

建設の施工企画 **2**

2010 FEBRUARY No.720 JCOMA

中堤護岸耐震強化WHJ施工



地盤改良 特集

- 砂浜侵食海岸における堤防等に係る全国調査とその対策
- 実物大の空港施設を用いた液状化実験
- 自在ボーリングを用いた既設構造物直下の地盤改良
- 三次元削孔による耐震補強・液状化防止工法の現状
- 中層混合処理工法における混合性能および掘削性能の向上
- 大口径深層混合処理工法の施工管理システム
- 吉野川下流域における農地防災用水路の整備事業と空気連行型翼式超高压噴射工法の適用事例
- 河川護岸の耐震強化対策と高压噴射複合攪拌工法の適用
- 低排泥低変位噴射攪拌工法「OPTジェット工法」
- 間欠エアとインナースクリーを併用した静的締固め工法の紹介
- 羽田再拡張事業D滑走路における管中混合固化処理船団
- 羽田再拡張事業D滑走路における軽量混合処理土船団
- 大水深捨石投入均し船(KUS-ISLAND)
- DJM工法(粉体噴射攪拌工法— Dry Jet Mixing)の最新技術

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他
産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機
フルラインアップ!!

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

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！代々互換性を継承、補修の永続制

ケーブルレス サテレタ リンナー 離操作

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/U/Gシリーズ
フルオーダー対応で最大32点まで対応可！
2段階スイッチ装着可能
●スリムなボディ…従来品(TX-5600)との体積比約88%
●自由度の高い操作スイッチ配置など、多様なオーダー対応性
●優れた耐塵・防雨性能…送信機はIP65相当
●衝撃に強い新ブラケースを採用
●自社開発！新生2段階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(標準鉛位置のみ)
●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
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 15.75万円
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リレーまで対応可能
セットで 21万円
防爆形 対応可能(N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力 両モデル対応 N/U/Gシリーズ
2段階スイッチ・特殊スイッチ装着可能
標準型 RC-8516N
セットで 23.1万円
タフ頑強ケーブルレス
強くて大きい最強ハンディ機登場！
無理難題を一刀両断!!
●16操作16リレー、最大32リレーまで対応可能
●堅牢なボディ、耐衝撃性能が向上
●ハンディーなのに特殊スイッチ(キノコ形スイッチ、キースイッチ等)装着可能
●防雨・防塵性能強化、送信機はIP65相当
防爆形はTX-8400型送信機で対応(Nシリーズのみ)

マイティサテレタ N/U/Gシリーズ 防爆形 対応可能(Nシリーズのみ)
●操作信号数 最大32点(またはプロボ最大6項目と入力信号26点以下)
ジョイスティック 特殊スイッチ装着可能
3ノッチジョイスティック型 RC-7132N セットで 94.5万円～
RC-7126N セットで 47.25万円～
ジョイスティック 2本装着オーダー例
旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル
新型ジョイスティック採用

チップケーブルレス Nシリーズ 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~
片手で握り替えずに、正逆操作が行えます!
●チップ部品採用でポケットサイズ化!
●トコトコ機能を絞ってコストダウン!
●電動トルリ付きチェーンブロックの無線化に最適!
●操作距離30m程度の微弱電波専用機!
●アルカリ乾電池なら60時間以上の連続使用可能!
●高い防水性能…送信機はIP65
●従来機と信号互換あり!受信機は既設のまま送信機のみ取替可

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!
●3操作3リレー 最大5リレーまで対応可能
●2段階スイッチ追加可能!(オプション)
標準型 RC-4303N/R セットで 10.5万円
テラには セロ線電源*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)

リナー 離操作 N/U/G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
●見易くなった□電池残量告知ランプ付
軽量コンパクト ショルダータイプ

データケーブルレス 工夫次第で用途は無限!
微弱電波・特定小電力 ラジコンバンド 全モデル対応 N/R/U/Gシリーズ
送信機(外部接点入力型) 7100型▶ 6300型▶ 5700型▶ 3200型▶ 受信機
●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
写真は Uシリーズ

MAXサテレタ U/Gシリーズ 金属シャシの多操作・特注仕様専用機!!
特定小電力専用モデル RC-9300U セットで 99.75万円
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
●多機能多操作(比例制御対応も可)
無線変速ジョイスティック 2本装着例

無線式火薬庫警報装置 発破番 ES-2000R
アンテナ等の標準付属品付 セットで 42万円
●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
ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

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

常に半歩、先を走る **朝日音響株式会社** AO
ベンチャー企業創出支援投資 対象企業
〒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

情報化施工研修会のご案内 ～ICT建設機械の实地研修～

ICTを活用した新しい施工技術である情報化施工は、施工品質の向上や熟練度に左右されない高い精度の施工などを実現する方法として、更なる普及が期待されています。平成20年7月、国土交通省が設置した『情報化施工推進会議』は、「情報化施工推進戦略」を提言しましたが、その中でも「人材育成」が非常に重要であることを指摘しています。

(社)日本建設機械化協会は、3次元データを利用した建設機械制御に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として、「情報化施工研修会」を開催しております。

今回の研修会は下記日程で実施することとしておりますので、研修生の募集についてご案内申し上げます。

なお、当協会ホームページにおいてもご案内をしております。

記

1. 開催日程： 平成22年2月25日(木)～26日(金)
2. 場 所：(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所（静岡県富士市大淵3154）
『情報化施工・安全教育研修センター』
3. 主 催：社団法人 日本建設機械化協会
4. 対 象：建設現場管理者、建設機械オペレーター、その他マシンコントロールの体験あるいは習得を希望する方。
5. 研修会のコース

コース名	研 修 目 標	受 講 資 格	受 講 費 用
体験コース (開催期間 初日の1日) CPDS認定研 修(6unit) 定員:20名	○マシンコントロール(MC、MG)を用いた施工の概要(システム構成、運用)を把握する ○MC、MG用データを使用した実機施工を試乗体験する	①特になし (「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転体験が可能)	<u>20,000円/人</u>
実務コース (2日間) CPDS認定研 修(14unit) 定員:20名	○設計図面を読みMC、MG用データ作成をマスターする ○測量データを利用しデータ作成、出来形管理の基本を習得する ○実機を用いた実習によりMC、MG施工の基本を習得する	①特になし (「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転体験が可能)	<u>88,000円/人</u> ○研修用パソコンの利用(一人1台) ○「研修修了証」を発行

- ・体験コースを既に受講した方が**実務コースを再受講する場合、68,000円/人**で受講できます。
- ・主に、2月の研修会では、トプコン社製のシステムを使用して実施します。
- ・受講費用には、建機・機材のレンタル費、パソコンの利用、傷害保険、テキストなどの費用が含まれています。宿泊費、食事代は含みません。
- ・ヘルメット、安全チョッキは当方で準備します。なお、実習の際は安全靴の着用をお願いします。
- ・諸般の事情により内容を変更する場合があります。

第59回欧州建設機械化視察団 団員募集のお知らせ

bauma 2010(ドイツ・ミュンヘン)

本協会は毎年海外視察団を派遣し、海外の建設機械及び施工技術を見聞し、我が国の建設機械化の発展に寄与して参りました。本年度も関係各位のご要望にお応えして、下記要領により海外視察団参加者を募集し派遣することになりました。今回の視察の主目的は、ドイツ・ミュンヘンで開催される国際的な建設機械及び建設資材等の展示会“bauma 2010”の視察です。3年ごとに開催されるこの展示会では世界最大規模の展示会で、50カ国3000社以上／団体が出展を予定しており、最新の建設機材、サービス、そして技術を一望することができます。そのほか、ドイツ・フランクフルトにおけるインフラ整備、都市再開発の工事現場視察等を予定しております。

関係各位におかれましては、最新の国際的な建設機械の動向をキャッチするとともに、ヨーロッパの基盤整備状況を視察することにより、今後の事業展開に役立ちうるものと思われまます。多数の方々にご参加賜りたく、ご案内を申し上げます。皆様のご参加をお待ち致しております。

【展示会概要】

【開催地】ドイツ・ミュンヘン 【期 間】2010年4月19日(月)～25日(日)
 【周 期】3年毎 【主 催】ミュンヘン見本市会社
 【会 場】ドイツ・新ミュンヘン国際見本市会場 【出展社】3,002社(2007年実績)
 【入場者】501,523人(2007年実績)

【主要出展品目】

建設機械、建設用車輛、リフト、コンベヤー、建設機器・工具、特別システム、コンクリート・モルタル処理・製造、型枠、足場、鉱業用原料抽出機械、原料処理、選鉱、建材用セメント・石灰・石膏製造、コンクリート・コンクリート製品・プレハブ構材製造機械・システム、アスファルト製造機械・プラント、予混合ドライモルタル・漆喰・スクリード製造機械・プラント、石灰砂岩・発電所残渣使用建材製造・プラント、石膏・石膏ボード製造機械・システム、建材処理・包装トランスミッション・流体技術、発電ユニット、付属品、摩耗部品、サービス、検査、測定、プロセス制御技術、通信、ナビゲーション、作業安全 など

日 程 表

日次	月日曜	発着地／滞在地名	発着現地時刻	交通機関名	摘 要
1	2010年 4月18日 (日)	東京(成田)発 ミュンヘン着	午 前 夕 刻	航 空 機 専 用 バス	空路、ミュンヘンへ(欧州1都市乗り継ぎ) 到着後、ホテルへ (フュッセン泊)
2	4月19日 (月)	ミュンヘン滞在	終 日	専 用 バス	◎bauma 2010国際建設機械見本市視察 (フュッセン泊)
3	4月20日 (火)	ミュンヘン滞在 ミュンヘン発 フランクフルト着	午 前 夕 刻 夜	専 用 バス 航 空 機 専 用 バス	◎bauma 2010国際建設機械見本市視察 空路、フランクフルトへ 専用バスにてホテルへ (フランクフルト泊)
4	4月21日 (水)	フランクフルト滞在	終 日	専 用 バス	◎フランクフルト建設現場状況視察 (フランクフルト泊)
5	4月22日 (木)	フランクフルト滞在	終 日	専 用 バス	◎フランクフルト建設現場及び周辺視察 (フランクフルト泊)
6	4月23日 (金)	フランクフルト発	午 前	航 空 機	空路、帰国の途へ(欧州1都市乗り継ぎ) (機内泊)
7	4月24日 (土)	東京(成田)着	午 後		到着後、入国審査及び通関手続終了後、解散

※ 発着地及び交通機関は変更になることがあります。

視察期間：平成22年4月18日(日)～4月24日(土) 5泊7日

視 察 地：ミュンヘン・フュッセン・フランクフルト(3都市)

催行人員：最少催行人員10名(添乗員同行)

参加費：お一人様365,000円(1人1室)(空港税・燃油サーチャージ別途)

締 切 日：募集締切日は2010年3月12日(金)

募集パンフレット請求先⇒ 近畿日本ツーリスト(株) 虎ノ門公務旅行支店 担当：川口／宮(キュー)

TEL03-3502-2921 FAX03-3502-2920

<営業時間／月～金：09：30～17：30> *この広告でのお申し込みは受け付けておりません。まずは資料(パンフレット)を上記宛までご請求ください。

<管理番号：044909121028-K-SSW>

●視察企画に関するお問い合わせ●

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2階
 TEL03-3433-1501 FAX03-3432-0289
 担当：齋藤 清志

「1・2級建設機械施工技士」

国家資格取得にチャレンジしませんか!

—— 平成22年度建設機械施工技術検定試験のご案内 ——

平成22年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次のとおり実施いたしますので、建設機械操作施工に従事している技術者の皆さんは、資格取得を目指してみませんか。

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

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

平成22年2月

国土交通大臣指定試験機関

JCMA 社団法人 日本建設機械化協会

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

1. 申込み方法は？

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

平成22年2月中旬から受験申込み用紙など（「受験の手引」一式）を当協会等で販売いたします。

「1級受験の手引」1部 600円（送料 250円）

「2級受験の手引」1部 500円（送料 250円）

問合せ先、販売場所は裏面末尾の一覧表のとおりです。

2. 申込み受付期間は？

平成22年3月15日(月)から4月9日(金)まで

* 申請は、郵送申込みのみとなりますのでご注意ください。

3. 試験日は？

学科試験：平成22年6月20日(日)

実地試験：平成22年8月下旬から9月中旬

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

4. 受験手数料は？

1級学科試験：10,100円

2級学科試験：1種別につき10,100円(2種別は2倍)

1級実地試験：

操作施工法2科目と組合せ施工法の場合 27,800円

操作施工法1科目と組合せ施工法の場合 21,400円

組合せ施工法の場合のみ 15,000円

2級実地試験：1種別につき21,600円(2種別は2倍)

5. 受験資格は？

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

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

①1級の実務経験には、上表記載の実務経験年数の内に、指導監督的実務経験か、専任の主任技術者としての実務経験が1年以上含む必要があり、その証明も必要となります。(尚、専任の主任技術者の場合、年数は短縮されます)

②2級について、上表の実務経験年数は2種類の建設機械を受検する場合必要な年数を記載しています。(1種類受検の場合は年数は短縮されます)

③「指定学科」とは、この試験に関し大学、高等学校等における機械工学、土木工学、都市工学等専門的な分野の学科を言います。

* 上記①②の短縮される年数と、③の指定学科の詳細については試験部にご確認ください。

6. 試験地は？

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

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

* それぞれ受検希望地を選択していただきます。

* 学科試験地及び実地試験地は、会場の都合で変更する場合があります。

* 受検する建設機械の種類によって、実地試験地は制約があります。

7. 試験の種別と使用機械等は？

(1) 学科試験

1級：択一式と記述式により、土木工学、建設機械一般、法規、各種別の機械に関する一般的知識を問います。

2級：択一式により、共通科目として土木工学、建設機械一般、法規等の概略的知識を。選択種別の知識を問います。(1種～6種の内、偶数・奇数の組合せであれば、1回の試験で最大2種別まで受検可能)

(2) 実地試験

1級：6種別に区分された建設機械施工法の内から、選択した2種別の機械を運転操作する試験です。(2級で合格した種別の数だけ免除があります)記述式の試験もあります。(学科試験日に実施)

2級：学科合格種別の機械で運転操作の試験をします。

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

8. 資格取得のメリットは？

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

特定自主検査者の取扱い(主要なもの)

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

◆◆◆ 問合せ先、「受験の手引」請求先一覧表 ◆◆◆

名称	所在地	電話番号
(社)日本建設機械化協会 試験部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2F (URL http://www.jcmanet.or.jp)	03-3433-1575
同 北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さつげんビル5F	011-231-4428
同 東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル5F	022-222-3915
同 北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル9F	025-280-0128
同 中部支部	〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26 昭和ビル9F	052-241-2394
同 関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル8F	06-6941-8845
同 中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル4F	082-221-6841
同 四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル4F	087-821-8074
同 九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-8-26 第3白水駅東ビル	092-436-3322
(社)沖縄建設弘済会	〒901-2122 浦添市勢理客4-18-1 トヨタマイカーセンター4F	098-879-2097
同 北部支所	〒905-1152 名護市字伊差川24-1	0980-53-1555

ご注意

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

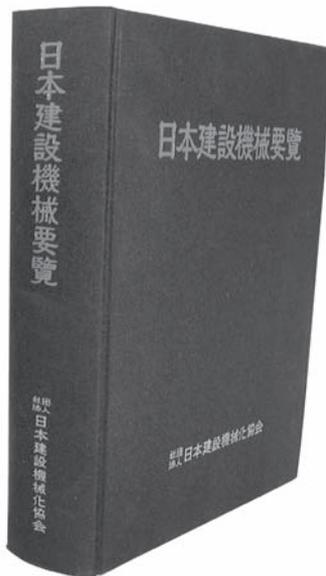
日本建設機械要覧 2010

発行ご案内と予約ご購入のおすすめ

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

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項を網羅しております。今回も特典により、2001年版、2004年版、2007年版のデータもご活用頂けるため、購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと信じております。

なお、本書が刊行されるまでの期間、特別価格（当協会の本部・支部に直接購入申込される方のみ）にて予約募集致しますので、この機会に是非お申し込み下さいますようご案内申し上げます。



体 裁

B5判、約1200頁／写真、図面多数／表紙特製

予約価格（予約締切 平成22年3月15日）

会 員 37,800円（本体36,000円）

非会員 46,200円（本体44,000円）

価格には消費税5%が含まれております。

（注）送料は1冊1,050円となります。

「会 員」・・・本協会の本・支部会員または、官公庁、
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

なお、予約募集が終わった後の価格は次のようになります（消費税5%含む）

会 員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000円）

平成22年3月末発刊予定

特 典

2010年版日本建設機械要覧ご購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版及び2007年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2010年版を含めると1998年から2009年までの建設機械データがご活用いただけます。

2010年版 内容目次

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

情報化施工研修会のご案内 — ICT 建設機械の実地研修—

3次元データを利用した建設機械制御に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として「情報化施工研修会」を開催しております。次回の研修生を次のとおり募集いたします。

1. 申込み方法

所定の申込書に記入の上、郵送、Fax

またはメールにて申込み。申込書は当協会ホームページより入手できます。

開催日1週間前をもって締切とします。

2. 開催日（以降、順次開催予定）

平成22年2月25日（木）～26日（金）

3. 受講費用

体験コース：20,000円/人

実務コース：88,000円/人 ※

（※研修用PCを利用、修了証を発行）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会（担当：白鳥）

TEL：03-3433-1501

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

第59回欧州建設機械化視察団団員募集のお知らせ

— bauma2010：国際建設機械・建設資材製造機械・鉱業機械

建設用車輛・建設機器専門見本市の視察—

3年に一度、世界最大、かつ重要な建設機械、建設資材製造・加工、建設用車輛等分野における見本市と位置づけられている bauma2010 が2010年4月19日～25日まで、ドイツ・ミュンヘン市で開催されます。

本協会は海外の建設機械、施工技術を視察する海外視察団を毎年派遣していますが、第59回視察団派遣を関係各位のご要望に応え下記の要項で計画

しました。関係各位におかれましては本視察団参加の機会を捉え、今後の企業活動に役立てて頂きたい、多数のご参加賜りますようご案内申し上げます。

目的：bauma2010及びフランクフルトにおけるインフラ整備、都市再開発の工事現場等の視察と見学

期日：平成22年4月18日（日）～24日（土）

訪問先：ミュンヘン、フュッセン、フランクフルト

定員：20名程度

参加費：365,000円（空港税等別途）

申込締切：平成22年3月12日（金）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 海外視察団係

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

平成22年度建設機械施工技術検定試験

— 1・2級建設機械施工技士—

平成22年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

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

1. 申込み方法

所定の受験申込み用紙に必要事項を

記載し、添付書類とともに郵送。

平成22年2月中旬から、受験申込み用紙等を含む「受験の手引」一式を当協会等で販売します。

2. 申込み受付期間

平成22年3月15日（月）から4月9日（金）まで ※申込みは郵送のみ。

3. 試験日

学科試験：平成22年6月20日（日）

実地試験：平成22年8月下旬から9月中旬

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

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 試験部

TEL：03-3433-1575

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

日本建設機械要覧2010

—発行案内と予約購入のおすすめ—

1950年より3年ごとに刊行し、好評を頂いている『日本建設機械要覧』の2010年版を刊行いたします。

2010年版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト上において2001年版、2004年版、2007年版の日本建設機械要覧のPDF版が閲覧およびダウンロードできます。

なお、本書が刊行されるまでの期間、

特別価格にて予約募集しますので、この機会に是非申し込み下さい。

発刊予定：平成22年3月末

体裁：B5版、約1200頁/写真、図面多数/表紙特製

予約価格（送料別途、消費税含む）：

会員 37,800円（本体36,000円）

非会員 46,200円（本体44,000円）

※予約締切 平成22年3月15日

なお、予約募集が終わった後の価格は次のようになります。

会員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000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

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



三谷 健氏遺影
大正9年5月30日生
平成21年11月8日逝去90歳

故三谷 健 先輩を偲んで

一般社団法人日本技術者教育認定機構
代表理事会長

木 村 孟

三谷先輩に何時最初にお目に掛ったかはもうはっきりとは思い出せない。筆者の在職していた東京工業大学の土木工学科で、機械化施工の非常勤講師をお願いし、その講義のために東工大へ来られた時が最初であったように記憶している。ただ、そのかなり前から、恩師である最上武雄先生と山口柏樹先生から、三谷先輩のお噂はしょっちゅう伺っていたので、初対面の時、随分前から親しくして頂いている先輩のように思ったことはかすかに覚えている。いずれにしても40年位前のことである。恩師や専門が同じ大学人以外で、最も頻繁にお目に掛り、親しくお付き合いをさせて頂いた筆者より年上の方は、三谷先輩だけである。不思議と言えば不思議である。

三谷先輩は、一見豪放磊落のように見える。確かに、特に年上で社会的に強い立場の人に対してはほぼ例外なく豪放磊落に振る舞われたようである。三谷さんは建設省に入省され先ず土木研究所に入所されたが、当時同研究所には松村孫治さんという方がおられ所長を務められていた。松村さんは大変数学がお出来になった方で、世界的な業績を挙げておられる。そんなこともあって、他の方達より長く所長の座におられた。かねがねこれに腹を据えかねていた三谷先輩は、ある日所長室に飛び込んで、「いい加減に引退しなさい。若い人の人事が滞って困っているのは貴方も分かっておられるでしょう」と激しく迫られたそうである。ところが、松村さんもサムライである。「未だ、嫁に行っていない娘が二人もいる。そう簡単に辞められるか」と怒鳴り返されたそうである。昔は、こういうサムライがたくさんいたが、最近は殆どいなくなってしまう。このようなことも、日本の国がダイナミズムを失ってしまったことに繋がっているような気がしてならない。

三谷さんは、本質的には、豪放な性格の持ち主ではあったが、目下の人、社会的立場の弱い人たちには、優しくナイーブな方であった。よく若い人の言動をみておられ、その言動の度が過ぎるような場合には、それとなく人の生き方についての話をされる。間接的なアドバイスである。頭ごなしにおっしゃらないところが三谷さんのナイーブなところである。かくいう筆者も、一度大変貴重なアドバイスを頂いたことがある。東工大で教授になるのにしばらく時間がかかると見た某大学の友人から彼の大学へ来ないかという誘いを受けたことがある。恩師山口先生とは何でも話が出来る間柄であったので、そのことをよもやま話としてお話し申し上げた。この話はその後とんでもない方向に展開して行くことになるが、今回はそれについては触れないことにする。多分、三谷さんはその話を山口先生から聞かれたのであろう。後日お目に掛った時に、「木村君、自分の人事に口を出してはいかんぞ」とそれとない忠告を受けたが、脳天を一撃されたような衝撃を受けた。爾来この忠告は、筆者の人生の金科玉条として大事にしている。

三谷さんと言えば酒である。筆者は、東工大に職を得たころは酒が殆ど飲めず、ビール二杯位で苦しくなったことも再三再四であったが、お酒をこよなく愛されていた山口先生の薫陶宜しきを得て、その後かなり飲めるようになった。三谷先輩とのお付き合いが始まったころは、未だあまり飲めない時期で、三谷さんとの酒席は苦痛ですらあった。現在、施工技術総合研究所の技師長であり、同研究所になくてはならない存在である竹之内博行君の研究所への就職が決まった時、三谷さんから一度研究所へ遊びに来いというお誘いを受けた。研究所を一通り見学した後、例によってしたたか飲まされ、帰りの高速バスの中はまさに地獄であった。そんなことが数回あったが、その後こちらも利口になって、三谷さんと飲む時のコツを覚えた。要するに三谷さんを先に酔わせるといふか潰してしまえば良いのである。随分、酷い自己防御策があったもので、この作戦が三谷先輩の寿命を縮めるのではないかと心配したことも度々であるが、90歳というのは大往生であろう。少なくとも筆者はそう考えている。尤も、三谷先輩は黄泉で、「またあの木村の奴、怪しからんことをぬかしやがって」と苦笑されているかも知れない。また豪傑が一人筆者の周りから消えた。寂しい限りである。心からご冥福をお祈りする次第である。

略 歴

昭和 19 年 9 月	東京帝国大学 第一工学部 土木工学科 卒業
昭和 19 年 10 月	南満州鉄道(株) 入社
昭和 24 年 3 月	建設省 土木研究所 入所
昭和 31 年 6 月	建設省 東北地方建設局 磐城国道工事事務所長
昭和 37 年 8 月	建設省 近畿地方建設局 企画室長
昭和 39 年 4 月	(社)日本建設機械化協会 建設機械化研究所 (現施工技術総合研究所) 副所長
昭和 45 年 4 月	同研究所長
平成 8 年 5 月	同協会最高顧問および同研究所最高顧問

巻頭言

液状化対策としての地盤改良工法の今後に対する期待

古 関 潤 一



地震時の砂質地盤の液状化対策としての地盤改良は、主として締固め工法・排水工法・固化工法を用いて、これまで実施されてきた。その際の対策方針は、液状化が発生するいくつかの要因（飽和したゆるい砂地盤があり、ほぼ非排水条件のもとで繰り返しせん断を受けること）のうち一つ以上を排除することにより、液状化の発生を抑制することであった。最近では、地盤内の飽和度を低下させて液状化強度を増加させる工法の開発も進められている。

一方で、最近の土木・建築構造物の設計ではいわゆる性能設計が導入されつつあり、液状化対策が実施されるような重要な構造物に対しては、例えば以下のような方針で耐震設計が行われるようになってきた。

1. 構造物の供用期間中に発生する可能性が高い地震動レベル（L1地震動）に対して、その構造物が発揮する本来の性能（使用性・復旧性・安全性など）が損なわれないこと

2. 構造物の供用期間中に発生する可能性がある最大級の地震動レベル（L2地震動）に対して、その構造物が一時的に使用できなくなっても迅速な復旧が可能であり、倒壊等に至ることがなく人命への影響もないこと

このうちL1地震動に対する設計で、前述した「液状化の発生を抑制する」対策方針を採用することは、これまでも多大な実績があり、技術的にはそれほど困難ではない。しかし、L2地震動に対しても同じ対策方針を採用すると、地盤改良の規模や範囲が著しく増加し、その結果として対策コストも著しく増大してしまう。場合によっては、L2地震動に対する地盤改良工の設計自体が成立しないこともある。

また、L1地震動対策とL2地震動対策のいずれにしても、近年の経済情勢のもとでは、構造物の足元を守る地盤改良工において合理的な設計・施工（施工管理を含む）を実施して対策コストの低減を図ることが、プロジェクト全体の成立・不成立にも係わる重要な要求項目となっている。

さらに、近年の地球環境問題に対する認識と意識の高まりは、別な切り口からの要求を建設事業につつき

けている。地盤改良の場合は、改良工事自体のエネルギー消費と環境への影響に加えて、改良材料を製造・運搬する過程、および改良工事に伴って発生する残土・廃棄物等を処分する過程におけるエネルギー消費と環境への影響を考慮する必要がある。

以上の状況を考慮すると、対策コストと環境に対する負のインパクトを同時に低減できるような地盤改良の材料および設計・施工法の開発と実用化が望まれている状況が見えてくる。L2地震動に対する設計を合理化することも、あわせて必要となっている。

環境に対するインパクトを低減する工法に関しては、例えば隣接するサイトの掘削工で発生した残土を締固め工法による地盤改良の材料として再利用する工法など、すでに実用化されている工法もある。他産業で排出された廃棄物をリサイクルした材料やCO₂貯蔵効果のある自然材料を利用する工法の開発も進められている。今後は、環境に対するインパクトもコスト換算して考慮することにより、総合的な対策コストを定量的に評価できる手法が確立し、地盤改良工の工法選定段階で採用されるようになることを期待する。

また、対策コストを大幅に低減できる可能性のある地盤改良工法として、液状化地盤の免震効果を積極的に活用した新たな工法が開発できるのではないかと、個人的には考えている。特にL2地震動に対しては、「液状化の発生を抑制する」のではなく、ある程度の残留変形が生じることを許容したうえで「下部地盤に未改良領域を残して部分的な液状化をあえて発生させる」ほうが、それよりも上部の地盤と構造物の地震時応答が低減され、構造物側の設計も楽になる。例えば、透水層でもある液状化層を固化改良で完全に止水すると地下水の流れが阻害されるおそれがあるが、改良を液状化層の途中までで止めてしまうことにより、このような自然環境に対する影響も同時に低減できる可能性がある。対策方針を変換することは容易ではなく、今後検討すべき点も多数残されているが、前述した性能設計の導入が、このような新たなチャレンジを後押ししてくれることを期待する。

砂浜侵食海岸における 堤防等に係る全国調査とその対策

高橋 裕輔・福濱 方哉

近年、下新川海岸をはじめ、前面の砂浜が著しく侵食した海岸において、堤防基礎からの吸い出し等による堤防・護岸の陥没、倒壊等の災害が頻発している。前面に砂浜があるという前提で設計・施工された堤防等は、波浪が直接堤防に來襲することを想定しておらず、放置しておくこと倒壊等のおそれがある。本稿では、これらに係る全国的な調査の結果とその対策について報告する。

キーワード：高波災害，海岸侵食，堤防・護岸

1. はじめに

平成20年2月24日に高波災害を受けた下新川海岸をはじめ、砂浜が著しく侵食し、消失・減少した海岸において、基礎等からの堤体土砂の吸い出しによる海岸堤防・護岸（海岸堤）の陥没、倒壊等の災害が頻発している。

海岸堤は、砂礫質の土砂で造られた堤体の海側に鋼製の矢板を設置し、その上部に基礎工を置きコンクリートで堤体を被覆している。

矢板は、波圧が堤体に繰り返し作用しないこと、パ

イピング等による基礎の破壊を防ぐことを目的に地盤（砂浜）中に設置するもので、その厚さは10mm程度であり大きな強度は見込んでいない。

海岸堤は、他の土木構造物と同様、基礎が安定していることを前提に設計されている。

侵食等により前浜が低下し、矢板がむき出しになると、砂浜からの受働土圧が失われ矢板がはらみ出す。また、矢板に直接波が繰り返し波圧を与え、浜を構成する砂礫が波とともにヤスリのように矢板を削りとり矢板が損傷する。

矢板のはらみ出しや損傷は、堤体の土砂を流出させ

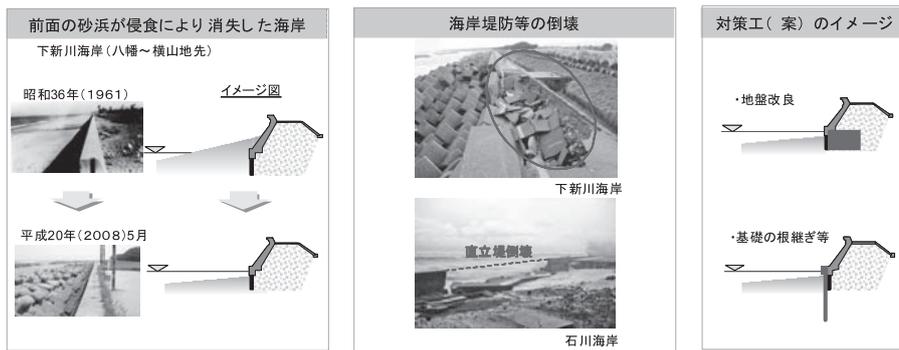
砂浜侵食海岸における堤防等に係る全国調査と緊急対策について

課題と背景

- 近年、下新川海岸をはじめ、前面の砂浜が著しく侵食した海岸において、堤防基礎からの吸い出し等による堤防・護岸の陥没、倒壊等の災害が頻発。
- 前面に砂浜があるという前提で設計・施工された堤防等は、波浪が直接堤防に來襲することを想定しておらず、放置しておくこと倒壊等のおそれ。
- 気候変化にともなう海面水位の上昇や台風の激化などにより、倒壊の危険性や被害のポテンシャルが増大。

全国調査と緊急対策の内容

- 堤防の設置後に前面の砂浜が著しく侵食され、倒壊等のおそれがある海岸堤防・護岸について全国的な調査を実施。
- 前面に消波工がなく基礎が露出している直立堤のある海岸など堤防の倒壊等のおそれが高いと考えられる海岸を、全国で25海岸、約8km抽出。
- これらの海岸について、今後5年間を目途に、堤防基礎の根継ぎ、地盤改良など緊急的に必要な対策を実施。



るため空洞化が進行し、放置しておくとも海岸堤倒壊等のおそれがある。

また、気候変動に伴う海面水位の上昇や台風の激化などにより、倒壊の危険性や被害のポテンシャルが増大する。

このため、下新川海岸における被災を契機に、海岸堤の設置後に砂浜が著しく侵食され、倒壊等のおそれがある海岸堤について、全国的な調査を実施した。

調査結果を踏まえ、今後、緊急的な対応が必要と考えられる箇所について重点的な対策を進めていく。

本稿では、全国的な調査の結果とそれを踏まえた緊急対策の取り組みと、対策が先行している下新川海岸での取り組みについて報告する。



図一 緊急対策箇所 位置図

2. 全国調査と緊急対策の推進

(1) 全国調査と緊急対策箇所の抽出

(a) すべての海岸を対象とした砂浜や堤防等に関する現況調査

我が国の海岸線延長は約 35,000 km ある。平成 20 年 7 月から、全国の海岸保全区域約 14,000 km について、海岸省庁で連携し、海岸ごとに代表断面を選定し、堤防等の堤脚の露出状況、堤防等の前面の砂浜の侵食状況、海岸背後地の状況などに関する悉皆調査を実施した。

その結果、代表断面が以下の条件に該当する海岸が全国で 281 海岸、延長約 160 km * (全延長の約 1%) 存在することが判明した。

- ① 前面の砂浜が著しく侵食された海岸において堤脚下端の露出高が大きい箇所
- ② 同様の海岸において、堤防等の前面の砂浜幅が 20 m 以下の箇所

* 代表断面と同様の現象が生じている箇所の延長

(b) 堤防の倒壊等のおそれが高いと考えられる海岸の抽出

全国の 281 海岸について現地の状況等を詳しく把握し、前面に消波工がなく基礎が露出している直立堤のある海岸など堤防の倒壊等のおそれが高いと考えられる海岸を、全国で 25 海岸、約 8 km 抽出した(図一、表一)。

(2) 緊急対策の推進

これらの海岸について、現在、堤防基礎の根継ぎ、地盤改良など緊急的に必要な対策を進めている。

表一 緊急対策箇所

海岸名	所在地	対策延長 (m)	備考
小樽海岸(銭函2丁目)	北海道小樽市	220	
登別海岸	北海道登別市	1,260	
伊達海岸(伊達)	北海道伊達市	100	
伊達海岸(北黄金)	北海道伊達市	65	
伊達海岸(南黄金)	北海道伊達市	100	
八雲海岸(内浦)	北海道八雲町	200	
床丹漁港海岸	北海道別海町	550	
標津漁港海岸	北海道標津町	400	
石巻港海岸	宮城県石巻市	500	
仙台湾南部海岸	宮城県山元町	85	
小高海岸(角部内)	福島県南相馬市	600	
新潟海岸	新潟県新潟市	150	
村上海岸(岩ヶ崎)	新潟県村上市	30	
下新川海岸	富山県入善町	950	
朝日海岸	富山県朝日町	500	
宝立正院海岸	石川県珠洲市	220	
石川海岸	石川県加賀市	430	
敦賀港海岸	福井県敦賀市	300	
宮津港海岸	京都府宮津市	450	
津久野漁港海岸	和歌山県日高町	28	
蒲生漁港海岸	香川県小豆島町	300	
北条港海岸	愛媛県松山市	20	
出走海岸	愛媛県今治市	200	
神湊漁港海岸	福岡県宗像市	180	
川内港海岸	鹿児島県薩摩川内市	110	
25 海岸		7,948	

3. 下新川海岸(富山県)の対策の事例

(1) 空洞化と海岸堤堤脚の状況

下新川海岸は、日本で最も侵食の激しい海岸であり、かつては毎年 1~2 m 汀線が後退(陸地の消失)していた。

平成 20 年 2 月、この下新川海岸に、有義波高概ね 6 m の高波が約 10 時間継続するなど、海岸が高波に



図-2 海岸堤の倒壊

洗われ海岸堤が陥没・倒壊するなどの被災が見られた(図-2)。

また、陥没・倒壊に至っていない箇所でも、堤体土砂が流出しきってコンクリートの被覆工の下に深さ3mを超える空洞が発達するなど、空洞化が進行している箇所が多数見受けられた(図-3)。

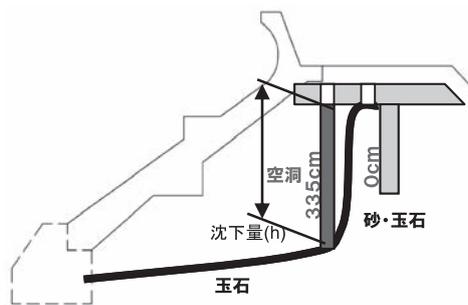


図-3 空洞化の模式図

このような堤防の空洞化が進行している箇所を海側から潜水調査すると、侵食により海底地盤(砂浜)が低下し、矢板が水中にむき出しになり、大きく破損している状況が確認できた(図-4)。

矢板の残っている部分も摩耗され薄くなっていた。

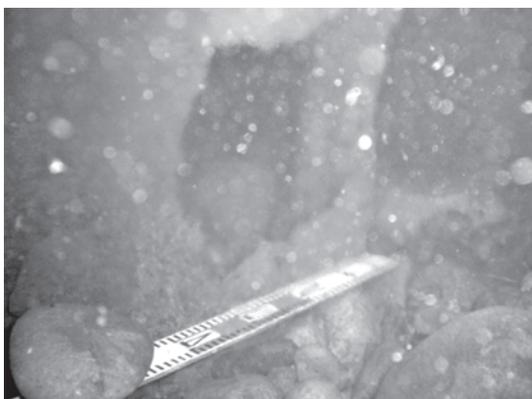


図-4 摩耗破損した矢板

また、過去からの深浅測量の結果によると、50年間で1m程度海底地盤が低下していることがわかった。

(2) 対策方針

高波災害後、下新川海岸直轄工事施行区域全域の堤防天端に観測孔を設け、空洞の有無を確認した(図-5)。

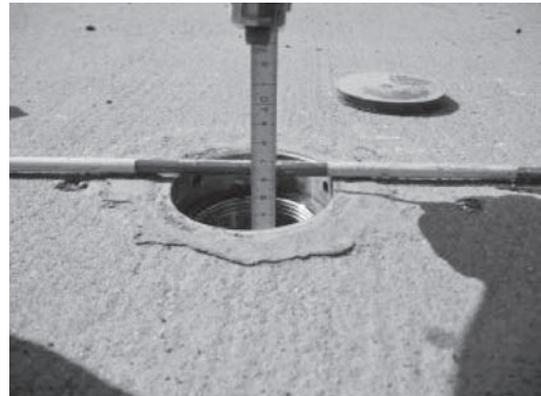


図-5 観測孔

空洞深が0.2mを超え、有意に堤体土砂が流出している箇所については矢板が既に大きく損壊しており、部分的な補修では対応できないと判断し海岸堤の改築を行うこととした。

また、空洞深が0.1mを超える箇所は、堤体土砂が流出しているものの、矢板の損傷は大きくないと判断し、堤脚を地盤改良により固化することで、堤体土砂の流出を防ぐこととした。

なお、堤体に空洞が見られなくても、侵食が進行し堤脚に砂浜が存在しないなどの箇所(図-6)も予防的な観点から、緊急対策として堤脚を地盤改良により固化することとした。

対策の延長は、海岸堤改築約800m(6箇所)、地盤改良工約1,600m(内緊急対策箇所950m)であり、直轄海岸工事施行区域17.2kmの14%にも及ぶ。

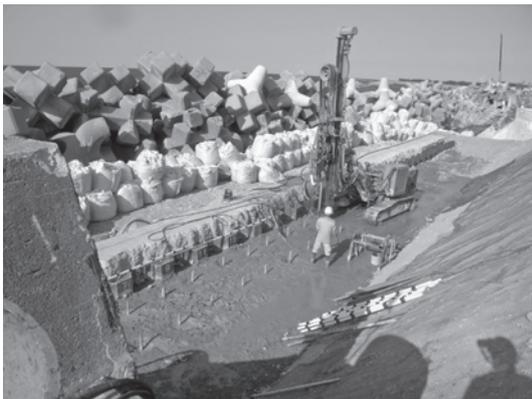


図-6 前浜のない海岸

(3) 空洞化対策（堤防改築）

矢板の損傷が大きく、既に堤体土砂の多くが吸い出されている箇所においては、海岸堤そのものが大きく破壊されており、補強が困難であるため、堤防の改築を行った。

改築にあたっては、土砂吸い出しが発生しにくい重力式直立コンクリート堤体を採用した。また、将来の海底地盤低下により基礎コンクリート底部から堤体土砂が吸い出されないよう、海底地盤低下量を勘案して基礎コンクリート底部の地盤改良を行った（図一7）。



図一7 堤防基礎工下部へのグラウト

(4) 空洞化対策（地盤改良工）

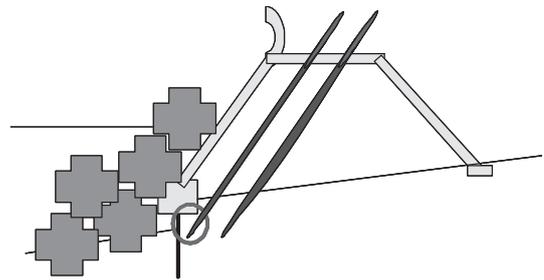
空洞化が比較的進行していない箇所、空洞化が見られていないが前浜がない箇所（緊急点検箇所）については、堤体からの土砂流出を抑える工法として、堤体内の堤脚部を二重管ダブルパッカーによりグラウト固化し、海側への土砂流出を防ぐ工法を採用した。

下新川海岸は、砂礫・玉石等大きな粒径の土砂が卓越すること、地下水位が比較的高いことなどの特徴がある。このような場所でも確実に止水できるとともに、空洞が存在した場合に確実に充填でき、恒久的に効果が発揮されるよう、特殊シリカ系薬液注入工法を選択した。

また、緩い砂礫層が卓越しその間隙率は40%と見込まれ、恒久対策として充填率100%を達成するため、グラウトの注入率は40%とした。なお注入にあたっては、試掘により大小さまざまな間隙が認められたため、注入を2次に分け、1次注入10～15%、2次注入25～30%とした。

施工のポイントは、堤体内ののり先部の安定である。海岸堤は消波ブロックにより被覆されているため、グラウト孔は堤防天端より傾斜を持たせて設置すること（図一8）が簡易であるが、実際の施工に先立って試験施工を行ったところ、基礎が障害となり、最も吸い

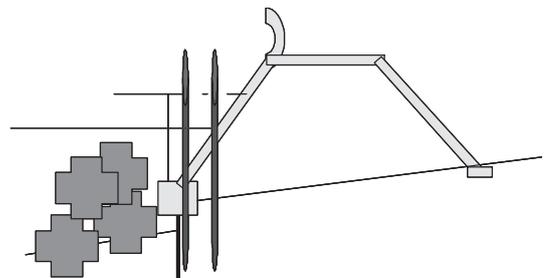
出しを受ける堤体内ののり先部（図中○部）が十分改良できないことがわかった。



図一8 グラウト工法（1）

そのため、図一9のように、被覆ブロックを一時移動させ、槽を組み、海側から垂直にグラウト孔を設けた。

図一10に施工の状況を示す。



図一9 グラウト工法（2）



図一10 対策の施工状況

改良箇所は、チェックボーリングにより、所定の改良が行われていることを確認している。

なお、本対策工は、海際で薬液を使用することから注入剤の海洋への流出に留意し、改良箇所の海際に盛土と遮水シートを設置するなど対策を施した。

(5) 適切な管理の実施

堤防改築・地盤改良による改良工事は間もなく完了

するところであるが、進行する下新川海岸の侵食に鑑み、定期的な空洞化調査をこれからも実施していき、適切な管理を行っていく。

4. おわりに

海岸侵食は国土保全のために重要かつ喫緊の課題である。今回の取り組みは、海岸侵食の厳しい現状を踏まえ、堤防の倒壊等のおそれが高いと考えられる箇所を厳選し、できるだけ短期間に安価な方法で堤防等の対策を行った。今後も、全国の海岸において、類似の現象が発生するおそれがある。海岸侵食対策を鋭意進めるとともに、日常の巡視・点検を適切に実施していく必要がある。

J|C|M|A

【筆者紹介】



高橋 裕輔 (たかはし ゆうすけ)
国土交通省 河川局海岸室



福濱 方哉 (ふくはま まさや)
国土交通省 北陸地方整備局黒部河川事務所

橋梁架設工事の積算 ——平成 21 年度版——

■改訂内容

1. 積算の体系
 - ・ 共通仮設費率の一部改定
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・ 送出し設備質量算出式の改定
 - ・ 少数主桁架設歩掛の改正
 - ・ 歩道橋(側道橋)一部歩掛改定
 - 2) PC橋編
 - ・ 多主版桁橋 主桁製作工歩掛の追加
 - ・ 架設桁架設工法 歩掛の改定
 - ・ トラッククレーン架設工法 歩掛の改定

■ B5判／本編約 1,100 頁 (カラー写真入り)
別冊約 120 頁 セット

■定 価

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

※別冊のみの販売はありません。
※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも
沖縄県以外 600 円
沖縄県 450 円 (但し県内に限る)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館)

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

実物大の空港施設を用いた液状化実験

～液状化対策コストの縮減に向けて～

菅野 高弘

巨大地震時・地震後に空港の果たす役割は大きく、救急・救命活動、救援物資輸送、復旧物資輸送、陸路の復旧までの代替輸送機関として活躍している。1995年兵庫県南部地震においては、代替輸送として地震直後から4月14日までに3672往復の臨時便により広島、岡山、福岡、東京等と大阪間の輸送に活用された。このため地震時の被災想定、震災時に求められる機能、ハード・ソフト両面からの対応策の検討・実施が急務となっている。主要大都市が臨海部に位置することから、臨海部の空港施設の耐震対策戦略の一環として、液状化の影響について検討するため、制御発破による現場実大実験を実施した。

キーワード：空港土木施設、液状化対策、地震時対応

1. はじめに

巨大地震は頻繁に発生するものではないが、万一発生した際の、人的被害を含め社会的・経済的損失は非常に大きく、重要な課題となっている。中央防災会議の予想で、30年以内にマグニチュード8クラスの巨大地震として東海、東南海、南海地震などは50%以上の発生確率と発表され大きな被害の発生が予測されているため、対応策の検討が急がれている。巨大地震の発生を防止することは不可能であるが、発生した際の損害をできるだけ小さくすることが肝要であり、ハザードマップの整備、被災予測の公表、地震直後の緊急対応マニュアルの整備などのソフト面の対策と施設の耐震性向上というハード面の対策の効果的な組み合わせによる対応が必要となっている。

巨大地震後の空港の果たす役割は大きく、例えば、2004年10月23日新潟中越地震においては、上越新幹線とき325が脱線、12月28日に運転再開されている。同時に新潟県内の関越自動車道にも甚大な被害が発生し、11月5日の運用再開まで時間を要した。当時、新潟空港では、地震後の緊急点検で無被災と判断され、運用を停止することなく、救急・救命活動、救援物資輸送や人員輸送に活用された。全日空と日本航空が地震の翌日10月24日から11月14日まで臨時便を運用し被災地の復旧・復興に活用されている。

国土交通省航空局は、「地震に強い空港のあり方検討委員会」（委員長：森地茂政策大学大学院教授）を組織し、2007年4月に報告書を公表しており、空港

に求められる地震後の機能として、

- 発災後極めて早期の段階に、救急・救命活動の拠点機能を発揮できること。
- 発災後3日以内に、緊急物資輸送・人員等輸送受け入れが可能となること。

等が挙げられた。これを受け、地震後に求められる機能を確保するために、空港施設の現状把握に基づく耐震性向上が急務となった。特に、国内の主要空港の多くが臨海部に位置するため、供用中の空港施設の液状化対策が耐震性向上のため重要であることが認識された。

発災時に空港に求められる機能をとその対応について図-1のように時系列で整理できる。

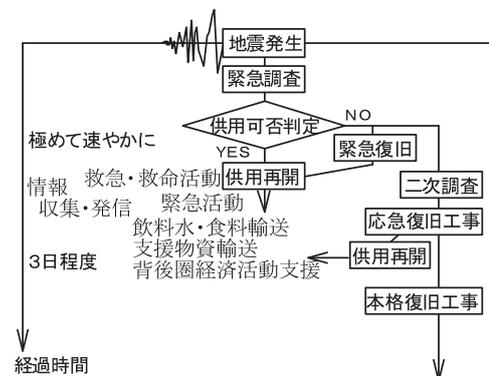


図-1 発災時に空港に求められる機能と対応

空港には発災直後から救急・救命活動の拠点機能が求められる。特に迅速な対応が必要となるためヘリコプターによる救急・救命活動が中心となる。同時に、緊急物資・人員等の輸送活動および被災程度の把握等

的確な防災情報を発信するための防災ヘリコプターや報道機関のヘリコプターによる情報収集・発信が開始されるものと想定される。これらの活動は震災後概ね3日間程度に集中するものと想定している。その後、被災地域の復旧・復興活動支援および、国内外の航空ネットワークの維持、背後圏の経済活動の継続性確保に活用される。また、比較的広大な敷地を有することから、負傷者、帰宅困難者、近隣住民への対応（例えば緊急避難所としての機能）も期待されることになる。

地震直後から機能を発揮させるためには事前の対策が必要であり、液状化時の施設被災・対策等に関する検討には、過去の被災事例の検討、数値解析や模型実験による被災シミュレーションを用いることになる。過去の被災事例として1964年新潟地震時の新潟空港の液状化被害が挙げられるが、当時の航空機と現在の航空機は異なり、例えば、滑走路の舗装構造も当時と現在では大きく異なる。よって、新潟地震時の被災事例が参考にはなるが、同じ被災が最新の空港で発生するとは考え難い。数値解析や模型振動実験に関しても、その精度が被災事例等で確認されていなければ実務への適用には困難が伴う。このため、国土交通省の委託を受け（独）港湾空港技術研究所は、実物大の空港施設を用いた制御発破による液状化実験（図-2）を企画・立案した。主な検討内容は以下に示す3点である。

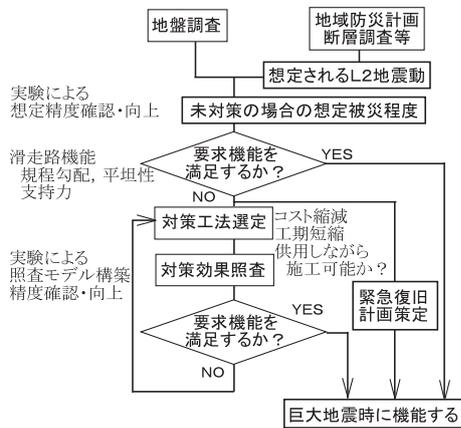


図-2 液状化対策策定フロー

①現象把握

地盤の液状化現象を再現し、地盤物性値と液状化の程度、液状化の継続時間、地盤沈下量等を詳細に調べ、液状化現象が滑走路、航行支援施設等の構造物へ及ぼす影響を確認する。

②低改良率、改良範囲縮小による液状化対策効果の検証

コスト削減、工期短縮の検討を目的に、アスファルト舗装下における低改良率、改良範囲縮小による液状化対策工を施工し、改良効果を確認する。

③被災時における供用の可否判断

物理探査技術等を用いた被災時における滑走路や駐機場の機能維持のための対策や判断基準、あるいは被害程度に応じ、地震発生直後～数日後に供用再開可能な判断基準について検討するためのデータを取得する。

これら3項目について、大別して表-1に示す項目(サウンディング手法、舗装の供用判断、液状化対策、地下埋設管その他、挙動計測・地盤振動計および盛土補強方法等)にグループ分けし、総数で30テーマの研究を、

表-1 研究テーマ一覧

種目	研究課題
サウンディング	各種サウンディング手法を用いた液状化前後の地盤物性値の評価に関する共同研究
	液状化による空港施設への影響に関する現場実大実験
	各種地盤調査による耐震設計に関する地盤物性の比較に関する研究
舗装の供用判断	液状化による舗装体の挙動把握および供用性の評価方法の研究
	人工液状化実験における舗装被害の評価に関する研究
	自走式FWDを用いた支持力調査および沈下量調査
	舗装体内部の変状計測システム
	実験ヤードの発破試験前後の舗装の路面性状と構造評価
	舗装平坦性調査
	高強度RCプレキャスト舗装版の地震時挙動及び早期供用性の評価
	港湾・空港施設のヘルスマonitoringに関する研究
	地中レーダーを用いた地震災害時の舗装の供用判断に関する実験的検討
	レーザープロファイラーを用いた舗装面変状・地盤面変状に関する研究
舗装積算・現場監視	
液状化対策	人工液状化実験における合理的な液状化対策(CPG工法)範囲検討に関する実大現場実験
	人工液状化実験における合理的な液状化対策(浸透固化処理工法)範囲検討に関する実大現場実験
	液状化対策工法(超多点注入工法)における合理的な設計・施工法に関する研究
	ゲル状注入材による地盤改良効果の評価法の検証
	交差噴流式高圧噴射工法を用いた格子状改良による既設舗装直下での液状化対策効果の確認
	マイクロバブル水を利用した不飽和化による液状化対策工法に関する実大現場実験
地下埋設管その他	高圧噴射攪拌工法(ジオバスタ工法)を用いて、杭状の改良体をランダムに配置することによる液状化対策効果の確認
	地下埋設物の液状化時の浮き上がりに関する実大現場実験
	液状化に伴うマンホール浮上抑制装置の効果確認
挙動計測・地盤振動計測	異種地下構造物接続に伴う地震時挙動の解明
	各種計測手法を用いた地盤および各種構造物の液状化挙動の評価
	液状化による空港施設への影響に関する現場実大実験
	高精度GPS計測技術を用いた液状化現象に伴う地盤変動量計測に関する共同研究
盛土	発破時地盤振動計測による周辺環境への影響評価
	液状化地盤上の盛土補強技術に関する研究

国内外 47 機関の共同研究（行政 1，大学 5，独法研究所 3 機関，協会等 8 機関，および民間 30 社）で実施した。

2. 実験概要

(1) 実験用地施設配置

北海道小樽市銭函の石狩湾新港西地区の整備中の埋立地に 1.65 ha の実験ヤード（図-3）を石狩湾新港管理組合のご厚意により借用し，実物大の空港施設を

- | | |
|---------------------|------------------------|
| ① 滑走路（アスファルト舗装） | ⑩ 通信管 |
| ② 駐機場（エプロン） | ⑪ 盛土（H=3m） |
| ③ 埋設管（φ1000mm） | ⑫ マンホール |
| ④ 幹線ダクト | ⑬ 液状化対策工（浮上り防止対策等 4 基） |
| ⑤ 進入角指示灯 | ⑭ 液状化対策工（地盤改良：7 工法） |
| ⑥ グライドスロープ（H=16.5m） | ⑮ サウンディングエリア |
| ⑦ ローカライザー（L=40m） | ⑯ 予備実験エリア |
| ⑧ ローカライザーシェルター | ⑰ 予備実験用試験舗装 |
| ⑨ 防油堤（L=32m） | ⑱ 高強度ジオシンセティクス |

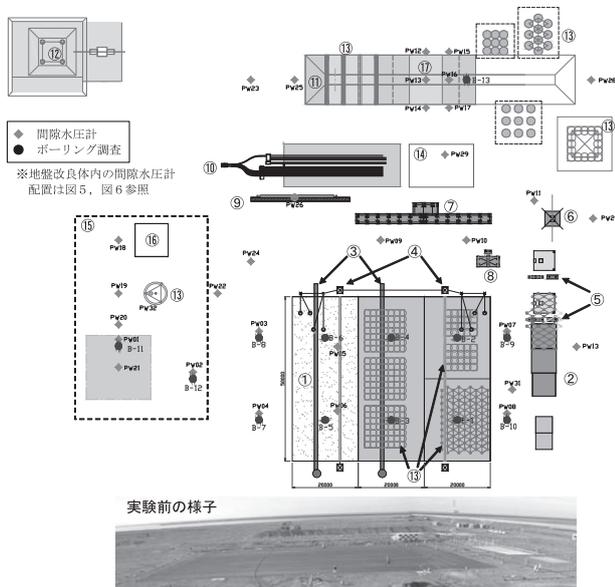


図-3 実験ヤード内の空港施設

建設，制御発破により液状化状態を再現した。現地地の地盤は，石狩湾新港の浚渫砂（比較的均一な細砂）で埋立てられている。整備中であることから，液状化対策は実施されていないため，液状化実験に適した地盤構成を有していると判断された。

空港の主要施設である滑走路は，50 m × 60 m の範囲にボーイング 747 クラスの航空機が離発着可能な舗装構造を築造した。滑走路舗装領域では，図-4 に示すように液状化対策工として，静的圧入締固め（CPG）工法，浸透固化処理工法および超多点注入工法の 3 工法を施工し，比較のため未改良部分を残した。コスト削減の可能性を探るため，各工法の標準的な設計と改良率や改良深さを変えた対策を実施している。他に，空港に設置されている計器着陸装置であるローカライザー，グライドスロープ，ローカライザーシェルター，航空灯火として進入灯，進入角指示灯等の実物を施工した（写真-1）。

(2) 制御発破による液状化実験

実験フィールド内の想定液状化層は GL-10 m 程度までであり，図-5 に示すように爆薬の設置箇所については，GL-4.5 m および -9.0 m の 2 深度，平面的には 6.5 m ピッチのグリッドで装薬（概ね 1 箇所当たり 4 kg）するように，予備実験結果を基に設計した。滑走路の直下における液状化現象を再現させるため，舗装工終了後，曲がり削孔を用い，装薬を実施した。削孔後，各孔内への装薬作業を繰り返し行い，全体として総装薬量 1,760 kg のエマルジョン系含水爆薬を 583 箇所埋設した。実験時には，概ね 0.2 秒間隔で発破を行い，総発破時間 139 秒間にわたる段発破により地盤の液状化現象を再現した。実験では，間隙水圧の

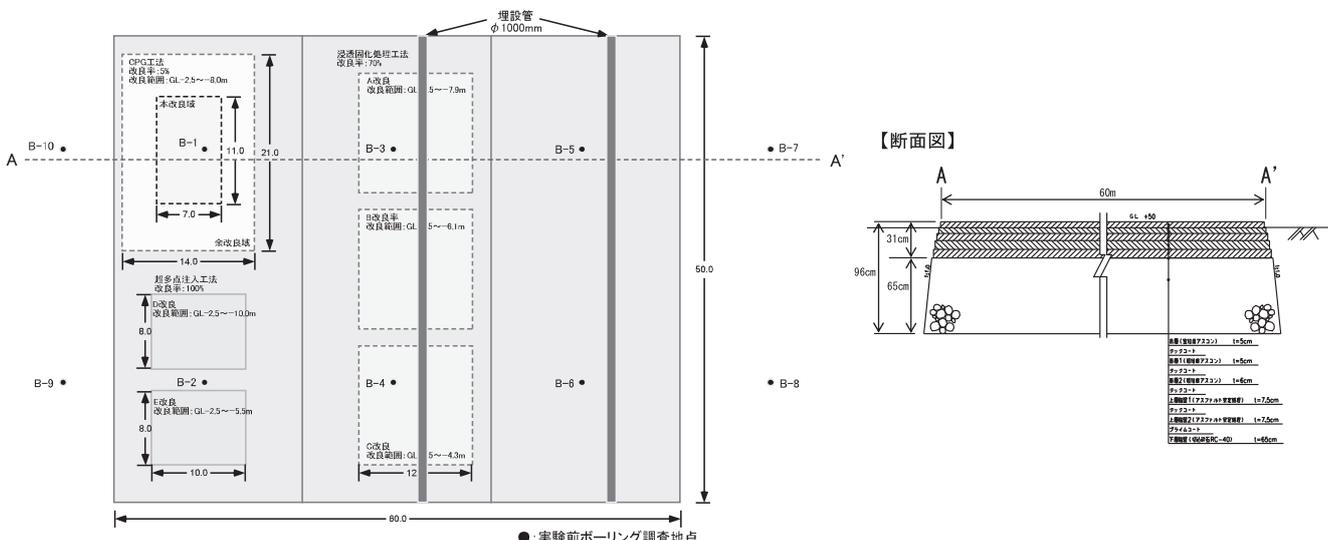
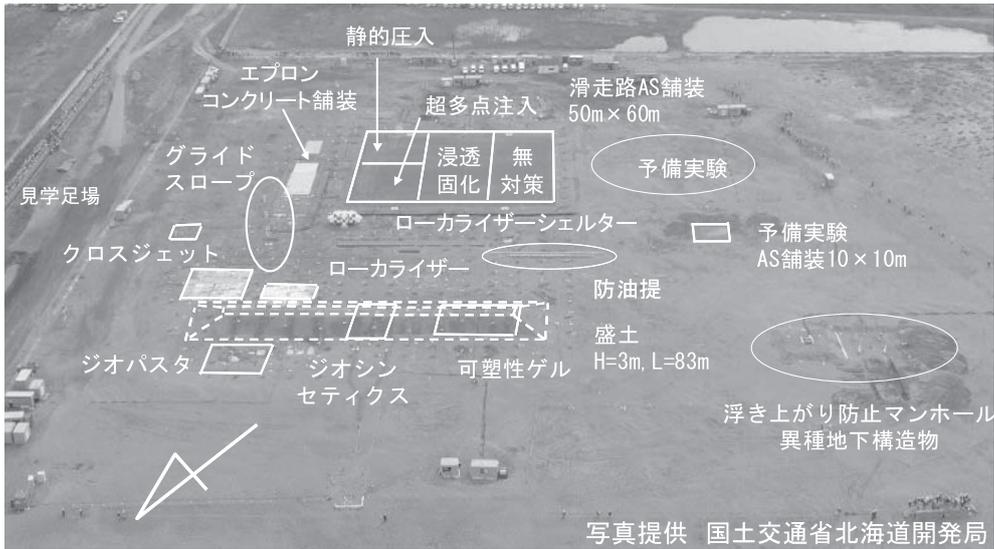
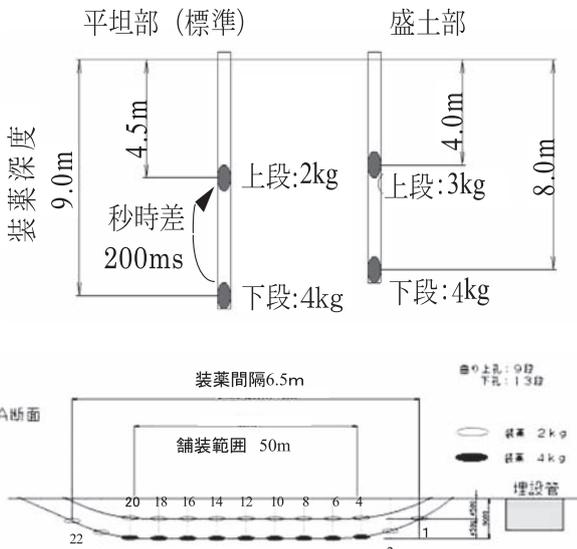


図-4 滑走路舗装平面図および断面図



写真一 実験ヤード内施設配置状況



図一 制御発破のための装薬断面

3. 実験結果の概要

(1) 液状化発生状況・液状化後沈下状況

発破は2007年10月27日(11:00点火)に実施した。発破直後から写真一2に示すように、滑走路舗装に亀裂等は発生せず、周辺部各所で液状化による噴砂・噴水が認められた。地中に設置した間隙水圧計の記録からも、想定した液状化層が完全液状化状態に達したことが確認された。

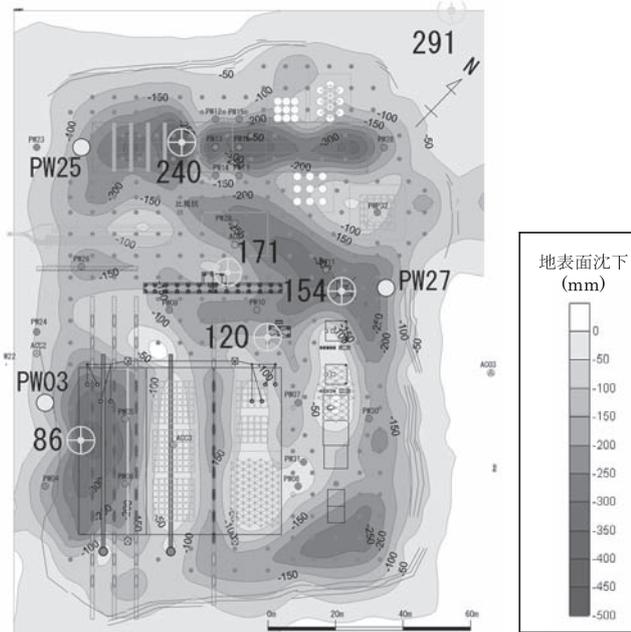


写真二 実験直後の噴砂状況
(上: 実験ヤード全体 下: 滑走路端部マンホール付近)

計測により、発破時の液状化の状況や過剰間隙水圧の消散過程を計測するとともに、実験前後の水準測量により、地盤沈下状況や施設の不等沈下等の変状を確認した。

液状化状態の再現は、爆発に伴う振動により爆心周辺の砂粒子の骨格が崩れることによる過剰間隙水圧の上昇を狙ったものであり、一般的な地震時の砂地盤のせん断変形に伴う負のダイレイタンスに起因する過剰間隙水圧の上昇とはメカニズムが異なる。特に、地震時の振動による施設への影響については制御発破による液状化実験では再現できない。このため、振動台実験、室内土質試験、数値シミュレーション等も併せた検討を実施している。

図一六に示すように発破後7日目の沈下状況を見ると、滑走路直下の液状化対策部分の沈下は極めて小さく、未対策部分では30 cm以上の沈下が確認された。当該地点の液状化層の砂が比較的均一な細砂であることから沈下量の経時変化特性は、発破後4時間程度で概ね80%程度の沈下が発生し、7日程度でほぼ収束した。各空港における液状化想定層の砂質は異なることから、透水性の違いによって、過剰間隙水圧の消散に要する時間は数時間から数日の範囲になるものと推定される。



図一六 液状化実験後の沈下状況（発破後7日）

(2) 実験結果のまとめ

本プロジェクトでは、制御発破による地盤の液状化現象を再現し、実物大の空港施設の液状化時挙動を把握することを試みた現場実物大実験を実施した。

- ①現象把握：液状化後の過剰間隙水圧の消散に伴い各種空港施設に変状が生じた。アスファルト舗装、進入灯、ローライザーおよびグライドスロープ等の空港施設、いずれも未改良域に施工された施設に、沈下あるいは不等沈下の被害が生じ、また、アスファルト舗装脇のマンホール周辺において、激しい噴砂が生じ施設によっては機能に重大な影響を与えることが確認された。
- ②液状化対策効果およびコスト縮減案の検討：地盤の低改良率化や改良範囲縮小によるコスト縮減、およびその時の地盤改良効果について検討した。その結果、締固めを原理とする液状化対策工法の余改良域縮小、改良率の低減、および薬液注入工法にお

ける深さ方向で部分改良が可能であることが確認された。余改良とは、液状化対策部分への未対策部分からの過剰間隙水圧の侵入を緩和するために余分に改良するものであり、港湾の岸壁背後の液状化対策に関する検討から設定されたものであるが、水平成層に近い滑走路の場合、機能面から縮減が可能と判断した。部分改良については、滑走路の機能の観点から均一な沈下は許容されることから、想定される液状化層全層改良が原則ではあるが、現場の状況によっては下部に未対策部分を残すことも可能となる。両者とも、数値シミュレーションにより、想定地震時の挙動を解析、所要の性能（平坦性、規定勾配、支持力）が担保されることを確認する必要がある。

- ③供用の可否判定：本稿ではページ数の関係で示していないが、舗装表面の状況把握として、平坦性をレーザープロファイラー、平坦性測定器、勾配をGPS、絶対沈下システム、舗装構造変状について光ファイバー、地中変状について表面波探査、地中レーダー等のツールの適用性を確認した。特に、目視点検ができない舗装内部や地中部の状況を迅速に把握することが可能なツールとして今後の発展が期待される。

4. おわりに

各空港においてソフト・ハード両面からの耐震対策検討が鋭意進められており、既に対策に着手した空港も複数あり、本プロジェクトの成果が活用されている。ページ数の関係で概要のみの報告となっており、詳細については参考文献を参照いただければ幸いである。

本プロジェクトにおいては、石狩湾新港管理組合、国土交通省北海道開発局をはじめ、多数の方々の支援を得て「地震に強い空港」整備のための知見を得ることができた。ここに関係各位に深く感謝の意を表する次第である。

JICMA

【参考文献】

菅野高弘他：液状化対策に関する実物大の空港施設を用いた実験的研究、港湾空港技術研究所資料 No.1195, 2009.6.

【筆者紹介】

菅野 高弘（すがの たかひろ）

(株)港湾空港技術研究所

地盤・構造部 地震防災研究領域 領域長



自在ボーリングを用いた既設構造物直下の地盤改良

—グランドフレックスモール工法—

石井裕泰・松井秀岳・檜垣貫司

斜め・曲がり・水平方向の制御が可能な自在ボーリング技術を用いた地盤改良工法を紹介する。構造物の直下に注入管を敷設し、上部の利用を妨げることなく地盤の注入固化を施すことができる。また、土壌浄化への利用や、専用の装備を利用して空洞充填、噴射攪拌改良を行う技術など、種々の地盤改良も可能になっている。本報では、削孔・地盤改良に関する本工法の特長と、改良体の掘り出し調査を含む施工試験、旧法タンクの液状化対策工事を目的とした実施事例を紹介する。

キーワード：地盤改良，薬液注入，空洞充填，自在ボーリング，液状化対策，既設構造物，旧法タンク

1. はじめに

近年の大規模地震発生やそれに伴う耐震基準の改正などをうけ、既設構造物の耐震性を向上させるニーズが高まっている。また、資源の有効活用、ひいてはCO₂の排出抑制に対する意識の高まりから既存建物の有効活用が望まれ、地盤や構造物の修繕技術の必要性が益々高まりつつあるとも言える。本文でも触れる旧法令に準じて建設された屋外タンクの液状化対策は、その具体例として挙げられる。加えて施設・建物を所有する事業主や住民にとっては、日常の利用を妨げられることなく直下の地盤改良を実施できることが望ましい。

本グランドフレックスモール工法はこのような背景から開発された工法であり、斜め、曲がり、水平の方向制御が可能な自在ボーリングを用いた削孔技術と地盤改良技術とを組み合わせた工法である^{1), 2)}。特に削孔技術に関しては、1本の削孔延長が50mを超えるような大規模施工や、礫の介在も含む固めの地盤での施工に対処できるよう配慮がなされている。

本報では、自在ボーリング、地盤改良手順、応用技術を述べるとともに、施工試験の内容と適用事例を紹介する。

2. 工法の概要

(1) 削孔手順

写真-1に専用削孔機を、図-1に削孔手順の概要を示す。自在ボーリングにおいては、削孔管先端に

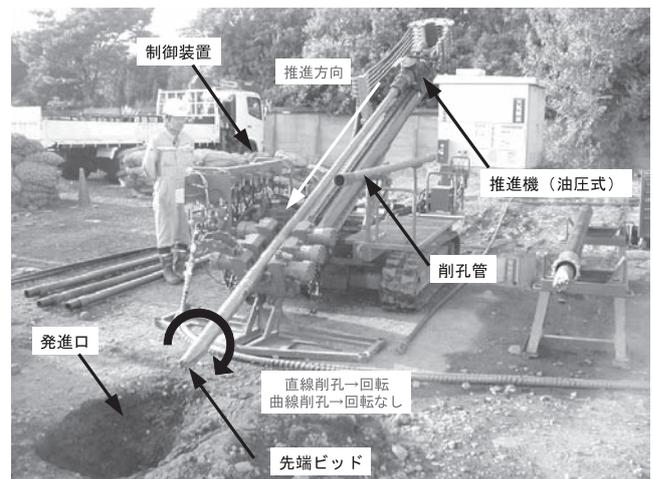
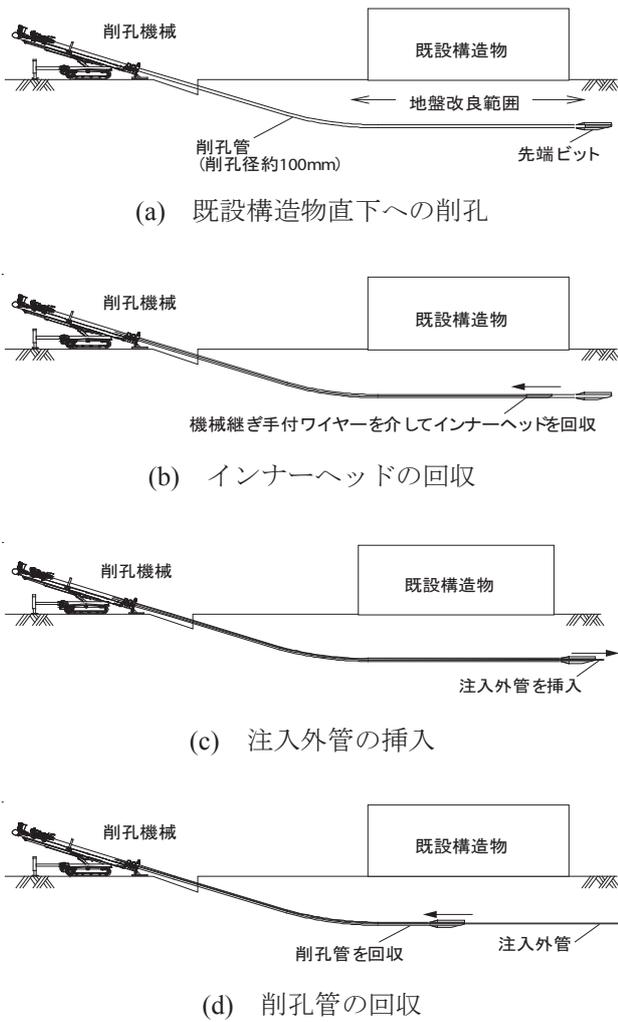


写真-1 専用削孔機

方向制御のためのへらを持つ先端ビットが取り付けられており、直線方向に削孔する場合には回転させながら削孔管を推進する。方向修正をする場合にはへらの方向を固定し、先端部で一定方向に偏る土圧抵抗を受けながら推進させる。先端ビット部は二重構造になっているが、ボーリングが完了したのちは、インナーヘッドを回収することで先端部を開放することができる。このような状態で削孔管内に注入用の管を挿入し削孔管を回収すれば、注入用の管のみが地中に残り、薬液注入等の地盤改良が行えることになる。

注入に先立つ削孔は、确实に行えることが地盤改良を行う前提となる。削孔中には必要に応じてパーカッション（打撃貫入）の併用が可能で、事前の地盤調査では判明しなかった固い地盤、コンクリートや転石を貫通する際の确实性を高めている。また、長距離削孔



図一 削孔手順

や作業時間に制限が課された場合に想定される中断後の再削孔でも、パーカッションにより地盤を緩める効果が期待でき、推進不能に陥る事態を極力避けることができる。

なお、削孔中および完了後の位置確認は、先端部から発信される信号を地上で受信する方式、削孔管内にジャイロを挿入する方式を採用する。

(2) 注入手順

削孔後の注入改良では、従来から用いられるダブル

パッカー方式とともに、自在ボーリング用に開発したセルフパッカー方式 (図一2) の利用が可能である。本方式では、注入外管内に密閉された注入元を確保する際、注入内管に取り付けられたパッカーを薬液自身で膨らませることが特徴である。そのため、従来方式のようにパッカーを膨らますための独立した圧力供給経路を必要とせず、注入管の構造が単純かつ小型となっており、曲線状のボーリング孔への挿入に適している。また、複数同時注入が可能のため注入作業の効率化にも有効である。

(3) 応用技術

上記の標準的な施工方法に加えて、種々の地盤改良方式の利用が可能になっている。

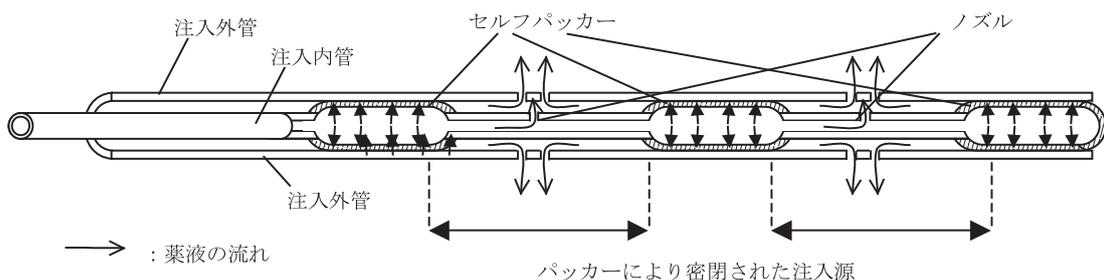
土壌浄化への応用では、自在ボーリングにより浄化用の管を地中に敷設する。エアスパーキングによる浄化の検討では、浄化範囲と効果を確認している³⁾。地中の空洞部の充填では、先端部で二液を混合する機能を持つ先端ビットを装着する。セメントおよびベントナイトを削孔管中の独立した経路で供給し、両者を直前に混合した上で先端部より充填用セメントベントナイトを注入する²⁾。また、セメントミルクを地中で噴射し地盤と攪拌混合する噴射攪拌方式を自在ボーリングに搭載する技術を開発している。自在ボーリングに装着可能な噴射装置を用いて地中で円柱状改良体を造成した試験施工では、一軸圧縮強さで 1 MN/m^2 を超える高強度を確認している⁴⁾。さらには、先端ビット背部に取り付けた計測機で得られた削孔管の傾斜、方向データを無線通信で地上に送信する、位置計測システムも実用化に至っている⁵⁾。

3. 施工試験

(1) 施工試験 1

(a) 試験概要

千葉県館山市の沿岸部の敷地にて、試験を実施した。図一3に試験の概要を示す。ここでは、注入方式の



図一2 セルフパッカーを用いた注入方式

みに着目しその有効性を確認するため、人工地盤作成時に注入管を埋設した上で、セルフパッカー式注入内管を通して浸透注入を行った。人工地盤には浅間山砂 ($\rho_s = 2.71 \text{ g/cm}^3, F_c = 8.1\%, D_{50} = 0.24 \text{ mm}$) を用い、注入外管にそった薬液の逸走を防止する目的で、注入地点をはさんだ位置に地山パッカーを設置した。

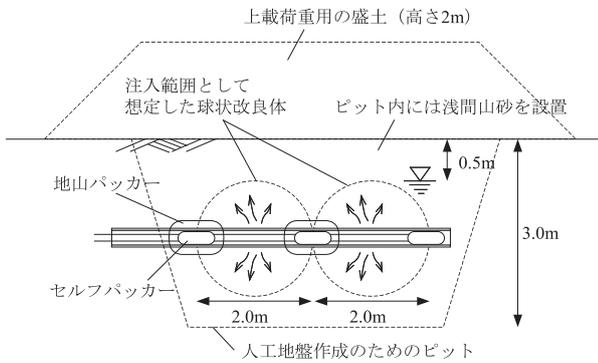


図-3 試験施工 1 の概要

薬液の注入に先立ち、水を用いて吐出量と有効注入圧力の関係を調べ、限界注入速度⁶⁾を判定した。ここで、両者が概ね比例関係となり、薬液が徐々に浸透すると判断される範囲は、図-4に示すように、1改良体あたり吐出量 8L/min 以下であった。注入対象がゆるい人工地盤であることから可能な限り吐出速度を落とすことが望ましいと判断し、1改良体あたり 6 L/min, 2改良体同時に合計 12 L/min で浸透注入を行った。計画改良体径を 2.0 m とし、1改良体あたり 1,885 L の注入を行った。

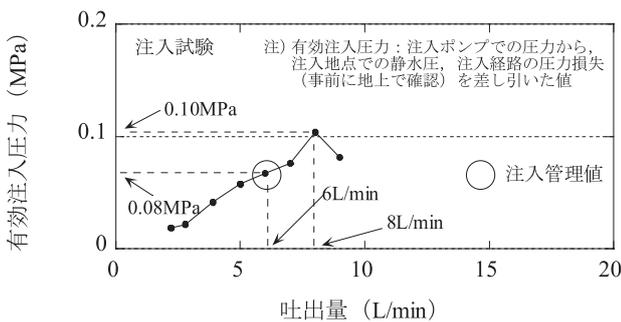


図-4 限界注入速度試験 (試験施工 1)

(b) 試験結果

注入開始当初は注入圧の上昇が見られたものの、ノズルの洗浄を行った後は安定し、約 6 時間で 2 改良体分の注入を完了した。地中でそのまま養生後地盤を掘削し、写真-2に示すような改良体を観察した。隣接する 2 改良体ではほぼ等しい大きさの改良体が造成されたことを確認するとともに、採取コアを用いた一軸



写真-2 改良体の観察状況 (試験施工 1)

圧縮試験では、一般的に液状化対策に必要な圧縮強度 0.1 MPa 程度に対して概ね 0.2 MPa を得た。

(2) 施工試験 2

(a) 試験概要

茨城県神栖市の工場内敷地にて試験を実施した。図-5に試験の概要を示す。ここでは、セルフパッカーの有効性に加えて、工法全体の施工性を確認することを目的に、自在ボーリングによる削孔を行った上で浸透注入を実施した。

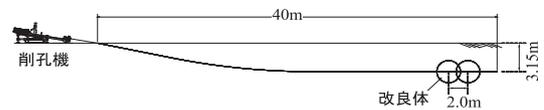


図-5 試験施工 2 の概要

水平距離で 40 m, 深さ 3.15 m の地点を狙って削孔を実施し、注入外管を設置後、浸透注入を行った。対象地盤は N 値 20 程度、細粒分含有率 $F_c = 11 \sim 31\%$ の沖積砂層であった。

薬液の注入に先立ち、図-6に示すとおり、吐出圧と有効注入圧力が概ね比例する範囲として 14 L/min 以下を確認した。これを参照して、施工時は 1 改良

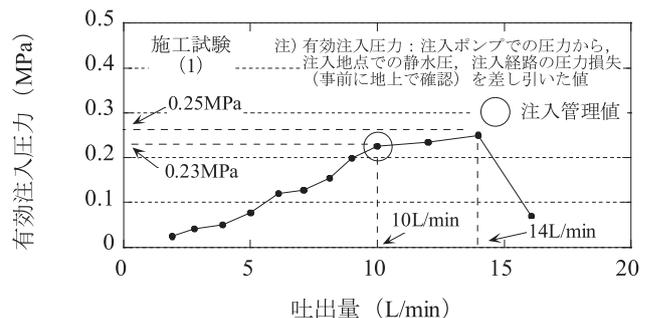


図-6 限界注入速度試験結果 (試験施工 2)

体あたり 10 L/min, 2 改良体同時注入で 20 L/min を管理値として定めた。計画改良体径を 2.48 m とし, 1 改良体あたり 4,640 L の注入を行った。

(b) 試験結果

一時的に薬液の逸走が見られたが, 注入圧, 注入量ともに安定し, 約 7.5 時間で計画量の注入を完了した。地中で養生後にコア採取を行い, 改良体の一軸圧縮強さとして概ね 0.15 MPa を得た。削孔から注入管の敷設, 注入作業にいたるまで滞りなく実施でき, システム全体の有効性を確認できた。

4. 適用事例

(1) 施工概要

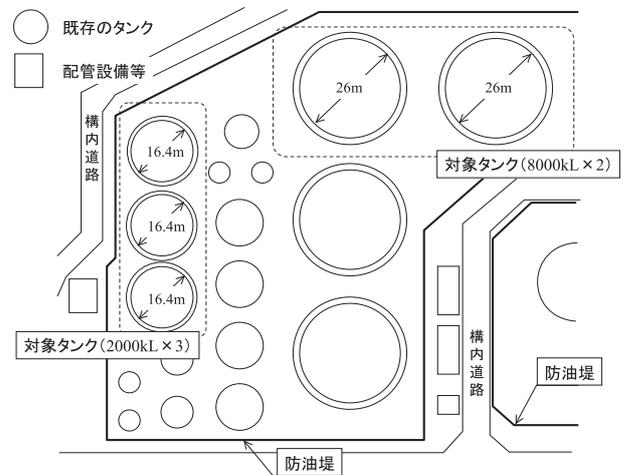
本事例は, 屋外貯蔵タンクの液状化対策工事に関するもので, 互いに隣接する 8,000 kL タンク 2 機, 2,000 kL タンク 3 機を対象とした。タンク直下の地盤 GL-2.0 m ~ GL-4.0 m の緩い砂質土層 (埋土) が改良対象で, 施工中もタンクを利用し続ける必要があることから薬液注入による基礎地盤改良が計画された。防油堤外部に立坑を設けそこから水平削孔を行う案が併せて検討されたが, 安全性, 工期, 工費の優位性, さらにはタンクの稼動に関わる資材運搬路の確保のために, 本グラッドフレックスモール工法が採用されることになった。

表一 1 に計画工事数量を, 図一 7 に現場平面図,

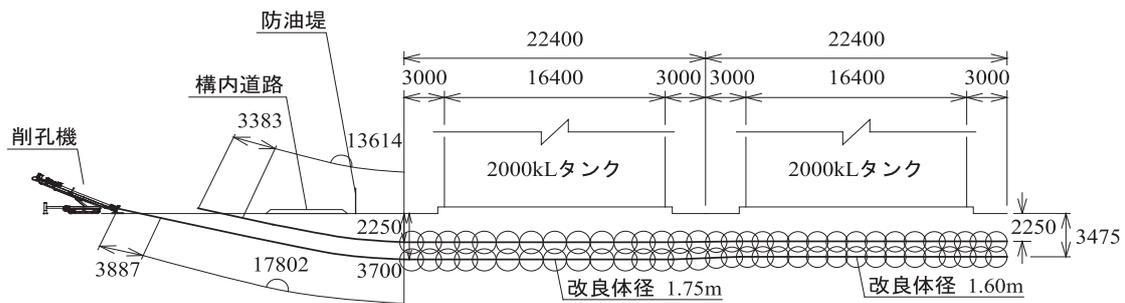
図一 8 に計画断面図の一例を示す。削孔機は防油堤の外側に配置し, もともと存在する構内道路は概ねそのまま使えるように削孔線を定めた。事前の試験施工で 100 m 程度の削孔が可能であることを確認の上, 2,000 kL タンク 2 基については最大削孔長さ 79.6 m で一括して施工し, 削孔総延長および作業時間の短縮

表一 1 計画工事数量

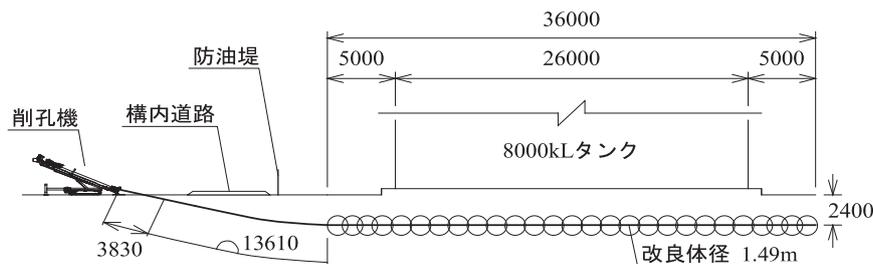
総削孔延長	4,769.4 m
削孔本数	92 本
注入薬液量	1,776,429 L
改良球体数	2,019 個



図一 7 施工平面



(a) 2000kL タンク



(b) 8000kL タンク

図一 8 計画断面の一例 (旧法タンクの液状化対策)

を図った。

(2) 地表面変状管理

削孔・注入時のタンクの変位量は、水盛式沈下計によって管理した。対象タンク外周部の4方向に計器を設置し、それらの変位を一定時間毎に自動計測し、現場事務所内に設置したコンピューターに表示するシステムを採用した。注入作業時には一次管理値としての隆起量 17.5 mm、傾斜± 8.0 分を設け、その値を超えた場合は隆起が収まるまで一時作業を中止することとした。

(3) 削孔結果

削孔機は2セットを投入し、全工程をほぼ計画どおりの約3ヶ月で終了した。計画線に対する実際の削孔線との差は全体を通して30 cm程度に収まった。削孔中は転石や薄いコンクリート板に遭遇することがあったが、適宜パーカッションを併用し問題なく施工することができた。また、周辺住民への配慮から作業時間は昼間のみに定められたため、削孔途中で作業を終了し、一晩地中に残置後に再開することが度々あった。パーカッションを使用しながら、推進不能に陥ることなく、計画線にそって削孔を完了した。

(4) 注入結果

注入改良には恒久グラウトのパーマロックを用い、セルフパッカー方式で1点あるいは2点同時注入を行った。本報執筆時点で約40%の注入を完了しているが、地表面変状に対する一時管理値を超えた箇所は限定的で、全体として対象タンクの変位を微小に抑え、施工中も通常通りタンクを稼動することができている。改良効果は、段階的に採取したボーリングコアを用いて一軸圧縮試験で確認しているが、これまでに、28日材齢を過ぎた複数の地点で設計強度 60 kN/m² を満たすことを確認している。

5. まとめ

自在ボーリングを併用した既設構造物直下の地盤改良工法であるグランドフレックスモール工法について、工法の特徴と、二つの試験施工の内容、適用事例

を示した。今後も本工法の特徴を活かしながら、耐震性の向上等に役立てていきたい。特に貯油タンクなどの健全性の確保は、各企業、事業所が災害発生時に備えて策定する事業復旧、継続計画にも大きく関わるものである。日常の事業活動を妨げることなく足元の地盤をしっかりと固めるという有効な手法を提供していくことで、事業主や社会に貢献していきたいと考える。

なお、本グランドフレックスモール工法は、大成建設(株)、(株)キャプティ、三信建設工業(株)、強化土エンジニアリング(株)、成和リニューアルワークス(株)との共同開発技術である。記して関係各位の尽力に謝意を表す。

JICMA

【参考文献】

- 1) 石井裕泰, 檜垣貫二, 川井俊介, 三和信二, 小泉亮之祐, 小山忠雄. 自在ボーリングによる地盤改良に適した浸透注入方式の開発と実証試験. 土木学会論文集F, Vol64, No3, p.272-282, 2008.
- 2) 石井裕泰, 檜垣貫司. 既設構造物直下の地盤改良工法の開発. 電力土木, No.326, p.70-73, 2006.11.
- 3) 下村雅則, 中島秀也, 樋口雄一, 今村聡. 水平井戸を用いたエアスパーキングによる構造物下部の浄化効果, 地下水・土壌汚染とその防止対策に関する研究会, 第10回講演集, p.351-354, 2004.
- 4) 石井裕泰, 松井秀岳. 自在ボーリングを併用した高圧噴射攪拌による現位置地盤改良工法. 電力土木, No.344, p.115-117, 2009. 11
- 5) 石井裕泰, 檜垣貫司, 川上純, 三和信二, 小泉亮之祐, 小山忠雄, 安部章正. 誘導式水平ボーリング技術を用いた薬液注入工法—急速浸透注入方式および無線式リアルタイム位置検知システムの開発—, 大成建設技術センター報, 第39号, 2006.
- 6) 沿岸開発技術研究センター, 浸透固化処理工法マニュアル, 2003.

【筆者紹介】

石井 裕泰 (いしい ひろやす)
大成建設(株)
技術センター 土木技術研究所
地盤岩盤研究室 地盤環境チーム
主任研究員



松井 秀岳 (まつい ひでたけ)
大成建設(株)
技術センター 土木技術研究所
地盤岩盤研究室 地盤環境チーム
研究員



檜垣 貫司 (ひがき かんじ)
大成建設(株)
技術センター 土木技術研究所
地盤岩盤研究室 地盤環境チーム
主事



三次元削孔による耐震補強・液状化防止工法の現状

—カーベックス工法—

田中 龍夫・糸川 政則・小林 正志

近年、三陸沖北部、宮城県沖、首都直下型、東海地震、東南海地震、南海地震など太平洋沿岸地域で巨大地震が発生する危険性や確率を報道機関などで見るが多くなった。一方、事業継続計画（BCP）の必要性について認識が高まり、「工場・事業所」、「学校・病院などの社会資本ストック」などで、巨大地震対応の地盤補強工事が具現化してきている。本稿では、「堅坑不要」、「稼働中の施設を傷めず、直下の地盤補強が居ながら施工できる」三次元削孔を応用した「薬液注入工法による液状化防止工法の現状」と、「セメント系硬化材の高圧噴射工法による耐震補強工法」を紹介するものである。

キーワード：三次元削孔、構造物直下地盤改良、液状化防止、耐震補強、ジェットクリート工法、カーベックス工法、自在ボーリング

1. はじめに

1995年（平成7年）1月17日に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大地震）を教訓に、同年12月25日に「耐震改修促進法」が施行されてから、はや15年が経過している。地上構造物の耐震補強は、住宅メーカーやゼネコン等によって種々の工法が開発され普及が進んでいる。一方、地盤に関する耐震補強は、既設構造物直下の施工になる場合が多く、液状化対策を主とした工法が先行していた。しかし、2004年（平成16年）10月23日に発生した新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所のダメージで、地下の耐震補強の重要性が注目され、近年では、「工場・事業所」、「学校・病院などの社会資本ストック」などで、巨大

地震に対する液状化防止、耐震補強が具現化してきた。

本文では、地上から稼働中の施設を傷つけず、居ながら施工できる堅坑不要の三次元削孔技術と、それを応用した薬液注入工法による液状化防止工法の現状、並びに新たに開発した高圧噴射工法による耐震補強工法の概要を紹介する。図-1に、三次元削孔を応用した耐震補強・液状化防止施工イメージ図を示した。

2. 三次元削孔技術

ボーリング孔の削孔方向を自由に制御する技術は、米国で管類の敷設に広く用いられている。この方法は、地上から所定の線形でボーリング削孔を行い、到達地上に貫通させた後、敷設管をボーリングロッドに接続

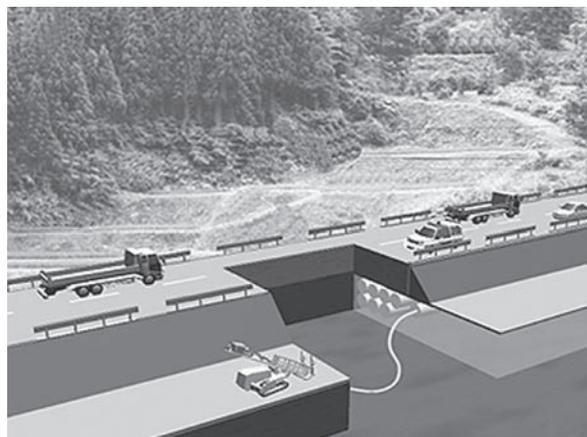
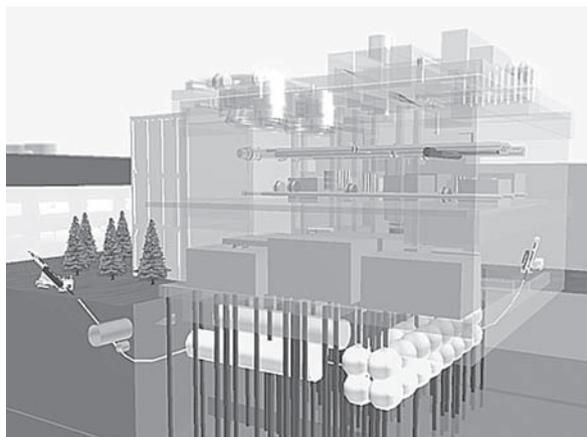


図-1 三次元削孔による耐震補強・液状化防止施工イメージ図

し、ロッドを引き戻しながら管を敷設していくものであった。

米国の基本システムは元来、民家の密集していない道路沿いでの、比較的浅い位置に管類を敷設することを目的としたもの（以下、米国式と称す）で、建物や構造物が密集する我が国での地盤改良にそのまま導入することができなかった。

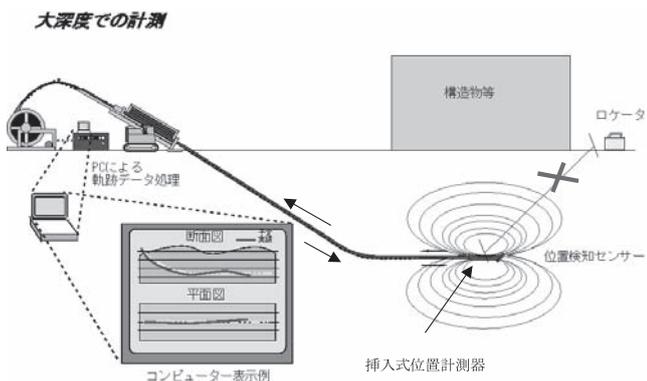
以下に、米国方式の問題点と地盤改良への応用を可能にした三次元削孔技術の概要を紹介する。

(1) 位置検知システム

米国方式は、磁場を利用したロケータでのシステムもしくは、方位計を利用したシステムで、地上から削孔位置を確認しながら方向を制御していくものである。この位置検知方法を地盤改良に応用するためには、次の問題があった。

- ・ 構造物直下の位置検知ができない
- ・ 改良位置付近に磁場を乱す高圧電線や鋼管杭などがあった場合、位置検知に支障がでる
- ・ 深度に比例して計測誤差が大きくなる

これらの問題点に対し、削孔ロッド内に計測器を直接挿入し、削孔軌跡が計測でき、磁場の影響を受けない計測システム（削孔ロッド内挿入式計測器）を開発した。これにより、構造物直下の施工、大深度削孔（深度15m以上）、鋼管杭間の削孔制御が可能になった。図一2に、削孔ロッド内挿入式計測器の計測システム概念図を示した。



図一2 削孔ロッド内挿入式計測による位置検知システム概念図

(2) 削孔ロッドと曲率半径

建物周辺の敷地条件面から、施工に必要な占有面積はできるだけ小さくした方が、工法の適用範囲が広がる。そのためには、曲がりの曲率を小さくし、地上からの削孔開始位置から水平削孔へ移行させる距離を短くすることが必要となる。米国方式の管類の敷設に使用する削孔ロッドは、小口径の光ケーブル敷設用から、

大口径ではガスの基幹パイプ敷設用までである。しかし、先に述べた環境での施工であるため、削孔ロッド径の曲がり曲率半径に適合した施工を行っており、占有面積に関する配慮はない。したがって、米国方式の削孔ロッドを用い、削孔ロッド内挿入式計測器に必要なロッド径（約φ70mm）で作業を行った場合は、その材質では強度的に削孔の曲率半径を大きくせざるを得ず、作業占有面積が大きくなる。この課題に対して、削孔ロッドの材料を特殊合金鋼にし、曲線状態での回転による曲げ引張りの繰返し荷重に耐え、削孔最小曲率半径30mの削孔ロッドを開発することで、解消することができた。

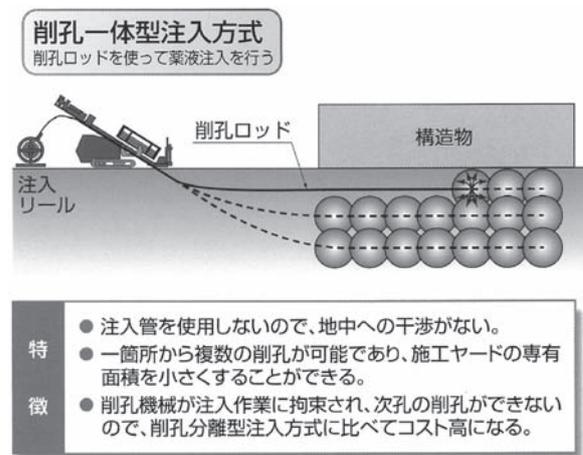
こうした三次元削孔技術の高度化により、従来、地上から施工できない既設構造物直下の液状化防止工法、耐震補強工法への応用展開が可能になった。

3. 注入工法による液状化防止工法

三次元削孔技術の地盤改良への応用は、1994年（平成6年）の危険物の規制に関する政令の改正による、旧法タンクの液状化防止対策や、既設護岸を対象として、薬液注入工法との組合せで、2006年（平成8年）に開発を始めた。しかし新潟県中越沖地震で、部品製造企業の工場が損傷を受け、完成商品の生産に大きな影響を与えたことから、近年では事業継続計画（BCP）の一つとして、民間施設の液状化防止工法としても需要が出てきた。

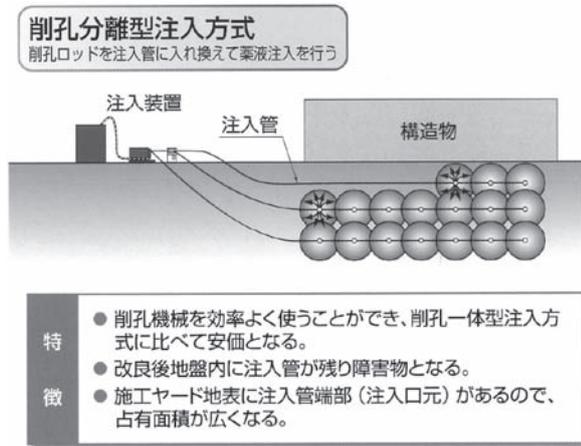
現在に至る開発経緯とその実績は以下のとおりである。

■ 2001年（平成13年）、図一3の削孔一体型注入方式概念図に示す、削孔用特殊ロッド内に注入管を挿入する注入方式を開発し、供用を開始した。



図一3 削孔一体型注入方式概念図

■ 2005年（平成17年），工程の短縮やコスト縮減を目的とした，**図一4**の削孔分離型注入方式（ダブルパッカーを有する注入内管使用）概念図に示す，削孔用特殊ロッド内に注入管外管を挿入し，地盤に残置して注入する方式を開発し，供用を開始した。



図一4 削孔分離型注入方式概念図

■ 2007年（平成19年），前記方式よりさらに長距離の施工を可能にし，注入外管が地中に残置されるといったデメリットを克服すべく，注入管を鋼製に変更し，地盤中にパッカーを効かせ注入を行いながら，注入管を引抜く削孔分離型鋼製注入管タイプを開発し，実施工に供用を始めた。

このように，三次元削孔を応用した液状化防止工法は，顧客の要求に合わせ様々な方式を取り揃え，現在に至っている。

表一1に，開発当初から現在進行中工事までの施

表一1 施工実績一覧表

工事目的	件数	施工本数 (本)	削孔延長 (m)	注入量 (kl)
削孔工事	4	39	2,278	-
一般注入工事	5	142	6,921	3,290
液状化対策工事	10	224	21,040	19,845
計	19	405	30,239	23,135

表一2 液状化対策工事注入方式別実績一覧表

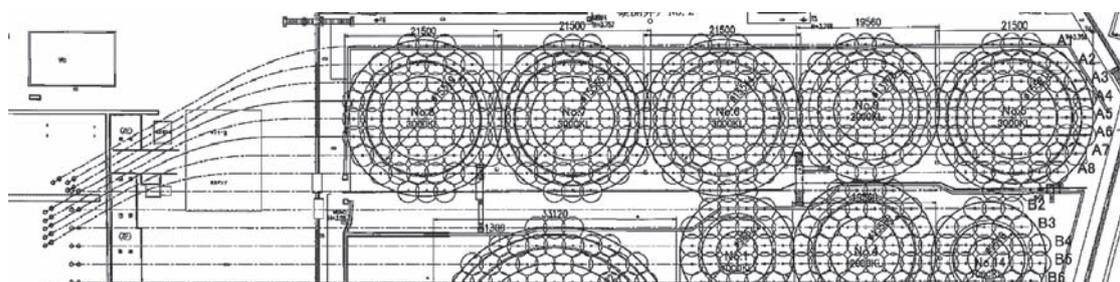
注入方式	件数	施工本数 (本)	削孔延長 (m)	注入量 (kl)
削孔一体型	1	4	172	26
削孔分離型 スリーブ管タイプ	6	89	5,565	4,919
削孔分離型 鋼製注入管タイプ	3	131	15,303	14,900
計	10	224	21,040	19,845

工実績を示した。削孔延長は約30,000m，注入量は約23,100klに達している。

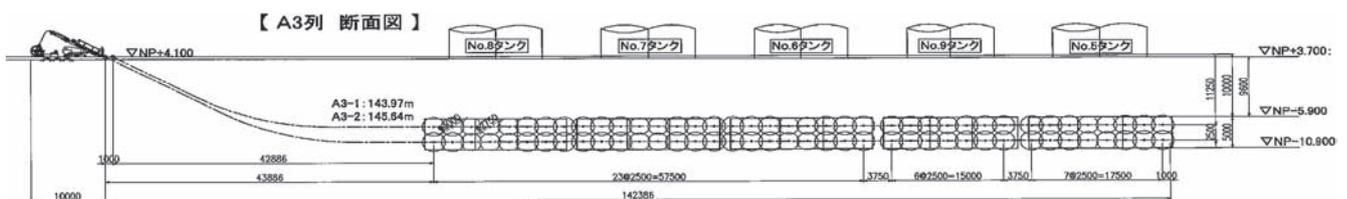
表一2に，液状化防止対策工事の注入方式別の実績を示した。現状では，削孔可能な距離の改善により，施工距離が長く取れ，注入管が回収できる削孔分離型の鋼製注入管タイプの適用が多くなっている。**図一5**，**6**に，その実施例を示した。

4. 高圧噴射工法による耐震補強工法

既設構造物直下の液状化防止工法としては，三次元削孔を応用した薬液注入工法による地盤改良が，す



図一5 実施例（計画平面図）



図一6 実施例（計画断面図）

に市場で定着している。しかし、地震時の地盤変形抑止を目的とする耐震補強工法については、これまで主に建物内から、高い強度が保証できるセメント系硬化材高圧噴射工法を鉛直に施工することで対処していた。しかし、この工法は建物内部からの施工であることから、施工中の騒音・振動や、余剰硬化材の取扱い、躯体への削孔、既設構造物供用時間との調整など、課題もあった。これを受けて、2008年末に長年開発が期待されていた建物の外から施工が可能となる、三次元削孔を応用した曲がり水平改良体造成による、耐震補強工法「ジェットクリート工法—水平型」が開発された。

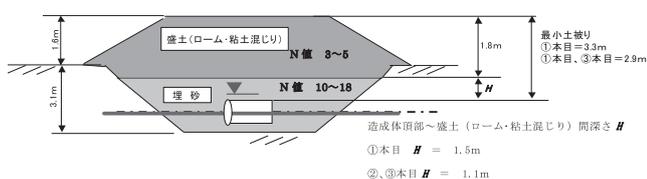
(1) 工法の基本仕様

噴射攪拌工法を水平に施工する場合、いかに地山を安定させるかが重要になる。以下に、そのための基本仕様を示す。

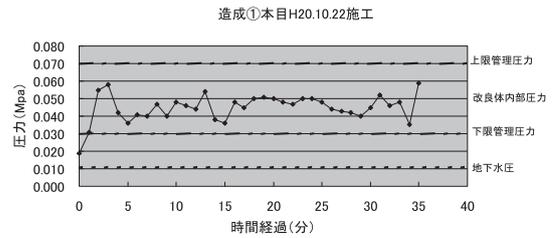
- ①噴射硬化材と切削地山の混合物（改良体）が粘度を有し、周辺地盤へ逃げづらく、ブリージングが抑制される特殊硬化材を用い、地山安定に必要な内部圧力に制御する。
- ②特殊硬化材に早期強度発現性をもたせ、混合物（改良体）を短時間に塑性体に移行させる。
- ③高圧噴射仕様は、エア無しとの交差噴流とする。これにより、エア併用で起こり得る改良体頂部エア溜りの発生、エアブローの発生など、地山を弛める要因を排除するとともに、交差噴流の特長である一定径の確保と高い攪拌性能により、硬化材と地山の混合割合のバラツキを少なくし、改良体の品質が向上される。

(2) 試験施工

試験施工を、N値 ≤ 18 の砂地盤内かつ、最小土被り 2.9 m という条件下で、地山安定を確保しながら、曲率半径 R = 38 m の曲線改良体を含む径 φ1.2 m の水平改良体を造成する目的で実施した。図一七に施工地盤と改良体位置図、図一八に造成時の改良体内部圧力計測データ（図一八に示す右端改良体造成時）、図一八に改良体の出来形写真を示す。



図一七 施工地盤と改良体造成位置



図一八 造成時の改良体内部圧力



図一八 水平施工の改良体（左は R=38m の曲線施工）

地山安定に関する試験結果は、硬化材が地上に噴発することも無く、隆起はゼロ、沈下量は最大 2 mm が観測された。出来型形状は、R = 38 m の曲線施工（図一八の左側改良体）で圧力計測システムの単純トラブルにより所定の圧力制御ができなかった一区間を除き、50 cm ピッチでの断面の縦径／横径比は、0.97 ~ 1.07（平均 1.04）で、ほとんど潰れない円形状断面の改良体が造成されたことを確認した。改良体の品質の確認は、公的検査方法¹⁾に基づき実施した。コアの連続性は、全長に対するコア採取率、1 m ごとのコア採取率ともに 100%であった。一軸圧縮強さは、材令 28 日平均一軸圧縮強さ 14.6 MN/m²、変動係数 Cv は 18.4%であった。材令 1 年の一軸圧縮強さは、平均 16.4 MN/m²であった。

(3) 今後の展開

工法は、3年間にわたる理論の構築、要素技術の開発・基礎実験と、保有ジェットクリート技術を集積・高度化して完成した。今後さらに、耐震補強検討に必要な改良体の諸物性値の把握を行いながら、市場への早期展開を図っていく。

5. おわりに

三次元削孔を応用した、薬液注入工法による液状化防止対策工法やセメント系硬化材高圧噴射工法による耐震補強工法は、地下の地震対策の範疇のみならず、

既存の枠に囚われない地盤改良，構造物への応用などの様々な用途開発や，これまで施工面から制限された設計手法のダイナミックな展開が期待される。

今後，さらなる高度化，技術開発を進め，地下の総合エンジニアリングを結集して，社会貢献できることを望む次第である。



《参考文献》

- 1) “改訂版 建築物のための改良地盤の設計および品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層処理工法—日本建設センター平成14年11月” 品質のバラツキが事前に想定できない場合の検査方法

【筆者紹介】

田中 龍夫（たなか たつお）
ケミカルグラウト(株)
技術本部 技術開発部
部長（土木）



糸川 政則（くめかわ まさのり）
ケミカルグラウト(株)
技術本部 技術開発部
課長（機械）



小林 正志（こばやし まさし）
ケミカルグラウト(株)
東日本支社 首都圏支店
技師長（土木）



大口径岩盤削孔工法の積算

——平成 20 年度版——

■内 容

平成 20 年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

● A4 判／約 240 頁（カラー写真入り）

● 定 価

非会員：5,880 円（本体 5,600 円）

会 員：5,000 円（本体 4,762 円）

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外 450 円

沖縄県 340 円（但し県内に限る）

● 発行 平成 20 年 5 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8（機械振興会館）

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

中層混合処理工法における混合性能および掘削性能の向上 —スラリー揺動攪拌工（WILL 工法）—

市坪天士・島野 嵐・金丸宗弘

経済性追求や環境配慮の観点から地盤改良機の小型化およびこれに伴う性能向上が求められている。このような情勢下、WILL 工法はバックホウタイプベースマシンの先端に攪拌翼を取り付けた小型機械でありながら、リボンスクリュー攪拌翼による揺動攪拌機構と特殊掘削補助装置（ブームランプレート）を組み合わせることで、粘性土から硬質砂質地盤（N 値 40 未満）まで幅広い土質に対応可能とした中層混合処理工法として開発された。

本文では、揺動攪拌の混合性能と特殊攪拌翼装置の効果について報告するとともに、さらなる改善事例について紹介する。

キーワード：軟弱地盤，地盤改良，中層混合処理，揺動攪拌，スラリー，粉体，小型機械，振動騒音，土壌汚染，リボンスクリュー攪拌翼，ブームランプレート

1. はじめに

WILL 工法とは、バックホウタイプベースマシンの先端に取付けた特殊な攪拌翼より、スラリー状の固化材を注入しながら、固化材と原位置土を強制的に攪拌混合し、安定した改良体を形成する中層混合処理工法である。

本工法の特徴は以下のとおりである。

- ①攪拌効率の高い揺動式リボンスクリュー型ロータリー攪拌翼を持つ。
- ②高トルク仕様と特殊掘削補助装置（ブームランプレート）の装着とにより、N 値 30 を超える締まった砂質地盤の掘削が可能（表—1）。
- ③深度、瞬時流量、積算流量、回転数、積算回転数、傾斜角度など高度な施工管理が可能。
- ④施工機本体がバックホウ型ベースマシンであるた

め、機動性に優れる（写真—1）。

- ⑤深度 8.0 m までの改良が可能。
- ⑥小型機械であるため、振動騒音抑制効果が高い。
- ⑦先端攪拌方式のため、改良材・改良土の地上部への飛散が抑制される。



写真—1 WILL 工法施工機

表—1 WILL 工法の適用範囲

ベースマシン	最大改良深度	適応土質（N 値）	
		粘性土	砂質土・砂礫
0.8 m ³ クラス	5.0 m	N < 10	N < 30
1.0 m ³ クラス	6.0 m	N < 10	N < 30
1.4 m ³ クラス	8.0 m	N < 15	N < 40

* 礫径はφ 100 mm 以下を標準とするが、礫率等を考慮する必要有り。

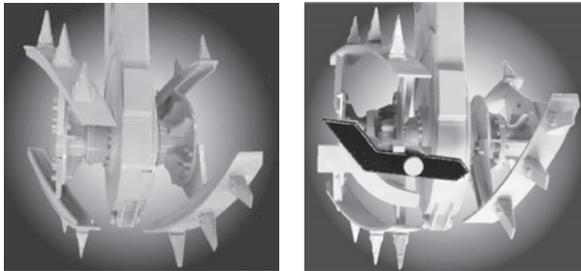
2. 攪拌混合性能の向上

(1) 攪拌混合性能の向上（揺動攪拌機構）

本工法の攪拌機はチェーン駆動によって改良機先端に装着された攪拌翼を縦回転させて攪拌混合するロータリー攪拌機である。ロータリー攪拌機の欠点として、改良対象土の移動方向が上下方向に支配されやすいことが挙げられる。その課題を解消するためにリボンスクリュー攪拌翼を開発した。

本攪拌翼は斜めに装着されていることから、改良対

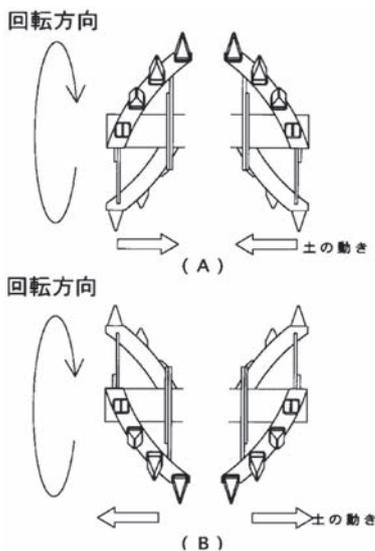
象土を上下方向だけでなく、左右方向に揺動させることが可能となった。また、リボンスクリュー攪拌翼は主に粘性土地盤の供廻り現象防止に適したT型および締まった砂質地盤・砂礫地盤の掘削に適した箱型の2タイプを使い分けることとした（写真—2）。



写真—2 リボンスクリュー型攪拌翼
(左: T型リボンスクリュー, 右: 箱型リボンスクリュー)

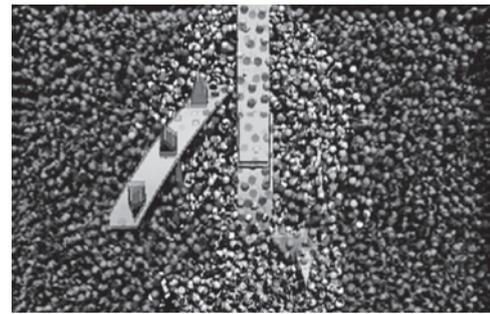
(2) 揺動攪拌機構の概要

図—1 (A) に示す斜めのリボンスクリュー型攪拌翼によって、攪拌翼の回転に伴い土は外側から内側へ強制的に移動させられる。逆に、攪拌翼が (B) に示す状態で回転すると、土は内側から外側へ強制的に移動させられる。これらの動作が攪拌翼の回転によって連続的に発生し、改良対象土を左右交互に動かす（揺動運動）ことにより、高い攪拌効率を得られる。



図—1 揺動攪拌のしくみ

図—2 はリーダ部および両攪拌翼の中心までの範囲に白色粒子を配置し、二色の粒子がリボンスクリュー攪拌翼により左右に揺動する様子をシミュレーション解析した動画の静止画像である。図—2 をみれば両攪拌翼の中心より外側に配置した赤色（図内暗色）粒子が両攪拌翼中心より内側の白色粒子部に取り込まれていく様子がわかる。



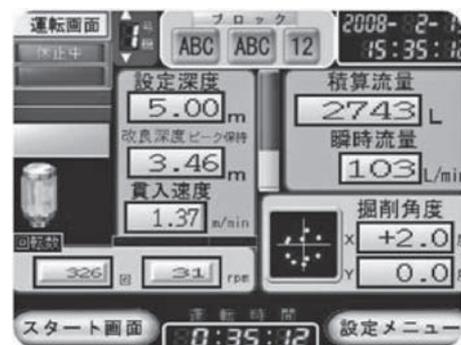
図—2 揺動攪拌のシミュレーション解析図

また、白色粒子は攪拌翼の外側までは移動していないことがわかる。これらのことから、揺動攪拌は両攪拌翼内で行われており、改良範囲外への影響は小さいと判断される。

(3) 専用管理装置

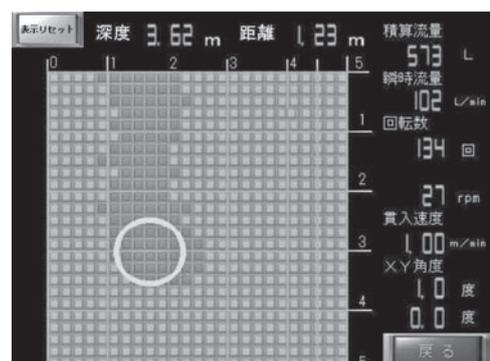
本工法では施工時のヒューマンエラー防止策として専用管理装置を搭載するものとした。

施工時における攪拌軸の鉛直性および攪拌翼移動速度の定速性は、マシンオペレータの技量に差があり品質に影響を及ぼしていた（図—3）。



図—3 WILL 管理装置画面表示例 (1)

また、攪拌翼の軌跡を表示させることにより、既改良部と未改良部をリアルタイムで確認しながらの施工を可能とした（図—4 参照）。



図—4 WILL 管理装置画面表示例 (2)

(4) 改良体の品質

揺動攪拌機構による改良効果を評価する要素となる一軸圧縮強さ・変動係数・現場/室内強度比・チェックボーリングコア・改良体掘削確認の事例を紹介する。

①一軸圧縮強さと変動係数

WILL 工法で施工された改良地盤より得られた一軸圧縮強度 (σ_{28}) と変動係数を表一 2 に示す。

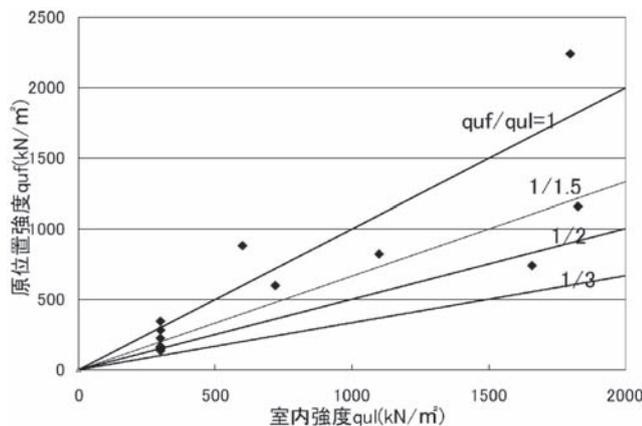
表一 2 一軸圧縮強さと変動係数

事例	土質	標準偏差	平均値 (kN/m ²)	変動係数
事例 1	ローム	668	2,515	27%
事例 2	軽石混じりローム	889	4,254	21%
事例 3	粘土	57	180	32%
事例 4	砂質シルト	328	1,298	25%

WILL 工法の変動係数は $C_v = 21 \sim 32\%$ の範囲にある。スラリー系の深層混合処理工法の変動係数は $C_v = 30 \sim 50\%$ の範囲であることから¹⁾、スラリー系の深層混合処理工法と同等の品質を有している。

②原位置改良強度と室内強度の相関

室内配合試験で得られた一軸圧縮強さ q_{ul} と現場で得られた一軸圧縮強さ q_{uf} の関係を図一 5 に示す。



図一 5 原位置改良強度と室内強度の関係

スラリー系深層混合処理工法においては、室内配合試験で得られた一軸圧縮強度 q_{ul} と現場で得られる一軸圧縮強度 q_{uf} との関係が $q_{uf}/q_{ul} = 1 \sim 1/2$ の範囲にある傾向が多い²⁾。一方、WILL 工法における q_{uf}/q_{ul} の関係は概ね $1/1.5$ 以上の強度発現が認められている。

③改良体確認事例

写真一 3 にチェックボーリングの採取事例を、写真一 4 および写真一 5 に改良体掘削状況を示す。

これらの結果、スラリー系の深層混合処理工法と比



写真一 3 改良体のチェックボーリング



写真一 4 改良体の掘削状況 (1)



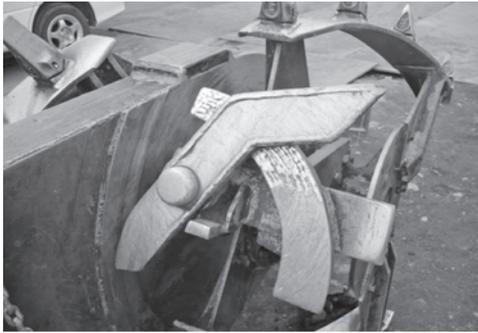
写真一 5 改良体の掘削状況 (2)

較し同等もしくはそれ以上の攪拌効率が得られたものと評価している。

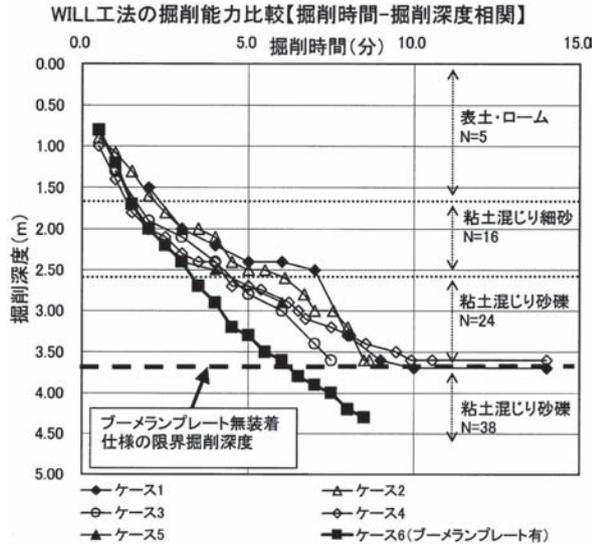
3. 掘削能力の向上

従来の中層混合処理工法の適応土質は概ね砂質土で $N < 10$ 、粘性土で $N < 5$ である。特に中間層や一部高 N 値を示す地盤の掘削において、攪拌装置本体に当たるチェーン駆動直下部が攪拌翼による掘削ができず、その部分が障害となり硬質地盤の掘削が困難であった。

これを解消するために、本工法では、攪拌翼の回転に伴いチェーン駆動直下部を切削できる特殊掘削装置 (プーメランプレート、写真一 6) を装着したことにより掘削能力を格段に向上させることができ、高 N 値の掘削が可能となった。



写真一六 ブームランプレート装着図



図一六 掘削能力比較実験結果

図一六に掘削能力の検証試験結果を示す。

攪拌翼仕様毎に複数のケースについて試験を行ったが、ブームランプレートを装着した場合のみ、N = 38の砂礫層の掘削が可能であった。これにより、バックホウ型ベースマシン (0.8 m³クラス) の小型改良機を用いてN値30以上の掘削を可能とする上で、ブームランプレートによる掘削の効果を検証することができた。

4. 環境側面に対する配慮

①周辺地盤の変位

本工法は縦撈拌であることから、地中内応力は上方に開放する。また、スラリー注入が噴射方式ではないため、周辺地盤へ与える変位は比較的小さい。

②汚染土壌の飛散

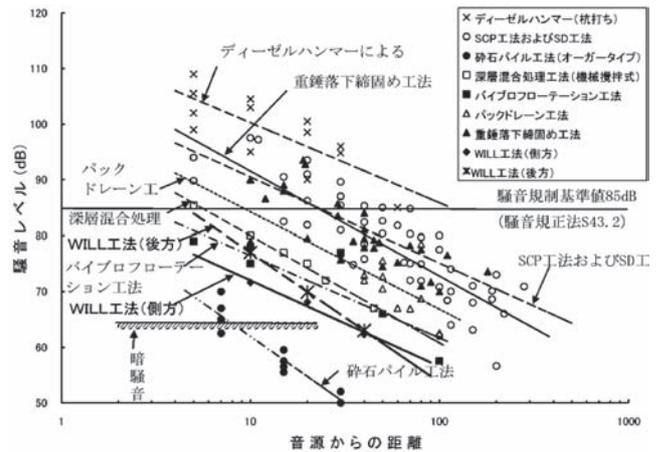
汚染土壌浄化などに適用される場合、本工法は攪拌機の先端部に取り付けられた攪拌翼のみが回転するため、地上部への汚染物質の飛散を最小限に抑制することが可能である。

③産業廃棄物の発生

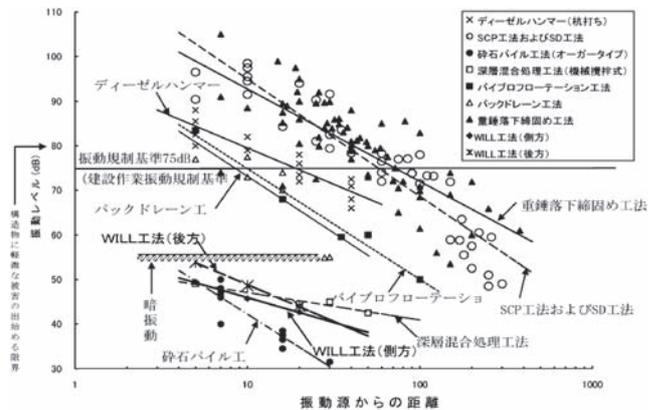
スラリー攪拌工は一般に盛上り土が発生する可能性が高い。また、盛上り土内には改良材が混入されることが少なくない。本工法は矩形改良であるため、施工条件によっては事前にスキトリすることで産廃を軽減することが可能である。

④振動・騒音

小型機械を用いる本工法の騒音・振動に対する環境負荷低減効果を検証すべく、実際に現場計測を実施した。図一七、八に計測された振動・騒音レベルを示す。



図一七 騒音源からの距離と騒音レベルの関係³⁾に加筆



図一八 振動源からの距離と振動レベルの関係³⁾に加筆

今回の計測(写真一七、八)により、振動・騒音ともに規制値以下であることを確認できた。また、騒音・振動ともにベースマシン後方が大きく、側方が小さい値を示している。これは、騒音・振動の発生要因が攪拌機自体ではなく、ベースマシン排気装置部が主体であることを示している。この結果は、民家が隣接する場合等の施工管理において有効に生かしたいと考えている。

⑤温室効果ガスの排出

小型機械であること、機動性が高く工期が短縮でき



写真一七 騒音・振動測定状況



写真一八 粉体攪拌状況

ること等から、CO₂の排出量抑制効果が期待できる。

5. 新たな取り組み

小型機械を使用することによる課題を克服すべく改良改善を積み重ねてきた一応の成果は得られたものと判断している。しかしながら、さらなる発展に向け、新たな取り組みを始めている。

そのひとつとして改良深度の延伸が挙げられる。ベースマシンを大型化することなく現在の改良深度8mから10m程度まで適用範囲を拡げるべく実験開発を進めている。その結果、特殊延長部材を装着することで改良深度10mまでの実用化に近づいている。今後、土質条件や施工条件を明確化するためのデータ集積が必要である。

また、本工法はその名のとおり、スラリー状の固化材を注入しながら、固化材と原位置土を強制的に攪拌混合し改良体を構築する工法として開発された。しかし、コスト縮減策としての固化材添加量抑制や汚染土壌浄化への適用などのニーズが増加しており、添加材の形状・性状も多種多用化している。そこで粉体攪拌への適用化を図った。これについても、今後さらなる改善、データ蓄積により、対応可能条件の範囲を明確化していく所存である。

J C M A

《参考文献》

- 1) CDM Q&A 集 平成17年2月 CDM 研究会
- 2) 陸上工事における深層混合処理工法設計施工マニュアル 平成16年3月 (財)土木研究センター
- 3) 軟弱地盤対策工法 pp.28～29 土質工学会
- 4) 建設施工と建設機械シンポジウム論文集 平成20年度 (社)日本建設機械化協会
- 5) WILL 工法 技術積算資料 H20年度版
- 6) 基礎工 2009 Vol.37, No.5 報文 総合土木研究所

【筆者紹介】



市坪 天士 (いちつぼ たかし)
WILL 工法協会 技術委員長
技術士 建設部門



島野 嵐 (しまの あらし)
WILL 工法協会 技術副委員長



金丸 宗弘 (かなまる むねひろ)
WILL 工法協会 技術委員

大口径深層混合処理工法の施工管理システム

—テノコラム工法—

藤橋 俊 則

テノコラム工法の品質管理は大別すると、①施工前に配合条件を決定する「配合管理」、②施工時に設定された施工条件を満足するための「施工管理」、③施工後に設計で要求された性能を有しているかどうかを確認するために行う「品質検査」に分けられる。本報では「施工管理」の観点から、テノコラム工法の概要および施工管理システムの紹介と大口径のテノコラム工法の施工事例について報告する。

キーワード：機械式深層混合処理工法、品質管理、施工管理システム、リアルタイム施工管理装置、大口径、2吐出口タイプ掘削攪拌装置

1. はじめに

テノコラム工法は、セメント系固化材をスラリー（固化材液）として地盤に注入し、地盤と固化材液を掘削攪拌装置により攪拌混合することによって、円柱状改良体（テノコラム：以下コラムという）を築造する深層混合処理工法である。また、土の共回り防止翼を装着した掘削攪拌装置を用いることにより、粘着力の大きい粘性土地盤においても固化材液と地盤との確実かつ良好な混合を可能とした工法である。

深層混合処理工法による改良体は地盤中にあるため、通常目視確認することができない。そのため、設計から要求される品質・出来形を確保するには施工管理を適切に行うことが極めて重要である。

近年の建築分野における構造物が大型化されてきていると共に、工期短縮・コストダウン等のニーズが高まっている。テノコラム工法はこれらのニーズに応えるべく、施工効率の向上を目的として大口径化（最大改良径φ2,600）を実現し、平成20年に改良径φ400～2,600の先端建設技術・技術審査証明¹⁾を取得（内容変更と更新）している。

こうした生産性向上を目的とした改良径の大口径化に伴い、品質管理の重要度は益々高まっている。本報告では「施工管理」の観点から、テノコラム工法の概要および施工管理システムの紹介と大口径のテノコラム工法の施工事例について報告する。

2. テノコラム工法の概要

(1) 施工手順

テノコラム工法の施工手順は、標準的な一工程注入方式（図-1）と、攪拌混合回数を増やしたい場合や固化材添加量が多い場合に固化材液を2回に分けて注入する二工程注入方式（図-2）がある。

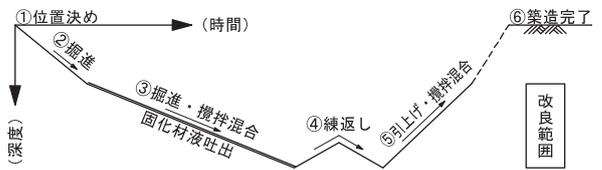
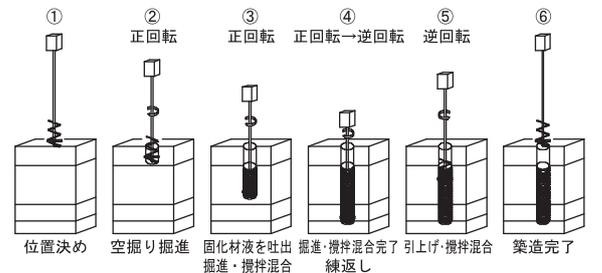


図-1 一工程注入方式の施工手順

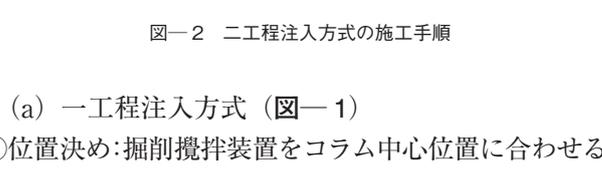
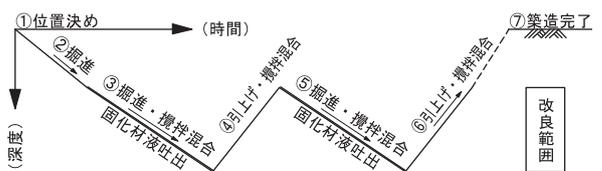


図-2 二工程注入方式の施工手順

(a) 一工程注入方式（図-1）

①位置決め:掘削攪拌装置をコラム中心位置に合わせる。

- ②空掘り掘進：固化材液を吐出せずに、空掘り部を所定の深度まで掘進する。
- ③掘進・攪拌混合：固化材液を吐出しながら掘進・攪拌混合する。
- ④練返し：掘進・攪拌混合工程が終了後、固化材液の吐出を停止し先端部の所要区間の練返しを行う。
- ⑤引上げ・攪拌混合：練返し工程が終了後、攪拌軸を逆回転しながら引上げ攪拌混合する。
- ⑥築造完了：掘削攪拌装置を地上に引上げて、コラムの築造を完了する。

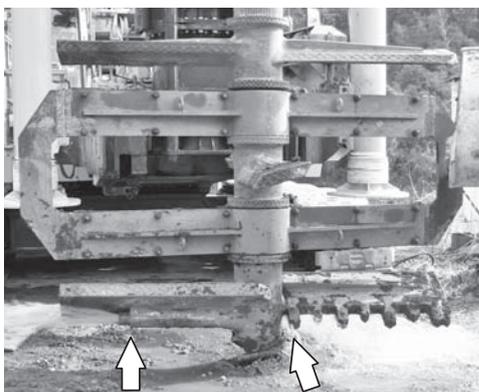
(b) 二工程注入方式 (図-2)

- ①位置決め：掘削攪拌装置をコラム中心位置に合わせる。
- ②空掘り掘進：固化材液を吐出せずに、空掘り部を所定の深度まで掘進する。
- ③掘進・攪拌混合：所要添加量の半分の量の固化材液を吐出しながら掘進・攪拌混合する。
- ④引上げ・攪拌混合：固化材液の吐出を停止して、攪拌軸を逆回転しながら引上げ攪拌混合する。
- ⑤掘進・攪拌混合：所要添加量の残りの固化材液を吐出しながら掘進・攪拌混合する。(2回目)
- ⑥引上げ・攪拌混合：攪拌軸を逆回転しながら引上げ攪拌混合する。(2回目)
- ⑦築造完了：掘削攪拌装置を地上に引上げて、コラムの築造を完了する。

(2) 掘削攪拌装置

テノコラム工法の掘削攪拌装置は、混合不良の原因となる土の共回り現象を防止するための「共回り防止翼」を装着した掘削攪拌装置を用いる。

大口径のテノコラム工法では、吐出口を掘削軸部(内側)と掘削翼部(外側)の2箇所に設けた「2吐出口タイプ掘削攪拌装置」を使用することにより、大口径のコラムにおいても全断面に均一に固化材液を供給す



掘削翼部吐出口 掘削軸部吐出口
写真-1 掘削攪拌翼と固化材液吐出状況

ることを可能としている(写真-1)。

2吐出口タイプ掘削攪拌装置の掘削翼部吐出口の位置は、各吐出口から同量の固化材液を吐出するものとして、内側面積 $A1$ と外側面積 $A2$ が同面積となるよう設定している(図-3)。

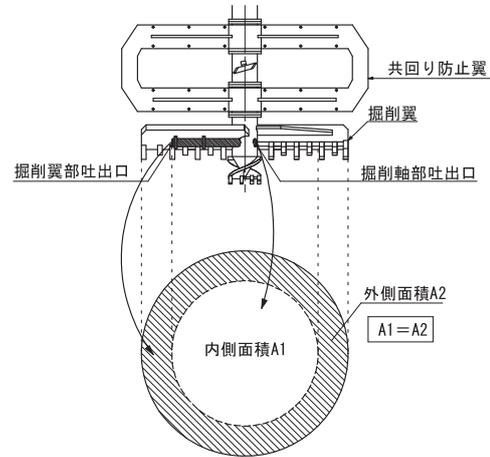


図-3 吐出口位置の設定

3. 施工管理システム

所要の品質を確保するためには、固化材液の吐出量を適切に管理できること、かつ地盤と固化材液を十分に攪拌混合すること、またコラム先端部が所定の支持力が発揮できる地盤に支持(着底)させたことを確認することが重要である。以下の①~③に施工管理項目を示す。

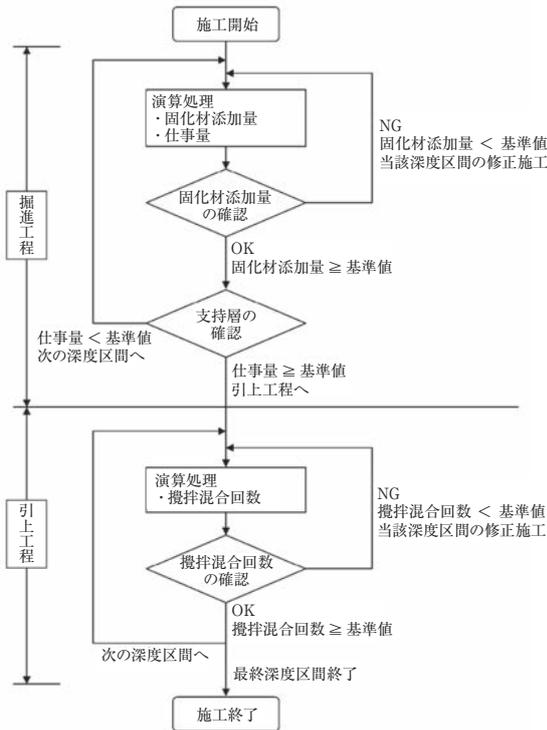
- ①固化材添加量：配合計画通りの固化材量が地盤に添加されているか。
- ②攪拌混合回数：地盤と固化材液が十分攪拌混合されているか。
- ③仕事量による所定地層への着底管理：所定の支持力を発揮できる地盤に支持されているか。

テノコラム工法では、自動で逐次計測を行うリアルタイム施工管理装置からなる施工管理システムを構築しており、オペレータは常に施工状況をリアルタイムでモニタリングしながら施工することができる。施工管理フローを図-4に示す。

(1) 固化材添加量管理方法

固化材添加量はコラムの強度品質に影響を与える重要な要因であるとともにコストにも直結する項目である。

固化材添加量は、流量計により測定された固化材液の吐出量と、深度速度検出器より得られた掘削攪拌装置の昇降速度、および改良径、水・固化材比などをリアルタイムで演算処理することにより管理される。施工中になんらかの原因で固化材液の吐出量が必要量を



図一四 施工管理フロー

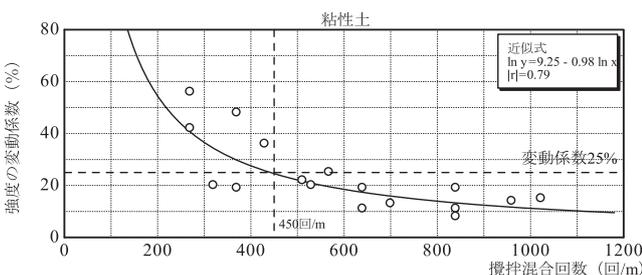
下回ると、所定の管理区間毎に施工管理装置から警報が発せられる。その場合は即時に固化材添加量が計画値を満足するよう修正施工を行う。

なお、リアルタイム施工管理装置は固化材添加量が常に計画値を満足するように、固化材液の吐出量を自動制御する機能を有している。

(2) 攪拌混合回数管理方法

攪拌混合回数は固化材添加量と同様にコラムの品質に及ぼす影響が大きく、重要な管理項目である。

攪拌混合回数は、掘削軸の回転数、掘削攪拌装置の昇降速度、掘削・攪拌翼枚数などから、所定の管理区間ごとにリアルタイムで算出される。テノコラム工法では、攪拌混合回数とコラムの品質（強度バラツキ）との間には、攪拌混合回数を増すと強度バラツキが小さくなるという関係があり、土質毎にテノコラム工法独自の管理基準値を設定している。図一五に粘性土の例を示す。



図一五 粘性土の攪拌混合回数と強度バラツキ

(3) 着底管理方法

鉛直支持力を期待するテノコラム工法の場合、コラム下方の地盤が所定の支持力を発揮する地層であることが必須であり、コラムをその地層に確実に支持させることが重要な管理項目となる。

着底管理では、掘進速度、オーガモータの電流値等を演算処理して掘進攪拌抵抗値（仕事量）を求め、所定の支持層に到達したことの確認を行う。予め土質調査をしたボーリング地点近傍にて試験施工あるいは先行コラムの施工を行い、土質柱状図と仕事量の相関を調べ、着底時の管理基準値を設定しておくことが肝要である。

4. 大口径のテノコラム工法の施工事例

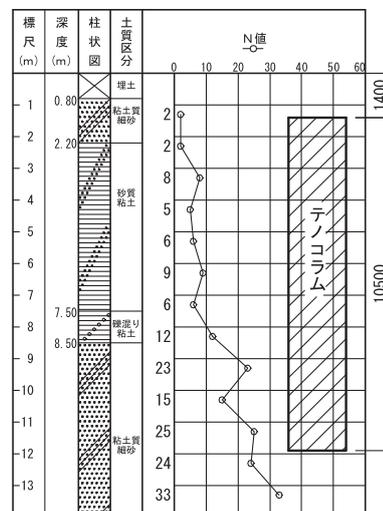
大口径のテノコラム工法では2吐出口タイプ掘削攪拌装置を用いることから、その施工管理においても掘削軸部吐出口と掘削翼部吐出口それぞれの吐出口から固化材液が均一かつ所定量注入されていることを管理する必要がある。このため、施工管理モニタ上で固化材添加量を吐出口毎に管理できるリアルタイム施工管理装置とした。以下に大口径のテノコラム工法の施工事例を示す。

(1) 施工概要

2吐出口タイプ掘削攪拌装置を使った大口径のテノコラム工法の施工概要を表一に、土質柱状図と改良範囲を図一六に示す。

表一 施工概要

場所	東京都八王子市
土質	粘土質細砂、砂質粘土、礫混り粘土
施工数量	φ 1,800 (2吐出口タイプ掘削攪拌装置) 改良長 10.5 m, 空掘長 1.4 m



図一六 土質柱状図と改良範囲

(2) 管理項目と管理基準値

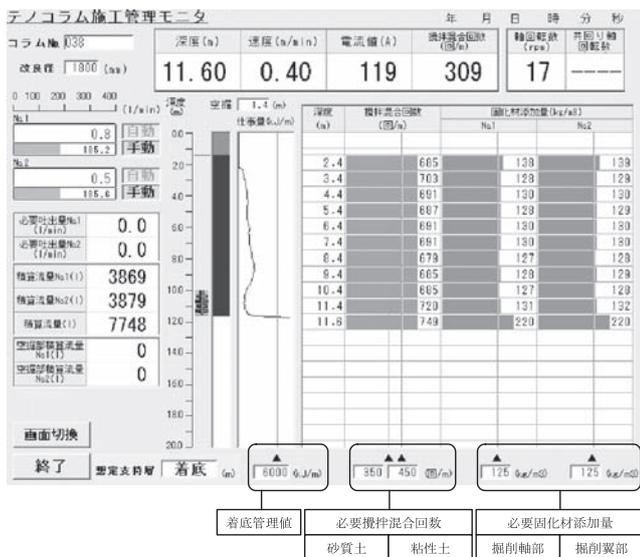
本事例におけるリアルタイム施工管理装置による管理項目と管理基準値を表—2に示す。

表—2 管理項目と管理基準値

管理項目	管理基準値
① 固化材添加量	250 kg/m ³ 以上 〔内側：125 kg/m ³ 〕 〔外側：125 kg/m ³ 〕
② 攪拌混合回数	粘性土：450 回/m 砂質土：350 回/m
③ 着底管理値	6000 kJ/m

(3) 施工管理モニタ

施工中の施工管理モニタの例を図—7に示す。オペレータは特に、掘進攪拌抵抗値より演算処理される仕事量、攪拌混合回数および固化材添加量についてビジュアル的に管理・判断が容易にできるモニタとなっている。



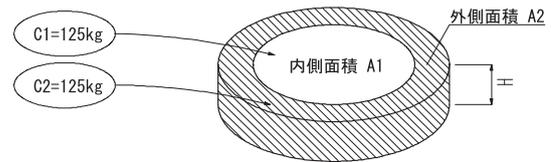
図—7 施工管理モニタ例

(4) 2 吐出口タイプ掘削攪拌装置への対応

従来の1吐出口タイプ掘削攪拌装置では、掘削軸部1箇所の吐出口より吐出した固化材液量から前述の演算処理に基づき固化材添加量を算出し、必要固化材量と対比して管理している。

2吐出口タイプ掘削攪拌装置では、掘削軸部と掘削翼部の2箇所の吐出口より添加される固化材添加量を管理するため、固化材液注入量を吐出口毎に測定し管理する。

図—7に示す管理装置モニタでは、設計固化材添加量 250 kg/m³ 以上を満足するよう、各吐出口より



C1 : No.1 (掘削軸部吐出口) からの固化材投入量 (kg)
 C2 : No.2 (掘削翼部吐出口) からの固化材投入量 (kg)
 H : 改良対象土 1.0m³ に相当する高さ (m)
 【H × (A1+A2) = 1.0m³】
 A1, A2 : 内側面積、外側面積 (m²) (A1=A2)

図—8 固化材添加量の概念図

添加される固化材添加量をそれぞれ 125 kg/m³ とし て設定している。各吐出口から添加される固化材量の概念図を図—8に示す。

以上の施工管理システムにより、2吐出口タイプ掘削攪拌装置を使用した場合の施工管理においても、固化材添加量並びに所要の管理項目を適切に管理することができる。

5. おわりに

施工中に記録・保存された施工データは、後日施工記録帳票として出力される他、詳細な施工状況の分析等にも活用される。このようなデータを蓄積してきたテノコラム工法はユーザーからの信頼を得て、今日までに2万5千件を超える施工実績がある。

今後もより良い施工管理手法・施工管理装置の改良・開発を進め、テノコラム工法をより高品質かつ経済的な地盤改良工法へと発展させるよう努めていきたい。

JICMA

【参考文献】

- 1) 助先端建設技術センター：テノコラム工法先端建設技術・技術審査証明報告書，2008.10.
- 2) 助日本建築センター：改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針—セメント系固化材を用いた深層・浅層混合処理工法—，pp229～237.2002.
- 3) 村山篤史：大口径機械式攪拌工法—テノコラム工法，基礎工 vol.37 No.5, pp.44～46.2009.

【筆者紹介】



藤橋 俊則 (ふじはし としのり)
 (株)テノックス
 技術・開発部

吉野川下流域における農地防災用水路の整備事業と 空気連行型翼式超高压噴射工法の適用事例

上 岡 雅 司・齋 藤 邦 夫・鈴 木 孝 一・西 尾 経・森 邦 広

国営吉野川下流域農地防災事業は、塩害や生活排水などの影響で営農に制約が出ている農地に清浄な水を安定的に供給し、生産性の向上と営農の安定を図るものである。本事業では、兼用してきた用水と排水を分離するため、給水路等を地中に埋設する工事が進められている。水路整備地域において、特に軟弱な地盤で開削等を行う場合には、掘削に伴う盤膨れ防止あるいは土留矢板の変形防止等を目的として、空気連行型翼式超高压噴射攪拌工法を適用した。その結果、止水性ならびに水密性に優れ、排泥量が少なく、経済性に富んだ大口径の改良体の造成を設計に合致して施工することができた。

キーワード：地盤改良、高压噴射攪拌工法、農業用水、底盤改良、密着施工

1. はじめに

徳島県北部に位置する吉野川下流域では、急速な都市化に伴う生活環境の変化に伴い、既存の用水路に生活用水が流入して農業用水の水質が悪化している。吉野川下流域農地防災事業は、こうした状況を改善するため、吉野川本川の清浄な水を安定的に供給する水路整備が計画され、給水路等の設備を地中に設置する工事が進められている。

地盤が軟弱な場合、掘削を伴う工事では、先行地中梁や盤膨れ防止を目的として底盤改良が実施される。また、地下水位が高い場合には止水性が課題となり、土留め壁と地盤改良土との水密性が重要となる。これらに対し、高压噴射攪拌系の地盤改良工法が適用される場合も多く、高い施工性と経済性が求められている。

ここでは、本事業計画と地盤改良に適用した空気連行型翼式超高压噴射系工法による施工事例について報告する。

2. 事業概要

(1) 吉野川下流域農地防災事業の背景

吉野川下流の左岸地域（旧吉野川流域）は、明治時代に吉野川の流況が変わって以来、川の水位が低下すると海水が遡上し、地下水までもが塩水化する大規模な塩害を受けてきた。このため、大正時代には、吉野川本流から旧吉野川へと流れ込む水量が調節されるようになった。1935～1954年には、今切川、旧吉野川

に海水の遡上を止める樋門が造られ、さらに1975年には、これらに代わる河口堰がそれぞれ完成した。しかし、各堰は完成から、既に30年以上が経過している。

また本地域では、吉野川、旧吉野川、今切川から水路を引き、営農が盛んであるが、長年の間に農業用の水路は、家庭から流入する排水路にもなってきた。

特に近年、都市化や宅地化の進展が著しく、排水が増加し農業用水の水質悪化が顕在化している。

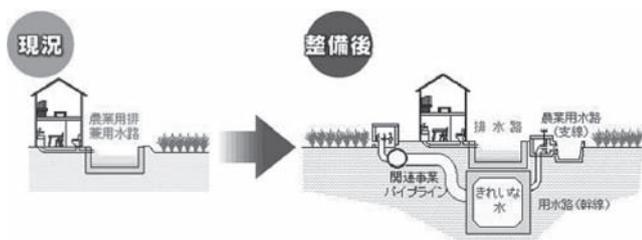
(2) 事業計画

国営吉野川下流域農地防災事業は、塩害や生活排水の流入などで農業用水の水質が悪化した吉野川下流の左岸地域の農地に、吉野川本川の清浄な水を安定的に供給し、農業の生産性の向上と経営の安定を図ることを目的としている。

本事業では、今まで兼用してきた用水と排水を分離し、生活排水などの混入を防止する。また、海水の遡上などで安定して水を確保することが難しい状況にあるため、吉野川に設置されている各堰に新たな取水口を設置し、そこから、現在ポンプを利用している地域まで水を引く北部幹線水路および南部幹線水路なども新設する計画である。図-1は用水路の現況と整備後の水路構造を模式的に示している。写真-1は、用排水を兼用した水路の現況である。

(3) 事業の効果

本事業によって用水と排水を分離した水路が整備されることで、地区内では下流部に至るまで吉野川の清



図一1 事業計画



写真一1 用排水兼用開水路の現況

浄な水を利用した営農が可能となり、基幹作物である水稲やれんこんなどの作物の収量増加や品質向上が見込まれる。また、地盤の沈下によって農地の水はけが悪く、作物が育ちにくい状況が発生していたが、用排水分離で排水性も良好となる。また、塩分濃度が高い地下水の上昇に悩まされてきた地域では、一部の既設樋門と幹線水路によって除塩用水が安定的に確保されるため、塩害が防止され、かんしょや大根などの収量の増加が見込まれる。表一1は水質改善および塩害防止による耕作物の事業効果の生産性向上予測を示したものであるが、10a当りの収穫kgは6～15%の単収増加が期待される¹⁾。

表一1 事業効果による生産性向上予測

	耕作物	現況単収 (kg/10a)	計画単収 (kg/10a)	単収増加
水質改善	水稲	469	497	106.0%
生産性見込	れんこん	1,588	1,826	115.0%
塩害防止	だいこん	7,054	8,112	115.0%
生産性見込	かんしょ	2,037	2,343	115.0%

3. 農地防災事業に伴う農業用水路築造工事の概要

(1) 事業概要

本事業は、塩害や急速な都市化に伴う生活環境などの影響で農業用水の水質が悪化し、営農に制約が出ている吉野川下流左岸地域の農地に、吉野川本川の清浄

な水を安定的に供給するものである。現在の用水路は、用排水兼用の開水路が多く、隣接の吉野川北岸地区に比べ、パイプライン化が遅れている。

当該水路整備では、給水路としてボックスカルバートを地中に設置するための立坑や既存水路部を開削する工事が必要となり、掘削に伴って山留め壁の安定化が必須の条件となる。このため、地盤が軟弱な場合、先行地中梁や盤膨れ防止を目的として地盤改良が実施される。また、地下水位が高い場合は止水が課題となり、土留め壁と地盤改良土の水密性も重要となる。

(2) 地盤改良工法の計画と選定

従来、用水路形式のボックスカルバートの設置は、余裕幅を確保した開削方法によって行われていた。しかし、最近では用地買収面積の縮小を考慮し、余裕幅を確保しないゼロスペースによる開削方法が行われている。

当該施工地区では、埋設を計画しているボックスカルバート下に軟弱な粘性土、ゆるい砂層が分布している。鋼矢板による土留め壁と碎石置換+地盤改良工が計画されたが、開削施工時にはヒービング、盤膨れ等の発生が懸念され、設置時のドライ施工が困難なことも予想された。

地盤改良工法の選定にあたり、止水性、鋼矢板との水密性および設計上不可欠な確実性の高い改良強度等が求められ、信頼性の高い高圧噴射攪拌系 (JG系) 工法が検討された。表一2は、各工法を比較検討した結果である。このうち、二重管方式による空気連行型翼式超高压噴射工法 (以下、NJP工法と略記する) は、排泥量を従来JG系工法の1/3以下に抑制でき、環境負荷が少ない。また、工期も約1/3に短縮でき、経済性に優れる等の諸理由から選定された²⁾。

表一2 地盤改良工法の選定比較

改良方式	空気連行型 二重管攪拌翼式	二重管式	三重管式
改良原理図			
地盤条件	粘性土 $30 < S_v \leq 50 \text{ kN/m}^2$ 砂地盤 $10 < N \leq 20$		
有効造成径	$\phi 1.8 \text{ m}$	$\phi 1.4 \text{ m}$	$\phi 1.8 \text{ m}$
造成時間	8分/m	20分/m	20分/m
排泥量比率	1	3	3.5
工期比率	1	2.5	4

4. NJP 工法による農業用水路築造施工事例

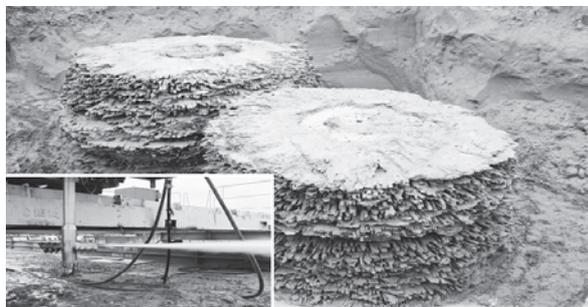
(1) 施工概要

本工事は、農業用水路の築造に伴う一環として、立坑および開削土留工の先行地中梁および盤ぶくれ防止を目的とした地盤改良工事の事例を以下に示す。

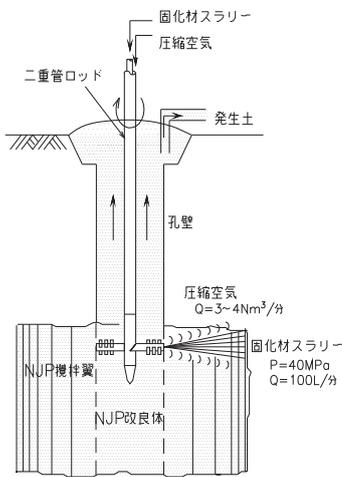
(2) NJP 工法の概要

(a) NJP 工法の改良原理と特徴

NJP 工法は二重管式高圧噴射攪拌工法に分類され、1 MPa の圧力で圧縮した空気と 40 MPa の超高压を作用させた固化材スラリーを水平回転するモニタに誘導して噴射攪拌させる工法である。すなわち、NJP モニタ先端から超高压で吐出させた固化材スラリーの外縁を、空気噴流が包み込み、あたかも空中噴射に近い状態を再現してスラリーの圧力減衰を軽減し、切削能力を最大化させる工法である。同時に圧力の減じた空気は、モニタで先行して貫入攪拌した原土を効率高く孔外に排出するため、改良時に生じる地盤変位を極力抑制することが可能となる。写真一2は、造成された改良体と NJP モニタからの噴射状況を示す。図一2は、NJP 工法の改良原理の模式図である。



写真一2 NJP 攪拌翼と造成改良体



図一2 NJP 工法の改良原理

固化材スラリーに空気を連行する効果と NJP モニタによる誘導効果により、施工能率は大きく改善され、短時間に直径 ϕ 1.6 ~ 2.2 m の大口径改良体の造成が可能である。

(b) 有効改良径および改良仕様

NJP 工法を適用する場合の土質条件と標準改良径の関係を表一3に示す。有効改良径は、 N 値あるいは非排水せん断強度、改良時間に依存するが、最大で直径 2.2 m の柱状改良が可能である。

表一3 土質条件と有効改良径

改良時間 t (分/m)	有効改良径 D (m)			
	砂質土	$N \leq 10$	$10 < N \leq 20$	$20 < N \leq 30$
	粘性土	$S_u \leq 10$	$10 < S_u \leq 30$	$30 < S_u \leq 50$
6		2.0	1.8	1.6
8		2.2	2.0	1.8

* NJP 攪拌翼径 ϕ 0.4 m の場合

本工法では、NJP モニタ翼先端から圧力 $p = 40 \text{ MPa}$ 、流量 $q = 100 \text{ l/分}$ で固化材スラリーを噴射させ、その外周部を $p_a = 1 \text{ MPa}$ 、 $q_a = 3 \sim 4 \text{ Nm}^3/\text{分}$ の圧縮空気を噴出させて包み込む。このため、吐出させたスラリーの切削機能を最大限生かすことができ、同時に当初の役目を終えた空気が土中を切削攪拌した土砂とともに排出を促すことから、高効率の噴射攪拌が実現される。この原理より単位 m 当り 6 ~ 8 分の時間で直径 ϕ 1.6 ~ 2.2 m の改良体が造成できる。

(c) NJP 工法の低排泥施工

圧縮空気を併用する多重管工法において、施工に伴う排泥量は、地盤中に噴射した固化材量に比例する。NJP 工法の単位改良体積当りの固化材混入液量は概ね 0.2 kl/m^3 と少なく、表一4に示すように同種の多重管方式の場合の 1/4 程度に過ぎない。

また、NJP モニタの貫入過程の削孔跡が、排泥孔

表一4 各工法の混入液量比較

工法名	施工仕様			改良土 1m^3 当り混入液量 (kl/m^3)
	改良径 D (m)	造成時間 t (分/m)	吐出量 q (l/分)	
NJP	2.0	6	100	0.19
	2.2	8		0.21
二重管方式	1.8	35	60	0.82
	2.0	40		0.76
三重管方式	A 2.0	16	250	1.27
	B 2.8	30		150

として機能するため、固化材スラリーの噴射量と排泥量がバランスし、地盤に対する変位発生を抑制する。その結果、近接施工現場に対しても適用性が高い。

(d) NJP 改良体の改良品質と設計基準強度

本工法の改良時間は、同類工法に比べ短時間に設定されている。図-3は、改良時間とNJP改良土コアの採取率およびRQD値の関係を示している。改良土コアのRQD値は改良時間 $t = 6$ 分/mでも95~100%、また、採取率は100%を示しており、短時間でも良質な改良体が得られている³⁾。

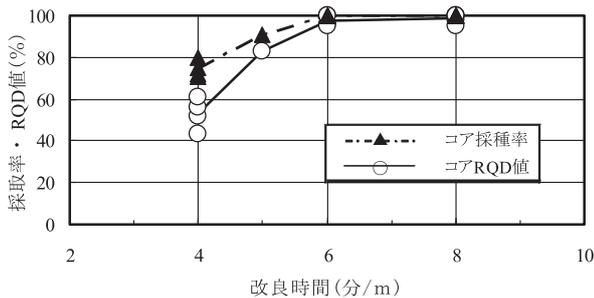


図-3 改良土のRQD値とNJP改良時間の関係

本工法では、改良強度の安定した均質性、止水性効果および既設構造物等との水密性等の確保の観点から、各土質に応じた改良強度を設定している。表-5にその設計基準強度を示す。改良厚さの設定では、山留め壁による開削工事等においては、底盤部の改良厚さは設計計算結果によるものの、最小改良厚さ $T = 1.5$ mとしている。なお、固化材は専用固化材としてケミコ C201Sを使用している。

表-5 改良体の設計基準強度 (使用固化材:ケミコ C201S)

土質	一軸圧縮強度 q_{ud} (kN/m ²)	粘着力 C (kN/m ²)	弾性係数 E_{50} (kN/m ²)	付着力 f (kN/m ²)	曲げ引張強度 σ_t (kN/m ²)
砂質土	2,000	400	20×10^4	1/3 × C	2/3 × C
粘性土	700	300	7×10^4		
有機質土	200	100	2×10^4		

(e) 施工機械

本工法による施工には、比較的大型のボーリングマシンを用い、削孔効率を高めている。また、レール上にNJP工法専用スライドベースを搭載する施工システムを装備し、スムーズな移動と高い施工精度の確保に努めるとともに、専用吊り装置設備等の使用によって機動性の高い施工を実現した。同類工法で使用されるラフテレーンクレーン等のサブ重機は必要なく、狭隘な作業領域でも同様に効率性と適応性は高い。写真-3は専用スライドベースに搭載したNJPマシンの



写真-3 開削部のNJP施工状況

施工機である。

改良造成に必要な改良深度、固化材スラリーの吐出圧力・吐出量およびエアの吐出圧力、風量等の施工管理データは、集中管理装置にて監視できるシステムを採用している。

(3) 各工事区の施工概要

本報告では、表-6に示す3工事現場へのNJP工法の適用について改良目的に応じて区分して紹介する。

表-6 各施工例の工事概要

工事名	南部水路 (その1)		北部水路 (その4)	北部水路 (その5)
	発進立坑部	到達立坑部	水路開削部	水路開削部
施工域	発進立坑部	到達立坑部	水路開削部	水路開削部
工事目的	先行地中梁、底盤改良		盤ぶくれ防止、支持力増加	盤ぶくれ防止、支持力増加
貫入長(L)	10.58 m	11.21 m	平均8.73 m	平均10.52 m
改良長(Lc)	2.3 m+1.5 m	2.1 m+1.5 m	2.2 m	2.2 m
施工本数	30本	35本	249本	459本
改良径(φ)	φ1.8 m		φ1.8 m	φ1.8 m
改良時間(t)	8分/m		8分/m	8分/m
設計強度 (q_{ud})	地中梁部	700 kN/m ²	700 kN/m ²	700 kN/m ²
	底盤部	2,000 kN/m ²		

南部水路(その1)工事では、直径φ1,500 mmの埋設管の推進を目的として、発進ならびに到達立坑の築造が計画された。対象地盤は、発進立坑部が $N = 5 \sim 6$, $s_u \approx 50$ kN/m²の砂混じりシルト層であり、到達立坑部では底盤改良部分に $N = 21$ の砂層である。NJP設計改良仕様は改良径φ1.8 m、設計強度 $q_{ud} = 700$ kN/m²、改良厚さは先行地中梁部ならびに底盤改良で、それぞれ $T = 1.5$ m, $T = 2.1 \sim 2.3$ mである。

北部水路各工事は、ボックスカルバートを埋設するため、それぞれ幅4m×延長距離116mならびに214mに渡り、水路を開削により築造する計画である。底盤改良位置とするGL-7.1～-9.4m付近の土質は、 $N=6$ の砂まじりシルトである。NJP設計改良仕様は、開削に伴う盤ぶくれ防止、支持力増加を目的とし、改良径 $\phi 1.8$ m、改良厚さ $T=2.2$ mである。図-4に北部水路各工事のNJP改良体の配置および底盤改良位置の例を示す。

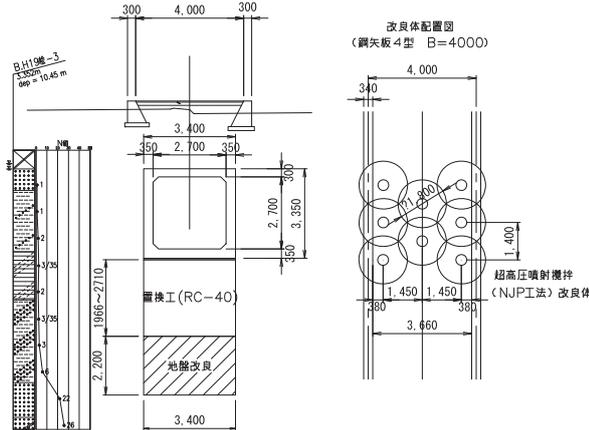


図-4 開削工事に伴う底盤部改良

(4) 施工結果

北部水路各工事では、施工距離が100m以上の遠距離である。このため、仮設H鋼上を自走式スライドベースにNJP施工機を搭載したことで施工効率が高まり、機動性を発揮することができた。写真-4は北部水路(その4)工区の施工状況である。

表-7はNJP施工後の各工事の現場改良強度の結果である。いずれも設計強度を満足している。

図-5は、一部改良杭を0.3～0.5m高さ程度に余長改良し、開削前に自主的にNJPマシンによって改良径をロッド探査により測定した結果である。各工事とも設計改良径 $\phi 1.8$ m以上であることを確認した。



写真-4 北部水路(その4)工事NJP施工状況

表-7 各工事の改良強度結果

工事名	施工部	位置	試験NO.	現場改良強度 q_w (kN/m ²)	
					平均
南部水路(その1)	発進部	地中梁部 A	1	850	995
			2	1,140	
	底盤部 B	1	3,210	3,395	
		2	3,580		
	到達部	地中梁部 C	1	1,240	1,118
			2	996	
底盤部 D	1	4,760	5,135		
	2	5,510			
北部水路(その4)	底盤部	A	1	1,240	1,390
			2	1,540	
		B	1	2,930	3,020
			2	3,110	
		C	1	2,560	1,950
			2	1,340	
北部水路(その5)	底盤部	A	1	4,290	4,255
			2	4,220	
		B	1	1,770	3,600
			2	5,430	
		C	1	4,120	4,765
			2	5,410	

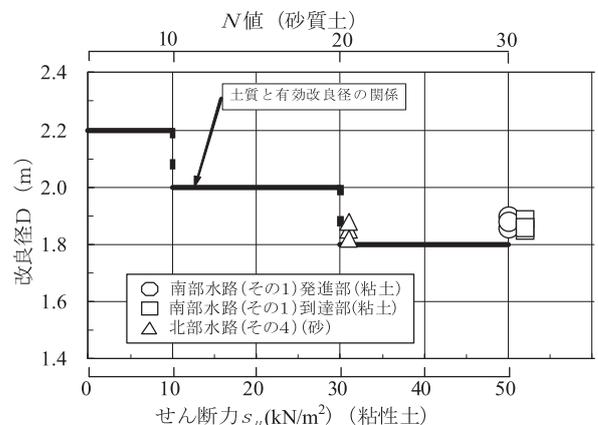


図-5 各工事事例の設計有効改良径と改良径確認結果



写真-5 水路部開削によるNJP改良確認状況

写真—5は開削した水路部の床付部のNJP改良体の掘削状況である。開削作業では止水効果も高くドライ施工ができた。

5. まとめ

本事業は、塩害や急速な都市化に伴う生活環境などの影響で農業用水の水質が悪化したことにより、営農に制約が出ている吉野川下流の左岸地域の農地に吉野川本川の清浄な水を安定的に供給するものである。軟弱な地盤地域における水路整備では、空気連行型翼式の高圧射攪拌工法であるNJP工法は、施工時間が短く、高効率で経済性が期待できた。また、従来工法に較べ排泥量の大幅な低減が図れた。NJP施工による事例として、環境に配慮された施工ができたこと、また改良品質および経済性が高いことが確認された。

J C M A

《参考文献》

- 1) 農林水産省中国四国農政局四国東部農地防災事務所：よしのがわ国営吉野川下流域農地防災事業ホームページ，2009.8
- 2) 上岡雅司・鈴木孝一・西尾経・森邦広：空気連行型翼式超高压噴射工法の概要と適用事例—NJP工法による農地防災用水路築造工事への適用—，平成21年度建設施工と建設機械シンポジウム，pp.197～200，2009.11
- 3) 上岡雅司・齋藤邦夫・鈴木孝一・西尾経・森邦広・浦田晃：空気連行型攪拌翼を用いた低変位高圧噴射攪拌工法，土質基礎に関する「新工法・新技術」技術報告会，北海道土木技術会，2010.1 投稿中

【筆者紹介】



上岡 雅司（かみおか まさし）
農林水産省中国四国農政局
四国東部農地防災事務所
東部支部
工事第2係長



齋藤 邦夫（さいとう くにお）
中央大学 研究開発機構長 理工学研究所長
理工学部 教授
工学博士



鈴木 孝一（すずき こういち）
小野田ケミコ(株)
取締役 専務執行役員 営業本部長
技術士（総合技術監理部門・建設部門）



西尾 経（にしお わたる）
小野田ケミコ(株) 技術本部
執行役員 技術本部長



森 邦広（もり くにひろ）
小野田ケミコ(株) 大阪支店
四国営業所長

河川護岸の耐震強化対策と 高圧噴射複合攪拌工法の適用

嵯 峨 弘 喜・齋 藤 邦 夫・鈴 木 孝 一・西 尾 経

首都圏をはじめ各地で地震に強い川づくりを目指し、堤防の耐震性向上が図られている。東京都東部を流れる荒川と中川の間位置する中堤護岸では、老朽化や地盤沈下に対応した改修工事が実施され、鋼管矢板を用いた耐震強化が行われている。当該工事では、新設鋼管矢板の受働側である河川内から既設構造体と改良地盤の一体化を図る方法として、機械攪拌と高圧噴射攪拌工法の複合技術による地盤改良工法（NETIS 登録 No. KT-070064-A）が適用された。その結果、同工法は 1 工種で新設鋼管矢板と改良体の密着一体化に優れ、かつ鋼管矢板に対しても十分低変位施工が可能であることが確認された。

キーワード：地盤改良，深層混合処理工法，高圧噴射攪拌工法，河川護岸，耐震強化，低変位，密着施工

1. はじめに

人口や資産，社会経済活動の中核機能などが集中する首都東京およびその周辺部は，洪水や地震などの自然災害によって，壊滅的な被害が発生する恐れがある。このため，堤防・護岸等の河川工作物の補強，耐震性向上が緊急に求められている。また，災害が発生した際でも，通船等の可能な河川域の確保や防災船着場の確保の面からも重要な課題である。

河川護岸の高潮・洪水対策と耐震性強化を目的に，東京都東部を流れる荒川と中川の間位置する中堤護岸に於いて，新設鋼管矢板の河川内受働域側を固結工法による地盤改良が実施された。

本報は，護岸の改修に採用した台船式大口径高圧噴射攪拌工法（以下，WHJ 工法〔Waterfront Hybrid Jet Mixing Method〕と略記する）と同工法により鋼管矢板と改良体を密着・一体化して護岸構造の耐震性向上を図った施工事例について述べる。

2. 事業計画の概要

荒川は，首都圏の埼玉県および東京都を流れ東京湾に注ぐ一級河川である。その下流部の人口密度は，全国の一級河川の中で最も高い数値を示し，人口や資産が極度に密集している。また，下流域の大部分が東京湾の平均潮位以下にあるため，自然災害等により破堤すると，大災害を引き起こすことが懸念されている。

首都圏の河川では，地震に強い川づくりを目指し，

堤防の耐震性の向上が鋭意図られている。同時に，震災後の河川管理施設の復旧資材や緊急物資輸送を行うための緊急用河川敷道路の整備も進められている。

中堤は，並行する荒川と中川の境界をなす延長約 7 km の背割堤である。写真—1 は弧を描く中堤を示しており，直上は首都高速中央環状線として利用されている。同堤は，完成後約 20 年が経過し，現況の護岸は老朽化と併せて地盤沈下による変形が進んでいる。このため，鋼管矢板杭の設置による護岸整備とその耐震補強強化，変形個所の補修などを行う改修工事が計画された。ただし，その工事は，別途東京都が中川左岸を護岸耐震補強するために江戸川競艇を一時休止させる措置が取られ，これに合わせて実施された。工事区間は，競艇場前後の延長約 1,500 m である。



写真—1 荒川と中川間の中堤

3. 地盤改良による耐震強化対策の概要

(1) 地盤改良工法の選定

(a) 従来工法の施工方法

護岸の耐震性強化は，護岸法先に矢板を打設し，そ

の受働土圧領域を地盤改良し、矢板と地盤改良体との一体化を図る。これにより護岸の耐震性を構造的に強化すると共に地震時の液状化を抑制する方法が一般に行われている。

しかしながら、従来の地盤改良では、はじめに矢板背面の受働域部を機械攪拌工法で先行改良し、次いで機械攪拌翼では施工不能な矢板近傍の隙間部を高圧噴射攪拌工法で間詰する施工法が採用されている。すなわち矢板と改良体を一体化させるには、機械攪拌工法と高圧噴射攪拌工法による2段階の施工が必要となり、工期の短縮とコスト縮減が課題となっていた。

(b) 機械攪拌と高圧噴射攪拌を用いたハイブリッド型地盤改良工法の選定

前述の通り、護岸の耐震化は、機械攪拌と護岸際の間詰め補助工として高圧噴射攪拌の2工法での施工となる場合が多い。一方では、地盤改良においても施工効率の向上と経済性を高めることが常に求められる。このような背景から、大規模施工に優れた機械攪拌工法と、構造体との密着施工が可能な高圧噴射攪拌工法の両者の特徴を有効的に活用した複合技術による地盤改良工法であるWHJ工法の適用が検討された。

図-1は、既設護岸に対して従来施工法と本工法を用いた場合を比較した計画例である。同図(a)は従来施工法による場合であり、地盤改良は鋼管矢板背面で機械攪拌工法と高圧噴射攪拌工法の2工程となっている。

一方、図-1(b)に示すWHJ工法は、機械攪拌と外周改良域を超高圧噴射で攪拌・混合するハイブリッド工法であり、大断面改良でしかも護岸構造体との密着施工と改良体相互のラップ施工を1工程で実現できる。そのため、大幅な作業性の効率化と経済性の向上が図れる¹⁾。

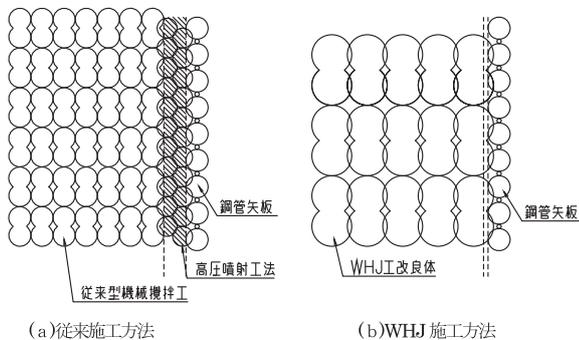


図-1 WHJ施工による既設護岸の密着施工例

(2) WHJ工法の改良メカニズムと特徴

図-2はWHJ工法の改良メカニズムを模式的に表している。二軸式で機械攪拌翼先端部の噴射ノズルか

ら固化材スラリーを $p = 40 \text{ MPa}$ もの超高圧大容量のジェット噴流にして吐出する。このジェット噴流により地盤は瞬時に切削され、同時に対象土は固化材と強制混合攪拌され、直径 $\phi 1.6 \sim 2.3 \text{ m}$ の大口径改良体が造成できる。しかも、機械攪拌翼外側の外周部は、超高圧ジェット噴流による混合攪拌であることから、護岸矢板と密着性が高く一体化することや、改良体相互のラップ施工等も容易である。すなわち、WHJ工法は、間詰補助工の必要性が無く単一工種施工となり、工期の短縮と施工コストの縮減を図ることができる。また、WHJ工法は、水上から施工できる台船方式の深層混合処理工法であり、施工に十分な足場が確保できない河川域あるいは河口に面した海域等においても施工が可能である。写真-2はWHJ工法の施工機械の全景である。当該現場のように高速道路の橋梁ピアと近接した施工現場でも、攪拌軸に排土スクリュロッドを装備することで、固化材スラリーの噴射量に見合う原土量を排土し、地盤変位を抑制できる。また、変位の動態観測と併せて排土量を調整ができる正回転・逆回転混合制御機能があるため、施工時に発生する地盤変位の抑制制御が可能である²⁾。

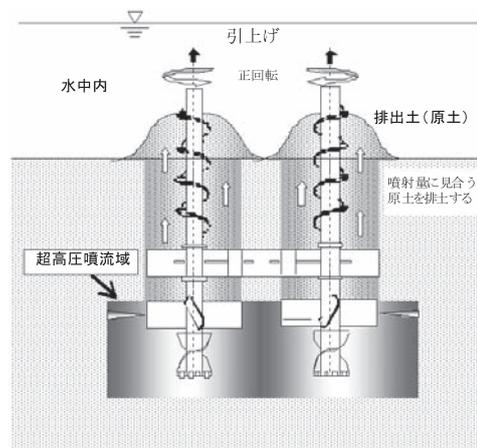


図-2 WHJ工法の改良メカニズム概要図



写真-2 WHJ工法と護岸施工状況

(3) WHJ 工法の施工仕様

(a) 適用土質と WHJ 改良径の設定

表一 1 に WHJ 工法による標準改良径を示す。超高压噴射攪拌を基本原理とするため、設定改良径は対象土の粘着力、 N 値により異なる。改良径は $\phi 1.6 \sim \phi 2.3 \text{ m} \times 2$ 軸、改良断面積 $A = 4 \sim 8 \text{ m}^2$ である。従来の二軸式機械攪拌工法の $\phi 1.0 \text{ m} \times 2$ 軸式の場合の改良断面積 $A = 1.5 \text{ m}^2$ に比べ、3~5 倍となる。また、攪拌軸間の幅も $B = 1.4 \sim 2.0 \text{ m}$ に変更できるため、適用条件に応じて様々な改良仕様の選択が可能である。対象土の適用範囲は標準的には粘性土は $S_u \leq 70 \text{ kN/m}^2$ 、砂質土では $N \leq 20$ としている。

表一 1 適用土質と改良径の設定

対象土質		改良径 D (m)	改良断面積 A (m ²)
砂	$N \leq 10$	2.1m \times 2 軸	6.81
	$10 \leq N \leq 20$	1.9m \times 2 軸	5.56
粘性土	$S_u \leq 30 \text{ kN/m}^2$	2.3m \times 2 軸	8.08
	$30 < S_u \leq 40 \text{ kN/m}^2$	2.1m \times 2 軸	6.81
	$40 < S_u \leq 50 \text{ kN/m}^2$	1.9m \times 2 軸	5.56
	$50 < S_u \leq 70 \text{ kN/m}^2$	1.6m \times 2 軸	3.92

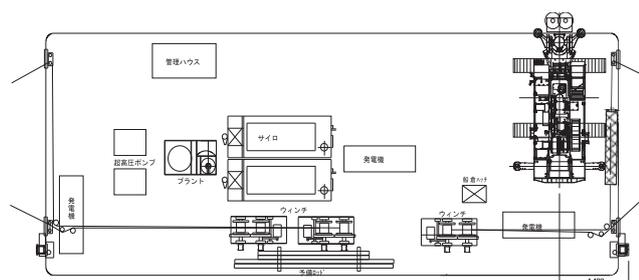
* WHJ 攪拌翼径 $\phi 1.0 \text{ m}$ の場合

(b) 施工管理システム

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。施工時には、固化材スラリーの吐出圧力、吐出量、改良時間および回転数等を計測管理できる集中管理制御システムである。また、改良深度管理では潮位差も補正可能である。

(c) 機械構成

WHJ 工法は、台船上に改良施工機本体の三点支持式杭打機を搭載した方式であり、水上施工が可能なのも特徴の一つである。図一 3 はその標準的な搭載方法である。台船上には、WHJ 施工機本体、スラリープラントを搭載している。使用する台船は、搭載する施工機種、搭載質量、施工域により選定されるが、通常では 700 t 級台船を用いる場合が多い。



図一 3 WHJ 施工機の台船搭載例

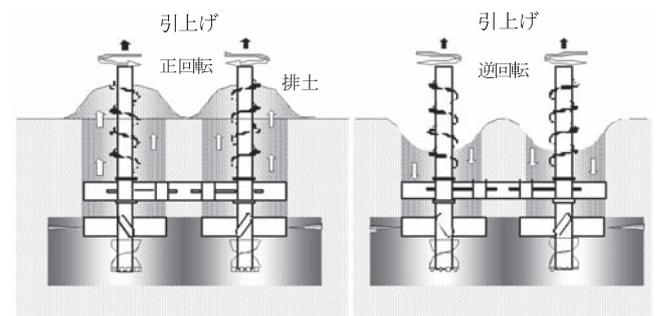


写真一 3 台船上に搭載した WHJ 施工機全景

台船の設備には、WHJ 本体のほかに台船移動のためのウインチ設備、施工位置の固定のためのスパッドが装備される。また、施工杭の位置設定のために、GPS またはトータルステーションを用いる。写真一 3 は、WHJ 施工機の台船上の搭載例である。

(d) 施工時の環境影響軽減

鋼管矢板等の既設護岸前面側から地盤改良施工を行う場合には、改良体と既設護岸との密着施工による一体化が求められる。しかし、構造体に近接した施工によっては、地盤変位を及ぼす場合も考えられる。WHJ 工法では、回転軸に排土用のスクリュロッドを装着しており、回転軸を正回転と逆回転の比率を組み合わせることで、排土量が調節でき、施工時の地盤変位を抑制することが可能である。図一 4 は WHJ 施工時の正回転と逆回転による排土制御模式図である。機械攪拌工法では、改良時の回転方向を一方向に決めているのに対し、WHJ 工法では、変位制御のために軸回転を切替えることで、WHJ 攪拌翼先端装置部の超高压ジェット噴流の方向も同時に切り替わる。改良品質は回転方向に無関係であるから、施工能率を制限することなく、通常施工のままで行うことができる。排出土率は、混入固化材液量に対し、標準的には約 100% である。また、排出土は原土のみで固化材の混入がなく、水質の汚染等は生じない。WHJ 工法は単相式高压噴射攪拌方式であり、エアを併用しないため、



図一 4 正回転と逆回転による排土制御模式図

排出土は水中内で拡散することなく、施工が可能である。

4. WHJ 工法による護岸耐震補強工事施工事例

(1) 工事概要

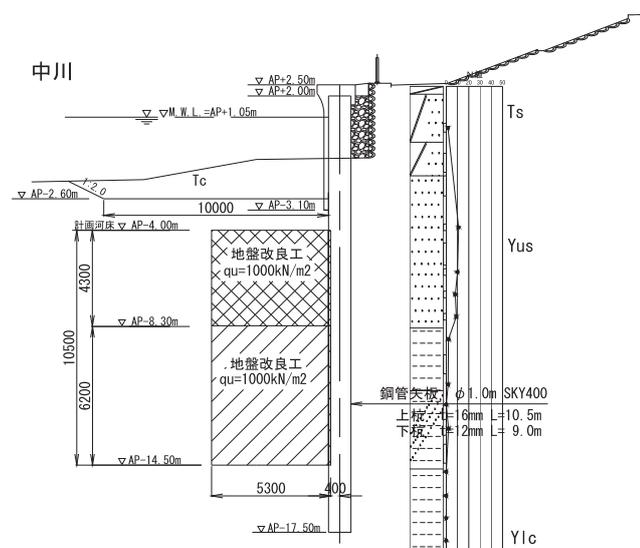
東京都東部に位置する荒川と中川の中間の中堤は、河口から延長約 7 km にわたる背割堤形式による護岸である。中堤は完成後約 20 年が経過し、老朽化や地盤沈下による変形が進んでいる。

本工事は、東京都が中川左岸の護岸耐震補強を実施するために江戸川競艇を一時休止させることから、対岸の中堤でも同様に改修を進めるものである。工事区間は、競艇場の前後の延長約 1,500 m を整備対象とする。

中堤における護岸の整備は、鋼管矢板杭の打設による補強、変形個所の補修などを行うものである。地盤改良施工において、中堤内の地盤改良域は、陸上部側からの地盤改良施工に十分な足場が確保できないため、水上から台船施工が可能な WHJ 工法を選定した。

(2) 地盤概要

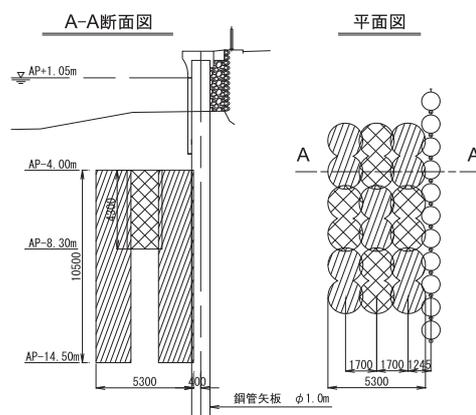
図一五は土質柱状図と WHJ 工法の地盤改良断面図である。河口から測点 4 km 付近の対象土質は、現況河床から AP-8 m 付近までは $N = 2 \sim 14$ の非常に緩いシルト質細砂で構成されている。また、AP-8 m 以深では、含水比 $w = 44 \sim 51\%$ 、砂分含有量 50 ~ 60% の砂質シルトで、粘着力 $S_u = 28 \sim 64 \text{ kN/m}^2$ である。



図一五 土質柱状図と WHJ 改良位置

(3) 地盤改良計画

図一六は WHJ 改良体の配置図である。本工事では、河川内に新たに打設された鋼管矢板の前面部に 3 列の WHJ 改良体を配置した。改良径の形状は $\phi 1.9 \text{ m} \times 2$ 軸とした。改良形式は、改良長の異なる 2 つの仕様の改良体を交互に配置した。改良上部の AP-4.0 ~ -8.3 m は受働抵抗向上を目的に改良長 $l_1 = 4.3 \text{ m}$ 、改良率 $a_p = 89\%$ である。また、AP-4.3 ~ -14.5 m は堤体の安定確保の目的から改良長 $l_2 = 10.5 \text{ m}$ 、改良率 $a_p = 47\%$ の杭式改良とした。改良体配置は、改良体相互および鋼管矢板と改良体との密着一体化が図れる配置とした。



図一六 WHJ 改良体の配置図

(4) 施工概要

(a) 施工仕様

表一 2 は本工事の施工延長 390 m の WHJ 施工における施工数量である。また、表一 3 は WHJ 施工の施工仕様である。設計強度は $q_u = 1,000 \text{ kN/m}^2$ とした。この場合の固化材混入量は、 $a_w = 166 \text{ kg/m}^3$ で、改

表一 2 WHJ 施工数量

区分	貫入長	改良長	空打ち長	本数
1	6.0m	4.3m	1.7m	144 本
2	12.4m	10.5m	1.7m	201 本

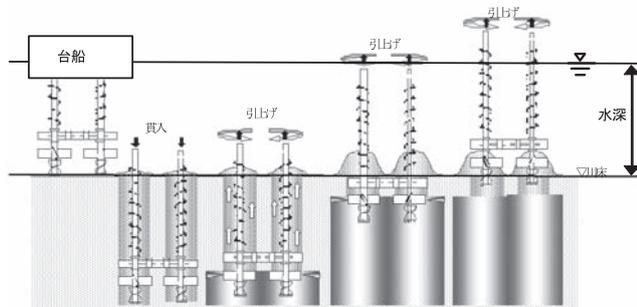
表一 3 WHJ 施工仕様

項目	施行仕様
改良径	$\phi 1.9 \text{ m}$ (軸間 1.7 m)
改良断面積	$A=5.56 \text{ m}^2$
改良時間	4 分 / m
使用固化材	ケミコ C-201
水・固化材比	W/C=1.0
材料混入量	$a_w=166 \text{ kg/m}^3$
設計強度	$q_u=1,000 \text{ kN/m}^2$

良時間は $t = 4 \text{ 分} / \text{m}$ とした。設定改良径は、対象土質の N 値および粘着力から判断し改良径 $\phi 1.9 \text{ m}$ 、軸間幅 1.7 m で改良断面積は $A = 5.56 \text{ m}^2$ の連珠形状である。鋼管矢板と WHJ 攪拌翼先端部との距離は、 25 cm の離隔距離である。このときの鋼管矢板と超高压ジェット噴流域との密着幅は、 10 cm である。

(b) 施工方法

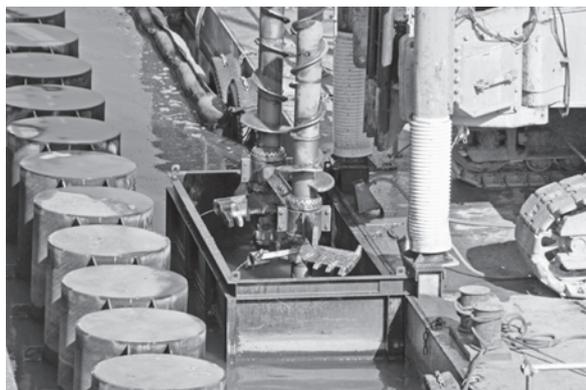
図一七に WHJ 工法の施工手順図を示す。WHJ 処理機を搭載した台船を施工位置に移動する。トータルステーションにより施工杭の位置を計測し、台船を固定する。WHJ 攪拌装置と施工管理システムを作動させ、所定深度まで貫入する。WHJ 超高压ポンプを所定の圧力、吐出量に設定した後、定速回転で引抜き改良する。なお、改良時に新設護岸および近接構造物の



図一七 施工手順図



写真一四 中堤地区 WHJ 施工状況



写真一五 鋼管矢板との密着施工状況

変位が懸念されたため、WHJ 攪拌装置の軸回転を正回転、逆回転の組合せ制御により、排土量をコントロールし、変位を管理値内に抑制した。写真一四は WHJ 工法の施工状況である。また、写真一五は既設鋼管矢板への WHJ 改良体の密着施工による一体化を図るための位置セット状況である。

(5) 施工結果

(a) 現場改良強さ

表一四は WHJ 改良後の現場改良強さ q_{uf} の結果である。各改良杭の現場改良強度は、改良長 $l_2 = 10.5 \text{ m}$ 仕様の上層、中層および下層とも平均 $q_{uf} \geq 2,300 \text{ kN/m}^2$ で、設計強度を満足している。また、現場改良強度の変動係数は $V = 13 \sim 21\%$ と混合性能が高いことが確認された。また、改良杭体相互のラップ部の改良強度は、上、中、下層のいずれも $q_{uf} \geq 2,300 \text{ kN/m}^2$ であり、外周改良体とほぼ同等の強度であることが確認された。

表一四 WHJ 改良体の現場改良強度結果

採取位置	改良体 NO.	現場改良強さ $q_{uf}(\text{kN/m}^2)$				杭平均	変動係数 $V(\%)$
		1	2	3	平均		
上層部 (AP-4m)	A	2674	2861	1917	2484	2314	20.2
	B	1803	1961	2666	2143		
中層部 (AP-8m)	A	3127	2385	2900	2804	2533	21.3
	B	1702	2899	2186	2262		
下層部 (AP-12m)	A	2377	2781	2994	2717	2577	12.6
	B	2340	2168	2802	2437		
上層部	CとD (ラップ部)	2662	1837	2475	2325		
中層部		2445	3189	2560	2731		
下層部		3107	2963	2230	2767		

(b) 環境への影響

施工時の鋼管矢板への変位抑制の方法として、攪拌翼回転を正回転から逆回転に切替える深度位置を改良下端部から 3 m 改良位置とした。それ以浅の改良層は、逆回転にて行う方法が最も変位の少ない施工方法であった。その結果、地盤改良後における鋼管矢板の変位量は $\delta < 2 \text{ mm}$ と小さく、変位制御した施工が可能であった。また、水中施工時の水質汚濁等に与える環境影響は認められなかった。

5. まとめ

本事業は、地震に強い川づくりを目指し、堤防の耐震強化として、中堤の護岸の老朽化や地盤沈下に伴う改修工事を実施し、護岸の耐震補強を地盤改良によって行った一例である。地盤改良工法は、耐震強化を図る上で、地盤強化の観点から必要な施工方法である。

また、既設構造体と地盤改良体との一体性を保つことは、護岸構造体としての耐震性の向上を図る上で重要である。今後の耐震補強に向け、本適用事例を応用し、さらに震災に強い川づくり等に貢献できるものと考えらる。

JCMIA

《参考文献》

- 1) 嵯峨弘喜, 鈴木孝一, 西尾経, 高桑一輝: 機械攪拌と高圧噴射攪拌を用いたハイブリッド地盤改良工法—WHJ工法による既設護岸の耐震向上対策の施工事例—, 平成21年度建設施工と建設機械シンポジウム, pp.171~174, 2009.11
- 2) 鈴木孝一, 西尾経, 田中信哉, 松岡大介, 齋藤邦夫: SDM工法(高速低変位深層混合処理工法)—機械攪拌併用高圧噴射攪拌による地盤変位の抑制制御型工法の概要と施工事例—, 基礎工, vol.37, pp.88~90, 2009.5



[筆者紹介]

嵯峨 弘喜 (さが ひろき)
国土交通省
関東地方整備局荒川下流河川事務所
小名木川出張所長



齋藤 邦夫 (さいとう くにお)
中央大学 研究開発機構長 理工学研究所長
理工学部 教授
工学博士



鈴木 孝一 (すずき こういち)
小野田ケミコ(株)
取締役 専務執行役員 営業本部長
技術士(総合技術監理部門・建設部門)



西尾 経 (にしお わたる)
小野田ケミコ(株) 技術本部
執行役員 技術本部長

平成21年度版 建設機械等損料表

■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・各機械の燃料(電力)消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧(当協会発行)」の関連ページを掲載

■B5判 約730ページ

■一般価格

7,700円(本体7,334円)

■会員価格(官公庁・学校関係含)

6,600円(本体6,286円)

■送料 沖縄県以外 600円

沖縄県 450円(但し県内に限る)

(複数お申込みの場合の送料は別途考慮)

社団法人 日本建設機械化協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

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

低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」

—噴射攪拌工法の高速度施工技術—

川崎 廣貴・飯泉 勝・藤井 誠司・藤澤 伸行

土木構造物の老朽化対策や液状化防止による耐震性向上の観点から既設構造物の地盤強化対策が求められている。一方、これらの対策工事では施設が稼動中で、土木構造物は供用中となっていることがほとんどであり、設計・施工計画にあたっては既設構造物への安全性、および対策工法の高速度施工と効率化が重要である。このため、既存技術をブレイクスルーした技術として、新開発の噴射ヘッドと独自の噴射攪拌理論を用いて、高速度施工により低排泥と低変位を実現しつつ、かつ幅広い改良体径（ $\phi 1.3 \sim \phi 3.5 \text{ m}$ ）を効率的に造成できるようにし、経済性が優れるものとした低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」を開発し、実工事に展開している。

ここでは、初めに、OPT ジェット工法の概要と特長を述べ、次に改良仕様について説明する。最後に、適用事例として臨海部の液状化対策として実施した工事内容について報告する。

キーワード：地盤改良，地盤強化，耐震性向上，液状化対策，噴射攪拌工法，高速度施工，低排泥，低変位

1. はじめに

地盤改良による対策技術で既存施設に施工変位などの悪影響がないものとしては、図-1に示すような固化原理を利用した固化改良工法，すなわち薬液注入工法と攪拌混合工法に限られる。攪拌混合工法は、セメントなどの硬化材スラリーなどを原位置の軟弱地盤に吐出または噴射し、それを強制的に攪拌混合して地盤中に強固な固化改良体を造成するものである。

固化改良工法における各工法コストは、現状では、機械攪拌工法<複合攪拌工法<薬液注入工法<噴射攪拌工法の順になる。しかし、噴射攪拌工法は、薬液注入工法が適用できない軟弱粘性土地盤やシルト地盤をも強固に固化できるため、既設構造物の老朽化対策や耐震性向上を目的とした構造物の強化・補強対策としては、経済性を除けばもっとも好適なものである。噴射攪拌工法をコスト面で、複合攪拌工法≒噴射攪拌工法<薬液注入工法とできれば、我が国の維持更新時代を迎えた社会ニーズにもっとも適合できるものと考えられる。

こうした観点から、筆者らは、新たに低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法（OPTimize Jet Method）」を開発して、これを建設工事に適用している。本工法は、新開発の噴射ヘッドと独自の噴射攪拌理論を用いて、高速度施工により低排泥と低変位を実現

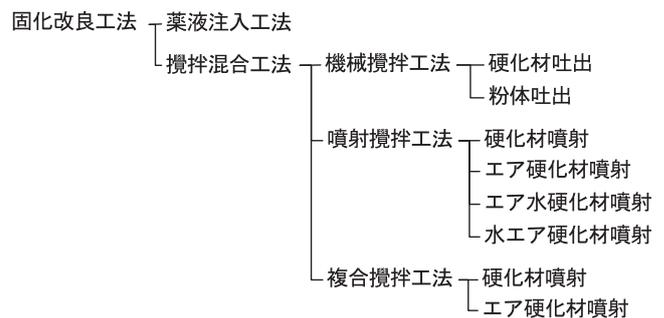


図-1 固化改良工法の分類

したものである。

ここでは、噴射攪拌工法の高速度施工技術を副題として、最初にOPT ジェットの概要と特長などを述べ、次に改良仕様について説明する。最後に、適用事例として臨海部の砂質土主体の粘性土狭在地盤で実施した液状化対策の工事内容について報告する。

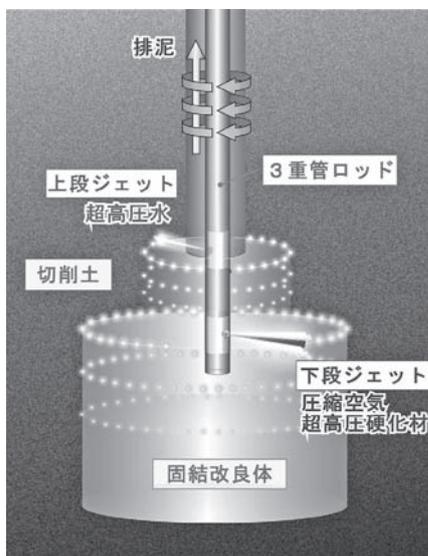
2. OPT ジェットの概要

(1) 工法概念

噴射攪拌工法は、小口径のボーリングロッドを用いて大きな地盤改良体が造成可能であるため、従来から一般に狭隘な場所や既設構造物の地盤強化手段として用いられている。しかし、従来工法は、改良体積当りに占める硬化材噴射量が50%以上と多量で、施工

時間も掛かっていたため、排泥量も多いという課題があった。このため、従来工法は、地盤改良工法の中でもっともコストが高価で、その適用方法や施工箇所が限られるものであった。

OPT ジェットは、図一2に示すように三重管構造のロッドを使用して超高压水・圧縮空気・超高压硬化材の流体を独立して噴射する点は従来工法と同様であるが、摩擦抵抗が極小の噴射ヘッドの採用でジェットロスが小さくなったため、地盤の切削力が10%程度向上した。さらに、独自の噴射攪拌理論と上段と下段に噴射部を設ける工夫によって施工合理化の向上がより図られたため、大口径改良の従来工法に比べてトータルで30%程度の効率アップが図られている。



図一2 OPT ジェットの工法概念

(2) 特長

(a) コスト・工期の縮減

極小摩擦抵抗の噴射ヘッド、独自の噴射攪拌理論、上段と下段の噴射部設置という3つの新技術により、噴射攪拌効率が向上して、高速施工ができる。このため、従来のエア水硬化材噴射工法(CJG工法)に比べて、最大でコスト40%、工期60%の縮減が可能である。

(b) 低排泥・低変位の実現

高速施工採用で改良径体積に対する水と硬化材スラリの総噴射量が20~50%程度と少量になり低排泥化に成功した。さらに、低噴射量の効果により周辺地盤への変位影響が小さくなった。この低排泥・低変位という点でより環境に優しい工法を実現している。

(c) 幅広い改良径選択による合理化

本工法では、改良対象の地盤条件に対して7パターンの施工仕様を設けたことにより、改良対象範囲に対して合理的な改良体配置の組み合わせが可能となり、

設計をより経済性が高いものにできる。

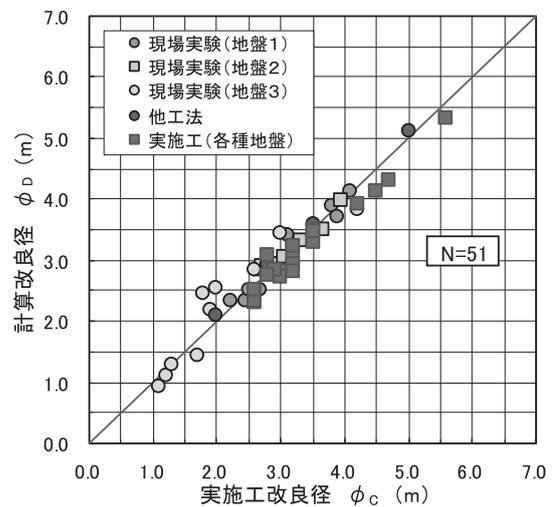
3. 工法理論

OPT ジェットの設計改良径は、施工対象地盤の地盤条件やジェット噴射力に依存する。本工法は、下段ジェットの硬化材スラリの噴射エネルギーを主体として、改良体を造成するものであるため、この設計改良径 ϕ_D は独自に開発した経験的な式(1)を用いて算定できる。

$$\phi_D = D_L (D_u, S, \rho, P, Q, t, R, N, Q_a) \dots\dots\dots (1)$$

- ここに、 D_L : 下段ジェットによる改良径切削関数
- D_u : 上段ジェットによる増加係数
- S : 地盤強度と物理特性 (N 値, 粘着力など)
- ρ : 噴射硬化材質量 (g/cm^3)
- P : 硬化材噴射圧力 (MPa)
- Q : 硬化材噴射量 ($l/分$)
- t : 造成時間 (引上げ時間) ($分/m$)
- R : 回転速度 (rpm)
- N : 硬化材噴射孔数 (個)
- Q_a : 噴射圧縮空気量 ($Nm^3/分$)

同式による改良径の計算径 ϕ_D と現場施工による実施工径 ϕ_C の関係を図一3に示すが、相関性が極めて高いことが明らかであり、種々の地盤条件を考慮して、様々な地盤改良径が設定可能であることが分かる。



図一3 改良体の実施工径と計算径

4. 改良仕様

OPT ジェットは、表一1に示すOPT-1~OPT-3の3種類の施工タイプを設けている。

これに基づく、標準的な設計有効径 ϕ_D を表一2に示す。改良対象地盤において砂質土で最大N値を、

表一 1 施工改良体積と標準施工仕様

タイプ			OPT-1	OPT-2	OPT-3	
施工改良体積 V の目安			(m ³)	≥1,000	<1,000	<300
上 段 ジェット	切削水	圧 力 (MPa)	40	40	40	
		噴射量 (ℓ/分)	50	50	50	
下 段 ジェット	硬化材	圧 力 (MPa)	40	40	30	
		噴射量 (ℓ/分)	300	200	100	
	圧縮空気	圧 力 (MPa)	1.05	1.05	1.05	
		噴射量 (Nm ³ /分)	4~16	4~16	4~16	

表一 2 標準設計有効径 φ_D (m)

タイプ	施工改良体積 V (m ³)	造成時間 t (分/m)	砂質地盤 N 値			粘性土地盤 粘着力 c (kN/m ²)		
			N ≤ 30	N ≤ 50	N ≤ 70	c ≤ 25	c ≤ 35	c ≤ 50
OPT-1	≥1,000	4	2.5	2.3	2.1	2.5	2.2	1.9
		7	3.0	2.8	2.6	3.0	2.6	2.2
		9	3.5	3.2	2.9	3.5	3.0	2.5
OPT-2	<1,000	5	2.0	1.8	1.6	2.3	1.9	1.6
		8	2.4	2.2	2.0	2.6	2.2	1.8
		10	2.7	2.4	2.2	2.9	2.5	2.1
OPT-3	<300	10	1.3	—	—	1.6	—	—

粘性土で最大粘着力を使用して設計有効径を定める。なお、この他に砂地盤の N 値が N ≤ 20 の液状化対策用の施工仕様も工法マニュアルで設定しているが、ここでは割愛する。

OPT ジェット改良体の設計強度および力学特性は、基本設計においては表一 3 に示すものを目安として設定する。詳細設計または施工前においては、室内配合試験を行って一軸圧縮試験により所要強度となることを確認する。

表一 3 改良体強度の目安

硬化材の種類	土質	設計強度	粘着力	付着力	曲げ引張	変形係数
		q _u (MN/m ²)	c (MN/m ²)	f (MN/m ²)	強さ σ _t (MN/m ²)	E ₅₀ (MN/m ²)
OP1 号	砂質土	2.0	1.0	1/3c	2/3c	400
	粘性土	1.0	0.5			200
OP2 号	砂質土	0.5	0.25	1/3c	2/3c	100
	粘性土	0.2	0.1			40

注) 1. 設計強度は、詳細設計または施工前において室内配合試験を必ず実施して所要値となることを確認する。
2. 硬化材は、OP 1 号を適用することを標準とする。OP 2 号は、液状化対策用に使用する。

5. 排泥発生量比較

改良体造成時の排泥発生量は、式 (2) に示すように設計有効径から求められる改良体積 V_i と総噴射量 (V_c + V_w) の比で定義する注入率 β、および改良対象地盤の土量変化率 L_j の和に比例して大きくなる。したがって、噴射攪拌工法では、この注入率を小さくできるほど単位改良体積あたりの排泥量がより少なく

なるため、環境負荷が小さく、経済性に優れたものとなる。

$$V_m = V_i \times \chi \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$\chi = \beta / 100 + L_j - 1 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\beta = (V_c + V_w) / V_i \times 100 \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$L_j = V_L / V_i \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここに、V_m : 排泥発生量 (m³)

V_i : 設計有効径 φ_D による改良体積
(= π φ_D² / 4 × L × n, m³)

χ : 排泥率 (単位改良体積当りの排泥量)

β : 注入率 (%)

V_c : 硬化材噴射量 (m³)

V_w : 水噴射量 (m³)

L_j : ジェット切削による土量変化率
(砂質土 : = 1.05, 粘性土 : = 1.15)

V_L : ジェット切削土量 (ほぐした土量)

表一 4 には、OPT ジェットと従来工法の注入率比較を示す。同表より、OPT ジェットの注入率 β は、約 29 ~ 40% 程度となり、従来工法に比べて総噴射量に対する排泥発生量を約 30 ~ 70% 低減することが可能となっている。

表一 4 OPT ジェットと従来工法の注入率比較

工 法 名		呼称	設計有効径 φ _D (m)	造成時間 t (分/m)	噴射量 (ℓ/分)		注入率 β (%)
					硬化材 V _c	切削水 V _w	
OPT ジェット	低排泥低変位 噴射攪拌工法	OPT-1	3.5	9	300	50	32.7
		OPT-1	2.5	4	300	50	28.5
		OPT-2	2.0	5	200	50	39.8
従来工法	大口径 噴射攪拌工法	A	3.5	15	300	50	54.6
		B	3.5	12	400	0	49.9
	エア硬化材 噴射工法	—	1.6	30	60	0	89.5
		エア水硬化材 噴射工法	—	2.0	16	180	70

注) 注入率 β は、砂質土 N ≤ 30 の施工仕様条件で比較している。

6. 適用事例

ここでは、OPT ジェット工法を臨海部立地工場の地震時液状化による側方流動抑止目的に適用した 2 工事例について報告する。

(1) 工事例 1²⁾

当該地の地盤条件は表一 5 に、改良体の工事諸元は表一 6 に示す通りである。

本施工に当り、事前に試験施工を行った結果を表一 7 に示す。施工の改良径確認は、写真一 1 に示すように頭部掘出しによって実施した。同表から明らかなように、計画に対して十分な改良径と強度が確認された。

表一五 地盤条件

土層	下端深度 (- m)	N 値	一軸強度 q_u (kN/m ²)
F層	3.0	8	—
A _{s1} 層	14.0	8~26	—
A _{c1} 層	18.0	3	117
A _{c2} 層	31.0	2	—

表一六 改良体の工事諸元

項目	単位	諸元
仕様タイプ	—	OPT-2
硬化材	—	OP2号
改良強度 q_u	MN/m ²	0.3
改良径 ϕ_D	m	2.6
改良本数 n	本	185
平均改良長 L	m	11.9
総改良体積 V	m ³	11,711
改良率 α	%	78.5



写真一 二 OPT ジェット施工状況

表一七 試験施工仕様と施工結果

ケース名	仕様タイプ	造成時間 t (分/m)	硬化材	改良径 ϕ_D (m)		強度 q_u (MN/m ²)	
				計画	実施工	計画	実施工
CASE1	OPT-2	3	OP1号	2.0	3.4	0.2	>1.0
CASE2	OPT-2	5	OP1号	2.5	>3.5	0.2	>1.0
CASE3	OPT-2	5	OP2号	2.5	>3.5	0.2	>0.75
CASE4	OPT-2	7	OP1号	2.5	3.6	0.2	—



写真一 一 改良径確認状況

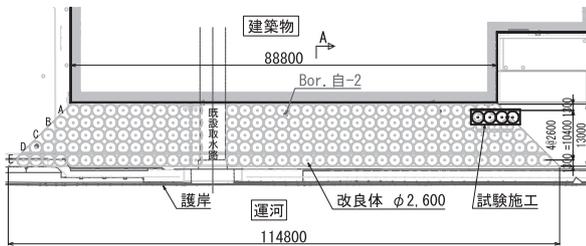
本施工における改良体配置を図一四に、施工状況を写真一 二に示す。強度確認結果は、4週強度の供試体平均で $q_u \approx 1.5 \text{ MN/m}^2$ であり、変動係数は $c_v \approx 34\%$ であった。全試験体は十分に計画強度を上回るものであった。

なお、当該工事における注入率は約 $\beta = 24\%$ 、排泥率は約 $\chi = 30\%$ であり、これから類推するとジェット切削による土量変化率は $L_j = 1.06$ であった。また、これを従来工法で一般に用いられている噴射量に対する排泥増加比を求めて見ると、約 25% 程度となっていた。

(2) 工事例 2

当該地の地盤条件は表一八に、改良体の工事諸元は表一九に示す通りである。

本施工に当り、事前に試験施工を行った結果を表一 一〇に示す。同表から明らかなように、計画に対して十分な改良径と強度が確認された。この結果を反映し



(a) 改良体平面

表一八 地盤条件

土層	下端深度 (- m)	N 値	一軸強度 q_u (kN/m ²)
F層	2.5	3~10	—
A _{s1} 層	12.0	3~20	—
A _{c1} 層	4.5	2	173
A _{c2} 層	3.0	10	—

表一九 改良体の工事諸元

項目	単位	諸元
仕様タイプ	—	OPT-1
硬化材	—	OP2号
改良強度 q_u	MN/m ²	0.5
改良径 ϕ_D	m	3.4
改良本数 n	本	95
平均改良長 L	m	14.6
総改良体積 V	m ³	12,575
改良率 α	%	78.5

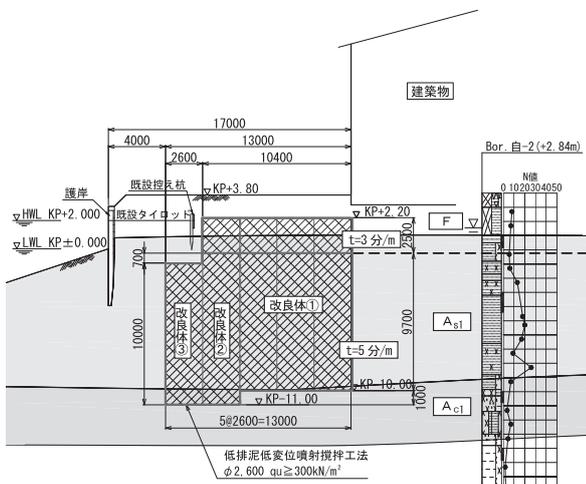
表一 一〇 試験施工仕様と施工結果

(a) 砂質土 (N=10)

ケース名	仕様タイプ	造成時間 t (分/m)	硬化材	改良径 ϕ_D (m)		強度 q_u (MN/m ²)	
				計画	実施工	計画	実施工
CASE01	OPT-1	2	OP2号	2.6	2.9	0.5	0.5
CASE02	OPT-1	3	OP2号	3.0	3.4	0.5	1.1
CASE03	OPT-1	4	OP2号	3.3	3.7	0.5	1.9

(b) 粘性土 (c=80kN/m²)

ケース名	仕様タイプ	造成時間 t (分/m)	硬化材	改良径 ϕ_D (m)		強度 q_u (MN/m ²)	
				計画	実施工	計画	実施工
CASE11	OPT-1	5	OP2号	1.6	2.2	0.5	0.6
CASE12	OPT-1	7	OP2号	2.1	2.7	0.5	1.2
CASE13	OPT-1	10	OP2号	2.6	3.4	0.5	1.9

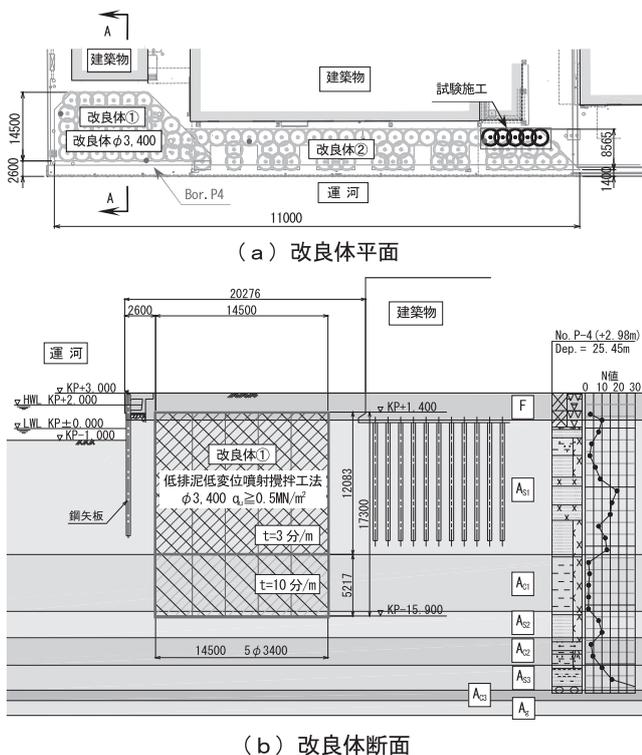


(b) 改良体断面

図一四 工事例 1 の改良体配置

て液状化対策工の設計を見直し、本施工の施工仕様を表一9のように改良径 $\phi_D = 3.4\text{ m}$ が得られるように設定した。

本施工における改良体配置を図一5に示す。強度確認結果は、砂質土改良体の供試体平均で $q_u \approx 1.1\text{ MN/m}^2$ であり、変動係数は $c_v \approx 35\%$ であった。全試験体は十分に計画強度を上回るものであった。



図一5 工事例2の改良体配置

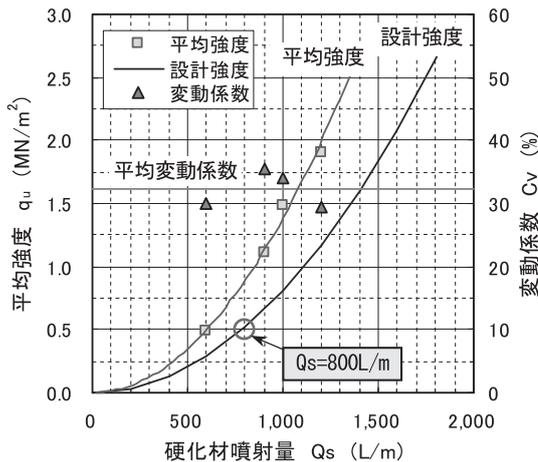
(3) 設計強度の考察

前述2工事の施工結果から、改良体平均強度と単位造成長当りの硬化材噴射量 Q_s の関係を図一6に示すように整理した。同図から明らかなように改良体強度は、砂質土・粘性土ともに硬化材噴射量と高い相関性が見られる。なお、同図には平均変動係数 c_v も示しているが、変動係数は硬化材噴射量との相関が見られず、 $c_v = 20 \sim 35\%$ の範囲にばらついた状態となった。

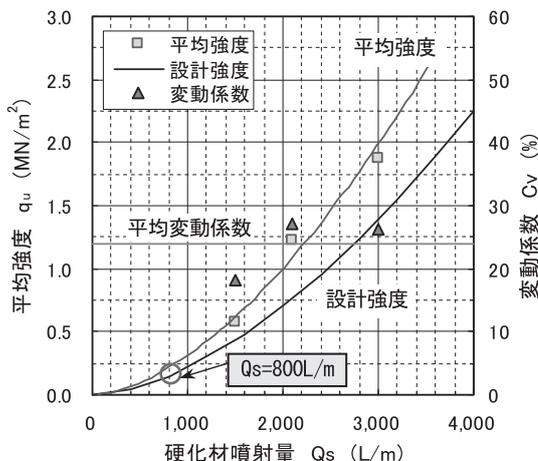
同図には、同時に強度のばらつきを考慮した信頼度90%の設計強度曲線を示している。これから、表一3に示した硬化材OP2号の設計強度を満足できる硬化材噴射量 Q_s は、砂質土・粘性土ともに $Q_s = 800\text{ L/m}$ 以上が必要であることが分かる。

(4) 注入率の考察

前述2工事の施工結果を基にした、注入率実績を表一11に示す。硬化材注入率 β_c は、単位造成長当りの硬化材噴射量 Q_s を改良体積で除したものである。



(a) 砂質土 (N=10)



(b) 粘性土 (c=80kN/m²)

図一6 強度と噴射量

表一11 OPT ジェットの注入率実績

OPT仕様タイプ	地盤条件	設計有効径 ϕ_D (m)	造成時間 t (分/m)	硬化材噴射量 V_c (ℓ/分)	硬化材注入率 β_c (%)
OPT-2	砂質土 N=15	2.6	5	200	18.8
OPT-1	砂質土 N=10	3.4	3	300	9.9
OPT-1	粘性土 c=80kN/m ²	3.4	10	300	33.0

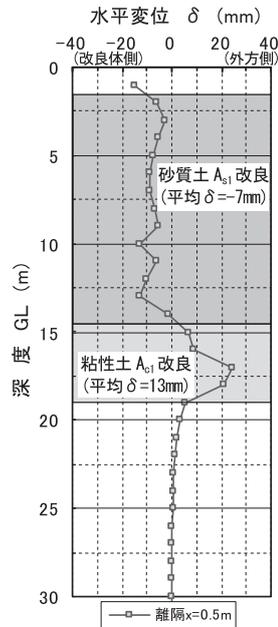
同表から明らかなように注入率は、砂質土で $\beta_c = 10 \sim 20\%$ 、強度の大きい粘性土では $\beta_c = 30\%$ 程度になることが分かる。この結果から、OPT ジェットは、表一4に示した従来工法に比べて合理的に改良体が造成できることが明らかである。

(5) 地盤変位影響の考察

工事例2では、改良体施工時に地中傾斜計によりOPT ジェット施工に伴う地盤変位影響を計測した。計測位置は、改良体外径から離隔0.5 mである。

改良体施工直後の地盤変位を図一7に示す。同図から明らかなように、下部粘性土 A_{c1} 層では外側に平均13 mm、それより上部の砂質土 A_{s1} 層では内側に平均7 mm程度の水平変位が発生した。 A_{c1} 層の変位

は、自立性が高くN値でいえば砂質土より軟い粘性土が噴射圧力で外方に押し出されたものであると考える。A_{sl}層の変位は、A_{sl}層がA_{cl}層より硬く外方変位が小さかったものが、施工直後の改良体領域が硬化材スラリー混合の泥土状態で、土水圧の水平圧力バランスが不均衡になっているため、この影響により、若干の改良体側への内縮変位が生じたものとする。



図一七 施工後の地盤変位

これらの結果から、OPT ジェットによる地盤変位影響は、離隔 0.5 m での近接状態においても、極めて小さいものであることが明らかとなった。

7. おわりに

噴射攪拌工法や機械攪拌工法が世の中に誕生してから約 40 年が経過し、この間、攪拌混合工法は建設需要と共にさまざまに改良され、種々の工法が開発されてきた。土木構造物の新規プロジェクトが減少する中で、今後は構造物の維持更新に際し、補強対策が容易で経済的な工法が求められるものとする。

ここでは、新開発の OPT ジェット工法の技術内容と適用事例について報告し、本工法が従来工法と比較して、高速施工性・低排泥性・経済性・低変位性において、優位であることを明らかにした。OPT ジェットの適用により、新設構造物や既設構造物を対象にした地盤強化がより合理的に実施できるものとする。

今後とも、本工法をより発展させて経済的なものとなるように、各種のデータを取得して、工法の客観的な評価と検証を継続して行きたいと考える。

JCM A

【参考文献】

- 1) OPT ジェット研究会:低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」技術・積算資料, 2009年4月
- 2) 川崎, 飯泉, 藤井, 藤澤:噴射攪拌工法の高速施工技術—低排泥低変位噴射攪拌工法「OPT ジェット工法」の開発と適用—, 基礎工 Vol.37, No.5, 2009年5月

【筆者紹介】

川崎 廣貴 (かわさき ひろたか)
清水建設株
土木技術本部基盤技術部
担当部長



飯泉 勝 (いづみ まさる)
清水建設株
土木横浜支店土木部
工事主任



藤井 誠司 (ふじい せいじ)
清水建設株
土木技術本部技術計画部
課長



藤澤 伸行 (ふじさわ のぶゆき)
ライト工業株
生産事業本部
副本部長



間欠エアとインナースクリューを併用した静的締固め工法の紹介

— STEP 工法 —

森 利 弘 ・ 服 部 正 裕

サンドコンパクションパイル工法は、砂質土、粘性土のいずれにも適用できる経済性、施工性に優れた地盤改良工法であるが、大型のバイプロハンマーを用いるため市街地等での適用が難しい状況にあった。この課題に対処するため開発した工法が間欠エアとインナースクリューを併用した静的締固め工法（STEP 工法：Screw Torsion-Environmental Compaction Pile Method）で、回転駆動するケーシングパイプ内に独立駆動するインナースクリューを装備、その先端側面から噴射する間欠エアを併用して締固め杭を造成することにより、低振動・低騒音化を図るとともに、レーザーレーダー距離計を用いた新型の施工管理システムを導入した。本工法は、周辺環境に配慮が必要な現場を中心に延べ打設長約 2 万 m の実績を有しており、ここでは機械装置や施工方法、施工実績から得た知見等について紹介するものである。

キーワード：静的締固め、インナースクリュー、レーザーレーダー距離計

1. はじめに

地震時の液状化防止対策として、地盤の密度を増大させるサンドコンパクションパイル工法（以下、SCP 工法と称す。）による地盤改良が多用されてきた。

しかし、近年、都市再開発や既設構造物の耐震補強等、市街地や構造物近傍での液状化対策が増加している中、大型のバイプロハンマーを用いて地盤密度の増大を図る SCP 工法は、振動や騒音等の問題から適用が難しい状況にあった。

そこで、捻りせん断による締め固め効果に着目して開発、実用化に至った工法が間欠エアとインナースクリューを併用した静的締固め工法（以下、STEP 工法と称す。）であり、SCP 工法と同等の改良効果が得られていることから、ここに紹介するものである。

2. 工法概要と特徴

(1) 工法概要

STEP 工法は、図-1 のようにケーシングパイプ（以下、CP と称す。）内に装備した独立駆動するインナースクリューと先端から噴射する間欠エアで、CP 内の材料を強制的に排出させつつ、インナースクリューの回転トルクを排出材料に付与することにより杭径 $\phi 700$ mm を標準とする締め固めされた砂等の杭を地盤中に造成する超低振動、低騒音の地盤改良工法である。

一連の締固め杭は、図-2 に示すように単位長さごと（標準 1.0 m 仕上げ）に段階的に造成（STEP 施工）され、砂質地盤では原地盤の密度増大による液状化の防止、粘性土地盤では複合地盤の形成によるせん断

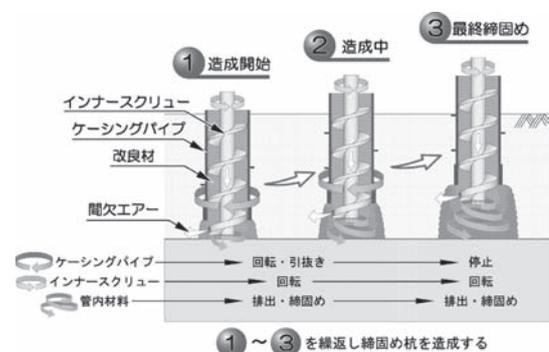


図-1 締固め杭造成メカニズム

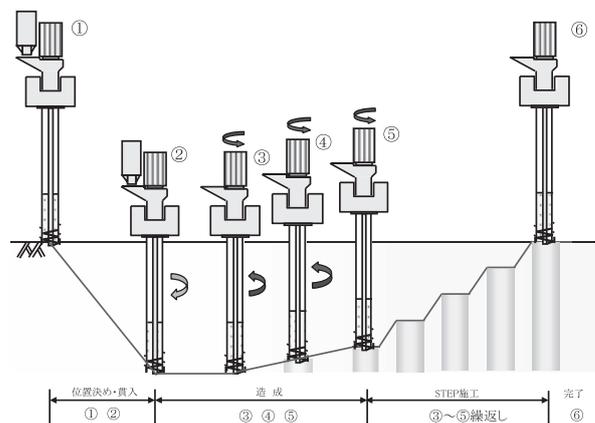


図-2 施工要領図

抵抗や支持力の増大等が期待できる。

なお、本工法は、平成 20 年 1 月に(財)国土技術研究センターから技術審査証明 技審証第 22 号を取得した。

(2) 特徴

本工法の特徴を以下に示す。

(a) 周辺環境の影響負荷を低減

CP の貫入、引き抜きおよび締固め杭の造成には回転駆動装置を用い、また、材料排出補助用の間欠エアは少量を地盤内で噴射するため、周辺環境への影響が少ない。敷地境界から 5 m 程度の離間距離で騒音・振動規制基準値を下回る。

(b) 出来形管理精度の向上

レーザーレーダー距離計を用いた新型の施工管理システムの開発、導入により、CP 内材料の挙動をリアルタイムに精度良くモニタリングできる。

(c) リサイクル材等多様な材料の使用が可能

管内材料はインナースクリューにより強制排出されるため、砂や再生砕石 (RC-40) など多様な材料を用いることができる。

3. 機械装置

本施工機は、CP 内材料の排出と締め固めに独立駆動するインナースクリューを装備していること、CP 内材料の排出補助として間欠エア噴射装置を設けていること、レーザーレーダー距離計を用いた施工管理システムを導入したことに特徴がある。写真-1 に STEP 施工機の全景を示す。



写真-1 STEP 施工機全景

(1) 使用機械・機材

本施工機に用いる主な機械・機材の一覧を表-1 に、図-3 には施工機の組立て姿図および CP 先端部の構造図を示す。

表-1 使用機械・機材一覧表

名称	規格・能力	数量	備考
本体	STEP専用機 50t吊	1	丸ボストリダ
ケーシングパイプ	φ508mm	1	
インナースクリュー	φ440mm	1	3.5巻(ctc300mm)
中軸	φ165.8~216.8mm	1	
ケーシング用オーガマシン	D-120WP(45kW×2)	1	定格トルク147kN・m
スクリュー用オーガマシン	D-120KP(90kW×1)	1	定格トルク 51.5kN・m
間欠エア装置	電磁弁方式	1	噴射口径 38mm
コンプレッサー	10.5m ³ /min	1	
タイヤショベル	ホイール式 0.8m ³	1	
施工管理計	レーザーレーダー距離計	1	
レーザーレーダー距離計	深度計	1	
レーザーレーダー距離計	LD90-3200HIP-GF	1	

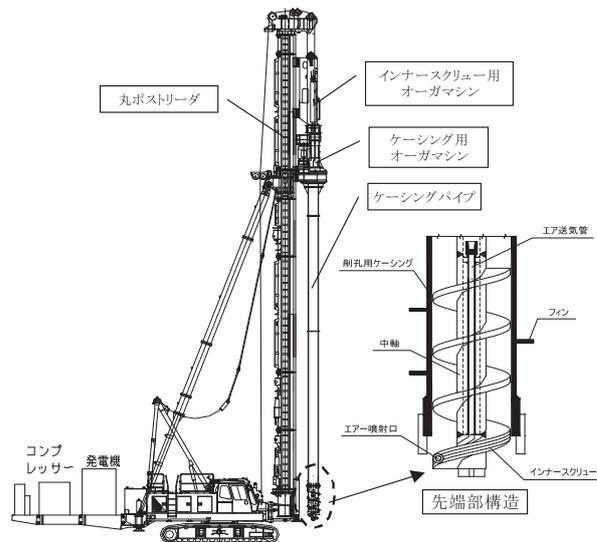


図-3 施工機の組立て姿図及び CP 先端部構造図

(2) 間欠エア装置

間欠エアは、コンプレッサーから送気された圧縮空気を電磁式開閉弁で 1 秒程度に 1 回、0.25 秒程度開放することで生み出され、インナースクリューの軸内を通して、その先端側面の噴射口から地盤中に噴射される。

(3) 施工管理システム

図-4 は、施工管理システム系統図である。

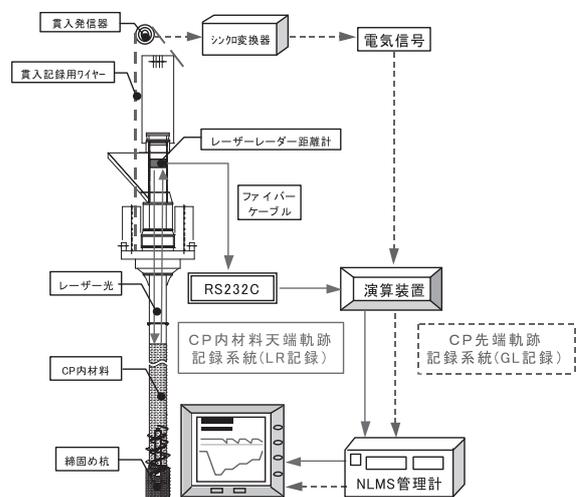


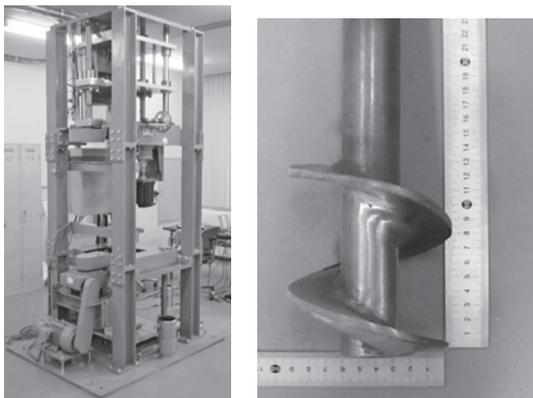
図-4 施工管理システム系統図

CP先端の軌跡は、CPの動きに同調するワイヤーの出入り代をセルシン発振器で計測、電気信号に変換、また管内材料の挙動は、レーザーレーダー距離計で1秒に1回程度計測したCP内材料天端までの距離データをRC232Cで0～20 mAの電流値に変換し、各データは演算器を介して操作室に設置したNLMS型記録計（独自の施工管理装置）によりリアルタイムで表示される。

4. 模型実験によるインナースクリューの締め効果

(1) 模型実験装置の概要

模型実験装置の基本的な相似スケールは実施工機に対して1/5、スクリューピッチは60 mmと80 mm（実施工機では300 mm, 400 mmに相当）を使用した。実施工機のインナースクリュートルクの定格値は、51.5 kN・mであり、これを模型スケールに換算すると、400 N・m（1/125スケール）程度に相当する。写真—2に模型実験装置および模型スクリューの写真を示す。



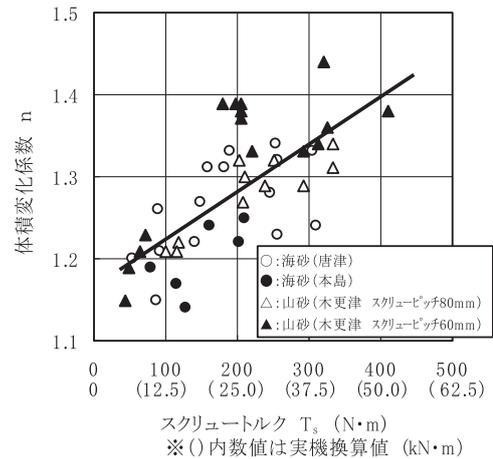
写真—2 実験装置および模型スクリュー

(2) 実験方法

実験に用いた材料は、含水比が5～8%の海砂（唐津産、本島産）および山砂（木更津産）である。実施工ではCPを引き抜きつつ材料の排出と締め固めを行い杭の造成を行うが、実験では底板に固定したφ140 mmのパイプ（実杭径φ700 mm）を引き下げ的方法で造成を行った。また、鉛直軸力と砂の排出速度によってスクリューに生じるトルクが変化するため、その制御方法として底板に土圧計を設置し、鉛直軸力と反力が同等になるよう下降速度をコンピュータ管理した。

(3) 実験結果

図—5は、トルク (T_s) と体積変化係数 (n) の関係を表したものである。プロット点にバラツキはある



図—5 トルク (T_s) と体積変化係数 (n) の関係

ものの材料の違いやスクリューピッチの違いにかかわらず、右上がりの傾向が伺える。また、予備実験では、鉛直軸力 (σ) と発生トルク (T_s) には $\sigma = 25.3 \cdot T_s$ (相関係数 $r = 0.89$) なる関係があることを確認している。

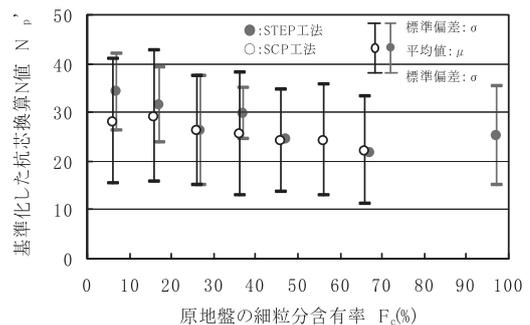
SCP工法における砂の体積変化係数 (n) は、1.3～1.35程度¹⁾ とするのが一般的で、このことを踏まえ図を参照すると、模型装置で $n > 1.3$ を満足するためのスクリュートルクは $T_s = 300 \text{ N} \cdot \text{m}$ 程度になる。これを実施工機に置き換えると、鉛直軸力200 kN程度、発生トルクは37.5 kN・m程度となる。実施工機は、鉛直軸力に相当するCP等フロント装備重量が300 kN程度、インナースクリューの定格トルクが51.5 kN・mであり、締め固め杭の造成に必要な機械能力を十分有していることが分かった。

5. 施工結果報告

(1) 改良後の杭芯強度

(a) 杭芯強度の発現傾向

図—6は、既往のSCP工法における原地盤の細粒分含有率 (F_c) と基準化した杭芯N値 (N_p') の関係図²⁾ に本工法のデータを加算したものである。なお、杭芯N値は、既往文献²⁾ に従い (1) 式で基準化した。



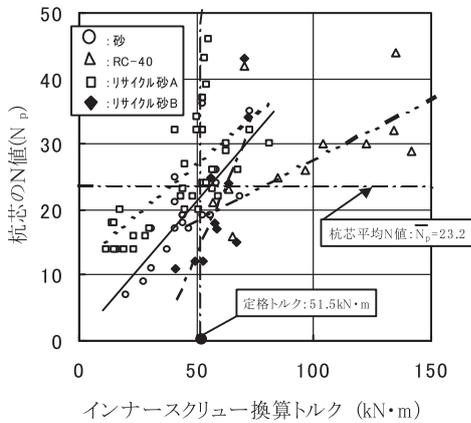
図—6 F_c と N_p' の関係図²⁾

この図から本工法で造成した締固め杭の杭芯強度は、SCP工法の杭芯強度と遜色ない。

$$(N_p', N_b') = \frac{168 \cdot N}{69 + \sigma_v'} \dots\dots(1) \text{式}$$

ここに N_p' : 基準化した換算杭芯N値
 N_b' : 基準化した換算杭間N値
 N : 杭芯及び杭間実測N値
 σ_v' : 拘束圧 (kN/m²)

(b) インナースクリューの締固め効果と杭芯強度
 インナースクリューのトルク値と杭芯強度の関係を明らかにするため、施工中のインナースクリュー用オーガモータの電流値を計測、電流値をトルクに換算し、杭芯N値(N_p)との関係を分析した。図一七がその結果である。



図一七 換算トルクと杭芯N値の関係

各材料のプロット点はそれぞれ傾きが異なるが、いずれも右上がりの傾向が伺える。また、この図から杭芯N値は定格トルク(50 kN・m)程度で概ね15以上発現しており、インナースクリュー用オーガモータの電流値が締めり具合の1つの目安となる。

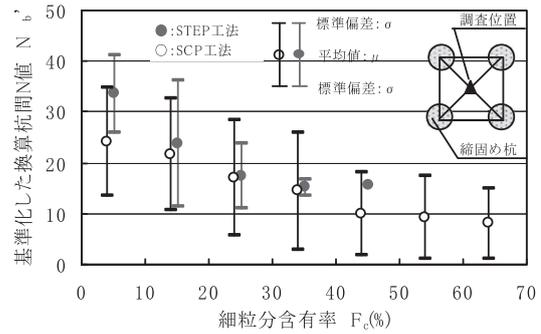
しかし、トルクや杭芯N値は、地盤条件や使用材料により発現傾向が異なり、さらに現時点ではデータ数が少ないため、品質管理手法の一つとして確立するためには、今後、更なる実績の蓄積が必要である。

(2) 砂質土地盤に対する改良効果

(a) 杭間強度の発現傾向

図一八は、杭芯強度と同様、SCP工法における原地盤 F_c と基準化した改良後の杭間N値(N_b')の関係図²⁾に本データを加筆したものである。なお、加筆に当たって、本データも杭芯強度同様、(1)式で基準化した。

この図から本工法の杭間強度は、SCP工法と同等程度であり、強度の発現は、原地盤の F_c の増加に伴い、右下がりの傾向(発現N値が低下)が伺えた。

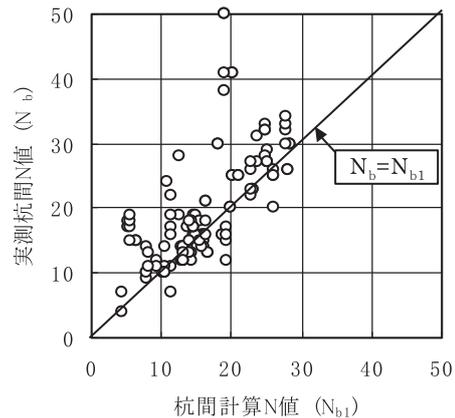


図一八 F_c と N_b' の関係図²⁾

(b) 設計手法の検証

前述のとおり、本工法による杭間強度は、SCP工法と同等と評価できたことから、既往のSCP工法の砂質地盤に対する設計方法(方法C)³⁾の適用性を検証した。

図一九は、既往の設計方法(方法C)³⁾で算定した改良後杭間計算N値(N_{b1})と実測杭間N値(N_b)を比較したものである。 N_b は概ね N_{b1} と同等もしくはそれ以上であり、SCP工法の設計方法が適用できる。

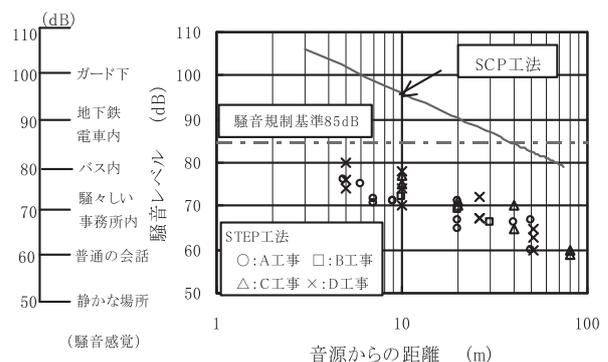


図一九 杭間計算N値と実測N値の関係図

(3) 周辺環境への影響確認

(a) 騒音レベル

図一十は、4現場における騒音レベル測定結果を施工機からの離間距離で整理した図である。離間距離

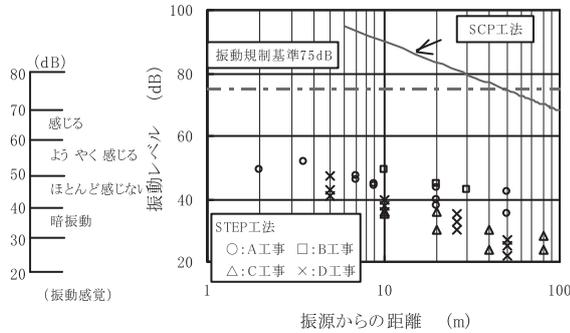


図一十 騒音レベルの距離減衰図

5 m 程度で騒音規制基準 85 dB を下回り，本工法の騒音レベルは SCP 工法に比べ相対的に 20 dB 程度低い。

(b) 振動レベル

図一 11 は，騒音レベルと同様，4 現場における振動レベル測定結果を施工機からの離間距離で整理したものである。



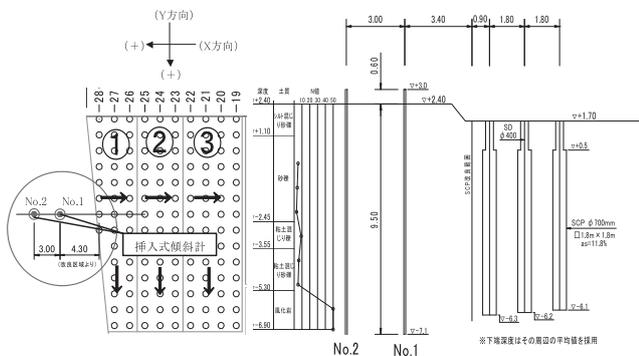
図一 11 振動レベルの距離減衰図

本工法の振動レベルは，離間距離 2 m で 50 dB 程度であり，振動規制基準値 75 dB を大きく下回る。また，SCP 工法に比べ相対的に 40 dB 程度低く，人体にはほとんど感じないレベルである。

(c) 地盤変位

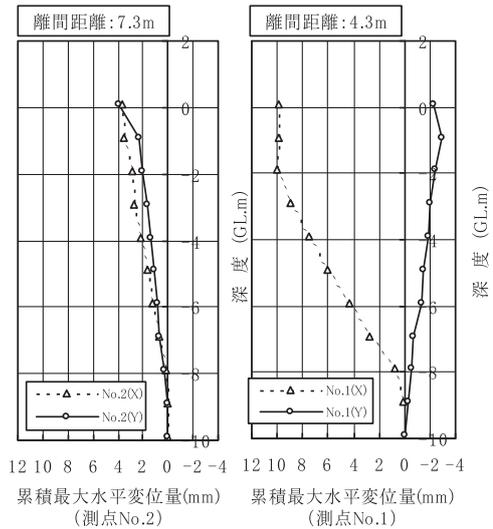
本工法による周辺地盤への影響を把握するため，改良区域境界から 4.3 m (No.1) と 7.3 m (No.2) の 2 地点に挿入式傾斜計用観測管を埋設し，水平地盤変位を計測した。対象地盤は $F_c = 12 \sim 30\%$ 程度の砂質土，打設長は 8 m 程度，打設配置は正方形 1.8 m である。

図一 12 は観測位置平面図および断面図であり，合わせて平面図には施工順序を加筆した。施工は①ブロックから③ブロックの順で進捗しており，各ブロックの打設順序を図中の矢印で示した。水平変位量は，この①～③ブロックで日々発生する水平変位の累積値で評価した。



図一 12 観測位置平面図および断面図

図一 13 は，累積最大水平変位量の深度分布図である。この結果から概ね変位の影響範囲は打設長程度と



図一 13 地盤変位の計測結果

見ることができる。また，水平変位の影響範囲（水平）は，従来の密度増大を改良原理とする SCP 工法や類似工法と同等程度であると評価できる。

6. おわりに

本工法は，平成 20 年 1 月に技術審査証明を取得し，現場への本格的な導入を図って 2 年程度であるが，その特徴を生かした成果が得られつつある。

今後，更なる実績の積み重ねにより，品質や施工性の向上を図る所存であり，特に杭芯強度とインナースクリュートルクの関係を明らかにすることが顧客への信頼度を高めるとともに，品質の向上に寄与するものとする。

J C M A

《参考文献》

- 1), 3) (社)地盤工学会：打戻し施工によるサンドコンパクションパイル工法設計・施工マニュアル，p110 および p98，平成 21 年 3 月
- 2) (社)日本建築学会：実務にみる地盤改良工法の技術的諸問題，p95，平成 11 年 10 月

【筆者紹介】

森 利弘 (もり としひろ)

株式会社 熊谷組
技術研究所 地盤基礎研究グループ
部長



服部 正裕 (はっとり まさひろ)

日本海工(株)
事業部 技術グループ
次長



羽田再拡張事業 D 滑走路における 管中混合固化処理船団

渡 邊 雅 哉

東京国際空港 D 滑走路建設外工事は、現空港 C 滑走路の約 0.6 km 沖に D 滑走路 (2,500 m × 60 m) および連絡誘導路 (本体幅 30 m × 2 本) の新設と第一航路の移設を行うものである。D 滑走路島の建設エリアは、多摩川河口部に位置し、多摩川の河川流を阻害しないように、埋立と栈橋を組み合わせたハイブリット構造となっている。護岸背面には全埋立土量約 3,800 万 m³ の約 15% にあたる約 570 万 m³ を山砂よりも軽量のセメント固化処理土 (管中混合固化処理土 490 万 m³, 軽量混合処理土 80 万 m³) を使用し、護岸断面のスリム化、沈下量の低減、浚渫土砂の有効利用を図っている。

固化処理土工は、D 滑走路外周護岸前面の床掘部の浚渫土、第一航路の移設により発生する浚渫土、他事業からの提供される浚渫土を原料土として有効利用しており、平成 20 年 10 月から着工し、平成 21 年 11 月の 1 年間に渡って施工を行った。本稿では、本工事における管中混合固化処理土の施工内容および管中混合固化処理船団の特徴に関して紹介する。

キーワード：空港，埋立，固化処理土，管中混合

1. はじめに

東京国際空港 (羽田空港) は、国内空港ネットワークの基幹空港であり、増加する航空需要に対して、その空港処理能力は既に限界に達している状況にある。再拡張事業は、D 滑走路、国際線地区の旅客ターミナル、貨物ターミナル、エプロンの各整備事業で構成されている。このうち、D 滑走路整備事業は年間の発着能力を現在の 29.6 万回から 40.7 万回に増強するために、新たに 4 本目の滑走路を整備する事業である。

本事業で整備する D 滑走路の計画図を図 1 に示す。D 滑走路を支持する基盤施設は、埋立法と栈橋工法を組み合わせた構造である。多摩川河口域については、通水性を確保するため栈橋構造としている。滑走路の延長は 2,500 m、計画高は第一航路を航行する船舶との干渉を避けるために、第一航路側端部で A.P. + 17.1 m (最高点)、多摩川側端部で A.P. + 15.0 m となっている。既往の海上空港に比べ、計画高さが非常に高いことが特徴である。なお、D 滑走路と現空港は連絡誘導路で接続する。

また、施工期間が約 3.5 年と非常に短くこれまでに類のない大量急速施工が要求されていることも本事業の特徴である。

埋立部は軟弱な粘性土層が A.P. - 20 m ~ A.P. - 60 m の約 40 m の層厚で厚く堆積しており、水深 A.P. - 20 m

の大水深の海域に、非常に高い盛土を短期間で施工する必要がある。護岸背後の盛土高が高いことから護岸の安定性の向上のため、護岸前面の軟弱な粘性土層を床掘・置換し、床掘により発生した粘性土をセメント固化処理して護岸背面に軽量盛土材 (管中混合固化処理土) として使用する構造としている。

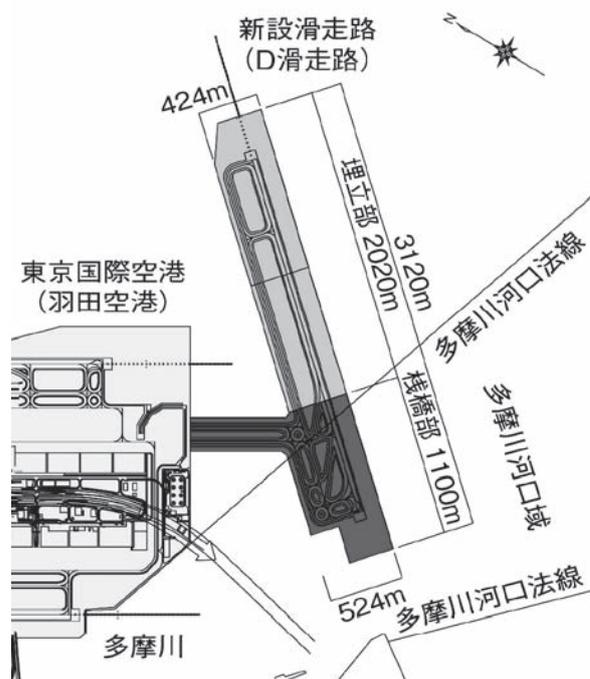


図-1 D 滑走路の計画図

2. 羽田 D 滑走路の管中混合固化処理工

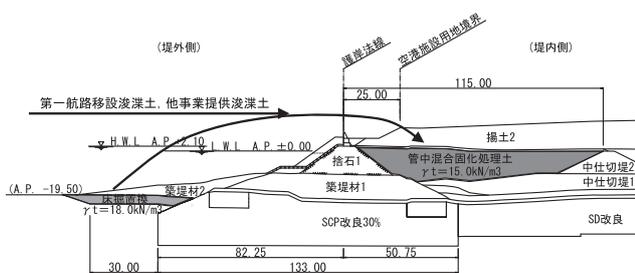
埋立護岸は、護岸下部に改良率 30%の低置換 SCP、護岸背後の埋立部に SD 改良を採用しており、盛土荷重による圧密沈下および原地盤の強度増加を確認し、護岸全体の安定性を確保しながら施工を進めている。

図一 2 に埋立部における管中混合固化処理土を採用した傾斜堤護岸の断面図を示す。

管中混合固化処理土（以下、管中処理土）を採用することは、埋立柱材で多く利用されている山砂（単位体積重量 18 kN/m^3 程度）に比べて、管中処理土が $14 \sim 15 \text{ kN/m}^3$ 程度と軽い地盤材料となり、残留沈下を抑える効果がある。また、浚渫土を固化処理によって粘着力を高め、高強度化することで構造物に作用する土圧を低減させる効果もある。管中処理土を護岸背面に軽量埋立材料として有効利用することで、地盤改良幅の縮減、ケーソン断面の縮小、沈下量の低減を可能としている。さらに、護岸前面を在来地盤より単位体積重量の大きな岩ズリで床掘置換することで、円弧滑りに対するカウンター効果を持たせた設計となっている。

当工事の管中処理土に使用する原泥は、護岸前面の床掘および第一航路の移設により発生する浚渫土と他事業から提供される浚渫土を有効利用している。

その他、羽田 D 滑走路における管中混合固化処理土の施工・設計・品質管理等に関しては、別途報告している文献^{2,5)}を参照されたい。



図一 2 傾斜堤護岸断面図

3. 管中混合固化処理工法

管中混合固化処理工法¹⁾は、浚渫土をリサイクル材料として有効利用した固化処理工法であり、空気圧送にて軟弱土を輸送する際に固化材を添加し、空気圧送管内で発生するプラグ流による乱流効果を利用して軟弱土と固化材を混練する工法である。既存の空気圧送設備を利用して固化材の添加装置を追加するのみで対応可能で、大容量急速施工が可能であり、埋立地の早期利用が可能である。

管中処理土の施工フロー図を図一 3 に示す。施工は、以下の流れで管中処理土を製造・埋立を行う。

① 浚渫・運搬

床掘、第一航路、当局提供土より浚渫された原泥を土運船で各船団の空気圧送船まで運搬する。

② 解泥・揚土・圧送（空気圧送船）

土運船内の浚渫土砂をスタビラーザイ付バックホウで均一に解泥して揚土する。必要に応じて加水を行いポンプ圧送するとともに、圧縮空気を注入し空気圧送を開始する。

③ 固化材添加（固化材供給船）

固化材は、固化材供給船からセメントスラリー（セメント+海水）でライン添加方式で固化材を添加する。当工事では、高炉セメント B 種を使用した。

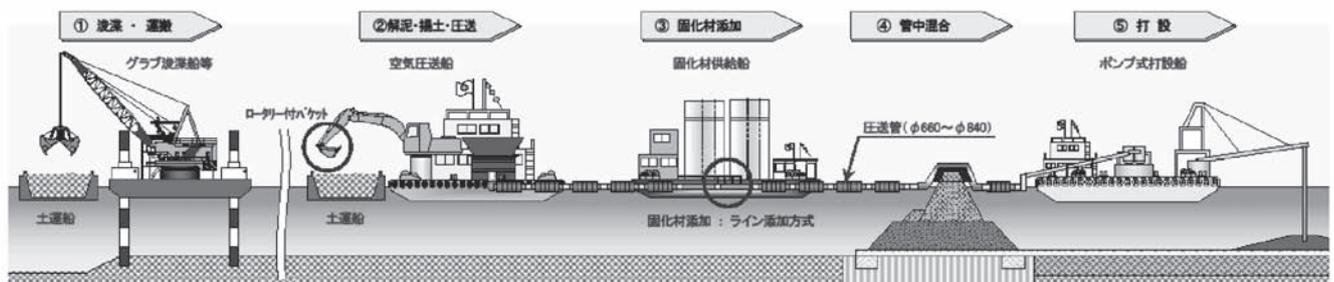
④ 管中混合（圧送管）

管中工法の特徴である圧送管内の乱流効果を利用して浚渫土砂と固化材を均一に混練りする。

（4. 1）混練原理参照

⑤ 打設（ポンプ式打設船）

圧送された処理土は、減勢装置で空気と処理土に分離し再度、圧送ポンプにて処理土を所定の埋立場所にポンプ打込み方式にて打設する。



図一 3 管中混合固化処理工法の施工フロー

4. 管中混合固化処理工の作業船

(1) 羽田 D 滑走路の管中固化処理船団

羽田 D 滑走路工事の管中混合固化処理工は、1 船団あたり、打設能力 $1,000 \text{ m}^3/\text{hr}$ クラスの空気圧送船、固化材供給船、ポンプ式専用打設船で構成され、3 船団で施工を行った。

作業船の特徴として、打設場所の最大水深が -10 m 程度と深いため、水中打設時の材料分離等の品質低下を防止するために、すべての打設船をポンプ圧送式とし、筒先を打設処理土の中に挿入したまま打ち上げ、海水が混入しない打設方法を採用している。また、空気圧送船のバックホウにはスタビライザー（解泥機）を搭載し、浚渫土の解泥および含水比等の土質を均一化する時間を大幅に短縮している。羽田 D 滑走路工事で使用した管中混合固化処理船団構成を表一に示す。

表一 管中固化処理船団一覧表

船 団	管中船団①	管中船団②	管中船団③
船種・船名	空気圧送船「博洋」	空気圧送船「TOTRAⅢ」	空気圧送船「風神丸」
船体寸法	L60m×B22.8m×D5.1m	L65m×B26m×D4.5m	L60m×B26m×D3.5m
バックホウ	EX-1800 1台 9.7m ³	EX-1800 2台 9.4m ³	EX-1100 2台 5.12m ³
公称能力	1,000m ³ /h	1,000m ³ /h	1,000m ³ /h
船種・船名	固化材供給船「SEAGULL」	固化材供給船「CP-3600」	固化材供給船「龍田丸」
船体寸法	L55m×B21m×D2.5m	L60m×B21m×D4.5m	L50m×B20m×D4.0m
サイロ容量	500t×2基	1,200t×2基	1200t
受入能力	70t/h×2基	300t/h×2基	350t/h
移送ホップ	40m ³ /h×4基	50m ³ /h×4基	40m ³ /h×4基
船種・船名	打設船「関翔」	打設船「野分」	打設船「第77扇栄」
船体寸法	L58m×B22.4m×D5.1m	L60m×B25m×D3.5m	L65m×B26m×D4.5m
打設ポンプ	500m ³ /h×2基	550m ³ /h×2基、250m ³ /h×1基	550m ³ /h×2基、250m ³ /h×1基
公称能力	1,000m ³ /h	1,000m ³ /h	1,000m ³ /h
施工管理	GPS船位システム 測深機(オートレド)	GPS船位システム 測深機(オートレド・レーザープロファイナ)	GPS船位システム 測深機(オートレド・レーザープロファイナ)

(2) 空気式圧送船の特徴

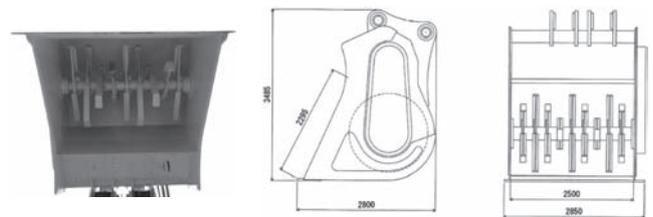
揚土・圧送する前に、空気圧送船に装備された揚土用バックホウのスタビライザー（解泥機）で、土運船内の浚渫土を解泥し、含水比等の土質を均一にした。

当工事において、初めて、空気圧送船にスタビライザーを搭載したバックホウによる解泥を採用した。空気圧送船「博洋」の約 10 m^3 バケットに搭載したスタビライザーは、国内でも最大級のサイズになる。9 枚の攪拌翼を備え最大 80 rpm で回転する。写真一に空気圧送船「博洋」、写真二および図一に博洋に搭載されたバケットを示す。

満載排水屯数 $3,525 \text{ t}$ 、全長 60 m の空気圧送船「博洋」は、圧送能力 $1,000 \text{ m}^3/\text{h}$ および圧走距離 $3,000 \text{ m}$ を可能とする油圧ポンプおよびコンプレッサを備えた国内最大級の空気圧送船である。



写真一 空気圧送船「博洋」



写真二、図一 博洋に搭載されたバケットスタビライザー

(3) 固化材供給船の特徴

国内最大級の固化材供給船「SEAGULL」は、 $40 \text{ m}^3/\text{h} \times 5$ 基を備えたスラリープラントと $500 \text{ t} \times 2$ 基のセメントサイロを装備した、圧送中の管内浚渫土に固化材を注入する固化材供給船である。写真三に固化材供給船「SEAGULL」を示す。



写真三 固化材供給船「SEAGULL」

固化材供給船「SEAGULL」は、浚渫土と固化材を十分に混練するために定量的に固化材を添加することを目的とした Pipe-Mixing 工法の設備を設置している。

(4) ポンプ式専用打設船の特徴

写真四に示す「関翔」は、圧送能力 $1,000 \text{ m}^3/\text{h}$ の油圧式圧送ポンプを搭載したポンプ式専用打設船である。長さ 60 m の旋回式スプレッダーと水深 10 m の打設に対応できるように先端部分に 15 m のゴムスリーブを当工事に用い、艦装した。また、GPS による打設位置管理システムおよび打設深度を把握するためのオートレドを搭載している。

固化処理土の水中打設時の材料分離等の品質低下を防止するためにポンプ圧送式を採用している。GPS より筒先の深度を把握し、オートレドで打設処理土

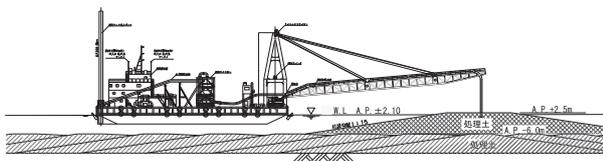
の高さを確認して筒先が常に打設処理土の中に挿入したまま打ち上げ、海水が混入しない打設方法を採用している。



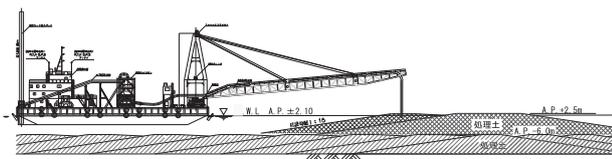
写真—4 ポンプ式専用打設船「関翔」

固化処理土の打設は、外周護岸と埋立部側の中仕切堤に挟まれた約 100 m の幅を横方向にスイングしながら打設計画天端 AP + 2.5 m まで打ち上げて、打設船を後進しながら打設を行った。図—5 に打設手順を示す。

①管中（上部）打設高AP+2.5mまで横方向にスイングして打設



②管中（上部）打設高AP+2.5mまで打設後、後退して再打設



図—5 打設手順

写真—5 は、打設後の固化処理土の写真を示す。

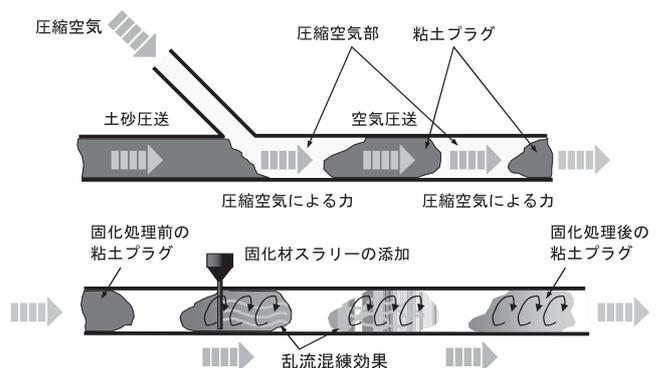


写真—5 打設後の固化処理土

5. セメント添加方法

(1) 管中混合の原理

図—6 に混練原理を示すとおり、浚渫土を空気圧送する際、空気圧送中の管内では浚渫土と圧縮空気の混相流であるプラグ流が発生する。粘性土のプラグ流は乱流効果となって圧送されているため、粘土プラグは形成と変形を繰り返している。この粘土プラグに固化材スラリーを添加すると、乱流効果によって、粘性土と固化材を十分に混練することができる。



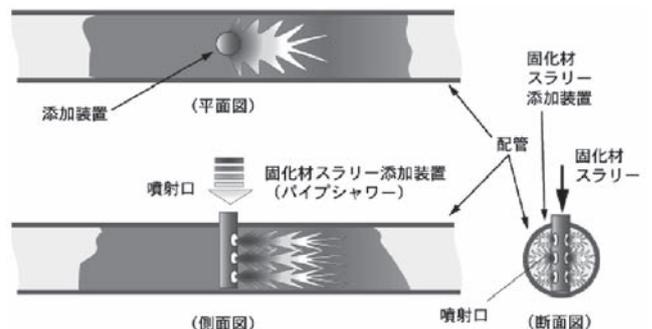
図—6 混練原理

(2) Pipe-Mixing 工法

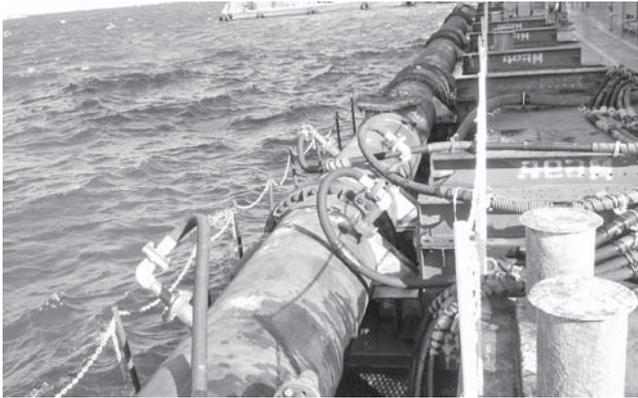
Pipe-Mixing 工法とは、粘性土と固化材を均一な混練効果を上げるための「パイプシャワー式固化材添加システム」、「プラグ検知式定量添加システム」「配合管理システム」を総称した工法名です。

(a) パイプシャワー式固化材添加システム

固化材スラリーの噴射孔を多数備えたパイプを圧送管に複数設置し、粘土プラグ内部へ固化材スラリーを直接添加させる。プラグ内へ直接添加することで、混練固化を高める。図—7 にパイプシャワー式固化材添加システムおよび写真—6 に実際の圧送管に設置されたパイプシャワーを示す。



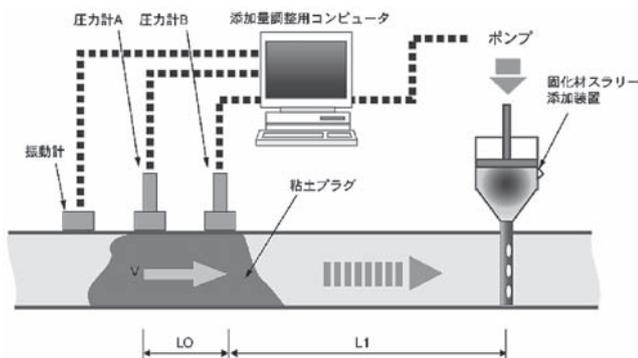
図—7 パイプシャワー式固化材添加システム



写真一六 実際の圧送管に設置されたパイプシャワー

(b) プラグ検知式定量添加システム

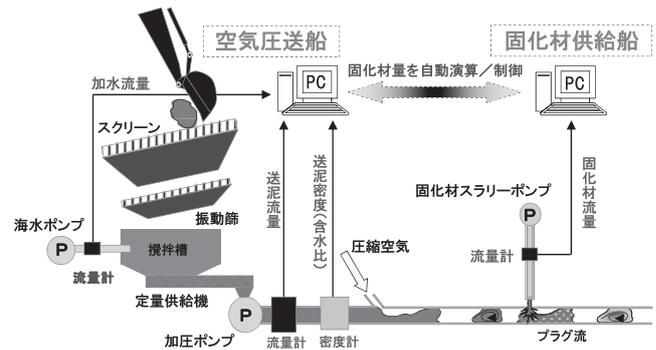
図一八にプラグ検知式定量添加システムを示す。空気圧送船より送られた粘土プラグを振動計と圧力計により検知する。次に、コンピュータによりプラグの流速とプラグ量を計算で求め、プラグが添加装置に到達する時間を予測し、通過するときにプラグ量（土量）に見合った固化材スラリーを添加するシステムである。定量の固化材スラリーを添加するので、品質（強度）のバラつきを小さくすることができる。



図一八 プラグ検知式定量添加システム

(c) 配合管理システム

空気圧送船にて送泥した湿潤密度を連続計測して湿潤密度から W : 水分量 (含水比) を割り出す。事前配合試験より求めた設定強度に必要な処理土の W/C (水セメント比) が一定となる固化材添加量 (C) を求め、プラグ検知式定量システムから算出されたプラグ量 (V) に必要な固化材量 ($C \times V$) を添加するための自動演算・制御する配合管理システムを利用している。配合管理システムで、送泥された土量内の水分量変化に対応することができる。



図一九 配合管理システム

6. おわりに

今回、羽田再拡張事業 D 滑走路における管中混合固化処理船団の一部を紹介した。管中固化の施工は、平成 21 年 11 月に完了し、12 月時点で工事全体の約 9 割が完了している。平成 22 年 8 月竣工、10 月の開港に向けて、今後より一層の安全第一を心掛け、無事故で完成を迎える所存である。

JCMIA

【参考文献】

- 1) 沿岸技術研究センター：管中混合固化処理工法技術マニュアル（改訂版），2008.7
- 2) 大和屋隆司・御手洗義夫・渡邊雅哉・野口孝俊：羽田再拡張事業 D 滑走路建設における管中混合処理工の設計と計画，第 44 回地盤工学研究発表会，2009.8
- 3) 居場博之・御手洗義夫・大和屋隆司・渡邊雅哉・原田勉：羽田再拡張事業 D 滑走路における管中混合固化処理工—その 1 事前配合試験結果—，第 44 回地盤工学研究発表会，2009.8
- 4) 渡邊雅哉・御手洗義夫・大和屋隆司・村岡宏昭：羽田再拡張事業 D 滑走路における管中混合固化処理工—その 2 現場配合と施工状況（中間報告）—，第 44 回地盤工学研究発表会，2009.8
- 5) 御手洗義夫・大和屋隆司・渡邊雅哉・西川優輝：羽田再拡張事業 D 滑走路における管中混合固化処理工—その 3 現場強度（中間報告）—，第 44 回地盤工学研究発表会，2009.8

【筆者紹介】

渡邊 雅哉 (わたなべ まさや)
五洋建設(株)
羽田再拡張 D 滑走路建設工事共同企業体
護岸・埋立 (I) 工区



羽田再拡張事業 D 滑走路における 軽量混合処理土船団

大和屋 隆 司・川 辺 克 明

軽量混合処理土は、高含水比の浚渫土に気泡や発泡ビーズなどの軽量材とセメントを混合することで軽量化と強度増加を同時に期待する材料として利用されている。我が国の港湾工事で、気泡混合処理土（Super Geo-Material：以下、SGM）が本格的に実工事で使用されたのは、1995年の阪神淡路大震災で被災した神戸港の復興事業であり、それ以来、本工事に適用されるまでの総打設量は、約52万 m^3 に達している（2009年3月まで）。本工事では、埋立／栈橋接続部護岸背面に約79万 m^3 のSGMを2009年5月末～11月末の約半年間の短期間で施工する、これまでにない大量急速施工での工事が行われた。本報告は、羽田D滑走路建設外工事において適用された気泡混合処理土の施工内容および軽量混合処理土船団の特徴に関して紹介する。

キーワード：軽量混合処理土、軽量混合処理土船、軽量化材、気泡

1. はじめに

東京国際空港D滑走路建設工事の埋立部外周護岸背面には沈下抑制と護岸安定性の向上を目的とし、山砂より軽い管中混合固化処理土を使用している。さらに、埋立／栈橋接続部背面においては、鋼管矢板井筒への土圧の低減と沈下量の更なる軽減を図るため、より軽量の軽量混合処理土を使用している。この軽量混合処理土を施工するため、護岸外の現空港側と沖側に計2船団の軽量混合処理土船を配置した（図-2）。軽量混合処理土は、その船内にて調整土（密度調整した浚渫土）に固化材と気泡を添加混合して製造し、打設場所まで船内のポンプで圧送し、打設地点で打設装置を吊ったクローラークレーンにて打設した。

軽量混合処理土の原料土となる浚渫土は、浚渫場所によって土質等が異なるため、土質の変化に応じて配合（調整土密度、固化材添加量、気泡添加量）を選択

し、品質を保持しながら製造・打設を行った。

2. 工事概要

(1) 施工期間

自：平成21年5月末
至：平成21年11月末

(2) 施工数量

軽量混合処理土工の計画施工数量を表-1、主要設備配置図を図-1に示す。

表-1 計画施工数量

配合	密度	一軸圧縮強度	数量	備考
水中	11.5 kN/m ³	200 kN/m ²	38 万 m ³	
気中	10 kN/m ³	200 kN/m ²	41 万 m ³	
合計			79 万 m ³	

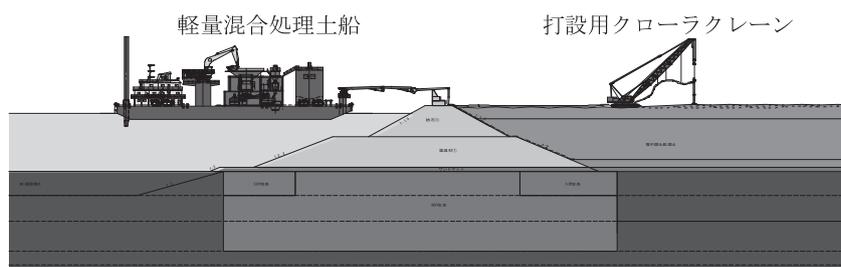
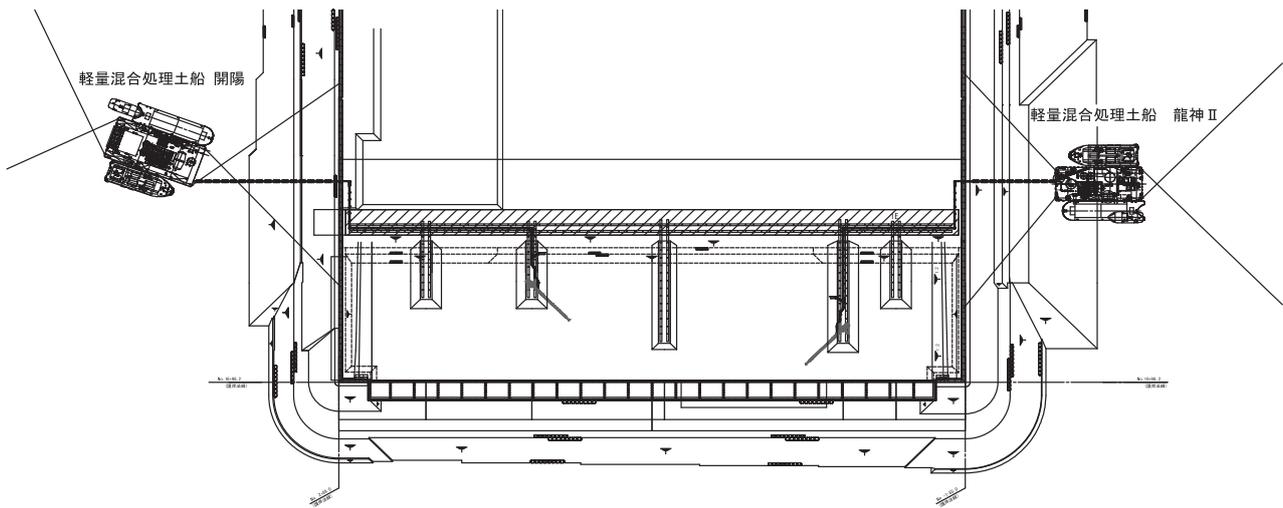


図-1 主要設備配置図



図一 2 施工状況図

本工事は、過去に例のない大量急速施工（半年で79万 m^3 ）である。本工事以前の軽量混合処理土の総施工実績を遙かに凌ぐ数量であり、1日当たりの施工数量（水中3,100 m^3 ／日、気中3,400 m^3 ／日、いずれも1船団当たり）も過去最高のものとなった。

上記の大量急速施工を可能にするため、軽量混合処理土船を2隻投入し、24時間連続施工を行った。

(3) 施工状況図

施工状況図を図一2に示す。

3. 軽量混合処理土の概要

(1) 概要

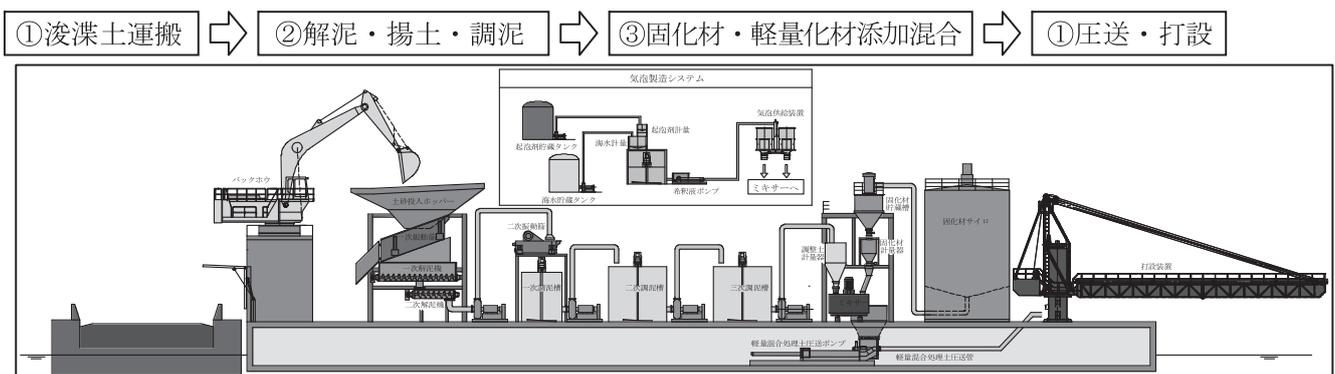
軽量混合処理土とは、浚渫土や建設発生土を原料土とし、軽量化材・固化材を混合し製造する地盤材料である。以下にその特性を示す。

- ・密度：8.0～12.0 kN/m^3 で軽量化材添加量の増減により調整可能。

(2) 施工

軽量混合処理土の施工フローを以下に示す。

- ①浚渫土運搬
浚渫工事より発生した浚渫土を土運船にて軽量混合処理土船まで運搬する。
- ②解泥・揚土・調泥
土運船内の浚渫土をバックホウに装着しているミキシングバケット、一次・二次解泥機にて解泥し、土砂ホッパーに投入する。揚土した浚渫土は振動篩により異物を除去し、調泥設備へ移送され、加水により調泥槽内で適切なフロー値になるように調整する。
- ③固化材・軽量化材添加混合
調整された浚渫土（調整土と呼ぶ）を計量し、混練りミキサーへ送ると共に、固化材（セメント）・軽量化材（気泡）もそれぞれ計量し、ミキサーへ投入し十分に練り混ぜる。
- ④圧送・打設
練り混ぜた軽量混合処理土は配管を通して打設箇所までポンプ圧送され、打設装置にて打設する。



図一 3 施工フロー図



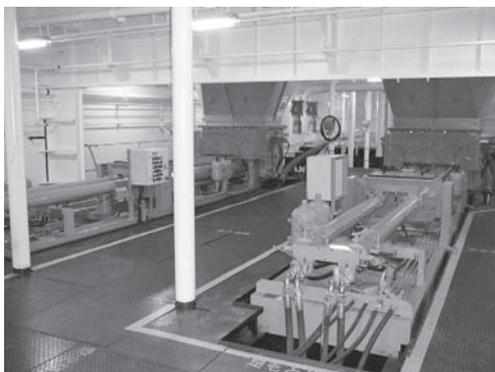
写真—1 解泥・揚土



写真—2 調泥槽



写真—3 混練ミキサー

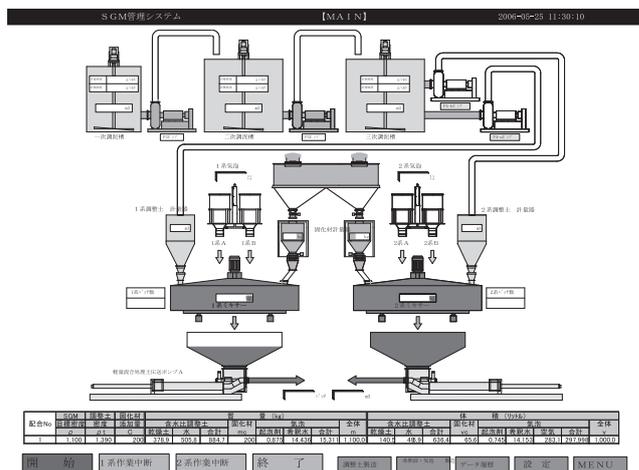


写真—4 圧送ポンプ

(3) 施工管理システム

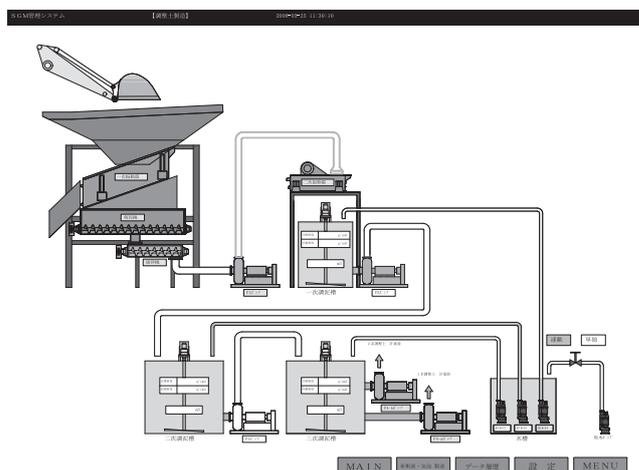
軽量混合処理土の製造管理は、軽量混合処理船ブリッジの施工管理装置により一元管理している。

施工管理装置には、船の製造プラントに設置されている「流量計」「密度計」「圧力計」からリアルタイムで送られてくる計測値を基に、所定の配合での製造となるように自動または手動で調整を行う。



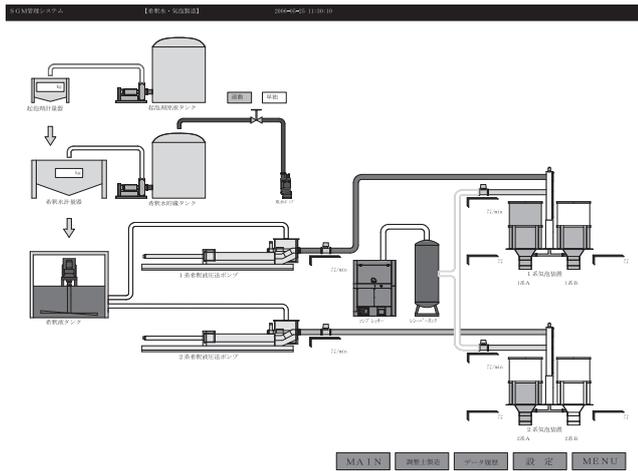
図—4 施工管理装置 MAIN 画面

調泥管理システムでは、密度計により計測した値を基に、適切な密度の調整土となるように自動で加水調整を行っている。調泥設備は1次・2次・3次調泥槽で構成されており、段階的に密度調整を行っている。



図—5 調泥管理システム画面

気泡製造管理システムでは、海水によって所定の倍率に希釈した起泡剤（気泡の材料）と圧縮空気を気泡製造機に通して気泡を製造する。希釈した起泡剤（希釈液）や圧縮空気の流量、圧力を管理して品質の高い気泡を製造している。



図一六 気泡製造管理システム画面

(4) 品質管理

軽量混合処理土は密度管理が重要であり、同じ浚渫場所から発生する浚渫土であっても、土質の違いが製造する軽量混合処理土の品質に影響する。

そのため、土運船で運搬されてきた浚渫土を、本船の品質試験室にて密度試験、フロー試験を行い適切な配合を選ぶことで、製造する軽量混合処理土の品質を確保している。

また、製造した軽量混合処理土を採取し、密度試験・フロー試験を行い、必要に応じて配合を変更するなどして試験結果を製造に反映している。



写真一五 密度試験，フロー試験状況

4. 作業船の概要

軽量混合処理土船「龍神Ⅱ」「開陽」の諸元一覧を表一2に示す。また、写真一6に龍神Ⅱ、写真一7に開陽を示す。

軽量混合処理土船の揚土用バックホウには、浚渫土の粘性が強く、振動篩を通過しないような場合でも、

表一2 軽量混合処理土船諸元一覧

船名	「龍神Ⅱ」	「開陽」
船体寸法	65 m × 26 m × 4.5 m	70 m × 33 m × 4.0 m
公称能力	SGM 360 m ³ /h	SGM 360 m ³ /h
SGM 製造方式	バッチ式	連続式
ミキサー	バッチ式 4.5 m ³ × 2 台	連続式 105 m ³ /h × 2 台 連続式 75 m ³ /h × 2 台
固化材供給機	—	200 kg/min × 4 台
バックホウ	PC-1250 (5 m ³ 級)	PC-1250 (5 m ³ 級)
解泥機	25 m ³ 有効	10 m ³ 有効
一次振動篩	傾斜二床 8' × 16'	傾斜二床 6' × 14'
一次調泥槽	35 m ³ × 1 台	40 m ³ × 1 台
二次振動篩	水平二床 4' × 14'	水平二床 3' × 8'
二次調泥槽	75 m ³	100 m ³
三次調泥槽	75 m ³	100 m ³
セメントサイロ	500 T × 2 台	500 T × 1 台 200 T × 1 台 30 T × 4 台
圧送ポンプ	250 m ³ /h × 2 台	250 m ³ /h × 2 台
発電機	610 KVA × 3 台 125 KVA × 1 台	800 KVA × 4 台 300 KVA × 1 台
空気圧縮機	22 kw × 2 台 37 kw × 1 台	22 kw × 2 台 37 kw × 1 台



写真一六 龍神Ⅱ



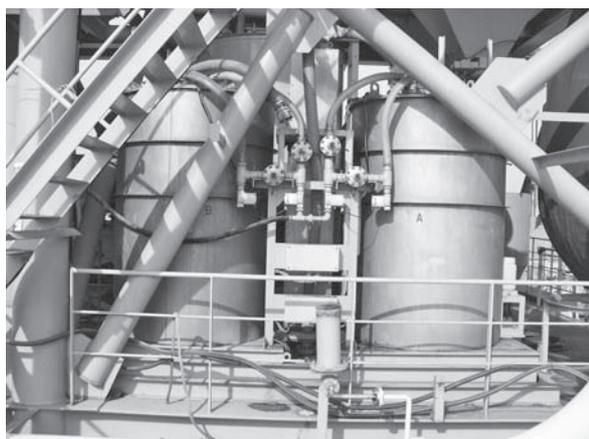
写真一七 開陽

バックホウにミキシングバケットを装着することで、解泥しながら揚土する事が可能となった。これによって、解泥時間の短縮や浚渫土利用率の向上を実現している。また、大量急速施工に対応するために新たに気泡製造設備を開発し、従来より質の高い気泡の製造が可能となった。

写真—8にミキシングバケット、写真—9に気泡製造設備（計量器）を示す。



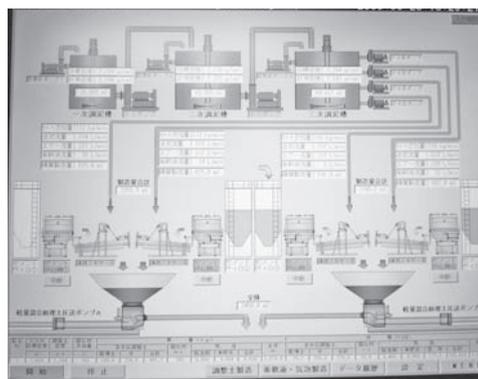
写真—8 ミキシングバケット



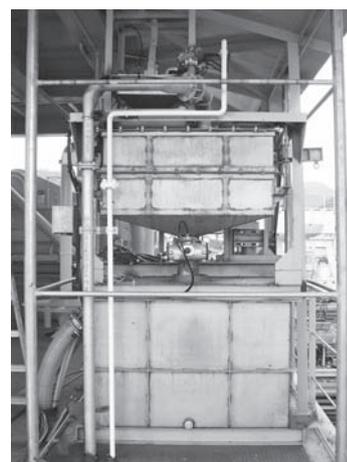
写真—9 気泡製造設備（計量器）

なお、「龍神Ⅱ」「開陽」の両船ともに、軽量混合処理土を製造する設備は、ほぼ自動化されている。とくに、土質バラツキの多い浚渫土から一定品質の調整土を製造する密度調整システムは、一度設定すると自動で目標とする密度まで調整可能になっている。また、気泡の製造も、起泡剤の希釈や発泡において設定した希釈倍率、発泡倍率で気泡の製造を行うことが出来る。

写真—10に施工管理システム画面、写真—11に希釈液製造設備を示す。



写真—10 施工管理システム画面（開陽）



写真—11 希釈液製造設備

5. おわりに

平成21年5月から2船団体制で施工を開始した軽量混合処理土は、11月末に軽量混合処理土79万 m^3 の打設が完了した。平成22年10月に予定されている東京国際空港D滑走路の開港に向け、工事も最終局面となっているが、最後まで気を抜かず安全作業に努める所存である。

JICMA

【筆者紹介】

大和屋 隆司（やまとや りゅうじ）
羽田再拡張D滑走路建設工事共同企業体
護岸・埋立Ⅳ工区
東亜建設工業(株)



川辺 克明（かわべ かつあき）
信幸建設㈱
東日本支社機電部



大水深捨石投入均し船 (KUS-ISLAND)

沖山 禎雄・趙 澈洙・大古利 勝己

大水深捨石投入均し船「船名:KUS-ISLAND (クス・アイランド)」は、韓国の釜山—巨済間 (約 3.3 km) に連絡道路用沈埋函の基礎捨石マウンドを敷設するために開発された捨石投入均し船であり、ジャッキアップ式トレミー台船に GPS を利用した施工管理システムを搭載することにより、船体の位置やトレミー管の位置および高さをリアルタイムに計測するとともに、トレミー管先端部に装着した油圧シリンダーにより大水深においても高い精度での施工管理を可能にしたものである。本工事では、大水深 (−48 m) においても施工精度 ± 40 mm で捨石マウンドを施工することに成功し現在も稼働中である。

キーワード：基礎捨石マウンド、捨石投入、捨石均し、作業船、大水深

1. はじめに

KUS-ISLAND は、韓国の釜山—巨済間 (約 3.3 km) に連絡道路用沈埋函の基礎捨石マウンドを敷設するために開発された大水深捨石投入均し船である。

本船はジャッキアップ式トレミー台船に GPS を利用した施工管理システムを搭載することで、船体位置および施工中に移動するトレミー管の位置と高さをリアルタイムに管理するとともに、トレミー管先端部の高さも油圧シリンダーにより自動調整することで大水深においても高い施工精度 (± 40 mm) での施工を可能にした。

なお、KUS-ISLAND は、韓国の殷聖基礎建設(株)との共有船であり、実験段階から本施工に至るまで共同で開発・改良を行っている。

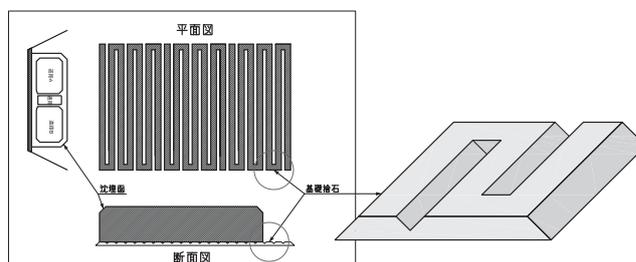


写真—1 捨石投入均し船 (船名: KUS-ISLAND)

2. 開発の背景

従来の水中部への捨石均し作業は、作業船による捨石投入の作業と潜水士による捨石均し作業の2段階の

工程が必要であるが、本工事の基礎捨石マウンドは、全面に基礎捨石を敷設する工法ではなく、帯状に敷設し山 (凸部) と溝 (凹部) を造る工法が採用されている (図—1 参照)。

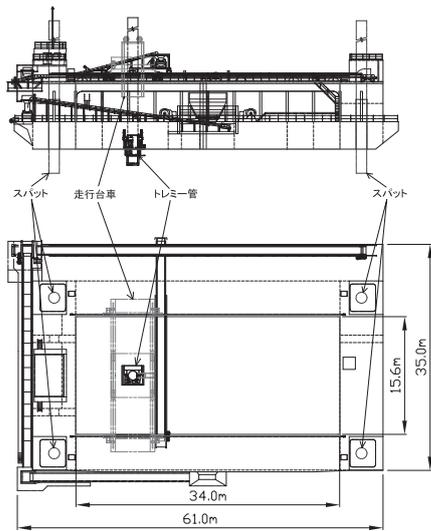


図—1 基礎捨石マウンドの概要

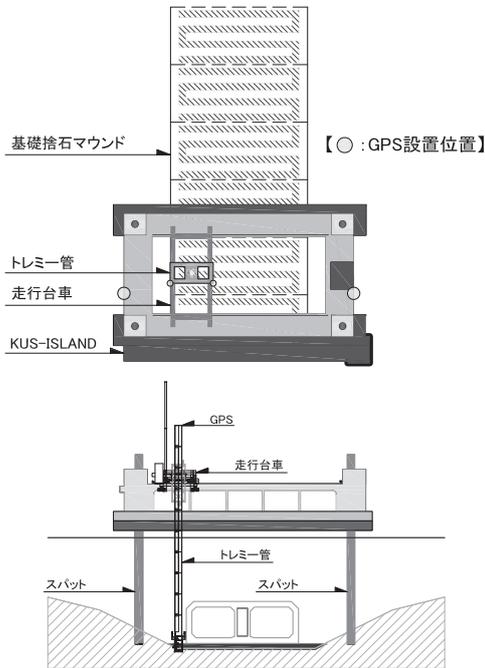
これは、使用材料の削減や工期の短縮を図るとともに、敷設後に多少の不陸が生じても沈埋函据付け時に基礎捨石が凹部に移動しやすいことなどを期待して採用されている。

3. KUS-ISLAND の構造概要

本船は当該工事のために開発された、船体寸法 61 m × 35 m、総重量 2,300 ton の捨石投入均し専用船であり (図—2 参照)、走行台車上に搭載したトレミー管 (φ 1,524 mm) を移動させることで、一度の船体位置決めで船体中央に確保した 530 m² (15.6 m × 34 m) の作業エリアに帯状の基礎捨石を敷設することが可能である (図—3 参照)。



図一 構造概要図 (上: 断面図, 下: 平面図)



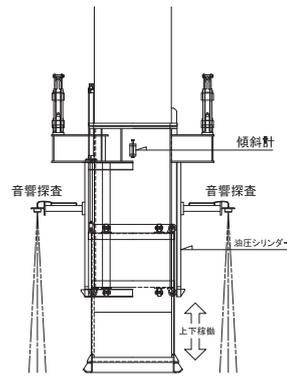
図一 施工イメージ図 (上: 平面, 下: 断面)

4. トレミー管の構造概要

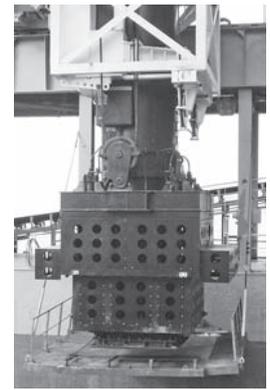
本船の前後と走行台車およびトレミー管上端にはGPSを装備し、本船の位置決めと移動するトレミー管の位置およびトレミー管の高さをリアルタイムに管理している (前項図一 3 参照)。

また、トレミー管先端部に油圧シリンダーを装備し、GPSと連動させ、均し高さをmm単位で自動調整することを可能にしている (図一 4 参照)。

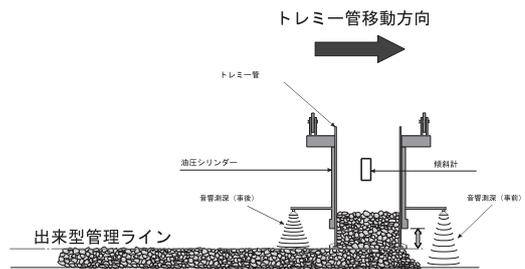
なお、トレミー管下端の吐出口付近には傾斜計および音響測深器を装備し、トレミー管の傾斜および捨石投入前の現地盤の深度と投入後の高さを管理している (図一 5 参照)。音響測深器による高さ管理については、



図一 トレミー管先端部



写真一 トレミー管先端部



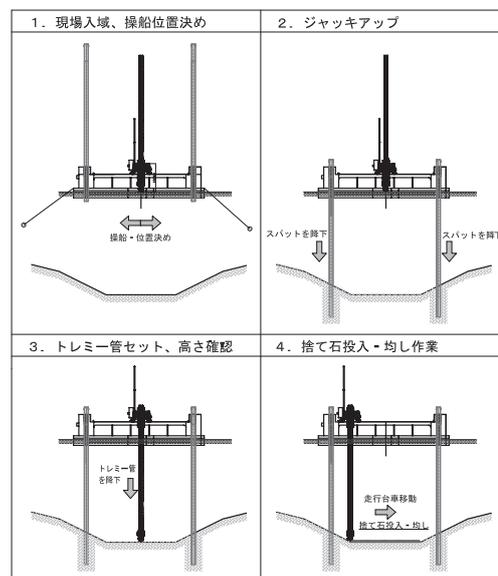
図一 トレミー管先端部イメージ図

施工管理 (施工時の確認) として使用するだけでなく、事前調査や出来形管理 (敷設後の事後測量) としても活用している。

5. 施工概要

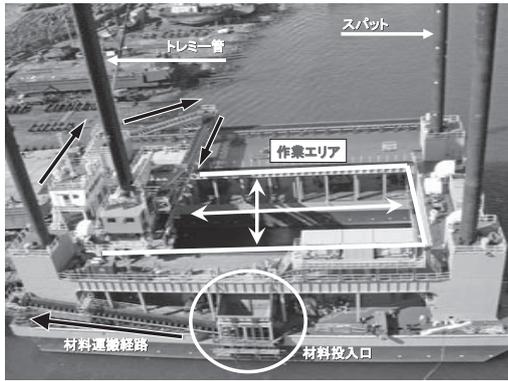
施工現場に入域後、キャリブレーション (機器調整等) を行い、船体およびトレミー管を所定の位置にセットし、運搬船から捨石材料を搬入し施工を行う。

図一 6 に、KUS-ISLAND の施工イメージ図を示す。



図一 施工イメージ図

次に捨石材料搬入から投入までの施工状況を写真で示す。写真—3にKUS-ISLANDの全景を示す。



写真—3 KUS-ISLAND 全景

まずは、施工現場に入域後、キャリブレーション（機器調整等）を行い、船体およびトレミー管を所定の位置にセットし、ジャッキアップする（写真—4参照）。



写真—4 船体位置決め（ジャッキアップ）

次に、材料運搬船から捨石材料をKUS-ISLANDの材料投入口（ホッパー）に搬入する。



写真—5 材料搬入状況

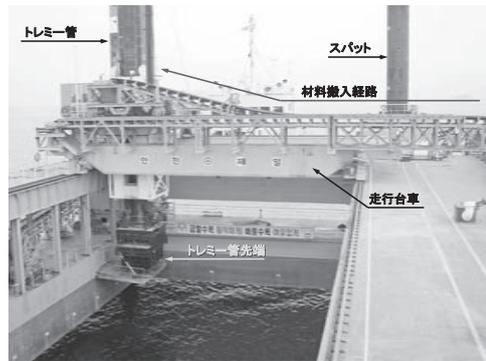
供給された捨石材料はKUS-ISLAND外周に設置されたベルトコンベアを経由してトレミー管へと運搬される。



写真—6 材料運搬状況（ベルトコンベア）



写真—7 材料運搬状況（走行台車）



写真—8 投入均し状況

ベルトコンベアを経由して運搬された捨石材料は走行台車上のトレミー管に供給され海底の所定の位置に投入され均されていく。

6. 適用範囲

表—1にKUS-ISLANDの適用範囲を示す。

表—1 KUS-ISLANDの適用範囲

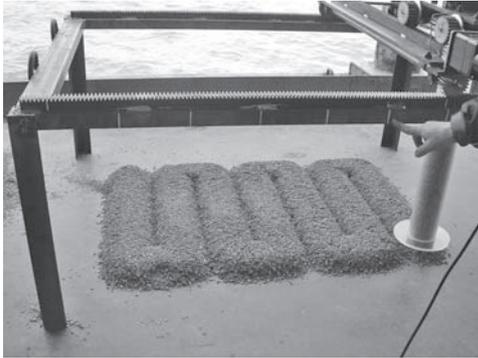
項目	適用範囲	備考
投入均し精度	± 40 mm	
捨石寸法	150 mm 以下	実績 75 mm
施工深度	- 50 m	実績 - 48 m
敷設高さ	1.5 m	段階施工

7. 実験

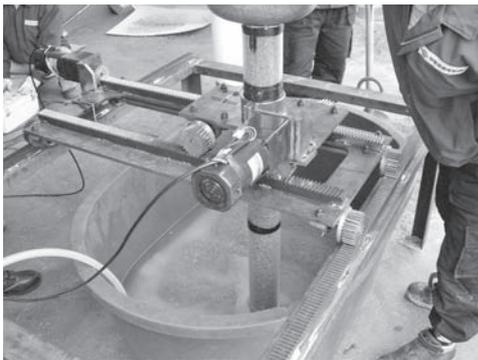
(1) 模型実験

実機を製作する前に、1/250 スケールのアクリル模型を作成し簡易模型実験を実施した。

実施工を考慮して、気中水中で帯状に敷設を行い、良好な結果であることを目視により確認した。



写真—9 模型実験状況（気中）



写真—10 模型実験状況（水中）

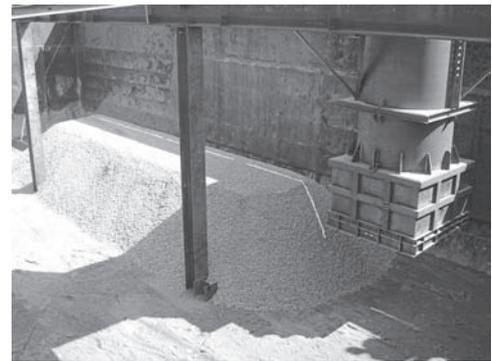
(2) 実機実験

模型実験を踏まえ、実機と同じサイズのトレミー管を製作し、実施工で使用する捨石（最大 75 mm）により実機実験を行った。

敷設する高さや、速度等を調整しながら実験を行い良好な結果であることを目視により確認した。



写真—11 実機実験状況



写真—12 実機実験（敷設状況確認）

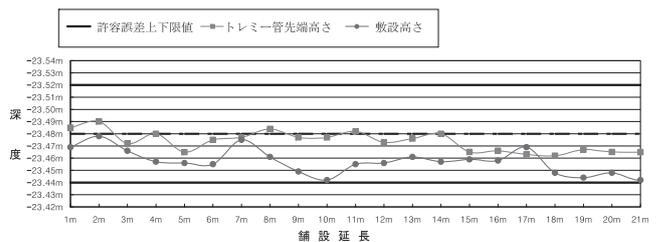
(3) 実証実験

模型実験ならびに実機実験において良好な結果を確認し、2007年12月～2008年1月に本工区内においてKUS-ISLANDでの試験施工を実施した。

表—2 実証実験の概要

項目		備考
施工延長	23～25 m	4%勾配
施工深度	22～24 m	
敷設高さ	80 cm	本施工1～1.5 m
数量	4ライン	
使用材料	75 mm 以下	本施工用の捨石

捨石投入均し後に音響測深により確認を行い、敷設高さの測定を行った結果、 $\pm 40\text{mm}$ 以内で施工が可能であることを確認した（図—7 参照）。



図—7 トレミー管と敷設高さの比較

また、施工中に測定したトレミー管の先端高さと敷設高さの比較を行った。敷設高さは先端位置よりも 20～40 mm 低い結果であった（図—7 参照）。これは捨石の自重による沈下が原因であると考えられたため、実施工においては沈下も考慮してトレミー管先端位置を管理する必要があることが確認できた。

8. 施工管理システム

船体の位置決めは、GPS により目標位置を確認し、

スパットを降ろしジャッキアップを行う。移動精度は $\pm 10\text{ cm}$ で管理することが可能である。



写真—13 ジャッキアップシステム

また、船体誘導およびトレミー管の施工位置と高さを管理するために、GPSと各種センサーを組合せたシステムを使用して施工管理を行っている。



写真—14 施工管理システム

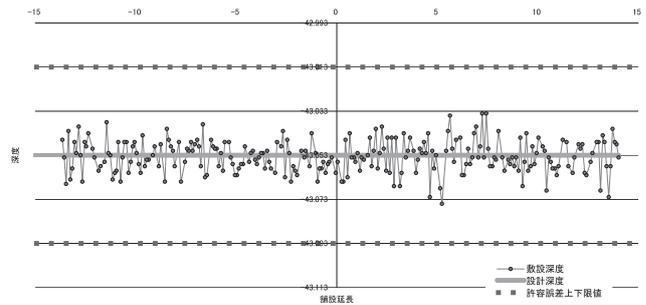
なお、傾斜計や音響測深器のデータも一元管理を行っている。

9. 実施工状況

各種実験を踏まえて、上述の施工管理装置を使用し本施工を実施している。

敷設後の音響測深結果でも $\pm 40\text{ mm}$ の施工精度を確保しており、沈埋函 (L = 180 m, B = 26.5 m, H = 9.97 m) も規定の位置・精度で据付けが行われている。

図—8に事後測量結果の一例を示す。



図—8 出来形確認

10. おわりに

本工事は、2008年1月から本施工を開始し、2009年12月現在で、敷設延長約2,700m (約12万 m^3) の捨石投入均しが完了しており、全18函のうち既に15函の沈埋函の据付けが完了している。

KUS-ISLANDは、大水深 (最大実施深度: -48 m) においても施工精度 $\pm 40\text{ mm}$ で基礎捨石マウンドを施工することに成功し現在も稼働中である。

JCMA

【筆者紹介】

沖山 禎雄 (おきやま よしお)
あおみ建設㈱ 土木本部
釜山作業所
所長



趙 澈洙 (ちょう ちよるす)
殷聖基礎建設㈱【韓国】
常務

大古利 勝己 (おおこり かつみ)
あおみ建設㈱ 地盤改良事業部
技術管理部



DJM 工法（粉体噴射攪拌工法— Dry Jet Mixing）の最新技術

新川直利・安岡伸茂

DJM 工法（粉体噴射攪拌工法— Dry Jet Mixing）は、軟弱地盤中に改良材を粉体のまま供給し、強制的に原位置土と攪拌混合することによって、土と改良材を化学的に反応させて、土質性状を安定なものにするとともに強度を高める工法である。本工法は昭和 55 年に実用化されて以来、施工実績も年々増加し、平成 20 年度までの累計施工件数は 4,800 件を超え、実改良土量も 3,000 万 m³ を超えている。

本稿では、DJM 工法の基本原理を概説し、これまでの適用実績の特徴を紹介したうえで、「環境への配慮」、「コスト縮減」といった建設市場のニーズに対応すべく開発が進められている、DJM 工法の新しい技術について紹介する。

キーワード：地盤改良、深層混合処理工法、粉体噴射攪拌、環境対応、コスト縮減

1. はじめに

DJM 工法（粉体噴射攪拌工法— Dry Jet Mixing method）は、軟弱地盤中に改良材を粉体のまま供給し、強制的に原位置土と攪拌混合することによって、土と改良材を化学的に反応させて、土質性状を安定なものにするとともに強度を高める工法である。

本工法は、建設省総合技術開発プロジェクトの「新地盤改良技術の開発」の一環として、建設省土木研究所（現 独立行政法人土木研究所）と（社）日本建設機械化協会機械化研究所（現 施工技術総合研究所）が中心となって、昭和 52 年から 54 年にかけて開発された技術を基礎として、実用化が進められてきたものである。また、最近では「環境への配慮」、「コスト縮減」といった建設市場のニーズに対応すべく、新たな技術開発も進められている。

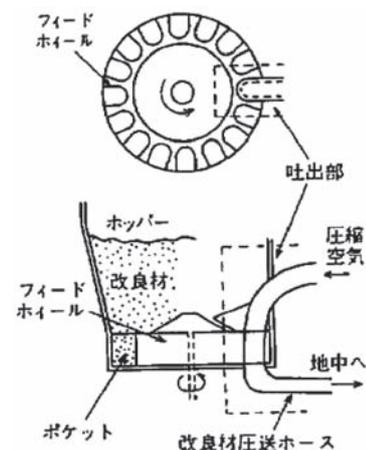
本稿では、DJM 工法の基本原理を概説し、これまでの適用実績の特徴を紹介したうえで、「環境対応型」、「コスト縮減型」の新しい DJM 工法の技術を紹介する。

2. DJM 工法の概要

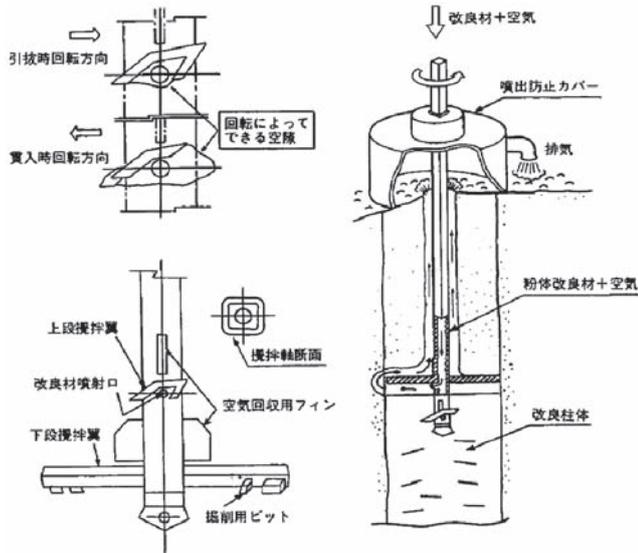
(1) 施工機構の原理

DJM 工法は、圧縮空気搬送による改良材の連続供給技術、土中での改良材と空気の分離と空気の回収技術等の開発によって実用化されたものである。本工法の施工機構の流れとしては、まず、図—1 に示す機

構の改良材供給機により、フィードホイールの円周部にあるポケットに落ち込んだ改良材をフィードホイールの回転によって、吐出部の圧縮空気の流れの中に入れる。次に、改良材供給機において圧縮空気の流れにのせられた粉粒体の改良材を圧送用のホースと攪拌軸中空部を経由して、攪拌軸の付け根部の噴射口から土中に噴射する。攪拌翼の基本的な形状は図—2 に示す構造になっている。翼の回転によって翼背面に空隙が生じ、噴射口からこの空隙部に向かって改良材と空気を噴射し、攪拌翼でミキシングする。改良材を分離して残った空気は、攪拌軸まわりを伝わって上昇し、地上に放出される。なお、空気の地上放出効果を高めることを目的として、攪拌軸の形状は外形を角形にしたものを用いている。



図—1 改良材供給機の機構¹⁾



図一2 攪拌翼形状と施工機構¹⁾

(2) DJM 工法の特長

DJM 工法は、改良材を粉粒体で地盤に供給することから、以下に示す特長を有している。

- ①改良材の種類は、その最大径が5mm程度以下で乾燥状態の粉粒体であれば、セメント、石灰、消石灰、排煙脱硫石膏、鉍砕スラグ、フライアッシュ、あるいは乾燥状態の砂や碎石ダストなど、地盤の性質と改良の目的に応じて、様々な材料が使用できる。また、事前に混合しておけば2種類以上の材料を同時に噴射することもできる。
- ②土質性状と必要強度に応じて、改良材の混合量を自由に選ぶことができる。そのため、有機質土などに対しても、混合量を多くすることにより改良が可能である。
- ③改良材が粉粒体のままであることから、スラリーなどに比べて地盤内に注入する絶対量が少なくすむため、他の深層混合処理工法に比べ、比較的地盤の

盛り上がりや周辺地盤への影響が少ない。

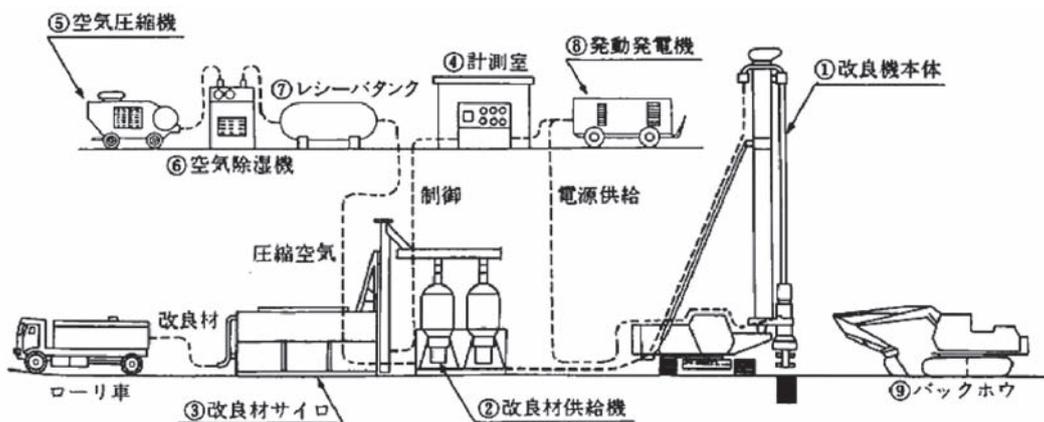
- ④水をまったく使用しないため施工現場をきれいに保つことができる。さらに粉体の搬送に密閉型のシステムを使っているため、粉塵などがなく雨天下でも施工できる。

(3) 施工機械と施工方法

図一3にDJM工法の施工機械の基本構成を示す。同図に示すとおり、施工機械設備は改良機本体と改良材プラント部分に分けられる。改良機本体は地盤中に改良材の供給・攪拌・混合を行うもので、単軸型と二軸型がある。単軸型は簡単なほふく装置を持ったスキッド型、二軸型はクローラー型のベースマシンに搭載されている。DJM工法では、改良径は1,000mm、二軸同時施工(軸間距離:800mm, 1,000mm, 1,200mm, 1,500mm)を標準とし、最大貫入深度は33mまで施工可能である。

図一4にDJM工法の施工手順を示す。まず、改良機本体の位置決めと攪拌軸の鉛直性の確認の後、攪拌軸を回転させながら所定の深度まで貫入する。この際、改良材は噴射させないが、噴射口を詰まらせないために圧縮空気は噴出させておく。これは、貫入に際して貫入速度を早くし、負荷トルクを低減させる効果もある。次に引抜きと改良材の噴射攪拌が併行して行われる。改良材の量の制御は、改良材供給機から送出される改良材の吐出量と攪拌翼の引抜き速度の関係によって決まる。なお、鋭敏比が大きい海成粘土等では、貫入時の攪拌により地盤が泥濘化し、攪拌軸の周辺に空気回収のための空隙が保てない場合がある。このような地盤に対しては貫入時に改良材の全部または一部を噴射する施工方法がとられる場合もある。

図一5にはDJM工法の施工管理項目を示す。本工法では他の深層混合処理工法と同様に、一般に出来上



図一3 DJM 施工機の基本構成¹⁾

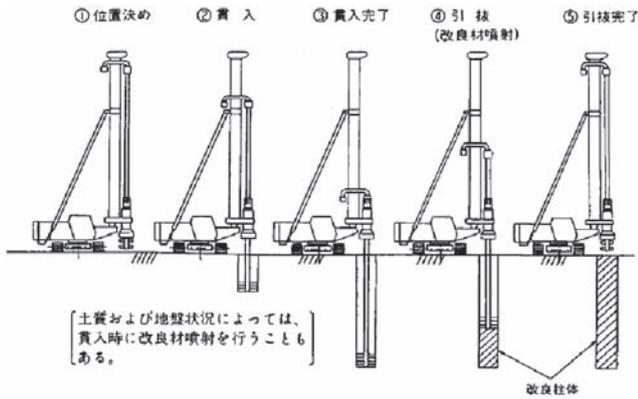


図-4 施工手順¹⁾

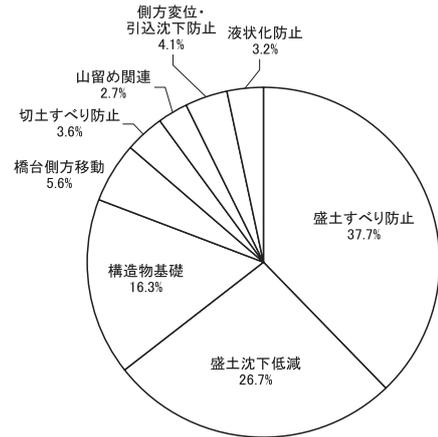


図-6 改良目的別施工件数率

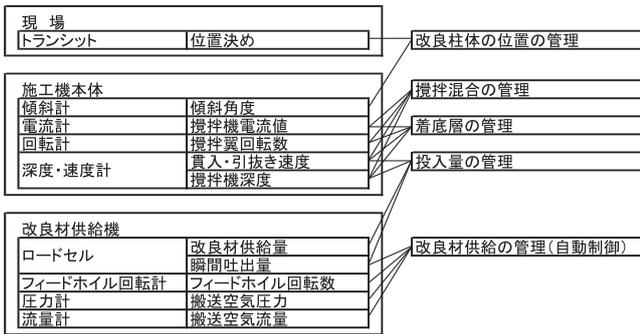


図-5 施工管理項目

がりを直接肉眼で確認しながら施工することができないため、施工管理は計器による確認が主体となる。計測する項目としては、空気の圧力、流量、攪拌翼の回転数、電流値、貫入・引抜き速度および深度、改良材の吐出量等多岐にわたる。

3. DJM 工法のこれまでの施工実績

DJM 工法はこれまで様々な軟弱地盤上の課題に対して適用されてきた。図-6には改良目的別の施工件数率を示す。同図に示すとおり、DJM 工法の改良目的としては、盛土のすべり対策および沈下低減対策が60%以上を占めていることがわかる。また、改良目的の時代変遷をみるために、各施工年代別に改良目的を整理したものを図-7に示す。同図より、主要な改良目的である盛土のすべり、沈下対策が全施工件数に占める割合は60~70%程度と変化はないが、液状化防止目的の件数は、1995年以降増加していることがわかる。これは、1995年兵庫県南部地震において液状化による被害がクローズアップされたことに起因すると考えられる。また、図-8には対象地盤別の施工件数比率を示す。DJM 工法における改良対象土の60%は粘土およびシルトが占めていることがわかる。図-9には改良対象土質別の設計基準強度の実績を

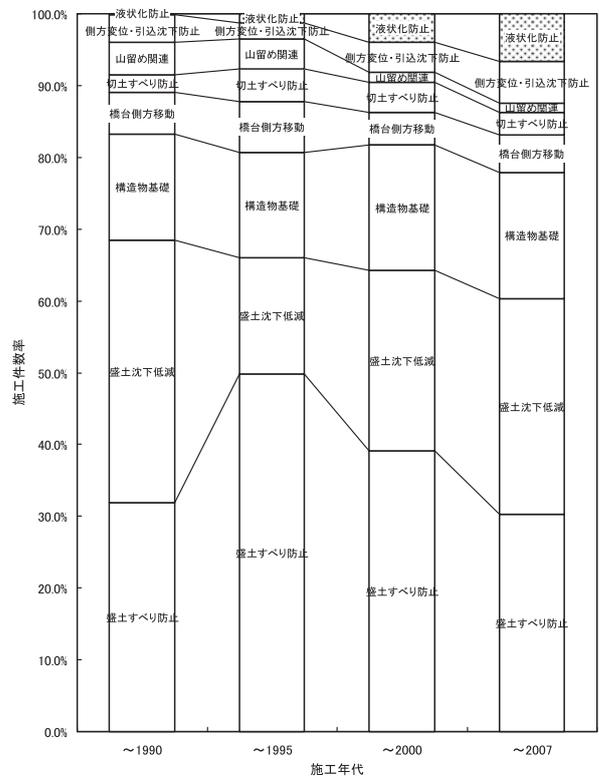


図-7 改良目的別施工件数の時代変遷

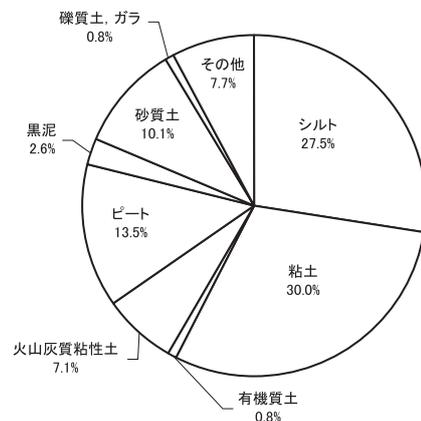
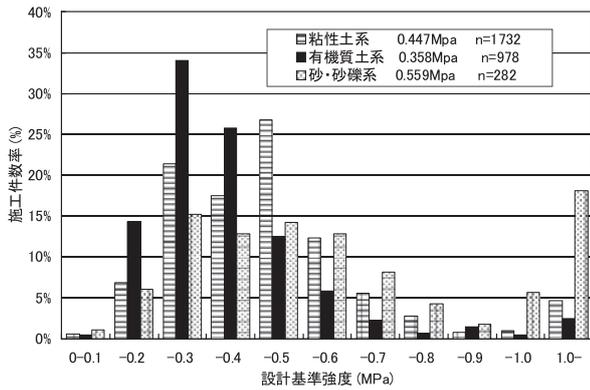


図-8 対象地盤別件数比率



図一9 対象土質別の設計基準強度実績

示す。設計基準強度の平均値は、有機質土系、粘性土系、砂・砂礫系の順に高くなっており有機質土系では0.1～0.4 MN/m²とする例が80%以上を占めている。したがって、改良対象に有機質土系の地盤を含む場合には、設計基準強度の設定には留意する必要がある。

4. 最近の新しい DJM 施工技術

本節では、「環境への配慮」、「コスト縮減」といった建設市場のニーズに対応すべく進められている、DJM 工法の最新の施工技術開発について紹介する。

(1) 拡大径粉体噴射攪拌工法 (EX-DJM 工法)

EX-DJM 工法 (Expanded - DJM) は、従来改良径が1,000 mmであった標準施工機をベースとして、攪拌翼径を1,200 mm および1,300 mm に拡大して大口径の改良体を造成する工法である。改良径の拡大により改良面積が大きくなることから、施工能率の向上、工期の短縮、コストの低減を図ることができる。

表一には標準の改良パターンを、写真一には杭頭部の確認状況を示す。なお、本工法は攪拌翼径の拡大により、処理機の負担が増大するため、その適用に当っては、土質条件や改良仕様等を慎重に考慮する必要がある。

表一 EX-DJM の標準改良パターンの例

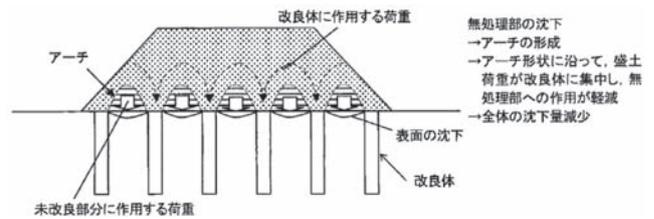
改良パターン	杭式		接円ラップ式
φ1200×2軸	2.26 m ³ /2軸 (1200)	2.17 m ³ /2軸	
φ1300×2軸	2.66 m ³ /2軸 (1300)	2.56 m ³ /2軸	



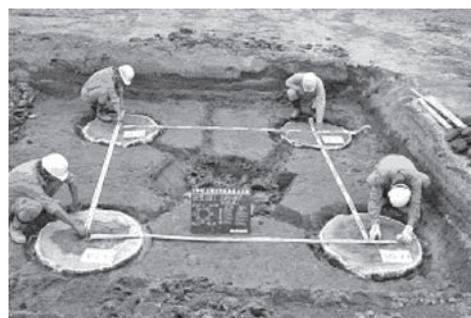
写真一 杭頭確認状況 (φ 1,300 mm)

(2) 高強度・低改良率 (HL-DJM) 施工法

最近の建設市場における「コスト縮減」の流れを受けて、盛土材のアーチ効果を考慮し (図一10 参照)、従来よりも低い改良率 (10～30%) で盛土直下全面に改良体を配置することにより軟弱地盤の圧密沈下低減を図る、低改良率セメントコラム工法 (ALiCC 工法)²⁾ が独立行政法人土木研究所により実用化されている。同工法は低改良率化によりコスト縮減、工期短縮を図ることが可能となる。



図一10 盛土材のアーチ効果²⁾



写真二 HL-DJM 施工例 (軸間2.8m)

表二 改良パターン例

配置	非接円/改良径1,000 mm			
正方形				
	軸間距離 L	2,000 mm	2,300 mm	2,500 mm
改良率 a _p	19.6%	14.8%	12.5%	10.0%

HL-DJM (High strength Low improvement) 施工法とは、ALiCC 工法で要求される高強度・低改良率の改良体配置に対して、二軸施工機で効率的に施工ができる代表的な施工法であり、1,600 mm 以上 3,000 mm 以下の軸間距離での施工が可能である。

(3) 変位低減型 (RD-DJM) 施工法

変位低減型施工法 (RD-DJM Reducing Displacement-DJM) とは、従来施工機のように攪拌軸の付け根部の噴射口から改良材を外側に噴射するのではなく、攪拌翼外縁に吐出管を配置し内向きに吐出する。この内向吐出翼を用い、さらに翼軸も含めた攪拌軸に特殊なフィンをつけることで、従来機より空気回収の効率化を図り、施工工程での周辺地盤変位の低減を図る工法である。

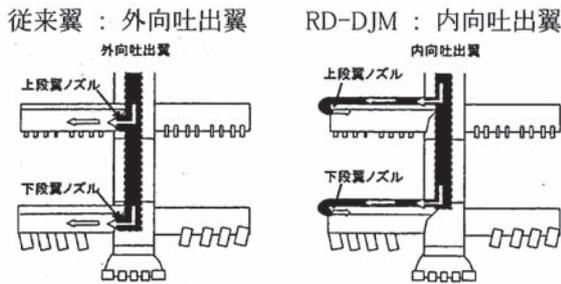


図-11 外向吐出翼と内向吐出翼 (概念図)

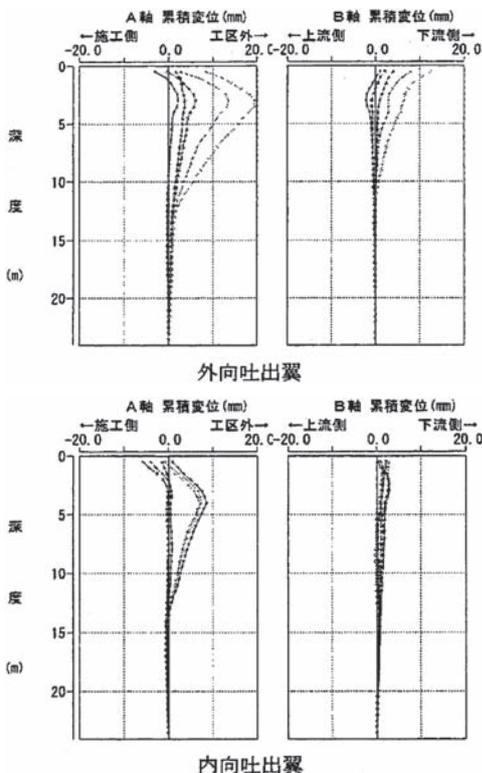


図-12 地中変位測定事例³⁾

図-12 には、単軸施工機を用いて行われた、外向吐出翼と内向吐出翼の変位低減効果の確認試験結果³⁾を示す。改良域から 3.0 m の位置に設置された地中傾斜計の測定結果によると、従来の外向吐出翼の最大変位 20 mm に対し、内向吐出翼では 8 mm 程度であり、1/2 ~ 1/3 程度に変位を低減できることが確認されている。なお、これらの結果は単軸施工機におけるものであり、今後は通常二軸施工機を用いた内向吐出翼の効果およびフィンの効果等の確認試験を実施する予定である。

5. おわりに

本稿では、DJM 工法の概要と DJM 工法に関する最近の新しい技術開発について紹介した。DJM 工法は昭和 55 年に実用化されて以来、施工実績も年々増加し、平成 20 年度末までの累計施工件数は 4,800 件を超え、実改良土量も 3,000 万 m³ を超えている。近年では、「環境への配慮」、「コスト縮減」といった建設市場に求められるニーズもますます厳しくなっており、従来技術を応用した新しい技術開発への取り組みが、今後さらに必要になると考えられる。

JCMA

《参考文献》

- 1) DJM 工法研究会：DJM 技術マニュアル，(2006)
- 2) 独土木研究所編：地盤改良のための ALiCC 工法マニュアル，(2007)
- 3) 武田：内向吐出翼による空気回収向上と地盤変位低減，DJM セミナー'03，pp.33-41，(2003)

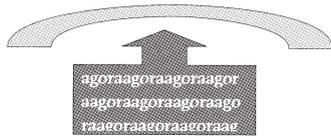
〔筆者紹介〕



新川 直利 (しんかわ なおとし)
DJM 工法研究会
技術委員会 幹事



安岡 伸茂 (やすおか のぶしげ)
DJM 工法研究会
事務局長



高レベル放射性廃棄物の地層処分

—事業概要及び安全な事業推進に向けた技術的取り組み—

窪田 茂

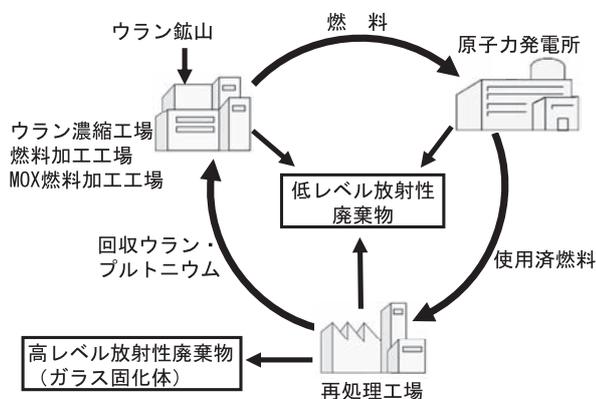
近年の地球温暖化問題への対策として、世界的に原子力発電の重要性は高まっています。また、エネルギー資源に乏しいわが国では、原子力発電で使用した燃料を再処理して再利用可能な燃料を取り出す原子燃料サイクルの確立が国の方策として進められてきました。この原子燃料サイクルにおいても一般の社会活動と同様に廃棄物が発生します。2000年に制定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（特廃法）」により、原子燃料サイクルから発生する高レベル放射性廃棄物は地下300mより深い安定な地層中に処分することが決まり、併せて事業を行う主体として原子力発電環境整備機構（NUMO）が設立されました。ここでは、地層処分事業の概要と、安全な事業推進に向けた技術開発等の取り組み状況について紹介します。

キーワード：原子燃料サイクル、放射性廃棄物処分、地層処分、多重バリアシステム、事業スケジュール、概要調査、精密調査

1. 地層処分事業の概要

(1) 原子燃料サイクルと放射性廃棄物

原子力発電所で使用した燃料を再処理して、再び燃料として利用するウランやプルトニウムを取り出す際に、放射能が高い廃液が発生します。この廃液を取扱いやすく安定した形態にするため、ガラス原料と混ぜて高温で溶かしステンレス製の容器に入れて固めたものが高レベル放射性廃棄物（ガラス固化体）です。併せて、再処理等のプロセスから放射能が低い低レベル放射性廃棄物が発生します（図—1）。



図—1 原子燃料サイクルで発生する放射性廃棄物

(2) 地層処分による放射性廃棄物の隔離

ガラス固化体の放射能は、時間とともに減衰するも

のの長く残存するため、数万年以上の超長期にわたって人間の生活環境から隔離する必要があります。また、低レベル放射性廃棄物の一部には、半減期（放射能の量が半分になるまでの時間）が長く、ガラス固化体と同様に超長期にわたって人間の生活環境から隔離する必要があるものが含まれています（以下、「地層処分低レベル放射性廃棄物」）。このため、人間が超長期にわたって関与しなくても安全に隔離できる手段として、地層処分を行います。この方法は原子力発電を行っている諸外国でも共通的に採用されています。わが国では、2000年に制定された特廃法（2007年改正）により、高レベル放射性廃棄物及び地層処分低レベル放射性廃棄物を地下300mより深い安定な地層中に処分することが定められています。

なぜ、地層処分という方法が選ばれたかという点、地下深くの地層の特徴に由来します。地下深くの地層の特徴が放射性廃棄物の処分に適している理由として、以下のことが挙げられます。

- ①地表に比べて人間活動や自然現象の影響を受けにくいこと
 - ②地下深部には酸素がほとんど存在しないため、金属が錆びるなどの化学的な反応が起こりにくいこと
 - ③地下水の動きが極めて遅いため、仮に放射性物質が地下水に溶け出したとしてもほとんど動かないこと
- このような地下深部の特徴を活用し、地層処分における安全性は、地層（天然バリア）が本来的に備えて

いる物質を閉じ込める機能に加えて、人工的な障壁（人工バリア）を組み合わせた多重バリアシステムにより確保され、放射性廃棄物を超長期にわたって人間の生活環境から隔離できるのです。

高レベル放射性廃棄物の地層処分における多重バリアシステムの構成を図-2に示します。ガラス固化体は、将来的に地下水と接触しても、放射性物質を地下水に溶けにくくする役割を担います。ガラス固化体は、オーバーパックという厚い金属製の容器に封入されます。腐食反応が極めて緩慢な環境条件下においてオーバーパックは、ガラス固化体が地下水と接触する時期を著しく遅らせる役割を担います。また、オーバーパックと岩盤の間には、ベントナイトと呼ばれる粘土質の緩衝材が充填されます。この材料は、水を極めて通しにくい性質を持っており、地下水と放射性物質の移動を遅らせる役割を担っています。これら3つのバリアが、人工バリアと呼ばれるものです。



図-2 多重バリアシステムの例¹⁾

(3) 地層処分場の施設構成

地層処分場は、総延長が200 kmを超えるトンネル群と地上施設より構成されます (図-3)。これは、ガ

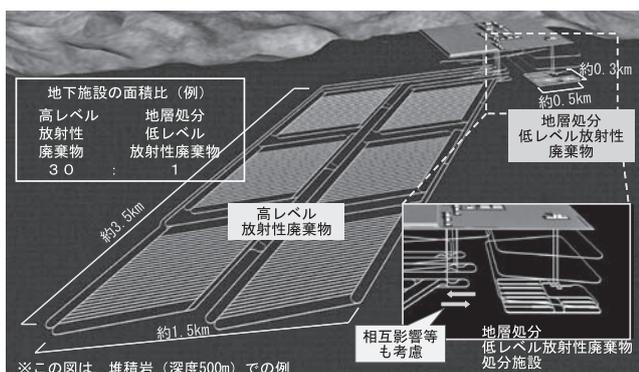


図-3 地層処分場のイメージ

ラス固化体を4万本処分できる施設規模です。また、地層処分低レベル放射性廃棄物についても、地上施設の共有、地質環境情報の共有といった効率性の観点から、高レベル放射性廃棄物処分場から適切な離隔を確保して併置することを基本として検討を進めています。

地層処分場の特徴として、高レベル放射性廃棄物の場合は、初期の発熱が大きいので人工バリアが温度上昇によりその期待される性能に有意な影響がないように、ガラス固化体を1本ずつ分散して処分します。このため、地下坑道は、断面は小さいものの延長が長く、処分場の平面的規模が大きくなります。この際、図-4に示すように、ガラス固化体を水平坑道内に定置する方法、水平坑道から処分孔という縦穴を掘削してそこに定置する方法を選択肢として考えています。一方、地層処分低レベル放射性廃棄物の場合は、発熱が小さいので収納効率を考慮し、比較的大きな断面の地下坑道内に集積して処分します。このため、処分場の平面的規模は、高レベル放射性廃棄物の場合と比べて小さくなります。

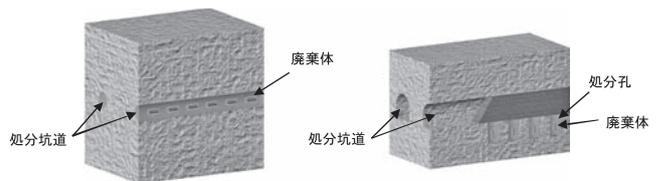


図-4 処分方法のオプション¹⁾

地上施設のイメージを図-5に示します。ガラス固化体の受入・封入・検査施設、緩衝材の製作・検査施設を始め、地下施設の建設・操業・閉鎖に必要な施設等から構成されます。地下施設の建設に伴い、多量の掘削ズリが発生しますので、それらの仮置場も必要になります。

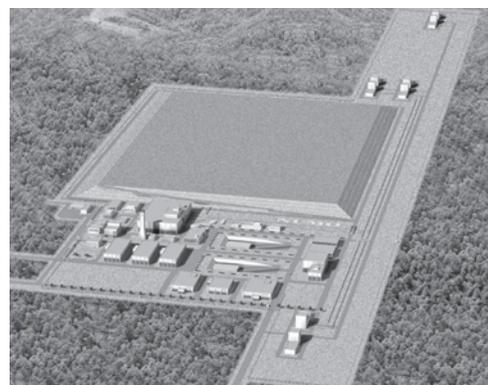


図-5 地上施設のイメージ²⁾

(4) 段階的なサイト選定と事業の全体スケジュール
地層処分による安全性は、多重バリアシステムにより確保することを述べましたが、火山活動や断層活動

などによって処分場が直接破壊されるような可能性がある場所は避けなければなりません。このため、特魔法では、処分施設建設地の選定の手順、要件等が規定されています。選定の手順は、以下の3段階を踏まえて、その都度安全性を確認し、不確実性を低減させながら進めていきます。

①文献調査段階（概要調査地区選定段階）

文献などの既存の情報を調査し、地震や火山などの自然現象による著しい影響がなく、将来にわたってそれらが起こる可能性が少なくと見込まれることを確認した上で、「概要調査地区」を選定します。

②概要調査段階（精密調査地区選定段階）

ボーリング調査や物理探査などの地表からの調査を行い、坑道の掘削に支障がないことなどを確認した上で「精密調査地区」を選定します。

③精密調査段階（最終処分施設建設地選定段階）

地下に調査施設を建設し、岩盤調査、地下水調査などの精密な調査に加えて実証試験などを行い、最終処分施設の設置に適していることを確認した上で「最終処分施設建設地」を選定します。

このように、処分施設建設地の選定を段階的に20年間程度かけて行い、建設・操業・閉鎖までの全事業期間は約100年にも及びます(図-6)。このことから、地域の方々の自主的な判断を尊重することとし、第一段階の調査を行う候補地を全国の市町村を対象に公募中です。

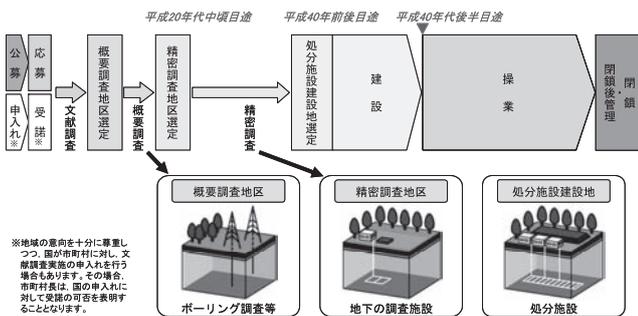


図-6 処分事業のスケジュール

2. 安全な事業推進に向けた技術的取り組み

地層処分に関する研究開発については、1970年代半ばより、国の研究開発機関において開始され、1999年には「わが国における高レベル放射性廃棄物の技術的信頼性」がまとめられ、これによって日本において地層処分は十分な信頼性をもって可能であることが示されました。これを受け、2000年に特魔法が制定され、実施主体としてNUMOが設立され、日本の地層処分

は研究の段階から事業の段階へと移行しました。

地層処分技術のさらなる安全性、信頼性の向上を目指して、NUMOと国および関連研究機関において引き続き研究開発が行われています。

国および関連研究機関では、処分事業や安全規制の基盤となる技術の確立を目指した研究開発（基盤研究開発）を進めています。基盤研究の一例として、深地層の研究施設などにおいて、現在は主に精密調査の実施にむけた研究開発が進められています(図-7)。

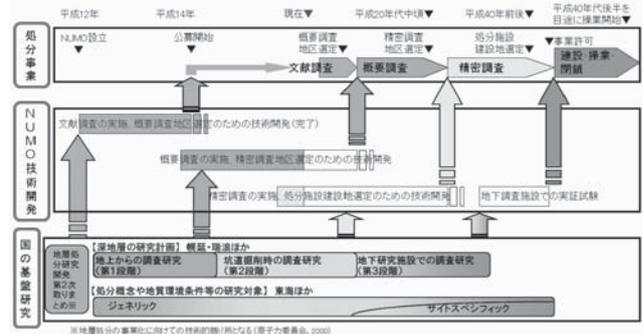


図-7 処分事業の技術開発スケジュール

NUMOでは、図-7に示したように、処分事業は長い期間をかけた3段階の調査を経て処分施設建設地を選定することとなっていることから、適切なタイミングで成果が得られるように、段階的に技術の整備を行っています。

実施主体設立後は、まず、最初のステップである概要調査地区選定に向けて技術開発を進め、この段階に必要な技術の整備を完了しています。現在は、次のステップである精密調査地区選定に向けて、基盤研究開発の成果を踏まえた概要調査技術の高度化・実用化・体系化を行うとともに、概要調査段階において行うボーリング調査技術の実証などを行っています(図-8)。

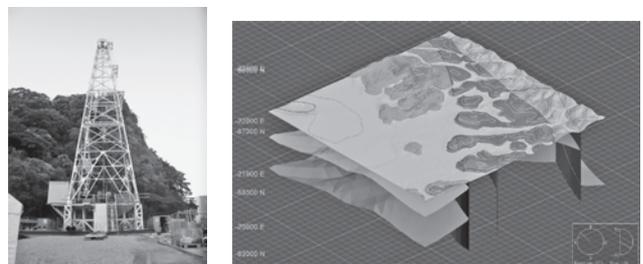


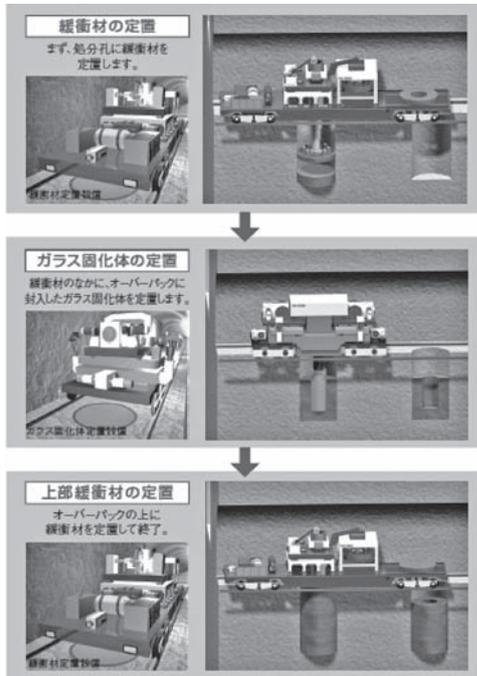
図-8 概要調査技術の実証例(左:ボーリング調査,右:地質環境モデル)

また、地層処分場の建設段階以降の将来を見据えた技術開発も着実に進めています。図-9は、ガラス固化体の定置のイメージを示したものです。先に述べましたように、処分方式(横置, 縦置)によって定置方法は異なりますが、いずれの方式でもガラス固化体、

その周囲を覆うオーバーパック，緩衝材を地下の坑道内に適切に収納する必要があります。これらの技術については，現在は基盤研究開発で要素試験などが行われています。サイト選定の最終段階では，地下調査施設の坑道を用いて，実規模・実環境下において定置技術などの実証を行う予定です。

NUMOでは，設立10年を迎える2010年度に，安全な地層処分を実現するための技術の進展状況を取りまとめた技術レポートを作成し，公表することとしています。

JCMA



図一〇 ガラス固化体の定置方法（豎置方式の例）²⁾

《参考文献》

- 1) 原子力発電環境整備機構，高レベル放射性廃棄物地層処分の技術と安全性，2004
- 2) 原子力発電環境整備機構，処分場の概要，2009

【筆者紹介】



窪田 茂（くぼた しげる）
 原子力発電環境整備機構
 技術部 処分技術・性能評価グループ
 課長

ずいそう

“紫式部は何でお尻を拭いたか？”



阿部新治

この難題は、私にとってはクソ真面目なテーマである。今から15年程前にイギリスのワイルズという数学者が300年間以上も解けなかった「フェルマーの大定理」という難問を解いて世界の数学界を驚かせた。小生にとって表題の難問は「フェルマーの大定理」でありライフワークの1つである。

この難題の答としてはいくつか考えられる。①お尻を拭かなかった。②ワラや木のヘラなどで拭いた。③紙で拭いた。④水で洗った。⑤麻などの布で拭いた。

本論に入るまえに、そもそもウンコとは何なのか。人間のウンコは健康状態等によって左右されるが、おむね水分70～80%、腸内細菌の死骸10～25%、食物の食べカス10～15%、その他8%であるようだ。そして、人間は何故“尻を拭くのか？”，排便したあとで尻を拭く動物を人間以外に見たことが無い。おそらく人間が2足歩行であること、股関節の直上部に肛門があること、そして糞に塩分があり少なからず臭うため、お尻に付くと不快になることが理由であろう。

以前に登山をしたとき雉打ち（野糞）の後に紙で拭いたが、完全に拭ききれないため、便の塩分により股ずれが生じて大変な目であったのを記憶している。

その点、鶏も犬も猿も尻を拭かない。肛門が股関節から離れていて股ずれを起こさないからであろう。

小生がトイレに興味を持ったのは、今から20年以上も昔のことである。東京駅近くのブックセンターで何気なく手にした本に表題の小見出しがあった。確か「人糞地理学」教授の異名を持つ慶應義塾大学名誉教授の西岡秀雄氏が著した本ではなかったかと記憶している。西岡教授は仙台生まれでトイレ協会名誉会長でこの道の重鎮である。

本題に入ろう。まず、股ずれの理由から考えると、答えとして①は可能性が低いと思われる。もしこのテーマが「紫式部」でなく「吉永小百合」であれば答えは③と簡単だ。また庶民であれば②であったろう。しかし、紫式部となると話が複雑になる。紫式部は生没年が不明だが、西暦1000年前後に生きていた人間であることは源氏物語や紫式部日記などから推察され

ている。

一方、日本で庶民が紙をトイレットペーパーとして使用しはじめたのは江戸時代頃からで、それも都会を中心に使用されたにとどまり、地方の庶民は「ワラ」、「葉っぱ」、「ちゅうぎ」などと呼ばれる「木片」を使用していたらしい。それほど紙は貴重品であったと思われる。

紙はもともと中国で発明された。粗雑な紙は紀元前にも製造されていたが、文字が書けるような滑らかな紙は紀元105年に蔡倫が発明したとされている。そして、紙の製造法が日本に伝わったのは紀元610年で、高句麗の僧の曇徴が伝えたと言われている。しかし、製造法が伝わる前に紙自体は日本に輸入されていたと見られる。

12世紀の平安時代に源師時の日記である「長秋記」には大壺紙（今のトイレットペーパー）のことや樋殿（室内トイレ）、樋箱（おまる）のことが記されている。また同じ時代の絵巻「餓鬼草子」には道端で用便の後に使われたと見られる紙片や木片が捨てられている。このことから12世紀の宮中や上流階級では尻拭きに紙を使用していたことが判っている。

インターネットで表題を検索すると、紫式部は用を足した後に本人又は召使が手で拭き、召使が用意した手洗桶の水で手を洗ったということになっている。また、下痢をしている場合は綿や麻などの布で拭いて始末し、貴重な布は再利用したとなっている。

しかし、十二単を着た紫式部が自分でウンコを拭くのは困難であると思われる。だからと言って召使が手で拭くのもウサン臭い。

これらのことから、糞尿法に基づいて総合評価すると“紫式部は用を足した後に侍女が木ベラで後始末をしていた”という技術提案の評価値が最も高いと考えている。

小生もこれまで機会を見つけて色々と調査をしてきたが“糞闘努力の甲斐も無く”今だに落札技術を特定していない。

—あべ しんじ (株)イスマック 東北支店 技師長—

CMI 報告

Deep Mixing 2009 報告

横澤 圭一郎・安井 成豊

1. はじめに

日本は、四方を海で囲まれた島国で、その内の約70～80%が山地や丘陵で占められています。そのため、平野部は海岸に近い大きな河川流域に存在するのが多い傾向にあります。さらに、この限られた平野部も、河川流域や沿岸部を中心に軟弱な地盤が多く堆積した土地となっているため、古くから狭い平野部を広げて耕地面積を広げる目的で、干拓や埋め立て等が実施され、腐植土や有機質土を有する土地が日本各地に存在しています。

日本では、上記のような限られた平野部に都市機能や都市間をつなぐネットワーク機構を構築する必要性から地盤改良が発達してきたものと考えられます。

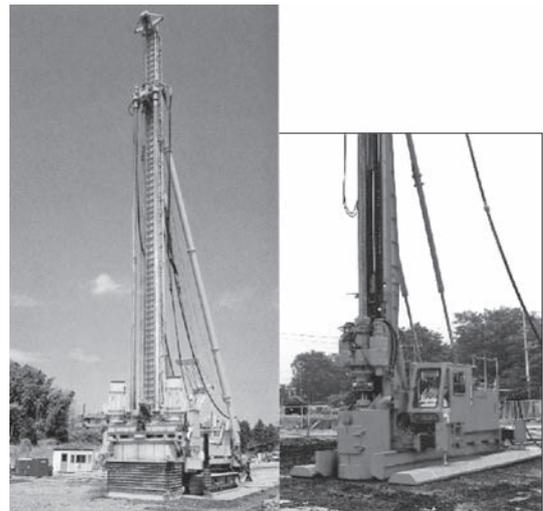
そして、地盤改良のひとつである『深層混合処理工法 deep mixing stabilization method』を土木用語大辞典で調べると以下のような解説がなされています。

(解説文)

地盤改良を目的として地盤の深部を固結する方法。セメント系や石灰系の固化材と改良対象地盤を強制的に混合・攪拌して、円柱状の改良体をつくる。各種構造物の基礎地盤の改良等に用い、連続的に施工すれば、壁状や格子状に接合した形状の改良体も可能である。

したがって、国内においては、当研究所が開発に携わったDJM工法(写真一1参照)に代表される施工機械にて先端部が回転攪拌しながら施工深度数m～数十mの深度に円柱状の地盤改良を施工するというのが思い浮かぶものと思われれます。

当研究所の深層混合処理に関する活動については、以前のCMI報告(平成20年6月号)の中で、2005



〈二軸機〉

〈単軸機〉

写真一1 DJM施工機械の例

年5月23日～25日にかけて開催された深層混合処理国際会議「Deep Mixing'05」とその開催以前の国際的な動向と合わせて御紹介しました。当時の会議は、スウェーデンのストックホルムにおいて開催され、日本の代表的な深層混合処理工法のCDM工法とDJM工法の両研究会がメインパートナーとして参画を依頼され、多数の技術論文を提出・発表するとともに、同時開催された技術展示会にも展示を行い、技術のアピールを行った次第であります。

2. Deep Mixing 2009 の開催

前回2005年の国際会議の最後において、次回開催は、2009年に日本にて行うことが宣言されました。その後、(独)港湾空港技術研究所の北詰研究主監を実行委員会委員長とし、両研究会のメンバーを中心とした運営委員会と学術委員会を立ち上げ、会議開催に向けた動きを行ってまいりました。

当研究所もDJM工法の開発に携わった機関であるとともに、開発後も同工法の技術向上に向けた取り組みを行っており、DJM工法研究会のメンバーとして上記委員会に参画してきた次第であります。

そして、数年間に亘って国際会議の準備(全体プログラムの作成、会議場所の決定、会議HPの立ち上げ、提出論文のチェック、発表者の選定等)を進め、最終的には、下記の開催期間と場所等にて開催し、会議中の運営を行ってまいりました。

「Deep Mixing 2009 Okinawa Symposium」

・期間：2009年5月19日～21日

・場所：沖縄県名護市の万国津梁館

(2000年九州・沖縄サミット開催会場)

・共催：(独)港湾空港技術研究所, CDM 研究会
 施工技術総合研究所, DJM 工法研究会

会議は、下記に示す8つのセッションに分けて行われ、日本を含めた22カ国から計158名の技術者・研究者が集まりました。会議では、開催場所の沖縄の正装であるかりゆしウェアを参加者全員が着用するものとし、通常の国際会議とは異なる趣きで各国の新技术や新たな適用事例など計53件の発表や報告がなされ、会議における質疑応答や晚餐会での歓談等を含め、多くの情報交換が行われました(写真-2~4参照)。

Session1 : National/Regional Reports

Session2 : Projects

Session3 : Laboratory Testing

- International Collaboration -

Session4 : Design of the improved ground

Session5 : Characteristics of Treated Soils

Session6 : New Applications

Session7 : New Technologies

Session8 : Quality Assurance and Control



写真-2 会議会場と主催者メンバー



写真-3 会議発表風景



写真-4 晚餐会アトラクション

今回の国際会議における特徴として、国際顧問委員会委員長の寺師氏を中心に御尽力され、セッション3にて紹介された「国際共同研究」の実施と会議の最後に行われた「パネルディスカッション」が挙げられ、その概要を下記に紹介致します。

1) 国際共同研究

深層混合処理工法 (Deep Mixing) という言葉の下に集まっていますが、各国にて理解されている Deep Mixing という定義は先に示した日本のものと同じではなく、日本では浅層混合処理工法に含まれるものや連続地中壁工法として扱われているものなども Deep Mixing として扱われており、改良体形状も矩形のものも入る形となります。

さらに、工事を行う際の調査方法から設計方法および施工管理方法 (チェックボーリングの有無やその他の貫入試験の適当等) の全てに対して各国にて手法や細かいルール (配合試験におけるサンプル作成方法や養生温度や時間等) が異なるものとなっています。

そのため、今回の国際共同研究においては、各国にて実施されている方法を調査するとともに、各国の研究機関等で世界各国で実施されている各種手法にてそれぞれの改良対象土を用いて同じ試験を行い、相互の試験結果の評価分析をして、会議の中で国際共同研究成果として発表された次第であります。

このような取り組みは、今後ますます活発となるであろう国際的な工事を円滑に進める上で大きな意味を持つものと思われまます。

2) パネルディスカッション

全セッション終了後、次回2014年までの5年間に、各国が協調してどのような取り組みを行うべきか、どのような取り組みの可能性があるのかを参加各国の代表的な技術者参加によるパネルディスカッションが行われました(写真-5参照)。

対象とする技術範囲としては、深層混合処理を中核



写真—5 パネルディスカッション

としつつ、浅層混合処理や場外処理まで拡大することや、品質保証・品質管理の一環としての室内配合試験法や混合処理プロセスの最適化などが研究ニーズとして挙げられました。

そして、①基準や指針、②原位置試験と室内試験、③各種適用例に関する設計法とモデリング、④安定問題と環境問題に関するデータベース作成といった課題について国際ワーキンググループを設置して、活動を続けていくことが提案され、今後、意見や提案および参加希望等の調整を図っていくことが確認された次第であります。

また、会議後の5月22日には羽田空港のD滑走路拡張工事などの工事現場を視察するテクニカルツアーも行い（写真—6参照）、無事に全ての会議プログラムを終えることができました。



写真—6 テクニカルツアー

会議閉会時において、次回開催時期および開催国として2014年に米国にて会議を行うことが宣言され、再び、数年後にはそれに向けた題材探しと論文作成が始まるものと思われます。

3. おわりに

短い開催期間の中で多くの方に発表していただく機会を設けるプログラムとしたため、会議終了時間が夜7時過ぎまで及ぶ日もありました。しかし、会議自体は最後まで熱心に発表と質疑応答が繰り返され、日本国内で開催した国際会議として成功裏に終えられたものと思います。

これも、深層混合処理工法が単に世界の一部の地域で必要とされた工法から、その適用範囲と用途の拡大と共に、世界の多くの国と地域において必要とされる工法に発展してきたためと考える次第であります。

すでに、海外に向けた展開もされてきておりますが、国内で培ってきた技術をさらに発展させながら、世界に対して活躍の場を上げられるように微力ながら応援する次第であります。

JICMA

〔筆者紹介〕

横澤 圭一郎（よこざわ けいいちろう）
 (株)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



安井 成豊（やすい しげとよ）
 (株)日本建設機械化協会
 施工技術総合研究所
 研究第一部 次長



部 会 報 告

アスファルトフィニッシャの変遷（その8）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 舗装機械変遷分科会

第8章 アスファルトフィニッシャの加熱装置の変遷

アスファルトフィニッシャの加熱装置は主にスクリーンを加熱して、アスファルト合材を敷きならす時になめらかで均一な仕上がり面を得るためのものである。加熱装置には軽油式とプロパンガス（以下LPガス）式また電気式などがあり、以下にアスファルトフィニッシャ誕生当時の加熱方式から現在の加熱方式までを紹介する。

(1) 国産アスファルトフィニッシャの加熱装置

昭和34年頃より各社のアスファルトフィニッシャが出揃ったが、当時の加熱装置は軽油バーナによるものとLPガスバーナによるものがあった。

(a) 軽油バーナ

昭和34年（1959年）に誕生した住友機械工業(株)のHA35や昭和35年（1960年）の新三菱重工業(株)のAF-1は軽油バーナを採用した。図8-1はその後昭和41年（1966年）三菱重工業(株)MF-1に採用した軽油バーナの構造を示す。また写真8-1は軽油バーナを搭載したNF40Bのスクリーンを示す。

当時の軽油バーナは空気を強制的に送るブロウ等も装備されていたが、操作方法は手動式で、先ず電気式のグロープラグを使用し、それが赤熱したら、燃料コックを開いて軽油を噴霧し、火がついたら直ぐにブロウのスイッチを入れるというものであった。燃料が軽油であることもあって、燃焼状態が悪く不完全燃焼で黒煙が出

加熱装置

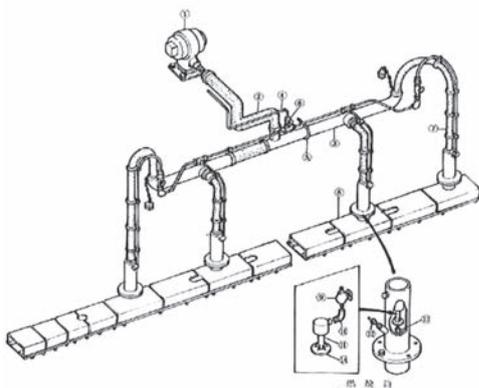


図8-1 三菱重工業(株) MF-1に採用した軽油バーナ

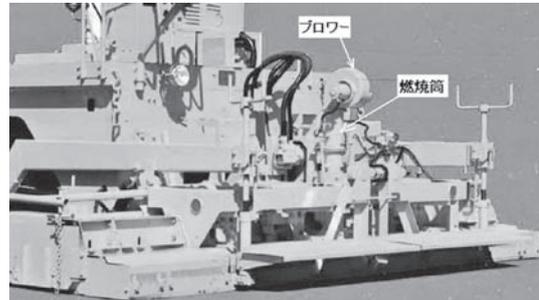


写真8-1 軽油バーナを搭載したNF40Bのスクリーン

易く、スクリーンが黒くすすけていることが多かった。

(b) LPガスバーナ

① LPガス式ラインバーナ

昭和35年（1960年）に(株)新潟鐵工所で初めて作ったNF35はLPガスによるラインバーナと言われるヒータでスクリーンプレートを加熱していた。ラインバーナの構造は図8-2のようにスクリーンプレート上に設けたパイプに小さな穴を沢山開け、その穴からミキサーで空気と混合したLPガスを噴出し、それを燃焼させる構造であった。このバーナはスクリーン内の空気だけで燃焼するため、酸欠になったり、風で消え

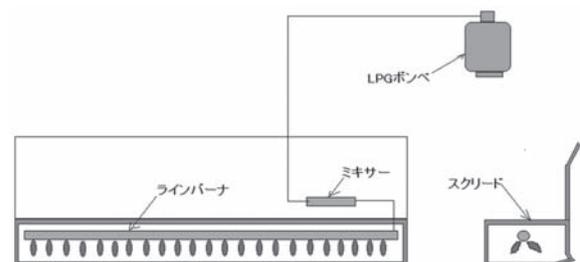


図8-2 ラインバーナ模式図

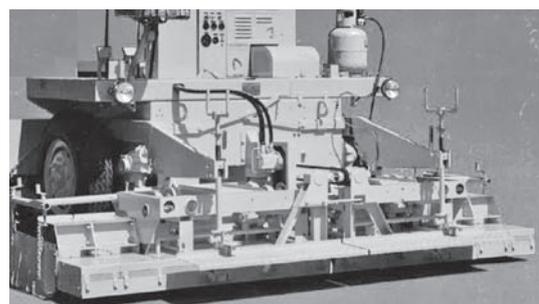


写真8-2 ラインバーナ装着の(株)新潟鐵工所 NF35

たりすることがあり、燃焼状態はよくなく、数年後には軽油バーナへと移行していった。写真8-2はラインバーナを装備した(株)新潟鐵工所のNF35を示す。

② トーチ式LPガスバーナ

昭和50年(1975年)三菱重工業(株)はMF36Wでトーチ式のLPガスバーナを採用した。前述のライン式LPガスバーナや軽油式バーナに比べて燃焼状態がよく、現在も一部の小型機には採用されている。図8-3にトーチ式LPガスバーナの構造を示す。

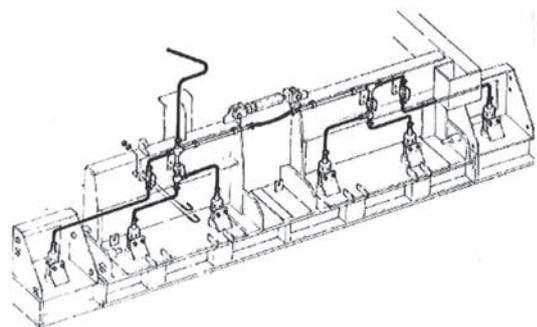


図8-3 トーチ式LPガスバーナ

昭和55年頃に各社が伸縮スクリーンを開発した。伸縮スクリーンは、前後2列の構造上、できるだけ小型にする必要があるため、トーチ式LPガスバーナを各社が採用した。このバーナはイグナイターを備え、着火を容易にした。同時に煙道等を工夫して、スクリーン全体を均一に加熱できるように設計されていた。写真8-3はトーチ式LPガスバーナを搭載した住友建機(株) HA40Wを示す。

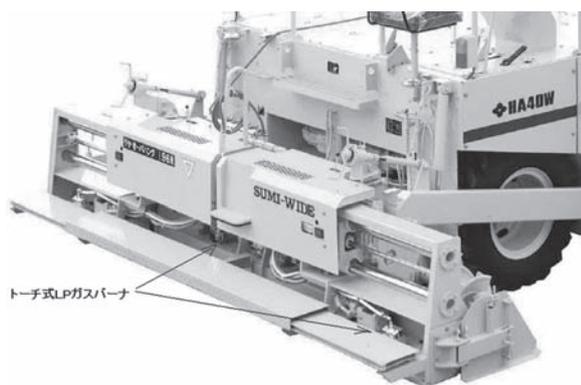


写真8-3 住友建機(株) HA40W

③ LPガス式赤外線ヒーター

昭和60年(1985年)には、範多機械(株)が赤外線ヒーターを装備したスクリーン(写真8-4)を発売した。赤外線ヒーターは赤外線の熱でスクリーンの底板を加熱するため極端な温度上昇がなく、路上再生工事や寒冷地などスクリーン板の温度が不安定な現場では作業終

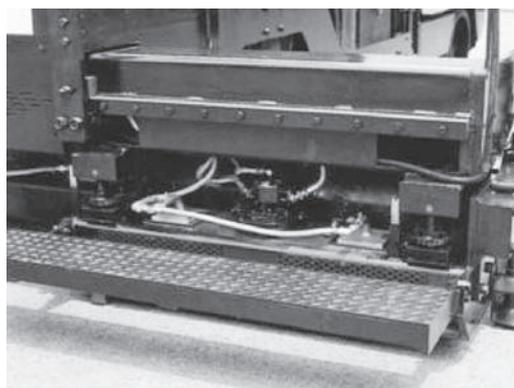


写真8-4 範多機械(株) 赤外線ヒーター

了時までの連続加熱が可能であり、安定した温度管理が容易に行えた。

④ 熱風式LPガスヒーター

平成に入ってアスファルトフィニッシャのハイテク化が進む中で、加熱装置も自動温度制御や熱風加熱方式等へ進化していった。

平成7年(1995年)に新キャタピラー三菱(株)が発売したMF60Dシリーズより中型機に採用した熱風式LPガスヒーターの構造を図8-4に示す。オプションで自動温度制御を行うこともできる。写真8-5は熱風ヒーターを搭載した(株)新潟鐵工所 NFB63W-KBDMを示す。

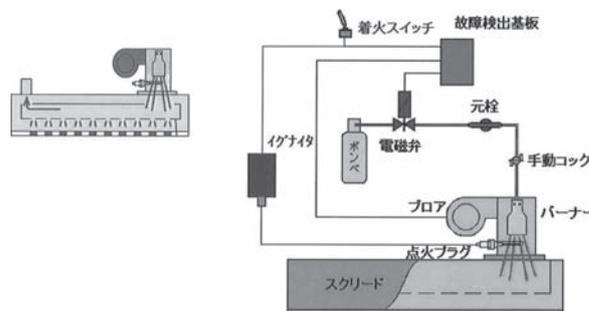


図8-4 熱風式LPガスヒーター模式図

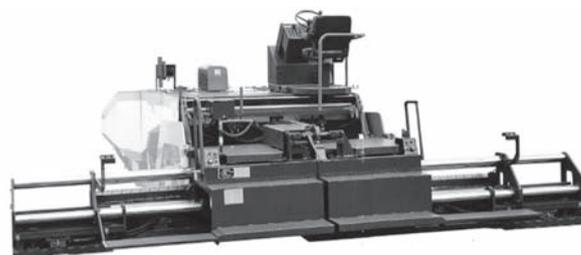


写真8-5 (株)新潟鐵工所 熱風ヒーター搭載 NFB63W-KBDM

⑤ 寒冷地用熱風式LPガスヒーター

平成10年(1998年)、住友建機(株)は寒冷地用として外気温の低下から起こる合材の温度低下による舗装面の表面仕上がりが不良やスクリーンへの合材付着、流

れ込み不良を解消するため熱風 SSP 仕様と呼ばれる寒冷地向けのスクリーンを発売した。図 8-5 に熱風 SSP 仕様の方式を示す。この加熱システムでは自動温度制御式でスクリーンプレートだけでなくタンパやストライクオフ、更にデフレクタやサイドプレートまでも加熱できるように熱風を導いた。写真 8-6 はそれを搭載した HA60W である。

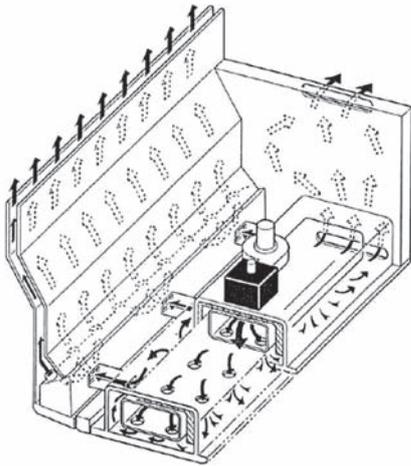


図 8-5 熱風 SSP 仕様のスクリーン内熱風の流れ



写真 8-6 住友建機(株) HA60W

(2) 輸入アスファルトフィニッシャの加熱装置

(a) 電気式ヒータ

フェーゲル（独）は、製作開始時より、加熱装置は電気式であった。日本国内では昭和 47 年（1972 年）の S2000TV 輸入時にこの電気ヒータ装置が紹介された。当時の電気加熱装置は写真 8-7 のようにスク

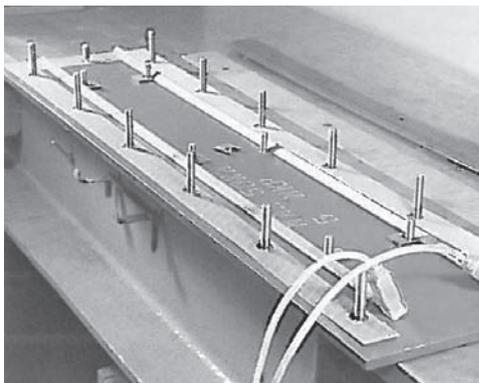


写真 8-7 スクリーン板を加熱する I 字型電気ヒータ

リード板を加熱する I 字型電気ヒータが取付けられていた。

昭和 54 年（1979 年）にフェーゲル（独）S1502TV 型の伸縮スクリーンが輸入されるようになってから、写真 8-8 のようにタンパバーにも電気ヒータが内蔵されるようになった。

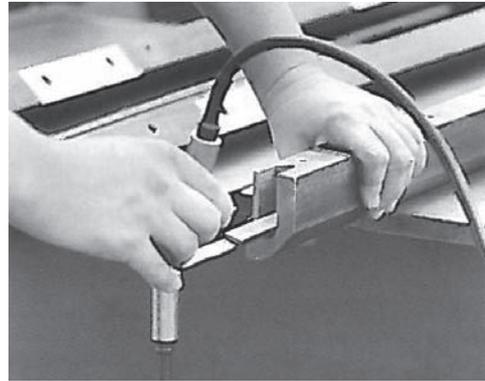


写真 8-8 タンパバーに内蔵された電気ヒータ

スクリーンとタンパの同時加熱により、舗装表面の仕上げがよりよくなった。

平成 15 年（2003 年）より製造された AB500 及び AB600 型スクリーンの電気ヒータは、写真 8-9 のように U 字型になりスクリーンの隅々までの加熱が可能になった。同時期に左右のサイドプレートにも電気ヒータ装置(写真 8-10)が装備されるようになり、スクリーンの両サイドまで加熱が可能となった。

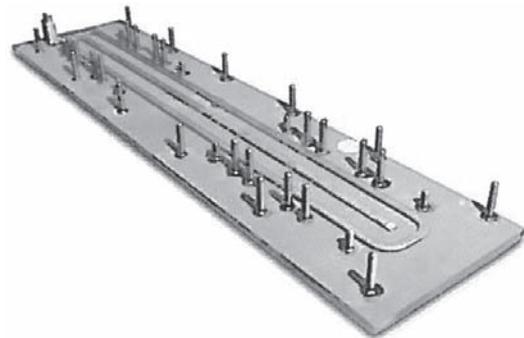


写真 8-9 AB500 および AB600 の U 字型電気ヒータ



写真 8-10 サイドプレート電気ヒータ

第9章 アスファルトフィニシャの操作方法の変遷

アスファルトフィニッシャは、誕生当時機械式駆動で速度変速やホッパの開閉など全ての操作がレバー式であったが、その後油圧式駆動に変わり、スイッチ操作となった。更にコンピュータによる自動制御へと進化し、操作方法も大きく変わっていった。以下にその変遷を紹介する。

(1) 誕生当時（1950年代）の操作方式

昭和31年(1956年)東京工機株が製作したTK-6(写真9-1)はバーバーグリーン873(写真9-2)をモデルとし、左側にあった運転席を右側に設置した。また、住友機械工業株のHA35(写真9-3)はブロー



写真9-1 東京工機株 TK-6

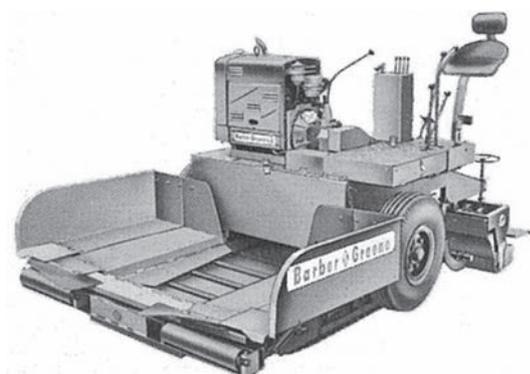


写真9-2 バーバーグリーン(米) 873

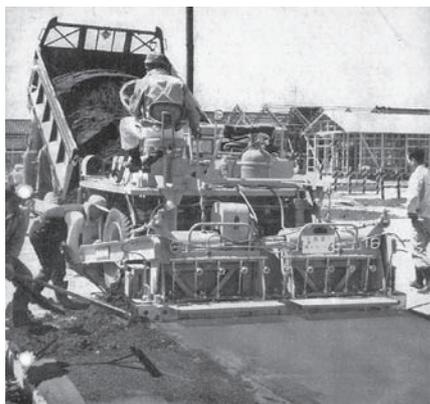


写真9-3 住友機械工業株 HA35

ノックス PF65をモデルとして開発された。このように国内機が誕生した当初は海外機がモデルとなっており、その操作方法についても同じ方法を採用した。ただ運転席は右側に移動したメーカーとそのまま左側としたメーカーと様々であった。操作のスタイルもトラクタを操作する人(以下オペレータと言う)と舗装厚さを操作するスクリードマンの2名で、基本的には現在と同じ運転操作であった。走行操作やコンベヤをはじめとした各作業装置の操作は全て、レバー式であった。

(2) 1970年代の操作方式

1970年代後半に入ると、施工幅員4.5mクラスのアスファルトフィニッシャではオペレータが左右どちら側でも運転が可能となるよう各社が工夫し、三菱重工業株MF45W(写真9-4)のように油圧バルブを中央に配置し、その操作レバーは左右両側に設けられ、左右どちらの運転席からでも操作できるようになっていた。



写真9-4 三菱重工業株 MF45W

また、昭和51年(1976年)には、(株)新潟鐵工所よりエンジンを車体の中に格納し前方の視界をよくしたNF220(写真9-5)が発表された。この機械も前述のMF45Wと同様に左右どちらの運転席でも操作ができるようになっていた。

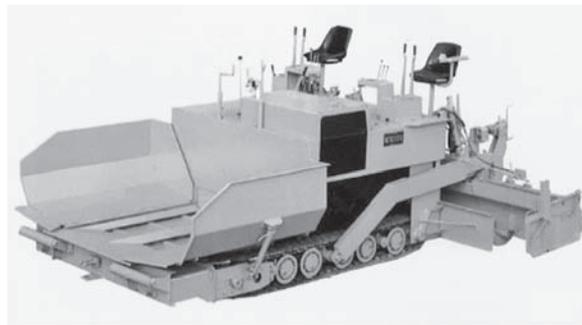


写真9-5 (株)新潟鐵工所 NF220

(3) 1970年代後半から80年代の操作方式（小型機のワンマン化）

このころになると小型機へのワンマン化の要求が強くなって来る。

昭和52年（1977年）範多機械(株)より、ワンマンで操作ができるクローラ式ミニアスファルトフィニッシャ AF200C（写真9-6）が発売された。

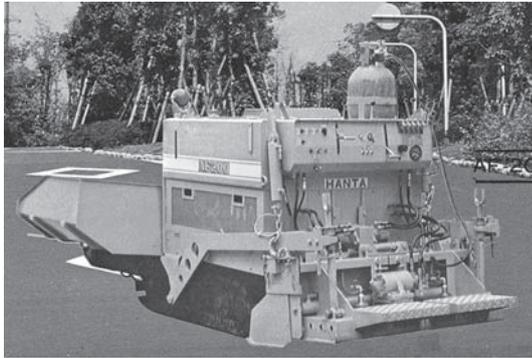


写真9-6 範多機械(株) AF200C

1980年代に入ると、ワンマンオペレーションの要求に対応し、昭和59年（1984年）に三菱重工業(株)よりコントロールボックス移設によりワンマンでの運転が可能なMF30FV（写真9-7）が発売され、昭和60年（1985年）には、ワンマン専用のMF24を発売した。

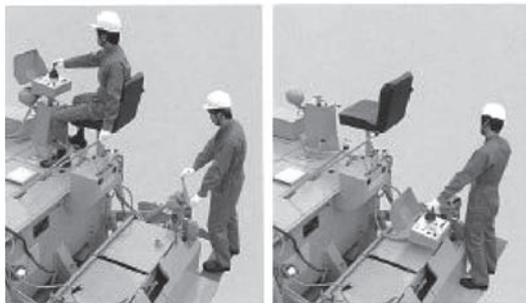


写真9-7 三菱重工業(株) MF30FV

(4) 1990年代の操作方式

(a) 中型機の油圧化によるスイッチ操作と運転席

1990年代に入ると、アスファルトフィニッシャの全油圧化に伴い操作も全てスイッチ操作となり、運転席も左右スライド式となった。（写真9-8, 9）

(b) ハイテクアスファルトフィニッシャ

特殊な例として平成のバブル景気の中で、オペレータ不足解消策として(株)新潟鐵工所より平成2年（1990年）に、フルキャビンを装備し難しい舗装作業は全てコンピュータが行い、オペレータはキャビン内でタッチパネルを見ながら簡単な操作をするだけで舗装が行えるセントリーレ21（写真9-10）を発表し、話題を集めた。

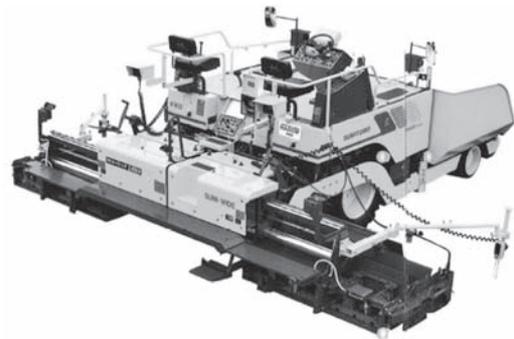


写真9-8 住友建機(株) HA60W

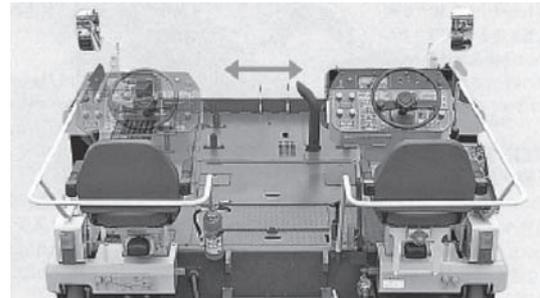


写真9-9 三菱重工業(株) MF61WD



写真9-10 (株)新潟鐵工所 セントリーレ21



写真9-11 セントリーレ21 運転席タッチパネル

(c) ミニアスファルトフィニッシャの操作方式

平成5年（1993年）には、範多機械(株)よりミニアスファルトフィニッシャでワンマン操作時にオペレータが無理な姿勢にならず操作を行えるようハンドルと主スイッチパネルがチルト&スライド式のF31CD（写真9-12）が発表された。

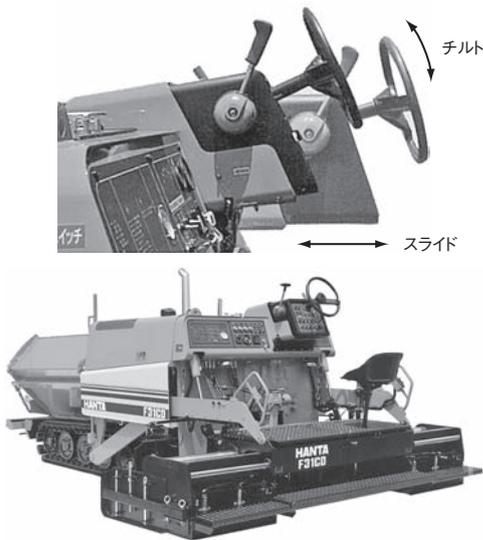


写真9-12 範多機械(株) F31CD

(5) 2000年代の操作方式

平成19年(2007年)以降,ステアリング制御を含めた情報化施工に対応する高度な技術がフェーゲル製アスファルトフィニッシャーに採り入れられるようになった(写真9-13, 14)。

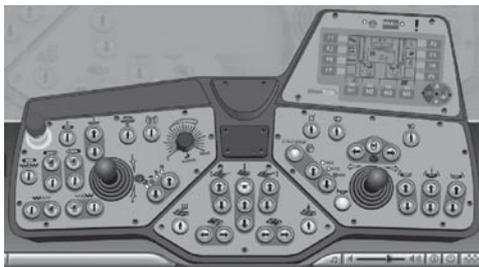


写真9-13 フェーゲル(独) ERGO PLUS 運転席パネル



写真9-14 フェーゲル(独) ERGO PLUS スクリード部パネル

JCMMA

参考文献

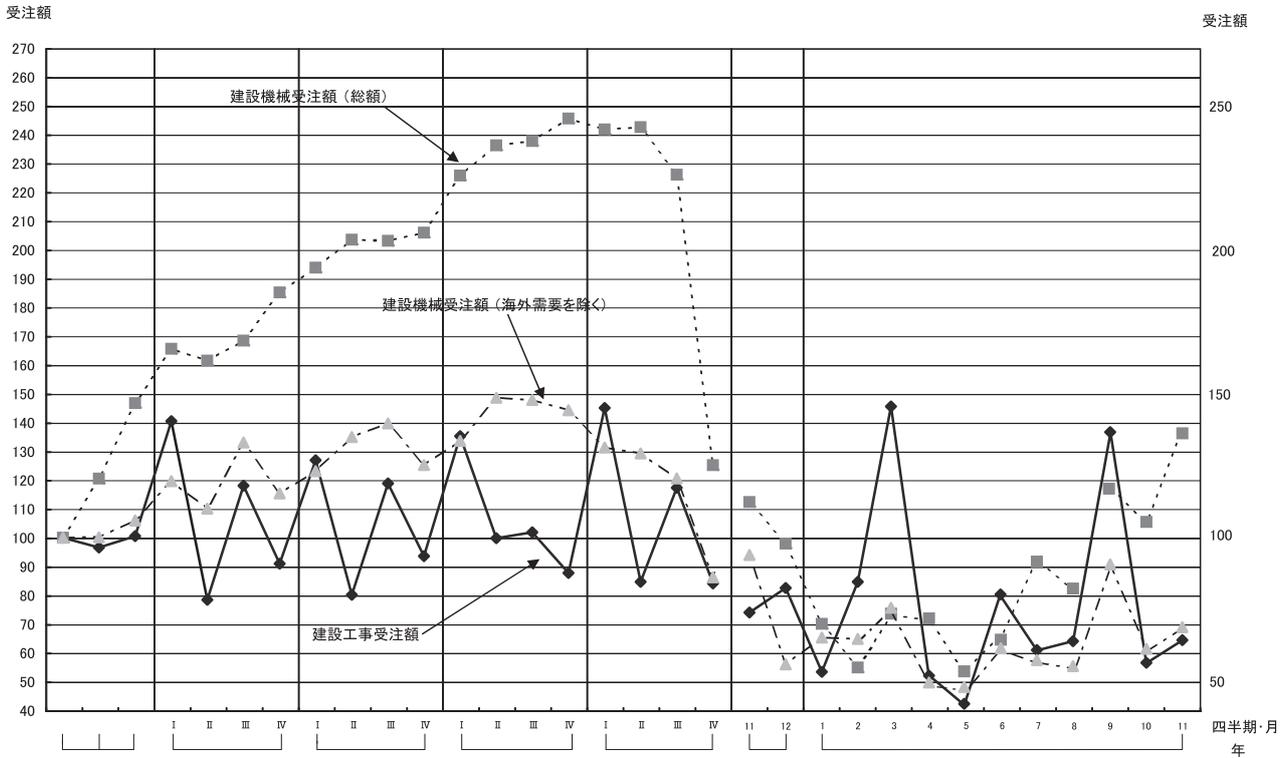
- 建設の機械化(建設の施工企画)
- 建設機械
- 舗装
- 日本建設機械要覧

写真提供

- 鹿島道路(株)
- 大成ロテック(株)
- 東亜道路工業(株)
- 日本道路(株)
- (株)NIPPO
- 前田道路(株)
- ヴィルトゲンジャパン(株)
- キャタピラージャパン(株)
- 住友建機(株)
- 範多機械(株)

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 2002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 2002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							
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
2008年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	129,919	142,289
2008年 11月	8,015	6,067	1,143	4,924	1,259	457	232	5,803	2,212	133,514	11,014
12月	8,942	6,447	1,149	5,298	2,315	423	- 243	6,224	2,718	128,683	13,628
2009年 1月	5,789	4,138	715	3,423	1,248	374	29	3,758	2,031	125,703	9,300
2月	9,168	5,968	1,269	4,699	2,476	472	251	5,765	3,402	123,985	11,178
3月	15,863	8,455	1,563	6,892	6,394	652	362	9,160	6,703	121,164	17,732
4月	5,628	4,201	932	3,269	856	454	117	3,619	2,009	115,323	12,276
5月	4,548	3,120	783	2,337	815	429	185	2,703	1,845	112,001	8,611
6月	8,697	5,501	979	4,522	1,788	463	946	6,332	2,365	110,113	11,237
7月	6,609	4,488	1,409	3,079	1,549	407	165	4,496	2,112	111,954	7,569
8月	6,943	4,741	1,132	3,609	1,285	455	462	4,714	2,230	109,318	8,933
9月	14,865	11,062	1,141	9,921	2,548	742	512	11,078	3,787	112,322	11,689
10月	6,216	3,794	610	3,183	1,827	387	208	3,604	2,611	111,239	7,536
11月	7,087	4,519	648	3,872	1,610	560	398	4,605	2,483	—	—

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	02年	03年	04年	05年	06年	07年	08年	08年 11月	12月	09年 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月
総 額	8,667	10,444	12,712	14,749	17,465	20,478	18,099	812	708	506	397	528	515	386	464	663	594	850	767	991
海 外 需 要	4,301	6,071	8,084	9,530	11,756	14,209	12,996	470	504	268	161	258	333	210	239	452	391	518	543	738
海外需要を除く	4,365	4,373	4,628	5,219	5,709	6,268	5,103	342	204	238	236	270	182	176	225	211	203	332	224	253

(注) 2002～2004年は年平均で、2005～2008年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2008年11月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2009年12月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■路盤・舗装機械技術委員会・安全環境分科会

月 日：12月1日(火)

出席者：戸川裕文分科会長ほか8名

議 題：①アスファルトプラントの事故事例集まとめ ②日本アスファルト合材協会との意見交換について ③その他

■油脂技術委員会・グリース分科会

月 日：12月9日(水)

出席者：田路浩分科会長ほか10名

議 題：①グリースオンファイル化と普及に向けたアクションプランの作成 ②その他

■油脂技術委員会・JCMAS 油脂規格普及促進協議会運営委員会

月 日：12月9日(水)

出席者：三本信一委員長ほか11名

議 題：①2008年度オンファイル化に関する報告 ②作動油規格(HK, HKB)の普及活動について ③グリースのオンファイル化に向けた協議会組織変更について ④その他

■トンネル機械技術委員会・掘削ざり有効利用分科会

月 日：12月9日(水)

出席者：川本伸司分科会長ほか8名

議 題：①今後の進め方と報告書目次案についての検討 ②各委員担当資料内容の検討 ③その他

■コンクリート機械技術委員会

月 日：12月10日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか5名

議 題：①コンクリートポンプ総合改善委員会への資料説明 ②JIS A8612の見直しについて ③コンクリート機械の変遷について ④その他

■路盤・舗装機械技術委員会・舗装機械変遷分科会

月 日：12月11日(金)

出席者：戸川裕文分科会長ほか11名

議 題：①アスファルトフィニッシャの変遷についての校正 ②その他

■機械部会・技術連絡会

月 日：12月14日(月)

出席者：青柳幸雄部会長ほか36名

議 題：①建設施工における環境保全への取り組み ②「REACH」の最新状

況について ③バイオディーゼル燃料(BDF)について ④ハンドガイドローラのホールドツウランに関するアンケート調査結果の報告 ⑤クリーンエネルギー建機の燃料測定標準作成WGの報告 ⑥工事現場見学報告1)既存場所打ち杭の撤去工法「Re・ボーン工法」2)小田急線立体交差シールドトンネル工事

■トンネル機械技術委員会・山岳品質・安全確保分科会

月 日：12月16日(水)

出席者：坂下誠分科会長ほか9名

議 題：①作成資料の内容討議 ②次回に進め方について ③その他

■基礎工用機械技術委員会 幹事会

月 日：12月16日(水)

出席者：青柳隼夫委員長ほか7名

議 題：①分科会改訂版資料のリリース方法の検討 ②A・B分科会の概説シート完成目標について ③新委員の紹介 ④現場見学会について ⑤その他

■基礎工用機械技術委員会・技術変遷調査分科会 A チーム

月 日：12月16日(水)

出席者：鈴木勇吾分科会長ほか7名

議 題：①工法概説シートの検討について ②その他

■基礎工用機械技術委員会・技術変遷調査分科会 B チーム

月 日：12月16日(水)

出席者：村手徳夫副分科会長ほか5名

議 題：①工法概説シートの検討について ②その他

■建築生産機械技術委員会

月 日：12月17日(木)

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議 題：①委員会活動報告と今後の活動について ②高所作業車のC規格JIS化について ③その他

■除雪機械技術委員会・ロータリ除雪車分科会

月 日：12月17日(木)

出席者：久村公秀分科会長ほか3名

議 題：①JIS D6509 ロータリ除雪車の性能試験方法における補正方法の検討 ②ロータリ除雪車性能試験のJCMAS化について ③その他

■トラクタ技術委員会

月 日：12月18日(金)

出席者：齊藤秀企委員長ほか4名

議 題：①低燃費型建機指定制度についての経過報告 ②JCMAS 燃費測定標準改訂の経過報告 ③安全対策の事例紹介 ④IT施工の事例紹介 ⑤その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会・機械部会 小幹事会

月 日：12月1日(火)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか7名

議 題：①次期排気ガス規制に伴う国交省指定制度についての要望意見の取りまとめ検討 ②国交省の軽油使用の原則化についての意見の取りまとめ検討 ③その他

■業種別合同部会(製造業部会・建設業部会・レンタル業部会・商社部会・専門工事業部会・施工部会と合同)

月 日：12月15日(火)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか48名

議 題：①クリーンエネルギー建機への取組み ②クリーンエネルギー建機の燃料測定標準作成WGの報告 ③建設施工における土木研究所の取組み ④建機レンタル業の動向とこれからの方向 ⑤情報化施工普及促進活動におけるいくつかの課題 ⑥災害復旧技術委員会の活動について ⑦第10回北京国際建設機械見本市の報告

■ 建 設 業 部 会

■三役会

月 日：12月2日(水)

出席者：坪田章部会長ほか4名

議 題：①12月15日業種別合同部会報告議題について ②協会創立60年史の掲載事項について ③その他

■業種別合同部会

月 日：12月15日(火)

出席者：坪田章部会長ほか48名

議 題：製造業部会記載事項と同様

■ 商 社 部 会

■商社部会

月 日：12月15日(火)

出席者：橘知久部会長ほか5名

議 題：①講演会について ②HPの構築について ③その他

■業種別合同部会

月 日：12月15日(火)

出席者：橘知久部会長ほか48名

議 題：製造業部会記載事項と同様

■ レンタル業部会

■業種別合同部会

月 日：12月15日(火)

出席者：外村圭弘部会長ほか48名

議 題：製造業部会記載事項と同様

■ CP 車総合改善委員会

■ 第一分科会

月 日：12月3日(木)

出席者：宇治治分科会長ほか7名

議 題：①討議成果の報告書作成 ②その他

■ 各種委員会等

■ 機関誌編集委員会

月 日：12月2日(水)

出席者：太田宏委員長代行ほか24名

議 題：①平成22年3月号(第721号)の計画の審議・検討 ②平成22年4月号(第722号)の素案の審議・検討 ③平成22年5月号(第723号)の編集方針の審議・検討 ④平成21年12～22年2月号(第718～720号)の進捗状況の報告・確認

■ 建設経済調査分科会

月 日：12月15日(火)

出席者：山名至孝分科会長ほか6名

議 題：①平成22年1月号原稿の検討

■ 新機種調査分科会

月 日：12月22日(火)

出席者：渡部務分科会長ほか6名

議 題：①新機種情報の検討・選定 ②技術交流・討議—VTR(体脂肪の話・パラケルス)

…支部行事一覧…

■ 北海道支部

■ 情報化施工推進検討WG事務局会議(4-2)

月 日：12月2日(水)

場 所：(社)日本建設機械化協会北海道支部

出席者：沖野座長ほか7名

内 容：①PRパンフレットの作成について ②講演者・パネリスト等依頼について ③PR手法について ④シナリオについて ⑤ポスターセッションについて ⑥その他

■ 平成22年度大規模津波防災総合訓練の実施に向けた防災講演会

月 日：12月8日(火)

場 所：札幌第1合同庁舎 2F 講堂

内 容：①想定される十勝沖・釧路沖地震と被害想定について ②防災機関は

何を発信すべきか～マスコミから見た求められる防災情報～ ③防災機関における災害対応の強化と課題

参加者：熊谷支部長ほか3名

■ 平成22年度大規模津波防災総合訓練

第1回訓練準備会

月 日：12月21日(月)

場 所：札幌第1合同庁舎 2F 講堂

内 容：①訓練概要と訓練テーマについて ②訓練準備会の設置及び作業方法について ③訓練準備会における作業スケジュールについて ④その他

参加者：近藤企画部会副会長ほか2名

■ 東北支部

■ 企画部会

平成21年度東北支部第2回運営委員会

日 時：12月1日(火)

場 所：KKRホテル仙台

出席者：鈴木支部長ほか21名

議 題：①平成21年度事業(上期)報告 ②平成21年度事業決算(上期)報告 ③平成21年度事業(下期)計画 ④平成21年度会員動向 ⑤その他

■ 広報部会

平成21年度第3回「EE東北」実行委員会

日 時：12月1日(火)

場 所：宮城県建設産業会館

出席者：東北地方整備局川島直樹企画部長ほか34名

議 題：①「EE東北'09」決算報告 ②「EE東北'10」実施方針(案) ③今後の予定

■ 施工部会

「ゆきみらい2010 in 青森」

日 時：12月2日(水)

場 所：東北地方整備局会議室

出席者：東北地方整備局企画部寺館和夫 機械施工管理官ほか6名

議 題：「ゆきみらい2010 in 青森」実施について

■ 施工部会

日 時：12月4日(金)

場 所：KKRホテル仙台

出席者：山田一彦部会長ほか16名

議 題：①平成21年度除雪講習会の実施報告 ②平成21年度下期活動方針について ③その他

■ 広報部会

日 時：12月21日(月)

場 所：東北支部会議室

出席者：阿部新治部会長ほか5名

議 題：①支部たより158号編集計画に

ついて ②支部たより159号原稿執筆依頼計画について

■ 北陸支部

■ 北陸情報化施工研究会

月 日：12月8日(火)

場 所：北陸地方整備局会議室

参加者：三日月事務局長

議 題：北陸情報化施工研究会の活動方針と取組について

■ 機械設備工事検討会

月 日：12月10日(木)

場 所：新潟県建設会館

参加者：北陸地方整備局三輪忠男技術開発調整官ほか15名

議 題：①最近の建設行政の動向等について ②機械設備工事における諸問題の検討

■ 建設技術報告会実行委員会

月 日：12月18日(金)

場 所：北陸地方整備局会議室

参加者：榎紀洋普及部会委員

議 題：建設技術報告会実施報告

■ けんせつフェア in 北陸幹事会

月 日：12月18日(金)

場 所：北陸地方整備局会議室

参加者：上杉修二広報委員長

議 題：けんせつフェア in 北陸2009実施報告

■ 中部支部

■ 「建設技術フェアー2010 in 中部」事務局会議に出席

月 日：12月2日(水)

出席者：五嶋政美事務局長出席

議 題：「建設技術フェアー2010 in 中部」の実施について

■ 広報部会

月 日：12月14日(月)

出席者：西脇恒夫広報部会長ほか8名

議 題：中部支部だより 第69号 編集会議

■ 関西支部

■ 建設技術展2009近畿 出展

月 日：12月2日(水)～3日(木)

場 所：マイドーム大阪

入場者：13,548名

テーマ：「情報化施工の普及促進」

■ 平成21年度特定特殊自動車立入検査技術講習会

月 日：12月11日(金)

場 所：日立建機(株)日本事業部

参加者：25名

内容：①オフロード用ガソリンエンジンについて ②オフロード用ディーゼルエンジンについて ③アイドリング排出ガス測定の手引きについて ④無負荷急加速黒煙測定とアイドリング排出ガス測定（実地講習） ⑤オフロード法の概要について ⑥立入検査実施要領について

■広報部会

月日：12月15日（火）

場所：関西支部会議室

出席者：安田佳央広報部会長ほか5名

議題：①前回以降の実施結果報告 ②建設技術展2009近畿の実施結果について ③平成21年度施工技術報告会について ④「JCMA 関西」第96号の発刊について ⑤その他

■建設用電気設備特別専門委員会（第360回）

月日：12月17日（木）

場所：中央電気倶楽部 316号室

議題：①「建設用負荷設備機器点検保守のチェックリスト」の検討 ②「建設用電気設備の接地工事指針」修正（案）の再審議

■ 中国支部

■運営委員会

月日：12月1日（火）

場所：国際教育センター

出席者：河原能久支部長ほか23名

議題：①21年度上半期事業報告承認の件 ②21年度上半期経理概況報告の承認の件 ③21年度下半期事業計画について

■建設技術フォーラム・土研新技術ショーケース 2009 in 広島

月日：12月2日（水）

場所：広島 YMCA ホール

支部出展内容：①水道水圧駆動システム（株）東京建設コンサルタント ②長距離水路トンネル調査ロボット 復建調査設計（株） ③コンクリートの表面保護工法「スケルトンコーティングシリーズ」新光産業（株）・（株）エムビーエス共同展示 ④情報化施工の実際 施工技術総合研究所・（株）ジツタ中国共同展示

■第5回部会長会議

月日：12月10日（木）

場所：広島 YMCA 会議室

出席者：高倉寅喜部会長ほか10名

議題：①第59回支部通常総会について ②次期支部中期事業計画について ③情報化施工の取組状況と今後のすすめ方等について ④その他懸案事項及び行事報告について

■ 四国支部

■バックホウ遠隔運転講習会の開催

月日：12月9日（水）～11日（金）

場所：四国技術事務所屋外試験所

参加者：受講者14名

内容：災害復旧現場の2次災害防止のために導入される遠隔操縦式建設機械の運転要員確保を目的とするもので、0.5日あたり2～3人パーティで下記内容について実施した。①遠隔操縦式建設機械の基礎知識（座学）②バックホウによる遠隔運転（実技）

■ 九州支部

■企画委員会

日時：12月16日（水）

出席者：相川亮委員長ほか8名

議題：①支部長交代に伴う運営委員選任の書面表決結果について ②建設機械化功労者表彰規定改正について ③施工技術発表会開催について

■臨時支部総会

日時：12月16日（水）

出席者：古川恒雄支部長ほか71社

議題：運営委員の選任について

■建設行政講演会

日時：12月18日（金）

場所：福岡建設会館

参加者：支部会員等62名

演題・講師：①国土交通行政の最近の動向と話題…九州地方整備局 企画部長清水亨氏 ②河川行政の最近の動向…九州地方整備局 河川調査官藤巻浩之氏 ③道路行政の最近の動向…九州地方整備局 道路調査官西尾崇氏

■ 「建設の施工企画」投稿のご案内 ■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので、ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しています。建設ロボット、建設IT、各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工、安全対策、災害・復旧、環境対策、レンタル業、リニューアル・リユース、海外建設機械施工、などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させよ

うと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが、更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技術・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

(1) 投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の2種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

(2) 詳細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール、電話でご連絡願います。また、JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ、原稿の書き方等、投稿に関わる不明な点はご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

昨年暮の3ヶ月予報では、今冬は平年より高めの気温で降雪量も少ないと言われていましたが、その後年末から強い寒波が来て日本海側を中心に大雪となり九州や四国の各地でも記録的な積雪を記録しています。この大寒波は日本だけではなく北半球全域を襲っており、北米やアジア、ヨーロッパの各地で数10年ぶりという低温を記録しているようです。東京では2年ぶりに氷点下の気温を観測したという報道で、初めてこの2年間は零度以下に下がらなかったことに気が付かされました。

今回の寒波は、北極振動という現象により北極圏からの寒気の吹き出しが強まったためという分析が気象庁から発表されています。北極振動は、よく知られているエルニーニョなどと同様に気象に影響を与える自然現象で、短い複雑な周期で変動する北極圏の気圧にともなって北半球が寒暖を繰り返すものといわれています。最近温暖モードから冷却モードに切替わり今後20年～30年涼しい気候が続くと予想している学者もいるようです。

ところが、大寒波が続いていたかと思うと突然3月下旬～5月上旬並というポカポカ陽気が3日間程度続き、北海道では観測史上最高の気温

を記録したところもあるようです。また、冬季オリンピック開催まで1ヶ月を切ったバンクーバーでは暖かい日が続く、競技会場で雪が不足してしまったため、雪を運び込んでコースの整備に必死に取り組んでいる様子が伝えられていました。気象現象も様々な自然現象にCO₂の増加などの人為的な要素が加わって非常に複雑な様相を見せているのかもしれませんが。

今月号は「地盤改良特集」です。地震大国の日本で安全に構造物を建設するためには基礎となる地盤の信頼性が重要です。ところが日本の都市の多くは軟弱地盤の上に発達しているといわれ、構造物の安全を確保するためには地盤改良は大変重要な技術といえます。

私にとって「地盤改良」は専門外ですが、これまで多少の知識は持っているつもりでした。ところが、今回の企画を行うまでは地盤改良工法にこれほど多くの種類があるとは思っておりませんでした。地盤は場所により千差万別であり、建造物もまた様々な形状や目的があります。直接眼で見たり触れたりすることのできない地中で必要な強度を確実に得るためには、状況に応じた多種多様な高度な技術が必要なのだと思います。

最後になりますが、ご多忙中にもかかわらず御執筆頂いた執筆者の方々には心から厚く御礼申し上げます。
(藤永・星野)

機関誌編集委員会

編集顧問

浅井新一郎	今岡 亮司
上東 公民	加納研之助
桑垣 悦夫	後藤 勇
佐野 正道	新開 節治
関 克己	高田 邦彦
田中 康之	田中 康順
塚原 重美	寺島 旭
中岡 智信	中島 英輔
橋元 和男	本田 宜史
渡邊 和夫	

編集委員長

岡崎 治義 (社)日本建設機械化協会

編集委員長代行

太田 宏 三井造船(株)

編集委員

森川 博邦	国土交通省
山田 淳	農林水産省
松岡 賢作	(独)鉄道・運輸機構
圓尾 篤広	(株)高速道路総合技術研究所
石戸谷 淳	首都高速道路(株)
高津 知司	本州四国連絡高速道路(株)
平子 啓二	(独)水資源機構
松本 敏雄	鹿島建設(株)
和田 一知	(株)KCM
安川 良博	(株)熊谷組
渥美 豊	コベルコ建機(株)
富樫 良一	コマツ
藤永友三郎	清水建設(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
山本 茂太	キャタピラー・ジャパン(株)
星野 春夫	(株)竹中工務店
泉 信也	東亜建設工業(株)
斉藤 徹	(株)NIPPO
高木 幸雄	日本道路(株)
堀田 正典	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(株)
京免 継彦	佐藤工業(株)
久留島匡繕	五洋建設(株)
藤島 崇	施工技術総合研究所

3月号「情報化施工特集」予告

- ・情報化施工の本格普及に向けた取り組み
- ・情報化施工を利用した監督・検査と取得データの利活用手法の研究
- ・建設ITCの導入への取り組み
- ・土木研究所における情報化施工関連プロジェクトの紹介
- ・情報化施工の本格普及に向けた環境整備 レンタル機械の配備と今後の動向
- ・情報化施工の本格普及に向けた環境整備 人材育成
- ・ドイツにおけるITCを利用した締固め管理技術
- ・米国における舗装の締固め管理技術の動向とICT技術の活用
- ・大規模工事における情報化施工の導入事例～京極発電所上部調整池工事～
- ・中・小規模の建設工事における情報化施工の取り組み
- ・米国の情報化施工の現状・事例紹介
- ・中小規模現場における情報化施工導入成功の秘訣
- ・WEBを活用した情報統合システムのねらいと効果
- ・ボスポラス海峡横断鉄道トンネル建設工事と情報化施工～ボスポラス海峡の潮流予報システム～
- ・3次元GISとGPSを組み合わせた「汚染土壌掘削管理システム」

No.720「建設の施工企画」 2010年2月号

[定価] 1部840円(本体800円)
年間購読料9,000円

平成22年2月20日印刷

平成22年2月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖 三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 社団法人 日本建設機械化協会

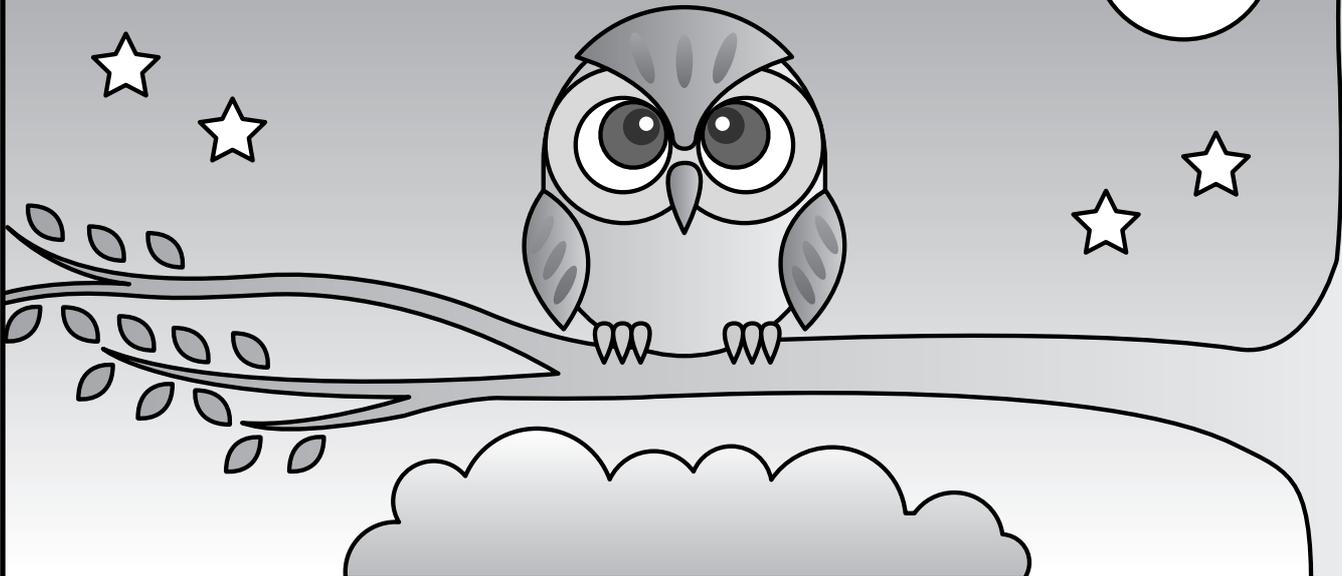
〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内
電話 (03) 3433-1501; Fax (03) 3432-0289; <http://www.jcmanet.or.jp/>

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



ハイオス

★ ホホッ、Hi-OSSとは
考えたものじゃ。



環境に。リサイクルに。日立オンサイトスクリーニング アンドソリューション・Hi-OSS<ハイオス>

環境や廃棄物のことを考えると、わしは気が気じゃなかった。都市開発が進むと、山や森が減り、逆に土やガレキ、木材などの廃棄物や、CO₂も増えてくる。さすがのわしも、心配でおちおち寝てはあられなかった。そこへいくと、日立建機のHi-OSS<ハイオス>は、見上げたものじゃよ。様々な廃棄物を現場で処理したり、土壌を改良したりして、その場でリサイクルしようというんじゃからな。これなら、遠くへ運んで処理する必要もなく、CO₂も減らせるから、まさしく一石二鳥というわけじゃよ。しかも、これからは、Hi-OSS<ハイオス>をもっと世界にも広げていくそうじゃ。ホホッ～、よく考えてあるものじゃよ。

*「オンサイトスクリーニングアンドソリューション」「ハイオス」「Hi-OSS」は、日立建機株式会社の登録商標です。



自走式ジョークラッシャー ZR/HRシリーズ



自走式土質改良機 SR2000G



自走式木材破砕機 ZRシリーズ



自走式スクリーン VR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>



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



HSDE型

単相100V
吐出し口径：50mm
出力：0.55kW
全揚程：9m
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

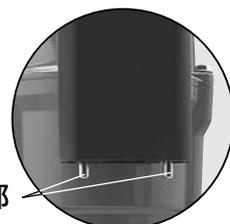
新発売



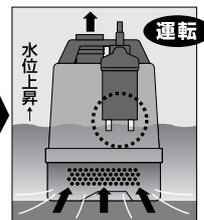
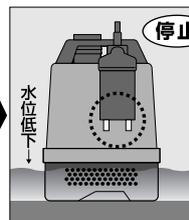
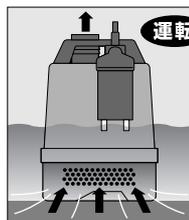
電極式水位センサで 自動運転を実現



電極部



例：LBA型イメージ図



排水開始
2本の電極が水に浸かるとポンプが運転(排水)を開始します。

水位低下を電極が検知
水位低下を電極が検知し、そのまま水に触れなければ約1分後に停止。

水位上昇を電極が検知
水位上昇を電極が検知し再び水に浸るとポンプが運転を開始します。

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

KOBELCO

さすがコベルコ!

選択される「商品」「社員」「会社」へ

“さすが”を
証明



後方超小旋回の小・中型機には

通常形の中・大型機には

極低騒音 低燃費

超低騒音基準より -5dB (SK70SRは -0dB)

当社従来機より $-18\sim 20\%$

SK70SR SK125SR
SK135SR [LC] SK225SR
SK235SR [LC]

SK200 SK210LC SK250
SK260LC SK330 SK350LC
SK460 SK480LC

※燃費は同等作業土量で比較

ACERA アセラ・ジオスペック
GEOSPEC

フルラインナップ完成!



全機種
オフロード法適合

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>

東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

■名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市大野台6丁目2番1号 〒229-0011
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■東京事業所

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

Denyo

抜群の操作性 / 低燃費・低騒音 / 高い安全性

デンヨーの確かな技術が現場を支える

細部にまでこだわった環境装備と安全・親切設計
使う人にやさしいメンテナンス性

極超低騒音型
DCA-15USYB

より静かにクリーンに



超低騒音型
DCA-15OESKB

パワーと環境性能を両立



一体型環境ベース仕様

環境オイルガード・ビッグタンク・本体発電機を一体化
オイル流失を防ぎ、一回の給油で長時間運転

ディーゼルエンジン発電機DCAシリーズ



アイドリングストップで
さらに燃費・CO₂排出量50%削減!! ※比DLW-400ESW

eモードで低燃費・低騒音
従来機より25~30%燃費を改善!!

超低騒音型
DLW-200×2LS

小型・軽量・低燃費



超低騒音型
DLW-400ESW

短絡電流調整器付



次代を超えた画期的な高性能に
「経済性能」「環境性能」をプラス

2人同時溶接機種も充実

ディーゼルエンジン溶接機DLWシリーズ

アフタークーラ内蔵で寒いとき
エアーツールが凍らない

フルデジタル制御が実現した
可変圧カシステム

超低騒音型
DIS-70AC

アフタークーラ内蔵タイプ



超低騒音型
DIS-200VPB

可変圧カタイプ



21世紀をリードするエアパワー

高性能・高効率エアエンドと
排出ガス対策型エンジンを搭載

ディーゼルエンジンコンプレッサーDISシリーズ



技術で明日を築く

株式会社

本社：〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5

03(6861)1111

www.denyo.co.jp

札幌営業所 011(862)1221 / 東北営業所 022(254)7311 / 信越営業所 025(268)0791 / 北関東営業所 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(6488)7131 / 広島営業所 082(278)3350 / 高松営業所 087(874)3301
九州営業所 092(935)0700

ダム工専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

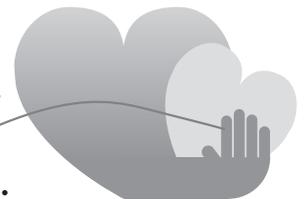
〒130-0021 東京都墨田区緑4-4-3 TEL. 03-3634-5651
URL <http://www.yoshinaga.co.jp>

- (社)日本産業広告協会会員
- 学術誌広告業協会会員



心から心へのメッセージ

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：〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8 精ビル5階
電話：03-5472-1801(代表) FAX：03-5472-1802
E-mail：info@kyoeitushin.co.jp
神戸出張所：〒655-0046 神戸市垂水区舞子台6-10-13-406
電話&FAX：078-785-5658

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



バイブレーションローラー
MRH-600DSA



バイブロコンパクター
MVH-306DS



高周波バイブレーター
FX-40RB/FU-161



コンクリートカッター
MCD-216VDXS



タンピングランマー
MT-55L

三笠産業株式会社
 MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 / 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)
 ●営業所: 札幌 / 仙台 / 関越 / 長野 / 静岡 ●出張所: 山梨

三笠建設機械株式会社

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

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業/カスタマーサービス
中部支店
西部支店
三重工場

〒105-0012 東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2
〒812-0016 福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2

TEL. 03-5733-9443
TEL. 059-234-4139
TEL. 092-411-4998
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・販売・レンタル及びメンテナンス

 株式会社 三井三池製作所

本店 / 〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2008, TEL.03-3241-4711
FAX.03-3245-0203

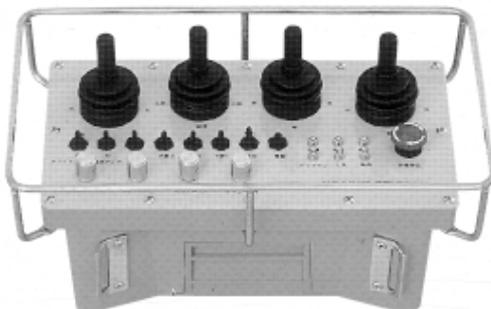
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（ ΔV 検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

KOMATSU

Hybrid

燃費低減 25%を実現中!

もう! 現場標準です

ハイブリッド 続々稼働中

現場 日本全国津々浦々
工期 2008年6月~
施工者 全国のお客様



通常機比 燃料消費量(市場平均試算※)

25%低減

※建設機械の平均的使い方から算出した社内基準より試算

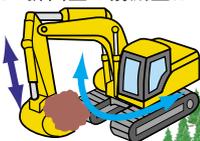
PC200 ハイブリッドは、旋回エネルギー回生するので、旋回時の負荷・旋回角度・旋回の頻度によって燃費低減効果が異なります。旋回角度が大きい作業においては25%以上の低減効果を得ることも可能です。お客様テストにおける実測データでは**最大41%**もの低減を実現した例もあります。
'08年6月の30台限定発売後、すでに稼働8500時間を超えるものも出ており、その高い信頼性のもと、燃料消費量とCO₂排出量を削減し続けます。

CO₂排出量も 25%削減

CO₂排出量の削減

PC200ハイブリッドによる標準機との1年間のCO₂排出量の削減量は...

杉の木 **748本**が
1年間に吸収する
CO₂量に相当



●年間1000時間稼働とし、杉の木1本(杉の木は50年杉、高さ20~30m)当たり1年間に平均約14kgのCO₂を吸収するものとして換算

世界初[※]

ハイブリッド建設機械 PC200 Hybrid

※市販車

ハイブリッドの詳細

<http://www.komatsu.co.jp/hybrid/top.html>

KOMATSU

コマツ 国内販売本部 〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6
<http://www.komatsu-kenki.co.jp>

