

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2014

建設機械施工



Vol.66 No.8 August 2014(通巻774号)

特集 河川 海洋 海岸 港湾



省エネルギーHybridグラブ浚渫船

巻頭言 フィールド・ロボティクス

行政情報 港湾分野における技術開発

論文 油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案

JCMA報告 平成26年度会長賞 受賞業績(その2)

部会報告 コンクリート機械の変遷(6)

- 技術報文
- 自然インフラ砂丘等を守る「浜崖後退抑止工」
 - 止水部に凍結技術を利用した仮設ドライアップ工法
 - 省エネルギーHybrid グラブ浚渫船
 - 福田漁港・浅羽海岸サンドバイパスシステム
 - 海底資源開発における施工方法に関する考察

一般社団法人 日本建設機械施工協会

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を実践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテレタ リーザー 離操作

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

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

新 スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在/最大32点

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

モデルチェンジ！
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N

●8操作8リレー
●軽量コンパクト
受信機

セットで
15万円
(税別価格)

12操作標準型
RC-5812N

●12操作12リレー
●照明出力リレーの
保持を標準採用

セットで
17万円
(税別価格)

16ボタン
モデル

16操作標準型
RC-5816N

●16操作16リレー
●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

N/U/Gシリーズ

標準型
RC-6016N

●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能

セットで
20万円
(税別価格)

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

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N

●16操作16リレー
最大32リレーまで
対応可能

セットで
22万円
(税別価格)

モデルチェンジ！ 内部設計を一新!!
全ての互換を優先しました。

N/U/Gシリーズ

頑強 ケーブルレス

堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上

優れた
耐塵・防雨性能
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)

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能

特殊スイッチ
オーダー対応例

裏面
スイッチ

面スイッチ

マイティサテレタ

N/U/Gシリーズ (またはプロボ最大6項目と出力信号26点以下)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90万円
(税別価格)

全押しボタン
RC-7126N

セットで
45万円
(税別価格)

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

ジョイスティック
2本装着オーダー例

ジョイスティック
RC-7132N

ジョイスティック
RC-7126N

ジョイスティック
RC-7132N

ジョイスティック
RC-7126N

操作信号数 最大32点
(またはプロボ最大6項目と出力信号26点以下)

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

3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U

全押しボタン型
RC-7215U

チップケーブルレス Nシリーズ

微弱電波モデル
対応

標準型
RC-3208N

●8操作
8リレー

セットで
12万円
(税別価格)

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

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

ボタン部の突起
ボタン間の仕切り
一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

コンパクトという選択肢!!

トコトン機能を絞って
コストダウン

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で送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

特許! テルハには
ゼロ線電源*で
電気配線工事 不要!!
更に、おんぶ! だっこ金具*で
取付簡単!! (*オプション)

取付例

ポケットサイズの本格派!

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

取付例

取付例

取付例

リーザー 離操作

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型
RC-2512N

●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能
●見易くなったLED電池残量告知ランプ付

セットで
22万円
(税別価格)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

軽量コンパクト
ショルダータイプ

データケーブルレス

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

●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 20.5万円 (税別価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)

工次次第で用途は無限!

送信機
(外部接点入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

受信機

写真は
Uシリーズ

MAX サテレタ Uシリーズ Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

標準型
RC-9300U

●多機能多操作
(比例制御対応可)

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン
装着タイプ

セットで
95万円
(税別価格)

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

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

音声
放電話へ
自動転送

音声
メッセージ

2km (6km)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

110dB/m

●長距離伝送
到達距離約2km~(6km)

●受信機から
電話回線接続機能

●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

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



朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

第8回一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成対象者の募集について

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、第8回研究開発助成対象者を下記のとおり公募します。

1. 実施スケジュール

- （1）公募期間は、平成26年8月1日から平成26年10月31日までとします。
- （2）助成対象者の決定は、平成26年12月中旬頃の予定です。
- （3）助成期間は、助成決定の翌日から平成28年3月31日までです。
- （4）研究成果報告書を、平成28年6月30日までに提出して頂きます。
- （5）研究成果を、「平成28年度建設施工と建設機械シンポジウム（例年11月中旬頃開催）」で発表、又は、JCMAへ論文として投稿して頂きます。

2. 研究開発助成の対象

建設機械又は建設施工（施工に伴う調査を含む）に関する技術開発若しくは調査・試験研究であって、以下のいずれかをその目的として、新規性・必要性・発展性が高いと判断されるものを助成の対象とします。

- ①施工の合理化
- ②施工の品質管理
- ③建設工事における安全対策
- ④建設工事における環境保全
- ⑤災害からの復旧及び防災
- ⑥社会資本の維持管理・保全技術の向上又は合理化
- ⑦その他建設機械又は建設施工に関する技術等の向上と普及

3. 研究開発助成の対象者

JCMAより研究開発助成を受けることができる方（以下「助成対象者」という）は、原則として以下のとおりです。

- ①大学、高等専門学校及びこれらの附属機関に属する研究者及び研究グループ
- ②法人格を有する民間企業等の研究者及び研究グループ

4. 申請手続きと注意事項

- （1）助成を希望する研究者又は研究グループの代表者は申請書（様式－1①②④⑤）（共同研究の場合は様式－1③を追加）に必要事項を記入のうえ、正本1部、写し1部及び電子データを記録した電子媒体（Word形式）を、期限まで（当日消印有効）にJCMAへ郵送により提出するものとします。（なお、セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません。）また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。
- （2）申込件数は1人（共同研究の場合は1研究グループ）あたり1件とします。

- (3) 所属される機関において助成等の申請、受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA 以外の補助制度、助成制度との重複申請は可能です。但し、JCMA の助成において実施を予定する内容と他の制度もしくは助成によって実施する研究開発の内容の全てが重複しないようにして下さい。
- (5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

5. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

申請書に記載された個人情報は、申請者への連絡、情報提供のために使用いたします。

また、取得した個人情報のうち、氏名、所属機関名及び役職名および申請書に記載された研究開発調査名及びその概要等については、当事業の広報のために刊行物、報告書、ホームページ等で公表し、第三者に提供することがあります。

これに同意した上で申請を行っていただきますようお願い申し上げます。

6. 助成金交付手続き

- (1) 助成が認められた申請者は助成決定通知受領後、JCMA に請書等の手続き書類（様式－2 ①～④）を提出して頂いた時点で全額を交付します。
- (2) 助成金は手続き終了後にすみやかに助成研究者の指定する金融機関の口座（助成金振込先通知書（様式－2 ②に記載された口座））に振り込みますが、助成金の受け入れ方法については、予め申請書（様式－1 ①）にも明記しておいてください。

7. その他

採否の理由等に関しましては、お問い合わせに応じかねますので、ご了承下さい。

(参考) 助成実績	年 度	申請数	採択数
	平成 19 年度	1 4 件	2 件
	平成 20 年度	8 件	2 件
	平成 21 年度	8 件	1 件
	平成 22 年度	2 0 件	2 件
	平成 23 年度	2 2 件	4 件
	平成 24 年度	8 件	4 件
	平成 25 年度	9 件	1 件

〒105-0011 東京都港区芝公園 3－5－8 機械振興会館 2 階
一般社団法人 日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局
担当 ^{おびつ} 小櫃 基住

TEL:03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

ホームページ（実施要綱・様式のダウンロード）はこちらから

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

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3
発刊!

土木工事の施工現場においては、施工および施工管理の省力化、品質向上を目的として、モーターグレーダやブルドーザなどのマシンコントロール技術やトータルステーションを用いた施工管理・出来形管理技術をはじめ、ICT技術の活用事例が大規模工事現場はもちろんのこと、小規模工事においても適用されはじめています。

このような中、国土交通省は、平成25年3月に今後の情報化施工の普及促進のための新たな施策「情報化施工推進戦略」～「使う」から「活かす」へ、新たな建設生産の段階に挑む!!～を発表しています。

当協会では、情報化施工を考えておられる実務者の皆様のために新しい情報化施工入門書「情報化施工デジタルガイドブック」を刊行いたしました。本書によって、情報化施工技術を理解していただき、現場施工に役立てていただきたいと考えています。

特 徴

本書では、情報化施工を担当する現場技術者の皆様を対象として作成したもので、DVD版の主な特徴は以下のとおりです。

- ★画像・映像による解りやすい技術紹介
- ★業務の流れに沿った解説
- ★導入効果の概説
- ★50項目以上の用語説明
- ★インターネット・エクスプローラ等のブラウザを使用して画面を切り替えながら見ることができる

Windows版

情報化施工デジタルガイドブック

第1版(2014年発行)

JCMA
一般社団法人 日本建設機械施工協会
(禁複製)

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA
一般社団法人
日本建設機械施工協会

定 価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

主な内容

1

情報化施工
のあらまし

2

情報化
施工技術の
種類

3

情報化施工
の適用工種

4

情報化施工
の運用手順

5

建設機械・
測量機器リスト

6

情報化
施工データ

7

情報化施工
の導入効果

8

導入事例

9

用語の説明

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒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>

JCMA 図書

検 索

よくわかる建設機械と損料 2014

(平成26年度版 建設機械等損料表 解説書)

本書は当協会発行の書籍「平成26年度版 建設機械等損料表」で使用する用語や損料計算方法等を解説すると共に、前年度版からの主な改正点、機械損料を掲載している各種建設機械・器具の概要・特長、主要建設機械についてはメーカー・型式名等を紹介したものです。

機械損料に関する理解を深めるだけでなく、機械そのものに関する幅広い知識を得るという観点においても有効・有益な資料と考えます。詳細・申し込み方法は[当協会ホームページ](#)をご覧ください。

■発行：平成26年6月16日

■体裁：B5版、一部カラー、約400ページ

■価格(送料別途)

一般：5,616円(本体：5,200円)

会員：4,752円(本体：4,400円)

■特長

★損料表の構成・用語の意味、損料補正方法
などを平易な表現で解説

★19件の関連通達の位置付けと要旨を解説

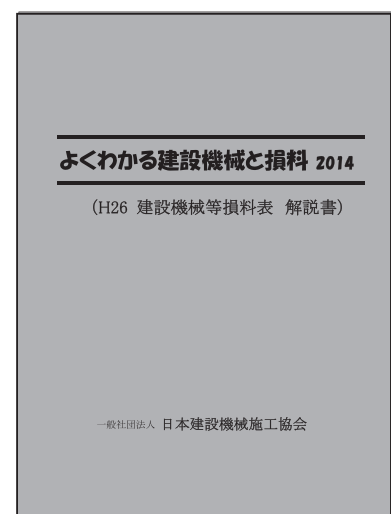
★H26損料表の主な改正・変更点を一覧表にして紹介

★損料表掲載の機械・器具等のコード体系を下記大分類別に図示

- | | |
|---------------------|-------------------|
| 01 ブルドーザ及びスクレーパ | 12 空気圧縮機及び送風機 |
| 02 掘削及び積込機 | 13 建設用ポンプ |
| 03 運搬機械 | 15 電気機器 |
| 04 クレーンその他の荷役機械 | 16 ウインチ類 |
| 05 基礎工事用機械 | 17 試験測定機器 |
| 06 せん孔機械及びトンネル工事用機械 | 18 鋼橋・PC橋架設用仮設備機器 |
| 07 モータグレーダ及び路盤用機械 | 20 その他の機器 |
| 08 締固め機械 | 30- 作業船 |
| 09 コンクリート機械 | 40- ダム施工機械等 |
| 10 舗装機械 | 50 除雪用建設機械 |
| 11 道路維持用機械 | |

★損料表掲載の機械・器具等の概要を写真・図入りで紹介

★主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介



平成26年度版 建設機械等損料表

■発刊：平成26年5月12日

■体裁：B5版 モノクロ 650ページ

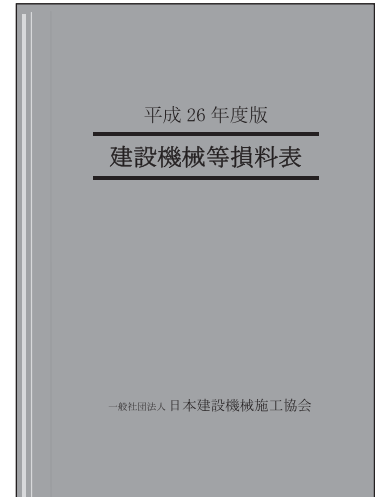
■価格(送料別)

一般：7,920円(本体 7,334円)

会員：6,787円(本体 6,285円)

■内容

- ・機械経費・損料等に関する通達・告示類を掲載
- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づき編集
- ・損料表の構成・用語や損料積算例を解説
- ・燃料・電力消費量(率)を掲載
- ・主要建設機械は写真・図で概要を紹介



<参考> 平成26年度版の主要改正点の一部を下表に示します。この表は平成26年度版 建設機械等損料表の解説書「よくわかる建設機械と損料2014」(6月16日発売)から抜粋、アレンジしたものです。

現行(旧)		変更箇所		改正	
		コード	名称		
0101	ブルドーザ	-	-	0101	ブルドーザ
		(追加)		015	[普通・排ガス(OR2011)]
		(追加)		025	[湿地・排ガス(OR2011)]
		(追加)		055	[リッパ装置付・排ガス(OR2011)]
0104	スクレーブドーザ	-	-	0104	スクレーブドーザ
	011		○	011	[普通型]
0106	被けん引式スクレーパ	-	-	0106	被けん引式スクレーパ
	012		○	012	[油圧式]
0202	バックホウ(クローラ型)	-	-	0202	バックホウ(クローラ型)
		(追加)		115	[標準型・排ガス(OR2011)]
		(追加)		135	[標準型・超低騒音型・排ガス(OR2011)]
		(追加)		714	[ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(3次)]
		(追加)		715	[ディーゼル/電気ハイブリッド型・排ガス(OR2011)]
0204	ドラグライン及びクラムシェル	-	-	0204	ドラグライン及びクラムシェル
	061 [油圧クラムシェル・テレスコピック式・クローラ型]		○	061	[油圧クラムシェル・テレスコピック式]

一般社団法人 日本建設機械施工協会



発行のお知らせ

機械除草 安全作業の手引き

機械除草 安全作業の手引き



一般社団法人 日本建設機械施工協会

- イラストが豊富な
オールカラーページ
- 事故事例を紹介し
事故防止に役立つ回避策を
わかりやすく解説
- ハンドガイド式及び
肩掛け式除草機械の
安全作業マニュアル等を記載

- 体裁：A5版 フルカラー 84ページ
- 価格：一般価格972円(本体900円)
会員価格864円(本体800円)
- 送料：250円

本書は、平成10年発行の「除草作業安全マニュアル」
(編集・発行：社団法人日本建設機械化協会中部支部)について、
労働災害、除草機械の取扱いを追加して改訂
発行したものです。

事例No.	3	工種	除草	使用機械	肩掛式
事故内容	作業員同士が接触し、足を負傷した。				
事故発生状況			・肩掛式の除草機械で作業を行っている。		
			・近くで他の作業員が集草作業をしている。		
			・お互いに気付かず、機械が他の作業員に接触し、足を負傷した。		

- 18 -

事例No.	3	工種	除草	使用機械	肩掛式
回避策	・他の作業員と接触しないように十分距離をあける。 ・事前のミーティングで作業範囲や手順等を確認しておく。 ・他の作業員と話をしたり、移動する時など、作業を一旦中止する場合には機械を停止させる。 ・作業範囲にむやみに近づかない。等				
回避策①			・他の作業員と接触しないように十分距離をあける。		
回避策②			・事前のミーティングで作業範囲や手順等を確認しておく。 OK 集めてね かり取って		
回避策③			OFF ・他の作業員と話をしたり、移動する時など、作業を一旦中止する場合には機械を停止させる。		

- 19 -

一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒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>

JCMA 図書 検索



橋梁架設工事の積算

平成 26 年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成 26 年 5 月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 26 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成 26 年度版」を発刊致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成26年度版」を別冊(セット)で発刊致しております。

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

敬 具

◆内容

平成 26 年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



◆改訂内容

平成 25 年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編

- ・ 送出し架設 留意項目の追加
- ・ 橋梁補修 (掲載歩掛一覧表、塗替塗装用足場工、仮設ブラケットの設置・撤去、素地調整 (ブラスト工法、コンクリート補修歩掛) の追加
- ・ 積算例題の見直し

2. PC 橋編

- ・ 工事用エレベーター運転費の電力設備に発動発電機を追加
- ・ 外ケーブル工予備孔の設置歩掛りを追加
- ・ 外ケーブル PE 管グラウトタイプ PC ケーブル工歩掛の変更
- ・ 重量型伸縮継手装置の設置歩掛りを追加
- ・ 検査孔蓋の設置歩掛りを追加
- ・ 複合損料の改定
- ・ 積算例題の見直し

- B 5 判 / 本編約 1,100 頁 (カラー写真入り)
- 別冊約 120 頁 セット

● 価格

- 一般価格 : 8,640 円 (本体 8,000 円)
- 会員価格 : 7,344 円 (本体 6,800 円)

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 600 円
沖縄県 610 円 (但し県内に限る)

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

大口径・大深度の削孔工法の設計積算に欠かせない必携書

大口径岩盤削孔工法の積算

平成26年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成26年5月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

本協会では、平成24年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成24年度版」を発刊し、関係する技術者の方々に広くご利用いただいております。

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準及び建設機械等損料算定表等が改正され、平成26年4月1日以降の工事費の積算に適用されること等に伴い、当協会では、内容をより充実し、また解りやすく説明した「大口径岩盤削孔工法の積算 平成26年度版」を発刊致しました。

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

敬 具

◆ 内 容

平成26年度版の構成項目は以下のとおりです。

第1編 適用範囲

第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算

第5編 ケーシング回転掘削工法の標準積算

第2編 工法の概要

第4編 パーカッション掘削工法の標準積算

第6編 建設機械等損料表

◆ 改定内容

平成24年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の損料改正に伴う関連箇所の全面改訂
- ・オーガ、パーカッション、ケーシング回転掘削工法の施工機械を最新情報に改定
- ・工法写真、標準積算例により解りやすく解説
- ・施工条件に対応した新たな岩盤削孔技術事例を追加
- ・施工実績の改定に伴う掘削工法の種類と選定資料の部分改定

● A4版／約250頁（カラー写真入り）

● 価格

一般価格：6,048円（本体5,600円）

会員価格：5,142円（本体4,762円）

※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 500円

沖縄県 350円（但し県内に限る）

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

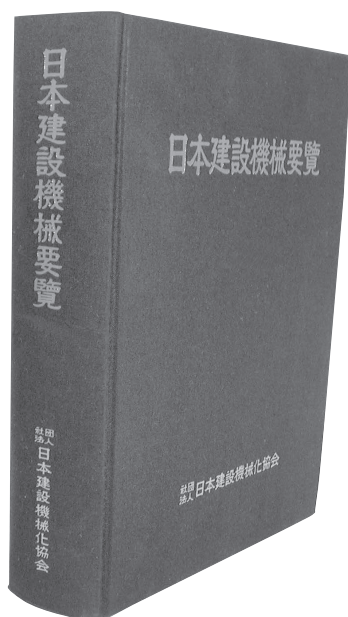


2013年版 日本建設機械要覧

ご案内

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



体 裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

価格は次の通りです（消費税8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2013年版日本建設機械要覧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、2007年版及び2010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2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

2013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、ウォーター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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2013年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
	FAX		
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他（ ）		
必 要 事 項	見積書（ ）通 ・ 請求書（ ）通 ・ 納品書（ ）通 （ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

①官公庁：FAX（本部、支部共）

②民 間：（本部へ申込）FAX

（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）

※北海道支部はFAXのみ

※沖縄の方は本部へ申込

（注）関東・甲信・沖縄地区は本部へ、その他の地区は最寄の下記支部あてにお申込み下さい。

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

☐ 当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

増刷出来 !!

建設施工における地球温暖化対策の手引き

当協会では地球温暖化問題を学び、建設施工における本問題を理解し、実践するための必携書として、これらを簡潔に分かりやすく纏めた「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を発刊しておりましたが好評を頂き御要望を多く頂いているため、この度急遽コピー版で増刷致しました。本書によって地球温暖化と建設施工における地球温暖化対策を理解し、建設現場での実践に役立てて頂きたく思います。

◇主な内容

- ・建設施工における工法、資材、建設機械及びその運転方法等について、CO₂の排出を削減するための一般的な対策手法や留意事項を示した。
- ・各工種の標準的な工法におけるCO₂排出量を算出すると共に、その排出量の削減が可能な対策と削減量を対策効果例として示した。
- ・国土交通省の土木工事積算システムにアクセスが多く、地球温暖化対策に関連する8工種を選定した。

◇掲載工種

土工／法面工／擁壁工／基礎工／仮設工（鋼矢板工）／道路舗装／トンネル工／橋梁工（参考資料のみ）

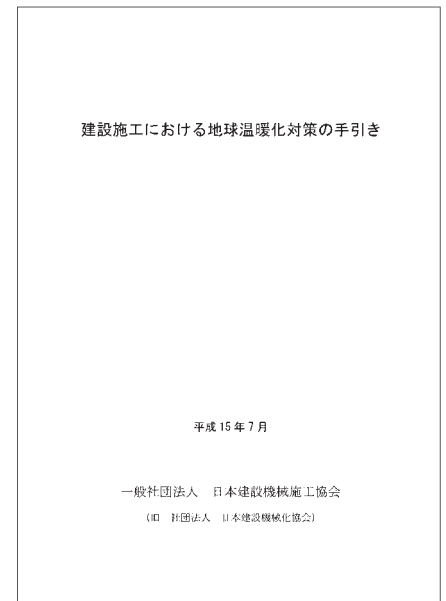
◇体裁・定価

A4判、85頁

価格 一般価格 1,620円（本体1,500円）

会員価格 1,512円（本体1,400円）

送料は一般、会員とも400円



「建設施工における地球温暖化対策の手引き」準拠 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル

本書は「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠して作成・発行したもので、地球温暖化対策を実施する際に稼働する建設機械の省エネ運転のための操作方法を、具体的に簡便にイラストを使って分かりやすく記載したものです。是非とも上の「手引き」と併せて利用下さい。

◇主な内容

基本事項、油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダ、ローラ、ホイールクレーン、クローラクレーン、ダンプトラック、点検整備

◇体裁・定価

B5判、50頁

価格 一般価格・会員価格共 540円（本体500円）、送料250円



◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

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

★個人会員の特典

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

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会は、建設事業の機械化を推進し、国土の開発と経済の発展に寄与することを目的として、昭和25年に設立された公益法人です。国土交通省および経済産業省の指導監督のもと、建設の機械化に係わる各分野において調査・研究、普及・啓蒙活動を行い、建設の機械化や施工の安全、環境問題、情報化施工、規格の標準化案の作成などの事業のほか、災害応急対策の支援等による社会貢献などを行っております。今後の建設分野における技術革新の時代の中で、より先導的な役割を果たし、わが国の発展に寄与してまいります。

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係
〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館
TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3432-0289

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円

- 会費は当該年度前納となります。年度は毎年4月から翌年3月です。
 - 年度途中で入会される場合であっても、当該年度の会費として、全額をお支払い頂きます。
 - 会費には機関誌「建設機械施工」の費用(年間12冊)が含まれています。
 - 退会のご連絡がない限り、毎年度継続となります。退会の際は必ず書面にてご連絡下さい。
- また、住所変更の際はご一報下さるようお願い致します。

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H26 年 6 月	よくわかる建設機械と損料 2014	5,616	4,752	500
2	H26 年 5 月	平成 26 年度版 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
3	H26 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 26 年度版	8,640	7,344	600
4	H26 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版	6,048	5,142	500
5	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
6	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
7	H25 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 25 年度版	8,640	7,344	600
8	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
9	H24 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 24 年度版	6,048	5,142	500
10	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック（改訂 4 版）	6,480	5,502	600
11	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
12	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
13	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
14	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
15	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
16	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
17	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
18	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
19	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,029		250
20	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）	5,142		600
21	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,456		500
22	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
23	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル（案）	1,944		400
24	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書（案）・機械設備点検整備特記仕様書作成要領（案）	1,944		400
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック（第 3 版）	6,480	6,048	500
27	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル（第 2 版）	2,675	2,366	400
28	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
31	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル	3,888	3,456	500
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
33	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
34	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
37	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック	6,480		500
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

目次

河川・海洋・海岸・港湾 特集

3	巻頭言	フィールド・ロボティクス	浦 環
4	行政情報	港湾分野における技術開発	福永 勇介
9	自然インフラ砂丘等を守る「浜崖後退抑止工」		
		サンドバックを活用した砂浜になじむ工法	諏訪 義雄
14	津波・高潮防災のための技術開発		
		フラップゲート式可動防波堤の開発	仲保 京一
19	パラレルメカニズムと建設施工技術への応用		五嶋 裕之
23	止水部に凍結技術を利用した仮設ドライアップ工法		
		「どこでも DRY」工法	宮沢 明良・網野 貴彦・黒米 郁
29	水圧吸引式ダム堆砂対策の開発		
		MHS (マルチ・ホール・サクション) 排砂管工法	本多 将人・片山 裕之
34	環境に配慮した深層混合処理船への設備更新		
		省エネルギー化設備を導入した「DCM6 号船」	榎本 孝
41	省エネルギー Hybrid グラブ浚渫船		
		第 381 良成丸	大松 正文
46	作業船における予知保全技術と適用事例紹介	柴田 勝規・宮崎 信弥・戸村 雅一	
53	福田漁港・浅羽海岸サンドバイパスシステム		
		ジェットポンプ式サンドバイパス工法	渡辺 壮彦・盛 英・岡田 英明
58	名古屋港ケーソン中詰材の改質施工		
		プレミックス船工法	常世田勝己・野村 浩・坂本 暁紀
65	海底資源開発における施工方法に関する考察		平林 丈嗣
71	論文	油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案	
			茂木 正晴・油田 信一・藤野 健一
80	ずいそう	上海の今	安部 憲一
81	ずいそう	シーボルト事件の真相	松嶋 憲昭
82	JCMA 報告	平成 26 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 受賞業績 (その 2)	
93	部会報告	コンクリート機械の変遷 (6)	機械部会
100	新工法紹介	機関誌編集委員会	
102	新機種紹介	機関誌編集委員会	
107	統計	平成 26 年度 建設投資見通し	
		機関誌編集委員会	
112	統計	建設工事受注額・建設機械受注額の推移	
		機関誌編集委員会	
113	行事一覧	(2014 年 6 月)	
116	編集後記	(岡田・齋藤)	

◇表紙写真説明◇

省エネルギー Hybrid グラブ浚渫船

写真提供: (株)小島組

「第 381 良成丸」は、ハイブリッドシステムにより省エネルギー化を図ることで、排出ガスの大幅な削減を目指し、2014 年 1 月に完成した非自航式のスパッド式グ

ラブ浚渫船である。

本写真は、愛知県蒲郡市浜町地先において、2014 年 2 月から 3 月にかけて実施した浚渫作業の状況を示す。

(1) 工事名 三河港改修工事・港湾施設維持管理合併工事
泊地 (-11.0 m) 浚渫工

(2) 発注者 愛知県建設部総務課

(3) 請負者 (株)小島組

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

施工部会情報化施工委員会(委員長:植木睦央 鹿島建設株式会社東京建築支店機材部)は、情報化施工を通じ災害に強く信頼性の高い復興事業を実現できるよう被災3県の施工者や発注者などを支援することとしました。

まずは、一般社団法人日本建設機械

施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ、情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談にこたえていくこととしました。次に、復興事業において情報化施工を取り入れ、自社のレベルアップを図ろうと考える施工者を、被災3県の

中から募り、業務受注後から竣工までをトータルサポートしていくこととしています。

<http://www.jcmanet.or.jp/sekou/hukkou/index.html>

平成 26 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 26 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知識や技術力を検定します(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問い合わせをしてください)。

1. 申込み方法

所定の受検申込用紙に必要事項を記載し、添付書類とともに郵送。

平成 26 年 3 月 7 日(金)～4 月 4 日(金)まで、受検申込み用紙を含む「受検の手引」を当協会等で販売;終了

2. 申込み受付

平成 26 年 3 月 7 日(金)～4 月 4 日(金);終了

3. 試験日

(1) 学科試験:平成 26 年 6 月 15 日(日);終了

(2) 実地試験:平成 26 年 8 月下旬から 9 月中旬

4. 合格発表

平成 26 年 11 月下旬～12 月上旬
詳細問い合わせ先:
一般社団法人日本建設機械施工協会
試験部

TEL: 03-3433-1575

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

第 14 回建設ロボットシンポジウム 論文募集のご案内

「第 14 回建設ロボットシンポジウム—建設産業をリードするロボット技術(RT) & 情報通信技術(ICT)—」(8 月 28 日(木), 中央大学 後楽園キャンパス)開催に伴い、次の通り発表論文を募集致します。

1. 論文募集内容

- (1) 建設生産についての将来展望
- (2) 建設生産技術の高度化
- (3) アプリケーションと新領域

(4) ライフサイクルへの適用

(5) ロボット・キーテクノロジー

2. 論文募集要項

(1) 応募者は論文要旨を送付してください。

(2) 論文要旨提出締切日:1 月 31 日(金);終了

(3) 審査の上、採用決定論文については本論文の作成を依頼します。

(4) 論文提出締切:4 月 25 日(金);

終了

(5) 論文発表時間:20 分/編(予定)

(6) シンポジウム期日:8 月 28 日(木)

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本ロボット工業会
建設ロボットシンポジウム事務局

TEL: 03-3434-2919

FAX: 03-3578-1404

E-mail: forum@jara.jp

URL <http://www.jara.jp/>

日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

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

会費:年間 9,000 円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

本誌では、建設機械・施工技術に関わる最新情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告等のほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。

○協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。

○シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、

に、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先
※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください
一般社団法人日本建設機械施工協会
個人会員係

TEL: (03) 3433-1501

FAX: (03) 3432-0289

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

巻頭言

フィールド・ロボティクス

浦 環



私はここ 30 年、深海で全自動で動くロボット、いわゆる「自律型海中ロボット」を作り、海に潜らせ、観測をさせてきた。ロボットそのものを作り込むことは第一義だが、それだけでは役に立たない。ロボットが働く環境と支援態勢を同時に考えなければならないのである。環境と支援態勢はロボットの設計に大きく影響を与える。さらに、人工環境でない海の中は、均質ではなく、多くの要素が常に変化するため、自律型ロボットにとっては難儀な世界である。また、ロボット支援船は、装備品や乗組員の質が千差万別で、揺れる船の上からロボットを吊り上げる作業ですらはらはらする。行ったことのない深海、そこでロボットが何をどうするのかは、想像をたくましくしていくしかない。これはとても楽しい知的な活動である。さらに、ロボットが立派な仕事をする、つまり、これまでに知られていない深海の真実を教えてくれれば、楽しみはさらに増す。これを海彦の喜びとでも呼ぼう。

調査海域に着いてロボットを海に潜らせるときには、とても緊張する。技術には自信があるのだが、想定外のことが起こったらどうしようという不安が常によぎる。

一方、ロボットを潜らせる毎に、環境と支援態勢の理解が深まり、心配事は減ったように思える。「慣れてきた」のだが、これが禁物、想像力がなくなり楽しい知的な活動が劣化し、ロボットを作り展開する喜びが少なくなってしまう。海彦が喜ぶには、常に挑戦しつづけなければならない。

日本を始め幾つかの国が、千メートルぐらいの深海で海底鉱物資源を開発するプログラムを進めている。自律型海中ロボットは、調査・探査するロボットだ

が、資源開発には、建機のような作業機械が必要である。人は深海の現場に行けないため、作業機械は遠隔操縦で動かさねばならない。遠隔操縦し、電力を供給するために、海中作業機械には太くて長い水中ケーブルが取り付けられる。ケーブル扱いのためにウインチや張力調整機などの大型の船上装置が必要で、船は大きくなってしまう。海の遠隔操縦機のトラブルの多くはケーブルが原因である。やれやれ。

一方、陸で使われる建設機械では、危険な場所、危険な状況に対応するために、遠隔操縦機が開発され現場作業に使われている。操縦は電波で、エネルギーはエンジンなどから自前で供給し、水中の遠隔操縦機械よりは厳しくない条件にあるように見える。しかし、海中と違って、陸上では生身の人間が危険を冒して現場へと出歩いていくことができる。遠隔操縦の建設機械や調査機械は、人間が直接操縦する機械に勝てなければ存在意義はない。人件費の安さと人間の操縦能力・認識能力の高さを考えると、「普通の」状況では、遠隔操縦建設機械は、「普通の」建設機械には勝てない。しかし、噴火する火山の周辺や土石流の危険のある山岳地帯では、遠隔操縦ロボットを働かせ、手柄を立てることができるだろう。これを山彦の喜びと呼ぼう。

海彦も山彦も、「過酷な」フィールドで働き、他がまねのできない成果をあげるフィールド・ロボットである。行くべき所、やるべき事は沢山あり、我々技術者は、海彦山彦におおいなる手柄を立てさせ、喜びを分かち合いたいと思う。

——うら たまき 九州工業大学 社会ロボット具現化センター長、特別教授——

行政情報

港湾分野における技術開発

福永 勇介

国による港湾分野の技術開発は、「港湾の技術開発にかかる行動計画」（以下、港湾行動計画）に基づき実施している。港湾行動計画は5か年計画であり、平成13年に第1期計画が策定されたのを皮切りに、現下第3期計画が進行中であるが、次期第4期計画の平成26年度中の策定に向け、現在検討を重ねているところである。

本稿では、現行の第3期計画の概要、今期計画の策定の際に勘案し、次期計画策定においても押さえておくべき港湾を取り巻く諸情勢とそれを踏まえた今後重点化が必要な港湾における技術開発分野について紹介する。

キーワード：港湾行動計画、防災・減災、粘り強い構造、老朽化対策、ライフサイクルマネジメント

1. 港湾分野の技術開発に関する計画の系譜

国による港湾分野の技術開発は、「港湾の技術開発にかかる行動計画」（以下、港湾行動計画）に基づき実施している。港湾行動計画は5か年計画となっており、第1期の計画は、技術開発の長期政策として平成13年5月に策定された「新世紀を拓く港湾の技術ビジョン—暮らし、海、世界、そして技術—」にて示されている技術開発課題を基に、平成13年に策定された。同計画においては、国が主体的に関わる分野について、政策的かつ緊急的に実施する必要がある項目が重点技術開発分野として設定され取りまとめられている。現計画は第3期の計画（期間は平成22～26年度）に当たり、現在、平成27年度から開始を予定している第4期の計画の策定に向け、検討を重ねているところである。一方、国土交通行政における技術政策の基本的な指針を示した「国土交通省技術基本計画」（以下、技術基本計画）の第3期計画が平成24年12月に、老朽化対策に関する政府全体の取組として「インフラ長寿命化基本計画」が平成25年11月に策定された。また、政府全体の科学技術にかかる計画として「科学技術基本計画」の第4期計画が平成23年8月に、「科学技術イノベーション総合戦略—新次元日本創造への挑戦—」が平成25年5月に、大規模災害に対する強靱な国づくりの方策を示した「国土強靱化基本計画」が平成26年6月にそれぞれ閣議決定された。これらのうち、技術基本計画、科学技術基本計画は港湾行動計画の上位計画として位置付けられており、港湾分野の技術開発は、これらの上位計画と相互に連携を取り

ながら実施されている。また、近年発生した大規模災害の教訓を活かすべく国土強靱化基本計画、インフラ長寿命化基本計画を始め、出口志向の課題解決型技術開発を目指す科学技術イノベーション総合戦略についてもそれらの内容を次期港湾行動計画に反映する予定である。

2. 「港湾の技術開発にかかる行動計画」の概要

ここで、港湾の技術開発の全体像を示すために、現在実施中の第3期の港湾行動計画の概要を紹介する。本計画では、表—1のとおり、技術開発のカテゴリーとして「安全・安心な社会の形成」、「沿岸域の良好な環境の保全・形成」、「活力ある経済社会の形成」の3つの大項目が掲げられており、それぞれの大項目に3つの技術開発目標がぶら下がっている。港湾局で行っている個別の技術開発はこれら9つの技術開発目標に対応付けられており、例として表—1には技術開発テーマ例を示している。

(1) 技術開発目標（大項目1：安全・安心な社会の形成）

「安全・安心な社会の形成」に関しては、「津波・高潮・高波災害の防止、被害軽減」、「地震災害の防止、被害軽減」、「港湾活動の安全性の向上」の3つの個別の技術開発目標が提案されている。「津波・高潮・高波災害の防止、被害軽減」と「地震災害の防止、被害軽減」は、それぞれ海域と陸域で発生する自然災害に対して防災、被害軽減を目的とした技術開発となって

表—1 港湾行動計画における技術開発のカテゴリ—
個別の技術開発目標

大項目	技術開発目標	技術開発テーマ例
安全・安心な社会の形成	1. 津波・高潮・高波災害の防止、被害軽減	巨大津波に対応したねばり強い防波堤の設計手法の開発
		湾口部における可動式防波堤の開発
		津波漂流物対策の高度化
	2. 地震災害の防止、被害軽減	地震・津波複合災害による被災メカニズムの解明及び対策の検討
		既設コンテナクレーンに設置可能な新型制震・免震装置の開発
	3. 港湾活動の安全性の向上	継続時間の長い地震動に対応した液状化対策工法の開発
生体認証等を用いた出入管理情報システムの実用化		
沿岸域の良好な環境の保全・形成	4. 海域環境の保全、回復	長周期波を低減するための波浪制御構造物の技術開発
		コンテナクレーンの逸走事故防止技術の開発
		東京湾、伊勢湾を対象とした、干潟・浅場の整備による水質改善効果等の評価・予測手法の開発
	5. 海岸の保全、維持	直轄の大型漁業船、環境整備船による油・浮遊ゴミの回収、浚渫作業の効率化
		浚渫土砂を活用した浅場造成、深掘り跡の埋め戻し技術の開発
	6. 循環型社会の形成	藻類や海生生物等による二酸化炭素吸収効果（ブルーカーボン）の評価に関する技術開発
活力ある経済社会の形成	7. 国際コンテナ・バルク戦略港湾の実現	海浜、沿岸地形の変形予測モデルの精度向上
		地球温暖化の影響を考慮した効果的な海浜維持管理手法の開発
		「港湾・空港等整備におけるリサイクル技術指針」の見直し等による副産物の有効活用
	8. 戦略的な維持管理の推進	超大型コンテナ船に対応した次世代コンテナターミナルの開発
		AGV等コンテナターミナルの自動化技術の高度化
	9. 海洋空間・海洋エネルギーの有効利用	船舶のアイドリングストップ、トランスファークレーン等の電動化等の港湾活動における排出ガス削減、省エネルギーを進めるための技術開発
ケーソン式岸壁のマウンド縮小による効率的な増深化技術の開発		
		矢板式及び重力式岸壁へのLCMの展開
		非接触式肉厚計測システム等の構造物点検技術の高度化
		遠隔離島における港湾整備、管理を効率的に行うための技術開発
		沿岸域における風力、波力エネルギーの有効活用に向けた技術開発

おり、阪神・淡路大震災や東日本大震災をはじめとする大規模な自然災害が頻発するわが国の立地・自然条件を踏まえている。一方、「港湾活動の安全性の向上」は、自然災害への対応のみならず、テロ等に対する港湾の保安維持を含めた、港湾活動の安全確保を目的とした技術開発である。

(2) 技術開発目標（大項目2：沿岸域の良好な環境の保全・形成）

「沿岸域の良好な環境の保全・形成」に関しては、「海域環境の保全、回復」、「海岸の保全、維持」、「循環型社会の形成」の3つの個別の技術開発目標が提案されている。生態系にとって貴重な生息場となっている干潟等の減少や、汚濁物質の流入等による水質環境の悪化等を踏まえ、「海域環境の保全、回復」と「海岸の保全、維持」は、沿岸域の自然環境を構成する海域と海岸の保全、回復を目的とした技術開発である。さらに、浚渫土砂や産業副産物等の再利用・減容化、廃棄物対策を目的とした技術開発目標が、「循環型社会の形成」である。

(3) 技術開発目標（大項目3：活力ある経済社会の形成）

「活力ある経済社会の形成」に関しては、「国際コン

テナ・バルク戦略港湾の実現」、「戦略的な維持管理の推進」、「海洋空間・海洋エネルギーの有効利用」の3つの個別の技術開発目標が提案されている。これらの技術開発目標は、それぞれ、①世界経済のグローバル化やアジアを中心とした新興国の経済成長を踏まえた、港湾物流機能の効率化、②高度経済成長期に集中投資した社会資本ストックの老朽化を考慮した、港湾施設の戦略的な維持管理、③四方を海に囲まれ、広大な排他的経済水域を有するわが国の実情に基づく、海洋開発の推進（風力・波力等の再生可能エネルギーの活用、遠隔離島の港湾整備等）に対応するものであり、活力ある経済社会の形成に不可欠な取り組みである。

3. 技術開発を推進する上で考慮すべき諸情勢

今期の計画を策定するに当たり、重大な影響を与えた社会情勢について振り返る。これからのわが国の港湾分野の技術開発を実施する上で、何よりもまず勘考すべき、大きな社会的インパクトを残した出来事は、平成23年に未曾有の被害をもたらした東日本大震災である。過去津波被害を幾度も経験し、その対策を講じてきたわが国においても、東日本大震災での想定を超える規模の津波により東北から関東にかけて太平洋沿岸の広範に渡り甚大な被害に見舞われた。その経験から得た教訓を基に、平成24年6月に交通政策審議会港湾分科会防災部会において「港湾における地震・津波対策のあり方（答申）～島国日本の生命線の維持に向けて～」(以下、答申)が取りまとめられたが、ここでは津波のレベルとそのレベルに応じた背後地の防護目標の考え方が見直され、今後の全国の港湾における津波対策のあり方を改めて検討する契機となった。次に、技術開発を実施していく上で勘案すべき情勢として、老朽化の進む既存ストックの維持管理の問題がある。本計画の策定と時期を同じくして山梨県に位置する中央自動車道の笹子トンネルで天井板落下事故が発生した。わが国は戦後類稀なる発展を遂げる過程で、数々の社会資本を整備して来たが、今後、社会資本整備が新規建設から既存ストックの運用にシフトして行く中で、それらの維持管理費、更新費が爆発的に増加することが懸念事項となっている。

4. 特筆すべき技術開発

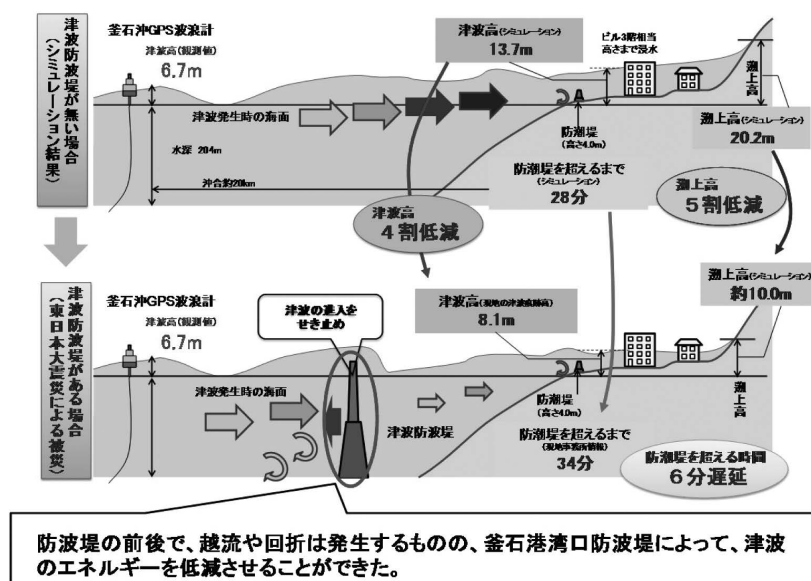
港湾局として特に注力している研究開発課題が「防災・減災」並びに「港湾の施設の維持管理」に関するものであり、次期港湾行動計画の策定においても勘案

すべき中心的な技術開発課題となることが想定される。ここでは、2章で紹介した港湾行動計画の大項目のうち、大項目1の中の「津波・高潮・高波災害の防止、被害軽減」と大項目3の中の「戦略的な維持管理の推進」に分類され、現在港湾局が高い優先度を持って強力に推進している2つの技術開発について紹介する。

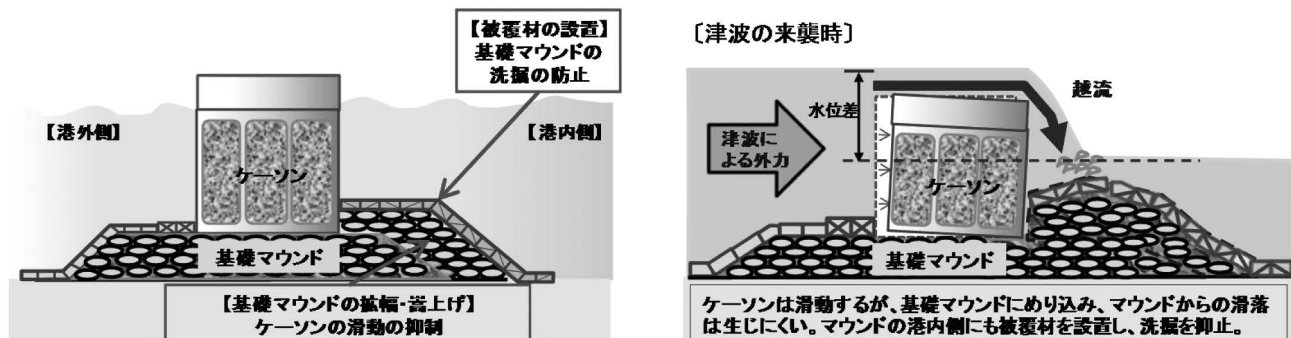
(1) 津波災害低減のための技術の開発

東日本大震災では想定を超える規模の津波が、東北地方、関東地方の太平洋沿岸域に甚大な被害をもたらした。これを教訓として、最先端の科学的知見を駆使したとしても、現時点で津波の規模や発生頻度を精度良く予測することは実質上不可能であるという認識に立ち、今後は津波の規模や発生頻度に応じて防護の目標を明確にすることにより、津波への対策を講じることが求められる。一方、東日本大震災において、防波堤・胸壁等の外郭施設は大きな被害を受けたものの、津波の威力を低減し、その到達を遅らせる等、これまで把握されていなかった一定の減災効果を発揮したこ

とが明らかとなった。例えば、釜石港においては湾口部の防波堤が津波の高さを約4割低減し、津波の到達時間を6分遅らせ（図—1）、また、他港においても同様に一定の減災効果を発揮したことが確認されている。また、中央防災会議の専門調査会によってまとめられた「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会報告」では、発生頻度の高い津波と最大クラスの津波の2つの規模の津波の考え方や地震・津波による被害を軽減するための対策の方向性が提示された。交通政策審議会港湾分科会防災部会でまとめられた答申では、この考え方を反映して、発生頻度が高い津波に対しては、可能な限り施設で人命と財産を守りきる防災を目指すものとした。発生頻度は極めて低い影響が甚大な最大クラスの津波に対しては、（発生頻度が高い津波の規模を超える津波に対しては、）変形しつつも倒壊しない粘り強い構造（図—2）によって最低限人命を守るという目標の下に被害を可能な限り小さくする減災を目指すものとし、防護レベルの明確化が図られている。そこで、港湾局は答申の内容を受け、港湾の施設を設計するために必要

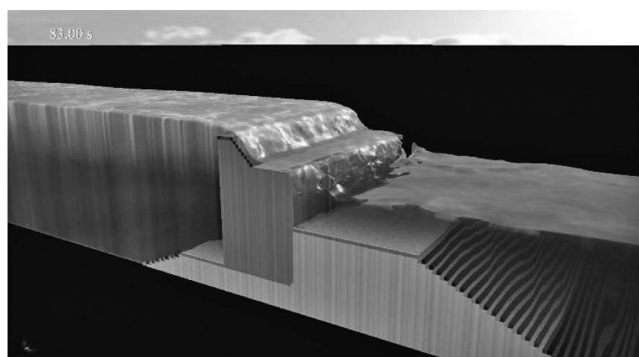


図—1 防波堤の減災効果（釜石港）

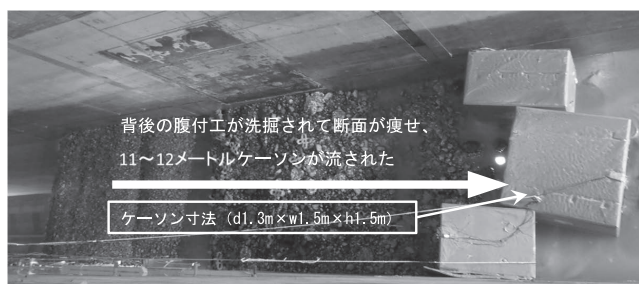


図—2 「粘り強い」構造の防波堤

な津波の規模を明確に定義し、さらに、人命、財産または社会経済活動に重大な影響を及ぼすおそれのある港湾の施設に求める粘り強い構造について考え方をまとめた。これを踏まえ、平成25年9月に、設計津波や港湾の施設の粘り強い構造について法令上規定するため「港湾の施設の技術上の基準を定める省令」並びに「港湾の施設の技術上の基準の細目を定める告示」を改正し、また、防波堤の耐津波設計の基本的な考え方を示した「防波堤の耐津波設計ガイドライン」を公表するに至った。防波堤は、上記のとおり、東北地方太平洋沖地震に伴う津波によって被害を受けつつも、港湾の施設の中では第一線で津波の港湾エリアへの侵入を抑制可能な施設であり、津波の威力の低減、陸域への到達時間を遅らせる等の減災効果が確認されていることから、津波が来襲してもとりわけ粘り強く減災効果を発揮することが求められる。ガイドラインでは、防波堤について津波による破壊メカニズムを水理模型実験や数値解析により分析し、減災効果を発揮する粘り強い構造のあり方について整理されている。ガイドラインの内容については、現在も継続して取り組んでいる実験や検討の結果（図—3、4）を随時追加し、今後も内容を充実させていく予定である。



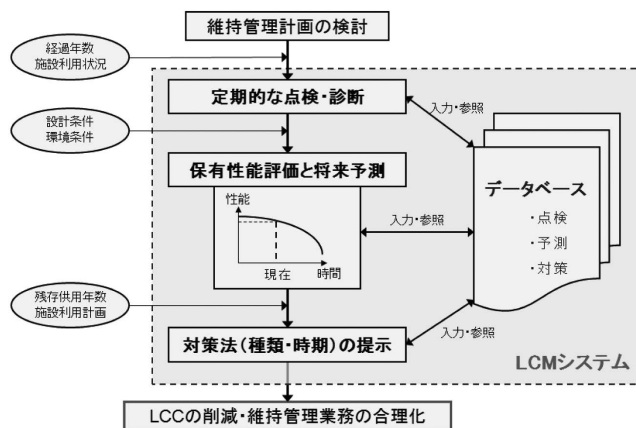
図—3 CADMAS-SURF3D による防波堤の数値解析



図—4 防波堤の水理模型実験

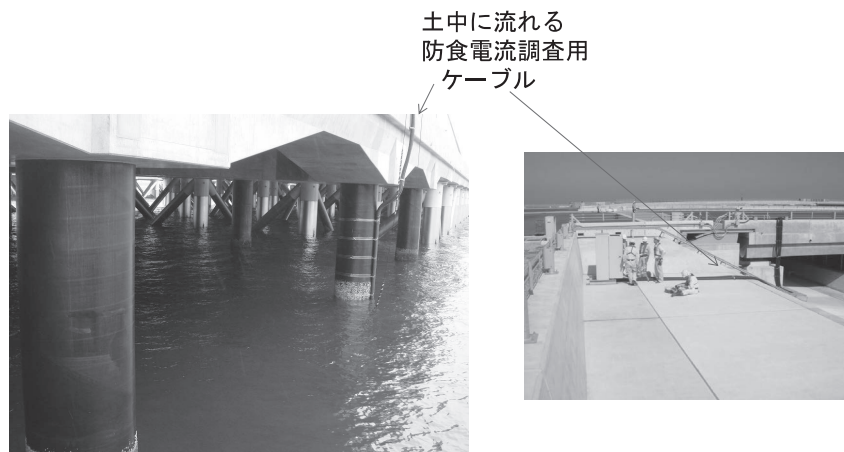
(2) 構造物のライフサイクルマネジメントのための点検診断手法に関する技術開発（図—5）

今後、社会資本ストックの増加と老朽化が進むにつれて、それに係る維持管理費の増大が懸念されている



図—5 ライフサイクルマネジメント技術の構築

が、社会資本ストックの充実を図っていくためには、社会資本整備の更なる効率化を進めるとともに、今後の社会資本ストックの維持管理に要するコストを縮減することが極めて重要な課題となっている。ライフサイクルマネジメントに基づく港湾の施設の維持管理においては、まず点検診断あるいはモニタリングを実施することで、構造物の劣化や変状に関するデータを取得し、これに基づいて構造物の残存性能を定量的に評価・予測した上で、適切な対策を講じることとなる。現状では、港湾の施設の点検診断は、大部分を構造物外観の目視調査に頼っているが、定量的で信頼性の高いデータが取得できればより効果的な維持管理を行うことが可能となる。一方、非破壊試験技術については、コンクリート構造物や鋼構造物の劣化・変状を検出しその程度を定量的に評価するための有効な手法として、実構造物への適用に向けた検討が進められている。港湾の施設の点検診断への非破壊試験技術の導入や、より高度な維持管理のために不可欠な健全性の常時モニタリングの実施によって、高効率かつ効果的な維持管理の実現が期待できる。本技術開発では、材料の劣化および構造物の性能低下のモデル化の検証等を行うことにより、構造物の維持管理段階における性能の保持に不可欠な点検・診断手法の高性能化を目的とした技術開発を実施している。具体的な取り組みとして、港湾の施設の点検診断およびモニタリングに非破壊試験技術を導入することで、定量的で信頼性の高いデータを取得するための手法について検討する。特にコンクリート中の鉄筋腐食、鋼材の腐食、電気防食の陽極消耗などの主要な変状に着目するとともに、コンクリート部材や鋼部材の健全性モニタリングへの非破壊試験技術の活用について検討を進めている（図—6）。以上のように、非破壊試験技術を活用した港湾の施設の点検診断・モニタリングシステムを確立することで、既存施設の性能確保と有効活用を図り、更に



図一6 羽田空港の鋼管杭モニタリング（連絡誘導路部）

は、構造物の維持管理の効率化および高度化のためのシステムを港湾管理者・民間事業者へ提供することにより、維持管理コストの縮減を実現する。

5. おわりに

本稿では港湾局で取り組んでいる技術開発を代表して、センセーショナルな災害・事故により明るみに出た課題を解決するための2つの技術開発について紹介した。今回紹介した技術開発以外にも、わが国港湾の国際競争力を維持・向上させていくための国際コンテナ・バルク戦略港湾を実現するために必要なコンテナターミナルの自動化技術の高度化や、海洋空間・海洋エネルギーの有効活用を図るために必要な沖ノ鳥島等の遠隔離島における港湾整備・管理を効率的に行うための技術開発等、社会的課題の解決もしくは将来的な社会要請への対応等を行うことのできる技術開発を推

進していく。特に、港湾は世界的な海上交通ネットワークをなすインフラであり、その拠点機能については諸外国の港湾と競争関係にさらされていることから、港湾における技術開発は常に世界の技術レベルを意識し、競争関係が少しでも優位になるような先駆的なものを目指す必要がある。港湾行動計画は、国が主体的に必要な技術開発を推進するために策定しているものであり、今後の社会情勢に応じて、その時々で必要とされる技術や今後想定される課題の解決に必要な技術を常に意識して技術開発の優先順位を見極め、港湾行政ひいては国土交通行政を支える技術開発を推進していく所存である。

J C M A

【筆者紹介】

福永 勇介（ふくなが ゆうすけ）
国土交通省
港湾局 技術企画課 技術監理室
超過外力対策係長

自然インフラ砂丘等を守る「浜崖後退抑止工」

サンドバックを活用した砂浜になじむ工法

諏訪 義雄

砂堤・浜堤は波浪によって運ばれた砂や砂礫が波によって陸上にうちあげられ小高い地形を形成するものであり、外洋沿岸に発達する。砂丘は砂浜や砂堤・浜堤の砂が飛砂として陸側に運ばれて堆積し高地を作ったものである。これらの砂丘・砂堤・浜堤は高波や津波から背後地を守る働きをしている自然インフラであるが、前面砂浜では侵食が進行している場合が多く、これら自然インフラが持つ防護機能が脅かされている。

サンドバックを用いた浜崖後退抑止工は、侵食によって砂丘・砂堤・浜堤の前面に形成される浜崖の後退を抑止するものであり、自然インフラを保全する新工法である。土木繊維でできた長さ20m・幅4.2m・高さ1.5mの巨大な袋材に現地の砂や養浜砂を充填して波浪に対して安定するサンドバックを作成し、これで浜崖の基部を保護することにより、浜崖の後退を緩和するものであり、海浜景観になじむ特長を持つ。本稿では、まず自然インフラ保全の重要性を述べた後に、浜崖後退抑止工の概要、全国で初めて本格採用された宮崎海岸大炊田地区の事例、活用にあたっての留意点を紹介する。

キーワード：自然インフラ、砂丘・砂堤・浜堤、浜崖後退抑止工、サンドバック、共同研究、浜崖、バーム、海岸侵食、宮崎海岸、養浜、砂浜景観

1. はじめに

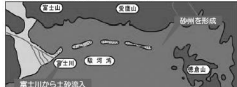
日本の海浜は、山地等から供給される土砂が波浪と海浜流により沿岸方向に運ばれ、バームと呼ばれる砂堤・浜堤を形成しつつ陸地を広げてきた。図-1は、富士川左岸に広がる富士海岸の地形形成過程である。富士川から供給された砂礫が沿岸方向に運ばれて図に「砂州」と表記される浜堤を発達させていった。この浜堤の上に東海道と宿場町が発達し、今も東海道本線が通っている。背後の浮島沼と呼ばれた低地は水田になり、現在では国道1号バイパスが作られ新たな市街地になっている。

このような地形は日本の平野部の沿岸でよく見られるものである。日本海側、遠州灘、宮崎平野沿岸のように飛砂が多い沿岸では砂堤・浜堤の背後に飛砂による標高10m以上の砂丘が発達している場合も多い。これら沖積低地と海の間形成される砂堤・浜堤や砂丘は、街道や集落等人々の生活の場を提供するとともに、高波や津波から背後の沖積平野を守る自然の防護施設の役割を果たしてきた。たとえば図-2は、宮崎海岸のある宮崎市の津波浸水想定である。図から砂丘によって背後の平地の浸水が防がれていることがわかる。砂丘や砂堤・浜堤のような自然地形を自然イン

【流域の地形】

沖積世初期（約1万年以上前）、富士川・狩野川の運搬砂礫により沿岸砂礫州が形成され、愛鷹山麓との間に海跡湖状の潟湖が生じ、愛鷹山を刻む河川の堆積作用により浮島沼ができ、さらに埋積が進み浮島ヶが原になったとされています。

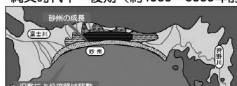
沖積世（約1万年以上前）



弥生時代中・後期（約2000年前～）



縄文時代中・後期（約4000～5000年前）



現在

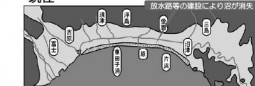


図-1 海岸地形形成過程の例（富士海岸）¹⁾

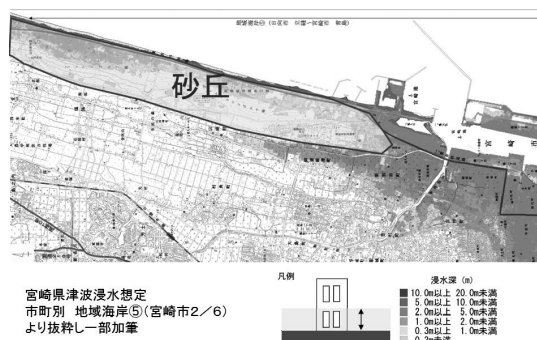


図-2 自然インフラ 砂丘の津波防護効果例
宮崎海岸住吉地区

フラと呼ぶ。

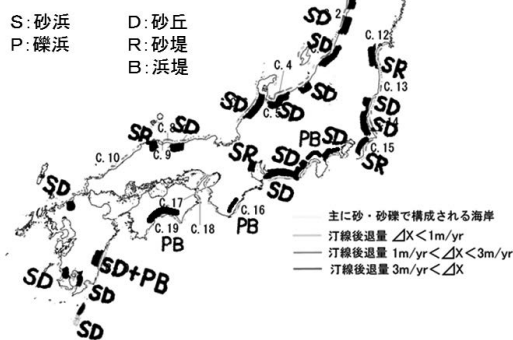
海岸侵食は、当該地点に供給される漂砂量よりも波浪等により当該地点から沿岸方向等に運び去られる漂砂量が多い場合に発生する。新潟海岸、皆生海岸等古くから侵食が問題となっている海岸もあるが、海岸侵食の問題が全国的に顕在化したのは高度経済成長期以降である。図—3は日本沿岸の侵食実態（2001）である。昭和28年頃の地形図と平成の地形図の海岸線GISデータ等からその間の海岸線後退速度を求めて色分けし描いたものである。色が暖色になるほど海岸線後退速度が大きい。さらに、図には福本紘²⁾を参考に、我が国の砂丘・砂堤・浜堤を黒太線で重ね書きしている。図から、日本の沿岸、特に外洋沿岸で砂丘・砂堤・浜堤が分布していること、多くの砂丘・砂堤・浜堤の前面海浜で侵食が進行していることがわかる。写真—1は、砂丘前面の侵食によって形成された浜崖の例である。侵食によって砂丘が失われると、その防護機能も失われることになるため自然インフラである砂丘・砂堤・浜堤を保全することは重要である。

「全国海岸侵食実態図(2001年版)」※と
「長さ20km以上の海浜地形の分布」※※
を重ね合わせた図

黒太線が砂丘、砂堤、浜堤の位置

※: http://www.nilim.go.jp/lab/fcg/labo/01_01.html

※※: 福本 紘(1989),日本の海浜地形の地理的特性とその形成環境,地理学評論62A-2,pp.108-128.



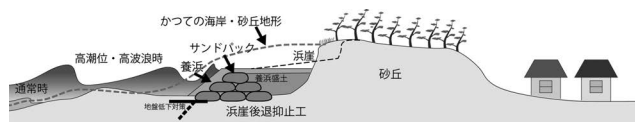
図—3 砂丘・砂堤・浜堤と海岸侵食



写真—1 浜崖の例

2. 浜崖後退抑止工とサンドバック

浜崖後退抑止工は、サンドバックと養浜によって砂丘前面の浜崖基部を保護することにより、波浪による浜崖の後退を抑止するものである（図—4）。サンドバックとは、強度と耐久性の大きい土木繊維の袋材に現地の海浜砂あるいは養浜材を充填したものである。比重はブロックより軽い、容積・重量を大きくすることにより波浪安定性を増している。袋材は現地の海浜に近い色とすることができ、コンクリートを用いないことからサンドバックが露出した場合でも景観に配慮できる。さらに浜崖後退抑止工はサンドバックの天端高をバーム高程度に抑えることにより、静穏波で砂浜が回復した時にサンドバックが砂に覆われ海浜地形になじんだ景観とすることができる（写真—2）。



図—4 浜崖後退抑止工

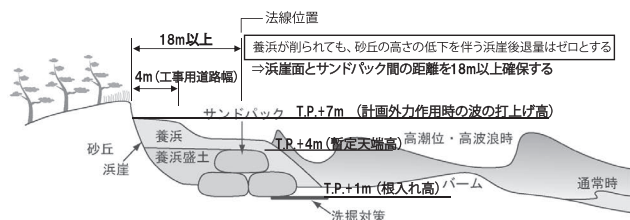


写真—2 砂浜になじんだサンドバック
福井県浜住海岸

サンドバックと浜崖後退抑止工は国総研と袋材メーカーの共同研究によって開発した。開発・整理したサンドバック及び浜崖後退抑止工の性能評価方法等は、サンドバックの波浪安定性、サンドバック積層体のすべり・土圧等に対する安定性、施工許容範囲、点検支援カルテの整備、施工歩掛、サンドバック突合せ部・施工端の対策、施工時の留意事項である。サンドバック袋材の性能評価方法等は、袋材強度、紫外線・水分変動等気象要因による強度劣化、砂礫の摩耗による強度劣化、摩擦係数、中詰材保持性能、環境適合性、耐燃焼性、損傷拡大抵抗である。これらの内容は、国総研資料No.745にまとめており³⁾また、共同研究のHPも開設しているので参照されたい⁴⁾。

3. 宮崎海岸埋設護岸での本格採用

浜崖後退抑止工は、宮崎海岸大炊田地区約 1.6 km において埋設護岸として初めて本格施工された。完成断面は図—5 のようになる。



図—5 宮崎海岸大炊田地区埋設護岸断面図⁵⁾

サンドバックは2段積み自立式とし、天端高は T.P.+4 m、敷設高は T.P.+1 m である。敷設高は、これ以上掘削すると地下水面以下となって施工が容易でなくなるためこれが限界であろうと考え設定した。現地の海浜断面を見ると、サンドバック前面の海底地盤が低下する可能性があることから、地盤低下対策としてアスファルトマットを敷設することとした。

サンドバックは単体で 1.5 m の高さなので、2 段積みとすると天端高は T.P.+4 m となる。この海岸の計画波浪うちあげ高は T.P.+7 m であり、計画波浪が来襲した場合にはサンドバックを越波して養浜土砂を变形させる。水理模型実験から、サンドバック背後の養浜土砂量が十分にあれば、変形後の斜面勾配は波の遡上帯に形成されるバーム前面勾配と同程度であったことから、サンドバック天端 (T.P.+4 m) から T.P.+7 m までの間に宮崎海岸のバーム勾配である 6 割斜面が形成され则认为した。浜崖とサンドバックの間にこの斜面を形成できる空間を確保するため、サンドバックは浜崖から 18 m 以上海側に離して設置している。

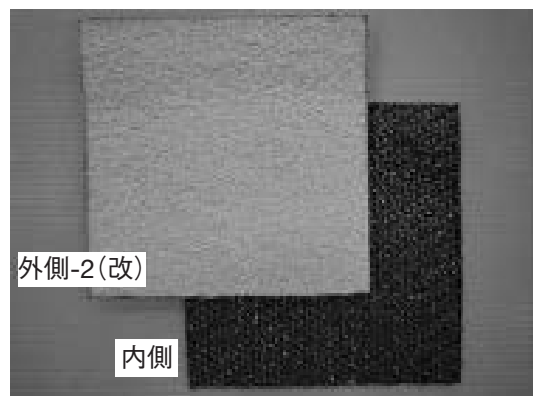
現地海浜のバーム高は T.P.+2～3 m なので、サンドバックの天端高はやや高めではあるが、現地の海浜になじんだものとなることが期待される。

採用したサンドバックは2種類である。一つは、写真—3 のように袋材の表面を人工芝構造として耐久性を高めたものである。もう一つは、写真—4 のように袋材を耐久性を高めるための外材と張力を持たせるための内材の2重構造としたものである。

施工の手順は以下のとおりである。T.P.+1 m までの床掘りを行い (写真—5)、地盤低下対策であるアスファルトマットを敷設する (写真—6)。下段サンドバックの袋材を所定の位置に敷設し (写真—7)、サンドポンプで砂を充填する (写真—8)。上段サン



写真—3 袋材表面を人工芝構造として耐久性を高めたサンドバック



写真—4 袋材を外材と内材の二重構造として耐久性を高めたサンドバック



写真—5 施工状況 (床掘)



写真—6 施工状況 (アスファルトマット敷設)



写真一七 施工状況（袋材敷設）



写真一八 施工状況（中詰材充填）



写真一九 施工状況（サンドバック背後養浜）



写真一〇 完了後（覆土養浜後）

ドバックの敷設面を整え、上段サンドバックの袋材を敷設し、サンドポンプで砂を充填する。サンドバックの突合せ部に隙間ができないよう注意しながら、延長方向にこの作業を繰り返す。サンドバック背後を養浜材で埋戻し（写真一九）、仕上げに全体を養浜材で覆土する（写真一〇）。

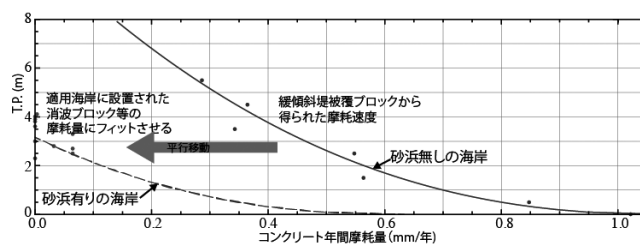
約 1.6 km の施工区間を 5 工区に分けて工事を行ったが、サンドバック 2 段積み自立式の敷設に 2 か月半、養浜に 4 か月弱と施工を迅速に行うことができた。工事コストは、通常のコンクリート護岸に比較して 2 ～ 3 割縮減できたと評価している⁵⁾。

4. 活用にあたっての留意点

サンドバックは、施工途中に波浪が侵入すると袋材が煽られる等するので、砂浜がある程度残っている場所でないと施工が困難になる。波浪の侵入を防止する仮設工を設置し、ドライにするための排水を行えば、砂浜がない場所でも施工は可能であるが、工費が増大することから現実的ではない。

袋材を強化したとはいうものの、いかなる変形にも耐えられるほどの強度を有する袋材は開発できていない。また、一旦設置した後は、撤去はできるが移動はできないため、コンクリートブロック乱積みのように様子を見ながら逐次投入していくやり方には向かない。つまり、設置前の計画・設計が重要な工法である。また、劣化の監視も重要であり手間のかかる工法である。

コンクリートブロックは経済性と耐久性に優れ、実績を積み上げて信頼性のあるものだが、海岸保全のための施設すべてがコンクリートでなければならないかどうかはこれまで精査されたことはなかった。図一六は、宮崎海岸の護岸のコンクリートの摩耗調査結果から年間摩耗量の鉛直分布を整理したものである³⁾。図から、常に波浪にさらされる下部ほど摩耗速度が大きいことがわかる。また、前面に砂浜があると摩耗速度が小さくなることもわかる。このように砂浜を有する海浜は、波浪外力とそれによって生じる摩耗外力の場



図一六 宮崎海岸年間コンクリート摩耗量鉛直分布

所的变化が大きい空間であり、浜崖後退抑止工はその特徴を生かした工法である。

浜崖後退抑止工は、前面に砂浜が確保できる場所、近い将来確保できる見通しのある場所に適している。また、サンドバックの設置は波浪による浜崖の後退を抑制することはできるが、侵食の原因である漂砂バランスを整えることはできないので、養浜と抜本的侵食対策は別途なされる必要がある。

5. おわりに

東日本大震災以降、減災が注目されている。砂丘・砂堤・浜堤等の自然インフラは減災に有効であることから、今後これらの保全は益々重要になると考えられる^{6) 7)}。サンドバックを用いた浜崖後退抑止工は、侵食からの保全に有効である。また、サンドバック及び浜崖後退抑止工は、コンクリートをなるべく使いたくないという現場に新しい選択肢を提供できる。さらに、養浜と組合せ、波浪の作用で現場になじませることで砂浜らしい景観を損なわない保全が可能となる。

J C M A

《参考文献》

- 1) 静岡県沼津土木事務所, 安全・安心な地域づくりを目指して～沼川新放水路(仮称)～パンフレット
- 2) 福本 紘 (1989), 日本の海浜地形の地理的特性とその形成環境, 地理学評論 62A-2, pp.108-128, 1989
- 3) 国土技術政策総合研究所海岸研究室他, 浜崖後退抑止工の性能照査・施工・管理マニュアルー共同研究「海岸保全における砂袋詰め工の性能評価技術に関する研究」報告書ー, 国総研資料第 745 号, 2014 年 1 月
- 4) 国土技術政策総合研究所・ナカダ産業(株)・前田工繊(株)・三井化学産資(株), 共同研究「海岸保全における砂袋詰め工の性能評価技術に関する研究」HP, <http://www.sandpack.net/>
- 5) 真鍋将一, 下田勝典 (2014), 全国初のサンドバック工本格施工ー宮崎海岸埋設護岸工事にジオテキスタイル製極大砂袋を採用ー, 土木施工, Vol.55, No2, pp.20-21, 2014, Feb.
- 6) 加藤史訓ほか, 設計超過津波への対応策ー粘り強い海岸堤防と自然・地域インフラの活用ー, 土木技術資料 56-1, pp.12-15, 2014 年 1 月.
- 7) 国土技術政策総合研究所, 国総研の重点研究に関する H 26 年度概算要求について, <http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/kisya/journal/kisya20130829.pdf>

〔筆者紹介〕

諏訪 義雄 (すわ よしお)
国土技術政策総合研究所
河川研究部 海岸研究室
室長

津波・高潮防災のための技術開発

フラップゲート式可動防波堤の開発

仲 保 京 一

今後の津波・高潮等防災対策のあるべき姿を考えると、ハード対策である防護施設には、長期にわたりその役割を果たすことが求められ、津波発生時に確実に機能するのはもちろんのこと、日常生活や産業活動の支障とならないことや、維持管理の負担が過大とならないことが重要な性能の1つになる。本稿では、これらの性能を高いレベルで満たすべく開発した、フラップゲート式可動防波堤の適用例とその構造および特長、ならびに最新の開発状況について報告する。

キーワード：防災，減災，無動力，防波堤，陸開

1. はじめに

2011年3月11日、宮城県沖を震源とする東北地方太平洋沖地震が発生した。この地震により生じた大津波によって、北海道、東北地方および関東地方太平洋岸の広い地域が甚大な被害に見舞われた。この地震は昼間に発生しており、津波来襲までに比較的逃げる時間があっても関わらず、正常性バイアスや十分な情報伝達ができなかったために初動が遅れ、津波に巻き込まれる人が少なからず存在した。一方で津波の危険を認識しながら、水門や陸開の閉鎖のために海に向かい、結果的に被災された方も少なくなかった。本来、人命を助けるための施設が、逆に被災原因となってしまった今回の事例は、今後の防災施設を考える上で大きな反省点になるであろう。

この震災を通して、我々は今後この規模の津波に対して、防災ハードのみで防護することが困難であることを改めて認識させられることとなった。そして、2012年8月には内閣府から、素早い避難は最も有効かつ重要な津波対策であり、そのハード対策やソフト対策は素早い避難の確保を後押しする対策として位置づけるべきとの方針が示された。今後の津波・高潮等防災対策のあるべき姿を考えると、100%ハード対策に頼るのではなく、ソフト対策と一体となって効果的に人命を救うことが求められ、ハード対策である防護施設は、長期にわたりその役割を果たすため、津波発生時に確実に機能するのはもちろんのこと、日常生活や産業活動の支障とならないことや、維持管理の負担が過大とならないことが重要な性能の1つになるで

あろう。

本稿では、津波・高潮防災施設の1つとして開発したフラップゲート式可動防波堤の適用例とその構造および特長、ならびに最新の開発状況について報告する。

2. フラップゲート式可動防波堤の概要

従来防災施設である防波堤や水門、陸開には、船舶航行の障害や、海水交換の阻害、多大な建設費用や維持管理費用等の改善すべき課題が残されている。フラップゲート式可動防波堤とは、これらの課題を解決することを目的として、既往の水門として十分実績のある、フラップゲートと起伏式ゲートを融合することにより開発された可動式の構造物である。フラップゲートとは、図-1に示すように扉体の上部にヒンジが設けられ、上下流の水位差により自動的に扉体が開閉することで、一方向流量制御を行う設備である。また、起伏ゲートとは、図-2に示すように扉体の下部にヒンジが設けられ、駆動装置により扉体角度を

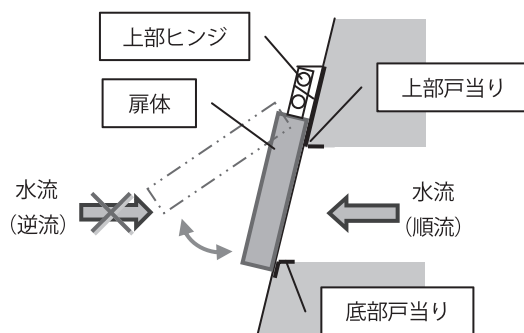
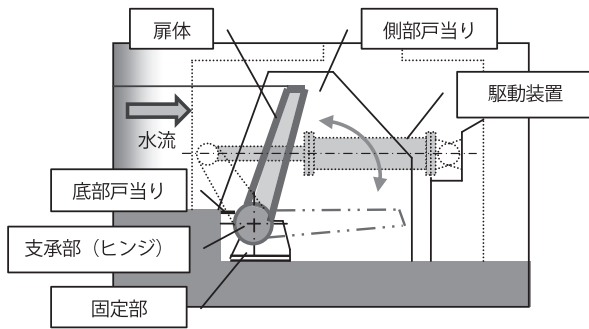


図-1 フラップゲート概要図



図一 2 起伏ゲート概要図

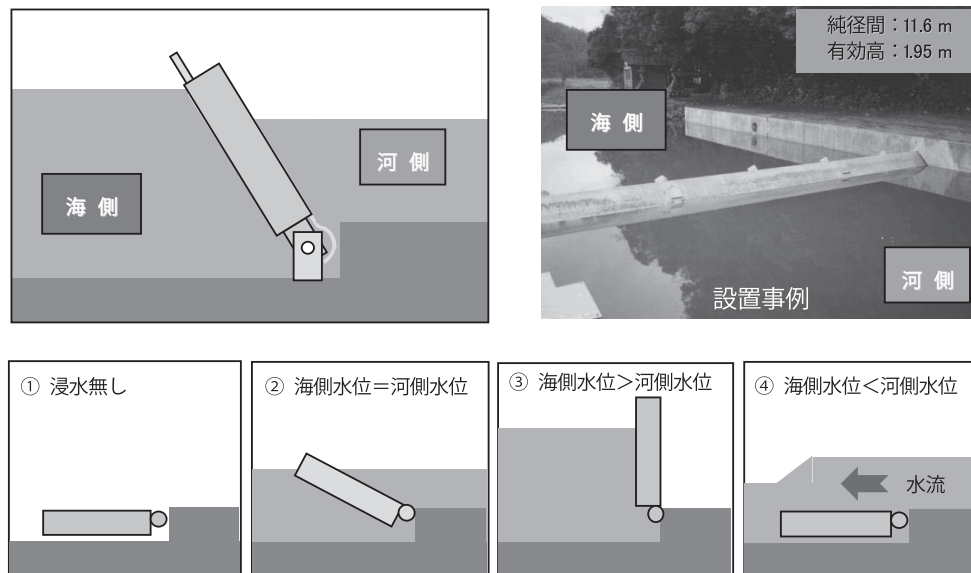
調整することで、流量制御を行う設備である。さらに、これらを組み合わせた方式で、海水の河川への逆流防止を目的とした浮体式起伏ゲートの作動原理を図一 3 に示す。浮体式起伏ゲートは、文字通り扉体自体が浮体構造となっており、ヒンジを扉体下部に配置するこ

とで、無水状態では扉体は河床に倒伏し、有水状態では扉体の先端が水面から露出した姿勢でバランスする。そして、津波・高潮等により海側水位が上昇すれば、上下流の水位差により扉体は自然に起立して、海水が河川に逆流するのを防止する。一方、降雨等により河側水位が上昇すれば、扉体は自然に倒伏して安全に洪水を海に放流する。フラップゲート式可動防波堤は、これら既存の水門技術を基本とし、その用途や要求性能に合わせて最適化を図った防災・減災施設である。

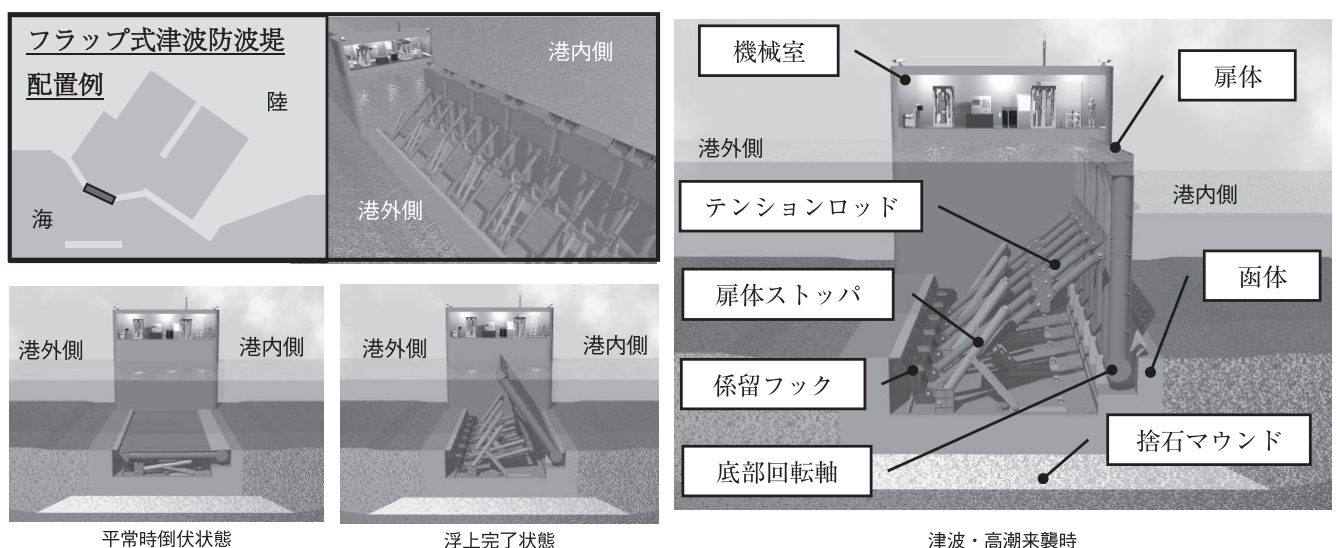
3. 津波・高潮防波堤への適用

(1) 施設概要

フラップゲート式津波・高潮防波堤の設置イメージを図一 4 に示す。本施設は、扉体、扉体を格納する函



図一 3 浮体式起伏ゲートの作動原理



図一 4 フラップ式津波・高潮防波堤設置イメージ

体および扉体起立時に扉体上部荷重を函体に伝達するテンションロッドを主な部材として構成される。開口部を横断する方向に一列に並べて配置される扉体は、隣接する扉体同士が先端部にて緩く連結されており、底部回転軸を中心に旋回起立することで連続した防波堤を形成する。扉体は常時海底に倒伏した状態にしておく必要があるが、浮上に必要な浮力は平常時に扉体空気室内へ給気しておくことにより確保しておき、常時は扉体が浮上しないよう、函体に設けたフックにより扉体先端を係留している。津波・高潮の発生が予想されるとき、遠隔操作により係留フックを解放することで、扉体を自身の浮力により先端が水面に出る高さまで浮上させることを基本とするが、地震の影響により遠隔操作不能となることも想定されるため、水位の異常上昇を利用して自動的にフックを開放する機能を装備する。その後、扉体は津波・高潮による潮位上昇に伴う水位差を利用して、所定の高さ（角度）まで無動力で起立する。扉体に作用する荷重は、テンションロッドと底部回転軸を介し函体基礎に伝達され、函体と捨石マウンドとの摩擦抵抗等により施設の安定性が保持される。

(2) 施設の特長

本施設の開発コンセプトは“その場にある自然の力を最大限に利用することで、安心かつ安価な防護施設を追求すること”であり、本施設は次に示す特長を有している。

- ①浮上操作は、予め扉体内部に貯めた空気の浮力を利用して行うため、いざというときに無動力かつ短時間で航路を閉鎖できる。
- ②従来水門（ローラゲートやスライドゲート等）のように津波等による外力が扉体動作の抵抗とならないため、水位の異常上昇により係留を解除する仕組みを追加できる。これにより、万が一、航路閉鎖指令が遅れた場合や、通信インフラ被災により遠隔操作不能状態に陥った場合にも防災・減災機能を発揮する。
- ③係留部材に作用する力を常時監視することにより、いつでも浮上可能な状態であることを容易に確認できる。
- ④航路閉鎖を行わずに実施できる海底面以下での寸動操作と、機械室から扉体下側に直通するダイバー通用孔の設置により、設備状態の定量評価と水中点検が容易となり、合理的な予防保全を実現できる。

(3) 開発経緯と最新の開発状況

(a) 開発経緯

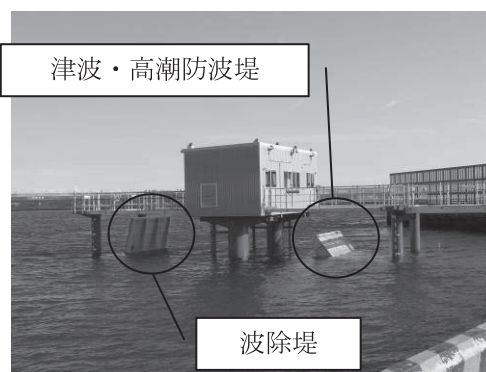
フラップゲート式津波・高潮防波堤の開発は、「新世紀港湾ビジョン」（2000年度・国土交通省発表）を受けて発足した、沿岸技術研究センターを事務局とする「沿岸域水門研究会」（2001年度～2002年度）への構造提案をきっかけに開始された。その後、2003年度から本格的な研究・開発を開始し、各種実験等により基本性能の把握ならびに性能の向上をはかり、2009年度までに実用化に必要な室内実験^{1)～4)}を概ね完了している。2010年度からは、開発の最終段階である実海域試験による当該施設の基本機能および信頼性の検証を行った。

また、東日本大震災では多くの海岸構造物が津波により被災したことを踏まえ、2013年度には本施設の粘り強さを検証することを目的とした水槽実験を実施しており、結果については2014年6月に開催された第39回海洋開発シンポジウムで発表している。

(b) 実海域試験の結果

実海域試験は、静岡県のご厚意により新焼津漁港内にて水域をお借りして実施した。試験装置の設置状況写真—1に示す。試験期間は当初2011年2月から2012年3月までの予定で開始したが、東日本大震災の影響もあり期間を1年延長して実施した。試験では、主に①浮上動作と倒伏動作の確実性、②倒伏状態での安定性、③保守管理の確実性と安全性の検証を行った。2年間にわたる実海域試験の結果は以下に示すとおりであり、基本機能および信頼性について期待どおりの結果が得られた。

- ・2年間で151回の浮上倒伏操作と14ヶ月間の長期倒伏試験（海水中で倒伏したまま静置）により、動作の確実性や倒伏状態の安定性を確認した。
- ・試験期間中は設備状態の常時監視と各種操作に関するデータの蓄積を行うとともに、ダイバーによる定



波除堤(左)と津波・高潮防波堤(右)

写真—1 実海域試験装置設置状況

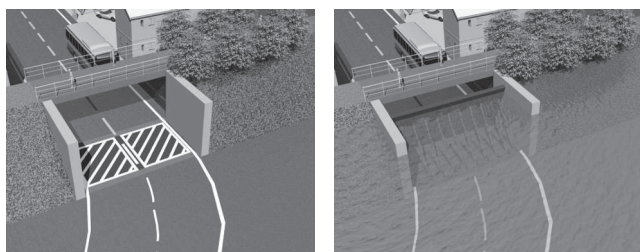
期観測や水中での部品交換作業を行い、保守管理の確実性と安全性を確認した。

なお、日立造船(株)・東洋建設(株)・五洋建設(株)からなる開発グループでは、2013年10月に実海域試験の結果を公表⁵⁾している。

4. 陸閘ゲートへの適用

(1) 施設概要

フラップゲート式可動防波堤を陸閘に適用した場合の設置イメージを図—5に示す。構造概要は基本的に海底設置型と同様であるが、常時は扉体周囲に水はないため、通常、係留機構や給・排気装置は不要である。陸上に設置される従来防潮設備の代表的な形式として、横引ゲートやスイングゲート等が挙げられるが、これらは元来高潮対応の設備であり、地震直後における駆動装置や制御・通信設備、電源設備まで含めた信頼性を担保するには困難が伴う。扉体に作用する浮力および水位差により扉体を駆動するフラップゲートであれば、駆動装置や制御装置、電源設備、通信設備を完全に不要とすることが可能である。



図—5 陸上設置用フラップゲート式防潮堤設置イメージ
平常時(左)と浸水時(右)

(2) 施設の特長

本施設はゲートを動かすための動力源として、浸水に伴う水圧を利用するため、次に示す特長を有する。

- ・無動力かつ人為操作なしに開口部を閉鎖できるため、ゲート操作のための逃げ遅れが生じない。
- ・津波の到達直前まで開口を確保できるため、避難行動の妨げとならない。

- ・周辺の人々の安全を確保するため、扉体の急激な起立動作・倒伏動作を防止している。
- ・扉体内部に特殊充填材を配置することで、扉体上を走行する車両等に対して、十分な強度・耐久性を確保している。
- ・極めてシンプルな機器構成で故障しにくく、メンテナンスも容易である。

(3) 開発経緯と最新の開発状況

陸閘タイプの開発は、2009年10月“動力のみならず人による操作も無くしたい”というある顧客からの相談をきっかけに開始され、2010年3月までに基本構造の決定および平面水槽実験による基本特性の把握を行った⁶⁾。その後、2011年度に陸閘タイプの基本形を完成させ、1/1スケールの実証機による実フィールドでの耐久試験ならびに水流発生水槽での作動確認を完了した。写真—2に実フィールド試験の状況を示し、写真—3に流水中における作動確認状況を示す。流水中の作動確認試験では、これまでに漂流物影響や堆砂による影響等の確認も実施している。なお、流水作動状況の視察を希望される方も多く、2012年1月から現在までに数百回にわたり、繰り返し作動確認を実施しているが、これまでに浮上しないという事象は一度も発生していない。また、2014年4月に実証実験という位置づけではあるが、公共施設への設置としては初となる徳島県日和佐港への設置が完了し、5月に海水注水により問題なく浮上起立することを確認



写真—2 実フィールド試験状況



写真—3 流水（濁流）作動確認状況



施工前



設置完了



車両走行確認

写真—4 施工前後の施設全景

している。写真—4に施工前後の施設全景を示す。本施設は現地工事の最小化を目的とし、既存横引きゲートは残置したままとするともに、扉体厚を抑えて路面搭載型とすることで扉体格納ピットを不要としたことを特徴としている。

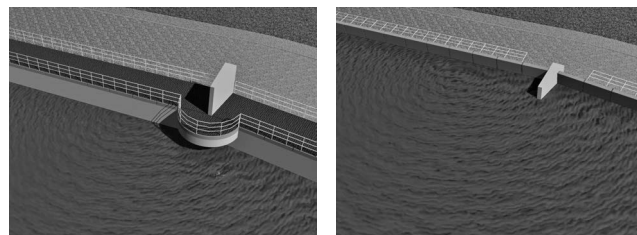
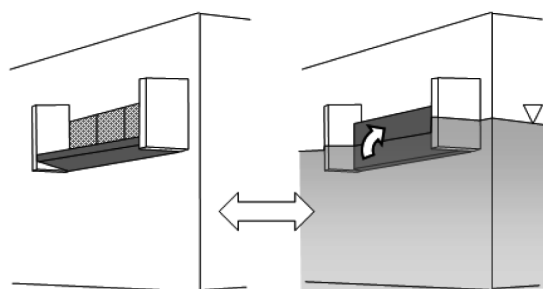
また、2014年3月には3種類の実機相当設備が流水により作動する様子や実際のメンテナンスを直接体験できる施設が完成しており、2014年6月から一般への公開も開始している。

5. その他施設への適用状況

フラップゲート式可動防波堤は、①平常時に日常生活や産業活動等の支障とならず、②浸水時には無動力かつ人の操作も必要とせず止水でき、③維持管理が容易で故障もしにくいという特長が評価され、前述の用途以外にも適用検討が進められている。実用化事例として、空調ダクトの途中に設置し、それ以降への浸水拡大を防止する“ダクト設置タイプ”が挙げられる。また、その他にも図—6、7に示すような防潮堤そのものを可動式にするという“超長径間タイプ”や、空調用給・排気口からの浸水を防ぐ“建屋壁面設置タイプ”の実用化に向けた検討が進められている。

6. おわりに

本稿では、津波防災・減災施設の1つとして、自然の力で作動することを特徴とする、フラップゲート式可動防波堤を提案した。本施設単独で全ての津波災害を防げるものではないが、今後整備が進められる防護施設が、日常生活や産業活動の邪魔にならず、維持管理の負担が小さくなることに寄与することで、安全・安心社会の構築にわずかでも貢献できれば幸いである。

図—6 超長径間タイプ設置イメージ
平常時(左)と浸水時(右)図—7 建屋壁面開口部設置イメージ
平常時(左)と浸水時(右)

J C M A

《参考文献》

- 1) フラップ式構造物の波浪および津波に対する水理特性、港湾空港技術研究所資料、No.1155、June 2007、下迫健一郎ほか
- 2) 倒伏状態の津波・高潮対応フラップ式可動ゲートの係留特性に関する実験的研究、海洋開発論文集、第25巻、2009、pp.93-98、木村雄一郎ほか
- 3) フラップゲート式可動防波堤の波圧応答特性に関する実験的研究、海岸工学論文集、第56巻、2009、pp.806-810、木村雄一郎ほか
- 4) 波浪中フラップゲート式可動防波堤の平面水槽実験、海岸工学論文集、第56巻、2009、pp.851-855、新里英幸ほか
- 5) <http://www.hitachizosen.co.jp/products/products026.html>
- 6) 陸上設置型フラップゲートの津波追従性能に関する検証実験、H22年度土木学会全国大会第65回年次学術講演会、II-065、木村雄一郎ほか
- 7) <http://www.hitachizosen.co.jp/>

【筆者紹介】

仲保 京一（なかやす きょういち）
日立造船㈱
機械・インフラ部 フラップゲート部
部長



パラレルメカニズムと建設施工技術への応用

五 嶋 裕 之

本報では、パラレルメカニズムと呼ばれる多自由度運動を実現する空間リンク機構について、筆者がこれまで行なってきた研究開発事例、今後の建設施工技術応用への展望を述べる。これまでの研究開発事例は、従来の機構を単純にパラレルメカニズムで置き換えたものが多い。パラレルメカニズムは、既に実用化されている機械システムに適用するのではなく、パラレルメカニズムの特徴を活かした新たな機械システムデザインの実現に使われるべきである。ここでは、パラレルメカニズムを用いた、新たな機械システム実現の具体的な事例を順次提示して行くとともに、最近の建設施工技術への応用事例について紹介する。

キーワード：パラレルメカニズム、多自由度、空間リンク機構、工作機械、ロボット

1. はじめに

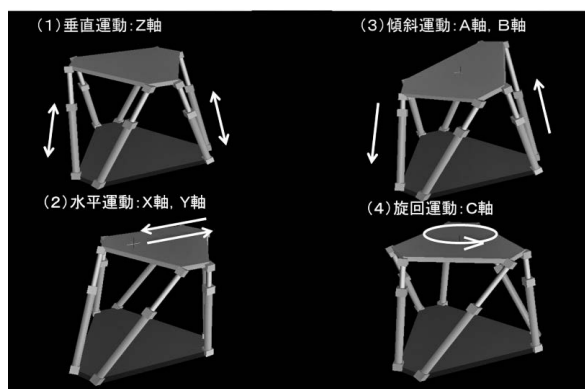
本報で取り上げるパラレルメカニズムは、工作機械やロボットマニピュレータに代表される機械システムの常識を覆す可能性を持った、イノベーション技術の一つであると考えられる¹⁾。パラレルメカニズムは機構学的には、出力となるリンク（ロボットではエンドエフェクタ）を複数の駆動用リンク列（連結連鎖）により並列に駆動する機構の総称である（図—1 参照）。これに対し、従来のロボットマニピュレータや工作機械の機構、すなわちリンクが直列に連鎖した機構をシリアルメカニズムと呼ぶ。パラレルメカニズムを用いた産業機械システムとして、フライトシミュレータ、工作機械、マニピュレータ、多自由度位置決め機構など、既にいくつかの事例が知られている。しかしながら、これまでの応用では、従来の機構を単純にパラレルメカニズムで置き換えたものも多く、パラレルメカ

ニズムの特徴を十分理解したうえで、目的や仕様に合った適切な設計（デザイン）が行われているとは言えない。パラレルメカニズムは、既に実用化されている機械システムに適用するのではなく、メカニズムの特徴を活かした新たな機械システムデザインの実現に使われるべきである。本報ではパラレルメカニズムを用いた、新たな機械システム実現の具体的な事例を提示するとともに、今後期待される建設施工技術への応用について紹介する。

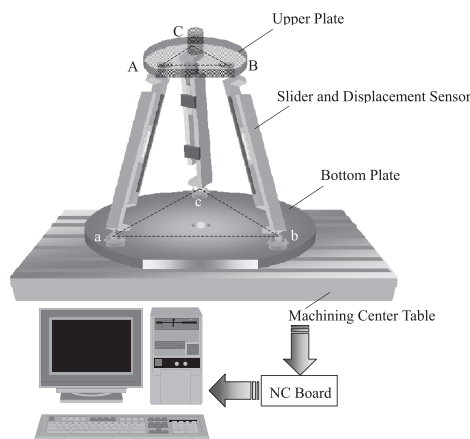
2. 工作機械の精度測定システム

高精度の工作機械では、正確な形状創成運動が必要になる。一般のマシニングセンタ（以下 MC とする）は、工作機械の構造上の幾何学的な誤差、変形の他、サーボ系の誤差などによって、形状創成運動の精度が低下する。このため、個々の工作機械の運動精度を測定し、性能の把握と運動精度の管理を行い、必要に応じて調整を行うことが非常に重要になる。MC の運動精度を評価する試験方法として、ISO 規格に規定される位置決め精度試験、円運動試験（Double Ball Bar : DBB）が、広く活用されている。しかしながら、これまでの測定方法の多くは、MC の空間運動精度の評価には十分ではない。

そこで本研究では、これまで実現することが困難であった、種々の三次元軌道に対する MC の運動測定が可能なる、パラレルメカニズムを用いた新しい運動精度測定システムを提案した²⁾。図—2 に提案する測定



図—1 六自由度パラレルメカニズムの概要



図ー2 工作機械の精度測定システム

システムの概略図を示す。測定機は、MC のスピンドルにコレットチャックを介して固定される上部可動プレートと MC のテーブルに固定する下部ベースプレートを自由に伸縮可能な三本のスライダで結合した一種の平行メカニズムで構成されている。この測定機を取り付けて MC を運転すると、スピンドルとテーブル間の X, Y, Z 方向の位置が相対的に変化し、これに伴って二つのプレート間に取り付けられた三本のスライダ長も変化する。このとき、三本のスライダ長から、スピンドルとテーブルの相対的な位置関係を一意に決定する関係式を導出することができる。従って、この関係を用いれば、平行メカニズムの三本のスライダに変位計を組み込むことにより、MC の運転中に測定されるスライダ長から MC の運動経路を求めることが可能になる。この方法は、これまで測定不可能であった任意の軌道における精度測定が原理的に可能であることから、工作機械及びロボットなどの精度測定に有用であると考えられる。

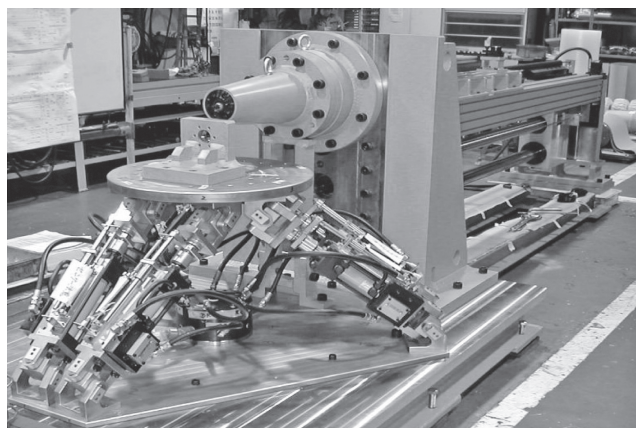
3. 三次元曲げ加工システム

長尺材として一般的な金属管は、約 2000 年前に古代ローマ水道に鉛管が用いられて以来、各種流体の輸送用配管として広く利用されている。20 世紀に入り、金属管は自転車のフレームに代表される機械・構造物の要素としても用いられるようになった。現在金属管材は、曲げなどの二次加工がなされ、配管部品や機械構造部品として産業界で広く利用されている。管材は、重量に対して曲げ剛性やねじり剛性が高いため、軽量化や省資源、コスト低減に有利であると考えられている。

金属管材の単純な形状の曲げ加工については、これまでに多くの加工法、加工機が実用化されている。代

表的なものに、回転引き曲げ、プレス曲げなどがある。これらの加工は、素材を塑性変形させて金型の形状を金属部分に転写する方法であり、大量生産には優れている。しかし、管材の断面形状や曲げ半径に合わせて多数の型を製作しなければならないため、多品種少量生産では高コストとなる。さらに曲げ半径が連続的に変化するような曲げや、ねじりを含む複雑な三次元形状の曲げを行うことは困難である。この問題を解決するため、引抜き型によって管を拘束しながら曲げ加工を行う、押通し曲げ加工法が提案された³⁾。押通し曲げ加工法は押抜き型の位置を CNC 制御することで、曲げ半径が連続的に変化する三次元曲げが可能であるという特徴を有する。

そこで本研究ではこのことに着目し、押通し曲げ加工における可動金型の駆動に平行メカニズムを用いることにより、従来の押通し曲げ加工機に比べシンプルな構造で任意の三次元形状に加工が行えるという特徴を持つ、管材など、長尺材の曲げ加工システムを実現しようとするものである。提案する曲げ加工機の概観を写真ー1に示す。写真ー2に示すような加工実験を行い、試作した加工機の加工能力の評価を行った。曲げ実験はアルミ管材を使用して、単純曲げ（U 字曲げ）、二回曲げ（S 字曲げ）、螺旋曲げ、三次元曲げなどを実施した。写真ー3に示すようなねじりのない円管の加工であれば、三次元曲げであっても容易に加工ができる。



写真ー1 三次元曲げ加工システム



写真ー2 三次元曲げ加工の一例



写真—3 三次元曲げ加工の応用製品

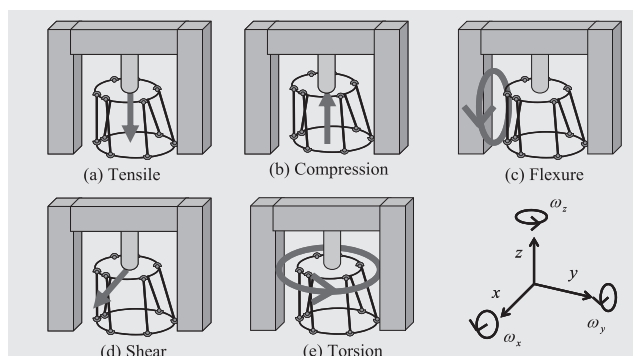
4. 多軸材料試験システム

強化繊維と樹脂を結合した新しい複合材料では、強化繊維の方向と荷重方向の組み合わせにより機械的性質が全く異なり、素材の材料特性把握が難しいという問題がある。またこれらの新素材では、リベット、ボルトやねじによる締結といった機械的接合が困難であるため、接着接合が多用される。接着接合は、構造軽量化、高減衰特性など、機械的接合にくらべてすぐれた機能性を持っている。しかし、接合部の力学的特性は、構成材料の機械的性質や、接合部の幾何学的形状だけでなく、接合界面の物理化学的性質、さらに接着剤の硬化過程など、広い範囲の因子の影響を受けるため非常に複雑になる。したがって、このような新素材や接着接合などの複雑な機械的特性を把握するためには、多方向の荷重を単独、あるいは同時に付加することができる自由度の高い多軸材料試験機が必要である。しかしながら、材料や部品の機械・物理的特性を評価する試験機として広く普及している万能材料試験機は、荷重を加える駆動軸が一方（単軸）に限られ、より実用条件に近い多方向（多軸）の複合力や、ねじり等の力を与えるような試験に対応できず不十分である。この問題を解決するためには、複合素材や接着接合を含む部品に対応した、新しい試験システムの開発が必要である。

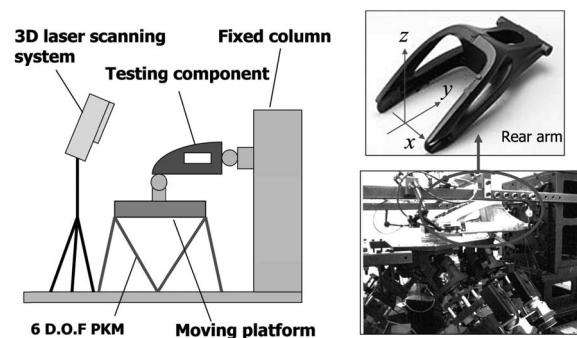
本研究では、パラレルメカニズムのコンパクトに多自由度機構を実現できるという特徴を活かし、同時多軸制御による六軸の位置・力制御を行う試験機を考案する⁴⁾。この試験機を使用することで、従来は困難であった、実用条件に近い多方向の複合負荷による試験を行うことが可能となり、より自由度の高い材料試験システムを実現することができる。図—3に提案する試験システムの概要を示す。通常万能材料試験機では、クロスヘッドに固定した試験材料を、ヘッド部を一定速度で動かすことで荷重を付加し、ロードセルにより荷重測定を行うことが基本である。本システム

では、ヘッド部に六自由度のパラレルメカニズムを設置することで、試験材料に多方向の荷重を単独あるいは複合して付加することで試験を行い、同時にトルクを含む六軸の荷重測定を行うことを基本としている。

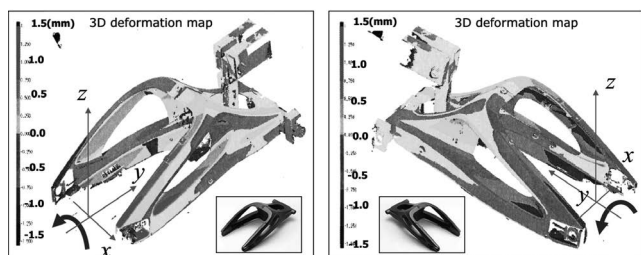
提案する多軸材料試験システムを用いて、二輪車の主要コンポーネントであるリヤアームの試験を行った結果の一例を示す。図—4に示すように、提案する試験システムは、六自由度の動作が可能なパラレルメカニズム本体、試験対象となる部品を固定するコラム、部品の変形量を計測する非接触3Dレーザスキャナで構成される。本事例のリヤアームは三次元的に複雑な形状であり、部材の肉厚も一定ではない。また、溶接による接合やハイドロフォーミングによる成形などの工法により、CAEシミュレーションも精度が十分で無いことが問題となる。図—5はリヤアームに対してねじりを加え、その時の変位量を3Dレーザスキャナで計測し、変位量の大きさをカラーマップとして三次元的に表示した結果である。3Dレーザスキャナの測定分解能は、現状数十ミクロンと接触式に比べ十分ではないが、三次元のカラーマップとして表示することで、三次元的な変形の詳細を把握することができる。測定結果を参照すると、部材の一部に局所的に変形量が多い部分が見られ、応力集中が発生していることがわかる。本試験システムの場合、適切な固定治具を使用することで、一度のセッティングにより多方向の曲げ、ねじりによる複合荷重試験が実施できる



図—3 多軸材料試験の概要



図—4 二輪車リヤアームの多軸材料試験



図—5 多軸材料試験結果

ため、試験時間の大幅な削減が期待できる。

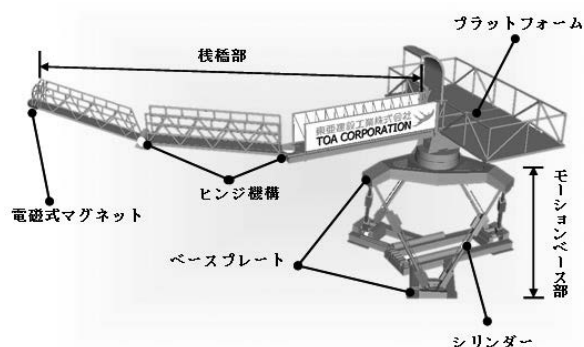
5. 建設施工技術への応用

コンテナターミナルや発電所、各種プラントが集結する港湾の埋立地の造成には、作業船による大規模施工が不可欠である。洋上の浮体構造物は、波や風の影響を受けて動揺する。洋上施設との移動には一般的に交通船が用いられるが、高波浪時は交通船が大きく動揺するため海中転落や挟まれ事故のリスクが高まり、移動の制約による作業効率の低下が大きな課題となっている。近年注目されている洋上風力発電、メタンハイドレートなどの海洋資源開発海域では、より厳しい波浪環境となることが予想され、船舶から浮体構造物への安全な乗降手段の提供は効率の良い建設施工を実施するため解決すべき緊急の課題の1つと考えられる。

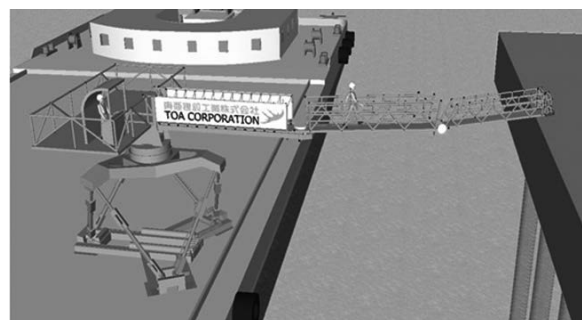
この課題に対しパラレルメカニズムを応用した新たな取り組みとして、「動揺吸収型可動式栈橋」の研究・開発が提案されている⁵⁾。具体的なシステムは図—6に示すように、浮体構造物や船舶の動揺を打ち消すように動作する六自由度のパラレルメカニズムモーション機構、センサー、カメラなどセンシング技術および制御に必要なソフトウェアなどから構成される。センサーによって測定される船舶の動揺を打ち消すように、各々のシリンダーを適切に制御することで、高波浪で船舶が動揺した場合でもプラットフォーム上に固定された栈橋を常に水平・定位置に保つことが可能である。パラレルメカニズムの特徴を活かした新たな機械システムデザインとして非常に興味深く、今後の研究開発の成果が期待される。

6. おわりに

本論では、パラレルメカニズムと呼ぶ多自由度運動を実現する空間リンク機構に着目し、この機構の機械システムへの応用研究を行った事例と今後の建設施工技術への応用について述べた。本内容が、パラレルメカニズムが起こす新たなイノベーションについて、読



図—6 動揺吸収型可動式栈橋



図—7 可動式栈橋の運用イメージ

者の参考になれば幸いである。

謝辞

最後に、動揺吸収型可動式栈橋に関し情報を提供いただいた、東亜建設工業(株)、(株)工苑の関係各位にお礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 特集：パラレルメカニズムが機械を変える，日経メカニカル，日経BP社，No.450, pp.26-49, 1995
- 2) 中尾陽一，五嶋裕之，山下千明：パラレルメカニズムを用いたマシンセンタの運動経路測定法（第1報，測定法と測定実験），日本機械学会論文集C編，Vol.68，No.676，pp.277-283，2002
- 3) 五嶋裕之，田中豊，一柳健：パラレルメカニズムを用いた曲げ加工機による管材の三次元加工，日本フルードパワーシステム学会論文集，Vol.41，No.4，pp.74-79, 2010
- 4) Hiroyuki GOTO, Yutaka TANAKA: A Multi-Axial Materials Testing for Advanced Composite Materials Using Parallel Kinematics, Proceedings of the 13th International Conference on Mechatronics Technology (ICMT2009), CD-ROM (ISSN No.2094-330X), 2009
- 5) 「動揺吸収型可動式栈橋」の開発に着手，東亜建設工業(株)，プレスリリース，2014
<http://www.toa-const.co.jp/company/release/2014/140219.html>

【筆者紹介】

五嶋 裕之（ごとう ひろゆき）
一般財団法人機械振興協会
技術研究所
産学官連携センター長代理



止水部に凍結技術を利用した仮設ドライアップ工法 「どこでも DRY」工法

宮 沢 明 良・網 野 貴 彦・黒 米 郁

今後、日本国内では建設後 50 年以上経過する構造物が飛躍的に増加するため、老朽化する構造物の適切な維持管理や防災・減災への機能向上といった社会ニーズから補修・補強工事も増大すると考えられる。そこで、港湾・護岸・河川構造物の水中部での補修・補強工事において、鋼製函体にてドライな作業空間を構築する仮設方法として、水を含んだ止水材を凍結させて止水効果を確保する仮設ドライアップ工法(以下「本工法」という)を開発した。本工法は、鋼製函体と対象構造物との接合部に柔軟なスポンジ状の止水材を配置し、海水や河川水を十分に含んだ止水材を液体窒素やブラインを冷媒とする地盤凍結工法の技術を応用して凍結させて、複雑な形状の構造物に対しても止水効果を高める工法である。本稿では、工法概要と開発成果について報告する。

キーワード：補修、補強、仮設、鋼製函体、止水材、凍結、液体窒素、ブライン

1. はじめに

これまで、港湾・護岸・河川構造物の海中部（水中部）から干満帯付近の補修・補強工事は、鋼矢板や鋼管矢板を打設した仮締切り工や潜水作業により施工されてきている。しかし、仮締切り工法では橋梁の桁下などで矢板打設が困難になるといった施工条件による制約があり、施工期間が長く費用が高む。また、潜水作業では気中作業と比べて作業効率が低下するとともに、気中での施工方法が選定できないことや施工の品質を確認することが容易ではないといった問題点があった。このような背景の中で、これまでもドライ空間を確保する仮設工法は存在するものの、複雑な形状の構造物に対する止水性の確保が課題として挙げられている。

今回開発した工法は、水際から水中部での補修・補強工事において、鋼製函体と対象構造物との接合部に柔軟なスポンジ状の止水材を配置し、水を十分に含んだ止水材を地盤凍結工法の技術を応用して凍結させた後に、函体内の水をポンプで排水することによりドライな作業空間を構築する工法であり、複雑な形状の構造物に対しての止水性を高めるとともに、安全性及び作業効率を兼ね備えた仮設ドライアップ工法である。

本工法は、以下の特徴を有するものと考えらる。

- ①柔軟なスポンジ状の止水材を凍結させることで、複雑な形状の構造物に対する止水性を発揮することが可能となる。

- ②函体及び止水部への凍結技術の利用によりドライな作業空間を構築することで、仮設鋼矢板による仮締切り工法と比較して本工事への早期着手が可能となる。

- ③海水や河川水を凍結するので周辺水域における水質への影響がなく、環境への負荷の低減が期待できる。

- ④同じ形状の構造物へ函体を転用することで、経済性の向上が期待できる。

本稿では、本工法の概要と止水性に関して「大型水槽内実験」、「実海洋環境実験」及び「流水条件下での室内凍結実験」により検証した結果を示す。

2. 本工法の概要

(1) 工法概要

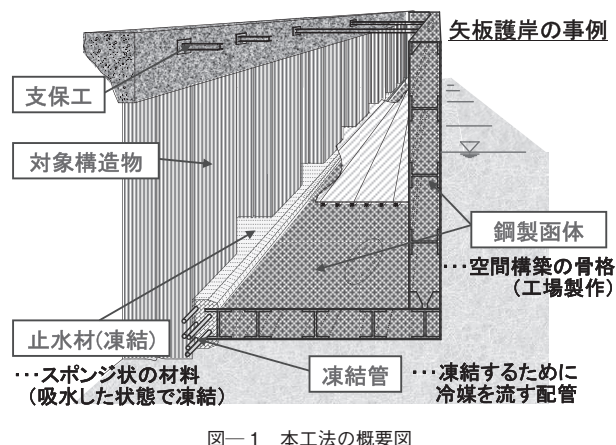
本工法の概要図を図 1 に示す。

(a) 鋼製函体（以降、函体と称す）

函体（H 形鋼、鋼板など）はドライな作業空間を構築するための骨格であり、現場の施工上の制約条件を考慮して設計を行い、対象構造物の形状寸法及び必要な作業空間の寸法に合わせて工場で製作する。

(b) 止水材

止水材は柔軟で吸水性の高いスポンジ材料とスポンジ内部の空隙に含まれる水を凍らせた凍結体である。止水材は対象構造物と函体との接合部に配置し、両者の隙間を閉塞して十分に吸水した状態で凍結すること



図一 本工法の概要図

により止水効果を高める役割となる。

(c) 凍結管と冷媒供給装置

凍結管は吸水した止水材を凍結させるために止水材内部に配置する。凍結管端部を冷媒供給装置に接続して、凍結管内部に冷媒を流通させることで止水材を凍結させる役割となる。

(d) 支保工

支保工は函体に作用する外力に抵抗する構造物材であり、函体の変形を抑えて凍結止水部に負荷を与えない役割となる。

(2) 施工手順

本工法の施工フローを図一2に、止水部断面の配置を図一3および写真一1に示す。

(a) 函体製作、凍結管・止水材設置

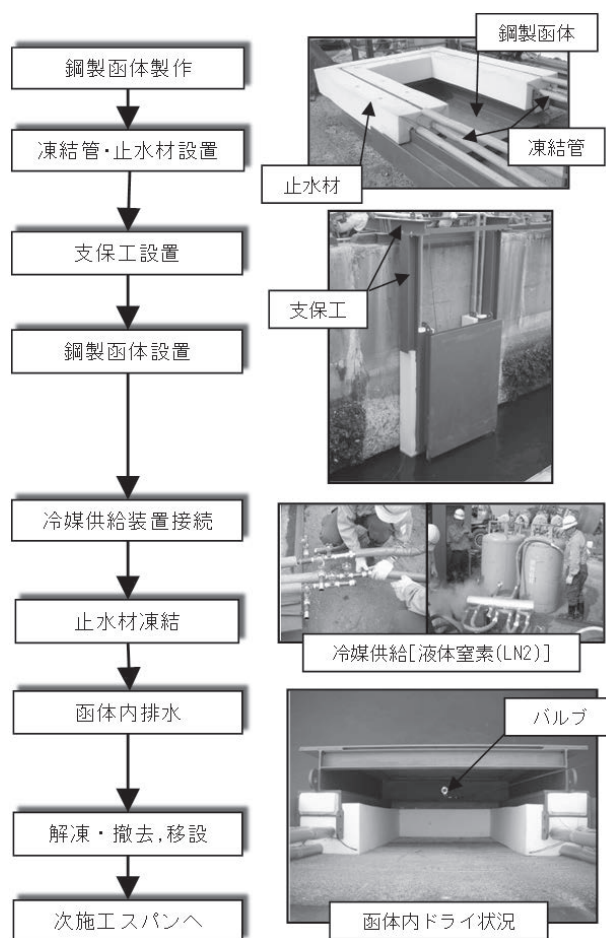
対象構造物の形状寸法を事前に測量する。5～10 cm 程度の誤差はスポンジ状の止水材の変形で対応できるが、凍結管が設計位置に配置されるように対象構造物との位置を考慮して函体を製作する必要がある。なお、現場条件により水位差が生じる場合は、函体内外の水位差を抑制する設備（注排水ポンプ、開閉バルブなど）を工場製作時に設置する。函体の工場製作完了後直ちに、気中部にて凍結管とスポンジ状の止水材を設置する。

(b) 函体設置

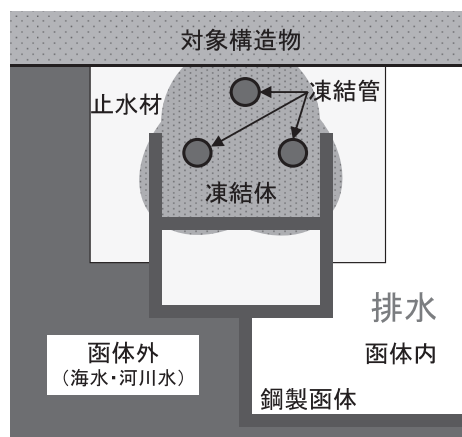
凍結管と止水材を設置した函体を所定の位置に吊り込んで、事前に対象構造物に設置した支保工により函体を固定する。止水性には対象構造物に対して凍結体が造成される位置が重要となるため、この時点で止水材と対象構造物との間に大きな隙間が生じていないことを確認する。

(c) 冷媒供給装置接続・凍結開始

函体に設置した凍結管の両端部に冷媒供給装置からの配管を接続する。凍結管内に流通させる冷媒として、



図二 本工法の施工フロー

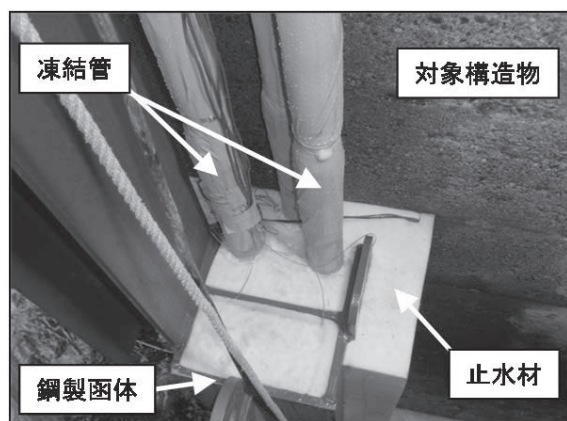


図三 止水部断面の配置図

液体窒素（LN2： -196°C ）あるいはブライン（塩化カルシウム溶液： -25°C 程度〔条件により設定〕）を使用して凍結を開始する。冷媒の熱量を効率的に凍結へ作用させるために、事前温度解析によって凍結管の径・配置・本数を決定し、凍結完了時間の予測を行う。

(d) 函体内部排水

止水部の凍結が完了したら、函体内部の水を水中ポンプで排水する。止水材への凍結体造成完了の目安



写真—1 止水部断面の写真

は、止水材内部の各所に設置した熱電対による温度計測データの確認により行う。函体内部の排水完了後は、本工事の施工に影響のない状態に漏水が抑えられていること確認する。

(e) 止水部解凍、函体撤去・移設

本工事の施工及び検査が完了した後に、凍結した止水材の解凍を行う。解凍後に函体を撤去して次の対象構造物に移設し、同様の手順でドライな作業空間を構築する。

3. 止水性確認実験

本工法の実用化に向けて「大型水槽内実験」、「実海洋環境実験」及び「流水条件下での室内凍結実験」を実施した。それらの実験において検証した結果を示す。

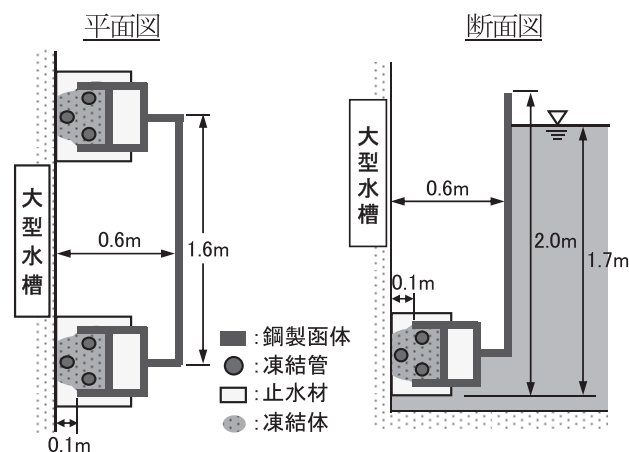
(1) 大型水槽内実験（実験Ⅰ）

(a) 実験概要

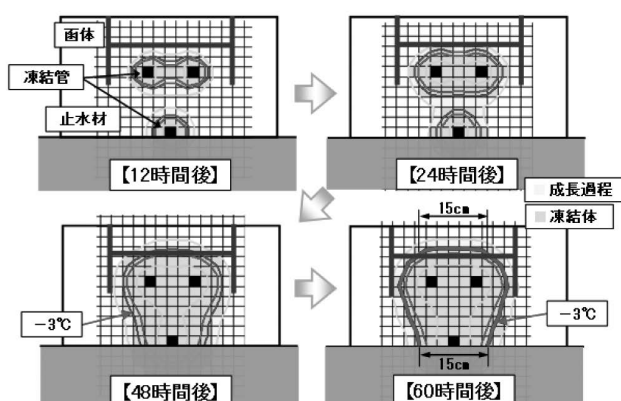
実験は大型水槽（W1.8 m × L3.7 m × D1.8 m）内で実施した。図—4 に実験の平面図及び断面図を示す。製作した函体に止水材と凍結管を配置して大型水槽の側面に止水材が接合するように函体を設置した。冷媒として冷凍機で -25°C に冷却したブラインを凍結管内に流通させて、水道水を吸水した止水材に凍結体を造成した。熱電対により止水材内部の温度測定を行って温度変化と経過時間を計測し、函体内を排水して凍結による止水性とドライ状態の維持を確認した。

(b) 実験結果

図—5 に事前温度解析結果を示す。解析手法は差分法であり、外気温・水温が 15°C の一定の条件で冷媒に -25°C のブラインを使用したときの函体底面中央部における解析結果である。函体側及び対象構造物側の両方に -3°C 以下の凍結体が厚さ15 cm以上になった時点で凍結体が造成されたと判定すると、想定凍結



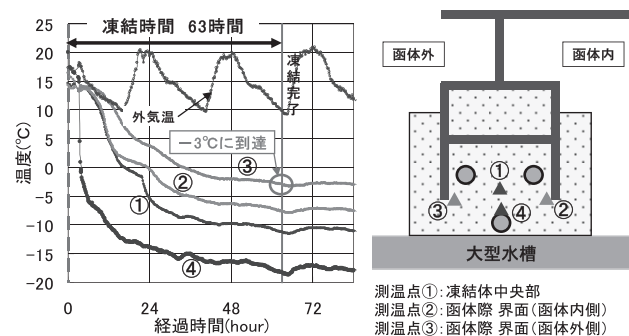
図—4 大型水槽内実験（実験Ⅰ）平面図及び断面図



図—5 事前温度解析結果（実験Ⅰ）

時間は60時間であった。

一方、図—6 には事前解析と同じ断面における実験での止水材内部温度と経過時間（凍結時間）との関係を示す。最も温度低下（凍結速度）が遅い測温点③が -3°C に到達した時点で止水効果を得る凍結体が造成されたと判定すると、実験結果での凍結時間は63時間であった。これは事前温度解析結果とほぼ同等の凍結時間であり、解析により概ね予測可能であることが確認できた。凍結完了後、函体内を排水して函体内外に水位差1.7 mが生じても止水部分での函体内への水の流入は確認されず、十分な止水性が確認できた。



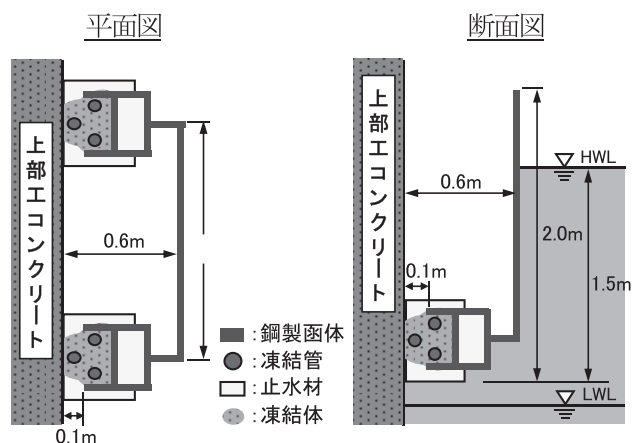
図—6 実験温度計測結果（実験Ⅰ）

また、冷媒供給を継続し函体内部のドライ状態を維持できることも確認した。

(2) 実海洋環境実験（実験Ⅱ）

(a) 実験概要

図一七に示すように実験Ⅰと同様の函体を使用し、実海洋環境に存在する東京湾内の港内の岸壁上部コンクリートを対象構造物として実施した。止水材と凍結管を配置した函体を岸壁上部コンクリートの側面に止水材が接合するように設置し、函体上部を支保工材で固定した。冷媒として液体窒素（LN2： -196°C ）を凍結管内に流通させて、海水を吸水した止水材に凍結体を造成した。凍結する際には、止水部における水の動きを最小限にすることが必要であり、函体底面に設置したバルブを開いた状態にすることで、潮位変動（干満差 2.0 m）による函体内外の水位差が生じないように調整した。また、満潮時が凍結完了時間となるように事前解析での凍結時間から逆算して冷媒を供給する開始時間を設定した。

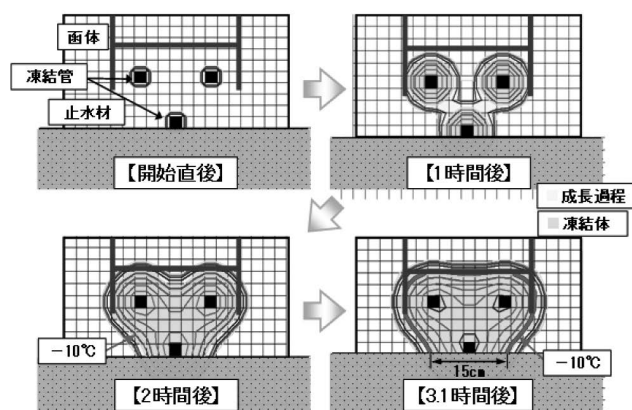


図一七 実海洋環境実験（実験Ⅱ）平面図及び断面図

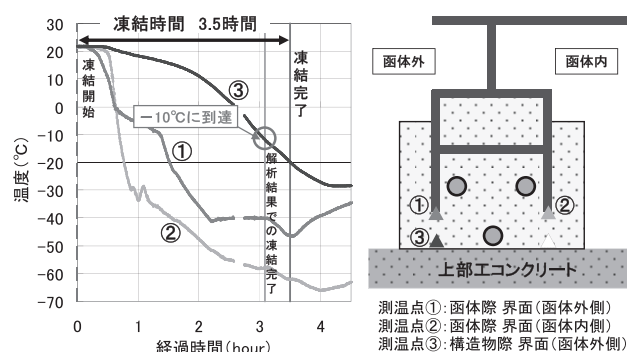
(b) 実験結果

図一八に事前温度解析結果を示す。解析条件は、外気温・水温 20°C 一定のもとで冷媒に -196°C の液体窒素（LN2）を使用したときの函体底面中央部についての結果である。対象構造物側および鋼製函体側の両方に -10°C 以下の凍結体が厚さ 15 cm 以上造成された時点で凍結体が造成されたと判定すると、想定凍結時間は 3.1 時間であった。

図一九には事前解析と同じ断面における実験での止水材内部温度と経過時間（凍結時間）との関係を示す。最も温度低下（凍結速度）が遅い測温点③が -10°C に到達した時点の経過時間は、事前温度解析結果と同等であり解析により概ね予測可能であることが確認でき



図一八 事前温度解析結果（実験Ⅱ）



図一九 実験温度計測結果（実験Ⅱ）

た。潮位変動の影響から H.W.L. 付近の確実な凍結を考慮して満潮時間を経過するまで凍結を実施したため、実験結果での凍結時間は 3.5 時間であった。凍結完了後、函体内を排水して函体内外に水位差 1.5 m が生じても止水部分での函体内への水の流入は確認されず、十分な止水性が確認できた（写真一2）。また、冷媒供給を断続的（停止 1 時間、供給 20 分）に行っても函体内部をドライ状態に維持できることを確認した。さらに、冷媒供給を停止して凍結体の融解が進んで函体内に水が流入するまでの時間は、約 5 時間であったことを確認した。



写真一2 実海洋環境実験（実験Ⅱ）での止水性確認

(3) 流水条件下での室内凍結実験 (実験Ⅲ)

(a) 実験概要

本工法において、函体内外の水頭差によって凍結止水部に水流が存在する条件下で止水効果を得ることが可能であることを検証するための室内実験を行った。図—10に示すようなA水槽とB水槽の間に水頭差が再現できる実験装置とし、両水槽の間に内部に凍結管を配置した止水材を設けて、冷媒として冷凍機で -25°C に冷却したブラインを凍結管内に流通させて、海水を吸水した止水材に凍結体を造成した。凍結体が造成されたことを確認するためには、止水材内部の各所に設置した熱電対の計測温度により判断している。実験条件は、Case1：水頭差が約500mm、A水槽及びB水槽内の海水の温度を制御しない場合、Case2：水頭差が約500mmと0mmを2時間毎に変動、A水槽内の海水温を約 24°C に制御した場合、Case3：水頭差が約60mm、A水槽内の水温を約 24°C に制御した場合の3ケースについて実施した。

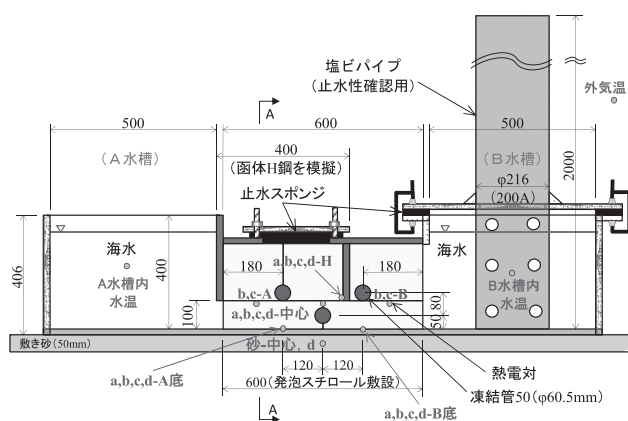
(b) 実験結果

本実験の結果を示すにあたり、全ての温度計測点でのデータを示すのは難しいため、止水材と底面（対象構造物）の界面におけるA水槽側（a,b,c,d-A底）とB水槽側（a,b,c,d-B底）の温度計測点に着目して、Case1は図—11、Case2は図—12、Case3は図—13

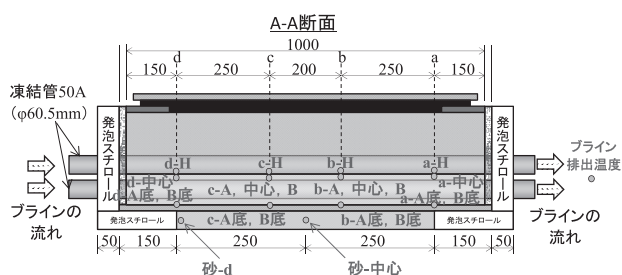
に温度計測データのグラフを示す。

Case1では、凍結開始からの時間経過とともに 0°C を下回り凍結体が確認できる箇所が増えたものの、水頭差によって最後まで水流が残る箇所では凍結体を造成することが難しいことを確認した。なお、凍結開始66時間後から水頭差0cmの状態を2時間保持したところ、止水効果が確認できる結果を得た。これは、両

側面図

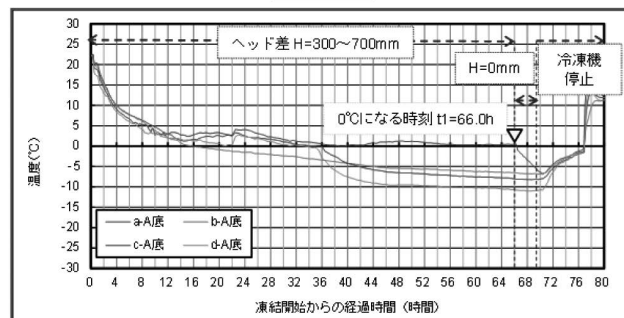


断面図

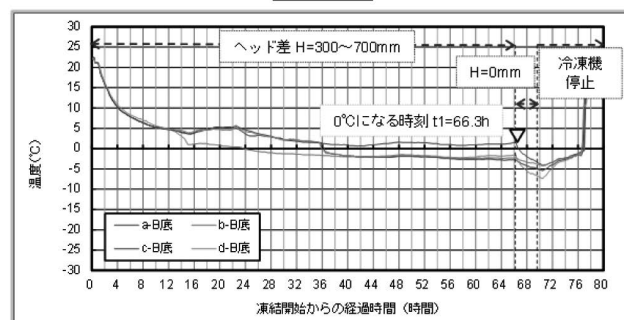


図—10 流水条件下での室内凍結実験 (実験Ⅲ) 装置図

A水槽側

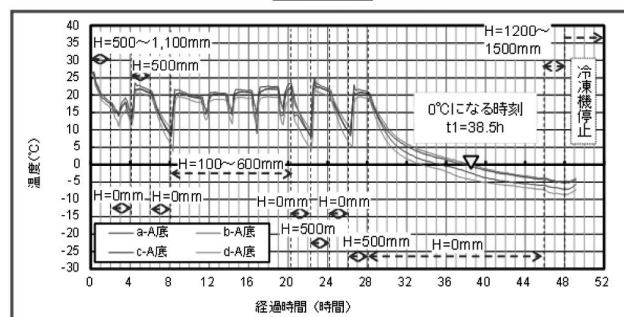


B水槽側

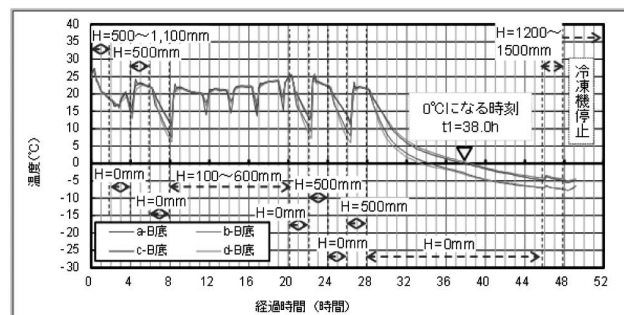


図—11 温度計測結果 (Case1)

A水槽側



B水槽側



図—12 温度計測結果 (Case2)

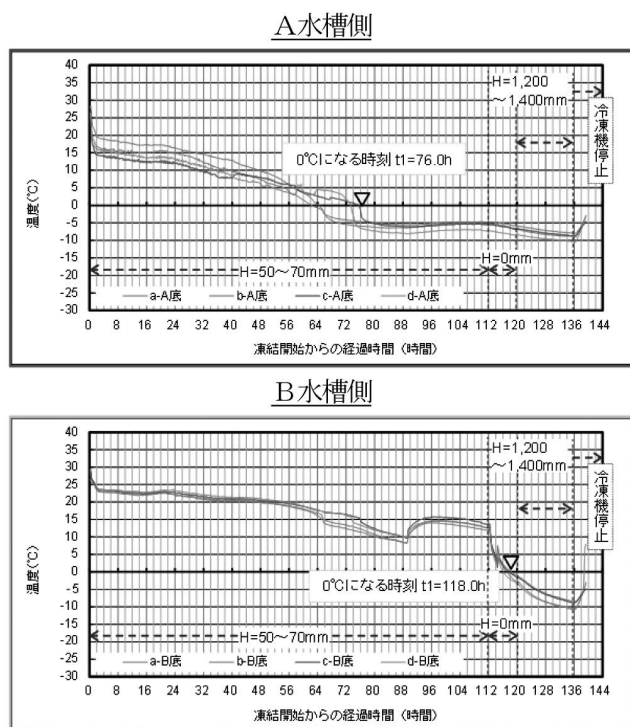


図-13 温度計測結果 (Case3)

水槽内の海水温度が経過時間とともに低下する条件であったためと考えられる。

Case2では、水頭差がある場合とない場合が2時間毎に繰り返される条件であり、水頭差がない状態が断続的に発生することで凍結体が造成されと考えた。しかし、海水温を約24℃に制御したことと、水頭差が生じた際に海水が流入して一度凍りかけた凍結体が解凍してしまうことにより、止水効果を確認するまでに至らなかった。なお、凍結開始28時間後から水頭差0cmの状態を18時間保持したところ、止水効果が確認できる結果を得た。

Case3では、水頭差が約60mmと比較的小さい状態でも、Case1と同様に水頭差によって最後まで水流が残る箇所では凍結体を造成することが難しいことを確認した。また、凍結開始から112時間後に水頭差0cmの状態を2時間保持してから水頭差を800mmとした場合においても、完全な止水は達成できなかった。しかし、その後に水頭差0cmの状態を4時間保持してから水頭差を1,200~1,400mmとしたところ、完全に止水効果を確認できる結果を得た。このため、水温が約24℃の条件でも水頭差を与えないことで止水効果は十分に期待できると考えられる。

これらの結果より、本工法では凍結体造成時には函体内外の水頭差を抑制する補助工法が必要である。

(4) 止水性確認実験のまとめ

仮設ドライアップ工法での凍結技術を利用した止水方法について、実験結果から以下の事項を確認した。

- ① 函体と対象構造物との間に柔軟なスポンジ状の止水材を配置して、十分に水を含んだ状態で凍結させることで止水効果を発揮し、ドライな作業空間を構築することが可能である。
- ② 凍結に使用する冷媒は、ブライン (塩化カルシウム溶液) と液体窒素 (LN2) の両方において止水効果を発揮するための凍結が可能であり、事前温度解析結果から実施工での凍結時間を概ね把握することが可能である。
- ③ 本工法において凍結により止水効果を発揮するためには、凍結体造成時には函体内外の水頭差をできる限り小さくし、凍結止水部に生じる水流 (流速) を抑制することが極めて重要である。

4. おわりに

本稿では、止水部に凍結技術を利用した本工法仮設ドライアップ工法の概要および工法の止水性確認について実験的に検証した結果を報告した。今後、老朽化した港湾・護岸・河川構造物の補修・補強工事が増大していくと推測されるため、様々な形状の構造物に対する止水性・安全性の確保により有用性の高い工法へと発展させていきたいと考えている。

J C M A

[筆者紹介]

宮沢 明良 (みやざわ あきら)
東亜建設工業㈱
土木事業本部 エンジニアリング事業部
シビルリニューアル事業室



網野 貴彦 (あみの たかひこ)
東亜建設工業㈱
技術研究開発センター
新材料・リニューアル技術グループ
グループリーダー



黒米 郁 (くろごめ いく)
東亜建設工業㈱
技術研究開発センター
新材料・リニューアル技術グループ
主任研究員



水圧吸引式ダム堆砂対策の開発

MHS（マルチ・ホール・サクション）排砂管工法

本 多 将 人・片 山 裕 之

ダム貯水池に堆砂する土砂の問題は古くからの課題であるが、総合土砂管理の観点から堆積土砂の下流還元が検討されており、環境にも配慮した方策が求められている。堆積土砂の除去は浚渫などの機械掘削で可能であるが、下流還元の場合の環境的インパクトを考えると洪水時に安全かつ確実に稼働可能な方策が望まれる。その一つとして検討されている手法に水圧吸引式の土砂排除方法(HSRS)がある。本稿では、著者らが技術開発を進めてきたHSRSを利用したダム堆砂対策について紹介する。

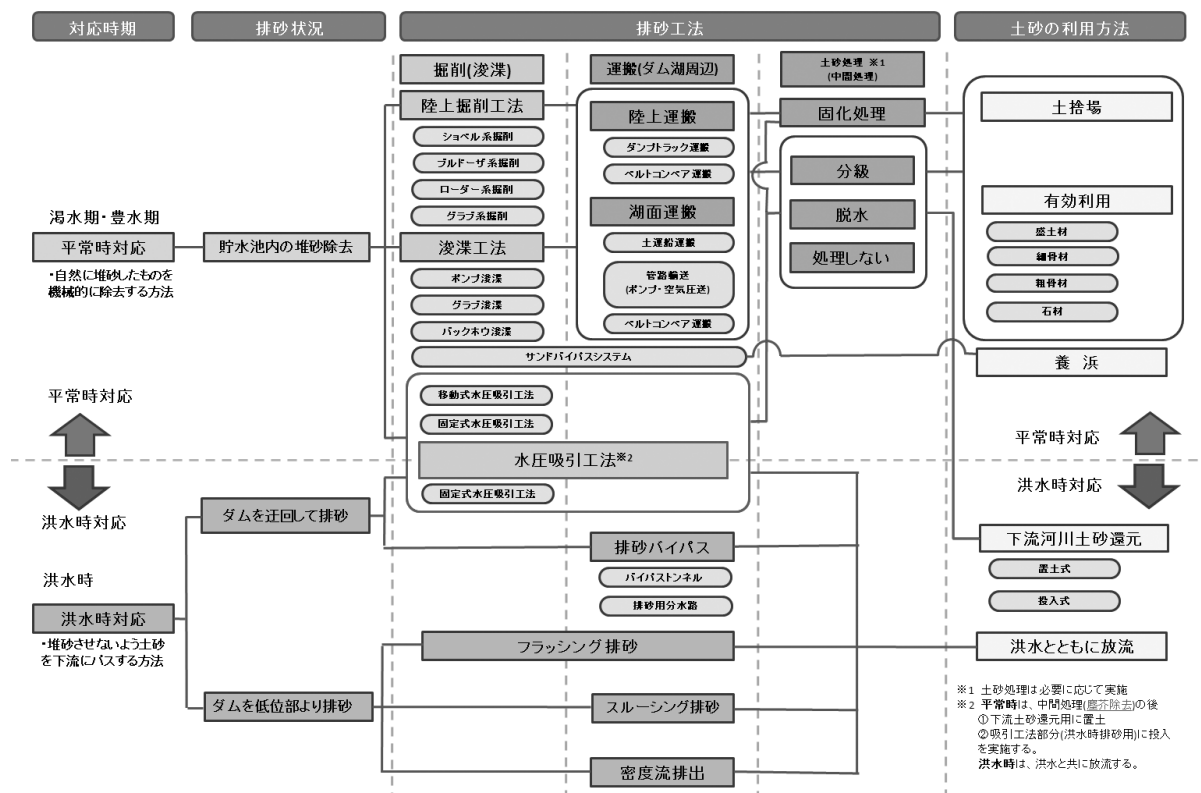
キーワード：ダム堆砂、総合土砂管理、水圧吸引式土砂排除システム、排砂管、HSRS

1. はじめに

日本の国土は、未だ造山活動を続けており地形が急峻である上、降水量が3,000 mm/年に及ぶ地域がある。そのため、土砂生産強度は莫大で、ダムの比堆砂量は $1,000 \text{ m}^3/\text{km}^2/\text{年}$ に及ぶものがある。日本のダム計画では一般に100年分の堆砂量を見込んでいるもの

の、ダム建設から数十年が経過し、相当量の土砂がダムに堆積している事例が見られる。ダムの堆砂対策は、貯水池機能の維持・向上のみならず、上流河床の上昇、下流河床の低下や海岸線の後退、生物環境への影響などの観点からも重要である。いくつかのダムでは、本格的に堆砂対策の検討を始めている。

ダム貯水池における堆砂対策は、貯水池内への土砂



図—1 主要なダム排砂工法の分類と利用方法

流入防止策として貯砂ダム、流入土砂を迂回させる排砂バイパストンネルがあり、貯水池内に流入した土砂の排出方策としては機械掘削に代表される浚渫、排砂ゲートからの排砂（フラッシング）、密度流排砂などが考えられるが、他に水压差を用いた土砂吸引排除システム（Hydro Suction sediment Removal Systems：HSRS）がある（図—1）。HSRSとは、管内外の圧力差で吸引力を発生させ、管に設けられた吸引口から水とともに土砂を吸引・排除し、管路により土砂輸送を行うものである。

著者らが所属する一般社団法人ダム水源地土砂対策技術研究会（略称、土砂研）は、HSRSの一つである固定式排砂管による土砂吸引排除システムの開発を行ってきた。本稿は、HSRSの簡単な説明と本工法の開発状況を報告するものである。

2. HSRS による管路土砂輸送

HSRSには、吸引口を埋設しておく固定式排砂管を利用した方法（固定式）と、土砂吸引口の部分を移動させる方法（移動式）の大きく2種類に分類される。総合土砂管理の観点からダムの堆積土砂を下流還元することが検討されており、その場合、下流環境へのインパクトを考え洪水時の稼働となるが安全かつ確実な稼働が必要となる。移動式は従来の浚渫技術であり堆砂表面からの吸引であるため障害物回避が比較的簡易である半面、洪水時に作業船を浮かべるため作業安全性の確保が重要となる。一方、固定式は事前に吸引管を埋設しておくため洪水時の湖面での作業がないが、堆積土砂の固結による吸引不能、高濃度や障害物等による吸引口や管路内の閉塞対策が課題となる。各方式とも課題があるが、水位差以外の動力も使用可能であるため、ダム貯水池だけでなく河道や海岸域などの水頭差が確保できない場所など適用範囲の拡大が期待できる技術である。

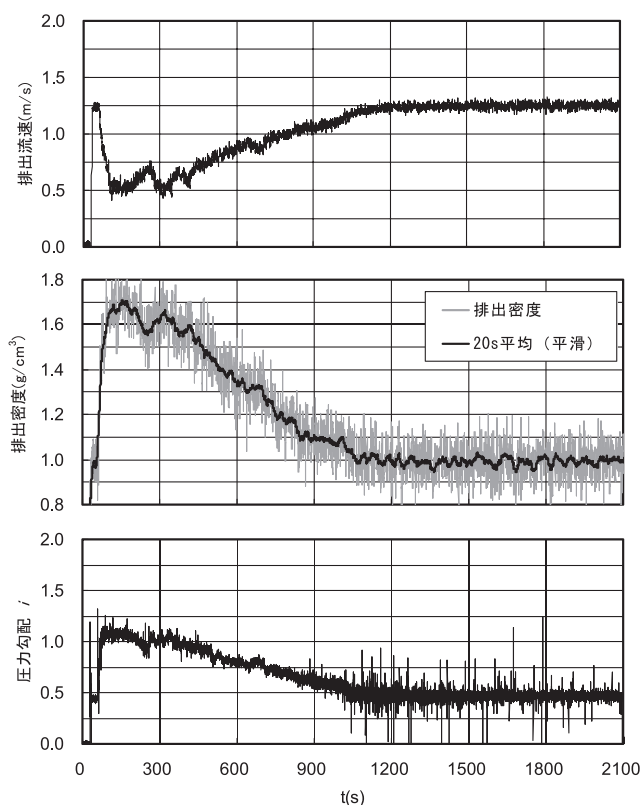
HSRSによる土砂吸引の課題を吸引過程で整理すると、①集砂や堆積土砂の性状に関する課題、②土砂を吸引口から吸引する過程の現象の把握、③吸引した土砂を管路輸送する機能の把握、④下流河川への放流および下流環境に与える影響と効果の把握、が課題であると考えている。今までの検討で得られた土砂排除機能としては、③の管路の土砂輸送機能で輸送能力の上限が規定され、①あるいは②の条件によって能力が決定されることが考えられる。

筆者らは、過去にポンプ動力の浚渫も加えた種々の実験データを収集して土砂輸送能力、管内流動形態、

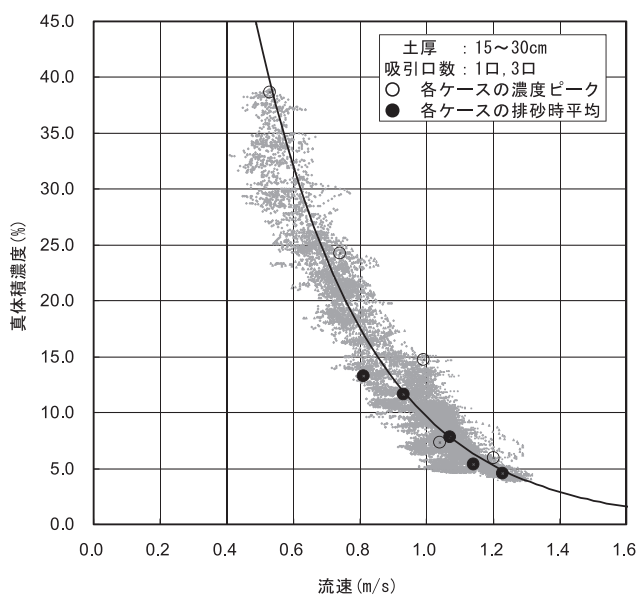
動力、吸口形状などの違いが排砂量に及ぼす影響について検討している。また同時に管内流動形態の指標としての限界流速式の適用性についても考察を加えている。ここでは埋設固定型の吸引方式の特徴について紹介する。

埋設固定型の室内吸引実験データの一例を示す（図—2）。特徴としては、排砂初期に高濃度ピークが見られ（Phase1）、その後緩やかに濃度が低下していき低濃度の定常排砂状態（Phase2）に落ち着いているのが分かる。また、高濃度時には圧力損失が大きくなり、その影響で管内流速も大きく低下している。これはPhase1では吸引口周辺の土砂を吸引するため能力に応じた土砂が管内に流入するが、その後は吸引口周辺にできた空隙に崩壊・沈降してくる上部の土砂を吸引するため、吸引口への土砂供給が能力より少ないものと考えられる。このケースを含め数ケースの流速と濃度時系列データのスカッタープロットを示した（図—3）。これから高濃度となると流速が低下することが明らかであり、両者に高い相関があることがわかる。

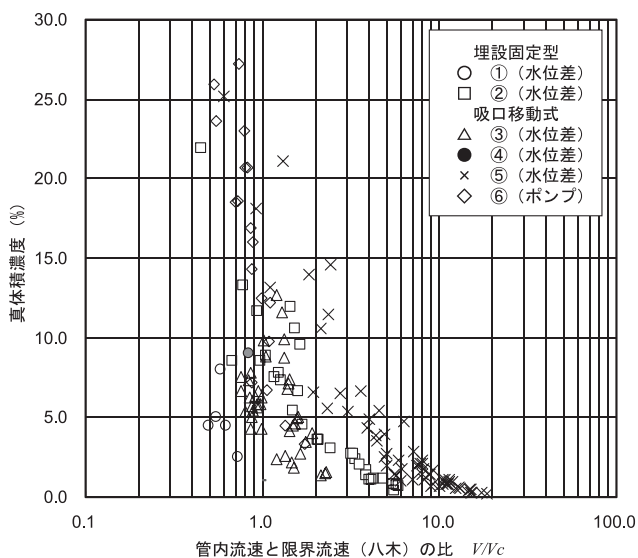
管路土砂輸送では、管路閉塞を生じない指標として限界流速があり、種々の式が提案されている。既往の実験データを用いて八木の限界流速式を用い、平均的な管内流速と限界流速との比と、土砂濃度の関係を



図—2 固定式吸引工法（水平埋設型）の流速、密度、圧力勾配の変化例



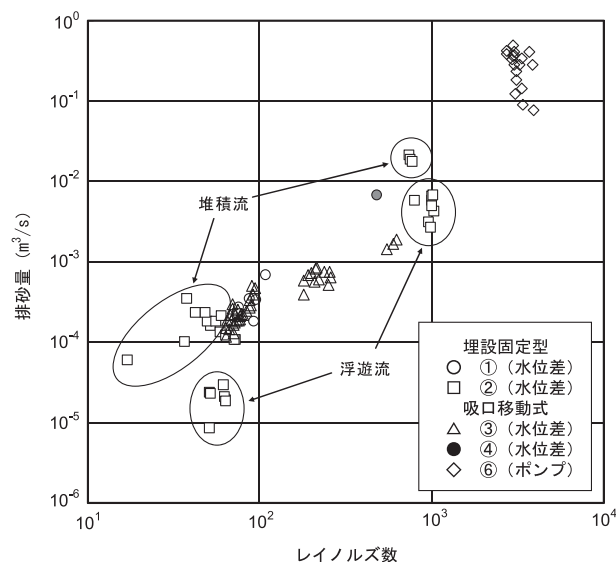
図一三 固定式吸引工法（水平埋設型）の流速と濃度の相関例



図一四 流速と限界流速との比と濃度の関係

整理したところ、若干のばらつきはあるものの概ね比が1～2を下回ると高濃度となる傾向が見られた（図一四）。管内流速が限界流速以下となると、輸送能力は低下するが、流動形態が褶動流あるいは堆積流となることにより下層に高濃度層が生じる。この影響で濃度が高くなっているものと考えられるが、水平管における二層流の濃度計測精度にも留意する必要がある。

次に、HSRSによる土砂輸送能力について、代表的なパラメータとしてフルード数、レイノルズ数、および流速に着目し、排砂量との関係を調べた。その結果、レイノルズ数と排砂量の相関係数が一番高く、管内の土砂流動形態が堆積流と考えられるケースは上側に、浮遊流と考えられるケースは下側に分布する傾向が確



図一五 レイノルズ数と排砂量の関係

認され、流動状態による分布が見られた（図一五）。逆に吸引形式（固定式と移動式）による違いは明確には見られず、流動形態に応じて吸引口に土砂輸送能力に応じた十分な土砂供給がある場合は褶動・堆積流のような不均質流となり、吸引口への土砂供給が、例えば埋設固定型のように周辺の土砂崩壊や沈降に支配される不十分の場合は浮遊流となる可能性が高いと考えている。

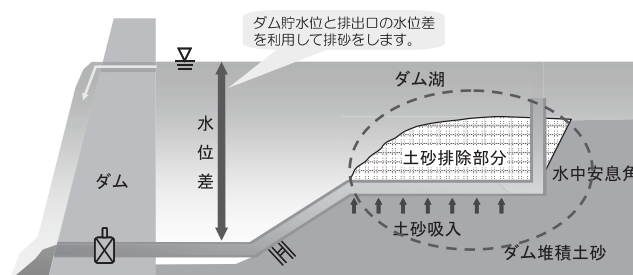
3. HSRS を利用した工法開発

(1) 水平埋設型の水圧吸引式土砂排除工法の開発

土砂研では平成13年度から環境へのインパクトを考慮してHSRSの検討を開始した。

平成13年度は、その中でも課題の多い堆砂を吸入する部分（吸引）について、室内模型実験により検討を行い、現在開発している工法の原因となる吸引管を水平に埋設する水圧吸引土砂排除工法を提案した。

平成14年度は、平成13年度の補足実験を行い、吸入理論モデルを検討するための基礎データを取得するとともに、管内閉塞回避や吸入範囲拡大方策について

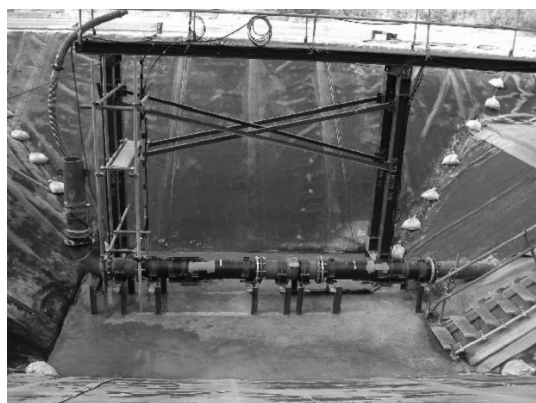


図一六 水平埋設型の土砂吸引排除工法概念図

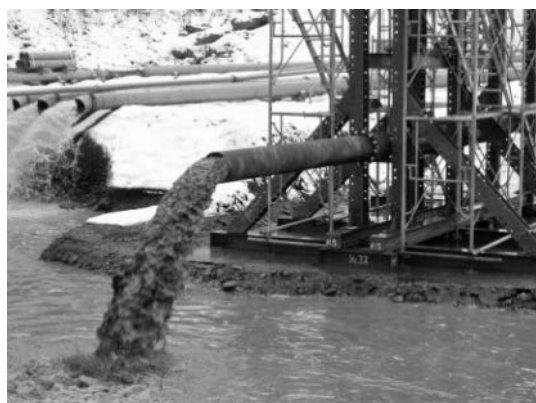
も実験による検討を行った。

平成 15 年度からは、管内閉塞回避の補助機能として上流部に吸水口を付加したタイプを MHS 排砂管工法（図—6）と名付け、その土砂吸入メカニズム理論の構築をするとともに、現地適用に向けた基本的検討として、吸入範囲拡大方策となる吸砂口の開閉制御や吸砂口付近の高圧水噴射の有効性を確認した。また室内実験結果より、吸引部の損失を考慮した 1 次元管路の水理モデルを構築した。

さらに実際の貯水池への適用性を高めるため、平成 16 年度には長野県の天竜川水系三峰川にある美和ダム湖内にて、美和ダムの堆積土砂を対象とした現地スケールの排砂実験を実施し、その適用性を確認した（写真—1, 2）。これらの成果を整理し、貯水池の状況、排砂管の敷設レイアウト、使用できる水位差、堆積土砂の土質性状などの基本的条件による概略設計手法を確立した。



写真—1 実験池内の吸引部の様子



写真—2 排出の様子（排出口）

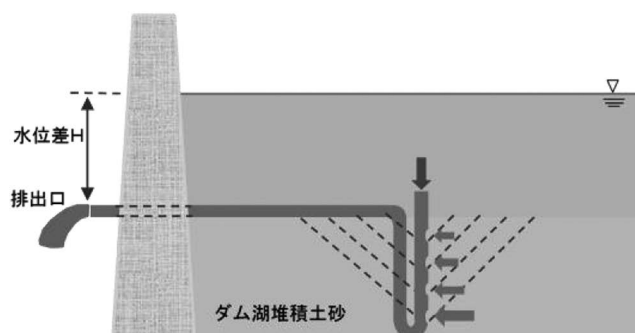
(2) 水平埋設型の改良

MHS 排砂管工法は、吸引により出来た間隙に管上方の土砂が浸透流により崩され流入してくることを期待するものだが、平成 19 年に参加した現地実証実験において、地盤条件や吸引土砂が高土厚になると、アー

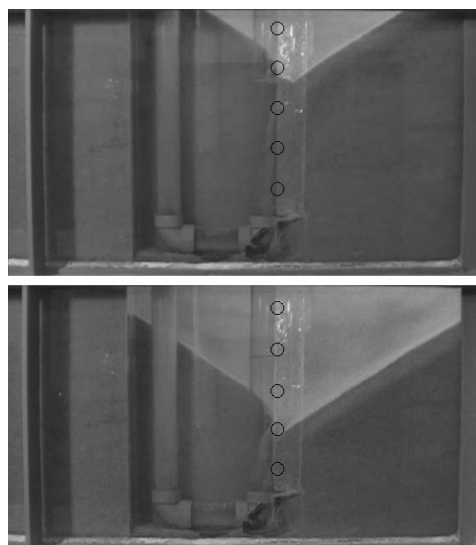
チアクションが生じることにより管上方の堆積土砂が自立し崩れてこないことが課題となった。

そこで平成 21 年度より、吸引土砂が高土厚の場合にも土砂崩壊を促進し安定した吸引を可能とするため、吸引口を鉛直方向に配置することにより各吸引孔が分担する吸引土厚を薄くした鉛直埋設吸引管排砂工法（以下、鉛直型）を提案している（図—7）。平成 21 年度は、鉛直型の珪砂を対象とした小規模吸引実験を実施し、吸引口を鉛直に配置した吸引管で、表層に近い吸引孔から順次、標高の低い吸引孔へと吸引が移行し、アーチアクション対策として機能することを確認した（写真—3）。この工法が水平埋設型と比べ有利な点としては、①高土厚を何層かに分けて吸引できる、②管内流の方向と土砂の流入方向が同じで吸引時の抵抗が少ない、③鉛直吸引管沿いに水道が形成されても土砂を崩す方向に作用する、などが挙げられる。

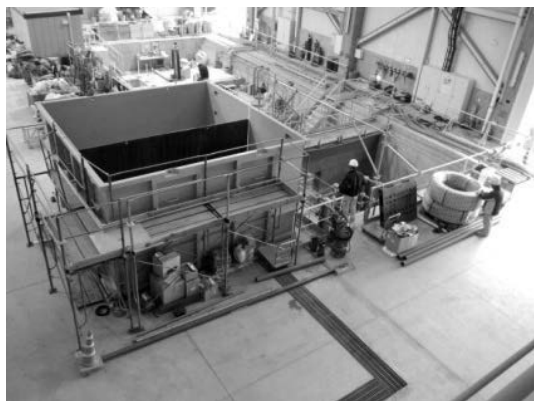
その後、排砂実験のスケール効果と実ダムへの適用性を確認するため、中規模室内排砂実験を実施した（写真—4, 5）。実ダム堆積土砂では砂分だけでなくシルトの混入も多くなり、吸引に対する抵抗が大きくなる。その対策として、連続した吸引口を堆積面表層



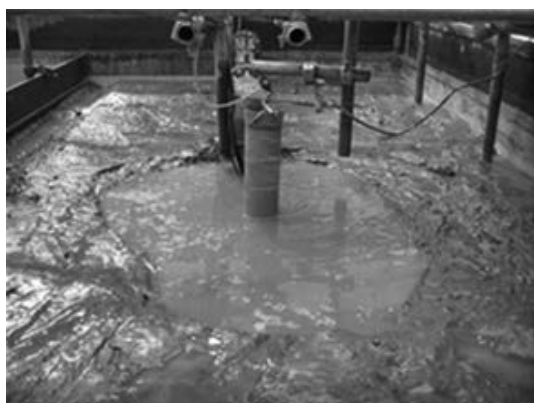
図—7 鉛直埋設型吸引工法の概要



写真—3 鉛直埋設型吸引工法の吸引状況



写真—4 中規模吸引実験施設



写真—5 改良吸引部による排砂後地形（中規模実験）

まで設けることで、細粒分が多く透水性の低い土砂でも表層の開放された吸引部からの流れによるせん断力で、表層土砂から吸引が進行することを確認した。また同吸引形式を用いた小規模吸引実験にて、細粒分(シルト成分)の混入率をパラメータとした吸引実験を実施しており、現在、結果の整理を進めているところである。

4. おわりに

本稿では、筆者らがダム堆砂対策としてHSRSの開発を行う過程で得てきた知見の一部と開発状況を紹介したものである。HSRSを適用する場合、土砂性状の影響が大きく、実用化を図るためには対象となる個々のダム堆積土砂性状に対する適用について検討をする必要があり、今後もこの技術がダム堆砂対策として実用化されるよう鋭意研究を進めるつもりである。なお、土砂研の活動については<http://doshaken.com/>を参照して頂ければ幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 片山裕之・田島芳満 (2013)：水圧吸引方式の土砂管路輸送技術，混相流，第27巻，No.3，pp.282-289.
- 2) 片山裕之・福濱方哉・荒川興一 (2013)：鉛直埋設吸引管排砂工法の実験的検討，土木学会論文集B1（水工学），第57巻，p. I_1081-I_1086.
- 3) 中島秀義・片山裕之・田島芳満 (2005)：マルチホールサクション排砂管工法の開発と現況，土砂管理とダムに関する国際シンポジウム論文集，pp.175-182.
- 4) 片山裕之・田島芳満 (2007)：水圧吸引土砂排除システムの土砂流送機能について，河川技術論文集，第13巻，pp.393-398.

【筆者紹介】

本多 将人（ほんだ まさと）
東亜建設工業(株)
土木事業本部 設計部
設計部長



片山 裕之（かたやま ひろゆき）
五洋建設(株)
技術研究所 土木技術開発部
担当部長



環境に配慮した深層混合処理船への設備更新

省エネルギー化設備を導入した「DCM6 号船」

榎 本 孝

深層混合処理船「DCM6 号船」（以下「本船」という）は昭和 57 年の建造時から油圧駆動による処理機と主巻ウインチを装備していたが、省エネルギー化を目的として駆動装置に高効率のインバータによる、交流電動機の可変速・可変トルク制御を導入した。加えて処理機降下時の位置エネルギーから得られる回生電力を回収してさらなる省エネルギー化を図った。また、処理機ほか電動化設備更新に付随して処理機槽頂部の改造、各種制御盤を集合して設置し管理できる電気室の新設、プラント設備、船橋操作室、操船ウインチの換装、および船体整備工事を実施した。省エネルギー設備更新は、エネルギー使用合理化事業者支援事業に採択され、「技術」と「効果」が評価された。

キーワード：深層混合処理、DCM6 号船、省エネ、回生電力、エネルギー使用合理化事業者支援事業

1. はじめに

「本船」の深層混合処理機（以下、処理機と省略）は昭和 51 年に初号機として製作した。その後、昭和 57 年に建造した「本船」に搭載し、海上専用の深層混合処理船として活躍してきたが、建造後 37 年が過ぎたことに加え、油圧駆動であったため、海上への漏油リスクがあること、改造前の処理機が 8 軸式長方形改良断面であったため、現行工事の 4 軸式正方形改良断面に適合させるためのコスト増を問題視した。今回、「本船」の処理機を環境対策と現行工事に適合した電動駆動の 4 軸式に設備更新した。新しい処理機は、インバータ制御された交流電動機と減速機による回転出力軸 4 軸と各軸に装備された複数本の掘削ロッド・先端掘削ヘッドで構成される。

主巻ウインチは、既設の油圧モータを撤去し、交流電動機、減速機およびブレーキからなる新規設備に更新した。既存のクラッチ機構、エアブレーキ機構は流用した。交流電動機はインバータ制御方式を採用し、電源引込盤、インバータ盤などは船内に設置した。また、主巻ウインチの電動機を利用して、処理機の降下時に発生する回生電力を回収し、処理機攪拌などに有効利用している。

この処理機と主巻ウインチの設備更新は、事前に一般社団法人環境共創イニシアチブ（SII）が公募するエネルギー使用合理化事業者支援事業に申請し、審査を受けて採択された。この事業は、既設の工場・事業

場等における先端的な省エネ設備・システム等の導入に対して、「技術の先端性」、「省エネルギー効果」、「費用対効果」を踏まえて政策的意義が高いと認められる設備に対して採択されるものである。採択された事業には国庫補助金の交付を受けることができ、省エネ設備導入費の 1/3 が支援される。「本船」の省エネ設備導入は、平成 24 年度、25 年度の 2 ヶ年におよぶ複数年事業として計画した。平成 24 年度は、処理機製作、処理機主巻ウインチの駆動装置部制作（いずれも電気設備を含む。）平成 25 年度は、各設備の艤装工事である。それに付随して、古い設備の更新、船体のリニューアル工事も実施した。完成した「本船」の全景を写真—1 に示す。



写真—1 「本船」全景

2. 本船の主要目

＜船体部＞

船体寸法 (LBD)	56.0 m × 26.0 m × 4.2 m
満載喫水	2.2 m
槽高さ (水面上)	57.4 m

＜処理機＞

改良面積	4.6 m ² 級 (詳細後述)
処理機重量	220 t
処理機出力	640 kW
改良深さ	水面下 53.0 m

＜主巻ウインチ＞ 147 kN タンデム型 (詳細後述)

処理機昇降速度	0.0 ～ 2.0 m/min
---------	-----------------

＜操船ウインチ＞ 147/73 kN × 15/30 m/min × 8 台

＜発電機＞

750 kVA (900PS) × 445 V × 60 Hz	2 基
---------------------------------	-----

500 kVA (600PS) × 445 V × 60 Hz	2 基
---------------------------------	-----

上記発電機 4 台の同期運転が可能

＜補助発電機＞ 150 kVA 1 基

＜油圧ユニット＞ (操船ウインチ用)

110 kW × 2 基 + 3.7 kW × 2 基	
-----------------------------	--

＜スラリープラント＞

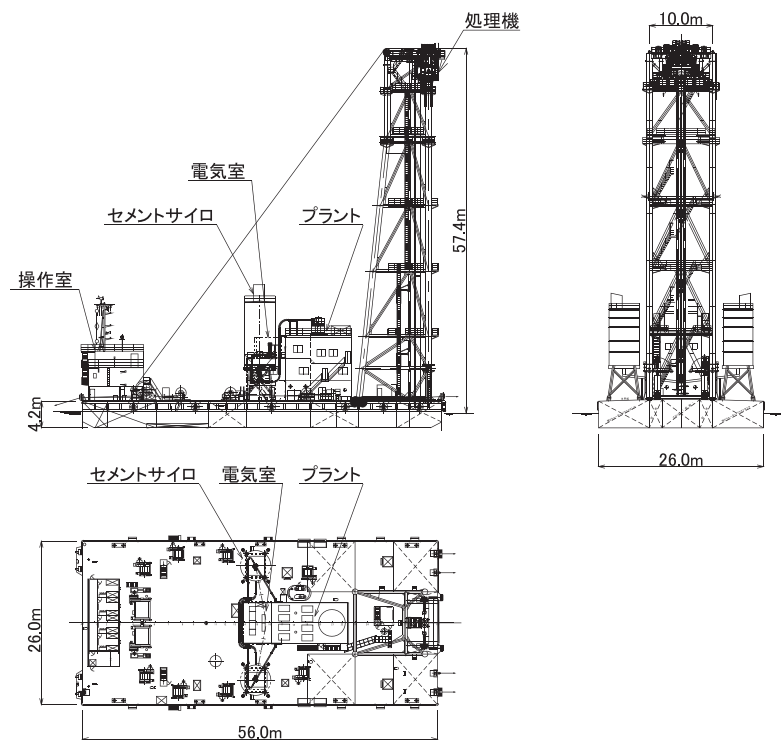
セメントサイロ	150 tf × 2 基
---------	--------------

ミキサー	2.0 m ³ × 2 基
------	--------------------------

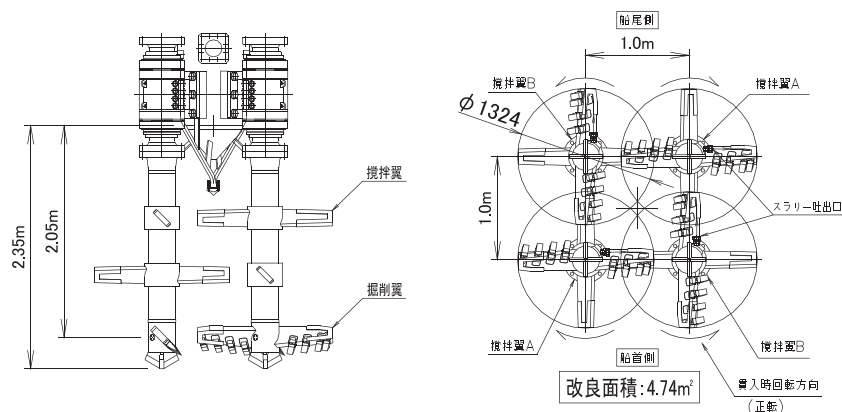
アジテータ	20 m ³ × 1 基
-------	-------------------------

グラウトポンプ	440 L/min × 8 基
---------	-----------------

図—1 に「本船」一般配置図を、図—2 に処理機先端部の刃先形状図を示す。



図—1 「本船」一般配置図



図—2 処理機刃先形状図

3. 設備・技術の先端性

環境に配慮するために実施した設備更新のうち、処理機と主巻ウインチの技術の先端性と設備の仕様を次に示す。

(1) 処理機

油圧駆動を採用していた処理機は、地盤改良のための駆動エネルギーを発電機 → 油圧ポンプ駆動モーター → 油圧ポンプ → ポンプ室から処理機駆動部までの油圧配管 → 油圧モーターの流れの中で回転エネルギーへ変換していた。この間の処理機全体のエネルギー効率は、エネルギー伝達媒体が電気から油圧へと変換される効率、伝達機器の機械的・流体的効率により決まる。

今回、電動駆動に変更することで、地盤改良のための駆動エネルギーは発電機 → インバータ制御盤 → 電気室から処理機駆動部までのキャブタイヤケーブル → 交流電動機の流れの中で、回転エネルギーへ変換される。この結果、エネルギー伝達媒体が電気のみとなり、エネルギー伝達媒体変換効率や伝達機器の流体的効率が無くなることによる効率向上と、伝達機器の削減による機械的効率の向上が見込まれた。

処理機は、交流電動機を搭載した減速機構による回転出力軸を4軸分有した処理機駆動部と、4軸それぞれの回転出力軸下端から順に複数本の掘削ロッド・先端掘削ヘッドで構成される。処理機は、船体檣上端より吊り下げられ、昇降動作を繰り返して地盤改良を行う。交流電動機は、船内に装備したインバータ制御盤4台それぞれからキャブタイヤケーブルを介して制御される。処理機本体を写真—2に処理機先端掘削部を写真—3に示す。



写真—2 処理機本体部



写真—3 処理機先端掘削部

(2) 主巻ウインチ

交流電動機でクレーンやウインチを運転する場合、巻き上げ時のエネルギー（電力）は電源側より周波数変換装置（インバータ）～交流電動機に供給される。反対に巻き下げ時では処理機が持っている位置エネルギーが交流電動機～周波数変換装置を介して電源側に戻る。このエネルギー（電力）を回生電力と呼び、回生電力を有効に利用することで省エネルギー化を図ることができる。

電動化されているクレーンやウインチの場合でも、回生電力を電源側に戻す機能を持たない変換装置を使用している場合、エネルギーは抵抗器に流れて熱に変換して処理している。インバータや制御技術の進歩によって現在は回生電力の有効利用が容易になり、発電機を使用している場合では、発電機容量や燃料の低減化が可能となる。また、商用電源の場合は使用する電力量を低減できる。

本船の主巻ウインチを電動化することで、処理機貫入時の位置エネルギーを回生電力として回収し、処理機の攪拌などに利用する。処理機引抜時は、貫入時に比べ原土が乱されているために引抜抵抗は小さくなる。結果として、主巻ウインチ電動化の回生エネルギーを利用することで、省エネルギーと共に負荷の平坦さも図れる。このような省エネルギー効果に加えて、次のような先端性をプラスすることが期待できる。

- ・一般の回転制御するインバータより高度な電源回生タイプのインバータ・コンバータを採用することで変換装置の高効率化を図り、回生電力の利用率を向上させる。
- ・処理機など主巻ウインチの回生電力を利用する側の発電機と他設備用の発電機を連携させて、4台の発電

機を含めたシステムで省エネルギー化を実現させる。

- ・運転時における発電機の台数制御，最適制御を行うことで消費燃料を削減することができる。

主巻ウインチ電動化については，処理機と同じく油圧駆動から交流電動機による直接駆動に改造することで，処理機の下降時に発生する回生電力を回収し電力として有効利用できるようにした。

ウインチ本体は油圧モータを撤去し，交流電動機と減速機とブレーキからなる新規装置を設置した。クラッチ機構，エアブレーキ機構は流用した。電動機はインバータ駆動方式を採用し，電源引込盤，インバータ盤などは船内に設置した。主巻ウインチ駆動部を写真－４に示す。

- ・三相誘導電動機 インバータ制御方式（屋外横型）
75kW × 2台
- ・駆動用減速機 × 2台
- ・電動機用ブレーキ ミューリフターブレーキ × 2台

4. 省エネ設備の導入

今回導入した省エネ設備を次に示す。また，省エネ設備導入前後における機器構成，動力系統の新旧比較を図－３に示す。



写真－４ 主巻ウインチ駆動部

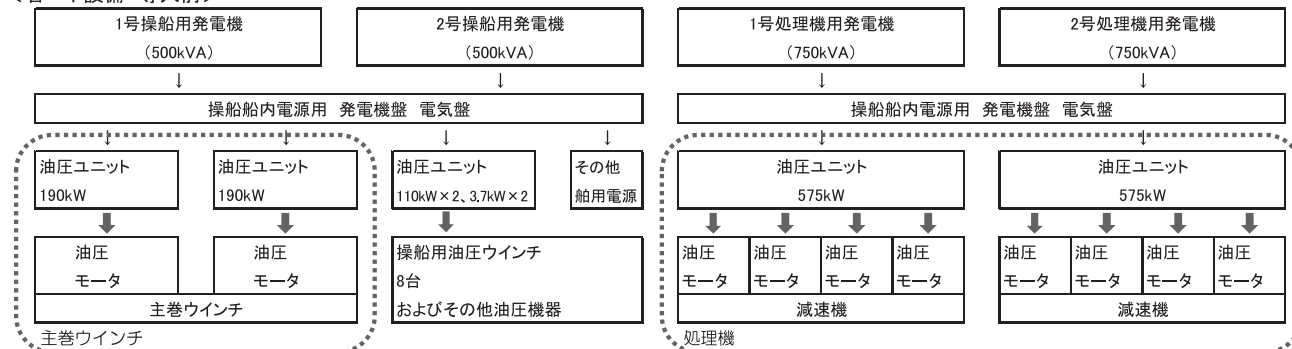
(1) 処理機

油圧駆動 8 軸搅拌の処理機を高効率のインバータによる交流電動機の可変速・可変トルク制御駆動の処理機に更新した。処理機改良面積を 4.6 m² 級の標準 4 軸搅拌に更新，当初設計から杭配置変更が不要になったため施工量の改良ロスをなくした。

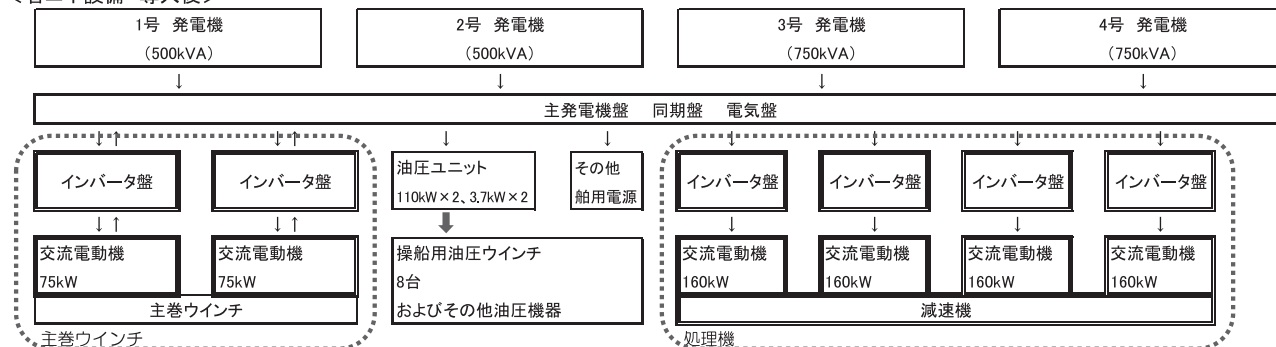
(2) 回生電力システム（主巻ウインチ）

油圧モータ駆動の主巻ウインチ動力部を高効率のイ

<省エネ設備 導入前>



<省エネ設備 導入後>



※凡例 ↓:油圧 ↓:電気

図－３ 省エネ設備導入前後 新旧比較

ンバータによる交流発電機の可変速・可変トルク制御駆動に更新した。処理機降下時の位置エネルギー（電気）を発電機側に戻す（回生）ことで、処理機攪拌などの電力源として有効利用した。

（3）発電設備運転管理システム

船内に装備する4基の発電機を同期運転できるようにして、回生電力を有効活用した。また、複数の発電機負荷を均一に分担させるとともに使用電力量をリアルタイムで監視し、「不要な発電機稼働の停止」もしくは「電力供給不足による発電機の稼働」を管理モニターに表示させることで最適な発電機台数で運転できる。省エネ効果もあり、通常運転では2基の発電機稼働が実現できた。

（4）遠隔操作（各制御盤間のネットワーク構築）

各機器類の制御盤間を光ファイバーケーブルで接続しネットワークを構築することで、居住区操作室内における遠隔操作、総合管理が実現した。常時稼働不要な機器類（操船ウインチ用油圧ユニットなど）の運転と停止を船橋から遠隔操作できることで省エネ効果となった。また、運転中の船体姿勢制御を行うバラストシステムを自動化することで省力化を実現した。

5. 設備更新工事の概要

今回実施した設備更新工事についての概要を次に示す。

（1）処理機の換装（エネルギー使用合理化事業者支援事業）

油圧駆動に替えて採用した交流電動機の処理機駆動部は気中仕様であるため、櫓頂部から処理機の頂部が出る構造として処理機を長くし、従来と同じ櫓高さで改良深度を確保した。処理機巻上時の櫓頂部を写真—5に示す。

処理機減速機には、高効率潤滑油 EPS150 を採用した。これは高度に精製したベースオイルに S-P 系極圧剤や有機モリブデンを配合した工業用ギヤ油でモリブデンがギヤ表面に油膜を形成し、ギヤ噛み込み時に発生する摩擦を滑らかにさせることにより、省電力効果を発揮するものである。また処理機の軸受けには、環境にやさしい生分解性グリスを採用している。

処理機の軸間距離・攪拌翼径は、(財)沿岸技術研究センター発行の深層混合処理工法技術マニュアルに定義される断面有効係数 α が大きくなるように設定し、セ



写真—5 櫓頂部（処理機巻上時）

表—1 旧処理機と新処理機の比較表

	旧処理機	新処理機
処理機本体	8 軸（水中仕様）	4 軸（気中仕様）
駆動源	油圧モータ×8 台	交流電動機×4 台
改良面積	4.64 m ²	4.74 m ²
処理機重量	160 tf	220 tf
処理機長	46.6 m	58.26 m
電動機総出力	1,150 kW ※油圧ユニットの 電動機合計	640 kW ※交流電動機の 合計
最大トルク	22.5 kN・m (2,300 kgf・m)	50.9 kN・m (5,195 kgf・m)
改良深度（水面下）	60 m	53 m
改良長（海底面下）	38 m	—
掘削翼径	950 mm	1,324 mm
軸間距離	700 mm, 750 mm	1,000 mm
先端処理方法	スライド管吐出	先端吐出

メント量の割増しを極力少なくなる形状にした。また先端処理の方法は先端吐出方式を採用した。旧処理機と新処理機の比較を表—1に示す。

（2）主巻ウインチ駆動部の換装（エネルギー使用合理化事業者支援事業）

処理機の昇降速度は、改良地盤の品質（強度）を保つために地盤に注入し攪拌するセメントミルク量と連動させるために無段変速が必要である。

近年、処理機降下時のエネルギー回収ができ、格段にエネルギー効率が良く変速が可能なインバータによるウインチ制御が確立されたので、主巻ウインチの駆動源に油圧モータに替えてインバータ制御の交流電動機を採用した。改造前の主巻ウインチに合わせるため、減速機とミューリフタブレーキも装備した。主巻ウインチの旧設備と新設備の比較表を表—2に示す。

表一 主巻ウインチ 旧設備と新設備の比較表

	旧処理機	新処理機
定格荷重	74 ～ 147 kN	74 ～ 147 kN
ワイヤ寸法	φ 40 × 1,660 m	φ 40 × 1,660 m
駆動方式	油圧モータ (油圧ユニット)	交流電動機 (インバータ制御)
ワイヤ速度 (処理機昇降速度)	0 ～ 80 m/min (0 ～ 4 m/min)	0 ～ 40 m/min (0 ～ 2 m/min)
原動機出力	190 kW × 2 基 油圧ユニット モータ出力	75 kW × 2 基 インバータ制御 交流電動機

(3) 居住区（船橋）の換装

新処理機と主巻ウインチを遠隔操作する操作卓を新替えた。コの字型の操作卓を採用して限られたスペースを有効に使った。処理機の操作、操船ウインチ遠隔操作、船体のバラスト自動制御、軸受けグリス注入操作などを集中管理できるものとした。また、遠隔操作のネットワークを構築したため、機関室内にある発電機の運転状況監視や、プラント室内に設置したスラリーポンプ運転時のセメントスラリー注入操作の総合管理が船橋で実施できるものとなった。新替えた船橋（操作卓）を写真一六に示す。

新設した居住区には、新たに士官室×2室、会議室、事務室を設けて船内で管理業務や会議が実施できるように配慮した。居住区全体を写真一七に示す。

(4) 発電機同期盤、電気室の新設（エネルギー使用合理化事業者支援事業）

「本船」の既設発電機4台（500kVA×2台、750kVA×2台）を同期するために新たに同期盤を製作して船内に設置した。同期盤の設置場所は機関室内で旧処理機用の油圧ユニット撤去場所を利用した。これは機関室内の既設発電機盤を配電盤として利用するため、ケーブル敷設距離が短く、設置作業を容易にするために計画した。また、発電機エンジンの始動停止は遠隔操作では実施できないため、機関室内での一括管理の方が安全で確実であることを考慮したのである。発電機同期盤を写真一八に示す。

処理機用、主巻ウインチ用、スラリーポンプ用のインバータ盤、回生電力盤、PLC盤、バラスト制御盤、操船ウインチ制御盤は船体中央の甲板上に2層構造の電気室を新規製作して設置した。室内は壁と天井に断熱材を設け空調設備と換気設備を設置して、通期にわたり制御盤が最適な環境下となるように配慮した。

また、電気室の上部にはセメント圧送用のブロー室を設けた。新設した電気室、ブロー室を写真一九に



写真一六 新設船橋（操作卓）



写真一七 居住区全体

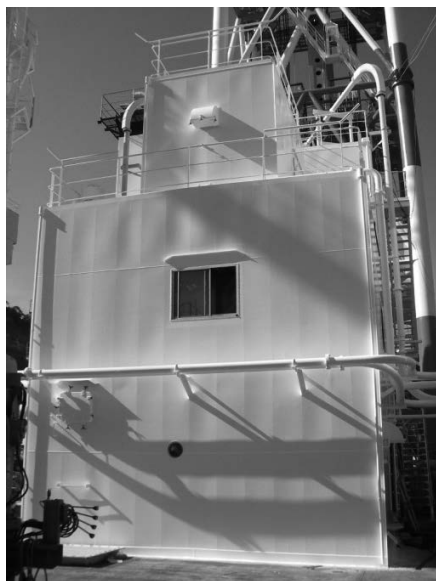


写真一八 発電機同期盤（機関室内）

示す。

(5) 甲板上機械・設備の換装

甲板機械では、全8台装備している操船ウインチを4台換装（平成23年度に2台換装済）した。既設操船ウインチ撤去時にウインチ下の船体甲板を切り替え



写真—9 新設電気室，ブロー室

補修した。

深層混合処理船は24hr 昼夜運転が通常であるため、夜間でも安全作業となるように甲板上照明に(株)ソディック製 LED 投光器を新規に設置した。櫓トップからのダウンライト、船橋屋上から船上の広範囲を照射することができた。従来の水銀灯に比べて使用電力が350 Wと約1/4となり、約4万時間の長寿命である。入力電圧はAC100～242 Vである。また、新設した居住区内の各室、増設した食堂の照明にはLED 照明(蛍光灯)を採用した。

(6) スラリープラント設備の換装

処理機は先端処理方法に先端吐出方式を採用した。(旧処理機はスライド管吐出方式)それに伴い、スラリーポンプを先端処理用に4台、引抜吐出用に4台新設した。ポンプ吐出量はインバータ制御で行い、電動機出力22 kW、理論吐出量440 L/min、最大圧力2.45 Mpaのプランジャ式ポンプを採用した。新規に換装したスラリーポンプを写真—10に示す。

ほかにセメントサイロからチャージホッパーへのセメント供給方法を機械式から空気圧送式に改造した。

(7) 機関室内の整備

処理機重量増加、船尾側の処理機・主巻ウインチ油圧ユニット撤去による船首側トリム修正のため、船尾側中央に固定バラスト約90 t(コンクリート製)を設置、既設の船尾清水タンクを常時満水として固定バラスト化した。両舷の処理機用油圧ユニット撤去場所には清水タンク(容量48 m³×2基)を設置し、船尾側のバラストタンクに余裕が持てるように計画した。



写真—10 スラリーポンプ (プラント室内)

6. おわりに

海上工事で大型作業船を使う場合、主機関の燃料消費効率が悪いと燃料使用量が多くなり、NO_xの排出量も増えることから、経済的なことだけでなく環境面にも悪影響を及ぼすことになる。よって建造後何十年も経った作業船の場合、省エネ設備を導入する効果は非常に大きなものになると想定できる。また新造船として建造する場合、船体を建造すると製作に多大なエネルギーを消費して多くのCO₂を排出する。船体を定期的に整備して長期間使用すれば、多くのCO₂の削減効果も期待できる。

謝辞

本船「DCM6号船」の省エネ設備導入、設備更新、船体リニューアル工事に御協力頂いたMHIメカトロシステムズ(株)(処理機製作)、マリンハイドロテック(株)(主巻ウインチ電動化、操船ウインチ)、(株)明電舎(主巻ウインチ電動化、回生電力盤、発電機同期盤)、MHIマシナリーテクノロジー(株)(遠隔操作、制御システム全般)、吉永機械(株)(櫓トップ製作)、(株)JMUアムテック(艀装工事全般)他多くの企業の皆様に誌面をお借りして御礼を申し上げます。また、エネルギー使用合理化事業者支援事業に採択され、技術的に評価されたことに感謝を申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

榎本 孝(えのもと たかし)
東洋建設(株)
土木事業本部 機械部
課長



省エネルギー Hybrid グラブ浚渫船

第 381 良成丸

大 松 正 文

「第 381 良成丸」（以下「本船」という）は、グラブバケットにより海底の土砂を掘削する非自航式のスラッド式グラブ浚渫船である（写真—1、図—1）。

本船は、ハイブリッドシステムにより省エネルギー化を図ることで、排出ガスの大幅な削減を目指し、2014 年 1 月に完成した。また、グラブバケット自動運転及び自動操船システムの採用、アンカー設備の併設、40 m³ 密閉ワイド型グラブバケット等、環境負荷の低減はもとより、高い安全性と効率性を追求して建造した。

キーワード：グラブ浚渫船、ハイブリッド、自動運転、自動操船、スラスト、密閉ワイド型グラブバケット

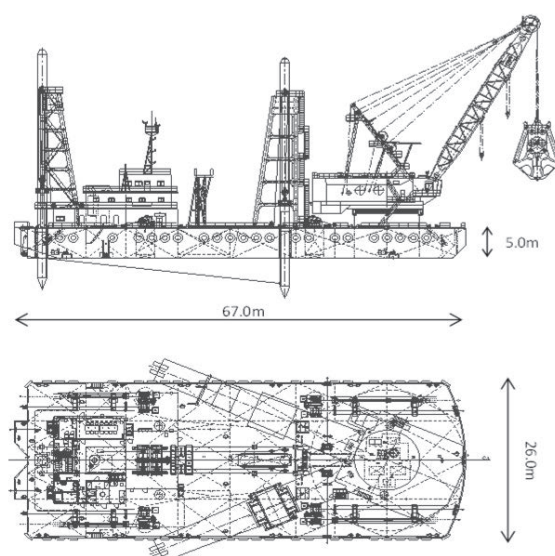
1. はじめに

近年、地球温暖化の防止が社会問題となっており、大型原動機を搭載している作業船においても、大量の化石燃料の消費により発生する、二酸化炭素等の削減が求められている。

また、建設作業員の不足や、熟練技能者の高齢化の社会問題も顕在化し、対応を迫られている。

このような社会ニーズに応えるため、環境にやさしく、高い安全性と効率性を追求したグラブ浚渫船にするため、従来の装備の改良に加え、以下のシステムを開発した。

- ①ハイブリッドシステム
- ②グラブバケット自動運転システム
- ③自動操船システム



図—1 一般配置図



写真—1 全景

2. 特長

(1) ハイブリッドシステム

(a) 概要

従来は、グラブバケット巻下げ時の運動エネルギーは再利用されることなく、電気回路等の抵抗器にて熱エネルギーとして放出されていた。

本システムでは、グラブバケットを巻下げる際に発生する運動エネルギーを電気エネルギーに変換し、キャパシタと呼ばれる電気二重層コンデンサに蓄える。

蓄えられた電気エネルギーは、回生エネルギーとしてグラブバケットの巻上げ時に、ディーゼルエンジンによる動力のアシストとして再利用する。

また、重機が旋回する際の運動エネルギーも電気エネルギーに変換する（図-2）。

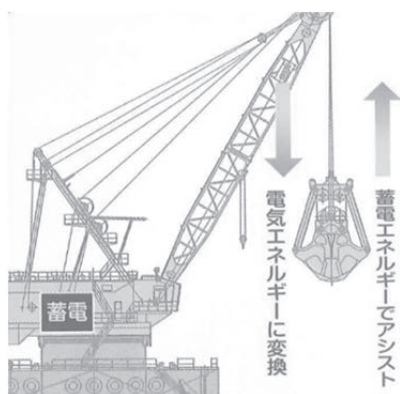


図-2 ハイブリッドシステム概念

(b) 利点

- ①ディーゼルエンジンによる動力とキャパシタに蓄えられた回生エネルギーを組み合わせることにより、原動機及び発電機を小型化できるため、燃料消費量は従来機と比べて、30%程度の低減が期待できる。
- ②原動機及び発電機の小型化により、CO₂（二酸化炭素）、NO_x（窒素酸化物）、Sox（硫黄酸化物）等を含む排出ガスが大幅に削減され、騒音・振動が低減する。
- ③電気二重層コンデンサは以下の特長があり、リチウムイオン電池よりも、グラブ浚渫船に適している。
 - ・充放電サイクルの寿命が長い
 - ・急速な大電流の充放電が可能
 - ・充放電率が高い（95%）
- ④操船室に設置したディスプレイに回生電力、燃料消費量等が逐次、表示され、監視できる。

(2) グラブバケット自動運転システム

(a) 概要

運転席に設置されたタッチパネルで、浚渫深度、グラブ巻上げ上限、旋回角度、ジブ角度などの情報を入力し、掘削、旋回、土運船への積み込み等の一連の動作が、自動制御できる（図-3）。

尚、必要に応じて緊急停止や、手動モードへの切替は容易にできる。

(b) 利点

労働負担を軽減し、ヒューマンエラーを予防でき、オペレータの技量に左右されない効率的な作業ができる。

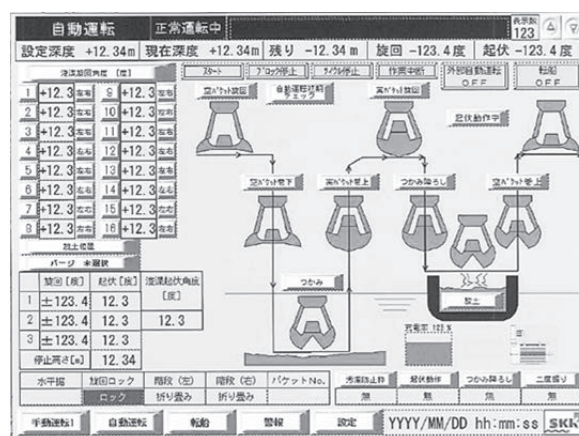


図-3 自動運転システムのディスプレイ

(3) 自動操船システム

(a) 概要

- ①施工管理システム上でインプットしたX軸、Y軸の座標値を信号化し、自動操船システムへ送ることによって、アンカーワイヤの繰出しや巻取りを制御する（図-4）。
- ②自動操船時には、アンカーワイヤの張力が許容値を超えると安全装置が作動し、ウインチが自動停止する。

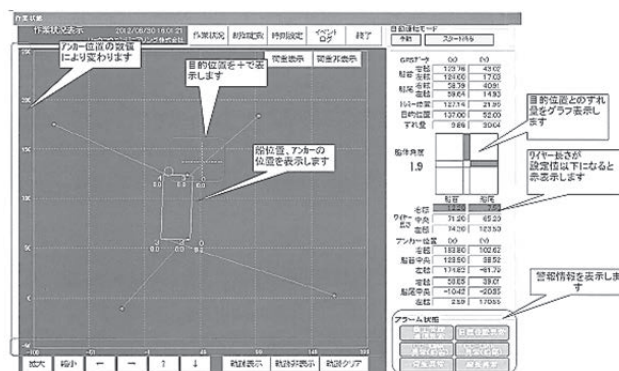
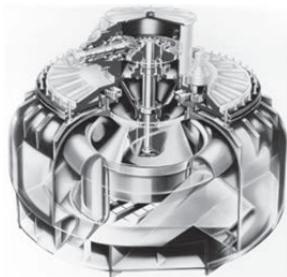


図-4 自動操船システムのディスプレイ

(b) 利点

海象条件に合わせたパラメータを設定し、管理することにより、安全な操船が可能である。

(4) スラスト (図—5)



図—5 スラスト構造

(a) 概要

遠心ポンプの原理で作動するジェット推進システムである。

- ①船首と船尾に計2台を搭載している。
- ②操船室または重機からの遠隔操作により、スラストの大きさ及びスラスト方向を、容易に調整できる。

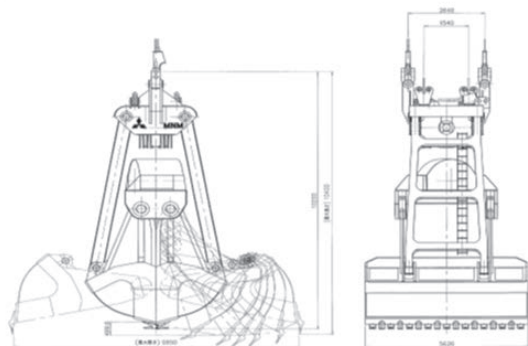
(b) 利点

迅速で正確な本船の位置調整ができる。

(c) 仕様…スラスト1台当り

- ①公称スラスト 約 19.6 kN
- ②旋回速度 約 5 秒/180°
- ③電動機 出力 257 kW
最大回転数 1,600 rpm
(インバータ制御)

(5) 密閉ワイド型グラブバケット (図—6)



図—6 グラブバケットの外形

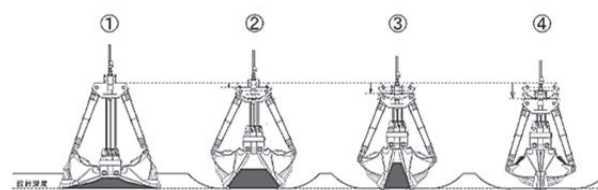
(a) 概要

- ①シェルに密閉用蓋を取付け、シェル全閉時に閉じる。
- ②密閉用蓋には、降下時の抵抗を低減すると共に、

ヒンジ開閉式の水抜き用蓋を設けている。

(b) 利点

- ①グラブバケットのシェルが全閉した時に密閉用蓋が閉じることにより、浚渫時の汚濁拡散を抑制できる。
- ②水平掘り装置により、グラブバケット開閉時の軌跡に応じて、掘り残される部分の高さを算定し、グラブバケットの上下動を自動的に調整できる。
- ③水平掘り装置を併用することで、余掘りを低減でき、浚渫出来形の精度が向上する (図—7)。



図—7 水平掘時のグラブバケット軌跡

(c) 仕様…軟泥地盤用

- ①容量 40 m³
- ②重量 88 T
- ③外形寸法 (L × W × H) 9.8 m × 5.6 m × 10.4 m (全開時)
- ④シーブ数 上部 1 個 × 2 列
下部 2 個 × 2 列
- ⑤ロープ径 支持 φ60 mm × 2 本
開閉 φ60 mm × 2 本

(6) その他

(a) アンカー設備の併設

従来のスパッドと併せて、船首と船尾に2丁ずつ、計4丁のストックレスアンカー (重量6t) を装備し、全チェーン式 (呼び径56mm, 長さ300m) にすることで、様々な海象条件に対応できる。

尚、スパッドは以下のとおり工夫している。

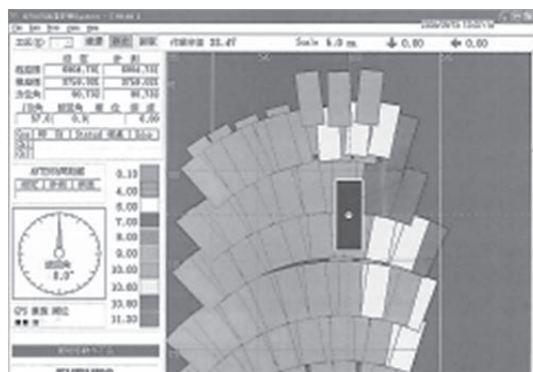
- ①本船の固定、位置決めは2本のスパッド (船体中央部の移動用スパッド1本、船尾部の固定用スパッド1本) を海底に打ち込み、本船を所定の位置に配置する。
船体の中心線に沿って、2本のスパッドを設けているため、船体中心部と両舷部の3本スパッド式に比べ、うねり、波浪等によるスパッドへの負担が軽減される。
- ②スパッドと船体との隙間に設置している緩衝スリーブにより、スパッドと船体が面で接するため、うねり等による船体とスパッドとの衝突で起こる

スパッドの曲損等を防止する。

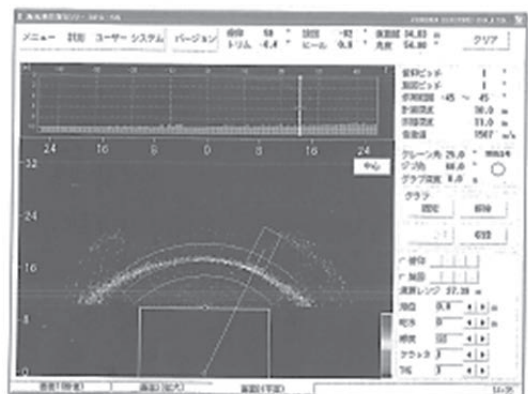
(b) 浚渫施工管理システム

グラブバケットや船体位置、浚渫深度等の情報をパソコン画面に表示し、浚渫作業の効率化を図り、高い精度の浚渫出来形を可能にするシステムである(図—8)。

- ① 2台のリアルタイムキネマティック GPS により高精度な位置管理を行う。また、サテライトコンパスの併設で、仮に GPS の 1 台が故障しても作業を続行できる。
- ② クレーンのジブ角度、旋回角度、バケット開閉信号を取り込み、掘削軌跡画面上に記録し、掘削深度を色分けで識別し、表示する。
- ③ 潮位伝送システムにより、基地局のデータをリアルタイムにオンラインで取り込める。
- ④ 海底地形探知ソナー(周波数 430 kHz、指向角 3 度)により、リアルタイムで掘り跡が確認でき、海水温で変化する水中音速度を自動的に補正する(図—9)。



図—8 施工管理システムのディスプレイ



図—9 海底地形探知ソナーのディスプレイ

(c) 操船室

操船室の操作盤では、主発電機と補助発電機の切り替えや機関主要項目の監視、作業死角の監視、施工管理を一元管理できる。

(d) クレーン仕様

グラブバケットをロードフックに取り換えることにより、電動クレーンとして使用できる。

- | | |
|---------|------------------------------------|
| ① 定格総荷重 | 110 t × 29 m |
| ② 作業半径 | 17.3 ~ 34.1 m
(ジブ角度: 70° ~ 30°) |
| ③ 最大揚程 | 28 m (水面上) |

3. 主要目

(1) 船体

(a) 寸法及び総トン数

- | | |
|--------|---------|
| ① 全長 | 67 m |
| ② 幅 | 26 m |
| ③ 深さ | 5 m |
| ④ 満載吃水 | 2.7 m |
| ⑤ 総トン数 | 2,637 t |

(b) タンク区画

海洋汚染防止及び安全対策として、船体の燃料タンクの船底部は、二重底構造としている。

- | | |
|--------|----------------------|
| ① バラスト | 約 800 m ³ |
| ② 清水 | 約 510 m ³ |
| ③ 燃料 | 約 355 m ³ |

(2) 機関部

船舶からの大気汚染防止規制により、130 kW を超えるディーゼルエンジンを設置する場合、国際大気汚染防止原動機証書(EIAPP 証書)の交付を受ける必要があり、本船は以下の交付済みエンジンを搭載している。

- | | |
|------------------------|-----|
| ① 主発電機 (エンジン 2,800 kW) | |
| 3,250 kVA × AC 3,300 V | 1 台 |
| ② 補助発電機 (エンジン 260 kW) | |
| 250 kVA × AC 450 V | 1 台 |

(3) 甲板装置

操船室にて遠隔操作、または機側にて操作できる。

- | | | |
|----------|--------------------------|-----|
| ① スパッド | φ 1,500 mm × 40 m | 1 基 |
| ② 操船ウインチ | | 4 基 |
| ・ チェーン能力 | 40 T × 10 m/min | |
| | (チェーン 呼び径 56 mm × 300 m) | |
| ・ ワイヤ能力 | 36 T × 12 m/min | |
| | (ワイヤ φ 48 mm × 350 m) | |

(4) 浚渫機

- | | |
|-----------|-------|
| ① 最大吊上げ荷重 | 160 T |
|-----------|-------|

- ②最大浚渫深度 85 m
- ③ジブ長さ 32 m
- ④巻上ロープ速度 0～60 m/min
(モータアシスト時)
- ⑤巻下ロープ速度 0～80 m/min
(軟泥地盤用バケット使用時)
- ⑥ジブ起伏ロープ速度 36 m/min × 2 ドラム
- ⑦旋回速度 1.2 rpm
- ⑧作業半径 17.3～24.7 m
(バケット作業時)

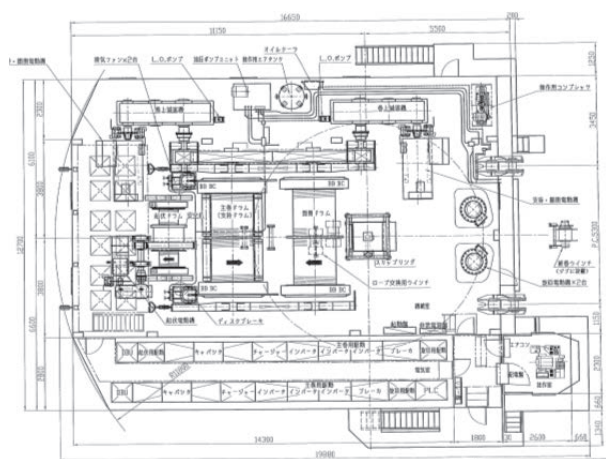


図-10 重機の機構配置図

(5) 船舶用ユニッククレーン

操船室甲板の左舷側に1基、設置している。

- ①最大吊上げ荷重 4.9 T
- ②ジブ長さ 4.3～12.8 m

(6) 居住区

本船は、乗組員が快適に生活できるよう以下の設備を設けている。特に船員室は、従来よりも広くした。

- ①1階 食堂、浴室、洗濯室、トイレ等
- ②2階 船員室(14室)、娯楽室、会議室、洗面室、トイレ等
- ③3階 応接室

4. 施工実績

2014年1月に完成した本船は、主に愛知県蒲郡市浜町地先で稼働し、2014年5月末現在の浚渫量は、

試験掘削を含めて約11万m³である(写真-2)。

ハイブリッドシステム、グラブバケット自動運転システム及び自動操船システムについては、更なる調整が必要であるが、ほぼ当初の想定どおりの成果が認められた。

また、浚渫時のサイクルタイム、燃料消費量等、収集したデータを分析し、改善していきたい。



写真-2 施工状況

5. おわりに

本船第381良成丸は建造後、順調に稼働しており、今後とも港湾整備に貢献していきます。

環境保全や安全・作業効率の向上のため、さらに改良を加え、お客様の要求に対応していく所存である。

本船の建造にあたりご指導、ご協力頂いた関係者各位に深く感謝致します。

J C M A

【筆者紹介】

大松 正文 (おおまつ まさふみ)
 (株)小島組
 管理部



作業船における予知保全技術と適用事例紹介

柴田 勝規・宮崎 信弥・戸村 雅一

現在の作業船を取り巻く環境は厳しさを増しており、メンテナンスに投入するリソースの最適化が求められるようになってきている。そのためには、損傷時期を予測し、適切な時期に、適切な内容のメンテナンスを行う予知保全の手法を導入することが有効である。従来、予知保全は導入運用が難しいものと考えられてきたが、安価で高機能な計測機器の登場や新しいデータ処理手法の開発によって、以前よりも導入へのハードルは低くなっている。ここに紹介する予知保全技術は、既に一部の作業船で実施されているものであり、これら技術、ノウハウが普及することによって、作業船のメンテナンス品質は大いに改善されるものと考えている。

キーワード：作業船、予知保全、振動、AE、SI-F法、ベイズ推論

1. はじめに

現在国内における作業船の運用環境は、工事量の減少による稼働率低下や円安等による燃料費の高騰などによる収支悪化の影響により、大幅な運用コスト削減を余儀なくされているものが多い。そのため、老朽船の更新は進まず、更にその老朽船も維持整備に必ずしも十分なリソースが投入できていない事例が見られる状況である。加えて、常時海上に浮かんでいる作業船は、ただでさえ塩害による腐食を受けやすく、経年が同じであれば、他の建設機械類と比べて劣化の進行が速い。予め腐食を考慮した設計をしているといえども、一部の作業船は十分な補修整備がなされず、重大なリスクを抱えたまま運用されていることも事実である。

今回紹介する「予知保全」は、日頃の点検データから損傷時期を予測し、機器や部位ごとのリスクに序列をつけ、ハイリスクな対象を優先的に補修することにより、限られたリソースで可能な限り高い品質を確保する保全手法である。よって、この手法を用いれば、作業船の維持管理における課題をかなりの部分で改善可能であると考えている。現在すでに複数の作業船において実運用も始まっており、本誌面を借りて予知保全技術の概要と作業船における適用事例紹介を行う。

2. 予知保全技術の概要

予知保全は基本的に以下のようにして行う。

①対象（船体、機器）の傷み具合を、計測や点検によって定量的に評価する。なお、計測値や点検結果が運転状態の影響を受けるものの場合は、下記何れかの方法で影響を排除する。

- ・特定運転領域のデータのみを使用する。
- ・データを無次元化する。

②上記の時系列傾向分析結果から、機能不全に陥る時期を予測し、早過ぎず、遅過ぎない最適な整備時期を決定する。

このように、予知保全技術は「劣化の定量評価技術」と「劣化の進行予測技術」のふたつで構成される。

まずは「劣化の定量評価技術」から解説する。

これまでに手掛けた事例では、表1の計測を行うことで回転機械（電動機、ポンプ等）と船体構造物（船体、スパッド等）の損傷を定量評価している。

表1 予知保全で利用する計測

		適用対象	診断内容
1	振動計測	中・高速回転機械	軸系の損傷
2	AE計測	低速回転機械	構造内部での疲労破壊
3	板厚計測	船体構造物	腐食、摩耗
4	応力計測	船体構造物	疲労破壊の推定

(1) 振動計測

回転速度が100rpm以上の機器における軸系の異常監視に用いられる。具体的には下記のような事象を

監視する。

- ①軸のゆがみ（アンバランス）
- ②カップリングの調整不良（ミスアライメント）
- ③軸受損傷
- ④歯車損傷

何れの場合においても劣化の進行とともに振幅が大きくなるので、簡易的な診断としては振幅値（OA 値）をもって劣化指標とする。この OA 値監視は回転機械の異常監視において最も多く用いられる手法であり、その理由のひとつとして良否判定に JIS や ISO が適用できることがある。放射されるエネルギー強度のトレンドから劣化進行を評価する手法は、他にも色々あるが、多くの場合において設置直後に計測した正常値を基準にして、そこからの相対変化によって劣化を評価することが多い（振動でも通常は相対評価が基本である。）のに対して、振動の場合は初期状態が不明であっても、JIS または ISO を適用することにより良否判定が可能である。そのため、初期状態が不明な老朽船に適用する場合でも良否判定が可能である。図—1 は JIS 基準の例である。

振動計測の第二の特徴としては、周波数分析による精密診断の自動化が容易なことである。回転軸が発す

	Class 1	Class 2	Class 2	Class 2
	ゾーン A	ゾーン A	ゾーン A	ゾーン A
—0.71mm/s	ゾーン B	ゾーン B	ゾーン B	ゾーン B
—1.12mm/s	ゾーン C	ゾーン C	ゾーン C	ゾーン C
—1.8mm/s	ゾーン D	ゾーン D	ゾーン D	ゾーン D
—2.8mm/s				
—4.5mm/s				
—7.1mm/s				
—11.2mm/s				
—18mm/s				

Class1 15kW以下の汎用電動機等

Class2 15kW～75kWの電動機等

Class3 剛基礎上の大型回転機械

Class4 比較的柔らかな基礎上の大型回転機械

ゾーン A 新設機械許容値

ゾーン B 制限なく長期運転が可能

ゾーン C 長期運転は避けた方がよい

ゾーン D 直ちに整備すべき状態

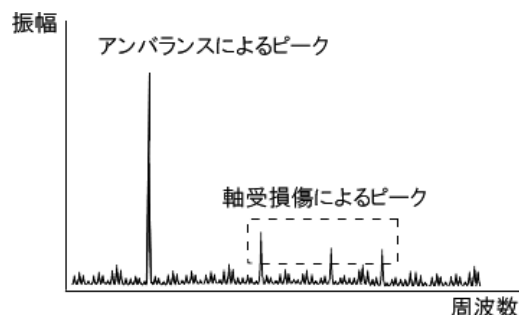
図—1 JIS による回転機械振動基準



写真—1 軸受の振動計測作業

る振動は、その原因と回転数が決まれば発生する周波数が特定できる。よって計測した振動波形から FFT（高速フーリエ変換）により周波数分布を求め、ピークの発生周波数と振幅を理論値と比較することで、原因と劣化レベルを自動的に診断することができる。現実にはあるひとつの原因のみで振動していることはなく、複合的であるため、机上で言うほど簡単ではないが、それでも他の手法に比べれば、はるかに容易に精密診断の自動化が可能である。

振動計測の欠点としては、低速回転機械への適用が困難である点である。振動計測には一般的に加速度センサーが用いられるため、低速回転機械が発する低周波数の振動は捉えづらい（図—2）。これらの機器に対しては次に紹介する AE（Acoustic Emission）計測を用いる。



図—2 周波数分布例

(2) AE（Acoustic Emission）計測

AE とは、計測対象の内部において弾性破壊が進行する際に発せられる超音波（20 kHz ～）を捉えることで破壊の発生及び進行具合を調べる手法である。複数個所同時計測することで発生位置の特定も可能である。原理上回転数に依存しないので、150 rpm 以下の低速回転機械における軸系の異常監視に用いている。

AE は前述の通り軸や軸受内部で発生する弾性破壊を捉えるものなので、振動計測のようにアンバランスやミスアライメントの監視には適さないが、低速回転機械においては、これらが問題となることは少ない。

AE における最大の課題は、特に軸受損傷の検出などにおいて、それを定量的に評価する手法が確立していないことにある。一般的には損傷の進行に応じて発生する弾性波も大きくなることから、下式で表される AE 事象率（ AE_{rms} ）の時系列変化を見ることで損傷の進行を知ることは可能である。

$$AE_{rms} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T f(t)^2 dt}$$

$f(t)$ は AE 信号の振幅

ただし、振動のように JIS や ISO による絶対的な基準がないため、相対トレンド監視を行う必要がある。そのため初期状態が不明な老朽船では、 AE_{rms} によって良否判定をすることは困難である。そこで精密診断に頼ることになるが、これも振動ほど容易ではない。AE の場合は破壊が進行する際の弾性波を捉えるため、AE 波形を単純に周波数分析しても原因を示すピークが現れない。よって通常は AE 波形を技術者が直接確認し、その波形の特徴から損傷の発生と原因を推定することを行う。しかし、このような事を多くの計測点において行うことは現実的ではない。

そこで、現在作業船向け予知保全においては JFE アドバンテックが開発した「E-area」という解析手法を用いている。

図-3、4 は正常な場合と不具合が生じている場合の軸受が発する AE 波形（振幅変動）の例である。このように正常な場合は振幅がほぼ一定であるのに対し、不具合が生じている場合は振幅が周期的な変動を示す。

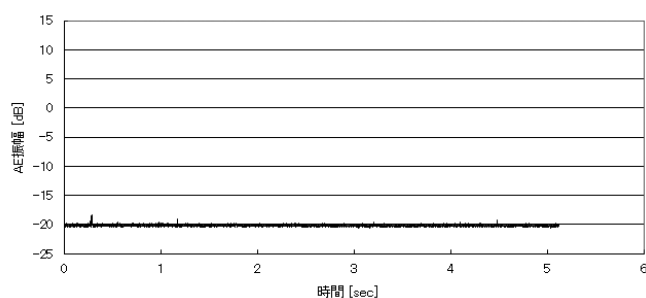


図-3 正常時の AE 波形（振幅変動）例

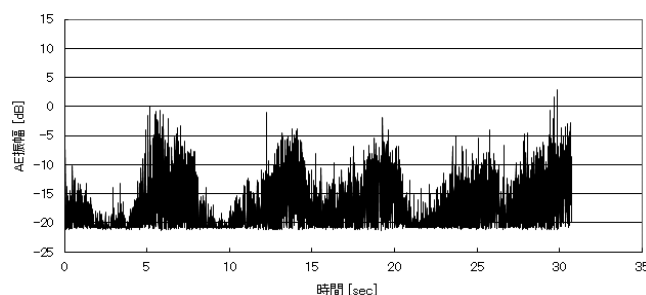


図-4 不具合時の AE 波形（振幅変動）例

これを振幅の出現頻度分布に展開すると図-5 のようになる。左側が正常時で右側が不具合時の頻度分布である。これを見て判るように、振幅が周期変動している場合は、大きな振幅が定期的に出現するために分布が非対称になる。よって最頻振幅を中心に左右の面積比を求めることで劣化の程度を評価することができる。

これが「E-area」と呼ばれる方法であり、この方法

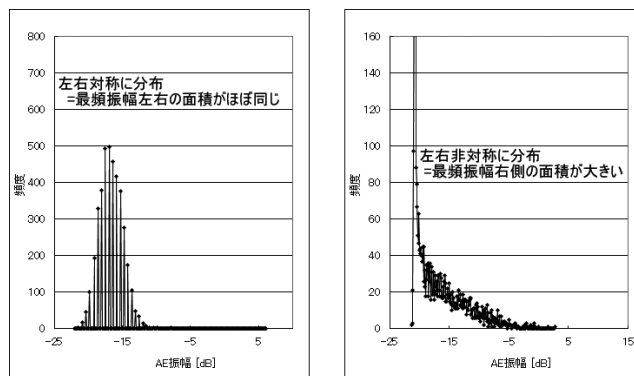


図-5 振幅出現頻度分布図

であれば判定の自動化も容易である。

なお AE 計測は回転に依存しないため、船体やタンクなどの構造物の疲労破壊の監視にも適用可能である。

(3) 板厚計測

これは言わずと知れた、従来より最も良く行われている計測項目のひとつであるが、船舶にとっては最も重要な監視項目でもある。

言うまでもなく、船舶には常に塩害による腐食の問題が付きまとう。特に開放周期などに厳密なルールが定められていない作業船の場合は、容易に目視確認可能な箇所はともかく、バラストタンク内部のように日常的な確認や補修が難しい箇所では、気付かぬうちに腐食が限界まで進んでいるということもあり得る。ゆえに、その状態を外部からの観測により把握しようというのが板厚を計測する目的である。

ただし、一般的にはタンク外板のような所から腐食が進むことはなく、写真-2 のようにロンジのスロットやブラケットのような場所がまず先に腐食する。当然、これらの状態は外板の厚さ計測では捉えることができない。しかし、下例の腐食であれば、いずれ外板との溶接部から外板側へと腐食が進行する。それを捉えることで、内部の状態を評価する。

よって、板厚計測を行う場合には、内部構造を考慮



写真-2 バラストタンク内における腐食事例

した上で、計測ポイントを選定することが重要である。

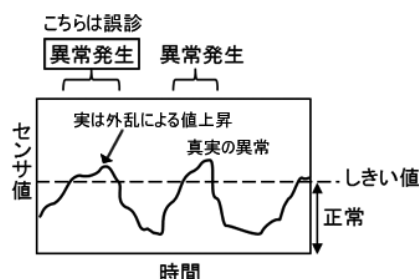
なお、従来板厚計測を行う場合には、計測面の塗装を剥がす必要があり、これが定期的な計測を困難にしていたが、現在は塗膜の厚さを考慮し、塗装の上から計測可能な厚さ計が複数メーカーから製品化されており、定期的な計測を容易にしている。

(4) 応力計測

応力計測は従来から過大な応力や繰返し応力による損傷の予測などに用いられているが、今回我々は従来とは異なるアプローチで応力計測による疲労劣化予測を行っている。

今回一連の作業船向け予知保全において採用した手法は、SI-F 法によるものである。この SI-F 法とは、東京工業大学の轟研究室により提案された、統計的手法により異常発生の有無を検知する技術である。

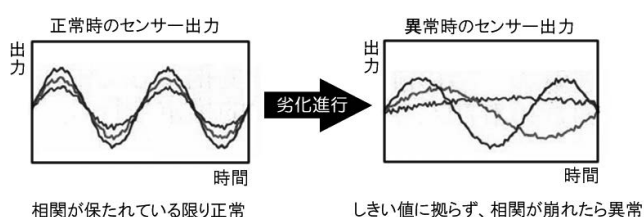
従来の異常検知では個々のセンサーデータにしきい値を設け、個々にしきい値を超えたか否かで良否判定を行っていた。この方法では外乱（温度変化、荷重変化など）によって、特に問題が無くてもしきい値を超える場合があり、誤った診断を行うことが多かった。また、誤診断を防ぐためにしきい値を緩めに設定すると異常検知精度が下がり、実は異常が発生していてもこれを見逃してしまう危険性があった（図—6）。



図—6 従来の異常検知技術

これを防ぐため、SI-F 法では相関性が確認されている複数センサーのデータを同時計測し、その比例関係に着目し、その関係に変化が生じたか否かによって異常であるか否かを判定する（図—7）。

これを具体的に応力計測の例で説明する。例えば、船体の疲労劣化を監視したいとする。その場合、まず



図—7 SI-F 法による異常診断

疲労劣化を監視したい場所（構造的弱点）の周囲に、それを取り囲むように複数の歪ゲージを設置する。個々の歪ゲージ出力は、波や風、搭載貨物量等の条件によって大きく変動する。しかし、これら外力（外乱）は船体構造が健全であれば全ての歪ゲージに作用するため、各出力間の比例関係は一定のままである。もしも歪ゲージ A, B, C に " $A:B:C \equiv 1:2:3$ " の関係があるならば、外力の大小にかかわらず、計測される A, B, C の値には " $A:B:C \equiv 1:2:3$ " の関係が保たれる。

ここで船体にクラックが発生したとする。そうすると、クラック開口部が力を伝えなくなり、周辺に応力が集中することにより歪ゲージ A, B, C への外力の伝わり方が変わることになる。その結果として、正常時には保たれていた " $A:B:C \equiv 1:2:3$ " の関係が崩れることになる。

SI-F 法では、このような比例関係の崩れ具合を評価するための手法として、データ同士の同等性を検定するための統計的手法である F 検定を用いる。F 検定についての詳細は別に譲るとして、ここで重要なのは、F 検定を用いると、複数の異なるデータ群が、どの程度似ているかが F 値と言う数値で表されることである。正常時における比例関係と概ね同じ比例関係が保たれていれば F 値は小さくなり、正常時とは異なる比例関係が現れると F 値は大きくなる。よって、この F 値の大小が即ち正常時との状態のかい離を表し、これを監視、評価することで外乱に拠らず良否の判定が可能となる。

今のところ、本手法は実験段階であり、まだ実船での適用事例は無いが、今後いくつかの深層混合改良船、サンドコンパクション船、グラブ式浚渫船などに適用し、主に櫓やスパッド周辺の疲労劣化監視を行う予定である。

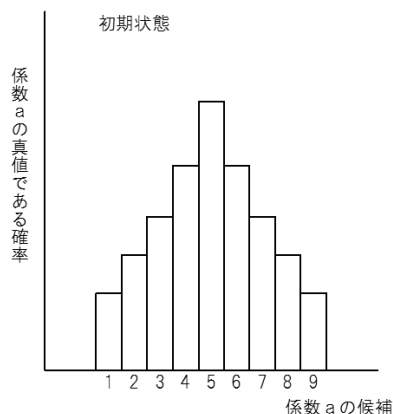
3. ベイズ推論による劣化予測

我々が手掛けている作業船における予知保全では、計測データに基づく将来予測においても、新しい手法を用いている。

これまでの劣化予測は、時系列に並べた計測値に対して回帰分析することで行ってきた。しかし、回帰分析は本来全てのサンプルデータが揃った状態で行うべきものであり、計測を行いながら逐一予測式を補正するような用法には向かない。そこで今回新たに採用したのがベイズ推論による劣化予測手法である。この手法では、まず最初に過去の事例や類似案件での結果などを基にして大雑把に劣化曲線を定める。例えば次のような式を当てはめる。

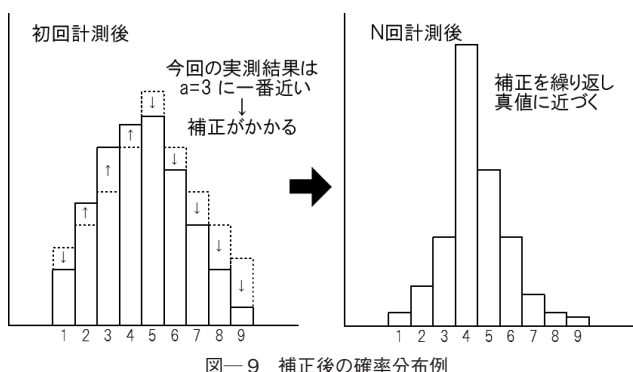
$$\lambda(t) = a \cdot \exp(bt)$$

併せて、予め定めた劣化曲線が状況次第で、どの程度ブレる可能性があるかも定めておく。具体的には上記式における係数 a として取り得る値範囲と、確からしさの分布を決める。例として、仮に $a = 5$ を初期値として、図—8 の分布を想定する。



図—8 係数 a の確率分布例

そのうえで計測を行うが、多くの場合、結果は当初定めた係数 $a = 5$ で計算した予測値とは異なるものとなる。例えば、 $a = 3$ での計算結果に最も近い値が計測されたと仮定する。ここでベイズ推論を用いる。この手法の詳細については説明を省くが、これを用いると、係数 a の確率分布を再計算することができる。当然 3 が期待値である確率は大きく上昇し、その周辺 2 や 4 も若干上昇する。逆に当初期待値であると仮定した 5 は確率を下げ、6 以上については大きく確率が下がる（図—9）。



図—9 補正後の確率分布例

この作業を計測するたびに行うことにより、係数 a は徐々に真値に近づき、劣化予測精度も向上する。そして、最も確からしい a が入れ替わったら、その値を新たな係数 a として劣化曲線を引き直す。ちなみに、上記例では a を変動値としたが、これは b であって

も構わないし、両方を変動値としても良い。

この手法が、優れている点はふたつある。

- ①指数関数で近似される劣化曲線の予測が精度よく行える。
- ②離散的な計測データでも予測が行える。

回帰分析が劣化予測に適さない最大の理由は、この手法では、「各データの誤差はサンプル全体で相殺される」ことを前提としているため、離散的なデータでは正しい近似ができないことにある。そもそも回帰分析は、サンプルが存在する範囲内の近似に用いるものであり、未来予測に用いること自体に無理がある。

それに対して今回紹介した手法では、初期劣化曲線に基づく計算値と実測値のズレから、係数 a の確率分布を補正するという方法を取ることににより、一回だけ計算値と大きく異なるデータを投入しても、劣化曲線は小幅にしか修正されない。しかし、同じ傾向が連続すると、徐々に修正幅が大きくなる性質がある。これにより、計測誤差による値のブレは予測修正にあまり影響を与えないため、離散的なデータであっても精度の良い予測ができるようになってきている。また、元々信頼性工学などの知見やノウハウから、一般論として対象の劣化を表すのに妥当な曲線を初期曲線として設定しているので、回帰分析よりも遥かに高い未来予測精度が期待できる。

4. これまでの適用事例

次に、これまで紹介してきた予知保全技術を実際に適用した、または適用が決まっている作業船から、その事例を紹介する。

(1) ポンプ式浚渫船 第三亜細亜丸（写真—3）

所有者：東亜建設工業(株)殿

建造年：1979 年



写真—3 第三亜細亜丸

監視対象

- ①昇降ウインチ 軸系劣化監視
- ②操船ウインチ 軸系劣化監視

(2) ポンプ式浚渫船 第五越後 (写真—4)

所有者：(株)本間組殿

建造年：1974 年

監視対象

- ①昇降ウインチ 軸系劣化監視
- ②操船ウインチ 軸系劣化監視



写真—4 第五越後

(3) 深層混合改良船 黄鶴 (写真—5)

所有者：東亜建設工業(株)殿

建造年：2010 年

監視対象

- ①昇降ウインチ 軸系劣化監視
- ②操船ウインチ 軸系劣化監視
- ③改良機 軸系劣化監視



写真—5 黄鶴

(4) 深層混合改良船 ポコム 12 号 (写真—6)

所有者：五洋建設(株)殿

建造年：2010 年

監視対象

- ①昇降ウインチ 軸系劣化監視
- ②操船ウインチ 軸系劣化監視
- ③改良機 軸系劣化監視
- ④改良機やぐら疲労劣化解析



写真—6 ポコム 12 号

(5) ケーソン作業台船 FD-No.10 (写真—7)

所有者：五栄土木(株)殿

建造年：1990 年

監視対象

- ①船体・バラストタンク 減肉監視



写真—7 FD-No.10

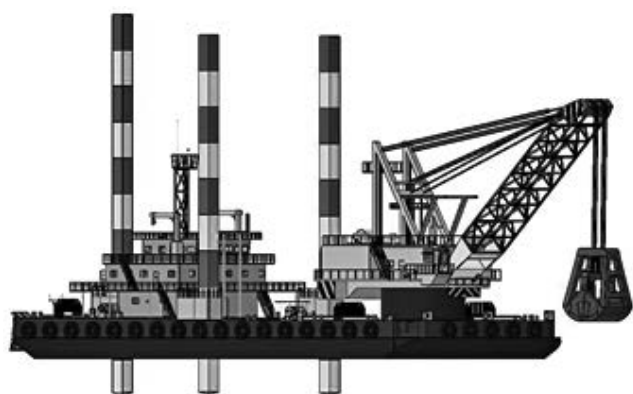
(6) グラブ式浚渫船 若鷺丸 (図— 10)

所有者：若築建設(株)殿

建造年：2014 年（建造中）

監視対象

- ①スパッド昇降ウインチ 軸系劣化監視
- ②スパッド 疲労劣化解析



図— 10 若鷺丸

5. おわりに

このたびは機会を得て、今まさに作業船向けに展開を図っている予知保全技術について紹介させて頂いたが、予知保全と言う考え方自体は古くからあり、決して目新しいものではない。しかし、その有効性については常々評価されてはきたわりには普及が進まなかった。その理由はいくつか考えられるが、ひとつに従来の手法では、多くのオンラインセンサーを必要とするなど導入初期コストや手間が掛かっていたことが挙げられる。船舶の例で言えば、艦艇や LNG 船のように維持整備に元々コストが掛かる船に採用例があるくらいである。そのため筆者らも、つい最近まではあまり本格的には船舶向け予知保全に取り組んでこなかったが、技術や解析手法の進歩を受け、今ではかつてないほど容易に予知保全を導入できるようになったことから、改めて船舶向け予知保全技術の開発を始め、現在

活動している次第である。そのターゲットとして作業船を選んだ理由は、商船と比べてメンテナンスに関する法令や規則が緩いため、予知保全によるメンテナンス適正化のメリットを享受しやすいと考えたためである。

今回紹介した予知保全技術は当然船舶に特化したものではなく、船舶と同じ鉄鋼構造物（橋梁等）のみならず、コンクリート構造物などにも適用可能である。社会インフラの老朽化にメンテナンスが追い付いていないことが問題視されて久しいが、これらの現場においても予知保全が有効であろうことは想像に難しくなく、今後はこのような分野への適用も広がっていくものと考えている。

謝辞

最後に、この予知保全技術の開発に際して、採用頂きました各社には、作業船運用者としての様々な知見をご教示頂くなどの多大なるご協力を賜りましたこと、深く感謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】

柴田 勝規（しば かつき）
 (株) IMC
 エンジニアリング事業本部
 IT システム部長



宮崎 信弥（みやざき しんや）
 (株) IHI
 技術開発本部
 構造研究部 副主任研究員



戸村 雅一（とむら まさかず）
 ジャパンマリンユナイテッド(株)
 ライフサイクル本部
 保船サポート部長



福田漁港・浅羽海岸サンドバイパスシステム

ジェットポンプ式サンドバイパス工法

渡 辺 壮 彦・盛

英・岡 田 英 明

静岡県遠州灘に位置する福田漁港の周辺においては、漁港西側に隣接する二級河川太田川河口の堆砂、漁港航路の埋没、漁港東側に隣接する浅羽海岸の侵食が課題となっていた。そこで静岡県は、水産庁および国土交通省の指導のもと、これらの問題を解決する「福田漁港・浅羽海岸サンドバイパスシステム」を導入した。本システムは、国内で初めてジェットポンプを採用した工法である。本工法は、堆砂海岸からジェットポンプで砂を吸い揚げることによって堆砂による航路埋没を抑制し、侵食海岸までスラリー輸送することで砂浜を復元するものである。

キーワード：サンドバイパス、沿岸漂砂、海岸堆砂、海岸侵食、堆砂抑制、海岸復元、ジェットポンプ、スラリー輸送

1. はじめに

沿岸漂砂の卓越した砂浜海岸に防波堤や護岸等の構造物が建設されると、構造物によって沿岸漂砂の流れが阻害される場合がある。沿岸漂砂の流れが阻害されると、構造物の上手側では砂が堆積し、下手側では砂が供給不足となり、海岸の堆砂・侵食が問題となる。

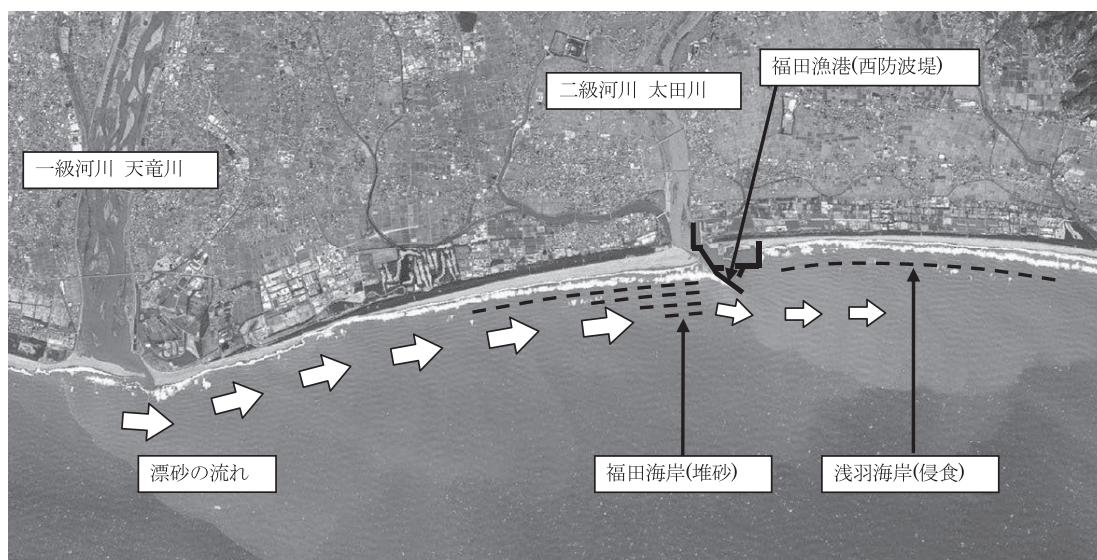
静岡県の遠州灘に位置する福田漁港においては、防波堤整備等、港の機能確保と充実を進めたことにより、漁獲高が飛躍的に増大している。一方で約8km西側の一級河川天竜川から供給される漂砂が、漁港西側に隣接する二級河川太田川河口に堆積した。また、

砂が防波堤を回り込み、航路を埋没させたことによって定期的な航路浚渫が必要となった（写真—1）。

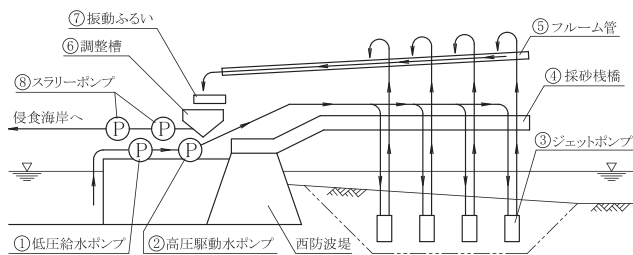
そこで静岡県は、水産庁および国土交通省の指導のもと、航路の埋没と海岸の堆砂・侵食を効率的に解決するため、自然環境に優しく、コスト面にすぐれたジェットポンプを使用したサンドバイパスシステムを導入し、2013年度に竣工した。

2. システム概要

本工法は、オーストラリアのクイーンズランド州で20年以上の稼働実績を持つ工法である。工法の全体



写真—1 福田漁港周辺



図一 1 システム全体概要図

概要を図一 1 に示す。

まず、①低圧給水ポンプにて海水を取り込む。その海水を②高圧駆動水ポンプにて昇圧し、海底地盤中に設置された③ジェットポンプへと送る。ジェットポンプで堆砂をスラリーとして吸い揚げ、④採砂栈橋上に設置された傾斜のつけられた⑤フルーム管へ送る。

スラリーはフルーム管で大気開放され、自然流下によって⑥調整槽へと送られる。調整槽の上部には⑦振動ふるいが設置され、ゴミなどの異物はここで取り除かれる。調整槽で濃度を調整したのち、2台の⑧スラリーポンプにて侵食海岸へと輸送される。

全体を写真一 2 に示す。



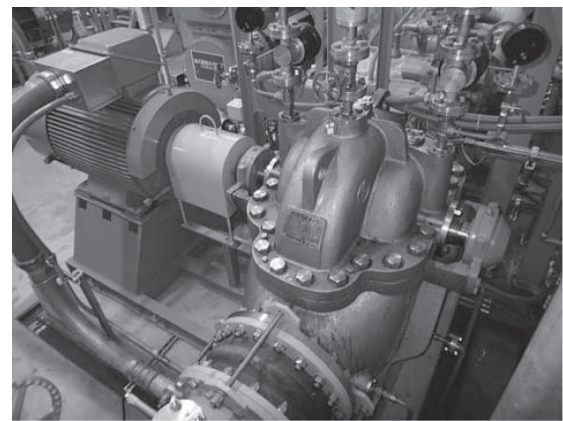
写真一 2 全体写真

3. 使用機器等

(1) 低圧給水ポンプ

(a) 概要

主要ポンプのシーリング水や軸受け冷却水など、本工法で必要になる海水は全てこの低圧給水ポンプで取



写真一 3 低圧給水ポンプ

り込んだ海水を使用している。低圧給水ポンプを、写真一 3 に示す。

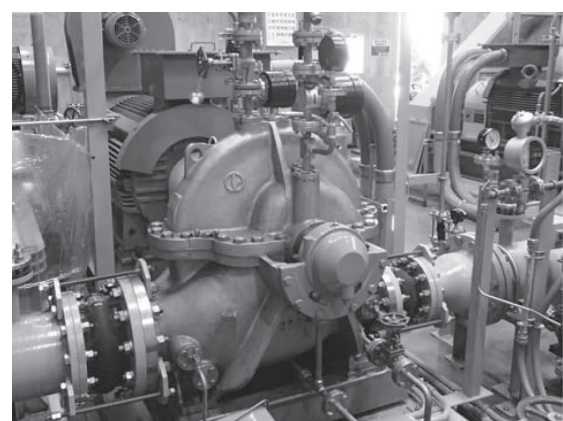
(b) 仕様など

①形式	電動、横軸両吸込渦巻
②台数	1 台
③吐出容量	1,000 m ³ /h
④吸込揚程	-6 m
⑤全揚程	25 m
⑥電動機	110 kW, 8 P, 60 Hz

(2) 高圧駆動水ポンプ

(a) 概要

低圧給水ポンプで取り込んだ海水を高圧駆動水ポンプにて昇圧し、栈橋上の配管を通して海底地盤中に設置されたジェットポンプへと送る。高圧駆動水ポンプを、写真一 4 に示す。



写真一 4 高圧駆動水ポンプ

(b) 仕様など

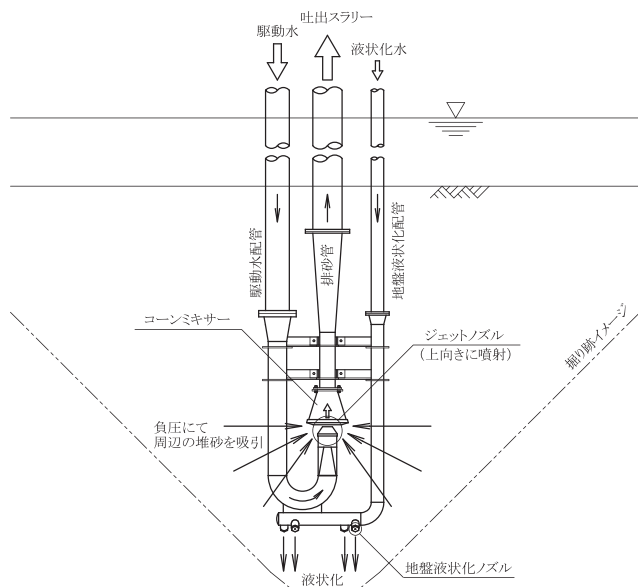
①形式	電動、横軸両吸込渦巻
②台数	1 台
③吐出容量	426 m ³ /h
④全揚程	175 m

- ⑤電動機 355 kW, 4 P, 60 Hz (インバーター制御)

(3) ジェットポンプ

(a) 概要

ジェットポンプの概要を図－2 に示す。



図－2 ジェットポンプ概要図

高圧駆動水ポンプにて昇圧された海水は、駆動水と液状化水の2系統に分岐され、海底地盤中に設置されたジェットポンプへと送られる。

液状化水は、ジェットポンプ下部に設置された4つのノズルから噴射され、海底地盤を液状化する。

駆動水は、ジェットノズルを通してコーンミキサーに向かって上向きに噴射される。このときにノズル周辺に発生する負圧によって、周辺の土砂をコーンミキサー内に吸い込む。吸い込まれた土砂は、ジェットノズルから噴射された海水と共に、排砂管を通して上部のフルーム管まで揚げられる。

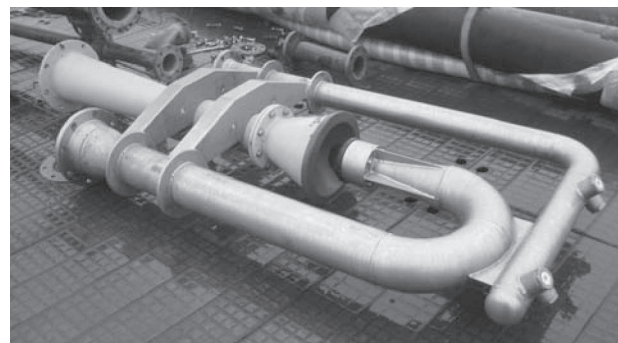
排砂管を通して揚がってくるスラリーは、含砂率が25%以上となり、水中サンドポンプやカッター式ポンプ浚渫と比較して高濃度スラリーとなるため、効率のよい採砂（浚渫）が可能となる。

本ジェットポンプは、回転体、電気機器等は必要とせず、配管とノズルのみから構成されている。

また、ジェットポンプは設計深度に設置されたのち、上下方向や平面方向に動かすことはなく、その位置を固定したまま稼働させる。ジェットポンプを、写真－5 に示す。

(b) 仕様など

- ①ポンプ形式 エジェクターポンプ



写真－5 ジェットポンプ

- ②採砂（浚渫）能力 公称 125 m³/h
(最大実績 200 m³/h 以上)

(4) フルーム管

ジェットポンプによって吸われたスラリーは、栈橋上に設置された傾斜のついたフルーム管へと揚げられ、大気開放される。スラリーはフルーム管内を自然流下し、ポンプ室横の振動ふるいおよび調整槽へと送られる。

フルーム管を写真－6 に示す。



写真－6 傾斜のついたフルーム管

(5) 振動ふるい

(a) 概要

スラリーはフルーム管内を自然流下し、振動ふるいへと運ばれる。振動ふるいによって粒径の大きい石やゴミなどの異物を取り除く。振動ふるいによって取り除かれた異物を写真－7 に示す。

(b) 仕様など

- ①名称 ロードヘッド型振動スクリーン
②形式 電動機駆動、屋外仕様
③型式 1段 開放型 5°傾斜
④寸法 L=4,800 mm, W=2,100 mm
⑤台数 1台
⑥処理能力 最大 約 750 m³/h (海水運転時)
⑦電動機 37 kW, 6 P, 60 Hz



写真—7 振動ふるいによって取り除かれた異物



写真—9 スラリーポンプ

(6) 調整槽

振動ふるいを通ったスラリーは、振動ふるい直下の調整槽へ落とされる。調整槽で海水を注水し、含砂率を約15%程度に調整する。調整槽の容量は約100 m³である。

振動ふるいと調整槽を写真—8に示す。



写真—8 振動ふるい（左）と調整槽

(7) スラリーポンプ

(a) 概要

調整槽で濃度調整されたスラリーは、2台のスラリーポンプ（直列）にて、約2.2 km先の浅羽海岸まで輸送される。スラリーポンプを写真—9に示す。

(b) 仕様など

- | | |
|--------|--|
| ①形式 | 電動、横軸渦巻 |
| ②吐出容量 | 850 m ³ /h |
| ③全揚程 | 52.5 m |
| ④主要部材質 | 耐磨耗鑄鉄 |
| ⑤台数 | 2台 |
| ⑥電動機 | 355 kW, 4 P, 60 Hz (No.2 ポンプのみインバータ制御) |

(8) 吐出口

スラリーポンプで輸送された土砂は、侵食傾向にある浅羽海岸の汀線付近に吐出される。吐出された土砂は、波や沿岸流などの自然の力によって拡散され、侵食された海岸を復元する。吐出口を写真—10に示す。



写真—10 吐出口

4. 管理システム

本工法の運転は、ポンプ室の二階にあるコントロールルームにて一括制御方式となっている。

コントロールルームを写真—11に示す。

本管理システムは、オペレーターが制御用パソコン上の運転開始ボタンをクリックするだけで、サンドバイパスシステム全体が全自動で運転される。



写真—11 コントロールルーム

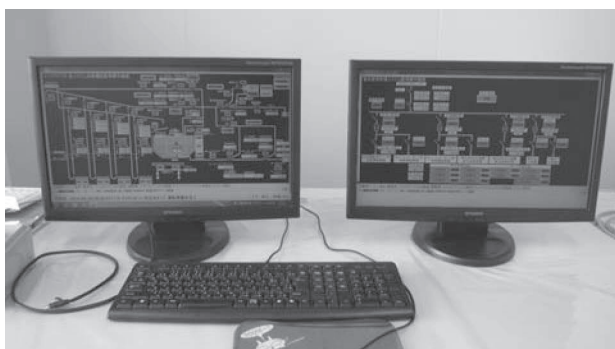
制御用パソコン画面には、補機を含めた各種ポンプの運転状況（圧力、流量、回転数など）、ジェットポンプの運転状況、調整槽内のスラリー量や濃度、浚渫土量、使用電気量などが表示される。

全自動運転では、ジェットポンプの揚砂量、調整槽のスラリー濃度、スラリーポンプの輸送状況のバランスを保つことが要点となる。それぞれの状況を監視し、各種ポンプの運転を自動制御することによって、効率の良い運転が可能となっている。

また、栈橋、調整槽、ポンプ室、電気室、吐出口には監視カメラが設置されており、同様にコントロールルームで監視することができ、安全が確保されている。

これらの管理システムにより、現在のところ検証を含む試験運転は4名体制となっている。

制御用パソコン画面を写真—12に示す。



写真—12 制御用パソコン画面

5. 本システムの優位性

①操作が容易

- ・常設の機械設備のため、コントロールルームからの運転が可能

- ・特殊技能を持った作業員を必要としない

②工事に比べ安全性が向上

- ・海上での作業を必要としない
- ・土砂運搬時に工事車両を必要としない
- ・作業が漁船等の航行に影響しない

③環境に優しい

- ・海底地盤中で砂を取り込むため濁りが少ない
- ・重機、車両を使用しないので、騒音、排気ガスが発生しない

④効率・経済性の向上

- ・船舶を使用しないので、気象・海象の影響を受けにくい
- ・通常ポンプと比べスラリー含砂率が高く効率的
- ・50年間のライフサイクルコストで考えると、浚渫・



写真—13 栈橋全体

運搬工事より安価

6. おわりに

現在、静岡県は試験運転を実施しており、2015年度までかけて堆砂状況や周辺環境への影響を検証し、土砂輸送量約8万 m³/年を目指している。

本工法は堆砂・侵食の課題を持つ全国の漁港・港湾および海岸の他、総合土砂管理の有効な手段として活用される可能性があると考えている。

謝辞

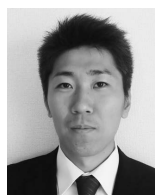
最後になりましたが、福田漁港・浅羽海岸サンドバイパス事業は、2003年度に4回にわたる検討委員会を開催して以来、多くの方々のご協力によって、2014年3月に無事竣工を迎えることができました。

本誌面をお借りし、ご協力いただいた皆様に深く御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

渡辺 壮彦（わたなべ たけひこ）
静岡県袋井土木事務所
企画検査課
主任
（現在は、沼津土木事務所 主査）



盛 英（もり たけし）
五洋建設㈱
名古屋支店 福田工事事務所
所長



岡田 英明（おかだ ひであき）
五洋建設㈱
土木部門土木本部船舶機械部
担当課長



名古屋港ケーソン中詰材の改質施工 プレミックス船工法

常世田 勝 己・野 村 浩・坂 本 暁 紀

名古屋港高潮防波堤は、伊勢湾台風被害を教訓に建設された。建設から、約 50 年が経過し、ケーソンの老朽化に加えて、南海トラフ巨大地震時に沈下するなどの防護機能の低下が懸念されている。これらの問題に対応するため、平成 24 年度より高潮防波堤の改良工事が開始された。改良工事は、防波堤の基礎となるケーソン内の中詰材を撤去し、固化処理して再度埋め戻す方法が採用された。

本報告では、中詰材の固化処理に対応するために改造したプレミックス船の概要とその施工概要について報告する。

キーワード：名古屋港、高潮防波堤、ケーソン、中詰材、固化処理、プレミックス船工法

1. はじめに

名古屋港の高潮防波堤（図一 1）は、昭和 34 年に来襲した伊勢湾台風被害を契機に建設され、昭和 39 年に完成した。高潮防波堤は、建設から約 50 年が経過した現在も、伊勢湾台風級の大型台風に対する防護機能としての役割を果たしている。



図一 1 名古屋港高潮防波堤位置

しかしながら、2011 年に発生した東日本大震災を契機に津波被害軽減の重要性が改めて認識されるなど、高潮防波堤に期待される役割は、大きく変化してきている。

このような現状を踏まえ、名古屋港では、発生頻度の高い地震が起こった場合にも、従来の高潮防波堤機

能を維持し、津波を越流させないように見直しが行われ、平成 24 年度より高潮防波堤の改良工事が開始された¹⁾。

改良工事では、防波堤本体の耐波性維持、向上を図るため、上部工嵩上げに先立ち、老朽化したケーソンの補強として、中詰材の固化処理工法が採用された。中詰材を固化処理することで、ケーソンの底版や側壁が破損しても中詰材は流出しないため、より粘り強い防護効果が期待できる。

中詰材の固化処理には、プレミックス船工法（以下「本工法」という）（Plant Mixing Vessel-Method）が採用された。本工法は、細砂や粘性土などの軟弱土を専用船を用いて固化処理し、裏埋め材等として有効活用する工法である。

本報告では、中詰材を安定的に固化処理するために行ったプレミックス船（以下「本専用船」という）の改造内容とその施工実績について報告する。

2. 本工法の概要

(1) 工法概要

本工法は、揚土、固化処理、打設の一連作業を専用船により行う工法である。主に対象となる原料土は浚渫粘性土であり、現在までに浚渫土のリサイクル工法として数多くの施工実績がある。

本工法の専用船には、混合方式によりバッチ式と連続式の 2 種類があり、今回使用した本専用船は、400 m³/h 級のバッチ式専用船である。

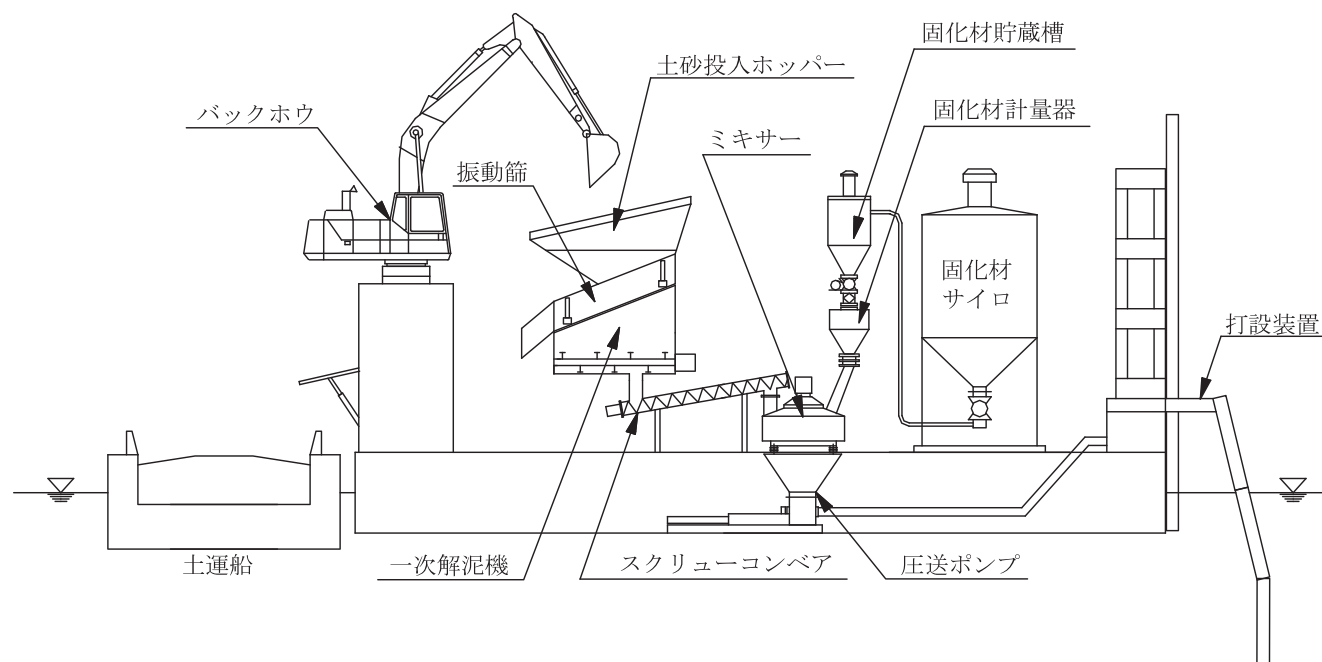


図-2 システムフロー（粘性土）

図-2に本専用船のシステムフロー（粘性土）を示す。バックホウで揚土した土砂は、ホッパーに投入し、振動篩にて障害となる石や木材を除去する。振動篩を通過した土砂は、一次解泥機にて均質になるよう攪拌混合し、スクリーコンベアによって所定量をミキサーに供給する。ミキサーでは、固化材（粉体）および海水を所定量計量して投入し、混合完了の後に排出する。こうして製造した固化処理土は、ピストン式圧送ポンプにて、所定の位置に打設する。

（2）本工法の特徴

本工法の特徴を以下に示す²⁾。

- ・浚渫粘性土の場合で、 $300 \sim 400 \text{ m}^3/\text{h}$ の能力で固化処理可能である。
- ・処理設備が1隻の作業船で完結しており、比較的狭い海域での施工が可能である。
- ・固化処理土はポンプ圧送が可能で締め固めを要しない。
- ・固化処理土の流動性や強度は、用途に応じて任意に設定可能である。

3. 工事概要

（1）工事概要

工事名：平成24年度名古屋港外港地区防波堤（鍋田堤）改良工事

発注者：国土交通省 中部地方整備局

工期：自 平成25年2月27日

至 平成26年1月31日迄

工事場所：名古屋港 高潮防波堤（鍋田堤）

工事数量：鍋田堤31函（改質土量：約 $16,500 \text{ m}^3$ ）

（2）中詰材改質工の概要

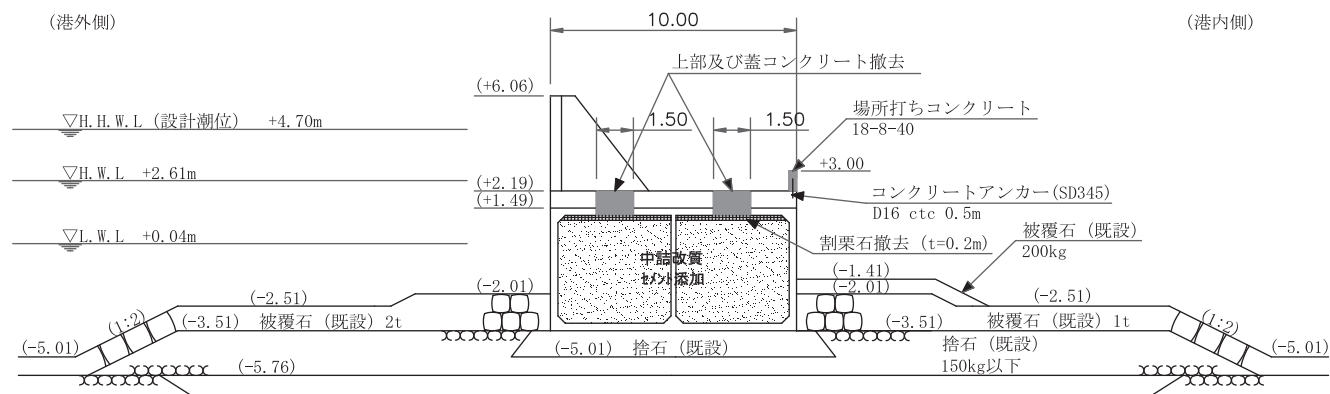
鍋田堤ケーソン断面の一例を図-3に示す。1函当たりの中詰材改質量は最大約 560 m^3 である。内部は、隔壁により、6区画の隔壁がある。

中詰材の改質工は、ケーソン内の中詰材を水中サンドポンプで一時撤去し、プレミックス船で固化処理して、ケーソン隔壁内へ打設することで行う。固化処理土を打設する時には、ケーソンの安定性を確保するためのバラスト水があり、水位を管理しながら打設する必要がある。

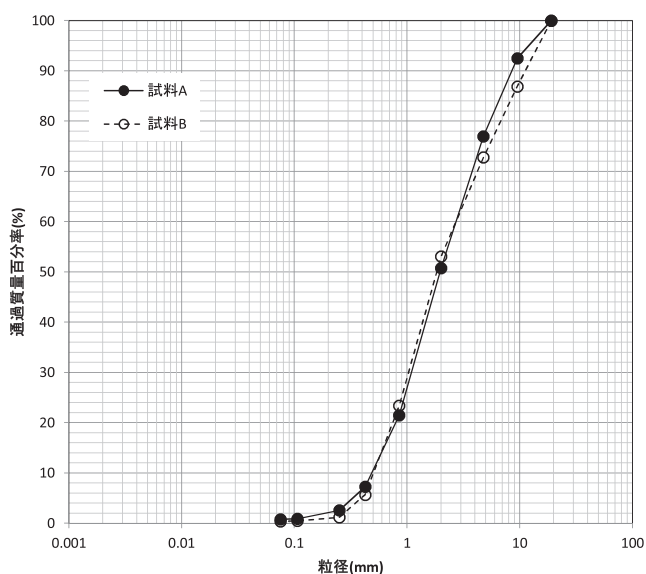
また、施工時は、ケーソンから中詰材を撤去した状態となるため、高潮防波堤の本来の機能を考慮すれば、中詰材の固化処理は、出来るだけ早急かつ安定的に行うことが望まれる。

（3）中詰材の性状

中詰材の粒度試験結果を図-4に示す。中詰材は、粒径 2 mm 以上が約50%を占める礫質砂である。細粒分（粘土、シルト、細砂）については、数%以下と著しく少ないため、そのままでは材料分離が激しく、ポンプ圧送可能な流動性を確保するのは難しい性状である。



図－3 ケーソン標準断面



図－4 中詰材の粒度試験結果

(4) 配合計画

中詰材を使用した固化処理土の配合設定では、必要な現場強度 ($qu_{28} = 5 \text{ N/mm}^2$) と、ポンプ圧送可能で材料分離しない流動性を同時に確保することが求められる。加えて、サンドポンプで撤去した中詰材からは、細粒分がさらに失われることも考慮する必要がある。

こうしたことから、事前配合試験は、施工環境を再現した細粒分の無い中詰材を用い、細粒分をセメントで補うことで材料分離しない粘性と目標強度を確保す

る方法で実施した。事前配合試験の結果、表－1 に示す標準配合を設定した。標準的なセメント添加量を 600 kg/m^3 とすることで、所定の強度と施工可能なシンリンダーフロー 150 mm～200 mm (JHS A 313) が確保可能とされた。

4. 本専用船の改造

(1) 本工法の適用に当たっての課題

①機械負荷が大きく安定稼働が望めない

本専用船で中詰材を固化処理する場合、粘性土よりも比重や摩擦が大きいことや、取扱時の性状が大きく異なることから、従来設備のままでは、施工能力が著しく低下したり、過負荷により機器が停止したりするなどのトラブルが予想される。

特に、一次解泥機は、粘性土の処理を前提とした設備であるため、中詰材の処理を考えた場合、砂分が圧縮されて供給不能になることや、スクリーが過負荷により停止するなどの問題が想定された(写真－1)。

②固化材添加量が多く硬化が早い

通常、埋立工事等で設定される固化材添加量は、概ね $60 \sim 100 \text{ kg/m}^3$ が多い ($qu_{28} = 200 \text{ kN/m}^2$ 以下程度)。このような場合、配管内に残留した固化処理土



写真－1 一次解泥機

表－1 標準配合

混合材料		水 W	単位 セメント量	中詰砂 G	流動化剤
単位重量 (kg/m^3)	絶乾状態	339	600	1,254	1.50
	飽和状態	25	600	1,568	1.50
1 m^3 当たり体積		0.024	0.197	0.779	

※実施工では、ケーソン毎の中詰材の細粒分含有量に応じてセメント量を修正した現場配合を設定した。

は、半日程度以内であれば、閉塞することなくポンプ圧送を再開できる。

しかし、今回の固化材添加量は、 600 kg/m^3 と非常に大きな値が設定されており、初期強度の発現が非常に早く、配管閉塞のリスクが大きいことが予想された。

室内実験で確認した初期強度は、混練後5時間で $q_u = 100 \sim 200 \text{ kN/m}^2$ であり、シリンダーフロー値は、混練り直後16 cm の場合で、1時間後には9 cm まで低減することが確認された。

これらのことから、配管が閉塞することなく、ポンプ圧送可能な施工時の中断時間は、概ね1時間～2時間以内であると推定された。

(2) 処理設備の改造

①改造に当たっての要件

今回、改造するに当たって以下の要件を考慮した。

- ・土質は、レキ分50%以上でも安定的に処理可能な設備とする。
- ・処理能力は1日1函程度（最大約 $560 \text{ m}^3/\text{h}$ ）を施工できる能力として、 $100 \text{ m}^3/\text{h}$ 以上を確保する。
- ・配管閉塞のリスクを回避するため、信頼性の高い設備とする。
- ・バックホウのリーチ制限を考慮し、投入位置の変更は行わない。
- ・既存の設備をできるだけ有効利用し、改造にかかる費用および工期を圧縮する。
- ・改造前後で必要動力が大幅に変動しない。

②設備の構成

中詰材を安定的に処理でき、かつ、信頼性の高い設備とするため、中詰材の供給装置には、振動フィーダーを採用した（表—2、写真—2）。振動フィーダーは、比較的薄形なため省スペースで設置でき、構造が簡易なため作動時の信頼性が高いことが、大きなメリットである。振動フィーダーで切り出した中詰材は、既設のスクリーコンベアを介してミキサーに投入することとして、費用と工期の圧縮を図った。改造は、一次解泥機を撤去して、振動フィーダーと換装する方法で行った。

表—2 振動フィーダーの緒元

振動モータ	3.7 kW × 2
振動数	1,000 回 / min (50 Hz)
振幅	10 mm / 回
設計吐出量	$306 \text{ m}^3/\text{h}$ (最大)



写真—2 搭載した振動フィーダー

③制御方法の見直し

振動フィーダーで切り出した中詰材は、スクリーコンベアでミキサーに投入する方式を採用した。粘性土の場合、スクリーコンベア内には、常時、粘性土が充填された状態であり、供給量の調整は、スクリーコンベアの発停によって行う。しかし、中詰材で同様の供給方式とすると、スクリーコンベアに掛る負荷が大きく、損耗が激しくなることが想定される。

そこで、中詰材の供給量は、振動フィーダーをインバーター制御で可変可能とし、さらに、スクリーコンベアと発停を連動することで、スクリーコンベア内に必要以上の中詰材が残存しないようにした。

5. 実施工への適用

(1) 施工条件

中詰材改質工の施工に当たっては、ケーソン側壁、隔壁の損傷防止、固化処理土の充填性を考慮して、以下の項目について仕様書規定がある。

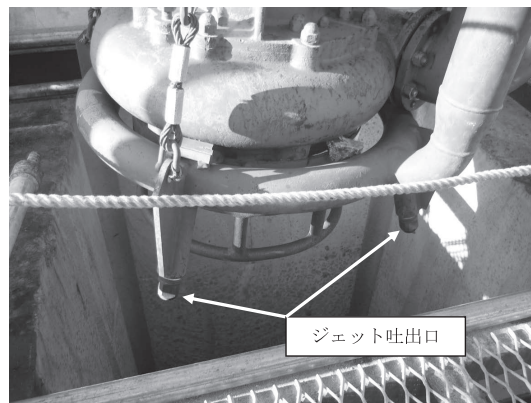
- ①中詰材および、固化処理土の隣接する隔壁の高低差は3 m 以内とする。
- ②バラスト水は、ケーソン満水位の1 m 以内を確保する。
- ③バラスト水は、現場内で循環利用する。
- ④ケーソン上端から1 m の範囲は、充填性向上のためバラスト水など不純物を除去し、ドライな状態で、流動化剤を添加し隔壁内の隅々まで充填させる。

(2) 中詰材撤去

中詰材の撤去は、専用架台に設置したサンドポンプ6台（写真—3）により、6 梃／函を同時に吸引・撤去し（写真—4）、高低差が生じないようにした。吸引・撤去した中詰材は、隔壁と角落しを髹装した土運船に積込み、中詰材と余水を効率良く分離回収すること



写真—3 中詰材撤去設備



写真—5 ジェット吐出口



写真—4 中詰材の積込状況

で、含泥率の低い余水をバラスト水として循環させた。また、サンドポンプ先端には、余水を利用してジェット水を吐出し、効率的に吸引できるようにした(写真—5)。

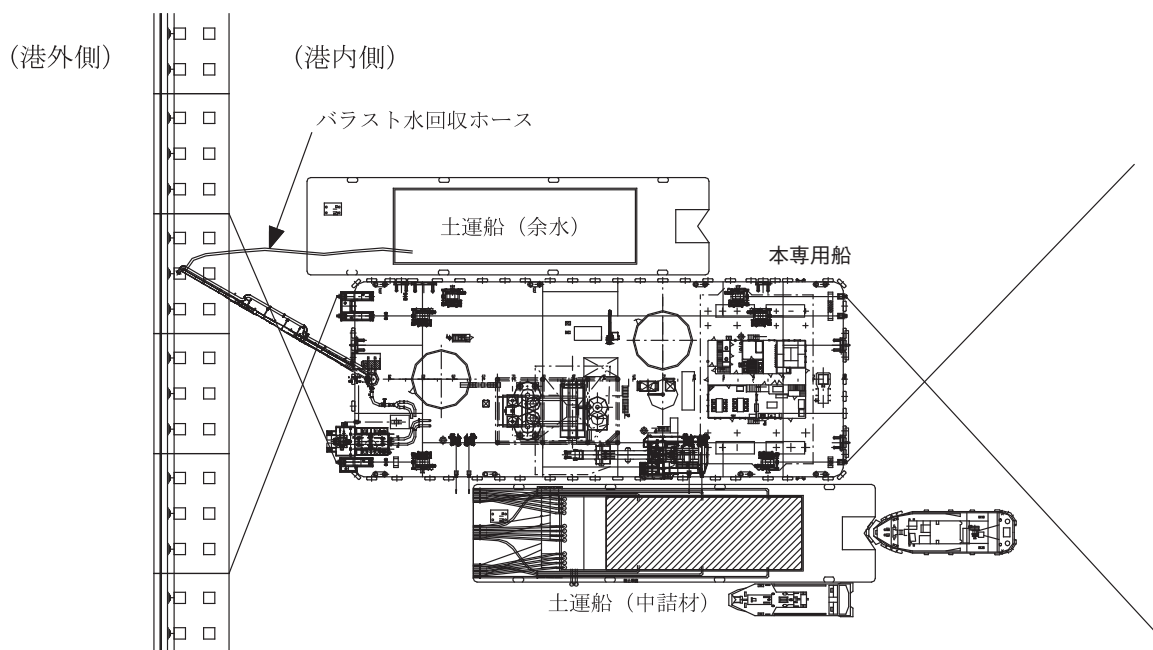
(3) 固化処理土の打設

本専用船の船団配置を図—5に示す。船団は、本専用船と中詰材を運搬する土運船、打設に伴って発生する余剰バラスト水を回収するための土運船で構成される。

バックホウで揚土した中詰材は(写真—6)、振動フィーダーとスクリーンコンベアを介して、所定の重量となるようにミキサー(写真—7)に投入し、別途計量したセメントを投入して混合し、固化処理土を作製した。バッチ式ミキサーでの製造量は、1バッチ当たり 1.5 m^3 とした。

作製した固化処理土は、適時、ミキサーから試料を採取して、シリンダーフロー試験を行い、所定の流動性が確保されていることを確認しながら施工した。

作製した固化処理土は、ピストン式圧送ポンプにてディストリビューターを介して隔室内に打設した(写



図—5 施工状況図



写真一六 中詰材の揚土状況



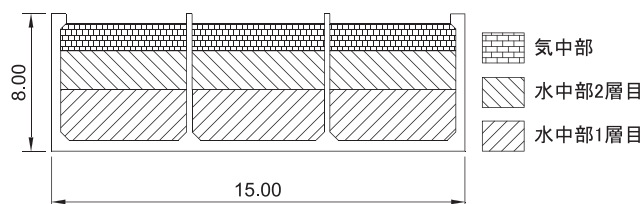
写真一七 ミキサー攪拌翼



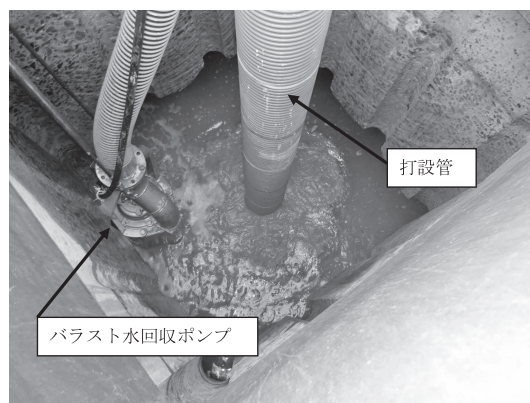
写真一八 ディストリビューターによる打設状況



写真一九 打設完了



図一六 打設割り付け図



写真一〇 バラスト水位調整

真一8,9)。打設は、図一六に示す3層に分割して行った。固化処理土の打設に伴って生じる余剰バラスト水は、水中ポンプで土運船に回収して適切な水位となるように管理した（写真一〇）。

また、施工時の現場配合は、ケーソン毎の中詰材の細粒分含有量のばらつきに応じて、セメント添加量を修正して設定した。中詰材の細粒分含有量は、土運船内の中詰材を採取し、簡易的なふるい分け試験によって測定した。本船は、バッチ式本専用船であり、固化処理土の品質確保のために行う現場配合の修正や、打設量の微調整に伴う製造量の変更を即座に適用でき、固化処理土の製造ロスを最小限に抑制することが可能であった。

6. 施工結果

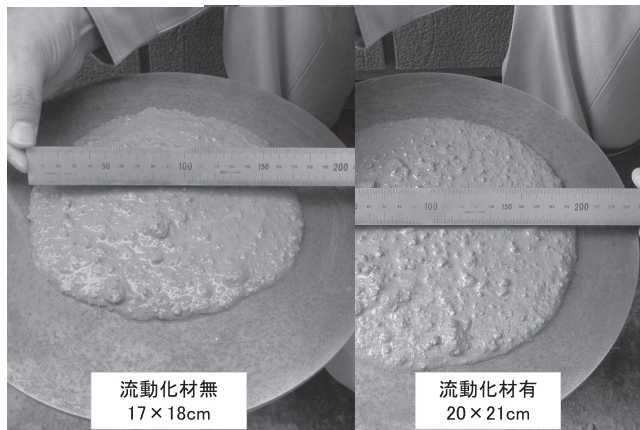
(1) 施工能力

当初目標とした1函／日の施工を概ね達成することができた。換装した振動フィーダーは、構造が簡易で信頼性も高く、安定した施工能力の確保に大きく貢献した。

また、中詰材はサンドポンプで撤去したことから、性状が比較的安定しており、圧送に支障をきたすような障害物がなかったことも安定稼働に寄与した。

(2) 固化処理土の流動性

施工中に測定した固化処理土のシリンダーフローは、流動化剤が無い場合で約18cm、気中部での充填



写真—11 固化処理土のシリンダーフロー（測定例）

性を高めるために流動化剤を添加した場合で約 20 cm 程度を確保することが可能であった。

（3）清掃・摩耗対策時間の確保

今回のセメント添加量 600 kg/m^3 という配合は、予想以上に、ミキサー等の機械部品に固化処理土が付着し、硬化が進んでいた。このため、通常施工と比較して、施工終了後の清掃に時間を要した。

また、配管の曲がり部などの摩耗は想像以上に早く、計画的に補修作業を行う必要があった。

7. おわりに

本報告では、従来、適用が難しいとされた礫質砂に対応するために改造した本専用船「第 57 扇栄」の概要とその施工実績について紹介した。振動フィーダの採用により、中詰材の安定供給が可能となり、セメントで細粒分を補うことで材料分離を抑制し、施工可能な流動性を確保した。

今回の改造が、将来、プレミックス船の適用土質を拡大していく上での一つのモデルケースとなり、今後の同工法の更なる発展に寄与できれば幸いである。

最後に、本船による名古屋港の高潮防波堤改良工事は、本稿で紹介した鍋田堤をはじめとして、知多堤にも採用頂いた。高潮防波堤改良工事の完成の暁には、万一の災害時に期待通りの防護機能が果たされることを切に願っている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 菊地洋二, 廣瀬紀一, 佐藤 誠, 横田 勉: 名古屋港高潮防波堤の防護機能と沈下対策について, 沿岸技術研究センター論文集 No.10, pp17-20, 2010 年
- 2) プレミックス船工法協会: プレミックス船工法 技術資料 第 1 版, pp1-2, 2104 年 1 月

【筆者紹介】



常世田 勝己（とこよだ かつみ）
りんかい日産建設(株)
名古屋支店 土木部
主事



野村 浩（のむら ひろし）
(株)小島組
工事部



坂本 暁紀（さかもと あきのり）
信幸建設(株)
東日本支社 統括工事部 機電工事部
部長

海底資源開発における施工方法に関する考察

平 林 丈 嗣

海洋国家である我が国において平成 19 年には海洋基本法が成立されたこともあり、近年では海洋開発、特に海底資源開発についても注力されている。特に平成 25 年の海洋基本計画の見直しでは、メタンハイドレード・熱水鉱床において民間主導の商業化を目指すと言われている。

本稿では海底での採掘における課題に対し、水中施工機械・陸上無人化施工の知見から、海底資源掘削に適した施工方法について検討し、その条件を満たす掘削移動体の自由度、および性能について考察するものである。

キーワード：海洋開発、海底面、施工方法

1. はじめに

海洋国家である我が国において水中土木施工の技術開発の歴史は古く、水中ブルドーザや水中バックホウ等世界的に類を見ない施工機械が開発されており、河川や港湾における施工で実際に活用されている。また我が国では噴火や地震など自然災害が多く、その迅速な復旧を目的とした実施工を伴った技術開発は、無人化施工技術の急速な発展につながった。さらに深海での調査技術は既に世界のトップレベルにあると言って良く、平成 19 年には海洋基本法が成立されたこともあり、近年では海洋開発、特に海底資源開発についても注力されつつある。平成 25 年の海洋基本計画の見直しでは、メタンハイドレード・熱水鉱床において民間主導の商業化を目指すと言われている。

しかし商業化のためには採掘コストが重要視され、海底における大規模な採掘技術が必要である。今までは Seafloor Mining Tool の開発が注視されてきた感があるが、実際には大規模かつ広範囲の施工が想定されるため、現実的な施工法について検討する必要がある。

2. 既存技術調査

(1) 水中における建設機械

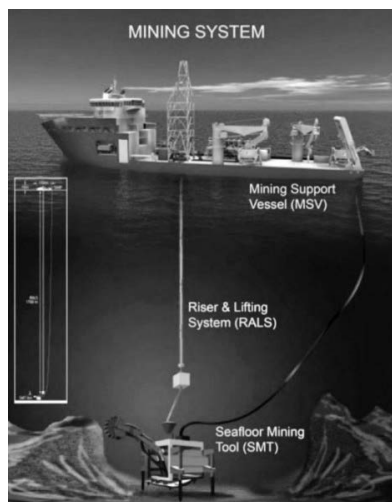
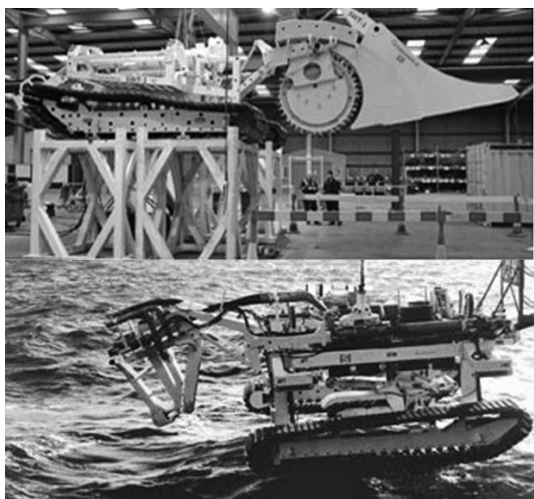
水中工事用施工機械として、日本国土開発株式会社が 1968 年に世界初の水中ブルドーザを開発している。油圧ショベルについては 1972 年に日立建機が水陸両用油圧ショベルを開発したのを最初として、1990 年台

に入ると、マリコン各社が独自に全没水型の水中油圧ショベルを製作し、主にマウンド荒均し作業に用いられた実績がある。また、先端部を施工に合わせて変更することが可能であるため、ブレイカーによる岩破碎、ドラグヘッドによる構造物狭歪部の浚渫、第三海堡撤去工事ではウォータージェットによる堆積土砂の除去を実施している。このような水中施工機械は、水中における大規模施工を実施する際の効率化に非常に効果的であり、これら水中施工機械の技術開発の実績は、海底資源採掘においても役立つものと考えられる。

(2) Seafloor Mining Tool

海洋資源開発においても過去に技術開発がなされている。1970 年台にマンガン・ジュエル採掘を目的とした集鉱機が住友金属鉱山株式会社等により開発された実績がある。近年では 2012 年に独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構から採掘要素技術試験機の建造を受注した共同企業体が沖縄本島北西の水深 1,600 m の海底熱水鉱床で試掘に成功し、約 25 kg の硫化銅の採取に成功している。

海外においてはオランダに本社のある IHC MERWEDE 社が Subsea Mining Crawlers を専用船舶とセットで既に 3 体も製作しており、同じグループ内の IHC Marine and Mineral Project によって実際の商用化につながっている。これはダイヤモンド掘削を目的としたものであり、施工水深は - 300 m と比較的浅海域での施工機械である（写真—1）。また多国籍開発ベンチャーの Nautilus Minerals 社が海底熱水鉱床を

写真—1 Subsea Mining Crawler¹⁾図—1 Nautilus Minerals Mining System²⁾写真—2 Cable laying Trenchers³⁾

ターゲットにした開発プロジェクトを進めており、数年の内に実施されることが予想されている（図—1）。

また海底での移動については海底ケーブル敷設のためのトレンチャー（写真—2）が既存技術として存在する。これは海底面に溝を掘りながら前進し、そこに海底ケーブルを敷設するものである。その移動機構には一般的にクローラが用いられており、不整地における安定性を確保している。ただしトレンチャーの場

合、クローラの能動的な回転による前進ではなく、船舶からの曳航により推進している。これは海底ケーブルが直線的な経路のみであることも理由としてあるが、掘削しながらの前進では抵抗が大きく、クローラの推進力のみではスリップにより地盤を掘ってしまいスタックする可能性も考えられる。

さらに近年では研究段階ではあるが韓国 KORDI が Deep-Ocean Mining System として MineRo（写真—3）を開発した。全長 5 m × 幅 4 m といった比較的小型でありながら、クローラの幅が非常に広くっており、軟弱地盤上において面圧を下げる目的と考えられる。

写真—3 Deep-Ocean Mining System (MineRo)⁴⁾

（3）海洋資源開発の課題

海底資源開発の商業化のためには大量の採取が必要である。今までは Seafloor Mining Tool の開発が注視されてきた感があるが、実際には大規模かつ広範囲の施工が想定され、まずは現実的な施工法について検討し、その施工法から合致した自由度や性能を持つ機体の開発が必要であると考えた。

例えば、数百メートル四方を 10 m 程度掘り下げるには表層部から平面的に数回に分けて掘削することが必要となる。しかし深海海底での施工における技術的課題は、耐圧・防水性能だけでなく、目視や光学センサによる地形形状の把握が困難であること、さらに動力源や浚渫土圧送ホースが有線となり移動時に制約が大きい、そして完全な無人遠隔操作が絶対条件となる。

このような施工条件において、災害復旧のための無人化施工や水中施工機械の開発を実施してきた知見を統合することで、技術的課題の抽出と開発の方向性を決めることとした。

3. 海底掘削施工方法の検討

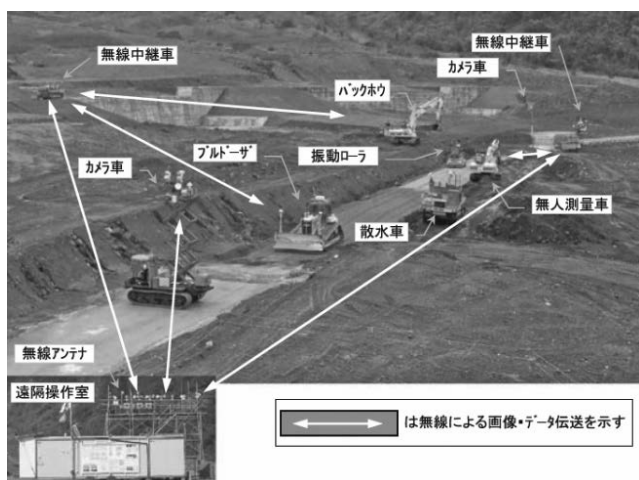
（1）陸上における類似施工事例

大水深下における施工では、作業機械の遠隔操作技

術が必須となるが、火山や地震など自然災害の発生が多い日本において、建設機械の遠隔操作による無人化施工技術が発達している。1991年の雲仙普賢岳噴火災害から2000年の有珠山噴火災害、2004年新潟県中越地震、2008年岩手宮城内陸地震などに投入され、実施工を伴った技術開発により急速に発展している。

無人化施工における床掘作業として、赤松谷川9号床固工工事が類似事例として挙げられる。赤松谷川9号床固工工事は、雲仙普賢岳の火山活動に伴う火砕流や土石流災害から地域の安全を確保するための砂防施設を施工する工事であり、建設機械をリモートコントロールする無人化施工により、危険警戒区域内におけるRCCコンクリート14,058 m³の砂防堰堤を施工している。

本工事の施工は危険警戒区域を境に有人施工区域と無人施工区域にまたがっており、無人施工区域では土石流や火砕流が発生する恐れがあった。そのため、遠隔操縦装置を装備したブルドーザ・バックホウ・重ダンプ・振動ローラ等の建設機械を、危険警戒区域外にある遠隔操作室から、多様な管理システムを導入した情報化施工を実施している。図—2の施工機械はすべて無人で運用されており、密集した範囲に様々な種類の施工機械により作業されているのがわかる。



図—2 RCC Construction method⁵⁾

(2) 陸上無人化施工技術の海底資源開発適応に関する課題点

前項の赤松谷川9号床固工工事では様々な遠隔操作機械が適応されており、海底資源開発に流用可能性の高い要素技術も数多く存在する。しかし施工手順についてはそのまま海底資源開発に繋げることは下記の点において困難である。

①水中では有線となることから、移動体の経路や台数が制限される

- ②地盤が軟らかく、ダンプトラック等による高速移送ができない
- ③濁水によりカメラ映像での確認や光学測量による出来型管理が困難
- ④使用可能な位置計測センサの精度が低い
- ⑤情報量が少ないため、オペレータの判断が困難
- ⑥長距離自走による目的位置への移動配置ができない

上記項目①②については浚渫土砂の移送に関連する。水中での土砂はバケットで積み込むと飛散することが考えられ、またコンテナ等の容器に送り込むとした場合でも、接続のための手順が必要となる。また移動体は動力供給のため有線となることから、近接する複数台の同時運用は困難であり、ダンプ等運搬車両を使うメリットは低いと考えられる。そのため、浚渫土の移送についてはホース圧送が適しているものと考えられる。

③④はセンシング技術に関する課題点である。陸上と異なり、水中では電波の減衰が大きく、また懸濁物質も想定されるため、GPSやレーザーレンジファインダー等の電波式・光学式測量機が使用できない。

水中での位置検出には一般に音の伝搬時間を計測し、三角測量の原理で計測する事が一般的である。しかし光と比較して音の波長は長く、計測の分解能および精度は低い。また音速は水温によって変化するため、深度を軸とした温度変化プロファイルを計測することが難しい大水深の施工では、近くの基準点からの相対位置を計測する方法が適している。また同様の理由から、船舶から水中の地形を高精度に取得することも困難と考える。そのため、施工場所近辺の全体地形を認識することは難しく、掘削装置周辺の相対的な高さ変位の情報を活用する必要がある。

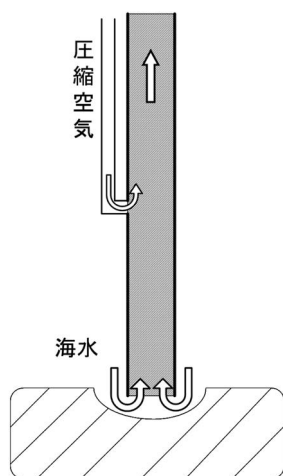
⑤は操作入力系に関する課題である。内界外界情報の不足や劣化はオペレータの操作判断に影響するため、必要最低限の自由度を持つ簡素な機構が望ましい。つまり速度制御や複数関節の同時制御を排除し、シーケンス制御的な操作入力を基本とする機構が海底資源開発における掘削機に適していると考えられる。

⑥は施工機械の設置に関する課題である。陸上無人化施工の場合、安全な場所から自走することで作業位置へ移動することが可能であるが、水中施工においては船舶からの投入・揚収となる。また、複数の施工機械や周辺装置を個別に投入することはケーブルの絡まりなどの可能性があるため、ユニット化することが適しているものと考えられる。

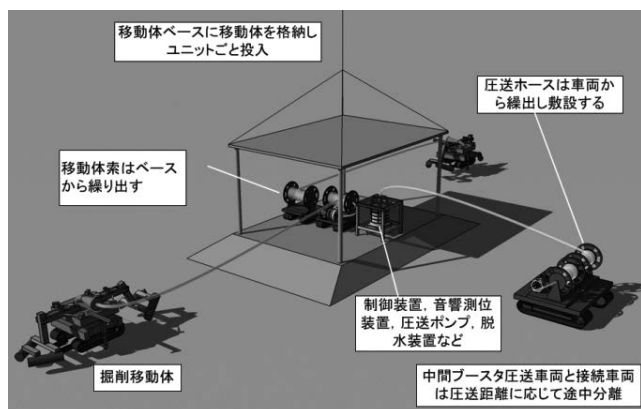
(3) 掘削手順

深海での掘削では土砂を連続的に洋上に移送する経路が必要であり、その方法については油田等で実績のあるライザーパイプをベースに、スラリー状にした鉍物含有土砂をエアにより浮上させる方式が提案（図—3）されている。しかし細長い形状のライザー管では高精度な位置決め、および、移動は困難であるものと予想される。そのため海底面での土砂掘削、集鉍は作業機械が別途必要となることが予想され、これらの作業機械により揚収装置周囲の広範囲を施工することが考えられる。しかし作業機械も有索となることから作業範囲が限定されるため、ユニット化したベースにより設置・移動する方法が考えられる。図—4に提案する掘削移動体ベースの概念図を示す。このような比較的大規模な施設を海底面へ投入設置する技術については、原油ガスの産出で SSBI（海底生産システム：Subsea Separation, Boosting and Injection system）を設置している既存技術（写真—4）が参考となるものと考えられる。

なお、円周すり鉢状に掘削する方法は、移動体の左右クロウラの走行距離や回転数を高精度に制御する必



図—3 Air-lift system



図—4 Subsea Base Unit



写真—4 Subsea Separation, Boosting and Injection system⁶⁾

要があり本件では適さない。基本的な掘削移動体の運動は直線軌跡と定点での回転による方向転換のみとすることが適しているものとする。

ここで、ベースからライザー管へ浚渫土を圧送可能な距離を 1,000 m とし、ライザー管とベース投入用ワイヤ、洋上での母船同士の干渉を防ぐため、最低近接距離を 500 m と条件設定する。

掘削移動体ベースはまずライザー管から 1,000 m 離れた場所に設置される。その後、移動体から圧送ホースを繰り出しながら揚収ライザーに近接させ、本体ごとジョイントする。掘削移動体は、地点より 30 m 程度離れた場所において 200 m 幅を全後進しながら掘削する。

移動体が端部に到達した後、方向を 45 度転換し後進することで次のレーンに移行する。次のレーンに移行し、前列と並行となるよう車体の方位決めを行った後に、後進掘削とする。このような運動にすることで、移動体から延びる複合ケーブルの干渉を防ぐ。

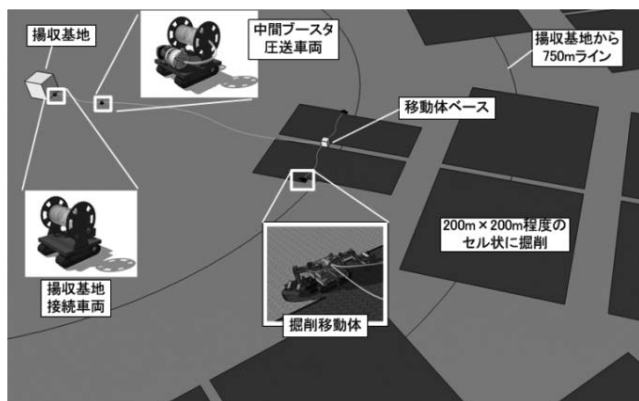
200 m × 200 m を深度方向に 1 m 程度掘削したのち、次段の掘削作業に入る。帰路では地盤の安息角を十分に保つように幅を減少させる。

この手順を繰り返し目的深度に達成したのち、移動体をベースに格納する。その後、ベースを海底面から引き上げ、船舶移動によって次の掘削位置に移動させる。このため、掘削の範囲は図—5 のようなセル状に掘削する方法を提案する。

(4) 掘削面精度の確保

大水深下の水中では施工範囲全体の地形の認識が困難であるため、大量の資源採掘のためには、層的に深く掘る方法が必要であると考えられる。しかし平面的に掘るためには高さ方向の機体の位置を高精度に認識する必要がある。

掘削は幅 10 m 程度で線的に掘削する方式となるも



図—5 Conceptual diagram for drilling in cellular

のと考えられ、また地盤が軟弱である場合は土砂が隣の列から崩れる可能性があり、一度に掘削可能な深度については、数10 cm から1 m 程度と大きくとれないものと考えられる。そのため、列ごとに精度を持たせた掘削を進めていく必要があるものとする。

掘削による高さを揃えるためには、掘削後の高さを認識する必要があるが、大水深化海底面において広域の視認や光学測量機による計測は困難である。また海中航行体による海底面計測についても、測位データをグローバル座標系にするためには海中航行体の座標を高精度かつリアルタイムに計測する必要がある。また掘削作業後に状況を確認したとしても、不陸があった場合にはその場所に戻り再度作業することとなるため、施工中の計測は必要である。

そこで本掘削移動体の座標計測方法として、高さ方向の精度を高めたSBLを用いることが考えられる。計測精度を向上させるためには、ベースを基準点とした相対座標での計測が挙げられる。さらに受信機の一つを鉛直方向に取り付けることで、深度方向の誤差を少なくすることが考えられる。また移動体が停止状態にあれば動揺震動等の影響を受けないため、平均化等により位置誤差を収束させることも可能であり、移動中については高精度の加速度計で移動量を積分することで補正することも有効である。これにより大水深下の海底地盤上においても高精度で移動体の深度を計測することが可能であるものと考えられる。

移動体の高さは、すなわちクローラの接地している場所の海底深度となり、XY平面座標とともに記録することで地盤形状の平面的な認識が可能となる。

また既に掘削した列の高さを基準とする方法も考えられる。掘削ヘッドの高さを隣の列の高さと合うように制御すれば、誤差の積分はあるものの、局所的に大きな不陸は発生しないと考えられる。

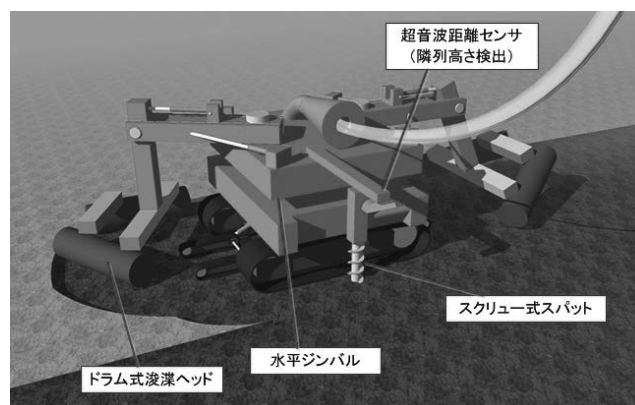
4. 掘削移動体機構検討

(1) 移動機構

不整地における作業機械では、クローラが移動に用いられることが多い。これは接地する面積を増やし単位面積あたりの面圧を下げることで軟弱な地盤でも移動可能であり、かつある程度の不陸のある地面でも作業反力を伝える能力が高いためである。

しかし泥質な海底面である場合、クローラの回転力だけで移動することは困難であるものと考えられる。これは推進力によりクローラ接地面の荷重が動的となるため、クローラが地盤を掘削することとなる場合があるためである。また本件のように直線的な軌跡を必要とする場合、左右クローラの回転差を監視する機構も必要である。ここでクローラについては対地力のみ受けるものと考え、移動に必要な力をスパット脚の前後移動によって発生させることが対策としてあげられる。

また、本機構においては施工時を考慮すると直進性能を高める必要がある。左右にスパットを配置した場合、左右の移動量を同じにするような物理的なリンク機構を設置する必要がある。図—6に提案する移動機構について示す。



図—6 Seafloor drilling mobile mechanism

(2) 動力発生源

各部を駆動させる動力源については電気モータの回転力により流体ポンプを駆動させ、その圧力を供給する方式が適していると考えられる。これは電気モータに比べて減速比を高くすることが容易であるため、作動流体の配管のみで各駆動部の機械的要素を簡素化できるほか、流体ポンプ以降は内部が非圧縮性流体で満たされており、耐圧環境性能も高くなる。

しかし長期間の海底作業において、回転軸、シリンダ擦動部から海水混入のほか、配管の破裂、ホースの裂け等、海水が混入する可能性が否定できない。海水

が混入した場合、電氣的に精密な制御を行う比例電磁弁に不具合が生じることが考えられ、完全無人である大水深での作業においては復旧が困難である。そこで、各駆動部を個別に駆動させ、また電磁弁等を用いず、電気モータの回転・停止のみで駆動させることで長期間の駆動が考えられる。

ただしギアポンプやトロコイドポンプなど回転機構を有するポンプの場合、摺動面積が多くなるため、不純物の混入に対して弱点となる可能性がある。そのため、海底で長期間の駆動を考えた場合、スラリーポンプなどで利用されている方式を応用すべきと考える。

(3) 浚渫ヘッド位置制御

海底地盤は浚渫ヘッドにより掘削されるが、その浚渫能力以上に動的荷重をかける場合、車体の浮き上がりにつながるため、位置制御ではなく力制御が有効である。しかし、電動モーターと異なり油圧シリンダによる力制御は配管に圧力制御弁およびセンサを設けるなど機構上複雑となる。そのため浚渫ヘッド自重により落下させる、もしくはスプリング等により不感帯のような範囲を持たせる機構が有効となる可能性がある。

また一定速度で移動中に浚渫すると高さ方向の精度が確認しにくいいため、機体を停止した後に浚渫ヘッドのみ移動させる機構が有効であると考ええる。また平面的に浚渫するためには、ヘッドの高さや角度を一定に保つ必要がある。ここで機体を停止固定する際に、ある程度水平を保持する機構を上部体を持たせ、浚渫ヘッドをワイプさせる機構とすることで、掘削の面的制御が容易となる。

(4) ケーブル取回し・接続

機体を動作させるための動力線、信号線については常時接続する必要がある。これは掘削機械を海底まで降ろすためのベースと接続するものであり、ベースと移動体の距離に応じて線の繰り出し巻き取りをおこなう必要がある。

この機構について数 100 m 近くの距離を巻き取るドラム等を移動体側に搭載すると配置や重量バランス等を考慮する必要があるため、ベース側に設置する。ただしケーブルを、中性浮力程度にし、地面との摩擦を減らす必要がある。ただし機体付近については旋回時の干渉（踏みつけ等）を防ぐため、直上に浮かす。

浚渫土は一旦ベースに送られ、遠心分離等により脱水され粘土の高い浚渫土となる。この浚渫土をベース

から揚収装置まで送る必要があり、この圧送ホースについても移動体で移動させる必要がある。この圧送ホース接続のため、採鉱とは別の移動体を持つ必要がある。

揚収場所までの接続のための移動体については、水中部を航行し機動性が高く自由度も高い水中航行式 ROV が考えられるが、浚渫土圧送時の圧力損失のため 500 m 程度の間隔でブースターを設ける必要があり、さらに掘削移動体の故障時の回収のことを考慮すると、前述と同様のクローラ機構によるものが適していると考ええる。

5. おわりに

海底資源開発における資源採掘は、大規模な施工を完全無人化で実施する必要がある。またその特殊な条件から、センシング技術や移動体経路についても制限が多い。本稿では、陸上無人化施工技術および水中建設機械技術の知見から、海底資源採掘の施工手順を想定し、必要となる掘削移動体の自由度について検討を行った。

海底資源採掘の実現可能性に関しては、コストや需要量なども要因として存在するが、少なくとも技術的な部分については実現可能なだけの技術力を有しておくことが重要であると考えている。本稿における提案については、多くの技術開発項目が存在しており、深海の耐圧機構だけでなく海洋土木、無人化施工技術など様々な分野の知見を集結させ、海底資源採掘のための技術開発を進めていきたい。

J C M A

《出 典》

- 1) <http://www.ihcmerwede.com/>
- 2) Underwater Mining Institute annual conference 2008
- 3) <http://www.deepocean.org/>
- 4) Chang-Ho Lee, "A Study on the Driving Performance of a Tracked Vehicle on an Inclined Plane according to the Position of Buoyancy", Proceedings of the Ninth ISOPE Ocean Mining Symposium
- 5) 供田, 岩崎, 岡本, 「赤松谷川 9 号床固工工事における無人化施工」, 建設の施工企画, 2010.08
- 6) <http://www.fmctechnologies.com/>

【筆者紹介】

平林 丈嗣（ひらばやし たけつぐ）
独立行政法人 港湾空港技術研究所
新技術研究開発領域
計測・システム研究チーム
研究官



論文

油圧ショベルの遠隔操作による作業の効率評価のためのモデルタスクの提案

茂木 正晴¹・油田 信一²・藤野 健一³

¹ 土木研究所 技術推進本部先端技術チーム主任研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail: moteki@pwri.go.jp

² 土木研究所 技術推進本部先端技術チーム招聘研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

芝浦工業大学 工学部電気工学科教授 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

E-mail: yuta@shibaura-it.ac.jp

³ 土木研究所 技術推進本部先端技術チーム主席研究員 (〒305-8516 茨城県つくば市南原 1-6)

E-mail: fujino@pwri.go.jp

災害現場復旧に利用されている無人化施工は、作業者の安全確保のために有効な施工方法である。しかし、この施工手法は、建設機械に搭乗して作業した場合と比較すると作業効率が低下することが知られている。これまでに映像技術や通信技術などの施工効率改善のための技術開発が進められてきているが、施工効率を定量的に評価することが難しいため、その評価は経験的なものに留まっていた。

本報告では、無人化施工技術における作業効率を評価するための、現場での掘削作業に類似し、かつ、繰り返しを可能とするモデルタスクを定式化して提案する。また、これを用いた実験の内容を示して、その有効性を明らかにする。

キーワード: Remote control, Disaster, Hydraulic excavator, Model task, Operational efficiency

1. まえがき

人の立ち入ることのできない危険箇所での災害復旧等に利用されている無人化施工は、作業者の安全確保のために有効な施工方法である。しかし、人が直接搭乗して作業を行う場合と比較した場合、施工内容や使用される建設機械に差異はあるものの、作業効率が低下してしまうことが知られている。これは、無人化施工の普及を妨げる1つの理由と考えられ、より一層安全な施工を普及させるために、無人化施工の作業効率をもう一回り向上させることが期待されている。

筆者らは、2010年より建設機械の遠隔操作における作業効率の向上に関する研究を進めている。ここでは、無人化施工における作業効率を作業時間の観点から評価し、ディスプレイや通信系などの機器の差異とオペレータの慣れや経験の各々について、それが作業時間に及ぼす影響を検討し、これに基づいて適切な操作方式や新しい機器の開発を目指している。この検討を進めるためには、現場で実際の建設機械を用いて具体的な作業を行い、その作業に要する時間を計測・評価することが重要であり、無人化施工以外にも建設機械を遠隔から働かせる幾つかの作業が報告¹⁾²⁾されている。特に、建設機械

に搭乗操作した場合と遠隔での操作などの操作条件の違いによるサイクルタイムの比較を行うことは必須である。しかし、現場での作業は、建設の進行に伴って環境が変化するため、同一の環境条件での実験・計測を繰り返すことができず、これが作業効率に関する十分な検討を妨げていた。

本報告では、無人化施工技術において実作業現場で作業効率を評価することの難しさを述べ、次いで、作業効率評価のために定式化した現場での掘削作業を想定した繰り返しが可能なモデルタスクを提案する。また、これを用いた検証実験の内容を示して、その有効性を明らかにする。

2. 背景と課題

2.1 無人化施工とそのシステム構成

建設無人化施工協会³⁾によると「無人化施工は、建設工事を遠隔地より安全かつ円滑に行うものです。ラジコン装置等を取り付けた建設機械群をオペレータが遠隔地より操作することで安全性を確保します。(本文を引用)」としている。

無人化施工技術の歴史は古いが、1994年に始まった

雲仙普賢岳での復興作業以前は、作業現場に作業員は入らないものの、現場の近くからの直接目視により、遠隔操作が行われていた。これに対し、雲仙での復興事業では、人間の立ち入り禁止区域が広く、作業現場から数百メートル離れたところで建設機械の操作を行う必要があり、カメラの映像を利用した間接的な視認による施工が行われた。この技術は、その後雲仙普賢岳のみならず、有珠山、三宅島、南大隅、福島などの人が近くに立ち入ることのできない被災現場を対象に活用されている^{4)~7)}。

無人化施工の標準的な現場での具体的な遠隔操作システムは、安全な場所で操作するための遠隔操作室(操作盤と映像モニタ類)と、カメラと伝送用無線器を搭載した遠隔操作機能のついている建設機械、及び、その間を結ぶ通信システムから構成されている。無人化施工は、図-1に示すように、無人エリア内に油圧ショベルなどの無人建設機械があり、必要に応じて準備される無線中継車と、有人エリアにある遠隔操作室や機器整備ヤードなどにより構成されている。



図-1 無人エリアと有人エリア
(2013.9 雲仙復興現場より)

2.2 無人化施工における作業効率とその向上

無人化施工の現場では、従来から様々な工夫がなされ、オペレータへの情報呈示や遠隔操作室の環境整備、作業分担などについて、一定の方式が確立しつつある。しかし、現状における無人化施工の作業効率はオペレータが搭乗して行う施工に比して低いことが知られており、その作業効率は、一般に50%~70%であると言われている。このことは、現状の施工効率をもう一段階改善できる可能性を示しており、そのための技術開発が求められている。

例えば、油圧ショベルによる作業の操作は、搭乗操作では、直接目視による視覚と体性感覚などの知覚情報がフル活用されていると考えられるが、無人化施工においては、作業対象から伝送された映像という限られた視覚情報だけにより操作が行われている。その差違が作業の効率にどのように影響しているのかを知ることは、その

向上を検討する上で有効かつ不可欠である。また、無人化施工におけるオペレータへの映像の表示方法や品質、あるいは映像以外の情報呈示、さらに通信の遅れ時間等の技術や装置が作業効率に与える影響要因の検討も必要である。さらに、オペレータの訓練や経験の効果、あるいは、作業の継続時間による疲労等、作業者のファクターについて評価することも、無人化施工におけるオペレータのインターフェイスを設計するうえで基礎的な情報を与えることとなる。

2.3 作業効率評価実験の必要性

現在、無人化施工における作業効率の向上は、操作のためのシステムやその方法を、現場でのトライアンドエラーによって改良し、それを、個々の現場で活用することにより進められている。ここでは、作業効率は、通常、実際の現場での作業における出来高と作業時間により評価される。

しかし、この評価は、一般に、比較対象となる指標がないまま行われるため、その現場での統計的な作業時間が把握されるにとどまっていた。したがって、作業効率の評価結果は、他の現場や異なる条件下でのデータと詳細に比較することが難しく、感覚的な評価にとどまり、客観性をもつものにはなっていないという問題があった。このため、現状では、実現現場での作業効率を計測したものはあっても、現場における種々の条件に対してオペレータ搭乗時と非搭乗時の作業効率を比較することはできていない。そして、遠隔操作時には、搭乗時に比して作業効率が低下することは分かっているが、それは定性的な評価に過ぎないものであった。このため、いろいろな手法や条件が無人化施工における作業効率に与える影響を定量的に評価することが求められている。

特に災害現場で行われる無人化施工は、変動の大きい厳しい環境条件と、緊急のあるいは限られた工期の中で進められるものであり、その条件下では作業効率の客観的な評価データを得ることは難しい状況にある。

この問題を解決し、施工における作業効率を定量的に評価するためには、現場の作業ではなく、評価を目的とした実験が不可欠である。そして、条件の違いによる作業効率の差異を精緻に評価するためには、特定な条件だけを変えて、他はできる限り同じ条件を維持した実験により、その作業時間や出来形の形状を評価する必要がある。しかし、一般に施工の実現場では作業の進行に伴って作業対象の条件が変化する。したがって、実現現場ではなく、定量的な検討を可能とする実験環境を準備して、あらかじめ定められた作業実験を行い、それに対する評価を行う必要がある。

3. モデルタスクに必要な条件

3.1 モデルタスクの設定

無人化施工における作業効率改善のためには、作業時の種々のファクターによる作業時間の違いを比較することが必要であり、そのためには、現場を模した作業において、条件をコントロールして実験を行う必要がある。ここで重要となるのは、実施する模擬作業の設定である。標準的な模擬作業を「モデルタスク」と呼ぶこととする。

設定するモデルタスクは、遠隔操作および搭乗操作の双方で建設機械を操作して行うことのできる作業である必要がある。モデルタスクに対する作業の時間を標準とすれば、異なる実験で得られたデータを比較することにより、作業の違いによる影響の検討もできるため、経験・知見の一層の蓄積が可能となる。本稿では、このためのモデルタスクの設定を検討する。

3.2 油圧ショベルによる標準的作業

建設機械を用いた作業は、多岐にわたっているが、災害復旧現場や通常の土木工事で最も使用頻度が高い機械と標準的な作業を対象としたモデルタスクの構築から始めるのが良い。そこで、まず、全国の土木建設作業で最も頻繁に使用されている油圧ショベルを対象に標準的な作業条件を整理し、モデルタスクを検討することとした。

油圧ショベルは、建設機械として最も多く使われており掘削作業及びダンプトラックへの積み込み作業や運搬、のり面等の所定の形状への成形作業、油圧ブレーカやニブラなどによる解体・破碎作業等に利用されている。

油圧ショベル操作の多くは、図-2のように、まず走行して対象物に近づき適切な位置に停止した後、作業対象を確認、バケット先端部を対象部にアプローチするために旋回・ブーム・アーム・バケットの動作を行う。したがって、動作のパターンは、どのような操作内容であっても機体の走行と旋回・ブーム・アーム・バケットを単独若しくは複合によって操作するものとなっている(図-3)。そこで、モデルタスクもこの一連の動作について構成するのが良いと考えられる。

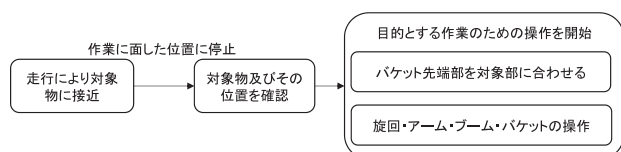


図-2 油圧ショベルによる対象物操作の流れ
(土砂掘削例)

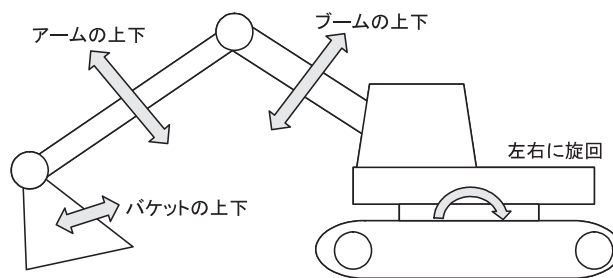


図-3 油圧ショベルの作業時の動作

3.3 モデルタスクに必要な要件

建設機械による作業についてモデルタスクを設定する場合、それによる実験の効果と効率を考えると、以下の4つの条件が要求される。

a. 作業の標準性

実際の現場において多くなされる作業にできる限り一致していること。

b. 現実性

作業内容が現場で行われるものから乖離しないこと。また、作業の環境が現場の状況に近いこと。作業内容及び環境条件について、できる限り多くの現場の要素を含み、現場にない作業要素が入り込まないこと。

c. 再現性

同条件での作業が繰り返し実施できること。

d. 容易性

実験に際して準備が簡単であり、1回の作業を要する時間が短く、複数回の作業比較が容易にできること。

これらの条件の中での現実性と再現性はいずれも重要であるが、相反する要求である。リアルな現場での作業は、実際の土を掘削し運搬若しくは対象物を破碎、変形させてゆく作業である。そして、実際の作業では、2回目以降の作業が同一条件で行われることはない。

筆者らは、2010年に山砂を用いた油圧ショベルによる掘削作業の評価実験⁸⁾を行ったが、ここでは、掘削によって移動した山砂を元の位置に戻して、次の実験を行った。しかし、作業対象の砂を元に戻しても、この作業を数回繰り返すことで現地盤の砂が混合されてしまい、地面の固さに変化し、作業における同条件を維持することはできなかった。このように土を対象とする作業では、たとえ、動かした土を元に戻して繰り返し実験を行おうとしても完全に同条件に戻すことはできず、数回の作業で作業対象の条件は大きく変化してしまい、再現性を維持することは極めて難しい。したがって、再現性を考慮すると作業の対象としては実際の土の掘削や破碎、変形ではない方法をとる必要がある。

一方、再現性を重視して、各作業要素について、全く同じ作業条件での繰り返しを行うことは、実作業に必然

的に含まれる各種の外乱を取り除いてしまうことになる。したがって、同条件の繰り返しを厳しくすると例えば、作業効率の検討において極めて重要な、作業の繰り返しによるオペレータの熟達などについて現実的な評価ができなくなる。すなわち、モデルタスクにおいても環境や作業の外乱や多様性は、それなりに維持される必要がある。これらの再現性と現実性を両立させる適切な組み合わせが重要である。

もう1つの条件として、作業現場のセッティングと作業そのものの容易さも重要である。開発された手法の評価を効率よく行うためには、実験が簡単にできることに留意しなければならない。例えば、オペレータによる学習の効果を評価するためには、多数の繰り返し実験が必要であり、現実的な実験に許された時間内で数十回以上の繰り返しが可能であることが期待される。これらの理由により、モデルタスクとしては、実際の土を対象とするより、形状が変形せず取り扱いの容易な構造となる固形対象物を用いることが、現実的である。

標準性を考えると油圧ショベルを対象とするモデルタスクは、土砂等の掘削(掘り)と積込みを想定して、移動、掘削、引き上げ、旋回、下ろしの一連の動作を想定し、適切な操作の例としてモデルタスクを設定することが望ましい。

4. 油圧ショベルの遠隔操作による作業のモデルタスクの提案

以上の検討に基づいて、油圧ショベルによる標準的な作業として、主に実現現場での掘削積込み作業を想定した図4に示すモデルタスクのフローを設定した。ここでは、油圧ショベルは、待機場所から作業対象の前まで走行し、上部旋回体を旋回して対象物に正対する。次にアーム・ブーム・バケットを操作して対象物を掴み、旋回し、所定の位置に設置し、これを繰り返す。その後は再び走行して待機場所に戻る。このモデルは、機体質量3t以上の車両系建設機械(整地等)の運転作業に従事するために必要となる労働安全衛生法及び労働安全衛生法施行令(昭和47年6月8日法律第57号)⁹⁾に基づく運転技能講

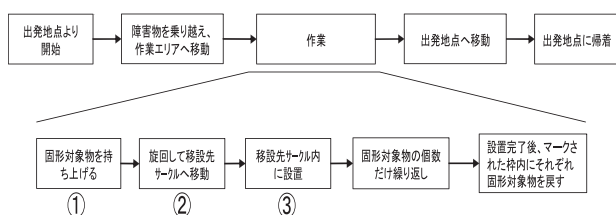


図4 標準タスクフロー

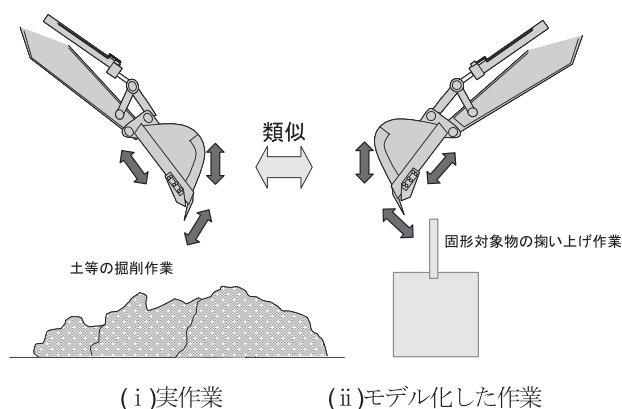


図5 土等の掘削に類似した作業モデル (右図)

習時に操作訓練するタスクに類似した動作である。また、走行姿勢等の操作に関しても運転技能講習における操作方法を基礎としている。

ここで、作業の再現性と現実性を両立させるために、掘削作業等の油圧ショベルを操作する際に標準的に生じる軌道でバケットを動かす動作として、図5に示すとおり固形対象物の掘り・引き上げを行わせることとした。

この方針の下に、油圧ショベルの大きな移動を含む一連の作業(モデルタスクⅠ)と、移動には注目せず実験の効率性を重視した作業(モデルタスクⅡ)を設定した。

a. モデルタスクⅠ:油圧ショベルの不整地走行とバケットによる複数の固形対象物の移設

油圧ショベルは、待機位置より図7に示す走行障害物のある経路を固形対象物が設置されている作業エリアまで走行し、固形対象物を油圧ショベルのバケットによって移設する。

固形対象物の形状は、ドラム缶(φ570 mm×高さ760 mm, 質量約100 kg, 持ち手高さ2,000 mm), 土嚢(800 mm×800 mm×高さ800 mm, 質量約300 kg, 持ち手高さ2,000 mm), 鋼製立方体(1,200 mm×1,200 mm×高さ1,200 mm, 質量約500 kg, 持ち手高さ2,000 mm)計3個とする。また、固形対象物にはいずれも、掘り上げ用の鋼製バーをほぼ水平に付けておき掘削に類似したバケットの軌跡により、固形対象物を持ち上げることができるようにする。固形対象物の形状を写真-1, 2, 3に示す。

このモデルタスクでは、油圧ショベルは図6に示す環境を待機場所より地面が凸形状になっている部分(図7)を通り越して作業エリアまで移動し、バケットによる作業に適した位置に停止する。図8に示すとおり3箇所にマークされた枠内に設置されている固形対象物の持ち手に1つずつバケットの先端を掛けて持ち上げ、移設先としてマークされたサークル内へ移設する。全ての固形対象物の移設が完了後、一旦バケットを固形対象物の持ち手から離れた後、再び各々の固形対象物を初期位置とし

て示された枠内(図-8)に固形対象物を移設する。

この動作の繰り返しにおいては、走行後の油圧ショベルの位置は毎回適当にバラツキ、それによって、バケット操作に対する環境に適当な変動外乱が与えられることとなる。そのため、固形対象物の移設作業におけるバケットの操作内容は全く同じではなくなっている。

b. モデルタスクⅡ：油圧ショベルの走行とバケットによる固形対象物のハンドリングを単純化した固形対象物の移設

モデルタスクⅡは実験の容易性を優先し、短時間での繰り返し実験を可能とすることを主眼として設定した。



写真-1 固形対象物：ドラム缶
($\phi 570$ mm $\times$ 高さ 760 mm, 質量約 100 kg, 持ち手高さ 2,000 mm)



写真-2 固形対象物：土嚢
(800 mm $\times$ 800 mm $\times$ 高さ 800 mm, 質量約 300 kg)



写真-3 固形対象物：鋼製立方体
(1,200 mm $\times$ 1,200 mm $\times$ 高さ 1,200 mm, 質量約 500 kg, 持ち手高さ 2,000 mm)



写真-4 モデルタスクⅠでの固形対象物の移設状況

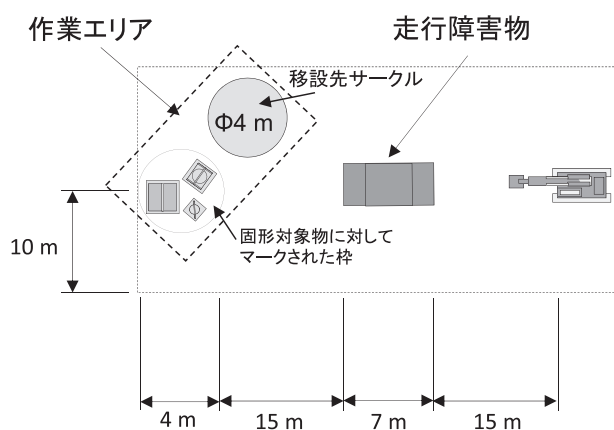


図-6 モデルタスクⅠにおけるフィールド

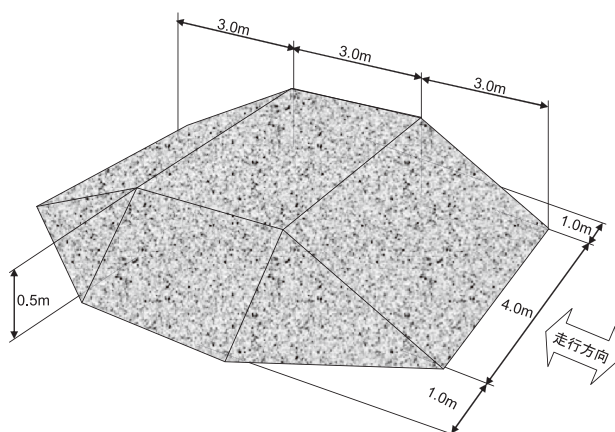


図-7 走行障害物

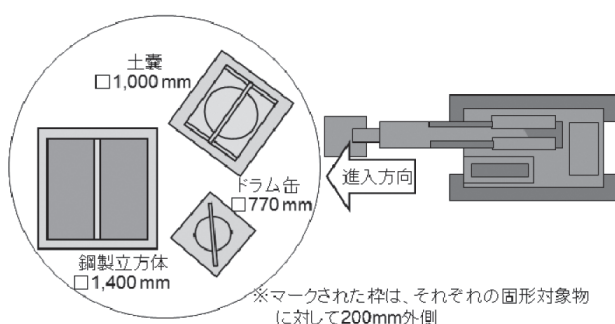


図-8 固形対象物の初期設置位置関係

このモデルタスクでは、図-9に示すフィールドにおいて待機場所から作業エリアまで走行し、次に固形対象物を油圧ショベルのバケットによって移設する。

このモデルタスクⅡでは、初期位置から、屈曲を含む約30mの経路を走行し、バケットによる作業に適した位置まで移動してから、モデルタスクⅠで用いた1つの固形対象物を移設先サークルに移設し、次に再び、初期位置の枠内に固形対象物を戻す。ここで移設する固形対象物は、ドラム缶(φ570 mm×高さ760 mm、質量約100 kg、持ち手高さ2,000 mm)とする。

モデルタスクⅡは、モデルタスクⅠに比べて1回の作業時間を短くすることによって、より多くの実験回数の確保、作業の容易性を重視していることが特徴である。したがって、このタスクでは、オペレータの操作内容に関する学習過程が操作回数によって変化することを、より顕著に計測することができ、搭乗操作と遠隔操作での違いを明確に解析することができるものと考えられる。

5. 提案したモデルタスクの有効性の検証実験

5.1 実験内容と準備

ここでは前章で提案したモデルタスクが遠隔操作による作業の効率を評価するのに有効であることを確かめる



写真-5 モデルタスクⅡでの固形対象物の移設状況

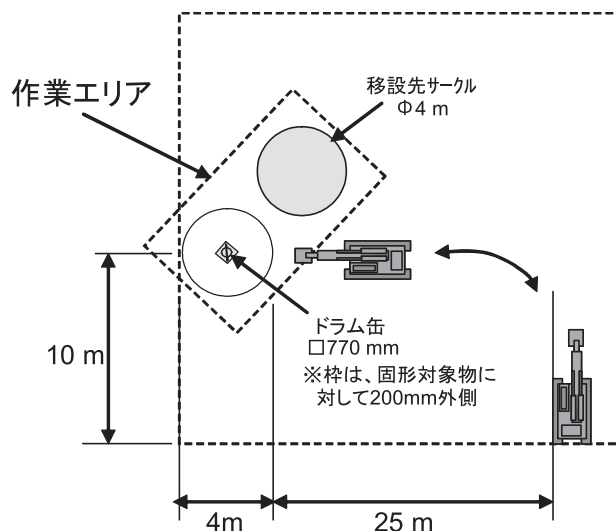


図-9 モデルタスクⅡにおけるフィールド

ために行った実験内容と結果を示す。実験は土木研究所保有の油圧ショベルを利用し、土木研究所内建設機械屋外実験場において搭乗操作と遠隔操作システムによるサイクルタイムの比較検証実験を実施し、それにより、モデルタスクの有効性を検討した。

遠隔操作システムは、遠隔操作用の固定カメラを2台設置して操作計測室内において現場情報をモニターにより操作者に提供するものであり、現場に近いオペレータは窓から対象物などを見ることができないものとした。

5.2 検証実験の結果

5.2.1 モデルタスクⅠによる実験及び結果

図-10に示すフィールドで写真-6, 7に示す実験を実施した。

実験は、モデルタスクⅠの動作を、オペレータが遠隔操作により連続して各5回作業を行い、各回の作業に要した時間を記録した。

この実験は、機器の設置等の準備に2時間を要し、実験計測は1人のオペレータによる実験を4時間で行うこ

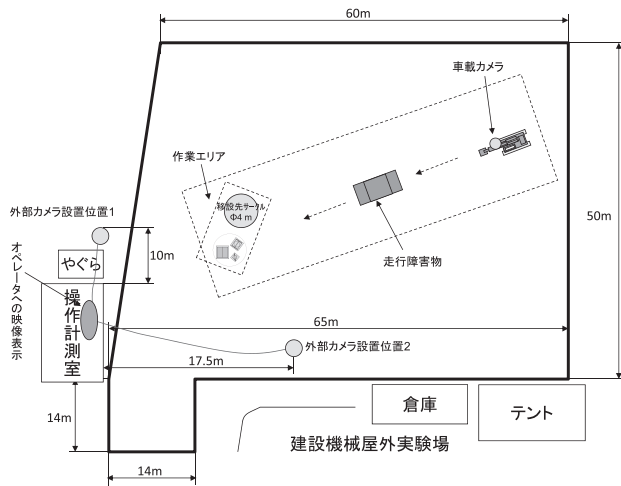


図-10 モデルタスク I による実験配置図



写真-6 モデルタスク I による実験の状況（走行）



写真-7 モデルタスク I による実験の状況（作業）

とができた。

実験結果の一例が図-11、12¹²⁾である。この実験では搭乗での建設機械の操作に比して無人化施工(遠隔操作)におけるサイクルタイムは約2.0倍であった。

なお、実験では、搭乗操作では概ね4～6分、遠隔操作では、概ね11～14分程度で実行されている。

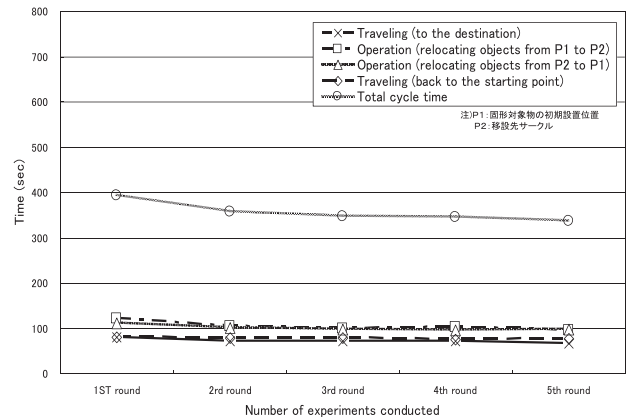


図-11 搭乗操作によるサイクルタイム

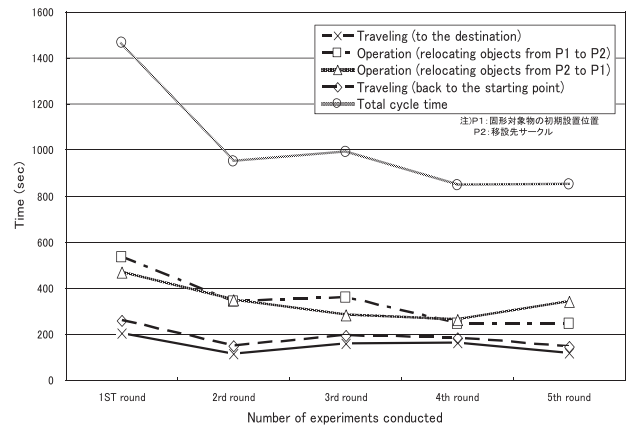


図-12 遠隔操作によるサイクルタイム

5.2.2 モデルタスク II による実験及び結果

この実験は操作の慣れが効率に与える影響、特にオペレータの操作内容に関する学習過程を、操作の内容が操作回数によって変化する様子を調べることを目的として行ったものである。そのため、建設機械操作歴5年以上のオペレータ1名によりモデルタスク II に対して搭乗操作及び遠隔操作を各々10回実施し、その作業時間を計測した。実験フィールドと実験中の様子を図-13及び写

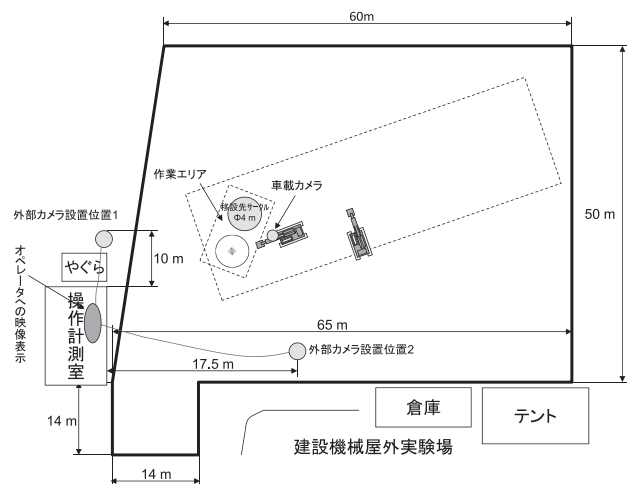


図-13 モデルタスク II でのフィールド概念図



写真-8 モデルタスクⅡによる実験の状況（走行）



写真-9 モデルタスクⅡによる実験の状況（作業）

真-8, 9に示す。

実験結果は、図-14, 15に示すとおり、搭乗・遠隔操作ともに2回目以降よりサイクルタイムの落ち着きが見られた。ただし、作業時のサイクルタイムについては、遠隔操作時における回数毎のバラツキ差が顕著に現れる結果となった。また、搭乗操作と遠隔操作とサイクルタイム差は、遠隔操作は搭乗操作の1.65倍の作業時間であった。

実験では、機器の設置等の準備に2時間、実験計測には1人のオペレータにつき2時間で行うことができた。

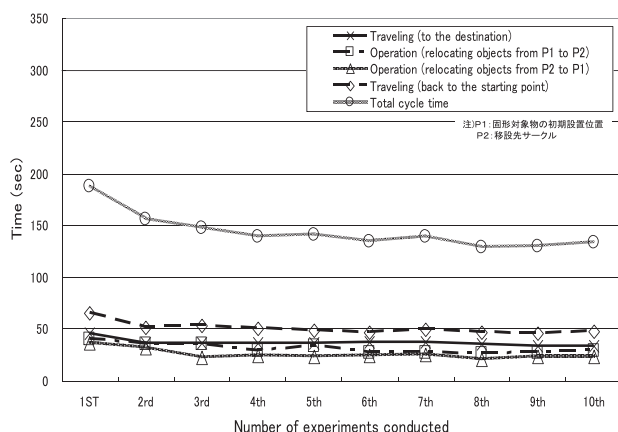


図-14 搭乗操作によるサイクルタイム

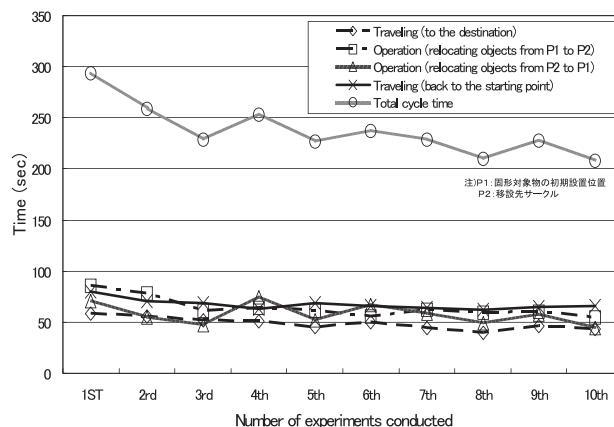


図-15 遠隔操作によるサイクルタイム

この実験では、搭乗操作では2～3分弱、遠隔操作では、3～4分弱のサイクルタイムであり、タスクを数十回にわたって続けて実行できることが確認できた。

5.2.3 検証実験に基づくタスクモデルの有効性の検討

検証実験では、搭乗操作と遠隔操作による作業のサイクルタイム比は従来経験的に言われていた1.6～1.7倍といった値に近く、この点では、実行したモデルタスクに基づく実験は妥当なものであったと考えられた。モデルタスクⅠでは、走行・作業に関する詳細なデータ取得が期待できるものとなった。それに対し、モデルタスクⅡでは、サイクルタイムが短く、繰り返しのタスク実行が容易でオペレータが作業に習熟してゆく傾向を観察することが期待できるものとなった。

このことは本稿で提示するモデルタスクの有効性を示しているものと言えよう。また、この検証実験では、提案したモデルタスクは、準備に要する時間が比較的短く、効率良い実験が可能であることを示している。

なお、これらの検証実験結果はいずれも、遠隔操作による作業の効率について具体的な作業と具体的な作業条件に対して計測したものとしても興味深いものであり、この結果については、現在検討中であり、別報にて報告する予定である。

6. まとめと今後の研究の方向

本稿では、無人化施工における遠隔操作の方式等を比較検証するうえで必要となる標準の指標となるモデルタスクを提案した。このモデルタスクは、特に実現場でのリアルな作業を再現したモデルであり、以下の性質を有している。

a. 作業の標準性及び現実性

実作業現場では、掘削・積み込みや掘りなどの多岐にわたる作業が行われているが、提案したモデルタスクは基

本操作のモデルを労働安全衛生法に基づく運転技能講習時に操作訓練するタスクがベースとなっており、作業内容が現実から乖離せず標準的な作業要素となりモデルタスクとして妥当なものだと考えられる。

b. 再現性

各タスクに使用する固形対象物を利用することによって同条件での作業が繰り返し実施でき、作業効率を公平に比較検証できるものと考えられる。

c. 容易性

作業効率などを評価するための実験を行うにあたって、その準備も比較的容易にできる。また、タスクの実行時間も数分～十数分であって、それなりの繰り返しが可能である。従って、条件を変えて作業時間を比較したり、オペレータの習熟の様子を観察することが現実的な実験時間内で可能であり、多くの実験データを容易に取得するうえで効率的・効果的な手段になると考えている。

また、このモデルタスクによる実験の結果を示すことにより、このモデルタスクが建設機械の遠隔操作による施工の効率等の評価に利用できることを確認した。

このモデルタスクは、遠隔操作による作業の統一的な比較検証に役立つものであり、今後、建設機械の遠隔操作に関わる実験にある程度標準的に利用できるものと考えられる。

今後、提示したモデルタスクを用いて、①人の知覚認知特性及び知覚情報と人の行動、②習熟のメカニズム(タスクの把握とフィールドのマッチング)、③疲労による作業効率の低減メカニズム、④安全を考慮したことによる作業効率の低減などの作業効率に関連する仮説の各々について、実験により検討を進めていきたい。また、それにより建設機械の遠隔操作をより搭乗操作の作業効率

に近づけ、更に、その作業効率を向上させることを目的とした取り組みを進めてゆきたい。

参考文献

- 1) 久保田孝行, 湯浅祥次: 遠隔操縦ロボットのブルドーザへの適用について, 第10回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.133-142, 2004.
- 2) M. J. Lopatka, T. Muszynski: DETERMINING A DRIVETRAIN SY-STEM SKID STEER 6X6 WHEELED ROBOT LOAD, The30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, USB No228, 2013.
- 3) 建設無人化施工協会: HP (http://www.kenmukyou.gr.jp/f_jirei.htm) (参照日 2013.9.27)
- 4) 北原成郎, 時岡誠剛, 後藤誠: 高精度遠隔監視重機操縦システムの開発, 第8回建設ロボットシンポジウム論文集, pp. 1-8, 2000.
- 5) 吉江宗生, 白井一洋, 田中敏成, 平林丈嗣: 港湾工事等へのロボット技術の導入, 第8回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.29-36, 2000.
- 6) 西尾正巳, 平松雄二, 青野隆: 有珠山噴火災害緊急対策工事での無人化施工実績, 第9回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.71-78, 2002.
- 7) 新田恭士, 松尾修, 北原成郎, 黒田昇, 田村圭司, 下田孝徳: 長距離無人化施工技術の適用性に関する考察—雲仙普賢岳における超長距離遠隔操作実証実験の概要—, 第13回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.41-50, 2012.
- 8) 茂木正晴, 藤野健一, 大槻崇: 建設現場への無人化施工技術の普及と今後の技術ニーズ—遠隔操作システムの検証実験報告—, 第12回建設ロボットシンポジウム論文集, pp.89-96, 2010.
- 9) キャタピラー教習所(株), 車両系建設機械運転者教本—整地・運搬・積み込み用及び掘削用—技能講習テキスト, 2013.
- 10) Masaharu Moteki, Kenich Fujino, Takashi Ootuki, Takeshi Hashimoto.: RESEARCH ON VISUALPOINT OF OPERATOR IN REMOTE CONTROL OF CONSTRUCTION MACHNERY, The28th Internati-onal Symposium on Automation and Robotics in Construction, pp.532-537,2011.
- 11) 茂木正晴, 藤野健一, 西山章彦: 建設機械遠隔操作の習熟に関する研究 —建設機械の搭乗及び遠隔操作時における作業効率・精度に関する考察—, 平成24年度建設施工と建設機械シンポジウム論文集・梗概集, pp.19-24, 2012.
- 12) Masaharu Moteki, Kenich Fujino, Akihiko Nishiyama.: RESEARCH ON OPERATORS' MASTERY OF UNMANNED CONSTRUCTION, The30th International Symposium on Automation and Robotics in Construction, USB No186, 2013.

(2014.2.27 受付, 2014.6.24 採用決定)

THE PROPOSAL OF THE MODEL TASK FOR EFFICIENCY EVALUATION OF THE CONSTRUCTION WORK BY REMOTE CONTROL OF A HYDRAULIC EXCAVATOR

Masaharu MOTOKI¹, Shinichi YUTA² and Kenichi FUJINO³

¹ Senior Researcher, Construction Technology Research Department, Public Works Research Institute

² Professor, College of Engineering, Shibaura Institute of Technology

³ Team Leader, Construction Technology Research Department, Public Works Research Institute

Unmanned construction is used in Japan as an initial response in a disaster such as an earthquake or volcano eruption. However, it is known that working efficiency of unmanned operation is lower than that of manned operation. Until now, to improve efficiency, some new technology, such as imaging technology or the communication technology, have been developing. However, the new technology was evaluated with experience method, not a quantitative method. Because, it is difficult to evaluate the efficiency quantitatively. In this report, model tasks to evaluate efficiency in the unmanned operation are suggested. The model tasks are similar to the real works at the construction site and can be done repeatedly. Through the experiment using the model task, the effectiveness of it was clarified.

ずいそう

上海の今

安部 憲一



4月の初めにこの原稿を依頼されたとき、編集委員の方に、どんな内容のものを書けばいいのか、問い合わせた。

早速、最近掲載された「ずいそう」が送られてきて、その文章を読ませてもらうと、2013年8月号に「北京の空」という私の興味をひかれるものがあり、面白く読ませてもらった。

1978年の中国への出張のエピソードである。当時の中国を知らない私は今の上海と比較をしてみようと思いタイトルを「上海の今」とした。

まず、上海の街中には、人民服の人は全く見かけない。若い女性の服装は横浜の女性と変わらずファッショナブルである。若い男性は細見のパンツに素足風に靴を履き、メンズ服飾雑誌 LEON から出てきたようなファッションが目につく。

街にはケンタッキー、マクドナルド、スターバックスと西洋風のコーヒーショップが至る所にあり、しゃれた若者たちがコーヒーを飲みながらおしゃべりをしている。話は少しそれるが、ケンタッキー、マクドナルド、スターバックスの中国語の表記が面白い。

ケンタッキーは肯德基 (ken de ji) クンタッジ。発音を漢字に置き換えたものであろう。しかし「肯」の字には「骨が付いた肉」という意味もある。

マクドナルドは麦当劳 (mai dang lao) マイダンラオ。Mc. Donald's をアメリカ人風に発音すると、よく似ている。

スターバックスは星巴克 (xing ba ke) シンバク。星はスター、一文字だけ漢訳しバックスは発音を漢字に置き換えただけである。日本のようにカタカナ文化が無く、漢字しかない国の翻訳である。このような漢洋折衷文化が街中に溢れている。

観光は外灘の夜景、豫園の小籠包、南京路のショッピングといったツアー旅行のコースもいいが、上海の今を散策するのも面白い。

「上海の今」を象徴するような場所で「新天地」というところがある。

旧フランス租界の街並みを再現し、過去と現在が融

合した華やかな空間で、今や上海のダイニング、ファッション、カルチャーなど多岐にわたるシーンでランドマーク的な存在である。これから上海に行こうと思っている人には是非、勧めたい。

話を元に戻し、「北京の空」時代との比較で、トイレの話が出てきたが、当時はドアが無いのが当たり前とあったが、今の上海のホテルには TOTO のウォシュレットがほぼ、設置されているし、ドアもきちんとついて安心して用は足せる。公衆トイレも10年前とは比べ物にならないほど、衛生的になっている。

ビジネスでは10年前は仕様打合せが終わって、理解できたのかと聞くと、即座に中国人は明白了 (ming bai le) ミンバイラ、没问题 (mei wenti) メイウエンティと言った。「明白了」は理解できた、わかったという意味。「没问题」は問題ないという意味だ。しかし、出来上がって来た試作品には思った通り問題が沢山あったのは言うまでもない。

しかし、10年後の今は仕様打合せの場に、設計担当、品質管理、営業担当などが出席し、「明白了」とはすぐには答えず、質問をするようになった。そして、打合せ後には議事録を書き、サインを求められるようになった。

中国は経済の進歩の速さだけでなく、全てにおいて進歩している。

私のせっかちな言動には、10年来の中国人の友人が私に諭すように言うことがある。

「中国人は差不多民族だ。あなたにはその中国人に多くの友人がいて、本当に中国人を理解しましたね。」

「差不多」(cha bu duo) チャブドゥオは、だいたい、ほぼ、およそなどの意味があるが、中国人はあまり小さいことにこだわらず、もっとおおらかに生きようよ。と言っている気がする。

64歳になり、サラリーマン生活も残り少なくなり、この中国人の言っている「差不多」を考えてみようと思っている。

ずいそう

シーボルト事件の真相

松嶋憲昭



記録に残っている中で、最も被害が大きかった台風は、文政11年8月9日（1828年9月17日）に九州北西部に上陸し、有明海沿岸で猛烈な高潮を発生させた台風です。九州北部の諸藩の死者数は2万人に達しました。シーボルトの収集品を積み込むことになっていた蘭船コルネリウス・ハウトマン号が、この台風で座礁したことから、シーボルト台風と呼ばれています。

8月9日の深夜から翌朝にかけて、長崎は暴風雨になりました。シーボルトは、自宅の2階が壊れたため、平屋になっている玄関の荷物の間に身を潜めていました。家が壊れる少し前に気象観測をし、「気圧28時1分・気温華氏77度・湿度97度・東南の颶風」の記録を残しています。前日8日、晴天の日の記録が「気圧29時73分」となっており、これを平常時の平均的な気圧と仮定すると、台風通過時の長崎の気圧は950 hPa程度になり、非常に強力な台風であったことがわかります。

「蘭船を引き上げることができる者は申し出よ！」とのお達しがあり、最初に応募してきたのは3人の大工。ところが、慣れぬ仕事。作業が難航し、結局、失敗してしまいます。次に応募してきたのが、なんと時計職人の御幡栄三。時計屋のオヤジがする仕事とは思えないのですが、そこは機械の専門家、みごとに引き上げました。からくり時計づくりの知恵を活かして引き上げたのですが、「事実は小説よりも…」の感があります。

昔、歴史の時間に「引き上げた船の積み荷の中から伊能忠敬の日本地図が発見されて、シーボルト事件が起こった」と習った記憶があります。事件の経過を追ってみると、この説がかなり怪しいことがわかります。引き揚げの前に、シーボルトに地図を渡した幕府天文方の高橋景保が逮捕されているからです。

最近出版されている図書の多くは、事件の発端は「コルネリウス・ハウトマン号の座礁」ではなく「間宮林蔵の嫉妬」という説を紹介しています。

高橋景保の父の高橋至時は、伊能忠敬に測量法を教えた先生です。若くして亡くなったため、さらに若い高橋景保が幕府天文方を引き継ぎました。高橋景保は

エリート家系の超エリートでした。伊能忠敬は、孫のような高橋景保を「先生」と呼び慕っていたそうです。

一方、伊能忠敬の弟子の間宮林蔵は、下級の隠密で、乞食や現地人に変装して苦勞して調べた蝦夷地の調査成果を高橋景保に横取りされたため、高橋景保のことを嫌っていたようです。

ある日、高橋景保を経由して、間宮林蔵のもとにシーボルトからの小包が届きます。間宮林蔵は開封せずに奉行所に届け出しています。中身は、更紗一反と「間宮林蔵の業績を尊敬している」「北方の植物の資料があればゆずってほしい」という手紙。手紙の内容は問題なかったのですが、これを機に、奉行所がシーボルトと高橋景保の関係を調べ始め、ついに大事件に発展します。なお、高橋景保は、獄中で死亡したものの、その死体は塩漬けにされ、1年以上も経って、関係者の取り調べが終わった後に打ち首になっています。

「間宮林蔵は、規則に従って奉行所に小包を届けただけ」という好意的な説もあるのですが、私はこの説には賛成できません。シーボルトが高橋景保に接近していることは、間宮林蔵を含めた多くの関係者が知っていたはず。高橋景保が西洋の貴重な情報を入手する見返りにシーボルトに地図を渡したことも、薄々知っていたと思います。間宮林蔵は奉行所に訴え出る機会をうかがっていたのではないのでしょうか。シーボルトから届いた小包を奉行所に届け出るとき、いろいろな話をしたと思われます。高橋景保の違法行為を見過ごせないという気持ちもあったと思いますが、それ以上に、超エリート高橋景保に対する嫉妬があったのではないのでしょうか。事件の前年に伊能忠敬の孫の伊能忠誨が亡くなり、伊能家の血筋が途絶えたことも影響していると思います。

師を慕う伊能忠敬の強い希望で、伊能忠敬の墓は上野の源空寺の高橋至時の墓の隣にあります。脇に小さな高橋景保の墓があり、その近くに、幕末に再来日したシーボルトが建てた石碑があります。その石碑にはシーボルトの謝罪と後悔の言葉が刻んであります。

JCMA 報告

平成 26 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 受賞業績（その 2）



会長賞



山岳トンネル施工の安全性向上に貢献する「ロングブーム吹付け機」の開発

清水建設(株), 古河ロックドリル(株)

概要

1. 技術の概要

山岳トンネルの掘削工事においては、切羽の過度の応力解放の抑制と崩壊リスクの低減は、施工の安全、地山の安定およびトンネルの品質の観点から重要課題である。特に、軟弱地山の掘削時において、掘削直後に応力解放された状態である切羽面に早期にコンクリート吹付けを行い、地山の過度の緩みを抑制し、切羽面を安定化することは非常に有効である。しかしながら、掘削作業直後は切羽付近に大量のずりが堆積しているために、従来は、切羽まで吹付け機を近づけることが困難であり、ずり出し後に吹付け作業を実施することが一般的であった。その結果、ずり出し中に切羽近傍の地山の緩みが進行し、安全性、安定性が低下することがあった。

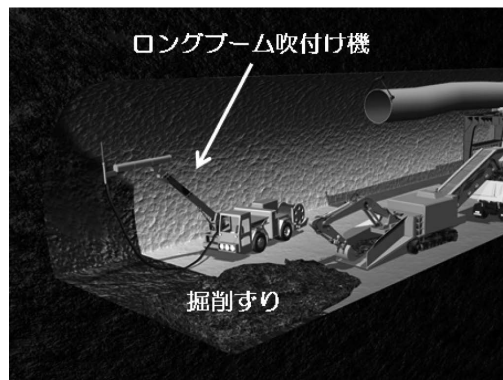
申請者らは、発想を転換し、ずり出し前に吹付け作業を行うことを目的に、従来に比べ大幅に吹付け可能範囲を拡大した「ロングブーム吹付け機」を業界で初めて開発した。

2. 技術の特徴

本技術は、従来に比べて最大 1.4 倍もの吹付け範囲をカバーする伸縮可能なブームを持つ吹付け機である（写真—1）。

この結果、1 次吹付け作業をずり出し前にずりの頭越しに行うことが可能となり、地山の緩みを大幅に抑制するとともに、従来に比べ作業員が切羽から離れて作業できるため肌落ち災害等のリスクを大幅に低減する。

またサイクルタイムの短縮も可能となる。従来は、トンネル断面の中央に吹付け機を設置し、トンネル全周の吹付けを実施していた。ロングブーム吹付け機は、片側の壁面



図—1 吹付けとずりだしの同時施工のイメージ

付近に配置してもブームを伸長して全周を吹付けできる。その結果、横並びで吹付け作業と他の切羽作業を同時に施工可能である（図—1）。

3. 効果

- (1) 地山の開放時間を 1 時間程度（ずりだし所要時間）短縮できるため、地山の過度の緩みを抑制し、切羽面を安定化できる。⇒施工の安全、地山の安定およびトンネルの品質が大幅に向上
- (2) ずり出し後に吹付けを行う場合（従来）の切羽崩壊発生時の復旧費（注入等の地盤改良等の追加補助工法）が不要。⇒施工費が大幅に低減（試算事例により当社比 14% コストダウン）
- (3) 従来より吹付け機を切羽から離して配置することができるので、落石等により作業員や機械が被災する可能性を低減することができる。⇒施工の安全性が向上

業務内容

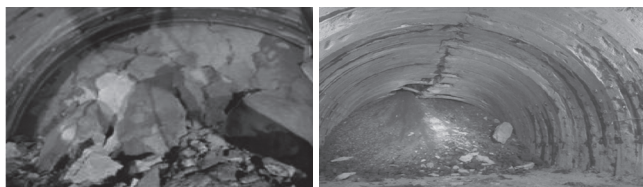
1. 背景

山岳トンネルの掘削工事においては、地山の崩壊は安全性の低下だけでなく、復旧は、工程の遅延やコストの増加の大きな原因となっている（写真—2）。

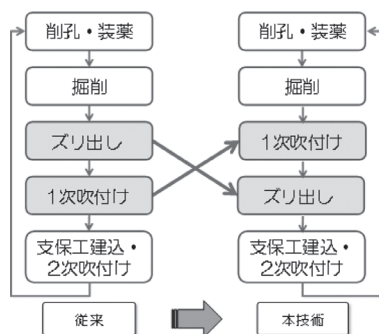
近年、鉄道や道路などの山岳トンネルのプロジェクトは増加しており、高土被りや弱層部が存在する長大の山岳トンネルの建設も計画されている。特に、軟弱地山での施工は安全面だけでなく工程面、コスト面においても課題が大きく、安全で早期にトンネルを施工できる技術は喫緊の課



写真—1 開発したロングブーム吹付け機



写真一2 切羽崩壊の例



図一2 本技術を用いた場合の施工サイクル

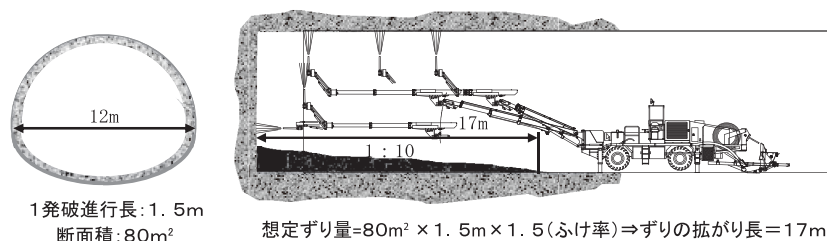
題である。

2. 技術の説明

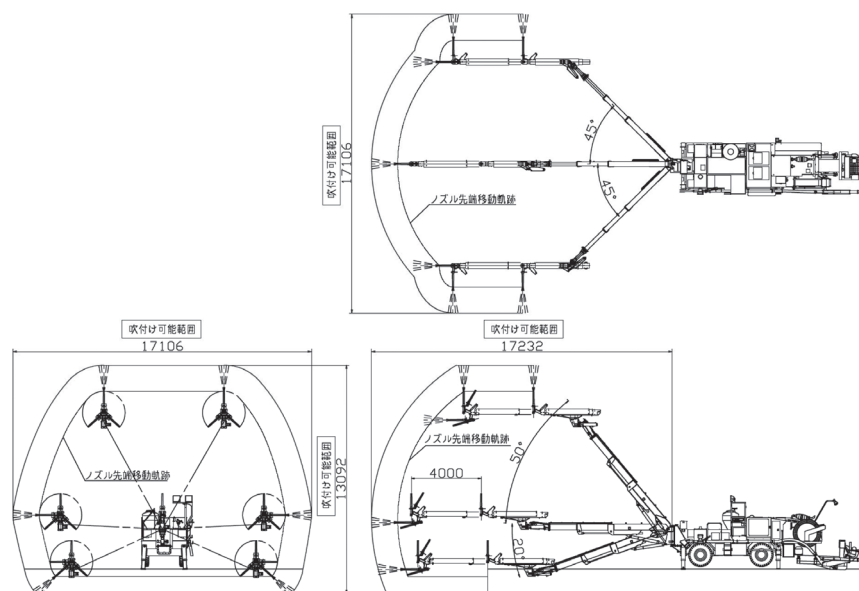
従来は、掘削後、ずり出しを終えてから吹付けを実施していた。申請者は、切羽への吹付けタイミングに関して発想を転換し、1次吹付け作業をずり出し前にずりの頭越しに行うことを可能とする「ロングブーム吹付け機」を開発・実用化した（図一2）。

本技術を用いることにより、地山の過度の緩みを抑制できる。本技術は、山梨県で施工中の宮狩トンネルに導入し、現在、稼働中である。

本技術の概要を図一4、写真一3および表一1に示す。本技術は、従来に比べて大幅に長い、伸縮可能なブームを装備している。必要なブーム長の設定に際しては、想定した掘削ずり量および勾配から、ずりは水平方向で概ね17m堆積する（図一3）とした。その結果より、本吹付



図一3 想定ずり量の設定



図一4 ロングブーム吹付け機の吹付け可能範囲



写真一3 ロングブーム吹付け機と従来機の比較

表—1 吹付け可能範囲の比較

吹付可能範囲 (m)	ロングブーム吹付機	従来の吹付機
奥行	17.2	12.5
幅	17.1	13.3
高さ	13.1	12.0

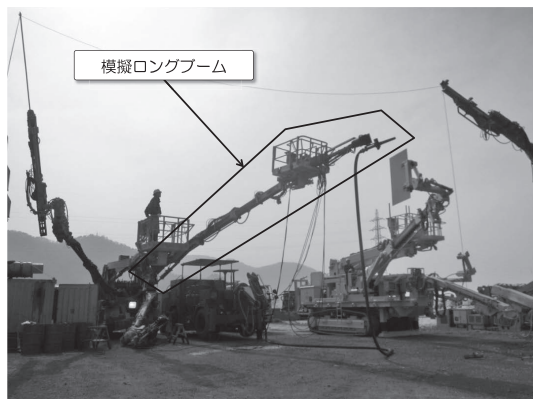
け機の奥行方向（水平）の吹付け可能範囲を最大 17.2 m とした。

開発にあたり事前に想定される課題を設定し、実スケールの要素実験や解析を行い、課題を解決した。

課題（1）吹付けノズルの振動

従来より大幅に長いブームの採用により、先端のノズル部の振動が大きくなり、オペレータの吹付け機の操作が不安定になるとともに、ブームの強度の低下の可能性が懸念された。事前検証を行うため、ロングブームを模擬した実スケールの試験機を製作し（写真—4）、吹付け実験（水使用）を行った（写真—5）。実験時のオペレータは日頃から吹付け機の操作を行っているオペレータであり、実施工のノズルワークを忠実に再現し、課題の抽出を行った。

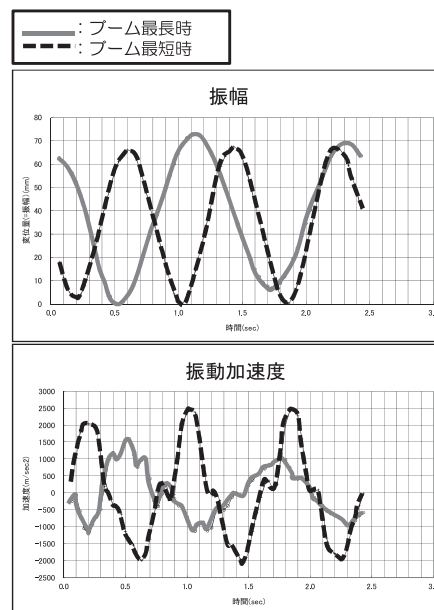
ノズルの振動計測はハイスピードカメラ（最速 10,000 フレーム／秒撮影可能）を用いて数値評価した。振幅については、ブーム最長時と最短時では、ほぼ同じ値であった。振動加速度の最大値については、ブームを最も縮めた場合が



写真—4 実スケールの試験機



写真—5 模擬ロングブームを用いた吹付け試験状況



図—5 ノズルの振動計測結果

最長時に比べて 1.6 ～ 2.5 倍になることが判明した（図—5）。

解析の結果、伸縮によって変化するブームの固有振動数と、ノズルの上下動作による振動数が重なるときに共振現象が発生し、適切なノズルのコントロールが出来なくなることが分かった。本設計では、取得データをもとに、吹付け操作の安定性の向上および強度の確保の観点から、稼働範囲全長において共振現象が起こらないように固有振動数をずらすべくブームの剛性を高めた。

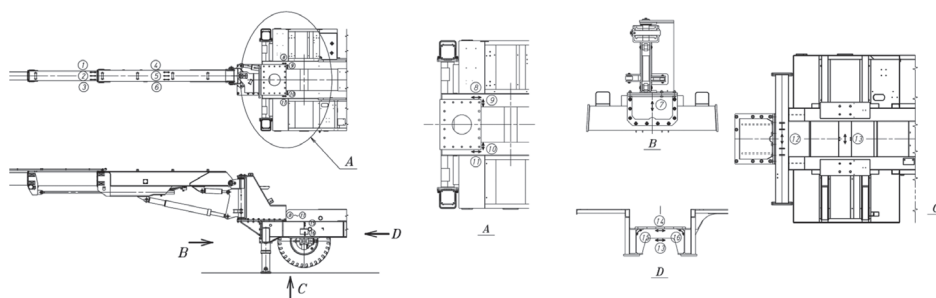
課題（2）ブームの疲労破壊

従来より大幅に長いブームにおいて長期間の使用による疲労破壊が懸念された。したがって、疲労破壊に対する耐久性を確認するために実規模の疲労試験を実施した。試験はブームとその接合部分付近のフレームの 16 箇所にひずみゲージを取付けて各点に発生する応力を測定した（写真—6、図—6）。

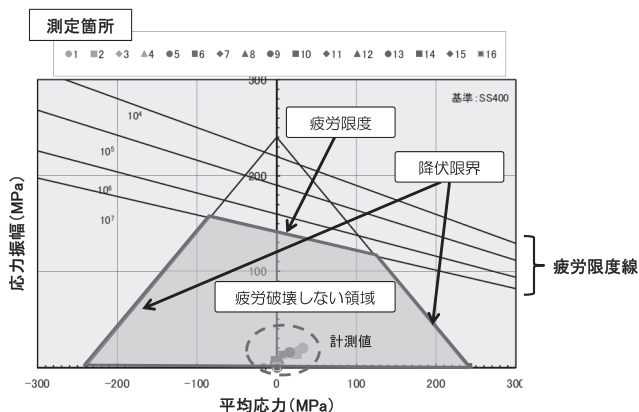
ブームを振動させることによる繰返し荷重を載荷し、測定位置各所の平均応力と応力振幅を算出し、疲労破壊に対する評価を行った。その結果、試験機から取得した計測データより、すべての測定位置において疲労破壊しない領域に十分に収まった（図—7）。これにより実施工における厳しい使用条件下でも十分な耐久性を有することが確認できた。



写真—6 ひずみゲージ取付状況



図—6 試験時の応力測定位置



図—7 ロングブームの疲労試験結果

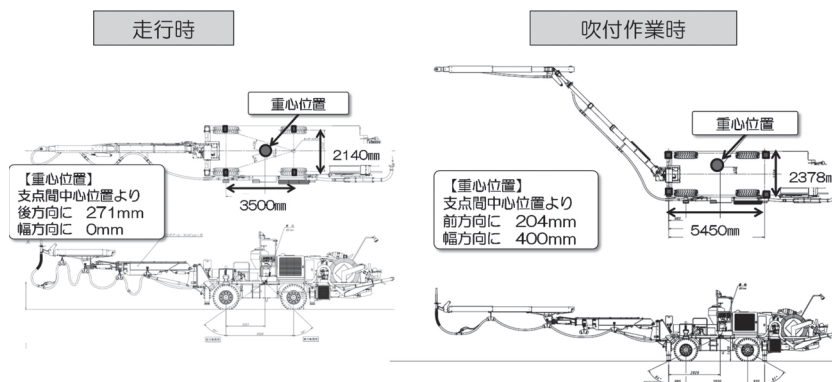
課題 (3) 機体の安定性

ロングブーム吹付け機は従来機に比べ大きくブームが前に張り出す姿勢となるため、安定性の低下が懸念された。設計において、走行時を含めた様々な作業姿勢において、

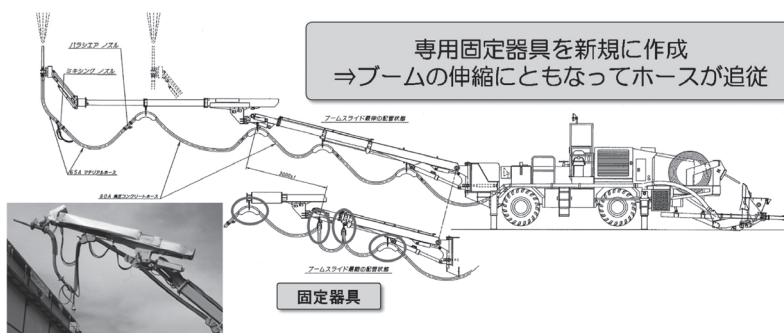
剛性を増加したブームを持つ機体の安定性を検討した。最も不安定な作業姿勢における重心位置を部材重量等から算出した結果、重心位置はアウトリガを転倒支点とした前後左右の支点間内に十分収まっており（図—8）、ロングブーム仕様においても機体が十分な安定度を有していることを確認した。

課題 (4) コンクリートホースの閉塞

従来の吹付け機は、圧送ホースを地面に這わせる方式を用いていたが、この方式ではホースの長尺化により施工中のホース捻れが発生しやすくなるため、ホース内でのコンクリートの閉塞が懸念された。対策として、地面を這わせていたホースを、新規製作した固定器具を用いてブームに固定することにより、ブームの伸縮にホースが滑らかに追従するようにした（図—9）。



図—8 ロングブーム吹付け機の重心位置



図—9 圧送ホースの閉塞対策

3. 技術的效果

中部横断自動車道の宮狩トンネル（発注者：中日本高速道路株）において「ロングブーム吹付け機」を導入した。地質は、泥岩と玄武岩質火砕岩が主体である。トンネル南坑口は第三紀の強風化～弱風化泥岩から構成され、比較的軟質であり地すべり指定地となっている。本吹付け機の実使用を通して、以下の効果が確認された。

(1) 安全性向上

①坑口部の切羽安定

採用した宮狩トンネル現場の坑口部の地質は、非常に脆弱であった。当初は、従来のサイクルタイム通りに、掘削後にずり出しを行い、吹付け・支保工設置を行っていたが、切羽の崩壊が連続して発生した（写真―7）。そこで、「ロングブーム吹付け機」を導入してサイクルタイムを変更し、掘削直後のずり出し前に、ずりの頭越しに吹付け作業を実施した（写真―8）。その結果、地山の安定が図れ、切羽の崩壊の発生を抑止することができた。



写真―7 崩壊した坑口部の切羽



写真―8 本技術による坑口部の吹付け

②トンネル部の切羽安定

トンネル線上には、複数の小断層が出現、および予測されている。弱層部の地山で切羽の崩壊が予想されたため、掘削直後に堆積ずりの後方に吹付け機を設置し、ずり出し前に吹付け作業を実施した（写真―9）。

その結果、切羽の崩壊が抑止でき、地山の安定を図れて



写真―9 坑内でのずり越しの吹付け

いる。

ブームを伸縮するだけで、軟弱地山や一般地山に容易に対応できるため、実用性が高いことが確認されているとともに、作業員からの評価は非常に高い。

③作業員の安全性向上

従来に比較して、吹付け機を切羽から離して配置することができるので、作業中の切羽に対する視角が大きい。したがって、オペレータは従来より切羽から離れて（従来8m⇒今回15m）作業でき、落石等により作業員や機械が被災する可能性が低減する。特に崩壊性の地山においては、この効果は非常に大きい。

(2) 施工性向上

①吹付け作業の施工性

ブーム伸長時においては通常の配合の吹付けコンクリートによる圧送ホースの閉塞は発生していない。また、狭隘なトンネル坑内での移動時においては、ブームを収縮できるため、従来の吹付け機と同様に運転でき施工性は確保されている。

②サイクルタイムの短縮

宮狩トンネルでは、2次吹付けと同時に、次工程である支保工に付着した吹付けコンクリートの清掃作業を実施し（写真―10）1サイクルにつき約10分のサイクルタイム短縮を定常的に実現している。

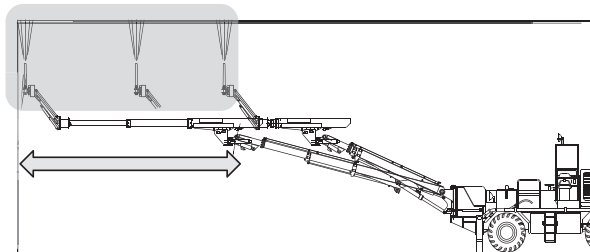
また長孔発破や、大断面トンネルなどにおいて所要吹付



写真―10 吹付けと支保工清掃の同時作業

け範囲が広がった場合、従来機では吹付け機の配置移動が必要となるが、ロングブーム吹付け機では移動せず広範囲の吹付けが可能となり（図—10）、サイクルタイム短縮を図ることが出来る。

長尺発破時の所要吹付け範囲



スライド長さ 最大4m（従来2m）
⇒スライド動作のみで奥行方向へのノズル操作が可能

図—10 長尺発破時の吹付け動作例

4. 施工実績：1件

工事名：中部横断自動車道 宮狩トンネル工事

（中部横断自動車道の1区間）

発注者：中日本高速道路㈱東京支社

工期：自）平成24年3月7日 至）平成28年4月14日

- a) トンネル延長 2,893 m
- b) 掘削断面積 標準部 80 m²（非常駐車帯部 100 m²）
- c) 掘削方式 機械掘削・爆破掘削

地質は、泥岩と玄武岩質火砕岩が主体。トンネル南坑口は第三紀の強風化～弱風化泥岩から構成され、比較的軟質であり地すべり指定地となっている。

5. 波及効果

吹付け可能範囲の拡大により、トンネル内の吹付けだけでなく、明かり工事における吹付け作業にも適用が可能であり、波及効果は大きい。事例として、発進基地ヤード仮設法面吹付け作業において、従来の吹付け機では届かなかった高所（写真—11）や、障害物の裏などの狭所（写



写真—11 ロングブーム機による高所吹付け事例



写真—12 掘削土砂越しの狭所吹付け事例

真—12) に対して、ロングブーム吹付け機が適用され、従来の人力での吹付け作業が軽減された。

この結果、高所作業時の墜落や飛来落下、狭所での挟まれ等の重大災害リスクの低減に貢献することが期待できる。

藤吉 卓也

清水建設㈱ 土木技術本部 機械技術部

長谷部 健司

古河ロックドリル㈱ 営業本部特機部

お断り

このJCMA 報告は、会長賞を受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。



貢献賞



3D モデルを用いた非開削拡幅セグメントの設計施工システムの開発

(株)安藤・間, 首都高速道路(株), (株)横河技術情報, カヤバシステムマシナリー(株)

概要

本システムは、並走する2本のシールドトンネルをアーチ型の鋼製セグメントで接合する工事において、既存施工トンネルの出来形に基いて3Dモデルを作成し、アーチ部のセグメントの基本形状からアーチ部の弧長とピースのローリング角の調整を自動的にフィット処理して、製作するアーチセグメントの形状を決定するシステムと、拡幅部上半の狭隘な空間でアーチセグメントを組立てるための装置の開発である。

業務内容

1. 背景

開発の経緯

本システムは首都高速道路(株)発注「中央環状品川線大橋連絡路工事」の大橋ジャンクションにおいて、中央環状品川線の本線トンネルと分合流部ランプトンネル（連絡路）の2本のトンネルを連絡するために考え出された工法である。

本線分合流部は、施工に伴う交通渋滞や沿道環境への影響を少なくするために、非開削工法により品川線本線シールドトンネルと大橋連絡路シールドトンネルを地中で掘って鋼製のアーチ型セグメントで接合する覆工構造が採用された（図-1、2）

2本のシールドトンネルは拡幅連絡工事に先立って別々に施工されるため、セグメント距離、ローリング、ピッチングなど3次元の施工誤差が生じ現地の出来形に合わせたアーチセグメントの設計が必要となった。

アーチセグメントの1ピースの最大重量は約3.8tと重く、狭隘な空間でセグメントを組立てる必要があり専用の組立装置が必要となった（図-2）。

2. 詳細説明

本システムの開発は「3Dモデルを用いたアーチセグメ



図-1 大橋連絡路トンネル分合流部概念図

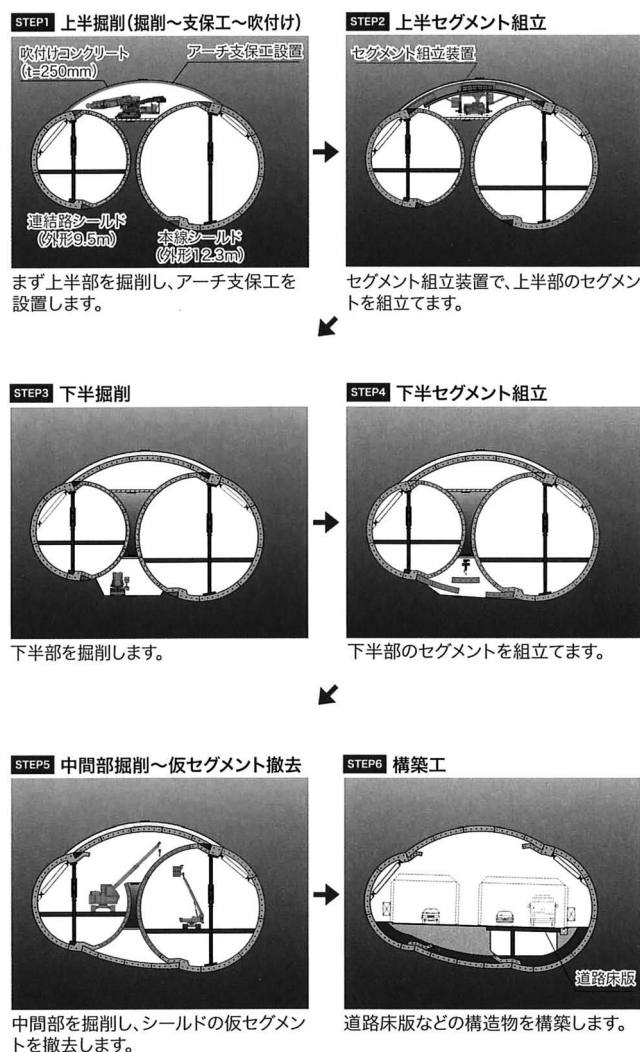


図-2 非開削切掘工法の施工フロー

ントの設計システムの開発（図-3～5）」と「アーチセグメント組立装置の開発」からなる。

(1) 3Dモデルを用いたアーチセグメントの設計システムの開発

手順として、既設の2本のトンネル（中央環状品川線本線と連絡路）の坑内からの出来形測量①（図-6）を行う。そのデータを基に3Dモデルを作成する（図-7）。後に行う移動やフィット処理、距離の算定に使用する情報を節点に入力する。本線シールドを基準としてアーチ形状（弧長、面向き）を仮決定する。

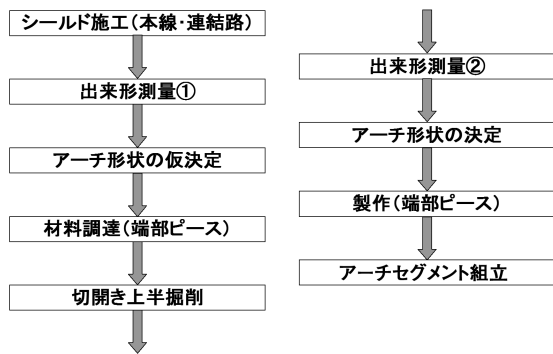


図-3 アーチセグメント設計システムフロー

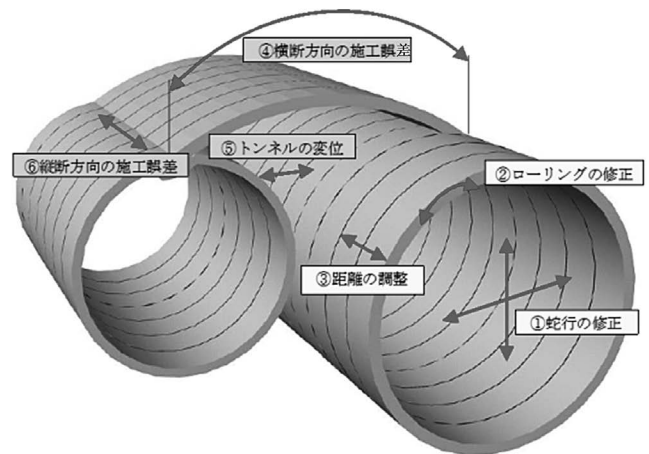


図-5 セグメント測定概念図

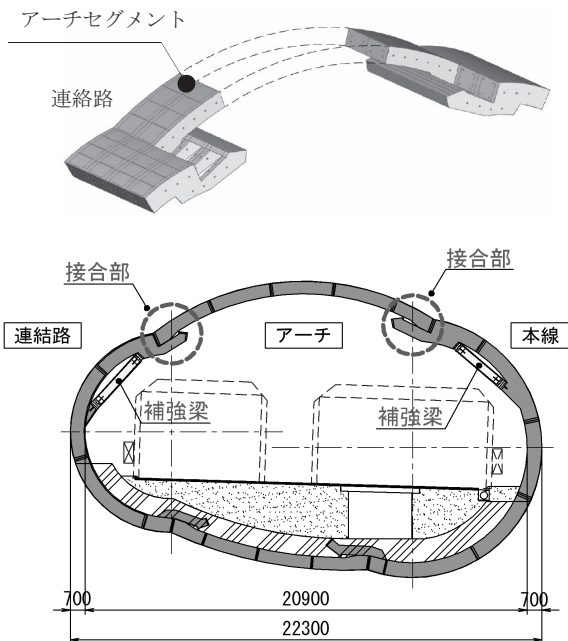


図-4 覆工構造図

1. 切り開き前

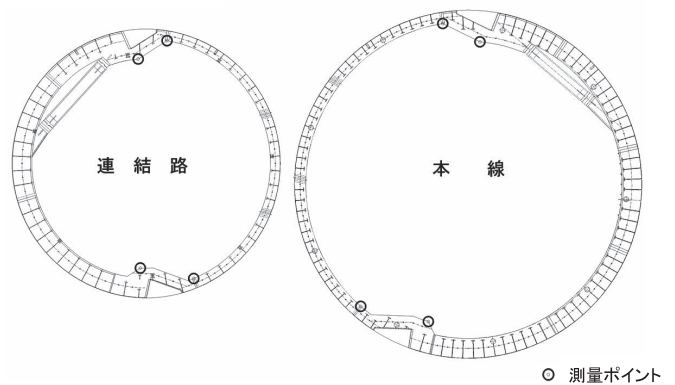


図-6 既設トンネル出来形測量①測点

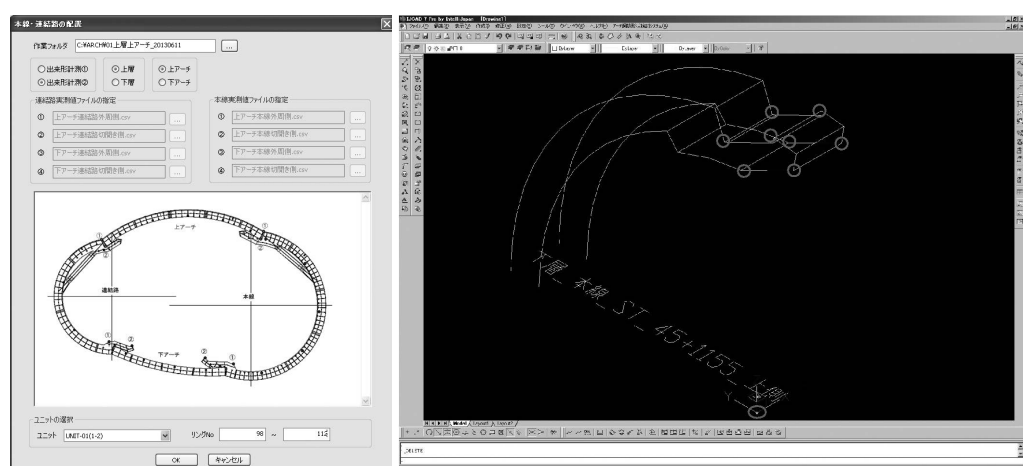


図-7 測量データによる 3D モデル作成画面

上半のアーチセグメントの端部ピース以外の中間ピース (図-8) は、仮アーチ形状で製作を開始 (上半掘削中に)、端部ピースの材料も手配する。

切り開き上半掘削後、2本の既設トンネル外側の接続部

の出来形測量②を行う (図-9)。そのデータを元にシミュレーション、フィット処理 (図-10) を自動的に行いアーチ形状の決定と端部ピースの形状を設計し原寸用図面を出力する (図-11, 12)。

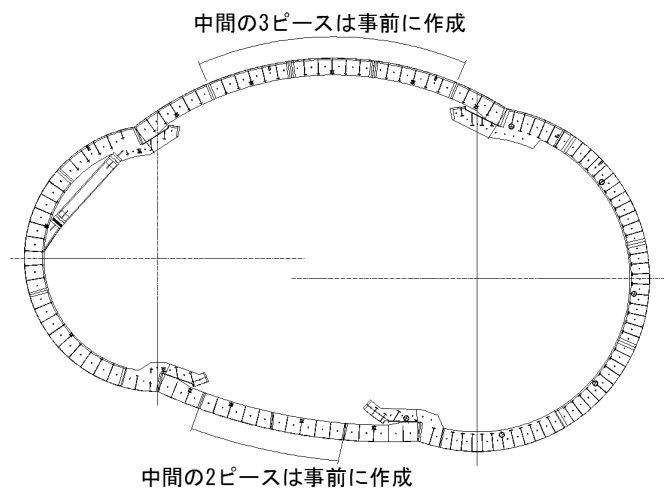


図-8 アーチセグメントの分割ピース

2. 切開き後

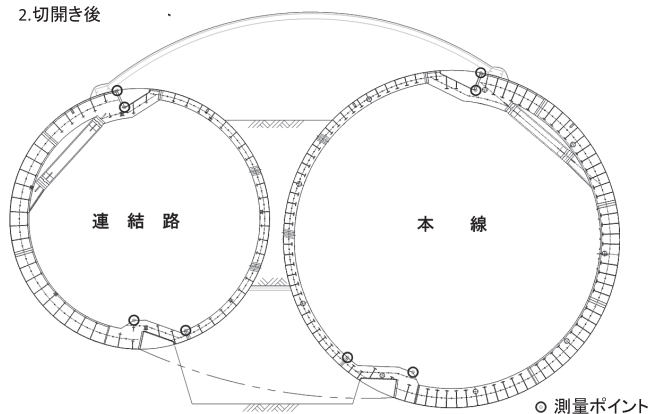


図-9 既設トンネル出来形測量②測点

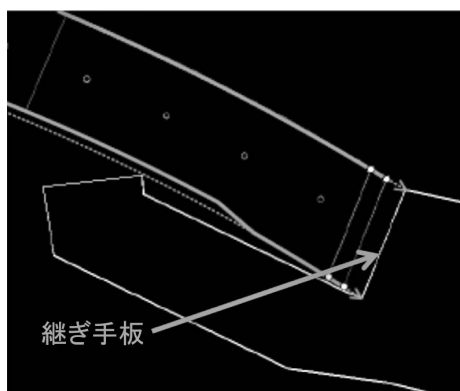


図-10 フィット処理

*フィット処理とはアーチセグメントの位置を本線または連結路の継手板の面向き合わせと、隣接するセグメントに接触しないか確認し、最適な位置に収まる様に形状を決定する機能（図-10）。

(2) アーチセグメント組立装置の開発

セグメント組立装置は、トンネル上半部の狭隘な空間でトンネル切掘り部の形状に合わせたアーチセグメントを組立てる装置である（写真-1）。

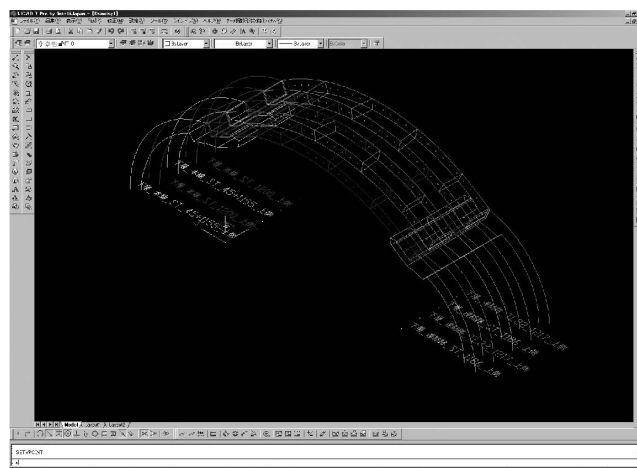


図-11 アーチセグメント配置画面

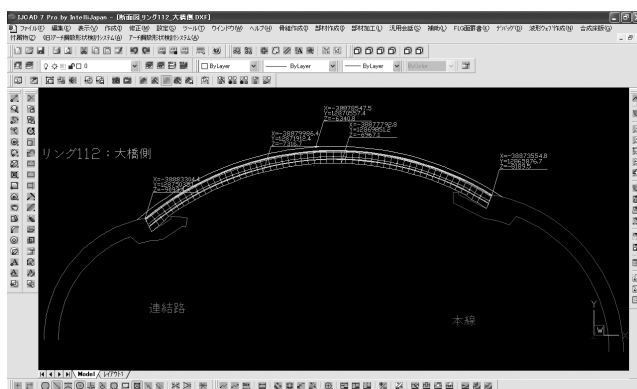


図-12 フィット処理後の原寸用データ出力画面

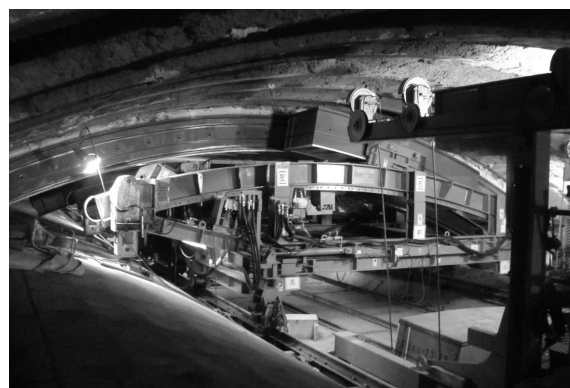


写真-1 アーチセグメント組立装置

アーチセグメント組立装置はトラバサ、吊上げ架台、エレクター装置、セグメント保持架台から構成される（図-13）。

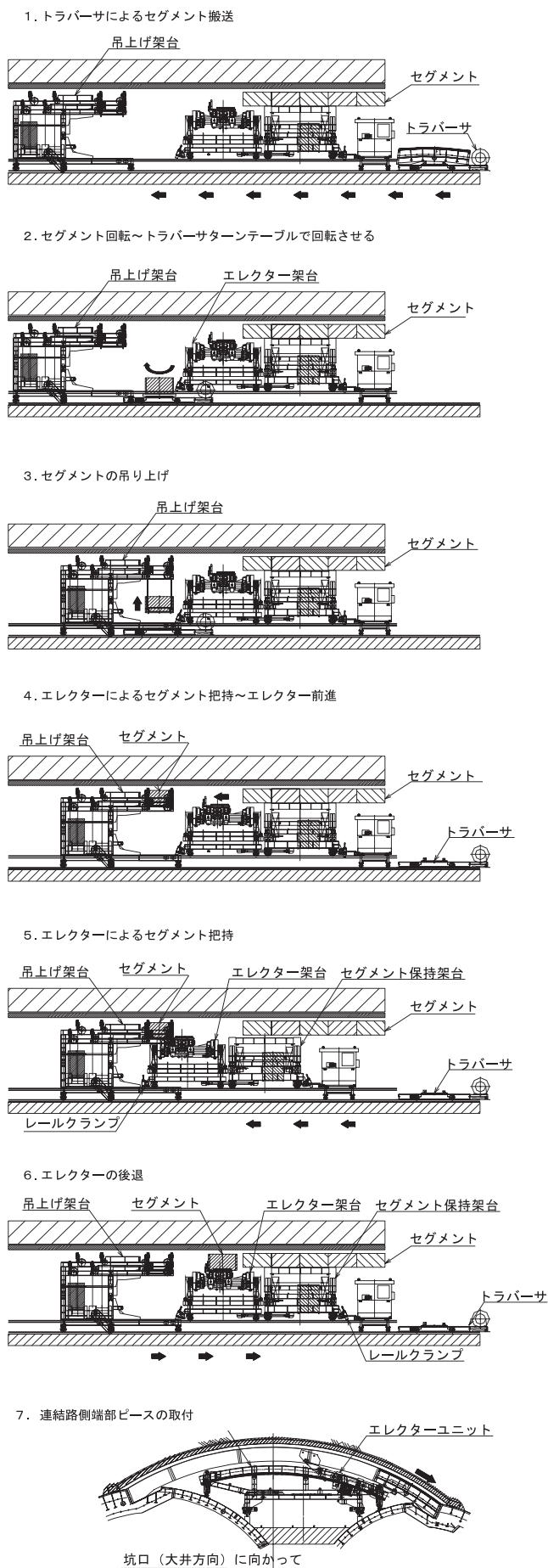
①トラバサ

アーチセグメントを載せて吊り上げ架台まで運搬し回転させるターnteーブルを搭載した台車（写真-2）。

②吊上げ架台

トラバサで運搬されたセグメントを吊り上げエレクターの把持装置に渡す装置（図-14）。

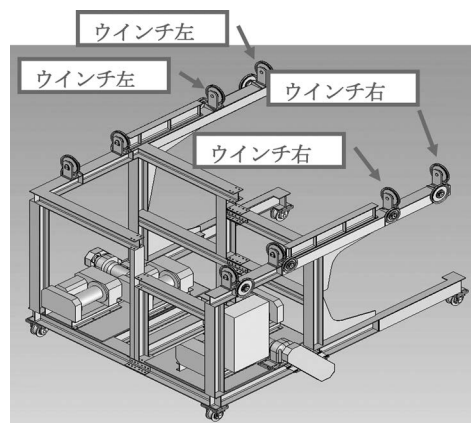
安全装置として、過巻き防止装置と吊荷状態での走行禁止装置を取り付けてある。



図—13 組立フロー図



写真—2 トラバーサ



図—14 吊上げ架台

③エレクター装置

トンネル形状に合わせて製作したガイドレールを有し、ガイドレール上を把持装置が移動し、所定の位置にセグメントを押し当てセグメントを組立てる装置（図—15）安全装置として、

- ・作動油が設定流量を超えた場合自動的に回路を遮断する緊急遮断弁を設置している。
- ・はさまれ防止として、旋回モーターと回転灯と警報を連動させている。
- ・ボルト固定を行う際、切掘り坑内と既設シールドトンネルに分かれて作業を行うため、無線の通信装置（スピーカーとマイク）を設置してある。

④形状保持装置

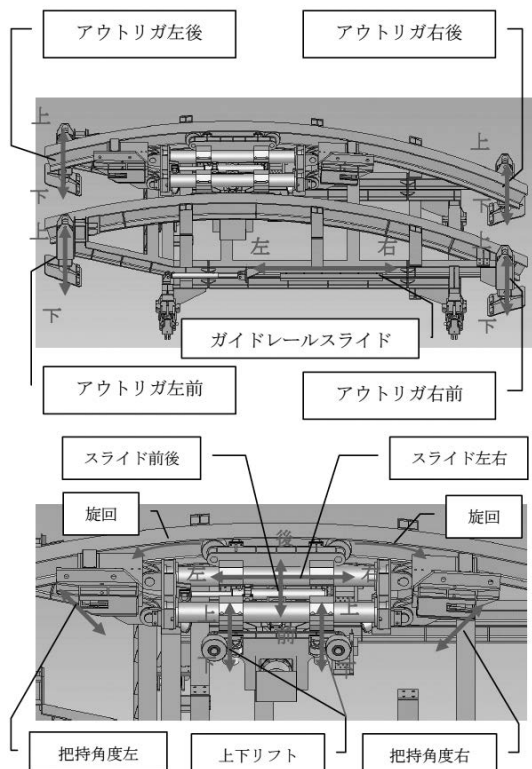
組立て後のアーチセグメントを油圧シリンダーで押し上げ、アーチセグメントの形状を維持し次のセグメントの組立精度を向上させる装置（写真—3）。

3. 効果

(1) 技術的效果

本システムにより設計されたアーチセグメントはすべて設置された（写真—4）。

1 リング毎の測量と概ね 10 リング毎に幅を縮小した調整リングを設けて計画的に隙間を作り、施工誤差を吸収し、



図ー15 エレクター作動図



写真ー3 形状保持装置

調整リング毎に組み立て位置を測量し、3Dのシミュレーション結果と対比、その後の組立に反映したことにより許容範囲内で施工を行うことが出来た。



写真ー4 上部アーチセグメント設置完了

(2) 経済的効果

本システムにより、シールドトンネル内の計測結果から上半拡幅部の掘削前にアーチセグメントの中央ピースの製作を開始することにより、拡幅部掘削後アーチ形状が決定してから端部2ピースのみを製作するため、掘削後の製作期間が短縮できた。

接続部の測量後データ整理含め48日で出荷可能となった。

セグメントの組立は平均3.2リング／方の施工であった。

4. 施工実績

アーチセグメントの設計システム：1件

「中央環状品川線大橋連結路工事」

セグメント組立装置：2台

「中央環状品川線大橋連結路工事」上層部，下層部

佐々木 順一

(株)安藤・間 関東土木支店 大橋出張所

鈴木 和夫

首都高速道路(株) 東京建設局 大橋工事事務所

中川 真介

(株)横河技術情報

システム部 第2グループ

鈴木 康雅

カヤバシステムマシナリー(株)

営業第3部 建機製品担当

お断り

このJCMA報告は、会長賞を受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。

部 会 報 告

コンクリート機械の変遷 (6)

機械部会 コンクリート機械技術委員会

第5部 コンクリート吹付機の変遷-2

1. 吹付け機械の一体化

実際の吹付けコンクリートの作業は吹付機に投入した材料を材料ホースでノズルまで送り、吹付けロボットでノズルを保持し、吹付ける。この過程で、材料圧送中に急結剤供給装置より急結剤を投入する。そしてこれらを稼働させるために、電気と圧縮空気と水（乾式の場合）を必要とする。吹付け時には現場にこれらをすべて揃える必要がある。施工法がNATMになった当初からしばらくの間は、吹付機、急結剤供給装置をトラックまたはレール台車等の運搬車に搭載して機動力を確保し、吹付けロボットは別の足回り（クローラ、ホイールまたはレール方式）で別々に移動し、現地においてマテリアルホースで両台車を接続して吹付けコンクリートを施工していた。しかし、吹付けコンクリート作業はサイクル毎に必要な作業になり、毎回吹付けコンクリートに必要な資機材を狭いトンネル内を切羽までバラバラに搬入、撤去を行うことは余りにも効率が悪かった。そのため、これらの機械を一体化して、1台の台車に搭載するようになった。

1.1 吹付機+急結剤供給装置+吹付けロボットの一体化

最初に行われたのは、吹付機、急結剤供給装置、吹付けロボットを1台の台車に搭載して、供給材（電気、水、圧縮空気）は、現地で接続する一体型である。この効果は効率性の向上はもとより、狭いトンネル内で



写真-1 ツインブーム式吹付機



写真-2 ツインブーム式吹付状況

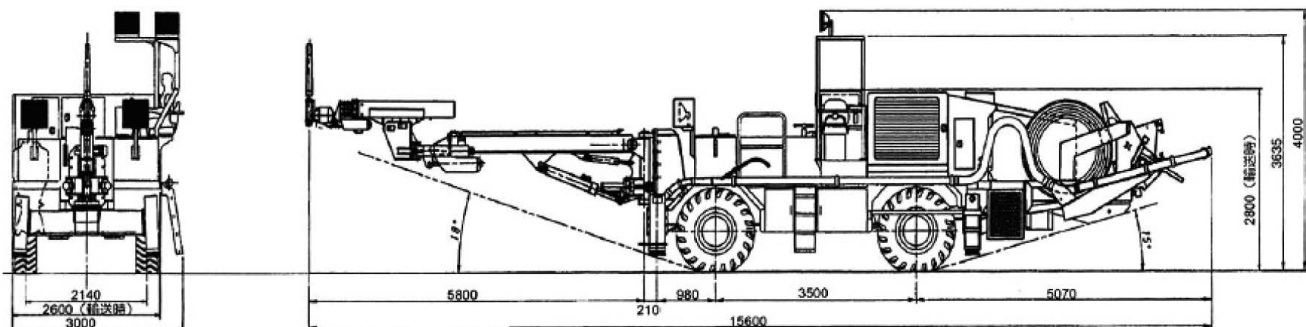


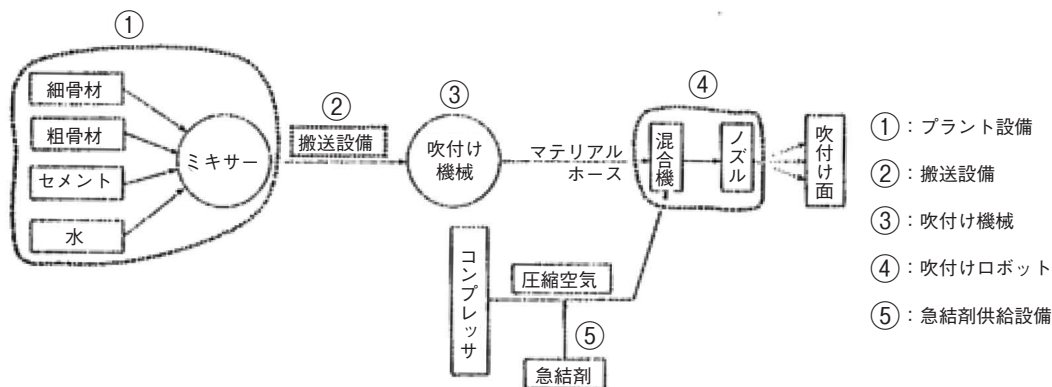
図-1 コンパクト化された専用台車例

の機械の入れ替えの煩雑さの解消には大きな効果があり、しかも材料圧送ホースの長さが半減（30 m）し、圧送効率も確実に向上しホースの消耗も半減した。これら機械を運搬する台車は、当初は既存の機械（ラフタークレーン、ホイールローダ等）の足回りの流用であったが、最終的には専用の自走式台車が開発され、コンパクト化が進んだ（図—1）。施工性向上のため、1台車に吹付機材を2セット搭載したタイプも出現し、その中で吹付機2台を前後のホイールの間（台車中間）にセットして、さらにノズルまでのホース延長を最短（15 m）にして材料の圧送効率をさらに向上させ、ホース消耗もさらに半減させた究極の大容量吹付けコンクリートシステム台車が開発され（写真—1, 2）、NATM工法で月進281 mの新記録（1980年代）の樹立に貢献した。

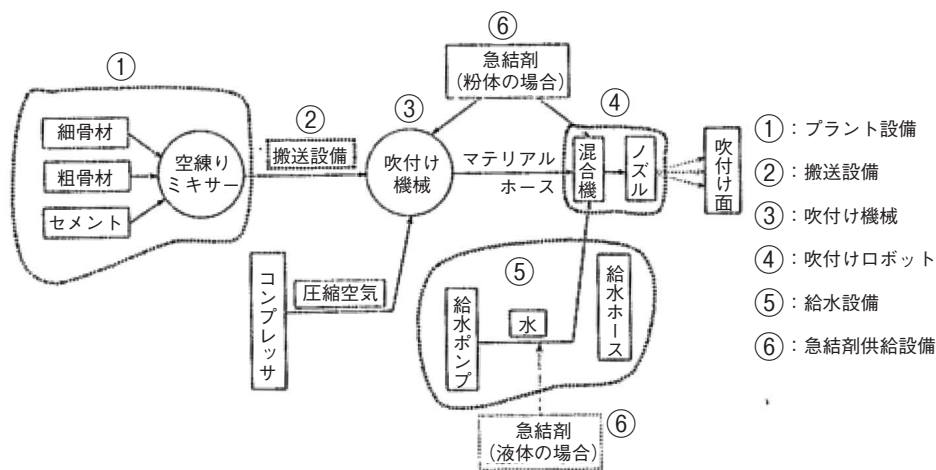
1.2 吹付機+急結剤供給装置+吹付けロボット+コンプレッサの一体化

元来トンネル施工、とくに切羽での掘削を中心とし

た作業の機械動力は、削岩機をはじめ、積み込み機等は原則として圧縮空気が多かった。このため、トンネル施工には、エアー管、給水管、電線が切羽近くまで敷かれ、切羽の進行に伴って延長されていた。ところが、油圧機器の発展に伴い、能力、効率の面からトンネル施工機械も油圧化が進んだ。とくに施工法がNATMに代わってからは、トンネル内の施工空間が広くなり、明かりの大型重機が坑内に投入されるようになったことと、削岩機も油圧化され、圧縮空気の供給は、吹付けコンクリート施工用のみとなった。このためのみの目的で切羽までエアー管を敷設することは不合理と考えられ、しかもコンパクトで高出力のコンプレッサの出現と相まって、吹付け台車にコンプレッサが追加された。この結果、吹付けコンクリート作業は、材料運搬車（トラックミキサ）を除いてこの1台で段取り撤去まで行えるようになり、急速に広まっていった。ただし、コンプレッサにとっては粉じんの多い環境での稼働となるため、集塵機や大型のエアーフィルタなどで対応している。



湿式吹付けの系統図

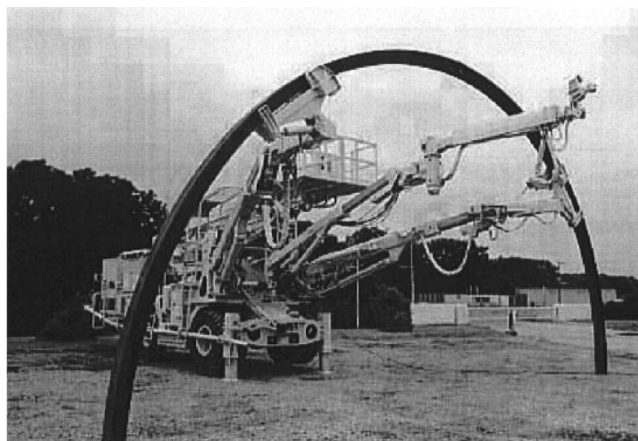


乾式吹付けの系統図

図—2 湿式と乾式の吹付け系統図

1.3 吹付機+急結剤供給装置+吹付けロボット+コンプレッサ+支保工エレクタ+マンバスケットの一体化

我が国のトンネルでは、施工法がNATMに代わっても、鋼製支保工が吹付けコンクリートとロックボルトとともに使われるケースが多い。トンネル断面が大きくなればなおさらこの傾向は強い。鋼製支保工（H型鋼）は、トンネル断面が大きくなれば、長さも断面も大きくなり、重量が増大する。従来は、削岩機のブームに専用の金具をつけて、建て込んでいたが、作業性や安全性の理由から専用の支保工エレクタと作業用マンバスケットがついた支保工建て込み台車（エレクタ台車）が登場し、切羽への支保工の運搬と建て込みを行うようになった。しかし、施工順序では、建て込み後、吹付けコンクリートを施工するため、エレクタ台車を撤去後に吹付機台車を進入させなければならず、地山が悪く、支保工建て込み前に一次吹付けコンクリートを施工する場合、吹付機台車は2度入れ替えを行う手間が発生した。このため、この最も無駄となっている部分を省けるよう、施工の作業分析を行い機械の組み合わせ集約を目的とし1.2の吹付機台車にエレクタとマンバスケットのブーム（いずれも一対ずつ）を加え、ロックボルト以外の支保作業を一台の機械で行えるようにした。この結果究極の支保工システム台車



写真—3 エレクター体型吹付機



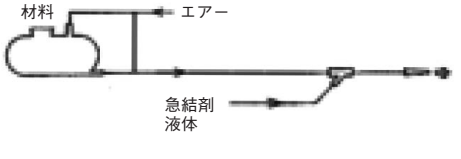
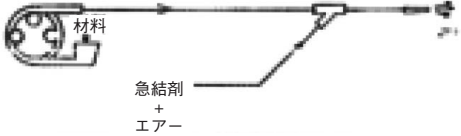
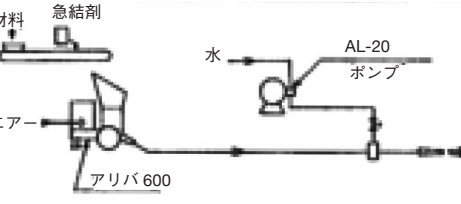
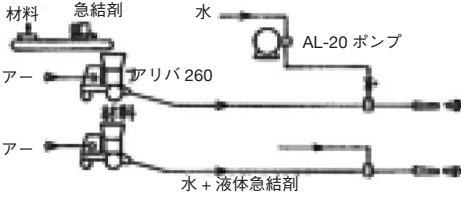
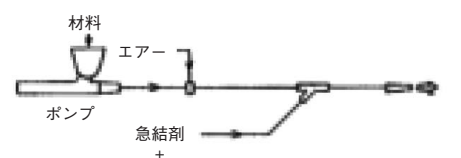
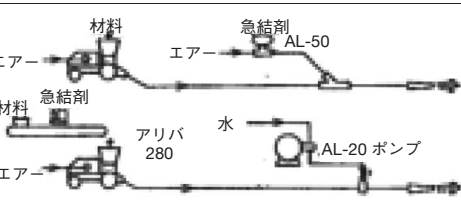
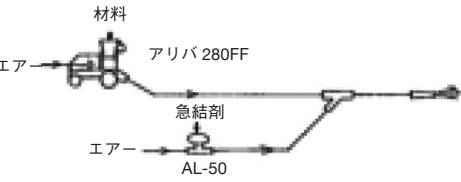
写真—4 エレクター体型吹付機

が完成することとなった（写真—3）。さらに、エレクタブームにけれん装置を組み込んで、吹付けコンクリート後、台車を撤去する前に支保工に付着した吹付け材をハツリ落す機能が備わった、より合理性の高い機種も開発された（写真—4）。

《参考文献》

- 1) トンネル工事用機械便覧 昭和59年3月 (社)日本トンネル技術協会
- 2) トンネル工事用機械・器材の変遷史 昭和62年9月 (社)日本トンネル技術協会
- 3) NATMの理論と実際 高山 昭 土木工学社
- 4) 日特建設株式会社 社史
- 5) NATMと吹付けコンクリート 岡田 喬 土木技術40巻2号
- 6) NATMの新技术 吹付けコンクリートと急結剤
- 7) トンネルの吹付けコンクリート 平成8年2月 (社)日本トンネル技術協会
- 8) 吹付けコンクリート・ロックボルト 平成17年3月 (社)日本トンネル技術協会

表－１ コンクリート吹付け機の経緯一覧表

	年代 (昭和)	吹付方式	吹付機械				吹 付 シ ス テ ム
			名称	形式	機構	搬送方式	
1	35 年	湿式	スピロクリート	TMS-1000	チャンバー	エアー	
			コンパルナス	TR-70	チャンバー	エアー	
			リードガン	LOHE	ローター	エアー	
2	35 年	湿式	ショットクリート (チャレンジクック)	PQ08-50M	スクイズ	ポンプ	
3	45 年	乾式	アリバ	600	ローター	エアー	
			トルクレット	S3	チャンバー	エアー	
			メイコ	GM76	ローター	エアー	
			リードガン	LOHE	ローター	ポンプ+エアー	
4	48 年	セミ湿式	アリバ	260	ローター	エアー	
			メイコ	GM30	ローター	エアー	
5	57 年	湿式	アリバ	270	ポンプ	ポンプ + エアー	
6	58 年	湿式	プッツマイスター チャックマン サイドワインダ	M 2005 H	ポンプ	ポンプ	
					ポンプ	ポンプ+エアー	
					ポンプ	ポンプ	
7	59 年	湿式 乾式	アリバ	280	ローター	エアー	
8	61 年	湿式	アリバ	280 F F	ローター	エアー	

表—2 吹付け機の変遷 年表

年代		吹付け機の変遷
西暦	年号	項目・記事（技術的表特徴・他）
1907	明 40	・アメリカで博物学者 C. E. Akeley が吹付け機の基本型を考案した (セメントと砂の混合物を圧縮空気を利用して吹付ける装置)
1910	明 43	・B. C. Collie が「セメントガン」と名付け開発
1914	大 03	・ピッツバーグ鉱山ではじめて試験採用される ・ヨーロッパでは、トルクレット社により販売開始、鉱山への導入が進められた ・我国では、房総線の鷹ノ巣トンネルの法面吹き付けに採用された。⇒その後、上越線の清水トンネルの実績もあるが、ほとんどが明かりの法面吹き付け工事であった
1915	大 04	・トルクレット社がモルタル吹付け機を開発（ダブル圧力釜の連続バッチ式）
1930	昭 05	・ローター式吹付け機の開発（現在の吹付け機の原型：操作の難しい圧力釜式に代わるものとして）
1942	昭 17	・スイスのアリバ社の技術者 Senn によって乾式のロータ型コンクリート吹付け機が開発された (従来品より高性能)
1944	昭 19	<トンネル用吹付けコンクリート機械> ・NATM 工法が提案された（オーストリアのラブセヴィッツ博士により）。トンネル支保が鋼製支保と矢板に代わり、吹付けコンクリートとロックボルト（NATM）になってから本格的採用
1945	昭 20	・トルクレット社も自社のモルタル吹付け機を乾式のチャンバー型吹付け機に改良することに成功
1947	昭 22	・BSM 社（BEtE Spritz Maschinen）も独自の乾式チャンバー型吹付け機を開発した
1948～ 55	昭 23～ 28	・オーストリア Kuprun 水力発電所 / Moll トンネルで試験工事から
1951～ 55	昭 26～ 30	・スイス Maggia 発電所での試験等を経て
1956	昭 31	・NATM 工法としてオーストリアで特許があたえられた
1960 前後	昭 35 前後	* 神岡線第4 中山トンネルでロックボルトが使用された ・湿式エア圧送式でチャンバースクリュー併用吹付け機が開発された（コンパルナス、スピロクリート等） ・湿式ポンプ式をチャレンジ社が製品開発した
1962～ 63	昭 37～ 38	・我が国へ NATM 工法の紹介（施工法としての定着は 10 年以上後になる） 日本では明かり（法面）用とトンネル用に二分され、夫々専用タイプとして開発が進んだ。
1963	昭 38	<トンネル用吹付けコンクリート機械> <明かり（法面）用吹付けコンクリート機械> ・アメリカのエアブラコ社製ニュークリター、スーパークリターが導入された

年代		吹付け機の変遷	
西暦	年号	項目・記事（技術的特徴・他）	
1964	昭 39	＜トンネル用吹付けコンクリート機械＞ ・電源開発七色発電所の資材搬入トンネルで試験施工された（トルクレット社により） ・青函トンネルでトルクレット S 3 - II を採用	＜明かり（法面）用吹付けコンクリート機械＞ ・スイスのアリバ社製のアリバ B S -12 とアリバ 300 が導入された
	昭 40 年代		・明り専用機の吹付け機 NG-1 型湿式吹付けの出現（現在の代表的な吹付け機の S-4 型の原型） ・従来の乾式工法では細骨材の管理が困難で、現地調達の細骨材の湿潤状態のトラブルが多い為生コン状態で送れる湿式工法に代わっていった
1966	昭 41	・北海道紅葉山線・新登川トンネルの蛇紋岩による 膨圧対策試験工事に採用され、吹付けコンクリート工法として普及し始めた。生コン状態で送れる湿式工法への傾向強まる	
1970 年代		*トンネルの支保工（覆工）に湿式吹付けコンクリートが試用された *コンクリート吹付け操作のマニピュレータ化の試験・試用	
1970	昭 45	・セミ湿式吹付け機 アリバ 600 型が導入された（吹付量⇒$5 \text{ m}^3/\text{hr}$）	
1972	昭 47	・その後、青函工事が本格的になると、トルクレット、コンパルナス、アリバ 300 型が吹き付けコンクリートを標準支保材として、公団直轄の先進導坑で採用され、最終的にはアリバ 260 型（300 型の改良型）が先進導坑だけでなく作業坑、本坑でも盛んに使われた（吹付量⇒$6 \sim 10 \text{ m}^3/\text{hr}$） ・ロータリー式アリバ 260 型は乾式の全盛時代を築き 現在でも使用されている	
1980 年代		*コンクリート吹付けの機械化とマニピュレータ（ロボット化）の発達・普及	
		・一体型吹付け機（1 次）の開発が進む メーカー：富士物産、技術資源、K B C 、古河、三井三池、スギウエエンジニアリング、極東開発他（吹付け機、ロボット、急結剤供給装置 一体型） ・シンテックがポンプ式の吹付け機を開発・導入し、各社へ提供、今日に至る	
1982	昭 57	・湿式専用機のアリバ 270 型が導入された（アリバ社として初の湿式吹付け機）	
1983	昭 58	・ブツマイスターがポンプ式の吹付け機を開発・導入し、各社へ提供、今日に至る	
1984	昭 59	・ローター式アリバ 280 型が開発された（湿式、乾式両用型）	
1986	昭 61	・NATM 工法が我が国で標準工法となった	
1990 年代	平 02	一体型吹付け機（2 次）の開発が進む、レンタル会社も参入 メーカー：富士物産、技術資源、K B C、古河、三作、三興レンタル、トンネルのレンタル等（吹付け機、ロボット、急結剤供給装置等にコンプレッサを搭載）、丸矢工業、他、（小断面用も開発）	

年代		吹付け機の変遷
西暦	年号	項目・記事（技術的特徴・他）
1996	平 08	・ローター式アリバ 285 型が導入された ・ローター式アリバ 286 型が導入された
1999	平 11	・エレクター一体型（台車搭載）の吹付機開発（ロボット、エレクター付、コンプレッサ無し、吹付機は別置き）K B C ，トンネルのレンタル等
2006	平 18	・多機能・エレクター一体型（台車搭載）の吹付機開発トンネルのレンタル、サンコウレンタル等（走行式の台車に吹付機や支保工の建込み装置を搭載し入替無しの作業で生産性UP）
2009	平 21	・富士物産等がエレクター一体型吹付機を複数台納入（ロボット、エレクター、コンプレッサ、バスケット、ケレン装置付き） ・各社鎬を削りながら現在に至っている

新工法紹介 機関誌編集委員会

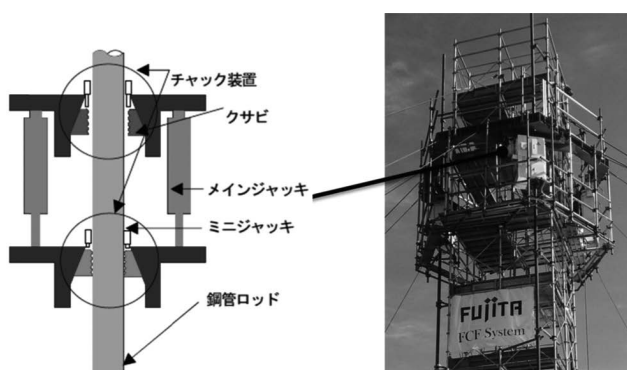
03-174	昇降ロボットジャッキを用いた アルミ屋根の組立架設工法	フジタ
--------	--------------------------------	-----

▶ 概 要

フジタは、ドーム屋根の中心リングから外周部に向けて地組みする組立工程と吊り上げ架設工程を連動させることで、作業の効率化と安全性の向上が図れることに着目し、新しい構築システム「昇降ロボットジャッキシステム（以降 FCF システム）」を組み込んだセンタータワー方式によるアルミドーム屋根組立架設工法を開発し、高之峯ファームpond工事（九州農政局発注、鹿児島県曾於市）に適用し、有効性を確認した。

従来の組立工程では、タンク内外の組立ヤードで移動式足場や高所作業車等を用いてドーム屋根を外周部から中心に向かって順次組み上げていく方法がとられてきた。また吊り上げ架設工程では、屋根の規模や作業環境条件に応じて、タンク外に配置したクレーンによる一括架設（小規模）やタンクの側壁上部に配置した複数の巻上げウインチによるリフトアップ架設が行われてきた。

従来の FCF システムは、橋梁下部工など搭状構造物の施工に使用されるが、今回は塔状コンクリート構造物の代わりとして足場材を利用したセンタータワーを設置し、吊り具兼架台となるメインフレームが、コンピュータ制御により複数の昇降油圧ジャッキを用いて水平に保ちながら昇降を行うものとした（図－1）。



図－1 FCF システム構成と全景

▶ 特 徴

本工法の施工概要は、

- ①タンク中央にセンタータワーを組立て、ドーム屋根を吊り上げる FCF システムを組み込む（写真－1）。
- ②ドーム屋根の組み立ては、従来の手順とは逆に、ドーム屋根の中心部のリングから外側に向かって順次組み立てる。吊り

上げによって組立工程の作業高さを調整することで、従来の高所作業が、床上の地組み作業で対応することができる。

- ③組立工程が完了後、引き続きタンクの側壁上部まで吊り上げて所定位置に設置する。



写真－1 アルミ屋根吊り上げ状況

本工法の効果は、

- ①大半の作業が底版上での地組み作業となるため、資材の運搬や人の移動が効率的となり施工性が向上し、墜落・転落災害の危険性のある高所作業を大幅に削減でき安全性が向上する。
- ②組立工程と作業高さを調整する吊り上げ工程を繰り返しながら順次構築するために、組立て時に発生する局所的なひずみが吊り上げ時に開放されることで、ボルト締結作業が容易となり締結の品質がより向上する。
- ③ドーム屋根の構築をタンクの中心部から開始するので、作業が残るタンク側壁部の施工とのラップ作業が可能となり、全体工程の短縮が図れる。
- ④ほとんどの組立工程が床上の作業となることで、屋根資材の運搬や組立作業が効率化される。また、架設工程が自動化されることで必要作業員の省力化が図れるため、規模の大きいタンクにおいて経済効果が上がる。

今後は、大規模なタンクに適したセンタータワーの構造形式や構築方法を整備し、更なる効率化と安全性を高めた工法として完成度を上げていく。

▶ 用 途

- ・アルミ屋根の組立架設

▶ 実 績

- ・高之峯ファームpond（農林水産省 九州農政局）

▶ 問 合 せ 先

（株）フジタ 広報室

〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 修養団SYDビル

TEL：03-3402-1911 FAX：03-3404-8477

06-12	L型ジョイントヒータ	大林道路
-------	------------	------

▶ 概 要

アスファルト舗装では、既設舗装を切削する場合や幅員等の施工条件により、舗装に縦継ぎ目（コールドジョイント）が生じる場合が多い。特に寒冷期における舗装では、その縦継ぎ目のあるレーンを施工する際に、継ぎ目部分でのひびわれ、雨水等の浸入による舗装の破損が発生しないように、十分な締固めや付着性を確保する必要がある。

これまでは、平面型ジョイントヒータ（以下、従来型）等を用いて、既設舗装の継ぎ目部分を加熱し既設舗装に混合物の温度が奪われないように、また付着性に問題が発生しないように継ぎ目部分の品質を確保してきた。

今回開発したL型ジョイントヒータは、様々な形状に加工できる柔軟な金属ファイバを織り上げた素材を使用し、舗装上面だけでなく側面も加熱できるように、舗装断面に沿った90度のL型形状に作られているため、従来型よりも効率良く加熱することが可能となっている。



写真1 L型ジョイントヒータ加熱状況

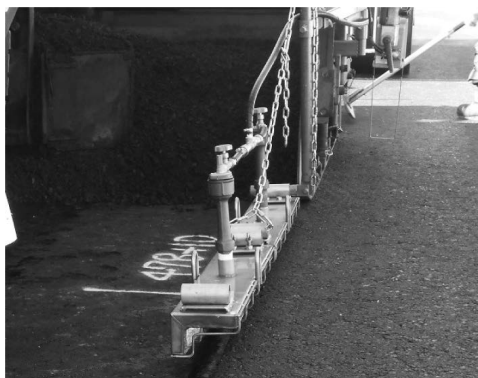


写真2 L型ジョイントヒータ使用状況

▶ 特 徴

①高い加熱性能

L型形状ヒータが、舗装断面に沿って上面と側面を万遍なく加熱し、熱が舗装内部にまで深く伝わるため持続的な加熱効果を得ることが可能で、従来型よりも既設舗装端部の内部温度を敷ならしから二次転圧時まで5～10℃程度高く保つことができる。

②高い省エネ効果

従来型と比較してLPG使用量を約30%低減（※）できる。
※燃焼時間、LPG圧力を同条件に設定し行った従来型との比較試験結果

③小型・軽量化

加熱性能に優れているので、従来型よりも加熱面積を減らすことが可能となり、ヒータ部が小型・軽量になっている。

④着脱作業時間の短縮

ヒータ部の小型・軽量化により、アスファルトフィニッシャーへの取付け機構が簡素化され、着脱作業時間が短縮できる。



写真3 アスファルトフィニッシャーへの装着状況

▶ 用 途

- ・アスファルト舗装の縦継ぎ目（ジョイント）の加熱

▶ 実 績

- ・舗装工事 56,400 m²（継続使用中）

▶ 問 合 せ 先

大林道路(株) 本店 機械センター

〒346-0035 埼玉県久喜市清久町 6-5

TEL：0480-23-6100

新機種紹介 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

14-〈02〉-03	コマツ 油圧ショベル PC228US-10	'14.2 発売 モデルチェンジ
------------	-----------------------------	---------------------

オフロード法（*1）2011年基準に適合した中型油圧ショベルである。本機は、NO_x（窒素酸化物）とPM（粒子状物質）の排出量を従来機に比べて大幅に低減し、特定特殊自動車排出ガス2011年基準の排出ガス規制に対応したモデルチェンジ車である。新エンジンとメインユニットを最適に制御するトータルピークルコントロール（機体総合制御）を採用することにより生産性と燃費性能の両立を図り、燃料消費量を従来機に比べて4%低減（*2）させている。

安全面の特長として、落下防止用ハンドレールの採用によるマシンキャブ上での点検・整備時の落下防止や、IDキー採用による機械の盗難リスクの軽減を図っている。運転席には高精細7インチLCDモニタを新たに採用し、安全かつ正確でスムーズな作業を実現するとともに、エコガイダンス等の表示により省エネ運転のサポートを行っている。

更に、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、新たなサービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」を提供している。コマツ・ケアは新車購入時に自動的に付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長期間の稼働に貢献するものと思われる。

- *1. 特定特殊自動車排出ガスのNO_x（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。
- *2. 従来機との比較（コマツテスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

表—1 PC228US-10の主な仕様

機械質量	(t)	22
エンジン定格出力 ネット (JIS D0006-1) (kW/min ⁻¹) (PS/rpm)		116 (158)
標準バケット容量 (新JIS/旧JIS)	(m ³)	0.8/0.7
標準バケット幅 (サイドカット含む)	(m)	1.045/(1.170)
全長	(m)	8.73
全幅	(m)	2.98
全高	(m)	3.24
後端旋回半径	(m)	1.68
価格	(百万円)	22.7



写真—1 コマツ PC228US-10 油圧ショベル
(一部オプションが含まれる)

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6

▶ 〈03〉 積込機械

14-〈03〉-04	コマツ ホイールローダ WA100-7	'14.02 発売 新機種
------------	---------------------------	------------------

オフロード法（*1）2011年基準に適合したホイールローダである。WA100-7は、NO_x（窒素酸化物）とPM（粒子状物質）の排出量を従来機に比べて大幅に低減し、特定特殊自動車排出ガス2011年基準の排出ガス規制をクリアした新世代エンジンを搭載し、従来機と同レベル（*2）の燃費効率を確保している。また、独自の電子制御HSTを搭載し、アクセル操作のみで車速コントロールが行え、オペレーターの負荷を大幅に軽減している。

また、ROPS/FOPSキャブを搭載して安全性を高めると共に、キャブ前面に合わせガラス製大型平面ピラーレスガラス（ガラス落下防止機能付き）を採用し、良好な視界を確保している。密閉加圧式キャブを採用することで、低いオペレーター耳元騒音72dBを実現している。

更に、パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた、新たなサービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」を提供している。コマツ・ケアは新車購入時に自動的に付帯され、トータルライフサイクルコストの低減と長期間の稼働に貢献するものと思われる。

- *1. 特定特殊自動車排出ガスのNO_x（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。
- *2. 従来機との比較（コマツテスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。

新機種紹介

表—2 WA100-7 の主な仕様

	キャブ仕様	キャノピ仕様
運転質量 (t)	7.405	7.23
エンジン定格出力 ネット (kW) [PS]	73.1 [99.4]	
バケット容量 ルーズマテリアル用 (BOC 付) (m ³)	1.3	
最大けん引力 (前進時) (kN) [kgf]	56.3 [5740]	
全長/全幅 (バケット幅)/全高 (m)	6.19/2.34/3.035	
ダンピングクリアランス (45 度前傾 BOC 先端まで) (m)	2.745	
ダンピングリーチ (45 度前傾 BOC 先端まで) (m)	0.93	
最小回転半径 (最外輪中心) (m)	4.675	
価格 (工場裸渡し消費税抜き) (百万円)	11.5	

写真—2 コマツ WA100-7 ホイールローダ
(一部オプションが含まれる)

問合せ先：コマツ コーポレートコミュニケーション部
〒107-8414 東京都港区赤坂 2-3-6

14-〈03〉-05	キャタピラージャパン コンパクトトラックローダ Cat 259D	'14.03 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

建築、道路工事、農業、畜産、林業、造園などで使用されるコンパクトトラックローダのフルモデルチェンジ機を導入する。

エンジンはクリーンな排出ガスと燃費低減を両立している。電子制御テクノロジーに加え、NRS (NOx Reduction System) やアフタートリートメント技術の導入により、環境に配慮するとともに、オフロード法 2011 年基準に適合している。

オープンキャブは広いスペースと視界性を確保し、ROPS/FOPS 規格に適合している。燃料ゲージ、サービスマータ、各種警告インジケータなどを新型モニタに集約し、従来機と比べ、視認性、使い勝手が向上している。

従来のレバー式スロットルに変わり、電子制御ダイヤル式スロットルを採用し、きめ細かなアクセルコントロールが可能である。

セキュリティコード入力式の盗難防止機能を標準装備している。

表—3 Cat 259D の主な仕様

	259D
運転質量 (t)	4.2
バケット容量 (m ³)	0.44
常用荷重 (t)	0.795
走行速度 (前後進共) (km/h)	13.7 [高速]/9.5 [低速]
接地圧 (kPa)	42.9
全長 (m)	3.57
全幅 (バケット) (m)	1.895
全高 (キャブ上端まで) (m)	2.115
エンジン名称	Cat C3.3BDIT ディーゼルエンジン
総行程容積 (ℓ)	3.3
定格出力 (kW/(ps)/min ⁻¹)	55.1 (74.9)/2,400
価格 (百万円)	6.202



※掲載写真はオプションを含みます。

写真—3 Cat 259D コンパクトトラックローダ

問合せ先：キャタピラージャパン(株)広報室
〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

▶ 〈05〉 クレーン、インクラインおよびウインチ

14-〈05〉-02	コベルコクレーン ラチスブームホイールクレーン MK650	'14.5 発売 モデルチェンジ
------------	-------------------------------------	---------------------

港湾荷役作業に用いられるラチスブームホイールクレーンのモデルチェンジ機である。ラチスブームの上部旋回体とホイール式のキャリアを融合させたクレーンであり、従来機の MK500 に比べ、港湾荷役作業時の能力と機能、さらに機動性を向上させている。

クレーン性能としては、港湾荷役作業で頻繁に使われる作業半径で、クラス最大のつり上げ能力を確保している。巻上回路に合流回路を採用することにより、主巻・補巻の同調性を向上させている。湿式ウインチにより連続運転時のブレーキ力の低下を少なくし、安全に作業を行うことができる。また連続作業時のヒートバランス性能も向上している。

新機種紹介

機動性についても大きく向上させている。最高速度が 40 km/h にアップしたため、港内、港間の移動もスムーズであり、ラフテレーンクレーンに採用している 4 つのステアリングモードやサスペンション、多軸化により、路面への負荷や衝撃を軽減させている。

また、特別仕様として設定しているリフトキャブやリフマグ用電源については、装着状態での車検取得を可能としている。

表—4 MK650 の主な仕様

最大つり上げ能力	(t × m)	65 × 3.0
ブーム長さ	(m)	5.6 ~ 33.0
最大作業半径時定格総荷重	(t × m)	4.1 × 30.1
ロープ速度	主巻・補巻	(m/min) 120 ~ 3
	ブーム	(m/min) 72 ~ 2
定格ラインプル	(kN {tf})	68.6 {7.0}
旋回速度	(min ⁻¹ {rpm})	3.9 {3.9}
作業時質量 (基本姿勢)	(t)	51
アウトリガ	形式	全油圧 H 型
	張出幅	(m) 7.46
エンジン	名称	日野 E13C-VV
	定格出力	(kW/min ⁻¹) 330/1,800
最高走行速度	(km/h)	40
最小回転半径 (4WS/8WS)	(m)	11.7/6.6
走行時寸法	全長	(m) 12.4
	全幅	(m) 3.07
	全高	(m) 3.765
車両重量 (走行時)	(kg)	40,940
価格 (税抜)	(百万円)	112.8



写真—4 コベルコクレーン MK650 走行姿勢



写真—5 コベルコクレーン MK650 作業姿勢
※リフトキャブ特別仕様

問合せ先：コベルコクレーン(株) 営業本部 国内営業部 営業管理室
〒 141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1

14-(05)-03	IHI 建機 クローラクレーン CCH1200-6	'14.02 発売 モデルチェンジ
------------	---------------------------------	----------------------

最大つり上げ荷重 120 t の全油圧式クローラクレーンであり、新型モーメントリミッタ、新型ウインチを採用し、クレーン性能・つり上げ能力を向上している。

エンジンはオフロード法の 2011 年基準に適合しており、低騒音型建設機械の基準にも適合している。

クレーン仕様にはスタンダードブームの他に、タワー用アタッチメントを共用することにより軽量長尺となるライトブームを設定している。ウインチは標準仕様と特別仕様のハイラインプルウインチを設定し、基礎・土木工事から建築工事まで幅広い作業が可能である。

ラフティングタワー仕様は、従来機よりポスト及びジブ長さを延長し、さらにタワージブを最大角度 80° まで起こすことができることから、高い作業揚程と小さな作業半径での作業が可能となっている。これにより、特に狭い建築現場などでも長いジブで近くの荷をつり上げることができる。

補助ジブはクレーン仕様とラフティングタワー仕様で共通に使用可能であり、ラフティングタワー仕様での最大つり上げ能力は主フックで最大 35 t、補フックで最大 12 t となっている。

新機種紹介

本体輸送幅は2,990 mm に縮小しておりトレーラ輸送の効率化に寄与している。

表—5 CCH1200-6 の主な仕様

	クレーン	ラフティングタワー
最大つり上げ荷重×作業半径 (t × m)	120 × 5.5	35 × 8.0
スタンダードブーム長さ (m)	15 ~ 63	—
ライトブーム長さ (m)	63 ~ 81	—
クレーンジブ長さ (m)	13 ~ 31	—
タワーポスト長さ (m)	—	27.4 ~ 54.4
タワージブ長さ (m)	—	23 ~ 47
機械質量 (t)	134 (基本仕様)	153 (最長仕様)
後端旋回半径 (m)		4.9
旋回速度 (min ⁻¹)		2.1
走行速度 (高速 / 低速) (km/h)		1.5 / 1.0
定格出力 (kW (PS) / min ⁻¹)		261 (355) / 2,100
価格 (税別) (百万円)	132	151.5



写真—6 IHI 建機 CCH1200-6 クローラクレーン

問合せ先：IHI 建機㈱

〒236-8611 横浜市金沢区3174番地

14-〈05〉-04	タダノ 小型トラック架装用カーゴクレーン ZE290, ZE260 プライム・エコ仕様	14.4 発売 新機種
------------	---	----------------

トラック架装用カーゴクレーンはトラック荷台への資材の積み下し作業を行う荷役機械であり、各種工事でクレーン作業をこなす施工機械としても使用される移動式クレーンである。

これまでの ZE290, ZE260 シリーズに、環境性能と安全性をさらに向上させた「プライム・エコ」仕様を設定している。

これまで標準装備されていた「サイレント・エコポンプ」に加え、新開発の「エコ・ウィンチ」を採用することにより、大幅に油圧動力の効率をアップさせている。この2つのエコ効果により、ウィンチ作業時、エンジン回転数を最大40%、作業騒音を約4 dB、さらに燃費を最大約25%低減させている。

クレーンに搭載された「過負荷制限」装置により、クレーンの作動状況や吊上げ荷重情報を常に監視し、さらに性能限界領域に近づくときと警報を発し、過負荷作業を未然に防止することができる。

また、標準装備の「液晶デジタルラジコン」には、常に吊荷の実荷重やクレーンへの負荷率の情報が液晶表示されるため、手元で安全を監視しながら作業を行うことができる。

自動水平・平行移動機能を標準装備 (HRE/HRES 仕様) しており、ラジコン操作により、ブームの伸縮操作時、フックが地面に対して自動的に水平移動する「水平モード」や、ブームの伸縮に対して平行移動する「平行モード」など、本来熟練した複合操作が必要とされる場合でも、自在に操作を行うことが可能となっている。さらにブームの上限高さを制限する「ブーム高さ制限装置」やクレーンの「自動格納機能」などを装備している。

表—6 ZE290 シリーズの主な仕様

	ZE296	ZE295	ZE294	ZE293
ブーム段数 (段)	6	5	4	3
空車時最大 クレーン容量 (t × m)	2.93 × 1.5 (4 本掛)	2.93 × 1.5 (4 本掛)	2.93 × 1.6 (4 本掛)	2.93 × 1.6 (4 本掛)
最大作業半径 (空車時定格総荷重) (m(t))	12.6 (0.10)	10.6 (0.15)	8.7 (0.25)	6.4 (0.43)
最大地上揚程 (空車時定格総荷重) (m(t))	約 13.8 (0.28)	約 11.8 (0.48)	約 10.0 (0.98)	約 7.8 (1.88)
価格 (万円)	235 ~ 480			

価格は架装する車体価格を含まない。また仕様により異なる。

表—7 ZE260 シリーズの主な仕様

	ZE266	ZE265	ZE264	ZE263
ブーム段数 (段)	6	5	4	3
空車時最大 クレーン容量 (t × m)	2.63 × 1.5 (4 本掛)	2.63 × 1.5 (4 本掛)	2.63 × 1.6 (4 本掛)	2.63 × 1.6 (4 本掛)
最大作業半径 (空車時定格総荷重) (m(t))	12.6 (0.10)	10.6 (0.15)	8.4 (0.20)	6.4 (0.35)
最大地上揚程 (空車時定格総荷重) (m(t))	約 13.8 (0.22)	約 11.8 (0.38)	約 9.7 (0.68)	約 7.8 (1.23)
価格 (万円)	205 ~ 450			

価格は架装する車体価格を含まない。また仕様により異なる。

新機種紹介



写真一7 タダノ ZE294 カークレーン

問合せ先：(株)タダノ マーケティング部
〒130-0014 東京都墨田区亀沢 2-4-12

▶ 〈10〉環境保全及びリサイクル機械

14-〈10〉-01	アーステクニカ 縦型シュレツダ EVS-200, EVS-300	'14.4 発売 新機種
------------	--	-----------------

粗大ごみ、廃家電類、金属スクラップ処理用のリングハンマ式縦型シュレツダである。

ロータ上部にある堅牢なブレーカによって処理物を衝撃破碎し、リングハンマとケーシングライナの間でせん断、圧縮による複合破碎をする。この工程により処理物が細分化され素材分離が進み、下流での選別性が向上する。

両回転ロータを採用することで、摩耗部品の交換サイクルが大幅に短くなり、ケーシングに設置された点検扉からリングハンマを容

易に交換できることによりメンテナンス性が向上している。

破碎機ロータ上部に軸受がない構造であるため、投入口を大きく確保することができ、大型の原料も直接投入が可能な構造になっている。

軸受潤滑として強制給油方式を採用し、確実な軸受管理が可能となる。また粒度調整機能も備えており、ロータ下部のスライドチョークの位置を調整することで、必要に応じて製品サイズを設定することができる。

摩耗部品は特殊耐摩耗鋳鋼製であり、十分な耐久力と長寿命を実現している。

表一8 EVS-200, EVS-300 の主な仕様

機械型式	EVS-200	EVS-300
電動機出力	75 ～ 150 kW	132 ～ 220 kW
破碎能力 ^(注1)	3 ～ 6 t/h	4 ～ 10 t/h
価格 (百万円)	29.5	39.7

(注1) 処理能力は原料性状（処理物、かさ密度、製品サイズ）によって大きく変化する



写真一8 アーステクニカ EVS-200 縦型シュレツダ

問合せ先：(株)アーステクニカ 環境営業課
〒101-0051 東京都千代田区神田神保町二丁目4番地 九段富士ビル

平成 26 年度 建設投資見通し

国土交通省 総合政策局 建設経済統計調査室

はじめに

我が国の建設投資は、社会経済活動・市場動向等に与える影響は極めて大きい。このため、国土交通省では、国内建設市場の規模とその構造を明らかにすることを目的とし、昭和 35 年度から毎年度、建設投資推計および建設投資見通しを作成し、「建設投資見通し」として公表している。

1. 建設投資見通しの概要

平成 26 年度の建設投資は、前年度比 0.5% 減の 48 兆 4,700 億円となる見通しである。

①平成 26 年度の建設投資は、前年度比 0.5% 減の 48 兆 4,700 億円となる見通しである。このうち、政府投資は 20 兆 3,700 億円（前年度比 1.1% 減）、民間投資が 28 兆 1,000 億円（前年度比 0.1% 減）となる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資が

26 兆 7,000 億円（前年度比 1.1% 増）、土木投資が 21 兆 7,700 億円（前年度比 2.4% 減）となる見通しである（表—1、図—1）。

②平成 25 年度の建設投資は、前年度比 10.2% 増の 48 兆 7,200 億円となる見込みである。このうち政府投資は 20 兆 6,000 億円（前年度比 10.2% 増）、民間投資は 28 兆 1,200 億円（前年度比 10.2% 増）と見込まれる。建築・土木別に見ると、建築投資が 26 兆 4,100 億円（前年度比 12.7% 増）、土木投資が 22 兆 3,100 億円（前年度比 7.4% 増）となる見込みである。

③建設投資は、平成 4 年度の 84 兆円をピークに減少基調となり、平成 22 年度には平成 4 年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等による反転・上昇が見られ、平成 25 年度の建設投資については、東日本大震災からの復興に加え、平成 24 年度の補正予算に係る政府建設投資や景気の改善等が見込まれる。平成 26 年度についても復興予算や平成 25 年度の補正予算に係る政府建設投資を見込むことから、総額として 48 兆 4,700 億円となる見通しである。

表—1 平成 26 年度建設投資（名目値）

（単位：億円、%）

年度 項目	投資額				対前年度伸び率			
	平成 23 年度 実績	24 年度 見込み	25 年度 見込み	26 年度 見通し	平成 23 年度	24 年度	25 年度	26 年度
総 計	432,923	442,000	487,200	484,700	3.3	2.1	10.2	▲ 0.5
建 築	224,801	234,300	264,100	267,000	1.7	4.2	12.7	1.1
住 宅	138,400	145,700	164,300	157,900	2.6	5.3	12.8	▲ 3.9
政 府	4,650	4,800	6,900	6,900	▲ 9.8	3.2	43.8	0.0
民 間	133,750	140,900	157,400	151,000	3.1	5.3	11.7	▲ 4.1
非 住 宅	86,401	88,600	99,800	109,100	0.4	2.5	12.6	9.3
政 府	16,783	16,800	20,000	24,600	▲ 0.9	0.1	19.0	23.0
民 間	69,618	71,800	79,800	84,500	0.7	3.1	11.1	5.9
土 木	208,122	207,700	223,100	217,700	5.0	▲ 0.2	7.4	▲ 2.4
政 府	164,675	165,300	179,100	172,200	4.4	0.4	8.3	▲ 3.9
公共事業	138,544	139,700	153,300	146,900	6.4	0.8	9.7	▲ 4.2
そ の 他	26,131	25,600	25,800	25,300	▲ 5.1	▲ 2.0	0.8	▲ 1.9
民 間	43,447	42,400	44,000	45,500	7.1	▲ 2.4	3.8	3.4
再 政 府	186,108	186,900	206,000	203,700	3.5	0.4	10.2	▲ 1.1
掲 民 間	246,815	255,100	281,200	281,000	3.1	3.4	10.2	▲ 0.1
民 間	113,065	114,200	123,800	130,000	3.1	1.0	8.4	5.0
掲 非住宅建設								

注）民間非住宅建設＝民間非住宅建築投資＋民間土木投資

統計

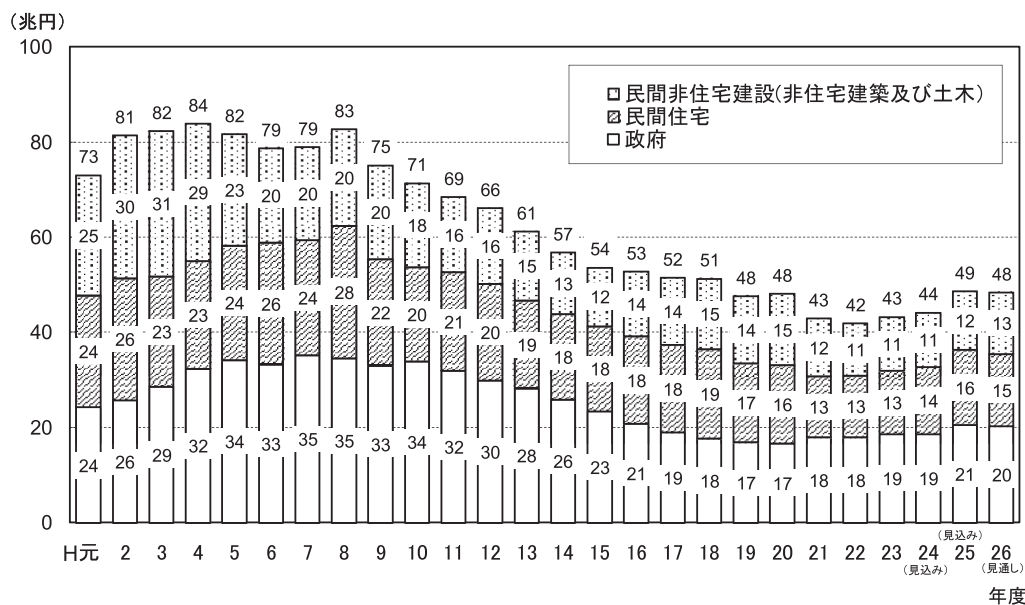


図-1 建設投資額（名目値）の推移

2. 平成 25 年度補正予算に係る政府建設投資の動向

平成 25 年度補正予算に係る政府建設投資額は、総額で 2.3 兆円程度と試算される。

この建設投資により、名目国内総生産は 0.5% 程度引き上げられ、生産誘発効果は 4.5 兆円程度、就業誘発効果は 32.5 万人程度になることが見込まれる。

平成 25 年度補正予算に係る政府建設投資額は、総額で 2.3 兆円程度と試算される（表-2）。

また、平成 25 年度補正予算に係る建設投資がマクロ経済に及ぼす効果を推計すると、名目国内総生産を 26 年度に 0.5% 程度引き上げ、実質国内総生産を 0.4% 程度引き上げる。

この建設投資による経済効果を、建設投資によって誘発される各産業の生産額（生産誘発効果）でみると、全産業では 4.5 兆円程度の生産活動が行われるものと予想される。

さらに、これらの建設投資により、32.5 万人程度の就業誘発効果が見込まれる。

表-2 平成 25 年度補正予算に係る政府建設投資によるマクロ経済へのフロー効果

平成 25 年度補正予算に係る政府建設投資額		約 2.3 兆円
経済効果	名目国内総生産の引き上げ効果	約 0.5% 引き上げ
	実質国内総生産の引き上げ効果	約 0.4% 引き上げ
	生産誘発効果	約 4.5 兆円
	就業誘発効果	約 32.5 万人

(注) 1. 名目国内総生産・実質国内総生産：（一財）建設経済研究所「建設経済モデル」により推計
2. 生産誘発効果・就業誘発効果：「平成 17 年（2005 年）産業連関表」により推計

3. 建築物リフォーム・リニューアル投資の動向

建築物リフォーム・リニューアル投資額は、26 年度に 7 兆 6,900 億円程度となる見通しである。

また、建築投資全体に占める建築物リフォーム・リニューアル投資の比率は、26 年度に住宅・非住宅の総計で 23.9% となる見通しである。

建築物リフォーム・リニューアル投資額は、消費税率引き上げに伴う駆け込み需要の反動もあり、26 年度に 7 兆 6,900 億円程度（対前年度比 21.5% 減）となる見通しである。また、その内訳は、住宅 33.0%、非住宅 67.0% となる見通しである（図-2）。

建築物リフォーム・リニューアル投資額に、建設投資見通しの「建築」の投資額を加えた合計額（重複計上分を除く）は、32 兆 1,100 億円となる見通しである。

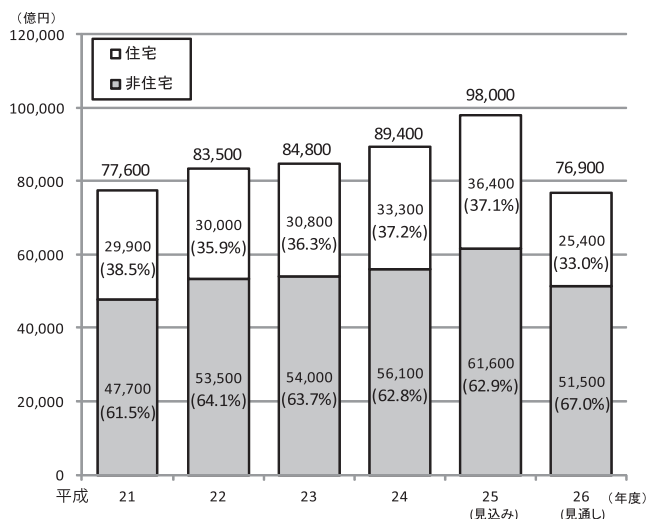
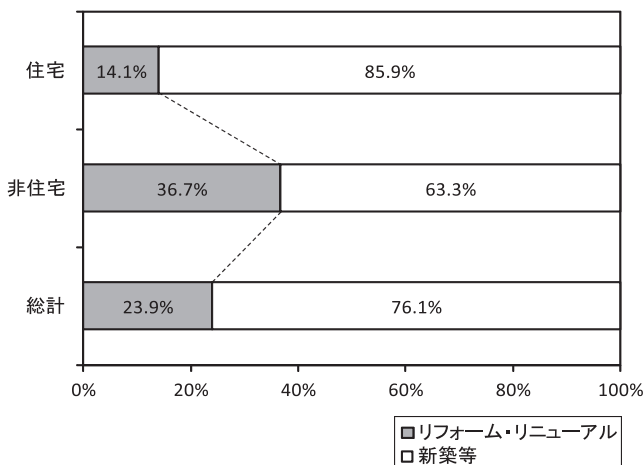


図-2 建築物リフォーム・リニューアル投資額の推移



- (注) 1. 投資額とその比率は、国土交通省「建築物リフォーム・リニューアル調査報告」等を元に算出
 2. 「リフォーム・リニューアル」とは、既存建築物の増築、一部改築、改装のことであり、劣化等の維持・修繕に加え、従前の建築物の機能を高めるものを含む

図-3 建築投資全体に占める建築物リフォーム・リニューアル投資額の割合 (26年度見通し)

億円程度となる見通しである。そのうち、建築物リフォーム・リニューアル投資額の占める割合は、図4のとおりであり、26年度には、住宅で14.1%、非住宅で36.7%、総計で23.9%となる見通しである (図-3)。

また、建築物リフォーム・リニューアル投資額に、建設投資見通しの「総計」の投資額を加えた合計額 (重複計上分を除く) は、53兆8,800億円程度となる見通しである。

4. 国内総生産と建設投資の関係

平成26年度の建設投資が国内総生産に占める比率は、9.7%となる見通しである。

国内総生産に占める建設投資の比率は、昭和50年頃は20%以上あったが、その後、減少傾向となった。昭和61年度から平成2年度にかけて一時増加したものの、その後再び減少基調となった。平成23年度には反転・上昇し、平成26年度には、9.7%となる見通しである (図-4, 5)。

5. 建設投資の構成と推移

(1) 建設投資の構成

平成26年度における建設投資の構成を見ると、民間投資が政府投資を上回っている。また、政府土木投資と民間建築投資の合計が全体の約8割を占めている。

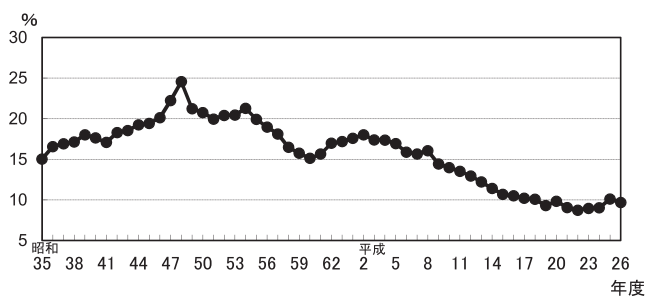
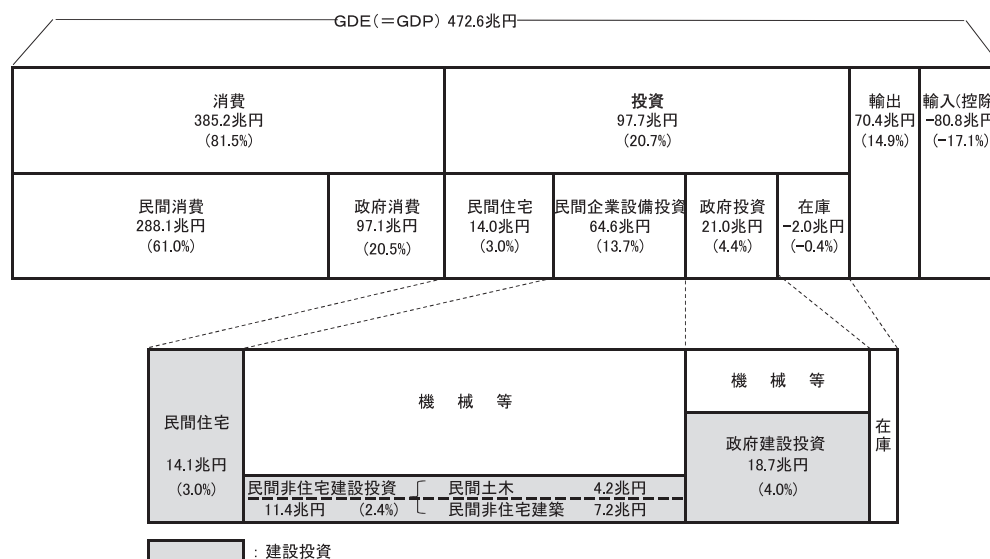


図-4 建設投資の国内総生産に占める比率

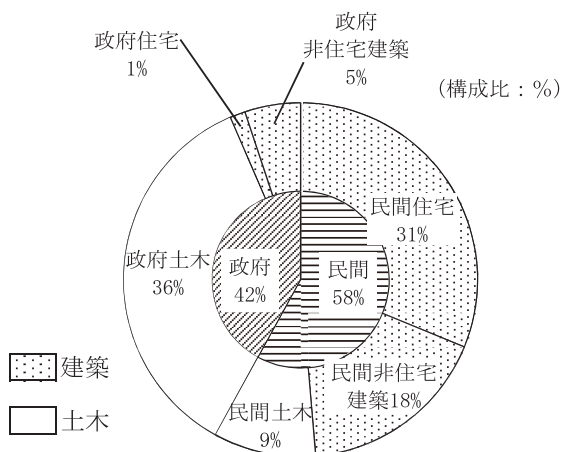


- (注) 1. 国内総生産の平成24年度以前は「国民経済計算」、平成25年度は「国民経済計算2次QE」、平成26年度は「平成25年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」(平成26年1月24日閣議決定)を参考に算出した。
 2. 国内総生産の昭和35年から昭和54年までは「平成2年基準(68SNA)」, 昭和55年から平成5年までは「平成12年基準(93SNA)」, 平成6年から平成24年までは「平成17年基準(93SNA)」による。
 3. 計数はそれぞれ四捨五入しているため合計と必ずしも一致しない。

図-5 国内総支出と建設投資の関係 (平成24年度)

統計

平成 26 年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が 58%，政府投資が 42%である。民間投資のうち住宅と非住宅を合わせた建築投資が 49%を占めている。政府投資は土木投資が 36%を占めており、この両者で建設投資全体の約 8 割を占めている（図—6）。



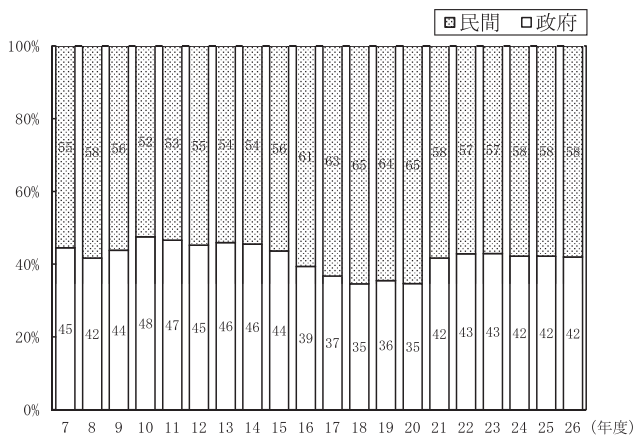
図—6 平成 26 年度 建設投資の構成（名目値）

(2) 政府・民間別構成比の推移

平成 26 年度の建設投資は、民間投資が 58%で、政府投資が 42%となる見通しである。

政府と民間との構成比については、平成 3 年度以降、民間投資が減少する一方、数次の経済対策により政府投資が増加したことから民間投資の割合は低下し、平成 10 年度には 52%となった。

その後、平成 18 年度までは、民間の景気回復により民間投資の割合が上昇したが、リーマンショックによる民間建設投資の減少により平成 21 年度からは政府投資の割合が上昇した。平成 24 年度以降は、政府建設投資の増加もあり、政府投資の割合は微増し、民間投資の割合が 58%、政府投資の割合が 42%となっている（図—7）。



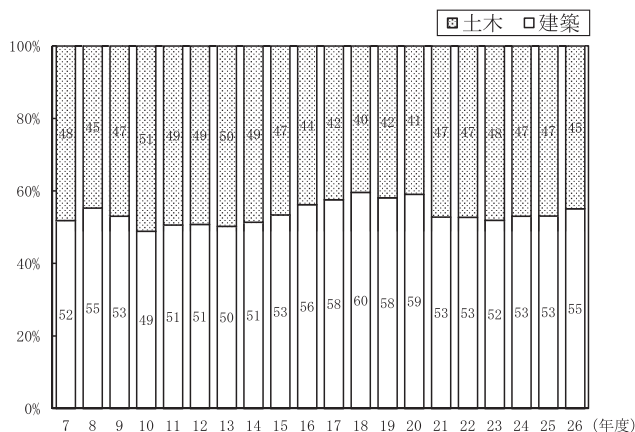
図—7 政府・民間別構成比の推移

(3) 建築・土木別構成比の推移

平成 26 年度の建設投資は、建築投資が 55%で、土木投資が 45%となる見通しである。

建築と土木との構成比については、平成 3 年度以降、建築投資が減少する一方で経済対策により政府土木投資が大幅に増加したことから、土木投資の占める比率が増加傾向となり平成 10 年度には 51%となった。

その後、建築投資の占める比率が高まる傾向にあったが、近年は建築投資が 50%台前半、土木投資が 40%台後半で推移している（図—8）。



図—8 建築・土木別構成比の推移

(4) 政府建設投資の動向

平成 26 年度の政府建設投資は、前年度比 1.1%減の 20 兆 3,700 億円となる見通しである。

- ①平成 26 年度は、平成 25 年度補正予算に係る政府建設投資があるものの、前年度比 1.1%減少し、20 兆 3,700 億円となる見通しである。
- ②このうち、建築投資は前年度比 17.1%増の 3 兆 1,500 億円、その内訳は住宅投資が 6,900 億円（前年度と同等水準）、非住宅投資が 2 兆 4,600 億円（前年度比 23.0%増）となる見通しである。土木投資は前年度比 3.9%減の 17 兆 2,200 億円、そのうち公共事業が 14 兆 6,900 億円（前年度比 4.2%減）、公共事業以外が 2 兆 5,300 億円（前年度比 1.9%減）となる見通しである。

(5) 住宅投資の動向

平成 26 年度の住宅投資は、前年度比 3.9%減の 15 兆 7,900 億円となる見通しである。

- ①平成 26 年度は、雇用・所得環境の改善や、東日本大震災からの復興等が見込まれるものの、消費税率引き上げに伴う駆け込み需要の反動もあり、民間住宅投資は、前年度比 4.1%減の 15 兆 1,000 億円となる見通しであり、これに政府住宅投資を合わせた平成 26 年度の住宅投資全体では、前年度比 3.9%減の 15 兆 7,900 億円となる見通しである。
- ②平成 25 年度の新設住宅着工戸数は、前年度比 10.6%増の 98.7 万戸であった。利用関係別に見ると、持家は 35.3 万戸（前年度比 11.5%増）、貸家は 37.0 万戸（前年度比 15.3%増）、給与住宅は 0.5 万戸（前年度比 10.9%減）、分譲住宅は 25.9 万戸（前年度比 3.8%増）となっている（表—3）。

表－3 新設住宅着工戸数と伸び率の推移

【着工戸数】 (単位：戸)

	総 計	持 家	貸 家	給 与	分 譲
年度					
平成 22 年度	819,020	308,517	291,840	6,580	212,083
平成 23 年度	841,246	304,822	289,762	7,576	239,086
平成 24 年度	893,002	316,532	320,891	5,919	249,660
平成 25 年度	987,254	352,841	369,993	5,272	259,148
四半期					
平成 25 年 (1 月 - 3 月)	209,714	71,427	72,892	1,179	64,216
平成 25 年 (4 月 - 6 月)	241,349	87,958	84,960	1,103	67,328
平成 25 年 (7 月 - 9 月)	257,683	94,982	92,452	1,535	68,714
平成 25 年 (10 月 - 12 月)	271,279	100,405	105,959	1,242	63,673
平成 26 年 (1 月 - 3 月)	216,943	69,496	86,622	1,392	59,433

【伸び率：前年同期比】 (単位：%)

	総 計	持 家	貸 家	給 与	分 譲
年度					
平成 23 年度	2.7	▲ 1.2	▲ 0.7	15.1	12.7
平成 24 年度	6.2	3.8	10.7	▲ 21.9	4.4
平成 25 年度	10.6	11.5	15.3	▲ 10.9	3.8
四半期					
平成 25 年 (1 月 - 3 月)	5.1	7.4	3.4	3.7	4.6
平成 25 年 (4 月 - 6 月)	11.8	14.9	10.8	▲ 51.7	11.6
平成 25 年 (7 月 - 9 月)	13.5	12.2	15.8	5.5	12.4
平成 25 年 (10 月 - 12 月)	12.9	19.7	15.8	24.3	▲ 0.5
平成 26 年 (1 月 - 3 月)	3.4	▲ 2.7	18.8	18.1	▲ 7.4

(注) 1. 「住宅着工統計」(国土交通省)による。

表－4 民間非住宅建設投資額(名目値)と伸び率の推移

【投資額】 (単位：億円)

	民間非住宅建築	民間土木	合計 (民間非住宅建設投資)
平成 20 年度	99,888	50,582	150,470
平成 21 年度	76,382	45,515	121,897
平成 22 年度	69,116	40,567	109,683
平成 23 年度	69,618	43,447	113,065
平成 24 年度(見込み)	71,800	42,400	114,200
平成 25 年度(見込み)	79,800	44,000	123,800
平成 26 年度(見通し)	84,500	45,500	130,000

【伸び率：前年比】 (単位：%)

	民間非住宅建築	民間土木	合計 (民間非住宅建設投資)
平成 20 年度	9.0	1.5	6.4
平成 21 年度	▲ 23.5	▲ 10.0	▲ 19.0
平成 22 年度	▲ 9.5	▲ 10.9	▲ 10.0
平成 23 年度	0.7	7.1	3.1
平成 24 年度(見込み)	3.1	▲ 2.4	1.0
平成 25 年度(見込み)	11.1	3.8	8.4
平成 26 年度(見通し)	5.9	3.4	5.0

(6) 民間非住宅建設投資の動向

平成 26 年度の民間非住宅建設投資(民間非住宅建築及び民間土木)は、前年度比 5.0% 増の 13 兆円となる見通しである。

①平成 26 年度の民間非住宅建築投資は、企業収益の改善等により、企業設備投資の増加が期待できることから、前年度比 5.9% 増の 8 兆 4,500 億円となる見通しである(表－4)。

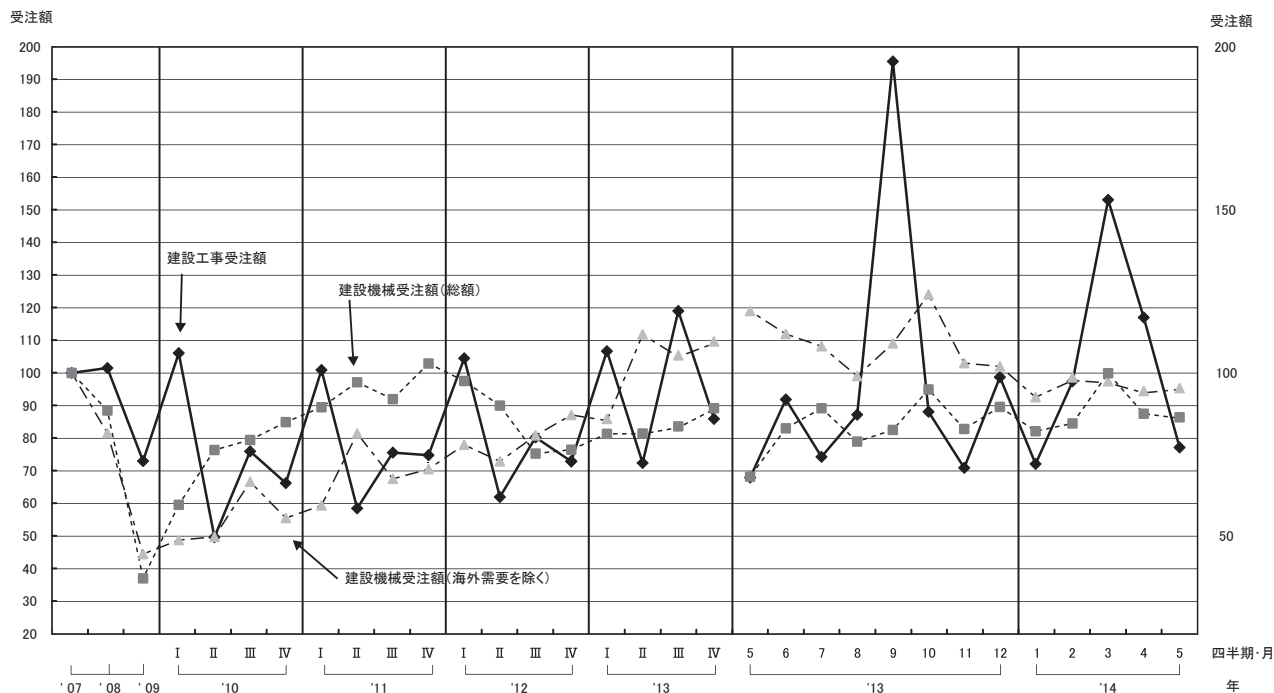
また、民間土木投資は、前年度比 3.4% 増の 4 兆 5,500 億円となる見通しである。

これにより、平成 26 年度の民間非住宅建設投資(民間非住宅建築及び民間土木)は、前年度比 5.0% 増の 13 兆円となる見通しである。

②平成 25 年度の民間非住宅建設投資(民間非住宅建築及び民間土木)は、前年度比 8.4% 増の 12 兆 3,800 億円となる見込みである。このうち、民間非住宅建築投資は 7 兆 9,800 億円(前年度比 11.1% 増)、民間土木投資は 4 兆 4,000 億円(前年度比 3.8% 増)となる見込みである。

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2007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 2007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							
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	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2013 年 5 月	7,781	5,423	1,109	4,314	1,738	351	269	5,680	2,101	118,273	8,090
6 月	10,557	6,865	1,132	5,734	2,333	448	911	6,701	3,856	118,261	10,614
7 月	8,514	5,238	926	4,312	1,881	390	1,004	6,008	2,506	120,698	7,633
8 月	10,014	6,610	1,044	5,566	2,783	347	274	6,791	3,224	120,239	10,464
9 月	22,548	17,296	2,265	15,031	4,252	440	558	17,817	4,730	131,341	12,640
10 月	10,119	7,241	963	6,278	2,075	372	431	7,157	2,962	132,297	8,985
11 月	8,130	4,788	988	3,800	2,026	369	947	4,784	3,346	130,327	11,403
12 月	11,351	6,929	1,329	5,600	3,493	383	545	7,109	4,242	129,076	12,518
2014 年 1 月	8,264	5,240	1,033	4,207	1,946	353	725	5,827	2,438	129,300	7,914
2 月	11,197	5,220	1,233	3,987	3,777	390	1,810	7,264	3,933	129,390	9,523
3 月	17,633	9,106	1,680	7,426	6,849	580	1,098	8,844	8,789	129,364	17,517
4 月	13,465	6,581	1,403	5,179	6,417	376	91	6,208	7,256	134,351	7,979
5 月	8,849	5,100	1,158	3,942	2,700	345	705	5,540	3,309	－	－

建設機械受注実績

(単位：億円)

年 月	07 年	08 年	09 年	10 年	11 年	12 年	13 年	13 年 5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	14 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
総 額	20,478	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	1,161	1,414	1,521	1,345	1,407	1,619	1,412	1,528	1,399	1,441	1,705	1,492	1,473
海 外 需 要	14,209	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	539	829	956	828	837	970	874	995	916	926	1,196	999	975
海外需要を除く	6,269	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	622	585	565	517	570	649	538	533	483	515	509	493	498

(注) 2007～2009 年は年平均で、2010～2013 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2013 年 5 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…

(2014年6月1日～30日)

■ 機 械 部 会

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：6月2日(月)

出席者：行川恒弘委員長ほか9名

議 題：①平成26年度の活動計画の内容と確認について ②委員会総会や見学会の内容や日程について ③その他報告事項について

■機械部会・製造業部会 合同技術連絡会

月 日：6月6日(金)

出席者：大野俊弘部会長ほか42名

議 題：①平成25年度事業報告と平成26年度事業計画について ②国土交通省 公共事業企画調整課に関する最近の話題について ③オフロードトラックの安全作業ガイドについて ④トンネル掘削土に含まれる汚染土壌の処理方法の調査と検討について ⑤その他情報・意見交換

■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会 WG

月 日：6月11日(水)

出席者：石倉武久分科会長ほか6名

議 題：①25tクラスのラフテレーンクレーンでの作業燃費測定試験方法(案)について、安全性・再現性を考慮した案を検討し、各社の案を持ち寄る ②上記の案に対する討議と整理について ③国交省発注公告のラフテレーンクレーンの作業燃費試験業務の状況について ④その他

■コンクリート機械技術委員会

月 日：6月12日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか11名

議 題：①機関誌連載中の「コンクリート機械の変遷」について ②ISO/TC195 国際会議(5/13～16)の報告について ③個別テーマ トラックミキサ、コンクリートポンプ等について ④6/6開催の技術連絡会の報告について ⑤その他

■基礎工用機械技術委員会

月 日：6月18日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか16名

議 題：①マガール工法のビデオ紹介 ②鉦山開発のレイズボラによる施工紹介 ③香港ランドスライド対策工事、ステンレス井戸の施工紹介 ④ケ

ミカルグラウトの紹介、ライト工業の曲がるボーリング紹介 ⑤6/6開催の技術連絡会の報告 ⑥その他

■トンネル機械技術委員会 中部横断自動車道 宮狩トンネル工事現場見学会

参加者：赤坂茂委員長ほか19名

月 日：6月20日(金)

工事名称：中部横断自動車道 宮狩トンネル工事

工事概要：延長2,893mの高速道路用トンネル、掘削断面積80m²、ロングブーム吹付け機によるズリ出し前吹付け実施

発注者：中日本高速道路㈱東京支社

施工業者：清水・岩田地崎JV

■トンネル機械技術委員会

月 日：6月26日(木)

出席者：赤坂茂部会長ほか16名

議 題：①今年度の取組テーマ「トンネル工事用排出ガス対策型建設機械に関する現状の課題と今後の展望」について・アンケート質問内容について・同上アンケートの取り方について ②現状の課題について・現場・工場見学会について・新名神箕面 NATM トンネル東工事(大成)、千代田区永田町 H&V シールド工事(前田・大日本JV)の状況について・古河ロックドリル吉井工場の状況について ③6/6開催の技術連絡会の報告について ④その他

■ 製 造 業 部 会

■作業燃費検討 WG

月 日：6月25日(水)

出席者：尾上裕 WG リーダーほか12名

議 題：①燃費基準認定制度へのミニショベルの追加についての国交省検討状況の報告 ②D1(19KW以上37KW未満)、D2(37KW以上56KW未満)のミニショベルの認定開始時期についての再確認 ③D2の油圧ショベル、D1・D2のブルドーザ、D2のホイールローダについての認定開始時期についての再確認 ④認定規定の第四条 型式認定の表現について ⑤経産省の「省エネルギー型建設機械導入補助事業」における燃費差評価方法について

■ 建 設 業 部 会

■建設機械(クレーン以外) 事故調査 WG

月 日：6月17日(火)

出席者：松藤敏夫主査ほか8名

議 題：①委員の紹介 ②WGの活動について ③WG名称検討 ③その他

■三役会

月 日：6月26日(木)

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか4名

議 題：①各WG活動について報告 ②現場見学会について ③その他(合同部会等について)

■ レンタル業部会

■コンプライアンス分科会

月 日：6月3日(火)

出席者：山崎勝美分科会長代理ほか8名

議 題：①レンタカー運用の実態について ②各社の取組課題など ③その他

■レンタル業部会

月 日：6月5日(木)

出席者：隼直毅部会長ほか13名

議 題：①単部会長挨拶 ②平成25年度事業報告、平成26年度事業計画 ③分科会活動状況報告 ④各社の取組事項等

■機関誌編集委員会

■機関誌編集委員会

月 日：6月4日(水)

出席者：田中康順委員長ほか19名

議 題：①平成26年9月号(第775号)の計画の審議・検討 ②平成26年10月号(第776号)の素案の審議・検討 ③平成26年11月号(第777号)の編集方針の審議・検討 ④平成26年6～平成26年8月号(第772～774号)の進捗状況の報告・確認

■ 各 種 委 員 会 等

■建設経済調査分科会

月 日：6月18日(水)

出席者：山名至孝分科会長ほか4名

議 題：①新委員紹介 ②7月号原稿検討 ③持ち寄り情報の検討、今後の執筆計画見直し ④その他

■新工法調査分科会

月 日：6月20日(金)

出席者：戸崎雅之委員ほか1名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会

月 日：6月25日(水)

出席者：江本平分科会長ほか5名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

…支部行事一覧…

■ 北 海 道 支 部

■第1回施工技術検定委員会

月 日：6月12日（木）

出席者：北村征施工技術検定委員長ほか
30名

内 容：建設機械施工技術検定学科試験
の実施要領と監督要領の打合せ

■建設機械施工技術検定学科試験会場設営

月 日：6月14日（土）

場 所：北広島市、道都大学

出席者：鬼澤正美事務局長ほか6名

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月15日（日）

場 所：北広島市、道都大学

受 験 者：1級 331名、2級 625名（延
762名）

■ 東 北 支 部

■施工部会

月 日：6月4日（水）

場 所：岩手産業文化センター（アピオ）

出席者：山田仁一事務局長ほか2名

議 題：①建設機械施工技術検定試験会
場調査 ②施設及び各試験室状況につ
いて ③滝沢消防署滝沢北出張所へ学
科試験実施体制手続き ④その他

■広報部会（「EE東北2013」開催）

月 日：6月4日（水）～5日（木）

場 所：夢メッセ宮城

内 容：当支部関係13社（全体298社）
技術数全体782テーマ
来場者数：12,800名

■情報化施工技術委員会（施工部会）

月 日：6月6日（金）

場 所：支部会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長
ほか14名

議 題：①東北地方整備局情報化施工研
修について ②情報化施工セミナー
（仙台、滝沢）開催について ③担当
について ④その他

■広報部会（橋梁架設・大口徑岩盤削孔の 施工技術と積算、及び建設機械等損料講 習会）

月 日：6月9日（月）

場 所：ハーネル仙台

出席者：山田仁一事務局長ほか65名

内 容：①大口徑岩盤削孔の施工技術と
積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼

橋架設の施工技術と積算 ④PC橋架
設の施工技術と積算

■施工部会

月 日：6月10日（火）

場 所：支部会議室

出席者：稲村正弘部会長ほか3名

議 題：①平成26年度除雪講習会につ
いて ②平成26年度除雪講習会資料
整理 ③その他

■施工部会（建設機械施工技術検定学科試 験）

月 日：6月15日（日）

場 所：岩手産業文化センター（アピオ）

受 験 者数：1級 298名

2級 654名

種別毎 1種 148名

2種 571名

3種 29名

4種 52名

5種 4名

6種 5名

■情報化施工セミナー（施工部会）

月 日：6月25日（水）

場 所：宮城県建設業会館

受講者：29名

議 題：①情報化施工 ②マシンコント
ロールとマシンガイダンス ③盛り土
の締固め管理 ④TS出来形管理
⑤衛星測位 ⑥最新の情報化施工

■ 北 陸 支 部

■第28回長岡国道事務所雪氷研究会

月 日：6月10日（火）

場 所：長岡国道事務所会議室

出席者：宮村兵衛事務局長

内 容：冬季道路管理に関わる雪氷対策
や課題の調査・研究、取り組みにつ
いての意見交換、検討

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月15日（日）

場 所：新潟コンベンションセンター朱

鷺メッセ

受 験 者：1級 256名、2級 570名

■ 中 部 支 部

■技能検定委員会会議

月 日：6月2日（月）

出席者：永江事務局長出席

議 題：建設機械整備技能検定の実施に
関する実務打合せ

■「建設技術フェア2014in中部」幹事会

月 日：6月10日（火）

出席者：永江事務局長代理出席

内 容：出展者募集結果等について

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月15日（日）

場 所：名城大学

受 験 者：1級 364名、2級 621名

■外国人技能評価試験

月 日：6月16日（月）

試験監督者：永江豊事務局長

試験地：岐阜県恵那市

受 験 者：ベトナム人2名

■愛知県ブロック春期災害対策用機械操作 訓練

月 日：6月24日（火）～25日（水）

出席者：会員企業30社63人出席

内 容：無線操縦バックホウ、排水ポン
プ車、照明車等の操作訓練

■広報部会

月 日：6月24日（火）

出席者：高木広報部会長ほか9名

議 題：「中部支部ニュース」第33号に
ついて

■ 関 西 支 部

■平成26年度1・2級建設機械施工技術 検定試験（学科）試験監督者打合せ

月 日：6月6日（金）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長以下7名

内 容：①学科試験監督要領について
②その他留意事項

■「緊急災害応急対策業務に関する協定」 に関わる災害時機械関係業務の現場対応 訓練

月 日：6月10日（火）13:00～16:00

場 所：近畿地方整備局 近畿技術事務
所

出席者：52名

内 容：①災害及び災害対策に関する講
義・講習会 ②操作訓練 ③意見交換
会

■平成25年度1・2級建設機械施工技術 検定試験（学科）

月 日：6月15日（日）

場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス

受 験 者：1級 509名、2級 804名（1種
50名、2種 741名、3種 3名、4種 38名、
5種 13名、6種 13名）

■建設用電気設備特別専門委員会（第410 回）

月 日：6月25日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-
TR104 建設工事用受配電設備点検保
守チェックリスト」の審議 ③JEM-
TR236 建設工事用400V級電気設備施
工指針の審議 ④その他

■ 中国支部

■第2回施工技術部会

月 日：6月2日（月）

場 所：協会事務所

出席者：齊藤実部会長ほか7名

議 題：①平成26年度事業実施計画（案）について ②建設機械施工技術検定試験について ③情報伝達訓練について ④その他懸案事項

■第2回企画部会

月 日：6月3日（火）

場 所：協会事務所

出席者：鷺田治通部会長ほか5名

議 題：①平成26年度事業実施計画（案）について ②建設機械施工技術検定試験について ③情報伝達訓練について ④その他懸案事項

■第2回部会長会議

月 日：6月3日（火）

場 所：広島YMCA会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか11名

議 題：①平成26年度事業実施計画について ②災害協定にかかる情報伝達訓練等について ③支部ホームページのテストランについて ④その他懸案事項

■平成26年度建設機械施工技術検定試験

月 日：6月15日（日）

場 所：広島工業大学

受験者：1級167名、2級418名

■第1回開発普及部会

月 日：6月16日（月）

場 所：協会事務所

出席者：飯國卓夫部会長ほか6名

議 題：①第34回新技術・新工法発表会について ②第65回新技術活用現

場研修会について ③土木機械設備維持管理研究会について ④その他懸案事項

■「建設機械等損料・橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会

月 日：6月19日（木）

場 所：広島YMCA会議室

参加者：23名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会大口径岩盤削孔委員会委員 加藤充氏 ②建設機械等損料の積算…（一社）日本建設機械施工協会中国支部事務局長 清水芳郎氏 ③PC橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員 梶原省一氏 ④鋼橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員 藤原誠治氏

■ 四国支部

■平成26年度建設機械施工技術検定【学科】試験本部班打合せ

月 日：6月12日（木）

場 所：建設クリエイティブビル「第2会議室」（高松市）

出席者：須田道夫総括監督者ほか8名

議 題：①実施要領の再周知 ②本部班作業要領の周知 ③試験室等配置状況の周知 ④不測の事態の対応に関する検討

■平成26年度建設機械施工技術検定【学科】試験

月 日：6月15日（日）

場 所：香川高専・高松キャンパス（高松市）

受験者：1級232名、2級413名
計645名

■ 九州支部

■施工技術検定試験試験監督者説明会

月 日：6月5日（木）

出席者：深田事務局長ほか17名

内 容：試験業務運営と試験監督要領について

■施工技術検定試験試験本部班説明会

月 日：6月5日（木）

出席者：深田事務局長ほか5名

内 容：試験本部業務について

■企画委員会

月 日：6月12日（木）

出席者：久保田正春企画委員長ほか10名

議 題：①「橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算及び建設機械等損料」講習会について ②建設機械施工技術検定試験について ③平成25年度決算結果について ④勉強会の計画について

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月15日（日）

場 所：九州産業大学

受験者：1級538名、2級1103名

■「橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算及び建設機械等損料」講習会

月 日：6月26日（木）

場 所：福岡建設会館

受講者：34名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②橋梁架設（鋼橋）の施工技術と積算 ③橋梁架設（PC橋）の施工技術と積算 ④建設機械等損料

編集後記

今月号は「河川・海洋・海岸・港湾」特集号です。巻頭言は九州工業大学社会ロボット具現化センター長の浦環特別教授にお願いしました。行政情報では港湾の技術開発にかかる行動計画について国土交通省港湾局から説明していただきました。

技術報文は、防災、維持管理、作業船、施工、海洋開発といった分野から12編の報告を掲載しました。防災では、最近話題になることの多い、海浜景観に配慮した防災工法や、産業活動の妨げにならない津波防護工法について紹介しました。維持管理では、新しい維持管理工法の紹介に加えて、外洋構造物のメンテナンス作業に応用可能であるパラレルメカニズムについて概要を説明しています。港湾工事に欠かせない作業船については、作業船の排出ガスを削減するために実施した事例の紹介と、作業船を良好な状態に保つため

に必要な予知保全技術について紹介しています。施工では、既存のケーソンの防護機能を向上させた事例と、自然環境にやさしいジェットポンプを使用したサンドバイパスシステムについて報告しております。

海洋開発については、海底資源開発における施工方法についてまとめていただきました。海洋開発に関しては各分野で活発な取り組みが行われておりますので、次の機会にはぜひ多くの報文を掲載したいと考えております。

四方を海に囲まれた我が国にとって、海洋開発や港湾の重要性は、今後ますます高まっていくと思います。今回掲載した報文が、少しでも皆様の御参考になれば幸いです。

最後になりましたが、ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引き受けていただいた執筆者の方々に心から感謝いたしますとともに厚く御礼申し上げます。

(岡田・齋藤)

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	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

田中 康順	鹿島道路(株)
-------	---------

編集委員

吉田 潔	国土交通省
三浦 弘喜	農林水産省
伊藤 健一	(独)鉄道・運輸機構
篠原 望	鹿島建設(株)
立石 洋二	大成建設(株)
藤内 隆	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
川西 健之	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
太田 順子	コマツ
大塚 清伸	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
和田 一知	(株)KCM
江本 平	範多機械(株)
竹本 憲充	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

9月号「防災、安全・安心を確保する社会基盤整備特集」予告

- ・産学官一体となった防災技術の海外展開
- ・「緑の防波堤」海岸法改正
- ・地震・津波観測監視システム構築のための海中作業技術
- ・リアルタイム地震被害推定システム (J-RISQ) の開発
- ・ゲリラ豪雨検知システム
- ・東京メトロにおける水害対策の取組み
- ・On Site Visualization による安全・危険情報の原位置可視化手法
- ・津波から粘り強い防波堤で港を守る
- ・φ 10.8 m のシールドが延長 1 km 以上の全断面砂礫層を高水圧下で掘進
- ・高ひずみ樹脂による RC 構造物の安全性向上及び長寿命化技術
- ・空港滑走路の浸透固化処理工法による液状化対策
- ・土石流・流木対策として活躍する鋼製透過型砂防堰堤
- ・都市型水害防止に資する貯水・排水型の高機能舗装工法

建設機械施工

第66巻第8号(2014年8月号)(通巻774号)

Vol. 66 No. 8 August 2014

2014(平成26)年8月20日印刷

2014(平成26)年8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 一般社団法人日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

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

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への
の広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

ボンネットの中に見る劇的進化。

MINI×iNDr+E

(専用仕様機)

クラスはミニでも、技術は重機。

その実物を目にすれば、重厚感に驚かされる。
動かしてみれば、まずは静かさ、
そして性能や乗り心地に新鮮さを感じられる。
ボンネットを開けて見れば、その瞬間にかつてない
ミニであることを発見できる、
重機テクノロジー、iNDr。
さらにその進化形iNDr+Eが新たに誕生。
コベルコの新型ミニ、アセラ・ジオスペック。
この夏、5クラスのニューラインナップが完成しました。



MINI EXCAVATOR **AGERA
GEOSPEC**

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

HITACHI

Reliable solutions

「TRIAS」が実現した、
低燃費と作業性の両立。



ZX200-5B

ZAXIS

Empower your Vision.

ZX200-5Bは、3ポンプ3バルブ方式の省エネ油圧システムTRIAS（トライアス）を搭載。ポンプとバルブを増やしたことにより、大容量でありながら細やかな出力調整が可能となり、作業性と低燃費の両立を実現しました。さらに、耐久性、環境性能、安全性にも磨きをかけた、時代をリードするショベルです。



燃料消費量
(対ZX200-3 Pモード比)
PWRモード17%低減
ECOモード25%低減



日立建機株式会社

<http://www.hitachi-kenki.co.jp/>



吸塵式乾式カッター
MCD-RY14



プレートコンパクター
MVC-F40S
NETIS No.TH-100006



バイブレーションローラー
MRH-601DS
低騒音指定番号5097

未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー

バイブロコンパクター
MVH-308DSC-PAS
NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー
MT-55L-SGK
NETIS No.TH-100005



高周波バイブレーター
FX-40/FU-162

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)

大阪支店 TEL: 06-6541-9631
札幌営業所 TEL: 011-892-6920
仙台営業所 TEL: 022-238-1521
新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
長野出張所 TEL: 080-1013-9542
中部営業所 TEL: 052-451-7191
金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

中国営業所 TEL: 082-875-8561
四国出張所 TEL: 087-868-5111
九州営業所 TEL: 092-431-5523
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 090-7440-0404

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

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

■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

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0331
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



NETIS登録製品活用で 貴社の公共工事受注を有利に!

NETIS登録発電機は、圧倒的な発電性能と耐久性を誇るデンヨーで。



NETIS登録製品の活用で工事成績評価の
加点対象になります。



環境保護ベース一体型発電機

DCA-B シリーズ<10.5kVA~220kVA>

■大容量燃料タンクで一度の
給油で最大約3日間運転可能!



極超低騒音型

■万一のオイル漏れ発生時でも
外部流出を防止します。



登録番号:KT-100042-V

有用な新技術のうち「設計比較対象技術」
に指定されました。



DCA-45USKB3

発電出力(50/60Hz):37/45kVA



DCA-100LSIB

発電出力(50/60Hz):80/100kVA



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

本社:〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所 022(254)7311
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(856)7222
金沢営業所 076(269)1231
大阪営業所 06(6448)7131

広島営業所 082(278)3350
高松営業所 087(874)3301
九州営業所 092(935)0700

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



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>

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

 **Santana** サンタナアートワークス
ART WORKS

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： 所属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話： FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

F
A
X

03-3664-0138



90th
Anniversary

自然の驚異!!

多発するゲリラ豪雨

災害時はもちろん、様々な簡易雨水排水設備で活躍します。



写真は KRS 型（フランジ接続仕様）

工事現場などで活躍する大容量性能の水中ポンプは、
フランジ接続仕様にする事で、簡易雨水排水設備
などにも対応可能です。

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
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

中部支店：TEL.(052)481-8181
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311
中国支店：TEL.(082)923-5171

四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

www.tsurumipump.co.jp

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



カッター出力 330kW
総質量 120ton



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバ システム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本 社 ・ 営 業
カスタマーサービス相模事業所
大 阪 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
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル
〒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 三重県津市雲出長常町1129番地11

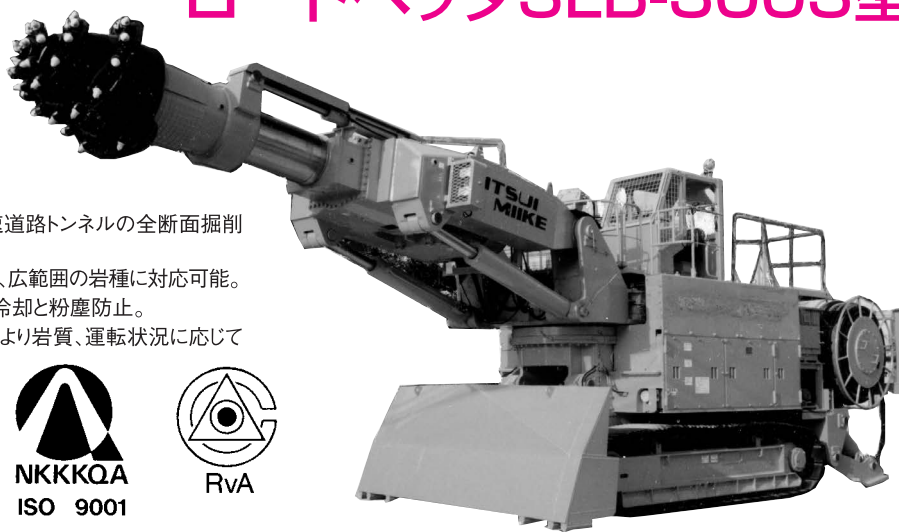
TEL. 03-5733-9444
TEL. 042-767-2586
TEL. 06-6387-3371
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

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.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

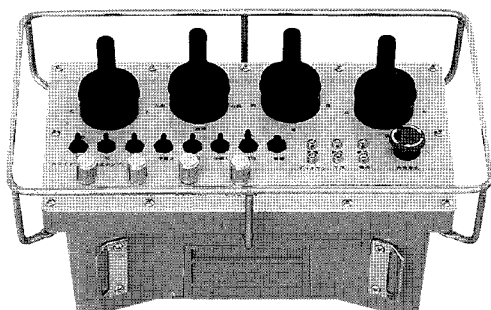
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

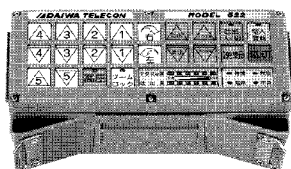
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



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）又は油圧バルブ出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

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

進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した
コマツハイブリッド油圧ショベルは、
国内で1,200台を超える実績を重ね、
確かな信頼を得ました。
さらなる進化を遂げて誕生した
コマツ第三世代ハイブリッドHB205-2は、
油圧ショベルのスタンダードとなります。

NEW

- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



- 燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。
実際の作業では、作業内容により上記以下に
なる場合があります。



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>

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)

雑誌 03435-8



4910034350841
00800