005)
- 10) 鈴木信二，浅野哲男：Structure Painting，**32** [2]，pp.28-35 (2004)
- 11) (社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会：高塗着スプレー塗装工法カタログ (2007)

表—5 「高塗着スプレー塗装工法」施工実績

年度	発注元	工区名	施工面積 [m ²]	施工	備考
平成10年	名古屋高速道路公社	10-6 工区	340	中部塗装(株)	試験施工
平成11年	名古屋高速道路公社	11-9 工区	3,300	乃一塗装工業(株)	試行発注
平成12年	名古屋高速道路公社	12-1 工区	2,880	建装工業(株)	試行発注
平成13年	名古屋高速道路公社	13-5 工区	9,447	三好塗装工業(株)	試行発注
平成14年	名古屋高速道路公社	14-5 工区	8,312	大同塗装工業(株)	
		14-6 工区	8,618	東海塗装(株)	
		14-7 工区	9,573	大豊塗装工業(株)	
平成15年	名古屋高速道路公社	15-1 工区	14,698	大豊塗装工業(株)	
		15-2 工区	13,589	東海塗装(株)	
		15-3 工区	12,159	明治塗工(株)	
		15-4 工区	12,420	豊光堂塗装工業(株)	
平成16年	名古屋高速道路公社	16-1 工区	10,456	岐阜塗装(株)	
		16-2 工区	17,147	(株)平田塗装店	
		16-3 工区	15,289	(株)後藤塗装	
		16-4 工区	11,490	明治塗工(株)	
		16-5 工区	12,343	烏城塗装工業(株)	
		16-6 工区	20,178	(株)鈴木塗装工務店	
平成17年	北陸地方整備局	早川橋	3,700	(株)平和	
		早川橋側道橋	2,000	(株)平和	
	名古屋高速道路公社	17-1 工区	12,974	明治塗工(株)	
		17-2 工区	27,702	朝陽塗装工業(株)	
		17-3 工区	6,752	(株)鈴木塗装工務店	
		17-4 工区	18,930	磯部塗装(株)	
		17-5 工区	12,894	舟橋塗装店(株)	
	首都高速道路株式会社	湾岸線 (No.湾-3019 ~ 3021)	330	(株)鈴木塗装工務店	試験施工
平成18年	中国地方整備局	米子大橋	1,590	(株)西工務店	寒冷地向け塗装仕様
	名古屋高速道路公社	18-1 工区	21,532	(株)ソトムラ	
		18-2 工区	19,732	(株)アイチテクノ	
		18-3 工区	25,735	岐阜塗装(株)	
		18-4 工区	16,927	(株)飯味塗装工業所	
		18-5 工区	19,084	(株)佐野塗工店	
		18-6 工区	17,468	(株)内田商会	
平成19年	北陸地方整備局	新潟大橋 (その1)	10,500	平川塗装(株)	
		新潟大橋 (その2)	8,500	(株)平和	
		稲葉川崎	3,500	(株)諸橋塗装	
		洞川橋	2,200	平川塗装(株)	
		蒲原大堰管理橋	5,290	平川塗装(株)	
		信濃川水門管理橋	2,140	平川塗装(株)	
	名古屋高速道路公社	19-1 工区	11,062	(株)鈴木塗装工務店	
		19-2 工区	9,450	(株)ソトムラ	
		19-3 工区	10,899	大豊塗装工業(株)	
		19-4 工区	8,729	鉄電塗装(株)	
		19-5 工区	12,955	(株)建装工業	
	秋田県	大沢橋	1,520	中仙塗装工業(株)	
		馬橋	262	(株)黒澤塗装工業	

12) (社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会：「高塗着スプレー塗装工法」施工技術マニュアル (2006)

13) 平田義弘：Structure Painting, 35 [2], pp.28-31 (2007)

14) http://www.kangi.ktr.mlit.go.jp/RenewNetis/Search/Nt/NtDetail1.asp?REG_NO=HR-050017&TabType=2&nt=nt

【筆者紹介】

平田 義弘 (ひらた よしひろ)
(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
技術委員会 委員長



鈴木 敬 (すずき たかし)
(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
中部地区委員会 委員長



飯田 眞司 (いいだ しんじ)
(社)日本橋梁・鋼構造物塗装技術協会
技術部 部長

フォームライト W (R-PUR 工法)

—現場発泡ウレタン軽量盛土工法—

中 村 和 弘・清 水 敦 夫

R-PUR 工法（現場発泡ウレタン軽量盛土工法）とは、軽量性、耐圧縮性、耐油性、耐熱性、接着性等の特長を有する樹脂である硬質発泡ウレタンを使用し、現地にて約 30 倍に発泡硬化させ、超軽量盛土体を形成する工法である。平成 2 年に世界で初めて試験施工して以来、500 件以上、300,000 m³ 以上の実績を有している。フォームライト W は、R-PUR 工法用に開発されたノンフロン材料であり、平成 13 年に建設技術審査証明を取得し、昨年には NETIS において設計比較対象技術に指定されている。本工法の特長、施工手順および環境負荷評価について紹介する。

キーワード：盛土、軽量盛土、ウレタン、現場施工、急傾斜地、拡幅、軟弱地盤、工期短縮、耐油性、耐震性、環境負荷評価、LCA

1. はじめに

1985 年、日本で初めて発泡スチロール（EPS）工法が用いられて以来、軽量盛土材料は軟弱地盤対策や構造物の荷重軽減を目的として、幅広く活用されている。

中でも発泡ウレタンは、EPS の特性である超軽量性、耐圧縮性に加えて、施工性の良さ、安定した盛土体形成および大幅な工期短縮などの特長を持つことから、急峻な地形と脆弱な地質の拡幅工事現場において、多く採用されている。施工状況を写真—1 に示す。



写真—1 施工状況

2. 材料特性

「フォームライト W」は、R-PUR 工法用に開発された材料である。代表的物性を表—1 に示す。

表—1 フォームライトWの代表的物性

項 目	試験方法	物性値
密 度	JIS A9511	36 ± 4 kg/m ³
圧縮強さ	JIS A9511	120 kN/m ² 以上
許容圧縮応力度	JIS A9511	60 kN/m ²
吸水量	JIS A9511	2.0 g/100 cm ² 以下
ポアソン比		0.05
燃焼性	JIS A9511	自己消火性
耐ガソリン性	目 視	溶解せず

本材料は熱硬化性樹脂に分類される硬質ウレタンであり、水を発泡剤として使用したノンフロン材料である。耐熱性、耐薬品性に優れ、例えば地熱温度が高く酸性土壌である温泉地の盛土等にも使用可能など、幅広い用途に適用できる。また、耐油性にも優れ、道路上で発生する不慮の事故の際にも被害を最小限に食い止めることができる。

燃焼性については、材料特性として自己消火性を有しており、壁面を備えた構造物としては耐火試験において延焼しないことが確認されている¹⁾。

材料の環境性については、環境省告示 13 号、および JWWA K 143 に準拠した溶出試験において、環境汚染物質の溶出はなく、安全性が確認されている²⁾。

3. 工法の特長と用途

R-PUR 工法は、小型の専用プラントを用いて現場にて2液の原料を混合攪拌し、約30倍に発泡硬化させて軽量盛土体を形成する工法であり、以下のような特長がある。

(1) 工期短縮

地山の掘削をほとんど必要とせず、中間床版、盛土背面の裏込めが不要なことや、ウレタン発泡の1日あたりの標準施工数量が118 m³であることから、従来技術より大幅な工期短縮が可能である。

(2) 施工性

現地形状に沿って発泡硬化するため、地山との一体性が良く、狭隘な地山形状、既設構造物の取り合い部、インフラストラクチャー等の地下埋設物などの複雑な形状にも対応できる。

また、使用原料は盛土体積の約1/30であり、専用プラントも4t車に積載可能なため、施工ヤードが非常にコンパクトであり、現道交通を開放しながら拡幅工事が可能である。

原料を圧送するホースは90 mあるため、施工現場から離れた位置に施工ヤードを設置することも可能である。

施工ヤード設置状況を写真—2に示す。



写真—2 施工ヤード設置状況

(3) 安定性

中間床版、盛土背面の裏込めが不要であり、均一な盛土体となる。また、地山、H鋼支柱、壁面材などの構造物と接着一体化するため、安定性が高い。

(4) 環境・安全

材料はノンフロンであり、発泡硬化後は環境汚染物

質の溶出もなく安全である。また、現場で発泡させることにより廃材ロスがほとんどないことや、重機作業が減少することから、騒音、振動が低減し、環境負荷も低減される。

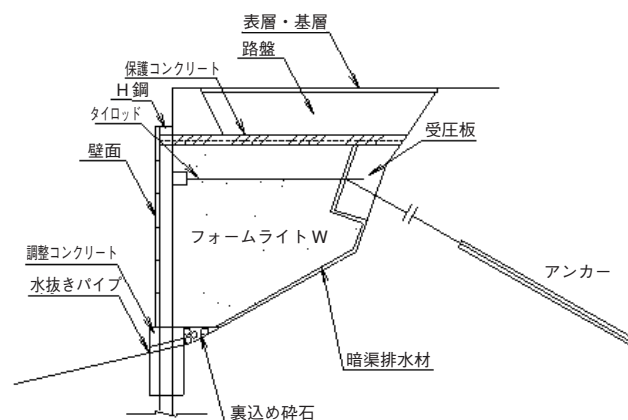
(5) 経済性

材料は高価であるが、地山の掘削が最小限に抑えられることや工期短縮等により、トータルコストとしては従来技術と同等もしくは経済的である。

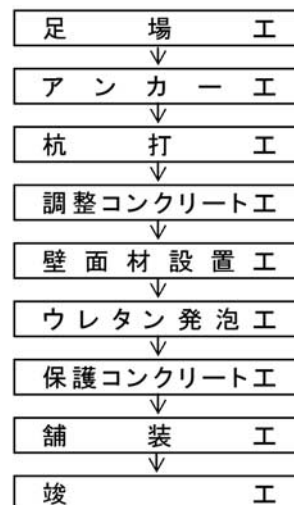
こうした特長から、急傾斜地の道路拡幅、橋台・カルバート等構造物への荷重軽減、軟弱地盤上の盛土、空洞充填などの幅広い用途に適用できる。

4. 施工手順

R-PUR 工法の急傾斜地での拡幅における代表的な施工断面(図—1)における施工フローを図—2に示す。



図—1 代表的な施工断面



図—2 施工フロー



足場工



アンカー工



杭打工



杭打工完成



調整コンクリート工



壁面材設置工



ウレタン発泡工



保護コンクリート工



竣 工

写真—3 施工手順

施工手順を写真—3に示す。

- ①作業足場等の仮設を行う。
- ②アンカーを設置する。(標準@8 m)
- ③杭 (H 型支柱) を建て込む。(標準@2 m)
- ④調整コンクリートを打設し、水抜きパイプを設置する。
- ⑤壁面材を設置する。
- ⑥壁面と地山法面との空間にウレタンを発泡充填させる。
- ⑦保護コンクリート、地覆コンクリート、舗装工など上部工を施工する。

5. 耐震性

(1) 実物大振動台実験

軽量土の使用により構造物の基礎地盤に作用する常時の土圧とともに、地震時に生じる土圧も軽減できる。しかしながら、フォームライト W の密度は土の約 1/50 であるため、舗装等の上載荷重が相対的に過大なものとなり、いわゆるトップヘビー状態になる。このような特性から、その振動特性、地震時における安定性に対する基礎データの収集を目的として実物大振動台実験を行った³⁾。

高さ 6 m の供試体 (図—3) に荷重を載荷し、レベル 2 振動を与えると、供試体の取付け部で拘束板と供試体の間に剥離が見られたが、他の部位での損傷は見られずレベル 2 振動に対しても十分な耐力を有するこ

表—3 R-PUR 工法の環境負荷内訳

*表中の割合は (%)								
工 種	単位	数量	CO ₂ (t - C)	割合	NO _x (kg)	割合	SO _x (kg)	割合
土 工	m ³	4.79	1.243 × 10 ⁻²	0.12	2.236 × 10 ⁻²	0.03	2.110 × 10 ⁻²	0.08
舗装工	m ²	80.00	1.698 × 10 ⁻¹	1.58	1.270 × 10 ⁰	1.95	1.148 × 10 ⁰	4.16
コンクリート工	m ³	20.01	3.925 × 10 ⁰	36.45	2.840 × 10 ¹	43.48	4.268 × 10 ⁰	15.45
壁面工	m ²	45.00	2.089 × 10 ⁰	19.40	1.452 × 10 ¹	22.23	5.860 × 10 ⁰	21.21
アンカー工	m	8.75	9.370 × 10 ⁻²	0.86	4.320 × 10 ⁻¹	0.66	1.753 × 10 ⁻¹	0.63
R-PUR 工	m ³	84.80	4.479 × 10 ⁰	41.59	2.067 × 10 ¹	31.65	1.616 × 10 ¹	58.47
合 計			1.077 × 10 ¹		6.531 × 10 ¹		2.763 × 10 ¹	

表—4 R-PUR 工法のエネルギー消費量[※]

工 種	単位	数量	エネルギー消費量	割合
土 工	m ³	4.79	1.814 × 10 ⁵	0.16
舗装工	m ²	80.00	6.140 × 10 ⁶	5.46
コンクリート工	m ³	20.01	2.557 × 10 ⁷	22.74
壁面工	m ²	45.00	1.904 × 10 ⁷	16.94
アンカー工	m	8.75	1.534 × 10 ⁶	1.36
R-PUR 工	m ³	84.80	5.996 × 10 ⁷	53.33
合 計			1.124 × 10 ⁸	

*表中のエネルギー消費量は kcal, 割合は (%)

また、図—4 の断面を用いて各工種ごと 10 m あたりのエネルギー消費量を算出した結果を表—4 に示す⁸⁾。排出ガスと同様の結果が得られている。

したがって、急傾斜地の拡幅工事においては、掘削量を可能な限り減少し、排出量の多いコンクリート工の数量を増加させない範囲で軽量盛土断面を小さくすることが環境負荷低減に最も効果的であるといえる。

LCA を実施する際、最も重要となるのは、維持・補修間隔の設定である。しかし、前述したように、R-PUR 工法で使用する硬質ウレタンは非常に優れた安定性を有しているため、維持・補修間隔を推定することは困難である。今後、総合的な LCA の評価方法の検討が課題である。

7. 今後の課題

R-PUR 工法は、日本の地形・地質に適した優れた軽量盛土工法として、平成 19 年 12 月までに 500 件以上、30 万 m³ 以上の施工を実施しており、今後も急傾斜地の道路拡幅および新設工事を中心に採用が見込まれる。

ただし現状において以下のような課題がある。

- ①材料自体が石油製品であるため比較的高価である。また、杭・アンカーの設置コストの影響も大きい。今後は、杭・アンカーの不要な新構造の開発や、他

の安価な材料との併用等の技術開発が必要である。

- ②世界で初めて試験施工して以来、現在まで 18 年程度しか経過していないため、材料寿命が正確に評価できていない。今後、既設現場の追跡調査を継続することにより、材料の寿命が明らかとなり、維持・補修時期についても推定することが可能となる。

- ③リサイクルについては、現状のサーマルリサイクルに加えて、断熱材料もしくは土木構造物として再利用できるクローズドリサイクルの開発が望まれる。

こうした課題を解決することで、近い将来、用途が拡大し、採用増加が見込まれると思われる。 [J]C[M]A

【参考文献】

- 1) 財団法人土木研究センター、建設技術審査証明報告書 土木材料・製品・技術 (健技審証第 0112 号) 現場発泡ウレタン軽量盛土材料「フォームライト W」、pp.27-28 (2006.12 更新)
- 2) ウレタン土木技術研究会、「フォームライト W」材料・施工マニュアル第 3 版、pp.33-34 (2007.1)
- 3) 中村和弘・榎本見司・青木徹彦・三田部均：現場発泡ウレタン盛土の実物大振動台実験、土と基礎、51 [4]、pp.14-16 (2003.4)
- 4) 中村和弘・三田部均・遠藤大輔：新潟県中越地震における現場発泡ウレタン盛土工法の調査報告、土木学会中部支部 研究発表会講演概要集、pp.543-544 (2006.3)
- 5) 松本潤・多賀谷宏三：LCA による道路工事の環境影響評価、第 7 回高知県地盤工学研究会研究発表会講演要旨集 (2001.11)
- 6) 中村和弘・三田部均：軽量盛土工法の環境負荷、土木学会四国支部第 10 回技術研究発表会 講演概要集、pp.384-385 (2004.5)
- 7) 南齋規介・森口祐一・東野達：産業連関表による環境負荷原単位データブック、独立行政法人国立環境研究所地球環境センター、(2002.3)
- 8) 中村和弘・三田部均：軽量盛土工法のエネルギー消費とリサイクル、土木学会四国支部 第 12 回技術研究発表会 講演概要集、pp.466-467 (2006.5)

【筆者紹介】

中村 和弘 (なかむら かずひろ)
ウレタン土木技術研究会
技術委員会委員長



清水 敦夫 (しみず あつお)
ウレタン土木技術研究会
技術委員



自走式土質改良機における加水装置による 再利用物の品質向上

片岡 広志・濱山 祐司・竹内 裕樹

自走式土質改良機は、現地発生土に対してセメントなどの粉体を添加・混合し、現地発生土を再利用するものである。本報文では、施工品質のさらなる向上を目指して自走式土質改良機を一部仕様変更し、加水装置と組み合わせることにより混合物の含水比管理を可能とした、新たな混合システムについて紹介する。また、この混合システムを CSG 工法に適用した事例について紹介する。

キーワード：自走式土質改良機、加水装置、含水比、CSG、施工管理

1. はじめに

自走式土質改良機は、対象土砂にセメントあるいは生石灰などの固化材を一定量添加し、かつ混合することによって所定の強度を有する土砂に改質する機能を、油圧走行装置の上に実現した作業機械である。自走式土質改良機による混合は、従来のショベル混合やスタビライザ混合に比べて、混合の均一性が高いことや固化材の飛散が少ないことが認められつつあり、建設発生土の改良分野において、自走式土質改良機が採用される頻度が増加してきている。また、従来の固定式プラントを設置して混合する場合と比較して、設置・撤去が容易に行えるという特徴もあわせて持っている。

さらに近年では、セメント安定処理路盤材の製造、最終処分場における遮水材（ベントナイト混合土）の製造、CSG の製造など、建設発生土の改良分野以外の工法にも適用されつつある。これらの工法においては、土砂あるいは所定粒度以下の骨材などの原料土にセメントやベントナイトなどを添加、混合するだけでなく、混合材料の水分調整を目的として加水も行う点が、従来の自走式土質改良機による建設発生土の改良とは大きく異なる点である。

ところが、従来の自走式土質改良機は、セメントなどに代表される粉体を添加する機能は装備しているものの、水などの液体を添加する機能は装備していなかった。そのため、こうした工法に自走式土質改良機を適用する場合には、混合材料の水分調整用に加水手段を別途備える必要があった。さらに、こうした加水手段による加水は、常に一定量の水を加えるものであ

て、作業量の変動に応じて加水量を調整するものではなかった。そのため加水量を設定するためには、

- ①自走式土質改良機の原料土供給速度がどの程度になるか、実際に原料土を投入して確認しておく。
- ②確認できた原料土供給速度に対して必要な加水量を求め、流量計を目視するなどして加水量を調整する。などの煩雑な手順を踏む必要があった。

また、一般に自走式土質改良機への原料土供給は、油圧ショベルなどにより作業者が行うものであるが、自走式土質改良機の作業量を減少させてしまっても加水量は減少しないため、所定の加水量の割合を保つためには、作業中は原料土供給速度に変動が生じないように細心の注意を払って作業を行う必要もあった。

こうした課題への対応として、自走式土質改良機本体で加水量を設定でき、作業量の変動に追従して加水量を制御することが可能な、加水装置と自走式土質改良機による新たな混合システムを開発した。

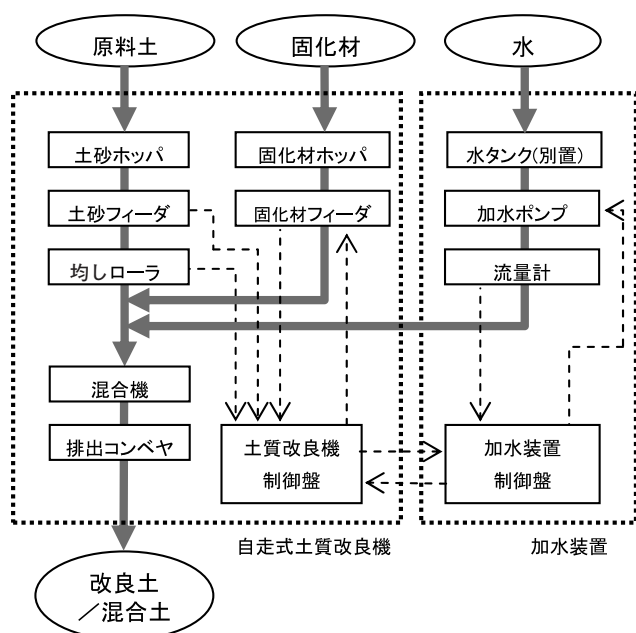
本報文では、今回開発した加水装置と自走式土質改良機による混合システムの概要と、このシステムを CSG 工法に適用した事例について報告する。

2. 混合システム概要

(1) システム構成

図—1 に混合システムフローを示す。混合システムは、原料土にセメントなどの固化材を添加・混合する自走式土質改良機と、水を添加する加水装置とから構成される。従来の自走式土質改良機に対して加水機能の追加を容易にするため、加水装置を自走式土質改良機とは別ユニットとして構成し、自走式土質改良機

本体の仕様変更は必要最小限にとどめている。



図一 混合システムフロー

(2) 自走式土質改良機の構成

自走式土質改良機の構成を図一 2 に示す。

自走式土質改良機は、原料土を投入する土砂ホッパ、混合機に原料土を供給する土砂フィーダ、固化材を貯留する固化材ホッパ、原料土に固化材を添加する固化材フィーダ、原料土と固化材を混合する混合機、混合土砂を排出する排出ベルトコンベヤにより構成されている。

図一 2 に示した自走式土質改良機の混合機には、混合性能に優れた 2 軸パドルミキサを採用している。自走式土質改良機による混合処理の流れは以下のとおりである。

- ①土砂ホッパに投入された原料土は、土砂フィーダにより混合機へ搬送される。
- ②土砂フィーダには速度センサが備えられ、搬送速度を連続的に検出している。
- ③土砂フィーダの搬送途中には均しローラが備えられ、土砂フィーダ上の原料土表面を均すと同時に、土砂高さセンサにより原料土の搬送高さを検出する。
- ④土砂フィーダ速度と原料土の搬送高さを計量することにより、混合機へと搬送される原料土の体積を連続的に計量している。
- ⑤計量した原料土に対して、固化材ホッパに貯留した固化材を固化材フィーダにより添加する。
- ⑥固化材フィーダには速度センサが備えられ、固化材フィーダの回転速度が常に指令回転速度と一致するように補正しながら運転し、固化材の添加割合が常に一定に保てるようになっている。
- ⑦固化材が添加された原料土は、2 軸パドルミキサにより原料土と添加材が混合され、混合された土砂は排出ベルトコンベヤにより機外に排出される。

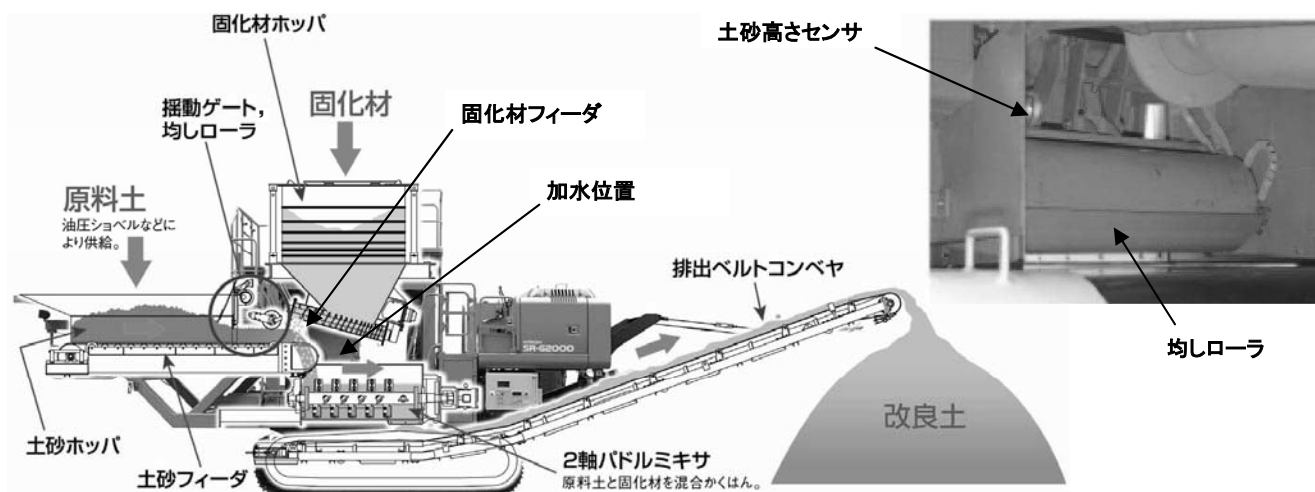
以上は、従来の自走式土質改良機の構成および混合処理の流れであるが、本開発の混合システムにおいては、さらに次のような構成を持つ。

- ⑧自走式土質改良機制御盤に、単位水量の設定手段、および加水装置との通信手段を新たに追加し、加水装置に加水量指令信号を出力する。
- ⑨混合機入口部に加水用の配管を設置し、供給土砂量の変動に応じた所定量の水が加水装置から添加される。

写真一 1 に加水用の配管および加水の状況を示す。

(3) 加水装置の概要

写真一 2 に、加水装置全体図を示す。



図二 自走式土質改良機の構造図

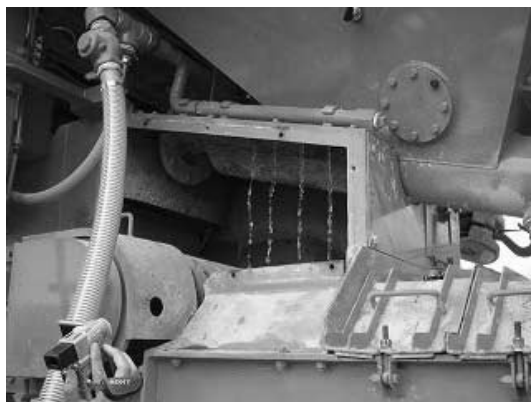


写真-1 加水用の配管および加水の状況



写真-2 加水装置

加水装置は、加水ポンプ、加水装置制御盤、流量計から構成されている。

加水装置は、自走式土質改良機と連携運転を行い、自走式土質改良機からの加水指令信号を受けて、加水ポンプを駆動する。流量計により、実際の流量を検出し、指令流量と一致するように常に補正を行いながら運転している。

(4) 制御システムフロー

混合システムの制御システムは以下のとおりである。図-3に、制御システムフロー図を示す。

①自走式土質改良機の操作盤で、固化材添加量設定値

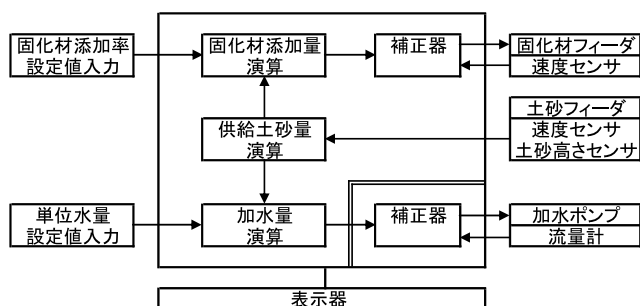


図-3 制御システムフロー

(kg/m^3)、単位水量設定値 (L/m^3) を入力する。

②自走式土質改良機の土砂フィーダ速度センサ、土砂高さセンサにより供給土砂量を演算する。

③自走式土質改良機は土砂量に比例した固化材添加量指令信号を固化材フィーダに出力する。

固化材フィーダには速度検出器が備えられ、固化材フィーダ速度をフィードバックすることで、指令固化材添加量と一致させている。

④自走式土質改良機は土砂量に比例した加水量指令信号を加水装置制御盤に出力する。

⑤加水装置操作盤は、加水量指令信号によりポンプ吐出量を調整する。

加水装置には流量計が備えられ、実加水量をフィードバックすることで、指令加水量と一致させている。

⑥上記の結果、供給土砂量が変動した場合でも、固化材添加量と加水量は自動的に修正されるため、土砂量と加水量の原料土に対する混合比率は常に一定に保たれる。

⑦処理土量、固化材量、加水量それぞれの瞬間値および積算値は、自走式土質改良機制御盤に備えられた表示器で確認できる。

(5) 施工フロー（品質管理フロー）

図-4に、混合システムを使用した場合の施工フローの一例を示す。キャリブレーションは、正確な固化材添加、単位水量確保のために必要な作業で、作業開始前に実際に土量を計量、固化材・水を所定量排出し、表示と実量を合わせる作業である。

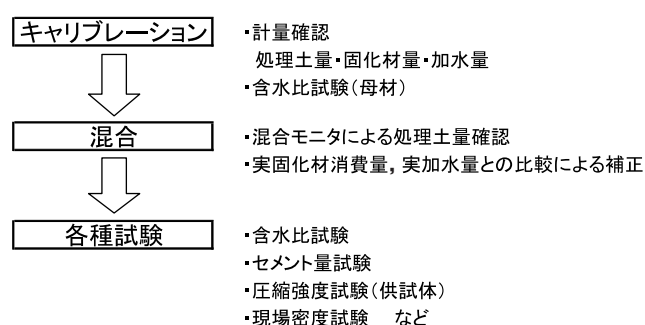


図-4 施工フロー（品質管理フロー）

混合作業中は、処理土量、固化材量、加水量は自走式土質改良機本体の表示器で確認できるが、消費したフレコンバッグの数、水タンク内の残水量などによる実消費量との比較・機械の微調整を随時行うことにより、より高い品質での混合作業の確保が可能となる。

混合後は、必要な各種試験を実施し、混合品質を確認する。

3. 施工事例

(1) 施工概要

本章では、加水装置を備えた自走式土質改良機を、嘉瀬川ダム仮締切堤 CSG 施工に適用した事例を紹介する。本事例は、打設量 18,000 m³ の CSG を製造したもので、その示方配合は表―1 のとおりである。

表―1 示方配合

母材	最大粒径 (mm)	目標単位 水量 (kg/m ³)	単位セメ ント量 (kg/m ³)	締め固め 密度 (t/m ³)	弾性領域 強度 (N/mm ²)
段丘堆積物	80	150 ± 20 以下	100	2.00	0.37

※ σ 28

施工フローは以下のとおりである。

- ①現地発生骨材をスケルトンバケットにより 80 mm 以下に選別し、混合ヤードへ運搬する。
- ②自走式土質改良機で現地発生骨材にセメント，水を添加，混合する。
- ③混合物（CSG）を施工ヤードに運搬し，敷均し，法面整形，転圧を行う。
- ④品質管理項目として，単位セメント量試験，弾性領域強度試験，現場密度試験を実施する。



写真―3 スケルトンバックホウによる母材採取



写真―4 自走式土質改良機による CSG 製造

(2) 施工状況

施工状況を写真―3 から写真―8 に示す。



写真―5 製造された CSG の運搬・荷降ろし



写真―6 10t 振動ローラによる CSG 転圧



写真―7 コンパクタによる法肩・法面転圧

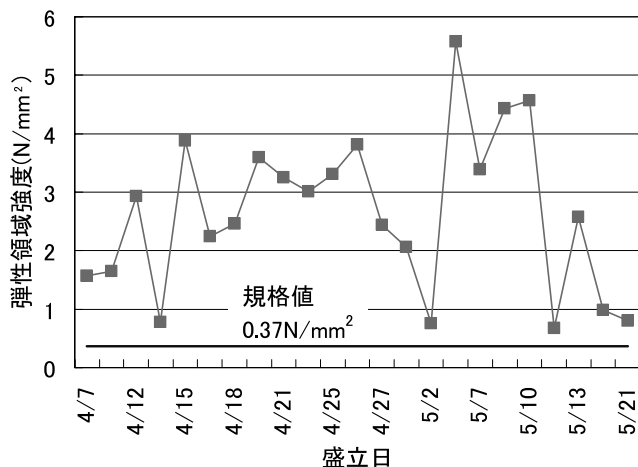


写真―8 CSG 仮締切堤完成写真

(3) 施工結果

(a) 弾性領域強度試験結果

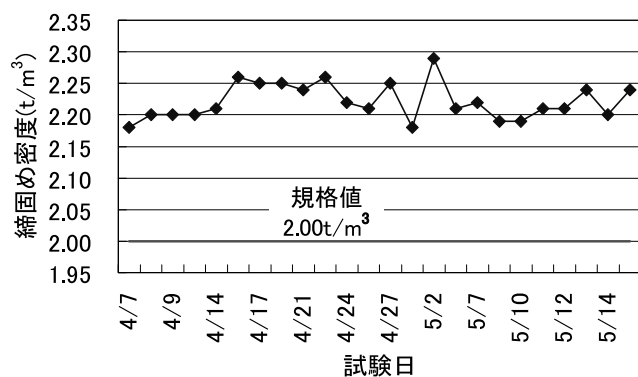
弾性領域強度試験の結果を図—5に示す。いずれも、規格値 0.37 N/mm^2 を十分に満足できる結果が得られている。発現強度にばらつきが生じているのは、骨材に含まれる細粒分と粗粒分の混入比率に幅があったためであると思われる。



図—5 弾性領域強度試験結果

(b) 現場密度試験結果

現場密度試験結果を図—6に示す。いずれも、規格値 2.00 t/m^3 を十分に満足できる結果が得られている。



図—6 現場密度試験結果

(c) 作業能力

前工程、後工程も含めた全体の作業量としては、1時間あたり 50 m^3 程度の作業能力を確保できた。

4. おわりに

今回開発した、加水装置と自走式土質改良機の組み合わせによる混合システムは、混合物の含水比調整や自走式土質改良機による水量管理など、高度な混合作業を可能にした。汎用機である自走式土質改良機を組み合わせで使用することが可能なため、作業量に合わせて稼働台数を増減させることも比較的容易となる。

また、土砂に対してセメントに代表される粉体だけでなく、水などの液体を精度よく混合・攪拌できる今回開発の混合システムは、土質改良の分野をさらに拡大し得るものであると期待するとともに、施工品質のより一層の向上に向けて検討を深め、信頼性の向上に努めたいと考えている。

JCM A

【筆者紹介】



片岡 広志 (かたおか ひろし)
玉石重機株式会社
事業本部工事部長



濱山 祐司 (はまやま ゆうじ)
玉石重機株式会社
工事部技術室長



竹内 裕樹 (たけうち ひろき)
日立建機株式会社
環境システム事業部
開発設計センタ主任技師

特集>>> 建設施工における新技術、新材料

p.77～106 は新工法調査分科会が、最近1年間に発表されたものの内から、機器類が関係する工法で、品質、環境関係及び施工性向上等に特色のある、実績の伴った新工法、として選定したものである。

スラリー連続脱水処理システム

戸澤 清 浩・石 橋 則 秀・白 石 祐 彰

全国のダム湖では堆積土砂が増加することによるダムの機能障害が起きており、ダム湖の堆積土砂の処理が急がれている。従来の、浚渫した土砂を天日乾燥する方法等は、非常に広い処理スペースが必要となる。また、フィルタープレスでは、連続処理ができないため施工コストが嵩むといった課題があり、新たな技術開発が期待されている。

このような背景のなか、ダム湖堆積土の処理を主目的とした「スラリー連続脱水処理システム」を開発した。本システムの特長を以下に示す。

- i. スクリュープレスの採用によって、脱水処理スペースが狭隘な場所で適用可能である。
- ii. フィルタープレスを用いた脱水方式に比べ、連続脱水処理が可能であり、省力化が図れることからコストダウンとなる。
- iii. 前処理設備との組み合わせにより、幅広い土質に適用できるとともに、処理した土砂の再利用が可能である。
- iv. スクリュープレスの排出口開口量を検出して、スクリュー回転数を自動制御することで処理土の強度（コーン指数）や含水比が調整できる。

キーワード：ダム湖堆積土、スクリュープレス、連続脱水、自動制御

1. はじめに

ダム貯水池計画では、100年間に堆積する土砂量が貯水容量に予め見込まれているが、完成後経過年数の長いダムでは計画堆砂量を超える例も多く見られる。このようなダムでは堆積土砂増加によるダムの機能障害が懸案となっている。

1997年に実施された全国580箇所のダム堆砂に関する調査では、毎年400万m³程度の土砂採取が確認されている。当時の全ダムの貯水池総堆砂量が約2000万m³程度であり、約20%の土砂が毎年採取されていることになる。

採取土砂の約60%がコンクリート骨材や盛土材料として有効利用されているが、木片等の異物の混入や微細粒子成分の存在により、有効利用には限界があることも示唆されている¹⁾。堆砂の土質分布は、堆砂体積比で約55%がシルト以下の成分であり、そのうち約20%は粘土成分である。有効利用を推進しても、採取作業のコストダウンや脱水技術の向上が課題である¹⁾。

従来より浚渫した土砂は、天日乾燥する方法やセメント系固化材等を用いて土質改良する方法などがとら

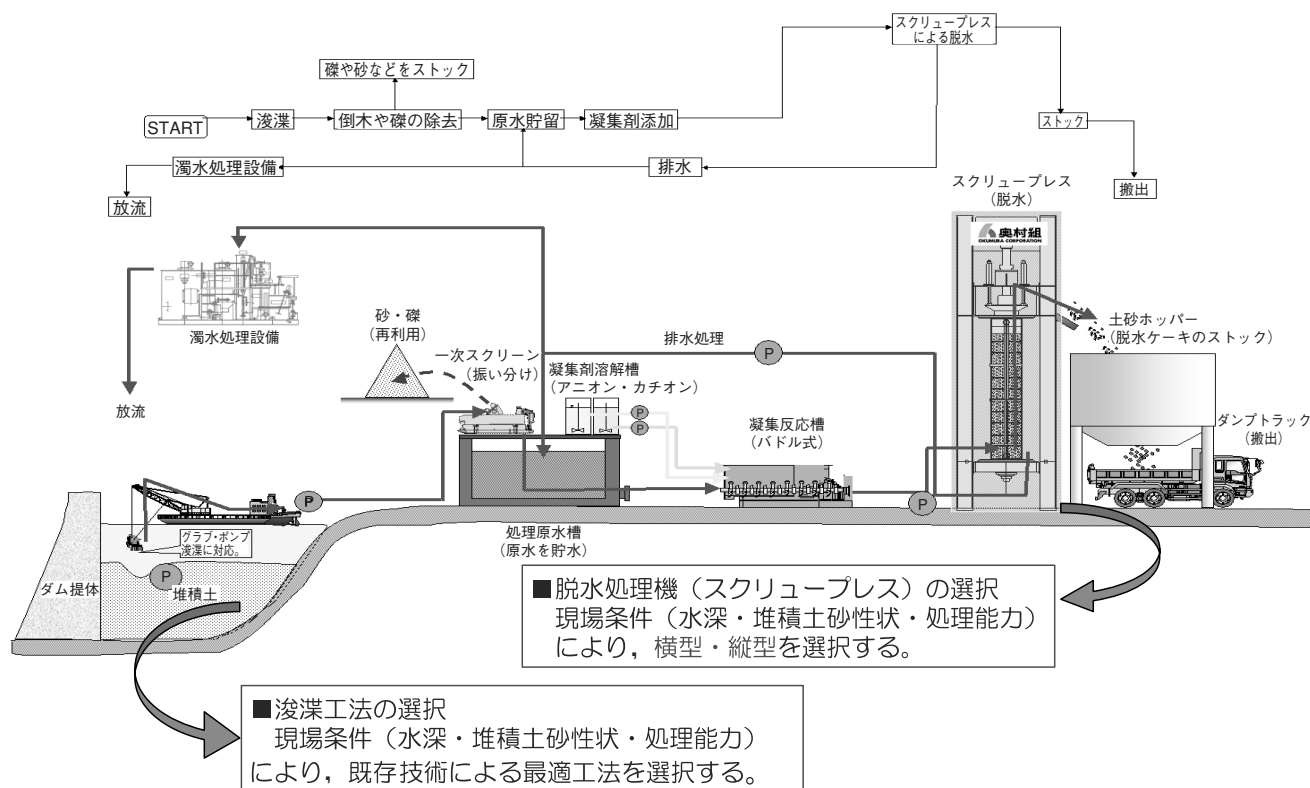
れてきた。天日乾燥するヤードが狭小なときは、フィルタープレスなどによる脱水方式が採用された例もある。天日乾燥では広い処理スペースが必要であること、フィルタープレスでは連続処理ができず作業効率が悪く施工コストが嵩むこと等の課題がある。

そこで、スクリュープレス（横型・縦型）を用いた「スラリー連続脱水処理システム」を開発し、設置スペースの縮小化への対応、処理土の品質確保、省力化、処理コストの低減を実現した。本報ではその概要と本システムを導入した施工実績について報告する。

2. スラリー連続脱水処理システム

(1) 概 要

システムの全体構成を、図—1に示す。システムを大別すると、浚渫工部分と脱水処理工部分に分類される。浚渫工事部分は、対象浚渫箇所の諸条件（堆積土の状況や土質・深度・地上までの移送条件・ダム運用上の管理条件による水位変動や作業時期など）により、最適工法を既存技術から選択する。脱水処理部分は、浚渫工の諸条件に最適な組み合わせとなるように設定する。



図ー1 スラリー連続脱水処理システムの全体構成（ダム湖堆積土処理の場合）

(2) 脱水処理フロー

- ①ダム湖より浚渫された浚渫土に含まれる礫や砂・流木などを、前処理設備（篩分用振動スクリーンなど）で分級する。
- ②分級後スラリーに、脱水に必要な凝集剤を加え、凝集反応槽にて均一に攪拌する。
- ③スクリーンプレスへ凝集フロックを生成したスラリーを投入する。
- ④設定されたコーン指数の脱水処理土が、スクリーンプレスの排出口から排出され、土砂置場に貯蔵される。
- ⑤土砂置場より、搬出先にダンプトラックにて搬出・運搬する。
- ⑥スクリーンプレスより排出される脱水後の濾水は、濁水処理設備にて処理し、ダム湖へ放流する。

(3) システムの特長

スラリー連続脱水処理システムの特長は、以下の通りである。

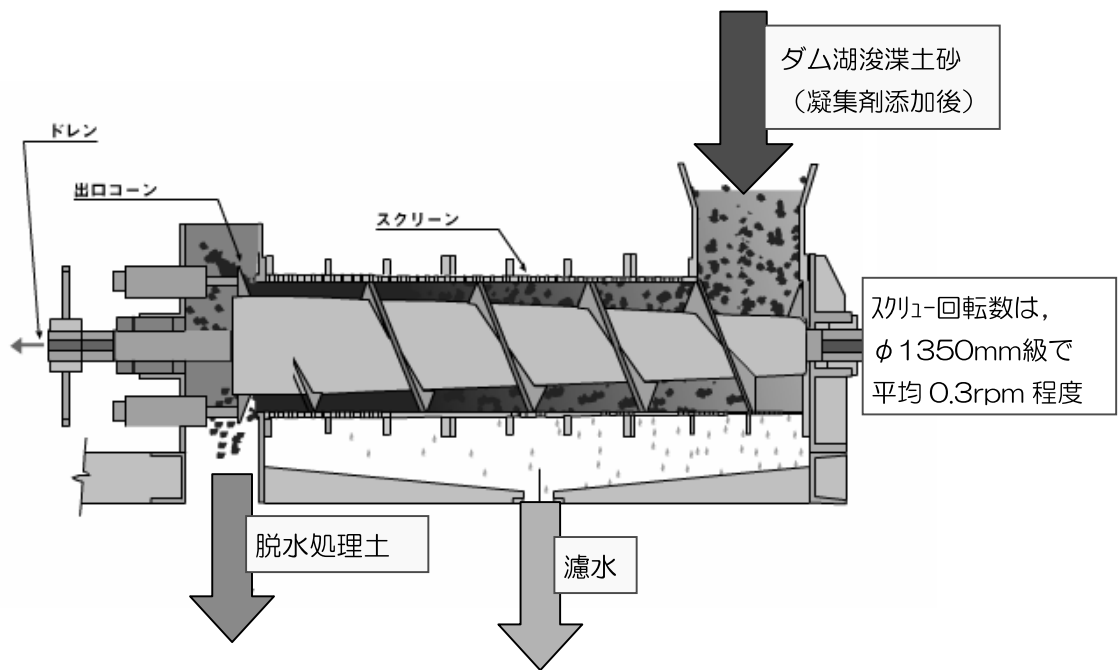
- ①スクリーンプレスの採用により、処理ヤードが天日乾燥に比べ、1/10 程度に、フィルタープレスに比べ、3/4 程度となり、狭隘な作業場所でも適用可能である。
- ②フィルタープレスによる脱水方式に比べ、連続処理が可能であり、効率化、省力化が図れ、処理コスト

が軽減される。

- ③前処理設備の選定により、幅広い土質に適用できるとともに処理した土砂の再利用が可能である。
- ④構造がシンプルなので、調節・点検箇所が少なく維持管理が容易でなる。
- ⑤スクリーンプレスの運転は、低速回転（ $\phi 1350 \text{ mm} : 0.3 \text{ rpm}$ 程度）であり、かつ駆動部が少ないため消耗品がほとんどなく、メンテナンス費用がかからない。
- ⑥スクリーンプレス回転数が低速であり、騒音、振動が少ないために周辺環境へ及ぼす影響が軽減される。
- ⑦自動制御による連続運転が可能であり、運転管理人員を削減できる。
- ⑧他の脱水機に比べ、使用電力が約 15% 程度の処理コストが軽減される。

(4) スクリーンプレスの概要

スクリーンプレスの脱水原理は、投入口より脱水前の対象土砂（凝集剤添加後）を投入し、テーパ状のスクリー軸が、回転することによりスラリーが移送され、スクリーンとスクリー軸間の容積が徐々に小さくなることにより、スラリーが圧縮され脱水される。濾液は外筒スクリーンより排出される。脱水イメージ図を、図ー2 に示す。



図一2 スクリュープレス脱水イメージ

(5) スクリュープレスでの脱水性能

様々な土質に対応できるように、ダム湖堆積土やシールド掘削土などを用い、技術研究所に搬入して脱水実験に用い、脱水性能の確認を実施している。代表的な脱水対象土の物性値を表一1に示す。

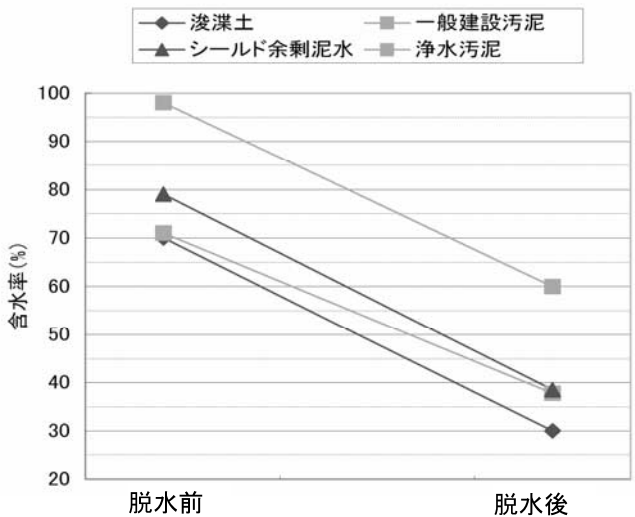
脱水能力は、脱水対象物の固形分性状（真比重・粒度分布等）により変動するが、数々の軟弱土（スラリー）

の脱水処理が可能であることを確認している。脱水前・脱水後の含水率を図一3に示す。

(6) 脱水品質自動制御システム

建設発生土利用基準では、表一2に示すようにコーン指数により区分されており、脱水処理土を所定区分を得るためには、コーン指数の制御が必要である。

脱水品質自動制御システムは、脱水実験で得られたスクリーンプレス出口開口量と脱水ケーキのコーン指数の相関関係を利用し、回転速度を制御する事によりコーン指数の自動制御を安定的に行うシステムである。図一4に、出口開口量と脱水処理土のコーン指



図一3 スクリュープレスでの脱水前・脱水後の含水率の変化

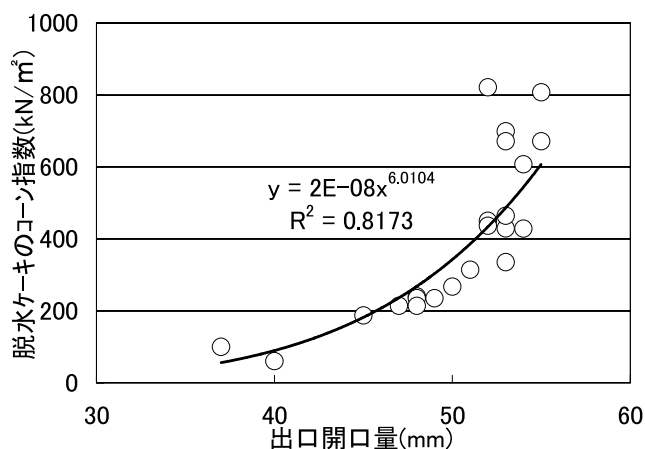
表一2 建設発生土の処理区分

区 分	コーン指数 (KN/m ²)
第一種建設発生土	—
第二種建設発生土	800 以上
第三種建設発生土	400 以上
第四種建設発生土	200 以上
泥土	200 未満

出典:国土交通省「発生土利用基準」より

表一1 ダム湖堆積土の土質性状 (〇〇ダム)

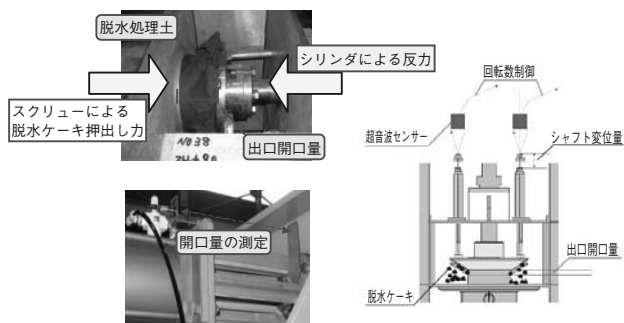
	土粒子の単位体積重量 (t/m ³)	自然含水比 (%)	自然含水率 (%)	粒度分布 (%)					最大粒径 (mm)	均等係数
				石分	礫分	砂分	シルト分	粘土分		
〇〇ダム	2.62	218.5	68.6	0	1.6	12.6	66.7	19.1	9.5	23.1



図一4 出口開口量と脱水処理土のコーン指数との関係（例）

数との相関関係（例）を示す。本システムを利用することで、所定のコーン指数を任意に得ることができるため、要求品質を確保しながらスムーズな回転数の制御が可能となり、脱水処理システムの効率化、省力化により低コスト施工が可能になる。

図一5に脱水产品自動制御システムのイメージを示す。



図一5 脱水产品自動制御システムイメージ図

3. ダム堆積土処理に関する実適用事例

(1) 工事概要

- ・ 工事名：石狩川砂防事業のうち黒岳沢川第一号ダム除石工事
- ・ 発注者：国土交通省 北海道開発局 旭川開発建設部
- ・ 施工場所：北海道上川郡上川町層雲峡地内
- ・ 工期：平成19年7月24日～平成20年3月4日（約7.5ヶ月）
- ・ 工事規模：浚渫及び脱土工（シルト） $V = 5,400 \text{ m}^3$ 、掘削工（砂礫） $V = 24,000 \text{ m}^3$ 、仮設工1式

(2) 堆積状況（工事着手前）



写真一1 着手前の堆積状況（シルト系）

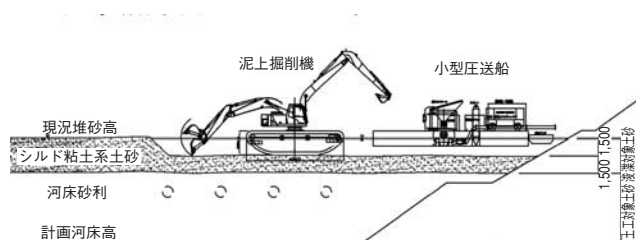
(3) 施工フロー

① 浚渫工

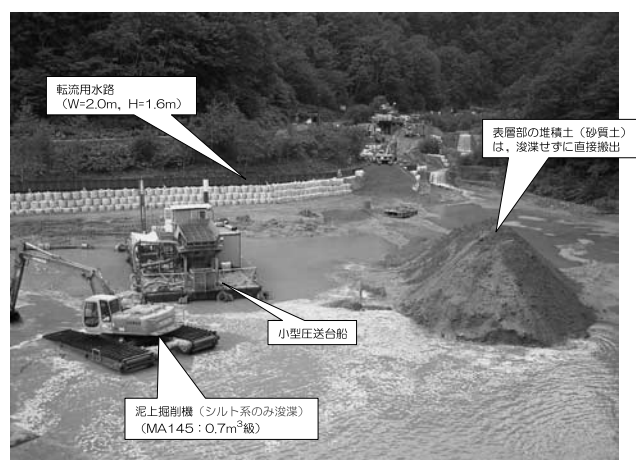
現地条件により、砂防ダムのダム湖の水深が、1.0 m 程度であることから、泥上掘削機による浚渫を行い、脱水処理設備まで圧送船を用いて圧送する（図一6、写真一2、3）。

② 脱水処理工

浚渫・圧送された高含水率な堆積土から、一次篩分け設備を用いて、礫や木材（流木）などの異物を除去し貯留する（写真一4）。



図一6 泥上掘削機による浚渫圧送作業



写真一2 泥状掘削機による浚渫作業状況①（シルト系）



写真-3 泥状掘削機による浚渫作業状況②（シルト系）

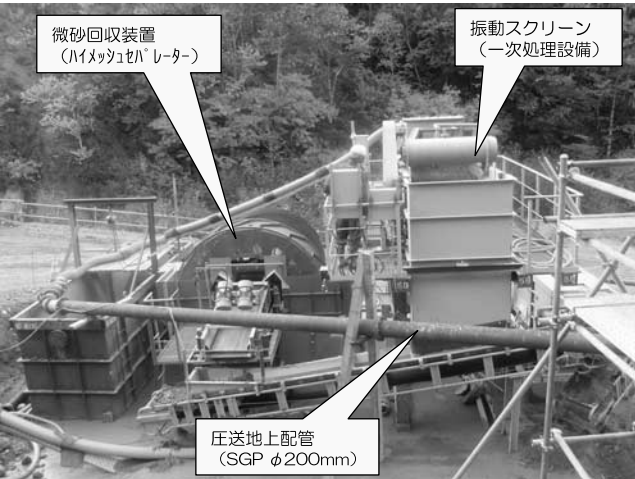


写真-4 前処理設備（振動篩い・微砂回収設備）全景

凝集反応槽において、高分子凝集剤（アニオン・カチオン系）と凝集助剤（フライアッシュ）を添加し、均質に攪拌後、スクリュープレスによる脱水を行う。脱水後の性状は、コーン指数自動制御システムを用い、本工事における品質規定である $q_c = 300 \text{ kN/m}^2$ 以上で連続脱水処理を行う。当工事に採用したスクリュープレスの仕様を、表-3に示す。また、図-7、8、写真-4、5、6、7に、それぞれ脱水処理設備の図面および写真を示す。

(4) 脱水後の品質性能

脱水後の要求強度は、特記仕様書にて脱水後の土砂転用先での必要強度（コーン指数： 300 kN/m^2 以上）

表-3 脱水処理設備主要機器（スクリュープレス）

種 別	規格寸法 (スクリュープ径)	配置 台数	処理能力※
横型スクリュープレス	φ 1000 mm 型	1	10.0 m ³ /h
横型スクリュープレス	φ 500 mm 型	1	3.5 m ³ /h

※脱水前堆積土数量に対する処理能力である。

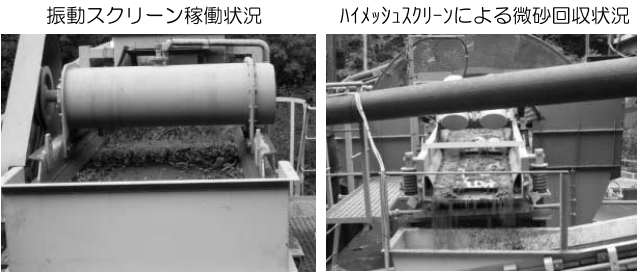


写真-5 前処理設備（振動篩い・微砂回収設備）稼働状況

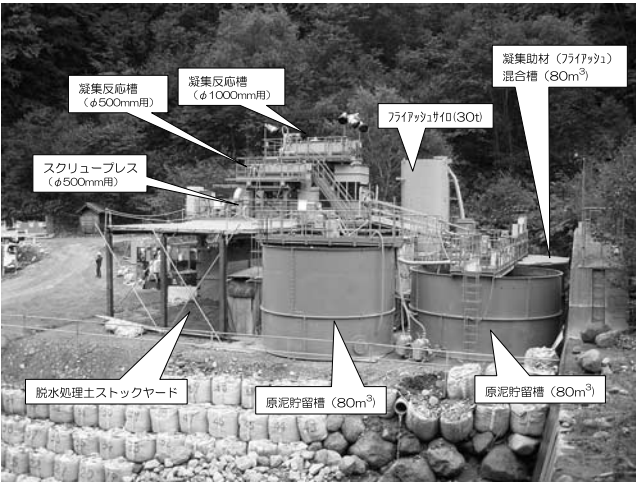


写真-6 脱水処理設備 全景

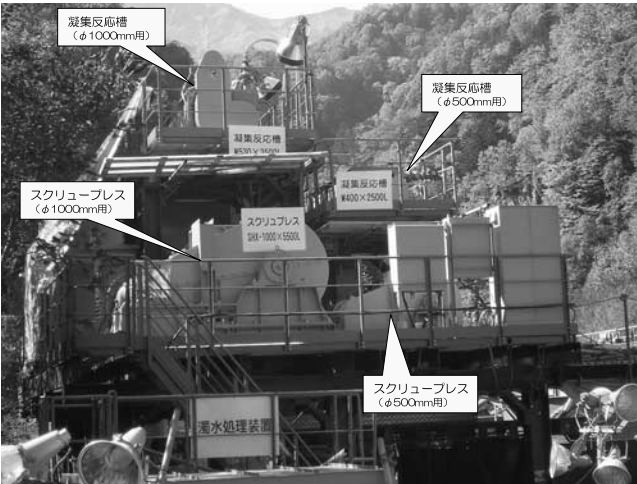
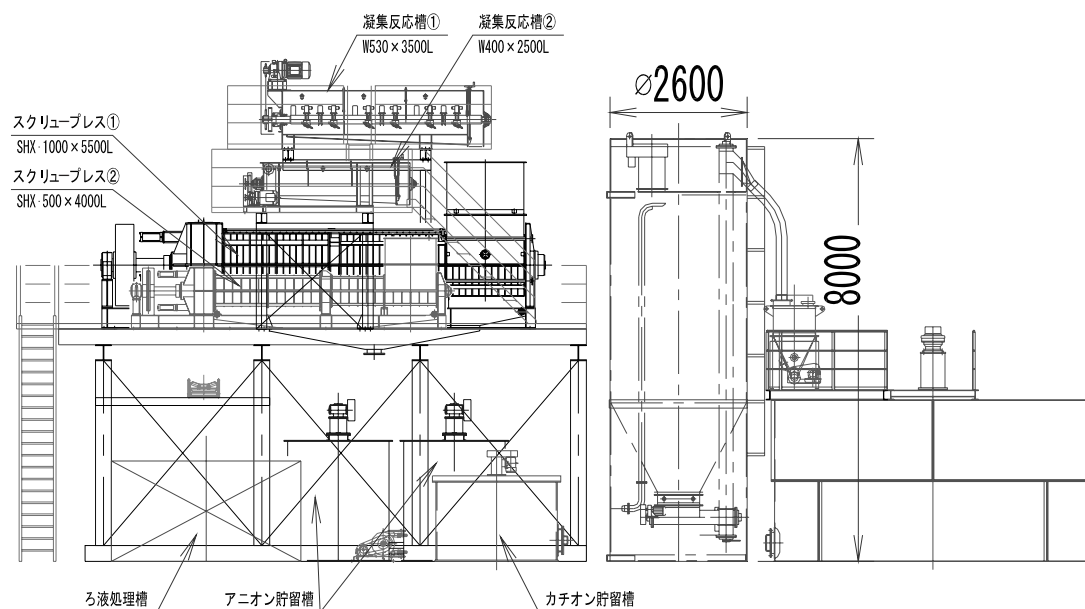


写真-7 脱水処理設備（スクリュープレス）・凝集反応槽

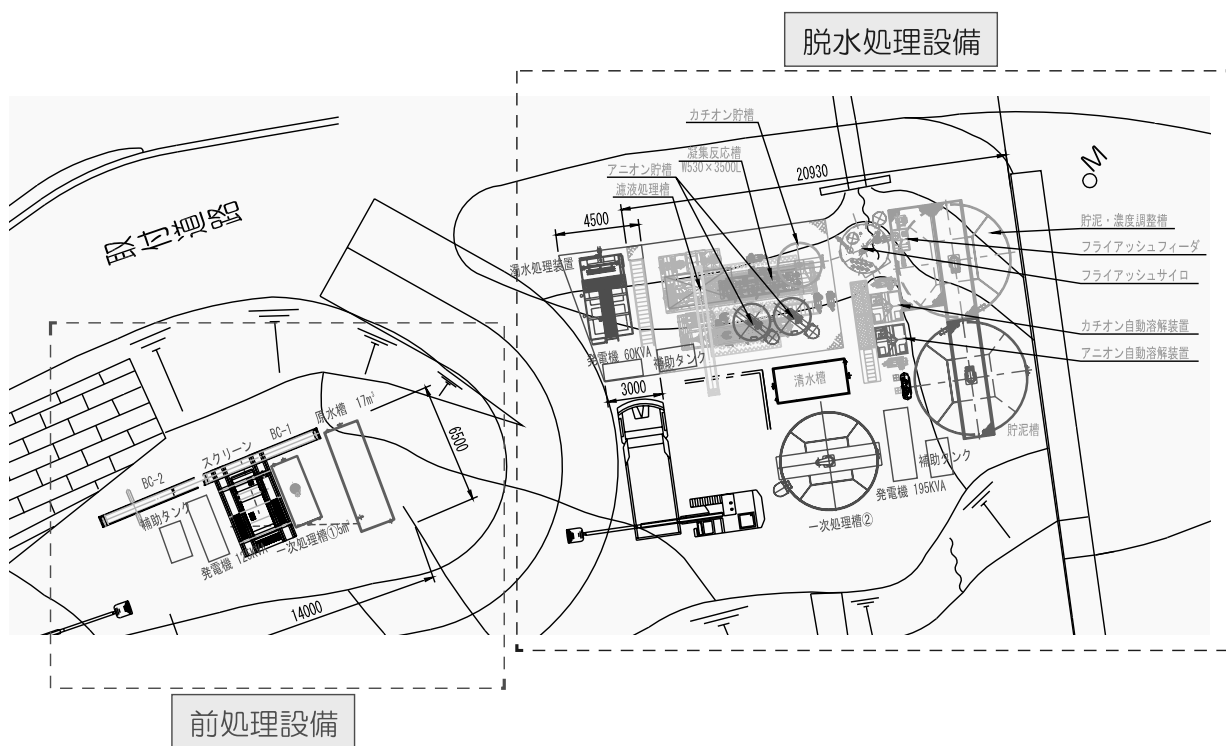
とされている。

当工事では、浚渫される脱水前土砂含水率が比較的変動するため、事前に測定したデータを用い、脱水品質自動制御システムによるスクリュープレス回転数と排出口の開口量を効率的に制御し、必要強度（ 300 kN/m^2 以上）を確保した脱水処理を行った。

図-9に脱水処理土の強度と回転数の関係を示す。また、写真-8に脱水処理土の排出状況を示す。



図一 7 脱水処理設備断面図



図一 8 脱水処理システム設備平面図

4. その他適用可能範囲

ダム湖堆積土処理以外に、軟弱な土砂を脱水処理する工事に適用可能である。

- ・ダム湖、河川、湖沼浚渫工事で発生する浚渫土
- ・シールド工事で発生するシールド泥水
- ・水道、工場の浄水過程で発生する浄水汚泥
- ・軟弱土、泥土

5. まとめ

当該システムの技術開発をスタートさせ、本格的な実プロジェクトへの適用を行い、システムの有効性を確認した。環境問題がクローズアップされる中で、軟弱土砂や建設汚泥の効率的な脱水処理が可能な減容化技術として成長させるべく、ハード・ソフトの両面から性能を向上させるとともに、低コスト化を目指す所

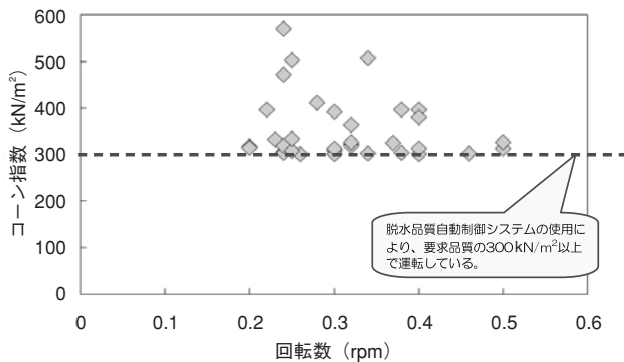


図-9 脱水処理土の強度と回転数の関係（クーン指数：300 kN/m² 以上）

Φ1000mmスクレープス 出口部



写真-8 脱水処理土の状況（クーン指数：300 kN/m² 以上）

存である。また、技術提案型入札の増加に伴う技術提案力強化に繋がることを期待している。 J C M A

《参考文献》

- 1) 柏井条介：堆砂対策によるダム貯水池の持続的利用，月刊土木技術資料，47 [1]，p.46-51（2005.1）

[筆者紹介]

戸澤 清浩（とざわ きよひろ）

㈱奥村組
技術本部
東京土木技術部
山岳トンネル・ダムグループ
主任



石橋 則秀（いしばし のりひで）

㈱奥村組
東京支社
土木統括
機械部工務課
課長



白石 祐彰（しらishi ひろしげ）

㈱奥村組
技術研究所
環境グループ
主任研究員



大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 18 年度版——

■内 容

平成 18 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) 岩盤用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

● A4 版／約 250 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）

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>

流動化剤を用いたソイルセメント壁の 注入量低減工法

佐 藤 英 二・木之下 光 男

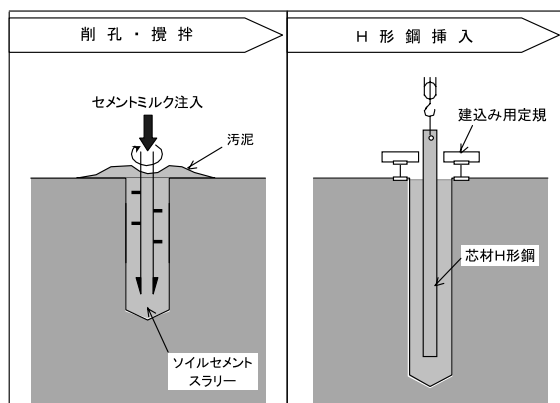
従来のソイルセメント壁の施工では、土 1 m³ の固化過程で約 0.7 m³ の建設汚泥が発生し、環境負荷低減や工費低減等の観点から建設汚泥の削減技術が求められていた。筆者らは、ソイルセメント用の流動化剤を開発してセメントミルクの注入量を低減し、施工性や強度を確保しながら建設汚泥を 4 割程度削減できる工法を開発した。

本報告では、ソイルセメントに必要な流動性の指標、開発したソイルセメント用の流動化剤の概要、室内調合試験での性能確認結果、現場施工試験での効果確認結果等の一連の研究開発成果を示す。

キーワード：山留め壁、ソイルセメント壁、注入量低減、建設汚泥削減、流動化剤、施工試験

1. はじめに

原位置地盤にセメントミルクを注入し、混合攪拌することでソイルセメントの山留め壁を構築するソイルセメント壁工法が普及している（図—1）。土とセメントミルクの混合物であるソイルセメントスラリーは、地中で硬化すれば山留め壁として活用されるが、溢れた不要なものは建設汚泥（以下、汚泥と呼ぶ）となる。工事では注入したセメントミルクとほぼ同体積の汚泥が発生するため環境負荷低減および工費削減の観点から汚泥削減技術が求められている。



図—1 従来のソイルセメント壁工法

汚泥の削減技術には、主に 2 種類がある。一方は、汚泥を液状分と土砂分に分離し、液状分に含まれるセメントと水を再利用することで、汚泥を削減する再利用工法である¹⁾。他方は、セメントミルク中の水量を

減らし、セメントミルクに流動化剤を添加することで芯材挿入などの施工性を確保しながら、溢れ出る汚泥を削減する工法である^{2)~4)}。

再利用工法は、汚泥を液状分と土砂分に分離する大型設備機械が必要であり、汚泥の液状分に含有するセメント分の有効性を判断して再調合するのが難しい。一方、セメントミルクを減量する工法はソイルセメントスラリーの流動性を確保する高性能な流動化剤が必要となる。筆者らは、大型設備機械を必要とする汚泥の再利用工法は市街地での工事には適さないと判断し、流動化剤で施工性や強度を確保しながらセメントミルクの注入量を低減し、汚泥を削減する工法を開発した。

まず、ソイルセメントスラリーに必要な流動性の指標を検討し、指標を満足するまで流動性を向上させる流動化剤を開発した。また、室内調合試験で流動化剤の性能を確認した後、実工事で施工試験を行い、本工法の有効性を定量的に確認した。

2. 注入量低減上の条件

従来のソイルセメント壁工法では、土 1 m³ を硬化させる過程で約 0.7 m³ の汚泥（土とセメントミルクの混合物）が発生している（図—2）。これは、ソイルセメントの流動性を確保し、芯材 H 形鋼のソイルセメントへの挿入を円滑にすることなどのために、水量の多いセメントミルクを多量に地盤に注入するためである。

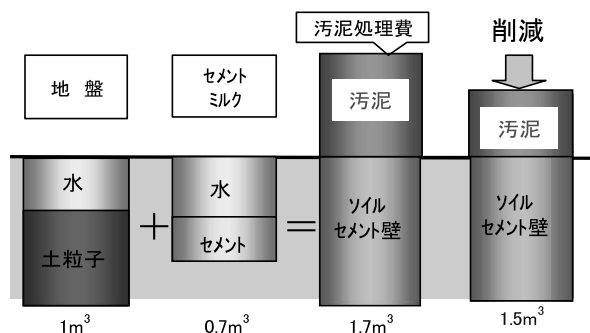


図-2 ソイルセメント壁工法における汚泥発生概念

H形鋼の挿入性は、砂質土地盤と粘性土地盤では異なり、地盤によって注入量を変えている。しかし、注入量は経験的に決めているものであり、H形鋼が挿入可能かの事前の判断材料が無いのが実情である。ソイルセメント壁の注入量低減工法を検討する場合、定量的にH形鋼の挿入性を評価する方法が必要である。

H形鋼が挿入可能かの判断基準と、攪拌性（攪拌回数）がソイルセメントの流動性に与える影響を室内実験で検証した。本実験では流動化剤は使用していない。

(1) H形鋼が挿入できるソイルセメントの流動性⁵⁾

H形鋼挿入時における力の釣合いの概念図を図-3に示す。H形鋼を自重で挿入できるのは、以下の条件が成り立つ時である。

$$W > F + B \quad (1)$$

ここで、W：H形鋼の重量（kN）

F：ソイルセメントの挿入抵抗合力（kN）

B：H形鋼が受ける浮力（kN）

H形鋼先端部の抵抗を無視すると、下式となる。

$$f < (W - B) / A \quad (2)$$

ここで、f：ソイルセメントの挿入抵抗（kN/m²）

A：模型H形鋼の表面積（m²）

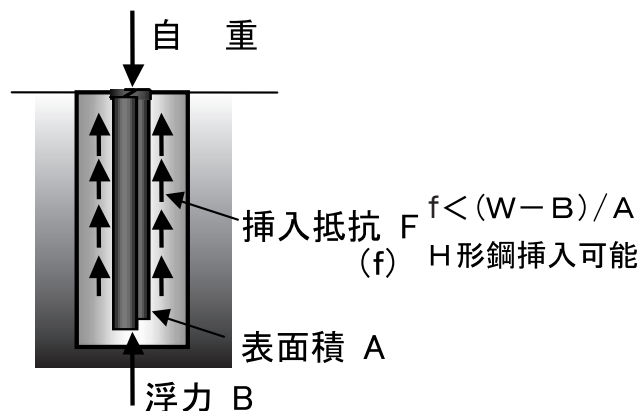


図-3 H形鋼挿入時の力の釣合い

模型H形鋼（H-55×25×3×3）を作成し、粘性土と砂質土の2種類について挿入実験を行った。土、セメント等は一定量とし、水量を変えて流動性の異なるソイルセメントを作成して挿入実験を行った。また、モルタルフロー試験（JIS R 5201に準拠）によるモルタルフロー（15打時）を流動性の指標とした。

模型H形鋼の挿入実験結果を図-4(a)に示す。粘性土、砂質土ともに、モルタルフロー（流動性）が低下するにつれて挿入抵抗は増大する傾向を示す。また、実工事のH形鋼がH-400×200×8×13の場合、挿入可能なモルタルフローを算定すると16cm以上となる。実工事におけるH形鋼挿入結果を図-4(b)に示す。「○」は挿入できたことを、「×」は挿入できなかったことを示す。16cm以上という指標は実工事のH形鋼挿入結果とも対応している。実験や実工事の挿入結果から、自重で挿入可能なソイルセメントの流動性はモルタルフローで16cm程度以上と判断される。

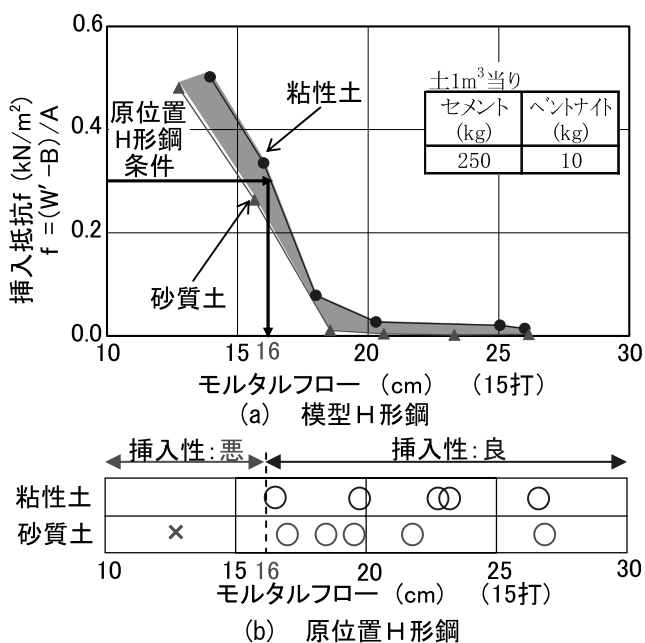


図-4 H形鋼挿入結果

(2) 攪拌性（攪拌回数）と流動性の関係⁵⁾

攪拌性を向上させることで流動性を向上させることができるかを明確にするため室内調査実験を行った。

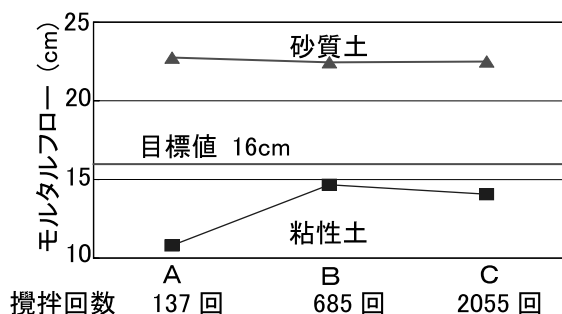
粘性土と砂質土を用いて、攪拌回数の異なるソイルセメントの流動性や強度を比較した。練混ぜは137回転/分のホバートミキサーを用いて実施し、攪拌回数はケースA：137回、ケースB：685回、ケースC：2055回（A：B：C = 1：5：15）の3ケースを実施した。セメントミルクの調合を表-1に示す。

表—1 セメントミルクの調合

土 1 m ³ 当り	水 (kg)	セメント (kg)	ベントナイト (kg)	注入率 (%)
粘性土	700	350	10	82
砂質土	600	250	10	69

攪拌性（攪拌回数）と流動性の関係を図—5に示す。砂質土は攪拌回数にかかわらず、流動性の高い位置で安定している。粘性土は攪拌回数を増加させると流動性が向上するが、ある攪拌回数を超えると流動性はそれ以上向上しない傾向を示した。粘性土は攪拌性を向上させるだけでは流動性の向上に限界がある。

実験結果より、注入量低減工法での流動性向上にはほかの手段が必要であり、ソイルセメント用の流動化剤の開発が必要と判断した。



図—5 攪拌性と流動性の関係

3. ソイルセメント用の流動化剤の概要⁴⁾

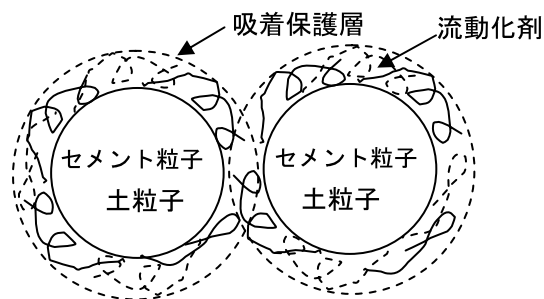
開発した流動化剤の成分は、ポリカルボン酸共重合体と、セメントの硬化遅延を目的とした流動保持剤（界面活性剤）を3：1の割合で混合したものである。流動化剤の外観を写真—1に示す。流動化剤は黄褐色の液体である。揮発性がなく、急性毒性も非常に低いので、環境への悪影響はない。

ソイルセメントの流動化には、流動化剤の吸着により粒子表面がマイナスの荷電をして粒子同士が反発する静電反発力が寄与している。さらに、ポリカルボン酸系流動化剤は、高分子吸着保護層の形成による立体



写真—1 流動化剤の外観

反発力の効果が大きいと考えられる。立体反発力による粒子の流動化の概念を図—6に示す。流動化剤の分子が粒子表面に吸着し、立体的な分子構成で厚みのある保護層を形成することで粒子が反発し、流動化を促進させる。



図—6 流動化剤による流動化促進の概念図

4. 室内試験による流動化剤の性能の確認⁶⁾

開発した流動化剤の性能を定量的に評価するために、土の種類を変えた室内調合試験を行った。

用いた材料を表—2に示す。Y工事で採取した砂とI工事の粘土を用い、「砂質土」は砂分が約7割、「粘性土」は細粒分が約7割となるよう砂と粘土を混合した。

表—2 室内調合試験に用いた材料

セメント	高炉セメントB種
水	水道水（千葉県印西市）
ベントナイト	米国ワイオミング州産（H社製）
流動化剤	F剤：開発品（ポリカルボン酸共重合体＋流動保持剤）
試料土	砂質土（Y工事の砂：I工事の粘土＝8：2） 粘性土（Y工事の砂：I工事の粘土＝3：7）

調合を表—3に示す。従来工法の調合は通常の工事で使用される調合であり、注入量低減工法は、従来工法から注入率を約50%低減したものとした。

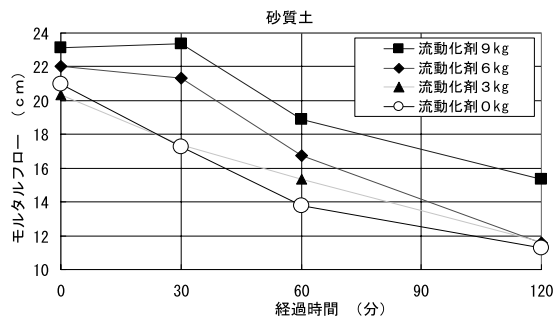
注入量低減工法の試験結果を、砂質土について図—7に、粘性土について図—8に示す。モルタルフロー

表—3 セメントミルク調合の概要

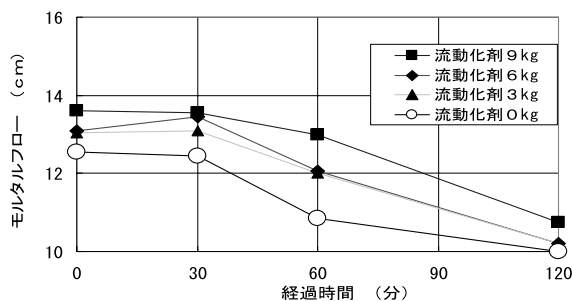
	調合 No.	水 (kg/±1m ³)	セメント (kg/±1m ³)	ベント ナイト (kg/±1m ³)	W/C (%)	注入率 (%)	注入率 低減率 (%)
従来工法	1	600	250	10	240	68.6	0
注入量 低減工法	2	300	150	10	200	35.4	48.5

の経時変化を、無添加 (○) と流動化剤を 3, 6, 9 kg/土 1 m³ 添加したもの (▲, ◆, ■) を比較している。無添加に対し、特に、流動化剤を 6, 9 kg/土 1 m³ 添加したものは、どの時間においてもモルタルフローが大きくなっている。

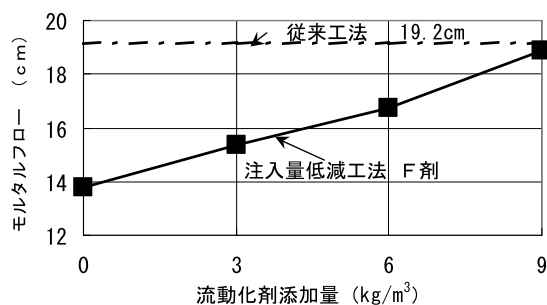
流動化剤添加量とモルタルフローの関係を図— 9, 図— 10 に示す。施工では削孔開始後、1 時間程度で



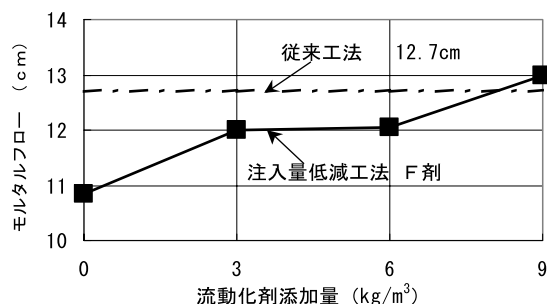
図— 7 経時変化 (砂質土)



図— 8 経時変化 (粘性土)



図— 9 流動性 (砂質土・60 分後)



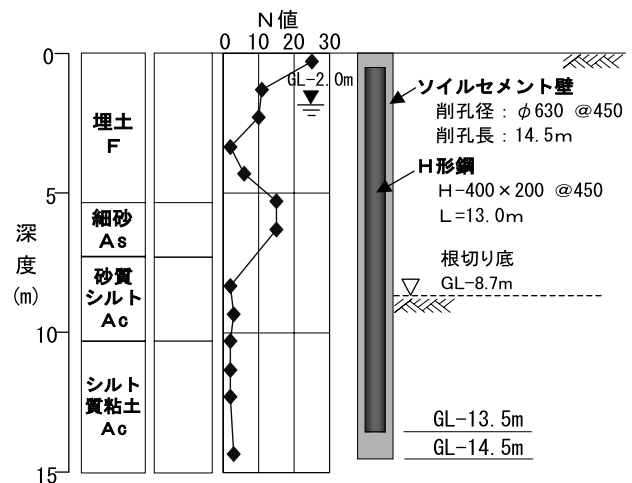
図— 10 流動性 (粘性土・60 分後)

H 形鋼を挿入することから、経過時間 60 分後の流動性を比較している。流動化剤量が増えると、モルタルフローが大きくなり流動性が良くなる。注入量を約 50 % 低減しても、流動化剤を 9 kg/土 1 m³ 程度添加することで従来工法と同等の流動性が得られた。

5. 施工試験による流動化剤の効果の確認⁵⁾

流動化剤の効果確認と注入量低減工法の可能性確認を目的として実工事で施工試験を実施した。

施工試験を実施した山留め壁工事と地盤の概要を図— 11 に示す。ソイルセメント壁は約 9 m の根切りを行うための山留め壁であり、削孔径が φ 630 mm, 削孔長が 14.5 m, H 形鋼は H - 400 × 200, ピッチ 450 mm である。



図— 11 施工試験を実施した工事

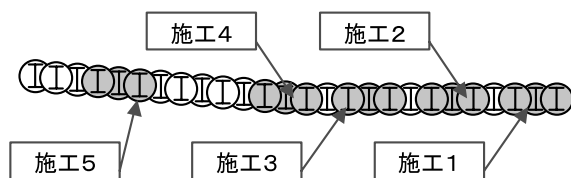
地盤は、表層から埋土層、沖積砂層、および沖積シルト層という層序となっている。自由水位および被圧水位は共に約 GL - 2 m である。

施工試験のセメントミルクの調合を表— 4 に、試

表— 4 セメントミルク調合の概要

土 1m ³ 当り			施工 1	施工 2	施工 3	施工 4	施工 5
			従来工法	注入量低減工法			
調合	水：W	(kg/±1m ³)	650	480	419	360	296
	セメント：C	(kg/±1m ³)	202	226	199	207	190
	ベントナイト	(kg/±1m ³)	14	17	16	16	17
	W/C	(%)	322	212	211	174	156
	W'/C	(%)	568	432	460	414	417
注入率		(%)	72.2	56.1	49.1	43.5	36.6
流動化剤 (F 剤)		(kg/±1m ³)	0	8.0	8.0	8.0	8.0
芯材の挿入性			○	○	○	○	○

W'/C : 地盤中の水を考慮した水セメント比、単位体積重量および含水比より水量を 497 kg/土 1 m³ と仮定

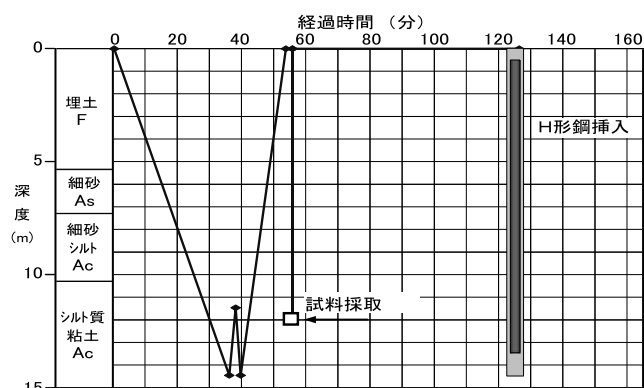


図一 12 試験施工位置

試験施工位置を図一 12 に示す。施工 1 は、従来工法による実施工の調査であり、注入量低減工法の施工試験と比較するために示す。従来工法の注入率は約 72 % で流動化剤は添加していない。ここで、注入率とは土に対する注入するセメントミルクの体積の割合である。

施工 2 ～ 5 では、流動化剤で流動性を確保しながら注入率を従来工法より低減させた。室内調査試験結果から表一 4 のように施工 2 から施工 5 まで段階的にセメントミルク中の水量とセメント量を減らした。施工 5 の注入率は 36.6 % であり従来工法の半分である。施工 2 ～ 5 とともに流動化剤は $8.0 \text{ kg}/\pm 1 \text{ m}^3$ を添加した。

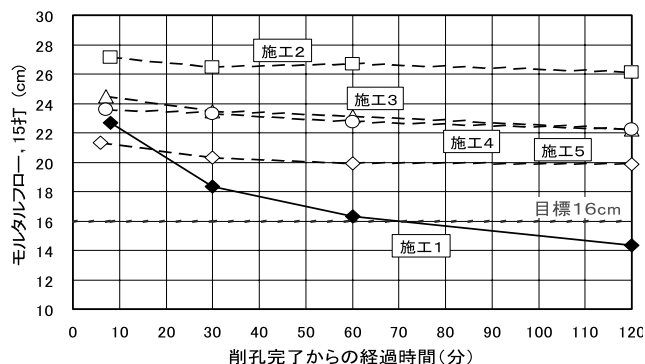
削孔サイクルの例を施工 1（従来工法、注入率 72 %）について図一 13 に示す。削孔時間は約 50 分で、削孔直後にサンプラーを用い深度 12 m からソイルセメントを採取した。H 形鋼挿入は、削孔完了から約 70 分経過後である。H 形鋼挿入は、施工 1 と施工 2 ～ 5 の全てにおいてスムーズに挿入ができた（表一 4 下端参照）。



図一 13 削孔サイクルの例（施工 1：従来工法）

削孔完了からの経過時間とモルタルフローの関係を図一 14 に示す。流動化剤を用いない施工 1 では、約 1 時間を経過すると H 形鋼挿入に必要なモルタルフロー 16 cm 程度まで低下した。一方、施工 2 ～ 5 では 2 時間経過後でも 16 cm を十分確保している。

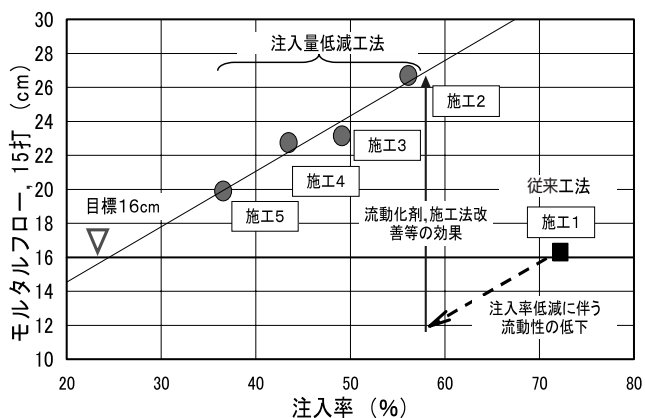
施工 1（従来工法）、施工 2 ～ 5 の注入率とモルタ



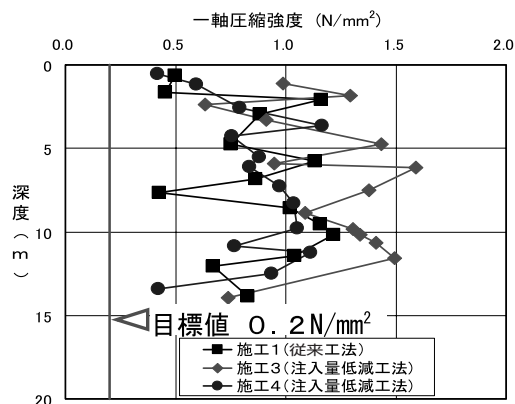
図一 14 時間経過に伴う流動性の変化

ルフロー（削孔完了 60 分後）の関係を図一 15 に示す。従来工法の注入率 72 % から、流動化剤を用いずに注入率を低減させると流動性は低下してしまうが、流動化剤を使用した注入量低減工法では、全ケースで目標値の 16 cm を超えている。特に、施工 5 は注入率を従来工法の半分に低減させたにもかかわらず、モルタルフローは同等以上であり、施工性は低下せず H 形鋼が挿入できた。流動化剤の効果が高かったものと判断される。

コアボーリング試料（材齢約 10 週）による 3 ケー



図一 15 採取したソイルセメントの流動性試験結果



図一 16 コア試料の圧縮強度試験結果

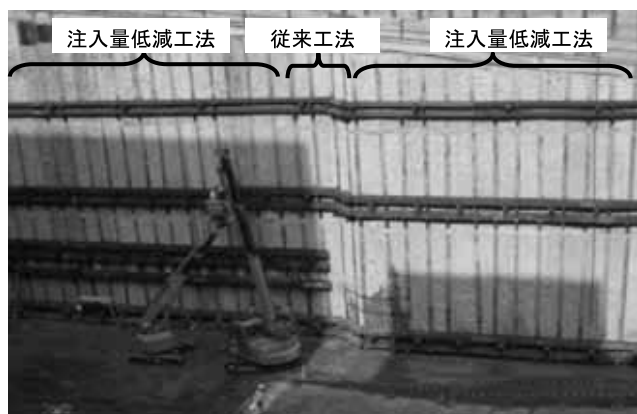
スのコア強度を重ねて図—16に示す。全ての強度は目標強度を満足している。また、施工3、4（注入量低減工法）の強度は、施工1（従来工法）と同等か高い傾向を示している。また、根切り時のソイルセメント壁を確認した結果、従来工法部分と注入量低減工法部分の止水性は問題がなかった。流動化剤によって施工性および品質を損なうことなく、注入率を従来工法の半分程度まで低減できた。

6. 実工事への適用

本工法は、5章に示した工事を始めとして5件の工事で施工試験を行って効果を確認し、現在まで5件の実工事に適用している。

東京都区内の砂質地盤でのソイルセメント壁工事に本工法を適用した事例では、汚泥550 m³（汚泥搬出用ダンプで110台分）を削減できた。また、ソイルセメント壁の施工中は、汚泥を一時的に溜めて置く汚泥ピットが縮小でき、作業スペースが増大し作業性が向上した。

根切り後のソイルセメント壁の状況を写真—2に示す。従来工法部分も流動化剤を用いた注入量低減工法部分も漏水は見られず、止水性は問題がなかった。



写真—2 適用工事における根切り後の状況

7. おわりに

ソイルセメントスラリーの流動性を向上させる流動化剤を開発し、室内調合試験で流動化剤の性能を確認した後、実工事で施工試験を行い、本工法の有効性を確認した。一連の研究開発で以下を明らかにした。

①H形鋼が自重で挿入可能なソイルセメントの流動

性はモルタルフローで16 cm程度以上と判断される。

②粘性土は攪拌性向上だけでは流動性向上に限界があり、注入量低減工法には流動化剤が必要である。

③開発したソイルセメント用流動化剤は、室内調合試験でソイルセメントに対し優れた流動性を示した。

④実工事での施工試験では、注入量を従来工法の半分まで低減しても流動化剤の効果で流動性低下は見られずH形鋼はすべて挿入できた。また、原位置強度の低下は見られず、止水性は問題がなかった。

以上より、ソイルセメント壁工事において、流動化剤の添加により施工性および品質を損なうことなく、注入量を従来工法の4割程度低減でき、建設汚泥も4割程度削減できると判断される。

謝辞 御助言や御協力頂いた㈱竹中工務店の青木雅路氏、石井健太郎氏、瀬之口浩二氏、後藤良太氏、笠義秀氏、浦瀬 誠氏、鳥居勇一氏、玉井勝士氏、竹本油脂㈱の玉木伸二氏、疋田次峰氏に謝意を表します。

JICA

《参考文献》

- 1) 茂 雅夫・川原真一郎、他：発生泥土リサイクルによる残土低減工法の事例：GSS工法、基礎工、**33** [5], p.69-72 (2005.5)
- 2) 堀井宏謙・山崎 勉・松居 克、他：分散剤を添加したソイルセメント柱列壁の諸物性—第1報 注入量低減施工—、第35回地盤工学研究発表会発表講演集、pp.2013-2014 (2000.6)
- 3) 日高 厚・伊藤隆広：ソイルセメントの高流動化技術の開発、第5回地盤改良シンポジウム論文集、p.67-72 (2002.11)
- 4) 佐藤英二・木之下光男、他：流動化剤を用いたソイルセメント壁の注入量低減工法の研究（その1～3）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1, pp.545-550 (2005.9)
- 5) 佐藤英二・木之下光男、他：流動化剤を用いたソイルセメント壁の注入量低減工法の研究（その4～6）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1, pp.589-594 (2006.9)
- 6) 笠 義秀・玉木伸二、他：流動化剤を用いたソイルセメント壁の注入量低減工法の研究（その7～8）、日本建築学会大会学術講演梗概集、B-1, pp.515-518 (2007.8)

〔筆者紹介〕

佐藤 英二（さとう えいじ）
 ㈱竹中工務店 技術研究所
 建設技術研究部 地盤・基礎部門
 主席研究員
 博士（工学）技術士（建設部門）



木之下 光男（きのした みつお）
 竹本油脂㈱ 第三事業部
 研究開発部
 部長
 工学博士



コンクリート表面のひび割れ幅測定器

庄 野 昭

鉄筋コンクリート構造物に発生するひび割れは、構造物の機能維持、耐久性にとって重要な指標である。しかし、ひび割れ幅については、その測定結果に客観性を持たせることは難しい。

そこで、ひび割れに直接当てて撮影したデジタルカメラ画像から、ある区間のひび割れ幅を多数測定し、統計値として表示する測定方法を開発した。

測定結果は、カメラ部と USB ケーブルで接続したパソコンに 0.01 mm 単位で表示できる。また、測定画像や測定数値は、JPEG 形式、CSV 形式で保存できる。

キーワード：コンクリート、点検、検査、ひび割れ幅、測定器

1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物に発生するひび割れは、鋼材の腐食による耐久性の低下、水密性・気密性等の機能の低下、過大な変形や美観の低下などの原因となる。そこで、工事仕様書、設計基準・施工指針などでは許容ひび割れ幅を定め、ひび割れ幅を制限するなどの対策が従来からとられている。

さらに、ひび割れに起因するコンクリート構造物の早期劣化が社会的問題となったこともあり、品質保証に対する要求が高まっている。これを受けて竣工検査におけるひび割れ観察は初期点検項目のひとつとして一般化している。

コンクリート技術者にとってひび割れは昔からの大きな関心ごとであり、ひび割れ幅がコンクリート構造物に対して大きな影響を与えることが広く認識されているにもかかわらず、ひび割れ幅自体の定義もなく、また、その測定方法や評価手法について標準化あるいは規格化されたものは今日でも見当たらない。

また、連続した一本のひび割れであっても、ひび割れ幅は一定でなく、測定位置によってひび割れ幅は異なるのが実状である。また、最大ひび割れ幅という用語が多用されるが、具体的にどの位置あるいはどのような評価に基づくものか定義されずに用いられている。さらに、従来から使用されているクラックスケールは、線の太さが 0.05 mm ピッチの飛び飛びで、細かな測定は困難である上に、測定者によって読取り値が異なる場合が多く見られる。

そこで、精度の高いひび割れ幅測定器を開発し、ひび割れ幅の評価に客観性を持たせることを目的として本測定器を開発した。

2. ひび割れ幅測定器の開発背景

コンクリート構造物の耐久性を確保するためにはひび割れは重要な指標となっている。たとえば、土木学会コンクリート標準示方書では、許容曲げひび割れ幅として表—1 を与えている。許容ひび割れ幅はかぶり C（コンクリート表面と最も外側の鉄筋表面までの距離）の関数となっているので、たとえばかぶり C を 40 mm とすると数値的には 0.01 mm 単位として表わされる。

表—1 許容ひび割れ幅 w_s ¹⁾

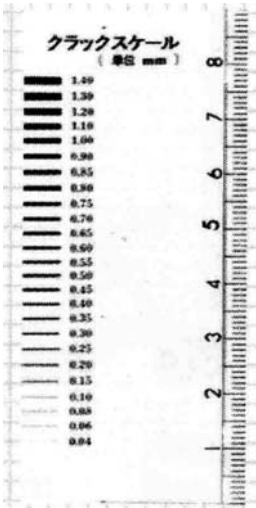
鋼材の種類	鋼材の腐食に対する環境条件		
	一般の環境	腐食性環境	特に厳しい腐食性環境
異形鉄筋	0.005C	0.004C	0.0035C
普通丸鋼	0.20 mm	0.16 mm	0.14 mm
PC 鋼材	0.004C 0.16mm	—	—

また、日本コンクリート工学協会が定めている補修の可否を判定する場合のひび割れ幅を表—2 に示したが、補修を必要としないひび割れ幅 0.1 mm をコンクリート面の観察から客観的に判定することは簡単ではない。

表―2 耐久性または防水性から補修の要否を判定する場合のひび割れ幅²⁾

区分	環境 その他の要因	耐久性から見た場合			防水性からみた場合
		きびしい	中間	ゆるやか	—
(A) 補修を必要とする ひび割れ幅 (mm)	大	0.4 以上	0.4 以上	0.6 以上	0.2 以上
	中	0.4 以上	0.6 以上	0.8 以上	0.2 以上
	小	0.6 以上	0.8 以上	1.0 以上	0.2 以上
(B) 補修を必要としない ひび割れ幅 (mm)	大	0.1 以下	0.1 以下	0.2 以下	0.05 以下
	中	0.1 以下	0.2 以下	0.3 以下	0.05 以下
	小	0.2 以下	0.3 以下	0.3 以下	0.05 以下

従来から用いられているひび割れ幅の測定方法としては、写真―1 に示すクラックスケールや写真―2 に示す測微鏡などがある。しかし人為差なく正確に読み取ることは難しい。



写真―1 クラックスケール

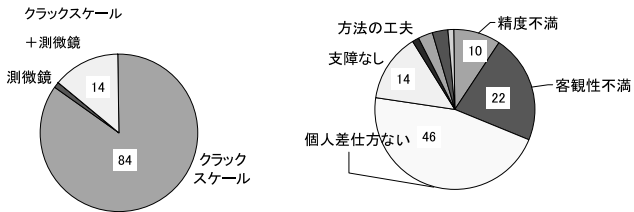


写真―2 側微鏡

ひび割れの定義としては、“ひび割れ方向に直交する幅で、一般にコンクリート表面における幅³⁾”とあるものの、その他の基準類でひび割れ幅を定義してい

る例は見当たらない。

開発にあたり約 100 名のコンクリート技術者に対してひび割れ幅の測定方法およびその信頼性についてアンケートを行った結果を図―1 に示す。大半の方々がクラックスケールを用いて測定されているが、約 30 %の方々は精度や客観性に不満を、約 50 %の方々は不満はあるがほかに良い方法がないと回答している。



図―1 アンケート結果

3. ひび割れ幅測定器の仕様と特徴

ひび割れ幅測定器は、写真―3 に示すようにひび割れの生じたコンクリート面に直接当ててひび割れ画像を撮影するカメラおよび USB ケーブルで接続したパソコンから構成されている。

カメラをコンクリート面に直接当てる必要があるた



写真―3 測定状況

め、測定範囲に制約を受けるが、エクステンションバーにカメラを取り付けると約2mまで延長できる。

ひび割れ幅測定器の仕様を表—3に示す。

表—3 ひび割れ幅測定器の仕様

品 目	詳細ひび割れ幅測定器
型 番	FCV-30
ひび割れ検出範囲	0.05 ～ 2.00 mm
ひび割れ表示単位	0.01 mm 単位
ひび割れ検出精度	± 0.02 mm 以下
撮影範囲（最大値）	20 × 16 mm（横×縦）
ひび割れ測定範囲	上記範囲の任意指定
撮影センサ	140万画素 CCD、撮影範囲： 1,024 × 1,024 画素
処理時間	約 1 sec 以内
画像記録	JPEG 形式（原画像、処理画像）
データ記録	CSV 形式
インターフェイス(カメラ、パソコン)	USB1.1
カメラ電源	アルカリ乾電池（単三2本）
カメラ外形寸法	150(長さ) × 72(幅) × 60(高さ)mm
カメラケーブル長	約 2.0 m 以下（USB ケーブル）
カメラ重量	約 300 g
動作温度	0℃～40℃
動作湿度	70%以下（結露のないこと）

ひび割れ測定位置の誤差を回避するため、本測定器は、長さ10～15mmのひび割れに対して、400箇所前後のひび割れ幅を連続的に測定し、統計的に処理してこの区間のひび割れ幅を表示するものである。

適用要件は、次のとおりである。

- ①測定可能なひび割れ幅は、0.05 mm 以上 2.0 mm 以下。
- ②ひび割れの長さは、10 mm ～ 15 mm の範囲。
- ③測定精度は、± 0.02 mm、結果表示は 0.01 mm。

本測定器の PC 画面を写真—4に、特徴を次に示す。

- ①測定領域を選定し、ひび割れを選択

PC 上のひび割れ画面を見ながら、測定するひび割れ領域を選定する。枝分かれしたひび割れや欠け、気泡を測定対象から除外できる。

- ②ひび割れ抽出の適否をその場で確認

ひび割れと認識したものについては青色に変色するので、適切にひび割れを抽出できたかどうかをその場で判定可能。

- ③ひび割れ長さ10～15mmの範囲の幅を多数測定

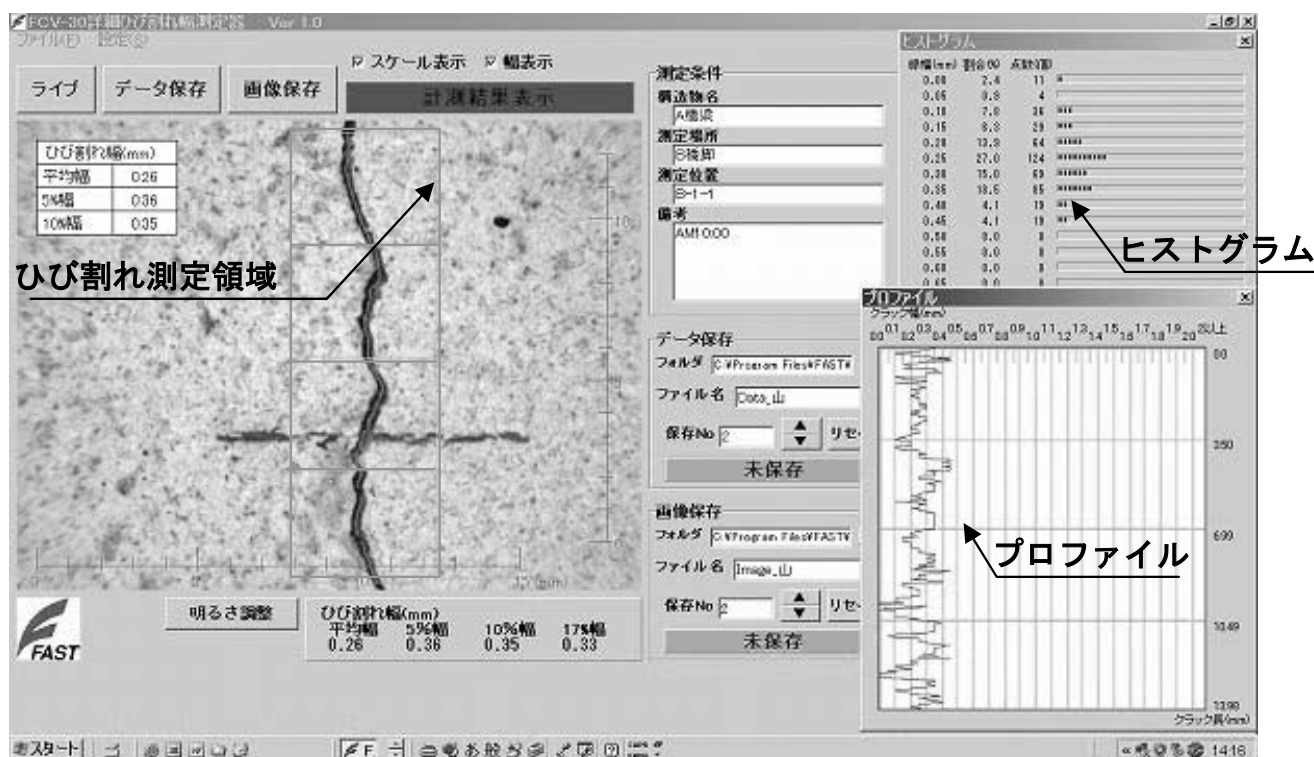
400箇所前後のひび割れ幅を連続的に測定し、統計的に処理してこの区間のひび割れ幅を表示。

- ④測定データのプロファイルおよびヒストグラム表示から測定結果の確認が可能。

- ⑤測定結果や測定画像を保存

測定結果は測定場所や位置情報とともに保存する。測定データは CSV 形式で、画像は JPEG 形式で保存できる。

使用時の留意事項として、測定原理が画像処理によるため目視による判別が難しいひび割れは測定が困難となる。屋外作業でパソコンとの併用が必要であり、



写真—4 パソコン画面

カメラおよびパソコンを湿度、ほこり、衝撃などから保護する養生が必要である。

4. 測定方法とひび割れ幅の評価方法

測定方法は次のとおりである。

- ①測定対象とするひび割れ全体を概観して、ひび割れ幅を測定する位置を数箇所選定し、マーキングする。
- ②パソコンとカメラを接続しソフトを起動する。
- ③カメラをコンクリート面に当て、明るさ調整を行う（約 10 秒）。
- ④必要に応じて画像出力条件（ひび割れ幅統計値の選択他）を設定する。
- ⑤測定条件（構造物名、測定場所、測定位置）と保存フォルダ場所とファイル名を入力する。
- ⑥測定したい領域にカメラをあわせ、パソコンの画面を見ながらカメラ位置を調整する。ひび割れ幅は画像の横方向長さを測定するので、斜め方向ひび割れに対しては大きく測定される。したがって、カメラに対してなるべく縦方向に直線的なひび割れを選定する。
- ⑦ひび割れ測定領域を指定する。領域の指定範囲は長方形区画（縦方向 10 mm ～ 15 mm、横方向 5 mm 程度）で与える。この領域内のひび割れを抽出して幅を測定する。この際、枝分かれしている部分は領域外とするかどちらか一方を選択する。
- ⑧抽出ボタンを押してひび割れ幅を測定する（約 1 秒）。
- ⑨ひび割れを正しく認識したかどうかを確認する。ひび割れと認識した箇所は青色に変色するので変色状況から適正かどうか判定できる。
- ⑩適正な測定が行われたことを確認した後、データ保存ボタンを押して測定データを、画像保存ボタンを押して画像を保存する。
- ⑪ひび割れ測定位置を移動して⑥から⑩を繰り返す。

このようにして、個々の位置のひび割れ幅は正確に測定できる。しかし、ひび割れ幅を評価する際には、その目的に応じて求める数値が異なってくる。測定結果の表現および評価に関しては、施設管理者の判断となろう。

測定の目的には、一本のひび割れの幅を全体的に捉える場合と、特定のひび割れの特定位置のひび割れ幅を正確に測定する場合がある。前者の場合の例としては、ひび割れの発生状況を全体的に把握する調査、ひび割れの補修の可否を判定する場合などがあげられる。後者の例としては、ひび割れの進展の有無を調べ

る定期点検や、耐久性に関する劣化診断などにおいて求められる。

さらに、ひび割れ幅に関する用語が定義されていることは稀であるが、最大ひび割れ幅あるいは平均ひび割れ幅の数値を求める場合がある。

特定位置のひび割れ幅を測定する場合には、その位置の測定値を単独に求めればよい。一方、一本のひび割れに対して、最大ひび割れ幅に着目する場合には、全体を概観してひび割れ幅が大きいと判断できる箇所を 3 ～ 5 箇所選定し、それぞれの測定値の平均値を最大ひび割れ幅とする。また、平均ひび割れ幅に着目する場合には、測定箇所を等間隔に 3 ～ 5 箇所ランダムに選定し、それぞれの測定値の平均値を平均ひび割れ幅とする。最大ひび割れ幅も同時に必要な場合には、5 % 順位値など統計量を任意に選定してその平均値を最大ひび割れ幅として評価することができる。

5. 適用事例

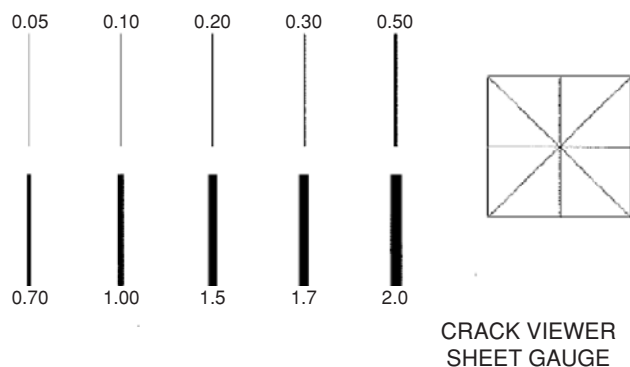
コンクリート構造物に生じたひび割れの幅を正確に、客観的に測定できる方法を開発したことによって、従来あいまいに扱わざるを得なかった測定記録を信頼性の高いものとして扱うことが可能となった。たとえば、定期点検に適用することによってひび割れの進展性の有無を判定するのに有効である。また、鉄筋コンクリート構造物の構造実験では、あらかじめチップやゲージを取り付ける必要がないため、測定位置を限定されることがない。

一方、0.01 mm レベルの精度は必要とされないかもしれないが、より定量的な測定が望ましい事例もある。たとえば、コンクリート構造物に発生したひび割れの補修・補強の可否をひび割れ幅から判定する際には細かな精度は要求されないが、客観性のある根拠は必要である。あるいは、竣工検査時における初期点検のひび割れ記録などでは、従来のクラックスケールの持つ不正確さ、検査者の主観を排除し、客観的なひび割れの評価が望ましく、さらには、ひび割れ対策の有効性を確かめる上でも正確な測定結果を得ることは有効である。

(1) 校正用ゲージへの適用

一定の幅を印刷したひび割れ幅校正用シート（写真—5）をコンクリート面の上に置いて測定した。測定結果を表—4 に示す。シートのひび割れ幅と測定値の平均値との差は、0.05mm を除いて 0.02 mm 以内である。表示単位 0.01 mm は、クラックスケールの

読み取り目盛りよりも小さく、実用上十分な精度を有していることが確認できる。



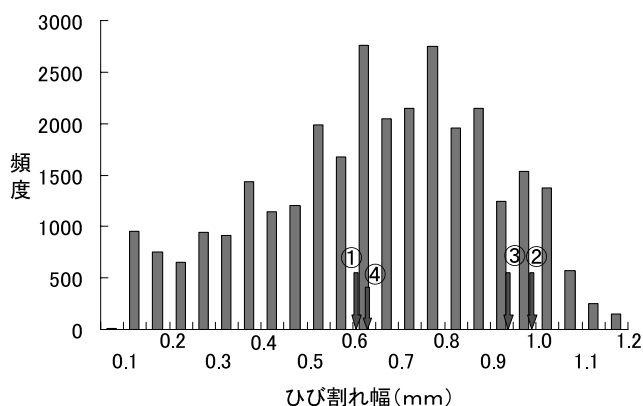
写真—5 校正用シート

表—4 校正用シートの測定結果

スケールの幅(mm)	0.05	0.10	0.20	0.30	0.50
測定値平均値	0.074	0.097	0.184	0.292	0.499
差	0.024	0.003	0.016	0.008	0.001
最大値	0.16	0.13	0.22	0.31	0.53
最小値	0.06	0.07	0.16	0.28	0.47
標準偏差	0.010	0.014	0.008	0.007	0.014
スケールの幅(mm)	0.70	1.00	1.50	1.70	2.00
測定値平均	0.696	0.995	1.487	1.683	1.986
差	0.004	0.005	0.013	0.017	0.014
最大値	0.76	1.01	1.51	1.71	2.01
最小値	0.66	0.75	1.28	1.62	1.94
標準偏差	0.016	0.015	0.020	0.013	0.016

(2) 建物壁への適用

壁面に生じた高さ2mのひび割れに適用した。全長を25mmの80区間に分け、区間ごとのひび割れ幅を測定し、全長分を集計した。ひび割れ幅の分布を図—2に示す。全測定値の平均値、最大から5%番目、10%番目の値、および中央値を表—5に示す。ひび割れの全長にわたって測定し、そのひび割れ幅を求める場合には、平均ひび割れ幅は平均値、最大ひび割れ



図—2 壁に生じたひび割れのひび割れ幅分布

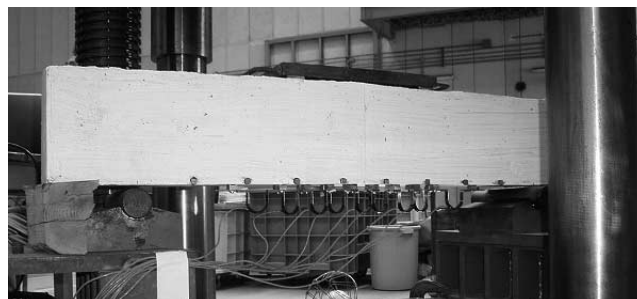
表—5 ひび割れ幅の統計値

記号	統計値	単位	値
	データ数	個	30,613
①	平均値	mm	0.607
	最大値	mm	1.76
	最小値	mm	0.01
	標準偏差	mm	0.2498
②	最大から5%番目	mm	0.99
③	最大から10%番目	mm	0.94
④	中央値	mm	0.63

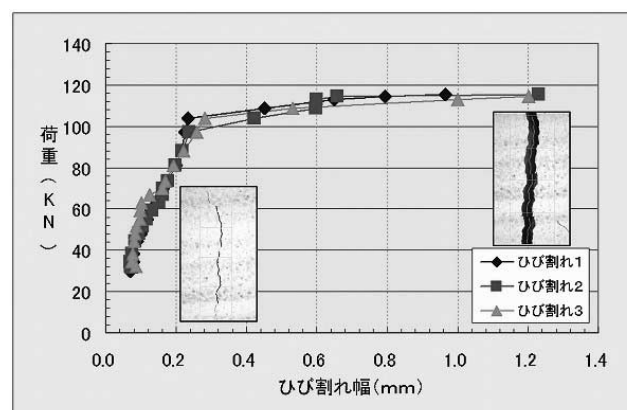
幅は最大から5%番目（平均値 + 1 × 標準偏差）の値を用いることが適切と考えられる。

(3) RC 梁の曲げ試験

RC 梁の曲げ試験状況を写真—6に、梁底に発生した曲げひび割れの載荷荷重とひび割れ幅の関係を図—3に示す。曲げ区間に生じた3本のひび割れは、発生直後の微細ひび割れから破壊時の大きなひび割れまで、荷重の増加に合わせてその幅が詳細に測定できている。



写真—6 RC 梁の曲げ試験状況



図—3 荷重と曲げひび割れ幅の関係

このほかにも、大学におけるコンクリート構造実験において試用していただいた状況を写真—7に示す。



写真一 構造実験における試用状況

6. おわりに

コンクリート表面のひび割れは、コンクリート構造物の性能や耐久性に関わる重要なパラメータであるにもかかわらず、その定義や測定方法があいまいにされてきた。

ひび割れの影響を評価するためには単に、ひび割れの幅や長さだけではなく、深さや分布などといったパラメータおよびその発生原因を含めて総合的に判断す

る必要がある。最近では遠隔で撮影したデジタル画像からひび割れの分布やひび割れ幅を自動抽出する技術も開発されているが、ひび割れ幅の検出精度に課題が残されている。

今回紹介した測定器を使ってひび割れ幅を正確に測定できる方法が広く活用されることにより、ひび割れに対する合理的な評価が可能になるものと期待している。

なお、本測定器は共同開発を行った(株)ファースト (<http://www.fast-corp.co.jp>) が販売している。

J C M A

《参考文献》

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書 [構造性能照査編]，丸善(株)，p.97 (2002.3)
- 2) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートのひび割れ調査・補修・補強指針，p.61 (2003.6)
- 3) 同上，p.3

【筆者紹介】

庄野 昭 (しょうの あきら)
ハザマ
土木事業本部 技術部
技術設計グループ長



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に申込みの場合、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>

推進 T 字側面接合法 —M E L I T 工法—

白 上 勝 章

従来、上下水道などの既設管渠へ新設管渠を接合する工事では、既設管渠近傍を地盤改良する方法、同近傍に接合用立坑を築造する方法が用いられてきた。これらの方法における課題は、立坑築造や地盤改良などの補助工法による工費・工期の増大、地上作業による周辺環境への負荷、および接合作業時の安全性確保などであった。

そこで、密閉式推進工法を用いた地中接合法、M E L I T（メリット）工法を開発した。M E L I T 工法は、特殊リング（切削リング）を外周面に装備した掘進機により、既設管渠側面を切削し新設管渠を機械的に接合する工法である。

キーワード：推進側面接合，切削リング，自生刃ビット，掘進機内部回収機構，防護コンクリート，止水注入

1. はじめに

多発傾向にある都市型集中豪雨などによる内水被害額は約 1.2 兆円（平成 6～15 年）に及んでいる。都市における浸水被害の要因としては、都市化進展に伴う雨水流出係数の増加，ヒートアイランド現象に起因する局地的な集中豪雨の増加，地下施設の浸水被害の増加が挙げられる。

一方、管渠面整備は、下水道全国処理人口普及率 70.5 %（平成 18 年度末）、都市浸水対策整備率 52.7 %（平成 17 年度末）の水準で進められているものの、特に都市浸水対策整備では、30 県が全国平均を下回っており、都市間格差が現れている状況である。また、大都市においては法定耐用年数 50 年を超える下水道管渠の老朽化による道路陥没災害も見受けられる。これらの対策として、関係企業者は「雨水浸水対策」や

「管渠老朽化対策」の事業推進化に取り組んでいる。特に浸水被害軽減対策では緊急整備優先区域等を抽出し、雨水幹線管路網や増補幹線の整備を急務としている。

このような背景を踏まえ、雨水幹線管路網などの整備をターゲットとして、既設管渠に新設管渠を地中接合することが可能となる M E L I T（メリット）工法（MEchanical Linking a pipe jacking Tunnel to underground structure）を開発した。

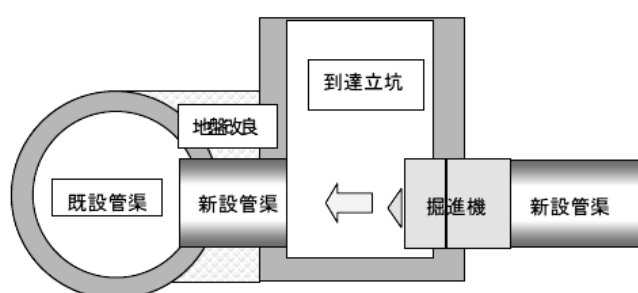
2. 開発の経緯

M E L I T 工法は、密閉式推進工法の掘進機に特殊切削リングを装備し、既設管渠の直接切削を可能とした工法である。従来、推進工法により既設管渠に接合する場合は、既設管渠近傍に到達立坑を築造し、新設管渠を到達させた後に地盤改良を施工し、刃口推進工法などを用いて最終接合を行っている（図—1）。

その結果、立坑築造や大規模地盤改良による工期・工費の増大、周辺環境への負荷、あるいは接合作業時の安全性確保などが課題であった。これらの課題を解決すべく、M E L I T 工法の開発に至った。

3. M E L I T 工法の特徴と施工手順

地中接合掘進機の切削機構は、外周部回転切削リン



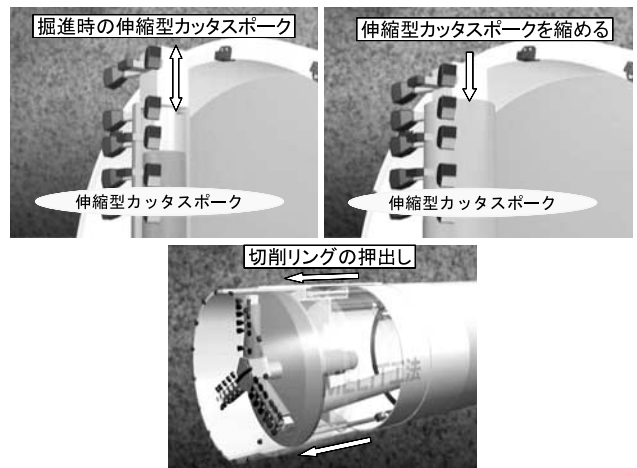
図一 従来工法による既設管渠への接合

グ、切削リング先端に装着されている切削用自生刃ビット、伸縮型カッタスポーク、カッタスポークと切削リングとを着脱するためのかん合溝から構成される(図—2)。切削リングを回転させながら既設管渠へ切削・推進を行う。切削リングの回転力は掘進機本来のカッタスポークを切削リングにかん合させることによって、伝達され得られるものである。MELIT工法の適応呼び径は $\Phi 1200\text{ mm} \sim \Phi 3000\text{ mm}$ としている。適用可能な密閉式機械推進タイプは、泥濃式、土圧式である。本工法による切削機構はシールド工法における「T-BOSS 工法」(T 字接合シールド工法：T 字接合研究会)を応用したものであり、「T-BOSS 工法」は既に3件の施工実績を有している。写真—1に「T-BOSS 工法」による到達接合状況を示す。

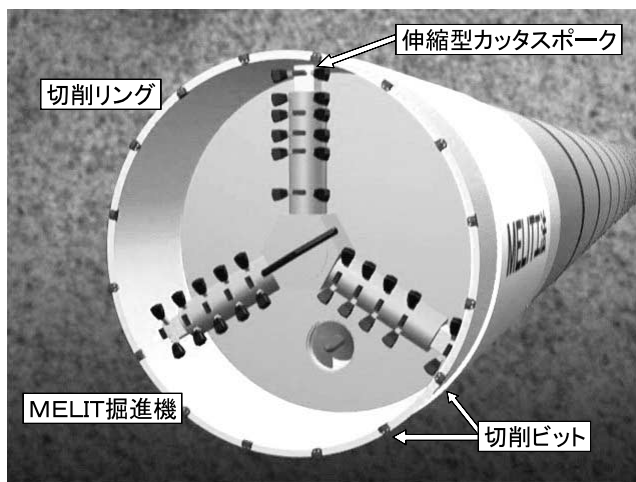
MELIT工法の施工手順を以下に示す。

①通常掘進により既設管渠へ接近後、掘進機を停止する。②掘進機カッタスポークを内周側に縮めた後、押し出しジャッキを作動させながら切削リングを既設管渠に接触するまで押し出す(図—3)。③伸縮型カッタスポークを切削リング内面にかん合させる。

④切削リングを回転、押し出しながら、所定の位置まで切削する(図—4)。⑤切削完了後、掘進機および既設管渠防護コンクリート側から止水注入を行う(図—5)。⑥止水完了を確認後、掘進機内部機器類を回収・撤去



図—3 カッタスポーク縮+切削リング押し出し



図—2 MELIT掘進機切削機構概念図



図—4 切削リング回転・押し出し



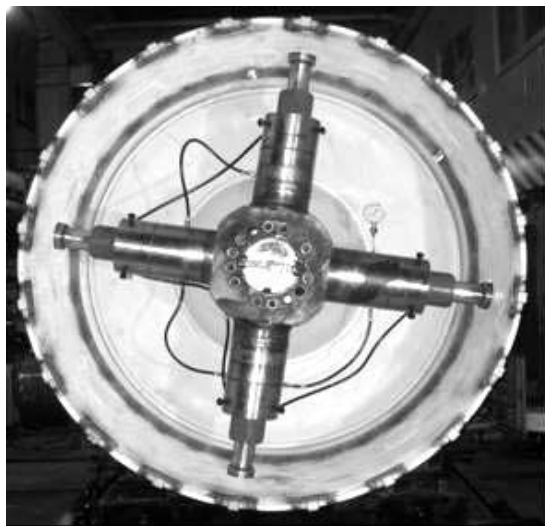
写真—1 T-BOSS 工法到達接合状況



図—5 止水注入(掘進機側からのイメージ)



写真—3 要素試験全景



写真—4 要素試験用MELIT掘進機前面



写真—5 貫通状況

表—1 要素試験諸元

機器名称	性能・概要
切削ビット	自生刃ビット 20個 (18°ピッチ)
切削リング	外径φ 2000mm
減速機	22kW (電動機 2台)
カッタトルク	86.5 kN・m ($\alpha = 10.8$)
カッタ回転数	4.4 rpm (回転/min)
押し出しジャッキ	500 kN × 4本
被切削体	呼び径φ 2200mm RC管 (管厚 190mm)

表—2 要素試験結果

切削時間	237 min (開始～上部貫通時)
推進速度	1.0 ～ 1.5 mm/min
カッタトルク	20 ～ 40 kN・m
切削ビット磨耗量	平均 1.09 mm (20 個) Max : 1.43 mm, Min : 0.57 mm

$$t = V / (n \times R) \text{ (mm/個)}$$

ここに、V：切削推進速度 (mm/min)

n：切削ビット取付け数

R：切削リング回転数 (rpm)

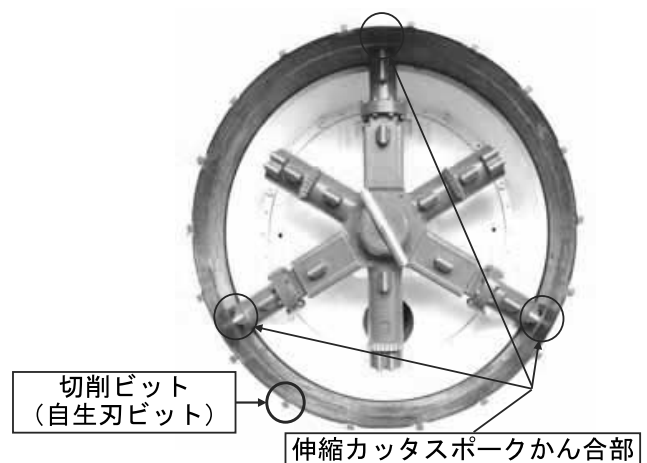
切込み深さ (t) は即ち、切削ビット 1 個あたりの切削能を示しており、ビット取付け数を設定するためのパラメータである。既往の「シールド側面接合実験」(鋼製セグメント切削) から、安定切削を行うための切込み深さは 0.0125 mm/個以下という知見が得られている。

本実験における切込み深さを算定すると、 $V = 1.0$ mm/min, $n = 20$ 個, $R = 4.4$ rpm より、 $t = 0.0114$ mm/個 < 0.0125 mm/個となり、安定切削が確保されていることが立証された。

また、既往実験による安定切削摺動速度は 40 m/min 以下という知見から、今回の摺動速度 = $2.0 \text{ m} \times 3.14 \times 4.4 \text{ rpm} = 27.6 \text{ m/min}$ は妥当であることを確認した。実測カッタトルクは 20 ～ 40 kN・m で、これを α 値換算すると $\alpha = 2.5 \sim 4.0$ である (装備トルク α 値 = 10.8)。

本要素試験は土中で実施したものではないことから、実施工におけるカッタトルク値は、実験値より若干大きくなることが想定されるが、通常掘進の装備トルクで対処可能なことを確認した。

なお、写真—6, 7 に、要素試験結果から種々の改良を加え製作した MELIT 掘進機 (プロトタイプ) を示す。



写真—6 MELIT掘進機 (プロトタイプ)

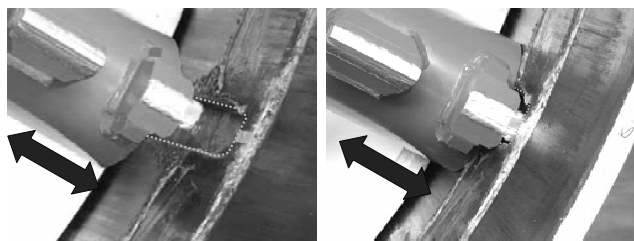


写真7 伸縮カッタスポークかん合部状況

7. おわりに

既設管渠への分岐合流部構築をはじめとする管路網整備において、MELIT工法の適用性は高いものと考えている。

施工性、環境安全性、経済性から次の優位点を挙げることができる。①切削リングが接合時、土留め機能を兼用し安全性が向上する。②到達立坑が不要となるため、周辺環境への負荷が少ない。③接合時の大規模な地盤改良が不要となり、立坑築造とも併せ、工事コストの削減が可能である。

しかしながら、到達接合部の地盤状況が均等係数の低い滞水細砂層や非常に軟弱なモンケン自沈粘性土層

などの場合は、補助工法として別途地盤改良を検討する必要があることをつけ加えておく。

なお、MELIT工法は五洋建設㈱、㈱協和エクシオ、㈱アルファシビルエンジニアリングの3社が共同開発した工法であり、2005年度より「T-BOSS工法」(T字接合シールド工法：T字接合研究会)の推進工法用接合工法(T字接合研究会 推進部会)としてメニュー化されている。

JCM A

《参考文献》

- 1) 平井幹男・古田哲男・田中雄次・高橋良文：シールド側面地中接合工法の開発、(社)日本トンネル技術協会誌 トンネルと地下、**362** [31], pp.59-67 (2000.10)
- 2) 黒木鎮利・峯英治・小野友成・網野巖：単筒構造 T-BOSS で既設幹線に地中接合—東京都下水道 飛鳥山幹線シールド—、(社)日本トンネル技術協会誌 トンネルと地下、**429** [37], pp.39-47 (2006.5)
- 3) 外裏雅一・高松伸行・原田喜可・平間利昭：機械式 T 字接合シールド工法 (T-BOSS 工法) による実施工、第 48 回「シールドトンネル工法施工技術」講習会テキスト、日本プロジェクトリサーチ (2004)

【筆者紹介】

白上 勝章 (しらかみ かつあき)
五洋建設㈱
土木部門 土木本部
土木設計部 課長



橋梁架設工事の積算 ——平成 19 年度版——

■改定内容

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

一数の変更等)

3) 橋梁補修補強工事積算の手引き (別冊新刊)

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

■定 価

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

※別冊のみの販売はありません。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 600 円

沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

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

高周波誘導加熱を利用した除去式アンカー工法

堀 崎 敏 嗣・三 浦 利 浩・高 橋 昌 秀

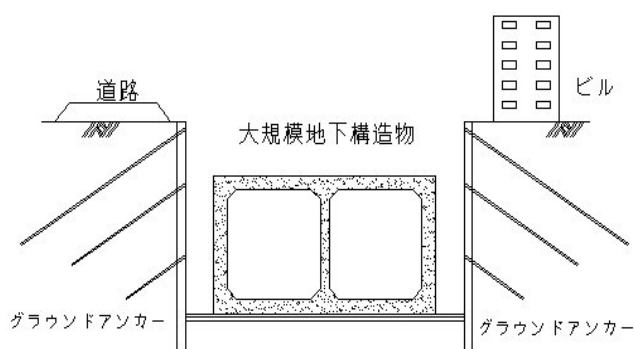
高周波誘導加熱を利用した除去式アンカー工法とは IH クッキングヒータなどで使用される高周波誘導加熱技術を利用し、山留め壁などで使用し不要となった仮設グラウンドアンカーを切断・除去する工法である。本工法の特徴は高周波誘導加熱を用い PC 鋼より線アンカー先端部で安全確実に切断し、ポリエチレンシース内の PC 鋼より線を人力で引抜き、除去できるようにした。

本報告では除去装置の原理や特徴、試験施工事例として 1 段式及び 2 段式耐荷体仮設アンカーの除去実施例を紹介する。本工法は KEK、高エネルギー加速器研究機構との共同開発である。

キーワード：基礎、グラウンドアンカー、除去式アンカー、高周波誘導加熱

1. はじめに

都市部における大規模コンクリート構造物の構築に際し、土留め仮設工法としてグラウンドアンカー（以後アンカーと呼ぶ、図—1）が多用される。



図—1 グラウンドアンカー概念図

これら仮設アンカーは構造物構築後速やかに撤去されるべきものであるが、撤去費用・構築物とのクリアランス不足・工程等により、構築後残置されたケースもあった。そのため別途地中壁やシールド工事などの施工途中、残置された仮設アンカーに遭遇し、施工困難となった事例も報告されている。

特に都市部においては隣接する第三者所有の権利区域や道路面下に仮設アンカーを施工する場合が多く、除去式アンカーの施工が増えてきている。これらニーズに対応して各種の除去式アンカー工法が提案されているが、解決すべき諸課題があった。

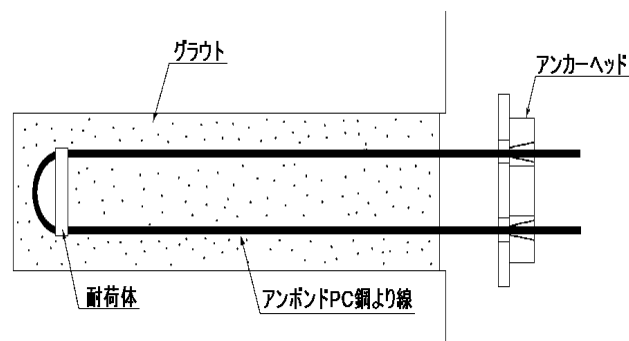
我々は高周波誘導加熱技術を建設工事に応用することで、簡単で低コストの新たな除去式アンカー工法を開発したので、それについて報告する。

2. 従来技術と本開発の目的

(1) 従来技術

現在、代表的な除去式アンカー工法として、以下の 3 タイプが使われている。

- ①アンカー先端部の耐荷体でアンボンド PC 鋼より線（以後 PC 鋼線と呼ぶ）を往復させ、撤去時に PC 鋼線のみを引抜き、除去する方法¹⁾（以後往復工法と呼ぶ）。概念図を図—2 に示す。



図—2 PC 鋼線往復工法概念図

- ②PC 鋼線の中心部分に引抜き用部材を組み込んでおき、これを撤去することで PC 鋼線の拘束を解放し除去する方法¹⁾。

③アンカー定着部にグラウト破碎用部材を組み込み、グラウトを破壊することで拘束力を低減し引抜く方法¹⁾。
これら工法の中で、①が現在最も一般的に使用されている。

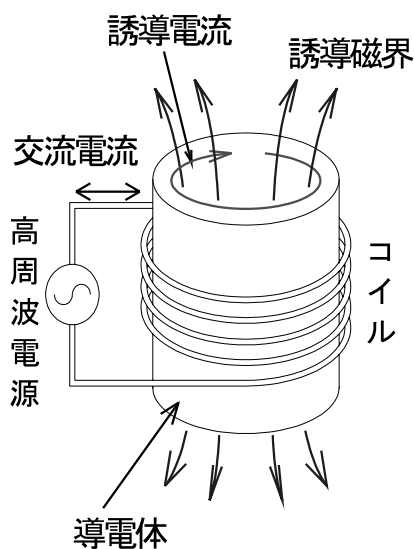
(2) 開発目的

本装置の開発目的は、従来の除去式アンカーが有するコスト・施工性等の諸課題を解決するため、高周波誘導加熱を利用した簡単な構成で、PC 鋼線を安全確実に短時間で切断、除去し、コストダウン可能な工法として確立することにある。

3. 除去装置の原理

本装置の基本原理の概略図を図—3に示す。金属導電体である被加熱物に絶縁被覆導線のコイルを巻き、このコイルに高周波電流を流すと、金属導電体内の誘導磁界によって被加熱物中には、高密度の渦電流が流れる。この金属抵抗中を流れる渦電流により発生するジュール熱で被加熱物である PC 鋼線が発熱する事を利用するのが本装置の原理である。

高周波電流を使う誘導加熱は被加熱物自体が発熱するのでヒータ等を利用した間接加熱方式より熱効率が良く、短時間で加熱することが可能であり、また炎も出ないので安全でもある。



図—3 高周波誘導加熱の概略図

(1) 共振周波数

一般にコイルに交流電流を流すとインピーダンスが大きくなり、電流が流れにくくなる。そこで通常はコイルにコンデンサーを付加して直列共振回路を形成

し、大電流が流れるようにする必要がある。

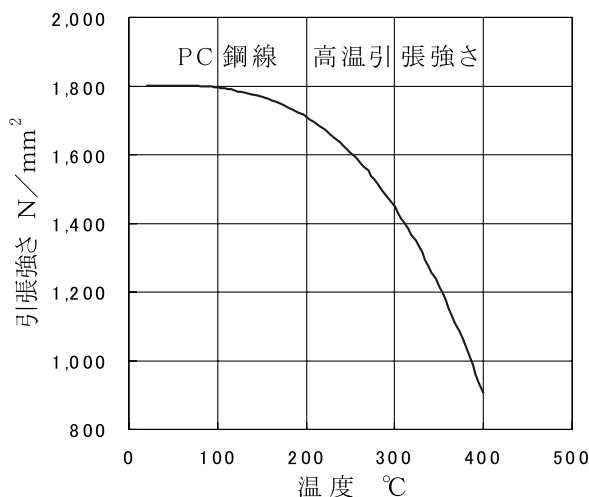
この事情を実験的に検証するために、PC 鋼線に加熱コイルを巻きつけるだけでも簡単な共振回路が形成されるかどうかの実験から実施した（写真—1）。



写真—1 PC 鋼線加熱状況

(2) PC 鋼線高温引張り強さ

PC 鋼線の引張り強さは自身の温度に依存する²⁾。図—4に示すように常温から 100℃程度まではほとんど変化がないが、200℃以上になると急激に低下し、400℃ではほぼ50%にまで低下する。



図—4 PC 鋼線高温引張り強さ

除去対象アンカーの緊張状態にある PC 鋼線に設置された加熱コイルに、共振周波数と一致する高周波電流を加えると PC 鋼線が急激に発熱するため、加熱コイルが輻射熱で溶断する前に PC 鋼線の引張り強度が低下し、破断させることが可能となる。

4. 加熱破断と温度上昇評価

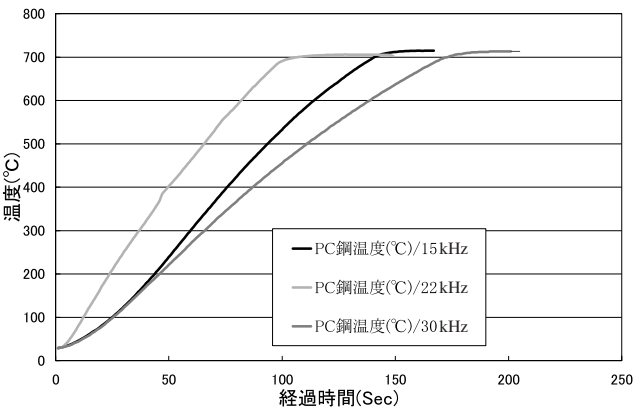
(1) 周波数をパラメーターとした加熱実験

加熱コイルに共振周波数を加えると被加熱物を極めて短時間に加熱することができる。高周波周波数をパラメーターとした加熱実験を行い、各ケースの温度上昇を確認した（表―1）。

表―1 誘導加熱の条件

PC 鋼より線	φ 12.7 1 本
加熱コイル	KIV 14.0 mm ²
出力	0.8 kW
周波数 1	15 kHz
周波数 2	22 kHz
周波数 3	30 kHz

その結果を図―5 に示す。共振周波数に対応する 22 kHz では加熱開始後 100 秒程度で 700℃に達するが、共振点から外れた 15 kHz と 30 kHz ではそれぞれ 150 秒および 170 秒を要した。



図―5 周波数別温度上昇実験

すなわち、本方式の場合、切断のために通電する高周波周波数は共振周波数にマッチングさせることが本質的に重要である。

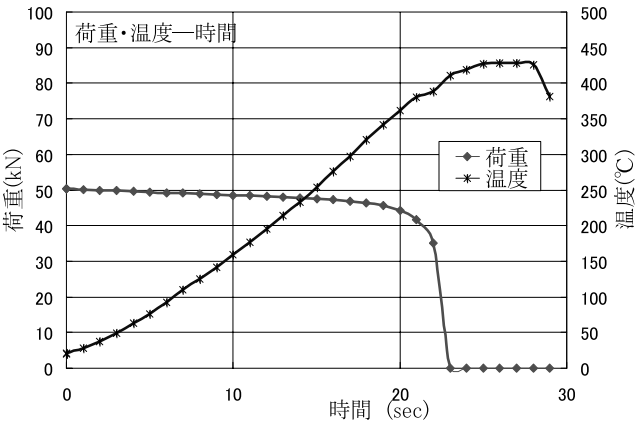
(2) 加熱切断実験

油圧ジャッキで単線 PC 鋼線に 50 kN の緊張力を導入した後、加熱コイルに高周波電流を流し、PC 鋼線切断実験を行った（表―2）。

荷重・温度－時間の変化を図―6 に示す。PC 鋼線は高周波誘導加熱開始後 23 秒、約 420℃で破断した。

表―2 誘導加熱切断の条件

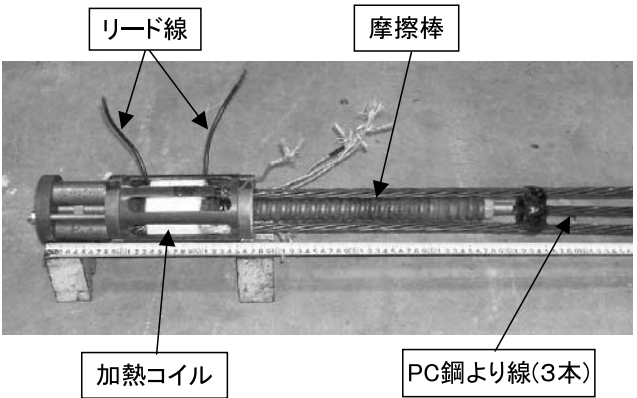
PC 鋼より線	φ 12.7 1 本
加熱コイル	KIV 5.5 mm ²
出力	0.8 kW
周波数	20 kHz
引張荷重	50 kN



図―6 荷重・温度－時間

(3) 実機モデルでの加熱実験

加熱実験に用いた実機モデルを写真―2 に示す。本ケースでは緊張力を与えず、PC 鋼線 3 本、摩擦棒の誘導加熱温度上昇状況を確認した（表―3）。



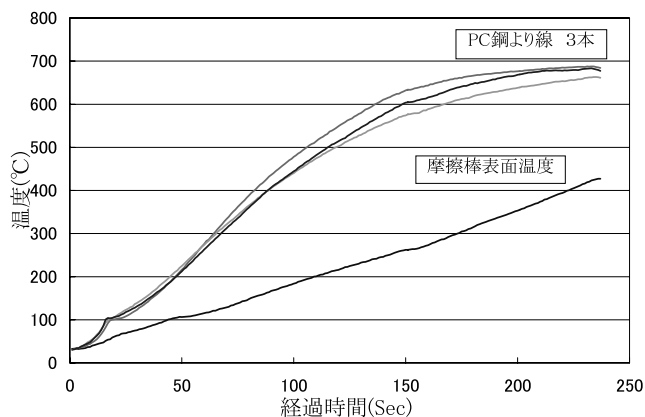
表―3 誘導加熱の条件

PC 鋼より線	φ 12.7 3 本
加熱コイル	KIV 8.0 mm ²
出力	1.6 kW
周波数	21 kHz

3 本の PC 鋼線、摩擦棒の表面温度計測結果を図―7 に示す。

PC 鋼線温度は 3 本ともほとんどばらつきがなくほぼ同時に 550℃まで急激に温度上昇している。

実機モデルでは加熱切断実験で得られた切断温度



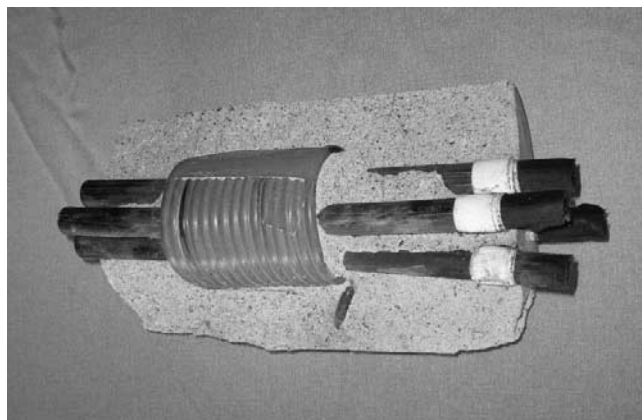
図一七 部材別温度上昇結果

420℃までの到達時間は約90秒と延びてはいるが、最大上昇温度は700℃弱でクリアしており、充分実用性を有していると判断できた。

(4) モルタル内における加熱切断実験

実際のアンカー体はグラウトの注入により地中で造成される。そのため加熱切断装置の内部や周辺にもグラウト材が充填される。

確認のため実アンカーに模し、写真一三に示すように、加熱切断部をモルタル内に埋設後、PC鋼線4本同時切断実験を実施した。実験結果として、大気中同様良好な切断結果を得た。



写真一三 モルタル内での切断実験

5. 試験施工

(1) 試験施工その1概要(表一4, 図一8)

実施目的：本工法の有効性及び長期信頼性の確認

実施時期：平成18年11月

試験施工現場名：中日本高速道路㈱

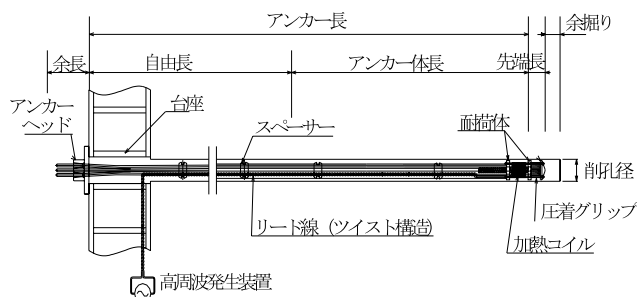
東名阪自動車道 植田南工事

試験施工本数：7セット

内 長期信頼性分 4セット

表一四 除去式アンカー概要

PC鋼より線	φ12.7 3本組
アンカー長	14m
耐荷体	鋼製1段 7セット
緊張力	311kN



図一八 鋼製耐荷体アンカー概念図

(2) その1試験施工結果

アンカーの設置は従来同様の施工法で設置、養生し、多サイクル確認試験等で所定のアンカー性能確認後、高周波誘導加熱切断・PC鋼線除去を行った。

①切断加熱コイルへの通電

切断前に加熱コイル及びリード線全体の絶縁・導通計測を行い、異常がないことを確認後、切断装置に共振周波数の高周波電流を通電した(写真一四)。



写真一四 高周波電流通電

②アンカー切断

通電後PC鋼線3本のばらつきはほとんどなく、30～40秒で3セットすべてのアンカーを切断。

③PC鋼線除去

切断後、人力にてPC鋼線引抜きを実施(写真一五)。

④PC鋼線切断箇所状況

引抜き後の確認でPC鋼線切断箇所は直線的に切断されており、引抜き作業も容易であった(写真一六)。



写真一5 人力による引抜き状況



写真一6 PC鋼線切断状況

(3) 試験施工その2 概要

実施目的：コンクリート製及び2段式耐荷体の有効性及び長期信頼性の確認

実施時期：平成19年9月

試験施工現場名：高エネルギー加速器研究機構

高エネ研ニュートリノ T2K 作業所

試験施工本数：5セット

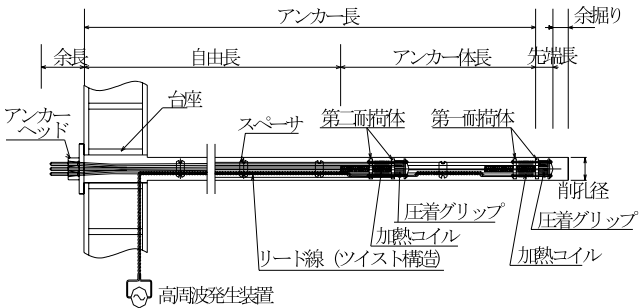
内 長期信頼性分 2セット

①鋼製耐荷体（表一5、図一9）

②コンクリート製2段耐荷体（表一6）

表一5 除去式アンカー①概要

PC 鋼より線	φ 12.7 2本組
アンカー長	12 m
耐荷体	鋼製1段1セット, 2段2セット
緊張荷重	200kN



図一9 鋼製2段耐荷体アンカー 概念図

表一6 除去式アンカー②概要

PC 鋼より線	φ 12.7 2本組
アンカー長	12 m
耐荷体	コンクリート1段, 2段各1セット
緊張荷重	200 kN

(4) その2 試験施工結果

その1同様、所定のアンカー性能確認、切断装置の絶縁・導通計測を行い異常が無いことを確認した後、高周波電流を通電し切断、除去した。

①切断加熱コイルへの通電

加熱コイルに共振周波数の高周波電流を通電。

②アンカー切断

その1同様、PC 鋼線間のばらつきはほとんどなく、以下の時間で各アンカーを切断。

- 1) 鋼製1段式 72 秒
- 2) 鋼製2段式 66 秒
- 3) コンクリート製2段式 66 秒

③PC 鋼線除去

切断後、PC 鋼線を人力にて引抜き、除去完了。

(5) 長期信頼性試験

その1は鋼製1段耐荷体4セット、その2は鋼製2段耐荷体、コンクリート製1段耐荷体各1セットを残置し、各作業所の工程に合わせ、設置後おおむね1～2年後、切断・除去予定である。完了後、再度報告したいと考えている。

なお、切断装置の耐久性確認として定期的に導通・絶縁測定を行い、全数が線間0Ω、大地間が100MΩ以上の数値であり、加熱コイル、リード線とも良好な状態と考える。

6. 本研究開発のまとめ

室内試験により本除去式アンカーの基本特性を確認

し、フィールド試験施工により十分に実用性を有していることが証明できたので今後、工法展開に努めたい。以下に本方式の特徴をまとめる。

- ①従来の除去式アンカー（往復工法）はPC 鋼線が偶数本の構成に限定されるが、本方式では奇数本でもよく、最適経済設計が可能である。
- ②往復工法除去アンカーのように耐荷体でループ加工の必要がないので、PC 鋼線許容荷重の低減（ループ加工すると－10 %程度）がなく、経済設計が可能である。
- ③PC 鋼線の引抜き時に、従来はウインチ等が必要であったが、本方式では人力での引抜き除去が可能である。
- ④従来方式では除去したPC 鋼線に螺旋状の癖がつき、引抜き後の処理に課題が生じる。本方式ではPC 鋼線が直線的に切断されるので処理が容易である。
- ⑤ロングリスタタイプのアンボンド鋼線が採用可能なので除去後の処理が容易で、環境負荷も小さくなる。
- ⑥コイルは安価であり、処理費用も含めたトータルコストの低減が可能となる。

7. 謝辞

工法開発にあたり高エネルギー加速器研究機構、吉岡正和、竹田繁、松本浩の各教授よりご指導をいただき、フィールド試験施工を行うにあたり、中日本高速道路株式会社名古屋工事事務所殿、高エネルギー加速器研究機構殿には試験施工のご許可をいただきました。ここに感謝の意を表します。 J C M A

- 1) ㈱日本アンカー協会：グラウンドアンカー施工のための手引き書，P.119（2004）
- 2) 神鋼鋼線工業㈱：神鋼のPC 鋼線，[44]，P.56

【筆者紹介】



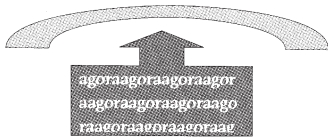
堀崎 敏嗣（ほりさき としじ）
飛鳥建設㈱
技術研究所 第三研究室
メカトロニクスグループ 担当部長



三浦 利浩（みうら としひろ）
飛鳥建設㈱
名古屋支店 東名阪植田南作業所
課長



高橋 昌秀（たかはし まさひで）
飛鳥建設㈱
関東土木支店
高エネ研ニュートリノ T2K 作業所
主任



NEDO における研究評価

岡 田 桃 子

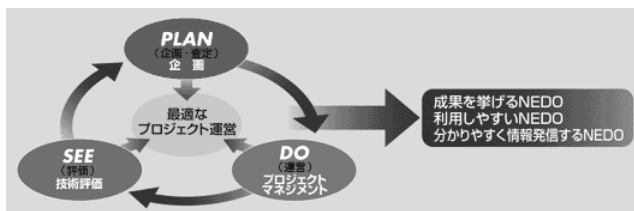
平成 15 年 10 月、特殊法人から独立行政法人となった NEDO では、不断の業務改善に資するべく、研究評価を組織として重要な位置づけとし、独自の評価システムを築き上げてきた。研究評価は、その実施時期により、事前評価、中間評価、事後評価及び追跡調査・評価に分類しており、研究開発マネジメントサイクルの一翼を担うものとして評価結果を事業の資源配分や事業計画等に適切に反映させることにより、マネジメントの高度化に努めている。

キーワード：独立行政法人、研究評価、研究開発マネジメント

1. はじめに

新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、NEDO）は日本の産業技術とエネルギー・環境技術の研究開発及びその普及を推進する日本最大規模の中核的な研究開発実施機関として、「我が国の産業競争力の強化」、「エネルギー及び地球環境問題の解決」という非常に重要なミッションを担っている。

NEDO は「成果を挙げる NEDO」、「利用しやすい NEDO」、「分かりやすく情報発信する NEDO」のローガンを掲げ、「選択と集中による研究開発の推進」、「客観的な評価による迅速な事業の見直し」という 2 つのポリシーの下、研究開発マネジメントのプロフェッショナルな組織集団として本格的な PDS (Plan-Do-See) サイクルを意識しつつ事業に取り組んでいる(図—1)。



図—1 研究開発マネジメントサイクル概念図

平成 15 年 10 月の独立行政法人化に伴い、NEDO は、実施する全ての研究開発事業（以下、プロジェクト）について、NEDO において評価を行うことを中期目標・中期計画で定めている。なお、独立行政法人が運営管理する研究開発の評価については、独立行政法人通則法（平成 11 年法律第 103 号）、国の研究開発

評価に関する大綱的指針（平成 17 年 3 月内閣総理大臣決定）及び経済産業省技術評価指針（平成 17 年 4 月）に基づいて実施されており、国費が投入された研究開発活動について、厳正な評価を実施することが求められている。

NEDO では、プロジェクトに係る評価（以下、プロジェクト評価）を、外部有識者の協力の下、NEDO 内のプロジェクト推進部署とは独立した研究評価委員会及び研究評価委員会の下に設置されるプロジェクトごとの分科会（以下、分科会）において、厳正、かつ、中立に評価を行っている。また、得られた評価結果をその後の研究開発マネジメントに活用し、評価結果を被評価プロジェクトの事業計画へ的確に反映させていくよう努めているところである。

ここでは、NEDO における研究評価手法のうち、特に、中長期・ハイリスクの研究開発プロジェクトに関する評価について概説する。

2. 研究評価の基本的な考え方

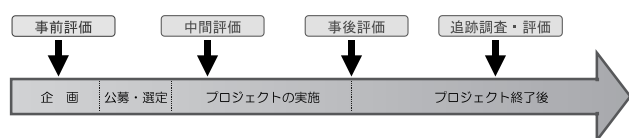
NEDO では、研究評価の目的を独立行政法人化に当たって策定した技術評価実施規定（平成 15 年度規程第 27 号）において、「業務の高度化等の自己改革を促進する」、「社会に対する説明責任を履行するとともに、経済・社会ニーズを取り込む」、「評価結果を資源配分に反映させ、資源の重点化及び業務の効率化を促進する」とことと定めている。また、研究評価を実施する際の共通原則として、「透明性の確保」、「明示性の確保」、「実効性の確保」、「中立性の確保」、「効率性への留意」を基本理念として定めており、評価結果や方

法等の公表、被評価者と評価者の討議の奨励、資源配分及び自己改革に反映しやすい評価方法の採用、外部評価の徹底、評価作業の重複の排除等に努めている。

このような目的・理念の下、最新の動向を踏まえた「客観的な評価」を行うとともに、その評価結果を踏まえて、継続、拡大、中止などの迅速な事業の見直しを行い、「成果を挙げる NEDO」、「利用しやすい NEDO」の実現を目指しているところである。NEDO は、独立行政法人化を契機に、自己改革推進のための評価を行うことを目指し、このために組織として評価を重要な位置づけとし、不断の業務改善に資するべく実施しているところである。

3. 研究評価の実施状況

NEDO の研究開発関連事業は、その目的、予算規模等により内容及び性格が種々に異なっており、研究評価についても事業の特性に応じた手法で実施している。プロジェクト評価とは、NEDO が自ら定めたプロジェクト基本計画に基づき実施する研究開発事業に係る評価のことであり、その実施時期により、事前評価、中間評価、事後評価及び追跡調査・評価に分類される（図—2）。



図—2 研究評価の実施時期

(1) 事前評価

事前評価は、新規にプロジェクトを開始する際、立案のために当該事業の推進部署自らが行うものであり、目的や目標設定根拠の明確化、実施内容の重複排除等の目的をもってプロジェクトの効率的かつ効果的な実施に資するべく行うものである。また、事前評価においては、委員会、（ネット）ワークショップ等の活用を図り、外部の意見も幅広く集約するよう努めることで、プロジェクトの実施に関するアカウンタビリティを向上させるよう努めている。評価項目は「事業の位置づけ・必要性」、「研究開発目標の妥当性」、「研究開発マネジメント」、「研究開発成果」及び「実用化、事業化の見通し」の5項目であり、これらの項目を通常2回に分けて評価する。

フェーズ1は、次年度に開始する新規プロジェクトの提案について、主にNEDO事業として実施の適否

判断を評価するものであり、実施前年度の6月頃を目処に実施する。進捗性、新規性、緊急性等を考慮して、事業の位置づけの妥当性や実施意義を十分に検討するものである。

フェーズ2は、8月末の概算予算要求後、フェーズ1の事前評価結果を踏まえ、基本計画（案）の内容について、より詳細に評価する。研究開発計画、成果、実用化・事業化の見通しについて重点的に検討し、事業の位置づけ、必要性、目標の妥当性については、技術開発動向の変化、市場ニーズの変化等外部環境に大きな変化が認められた場合について実施する。

これらフェーズ1、フェーズ2での検討内容については、概ねプロジェクト開始年度の1月末を目処に作成されるプロジェクト基本計画に反映されることとなる。

なお、個別事業の特性等による評価項目の加筆・削除、評価基準やその重みづけ、実施プロセス等は、原則として、プロジェクト単位ごとにカスタマイズすることができる。

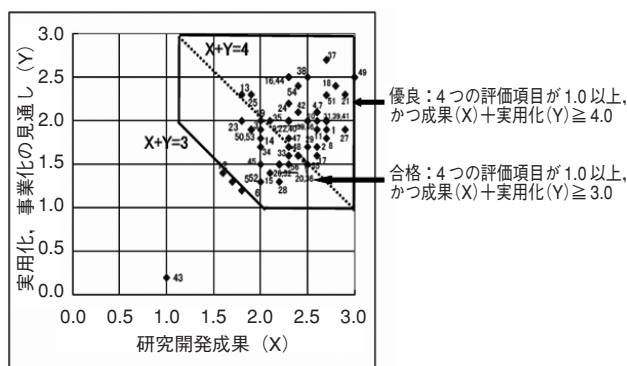
(2) 中間評価、事後評価

NEDOにおける中間・事後評価は、平成13年度から実施されており、平成19年度までの7年間に実施した中間評価は123件、事後評価は203件である。

中間評価は、プロジェクトの目標達成度を把握するとともに、社会経済情勢等を踏まえた改善・見直し（継続・拡大・縮小・中止等）の提言をするため、プロジェクトの研究開発期間が5年以上の場合は、研究開発期間の中間年（概ね3年ごとを目処）に実施する。ただし、研究開発における技術動向、政策動向に応じ、必要と認める場合は、予定していた時期にかかわらず評価を実施することとしている。

事後評価は、プロジェクト終了直後（終了年の翌年を目処）に、プロジェクトの目標達成度や成果の意義等を把握するために実施しており、評価結果を以後のプロジェクトの企画、運営管理に反映していくよう努めている。

中間・事後評価は図—3に示す体制で実施している。基本的な手法は中間・事後評価とも同じで、研究評価を統括する研究評価委員会をNEDO内に設置し、その下に評価対象プロジェクトごとに、当該技術に関する外部の専門家、有識者等を評価委員とする研究評価分科会を設置している。この分科会において十分に議論し評価したものを評価報告書（案）として取りまとめた上、研究評価委員会に諮り、研究評価委員会での審議を経て評価報告書が確定される。これを理事長



図—4 研究評価結果の活用例（平成18年度事後評価結果）

また、中間評価の結果を基に、プロジェクトのその後の実施方針を検討し、次年度予算の概算要求に反映させている。これまでのプロジェクト中間評価結果の反映は、表—2のとおりである。NEDOでは、全ての中間評価結果を重く受け止め、評価の中で指摘を受けた問題点の改善や、提言の具体化を行っている。これは、NEDOのPlan-Do-Seeのマネジメントサイクルの中でも不可欠なものであり、評価結果に対する具体策は、当該プロジェクトの推進部門、企画調整部門との間で協議し、その対応についても公表を行っている。厳しい評価を受けた場合には、研究開発の中止も視野に入れた抜本的な対応の検討も行っている。

表—2 評価結果の活用例（中間評価）

	18年度	17年度	16年度	15年度	14年度	13年度
○概ね、現行どおり実施	1	1	12	12	2	4
○テーマの一部を加速し実施	2	3	13	2	—	—
○計画を一部変更し実施	5	4	5	15	6	16
○テーマの一部を中止	0	1	1			
○中止または抜本的な改善	0	0	2	2	5	2
中間評価を実施した総件数*	6	6	29	29	13	22

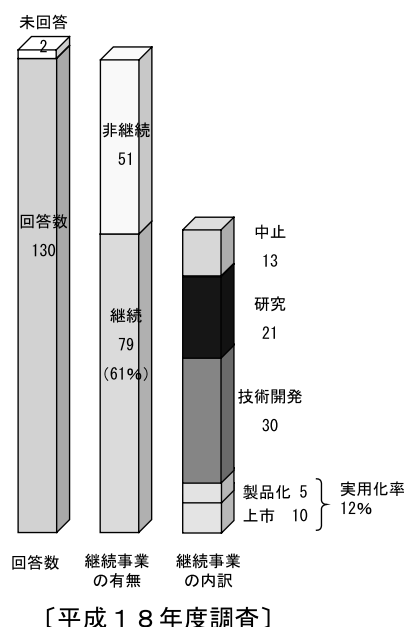
※1つのプロジェクトで複数の反映を施す場合があるため、中間評価の総件数と反映結果の合計値は一致しない。

これらの評価結果を研究開発マネジメントに活用し、より効果的・効率的な運営に資するとともに、評価システムをより精度の高いものとしていくために、評価作業が終了する度に点検し、原則として毎年度、見直しを行っている。

(3) 追跡調査・評価

NEDOでは、平成16年度より、成果の国民への裨益状況の把握や、NEDOマネジメントの改善、プロジェクトの企画立案機能の向上を目的として、NEDOプロジェクト参加機関に対しプロジェクト終了後、成果の実用化等に向けた活動を原則5年間、追跡調査し、評価を行っている。

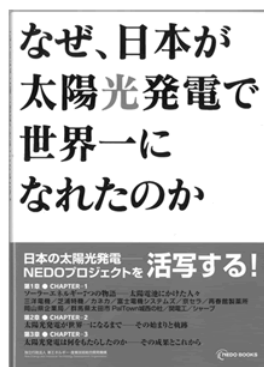
追跡調査・評価では、調査・評価を開始する際の必要事項の決定及び確認を目的とした事前準備を調査前年度に行い、5年間、調査票による簡易追跡評価でプロジェクト終了後の進捗状況の調査を行い、現状を把握する。平成19年度においては、調査対象618機関のうち、99%にあたる609機関から簡易追跡調査のアンケートを回収している。また、図—5に例示したように、プロジェクト終了後の取り組みについて、成果の活用の有無により「継続」「非実施」と分類し、「継続」についてはその内容についても把握している。さらに、簡易追跡調査の結果、「上市、製品化に至ったもの」、「実施したがやむを得ず中断したもの」等を対象に、より詳細な調査を調査票やヒアリングにより実施し、原因の把握を行う。これらの調査結果に基づき、プロジェクトの効果や改善点に対する追跡評価を行い、NEDOプロジェクトの効果や改善点の把握、反映を行う。



図—5 終了プロジェクトの企業における継続事業の状況例（平成18年度追跡調査）

また、より「分かりやすい成果の提示」を行うため、過去のプロジェクトの技術的成果がもたらした社会・経済等への効果（アウトカム）についても調査を行っ

ている。これにより、NEDO の国民への説明責任の向上を目指している。例えば、新エネルギー分野の太陽光発電システムに係るアウトカム調査では、30 年余の歴史を有する日本の太陽光発電についてその歩みを振り返り、地道な研究開発がもたらした経済的・社会的波及効果を分かりやすくまとめた書籍を発刊したところである（図—6）。この調査により、NEDO の研究開発が太陽光発電産業という約 3,900 億円の新市場創出をもたらしたこと、また、この技術が液晶産業や半導体産業のコア技術としても波及していること等を把握することができた。



図—6 アウトカム調査（NEDO 書籍の発刊）

4. 最近の試み

NEDO の研究評価は開始後 7 年が経過しようとしており、評価システムのさらなる改善のために評価結果を効果的に活用していくことも重要となっている。

近年では、より効果的、効率的な評価の実施に向けて、蓄積された研究評価結果の分析を試みている。現在までに、評価項目間における中間評価と事後評価結果の関連性や、事後評価と追跡調査結果の関連性などについて改めて検討し、その反映を試みている。

例えば、平成 17 年度までに中間及び事後評価を実

施したプロジェクトにおける中間・事後評価の評点結果についての評価項目間の相関性分析の結果からは、事後評価時にはリスクや実現可能性等ある程度将来性の予測が可能になるため、評価は研究開発成果に基づき適切に行われているが、研究開発成果を中間評価する際は、事後評価時点よりも多くの不確実性を含むため、評価者は「実用化の見通し」に対してあいまいな評価をし得るという可能性が示唆された。そこで、「研究開発成果」を中間時点で正確に判断できるような評価方法の導入が必要であると考え、現在、中間評価時に評価者が「最終的なプロジェクト目標の達成が可能であるか」を正確に判断できるような評価項目・評価基準を再検討しているところである。

5. 終わりに

本稿では、NEDO における研究評価手法について、概説を行ってきたが、独立行政法人としてのパフォーマンスの向上、研究開発プロジェクトの効果的、効率的な実施の促進を考える上で、評価は NEDO の事業運営において、今後も重要な役割を担っていくと考えている。しかしながら、NEDO の評価の歴史はまだ浅く、未だ発展途中である。独立行政法人化後第 1 期中期計画が終了しようとしているが、これからも評価システムの見直しを続け、必要に応じて改革をし、「成果を挙げる NEDO」、「利用しやすい NEDO」、「分かりやすく情報発信する NEDO」へとつながる評価を実施していきたい。

JCMA

【筆者紹介】

岡田 桃子（おかだ ももこ）
（独）新エネルギー・産業技術総合開発機構
（NEDO 技術開発機構）
研究評価部 職員



ずいそう

MOT に思う

室 英 治



私が長年勤務していた竹中工務店技術研究所の宮崎さんから去年の暮れ電話があり、(社)日本建設機械化協会の月刊誌「建設の施工企画」に、MOT（技術経営）のことについて何か書いて欲しいという依頼がありました。私は会社定年後4年ほど芝浦工大にお世話になり、2年ほど同大学の工学マネジメント研究科（MOT プログラムを展開）で社会人の方々に教鞭を取る機会がありましたので、その経験を踏まえて、未熟で申しわけありませんがいくつか MOT について書かせてもらおうと思います。MOT（Management of Technology）とは産学連携による新しい人材育成のために設けられたプログラムのことで、芝浦工大に日本で最初に開設され、現在では国公立数十校の大学に開設されており、一般には専門職大学院といわれています。2年間で所定の単位を取れば技術経営修士が取得出来ることになっています。MOT の背景としては、これから、経済的にも技術的にも世界の中で先進的な立場を維持する為には、今まで効果的であった、生産性の向上、コスト低減活動のほかに、従来型のマーケットリサーチだけでなく、創造的な新市場の開拓、製品に創造的な付加価値の付与が必要で、それ無しでは企業も国も生き残れないという危機感があるためと考えられます。そのための手段として技術経営（MOT）という言葉が生まれ、経済産業省のパンフレットでは、「技術に立脚する事業を行う企業等の組織が、持続的発展のために、技術が持つ可能性を見極めて事業に結びつけ、経済的価値を創出していくマネジメント」と解説しています。そのためには経営戦略・管理、プロジェクト管理、知財管理、技術開発、商品企画、コミュニケーション能力、会計・財務等の広範囲のスキルが必要とされています。簡単に言うと、今までは先進国、先進企業の各種技術の真似をして、それを改善していけばよかったが、これからは真似でなく、今までの延長上の発想でなく、経済、工学等、研究面、実務面あらゆる知識を総動員して、融合して、創造的な、今までの延長上にないものを創出することが求められ、そのための人材の育成が必要ということです。したがって、専門職大学院はマネジメント系、工学系の専門性を持つ研究及び実務経験の豊かな教員

が配置されています。また、学生は主に、多業種の企業、団体から技術系、事務系を問わず中堅社員から経営幹部まで上記 MOT に対する意欲のある幅広い年齢層の人で構成されています。芝浦の場合、「技術・産業論」、「経営・管理」、「財務・会計」、「環境・エネルギー」、「システム・最先端技術」の5領域でカリキュラムが構成され、28名の学生定員になっています。教員も大学教員、銀行、電機メーカー、コンサルタント、そして私のような建設業出身と多岐にわたっています。学生も上記のようなバラエティに富んだ構成になっており、知識、能力向上にきわめて意欲的な人が集まっています。教育は各種技術を経営戦略に如何に融合させていくかということに主眼が置かれ、その一環として学生グループによるケーススタディ（プロジェクト演習）というものがあり、教員から提示された課題を時間をかけてスタディしそれを発表・討議する仕組みになっています。また、2年次に修士論文に相当する「特定課題研究」というものがあり、ほとんどの課題が技術と経営にまたがるものになっており、MOT の狙いが生かされているようです。授業も教員からのワンウェイでなく、討議も多く、専門性の面では社会人として経験の豊かな学生に対して「釈迦に説法」的な面も見られることも偶にあり、学生と教員の真剣勝負となり、お互いに磨きあう場も見られます。本当のところ、教員も教える為に常に自己研鑽に気を抜くことができません。実のところ私も大変でした。素晴らしい学生が生まれつつあると思います。社会人でそれぞれの組織で活躍中の方が、勤務後の夜、そして、貴重な休息・家族サービスの機会である土曜日を大学に来て勉学に励む姿には頭の下がる思いがします。そして、ごくわずかな企業派遣以外の学生は安くない授業料は自己負担です。是非、日本の為、各組織の為に技術経営のリーダーとして活躍してもらいたいです。残念ながら MOT の企業社会における認識度合いは今のところ全般的に高いとは言えません。今後は、派遣先の組織の更なる技術経営の重要性に対する認識と派遣学生の活用を期待したいものです。

ずいそう

会津をたずねて

佐藤孝文



昨年、あるシンポジウムに参加の機会を得、会津若松市を訪れました。会津と言えば国内最後の戦いとなった戊辰戦争を思い出しますが、私も『白虎隊』の墓に詣でた後、幼い命を散らした彼等を育んだ藩校『日新館』にも赴き会津藩の幼年・青年教育の背景について興味深く見学して参りました。

山間で地形的にも気候にも恵まれない会津藩は、人材を育成する以外に、度重なる飢饉を乗り越え雄藩と伍していく手段がないことを早くから認識し、遊びかたから礼儀作法、学問はもとより水練場（プール）や天文台のような専門的な施設も完備させ、現在の小学校から大学までの一貫教育とも言える学問所を作り上げました。全国に数ある藩校の中でもこの日新館は屈指の教育機関であったと言えます。

日新館に入学前の幼い子供たちには、『什の掟』と呼ばれる七つの戒めがありました。

- 一、年長者〔としうえのひと〕の言うことに背〔そむ〕いてはなりません
 - 二、年長者にはお辞儀〔じぎ〕をしなければなりません
 - 三、嘘言〔うそ〕を言うことはなりません
 - 四、卑怯〔ひきょう〕な振舞〔ふるまい〕をしてはなりません
 - 五、弱い者をいぢめてはなりません
 - 六、戸外で物を食べてはなりません
 - 七、戸外で婦人〔おんな〕と言葉を交〔まじ〕えてはなりません
- ならぬことはならぬものです。

現代の教育に取り入れるには、時代錯誤の一面もありますが、改めて教えること、学ぶことの基本がそこにはあると思うのです。

自戒も含め今節の技術者の姿をみていると、仕事に対しての強い意志が感じられないことが多々あります。己の仕事の正当性を守るがために、技術基準や設計要領のみ重視し、己の独創性を発揮せんとする姿勢が脆弱になったと感じております。

建築物の耐震偽装が問題になっている昨今において

は、法令遵守が大前提であることは論を俟ちませんが、さらにその先に存在する顧客にとってより良い商品を提供する強い信念と意志が必要だと思います。

しかし、その意志を育てる、つまりはその意志を持った人材を育てるのは、まさに教育の力に外ならないのではないのでしょうか。近頃の若者について、嘆いているばかりでは何の解決にもなりません。

私は今、かつての藩校のような志ある学舎が現代に復活出来ないのかとひそかに考えております。国や県市町村の公の機関でそれが出来ないなら、ひとまずは私塾でもいい。想いを同じくする者たちで資金を出し、志ある人間が志ある人間を育てる場を創ることが出来たら、どれほど未来は明るいでしょう。

学生時代に私はラグビー部に所属し、土にまみれながら毎日ボールを追いかけておりました。怪我は付き物でしたし、毎回体力の限界まで追い込む、それは何より厳しい練習で、部員全員で泣きながらスクラムを組むことも少なくありませんでした。あれほど厳しい鍛錬は、今後どんな場面においても体験することは無いと思っている程です。今も青少年ラグビーの世話役をしており、青臭い思いながら自分が今こうして立っているのは、まさにあの頃培った精神に依るものだと確信しています。

加えて、私の五十才という年齢、働き盛りでの命に関わるような大病をした過去の経験が起因しているのかも知れませんが、自分の事業とは別に社会や未来に微力ながら貢献出来ることはないかと真剣に考える近頃となりました。

実業の世界ではまだまだ若輩者でありますし、自分の事業で汲々と日々の実務に追い回される毎日ですが、このような志を抱き仕事に取り組めることが嬉しく、励みになっております。

『それ学問は心の汚れを清め、身の行いを良くするを以って本実となす。』中江藤樹

これは若者だけに向けた言葉ではない、と私は思っています。

CMI 報告

防水シートの品質向上に関する研究

横沢圭一郎・藤田 一宏・鈴木 健之

1. はじめに

山岳トンネルの標準工法である NATM では、吹付けコンクリートと覆工コンクリートとの間に、防水シートを面的に設置することにより、供用後の防水性を確保する。近年、山岳部や都市部のトンネルでウォータータイト構造のトンネルが増えつつあり、トンネルに対する防水性への要求が高まっている。しかし、防水シートの施工を行う際に、防水性能を確保するために、慎重な管理を行いながら作業をしてはいるものの、坑口部や地圧や水圧が作用する区間の覆工施工時には、鉄筋組立作業が伴い、防水シートを損傷させてしまうことが多々ある。防水シートの損傷は、供用後の漏水の原因となるため、補修を行う必要があるが、損傷は目視で確認しづらいことや、鉄筋が配置された区間の損傷を補修するためには、鉄筋を解体しなければならないなどの問題点が存在している。

2. 研究の背景

当研究所では、上記の問題に対して、より防水性能を向上させる防水シートの材料およびシステムに関して研究開発を行うために、フジモリ産業(株)とともに検討を重ね、種々の要求性能に対応した防水シートの品質を向上させるための研究・開発を実施した。

研究・開発を実施した項目は、下記の3項目である。

① 損傷部を発見しやすい材料と発見方法の研究・開発

暗いトンネル内で損傷した箇所を判別するのは非常に困難であり、鉄筋組立後では、損傷部の補修はできない状況を回避するために、簡易に損傷部を発見できる

防水シートの材料および発見方法を研究・開発する。

② 損傷部の補修方法の研究・開発

鉄筋を組んだ状態において損傷した防水シートを補修する材料およびシステムを研究・開発する。

③ 補修後の検査方法の研究・開発

鉄筋の奥で補修した防水シートの検査方法を研究・開発する。

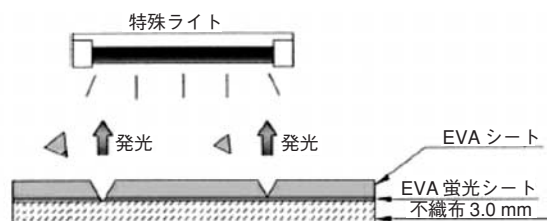
以上の3点に関し、技術開発を行っているが、本報告においては、上記①、②の損傷部の発見方法とその補修方法について記述する。

3. 損傷部の発見方法の研究・開発

暗いトンネル内においても損傷部を容易に発見することが可能な材料として「パウアーシート」を開発した。パウアーシートは、図—1に示すようにEVAシートとEVA蛍光シートを組み合わせた構造となっており、防水シートの表面が損傷した場合、EVA蛍光シートが露出し、特殊ライトを照射することにより、損傷部が発光する構造となっている（図—2）。また、損傷を発見する際に使用する特殊ライト（H×W×D（mm）：95×72×21）も軽量（重量：350g）であり、写真—1に示すように一人で容易に作業を行うことが可能である。



図—1 パウアーシートの構造



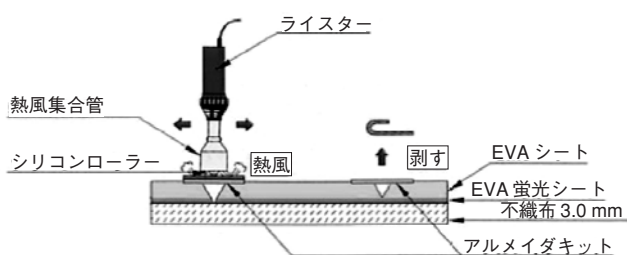
図—2 パウアーシートの発光メカニズム



写真—1 損傷部発見作業状況

4. 補修方法の研究・開発

従来の損傷補修方法では、鉄筋組立後に補修をするためには鉄筋をばらすなどしなければならず、補修は非常に困難であった。そこで、鉄筋組立後の狭いスペースでも確実に損傷部の補修が可能となる技術の開発を行った。損傷部の補修の手順は、以下のとおりである（図—3）。また、写真—2に示すように、鉄筋が組まれた後の狭いスペースにおいても補修作業が可能となっている。



図—3 補修手順

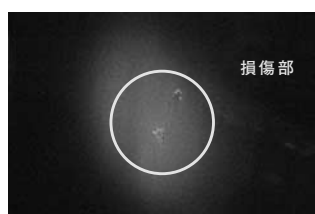


写真—2 補修作業状況

- ①損傷部に補修材を当てて、特殊熱集合管ライスターを押しあてる。
- ②アルミニウム泊を剥がし、補修完了。

5. 実証実験

前述の技術の現場への適用性を確認するために、模擬トンネルにてパワーシートの性能試験を実施したので、その結果を記す。



写真—3 損傷部写真

①損傷発見に関する実験

パワーシートに特殊ライトを照射することによる損傷部の視認性についての実験では、損傷部を特殊ライトで照射することにより、周辺から浮き上がるようにオレンジ色に発光し、目視で容易に損傷部が確認できることを検証できた（写真—3）。

②損傷補修に関する実験

損傷部の補修に関する実験は、鉄筋を組んだ後の補修を想定し実施した。狭い作業スペースではあったが、確実に溶着しており、鉄筋を組立後の狭いスペースでも補修が可能であることが検証できた（写真—4）。



写真—4 補修状況

6. まとめ

今回、模擬トンネルを使用して実験を実施することにより、パワーシートの施工性や現場への適用性の確認を行った。その結果、防水シートの損傷部は発光することにより目視にて確認することが可能であり、狭いスペースにおける損傷部の補修も確実に行うことができることが確認できた。

しかし、これらの技術は未だ施工事例がないため、今後、施工実績を増やすことにより、さらに現場への適用性を高めていくことが今後の課題であるものと考える。

JCMA

【筆者紹介】

横沢 圭一郎（よこざわ けいいちろう）
 (社)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部
 部長

藤田 一宏（ふじた かずひろ）
 (社)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部
 研究課長

鈴木 健之（すずき たけゆき）
 (社)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部
 研究員

新工法紹介 機関誌編集委員会

04-296	DAPPI 工法 (着脱・再掘進型管路築造工法)	大豊建設
--------	-----------------------------	------

▶ 工法概要

近年、特に大都市の管路建設に多く実施されている推進工事において、計画路線上に既設構造物築造時の仮設物が残置されている場合があり、これらが工事の大きな障害になる事例が増えている。また周辺の条件などから、この障害物を撤去するための立坑設置が困難で、事業の実施の遅れや環境改善に支障をきたす状況も発生している。これらを解決する工法として、大豊建設株式会社は泥土圧推進工法をベースに、掘進機内から障害物を安全確実に撤去し、再掘進を可能にした DAPPI 工法（着脱・再掘進型管路築造工法）を開発した。本工法の名称は、外殻から掘進装置を引き抜くところが、昆虫などが殻から脱皮する様子にイメージを重ね合わせてダッピ工法とした。本工法に用いる掘進機及びカッター伸縮状況を写真-1、図-1 に示す。

本掘進機は、外殻部とカッター及びカッター駆動部からなる切羽掘進装置が着脱可能であり、カッターはスポーク型で固定式の短いカッターと可動式の伸縮カッターで構成されている。可動式カッターは、駆動軸から偏心して配置しているため、カッターの伸縮量を大きくできることから、カッターを推進管の内径より小さく縮径することができる。施工手順は、あらかじめ障害物の周辺を地盤改良しておき、掘進機が障害物の地点に到達したら、機内から遠隔操作でカッターを縮径する。続いて後続設備やスクリーコンベア、ジャッキ類を撤去した後、切羽掘進装置を引き抜き、発進立坑へ搬出する。障害物を撤去し、掘進装置を搬入、再装着し、再掘進する。本工法の発展と普及を図るために、建設会社 10 社、メーカー 3 社で DAPPI 工法技術研究会を設立している。

▶ 工法採用の利点

- ①坑内からの障害物撤去のため周辺への環境負荷が小さい。

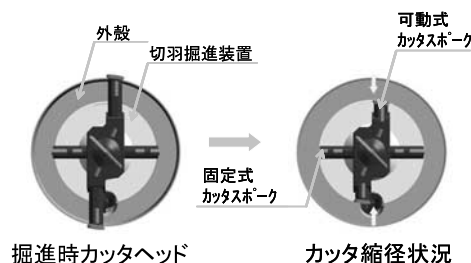


図-1 カッター伸縮状況図



写真-1 φ1600 mm DAPPI 掘進機

- ②工事の実施にあたり交通規制や道路占有期間が短い。
 ③地元との折衝などが少なくなり事業計画の立案が容易。
 ④路上に立坑などを設けなため、第三者災害が発生しない。
 ⑤外的要因による事業の遅延が発生しない。
 ⑥事業全体の工期短縮、コスト縮減が可能。

▶ 工法の特長

- ①可動式カッターは、伸縮量が大きいため掘進装置の引き抜き、再装着が容易である。
 ②機内からの遠隔操作でカッターを伸縮できるため、掘進装置の引き抜き、再装着が安全にできる。
 ③坑内の広い空間で障害物撤去ができるため安全確実である。
 ④既設の人孔や管渠に接続・到達する場合にも、切羽掘進装置を回収し、再転用できる。
 ⑤推進管規格で 1～2 ランク異なる管径にも切羽掘進装置を再転用できる。

▶ 用途・適用範囲

- ・管内径 1350 mm ～ 3000 mm の推進工事
- ・超大口径管推進工事・シールド工事

▶ 実績

- ・工事名：足立区千住寿町、千住四丁目付近再構築工事
- ・発注者：東京都下水道局
- ・管径/延長：仕上り内径φ 1350 mm/L = 542 m
- ・鋼矢板撤去工：残置鋼矢板Ⅳ型 2 ヶ所

▶ 問合せ先

大豊建設(株) エンジニアリング本部 技術開発部
 〒104-8289 東京都中央区新川 1-24-4
 Tel: 03(3297)7011 Fax: 03(3553)6935

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ <02> 掘削機械

08-<02>-03	コマツ 油圧ショベル PC120-8/PC130-8	'08.02 発売 モデルチェンジ
------------	----------------------------------	----------------------

一般土木工事や解体工事などで広く使用される油圧ショベル2機種について、ITサポートシステムの充実や、環境対応性、操作性、居住性、安全性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。PC120-8には標準、アタッチメント（ブレーカ、クラッシャ等の装着）、アームクレーン（2.9 t吊り）の3仕様が、PC130-8にはヘビーデューティ、解体（ブレーカ、クラッシャ等の装着）の2仕様が確立されている。

省エネ運転支援レポート、車両稼働レポート、モニタリングレポートの提供、不審なエンジン始動、車両の機能低下など異常発生時についてのメール送信、稼働状況、稼働位置情報の提供など充実した車両遠隔管理機能（KOMTRAX）を標準装備しており、E-KOMATSU.Net（コマツ会員制ホームページ）との連携により迅速、的確な車両管理で休車時間を短縮している。エンジンは日米欧の排出ガス対策（3次規制）基準値をクリアする ecot3 型を搭載して、国内の特定特殊自動車排出ガス基準適合車としている。また、低騒音マフラの採用や各部の防音対策により、国土交通省の超低騒音型建設機械にも適合している。作業量優先の P モードまたは軽負荷作業における燃費優先の E モードの作業モード選択がモニターパネル上で可能であり、モニターにはエコゲージを装備して CO₂ 排出量の低減や燃費向上の目安としている。そのほか、アイドリング状態が5分以上続くとモニター画面で注意するアイドリングコーション、オートデセル、ブーム・アームエネルギー再生回路、走行自動変速などの採用で省エネ運転を確実にしている。最大けん引力は約 20 %アップ（従来機比）しており、走行性能、登坂能力の向上を図っている。燃料コントロールはダイヤル式で、オートデセル、作業モード選択、走行速度段選択、旋回ロックなどの切換えはスイッチ式としている。転倒時運転者保護構造を内蔵したキャブは、落下物に対する ISO OPG トップガードレベル I および労働安全衛生法のヘッドガード基準に適合しており、ダンパマウントの採用や密閉加圧式として居住性を向上している。車両後方視認用カメラ、トラベルアラーム、油圧ロックレバー（エンジン始動と連携）、ブーム自然降下防止弁、旋回揺れ戻し防止弁、オートマチックスイングブレーキ、旋回ロック、ファイヤウォール、可倒式サイドミラーなどを装備して安全性に配慮しているほか、パスワードを入力しないとエンジン始動ができないイモビライザを装備して車両の盗難予防を図っている。ラジエータとオイルクーラ、アフタークーラを横並びに配置、ダブルエレメントエアクリーナ、ブライミングポンプ内蔵でウォータセパレータ機能付の燃料プレフィルタ、ラジエータ防塵ネットの採用、エンジンオイルフィルタ、燃料メインフィルタ、燃料ドレンコックのリモート化、土砂落ちの良い傾斜形トラックフレームの採用などと、エンジンオイルとエンジンオイルフィルタの交換間隔 500 h、作動油の交換間隔 5000 h、作動油フィルタの交換間

隔 1000 h、作業機回り（アームトップを除く）の給脂間隔 500 h への延長でメンテナンス性を向上している。さらに、異常チェック機能、メンテナンス履歴記憶機能、故障履歴記憶機能を備えた車両健康診断システム EMMS を搭載して、スピーディで確実なメンテナンスを実現している。

表—1 PC120-8/PC130-8 の主な仕様

	PC120-8	PC130-8
標準バケット容量 (m ³)	0.5	0.5
機械質量 (t)	12.1	12.7
定格出力 (kW (ps) / min ⁻¹)	68.4 (93) / 2,200	68.4 (93) / 2,200
最大掘削深さ×同半径 (m)	5.520 × 8.290	5.520 × 8.290
最大掘削高さ (m)	8.65	8.65
最大掘削力(バケット) 通常/アップ (kN)	86.0/93.4	86.0/93.4
作業機最小旋回半径/後端旋回半径 (m)	2.450/2.190	2.450/2.190
走行速度 高速/低速 (km/h)	5.5/2.9	5.5/2.9
登坂能力 (度)	35	35
接地圧 (kPa)	38.2	40.2
全長×全幅×全高(輸送時) (m)	7.59 × 2.50 × 2.875	7.59 × 2.50 × 2.875
価格 (百万円)	11.34	11.97

(注) 高さ関係数値はグロウサ高さを含む。



写真—1 コマツ PC120-8 油圧ショベル

07-<02>-25	コマツ ミニショベル（後方超小旋回形） PC40MR-3	'07.12 発売 モデルチェンジ
------------	------------------------------------	----------------------

都市土木工事や農林業土木工事などで使用されるゴムクローラ式ミニショベルについて、ITサポートシステムの充実や、環境対応性、操作性、居住性、安全性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。

車両遠隔管理システム（KOMTRAX）を標準装備しており、E-KOMATSU Net（コマツ会員制ホームページ）との連携により稼働状況、位置情報、サービスメータ情報、遠隔地エンジン始動ロック（オプション）などの機能を充実して車両管理を確実にしている。エンジンは特定特殊自動車排出ガス規制対応のものを搭載してお

新機種紹介

り、市街地作業や夜間作業に備えて国土交通省の超低騒音型建設機械基準値もクリアしている。可変容量型ポンプと可変容量モータを採用して作業機スピードアップと複合操作性を向上し、走行は自動変速2速として移動時の効率化を図るとともに、ブレード操作レバーに装着した自動2速⇄1速固定の切換えスイッチによりブレード操作をしながらの変速操作をスムーズにしている。ブレードとバケットツース間の距離の最適化を図り、手前かき寄せ作業を容易にしている。運転席はウオークスルー構造とし、2本柱ROPS・OPG・ヘッドガードキャノピ&リヤビューミラーの採用で、視界と安全性を確保している（キャブ仕様車はROPS・OPG・ヘッドガードキャブを装備）。そのほか、ロックレバーで全ての操作をロックした状態でのみエンジン始動ができるエンジンニュートラルスタート機構を装備、作業機の高圧ホースに圧油飛散防止カバーを装着、万一エンジンが急停止した場合に安全に作業機を降下接地できるようアキュムレータを装備、ファイヤウォールの設置、走行駐車ブレーキや旋回駐車ブレーキの採用など、安全についての対策を充実している。ラジエータとオイルクーラを清掃が容易で冷却効率の高い横並びに配置、X形トラックフレームは泥が溜まりにくく落としやすい構造と形状を採用、チルトアップフロア機構やフルオープンカバーを採用、全ての給脂間隔を500hとするなどでメンテナンス性を向上している。

表—2 PC40MR-3の主な仕様

標準バケット容量	(m ³)	0.14
機械質量	(t)	3.915 [4.035]
定格出力	(kW (ps)/min ⁻¹)	28.5 (39)/2,400
最大掘削深さ×同半径	(m)	3.350 × 5.685
最大掘削高さ	(m)	5.155
バケットオフセット量 左/右	(m)	0.630/0.880
最大掘削力 (バケット)	(kN)	30.4
作業機最小旋回半径/後端旋回半径	(m)	2.270/0.980
走行速度 高速/低速	(km/h)	4.6/2.8
登坂能力	(度)	30
接地圧	(kPa)	25.5 [26.3]
全長×全幅×全高	(m)	5.160 × 1.960 × 2.550
価格 (キャノピ仕様)	(百万円)	5.0925

(注) (1) キャノピ仕様「キャブ仕様」の書式で示す。

(2) 全長、全高は、輸送時寸法を示す。



写真—2 コマツ PC40MR-3 ミニショベル (後方超小旋回形)

キャノピ/キャブ付の標準仕様のほか、旋回体後端に脱着可能な増量ウエイトを装着して車両安定性を確保するX仕様、各種アタッチメント作業に対応する配管仕様などを確立している。

▶ <05> クレーン、エレベータ、高所作業車およびウインチ

07-<05>-08	タダノ 高所作業車 (伸縮ブーム形) AT-146TE /AT-147CE	'07.12 発売 モデルチェンジ
------------	---	----------------------

電気工事向けとして、バケットや第3ブームの材質に絶縁性のあるFRPを採用して耐電圧性を高めた高所作業車2機種について、作業性、安全性、操作性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。高所作業車は、直進3段のブーム先端部にバケットを備えた作業装置を3tトラックシャーシに架装したもので、作業装置の動力ユニットにはエンジン式 (低騒音型)、バッテリー式 (低騒音型)、車両P.T.O.式の3仕様があり、バケット装置には固定式と昇降式があり、バケット部装着のジブには手動式と油圧式が確立されている。

AT-146TEはブーム先端部とバケット部 (自動水平装置付、スイング装置付) を直結、AT-147CEはブーム先端部とバケット間に多関節アーム (自動水平装置付、スイング装置付) を設けて電柱への回り込みなどを可能にして作業範囲を広げている。AT-146TEのバケットには固定式と昇降式があり、車両P.T.O.式・固定式バケット・手動式ジブを標準仕様としている。AT-147CEの作業装置では、多関節アームを介して昇降式バケット・油圧式ジブを装備した仕様で統一している。バケット部の操作装置にはイネーブル機能付3軸ジョイスティックを採用しており、ブームの起伏、伸縮、旋回の3操作が可能で、イネーブル機能により、万一、誤ってジョイスティックに触れてもブームが作動せず、事故を防ぐことができる。操作装置は下部集中型としており、旋回台への昇降をすることなく下部でブームの操作が行える。車幅内での旋回が可能なので、狭い現場でもブーム後端や旋回台のはみ出しを気にすることなく作業ができる。エンジン式動力ユニットについては、国土交通省の排出ガ

表—3 AT-146TE/AT-147CEの主な仕様

	AT-146TE	AT-147CE
最大積載荷重 (又は搭乗人員) (kg)	250 (2名)	250 (2名)
バケット最大地上高 (昇降仕様・上昇時) (m)	14.5 + 0.6	14.1 + 0.6
最大作業半径 (m)	11	10.7
バケット内寸法 幅×奥行×高 (m)	1.0 × 0.74 × 0.9	1.1 × 0.74 × 0.9
バケット首振り角度 左～右 (度)	100 ~ 100	120 ~ 120
バケットアームスイング角度 (アーム長さ) (度)	—	125 ~ 125 (0.875 m)
バケット耐電圧 (5分間) (kV)	20	20
ブーム長さ (3段同時伸縮) / 同起伏角度 (m) / (度)	5.24 ~ 12.86 / - 16 ~ 80	5.24 ~ 12.52 / - 16 ~ 80
ジブ吊り上げ荷重 / 同揚程 (起伏角度 60°) (kg) / (m)	490 / 16.5	490 / 16.3
旋回角度 (度)	360	360
アウトリガ最大張出幅 (4本H型) (m)	3.34	3.34
架装シャーシ (—)	3.0t車クラス	3.0t車クラス
全長×全幅×全高 (m)	5.78 × 1.88 × 3.35	5.63 × 1.88 × 3.35
価格 (シャーシ含む) (百万円)	13.755	17.1675

(注) (1) バケット昇降付仕様を示す。

(2) 全長×全幅×全高、価格は、仕様により異なる。

新機種紹介

表ー４ SB12A/SH12A の主な仕様

	SB12A	SH12A
最大積載荷重(搭乗人員)(kg)	200 (2名)	200 (2名)
最大地上高 (m)	12	12
最大作業半径 (m)	9.9	9.9
バケット内側寸法 幅×奥行×高 (m)	1.0 × 0.7 × 0.9	0.95 × 0.7 × 0.9
バケット首振り角度 左～右(度)	105 ～ 105	105 ～ 105
ブーム長さ(直進3段) (m)	3.93 ～ 9.44	3.93 ～ 9.44
ブーム伸縮ストローク/起伏角度 (m)/(度)	5.51/- 12 ～ 84	5.51/- 12 ～ 84
旋回角度 (度)	360	360
アウトリガ張出幅(H型) 前/後 (m)	1.860/1.710	1.860/1.710
架装シャシー/積載量 (—)	3.0 t 車クラス/150 kg	3.0 t 車クラス/150 kg
全長×全幅×全高 (m)	5.10 × 1.89 × 2.79	5.10 × 1.89 × 2.79
価格(シャシー含む)(百万円)	11.14	11.58

(注) 架装シャシー/積載量, 全長×全幅×全高, 価格は, 仕様により異なる。



写真ー３ タダノ「スカイボーイ」AT-147CE 高所作業車

ス対策（3次規制）基準値をクリアするものを採用している。制御装置として起伏速度制御，旋回速度制御，緩起動緩停止，オートアクセル（レバー操作に連動），バケット・ブーム自動格納，ブーム垂直水平制御などの装置が，また，安全装置として過負荷防止（ブーム干渉防止機能付，自己故障診断機能付），モーメント表示ランプ，緊急停止，ジャッキインタロック，ブームインタロック，油圧シリンダロック，パーキングブレーキ警報，油圧安全弁などの装置が装備されている。

08-05>02	アイチコーポレーション 高所作業車（伸縮ブーム形） SB12A / SH12A	'08.03 発売 新機種
----------	---	------------------

市街地や狭い場所での稼働を考慮して開発された高所作業車で，建設工事向け SB12A と，電気・通信工事向け SH12A である。作業性，安全性，操作性などの向上を図っており，ブームを後方に向けて格納する後方格納形として，3 t クラスのトラックシャシーに全高を低く，コンパクトに架装している。

直進3段のブームは，大断面化で剛性を上げるとともに第2，第3ブームにアルミ材を採用して軽量化を図り，先端を屈折した形状として建物のひさしや通信線などの障害物を回避して安全に作業ができるようにしている。同時に作業床の格納位置を低くして乗降をし易くしている。アウトリガジャッキのセットや格納は，自動水平機能付ジャッキ自動張り出し装置によってワンタッチ操作が可能であり，ジャッキにはセット時の横滑りを防止する新機構が採用されている。エンジン始動・停止装置（省エネ対応型），オートアクセル，ブーム作業床自動格納装置，水準機などを標準装備している。

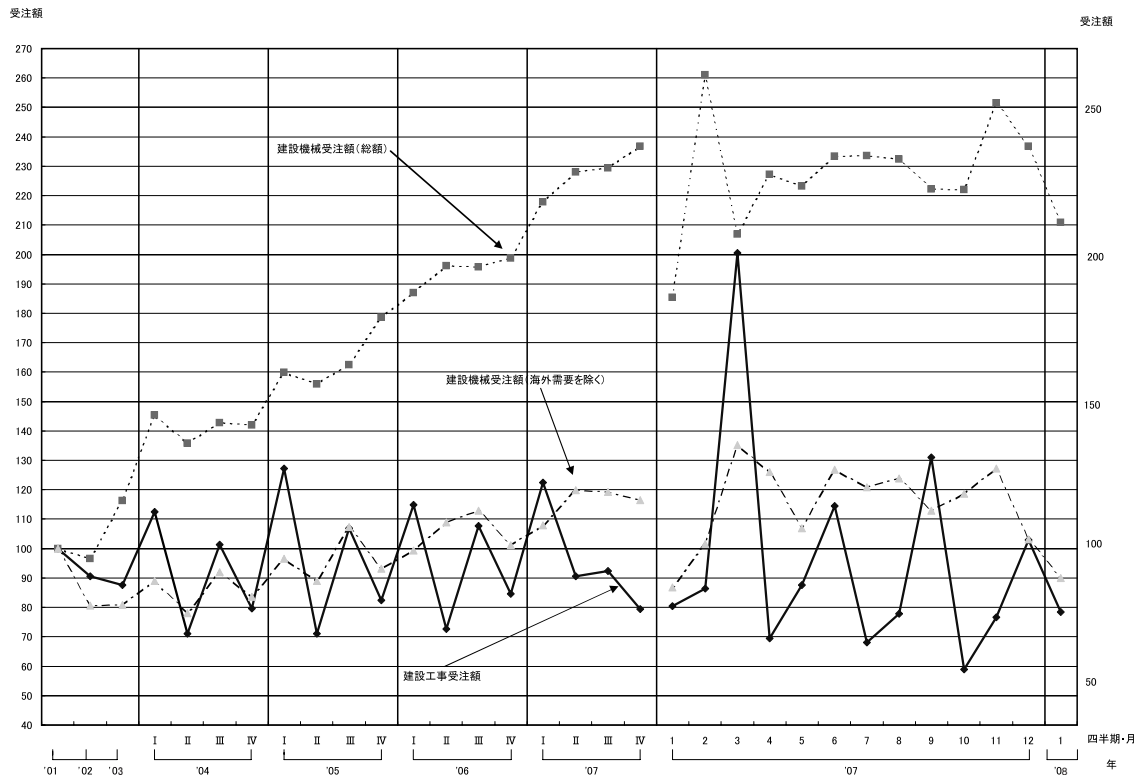


写真ー４ アイチコーポレーション「スカイマスター」SH12A 高所作業車

安全装置として，油圧系安全装置では油圧安全弁，ジャッキ伸縮安全装置，ブーム起伏安全装置，ブーム伸縮安全装置，バケット平衡安全装置があり，そのほか，作動停止スイッチ，下部操作優先スイッチ，ジャッキ・ブームインタロック装置，非常用ポンプなどを装備している。SB12A は，アウトリガの横張り出しなしの状態，ブームを全伸長のまま全ての起伏角度の範囲において安全に作業ができるので，交通量の多い道路や狭小な現場でのスピーディな対応が可能である。また，資材，機材の積載スペースを大きくとっており，様々な工事内容に合わせた対応が1台で間に合うようにしている。SH12A は，第3ブームの FRP コーティングや作業床周りの FRP 製カバーを標準装備し，上部の操作レバーには誤操作を防止するイネーブルススイッチを設けて安全性を向上している。さらにオプション仕様として，市街地や夜間作業時の周辺に配慮したバッテリー駆動型低騒音ユニットや，移動時の安全性を高めるバックモニターなども用意している。

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査（大手50社）（指数基準 2001年平均=100）
建設機械受注額：建設機械受注統計調査（建設機械企業数24前後）（指数基準 2001年平均=100）



建設工事受注動態統計調査（大手50社）

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2001 年	143,383	90,656	15,363	75,293	39,133	6,441	7,153	93,605	49,778	162,832	160,904
2002 年	129,862	80,979	11,010	69,970	36,773	5,468	6,641	86,797	43,064	146,863	145,881
2003 年	125,436	83,651	12,212	71,441	30,637	5,123	5,935	86,480	38,865	134,414	133,522
2004 年	130,611	92,008	17,150	74,858	27,469	5,223	5,911	93,306	37,305	133,279	131,313
2005 年	138,966	94,850	19,156	75,694	30,657	5,310	8,149	95,370	43,596	136,152	136,567
2006 年	136,214	98,886	22,041	76,845	20,711	5,852	10,765	98,795	37,419	134,845	142,913
2007 年	137,946	103,701	21,705	81,996	19,539	5,997	8,708	101,417	36,529	129,919	143,391
2007 年 1 月	9,624	7,694	1,684	6,011	1,240	425	265	7,477	2,148	133,681	10,210
2 月	10,318	7,132	1,372	5,760	2,310	484	391	7,186	3,132	133,709	11,644
3 月	23,973	17,208	3,001	14,206	4,385	708	1,672	16,871	7,102	138,503	19,212
4 月	8,298	6,811	1,558	5,253	784	440	263	6,376	1,922	137,090	9,593
5 月	10,466	7,894	1,826	6,069	961	429	1,181	7,747	2,718	137,504	10,827
6 月	13,680	10,649	2,193	8,457	1,700	520	811	10,667	3,013	138,439	12,818
7 月	8,121	6,111	1,548	4,563	1,060	503	445	5,870	2,250	136,746	10,007
8 月	9,305	6,781	1,204	5,578	1,342	456	726	6,959	2,346	135,311	10,300
9 月	15,669	12,284	2,297	9,987	1,594	618	1,173	11,553	4,116	135,728	14,672
10 月	7,044	5,368	1,311	4,056	882	437	358	5,019	2,025	132,936	9,864
11 月	9,155	7,046	2,000	5,046	1,211	458	440	6,870	2,285	130,427	11,794
12 月	12,293	8,722	1,712	7,011	2,068	518	984	8,821	3,472	129,919	12,450
2008 年 1 月	9,385	6,789	1,358	5,432	1,686	352	557	6,737	2,648	—	—

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 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	08 年 1 月
総 額	8,983	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	1,388	1,954	1,549	1,700	1,671	1,747	1,748	1,739	1,663	1,662	1,883	1,773	1,578
海 外 需 要	3,574	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,211	997	1,496	940	1,132	1,189	1,175	1,203	1,181	1,154	1,127	1,309	1,308	1,173
海外需要を除く	5,409	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,267	391	458	609	568	482	572	545	558	509	535	574	465	405

(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 1 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2008年2月1日～29日)

■ 機 械 部 会

■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：2月6日（水）

出席者：川本伸司分科会長ほか3名

議 題：①アンケート結果の分析について ②報告書の検討について ③その他

■路盤・舗装機械技術委員会・安全対策分科会・路面清掃車部門

月 日：2月6日（水）

出席者：小葉賢一分科会長ほか7名

議 題：①路面清掃機械の安全要求事項の検討 ②その他

■情報化機器技術委員会

月 日：2月7日（木）

出席者：加藤武雄委員長ほか4名

議 題：①DIS15998.2の状況報告 ②無線線利用調査表JCMAS案 ③火災対策ガイドライン案 ④平成19年度の実績と平成20年度活動計画 ⑤その他

■コンクリート機械技術委員会

月 日：2月7日（木）

出席者：大村高慶委員長ほか6名

議 題：①トラックミキサーの安全要求事項の審議 ②その他

■基礎工事用機械技術委員会・幹事会

月 日：2月14日（木）

出席者：青柳隼夫委員長ほか3名

議 題：①平成19年度実施報告について ②平成20年度実施計画について ③平成20年度の見学会について ④その他

■基礎工事用機械技術委員会・C規格分科会

月 日：2月14日（木）

出席者：青柳隼夫委員長ほか7名

議 題：①標準化委員会の指摘事項の検討 ②その他

■機械整備技術委員会

月 日：2月18日（月）

出席者：高橋賢次委員長ほか5名

議 題：①ホームページの開設について ②安全性の向上・トラックの連結の問題点 ③来期の活動計画について ④その他

■トンネル機械技術委員会・未来型機械分科会

月 日：2月19日（火）

出席者：河上清和分科会長ほか8名

議 題：①調査診断技術一覧表の資料の確認・分類Ⅳ～Ⅴの区分 ②調票から未来型機械の項目選定 ③その他

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：2月20日（火）

出席者：佐藤文夫分科会長ほか5名

議 題：①平成20年度の活動計画について ②その他

■建築生産機械技術委員会・定置式クレーン分科会

月 日：2月20日（火）

出席者：三浦 拓分科会長ほか6名

議 題：①無線操作クレーンの安全性について ②その他のテーマ検討

■トラクタ技術委員会

月 日：2月22日（金）

出席者：齊藤 秀企委員長ほか7名

議 題：①低燃費指定制度について ②平成19年度活動報告と平成20年度活動計画について ③「機械遺産」の紹介 ④その他

■建築生産機械技術委員会・幹事会

月 日：2月26日（火）

出席者：石倉武久委員長ほか2名

議 題：①平成20年度委員会及び分科会活動内容の討議について ②その他

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：2月27日（水）

出席者：篠原慶二委員長ほか7名

議 題：①平成19年度下期の活動実績報告について ②平成20年度上期の活動計画について ③平成20年度4月の全体委員会（総会）開催日について

■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：2月27日（水）

出席者：奥村利博分科会長ほか8名

議 題：①アンケート調査の纏め方について ②その他

■路盤・舗装機械技術委員会

月 日：2月28日（木）～29日（金）

出席者：福川光男委員長ほか21名

議 題：①日工（株）殿見学会 ②アスファルトプラントの省エネ化について ③新キャタピラー三菱（株）殿見学 ④コンタミネーションコントロールについて

■ 建 設 業 部 会

■建設業部会・幹事会

月 日：2月14日（木）

出席者：坪田章幹事長ほか12名

議 題：①平成20年度以降役員の選出 ②平成19年度事業報告について ③平成20年度事業計画について ④コンクリートポンプ車ブーム折損事

故報告会 ⑤その他

■ レンタル業部会

■レンタル業部会

月 日：2月21日（木）

出席者：稲留弘部会長ほか8名

議 題：平成20年度部会役員改選について ②平成19年度事業報告について ③平成20年度事業計画について ④建設業部会からの建設機械事故事例データベース作成への協力依頼 ⑤その他

■レンタル業部会 コンプライアンス分科会

月 日：2月21日（木）

出席者：高見俊光分科会長ほか10名

議 題：①災害時搬出可能機械のリストアップ方法について、 ②その他

■ コンクリートポンプ車総合改善委員会

■コンクリートポンプ車総合改善委員会

月 日：2月6日（水）

出席者：宇治公隆委員長ほか12名

議 題：①第二分科会中間報告書（案）の検討 ②今後の委員会活動について ③その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会・マテリアルハンドリングWG

月 日：2月5日（火）

出席者：溝口孝遠リーダほか9名

議 題：①リフマグの取扱いについて ②技術基準について ③Q&Aの作成について ④その他

■製造業部会・幹事会

月 日：2月14日（木）

出席者：山田 透幹事長ほか13名

議 題：①国際アスファルト舗装会議（ICAP2010名古屋会議）開催について ②建設機械事故防止推進分科会への対応について ③ダム・採石用機械の昇降設備向上ガイドラインについて ④平成19年度事業報告と平成20年度の事業計画について ⑤その他

■製造業部会・作業燃費に関する検討会

月 日：2月19日（火）

出席者：田中利昌副幹事長ほか5名

議 題：①低燃費型建設機械の今後の進め方について ②その他

■ 各種委員会等

■機関誌編集委員会

月 日：2月6日（水）

出席者：中野正則委員長ほか21名

議 題：①平成20年5月号（第699号）の計画の審議・検討 ②平成20年6月号（第700号）の素案の審議・検討 ③平成20年7月号（第701号）の編集方針の審議・検討 ④平成20年2～4月号（第696～698号）の進捗状況確認

■新機種調査分科会

月 日：2月27日（水）

出席者：渡部 務分科会長ほか3名

議 題：新機種情報の検討・選定

■建設経済調査分科会

月 日：2月19日（火）

出席者：山名至孝分科会長ほか4名

議 題：本年度の計画検討

…支部行事一覧…

■ 北海道支部

■2008 ふゆトピア・フェア in 千歳

除雪機械展示・実演会

月 日：1月31日（木）～2月1日（金）

場 所：千歳市立千歳中学校グラウンド

出展社：23社，1機関

入場者：4,500名

■第1回調査部会調査委員会

月 日：2月22日（金）

出席者：村椿委員長ほか7名

議 題：①平成20年度版建設機械等損料算定表（北海道補正版）について ②平成20年度請負工事機械経費積算講習会について

■第4回広報部会広報委員会

月 日：2月22日（金）

出席者：林委員長ほか3名

議 題：①支部だより“96号”の発行について ②平成20年度支部講演会について

■ 東北支部

■広報部会

月 日：2月6日（水）

場 所：協会会議室

参加者：山田仁一広報部会長代理ほか2名

議 題：支部だより153号編集計画について，原稿依頼作成及び発送

■広報部会

月 日：2月7日（木）

場 所：協会会議室

参加者：山田仁一広報部会長代理ほか1名

議 題：支部だより153号編集計画について，原稿依頼作成及び発送

■企画部会

月 日：2月13日（水）

場 所：協会会議室

参加者：山田仁一部会長ほか6名

議 題：①新規会員募集について ②新表彰制度の実施について

■技術委員会

月 日：2月21日（木）

場 所：協会会議室

参加者：高橋 弘委員長（東北大学教授）ほか6名

議 題：①建設施工技術表彰審査要領について ②建設施工技術表彰の募集について

■施工部会・除雪分科会・除雪現場調査

月 日：2月26日（火）～27日（水）

場 所：山形県小国町

参加者：山崎 晃施工部会長，渡辺三郎 除雪分科会長，山田一彦委員

現 場：豪雪地帯における除雪調査（国道及び町道除雪調査）

■EE東北作業部会

月 日：2月28日（木）

場 所：仙台市 宮城県建設産業会館

参加者：山崎 晃施工部会長ほか1名

議 題：①EE東北'08実施要領について ②出展申し込み状況について ③新技術討論会及びプレゼンテーションについて ④広報計画その他について

■ 北陸支部

■広報委員会

月 日：2月27日（水）

場 所：北陸支部事務局

参加者：羽賀清治広報委員長ほか2名

議 題：支部機関誌の編集について

■ 中部支部

■調査部会

月 日：2月28日（木）

出席者：山本芳治調査部会長ほか10名

議 題：「平成20年度 建設事業説明会」実施について

■ 関西支部

■意見交換会でのポンプ設備部会の課題に関する検討会

月 日：2月6日（水）

出席者：10名

議 題：①配置技術者の経験年数および緩和策について ②コストについて（不調・不落案件に関して）③他社設備のメンテナンスについて ④点検報告書について

■意見交換会でのポンプ設備部会の課題に関する検討会

月 日：2月27日（水）

出席者：9名

議 題：①配置技術者の経験年数および緩和策について ②コストについて（不調・不落案件に関して）③他社設備のメンテナンスについて ④点検報告書について

■建設業部会，リース・レンタル業部会 合同討論会

月 日：2月29日（金）

出席者：中山隆義建設業部会長，伊勢木 浩二リース・レンタル業部会長ほか33名

テーマ：『災害時における建設業およびリース・レンタル業の役割と，リース・レンタル業界の最新事情について』 ①「災害時における建設機械の調達」について 近畿地方整備局企画部施工企画課長 下野公仁氏 ②「災害復旧におけるロボット技術」(株)フジタ 土木本部技術企画部次長 藤岡 晃氏 ③「排ガス3次規制」について (株)アクティオ関西支店 副支店長 浜田 喜代己氏 ④「海外案件への建設機械レンタル」について 菅原電機産業(株) リース営業課長 柳田 努氏，淀川変圧器(株) 営業部次長 新稲信人氏

■ 四国支部

■バックホウ遠隔運転講習会

月 日：2月20日（水）～22日（金）

場 所：国土交通省四国技術事務所（屋外試験場）

内 容：（使用機械）ラジコンバックホウ 0.45 m³ 級，（方法）目視による遠隔操縦実地講習

受講者：15名

■企画部会幹事会

月 日：2月27日（水）

場 所：サン・イレブン高松

議 題：①平成19年度四国支部事業報

告について ②平成 20 年度企画部会
事業計画（案）について ③その他
出席者：小松修夫幹事ほか 7 名

■施工部会幹事会

月 日：2 月 28 日（木）
場 所：サン・イレブン高松
議 題：①平成 19 年度四国支部事業報
告について ②平成 20 年度施工部会
事業計画（案）について ③その他
出席者：亀川和正施工部会長ほか 3 名

■技術部会幹事会の開催

月 日：2 月 29 日（金）

場 所：サン・イレブン高松
議 題：①平成 19 年度四国支部事業報
告について ②平成 20 年度技術部会
事業計画（案）について ③その他
出席者：下河良夫技術部会長ほか 7 名

■九州支部

■第 11 回企画委員会

月 日：2 月 20 日（水）
出席者：相川 亮企画委員長ほか 13 名
内 容：①第 4 四半期の事業結果につい

て ② H19 支部事業・部会活動実施
結果について ③ H20 部会委員会活
動計画について ④その他

■記念誌編集委員会（第 4 回）

月 日：2 月 4 日（月）
出席者：村上輝久委員ほか 4 名
内 容：記念誌編集の掲載内容について

■記念誌編集委員会（第 5 回）

月 日：2 月 20 日（水）
出席者：相川 亮委員ほか 6 名
内 容：記念誌編集の掲載内容について

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので、ご案内をいたします。

当機関誌は 2004 年 6 月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しています。建設ロボット、建設 IT、各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工、安全対策、災害・復旧、環境対策、レンタル業、リニューアル・リユース、海外建設機械施工、などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させよ

うと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが、更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技术・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

（1）投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の 2 種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

（2）詳細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール、電話でご連絡願います。また、JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ、原稿の書き方等、投稿に関わる不明な点のご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03 (3433) 1501, Fax：03 (3432) 0289,
e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

昭和時代の回顧がブームになっています。映画、雑誌、テーマパークを見ますと、ブラウン管に妙なカバーが付いた白黒テレビなど、その頃が懐かしく感じると共に、今の時代が、技術の急速な発展によって大きく様変わりしていることが分かります。

会社の執務環境についても同じことが言えます。筆者が入社したのは昭和58年です。弊社における当時と現在の執務環境を見比べて見ますと、まず目に付くのがパソコンです。当時、ワープロや表計算ソフトが普及し始めましたが、それらを操作できるパソコンは部屋に1台でした。現在は、各人専用のパソコンが自席に置かれています。CRTは薄型の液晶タイプになり、外付けのハードディスクも無いので、机の上に置いても邪魔になりません。データを保存した8インチ、5.25インチのフロッピーディスクが、大容量のUSBメモリに代わっています。メールやインターネットが普及したことも、

執務環境へ大きな影響を与えています。FAX機は隅っこに追いやられて、ホコリをかぶっています。回覧されていた資料は、電子ファイルで各人へ配信されるようになり、押印も電子承認へ移行されています。パソコンとソフト及び周辺技術が急速に普及した理由は、その時代のマーケットやニーズと結合しながら、より大きな付加価値を継続して創造したことによります。

今月号の特集は「建設施工における新技術、新材料」です。巻頭言は「技術が拓く建設界の未来」として、京都大学大学院の嘉門教授に執筆をお願いしました。報文は、NETISに登録されたもの、及び新工法調査分科会が選定したものを中心に、広範な技術と材料を取り上げています。できたてホヤホヤなものもありますが、今後、継続的な発展によって付加価値を高め、広く普及していくことを期待したいと思います。

最後になりますが、執筆していただきました皆様には、お忙しいところご協力いただきまして、改めて御礼申し上げます。

(斉藤・宮崎)

5月号「歴史的遺産・建造物の修復、復元特集」予告

- ・三角港環境整備事業
- ・熊本城復元整備事業
- ・仙台城石垣修復工事
- ・歴史的建造物の光学的手法による3D形状・振動計測とその計測データを用いたFE解析による地震応答解析
- ・布引五本松堰堤補強及び堆積土砂撤去工事の施工
- ・歴史的建造物の保存、果たして我々は文化財破壊者にならなかったのだろうか!? 80年前の本物を見る橋渡しをできたか?
- ・旧栃木県庁舎移築保存の為に曳家工事の施工
- ・皇居東御苑内本丸中之門石垣の修復工事と石垣修復支援システム
- ・建設機械の遺産登録
- ・大洲城天守閣復元工事に携わって

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	石川 正夫
今岡 亮司	上東 公民
岡崎 治義	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

中野 正則 国土交通省

編集委員

廣松 新	国土交通省
浜口 信彦	国土交通省
米田 隆一	農林水産省
小沼 健一	(独)鉄道・運輸機構
早川 正昭	株式会社高速道路総合技術研究所
伊藤 崇法	首都高速道路(株)
高津 知司	本州四国連絡高速道路(株)
平子 啓二	(独)水資源機構
松本 敏雄	鹿島建設(株)
和田 一知	川崎重工業(株)
岩本雄二郎	株熊谷組
嶋津日出光	コベルコ建機(株)
金津 守	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
村上 誠	新キャタピラー三菱(株)
宮崎 貴志	株竹中工務店
泉 信也	東亜建設工業(株)
中山 努	西松建設(株)
斉藤 徹	株NIPPOコーポレーション
三柳 直毅	日立建機(株)
岡本 直樹	山崎建設(株)
中村 優一	株奥村組
石倉 武久	住友建機製造(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
久留島匡繕	五洋建設(株)
吉越 一郎	株間組
藤田 一宏	施工技術総合研究所

No.698「建設の施工企画」 2008年4月号

〔定価〕1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成20年4月20日印刷

平成20年4月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 小野 和日児

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

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

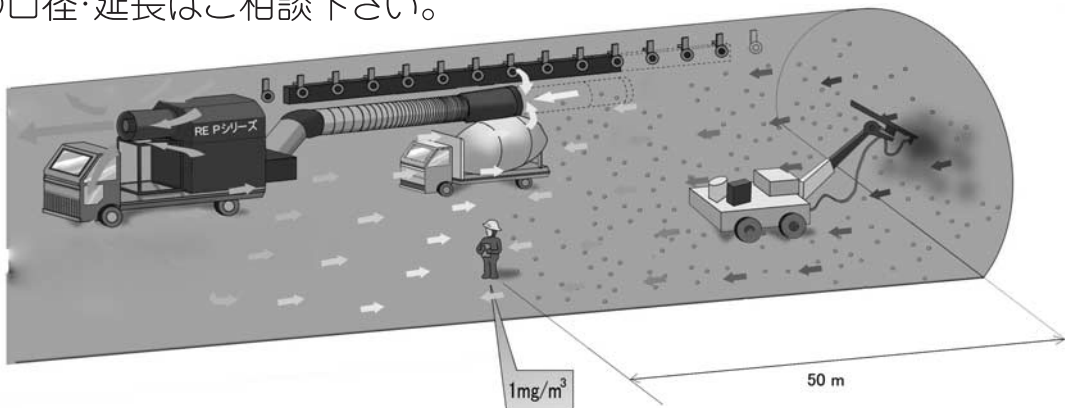
吸引ダクトシステム

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



まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせコンサル致します。

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適応。**操作のお手間をとらせません。**
- ・**最低限の切羽送気量**と後方の**高い清浄空間**の確保で換気コスト・ランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適応径は $\phi 600 \sim \phi 1500$ 、負圧-2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



宇宙・原子力・環境など開発部門の人材を募集しています。

 **株式会社流機** エンジニアリング

URL: <http://www.ryuki.com> E-mail: eigyobu@ryuki.com

本社／〒108-0073 東京都港区三田3-4-2 COI聖坂ビル
TEL: 03 (3452) 7400 (代) FAX: 03 (3452) 5370

つくば／〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
テク/センター TEL: 0296 (37) 7680 (代) FAX: 0296 (37) 7681

KOBELCO

さすがコベルコ!

選ばれる「商品」「社員」「会社」へ

静と動の極みへ。



95dB (A)

新冷却システムが実現した極低騒音。

※国土交通省の指定制度上はあくまでも超低騒音型(基準値は100dB以下)です。
「極低騒音」はコベルコの独自表現です。

燃料消費量21%低減

驚きのコストパフォーマンスを実現。

※数値はSK225SRの場合。当社従来機SK235SRと
単位燃料あたりの掘削土量を比較。標準モード時。



掘削新流儀。——アセラ・ジオスペック

ACERA
GEOSPEC SR

SK225SR: バケット容量:0.8m³
運転質量:22,300kg



用途別専用機ダイナスペック

DYNASPEC SR

SK235SRD: バケット容量:0.8m³
運転質量:24,300kg
SK235SRD_{LC}: バケット容量:0.8m³
運転質量:24,900kg



オフロード法適合

お問い合わせ、カタログのご請求は……

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>

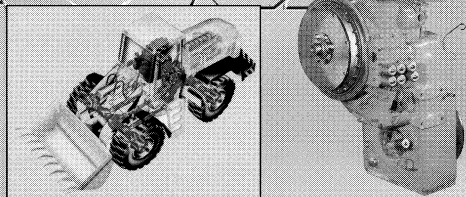
東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111

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

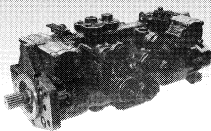
建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応

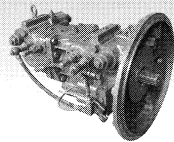


建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



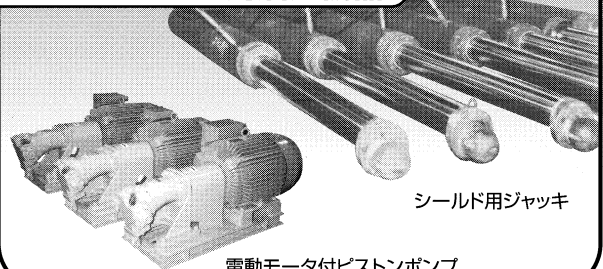
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



シールドマシン用油圧機器

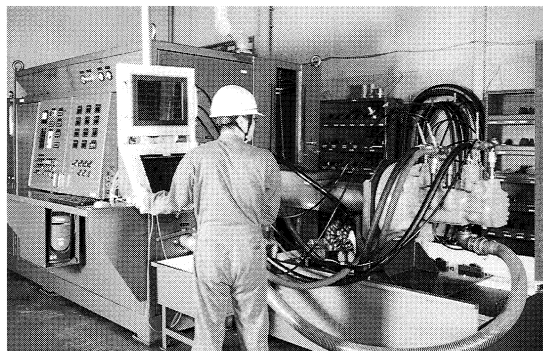


シールド用ジャッキ

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 (72) 5209

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

それはいつまでも
青い空のために



コスモECOディーゼル

「DH-2」対応
ディーゼルエンジンオイル
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

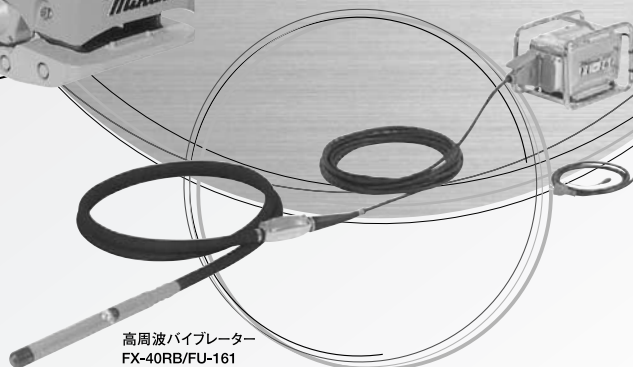
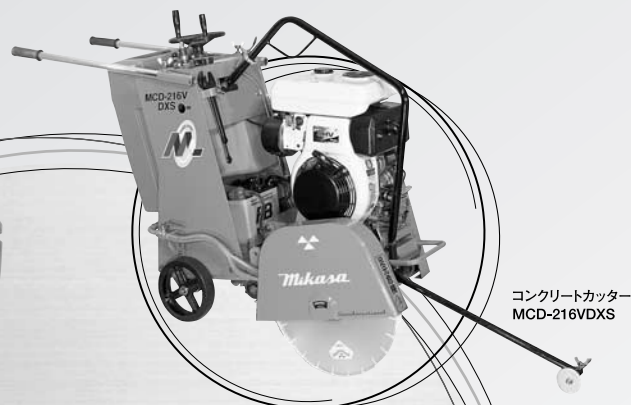
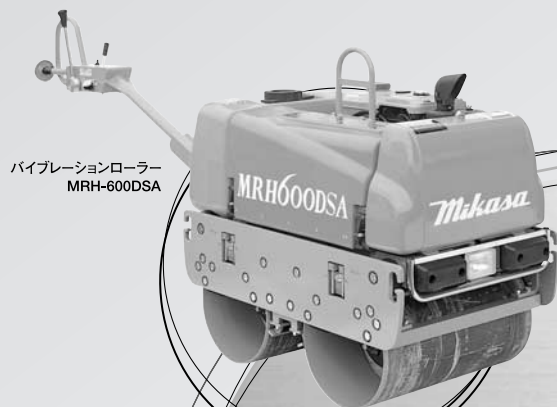
さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。



コスモ石油ルブリカンツ株式会社

<http://www.cosmo-lube.co.jp/>

カスタマーサポートセンター：0120-15-4899



多様な作業環境に、柔軟に対応する品質・技術・パワー。
 「三笠」は現場に支持されています。

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社/〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL:03-3292-1411 (代)

●営業所:札幌/仙台/北関東/新潟/長野/静岡 ●出張所:山梨

三笠建設機械株式会社

〒550-0012 大阪市西区立売堀3-3-10 TEL:06-6541-9631 (代)

●営業所:名古屋/金沢/広島/高松/福岡 ●出張所:鹿児島/沖縄

無駄な電力を抑え CO₂排出量を 大幅に削減。

地球温暖化防止に貢献し、環境にやさしい
ツルミの電極式自動運転ポンプシリーズ



KTVE型

三相200V

吐出し口径：50～100mm
出力：0.75～5.5kW
全揚程：10～22m
吐出し量：0.18～0.6m³/min



HSE型

単相100V

吐出し口径：50mm
出力：0.4kW
全揚程：8m
吐出し量：0.1m³/min



LBA型

単相100V

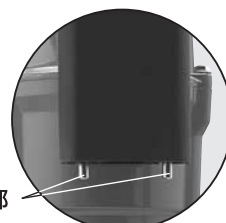
吐出し口径：40・50mm
出力：0.25・0.48kW
全揚程：6・8m
吐出し量：0.1・0.12m³/min



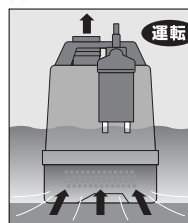
電極式水位センサで 自動運転を実現



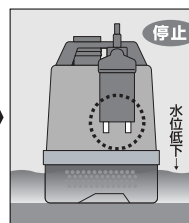
電極部



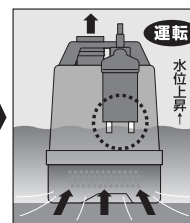
例：LBA型イメージ図



排水開始



水位低下を電極が検知



水位上昇を電極が検知

湧水などにより水位が上昇し、ポンプ電極部に水面が接すると運転を開始、またポンプ排水により水位が低下し電極部から水面が離れると、約1分後に自動停止する。このきめ細かい運転による省エネが大幅なCO₂削減効果に貢献します。(当社、非自動運転形ポンプ比)

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351(代) FAX.(06)6911-1800
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765(代) FAX.(03)3835-8429

営業拠点

国内60ヶ所・海外10ヶ所

生産拠点

国内2ヶ所・海外2ヶ所

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107
東京支店：TEL.(03)3833-0331

北関東支店：TEL.(048)688-5522
新潟支店：TEL.(025)283-3363
中部支店：TEL.(052)481-8181

北陸支店：TEL.(076)268-2761
近畿支店：TEL.(06)6911-2311
兵庫支店：TEL.(078)575-0322

中国支店：TEL.(082)923-5171
四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

Denyo

新登場



豊富なオプションに対応
DCA-25ES12



低騒音型
DCA-300ESK

エンジン発電機 **DCA Series**

環境にやさしく、今日もどこかで暮らしを支える、
デンヨーのパワーソースです。

新登場



可変圧力式
DIS-200VPS

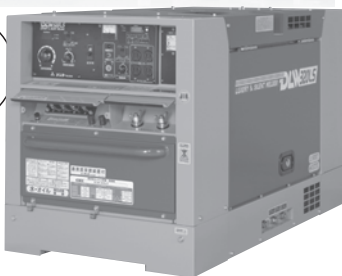


アフタークーラ内蔵
DIS-70AC

エンジンコンプレッサー **DIS Series**

新登場

アイドリングストップ
機能搭載
DLW-320LS



2人同時溶接ができる
DLW-400ESW



エンジン溶接・発電機 **DLW Series**



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

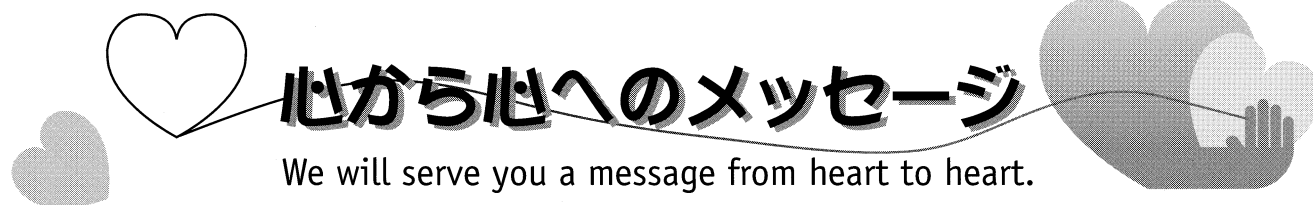
本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL: 03(6861)1111 FAX: 03(6861)1181
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所 022(254)7311
関越営業所1課 025(268)0791
関越営業所2課 027(360)4570
東京営業所 03(6861)1122

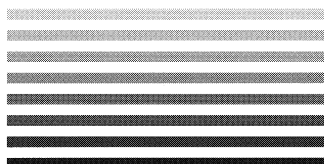
横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(935)0621
金沢営業所 076(269)1231
大阪営業所 06(6448)7131

広島営業所 082(278)3350
高松営業所 087(874)3301
九州営業所 092(935)0700

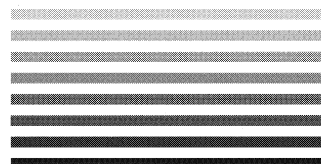
- (社)日本産業広告協会会員
- 学術誌広告業協会会員



We will serve you a message from heart to heart.



数ある情報誌のうちの確に
ユーザーの脳裏を捕えるものは？
それは学会・協会誌です。



的確な判断、敏速な対応そして広い視野を持った時、初めて時代
の変化をキャッチし広告することの意義を考えさせられます。弊社
は、皆様の心をアピールする手助けをモットーに心がけております。

お問合せ・お申し込みは・・・



学術・技術誌専門広告代理業
株式会社 共栄通信社

本社：〒104-0061 東京都中央区銀座7-3-13 (ニューギンザビル5階)
☎ (03) 3572-3381(代) FAX (03) 3572-3590
E-mail : info@kyoeitushin.co.jp
大阪支社：〒530-0047 大阪府北区西天満3-6-8号 (笹屋ビル2階)
☎ (06) 6362-6515(代) FAX (06) 6365-6052

本誌掲載広告カタログ・資料をご希望の方に…

建設の施工企画 年 月号 広告掲載下記カタログを請求します。

ご 芳 名			
会 社 名(校名)		所属部・課名(学科)	
所 在 地 (または住所)	〒		TEL
			FAX
会 社 名		製 品 名	

上記に所要事項ご記入の上 (株)共栄通信社『建設の施工企画』係宛
(〒104-0061 東京都中央区銀座 7丁目3番13号 電話03-3572-3381/FAX03-3572-3590)にお送り下さい。

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



吉永機械株式会社

〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

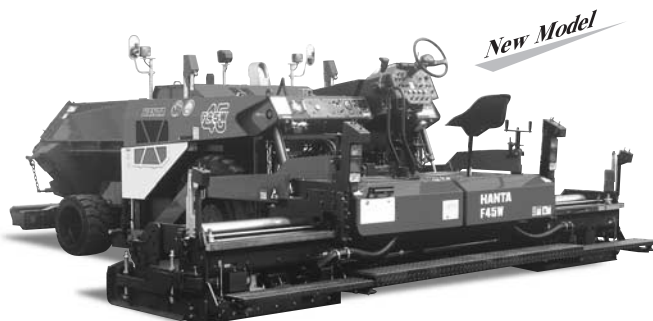
更にパワーアップされた **NEWモデル登場!!**
メンテナンス性の向上と
ランニングコストを重視した **シンプル構造!!**

WHEEL TYPE ASPHALT FINISHER

Paving Width : 2.35~4.5m

F45W

- 舗装幅 : 2.35~4.5 m
- 舗装厚 : 10~150 mm
- 質量 : 約7,470 kg
- フィーダ搬送量 : 236 m³/h
- 路盤材施工可能
- 排ガス対策型建設機械認定機
- 低騒音型建設機械認定機
- 車検取得可能(大型特殊)



■姉妹機としてクローラタイプのF45Cがございます。

更にパワーアップされた **新型ボディ!!**
実績・定評の **RV3段スクリード!!**

CRAWLER TYPE ASPHALT FINISHER

Paving Width : 2.0~4.5m

F2045C2

- 舗装幅 : 2.0~4.5 m
- 舗装厚 : 10~150 mm
- 質量 : 約7,310 kg
- フィーダ搬送量 : 236 m³/h
- 上層路盤材施工可能
- 排ガス対策型建設機械認定機
- 低騒音型建設機械認定機



■姉妹機としてホイールタイプのF2045W2がございます。

道路機械の未来をめざす
HANTA

範多機械株式会社

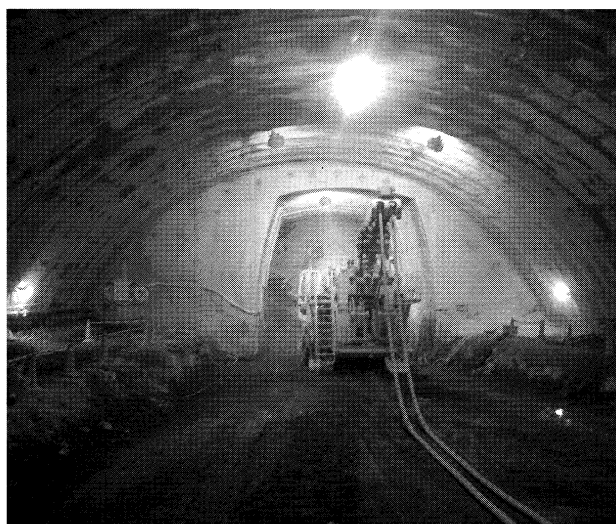
〒555-0012 大阪市西淀川区御幣島2丁目14番21号

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

札幌営業所 〒063-0866 札幌市西区八軒6条東2丁目8番10号 TEL.(011)633-2125(代) FAX.(011)633-2135
仙台営業所 〒984-0015 仙台市若林区卸町3丁目3番5号 TEL.(022)235-1571(代) FAX.(022)235-1419
東京営業所 〒175-0091 東京都板橋区三園1丁目50番15号 TEL.(03)3979-4311(代) FAX.(03)3979-4316
中部営業所 〒491-0925 一宮市大和町南高井字五反田65番地 TEL.(0586)47-6400(代) FAX.(0586)46-8420
大阪営業所 〒555-0012 大阪市西淀川区御幣島2丁目14番21号 TEL.(06)6473-1741(代) FAX.(06)6472-5414
中国営業所 〒733-0012 広島市西区中広町3丁目3番18号 TEL.(082)503-8381(代) FAX.(082)503-8380
福岡営業所 〒812-0002 福岡市博多区空港前1丁目9番8号 TEL.(092)611-0995(代) FAX.(092)611-0997

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>

（旧社名：日本鉾機株式会社）

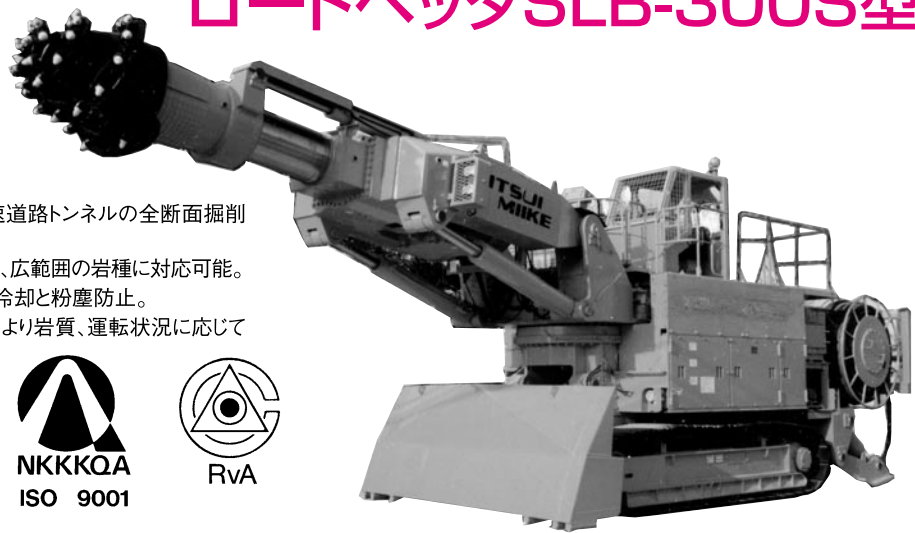
本社・営業/カスタマーサービス	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9443
中部支店	〒514-0396	三重県津市雲出鋼管町6番地2	TEL. 059-234-4139
西部支店	〒812-0013	福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出鋼管町6番地2	TEL. 059-234-4111

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッドSLB-300S型

特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造元
販売元



株式会社 三井三池製作所

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

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2006 FAX.03-3245-0203

E-mail: koken@mail.mitsumiike.co.jp

販売・レンタル
及びメンテナンス



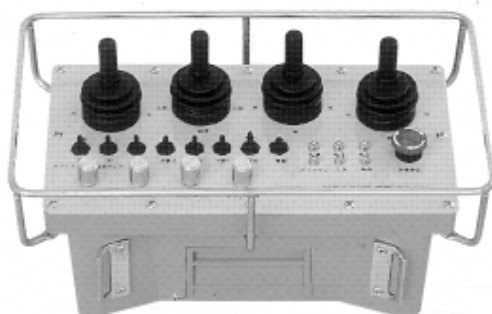
ミイケ機材株式会社

本社/〒116-0013 東京都荒川区西日暮里5丁目11番7号 西日暮里ワイエムビル
TEL.03-3241-4711 FAX.03-5615-1180

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイム付き）
- 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

Hi-OSS
Hitachi On-site Screening & Solution

HITACHI



豊かな環境、奏でます。

社会の発展と、環境との調和。それが、私たちがめざすテーマです。

「豊かな大地、豊かな街を未来へ…」、日立建機はこのテーマのもとに、社会の発展と環境との調和を図る各種の建設機械やソリューションの開発に取り組んでいます。たとえば、日立オンサイトスクリーニング&ソリューション・Hi-OSS<ハイオス>は、さまざまな建設副産物や産業廃棄物を現場内で選別処理し、再利用することによって廃棄物を減らし、ダンプトラックで場外へ運び出すコストや運搬に伴うCO₂排出量を削減するなどの効果を生んでいます。社会と環境の調和をめざして、日立建機はさらに多彩な製品と技術でお応えします。

*「オンサイトスクリーニング」、「ハイオス」、「Hi-OSS」は、日立建機(株)の登録商標です。



ホイールローダ **ZW**シリーズ



油圧ショベル **ZAXIS**シリーズ



自走式ジョークラッシャ **ZR/HR**シリーズ



自走式スクリーン **VR/FS**シリーズ



日立建機株式会社

東京都文京区後楽2-5-1 〒112-8563 ☎ダイヤルイン (03) 3830-8033
URL: <http://www.hitachi-kenki.co.jp>

雑誌 03435-4



4910034350483
00800

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円