

一般社団法人  
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2019

# 建設機械施工

3

Vol.71 No.3 March 2019 (通巻829号)

## 特集 土工事



「重機オペレーター技能競技大会」におけるエキシビジョンマッチ

優勝者(左)とデモンストレーター(右)

### 巻頭言 「下町ロケット」から土工の無人化施工を考える

#### 行政情報

- ICT活用工事のさらなる普及促進
- 官民が所有する地盤情報の収集・共有化に向けて

#### 技術報文

- 3次元データを活用した大規模土工の見える化を実現
- 高圧噴射攪拌工法による矩形改良体を活用した液状化対策工法と施工事例
- 液状化地盤における橋台基礎の耐震性能評価方法と耐震対策技術の開発
- ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工 他

#### 交流の広場

「重機オペレーター技能競技大会」を初開催

#### 部会報告

第22回 機電技術者意見交換会報告

一般社団法人 日本建設機械施工協会



# 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。



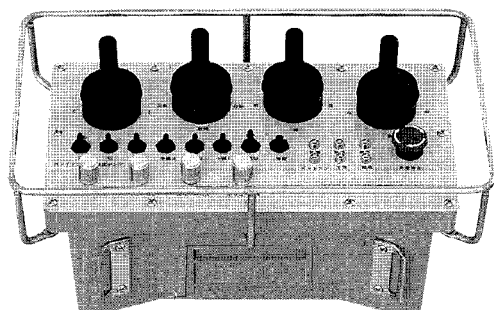
## 吉永機械株式会社

〒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

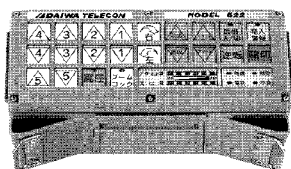
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



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](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

# 2019年版 日本建設機械要覧

近日発売のご案内

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。



## 発刊日

平成31年3月末

## 体裁

- ・B5判、約1,276頁／写真、図面多数／表紙特製
- ・2016年版より外観を大幅に刷新しました。

## 価格（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（複数冊の場合別途）

※2019年10月から本体価格＋消費税10%となります。

## 特典

2019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年版から2016年版までの全ての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2019年版を含めると1998年から2018年までの建設機械データが活用いただけます。

## 2019年版 内容目次

- ・ブルドーザおよびスクレーパー
- ・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・災害対策用機械および除雪機械
- ・作業船
- ・ICT建機、ICT機器（新規）
- ・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
- ・WJ工法、CSG工法、タイヤ、ワイヤロープ、燃料油、潤滑剤および作動油、検査機器等

## 今後の予定

好評をいただきました2016年版につづき2019年版「日本建設機械要覧」の電子版も作成し、より利便性の高い資料とすべく準備しております。御期待下さい。

# ◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

購入申し込みは随時受け付けております。

□3/30（土）までに納品希望……（この場合本申込書は3/15までに必着で送付下さい）  
 ↑（チェックを入れてください）

|                 |   |
|-----------------|---|
| 日本建設機械要覧 2019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<br>（ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○）<br><b>お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい</b> |  |  |

## ◆ 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<br>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<br>FAX 011 (231) 6630 |
| 東 北 支 部 | 〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台北町ビル5F | TEL 022 (222) 3915<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>FAX 092 (436) 3323 |

記入いただいた個人情報、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](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

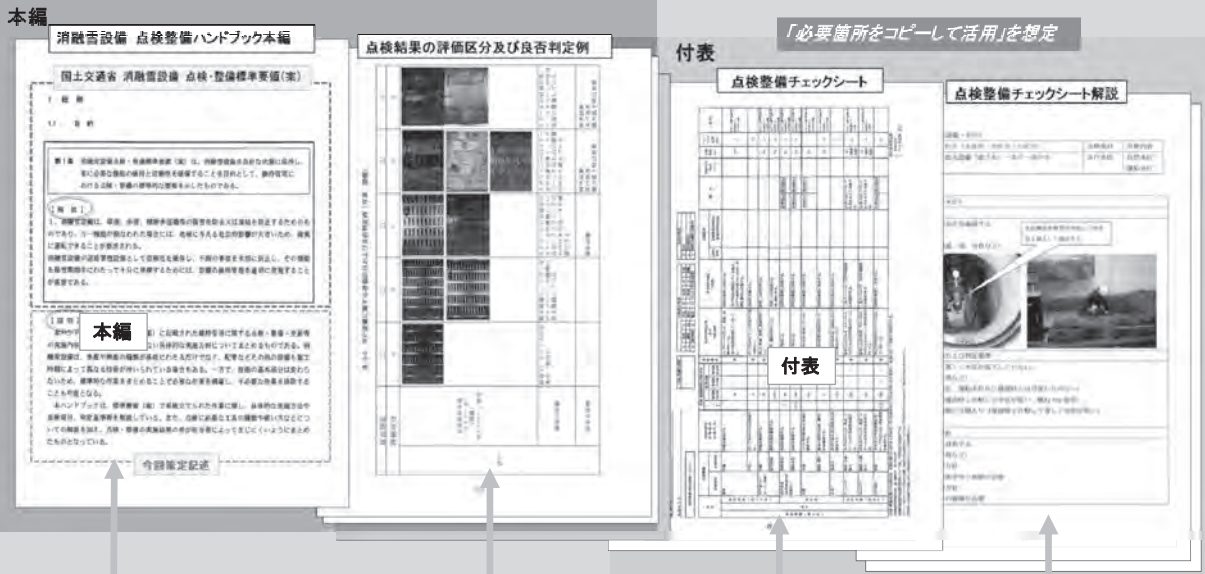


# 消融雪設備 点検・整備ハンドブック

平成30年7月発刊

本書は、消融雪設備の老朽化対策として平成28年3月に国土交通省が策定した「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」の技術者向け解説書です。

## ■消融雪設備 点検・整備ハンドブック



○箱枠内に「消融雪設備点検・整備標準要領（案）」を掲載し、【説明】として解説事項を箱枠外に掲載。

標準要領の目的理解を支援

○5段階状況写真等を利用した評価例と施設の状態解説、対処方法例を掲載。

的確な判定を支援

○「消融雪設備 点検・整備標準要領（案）」に、実際の点検内容の解説等を追加掲載。

本書の購入者は、出版元ホームページからID、PASSでチェックシートのダウンロードが可能です

技術の継承・支援

○点検方法、判定方法および判定基準、不良時の措置方針を掲載。

若手技術者育成・支援

## 消融雪設備 点検・整備ハンドブック策定委員会

（一社）新潟県融雪技術協会

（一社）日本建設機械施工協会 北陸支部  
北陸融雪技術協議会

〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 TEL (025) 282-1114/FAX (025) 281-1507

〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 TEL (025) 280-0128/FAX (025) 280-0134

〒950-0965 新潟市中央区新光町 6-1 TEL (025) 281-8812/FAX (025) 281-8832

※ 裏面に注文書があります。

# 消融雪設備 点検・整備ハンドブック注文書

注文日：平成 年 月 日

|         |                                       |           |           |
|---------|---------------------------------------|-----------|-----------|
| 官公庁・会社名 |                                       |           | 担当部署：     |
| 担当者     |                                       |           |           |
| 電話番号    | -                                     | -         |           |
| FAX番号   | -                                     | -         |           |
| メールアドレス |                                       |           |           |
| お届け先    | 住所                                    | 〒         |           |
| 注文内容    | 会員 ・ 非会員 ← どちらかに○印をつけて、必要部数を記入してください。 |           |           |
|         |                                       | 会員        | 非会員       |
|         | 必要部数                                  | 冊         | 冊         |
|         | 価 格                                   | 10,000円/冊 | 12,000円/冊 |
|         | 消費税                                   | 800円/冊    | 960円/冊    |
|         | 送 料                                   | 700円/冊    | 700円/冊    |
|         | 合 計                                   |           |           |
| 備考      | 請求書の宛名等ご希望をお知らせください                   |           |           |

※ 送料(送料・手数料)は冊数が複数になる場合は、変更になります。

【申し込み先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部 他 最寄の本部・支部。  
 ※ 北陸支部については、北陸支部ホームページからご注文が可能です。  
<http://www.niigata-inet.or.jp/jcmahoku/>

【内容問合せ先】(一社)日本建設機械施工協会 北陸支部  
 TEL 025-280-0128  
 FAX 025-280-0134



## 「平成 30 年度版 建設機械等損料表」を発売しました。

一般社団法人 日本建設機械施工協会(会長:田崎忠行)は、書籍「平成 30 年度版 建設機械等損料表」を下記の通り発売しました。

本書は建設工事で使用される各種の建設機械や建設設備等に関する機械損料諸数値(国土交通省の建設機械等損料算定表の内容に準拠)を掲載したものです。

工事費の積算や施工計画の立案、施工管理等、いろいろな場面において有効・有益な資料であり、広く活用頂ければ幸いです。

### \*\*\*\*\* 記 \*\*\*\*\*

■発売日 : 平成 30 年 5 月 8 日

■体 裁 : A4判、モノクロ、約475ページ

### ■内 容

- 第Ⅰ章 機械損料の構成と解説
- 第Ⅱ章 関連通達・告示等
- 第Ⅲ章 損料算定表の見方(要約版)
- 第Ⅳ章 建設機械等損料算定表
- 第Ⅴ章 船舶損料算定表
- 第Ⅵ章 ダム施工機械等損料算定表
- 第Ⅶ章 除雪用建設機械等損料算定表
  - ・機械別燃料・電力消費率表を掲載
  - ・損料の算出例を掲載

### ■定価 本体(税別)

一般: 8,000円 会員: 6,800円

※送料は一般・会員とも700円

なお、複数冊ご購入の場合の送料はお問い合わせください。

### \*\*\*\*\* 以上 \*\*\*\*\*

### ■参考

5 月 17 日発売の「よくわかる建設機械と損料2018」も併せてご活用ください。

(特長)

- ・損料用語・損料補正方法を平易な表現で解説
- ・関連通達・告示の位置付けと要旨を解説
- ・建設機械の概要・特徴を写真・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

### ■書籍に関するお問い合わせ先

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 (機械振興会館内)

一般社団法人 日本建設機械施工協会 (電話 03-3433-1501)



書籍の表紙イメージ

# よくわかる建設機械と損料 2018

(平成30年度版 建設機械等損料表の解説書)

■発刊日:平成 30 年 5 月 12 日

■体裁:A4 判、一部カラー、約 320 ページ

■本体価格(税別・送料別)

一般:6,000 円 会員:5,100 円

■特長

★損料用語を平易な表現でわかりやすく解説

★換算値損料や損料補正值の計算例を紹介

★損料算定表の主な改正点を表にして紹介

★17 件の関連通達類の位置付けと要旨を解説

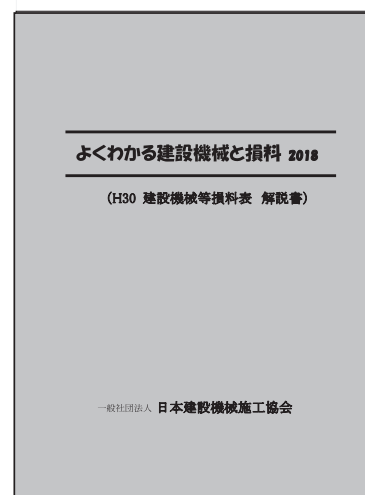
★建設機械器具のコード体系を大分類(下記 01～50)別に図示

- |                     |                    |
|---------------------|--------------------|
| 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- 船舶及び機械器具等(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          |                    |

★大半の建設機械器具について概要・特徴を写真・図入りで紹介

★主要な建設機械についてはメーカ・型式名を表にして紹介

★索引でヒットしない機械について、その要因・対処方法を表にして紹介



一般社団法人 日本建設機械施工協会

関係部署にも回覧をお願いします

橋梁架設工事及び設計積算業務の必携書

# 橋梁架設工事の積算

平成30年度版

∞ ∞ ∞ 改定・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

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 30 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 30 年度版」を発刊することと致しました。

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 30 年度版」を別冊（セット）で発刊致します。

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

## ◆改訂内容

平成 29 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

- ・架設機材複合損料の改訂
- ・送出し、降下作業ステップ図の追加
- ・架設用製作部材単価の改訂
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

### 2. P C 橋編

- ・架設機械の複合損料改定
- ・床版水抜きパイプ設置工の歩掛を追加
- ・架設桁架設工法の既設構造物アンカー工歩掛を追加
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

### 3. 橋梁補修編

- ・各足場タイプ別の作業日当り標準作業量の掲載
- ・チッピング工（ブラケット背面部）労務編成の改定
- ・検査路撤去・再設置歩掛の掲載
- ・外ケーブル補強工（鋼橋）の掲載
- ・国交省基準の改定に伴う歩掛等の改訂

### 別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・施工パッケージを考慮した積算要領への改訂



● A 4 判／本編約 1,050 頁（カラー写真入り）  
別冊約 200 頁 セット

#### ●定価

一般価格：10,800 円（本体 10,000 円）  
会員価格：9,180 円（本体 8,500 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 900 円

沖縄県 710 円（但し県内に限る）

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

●発刊予定 平成 30 年 5 月 20 日



関係部署にも御回覧をお願いします。

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30年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成30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28年5月に「大口径岩盤削孔工法の積算 平成28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30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30年度版」を発刊することと致しました。

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30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2編 工法の概要            |
| 第3編 アースオーガ掘削工法の標準積算  | 第4編 パーカッション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6編 建設機械等損料表         |

## ◆ 改訂内容

平成28年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

- ・国土交通省の歩掛・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イラストの刷新、施工機械諸元を最新情報に改訂
- ・工法概要、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の紹介
- ・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訂

- A4判／約230頁（カラー写真入り）

- 価格

一般価格：6,480円（本体6,000円）

会員価格：5,508円（本体5,100円）

- ※ 送料は一般・会員とも

沖縄県以外 700円

沖縄県 450円（但し県内に限る）

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

- 発刊予定 平成30年5月22日

（本の発送は、5月31日頃からはなります。）

大口径岩盤削孔工法の積算

一般社団法人 日本建設機械施工協会

# 2016年版 日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版 発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2016年3月に刊行し、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。

このたびこの建設機械要覧に関して更に便利に活用いただくよう新たに次の2種類の電子書籍(PDF)版を発売いたしますので、ここにご案内申し上げます。

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

|    |                                           |                                                                                                                                                                                         |              |                                                                                                                            |
|----|-------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 商品名                                       | 日本建設機械要覧2016<br>電子書籍(PDF)版                                                                                                                                                              |              | 建設機械スペック一覧表、<br>電子書籍(PDF)版                                                                                                 |
| 2  | 形態                                        | 電子書籍(PDF)                                                                                                                                                                               |              | 電子書籍(PDF)                                                                                                                  |
| 3  | 閲覧                                        | Web上で閲覧<br>パソコン、タブレット、<br>スマートフォンからアクセス                                                                                                                                                 |              | Web上で閲覧<br>パソコン、タブレット、<br>スマートフォンからアクセス                                                                                    |
| 4  | 内容                                        | 要覧全頁                                                                                                                                                                                    |              | spec一覧表                                                                                                                    |
| 5  | 改訂                                        | 3年毎                                                                                                                                                                                     |              | 3年毎                                                                                                                        |
| 6  | 新機種情報                                     | 要覧クラブで対応                                                                                                                                                                                |              | 要覧クラブで対応                                                                                                                   |
| 7  | 検索機能                                      | 1.単語検索                                                                                                                                                                                  |              | 1.単語検索                                                                                                                     |
| 8  | 附属機能<br>注) タブレット・スマートフォンは、<br>一部機能が使えません。 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・しおり</li> <li>・拡大・縮小</li> <li>・付箋機能</li> <li>・ペン機能</li> <li>・目次からのリンク</li> <li>・各章ごと目次からのリンク</li> <li>・索引からのリンク</li> <li>・メーカーHPへのリンク</li> </ul> |              | <ul style="list-style-type: none"> <li>・しおり</li> <li>・拡大・縮小</li> <li>・付箋機能</li> <li>・ペン機能</li> <li>・メーカーHPへのリンク</li> </ul> |
| 9  | 予定販売<br>価格<br>(円・税込)                      | 会員                                                                                                                                                                                      | 54,000 (3年間) | 48,600 (3年間)                                                                                                               |
|    |                                           | 非会員                                                                                                                                                                                     | 64,800 (3年間) | 59,400 (3年間)                                                                                                               |
| 10 | 利用期間                                      | 3年間                                                                                                                                                                                     |              | 3年間                                                                                                                        |
| 11 | 同時ログイン                                    | 3台                                                                                                                                                                                      |              | 3台                                                                                                                         |
| 12 | 認証方法                                      | ID+パスワード                                                                                                                                                                                |              | ID+パスワード                                                                                                                   |
| 13 | 購入方法                                      | WEB上にて申込み(HP参照下さい)                                                                                                                                                                      |              | WEB上にて申込み(HP参照下さい)                                                                                                         |

## 発売時期

平成28年5月末 HP: <http://www.jcmanet.or.jp/>

## Webサイト 要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍(PDF)版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、2010年版及び2013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2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

様々な環境で閲覧できます。  
タブレット、スマートフォンで外出先でもデータにアクセス



## 今後の予定

更に高機能の「日本建設機械要覧」の検索システム版も作成し、より利便性の高い資料とするべく準備しております。御期待下さい。

お問合せ先: 業務部 鈴木英隆 TEL: 03-3433-1501 E-mail: [suzuki@jcmanet.or.jp](mailto:suzuki@jcmanet.or.jp)

# **論文投稿のご案内**

日本建設機械施工協会では、学術論文の投稿を歓迎します。論文投稿の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿のご案内をご覧ください。

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

## **★投稿対象**

建設機械、機械設備または建設施工の分野及びその他の関連分野並びにこれらの分野と連携する学際的、横断的な諸課題に関する分野を対象とする学術論文(原著論文)の原稿でありかつ下記の条件を満足するものとします。なお、施工報告や建設機械の開発報告も対象とします。

- (1) 理論的又は実証的な研究・技術成果、あるいはそれらを統合した知見を示すものであって、独創性があり、論文として完結した体裁を整えていること。
- (2) この分野にとって高い有用性を持ち、新しい知見をもたらす研究であること。
- (3) この分野の発展に大きく寄与する研究であること。
- (4) 将来のこの分野の発展に寄与する可能性のある萌芽的な研究であること。

## **★部門**

- (1) 建設機械と機械設備並びにその高度化に資する技術部門
- (2) 建設施工と維持管理並びにその高度化に資する技術部門

## **★投稿資格**

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

## **★原稿の受付**

随時受け付けます。

## **★公表の方法**

当協会機関誌に掲載します。

**★機関誌への掲載は有料です。**

**★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。**

## **★連絡先**

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : [ronbun@jcmanet.or.jp](mailto:ronbun@jcmanet.or.jp)

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289



## ◆ 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864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<br>(自署)  |                             | 昭和<br>平成 年 月 日 |
| 勤務先名        |                             |                |
| 所属部課名       |                             |                |
| 勤務先住所       | 〒<br>TEL _____ E-mail _____ |                |
| 自宅住所        | 〒<br>TEL _____ E-mail _____ |                |
| 機関誌の送付先     | 勤務先 自宅 (ご希望の送付先を○印で囲んで下さい。) |                |
| その他<br>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受けたとき。 3.死亡し、又は失踪宣言を受けたとき。 4.1年以上会費を滞納したとき。 5.除名されたとき。 ○資格喪失時の権利及び義務: 資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 ○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 ○拠出金の不返還:既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

#### 【個人情報の取扱について】

ご記入頂きました個人情報は、日本建設機械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](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<br>(税込)                | 会員価格<br>(税込) | 送料  |
|-----|------------|---------------------------------------|-----------------------------|--------------|-----|
| 1   | H30 年 8 月  | 消融雪設備点検・整備ハンドブック                      | 12,960                      | 10,800       | 700 |
| 2   | H30 年 5 月  | よくわかる建設機械と損料 2018                     | 6,480                       | 5,508        | 700 |
| 3   | H30 年 5 月  | 大口径岩盤削孔工法の積算 平成 30 年度版                | 6,480                       | 5,508        | 700 |
| 4   | H30 年 5 月  | 橋梁架設工事の積算 平成 30 年度版                   | 10,800                      | 9,180        | 900 |
| 5   | H30 年 5 月  | 平成 30 年度版 建設機械等損料表                    | 8,640                       | 7,344        | 700 |
| 6   | H29 年 5 月  | 橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版                   | 10,800                      | 9,180        | 900 |
| 7   | H29 年 4 月  | 平成 29 年度版 建設機械等損料表                    | 8,640                       | 7,344        | 700 |
| 8   | H29 年 4 月  | ICT を活用した建設技術 (情報化施工)                 | 1,296                       | 1,080        | 700 |
| 9   | H28 年 9 月  | 道路除雪オペレータの手引                          | 3,780                       | 3,402        | 700 |
| 10  | H28 年 5 月  | よくわかる建設機械と損料 2016                     | 6,480                       | 5,508        | 700 |
| 11  | H28 年 5 月  | 大口径岩盤削孔工法の積算 平成 28 年度版                | 6,480                       | 5,508        | 700 |
| 12  | H28 年 5 月  | 橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版                   | 10,800                      | 9,180        | 900 |
| 13  | H28 年 5 月  | 平成 28 年度版 建設機械等損料表*                   | 8,640                       | 7,344        | 900 |
| 14  | H28 年 3 月  | 日本建設機械要覧 2016 年版                      | 52,920                      | 44,280       | 700 |
| 15  | 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        | 250 |
| 16  | H25 年 6 月  | 機械除草安全作業の手引き                          | 972                         | 864          | 700 |
| 17  | H23 年 4 月  | 建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)                 | 6,480                       | 5,502        | 700 |
| 18  | H22 年 9 月  | アスファルトフィニッシャの変遷                       | 3,240                       |              | 250 |
| 19  | H22 年 9 月  | アスファルトフィニッシャの変遷【CD】                   | 3,240                       |              | 700 |
| 20  | H22 年 7 月  | 情報化施工の実務                              | 2,160                       | 1,851        | 700 |
| 21  | H21 年 11 月 | 情報化施工ガイドブック 2009                      | 2,376                       | 2,160        | 700 |
| 22  | H20 年 6 月  | 写真でたどる建設機械 200 年                      | 3,024                       | 2,560        | 700 |
| 23  | H19 年 12 月 | 除雪機械技術ハンドブック                          | 3,086                       |              | 700 |
| 24  | 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        | 250 |
| 25  | H17 年 9 月  | 建設機械ポケットブック (除雪機械編)*                  | 1,029                       |              | 250 |
| 26  | H16 年 12 月 | 2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*               | 5,142                       |              | 250 |
| 27  | 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        | 700 |
| 28  | 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                       |              | 700 |
| 29  | 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                       |              | 700 |
| 30  | H15 年 6 月  | 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル                    | 540                         |              | 250 |
| 31  | 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        | 700 |
| 32  | 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        | 700 |
| 33  | H11 年 10 月 | 機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版                | 8,208                       |              | 700 |
| 34  | H11 年 5 月  | 建設機械化の 50 年                           | 4,320                       |              | 700 |
| 35  | H11 年 4 月  | 建設機械図鑑                                | 2,700                       |              | 700 |
| 36  | H10 年 3 月  | 大型建設機械の分解輸送マニュアル*                     | 3,888                       | 3,456        | 250 |
| 37  | H9 年 5 月   | 建設機械用語集                               | 2,160                       | 1,944        | 700 |
| 38  | H6 年 8 月   | ジオスペースの開発と建設機械                        | 8,229                       | 7,714        | 700 |
| 39  | H6 年 4 月   | 建設作業振動対策マニュアル                         | 6,172                       | 5,554        | 700 |
| 40  | H3 年 4 月   | 最近の軟弱地盤工法と施工例                         | 10,079                      | 9,565        | 700 |
| 41  | S 63 年 3 月 | 新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】                  | 10,800                      | 9,720        | 700 |
| 42  | S 60 年 1 月 | 建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*                    | 6,480                       |              | 250 |
| 43  |            | 建設機械履歴簿                               | 411                         |              | 250 |
| 44  | 毎月 25 日    | 建設機械施工【H25.6 月号より図書名変更】               | 864                         | 777          | 700 |
|     |            |                                       | 定期購読料 年 12 冊 9,252 円(税・送料込) |              |     |

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。

※については当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄を参照下さい。

|             |                                                                                                                                                                                                      |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 特 集         | 土工事                                                                                                                                                                                                  |
| 巻頭言         | 4 「下町ロケット」から土工の無人化施工を考える<br>深川 良一 立命館大学 教授, 理工学部長                                                                                                                                                    |
| 行政情報        | 5 ICT 活用工事のさらなる普及促進<br>関東地方整備局における ICT 活用工事の取組報告<br>中山 利美 関東地方整備局 企画部 機械施工管理官<br>長山 真一 関東地方整備局 企画部 施工企画課 専門員                                                                                         |
| 特集・<br>技術報文 | 10 官民が所有する地盤情報の収集・共有化に向けて<br>石川 誉大 国土交通省 大臣官房 技術調査課 宇宙利用係長                                                                                                                                           |
|             | 15 3次元データを活用した大規模土工の見える化を実現<br>坂崎 信夫 戸田建設(株) 土木技術営業部 技術3課 課長                                                                                                                                         |
|             | 20 釜石市中央ブロック復興整備事業での盛土材の現地製造<br>釜石市復興整備事業での取組<br>安間 正明 ㈱熊谷組 釜石中央工事業所 統括所長<br>坂田 信明 ㈱熊谷組 釜石中央ブロック建設工事作業所 主任<br>市川 貴昭 ㈱ムツミ 執行役員施工部 部長                                                                  |
|             | 25 福島県藤沼ダム堤体の震災後の復旧工事<br>飽和度管理による高品質な盛土の施工<br>三反畑 勇 安藤ハザマ 技術研究所土木研究部 主席研究員<br>龍岡 文夫 東京大学, 東京理科大学 名誉教授<br>渡邊 浩樹 福島県 相双農林事務所 総務部 専門管理技術員<br>三浦 亨 NTC コンサルタンツ(株) 東北支社技術部 次長                             |
|             | 32 12段長大切土施工における3次元データの活用とのり面の<br>長期安定対策工<br>斉藤 亮祐 ㈱奥村組 東日本支社 リニューアル技術部 金田橋耐震工事業所 所長<br>小野 剛 ㈱奥村組 東日本支社 東北支店 土木第1部 部長<br>今泉 和俊 ㈱奥村組 技術研究所 土木研究グループ 主任研究員<br>早川 正城 東日本高速道路(株) 北海道支社 道路管制センター 交通技術課 課長 |
|             | 38 土工のあゆみ 略史：古代から現代まで<br>岡本 直樹 (一社)日本機械土工協会                                                                                                                                                          |
|             | 46 水理模型実験による橋台背面盛土の崩壊メカニズムと対策工<br>に関する検討<br>御厩敷公平 北見工業大学大学院 工学研究科 社会環境工学専攻 前期1年<br>川尻 峻三 北見工業大学 助教<br>川口 貴之 北見工業大学 准教授                                                                               |
|             | 56 高圧噴射攪拌工法による矩形改良体を活用した液状化対策工<br>法と施工事例 コンパクト・ジオラティス工法—矩形<br>田屋 裕司 ㈱竹中工務店 技術研究所 地盤・基礎部 主任研究員<br>島村 淳 ケミカルグラウト(株) 技術本部 技術開発部 課長<br>阿部 宏幸 ケミカルグラウト(株) 工事設備部 テクノセンター 副所長                               |
|             | 61 機械攪拌工法による既設建物直下地盤の補強<br>WinBLADE <sup>®</sup> による固化体の造成<br>藤原 斉都 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室 主席研究員<br>石井 裕泰 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室 チームリーダー                                             |
|             | 66 液状化地盤における橋台基礎の耐震性能評価方法と耐震対策<br>技術の開発<br>大住 道生 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 上席研究員<br>谷本 俊輔 (国研) 土木研究所 構造物メンテナンス研究センター 研究員<br>加藤 篤史 (一社)鋼管杭・鋼矢板技術協会 技術委員                                              |



|        |     |                                                                                                                                                                                                               |
|--------|-----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|        | 73  | 脈状地盤改良による液状化対策工法<br>石橋 利倫 (公財) 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室 研究員<br>大西 高明 ライト工業㈱ 施工技術本部 R&D センター 材料開発部 グループ長<br>滝沢 聡 東日本旅客鉄道㈱ 構造技術センター 課長 基礎・土構造グループリーダー<br>井澤 淳 (公財) 鉄道総合技術研究所 鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室 主任研究員 |
|        | 82  | ICT を活用した地盤改良工法の新施工管理システム<br>Visios-3D<br>菅 章悟 ㈱不動テトラ 地盤事業本部 技術部 技術企画課<br>鈴木 亮彦 ㈱不動テトラ 地盤事業本部 ICT 推進室長<br>伊藤 竹史 ㈱不動テトラ 地盤事業本部 技術部 技術企画課長                                                                      |
|        | 87  | ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工 GT フレーム工法®の開発と適用事例<br>森本 泰樹 イビデングリーンテック㈱ 法面事業本部 関東支店 設計課 課長<br>吉野 英次 イビデングリーンテック㈱ 企画管理本部 安全環境部 部長                                                                               |
|        | 92  | 樹脂製受圧板を用いた地山補強土工の凍上対策に関する検討<br>山岸 昂平 北見工業大学大学院 社会環境工学専攻 大学院2年                                                                                                                                                 |
| 交流のひろば | 98  | 「重機オペレーター技能競技大会」を初開催<br>会員企業に所属する重機オペレーターが運転・操作の技能を競う<br>村上 純也 (一社) 岩手県建設業協会 広報委員会 IT 部会委員兼事務局 千厩支部事務長                                                                                                        |
| ずいそう   | 102 | 模型から本物に<br>佐々木 稔 西尾レントオール㈱ 四国営業部                                                                                                                                                                              |
| 部会報告   | 105 | 第 22 回 機電技術者意見交換会報告                                                                                                                                                                                           |
|        | 113 | 新工法紹介 機関誌編集委員会                                                                                                                                                                                                |
|        | 115 | 新機種紹介 機関誌編集委員会                                                                                                                                                                                                |
| 統計     | 116 | 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                                                                                                                                                                                   |
|        | 117 | 行事一覧 (2019 年 1 月)                                                                                                                                                                                             |
|        | 126 | 編集後記 (中村優・鈴木)                                                                                                                                                                                                 |

◇表紙写真説明◇

「重機オペレーター技能競技大会」におけるエキシビジョンマッチ  
写真提供：岩手県建設業協会

「重機オペレーター技能競技大会」の大会優勝者が操作するノーマル仕様バックホウ (左) と、資格取得数か月の女性デモンストレーターが操作する 3 次元マシンコントロール ICT 仕様バックホウ (中) とのエキシビジョンマッチの状況である。法面に平行にバックホウを配置した状態でスタートするという、掘削用バケットでの法面整形と優勝者にとっては不利な条件だが、デモンストレーターは早くきれいに整形しており、ICT 技術の目覚ましい進歩を確認できるものである。

2019 年 (平成 31 年) 3 月号 PR 目次  
【ア】朝日音響㈱…………… 後付 8  
【カ】コベルコ建機㈱…………… 後付 1

コマツ…………… 表紙 4  
【ク】大和機工㈱…………… 表紙 2  
㈱鶴見製作所…………… 後付 6

【ハ】㈱パトライト…………… 表紙 3  
日立建機㈱…………… 後付 5  
【マ】マシンケアテック㈱…………… 後付 2・3

マルマテクニカ㈱…………… 後付 4  
三笠産業㈱…………… 後付 7  
【ヤ】吉永機械㈱…………… 表紙 2

## 巻頭言

# 「下町ロケット」から土工の無人化施工を考える

深 川 良 一



昨年秋に放送された「下町ロケット」は、ドラマ自体のダイナミックな展開もさることながら、農業機械の自動運転技術への夢を語るということで大いに関心を集めた。田んぼのような泥濘地で、車輪系のトラクターが決められたルートを正確に進むことは難度が高いように思える。走路となる表層性状が時々刻々変化するため、それをどう操舵制御アルゴリズムに反映させるかが開発のカギではないだろうか。

それでも、一般の走行車両に比べると、土工機械や農業機械の自動運転はまだ達成し易いと考えられる。なぜなら、自動運転における最大の問題は、人間の安全だからである。土工機械や農業機械では、走路内へ人間や動物等の侵入を制限するという形でその問題をクリアできる可能性がある。実際、例えば石灰石の採取現場である四国の鳥形山においては、重ダンプトラックの自動（無人）運転がおおよそ30年前の1990年10月に開始されている。

これが人間や他の作業機械が混在する現場での話となると技術的難度は格段に上がる。筆者は1990年代以降の十数年間建設施工の自動化に関する研究に取り組んだが、その頃は勿論土木施工の無人化・完全自動化はあまり現実的でないという意見が大半であった。底流としてはそれはおそらく今でも変わっていない。しかし、最近のディープラーニングをベースとするAIの急激な進展は、複雑な作業環境下での土工機械の自動運転に期待を抱かせつつある。具体的にはAIによる人間や動物等の認識技術が急速に高まってきている。例えば、ジョセフ・レドモンが開発したリアルタイム物体検出システムYOLOは、1枚の写真から路上の物体が動物なのか人間なのか、あるいは単なるものなのかわずか0.02秒で判定する。この技術を使えば、走行中あるいは作業中の安全を確保することも可能かもしれない。

ただし、土工においてはAIがすぐに人間に取って代わるのは難しそうだ。作業中、地盤の状態を的確に判断する必要があるが、地盤という対象は千差万別である。地盤を構成する土の種類、状態、あるいは地層の地質・地形的特徴をほぼリアルタイムに判定しなければならない。画像のみで判断するのは相当困難であろう。追加情報を他の操作（例えば棒状のものの貫入）によって得るにしても、ディープラーニングの精度を向上させる教師データの数が増大となり、実現は短期間では難しそうに思える。結局、現状のAIはある程度単純化された条件下での判断には適しているが、実際の人間が行っているような総合的判断はまだまだ時期尚早であろう。

ところで、わが国では少子高齢化が急激に進展してきており、また屋外での作業に従事することを忌避する傾向が強まっている。建設業への就職を希望する若者は減り続けている。こうした状況を打開するためには、やはりテクノロジーの有効活用が鍵になる。AIやIoTを活用することによって積極的に無人化施工を進め、それらで対処できないところは“少数の人間”が対応していくというのが今後の建設現場のあるべき姿だろう。逆に言えば、少子化が人間という存在の重要性を浮き立たせることになり、建設現場での意識改革につながる事が期待される。

これらの“少数の人間”は、AIやIoTに基づく自動制御システムにある程度習熟しながら、さらにこれらのテクノロジーが埋めきれない現場条件の変化等へ専門的な知見に基づいて柔軟に対応していかなければならない。こうした新たな時代に対応できる人材の育成が進んでいるかと言えば、現状ははなはだ心もとない。大学等の教育機関や企業はまさに意識革命を求められているのだと思う。

## 行政情報

## ICT 活用工事のさらなる普及促進

## 関東地方整備局における ICT 活用工事の取組報告

中山 利美・長山 真一

国土交通省は建設現場の生産性向上の施策として i-Construction を提唱し、そのトップランナー施策である ICT の全面的活用について進めている。その取組も平成 28 年度から始まり 3 年目を迎え、毎年基準類の新規策定や改訂を行っているところである。本報では国土交通省関東地方整備局においての ICT の全面活用についての施策や実施方針について紹介する。

キーワード：i-Construction, ICT, 土工, 舗装工, 浚渫工

## 1. はじめに

我が国では生産年齢人口が、減少することが予想されている中において、経済成長を続けるためには、生産性向上は避けられない課題であることから、国土交通省では「i-Construction」により建設現場の抜本的な生産性向上を図ることとしている。

国土交通省では、i-Construction 施策の一つである「ICT の全面的な活用」に向け、3 次元計測技術を用いた面的な出来型管理に関する基準を策定してきた。平成 28 年度より ICT 土工として取組を開始し、ICT

活用工事を実施するために必要な 15 の基準類を整備した。平成 29 年度には ICT 舗装工および ICT 浚渫工（港湾）が開始され、平成 30 年度には ICT 浚渫（河川）が開始され、基準類についても 28 が新規・改訂された。

## 2. ICT 土工の対象工種拡大

平成 28 年度の ICT 活用工事は、「ICT 土工」の 1 工種から始まり、基準類について 12 の技術基準が新規・改訂され、計測機器は無人航空機（以下、UAV）

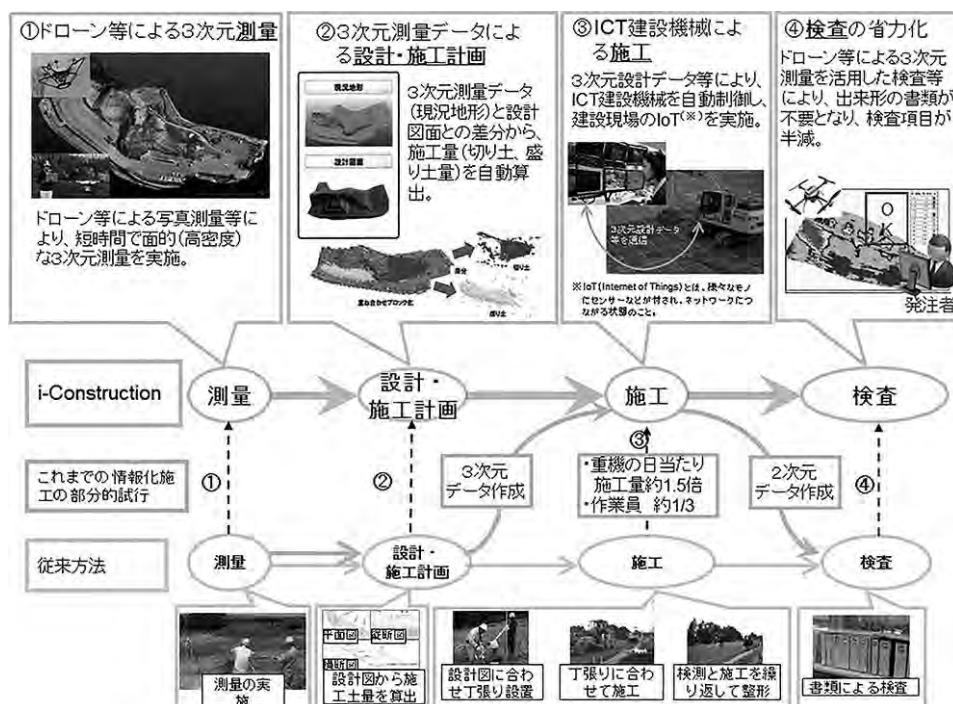
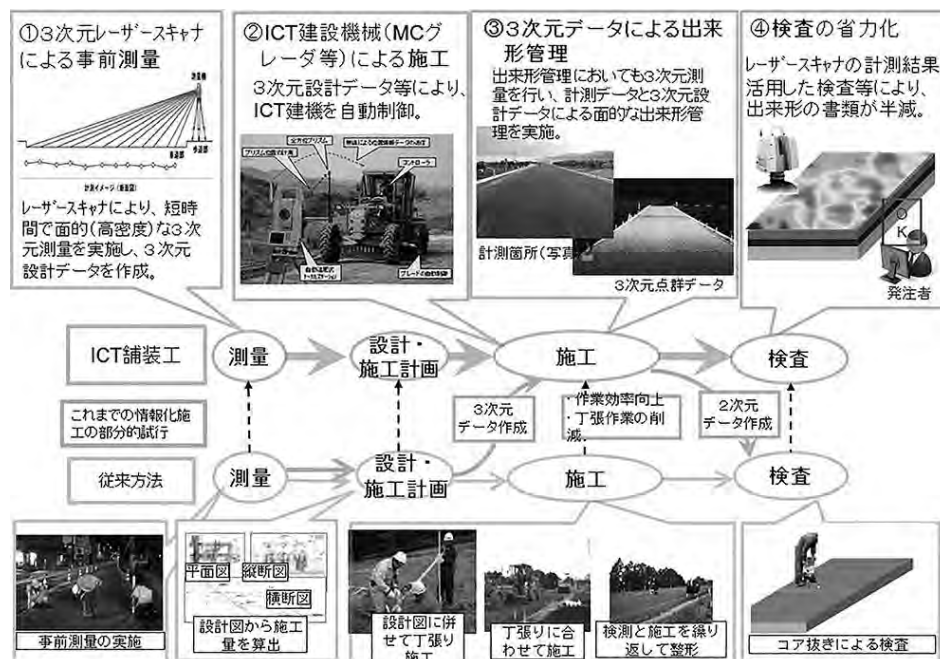


図-1 ICT 土工の施工フロー





図ー2 ICT 舗装工の施工フロー

を用いた空中写真測量と地上型レーザースキャナ（以下、TLS）が使用出来た。ICT 施工では、図ー1の施工フローにより、3次元起工測量、3次元設計データ作成、ICT 建設機械による施工、3次元出来型管理及び3次元データでの納品を行うものであり、3次元設計データを活用して行われるため、施工全体の効率化を目的とした。

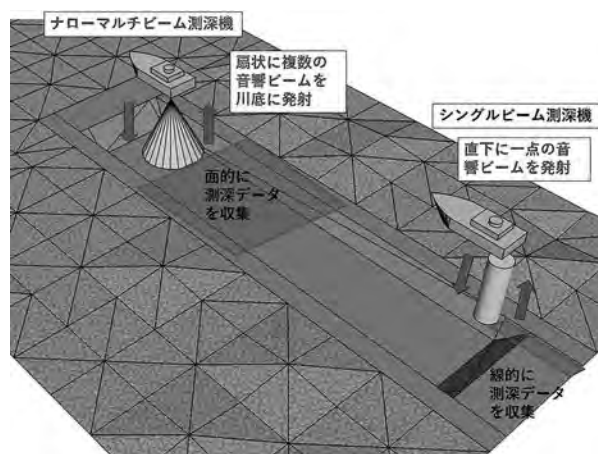
平成 29 年度には、「ICT 舗装工」、「ICT 浚渫工（港湾）」が追加になり、基準類についても 12 の技術基準が新設・改訂となり、計測機器についても UAV レーザースキャナーや RTK-GNSS 等が追加となった。ICT 舗装工の施工フローでは、舗装工の出来型管理基準が厳しいため、起工測量や出来型測量を行う計測機器が TLS での測量を主としている（図ー2）。

平成 30 年度には、「ICT 浚渫工（河川）」が追加になり、28 の基準類が新規・改訂をおこなった。ICT 浚渫工が追加になったことにより、計測機器の音響測深機と ICT 建設機械の施工履歴データでの出来形計測が可能となった。

### (1) ICT 浚渫工（河川）の概要

ICT 浚渫工では、測量に使える機器が主に 2 種類ある。1 つ目は音響測深器で、マルチソナー、動揺計測装置、船を含めたシステムである。音響測深器を活用することで、従来の計測手法では把握できなかった面的な地形形状及び出来形の把握を行うものである（図ー3）。

2 つめは、施工履歴データであり、施工で使用され



図ー3 音響測深の解説

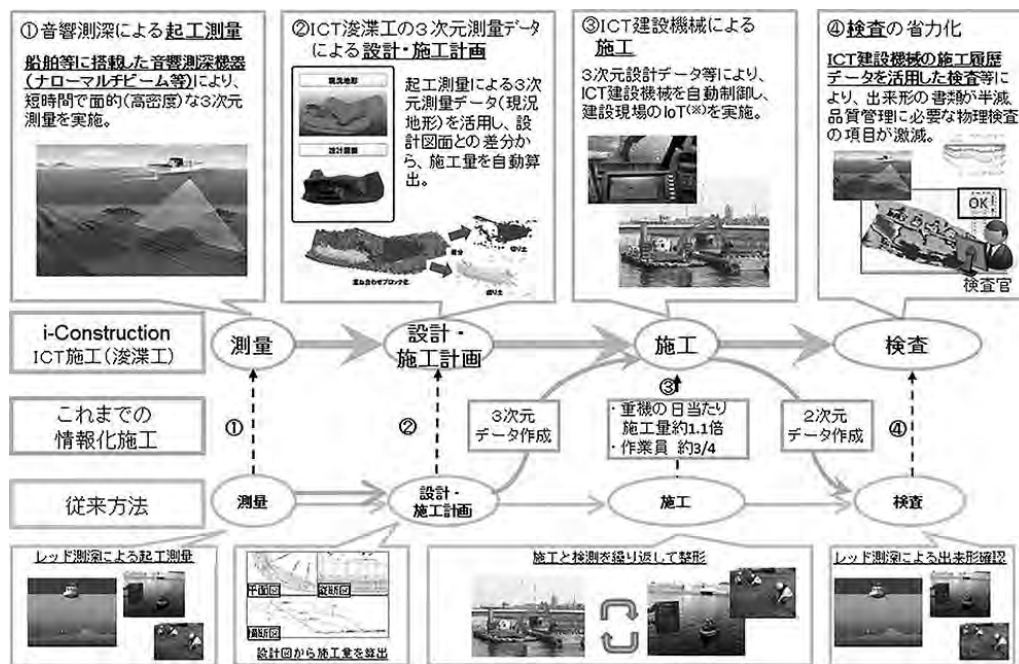


図ー4 施工履歴データの解説

る ICT 建設機械を施工しながら計測されるバケットの軌跡記録機能により、3次元座標、取得時間等を記録し、それらを利用し出来型や数量を面的に算出、把握するものである（図ー4）。

ICT 浚渫工（河川）では、3次元設計データとこれらの3次元計測機器を使用し、施工を行うことで水中の計測作業の効率化、省力化を目標としている（図ー5）。





図ー5 ICT 浚渫工（バックホウ浚渫船）施工フロー

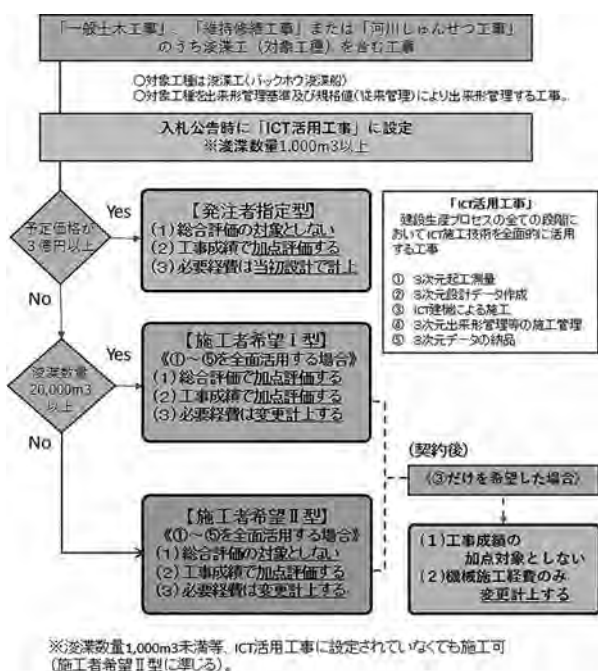
## (2) ICT 浚渫工（河川）の実施方針

新たに加わった ICT 浚渫工（河川）の実施方針を説明する。対象工種として「一般土木工事」、「維持修繕工」、「河川しゅんせつ工事」のうち浚渫工（バックホウ浚渫船）としている。入札公告時に浚渫数量が1,000 m<sup>3</sup>以上の工事に対して「ICT 活用工事」に設定する。その後、予定価格が3億円以上の工事は発注者指定型、予定価格が3億円未満かつ浚渫数量20,000 m<sup>3</sup>以上の工事が施工者希望Ⅰ型、予定価格が3億円未満かつ浚渫数量20,000 m<sup>3</sup>未満の工事が施工者希望Ⅱ型と

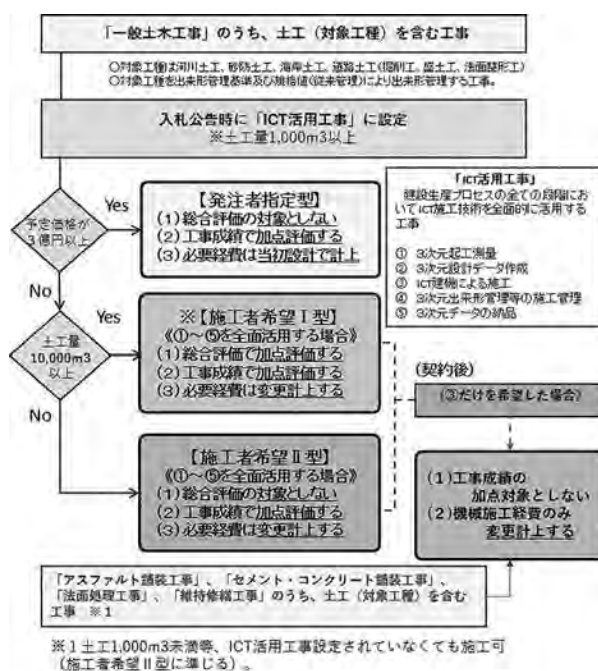
分けて発注を行う（図ー6）。

## (3) ICT 土工の変更点

ICT 土工における変更点は、発注方式の区分について、施工者希望Ⅰ型の対象数量を、予定価3億円未満の工事では従来は土量20,000 m<sup>3</sup>以上からであったものを、土量10,000 m<sup>3</sup>以上へ引き下げており、対象工種も河川土工アスファルト舗装工事、セメント・コンクリート舗装工事、法面処理工事、維持修繕工のうち、土工を含む工事が対象となった（図ー7）。



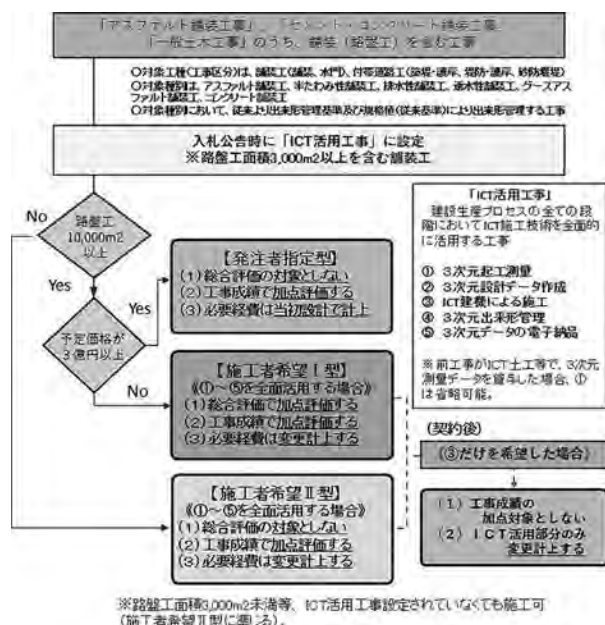
図ー6 H30 ICT 浚渫工実施方針



図ー7 H30 ICT 土工実施方針

#### (4) ICT 舗装工の変更点

ICT 舗装工における変更点は、新設舗装工事の対象の、工種についてセメント・コンクリート舗装工事を新たに加えた。その他の発注方式の数量については、変更はない(図—8)。



図—8 H30 ICT 舗装工実施方針

### 3. ICT 活用状況

関東地方整備局における平成28年度から始まったICT工事の活用状況は、ICT土工の活用件数については、平成28年度が96件、平成29年度が95件となっている(既契約分を含む)。

ICT舗装工の活用件数については、初年度の平成29年度が6件であった(図—9)。

| ●H28ICT土工実績 |        |         |          |     |     |
|-------------|--------|---------|----------|-----|-----|
| 区分          | 発注者指定型 | 施工者希望I型 | 施工者希望II型 | その他 | 合計  |
| 契約済数        | 6      | 64      | 134      | —   | 204 |
| 適用済数        | 6      | 48      | 25       | 17  | 96  |

| ●H29ICT土工実績 |        |         |          |     |     |
|-------------|--------|---------|----------|-----|-----|
| 区分          | 発注者指定型 | 施工者希望I型 | 施工者希望II型 | その他 | 合計  |
| 契約済数        | 8      | 43      | 137      | —   | 188 |
| 適用済数        | 8      | 34      | 32       | 21  | 95  |

| ●H29ICT舗装工実績 |        |         |          |     |    |
|--------------|--------|---------|----------|-----|----|
| 区分           | 発注者指定型 | 施工者希望I型 | 施工者希望II型 | その他 | 合計 |
| 契約済数         | 2      | 3       | 12       | —   | 17 |
| 適用済数         | 2      | 2       | 1        | 1   | 6  |

| ○講習会、研修、見学会等の実績(H28年度) |     |    |      |     |
|------------------------|-----|----|------|-----|
| 対象者別                   | 自治体 | 国  | 都道府県 | 関係数 |
|                        | 37  | 17 | 51   | 105 |
|                        |     |    |      | 79  |

| ○講習会、研修、見学会等の実績(H29年度) |     |    |      |     |
|------------------------|-----|----|------|-----|
| 対象者別                   | 自治体 | 国  | 都道府県 | 関係数 |
|                        | 49  | 39 | 60   | 148 |
|                        |     |    |      | 93  |

図—9 ICT 土工・舗装工の実績

### 4. 活用拡大に向けた取組

関東地方整備局では、ICT施工の活用拡大に向け様々な取組を行っている。関東地方整備局内では「i-Construction推進本部」を平成27年度に発足させた。その後、ICT施工技術活用推進部会、施工時期平準化推進部会、規格標準化推進部会を起ち上げている。

研修講習では、平成28年度までに行ってきた「i-Construction」・「ICT施工」全般についての研修を行い、ICT施工がどのようなものか、発注者及び受注ともにICT施工の普及促進に向けて講習会、研修見学会等を各地で行なった。開催数は、平成28年度で79件の開催、平成29年度で93件開催され、多くの方にICT施工の概要を始め、3次元設計や測量機器、ICT建設機械について学んでいただいた。

平成29年度までの講習研修の中で意識調査を行った結果、「ICT施工」等の認知度は上がっている結果となった。しかし、3次元測量や3次元設計、ICT施工等の各フェーズに対してや、工事における受注者・発注者の工事における実務について、知りたいという意見があった。

そこで平成30年度からは、目的を監督検査に合わせ、更に立会実習も含めた、発注者向けの研修として、新たに実践研修：ICT施工(監督・検査)研修を行った。この研修は、実施の工事で監督職員と検査職員を対象に行われ、開催時期については工事の合間を縫って

表—1 ICT 施工(監督・検査)研修一覧

| 会場          | 開催日             | 参加者 |
|-------------|-----------------|-----|
| 第1回 関東技術事務所 | 6月4日(月)～5日(火)   | 19名 |
| 第2回 関東技術事務所 | 6月28日(木)～29日(金) | 21名 |
| 第3回 関東技術事務所 | 10月9日(火)～10日(水) | 16名 |



写真—1 ICT 施工(監督・検査)研修



て参加ができるように6月に2回、10月に1回の計3回行った（表―1、写真―1）。さらに内容についてもICT施工における出来形管理や工事の立会方法についての講義や、実技ではTSを使用した立会や、TLSでの出来形計測等について内容を監督・検査に合わせて行った。

次に、受注者がICT施工をさらに行ってもらうために、3次元設計データの作成や3次元測量方法、ICT建設機械の操作等より現場技術者向けのICT施工の研修を、関東技術事務所の技術展示館 技術講習会シリーズ ICT施工技術講習会にて行った。この講習会は、土木関係の施工管理者及び地方自治体職員を対象に行われ、ICT土工やICT舗装工、小規模土

工の工種やICT施工での建設機械や3次元設計等について、目的を絞って、全体で10回程度行われた（写真―2）。

## 5. おわりに

今後、国土交通省では、更なる工事の効率化に向けて、ICT活用工事に対して対応工種や技術の拡大を行う予定である。関東地方整備局でもICT施工の拡大に合わせて、発注者及び受注者に対して、ICT施工を活用してもらえるように、ICTの工種や対象者に合わせた講習会等を行う予定である。

J C M A



写真―2 ICT施工技術講習会

### 〔筆者紹介〕

中山 利美（なかやま としみ）  
関東地方整備局  
企画部  
機械施工管理官



長山 真一（ながやま しんいち）  
関東地方整備局  
企画部  
施工企画課  
専門員



## 特集&gt;&gt;&gt; 土工事

## 行政情報

## 官民が所有する地盤情報の収集・共有化に向けて

石川 誉 大

地下空間・地盤に関するリスクの軽減等に向け、社会資本整備審議会・交通政策審議会答申「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」（平成 29 年 9 月）において、官民が所有する地盤情報の共有化、プラットフォームの構築、地盤情報の品質確保を図ることなど、今後の方向性が示されたところである。本稿では、答申を踏まえ、官民が所有する地盤情報のプラットフォームとして構築を進めている「国土地盤情報データベース」の取組等について紹介する。

キーワード：地下空間，地盤，ボーリング柱状図，国土地盤情報データベース，i-Construction

## 1. はじめに

平成 28 年に発生した福岡駅前の福岡市地下鉄七隈線の延伸工事現場における道路陥没事故（図—1）をはじめ、今般の平成 30 年 7 月豪雨や平成 30 年北海道胆振東部地震においても大規模な土砂崩壊が生じるなど、近年、地下空間・地盤に関する事案が顕在化してきている。

このような地下空間・地盤に関するリスクの軽減等に向け、社会資本整備審議会・交通政策審議会答申「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」（平成 29 年 9 月）において、官民が所有する地盤情報を共有化するとともに、収集した情報の品質を確保した上でプラットフォームを構築することとして今後の方向性が示されたところである（図—2）。

また、一方で、官民データ活用推進基本法（平成 28 年法律第 103 号）に基づき、国及び地方公共団体においては、オープンデータ化に取り組むこととされ、事業者においても努力義務が課されており、平成 30 年



図—1 福岡市交通局七隈線延伸工事現場における道路陥没（平成 28 年 11 月）

## 答申：今後の方向性に対応策

国土交通省

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p><b>○官民が所有する地盤・地下水等に関する情報の共有化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、官民が所有する地盤情報等の収集・共有、品質確保、オープン化等の仕組みを構築。</li> <li>・全ての地盤情報について、公共工事は、原則として収集・共有を徹底。ライフライン工事は、例えば、占用手続きにあわせて、民間工事は、依頼者の同意を得た上で収集・共有する仕組み等を構築。</li> <li>・地盤情報等の品質を確保するため、地質調査等の実施に際して技術者の資格要件を付与。</li> <li>・収集した情報のプラットフォームを構築、オープン化する仕組みを構築。</li> </ul> |
| <p><b>○計画・設計・施工・維持管理の各段階における地盤リスクアセスメントの実施</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、関係する学界等の協力を得て、地盤リスクアセスメントの技術的手法を確立。</li> <li>・維持管理段階へ移行する際に、施設管理者が留意すべき事項をとりまとめた“取扱説明書”を作成し引き継ぐ。</li> </ul>                                                                                                                               |
| <p><b>○地下埋設物の正確な位置の把握と共有化</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、施設管理者の協力を得て、地下埋設物の正確な位置情報の把握・記録と共有できる仕組みを構築。</li> </ul>                                                                                                                                                                                                    |
| <p><b>○施設管理者における老朽化状況の把握と対策の実施、関係者間の連携</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、施設管理者の協力を得て、地下空間にある公共施設等の維持管理状況等に関するデータベースを構築。</li> </ul>                                                                                                                                                                                     |
| <p><b>○地下工事の安全対策、液状化対策等の地下空間の安全に係る技術開発</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・国は、過去の事故等から得られた知見や教訓を全国的に蓄積・継承する仕組みを強化。</li> <li>・液状化予測、3次元地盤モデル構築、高精度な地盤情報を活用したi-Constructionの推進等、技術開発を推進。</li> </ul>                                                                                                                           |

図—2 社会資本整備審議会・交通政策審議会答申「地下空間の利活用に関する安全技術の確立について」概要（平成 29 年 9 月）

6 月の「世界最先端デジタル国家創造宣言・官民データ基本計画別表（平成 30 年 6 月 15 日高度情報通信ネットワーク社会決定）において、ボーリング柱状図の公開についても位置づけられているところである。

## 2. 官民が所有する地盤情報の共有化

近年の地盤情報の把握が結果的に不十分であったことに起因する施工不良や大事故を引き起こした事案を鑑みると、多くの地盤情報等を過去に実施したものも含めて面的に収集・共有することにより、効果的・効率的な地質調査等の実施が可能となって、不確実な地盤情報に起因する事故発生を低減できるなど、地下工事における安全性や効率性の向上に資するものと考えられる。



また、液状化対策を行う場合においても、当該対策箇所の情報だけでなく、広く面的な情報を活用することにより、より適確な対策の実施が可能となることから、公共・民間を問わず、あらゆる地盤情報等の収集・共有が必要である。

このため、国は、早急に官民が所有する地盤情報等を収集・共有し、利活用できる仕組みを構築することが求められている。

国土交通省では、「地盤情報を地形情報等と同様に国土の利用、開発および保全に資する重要な基本情報であり極めて公共性が高いものである」と位置づけ、地盤情報が広く、一般国民に共有されるよう、平成20年3月より国土地盤情報検索サイト(Kunijiban)(図一3)を公開し、国土交通省(各地方整備局等)が所有するデータのうち約11万件の地盤情報を提供してきた。

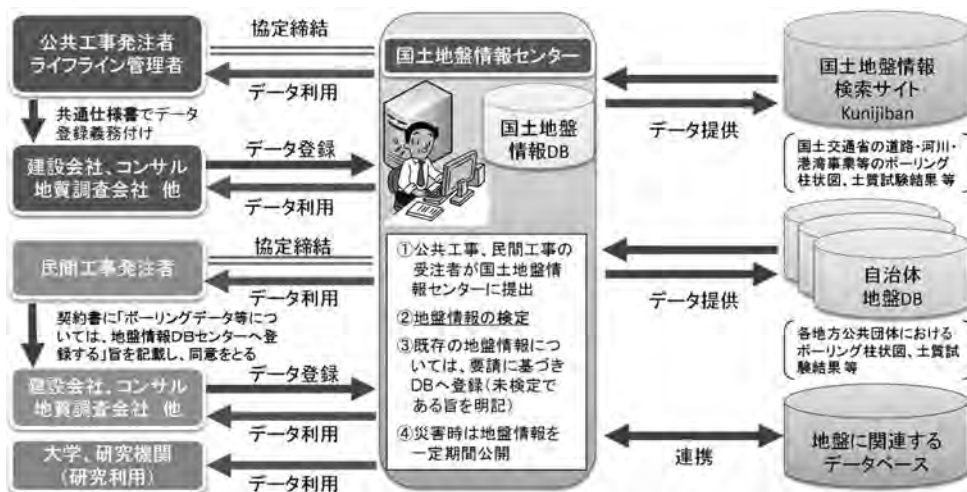
また、Kunijibanの他、地方公共団体、各地方の協議会等で地盤情報を共有・公開する取組も行われてきたが、官民の所有する地盤情報を全国統一的に利用できるデータベースはないのが現状であった。

### 3. 国土地盤情報データベース

#### (1) 国土地盤情報データベースの構築

国土交通省では、官民が所有する地盤情報等の収集・共有するプラットフォームとして「国土地盤情報データベース」の構築を進めるため、「国土地盤情報データベース」の運営主体の公募を実施し、公募の結果、平成30年4月に運営主体として「一般財団法人国土地盤情報センター」(理事長 岩崎公俊)を決定した。その後、国土交通省の各地方整備局等に対し、地盤情報の取扱に関して、後述する内容の通知を発出し、同年9月から同データベースの運用が開始されている。

国土地盤情報データベースの概要を図一4に示す。本データベースには、運営主体と地盤情報の収集と利活用に関する協定を締結した国、地方公共団体、公益事業者、民間事業者が地質調査業務や工事で取得する地盤情報が登録される。登録に当たっては、協定締結者の指示を踏まえ、受注者が、国土交通省が定める電子納品要領に準じた標準的なフォーマットに基づき、「一般財団法人国土地盤情報センター」に送付する。



その後、同センターが地盤情報を検定した後にデータベースに登録される。登録されるデータは、基本的にはボーリング柱状図と土質試験結果一覧であり、KuniJibanと同様、地理院地図上にプロットされ、協定締結者及び協定締結者が発注する事業の受注者がデータを閲覧することができる。

## (2) 公共事業における地盤情報の取扱について

国土交通省大臣官房技術調査課では、各地方整備局等に対し、地盤情報の取扱について、以下に示す内容の通知を行った。本通知に基づき、各地方整備局等は一般財団法人国土地盤情報センターとの間で協定を締結し、取組を開始している。

### (a) 共通仕様書の改定について

平成30年3月20日付けで「地質・土質調査業務共通仕様書（案）」、平成30年3月27日付けで「土木工事共通仕様書（案）」の改定を行い、地質調査業務や工事において得られた地盤情報を「別途定める検定に

関する技術を有する第三者機関」による検定を受けた上で「発注者が指定する地盤情報データベース」に登録する旨の規定を行った（図—5）。なお、これらの共通仕様書に規定された「別途定める検定に関する技術を有する第三者機関」については、公募の結果決定した「一般財団法人国土地盤情報センター」（詳細は別紙2参照。）とし、同じくこれらの共通仕様書に規定された「発注者が指定する地盤情報データベース」については、「国土地盤情報データベース」とする。

### (b) 国土地盤情報データベースへの地盤情報の検定費用について

国土地盤情報データベースへの地盤情報の検定に要する費用については、上記（a）における「別途定める検定に関する技術を有する第三者機関」として決定された「一般財団法人国土地盤情報センター」が行う検定内容（表—1）を踏まえ、検定に要する費用は、同データベースの運営に必要な実費相当額を上限として設定するボーリング一本当たりの検定費用2,000円

〈地質・土質調査業務共通仕様書（案）（一部改定 国官技第287号平成30年3月20日（抜粋）〉

第118条 成果物の提出

5. 受注者は機械ボーリングで得られたボーリング柱状図、土質試験結果一覧表の成果について、別途定める検定に関する技術を有する第三者機関による検定を受けたうえで、発注者に提出するとともに、発注者が指定する地盤情報データベースに登録しなければならない。

〈土木工事共通仕様書（案）（一部改定 国官技第293号平成30年3月27日（抜粋）〉

第3編 土木工事共通編 第1章 総則

3-1-1-9 工事完成図書納品の

#### 6. 地質調査の電子成果品等

受注者は、設計図書において地質調査の実施が明示された場合、「地質・土質調査成果電子納品要領（国土交通省）」に基づいて電子成果品を作成しなければならない。

なお、受注者は、地質データ、試験結果等については、地質・土質調査業務共通仕様書（案）（建設省技調発第92号平成30年3月30日）の第118条 成果物の提出に基づいて地盤情報データベースに登録しなければならない。

図—5 地盤情報の取扱に係る共通仕様書の改定内容（下線部：改定箇所）

表—1 「一般財団法人国土地盤情報センター」が行う検定内容

| 分類       | 検定内容                                                                                            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ボーリング柱状図 | ・ボーリング数量の確認                                                                                     |
|          | ・地質調査技士登録番号の確認                                                                                  |
|          | ・標題情報（調査名、発注機関など）の確認                                                                            |
|          | ・緯度経度、座標系の確認                                                                                    |
|          | ・岩種・土質区分、記事、試験結果などの確認                                                                           |
|          | ・上記の他、「ボーリング柱状図作成及びボーリングコア取扱い・保管要領（案）・同解説（平成27年6月一般社団法人全国地質調査業協会連合会、社会基盤情報標準化委員会）」に則った様式であるかの確認 |
| 土質試験結果   | ・土質試験結果の試験数量の確認                                                                                 |
|          | ・標題情報（調査名、発注機関など）の確認                                                                            |
|          | ・試験結果の確認                                                                                        |
|          | ・上記の他、地盤工学会が定めるデータシート様式「土質試験結果一覧表（基礎地盤）」又は「土質試験結果一覧表（材料）」に則った様式であるかの確認                          |

(税抜き) (ただし、管理技術者又は主任技術者が技術士等の資格を有し、かつ、ボーリング責任者が地質調査技士の資格を有する場合に限る。)を用いて、次式により直接経費に「国土地盤情報データベース検定費」として計上している。

国土地盤情報データベース検定費

= ボーリング 1 本当たりの検定費用×ボーリング数量

(c) 地盤情報の公開・利用の可否について

国土交通省が公共事業において取得した地盤情報については、一般財団法人国土地盤情報センターは、検定を行った後、特段の事情がない限り、KuniJiban の情報管理者に当該検定済の地盤情報を提供し、KuniJiban において公開するとともに、国土地盤情報データベースへ登録し、登録された地盤情報は同センターと協定を締結した者において相互に利用できるものとする。

各地方整備局等は、公共事業において取得した地盤情報について以下に示す特段の事情があるか否か判断を行い、特段の事情があると判断された地盤情報については、公開不可、利用不可として取り扱うこととする。

- ①外交、防衛、国際条約に関連する情報（例えば、自衛隊施設に関連するもの等）
- ②特定の団体や個人に不当な利益又は不利益を及ぼすおそれのある情報（例えば、採石や天然ガス等の天然資源、温泉に関連するもの等）
- ③他機関や個人から提供された情報のうち、公開することを前提としていない情報（例えば、他機関から委託を受けて調査を行ったもの、公開に地権者の同意を必要とするもの等）
- ④①から③に該当する情報のほか、各地方整備局等において、公開及び利用に当たって特段の事情があると判断する情報

(d) 特記仕様書への記載例について

上記 (a)～(c) を踏まえ、図—6 に示す記載例を参考として、特記仕様書に地盤情報の取扱について記載する。

## 4. 今後の対応方針

### (1) 国土地盤情報データベースの拡大と地盤情報の利活用

「国土地盤情報データベース」については、国土交通省に加え、地方公共団体、公益事業者、民間企業等にも対象を拡大し、取組を進めていくこととしている。そのため、地方公共団体に対しては、平成 30 年 8 月から 11 月に都道府県・政令指定都市向けの説明会を実施し、同年 12 月 25 日付けで地方公共団体に対し、前述の地方整備局等あて通知を参考送付し、協力を求めたところである。また、公益事業者等に対しても、順次、協力を呼びかけているところである。

一方、地下工事における安全性や効率性の向上のためには、収集・共有された地盤情報等の地下空間に係る情報を適切に利活用する必要があると考えられる。そこで、地下工事における安全性や効率性の向上のため、地下空間に係るデータの収集、共有、利活用について課題を分析し、ボーリング柱状図等の地盤情報に加え、地下水、ライフライン、その他の地下空間に関する情報の重ねあわせによる、地下空間のモデル化に当たっての基本的な考え方をとりまとめることとしている。

### (2) i-Construction における 3 次元データの取得・活用とデータ連携の推進

国土交通省では、建設業における賃金水準の向上や休日拡大等による働き方改革とともに、ICT 等の全面的な活用により建設現場の生産性向上を図る「i-Construction」を推進している（図—7）。その中で、IoT・AI をは

(記載例)

#### 【地質・土質調査業務の場合】

受注者は、地質・土質調査業務共通仕様書（案）第 118 条 成果物の提出に基づき、地盤情報を「一般財団法人国土地盤情報センター」の検定を受けた上で、「国土地盤情報データベース」に登録しなければならない。受注者は、地盤情報の公開・利用の可否について、電子納品運用ガイドライン【地質・土質調査編】に基づき、事前協議における発注者の指示に従って成果品データに「公開可否コード」を記入した上で、検定の申込を行うこととする。なお、検定に要する費用は、直接経費に「国土地盤情報データベース検定費」として計上し、諸経费率算定の対象額としない。

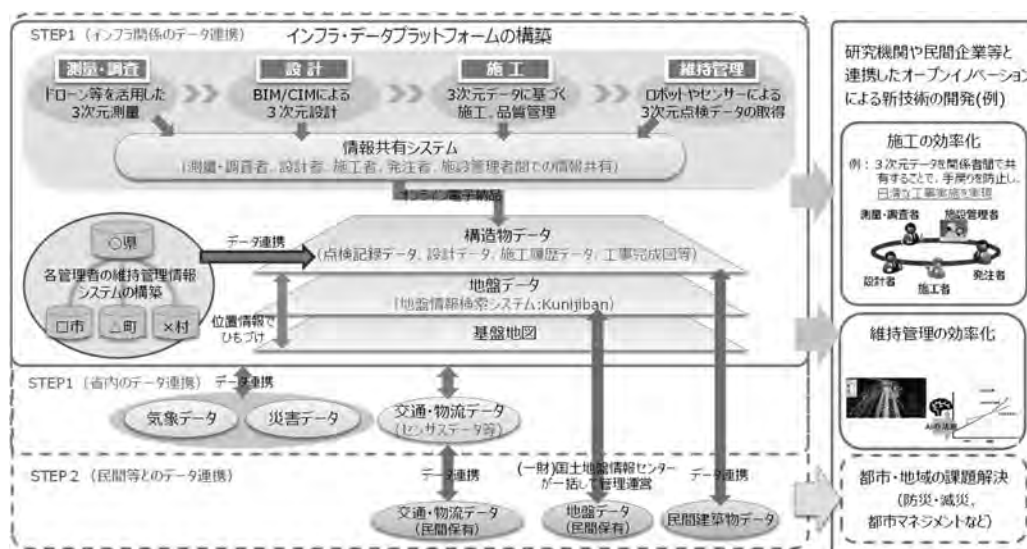
また、受注者は、電子納品の際に、一般財団法人国土地盤情報センターから受領した検定証明書（PDF ファイル）を、電子納品運用ガイドライン【地質・土質調査編】に規定されている格納フォルダ BORING/OTHERS に格納することをもって、提出する成果が検定済であることを報告することとする。

図—6 特記仕様書への記載例





図ー7 i-Constructionの概要



図ー8 インフラデータプラットフォームの構築によるデータ連携

はじめとする新技術を試行することによって建設現場の生産性を向上する「革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト」といった取組を進めるなど、建設現場における3次元データ等の取得・利活用を推進している。

今後はさらに、現場で得られるデータや地盤情報等を集約・共有するインフラ・データプラットフォーム(図ー8)を構築するとともに、民間等と連携したデータ利活用により、建設機械の自動施工による省人化等の新技術の開発等に取り組み、新しい産業やサービスの創出を目指すこととしている。

## 5. おわりに

国土交通省では、地下空間・地盤に関するリスクの

軽減等に向け、地方公共団体や公益事業者等の協力を得ながら、官民が所有する地盤情報等を共有する「国土地盤情報データベース」の取組の拡大を進めている。合わせて、地下空間に関係するデータや建設現場における3次元データ等との連携をも含めた地盤情報の利活用を推進するなど、地下空間の利活用に関する安全技術の確立に向けて検討を進めて参りたい。

J C J M A

### 【筆者紹介】

石川 誉大 (いしかわ たかひろ)  
国土交通省 大臣官房 技術調査課  
宇宙利用係長



# 3次元データを活用した大規模土工の見える化を実現

坂 崎 信 夫

建設業の担い手不足や国土交通省による生産性向上の推進に合わせて、現場における土工管理の効率化、省力化が叫ばれている中、統合型土工管理システム構築の一環として、「重機稼働見える化システム」および「盛土速度の見える化システム」の2つのシステムを開発した。本システムは、大規模な土工において、多くの現場で採用されてきているICT土工から得られる様々な3次元データを有効活用して見える化を図るものであり、今回、この2つのシステムについて紹介する。

キーワード：ICT 土工、3次元データ、見える化、土工管理システム、重機稼働、盛土速度

## 1. はじめに

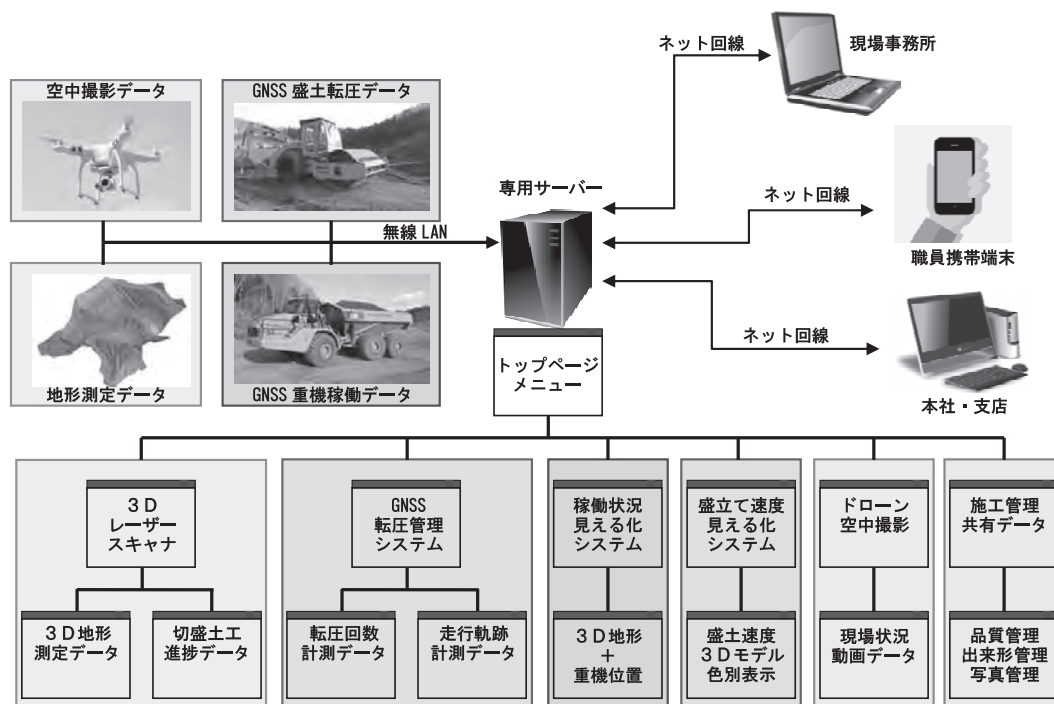
建設分野では、今後ますます人手不足となることが危惧されていることや国土交通省のi-Constructionの推進への対応から一人当たりの生産性を向上する必要性が高まっている。生産性向上への取り組みが本格化している中、土工管理の効率化を図るため、統合型土工管理システムの構築を進めているところである（図一1）。近年、土工事の現場では、ICT土工（3Dレーザースキャナやドローンによる地形測量および出来形

管理、GNSSを利用した盛土の品質管理など）が多く利用されてきている。これらICT土工で得られる様々な3次元データに着目し、データの有効活用を検討するなかで、土工管理の効率化を図るシステムを開発した。

今回開発したシステムは、

- ①「重機稼働見える化システム」
- ②「盛土速度の見える化システム」

の2つとなり、本稿で開発したこれらのシステムの概要について報告する。



図一1 統合型土工管理システム概念図

## 2. 重機稼働見える化システム

### (1) 開発の背景

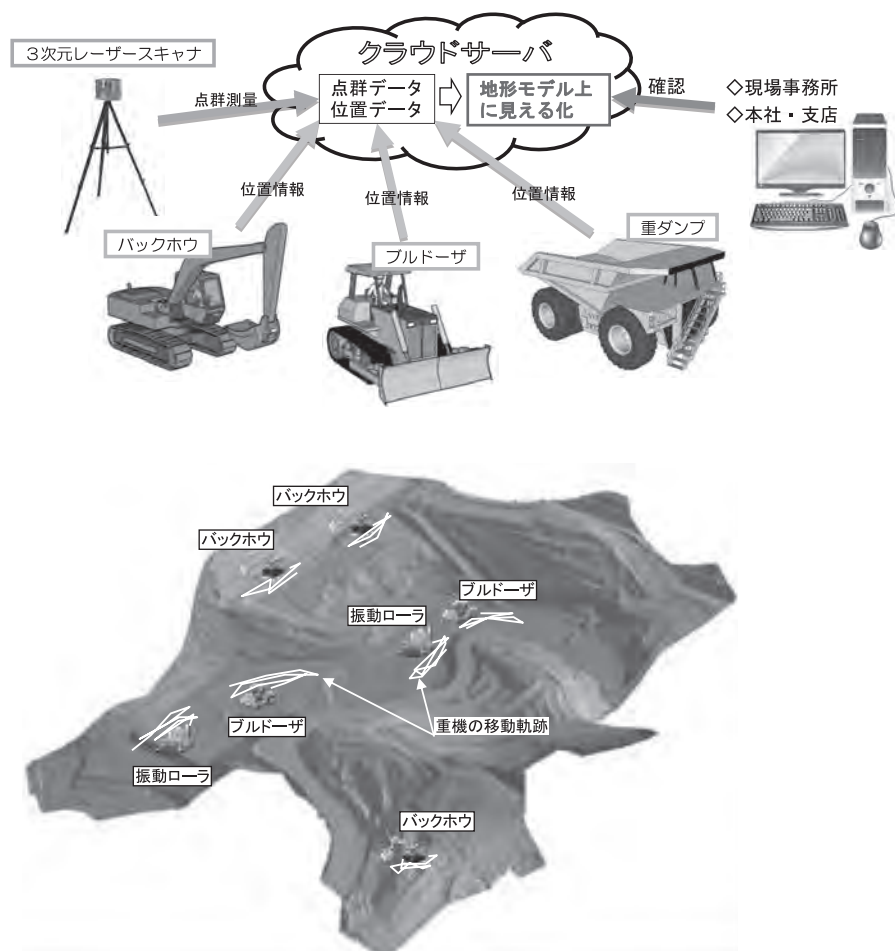
大規模な土工事の現場では、ブルドーザ、重ダンプ、バックホウなど重機の台数が多く、施工箇所が広範囲にわたるため、これまで各重機の稼働状況を的確に把握することは困難であった。この課題に対して、重機稼働状況の全体を俯瞰できれば重機の配置や台数など効率的な施工計画の立案が可能となる。さらに、事務所のモニターでリアルタイムに確認ができると、計画通りに施工されていることを瞬時に把握できることから、管理の省力化に繋がると考えた。

### (2) システムの概要

大規模土工事においては、土量計算や出来形管理のため、ドローンや3D レーザースキャナを用いて3次元地形モデルを作成している。本システムでは、その3次元地形モデルを利用し、現場で稼働する重機の位置をリアルタイムにモデル上に表示させて見える化を図るものである（図－2）。

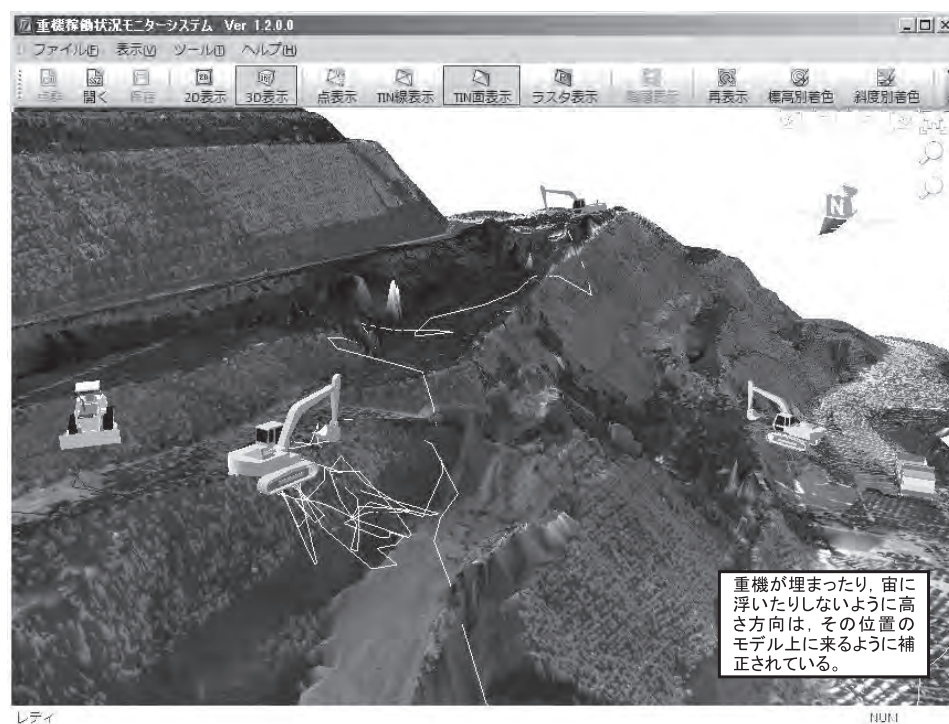
重機の位置情報は、各重機にGNSS 受信機を搭載して取得する計画とした。当初、取得したデータのシステムへの送信方法として、導入現場に無線 LAN 環境を構築し、社内ネットワーク内でのデータ送信を計画した。しかし、現地形の高低差が大きく、施工箇所が日々変化することから、無線アクセスポイントの設置が困難と判断して本方法は断念した。その代替方法として、モバイルルーターを使用し、一般インターネット経由でクラウドサーバにアップロードすることとした。常時、データをアップロードすることになるため、回線の状況によって通信が切れることが懸念されたが、問題なくリアルタイムに通信できることが確認できた。

3次元地形モデル上に重機を表示する際に、GNSS 受信機から得られる XYZ 座標のうち高さ方向（Z 座標）については誤差が比較的大きくなるため、そのままモデル上に配置した場合に、地面に埋まったり宙に浮いたりする状態になることが考えられた。そのため、高さ方向の位置については、3次元モデルの地表面にくるように自動で調整し配置するようにした（図－3）。

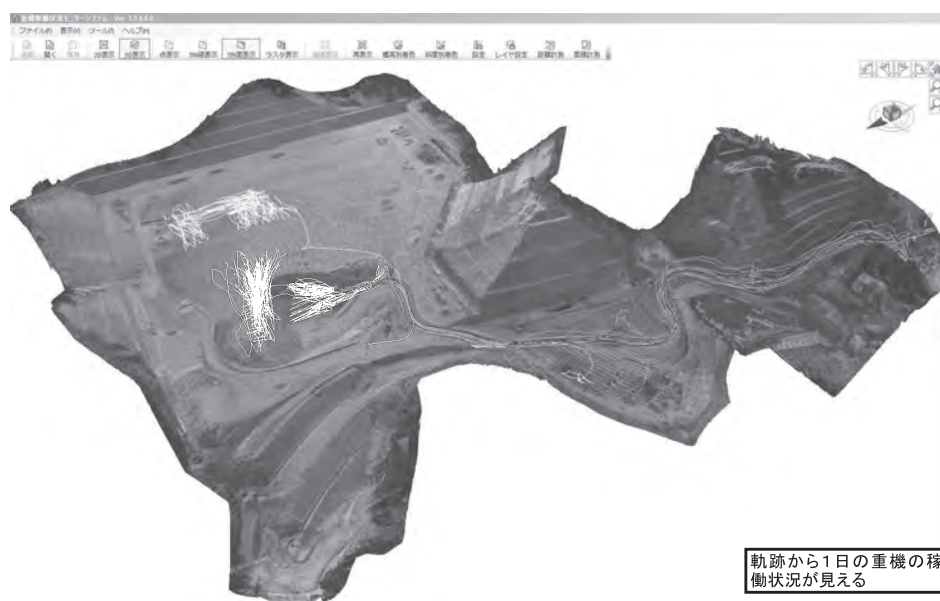


図－2 重機稼働見える化システム概要図





図一 3 次元モデル上の重機配置状況



図一 4 重機の稼働軌跡図

また、本システムは重機の移動と共に、移動した軌跡も描かれるため、一目で現場内の重機の移動経路が判るようになる（図一 4）。

### (3) 効果

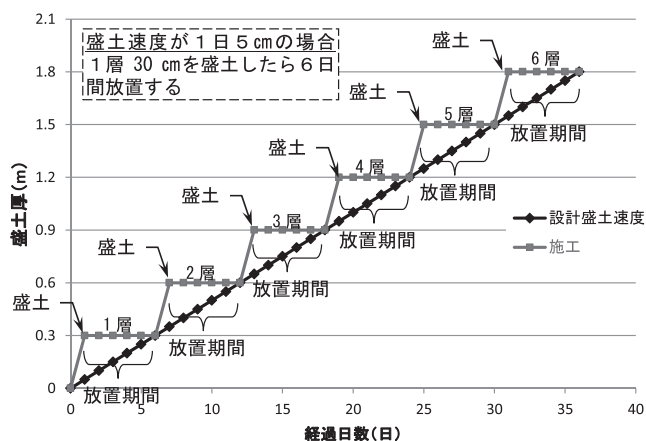
本システムの導入によって、現場全体における重機稼働位置を事務所モニタで一括把握できるため、予定外の位置で重機作業していないことが確認でき、現場の安全性が向上する。また、現場内における各重機の位置関係、移動距離および滞留時間を視覚的に把握で

きることから、効率的に重機の配置変更や追加・削減など重機の稼働を最適化し、施工の合理化が期待できる。

## 3. 盛土速度の見える化システム

### (1) 開発の背景

軟弱地盤上に盛土を急速に施工すると、盛土および基礎地盤にすべり破壊や過大な変形が発生する。その対策としては、ゆっくりと盛り立てて、基礎地盤の安



図一5 緩速載荷工法の管理グラフ

定を図る「緩速載荷工法」が用いられることが多い。緩速載荷工法では、あらかじめ定めた盛土速度（盛土厚／経過日数）を超えないように、1層の盛立て完了後、所定の放置期間をとって次段階の盛土を開始する必要がある（図一5）。今まで、この盛土速度に関わる管理データを現場職員が手入力で行っており、施工規模が大きくなるとその作業が煩雑となっていた。

## (2) システムの概要

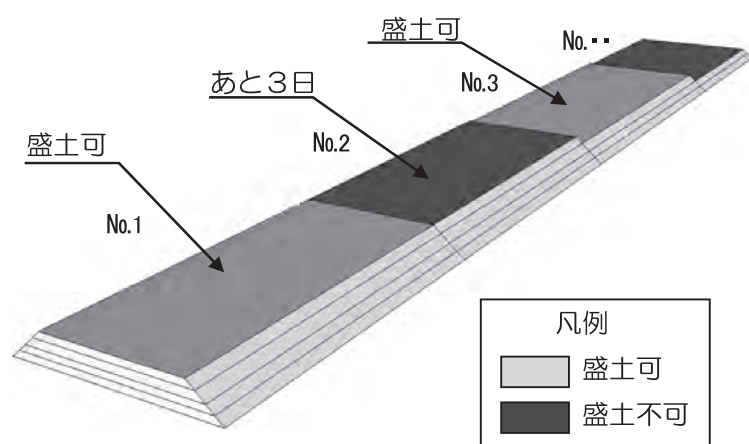
本システムは、ICT 土工の「GNSS 盛土転圧管理システム」で得られる転圧機械の3次元走行記録を活用

し、所定の盛土の放置期間が終了して次段階盛土の施工が可能となる範囲について盛り立て状況の3次元モデルとグラフを自動で作成するシステムである。

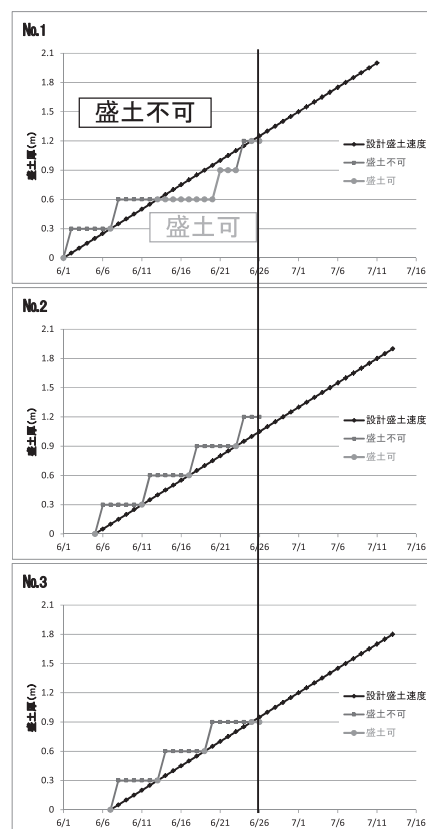
システムを稼働させる手順として施工に先立ち、盛土範囲、盛土速度、施工管理ブロック、盛土厚などの設計施工条件を設定しシステムに入力する。実施工時はGNSS受信機を搭載した転圧機械の走行記録から盛土の施工日、施工範囲、盛土厚の情報を取得して、各管理ブロックの盛土速度を自動演算する。盛土速度があらかじめ規定した設計盛土速度と比較して、早ければ盛土不可の判定をし、同じか遅くなれば盛土可の判断をする（図一6）。判断した結果を3次元盛土モデルとグラフでモニタに色別表示し、次段階盛土の施工が可能となるブロックを一目で判別可能とした。図一7にモニタ画面を示す。

## (3) 効果

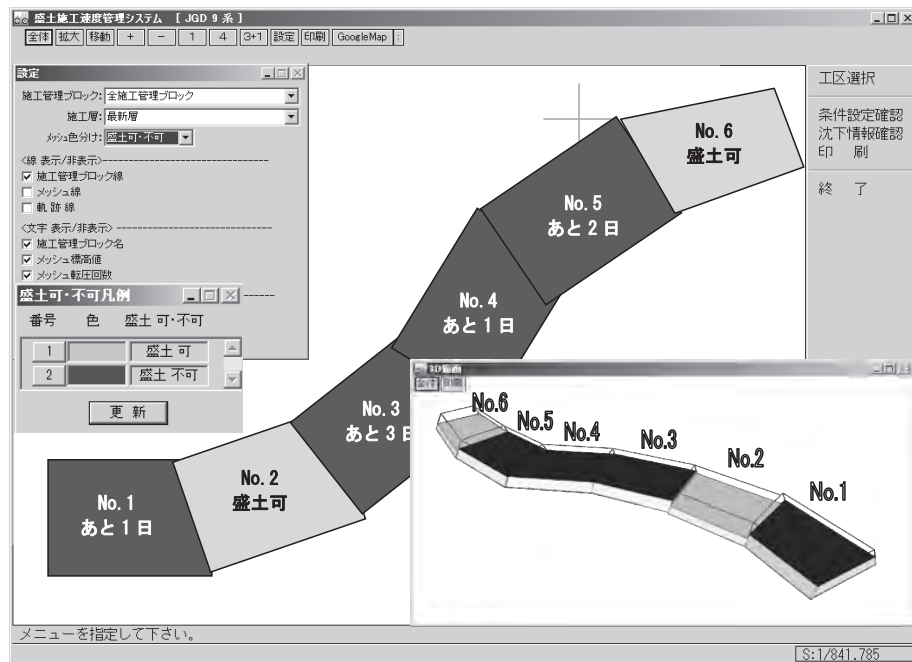
盛土の施工可能箇所と必要な放置期間をモニタに判りやすく表示するため、人的ミスをなくし工程管理が確実となることで、盛土の品質を確保できる。また、大規模な施工範囲の盛土データを現場職員が入力する手間が省けるため、施工管理の省力化・効率化が期待できる。



GNSS 盛土転圧管理システムの3次元走行記録から、各施工管理ブロック(No.1、No.2、No.3...)の施工速度を自動演算。その結果を上の3次元盛土モデルと右のグラフで色別表示して判別する。



図一6 管理ブロックごとの盛土可・不可の判定例



図ー7 盛土速度の見える化システムモニタ画面

#### 4. おわりに

今回、統合型土工管理システムの構築にあたり、その要素技術として開発した、土工事現場での施工で得られる3次元データを利用した見える化システムについて紹介した。最近は業種の異なる様々な企業が生産性向上を図るツールを開発しているため、活用できるものを取り入れながら、統合的な土工管理システムの構築を進め、土工事の合理化・効率化を図っていく予定である。

J C M A



【筆者紹介】  
坂崎 信夫（さかざき のぶお）  
戸田建設㈱  
土木技術営業部 技術3課  
課長



## 特集&gt;&gt;&gt; 土工事

# 釜石市中央ブロック復興整備事業での盛土材の現地製造

## 釜石市復興整備事業での取組

安 間 正 明・坂 田 信 明・市 川 貴 昭

2011年3月11日 東北地方を中心に大きな被害をもたらした「東日本大震災」。震災後約8年経過した岩手県釜石市中央ブロックでの復旧復興工事の概要と官民一体となった取組みにより嵩上げ盛土材の現地製造を行った事例を紹介する。当初より津波に強い密実な盛土材による嵩上げ盛土施工が課題であったため、盛土材質及び粒度分布からの締固め度の高い材料の確保が条件となった。

キーワード：粒径 37.5 mm ～ 100 mm アンダーの含有率が 40% 以下、締固め度が 97% 以上

### 1. はじめに

釜石市中央ブロック復興整備事業は、主たる発注者が釜石市で釜石市内の復興地区をおよそ4地域に分割したなかの一つの事業である。釜石市街地中心部で被災を受けた個所の復旧復興工事であり、中央ブロック内でも大きく3か所に工事領域が分かれそれぞれに特徴があった（写真—1）。

一つ目は嬉石松原地区で、国道45号と国道283号が街並みの中心部を縦横断する特徴があり、平均約2mの嵩上げ盛土を伴った区画整理事業で行った。

二つ目の東部地区西側は、津波により建物が全壊しなかった地区のため、既設住民生活の復旧がいち早くできたため、店舗や住民のライフラインから道路の確保が最も困難な工事であった。

三つ目の東部地区東側は、沿岸部での嵩上げ盛土最大7mの場所に造成する工事であるが、幅が狭い地

形と魚のまち釜石の魚市場への専用道路の確保と山沿いの既設住民へのライフラインと道路の確保が特徴としてあげられる。

この地区は津波復興拠点事業として進めるにあたり、用地買収後再分譲を行う事業形態を選択したため、工事着手までに約1年半の時間を要する結果となり、工程遅延の大きな要素となった。

また東部地区東側への嵩上げ盛土数量（約36万 $m^3$ ）含めて中央ブロック内の当初盛土計画量が56万 $m^3$ であったため、津波に強い密実な盛土材の製造が課題となった。密度の高い盛土構築には、土粒子間の空隙をできるかぎり少なくするように締め固める必要があるため、ズリ系盛土材と真砂土をブレンドし、粒度分布の良い材料を現地で製造する計画に至った。

以下に工事概要を記載する。

工 事 名：釜石市中央ブロック  
復興整備事業建設工事

発 注 者：釜石市役所

受 注 者：(株)熊谷組・(株)小澤組 JV

場 所：釜石市東部地区・嬉石松原地区

工 期：自 平成26年2月3日

至 平成31年6月28日

施工面積：約40ha（東部27ha、嬉石松原地区13ha）

基盤整備：敷地造成盛土（55万 $m^3$ ）

擁壁工（6km）舗装工（9.5万 $m^2$ ）

道路排水工（27.3km）

施設整備：雨水排水（2.4km）

汚水排水（9.6km）



写真—1 中央ブロック全景

配水設備 (14 km)  
仮置場：盛土材受入 (88 万 m<sup>3</sup>)  
盛土材製造 (62 万 m<sup>3</sup>)

## 2. 盛土材製造の経緯から製造条件

国交省による三陸沿岸縦貫道路計画が先ず打ち出されたが、トンネル掘削残土や切盛残土処分先の課題があった。また釜石市としては、敷地造成の復旧復興計画として盛土材の確保が必要であった。そこで国交省計画と釜石市計画の需給バランスにおいて、官官合意を果たし本工事の盛土材確保計画が実現した。

次に盛土材製造プラント用地の確保案として、当初水海仮置場と板木山仮置場を予定したが、中央ブロックとしてのプラント用地が、諸条件の変更により市役所全体構想から一旦白紙に戻ったため、新たな用地確保に向け探索した結果、新日鐵住金㈱さんの協力を得て平田地区で用地を確保できたため、市役所へ中央ブロックとして本格的な盛土材製造プラント計画を提案し、実施設計施工として平成26年11月工事受注に至った(写真-2)。



写真-2 混合土製造プラント全景

盛土材の製造条件として、花崗岩系のトンネル掘削岩と真砂土との混合比率を(37.5 mm ~ 100 mm アンダーの含有率) 40%以下とした。

また材料の強度は 400 kn/m<sup>2</sup> とした。

★脚注 河川土工マニュアル：H5 年 6 月参照

## 3. 盛土材製造プラントの設計から設備施工

盛土材は、人口集中箇所への高い品質の盛土材が要求されることから、発生土の物性値変化に対応できる

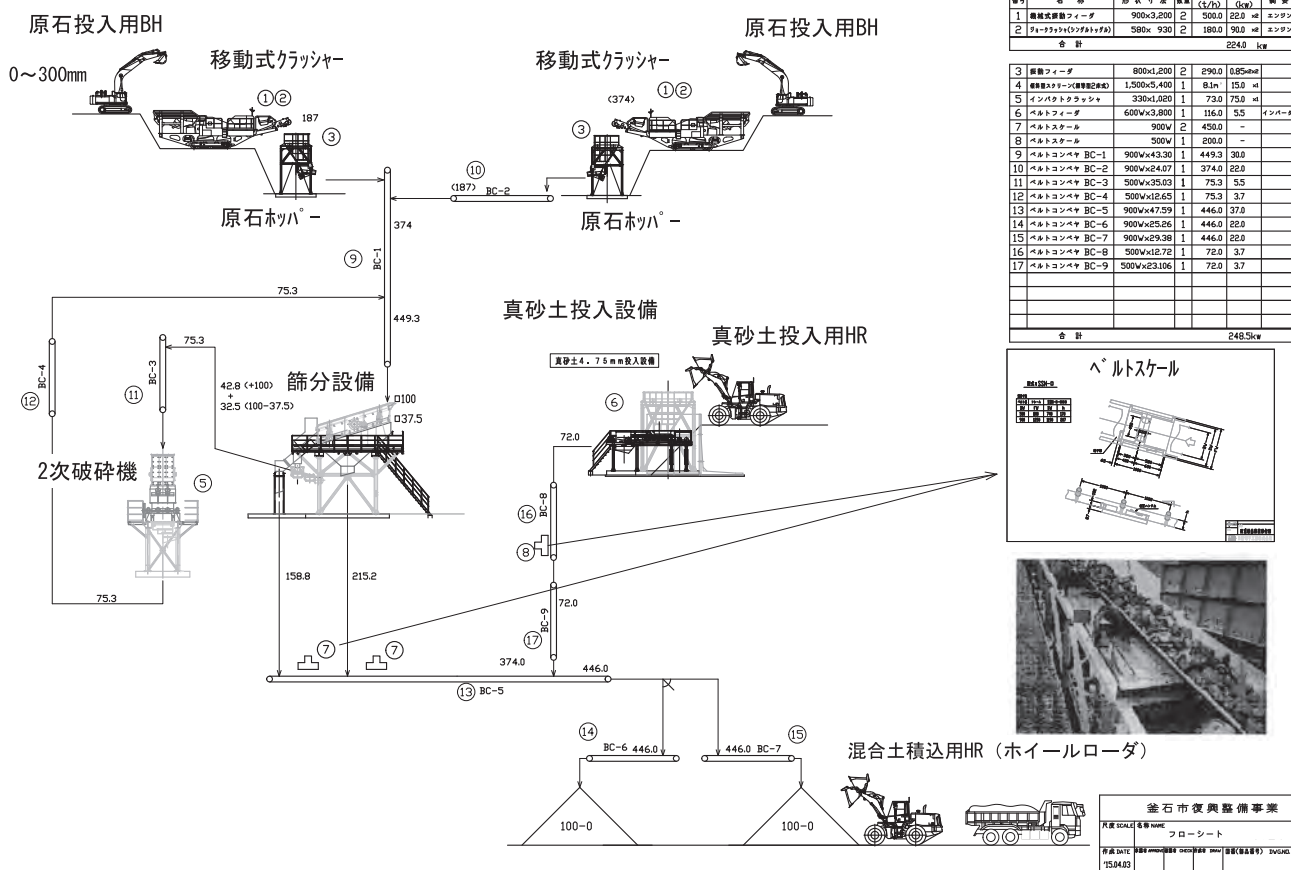


図-1 混合土製造プラントフロー図

設備として安定した品質確保と効率的な生産が可能な設備とした。また、機械選定・構成については、汎用機を使用し簡単な構造で機械トラブル等の設備停止が少ない設備とした。

#### (1) 盛土材製造プラント設備の概要 (図—1)

設備構成は、一次分級、一次破碎、二次分級、二次破碎、真砂土添加、重力混合、貯蔵の流れで構成した。

一次分級、一次破碎は、移動式クラッシャーを使用し100 mmで分級し100 mm以上を破碎しホッパーへ貯蔵することで一次材の安定供給が行える設備とし、クラッシャー出口幅のセットは自動調節機構のついた機種を選定し原材料変化に伴う出口幅セット調整時間を減少しコンベヤ上に回転式磁選機を設置して金属系異物を撤去できる設備を設けた。

二次分級機は二床式を使用して100 mmと37.5 mmで分級した。原料変化に伴う粒度調整を可能にする為、篩網を通常的大型(1,500 mm × 900 mm)一枚網から小型(300 mm × 600 mm)網を採用し網目をこまめに変えることにより安定的な品質確保ができる設備とした。37.5 mm以下の重量を確認し37.5 mm～100 mmを重量比率で2次破碎機へ再破碎できる自動ダンパーを設置して粒度変化の少ない生産ができる設備とした。

二次破碎機は、衝撃型可逆回転クラッシャーを使用し石の破碎粒度・粒径を調整しやすい設備とし100 mm以上と37.5 mm～100 mmを破碎して岩類の粒度調整を行う設備とした。

真砂土添加設備は、ホッパーを設けベルトフィーダーを使用して定量供給できる設備とし添加前の材料を重量測定し混合比率を自動で調整し37.5 mm～100 mmアンダーの含有率を30% (基準40%) が確保できる設備とした (写真—3)。

重力式混合、貯蔵については、重力式で混合しベル

トコンベヤにはカバーを設置し貯蔵場所には散水設備を設置して粉塵飛散防止対策を行った。貯蔵ヶ所は、盛土材製造工程と積み込み搬出工程が重複しないようストックヤードを2か所に分けて輻輳作業にならないような設備配置にした。

プラント設備能力設計については、破碎能力374.0 t/h、真砂土搬送能力72.0 t/h、混合設備能力446.0 t/hとした。

#### (2) 盛土材製造工程における問題点

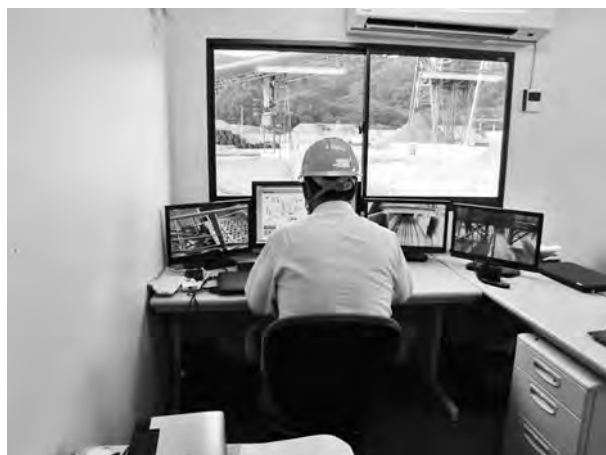
岩質により破碎の程度や混合割合が異なるので盛土材原石の搬入前に関係業者と事前調整を行う必要があった。原石投入時の金属類の異物混入による機械損傷を軽減する為に大型の磁選機を増設しプラント損傷を防止した。

降雨後の含水比が高い真砂土を安定供給する為に真砂土受入ホッパーにはゴムライニングを行い付着防止を施すと共にホッパー出口に電磁ソッカーを設置し閉塞及びブリッジを防ぎ定量搬送が可能な設備とした。

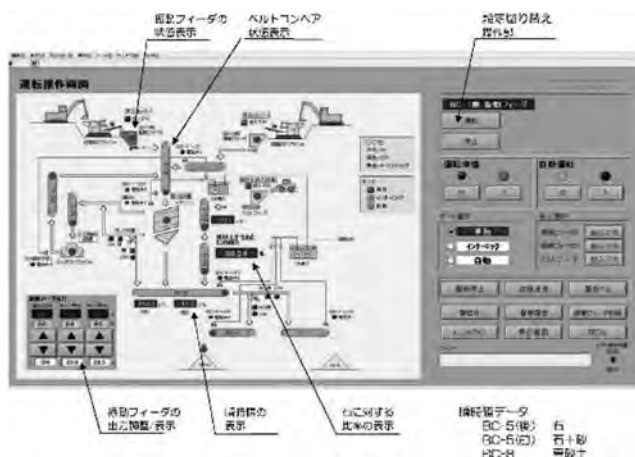
### 4. 盛土材の製造に伴う品質及び安全管理

#### (1) 品質管理

本事業の混合土製造条件は、37.5 mm～100 mm アンダーの含有率の目標を30% (基準40%) としたことにより細かい管理が必要となった。真砂土及び原石をベルトコンベアに取り付けたコンベアスケールで重量測定を行った混合比率の調整をリアルタイムで行うとともに(図—2)、1日1回混合土を採取して混合比率の確認、月1回はふるい分け試験を行い混合比率の確保をした。真砂土及び原石を他事業からの供給としているために、貯留量の調整管理については各供給機関との情報の共有を図り安定した原材料を確保をすることが出来た。



写真—3 操作室モニター管理



図—2 混合土製造プラント操作モニター



## (2) 安全管理

本設備には大小9本のベルトコンベアと原石ホッパー2基、篩分けスクリーン、真砂土ホッパー、及び回転式破砕機がある。各設備への見張り員の配置は困難なことから、見張り員は主要な箇所に配置し、設備に緊急事態が発生した場合は各ベルトコンベアに設置した緊急停止装置にて全停止する構造とした。また、設備に異常が発生した場合は、操作モニターに異常箇所が表示され操作室にて全停止する様にした(写真—3)。

運転開始時の無線連絡の徹底によりベルトコンベアへの巻き込まれ災害の防止に努めた。

また高所位置での見張り人配置が必要なため、各設備には転落防止措置として二段手摺を配備し、見張り人全員に安全帯の着用を徹底した。

さらに誰にでも分かり易い様に見える化として、各施設の名称や必要な安全掲示の明示を行った(写真—4)。



写真—4 通路と設備名称表示

## 5. 盛土材製造実績量と嵩上げ盛土材としての評価

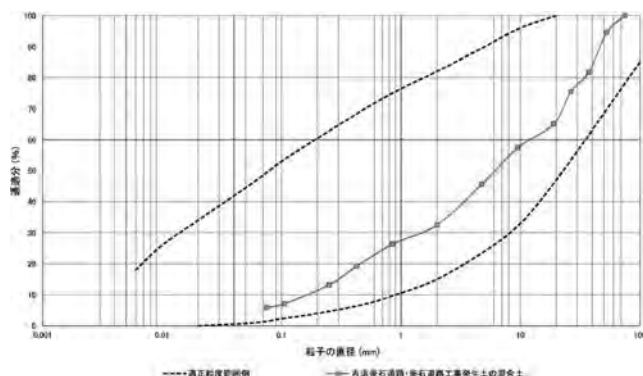
### (1) 盛土材製造実績

混合土の製造実績としては平成27年10月より平成30年1月迄の28か月で約579,000 m<sup>3</sup> (月平均20,700 m<sup>3</sup>) となった。

### (2) 嵩上げ盛土材としての評価

混合土試料の土質試験を実施した結果、37.5 mm～100 mm アンダーの含有率は18.2% (目標30%)、強度10,362.3 kN/m<sup>2</sup> (基準400 kN/m<sup>2</sup>) となり、いずれも製造条件を満足する結果となり、粒度分布についても適正粒度範囲内の粒度分布となった(図—3, 表—1)。

現場では試験盛土を実施し、転圧回数、巻き出し厚



河川土工マニュアル：H5年6月参照

図—3 粒度曲線図

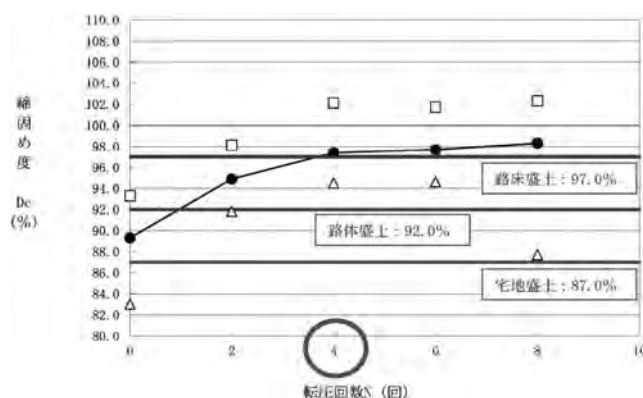
表—1 土質試験結果

| 項目     | 要求品質                          | 試験結果                     | 判定 |
|--------|-------------------------------|--------------------------|----|
| 最大粒径   | Dmax100mm 以下                  | 75mm                     | 合格 |
| 粒度組成   | φ37.5mm 以上混入率 40%未満           | 18.2%                    | 合格 |
| 強度     | コーン指数 400kN/m <sup>2</sup> 以上 | 10362.3kN/m <sup>2</sup> | 合格 |
| 吸水膨張特性 | 膨張比 3%以下                      | 0.000%                   | 合格 |

表—2 試験盛土結果

|       |                               | 転圧回数(回) |       |       |       |       |
|-------|-------------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|
|       |                               | 0       | 2     | 4     | 6     | 8     |
| 湿潤密度  | $\rho_t$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.955   | 2.074 | 2.123 | 2.130 | 2.142 |
| 乾燥密度  | $\rho_d$ (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.898   | 2.017 | 2.070 | 2.077 | 2.090 |
| 含水比   | $w$ (%)                       | 3.0     | 2.8   | 2.6   | 2.5   | 2.5   |
| 締固め度  | $D_c$ (%)                     | 89.3    | 94.9  | 97.4  | 97.7  | 98.3  |
| 空気間隙率 | $V_a$ (%)                     | 24.10   | 19.81 | 18.13 | 17.96 | 17.58 |
| 飽和度   | $S_r$ (%)                     | 19.5    | 22.2  | 22.6  | 22.4  | 22.9  |
| 表面沈下量 | (cm)                          | -       | 4.7   | 5.9   | 6.3   | 6.8   |

※各10点の平均値



図—4 転圧回数と締固め度の関係図

及び締固め度の確認をした。

試験盛土の結果、転圧回数は4回、巻き出し厚は35 cm、締固め度は97.4% (管理基準：宅地盛土87%)、路体盛土92%、路床盛土97%となった。締固め度の測定については、表面透過型 RI 計器を使用した(表—2, 図—4)。

| JIS A 1221 スウェーデン式サウンディング試験             |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
|-----------------------------------------|-------------------------|----------------|----------------|------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------|---------|------------------------------------------|--------------------------------------|
| 調査名・調査地点 釜石市中央ブロック復興整備事業 釜石市地区造成工事（その4） |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 試験年月日 平成 27 年 3 月 8 日                   |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 天 候 曇り                                  |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 試験者 町田 和弘                               |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 観測番号: 組8-1 標 高 ー m                      |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 最終貫入深さ 1.25 m 作業時間 8:32 ~ 9:04          |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 荷重<br>N <sub>50</sub><br>kN             | 平均軸数<br>N <sub>50</sub> | 貫入深さ<br>D<br>m | 貫入量<br>L<br>cm | 1m当たりの<br>平均軸数<br>N <sub>100</sub> | 換算<br>N 値 | 長期許容<br>応力度<br>N <sub>100</sub> /m <sup>2</sup> | 深さ<br>m | 標準<br>貫入<br>試験<br>結果<br>N <sub>100</sub> | 貫入量 1 m 当たりの平均軸数<br>N <sub>100</sub> |
| 1.00                                    | 48                      | 0.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 83                      | 0.50           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 76                      | 0.75           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 118                     | 1.00           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 130                     | 1.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 土質記号 凡 例                                |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 観測番号: 組8-2 標 高 ー m                      |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 最終貫入深さ 2.45 m 作業時間 15:16 ~ 15:48        |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 27                      | 0.25           | 25             | 108                                | 9.2       | 94.8                                            |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 125                     | 0.50           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 103                     | 0.75           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 97                      | 1.00           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 102                     | 1.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 46                      | 1.50           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 117                     | 1.75           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 145                     | 2.00           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 100                     | 2.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 112                     | 2.45           | 20             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 土質記号 凡 例                                |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 観測番号: 組8-3 標 高 ー m                      |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 最終貫入深さ 3.30 m 作業時間 14:09 ~ 14:38        |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 14                      | 0.25           | 25             | 66                                 | 5.8       | 63.6                                            |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 71                      | 0.50           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 59                      | 0.75           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 119                     | 1.00           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 154                     | 1.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 66                      | 1.50           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 89                      | 1.75           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 68                      | 2.00           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 81                      | 2.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 52                      | 2.50           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 42                      | 2.75           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 55                      | 3.00           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 63                      | 3.25           | 25             | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 1.00                                    | 32                      | 3.30           | 5              | >150                               | >12.1     | >120.0                                          |         |                                          |                                      |
| 土質記号 凡 例                                |                         |                |                |                                    |           |                                                 |         |                                          |                                      |

図—5 SWS 試験結果例

各宅盤整正後の宅地支持力の性能目標は、管理値  $30 \text{ kN/m}^2$  以上であったが、SWS（スウェーデン式サウンディング）試験結果としては、 $120 \text{ kN/m}^2$  以上をほぼ確保する結果が得られ、当初計画時の高品質の盛土地盤を造成することが確認できた（図—5）。

## 6. おわりに

平成 30 年 1 月末にて混合土製造終了、3 月末にはプラント解体を完了したが、釜石市中央ブロック復興整備事業については、平成 31 年 6 月末完了を目指し最後の 1 区画まで高品質の盛土工事を行っていく所存である。盛土材の製造を通じて釜石市の復興事業に携われた事を誇りに思うと共に、1 日も早い復興に取組む所存である。

J C M A

### 【筆者紹介】

安間 正明（やすま まさあき）

㈱熊谷組

釜石中央工務所

統括所長



坂田 信明（さかた のぶあき）

㈱熊谷組

釜石中央ブロック建設工事作業所

主任



市川 貴昭（いちかわ たかあき）

㈱ムツミ

執行役員施工部

部長



# 福島県藤沼ダム堤体の震災後の復旧工事

## 飽和度管理による高品質な盛土の施工

三 反 畑 勇・龍 岡 文 夫・渡 邊 浩 樹・三 浦 亨

東日本大震災で崩壊した藤沼ダムの堤体の復旧工事では、適切な構造を採用するとともに旧堤体よりも確実に高品質な盛土の建設を計画した。そこで、盛土材の土質管理、巻き出し厚と GNSS（衛星測位システム）を用いた転圧回数管理、盛土材の含水比範囲の管理と締固め後の締固め度管理といった従来の管理方法に加えて、新たに締固め度と飽和度の目標値を設定するとともに飽和度が最適飽和度に一致するように管理した。その結果、締固め度と飽和度は所定の管理範囲に収まり、高品質な盛土が実現できた。本報文では、盛土材の選定、締固め特性の把握、試験施工に基づく施工仕様と管理方法の設定、施工結果を報告する。

キーワード：アースフィルダム、盛土、飽和度、締固め度、含水比、透水係数

### 1. はじめに

藤沼ダムは、福島県須賀川市にある農業用貯水池（藤沼湖、下流 837 ha の灌漑に利用）の本堤（堤高 18.5 m、頂長 133.2 m）と副堤（堤高 10.5 m、頂長 72.5 m の土堰堤）からなるアースフィルダムであったが、2011 年 3 月 11 日東日本大震災で決壊した。復旧工事（図—1）では、旧堤体が崩壊した地震動を受けても修復が必要となるような変形が生じないことを目標に、適切なダム構造を採用するとともに旧堤体よりも確実に高品質な盛土の建設を計画した<sup>1)</sup>。そして、従来の品質管理（盛土材の含水比と締固めた土の締固め度の管理）に加えて、締固め度と飽和度の目標値を設定するとともに飽和度を最適飽和度に一致するように管理する「飽和度管理」<sup>2)～5)</sup>を実施した。本稿では、堤体の主要部分であるコア材、ランダム材の材料選定と締固め特性の把握、施工管理方法と施工結果を報告する。



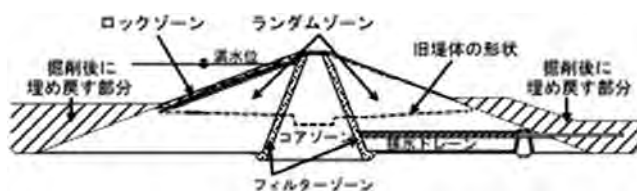
図—1 藤沼ダム完成予想図

め特性の把握、施工管理方法と施工結果を報告する。

### 2. 新堤体の構造と盛土材の選定

復旧後の新堤体は、浸透水を速やかに堤外に排水できる構造とし、排水ドレーンを有する中心遮水型とした（図—2、表—1）。堤体基盤は、本堤では N 値 20 以上、副堤では N 値 5 以上の地盤とし、旧堤体よりも掘り込んだ。

盛土材の選定結果を表—2 に示すが、コアゾーンは、遮水性の確保と同時に高い締固め度が得られ残留沈下が生じない材料を選定した。ランダムゾーンは、堤体の大部分を占めており安定性に重要な役割を持つ



図—2 復旧する堤体の構造

表—1 復旧する堤体の諸元

|     | 本堤                     | 副堤                    |
|-----|------------------------|-----------------------|
| 堤 高 | 31.4 m                 | 18.0 m                |
| 堤頂長 | 149.2 m                | 86.8 m                |
| 堤体積 | 232,000 m <sup>3</sup> | 47,000 m <sup>3</sup> |
| 貯水量 | 150 万 m <sup>3</sup>   |                       |



表—2 盛土材の選定結果

| ゾーン名             | 盛土材                                                             |
|------------------|-----------------------------------------------------------------|
| コアゾーン<br>(遮水ゾーン) | 近傍の土取り場より採取した火山性粘性土と礫質土の混合材料<br>[混合比率は乾燥重量比で1:3]                |
| ランダムゾーン          | 旧堤体(砂質土)または基礎掘削材(凝灰岩)と購入碎石(C-40, 安山岩質)の混合材料<br>[混合比率は乾燥重量比で1:3] |
| フィルターゾーン         | 購入碎石(C-40, 安山岩質)                                                |
| ロックゾーン           | 購入碎石(0-600 mm, 安山岩質)                                            |

ため、高い締固め度が得られやすい材料を選定した。ただし、いずれも要求品質に適合する単独材料をダムサイトで確保することが困難であったため2種類の材料を混合して用いた。混合比率は、後述する室内混合試験および現場混合試験の結果を踏まえて決定した。なお、フィルターゾーンとロックゾーンは排水性が必要なため、硬質で長期安定性が確保できる材料として購入碎石を用いた。

### 3. 盛土の締固め管理

#### (1) 要求性能に基づく締固め管理計画

復旧堤体の要求性能は、「崩壊した旧堤体と比べて、圧倒的に耐震性が高い安全・安心なダムであること」である。ただし、通常よりも過大な設計・施工とならないように、合理的な締固め管理を実施した。

表—3に復旧堤体で規定した物性値を示す。特に、コア材の低い透水係数を確保し、ランダム材の浸水飽和時のコラップス沈下と強度低下を防ぐため、盛土の締固め度と飽和度の規定を重視した。

締固め度の管理は、近年のフィルダムでの管理に倣って、標準プロクター（締固めエネルギーレベル CEL は 1Ec）での締固め度  $[D_c]_{1Ec}$  の許容最低値（管理基準値）を 95%とした。さらに、性能・品質を重視す

表—3 復旧堤体に要求する物性値

|                    |      | コアゾーン                                                             | ランダムゾーン                                                            |
|--------------------|------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 粒度組成               | 最大粒径 | 150 mm 以下                                                         | 150 mm 以下                                                          |
|                    | 礫分   | 20% 以上                                                            | 45% 以上                                                             |
|                    | 細粒分  | 25% 以上                                                            | 25% 以上                                                             |
| 現場透水係数             |      | $1 \times 10^{-5}$ cm/s 以下                                        | —                                                                  |
| 締固め度 $(D_c)_{1Ec}$ |      | 許容最低値 95%<br>目標値 100%                                             | 許容最低値 95%<br>目標値 100%                                              |
| 飽和度 $S_r$          |      | $(S_r)_{opt} - 5\%$<br>～ $(S_r)_{opt} + 5\%$<br>目標値 $(S_r)_{opt}$ | $(S_r)_{opt} - 15\%$<br>～ $(S_r)_{opt} + 6\%$<br>目標値 $(S_r)_{opt}$ |

るために、従来は設定されなかった「施工目標値」を  $[D_c]_{1Ec} = 100\%$  と定め、実際の平均値がこの値に達するように施工することとした。

飽和度の管理は、標準プロクターでの最大乾燥密度が得られる飽和度（最適飽和度  $(S_r)_{opt}$ ）を目標値として定め、目標品質に応じた管理範囲を設定した。なお、飽和度管理の適用根拠は次の通りである<sup>4)</sup>。

- ①現場では、締固めエネルギーレベル CEL と土質は規定しても不可避免に変化し通常変化を把握できないが、最適飽和度  $(S_r)_{opt}$  は CEL と土質の変化が一定の範囲内ならば概ね一定である。
- ②飽和透水係数と飽和化後の強度・変形特性は、乾燥密度とともに締固め状態での飽和度  $S_r$  と強い相関性がある。

なお、新堤体の設計では、後述する式 (1) と同様に「剪頭粒度試料の室内試験によって得られた強度・変形特性」を用いている。しかし、現場での全粒度試料は剪頭粒度試料よりも均等係数が大きいために  $\rho_d$  が大きくなり強度・剛性も大きくなる可能性がある。また、安定解析では  $[D_c]_{1Ec}$  の許容下限値から求めた強度・剛性を用いている。これらより、本工事での盛土締固め管理は安全側と考えられる<sup>1)</sup>。

#### (2) 飽和度管理の概要

飽和度管理を行えば、従来の管理方法と比べて、低めの含水比と高い CEL で施工することによって、より高い乾燥密度で十分低い透水係数を実現できる。また、高飽和状態での過転圧と土の強度低下を避けることができ、さらには低飽和で低乾燥密度の状態での締固めた場合での土の浸水による強度低下・コラップス沈下も確実に避けることができる。

従って、コア材でも良く締固めれば  $S_r = (S_r)_{opt}$  の状態で十分低い透水係数と十分高い強度・剛性が得られ、ランダム材では  $S_r = (S_r)_{opt}$  の締固め状態が最適となることから、飽和度の管理範囲は目標品質に応じて  $(S_r)_{opt}$  を基準にして設定した。さらに、締固め度と飽和度の目標値を設定するだけではなく、盛土材の土質、含水比  $w$ 、CEL のばらつきを抑制するために表—4に示す5つの管理境界を導入した。なお、飽和度  $S_r$  の許容上限値 SU は、含水比  $w$  の許容上限値 WU と連動して設定される。

これらの5つの管理境界値は、後述する室内混合試験、現場混合試験、現場転圧試験によって表—5のように設定した。図—3はコア材の管理境界範囲を模式的に示したものである。

表—4 締固めにおける5つの管理境界<sup>4)</sup>

| 管理境界           |             | 土構造物の要求性能の実現に必要な物理特性 |                |        |        |
|----------------|-------------|----------------------|----------------|--------|--------|
|                |             | 高い強度と剛性の確保           | 浸水時の強度低下と沈下の抑制 | 透水性の確保 | 過転圧の防止 |
| 盛土材に対する管理境界    | 含水比下限値: WL  | ○                    | ●              | ○      |        |
|                | 含水比上限値: WU  | ●                    |                |        | ●      |
| 締固めた盛土に対する管理境界 | 締固め度下限値: DL | ●                    |                | ○      | ○      |
|                | 飽和度下限値: SL  |                      | ●              | ●      |        |
|                | 飽和度上限値: SU  | ○                    |                |        | ●      |

●: 要求項目の確保に非常に重要な管理境界

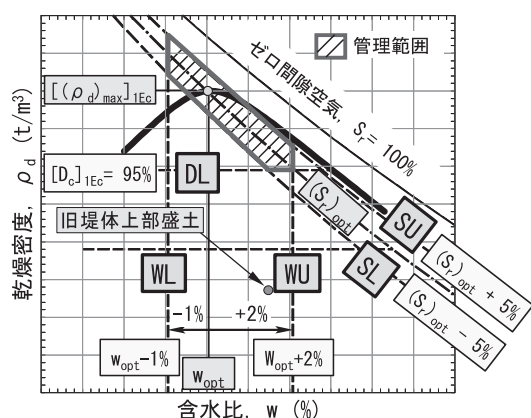
○: 要求項目の確保に重要な管理境界

表—5 堤体の締固め管理で設定した管理境界値

| 盛土材             | コア材<br>(撒出し厚: 25 cm)<br>(転圧回数: 8 回) | ランダム材<br>(撒出し厚: 25 cm)<br>(転圧回数: 8 回) |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 含水比<br>下限値: WL  | $[w_{opt}]_{1Ec} - 1.0\%$           | $[w_{opt}]_{1Ec} - 1.0\%$             |
| 含水比<br>上限値: WU  | $[w_{opt}]_{1Ec} + 2.0\%$           | $[w_{opt}]_{1Ec} + 1.0\%$             |
| 締固め度<br>下限値: DL | $[D_c]_{1Ec}$ の 95%                 | $[D_c]_{1Ec}$ の 95%                   |
| 飽和度<br>下限値: SL  | $(S_r)_{opt} - 5\%$                 | $(S_r)_{opt} - 15\%$                  |
| 飽和度<br>上限値: SU  | $(S_r)_{opt} + 5\%$                 | $(S_r)_{opt} + 6\%$                   |

・転圧回数は 19 t 級タンピングローラによる数値

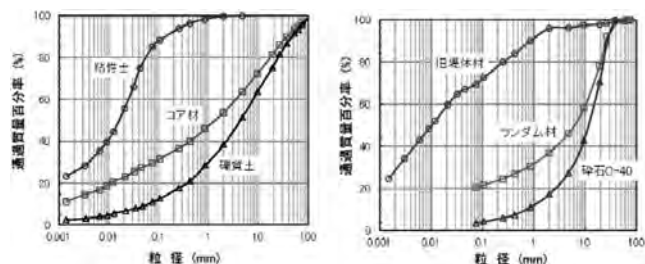
・ランダム材は旧堤体材と購入碎石の混合材料の場合の数値

図—3 コア材の管理境界範囲<sup>1)</sup>

### (3) 室内混合試験

室内混合試験では、盛土材の物理試験と室内締固め試験を実施し、最大乾燥密度と最適含水比を基準にして、施工に適した含水比の目安を把握した。

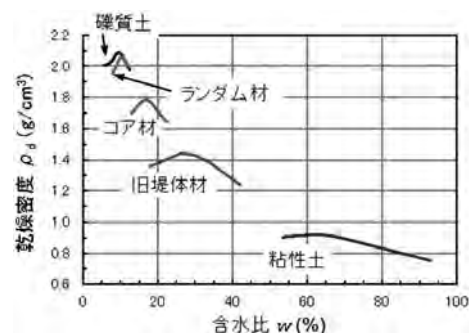
粒度試験および室内締固め試験の結果を図—4, 5



a) コア材の粒度

b) ランダム材の粒度

図—4 室内混合盛土材の粒度



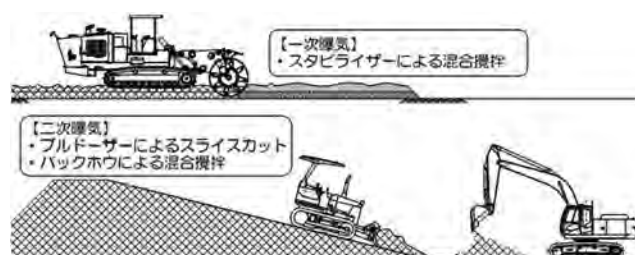
図—5 室内混合盛土材の締固め試験結果

に示す。締固め試験は、剪頭粒度試料（コア材は 19.0 mm 以下、ランダム材は 37.5 mm 以下）を用いて標準プロクター（締固めエネルギーレベル CEL は 1Ec）で実施した。図—5 より、施工に適した含水比は、コア材では 14～20% 程度、ランダム材では 8～12% 程度であることが分かった。

### (4) 現場混合試験

現場混合試験は、盛土材のストックヤードで、実施工に使用する重機を用いて、所定の混合比（表—1）となるように以下に示す手順で混合攪拌した。

コア材は、図—6 に示すように、含水比が高い粘性土を厚さ約 20 cm で広く撒き出して 2 日程度天日乾燥した後に、礫質土を敷き重ね、スタビライザ（図—7）を用いて混合攪拌しながら曝気を促進した。さらに、ストックしたコア材をブルドーザでスライスカットし、バックホウで混合攪拌して含水比の調整を行った。なお、粘性土の自然含水比は 62.8～118.5%（平均 88.6%）とコア材の 1Ec での最適含水比  $[w_{opt}]_{1Ec} =$



図—6 コア材の混合攪拌・曝気乾燥の手順



|      |                     |
|------|---------------------|
| 車体重量 | 16.305 t            |
| 寸 法  | 全長 7.5 m × 全幅 2.6 m |
| 攪拌幅  | 1.8 m (有効 1.6 m)    |
| 攪拌深さ | 最大 600 mm           |

図一七 スタビライザ (STB210C, クローラ式)

15.9%よりも遥かに高かったために、曝気乾燥にはかなりの労力を要した。また、工事期間中は、降雨の影響を避けるために、ストックヤードに大型の仮設テント (40 m × 22 m = 880 m<sup>2</sup>) を設置し、含水比調整後のコア材をその中に仮置きした。

ランダム材は、砕石 C-40 を 60 cm、旧堤体材 (砂質土) を 20 ~ 30 cm で交互に撒き出して積み上げたストックパイルを、ブルドーザでスライスカットし、バックホウで混合攪拌して含水比を調整した。

混合攪拌した盛土材は、細粒分含有率や礫率などを確認するとともに、次節に示す現場転圧試験に使用した。

### (5) 現場転圧試験

現場転圧試験は、盛立仕様を設定するため、実施工に使用する 19 t 級タンピングローラ (図一八) を用いて表一六に示す条件で実施した。含水比の条件は、現場混合した盛土材の剪頭粒度試料 (コア材は 19.0 mm 以下、ランダム材は 37.5 mm 以下) による室内締固め試験 (1Ec) の結果 (図一九) に基づき以下のように設定した。

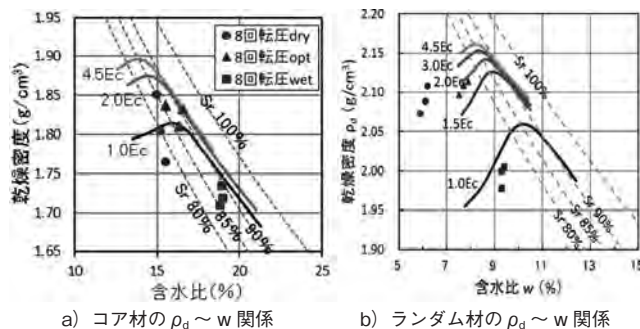


|      |                                |
|------|--------------------------------|
| 車体重量 | 20.0 t                         |
| 起振力  | 35.0 t                         |
| 寸 法  | 全長 6.25 × 全幅 2.53 m            |
| ドラム  | 幅 2.15 m<br>フート高さ (突起) 11.5 cm |

図一八 タンピングローラ (SV900T)

表一六 現場転圧試験の盛土材の剪頭粒度試料に対する含水比の設定条件

| 盛土材   | 撒出し<br>厚さ | 転圧回数<br>N      | 3 含水比条件          |                     |                  |
|-------|-----------|----------------|------------------|---------------------|------------------|
|       |           |                | 乾燥側<br>$w_{dry}$ | 1Ec 最適<br>$w_{opt}$ | 湿潤側<br>$w_{wet}$ |
| コア材   | 25 cm     | 6, 8, 10, 12 回 | 17.0%            | 18.5%               | 22.5%            |
| ランダム材 | 25 cm     | 4, 6, 8, 10 回  | 6.5%             | 10.0%               | 11.0%            |



図一九 現場混合盛土材の室内締固め試験結果 (1Ec, 剪頭粒度) および現場転圧試験結果 (8 回転圧, 剪頭粒度に換算)

乾燥側  $w_{dry}$  は、コア材では最適含水比 ( $w_{opt}$ )<sub>1Ec</sub> - 1.5%, ランダム材では ( $w_{opt}$ )<sub>1Ec</sub> - 3.5% とした。

湿潤側  $w_{wet}$  は、 $[D_c]_{1Ec} = 95\%$  に対応する湿潤側含水比とし、コア材では ( $w_{opt}$ )<sub>1Ec</sub> + 4%, ランダム材では ( $w_{opt}$ )<sub>1Ec</sub> + 1% に設定した。

なお、図一九に示すように、何れの盛土材でも、最適飽和度 ( $S_r$ )<sub>opt</sub> は CEL を 1.0 Ec ~ 4.5 Ec と変化させてもほぼ一定であったので、現場での CEL の不可避的な変化に左右されないで飽和度管理を適用できると判断した。

転圧後の現場密度試験 (砂置換, φ 20 cm, 突き砂法) と現場透水試験 (φ 30 cm, 深さ 30 cm 程度, 変水位法, JGS 1316-2012 に準拠) は、最終転圧面の凹凸を除去するために、1 転圧層分 (約 20 cm) を取り除いてから実施した。乾燥密度  $\rho_d$  等は、原位置での全粒度試料の乾燥密度と含水比の測定値から Walker-Holtz の方法 (以下, WH 法)<sup>6)</sup> によって、剪頭粒度 (コア材では 19 mm 以下、ランダム材では 37.5 mm 以下) での値に換算した。また、締固め度は、次式による値である。

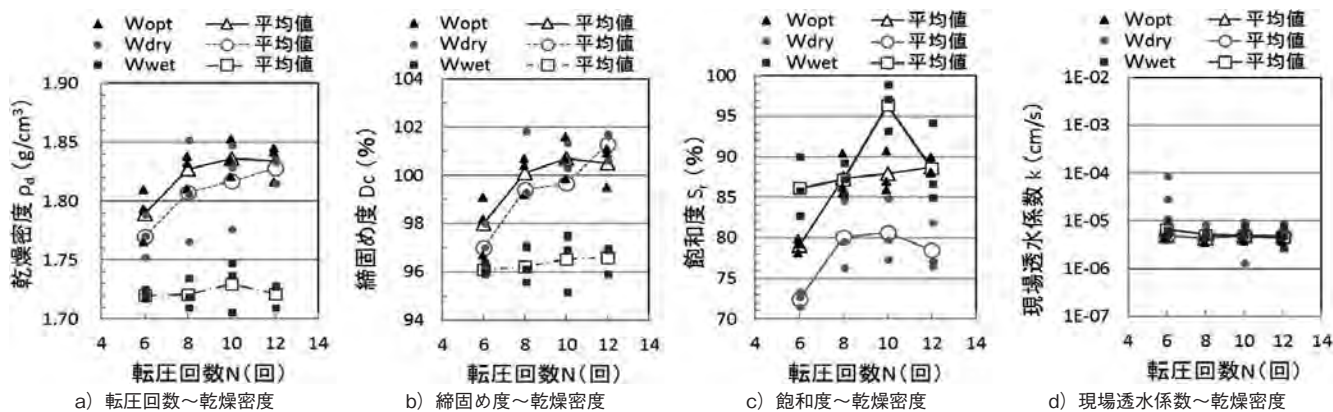
$$[D_c]_{1Ec} = A/B \quad (\times 100\%) \quad (1)$$

A: 現場での全粒度試料の  $\rho_d$  の測定値から、WH 法によって剪頭粒度 (コア材は 19 mm 以下、ランダム材は 37.5 mm 以下) の値に換算した  $\rho_d$

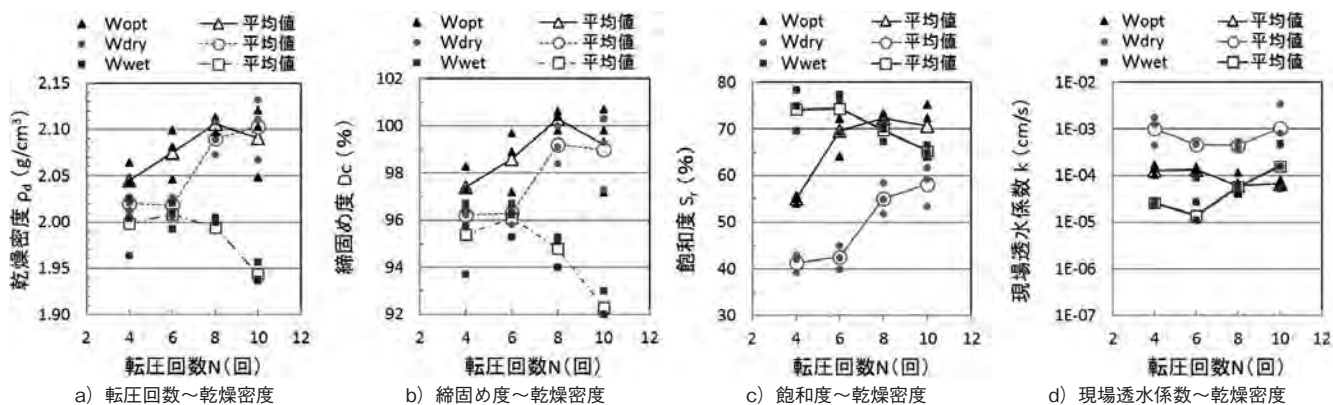
B: 剪頭粒度試料で実施した 1Ec での室内締固め試験による最大乾燥密度  $[(\rho_d)_{max}]_{1Ec}$

主な試験結果を図一九 ~ 11 に示すが、堤体の締固





図一10 コア材の原位置転圧試験の結果（乾燥密度は剪頭粒度試料の値に換算）



図一11 ランダム材の原位置転圧試験の結果（乾燥密度は剪頭粒度試料の値に換算）

め管理基準値（表一6）は以下のように設定した。

コア材は転圧回数  $N=8$  の時、 $w=w_{\text{wet}}$  では過転圧の傾向にあるが、 $w=[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}}$  では  $[D_c]_{1\text{Ec}}$  は100%を超えた。そこで、 $N=8$  回での品質管理値として、 $[D_c]_{1\text{Ec}}$  の目標値を100%、許容下限値DLを95%とした。また、 $w$  の目標値を  $[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}}$ 、許容下限値WLを  $[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}} - 1.0\%$  に、許容下限値WUを  $[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}} + 2.0\%$  とした。 $w$  の管理範囲が目標値よりも湿潤側にやや偏っているのは、仮に現場の締固めエネルギーCELが不十分で乾燥密度が低く乾燥側となった時の弊害を確実に避けるためである。また、透水係数の要求品質 ( $k \leq 1.0 \times 10^{-5} \text{ cm/s}$ ) を確実に満足するために、室内透水試験の結果に基づいて、 $S_r$  の許容下限値SLを  $(S_r)_{\text{opt}} - 5\% = 80\%$  に設定した<sup>5)</sup>。そして過転圧防止と強度・剛性の低下を避けるために、 $S_r$  の許容上限値SUを  $(S_r)_{\text{opt}} + 5\% = 90\%$  に設定した。なお、 $[D_c]_{1\text{Ec}}$  の許容下限値DLで作成した剪頭粒度試料の供試体の三軸圧縮試験では、設計強度を満足するせん断強度が得られた。

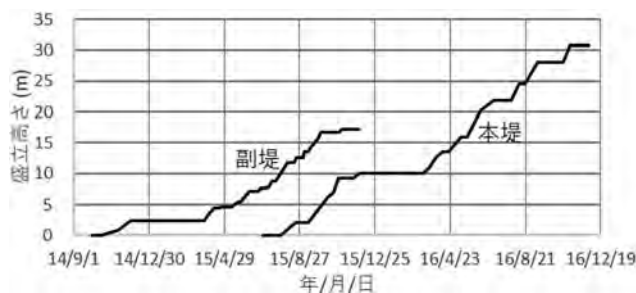
ランダム材（旧堤体材と購入碎石の混合材料）は、転圧後の  $w$  測定値が設定値をやや下回ったが、 $N=4$  回で  $[D_c]_{1\text{Ec}} \geq 95\%$  を満足する。しかし、浸水後の強度低下やコラプス沈下に対する懸念から、より高い施工

上の目標値として  $N=8$  回を設定した。 $N=8$  回での品質管理値として、 $[D_c]_{1\text{Ec}}$  の目標値を100%、許容下限値DLを95%とした。また、 $w$  の品質管理値として、目標値を  $[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}}$ 、許容下限値WLを  $[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}} - 1.0\%$ 、許容下限値WUを  $[w_{\text{opt}}]_{1\text{Ec}} + 1.0\%$  とした。 $S_r$  は、過転圧防止のために許容上限値SUを  $(S_r)_{\text{opt}} + 6\% = 92.3\%$  に、水浸による強度低下と沈下の抑制を目的に許容下限値SLを  $(S_r)_{\text{opt}} - 15\% = 68.3\%$  に設定した。なお、ランダム材は湿潤側では8回以上転圧すると密度低下が顕著であるため、コア材と同様に適切な含水比範囲での施工が求められた。

#### 4. 飽和度管理による盛土の施工結果

新堤体の盛立工程（施工結果）を図一12に示す。

品質管理試験は、施工前のストックパイルから採取した試料を対象とした定期管理と、施工後に盛立場所から採取した試料を対象とした日常管理を、表一7に示す頻度で実施した。5つの管理境界（表一6）の数値は、定期管理の試験結果に基づいてストックパイル毎に設定した。なお、現場での転圧の位置と回数（原位置でのCEL）の管理は、タンピングローラにGNSS（衛



図—12 新堤体の盛立工程

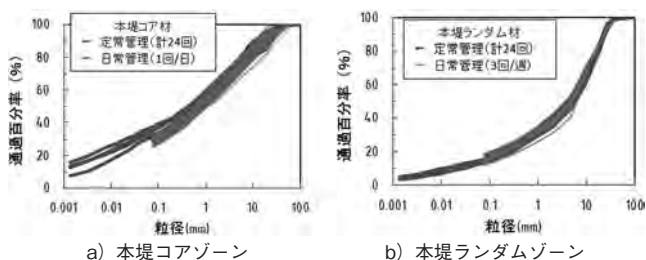
表—7 実施工での品質管理試験の項目と頻度

|                               | 定期管理<br>(施工前)                                  | 日常管理<br>(施工後)             |                           |
|-------------------------------|------------------------------------------------|---------------------------|---------------------------|
|                               | コア材, ランダム材                                     | コア材                       | ランダム材                     |
| 含水比試験<br>(JIS A 1203)         | 1回/午前・午後<br>(3試料/回)                            | 1回/日<br>(3孔)              | 1回/週<br>(3孔)              |
| 粒度試験<br>(JIS A 1204)          | ストックパイル<br>1バッチ毎<br>(3,000 m <sup>3</sup> 程度毎) | 1回/日<br>(3孔)              | 1回/週<br>(3孔)              |
| 締固め試験<br>(JIS A 1240)         | ストックパイル<br>1バッチ毎<br>(3,000 m <sup>3</sup> 程度毎) | —                         | —                         |
| 現場密度試験<br>(JGS 1611)<br>(突砂法) | —                                              | 1回/日<br>(3孔)<br>(φ200 mm) | 1回/週<br>(3孔)<br>(φ300 mm) |

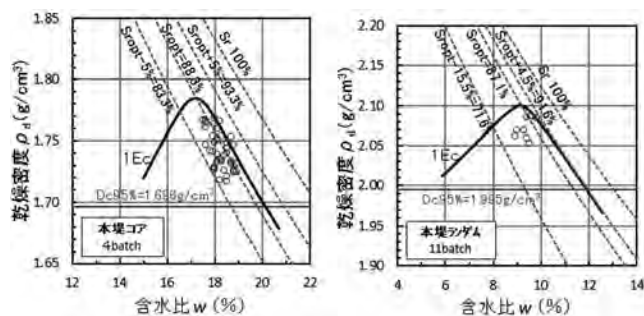
- ・本堤のコア材：57,000 m<sup>3</sup>，ストックパイル 19 バッチ
- ・本堤のランダム材：80,000 m<sup>3</sup>，ストックパイル 24 バッチ
- ・副堤のコア材：10,000 m<sup>3</sup>，ストックパイル 4 バッチ
- ・副堤のランダム材：31,000 m<sup>3</sup>，ストックパイル 10 バッチ

星測量システム)を取り付けて実施し、山間部での GNSS 計測障害を避けるために現場基準局を設置した<sup>8)</sup>。

定期管理と日常管理の土質試験では、ほぼ同じ粒度分布曲線が得られた。ただし、図—13に示すように粒度分布は不可避免に変動し、このために  $[(\rho_d)_{\max}]_{1Ec}$  と  $[w_{\text{opt}}]_{1Ec}$  の値は不可避免に変動した。しかし、最適飽和度  $(S_r)_{\text{opt}}$  は粒度分布と CEL が多少変動しても変動しない目標値であるので、原位置の CEL を一定に管理し、締固め土の  $S_r$  を管理することで  $[(\rho_d)_{\max}]_{1Ec}$  と  $[w_{\text{opt}}]_{1Ec}$  の変動にも対処できた<sup>5)</sup>。



図—13 実施工での粒度試験の結果 (本堤)



図—14 ストックパイル毎の定期管理試験結果の一例

図—14に、ストックパイル1バッチ(3,000 m<sup>3</sup> 程度)毎の現場品質管理試験結果の一例を示すが、全データが5つの管理境界の範囲内で、目標とした高品質な盛土が実現できている。そして、他のバッチも図—14と同様に全ての管理基準を満足した<sup>5)</sup>。

## 5. おわりに

藤沼ダム復旧工事は、2013年10月に着工し2017年3月に竣工した(写真—1, 2)。新堤体の施工では高い要求品質を満足するために、従来の含水比管理と締固め度管理に加えて「最適飽和度」の実現を目指す飽和度管理を実施した。施工結果は良好で、盛土の強度・剛性、透水係数などの物性値を効果的に管理でき



写真—1 本堤の施工状況 (2016年7月)



写真—2 藤沼ダム試験湛水状況 (2017年4月)

る飽和度管理の有効性が確認された。

## 謝 辞

なお、本報文は「福島県藤沼ダム復旧委員会」における検討結果をまとめたものであり、委員長田中忠次教授（地域環境資源センター理事長）、委員毛利栄征教授（茨城大学農学部）をはじめ関係者の方々に謝意を表します。



## 《参考文献》

- 1) 渡邊浩樹, 田中忠次, 龍岡文夫, 毛利栄征, デュッティン・アントワ, 矢崎澄夫, 三浦亨: 福島県藤沼旧堤体の崩壊解析を踏まえた新堤体の設計, 基礎工, vol.46, No.3, pp.79-84, 2018.
- 2) Tatsuoka, F.: Compaction characteristics and physical properties of compacted soil controlled by the degree of saturation, Keynote Lecture, Proc. 15th Pan-American Conf. on SMGE & 6th I. C. on Deformation Characteristics of Geomaterials, Buenos Aires, 2015.
- 3) 龍岡文夫ら: 地盤工学・技術ノート第1回～20回, 盛土の締固め①～⑩, 基礎工, vol.41, No.7～vol.43, No.2, 2013-2015.
- 4) 龍岡文夫: 土の締固めにおける飽和度管理の重要性, ダム技術, 2016年3月号, No.354, pp.3-16, 2016.
- 5) 渡邊浩樹, 田中忠次, 龍岡文夫, 毛利栄征, 山岸明広, 三反畑勇, 三浦亨, 矢崎澄夫: 福島県藤沼ダムの強化復旧における新堤体の施工, 基礎工, vol.46, No.3, pp.85-90, 2018.
- 6) Walker, F.C. and Holtz, W.G.: Control of Embankment, Material by Laboratory Testing, Proc. ASCE, No. 108, pp.1-25, 1951.
- 7) 土木研究所資料: フィルダムの挙動解析 (その1) 一端最大断面の外部変位一, 1991.
- 8) 国土交通省: TS・GNSS を用いた盛土の締固め 管理の監督・検査要領, 平成 29 年 3 月.

## 【筆者紹介】

三反畑 勇 (さんだんばた いさむ)  
安藤ハザマ  
技術研究所土木研究部  
主席研究員



龍岡 文夫 (たつおか ふみお)  
東京大学, 東京理科大学  
名誉教授



渡邊 浩樹 (わたなべ ひろき)  
福島県 相双農林事務所 総務部  
専門管理技術員



三浦 亨 (みうら とおる)  
NTC コンサルタンツ(株)  
東北支社技術部  
次長





# 12 段長大切土施工における 3 次元データの活用と のり面の長期安定対策工

齊 藤 亮 祐・小 野 剛・今 泉 和 俊・早 川 正 城

福島と秋田を結ぶ東北中央自動車道のうち南陽高畠～山形上山間は、平成 30 年度の開通に向けて最終段階を迎えているところである。上山インターチェンジ（IC）工事は「かみのやま温泉 IC」の造成を含む約 110 万  $\text{m}^3$  の切盛土工を行う工事であり、最大 12 段となる長大切土は新第三紀中新世の凝灰岩類及び泥岩から構成される堂満山において施工された。第三紀の泥岩や凝灰岩は、掘削時に堅硬で安定したのり面であったとしても時間経過とともに急速に風化が進行し、表層崩壊などの変状が発生することが多い。

本稿では、12 段長大切土のり面に採用した長期安定対策工の報告と共に、長大切土を伴う大規模な切盛土工事において全自動無人ヘリによる 3 次元写真測量を活用した事例について報告する。

キーワード：長大切土，流れ盤，表層崩壊，UAV，3 次元モデリング，長期安定対策

## 1. はじめに

第三紀の泥岩や凝灰岩，熱水変質作用を受けた火山碎屑岩類などは，掘削時に堅硬で安定したのり面であったとしても時間経過とともに膨張や風化が急速に進行し，表層崩壊などの変状が中長期的に発生することが懸念される。これらの変状は，掘削に伴う応力解放や，地山に含まれる膨潤性粘土鉱物の吸水による体積膨張により，経時的に地質性状に変化が生じること起因する。

上山 IC 工事では新第三紀中新世の凝灰岩類及び泥岩から構成される堂満山（山形県上市市）において切土が計画され，その切土高は 84 m になることから最大 12 段の長大切土が設計された。しかしながら，事前地質調査により堂満山には亀裂の発達する緩み領域の存在や 12 段長大切土が流れ盤での掘削になることが確認されていた。上記のように崩壊性要因を持った地山での切土施工となるため，12 段長大切土のり面の長期的な安定対策工を検討するための堂満山長大切土ワーキング（WG）を立ち上げ，適切な対策工法の選定を行った。

また，当工事は長大切土と共にインターチェンジを造成する工事であり，切盛土量の総量は約 110 万  $\text{m}^3$  になる。大規模な切盛土工事を施工するにあたり，測量および土量算出の効率化および安全性向上を目的として全自動無人ヘリ（UAV）による 3 次元写真測量技術を活用した出来形管理を試みた。

## 2. 上山インターチェンジ工事

### (1) 工事概要

東北中央自動車道は福島と秋田を結ぶ高速道路であり，移動時間の短縮，一般国道 13 号の混雑緩和，災害時の救急搬送ルートの確保を主目的に建設が進められている。上山 IC 工事は建設中の南陽高畠～山形上山間 24.4 km のうち（図—1），かみのやま温泉 IC の造成を含む工事延長 3,411 m，切盛土工（約 110 万  $\text{m}^3$ ），のり面工（種吹付工，植生基材吹付工，ブロック積プレキャスト L 型擁壁工，補強土壁工），用・排



図—1 施工位置図



写真一 12段長大切土2段目掘削状況 (平成29年7月撮影)

水工, 橋梁下部・上部工, 跨道橋などを施工する工事である (写真一)。

## (2) 地質概要

堂満山付近の丘陵地に分布する新第三紀中新世吉野層は, 塊状の流紋岩質凝灰角礫岩～青緑色の火山礫凝灰岩 (Ytb1) を主体としており, 暗灰色で硬質なシルト岩～淡緑灰色の細粒凝灰岩を含有する泥質岩類 (Ym) を挟在する (図一2)。地層は概ね南北方向の走向で 30° 程度の西傾を呈し, 12 段長大切土のり面では流れ盤となる。

凝灰角礫岩および火山礫凝灰岩の新鮮部は非常に堅硬な岩相を, 泥質岩類も新鮮部においては固結度が高く, 割れ目も少ない堅硬な岩相を呈している。なお, これらの新鮮部においては, 当初設計では軟岩と想定されていたが, 施工時の岩盤判定により硬岩と判定されるほど新鮮で堅硬な岩相を呈す地山も分布しており, 発破掘削を併用した掘削を行った。しかしながら, 地表付近では風化変質が進行しており, 亀裂が発達するゆるみ領域の存在が既往地質調査および切土のり面において確認された。

## (3) 堂満山長大切土ワーキングの設立と活動概要

上記のとおり第三紀の泥岩や凝灰岩は, 掘削時には堅硬で安定したのり面であったとしても, 時間経過と共に表層崩壊などの変状が発生することがある。そこで, 12 段長大切土のり面の長期的な安定対策工を検討するための WG を切土着手前から立ち上げ, 切土の進捗に合わせて WG を随時開催した。なお, WG のメンバーは, 発注者, 施工者および高速道路総合技術研究所 (NEXCO 総研) 等から構成される。基本的な施工検討のサイクルは図一3に示すとおりであり, WG において現地の地質状況等を確認した後, 観測結果等を参照しながら適切な対策工法の選定を行った。

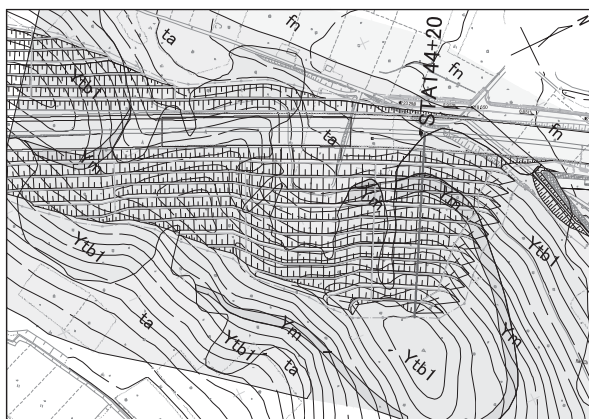


図一3 施工・検討のサイクル

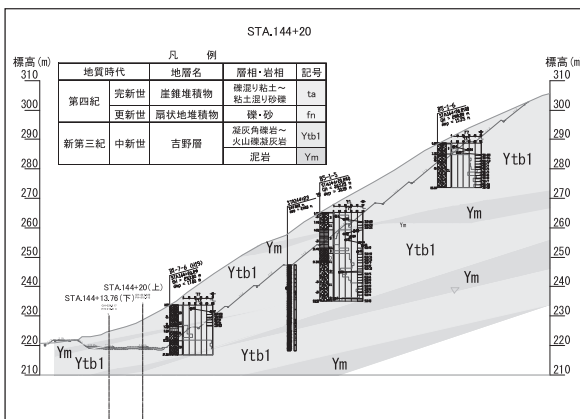
## 3. 当初設計の概要および安定対策工の見直し

堂満山は凝灰岩類を主体に構成されていたことから, 軟岩相当の地山と判定して当初設計が行われた。のり面勾配は, 軟岩であれば 1:05 ~ 1:1.2 の勾配を選択できるが, 凝灰岩類を主とする地質であり一般的に風化が早く二次的な強度低下が懸念されることから, 12 段長大切土部においては安全側となる 1:1.2 の勾配を採用した。また, のり面の安定対策工については, 12 段長大切土部とそれ以外の箇所とに分け, 12 段長大切土部については凝灰岩類の風化による表

a) 平面図



b) 横断面図 (STA. 144+20)



図一2 地質平面・横断面



層崩壊等を防止するため、吹付砕工+コンクリート吹付+切土補強土工（ロックボルト工  $L = 3.0\text{ m}$ ）を基本とし、それ以外の箇所については吹付砕+植生工もしくは簡易吹付砕+植生工を採用した（図—4a）。

しかしながら、切土施工に先立ち開催したWGにおいて中長期的な安定対策工について検討した結果、調査ボーリングを追加施工し、そのボーリング孔を利用した地山挙動の動態観測工および地下水位観測孔を設置する見直しを行った（図—4b）。多段式傾斜計による動態観測工は、泥岩層の上位の凝灰岩類が滑り層になりやすいと考え、地質境界および泥岩層上位の凝

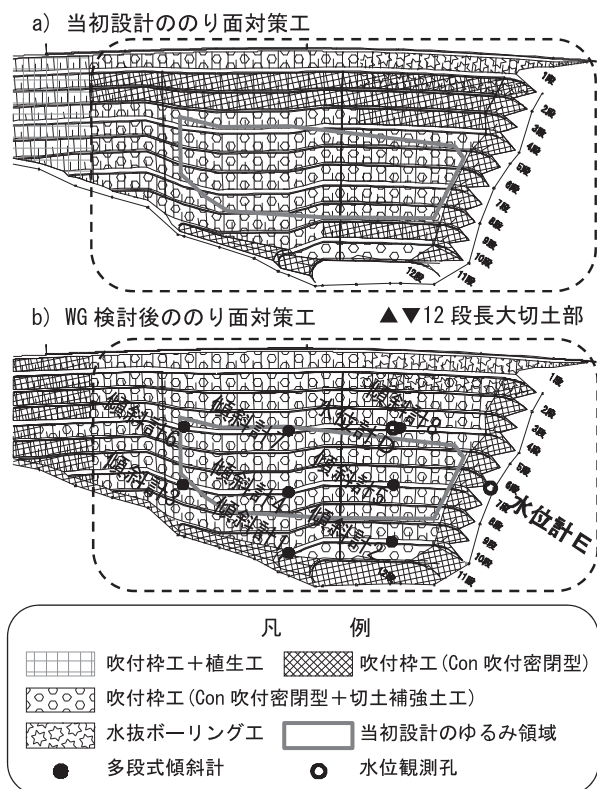
灰岩類に重点的に傾斜計を配置し、凝灰岩類の僅かな変位も観測可能な配置とした。地下水位観測では、平常時の地下水位および降雨時や雪解け時の地下水位の変化を把握するため、切土着手前から継続して観測した。

切土掘削途中のWGにおいてのり面の亀裂発達状況を確認したところ、調査ボーリングによって想定したゆるみ領域以外においても広範囲に亀裂が発達している事が確認された。特に上り線（12段長大切土）側は流れ盤であり、開口亀裂も確認されたことから、図—4bのように切土補強土工の施工範囲を増やし、植生工を全てコンクリート吹付工に変更した。また、切土頭部裸地部への雨水浸入を遮断することを目的として、コンクリートシールを追加した。なお、変更となったこれらの対策工についても、その後の動態観測等で効果の確認を行いながら施工を進めた。

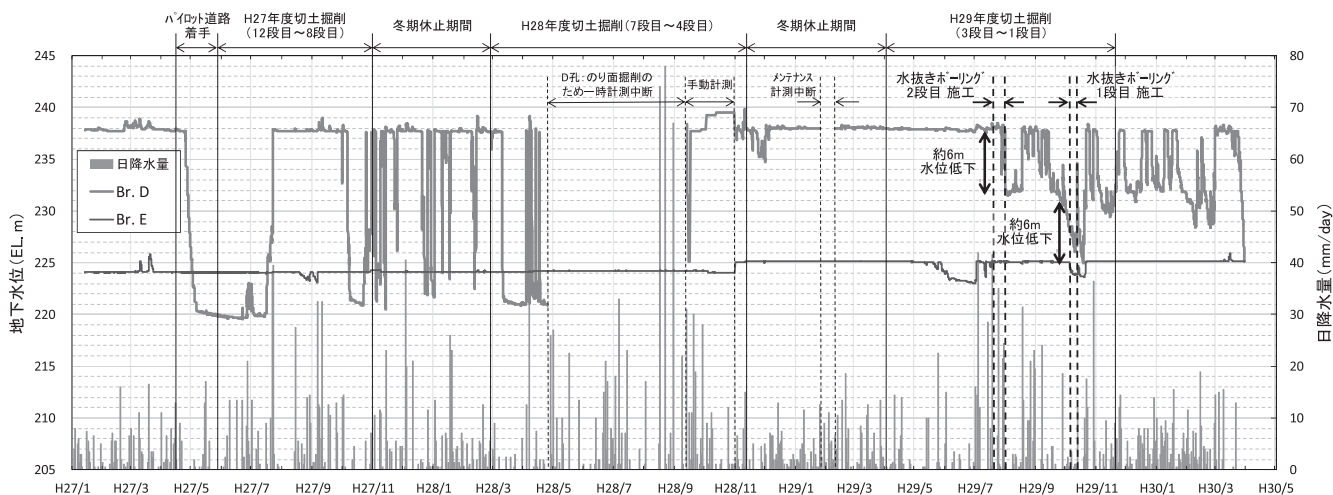
#### 4. 水抜きボーリング工の再検討

のり面の安定性を確保するためには、地盤中の地下水を地山内から速やかに排出させることが効果的である。

図—4bに示す地下水位観測孔D、Eにおいて観測した地下水位および気象庁上山中山観測所で記録された降水量を図—5に示す。水抜きボーリング工を施工する2段目切土施工前（平成29年7月）までの地下水位の変化は、観測孔DにおいてはEL. 238 m（GL. -19.5 m）付近に恒常的な地下水位面が位置し、最長2ヶ月間程度EL. 220 m～225 m付近まで地下水位が低下する結果を示した。これらの変化には、降水量との相関は見られないが、20 mm/day程度の降水のうちにEL. 238 m付近まで地下水位が上昇する傾向が見



図—4 安定対策工の検討結果



図—5 地下水位観測結果および降水量







写真一 晴天時の排水状況



写真三 UAV 写真測量に用いた基準点 (GCP)

## 5. UAV による 3 次元測量を活用した出来形管理

当工事では、長大切土を伴うインターチェンジ造成工事特有の大規模な切盛土工事を施工するにあたり、測量および土量算出の効率化および測量作業における安全性の向上を目的として、UAV による 3 次元写真測量技術を用いた出来形管理を試行した（図一 8）。なお、UAV 写真測量は、工事着手前測量、施工途中段階での出来形測量、工事完了時測量に補助的に採用し、それぞれの段階で土量を算出した。

UAV 写真測量の手順は次のとおりである。①飛行経路の現地安全確認、② UAV 用基準点 (Ground Control Point : GCP) の設置（写真一 3、今回は 60 cm \* 60 cm の GCP を使用）、③使用機器の始業前点検（写真一 4）、④ PC / タブレット PC で作成した飛行経路を UAV に転送、⑤設定された経路を飛行しながら航空写真を連続撮影（1 フライトあたり約 2 万 m<sup>2</sup> 撮影、約 15 分）。その後、撮影した航空写真を専用システムを用いて解析することにより高密度の点群データを算出し、最終的に 3 次元 CAD データとして作図した。



写真四 測量に用いた UAV

土量の算出は、予め 3 次元 CAD 化した設計図面と、UAV 写真測量にて得られた 3 次元 CAD データを比較して算出した。なお、航空写真の撮影と点群データの座標算出は、基本的には従来の有人航空機を利用した航空写真測量の技術を応用している。飛行経路の設定では、UAV 進行方向に 80%、横方向に 60% のラップ範囲を設け、隙間なく航空写真を撮影した。座標算出では、視差効果を用いた単純な三角測量で高さを算出しており、少しずつずらして撮影した画像内から特徴量検出により同一ポイントを見つけ、三角形を複数形成することにより高精度な座標算出を行っている。

工事着手前の測量および土量算出における、直接横断測量と UAV 写真測量との比較結果を表一 1 に示す。直接横断測量断面は 100 測線となり、表に示す通り UAV 写真測量では、所要日数、延人員数ともに大幅削減が可能となった。また、算出した土量を比較した結果、差異は 1.6% であった。

工事着手前の横断測量では、急傾斜地や湿地帯での作業が必要となるが、UAV 写真測量では、基準点設置以外の作業は上空からとなり、現地での直接作業を軽減できるため、作業性、安全性が向上する。また、施工途中段階では出来形測量に伴う重機稼働制限（規



図一 8 工事着手前の UAV による 3 次元写真測量結果

表一 直接横断測量と UAV 写真測量との比較

| 項目   | 単位             | 直接横断測量    | UAV 写真測量  |
|------|----------------|-----------|-----------|
| 所要日数 | 日              | 45        | 6         |
| 延人員数 | 人              | 210       | 18        |
| 切土量  | m <sup>3</sup> | 1,077,158 | 1,060,223 |
| 差異   | m <sup>3</sup> | 16,935    |           |
|      | %              | 1.6       |           |

制)が削減できた。UAV 写真測量は降雨、強風等の条件下では作業できないといった問題点はあるが、広域かつ複雑な地形での測量において非常に有効な手法であり、かつ、土量算出の迅速化、省力化を図ることができると思われる。

## 6. おわりに

本格的な切土掘削開始から積雪時の中断を挟み、約2年半の工期で当該箇所の切土工事は完了した。WGにおいて選定した安定対策工を施工したことにより、多段式傾斜計による動態観測では現在までに地山の顕著な変位は観測されていない。また、UAV 写真測量では測量作業における直接作業の軽減、安全性の向上、測量作業中の重機稼働制限の削減、土量算出の迅速化、省力化を図ることができた。

今後施工される類似工事においては、安心・安全・円滑に管理していける構造となるよう維持管理上の観

点にも考慮した対策工となるよう検討する必要もある。その際には、今回の検討過程が参考となれば幸いである。

J C M A

### [筆者紹介]

齊藤 亮祐 (さいとう りょうすけ)

(株)奥村組

旧：東北支店 土木部第2部 上山インター工事所  
工事主任

現：東日本支社 リニューアル技術部

金田橋耐震工事所

所長



小野 剛 (おの たけし)

(株)奥村組

旧：東北支店 土木部第2部 上山インター工事所  
所長

現：東日本支社 東北支店 土木第1部

部長



今泉 和俊 (いまいずみ かずとし)

(株)奥村組

技術研究所 土木研究グループ

主任研究員



早川 正城 (はやかわ まさき)

東日本高速道路(株)

旧：東北支社 山形工事事務所 上山工事区

工事長

現：北海道支社 道路管制センター 交通技術課

課長





# 土工のあゆみ

## 略史：古代から現代まで

岡 本 直 樹

古代から現代までの土工の歩みを略史としてまとめる。まず、古代から近世迄の土工を概観するが、特に古代の大土工であった前方後円墳にスポットを当てる。近代以降は、明治期の河川改修への機械化土工導入と鉄道施設やダム等の大規模土工を取上げ、昭和初期の大恐慌による衰退期、大戦中の土工機械緊急開発と飛行場設営隊の大編成と蹉跌まで。戦後は進駐軍工事と払下げ機械による機械化土工の習得から、戦後の大土工を平成まで概略的に通観する。各時代の土工機械・工法の変遷と代表的技術者や技術書も付記した。  
キーワード：土工，土師氏，機械土工，機械化施工，土木史，建設機械史

### 1. はじめに

小規模な土工の始まりは、狩猟時代の炊事・竪穴住居・埋葬等の穴掘りで、道具は掘棒程度であった。縄文時代の三内丸山遺跡では道路遺構も発掘されている。農耕が始まると耕起具が発達し、弥生式水稻の灌漑工事では、用水路・堰等が造られ、土工が本格化する。灌漑工事を行うには、技術と組織化、そのリーダーを必要とし、米作による富の蓄積は権力を生む。そこから抗争が生まれて武装化して、集落は環濠で囲まれる。その首長の墓は、丘陵地に弥生式墳丘墓として残された。

### 2. 古代～近世

#### (1) 古墳時代

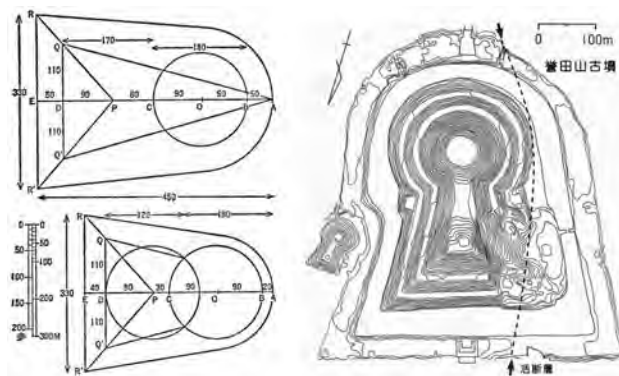
3世紀中頃から近畿地方に巨大な前方後円墳が現れ始め、5世紀に大王陵の巨大化がピークを迎え、河内(摂津・和泉の分割前)平野に応神天皇陵(菅田山古墳)や世界最大の仁徳天皇陵(大山古墳)等がモニュメント的に出現する。7世紀までに全国に五千基を超える前方後円墳が造られた。図一1の左側に大山古墳と菅田山古墳の地割と尺度(歩)を示す。右は菅田山古墳の等高線である。

大山古墳の面積は世界一で、土量が140.6万 $\text{m}^3$ 、菅田山古墳は143.4万 $\text{m}^3$ との計算例があるが、基底の位置をどこにするかによって体積は変化する。古代に空前の大土工の陵墓を誰がどのようにして造営したのか? このような巨大な陵墓を築造するには、先端の

設計企画と測量の技術、大量労働力の投入と組織化、運営管理力が必要で、背景の巨大な権力と経済力の支えに加え、技術者集団の存在が窺える。また、立地条件は、強固な地盤に葺石(河原石)と埴輪製作のハニ(黄赤色の土)、盛土材の採取に適した場所の近くである。そして、設計に必要な幾何学知識や物指・コンパス・定規等の製図用具を扱い、設計図を現地に落とす測量技術を有した技術者達が必要である。また、洪積層の掘削には鉄製土工具が不可欠である。弥生時代後期から稚拙な鉄刃農耕具が利用されていたが、古墳時代中期の5世紀中頃には、新鋭の鉄製U字形鍬・鋤刃先・鶴嘴・犁の土工具が使えた。貴重な鉄器は大王や有力首長が占有管理して貸与していた。

盛立法は、天皇陵の発掘調査が行えないので、詳細は不明であるが、発掘できた古墳から盛土材改良や互層盛土、緻密な締固めが行われているのが判っている。1,500年以上も原形を保っている所以である。

造営期間は、大林組の積算では延べ680.7万人の労



図一1 大山古墳と菅田山古墳

力、工期 15 年 8 ヶ月と見積もっている。

このような造営集団として、土師氏がいた。埴輪の製作で知られているが、陵墓の造営から大王の喪葬まで司っていた氏族である。一族は陵墓の適地に居を構え、陵墓群を築造しているので、各地に土師郷がある。土師氏は野見の宿禰を共通の祖とする 4 系統四腹あり、奈良盆地西北部佐紀の秋篠と菅原の地、河内古市古墳群には北群の河内国志紀郡土師郷と南群の丹比郡土師郷があり、また、モズ古墳群に和泉国大鳥郡土師郷がある。因みに、菅原道真は佐紀菅原の後継である。

地方への前方後円墳の全国展開は、設計図と統一的尺度による造営企画と技術者の派遣があったようだ。



図一 2 6～7世紀の大坂



図一 3 水城

古代から近世までのその他の大土工は、殆ど灌漑と河川工事である。最古の河川工事は、日本書紀によると仁徳紀 11 年に、上町台地北部の天満砂堆を開削し、難波の堀江（大川？）を造って南水を直接海に流した放水路工事である。また同年、最古の河川堤防として淀川下流に洪水防御の茨田堤が築堤されている。上町台地の洪積層を横断する大川（堀江）の開削には、鉄製土工具が必要で、誉田山・大山古墳を凌駕する大土工であった。弥生時代から当時の河内湖の周辺は水害との長年の戦いで、土工技術が発達・蓄積していて、大集団の組織化が可能であった。これらが河内平野に巨大古墳が集中している背景であろう。古墳時代の水田開発は、地形に合わせて区画割りしていたが、7 世紀に入ると地形と関係なく東西南北の方位に従った水田が造られ始め、こうした地割りが律令制の条里制に発展する。最古のダム形式溜池の狭山池は、616 年頃に敷葉工法を用いて築造されていて、731 年に行基が改修し、その後も幾度となく改修が繰返され今日に至っている。水城（図一 3）は、都城のような本格的防御施設を築かなかった古代日本の宮都の唯一の例外で、663 年の白村江敗戦後の唐・新羅軍来襲に備え、太宰府防衛の水濠と土塁から成っている。

さて、大規模河川工事は奈良時代までは行われていたが、平安朝以降の中世には見るべき工事が無い。中世末から近世初頭にかけては、武田信玄による釜無川の治水、豊臣秀吉の文禄堤、伏見周辺の河川整備、加藤清正の菊池川・緑川下流域治水等がある。

## (2) 江戸時代の施工法

江戸時代も各地で治水工事が行われているが、施工法の例として、角倉了以が慶長 11 年（1606）に亀山と京都盆地の水運を開いた大堰川改修を紹介する。施工は大石を轆轤索で引き、水中の石はモンケンで、水面上の石は火薬で破碎した。川幅が広くて浅い場所は狭めて水深を深め、瀑は削って緩勾配とし、兩岸には船曳道を設けて半年で完工した。その後、富士川や高瀬も開削している。もう 1 例は、列島東回りと西回り航路の水運ネットワークを完成させた河村瑞賢の淀川河口の安治川開削である。その施工法は、河道敷両端と中間に排水溝を設け、数百台の水車で排水し、掘り下がるに万を超える竹簀付梯子を利用し、軟弱地では数万枚の板を敷き詰めて作業した。土砂運搬ではタライ船も利用している。続いて曾根崎川開削と堂島川や本流の浚渫を行い、安治川大湊の繁栄の礎を築いている。

当時の技術書としては、信玄堤（霞堤）や牛柁水制工等で有名な甲州流があり、利根川東遷の伊奈忠次の関東流と吉宗の代の紀州流を幕府が集成している。

## 3. 近代（明治以降）

### (1) 明治期

明治維新政府の政策は、富国強兵・殖産興業（生糸・石炭・造船）の促進である。運輸インフラは、近世からの伝統的水運（沿岸海運と河川舟運）の延長線上で、まず、港湾・運河・河川を改修整備し、この工事に初めて機械力を導入した。また、新交通体系として鉄道敷設を急ぎ、民間投資を仰いで 30 年程度で列島骨格幹線を完成させた。そして内陸輸送が舟運から鉄道網に移行すると、河川改修も低水工事（通船維持）から高水工事（洪水防御）への転換が要請され、明治 29 年に河川法が制定され、本格的な機械化土工が始まる。以下、トピック的な大土工と画期となった機械化の導入時期を編年で示す。

明治 2 年 北海道茅沼炭山に軌条を敷きトロを導入

明治 3 年 安治川（淀川河口）浚渫に蘭製 100 坪鋤簾船（バケットラダー浚渫船）を民部省土木司が 2 隻輸入、本邦建設機械の嚆矢となる。



### 明治3～5年 新橋～横浜の鉄道敷設工事

わが国初の新橋～横浜間の鉄道敷設工事は、兵部省の反対などから高輪海岸（現在の品川駅付近）で海上築堤とし、ハッ山・御殿山を土取場として埋立てた。土工はパイスケ、モッコ、牛馬車を使用している。入江迂回を避けるための桜木町の埋立（明治3年6月～年内完工）は、高島嘉右衛門が請負っている。資金はポンド借款、技師長はE.Morel（英）である。明治13年 平野富二がドコービルの軌条を初輸入、レールと枕木を一体化した簡易軌条（図－4）で、工事用の仮設軌条として人ト口用によく使われる。



図－4 ドコービルの簡易軌条と鍋トロ



写真－1 Decauble 5tSL



写真－2 エキスカベータ

明治の土工技術書としては、大島貞益の「百科全書土工術」を明治10年に文部省が印行、15年には大島圭介が訳書「堰堤築法新按」を出版している。この頃までの建設機械の導入は、港湾や低水工事での各種浚渫船、隧道工事での削岩機、道路工事にローラ、琵琶湖疎水事業（明治18～22年）等での軌条トロッコの採用が行われている程度であった。明治26年にショベル、スコップ等の国産化を始め、28年に蒸気ローラを輸入している。そして、31年にドコービル5t機関車（写真－1）を大井川改修に投入している。

### 明治32年～ 淀川改修工事

初の本格的な機械化施工となった淀川改修工事では、沖野忠雄が邦人初の河川改修計画を作成、工事を3工区に分け、下流の佐太～海口16kmが第1工区の「新淀川放水路」で開削区間となる。土量570万 $m^3$ 、堤防築立31km、この大土工を6年で完遂するため、浚渫船6隻、仏製ラダーエキスカベータ（120 $m^3/h$ ：写真－2）×3台、20t機関車×6台、30ポンド軌条と半坪（3 $m^3$ ）木箱トロ660台、仏ドコービルの9ポンド軌条と5勺（0.3 $m^3$ ）鍋トロ760台等を投入した。工区主任三池貞一郎が陸上の機械化土工を指揮し、河川土工機械化の濫觴となる。この時期に導入されたラダーエキスカベータと軽便の土工機関車（鍋トロ牽引）

との組合せが、昭和30年代まで続く河川土工のスタイルとなる。

### 明治33年～ 利根川改修工事

利根川第Ⅰ期改修の銚子～佐原（42km）は、明治33～42年に行われ、蘭製各種浚渫船を輸入、9ポンド鉄枕軌条、木造7勺トロ3,600台を投入した。第Ⅱ期改修の佐原～取手（52km）は、明治40年に着手され陸上機械化施工も始まり、第Ⅲ期改修の取手～芝根（110km）も併行して明治42年に着工された。第Ⅲ期改修時の投入機械は、ラダーエキスカベータ16台、土工用20t蒸気機関車を17台使用し、掘削数量2億1,400万 $m^3$ となり、パナマ運河1914年開通時の掘削量1億8,000万 $m^3$ を上回った。因みに、Ⅲ期改修では1.5tダンプトラック（ケーブル式バーチカルホイスト：図－5の左写真）が導入されている。

### 明治42年6月～大正11年 信濃川大河津分水

明治42年に機械化施工で再開された大河津分水工事は、掘削土量2,878万 $m^3$ 、投入機械は、独LMG製80tラダーエキスカベータ（略してエキスカ、1,200 $m^3/10h$ ）×12台、40tエキスカ×4台、英国製



図－5 利根川改修Ⅰ・Ⅱ・Ⅲ期区分図



写真－3 高地部掘削のLMG製エキスカと土工機関車



写真－4 初輸入のショベル



写真－5 初国産のエキスカ



46t 蒸気ショベル Steam Navvy (600 m<sup>3</sup>/10 h: 写真一4) × 2 台を導入して、東洋一の大規模機械化土工となる。主任技師は新開寿之助が担当。80t エキスカは、上向き、下向き掘削が可能で、40t エキスカは下向き掘削のみである。土砂部をエキスカで、軟岩部を蒸気ショベルで掘削した。運搬は 20t 機関車 + 3 m<sup>3</sup> 積土運車 × 25 両を一列車とし、20t 機関車 20 台と 10t 機関車 2 台、3 m<sup>3</sup> 木箱トロ × 1,700 両、人力ドコービルは、0.3 m<sup>3</sup> 鉄製鍋トロ × 2,000 両を使用。平地部の掘削は、40t エキスカ 4 台による掻上げ掘り、高地部掘削は、左岸 EL.15 m 以上は人力掘削（人力トロ運搬）、その他は 80t エキスカ 3 台による 2・3 段掻上げ掘り、山間部掘削は、左岸は急峻で殆ど人力掘削、上流 EL.12 m 以下と下流 EL.24 m 以下は 80t エキスカ 3 台を使用。右岸の EL.66 m 以上は人力掘削トロ運搬で 3 m 高さ毎の階段状に掘削した。機械掘削は EL.57 m ~ 12 m に掘削深度 12 m 毎の掘削線を設け、EL.12 m 以上は掻下げ掘削、EL.12 m 以下は掻上げ掘削。蒸気ショベル 2 台、80t エキスカ 11 台（3 台は高地部より流用）、40t エキスカ 1 台（平地部より流用）。爆破穿孔は当初は人力による突タガネであったが、大正 5 年以降は 15 馬力石油発動機式可搬空気圧搾機と汽力 65 馬力固定空気圧搾機によりジャックハンマを使用した。因みに、Steam Navvy は初輸入の蒸気ショベルで、40t エキスカ 2 台は、輸入機を模倣した初国産の新潟鉄工製（写真一5）である。

#### 明治 44 年末～ 品川操車場敷地造成工事

鉄道工事の機械化土工の嚆矢となる大規模造成工事を大丸組（鈴木辰五郎）が請負う。大井の浅間台丘陵の土砂を採取して、田町・品川沿線地先の海面を埋立て、埋立地に品川駅を移設し、操作場を建設する。大井掘削跡地は車輛工場敷地として新橋工場を移す。埋立地 185,391 立坪（1,114,000 m<sup>3</sup>）、大井工場敷地盛土 28,655 立坪（172,000 m<sup>3</sup>）掘削はスチームショベル × 2、運搬がコッペル社製 9t 機関車 C 形（新製）× 5、67 才（1.8 m<sup>3</sup>）土運車 200 両、1 列車 20 両編成、18 ポンド軽便軌条を投入する。施工に 2 年 2 ヶ月を要す。因みに、この時のコッペル機関車 1 台は現存し、頸城鉄道資料館に保存されている。

#### (2) 大正～昭和初期

大正期も大型土工は、主に河川改修である。この時期に第一次世界大戦（1914～1918 年）が勃発し参戦、この大戦が日本の産業界に大繁栄をもたらし、大正の後半から昭和はじめにかけての工業化を躍進させ、建設機械化をも進めることになる。

大正 4 年に、Bucyrus 社の軌道式スチームショベルを世界屈指の露天掘炭鉱である南満州鉄道の撫順炭鉱に初輸入。大正 5 年には、蒸気ショベル（鉄輪）を大倉組が輸入、山陽製鉄所工事の土取作業に投入。大正 5 年～昭和 2 年の村山貯水池（多摩湖）のアースダム工事では、軽便軌条により資材運搬及び盛立運搬が行われた。締固めには輸入蒸気ローラを使用した。クローラ式の蒸気ショベルは、大正 7 年に荒川改修工事に輸入された。写真一6 はその頃初輸入された軌道式蒸気ドラグラインで、利根川と阿武隈川改修に投入された。大正 10 年には、呉海軍工廠の開削工事に世界最大級の超大型ストリップングショベル Bucyrus 225B（6yd<sup>3</sup> 全旋回型 337 t: 写真一7）等を輸入。



写真一6 初のドラグライン



写真一7 呉海軍工廠の 225B

第一次大戦において自動車とトラクタの軍事的有用性が確認され、陸軍が砲牽引トラクタとしてホルト 5t を大正 8 年に輸入して、重砲連隊に配備しているが、黎明期の手動ブルドーザも同連隊に配備されていた。また、自動車の普及に伴って道路法が大正 9 年に公布され、大正 12 年の関東大震災では都内の貧弱な道路網が甚大なる被害の原因となり、震災復興でも不通になった鉄道に代わり自動車が活躍したことで、道路整備の重要性が認識された。

大正 10 年頃から昭和初期にかけて、労働力不足から各地で機械化施工が浸透・普及し、小型蒸気ショベルが多数導入されていた。更に、関東大震災の帝都復興事業では、昭和 5 年までの継続事業として土地区画整理や街路・運河・公園等を整備、これらの工事に大々的に最新の土工機械（写真一8）を輸入している。



写真一8 独トラクタ、バケットローダ、クラムとトラック

#### 大正 13 年～ 嘉南大圳・烏山頭ダム工事

大正 9 年から着工していた東洋一の灌漑工事となる

台湾の嘉南大圳・烏山頭ダム工事（堤長 1,273 m, 堤高 56 m, 堤体積 297 万  $\text{m}^3$ , 技師：八田與一）に、本格的機械化土工を大正 13 年から導入した。ダム盛立には、射水によるセミハイドロリックフィル（半水成式）工法を採用する。



写真-9 烏山頭排水開渠掘削



写真-10 スプレッタ

投入機械は、クローラ式蒸気ショベル（Bucyrus 大型ショベル 5 台, Marion 小型 2 台, ドラグライン 2 台）、独ヘンセル社製 56 t 機関車 12 台, 13.5 t・10 t 国産機関車, 16yd<sup>3</sup> エアーダンプカー（トロ）100 台, 60 封度軌条 21 哩, スプレッタ 1 台, ジャイアントポンプ（450 馬力 2 台, 420 馬力 2 台, 200 馬力 1 台）等を輸入している。注目すべき投入機械は、大型 56 t 機関車と敷均に採用したヨルダン・スプレッタ（写真-10）である。

都市計画法による最初で戦前唯一の周辺工業団地が、大正 15 年に中川運河開削（248 万  $\text{m}^3$ ）の掘削残土を利用して造成されている。昭和に入ると建設機械の内燃機関化が始まり、ガソリン機関車やディーゼルショベルが輸入され、トラック運搬も増加する。

#### 昭和 2～9 年 山口貯水池（狭山湖）工事

当時わが国最大級のアースダム（150 万  $\text{m}^3$ , 堤長 691 m）となる山口調整池（狭山湖）工事でも、最新のディーゼルショベル、ディーゼルロコ（写真-11）等を輸入する。昭和 4 年 4 月に堤体掘削に着手、堤体盛立は 5 年 3 月に開始し、2 千人が昼夜 3 交代で 2 年 4 ヶ月かけて盛立を完了した（720 立方坪／日）。また、初めて盛土材の物理的・力学的試験による管理（写真-12）が行われ、蒸気ローラ（英製 10 t × 2, 米製 8 t × 2, 補助英製 6 t × 1, 写真-13）により締固めた。資材運搬に軽便鉄道線を敷設、運土も鍋トロを使用し、盛体内の線路は 18 封度軌条, 250 間 × 15 線を敷設。最新の内燃機関建設機械を輸入。ディーゼルショベルは 1.5yd<sup>3</sup> × 3 台, 3/4yd<sup>3</sup> × 1 台, スチームショベルは 3/4yd<sup>3</sup> × 2 台, 5/8yd<sup>3</sup> × 1 台, Bucyrus 製ショベル計 7 台。ガソリン機関車 × 15 台, 2 合積ダンプカー（トロ）× 300 台, アリスチャルマ製ゲーツ式クラッシャ（能力 20 t）を投入。

満州や朝鮮では機械化の取組みが旺盛で、特に世界屈指の規模を誇る撫順炭鉱では早くから機械化に取組



写真-11 ディーゼルショベルとブリマウス



写真-12 粘土試験所



写真-13 蒸気ローラ

み、採掘機械設備は世界無比となっていく。神戸製鋼は、撫順炭鉱に輸入された Bucyrus 社の電気ショベル（写真-14）に刺激を受けて、模倣開発に着手して昭和 5 年に、50K 型 1.5  $\text{m}^3$  電気ショベルを初国産して、その後 120K（3  $\text{m}^3$ , 175 t：写真-15）、200K 型（4  $\text{m}^3$ , 300 t）を加えて、18 年までに 16 台を撫順炭鉱に納車し、満州各地に合計 46 台を出荷した。



写真-14 撫順炭鉱 200B



写真-15 神鋼 120K

#### 昭和 7 年頃～

昭和初期、大恐慌による失業匡救事業として公共事業が活発化し、建設技術が大いに発達する。しかし、雇用確保のため機械化は中断してしまう。そして、昭和 6・7 年頃からの戦時体制で、時局匡救事業も 9 年までで打切られ、公共事業は不急不要事業として凋落期に、建設機械化は中断というより後退してしまう。

この時期米国では日本と逆に、ニューデール政策等の不況対策から機械化施工が飛躍的に発展し、ブルドーザやスクレーパ、モータグレーダ等の革命的土工機械が出現する。また、プロクターの締固め理論も発表された。そこで、満州国道局では米国式機械化施工に取組み、ブルドーザ（写真-16）やグレーダ、3 連牽引スクレーパ（写真-17）等を輸入する。しかし、これらの機械は内地では知られず、米国との差は 20・





写真一16 満州国道局のBD



写真一17 3連スクレーパ

30年位になってしまった。

### (3) 太平洋戦争期

太平洋戦争が始まり、南太平洋の飛行場設営競争で、昭和17年に初めてブルドーザ、スクレーパ等の革新的土工機械に遭遇し、これらを装備した米海軍設営隊（写真一18）の機動力に圧倒される。急遽、軍主導でブルドーザ（写真一19）等の研究を始め、建設機械の模倣による緊急開発を開始し、陸海軍共に飛行場設営隊・設定隊の緊急増設と機械化を図り、18年後半から前線へ続々と派遣するが、その装備の多くは輸送船共々撃沈され、戦力化を果たせなかった。機械化施工の成功例は、18年2月に海軍103設営隊の鹵獲建設機械によるワケデ島の飛行場建設位である。



写真一18 米軍設営隊



写真一19 国産ブル

## 4. 戦後

### 昭和20年代

昭和20年8月、進駐軍によるGHQ一般指令第1号として全国の飛行場と航空施設の保持が命令され、飛行場改修工事が始まる。直ちに進駐軍の所有機械を投入して、羽田飛行場拡張工事を手始めに、入間・伊丹飛行場、横田・立川・厚木基地工事等が続く。これらの工事に携わった民間施工会社が、機械化施工を習得する契機となった。機械化施工のテキストとして“Use of Road & Airdrome Construction Equipment”が使われ、邦文技術書としては、23年に特別調達庁の隅田基生が「設営工事ニ使用サレル米国製土木機械ニ就テ」をガリ刷で出版している。

軽便軌条による機関車とトロによる戦前の土工スタイルは、戦後からブルドーザ、スクレーパ工法等に革命的に変わることとなった。まず、米軍の払下げ機械

でこれらの機械化施工を始め、建設省直営工事等で国産機械を育成した。

戦後最初の機械化は、農林省が食糧増産のため緊急開拓155万町歩の機械化開墾（5年計画）に乗出し、トラクタ6,000台の調達を計画した。払下げの米軍ブルドーザの他、特殊物件（旧陸海軍の手持ち）のトラクタを活用し、小松、三菱重工他が国産化に乗出すが、22年のブラウン旋風で頓挫した。

昭和22年に米軍がD7等の払い下げを開始し、小松は戦中試作のトロ車を原型とするブルドーザD50を完成する。またこの年、ブルドーザ工事株が大阪で生まれた。昭和23年には建設省が発足し、建設機械整備費が認められ、24年に各地方建設局に機械整備事務所（モータプール：仙台、東京、名古屋、大阪、広島、松山、久留米）を設置した。24年に発足した国鉄も同年に東京操機工事事務所を設立し、総裁直属として全国の施工機械を集中し、機械化施工部隊を統括的に機動運用した。また、24年頃からの10年間に発電・洪水調整・農業用等のダム建設が活発化した。

昭和25年には(社)日本建設機械化協会が設立され、建設省にも建設機械課が発足し、建設機械化3ヶ年計画が立てられる。一方、朝鮮戦争の勃発により米軍の建機払下げは中断する。

26年には9電力会社が発足し、戦時中断していた丸山ダム工事を間組が機械化施工で再開し、ダム機械化施工の先鞭を付けた。また同年には、日本国土開発(株)が建機賃貸から出発している。後に機械土工大手専門工事業者となる企業の多く（山崎組、壺山組、富島組、丸磯組等）もこの前後に発足している。関東地建モータプールの伊丹康夫所長が、「建設機械施工法便覧」を27年に著して機械化土工を網羅する。27～29年には国鉄東京操機が信濃川発電所（山本調整池：写真一20）を機械施工で築造する。そして、28年の朝鮮戦争終了に伴って、米軍横浜技術廠がD7等のブルドーザ約3,000台を放出した。昭和28～31年には、米アトキンソン社の指導で佐久間ダムの機械化施工が行われた。



写真一20 信濃川発電所池内掘削とコア締り



## 昭和 30 年代

昭和 30 年代は、大手ゼネコンが建設機械部門を拡充し、機械保有が発注者からゼネコンに移る。「機械化土工必携」を国鉄東京操機の小林秀雄が昭和 30 年に上梓し、翌 31 年に近畿地建モータプールの齊藤義治元所長が、「建設機械施工法」を出版している。同年に「道路土工指針」も発刊され、機械化土工のバイブルとなる。また、R.L.Peurifoy 著“Construction Planing, Equipment & Methods”が発刊され、この 2 版の訳書を伊丹康夫が昭和 41 年に出版している。昭和 32 年には土木学会監修 種谷実著「機械化土工」が出版される。そして、31 年に道路公団が名神高速道路の土工定規を、32 年には土の締固め基準、土工排水基準を作成し、名神高速道路を起工した。公団は輸入機械を施工会社に貸与している。ダム関係では、昭和 32～35 年に初の大規模ロックフィルダムである御母衣ダム工事が、33～38 年には黒四ダム工事が行われた。34 年に伊丹康夫著の「建設機械の運営管理と経費の算定資料」が刊行され、機械土工積算の座右の書となり、「建設省積算基準（黄本）」が公表されるまで改訂を続けた。昭和 35 年発足の池田内閣では、所得倍增計画を推進し、その後の高度成長期へ繋げた。また、36 年に三菱重工が仏シカム社の技術提携により、初めて油圧ショベル（Y35）を国産化し、37 年には日本車輛が独 Menck 社からの技術導入でスクレープドーザ SR62 を国産化した。38 年には新キャタピラー三菱が設立された。この頃からトラクタローダが増加し、積込機がケーブル式ショベルからローダに替わり始める。

## 昭和 40 年代

昭和 40 年代に入ると機械保有のゼネコンから専門工事業者へのシフトが顕著となってくる。また、油圧ショベルと湿地ブルドーザの増加が目立ってくる。44 年にブルドーザ工事㈱が青木建設に改称している。45 年に“Cat Performance handbook”を発行。46 年には(株)日本機械土工協会が発足した。47 年になると田中内閣が発足し、列島改造ブームとなる。昭和 47～50 年に世界初の海上空港となる長崎空港工事を発破急速施工。49～55 年の新秋田空港工事では、超高盛土にゾーン型盛土を初採用し、大型自走式タンピングローラでシルト岩を破碎転圧して急速施工を行った。この工事の詳細は、46 年出版の太田・藤田著「超高盛土と大土工」にまとめられている。

## 昭和 50～64 年

昭和 51 年に油圧ショベルが生産額でブルドーザを抜き、50 年代にブルドーザは激減する。トラクタローダも 50 年代前半に激減し、ホイールローダと油圧ショ

ベルが取って代わる。また、昭和 52 年に三菱重工がユニボ社（旧シカム社）と提携解消。以降、油圧ショベルメーカー各社が技術提携を解消し、国産技術により輸出強化に乗り出す。54 年に建設省建設大学校の京牟禮和夫講師が、新しい機械土工の要約テキストを「機械土工の施工計画」と改題して出版。55 年頃からマイクロプロセッサ搭載によるメカトロニクス化が進行する。50 年代後半にはトラクタローダが油圧駆動（HST）化し、リアエンジンによってバランスを改善したが、需要復活に至らなかった。56 年に寒河江ダム工事に 77t ダンプをダム工事で初採用。そして、昭和末期には鳥形山石灰鉱山でマイコン制御（コーナキューブ補正）の無人ダンプを実現した。

## 平成期

「土工入門」を土質工学会が平成 2 年に刊行して、工種や用語を平易に解説している。世紀の大工事といわれた平成元年～4 年の関西新空港工事向け土砂搬出（加太・阪南）工事では、135t ダンプ（写真—21）が初採用された。また、平成 6 年から雲仙普賢岳の災害復旧工事で無人化施工（群遠隔操作）が始まった。連続運搬システムでは、平成 8～11 年に常陸那珂港北埠頭埋立工事で、3,200 m<sup>3</sup>/h 級と 2,000 m<sup>3</sup>/h 級各 2 台の BWE（写真—22）とシフトブルコンベア等による施工が行われた。平成 10 年には、第二東名工事で厚層締固めが始まり、GPS による締固め管理、ダム用大型機械の投入による合理化施工が道路工事で進められた。そして、12 年には情報化施工の実証試験工事が小山市の R4 バイパス改良工事で実施され、ダム工事、空港工事等の大規模土工に展開されて、その後は小規模土工へも普及し、現在はドローン測量を含めた i-Construction に発展している。



写真—21 加太 135 tDT



写真—22 常陸那珂港工事の BWE

## 5. 土工機械と工法の変遷

土工機械と施工法の変遷をまとめてみる。明治初期は、ラダー式浚渫船で積込み、運土船での運搬。明治 30 年頃から高水工事によって、ラダーエキスカベータ積込みで、運搬は軽便軌条のトロッキを機関車牽



図一7 軌条工法の組合せ

引。積込は明治末期から蒸気ショベルが導入されるが、レール式運搬は太平洋戦争まで続く（図一7）。

### (1) 積込機とダンプトラックの変遷

戦後、ブルドーザ、スクレーパ工法が大々的に導入され、土工事は革命的に変わる。また、レール式に代わってダンプトラック工法が主流となるが、積込はケーブル式ショベル（万能掘削機）のままであった。ロードが登場すると、積込機の主流は昭和40年頃からトラックロード、ホイールロードへと交代した。ケーブル式万能掘削機は、クラムシェルと軟弱地用のドラグラインが残ったが、ドラグラインも油圧バックホウの普及と共に姿を消していった。クラムシェルだけが、今日もクローラクレーン等に装着され開削工事に使われている。昭和50年代には油圧ショベルの普及と共に切崩ブルを必要としないバックホウに置き換わった。積込主体のローディングショベルも一時導入されたが、掘削力不足から建設業では支持されなかった。当初、10t車はバックホウ積込み、重ダンプはホイールロード積込みであったが、バックホウの大型化により、重ダンプでもバックホウ積込が主流となり、ホイールロードの優位性は機動性のみとなってしまった。現在、国内土木工事で使われる最大のダンプトラックは90t級で、その積込の油圧ショベルは200t級である。135～120tダンプは、関空I期工事で使われたのみで、分解組立、回送を考慮すると90t級ダンプが土木工事での限界であるようだ。海外では、800t級油圧ショベル、360t級重ダンプが露天掘鉱山で活躍している。

### (2) スクレーパ工法

スクレーパ系については、戦後、払下げのルターナのキャリオールやターナブル（モータスクレーパ）が導入され、その後に国産化も進んだ。また、メンク社の技術導入により国産化したスクレーブドーザ（写真

一23）は、日本の国情にマッチし軟弱地で活躍した。スクレーパは、宅地造成等の面土工で大いに威力を発揮したが、開発が進むと立地条件が丘陵地から急峻な山へと移っていった。このためスクレーパ工法（写真一23）に不向きな急勾配、岩掘削が多くなり、スクレーパは衰退して現在殆ど生産されていない。代わって現在では、急勾配、軟弱地に強いアーティキュレートダンプが普及している。近距離では、同様にクローラダンプも多用されている。



写真一23 スクレーブドーザ



写真一24 モータスクレーパ

## 6. おわりに

わが国の土工の古代から現代までを要約的に通観した。古代からの人土工は、明治になって機械化を果たし、今日のGNSS・3D-CADを利用した情報化土工に発展した。近年はi-Constructionの旗印の下、ドローン・写真測量・LiDAR技術を加え、クラウド管理に発展して、更にAI・5Gを加えて新たなステージに上りつつある。AI利用はまだ画像処理の段階であるが、制御の中核に座り、更に上位の施工計画も担えるようになれば、自動化土工も夢ではなくなる。更なる技術加速に期待したい。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 講座・日本技術の社会史6 土木、永原・山口、'84.10
- 2) 巨大古墳、森浩一、'85.4
- 3) 王権誕生、寺沢薫、'08.12
- 4) 土木と文明、合田良實、'96.3
- 5) 機械化土工のあゆみ、岡本、土木施工、'09.8
- 6) 工事用の軽便軌条小史、岡本、建設機械施工、'14.5
- 7) 土の史跡、岡本、建設機械施工、'15.8
- 8) 河川改修小史、岡本、建設機械施工、'18.5
- 9) 土木の機械図鑑2ブルドーザ、岡本、土木学会誌、'19.2

### 【筆者紹介】

岡本 直樹（おかもと なおき）  
（一社）日本機械土工協会





# 水理模型実験による橋台背面盛土の崩壊メカニズムと対策工に関する検討

御厩敷 公 平・川 尻 峻 三・川 口 貴 之

2016年北海道豪雨災害では、河川増水によって橋台背面盛土が侵食・流失し、これに伴う道路陥没に気づかずに車ごと橋台内へ落下して犠牲者が出た。本研究では、橋台周辺部を再現した模型盛土の流水下での侵食メカニズムを考察するために開水路実験を行った。また、ジオシンセティック材料による補強土壁型対策工を再現した模型実験では、橋台背面盛土の侵食被害の低減が確認された。

キーワード：河川増水、橋台背面盛土、侵食・流出、水理模型実験

## 1. はじめに

2016年8月中旬に観測史上初めて1週間に3つの台風が北海道に上陸し、8月下旬には前線と台風の接近で、北海道の東部の広範囲で歴史的な降雨災害である2016年北海道豪雨災害が発生した<sup>1), 2)</sup>。この豪雨災害において特徴的な被災として同時多発的に発生した橋梁被害がある。鎌田ら<sup>3)</sup>の調査によると、上記の豪雨災害によって北海道内で被災した橋梁は114橋であり、特に橋台背面盛土の流出や橋台支持地盤の洗掘による橋台の変状は50橋であり、被災橋梁の半分程度を占めている。このような橋台背面盛土が流失した被災事例では、背面盛土の流失に伴う道路陥没に気づかずに橋台内へ車ごと落下し、増水した河川に流されて死者2名と行方不明者1名の人的被害が発生した。これらは一連の豪雨災害での死者・行方不明者の半数にあたる。人的被害に加えて橋梁に水道管を併設している場合には、橋台背面盛土の流失とともに水道管が流失し、断水の原因となった。また、図-1に示すような北海道清水町での被災事例では、複数個所で橋台背面盛土が流失しており、このような場合には避難経路の確保が困難となる。

過去の降雨災害においても橋台背面盛土の侵食・流失は発生しており、出水時の稼働変動や流向変化などの河川工学的な検討は行われる<sup>4)</sup>。一方で、橋台背面盛土の侵食や流失メカニズムに着目した検討事例は少ない。このため、過去の被災事例や盛土の侵食や流失メカニズムを反映した具体的な対策工は示されていないのが現状である。今後の気候変動による外力規模の増大を考えると、超過洪水に対してはある程度の変状



図-1 北海道清水町での被災事例

は許容するものの、被災時には交通地盤構造物としての最低限の性能は発揮できるような対策工の研究開発が必要となる。

このような背景から筆者らは、橋台背面盛土の侵食・流失メカニズムの解明に関する基礎的な検討として、橋台背面盛土に対する地盤調査を反映して作製した模型盛土への開水路実験を行った<sup>5)</sup>。その結果、図-2に示すように模型盛土の最終的な崩壊形態は被災した実橋台と同様であり、実験の再現性を確認した。一方で、先述した模型実験では、逆T型形式橋台を再現した実験を行っているが、実際の被災では図-3に示すように橋脚を一時的に橋台として利用しているピアバット形式の橋台においても被災が顕在していることを確認している。

そこで本稿では、通水性能を有する壁面材を用いた補強土壁を対策工として想定した際の実験の結果について報告する。





図-2 先行実験結果と実橋台での被災事例の比較



図-3 ピアアバット形式橋台の被災事例

## 2. 実験概要

本実験では、河川右岸側に設置されている橋台および背面盛土を縮尺模型によって再現しており、もっとも単純な条件として盛土のり面と橋台側面に正面流が作用した場合を想定して模型盛土を開水路に作製した。また、橋台は開水路に渡した梁を介して固定して河床洗掘や流水による橋台の変位は発生しない条件とした。この理由としては、図-1に示した2016年北海道豪雨災害では、橋台背面盛土が侵食・流出したものの橋台には有害な変位は発生していない事例が比較的多く、このような事例では橋台背面盛土が全体として最弱部となっており、対策が必要であると考えたためである。なお、本研究における模型実験では、小規模河川上流の無堤防区間や堤外に設置された生活道路に

おける小規模橋梁、さらに橋台周辺での破堤による流向の変化等によって橋台背面盛土へ河川水が作用する状態を想定している。

図-4は本実験で利用した開水路の概要を示している。また、図-5は実験前の開水路及び模型盛土の状況を示している。開水路は長さ14,000 mm、幅16,000 mm、高さ240 mmの幅広直線水路である。この開水路に珪砂4号（平均直径 $D_{50} = 0.73$  mm、最大間隙比 $e_{\max} = 0.77$ 、最小間隙比 $e_{\min} = 0.52$ ）を相対密度 $D_r = 50\%$ （間隙率 $n = 0.39$ ）となるように、高さ10 cmで堆積させたものを河床とした。開水路の水路勾配は1/400とした。模型盛土については、縮尺比1/30とした場合に高さ5 m程度の一般的な道路・鉄道盛土を想定し、模型盛土高さ160 mm、のり面勾配1:1.5とした。また、模型盛土の地盤材料は地盤調査で、橋台内盛土や背面盛土は細粒分の少ない砂質土もしくは風化程度が小さい単粒径の火山灰土で構成されていた<sup>5)</sup>ことを参考として、河床と同様の珪砂4号と $D_{50} = 0.02$  mmのファインサンド（非塑性）を8:2で混合したものとした。模型盛土の乾燥密度 $\rho_d$ は締固め度 $D_c$ （乾燥密度 $\rho_d$ /最大乾燥密度 $\rho_{d\max} \times 100$ ）= 85%を目標とした。模型盛土は最適含水比 $w_{\text{opt}}$ に調整した

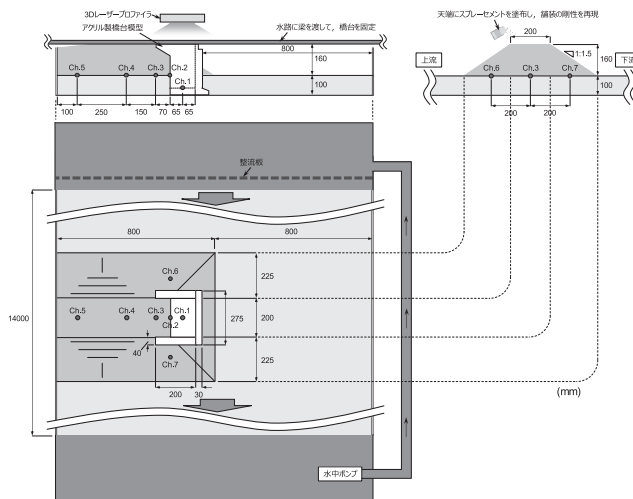


図-4 実験に用いた開水路と模型盛土の配置および計測内容



図-5 実験開始前の開水路の状況

土試料を、目標の  $D_c$  に必要な分だけ用意し、均一に巻き出した後に各層 20 mm として所定の模型盛土高さに到達するまで締固めて作製した。また、道路舗装を模擬するために天端にスプレーセメントを塗布した。

図—6 は本実験で用いた模型橋台を示している。橋台はアクリル製であり、ピアアバット形式を採用した。逆 T 型形式は橋台の縦壁と上下流方向の側壁で構成されているため、橋台内盛土は 3 方向を不透水性の壁によって囲まれている。一方で、橋脚を一時的に橋台として利用しているピアアバット形式には側壁は無く、橋脚上部に翼壁およびパラペットが取り付けられているのみであり、橋台内盛土は縦壁のみに接している。

実験条件として、水深は水理学的に河床洗堀が進行し（無次元掃流力 > 限界掃流力）、さらに循環ポンプなどの性能から安定した水位を確保できる水深として



図—6 実験に用いた模型橋台

2 cm（対策工無しの場合）および 3 cm（対策工有り）とした。また、本稿での報告する実験ケースは 4 ケースであり、ピアアバット形式を実験①、ピアアバット形式に補強土壁を想定した対策工を施した実験を実験②、③、④とする。

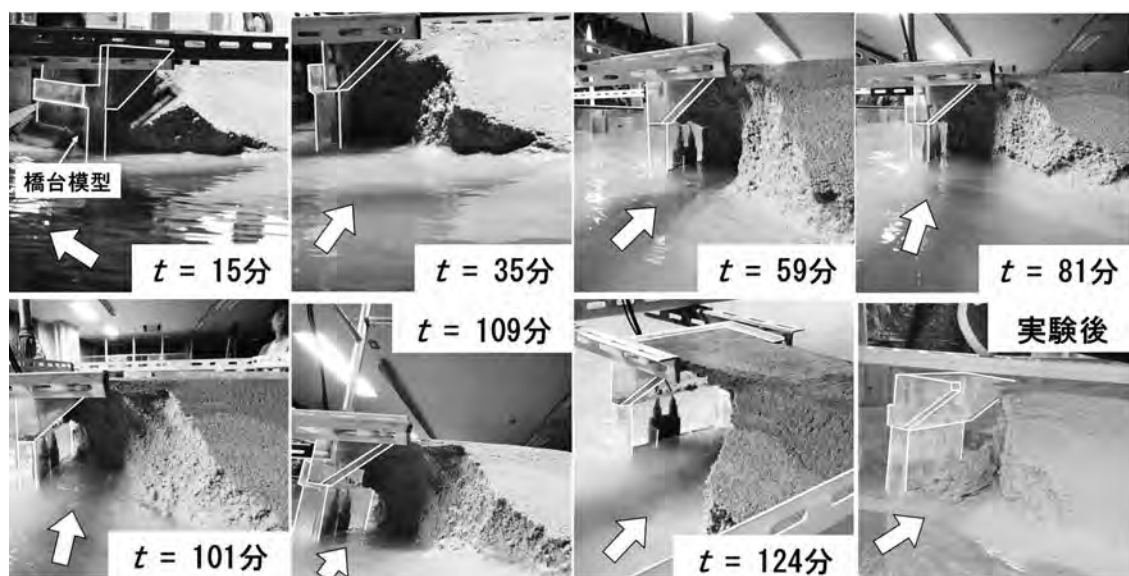
実験中の主な計測項目は、間隙水圧計による模型内盛土の間隙水圧、3D レーザプロファイラ（3DLP）による模型盛土天端の変位の計測を行った。また、実験終了後にレーザ砂面計を用いて河床形状を計測した。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 対策工無し（実験①）

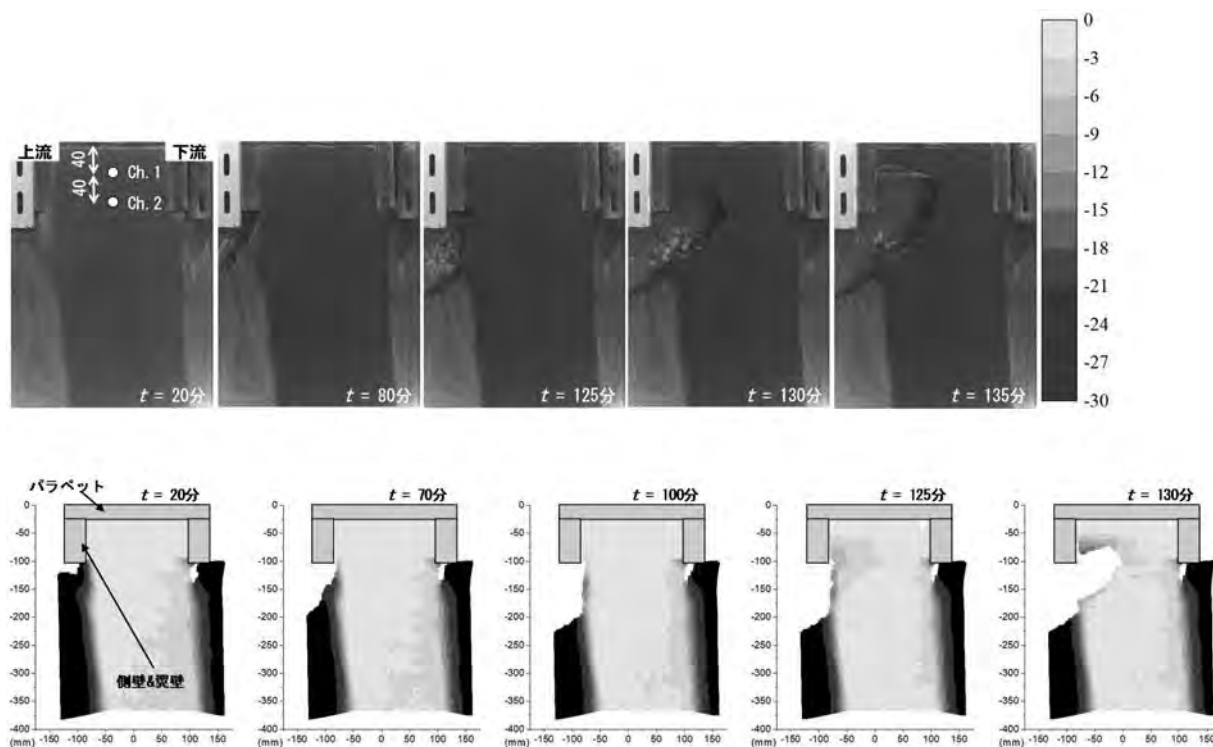
図—7 はピアアバット形式の実験①において上流側から撮影した模型盛土の経時変化を示している。河川水が上流側の模型盛土のり面へ到達直後から盛土のり面と橋台縦壁前面部のり面が侵食されて、流失した。また、盛土の流失後には洗堀による河床低下が進行した。盛土のり面の流失後は、上流から下流に向かって橋台縦壁に沿って盛土の侵食が急激に進行し、最終的には橋台背面盛土には上流から下流へ向かうトンネル状の空洞が発生した。その後、支持力を失った舗装面が崩壊した。

図—8 は 3DLP から取得した模型盛土天端における鉛直変位  $d_v$  の分布を示している。橋台模型のパラペット上端面を基準点 ( $d_v = 0$  mm) とし、沈下を負 (−) としている。 $t = 125$  分で確認できるように盛土が流失した箇所では、その上部の舗装面で局所的な沈下が確認できる。側壁が無く、縦壁のみのピアアバット形式では、下部盛土の流失に伴い、舗装面が沈下したと



図—7 実験①（ピアアバット形式）における崩壊状況

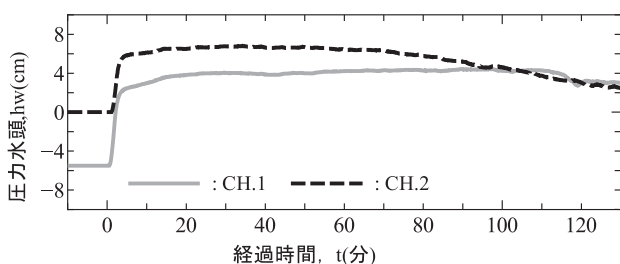




図—8 実験①における模型盛土天端の状況と鉛直変位分布の経時変化

推察される。交通荷重作用時には舗装面が崩壊する可能性があり、交通地盤構造物として危険な状態にあると言える。このような場合には、舗装面の沈下状況を判断し、事前に道路通行止めの措置を行うなどのソフト対策による対応が必要となる。

図—9 は圧力水頭  $h_w$  に換算した間隙水圧計 Ch.1, 2 の計測結果の経時変化である。 $h_w$  は河床上面を基準 ( $h_w = 0$  cm) としている。Ch.1 は河床上面よりも低い位置に設置してある。先述したように、橋台内盛土の侵食は模型盛土と模型橋台の境界部で発生しており、Ch.2 が当該箇所付近に位置している。しかし、Ch.1, 2 の  $h_w$  (間隙水圧) は一度上昇した後は大きな増減は確認できない。 $t = 59$  分から Ch.2 の  $h_w$  が低下しているが、これは毛細管現象により上昇していた  $h_w$  が橋台背面盛土の侵食・流出により低下したためと考えられる。一方、Ch.1 の  $h_w$  は  $t = 20$  分までは上昇しているものの、その後はおよそ  $h_w = 4$  cm となってい



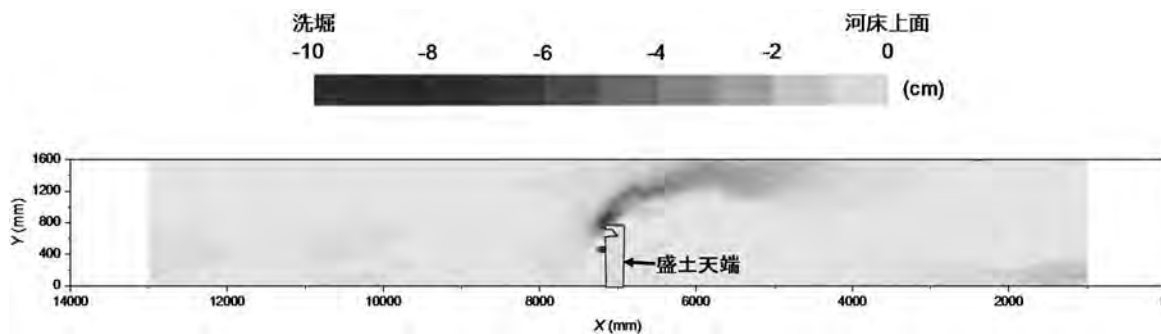
図—9 実験①における圧力水頭の経時変化

る。しかし、 $t = 118$  分からは  $h_w = 3$  cm まで低下している。図—7 の  $t = 109$  分と  $t = 124$  分の盛土の流失状況を比較すると、 $t = 109$  分では橋台背面盛土には前述した上流から下流へ向かうトンネル状の空洞が発生していないものの、 $t = 124$  分ではトンネル状の空洞が確認できる。盛土流失後の Ch.1, 2 の  $h_w$  が一定の値となっていることから、トンネル状の空洞が発生する前は橋台内に流入した水は下流側の残留盛土により排水されにくい状態となっており、盛土の流失後は  $h_w$  が低下 (実験条件の水深と同程度) したと考えられる。

図—10 は実験終了後における河床形状を示している。盛土が流失した橋台内部では、洗堀による河床低下は確認できないものの、橋台内の崩壊面周辺には崩壊土砂が堆積している。河床洗堀は、橋台模型側壁の上流部と橋台前面から 400 mm 程度離れた領域で顕著に発生しており、特に橋台前面については開水路下面が露出する (洗堀深さが 10 cm 程度) ほどの洗堀が発生した。しかし、上流側  $Y = 0 \sim 400$  mm 程度および下流側  $Y = 0 \sim 800$  mm 程度の範囲における盛土のり面付近は、上流・下流ともに洗堀や目立った侵食は発生していない。これは盛土のり面付近では止水域となっていたためと考えられる。

図—11 は実験中の上流側模型盛土の様子と実現現象を比較したものである。侵食被害は上流側盛土の一部や橋台前面で顕著に発生しており、図—10, 11 から





図—10 実験①終了後の河床形状



図—11 実験①と実橋台での被災事例の比較

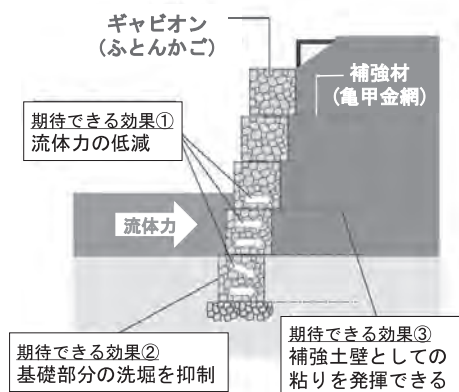
対策工の最低限の実施範囲は上流側の構造物境界付近と橋台前面であると考えられる。

## (2) 対策工有り (実験②)

上記に示した実験から対策工の性能として、①盛土のり面の侵食を防ぐことができる、②盛土支持地盤である河床洗堀を助長させない、③河床洗堀が発生した場合でもある程度の変形を許容して盛土としての構造安定性を確保しつつ、盛土天端の沈下を抑制して交通地盤構造物としての性能を発揮できる等が必要であると考えられる。そこで本研究では、具体的な対策工の提案と基本的な検討として、図—12に示すようなふとんかごを壁面材としたギャビオン補強土壁<sup>6), 7)</sup>による対策効果を検証した。図—13はギャビオン補強土壁による橋台背面盛土の侵食対策のコンセプトを示



図—12 ギャビオン補強土壁の試験施工例



図—13 ギャビオン補強土壁による対策効果

している。礫材を中詰め材としたふとんかごを壁面材としているため、河川水がふとんかご内へ流入するものの、この際に流速が低減されることで盛土を侵食させる流体力の低減が期待できる。また、根入れ部についてもギャビオン補強土壁を用いることで河床内部の流水を円滑に下流へ排出できるため、通常用いられるコンクリート護岸工などで発生する護岸工前面や基礎部の洗堀とそれに伴う不安定化を軽減できると予想される。外力規模が大きく、仮にギャビオン補強土壁の基礎部が洗堀された場合には、補強土壁としての機能を発揮できるため地盤構造物として直ちに不安定化することではなく、盛土天端部について交通地盤構造物としての性能を確保できると考えられる。なお、本研究で検証するギャビオン補強土壁については、積雪寒冷環境における耐凍上性能や、融雪期および記録的降雨

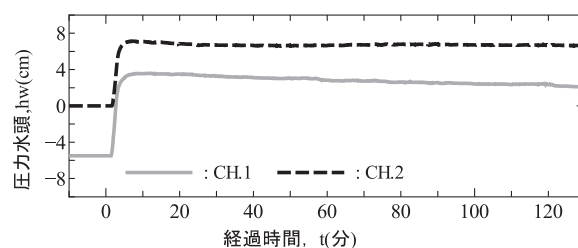
時における安定性については図—12に示した試験施工で別途確認済みであり<sup>6), 7)</sup>, 侵食対策のみならず記録的な降雨に対する既設盛土の対策工としても有用である。

図—14は上述したギャビオン補強土壁による対策工を再現した実験②の状況を示している。模型盛土の縮尺比1/30に合わせてギャビオンを作製した。また、中詰め材は粒径40～80mm程度の礫材を想定し、縮尺比に合わせて粒度調整した地盤材料を用いた。対策範囲は3.(1)に示した実験結果を参考に上流側の構造物境界付近と橋台前面とした。

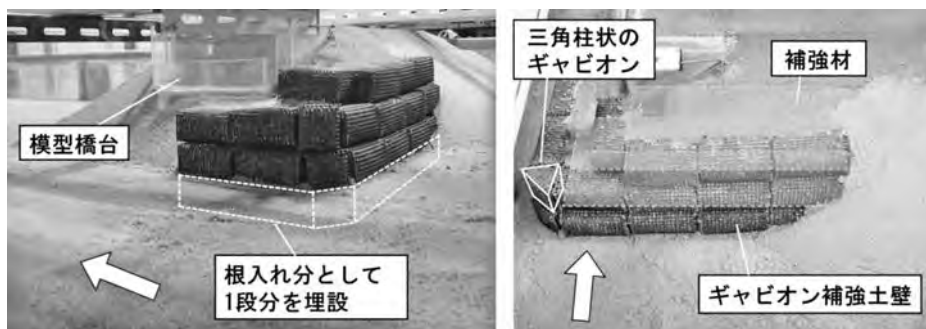
図—15は実験②において上流側から撮影した模型盛土の経時変化を示している。 $t = 38$ 分でギャビオン補強土壁背面の盛土の流失により最上段のギャビオンの沈下が確認できる。隅角部の洗堀の進行により $t = 65$ 分で確認できるように、三角柱状のギャビオンと連結したギャビオンが崩壊した。その後も洗堀が進行し実験後の写真に示すように支持力を失ったギャビオンが崩壊したものの、実験①よりも盛土の侵食と流失の被害は低減されている。

図—16は圧力水頭 $h_w$ に換算した間隙水圧計Ch.1, 2の計測結果の経時変化である。全体的な傾向は図—9に示した実験①（無対策）の結果と同様である。しかし、盛土の流出は低減されたため、図—9のような $h_w$ の低下は発生しなかった。これらの結果は対策工として盛土を侵食させる流体力をギャビオンによって低減させた影響が大きいことを示唆している。

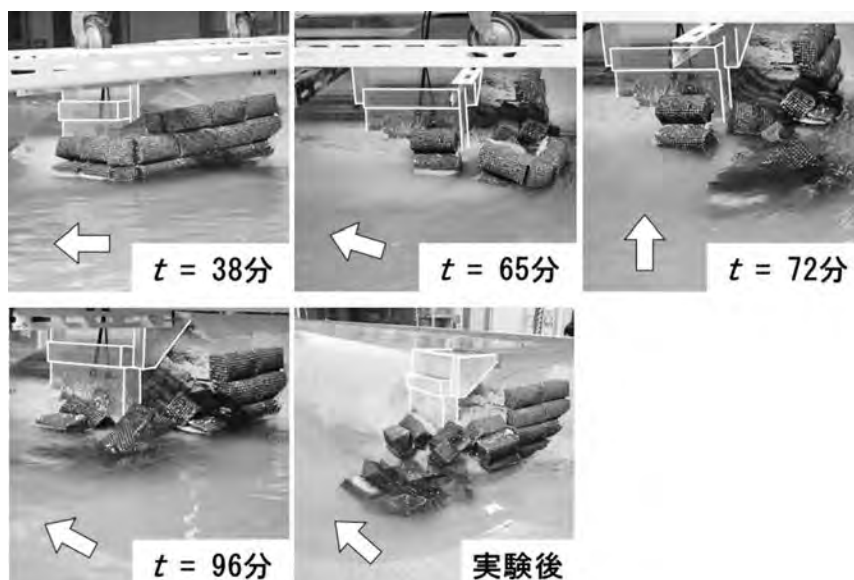
図—17は3DLPから取得した模型盛土天端における鉛直変位 $d_v$ の分布を示している。 $t = 50$ 分に局所的な沈下が発生した後、 $t = 60$ 分にクラックが発生した。しかし図—7, 8に示したような橋台内盛土の



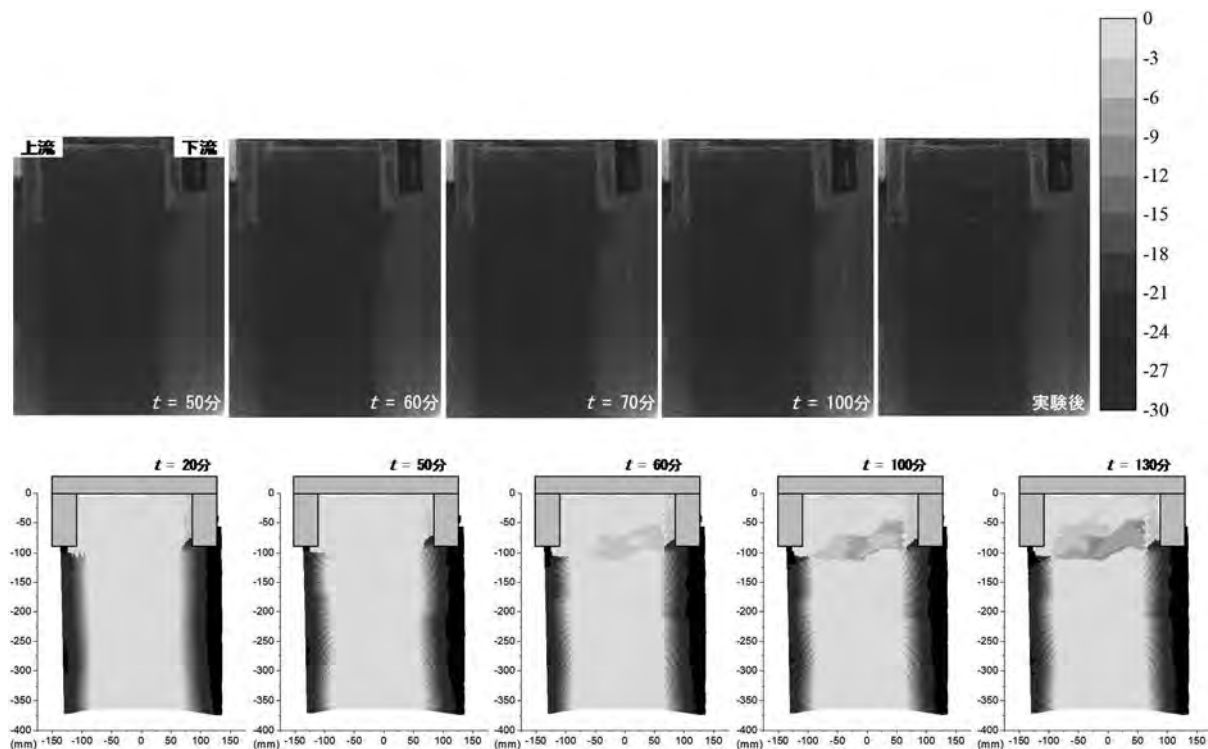
図—16 実験②における圧力水頭の経時変化



図—14 実験②における模型対策工の状況



図—15 実験②（ギャビオン補強土壁）における崩壊状況



図一 17 実験②における模型盛土天端の状況と鉛直変位分布の経時変化

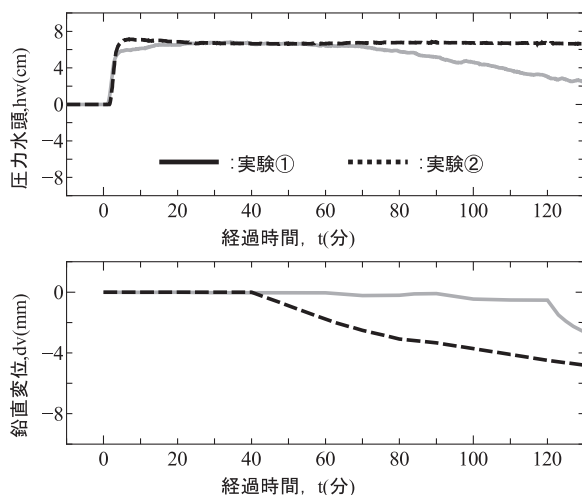
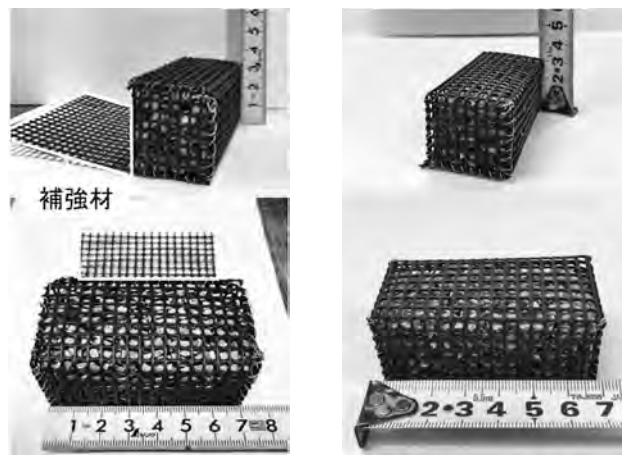
侵食と流失，それに伴う舗装部の崩落は発生していない。このことから，ギャビオン補強土壁は対策工として有用であると言える。

図一 18 は圧力水頭  $h_w$  に換算した実験①，②の間隙水圧計 Ch.2 の計測結果と，Ch.2 の直上の模型盛土天端における鉛直変位  $d_v$  の時間変化を示している。実験①は橋台内盛土の侵食と流失，それに伴う舗装部の崩落が発生しているものの，実験①，②の圧力水頭  $h_w$  の経時変化に大きな違いは見られない。一方，鉛直変位  $d_v$  は実験②がより沈下を示していることや，圧力水頭  $h_w$  と鉛直変位  $d_v$  の変化に関係性がないことから，実験中に確認した崩壊挙動は，いわゆる地盤工

学的な間隙水圧・空気圧の変化による有効応力の増減は支配的な要因ではなく，河川工学的な流体力に対する侵食抵抗が支配的であると推察される。

### (3) 対策工有り（実験③，④）

実験②で対策工として用いたギャビオン補強土壁の補強材の有無による耐力や対策効果の比較・検討を目的とし，補強材のない通常のふとんかごを対策工として用いた実験を行った。また，対策工をより上流側に施した実験（実験③），対策工を橋台近傍に施した実験（実験④）を行い，対策工と橋台の距離が変化した場合の盛土の侵食・流失過程の変化を確認した。図一 19 は実験②と実験③，④に用いたギャビオン補強土

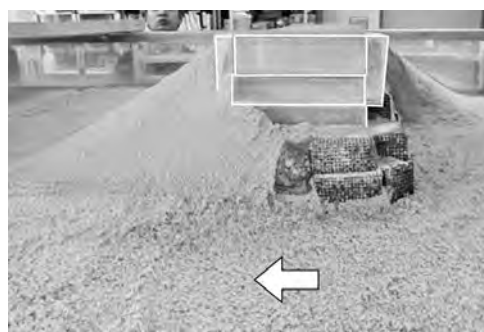
図一 18 実験①と実験②の圧力水頭  $h_w$  と鉛直変位  $d_v$  の比較

図一 19 実験②と実験③，④に使用した対策工の模型





図—20 実験③における模型対策工の状況



図—21 実験④における模型対策工の状況

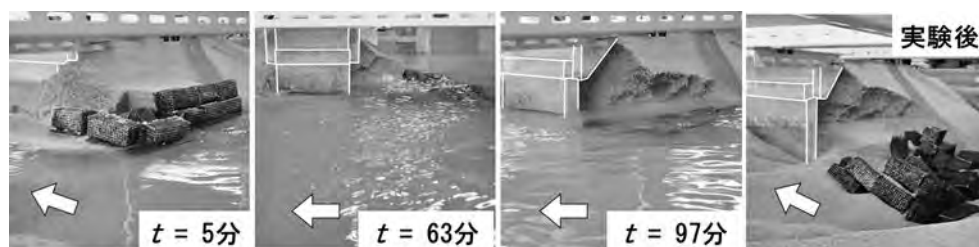
壁とふとんかごを再現した模型である。図—20、21は実験③、④の実験前の様子を示したものである。なお、実験④では盛土ふとんかごの境界部には、蛇籠によるすりつけ工を再現するため、ネットにつめた碎石

を敷設した。

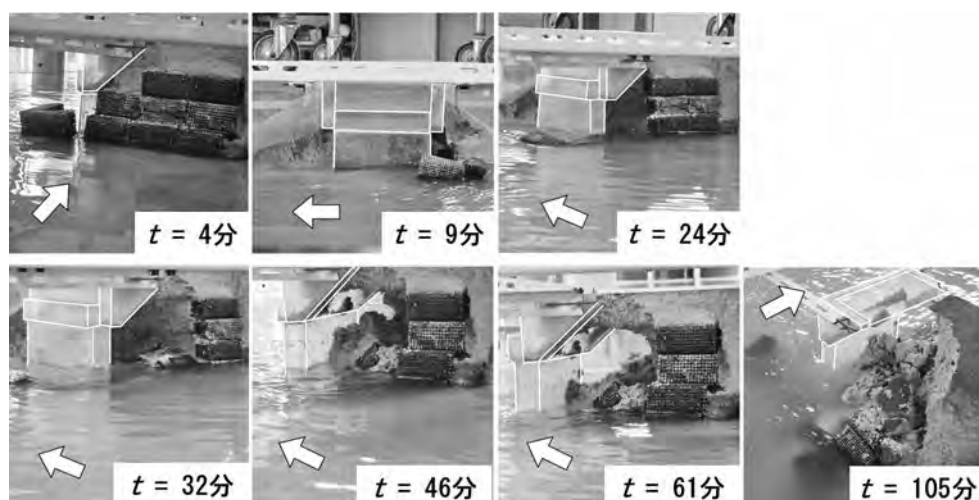
図—22、23は実験③、④において上流側から撮影した模型盛土の経時変化を示している。図—16（実験②）の $t = 65$ 分と図—22（実験③）の $t = 63$ 分の盛土の様子を比較すると、実験③はふとんかごの崩壊とそれに伴う上流側盛土のり面の流失がより進行していることがうかがえる。また、図—16と図—22の実験後の様子の比較から補強材のない通常のふとんかごを用いた実験③のほうが盛土の侵食と流失の被害が大きいと言える。

ふとんかごを橋台近傍に配置した実験④では図—23の $t = 24$ 分に示したように実験②、実験③よりも早い段階で橋台内盛土が侵食被害を受け、 $t = 32$ 分に示すように背面支持力を失ったふとんかごが橋台内へ倒れこむように崩壊した。その後も侵食と流失は進行し $t = 61$ 分では橋台堅壁に沿うようにトンネル状の空洞が形成され、舗装面はオーバーハング状態となっていることがうかがえる。最終的には $t = 105$ 分に示すように支持力を失った舗装面が崩壊した。

図—24、25は3DLPから取得した模型盛土天端における鉛直変位 $d_v$ の分布を示している。図—24の結果からわかるように実験③では天端に目立った沈下や変状は発生していない。しかし、上流側盛土の一部が流失していることや図—22（実験③）の実験後の様



図—22 実験③（ふとんかごを上流側に配置）における崩壊状況

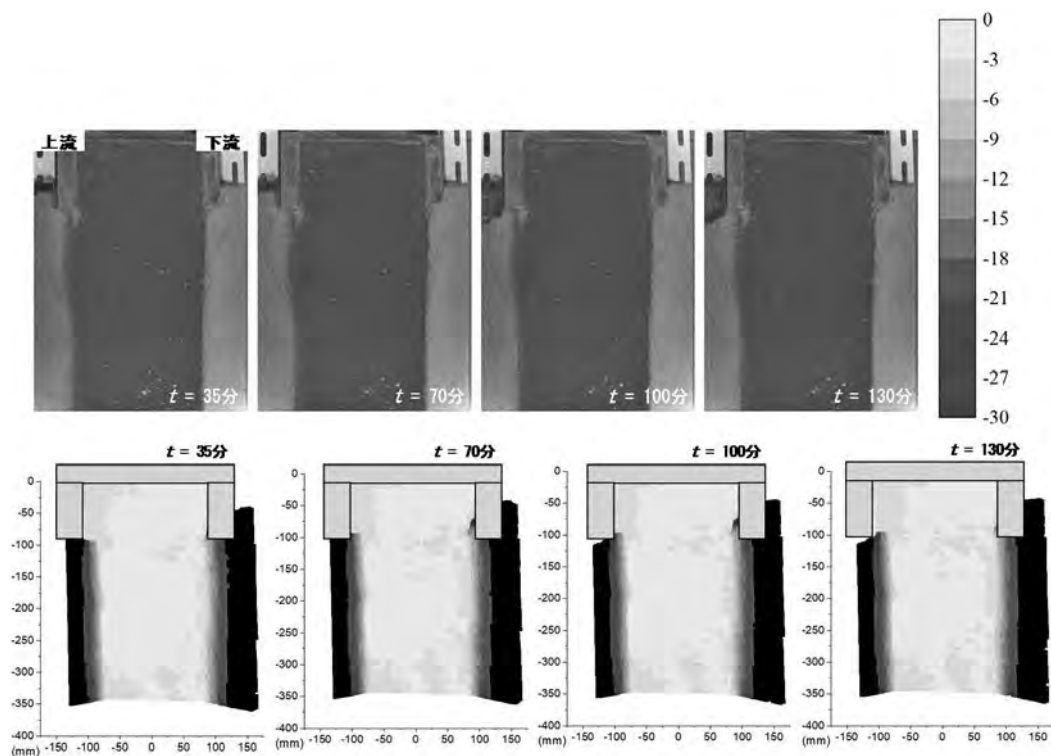


図—23 実験④（ふとんかごを④橋台近傍に配置）における崩壊状況

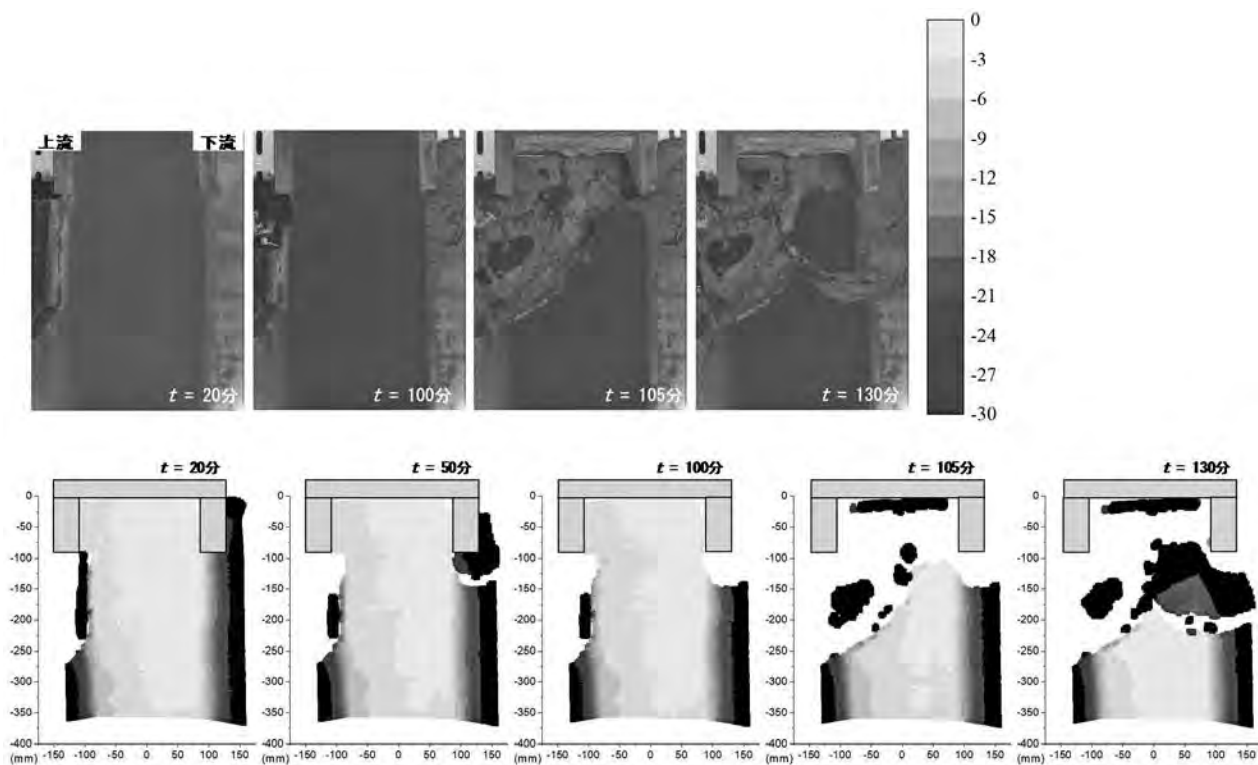
子が図—23（実験④）の $t = 32$ 分の様子と類似していることから、下部盛土の侵食、流失の進行に伴い舗装面がオーバーハング状態となる可能性がある。実験の結果から、被災時に避難経路として利用した際に、舗装面の沈下が確認されない場合でも車などの交通荷

重が作用すると容易に崩壊する恐れがあり、危険な状態と言える。

図—25の結果から $t = 20$ 分～100分にかけて上流側舗装面で徐々に沈下が確認できる。また、 $t = 100$ 分では下流側のり面の崩壊も確認できる。



図—24 実験③における模型盛土天端の状況と鉛直変位分布の経時変化



図—25 実験④における模型盛土天端の状況と鉛直変位分布の経時変化

## 4. おわりに

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 実験①では盛土の侵食は橋台と盛土の境界部である構造物境界部で進行し、橋台内盛土へと進行した。この結果から、対策工の実施範囲は上流側の構造物境界付近と橋台前面に限定できると考えられる。
- 2) 対策工として、壁面材に通水性能を有するギャビオン補強土壁を用いた実験②では補強土壁部が部分的に崩壊するものの舗装面が崩壊に至るような橋台内盛土の流失は発生せず、対策工としての有用性を確認できた。
- 3) 対策工として、補強材のない通常のふとんかごを用いた実験③、④ではふとんかごの崩壊や盛土の侵食、流失被害が実験②よりも顕著だったことから、補強材はふとんかごの耐力を高めるうえで効果的であり、盛土の侵食、流失被害の低減にもつながると考えられる。

今回の実験結果から、対策工支持地盤の洗堀を抑制することが対策工の耐力を高めることにつながると言える。今後は、より効果的に洗堀を抑制できるような対策や、対策工の耐力を高める方法の検討を行っている。

J C M A

## 《参考文献》

- 1) (公社) 土木学会 2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団：2016 年 8 月北海道豪雨災害調査団報告書，2017.
- 2) (公社) 地盤工学会平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤災害調査団：平成 28 年 8 月北海道豪雨による地盤災害調査報告書，2017.
- 3) 鎌田啓市，宮森保紀，渡邊康玄，川口貴之，川尻峻三，三上修一：2016 年北海道豪雨による橋梁の被災状況と被災メカニズムの基礎的検討，土木学会第 72 回年次学術講演会講演概要集，CS6-004，2017.
- 4) 上野鉄男，石垣泰輔：足羽川山地域における 2004 年水害について，京都大学防災研究所年報，Vol.48B，pp.657-671，2005.
- 5) 川尻峻三，川口貴之，渡邊康玄，宮森保紀，川俣さくら，御厩敷公平，金子大輝，高橋大樹：橋台背面盛土の地盤工学的な性状把握と水理模型実験による侵食過程の観察，土木学会論文集 B1 (水工学)，Vol.74 (水工学論文集)，pp.1273-1278，2018.
- 6) 川俣さくら，川口貴之，中村大，倉知禎直，林啓二，川尻峻三，山下聡：透水性断熱材を用いたギャビオン補強土壁の積雪寒冷環境における性能評価，ジオシンセティックス論文集，Vol.31，pp.119-126，2016.
- 7) 川俣さくら，川口貴之，川尻峻三，中村大，倉知禎直，林啓二，山下聡：積雪寒冷環境におけるギャビオン補強土壁の適用性に関する研究，ジオシンセティックス論文集，Vol.32，pp.109-116，2017.

## 〔筆者紹介〕

御厩敷 公平 (おんまやしき こうへい)  
北見工業大学大学院  
工学研究科 社会環境工学専攻 前期 1 年



川尻 峻三 (かわじり しゅんぞう)  
北見工業大学 助教



川口 貴之 (かわぐち たかゆき)  
北見工業大学 准教授





# 高圧噴射攪拌工法による矩形改良体を活用した 液状化対策工法と施工事例

## コンパクト・ジオラティス工法—矩形

田 屋 裕 司・島 村 淳・阿 部 宏 幸

2011年の東日本大震災を契機に南海トラフ巨大地震での被害想定が見直され、庁舎等の防災拠点整備や耐震改修等による企業のBCP対応が活性化している。この対応策の一つとして、既存建物やインフラに対し、事業を継続しながら液状化対策が可能な高圧噴射攪拌工法による格子状地盤改良工法（コンパクト・ジオラティス工法）を開発した。

コンパクト・ジオラティス工法—矩形（以下「本工法」という）は、そのコンパクト・ジオラティス工法の課題であったローコスト化を目的に開発された工法である。本稿では、本工法の概要や施工事例などについて紹介する。

キーワード：高圧噴射攪拌工法、液状化対策、矩形改良、出来形、コア強度、変動係数

### 1. はじめに

2011年の東北地方太平洋沖地震では、東北から関東の広範囲で地盤の液状化により多くの住宅や道路が甚大な被害を受けた。また、工場などでは建屋は無事でも周辺インフラに液状化が発生し、操業に大きな影響が生じた事例もある。今後発生が懸念される南海トラフ巨大地震の被害総額は政府推計で220兆円とも言われ、被害ゼロは不可能と考えられる中「減災」に注目が集まっている。この対応策の一つとして、既存建物やインフラに対し、事業を継続しながら液状化対策が可能なコンパクト・ジオラティス工法（以下「従来工法」という）を開発した（図—1）<sup>1)</sup>。

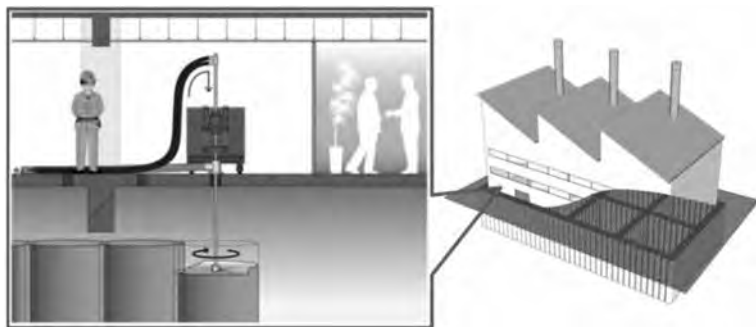
従来工法は、地中に高圧のセメントミルクを噴射・攪拌し改良体を造成する高圧噴射攪拌工法を用いて、格子状の地盤改良壁を構築する工法である。高圧噴射攪拌工法特有の小型施工機械を用いることで既存建

物・インフラへの対策を可能にしたものの、コストが高いため適用はあまり進んでいない。そこで、課題であったローコスト化を目的に本工法を開発することとした。

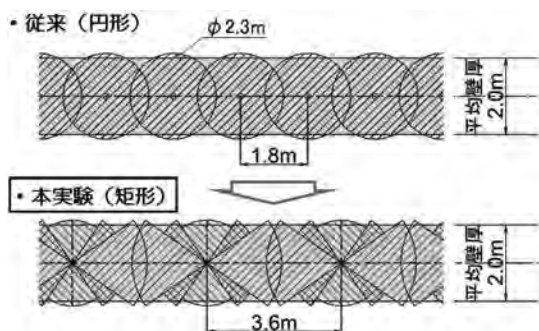
本稿では、本工法の概要、施工実験による検証、及び矩形改良体の施工事例について紹介する。

### 2. 工法の概要

本工法は、従来では円形を柱列状に連続配置していた改良体を矩形型にすることで、改良体の本数を削減し工期短縮・施工費削減によるコスト低減を図る工法である。従来と本工法の改良壁断面の比較を図—2に示す。従来の円形柱列では必要な格子壁厚を確保するために改良体の割付本数が多くなるのに対し、形状を矩形型にすることで割付本数を最小限（図では1/2）にすることが可能となる。



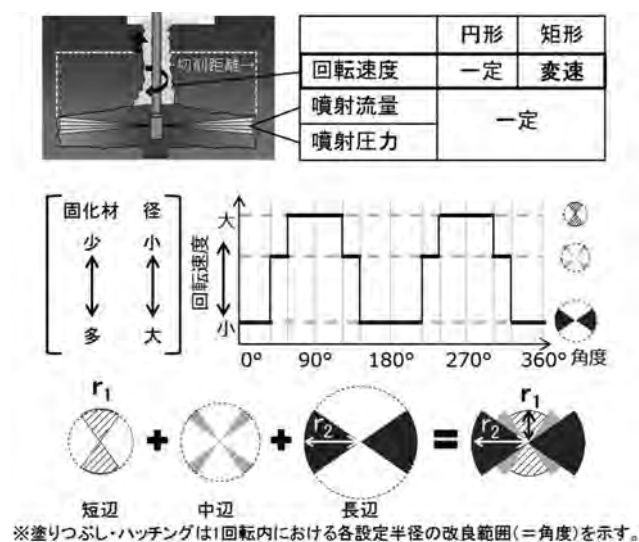
図—1 コンパクト・ジオラティス工法



図一2 従来工法と本工法の改良壁断面の比較

### (1) 矩形改良体の造成原理

本工法の要素技術となる矩形改良体の造成原理を図一3に示す。高圧噴射攪拌工法の切削距離(=改良径)は、一般に噴射する固化材の流量、圧力と回転速度に依存するため、同一の噴射流量・圧力ではロッドを高速度で回転させると小径、低速で回転させると大径の改良体が造成される。本工法では、ロッドを1回転させる間に3段階の回転速度を使い分けることで、3種類の径の扇形を組み合わせた矩形の改良体を造成する。



図一3 矩形改良体の造成原理

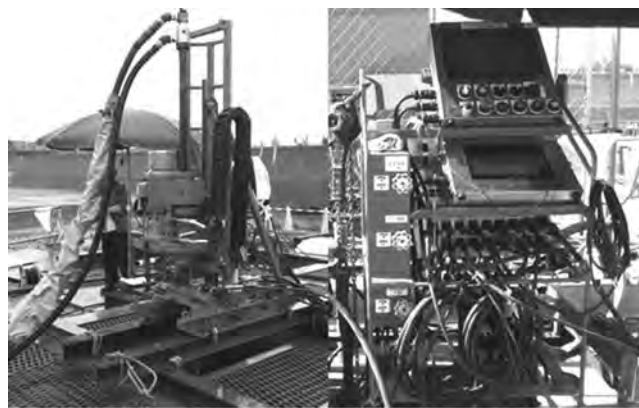
### (2) 施工機械

本工法の施工機を写真一1に示す。施工機は本体(幅0.5m×奥行1.0m×高さ1.7m、重量220kg)と操作盤が分離されており、狭隘な場所であっても施工が可能である。また、噴射ロッドを1回転中の任意の角度でロスを少なく回転速度が切換え可能な制御システム、および施工状況をリアルタイムに自動記録・保存できる管理システムを付帯している<sup>2)</sup>。

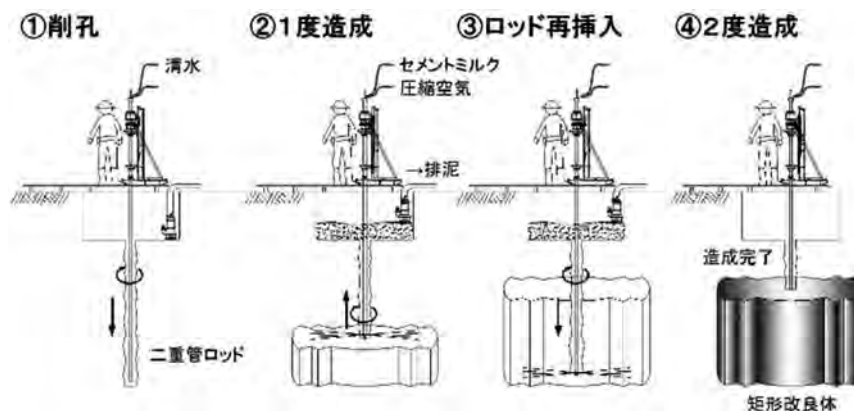
本工法では、改良体を造成する噴射装置(ノズル)の方向管理が品質確保において重要となる。そのため、噴射ロッド同士および噴流装置との接続部は、造成時に捻じれや緩みが生じない新型ロッドも開発した。

### (3) 改良体の造成方法

本工法の改良体の施工手順を図一4に示す。改良体の施工は、先述した施工機と専用の二重管ロッドを用いて所定深度まで削孔を行った後、セメントミルクとエアを高圧で水平方向に噴射しながらロッドを回転・引き上げることで改良体を造成する。なお、本工法では、ばらつきの少ない改良品質を確保するため、改良深度で噴射を2回行う2度造成方式を原則としている。



写真一1 施工機（左：本体、右：操作盤）



図一4 改良体の施工手順

#### (4) 特長

本工法の特長は以下の通りである。

- ①従来の円形改良体での配置間隔に対し、矩形改良体はより大きな施工間隔で配置させることができるため、改良体施工本数の削減による短工期化・ローコスト化を可能とした
- ②従来と同様に小型の施工機械を用いるため、事業を継続しながら液状化対策ができる
- ③矩形の形状が円形改良体の組合せであるため、噴射仕様（地盤の硬軟や改良径に応じた仕様）の設定において円形での実績を活用でき、矩形形状であっても出来形確保の信頼性が高い

### 3. 施工実験による検証

本工法の開発にあたっては、矩形改良体の施工性・施工品質を確認するため、原位置施工実験を実施した<sup>3)</sup>。実験場所の土質柱状図と改良深度を図—5に示す。地盤はシルト質細砂主体の埋土で地下水位はGL-1.5m程度であった。実験では、従来の円形改良体（改良径φ2.3m：2体）と矩形改良体（改良径φ2.3-2.8-4.0m：2体）のほか計7体を造成した。造成時の噴射仕様を表—1に示す。なお、設計基準強度は $F_c = 2,000 \text{ kN/m}^2$

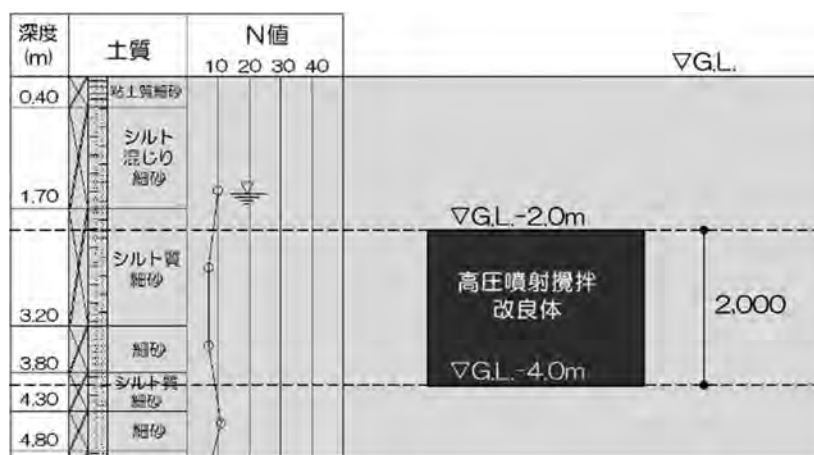
表—1 造成時の噴射仕様

| CASE          | 円形   |      | 矩形         |      |
|---------------|------|------|------------|------|
| 造成回数          | 1 回目 | 2 回目 | 1 回目       | 2 回目 |
| 注入材の水セメント比(%) | 89   |      |            |      |
| 注入材噴射量（ℓ／分）   | 180  |      | 320        |      |
| 圧縮空気（Mpa）     | 1.05 |      |            |      |
| 回転数（rpm）      | 5.0  | 6.7  | 2.2 ～ 20.0 |      |
| 引上速度（分／m）     | 8    | 6    | 8.9        | 6.1  |

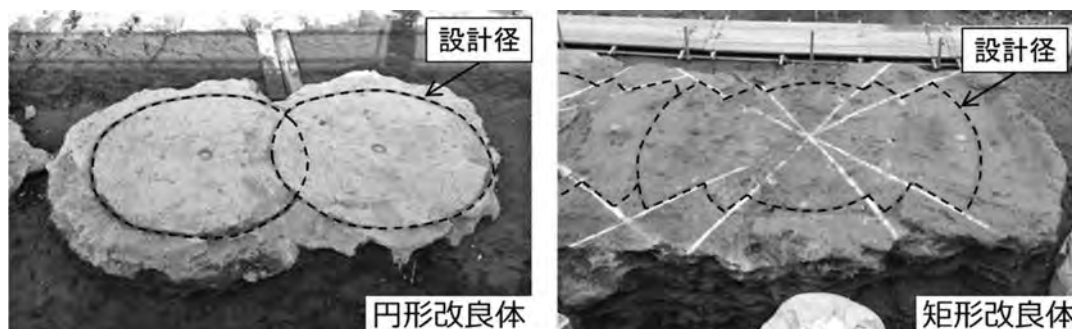
とした。

改良体の出来形を確認するため、造成後に掘出した改良体頭部の外観写真を写真—2に示す。掘出した改良体の出来形は、概ね良好な円形、矩形の形状になっていたものの、円形改良体は実測径が設計径の1.2倍以下であったのに対し、矩形は設計径の1.4倍以上で想定より大きくなる傾向がみられた。これは矩形改良体に開発した新型ロッドの損失係数に起因するもので、今後は施工実績の蓄積により解決できる課題と考えられる。

改良体の強度とばらつきを調査するために実施した鉛直コアボーリング試料の一軸圧縮試験結果を表—2に示す。日本建築センターの改良地盤指針（以下BCJ指針と称す）<sup>4)</sup>に準拠して(1)式より求めた不良率



図—5 実験場所の土質柱状図と改良深度



写真—2 改良体頭部の外観



表—2 改良体コアの一軸圧縮試験結果

|                                         | 円形    | 矩形    |       |       |
|-----------------------------------------|-------|-------|-------|-------|
|                                         |       | 短辺    | 長辺    | 全体    |
| 検体数                                     | 31    | 28    | 27    | 55    |
| 平均圧縮強度<br>$q_{uf}$ (kN/m <sup>2</sup> ) | 4,662 | 3,023 | 4,613 | 3,803 |
| 標準偏差<br>$\sigma$ (kN/m <sup>2</sup> )   | 1,233 | 869   | 1,054 | 1,248 |
| 変動係数<br>$V_f$ (%)                       | 26.4  | 28.8  | 22.8  | 32.8  |
| 合格判定値 $X$ (kN/m <sup>2</sup> )          | 3,060 | 1,893 | 3,244 | 2,182 |

10%を考慮した合格判定値  $X$  は、円形、矩形とも設計基準強度  $F_c$  以上であった。

$$X = q_{uf} - 1.3\sigma \quad (1)$$

ここに、 $\sigma$  は一軸圧縮強度の標準偏差

強度のばらつきの指標である変動係数については、円形が 26.4%であったのに対し、矩形は 32.8%となり 6%強大くなったものの、BCJ 指針における規定値 45%を共に満足した。

#### 4. 矩形改良体の施工事例

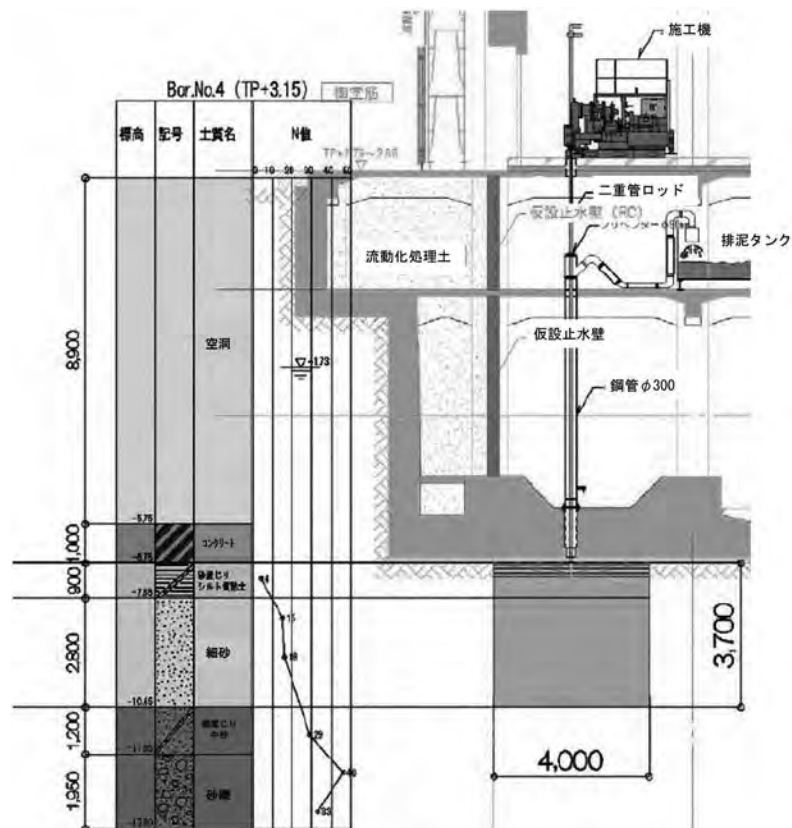
ここでは矩形改良体の施工事例として、市街地に建

つ店舗の建替工事を紹介する。本工事は、既存建物外壁の一部を保存しつつ新築建物と一体化する工事であり、矩形改良体は既存建物下地盤の支持力補強の一部として適用された。

矩形改良体の施工状況を写真—3 に、施工概要図を図—6 に示す。事後の品質確認は全長コアボーリングにより採取したコア供試体の一軸圧縮試験により行った。採取したコアの一例を写真—4 に示す。コア試料は既存建物底版との密着性が良好であり、供試体全 54 本の一軸圧縮強度はすべて設計基準強度  $F_c = 2,000 \text{ kN/m}^2$  を上回る十分な強度であった。



写真—3 施工状況



図—6 施工概要図



写真—4 採取コアの一例

## 5. おわりに

本稿では、既存建物やインフラに対し、事業を継続しながら液状化対策が可能なコンパクト・ジオラティス工法の発展版として、矩形形状の改良体を活用して改良体本数の削減を図るコンパクト・ジオラティス工法—矩形の概要や施工事例などについて紹介した。今後も高圧噴射攪拌工法を活用しながら、顧客のニーズに対応できる技術開発を進めていく所存である。

## 謝 辞

最後に、本工法の開発やプロジェクト適用にご尽力頂きましたケミカルグラウト(株)の関係各位、並びに実

験や本稿のとりまとめにご協力頂いた社内関係者に深謝いたします。

J C M A

## 《参考文献》

- 1) 田屋裕司, 内田明彦, 本多剛: コンパクト・ジオラティス工法—居ながらできる液状化対策—, 建設機械, pp.21 ~ 24, 2016.5
- 2) 島村淳, 田中伸明, 渡辺陽介, 阿部宏幸: 矩形高圧噴射攪拌工法の開発, 第51回地盤工学研究発表会講演集, pp.1189 ~ 1190, 2016
- 3) 田屋裕司, 奥村豪悠, 内田明彦, 志田翼, 阿部宏幸, 島村淳, 小松和彦, 山中龍: 高圧噴射攪拌工法による矩形改良体の原位置施工実験, 日本建築学会技術報告集 第24巻 第56号, pp.87-92, 2018.2
- 4) 日本建築センター: 改訂版 建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針, 2002

## 【筆者紹介】

田屋 裕司 (たや ゆうじ)  
 (株)竹中工務店  
 技術研究所 地盤・基礎部  
 主任研究員

島村 淳 (しまむら あつし)  
 ケミカルグラウト(株)  
 技術本部 技術開発部  
 課長

阿部 宏幸 (あべ ひろゆき)  
 ケミカルグラウト(株)  
 工事設備部 テクノセンター  
 副所長

# 機械攪拌工法による既設建物直下地盤の補強

## WinBLADE<sup>®</sup>による固化体の造成

藤原 斉 郁・石井 裕 泰

既設建物のリニューアル工事に伴う直下地盤の支持力向上を目的とし、機械攪拌式の地盤改良工法 WinBLADE（以下「本工法」という）による補強を行った。本工法は、地中で開閉可能な小型の攪拌翼を特徴とし、当初は主に液状化対策を目的として開発されたものである。今回の適用にあたっては、建物内での施工用に標準機よりも小型の施工機械を導入し、粘性土地盤対応として攪拌翼の改良や施工手順の見直しなどを行った。試験施工では、施工性や改良・見直し効果を確認し、本施工ではφ800 mm、最大長さ8 mの円柱状の改良体を8本造成した。施工後の調査結果から、砂地盤よりも強度発現しにくいとされる粘性土地盤に対しても所定の強度を満足することを確認した。

キーワード：地盤改良，機械攪拌，既設建物，支持力，粘性土

### 1. はじめに

度重なる災害の発生などを背景に、地盤補強の一手段として地盤改良工法の果たすべき役割は益々重要となっている。地盤改良工法は改良原理などにより様々な分類され<sup>1), 2)</sup>、それぞれで適用可能な地盤の性状や施工条件などの特徴を活かした適用が求められる。固化改良<sup>3)</sup>を例に挙げると、固化材を添加・混合する方法として攪拌翼など機械的な方法、薬液を注入する方法、固化材自身を高圧で噴射する方法などが代表的であり、強度などの要求品質レベルや出来形の確実性、施工機械の大きさなど、それぞれで得意とする範囲や条件がある<sup>4)</sup>。一方、地盤改良に対する最近のニーズの一つとして、既設構造物の近傍や直下など狭隘部での施工が求められている。これは、東日本大震災における都市部での耐震対策の重要性や<sup>5), 6)</sup>、老朽化に伴うインフラの再生や建物リニューアルの必要性の高まり<sup>7)</sup>を背景としたものであり、施工条件に関するキーワードとしては施工機械の小型化が挙げられる。

本稿では、既設構造物の直下地盤において、構造物を撤去することなく機械攪拌工法により改良体を造成した事例について述べる。一般的に、機械攪拌工法は、施工機械の小型化については、固化材の混合・攪拌時において反力が必要なことから不利と考えられる。これに対し、今回用いた工法は、地中で開閉可能な独自の小型攪拌翼により小型機械にも対応し、地中障害物の回避や斜め方向など様々な施工形態が可能な、これ

までに無い位置付けのものである<sup>8), 9)</sup>。機械攪拌工法を狭隘部へ適用するメリットとしては、砂や粘性土など地盤条件に左右されることなく適用可能であり、施工時の地盤変状や周辺への影響が少なく、出来形など施工の確実性が高い等、従来からの機械攪拌工法としての特長が活かされる点が挙げられる。ここでは、本工法の概要を紹介するとともに、リニューアル工事において既設建物内の床スラブに設けた小孔より直下地盤に改良体を造成した事例について紹介する。

### 2. 本工法の概要

#### (1) 施工機械及び施工形態

本工法は、地中拡張翼型の工法として主に液状化対策を想定し、従来の機械攪拌式では難しいとされた箇所での適用を目指し開発された。最大の特徴は地中で開閉可能な小型の攪拌翼であり、地中障害物の回避や斜め方向などの施工のバリエーションを有している。写真1に本工法の標準施工機械の外観を示す。本機は汎用のボーリングマシンであり、一般的な大型の機械攪拌式施工機械では幅20 m以上の施工エリアが必要と想定されるのに対し、本機の設置に必要なエリアは約4 m × 8 mと小さい。施工は、鉛直施工以外にも前方や左右側方に向けた斜め施工にも対応している。この場合、機械攪拌式で斜め施工を想定すると、従来の大きく重い攪拌翼では先端の攪拌翼の重さにより施工ロッドがたわむ恐れがあり、軟弱な地盤で施工ロッド





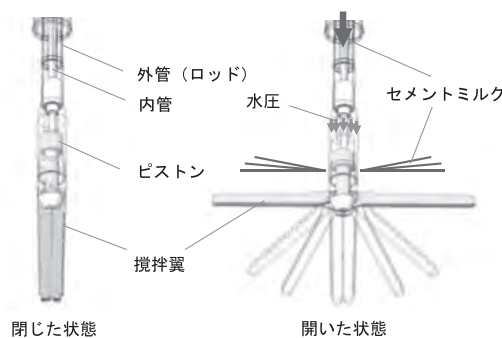
写真—1 標準施工機械

を回転させながらの位置管理が難しい。すなわち、改良体の出来形管理に影響することから、施工は事実上困難であった。これに対し、本工法の攪拌翼は軽量であることから、ロッドのたわみの影響はほとんどなく、施工試験例<sup>10)</sup>や施工実績<sup>11)</sup>から様々な角度での施工性を確認している。施工形態としては、図—1に示すように、表層の舗装や配管などの地中障害物を回避した施工、建物内や構造物近傍での施工など、攪拌翼の小型化や地中での開閉機構を活用した様々な形態が想定されるものである。

## (2) 攪拌翼

攪拌翼は、図—2に示すように、小型・軽量化に加え地中での開閉性を重視しシンプルな形状としている。また、攪拌部の寸法により、円柱状の改良体直径（ $\phi 600\text{ mm}$  から最大  $\phi 1,200\text{ mm}$ ）が選択される。開閉機構は、攪拌翼内部のピストンに水圧を作用させることにより拡翼し、圧力開放状態でロッドを引き上げることで縮翼される。地中拡翼型の事例では攪拌翼が大きく重くなりがちであったが<sup>12)</sup>、本工法ではシンプルな形状と水圧式の機構により大幅な小型・軽量化が図られた。セメントミルク吐出のための供給経路については、完全拡翼の状態においてのみ開通する構造としており、供給圧力と流量のモニタリングにより地中での確実な拡翼状態の確認が可能となっている。

一方で、シンプルな形状から造成時の攪拌性や攪拌

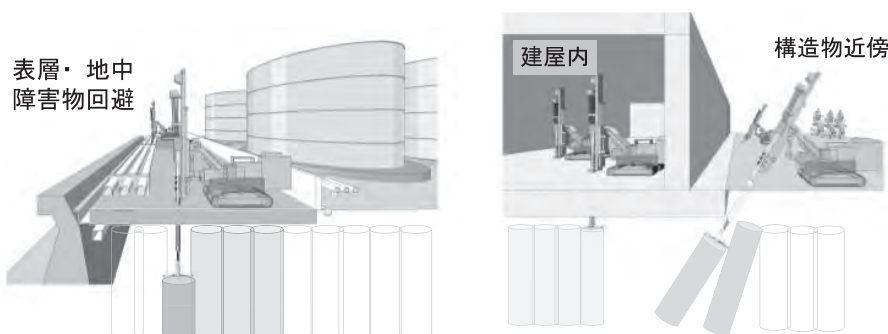


図—2 攪拌翼の機構

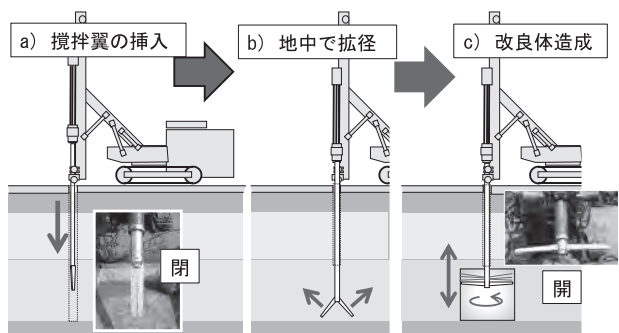
翼の耐久性が懸念された。攪拌性については、既往の工法よりも劣ると推察されたが、開発当初の対象を液状化対策としていたことから、砂地盤については攪拌回数などの管理を確実にを行うことにより、改良体の強度分布のパラツキは他工法と同等であることを確認している<sup>13)</sup>。耐久性については、これに関連する事項として、施工可能な地盤性状の目安を砂地盤でN値20以下、粘性土地盤でN値3以下と定めている。更に、攪拌時において地盤状況が変化した場合、例えば途中で硬い地盤に遭遇した際には、無理に回転速度を維持しようとすると攪拌翼が破損する恐れがあった。そこで、攪拌翼に過度の負荷を掛けられないよう地盤状況による回転速度の変化を許容した上で、この変化に応じた攪拌翼の移動速度やセメントミルクの供給量を監視・自動制御するシステムを開発し施工管理を行っている<sup>14)</sup>。

## (3) 施工手順

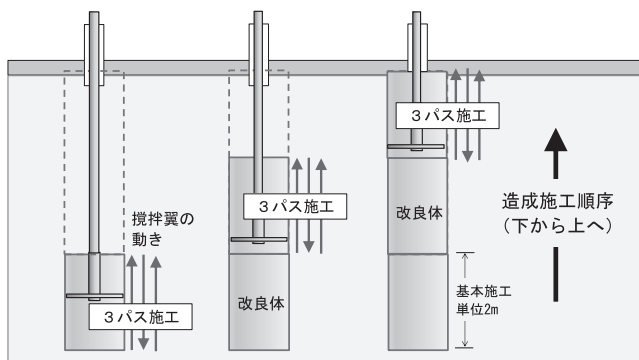
図—3に地中での攪拌翼開閉に関する基本手順を示す。手順は、a) 先行削孔したケーシング内に閉じた状態の攪拌翼を挿入し、ケーシングを引き上げることで攪拌翼を地中に露出させ、b) 所定深度にて拡翼し、c) 拡翼状態でセメントミルクを吐出しながら回転・前後させ円柱状の改良体を造成する。造成完了後は縮翼され、最終的に孔壁保護のためのケーシング内に収められ回収される。造成サイクルとしては、施工機械から遠方（改良体の下端）側より手前側（上



図—1 施工形態例



図—3 攪拌翼開閉の基本手順



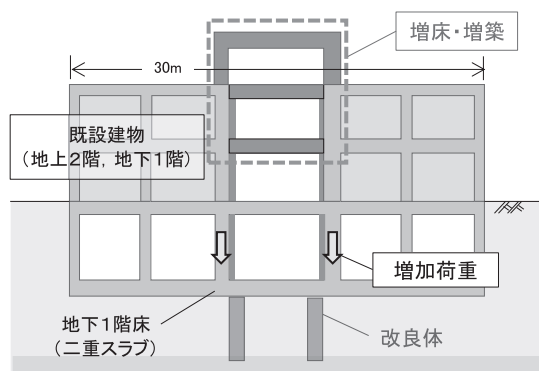
図—4 施工手順（従来法、砂質土地盤対応）

端)に向け順に行うことを基本とする。この際、攪拌翼に繋がる施工用ロッドの長さ（標準は2m）を施工単位とし、それぞれで「(手前側への)引き上げ→(遠方側への)押し下げ→引き上げ」動作（3パス施工）をしながら順に造成を行っている（図—4）。

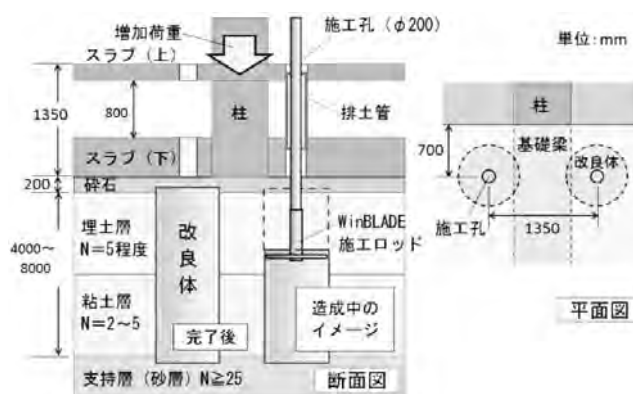
### 3. 既設建物改修工事への適用

#### (1) 概要

既設建物のリニューアル工事に伴い直下地盤での改良体造成を行った。図—5に改良体の配置概要を示す。対象は地下1階・地上2階の建物で、増床に伴う建物荷重の増加に対応し地盤支持力を向上させるものである。なお、本件は荷重増加の見込まれる箇所が局部的である点が特徴的で、改良体はこれに対応した配置としている。代替工法としては、二重スラブである地下室床面を一旦全撤去し地盤改良を行う方法や、床面を含む建物底部を全面的に補強する方法などが考えられたが、拡翼機構を活かした施工が可能と判断し本工法の採用に至った。図—6には改良体配置の詳細を示す。改良体の造成は、地下室床面を含む二重のスラブに施工孔（ $\phi 200$  mm）を設け、地中に挿入した攪拌翼を拡翼することにより行った。対象地盤はN値2～5の粘性土、及びN値5程度の埋土であり、スラブ直下からN値25以上の支持層（砂層）までの間に



図—5 建物及び改良体配置の概要（断面図）



図—6 改良体配置の詳細と造成方法

$\phi 800$  mmの円柱状の改良体を建物内の壁近傍にて柱を挟む配置で造成した。またこれに対応し、建物側については近傍の柱の増し打ちなど補強を行っている。本工法の適用にあたっては、地中拡翼の特徴を最大限活かしつつも、初めての建物内での施工事例であり、比較的硬質な粘性土への対応、更に目的が従来の液状化対策ではない点など、技術的な課題も多い状況であった。

#### (2) 試験施工

本工法の適用にあたり、前述の課題を克服すべく改良を行い、その効果を確認するための試験施工を実施した。まず、建物内での施工については、空頭約5mの地下室内を想定し、標準機より小型のスキッド式施工機械（必要設置エリア:2m×4m）を導入した（写真—2）。試験施工では、地下室において既存の柱や壁の近傍での施工性を確認した。

次に、粘性土地盤への対応については、砂地盤よりも削孔性や攪拌性が劣ることが想定されたため、攪拌翼形状の一部変更と施工手順の見直しを行った。写真—3は改良型の攪拌翼であり、超硬チップの増設、セメントミルクの吐出方向を従来の水平方向から斜め下方とするなどした。施工手順については、従来の3



写真-2 建物内での施工状況

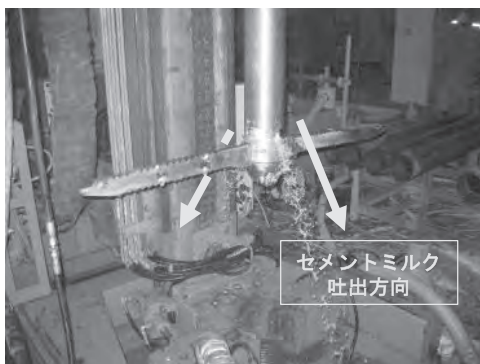


写真-3 改良型の攪拌翼

バス施工に対し、今回は最初の段階で全深度に渡り水吐出のみで先行削孔を行い、その後にセメントミルクを吐出し造成を行う2段階方式とした(図-7)。すなわち、粘性土の場合、削孔の段階で小さな粘土塊を許容すると、固化材の均一性が損なわれ、かつ目詰まりにより排土が阻害されることが懸念されたため、削孔と造成過程を切り離し丁寧な削孔を行う必要があると考えた。このため、従来よりも施工過程が増すことになるものの、攪拌翼に掛かる負荷の軽減や、削孔初期に見られた供給セメントミルクが地中に残留することなく直接排出される状況の回避など、全体として施工性や品質の向上に繋がる状況を確認した。

また、二重スラブ直下には碎石層があり機械攪拌で

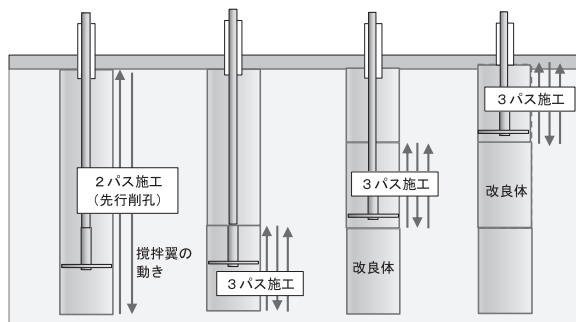


図-7 施工手順 (粘性土地盤対応)

の施工が難しいことから、建物荷重の伝達すなわちスラブと改良体頭部との密着性が懸念された。そこで、改良体造成後に碎石層に向けセメントミルク注入を施し、密着性の向上を図った。注入は岩盤亀裂などを対象とした止水注入法を参考に、セメントミルク濃度を  $W/C = 150, 100, 50\%$  と段階的に変化させ実施した。図-8に注入効果を確認するため試験施工1ヶ月後に実施した載荷試験の概要を示す。試験は、上部スラブの一部を撤去し、改良体形状に合わせ  $\phi 800 \text{ mm}$  の円形状に下部スラブ及び碎石層を改良体上端のレベルまで縁切りし、改良体頭部に向けジャッキにて載荷試験を実施した。得られた荷重～変位関係から、載荷当初より荷重増加が見られるなどスラブと改良体頭部間に緩みの存在を示す傾向は見られず、密着性に問題の無いことを確認した。

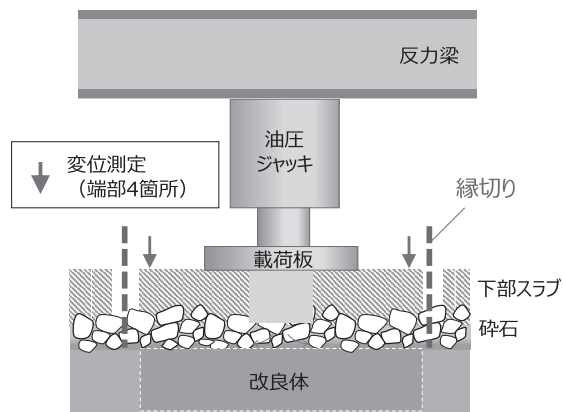


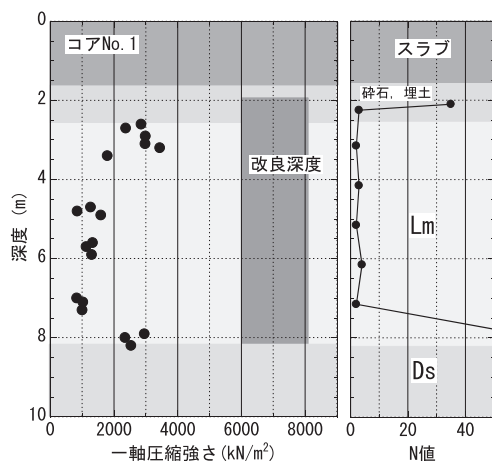
図-8 載荷試験の概要

### (3) 本施工

試験施工の結果を受け、リニューアル工事における改良体造成の本施工を実施した。配合試験の結果から固化材添加量は  $180 \text{ kg/m}^3$  (特殊土用セメント系) とし、建物内の壁近傍にて最大長さ  $8 \text{ m}$ 、計8体の改良体造成を大きなトラブルなく完遂出来た。施工に当たっては、上下スラブ間に薄肉の鋼製スパイラル管を設置し(図-6内の「排土管」、施工後に撤去)、排土も滞りなく処理できた。なお、今回の一連の施工による排土量はセメントミルク投入量と概ね一致していた。

図-9に事後のチェックボーリングによる改良体強度分布の一例を示す。設計基準強度  $F_c = 900 \text{ kN/m}^2$  に対し、品質管理指針<sup>15)</sup>に従い実施したコア供試体による一軸圧縮強度平均値  $2,689 \text{ kN/m}^2$  (材令  $54 \text{ 日}$ ,  $N=21$ )で、バラツキを考慮した合格判定基準  $1,823 \text{ kN/m}^2$  (変動係数  $33.9\%$ ) を満足することを確認した。





図—9 事後調査結果の一例

#### 4. おわりに

今回、地中拡翼型の機械攪拌式の地盤改良工法 WinBLADE によりリニューアル工事に伴う既設建物直下地盤への改良体造成を行った。本施工では、建物内での施工や粘性土対応など従来実績とは異なる条件ではあったものの、小型機械の導入や施工手順の見直しにより、新たな施工のバリエーションが確立できたものと考えている。一方で、今回は建屋内ではあるが空頭 5 m と施工面で比較的恵まれた空間環境であったことから、今後は更に低空頭で狭隘な箇所での施工対応を進めていきたい。

本工法は、機械攪拌式の特長を持ちつつ施工形態に関する自由度の高い工法として開発されたものであり、独自の攪拌翼により新たな施工形態の可能性が考えられる。今後も様々なニーズに合わせた改良を行う予定である。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 土木学会建設研究委員会：地盤改良工法技術資料，<http://committees.jsce.or.jp/sekou05/system/files/11-3%20%E5%9C%B0%E7%9B%A4%E6%94%B9%E8%89%AF%E5%B7%A5%E6%B3%95.pdf> (2018 年 12 月アクセス)。
- 2) 産業施設の強靱化に関する研究会：臨海部産業施設の強靱化ガイドライン，2016。
- 3) 公益社団法人地盤工学会編：地盤工学ハンドブック，p.1202，1999。
- 4) 日本道路協会：道路土工 軟弱地盤対策工指針，pp.302-312，2012。
- 5) 国土交通省関東地方整備局，公益社団法人地盤工学会：東北地方太平洋沖地震による関東地方の地盤液状化現象の実態説明報告書，2011。
- 6) 公益社団法人地盤工学会：地震時における地盤災害の課題と対策—2011 年東日本大震災の教訓と提言（第二次），2012。
- 7) 国土交通省：平成 27 年度国土交通白書，pp.37-38，2016。
- 8) 小林真貴子，石井裕泰，藤原斉都，青木智幸，立石洋二，遠藤堅一，広川郁夫，菅浩一，三上登，佐藤潤：地中拡翼型の盤攪拌改良工法開発 監視・自動制御システムの開発および施工実験に基づく検証，大成建設技術センター報 第 46 号，2013。
- 9) 三上登，佐藤潤，石井裕泰：拡翼型機械攪拌工法による地盤改良—WinBLADE 工法一，基礎工，pp.32-35，2014。
- 10) 佐藤潤，菅浩一，三上登，石井裕泰，藤原斉都，小林真貴子，青木智幸，立石洋二：地中拡翼型の地盤攪拌改良工法の開発～斜め方向改良体の造成～，第 68 回土木学会年次学術講演会，pp.593-594，2013。
- 11) 株式会社・ティー・エス：地中拡翼型の地盤攪拌改良工法の開発，斜面崩壊対策技術 - メカニズム・センシング・監視システム・新施工法 第 1 章斜面の最新安定化工法，pp.274-282，2014。
- 12) 小寺秀則，川崎宏二，矢倉哲夫：拡幅式地盤改良工法 -SWING 工法- の開発，大成建設技術研究所報，pp.179-185，1985。
- 13) 小林真貴子，青木智幸，藤原斉都，石井裕泰，松井秀岳，立石洋二，窪塚大輔，菅浩一，三上登，佐藤潤：地中拡翼型の地盤攪拌改良工法の開発～その 3 固結改良体の発現強度～，第 67 回土木学会年次学術講演会，pp.609-610，2012。
- 14) 三上登，佐藤潤，石井裕泰：拡翼型機械攪拌工法による地盤改良—WinBLADE 工法一，基礎工，Vol.42，No.8，pp.32-35，2014。
- 15) 日本建築センター：改訂版建築物のための改良地盤の設計及び品質管理指針，2001。

#### 〔筆者紹介〕

藤原 斉都 (ふじわら ただふみ)

大成建設㈱

技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室  
主席研究員

石井 裕泰 (いしい ひろやす)

大成建設㈱

技術センター 社会基盤技術研究部 地盤研究室  
チームリーダー

# 液状化地盤における橋台基礎の耐震性能評価方法と耐震対策技術の開発

大 住 道 生・谷 本 俊 輔・加 藤 篤 史

古い年代の既設道路橋は、液状化を考慮した設計が行われておらず、一部では地震時の地盤の液状化に伴う側方流動等により甚大な被害が生じている。一方で、一般に基礎の耐震補強には多大なコストを要することから、補強を行うべき基礎を絞り込むため、精度の高い耐震性能評価手法の開発が求められている。また、既設基礎の補強は、通行機能の確保や施工空間上の制約等の課題が多い。本稿では、こうした課題への対応として、液状化地盤にある既設橋台基礎の性能評価及び耐震補強効果に関する大規模実証実験等の結果について示すとともに、耐震補強工法の施工における留意点等を示す。

キーワード： 液状化、橋台基礎、耐震補強技術、施工

## 1. はじめに

発生の切迫性が指摘されている首都直下地震等では、強い揺れに伴い、臨海エリアや河川沿いを中心に、液状化による地盤沈下や側方流動などにより広域的に幹線道路等が通行不能となるような被害を受けることが想定されている<sup>1), 2)</sup>。発災後の救命・救助活動への支援はもとより、被災地への緊急物資輸送、そしてサプライチェーンの早期回復のために、こうした液状化被害の防止、軽減は、大規模地震対策の重要課題の1つとされており、それに応える確実かつ実用的な技術開発が急務となっている。

本研究で対象としている液状化地盤における橋については、過去の地震において落橋や長期間の通行止めを要するような致命的な被害が生じた事例がある<sup>3)</sup>。このような震災経験を踏まえ、これまでに地盤の液状化を考慮した橋の耐震設計技術に関する研究が実施され、その成果が設計基準にも導入されてきたところであるが、液状化の影響を考慮していない時代に設計された既設橋の中には、地震による液状化に対して脆弱なものがあると考えられる。しかし、既設道路橋の約3割は液状化に関する規定が道路橋の基準に入る以前に建設されたと考えられ<sup>3)</sup>、また、基礎の補強には多くの費用を要することから、耐震補強の必要性の高い条件の基礎を適確に抽出し、効率的に順次対策を進めていく必要がある。

このようなニーズに応えるためには、個々の既設橋が有している耐震性能の真の実力を精度よく評価でき

るようにし、液状化に伴って致命的な被害が生じる可能性のある橋を適確に評価することができる技術が必要である。その上で、被害の発生メカニズムに応じた合理的な耐震補強技術を開発していく必要がある。

本研究は、このような現場のニーズに対応していくため、合理的で信頼性の高い耐震補強技術の開発を目的としている。

## 2. 耐震補強技術の提案

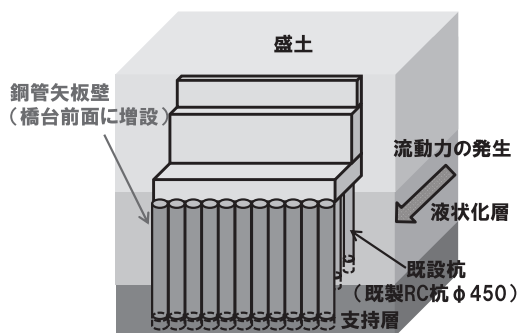
### (1) 耐震補強技術の提案

液状化地盤における橋台基礎の耐震補強技術については、液状化地盤における基礎の地震時挙動や被害の生じるメカニズムを踏まえ、さらに供用中の道路橋であるという施工上の制約条件をも考慮した上で選定していく必要がある。この様な観点を踏まえ、液状化による流動力を受ける橋台等の補強工法・構造として次の2つの工法を検討対象としている。

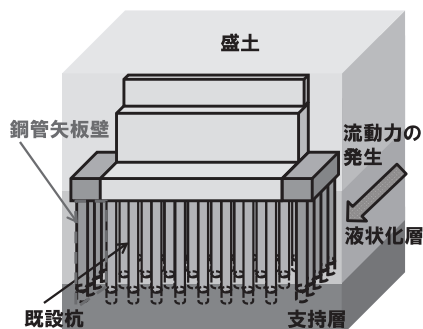
- ①鋼管矢板壁（前面分離型）による補強工法
- ②鋼管矢板壁（側面一体型）による補強工法

### (2) 鋼管矢板壁（前面分離型）による補強工法

図—1に示す鋼管矢板壁（前面分離型）補強は、液状化に伴う地盤変位を抑制し、杭に作用する流動力を軽減することを期待して、既設橋台前面の液状化層に鋼管矢板壁を増設するものである。鋼管矢板壁は、既設基礎への影響を抑えるために橋台と一体化せず、分離した構造としている。また、増設位置を橋台の前



図一 鋼管矢板壁（前面分離型）による補強工法



図二 鋼管矢板壁（側面一体型）による補強工法

面としているのは、背面地盤と比較して液状化しやすい前面地盤の変位を抑制すること、対策工事施工中の道路の通行機能を確保することを意図したものである。

### (3) 鋼管矢板壁（側面一体型）による補強工法

図二に示す鋼管矢板壁（側面一体型）補強は、既設フーチング側面に新たにフーチングと鋼管矢板壁を増設するものである。鋼管矢板壁により躯体の変位を抑制するとともに、既設杭が損傷した場合でも、補強鋼管により地震後の橋台の鉛直支持力を確保することを目的としている。増設位置を橋台の側面としているのは、流動力の受圧面積の増加を抑えつつ基礎の剛性を高めること及び対策工施工中の道路の通行機能を確保することを意図したものである。

## 3. 既設橋台及び対策技術に対する振動台実験

### (1) 実験の概要

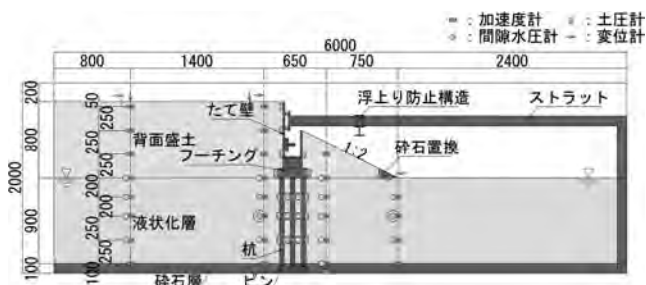
液状化地盤における橋台基礎の地震時挙動の把握、耐震補強工法の効果検証を目的として振動台実験を実施した。従来のこの種の研究では、予算や試験装置の性能等の制約から実橋の規模に比して非常に小さな模型による検証が中心となっており、検証結果の実橋への適用性という観点から明確にできていない課題も残されている。このため、本研究では、土木研究所が所

有する三次元大型振動台を用いた振動台実験を実施するとともに、最終的には防災科学技術研究所が所有する実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）による大規模実証実験も行うことにより、信頼性の高い検証データを収集した。

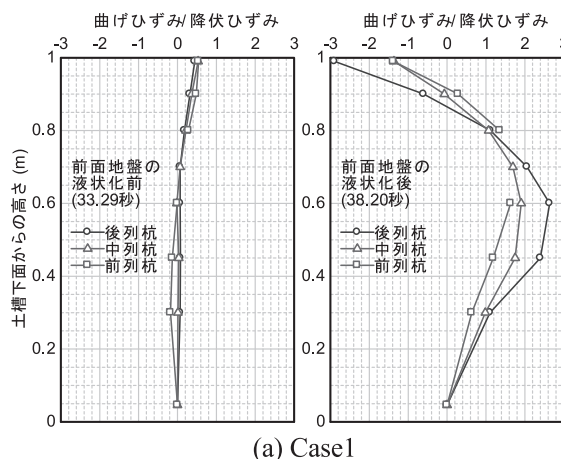
### (2) 振動台実験

はじめに、液状化地盤における橋台基礎の地震時挙動の把握及び耐震補強効果の確認を目的とした振動台実験を行った。実験は土木研究所の三次元大型振動台と大型土槽を用いて行った。図三に実験模型概要図を示す。3列の杭基礎に支持された高さ8mの橋台を対象とし、液状化層厚は10m、模型の縮尺スケールは1/10である。縮尺が小さいため杭模型は鉄筋コンクリートではなく、鋼材で受圧面積と曲げ剛性が縮尺に合うように製作した。ここでは、液状化の影響が考慮されていなかった時代の基準<sup>4)</sup>に基づいて設計された橋台を対象としたCase1と、Case1の橋台を鋼管矢板壁（前面分離型）により補強したCase4、鋼管矢板壁（側面一体型）により補強したCase5に関する実験結果を紹介する。

Case1（旧基準）の杭の降伏比（曲げひずみ／降伏ひずみ）を図四に示す。



図三 振動台実験模型概要図（Case1の例）



(a) Case1

図四 振動台実験における杭の曲げひずみ分布図



補強ケースに対する振動台実験の結果として Case4 の鋼管矢板壁（前面分離型）により補強した場合の既設杭，Case5 の鋼管矢板壁（側面一体型）により補強した場合の既設杭及び鋼管矢板壁を構成する補強鋼管の降伏比（曲げひずみ／降伏ひずみ）を図—5 に示す。

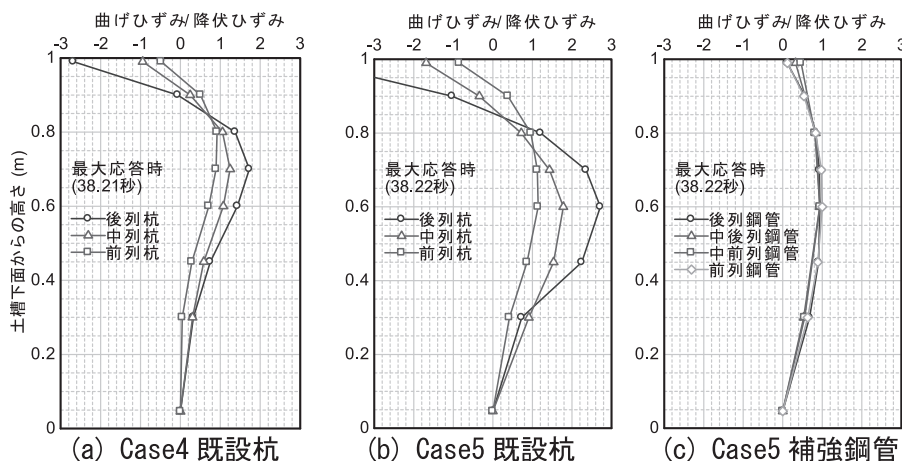
Case4 では、液状化層の変形が抑制され、橋台の水平変位、回転及び杭の曲げひずみが低減される効果が確認された。一方、Case5 では、既設杭の曲げひずみは降伏ひずみを大きく超過するものの、4 本配置した補強鋼管の曲げひずみは概ね弾性範囲にとどまり、基礎全体としては耐震性が確保される結果となった。

### (3) E-ディフェンスによる大規模振動台実験

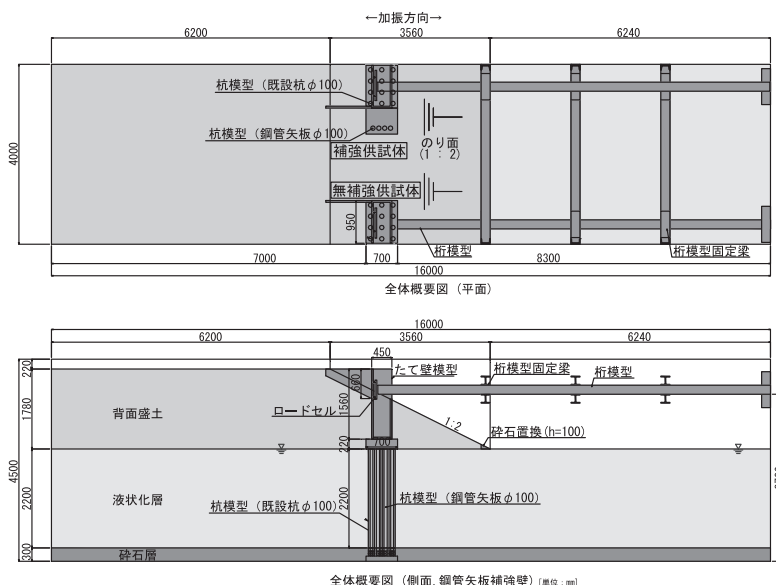
次に、液状化地盤における既設道路橋基礎の地震時挙動の解明と耐震対策技術の効果検証を目的として、防災科学技術研究所所有の実大三次元震動破壊実験施設（E-ディフェンス）を活用して行った大規模実証実験

について紹介する。土木研究所振動台実験において、鋼管矢板壁（前面分離型）は既設杭への損傷を低減させることは確認されたが、降伏ひずみを超える結果となったため、本実験においては、液状化の影響を考慮した設計がなされていない橋台の模型（無補強供試体）とそれを鋼管矢板壁（側面一体型）により補強した橋台の模型（補強供試体）を土槽内に設置し、同時加振を行った。模型概要図を図—6 に示す。E-ディフェンスによる大規模振動台実験では、模型の縮尺スケールは 1/4.5 であり、橋台基礎の塑性化後の挙動を再現できるように、既設杭模型は鉄筋コンクリートにより製作した。

本加振は計 2 回にわたって行った。1 回目の加震においては、道路橋示方書に規定されるレベル 2 地震動（タイプ I）に適合させた地震動波形を入力した。2 回目の加震においては、1 回目の波形と同一の波形で、加速度振幅を 150% とした。



図—5 補強ケースの杭の曲げひずみ分布



図—6 E-ディフェンス実験模型概要図

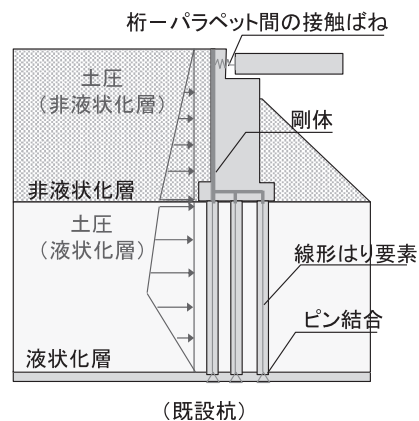
150%加振における既設杭軸方向鉄筋及び補強鋼管の最大引張ひずみ分布を図一7に示す。既設杭軸方向鉄筋のうち、後列杭背面側鉄筋の杭頭及び前列杭前面側鉄筋の広い範囲で降伏ひずみを超過し、降伏ひずみを超過した箇所ではひび割れの発生が確認された。無補強、補強の両供試体で降伏ひずみを超過する範囲に差は見られなかったが、無補強供試体の方が一部で大きなひずみが生じた。一方、補強鋼管のひずみは弾性範囲内にとどまっており、損傷も確認されなかったため、補強供試体は、既設杭に損傷はあったものの、基礎全体としては耐震性が確保される結果であったと評価できる。

また、既設杭は、背面からの土圧と基礎の後転側への回転の影響を受けることで、曲げ変形と引き抜き力を同時に受ける前列杭において、損傷が顕著となるという損傷メカニズムが確認された。

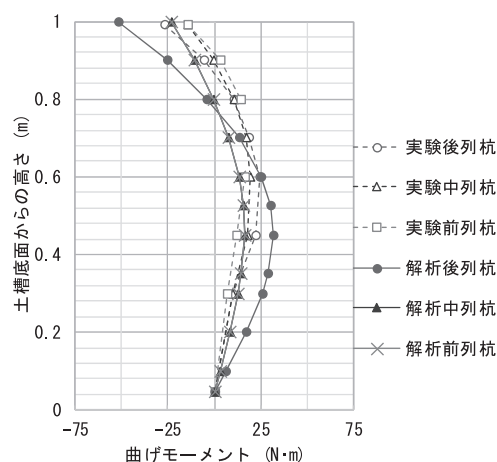
#### 4. 液状化地盤における橋台基礎を対象とした振動台実験の再現解析

設計実務への適用が可能な簡易解析モデルの検討を目的として、振動台実験の再現解析を行った。解析モデルは、図一8に示す通り、2次元はり・ばねモデルとし、橋台及びフーチングは剛体、杭は線形はり要素とした。解析方法としては、橋台及び杭基礎が液状化地盤から受ける流動力を荷重（土圧）としてモデル化し、静的に作用させる方法を用いた。

再現解析における既設杭の曲げひずみ分布を図一9に示す。再現解析の結果、杭の曲げモーメント分布を概ね安全側に評価できることが明らかとなり、解析モデルの妥当性が確認された。



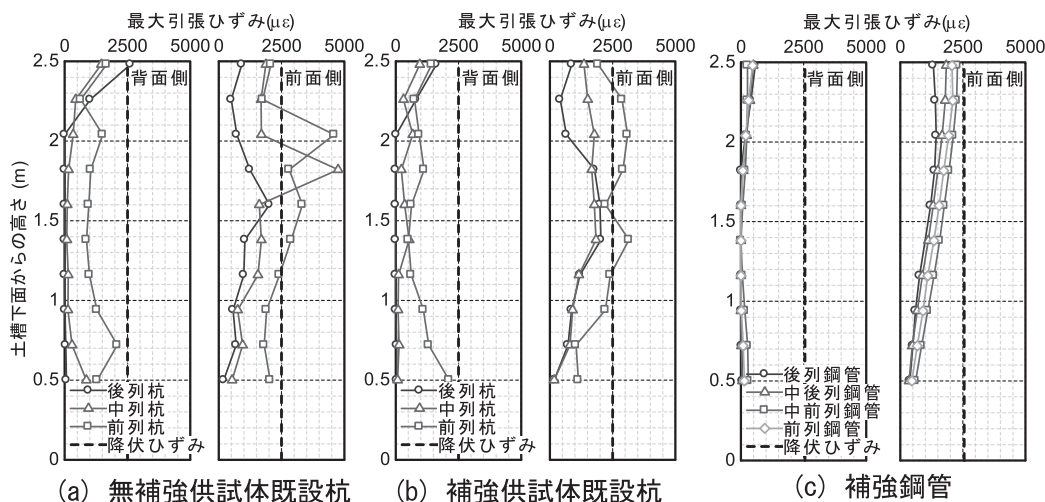
図一8 解析モデル概要図



図一9 再現解析における既設杭の曲げひずみ分布

#### 5. 耐震補強技術の施工方法

振動台実験において補強効果が確認された鋼管矢板壁（前面分離型）による補強及び鋼管矢板壁（側面一体型）による補強、さらに橋台背面からの流動力に対して抵抗する斜杭（側面一体型）による補強を想定する場合、施工の実現性も重要なポイントとなる。地盤



図一7 150%加振の既設杭軸方向鉄筋・補強鋼管の最大引張ひずみ分布

の液化化に伴う側方流動に対する対策技術については研究開発の途上であるが、施工の実現性について検討した結果を以下に示す。

既設橋の補修・補強は新設橋と異なり、各種の制約がある中での施工となる。よって、計画段階から現場の施工条件をよく把握し、施工性や施工手順に十分配慮した上で施工方法の検討を進めることが重要である。特に既設橋への近接施工となるため、施工スペースや空頭制限、既設基礎への施工影響等の検討が必要となる。表—1に施工制約と検討ポイントの例を示す。

上記制約に対応する施工方法として、鋼管杭工法では、(1)回転杭工法、(2)圧入工法、(3)中掘り杭工法などが適用できると考えられる。以下に各工法の特徴と施工事例を示す。また、表—2に施工制約と各工法の対応範囲の目安を示す。各工法の特徴を把握し、施工可否、経済性、周辺環境・道路交通への影響度等を総合的に判断して、施工方法の選定を行う必要がある。

### (1) 回転杭工法

先端部に羽根を有する鋼管杭に回転力を付与することで地盤に貫入させる工法である。木ネジのように地盤に回転貫入させて沈設するため、掘削残土の排出が無く地盤の緩みが生じにくいこと、低振動・低騒音で施工ができること、セメントプラント等の設備が不要で狭隘な施工スペースで施工ができることなどの特長

を有している。また、斜杭を比較的精度よく施工することも可能である。

施工機械は鋼管杭の径に合わせて2種類ある。鋼管径600mm以下では、三点式杭打ち機や小型杭打ち機で鋼管杭の杭頭部分を掴んで回転させる。また、鋼管径500mm以上になると、全周回転機で鋼管杭本体を回転させて貫入させる。既設橋の補修・補強では、省スペースかつ低空頭施工が求められるため、クレーン等の重機で回転反力を取る全周回転機よりも三点式杭打ち機や小型杭打ち機の適用性が高いと考えられる。写真—1に斜杭の施工例を、写真—2に小型杭打ち機による空頭制限下での施工例を示す。

施工時の留意点は、鋼管径より大きな羽根径を考慮して施工離隔を検討すること、斜杭の場合には、設計上の杭頭レベルと施工機械据え付けレベルの差を考慮



写真—1 斜杭の施工例<sup>6)</sup>

表—1 施工制約と検討ポイントの例

| 施工制約     | 検討ポイント                                                |
|----------|-------------------------------------------------------|
| 現道交通への影響 | ・供用中の橋梁であることを踏まえ、現道交通への影響を考慮                          |
| 施工スペース   | ・確保できるスペースと施工に必要となるスペース                               |
| 空頭制限     | ・各施工方法の最小施工高さ                                         |
| 施工離隔     | ・既設基礎からの施工離隔（どこまで既設基礎に近づけるか）<br>・既設基礎への施工影響（周辺地盤への影響） |

表—2 施工制約と各工法の対応範囲の目安<sup>5)～8)</sup>

| 補強方法            | 前面分離型      | 側面一体型                             |                |            |
|-----------------|------------|-----------------------------------|----------------|------------|
| 耐震対策            | 鋼管矢板壁補強    | 斜杭補強                              | 鋼管矢板壁補強        |            |
| 施工方法            | 圧入工法       | 回転杭工法                             | 中掘り杭工法         | 圧入工法       |
| 適用杭径<br>(mm)    | 600～1,500  | 杭径：400～1,200<br>羽根径：杭径×1.5 or 2.0 | 500～1,000      | 600～1,500  |
| 施工機             | 低空頭専用機     | ・小型杭打ち機<br>・3点式杭打ち機<br>・全周回転機     | アースオーガ<br>中掘機等 | 垂直圧入専用機    |
| 離隔距離            | 機械幅+1.0m程度 | 5.0m程度                            | 2.0m程度         | 機械幅+1.0m程度 |
| 最小施工高<br>(基面以上) | 3.0m程度     | 5.0m程度                            | 2.0m程度         | 5.0m程度     |



写真一2 空頭制限下での回転杭工法施工例<sup>9)</sup>

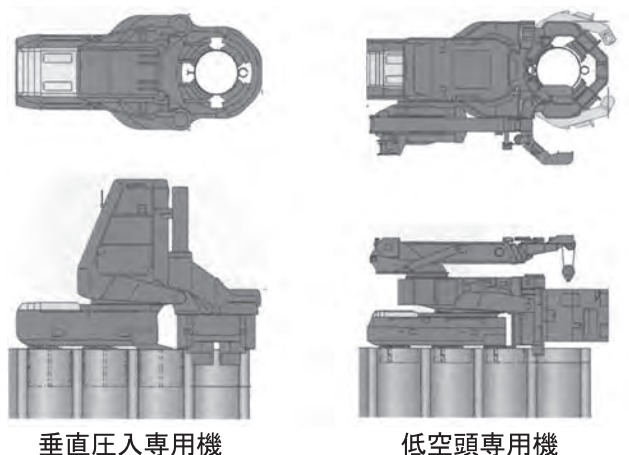
することなどが挙げられる。特に、作業構台から斜杭を施工する場合は、直杭施工に対して構台の大きさや位置が異なるため、施工状況に合わせて事前検討する必要がある。

## (2) 圧入工法

すでに地中に押し込まれた鋼管杭・鋼管矢板を数本つかみ、その引抜抵抗力を反力として次の鋼管杭・鋼管矢板を油圧による静荷重で地中に押し込んでいく工法である。大規模な作業構台を必要とせず、狭隘地や空頭制限のある場所で施工ができる特長を有している。また、低騒音・低振動工法のため、鉄道や民家への近接工事の事例もある。

施工機械は、チャック部上部から鋼管矢板を挿入する垂直圧入専用機が一般的で、チャック部が観音開きして横から鋼管矢板を抱きかかえる低空頭専用機などもある。図一10に施工機の概要を、写真一3に耐震補強工事における空頭制限下での施工例を示す。

圧入工法の留意点は、道路橋示方書で支持力特性が評価されておらず、所定の支持力を発揮するための施工管理方法も確立していないことが挙げられる。よっ

図一10 圧入工法の施工機械<sup>10)</sup>写真一3 圧入工法による桁下施工例<sup>10)</sup>

て、鋼管杭・鋼管矢板に支持力を期待する鋼管矢板壁（側面一体型）への適用にあたっては、載荷試験等でその支持力特性を確認するとともに、併せて施工管理方法も検討する必要がある。また、静的に圧入するため比較的硬い地盤では施工に難渋する可能性がある。

## (3) 中掘り杭工法

先端開放の鋼管矢板の内部にスパイラルオーガ等を挿入し、これにより地盤を掘削しながら杭を所定深度まで沈設したのち、所定の支持力を得るために杭先端にセメントミルクを噴出し、地盤と攪拌混合して根固め球根を築造する工法である。低振動・低騒音工法のため市街地での施工実績が多く、比較的硬い地盤で施工ができる特長を有している。一方、セメントプラント等の設備が必要となるため、前述の2工法に比べて施工スペースを必要とすることがある。

施工機械は、3点支持式のアースオーガ中掘機を使用し、新設基礎ではリーダ長24m～27m程度での施工が一般的であるが、現場に合わせて施工機を小さ

写真一4 鋼管杭増杭基礎の桁下施工例<sup>11)</sup>

くしリーダ長を15m程度にすることもできる。また、全周回転機を使用し、低空頭で中掘り杭を施工した事例もある。写真—4に桁下にて鋼管杭を打設した耐震補強の施工例を示す。

## 6. おわりに

本研究で得られた液状化地盤における既設橋の基礎の耐震性能評価手法及び耐震補強技術については、既設橋の基礎の耐震補強のためのガイドラインや参考資料として公表することにより、国等が実施する耐震補強に関する施策を技術的に支援する資料として広く活用されることを目標としている。

## 謝 辞

本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「レジリエントな防災・減災機能の強化」（管理法人：JST）の一環として実施したものである。また、対策工の設計、実験条件や計測計画の検討は、東京工業大学大学院高橋章浩教授との共同研究として実施しているものである。ここに記して謝意を表する。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 若松加寿江：首都直下地震による液状化の発生と被害，地学雑誌 116 巻，3-4 号，pp.480-489，2007.
- 2) 東京都防災会議，首都直下地震等による東京の被害想定報告書，pp.1-190，2012.
- 3) 玉越隆史，横井芳輝：平成 25 年度道路構造物に関する基本データ集，国総研資料第 822 号，2015.

- 4) (社) 日本道路協会：道路橋下部構造設計指針 くい基礎の設計篇，1964.
- 5) (社) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，IV 下部構造編，2017.
- 6) 回転杭工法施工管理要領，(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会，2017.
- 7) 鋼管杭基礎・鋼管矢板基礎の中掘り杭工法（セメントミルク噴出攪拌方式）施工管理要領（標準版），(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会，2017. ([http://www.jaspp.com/shiryou/pdf/nakabori\\_2017mar.pdf?date=20170315](http://www.jaspp.com/shiryou/pdf/nakabori_2017mar.pdf?date=20170315))
- 8) 圧入工法設計・施工指針，国際圧入学会，2015.
- 9) NS エコパイル小径中径カタログ，NS エコパイル工法協会，2017. ([https://www.nsec-steelstructures.jp/data/ns\\_ecopile/catalog\\_SMALLeco2015\\_3.pdf](https://www.nsec-steelstructures.jp/data/ns_ecopile/catalog_SMALLeco2015_3.pdf))
- 10) 鋼管矢板圧入工法カタログ，(一社) 全国圧入協会，2018. ([http://www.atsunyu.gr.jp/files/catalog/Press-in\\_Tubular\\_ver030ja03\\_s.pdf?1901081723](http://www.atsunyu.gr.jp/files/catalog/Press-in_Tubular_ver030ja03_s.pdf?1901081723))
- 11) 既設橋基礎の補強には鋼管杭・鋼管矢板を，(一社) 鋼管杭・鋼矢板技術協会，2006.

### 【筆者紹介】



大住 道生（おおすみ みちお）  
（国研）土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター  
上席研究員



谷本 俊輔（たにもと しゅんすけ）  
（国研）土木研究所  
構造物メンテナンス研究センター  
研究員



加藤 篤史（かとう あつし）  
（一社）鋼管杭・鋼矢板技術協会  
技術委員

# 脈状地盤改良による液状化対策工法

石橋 利倫・大西 高明・滝沢 聡・井澤 淳

地盤の液状化は鉄道構造物の安全性および列車の走行性に大きく影響を与えるため、薬液注入による地盤改良により液状化対策されることが多い。しかしながら、現在の薬液注入工法による液状化対策は高改良率（70～100％）で改良することが多く、コスト高が問題となっている。そこで、動的に薬液注入を行うことで地盤内に脈状の改良体を作製し、低改良率で効率的に液状化被害の軽減が可能な脈状注入工法を提案している。本工法は液状化の完全な抑制ではなく、必要なレベルまで液状化程度を低減させるものであるため、低改良率で効率的な液状化対策が可能である。

キーワード：液状化対策、薬液注入、割裂注入、締固め、低改良率

## 1. はじめに

構造物を支持する地盤が液状化に至った場合、地盤が急激に強度および剛性を失い、構造物に被害をおよぼす可能性がある。特に土構造物を支持する地盤が液状化に至った場合は崩壊や大きな変形が残留するなど、杭基礎等で支持された橋梁や高架橋等と比較して致命的な被害を引き起こす可能性があるため留意が必要である。また、都市部や河川部、沿岸部では液状化地盤が幅広く分布しているため、長区間を経済的に対策する必要がある。

更に近年、首都直下地震や南海トラフ地震などの大規模地震の発生が危惧されており、液状化に対する早急な対策が望まれている。

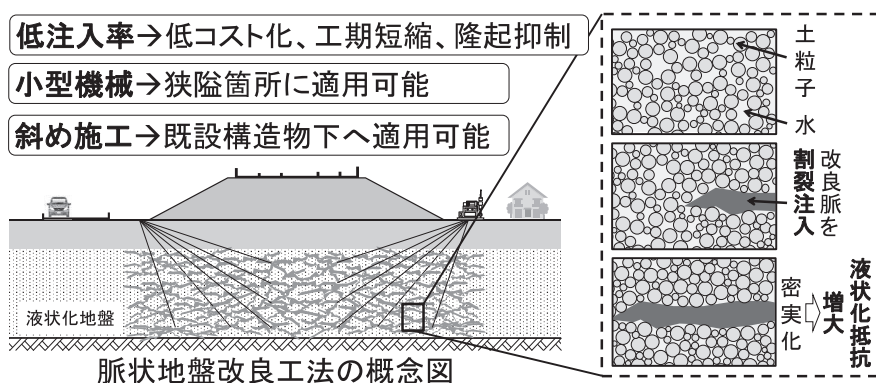
そこで、鉄道施設直下への施工を念頭においた地盤の密実化による液状化対策工法として、脈状地盤改良工法を提案している。本工法では、図－1に示すよ

うに薬液を注入することにより脈状の改良体を地盤内に割裂注入させ、改良脈周辺地盤を密実化させることで液状化程度を低減させる。このような改良脈を様々な方向に作製することで、10％程度の注入率であっても対象領域を満遍なく効率的に改良可能となり、極めて低コストで改良出来ること、施工期間が短縮できること、地表面変位が抑制できること、地下水流動阻害が小さいなどの利点がある。

## 2. 脈状地盤改良工法の概要

### (1) 改良脈の作製原理

脈状地盤改良では、使用薬液として懸濁系の非浸透薬液（高炉スラグ＋ケイ酸塩系）を用い、薬液を割裂注入させることで改良体の周辺地盤を密実化させること、改良体を脈状に多方向に形成することで対象地盤を満遍なく密実化させることを期待している。ここ



図－1 脈状地盤改良工法の概念図



で、粘性の高い材料を用いた場合、CPG 工法と同様に注入孔近傍のみに改良体が集中し、改良効果が限定的となる。一方で、粘性の低い材料を用いた場合は浸透注入されてしまい、割裂注入出来なくなる。そこで本工法では、薬液の粒子濃度を上げることで低粘性でも割裂注入可能な材料を用いる。また、この材料を用いた場合でも、図一 2 (a) に示すように注入速度を一定として割裂注入を行うと、地盤の最弱部に発生する最初の改良脈に薬液が集中的に注入される。その結果、改良脈は 1 ～ 2 方向にしか形成されず、注入の効果はその周辺地盤に限定される。そのため、注入速度および速度振幅を適切に設定して薬液を地盤に送液する動的注入工法を採用する。このとき、注入速度の振幅や周期、注入薬液のゲルタイムを適切に設定することで、改良脈形成→薬液固結→新たな改良脈形成→固結というプロセスを繰り返し、改良脈を多方向に形成させることを可能とする (図一 2 (b))。また、速度一定注入では薬液到達距離が過大になる問題もあるが、多方向に改良体が進展していくため、到達距離もある程度制御することも可能となる。

## (2) 大型土槽を用いた注入試験

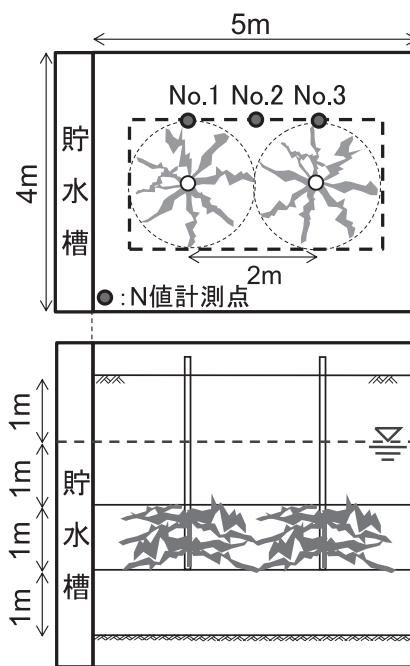
動的注入工法は、砂地盤に対する品質の高い浸透固化や、粘性土地盤や岩盤の水道やクラックの止水等を目的とした割裂注入を適切に実施するために開発された工法である。一方、脈状地盤改良工法では、一般的に緩い砂質土を主体とする液状化地盤に対して、薬液を浸透させず、改良脈を多数配置するため、動的注入を適用するには実績の乏しい工法である。また、薬液の粘性やゲルタイム等の関係で、適切な動的注入諸元は異なることが考えられる。そこで、想定する改良脈を液状化地盤中に作製するための薬液諸元や動的注入諸元を設定するため、大型土槽ピット内において注入試験を実施した。本試験では、掘り起しによる出来形

確認と、注入前後でのミニラムサウンディング試験による換算 N 値 ( $N$  値と同等の値。以降、 $N_d$  値とする。) の変化についても評価を行った。

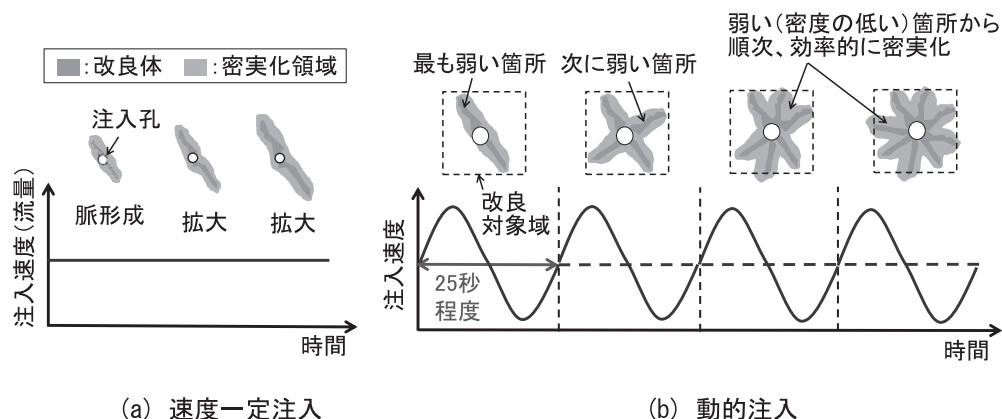
### (a) 試験概要

対象地盤は、図一 3 に示すように縦 4.0 m × 横 5.0 m × 深さ 4.0 m のピット内に、鬼怒川砂 ( $G_s = 2.698$ ,  $F_c = 6.4\%$ ,  $D_{50} = 0.775$  mm,  $U_c = 8.4$ ,  $U'_c = 1.02$ ) を充填率 50% (単位体積重量は地下水以浅  $\gamma_t = 15.5$  kN/m<sup>3</sup>, 地下水以深  $\gamma_{sat} = 19.6$  kN/m<sup>3</sup>, 間隙比  $e = 0.701$ , 相対密度  $D_r = 54.4\%$ ) となるように締固めながら層厚 4 m で作製し、縦 2.0 m × 横 2.0 m × 深さ 1.0 m の範囲を改良対象土量として注入間隔 2.0 m の 2 点注入を実施した。土層ピット側面には水位調整用貯水槽が設けられており、土層内の水位を地表から 1.0 m に設定した。

大型土槽を用いた注入試験を実施するに当たり、設定する薬液配合や動的注入諸元については、別途小型



図一 3 大型土槽を用いた注入試験の概要



図一 2 動的注入による改良脈の形成イメージ

土層を用いた基礎的検討を多数実施し、改良脈の作製し易さを把握した上で設定した。注入薬液は、ゲルタイムを5～10秒に調整したA液およびB液を2:1の体積比で2重管ストレーナの先端において混合する2ショット方式で注入率10.0%の改良を行った。動的注入は平均注入速度17.0 L/min, 速度振幅 $\pm 7.0$  L/min, 速度周期25秒で設定し、図—4に示すように改良対象域下端から上端に向けて1ステップ250 mm ずつのステップアップ方式で実施した。1ステップにおける注入速度の時刻歴を図—5に示す。

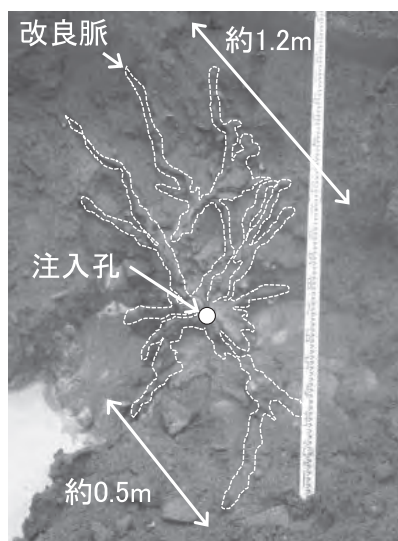
#### (b) 試験結果

写真—1に注入試験の状況を示す。本試験では、所定量の薬液を問題なく注入でき、地表面の変形量も5 mm 程度であった。施工後の掘り起こし状況を写真—2に示すが、多方向に到達範囲0.5～1.2 m 程度の改良脈が作製されており、上記の薬液配合、動的注入諸元で液状化地盤中に適切な改良脈の作製が可能であることを確認した。図—6に、注入前後のミニラムサウンディング試験から得られた $N_d$  値を示す。なお、 $N_d$  値は200 mm ピッチで測定されるが、1 m 間隔の

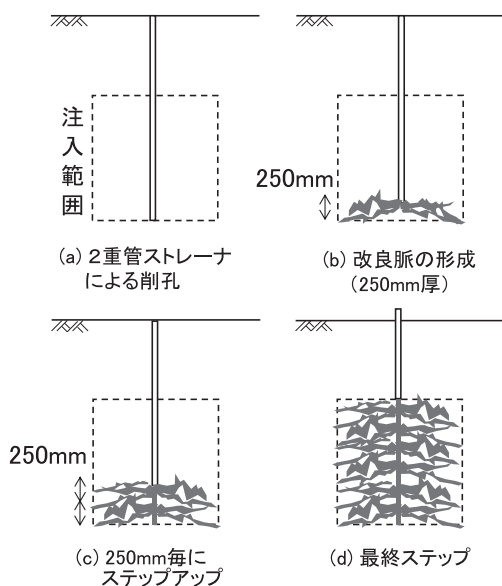
平均値も示す。各計測のバラツキはあるものの、3程度であった $N_d$  値が8程度まで増加されているのを確認した。



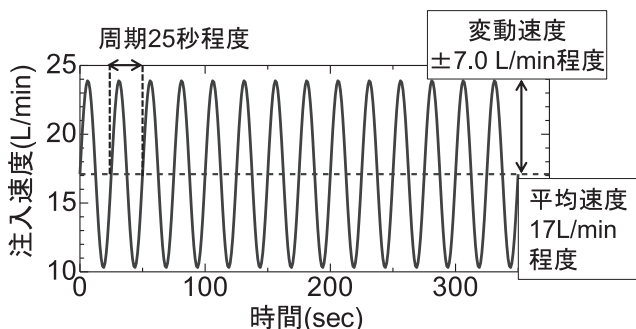
写真—1 注入試験の状況



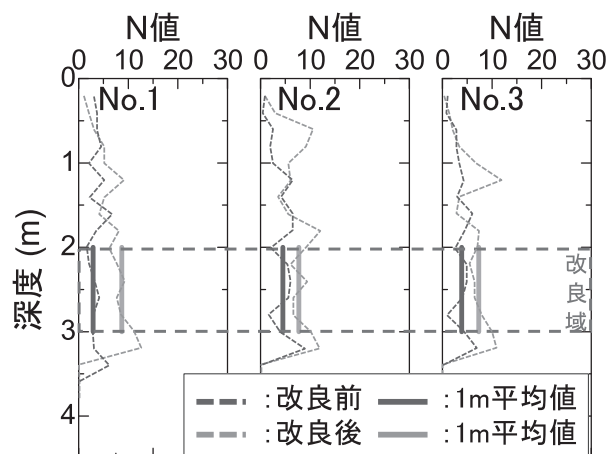
写真—2 改良脈の掘り起こし状況



図—4 ステップアップ方式の注入



図—5 1ステップにおける注入速度の時刻歴の例



図—6 注入試験における改良前後の $N_d$  値

### (3) 脈状地盤改良工法の特徴

本工法では、CPG 工法と同様に、この改良脈周辺地盤を密実化することで液状化抵抗の増加を期待する。CPG 工法では、注入孔のごく近傍に球根状のモルタル改良体を作製するため、密実化は改良体近傍に限定されるが、本工法では写真—2 に示すように改良対象域内に多数の改良脈を形成させるため、改良対象域を満遍なく密実化でき、効率的な改良が可能である。また、固結工法やせん断変形抑制工法のような完全に液状化を防止することは期待せず、構造物の要求性能を満たすレベルまでの液状化程度の低減を目的とするため、低注入率（10%程度で従来工法の 1/3 程度）で改良が可能となり、コストの削減や施工期間の短縮が期待できる。なお、写真—1 に示すような小型施工機械で施工が可能であるため狭隘地や軟弱地盤での施工が容易であること、低注入率とすることで薬液量も少なく、注入圧力も抑えられるため地表面の変状を抑制出来ること、改良体を脈状に配置するため地下水阻害の影響が小さいなどの利点も有している。

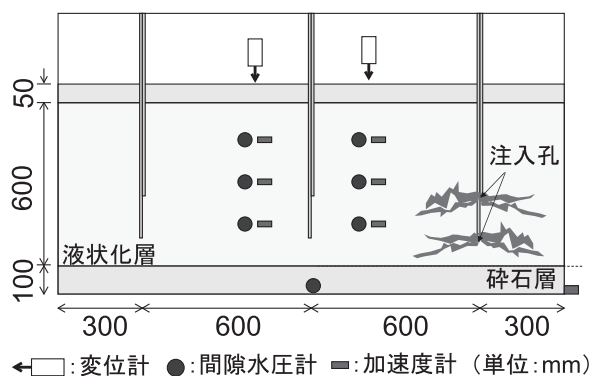
## 3. 液状化対策効果に関する検討

### (1) 実験概要

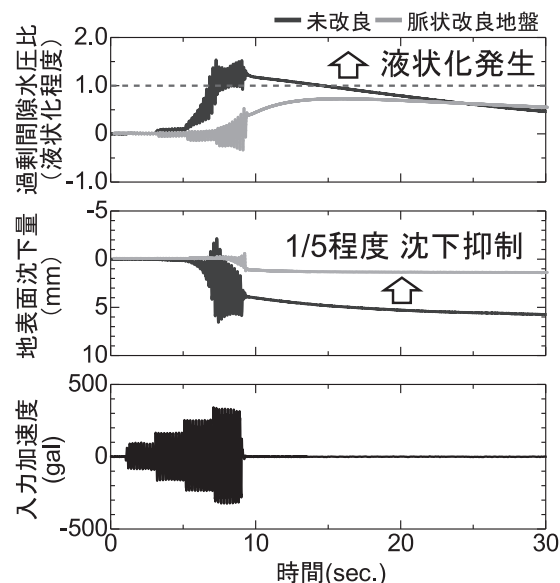
液状化地盤中へ改良脈を割裂注入させることによる液状化対策効果を確認するため、1G 場での小型模型を用いた振動台実験を実施した。本実験では液状化地盤を想定した緩い未改良地盤、注入率 10% で脈状地盤改良を実施した地盤の挙動を比較した。地盤条件、注入孔位置、センサー配置等を図—7 に示す。

### (2) 実験結果

過剰間隙水圧比および地表面沈下量の時刻歴を図—8 に示す。加振直後の過剰間隙水圧比の上昇は未改良地盤が最も大きく、1.0 を超えて液状化に至っていることが分かる。一方、脈状地盤改良地盤では、振動中



図—7 注入孔位置とセンサー配置図



図—8 過剰間隙水圧比および地表面沈下量の時刻歴

にはほぼ同等の値を示し、過剰間隙水圧比は 1.0 に達しておらず、液状化に至っていないことが分かる。加振終了後の水圧挙動に着目すると、未改良地盤では徐々に消散する挙動が見られるのに対して、脈状地盤改良地盤では一旦水圧が上昇した後、消散する傾向にある。これは、改良脈の存在により地盤の透水性が低下し、水圧消散を阻害したためと考えられる。なお、試験後に実施した透水試験において、脈状地盤改良地盤の透水係数が未改良地盤の 1/2 程度まで低下していることを確認している。また、液状化に達したと考えられる未改良地盤では、5 mm 以上の沈下を生じており、脈状地盤改良地盤で大きく沈下を抑制することができている。以上より、脈状地盤改良により密実化された地盤では、地震時の過剰間隙水圧の上昇が抑えられ、液状化に至りにくいことを確認した。

## 4. 改良品質の確認手法

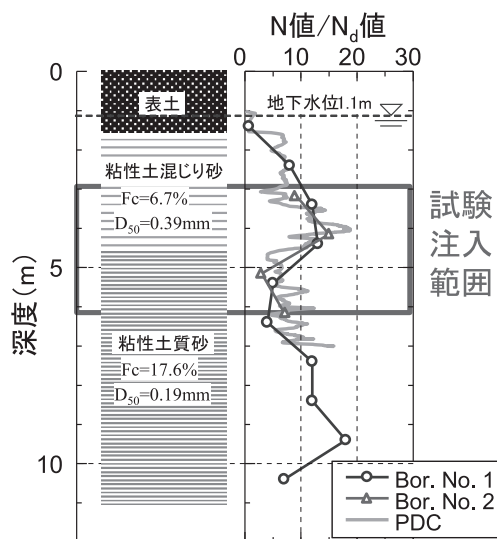
2, 3 章の検討から、薬液配合や注入諸元を適切に設定した動的注入により、液状化地盤内に脈状の改良体を作製することが可能であり、締固めに起因する N 値の増加が見込めること、地震時の間隙水圧や沈下量の増加を抑制する対策効果があることを確認した。本工法は、地盤の液状化を完全に抑制せず、要求されるレベルまで液状化程度を低減することを目的とするため、改良後の地盤がどの程度の液状化抵抗を有しているかを評価することが重要となる。また、様々な方向に不均質に改良脈を形成することになるため、写真—2 に示すような改良脈の出来形評価や改良対象域のある一部分の供試体の液状化強度などによる評価ではな



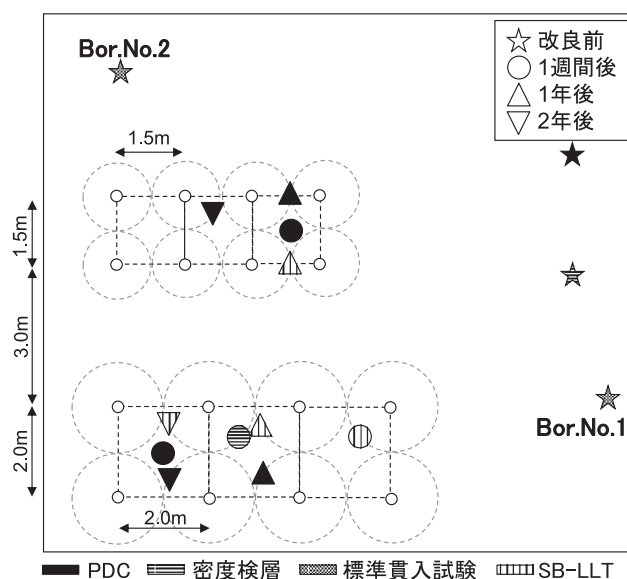
く、改良対象領域全体として密度や剛性等の増加を確認し、改良品質を評価する必要がある。改良品質確認手法としては、大型土槽を用いた注入試験結果や施工性、コスト、耐震設計への適用性を勘案し、N 値で評価することが最も効率的である。ただし、N 値の増加は細粒分含有率によって影響を受ける可能性があるため、ここでは  $N_d$  値の増加とともに細粒分含有率（以降、 $F_c$ ）を確認可能なピエゾドライブコーン試験（以降、PDC 試験）の適用を検討した。また、密度の増加を直接的に確認する密度検層、ボーリング削孔時の地盤の緩みを除去可能なセルフボーリングタイプの孔内水平載荷試験（以降、SB-LLT 試験）の適用についても検討した。

### (1) 施工試験概要

本検討では、液状化層と考えられる砂層が地表面近くから 10 m 程度堆積している自然地盤に対して脈状地盤改良を行い、改良前後でそれぞれの改良品質確認手法を適用した。図一 9 に事前ボーリング調査の結果を示すが、GL-1.5 m ～ 5.0 m 付近の粘性土混じり砂層と、その下の粘性土質砂層が液状化に至る可能性のある砂質土層である。図一 9 には対象箇所の四隅のうち 3 箇所調査した N 値および  $N_d$  値も示しているが、ほぼ同様の N 値性状を示しており、一様な地盤が堆積していると判断できる。改良対象範囲はこの 2 つの層に跨る GL-3 ～ 6 m（層厚 3 m）とし、水平方向には図一 10 に示すように 1.5 m ピッチで 8 点、2.0 m ピッチで 8 点の 2 パターンで、注入率 10% として実施した。図一 10 には各種の調査試験の適用位置と注入から 1 年後および 2 年後の改良品質の経年変化について示した。



図一 9 改良前の N 値および  $N_d$  値



図一 10 品質確認試験の適用位置

### (2) 改良品質確認試験結果

#### (a) ピエゾドライブコーン試験

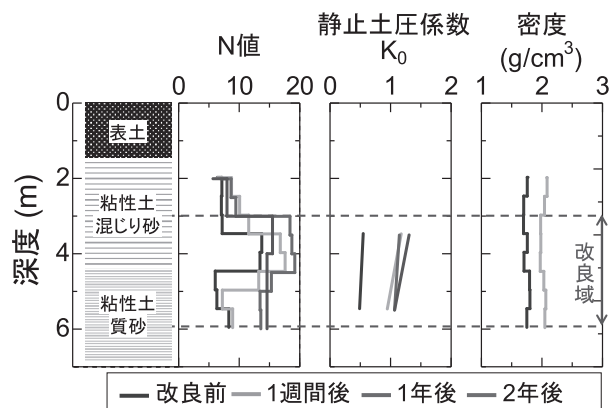
図一 11 左に、PDC 試験から得られた注入前後での  $N_d$  値を示す。改良前と改良 1 週間後を比較すると、改良 1 週間後は、5 m 以深の下部層ではあまり増加の傾向が見られないがその他の改良域では  $N_d$  値が増加する傾向を示す。また、改良 1 年後、2 年後を見ても、 $N_d$  値は減少することなく改良 1 週間後と変わらない値を示す。

#### (b) 孔内水平載荷試験

図一 11 中央に、SB-LLT 試験から求めた静止土圧係数  $K_0$  を示す。SB-LLT 試験の結果から、 $K_0$  は改良前で 0.5 程度、改良後で 1.0 程度と 2 倍程度の  $K_0$  の増加が確認できた。こちらも  $N_d$  値同様、改良 1 年後、2 年後においても、 $K_0$  は減少することなく改良 1 週間後と変わらない値を示す。

#### (c) 密度検層

図一 11 右に、密度検層の結果を示す。改良体の密



図一 11 改良から 2 年後までの品質確認試験結果

度は  $1.4 \text{ g/cm}^3$  程度であるため、通常  $1.5 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$  程度の密度を有する地盤に改良体が存在した場合、改良体の存在は密度を小さく算定させる傾向にある。しかしながら、本試験ではその影響は小さく、注入前に比べて密度の増加が確認できた。

## 5. 液状化対策効果の評価方法

脈状地盤改良工法による液状化地盤の密実化効果について、標準貫入試験から求まる  $N$  値やミニラムサウンディング試験および PDC 試験から求まる  $N_d$  値、SB-LLT 試験から求まる  $K_0$  および変形係数を用いて、改良品質を評価できることを確認した。本工法の特徴を踏まえた実務的な観点に立つと、本工法の調査の簡便性、経済性、設計への適用性が重要となることから、上記の調査手法のうち、 $N$  値または  $N_d$  値で評価することが最も適切であると考えられる。そこで、 $N$  値を用いた本工法の液状化対策効果の評価手法を構築した。

### (1) 計画注入率の算定法

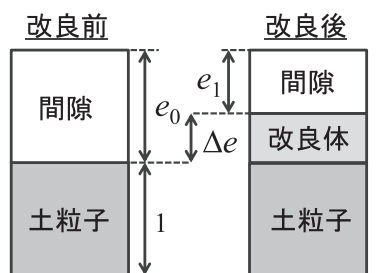
液状化地盤内に改良脈を注入することにより、図—12 に示すように、注入した改良体の体積分だけ間隙が減少し、密実化すると考える。この関係と CPG 工法で採用されている C 法<sup>2)</sup>を参考に、設計時に設定する計画注入率  $A_s$  を以下の手順で算定する。

- ①対象地盤の細粒分含有率  $F_c$  を用いて、式 (1) より最大・最小間隙比  $e_{\max}$ 、 $e_{\min}$  を求める<sup>3)</sup>。

$$e_{\max} = 0.02F_c + 1.0, \quad e_{\min} = 0.008F_c + 0.6 \quad (1)$$

- ②相対密度と  $N$  値の関係<sup>1)</sup>を用いて、改良前の地盤の  $N$  値 ( $N_0$ ) より改良前の間隙比  $e_0$  を求める。

$$e_0 = e_{\max} - 0.21(e_{\max} - e_{\min}) \sqrt{\frac{98N_0}{69 + \sigma'_v}} \quad (2)$$



$e_0$  : 初期間隙比  
 $e_1$  : 計画間隙比  
 $\Delta e$  : 減少間隙比 (=改良体割合)

図—12 脈状注入による密実化のイメージ

- ③鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計（以降、耐震標準）<sup>4)</sup>により液状化判定を実施し、要求性能を満たす液状化対策に必要な改良後の  $N$  値 ( $N_1$ ) を設定する。

- ④細粒分による  $N$  値増加の低減率  $\beta$ <sup>5)</sup>を考慮して、期待する改良後の計画  $N$  値 ( $N'_1$ ) を設定する。

$$N'_1 = N_0 + \frac{N_1 - N_0}{\beta} \quad (3)$$

- ⑤  $N'_1$  に対応する計画間隙比  $e'_1$  を式 (4) より求める。

$$e'_1 = e_{\max} - 0.21(e_{\max} - e_{\min}) \sqrt{\frac{98N'_1}{69 + \sigma'_v}} \quad (4)$$

- ⑥計画注入率  $A_s$  を式 (5) より求める。

$$A_s = \frac{e_0 - e'_1}{1 + e_0} \quad (5)$$

### (2) 改良後の有効注入率の算定

4章で示した施工試験では、自然地盤に対して注入率 10%として改良を実施した。そこで、5章 (1) の評価手法の考え方を用いて PDC 試験から得られた改良前後の  $N_d$  値から間隙比を算出し、以下の手順で有効に効果を発揮した注入率（有効注入率） $A_{se}$  を逆算した。なお、実測値との比較となるため、細粒分による密度増加の低減率  $\beta$  については考慮しない。

- ①改良後の  $N$  値 ( $N_1$ ) より、改良後の間隙比  $e_1$  を式 (6) より求める。

$$e_1 = e_{\max} - 0.21(e_{\max} - e_{\min}) \sqrt{\frac{98N'_1}{69 + \sigma'_v}} \quad (6)$$

- ②改良前の間隙比  $e_0$  と (6) から求めた  $e_1$  より、有効注入率  $A_{se}$  を求める。

$$A_{se} = \frac{e_0 - e_1}{1 + e_0} \quad (7)$$

表—1 に4章で述べた施工試験から得られた上・下部層の  $N_d$  値を用いて算定した有効注入率を示す。有効注入率は上部層で 4.2～5.7%程度、 $N_d$  値の増加の小さかった下部層では 4.0～6.4%程度の値となった。本工法では、改良脈の割裂注入による密実化が改良対象外にも伝播することや、地盤を上方に押し上げるなどにより、実際の注入率よりも改良効果は低下するが、今回の施工試験の注入率としては5%相当が有効に作用していたと考えられる。表—1には、耐震標準<sup>4)</sup>に従って算出した液状化強度比  $R_{20}$  も示してい

表—1 改良品質確認試験結果を用いた有効注入率と液状化強度比  
(a) 上部層 (3.0 ～ 5.0 m)

|                     | 改良前   | 改良後 (1 週間)    |               |
|---------------------|-------|---------------|---------------|
|                     |       | 注入孔 1.5 m ピッチ | 注入孔 2.0 m ピッチ |
| $N_d$ 値             | 10.0  | 17.8          | 15.4          |
| 有効注入率: $A_{se}$ (%) | —     | 5.73          | 4.20          |
| 液状化強度比: $R_{20}$    | 0.277 | 0.755         | 0.433         |

(b) 下部層 (5.0 ～ 6.0m)

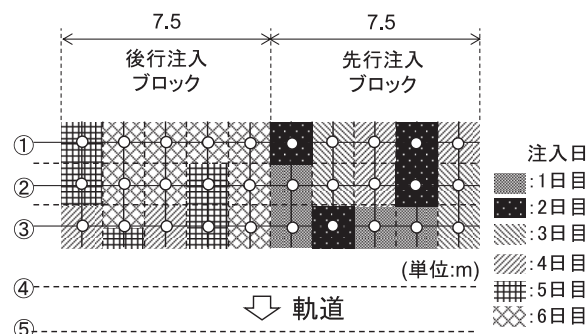
|                     | 改良前   | 改良後 (1 週間)    |               |
|---------------------|-------|---------------|---------------|
|                     |       | 注入孔 1.5 m ピッチ | 注入孔 2.0 m ピッチ |
| $N_d$ 値             | 7.2   | 13.4          | 11.0          |
| 有効注入率: $A_{se}$ (%) | —     | 6.43          | 3.99          |
| 液状化強度比: $R_{20}$    | 0.315 | 0.384         | 0.354         |

る。本工法では、改良後に得られた  $N_d$  値より算定した  $R_{20}$  を用いて液状化判定を実施し、要求性能を満たすレベルまで液状化程度が低減出来ているかを確認することで、液状化対策効果としての性能を確認するものとする。

## 6. 盛土直下を対象とした試験施工

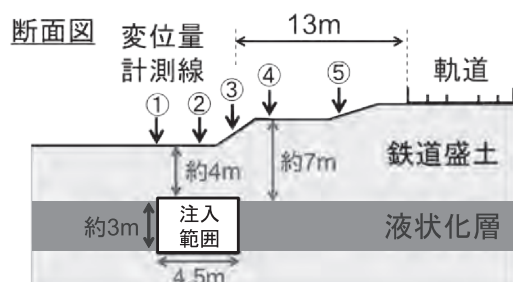
### (1) 試験施工概要

脈状地盤改良工法の既設鉄道構造物直下地盤への適用に向けた施工試験を実施した。本試験では、図—13 に示すような軌道に近接した土被り 4.2 m、層厚 3.4 m 程度の液状化層を改良対象とし、計画注入率 10%、注入ピッチ 1.5 m、250 mm のステップアップ施工で実施した。既設鉄道構造物直下へ適用する場合、軌道変状に対する制限が厳しく、注入中の地表面の鉛直変位に十分注意する必要がある。また、改良済みの箇所や比較的堅牢な地盤に向かって注入を進めると、締固め効果は向上すると考えられる反面、大きな地表面の鉛直変位が生じることも想定される。そこで、図—14 に示すように、対象領域を先行注入ブロックと後行注入ブロックの 2 ブロックに分け、まず先行注入ブロックの左側から注入し、その後、後行注入ブロック



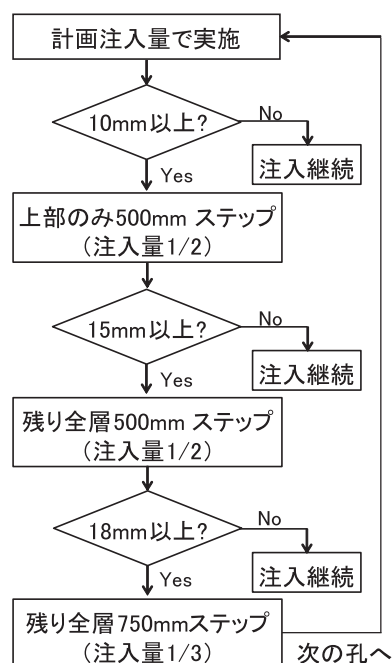
図—14 注入孔および品質確認試験の適用位置

を同じように左側から施工することで、各ブロックの地表面変位量等の比較を行った。本試験では、鉄道盛土直下へ注入することを想定し、図—13 の①～⑤で示す測線の地表面の鉛直変位を注入中にリアルタイムで計測し、地表面の鉛直変位によって注入量を調整しながら施工を行った。図—15 に本施工試験で設定した注入量管理のフロー図を示す。薬液が注入ロッドに沿って地表面までリークした場合は、注入ロッド付近の薬液が固化するまで5分程度待ってから注入を再開することとし、それでもリークが止まらない場合は注入を中止し、次のステップへ進むこととした。先行注入ブロックでは、地表面の鉛直変位の変動にかかわらず計画通りの量を注入することとしたが、軌道への影響に配慮し、軌道に近接する測線④および⑤での変位量が 20 mm を超えた場合は注入を停止することとした。後行注入ブロックでは、注入孔近傍の地表面の鉛直変位に応じて、注入量を管理した。まず、地表面の鉛直変位が 10 mm に達した場合は、通常 250 mm のステップアップ施工を上部層のみ 500 mm ステップとすること、変形量を抑制することとした。さらに 15 mm に達した場合は残りの全層 500 mm ステップとして全層の注入量を 1/2 に、18 mm に達した場合は 750 mm ステッ



図—13 盛土直下を対象とした施工試験の概要





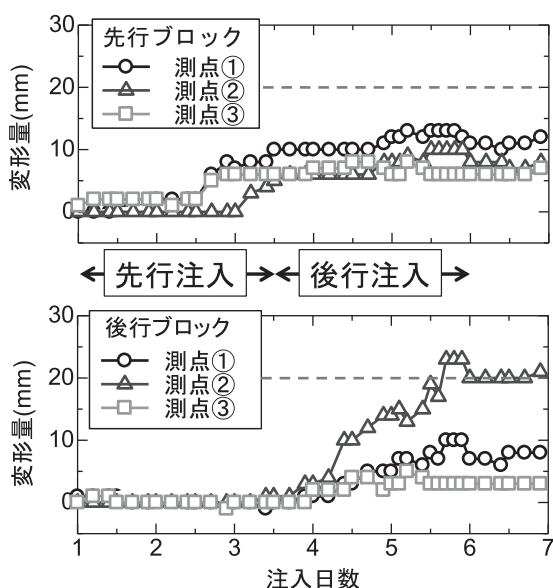
図—15 盛土直下を対象とした施工試験の注入量管理フロー

ブとして残りの全層の注入量を 1/3 として進めることとした。なお、測線①～③の変形量が 20 mm に達した時点で、その注入孔への注入を中止することとした。

## (2) 試験施工結果

### (a) 施工時の挙動

試験施工時は注入ロッドに沿った薬液のリークは発生しなかったため、地表面の鉛直変位量による注入管理のみを行った。図—14 に示した計測点①②③での地表面の鉛直変位量の経時変化を図—16 に示す。先行注入ブロック施工時の 3.5 日目までは変形量が 10 mm 以内に抑えられており、所定量を問題なく注

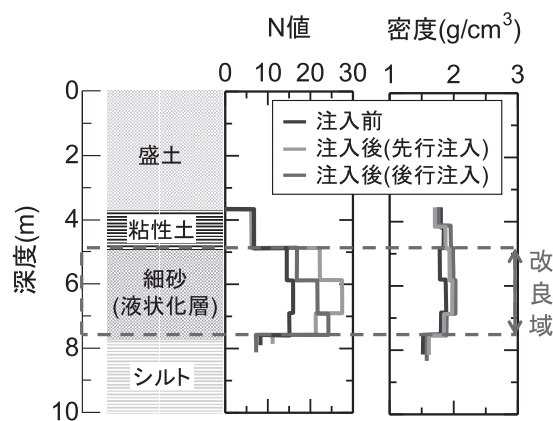


図—16 地表面の鉛直変位量の計測結果

入できた。一方、3.5 日目以降の後行注入ブロック施工時において地表面の鉛直変位量は急増し、10 mm、15 mm を超える変位量が発生したため、図—15 のフローにしたがって、注入量の調整を行った。最終的には、最後の注入孔に対して注入を実施した際に測線②において 20 mm を超える変位量が発生したため、注入を中止した。このような地表面変位を考慮した注入量管理をしながら注入を実施した結果、後行注入ブロックでは、計画注入率 10% に対して、実際に施工した注入率（実施注入率）は 6.5% となった。また、両ブロック平均では実施注入率 8.2% であった。

### (b) 品質確認結果

注入前後での PDC 試験から得られた  $N_d$  値および密度検層の結果を図—17 に示す。すべての地点で  $N_d$  値および密度の増加が確認できたが、 $N_d$  値は実施注入率の低い後行注入が低い値を示す結果となった。表—2 に先行、後行ブロックの実施注入率、改良後の  $N_d$  値から逆算した有効注入率、有効注入率を実施注入率で除した注入効率を示す。実施注入率の高い先行注入ブロックの注入効率は 53% であったのに対して、実施注入率の低い後行注入ブロックでは 60% と高くなっており、改良済みの箇所または堅牢な地盤に向かって注入を実施する場合、地表面変位量が増大する可能性があるが、注入効率は向上すると考えられる。



図—17 試験施工箇所での改良品質確認試験結果

表—2 注入効率の比較

|       | 先行ブロック | 後行ブロック |
|-------|--------|--------|
| 計画注入率 | 10%    | 10%    |
| 実施注入率 | 10%    | 6.5%   |
| 有効注入率 | 5.3%   | 3.9%   |
| 注入効率  | 53%    | 60%    |

実施注入率：実際の注入率

有効注入率：改良後  $N$  値から逆算した注入率

注入効率：実施注入率 / 有効注入率

## (c) 液状化対策効果の評価

先行注入ブロックと比較して改良後の  $N_d$  値が低く算定された後行注入ブロックの値を用いて、耐震標準に示すスペクトルⅡに対する液状化判定結果を表—3に示すが、改良前に  $P_L=9.7$  であった地盤を  $P_L=2.3$  まで低減できている。各層での  $F_L$  は1を下回っていることから完全に液状化を抑制するものではないものの、構造物に対する液状化の影響を無視できる  $P_L=5$  以下まで液状化程度を抑制することができた。

表—3 液状化判定結果 (スペクトルⅡ)

|     | 検討深度 (m) | $N_d$ 値 | $F_L$ | $P_L$ |
|-----|----------|---------|-------|-------|
| 改良前 | 4.9–5.9  | 14.1    | 0.604 | 9.7   |
|     | 5.9–6.9  | 15.7    | 0.604 |       |
|     | 6.9–7.6  | 14.9    | 0.542 |       |
| 改良後 | 4.9–5.9  | 16.6    | 0.917 | 2.3   |
|     | 5.9–6.9  | 21.4    | 0.958 |       |
|     | 6.9–7.6  | 23.9    | 0.792 |       |

## 7. おわりに

本報告では、動的注入により地盤内に脈状の改良体を作製し、従来工法と比較して1/3程度の注入率で液状化被害の軽減が可能な脈状地盤改良工法について、工法開発および実用化を行った。本報告で得られた成果を以下に示す。

- ①薬液のゲルタイムや注入速度および速度周期を適切に調整した動的注入により、液状化地盤中に脈状の改良体を割裂注入する手法を確立した。
- ②振動台実験を実施し、脈状地盤改良工法により地震時に発生する過剰間隙水圧や地表面沈下量を低減可能であることを確認した。
- ③改良品質確認手法として、ピエゾドライブコーン試験、密度検層等が適用可能であることを確認した。
- ④密度増大による  $N$  値および液状化抵抗の増加を考慮した注入率  $A_s$  の算定方法、改良品質確認結果を用いた液状化対策効果の評価手法を構築した。
- ⑤鉄道構造物近接またはその直下地盤へ本工法を適用する際の施工法として、地表面変位量をリアル

タイムで計測しながら注入量を管理する手法を構築した。

- ⑥  $P_L=10$  程度の地盤に対して本工法を適用することで、液状化が構造物に与える影響を無視できる  $P_L<5$  まで低減させることが可能であることを確認した。本工法は、強制的に地盤を固める固結工法などとは異なり、地盤条件によって効果の程度は異なる。

本研究の一部は「国土交通省 交通運輸技術開発推進制度」により実施しました。

JCM/A

## 《参考文献》

- 1) Meyerhof, G. G.: Discussion of Session 1, Proc. of 4th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Vol. 3, pp. 110, 1957.
- 2) 財団法人技術研究センター：液状化対策としての静的圧入締固め工法技術マニュアル—コンパクショングラウチング工法, 2007.
- 3) 平間邦興：相対密度の適応に関する2・3の私見，砂の相対密度と工学的性質に関するシンポジウム発表論文集，pp. 53-56, 1979.
- 4) 鉄道構造物等設計標準・同解説 耐震設計，鉄道総合技術研究所，2012.
- 5) 水野恭男，末松直幹，奥山一典：細粒分を含む砂質地盤におけるサンドコンパクションバイブル工法の設計法，土と基礎，Vol. 35, No. 5, pp. 21-26, 1987.

## 【筆者紹介】

石橋 利倫 (いしばし としつぐ)  
(公財) 鉄道総合技術研究所  
鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室  
研究員



大西 高明 (おおにし たかあき)  
ライト工業(株)  
施工技術本部 R&D センター 材料開発部  
グループ長



滝沢 聡 (たきさわ さとし)  
東日本旅客鉄道(株)  
構造技術センター 課長  
基礎・土構造グループリーダー



井澤 淳 (いざわ じゅん)  
(公財) 鉄道総合技術研究所  
鉄道地震工学研究センター 地震動力学研究室  
主任研究員



# ICT を活用した地盤改良工法の新施工管理システム Visios-3D

菅 章 悟・鈴木 亮 彦・伊 藤 竹 史

地盤改良工事では地盤内に貫入する施工装置の動作を把握することが重要になるが、施工中は直接見ることができず、運転席のオペレーションモニターに表示される情報で施工状況を確認していた。さらに、施工記録はオシログラフや集計表の様式で、改良体ごとの帳票に出力してきたが、現場全体を視覚的に評価することは困難であった。

そこで、これらの課題を克服するために、地盤改良の施工状況を随時アニメーションで確認できる「リアルタイム施工管理システム」と、施工情報を3次元で表示できる「3次元モデル化システム」を組み合わせた「Visios-3D（ビジオス・スリーディー）」（以下「本システム」という）を開発し、実績を重ねているので紹介する。

キーワード：地盤改良，施工管理，生産性の向上，ICT，CIM，リアルタイム，3次元

## 1. はじめに

地盤改良工事では地盤内に貫入する施工装置の動作を把握することが重要になるが、施工中は直接見ることができず、運転席のオペレーションモニターに表示される情報で施工状況を確認していた。そのため、施工中のあらゆる状況の判断は、主にオペレータに委ねられることになる。そこで、施工状況をリアルタイムに、複数人が共有できる「可視化技術（見える化）」が求められた。

さらに、施工記録はオシログラフや集計表の様式で、改良体ごとの帳票に出力してきたが、現場全体を視覚的に評価することは困難であった。

これらの課題を克服するために、地盤改良工法においても ICT の導入などが図られている。本稿では、地盤改良の施工状況を随時アニメーションで確認できる「リアルタイム施工管理システム」と施工情報を3次元で表示できる「3次元モデル化システム」の機能を有する本システムを開発し、平成30年12月現在で30件以上の実績を重ねているので紹介する。

なお、本システムは機械攪拌式深層混合処理工法（CI-CMC 工法）および砂杭系工法（静的締固め砂杭工法（SAVE コンポーザー）、グラベルドレーン工法）に適用可能であり、今後随時、他の地盤改良工法にも展開していく予定である。

## 2. リアルタイム施工管理システム

### （1）システムの概要

前述したように、施工状況はオペレーションモニターに表示されるため、運転席でのみ状況確認を行っていた。そこで、クラウドを利用することで現場内や遠隔地で情報の共有・確認ができるシステムとした。図1に示すように、施工機の運転席に設置した、施工状況が表示されている画面を、クラウドを介してタブレット端末やパソコンを用いて現場内や遠隔地にいる人が施工状況を共有及び確認できる。

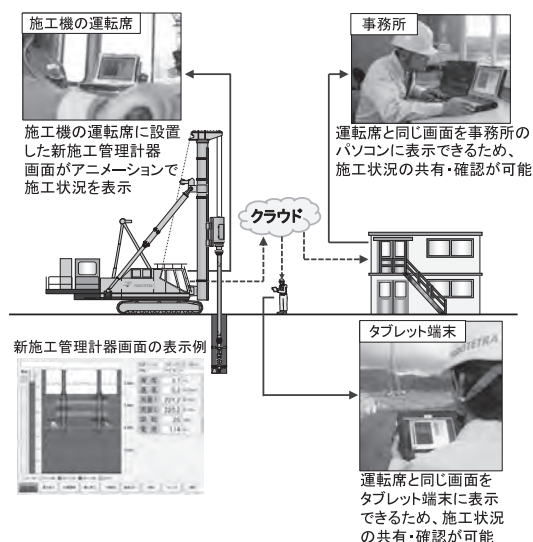


図1 リアルタイム施工管理システムの構成



## (2) システムの特徴

リアルタイム施工管理システムの特徴を下記に示す。

### (a) 施工状況の可視化

各工法のオペレーションモニターは図—2に示すようにグラフと数値のみが表示されており、施工状況を瞬時に把握することは困難であった。そこで、地盤中の施工状況をリアルタイムにアニメーション表示する管理計器（図—3）を設置することで、視覚的かつ瞬時に施工状況を把握することを可能とした。

機械攪拌式深層混合処理工法の新たな管理計器には「攪拌翼の先端深度」、「攪拌翼の貫入・引抜速度」、「セメントスラリーの流量」、「攪拌翼の回転数」、「オーガモーターの電流値（貫入抵抗）」を、砂杭系工法には「ケーシング先端の深度」、「貫入・造成速度」、「砂排出長（ $\Delta SL$ ）」を表示させ、視覚的な状況把握により適切な判断が可能となるようにした。

### (b) 施工状況の共有化

施工データをクラウド上に保存することで、タブレット端末やパソコン等を用いて、運転席に設置した新しい施工管理計器に表示される同じ情報を現場内や遠隔地にいる複数人がリアルタイムに共有、及び確認できる（図—1）。これにより、例えば支持層への到達判断など、情報の共有化を図るとともに精度の高い管理が可能となる。また、オペレーションモニターの

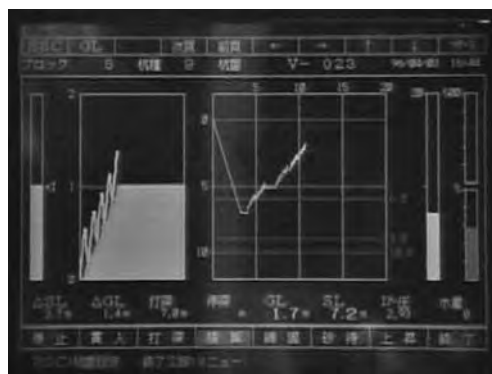
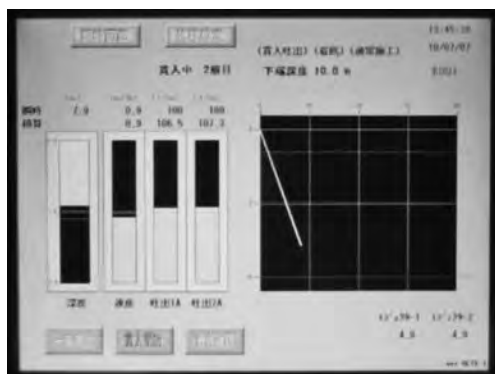
情報を確認する際は、写真—1に示すように運転席を直接覗き込む必要があったが、本システムを利用することで運転席を覗き込む必要がなくなり、施工機付近にいらなくても施工状況を確認できるため安全性の向上が期待できる。

### (c) GNSSによる施工機の誘導と位置情報の記録<sup>1)</sup>

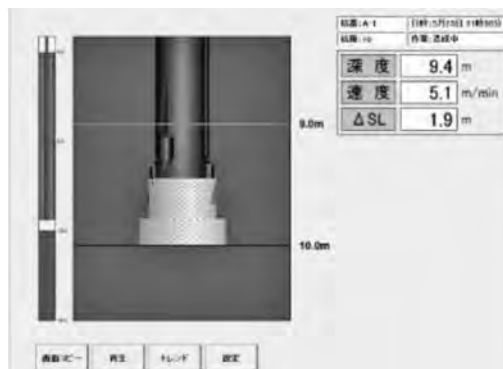
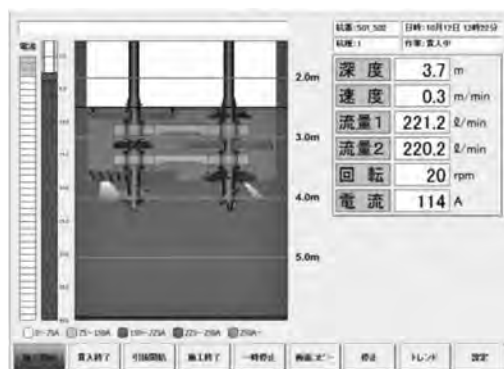
今まで、施工機の打設位置への移動は事前に杭芯測量を行い目杭を設置し、写真—2に示すように誘導員の目視によって施工機を誘導し行っていた。リアルタイム施工管理システムは、オプションとしてGNSS（全球測位衛星システム）と連動できるようになっており、打設位置の杭芯までの施工機の誘導を運転席の中のモ



写真—1 従来の施工状況の確認方法



図—2 各工法のオペレーションモニター（左：機械攪拌式深層混合処理工法、右：砂杭系工法）



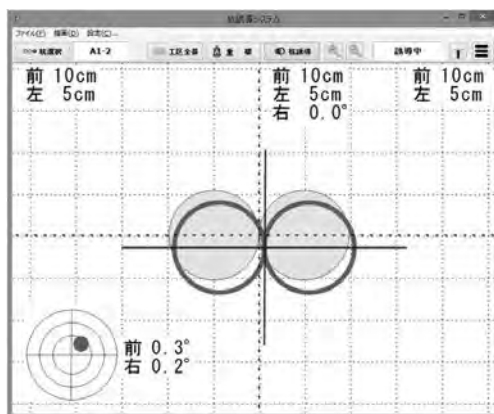
図—3 新しい施工管理計器画面（左：機械攪拌式深層混合処理工法、右：砂杭系工法）



写真一 2 施工機の誘導状況



写真一 3 GNSS 受信機設置状況



図一 4 施工機械の誘導画面例 機械攪拌式深層混合処理工法 (●: 施工位置, ○: 施工機械の位置)

ニター画面のみで行うことができる。これは、複数の電子基準点の観測データから、測量現場のごく近傍に仮定の基準点を設置し座標測定を行う VRT（仮想基準点）方式を用いて、写真一 3 に示すように施工機に設置している 2 台の GNSS 受信機から攪拌翼やケーシングの杭芯までの数値をオフセットすることで、所定の位置との差分を表示可能とした。これにより、施工機を 1 cm 単位の精度で誘導できるため（図一 4）、施工精度を格段に向上させるとともに、写真一 2 のよう

に地盤改良機付近に誘導員を配置する必要がないため安全性の向上が期待できる。

また、施工した改良体の杭頭部を掘り起こして確認していた打設位置（設計と実施工の差異）を、GNSS 座標データとして記録することができるようになった。これにより、実際に打設された位置と設計位置を対比した 2 次元平面モデルで改良体の偏芯位置を一目で確認できる。

### 3. 3 次元モデル化システム

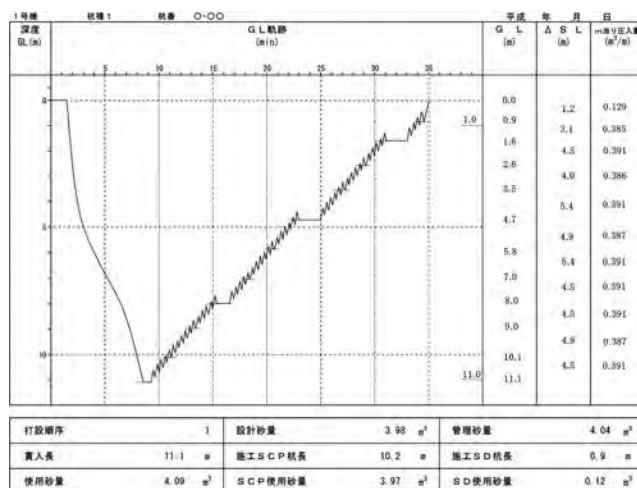
#### (1) システムの概要

これまでは、施工記録を確認する際に、平面図と打設結果表（オシログラフ（図一 5）と集計表）などの複数の資料を照し合わせる必要があり、チェック作業に多大な労力を要していた。本システムは CIM (Construction Information Modeling/Management) に適応した 3 次元モデルを作成できる機能を持つ。機械攪拌式深層混合処理工法では「各深度の電流値」「スラリー量」「回転数」等の施工結果を、砂杭系工法では「造成砂杭の適切な材料投入量（砂排出長）」等の施工結果を図一 6 に示すように色分け表示することで、現場全体の施工記録を視覚的に表現することが可能となった。

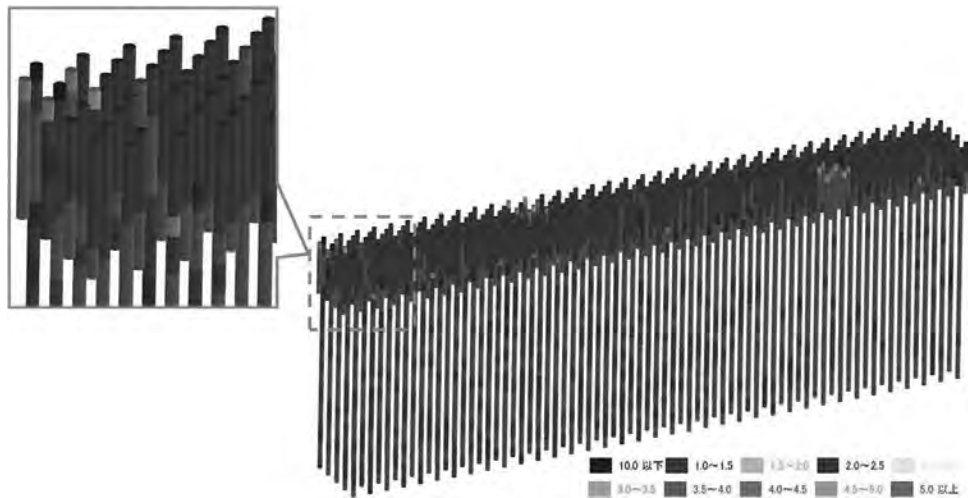
#### (2) 適用事例

ここでは、盛土の沈下安定対策工事において CIMC 工法で施工が行われ、その際に本システムを適用した事例を示す。本工事は良質な地層を支持層とし着底施工を行った。施工するにあたっては着底層が傾斜している区間があったことから確実な施工管理が必要であった。

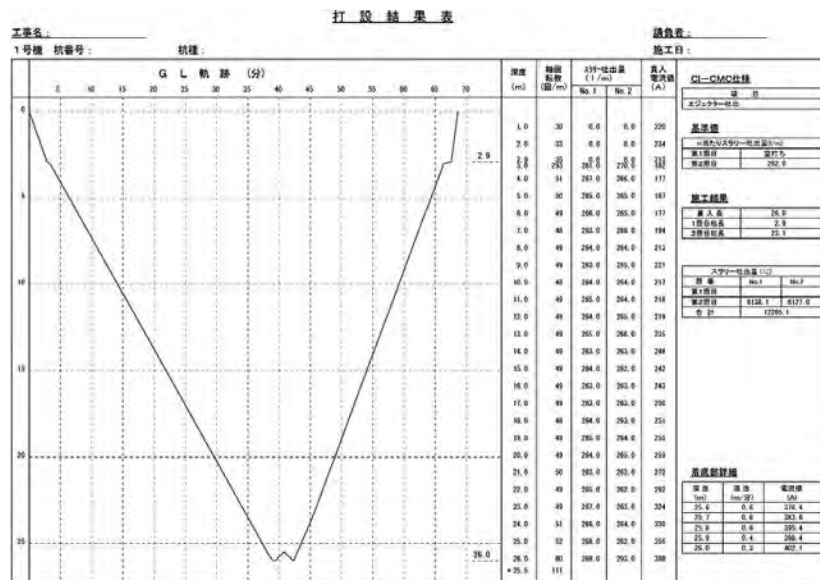
着底施工を行う場合は、一般的に事前に貫入試験を



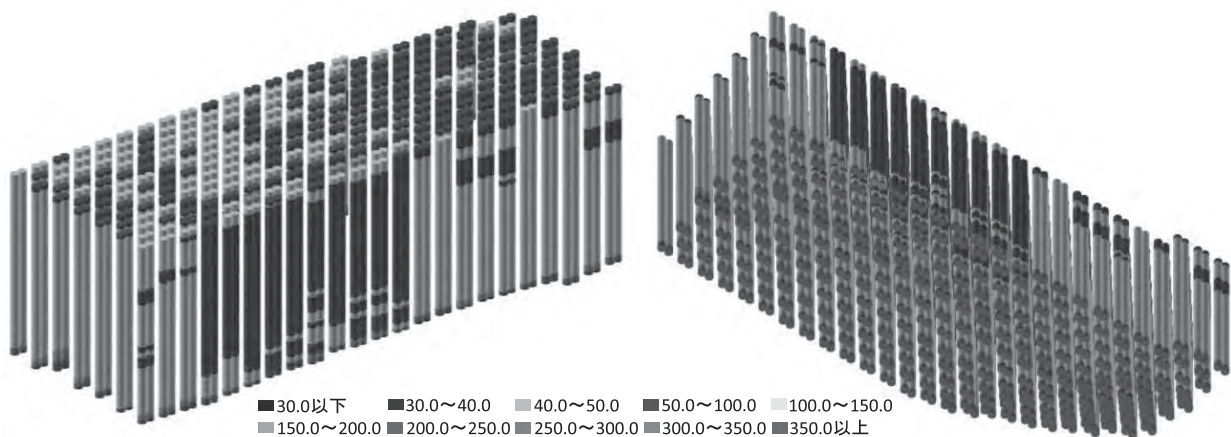
図一 5 オシログラフの例（静的締固め砂杭工法）



図一六 3次元モデルの図化例（静的締固め砂杭工法）



図一七 オシログラフの例（機械攪拌式深層混合処理工法）



図一八 3次元モデル図（機械攪拌式深層混合処理工法）

行う。貫入試験は、事前ボーリング位置にできるだけ近い位置で、貫入速度を本工事仕様の速度に設定して実施し、ボーリング柱状図と着底管理指標（オーガー

の負荷、貫入速度等）を比べ、支持地盤への着底と認められる着底管理指標を決定する。本工事では貫入試験から得られた電流値の大きさで着底を判断した。



施工中は前述したようにオペレーションモニターや新しい施工管理計器画面に表示された電流値の大きさを見て着底を判断する。施工完了後に各杭の着底を確認する場合は、従来では図—7に示すオシログラフを1枚1枚確認することとなる。図—8に3次元モデル化システムを用いて各深度の電流値の値を色分け表示して作成した3次元モデル図を示す。本稿では着底基準となる電流値以上の値を赤色となるように設定し表示している。3次元モデル図は改良体を自由な角度で表示できるため、図—8に示すように下方から捉えることで、一目で支持層への着底到達の妥当性を確認でき、省力化しながら確実な管理ができた。

なお、図—8では全ての改良体を表示しているが施工日などを指定することで指定した日のみの改良体を表示するなど、一部の改良体のみを表示することも可能である。

#### 4. おわりに

本稿では、新たに開発した施工管理システムである「リアルタイム施工管理システム」と「3次元モデル化システム」を組み合わせた本システム「Visios-3D」の特徴および適用事例について紹介した。

現在、建設業界では熟練作業員の高齢化や少子化に伴う若手技術者の減少が懸念されており、国土交通省は生産性向上、業務の効率化を目的として情報化施工

やCIMの積極的な導入による「i-Construction」を推進している。

本システムを用いることで、信頼性の高い地盤改良が提供できることの他に、業務の効率化による生産性の向上が期待できる。

JCM A

#### 《参考文献》

- 1) 国土交通省新技術情報提供システム (NETIS) : 地盤改良機誘導システム, No.CG-120020-VE, 2016.

#### 【筆者紹介】

菅 章悟 (すが しょうご)  
(株)不動テトラ  
地盤事業本部 技術部 技術企画課



鈴木 亮彦 (すずき あきひこ)  
(株)不動テトラ  
地盤事業本部  
ICT推進室長



伊藤 竹史 (いとう たけし)  
(株)不動テトラ  
地盤事業本部 技術部  
技術企画課長



# ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いた のり面表層保護工

## GT フレーム工法<sup>®</sup>の開発と適用事例

森 本 泰 樹・吉 野 英 次

豪雨や地震などによる防災対策とともに環境保全が強く求められる中、がけ地や斜面・のり面の崩壊対策には、これまで鉄筋とモルタル・コンクリートを用いて造成される吹付のり枠工が主流であった。今回紹介する吹付のり枠工は、こうした従来工法と全く発想の異なる新技術工法であり、のり枠の主要部材に盛土の補強土工などで使用されるジオグリッドと短繊維混合補強土を利用してのり枠構造を形成する「GT フレーム工法」である。本工法の最大の特長は、剛なモルタル吹付のり枠工とは異なり、ジオグリッドと短繊維混合補強土を組み合わせた柔なのり枠構造としたことで、ねばり強くのり面の表層崩壊を防止するとともに、のり枠面も含めた全面緑化が可能で優れた景観性が得られることである。こうした本工法の特長は、広く認識されつつあり、着実に実績を上げている。ここでは、本工法の概要とともに、基本的な強度特性について示す。また、本工法の特長による利点・効果を活かした適用事例を紹介する。

キーワード：のり面保護、吹付のり枠工、全面緑化、景観保全、施工性向上

### 1. はじめに

近年、集中豪雨や大規模地震などにより斜面災害が発生しており、その対策工事として、吹付のり枠工によるのり面保護対策が各所で施工されている。吹付のり枠工は、切土のり面および自然斜面の表層の侵食や小規模なすべり崩壊防止を主な目的として適用される工法であり、ユニット式の金網型枠に鉄筋を配筋し、そこへモルタルまたはコンクリートを吹付けて造成するのり枠構造をしたものが一般的である<sup>1)</sup>。今回紹介する「GT フレーム工法（以下、本工法という）」ものり面保護工の分類ではのり枠工に位置付けられるものであるが、本工法は、従来ののり枠構造とは異なり、盛土の補強土工などで用いられるジオグリッドや短繊維混合補強土をのり枠の主要部材として用いた構造を特徴としている。ここでは、本工法の概要や性能確認試験、適用事例について示す。

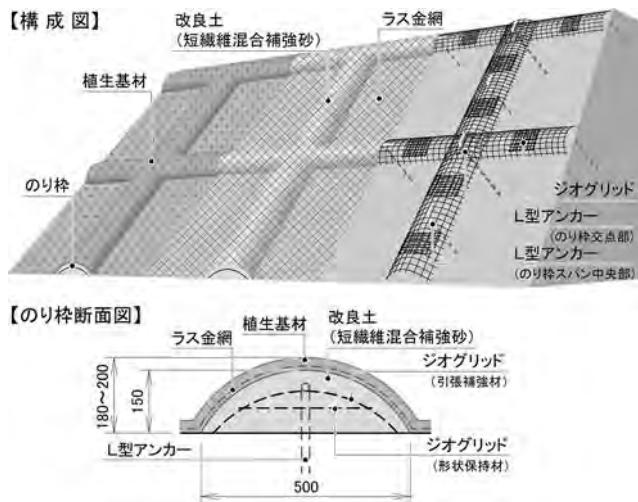
### 2. 本工法の概要<sup>2)</sup>

#### (1) のり枠の構成とその効果

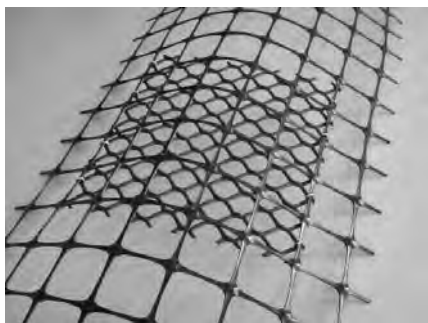
本工法の構成を図—1に示す。本工法ののり枠は、半円弧状に加工・組立した高密度ポリエチレン製のジオグリッドに、砂質土と短繊維、少量のセメント、水を混合した短繊維混合補強砂（以下、改良土という）

を吹付けて造成される（写真—1）。こうした組み合わせののり枠構成により、ジオグリッドと改良土の強度特性が効果的に機能することで柔なのり枠構造となり、のり面表層の安定に必要なねばり強さを発現する。また、のり枠は、植物が生育できる材料で構成されることから、表面に緑化工を施すことで、のり枠面も含めた全面緑化が可能となり、周辺景観と調和した緑豊かなのり面を造成することができる（写真—2）。

使用材料は、軽量で扱いやすく、斜面上での作業が良好であることから、安全性・施工性が向上するとともに、工期、工費の面でも改善効果が期待できる。



図—1 本工法の概要図



ジオグリッド



短繊維

写真—1 使用材料

そのほか、耐候性・耐薬品性といった高耐久性材料を使用することで、モルタル吹付などで懸念されるひび割れ発生による鉄筋の腐食などがなく、耐久性に優れた工法として期待できることや、現場で発生する廃棄物量を大幅に削減できることで、環境負荷の低減効果が上がる。



写真—2 全面緑化で景観保全に貢献

## (2) 施工方法

本工法の施工手順を写真—3に示す。

### ①芯出し工

のり枠が所定の位置に造成できるように、ロープなどでマーキングを行う。

### ②ジオグリッド設置工

のり面にジオグリッドを格子状に配置し、のり枠断面が半円弧状になるように加工・組立を行う。ジオグリッドは、フレキシブルであるため、斜面の凹凸がある場合でもなじみよく設置が可能である。

### ③L型アンカー工

のり枠の交点部および中央部の位置にL型アンカーを打込みまたは削孔後に打設する。



①芯出し工



②ジオグリッド設置工



③L型アンカー工



④改良土吹付工



⑤ラス張工



⑥植生基材吹付工

写真—3 施工手順



#### ④改良土吹付工

改良土を半円弧状のジオグリッド上面から充填するように吹付けて、所定の形状ののり枠を造成する。吹付作業に使用する機械は、汎用されている通常の吹付プラントで施工可能である。

#### ⑤ラス張工

ラス金網をのり面全体に敷設し、アンカーピンを用いて固定する。

#### ⑥植生基材吹付工

のり枠上面、枠内を含む全面に対して植生基材を所定の厚さに吹付ける。

以上、①～⑥の施工手順を踏まえ、本工法は完成する。

### (3) 設計方法

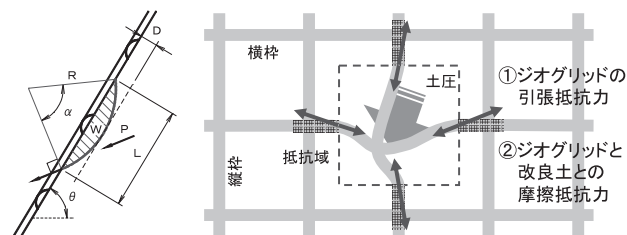
本工法は、切土・盛土のり面や自然斜面における表層部の侵食防止や緑化のための安定した生育基盤の保持を目的とする。また、設計計算により安全性の照査を行った場合は、小規模な表層すべりの抑制工として適用することができる。本工法の適用については、緑化工との併用を前提とするため、植物の生育が可能な条件(土質や勾配など)を考慮する必要がある(表—1)。

表—1 適用範囲

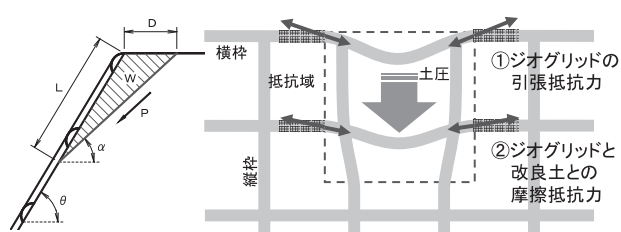
| 項 目         | 適 用 範 囲                                                                                                      |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 目 的         | のり面・斜面における表層部の侵食防止<br>生育基盤の安定および生育環境の整備<br>のり面・斜面における小規模な表層すべりの抑制<br>(すべり深さ 0.5 ～ 1.5 m 程度、すべり長さ 4.0 m 程度まで) |
| のり面の<br>勾 配 | 1 : 0.5 ～ 1 : 2.0 程度<br>(安定したのり面勾配とする)                                                                       |
| 対象土質        | 砂質土、粘性土、礫混じり土、軟岩                                                                                             |

本工法を小規模な表層すべりの抑制工として適用する場合は、図—2 に示すように、のり面の中間部では円弧状のすべり土塊の抜け出し荷重に対して縦枠と横枠で受け持つ設計モデルを、また、のり肩部では直線的なすべり土塊の抜け出し荷重に対して横枠のみで受け持つ設計モデルを仮定し、のり枠の安全性を照査する設計を行う。その際、柔なのり枠としての特徴を踏まえ、①作用荷重に応じたのり枠の変形に伴ってジオグリッドに発生する引張力がジオグリッドの設計引張抵抗力を超えないこと、②ジオグリッドに発生する引張力に対して、抵抗域に位置するジオグリッドと改良土との摩擦抵抗力が十分に発揮できる定着長を有していることの2項を検証し、のり枠(縦枠、横枠)の適正な配置間隔を決定する。

【のり面中間部での表層すべり】



【のり肩部での表層すべり】



図—2 のり枠による表層すべりの抑制効果

### 3. 性能確認試験<sup>3)</sup>

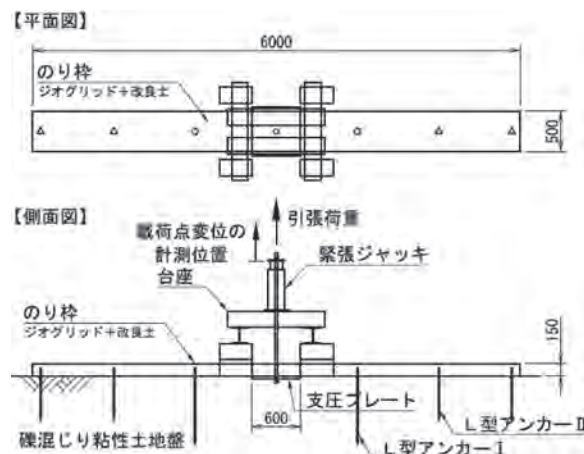
のり枠の強度特性を確認するため、以下に示す試験を行った。詳細については、文献3)を参照されたい。

#### (1) のり枠の鉛直方向引張抵抗力試験

のり面からのすべり力がのり枠に作用したときに発生する引張力に対して、ジオグリッドの引張耐力によって抵抗する効果を確認するため、図—3、4に示す試験を実施した。

試験方法は、供試体の下に設置した支圧プレートを緊張ジャッキにより引き上げて鉛直方向の変位を作用させ、載荷点での変位と荷重を計測した。

その結果、図—5に示すように荷重—載荷点変位の関係は、設計抵抗力(Pd)の推移と比較的近い対



図—3 供試体の概要図

$$Pd = \frac{8 \cdot T \cdot f \cdot \cos \zeta}{L}$$

ここに、  
 Pd : ジオグリッドによる設計抵抗力  
 L : 鉛直変形範囲 (3.0m)  
 f : 載荷点変位量  
 T : ジオグリッドの引張抵抗力  
 ζ : ジオグリッドの偏角

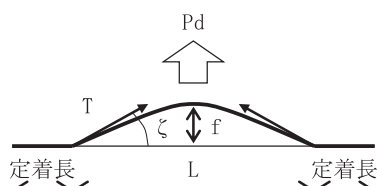


図-4 設計により求められる設計抵抗力 (Pd)

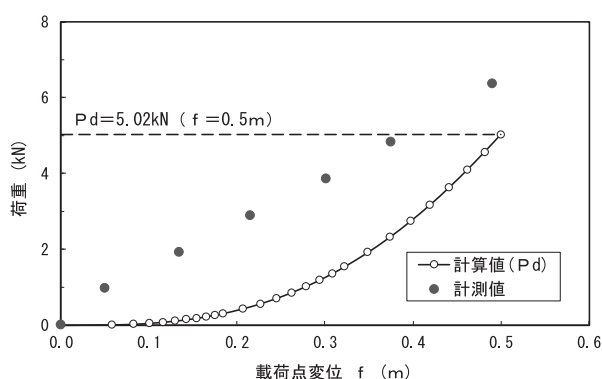


図-5 荷重-載荷点変位の関係

応を示すとともに、載荷過程において設計抵抗力 (Pd) を上回っており、高い引張抵抗力を示すことが確認された。最大変位では、ジオグリッドの破断や改良土の剥離などが認められず、ジオグリッドと改良土は一体で挙動することを確認した。

## (2) のり枠の水平方向引張抵抗力試験

すべり力により生じる引張力に対して、ジオグリッドがのり枠内の改良土に定着されるとともに、のり枠と基礎地盤とが必要な水平方向の引張抵抗力を有していることを確認するため、図-6に示す試験を行った。

試験方法は、ワイヤー式レバーホイスによりジオ

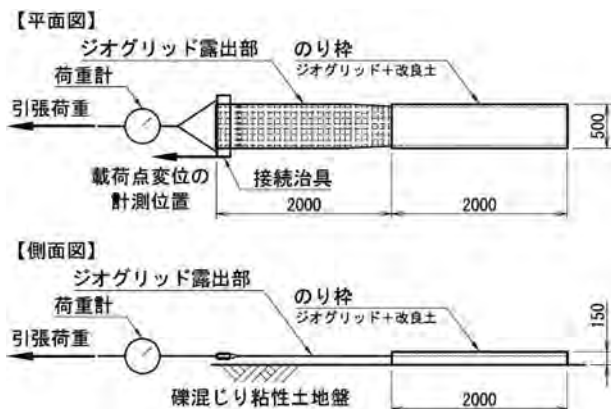


図-6 供試体の概要図

グリッドに水平方向の引張荷重を作用させ、載荷点での変位と荷重を計測した。

ジオグリッドは、図-7に示すように設計引張抵抗力 (Tpd) 以上で破断したことから、ジオグリッドがのり枠から抜け出すことなく改良土内に定着されるとともに、のり枠と基礎地盤とが水平方向の引張に対し抵抗できることを確認した。

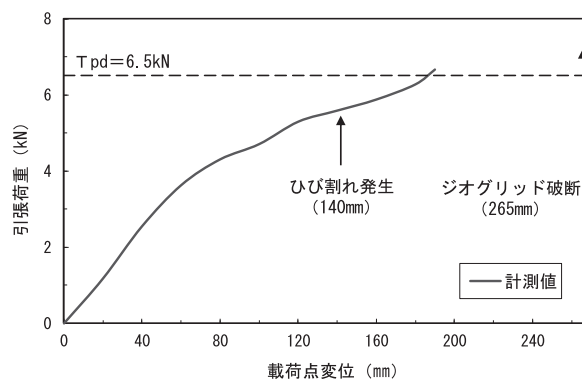


図-7 荷重-載荷点変位

## 4. 適用事例

本工法は、従来工法に比べ、景観性や施工性、工期・工費の面などで優れた活用の効果が期待できる。こうした本工法の特長を活かした適用事例を以下に紹介する。

### (1) 周辺景観に配慮した適用事例

本現場は、国立公園内に位置する国道沿いの切土のり面対策工事であり、全面緑化による景観保全を目的としたのり面保護工として本工法が採用された。国立公園内であるため、特に自然環境の保全や周辺景観との調和を目的に在来種の種子配合 (ススキ、ヨモギなど) による緑化を行った。施工後 11 年が経過した状



写真-4 周辺環境に配慮した施工事例

況では、在来種に加え現地の侵入植物の生育も確認できるなど、周辺と調和した緑豊かなのり面が形成されている（写真—4）。

## （2）高所位置の厳しい現場条件で施工した事例

本現場は、地震により崩壊した山腹斜面の復旧対策工事である。施工箇所が直高120 mの高所位置であり、施工にあたっては厳しい現場条件である（写真—5）。

本工法の使用材料は、軽量・コンパクトであるので、高所までの材料運搬や斜面上での作業が容易となり、施工性が向上する。また、吹付け材は、圧送性や吐出性が良好な改良土を使用するため、吹付プラント位置から高所・長距離でも施工が可能となり、従来のモルタル吹付で必要となる専用機械や仮設対策が省略でき、施工性の向上、工費縮減に貢献する。



写真—5 高所位置の山腹斜面での施工事例

## 5. おわりに

本稿では盛土の補強土工などで用いられている技術をのり面保護分野に利用して開発した吹付のり砕工法を紹介した。本工法「GT フレーム工法」は、2006年の開発から、全国の道路、急傾斜地、治山工事などののり面对策現場で施工されており、これまでに1100件以上の実績を有している。国土交通省では、本工法の優れた活用の効果が評価されており、国土交通省が運用する新技術情報提供システム（NETIS）において「平成30年度 推奨技術」に選定されている。

本工法が安全安心・緑豊かな国土形成に貢献できる技術として、今後も多くの現場で採用されることを期待する。

J|C|MA

### 《参考文献》

- 1) (公社) 日本道路協会：道路土工一切土工・斜面安定工指針，2009.6
- 2) (一財) 土木研究センター：のり面表層保護工「GT フレーム工法<sup>®</sup>」設計・施工マニュアル（改訂版），2018.11
- 3) (一財) 土木研究センター：建設技術審査証明報告書（建技審証 第0902号）ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工「GT フレーム工法<sup>®</sup>」，2016.4

### 〔筆者紹介〕

森本 泰樹（もりもと たいき）  
イビデングリーンテック(株)  
法面事業本部 関東支店 設計課  
課長



吉野 英次（よしの えいじ）  
イビデングリーンテック(株)  
企画管理本部 安全環境部  
部長





# 樹脂製受圧板を用いた地山補強土工の凍上対策に関する検討

山 岸 昂 平

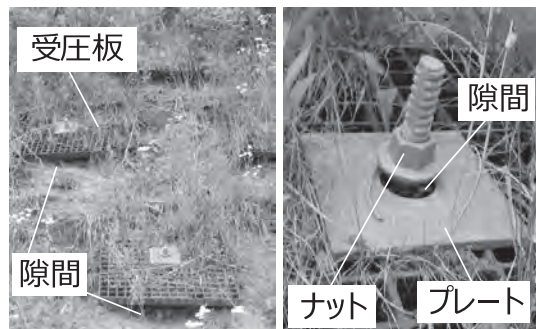
地山補強土工はプレストレスを与えない補強材を斜面内に配置し、地山との相互作用によって切土斜面や自然斜面の補強を図る代表的な工法であり、一般にのり面工と併用される。北海道のような積雪寒冷地では主にのり面工に作用する凍上力が原因となった地山補強土工の被害事例が報告されており、中にはその健全性が損なわれていることが懸念されるものも存在する。そこで本研究では、比較的剛性の小さい樹脂製の独立受圧板を使用した地山補強土工を試験施工し、断熱材や連続繊維補強土工と併用することによって、地山補強土工の凍上被害を軽減する方法について詳細に検討した。

キーワード：地山補強土工、凍上、受圧板、断熱材、連続繊維補強土

## 1. はじめに

地山補強土工はプレストレスを与えない補強材を斜面内に配置し、地山との相互作用によって切土斜面や自然斜面の補強を図る工法であり、日本では鉄筋のように細長比が大きく、曲げ剛性の小さい補強材を用いたネーリングが主流となっている<sup>1)</sup>。一般に、地山補強土工はのり面工と併用され、のり面工には連続的な吹付のり枠等が採用されることが多いが、形状や材質が異なる数多くの独立受圧板も開発されている。

写真—1は北海道内で撮影されたのり面工として独立受圧板が採用された地山補強土工の一例である。固定するプレートとナットが大きく離れ、受圧板と地山との間に多くの隙間も見られることから、凍上力によって補強材が引き抜けた可能性がある。北海道内では同様な事例が他にも報告されており<sup>2)</sup>、中には地山補強土工としての健全性が損なわれているものも少なからず存在すると考えられる。



写真—1 独立受圧板が採用された地山補強土工の一例

このような背景もあり、筆者らは変形によって補強材に作用する凍上力の緩和が期待される樹脂製の独立受圧板を基本とした地山補強土工を、2015年11月に北見工業大学敷地内の平地部分に試験施工し、地盤の凍結融解に伴う補強材や受圧板の挙動を比較検討した<sup>3)</sup>。この屋外実験の結果、剛性の低いプラスチック製の受圧板を用いることで、受圧板や補強材に作用する凍上力を軽減できることが分かった。また、地盤の凍結に伴う受圧板の損傷や補強材の引抜けを防ぐためには、凍結深を抑制する断熱対策が効果的であると分かった。その他、この実験結果の詳細については参考文献3)を参照されたい。

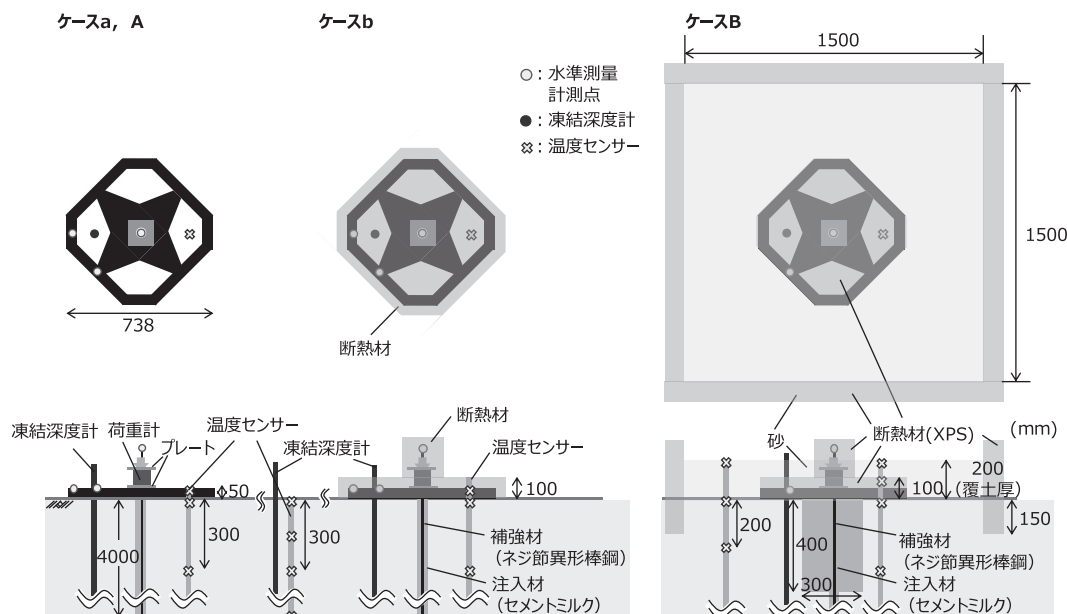
そこで本研究では、まず発泡ウレタンによる断熱対策のみを施した樹脂性の独立受圧板を用いた地山補強土工を施工し、断熱対策の効果検証を行った。その上で、連続繊維補強土工との併用を前提とし、断熱による凍上対策を施した樹脂製の独立受圧板を用いた屋外実験を行った。

本報告ではこれらの試験方法や試験結果について示すとともに、本試験の計測結果に基づいた二次元熱伝導解析による寒冷環境に応じた最適断熱材の設置範囲や厚さの検討と、これらの結果を踏まえて新たに実施している屋外実験についても報告する。

## 2. 断熱効果を検証するための屋外実験

### (1) 対策効果の検証を目的とした試験の概要

図—1は北見工業大学敷地内の平地部分に施工し



図一 断熱材ならびに断熱材と連続繊維補強土を想定した覆土とを併用した試験施工の概略図<sup>4)</sup>

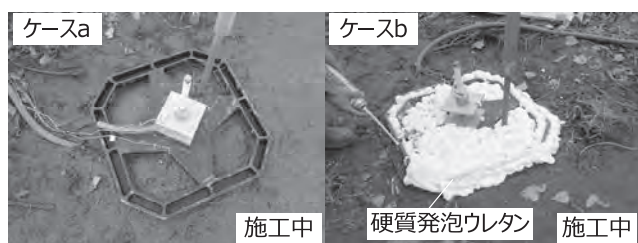
た、断熱材ならびに断熱材と連続繊維補強土を想定した覆土とを併用した凍上対策の効果検証を目的とした試験の概略図である。試験は2016年11月～2017年6月、2017年11月～2018年6月の2期間で行っており、前者の期間では断熱対策のみによる効果検証を目的とした2ケース（ケースa, b）、後者の期間では先の結果を踏まえて、断熱材と覆土を併用した対策効果の検証を目的とした2ケースの試験（ケースA, B）を行った。

写真—2は2016年11月～2017年6月の期間に実施した試験における施工時の様子を示したものである。ケースaは凍上力の緩和を期待して比較的剛性の小さいポリプロピレン製の独立受圧板を用いており、その上に金属製のプレートとセンターホール型の荷重計を設置して補強材と連結している。ケースbは断熱対策として一液式硬質発泡ウレタンを厚さが5 cm程度となるよう受圧板周辺に吹き付けた。また、いずれのケースにおいても、補強材はネジ節異形棒鋼（D19）であり、直径5 cm、深さ4 mで削孔し、注入材（セメントミルク）を入れた後に補強材を挿入して一体化した。

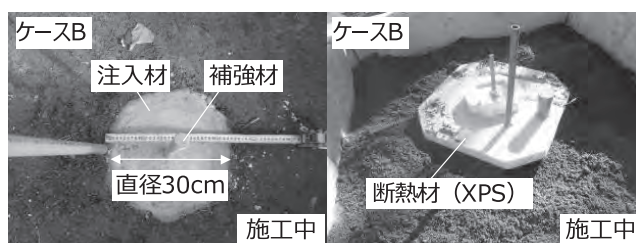
写真—3は2017年11月～2018年6月の期間に実施した試験における施工時の様子を示したものである。ケースAについては先述のケースaで使った補強材に同質の受圧板を新たに設置し、構造も先述したケースaと同じとしている。ケースBについては、予め補強材周辺を直径が約30 cmとなるよう深さ40 cmまで掘削し、注入材（セメントミルク）を入れて先述のケースbで使った補強材と一体化させている。これについては、2015年11月に実施した、注入材の影響を把握した試験ケースの結果<sup>3)</sup>を踏まえて、受圧板直下での最大凍結深程度までは注入材の直径を大きくすることで、これに伴う付着力が増大して受圧板の変形が抑制されるかどうかを検証するために行っている。そして、開口部と上部に厚さ5 cmの断熱材（XPS）を設置した受圧板を補強材と連結した後、原地盤の地表面からの覆土厚が20 cmとなるよう、補強材周辺150 cm角の範囲に砂質土を投入した。

## (2) 試験結果の比較と対策効果の検証

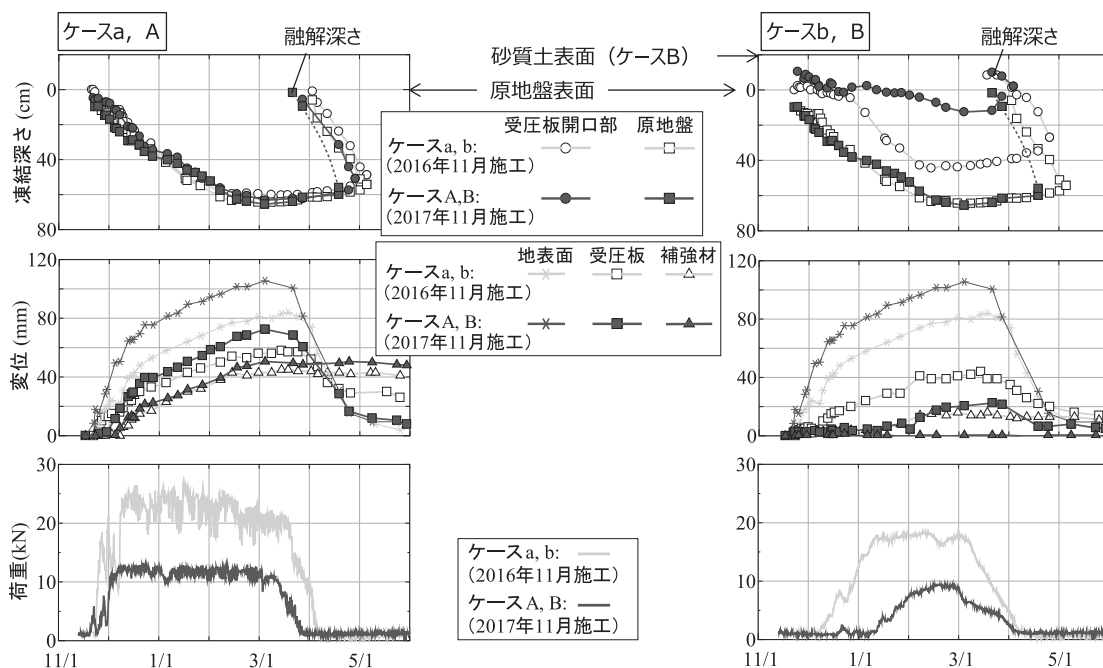
図—2はそれぞれの期間における2ケースの試験結果を比較したものである。



写真—2 2016年11月～2017年6月に行った施工の様子<sup>4)</sup>



写真—3 2017年11月～2018年6月に行った施工の様子<sup>4)</sup>



図一 断熱材ならびに断熱材と連続繊維補強土を想定した覆土とを併用した試験施工の計測結果<sup>4)</sup>

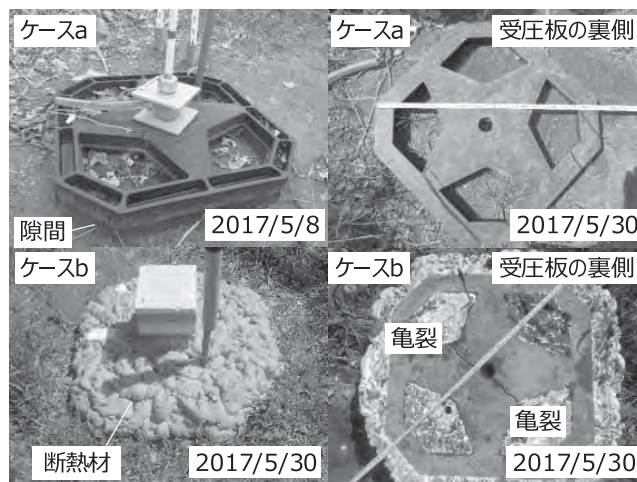
2016年11月～2017年6月の期間に行ったケース a, b の試験結果（中抜き記号）に着目すると、いずれのケースにおいても荷重がほぼ0となった融解後の補強材は凍結前よりも高い位置にあり、結果的に補強材が抜け上がったことが分かる。

未対策のケース a については、11月中旬から凍結深さが増加しており、これとともに荷重が急増し、受圧板端部の変形も始まっていることが分かる。また、補強材は12月初旬から引き抜け始めており、そこから荷重の増加も緩慢になっている。また、融解後には受圧板が部分的に地表面から浮いているが、受圧板の損傷は確認されなかった。

断熱対策を行ったケース b では、ケース a に比べて凍結深さの進行は抑制されているが、12月初旬からわずかに地表面（原地盤）以深となり、これに伴って荷重の増加や受圧板端部の変形が生じ始めていることが分かる。一方、補強材については1月中旬まで引き抜け変位はほとんど確認できず、受圧板に作用した最大荷重もケース a に比べて小さいことを考えると、引き抜けや作用する凍上力の軽減に対して断熱対策が効果的であることが分かる。しかしながら、端部の変位に比べて補強材の引き抜け量が小さいことで、これらの変位差はケース a に比べて大きくなっている。これについては、受圧板周辺にのみ断熱材が設置されていることで、補強材周辺と端部で凍結深さが大きく異なっているためだと考えられ、受圧板端部の直下では図一 2 に示す計測結果よりも早い段階で大きな凍結深さになっていたと推察される。

写真一 4 は計測終了後（2017年5月）に撮影したケース a, b の受圧板であり、上述の内容を裏付けるように、ケース b の受圧板の裏側には先述した変位差による曲げ変形が原因だと考えられる亀裂が確認された。また、先述したようにケース a の受圧板は損傷していないことが分かる。

次に、図一 2 中における 2017 年 11 月～2018 年 6 月の期間に行ったケース A, B の試験結果（中塗り記号）に着目すると、前年と凍結指数が大きく変わらなかったこともあり、地表面（原地盤）の凍結深さは前年とほぼ同様に推移しているが、凍上変位については近傍の積雪や除雪頻度の違いによって多少異なっている。未対策のケース A については、補強材、受圧板端部の変位は同時期のケース a と同程度であるにも関



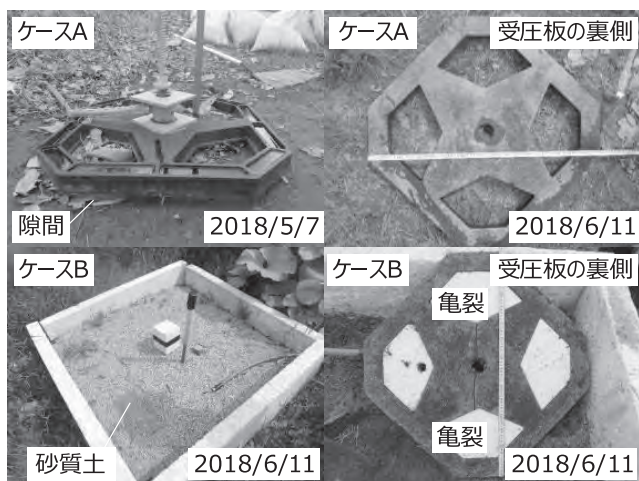
写真一 4 計測終了後ケース a, b の受圧板<sup>4)</sup>



わらず、受圧板に作用している荷重は明らかにケース Aの方が小さい。これは前年の試験（ケース a）で凍上力によって補強材が引き抜けたことで、注入材と周辺土との付着力が低減し、小さな凍上力でも補強材の引き抜けが生じやすくなっていることを意味していると考えられ、引き抜き抵抗力が低下していることが懸念される。また、前年と同様に融解後に受圧板が部分的に地表面から浮いているが、受圧板の損傷は確認されなかった。

一方、ケース Bについては、ケース Aに比べて凍結深さの進行は抑制されているが、1月中旬からわずかに地表面で深となり、これに伴って荷重の増加や受圧板端部の変形が生じていることが分かる。ただし、補強材について変位は全く生じておらず、断熱材と覆土の併用は補強材の引き抜けに対して効果的であったと考えられる。

写真—5は計測終了後(2018年6月)に撮影したケース A, Bの受圧板である。前年に行った試験施工と同様に、受圧板端部の直下では図—2に示す計測結果よりも大きな凍結深さになっていたと考えられる。また、結果的に補強材と受圧板の変位差が20 mm程度になっていることもあり、ケース Bの受圧板の裏側には補強材の引き抜け量と受圧板端部の変位差による曲げ変形が原因だと考えられる亀裂が確認された。先述したように、ケース Bでは凍上変位を抑制する効果を期待して深さ40 cmまで注入材径を大きくしたが、結果的に受圧板が損傷したことを考えると、抑制効果はそれほど大きくないと理解できる。よって、以上の結果を踏まえると、凍上による受圧板の損傷を抑制するためには、受圧板端部直下の凍結深さを限りなく0に近くすることが最も重要であると考えられる。



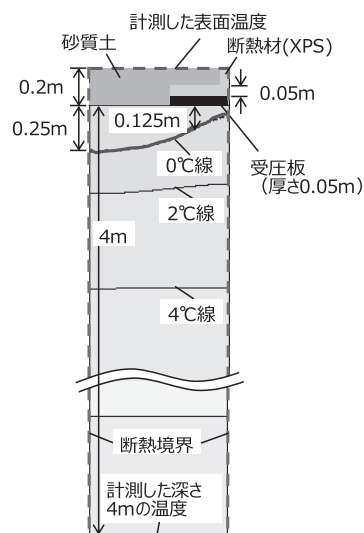
写真—5 計測終了後ケース A, Bの受圧板<sup>4)</sup>

### 3. 寒冷環境に応じた凍上対策

#### (1) 二次元熱伝導解析モデルの作成

施工場所の寒冷環境に応じて、受圧板端部直下の凍結深さが0になるような断熱材の厚さや覆土厚を決定するため、2017年11月～2018年6月の期間にケース Bで計測された結果を基にして、二次元熱伝導解析モデルを構築した。

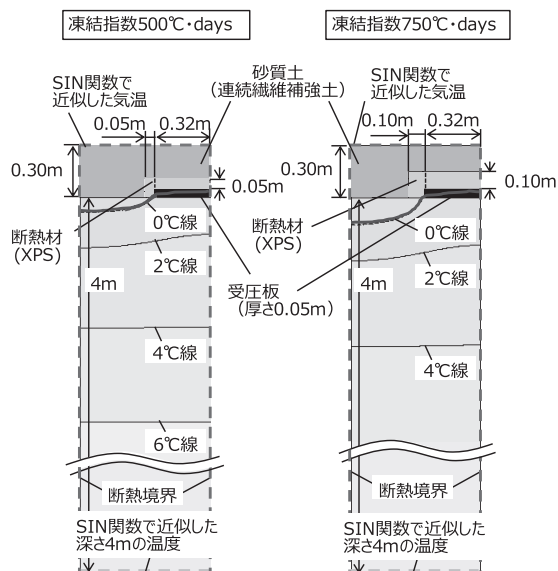
図—3は構築したモデルを用いた解析結果であり、0℃線の位置が砂層の表面から最も深くなった時期を示している。断熱材や受圧板の熱物性値は過去の研究成果を参考にし<sup>5)</sup>、砂や原地盤は基本的に乾燥密度と含水比から算出可能なKersten<sup>6)</sup>と伊福部<sup>7)</sup>による提案式に従ったが、受圧板直下における実測の凍結深さ(0.125 m)やその推移が解析結果とできるだけ近似するように、砂質土と原地盤の熱物性値を調整した。解析モデルの寸法は幅0.75 m(左右対称のため実際の半分)、深さ4 mとし、側面は断熱境界、地表面は実測の温度、深さ4 mにも近傍で計測した実測の温度を入力した。また、解析モデル内の受圧板寸法は実際に使用したものと等しく、幅0.32 m(左右対称のため実際の半分)、厚さ0.05 mである。さらに、補強材周辺は十分に断熱されていることも考慮し、モルタルや鉄筋といった要素は作成していない。



図—3 構築した二次元熱伝導解析モデル<sup>4)</sup>

#### (2) 寒冷環境に応じた断熱材厚と覆土厚の検討

図—4は先述した解析モデルを用いて、所定の凍結指数(500, 750℃・days)となるような表面温度を与えた時の、断熱材と覆土の厚さを検討した結果を示したものである。解析モデルに与えた表面温度は北海道北見市の過去40年間における日平均気温をSIN関



図一4 凍結指数に応じた断熱材厚と覆土厚の検討<sup>4)</sup>

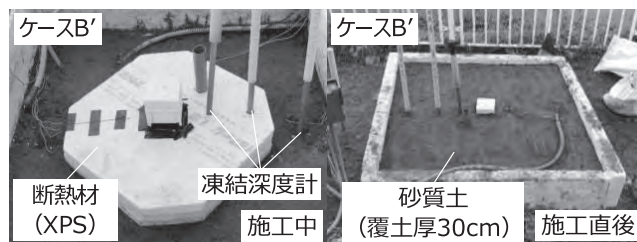
数で近似し、所定の凍結指数 (500, 750 °C・days) となるよう、切片のみを変化させた SIN 関数から計算された日平均気温とし、深さ 4m には先述した実測の地中温度を近似した SIN 関数から計算された温度を与えている。また、初期温度分布 (定常解析) が解析結果に与える影響を小さくする目的で、10 年間分の温度変化 (非定常解析) を与えた上で比較検討している。

結果的に、凍結指数 500 °C・days であれば、受圧板周辺に設置する断熱材の厚さを 0.05 m、750 °C・days であれば、断熱材の厚さを 0.1 m とし、覆土厚を大きくすることで受圧板端部直下の凍結を抑制できることが分かった。

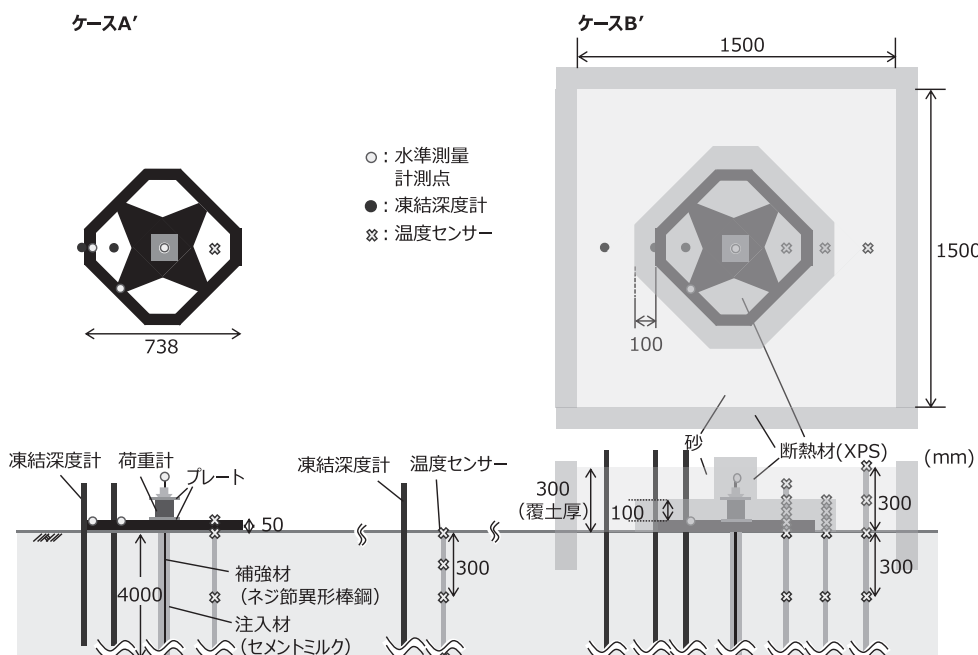
砂質土や原地盤の熱物性値や凍結指数の大きさによっては、原地盤 (地山) の全面断熱が必要となる可能性もあるが、2017 年 11 月からの凍結指数は 874 °C・days であったのに対し、実測の表面温度は日射やわずかな積雪の影響などによって 570 °C・days 相当であった。また、実際には植生基材や植生、更には積雪による断熱効果があることなどを考えると、かなり厳しい寒冷環境であっても、図一4に示した受圧板周辺の断熱と覆土を組み合わせただけで十分だと考えられる。

#### 4. 熱伝導解析結果に基づいた屋外実験

先述した二次元熱伝導解析結果を踏まえて、図一5に示すように先述のケース A, B と同じ施工場所で、断熱材厚や覆土厚を変更することによる効果検証を目的とした 2 ケース (ケース A', B') を試験施工し、2018 年 11 月から先述した試験施工と同様な計測を行った。写真一6 は 2018 年 11 月～2019 年 1 月初旬まで実施している屋外実験の様子を示したものである。ケース A' については先述のケース a, A で使用



写真一6 2018 年 11 月～2019 年 1 月初旬までの屋外実験の様子



図一5 2018 年 11 月～2019 年 1 月初旬までに行っている試験施工の概略図

した補強材に同質の受圧板を新たに設置し、構造も先述したケース a, A と同じとしている。ケース B' については、2017 年 11 月からの実測の表面温度から得られた凍結指数は  $570^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$  相当であったことから、図—4 に示す凍結指数  $750^{\circ}\text{C} \cdot \text{days}$  における断熱材厚 (0.1 m) と覆土厚 (0.05 m) の組み合わせであれば、受圧板端部直下の凍結を抑制できると判断し、受圧板上部と外側に厚さ 10 cm の断熱材 (XPS) を設置した。また、原地盤の地表面からの覆土厚が 30 cm となるよう、補強材周辺 150 cm 角の範囲に砂質土を投入した。なお、前年度に拡張した注入材は解体し、補強材周辺の注入材は直径 5 cm に統一している。

図—6 は計測を開始した 2018 年 11 月から 2019 年 1 月初旬までの両ケースの荷重や変位に関する計測結果を比較したものである。未対策のケース A' については、11 月下旬から凍結深さが増加しており、これとともに受圧板に作用する荷重や受圧板端部の変形も始まっていることが分かる。また、補強材の変位は先述のケース A よりも大きい、受圧板に作用する荷重はケース A' の方が小さい (図—2 参照)。これは先述の 2 期間に行った屋外実験 (ケース a, A) で補強材が引き抜けたため、補強材の引き抜き抵抗力が低下したためだと考えられる。一方、ケース B' は断熱

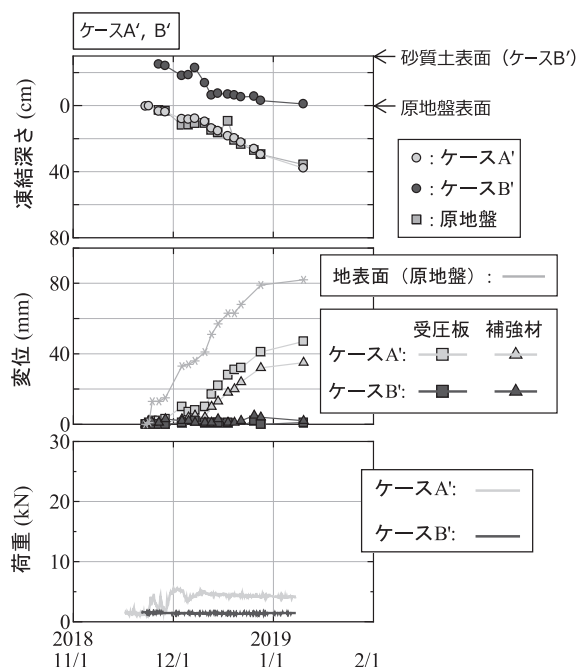
材の設置範囲や覆土厚を大きくしたこともあり、2019 年 1 月初旬まで原地盤が凍結しておらず、補強材の変位や受圧板端部の変位も生じていないことが分かる。今後の寒さによっては受圧板端部直下も凍結することが考えられるが、この際の受圧板に作用する荷重や変形、補強材の引き抜けについて詳細に検討し、二次元熱伝導解析の結果との違いも検討していきたいと考えている。

## 5. おわりに

これまでの屋外実験の結果から、寒冷地における地山補強土工の凍上被害を防ぐためには、凍上力の軽減を目的とした断熱対策工が有効であり、連続繊維補強土工等による受圧板周辺への覆土と断熱対策との併用が、受圧板の損傷や補強材の引き抜けに対して効果的であることが分かった。

また計測結果に基づいた二次元熱伝導解析により寒冷環境に応じた最適な断熱材厚と覆土厚の組み合わせを決定できることが分かり、経済的な地山補強土工の施工が可能になると考えている。

J C M A



図—6 2018 年 11 月～2019 年 1 月初旬までの計測結果

## 《参考文献》

- 1) 例えば、地盤工学会：地盤工学用語辞典、2006.
- 2) 地盤工学会北海道支部 斜面の凍上被害と対策に関する研究委員会：斜面の凍上被害と対策のガイドライン、2010.
- 3) 石垣幸整、三上登、川口貴之、中村大、川内谷勇真、川尻峻三、山下聡：リサイクルプラスチック製の独立受圧板を用いた地山補強土工の凍結融解挙動、ジオシンセティックス論文集、Vol. 31, pp. 127-134, 2016.
- 4) 山岸昂平、川口貴之、中村大、川尻峻三、石垣幸整、池田淳、三上登、山下聡：樹脂性受圧板を用いた地山補強土工に対する凍上対策方法の提案、ジオシンセティックス論文集、Vol.33, pp. 77-84, 2018.
- 5) 地盤工学会北海道支部：寒冷地地盤工学—凍上被害とその対策—、pp. 48, 2009.
- 6) M. S. Kersten : Thermal properties of Soils, University of Minnesota, Institute of Technology, Engineering Experiment Station, Bulletin No. 28, 1949.
- 7) 伊福部宗夫：北海道における道路の凍上・凍結深さおよび置換率に関する研究、土木試験所報告、第 26 号、1962.

## 【筆者紹介】

山岸 昂平 (やまがし こうへい)  
北見工業大学大学院 社会環境工学専攻  
大学院 2 年







## 「重機オペレーター技能競技大会」を初開催 会員企業に所属する重機オペレーターが運転・操作の技能を競う

村 上 純 也

2018年8月23日、一般社団法人岩手県建設業協会（以下、当協会）は「重機オペレーター技能競技大会」（以下、本大会）を盛岡競馬場臨時駐車場で開催した。気温が36度を超える猛暑の中、長年培った熟練の技を競った。技能の更なる向上と“やりがい”の創出により、ひいては技能継承につなげることが本大会の主な目的である。ICT建機の導入が進む中、熟練オペレーターの技能とICT建機のメリットをともに生かすことの必要性を確認することも目的の一つとした。本大会の企画内容と当日の実施内容を紹介する。  
キーワード：重機オペレーター、熟練の技、やりがい、技能継承、ICT建機、担い手確保

### 1. はじめに

本大会は当協会の広報委員会IT部会で企画したものである。重機オペレーターは、建設現場において欠かすことが出来ない重要な存在であり、災害が発生した際には最前線で緊急の応急対応に従事している（写真—1）。重機オペレーターの技能は地域を守るために継承されなければならない大切な技能である。“重機オペレーターにスポットライトを当てたい”の思いから、本大会の開催を企画した。

岩手県、東日本建設業保証(株)岩手支店、(株)日刊岩手建設工業新聞社から本大会へ後援いただいた。競技では建機メーカーに協力を依頼した。



写真—1 東日本大震災での啓開作業

### 2. 目的

本大会の主な目的は、技能の更なる向上と“やりがい”の創出により、ひいては将来的な技能継承につなげることにある。ICT技術の進歩が目覚ましく、建設業の課題解決にとってICT技術が万能薬であるかのように思われがちである。建設現場ではICT建機の導入が加速しているが、“熟練の技能”か“ICT建機”かの二択ではない。熟練オペレーターの技能とICT建機が融合することによって施工性向上が図れることを確認することも目的の一つとした。

昨今、建設業界の担い手確保が切実な問題となっている。建設業への理解促進や若年者の入職促進につなげるため、建設技能者の技能を一般の方に広くPRする機会として積極的にプレスリリースを行った。

### 3. 競技内容

企画会議ではインパクトがある競技でマスコミへPRを行う案などが出たが普段の姿を見せることに重点を置くことになった。派手な競技とはせず、日常行っている作業を競うことを競技の基本コンセプトとした。

#### (1) 出場選手

当協会の13支部から推薦された技能に優れた重機オペレーター13名が出場した（写真—2）。

- ①平均年齢51歳（最年長63歳，最年少34歳）：60代5名，50代3名，30代5名
- ②平均経験年数27年



写真—2 13名の出場選手



写真—3 「法面整形」競技の様子

## (2) 使用機械

バックホウ (0.7 クラス, キャタピラー CAT320)

## (3) 競技

バックホウにて「法面整形」と「積み込み」の技能を競う。

- ①「法面整形」: 天端 1 $\pi$ , 幅 2 $\pi$ , 法長 5 $\pi$ , 4 分の 1 勾配
- ②「積み込み」: 10 トンダンプへ 7 トンの砂を積み込み

## (4) 審査方法

出来栄え, 施工スピード, 操作方法, 安全, 服装などを各種目 100 点満点で審査, 2 種目の合計点で順位を決定した。

## 4. 当日の様子

### (1) 参加者

選手及び同行者, 後援先関係者, 一般観覧者, 報道関係者, 協会関係者を含めて約 80 名が集まった。選手は, 同じ職種の者同士とあって交流を深めていた。多数の応援が駆けつけた支部もあった。

### (2) 競技の状況

「法面整形」では丁張り(設計に沿った目印となる板)に沿って, 法の天端と法面を整形。乾いた柔らかい砂という悪い条件だったが, 熟練の技で綺麗な面に仕上げていた(写真—3)。

「積み込み」では, 10tダンプに7tの砂を積み込み, スピードと重量の正確性, 荷姿などを競った。普段は積むことがない7tという重量だったが, 長年培われた経験から目分と感覚で積み込んでいた(写真—4)。

2台並んでの競技であったが, 旋回範囲を制限することで安全に配慮した。選手それぞれの慣れた操作パ



写真—4 「積み込み」競技の様子

ターンを事前に確認, 選手ごとに操作パターンを変更した。

### (3) ドローンによる撮影と中継

会員企業に依頼してドローン2台で競技状況を撮影してもらった(写真—5)。ドローンの映像は, 競技会場から少し離れた観覧席前に設置したモニターにリアルタイムで中継した。観覧者からは競技状況が分かりやすいと好評だった。

### (4) マスコミによる取材

当日は, 新聞社3社, テレビ局2社の取材が入った。



写真—5 ドローンの映像





写真—6 テレビ局の取材

積極的にプレスリリースを行い、重機オペレーターの優れた技能をPRすることができた（写真—6）。

### （5）表彰

優勝者は盛岡支部の樋下建設(株)畑山正行さん、事前に頂いていた一言コメント「優勝を目指します」の言葉通りの有言実行となった（表—1、写真—7）。

表—1 入賞者（敬称略）

| 順位 | 会社名     | 氏名   | 経験年数 | 支部 |
|----|---------|------|------|----|
| 1位 | 樋下建設(株) | 畑山正行 | 38年  | 盛岡 |
| 2位 | 進栄建設(株) | 千葉裕明 | 15年  | 奥州 |
| 3位 | (株)畑中組  | 早野豊  | 33年  | 岩泉 |
| 4位 | (有)甲斐建設 | 平内慎也 | 14年  | 二戸 |
| 5位 | (株)小田島組 | 本館透  | 30年  | 北上 |

表—2 後援企業賞（敬称略）

| 後援企業名           | 会社名      | 氏名    | 支部 |
|-----------------|----------|-------|----|
| 東日本建設業保証(株)岩手支店 | (株)及川工務店 | 高清水一志 | 釜石 |
| (株)日刊岩手建設工業新聞社  | (株)千葉建設  | 藤田孝一  | 千厩 |



写真—7 優勝者へ表彰状授与

### （6）エキシビジョンマッチ：優勝者 VS 女性デモンストレーター（ICT仕様バックホウ）

最後に優勝者が操作するノーマル仕様バックホウと、女性デモンストレーター（資格取得数か月）が操作するICT仕様バックホウとのエキシビジョンマッチを行った。ICT仕様バックホウは、3次元のマシンコントロール仕様で、設計面に合わせて自動でバケットの刃先が制御される。

実際の現場では、重機足場を作るなどの事前準備が入るため、単純な比較とはならない。重機足場を作ることもオペレーターに必要な技術と言える。法面に平行にバックホウを配置した状態でのスタート、バケット幅のみでの整形、掘削用バケットなど、優勝者の従来機には不利な条件となったが、優勝者の畑山さんには真剣に取り組んでもらった。ICT仕様バックホウは、掘削用バケットでも早くきれいに整形していた。

この対戦では、昨今のICT技術の目覚ましい進歩を確認することができた。なおかつ、重機オペレーターの優れた技能を再確認することもできた（写真—8,9）。



写真—8 ノーマル仕様（左）、ICT仕様（右）



写真—9 優勝者（左）、女性デモンストレーター（右）



## 5. おわりに

出場した選手は、遠方からの参加者や普段乗り慣れない機種での競技となった選手もいた。更には事前に案内した競技内容からの変更もあった。その様な中でも、プロとして真摯に取り組む選手の姿勢が、観覧している側に伝わり、緊張感と面白みのある競技大会となった。技能の継承だけでなく、プロとしての姿勢も継承すべきものであると感じさせられた。

機械の進歩も重要だが、操作する人間の能力は不可欠であり、今回の大会を通して技能継承の大切さも伝えられた。若者の入職者を増やすために ICT を PR することも必要だが、技能者の技能を“カッコいい！”と思う若者に入職して貰った方が良い人材になるように感じた。

初めての開催ということから不手際等が多々あったと思うが、無事に終えることができた。選手の皆様、後援先の皆様、当日の運営に奔走された日本キャタピラー合同会社の皆様に心より感謝したい。

なお、当日の様子は当協会の「いわけんブログ」や YouTube に掲載しているので是非ご覧いただきたい。

J C M A

### 【筆者紹介】

村上 純也（むらかみ じゅんや）  
（一社）岩手県建設業協会  
広報委員会 IT 部会委員兼事務局  
千厩支部事務長



ずいそう

## 模型から本物に

佐々木 稔



ラジコンを趣味にして40年以上になります。

最先端技術のホビーとして昔は憧れであったラジコンもスマートフォンやゲーム機、安価なトイドローンや自動運転車（まだ部分的ですが）とハイテクが当たり前になり、若者の興味を引かなくなっている今の日本ですが、私の技術者としての根幹を築いてくれたのは、これらラジコン等の最先端ホビーに触れてきたからです。

これらラジコン等に使われる技術は、一般市場に出てくる何年も前から積極的に導入されます。

物によっては10年以上先行しているものも少なくありません。

これは趣味として新しい技術に挑戦すること自体が、ラジコン模型の楽しみの一つであり、かつ模型であるため比較的手軽に試することができるからだと考えられます。

この場をお借りして、私がラジコン模型の趣味を通して得た技術の一部を紹介していきたいと思います。

### 1. プロポーショナルコントロール

私が最初に感動したのはプロポーショナルコントロールで動くサーボモーターでした（それまではOn/Offの制御だけ）。これはコントローラーの操作に合わせてアクチュエーターが無段階（実際は非常に細かな段階ですが）で角度が変わることで遠隔・間接的に色々な作動を実現するものです。

ラジコンカーではハンドルを左右に動かし、ラジコン飛行機では舵を動作させます（図—1）。建設機械



図—1 サーボモーター（アクチュエーター）

では油圧作動のため直接使われることは少ないですが、プロポーショナルな制御は、巨大な油圧バルブを電子制御で動作させるために用いられています。この制御を利用することで、小さな操作レバーで巨大な機械を自在に動かすことができるのです。

これも40年前からラジコンでは普通の技術ですが、建設機械ではなかなか導入が進みませんでした。

過去にバックホウなど何度か建機メーカーによって製品化が企画されましたが、オペレーターの感覚になじみにくかったようであまり進んでいませんでしたが、i-Constructionなどの自動制御と相性が良いため最近の機械に導入が増えてきています。

### 2. リチウムイオン電池

今でこそリチウムイオン電池は電気自動車やハイブリッド建設機械や電動工具の動力用として普及してきましたが、ラジコン界では10年以上前から当たりまえに使われています。

これは、既存の電池に対して圧倒的に容量出力と重量の比率が高い（同じ出力なら圧倒的に軽く、同じ重量なら大容量高出力に作れる）ため、特に空を飛ぶラジコンに早くから使われています。

最近時々ニュースになるリチウムイオン電池が発火したなどの危険性は、ラジコン界では初期の頃から取扱の問題として認知されていて、安全に使うノウハウも早くから周知されていました。

特にラジコンでもスピード競技では何をおいても性能を上げることが優先されるため、最先端の材質・構造のバッテリーを使って性能を上げていかないと入賞は難しくなります。そのため、常に新しい物に触れていくことになり、情報も集めるので自ずとノウハウがつくことになります。

### 3. スピードコントロール（チョップパ制御）

モーターのスピードをコントロールする技術ですが、もともとは鉄道で使われだしました。

最近ではハイブリッド車や電気自動車の走行モー

ターの加減速に使われ、建設機械ではハイブリッドバックホウのモーター制御や電動式高所作業車の走行モーターに使われています。

これもラジコンでは30年くらい前から電動ラジコンカーでは必須の技術でした。

#### 4. プログラムバッテリー充電器 (図—2)

バッテリー式高所作業車ではここ5年位で当たり前になってきました、バッテリーコンディションに応じて電気を流す量や強さを内蔵のCPUで最適コントロールして充電する技術です。

これにより、鉛バッテリーの水の消費が著しく減少し長寿命化しました。またこの充電器では一部の鉛バッテリーはシールド化も進んできていて給水自体が不要になってきています。

これもラジコンでは20年以上前から使われています。



図—2 コンピューター制御 マルチバッテリー充電器

#### 5. ラジオコントロール (無線通信)

最後にラジオコントロールを紹介するのは、ある意味この技術が一番革命的であったからです。

最初の頃のラジコン電波は24 Mhz 帯 (これは今でもおもちゃで使われている) でありました。この電波は、いろいろな無線装置で自由に使える電波であったため、よく混信してコントロール不能になりました (飛行機は落ちて壊れます)。

これが後に、電波周波数が専用のものを割り当てられ、他の無線装置との混信の危険性は下がっていきました。しかし、同じ周波数の電波がかぶってしまうと混信してコントロール不能になることは原理的に避けられてはおりませんでした。またそのころの競技大会等では、ラジコン送信機を運営へ預け集中管理する方式が取られておりましたが、どこからかの予期せぬ混信を防ぐことは困難で、数万円以上する飛行機やヘリコプターがコントロール不能で壊れることもまあり

ました。これが今から15年ほど前に出てきた、暗号通信と多重周波数を用いた無線技術により、混信によるコントロール不能は撲滅されました。

建設機械では無人化施工等で使われだしている高速デジタル通信がこの技術になります。無人化施工も弊社では雲仙普賢岳のころから通信・映像伝送・中継機械から無人機械制御までを自社開発技術で手がけておりますが、安定した通信を確保するのは大変だったのです。

通信する信号もアナログからデジタル・暗号化そして多重通信化し、電波周波数も高周波化して来たことにより、通信で送れるデータ量が飛躍的に増えました。この恩恵は、建設機械では無人化施工での映像伝送カメラの高画質化・低遅延化・マルチカメラ化などに当てはまります。

ラジコン分野においてこのラジオコントロールシステムが導入される前は、例えばラジコン飛行機操縦の上級者なら、操縦してから機体が反応するタイムラグを感じることができましたが、今のシステム (図—3) では普通に飛ばしていればほとんど感じる事ができないくらいのレスポンスがあります。ただラジコン飛行機競技の中でも、時速300 km/h以上で地上15 m程の上空を数機で競うスピードレース (パイロンレースと言います) では極限に集中したときに僅かに感じとることはあります。



図—3 プログラマブル 18CH RC 操縦送信機

今回は電氣的なことに偏って紹介しましたが、他にも構造・空力・素材・エンジン・モーター・ガスタービン・G/CFRP造形・樹脂・溶接・冶金・接着・etc、とてもたくさんの中をラジコンを通じて学んできました。不思議なもので、ラジコンで得た知識は必ずと言って良いほど数年後には実務で使うことになっています。これは、常に最先端の技術を真っ先に取り込んでいくこのホビーの特質故でしょうか。

この近年で特に役立っている知識はリチウムイオン



電池とドローンです。

私自身、下手の横好きで長年ラジコンの競技に取り組んでおり、3年前にはラジコン模型飛行機の電動パイロンレース世界選手権（カテゴリー F5D）に参加させて頂きました（写真—1）（成績はふるいませんでした）。

今年は同じくラジコン模型飛行機のエンジンパイロンレース世界選手権（カテゴリー F3D）に挑戦させて頂けることになったので精一杯やって来ようと思います。

私は幸運にもこの趣味をずっとしてきた事で建設機械レンタル業の機械整備という超多品種な機械に対応する力が人よりも豊富に持てたと感じております。今はこの幸運に感謝するとともに、これからも登場し続けるであろう新技術への高い感度と好奇心を持ち続けていこうと考えております。



写真—1 イタリア・ルーゴで

——ささき みのる 西尾レントオール(株) 四国営業部——



## 部 会 報 告

## 第 22 回 機電技術者意見交換会報告

建設業部会 機電技術者交流企画 WG

## 1. はじめに

当協会の業種別部会に属する建設業部会（建設業 54 社の会員会社で構成）は、会員相互の共通課題をテーマに取り上げ、事業活動を行っている。

これまで、時代の要求や業界の状況を反映し、様々な事業活動が実施されてきたが、特に建設の生産性向上と品質確保および環境保全といった業界普遍のテーマに取り組むための『人づくり』『場づくり』の企画は当部会の大きな柱となっている。

機電技術者意見交換会は、平成 9 年より昨年まで 21 回開催されてきているが、第 16 回（平成 24 年）からは、当部会の中に「機電技術者交流企画 WG」を設置し、開催意義を再検討するとともに、機電技術者のさらなる育成交流に資する活動として、討議テーマ、グループ編成、講演内容および PR 活動等の検討を行っている。

今年度は第 22 回目となり、昨年の反省を踏まえるとともに、新たな取組を盛り込み、開催された。（※詳細報告は協会ホームページ内：建設業部会の中に過去分を含め、報告書として掲載されているので確認していただきたい。）

## 2. 第 22 回機電技術者意見交換会

## (1) 概要

## ①機電技術者意見交換会参加者の選出基準

30～40 歳前後の機電技術者（グループ会社も含む）

## ②開催日時

平成 30 年 10 月 15 日（月）～ 16 日（火）

## ③場 所

国立オリンピック記念青少年総合センター

## ④討議テーマ

「機電技術者は AI とどう付き合っていくべきか」

## ⑤講演

演題：『衛星通信技術

～準天頂衛星（みちびき）の今～』

講師：三菱電機㈱ 電子システム事業本部

高精度測位事業推進部

測位ソリューショングループ担当部長

：榎本直人 様

## ⑥スケジュール

1 日目（10 月 15 日）

10:30 ～ 11:00 参加者受付

11:00 ～ 11:30 オリエンテーション

12:30 ～ 13:45 自己紹介（自己アピール PPT）

14:00 ～ 15:30 グループ討議（班編成：工種）

15:30 ～ 17:00 グループ討議（班編成：平均年齢）

17:30 ～ 懇親会

2 日目（10 月 16 日）

8:30 ～ 9:30 グループ討議（班編成：同世代）

9:30 ～ 12:00 グループ討議（班編成：工種）

討議成果のまとめおよび発表準備

13:10 ～ 15:15 グループ討議成果発表会

15:30 ～ 16:15 講演

16:15 ～ 17:00 講評

17:00 閉会

## (2) 参加者および班編成

参加者はゼネコン、海洋系、道路系、会員のグループ会社から 25 社 25 名であった。

班編成は、一昨年から実施している班編成メンバーを 2 回入れ替えるシャッフル方式が好評であったことから、それを継続実行した。工種別を基本班として、1 日目は平均年齢が各班同一となるような構成、2 日目は年齢が同世代となるような構成にシャッフルした。なお、いずれも工種が重ならないように配慮した。基本班の班編成を表 1 に示す。

表 1 班編成（基本班）

| 班編成 |        | 人数 | 平均年齢 |
|-----|--------|----|------|
| 1 班 | 海洋・土木系 | 5  | 29   |
| 2 班 | 道路・土木系 | 5  | 33   |
| 3 班 | 土木系    | 5  | 30   |
| 4 班 | 土木・開発系 | 5  | 32   |
| 5 班 | 土木・開発系 | 5  | 32   |

### (3) グループ討議および成果発表

「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」という討議テーマのもとに、前述の班編成で討議を行った（写真—1）。

各班ともこれからの技術であるAIって何だろうから始まり、共通の認識をはぐくむ事に苦慮しながらも機電技術者として討議を進めた。各班の成果発表シー

トを図—1～5に示す。

成果発表は、班メンバーが壇上に整列した後、代表者から成果を発表する方法で進めた。その後、3年前から実施している参加者全員が発言するという機電技術者交流企画WGの基本方針に基づき、参加者一人ひとりに討議内容および意見交換会へ参加した感想等について発表してもらう時間を設けた（写真—2）。



写真—1 グループ討議



写真—2 成果発表

#### 第22回機電技術者意見交換会

テーマ  
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

#### 成果発表 【第1班】

平成30年10月15日(月)～16日(火)  
場所: (独)オリンピック記念青少年総合センター  
主催: (一社)日本建設機械施工協会 建設業部会

#### 第1班 討議メンバー

| No | 氏名    | 所属会社      | 所属部署                     |
|----|-------|-----------|--------------------------|
| 1  | 亀井 聡  | オリエンタル白石機 | 本社 技術本部 技術部 機電チーム        |
| 2  | 横渡 和朗 | 五洋建設機     | 土木本部 船舶機械部               |
| 3  | 上原 弓矢 | 大成建設機     | 技術センター先進技術開発部<br>建設技術開発室 |
| 4  | 都甲 肇  | 東洋建設機     | 北陸支店工事部 新潟海岸作業所          |
| 5  | 宮本 康郎 | 東亜建設工業機   | 土木事業本部 機電部 電気グループ        |

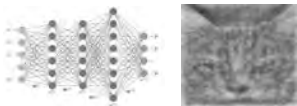
#### 氾濫するAIの定義

- ・ 広義  
—「人間にしかできなかった知的行為ができる機械」



#### 氾濫するAIの定義

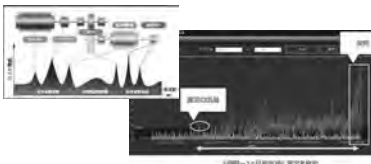
- ・ 今着目されているAI  
— 多くのデータから特徴を自分で学習し、分類や判断をする機械学習手法。



- ・ これが我々が身近で付き合うであろうAIのレベル

#### これから現場に導入されるであろうAI

- ・ 設備の保守関連  
— 故障診断・異常検知・予知保全システム



#### これから現場に導入されるであろうAI

- ・ 安全関連  
— ヒトの画像認識による自動停止システム  
— 環境計測により作業可否を判断するシステム



#### それらのAIとどう付き合うか

- ・ AIは本当に正しいのか？  
— 学習データの管理は機電の仕事！  
— AIの出力の妥当性評価は機電の仕事！
- ・ そのAI、本当に現場に適している？  
— 運用方法、適用条件などの管理は機電の仕事！

#### 結論

- ・ 「機電技術者はAIとどう付き合うのか」  
— 「機電 VS AI」という構図...
- ではなく、  
— 今はまだ機電技術者がAIを育てる段階
- 現場に適したAIを選び、育て、検証するのが  
我々の仕事

図—1 成果発表【第1班】



## 第22回機電技術者意見交換会

テーマ：  
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

### 成果発表 【第2班】

平成30年10月15日(月)～16日(火)  
場所：(独)オリンピック記念青少年総合センター  
主催：(一社)日本建設機械施工協会 建設業部会

## 第2班 討議メンバー

| No | 氏名    | 所属会社      | 所属部署                    |
|----|-------|-----------|-------------------------|
| 6  | 若本 大敬 | (株)MECX   | 福岡営業所                   |
| 7  | 野田 哲也 | 鹿島道路(株)   | 機械部 開発設計課               |
| 8  | 三沢 俊平 | 大成ロテック(株) | 生産技術本部 機械部<br>機械センター    |
| 9  | 細見 耕平 | 大林道路(株)   | 本店機械部機械センター             |
| 10 | 稲生 晃博 | 世紀東急工業(株) | 事業推進本部 機材・購買部<br>機械センター |

## 道路舗装工事におけるAIの活用状況

## AI活用状況・・・なし

## 道路舗装工事での技術

## ICT情報化施工

- ・コンクリート機械の高さ軌跡制御
- ・モータグレーダ、アスファルトフィニッシャの高さ制御
- ・転圧作業に用いるローラの自律走行
- ・地上型レーザースキャンを用いた出来形管理 ほか

## 道路舗装工事に求めるAI技術

- ・舗装工事における舗装機械の全自動化
- ・材料運行情路管理による施工での品質管理の向上
- ・機械の自己診断ができ修理箇所の特定
- ・情報化施工機器の出庫管理を行い省力化
- ・アスファルト合材製造所の無人出荷

## 現状考えられる問題点

- ・ICT情報化施工のデータ作成入力は人力によるものであるかつ、現場との整合性が取れない場合がある
- ・機械が故障してから修繕をするため生産性の低下及び時間のロスにつながる
- ・施工終了時の人力作業に時間がかかることによる時間ロスで品質低下につながる

## 今後考えられる問題点

- ・AIの施工トラブル時の対応能力
- ・機械の自動化にはメーカーの協力が必要
- ・人力作業への対応

## 機電技術者として取り組むこと

AI普及にむけて機電技術者のスキルアップ及び若手社員への教育、指導を行う

導入方法を模索し、情報化施工をはじめとする既存技術との併用でさらなる生産性向上、品質確保を目指す

## まとめ

生産性向上、品質確保、安全を確保するための機電技術者の一つのツールとして必要なデータ収集を行いAIを活用していく

図ー2 成果発表【第2班】

## 第22回機電技術者意見交換会

テーマ：  
「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」

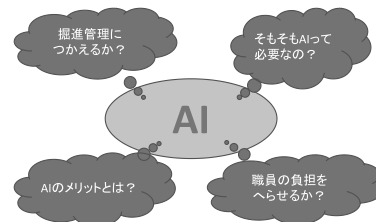
### 成果発表 【第3班】

平成30年10月15日(月)～16日(火)  
場所：(独)オリンピック記念青少年総合センター  
主催：(一社)日本建設機械施工協会 建設業部会

## 第3班 討議メンバー

| No | 氏名    | 所属会社  | 所属部署     |
|----|-------|-------|----------|
|    | 古谷 駿  | ㈱熊谷組  | 北陸新幹線    |
|    | 大林 信彦 | 鹿島建設㈱ | 技術3グループ  |
|    | 斎藤 洋平 | ㈱安藤・間 | 品川出張所    |
|    | 河合 正義 | 東急建設㈱ | 本社 機械技術部 |
|    | 猪原 慶史 | ㈱大林組  | 本社 機電    |

## このテーマに向かってこんなことをはなしました・・・



## AIのできること

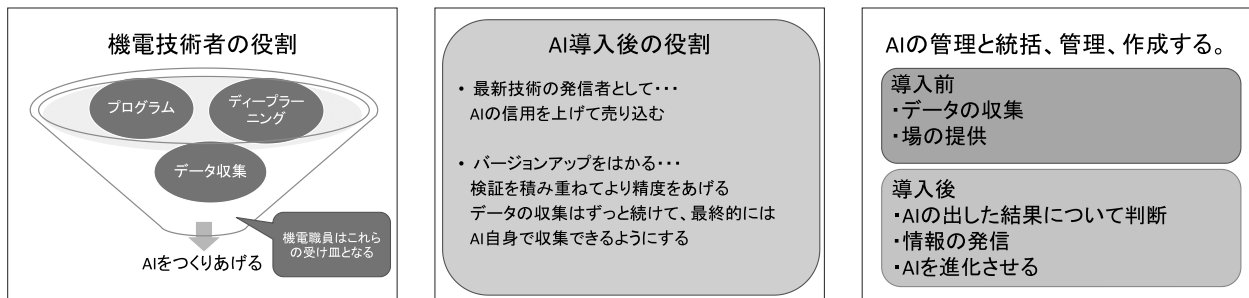
- ・ICT技術を組み合わせることでさらに職員の負担を減らす。
- ・機械の故障を察知させる。
- ・機械の異常の見落としを減らす。

## 機電技術者がやること

- ・AIを使用する場の提供  
シールドの掘進管理  
山岳トンネルでの切羽の予測
- ・データの収集  
機械の負荷データ  
我々が不必要だと思われるデータなど
- ・結果の確認と判断

## AIの構築の難しさ

- ・データ収集  
感覚だった部分について、数値化する  
出てきたデータの処理
- ・ディープラーニング  
機電屋の専門外
- ・プログラムの構築  
機電屋の専門外



図－3 成果発表【第3班】

### 第22回機電技術者意見交換会

テーマ：『機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか？』

#### 成果発表【第4班】

平成30年10月15日（月）～16日（火）  
場所：（独）オリンピック記念青少年総合センター  
主催：（一社）日本建設機械施工協会 建設業部会

### 第4班 討議メンバー

| 班員  | 氏名    | 所属会社      | 所属部署                 |
|-----|-------|-----------|----------------------|
| 1.5 | 伊藤 和彦 | 清水建設（株）   | 土木技術本部 開発機械部         |
| 1.7 | 萩原 良平 | 森田建設（株）   | 東京支店                 |
| 1.8 | 渡辺 哲也 | 西松建設（株）   | 西日本支店 中部支店 横浜トナレ川出張所 |
| 1.9 | 林 拓夢  | （株）奥村組    | 東日本支店 機械部 技術課        |
| 2.0 | 西岡 真  | 三井住友建設（株） | 東京土木支店 谷山トンネル作業所     |

### ▶ AIってなに？

- AIで仕事が減るの？
- AIは誰でも使えるの？
- AIで何が出来るの？
- AIはもう使われているの？
- AIは間違えないの？
- AIはどうやって作るの？
- AIと人は共存できるの？

➡ どのようにAIを活用するか未確定

建設分野においてAIをどう活用するか

### ▶ AIを活用するまで

- ①データ収集について
- ②データの活用について
- ③改善について
- ④AIの応用について

まとめ

### ▶ ①データ収集について

- 過去の実績を引き出しデータ化する
- 現在進行形のデータはそのまま蓄積していく
- 地質データの収集

### ▶ ②データの活用について

- 地質データをもとに工法の選定
- 施工前に工事終了までのシミュレーションをさせる
- 予想されるトラブルをあげる

### ▶ ③改善について

- (1)施工前  
シミュレーションの改善  
→費用対効果、安全性、問題がないか  
人判断する
- (2)施工中 施工後  
想定外地質、予期せぬトラブル  
→最適な方法に更新

### ▶ ④AIの応用について

- 違う環境でも活用できるように  
→海洋開発、宇宙開発？
- 他分野への応用  
→地震予測等他分野への参入（地質データの収集から）  
温泉・地熱利用などの活用

### ▶ まとめ

- 導入するまでの基盤は機電技術者が先頭に立って行っていく。
- 施工計画に費やす時間の短縮  
→ワークライフバランスの改善
- 技術の継承、過去の技術の見直し、新技術発見→技術提案

図－4 成果発表【第4班】

| テンプレート                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |       | 第5班 討議メンバー                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                     | 機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか                                                                                                                             |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|--------|---------------------|---|-------|---------|--------|---|-------|----------|-----------|---|-------|---------|-----|---|-------|-----------|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| <p>第22回機電技術者意見交換会</p> <p>テーマ:<br/>「機電技術者はAIとどう付き合っていくべきか」</p> <p>成果発表<br/>【第5班】</p> <p>平成30年10月15日(月)～16日(火)<br/>場所:(独)オリンピック記念青少年総合センター<br/>主催:(一社)日本建設機械施工協会 建設業部会</p>                                                                                                                                                                   |       | <p>No 氏名 所属会社 所属部署</p> <table border="1"> <tr> <td>1</td> <td>上野 剛</td> <td>(株)通池組</td> <td>東京外かく環状道路本線トンネル(南行)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>曲谷 純一</td> <td>大豊建設(株)</td> <td>東京土木支店</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>香川 久樹</td> <td>(株)竹中工務店</td> <td>東日本機材センター</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>今藤 基希</td> <td>佐藤工業(株)</td> <td>機電課</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>山本 昂輝</td> <td>前田建設工業(株)</td> <td>北海道新幹線、内通トンネル</td> </tr> </table> |                     | 1                                                                                                                                                 | 上野 剛 | (株)通池組 | 東京外かく環状道路本線トンネル(南行) | 2 | 曲谷 純一 | 大豊建設(株) | 東京土木支店 | 3 | 香川 久樹 | (株)竹中工務店 | 東日本機材センター | 4 | 今藤 基希 | 佐藤工業(株) | 機電課 | 5 | 山本 昂輝 | 前田建設工業(株) | 北海道新幹線、内通トンネル | <p>漠然とした御題に対して切り口を見出すために……</p> <p>そもそも我々機電技術者がAIに抱く期待とは？<br/>我々の代わりに現場内の情報を収集し、こちらの判断材料を提示してくれるのではないか<br/>※たとえば、施工機械の不具合等をAIに判断させて、職員が確認する時間の短縮を図る等</p> |  |
| 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 上野 剛  | (株)通池組                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 東京外かく環状道路本線トンネル(南行) |                                                                                                                                                   |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
| 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 曲谷 純一 | 大豊建設(株)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 東京土木支店              |                                                                                                                                                   |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
| 3                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 香川 久樹 | (株)竹中工務店                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 東日本機材センター           |                                                                                                                                                   |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 今藤 基希 | 佐藤工業(株)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 機電課                 |                                                                                                                                                   |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 山本 昂輝 | 前田建設工業(株)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | 北海道新幹線、内通トンネル       |                                                                                                                                                   |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
| <p>(ここで疑問が……)そもそもAIとは？</p> <p>「言語の理解や推論、問題解決、創造などの知的行動を人間にかわってコンピューターに行わせる技術」<br/>ウィキペディア先生より</p> <p>→ICT施工の延長のようなものという漠然としたとらえ方をしている節もあるように思われるが、AI分野を研究している人たちの最終目標は、おそらく人間の脳を使って行われることの完全な置き換えにあるのではない。業界の差で、考え方にかなりのギャップがあるのではない。</p>                                                                                                  |       | <p>先のギャップから来る、我々がAIに抱く不安とは</p> <p>・判断を委ねすぎることにより、機電技術者としての能力が低下していくのではない。<br/>・AIのエラー(今の我々には想像もつかないようなもの)に対する対応を迫られた場合の不安<br/>・現在行っている機電技術者の業務がAIに置き換えられてしまうのではない。<br/>・AIが判断を行ったことにたいする実行が人間による作業の主体となり、人間がAIの考えを実行するツールになってしまうのではない。<br/>→期待よりも不安のほうが多い</p>                                                                                                                                                                         |                     | <p>(一度整理) では、我々がAIを導入する目標(ゴール)はどこにあるのか。</p> <p>5班の目標としては……<br/>→建設業界に対してAIの導入段階の時期にあるため、目下のところはAIが人間の業務(判断)を補助するツールとして普及させることを一つの目標とする所から始める。</p> |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |
| <p>我々機電技術者が、この段階において担うべき役割</p> <p>→完成されたAIが導入されるわけではなく、AIに学習させるところからスタートすることが予想されるので、AIに対する教育業務が中心になるのではない。</p> <p>→たとえばBHにAIを搭載するとして、それに特化したものか汎用性を持たせる前提のものかを意識した学習のさせ方によって今後の繋がりに差が出ると思われる。<br/>※BHの操作とそれにかかわる異常の扱い出しに特化したものなのか、整地や造成作業の一部とみなして、他の施工機械にもすぐさま転用の利くもの(AIに操作方法を学習させればすぐに使える)といったように、学習させる側の意識や目的の差で結果が大きくかわってくる可能性がある。</p> |       | <p>これより我々が、AIとはそもそも学習し、自己で考える力を持ち、その先も広がる可能性を持つものとして認識し、学習させていく自らの意識付けが必要になる</p> <p>→つまり、AIとの付き合い方としては、導入段階においてはある意味、先輩後輩、または教師と生徒のような関係になると予想される。</p> <p>そして学習を終えて、自立したAIとして動き始めた時は現状の設備を維持管理する業務がAIを搭載したなにかの維持管理業務が主体となりえる。<br/>大きな変化に見えて、職人や後身に対する教育がAIに代わり、機械設備等の維持管理がAIに対する維持管理に移行すると考えると、現行からの置き換えととらえることもできる。</p>                                                                                                              |                     | <p>この討議結果の上では、先に出たAIに対する不安は未知のものに対するごく当然の不安である。</p> <p>したがって、人間と同様にAIをよく知ることを前提とした付き合い方が必要であり、理解を深めていくことが重要である。</p>                               |      |        |                     |   |       |         |        |   |       |          |           |   |       |         |     |   |       |           |               |                                                                                                                                                         |  |

図—5 成果発表【第5班】

#### (4) 講評

成果発表後、各社の上司の方々から全体を通した講評を頂いたので、抜粋を以下に示す。

- ・どの班も起承転結がしっかりしたすばらしい発表であった。
- ・AIについては漠然とした感じも受けますが、電気や機械のない現場はありえませんか、漠然としているからこそ明確にしていくのが機電技術者の職務ではないでしょうか。
- ・AIを討議して不安を感じる方もいらっしゃるようだが、何も無いところから形を作っていくことこそ我々機電技術者の職務と考えている。
- ・2日間でよくまとめられていると感じる。
- ・AIの導入が、長い間言われ続けている「機電技術者の地位向上」の助けになればと思われる。
- ・AIに判断を任せるのではなく、自ら判断できる機電技術者と成長されることを期待する。
- ・意見交換会に出席して、議論することが皆さんの良い経験になったのではないかと、ここで得たつな

がりを大事にしてもらいたい。

- ・AIの出してきた答えをどのように判断するかが機電技術者としての経験や技量と思われる。
- ・各社の中で機電技術者は数が少ない。しかし技術開発などで機電技術者のウェイトは高まっている、AIに関しても機電技術者が評価を行うようになってもらいたい。
- ・発表にいろいろな見方があり、考えさせられた。
- ・流されない技術を学んでももらいたい。

#### (5) 参加者アンケート解析結果

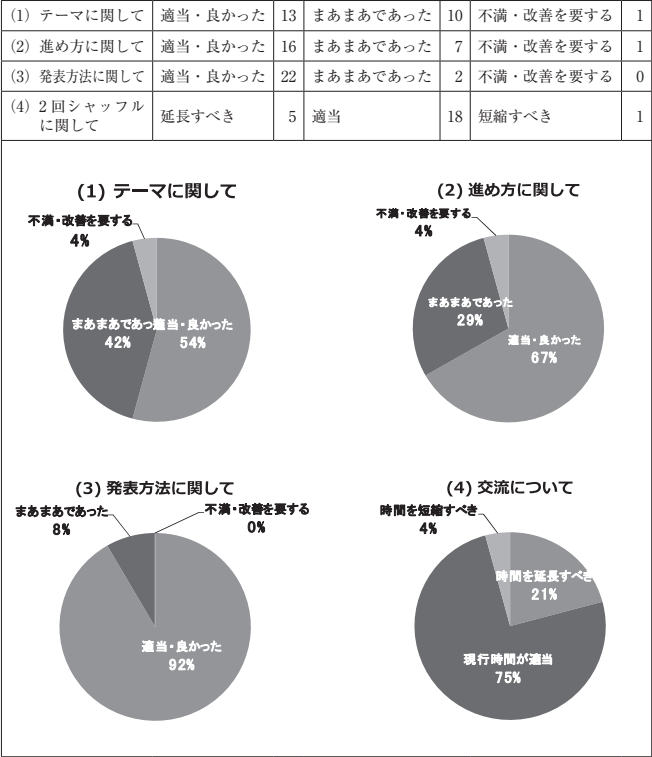
当部会では、意見交換会の反省や次年度への検討課題の把握等を目的として参加者へのアンケートを毎回実施している。以下に解析結果の概要を示すとともに、集計結果抜粋を表—2～6に示す。

##### ①テーマ、進め方、発表方法、交流について

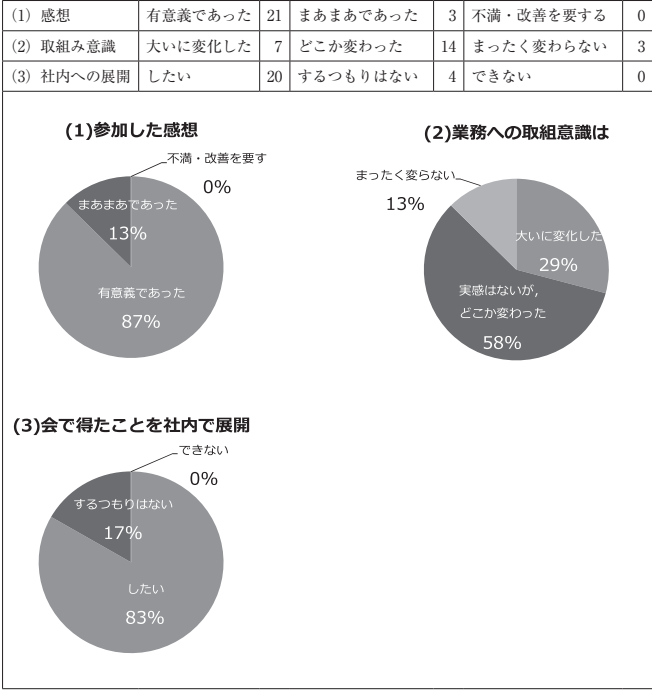
テーマについては「適当・良かった：54%」「まあまあであった：42%」という回答であり、テーマとしては討議しづらい内容にも関わらず、評価としては肯



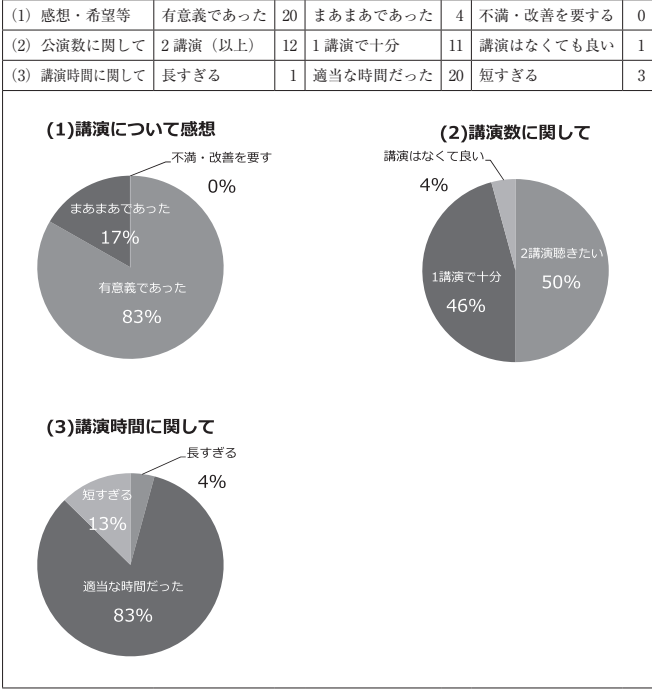
表一 2 テーマ、進め方、発表方法、交流について



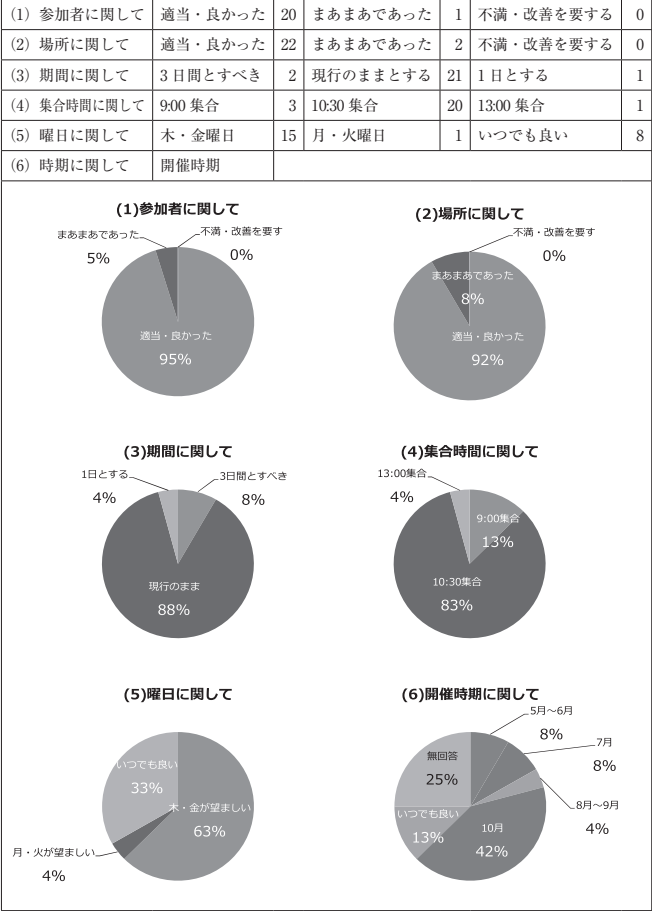
表一 4 参加した感想



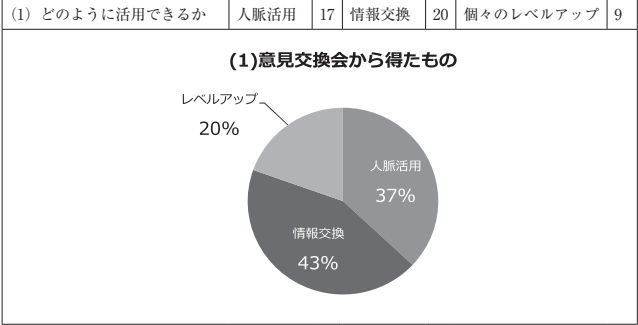
表一 5 講演について



表一 3 参加者、場所、期間、集合時刻について



表一 6 意見交換会から得たもの



定的に捉えられている。アンケートからは、「もう少し絞ったテーマの方が討議しやすい」という意見がある一方、「自分なりにAIを考えるきっかけになった」という意見もあり、二分化の状態である。次年度は複数のテーマ設定等も踏まえ検討していきたい。

シャッフルについては、「多業種の人間と意見交換が出来、有意義であった」「他工種および年代別での討議は新鮮であった」等、好評であり、今後も継続していきたい。

進め方については「不満・改善を要す」という回答が4%あったが、特に大きな問題は無かったと考える。ただ、シャッフル時のパソコン管理方法などに次年度の参考としたい。

発表方法については、昨年度に続いてパワーポイントによる発表を採用したが、討議に影響が出ることは少なかったと思われる。パワーポイントの作成や操作に若干の得手、不得手はあるものの、発表に影響は少ないと考えられる。

本会の主目的でもある機電技術者の交流については、シャッフルの時間について時間延長を希望する意見が多かった。現状、2日間での討議時間6.5時間の内、2.5時間をシャッフルの時間に割り当てているが、配分については来年度の課題としたい。

#### ②参加者、場所、期間について

参加者に関しては「不満・改善を要す」という回答は無かったが、「建機メーカー等の異なる業種の参加を希望」との意見があり、異なる業種の機電技術者の話も聞いてみたい意欲がうかがえる。

場所に関しても「不満・改善を要す」という回答は無かったが、遠方から前泊しての参加者も見受けられたが、多くは当日移動で対応できている。宿泊施設の前泊予約や参加者全員の前泊も今後の検討としたい。

期間、集合時刻については概ね現行とおりで良いという回答であったが、「3日間」「9:00集合」を希望する方も1割程度いることから、時間が短いと感じる参加者も一定数いることがうかがえる。現場見学と併せた長期の研修等も検討すべきかと思われる。

開催時期に関しては、現行の「10月：42%」が多数であるものの、「いつでも良い」「無回答」が38%を占めている。当座は現行通りを継続していくべきと考える。

曜日に関しては「月・火が望ましい：4%」に対し、「木・金が望ましい：63%」と週末を希望する意見が圧倒的に多い。施設予約の関係から今年は「月・火」開催としたが、出来れば週末開催となるように施設予約時に調整したい。

業務上の支障については、ほとんどが事前調整でき、支障はなかったという意見ではあるが、「現場での業務調整が大変であった」という意見もあることから、通知時期の更なる早期化等を検討したい。

#### ③参加した感想

感想欄の回答からは「有意義であった：87%」「まあまあであった：13%」「不満・改善を要す：0%」という回答を得たことから意見交換会は成功と考えたい。

「会で得たことを社内で展開するか」という問いに対しては、昨年度の100%から83%へ減少し、「するつもりはない：17%」を考慮すると、有意義の度合いも年度によりズレがあることがわかる。

業務への取り組み意識も「大いに变化した：29%」「実感は無いが、どこか変わった：58%」であり、今年度のテーマが直近の技術ではなく、将来技術であったことにも起因していると思われる。参加者の意識については、継続して注視していく必要がある。

主な意見として、「他社、他分野、同年代の機電技術者と交流ができ有意義であった」「異なる分野の技術者と意見交換できて刺激を受けた」「参考になった」「よい機会であった」等のポジティブな意見が多数であり、今後も意見交換会を継続する必要があることを再認識した。

#### ④講演について

講演に関しては機電技術者として興味の湧く講演内容であったと考える。時間的にも「適当な時間であった」という方が83%であり、今後も1時間弱の講演時間を確保して進めたい。ただ、2講演を望む方が50%いることから、可能な範囲で時間調整を検討する必要がある。

講演内容に不満の声はなく、最新技術の紹介や他分野の情報を望む声が多いことから、今後も機電技術者が興味を持つ話題を提供したい。

#### ⑤今回の意見交換会から得たもの

今回の経験をどのように活用して行くかという問いに対しては、「人脈活用：37%」「情報交換：43%」「個々のレベルアップ20%」という回答を得ており、各人それぞれ刺激を受け、良い経験となったようだ。

その他の意見としても「今後も交流していきたい」「他社の現状を知る良い機械であった」「今回話をした内容を自社に持ち帰り、今後役に立てられるよう展開したい」等の意見があり、精神的にも有意義な場を提供できたと考える。

#### (6) 今年度の成果および次年度への課題

意見交換会へ参加しての感想は、「有意義であった：

87%」「まあまあであった:13%」「不満・改善を要す:0%」ということで開催内容について大きな問題は無く、意見交換会の目的である「機電技術者の交流・育成に資する場づくり」を達成したと考える。

各人の感想も「有意義であった」「刺激を受けた」等の意見が多数であり、特にシャッフルについては、「同年代の機電技術者の意見が聞けた」「違う職種の機電技術者と交流でき刺激を受けた」等の高評価の意見が多く、今後も継続していくべきと考える。

昨年度から講演は成果発表の後に行っているが、アンケートからも発表、講演の順序に関して意見はなく、継続していくべきと考える。

「業務への取組意識が変化したか」という問いに対して、「大いに変化した」という回答は29%と、あまり高くない数値であった。昨年度も40%であったことから、内容の見直しを検討する必要があるが、大きく変革することは難しく、小規模な変化を取り入れて参加者の反応を見ていくことも必要と思われる。

討議テーマについては、「テーマが広い方が色々な意見が出やすい」という意見と「漠然としていて内容を絞りにくい」という意見があり、二分化の状態である。特に今年度はAIというまだ馴染みの薄い内容であったことから、参加者が成果をまとめる作業に苦慮していたようにも見受けられた。テーマの検討に加え、複数テーマの設定等も考慮していきたい。

発表方法についてはパワーポイントの使用を継続して行ったが、大きな問題とはなっていない。パワーポイント方式による発表を継続していきたい。USBメ

モリーや延長ケーブル等の備品についても主催者側がどこまで準備すべきかについて検討が必要である。

参加者に関しては、今年度は土木系、道路系、海洋系とバランスよく参加できていたと感じる。引き続き参加案内を極力前倒しして各社の人選に寄与したい。

開催曜日に関しては施設予約の関係から今年は「月・火」開催としたが、週末を望む声が多いことから、出来れば週末開催となるように施設予約時に調整したいが、予約する施設数が多いことから難しい面もある。

講演に関しては、内容についての不満は聞かれず、また、1時間弱の時間配分についても適当であったという意見が多かった。ただ、2講演を望む方も50%いることから、時間配分を検討していきたい。

新聞掲載については、昨年同様、業界紙3社に取材依頼をし、2社に掲載していただいた。今後も取材依頼は継続するとともに、「記事にしやすい内容、方策」を検討し、協会の活動をアピールして行きたい。

### 3. おわりに

機電技術者交流企画WGでは3ヶ年毎に計画の達成度を確認するとともに活動内容の評価を行い、継続性を協議することとなっている。毎年見直しを実施し、活動総括を行うが、機電技術者意見交換会については、『人づくり』『場づくり』に寄与していることは明らかであり、是非とも今後も継続させていきたい。

(文責 機電技術者交流企画WG)

J C M A



# 新工法紹介 機関誌編集委員会

|        |                              |      |
|--------|------------------------------|------|
| 03-184 | コンクリート仕上げロボット<br>「NEW コテキング」 | 鹿島建設 |
|--------|------------------------------|------|

## ▶ 概 要

一般的な現場打ちコンクリートの仕上げ作業においては、骨材を沈めてセメントペーストを浮かせる「アマ出し」という作業のあと、金ゴテ作業を行い、表面を緻密に仕上げる。鹿島は約30年前、当時としては画期的なコンクリートの仕上げロボット「コテキング」を開発しているが、バッテリー式ではないため電源ケーブルの取回しに手間を要することや、ローラによって走行するためコンクリート表面の軟らかい状況では走行に支障をきたし、アマ出し作業には不向きという課題があった。

そこでこれらの課題を解決するため、動力源をバッテリーとして、走行はクローラ方式とした「NEW コテキング」を開発し、現場打ちコンクリートの仕上げ作業の省力化・効率化など、大幅な生産性の向上を図った。



写真一 NEW コテキングの外観



写真二 アマ出し後の金ゴテ作業状況

## ▶ 特 徴

- ①動力源に大容量リチウムイオンバッテリーを搭載することにより3時間以上の連続運転を可能とし、1時間あたり最大700 m<sup>2</sup>の仕上げ作業を可能とした。
- ②本体の総重量は200 kgとし、現場内での運搬を考慮してワンタッチに4分割できる構造として、それぞれ仮設エレベータによって運べるサイズとした。
- ③運転方法は、タブレット端末によって遠隔操作する「手動運転」と、タブレット端末に作業区域の縦横寸法を入力すると自ら走行経路を決めて作業を行う「簡易自動運転」を選択できる。いずれの場合でも走行速度・旋回速度・コテ回転数などの調節を可能とした。
- ④本体前方や外周には各種センサを配置し、障害物や開口部を検知すると走行を停止する安全機能や、一旦退避して新たなルートを選定する退避機能も備えている。

表一 NEW コテキングの主な仕様

|       |                                    |
|-------|------------------------------------|
| 寸 法   | 長 1,430 mm × 幅 1,250 mm × 高 810 mm |
| 総 重 量 | 200 kg (ワンタッチに4分割可能)               |
| 走行速度  | 0 ~ 15 m/min                       |
| 制御方法  | 走行距離センサ・ジャイロセンサによる自動制御             |
| 動 力 源 | リチウムイオンバッテリー (1.4 kWh × 2台)        |
| 運転時間  | 3時間以上                              |

## ▶ 用 途

- ・現場打ちコンクリートの仕上げ作業

## ▶ 実 績

- ・四国横断自動車道 吉野川大橋工事  
第1プレキャストセグメント製作ヤード仮置き場  
縦16 m × 横8 m × 厚さ35 cm

## ▶ 問 合 せ 先

鹿島建設(株) 広報室  
〒107-8388 東京都港区元赤坂1-3-1  
TEL: 03 (6438) 2557

## 新工法紹介

|       |                           |               |
|-------|---------------------------|---------------|
| 06-17 | 高精度測位技術を活用した<br>埋設物検知システム | 鹿島建設<br>ウインクス |
|-------|---------------------------|---------------|

### ▶ 概要

重機で掘削作業を行う際、既設水道管などの埋設物を防護することは必須であり、作業前、作業中の綿密な確認や誘導のもと、作業が行われている。しかしながら、夜間や積雪時など目印が見えにくい状況での作業や、また重機の位置を勘違いするといったヒューマンエラーにより、埋設物を破損してしまう事例が発生している。近年ではスマートフォンなど小型の端末でGNSS測位が可能なデバイスが普及しているが、測位誤差が数mから場合によっては数十m発生するため、このような作業の誘導に活用するには課題があった。

そこで、小型タブレット端末を活用して既存埋設物を正確に把握、検知するシステムを開発した。このシステムは、高精度測位機能をもつパナソニック製のタブレット端末「TOUGH PAD」(タフパッド)に、自らの位置とあらかじめ入力した埋設物の位置とを地図情報とともに表示するもので、埋設物に近づくと光と音で警告する。このタブレット端末を重機の運転席に設置することで、掘削作業中のヒューマンエラーによる埋設物の破損事故を防止する。

本システムの測位方法は、高精度測位技術のひとつであるVRS (Virtual Reference Station: 仮想基準点) 方式のRTK-GNSS測位※機能をもつタブレット端末を用い、自らの位置と埋設物の位置とを高精度に把握、検知するシステムとなっている。

※ RTK-GNSS 測位: GNSS と基準局の電波を同時に送受信することで、計測地点を高精度かつリアルタイムに算出する



写真1 タブレット端末の重機運転席への設置状況

### ▶ 特徴

重機の操縦席に設置されたタブレット端末には、カーナビゲーションシステムと同様、地図上に自らの位置が表示される。VRS方式の測位機能により、その精度は誤差10cmレベルである。地図にはあらかじめ、埋設物の名称や種類、埋設深さなどの情報が入力されており、作業中に重機周辺の埋設物の詳細な情報が画面上に図示される。重機のオペレータはこの画面を見ながら操作することで、埋設物の位置を把握しながら、安全・確実に作業を実施することができる。また重機が埋設物に必要な以上に近づくとLED警告灯が音と光による警告を発し、万が一の見落としなどによる破損事故を防止する。

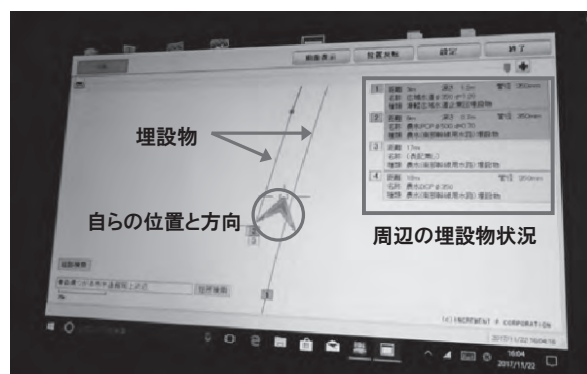


写真2 作業中のタブレット端末の画面

今回使用したタブレット端末は、測量に用いる従来型のRTK-GNSSの装置に比べると小型、軽量で可搬性が高く、狭い重機の運転席にも設置が容易で、他の重機への載せ替えも簡単にできる。また汎用性の高いOSであるため、既存のアプリケーションとの連携がしやすいという利点もある。

本システムを、青森県つがる市で施工中のウィンドファームつがる建設工事において、送電線を埋設するための連続した掘削作業で適用した。掘削重機を使用した施工区間の9割以上でシステムは十分にその機能を発揮し、冬期間で積雪状況下での掘削作業を安全・確実に完了した。

### ▶ 用途

・重機掘削作業による埋設物検知全般

### ▶ 実績

・ウィンドファームつがる建設工事

### ▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 土木管理本部 土木技術部  
〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11  
TEL: 03-5544-0499

# 新機種紹介 機関誌編集委員会

## ▶ 〈03〉 積込機械

|            |                                   |                 |
|------------|-----------------------------------|-----------------|
| 18-〈03〉-05 | キャタピラージャパン<br>ホイールローダ<br>Cat 918M | '18.8 発売<br>新発売 |
|------------|-----------------------------------|-----------------|

オフロード法 2014 年基準に適合したホイールローダである。オフロード法少数特例 2014 年基準同等に適合している。

デマンドファン、ECO モード、弓型サイドバーのパフォーマンスシリーズバケットおよびディファレンシャルロックを標準装備している。作業現場に合わせた多設定が可能なキーパッドスイッチにより、バケット、リフトのキックアウト位置の設定も行える。

ROPS（転倒時運転者保護構造）/FOPS（落下物保護構造）規格に対応したキャブ、大型センタディスプレイを採用し、リアビューカメラ&モニタをオプション設定している。

表一 Cat918M の主な仕様

|                                      |                    |          |
|--------------------------------------|--------------------|----------|
| 運転質量                                 | (kg)               | 9,120    |
| 標準バケット容量                             | (m <sup>3</sup> )  | 2        |
| 全長（バケット付）                            | (mm)               | 6,625    |
| 全幅（バケット付）                            | (mm)               | 2,400    |
| 全高（キャブ上端まで）                          | (mm)               | 3,110    |
| 最高走行速度                               | (km/h)             | 39       |
| エンジン名称                               | Cat C4.4 ディーゼルエンジン |          |
| エンジン総行程容積                            | (ℓ)                | 4.4      |
| 定格出力／回転数(kW/min <sup>-1</sup> (rpm)) |                    | 84／2,200 |
| ダンピングリーチ                             | (mm)               | 860      |
| ダンピングクリアランス                          | (mm)               | 2,805    |
| 標準販売価格（販売標準仕様、港裸渡し、税別）               | (千円)               | 19,609   |



写真一 キャタピラージャパン Cat918M ホイールローダ

問合せ先：キャタピラー（同） 小型製品販売促進グループ  
〒 220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3 丁目 7-1

## ▶ 〈19〉 建設ロボット、情報化機器

|            |                                         |                     |
|------------|-----------------------------------------|---------------------|
| 18-〈19〉-10 | キャタピラージャパン<br>油圧ショベル<br>Cat 336 / 336GC | '18.8 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-----------------------------------------|---------------------|

オフロード法 2014 年基準に適合し、電子制御式コントロールバルブを採用した油圧ショベルのモデルチェンジである。

ペイロード計測システム Cat プロダクションメジャメントにより、ブーム・アームを停止させることなく、持ち上げ旋回中に積荷の重さを計測できる。

Cat グレードコントロールにより、目標の勾配を少ないパス工数で作業仕上げができる。3D システムが必要な際はアップグレードが可能である。

Cat Connect テクノロジーにより、車両の位置や状態をリアルタイムに把握し、燃料消費量やアイドリング時間の分析も可能である。

ROPS（運転者保護構造）規格適合のキャブを採用し、エアサспенションシートには、シートヒーター・ベンチレータを装備している。標準のリアビューカメラで周辺の状況を LED モニタで確認できる。

表二 Cat336, 336GC の主な仕様

|                     | 336                | 336 GC            |
|---------------------|--------------------|-------------------|
| 運転質量                | (kg)               | 35,900            |
| 標準バケット容量            | (m <sup>3</sup> )  | 1.5               |
| アーム掘削力              | (kN)               | 169               |
| バケット掘削力             | (kN)               | 223               |
| 全長（輸送時）             | (mm)               | 11,150            |
| 全幅（輸送時）             | (mm)               | 3,290             |
| 全高（輸送時）             | (mm)               | 3,170             |
| 後端旋回半径              | (mm)               | 3,530             |
| エンジン名称              | Cat C9.3B<br>ACERT | Cat C7.1<br>ACERT |
| 総行程容積               | (ℓ)                | 9.3               |
| 定格出力（NET）           | (kW)               | 232               |
| 価格（販売標準仕様、工場裸渡し、税別） | (千円)               | 33,815.70         |
|                     |                    | 37,534            |



写真二 キャタピラージャパン Cat336 油圧ショベル

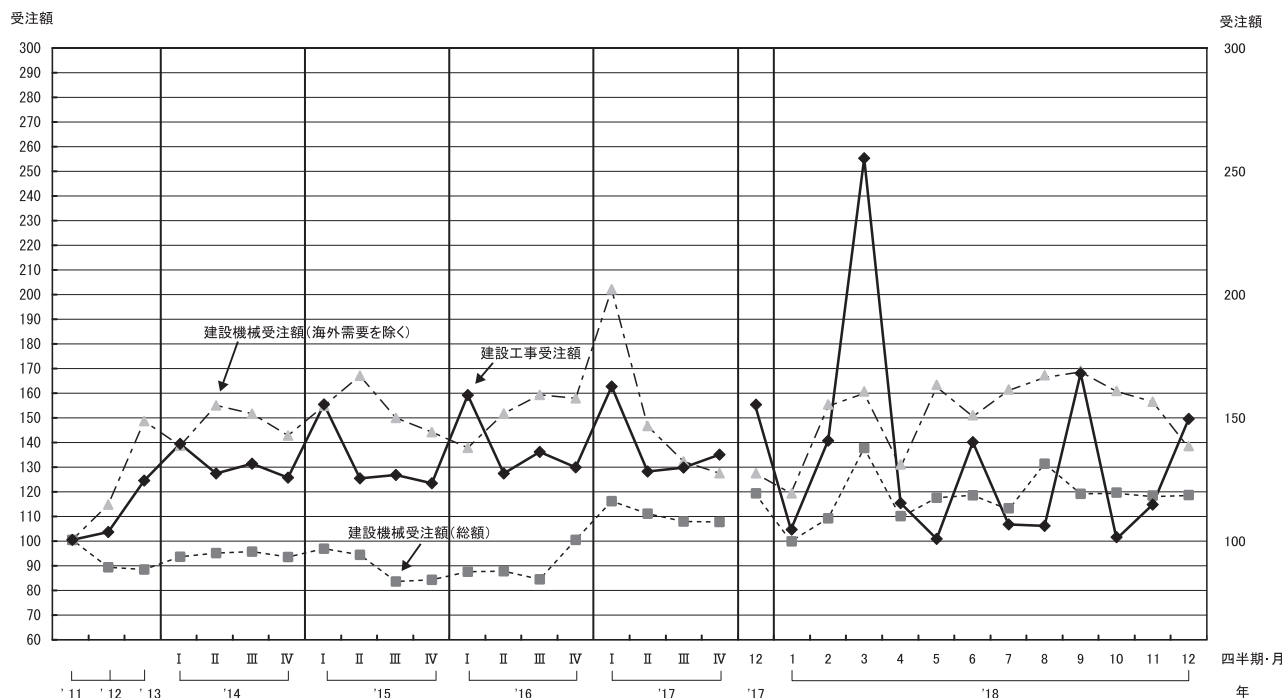
問合せ先：キャタピラー（同） GCI Marketing Innovation  
〒 220-0012 神奈川県横浜市西区みなとみらい 3-7-1



# 統計 機関誌編集委員会

## 建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査（大手50社）（指数基準 2011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 2011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<br>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   |        |       |        |           |        |            |         |
| 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 |
| 2014 年      | 139,286 | 80,477  | 16,175 | 64,302 | 43,103 | 4,822 | 10,887 | 86,537    | 52,748 | 138,286    | 125,978 |
| 2015 年      | 141,240 | 96,068  | 19,836 | 76,235 | 35,633 | 4,993 | 4,546  | 95,959    | 45,281 | 141,461    | 141,136 |
| 2016 年      | 146,991 | 99,541  | 17,618 | 81,923 | 38,894 | 5,247 | 3,309  | 98,626    | 48,366 | 151,269    | 134,037 |
| 2017 年      | 147,828 | 101,211 | 20,519 | 80,690 | 36,650 | 5,183 | 4,787  | 99,312    | 48,514 | 165,446    | 137,220 |
| 2017 年 12 月 | 13,789  | 10,120  | 2,613  | 7,507  | 3,265  | － 4   | 407    | 10,202    | 3,586  | 165,446    | 14,276  |
| 2018 年 1 月  | 9,256   | 6,082   | 1,439  | 4,644  | 2,213  | 491   | 469    | 6,269     | 2,987  | 165,251    | 9,284   |
| 2 月         | 12,479  | 8,030   | 2,160  | 5,870  | 3,428  | 383   | 638    | 7,722     | 4,757  | 159,835    | 20,576  |
| 3 月         | 22,717  | 15,428  | 3,004  | 12,424 | 5,894  | 556   | 839    | 14,500    | 8,216  | 171,191    | 22,294  |
| 4 月         | 10,212  | 7,007   | 1,473  | 5,534  | 2,473  | 438   | 293    | 5,763     | 4,448  | 171,322    | 11,334  |
| 5 月         | 8,921   | 6,449   | 2,271  | 4,178  | 1,940  | 330   | 202    | 6,091     | 2,830  | 161,200    | 8,310   |
| 6 月         | 12,424  | 9,114   | 2,245  | 6,869  | 2,100  | 487   | 723    | 8,989     | 3,435  | 171,024    | 13,637  |
| 7 月         | 9,439   | 6,656   | 2,205  | 4,451  | 1,445  | 358   | 980    | 6,221     | 3,217  | 170,413    | 9,782   |
| 8 月         | 9,390   | 6,336   | 1,863  | 4,474  | 2,564  | 380   | 109    | 6,512     | 2,878  | 169,926    | 11,352  |
| 9 月         | 14,917  | 11,535  | 2,443  | 9,092  | 2,382  | 444   | 555    | 10,589    | 4,328  | 170,358    | 15,558  |
| 10 月        | 8,982   | 6,236   | 1,417  | 4,820  | 2,029  | 430   | 285    | 6,052     | 2,930  | 264,920    | 27,554  |
| 11 月        | 10,161  | 7,584   | 1,656  | 5,929  | 1,869  | 325   | 383    | 7,261     | 2,900  | 168,450    | 11,647  |
| 12 月        | 13,271  | 10,259  | 2,337  | 7,922  | 2,295  | 3,939 | 323    | 9,283     | 3,988  | －          | －       |

建設機械受注実績

（単位：億円）

| 年 月     | 11年    | 12年    | 13年    | 14年    | 15年    | 16年    | 17年    | 17年<br>12月 | 18年<br>1月 | 2月    | 3月    | 4月    | 5月    | 6月    | 7月    | 8月    | 9月    | 10月   | 11月   | 12月   |
|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 総 額     | 19,520 | 17,343 | 17,152 | 18,346 | 17,416 | 17,478 | 21,535 | 1,936      | 1,617     | 1,770 | 2,237 | 1,784 | 1,906 | 1,923 | 1,836 | 2,132 | 1,932 | 1,940 | 1,921 | 1,925 |
| 海 外 需 要 | 15,163 | 12,357 | 10,682 | 11,949 | 10,712 | 10,875 | 14,912 | 1,474      | 1,185     | 1,206 | 1,654 | 1,309 | 1,313 | 1,375 | 1,250 | 1,525 | 1,318 | 1,356 | 1,353 | 1,423 |
| 海外需要を除く | 4,357  | 4,986  | 6,470  | 6,397  | 6,704  | 6,603  | 6,623  | 462        | 432       | 564   | 583   | 475   | 593   | 548   | 586   | 607   | 614   | 584   | 568   | 502   |

（注）2011～2013年は年平均で、2014～2017年は四半期ごとの平均値で図示した。

2017年12月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

## 行事一覽

(2019年1月1日～31日)

### 機 械 部 会



#### ■基礎工事用機械技術委員会

月 日：1月16日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか13名

議 題：①前田建設工業「岩盤掘削工法クォーターセリ矢」「the Boring Companyの地下トンネル構想」および「海外製油圧パイプロ」の紹介 ②日本車輛製造「DHJ60-3型 多目的掘削仕様」製品紹介 ③その他：標準部から「ISO TC195/SC3設置」の報告

#### ■原動機技術委員会

月 日：1月17日(木)

出席者：工藤睦也委員長ほか17名

議 題：①前回の議事録確認 ②建設機械の次期燃費基準の件：進捗状況の報告 ③次期排出ガス規制対応部会(12/17開催)の概要報告 ④海外排出ガス規制の動向に関する情報交換：中国スモーク規制について、中国排ガス規制 ⑤油脂技術委員会からの情報「バイオ燃料の最近の話題」

#### ■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：1月18日(金)

出席者：山口達也委員長ほか11名

議 題：①H30年度下期総会の発表内容とスケジュールの確認 ②現場・工場見学会の詳細確認(見学スケジュール、参加者、会費等) ③その他：標準部からISO TC127/SC2/WG28「衝突警報回避」に関する説明

#### ■トンネル機械技術委員会 技術講演会(技術の伝承について)

月 日：1月23日(水)

出席者：坂下幹事ほか41名

講演題目：①不具合とトラブルシューティング：安藤ハザマ土木事業本部 館岡潤仁様 ②トンネル換気技術の変遷と派生技術：流機エンジニアリング 会長 西村章様 ③自由断面掘削機の発展の歴史：ニシオティーアンドエム アドバイザー 二本幸男様

#### ■ダンプトラック技術委員会

月 日：1月24日(木)

出席者：田中哲委員長ほか6名

議 題：①ジック㈱「建設業界におけるセンシング技術活用事例」について技術紹介 ②各社トピックス：加藤製作所…不整地運搬車の新製品の紹介

③安全装置／システムに関する輪講：不整地運搬車に採用している安全機能 ④ホームページの見直しの件：不整地運搬車について(構造、稼働現場追加) ⑤「ダンプトラックの歴史」原稿作成の件

#### ■情報化機器技術委員会

月 日：1月25日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか6名

議 題：①H31年度活動計画の策定、H30年度活動報告まとめについて ②規制・規格の最新情報の共有 ③その他(サイバーセキュリティに関連し、車載端末とサーバ間情報伝送の暗号化の各社の状況、ISO15143の進捗状況共有)

#### ■除雪機械技術委員会 見学会 除雪作業現場、雪処理施設等見学

月 日：1月30日(水)～2月1日(金)

場 所：青森県青森市

参加者：太田正樹委員長ほか26名

見学内容：①青森市内国道除雪作業の見学(2日間) ②浜町雪処理施設見学 ③八重田浄化センタ見学 ④除雪業者との座談会

### 標 準 部 会



#### ■ISO/TC 127/SC 3/WG 5 土工機械—施工現場データ交換 ISO/DTS 15143-3 テレマティクスデータ編集 Web 会議

月 日：1月8日(火)

出席者：山本茂主査(コマツ)ほか10名(米・英・中・韓からWeb参加6名)

場 所：協会 会議室及び Web 上

議 題：ISO/DTS 15143-3 テレマティクスデータ改正案編集(各国意見対応)

#### ■ISO/TC 195/WG 9 建設用機械及び装置—自走式道路建設用機械の安全 小委員会

月 日：1月18日(金)

出席者：森網委員長(酒井重工業)ほか11名

場 所：協会 会議室

議 題：①2019年ISO/TC 195 国際会議(11/18～22@神戸)への参加・協力依頼 ②WG 9分科委員会案件の対面審議、ISO/CD 20500-1～-7(自走式道路建設機械の安全：第1部～第7部)投票対応検討 ③TC 195委員会案件の説明 新SC 4(仮)道路建設機械分科委員会の設立(ドイツ提案)

#### ■ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 土工機械—衝突警報及び回避 特設有志会合

月 日：1月29日(火)

出席者：岡主査(コマツ)ほか10名(国内4社からWeb参加)

場 所：Web 上

議 題：ISO 21815(土工機械—衝突警報及び回避) Part 制再開 新業務提案 対応…ISO/NP 21815-1(第1部：通則) 投票方針検討、ISO/NP 21815-2(第2部：車載J1939 交信インタフェース) 投票方針検討

#### ■ISO/TC 195/WG 9 建設用機械及び装置—自走式道路建設用機械の安全 小委員会(代替日)

月 日：1月30日(水)

出席者：森網委員長(酒井重工業)ほか5名

場 所：協会 会議室

議 題：1/18(金)欠席者を対象に同じ内容を説明・審議

### 製 造 業 部 会



#### ■製造業部会 作業燃費検討 WG ISO/TR 11152 エネルギー消費量試験方法の予備検討に関する打合せ(建設機械の燃費測定方法の国際標準化について)

月 日：1月28日(月)

出席者：阿部里視主査ほか11名

議 題：①ISO/TR11152 プロジェクトの経緯報告 ②国際標準化活動の体制と進め方について ③その他

### 建 設 業 部 会



#### ■臨時 機電 i-Con 現場 WG

月 日：1月11日(金)

出席者：宮内良和主査ほか2名

議 題：①「i-Con 事例」及び「ICT 安全の事例」全アンケート結果の詳細詰め作業 ②その他

#### ■機電交流企画 WG

月 日：1月15日(火)

出席者：進邦康成主査ほか7名

議 題：①第22回機電技術者意見交換会のその後について…機関誌報告書・HP 原稿の確認、第23回の計画及び3か月計画について ②機電職就活パンフについて、改訂に向けた修正・加筆箇所の持ち寄り検討 ③その他

#### ■三役会

月 日：1月24日(木)

出席者：金丸清人会長ほか5名

議 題：①各3WG 報告 ②合同部会について ③その他…下期見学会について、H31 事業計画及びH30 事業報告について

#### ■機電 i-Con 現場 WG

月 日：1月30日(水)

出席者：宮内良和主査ほか6名

議 題：①「i-Con 事例」及び「ICT 安全の事例」に関して、HP 会社との打ち合わせ報告と報告書に向けた分析報告、i-Con 施工事例報告について、ICT 安全事例報告について ②その他

## 各種委員会等

### ■機関誌編集委員会

月 日：1月9日（水）

出席者：見波潔委員長ほか 20 名

議 題：①平成 31 年 4 月号（第 830 号）の計画の審議・検討 ②平成 31 年 5 月号（第 831 号）の素案の審議・検討 ③平成 31 年 6 月号（第 832 号）の編集方針の審議・検討 ④平成 31 年 1 月号～平成 31 年 3 月号（第 827～829 号）の進捗状況報告・確認

### ■建設経済調査分科会

月 日：1月23日（水）

出席者：山名至考分科会長ほか 5 名

議 題：① H31 年度テーマ検討 ②その他の他

### ■新機種調査分科会

月 日：1月24日（木）

出席者：江本平分科会長ほか 3 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 3 回広報部会広報委員会

月 日：1月22日（火）

場 所：北海道支部 会議室

出席者：古賀修也広報委員長ほか 9 名

議 題：①支部だより No.117 号の編集について ②支部講演会講師の選定について ③建設工事等見学会について ④「建設機械施工」ずいそうについて ⑤その他

#### ■平成 30 年度 ICT 施工講習会（旭川会場）

月 日：1月29日（火）

場 所：旭川市民文化会館

受講者：90 名

内 容：① i-Construction（ICT 施工）の取組について ② UAV 及び LS 測量、出来形管理について ③ ICT 建機について ④ ICT 施工の工事事例について

講 師：北海道開発局事業振興部機械課 田中機械施工第 2 係長ほか

#### ■平成 30 年度 ICT 施工講習会（函館会場）

月 日：1月31日（木）

場 所：サン・リフレ函館

受講者：54 名

内 容：上記旭川会場と同じ

講 師：北海道開発局事業振興部機械課 田中機械施工第 2 係長ほか

## 東北支部

#### ■除雪機械展示・実演会 会場設置計画打合せ

月 日：1月9日（水）

場 所：新庄市 JR 新庄駅東口駐車場

出席者：阿曾貢貴事務局長ほか 5 名

内 容：①会場除雪、ブース区割り、ハウス建込み計画について ②終了後の解体、雪山除雪計画について

#### ■仙台工科専門学校 情報化施工実習

月 日：1月9日（水）

場 所：仙台市 仙台工科専門学校

参加者：仙台工科専門学校 環境土木工学科 2 年生 16 名

講義内容：情報化施工 MC 実習／MG 実習／三次元設計

講 師：情報化施工技術委員会 鈴木勇治委員長ほか

#### ■支部 合同部会

月 日：1月16日（水）

場 所：仙台市 パレス宮城野

出席者：高橋弘東北支部長ほか 45 名

議 題：①各支部平成 31 年度事業計画打合せ ②合同部会…各支部報告、平成 31 年度事業計画概要について（事務局より） ③その他

#### ■「ゆきみらい 2019 in 新庄」第 6 回担当者会議

月 日：1月21日（月）

場 所：山形市 山形県庁

出席者：尾崎幸男東北地方整備局技術企画官ほか 11 名

内 容：①運営マニュアル等について ②交流会について ③東口駐車場除雪について ④その他

#### ■除雪機械展示・実演会 会場除雪計画打合せ

月 日：1月24日（木）

場 所：新庄市 JR 新庄駅東口駐車場

出席者：山形県、新庄市、JCMA 東北支部

内 容：除雪計画（時期、費用負担）について

## 北陸支部

#### ■2 級建設機械施工技術検定学科試験

月 日：1月20日（日）

場 所：朱鷺メッセ（新潟コンベンションセンター）

ンセンター）

受検者：89 名

種目毎 第 1 種：18 名

第 2 種：75 名

第 3 種：3 名

第 4 種：12 名

第 5 種：1 名

第 6 種：1 名 計 110 名

#### ■「けんせつフェア北陸 in 富山 2019（仮称）」準備会

月 日：1月28日（月）

場 所：北陸地方整備局 供用会議室、富山河川国道事務所 大会議室（テレビ会議で実施）

出席者：堤雄生事務局長

議 題：①基本計画（案）概要について ②出展者募集要領（案）について ③予算計画（案）について ④前回開催の実施報告について ⑤平成 30 年度の実態を踏まえた課題討議

## 中部支部

#### ■平成 31 年新年名刺交換会

月 日：1月7日（月）

場 所：名古屋観光ホテル

主 催：（一社）日本建設業連合会中部支部及び（一社）日本道路建設業協会中部支部

出席者：所輝雄支部長、永江豊事務局長

#### ■学生のための ICT 講座

月 日：1月21日（月）

場 所：静岡県立浜松工業高等学校

参加者：土木科 41 名

講 師：(株)シーティーエス 中山俊彦氏、酒井満氏

内 容：最新の建設 ICT 技術等の紹介

#### ■清流の国ぎふ ICT モデル事業支援協議会

月 日：1月23日（水）

場 所：岐阜市西部コミュニティセンター

主 催：岐阜県土整備部

参加者：永江豊事務局長

#### ■三重県 ICT 活用工事支援協議会

月 日：1月30日（水）

場 所：三重県志摩庁舎

主 催：三重県土整備部

参加者：永江豊事務局長

#### ■2019 年豊川・矢作川連合水防演習・広域連携防災訓練連絡調整会議

月 日：1月30日（水）

場 所：豊田スタジアム

主 催：中部地方整備局

参加者：原一儀災害対策部会長



## 関西支部



### ■平成 30 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験 (2 回目学科) 試験監督者打合せ

月 日：1 月 10 日 (木)  
場 所：関西支部会議室  
議 題：①学科試験監督要領について  
②その他留意事項

### ■平成 30 年度 1・2 級建設機械施工技術検定試験 (2 回目学科)

月 日：1 月 20 日 (日)  
場 所：天満研修センター  
受検者：2 級 171 名 (1 種 6 名, 2 種 153 名, 3 種 0 名, 4 種 13 名, 5 種 2 名, 6 種 1 名)

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第 448 回)

月 日：1 月 23 日 (水)  
場 所：中央電気倶楽部 会議室  
議 題：①「JEM-TR121 建設工事用電機設備機器点検保守のチェックリスト」見直し検討 ② 2018 年度 JEM 規格類の 5 年見直し調査について ③ 2018 年度委員会活動報告書について ④その他

### ■広報部会

月 日：1 月 31 日 (木)  
場 所：関西支部 会議室  
出席者：河村謙輔広報部会長以下 7 名  
議 題：「JCMA 関西第 114 号」の発刊について

## 中国支部



### ■平成 30 年度 2 級第 2 回建設機械施工技術検定学科試験

月 日：1 月 20 日 (日)  
場 所：TKP ガーデンシティ広島駅前大橋  
受検者：44 名

### ■中国地方整備局と(一社)日本建設機械施工協会中国支部との意見交換会

月 日：1 月 28 日 (月)  
場 所：メルパルク広島  
出席者：中国地方整備局富樫篤英企画部長・河原能久中国支部長ほか 21 名  
議 題：〈公共工事の品質の確保について〉① i-Construction に関する事項 ② 入札・契約手続きに関する事項 ③ 土木機械設備工事 (点検・整備) に関する諸課題について 〈その他の事項〉 H30 除雪機械の運転技術講習会について (報告)

### ■第 3 回施工技術部会

月 日：1 月 31 日 (木)  
場 所：中国支部事務所  
出席者：齋藤実部会長ほか 6 名  
議 題：①平成 31 年度部会事業実施計画について ② i-Con (情報化施工) 関係行事 (案) について ③ 平成 31 年度道路除雪講習会 (案) の企画について ④その他懸案事項

## 四国支部



### ■共催事業「ドローン操作訓練」

月 日：1 月 15 日 (火)  
場 所：国営讃岐まんのう公園 (多目的広場)  
共催者：(一社) 建設コンサルタンツ協会 四国支部, (一社) 四国クリエイト協会, (一社) 日本建設機械施工協会 四国支部, (一社) 日本補償コンサルタント協会 四国支部, (株)建設マネジメント四国  
参加者：共催団体から 3 社 11 名, ドローン 3 機, JCMA 四国支部会員会社から 1 社 2 名参加, 支部からは事務局長が参加  
内 容：公園休園日を利用して, 災害発

生時に迅速に対応するため, 各社所有のドローンを用いて訓練を実施

### ■平成 30 年度建設機械施工技術検定【学科】(2 級 2 回目) 試験

月 日：1 月 20 日 (日)  
場 所：サン・イレブン高松 (高松市)  
受検者：83 名

### ■国交省との共催事業「H30 遠隔操縦式バックホウ等操作訓練 (四技)」

月 日：1 月 30 日 (水) ~ 31 日 (木)  
場 所：国土交通省四国技術事務所構内 (高松市牟礼町)  
受講者：支部会員会社等からの応募者 24 名  
訓練評価者：山下安一事務局長ほか 2 名  
内 容：① 1.0 m<sup>3</sup> 級バックホウをカメラ映像のみにより遠隔操縦する訓練 ② 0.45 m<sup>3</sup> 級バックホウを目視により遠隔操縦する訓練 ③ バックホウ遠隔操縦訓練に関し, 訓練前後の技量変化を評価 ④ 講習修了証の交付

## 九州支部



### ■平成 30 年度 2 級第 2 回建設機械施工技術検定学科試験

月 日：1 月 20 日 (日)  
場 所：福岡国際会議場  
受検者：2 級 191 名

### ■企画委員会

月 日：1 月 22 日 (火)  
出席者：10 名  
議 題：①災害協定の見直し ② 永年会員, 永年役職員等の本部表彰について ③ 支部の建設の機械化功労者表彰について ④ i-Constructin 施工による九州生産性向上推進会議の開催について ⑤ その他

## “建設機械施工” バックナンバー紹介（抜粋）

平成 28 年 7 月号（第 797 号）



### コンクリート工事、コンクリート構造 特集

- ◆巻頭言 プレキャスト技術による耐久性の向上
- ◆技術報文
  - ・場所打ち UFC による PC 道路橋 デンカ小滝川橋
  - ・外ケーブルを合理化配置した有ヒンジ橋の多径間連続化技術 涼徳橋上部工連続化工事
  - ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
  - ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
  - ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法、ND-WALL 工法の事例
  - ・設計基準強度 300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
  - ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
  - ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
  - ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
  - ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上
- ◆投稿論文
  - ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発
- ◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 20） 小形除雪車（2）
- ◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号（第 798 号）



### i-Construction 特集

- ◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命
- ◆行政情報
  - ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介
- ◆技術報文
  - ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
  - ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
  - ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
  - ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用

- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探索 比抵抗センサーを用いた介在砂層探索技術
- ・VR による安全管理 ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
- ・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介 マストレスタイプ MC システム 3D-MC<sup>MAX</sup>
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
- ◆投稿論文
  - ・無人化施工による破碎・解体作業時における触知覚情報の必要性和実態 ～媒体を通じた人の触知覚の実態～
- ◆交流の広場
  - ・ICT を活用した精密農業の取り組み 農業における IoT を実現する新たな取り組み
- ◆CMI 報告
  - ・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
- ◆部会報告 除雪機械の変遷（その 21） 小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）



### 道路 特集

- ◆巻頭言 道路事業の今後と課題
- ◆行政情報
  - ・「凸部、狹窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
  - ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化
- ◆技術報文
  - ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
  - ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
  - ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
  - ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
  - ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
  - ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
  - ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
  - ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
  - ・グレーダ開発の変遷史
  - ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取り組み
  - ・除雪作業の安全性向上に関する検討
  - ・ベイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
- ◆交流の広場
  - ・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
- ◆JCMA 報告
  - ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績（その 2）
- ◆部会報告
  - ・アスファルトプラントの変遷（その 1）黎明期～昭和 12 年
- ◆CMI 報告 吹付けノズルマンの技能評価試験
- ◆統計 平成 28 年度 建設投資見通し

## 平成 28 年 10 月号 (第 800 号)



## 800 号記念、維持管理・リニューアル 特集

## ◆グラビア

- ・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
- ・「建設機械施工 (旧誌名: 建設の機械化)」誌創刊第 2 号, 第 3 号

## ◆巻頭言

- ・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な活用  
～地方の道をだれがいかを守っていくか～

## ◆記憶に残る工事

1. 黒四の工事と建設機械
2. 名神高速道路 山科工事の土工実績と今後の問題点
3. 東海道新幹線の工事について
4. 青函トンネルの概要について
5. 福島原子力発電所建設の工事概要
6. 新東京国際空港の大土工工事

## ◆行政情報

- ・「国土交通省インフラ長寿命化計画 (行動計画)」の概要, インフラ老朽化対策の主な取り組み等

## ◆技術報文

- ・多機能橋梁常設足場の開発 耐用年数 100 年の長寿命化を目指して
- ・高速道路における大規模更新・大規模修繕工事  
高速道路リニューアル事業の本格始動
- ・首都高速道路における更新事業の取り組み
- ・移動式たわみ測定装置の紹介  
舗装の構造的な健全度を点検する技術の開発
- ・調整池法面改修工事に係るフェーシング機械  
定張力ウインチを搭載した自走式ウインチの開発

## ◆交流の広場

- ・ドローン等を活用したセキュリティサービスと新たな脅威への対応

## ◆CMI 報告

- ・災害復旧支援に向けた応急橋の開発 (続報)

## ◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 2) 昭和 13 年～31 年

## 平成 28 年 11 月号 (第 801 号)



## 土工 特集

- ◆巻頭言 ICT 導入による建設施工の生産性向上に向けて

## ◆行政情報

- ・CM 方式を活用した震災復興事業の現状報告

## ◆技術報文

- ・「機械の声を聞く」i-Construction を含有した総合的建機ソリューションの提供 Cat Connect Solution の提案

- ・i-Construction における重機 ICT コミュニケーション  
ライカ アイコン テレマティックス
- ・加速度応答システムの適用性評価
- ・マシンコントロール機能を搭載した油圧ショベルの開発  
ICT 油圧ショベル「ZX200X-5B」
- ・セミオートマシンコントロールシステムを搭載した油圧ショベル  
の開発 施工効率向上を実現する Cat<sup>®</sup> グレードアシスト
- ・UAV 搭載レーザ計測システムの開発
- ・土工用建設ロボットの開発における新たな挑戦  
無人化施工機械から地盤探査ロボット開発の概要紹介
- ・大分川ダム建設工事
- ・大規模土工における ICT 施工と CIM 化への対応  
陸前高田市震災復興事業での取り組み
- ・シェル型浸透固化処理工法 新しい注入形態
- ・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策  
剛壁面補強土工法 (RRR (スリーアール) 工法) による強化復旧対策
- ・近頃の土工技術 デジタルアースムービング
- ◆交流の広場
- ・海洋探査技術の現状 水中音響計測技術の応用例紹介
- ◆CMI 報告
- ・補強土壁工法の新技術 帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
- ◆部会報告
- ・アスファルトプラントの変遷 (その 3) 昭和 32 年～36 年
- ◆統計 平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

## 平成 28 年 12 月号 (第 802 号)



## 防災、安全・安心を確保する社会基盤整備 特集

## ◆行政情報

- ・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入  
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要

## ◆技術報文

- ・凍土方式による陸側遮水壁の造成  
凍結管の削孔・建て込み, 凍結設備の設置工事
- ・工事を支える二つの『見える化』  
山田宮古道路—山田北道路改良工事
- ・早期復興に應えるために取り組んだ現場運営の紹介  
国道 45 号吉浜道路工事の事例
- ・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
- ・締固めによる木曽三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介  
砂圧入式静的締固め工法 (SAVE-SP 工法)
- ・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車  
両システムの開発 遠隔操縦ロボットシステム ASAM
- ◆投稿論文 振動ローラの機械仕様に関する研究

- ◆交流の広場 防災・災害把握へのドローンの利用

## ◆JCMA 報告

- ・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 3)

## ◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷 (その 4) 昭和 37 年～42 年

## ◆統計

- ・インフラシステムの海外展開の動向
- ・平成 28 年 建設業の業況



## 平成 29 年 1 月号 (第 803 号)



## 建設機械 特集

- ◆巻頭言 変化に対応できる生き物が生き残る
- ◆行政情報
  - ・国土交通省における「建設施工の地球温暖化対策検討分科会」における燃費基準の検討の動向
- ◆技術報文
  - ・新型振動ローラの紹介 SW654 シリーズ
  - ・最新型ホイールローダ 950MZ
  - ・新型 50 t 吊ラフテレーンクレーン Rf シリーズブラフター SL-500Rf PREMIUM
  - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9 t 吊クローラクレーン開発 CC985S-1 の特長
  - ・ガソリン / LPG エンジン式小型フォークリフト FOZE 0.9 ~ 3.5 トン
  - ・リチウムイオンバッテリーを搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル SK200H-10
  - ・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
  - ・新型高所作業車の開発 スカイボーイ AT-170TG-2, AT-220TG-2
  - ・全回転チュービング装置 RT シリーズ 大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
  - ・新世代 350 t 吊クローラクレーンの開発 SCX3500-3
  - ・搭乗式スクレーパの開発 HBS-2000「RHINOS」(ライノス)
  - ・大型自航式ポンプ浚渫船 CASSIOPEIA V
  - ・鉄道クレーン車 KRC810N
  - ・油圧ショベル PC138US/PC128US-11
  - ・ショベル系の開発と変遷史
- ◆交流の広場
  - ・安全の責任について考える ~ 技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚 ~
- ◆部会報告
  - ・アスファルトプラントの変遷 (その 5) 昭和 43 年 ~ 50 年
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測について

## 平成 29 年 2 月号 (第 804 号)



## 大深度地下、地下構造物 特集

- ◆巻頭言 トンネル工事の効率化のために
- ◆技術報文
  - ・地下鉄建設技術と工事用機械 90 年の歴史を概観する
  - ・倉敷国家石油ガス備蓄基地 LPG 岩盤貯槽建設工事 プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
  - ・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設 リードドリル工法

- ・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム !! リアルタイムによる施工管理システム
- ・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
- ・3 連揺動型掘進機による地下通路の施工実績 日比谷連絡通路工事 R-SWING® 工法
- ・国内最大のシールドマシン 東京外環 (関越 ~ 東名) 事業に使用
- ・縮径トンネル掘削機の開発 トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
- ・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
  - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
  - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年 ~ 58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

## 平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



## 地球温暖化対策、環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
  - ・二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO<sub>2</sub> ミニマム)セメント・コンクリートシステム
  - ・CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
  - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
  - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
  - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
  - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
  - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
  - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
  - ・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介 徐放性凝集剤「J フロック」
  - ・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
  - ・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化 再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み
  - ・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置 サイレンスチューブ
  - ・おもりをを用いた工事振動低減工法の概要 地盤環境振動低減工法 GMD 工法
- ◆交流の広場
  - ・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その7）

平成 29 年 4 月号（第 806 号）



建設業の海外展開，海外における建設施工 特集

◆巻頭言 建設業のインフラ海外展開

◆行政情報

- ・建設業の海外展開と ODA

◆技術報文

- ・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事  
ベトナム国内最大の海上橋
- ・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工  
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
- ・シンガポール MRT  
トムソン－イーストコーストライン T207 工区
- ・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績  
台湾・大安電力シールド工事
- ・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバランダム建設工事  
JICA Loan IP-534
- ・ケニア モンバサ港コンテナターミナル開発工事  
JICA Loan Agreement No. KE-P25
- ・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事  
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
- ・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫  
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
- ・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事

◆交流の広場

- ・日本企業による水ビジネスの海外展開

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その8）

平成 29 年 5 月号（第 807 号）



解体とリサイクル，廃棄物処理 特集

◆巻頭言 建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望

◆技術報文

- ・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用  
シミズ・クールカット工法
- ・最新の超大型建物解体機 SK2200D
- ・各種技術を駆使したダム撤去工事
- ・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化  
ガラダム工法の適用範囲・施工法の拡充
- ・大規模土工事における岩塊の有効活用と搬送設備のリユース  
東松島市野蒜北部丘陵地区震災復興事業における取組み
- ・震災コンクリートがらを利用した海水練りコンクリートの製造・施工

- ・産業用ロボットを応用した建設廃棄物選別システム
- ・植物廃材を活用した「バイオマスガス発電」
- ・汚染土壌対策 戦略的な土地活用を支援する「サステナブルレメディエーション」に基づく評価ツールの開発 SGRT-T
- ・新東名高速道路における建設時の重金属含有土対策
- ・簡易破碎方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術  
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
- ・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め  
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
- ・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討

◆交流の広場 新幹線地震対策技術の進化を振り返る

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その9）

◆統計 平成 29 年度 公共事業関係予算

平成 29 年 6 月号（第 808 号）



都市環境，都市基盤整備，自然再生等 特集

◆グラビア 時代の建層（ときのけんそう）

◆巻頭言 育てる

◆技術報文

- ・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
- ・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術  
原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法
- ・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
- ・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
- ・礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例
- ・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策  
樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ アクアロード」の開発
- ・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発  
ハイブリッド雨水貯留システム
- ・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
- ・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト
- ・「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況  
都市域における生物多様性向上を目指して
- ・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
- ・樹木対応型壁面緑化システムの開発  
パーティカルフォレスト®
- ・時代の建層（ときのけんそう）  
建設残土を利用した，時代を積み重ねる都市更新の提案

◆交流の広場

- ・セメント製造工程を活用した車載リチウムイオン電池のリサイクル技術

◆CMI 報告 ブルドーザの燃費評価値から実作業燃費への換算

◆部会報告 アスファルトプラントの変遷（その10）

◆統計 主要建設資材価格の動向

## 平成 29 年 7 月号 (第 809 号)



## 基礎工, 地盤改良 特集

- ◆巻頭言 大規模災害で発生する災害廃棄物対策にむけて
- ◆技術報文
  - ・高機能, 施工の省力化, 省資材化を達成した防潮堤の開発  
ハイブリッド防潮堤の開発施工事例
  - ・ニューマチックケーソンによる深さ 70 m 大深度立坑築造工事
  - ・狭隘空間でも施工可能な場所打ち杭工法の概要と施工事例  
超低空頭場所打ち杭工法 C-JET18
  - ・地中障害物撤去の新技術・新工法の開発 A-CR 工法
  - ・都市高速道路における ASR 劣化が生じた橋脚梁部の再構築施工  
阪神高速道路 西船場ジャンクション改築事業における事例紹介
  - ・空頭制限 2.0 m 以下で施工可能な小口径鋼管杭工法の開発  
ST マイクロパイル工法
  - ・地盤改良体方式斜め土留め工法の適用事例  
富山新港火力発電所 LNG1 号機新設工事
  - ・廃棄物最終処分場の減容化技術の開発と施工事例  
リフューズプレス工法
  - ・大口径相対攪拌工法の概要と施工事例 KS-S・MIX 工法
  - ・地盤改良分野の ICT 活用技術 ジェットグラウト施工管理システム, GNSS ステアリングシステム, 3D-ViMa システム
  - ・大口径掘削杭工法対応のアースドリル開発 SDX612
  - ・三点式杭打機フェニックスシリーズ「DH758-160M」の紹介
  - ・低空頭, 狭隘地で活躍する軽小型の地中連続壁掘削機の開発  
MPD-TMX 工法
  - ・地盤改良工事を全自動で施工管理  
ICT を導入した全自動施工管理制御システムの開発 Y-LINK
  - ・木造住宅の耐震性 ビッグフレーム構法とマルチバランス構法
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 1)
- ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

## 平成 29 年 8 月号 (第 810 号)



## 歴史的遺産・建造物の修復 特集

- ◆グラビア
  - ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ  
過去, 現在そして未来へ
- ◆巻頭言 歴史遺産感動の 3 要素
- ◆技術報文
  - ・魅せる素屋根の技術と見せる保存修理  
近代ニッポンを支えた世界遺産 旧富岡製糸場
  - ・伝統建築における設計施工一貫 BIM  
薬師寺食堂(じきどう)復興事業
  - ・熊本城の櫓を鉄の腕で支える  
飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
  - ・経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理

- ・国重要文化財の永代橋, 清洲橋の長寿命化
- ・大規模シェル構造ラジアルゲート建設への取り組み  
大河津可動堰改築ゲート設備工事
- ・新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
- ・狭山池の改修とその技術の変遷
- ・歴史的鋼橋の補修補強工事  
土木遺産である晩翠橋の補修補強工事の紹介
- ・3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ  
過去, 現在そして未来へ
- ・歴史的建造物の移動(曳家), 免震化(レトロフィット)工事
- ・消えた建設機械遺産群 わが国の建設機械の始祖

◆交流の広場 博物館明治村

◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 2)

◆CMI 報告 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討

◆部会報告

- ・アスファルトプラントの変遷(その 11)
- ・ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

◆統計 建設企業の海外展開

## 平成 29 年 9 月号 (第 811 号)



## 維持管理・老朽化対策・リニューアル 特集

- ◆巻頭言 社会インフラの老朽化, これは JAPAN IN RUINS ですか
- ◆行政情報
  - ・ダム再生 既設ダムの有効活用
  - ・道路の老朽化対策の取り組み
- ◆技術報文
  - ・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工  
用宗高架橋(下り線)の床版取替え工事
  - ・PC ゲルバー橋の連続化 首都高速 1 号羽田線 勝島地区橋梁
  - ・短工期を実現した天井板撤去の取組み  
神戸長田トンネル天井板撤去工事
  - ・走行型高速 3D トンネル点検システム MIMM-R(ミーム・アール)  
画像・レーザー・レーダー技術による点検・調査・診断支援技術
  - ・武蔵水路「安全・安心な施設へのリニューアル」  
水路改築工事におけるプレキャスト工法の施工実績
  - ・福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策
  - ・港湾構造物の維持管理への ICT の活用  
無線操作式ボートを用いた港湾構造物の点検・診断システム
  - ・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
  - ・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術
  - ・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料  
タフショットクリート®
  - ・産業遺産である老朽化した水力発電所の改修と立坑掘削時における地山の変位と対策
  - ・歴史的建造物(レンガ建屋)の曳家工法による保存  
蔵上浄水場第 1 高区配水池改良工事
  - ・船場センタービル外壁改修工事  
大規模商業施設における外壁改修
- ◆JCMA 報告 平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績(その 3)
- ◆CMI 報告
  - ・構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究  
鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の紹介
- ◆部会報告 アスファルトプラントの変遷(その 12)
- ◆統計 平成 29 年度 建設投資見通し



## 平成 29 年 10 月号 (第 812 号)



## 建築 特集

## ◆巻頭言 人工技能研究のすすめ

## ◆行政情報

- ・「適正な施工確保のための技術者制度検討会」とりまとめ
- ・建築物省エネ法の概要

## ◆技術報文

- ・ホール舞台スノコ天井リフトアップ工事
- ・既存建物の不快な床振動を低減する制振技術 SPADA (スパーダ) - Floor
- ・VR 技術を活用した教育システムの開発と運用 施工技術者向け VR 教育システム
- ・地上躯体に適用可能な中品質再生骨材を用いたコンクリートの実用化
- ・外側耐震補強構法『KG 構法』の新たな展開 完全外部施工方法の開発
- ・杭頭接合部の耐震性能向上および施工の省力化技術 鋼板補強型杭頭接合工法 TO-SPCap 工法の開発
- ・スマートデバイスを活用した『杭施工記録システム』の開発 「KOC Co チェックシステム」アプリケーションの紹介
- ・ロボット溶接による建築現場溶接施工工法の開発と適用
- ・自律型清掃ロボットを開発 T-iROBO® Cleaner
- ・建物の安全性即時診断システム 1ヶ所の地震計で地震後即時に建物の安全性を自動診断
- ・ハイブリッド架構による耐火木造建築の技術開発

## ◆交流の広場

- ・デザイン思考でデジタル活用 労働安全分野への適用

## ◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 4)

## ◆部会報告 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告

## 平成 29 年 11 月号 (第 813 号)



## 防災、安全／安心を確保する社会基盤整備 特集

## ◆巻頭言 社会資本整備を考える

## ◆行政情報

- ・Lアラート：防災情報共有システムの現状

## ◆技術報文

- ・平成 28 年熊本地震における阿蘇大橋地区斜面防災対策工事での分解組立型バックホウの活用
- ・国内初大型ニューマチックケーソン 2 両同時設け施工
- ・サイフォンと水中ポンプの機能を併用した排水システムの開発 ハイブリッド・山辰サイフォン排水システム
- ・熱赤外線サーモグラフィによる斜面調査

- ・地下鉄トンネル覆工のはく離・浮きの可視化による検出システムの検討

- ・無排泥粘土遮水壁工法の開発 エコクレイウォールⅡ工法

- ・老朽化した狭小導水路トンネルリニューアルの機械化施工

- ・超音波振動を併用した薬液注入工法 UVG 工法

- ・石積み擁壁耐震補強工事における鉄道営業線近接施工

## ◆交流の広場

- ・非常食の循環システム付き宅配ロッカー「イーバルボックス」ソリューションによる、ローリングストック実現にむけて

## ◆JCMA 報告

- ・平成 29 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 5)

## ◆部会報告

- ・ISO/TC 127 土工機械広島総会及び ISO/TC 127/SC 3/WG 12ISO 6405 土工機械—操縦装置などの識別記号 国際 WG 会議報告

## ◆統計 平成 29 年 建設業の業況

## 平成 29 年 12 月号 (第 814 号)



## 先進建設技術 特集

## ◆巻頭言

- ・建設産業がけん引する「第 4 次産業革命」 具体化への期待

## ◆行政情報

- ・i-Construction 推進の取組み状況 普及促進事業の進捗
- ・国土交通省における CIM の導入・推進

## ◆技術報文

- ・ImPACT タフ・ロボティクス・チャレンジにおける災害対応建設ロボット
- ・総合的な i-Construction による緊急災害対応 阿蘇大橋地区斜面防災対策工事における無人化施工
- ・油圧ショベル用遠隔操縦装置の開発 災害現場への適応性を向上させた新型簡易遠隔操縦装置ロボ QS
- ・自律移動ロボットによる盛土締固め度及び水分量測定の自動化
- ・次世代建設生産システムの現場適用と生産性向上への展望 ロックフィルダムへの適用紹介とインフラ無線システム
- ・大水深対応型水中作業ロボットの開発 DEEP CRAWLER
- ・ドリル NAVI における新機能の開発
- ・AI を活用したコンクリート表層品質評価システムの開発
- ・建設機械の改造が不要で着脱可能な装置による無人化施工技術の開発 熊本城崩落石撤去へ汎用遠隔操縦装置「サロゲート」の適用事例
- ・次世代型ビーコンを利用した屋内作業員の可視化による現場管理システムの開発 EXBeacon プラットフォーム現場管理システム
- ・IoT を活用した建設機械用アタッチメントの稼働管理システム (TO-MS) の開発 AI で故障予知・稼働監視を実現、未来型アフターサービスの提供によるランニングコストの低減
- ・移動体多点計測技術 (MMS) を用いた出来形管理に向けた基礎的研究

## ◆交流の広場

- ・パワーアシストスーツを活用した作業者の負担軽減

## ◆部会報告

- ・ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 国際ジョイント作業グループ会議報告

## 編集後記

早いもので平成も残り1ヶ月となりました。各メディアにおいては、新年号の予想や平成の重大ニュースなど、平成に関連する話題が多く見受けられます。ある平成を振り返る特集から、建設業界に関係するものを取り上げてみたところ、平成5年レインボーブリッジ開通、平成9年東京湾アクアライン開通、平成15年六本木ヒルズ開業、平成24年東京スカイツリー開業といった歴史的事業が成された一方で、甚大な被害をもたらした自然災害も多く発生しております。主だったものだけでも、平成3年雲仙普賢岳大火砕流、平成7年阪神・淡路大震災、平成16年新潟中越地震、平成23年東日本大震災、平成26年御嶽山噴火、豪雨による広島土砂災害、平成28年熊本地震とあります。特に今年11日は東日本大震災発生から8年となり、テレビで当時と現在の状況を映像で拝見するにあたり、自然災害の脅威を改めて感じる次第です。

今月号の特集は『土工事』です。土工事に関する最新技術の紹介として、大規模土工事、土地改良、地盤改良、液状化対策、軟弱地盤への対応、補強工法をキーワードに特集報文を依頼致しましたところ、今回ご紹介する報文におきましても、東日本大震災の復興・復旧、液状化対策として、『釜石市中央ブロック復興整備事業での盛土材の現地製造』、『福島県藤沼ダムの震災後復旧工

事』、『高圧噴射攪拌工法による矩形改良体を活用した液状化対策工法と施工事例』、『液状化地盤における橋台基礎の耐震性能評価と耐震対策技術の開発』、平成28年北海道豪雨災害対策として『水理模型実験による橋台背面盛土の崩壊メカニズムと対策工に関する検討』、豪雨や地震による防災対策として『ジオグリッドおよび短繊維混合補強砂を用いたのり面表層保護工』と、自然災害に対する復興・復旧と対策に関する報文が見受けられます。このように、土工事技術は人類が自然災害と対峙してきた歴史から進歩していることを再認識致します。

同様に、土工事の技術進歩にはICTも欠かせないものとなっております。立命館大学 深川先生の巻頭言『「下町ロケット」から土工事の無人化施工を考える』をはじめ、『3次元データを活用した大規模土工の見える化を実現』、『ICTを活用した地盤改良工法の新施工管理システム』とICTに関連する報文も紹介しております。

最後に、今月号はご多忙にも関わらず快くご執筆をお受けいただいた皆様のおかげで、順調に報文が集まりまして、編集委員としては嬉しい限りでした。ご寄稿いただいた皆様、特に表紙のレイアウトにもご協力いただきました岩手県建設業協会の村上様、2件の報文をご寄稿いただきました北見工業大学様、この場を借りて厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。

(中村優・鈴木)

### 4月号「建築特集」予告

・国土交通省におけるBIM/CIMの普及・促進 ・官庁営繕事業における生産性向上に係る取り組み ・ICT導入協議会 ・鉄骨工事における自動化施工技術に関する開発 ・建設工事における鉄骨現場溶接作業の自動化と課題 ・BIMとデジタル測定機器を連携させた設備検査手法を構築 ・建設業界におけるVR/ARの取り組みと活用事例 ・建設工事写真管理におけるIT活用整備と自動処理化の取り組み ・人間と同じ重労働が可能な人間型ロボット試作機HRP-5Pの開発 ・安全教育におけるVRの活用 ・中大規模の木造建築を念頭にCLT床の開発 ・建築分野における3Dモデリング ・AOA方式を利用した屋内測位システムとその事例紹介 ・BIMモデルの活用により昇降機の計画を効率化

### 【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえFAXにて協会本部へお申込み下さい。

…官公庁／会社名、所属部課名、担当者氏名、住所、TELおよびFAX

年間購読料 (12冊) 9,252円 (税・送料込)

## 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 |
| 田中 康順 | 中岡 智信 |
| 中島 英輔 | 渡邊 和夫 |

### 編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

### 編集委員

|       |              |
|-------|--------------|
| 林 利行  | 国土交通省        |
| 山口 康広 | 農林水産省        |
| 中村 弘  | (独)鉄道・運輸機構   |
| 岡本 直樹 | (一社)日本機械土工協会 |
| 加藤 誠  | 鹿島建設(株)      |
| 赤坂 茂  | 大成建設(株)      |
| 宇野 昌利 | 清水建設(株)      |
| 佐藤 正明 | (株)大林組       |
| 久保 隆道 | (株)竹中工務店     |
| 宮川 克己 | (株)熊谷組       |
| 中村 優一 | (株)奥村組       |
| 京免 継彦 | 佐藤工業(株)      |
| 竹田 茂嗣 | 鉄建建設(株)      |
| 松澤 享  | 五洋建設(株)      |
| 飯田 宏  | 東亜建設工業(株)    |
| 鈴木 貴博 | 日本国土開発(株)    |
| 斉藤 徹  | (株)NIPPO     |
| 中川 明  | コマツ          |
| 山本 茂太 | キャタピラー・ジャパン  |
| 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)      |
| 新井 雅利 | (株)加藤製作所     |
| 川井 成人 | 古河ロックドリル(株)  |
| 山下純一郎 | (株)前田製作所     |
| 太田 正志 | 施工技術総合研究所    |

### 事務局

(一社)日本建設機械施工協会

## 建設機械施工

第71巻第3号 (2019年3月号) (通巻829号)

Vol.71 No.3 March 2019

2019 (平成31) 年3月20日印刷

2019 (平成31) 年3月25日発行 (毎月1回25日発行)

編集兼発行人 田崎 忠行

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 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 札幌市中央区北三条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18

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  
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](mailto:san-mich@zam.att.ne.jp) 担当 : 田中



# KOBELCO

## 誰でも働ける現場へ KOBELCO IoT

労働人口減少、安全対策、若手の育成、生産性向上…。  
KOBELCOのIoTソリューションは、いま現場が抱える  
問題をともに解決するために生まれました。衝突から  
人やものを守るK-EYE<sub>PRO</sub>や故障を未然に防ぐKSCAN。  
作業をガイドするホルナビ。最先端のテクノロジーで、  
現場一人ひとりの働き方に革命を起こすKOBELCO IoT。  
働く人を選ばない次世代の現場を、ともに作ります。



ホルナビ  
+PLUS



KSCAN



K-EYE<sub>PRO</sub>

コベルコのIoTソリューション

KSCAN

K-EYE<sub>PRO</sub>



# VOLVO アスファルトフィニッシャー

**VOLVO** アスファルトフィニッシャーは、

- ・ベスト舗装
- ・究極な運動性能
- ・メンテナンスをより短時間に且つ、より短時間にこれらをお約束します。
- ・力強さと正確さ
- ・優れた視界性



クローラフィニッシャー

## クローラ機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・回転式コントロールパネル
- ・クローラオートテンション
- ・スクリードテンショニングデバイス
- ・スクリードロードデバイス
- ・ダブルタンパースクリード取付可能 (VDT-V タイプスクリード)

## ホイール機の主な特徴

- ・電子制御式ドライブコントロール (EPM 2)
- ・レールスライド式コンソール
- ・前輪油圧式ライドレベラー付ステアリング
- ・前輪駆動負荷トルク制御
- ・スクリードテンショニング装置



ホイールフィニッシャー

## マシン ケアテック 株式会社

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

**VOLVOCONSTRUCTIONEQUIPMENT**



# GOMACO

Gomaco社の舗装機器は、どんなスリップフォーム工法にも対応します。



**Commander III**

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



**RTP-500**

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



## マシン ケアテック 株式会社

〒361-0056 埼玉県行田市持田 1-6-23

TEL:048-555-2881 FAX:048-555-2884

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

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

## パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

## 自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

## スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

## リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

## サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

## ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

### ■ 名古屋事業所

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

### ■ 本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031  
電話 042(751)3800  
FAX 042(756)4389

### ■ 東京工場

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



# HITACHI

Reliable solutions

## スムーズに、意のままに 施工図面を再現。

日立建機の制御技術を集約したマシンコントロールにより  
オペレータをサポートしながら、高精度な作業を実現。  
スマートフォン感覚で扱えるタッチパネルディスプレイにより、  
オペレータの要求にスピーディに応えます。



写真には、一部オプション品が含まれます。

ICT油圧ショベル  
**ZAXIS200x**

後方超小旋回型 ICT油圧ショベル  
**ZAXIS135usx**

### 高精度に、図面を再現

#### Solution Linkage Assist

システムに登録した施工図面に沿って掘削を行うICT油圧ショベルは独自のマシンコントロール技術により、オペレータの操作をアシスト。3D/2Dに対応し、お客様の現場に合わせてICT油圧ショベルの仕様を選択できます。

#### 3Dシステム i-Construction®対応機

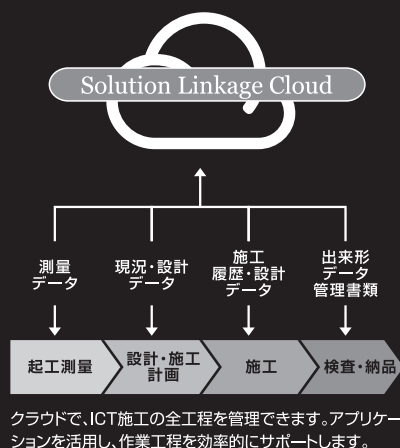
3D設計データ必要 丁張り大幅削減

※i-Constructionは、国土交通省の登録商標です。

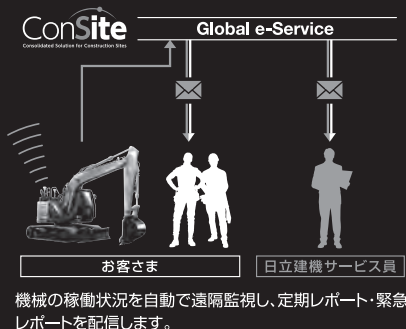
#### 2Dシステム

3D設計データ不要 丁張りを利用

### ICT施工を包括的に支援



### 更なる効率、安定稼働へ



 日立建機株式会社

www.hitachicm.com/global/jp/



特定特殊自動車  
排出ガス2014年基準  
適合車



国土交通省  
超低騒音型建設機械  
指定機



2020年燃費基準  
100%達成建設機械



# 多様な工事現場で活躍!!

## 小型水中ポンプ HS シリーズ

- ◆ 汎用タイプ HS 型・HSE 型  
(自動運転形)
- ◆ 軟弱異物対応タイプ HSN 型
- ◆ 通過径重視タイプ HSU 型
- ◆ 泥水タイプ HSD 型・HSDE 型  
(自動運転形)
- ◆ 低水位排水タイプ HSR 型



HS 型



HSE 型  
(自動運転形)



HSN 型



HSU 型



HSD 型



HSDE 型  
(自動運転形)



HSR 型

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40 TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800  
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8 TEL.(03)3833-9765 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](http://www.tsurumipump.co.jp)



**Mikasa** 

<http://www.mikasangyo.com>

街づくりを支える、信頼の三笠品質。



転圧センサー

**バイプロコンパクター**

MVH-308DSC-PAS

NETIS No. TH-120015-VE

**タンピングランマー**

MT-55H

NETIS No. TH-100005-VE



MVC-F60HS

NETIS No. TH-100006-VE



MRH-601DS

低騒音指定番号5097



MLP-1212A



FX-40G/FU-162



MCD-318HS-SGK

低騒音指定番号6190

**三笠産業株式会社**

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 〒101-0064 東京都千代田区神田猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6745-9631  
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: 080-1013-9538

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: 080-1013-9328



# FA機器の 最適無線化提案

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

①微弱電波 ②429MHz帯特定小電力 ③1.2GHz帯特定小電力  
④315MHz帯特定小電力 ⑤920MHz帯特定小電力

## スリム 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

**No.1の  
オーダー対応!**

- 優れた耐塵・防雨性能
- 選べる2段階押しスイッチ!  
ストロークの異なる2種類  
から選択可能!



8操作  
標準型  
RC-5808N  
15万円～



12操作  
標準型  
RC-5812N  
17万円～



16操作  
標準型  
RC-5816N  
19.5万円～

※ボタン配置自在

## タフ 頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力両モデル対応

**タフな現場に!  
落下にタフ、  
水にタフ!**

- 堅牢なボディ!
- 特殊スイッチ装着可能

標準型  
RC-8616N  
22万円～



## チップ ケーブルレス

N/Mシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**使えば分かる、  
コストパフォーマンス!**

- トコトン機能を絞って  
コストダウン!
- 乾電池仕様
- 優れた耐塵・防雨性能



8操作  
標準型  
RC-3208N  
12万円～



5操作  
標準型  
RC-3205M  
11万円～



12操作型  
標準型  
RC-3212M  
14万円～

## 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

**あらゆる環境での  
無線化に対応!**

- 16操作16リレー  
最大25リレーまで対応可能

標準型  
RC-6016N  
20万円～



## ケーブルレスミニ

Nシリーズ  
微弱電波モデル対応

標準型  
RC-4403N  
10万円～

**ポケットサイズの  
本格派!**

- 最大5リレーまで対応可
- 2段階押しスイッチ追加可能  
(オプション)



## 防爆形無線機

ボーパー (BoBa)

N/Uシリーズ

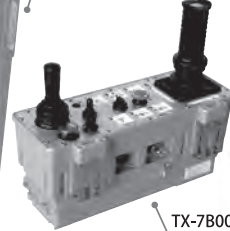
7B/8B...微弱電波のみ  
6B...微弱・特定小電力両モデル対応

**爆発の雰囲気がある  
危険場所での  
遠隔操作に!**

TX-6B00N/U型送信機例  
(ボーパー6000)



TX-8B00N型送信機例  
(ボーパー8000)



危険場所設置用(オプション対応)  
耐圧防爆箱入り受信機



TX-7B00N型送信機例  
(ボーパー7000)

## 双方向データケーブルレス100S

Sシリーズ(920MHz帯)  
特定小電力モデル対応

標準型  
TC-1000808S  
26万円～

- ・FA機器の制御に特化!
- ・双方向制御が、1セットで対応可能
- ・8点の送受信が可能!



## データケーブルレス

N/U/Gシリーズ

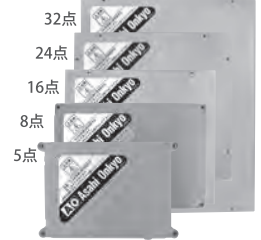
微弱電波・特定小電力両モデル対応

**工夫次第で  
用途は無限!**

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!



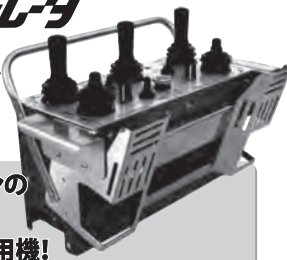
▼受信機



## MAXサテラ

U/Gシリーズ  
特定小電力専用モデル

**金属シャーシの  
多操作・  
特注仕様専用機!**

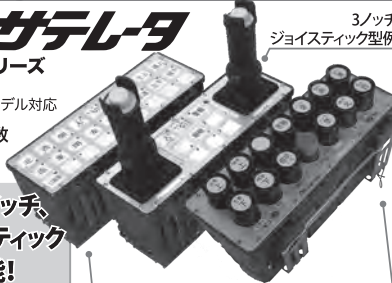


## マイティサテラ

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

- 操作信号数  
最大32点

**特殊スイッチ、  
ジョイスティック  
装着可能!**



全押しボタン例

コマンドスイッチ例

## リソーサー 離操作

N/U/Gシリーズ  
微弱電波・特定小電力両モデル対応

標準型  
RC-2512N  
22万円～

**価格もサイズも  
ハンディー並み!**

- 最大32リレー
- 2段階押し・  
特殊スイッチ装着可



\* 価格は全て、セット価格および、税抜表示となっています。



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野字東原43-1(本社工場) FAX.088-694-5544 TEL.088-694-2411  
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

無線化工事のこともフルライン、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



# PATLITE®

New

散光式警光灯  
AZF-M1LB-Y

## 作業の安全を支えます。

高視認性  
&  
軽量・スリム

下方からの優れた視認性

2種類の新設計レンズ

減光  
機能

LED  
6灯

| サイズ (mm) |        | 質量        |
|----------|--------|-----------|
| 全長 550   | 高さ 101 | 3.5 kg 以下 |

AEROWING®

### 全方向への注意喚起

安全確保ために必要な警告の光を、2種類のレンズが全方向へ届けます。グローブの内部レンズカットにより下方からの視認性も向上しました。

### 周囲環境への配慮

眩しさをおさえる減光機能を使用することで、住宅街や夜間の眩惑を軽減します。

減光モードイメージ



通常時 | 減光時

株式会社 **パトライト**

本社 〒541-0056  
大阪市中央区久太郎町4-1-3

技術・修理相談窓口：（無料）0120-497-090

〔受付〕平日9:00～17:00（平日12:00～13:00及び土・日・祝日・社休日係留番電話による対応） FAX：06-7711-8967

▼製品詳細ページ



▼製品紹介動画



[www.patlite-vehicle.jp](http://www.patlite-vehicle.jp)

●製品の色調は印刷のため、実際の色と異なって見える場合があります。  
●AEROWINGは、株式会社パトライトの登録商標です。  
●PATLITE、パトライト及び製品名は、株式会社パトライトの登録商標または商標です。



労働力不足やオペレータの高齢化、安全やコスト、工期に関わる  
現場の課題を、お客様とともに解決していきたいと私たちコマツは考えました。  
現場全体をICTで有機的につなぐことで生産性を大幅に向上。  
そんな「未来の現場」を創造していくソリューションです。

# 次代に向けて、 知性をその手に。

～ICT建機、ラインナップ拡充～

## ICT油圧ショベル

複雑なレバー操作なしでも  
高効率な施工を実現。

GNSS\* アンテナと基準局から得た刃先の  
位置情報、施工設計データをもとに、  
作業機操作のセミオート化を実現した世界初の  
マシンコントロール油圧ショベルです。

\*GNSS(Global Navigation Satellite  
System)GPS、GLONASS等の  
衛星測位システムの総称。



PC200i

PC300i

## ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、  
シューズリップが起らないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。  
さらに、事前に設定した設計面に近づく自動認識して、粗掘削から整地に自動的に切り換わります。



D37PXi



D61PXi



D65PXi/EXi



D85PXi/EXi



D155AXi

# KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <https://home.komatsu.jp/>

動画で紹介

