

一般社団法人

日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2018

建設機械施工



Vol.70 No.9 September 2018 (通巻823号)

特集

維持管理, 長寿命化, リニューアル



築60年を超える五十里ダムリニューアル工事

巻頭言 インフラ維持管理には継続的な異分野融合の研究開発が欠かせない!

技術報文

- インフラ維持管理におけるデータサイエンスの実践
- GNSSと維持管理
- 社会インフラ維持管理の情報プラットフォーム化
- 光ファイバセンサによる維持管理のためのモニタリング技術
- 築60年を超える既設ダムリニューアル工事 他

行政情報

- インフラの効率的な維持管理・更新に向けた取組
 - Society 5.0の具現化により水害の犠牲者ゼロを目指す河川情報最前線
- 投稿論文 改良型エアリフトによる既存杭抜跡地盤の埋戻し処理工法の性能評価
- 統計 平成30年度 建設投資見通し

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>



振動ローラーコンパクター

省人化

経済性

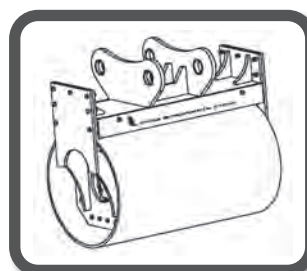
作業環境改善

▶▶▶ 新しいアタッチメントが日本上陸!!

- ▶ 振動ローラーによる締固め
スピーディかつ締固め度 95%を両立!
- ▶ 圧倒的なコスト削減を実現!
- ▶ 従来アタッチメント同様の簡単な脱着!

NETIS登録済み
NO.KT-170071-A

日本での特許済み
特許第6208387号



振動ローラーコンパクター本体図面



お気軽にお問合せください

▶▶▶ デモ可能



SARAN株式会社

〒136-0072 東京都江東区大島3-32-12 東栄ビル202
Tel : 03-5875-2548 Fax : 03-5875-2549
E-mail : info@sarancorporation.co.jp

<http://www.sarancorporation.co.jp>



振動ローラーコンパクターによる締固め

第 12 回 （一社）日本建設機械施工協会 研究開発助成 対象者の募集について

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、第 12 回 研究開発助成 対象者を下記のとおり公募します。

1. 実施スケジュール

- （１） 公募期限は、平成 30 年 10 月 31 日までです。
- （２） 助成対象者の決定は、平成 31 年 1 月下旬頃の予定です。
- （３） 助成期間は、助成決定年度の年度末から平成 32 年 3 月 29 日までです。
- （４） 研究成果報告書を、平成 32 年 6 月 30 日までに提出して頂きます。
- （５） 研究成果を、JCMA へ論文として投稿して頂き、「平成 32 年度 建設施工と建設機械シンポジウム（例年 11 月中旬～12 月上旬開催）」での積極的発表をお願いいたします。

2. 研究開発助成の対象

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

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

また、特定テーマと一般テーマを設定します。

今回の特定テーマは「小規模な人力施工の機械化」とします。

（一般テーマは、特定テーマ以外のものです。）

助成件数は、両テーマを合わせて 1～3 件を予定しております。（審査の結果、助成対象となるテーマがない場合もあります。）

3. 研究開発助成の対象者

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

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

4. 申請手続きと注意事項

- （１） 助成を希望する研究者又は研究グループの代表者は申請書（様式－1①②④⑤）（共同研究の場合は様式－1③を追加）に必要事項を記入のうえ、正本 1 部及び電子データを記録した電子媒体（Word 形式）

を、期限まで(当日消印有効)に JCMA へ郵送により提出するものとします。(なお、セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません。) また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。

- (2) 申込件数は1人(共同研究の場合は1研究グループ)あたり1件とします。
- (3) 所属される機関において助成等の申請、受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA 以外の補助制度、助成制度との重複申請は可能です。但し、JCMA の助成において実施を予定する内容と他の制度もしくは助成によって実施する技術開発若しくは研究の内容の全てが重複しないようにして下さい。
- (5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

5. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

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

また、取得した個人情報のうち、氏名、所属機関名、役職名、申請書に記載された技術開発名(若しくは研究名)及びその概要等については、当事業の広報のために刊行物、報告書、ホームページ等で公表し、第三者に提供することがあります。

これに同意した上で申請を行っていただきますようお願い申し上げます。

6. 助成金交付手続き

- (1) 助成が認められた申請者は、助成決定通知受領後、JCMA に請書等の手続き書類(様式-2①～④)を提出してください。必要な審査・手続きを経て、速やかに全額を交付します。
- (2) 助成金は手続き終了後に助成研究者の指定する金融機関の口座(助成金振込先通知書(様式-2②)に記載された口座)に振り込みますが、助成金の受け入れ方法については、予め申請書(様式-1①)にも明記しておいてください。

7. その他

採否の理由等に関しましては、お問い合わせに応じかねますので、ご了承下さい。

(参考)	助成実績	年度	申請数	採択数
		平成 25 年度	9 件	1 件
		平成 26 年度	7 件	1 件
		平成 27 年度	11 件	1 件
		平成 28 年度	8 件	1 件
		平成 29 年度	6 件	1 件

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階

(一社)日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局 担当 梶田

TEL:03-3433-1501

FAX:03-3432-0289

ホームページ(実施要綱・様式のダウンロード)はこちらから

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

「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

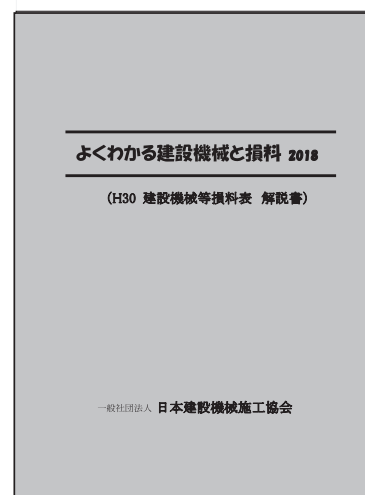
★建設機械器具のコード体系を大分類(下記 01～50)別に図示

- | | |
|---------------------|--------------------|
| 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

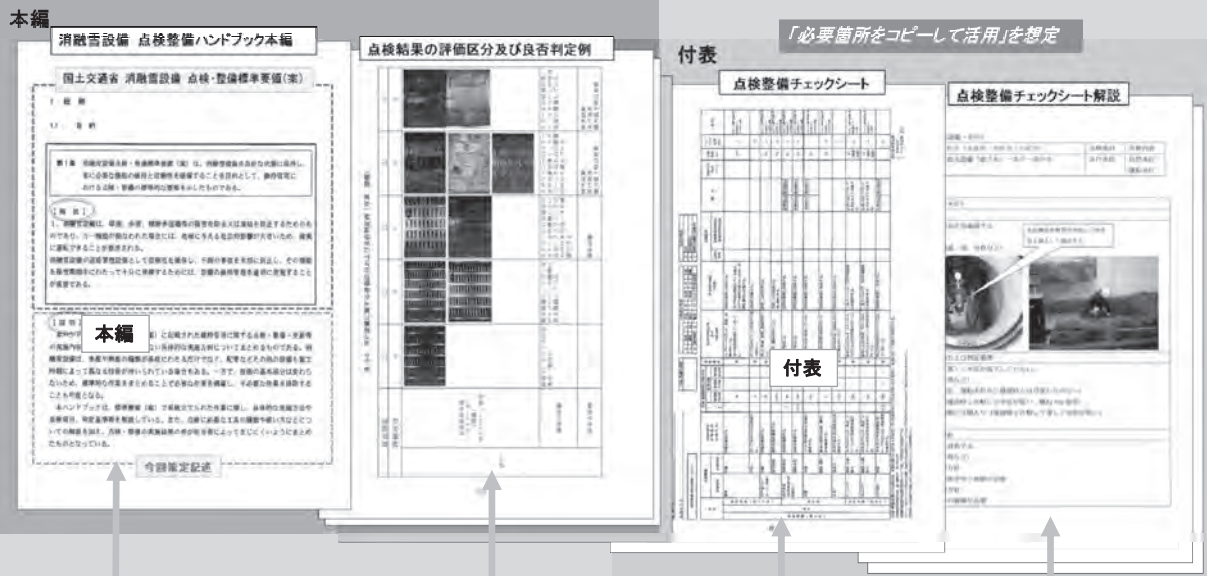
一般社団法人 日本建設機械施工協会

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

ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

2017.3
発行!

国土交通省では、平成28年度より建設現場における生産性を向上させ、魅力ある建設現場を目指す新しい取り組みとして、i-Construction(アイ・コンストラクション)を進めています。

具体的な取り組みとして、ICT(情報化施工)を建設現場に積極的に取り入れようとする「i-Construction」対応工事(ICT土工)では、①3次元起工測量、②3次元設計データの作成、③ICT建設機械による施工、④3次元出来形管理等の施工管理、⑤3次元データの電子納品の5項目について実施することになっています。

既に建設現場では、ICTを活用した建設技術(情報化施工)として工事が実施されています。

本書は、これから建設分野を目指す学生や初めてICTを活用した建設工事に携わる方々を対象に作成いたしました。

既刊の「情報化施工デジタルガイドブック」と併せてお読み頂ければ、より詳しくICTを活用した建設技術(情報化施工)がご理解頂けるものと思います。

主な内容

- 1 情報化施工のあらし
- 2 従来の設計・施工
- 3 情報化施工の測位
- 4 情報化施工技術
- 5 3次元設計データ
- 6 i-Construction
- 7 情報化施工の効果的活用
- 8 ICTを活用した建設技術の一般的な用語の解説



定 価

※送料別途

一般価格

1,296円(本体1,200円)

会員価格

1,080円(本体1,000円)

学生価格

(学校からの申込みに限る)

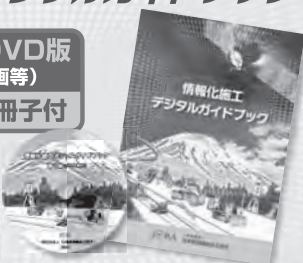
648円(本体600円)

実務者向け!! 情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

好評刊行中!



一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

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

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

JCMA 図書

検 索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

ICTを活用した建設技術
（情報化施工）

部



上記図書を申込みます。

平成 年 月 日

官 公 庁 名 会 社 名			
所 属			
担当者氏名	TEL		
		FAX	
住 所	〒		
必 要 書 類	見積書()通	請求書()通	納品書()通
送料の取扱	()単価に送料を含む ()単価と送料を2段書きにする（該当に○） 【指定用紙がある場合は、申込書とともにご送付下さい】		

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

（注）沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住 所	TEL	FAX
本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(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	(022)222-3915	(022)222-3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	(025)280-0128	(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5F	(052)962-2394	(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	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(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	(087)821-8074	(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	(092)436-3322	(092)436-3323

2016年版 日本建設機械要覧

発刊ご案内

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28年3月末

体 裁

B5判、約1,340頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

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（税込）となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2016年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、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。

2016年版 内容目次

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

「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る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

日本建設機械要覧 2016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	印	TEL	
		FAX	
住 所	〒		
送 金 方 法	銀行振込 ・ 現金書留 ・ その他（ ）		
必 要 事 項	見積書（ ）通 ・ 請求書（ ）通 ・ 納品書（ ）通 （ ）単価に送料を含む、（ ）単価と送料を2段書きにする（該当に○） お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい		

◆ 申込方法 ◆

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

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

〔お問合せ及びお申込先〕

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さつけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東 北 支 部	〒980-0014 仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北 陸 支 部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中 部 支 部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関 西 支 部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中 国 支 部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四 国 支 部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九 州 支 部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=422）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

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 電子書籍(PDF)版		建設機械スペック一覧表、 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 パソコン、タブレット、 スマートフォンからアクセス		Web上で閲覧 パソコン、タブレット、 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 注) タブレット・スマートフォンは、 一部機能が使えません。	・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・目次からのリンク ・各章ごと目次からのリンク ・索引からのリンク ・メーカーHPへのリンク		・しおり ・拡大・縮小 ・付箋機能 ・ペン機能 ・メーカーHPへのリンク
9	予定販売 価格 (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

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

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 (自署)		昭和 平成 年 月 日
勤務先名		
所属部課名		
勤務先住所	〒 TEL _____ E-mail _____	
自宅住所	〒 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 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 をご覧下さい。

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	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	3,240	2,160	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。

維持管理，長寿命化， リニューアル

特 集

巻頭言

- 4 インフラ維持管理には継続的な異分野融合の研究開発が欠かせない！

藤野 陽三 横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授，内閣府 SIP プログラムディレクター，
東京大学名誉教授

行政情報

- 6 インフラの効率的な維持管理・更新に向けた取組

佐藤 靖浩 国土交通省 総合政策局 公共事業企画調整課 調整官

- 12 Society5.0 の具現化により水害の犠牲者ゼロを目指す
河川情報最前線

佐藤 寿延 国土交通省 水管理・国土保全局 河川計画課 河川情報企画室長

特集・
技術報文

- 18 インフラ維持管理におけるデータサイエンスの実践

湧田 雄基 北海道大学 数理・データサイエンス教育研究センター 特任准教授
磯部 正幸 ファイブソリューションズ(株) CEO
石川 雄章 東京大学 大学院情報学環 特任教授

- 25 GNSS と維持管理

新時代を迎えた高精度衛星測位の可能性

岡本 修 徳国立高等専門学校機構 茨城工業高等専門学校 国際創造工学科 機械・制御系 教授

- 31 社会インフラ維持管理の情報プラットフォーム化

スマートインフラセンサポータル構築

澤田 雅彦 (一財)関西情報センター 事業推進グループ 部長

- 37 コンクリートポンプ車を活用したインフラ点検ロボットの開発

中島 良光 前田建設工業(株) 事業戦略本部
太田 健司 前田建設工業(株) 技術研究所
松林 卓 前田建設工業(株) 技術研究所

- 42 光ファイバセンサによる維持管理のためのモニタリング技術

今井 道男 鹿島建設(株) 技術研究所 先端・メカトロニクスグループ 主任研究員
早坂 洋太 リテック・エンジニアリング(株) 技術本部 主査

- 47 コッター式継手を用いた橋梁用プレキャスト PC 床版の開発

鬻谷 亮太 (株)熊谷組 土木事業本部 橋梁イノベーション事業部 事業部長
渡邊 輝康 (株)熊谷組 土木事業本部 橋梁イノベーション事業部 技術部長

- 54 速硬軽量無収縮モルタルを利用した鋼板巻き立て工法

久保 昌史 清水建設(株) 主査

- 60 築 60 年を超える既設ダムリニューアル工事

狹隘断面の堤体削孔工法

金本洵太郎 大成建設(株) 関東支店 土木部 H28 五十里ダム施設改良工事作業所 主任
大西 仁志 大成建設(株) 関東支店 土木部 H28 五十里ダム施設改良工事作業所 課長
平山 哲也 大成建設(株) 本社 土木本部 機械部 機械技術室 課長

- 67 高欄の更新技術

西山 宏一 (株)奥村組 東日本支社 リニューアル技術部 技術課 課長
川口 昇平 (株)奥村組 社長室 経営企画部 企画課
三澤 孝史 (株)奥村組 技術研究所 土木研究グループ グループ長

- 73 壁やスラブのせん断補強を効率的に行う T プレート工法

前田 敏也 清水建設(株) 土木技術本部 基礎技術部 担当部長

	80	炭素繊維複合パネルを用いたコンクリート構造物の補修・補強工法 CF パネル工法 [®] の開発とトンネル補修, 柱耐震補強への適用 河村 圭亮 大成建設(株) 技術センター 都市基盤技術研究部 構造研究室 副主任研究員 新藤 竹文 大成建設(株) 技術センター 社会基盤技術研究部 栄誉研究員 菅野 道昭 成和リニューアルワークス(株) 工事統轄部 営業部 新規技術開発室 室長
	85	プレキャストを利用した老朽化栈橋のリニューアル技術 栈橋工事の生産性向上を目指して 池野 勝哉 五洋建設(株) 技術研究所 土木技術開発部 担当部長 伊野 同 五洋建設(株) 中国支店 土木営業部 担当部長
投稿論文	91	改良型エアリフトによる既存杭抜跡地盤の埋戻し処理工法の性能評価 稲積 真哉 芝浦工業大学 工学部土木工学科 准教授 浜口 伸一 横浜ライト工業(株) 代表取締役 桑原 秀一 (株)マルシン 代表取締役
交流の広場	102	メンテナンスエンジニアを育てるための大学教育 非常勤講師の経験から 藤原 博 (株)川金コアテック
ずいそう	105	シニアエンジニアのあらたなチャレンジ 世代の役割を楽しもう 高田 知典 高田技術経営コンサルタント 代表
	108	ビギナーの釣りはハプニングの連続 小松 正明 (一社)北海道舗装事業協会 専務理事
	111	新工法紹介 機関誌編集委員会
統計	112	平成 30 年度 建設投資見通し 機関誌編集委員会
	117	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
	118	行事一覧 (2018 年 7 月)
	128	編集後記 (赤坂・宇野)

◇表紙写真説明◇

築 60 年を超える五十里ダムリニューアル工事

写真提供：大成建設(株)

近年, 全国各地で水害が頻発・激甚化しており, ダムはこれら水害の被害軽減に重要な役割を果たしているが, 気候変動や社会環境の変化に伴い, 新たな治水・利水の課題が発生してきている。しかし, 新規ダム建設には多大な費用と時間がかかり, 良好なダムサイトも少なくなっていることから, 既設ダムを改良し有効活用する必要性が高まってきている。ダム再開発を通して, 河川環境の改善や, 水源地域の活性化等も併せて推進する。

2018 年(平成 30 年)9 月号 PR 目次
【ア】
(株)アスコ大東…………… 後付 6
朝日音響(株)…………… 後付 10
【カ】
コベルコ建機(株)…………… 後付 1

コマツ…………… 表紙 4
【サ】
SARAN (株)…………… 表紙 2
【タ】
大和機工(株)…………… 後付 5
(株)鶴見製作所…………… 後付 8

【ハ】
baum china 2018 メッセ・ミュン
ヘン…………… 表紙 3
日立建機(株)…………… 後付 4
【マ】
マシンケアテック(株)…………… 後付 2・3

マルマテクニカ(株)…………… 後付 9
三笠産業(株)…………… 後付 7
【ヤ】
吉永機械(株)…………… 表紙 2

巻頭言

インフラ維持管理には継続的な異分野融合の研究開発が欠かせない！

藤 野 陽 三



8月にイタリア・ジェノバで Marandi 橋が崩壊し、40 名を超える犠牲者を出すというインフラ維持管理の歴史に残る事故が起きてしまった。我々がこれから何を学ぶかが問われている。

1967 年に完成したこの橋の危険性はかなり以前から指摘されていたようであるが、高速幹線として年間 2500 万台もの交通量がある重要路線であり、交通規制や閉鎖を伴う工事の採用は難しかったことと思われる。ただ 25 億円の補修工事の契約が交わされた直後と聞くにつけ、工事が遅れたことが悔やまれる。崩壊する時のビデオ映像も残っており、目撃者もいることから、原因究明がこれから進むと思われるが、おそらくコンクリート内部の PC 鋼棒の腐食が主たる原因と私は考えている。

2007 年にミネソタ州でトラス橋が落橋したのを覚えておられる方も多いと思う。あの橋も 1967 年完成であった。「より軽く」という経済設計が時代を風靡しており、「粘り強く」という設計思想は皆無であった。Marandi 橋も斜材が破断すれば橋全体が崩壊する構造である。ミネソタの橋も設計ミスで薄かったガセットプレート破断から崩壊につながってしまった。

両橋が完成した 1967 年というのはインフラの維持管理上、特別な年でもある。アメリカのオハイオ州とウェストバージニア州の間を流れるオハイオ川に跨る吊橋シルバブリッジでは、橋を支えている鉄板チェーンの鋼鉄板の一部が、永年の腐食により重量に耐えられずに破断し、それによって橋は崩壊し、46 人の方が死亡した。この事故が契機となって、アメリカでは 1970 年代前半に 2 年に一度の目視点検が義務化され、インフラ維持管理マネジメントが開始されたのである。

我が国では、2014 年から道路構造物の近接目視点検が義務化されたが、いくら近づいても見えないものも沢山ある。それが怖いのである。もし、コンクリートの中にある PC 鋼棒や鉄筋の状態がはっきりと見えていけば、対応も大きく変わってくる。2012 年の笹子トンネルの事故も、吊り天井を支える吊り材の引き抜けが崩壊の原因であるが、ここも目視からは判断できないところであった。

2014 年から始まった、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の一つ「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」は、インフラの維持管理、更新に関わる様々の技術について、各省庁連携、産官学連携で行おうとする 5 年計画のプログラムである。そこでの重要な開発のキーワードの一つは、外からは見えない損傷や劣化を可視化することである。

コンクリートの中の鉄筋のさび具合や水が入っているかどうかを知りたいとしても、外から分かるのは鉄筋が発錆して膨張することによって生じるひび割れ、錆汁の有無程度であったが、東大の原子力工学系グループは X 線を使ったコンクリート内部の鉄筋の状態の可視化技術を完成させつつある。また、理化学研究所のグループは、中性子を使ってコンクリート内部の空洞や水の可視化に成功している。これらの成果を実装化していくことには課題もまだあるが、世界最先端の使いたくなる技術であることは間違いない。

鋼構造物では鋼材のさびの程度を知ることが維持管理上のポイントの一つとなるが、地面の下にあって、水中でも、聴診器のようなものをあてて鋼材の減厚を簡単に計測できるシステムが岡山大学で開発され、完成しつつある。これまでの超音波などによる方法では塗膜の影響を受け、地中や水中では使えない。標識柱や矢板などを含め適用範囲が広いものと期待してい

る。これも土木以外の医用電子系の技術をインフラに適用して成功したものであった。

道路橋で最も痛みが激しいのが、重交通を受け、地域によっては飛来塩分や散布塩に直接さらされる RC 床板である。ネクスコでは今後 15 年間に大規模更新、大規模修繕に 3 兆円を投じることを計画しているが、実にその半分以上のお金が RC 床板の取替え費用である。適切な取替えをするためには、床板内部の損傷の程度を検知する技術が欠かせない。東大らの床版研究チームは、時速 80 キロで走行する車から放射する電磁波レーダーの反射受信波に高度の信号処理技術を施すことにより、床板の内部損傷の検出に成功している。床板内部や床板裏面のひび割れ情報から RC 床板の疲労余寿命を予測する診断技術も、ほぼ実用化の粋に達してきた。これらも世界を圧倒する技術である。

アクセスが難しく、危険な箇所が多い橋梁点検においては、ドローンなどのロボット技術を活用した支援システムの開発も精力的に進めてきている。これも広い意味では可視化技術の範疇に入るであろう。

SIP より、このような様々な技術が開発されているが、SIP も今年度で 5 年目を迎え、終了となる。実装モードにすぐに移行できる技術も沢山あるが、もうしばらく続ければ…という技術もある。2018 年度からは国交省と内閣府との連携による PRISM というプロジェクトが始まり、i-Con を主とする新設関係に加えて維持管理関係も内閣府の応援のもとに研究開発が行われているのは嬉しいことである。

今回の SIP インフラ維持管理の中でも、先ほど述べたような X 線、中性子あるいはレーダーなどは土木以外の分野の方が研究開発の主役である場合が多

い。SIP には多額の研究開発費が配分されているので、インフラの維持管理に取り組んでもらっている面も多々ある。いずれにせよ、土木と異分野の融合がよい結果を生んでいるのだと思う。

インフラの新設プロジェクトであれば一つで 1000 億円を超えるのもあり、研究開発に向ける投資も民間企業が考えるであろう。かつての本四連絡橋プロジェクトはその最たるものと言える。これから、我が国におけるインフラ維持管理に必要となる費用は膨大なものであることは誰もが疑わないが、その一つ一つのプロジェクトは小さく、国、県、町など異なる組織からの発注となる。民間会社がまとまった費用を投資して大型の研究開発を進ませる環境にはまだ至っていないように思う。インフラの維持管理がビジネスになるよう、我々は様々な努力をしていく必要を感じている。

文部科学省は、大学への純粋な学術研究のみを対象にしており、出口志向はない。経済産業省は、製造業や情報産業に絡む研究開発には熱心であるが、インフラ維持管理がまだ一つの産業になっていないこともあり、インフラ維持管理に向けた研究開発には本腰が入りにくい状況のように思われる。「インフラ維持管理待ったなし」が差し迫る現状においては、他省庁関連の国立研究所、大学そして民間を巻き込んで研究開発を行う意義が大きいことを SIP インフラが示した。インフラに責任をもって取り組む国土交通省が予算を確保し、幅広く民間、国立研究所、大学を巻き込んで継続的に異分野を融合した研究開発を行うことが国民のためになると私は強く思うのである。

——ふじの ようぞう 横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授、
内閣府 SIP プログラムディレクター、東京大学名誉教授——

行政情報

インフラの効率的な維持管理・更新に向けた取組

佐藤 靖 浩

国土交通省がメンテナンス政策元年と位置付けた平成 25 年から早 5 年が経過しようとしている。

インフラの老朽化は、国のみならず地方公共団体等を含めた我が国全体の課題として、経済財政諮問会議等の最近の議論においても大きく取り上げられている。国土交通省では、昨年 12 月に「社会資本メンテナンス戦略小委員会（第 3 期）」を設置し、これまでの取組をレビューするとともに今後の取組の方向性について議論・検討を開始した。本稿では、先般とりまとめた「インフラメンテナンスの着実な実施に向け緊急的に取り組む施策」を紹介する。

キーワード：効率的、維持管理・更新、緊急的に取り組む施策、点検・診断、補修・修繕、メンテナンスサイクル

1. はじめに

我が国の社会資本ストックは高度経済成長期に集中的に整備され、今後急速に老朽化することが懸念されており、社会資本の維持管理・更新については、国のみならず、社会資本の多くを管理している地方自治体等を含めた、我が国全体の大きな問題となっている。

国土交通省ではインフラの老朽化に対し、平成 24 年 7 月に社会資本整備審議会・交通政策審議会技術分科会技術部会の下に社会資本メンテナンス戦略小委員会（以下「メンテナンス小委員会」という）を設置し、専門的な見地からの議論・検討を重ね、平成 25 年 12 月に「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について」が答申され、国土交通省や地方自治体等が重点的に講ずべき具体的な施策が示された。

さらに平成 26 年度には、「点検・診断に関する資格制度の確立」「情報の見える化・共有化」「維持管理を円滑に行うための体制」が引き続き検討すべき事項とされ、平成 26 年 8 月に「社会資本メンテナンスの確立に向けた緊急提言：民間資格の登録制度の創設について」が提言されるとともに、平成 27 年 2 月には「社会資本のメンテナンス情報に関わる 3 つのミッションとその推進方策」「市町村における持続的な社会資本メンテナンス体制の確立を目指して」が提言された。

本格的なメンテナンス時代に向けたインフラ政策のキックオフとして「答申」をとりまとめた第 1 期メンテナンス小委員会、答申を踏まえ議論の対象を絞り 3

つの提言をとりまとめた第 2 期メンテナンス小委員会、とメンテナンス小委員会では、これまでメンテナンスに関する取組の方向性を示してきた。

2. 第 3 期メンテナンス小委員会

メンテナンス小委員会の答申・提言を受け、国土交通省ではインフラの老朽化対策を推進してきたが、的確な維持管理に向けて体制や予算等の見通しを持つことが出来ず社会資本の管理責任を果たせなくなるおそれのある市町村が未だ多いと想定される。

このため、平成 25 年の「答申」から今年で 5 年が経過することを踏まえ、これまでの取組のレビューを行うとともに、今後の取組の方向性について検討を行うべく、平成 29 年 12 月に第 3 期メンテナンス小委員会を立ち上げ、議論を開始した。

第 3 期メンテナンス小委員会は、現在 3 回開催されている（平成 29 年 12 月第 1 回、平成 30 年 3 月第 2 回、平成 30 年 6 月第 3 回）。

第 1 回では「答申」で示された重点的に講ずべき施策について、①維持管理・更新をシステマチックに行うための取組、②社会資本のメンテナンス情報、③市町村における持続的な社会資本メンテナンス体制、④民間資格の登録制度、の観点からレビューを行うとともに、第 3 期での検討の視点について議論された。

第 2 回では第 1 回での委員からのご意見や地方自治体アンケートの結果を踏まえ、第 3 期での検討項目を

再整理するとともに、議論が進められた。

第3回では第2回までの議論を踏まえ、①点検・診断、②補修・修繕、③集約・再編等、④メンテナンスサイクルの確立、⑤自治体の体制、⑥技術の継承・育成、⑦新技術の活用、⑧データの活用、⑨国民の理解と協力、の検討項目のうち、①から④を中心とした、緊急的に取り組む施策（案）について議論され、その後、インフラメンテナンスの着実な実施に向け緊急的に取り組む施策をとりまとめた。

3. インフラメンテナンスの着実な実施に向け緊急的に取り組む施策

①点検・診断の重点化・効率化への取組

国土交通省では、個別施設毎の長寿命化計画（個別施設計画）の対象施設を定義し、点検基準を策定し、平成30年度までに地方自治体や民間企業等を含む所管の全ての施設分野の点検・診断が一通り完了する予定である。

一方で、現状の点検・診断が予算面、頻度・内容面での負担になっているとの声も多く（図—1）、インフラの重要度や老朽化度合い等に応じ点検内容・方法を設定することや、新技術を活用するなど、点検・診断の重点化・効率化が必要となってきた。国土交通省では、これまでの点検・診断に関する知見を踏ま

え、点検基準・要領等の見直し、新技術の現場実装の促進、革新的技術の導入マッチングの実施などの取組を進めていく。

②着実な補修・修繕への取組

地方自治体アンケートでは、今後計画的に補修・修繕を実施できるか不安を感じている自治体が多数あった（図—2）。国土交通省では、分野別のライフサイクルコスト（LCC）の考え方を技術資料・ツール等により年度内に提示し、地方自治体の維持管理・更新費の算出を支援していく。また、補修・修繕の措置が必要な施設への対応に必要な費用を把握し、個別施設計画にて年次計画を明確にするなどの計画的な取組を推進していく。

③集約・再編等に参考となる情報の提供

集約・再編等に向けた課題は、施設分野によって傾向が異なるが、利用者の理解や合意形成を得る事が困難であるとの意見が多い（図—3）。

集約・再編等については、総合計画や立地適正化計画によるまちづくり・地域づくりの方向性と整合をとりながら計画的に推進する必要がある。地域が「長寿命化」や「集約・再編」等の管理方針や水準を検討、判断しやすい状況をつくるため、当該インフラの老朽化や利用状況等の情報、他地域の優良事例等の見える化を進めていくとともに、各施設分野においてガイドライン・考え方・事例集等の作成・公表を進めていく。

- 予算の不足、頻度・内容面での負担が大きいことを多くの自治体は課題としている。
- 定められた対象や内容について十分に点検ができていないか、不安を持つ自治体も多い。

質問7-1 質問7で①を回答した場合、点検を直営で実施する上での課題について、あてはまるものを選択してください。（複数選択）

直営点検の課題（質問7-1）

質問7-1	全体 (N=2462)	都道府県 (N=154)	市・区 (N=1338)	町 (N=866)	村 (N=104)
①費用面で負担が大きい	21%	15%	20%	22%	20%
②頻度・内容面で負担が大きい	44%	62%	48%	37%	26%
③方法の制約が大きい	11%	18%	11%	8%	8%
④書類作成やデータ化の負担が大きい	26%	42%	30%	19%	23%
⑤点検基準が求める内容を全て満足しているか不安がある	30%	23%	31%	30%	30%
⑥点検品質のチェックが難しい	30%	25%	31%	28%	32%
⑦資機材の不足	11%	12%	11%	11%	7%
⑧特に課題はない	17%	14%	14%	21%	24%
⑨その他	8%	10%	7%	8%	6%

問29自由意見より

【技術指針関係】

・予防保全型の維持管理を行った上での施設の寿命について、施設ごとにどのような変状が起これば限界値を超え更新が必要となるのか、あるいは、一定年数を超えれば更新が必要となっていくのか、技術的知見を確立していただきたい。
 ・点検・補修技術の確立により維持管理費用の削減が可能な技術の紹介と採用方法を教示頂きたい。

【道路】

・桁下高さが低い橋等規模の小さいものに限られる
 ・点検に時間をとられ他業務への影響がでる。

【海岸】

・島地部の施設が多く、点検に日数を要する

【河川・ダム】

・人が立ち入れない場所を河川が流れていることがあり、全河川の総延長を全て点検することが難しい。

【下水道】

・維持管理する管きょ延長が膨大であるため、外部委託して巡視・点検・診断を実施するにしても費用が莫大となる。
 ・委託業者によりレベル差があり、点検精度に疑問がある
 ・地元業者でないため、トラブル時の対応が遅れる事がある

【公営住宅】

・目視点検が主となるため構造躯体状況を把握できない。

【砂防】

・砂防設備は急峻な箇所に設置されていることが多く点検には危険を伴う

【共通】

・専門知識、技術が不足（道路、河川・ダム、下水道、港湾、公園、海岸、公営住宅）
 ・職員が不足（道路、河川・ダム、砂防、下水道、港湾、公園、海岸、公営住宅）

図—1 アンケート調査結果 点検実施上の課題（直営の場合）

- 補修・修繕等の措置の計画的な実施に不安を感じている自治体が多数
 ○ その理由として、維持管理・更新予算の確保が不透明であることや職員の不足を理由とする自治体が多数

質問9-1-3 個別施設計画に基づく補修・修繕等の措置の実施見通しについてお答えください。（1つ選択）

質問9-1-3	全体 (N=3296)	道路 (N=1147)	河川・ダム (N=87)	砂防(N=22)	下水道 (N=523)	港湾(N=118)	公園(N=441)	海岸(N=46)	空港(N=30)	公営住宅 (N=882)
①計画通り、着実に実施できる	15%	10%	16%	9%	27%	5%	7%	7%	7%	20%
②計画通り実施できるか不安はある	50%	51%	56%	82%	59%	58%	34%	65%	77%	46%
③計画通り実施することは難しい	34%	37%	25%	9%	12%	35%	57%	26%	17%	33%
無回答	1%	1%	2%	0%	2%	3%	1%	2%	0%	1%

質問9-1-4 質問9-1-3で、「計画通り実施できるか不安はある」、「計画通り実施することは難しい」と回答した場合、その理由は何か？（複数選択）

質問9-1-4	全体 (N=2756)	道路 (N=1011)	河川・ダム (N=71)	砂防(N=20)	下水道 (N=373)	港湾(N=109)	公園(N=403)	海岸(N=42)	空港(N=28)	公営住宅 (N=699)
①今後、措置に必要な予算が十分に確保できるか不透明であるため	95%	96%	97%	90%	95%	93%	96%	93%	100%	93%
②職員が不足しているため	35%	40%	35%	30%	45%	40%	28%	48%	36%	24%
③地域において、補修・修繕における設計・工事等の担い手が不足しているため	7%	11%	14%	5%	7%	5%	2%	7%	14%	4%
④点検に係る体制、予算の負担が大きく継続するのが困難	24%	32%	30%	15%	20%	46%	20%	24%	11%	14%
⑤その他	4%	3%	1%	5%	3%	1%	4%	0%	4%	6%

【道路】 ・JR委託が必須となる箇所の協議が整わない ・修繕を進めていくに従って見えなかった損傷箇所が発見され工事費が増大傾向にある ・修繕工事について、地元協議等が困難な場合がある	【公営住宅】 ・計画見直しを次年度以降実施のため、今後の見通しが明確でない ・計画に対する庁内の理解及び推進体制が充分ではない ・入居者との兼ね合いがあり対応に期間を要する	【公園】 ・使用見込み期間はあくまで見込みであり、実際の施設の劣化状況と乖離があるため 【共通】 ・交付金・補助金が要望どおりに配分されないため（道路、公園、公営住宅）
【下水道】 ・交付金配当率の低下が予想されるため		

図一 二 アンケート調査結果 補修・修繕の実施見通し

- 集約・再編等の取組の実施にあたっての課題は、施設分野によって傾向が異なるが、利用者へ直接影響が及ぶような施設については、利用者の理解を得ることが難しいとする回答が多い傾向
 ○ 集約・再編等の取組の推進において、指針や指標の提示、好事例の横展開、事業に係る補助制度の充実を必要とする回答が一定数ある

質問15-1-1 上記の取り組みを推進するに当たっての問題点や懸念される課題がありますか？（複数選択）

質問15-1-1	全体 (N=1345)	道路(N=260)	河川・ダム (N=49)	砂防(N=5)	下水道 (N=251)	港湾(N=25)	公園(N=193)	海岸(N=23)	空港(N=4)	公営住宅 (N=535)
①構造物等の利用者の理解を得ることが難しい	30%	43%	8%	0%	7%	36%	34%	43%	25%	35%
②効率化を図るための知見が不足している	10%	7%	6%	20%	14%	8%	15%	0%	0%	10%
③効率化に必要な予算（国等からの交付金等を含む）の確保が難しい	29%	21%	20%	40%	24%	32%	29%	17%	0%	35%
④住民からの苦情・要望への対応に多くの時間をとられ、維持管理・更新の効率化に意識がまわらない	11%	12%	6%	0%	4%	0%	18%	0%	0%	13%
⑤問題点や懸念される課題はない	22%	26%	18%	0%	34%	8%	13%	0%	25%	20%
⑥その他	9%	6%	10%	20%	14%	4%	6%	4%	25%	9%

質問15-1-2 上記の取り組みをさらに推進するために改善が必要な項目は何ですか？（複数選択）

質問15-1-2	全体 (N=1345)	道路(N=260)	河川・ダム (N=49)	砂防(N=5)	下水道 (N=251)	港湾(N=25)	公園(N=193)	海岸(N=23)	空港(N=4)	公営住宅 (N=535)
①より実効性のある法制度の整備	19%	20%	8%	0%	19%	4%	17%	9%	0%	22%
②対象施設や対応方針についての指針や指標の提示	32%	33%	10%	20%	34%	24%	39%	9%	25%	32%
③好事例の横展開	29%	33%	33%	40%	33%	36%	26%	22%	25%	24%
④その他	12%	13%	14%	0%	8%	16%	13%	9%	25%	14%

【共通】 ・住民の理解、意識改革（道路、河川・ダム、下水道、港湾、公園） ・事業に係る補助制度の充実（道路、河川・ダム、港湾、海岸、空港、公営住宅）	【道路】 ・公共施設の縮小・転用などの施策に対する国民の理解を得るための国の啓発 ・生活道路の舗装等構成のローカル基準（旭川市） ・交通管理者の協力	【公営住宅】 ・直営ではなく民間事業者等による移転支援事業 【下水道】 ・複数年にわたる確実な予算確保
---	--	--

図一 三 アンケート調査結果 集約・再編等に向けた取組の課題

④メンテナンスサイクルの確立

個別施設計画は2020年度までに策定することになっているが、策定の見通し・目処が立っていない地方自治体があり（図一 四）、技術的知見の不足が原因

となっている。また、地方自治体によって、公共施設等総合管理計画や個別施設計画の記載内容にばらつきが見られる。

国土交通省では、メンテナンスサイクルの確立にお

- 個別施設計画の策定について、未定とする自治体が多数あるほか、2020年度以降になるとの自治体がある
- 個別施設計画の公表については、道路・下水道・公営住宅分野は公表率が高い
- 今後の公表については、予定がないとする自治体の多い施設分野もある

質問9-2-2 策定完了となる時期はいつ頃を予定していますか？（複数選択）

質問9-2-2	全体 (N=3757)	道路(N=899)	河川・ダム (N=655)	砂防(N=109)	下水道 (N=810)	港湾(N=108)	公園(N=701)	海岸(N=120)	空港(N=15)	公営住宅 (N=340)
①平成28年度末までに策定済み	3%	8%	1%	3%	1%	14%	1%	1%	7%	1%
②平成29年度末まで	9%	13%	2%	9%	14%	11%	5%	8%	13%	7%
③平成30年度末まで	17%	23%	3%	23%	27%	12%	8%	35%	7%	10%
④平成31年度末まで	9%	18%	2%	5%	13%	5%	3%	6%	7%	4%
⑤平成32年度末まで	8%	9%	4%	1%	11%	31%	3%	15%	13%	7%
⑥それ以降	2%	2%	1%	1%	4%	4%	2%	1%	0%	2%
⑦未定	56%	42%	87%	58%	32%	50%	73%	34%	47%	66%

質問9-1-2 個別施設計画は公表していますか。（1つ選択）

質問9-1-2	全体 (N=3296)	道路 (N=1147)	河川・ダム (N=87)	砂防(N=22)	下水道 (N=523)	港湾(N=118)	公園(N=441)	海岸(N=46)	空港(N=30)	公営住宅 (N=882)
①公表している	45%	56%	21%	32%	50%	11%	26%	15%	17%	48%
②一部公表している	18%	34%	20%	0%	8%	3%	11%	4%	13%	9%
③公表していないが、今後、公表する予定	14%	6%	17%	18%	23%	29%	18%	28%	3%	15%
④公表しておらず、今後、公表の予定もない	22%	2%	40%	50%	19%	54%	44%	50%	67%	28%
無回答	1%	1%	2%	0%	0%	3%	1%	2%	0%	1%

公表しない理由

【公園】 ・市民生活に直接の影響が無い ・公表により、対策に影響を及ぼすと考えているため。 ・4 町民からの要望に対応しきれなくなるため。 ・要望等がないため	【公営住宅】 ・上位計画で公表しているため ・財政措置が確約されておらず行程変更の可能性があるため ・計画は施設の廃止予定も含まれ現入居者の不安をおおるため ・内部管理資料として使用しているため ・入居者や自治会等へのハレーションが大きくなるため	【共通】 ・公表することを法律やマニュアル等で求められていないため(河川・ダム、港湾、公園、公共住宅) ・公表する必要性、メリットを感じないため(道路、河川・ダム、下水道、港湾、公園、海岸、空港、公営住宅)
【空港】 ・保安管理上非公表としている		

図ー4 アンケート調査結果 個別施設計画の策定見通し

いて考慮すべき事項（優先順位や管理水準等）やLCC算定時に考慮すべきコストの種類、その定義等の考え方を明確にして、公共施設等総合管理計画や個別施設計画の策定に反映するため、今年度中に留意事項（ガイドライン）をとりまとめることとしている。また、他自治体の取組を参考にしたよりよい個別施設計画の策定や、自主的な改定に繋げられるよう、今年度よりインフラの老朽化の状況や取組、個別施設計画の主たる内容などの「見える化」を推進していく。

⑤モデル自治体への取組支援と横展開

新技術活用、集約・再編、地域におけるセーフティネット構築などのテーマについて、先進的な取組を行うモデル自治体によるグループを形成し、モデルプロジェクトをインフラメンテナンス国民会議の取組として実施し、先進事例として横展開を図っていく。

⑥維持管理・更新費の推計

国土交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）に位置付けられた施設分野を対象に、予防保全によるLCCや新技術導入等による効率化の考え方を整理し、維持管理・更新費の推計を実施する。

4. メンテナンスサイクルの更なる発展の方向性

今後、第4回以降のメンテナンス小委員会では、メ

ンテナンスサイクルの更なる発展に向け、主に以下の論点について議論していく予定である。

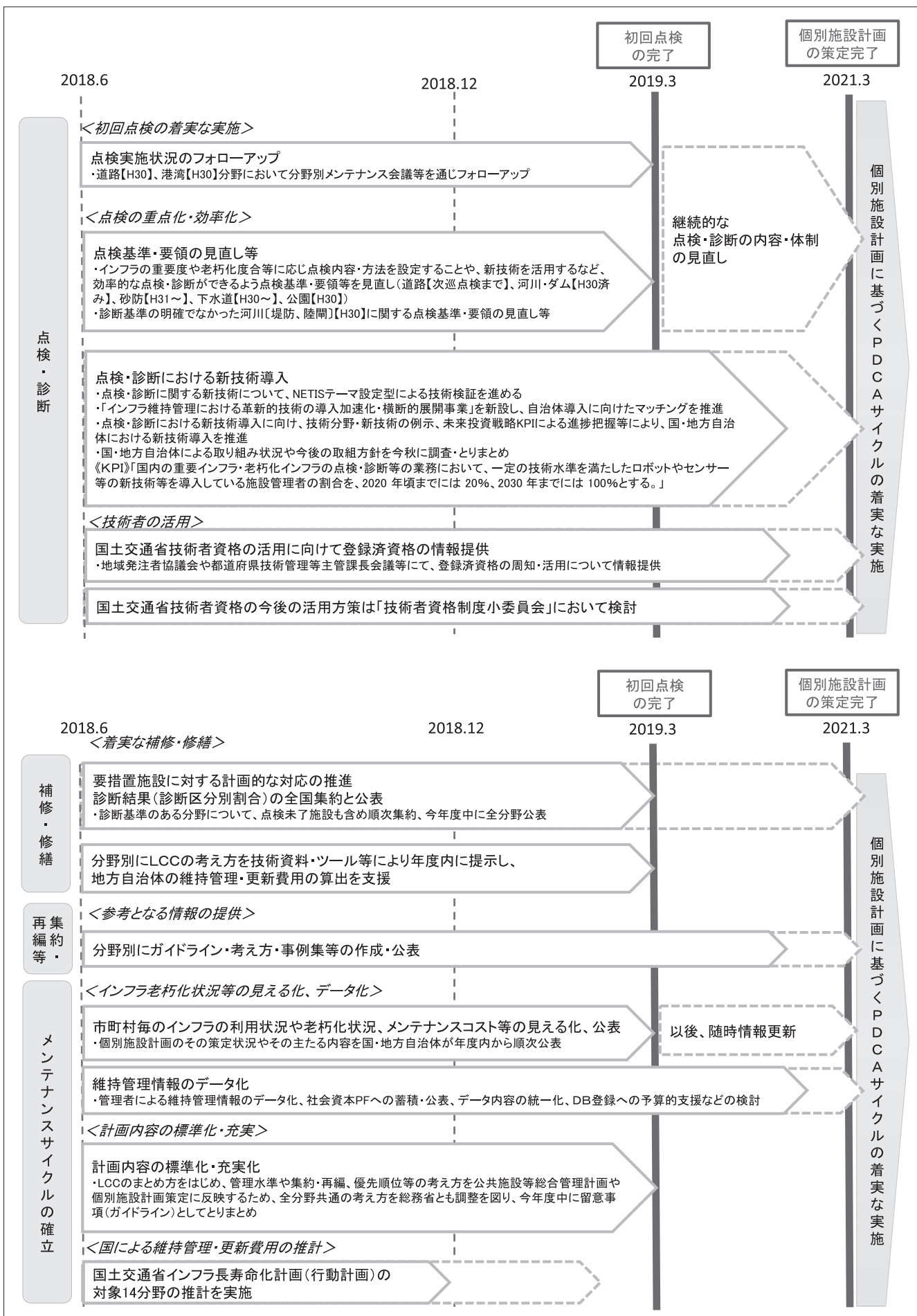
- ①継続的に維持管理できるための地方自治体等の体制・支援について
- ②民間資金・民間技術のインフラメンテナンスへの一層の活用の方策（PPP／PFIの更なる活用・インフラファイナンスの活用）
- ③アセットマネジメント導入によるメンテナンスサイクルの改善の方向性
- ④新技術・データの活用に向けたロードマップについて

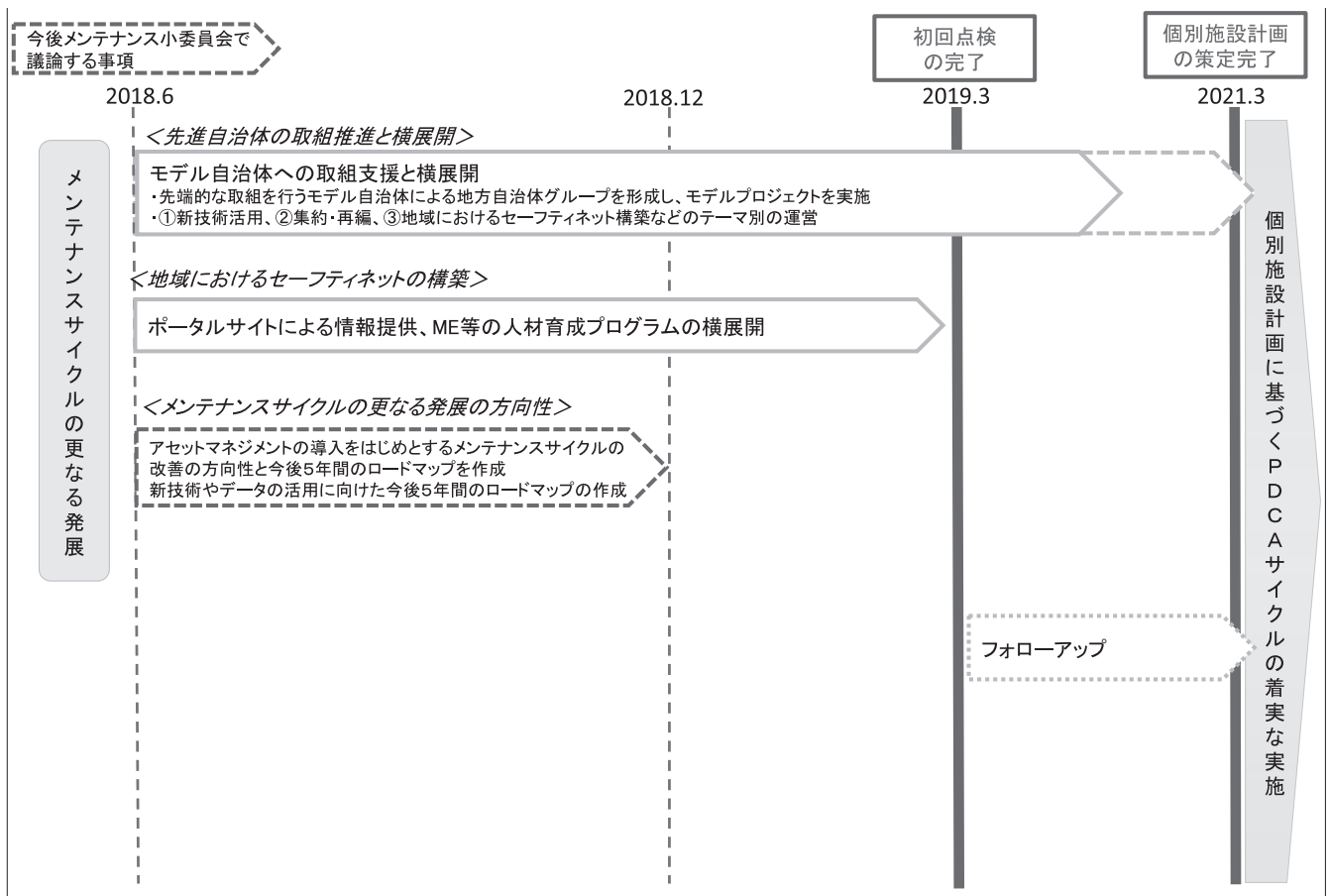
5. おわりに

本稿では、インフラの効率的な維持管理・更新に向けた取組として、第3期メンテナンス小委員会の議論・取組の状況を紹介した。

緊急的に取り組む施策（図ー5）については、今後着実に実施していく。

また、今後5年間で取り組むべき施策について、引き続きメンテナンス小委員会での議論を深め、新たな提言・ロードマップをとりまとめる予定である。





図ー5 緊急的に取り組む施策（工程表）

参考：社会資本メンテナンス戦略小委員会
http://www.mlit.go.jp/policy/shingikai/s201_menntenannsu01.html

【筆者紹介】
 佐藤 靖浩（さとう やすひろ）
 国土交通省 総合政策局
 公共事業企画調整課
 調整官

行政情報

Society5.0 の具現化により水害の犠牲者ゼロを目指す
河川情報最前線

佐藤 寿 延

今年4月12日の未来投資会議（議長：安倍内閣総理大臣）では、「Society5.0の地方における社会実装」について議論が行われた。安倍総理は、議論を総括して「新しいアイデアに果敢にチャレンジするSociety5.0が現実のものとなる中で、今日ほど政府においてフロンティアスピリットが強く求められる時代はありません。河川の維持管理におけるオープンイノベーションの取組はこうした時代の要請に応えるものです。」と述べ、この成功事例を全インフラ分野に横展開し、新しいイノベーションの現場実装の更なる加速を求めた。

本稿ではこの取組である「革新的河川技術プロジェクト」について紹介したい。

キーワード：革新的河川技術プロジェクト、オープンイノベーション、危機管理型水位計、Society5.0

1. オープンイノベーションにより早期現場実装を実現した「革新的河川技術プロジェクト」

(1) 革新的河川技術プロジェクトとは

「革新的河川技術プロジェクト」は、河川管理に最新の技術を導入するために平成28年冬に立ち上げた「革新的河川管理プロジェクト」が母体である。従来、公募を行い研究資金を提供する制度により技術開発を行ってきたが、公募期間を含めると3～4年程度の開発期間を要していた。一方、ICT、IoTがめざましく展開する中、既存の要素技術、汎用技術を組み合わせることで、スピーディに現場実装まで持って行ける技術テーマもあると感じており、中小河川を中心に水害による犠牲者が相次いでいる中、早急に現場実装を進めるため立ち上げたのがこのプロジェクトである。

企業は技術を囲い込むことにより競争力を維持してきたが、現在、世界中から技術を集積し、組み合わせることでスピーディに独創的な製品を開発する方向に

シフトしており、この時流も捉え導入した（表－1）。

(2) 技術開発手法としてオープンイノベーションを採用

技術開発を各企業内で行う自前主義に対し、企業の内部と外部を連携させ、新たな価値を創出するのがオープンイノベーションである。答えは世界中のどこかにあり、それを導入することで、早期に開発・実装を進める手法と言い換えることもできる。

インフラのメンテナンスには、様々な業種が熱い視線を送っており、今までインフラと無縁と思われた企業からも斬新な提案も多いが、一分野に秀でていても総合的な技術力が必要なインフラ分野ではなかなか導入が実現しない。各企業の長所・経験をうまく組み合わせることで現場実装も近づく。こういった企業間の協業を進める仕組みを考えていた時に出会ったのがオープンイノベーションである。かつて担当したインフラメンテナンス国民会議では、民間企業提案型でのオープンイノベーションを中心に導入を図ったが、官

表－1 技術開発制度の比較

		開発手法	開発者 決定手法	開発期間	研究資金
技術開発 公募制度	クローズド イノベーション	1者(JVの場合有り)	公募選考	2年～5年	国から助成
革新的河川技術 プロジェクト	オープン イノベーション	複数者をマッチング	意欲ある者全て	半年～1年	民間資金 (国の支援0)

側のニーズを前面に押し出す官主導型もできるはずと考えた。

官主導型オープンイノベーションの特徴は、次の3つと考えている。

第一は、現場をもっている国土交通省ならではの、現場のニーズに基づいた要求水準、リクワイアメントを明示したこと。このリクワイアメントの中には価格も含めた。

第二は、官側が「場」(ピッチイベント)をセットし、独自技術をもつ企業間の協業を図ったことである。ピッチイベントでは、ともすれば企業は独自技術のPRに専念しがちだが、自社にとって何が足りないのか、どのような技術とマッチングを望むのか明確にするように促した(写真—1)。

第三は、実証のための現場フィールドを提供するとともに新たな基準類の整備など実装のための環境を整備し、さらに予算化・事業化を行ったことである。



写真—1 ピッチイベントの様子

このプロジェクトは、開発にかかる予算はゼロだが、民間側の開発投資、競争を誘発し、要求水準を大きく超えるものが誕生したと考えている。

(3) 第一弾では4つのテーマを公募、3テーマについて着手

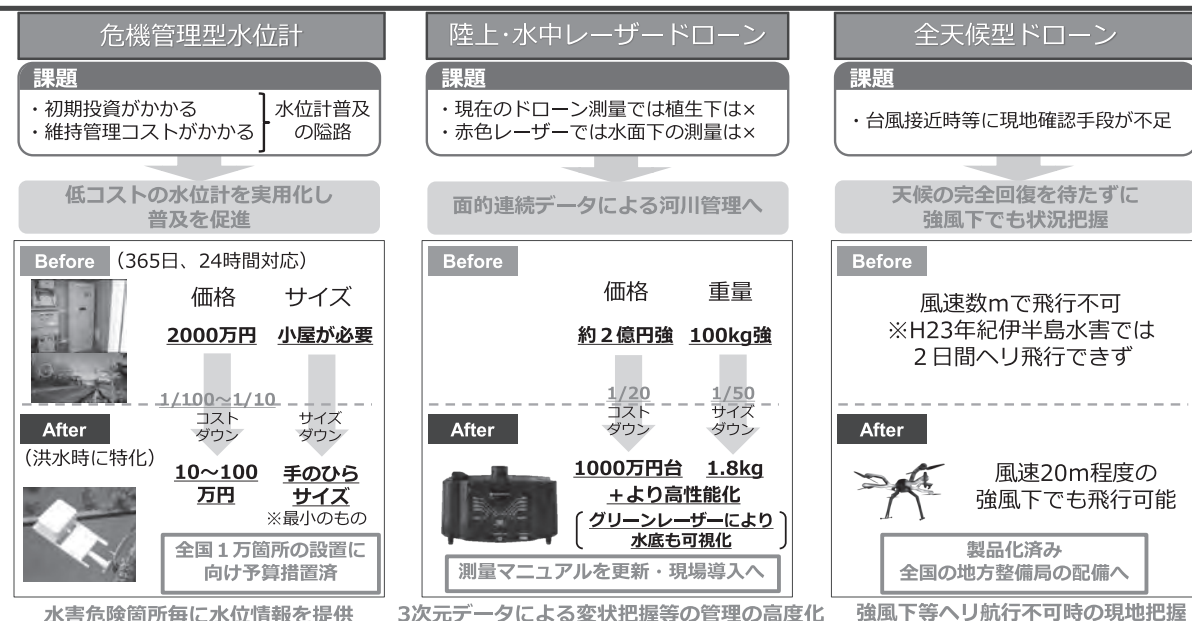
第一弾として「危機管理型水位計」「陸上・水中レーザードローン」「全天候型ドローン」「100 km 以上飛行型ドローン」の4つのテーマについて公募した。4つ目の「100 km 以上飛行ドローン」については手が上がらず3つのテーマについてオープンイノベーションにより進めた。

「ピッチイベント」は聞きなれない方も多いかもしれないが、企業と企業のお見合いの場と考えている。スタイルは様々ようであるが、各企業がショートプレゼン(自己PR)を行い、その終了後、プレゼンで目星をつけた企業と意見交換ができるように名刺交換会的な場をセットするといった集団お見合いの場をそれぞれのテーマ毎に設けた。

危機管理型水位計については、24企業が参画し、12チームが、全天候型ドローンについては、6企業から2チームが、陸上・水中ドローンでは6企業から2チームが結成された。既にいずれのプロジェクトも開発、現場実証が進み、一部については、既に製品として販売されるとともに、海外マーケット展開を図っている製品も現れている(図—1)。

- ①現場ニーズに基づいた要求水準(リクワイアメント)を明示
②官主導オープンイノベーションにより企業間の協働を促進
③現場実証フィールドの提供に加え、新たな基準類を整備

民間開発投資(競争)を誘発
約1年という短期間での実装



図—1 革新的河川技術プロジェクト(第1弾)の3テーマと成果

2. 全国約 8700 か所以上に危機管理水位計を設置へ

(1) 水位計のない中小河川で大きな犠牲が発生

このプロジェクトのうち、危機管理型水位計について紹介したい。

平成 28 年の台風 10 号は、観測史上初めて岩手県の太平洋側から上陸し、大きな爪痕を残した。岩手県の管理する小本川では、グループホームの入居者 9 名全員が犠牲になるなど岩泉町では 24 名の尊い命が奪われた。この小本川では多くの犠牲が生じた箇所の下流にしか水位計がなかった。進行性の災害である水害ではリードタイム（猶予時間）を活かすことが重要であるが、下流で水位上昇を観測した時には上流側では既にリードタイムを消費している。

平成 29 年の九州北部豪雨においても、福岡県、大分県が管理する中小河川で約 40 名の犠牲が生じたが、いずれの河川においても水位計は設置されていなかった。

河川の危機管理における基礎的な観測データは水位であるが、都道府県が管理する中小河川約 21000 河川に対して、水位計の設置は約 3200 河川の約 5200 箇所にとどまっている。多くの中小河川に水位計が設置されていない。

水位計については、1 基の新設に対して約 1500 万円（直近 5 年の約 300 基の平均）、維持管理・運営については約 40 万／年（既存 5200 基の平均）のコストがかかっており、地方にとってみれば、これだけのコストをかけるのであれば、遅れている河川改修を進める方が重要と考えるのではないだろうか。

この現状を打破するためには、設置・維持管理について大幅にコストを削減するとともに、機能や使い勝手を良くし、地方自治体が「これなら設置したい」と思えるような水位計をつくる以外に方法がない。岩手

県小本川の水害を契機に、革新的河川管理プロジェクトを立ち上げ、低コストの水位計の開発に着手した。

(2) コスト、使い勝手等現場のニーズを踏まえた要求仕様（リクワイヤメント）を策定

コストダウンを図るためには、汎用技術の採用、機能の絞り込みが鍵である。既存の水位計の通信が専用周波数帯を用いているのに対し、一般の携帯通信を採用するなど、少量生産部品から汎用部品への切り替えを図った。同時に、洪水時の観測に特化することで、電力消費量、通信量の抑制を図った。

この数年の ICT、IoT 技術の著しい展開がこの取り組みを一層後押ししている。

これらの技術から、5 年間電池交換なくメンテナンスフリーで稼働することが実現可能と判断し要求水準（リクワイヤメント）として明記した。

また、価格についても、海外の水位計の価格も参考にしつつ、地方自治体が導入できるレベルから既存の水位計 1/10 以下（100 万円以下）を求めた。

水位の計測方法は、水圧を水位に換算する方式、超音波、電磁波により水面までの距離を測る方式が一般的であるが、棒状のセンサーによる計測、画像の水位を自動判読するシステム等新たな仕組みも提案された。また、自動車の衝突防止用のミリ波レーダーの転用を提案する企業もあった。

(3) 開発された水位計を一同に集めた現場実証を実施

平成 29 年夏から鶴見川水系鳥山川において 12 チーム全てが水位計を設置し、洪水の観測ができるかどうか？の実証実験に取り組んだ。12 チーム中 6 機種について要求する計測性能が確認できた。

平成 30 年からは、革新的河川技術プロジェクト第 2 弾として、寒冷地タイプについて、最上川水系和田

現場実証第 1 弾（鶴見川水系鳥山川）



現場実証第 2 弾（最上川水系和田川）



写真一 2 危機管理型水位計実証実験現地写真

川で現場実証を行った。現地気温 -10°C の中、融雪出水の観測から13チーム17機種のうち6機種について要求する計測性能を確認した。

それぞれの結果、計測データについては国交省HPに掲載している（写真—2）。

（4）新たに技術基準を策定

このような水位計を対象にした基準類はなく、新たに「危機管理型水位計技術基準・仕様」を検討し、この1月に公表した。

水位観測制御ルールなど必要最低限の基準・仕様類にとどめるとともに、観測データのオープンデータ化の原則などを掲げた。

（5）中小河川緊急プロジェクトで8700箇所の設置を決定、予算も確保

現場実証、技術基準の検討と合わせて、現場に実装するための予算などの確保にも取り組んだ。九州北部豪雨を踏まえ、中小河川において緊急に取り組む河川事業等を取りまとめた中小河川緊急治水対策プロジェクト（H29.12.1公表）において、危機管理型水位計を都道府県等の管理する中小河川で約5800箇所、国が管理する大河川で約3000箇所の計8700箇所を約110億円の事業費をもって緊急的に整備することを取りまとめた。その後の平成29年度補正予算等において予算措置も実現している。

このように、現場実装に向けた技術開発、新たな基準類の整備、現場実装予算の確保の3点セットを並行しながら準備した（図—2）。

（6）国・都道府県・市町村の水位データを水平・垂直統合運用するシステムを構築

危機管理型水位計の観測した水位データを一括して処理するシステムを構築した。従来は、国、都道府県

はそれぞれのシステムに集約し、それをさらに集約するという方式を採用していたが、危機管理型水位計については水位計から直接一つのクラウドシステムに直結する統合システムに変更した。

今回の危機管理型水位計の整備にあたっては、個々の自治体でのシステムの整備・改良経費も莫大なものとなることが想定され、いくつかの自治体からは、統合システムの構築の要請もあった。実際、既存の水位計の通信・システムの運営費は1基あたり約18万円／年かかっている。

このため、国、都道府県、市町村が一体となって、一つのシステムを共同で運用する危機管理水位計運用協議会を設立し、運用する水位計の数で費用を按分し分担することとした。現在国の機関に加え、33道府県、11市町村が加入している。

「川の防災情報」を運用している（一財）河川情報センターが構築・提供するシステムを利用し、運営にかかる通信、クラウド経費等を協議会メンバーで負担することとしている。

ロットの拡大効果等もあり、水位計から、クラウドへの通信、クラウドにおけるデータ処理、インターネット等での情報提供までを月950円／1基と従前の通信・システム経費の約1/15程度で提供を行っている。携帯電話の料金より低価格と考えている。低速度・低容量の水位計のような数字のみを送信する機器に特化した通信サービスの登場等がこの価格設定を後押ししている（図—3）。

（7）情報まちから、自ら情報取得へ、市町村も水位計設置へ

避難勧告、避難指示の発令を行うのは市町村長であるが、河川にかかる情報は、原則として河川管理者から提供されるのみであった。今般、水位計の新設コスト、維持管理コストについて市町村が負担することが

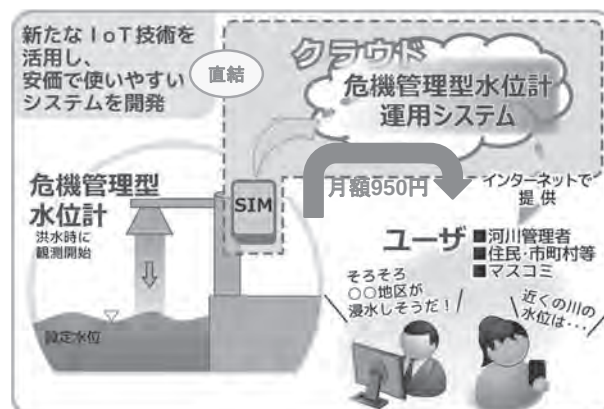
	現在	危機管理型 水位計	合計
国 (836河川)	1934 ※1	2957	4891
都道府県等 (20930河川)	5221 ※2	5755	10976
市町村等		+α	+α
	7155	8712+α	15867+α

※1 川の防災情報（H29.3.31）提供数

※2 国土交通省調査（H28.11）

※ 河川数はH29.4.30現在

図—2 危機管理型水位計設置予定数



図—3 危機管理型水位計運用協議会のシステム

現実化するまで大幅にコストダウンできたと考えており、既にいくつか市町村は、情報を待つだけでなく、自ら水位計を設置し、観測する方向に舵を切りつつある。

河川管理者でない市町村への財政支援は課題であったが、水位計の設置等に対して総務省の緊急防災・減災事業債の採用により最終的な自治体の負担も3割程度に抑えることができるようになっている。

市町村にとっては、協議会のシステムを活用することで、システム構築・維持の煩わしさがなくなり、導入のハードルが大きく下がったと思われる。

月950円の負担であれば、水害リスクを抱える工場や自治会体等からも自ら設置したいといった要望が出てくると考えており、将来的にはこういったニーズにも対応が必要と考えている。

センサー、通信の低廉化が、予想以上の速度でのビッグデータ化をもたらすことを予想している。

(8) ユーザー目線の情報提供

ハード・ソフト施策の一番の違いは、ハードが整備された時点以降効果を発揮するのに対して、ソフトは、ユーザーに届き、理解し、行動となった時点で初めて効果を発揮する点である。このため、システムから提供する情報も従来のものよりユーザーに使いやすいものになるように工夫している。

具体的には、スマホの位置情報から自分のいる場所を中心に身近な水位計がポップアップで自動的に地図上に表示されるとともに、地形縦断を表示する機能も追加している。自分が河川の水位より高い場所にいるのか？低い場所にいるのか？周辺地形はどうなっているのか？容易に確認できる。

水位計近くに河川の監視カメラがある場合は、そのカメラ情報も確認できる。

このように単に水位情報だけでなく、避難の判断に必要な情報も付加するように工夫をしている(図—4)。

3. Society5.0 の具現化を目指す

(1) 「情報の洪水」の解決を目指し Society5.0 を具現化

水災害では、発災までのリードタイムを有効活用することが最も重要であるが、情報の種類も量も増えつつあり、一体どの情報を見ればよいか、「情報の洪水」とも呼ぶべき状況によりかえって判断が難しくなりつつある。

Society5.0 とは、フィジカル空間（現場）のビッグデータをサイバー空間（コンピュータ空間）に集約し、AI等で処理し、それをフィジカル空間にフィードバック、新たな価値を創造しようとするものである。

増加し続ける水災害関係情報の対応として、この Society5.0 の考え方はまさに今後の方針そのものといえる。

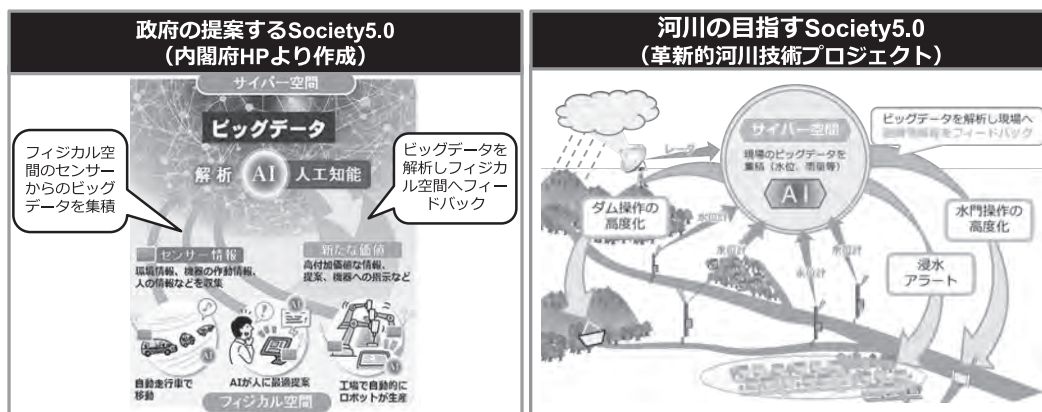
Society5.0 の特徴の一つに、センサー（フィジカル空間）とサイバー空間の直結がある。今回の危機管理型水位計のシステムでは、センサー（水位計）と統一クラウドとを移動体通信回線で直結化しており、Society5.0 の具現化を図りつつあるものといえる(図—5)。

(2) データ同化技術により仮想(シミュレーション)と現実(観測)との差を埋める

Society5.0 において、水災害分野で特に有望なのは



図—4 水位以外の情報も付加して提供



図ー5 Society5.0 と河川の目指す Society5.0

データ同化技術である。予測については、例えば気象庁が降雨の予測精度を「2～3時間先の5km四方の格子平均の1時間雨量の予測精度は、実際に降る雨の概ね半分から2倍程度」(内閣府「洪水・高潮氾濫からの大規模・広域避難検討WG」資料)としているとおり、不確実性を伴う。一方で実現現象の観測データは確実なものであり、不確実性を伴う予測モデルに確実性を伴う観測値を入力し、予測精度を向上させるのがデータ同化技術である。多数のセンサー観測値からなるビッグデータを同化させることができれば、さらなる精度の向上が期待できる。

新たな水位情報も単に設置箇所の危機管理だけでなく、多方面に活用されていくはずである。

(3) AI (人工知能) を活用し的確な情報を提供へ

映像も含め、様々なデータの集約ができれば、例えば、スマホとGPSが連動して近くの河川の氾濫の状況や今後の予測、行先の状況などを自動で警告する。また、家族の位置情報から、家族の周りの状況もわか

るはずである。

また、危機管理をオペレートする立場の市町村長等には、避難等の判断が必要な局面でその状況に応じた的確な情報を提供するというように、AIが必要な情報を判断、処理、加工して提供するようになっていくと考えている。

情報の活用は、避難だけでなく、施設管理などへも広がっていくはずである。

Society5.0技術の発展と歩調をあわせ、水災害分野におけるリードタイムの活用を進め、逃げ遅れによる水害の犠牲者が減じることを目指し、具現化を加速化させていきたい。

J C M A

[筆者紹介]

佐藤 寿延 (さとう ひさのぶ)
国土交通省
水管理・国土保全局 河川計画課
河川情報企画室長



インフラ維持管理におけるデータサイエンスの実践

湧 田 雄 基・磯 部 正 幸・石 川 雄 章

本稿では、土木インフラ維持管理分野を対象としたデータサイエンス試行における分析の流れや課題について紹介する。その中でも、特にデータクレンジングやデータ調製についての課題についてのべ、これらの課題に対応しデータサイエンスを手軽に試行可能とするクラウド型の支援システムのプロトタイプ開発についての報告を行う。

キーワード：インフラ維持管理，データサイエンス，データ準備，業務支援

1. はじめに

社会インフラは、我々の安心・安全に暮らし、産業および商業活動を行うために不可欠である。この社会インフラに関して、戦後の経済成長期に建設された多数の建造物の高齢化が一気に進展し、維持管理の業務負担が急増することが予想されている。こうした状況に加え、ビッグデータ活用技術の発展を受け、本稿で対象とするインフラ維持管理の分野において、業務で蓄積されているデータにAIを適用し人を支援できる可能性に期待が高まっている。

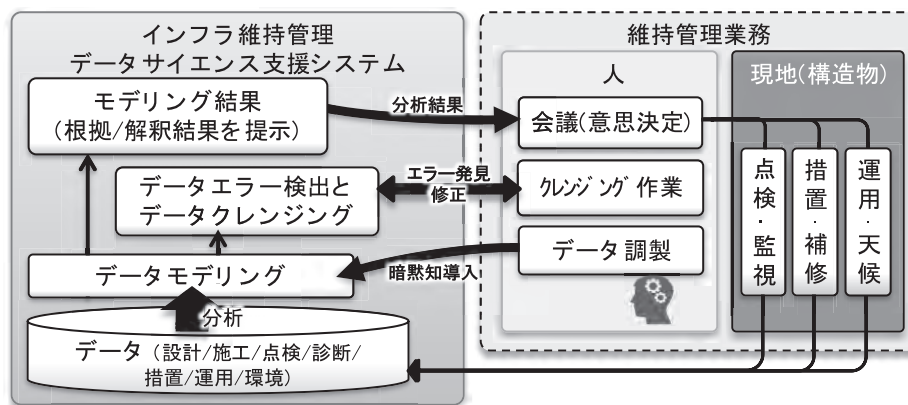
インフラ維持管理の業務では、点検記録等の資料に基づく意思決定が基本となるため、データを活用するAIやデータサイエンス技術¹⁾との親和性は高いと考えられる。関連する既往研究では、点検記録に基づいた診断をAIで代替する応用^{2)~4)}等が積極的に実施されており、コンクリートや舗装面の変状発見におけるAIの活用に関してはレビュー論文も発表され、多

数の研究が報告されている^{5), 6)}。

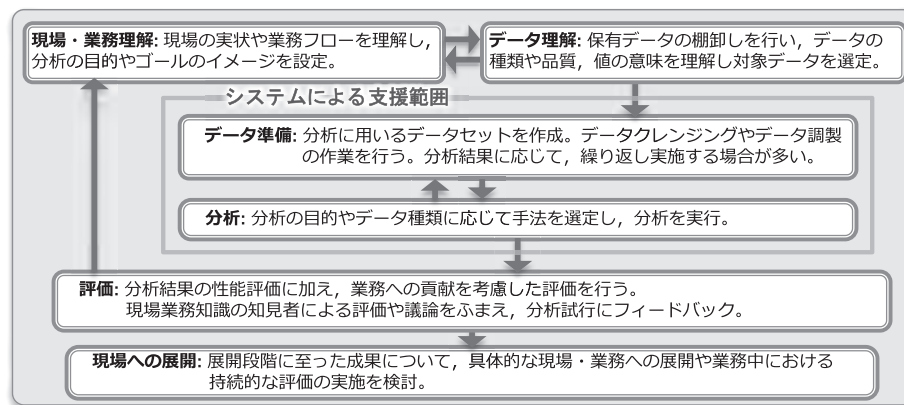
AI活用の試行としては、データ分析ツールにデータを投入すれば、分析結果を得ることはできるものの、結果を業務に有効に活用するためには、分析結果の正しい理解と業務上の経験や工学的知見に照らした議論が重要である。本研究では、コンピュータが得意とする処理を最大限に活用し「人」が行う意思決定に、より多くの時間を費やす事ができるよう支援を行う「データサイエンス試行支援システム（以降、支援システム）」について開発を実施している（図—1）。本稿では、これらの成果について紹介する。

2. インフラ維持管理におけるデータサイエンスプロセス

インフラ維持管理においてデータサイエンスを活用するための流れについて、著者らの既往研究では、次の6つのプロセスにより定義を行っている：現場・業



図—1 インフラ維持管理におけるデータサイエンス試行支援システムの利用のイメージ



図一 2 インフラ維持管理におけるデータサイエンスプロセス

務理解，データ理解，データ準備（データクレンジング，データ調製），分析，評価，現場への展開（図一 2）。これらのプロセスは，データマイニングのプロセスとして良く知られる CRISP-DM および KDD を元に，本研究においてインフラ維持管理分野に適合するようカスタマイズしたものである^{7)～9)}。

インフラ維持管理においては，「維持管理の効率向上」や「維持管理の質向上のための知識の抽出」がデータサイエンスの目的となり得る。従って，本研究では，CRISP-DM で定義されている「ビジネス理解」プロセスを「現場・業務理解」とした。

また，「評価」プロセスにおいては，分析性能が良いかどうかだけでなく，現場への導入を想定した場合の「業務への貢献」についても評価の視点となる。このとき，業務上の制約や業務で目指す KPI（業務負荷低減，リスク低減 等）を考慮した上で，妥当な分析性能を選定するといった検討も必要である。従って，ここでは，データに対する理解だけでなく，結果を応用するための業務を熟知しているチームと議論し，活用に向けた具体策を組み立てる事が重要である。

本稿で報告を行う支援システムは，上で述べたデータサイエンスプロセスのうち，「データ準備」，「分析」，「評価」のプロセスを支援の対象としている。

3. インフラ維持管理分野におけるデータサイエンス実践の課題

著者らは，東京大学大学院情報学環 社会連携講座「情報技術によるインフラ高度化」において，鉄道や高速道路などを保有するインフラ管理会社と共同しデータサイエンス研究を実施してきた¹⁰⁾。この取組みを通じ，インフラ維持管理分野におけるデータサイエンスにおけるデータ処理・分析に関する課題について次の 3 つを挙げる。第一に「データクレンジングの

課題」，第二に「データ調製の課題」，第三に「分析結果の解釈に関する課題」である。ここでは，これらの課題について概説する。

(1) データクレンジングの課題

維持管理業務にて実際に利用されているデータには，多くの場合には不具合が含まれている。業務におけるデータ収集は，担当者，委託先企業，事務所，支社など，様々な人や機関が関わっている上，長期間の運用においてデータや業務の仕様が変更される場合も有る。そのため，データ分析に際し，蓄積されているデータを集約すると，多くの場合には，データのバラツキや品質が課題となる。本研究では，データサイエンスに活用するために問題となるデータ上の不具合をデータエラーと呼び，このデータエラーの除去作業をデータクレンジングと呼ぶ。大規模なデータを対象とするデータクレンジングでは，クレンジングの精度を維持しながら，処理をできるだけ自動化する事が望まれるが，データエラーの検出やクレンジング作業においては，データ値の意味を考慮する必要がある，作業の自動化を難しくする要因となっている。

(2) データ調製の課題

データ調製は，分析に入力するデータの形式を整える作業である。分析結果は，入力するデータにより大きく変化するため，分析の目的に応じて，入力データを適切に編集することで，分析結果の精度や解釈性を向上させるなどのコントロールが可能である。このデータ調製の操作により，分析に対して人が持つ知見を導入する事も可能となる。変数選択やデータ粒度の設定など，データ調製の方針は慎重に設計する必要がある。頻繁に用いるデータ調製の処理には，テーブル結合，変数選択，データカラム統合等がある。テーブル統合においては，データレコードの粒度が異なる場

合には、値の統合や再集計等の処理が必要となる場合もある。これらの処理は煩雑であり、分析対象データが個別のデータテーブルに分割されて記録されている場合には、何度も実施する必要がある。

(3) 分析結果の解釈に関する課題

インフラ維持管理において、分析結果を実業務に導入するためには、分析の手続きや処理の内容・結果を解釈し、過去の知見に照らした上で納得できるかどうか、重要視される場合が多い。分析結果が導かれた理由についての納得感を得られないままに、分析結果を業務で活用することは受入れられ難い。即ち、分析処理が優先して利用している変数や値の把握、分析結果が得られた根拠の把握が重要となる。しかしながら、一般に、データ分析結果は、分析に慣れたデータサイエンティストが理解できる表現により出力される場合が多く、維持管理業務に詳しい者のために必ずしも分かりやすい表現にはなっていない。従って、分析に詳しい者と業務に詳しい者など、異なる専門家のチームにより議論しながら、分析結果の解釈と分析試行を繰り返す事が必要となる。

以上で述べた各課題により、インフラ維持管理におけるデータサイエンスは、試行錯誤に多くの時間を要する。そこで、データサイエンスの試行錯誤を加速し、誰でも試すことができるように「データクレンジング」や「データ調製」の処理をボタン化しシステムで支援する支援システムの開発を進めた。

4. インフラ維持管理におけるデータエラー

著者らのこれまでの研究において、インフラ維持管理において頻繁に見られるデータエラーについて、典

型例の整理を行った。データエラーの例を表—1に挙げる。

#1～#5は、値自体に不具合があり、データ調製を実施する前に可能な限り解決すべきデータエラーである。また、#4～#10のデータエラーは、データクレンジングが困難な場合も含むため、主にデータ調製により処理の検討を行う。このうち、#9と#10は人間の作業によるデータの作成を伴うため、データが持つ情報量への期待と、データ調製の負担とのバランスに基づいて、実施を検討することとなる。

5. データクレンジング

データクレンジング作業は、データ分析の信頼性や精度向上のために、データエラーを修正する操作である。データエラーの検出においては、データの基本統計の計算により値のバラツキや分布の確認を行う事や、グラフや地図を用いた可視化も有効である。

データエラーには、「値の有無」、「値の正しさ」、「値の表現形式」等により、段階がある事に注意が必要である。図—3は、データエラーの段階とクレンジング可否との対応のイメージを図化したもので、Olsonらによる整理を元に、インフラ維持管理での具体的な例を図下段に記載した。

図中のデータエラーの具体例として、橋梁の名称や座標値を例として示した。

例えば、値の有効性に関して、値が無く空欄である場合には、値は欠損という扱いとなる。また、値が入っていたとしても、橋梁名が入るべき箇所に数字が入っている場合や、あるいは、経度が入るべき箇所に0が入っている場合や、正しくはA橋梁Bランプというデータが入るべき箇所に、C橋梁Dランプと記載さ

表—1 インフラ維持管理におけるデータエラーの例

#	データエラー	説明及び具体例
1	表現の不整合	全角と半角の差異。ローカル表現による表記の揺れ。
2	変換ミス、タイポ	漢字の変換ミスや、タイプ入力ミス。
3	外れ値	他の値に比べて大きく異なる値。
4	値の欠損	データ値が空欄の場合、値が登録されていないのか、点検の結果により異常無と判定されたのかは不明。
5	デフォルト値	実際の値とは異なり、年度に0や、センサ値に計測上限値などの値が登録されている。
6	データの意味が混在	判定基準の仕様変更等により、値の表現が混在（B判定とA3判定等）。
7	複数の値が共存	カンマ区切り（1.23,4.56）や、範囲指定（0078-0090）等、一つのセルに複数の値が存在。
8	記録時期の差異	値の取得時期がレコード毎に異なる。5年で一巡する点検方式の場合に、構造物毎に計測時期が異なっている。
9	データの機械可読性	点検記録や図面が、紙の台帳や紙をスキャンした画像やPDF形式で管理されている。
10	自由文での記録	現場での所感等の補足情報や、詳細情報が自由文で入力されている。

値の有無	値が存在		値が欠損		
値の正しさ	値が正しい		値が誤り		
値の表現形式	正しい表現形式	誤った表現形式			
値の解釈	正しく有効な値が正式な表現で入っている	正しく有効な値が入っているが表現形式が誤り	値があるが誤っている(値が無効)		値が無い
具体的例1:橋梁名 (正:A橋梁Bランプ)	A橋梁Bランプ	a橋梁bランプ	C橋梁Dランプ	0.28, 0, 2015	(空欄)
具体的例2:経度 (正:139.1234567)	139.1234567	139度7分40.74秒	35.1234567	0	(空欄)
	OK	クレンジング可	クレンジング困難(データ調製により解決を検討)		

図-3 データエラーの段階 (Olson らの報告¹¹⁾に基づく)

れている場合、値は登録されているものの、値は誤りでありそのままではこれらのデータは利用できない。

最後に、値の表現形式について、A 橋梁 B ランプと記載されているべきところが、a 橋梁 b ランプと記載されている場合には、意味は、誤りではなさそうに思われるものの、表現形式が誤っている。

以上に例示したデータエラーを発見し、修正していくという操作が、データクレンジングであるが、検出したすべてのエラーを修正できるとは限らないという事に注意が必要である。

6. データ調製

データ調製とは、分析の目的に応じて、データの形式を変更する操作である。例えば、表形式データの場合には、①変数選択、②変数操作、③データテーブルの統合、④データレコードの選択の4つの手順がある。データ調製は、分析結果の評価をふまえて複数回実行する場合が多い。

- ①変数選択：データ列毎に解析に用いるデータを選択する操作である。分析対象として準備したデータより、「分析への貢献の可能性」、「有効値の割合」、「データエラーの量」等を加味し、変数の取捨選択を行う。また、対象とするデータサイズを絞り込むために、最初に検討することもある有効である。
- ②変数操作：「変数の生成」、「データ値の変換」、「変数の統合」、質的データを定量化データに変換する「値の数量化」、多数の値を単一のカテゴリに統合する「値のカテゴリ化」等がある。
- ③データテーブルの統合：インフラ維持管理では、業務に応じたデータが別々の台帳で管理されている事より、電子データも別々のデータテーブルで管理されている場合が多く、データテーブルの統合処理は頻繁に行う。例えば、構造諸元、検査台帳、補修台帳などである。これらのデータテーブルの統合にお

いては、テーブル間で対応関係のあるデータレコードを探す必要がある。そのために、ユニークキー等を用いる。統合の際のユニークキーには、例えば、道路や鉄道等の長尺構造物では、距離基準値を参照する。また、データテーブル毎に、データレコードの集計単位が異なる場合には、テーブル統合のために、データレコードの再集計が必要となる場合もある。

- ④データレコードの選択：データ調製の最後に実施する場合が多い。これは、以上のデータ調製の結果に応じて、値の充填率等のデータクオリティを確認した上で、使えるデータレコードの選択を行う場合が多いためである。

7. データサイエンス試行支援システム

(1) 背景

本章では、前述のデータサイエンスのプロセスに従って、データクレンジングとデータ調整、分析と評価を行う支援システムについて紹介する。

データサイエンスに活用できるソフトウェアツールについて、近年、多くの研究開発が報告されている。例えば、汎用的なデータサイエンスプラットフォームに関する研究¹²⁾や、放射線腫瘍学のデータサイエンスプラットフォーム¹³⁾、スマートグリッド向け¹⁴⁾や、スマートシティ向け¹⁵⁾のデータ解析プラットフォーム等がある。また、データクレンジングに特化したツール^{16), 17)}や、オントロジーを用いた自然言語処理に基づくデータクレンジングツール¹⁸⁾も報告されている。

データサイエンスを実行するためのツールとしては、Microsoft Excel を用いた可視化や、統計量の算出、簡単な多変量解析も有効である。また、統計、多変量解析、機械学習には、R, Python, MATLAB 等のプログラミング環境も活用される。分析ソフトウェアパッケージには、Weka, SPSS がある。さらに、

Azure ML や Amazon Machine Learning などのパブリッククラウドサービスも提供されている。ただし、これらのツールは、さまざまな分析方法に対応でき汎用性が高く、データの扱いに手慣れた情報系技術者や各ドメインの専門的な研究者によるデータサイエンス試行をサポートするものとなっている。

一般に、データ分析試行においては、ほとんどがデータ準備（データクレンジング、データ調製等）に時間を要するとされる。このような課題に対し、データ準備を支援するツールも多くリリースされている。Trifacta¹⁹⁾ と Google Cloud Dataprep²⁰⁾ は、データ前処理のための専門サービスとして使用される。データエラーの発見とデータ準備の結果可視化においては、Tableau²¹⁾ や BI (Business Intelligence) ツールも有効である。

以上で示した既往研究およびツールは、汎用的なものであり、どちらかという、手慣れたデータサイエンティスト向けである。我々の提案システムでは、情報を専門とする者ではなく、土木や現場知見を専門とする者がデータサイエンスに挑戦する事を支援したいと考えており、インフラ維持管理分野におけるデータサイエンスに有効な手続きを備え、初学者でも迷わずデータサイエンスを試行できるツールとして開発を進めている。

(2) 提案システムの特長

提案システムでは、これまでの研究内容に基づき、インフラ維持管理分野のデータを予め解析し、クレンジングに有用な辞書やデータ調製処理を備えている事が大きな特長である。汎用性を提供するのではなく、インフラ整備管理分野を中心としたデータを対象とし、データサイエンスの試行を提案することで、ユーザーが迷わずに操作できるツールを目指している。

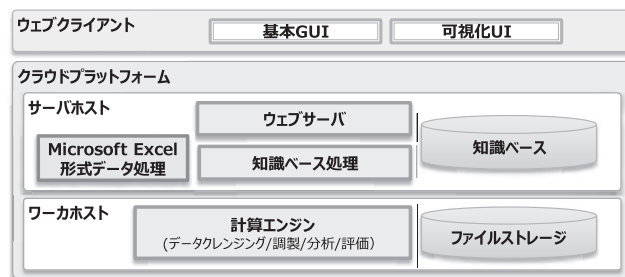
また、複数のユーザーが同時に分散データを準備し、データと結果を共有できるように、クラウドベースのプラットフォームとして実装している。データサイエンスを実行するには、データエラーの発見、エラーのクレンジング、データの準備など、さまざまなデータにさまざまな手順を適用するノウハウが必要であるが、これらのノウハウをテンプレート化し、共有が可能となっている。ドメイン知識、データ誤りの辞書、およびデータ準備手順に基づく様々な知識を保持し、知識データベースとして保持する事が可能である。また、データの種類や分析の目的に応じて分析方法を選択し、進めるデータサイエンス全体の具体的な手順を「レシピ」と呼び、このテンプレートを保持す

る事ができる。これらのノウハウ「レシピ」は過去の研究事例から作成され、クラウドを使用して知識データベースとして蓄積される。この「レシピ」をコア技術として、ノウハウを蓄積し共有することが可能である。

以上の特長により、ユーザーは「多機能」なツールに苦しみことなく、有効な手順を選び、分析を簡単に試すことが可能となる。一連のデータサイエンス手順を一度試すことで、ユーザーにデータサイエンスの経験を与える事ができる。

(3) システムの構成

システムは、サーバーホストとワーカーホストで構成する（図—4）。サーバホストは、ユーザとのデータの入出力や対話を行い、データ解析レシピ（知識ベース）を管理する。データクレンジングのための分析レシピおよび辞書は、知識データベースとして RDF に格納される。RDF 形式で管理することで、様々な分析方法を他のデータに適用するなどの汎用的な管理が可能である。ワーカーホストでは、データのクレンジング、データ構成、データ解析、評価処理を実行する。処理前後のデータテーブルは、作業側側のデータ格納部に格納される。また、データ解析を行う計算エンジンでは、解析処理の動作状況によって負荷が変動するため、ワーカーホスト上で実行されている複数の Docker コンテナに分割し、計算エンジンを実行する仕組みとなっている。



図—4 提案システムの構成

(4) 利用手順と機能

本研究では、データサイエンスの一連のデータ操作手続きを自動的に適用する機能をレシピと呼ぶ。なお、一連のデータサイエンス手順のうち、例えば、前処理等の一部分を定義したレシピも設定可能である。支援システム利用の具体例として、インフラ検査結果のデータセット（複数のテーブルを含む）に対して判別分析を行う場合について、以下に紹介する。

ユーザの最初の操作として、データのクラウドへの

図一五 提案システムの開発中画面

アップロードを行うと、クラウド側はデータの変数毎の値の種類（定性的データ／定量データ）に基づき、基本統計を算出し、値のユニークリストと、出現頻度（度数分布）、値の充填率等を計算する。図一五に、基本統計の算出結果確認の画面（開発中）のイメージを示す。値の度数分布表示は、外れ値や値の揺れを把握するために有効である。このビューにおいて、値が一致しない値を選択して変更することができ、この画面でデータのクレンジングが可能である。ここで行われるクレンジング処理は、処理のレシピとして登録され、名寄せルールとして蓄積される。

次に、システムが保有する辞書やルールに基づいたデータクレンジングを実行する。本システムでサポートするデータクレンジングの具体例を示す。データクレンジングには、辞書型とルール型の2通りを用いる。また、変数によらず汎用的に適用が可能なクレンジングと、変数に固有のクレンジングを準備し、変数認識処理を行い、使い分ける（図一六）。汎用的なデータクレンジングについては、半角・全角変換や、不要文字除去等の機械的に実行が可能な処理を備える。

次に、データ調製プロセスとして、変数の数値化を実行し、文字列で登録されている質的データの数値化を行う。続いて、複数のデータテーブルの統合処理を行う。目的変数と説明変数選択を行う。説明変数選択は、変数同士の相関や、VIF 値（Variance Inflation

Factor）算出による多重共線性の確認などに基づいて実施する。

判別分析を実行し、分析結果を混同行列や P-R 曲線で評価を行う。

以上で挙げた一連の処理は、一般的なパターンであり、同様の手順による他のデータセット（例えば、他のオフィス、鉄道線、道路橋のデータ）に適用することも可能である。本システムでは、既存のデータサイエンス試行に基づいて定義されたレシピにより、データサイエンスプログラムの進捗状況に応じて、実行可能な次のステップの提案が可能である。

8. おわりに

本稿では、インフラ維持管理分野におけるデータサイエンスの流れを定義し、その試行における課題の整理を行った。データサイエンスにおけるデータ準備（データクレンジング、データ調製）や分析を支援し、データサイエンス試行を簡便に行うための基本機能を備えるシステムのプロトタイプ開発についての報告を行った。本研究の提案システムは、現段階では、限られたユーザによる試用を実施しているが、今後は、分析手法の拡充や運用の安定性の向上を経て、実用化を図りたい。

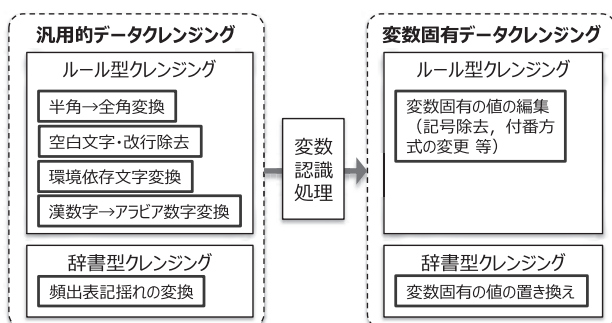
謝 辞

本研究開発の一部は、総務省 SCOPE #162103120, #181503004 の委託および、JSPS 科研費 JP00377847 の助成を受けたものである。

J C M A

《参考文献》

- 1) Cao, L. Data science: Challenges and directions, Communications of the ACM, 60(8), pp. 59-68, 2017.
- 2) 本城 勇介, 大竹 雄, 佐藤 敦, “岐阜県橋梁点検データベースの統計解析に基づく簡易橋梁健全度評価指標”, 構造工学論文集, A 日本学術会議土木工学・建築学委員会 [監修], vol. 60, pp. 462-474,



図一六 データクレンジング処理の概略フロー

- 2014/03, 2014.
- 3) 貝戸 清之, 福田 泰樹, 起塚 亮輔, 橋爪 謙治, 出口 宗浩, 横山 和昭, “遊離石灰法に基づく RC 床版の劣化予測および補修優先順位の決定法”. 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), 68 (3), 123-140, 2012.
 - 4) 山崎崇央, 石田哲也, 生存時間解析を用いた東北地方における橋梁コンクリート部材の劣化定量分析, 土木学会論文集 F4 (建設マネジメント), 71 (4), pp. I_11-I_22, 2015.
 - 5) Koch Christian, Georgieva Kristina, Kasireddy Varun, Akinci Burcu, Fieguth Paul, "A review on computer vision based defect detection and condition assessment of concrete and asphalt civil infrastructure," Advanced Engineering Informatics, vol. 29, no. 2, pp. 196-210, 2015.
 - 6) Zakeri H, Nejad Fereidoon Moghadas, Fahimifar Ahmad, "Image Based Techniques for Crack Detection, Classification and Quantification in Asphalt Pavement: A Review," Archives of Computational Methods in Engineering, pp. 1-43, 2016.
 - 7) Fayyad, U., Piatetsky-Shapiro, G., and Smyth, P. (1996). "The KDD process for extracting useful knowledge from volumes of data." Communications of the ACM, 39 (11), 27-34.
 - 8) Shearer, C. (2000). "The CRISP-DM model: the new blueprint for data mining," Journal of data warehousing, 5 (4), 13-22.
 - 9) Kurgan, L. A., and Musilek, P. (2006). "A survey of Knowledge Discovery and Data Mining process models." The Knowledge Engineering Review, 21 (1), 1-24.
 - 10) 東京大学大学院情報学環, 「情報技術によるインフラ高度化」社会連携講座, <http://www.advanced-infra.org/english.html>, accessed on January 29, 2018.
 - 11) Olson, J. E. (2003). Data Quality: The Accuracy Dimension, Elsevier Science.
 - 12) Patterson, E., McBurney, R., Schmidt, H., Baldini, I., Mojsilović, A., and Varshney, K. (2017). "Dataflow representation of data analyses: Toward a platform for collaborative data science." IBM Journal of Research and Development, 61 (6), 9: 1-9: 13.
 - 13) Marungo, F., Robertson, S., Quon, H., Rhee, J., Paisley, H., Taylor, R. H., and McNutt, T. (2015), "Creating a data science platform for developing complication risk models for personalized treatment planning in radiation oncology." Proc., System Sciences (HICSS), 2015 48th Hawaii International Conference on, IEEE, 3132-3140.
 - 14) Simmhan, Y., Aman, S., Kumbhare, A., Liu, R., Stevens, S., Zhou, Q., and Prasanna, V. (2013). "Cloud-Based Software Platform for Big Data Analytics in Smart Grids." Computing in Science & Engineering, 15 (4), 38-47.
 - 15) Khan, Z., Anjum, A., and Kiani, S. L. (2013). "Cloud Based Big Data Analytics for Smart Future Cities." Proceedings of the 2013 IEEE/ACM 6th International Conference on Utility and Cloud Computing, IEEE Computer Society, 381-386.
 - 16) Zhang, F., Xue, H.-F., Xu, D.-S., Zhang, Y.-H., and You, F. (2013). "Big data cleaning algorithms in cloud computing." International Journal of Online Engineering (iJOE), 9 (3), 77-81.
 - 17) Faruque, T. A., Prasad, K. H., Subramaniam, L. V., Mohania, M., Venkatachaliah, G., Kulkarni, S., and Basu, P. (2010), "Data cleansing as a transient service." Proc., 2010 IEEE 26th International Conference on Data Engineering (ICDE 2010), 1025-1036.
 - 18) Kontokostas, D., Brümmer, M., Hellmann, S., Lehmann, J., and Ioannidis, L. (2014). "NLP data cleansing based on linguistic ontology constraints." Proc., European Semantic Web Conference, Springer, 224-239.
 - 19) Trifacta (2018), Trifacta: Data Wrangling Tools & Software, <https://www.trifacta.com/>, accessed on January 29, 2018.
 - 20) Google Inc. (2018), Google Cloud Dataprep, <https://cloud.google.com/dataprep/>, accessed on January 29, 2018.
 - 21) Tableau Software (2018), Tableau, <https://www.tableau.com/>, accessed on January 29, 2018.

【筆者紹介】

湧田 雄基 (わくだ ゆうき)

北海道大学 数理・データサイエンス教育研究センター
特任准教授



磯部 正幸 (いそべ まさゆき)

ファイブソリューションズ株
CEO



石川 雄章 (いしかわ ゆうしょう)

東京大学 大学院情報学環
特任教授



GNSS と維持管理

新時代を迎えた高精度衛星測位の可能性

岡 本 修

衛星測位は携帯電話をはじめ、多くのものに利用されている。ユーザは小型省電力な受信機を持つだけで、数 m ～数十 m の精度で測位できる。衛星測位には様々な測位法があるが、実時間に数 cm の高精度で測位できるリアルタイム・キネマティック法（以後、RTK 法）がある。この測位法に対応した受信機は、建設分野で多く利用されている。導入当初は衛星数は少なかったが、現在では我が国が管理運営する「みちびき」をはじめ、他の衛星システムの配備が進んだことで多衛星時代となり、まさに新時代を迎えている。本稿では、多衛星時代を迎えた各国の衛星システムやローコスト受信機の測位性能を紹介するとともに、維持管理への適用で生じる課題を示し、必要とされる要素技術に言及した。

キーワード：GNSS, QZSS, RTK, PPP-RTK, CLAS

1. はじめに

今日では携帯電話をはじめ、カーナビゲーション、デジタルカメラ、腕時計など身の回りの多くのものに GNSS 測位が利用されている。ユーザは小型省電力な受信機を持つだけで、それらを運営管理する衛星システム全体を意識することなく、地球上のどこにいるのかを数 m ～数十 m の精度で測位することができる。

衛星測位には様々な測位法があり、受信機の種類により利用できる測位法が異なる。より高精度な測位が可能な測位法の一つとして、実時間に数 cm の高精度で測位できる RTK 法がある。この測位法に対応した受信機は、1994 年に日本に導入され、建設分野を中心に利用されてきた。工事測量をはじめ、地すべり計測や斜面崩壊の監視等の防災分野にも多く利用されている。導入当初、利用できる衛星システムは米国が管理運営する GPS のみで衛星数は多くなかったが、現在では日本独自の衛星測位システムであるみちびきをはじめ、他の衛星システムの配備が進んだことで複数の衛星システム（以後、マルチ GNSS）の利用による多衛星時代となり、まさに新時代を迎えている。

本稿では高精度 GNSS 測位に焦点を当て、その問題点と今後の展望について述べる。また、現在注目されるローコスト受信機の実力を紹介するとともに、維持管理への応用について言及する。

2. 建設業における GPS 測位利用の経緯

建設業における衛星測位の利用検討は 1980 年代後半に始まる。レーザ測距と測角により測量する光学測量機の代替として、米国が管理運営する GPS 測位の導入に向けた応用研究が始まった。当時はまだ GPS 衛星の配備が完了しておらず、1 時間以上アンテナを三脚で固定して 2 点間の相対位置を後処理で算出する STATIC 法が主流だった。

RTK 法は 1994 年に日本に導入され、建設業を中心に重機の誘導といった新たな施工を検討する研究開発が開始された。これが施工で得られる様々な情報を活用する情報化施工の始まりとなる。この情報化施工では、造成工事における盛土の締め固め回数管理や、地盤を切り盛りする土工の出来形管理に広く GPS 測位が活用されるようになった。1994 年から始まった雲仙普賢岳の無人化施工試験では、遠隔操縦に必要な重機に装着され利用された。現在ではブルドーザーのブレード角の自動コントロール等にも利用されている。

公共測量では、国土交通省が RTK 法の利用について 2000 年に「RTK-GPS を利用する公共測量作業マニュアル」を取りまとめた。2002 年には電子基準点を利用した商用のネットワーク型 GPS 補正情報配信サービスが開始され、電子基準点を利用した RTK 法が利用可能となった。これを契機に公共測量でも RTK 法が利用されるようになった。

防災分野では、工事に伴う法面の挙動や斜面崩壊の

監視に RTK 法を利用した多点挙動監視システムが開発され利用されている。

このように建設業では、高精度 GNSS 測位となる RTK 法の応用研究がなされており、今日では多くの現場に利用されている。

3. 高精度 GNSS 測位の問題点

(1) 測位可能範囲の制限

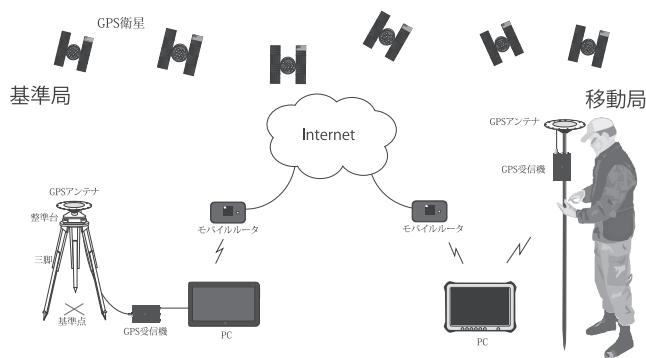
GNSS 測位の普及を阻む問題の一つとして測位可能範囲の制限がある。高精度 GNSS 測位では同時に 5 つ以上の衛星を継続して受信する必要がある。しかし、複数衛星からの直接波を測距することで測位計算する GNSS 測位は、写真—1 のような構造物や木々が障害物となる環境において遮蔽やマルチパスの影響で測位に必要な衛星数を確保できない場合がある。現在、GPS 衛星は 31 機が利用可能（2018 年 7 月末時点）であり、上空が開けていれば 7 機～12 機程度の衛星を受信可能であるが、高層ビルが建ち並ぶ都市部や木々に被われる山間部では、上空が見える範囲が大きく制限されるため、必要な衛星数を受信することさえ困難な場合がある。例えば 1 階建ての構造物が一つしかない環境であっても、構造物の壁際では上空が半分遮蔽され観測できる衛星数が大きく制限されるため高精度 GNSS 測位が難しい。実際に利用したい環境で測位できない場所が多く存在するため、他の測量機器との併用といった対策が必要となる。



写真—1 衛星数の確保が厳しい測位環境

(2) 導入コスト

高精度 GNSS 測位は、携帯電話やカーナビゲーションで利用される一般的な受信機とは異なり、衛星から放送される信号を地上まで送り届ける搬送波の位相を観測できる受信機が必要となる。図—1 に高精度衛星測位に必要なシステム構成の一例を示す。①基準局



図—1 高精度測位のシステム構成の一例

で受信する。②得られる観測データは通信手段を介してリアルタイムに移動局へ送信する。③移動局では計測点で得られる観測データと合わせて解析し、移動局の位置を算出する。このように高精度 GNSS 測位では 2 台の受信機が必要となる。日本への導入当初は数千万円以上していた高精度 GNSS 受信機は、現在では数百万円程度となった。基準局で得られる観測データは、国土地理院が構築した電子基準点で得られる観測データを配信する商用サービスで代用できるが、月 2～3 万円程度の配信サービスを契約する必要がある。

このように高精度 GNSS 測位の利用は現在でも高コストであり、普及の障害となっている。

4. GNSS 測位の展望

(1) 各国の衛星測位システムの発展

米国が管理運営する GPS は、1995 年に全 24 機の衛星配備が完了し正式運用が開始され、民生利用への無償開放が全世界にアナウンスされた。これまで GPS は一度もシステムダウンすることなく順調に運用され、現在 31 機（2018 年 7 月末時点）の衛星が利用可能となっている。GPS は、6 つの軌道面に各 4 機が配置されており 1 日に地球を約 2 周する周回軌道に投入されている。地上からは、衛星が見える方向が時々刻々と変化し、異なる衛星が時刻により入れ替わりに観測される。

GLONASS はロシアが管理運営する衛星測位システムである。3 つ軌道面に各 8 機が配置されており、現在 24 機（2018 年 7 月末時点）の衛星が利用可能である。GPS と違い、北極や南極を避けた周回軌道ではないため、北半球に位置する日本での利用は、GPS に比べて北側の衛星をより多く観測することができる。一時、経済状況の悪化から衛星が打ち上げできず、また短い衛星の寿命の影響により数も減少して、一日中継続して利用することが困難な時期もあったが、現

在では24時間利用可能となっている。GLONASSは衛星毎の放送周波数が異なるFDMA方式を採用していることから、基準局と移動局で異機種（他メーカ）の組合せとなる測位においてIFBの問題を抱えている。2018年よりGPSと同様のCDMA方式の衛星（GLONASS-K2衛星）への切り替えが始まっており2026年頃には切り替えが完了する計画となっている。

BeiDouは中国が管理運営する衛星測位システムである。静止衛星および8の字軌道と周回軌道の3つの軌道を組み合わせた衛星配備を進めており、現在29機（2018年7月末時点）の衛星が利用可能となっている。日本では、静止衛星を中心に南西の上空に片寄り観測することができる。GPSと同様にCDMA方式であることから、IFBの問題を抱えるGLONASSに代えて利用するユーザが増えつつある。

Galileoは欧州連合が管理運営する衛星測位システムである。30機の軌道周回衛星の衛星配備を進めているが、欧州の経済危機等により当初の計画よりも整備が遅れており、現在14機（2018年7月末時点）の衛星が利用可能となっている。

今後、マルチGNSSを利用することで衛星数は飛躍的に増加する。図-2¹⁾に衛星数の推移を示す。2013年当時、GPSとGLONASSで54機であったが、BeiDouおよびGalileoの配備が進んだ数年後には100機以上の衛星数となった。衛星数の増加は、前述した高精度GNSS測位の問題点を容易に解決できる。これは高精度衛星測位にとって、これまでにない大きな変革をもたらしている。

(2) みちびきによる補完・補強

我が国が管理運営する準天頂衛星システムとしてみちびきがある。みちびきには、補完と補強の2つの効

果がある。

補完は、みちびき衛星をGPS衛星の補完として利用することを指す。日本における米国のGPS利用を補完するため、1つの衛星が仰角80°以上に8時間程度日本上空に留まるような8の字軌道を採用した。特に上空が制限される都市部での受信衛星数の増加が期待できる。現在、1～4号機が運用されており、将来的には7機体制を目指している。みちびきを受信することのメリットは、単に受信衛星数が増えることに留まらない。高精度GNSS測位では、測位計算をする際にメイン衛星を決めるが、メイン衛星の切り替えは高精度測位を維持することを妨げる場合がある。一般的に受信が途切れる可能性が少ない一番高い仰角の衛星をメイン衛星として選択するが、みちびきを受信できる場合、このメイン衛星をみちびき衛星のまま長時間受信し続けることができるメリットがある。近年、みちびき衛星の受信をサポートする高精度GNSS受信機が発売されるようになった。

補強は、みちびき衛星から放送される補強信号を受信して、測位精度を改善することを指す。補強には、サブメータ級の補強信号サービスとなるSLAS、センチメータ級の補強信号サービスとなるCLASの他、JAXAが開発する精密衛星軌道・クロック推定ソフトウェアMADOCAにより生成した補強信号サービスがあり、無料で利用できる。このうち、高精度衛星測位に関係するCLASとMADOCAの補強信号サービスを説明する。

CLASは、日本全土をサービス領域とした補強信号サービスで、2018年11月より正式運用を予定する。国土地理院が管理する電子基準点のデータを利用して衛星毎の軌道、クロック、バイアス誤差を推定することに加え、日本の地域毎（12地域）の電離圏、対流圏誤差を推定して補強信号を生成する。受信および測位計算には専用の受信機が必要となる。CLASによる測位方法はPPP-RTK法と呼ばれ、受信機1台で高精度測位できることが特長となる。収束時間1分程度で水平方向10cm程度（公称精度は水平方向12cm（95%値））となる測位精度が得られる。

MADOCAの補強信号サービスは、日本周辺の広範囲な海域において、受信機1台で高精度測位できるPPP法と呼ばれる測位方法に必要な補強信号サービスである。みちびき2～4号機から放送（2018年7月末現在）される補強信号の受信および測位計算には、専用の受信機が必要となる。全世界に配置される100局程度のGNSS基準局網により推定した衛星毎の精密な軌道、クロック、バイアス誤差を利用する。収

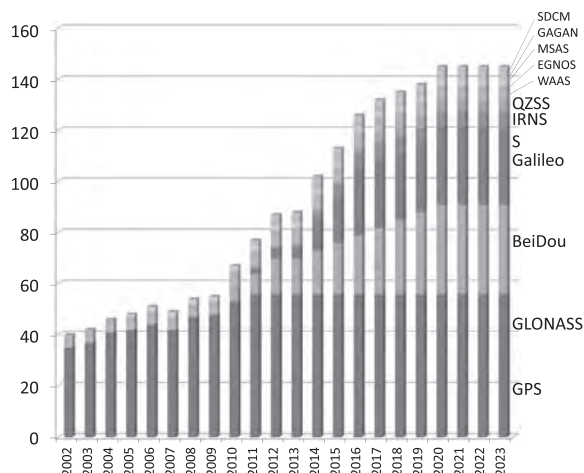


図-2 マルチGNSSの衛星数の推移
(宇宙航空研究開発機構 (JAXA) 小暮聡氏提供)

束時間 15 ～ 30 分程度で水平方向 10 cm 程度となる測位精度が得られる。

CLAS や MADOCA の補強信号サービスに対応した受信機は、今後順次発売される予定である。

(3) 高精度 GNSS 測位に対応する受信機のローコスト・小型省電力化

構造物や植栽といった障害物のある環境では、上空の見える範囲が制限されるため測位に影響がある。近年、GPS に加えて他の衛星システムを同時利用するマルチ GNSS に対応した受信機を利用して衛星数を確保することが一般的である。高精度 GNSS 測位法の一つである RTK 法では、搬送波の位相を受信できる受信機が必要となる。受信機は、衛星から放送される 2 つの周波数の受信が可能な 2 周波受信機と、1 つの周波数の受信のみの 1 周波受信機に大別される。高精度 GNSS 測位で一般的に利用される 2 周波受信機は、高精度測位のための専用受信機となるため、出荷数が少なく開発費もかかるため 1 周波に比べて非常に高価となる。

RTK 法は、測位結果の解の種類として Float 解と Fix 解がある。それぞれの水平方向の精度は、Float 解で数 m ～ 20 cm 程度、Fix 解で数 cm となり、常に Fix 解である数 cm の精度が得られる訳ではない。測位開始時は Float 解であり、収束計算を経て Fix 解へ移行する。この移行の過程を初期化と言う。初期化には、周囲に障害物がなく上空が開けている理想的な環境で 20 秒程度かかる。周囲の障害物により受信できる衛星数が少ない場合、初期化に時間がかかり、条件によっては初期化できない場合がある。また、一度初期化が完了しても受信する衛星数が 4 機未満となる場合や高架下の通過による瞬断等でも Float 解に戻り、再初期化が必要となる。

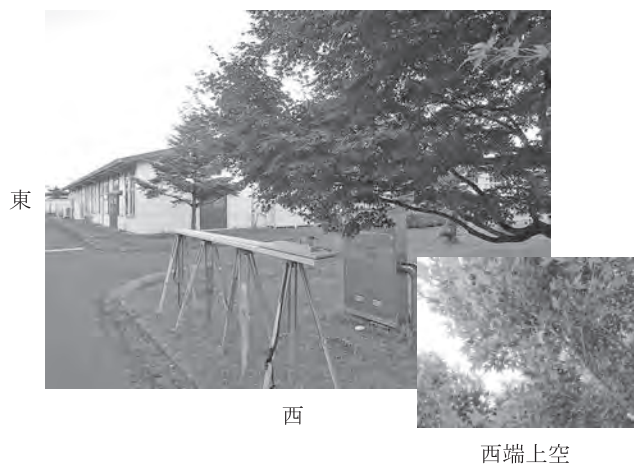
2 周波受信機は高価である反面、Fix までの収束を短時間に完了できる。1 周波受信機はローコストである反面、Fix までの収束に時間がかかり、GPS のみに対応した受信機では初期化に 10 分以上かかるため、RTK 法では実用できる性能を有していなかった。しかし、他の衛星システムを同時受信できる GNSS 受信機を利用することで衛星数を多く確保できるようになったため、ローコストな 1 周波受信機であっても 2 周波受信機に匹敵する収束時間で Fix できるようになった。安価な 1 周波受信機を採用することで大幅なコストダウンが図れるものの、RTK 法での利用実績が少なく測位性能の悪化が懸念されている。そこで次章では、ローコストな 1 周波 GPS/GLONASS 受信機

における Fix 時の測位精度および、空が見える範囲が厳しく制限される環境における Fix 解の維持性能を評価した結果を示し、実用可能な測位性能であることを示す。

5. ローコスト 1 周波受信機の測位性能

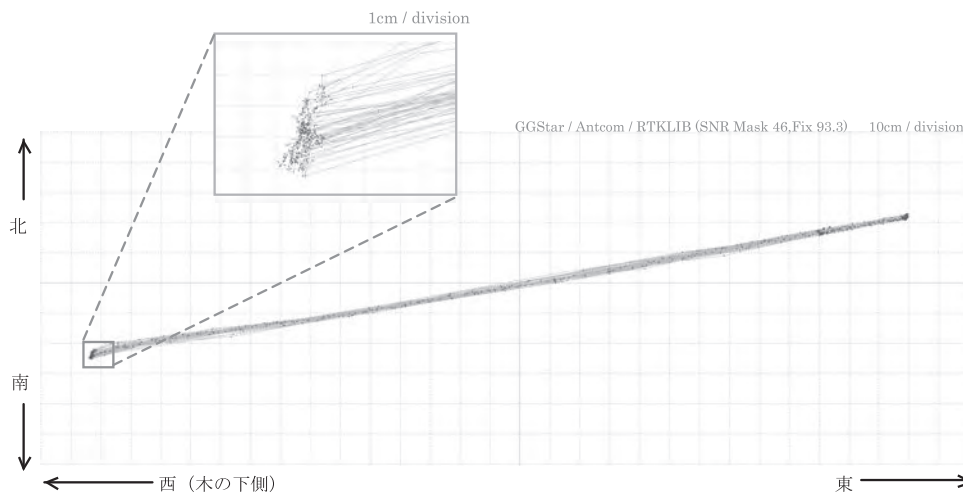
(1) 木の周辺における測位性能

実験は三脚上に水平に固定された可動範囲約 3 m のスライドレール上に、アンテナを付けた台車を載せて手動で 20 往復させる。アンテナの軌跡を記録して、その再現性からローコスト 1 周波受信機の測位精度を評価する。実験場所の様子を写真—2 に示す。実験場所となるモミジの木周辺は、写真—1 で紹介した南側に 3 階建ての校舎、北側は土手とその上に立ち並ぶモミの木と校舎という厳しい開空制限のある環境で、時間帯によっては米国 GPS だけでは測位計算に必要な衛星数を確保することが困難な場所である。スライドレールは、その上空の半分が木の下に入り込むように設置した。



写真—2 スライドレールの設置状況

測位結果を図—3 に示す。往復する軌跡の左側（西側）が木の下となる。トレース方向に対して直交方向のぶれの大きさは、西側となる木の下側端の付近が最大で 40 mm、その他の部分でも概ね 30 mm 程度となった。東西両端の測位結果のぶれの大きさに差が見られたものの、木の下に入り込む影響はごく僅かであった。スライド中に何度か Float 解となっているが、短時間で Fix 解に復帰し、Float 解の間も測位値が大きく逸脱することなく Fix 解と同様にトレースできた（図—3 には Float 解の測位結果もプロットしている）。



図—3 木の下のスライドレール往復時の測位結果 (1 目盛 10 cm, 拡大部 1 cm)

(2) 構造物周辺における測位性能

1 階建ての構造物である茨城高専実習工場周囲で実験を実施した。実習工場の周囲を 1 周する際に、精度数 cm となる Fix 解をどの程度維持できるか、また精度が悪い Float 解となった場合、どの程度の時間で Fix 解に復帰できるかを確認する。実習工場の南側は一部木が完全に覆い被さり衛星測位には非常に厳しい環境となる。また、実習工場北側には軒が張り出しており、その下に入ると南側に加えて真上の開空も制限される厳しい環境である。写真—3 に実習工場北側の軒の状況、実習工場南側の覆い被さる木の状況を示す。実験は実習工場南西側端より周囲を 1 周するコースとした。南側の木の下を通過する際には受信できる衛星数が減少し、一時的に Fix 解から Float 解になる。北側では、途中から軒下に入るルートを取り、上空及び南側の衛星の受信が大きく制限される。西側では隣接する 3 階建ての校舎と挟まれる場所で Fix 解を維持することが困難な場所である。



軒の状況 (北側)

木周辺 (南側)

写真—3 実習工場周囲の状況

図—4 に実習工場周囲を 1 周したときのローコスト受信機の Fix 解の維持状況の一例を示す。南側の木の下を通過した際、一度 Float 解になるがすぐに Fix 解に復帰している。北側の軒下に入った際は、Fix 解を維持できず二度 Float 解になるが、軒下での移動中に Fix 解へ復帰できた。西側でも一度 Float 解になるがすぐに Fix 解へ復帰した。このルートは米国 GPS のみ利用する受信機では Fix 解を維持することは難しいが、ローコストな 1 周波 GNSS 受信機では観測できる衛星数が増えて概ね Fix 解を維持できた。このような厳しい環境でもローコスト受信機による高精度測位は実用上問題ないことが確認できた。



図—4 実習工場周囲における Fix の維持状況

6. 受信機のコストダウンの経緯

高精度 GNSS 測位に利用できる受信機は、販売の中心となる測量向けの高機能な 2 周波受信機で未だ数百万円する。受信機が高価である理由は、2 周波対応であることの他に、RTK 法をサポートするための高価なオプションが必要であることが挙げられる。

このオプションなしで RTK 測位をする方法として RTKLIB²⁾ がある。RTKLIB は、パソコン上で測位計算するオープンソースのプログラムパッケージである。多くの受信機メーカーに対応しており、RTK 法をはじめ、多くの測位法をサポートしている。高精度測位の普及を目的にオープンソースとして提供されており、RTK 法のオプションが用意されていないローコスト受信機でも RTK 法が利用できるようになった。日本発の技術として世界で高い評価を得ており、このソフトウェアの登場をきっかけにローコスト受信機が注目されることになった。受信機メーカーが用意するブラックボックス化されたファームウェアとは違い、測位結果に疑問が生じた場合でも後処理解析で原因を突き止めること等が可能である（なお、前章の 1 周波受信機の測位性能の評価には RTKLIB を用いている）。

ローコスト受信機の価格は数十万円と安価である。近年では RTK 法に必要なオプションが組み込まれているものや、2 周波に対応するものが発売されるようになった。我々もこれまでに RTKLIB を用いた応用^{3),4)}に取り組んできたが、近年では利用例が増えている。

7. 維持管理への応用の課題

維持管理モニタリングに高精度衛星測位を利用するためには、幾つかの課題を解決する要素技術が必要となる。要素技術としては①省電力化、②小型軽量化、③他センサとの統合利用、④データ連続性の保証等がある。

①は、維持管理モニタリングは施工時から長期間の連続計測が求められる場合があるが、フィールドでは電力供給を受けることが困難な場合が多い。バッテリーのみで長期間連続運用するには受信機の省電力化が求められる。②は点検ロボット等への受信機、アンテナの組み込みの制約である。例えば無人ヘリコプターへの搭載では、大きさや重量の制限が厳しく連続飛行時間にも影響を与える。③は他のセンサ情報と位置情報の統合利用である。加速度センサ等に限らず画像等のデータと統合・融合することで各々のデータだけではわからない新たな情報を見出すことが期待される。④は計測機器の更新に伴うデータ連続性の保証である。

数十年に渡る長期間の観測では、衛星測位受信機の故障や受信できる信号の廃止等による更新が予想される。受信機メーカー毎に異なる測位アルゴリズムやフィルタの影響によって、得られた結果の更新前後の連続性を保証できないケースが想定される。機種に依存しない継続利用できる測位アルゴリズムが必要となる。

8. おわりに

本稿では、多衛星時代を迎えた各国の衛星システムおよびローコスト受信機の現状と展望を説明した。加えてローコスト受信機の測位性能を評価する実験結果を示し、十分な性能を有することを示した。また、維持管理への適用で生じる課題を示し、必要とされる要素技術に言及した。

建設業では、高精度 GNSS 測位を利用する多くのユーザが、2010 年頃までに導入した GPS/GLONASS 受信機を利用している。近年のマルチ GNSS による衛星数の増加や受信機のローコスト化は、高精度 GNSS 測位の応用分野を広げる新時代へ踏み出している。維持管理は期待できる応用分野の一つであり、今後の市場拡大が期待される。

J C M A

【参考文献】

- 1) 小暮聡：“アジア・オセアニア地域におけるマルチ GNSS の状況”，第 5 回 QZSS ユーザーミーティング発表資料，http://qz-vision.jaxa.jp/USE/is-qzss/usermeeting_report_05.html (2010)
- 2) 高須知二，久保信明，安田明生：“RTK-GPS 用プログラムライブラリ RTKLIB の開発・評価および応用”，日本航海学会 GPS/GNSS Symposium 2007 text, pp.213-218 (2007)
- 3) 岡本修，三浦光通，高橋徹：“土壌汚染状況調査での調査地点設定システムに用いる GNSS 測位の精度評価”，第 67 回土木学会年次学術講演会講演概要集，VI 部門，P.286 (2012)
- 4) 岡本修：“除染工事における GNSS の利用”，測位航法学会 GPS/GNSS Symposium 2012 text, pp.163-166 (2012)

【筆者紹介】

岡本 修（おかもと おさむ）
 (独)国立高等専門学校機構
 茨城工業高等専門学校
 国際創造工学科 機械・制御系
 教授



社会インフラ維持管理の情報プラットフォーム化 スマートインフラセンサポータル構築

澤 田 雅 彦

高度成長期から50年余が経過し、橋梁やトンネルなどの土木インフラ構造物の経年劣化や事故、自然災害が多発しており、その中で平成25年の政府による「インフラ長寿命化基本計画」が策定された。以降、センサやIoT、ロボット等による点検効率化や予防保全での長寿命化を目指す研究や社会実装が活発化してきている。(一財)関西情報センター¹⁾(以下, KIIS)は、ICT/IoT技術の普及促進のための諸活動を行っている中で、マルチステークホルダによる「スマートインフラセンサ利用研究会」²⁾(座長: 矢吹信喜 大阪大学大学院教授)を平成27年度に立上げ、社会インフラの維持管理に資する土木インフラ構造物用センサ(以下スマートインフラセンサ)の各種情報・データの共同利用を可能にする情報プラットフォーム化(以下スマートインフラIoTプラットフォーム)を目的に活動してきた^{3), 4)}。具体的なテーマとしては、センサコードとデータモデル標準案の検討、スマートインフラセンサポータルの構築、新センサ技術・AI活用した維持管理システムについて研究および実証実験を推進した。本稿ではスマートインフラセンサポータルの構築を中心に述べる。土木構造物の維持管理に必要なセンサの選定において、機能や仕様がわかるだけでなく、スマートインフラIoTプラットフォームによりモニタリングデータ・設置情報・点検情報等の参照ができる形を目指す。またそのポータル運用に当たって必要となるセンサコードについても併せて述べる。

キーワード: インフラ維持管理, 長寿命化, センサ, IoT, センサポータル

1. はじめに

橋梁等の社会インフラは、日本においては1960年代を中心とする高度経済成長期に建設が急増しており、図-1のように築後50年を超える老朽化が急速に進展することになる。また、安全確保のため5年に1度の近接目視点検が平成26年度より義務づけられた。少子高齢化や財政悪化の状況から、予防保全による長寿命化、点検・維持管理費用の削減、熟練者不足の支援策が喫緊の問題となってきている。最近IoTセン

サ・ロボット・AIやCIM(Construction Information Modeling/Management)⁵⁾が盛んに取組まれてきている。

KIISが本研究会を立ち上げた平成27年当初は、センサ利用がまだ疑問視されていたり、センサメーカーの土木業界への関心が薄く、ニーズ・シーズが乖離している状況であった。また、維持管理に関する各種情報は現場での紙媒体での点検帳票や図面が多く、インフラ施設管理者毎に管理されているため、事業者間の共同利用の必要性も意識が低い状態であった。KIIS

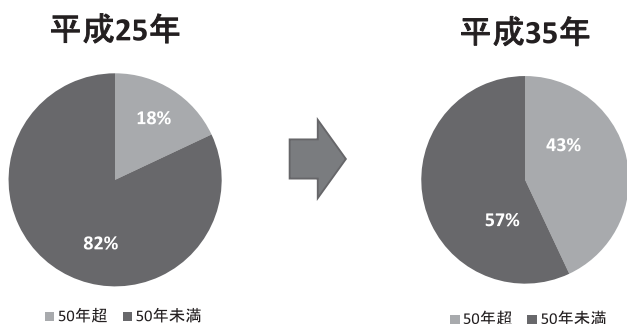


図-1a 建設後50年以上を経過する橋梁の割合

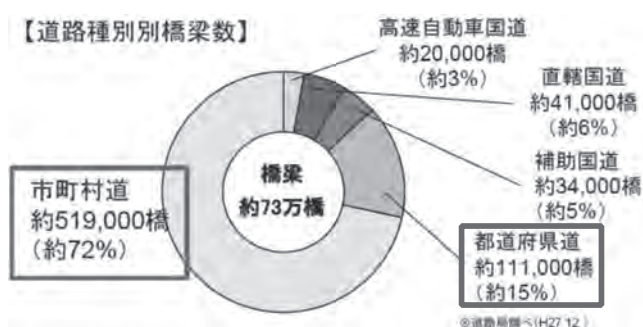


図-1b 道路種別橋梁数

出展: 国土交通省

は、特に日本全体の87%の橋梁の維持管理の責任がありながら、予算不足・熟練者不足に悩まされている自治体に役立つことを意識し、IoT、AIの技術の急速な進展や、将来のインフラ維持管理の情報基盤であるプラットフォームをイメージし、各種情報のデジタル化による維持管理の適正化かつ効率化に資するエコサイクルの実現が必要であると判断した。

2. スマートインフラセンサ利用研究会の立上げ

KIISは、長寿命の構造物の長期的・継続的管理に

は、複数の事業者でも共同利用できるよう共通したデータモデルと、そのためのセンサのコード化を検討する目的とし、平成27年度から活動をはじめた。

土木分野でのICT活用を研究する土木情報学を専門とし、CIMの研究と普及推進をしている大阪大学大学院工学研究科教授矢吹欣喜座長のもとで、土木業界である設計コンサル・施工・測量企業、センサメーカー、システムベンダをメンバに、国・自治体等の行政や高速道路管理企業をオブザーバ7機関・団体、および関連活動機関として（当時）土木情報学委員会センサ利用技術小委員会をアドバイザに迎えた体制とした（図-2）。その後、趣旨に賛同し参加いただく企業・

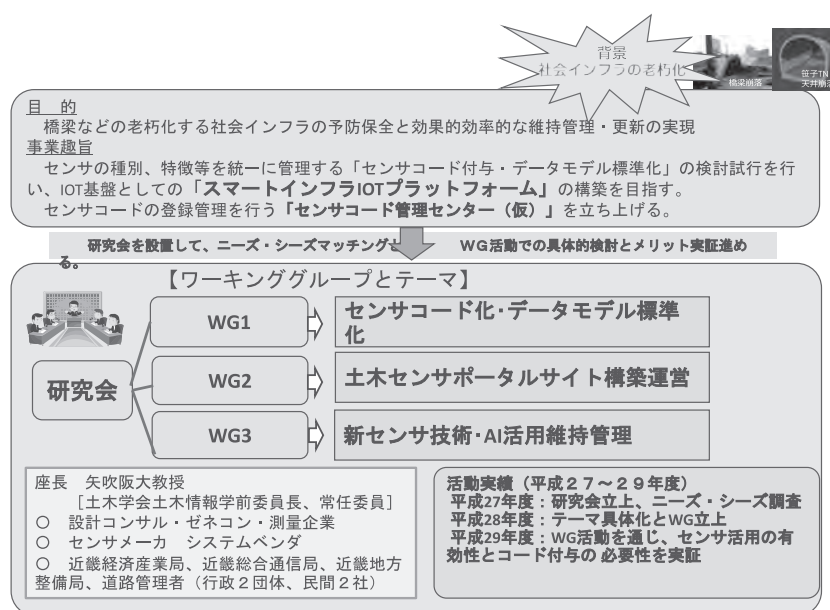


図-2 スマートインフラセンサ利用研究会の目的と推進体制

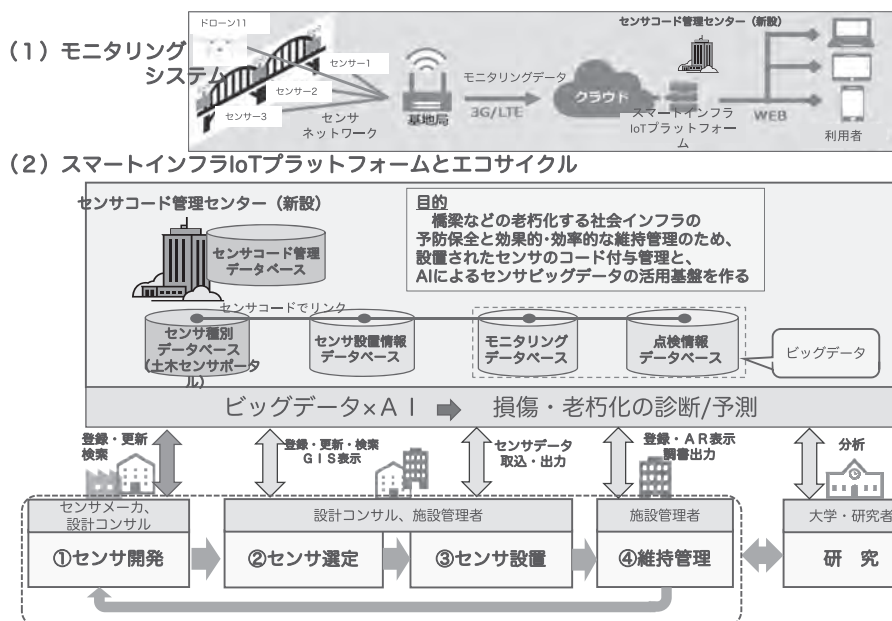


図-3 センサのコード・データモデルによるプラットフォームとエコサイクル

研究機関の方が多くあり、当初の16団体・機関でスタートしたが、平成29年度末で26団体・機関に増加した。

この研究会の活動により、図—3のようにスマートインフラIoTプラットフォームを中心に、社会インフラ維持管理のエコサイクル（センサ開発・選定・設置・維持管理）作りを目指す。また、ニーズ・シーズの調査や具体的なテーマの検討の議論の中で、点検（5年に1回の近接目視）支援ニーズが喫緊の課題として挙がっていて、市町村で悩みが大きい事態も浮かび上がってきた。

3. 研究会におけるWGの活動

3つのWG（図—4）において、具体的なテーマの検討と実証実験を進めた。表—1にWGの課題を示す。

まず、WG1は「センサコードとデータモデル標準案検討」を進めている。目視点検や維持管理業務の効率化を進めるために、インフラ維持管理情報基盤を作り、近い将来の点検・維持管理の姿を示すことを目指している。

実際、大阪大学矢吹研究室にて、社会インフラ維持管理に関する情報基盤として、図—3の4つのデータベースを実現するデータモデルを検討している。センサコードで紐付けされ、リレーショナルなモデルとなっている。センサコードは型名単位と設置個体単位を考えている。

次にWG2は「スマートインフラセンサポータル構築」を目指している。土木構造物へのセンサ利用を進

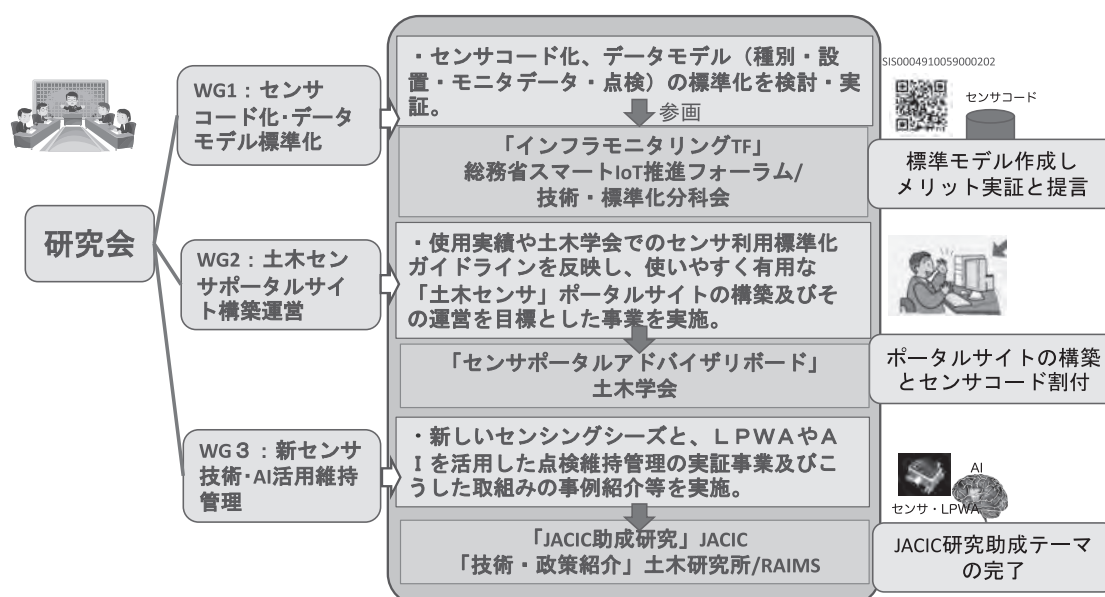
表—1 WGと課題

WG1	課題1	データモデルの検討構築
	課題2	センサIDの検討（K IIS）
	課題3	データベースへのWebアプリ
WG2	課題1	土木学会との連携
	課題2	センサポータルの構築
WG3	課題1	シーズ紹介
	課題2	モニタリング実証実験

めるため、土木センサの情報を集約したスマートセンサポータルの構築運用化を進め、センサの企画研究開発や設計利用に資するものを目指す。土木センサ利用技術の標準化⁶⁾を検討してきた土木学会土木情報学委員会との連携を図るため、平成30年度よりアドバイザリボードを設置した。スマートインフラセンサポータルの構築については、次章で述べる。

3つ目はWG3で「a) 新センサ技術、b) AI活用点検・維持管理システム」の研究を行う。土木構造物の点検・維持管理におけるセンサ活用のための新しい動きの調査研究を行うとともに、LPWA*の新技术をセンサネットワークに適用した実証実験を行っている。この実証実験は、「構造物診断のためのIoT最先端通信技術（LPWA*）導入に向けた調査研究」を研究テーマとし、図—5のとおり、（一財）日本建設情報総合センター（以下、JACIC）からの研究助成金を受けて、WG3の中でLPWA調査研究グループ（リーダー：大阪大学大学院助教小泉圭吾、協力：大阪大学矢吹研究室、地球観測株式会社）を主体に実施している。

橋梁にセンサを設置し、LPWA*でモニタリングデー



図—4 3つのWG活動

J A C I C (一般財団法人日本建設情報総合センター)

1. 研究テーマ： 「構造物診断のためのIoT最先端通信技術(LPWA*)導入に向けた調査研究」

LPWA調査研究チーム

(研究助成申請者) 小泉先生/スマートインフラセンサ利用研究会委員
(共同研究者) 地球観測株式会社福田芳雄様、K I I S 澤田



2. 実施機関：平成29年9月1日
～ 平成30年11月

分担(報告者)

- ★全体統括 小泉先生
- ★ハード開発 地球観測(株)/福田様
- ★データベース開発 矢吹研究室/大西様
- ★フィールド検討 K I I S /澤田



図—5 「構造物診断のためのIoT最先端通信技術(LPWA*)導入に向けた調査研究」研究概要

タを収集し、クラウド上のサーバでIoTプラットフォームに取り込む。9月から着手し、センサやLPWA方式の選定およびフィールド橋梁の現地調査を実施した。5月設置し、6月～9月でモニタリング実証実験を予定している。センサデバイス・通信・フィールドや3D計測・3Dモデリングなどについて、研究会のメンバーを中心に多大な協力をいただき実施している。

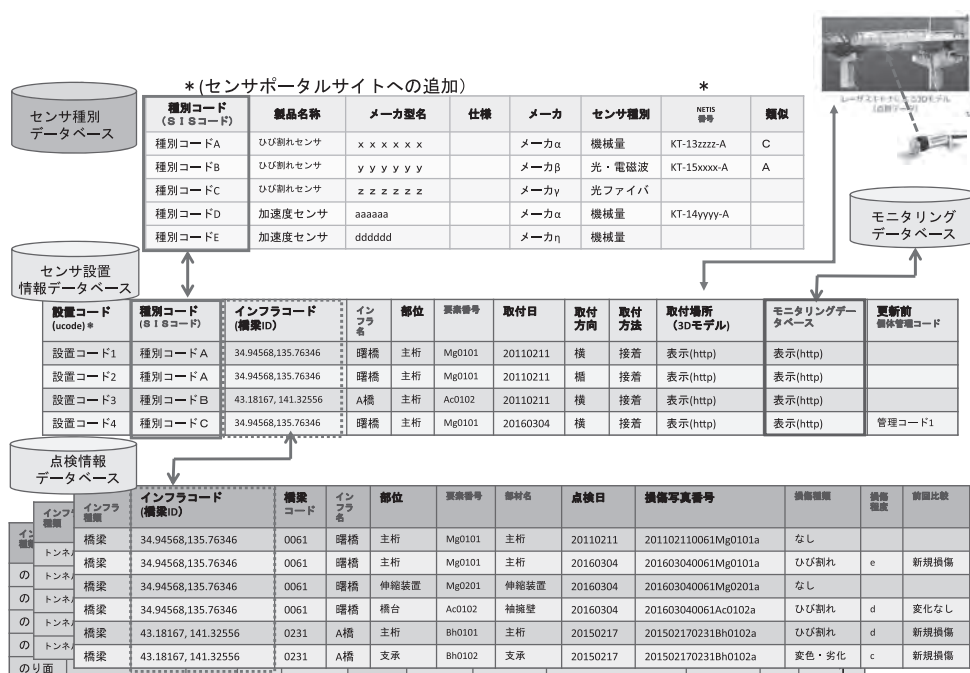
＊ LPWA (Low Power Wide Area), IoT用の低消費電力動作、広範囲をカバーする通信規格とサービス

4. スマートインフラセンサポータル構築

土木用のセンサデバイスや、関連するセンサネットワークやモニタリングシステムも含めて、それらの、製品名称、型名/型番、仕様、メーカー名、製品等の

URLを情報内容とするポータルサイトを、スマートインフラセンサポータルと名付け、運用に供することを目指して構築を行っている。

図—3におけるデータベースは、図—6の構成としている。スマートインフラセンサポータルは、センサ種別データベースで構成し、センサコード(種別ID/SISコード**)をキーに製品名称、メーカー型名、仕様、メーカー名、センサ種類等の情報をもつテーブルである。センサ設置情報データベースはセンサコード(設置ID)をキーにセンサの設置に関する情報(設置橋梁ID、橋梁名、設置部位、取付日、取付方法、取付箇所、モニタリングデータ等)で、点検情報データベース他含めて各データベースがセンサコード等のIDコードで紐づけされている。これにより、センサポータルで検索選定する場面で、その型名のセンサがどこでどう設置されて使用されているかや、そのセン



図—6 維持管理データモデル

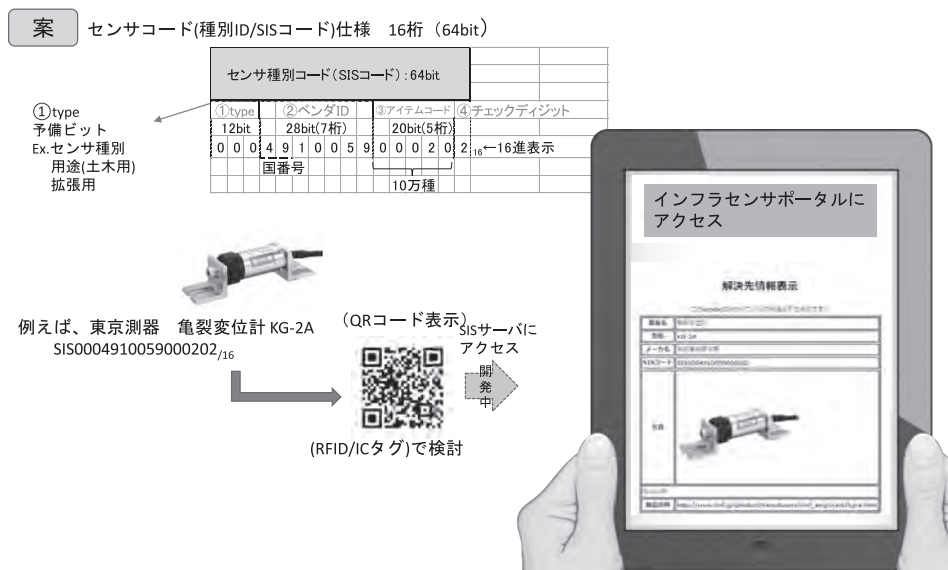
サのモニタリングデータの検索や、その当該インフラの点検情報を手繰ることが可能となり、関係者に様々なメリットをもたらす。例えば、設計コンサルタント等はセンサ使用実績を参考に選定でき、施設管理者は、何か異常なモニタリングデータが出たときに、他のインフラでの同様の事象がないかをたやすく検索ができる。またセンサメーカーは、フィールド基礎データを入手できるので次のセンサ開発に大いに役立てることができるであろう。さらにこれらの維持管理情報をビッグデータとして活用し、AIにより損傷や劣化の診断支援・要因分析・予測等の研究に寄与できる環境となると考える。

現在、これらのデータモデルを大阪大学大学院矢吹研究室において作成し、さらに実際の維持管理データを入力し検証を行っているところである。この中で、センサ種別データベースは、土木学会土木情報委員会のセンサ利用技術小委員会（当時）が先行して作った

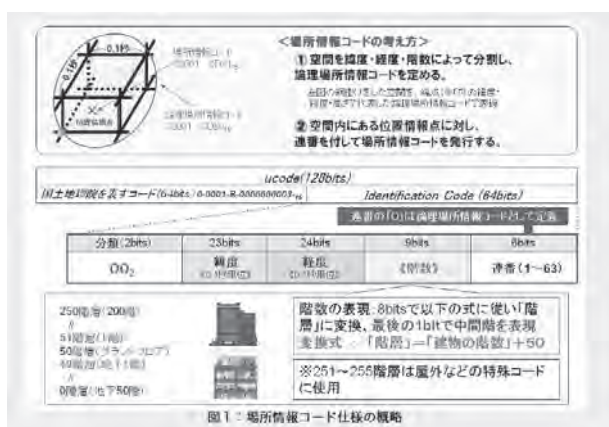
センサポータル登録情報を参考に、本研究会のメンバー企業のセンサを追加し合計 300 超のセンサの登録を行った。

各センサデバイス割り付けているセンサコード（種別 ID）については、型名単位の種別 ID は、図—7 に示すように仕様案を検討した。事業者 ID (28 bit 7 桁) + アイテム ID (20 bit 5 桁) + CD (4 bit 1 桁) の先頭に、将来の予備ビットとしてタイプ ID (12 bit 3 桁) で合計 64 bit 16 桁としている。この SIS コード／種別 ID を QR コードや IC タグにしてアクセスし、センサ種別データベースを参照しセンサ情報を表示できる機能を検討する。

設置個体単位の ID（設置 ID）は、図—8 のように、センサの設置位置情報（緯度、経度、標高）による国土地理院の場所情報コード（128 bit, 32 桁）を取得して利用する案を検討している。これも、タグにして、現場でアクセスしセンサ設置情報データベースを参照



図—7 センサコード（種別 ID）



出典: 国土地理院HP



図—8 センサコード（設置 ID）

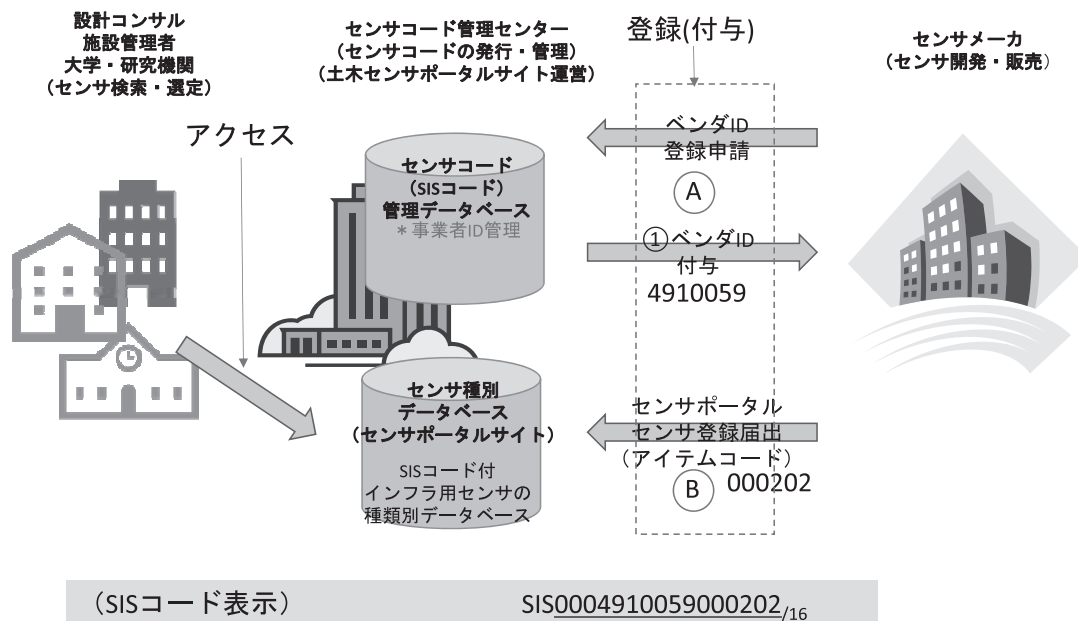


図9 センサコード付与・センサ登録のプロセス案

し設置情報を表示できる機能を検討する。

その運用時にコード付与のプロセスとして、コード管理機関がセンサメーカーとの間で図9のように①事業IDの申請・付与、②センサコード届出で行う案を検討している。

＊ ＊ SISコード Smart Infrastructure Sensor Codeの略称

5. おわりに

今まで述べたように、社会インフラ維持管理における情報プラットフォーム構築を目指し、そのプロトタイプ作成とセンサコード・データモデルの標準化検討を継続して進め、情報発信していく。

その中で、スマートインフラセンサポータルは、運用に向けては、その情報の価値が陳腐化しないよう最新センサデータの入手更新や最新関連情報の入手体制づくりを進め、また、長期計測を容易にする標準化を推進するため、土木学会と連携したアドバイザーボードでセンサ標準化ガイドライン案準拠度の情報付加の検討も行っていく協議を進めている。

さらに、センサモニタリング実証実験(JACIC研究助成テーマ)で得られる実際の維持管理情報や、現実の点検情報・橋梁情報による、課題を洗い出し改良を加えて利便性の高い機能を追加し、より実用性を向上した仕上げていく必要がある。

将来的にインフラ維持管理でコストや人材面での効率化適正化ニーズが高い地方自治体への維持管理プラットフォームの提案を検討する。また、センサコードの登録認証のプロセスや管理機能を検討し、「センサコード管理センター」の設立を目指していきたい。

謝 辞

最後になるが、本研究会を進める上で、参加いただいている大学・企業・団体・行政・自治体の関係者と、土木学会には多大なるご協力をいただいている。ここに感謝の意を表する。

J C M A

《参考文献》

- 1) (一財) 関西情報センター <http://www.kiis.or.jp/>
- 2) スマートインフラセンサ利用研究会 (2015～2017)
- 3) (一財) 関西情報センター機関誌 第157号 (2018年)
- 4) KIISフォーラム 2018 2018年7月25日
- 5) 矢吹信喜: CIM入門—建設生産システムの変革—, 理工図書 (2016年1月)
- 6) 土木学会土木情報学委員会 (旧 センサ利用技術小委員会) 編 『社会インフラのためのセンサ標準化ガイドラインおよび運用の手引き案』 (平成28年9月)

【筆者紹介】

澤田 雅彦 (さわだ まさひこ)
(一財) 関西情報センター
事業推進グループ
部長



コンクリートポンプ車を活用した インフラ点検ロボットの開発

中 島 良 光・太 田 健 司・松 林 卓

コンクリートポンプ車の多段式ブームをロボットアームとして活用することが可能となるインフラ維持管理用点検アタッチメントを開発した。この専用アタッチメントをコンクリートポンプ車のブーム先端に取り付けることにより、橋梁や法面構造物に対する点検作業へ適用できる可能性を示した。また、本工法を適用することにより、高所作業車などといった既存の点検作業で用いられる特殊車両と同程度の点検作業を実施できる可能性を示した。

キーワード：点検ロボット、コンクリートポンプ車、近接作業代替技術

1. はじめに

コンクリートポンプ車は昭和 40 年代に我が国に登場したと言われ、その後の高度成長期の土木インフラの整備に活躍し、今やコンクリート施工には無くてはならないものになっている。一方、日本におけるコンクリートの打設量は 1990 年をピークに、当時と比べて半減しており、それに伴ってコンクリートポンプ車の需要も減っている。

また、土木でも建築でも時代はプレキャスト化に進んでおり、現場打ちのコンクリートの数量はますます減少の一途をたどっていくものと推測される。

これまで日本のインフラ構築を支えてきた重要な施工機械であるコンクリートポンプ車、ひいては圧送業界はこのまま衰退の一途をたどるのであるのか。

筆者らは、コンクリートポンプ車は我々建設技術者が古くからお世話になってきた建設ロボットのひとつと考え、その機能を最大限生かしつつ、新しい時代のニーズに合わせて活かすことが出来ないかと考えた。

ロボットの機能で言えば、ブーム式コンクリートポンプ車は脚、胴体、肩、腕、動力を備えた遠隔操作型アームロボットの一種と言える。その機能を利用し、足りない機能である手首、掌、指、及び各種感覚器官である目、耳、鼻等の代理となる各種センサーをつけ足せば、技術者不足等の社会問題化しつつあるインフラ維持管理における点検ロボットが出来るのではないかと考え、開発を実施した。

2. 点検装置用アタッチメント

(1) コンクリートポンプ車を活用する利点

インフラ構造物の維持管理において、構造物の調査や点検作業の省力化などを目的としたインフラメンテナンスロボットの開発が盛んに行われている。ロボットの開発においては、調査項目や調査目的に応じた専用ロボットの開発や、急速に普及しているドローンなどを活用した開発が増えている。しかしながら、各調査項目や調査内容に特化した点検ロボットの開発は、膨大な初期コストが必要となる場合や、開発後の汎用性に欠けることなどが懸念される。また、ドローンを活用する際には、操縦に特殊な技能を要すること、飛行場所によっては事前の申請、協議が必要となる場合があること、ドローンによっては長時間の連続飛行が厳しいこと、ドローンに積載可能な重量が数キロ程度に限定されることや積載重量や強風などにより飛行体勢を安定させることが困難であることなどの多くの課題がある。

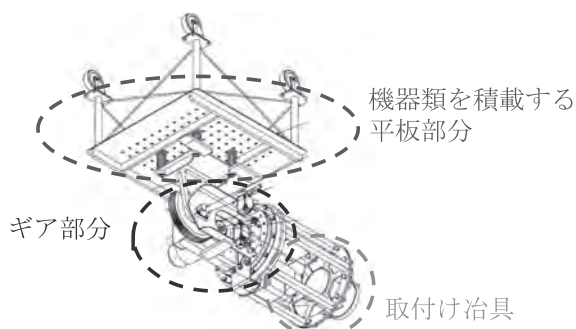
そうした課題がある中で、インフラメンテナンスロボットとして建設現場で汎用的に使用されている既存のコンクリートポンプ車を適用することで、初期コストを大幅に抑制することができる。このコンクリートポンプ車は建設現場のコンクリート工事で汎用的に利用されているため、既存の橋梁点検車などと比較しても国内における車両の保有台数が多く、機種も建設現場のニーズに合わせて多数取り揃えられており、一日当たりの使用量も比較的安い。またそれを操作する熟練技術者も多数在籍している。そのため、技術者や操縦者が不足するといった問題も解消することができ

る。また、コンクリートポンプ車のブームを利用するため、ドローンでは搭載が困難な重量の機器類も積載することができることや静止した際の安定性が高いこと、機器を構造物に接地させての調査などが可能である。その他として、コンクリートポンプ車の多段式ブームを利用することで、道路上からの橋梁桁下面へのアクセスが可能であることや道路法面など近接作業が困難な場所の点検への適用が可能になる。作業中の安全性についても、ドローンのように飛行中の制御不能による落下などといった危険性が低いため、第三者被害などの影響も最小限にとどめることができるし、風雨などによる作業可能時間への影響も少ない。

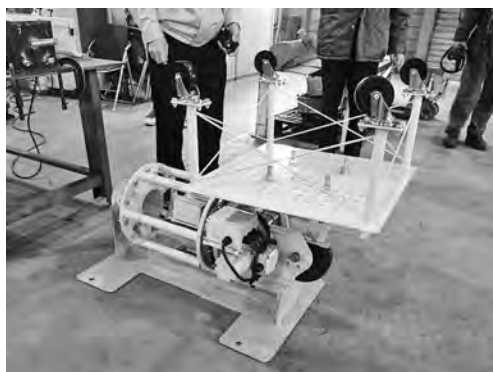
(2) 点検装置用アタッチメントの概要

今回開発した点検装置用アタッチメントはコンクリートポンプ車のブームガイド先端に取り付けることが可能である。点検装置用アタッチメントを図一1および写真一1に示す。点検装置用アタッチメントを実際にブームガイド先端に取り付けた状況を写真一2に示す。

図一1に示す点検装置用アタッチメントは、大きく分けて、構造物の調査や点検に使用する機器を搭載することができる平板（600 mm 角）、機器を搭載した平板を上下方向への首振り（ $\pm 90^\circ$ ）および旋回（ $\pm 175^\circ$ ）を可能とするための2種類のギア、コンクリートポンプ車のブームガイド先端に設置するための取付



図一1 点検装置用アタッチメント



写真一1 点検装置用アタッチメント



写真一2 アタッチメント取付け状況

け治具から構成されている。その他の機能として、構造物と接触した際の衝撃を緩衝するための機構も有している。なお、今回開発した点検装置用アタッチメントには、およそ 15 kg までの重量の機器が搭載可能であり、100 V の電源供給も可能な仕様となっている。

3. コンクリートポンプ車のブームを利用したインフラ構造物の点検方法への適用例

本工法を適用した際のコンクリートポンプ車のブーム稼働方法や稼働領域について、点検機器類を搭載していない状態で、橋梁や法面などの点検に対する適用性について検討した。本工法の各種構造物の点検作業などへの適用性の検証結果について説明する。

(1) 橋梁への点検適用例

本工法を橋梁の床版部へ適用した場合について、橋梁の上面から床版下面を観察した場合の適用例について写真一3、4に示す。つぎに、橋梁下から床版下面を観察する場合の適用例について写真一5に示す。

橋梁上面から床版を点検する場合においては、写真一3、4に示すように、コンクリートポンプ車を適用する最大の特徴である、多関節で構成されるブームの構造を最大限生かすことで橋梁の上面から床版下面にブーム先端を取り回すことができる。このように、本工法を橋梁の点検に適用することで、橋梁上部からの点検作業については、橋梁点検車の代替技術となり得ると考えられる。本工法を適用することで構造物の構造形式によっては、橋梁点検車のバケット部分では入ることのできない写真一4のような狭隘な箇所においても、本工法を適用することで点検作業が可能となる。

一方、橋梁下から床版を点検する際には、多段式のブームを必要な関節部分で折りたたむことにより、ブームの各関節部分よりも高い構造の橋梁であれば写真一5のように観察が可能となる。橋梁の橋脚を点



写真—3 ブームの操作状況（橋梁上部）



写真—6 法面への適用状況



写真—4 ブーム先端の取り回し状況



写真—5 ブームの操作状況（橋梁下）

検する場合においても、写真—5と同様にして点検することが可能であり、コンクリートポンプ車のブーム稼働範囲内の高さの構造物であれば、ブームの伸縮により各高さで点検することが可能となる。このように、橋梁下において作業する際は、高所作業車の代替技術として活用することが可能となる。

(2) 法面構造物への点検適用例

法面点検は足場の悪い傾斜面で親綱ロープを使った点検作業となることが多く、作業効率が悪い上に安全性にも問題があり、近接目視及び打音検査を行うことが橋梁と同様に問題となる。

このような問題を解決するうえで本工法は法面の点検にも有効であり、実際の法面構造物へ適用した状況を写真—6に示す。

このように、法面構造物の点検作業へ本工法を利用

することで、点検用の作業足場を整備する必要が無く、点検作業を安全に実施することができる。

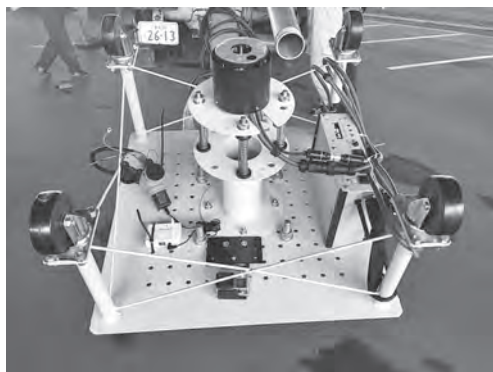
4. コンクリートポンプ車のブームを活用した打音検査への展開

インフラ点検においてロボット化や遠隔化を図る際に最もネックとなるのが打音検査の必要性である。人間が近接して点検ハンマーで叩いてコンクリートの浮きなどを判断する点検方法は、ロボット化や遠隔化が非常に難しく、浮きの程度や範囲を詳細に調査するには、ロボット化技術の越えなければならないハードルはまだまだ高いと言わざるを得ない。

しかしながら、まずは将来的な技術展開を進める上で鍵となる打音検査装置について、沖電気工業(株)で開発したシステムを搭載し、ポンプ車のブーム操作により実構造物での点検の現場適用性の検証を実施することにした。

(1) 打音検査装置の概要¹⁾

今回の検証に用いた沖電気工業(株)の打音検査装置は、ソレノイド式のハンマーを用いて、一定の打力で壁面を打撃する機構を有しており、ハンマーによる打撃時の反発音を集音、自動解析し、集音した音を音響解析技術により解析することで、打撃壁面の異常の有無を判別することができる装置である。なお、打撃音の集音は周囲の雑音の影響を受けない機構を有しているため、コンクリートポンプ車のエンジン音やブームの操作音などの影響は考慮しなくてよい。打音検査装置の取付け状況写真を写真—7に示す。また、この打音検査装置で判別可能な異常については、コンクリート表面の浮き、はく離、内部欠損等であり、事前の検討により、熟練作業による異常の判別結果とほぼ一致する結果が得られている。



写真—7 打音検査装置取付状況

(2) 検証実験の概要

打音検査装置を用いた本工法の実証実験では写真—8に示すような構造の橋梁に対して、橋梁の下からコンクリートポンプ車（ブーム旋回半径26m）のブームを用いて打音検査装置にて打音検査を実施した場合と、高所作業車（最大地上高11m）のバケットに技術者が搭乗し、打音検査装置を用いて人の手で打音検査を実施した場合の、打音検査開始から終了までの作業時間および打音検査装置による異常の有無の判定結果の違いについて比較を行った。なお、打音検査装置により取得したデータは、無線により自動で計測用のPCに転送する仕様とした。

検証実験は、橋脚および床版を対象とし、橋脚については50cmピッチでメッシュを区切り、1区画当たり



写真—8 実証実験場所の全景

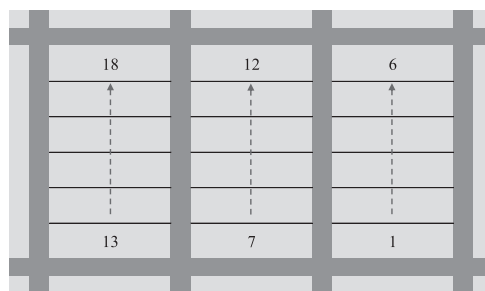
10回以上のデータを取得した後に、次の区画の打音作業を実施し、3橋脚の点検を実施した。橋脚の区画割り、浮きを模擬した箇所と打音検査の順序を図—2に示す。

床版については、1面に対して6区画として橋脚と同様な要領で実施し、合計3面について検証した。床版の区画割りや打音検査の順序を図—3に示す。

(3) 実験結果

橋脚および床版の打音検査に要した時間を表—1に示す。

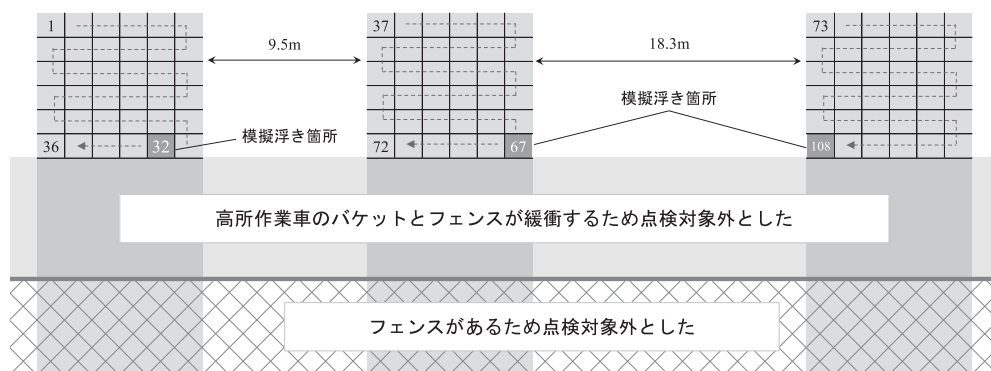
点検に要した時間の計測は、本工法においては、打音検査装置を取り付け、ブームを稼働させた時点時計測開始とした。高所作業車については、バケット部分に打音検査の実施者が搭乗し、バケットを稼働させた時点時計測開始とした。表—1に示す橋脚の計測時間の合計については、1本目終了から2本目開始、2本目終了から3本目開始の際に発生する段取り替えの時間を含んだ総時間としているため、各橋脚の計測時間を累計した時間とは異なるものとなっている。



図—3 床版の点検順序

表—1 打音検査に要した時間

	橋脚				床版
	1本目 (1～36)	2本目 (37～72)	3本目 (73～108)	合計	
コンクリートポンプ車	23分14秒	33分30秒	32分35秒	1時間35分	23分35秒
高所作業車	22分27秒	25分13秒	26分49秒	1時間25分	19分35秒



図—2 橋脚の点検順序

表—1から橋脚および床版の点検に要した時間は、ともに高所作業車を利用した方が短時間となっている。しかし、橋脚について着目すると、計測の合計時間の両者の差は10分程度とそれほど大きな差ではない結果となった。これは、オペレータの技量にもよるため必ずしも同じような結果が得られるとは限らないが、コンクリートポンプ車のブームを活用することで、今回の計測箇所のような橋脚と橋脚の距離が離れている場合でも、高所作業車のように橋脚ごとに車を移動させる必要がなく、ブームの旋回のみですべての橋脚の点検作業を実施可能であったことによる効果と考えられる。また、今回の計測箇所のように、橋脚の付近にフェンスなどの付属構造物がある場合には、図—2に示す範囲のように高所作業車のバケットと付属構造物とが接触する恐れがある。そのため、高所作業車では一度で検査できる範囲が限定されてしまい、別途、梯子などにより点検する必要がでてくる。しかし、本工法であれば、付属構造物などと干渉する領域が小さいため、多くの範囲の計測を実施することができる。

床版の計測については、今回の計測箇所は鋼桁までの高さが8m程度であったため、ブーム旋回などの作業の際に、コンクリートポンプ車のブームが窮屈な状態となり、慎重な操作が必要であったため、点検に時間を要した。

(4) 今後の課題

実際の点検における打音検査では、浮いている箇所があればより細かく打音を行い、その範囲や雨季の程度を判断し、チョークによるマーキングを行ったり、浮きの場所が第三者被害を想定される箇所である場合には叩き落としを必要とするなど、実際に求められる要求事項が高度であるため、現状の技術レベルではクリアできないことが多い。今後の技術開発によって少しでもこれらの要求事項に応えられる装置に近づけていくためにも、打音検査装置だけでなく、より複合的な装置を組み合わせたロボットが必要となる。このようなニーズをクリアするためにも、ポンプ車のブームが備える積載許容量は魅力的であり、はつり装置や高圧洗浄装置との複合化を図ることにより課題を解決していくことが今後の課題であると考えている。

5. おわりに

既存のコンクリートポンプ車のブームをインフラ構造物の調査、点検に活用するため、点検装置用のアタッ

チメントを開発し、その適用性について検証を行った。その結果、コンクリートポンプ車のブームを多段式のロボットアームとして利用することにより、橋脚の床版や橋脚、法面など様々な場所への点検に活用することができる可能性を示した。また、実際に打音検査装置を搭載して行った検証実験において、高所作業車を利用した既存の点検方法と同程度の作業時間で点検が可能であることを示した。以上のことから、コンクリートポンプ車のブームを利用した本工法を点検に適用することで、今回検討した範囲においては近接目視と同等の点検をできる可能性を示した。

今後は、ブームガイド先端に取り付ける点検装置用アタッチメントの機構を改良・複合化することにより、点検の精度向上を目指すとともに、足場を利用した点検や高所作業車、橋梁点検車などの特殊車両の代替技術として、更なる発展が可能であると考えられる。

謝 辞

本工法の実証実験の実施に際して、愛知道路コンセッション(株)、(株)ヤマコン、中央建設(株)、並びに沖電気工業(株)には多大なるご協力を頂きました。ここに記し、感謝の意を表します。

JCMA

【参考文献】

- 1) 阪上貴也, 横田毅彦, 山本剛司, 関根理敏: 社会インフラ構造物点検効率化システム, OKIテクニカルレビュー, 第226号, Vol.82, No.2, pp.28-31, 2015.12
- 2) 太田健司, 中島良光, 松林卓, 吉田兼治: コンクリートポンプ車のブームを利用した点検技術の開発, 第6回コンクリート構造物の非破壊検査シンポジウム論文集, 2018.8

【筆者紹介】

中島 良光 (なかじま よしみつ)
前田建設工業(株)
事業戦略本部



太田 健司 (おおた けんじ)
前田建設工業(株)
技術研究所



松林 卓 (まつばやし たく)
前田建設工業(株)
技術研究所



光ファイバセンサによる 維持管理のためのモニタリング技術

今井道男・早坂洋太

光ファイバセンサは、光ファイバそのものがセンサとして機能するため、位置的に連続するひずみの分布を得ることができる。こうした特長を活かした、構造物の維持管理に資するモニタリング技術の事例を紹介する。一例目はひび割れ検知技術であり、長期間、供用された橋梁床版などの疲労程度をモニタリング可能で、10年間、橋梁の維持管理で適用されている事例がある。二例目はプレストレストコンクリートケーブルの張力管理であり、施工管理から維持管理まで光ファイバセンサを用いて張力分布をモニタリングした事例である。

キーワード：光ファイバセンサ、ひずみ測定、モニタリング

1. はじめに

社会基盤構造物の高経年化が進むなか、適切な維持管理のための点検技術、診断技術が望まれている。人と予算が不足する環境下で膨大な数の構造物の点検診断を実現するために、発展著しいセンシング技術による維持管理の効率化・高度化への期待が叫ばれて久しい。

維持管理分野へのセンシング技術の貢献のかたちは、ふたつに大別される。ひとつめは、従来技術、特に近接目視を代替するような技術によって、点検作業を効率化するものである。スクリーニングなどはこれに類するものと言える。ふたつめは、これまでにない技術によって、点検診断を高度化するものである。現下、ドローンによる画像取得技術、AIによる画像からのひび割れ抽出技術など、前者、つまり効率化に寄与する技術開発が盛んである。一方、後者は、近接目視を中心とした現行の維持管理を高度化するだけに留まらず、高度なデータ化社会のための要素技術としての色合いも濃く、Society5.0¹⁾で提唱されるサイバー空間構築の文脈に位置付けられるものとも言える。

筆者らは、光ファイバセンサの特長を活かし、建設分野、特に橋梁への適用を進めてきた。本稿では、点検の効率化としてのひび割れモニタリングと、点検の高度化としてのプレストレストコンクリートケーブルの緊張力モニタリングの事例を紹介する。

2. 分布型光ファイバセンサ

光ファイバセンサは、小型軽量で長寿命、センサ部に給電不要などの特長をもつ点から、建設分野との親和性が高いと考えられる。特に、光ファイバそのものがセンサとして機能する分布型光ファイバセンサは、光ファイバ全長に沿って位置的に連続するひずみの分布を得られる稀有なセンシング技術である²⁾。光ファイバ内で生じる散乱光にはいくつかの種類があり、そのうちブリルアン散乱光は入射光により発生・伝播する音響波による散乱現象で、入射した光はドップラーシフトを受け音響波の振動数に応じて波長がシフトする(図-1)。この散乱は光ファイバ内の至るところで発生し、散乱光の波長が発生位置のひずみに依存することが知られており、光ファイバに沿ってすべての位置でひずみ情報を得られる分布型光ファイバセンサを実現する。光ファイバの片端からの入射光による「自

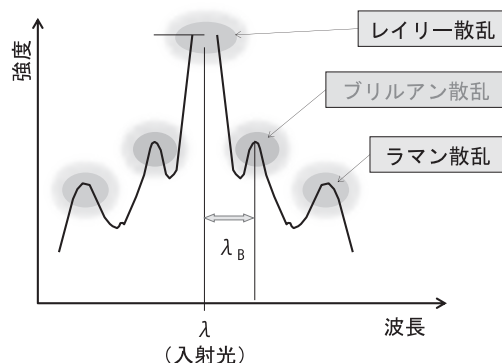


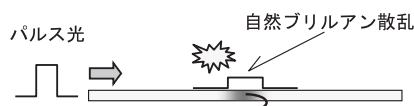
図-1 散乱光のスペクトル

然ブリルアン散乱光」を用いたセンシング技術²⁾は、これまでに建設分野においても多くの適用が試みられている。一方、光ファイバの両端からふたつの光を対向させることによる「誘導ブリルアン散乱光」を用いたセンシング技術³⁾の開発も盛んで、その強い光強度によって高い空間分解能などの特長を有する。自然・誘導ブリルアン散乱を利用したセンシング技術の代表例を表—1に、それぞれの発生の概念を図—2に示す。適用にあたっては、モニタリングの目的と両者の特長を充分考慮する必要がある。

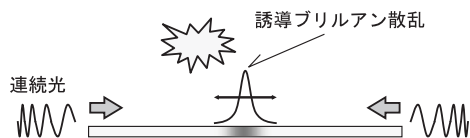
表—1 BOTDR と BOCDA の比較

	BOTDR	BOCDA
ブリルアン散乱	自然ブリルアン	誘導ブリルアン
光ファイバ構成	片端接続	両端接続
空間分解能	1 m ～	数 cm ～
計測範囲	数 km	200 m
計測時間	数分	数分

Brillouin Optical Time Domain Reflectometer



Brillouin Optical Correlation Domain Analysis



図—2 ブリルアン散乱光の発生方法

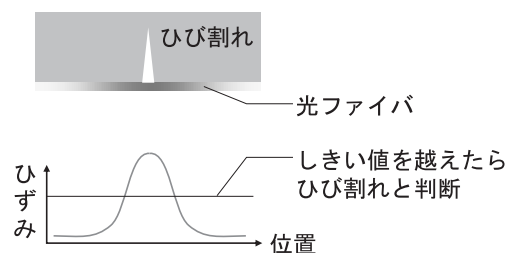
3. コンクリートひび割れ検知

(1) 概要

コンクリート表面に生じるひび割れは、美観を低下させるだけでなく、水や酸素などの劣化因子の侵入経路となることから耐久性を低下させる要因となる。そのため、維持管理のための点検作業の多くは、ひび割れ状況やその進展を把握することである。コンクリートは不均質材料であるうえ、ひび割れの発生機構は複雑で、その発生位置をあらかじめ知ることは困難である。このように発生位置の分からない現象を検知するうえでは、分布型光ファイバセンサのように網羅的に情報を把握できるセンシング技術が向いている。

光ファイバが固定されたコンクリートにひび割れが入った場合、ひび割れと交差する光ファイバには無限大のひずみがかかることとなる。しかし、多くの場合、

光ファイバの被覆などによってひび割れによる変形量は緩和され、光ファイバは破断せず、ひび割れ部を極大値とする局所的なひずみ変化が生じる。分布型光ファイバセンサにより、こうしたひずみ変化を捉えることができれば、ひび割れの位置とその幅（開口変位量）をモニタリングすることができる（図—3）。既往研究によれば、光ファイバ素線に直交する $20\mu\text{m}$ 幅のひび割れ発生時に約 300×10^{-6} の局所的な引張ひずみが生じることがわかっており⁵⁾、誘導ブリルアン散乱を利用した計測技術によれば、微細な開口変位を検知することができる。



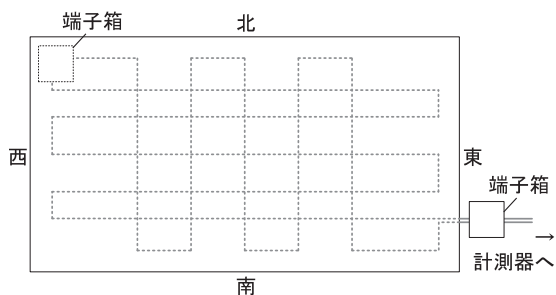
図—3 ひび割れ検知イメージ

(2) 床版ひび割れモニタリング

道路橋のうち鉄筋コンクリート床版（以下 RC 床版）については大型車による疲労の影響を受けやすく、過大な輪荷重走行の繰返し作用によるひび割れの発生・進展から、最終的には抜け落ちに至る。そのため、損傷状態はひび割れの進行過程によって説明できる。そこで、光ファイバセンサによるひび割れ検知技術の、RC 床版疲労モニタリングへの適用検討を目的に、輪荷重走行試験を実施した⁶⁾。試験体（写真—1：幅 2,200、長さ 4,000、厚さ 190 mm）の下面に、図—4 に示す配置で光ファイバを全線にわたって接着固定した。およそ 50 日間の走行試験期間のあいだ定期的に光ファイバセンサによるひずみ分布を計測し、評価指標を算出、目視によるひび割れ観察をもとにした試験体の損傷程度評価との比較を試みた。



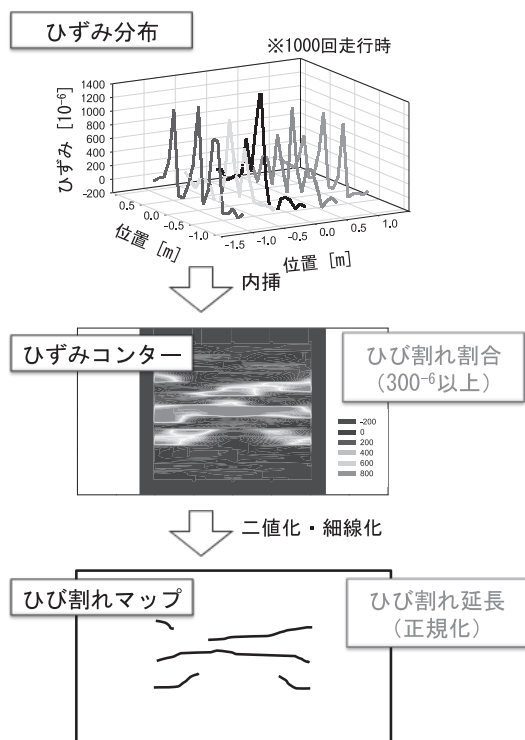
写真—1 輪荷重走行試験体



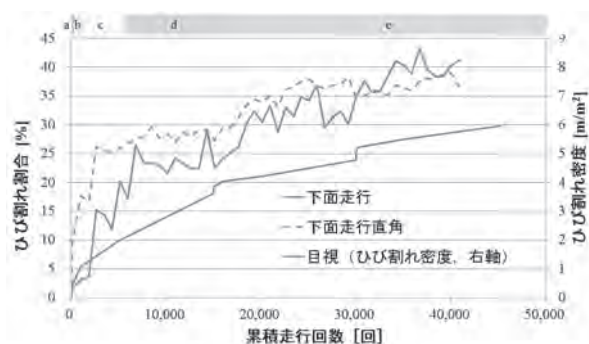
図一 4 輪荷重走行試験体への光ファイバ配置

光ファイバセンサによる評価指標の処理フローを図一 5 に示す。得られたひずみ分布をもとにデータを内挿し、センサ設置領域近傍のひずみコンターを得る。その後、 300×10^{-6} を超えるひずみの領域をひび割れと判断し、細線化処理を経てひび割れマップを作成する。ひび割れマップ上のひび割れ長さをすべて累積し、当該領域の設置光ファイバ長で除して正規化した値を“ひび割れ延長”，ひずみコンターのうち 300×10^{-6} を超えるひずみの領域が全領域に占める割合を“ひび割れ割合”とした。ひずみ分布計測結果をもとに，“ひび割れ延長”と“ひび割れ割合”を累積走行回数に応じて算出した結果を図一 6 に示す。図には、目視によるひび割れ観察から算出したひび割れ密度（右軸）と損傷程度区分 a～e（図上部に区分記載）を併記する。

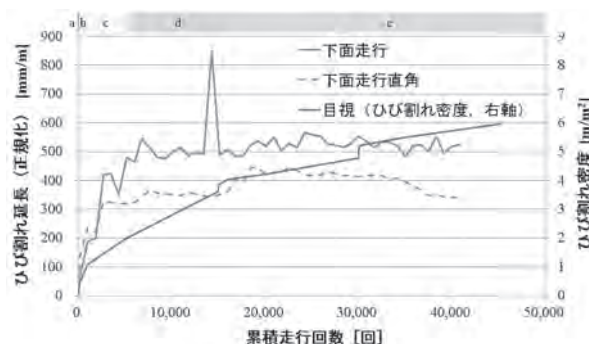
“ひび割れ延長”と“ひび割れ割合”は、損傷程度 d まで同様の傾向を示した。つまり、試験開始直後に



図一 5 評価指標の処理フロー



(a) ひび割れ割合



(b) ひび割れ延長

図一 6 損傷評価結果

表一 2 損傷程度の比較

		損傷程度の評価				
		a	b	c	d	e
目視	ひび割れ状況	なし	一方向のみ	一または二方向	一または二方向	部分的な角落ち
光ファイバ	ひび割れ延長	急増	増加	増加	大きな変化なし	大きな変化なし
	ひび割れ割合	急増	増加	増加	大きな変化なし	漸増

新たなひび割れの発生によって大きく増加 (a)、徐々に増える段階を経て (b～c)、その後、ばらつきはあるもののほぼ一定に推移した (d)。さらに、89 kN から 100 kN に走行荷重を上げた 15,000 回以降、“ひび割れ延長”に大きな変化はみられないのに対して、“ひび割れ割合”は増加し続けた (e)。新たなひび割れの進展よりも、既設ひび割れ幅の増大が支配的な段階と推察される。ふたつの指標を組み合わせることで、床版全体の損傷程度を評価できる可能性を得た (表一 2)。

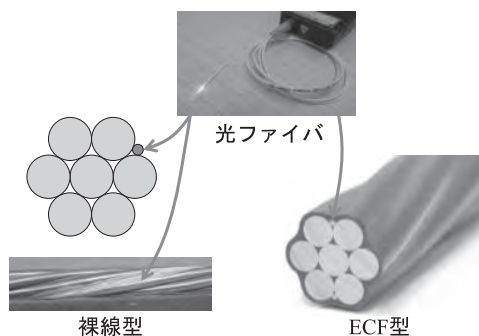
4. PC ケーブル緊張力管理

(1) 概要

プレストレストコンクリート (PC) では、コンクリートにあらかじめケーブルなどを用いて圧縮力をかけ、荷重を受けた際にコンクリートに引張応力が発生しな

いように設計されている。PC 構造物の品質と耐久性を確保するためには、施工時に PC ケーブルへ必要な緊張力が確実に導入され、供用中の変動が想定以内であることが重要である。これまで、施工管理においては油圧ポンプの圧力値と PC ケーブルの伸びから緊張力を間接的に評価しているが、緊張終了後における導入力の変動計測は想定されていなかった。そこで、光ファイバを組み込んだ PC 鋼より線を製作し、分布型光ファイバセンサによって全長にわたる緊張力分布を直接計測する技術を開発した⁷⁾。本技術は、PC 構造物の施工中の緊張力管理だけでなく、供用中の維持管理にも活用できることが期待される。

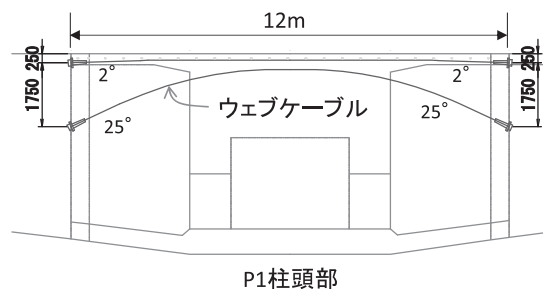
光ファイバ組込み式 PC ケーブルについては、通常の PC 鋼より線に光ファイバを設置するタイプ（裸線型）と、エポキシ被覆型 PC 鋼より線のエポキシ被覆内に光ファイバを埋設するタイプ（ECF 型）の 2 種類を開発した（図一 7）。両者とも光ファイバは、より線表面の凹部に収まるように設置されている。そのため、PC 鋼より線の外径や表面の性状は変わらず、運搬・挿入時の接触や定着用ウェッジとの干渉による損傷が生じないため、通常の PC ケーブルと同様の施工手順で計測を行うことが可能である。また、光ファイバの設置を PC 鋼より線の製造工場で行うため、細く、折損しやすい光ファイバの現場における設置作業を大幅に省略することができる。自然ブリルアン散乱を利用した計測技術によれば、片端からの入射光により広い範囲での分布計測が可能である。



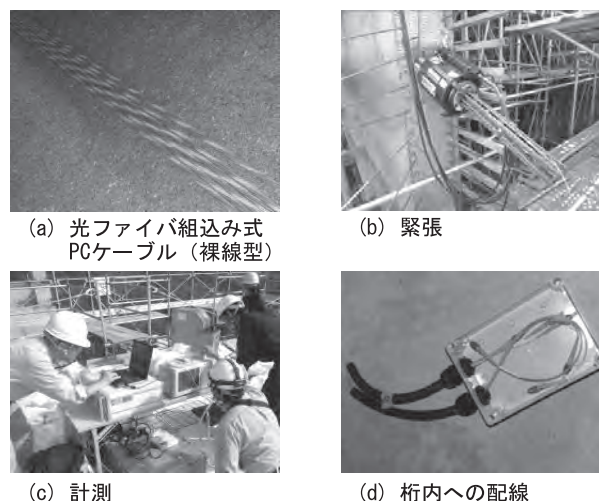
図一 7 光ファイバ組込み式 PC ケーブル

(2) 緊張力モニタリング

ポストテンション PC ケーブルへの実導入緊張力の計測、評価を目的として、PC 箱桁橋の柱頭部のウェブ（図一 8）を対象に、光ファイバ組込み式 PC ケーブル（裸線型）を適用し、PC 緊張力分布の計測を行った。作業手順を写真一 2 に示す。工場で製作された光ファイバ組込み式 PC ケーブルを含む 12S15.2 を、一括してシース内に挿入した後、通常と同じ方法で定



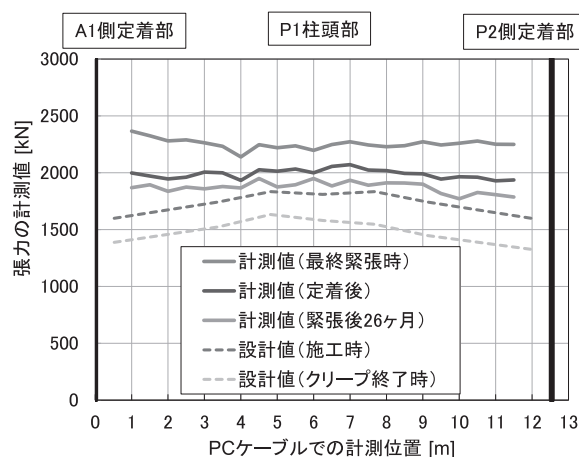
図一 8 柱頭部のケーブル配置



写真一 2 作業手順

着具、緊張ジャッキを設置し、緊張作業および計測を行った。緊張終了後、光ファイバを残して PC ケーブルの余長を切断し、グラウトキャップを設置した。なお、緊張力の再計測を可能とするため、光ファイバ端部の計測用コネクタを桁内まで延長し、計測機器を接続できるようにした。

最終緊張時、定着後、さらに緊張後 26 か月経過後の緊張力分布を、設計緊張力と併せて図一 9 に示す。長期的にも緊張力の分布が計測できており、各断面において設計緊張力以上の緊張力が適切に導入、保持さ



図一 9 緊張力分布の測定結果

れていることが確認できる。また、曲げ角度が大きなウェブケーブルでは、緊張時には中央部に向かって緊張力が減少し、定着後は逆に中央部の緊張力が残存する傾向が示されており、緊張力に対する摩擦の影響が計測、評価できることが分かる。なお、約 190 m 長の外ケーブルに適用した ECF 型についても、同様の結果を得ることができた⁸⁾。

5. おわりに

“痛みの分かる構造物”を実現する神経網として、光ファイバによるセンシング技術は期待されている。通信媒体としての光ファイバの性能（低損失化）は成熟しつつあるものの、散乱光を利用した計測技術は発展を続けており、今後の研究開発によってさらに詳細な状態をモニタリングできる可能性がある。つまり、光ファイバを設置してさえおけば、本稿に記した維持管理の効率化・高度化だけでなく、設計～施工段階も含めたライフサイクルの生産性向上や、適切なマネジメントサイクルなどに資するインフラインフォマティクスを具現化する手段となり得ると言える。

謝 辞

コンクリートひび割れに関する研究は、モニタリングシステム技術研究組合（RAIMS）が実施した研究であり、内閣府の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」の一環として国土交通省が実施する「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発」委託事業研究の、また緊張力管理に関する研究は、住友電工スチールワイヤー(株)とヒエ

ン電工(株)との共同研究の、それぞれ成果である。ここに記して謝意を示す。

J C M A

《参考文献》

- 1) 内閣府の Society5.0 に関する HP, http://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- 2) Hartog, A. H. (2017). An Introduction to Distributed Optical Fibre Sensors. CRC Press.
- 3) Kurashima, T., Horiguchi, T., Izumita, H., Furukawa, S. I., and Koyamada, Y. (1993). Brillouin optical-fiber time domain reflectometry. IEICE transactions on communications, 76 (4), 382-390.
- 4) Song, K. Y., He, Z., and Hotate, K. (2006, October). Distributed strain measurement with millimeter-order spatial resolution based on Brillouin optical correlation domain analysis and beat lock-in detection scheme. In Optical Fiber Sensors (p. ThC2). Optical Society of America.
- 5) 今井道男・一宮利通・河野哲也・三浦悟：光ファイバーセンサーを用いた PC 構造物のひび割れ検知技術，プレストレストコンクリート，51 (3)，pp.78-83, 2009.
- 6) 今井道男・新井崇裕・岩井稔・古市耕輔：輪荷重走行試験による RC 床版の疲労劣化に関するモニタリング技術の検討（その 4）光ファイバーセンサによるひび割れ検知，CS7-039, 土木学会，2017.
- 7) 横田祐起ほか：光ファイバーを用いた PC 鋼より線の緊張力計測，5-160, 土木学会，2015.
- 8) 大窪一正・今井道男・中上晋志・早川道洋：エポキシ被覆型光ファイバー組込み式 PC 鋼より線の開発と適用，第 26 回シンポジウム論文集，プレストレストコンクリート工学会，pp.217-222, 2017.

【筆者紹介】

今井 道男（いまい みちお）

鹿島建設(株)

技術研究所 先端・メカトロニクスグループ

主任研究員



早坂 洋太（はやさか ようた）

リテック・エンジニアリング(株)

技術本部

主査



コッター式継手を用いた 橋梁用プレキャスト PC 床版の開発

鬘 谷 亮 太・渡 邊 輝 康

我が国の高速道路は、老朽化や経年劣化に伴うリスクの増加が懸念されており、最新の技術で更新させることが急務となっている。コッター式継手を用いた橋梁用プレキャスト PC 床版（コッター床版）は、橋梁床版取替工事の急速施工、省力化を目的に開発された技術であり、床版を架設した後、機械式継手であるコッター式継手で連結し、専用目地材を注入して床版同士を接合する工法である。

本稿では、コッター床版の概要、特長について示すとともに、各種の性能試験を実施した結果よりこの性能を評価する。

キーワード：橋梁、床版取替、コッター式継手、急速施工、省力化、生産性向上

1. はじめに

我が国の高速道路は、供用から 30 年以上経過した延長が約 4 割を占め、橋梁床版では、経過年数の増加に伴う老朽化、凍結防止剤や飛来塩分による塩害、重交通による疲労などの影響による著しい変状が顕在化してきているため、最新の技術で更新させることが急務となっている。

このような現状から、NEXCO3 社では、「高速道路リニューアルプロジェクト」が進められているが、高耐久性に配慮した構造へ更新するとともに、通行規制に伴う社会的影響を軽減し、利用者の利便性をできる限り損なわない工法が求められている。

これらを踏まえ、急速施工、省力化、高品質化、取替性の改善など生産性の向上を目的に、コッター式継手を用いた橋梁用プレキャスト PC 床版（以下、コッター床版と称す）の開発を進めている。本工法は、図

—1 に示すように、床版を架設した後、機械式継手であるコッター式継手で連結し、専用目地材を注入して床版同士を接合する工法である。

コッター床版工法は急速施工に優れることに加え、輪荷重走行疲労試験により 100 年相当の耐久性を有すること、ひび割れ抵抗性にも優れることを確認している。

2. コッター床版の概要

(1) コッター式継手

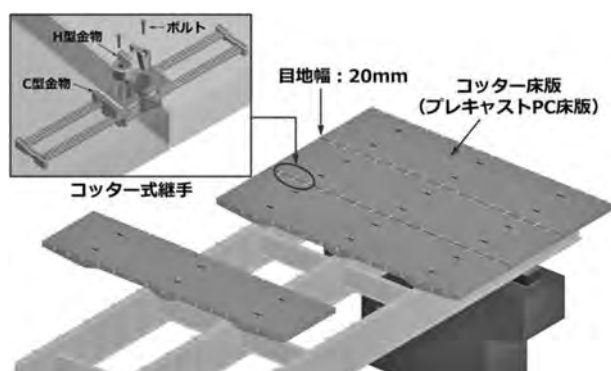
コッター式継手は、シールドセグメントの継手として開発されたもので、現在では、空港用床版や道路用床版、橋梁の延長床版にも広く採用されている技術である。本開発は、これを橋梁床版用の継手として応用するものである。

写真—1 に示すように、コッター式継手は、H 型金物と C 型金物から構成される。C 型金物は、プレキャスト工場で予め床版に埋め込まれ現地に搬入される。H 型金物は、現地で C 型金物内に挿入し、ボルトで締め付けて床版を連結する部材である。

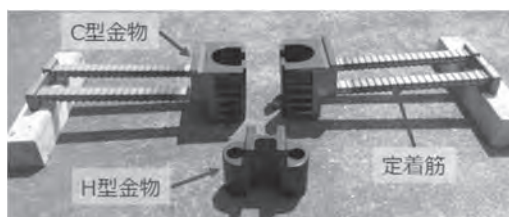
(2) コッター式継手の材質

コッター式継手の材質は铸造性に優れ、耐候性鋼と同等の腐食抵抗性を有する球状黒鉛鑄鉄（FCD600-3）である。

継手金物の腐食抵抗性は、塩害による損傷の進行に大きな影響を及ぼすが、その腐食抵抗性に関する既往



図—1 コッター床版工法の概要



(C型金物にH型金物を挿入した状態)



写真-1 コッター式継手

の研究について記す（資料提供：国立材料物質研究機構：NIMS）^{1), 2)}。

試験では、塩害環境の異なる3地点（筑波、銚子、宮古島）において、複数の鋼材（低炭素鋼、耐候性鋼、球状黒鉛鋳鉄）の腐食量の経時変化を測定している。試験結果（代表例として宮古島）を図-2に示す。図より、一般的な低炭素鋼（SS400）は、最も腐食の進行が速いが、球状黒鉛鋳鉄（FCD）は、腐食抵抗

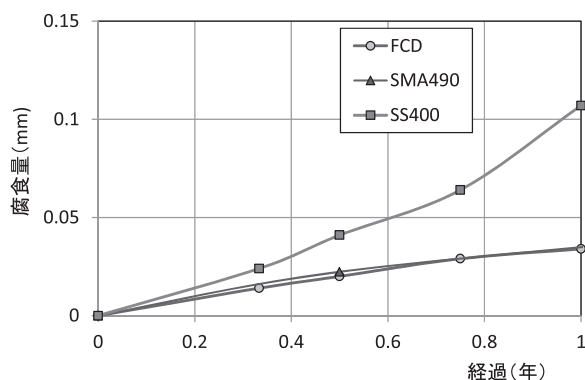


図-2 腐食量経時変化（宮古島）

性に優れる耐候性鋼（SMA490）と同等の腐食速度を示す。このように、コッター式継手は、腐食抵抗性に優れた鋼材を採用している。

(3) コッター床版の製作方法

床版製作方法は、床版内にC型金物を設置する以外は、通常のPC床版の製作方法と同様であり、C型金物は、専用治具を用いて型枠内に配置する。

(4) コッター床版の施工方法

コッター床版の施工フローを写真-2に示す。目地幅20mmを確保して床版を設置し、完了後、H型金物で床版同士を連結する。ボルトの締め付けは電動レンチ（仮締め）とトルクレンチ（本締め）を用い、予め床版に埋め込んだC型金物とH型金物を堅固に一体化させる（STEP3）。その後、充てん性能に優れた専用目地材（フロー23cm程度）をハンドミキサーで現地練りして、目地部および開口部に充てんする（STEP4）。

3. コッター床版の特長

在来工法（ループ継手）と比較しながらコッター床版の特長を以下に記す（図-3）。

(1) 工程短縮効果

後述する輪荷重走行疲労試験における床版組立作業の実績を基に橋梁延長100m当たりの施工日数を比較したものを表-1に示す。

床版架設から床版接合までの日数は、在来工法で34.5日、コッター床版工法で19.1日となり、5割程度

STEP 1 床版荷下し



STEP 2 H型金物セット



STEP 3 ボルト締め付け

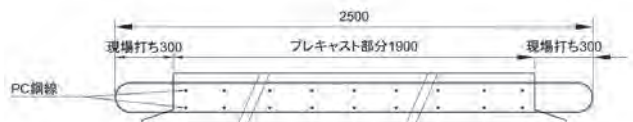


STEP 4 目地材注入



写真-2 コッター床版の施工方法

●在来工法（ループ継手）



●コッター床版工法

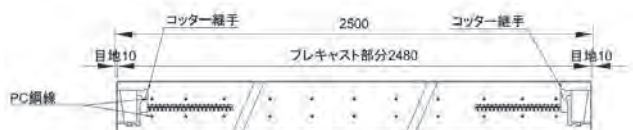


図-3 橋軸方向の床版寸法の比較

表-1 延長100m当たり施工日数比較

	床版架設工 床版調整工	床版接合工	合 計
在来工法 ※1	16.6日	17.9日	34.5日
コッター床版工法 ※2	9.4日	9.7日	19.1日
	43%低減	46%低減	45%低減

※1 橋梁架設工事の積算（平成27年度版）による

※2 輪荷重走行疲労試験の試験体組立実績による

低減できることが試算されている。

(2) 省力化効果

同様に、橋梁延長10m当たりの人員数を比較したものを表-2に示す。

床版架設から床版接合までの人員数は、在来工法で18.0人、コッター床版工法で7.3人となり、6割程度低減できることが試算されている。

このように、本工法では、継手部分の鉄筋・型枠の設置作業およびコンクリート打設が不要であり、熟練

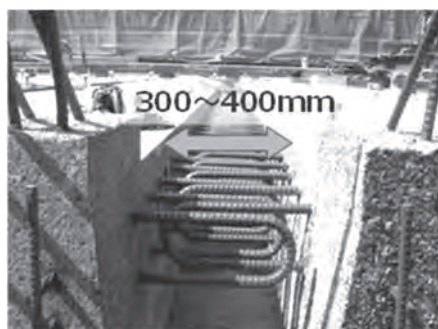
表-2 延長10m当たり人員数比較

	床版架設工 床版調整工	床版接合工	合 計
在来工法 ※1	10.3人	7.7人	18.0人
コッター床版工法 ※2	3.8人	3.5人	7.3人
	63%低減	55%低減	59%低減

※1 橋梁架設工事の積算（平成27年度版）による

※2 輪荷重走行疲労試験の試験体組立実績による

●在来工法



工を必要としない単純な作業で、床版同士を接合できる工法となっている。

(3) 橋梁床版全体の品質向上

写真-3に継手部分（現場打ち部分）の比較を示す。

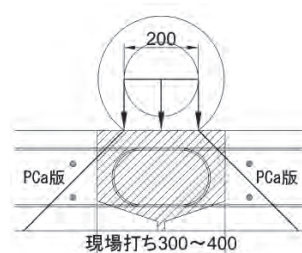
在来工法は、床版端部より鉄筋を突出させ、これを重ね合わせて（重ね継手）、コンクリートを打設するため、通常300～400mm程度の現場打ち部分を設ける。この現場打ち部分が製品の約20%を占めるが、この部分は、プレストレスが導入されないことから、プレキャスト部分に比べ品質低下のリスクが懸念される。

一方、コッター床版は機械的に連結するため、端部に鉄筋が突出しない。このため、現場打ち部（目地部）の幅は20mmであり、プレキャスト部分を広くでき、品質の向上に寄与する。すなわち、図-4に示すように継手直上に輪荷重が载荷された際、在来工法（ループ継手）に比べて、コッター床版はプレストレスが導入された品質の高いプレキャスト部分が荷重の大半を受け持つ。このため、間詰め部分の荷重負担割合を低減でき、耐久性や安全性の面でも有利である。

(4) 取替性の向上

コッター床版の継手部は、鉄筋を重ねた構造ではないため、写真-4に示すようにコンクリートカッターでH型金物を含めて目地部を切断し、C型金物を再

●在来工法



●コッター床版工法

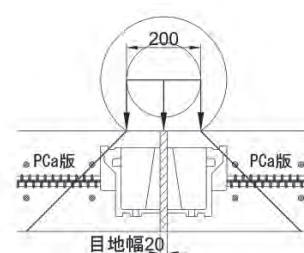


図-4 荷重分担の比較

●コッター床版工法

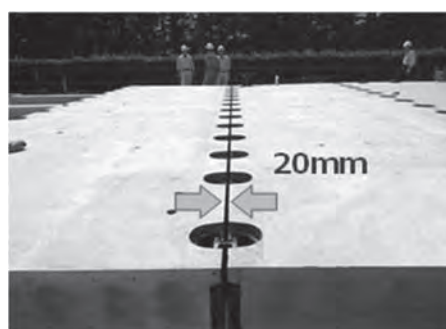


写真-3 継手部分（現場打ち部分）の比較



写真4 床版切断状況 (1m/分程度)

利用することで、床版1枚単位の部分的な取替が可能である。

4. 性能試験結果^{3), 4)}

(1) 定点疲労試験

(a) 試験概要

コッター床版の曲げ疲労抵抗性を把握するために、定点疲労試験を実施した。

図5に試験体の概要図を示す。2枚の試験用床版を、コッター式継手2個で連結し、目地材で接合し定点疲労試験を行った。

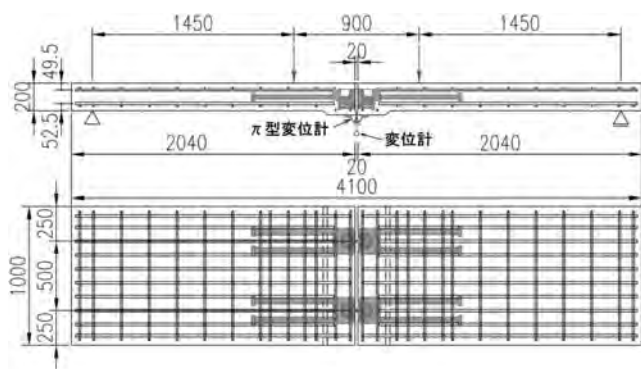


図5 定点疲労試験概要

試験体および継手は、支間長3mの床版を想定した。上限荷重は、設計断面力となる $P_{max} = 49.8 \text{ kN}$ とした。また、下限荷重は、疲労試験機制限値である $P_{min} = 10 \text{ kN}$ とした。繰返し载荷の周期は2.5 Hz、载荷回数は200万回とし、繰返し载荷の $1, 1 \times 10^3, 1 \times 10^4, 1 \times 10^5, 1 \times 10^6, 2 \times 10^6$ 回目において静的に上限荷重まで単調载荷した。試験時の圧縮強度はプレキャスト部で約 63 N/mm^2 、目地材で約 72 N/mm^2 であった。

(b) 経時変化

载荷回数と支間中央(目地)の水平変位量との関係

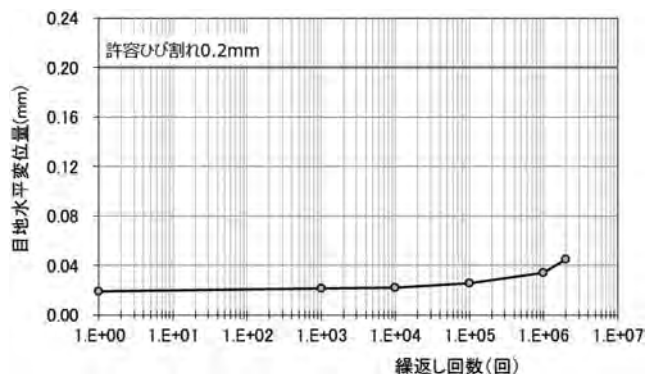


図6 载荷回数-目地水平変位量関係図

を図6に示す。図より、水平変位量は緩やかに増加するものの許容値0.2 mmに対して0.04 mmと低い値に留まる。試験中の目視確認でも、ひび割れはプレキャスト部分で生じたが、目地部には発生しなかった。

(c) 静的载荷試験

定点疲労試験後の曲げ耐力を確認するため、200万回载荷後の試験体に対して、破壊まで静的に単調载荷した。

曲げと支間中央(目地)での変位量との関係を図7に示す。図には、設計断面力、供試体と鉄筋の材料強度を用いて算出したプレキャスト部分の耐力も併せて示す。図より、プレキャスト部分の耐力付近で勾配が緩やかとなり、その後変位が大きく増加して最大値(154 kNm)を示した。また、破壊は目地部でなくプレキャスト部分で生じた。これより、コッター床版は、200万回の繰返し载荷を経ても、十分な耐力と靱性を有すること、目地部はプレキャスト部分より高い耐力を有することが確認できた。

目地部のひずみ分布を調べるため、図8に示す位置でひずみの計測を行った。測定結果を図9に示す。図より、ほぼ平面保持が成立しており、コッター床版の目地部分は200万回の繰返し载荷を経ても、目地材を圧縮材、継手金物を複数の分割された鉄筋として設計が可能であり、疲労耐久性が高いことが確認できた。

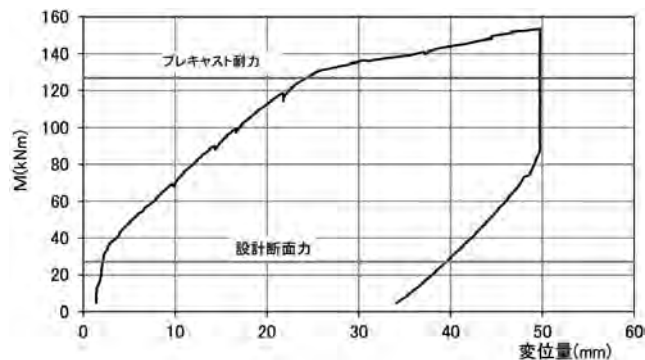


図7 荷重-変位量関係図

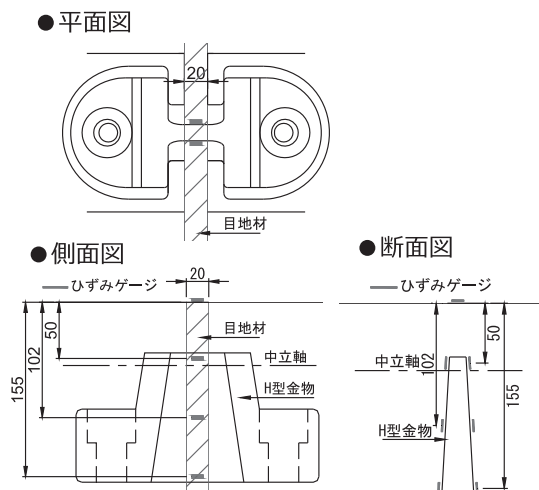


図-8 ひずみ測定位置

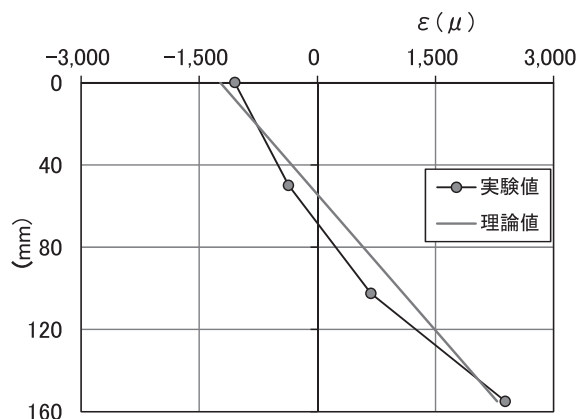


図-9 目地部ひずみ分布 (プレキャスト版降伏時)

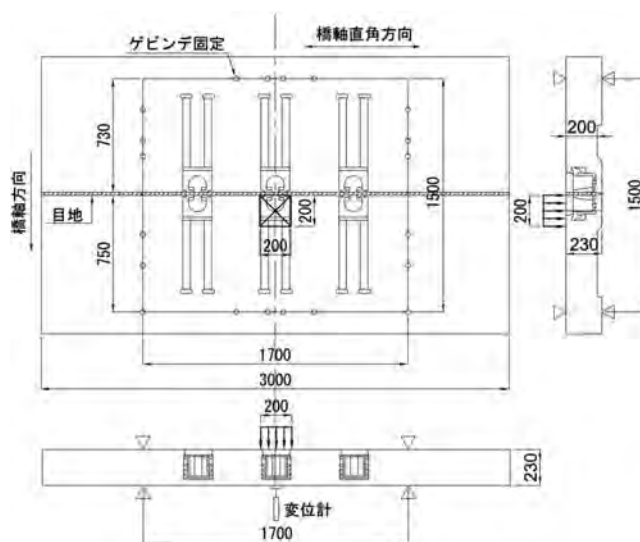


図-10 押抜きせん断試験概要

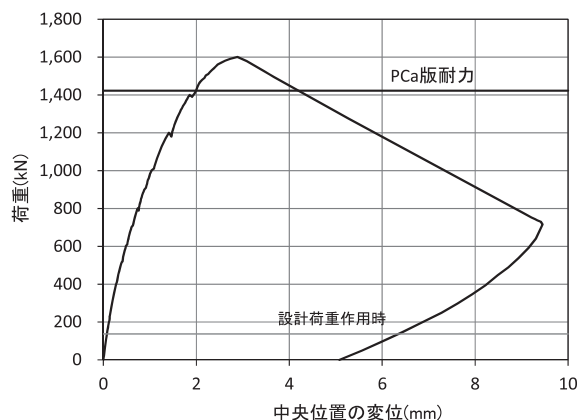


図-11 荷重—支間中央変位との関係図

(2) 押抜きせん断試験

(a) 試験概要

コッター床版の押抜きせん断耐力を把握するため、2枚のプレキャスト版をコッター継手3個で連結し、目地材で接合した試験体に対して載荷試験を行った(図-10)。試験体には実橋に合わせ橋軸直角方向のみPC鋼線を配置した(1方向PC)。また、せん断破壊先行とするため、支持条件は4辺固定とし、載荷寸法は輪荷重載荷の最小幅(20 cm × 20 cm)とした。荷重載荷は、破壊までの単調載荷とした。試験時における圧縮強度は、プレキャスト部で約 75 N/mm²、目地材で約 63 N/mm²であった。

(b) 押抜きせん断破壊形状

荷重と試験体中央の変位との関係を図-11に示す。図より最大値は1,600 kNに達し、プレキャスト版の耐力(1,423 kN)を上回る耐力を有することがわかる。

試験体には写真-5, 6に示すようにひび割れが発生した。橋軸直角方向の分散角度は設定通り 30°程度であったが、橋軸方向はこれより緩やかである。これ

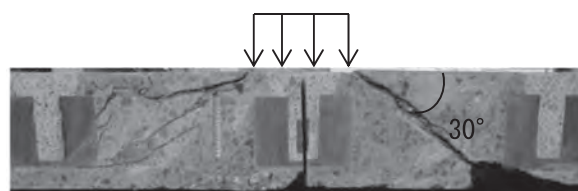


写真-5 橋軸直角方向のひび割れ

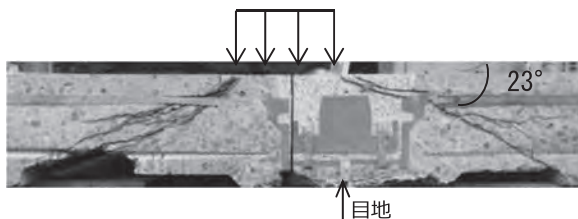


写真-6 橋軸方向のひび割れ

は、橋軸方向のひび割れがコッター継手を包絡するように進行したため、耐力増加の要因になったと考えられる。

以上より、コッター床版の目地部周辺は、十分な押抜きせん断耐力を有することが確認できた。

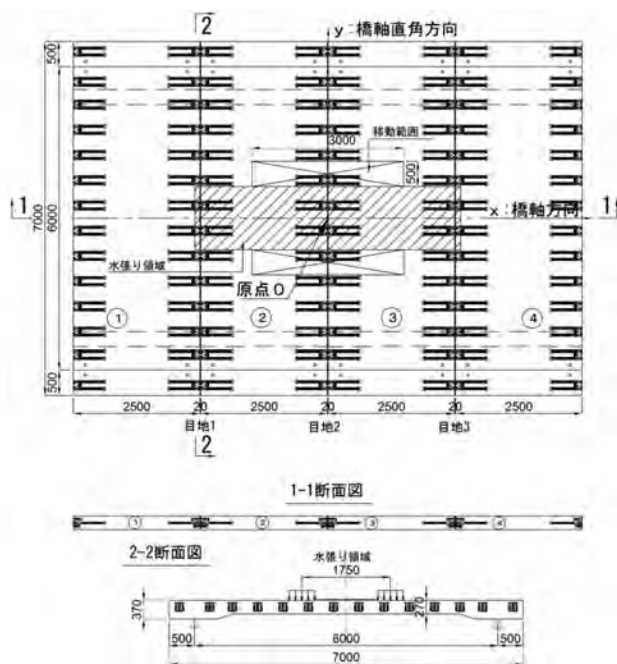
(3) 輪荷重走行疲労試験

(a) 試験概要

コッター床版の性能確認の最終段階として、輪荷重走行疲労試験を実施した(写真—7, 図—12)。コッター床版の試験体は、幅2.5mの床版を目地20mmを設けて4枚並べ、H型金物で連結し、目地材を充てんして接合した。

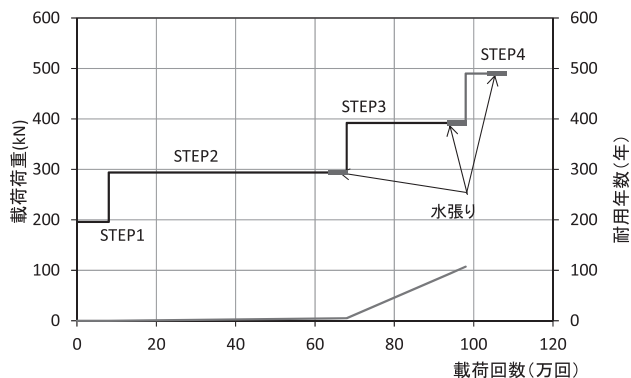


写真—7 輪荷重走行疲労試験状況 (NEXCO 総研所有試験機)

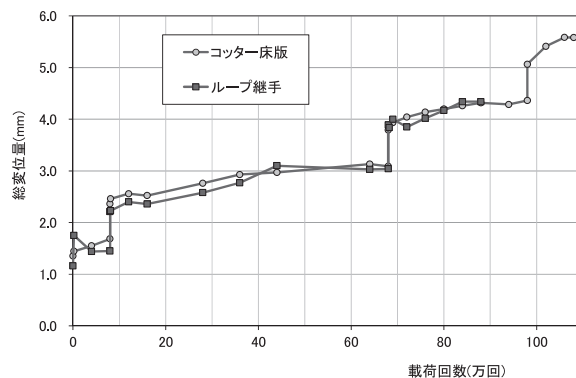


図—12 輪荷重走行疲労試験概要

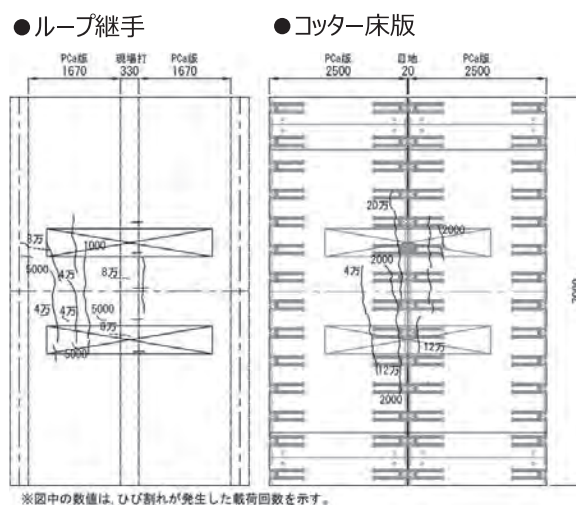
荷重 STEP は、「設計要領」⁵⁾に基づき目標耐用年数100年以上となるSTEP3までの98万回に加え、独自にSTEP4として水張り状態で試験機最大荷重(490kN)を10万回荷重した(図—13)。床版の性能評価項目は、「変位」,「ひび割れ幅」,「鋼材ひずみ」および「貫通ひび割れ」とし、コッター床版が在来工法(ループ継手)と同等の性能を有することを確認した。



図—13 荷重 STEP



図—14 荷重回数—総変位量関係図



図—15 ひび割れ状況 (STEP3 終了時)

(b) 総変位量

目地部の直上に荷重した際の目地部(支間中央)における荷重回数と総変位量との関係を図—14に示す。図より、コッター床版はループ継手と同様な挙動を示すことがわかる。

(c) ひび割れ状況

床版下面のひび割れ状況の比較(STEP3 終了時: コッター床版30万回, ループ継手20万回)を図—15に示す。コッター床版は、ループ継手と同様にプレキャスト部分で橋軸直角方向に0.08mmのひび割れ

れが生じた。またループ継手はSTEP2 (294 kN) で打継ぎ目にひび割れ (0.03 mm) が生じているが、コッター床版は最終STEP4 (490 kN) 完了まで目地には橋軸、橋軸直角いずれの方向にもひび割れは生じなかった。これよりコッター床版は、ひび割れ耐久性に優れることがわかる。

(d) 鋼材ひずみ

試験中、H型金物下端のひずみを測定したが、僅かな値 (22μ) しか発生しなかった。これは、目地部にひび割れが無く全断面有効となるため、鋼材の引張ひずみが低く抑えられたと考えられる。このことから、継手金物の安全性が確認できた。

(e) 貫通ひび割れ

載荷STEPに応じて、試験体上に水を張った状態で試験を実施した。試験中および試験完了後に床版下面を調査したが、プレキャスト部分および目地部に漏水は確認できなかった。また試験完了後にひび割れ深さをコア抜きにより確認した結果、版厚 270 mm に対してひび割れ深さは 124 ~ 157 mm 程度であり、ひび割れは貫通していないことを確認した。

5. おわりに

本稿では、新しい橋梁用床版の継手構造として、コッター床版工法について述べた。本工法は、工程短縮、省力化の面で在来工法に比べ優れており、建設現場の生産性向上に大きく寄与できるものと考えられる。また、プレキャスト部分 (プレストレス導入部分) を多くできることから品質向上も期待でき、さらに取替性も兼ねており、維持管理面においても配慮されたもの

である。

本工法に対する各種の性能確認試験では、在来工法と同等の疲労耐久性を有するとともに、100年相当の耐久性を有すること、ひび割れ抵抗性に優れた目地構造であることを確認した。

今後は、曲線橋や縦横断勾配の変化への対応、橋軸直角方向継手の開発など継手構造の改良を進め、施工実績を蓄積していきたいと考えている。

J C M A

《参考文献》

- 1) 篠原：構造材料データシート 腐食データシート No.3A, (独物質・材料研究機構編)
- 2) 桑原：球状黒鉛鑄鉄の腐食機構の基礎的研究, 横浜国立大学大学院工学府高信頼性鑄物イノベーション寄附講座, 2014.3
- 3) 渡邊・浅見：コッター式継手を有する橋梁用床版 (コッター床版) の性能確認試験 (その1), 土木学会第72回年次学術講演会, 2017.9
- 4) 宮川・渡邊・松本：コッター式継手を有する橋梁用床版 (コッター床版) の性能確認試験 (その2), 土木学会第72回年次学術講演会, 2017.9
- 5) 高速道路総合技術研究所：設計要領 第二集 橋梁保全編 (平成29年7月)

【筆者紹介】

髯谷 亮太 (かつらや りょうた)

(株)熊谷組

土木事業本部 橋梁イノベーション事業部
事業部長



渡邊 輝康 (わたなべ てるやす)

(株)熊谷組

土木事業本部 橋梁イノベーション事業部
技術部長



速硬軽量無収縮モルタルを利用した 鋼板巻き立て工法

久保昌史

鋼板巻き立てによる耐震補強工事では、既設コンクリートと補強鋼板の隙間の充てん材として、比重 1.3 程度の軽量無収縮モルタルが使用されることが多い。しかし、このモルタルは硬化開始が 10 ～ 12 時間程度であるため硬化までの養生時間が長くなる課題があった。そこで、従来品よりも硬化時間の早い速硬軽量無収縮モルタルを開発し、近鉄四日市駅のラーメン高架橋鉄筋コンクリート柱の耐震補強工事に適用した。その結果、従来は分割してモルタル打設をしなければならなかった柱においても 1 回打設が可能となり工期短縮に大きく寄与した。

キーワード：速硬軽量無収縮モルタル、鋼板巻き立て工法、モルタル充填、かみ合わせ継手

1. はじめに

鋼板巻き立てによる耐震補強工事において、補強目的がせん断補強やじん性補強である場合、鋼板と躯体の間に充てんする無収縮モルタルの圧縮強度は 5 N/mm^2 以上あればよいとされており¹⁾、現在、この性能を満足した比重 1.3 程度の軽量無収縮モルタル（以下、軽量モルタル）が使用されている。

これによりモルタル注入時に鋼板に作用する側圧が低減するため、鋼板の変形防止用の支保工の簡素化が可能となり、工期短縮やコスト縮減に寄与している。

しかし、軽量モルタルの硬化開始時間は一般に 10 ～ 12 時間程度であり、狭あい箇所では支保工が設置できず鋼板に作用する側圧が大きくなる場合は分割して打設することから、硬化養生時間が必要になり工期短縮効果が低減する。

施工が可能な範囲で硬化時間が早くなれば養生時間が低減されるため、条件によっては連続的なモルタル打設が可能となり、このような制約条件下であっても工期短縮が実現できる。

そこで、今回、従来品よりも硬化時間の早い軽量モルタル（以下、速硬軽量モルタル）を開発し、近鉄四日市駅構内のラーメン高架橋鉄筋コンクリート柱の耐震補強工事に適用した。

本報は、開発に際して行った各種試験の結果および、適用した工事の概要について報告する。

2. 材料性能の確認

(1) 開発した材料

開発した速硬軽量モルタルは、プレミックスタイプで、比重約 1.20、材齢 28 日の圧縮強度 5 N/mm^2 以上、凝結時間（始発）120 分以内の性能を有する。モルタル充填作業に必要な 30 分以上の可使時間を有しながら 2 時間以内で硬化する特長を有している。

成分は、セメントに混和材や石膏、特殊軽量骨材を混合した従来品に、速硬性を有するカルシウムアルミネート系の成分を加えている。

5 ～ 30℃ の温度環境に対応するために硬化促進剤や遅延剤の添加量の違いにより、常温用と低温用の 2 種類がある。

標準配合を表—1 に示す。

開発は後述するとおり、鉄道駅舎となっている高架橋耐震補強工事現場からの、従来品と同等の性能を有したまま硬化時間を 2 時間以内にしてほしいという要望に応える形で着手し、完成までに約 1 年を要した。

(2) 要求性能

材料を開発するにあたって、要求性能および試験項目は表—2 のように設定した。

表—1 標準配合

区分	粉体量(kg)	練混ぜ水(kg)	練上り量(ℓ)
1 m ³ あたり	705 (59 袋)	506	1,000
1 袋あたり	12 (1 袋)	8.6	約 17.0

表－2 要求性能

項目	試験項目 (準拠基準)	要求性能 (目標スペック)
流動性	J ₁₄ ロート流下時間 (JSCE-F 541)	4 ～ 10 秒
練上り容重	単位容積質量 (JIS A 1171)	1.30 kg/L 以下
材料分離 抵抗性	ブリーディング率 (JIS A 1123)	0%
無収縮性	膨張収縮率 (JSCE-F 542)	0%以上膨張
塩化物量	塩化物量 (JASS 5T-502)	0.3 kg/m ³ 以下
圧縮強度	圧縮強度 (JIS A 1108)	σ_{28d} 5 N/mm ² 以上
凝結時間	凝結時間 (JIS A 1147)	2.0 h 以下 (始発)
可使時間	ゲルタイム ^{※1}	30 分以上
シマリ性状	硬化時間 ^{※2}	180 分以内

※1 350 ml のポリカップにモルタルを 2/3 程度まで入れ、5 分間毎にカップ間で 3 回移し変える動作を行い、ポリカップを傾けてもモルタルがカップに残り、流動性がなくなる時間をゲルタイムとした

※2 モルタルをポリ袋に入れ、密封し、触手により硬化時間の測定を行い、表面に概ね爪あとが残らなくなった時間を硬化時間とした

この要求性能を満足するために試作品を製造し、室内における物性確認試験、およびモックアップ試験体による施工性能確認試験を実施した。

(3) 物性確認試験

室内における物性確認試験は、5、10、20、30℃の環境下で行った。

ここで、5、10℃環境下は低温用、20、30℃は常温用とした。

なお、30℃環境下では可使時間が短くなる可能性があったため、別途、遅延剤を 0.6% 添加した試験も行った。

材料の練混ぜ条件および方法を表－3 に示す。

室内試験結果の一覧を表－4 および図－1 示す。

30℃環境下のみ遅延剤を用いる必要があったが、目標とした要求性能を低温用、常温用とも満足し、速硬軽量モルタルとして問題がないことを確認した。

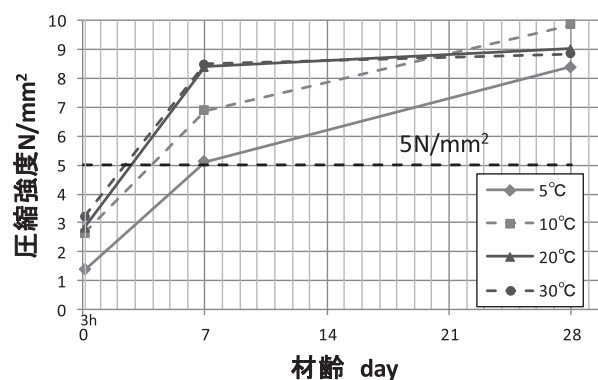
圧縮試験の結果、材齢 3 時間（5℃環境下のみ材齢 4 時間）の強度は 1.39 ～ 3.23 N/mm² となり、強度発現性に優れることが確認できた。初期材齢の強度発現は低温用、常温用とも温度が高いほど速いが、材齢 28 日では大きな差は見られず、9 N/mm² 前後とほぼ

表－3 練混ぜ条件および方法

項目	内 容
練混ぜ条件	高速ハンドミキサーによる 1 袋 (12 kg) 練りとする。
練混ぜ方法	練混ぜ容器（ベール缶）に所定量の清水を入れ、ハンドミキサーで攪拌しながら材料を投入し、材料投入完了後 90 秒間練り混ぜる。

表－4 試験結果

環境条件		5℃	10℃	20℃	30℃	
プレミックス材		低温	低温	常温	常温	
					遅延剤	
					無	有
練上り温度（℃）		5.0	12.0	21.0	31.0	33.0
J14 漏斗 流下時間 （秒）	直後	7.5	6.9	5.9	5.1	5.3
	5 分後	7.6	6.8	5.9	5.2	5.3
	10 分後	7.7	7.0	6.1	6.7	5.7
	15 分後	7.9	7.0	6.2	13.8	7.0
	20 分後	7.9	7.1	6.2	－	8.1
	25 分後	7.7	7.4	7.6	－	9.2
	30 分後	7.8	7.5	8.0	－	10.0
単位容積質量（kg/L）		1.22	1.22	1.21	1.19	
ブリーディング率（%）		－	－	0.0	－	
塩化物量（kg/m ³ ）		－	－	0.04	－	
凝結時間 （分）	始発	－	90	65	－	
	終結	－	140	135	－	
ゲルタイム（分）		95	60	36	15	32
硬化時間（分）		165	95	65	35	135
膨張収縮率 （%）	材齢 1 日	－	－	0.38	－	
	材齢 7 日	－	－	0.39	－	



図－1 材齢と圧縮強度の関係

同一の値となった。

硬化時間については、従来品が 12 時間程度であるのに対し、全環境下において 3 時間以内であり、速硬性も確認した。なお、施工時に重要となる可使時間について、指標となるゲルタイムはいずれも 30 分以上となり、従来通りの取り扱いが可能であることが分かった。

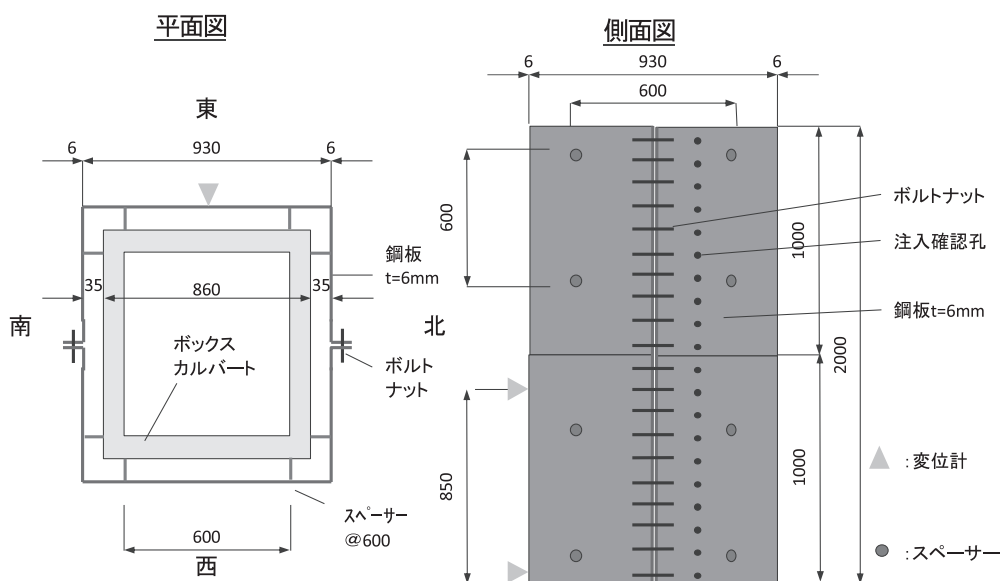
(4) 施工性能確認試験

モックアップ試験体の概要を写真—1、図—2に示す。試験体はプレキャスト部材のボックスカルバート(860×860×2,000 mm, 壁厚 130 mm)を直立させ、これを囲うように断面方向にコの字型に2分割、鉛直方向に2分割した鋼板を建て込み、ボルトナットで接合した。板の下端から50, 850 mmの高さの位置に、変位計を取り付け、グラウト注入時に測定を行った。試験実施時は10月下旬で外気温が20℃以下であったため、低温用の材料を用いて試験を行った。

グラウトは1袋12 kgのプレミックス材であり、注入の際には1袋ごとに練混ぜを行い、1層目を800 mmの高さまで、2層目を天端まで1,200 mm注入した。注入完了2時間後にモルタルの充填性を確認するため鋼板を取り外し、モルタルが充填されているかの確認も行った。



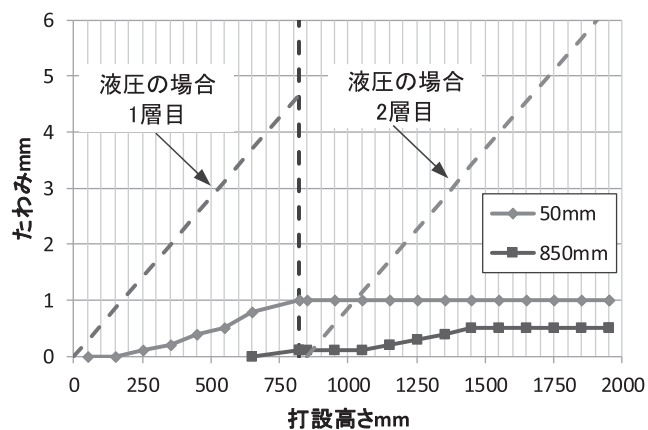
写真—1 モックアップ試験体



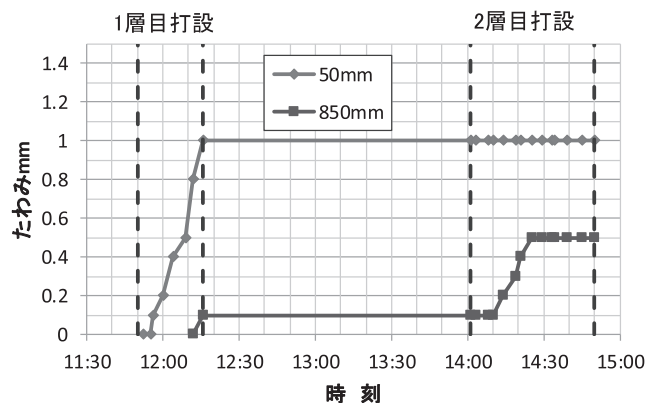
図—2 モックアップ試験体概要

たわみの測定結果を図—3、4に示す。ここで、2層目打設前に850 mm地点に0.1 mmの変位が生じているのは1層目部分の鋼板の変位が影響していると考えられる。

たわみはモルタルの液圧が作用したと仮定した場合の最大値は1層目で4.25 mm、2層目で6.52 mmであっ



図—3 打設高さとなわみの関係

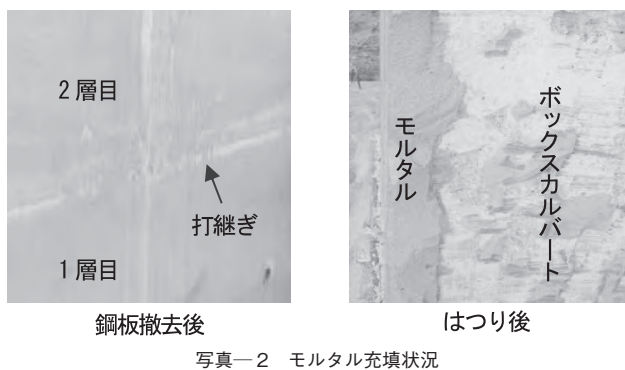


図—4 打設時刻となわみの関係

たが実測では1層目で1.00 mm, 2層目で0.50 mm となり, 安全側の結果であることが明らかとなった。

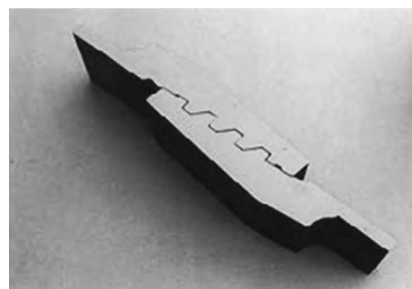
また, 1層目は2層目打設中も増加が見られなかった。これは, 注入中に下層より凝結が開始し, 注入全量が液圧として作用しなかったことが考えられる。

写真—2に鋼板撤去後, はつり後のモルタルの充填状態を示す。モルタルは隙間なく充填されており, 空隙などは見られなかった。また, 1層目と2層目の打継ぎ部に脆弱部は見られず, 充填性は良好であった。



表—5 近鉄四日市駅耐震補強工事の年度別施工数量

断面 (mm)	800 × 800	900 × 900	1,000 × 1,000	合計
高さ (mm)	2,700 ~ 4,100	2,700 ~ 4,100	1,500 ~ 4,100	
2013 年度	52	21	3	76
2014 年度	43	30	14	87
2015 年度	76	16	34	126
2016 年度	14			14
合計	185	67	51	303



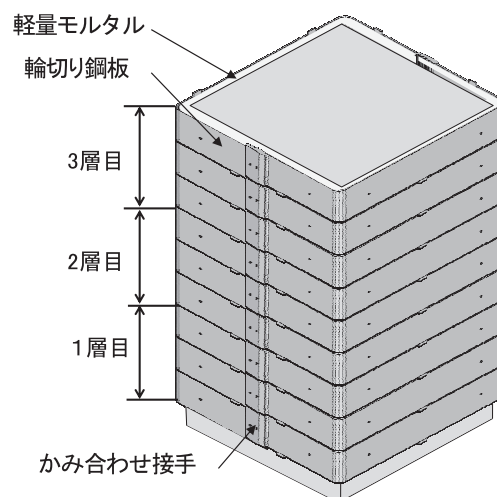
写真—3 かみ合わせ接手

3. 工事概要

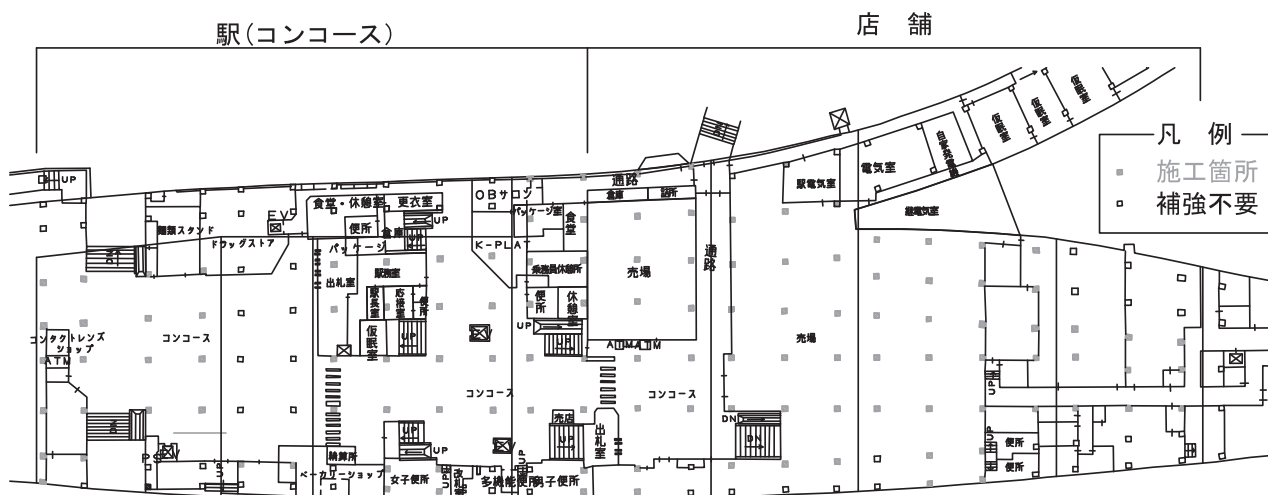
速硬軽量モルタルを適用した近畿日本鉄道名古屋線近鉄四日市駅耐震補強工事は, 鉄道駅舎となっている鉄道高架橋の柱の耐震補強で, 駅施設や店舗, 事務所などが供用されていた。

補強した柱は, 断面寸法 800 × 800 mm, 900 × 900 mm, 1,000 × 1,000 mm, 高さ 1,500 ~ 4,100 mm で合計 303 箇所, 施工期間は 2013 ~ 16 年度の 4 年間であった。

駅舎部の施工箇所を図—5に, 年度別の施工数量を表—5に示す。



図—6 輪切りかみ合わせ工法



図—5 駅（コンコース）、店舗の施工箇所（2階）

工事を実施するにあたっては、資材搬入に大型重機を使用することができず火気の使用が好ましくなかったことから溶接を用いず人力施工が可能な工法であること、仮囲いなどの支障面積を最小限にして利用者の動線を確保しかつ工事日数をなるべく少なくして店舗への補償費用を少なくすることが求められた。

こうした厳しい制約条件下に対して「輪切りかみ合わせ工法（写真—3，図—6）」が採用された。

本工法は、輪切りした補強鋼板の接合に予め工場で溶接した鋸刃状の機械式の「かみ合わせ継手」を用いた鋼板巻立て工法で、現場では溶接の必要がないため、工期の短縮や品質の確保が可能となる。

輪切りする補強鋼板は上下方向・断面方向に分割して鋼板1枚の重量を30～50kg程度にしたもので、人力による鋼板の運搬・組立てが可能となり、重機が使用できない狭あい環境下で効果を発揮する。

補強鋼板には規格化されている平鋼を使用するため鋼板製作期間が短縮される。

また、輪切り鋼板に予め溶融亜鉛めっきによる防食を施すことで、防食塗装が不要または簡素化され、人通りの多い連絡通路や営業中の事務所や店舗直近での施工にも適している。

本工事では、1パーツ30～40kg（高さ約300mm，2分割）になるように分割した溶融亜鉛めっきを施した厚さ6mmの補強鋼板を、台車で運搬し二人で組み立てた（写真—4）。

駅や店舗は営業しながらの工事が基本のため仮囲いは最小限にする必要があり、また場内の仮置き場は限定的であったため、鋼板のモルタル充填にあたっては支保工を用いないことにした。

速硬軽量モルタル開発前の初年度76本は、従来の軽量モルタルを使用した。鋼板に作用する側圧を計算し、支保工が要らない高さに3分割してモルタルを打設した。下の層が硬化するまで次の層が打設出来ないため、養生時間が12時間以上必要となりかつ日中は駅や店舗の営業時間中で施工ができないため1本あたりの施工期間は3日間を要した。

開発した速硬軽量モルタルは、2年目から使用し柱227本に対して適用した。

硬化時間を2時間に縮めることができたため養生がほとんど不要となり、1日でモルタル打設が可能となった（写真—5）。

その結果、1本あたりの施工時間は1.5日間に半減し工期短縮に寄与した。

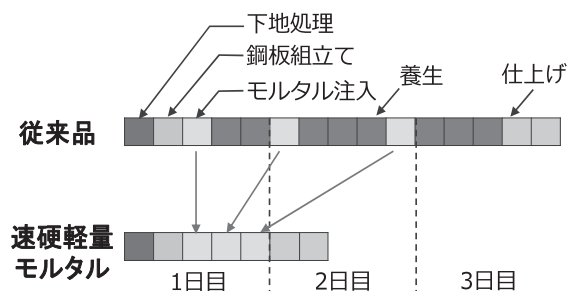
速硬軽量モルタルと従来の軽量モルタルの1本あたりの施工期間の比較を図—7に示す。



写真—4 鋼板組立状況



写真—5 モルタル充填状況



図—7 施工期間の比較



補強前



補強後

写真—6 補強状況

また、副次的な効果として速硬軽量モルタルは充填後、短時間で硬化するため、日中の営業時間内に硬化前の充填モルタルが鋼板から流出し利用者に対する事故のリスクもなくなった。

補強状況を写真—6に示す。

4. おわりに

速硬軽量モルタルを開発して、駅舎や店舗を有する鉄道高架橋の耐震補強工事に適用した。

その結果、柱を補強する作業日数が半減し全体工期の縮減に寄与することができた。

また、本材料はその後改良を続け、材料練混ぜ時に発生する粉塵を90%程度低減させる機能の付与を実現している。

今後も現場の要望に応える開発を続け、商品価値を高め、採用現場を増やしていきたい。

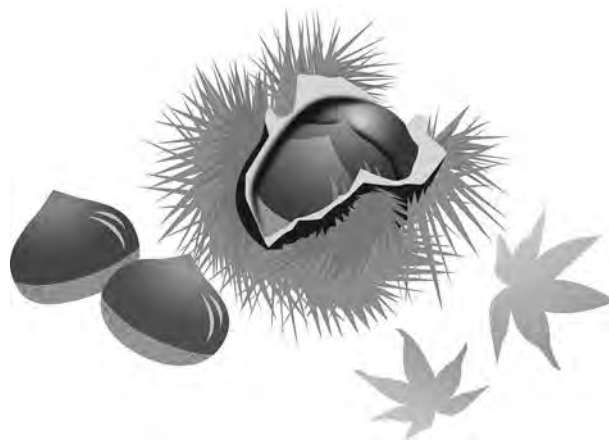
J C M A

《参考文献》

- 1) (社)日本鉄道施設協会：土木工事標準仕様書（東日本旅客鉄道(株)編），p26-1，2010年11月

〔筆者紹介〕

久保 昌史（くぼ まさふみ）
清水建設(株)
主査



築 60 年を超える既設ダムリニューアル工事

狭隘断面の堤体削孔工法

金 木 洵太朗・大 西 仁 志・平 山 哲 也

栃木県日光市にある五十里（いかり）ダムは、鬼怒川の洪水調整用ダムとして大正 15 年から調査が始まり、昭和 25 年に着工、昭和 31 年に完成した、当時国内最大の重力式コンクリートダムである（堤高：112 m 堤頂長：267 m 堤体積：468,000 m³）。

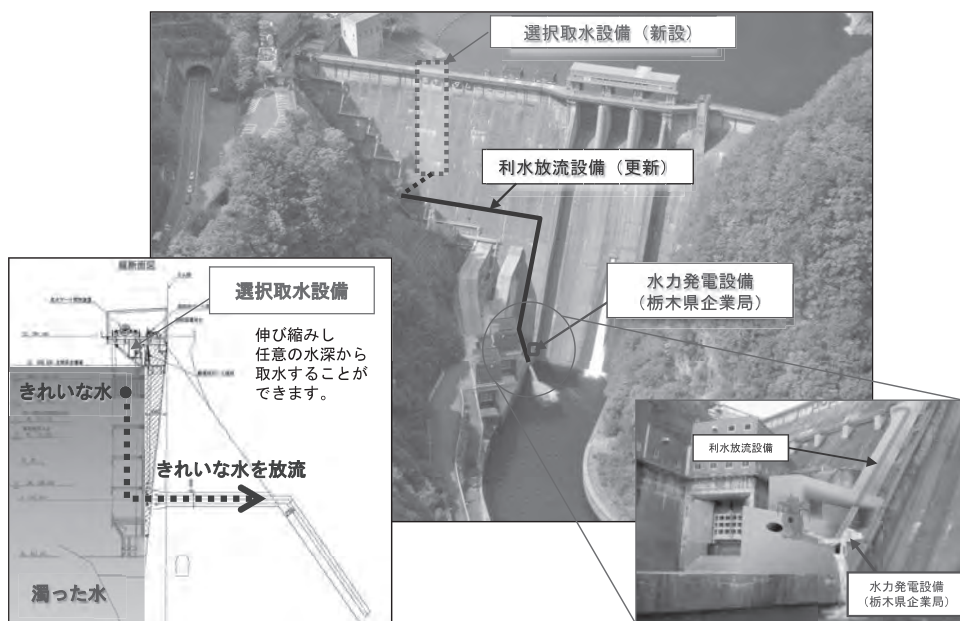
当ダムは完成から既に 62 年を経過しており、下流の河川環境保全と設備の老朽化のため新たな放流設備の更新が必要とされた。本工事では、放流配管を堤体上下流方向に貫通させる工事を、非出水期という限定された短期間で行う必要があった。また堤体削孔断面は狭隘なため、機械化施工が厳しい条件下で施工しなければならない。本稿では、近年増加傾向にある既設ダムの再開発事業の取り組みとして、現在施工中である五十里ダム施設改良工事において、これまでに実施した堤体削孔工法及び無人切削機械の施工事例を紹介する。

キーワード：ダムリニューアル、堤体削孔、狭隘断面、連孔スリット掘削方式、無人化施工機械

1. はじめに

五十里ダムは、利根川水系鬼怒川上流ダム群の一角として洪水調節・利水運用を行っており、平成 27 年の「関東・東北豪雨」においても、洪水調節等で下流の被害軽減に寄与している。しかし、現状の設備では取水口がダム湖底部にあり、出水後の放流水の濁りが長期にわたり、ダム湖底部の水温の低い水を放流して

いるため、下流域の生態系や利水運用に影響があった。今回実施する「選択取水設備」の新設により、ダム湖の取水高さが切り替えられるようになり、出水後の放流水の長期の濁りを解消することができるとともに、下流の水温に合わせた位置で取水・放流ができ、下流域生態系への影響を軽減することが可能となるため、当該河川流域の治水・利水・環境の面で有用な設備として期待されている。図—1に事業概要図を示す。

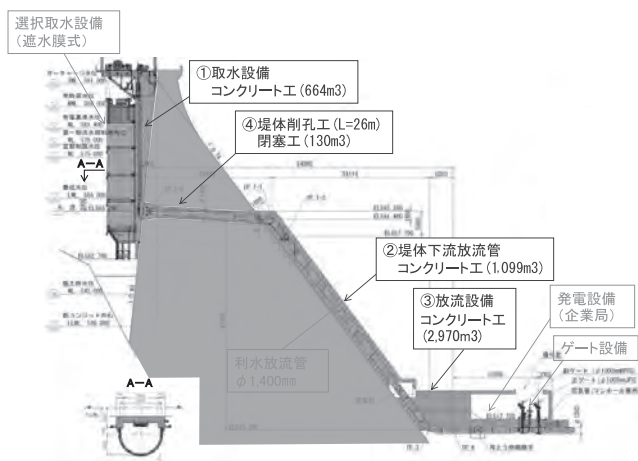


図—1 事業概要

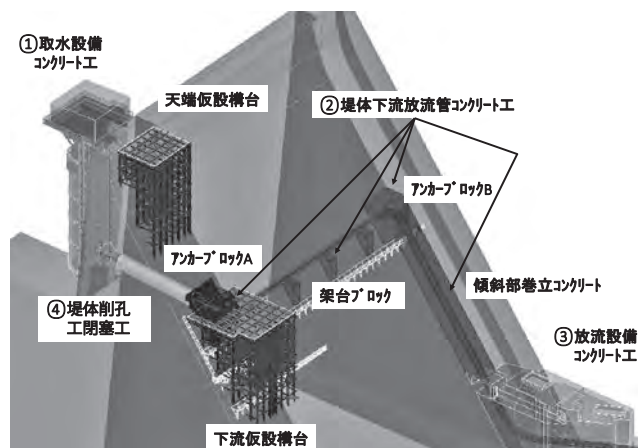
2. 五十里ダムにおける堤体削孔工事

(1) 五十里ダム施設改良工事の概要：

本工事は、①上流側に取水設備コンクリート工（H：40 m W：10 m V：664 m³），②下流側の堤体下流放流管コンクリート工（1,099 m³），③放流設備コンクリート工（2,970 m³），④ダム中腹の堤体削孔工（2.6 m × 2.6 m 馬蹄形，L：26 m），及び放流管設置後の閉塞工（高流動コンクリート：130 m³）がある。取水設備、配管及び発電設備等の機械設備は別業者工事となるが、同時期の施工となるため、工程調整を行いながら工事を進めていく必要がある。図—2、3に工事概要断面図と3D 模式図を示す。



図—2 工事概要断面図

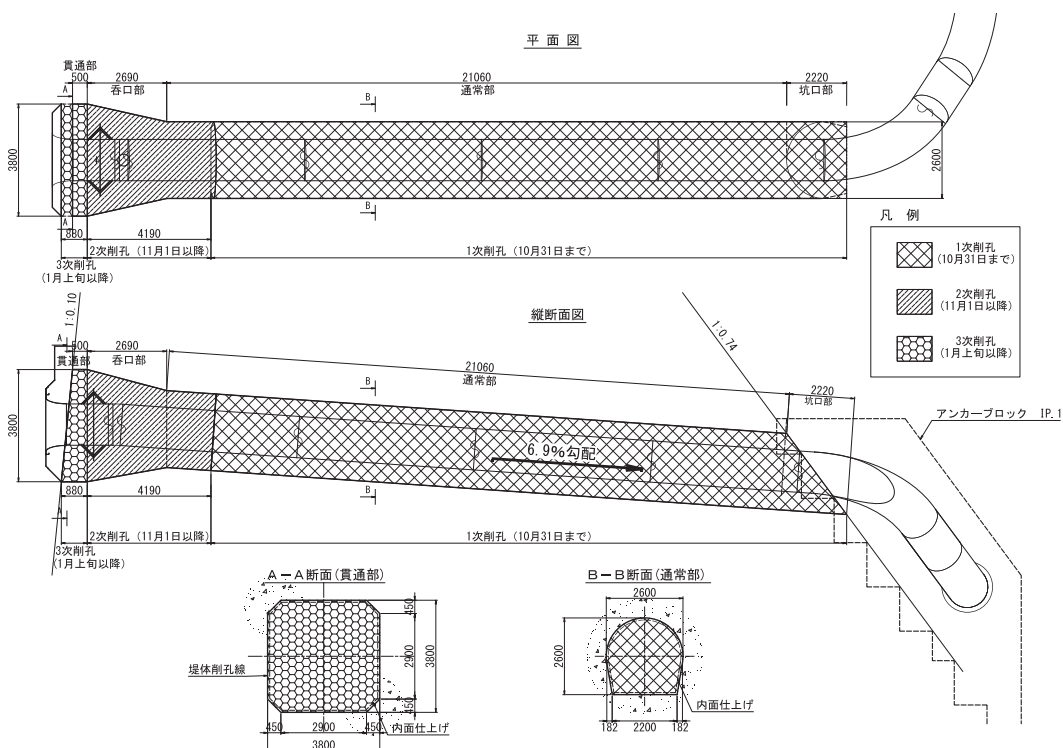


図—3 3D 模式図

(2) 堤体削孔計画

堤体削孔は、下流側から削孔を開始し、上流側へと貫通する。図—4に堤体削孔計画図を示す。削孔断面形状は、通常部が2.6 m × 2.6 mの馬蹄形、貫通部が3.8 m × 3.8 mの矩形形状（ベルマウス）であり、削孔延長は約26 mで、下流方向に6.9%の勾配である。施工は、出水期の6月から10月まで1次削孔を行い、非出水期の貫通部より水位が下がる11月から2次削孔を実施し、出水確率の低い1月以降に3次削孔を行い貫通する。

堤体削孔を行うにあたり、まず機械の選定を行った。現地の条件として、五十里ダムの天端幅は5.5 mであり、作業床に機械を降ろすための揚重機は最大



図—4 堤体削孔計画図

80 t級クローラークレーンに限定されてしまう。さらに削孔断面が狭いため、自由断面掘削機のような大型の機械で削孔することが出来ない。また既設堤体にひび割れがあるため、堤体への衝撃・振動等の影響を極力与えないようにする必要があり、発破工法やブレーカー等の打撃破碎機の使用も難しい。以上のことから、軽量・小型の機械で施工でき、既設堤体への影響が少なく、かつ傾斜面への対応が可能であり、工期・コスト面で有利となる「連孔スリット掘削方式」を採用した。

(3) 連孔スリット掘削方式

連孔スリット掘削方式とは、既設堤体に衝撃を与えずに、掘削断面の外周をドリルまたはボーリング機械により連孔削孔し、既設堤体と分離したあと内部のコンクリートを破碎・搬出する。その中で削孔方式の異なる以下の二つの工法について検討した。

- ① FON 工法方式：ドリルジャンボで連孔削孔し、空けた孔に油圧ジャッキを差し込み割裂（バースター工法）した後、ブレーカーでさらに細かく

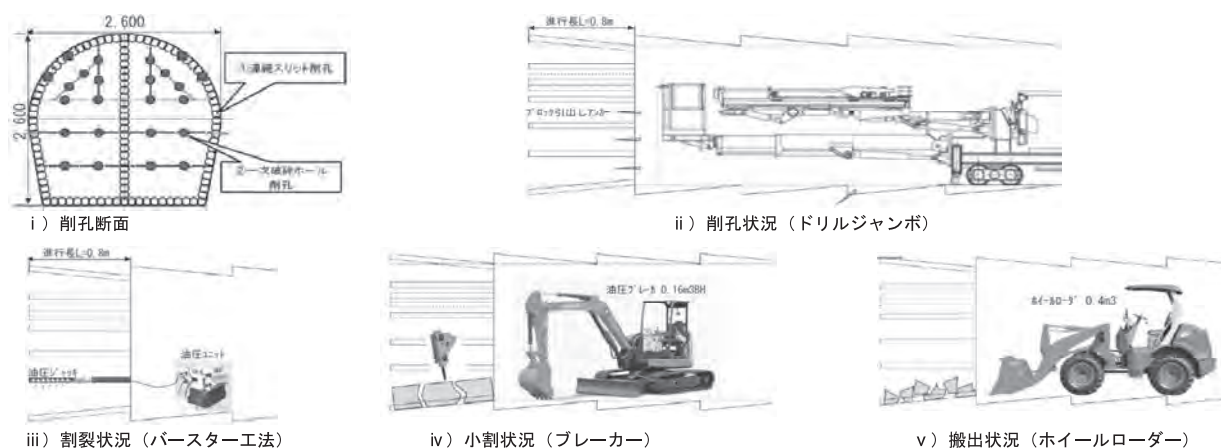
く破碎し、ホイールローダー等で搬出する工法。

図一5に施工概要図を示す。

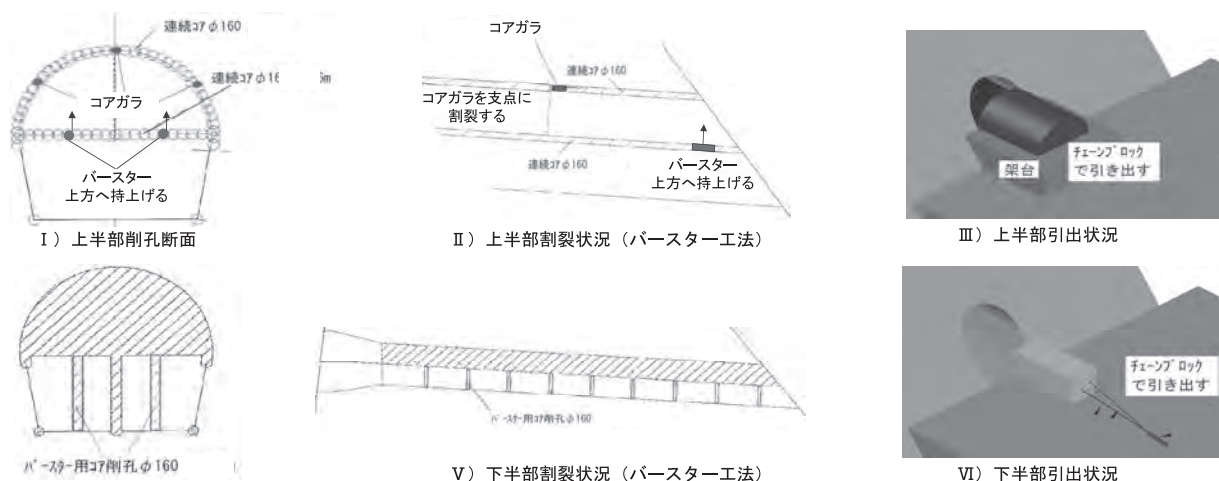
- ② コアボーリング方式：削孔断面を上半部と下半部に分け、コアボーリングマシンにより水平連続コア削孔し、①と同じくバースター工法で割裂後、大きく割ったコンクリートブロックを引出し、ワイヤーソーで揚重可能な大きさに切断して搬出する工法。図一6に施工概要図を示す。

①では、ドリルジャンボのブームの取り回しが制約されること、小割り時のバックホーや搬出時に使用するホイールローダー等の施工機械も、狭隘な坑内での効率性・安全性に懸念がある。

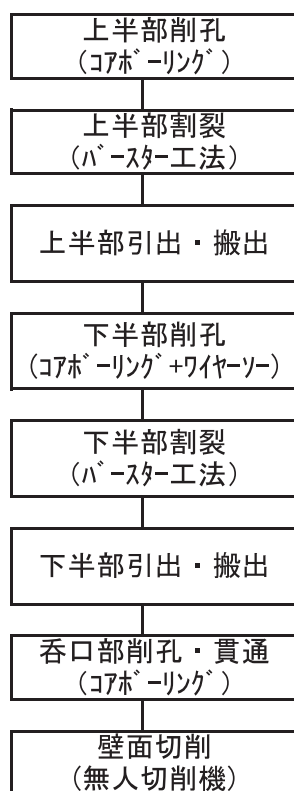
②では、削孔にはコアボーリングマシンを使用するので、施工性で有利なこと、その他に重機等を使用しないので安全性を高めることが出来る。また①では、0.8 m 程度ずつ機械を入れ替えながら進んでいくのに対し、②では一度に奥まで同じ作業を繰り返す行うため、サイクルタイムの短縮になり、工程的に有利である。以上のことから、②のコアボーリングマシンを使



図一5 FON 工法方式 施工概要図



図一6 コアボーリング方式 施工概要図



図ー7 施工フロー

用した連孔スリット掘削方式を採用した。図ー7に施工フローを示す。

(a) コアボーリング

馬蹄形上半部の外周と下半部ワイヤーソー切断用の通し孔をコアボーリングにて貫通部手前まで削孔する。(削孔径： $\phi 160$ 全削孔延長：1,340 m) 3 m ごとにコアガラを撤去した後、再度上流へ向けて穿孔し、終端部では 20 m 以上のケーシングの出し入れをしながら削孔を行った。またコンクリート設計強度は 24 N/mm^2 だが、既設ダムコンクリートの骨材は良質堅硬な玉石が多く、 100 N/mm^2 以上の硬度があるため、削孔速度が計画では 40 m/日であったが実際は 28 m/日と削孔進捗を妨げられ、工程を確保するため昼夜施工で対応した。

(b) コンクリートブロック引出し

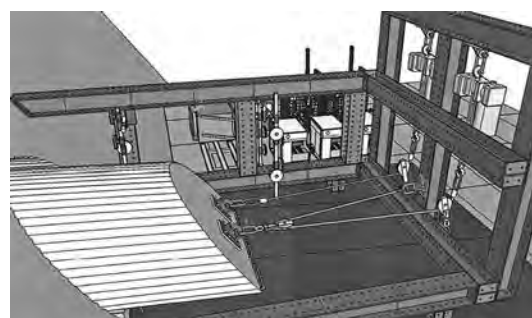
上半部コアボーリングの完了後、ボーリング孔に油圧ジャッキを差込み、てこの原理で坑内でコンクリートブロックを割裂する(バスター工法 写真ー2)。図ー8に示すような架台を設置し、割裂したコンクリートブロックを電動チェーンブロックと滑車を利用して引き出す(写真ー3)。引き出したコンクリートブロックを揚重可能な大きさにワイヤーソーで切断し、搬出する。以上を繰り返し上半部を撤去した後、下半部をワイヤーソーで切断、バスター工法により小割りして引出し撤去する(写真ー4)。



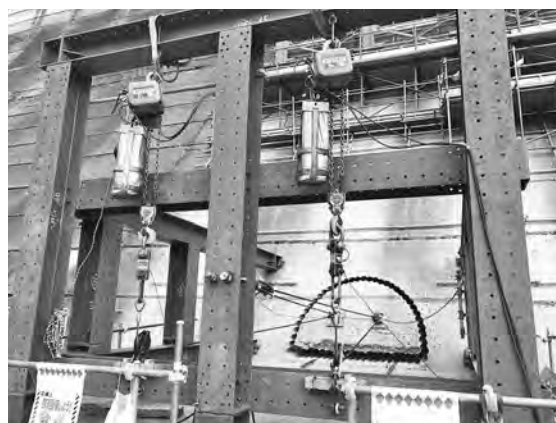
写真ー1 コアボーリング施工状況



写真ー2 割裂状況 (バスター工法)



図ー8 引出し架台概要図



写真ー3 コンクリートブロック引出状況 (上半部)



写真-4 コンクリートブロック引出状況（下半部）



写真-6 貫通後（下流側から望む）

割裂するコンクリートブロックは、長さ4mのブロックで重量24t程度となり、コンクリート面でのすべり係数を0.5（実験値）として引出し荷重を12t程度と算出した。しかし、既設ダム施工時に上下流方向へケーリングパイプが設置されており、その破断荷重も考慮して、最大引出し荷重40tで引出し可能な架台と電動チェーンブロックを設定した。今回の施工においては最大のもので、長さ7m・重量45tのブロックを引出し荷重24tで引き出した。

（c）貫通部（呑口部）

平成29年12月までにコンクリートブロックの引出しを完了させ、平成30年1月から貫通部の施工を行った。貫通部は、通し孔を開けワイヤーソーで周囲を切断したが、壁面とのクリアランスがないため写真-5のように分割して引き出しを行った。貫通後の写真を写真-6、7に示す。また呑口部は、写真-8のように上流側からコアボーリングにて連孔削孔し矩形に成形した。



写真-7 貫通後（坑内）



写真-8 貫通部（呑口部）



写真-5 貫通部引出状況

（4）壁面切削

前述した連孔スリット掘削方式で施工した壁面は、コアボーリングの連孔により波型状になっており、またワイヤーソー切断した面は滑面になっているため、壁面の整形と配管後に施工する充填コンクリートの付着をよくするためにチッピングを行った。

従来機では、切削機のアタッチメントが取り付け可能なベースマシンは0.25 m³級バックホウとなるが、それではこの狭隘な坑内に収めるのは不可能であった。また有人機だと切削面が近く、跳ねたコンクリー



写真一 9 無人施工機械



写真一 10 小型回転式切削機

ト片がオペレーターに当たる恐れがあり、安全性に懸念があった。そこでスウェーデン製無人施工機械(W: 1.0 m L: 2.5 m H: 1.5 m 重量: 1.6 t)を導入した(写真一 9)。以下に無人施工機械の特徴を示す。

- ・キャビン等が不要でコンパクトなサイズのため、狭隘部での施工が可能である。
- ・小型の割に強力な油圧システムを採用しており、従来の同サイズの機械では扱えないアタッチメントが使用できる(0.07 m³ 級バックホウサイズで 0.25 m³ 級バックホウサイズのアタッチメントの装着が可能)。
- ・アウトリガーを張ることにより、強力な掘削性能の反力を確保できる。
- ・リモコン操作によりオペレーターが離れた場所から操作可能で、ハツリ作業による飛石や上部からの崩落の恐れのある場所でも安全性が確保される。
- ・オペレーターが搭乗しないため、振動機械作業使用時の振動障害を防ぐことができる。
- ・電動モータ駆動方式で、騒音が小さく、排ガス等の発生もないため、作業環境が改善される。

実際に切削を開始すると、オペレーターが機械に搭乗しないため、切削時に飛散する飛石等に接触することがなく、坑内部での施工でも安全に対するリスクが回避でき、今後の狭隘部施工でも使用できることが証明できた。

無人施工機械のアタッチメントには、コンパクトな施工機械に対応できる小型回転式切削機を使用した(写真一 10)。写真一 11～14 に施工状況写真を示す。こちら重量が 130 kg と軽量なため、今回の使用機械に装備できるよう接合部を改造し使用した。しかし、切削性については、コア削孔時に確認した高強度の骨材が想定以上に密に入っていたため、小型切削機的能力を超えてしまい、切削能力が計画では 1.0 m³/h (既設ダムコンクリート強度 24 N/mm) に対し 0.2 m³/h



写真一 11 底盤切削状況



写真一 12 坑内配置状況



写真一 13 側壁切削状況



写真—14 切削完了（呑口部）

と著しく低下し、工程遅延の恐れがあるため昼夜施工で対応し完了させた。また、ビットやドラム部分が骨材の硬度に耐え切れず、磨耗や破損が多く、高強度岩等に合わせた小型回転式切削機の開発が課題となった。

3. おわりに

現在、堤体削孔部は坑内に放流管（別途施工）を設置して充填コンクリートを打設し、閉塞工を終了した。ダム湖の水位も回復し、放流管呑口部の上部まで湛水しているが、閉塞部の上流からの漏水もなく、高度な品質を確保できている。

五十里ダム施設改良工事は、他の躯体工事を継続施工中であり、狭隘で峻険な作業環境であるが、今後も安全管理・品質管理を徹底し、無事故・無災害で鋭意進めていく所存である。

当工事は、狭隘な断面での施工と、仮締切等の大掛かりな仮設備を使用せず非出水期内に堤体削孔・閉塞

を完了させるという厳しい条件下での施工であったが、技術面・安全面・品質面の数々の課題を克服し、非出水期内の施工を完了することが出来た。

今後、既設ダムの再開発事業の増加が見込まれる中、当工事の施工実績が参考となれば幸いである。

謝 辞

五十里ダム施設改良工事にあたりまして、五十里ダムの管理者であり、発注者である国土交通省関東整備局鬼怒川ダム統管理事務所の関係者の皆様と関連施工協力会社の皆様にご指導・ご協力いただきありがとうございました。誌面をお借りして感謝の意を表します。

J C M A

【筆者紹介】

金木 洵太朗（かねき じゅんたろう）
大成建設㈱
関東支店 土木部
H28 五十里ダム施設改良工事業務所
主任



大西 仁志（おおにし ひとし）
大成建設㈱
関東支店 土木部
H28 五十里ダム施設改良工事業務所
課長



平山 哲也（ひらやま てつや）
大成建設㈱
本社 土木本部 機械部 機械技術室
課長



高欄の更新技術

西山 宏一・川口 昇平・三澤 孝史

都市高速道路では、供用期間が40年を超えて劣化および損傷が進んだコンクリート製剛性防護柵の更新が課題となっている。そこで、高速道路の路側の車両用剛性防護柵を対象に、早期に機能回復が可能な高欄更新技術の開発を行ったので紹介する。この技術は大きく2つの要素技術で構成される。ひとつは、養生期間が不要で、施工性に優れたプレキャスト型の剛性防護柵であり、都市高速道路で必要とされるSB種の要求性能を満足する。もうひとつは、無水ワイヤーソーを用いて鉛直・水平方向の同時切断を実現し、既存の剛性防護柵を短時間で撤去する技術である。この2つの技術により、老朽化が進む剛性防護柵に対する迅速な更新が可能となり、結果として車両衝突時の安全性向上に寄与できることを期待する。

キーワード：プレキャスト、剛性防護柵、車両衝突試験、無水ワイヤーソー、機械化、SB種、更新

1. はじめに

我が国の高速道路の多くは高度経済成長期に建設され、供用期間が40年を超える構造物が増え、経年劣化は進行し補修や更新等が必要となっている。高速道路高架橋の車両用防護柵も例外ではない。「防護柵」の目的は、主として進行方向を誤った車両が路外、対向車線または歩道等に逸脱するのを防ぐとともに、車両および乗員が受ける衝撃力を最小限にとどめて、車両を正常な進行方向に復元させることとある。しかし、経年劣化や繰り返しの損傷等により、所要の機能を果たさなくなったとき、特に都市部では大きな災害につながるリスクが高くなる。このような所要の性能を満たさなくなった車両用防護柵を補修更新するには、施工ならびに養生期間に応じた長期にわたる車両の交通規制が必要となるが、流通や緊急輸送路として都市部の交通網の重要性はますます高まっており、通行止めなどの交通規制による社会的影響が大きくなっているため、道路管理者等からは既存の高架橋を供用しながらの劣化した箇所のみを更新する技術や工期短縮につながる技術などが求められている。このような技術によって、交通規制による経済損失とインフラのライフサイクルコストを低減することも可能となる。この部分更新技術の一つとして、高速道路高架橋の車両用防護柵に適用できる早期施工が可能なプレキャスト型の剛性防護柵（以下、PCa高欄）および既設の剛性防護柵を交通規制帯の狭隘な作業スペースでも迅

速な撤去を可能とする無水ワイヤーソーによる切断装置を開発した。なお、本PCa高欄は、劣化した既設防護柵の更新、交通事故による防護柵の損傷時の取り替えに加え新設構造物への適用を目指して開発したものである。

本報では、開発したPCa高欄と切断装置の性能確認試験及び実証施工の結果について報告する。

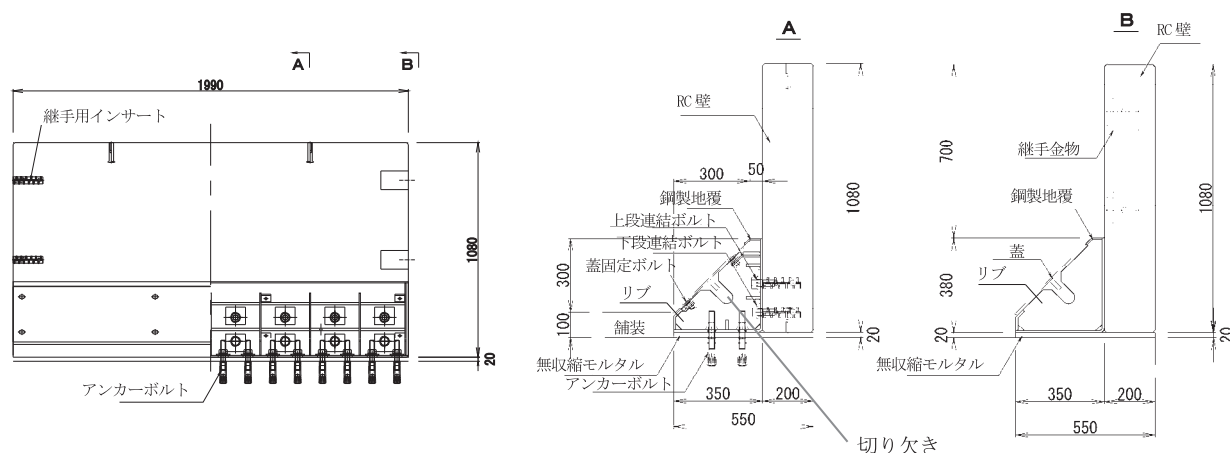
2. PCa高欄

(1) PCa高欄の概要

開発したPCa高欄の概要図を図1に示す。PCa高欄は、厚さ200mmのRC製の直壁（以下、RC壁）と鋼製の地覆（以下、鋼製地覆）により構成されている。RC壁と鋼製地覆は上下2段の連結ボルト（16本）により一体となっている。床版へは鋼製地覆を金属系アンカーにより固定する。このPCa高欄の特徴を以下に示す。

- i. 想定される衝突荷重に対しては、地覆のリブが弾性変形することで、車両および乗員が受ける衝撃力を緩和する。
- ii. 想定よりも過大な荷重に対しては、地覆のリブが降伏することでRC壁の損壊を防ぎ、車両の路外への逸脱を防ぎつつ、衝撃荷重を緩和し、床版の損傷を低減する。

PCa高欄1基の長さは、設置、運搬の取り扱い易さ（長さ、重量（約1.5t））を考慮して2mとした。隣接す



図－1 PCa 高欄の概要図

るPCa 高欄は、継ぎ目の段差の発生を防ぐためRC 壁間をボルトにより連結している。PCa 高欄の耐力および変形性能は、鋼製地覆のリップの板厚および切り欠き深さを調整することによって設定することができる。

(2) 車両衝突試験

車両用防護柵は道路区分や設計速度、区間の別により表－1 のように分類される¹⁾。今回開発したPCa 高欄は、高速道路に適用可能な車両用剛性防護柵の種別：SB 種の性能とした。SB 種の性能を確認するためには、実車両を用いた車両衝突試験による性能評価を受ける必要がある。以下に(財)土木研究センターに委託実施した、車両衝突試験（性能評価）の概要と結果を示す。

(a) 試験概要

国土交通省国土技術政策総合研究所の衝突実験施設

において、PCa 高欄が剛性防護柵の種別：SB 種の性能を有することを確認するため、以下に示す試験条件 A, B の実車両による車両衝突試験を実施した。

試験条件 A（大型車）：

車両質量 20.0 t, 衝突速度 75 km/h, 衝突角度 15°

試験条件 B（乗用車）：

車両質量 1.0 t, 衝突速度 100 km/h, 衝突角度 20°

車両衝突試験の測定項目を表－2 に示す。写真－1 に試験条件 A 用の PCa 高欄設置状況を示す。試験条件 A では PCa 高欄を 12 基（全長 24 m）、試験条件 B では 6 基（全長 12 m）を使用した。試験条件 A, B とも、PCa 高欄の弱部と想定される RC 壁端部を車両の計画衝突点としている。

(b) 試験結果

写真－2, 3 に試験条件 A, B の車両衝突試験状況

表－1 防護柵種別の適用区分¹⁾

道路の区分	設計速度 (km/h)	一般区間		重大な被害が発生する おそれのある区間		新幹線などと交差 または近接する区間	
		種別	衝撃度 (kJ)	種別	衝撃度 (kJ)	種別	衝撃度 (kJ)
高速自動車国道 自動車専用道路	100 以上	A	130	SB	280	SS	650
	80 以上						
	60 以下			SC	160	SA	420
その他の道路	60 以上	B	60	A	130	SB	280

表－2 車両衝突試験の測定項目

測定項目		条件区分	評価項目	
車両の逸脱 防止性能	防護柵の強度性能	A	防護柵の損傷	・大型貨物車が突破しない強度を有すること
	防護柵の変形性能	A	剛性防護柵の塑性変形	・主たる部材に塑性変形が生じないこと
乗員の安全性		B	車両重心加速度	・10 ms 移動平均が 200 m/s ² /10 ms 未満であること
車両の誘導性能		共通	車両の挙動	・車両は防護柵に衝突後、横転等を生じないこと
			離脱速度	・離脱速度は衝突速度の 6 割以上であること
			離脱角度	・離脱角度は衝突角度の 6 割以下であること
構成部材の飛散防止性能			部材の飛散状況	・車両衝突時に防護柵の構成部材が大きく飛散しないこと



写真一 1 PCa 高欄設置状況 (試験条件 A)



写真一 2 車両衝突試験状況 (試験条件 A)



写真一 3 車両衝突試験状況 (試験条件 B)

を示す。試験条件 A では、試験状況を記録したビデオ等により、大型車は左前輪が地覆に乗り上げ、左バンパー、フェンダーおよび前輪の順で PCa 高欄の RC 壁に衝突した。その後、車両は左車輪が地覆に乗り上げながら PCa 高欄に沿って進むとともに向きを変

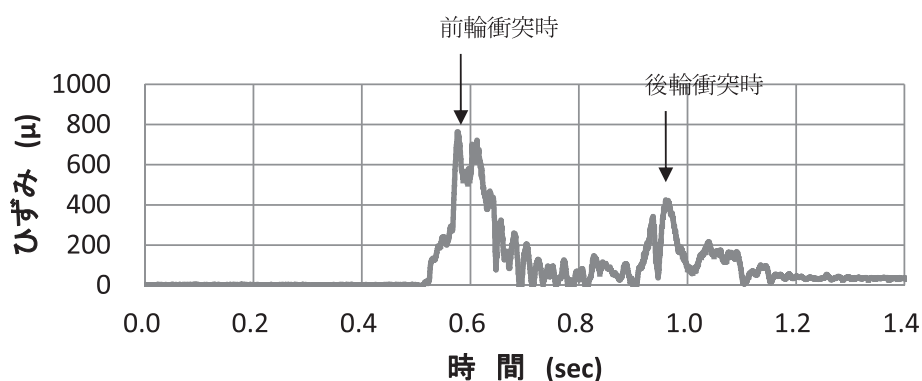
え、車両後部および後輪が衝突した。PCa 高欄との接触後、車両は路外に逸脱することなく、かつ横転することなく路内に適正に誘導された。また、大型車の衝突に対し PCa 高欄の部材の飛散はなく、主要部材に塑性変形は生じなかった。

図一 2 に、試験条件 A における PCa 高欄の鋼製地覆のリップのひずみ計測結果の一例を示す。横軸は計測開始からの時間を示している。ひずみの計測波形には、車両の前輪が PCa 高欄に衝突した時点と、後輪が衝突した時点における 2 つのピークが見られる。車両前部が衝突することによりエネルギーを消費した結果、車両後部が PCa 高欄に衝突した際のひずみは車両前部の衝突時に比べ小さくなったものと考えられる。また、その他の地覆のリップのひずみも全て 1000μ を下回り、弾性範囲内であった。

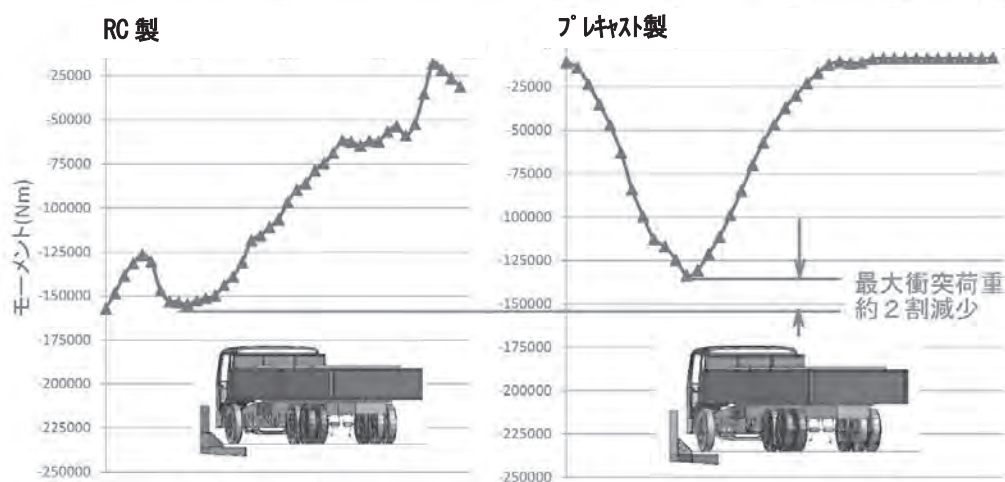
試験条件 B では、乗員の安全性の評価項目である車両重心加速度は $200 \text{ m/s}^2/10 \text{ ms}$ 未満であり、所要の性能を満足した。車両の挙動、離脱速度、離脱角度で評価する車両の誘導性能および部材の飛散防止性能についても条件 A、B とも所要の性能を満たした。以上のように、試験条件 A、B ともに、試験の全ての評価項目を満足し、直壁型の剛性防護柵では、初めてとなる SB 種の性能を有することが確認された。

(3) 解析による緩衝性能の確認

剛性防護柵性能確認試験の試験条件 A を対象に、剛性防護柵および床版をモデル化した 3 次元 FEM による衝突解析により、車両衝突時の床版への影響を検討した。解析ソフトは、衝突・衝撃シミュレーションに実績のある構造解析プログラム PAM-CRASH (動的陽解法) を使用した。解析結果を図一 3 に示す。解析結果より、既存の剛性防護柵に比べ、PCa 高欄では床版に作用する最大衝突荷重が約 2 割低減し、車両衝突時における床版への緩衝性能を有することを確認した。



図一 2 PCa 高欄の鋼製地覆のリップのひずみ



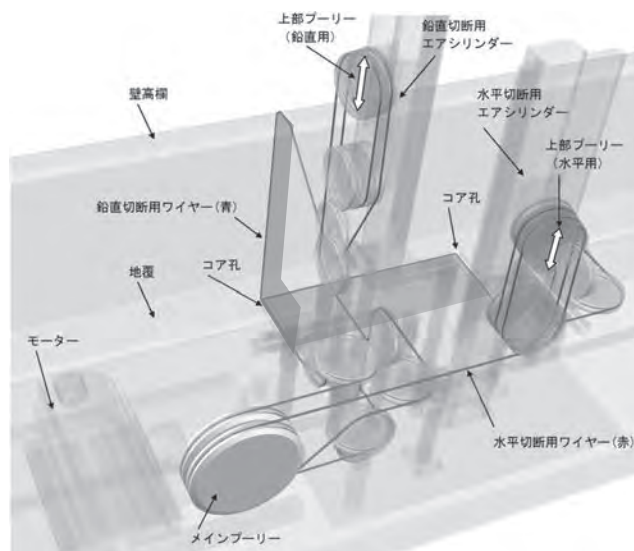
図—3 衝突シミュレーションによる床版作用モーメント比較

3. 無水ワイヤーソーによる2面同時切断装置

(1) 切断装置の概要

開発した切断装置は、無水ワイヤーソーにより剛性防護柵の水平面と鉛直面を同時に切断できる。一般的なワイヤーソーによる切断では、湿式のワイヤーソーが用いられるが、切断作業時の周囲への水の飛散および排水処理を避けるため、水を全く使わない無水ワイヤーソーを採用した。図—4に本装置による水平、鉛直面の切断概念図を示す。開発した幅2mのPCa高欄を設置するために、2.0～2.5m程度の間隔で鉛直面2面および水平面を同時切断できる装置の開発を行った。切断幅を2mと想定すると、一つの鉛直面の切断面積に対して水平面の切断面積が4倍程度になり、同時切断すると切断時間に大きな差を生じる。そこで、水平と鉛直の切断完了時間の差（待ち時間）を小さくするために、水平面は中間にコア孔を設け、切断面をコア孔の左右で分割する方針とした。そして、水平切断面と鉛直切断面に用いる各ワイヤーは、1箇所のコア孔を共有して通す方法を採用した。

図—5に切断装置の概要図を示す。今回製作した切断装置は、1台のモーター（7.5kW）およびメインプーリー1基により、複数のプーリーを介して水平切断用および鉛直切断用ワイヤーを回転させる。水平お



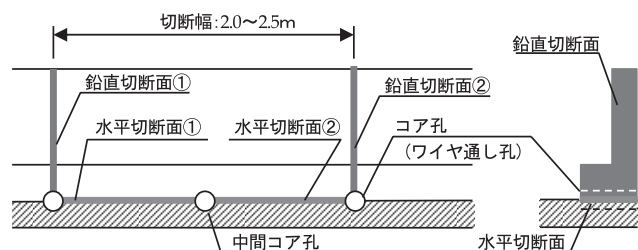
図—5 切断装置の概要図

よび鉛直切断用ワイヤーには、エアシリンダーにより上部プーリーを上昇させることにより、張力をかける機構となっている。この切断装置を用い、図—4に示す左半分の水平切断面①と鉛直切断面①の2面を同時に切断する。同様に右半部の水平切断面②と鉛直切断面②の2面同時切断を行い、左右から同時に施工することで約2mの壁高欄を最小限のサイクルタイムで切断することができる。

(2) 性能確認試験

(a) 試験概要

図—6に示す実物大の剛性防護柵の試験体を製作して、切断装置の性能確認試験を実施した。防護柵の配筋は実構造物と同様とした。コンクリート強度は呼び強度 24 N/mm^2 、防護柵部の鉄筋は D13 (SD295A) を使用した。実施工では、ワイヤーを通す孔は、予め開けておくのが一般的なため、事前にコア削孔（φ



図—4 水平、鉛直面の切断概念図

(3) 実証施工

門型柱設置工事で高速道路高架橋の中央分離帯にアンカーフレームを設置するため、剛性防護柵を部分的に撤去する必要があり切断装置を適用した。切断範囲を図—8に示す。水平切断位置が舗装面から380 mm上方にあるため、切断装置を架台に載せて施工した。切断手順は撤去ブロックが縦800 mm、横700 mmと小さく独立しているため、2断面切断①、②の施工後、鉛直切断①、②を行い撤去した。施工状況を写真—8に示す。切断撤去後の切断面を写真—9に示す。水平・鉛直の切断精度も良好であった。また、切断時における粉塵の漏れもなかった。2断面切断の作業時間を表—3に示す。2断面切断の作業時間は、面積に関係なく性能確認試験および実証施工ともに30分前後であった。課題は、切断以外の資機材搬入、移動、切断準備、片付け、搬出の作業時間を短縮することである。



写真—8 施工状況



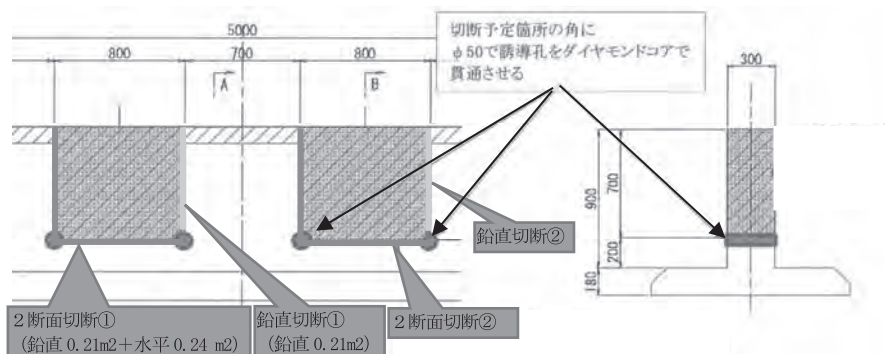
写真—9 切断撤去後の切断面

表—3 性能確認試験での作業時間

作業内容	作業時間	
	性能確認試験	実証施工
資機材搬入～切断準備完了	72 分	74 分
切断開始～切断完了 (1 回目)	46 分	32 分
移動～切断準備完了	52 分	47 分
切断開始～切断完了 (2 回目)	32 分	29 分
片付け～搬出	55 分	49 分

切断面積：性能確認試験 (水平 0.38 m^2 + 鉛直 $0.19 \text{ m}^2 = 0.57 \text{ m}^2$)

：実証施工 (水平 0.24 m^2 + 鉛直 $0.21 \text{ m}^2 = 0.45 \text{ m}^2$)



図—8 切断範囲

4. おわりに

施工性に優れたプレキャスト型の剛性防護柵の開発に取り組み、目標である高速道路高架橋に適用できる車両用剛性防護柵の種別：SB種の性能を有することを車両衝突試験により証明することができた。また、無水ワイヤーソーによる2面同時切断装置の性能を実物大の試験体を用いた切断試験および実証施工により確認することができた。今後、劣化した剛性防護柵の更新、修繕や新設への適用を目指していきたい。

謝 辞

最後に、本PCa高欄はIHI建材工業(株)との共同研究により開発に至ったものである。また、本切断装置の開発に当たっては、(株)アクティブの協力を受けた。両社の協力に謝意を表します。

J C M A

《参考文献》

- 1) (社)日本道路協会, 「防護柵の設置基準・同解説」, 2008.1

【筆者紹介】

西山 宏一 (にしやま こういち)
(株)奥村組
東日本支社 リニューアル技術部 技術課
課長



川口 昇平 (かわぐち しょうへい)
(株)奥村組
社長室 経営企画部 企画課



三澤 孝史 (みさわ たかし)
(株)奥村組
技術研究所 土木研究グループ
グループ長



壁やスラブのせん断補強を効率的に行う Tプレート工法

前 田 敏 也

阪神大震災以前の旧耐震基準で設計・施工されたボックスカルバートなどの壁やスラブは、せん断補強筋が少ないため、現行の耐震基準ではせん断耐力が不足する場合がある。これまでに鉄筋挿入等によってせん断補強が実施されている例もあるが、数十 cm 間隔で膨大な本数の鉄筋を挿入しなければならないため、施工性や工期、工費の面で課題がある。このような課題を解決するため、2～3 m 間隔で溝を切って T 型のプレートを挿入することにより、効率的にせん断耐力を向上させる補強工法 T プレート工法（以下「本工法」という）を開発し、性能確認試験を行った。その結果、鉄筋を用いた場合と同様のせん断補強効果が得られ、プレートの付着を考慮することで補強後のせん断耐力を評価できること等が明らかとなった。

キーワード：コンクリート構造物、面状部材、せん断補強、T 型プレート、施工性、効率化

1. はじめに

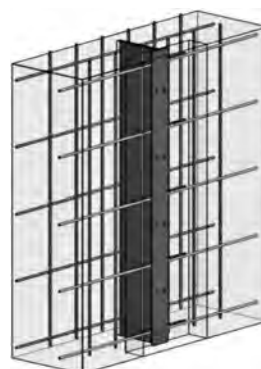
1995 年の阪神大震災以前の旧耐震基準で設計・施工されたボックスカルバートや擁壁などの面状構造物は、コンクリートの許容せん断応力度が高く設定されていたことや¹⁾、せん断力に対して有効に抵抗できる鉄筋が少ないため、現行の耐震基準ではせん断耐力が不足する場合がある。このため、コンクリートによる増し厚や鉄筋挿入等によるせん断補強が研究・実施されている例がある²⁾。しかし、内空断面が狭くなることや、数十 cm 間隔で膨大な本数の鉄筋を挿入するため、補強後の機能や施工性等の面で課題が残されている。

このような課題を解決するため、壁やスラブ等の面状部材に 2～3 m 間隔で溝を切り、T 型のプレートを挿入することによって部材のせん断耐力を向上させる工法を開発した。ここでは、本工法の補強効果や施工性を確認するために実施した各種の試験について紹介する。

2. 補強工法の概要

(1) 補強方法とその効果

図—1 に工法の概要を示す。本工法は、壁やスラブ等の面状部材の表面に 2～3 m 間隔で部材厚方向に幅 20～30 mm の溝を切り、その中に写真—1 に示す厚さ 6～9 mm 程度の T 型の補強プレート（以下「補強プレート」という）を挿入後、エポキシ樹脂を注入することに



図—1 補強工法の概要



写真—1 補強プレート

によってプレートをコンクリートと接着し、部材をせん断補強する工法である。従来の鉄筋挿入工法では、補強鉄筋 1 本の有効範囲が狭いために複数本の鉄筋で広い範囲のせん断力に抵抗していた。これに対し、本工法

では、エポキシ樹脂で接着された1枚の補強プレートの有効範囲が広いために1枚の補強プレートで広い範囲のせん断力に抵抗できる。その結果、施工箇所数が少なくなって施工性が向上するとともに、支障物があるために従来工法では補強できない場合等に有効である。

(2) 施工手順

本工法の施工手順を図一2に示す。

(a) 鉄筋探査

施工に先立ち、補強プレートと主鉄筋が干渉しないように挿入箇所近傍の鉄筋探査を、電磁波レーダー等の非破壊試験機を用いて行う。鉄筋挿入工法がほぼ全域を探査対象とするのに対し、本工法では補強プレートを挿入する箇所のみに探査範囲が限定されるため効率的である。

(b) 溝切り

鉄筋探査後、補強プレートを挿入するための溝切りをボーリングマシンやウォールカッター等で行う。溝の深さは背面側鉄筋の手前までとする。ウォールカッターは円弧状のため、溝の端部はボーリングマシンによる連続コア削孔を行う。溝切りの際には配力筋を切断するため、補強プレート挿入後にフレア溶接等によって配力筋を復旧する。

(c) はつり

補強プレート埋込みおよび配力筋の復旧のため、かぶりコンクリートを配力筋位置まではつる。

(d) 補強プレート設置

溝に補強プレートを挿入してアンカーボルトで固定する。補強プレートは人力で施工することを考慮して1枚当たり15～20 kg程度の重さに分割する。補強プレートのウェブには接着材となるエポキシ樹脂の充填性を向上させるための穴(φ 50 mm程度)や配力筋を復旧するための添筋を通す穴(φ 25 mm程度)が、またフランジには補強プレート固定用の穴(φ 10 mm程度)やエポキシ樹脂注入(φ 25 mm程度)

およびエア抜き(φ 10 mm程度)のための穴が設けられている。補強プレート設置後、エポキシ樹脂の注入孔およびエア抜き孔を設置する。

(e) 配力筋復旧

配力筋の位置に合わせてウェブに開けられた穴に添筋を貫通させ、フレア溶接や機械式継手等で配力筋と一体化させる。

(f) 断面修復

はつり部の断面修復をポリマーセメントモルタルや無収縮モルタルで行う。断面修復に先立ち、補強プレートおよびコンクリートのはつり面にプライマーを塗布して付着力を高める。

(g) 樹脂注入

溝の隙間にエポキシ樹脂を注入し、補強プレートをコンクリートと接着して一体化させる。

(3) 設計手法

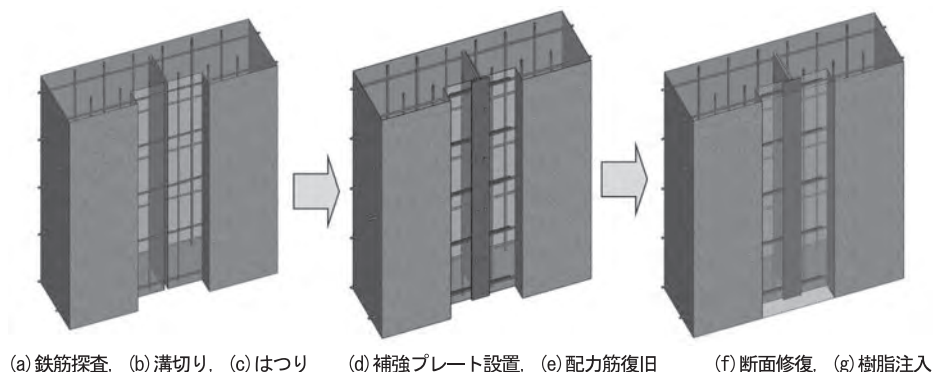
本工法で補強された部材のせん断耐力は、他の一般的な補強工法と同様に、補強前のコンクリートおよびせん断補強鋼材が受け持つせん断耐力に、補強材である補強プレートが受け持つせん断耐力を足し合わせて算定する。ここで、補強前の部材のせん断耐力は、「土木学会:コンクリート標準示方書[設計編]」³⁾に準じ、通常の鉄筋コンクリート部材のせん断耐力算定式を用いて算定する。一方、補強プレートが受け持つせん断耐力は、後述する補強プレートで補強した部材の載荷試験および鋼板の付着試験の結果から、以下の式により算定する。

$$V_{tyd} = V_{cd} + V_{sd} + V_{td} \quad (1)$$

ここに、 V_{tyd} : 補強プレートで補強された部材のせん断耐力

V_{cd} : 補強材を用いない部材のせん断耐力

V_{sd} : 既存の補強材により受け持たれる部材のせん断耐力



図一2 施工手順

V_{td} ：補強プレートにより受け持たれる部材のせん断耐力で式(2)による。

$$V_{td} = A_{tw} \cdot f_{ty} \cdot \gamma_t / 1.15 / \gamma_b \quad (2)$$

A_{tw} ：せん断ひび割れ近傍の補強プレートウェブの断面積で式(3)による。

$$A_{tw} = t \cdot d \cdot k \quad (3)$$

t ：補強プレートのウェブの厚さ (mm)

d ：部材の有効高さ (mm)

k ：補強プレートのウェブの孔による有効断面率で0.8とする。

f_{ty} ：補強プレートの設計降伏強度 (N/mm²)

γ_t ：補強プレートの付着により有効に抵抗できる寄与率で式(4)による。

$$\gamma_t = B_e / d \quad (4)$$

$$B_e = d - L_e \quad (5)$$

L_e ：補強プレートとコンクリートとの有効付着長で鋼板の場合250 mmとする。

γ_b ：部材係数で1.1とする。

補強プレートは、エポキシ樹脂によってコンクリートと接着、一体化されることにより、せん断力に抵抗する。したがって、補強プレートがはく離してコンク

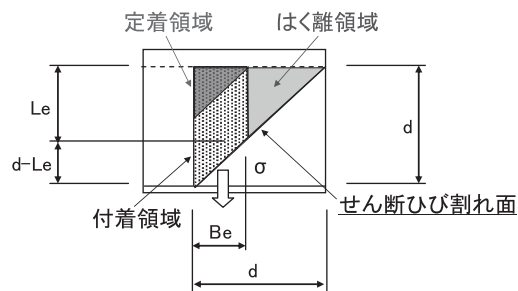


図-3 補強プレートのせん断抵抗機構

リートとの付着が確保できない領域では、補強プレートがせん断抵抗に寄与しない。ここで、補強プレートの付着特性について、後述する鋼板の付着試験や載荷試験の結果、厚さ4.5～9 mmの鋼板と圧縮強度30 N/mm²程度のコンクリートとの有効付着長を250 mmとした。これにより、せん断ひび割れ面から250 mm以上の深さを確保できる補強プレートのみがせん断に対して有効に抵抗できるものとし、その割合を式(4)に示す寄与率で表す。図-3に補強プレートのせん断抵抗の機構を示す。また、式(3)では、補強プレートのウェブに樹脂の充填性を向上させるための貫通孔が設けられているため、有効断面率を0.8とする。

3. 性能確認試験

(1) 補強した部材の載荷試験

本工法の補強効果を確認するために、スラブの載荷

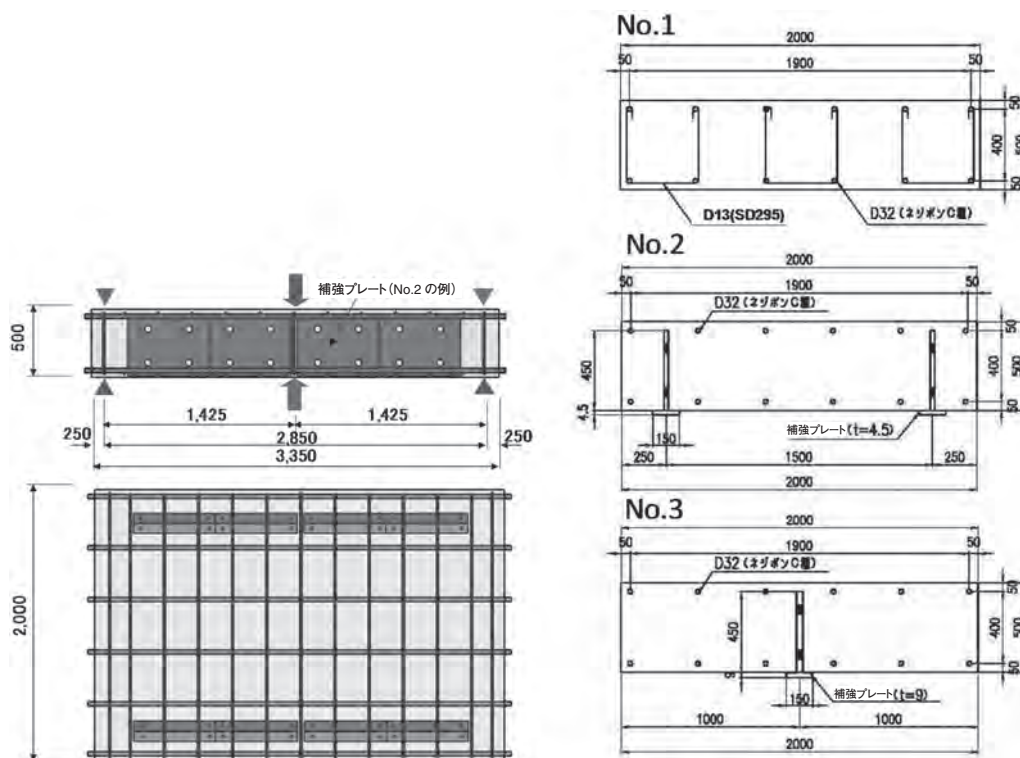


図-4 試験体の概要

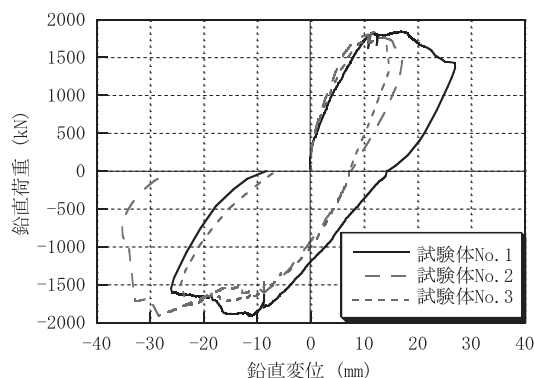
表—1 材料の物性

材料	材質	強度 (N/mm ²)
主筋 : D32	PC 鋼棒 C 種 1 号	1,167 (降伏)
せん断筋 : D13	SD295	387 (降伏)
補強プレート	SS400	285 (降伏) 421 (破断)
コンクリート	----	30 (圧縮)
樹脂	低粘度エポキシ	70 以上 (圧縮) 35 以上 (引張)

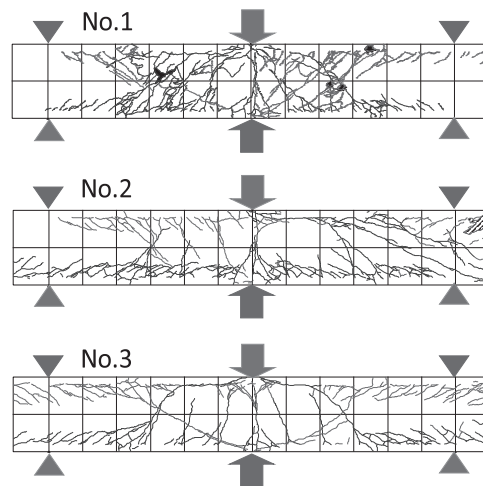
試験を行った。試験体の概要を図—4, 表—1 に示す。試験体は幅 2 m, 長さ 3.35 m, 厚さ 50 cm の実構造物の壁を模擬したスラブで, 主筋は D32 (PC 鋼棒 C 種 1 号) を 380 mm 間隔, 配力筋は D13 (SD295) を 250 mm 間隔で配置した。また, No.1 試験体は 6 本の D13 (SD295) のせん断補強筋を 250 mm 間隔, No.2 試験体は厚さ 4.5 mm の補強プレートを 2 列, No.3 試験体は厚さ 9 mm の補強プレートを 1 列配置してせん断補強を行った。ここで, 補強プレートは, 高さ 450 mm のウェブに幅 150 mm のフランジを溶接した鋼板 (SS400) で, 表面はブラスト処理後, エッチングプライマーを塗布した。補強プレートは, 曲げ耐力を向上させないように軸方向に 4 分割した。補強プレートの接着は, あらかじめウェブの両側にそれぞれ 5 mm 程度の隙間を箱抜きしておき, 型枠解体後, 隙間に鋼板接着用の低粘度エポキシ樹脂を注入して行った。コンクリートの圧縮強度は 30 N/mm² である。

荷重は, 支点間中央の 1 点集中荷重とし, 正方向に最大荷重まで荷重した後, 負方向に最大荷重まで荷重して試験を終了した。試験では, 荷重, 支間中央変位, 鉄筋および補強プレートウェブのひずみを測定した。

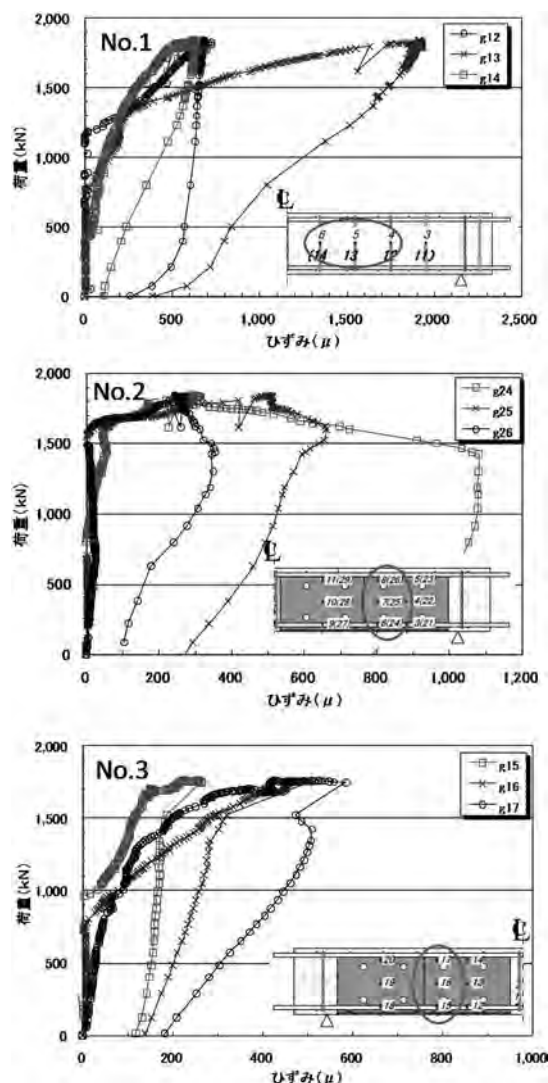
各試験体の荷重—変位曲線, ひび割れ状況および補強材のひずみの一例を図—5 ~ 7 にそれぞれ示す。試験体は, いずれも荷重 800 ~ 1,000 kN でコンクリートに斜めせん断ひび割れが発生し, その後ひび割れの伸展とともに試験体下面にひび割れが貫通してせん断



図—5 荷重—変位曲線



図—6 ひび割れ図



図—7 補強材のひずみ

破壊を生じた。また, せん断補強筋や補強プレートのひずみは, せん断ひび割れが発生した近傍から徐々に大きくなり, No.1 試験体ではせん断補強筋が降伏したが, No.2, No.3 試験体では補強プレートのひずみ

測定位置で鋼板の降伏に至らなかった。これは、設計式で安全側に設定したプレートの有効付着長が実際には250 mm よりも短く、有効に抵抗するプレートの面積が大きいことが原因の一つとして考えられる。ここで、最大荷重を比較すると、各試験体、正負方向ともほぼ同じ値となっており、補強プレートを挿入することによってせん断補強効果が得られることがわかる。また、No.2 試験体と No.3 試験体との比較から、補強プレートの厚みと本数、間隔を調整することによって、同じ補強量であれば同等の補強効果が得られると考えられる。

表—2 に最大荷重の試験結果と部材係数を1.0とした場合の計算結果との比較を示す。これらの結果から、No.2、No.3 試験体の実験値は、計算値に比べて5～15%程度大きいものの安全側の結果となっており、先に示した設計手法によって補強プレートが受け持つせん断耐力を評価することが可能であると考えられる。

(2) 鋼板の付着試験

補強プレートとコンクリートとの付着特性を明らかにするため、鋼板の付着試験を行った。試験体の概要を図—8 に示す。試験体は幅約15 mm の箱抜きを設けたコンクリートブロックに厚さ4.5 mm の鋼板 (SS400) を50 cm の深さまでコンクリートに挿入し、周囲にエポキシ樹脂を注入して鋼板を接着した。使用

した材料および鋼板の表面処理方法は荷重試験の場合と同様である。鋼板には、 $\phi 50$ mm の孔を125 mm および250 mm 間隔で設けたもの、先端にずれ止めとして $\phi 13$ mm の鉄筋を溶接したものを用いた。荷重はセンターホールジャッキを用いて鋼板を鉛直方向に引張り、荷重および埋込んだ鋼板の上、中央、下部 (深さ0、250、500 mm) のひずみを測定した。

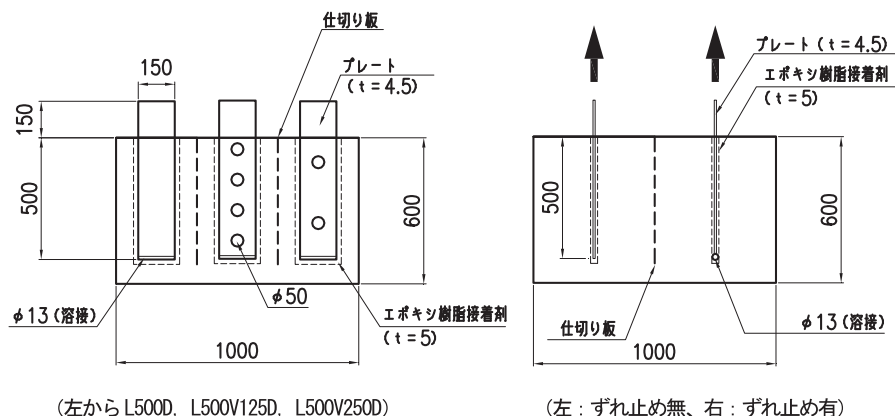
試験結果の一覧を表—3 に示す。鋼板は孔の間隔やずれ止めの有無にかかわらず、全てコンクリート表面近傍で破断した。これらの結果から、孔が無く有効断面積が大きいL500、L500Dを除いた最大荷重は210～230 kN と比較的近い値となった。また、図—9 に一例を示すように、鋼板のひずみは埋込み深さ250 mm までしか生じていない。測定間隔が250 mm であるため250 mm より上部のひずみ挙動が把握できていないが、鋼板降伏時のひずみ発生域は250 mm よ

表—3 試験結果一覧

試験体	定着長 (mm)	孔間隔 (mm)	ずれ止め	最大荷重 (kN)
L500	500	孔無し	無	257.0
L500V125	500	125	無	208.6
L500V250	500	250	無	217.5
L500D	500	孔無し	有	257.8
L500V125D	500	125	有	213.6
L500V250D	500	250	有	234.4

表—2 実験値と計算値との比較

試験体	計算値 (kN)					実験値 (kN)	実験値／計算値
	V _c	V _t = A _{tw} ・f _{ty} ・γ _t ／1.15			V _{ty}		
		A _{tw} (mm ²)	γ _t	V _t			
		正／負	正／負				
No.2	527.2	3,443	0.44	309.6	836.8	919/950	1.10/1.14
No.3	527.2	3,443	0.44	309.6	836.8	880/884	1.05/1.05



図—8 試験体の概要

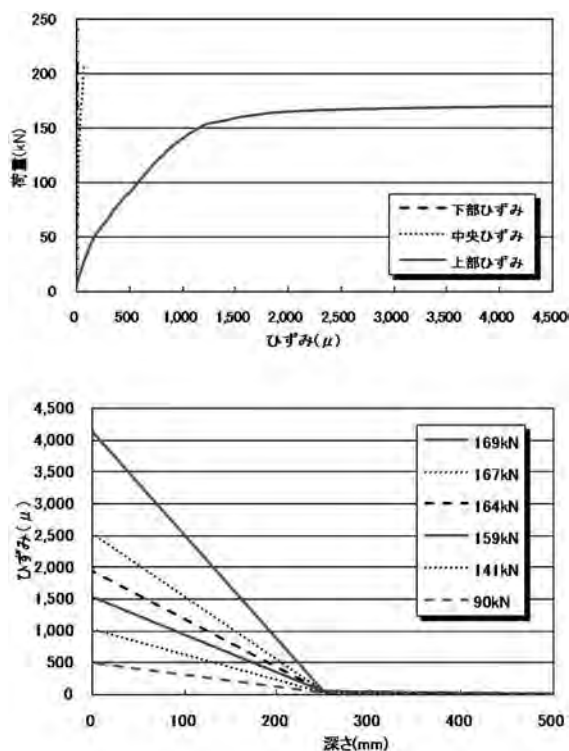


図-9 プレートのひずみ挙動

りも短いと考えられる。したがって、鋼板降伏時の有効付着長は安全側を見て 250 mm とする。

(3) 施工性確認試験

本工法の施工性について、ボックスカルバートの壁を模擬した高さ 3 m、幅 3 m、厚さ 50 cm の鉄筋コンクリート試験体を作製し、図-2 に示した施工手順で確実に施工ができることを確認した。配筋は主筋、配力筋とも D13 (SD295) を 250 mm 間隔、配力筋のかぶり厚は 50 mm、コンクリートの圧縮強度は 30 N/mm² である。補強プレートは厚さ 9 mm、フランジ幅 150 mm、ウェブ高 350 mm で、1 枚の長さを 50 cm (重量: 約 15 kg) とし、高さ方向に 5 段設置した。試験状況を写真-2 に示す。

(a) 溝切り

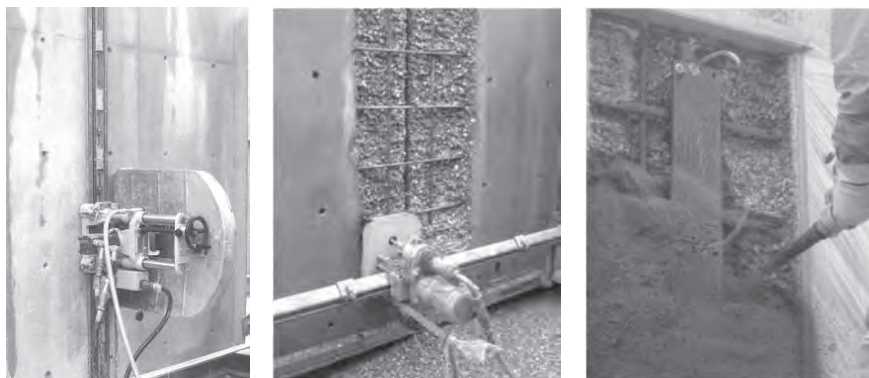
溝切りは、壁の表面にガイドレールを設置し、油圧式ウォールカッターを上下に移動させて行った。ウォールカッターの刃 (厚さ 6 mm) は浅い部分は φ 680 mm、深い部分は φ 1,180 mm の 2 種類を使用し、溝の深さは背面側の鉄筋を切断しないように 410 mm を目標とした。刃は 2 枚を同時に回転させて 2 列の溝を切り、溝の内側に残った薄板状のコンクリートをバールやピックではつり出して幅 24 mm の溝を形成した。実際の溝の深さは 410 ~ 420 mm であった。なお、壁の上下端はウォールカッターでは円弧状の未切断部が残るため、φ 30 mm のコアを連続削孔して溝を形成した。

(b) はつり

はつりは、水圧 2,400 bar、水量 38 ℓ/分のポンプを用いて斜角噴流単穴型のウォータージェット (以下、WJ) により行った。WJ は、水平、鉛直方向に設置したガイドフレームによって移動させ、目標はつり深さ 76 mm に対して実際の深さは 80 ~ 100 mm であった。また、はつり幅は、配力筋のフレア溶接長 (鉄筋径の 10 倍 = 130 mm 以上) を確保するため 600 mm 程度とした。なお、フレームの背面や端部のはつりは、電動ピックを用いて行った。

(c) 補強プレート設置、配力筋復旧

補強プレートを溝に挿入してアンカーボルト (M8) で仮固定し、補強プレートに切断した配力筋の位置をマーキングした後取りはずし、マーキングした位置にマグネットドリルを用いて φ 25 mm の添筋貫通用の穴をウェブに削孔した。この穴に添筋を通して補強プレートを再び挿入・固定し、添筋を配力筋とフレア溶接で一体化した。なお、補強プレートが溝の中心に設置できるように、ウェブの両側にスペーサーを設けて位置を調整した。



(a) 溝切り

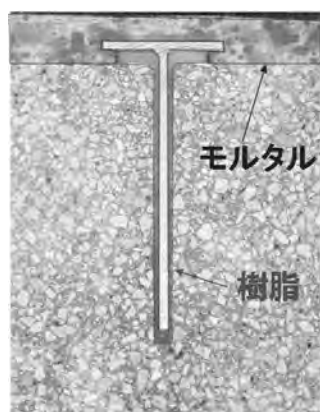
(b) はつり

(c) 補強プレート設置、(d) 断面修復

写真-2 施工試験状況

(d) 断面修復, 樹脂注入

補強プレートの最下部に注入孔, 上部に 50 cm 間隔でエア抜き孔を設置し, プライマー塗布後, 急結剤を添加したポリマーセメントモルタルの湿式吹付けにより約 100 mm の厚さを 1 回で断面修復した。断面修復後, 注入孔からエポキシ樹脂を電動ポンプを用いて注入し, エア抜き孔から樹脂が漏出するのを確認した。エポキシ樹脂は低粘度でほぼ水平な状態で充填されるため, 試験体を切断した結果, 写真—3 に示すように補強プレートと溝やはつり面との隙間への充填性は良好であった。



写真—3 樹脂の充填状況

4. おわりに

今回の試験で得られた主な結果を以下にまとめる。

- (1) 補強プレートの厚みや間隔を適切に設定することによって, 鉄筋と同様にせん断補強筋効果が得られる。
- (2) 鋼板厚 4.5 ~ 9 mm, コンクリート強度 30 N/mm² 程度の場合, 補強プレートとコンクリートとの有効付着長を 250 mm 程度とし, 付着特性を考慮することによって補強プレートが受け持つせん断耐力が評価できる。
- (3) 本工法における溝切り, はつり, 補強プレート挿入, 断面修復, 樹脂注入等の一連の流れは, 確実に施工が可能であり, 施工性の向上や工期短縮, 工費削減に有効である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 下部構造編, 1994.2
- 2) 例えば, 山村賢輔, 清宮理：開削トンネル擁壁部のせん断力に対する鉄筋差込による耐震補強方法, 土木学会論文集 No.777, pp.37-51, 2004.12
- 3) 土木学会：2017 年制定 コンクリート標準示方書 [設計編], pp.188-195, 2018.3

【筆者紹介】

前田 敏也 (まえだ としや)
清水建設㈱
土木技術本部 基盤技術部
担当部長



炭素繊維複合パネルを用いた コンクリート構造物の補修・補強工法

CF パネル工法[®]の開発とトンネル補修、柱耐震補強への適用

河村 圭亮・新藤 竹文・菅野 道昭

著者らは、狭隘部での人力施工および比較的短時間での施工が可能な工法として、炭素繊維シートを2枚のフレキシブルボードで挟み込んだ複合パネルを用いたRC部材の補修・補強工法「CFパネル工法」(以下「本工法」という)を開発した。本工法のトンネル覆工コンクリートの剥落防止工への適用について、押し抜き試験を実施して、NEXCO規定値を満足する剥落防止性能を有することを確認した。さらに、本工法のRC柱の耐震補強への適用について、柱試験体の正負交番載荷実験を実施し、従来の連続繊維シート巻立て工法と同等以上の耐震補強効果が得られることを明らかとした。

キーワード：炭素繊維シート、補修、補強、プレキャスト、トンネル、剥落防止、柱、耐震補強

1. はじめに

我が国では、高度経済成長期以降に集中的に整備された社会資本の老朽化が問題となっている¹⁾。社会資本の戦略的な維持管理を進めていくことが重要であり、各種コンクリート構造物の補修・補強工事が積極的に進められている。特に、地震大国である我が国では、各種の耐震設計基準が見直されてきており、現行の基準を満足しない既存不適格構造物の耐力や変形性能(靱性)の向上を目的とした耐震補強の重要性が強く叫ばれている現状にある。

補修・補強を行う上で、作業空間に制約を受けるために狭隘部での人力施工を余儀なくされる場合も多くある。このような施工条件において、炭素繊維やアラミド繊維等の連続繊維シートをコンクリート表面に接着させる工法^{2)~4)}が有効であるが、この種の繊維シート接着工法は、現地で樹脂含浸による接着作業を1層ごとに行う必要があるため、要求される補強効果が高いほどシートの積層数が多くなるため、樹脂含浸作業や硬化養生に要する日数が増加することが課題である。また、コンクリート表面を平滑にするための入念な下地処理や施工後の劣化を防止するための表面保護が必要である。

これらの施工面での課題を解決し、施工の効率化と工程短縮を可能とする補修・補強工法として、著者らは、プレキャスト化した複合パネルを用いる本工法を開発した。

ここでは、本工法の概要を紹介するとともに、本工

法のトンネル覆工コンクリート剥落防止工への適用事例、および、RC柱耐震補強への適用性について以下に詳述する。

2. 本工法の概要

CFパネル(以下「本パネル」という)は図-1に示す通り、炭素繊維シートを厚さ3mmのフレキシブルボード(JIS A 5430 繊維強化セメント板)の上でエポキシ樹脂により含浸・接着し、その上に厚さ3mmのフレキシブルボードを重ねて一体成形した3層構造の複合パネルである。1方向あるいは2方向に接合部を有する「本体パネル」とフレキシブルボードの片面のみに炭素繊維シートを接着した「接合パネル」から構成される。本工法は、本パネルをコンクリート

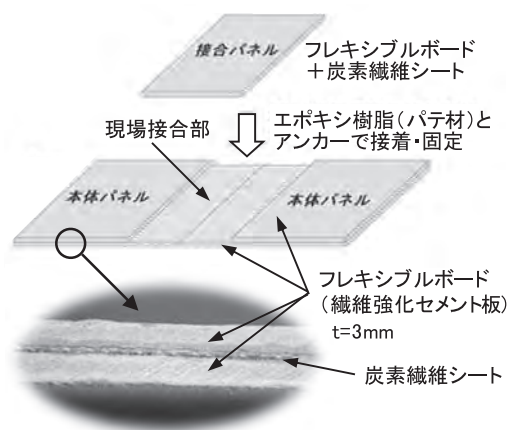


図-1 本パネル

構造物表面に設置し、パネルとコンクリートとの隙間に充填材として無収縮モルタルまたはエポキシ樹脂を注入して一体化させるものである。

本パネルは約 10 kg/m^2 と軽量であり、従来の繊維シート接着工法と同様に、重機を用いることなく人力での搬入・設置作業が可能である。そのため、本工法は作業空間に制約を受ける狭隘な場所での施工にも適する。また、樹脂含浸作業の大部分を予め工場で行うため、現地での含浸作業や硬化養生を必要とせず、繊維シート積層数が多いほど施工時間の短縮が可能である。夜間の短時間作業が求められる場合やできるだけ稼動休止時間を低減したい場合等、作業時間や工期に制約を受ける場合に特に有効な工法である。

3. トンネル覆工コンクリートの剥落防止工への適用

(1) 概要

トンネル覆工コンクリートの剥落防止の目的でトンネル内側から本パネルを接着させる。これにより、物理的にコンクリート片が落下しないようにして、第三者被害を防止するものである。なお、剥落防止工に用いる本パネルの繊維目付量は 200 g/m^2 程度を標準としている。

(2) 施工方法

トンネル覆工コンクリートの剥落防止工へ適用する場合の施工手順を写真—1に示す。

既設コンクリート表面の洗浄等の下地処理を行い、プライマーを塗布した後、仮固定用アンカーにて本体

パネルを取り付ける。本体パネルどうしの接合目地部は接合パネルを接着し、固定させる。パネル設置後、目地部および端部のシールを行い、予め設けた注入孔から充填材を注入して施工完了となる。

(3) 剥落防止性能の評価

コンクリート片の剥落に対する本パネルの抵抗性について評価するため、NEXCO 試験法 734「トンネルはく落防止用繊維シート接着工の押し抜き試験方法」⁵⁾ に準じた試験を実施した。使用した炭素繊維シートは、目付量 200 g/m^2 、2方向（1方向 100 g/m^2 ）のものである。評価したケースは、一般部（無収縮モルタル充填またはエポキシ樹脂注入）、接合部（エポキシ樹脂注入）の3ケースとした。

試験体中央部の変位 50 mm 以内の最大荷重を表—1に示す。いずれのケースも、無筋区間の小片剥落に対する最も厳しい規定値⁶⁾の 1.1 kN 以上を十分に上回る良好な結果が得られた。試験結果より、本工法で補強を行うことでコンクリート片の剥落に対して十分な抵抗性を有していることが検証できた。

(4) 延焼性能の評価

本パネルの表層は、不燃材のフレキシブルボードで覆われているが、中央の繊維シート層は可燃性のエポキシ樹脂を用いている。そこで、本パネルの延焼性、自己消化性について評価するため、NEXCO 試験法 738「トンネル補修材料の延焼性試験方法」⁵⁾ に準じた試験を実施した。使用した炭素繊維シートは、目付量 200 g/m^2 である。試験は、一般部と接合部の2ケースについて実施し、いずれも無収縮モルタルを充填した。



①本体パネル設置



②接合パネル設置



③充填材注入



④施工完了

写真—1 トンネル覆工コンクリートの剥落防止工に適用する場合の施工手順

表—1 押し抜き試験結果

ケース	パネル種類	注入材種類	変位 50 mm 以内での最大荷重 $P_{\max}$ (kN)				判定	判定基準
			No.1	No.2	No.3	平均		
Case-1	一般部	無収縮モルタル	8.83	8.51	9.50	8.95	合	1.1 kN 以上
Case-2	一般部	エポキシ樹脂	10.14	9.36	8.49	9.33	合	
Case-3	接合部	無収縮モルタル	8.46	8.57	6.91	7.98	合	

* 試験体は各ケース3体で実施

表一 延焼性試験結果

ケース	パネル種類	試験体	消炎 時間 (秒)	上端方向 延焼範囲 (mm)	判定
Case-1	一般部	No.1	2	93	合
		No.2	0	104	
Case-2	接合部	No.1	24	171	合
		No.2	25	114	
	判定基準		30 秒 以下	600 mm 以下	

消炎時間および上端方向延焼範囲を表一に示す。一般部、接合部のいずれも規定値⁶⁾を満足する結果が得られている。接合部は、一般部と比べて繊維シートの層数が多く、接合パネルもエポキシ樹脂で接着するため、一般部よりもエポキシ樹脂の使用量が多い分、消炎時間が長くなる傾向が認められる。

一般部、接合部に因らず、加熱開始後に早い段階で、加熱部の100 mm程度の範囲でフレキシブルボードの剥離は認められるが、いずれも規定値⁶⁾を満足していることから、本パネルは火災を受けた場合でも延焼を抑制する性能を有していると言える。

4. RC 柱の耐震補強への適用

(1) 概要

耐震補強では、変形性能（靱性）を確保するために設計上必要となる炭素繊維シート目付量が $1,000 \text{ g/m}^2$ 以上となる場合も多くあり、その分、シート積層数も多くなる。

本工法を適用する場合、図一に示すように予め工場にて柱形状に合わせてコの字型や半円形型に加工した本パネルを柱周囲に設置する。プレキャスト化により現地作業は大幅に軽減されるが、本パネルどうしの接合は現地での作業となる。そこで、接合部においても一般部と同等以上の性能が確実に得られる接合方法で、かつ複数層の繊維シートの一体化が比較的容易に作業できる新たな接合構造を開発した。

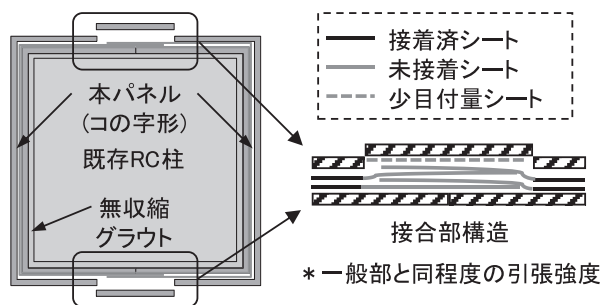
接合部引張試験結果の一例として、炭素繊維シート $600 \text{ g/m}^2 \times 2$ 層のものを図一に示す。接合部引張強度は $4,017 \text{ N/mm}^2$ （5体平均）で、使用した炭素繊維シートの規格引張強度（ $3,400 \text{ N/mm}^2$ ）を上回り、開発した接合部構造は一般部と同等以上の引張強度が得られることが分かる。

(2) 施工方法

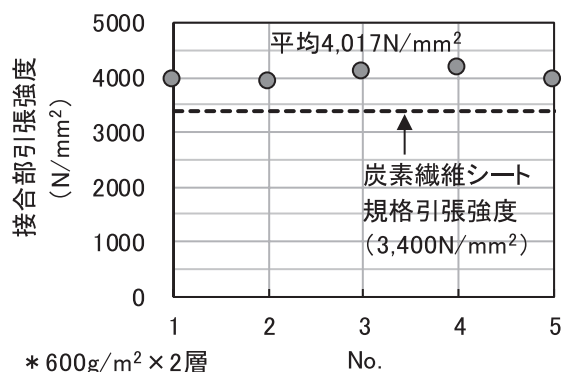
本工法をRC柱の耐震補強へ適用する場合の施工手順を写真一に示す。前述の接合部の施工方法以外は、トンネル覆工コンクリートの剥落防止工に適用する場合と同じである。

(3) 耐震補強効果検証試験結果

本工法による耐震補強効果について検証するため、鉄道高架橋の橋脚を実物大で模擬したRC柱試験体を用いて正負交番載荷実験を実施した⁷⁾。試験体は、無



図一 本工法の柱耐震補強への適用



図三 接合部引張試験結果



① 本体パネル設置



② 接合

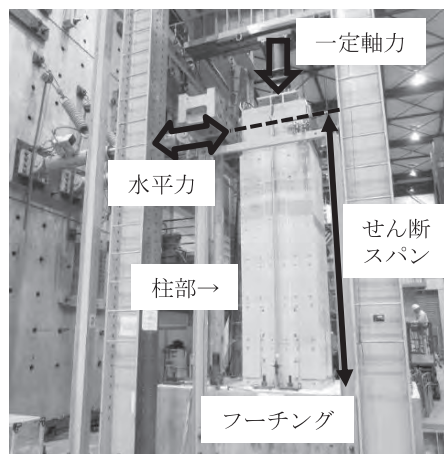


③ 充填材注入



④ 施工完了

写真一 柱部材の耐震補強に適用する場合の施工手順



写真—3 正負交番載荷実験状況

補強のものが1体、本パネルで補強したものが6体の計7体である。

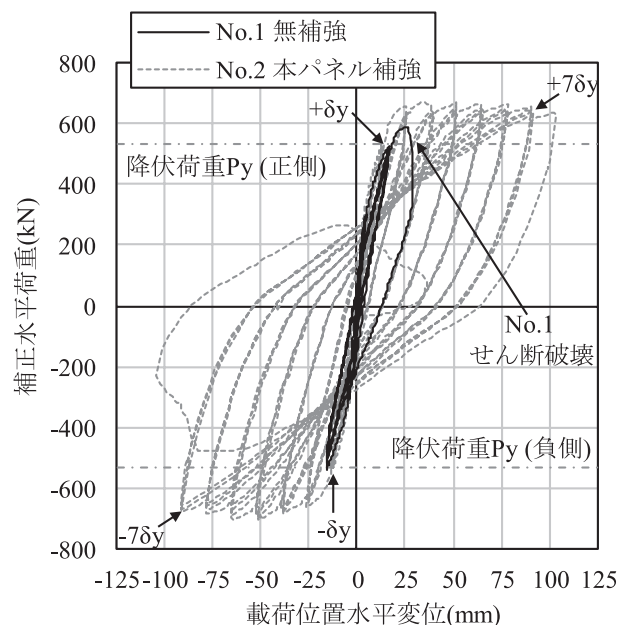
実験状況を写真—3に示す。水平力は引張縁軸方向鉄筋の基部のひずみが材料試験で得られた降伏ひずみに達するまで荷重制御により载荷した。降伏ひずみに達した時点の水平変位量を降伏変位 δ_y 、水平力を降伏荷重 P_y として、これ以降は正側・負側ともに δ_y の整数倍の変位量($\pm 2\delta_y$, $\pm 3\delta_y$, ...)で、各3サイクルの载荷を変位制御で行った。

柱断面寸法 600×600 mm, せん断スパン $a=2,050$ mm, せん断スパン比 $a/d=3.8$, 柱基部の軸応力度 $\sigma'_n=4.0$ N/mm², 帯鉄筋比 $p_w=0.079\%$ の条件で、補強の有無による比較を行った実験について以下に示す。No.1は無補強の試験体, No.2は目付量 300 g/m²の炭素繊維シートを2層内蔵した本パネルを基部から $1,800$ mmの区間に設置して補強した試験体である。

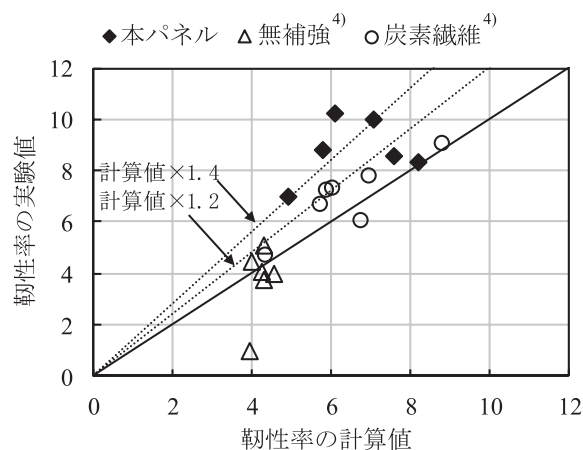
水平荷重に軸力による偏心モーメントを水平荷重に換算した分を加えた補正水平荷重と载荷位置における水平変位の関係を図—4に示す。

無補強のNo.1試験体は、 $\pm 1\delta_y$ のサイクルで柱部に複数の斜めひび割れが発生し、 $\pm 2\delta_y$ の1サイクル目で正負のいずれの载荷でも斜めひび割れが大きく開口するとともに荷重が急激に低下した。この時、帯鉄筋は降伏しており、これより大きい水平荷重に対する抵抗力が期待できず、破壊モードは曲げ降伏直後のせん断破壊と考えられる。

本パネルで補強したNo.2試験体は、軸方向鉄筋の降伏後、 $\pm 7\delta_y$ のサイクルまでは最大荷重程度の水平力を保持した。その後、 $+8\delta_y$ の1サイクル目でパネル接合部端部において炭素繊維シートが一部破断し、 $-8\delta_y$ の1サイクル目で同じ位置で炭素繊維シートが基部から高さ 600 mmまでの範囲で破断するとともに荷重が低下した。なお、本パネルで補強した他の



図—4 補正水平荷重—载荷位置水平変位関係



図—5 靱性率の計算値と実験値の比較

5体の試験体はいずれも最終的に基部の角部で炭素繊維シートが破断している。

No.1とNo.2の比較より、曲げ降伏直後にせん断破壊する諸元の試験体に対して、本パネルで補強することで曲げ破壊型モードに移行したことから、本工法による高いせん断補強効果が示された。

No.2試験体を対象に、各材料の実強度を用いて「連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針」(以下、補修補強指針)に示される式⁴⁾にて部材係数を 1.0 として算定した靱性率の計算値は $\mu=4.9$ である。荷重—変位関係の各3サイクル目の包絡線において降伏荷重を下回らない最大変位を終局変位 δ_u とし、 δ_u/δ_y より算出した靱性率の実験値は $\mu=7.0$ である。No.2試験体を含む本工法で補強した6体の実験、および補修補強指針に示される無補強と炭素繊維シート巻立ての実験⁴⁾について、靱性率の計算値

と実験値の関係を図-5に示す。ここで、実施した6体の主な実験条件の範囲は、柱断面寸法□600～900 mm, $\sigma'_n = 1.5 \sim 5.0 \text{ N/mm}^2$, $a/d = 3.0 \sim 5.0$ である。実験では、いずれも計算値と同等以上の靱性率が得られている。このことから、本工法における靱性補強効果は、既存の連続繊維シート巻立て補強を対象とした算定式を準用して評価できるものと言える。

5. おわりに

本パネルCFパネルは約 10 kg/m^2 と軽量であり、従来の繊維シート接着工法と同様に、重機を用いることなく人力での搬入・設置作業が可能である。そのため、本工法CFパネル工法は作業空間に制約を受ける狭隘な場所での施工にも適する。また、樹脂含浸作業の大部分を予め工場で行うため、現地での含浸作業や硬化養生を必要とせず、繊維シート積層数が多いほど施工時間の短縮が可能である。夜間の短時間作業が求められる場合やできるだけ稼働休止時間を低減したい場合等、作業時間や工期に制約を受ける場合に特に有効な工法である。

社会資本の老朽化が進む現在、維持管理のための補修・補強工事や、首都直下地震や南海トラフ地震の発生が懸念される中での耐震補強工事の需要は今後も益々多くなっていくと思われる。本工法が安全安心な国土形成に貢献できれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 国土交通省：平成28年度国土交通白書, pp.6-9, 2017.
- 2) 河村圭亮：連続繊維シートによる補修・補強工法, 建設機械, Vol.54, No.5, pp.57-64, 2018.5.
- 3) 河村圭亮：連続繊維シートを用いた鉄筋コンクリート部材の補修・補強に関する海外の研究事例, コンクリート工学, Vol.55, No.11, pp.1000-1007, 2017.
- 4) 土木学会：コンクリートライブラリー 101 連続繊維シートを用いたコンクリート構造物の補修補強指針, pp.23-32, 2000.
- 5) 東・中・西日本高速道路(株)：NEXCO 試験方法 第7編 トンネル関係試験方法, pp.50-51, 60-61, 2017.
- 6) 東・中・西日本高速道路(株)：トンネル施工管理要領, pp.14-16, 2015.
- 7) 河村圭亮ほか：炭素繊維複合パネルによる柱部材の耐震補強効果の検討, コンクリート構造物の補修, 補強, アップグレード論文報告集, 第17巻, pp.401-406, 2017.

【筆者紹介】



河村 圭亮 (かわむら けいすけ)
大成建設(株)
技術センター 都市基盤技術研究部 構造研究室
副主任研究員



新藤 竹文 (しんどう たけふみ)
大成建設(株)
技術センター 社会基盤技術研究部
荣誉研究員



菅野 道昭 (かんの みちあき)
成和リニューアルワークス(株)
工事統轄部 営業部 新規技術開発室
室長

プレキャストを利用した 老朽化栈橋のリニューアル技術

栈橋工事の生産性向上を目指して

池 野 勝 哉・伊 野 同

老朽化した栈橋上部工の全面改修として、プレキャスト上部工を利用した急速施工を行った。既設鋼管杭の上方で切断し、継鋼管杭を挿入して無収縮モルタルによる一体化を図ったのち、あらかじめ陸上で製作したプレキャスト上部工を大型起重機船で一括架設する方法である。これにより、海上工事が短縮されると同時に、上部工を陸上製作するため安全性および品質向上を図ることができ、指定された栈橋施設の供用停止期間内に工事を完了することができた。

キーワード：上部工，プレキャスト，海上工事，工期短縮，全面改修

1. はじめに

高度経済成長期に建設された膨大なコンクリート構造物が維持管理の時代を迎えている。とりわけ港湾構造物は、厳しい自然条件下に置かれることから、材料の劣化、部材の損傷、沈下等の変形により、供用期間中に性能低下する場合が多い。図-1に栈橋の標準断面図を示す。栈橋は、鋼管杭とRC上部工により構成されるラーメン構造であり、上部工下側に位置する飛沫帯では、塩化物イオンによる鋼管杭の腐食およびRC上部工の劣化が生じ易い。一般に、鋼管杭では犠牲陽極による電気防食や防食被覆塗装による対策がなされおり、問題となるのは上部工の塩害によるひび割れがほとんどである。栈橋上部工の補修対策は表-1に示すように、外観上の劣化度ごとに表面被覆やひび割れ修復、断面修復、部分的な改修、全面改修などの方法¹⁾がとられているが、陸上構造物とは異なり波浪や潮位等の影響を受けて作業時間が制約されることが、作業環境が狭隘であることを考慮しなければならない。したがって、劣化した上部工の補修対策では多くの労力と期間を要し、特に全面改修では栈橋施設の供用停止が長期間にわたる場合が多い。この様な工事において、栈橋上部工のプレキャスト施工は有効な手段として期待される。上部工をプレキャスト化することで、海上工事における足場・型枠支保・鉄筋・コンクリート打設といった一連の作業が省力化できるため、コンクリート構造物の品質向上や安全性の確保の他、急速施工により施設の供用停止期間を短縮することが可能である。

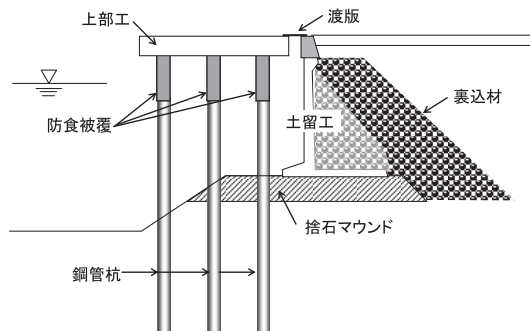


図-1 栈橋の標準断面 (文献¹⁾に加筆)

表-1 栈橋上部工の劣化度別の補修・補強工法 (文献¹⁾)

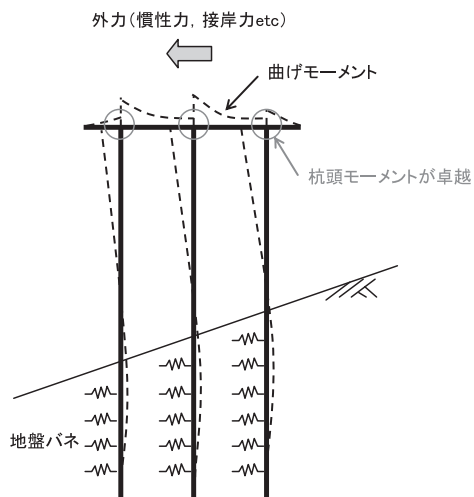
劣化度	工法例
d	表面被覆，電気防食
c	表面被覆，電気防食，断面修復
d	表面被覆，電気防食，断面修復，部分的な改修
a	補強，全面改修

本稿では、栈橋上部工をプレキャスト化する上で技術的課題となる杭頭接合部について概説し、鞘管方式による接合方法を示す。また、老朽化した接岸ドルフィン上部工の全面改修として、プレキャストを利用した急速リノベーション施工例を紹介する。

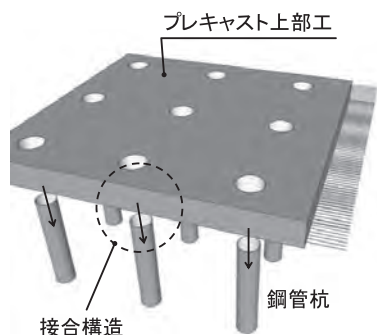
2. 栈橋上部工のプレキャスト化

(1) プレキャスト化による技術的課題

栈橋は海中に突出した鋼管杭と上部工のラーメン構造であり、水平方向の外力に対して杭頭モーメントが最も卓越する(図-2)。現行の港湾基準²⁾では、こ



図ー2 栈橋の杭頭モーメント

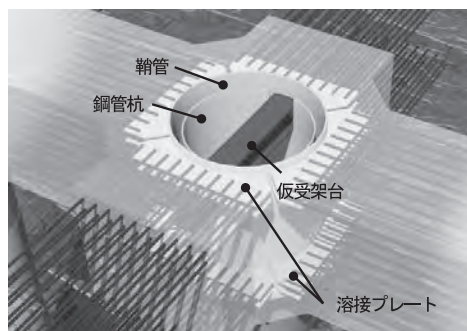


図ー3 プレキャスト上部工の架設

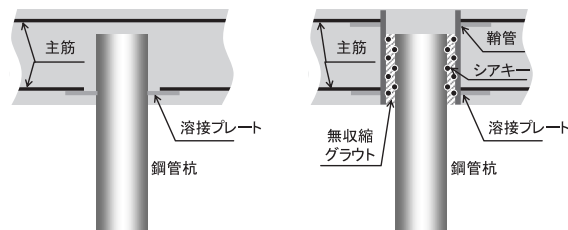
の杭頭部を剛結とした条件で設計がなされるため、プレキャスト上部工と鋼管杭との杭頭接合構造は技術的課題と言える（図ー3）。

(2) 鞘管方式による杭頭接合

ここでは、新設工事を想定した鞘管方式の杭頭接合方法を紹介する。鞘管方式は、栈橋上部工のプレキャスト製作時に予め鋼管杭よりも径の大きな鞘管を埋設し、鞘管に溶接されたプレートを介してRC梁の主筋と接続している（図ー4）。鞘管径は鋼管杭の平面的な打設精度 $\pm 100\text{ mm}$ を考慮して、鋼管杭よりも $200\sim 300\text{ mm}$ 程度大きいものを選定し、鋼管杭との間隙



図ー4 鞘管方式の概要図



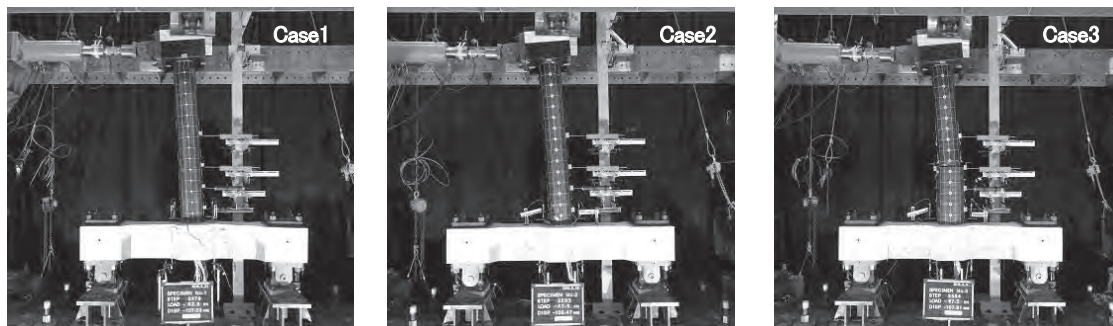
(a) 従来方式（現場打ち） (b) 鞘管方式（プレキャスト）

図ー5 杭頭接合の模式図

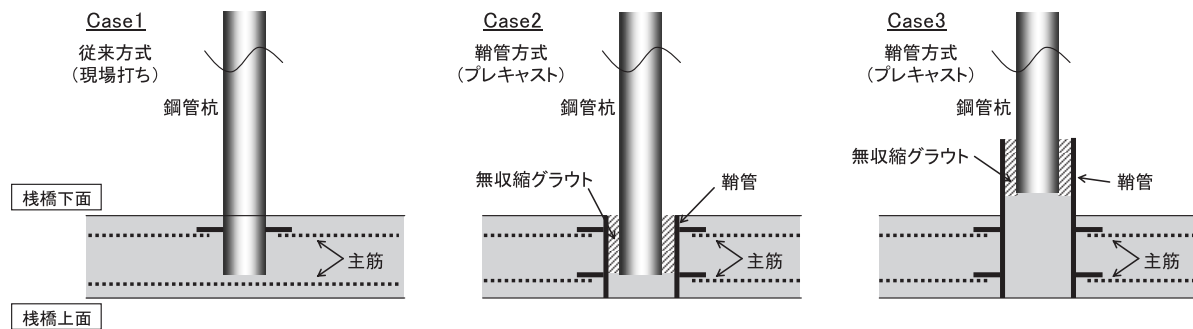
に無収縮グラウトを充填して杭頭部の一体化を図る。図ー5に（a）従来方式（現場打ち）と（b）鞘管方式（プレキャスト）による杭頭接合について模式図を示す。鞘管方式では、鋼管杭に作用する曲げモーメントが偶力として鞘管およびRC梁に伝達する。

3. 杭頭接合部の構造性能

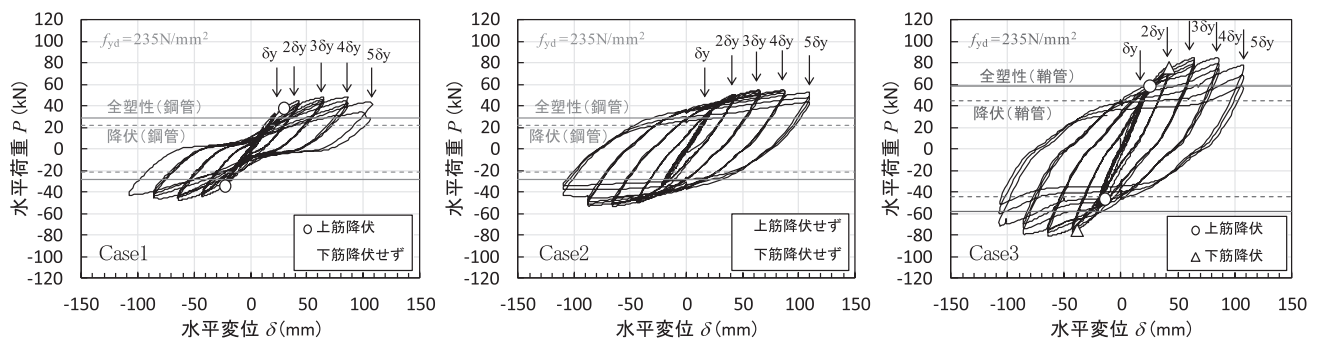
杭頭接合の構造性能を把握するため、実栈橋の鋼管杭 ($D=1.4\text{ m}$) を含むRC梁 ($B=1.4\text{ m}$, $H=1.8\text{ m}$) の1スパン ($a=5.0\text{ m}$) を概ね縮尺比 $1/6$ としてモデル化し、天地を反転した逆T形試験体の正負水平交番載荷実験を実施した（図ー6）。実験ケースは、現場打ちの従来方式（Case1）、プレキャストの鞘管方式（Case2, 3）である（図ー7）。ここで、Case3は模型下面から鞘管が突出したケースであり、既設鋼管杭を再利用した栈橋上部工の全面改修を想定してい



図ー6 実験の状況



図ー7 実験ケース

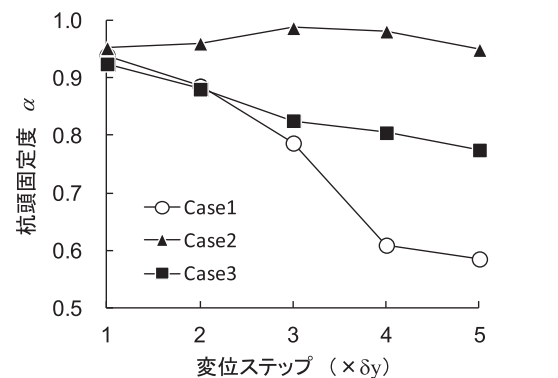


図ー8 荷重—変位関係

る。実験の詳細は文献³⁾を参照されたい。

実験結果の一例として、載荷点における荷重 P -変位 δ 関係を図ー8に示す。なお、図中には、実験で使用了 STK400 材の設計引張降伏応力度を $f_{yd} = 235 \text{ N/mm}^2$ とした時の設計降伏荷重および全塑性荷重を併記している。図中より、従来方式 (Case1) は明確な逆 S 形状を示すのに対し、鞘管方式 (Case2, 3) は紡錘形の履歴ループを示すなどエネルギー吸収性能の違いが確認できる。いずれのケースも設計荷重を満足し、 $3\delta y \sim 4\delta y$ の変位ステップで最大荷重を迎えたあと、 $5\delta y$ にかけて徐々に剛性が低下した。このように、鞘管方式による杭頭接合は、従来方式と比較しても同等以上の耐力を示しており、優れたエネルギー吸収性能を有している。全面改修を想定した Case3 は、鋼管杭よりも径の大きな鞘管が杭頭部から突出するため、本実験では他ケースと比べて 1.5 ～ 1.8 倍の耐荷力を有している。

先述したように現行の港湾基準²⁾では、鋼管杭と上部工は剛結条件として設計される。そこで、実験で計測した杭頭回転角から式 (1) で定義される杭頭部の固定度 α を評価した³⁾。図ー9にはその結果を示すが、従来方式 (Case1) は変位ステップの増加に伴い、 $3\delta y$ から $5\delta y$ にかけて顕著に低下するが、鞘管方式 (Case2, 3) は、 $5\delta y$ まで $\alpha = 0.8 \sim 0.95$ の高い杭頭固定度を保持しており、プレキャスト化した鞘管方式によって杭頭固定度を従来よりも向上させていること



図ー9 杭頭固定度の変化

が分かる。

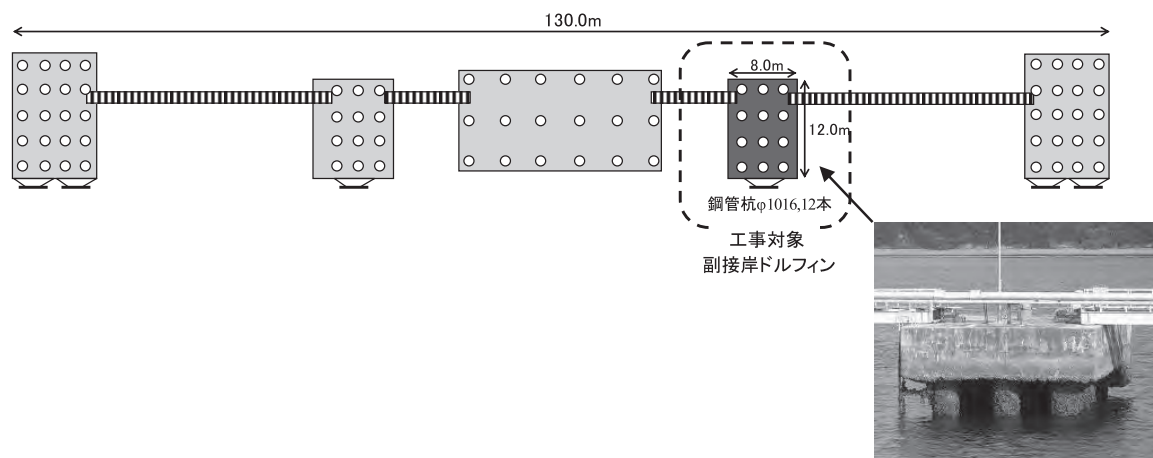
$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{EI\beta}{(1 + \beta h)K_{\theta}'}} = \frac{1}{1 + \frac{EI\theta'}{2Ph^2}} \quad (1)$$

ここで、 P : 水平荷重, h : アーム長, β : 杭の特性値,
 K_{θ}' : 実験における杭頭回転ばね
 θ' : 実験における杭頭回転角,
 EI : 杭体の曲げ剛性

4. プレキャスト施工による老朽化ドルフィンのリニューアル工事

(1) 工事概要

本工事は、エム・シー・ターミナル(株)鹿川事業所内の第3棧橋施設のうち、老朽化に伴う副接岸ドルフィ



図—10 栈橋施設の平面図

ン（上部工 8 m×12 m）をリニューアルするものである（図—10）。工事対象は、12本の鋼管杭（ $\phi 1016$ t = 12.7 ~ 19, L = 36.5 m）で支持された直杭式の接岸ドルフィンである。当施設は建設後 30 年が経過しており、劣化調査の結果、塩害や ASR の進行から多数のひび割れおよび強度低下が確認され、早期の全面改修が必要であった。当施設の工事に当っては、供用停止期間内（37 日間）に既設上部工の撤去および全面改修に係る海上工事を完了させる必要があり、上部工をプレキャスト化した急速施工を行った。

(2) 施工手順

本工事の施工手順を図—11に示す。潜水士による既設ドルフィンの現況調査を実施後、既設鋼管杭の中詰コンクリート下端付近でアーク溶断する（写真—1）。この際、鋼材で既設鋼管杭の連結を確実にを行い、切断時に予想される鋼管杭の変動を抑制する。これと平行して、陸上ヤードでは既設鋼管杭の出来形（杭径、ピッチ）を考慮した鞘管を設置し、鉄筋、型枠、コンクリート打設によるプレキャスト（PCa）上部工を製作する。700 t 吊起重機船により劣化した既設上部工を撤去したあと（写真—2）、継鋼管杭を 35 t 吊クレーン付き台船で既設鋼管杭に挿入し（写真—3）、その

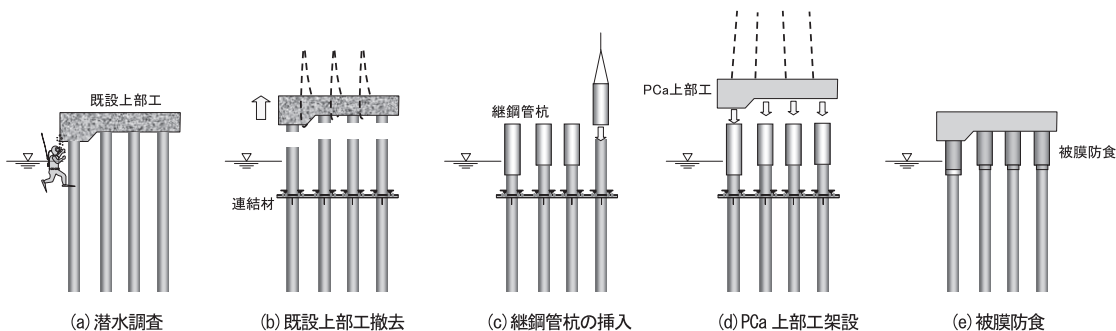
間隙に無収縮モルタル充填および鋼管杭内部に中詰コンクリートを打設する（写真—4）。次に、陸上ヤードで製作されたプレキャスト（PCa）上部工を 700 t



写真—1 アーク溶断



写真—2 既設上部工の撤去



図—11 本工事の施工手順



写真一 3 継鋼管杭の挿入



写真一 7 ペトロラタムテープ



写真一 4 中詰コンクリート打設



写真一 8 保護カバー



写真一 5 PCa 上部工架設

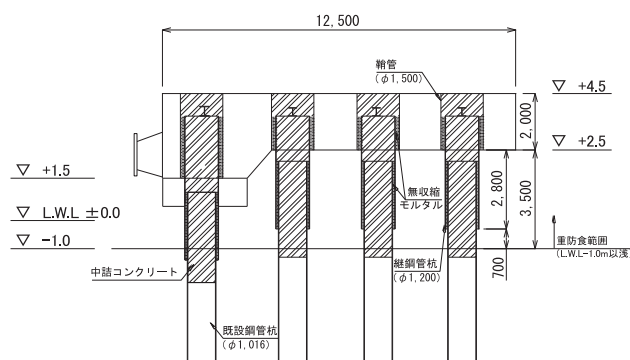


写真一 6 蓋コンクリート打設

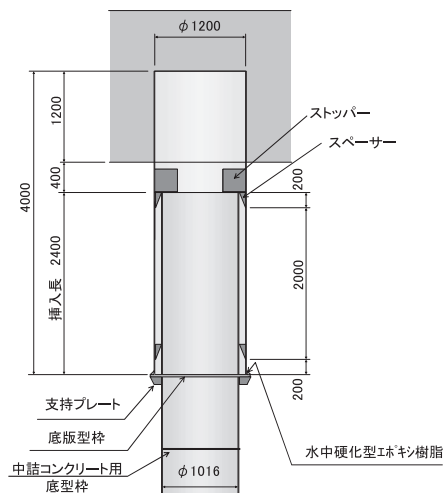
吊起重機船で継鋼管杭に架設し（写真一 5）、鞘管と継鋼管杭との間に無収縮モルタル充填および鞘管上部に蓋コンクリートを打設して一体化を図る（写真一 6）。最後に重防食範囲では、ペトロラタムライニング工法で被覆防食を施し、端部処理として水中硬化型エポキシ樹脂でシールした（写真一 7～8）。

（3）プレキャスト上部工および継鋼管杭

プレキャスト上部工の架設後断面を図一 12、継鋼管杭の内部構造を図一 13 に示す。既設鋼管杭 $\phi 1016$ に対して挿入する継鋼管杭を $\phi 1200$ 、継鋼管杭に挿入する鞘管を $\phi 1500$ とし、それぞれ挿入する径が $200 \sim 300 \text{ mm}$ 大きな材料を選定した。継鋼管杭の内側には、あらかじめストッパー・スペーサーおよび中詰コンクリート用の底型枠を取り付けておき、既設鋼管杭に挿入後、潜土工により継鋼管杭の下端に鋼製の底版型枠（PL-12 mm、半割型）を取り付ける構造とした。ここで、無収縮モルタル漏洩防止のため隙間には水中硬化型エポキシ樹脂を塗布した。継鋼管杭の既設鋼管杭への挿入長は、API 基準に従って無収縮モルタルによる許容軸方向力を算定し、フレーム解析による最大軸方向力の比較から $l = 2400 \text{ mm}$ とした。なお、継



図一 12 プレキャスト上部工の架設断面



図一 13 継鋼管杭の内部構造

鋼管杭の挿入部は既設鋼管杭との二重管構造となるため、既設鋼管杭の2倍程度の耐荷力を有した杭構造となる。

5. おわりに

本稿では老朽化した接岸ドルフィンの全面改修について急速プレキャスト施工を紹介した。プレキャスト施工により、指定された施設の供用停止期間内に無事工事を完了させ、また陸上作業で上部工を製作したことで、従来の現場打ち施工よりも安全性および品質向上を図ることができたと考えている。本稿を通じて、栈橋のプレキャスト施工が普及し、港湾工事の生産性向上の一助になれば幸いである。



写真一 9 着工前



写真一 10 着工後

J C M A

《参考文献》

- 1) 朝倉書店：コンクリート補修・補強 ハンドブック，pp.165-174，2011.
- 2) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2018.
- 3) 池野勝哉，岩波光保，川端雄一郎：鞘管方式による栈橋鋼管杭の杭頭接合部に関する交番載荷実験，構造工学論文集，Vol.64A，pp.724-733，2018.
- 4) 池野勝哉，岩波光保，川端雄一郎：非線形有限要素解析による鞘管方式の栈橋杭頭接合部に関する構造的な性能評価，土木学会論文集 B3（海洋開発）Vol.74，No.2，2018.

【筆者紹介】



池野 勝哉（いけの かつや）
五洋建設㈱
技術研究所 土木技術開発部
担当部長



伊野 同（いの ひとし）
五洋建設㈱
中国支店 土木営業部
担当部長

|| 投稿論文 ||

改良型エアリフトによる既存杭抜跡地盤の 埋戻し処理工法の性能評価

稲積 真哉¹・浜口 伸一²・桑原 秀一³

¹ 芝浦工業大学 准教授 工学部土木工学科 (〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5)

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

² 横浜ライト工業株式会社 代表取締役 (〒240-0035 神奈川県横浜市保土ヶ谷区今井町 870)

E-mail: s-hamaguchi@y-wright.com

³ 株式会社マルシン 代表取締役 (〒152-0004 東京都目黒区鷹番 2-20-11)

E-mail: zero-marushinn@nifty.com

近年では高度経済成長期に建設された大量の社会基盤構造物の高齢化、人口減少に伴う宅盤住宅・住居マンションを含む社会基盤構造物利用の減少、さらに東日本大震災を契機とした防災基準に不適合な構造物の取壊しが増加している。そのため、既存杭の撤去工事が増加している。既存杭を引き抜く工程における既存杭抜跡地盤（引抜孔）上部（地表面）から充填材の流し込み注入では、引抜孔の全深度にわたって均一な埋戻し処理を達成することが困難である。これを克服するため、一連の研究では引抜孔の埋戻し処理工法としてエアリフト工法に着目し、ロッド先端に取り付けた攪拌翼の回転とともに攪拌翼から空気（エア）を吐出する改良型エアリフト工法の開発・検討を行っている。また、これまで改良型エアリフト工法が引抜孔の埋戻し処理に効果的であることを現場において実証している。

本研究では、改良型エアリフト工法の攪拌混合処理過程の検証・解明について、個別要素法による粒状体解析の実施によって検討するものである。

キーワード：Airlift method, Backfilling, Distinct element method, Granule analysis, Pile pull-out hole

1. はじめに

近年では高度経済成長期に建設された大量の社会基盤構造物の高齢化、人口減少に伴う宅盤住宅・住居マンションを含む社会基盤構造物利用の減少、さらに東日本大震災を契機とした防災基準に不適合な構造物の取壊しが増加している^{1), 2)}。同時に、近年における好景気も相まって上記した構造物の建替え需要も高まっている^{1), 2)}。

図-1は構造物を取り壊す際、構造物を支持していた杭基礎（既存杭）は産業廃棄物に指定されることを示している。よって、原則として既存杭は地中から撤去しなければならない。なお、既存杭の撤去は地中において破碎・現地土と混合する工法も存在するものの、上記したとおり既存杭は産業廃棄物に指定されることから、地中内で破碎・残置することは適当でない。そのため、既存杭の撤去は、主として既存杭の引抜き撤去を指すことになる²⁾。

既存杭を引き抜いた状態では地盤内に孔が形成し、地盤が不良化する原因になり得るため、既存杭引抜き工は既存杭抜跡地盤（引抜孔）の埋戻し処理までを包含しなければならない。例えば、図-2のように引抜孔に対して

充填材等で埋戻し処理を行わない場合は、引抜孔周辺の地盤沈下、新設杭打設時における新設杭のズレや傾斜発生をもたらす等の地盤不良を誘発する^{2), 3)}。

既存杭引抜き工における引抜孔の埋戻し処理について、一般的には既存杭を引き抜きつつ、上部（地表面）から引抜孔内へセメントミルクや流動化処理土で代表される充填材の流し込み注入を行う^{3), 4)}。しかしながら、既存杭を引き抜く工程において、引抜孔にはケーシング削孔時の削孔泥水や乱された現地土砂が層を成して堆積している。そのため、図-3に示されるように既存杭を引

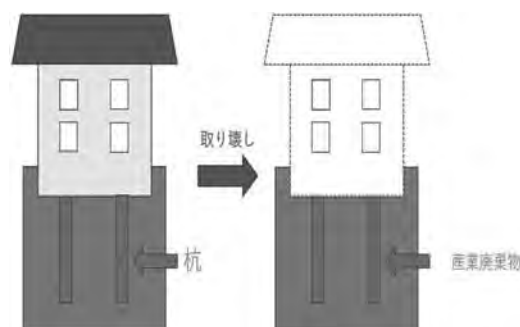


図-1 産業廃棄物に指定される既存杭（構造物取壊し後）

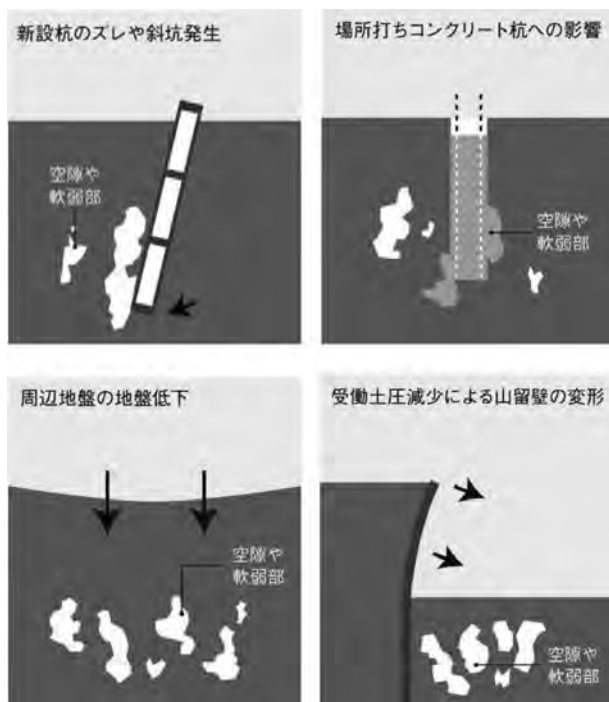


図-2 引抜き孔に起因する地盤の不良化例

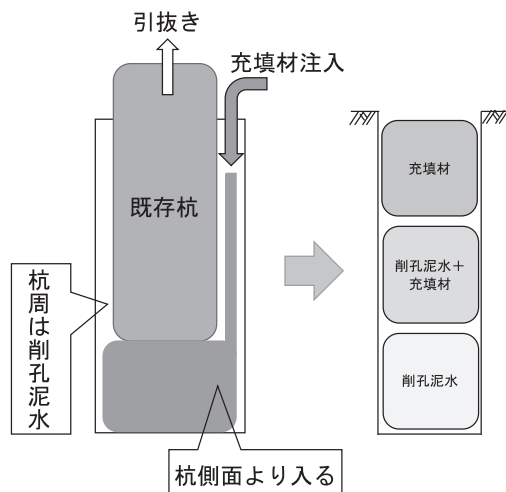


図-3 引抜き孔内での充填材の充填状況

き抜く工程の最後に行う引抜き孔上部から充填材の流し込み注入では、引抜き孔の全深度にわたって均一な埋戻し処理を達成することが困難であり、結果的に引抜き孔内では各層に分割・構成される。よって、引抜き孔へ充填材の単純注入では引抜き孔内の全深度にわたって均一な埋戻しは達成できず、引抜き孔内で充填材が深度方向へ均一に埋め戻されるように工夫する必要がある。

上記した既存杭引抜き工における引抜き孔の埋戻し処理の課題を克服するため、一連の研究では引抜き孔の埋戻し処理工法としてエアブローを伴うエアリフト工法に着目し、エアブロー箇所には攪拌翼を設け、攪拌翼の回転とともにエアブローを行う改良型エアリフト工法の開発に着手している。なお、改良型エアリフト工法が引抜き孔の埋

戻し処理に効果的であることは現場において実証されているものの、その攪拌混合処理過程(処理メカニズム)の検証・解明には至っていない。

本研究では引抜き孔の埋戻し処理としてエアリフト工法ならびに改良型エアリフト工法の攪拌混合処理過程(処理メカニズム)を明確にすることを目的として、個別要素法による粒状体解析(Granule Analysis using Distinct Element Method; 以降“DEM による解析”と略称)を用いて両工法による引抜き孔の攪拌混合処理過程を再現するものである。さらに、攪拌翼の回転速度、攪拌時間ならびに空気(エア)の吐出圧(エアブロー圧)等、改良型エアリフト工法の設計・施工における仕様を検討する。

2. 既存杭引抜き工法および既存杭抜跡地盤

2.1 既存杭の現状

上部構造物の建替えや取壊しにおいては、既存杭が廃棄物処理法上の産業廃棄物に指定され、適切に引抜き撤去を行う必要がある。しかしながら、既存杭の引抜きでは引抜き工程において既存杭の地中残置といった問題が顕在化している³⁾。

既存杭の地中残置は、残置した杭が地中障害物となり、跡地における新設基礎工の工期遅延や新設杭の芯ズレ発生の原因となる。すなわち、既存杭の地中残置は新設杭の打設に悪影響を及ぼすことになる。既存杭の地中残置の原因として、既存杭引抜きの工法的な問題(すなわち、引抜き工程において既存杭を破壊し、折れた杭が地中に残置する可能性)も指摘できるものの、同時に図-4に示す不健全な状態で埋設されている既存杭が多く存在していることも挙げられる^{2), 3)}。また、既存杭の種類によっては杭構造自体に分離しやすい箇所が存在し、それが原因で地中残置する場合もある。

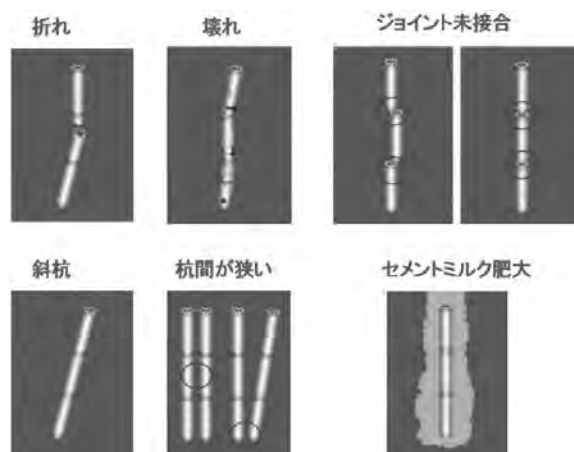


図-4 不健全な状態で埋設される既存杭の一例

2.2 既存杭引抜き工法

現在、既存杭の引抜きでは主に2種類の工法(振動工法およびケーシング縁切り工法)が使用されている⁵⁾。

振動工法は、振動を用いて既存杭を引き抜く工法である。振動による引抜き工法は扱いが容易であり、削孔土砂や泥水を発生させない利点がある。しかしながら、振動工法は、欠点としては杭を把持する工法であるため、杭上部が破損しやすく、そのため鋼製既存杭の引抜きに限定され、且つ騒音や振動が大きい。そのため、住宅地等では適用することができない⁵⁾。

ケーシング縁切り工法(図-5 参照)では、既存杭の外径よりも大きな内径を持つケーシングを既存杭に被せ、杭芯・杭頭にケーシングの中心を合わせる。その後、ケーシングの先端ヘッドより削孔液を噴出しながらケーシングによる回転削孔を開始する。これより、杭周囲の摩擦抵抗は開放され、既存杭と周面地盤は切り離される。次に、ケーシングを引き上げた後、既存杭の上部にワイヤーロープを取り付け、同時に上部から充填材を注入しながら既存杭を引き抜く。

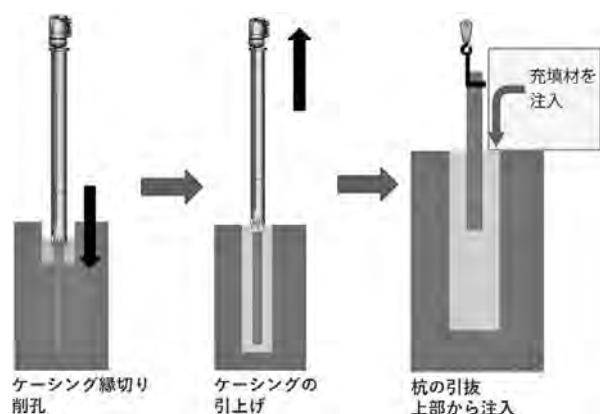


図-5 ケーシング縁切り工法の概略手順

振動工法ならびにケーシング縁切り工法における引抜き孔の処理について、いずれの工法ともその工程上、引抜き孔の最深部からの下部注入が不可能であり、引抜き孔の上部から充填材を流し込み注入する埋戻し処理となる。しかしながら、引抜き孔上部からの流し込み注入による埋戻し処理では引抜き孔の全長にわたり均一な注入が難しく、不均一な埋戻しとなり、結果的に引抜き孔内では空隙や軟弱部が発生する。これらは周辺地盤の沈下、隣接構造物の傾斜・倒壊、新設杭のズレ、新設杭の傾斜の発生や作業重機の転倒等、様々な重大事態の原因となる^{3)~5)}。

2.3 既存杭抜跡地盤(引抜き孔)

引抜き工法を用いて既存杭を引き抜いた際には、引抜き孔の処理が必要不可欠である。引抜き孔を適切に処理しな

い場合、引抜き孔は不良地盤となり、様々な問題が誘発することになる。そのため、引抜き孔の処理として、充填材等による埋戻し処理が実施される。なお、埋戻し処理における充填材には、砂、碎石、セメントミルクならびに流動化処理土が挙げられる。

2.3.1 引抜き孔の埋戻し処理における攪拌混合の必要性

振動工法ならびにケーシング縁切り工法で採用される引抜き孔の処理(既存杭を引き抜きつつ、引抜き孔上部から充填材で埋め戻す処理工法)において、充填材としての砂は所定量を引抜き孔に埋め戻すことができない、且つ締め固めることも困難である等、様々な課題がある。そのため、引抜き孔の処理として砂で埋め戻した場合、周辺地盤の沈下や地割れ、引抜き孔内において充填材である砂の陥落等の問題が多く生じている^{3)~7)}。しかしながら、砂は安価であり且つ天然物であるため、充填材として多く採用されている。一方、近年では流動化処理土やセメントミルクが充填材として多く採用されている。ただし、引抜き孔の充填材として流動化処理土は全国的にみると流動化処理土製造プラントが存在しない地域がある。セメントミルクは汎用の混練プラント設備により現場で混練製造できるため、施工において工程遅延を及ぼさずにタイムリーな埋戻しが可能であり、そのため、引抜き孔の処理に止まらず杭打設や山留め、地盤改良等でも多く採用されている⁷⁾。

既存杭を完全に引き抜いた後の引抜き孔を充填材で埋戻し処理を実施する場合、一般的に図-3で示されるような層構造を成す埋戻し状態を呈する。これは、引抜き孔上部より充填材で埋戻し処理を行う以前に、引抜き孔内では既に既存杭周囲に付着していた土砂ならびにケーシング削孔時の削孔液(削孔泥水)が、それらの比重に依存して沈降堆積しているためである。そのため、図-3に示される埋戻し状態では、引抜き孔の全深度において均一な埋戻し処理が完了したとは判断し難い。すなわち、充填材による埋戻し処理では、充填材を注入した後、引抜き孔内の攪拌混合等によって、引抜き孔内の全深度にわたって均一な埋戻し層が達成できるように努めなければならないと考えられる。

2.3.2 エアリフト工法による引抜き孔の埋戻し処理

引抜き孔の埋戻し処理に付随する引抜き孔の攪拌混合処理については、これまで技術開発の対象でなかった。しかしながら、数少ない引抜き孔の攪拌混合処理技術としてエアリフト工法を挙げることができる。

エアリフト工法は、図-3で示されるような層構造を成す埋戻し状態を呈する引抜き孔内へロッドを引抜き孔下端付近まで挿入し、ロッド先端から空気を吐出することで堆積土砂や削孔泥水を浮上させつつ、引抜き孔内で循環さ

せる工法である。ただし、引抜孔内最下部で沈降堆積している堆積土砂はエアリフトによって循環させることが実務上困難であるため、予めサククションポンプ等で当該堆積土砂は吸引除去する措置が取られている。図-6(a)は、エアリフト工法による引抜孔内での充填材を含む土砂の循環移動のイメージを示している。

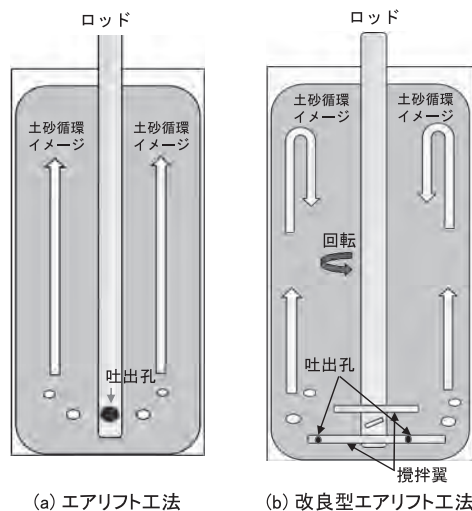


図-6 エアリフト工法および改良型エアリフト工法による引抜孔内の土砂循環イメージ

2.3.3 改良型エアリフト工法による引抜孔の埋戻し処理

エアリフト工法では、土粒子が局所的な移動に偏り、引抜孔内全体が均一に攪拌混合できない可能性がある。そこで、一連の研究ではエアリフト工法を改良することで、引抜孔内においてより効果的な攪拌混合処理工法を開発している。

改良型エアリフト工法では、図-3で示されるような層構造を成す埋戻し状態を呈する引抜孔内へ攪拌翼を取り付けたロッドを引抜孔下端付近まで挿入し、攪拌翼の回転とともに攪拌翼の先端付近から空気を吐出することで堆積土砂や削孔泥水を浮上させつつ、引抜孔内で循環させる工法である。ただし、引抜孔内最下部で沈降堆積している堆積土砂は攪拌翼を取り付けた改良型エアリフトの挿入を阻害し、且つ当該堆積土砂を強制循環させることが実務上困難であるため、エアリフト工法と同様に予めサククションポンプ等で当該堆積土砂は吸引除去する措置が取られている。図-6(b)は、改良型エアリフト工法による引抜孔内での充填材を含む土砂の循環移動イメージを示している。

本研究は、改良型エアリフト工法による攪拌混合を、DEMによる解析を用いて再現する。これより、引抜孔内にて層構造を成す埋戻し状態(図-3参照)に対して、DEMによる解析の実施によって引抜孔内における充填材を含む土砂の循環移動を定量的に明らかにする。

3. 個別要素法による粒状体解析と引抜孔の埋戻し処理に関するモデル化

3.1 個別要素法による粒状体解析

埋戻し処理は当該施工中において地中を直接見ることができないため、施工状況の「可視化」が困難である。そこで、コンピュータを用いて地盤をモデル化し、攪拌混合シミュレーションを行うことができれば、原位置において如何に埋戻し処理が実施されているかを予測し、より効率的な埋戻し処理を検討することができると考えられる。コンピュータを用いて仮想的に埋戻し処理を行うことは、実際に行われている埋戻し処理とは相違が生じるため、より実問題に近い地盤のモデル化が必要となる。対象のモデル化には対象を連続体と仮定するものと不連続体と仮定して解析するものがあるものの、地盤は不連続体であるため、本研究は対象を不連続体と仮定する方法のひとつである個別要素法による粒状体解析(DEMによる解析)を用いる。

DEMは、剥離・滑り・要素間の接触といった連続体ベースの解析手法では追跡することができない現象を計算することができる数値解析手法のひとつであり、土粒子や砂、粉体の流動・混合挙動をシミュレーション解析することに特化している。よって、地盤をモデル化し、攪拌混合する埋戻し処理をシミュレーションすることに向いている数値解析手法のひとつである。すべての粒子と配置、粒子間の力学的特性を忠実に再現すれば、粒子や粒子集合体の正確な挙動を再現することができる。これは有限要素法(Finite Element Method; FEM)で代表される連続体解析でも可能であるものの、DEMによる解析を用いることでマイクロメカニク的な解釈が一層進んでいる^{8), 9)}。

DEMによる解析では、各要素は剛体として表現され要素間に接触モデルを考える^{8), 9)}。図-7はDEMによる解析で使用される一般的な接触モデルである。法線方向にバネとダッシュポット、接線方向にはそれらを加えてスライダーを考える。接線方向と法線方向は具体的に図-8に表現される。つまり、法線方向は球要素の中心点を結んだ方向であり、接線方向とはそれに直交する方向である。基本的には、法線方向のモデルは要素間の反発力を接線方向は要素間の摩擦力を表現するために存在する。バネは反発力や摩擦力を発揮するために存在し、ダッシュポットはエネルギーを減衰させるための粘性的な挙動を表現する。また、スライダーは摩擦則に基づいて摩擦力の大きさをコントロールする役割を担っている^{8), 9)}。

図-9では、重力下における球要素同士の接触を表したものである。1つの球要素は空間に固定されているも

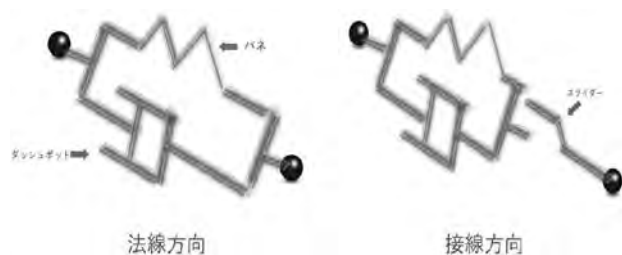


図-7 個別要素法における粒子群接触モデル

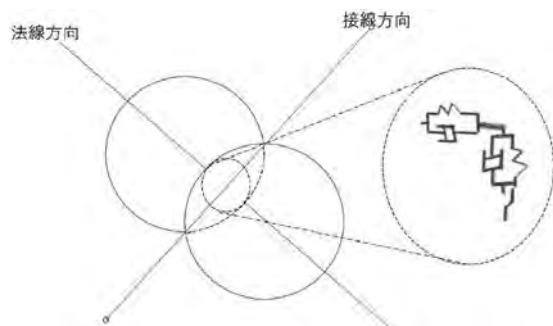


図-8 粒子群接触モデルの作用イメージ

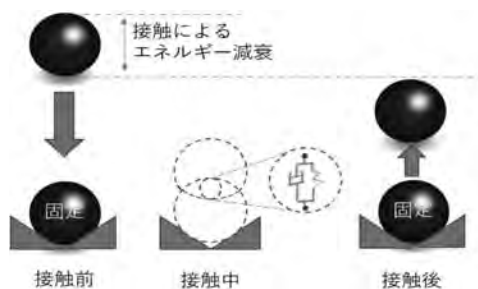


図-9 粒子群接触のイメージ

のとする。固定されていない球要素は落下して、固定されている球要素に接触し跳ね上がる。この時、接触時にエネルギー損失が発生するため、もとの高さよりも低く跳ね上がる。この1連の運動の中で、バネ定数とダッシュポットの粘性係数の役割を表している。まず、バネ定数については接触時の接触面及び接触時間に関係する。大きなバネ定数を用いれば、接触面は小さくなり、接触時間が短くなる。反対に小さなバネ定数を用いれば、接触面は大きくなり接触時間が長くなる。つまり、バネ定数が大きいほど固い材料の挙動を表現することになる。バネ定数が大きいから、高く跳ね上がるというわけではない。バネ定数は接触面と接触時間をコントロールしているだけで、接触後にどの程度跳ね上がるかであり、つまり接触時にどの程度エネルギー損失するかは無関係である。エネルギー損失と関係するのがダッシュポットの粘性係数である^{8), 9)}。

本研究では目的に応じた任意の試験・手法によって決定していくうえでフロー試験を採用し弾性係数、減衰定数を決定する。

3.2 エアリフト工法・改良型エアリフト工法のモデル化

エアリフト工法ならびに改良型エアリフト工法をDEMによる解析でモデル化する。そのために、3D Computer-Aided Design (3D-CAD) を使用し攪拌翼の形状・寸法を再現する。図-10 は3D-CAD によってエアリフト工法における攪拌翼の形状・寸法を3D-CAD で再現したものである。また、本解析では空気孔の孔径が35 mm、吐出圧力が0.25 MPa、吐出空気量が $5.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、吐出空気が最下部にて60分間吐出するように設定する。

図-11 は実際の改良型エアリフト工法における攪拌翼の形状・寸法を3D-CAD によって再現したものであり、下から1段目の翼の横幅は387.5 mm、2・3段目の翼は292 mm、高さが597 mmである。なお、1段目の攪拌翼からは空気が2つの孔から噴出するようになっている。また、本解析においては空気孔の孔径35 mm、吐出圧力0.25 MPa、吐出空気量 $5.0 \text{ m}^3/\text{min}$ 、最下部にて60分間吐出することとし、攪拌翼の回転は12 rpm に設定している。

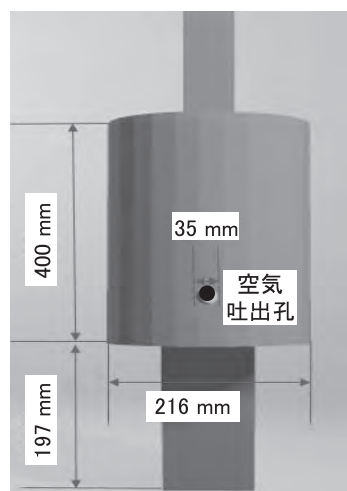


図-10 エアリフト工法におけるロッドの再現

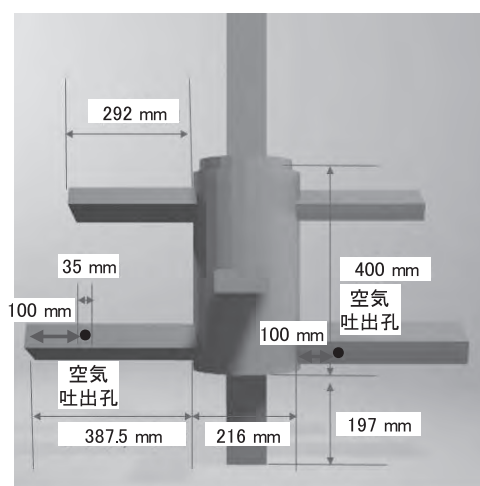


図-11 改良型エアリフト工法における攪拌翼の再現

3.3 充填材で埋め戻された引抜孔のモデル化

図-12 は本研究で扱う引抜孔のモデルであり，上部から1層目を充填材，2層目を充填材+削孔泥水，更に3層目（最下部層）を削孔泥水として仮定している．表-1 は，引抜孔内のモデル化において設定した各層の諸条件を示している．なお，各々の層厚ならびに直径は現場実績を考慮して 6000 mm ならびに 2050 mm としている．

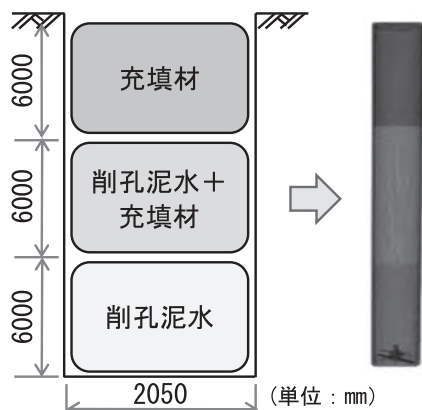


図-12 既存杭抜跡地盤（引抜孔）のモデル

表-1 DEM による解析に用いる各層の諸条件

	削孔泥水	削孔泥水 + 充填材	充填材
各層寸法 (mm)	ϕ : 2050 h : 6000	ϕ : 2050 h : 6000	ϕ : 2050 h : 6000
各層粒子群*寸法 (mm)	4 ~ 6	4 ~ 6	4 ~ 6
粒子群数 (個)	10000	5000 + 5000	10000
削孔泥水 : 高含水比粘性土 充填材 : セメントミルク			
*粒子群 : DEM による解析上における粒子の集合体であり，FEM による解析におけるメッシュサイズに相当			

DEM による解析の実施に際しては充填材，充填材+削孔泥水および削孔泥水のパラメータを設定しなければならない．そのため，充填材や削孔泥水の材料パラメータである粒子の密度，ばね定数，減衰定数，摩擦係数および転がり抵抗係数を目的に応じた任意の試験・手法によって決定していく必要がある^{10)~12)}．

そこで，本研究では ϕ 80 mm $\times$ h80 mm のエアシリンダを用いたフロー試験(JHS A313-1992)から得られた充填材を含む各材料の流動挙動を DEM による解析でフィッティングすることで，上記した材料パラメータを決定する．なお，粒子の密度に関しては，定量の容器を用い測定した結果を使用する．

3.3.1 充填材を含む各材料のフロー試験

材料パラメータの決定方法として， ϕ 80 mm $\times$ h80

mm のエアシリンダを用いたフロー試験(JHS A313-1992)を実施する．フロー試験は充填材や高含水比粘性土の流動挙動を定量的に可視化できるため，本研究で引抜孔の充填材および削孔泥水の再現が可能であると考えている．

フロー試験では，充填材としてセメントミルク(水セメント比 : 60%)および削孔泥水として高含水比粘性土(含水率 : 55%)に対して実施し，フロー試験の様子を直上から動画で撮影している(一例として図-13 参照)．さらに，撮影した動画を解析することで，経時時間に対するセメントミルクならびに高含水比粘性土のフロー値を求めている．

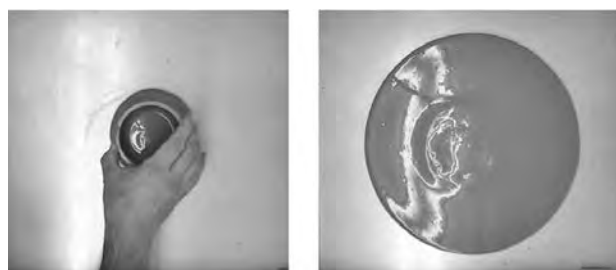


図-13 フロー試験に対する動画撮影の一例

3.3.2 充填材等のフロー試験に対する粒状体解析によるフィッティング

本研究では充填材を含む各材料に対するフロー試験で得られる流動挙動を DEM による解析で再現(フィッティング)するため，フロー試験から得られる流動挙動を動画撮影し(一例として図-13 参照)，撮影した動画に対して解析を実施している．DEM による解析のパラメータ設定方法については数多くの研究が実施されており，様々な理論や式が提案されてきたものの，未だ明確な設定方法は定められていない．一般的には実試験での集合体の挙動と一致するようパラメータを変化させ，試行錯誤的に決定されている．本研究では既往の DEM による解析事例を参考に，ばね定数，減衰定数，転がり摩擦および摩擦係数を設定し，各材料のモデル化を試みている．

(1) ばね定数

線形ばね係数を試算する方法は，伯野⁸⁾によって，多質点-ばね連結系の一次元波動伝播速度の考察に基づいて，粒状体中の弾性波(P波・S波)の速度(V_p ・ V_s)を用いることで，式(1)および(2)のように提案されている．

$$k_n = 1/4 \pi \rho V_p^2, \quad k_s = 1/4 \pi \rho V_s^2 \quad (1)$$

$$V_p/V_s = \sqrt{2(1-\nu)/(1-2\nu)} \quad (2)$$

ここで、 ρ および ν はそれぞれ粒状体全体の密度およびポアソン比である。また、ポアソン比を $1/3$ とすると $V_p/V_s = 2$ となるため、 $k_s/k_n = 1/4$ となる。本研究では簡単のため上式を援用する。

なお、岩石のように $V_p = 1000 \text{ m/s}$ を超えるような材料では、 k_n を 10^9 N/m 以上などの大きな桁数で設定することになる。しかしながら、 k_n が大きくなると計算時間刻みを小さくせざるを得ないため、結果的に計算時間を増大させる原因となる。一方、粒状体の変形・破壊挙動、流れ挙動および衝撃力の挙動では、ばね定数が 10^6 N/m 以下では粒子要素の重なりによる圧縮性が顕著になり、粒状体本来の挙動とはかけ離れることが判明している¹⁰⁾。 k_n が 10^7 N/m 程度以上であれば、計算で得られる特性に大きな差が生じない結果も得られている。以上より、計算負荷を避けるために、 10^7 N/m を超えるばね定数を用いれば良いとみなせる。そこで、本解析ではばね定数を $k_n = 2 \times 10^8$ および $k_s = 5 \times 10^7$ とし、各材料ともに同じ値に設定する。

(2) 減衰定数

フレッシュコンクリートに関する研究¹³⁾により、減衰定数はスランプ試験での試料の変形速度を決定するパラメータであることが報告されている。また、減衰定数の影響は、流動の最終状態においてほぼ見られないことから、本解析では実挙動の流動停止時間に合致するように減衰定数を設定する。

(3) 転がり摩擦

本解析で流動化処理土をモデル化する際、計算負荷との兼ね合いから解析を円滑に行うため、要素形状は球形を用いる。しかしながら、円形要素を用いると粒子間衝突が点接触となり、転がり時に発生する抵抗が考慮できないため、粒子の回転が過剰になることが示されている。ただし、このような過剰な回転を避けるため、転がり摩擦モデルを導入したところ、粒子の過剰な回転を抑制できることが判明している¹⁴⁾。そこで、本解析においても既往研究を参考にし、転がり摩擦を設定する。

(4) 摩擦係数

フレッシュコンクリートに関する研究¹³⁾により、摩擦係数はスランプフローと直線的な関係があることが示されており、各材料においても同様の関係が存在すると考えられる。本解析では、摩擦係数を微調節しつつ、最終のフロー値が実試験と一致するよう逆解析的に決定する。

本解析で設定した各パラメータは表-2に示し、その解析結果と実際のフロー試験による流動挙動を合わせて示したものを、セメントミルク(充填材)に関しては図-14に、高含水比粘性土(掘削泥水)に関しては図-15に

表-2 DEM による解析において設定したパラメータ

	充填材	掘削泥水	空気	攪拌翼
密度 (kg/m^3)	1720	1270	1.205	—
法線方向のばね定数 (N/m)	2.0×10^8	2.0×10^8	2.0×10^8	1.0×10^{11}
接線方向のばね定数 (N/m)	5.0×10^7	5.0×10^7	5.0×10^7	2.5×10^{10}
法線方向の減衰定数	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	—
接線方向の減衰定数	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	2.0×10^{-3}	—
転がり抵抗係数	0.1	0.1	—	—
摩擦係数	0.210	0.175	—	—

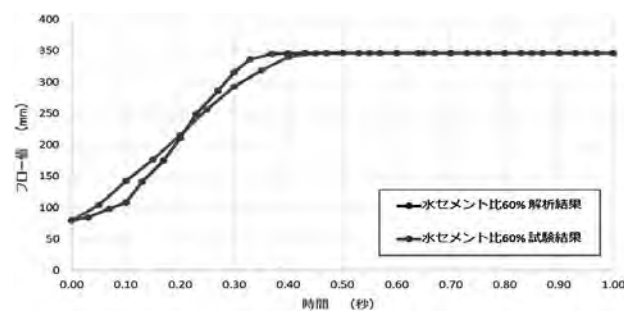


図-14 セメントミルクに対するフロー試験結果と解析結果の比較

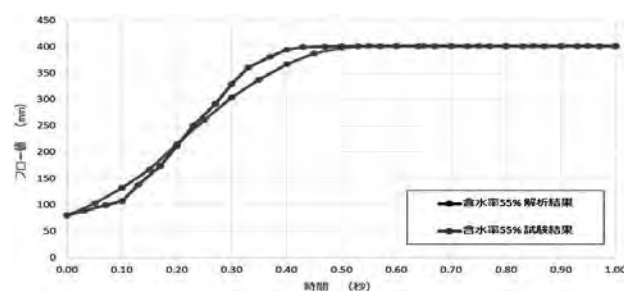


図-15 高含水比粘性土に対するフロー試験結果と解析結果の比較

示す。各材料において、流動停止後のフロー値は、DEMによる解析結果とフロー試験結果とほぼ同一の値であるが、ともに一見すると解析結果とフロー試験結果は異なる挙動を持つように見える。しかしながら、いずれに関しても通常の施工等においては考慮されないようなミクロな視点での流動挙動の比較である。そのため、実際の施工等においての理論的な知見としての利用を考慮に入れる必要がある。すなわち、施工において取り扱うのは距離および時間においても、本研究で得られた流動挙動よりも大きな値であり、これを考慮すると流動挙動はよく合致していると判断できる。

なお、表-2で示している空気のパラメータについて、一般的に空気は流体であり、温度変化とともにその物理的性質も異なる。また、空気の物理的特性として密度、粘度ならびに弾性率等も温度変化に依存している。そこで、本研究では空気の温度が常温である 20°C と仮定し⁸⁾、空気の密度は 20°C で $\rho = 1.205 \text{ kg/m}^3$ となる。なお、空気に関する粒子群径は掘削泥水や充填材と同等として

(表-2 参照), 4～6 mm に設定している。

また, DEM による解析を行う際には, 壁や面を設定する必要もある。この要素と壁の接触にも要素間に設定したようなバネ定数, 減衰定数などを設定する必要がある。もし, この設定が適切でなかった場合には, 壁に要素が吸着されたり, 壁を通過して要素が解析領域外に発散する可能性がある。この設定方法にも様々な理論や式が提案されており, 本研究はそのような理論や式に基づいて解析を行った過去の論文を参考にして要素が攪拌翼を通過しないように係数を設定する。

4. 改良型エアリフト工法による引抜孔の攪拌混合処理性能

4.1 エアリフト工法および改良型エアリフト工法による攪拌混合処理性能

エアリフト工法ならびに改良型エアリフト工法による引抜孔内の攪拌混合処理の原理は, 既存杭引抜跡地盤内(引抜孔内)の土砂(充填材ならびに削孔泥水)が吐出された空気によって揚圧力を受け, 引抜孔内を循環することに依る。

エアリフト工法は, 攪拌翼が未装着且つ無回転のロッドから空気を吐出するのみによって, 引抜孔内の土砂を攪拌混合する。しかしながら, DEM による解析を用いてエアリフト工法による引抜孔内の攪拌混合処理を再現した図-16 では, 引抜孔内の土砂は十分に混合することなく, 引抜孔内の土砂は不均一な状態を維持している(空気の吐出圧力: 0.25 MPa, 攪拌混合時間: 60 minutes)。よって, 引抜孔内全体が効率的に攪拌混合することが困難であったため, エアリフト工法による均一な攪拌混合処理は困難であると考えられる。この要因のひとつには, エアリフト工法を適用した際, 引抜孔内の土砂の移動方向が挙げられる。すなわち, 引抜孔内の土砂は, 引抜孔内を下部から上部へ伝う空気流によって揚圧力が作用するものの, その揚圧ベクトルの方向が単に上向きであるため, 揚圧力が作用した土砂が循環することができなかったことが考えられる。

一方, 改良型エアリフト工法ではロッドに三段組の攪拌翼を取り付け, 空気を吐出するときは回転しながら吐出するものである。図-17 では DEM による解析結果として, 改良型エアリフト工法を適用した場合の引抜孔内の土砂の攪拌混合処理を表している(攪拌翼の回転速度: 12 rpm, 空気の吐出圧力: 0.25 MPa, 攪拌混合時間: 60 minutes)。図-18 は図-17 を基に引抜孔内の土砂移動の外観を示しており, 空気の揚圧力によって削孔泥水層が持ち上がり, 一方, 揚圧力の作用が相対的に小さい充

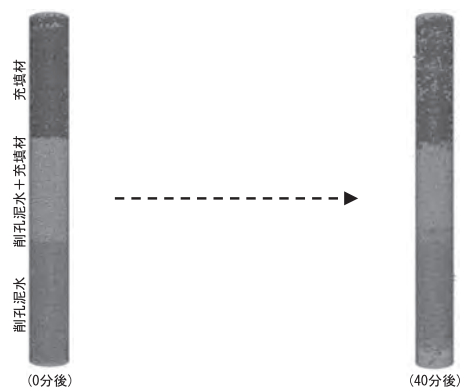


図-16 DEM による解析に基づくエアリフト工法を用いた引抜孔内の土砂攪拌・混合状況

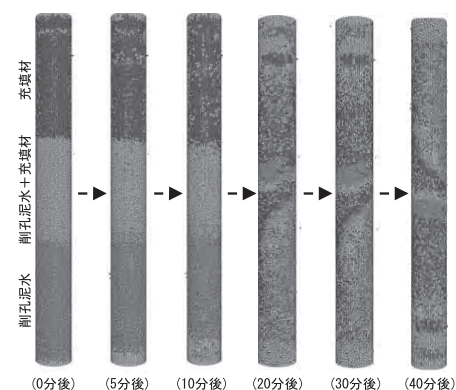


図-17 DEM による解析に基づく改良型エアリフト工法を用いた引抜孔内の土砂攪拌・混合状況

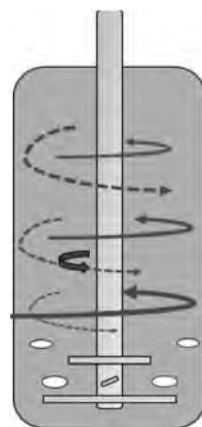


図-18 改良型エアリフト工法による引抜孔内の土砂循環移動の外観

填材層は削孔泥水層とは逆方向(下部方向)へ移動し, 徐々に2つの層が螺旋状に入り交じる。よって, 引抜孔内の下部層であった削孔泥水は上方へ, 上部層であった充填材は下方へ移動するため, 結果的に引抜孔内の3層は, 程よく均一層に攪拌混合される。

4.2 改良型エアリフト工法による攪拌混合に伴う各粒子群の移動特性

改良型エアリフト工法における各層を構成する土粒子群の移動特性として, 図-19 および図-20 は引抜孔内下

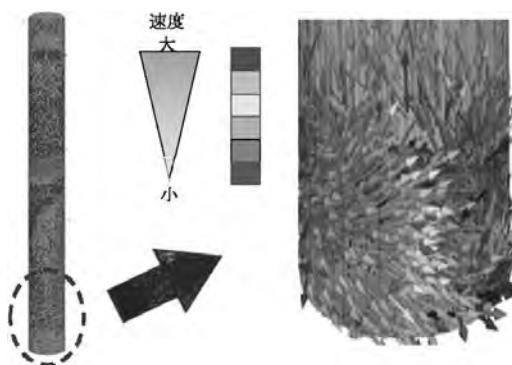


図-19 引抜孔下部における土粒子の群速度ベクトル (30 分後)
(改良型エアリフト工法)

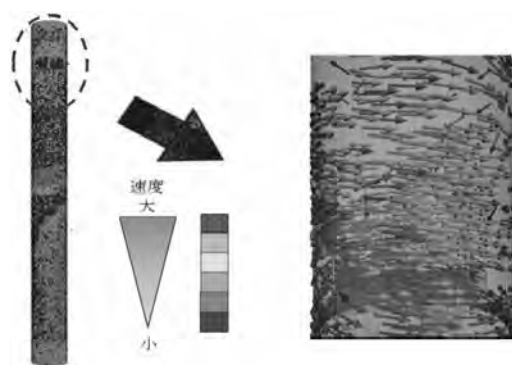


図-20 引抜孔上部における土粒子の群速度ベクトル (30 分後)
(改良型エアリフト工法)

部および上部における土粒子群の速度ベクトルを示している(攪拌翼の回転速度: 12 rpm, 空気の吐出圧力: 0.25 MPa)。これらより、引抜孔内下部では攪拌翼から吐出された空気の揚圧力によって削孔泥水層の速度ベクトルが斜め上方を向いており、且つ相対的に速度も大きく、削孔泥水層は螺旋状に持ち上げられている。一方、引抜孔内上部では充填材の速度ベクトルは斜め下方を向いており、同時に速度は比較的小さい。すなわち、引抜孔内下部にて吐出された空気は攪拌翼の回転に伴い、螺旋状に削孔泥水を上方へ持ち上げ、上部付近では充填材と持ち上げられた削孔泥水ならびに削孔泥水+充填材層の比重と揚圧力とのバランスにより斜め下方へ移動し、引抜孔内全体として循環することになる。

これまで、改良型エアリフト工法を適用した引抜孔内の攪拌混合処理について、施工後のボーリングコアの室内強度試験より、その攪拌混合処理性能は現場レベルにて実証されている。しかしながら、改良型エアリフト工法による攪拌混合処理のメカニズムを定量的に追究した事例は皆無であり、すなわち、本研究により改良型エアリフト工法による引抜孔内の攪拌混合処理のメカニズムが明らかになった。これにより、引抜孔内の攪拌混合処理における改良型エアリフト工法の最適設計が可能になると考えられる。

4.3 改良型エアリフト工法の諸仕様が攪拌混合処理に及ぼす影響

図-21 は、空気の吐出圧力を図-19 の場合と比較して 2 倍にしたものである(攪拌翼の回転速度: 12 rpm, 空気の吐出圧力: 0.5 MPa)。これより、削孔泥水層は斜め上方向に安定的な速度ベクトルを保ちながら移動している。土粒子群の速度ベクトルが充填材層までの速度を保ちながら上がっていき、上がってきた空気が下方に流れる際も速度は落ちるが改善前の改良型エアリフト工法に比べ速度ベクトルより大きく引抜孔内は混ざると推測される。また、図-22 は、攪拌翼の回転速度を図-19 の場合と比較して 2 倍にしたものである(攪拌翼の回転速度: 24 rpm, 空気の吐出圧力: 0.25 MPa)。これより、攪拌翼の回転速度を上げることによって改善前の改良型エアリフト工法よりも土粒子群の挙動が斜め上方に進んでいるが、図-21 に比べて平行に土粒子群が動いている速度ベクトルが存在している。

改良型エアリフト工法による引抜孔内の攪拌混合処理性能を更に効率的に実施するための方策を検討する。改良型エアリフト工法による攪拌混合処理を効率化する第一としては、空気の吐出圧力を大きくすることが考えられる(図-19 および図-21 参照)。また、第二としては攪拌翼の回転速度を増大することが考えられる(図-19 および図-22 参照)。

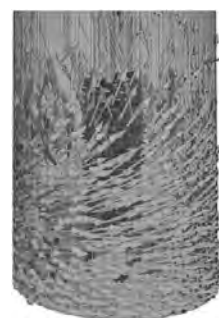


図-21 空気の吐出圧力が増大した場合の引抜孔下部における土粒子群の速度ベクトル (30 分後)
(改良型エアリフト工法)



図-22 攪拌翼の回転速度が増大した場合の引抜孔下部における土粒子群の速度ベクトル (30 分後)
(改良型エアリフト工法)

5. おわりに

本研究では引抜孔の埋戻し処理としてエアリフト工法ならびに改良型エアリフト工法の攪拌混合処理過程(処理メカニズム)を明確にすることを目的として、DEMによる解析を用いて両工法による引抜孔の攪拌混合処理過程を再現した。得られた成果は以下のとおりである。

- (1)引抜孔の埋戻し処理に対するエアリフト工法ならびに改良型エアリフト工法の適用性について、DEMによる解析はその攪拌混合処理過程(処理メカニズム)を明確にすることが可能である。
- (2)エアリフト工法は、DEMによる解析において引抜孔内の土砂は十分に混合することなく、引抜孔内の土砂は不均一な状態を維持していることが明らかになった。
- (3)改良型エアリフト工法は、DEMによる解析では引抜孔内において空気の揚圧力によって削孔泥水層が持ち上がり、一方、揚圧力の作用が相対的に小さい充填材層は削孔泥水層とは逆方向へ移動し、徐々に3つの層が螺旋状に入り交じることを明らかにした。
- (4)DEMによる解析では、改良型エアリフト工法による攪拌混合処理を効率化するため、空気の吐出圧力の増大ならびに攪拌翼の回転速度の増大を解析的に提案することができた。

ただし、本研究では4.2ならびに4.3にて改良型エアリフト工法における空気の吐出圧力や攪拌翼の回転速度等の初期条件が土粒子群の移動特性に与える影響を相対的・定性的に考察したものの、定量的な考察・説明には至らなかった。今後、DEMによる解析を用いて引抜孔の埋戻し処理工法をより詳細に評価し、さらに設計に援

用するためには、上記した初期条件に対する土粒子群の移動特性を定量的に評価する必要がある。

参考文献

- 1) 総務省：公共施設等の解体撤去事業に関する調査結果，総務省，2012.
- 2) 村上隆生：基礎杭の残置、埋戻し部分の地盤支持力の瑕疵を否定し、代理業者の説明義務違反も否定した事例，RETIO, No.82, pp.166-167, 2011.
- 3) 桑原秀一：PG工法・大口径フライヤー工法の開発と既存杭撤去工事例，月刊基礎工，平成29年2月号，pp.83-86, 2017.
- 4) 桑原秀一，濱田聡一郎，鳥越友輔，稲積真哉：既存杭の引抜工法の開発と引抜孔が周辺地盤に及ぼす影響について，第71回土木学会年次学術講演会概要集，第VI部門，pp.41-42, 2016.
- 5) 桑原秀一，濱田聡一郎：構造物とりこわし工における既存杭の引抜工事について，平成27年度近畿地方整備局研究発表会論文集，DVD-ROM, 2015.
- 6) 阪南基礎工事株式会社：ロックオーガーおよびそれを使用した既存杭などの鉄筋コンクリート破壊工法，<<http://astamuse.com/ja/published/JP/No/2008169603>>，2018.3.31 参照.
- 7) 橋本 功，桑原秀一，内田幸生，江口忠臣，稲積真哉：地盤の杭引抜孔を対象としたセメントベントナイト系充填材の適用性，第12回環境地盤工学シンポジウム発表論文集，pp.541-546, 2017.
- 8) 伯野元彦：破壊のシミュレーションー拡張個別要素法で破壊を追うー，森北出版，1997.
- 9) 酒井幹夫：粉体の数値シミュレーション，丸善出版，2013.
- 10) 前田健一，森口周二，松島亘志，小山倫史：地盤工学のための個別要素法ーパラメータの設定と土と地盤の作り方ー，地盤工学会誌，Vol.63, No.8, pp.71-78, 2015.
- 11) 山本修一：個別要素法による粒状体の力学的挙動に関する解析的研究（その1）粒状体の要素試験のシミュレーション解析，大林組技術研究所年報，No.48, pp.49-54, 2008.
- 12) 桑原秀彦，麻原稔彦，弘中雅志：個別要素法を用いた杭の打込み解析に関する研究，山口大学工学部研究報告，Vol.53, No.1, pp.53-59, 2002.
- 13) 鍋田克己，町田篤彦，岩下和義，佐々木尊廣：個別要素法を用いたフレッシュコンクリートの流動シミュレーション，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.16, No.1, pp.479-484, 1994.
- 14) 長田健吾，清水義彦，若井明彦：個別要素法における粒子の回転と転がり摩擦が土石流の流動・堆積過程に及ぼす影響，水工学論文集，第49巻，pp.889-894, 2005.

(2018.3.26 受付，2018.7.2 採用決定)

PERFORMANCE EVALUATION OF BACKFILLING METHODS BY IMPROVED AIR-LIFT ON PULLING-OUT HOLES OF EXISTING PILES

Shinya INAZUMI¹, Shin-ichi HAMAGUCHI² and Shuichi KUWAHARA³

¹ Associate Professor, Department of Civil Engineering, Shibaura Institute of Technology

² Representative Director, Yokohama Wright Industries Co. Ltd.

³ Representative Director, Marushin Co. Ltd.

In recent years, a large number of social infrastructures constructed during the period of high economic growth are aging. At the same time, the use of social infrastructures including housing and residential condominiums is decreasing due to the declining population, and the demolition of structures that are incompatible with disaster prevention standards triggered by the Great East Japan Earthquake is increasing. Therefore, removal work of existing piles is increasing. It is difficult to achieve a uniform backfill over the entire depth of the pulling-out hole by filling material from the upper part of the pulling-out hole. In order to overcome this, in a series of studies, focusing on the air lift method as a method of backfilling pulling-out holes, the authors developed an improved air lift method in which air is discharged from stirring blades along with the rotation of stirring blades attached to the rod tips. Also, it has been demonstrated in the field that the improved air lift method has been effective for filling holes.

In this paper, the authors examine the verification and elucidation of the stirring and mixing process of the improved airlift method with carrying out the granule analysis by the distinct element method (DEM). As an example of the results, regarding the applicability of the air lift method and the improved air lift method, the analysis by DEM could clarify those stirring mixing processes.



メンテナンスエンジニアを育てるための大学教育 非常勤講師の経験から

藤 原 博

本稿では、企業に勤務する傍ら、非常勤講師として大学教育に携わってきた経験から、インフラのメンテナンスエンジニアを育てるための大学教育について、思っていることを述べる。

キーワード：大学教育，メンテナンスエンジニア，経済

1. はじめに

私は、旧日本道路公団に入社して以来、高速道路の建設・維持管理および研究開発に携わってきた。扱った構造物も橋梁を中心に、トンネル、のり面、舗装のほか、道路付属物など広範囲にわたり、新設から維持管理までの主に現場を中心に経験を積んできた。

建設現場では、環境問題で何年にもわたる工事中止を経験し、騒音・振動・大気汚染対策や住民との折衝も担当した。また、研究開発部門に比較的長く在籍していたこともあり、公団の基準や要領の作成、土木学会や日本鋼構造協会など関係諸団体とも関わってきた。

公団を退職後、(株)ネクスコ東日本エンジニアリングに入社し、引き続き高速道路の主として維持管理と技術開発を担当した後、現在は(株)川金コアテックに勤務している。

川金コアテックに勤務する傍ら、非常勤講師として日本大学、法政大学、早稲田大学の3大学で4教科を担当している。大学では、アセットマネジメントやメンテナンス工学等、主として橋梁のメンテナンスに関する講義を10年以上にわたり担当している。

本稿では、これまでの授業を通して得られた経験から、インフラの老朽化対策に携わるメンテナンスエンジニアのあり方と必要な技術者資質について、大学でどのように教えるべきかについて、私の考えていることを述べたいと思う。

2. ポートフォリオから

私はどの授業でも、学生に対して授業後にポートフォリオの提出を義務付けている。ポートフォリオは、学生が授業で学んだことの確認が主目的であるが、授

業に対する感想や要望・意見なども書いてもらうようにしている。たまに、説明の仕方やスライドの見やすさ、話し方および配布資料などについての意見や要望などもあり、これらについてはできるだけ次の授業から改善するようにしている。

ポートフォリオには何を書いてもいいとしているので、就職に関する疑問や心配事を書く学生もいる。その中で、毎年のように何人かの学生が就職先と自分の希望する仕事とのギャップについて書いている。具体的には、「私は鋼橋に関する仕事をしたいのでゼネコンに応募し就職が内定した。しかし、ゼネコンでは鋼橋は扱っていないという先生の話聞いてショックを受けた」とか、「コンサルタントで橋梁に関する業務を担当したいのに、就職が内定したコンサルタントは橋梁以外の分野が専門らしい。会社のホームページには業績として橋梁設計も挙がっていたのに」というような内容である。

私の担当する授業は、主に3年次の学生が中心であるが、就職が内定した4年次の学生も何人か含まれている。自分の就職志望先については、自分で良く調べた上で決めると冷めた言い方もできるが、私自身、自分の入社する会社のことをそれほど詳細に調べたことはない。

そこで、私は授業の中で官公庁、鉄道・道路会社、建設コンサルタント、ゼネコンおよび専門工事業者などについて仕事の内容とプロジェクトへの関わりなどを具体的に説明するようにしている。また、建設業に影響のある国の施策や、その時点で話題となっている建設談合や事故などネガティブな話題についても取り上げている。

学生の反応はおおむね良く、特に仕事の内容については1年次に聞いたかったとの意見が多くある。大学

では就職に関する授業も行われているが、詳細な業務内容については説明されていないこともあり、前に書いたギャップが生じるのではないかと感じている。

入学早々の学生にとって就職は身近に感じられないと思うが、入学後のできるだけ早い時期にこれらのことを教えることによって、自分の将来設計ができ、目的をもった授業の選択が可能となるのではないかと思う。

土木工学は総合技術であり、他の学科の学生とは異なり、あらゆる知識が必要となる。例えば、道路建設の現場では、土木関係者のほかに、電気、通信、建築、造園などの関係者が一緒になって仕事を進めているが、これらすべてを統括するのは土木技術者である。

土木学会初代会長である古市公威博士は、1915年の第1回土木学会総会の会長就任演説で、土木技術者は「指揮者を指揮する人」、「将に将たる人」たらねばならぬことを力強く述べ、土木学会会員に「研究の範囲を縦横に拡張せらんこと」を、そしてそれと同時に「その中心に土木あることを忘れざらんこと」を述べている。

「将に将たる人」とは、史記の淮陰侯列伝にある劉邦と項羽に対して韓信が評価した言葉であり、対立する敵からも一目置かれ、「あの人のためなら」と敵対者の中からも協力者が現れ、そして結果を出すべく一つの合意にまとめる力を発揮出来る器である。

また、「研究の範囲を縦横に拡張せらんこと」および「その中心に土木あることを忘れざらんこと」とは、現在で言えば、土木工学だけでなく、ICT、AI、UAV、ロボットといった異分野や新技術についても広く知識が必要であり、その中心に土木があることを自覚せよということだと私は理解している。

府省・分野を超えた横断形プログラムである「戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）」のインフラ分野において、その中心で土木関係者が活動していることは、まさに「その中心に土木がある」ということを示している。

3. メンテナンスマネジメントを学ぶ

私は、前にも述べたように、大学ではメンテナンス工学とアセットマネジメントを教えている。メンテナンス工学では、橋梁を中心に授業を行っているが、私は学生には「メンテナンス工学」ではなく、「メンテナンスマネジメント」として教えている。

1980年以前、アメリカでは道路の維持管理に十分な予算が投入されず、1980年代初頭には道路橋の多

くが老朽化し、“America In Ruins（荒廃するアメリカ）”と呼ばれるほど劣悪な状態に陥っていた。

ニューヨーク州の橋守として有名であり、米国コロンビア大学の客員教授でもある Bojidar S.Yanev 氏は、この現状を見て、「橋梁マネジメントにおけるもっとも重要な決定からエンジニアが遠ざけられてきたことが、過去数十年における橋梁状態劣化の直接の原因ではないか」と述べている。このことは、インフラの維持管理、特に予算決定の過程においてエンジニアが除外されていたことを示しており、その要因としてエンジニアが経済に疎いためと指摘している。そして、支配的役割を果たすためには、経済学を十分に理解し、重要な立場を確保する技能を習得する必要があるとも述べている。

私は、メンテナンス工学の授業の冒頭で、「君たちはメンテナンス工学を学ぶのではなく、経済学、経営学、財務・会計学およびマネジメントを加えたメンテナンスマネジメントを少しだけ学ぶのである」と言っている。ここでいうメンテナンス工学とは、インフラの点検・調査技術、健全度評価・劣化予測技術および補修・補強技術である。

また、少しだけというのは、大学の授業時間内では、とてもではないがメンテナンスマネジメントを教えることはできないからであり、授業ではライフサイクルコスト（LCC）の考え方や、経済的な補修時期と補修内容（方法）との関係から効率的な予防保全の考え方を教えているに過ぎないからである。

メンテナンスマネジメントが必要な背景としては、先にアメリカにおける“America In Ruins”の話をしたが、日本でも、アメリカに約30年遅れ、高度経済成長期に建設されたインフラが高齢化を迎え、道路橋の劣化・損傷が深刻な状況となってきた。それに加え、災害に対して非常に脆弱な国土である日本は、自然災害の被害額も諸外国に比べて非常に多く、その額は世界の約15%にもなっている。また、日本の人口の51%、資産の75%は軟弱地盤である沖積平野にあり、国土の6割が積雪寒冷地となっている。

一方で、我が国の公共投資は減り続けており、平成8年を100とした場合の公共投資は、その後12年間で、イギリスでは約2.8倍（GDP比6%超）、アメリカでは約2倍（同4.5%）になったのに対し、日本では半減し、GDPのわずか1.5%にしかならない。すなわちインフラストックが減じており、近い将来国民生活や経済生活に対して重大な支障が生じるといわれている。

国民の借金である国債や借入金などの公債残高は一千兆円を超えたといわれ、これを国民一人当たり

すると一千万円を超える額になり、毎年増加し続けている。我が国の財政を家計に例えるなら、収入の約2倍の生活費を使っていることになり、国の経済としては既に破たん状態にある。ギリシアやイタリアのように経済破たんしないのは、借金である日本国債のほとんどは銀行、生命・損害保険会社、年金運用機関等の日本の投資家らが持っており、海外投資家の持つ割合が10%を割っていることによるものである。

約700兆円あるといわれて日本のインフラストックの管理費用を生産人口（15～64歳）で割り振ると、一人当たり600万円を超える負担となる。都道府県レベルで見ると、東京や大阪など人口の多い都府県では一人当たり3～4百万円と少ないが、人口の少ない島根県では1人当たり1千5百万円にもなる。一方で、担い手となる人口も年々減少しており、2055年には高齢化率が4割を超え、生産年齢人口は4千万人を下回ると予想されている。

このように近い将来、日本は人口減少や高齢化が進み生産供給力が低下すると、膨大な借金を抱えたまま日本の国力は衰退していくことになる。

これらのことを授業で解説すると、ほとんどの学生はポートフォリオに「日本の将来を思うと非常に暗い気持ちになる」と書いてくる。私はこれで授業の主目的は達したものと考えている。学生が単にメンテナンス工学だけを学ぶのではなく、日本の現状を理解することで、メンテナンスマネジメントを学ぶ意義を理解してくれたと感じる。その証拠に、授業を終了する頃には、「経済をもっと勉強したい、将来メンテナンスの仕事につきたい」という学生が着実に増えている。

大学には、自分はなぜこの勉強をするのか、そのためにはどのような授業を選択すればよいのか、大学には土木工学に経済学を結び付けたカリキュラムの構成を望みたい。このことで、エンジニアとしての自覚が芽生えるのではないかな。

4. メンテナンスエンジニアに必要な経済知識

アセットマネジメントの授業では、LCCや予防保全の考え方に加え、新地方公会計制度、官庁会計と企業会計との違い、インフラ資産の評価、資産価値による投資効果、PFIなどを教えているが、いずれにしても限られた時間であり十分な内容とは言えない。

新地方公会計制度では、財政破たんした夕張市を例に、地方公会計改革に基づく財務諸表の整備の必要性について教えている。授業では、「地方公共団体における行政改革の更なる推進のための指針」の内容とし

て、発生主義会計、財務諸表の読み方、公社や外郭団体を含めた連結ベースの決算書の見方などを、企業会計と官庁会計との違いを含め教えている。

インフラ資産の評価や資産価値による投資効果では、国民の財産であるインフラ資産の価値を高めるためのメンテナンス工学の使い方を教えており、PFIではコンセッションについて事例を挙げ解説している。

学生には、授業で勉強したことを基に、自分の志望する会社のホームページに公開されている財務諸表等を読み、会社の財務状況と会社の目指す方向を知ることがを指導している。

5. メンテナンスエンジニア

メンテナンスエンジニアとして活躍していくために必要な資質は何か。

メンテナンスでは、建設に必要な計画・調査、新設設計および施工技術に加え、点検・検査・調査技術、損傷判定・性能診断・劣化予測技術、LCCやアセットマネジメント、補修・補強・更新・撤去の設計技術、道路供用下での施工技術など、多岐で高い技術力と経験が必要となる。しかし、このように多岐の技術を身に着けることは簡単ではないし、その機会も限られる。

私は、経験上、今与えられた業務を着実にこなしていく中で、もし自分がこの事業のメンテナンス全体を任せられるようになったら、すなわちメンテナンスマネージャになったらどうするかを常に考えていることが重要ではないかと教えている。

資格も必要である。技術士はいわばエンジニアを名乗る免許証である。いくら運転技術が優れているといっても無免許では車は公道を走れない。エンジニアも同様で、技術士（免許）を持たないと誰もエンジニアとして認めてくれない。今は、早い人では30歳前後で技術士の資格を得ている。エンジニアの自覚を持つ意味でも、一日も早く技術士資格を取得して欲しい。

以上、大学の非常勤講師の立場から、技術者教育について思うところを述べてきた。専任の先生方には失礼なことと感じられた方もあろうかと思うが、お許しいただきたい。

JICMA

【筆者紹介】

藤原 博（ふじわら ひろし）
（株）川金コアテック



ずいそう

シニアエンジニアの あらたなチャレンジ 世代の役割を楽しもう

高 田 知 典



世界保健機構は、65歳以上を「高齢者」と定めています。少子高齢化は世界的な社会問題となり特に日本では、65歳以上の高齢の人口は3514万人で総人口に占める割合は27.7%となっています。高齢化増加率が2020年には24%に達し、国際的な大都市に比べると首都圏は2倍以上と極めて高く世界に類を見ない高齢都市へと変貌していきます。

「85歳以上の3人に1人が認知症」、「歩く速度が遅いと余寿命が短い」、「高齢者の一人暮らしが2割を超える」、「深刻な空き家問題」など刺激的なフレーズが超高齢化社会の到来を象徴しています。平均寿命と健康寿命の間には、男性で約9年、女性で約13年の差があります。「老い」は遠い存在で、頭の片隅にも「高齢者」の3文字が身近に感じることはない私でした。

私が高齢者問題に携わるきっかけは、東京都健康長寿医療センター研究所の研究部長として転任してきた友人を訪ねたのが最初です。研究所は、高齢者（特に都市高齢者）の健康寿命増進、介護予防のための様々な研究を行う病院を併設したアジアで最初の高齢者専門の研究所でした。最近ではテレビでこの名前をお聞きになる方もたくさんおられると思います。最初は、私がITベンチャーの社長を仰せつかっていたこともあり、「高齢者を元気にするには？」をテーマに研究成果を生かしたゲームソフトの開発を画策しましたが、ご多分にもれず開発費が膨大で素直にあきらめました。そうこうしているうちに、研究所の取組みに触れる中、この研究所を知る人がもっといて欲しい、もっと社会に貢献することに結びつかないかと思うようになり、先生方のご支援を受け研究所と企業を結ぶ「場」として「健康長寿医療研究会」を立ち上げました。全くの門外漢である私は事務局として完全なボランティアとして運営に携わってきました。理事長からは、「高田さん、ボランティアは長生きの秘訣だよ」なんてからかわれたりもしました。個人的には、「暇つぶし」という反面、「一歩だけ先回りする」、「何か社会に役立つことをして逝く」、「ささやかでお節介なボランティア」という思いもあり、知らないことへの興味と新たな人付き合いで6年も続いてしまいました。「楽しい加齢」のためアクティブシニア（2030年でも8

割以上）の高齢者を一人でも増やしたいと願っています。

高齢者問題＝介護（寝たきり）とすぐ結びつけるのは早計です。特に高齢を迎える私たち（働き世代も含めて）にとって、「老い」を恐れず、健康寿命を如何に延ばすか、生き生きとした時間をより長く過ごし、いわゆるピンピンコロリが目指すところです。そのためには、自分自身の状況を知り（健診）、症状やその対策を知ること、防ぐことができることを知るべきと実感しました。例えば、認知症はMCI（軽度認知障害）になってから10年かかるとも言われています。いち早くMCIとは何かを知ることによってその10年を15年にも20年にもすることができると、より多くの人とその知識や情報を共有することが必要だと感じるようになりました。高齢者研究で触れた用語はまったく初めて聴く言葉ばかりでした。因みに、皆さんは、次のうちいくつ分かりますか？

- ・MCI（Mild Cognitive Impairment：軽度認知障害）
- ・QOL（Quality of life）
- ・サルコペニア（sarcopenia）
- ・ロコモティブシンドローム（運動器症候群）
- ・フレイル

研究所は、認知症、栄養（食・口腔機能など）、社会参加（就労、余暇活動、ボランティアなど）、運動機能（歩行速度、歩幅、筋力など）の「健康増進のための四つの視点」で多様な研究を進めています。研究会を通して、全く門外漢だった私も知らないことによる不安、危険、恐れ、知ることによる安心感、期待を身近に感じるようになり、「健康リテラシー」の大切さを痛感することとなりました。

研究所では「お達者健診」という高齢者の健診を進めています。内容は、認知症から運動機能、口腔機能、筋力測定までに及び、その処方対策についても相談に乗っています。私もお達者健診を経験しました。筋力は同世代の1.3倍、歩行速度は50歳代、やった！と思いましたが、認知症健診は少し？？のところもあり複雑な気分です…。歩行速度、歩幅など実際の計測では、「そんな早く歩かなくて普通でいいですよ！」という忠告にもかかわらず、頑張ってしまうのは女性ばかり。

皆様も是非、一度体験してみてください。少しヒヤヒヤしますが楽しいですよ。

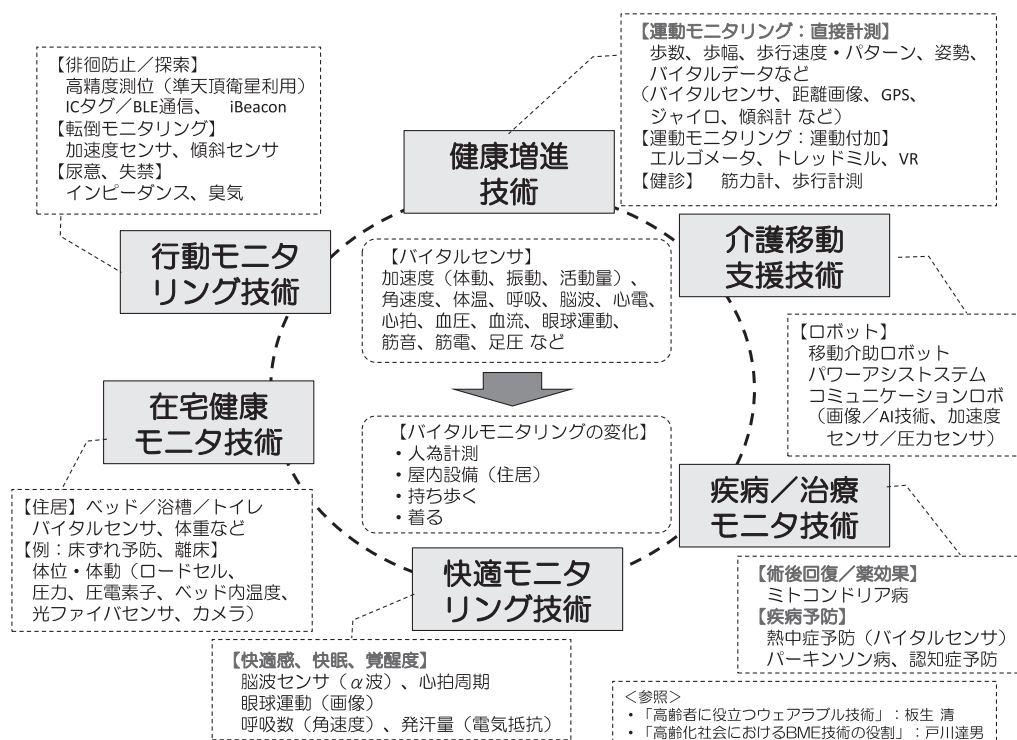
この活動を広く進めることで「都市高齢者の特有の課題を調査・研究し、健康長寿増進に寄与する」ことを目指しています。今後は、一般社団法人健康長寿支援センターとして活動を進めていくことも予定しています。

最後に、エンジニアとして高齢化時代の社会インフラのあり方について考えてみました。高齢者を取り巻く環境がますます厳しくなる中で、社会インフラの安全・安心に対する意識が高まっていくものと考えられます。高齢化問題は、建設分野でも技術労働者の高齢化に伴う作業効率の低下や熟練技術者の不足、過酷な労働環境での作業従事者の減少、労働生産性の低下など直接的な影響があります。こういった状況をいたずらにネガティブにとらえるのではなく、高齢者が生き生き暮らすことができる社会資本のあり方を前向きに考えることは明るい未来を実現する一助になると考えます。時代の主役は人も社会インフラも「高齢化」であり、エンジニアとして如何に貢献できるか考えることもシニアの役割と思います。

社会インフラの整備は公共性、安全性、防災など様々な観点で貴重な予算を使う必要があります。現在の高齢化対策の主なものとしてバリアフリーがあげられますが、バリアフリーを進めることはもちろん重要ですが、決して弱者だけではない高齢者の健康増進や社会

参加を支援することも社会インフラの役割ではないでしょうか。シビルエンジニアとして「高齢者に優しい社会インフラの実現」に少しでも貢献できればと思います。チャレンジを続け、世代の役割を楽しもうと思っています。

例えば、駅を考えてみましょう。バリアフリーやエスカレーター、エレベータの整備はあくまでも必要条件です。高齢者にとって駅は何が危険で何が不安か、バリアフリーだけでは解決しません。視力が衰える高齢者にとって見やすいサイン、適度の明るさ・色、安心して歩ける通路（ぶつからない、安全な立ち止まり）、目的地へ安全に導くサービス、さらには元気な高齢者には適度な付加がかかる行き先表示など駅で鍛える（やり過ぎ）？ こともあるかも知れません。駅だけでなく歩道や公園、道路など社会インフラのあり方を少し見直す必要があるのではないのでしょうか。「高齢者に優しく、利用し易く、高齢者に媚びない社会インフラ」は時間のない現役世代にもプラスになると確信しています。大切なことは、高齢者が自覚して知識や情報を得ること、それを支援する高齢者が必要であることと思います。高齢者を身近に感じるようになったことで、土木技術者（だった）として少し見え方が変わってきました。また、より多くの高齢者が自宅を出て外出することは、経済の活性化の上でも大切な観点で、特に交通事業者にとって利用者の減少は待ったなしの課題です。社会インフラにはこれまで以上に、安心・



図一 高齢者の環境整備のためのセンサ活用分野

安全だけでなく多くの機能が要求されます。

一方で、幸か不幸か少子高齢化の先端を走っている日本はICT 先端国であり、これからの高齢者は情報リテラシーの高い世代が多くなることが予想されます。Web だけでなく先端技術の活用アレルギーのないことも優位であり、センサやクラウド等のICT を活用した社会インフラのスマート化による高齢者サービスも期待されます。参考までに、図—1に「高齢者の環境整備のためのセンサ活用分野」を私なりに整理してみました。

超高齢化社会になって、医療・健康分野の門外漢である土木技術者の一人として何ができるか（できないと思うけど）楽しく考えてみたいと思います。ベテラン技術者に限らずエンジニアの皆さん、一緒に考えていきましょう。

〈お薦めの本〉

- ・「健康寿命の延ばし方」, 大淵修一著（東京都健康長寿医療センター研究所研究部長）, 中央公論社発行
本書は、5年前に出版されたものですが「健康寿命の実際と対策」が易しく説明されています。
是非、一読してみてください。

〈参考図書〉

- ・「健康格差 —あなたの寿命は社会が決める—」, NHK スペシャル取材班, (株)講談社発行
- ・「人生は70歳からが一番面白い」, 弘兼憲史著, SBクリエイティブ(株)発行
- ・「孤独のすすめ—人生後半の生き方—」, 五木寛之著, 中央公論社発行

——たかだ ともり 高田技術経営コンサルタント 代表——



ずいそう

ビギナーの釣りは ハプニングの連続

小 松 正 明



いろいろな言い方があるのだけれど、人生の楽しみ方としてこんな言葉がある。

一日幸福でいたかったら、床屋に行きなさい
一週間幸福でいたかったら、結婚しなさい
一ヶ月幸福でいたかったら、良い馬を買いなさい
一年幸福でいたかったら、新しい家を建てなさい
一生幸福でいたかったら、釣りをしなさい

この言葉を知っていたわけではないが、50代になってから釣りを始めた。

北海道の道東は釧路市へ転勤になった際に、「この地でフライフィッシングをしないのは、讃岐へ行ってもうどんを食べず、信州で蕎麦を食べないようなものですよ」とうまいことを言われたことがきっかけだった。フライフィッシングというのは、虫に似せた疑似餌で魚を誘い、釣った魚はキャッチ&リリースをして決して食べたりしない優しい釣りだ。イギリスの貴族発祥の釣りで環境に優しく、紳士的なところも素敵だった。

ところが、次第にフライフィッシングの釣り仲間が増えて、またその人たちに海釣りにも誘われるようになって、どんどん釣りの世界が広がっていった。今では夏の盛りこそフライフィッシングだが、それ以外の季節では海へ出かけて食べられる釣りにもいそしんでいる。

そして、そんな食べられる釣りの真骨頂が冬の氷上ワカサギ釣りだ。これは冬に凍った湖に専用のドリル

で直径20センチほどの穴をあけて、湖底近くにいるワカサギを釣り上げるという、冬の北海道の代表的なレジャーだ。冬の北海道で、しかも氷上に何時間もいるので、多くの場合、底に布がなくてただ空間を覆うだけのワカサギ釣り専用のテントを張って、その中で穴釣りをする。

アウトドアにはハプニングがつきものだが、今回はそんなビギナーである私の、ワカサギ釣りでの二つのハプニングを紹介したい。

【テント吹き飛ばされ事件】

一つ目は「テント吹き飛ばされ事件」だ。

普段から妻と出かけるワカサギ釣りだが、その日も妻と二人で札幌市郊外の湖にテントを張って朝から釣りをしていた。「今日から北日本は天候が荒れる」という天気予報だったが、山に囲まれた湖なら大丈夫だろうと、高をくくっていたのだ。

この日は気温が上がって、湖面の表層部はかなり緩んでいて、しばしば長靴がずぼとぬかるような状態だった。それでも食べられる釣りは欲が勝るもので、多少の苦労はいとわずにテントなどの釣り道具一式をソリで運んでテントを設営した。テント設営の場所も、雪面がぐずぐずと柔らかいので、付属の短いペグでは効かない気がしたのと、朝は風もそれほど強くなかったので、テントの6本の支柱だけを固定して、張り綱で補強はせずに釣りを始めた。

朝8時くらいから釣り始めたが、ポイントの選び方が悪いのか、なかなか釣れないいわゆる「渋い」感じが続く。「釣れないねー」と我慢の釣りを続けていたのだが、そのうち昼前から時折ブンッと、非常に強い突風が吹くようになった。

その風もだんだん強くなってきて、(そろそろ張り綱で補強しておいた方が良さそうだな)と思っていたその矢先、それまでにないものすごい突風が背中から襲ってきた。

「うわっ!」と、瞬間、テントの支柱をつかんで押さえようとしたのだが、突風に煽られてテントはブワーッと浮き上がって手を離れ、雨傘のように一気に飛ばされてしまった。

「こりゃいかん!」



写真—1 いざ湖へ橋の下にテントが見える

ぬかるんだ雪面の上を慌てて飛ばされたテントを追いかける。テントは広大な湖面で100メートルほども先の、長大な氷の面の手前に転がっていたが次の大風が来たらたまらない。必死に走ってようやくテントをつかみ、引き戻してきたが、釣っていた場所は大混乱。電動リールなどの釣り道具はもちろん、いすやテーブルもあちこちに転げて散乱しておおわらわだ。

「今日はもう止めよう」とさすがに心が折れて撤収を決めたが、時折吹く強風にテントが暴れて撤収作業もなかなか進まないほどだった。

回りを見ると、そこいらじゅうで次々にテントが飛ばされて、何人もが同じように右往左往している。



写真一 2 この日は何張も飛ばされていた

そんな中に、男女のグループが自分たちの釣り用テントとは別に設営したトイレ用と思しき一人用の背の高いテントがあった。朝見たときは(あれは便利だな)と思っていたが、強風ではひとたまりもなく、我々のテントと同様に沢の奥まで飛ばされていった。

後から、「中に誰かが入っていた時にテントが飛ばされなくて良かったね」と笑ったが、本当だったら笑い事ではなかっただろう。

その次から、テントは必ず張り綱で補強することにしたのは言うまでもない。

【あわや死にそうになる事件】

二つ目は「あわや死にそうになる事件」だ。

その日のワカサギ釣りは妻と一緒に行けなくて、友人のYさんと二人で行くことにした。ワカサギは、一般には早朝が釣れると言われるが、この日は早朝というよりも昼前から少しずつコンスタントに釣れるようになった。

お互いにそこそこいい感じで釣り上げて、「15時に上がりますか」と言ったのだが、15時少し前に私の釣りあげたワカサギを数えたところその数は93匹だった。「ここまできたら一束(いっそく=100匹)

まで行きたいので、ちょっと延長してください」と延長を申し出たところ、友人のYさんも「いいですよ」という返事。「一束を釣る」というのは、釣れた日の一つの勲章のようなものなので、つい欲が出たのだ。

さて、残り7匹を釣り上げるぞ、と力が入る。



写真一 3 深い湖では電動リールが大活躍

後から考えると、これが災いしたのだが、時間を延長したことで、テントの中で暖を取るために燃やしていたガソリンバーナーの換気が疎かになっていた。

97…、98…、99…と連れて、「やった！100匹達成！ありがとう！」と、100匹目が釣れたところで、「じゃあ撤収しましょう」と、テントのジッパーを開いて外に出た。ところが次の瞬間に、急に猛烈な頭痛と吐き気が襲ってきて立っていられなくなった。

(え？どうしたんだ？)とYさんを見ると、同じように外に出たYさんも具合が悪そうにしている。

頭に浮かんだのは(まずい！一酸化炭素中毒か！)という事。どうやら不完全燃焼と換気不足で一酸化炭素中毒になりかけていたようだ。実際にその状態になって驚いたのは、単なる酸素不足と違って、何度深呼吸をしてもその気分の悪さが治らない事だった。テントの外で雪の上に寝転んで二人でハアハアと深呼吸を繰り返すがそのうちにひどい悪寒が襲ってきて、いよいよ(これは救急車を呼ばないとだめかな)と思うほどだった。

15分もそうやって深呼吸をしていたらどうか、少し体が動くようになったので、ひどい吐き気に襲われながらも、二人してテントなどの釣り道具を撤収して車へ戻った。車へ戻ったのは良いが、私はとても運転ができず、幸いにして私よりも軽症だったYさんが運転してくれて自宅まで戻ることができた。

テントを出てから2時間後に家に着いたころには、ようやく人心地がついた感じがしてほっとした。しかし、今思い返してもぞっとするのは、『具合が悪くなったから』テントを出たのではなく、具合の悪さに全く気が付かないままに『100匹目が釣れたから』外に出

たということだ。あの100匹目が釣れていなければ二人ともテントの中で動けなくなっていたに違いない。一酸化炭素中毒で亡くなるのは、気が付かないうちに体が動かなくなるからだ、ということがよく分かった。今でもあの100匹目は神様からの贈り物だったと思う。

後から二人で反省をしたが、振り返ってみて間が悪かったのは、私のテントに、Yさんのガソリンバーナーという組み合わせだったことだ。七輪や練炭は一酸化炭素中毒の危険があるとは思っていたが、空気を圧縮して燃焼させるタイプのガソリンバーナーも空気圧が下がると不完全燃焼の危険がある。私はバーナーの炎が小さくなったような気がしたし、Yさんは空気が悪いように感じていたのだが、お互いが相手の持ち物だったので、つい遠慮してしまって何も言いださな

かったコミュニケーション不足が最大のミスだったというわけだ。

あのまま、一酸化炭素中毒で死んでいたら、文字通り「あいつは釣りをして一生を幸せに死んだんだな」と笑われたことだろう。「一生楽しめたければ釣りをしなさい」という諺をブラックジョークにしなくて良かった。

この事件の後で、二人そろってネットショップで一酸化炭素警報器を買い求めたことは言うまでもない。

人生には感動と笑い話が必要だが、アウトドアには危険がつきものだ。こんなビギナーの失敗を他山の石として、どうぞご安全に。

——こまつ まさあき (一社)北海道舗装事業協会 専務理事——



新工法紹介 機関誌編集委員会

04-395	MR（複合現実）技術を活用した トンネル維持管理システム （トンネルMR）	鴻池組
--------	---	-----

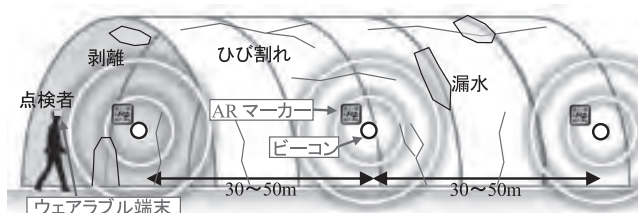
▶ 概 要

トンネルを含む土木構造物や建築構造物は、施工中にコンクリートのひび割れや不具合を調査後、各事業者引き渡される。その後、事業者は構造物の点検調査を継続的に行いながら補修補強の必要性を判断し実施する。しかし、供用中の構造物における点検調査は、構造物の複雑化、調査の時間的制約、排ガスなどの汚れた条件下において、前回の調査と見比べながら行わなければならないため、ひび割れ、不具合の発生や進展を見落とす可能性があった。そのため、現地で限られた時間内に効率的な点検調査を行い、補修補強の必要性を適切に判断することが求められている。

MR（複合現実）技術を活用したトンネル維持管理システムは、トンネルの維持管理に必要な2次元データや3次元データをMR専用ウェアラブル端末に登録し、現地に設置したARマーカーやビーコンを用いて構造物の任意の位置に投影するシステムである（図—1）。これにより、現地のトンネル坑内においてコンクリートのひび割れ、不具合の発生や進展状況、設計や施工との因果関係を容易に把握できるようになった。

▶ 活 用 手 順

①CIMなどで作成した設計や施工、維持管理の2次元データ（切羽観察記録、計測結果、支保パターン、出来形調書など）や3次元データ（ひび割れ展開図、地質・湧水展開図など）を、MR専用ウェアラブル端末に登録する（写真—1、2）。



図—1 MR技術を活用したトンネル維持管理システム 概要図



写真—1 Microsoft社 HoloLens



写真—2 HoloLens使用状況

②現地の覆工側壁部の30～50m毎に、ARマーカーまたはビーコンを設置する（写真—3）。

③ウェアラブル端末に内蔵されているARマーカーの読取り機能やBluetooth機能を用いて点検者のいる任意の位置での地質展開図やひび割れ展開図などの3次元データや設計寸法などの2次元データを、1分の1スケールのホログラムとしてトンネル坑内に投影する（写真—4、5）。

点検者が移動する際は、ウェアラブル端末の深度センサーや環境認識センサー、ジャイロセンサーなどによりトンネル坑内を空間認識させながら高精度にホログラムを追従させる（30m移動時に10cm以内の表示誤差であることを確認）。

④切羽観察記録や内空変位計測結果などの2次元データは、側壁部に設置したポイントに登録し、ハンズフリーで表示させる（写真—6、7）。

これらのデータは、クラウドなどを介して随時、最新データに更新することで現地で適切にMR技術を活用できる。

▶ 用 途

・トンネルを含む土木構造物の施工管理や維持管理

▶ 実 績

・中国地方整備局 鳥取西道路気高第2トンネル

▶ 問 合 せ 先

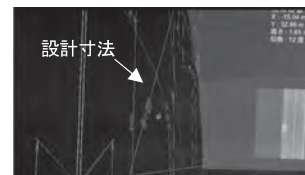
（株）鴻池組 土木技術部 若林宏彰

〒541-0057 大阪市中央区北久宝寺町3-6-1

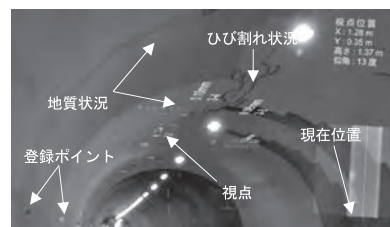
TEL：06-6245-6568



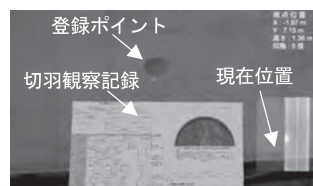
写真—3 ARマーカー



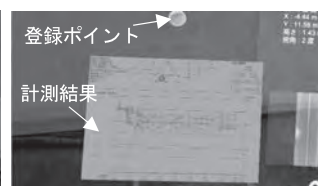
写真—4 断面設計寸法表示例



写真—5 地質及び覆工ひび割れ状況（仮想）表示例



写真—6 切羽観察記録表示例



写真—7 内空変位計測結果表示例

平成 30 年度 建設投資見通し

国土交通省 総合政策局 情報政策課 建設経済統計調査室

1. はじめに

我が国の建設投資は、社会経済活動・市場動向等に与える影響が極めて大きい。

このため、国土交通省では、国内建設市場の規模とその構造を明らかにすることを目的とし、昭和 35 年度から毎年度、建設投資推計及び建設投資見通しを作成し、「建設投資見通し」として公表している。

2. 建設投資見通しの概要

平成 30 年度の建設投資は、前年度比 2.1% 増の 57 兆 1,700 億円となる見通しである。

平成 30 年度の建設投資は、前年度比 2.1% 増の 57 兆 1,700 億円となる見通しである。このうち、政府投資は 23 兆 600 億円（前年度比 0.1% 増）、民間投資が 34 兆 1,100 億円（前年度比 3.4% 増）と

なる見通しである。これを建築・土木別に見ると、建築投資が 31 兆 1,100 億円（前年度比 2.4% 増）、土木投資が 26 兆 600 億円（前年度比 1.6% 増）となる見通しである（表—1、図—1）。

平成 29 年度の建設投資は、前年度比 4.6% 増の 56 兆 200 億円となる見込みである。このうち政府投資は 23 兆 400 億円（前年度比 2.9% 増）、民間投資は 32 兆 9,800 億円（前年度比 5.7% 増）と見込まれる。建築・土木別に見ると、建築投資が 30 兆 3,800 億円（前年度比 4.8% 増）、土木投資が 25 兆 6,400 億円（前年度比 4.3% 増）となる見込みである。

建設投資は、平成 4 年度の 84 兆円をピークに減少基調となり、平成 22 年度には平成 4 年度の半分程度にまで減少した。その後、東日本大震災からの復興等により回復傾向となっている。平成 30 年度の建設投資については、復興予算や平成 29 年度の補正予算等に係る政府建設投資が見込まれること等から、総額として 57 兆 1,700 億円となる見通しである。

表—1 平成 30 年度建設投資（名目値）

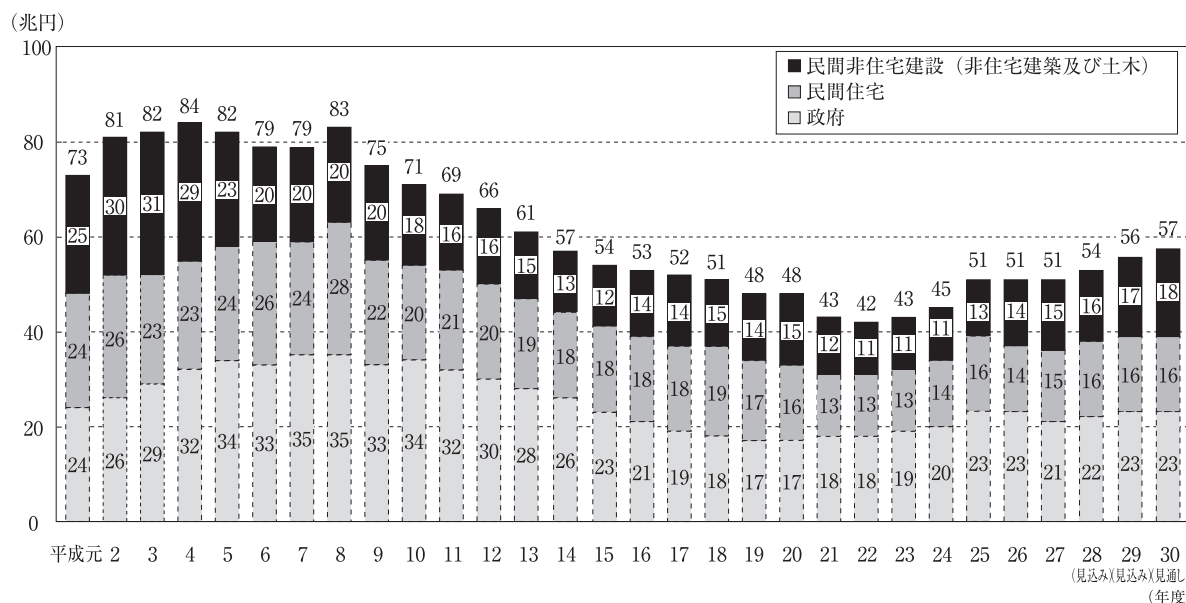
（単位：億円，%）

項目	年度	投資額				対前年度伸び率			
		平成 27 年度実績	28 年度見込み	29 年度見込み	30 年度見通し	平成 27 年度	28 年度	29 年度	30 年度
総計		509,828	535,700	560,200	571,700	▲ 0.3	5.1	4.6	2.1
建築		273,346	289,800	303,800	311,100	3.2	6.0	4.8	2.4
住宅		154,857	164,000	165,700	169,200	4.4	5.9	1.0	2.1
政府		7,418	7,200	5,800	5,800	4.2	▲ 2.9	▲ 19.4	0.1
民間		147,439	156,800	159,900	163,400	4.4	6.3	2.0	2.2
非住宅		118,489	125,800	138,100	141,900	1.8	6.2	9.8	2.8
政府		18,443	21,000	21,900	21,900	▲ 20.9	13.9	4.3	0.1
民間		100,046	104,800	116,200	120,000	7.4	4.8	10.9	3.3
土木		236,482	245,900	256,400	260,600	▲ 4.1	4.0	4.3	1.6
政府		186,891	195,600	202,700	202,900	▲ 5.7	4.7	3.6	0.1
公共事業		161,675	169,400	174,600	174,800	▲ 5.9	4.8	3.1	0.1
その他		25,216	26,200	28,100	28,100	▲ 4.2	3.9	7.3	0.1
民間		49,591	50,300	53,700	57,700	2.3	1.4	6.8	7.4
再掲	政府	212,752	223,800	230,400	230,600	▲ 6.9	5.2	2.9	0.1
	民間	297,076	311,900	329,800	341,100	5.1	5.0	5.7	3.4
	民間非住宅建設 ^{注1}	149,637	155,100	169,900	177,700	5.7	3.7	9.5	4.6

（注）1. 民間非住宅建設＝民間非住宅建築投資＋民間土木投資。

2. 平成 30 年度の伸び率のうち、政府投資（名目値 0.1%）及び民間住宅建築投資（名目値 2.2%）については、平成 30 年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度（平成 30 年 1 月 22 日閣議決定）の公的固定資本形成及び民間住宅の指標による。

3. ▲は、マイナス。



図一 建設投資額（名目値）の推移

3. 建築物リフォーム・リニューアル投資の動向

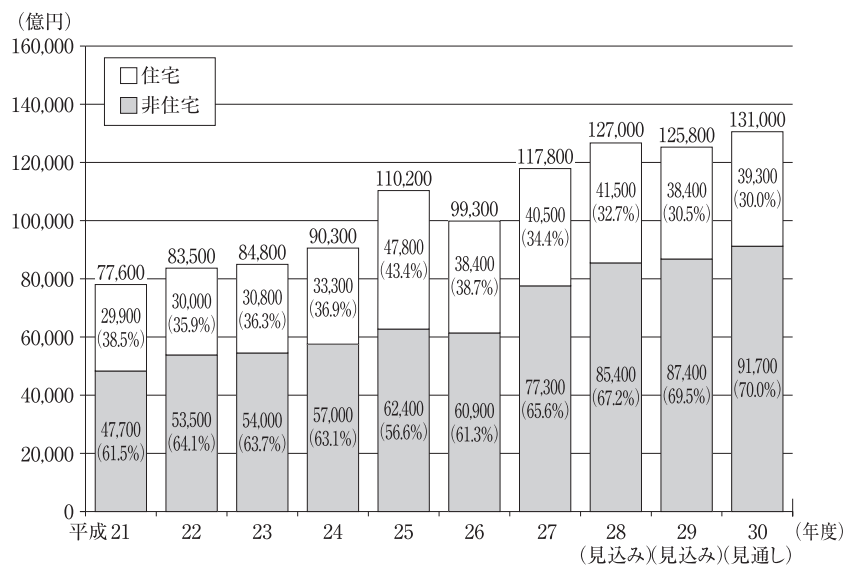
建築物リフォーム・リニューアル投資額は、平成30年度に13兆1,000億円程度となる見通しである。

また、建築投資全体に占める建築物リフォーム・リニューアル投資の比率は、住宅・非住宅の総計で30.3%となる見通しである。

建築物リフォーム・リニューアル投資額は、平成30年度に13兆1,000億円程度（対前年度比4.1%増）となる見通しである。また、その内訳は、住宅30.0%、非住宅70.0%となる見通しである（図一2）。

建築物リフォーム・リニューアル投資額に、建設投資見通しの「建築」の投資額を加えた合計額（重複計上分を除く）は、43兆1,800億円程度となる見通しである。そのうち、建築物リフォーム・リニューアル投資額の占める割合は、平成30年度には住宅で18.9%、非住宅で40.9%、総計で30.3%となる見通しである。

また、建築物リフォーム・リニューアル投資額に、建設投資見通しの「総計」の投資額を加えた合計額（重複計上分を除く）は、69兆2,400億円程度となる見通しである。



- (注) 1. 投資額とその比率は、国土交通省「建築物リフォーム・リニューアル調査報告」等により算出している。なお、「建築物リフォーム・リニューアル調査」については、平成28年度受注分から調査計画の見直しにより統計精度の向上を図っている（平成28・29年度受注分については特別集計値を公表）。
2. 「リフォーム・リニューアル」とは、既存建築物の増築、一部改築、改装・改修工事等のことであり、劣化等の維持・修理に加え、従前の建築物の機能や耐久性を高めるものを含む。

図二 建築物リフォーム・リニューアル投資額の推移

統計

4. 国内総生産と建設投資の関係

平成 30 年度の建設投資が国内総生産に占める比率は、10.1% となる見通しである。

国内総生産に占める建設投資の比率は、昭和 50 年頃は 20% 以上あったが、その後、減少傾向となった。昭和 61 年度から平成 2 年度にかけて一時増加したものの、その後再び減少基調となった。近年では、10% 付近を推移している状況である（図—3、4）。

5. 建設投資の構成と推移

(1) 建設投資の構成と推移

平成 30 年度建設投資見通しにおける建設投資の構成を見ると、政府土木投資と民間建築投資の合計が全体の 85% を占めている。

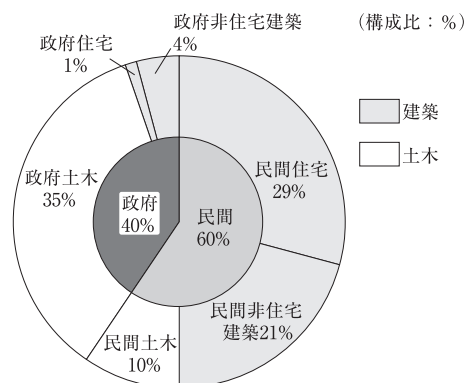
平成 30 年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が 60%，政府投資が 40% である。

民間投資のうち住宅と非住宅を合わせた建築投資が全体の 50% を占めている。政府投資は土木投資が全体の 35% を占めており、この両方で建設投資全体の 85% を占めている（図—5、6）。

(2) 建築・土木別構成比の推移

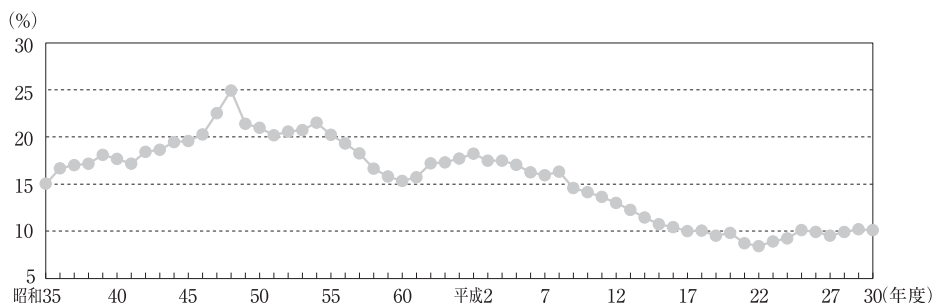
平成 30 年度の建設投資は、建築投資が 54% で、土木投資が 46% となる見通しである。

建築と土木との構成比については、平成 3 年度以降、建築投資が減少する一方で経済対策により政府土木投資が大幅に増加したことから、土木投資の占める比率が増加傾向となり平成 10 年度には



（注） 計数はそれぞれ四捨五入しているため合計と必ずしも一致しない。

図—5 平成 30 年度 建設投資の構成（名目値）



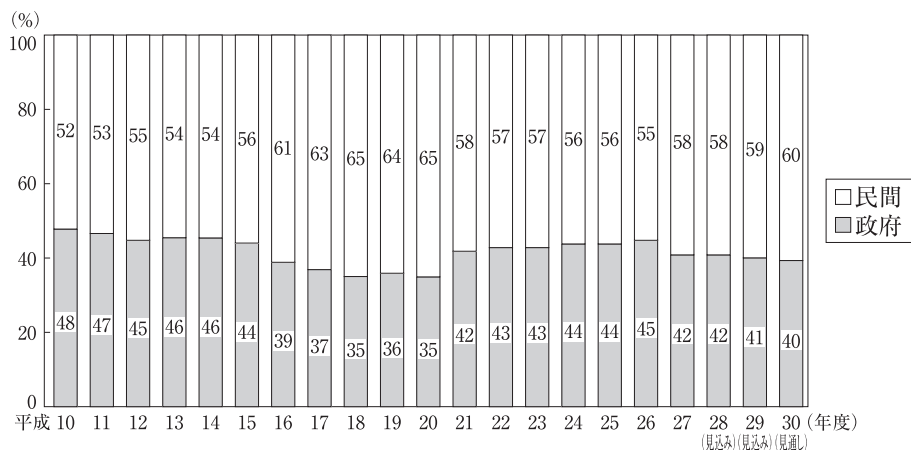
図—3 建設投資の国内総生産に占める比率

GDE(=GDP)539.3兆円								
消費 406.7兆円 (75.4%)			投資 127.3兆円 (23.6%)				輸出 88.6兆円 (16.4%)	輸入(控除) -83.3兆円 (-15.4%)
民間消費 300.5兆円 (55.7%)	政府消費 106.2兆円 (19.7%)	民間住宅 17.0兆円 (3.2%)	民間企業設備投資 83.6兆円 (15.5%)	政府投資 27.0兆円 (5.0%)	在庫 -0.4兆円 (-0.1%)			
		機 械 等		機 械 等		在 庫		
不動産仲介手数料	民間住宅 15.7兆円 (2.9%)	民間非住宅建設投資 15.5兆円 (2.9%)	民間土木 5.0兆円	民間非住宅建築 10.5兆円	政府建設投資 22.4兆円 (4.1%)			

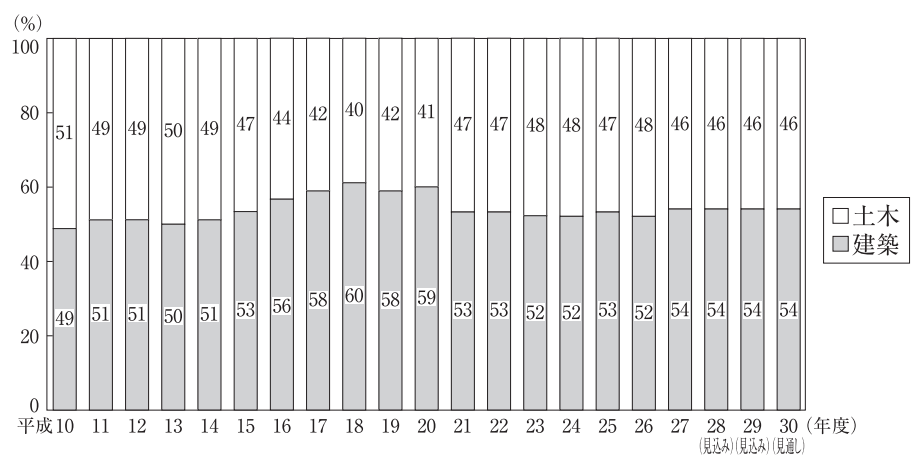
：建設投資

- （注） 1. 国内総生産は「国民経済計算」及び「平成 30 年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」（平成 30 年 1 月 22 日閣議決定）による。
 2. 建設投資の平成 28、29 年度は見込み額、平成 30 年度は見通し額である。
 3. 国内総生産の昭和 35 年度から昭和 54 年度までは「平成 2 年基準（1968SNA）」、昭和 55 年度から平成 5 年度までは「平成 12 年基準（1993SNA）」、平成 6 年度以降は「平成 23 年基準（2008SNA）」による。
 4. 計数はそれぞれ四捨五入しているため合計と必ずしも一致しない。

図—4 国内総支出と建設投資の関係（平成 28 年度）



図—6 政府・民間別構成比の推移



図—7 建築・土木別構成比の推移

51%となった。

その後、建築投資の占める比率が高まる傾向にあったが、平成21年度に下落し、近年は建築投資が50%台前半、土木投資が40%台後半で推移している（図—7）。

(3) 政府建設投資の動向

平成30年度の政府建設投資は、前年度比0.1%増の23兆600億円となる見通しである。

平成30年度の政府建設投資は、前年度比0.1%増加し、23兆600億円となる見通しである。

平成29年度は、前年度比2.9%増加し、23兆400億円となる見込みである。

※平成30年度の前年度比については、平成30年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度（平成30年1月22日閣議決定）の公的固定資本形成の指標（名目値0.1%）による。

(4) 住宅投資の動向

平成30年度の住宅投資は、前年度比2.1%増の16兆9,200億円となる見通しである。

平成30年度の民間住宅投資は、前年度比2.2%増の16兆3,400億円となる見通しである。また、政府住宅投資を合わせた平成30年度の住宅投資全体では、前年度比2.1%増の16兆9,200億円となる見通しである。

(参考)

平成29年度の新設住宅着工戸数は、前年度比2.8%減の94.6万戸であった。利用関係別に見ると、持家は28.2万戸（前年度比3.3%減）、貸家は41.0万戸（前年度比4.0%減）、給与住宅は0.5万戸（前年度比6.2%減）、分譲住宅は24.8万戸（前年度比0.3%減）となっている（表—2）。

※平成30年度の前年度比については、平成30年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度（平成30年1月22日閣議決定）の民間住宅の指標（名目値2.2%）による。

(5) 民間非住宅建設投資（建築+土木）の動向

平成30年度の民間非住宅建設投資（民間非住宅建築及び民間土木）は、前年度比4.6%増の17兆7,700億円となる見通しである。

平成30年度の民間非住宅建築投資は、前年度比3.3%増の12兆

統計

表一 新設住宅着工戸数と伸び率の推移

①着工戸数		(単位：戸)				
		総 計	持 家	貸 家	給 与	分 譲
年 度	平成 26 年度	880,470	278,221	358,340	7,867	236,042
	平成 27 年度	920,537	284,441	383,678	5,832	246,586
	平成 28 年度	974,137	291,783	427,275	5,793	249,286
	平成 29 年度	946,396	282,111	410,355	5,435	248,495

②伸び率：前年同期比		(単位：％)				
		総 計	持 家	貸 家	給 与	分 譲
年 度	平成 26 年度	▲ 10.8	▲ 21.1	▲ 3.1	49.2	▲ 8.9
	平成 27 年度	4.6	2.2	7.1	▲ 25.9	4.5
	平成 28 年度	5.8	2.6	11.4	▲ 0.7	1.1
	平成 29 年度	▲ 2.8	▲ 3.3	▲ 4.0	▲ 6.2	▲ 0.3

(注) 1. 「住宅着工統計」(国土交通省)による。

2. ▲は、マイナス。

表二 民間非住宅建設投資額(名目値)と伸び率の推移

①投資額		(単位：億円)		
	民間非住宅建築	民間土木	合計 (民間非住宅建設投資)	
平成 26 年度	93,110	48,474	141,584	
平成 27 年度	100,046	49,591	149,637	
平成 28 年度(見込み)	104,800	50,300	155,100	
平成 29 年度(見込み)	116,200	53,700	169,900	
平成 30 年度(見通し)	120,000	57,700	177,700	

②伸び率：前年比		(単位：％)		
	民間非住宅建築	民間土木	合計 (民間非住宅建設投資)	
平成 26 年度	10.6	7.0	9.3	
平成 27 年度	7.4	2.3	5.7	
平成 28 年度(見込み)	4.8	1.4	3.7	
平成 29 年度(見込み)	10.9	6.8	9.5	
平成 30 年度(見通し)	3.3	7.4	4.6	

円となる見通しである。また、民間土木投資は、前年度比 7.4%増の 5 兆 7,700 億円となる見通しである。

これにより、平成 30 年度の民間非住宅建設投資(民間非住宅建築及び民間土木)は、前年度比 4.6%増の 17 兆 7,700 億円となる見通しである。

平成 29 年度の民間非住宅建設投資(民間非住宅建築及び民間土木)は、前年度比 9.5%増の 16 兆 9,900 億円となる見込みである。

このうち、民間非住宅建築投資は 11 兆 6,200 億円(前年度比

10.9%増)、民間土木投資は 5 兆 3,700 億円(前年度比 6.8%増)となる見込みである(表二)。

6. おわりに

建設投資見通しは、国土交通省のホームページで公表しているので参照されたい(http://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000771.html)。

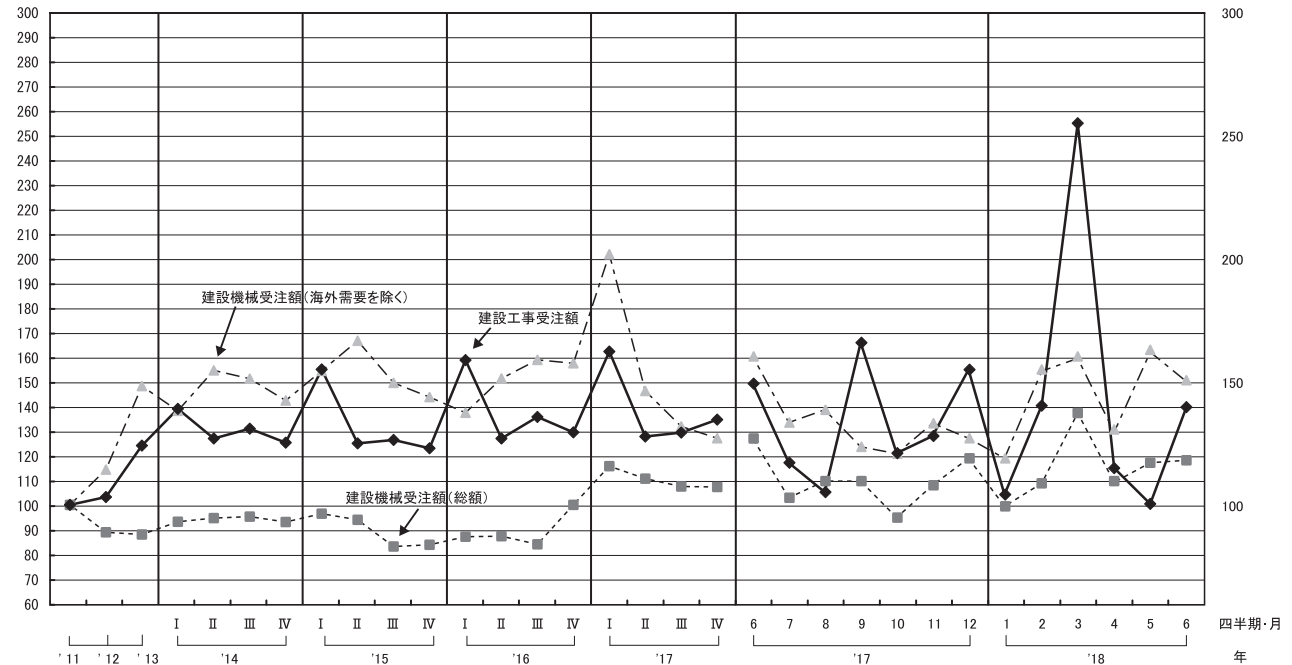
統計 機関誌編集委員会

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)

受注額

受注額



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位：億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
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 6 月	13,289	8,796	1,424	7,371	3,779	510	205	8,527	4,761	159,386	12,772
7 月	10,407	7,374	1,477	5,898	2,471	402	160	7,487	2,920	161,416	9,378
8 月	9,339	6,346	1,566	4,780	2,543	341	110	6,715	2,624	161,441	10,088
9 月	14,762	10,547	1,941	8,606	2,752	640	823	10,104	4,658	161,902	13,482
10 月	10,757	6,941	1,246	5,695	2,719	815	282	6,898	3,859	163,724	9,897
11 月	11,379	8,357	1,883	6,474	2,018	423	582	7,580	3,800	163,423	12,380
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	－	－

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 6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	18 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
総 額	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	21,535	2,067	1,674	1,785	1,785	1,542	1,757	1,936	1,617	1,770	2,237	1,784	1,906	1,923
海 外 需 要	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	14,912	1,484	1,189	1,281	1,336	1,103	1,273	1,474	1,185	1,206	1,654	1,309	1,313	1,375
海外需要を除く	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	6,623	583	485	504	449	439	484	462	432	564	583	475	593	548

(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 6 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

行事一覧

(2018年7月1日～31日)

機械部会



■トンネル機械技術委員会 幹事会

月 日：7月5日(木)

出席者：岩野健委員長ほか6名

議 題：①アンケートの返信状況についての確認とフォローアップ、およびまとめ方について ②見学会の候補地および日程について ③後継者育成のための講演会の候補者選定について ④協会からの連絡事項…ISO/TC 195 審議委員会立ち上げの件、「PRISM」の紹介

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：7月11日(水)

出席者：遠藤智委員長ほか16名

議 題：①基礎工からの寄稿依頼の対応について ②薬液注入工法について ③各社トピックス…調和工業殿会社紹介と主要製品パイプロハンマーの説明 ④協会からの連絡事項…ISO/TC 195 審議委員会立ち上げの件、「PRISM」の紹介

■除雪機械技術委員会

月 日：7月18日(水)

出席者：太田正樹委員長ほか16名

議 題：①ロータリ除雪車の安全対策の件…アンケート結果の説明、ロータリ除雪車の安全規格の見直しの件 ②除雪機械の未来像(3Dマップ検討)…ダイナミックマップ基板へのプレゼン結果報告 ③日本建設要覧見直しの件 ④除雪現場見学会の企画説明 ⑤協会からの連絡事項…ISO/TC195 審議委員会立ち上げの件

■原動機技術委員会

月 日：7月19日(木)

出席者：工藤睦也委員長ほか21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検討スケジュールについて ③建設機械、および自動車の排出ガスの車載測定 PEMS での測定値(文献)と規制値との比較 ④油脂技術委員会より報告 ⑤海外排出ガス規制の動向についての情報交換

■ショベル技術委員会

月 日：7月20日(金)

出席者：小澤学委員長ほか11名

議 題：①委員長の交代について ②ショベルの最新情報の共有(日立12t

ICT ショベルの紹介) ③建設部会でまとめた機械災害の事例分析と安全に対する検討について ④次期燃費基準のスケジュールと検討課題について ⑤その他…移動式クレーン構造規格改正の件

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：7月25日(水)

出席者：山口達也委員長ほか11名

議 題：①H30年度上期総会の発表内容、概略時間割の検討 ②現場・工場見学会について(候補地の選定) ③日本建設機械要覧の内容見直しの報告 ④協会からの連絡事項…「PRISM」の紹介について

■ダンプトラック技術委員会

月 日：7月26日(木)

出席者：田中哲委員長ほか4名

議 題：①トピックス…バイオ燃料に関する説明 ②安全装置/システム…航空機/安全装置/システムについて ③その他

■建築生産機械技術委員会(ラフテレーン作業燃費分科会)

月 日：7月30日(月)

出席者：石倉武久委員長ほか7名

議 題：①ラフテレーン作業燃費について…次期燃費基準のスケジュールと検討課題について、80tクラスの分類についての検討 ②日本建設機械要覧の内容見直しの担当決め

■コンクリート機械技術委員会

月 日：7月31日(火)

出席者：野中祥晶委員長ほか15名

議 題：①全圧連との意見交換…JIS A 8612について(コンクリートポンプ車のブーム装置先端のホース延長について)

■情報化機器技術委員会

月 日：7月31日(火)

出席者：白塚敬三委員長ほか7名

議 題：①障害物検知センサに関する情報共有と活動の進め方の議論 ②規制・規格の最新情報の共有 ③その他情報交換

標準部会



■ISO/TC 127 土工機械委員会 SC 2/JWG 28 衝突気付き及び回避 国内有志会合

月 日：7月9日(月)

出席者：岡ゆかり主査(コマツ)ほか7名

場 所：協会会議室

議 題：ISO/TC 127/SC 2/JWG 28 次回カルガリー国際WG会議(7月18

日～20日)対応検討…①ISO 21815-1(土工機械-衝突気付き及び回避-第1部：性能要求事項及び試験)案文準備 ②ISO 21815-3(同第3部：露天掘り鉋山で使用される機械の性能要求事項)案文準備 ③ISO 21815-2(同第2部：交信インターフェース)検討

■ISO/TC 127 土工機械委員会 SC 3/WG 5 施工現場情報交換 国際WG会議

月 日：7月10日(火)～12日(木)

出席者：山本茂主査(コマツ)ほか27名

場 所：機械振興会館会議室

議 題：①ISO/TS 15143-3 テレマティクスデータ 改正 投票結果に基づく審議 ②ISO/TS 15143-4 施工現場地形データ 案文検討

■ISO/TC 195 建設用機械及び装置委員会 平成30年度第1回WG8・WG9 合同分科委員会

月 日：7月30日(月)

出席者：山口達也 TC 195 委員長(鹿島道路)ほか11名

場 所：機械振興会館会議室

議 題：①各分科委員会案件の対面審議…9月17～21日にドイツで開催されるWG8、WG5、WG9国際会議 対応検討、WG8：韓国提案CIB対応検討、WG9：FDIS 15645 投票対応検討他、TC195/SC 2 国内審議委員会設立の報告及び今後の方針検討 ②TC 195 委員会案件の対面審議…9月17～21日にドイツで開催されるTC 195国際会議 対応検討、TC 195/SC 3 設置CIB 対応検討 ③その他…2019年ISO/TC 195国際会議(秋季@神戸)開催への協力依頼

■ISO/TC 195 建設用機械及び装置委員会 平成30年度第2回SC1 分科委員会

月 日：7月31日(火)

出席者：川上晃一 SC 1 分科委員長(日工)ほか7名

場 所：協会会議室

議 題：①2018年ISO/TC 195国際会議・CEN/TC 151/WG8会議(9/12～26@ドイツ)に向けた議題準備 ②2019年ISO/TC 195国際会議(秋季@神戸)開催に向けた準備 ③全圧連殿との意見交換結果(コンクリート機械技術委員会での協議案件)

建設業部会



■機電交流企画WG

月 日：7月3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テーマ、講演会の決定、テーマの数、シャッフル毎のテーマ設定など（7月配信の開催予告（案内・案）に向けて）
②H30年度第1回若手現場見学会の詳細
③その他・機電職就活パンフについて

■三役会

月 日：7月26日（木）
出席者：金丸清人会長ほか4名
議 題：①各3WG報告 ②現場見学会について、8/23-24 夏季現場見学会について、9/14 第1回若手現場見学会について ③その他

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：7月4日（水）
出席者：見波潔委員長ほか21名
議 題：①平成30年10月号（第824号）の計画の審議・検討 ②平成30年11月号（第825号）の素案の審議・検討
③平成30年12月号（第826号）の編集方針の審議・検討 ④平成30年7月号～平成30年9月号（第821～823号）の進捗状況報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：7月18日（水）
出席者：山名至考分科会長ほか2名
議 題：①8月号原稿「H30 建設企業の海外展開」検討（清水委員） ②その他

■新工法調査分科会

月 日：7月24日（火）
出席者：戸崎雅之委員ほか5名
議 題：①新工法情報の持ち寄り検討
②新工法紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会

月 日：7月26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



■平成30年度除雪機械技術講習会（第2回）

月 日：7月9日（月）
場 所：札幌市（ポールスター札幌）
受講者：166名

内 容：①除雪計画 ②除雪の施工方法
③冬の交通安全 ④除雪の安全施工
⑤除雪機械の取り扱い

■除雪機械技術講習会テキスト編集委員会 作業部会（構造取扱い・点検整備）第1回打合せ

月 日：7月13日（金）
場 所：北海道支部 会議室
出席者：加藤信二部会リーダーほか12名
議 題：①編集スケジュールについて
②編集方針について ③作業分担について ④その他

■建設技術担い手育成プロジェクト（北見工業高校出前授業）

月 日：7月18日（水）
場 所：北見工業高校
受講者：建設科2年生36名
内 容：①ICT建機（実習） ②3次元測量（自動追尾TS、GNSSローバー）（実習） ③建設VR体験 ④UAV空中写真測量（実習）
講師等：鈴木勇治プロジェクトリーダーほか

東北支部



■第2回 情報化施工技術委員会

月 日：7月2日（月）
場 所：東北地方整備局会議室
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員会委員長ほか36名
内 容：①i-Academy 恋地について
②東北地整職員研修について ③人材育成協議会 ICT 基礎技術講習会について ④チャレンジ型 ICT 活用工事アドバイザーについて ⑤秋田県 ICT 技術研修について

■平成30年度 除雪講習委員会

月 日：7月4日（水）
場 所：東北地方整備局会議室
出席者：水越崇機械施工管理官ほか12名
内 容：平成30年度除雪講習会実施計画について説明し了承を得た

■建設部会

月 日：7月5日（木）
場 所：東北支部会議室
出席者：齋藤貴之部会長ほか4名
内 容：①平成30年度活動計画（案）について ②「支部たより」安全コーナーについて ③特殊工事現場研修会について

■i-Construction（ICT活用工事）セミナー

内 容：①i-Construction 東北地方整備局の取組 ②ICT 土工の手引 ③H30年度 ICT 活用工事 ④H30年度技術

の出来形管理要領 ⑤ICT 活用工事の要点（土工・舗装工） ⑥点群処理、設計データ作成ソフトウェアの解説

【滝沢会場】

月 日：7月6日（金）
場 所：滝沢市 岩手産業文化センター アビオ
受講者：77名

【青森会場】

月 日：7月12日（木）
場 所：青森市 青森県観光物産館 アスパム
受講者：123名

【山形会場】

月 日：7月13日（金）
場 所：山形市 山形ビッグウィング
受講者：66名

【郡山会場】

月 日：7月17日（火）
場 所：郡山市 ビッグパレットふくしま
受講者：85名

■平成30年度 第11回 建設技術研修会

月 日：7月10日（火）
場 所：仙台市 フォレスト仙台
内 容：建設施工技術に関する技術映画 全18本を上映
参加者：122名

■津軽ダム放流設備等技術研鑽会

月 日：7月11日（水）
場 所：東北地方整備局 岩木川ダム統合管理事務所 津軽ダム管理支所
内 容：①維持管理に必要な技術的視点や留意点について ②機器障害や不具合に対する対応方法について
参加者：岩木川ダム統合管理事務所岩淵洋之保全対策官ほか14名

■除雪講習会事前打合せ

内 容：平成30年度除雪講習会講師依頼及び打合せ
①青森会場、弘前会場 関係
月 日：7月12日（木）～13日（金）
場 所：青森河川国道事務所、青森県庁、青森警察署、弘前警察署
出席者：山田仁一参与ほか1名
②山形会場、新庄会場 関係
月 日：7月19日（木）
場 所：山形河川国道事務所、山形県庁、山形警察署、新庄警察署
出席者：阿曾貢貴事務局長ほか1名
③滝沢会場、奥州会場、宮古会場 関係
月 日：7月23日（月）～24日（火）
場 所：岩手河川国道事務所、三陸国道事務所、岩手県庁、岩手県警察本部、宮古警察署、奥州警察署
出席者：山崎晃参与ほか1名
④秋田会場、横手会場 関係

月 日：7月25日（水）～26日（木）
場 所：秋田河川国道事務所、湯沢河川
国道事務所、秋田県庁、秋田県警察本
部、横手警察署

出席者：山田仁一参与ほか1名

⑤会津会場 関係

月 日：7月26日（木）

場 所：郡山国道事務所、福島県庁、会
津若松警察署

出席者：阿曾貢貴事務局長ほか1名

⑥仙台会場 関係

月 日：7月31日（火）

場 所：仙台河川国道事務所、宮城県庁、
宮城県警察本部

出席者：阿曾貢貴事務局長ほか1名

■チャレンジ型 ICT 活用工事 実務担当者 打合せ

月 日：7月23日（月）

場 所：東北地方整備局 会議室

出席者：東北地方整備局技術管理課片野
正章建設専門官ほか17名

内 容：①チャレンジ型 ICT 活用工事
（試行）の実施詳細 ②アドバイザー
による支援内容の想定（事例紹介等）
③各団体における概ねの実施体制

■EE 東北'18 第3回実行委員会

月 日：7月25日（水）

場 所：仙台市 TKP ガーデンシティ勾
当台

出席者：西尾崇東北地方整備局企画部長
ほか32名

内 容：①EE 東北'18 実施報告 ②EE
東北'18 決算（案） ③EE 東北'18 ア
ンケート概要 ④EE 東北'19 につい
て

■「ゆきみらい 2019 in 新庄」第3回 実行 委員担当者会議

月 日：7月30日（月）

場 所：山形市 山形県庁会議室

出席者：尾崎幸男 東北地方整備局企画
部 技術企画官ほか15名

内 容：①特別講演及びパネルディス
カッションについて ②概略行程及び
発注スケジュールについて ③H/P
トップページ（案）について ④後援
依頼について ⑤山形県建設業協会と
の打合せについて

北 陸 支 部

■平成30年度 ICT 活用工事（舗装工）現 場見学会の計画

月 日：7月12日（木）

場 所：新潟県道事務所 黒埼国道維持
出張所 会議室

出席者：穂苅正昭企画部会長ほか8名
議 題：①開催場所及び見学時期につい
て ②実施日の現場条件について
③役割分担（案）について

■建設機械整備技術委員会（第1回）

月 日：7月31日（火）

場 所：新潟県建設会館 会議室

出席者：水澤和久施工技術部会（建設機
械整備技術委員会）担当委員ほか20
名

議 題：①建設機械整備標準作業工数
（除雪機械編）改定方針について
②改定作業に向けた体制及び任務分担
（案）について ③工数表改定スケ
ジュール（案）について ④H22年
度版正誤表等について

■標準作業工数改定検討委員会（第1回） WG 会議

月 日：7月31日（火）

場 所：新潟県建設会館 会議室

出席者：水澤和久建設機械整備技術委員
会 委員長ほか25名

議 題：①建設機械整備標準作業工数（除
雪機械編）改定方針について ②改定
作業に向けた体制及び任務分担（案）
について ③工数表改定スケジュール
（案）について ④標準工数改定作業
にあたって守るべき点について ⑤改
定における除雪機械及び形式について
（案）

中 部 支 部

■建設機械整備技能検定実技試験

月 日：7月11日（水）～13日（金）

場 所：愛知県立高浜高等技術専門学校
受験者：1級31名、2級99名

■広報部会

月 日：7月23日（月）

出席者：濱地仁広報部会長ほか8名

議 題：「中部支部ニュース」第37号の
校正等

■平成30年度大規模津波防災総合訓練第 2回部会

月 日：7月25日（水）

出席者：原一儀災害対策部会長

内 容：11月3日実施の大規模津波防
災総合訓練打合せ

■技術・調査部会

月 日：7月27日（金）

出席者：青木保孝技術・調査部会長ほか
8名

議 題：平成30年度技術講演会及び技
術発表会の開催について等

中 国 支 部

■第1回開発普及部会

月 日：7月5日（木）

場 所：中国支部事務所

出席者：飯國卓夫部会長ほか5名

議 題：①平成30年度部会事業活動に
ついて ②その他懸案事項

■第2回部会長会議

月 日：7月12日（木）

場 所：広島 YMCA 会議室

出席者：鷺田治通企画部会長ほか6名

議 題：①平成30年度支部事業実施計
画の進捗について ②各部会の実施状
況について ③その他懸案事項

■第2回広報部会

月 日：7月17日（火）

場 所：中国支部事務所

出席者：錦織豊部会長ほか3名

議 題：①広報誌（CMnavi）49号の編
集について ②支部ホームページの管
理について ③その他懸案事項

四 国 支 部

■工事・業務における入札・契約制度及び 土木工事積算に関する講習会

月 日：7月23日（月）

場 所：建設クリエイティブビル 5F 第1会
議室

参加者：63名

内 容：①土木工事積算について…（講
師）四国地方整備局企画部技術管理課
課長補佐 小椋卓実氏 ②業務におけ
る入札・契約制度について…（講師）
四国地方整備局企画部技術管理課 課
長補佐 大西篤氏 ③工事における入
札・契約制度について…（講師）四国
地方整備局企画部技術管理課 課長補
佐 田邊守英氏

九 州 支 部

■企画委員会

月 日：7月18日（水）

出席者：原尻克己企画委員長ほか9名

議 題：①「i-Construction」関連講演
会について ②建設機械技術検定試験
（実地試験）について ③支部団体会
員の拡大に向けた課題について ④そ
の他

■ i-Construction (ICT 活用工事) 技術講習会 (長崎会場)

月 日: 7月23日 (月)

場 所: 長崎県建設総合会館8階 大会議室

受講者: 129名

内 容: ①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 施工の実施体験 講話 ③平成30年度 ICT 活用工事の要点 ④ ICT 活用工事のデータ処理

■ i-Construction (ICT 活用工事) 技術講習会 (佐賀会場)

月 日: 7月24日 (火)

場 所: サンメッセ鳥栖4階 ホール

受講者: 73名

内 容: ①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 施工の実施体験

講話 ③平成30年度 ICT 活用工事の

要点 ④ ICT 活用工事のデータ処理

■ i-Construction (ICT 活用工事) 技術講習会 (福岡会場)

月 日: 7月25日 (水)

場 所: 北九州学術研究都市 学術情報センター

受講者: 74名

内 容: ①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 施工の実施体験 講話 ③平成30年度 ICT 活用工事の要点 ④ ICT 活用工事のデータ処理

■ i-Construction (ICT 活用工事) 技術講習会 (宮崎会場)

月 日: 7月30日 (月)

場 所: JA ビル・AZM ホール別館3階 302 研修室

受講者: 102名

内 容: ①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 施工の実施体験 講話 ③平成30年度 ICT 活用工事の要点 ④ ICT 活用工事のデータ処理

■ i-Construction (ICT 活用工事) 技術講習会 (鹿児島会場)

月 日: 7月31日 (火)

場 所: TKP ガーデンシティ鹿児島中央2階桜島プレミアム

受講者: 77名

内 容: ①国土交通省の i-Construction への取組み ② ICT 施工の実施体験 講話 ③平成30年度 ICT 活用工事の要点 ④ ICT 活用工事のデータ処理



“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/mm² 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査 比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術
- ・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^{MAX}
- ・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
 - ・グレータ開発の変遷史
 - ・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
 - ・ペ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[®] 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 (CO₂) 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・CO₂ ミニマム)セメント・コンクリートシステム
 - ・CO₂ 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量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

今年の夏は、観測史上最高の暑い夏になりました。各地で熱中症が発生し、多くの方が救急搬送され、建設現場においても熱中症対策として、休憩、水分補給、作業時間の短縮など、対策に困難を極めている状況です。7月には、西日本各地で、大雨特別警戒が発令され、マスコミ等で報道されているとおり、各地で甚大な被害が発生しました。予想を超える異常気象に対し、社会インフラの果たす役割は大きいと考えられます。社会インフラの効果を最大限発揮するためには、インフラの維持管理は欠かせません。

さて、今月号の特集テーマは、これら社会インフラの「維持管理・長寿命化・リニューアル」です。日本では、1960年代の高度経済成長期に建設された道路、上下水道、橋梁、建築物などの社会インフラが耐用年数とされる50年をむかえ、適切な維持管理、リニューアルが必要とされています。特に、2012年の笹子トンネル天井板落下事故以降、社会インフラの老朽化問題が社会的に注目され、産・学・官をあげてこれらの問題に取り組んでいます。本誌編集委員としても、社会インフラの維持管理は重要なテーマの一つだと感

じています。

今月号の巻頭言は、SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術のプログラムディレクター(PD)で、横浜国立大学 先端科学高等研究院 上席特別教授である藤野先生に「インフラ維持管理に関わる本格研究開発を継続的に」と題して寄稿して頂きました。本文中にもありますように、重要な開発のキーワードは、外からは見えない損傷や劣化を可視化することであり、今後も点検、診断、補修、リニューアルなどのインフラ維持管理に関わる私達に課せられた大きな課題だと改めて感じました。行政情報では、インフラの効率的な維持管理・更新に向けた取組、Society5.0の具現化により水害の犠牲者ゼロを目指す河川情報最前線などを分かり易く紹介して頂きました。技術報文は、AI、GNSS、ロボットなどの先端技術の活用をはじめ、さまざまな点検診断技術、リニューアル技術など、多岐に渡り12編を掲載しています。

今号で紹介させて頂いた様々な最新技術が、日本の社会インフラの維持管理の一助となれば幸甚です。

最後になりましたが、ご多忙中にも関わらず、快く執筆・寄稿して頂きました関係者の皆様に心より御礼を申し上げます。

(赤坂・宇野)

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	塚原 重美
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)
三輪 敏明	(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)
安藤 正紀	(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

日本建設機械施工協会

10月号「除雪、舗装特集」予告

・「冬期道路交通確保対策検討委員会」提言について ・ICT舗装工の概要と活用状況 ・除雪用機械オペレータアンケート調査結果について ・i-Snow ・準天頂衛星を活用した除雪車運転システムの開発 ・除雪グレーダの最新技術動向 ・縦溝粗面型ハイブリッド舗装の凍結抑制効果 ・地上移動体搭載型レーザースキャナーによる舗装工事出来形管理の効率化 ・クラウドを利用した舗装施工情報一元管理システム ・スタビライザー工法の海外への技術移転 ・ベトナムにおけるポーラスアスファルト舗装関連事業の展開 ・アスファルト直下に敷設可能な雨水貯留構造体の開発

【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)

建設機械施工

第70巻第9号(2018年9月号)(通巻823号)

Vol.70 No.9 September 2018

2018(平成30)年9月20日印刷

2018(平成30)年9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



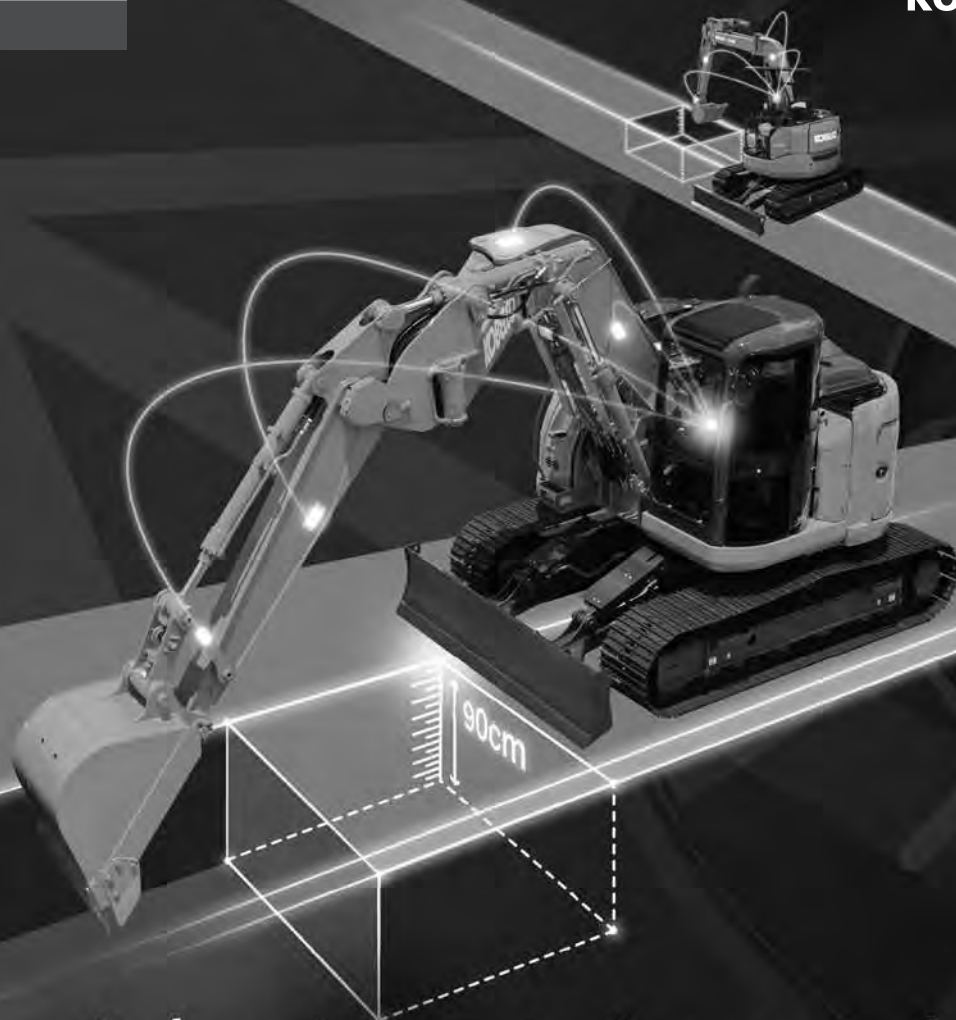
有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒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 担当: 田中

KOBELCO

誰でも働ける現場へ
KOBELCO IoT

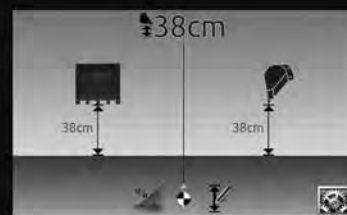


ワイヤレスセンサで 施工現場が加速する



2時間のセットアップで、コベルコ機がさらに便利に！
2Dマシンガイダンスシステム「iDig」新登場！

- 1 新車機も保有機も！
2時間でセットアップ可能
- 2 業界初、オフセットブーム対応！
自在な施工をガイダンス
- 3 ワイヤレスで導く！
マスト不要で幅広い現場に対応



ガイダンス画面イメージ

すべてコベルコが窓口となって対応する
ワンストップサービスだから安心です。

ホルナビについてお問い合わせ・ご相談はこちらまで

コベルコ建機株式会社
〒141-8626 東京都品川区北品川 5-5-15

TEL:03-5789-2111
www.kobelco-kenki.co.jp

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/>



HITACHI

Reliable solutions

現場を想う、 日立建機のハーモニー

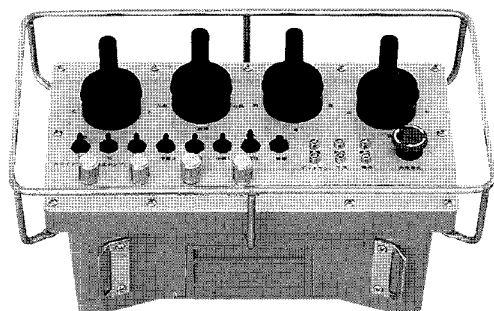
多彩な音が集まって、ひとつの音楽として感動を生み出すように、
お客さまの現場にも多彩なソリューションを組み合わせ、
期待を超える価値をご提供したい。
私たち日立建機は、お客さまに合わせた解決策をご提案できるよう、
バリューチェーンを強化していきます。
すべては、お客さまに価値をもたらし、期待を超え続けるために。
これからもイノベーションへのチャレンジを続けていく。
それが日立建機がめざす「Reliable solutions」です。

 日立建機株式会社
www.hitachicm.com/global/jp/

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

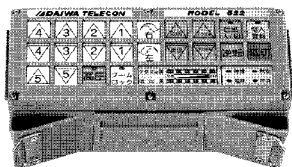
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御 4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ用出力仕様**も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別 購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工事用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン——お問い合わせ・お申し込み

Santana **サンタナアートワークス**
ART WORKS

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、
資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。

※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： 所属：

所 属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電 話：

FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名

製品名

FAX
送信先

サンタナアートワークス
建設機械施工係

FAX

03-3664-0138

地下、地上、空。
生活、安全、未来。
アスコ大東のICTが守ります。

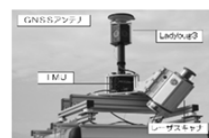


アスコ大東ICTラインナップ



UAVレーザーシステム Air Scanner 1

- Velodyne社 VLP-16レーザーユニット搭載
- 飛行時間:約20分 ■測定距離:約100m
- 測定点数:30万点/秒 ■測定精度±3cm



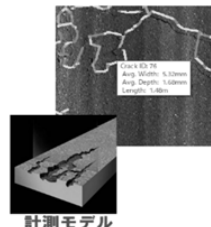
モバイルマッピングシステムROADSCANNER4

- ZF社9012レーザーユニット及び全周視野カメラ搭載
- 測定距離約100m ■測定点数100万点/秒×2台
- 測定精度1mm以下(スキャナ単体)



ハンディレーザーキャナ Stencil

- Velodyne社 VLP-16レーザーユニット搭載
- SLAMによるGNSSフリー計測 ■リアルタイム点群生成
- 測量精度±5cm



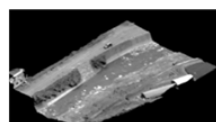
路面性状測定システム LCMS

- 高精度センサーとカメラにより幅1.0mm、深さ0.5mm以上のひび割れ測定
- MMS搭載により測量座標を同時取得
- ひび割れ自動判定により解析時間短縮

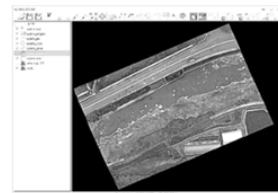


高速モバイルマッピングカメラ Imajbox

- 高速高解像度カメラ画像による3D計測
- 本体のみで計測可能なシンプルインターフェース
- Imajviewによる閲覧・計測、Imajnetによるクラウド解析サービス



3Dと2Dを同時に表示



3Dモデル図化CAD Smart3DCAD

- 3Dモデルからの図化に特化した低価格CAD
- DSM・オルソ・点群を表示しながらトレース
- 断面図出力・3D距離面積測定・等高線出力・TINの生成・陰影図作成等3DCADの機能付き
- DXF、SXFに出力可能



■大阪本社 〒541-0054 大阪市中央区南本町三丁目6番14号イトウビル TEL 06-6282-0310 / FAX 06-6282-0311
空間事業部空間情報部 西野・田中 Email: ict-div@as-dai.co.jp

<http://www.as-dai.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



工事現場での洗浄や防塵作業に 豊富なバリエーションで対応！

ツルミの高圧洗浄機 HPJ 型シリーズ

エンジン駆動シリーズ

力要らずで女性でも
簡単始動！

新発売

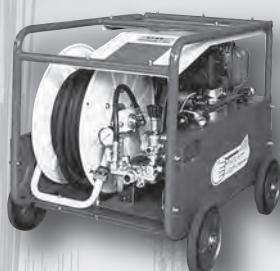


直結タイプ

HPJ-E・ES 型

吐出し量：8.1～32ℓ/min
圧力：4.9～19.6MPa

機動性に優れた 4 輪仕様！



ベルト掛けタイプ

HPJ-E 型

吐出し量：15.9～60.4ℓ/min
圧力：4.9～19.6MPa

市街地や住宅密集地での
作業に最適！
アイドリングストップ仕様も
ラインナップ※

NETIS
登録商品

※HPJ-5ESMA 型のみ



防音タイプ

HPJ-ESM・DS 型

吐出し量：11.9～33.2ℓ/min
圧力：7.8～19.6MPa



詳しくは動画を
ご覧下さい。

モータ駆動シリーズ

圧力バリエーションが豊富！ ステンレス製給水タンク装備！



ベーシックタイプ

HPJ 型

吐出し量：6.3～62.0ℓ/min
圧力：3.0～19.6MPa



タンク付タイプ

HPJ 型

吐出し量：12.9～32.2ℓ/min
圧力：4.9～14.7MPa

温水タイプ

油汚れや寒冷地での
洗浄作業に！

温水温度調節可能：30～80℃



温水タイプ

HPJ-HC・5HE 型

吐出し量：11.6～16.6ℓ/min
圧力：7～15MPa・35MPa

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331
北関東支店：TEL.(027)310-1122

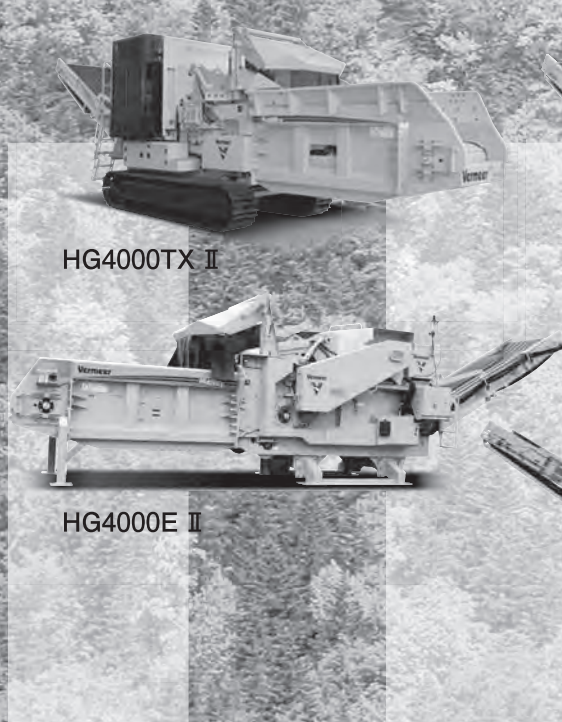
中部支店：TEL.(052)481-8181
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311
中国支店：TEL.(082)923-5171

四国支店：TEL.(087)815-3535
九州支店：TEL.(092)452-5001

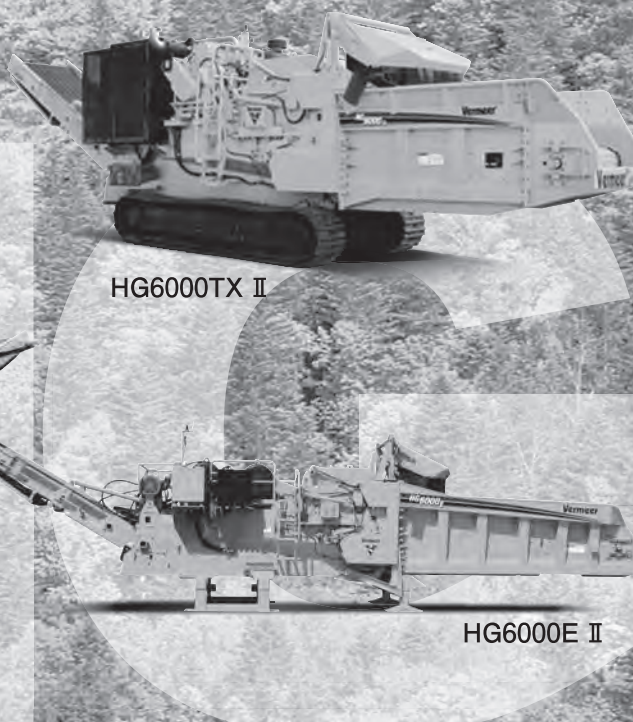
www.tsurumpump.co.jp

マルマテクニカのホリゾンタルグライNDER



HG4000TX II

HG4000E II



HG6000TX II

HG6000E II

1台の破碎機でピンチップも切削チップも生産できる!用途別に選べる2タイプ。



破碎部のみの載せ替えが可能!!
様々な用途に1台で対応が可能



特長

- チップサイズは均一で、バイオマス発電向け燃料として実績が多数。
- 新車破碎機の在庫保有と新車の短納期体制で対応。
- 休車時間をなくすため、Vermeer 社破碎機部品の在庫を保有し、即納体制で対応。



マルマテクニカ株式会社

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

本社・相模原事業所	〒252-0331	神奈川県相模原市南区大野台6-2-1	TEL.042(751)3091	FAX.042(756)4389	E-mail:s-sales@maruma.co.jp
厚木工場	〒243-0125	神奈川県厚木市小野651	TEL.046(250)2211	FAX.046(250)5055	E-mail:atsugi@maruma.co.jp
東京工場	〒156-0054	東京都世田谷区桜丘1-2-22	TEL.03(3429)2141	FAX.03(3420)3336	E-mail:tokyo@maruma.co.jp
名古屋事業所	〒485-0037	愛知県小牧市小針2-18	TEL.0568(77)3313	FAX.0568(72)5209	E-mail:n-sales@maruma.co.jp

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテレ-タ リンソーサー 離操作

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

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

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押しスイッチ
装着可能

**モデルチェンジ！
内部設計を一新**

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在／最大32点

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N

- 8操作8リレー
- 軽量コンパクト受信機

セットで
15万円
(税抜価格)

12操作標準型
RC-5812N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで
17万円
(税抜価格)

**16ボタン
モデル**

16操作標準型
RC-5816N

- 16操作16リレー
- 同じ外形で16個のボタンをコンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ
標準型
RC-6016N

- 16操作16リレー
最大25リレーまで対応可能

セットで
20万円
(税抜価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N

- 16操作16リレー
最大32リレーまで
対応可能

セットで
22万円
(税抜価格)

新 タフ頑強 ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

モデルチェンジ！内部設計を一新！
全ての互換を優先しました。

堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能

特殊スイッチ
オーダー対応例

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

裏面スイッチ

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

マイティサテレ-タ

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90万円～
(税抜価格)

全押しボタン
RC-7126N

セットで
45万円～
(税抜価格)

ジョイスティック
2本装着オーダー例

旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル

新型ジョイスティック

3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U

チップケーブルレス

Nシリーズ

微弱電波モデル
対応

標準型
RC-3208N

- 8操作
8リレー

セットで
12万円
(税抜価格)

コンパクトという選択肢!!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

トコト機能を絞って
コストダウン

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

片手で握り替えずに
正逆操作が入ります！

ボタン部の突起
ボタン間の仕切り一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

従来機と
信号互換あり！
受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ

N/Rシリーズ

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

- 3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能
- 2段階押しスイッチ追加可能！(オプション)

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税抜価格)

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

取付例

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

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-2512N

セットで
22万円
(税抜価格)

● 12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能

● 見易くなったLED電池残量告知ランプ付

軽量コンパクト
ショルダータイプ

データケーブルレス

N/R/U/G
シリーズ

微弱電波・特定小電力
ラジコンバンド
全モデル対応

送信機
(外部接続入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

受信機

写真は
Uシリーズ

● 機器間の信号伝送に！
● 多芯の有線配線の代わりに！

標準型 セットで
TC-1305R 20.5万円 (税抜価格)
TC-1308N (微弱電波) 22万円 (税抜価格)

MAXサテレ-タ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

RC-9300U

- 多機能多操作
(比例制御対応も可)

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン
装着タイプ

セットで
95万円
(税抜価格)

無線変速ジョイスティック
2本装着例

無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税抜価格)

音声 一般電話へ自動転送！
音声メッセージ

2km～(6km)

ER-2000R (受信機) ET-2000R (送信機)

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

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

常に半歩、先を走る



朝日音響株式会社

〒771-1311 徳島県板野郡上板町引野東原43-1
FAX: 088-694-5544 (代) TEL: 088-694-2411 (代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

Connecting Global Competence



Messe München

OUR COMPETENCE, YOUR INNOVATION.

bauma CHINA, 上海開催,
2018年11月27日 - 30日
中国・上海新国際見本市会場



オンラインで入場登録受付中！
＜事前登録で入場無料＞
→ www.bauma-china.com/register

国際建設機械・建設資材製造機械
鉱業機械・建設車両専門見本市

www.bauma-china.com

お問合せ：メッセ・ミュンヘン日本代表部
Tel: 03-6402-4583 / info@messe-muenchen.jp

bauma CHINA

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、
スュースリップが起こ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

