

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

2017

# 建設機械施工



Vol.69 No.9 September 2017 (通巻811号)

特集

## 維持管理・老朽化対策・ リニューアル



車線供用下での東名高速道路リニューアル事業

### 巻頭言 社会インフラの老朽化, これはJAPAN IN RUINSですか

- 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
  - 短工期を実現した天井板撤去の取組み
  - 武蔵水路『安全・安心な施設へのリニューアル』
  - 福岡空港における高強度PRC 版による老朽化対策
  - 鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術
  - 船場センタービル外壁改修工事 他

- 行政情報** ● ダム再生 ● 道路の老朽化対策の取組み
- 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)
- 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

一般社団法人 日本建設機械施工協会

# ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

### 特長

- コストパフォーマンスに優れる。  
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルなので運搬能力に対して安価である。
- 安全性に優れる  
コンクリートバケットが堤体上空を横切らないので安全性に優れる。
- 環境に優しい。  
河床に設置されるので、ダム天端付近の掘削を少なくできる。
- 大型機材の運搬も可能  
専用吊り具で車両等の大型機材の運搬が可能。



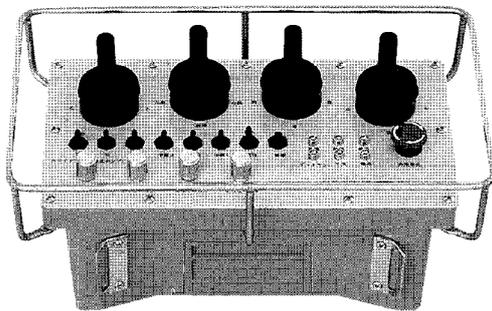
## 吉永機械株式会社

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

建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

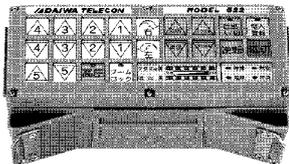
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ(標準)リレー・電圧(比例制御)又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 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](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他

# 第11回一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成対象者の募集について

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、第11回研究開発助成対象者を下記のとおり公募します。

## 1. 実施スケジュール

- (1) 公募期間は、平成29年8月1日から平成29年10月31日までとします。
- (2) 助成対象者の決定は、平成30年1月中旬頃の予定です。
- (3) 助成期間は、助成決定の翌日から平成31年3月30日までです。
- (4) 研究成果報告書を、平成31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31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、優先的評価を行うテーマを設定します。

今年度の優先的評価テーマは「小規模な人力施工の機械化」とします。

## 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、写し1部及び電子データを記録した電子媒体（Word形式）を、期限まで（当日消印有効）にJCMAへ郵送により提出するものとします。（なお、

セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません。) また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。

- (2) 申込件数は1人(共同研究の場合は1研究グループ)あたり1件とします。
- (3) 所属される機関において助成等の申請、受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA 以外の補助制度、助成制度との重複申請は可能です。但し、JCMA の助成において実施を予定する内容と他の制度もしくは助成によって実施する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、所属機関名及び役職名および申請書に記載された技術開発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)を提出して頂いた後にすみ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 24 年度	8 件	4 件
		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

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館2階  
一般社団法人 日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局 担当 二瓶  
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29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は、書籍「平成29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29年4月17日

■体裁 : A4版、モノクロ、約465ページ

■内容

平成29年度版の構成項目は以下のとおりです。

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

■改訂内容

- ・最新燃料・電力消費率一覧表掲載
- ・損料の算出例を掲載

■定価

一般価格 8,640円 (本体 8,000円)

会員価格 7,344円 (本体 6,800円)

※送料は一般・会員とも

一律600円 沖縄県460円

※複数又は他の発刊本と同時申し込みの場合は別途とさせていただきます。

\*\*\*\*\* 以上 \*\*\*\*\*



書籍の表紙イメージ

■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)

# 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



## ICTを活用した建設技術 (情報化施工)

JCMA

一般社団法人 日本建設機械施工協会

## 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	⑤	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 太陽生命仙台本町ビル	(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 三菱ビル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 建設クリエイティブビル	(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

関係部署に回覧ください。

一般社団法人 日本建設機械施工協会

# 2016年版 日本建設機械要覧

## 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 太陽生命仙台北町ビル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](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/>

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

## 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。



## 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

初の  
実務者向け入門版!!

# 情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3  
発刊!

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

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

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

## 特徴

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

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

## 主な内容

- 1 情報化施工のあらし
- 2 情報化施工技術の種類
- 3 情報化施工の適用工種
- 4 情報化施工の運用手順
- 5 建設機械・測量機器リスト
- 6 情報化施工データ
- 7 情報化施工の導入効果
- 8 導入事例
- 9 用語の説明

Windows版



デジタルブックDVD版  
(デジタル画像・動画等)

プレビューA4版冊子付

情報化施工  
デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人  
日本建設機械施工協会

## 定価

一般価格

2,160円 (本体2,000円)

会員価格

1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

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

## **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**

当協会機関誌へ掲載します。

**★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処にあたります。(国土交通省各地方整備局との「災害応急対策協定」の締結)
- 付属機関として「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. 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 個人会員係 行  
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。

**【個人情報の取扱いについて】**

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

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H29 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 29 年度版	10,800	9,180	600
2	H29 年 4 月	平成 29 年度版 建設機械等損料表	8,640	7,344	600
3	H29 年 4 月	ICT を活用した建設技術 (情報化施工)	1,296	1,080	400
4	H28 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,240	2,160	500
5	H28 年 5 月	よくわかる建設機械と損料 2016	6,480	5,508	500
6	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	500
7	H28 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 28 年度版	10,800	9,180	600
8	H28 年 5 月	平成 28 年度版 建設機械等損料表*	8,640	7,344	600
9	H28 年 3 月	日本建設機械要覧 2016 年版	52,920	44,280	900
10	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック 【DVD 版】	2,160	1,944	400
11	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
12	H23 年 4 月	建設機械施工ハンドブック (改訂 4 版)	6,480	5,502	600
13	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
14	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷 【CD】	3,240		250
15	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
16	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
17	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
18	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
19	H18 年 2 月	建設機械施工安全技術指針・指針本文とその解説	3,456	2,880	400
20	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック (除雪機械編)*	1,029		250
21	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」(除雪編)*	5,142		600
22	H15 年 7 月	建設施工における地球温暖化対策の手引き	1,620	1,512	400
23	H15 年 6 月	道路機械設備 遠隔操作監視技術マニュアル (案)	1,944		400
24	H15 年 6 月	機械設備点検整備共通仕様書(案)・機械設備点検整備特記仕様書作成要領(案)	1,944		400
25	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
26	H13 年 2 月	建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック (第 3 版)	6,480	6,048	500
27	H12 年 3 月	移動式クレーン、杭打機等の支持地盤養生マニュアル (第 2 版)	2,675	2,366	400
28	H11 年 10 月	機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版	8,208		600
29	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
30	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
31	H10 年 3 月	大型建設機械の分解輸送マニュアル*	3,888	3,456	500
32	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
33	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
34	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
35	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
36	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック 【POD 版】	10,800	9,720	500
37	S 60 年 1 月	建設工事に伴う濁水対策ハンドブック*	6,480		500
38		建設機械履歴簿	411		250
39	毎月 25 日	建設機械施工 【H25.6 月号より図書名変更】	864	777	400
			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・老朽化対策・ リニューアル

特 集

巻頭言

4 社会インフラの老朽化, これは JAPAN IN RUINS ですか

三木 千壽 東京都市大学 学長

行政情報

5 ダム再生 既設ダムの有効活用

村田 啓之 国土交通省 水管理・国土保全局治水課 企画専門官

佐藤 彰 国土交通省 水管理・国土保全局河川環境課 流水管理室 課長補佐

12 道路の老朽化対策の取り組み

築地 貴裕 国土交通省 道路局 国道・防災課

特集・  
技術報文

16 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

北川 学 川田建設(株) 東日本統括支店 事業推進部 工事課 総括工事長

真田 修 中日本高速道路(株) 東京支社 静岡保全サービス・センター 更新工事担当課長

佐藤 徹也 中日本高速道路(株) 東京支社 保全・サービス事業部 構造技術チーム

21 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

花房 禎三郎 (株)ピーエス三菱 東京土木支店 土木技術部 グループリーダー

相川 智彦 首都高速道路(株) 東京西局 保全管理課 課長

高島 秀和 (株)ピーエス三菱 東京土木支店 土木工事業部 工事所長

27 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

村岸 聖介 鹿島建設(株) 関西支店 土木部 技術グループ 次長

高田 英樹 阪神高速道路(株) 神戸管理部 保全工事課 課長代理

33 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

山本 秀樹 パシフィックコンサルタンツ(株) 交通基盤事業本部 インフラマネジメント部 地下構造室長

重田 佳幸 パシフィックコンサルタンツ(株) 交通基盤事業本部 インフラマネジメント部 技術部長

安田 亨 パシフィックコンサルタンツ(株) 技術研究センター 技術理事

39 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

犬童 真二 (独法) 水資源機構 利根川下流総合管理所 管理課長

道脇 誠 鹿島建設(株) 関東支店 技師長

45 福岡空港における高強度PRC版による老朽化対策

北口 航 (株)ガイアート 技術開発部 係長

51 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

本山 昇 五洋建設(株) 船舶機械部開発グループ

57 鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術

小島 芳之 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 主管研究員

64 鉄道構造物の延命化・リニューアル技術

小島 芳之 公益財団法人鉄道総合技術研究所 構造物技術研究部 主管研究員

69 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®

川西 貴士 (株)大林組 本社 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 主任研究員

石関 嘉一 (株)大林組 本社 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 主任研究員

平田 隆祥 (株)大林組 本社 技術本部 技術研究所 生産技術研究部 首席技師

74 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

高橋 克明 伊藤組土建(株) 土木部 技術管理課 係長

	78	歴史的建造物（レンガ建屋）の曳家工法による保存 蹴上浄水場第1 高区配水池改良工事 北村 徹二 (株)鴻池組 蹴上浄水場第1 高区配水池改良工事事務所 所長 大西 正毅 (株)鴻池組 本社 土木事業本部 土木技術部 設計技術課 課長
	83	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 遠藤 孝治 (株)熊谷組 関西支店 建築事業部 建築部 作業所長 岩本 将平 ケーアンドイー(株) 関西支社 リニューアル事業部 副事業部長 河本 潔 (株)熊谷組 関西支店 建築事業部 建築部技術グループ グループ部長
ずいそう	89	帆船模型 近藤 敏夫 (元) 五洋建設(株)
	92	五輪出場命中 中山由起枝 日立建機(株) クレー射撃部
JCMA 報告	94	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	104	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 設楽 和久 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 課長 渡辺 真至 (一社) 日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所 研究第二部 上席研究員
部会報告	108	アスファルトプラントの変遷 (その 12) 機械部会 路盤・舗装機械技術委員会 (アスファルトプラント変遷分科会)
連載	114	鶯住居川水門工事現場見学会 機械部会 基礎工事用機械技術委員会
	117	新工法紹介 機関誌編集委員会
	118	新機種紹介 機関誌編集委員会
統計	120	平成 29 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
	125	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
	126	行事一覧 (2017 年 7 月)
	136	編集後記 (岡田・宇野)

◇表紙写真説明◇

車線供用下での東名高速道路リニューアル事業

写真提供：川田建設(株)

用宗高架橋は供用開始から約 50 年が経過し、耐久性の低下が懸念される中、今般、東名高速道路では初となる床版取替工事が行われた。高速道路をご利用される方々の負担軽減を主として、安全確保に最大限の配慮をした上での対面通行規制（上下線各 2 車線確保）により渋滞発生を最小限にとどめた。床版・壁高欄にはプレキャスト製品を、継手にはナット付鉄筋継手を採用し合理性・良好品質・工期の最適化に努め無事故で竣工した。

2017 年(平成 29 年)9 月号 PR 目次  
【ア】朝日音響(株)……………表紙 3  
【カ】コベルコ建機(株)……………後付 1

コマツ……………表紙 4  
【ク】大和機工(株)……………表紙 2  
【キ】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 6  
三笠産業(株)……………後付 5

【ヤ】吉永機械(株)……………表紙 2

## 巻頭言

# 社会インフラの老朽化、 これは JAPAN IN RUINS ですか

三木千壽



最近の報道を見ていると、道路や鉄道の橋梁やトンネル、上下水道などの社会インフラが今にも崩壊してしまいそうである。社会インフラは、どの程度老朽化しているのであろうか。インフラは、在って当然、老朽化により機能を停止するなど想像もつかない、が今までの基本的な考えであろう。

わが国の社会インフラの老朽化については、しばしば1980年代の米国と比較される。1981年に発行された米国の「AMERICA IN RUINS, The Decaying Infrastructure」は日本でも「荒廃するアメリカ」とのタイトルで翻訳されている。著者は政府関連機関の2名の経済学者であり、インフラ荒廃の現状と原因を分析し、このままでは米国は亡びるとの警告をしている。米国でのインフラ整備は1920～30年代のニューディール政策時に集中している。日本のインフラ整備は戦後復興期の1960～70年代に集中しており、米国から40年程度の遅れで、同じ問題が生じたとも言われている。

米国でのインフラの荒廃の認識は、1967年12月15日に起きたオハイオ河にかかる全長681mの吊橋の崩落である。橋梁分野の研究者・技術者は事故の重大さに気づき、疲労設計や点検体制が全面的に見直された。しかし、社会的には関心は高まらず、その後のさまざまな報告は、インフラ分野の我田引水、としかたられなかったようである。

それ以降も、ニューヨークのブルックリン橋やウイリアムス橋のケーブル破断、ニューヨークとボストンを結ぶ国道のマイアヌス橋の落橋などの事故が続いた。1982年には連邦政府道路局から「全米での524,966橋のうち2/5が大幅な補修あるいは架け替えが必要。98,000橋は構造上の強度が不足している」との報告が出された。筆者はちょうどそのころ、米国の大学でこの分野の研究プロジェクトに関係していたが、まさか日本が同じようなことになるとは夢にも思わなかった。

日本での道路インフラの経年劣化問題の代表格である鋼橋の疲労は、1980年ごろから幹線道路で顕在化し始めた。筆者を含む関係者からは警告を発し続けたが、関心は高まらなかった。2002年の道路橋示方書の改定では設計での目標供用期間を設定するとともに

疲労設計の導入を提案したが、「時期尚早」との判断が出されたほどである。経年劣化など起きないと判断であろう。橋梁の疲労など見なくなかったのかもしれない。筆者から見れば、この20年間でインフラの荒廃は急速に進んだと考えている。それが、笹子トンネルの事故をきっかけに、初めて遭遇する事態のように動き始めた。社会からは、インフラ関係者を非難する空気も感じる。まさにアメリカでの経験そのものである。

笹子の事故以降、道路インフラの管理体制は大きく変わった。平成25年には道路法が改正され、構造物の点検が義務化された。また、点検のための要領も示された。今までは構造物の健全度の評価は、管理機関により様々であったが、統一され、「I健全、II軽微な損傷、予防措置段階、III次の点検までに措置、IV緊急措置段階、直ちに措置」と分類される。

道路構造物の平成26年、27年の点検結果が公表されているが、徐々に真の姿が見え始めてきた。それによれば橋梁はIIIが国道や高速道路で8%、地方自治体で10%、IVはごく少数である。この数値を見る限り、橋梁についてはアメリカでの1980年代に比べればそれほどひどくはない。しかし、明らかに点検で見落とした結果と考えられる落橋事故も生じている。一方、トンネルはIが2%、IIが52%、IIIが45%、IVが0.6%と、理解に苦しむような結果となっている。やはり、点検員の技量によるところが大きく、技量の検定と資格制度は必須である。

都市の断面を想像してみたい。空中には高速道路、地上部には一般道路、その下には電気、ガス、通信、上下水道などが埋設され、更にその下には地下鉄がある。しかも異なる時代での整備であり、まさにカオスの世界である。老朽化しているのかどうかの点検、診断、そして補修や補強など、どうすればよいのだろうか。今までの、建設を目的とした技術から、存在しているインフラを活かしていく技術への転換である。

筆者は、インフラ臨床成人病学の展開と呼んでいる。

## 行政情報

## ダム再生

## 既設ダムの有効活用

村田 啓之・佐藤 彰

近年における厳しい財政状況等の社会情勢、洪水・渇水被害の頻発や気候変動の影響の顕在化、既設ダムの有効活用の様々な特長やこれまでの事例の積み重ねによる知見の蓄積、これを支える各種技術の進展等を踏まえれば、ソフト・ハード対策の両面から既設ダムを有効活用することの重要性はますます高まっている。

国土交通省では社会全体の生産性向上につながるストック効果の高い社会資本の整備・活用等を加速することとして、「生産性革命本部」を設置しており、「生産性革命プロジェクト」の一つとして、既設ダムを有効活用する「ダム再生」を推進しているところだが、この度、有識者での検討会等を経て、ダム再生を加速する方策を示す「ダム再生ビジョン」を新たにとりまとめた。

キーワード：ダム再生、ダム再生ビジョン、気候変動、長寿命化、技術開発

## 1. はじめに

今般、有識者からなる「ダム再生ビジョン検討会」を3回にわたり開催するとともに、関係機関から意見を聴取し、既設ダムを有効活用するダム再生をより一層推進する方策を示す「ダム再生ビジョン」をとりまとめた。

我が国の厳しい財政状況や生産年齢人口の減少などの状況の中、トータルコストを縮減しつつ、既存ストックを有効活用することが重要である。

これまで、治水・利水の課題に対処するために流域の特性に応じてダムを整備してきた。ダムの堤体は、適切に施工、維持管理されているものであれば、半永久的に健全であることが期待できることから、既設ダムを長期にわたって有効に、かつ持続的に活用を図ることが重要である。

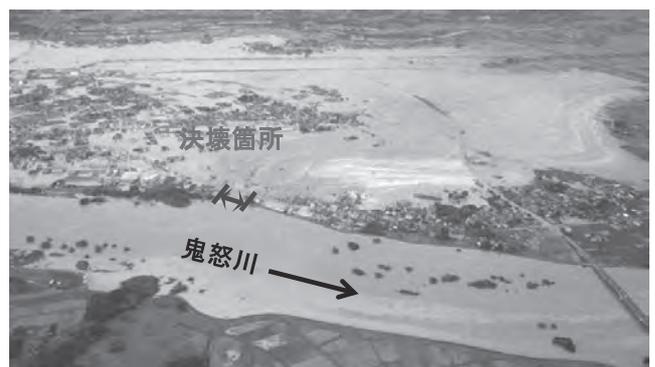
全国の国土交通省所管ダムでは、弾力的な運用やダム堤体のかさ上げなどを実施してきており、ダムの有効活用の実施事例が積み重ねられて知見が蓄積されつつある。既設ダムの有効活用は、利水容量を洪水調節に活用するなどの運用改善による新たな効果の発揮、堤体のわずかなかさ上げによる貯水容量の増加、短期間で経済的に完成させることによる効果の早期発現など、様々な特長を有している。一方、大水深での大口径の堤体削孔やレーダ雨量計の高性能化など、既設ダムの有効活用を支える各種技術も進展してきている。

近年においても毎年のように洪水・渇水被害が発生

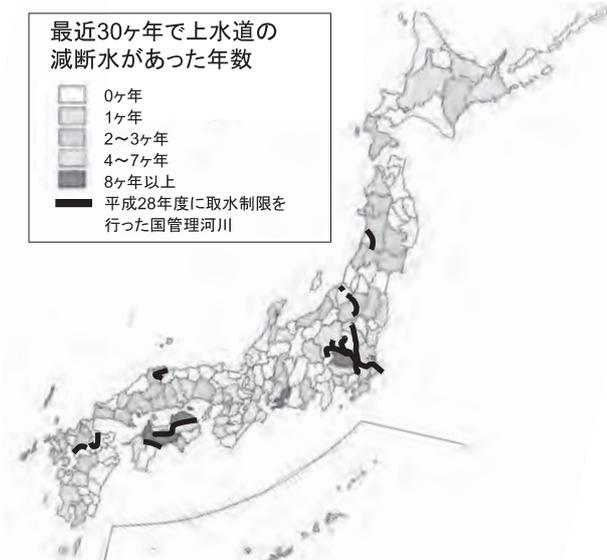
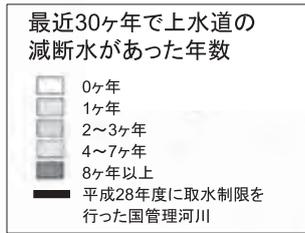
し、気候変動の影響は顕在化しつつあり、今後、水害の頻発化・激甚化とともに、無降水日数の増加や積雪量の減少による渇水の増加が懸念されている。気候変動による外力の増大に対して、長い区間にわたる河道改修には制約が多い中で、上流で洪水を貯留し、下流の河道への流下を抑制することは有効な手段である（写真—1、図—1）。

これまで社会資本整備審議会や関係学会等から、気候変動への適応やダムの有効活用の推進等に関して、様々な答申、提言等がなされてきている。さらに、国土交通省では社会全体の生産性向上につながるストック効果の高い社会資本の整備・活用等を加速する「生産性革命プロジェクト」の一つとして「ダム再生～地域経済を支える利水・治水能力の早期向上～」を選定している。

以上のような、近年における厳しい財政制約等の社



写真—1 関東・東北豪雨による鬼怒川の決壊（平成27年9月10日）



(注)  
 1. 国土交通省水資源部調べ  
 2. 1985年から2014年の30年間で、上水道について減断水のあった年数を図示したもの

図一 最近30ヶ年で渇水による影響が発生した地域

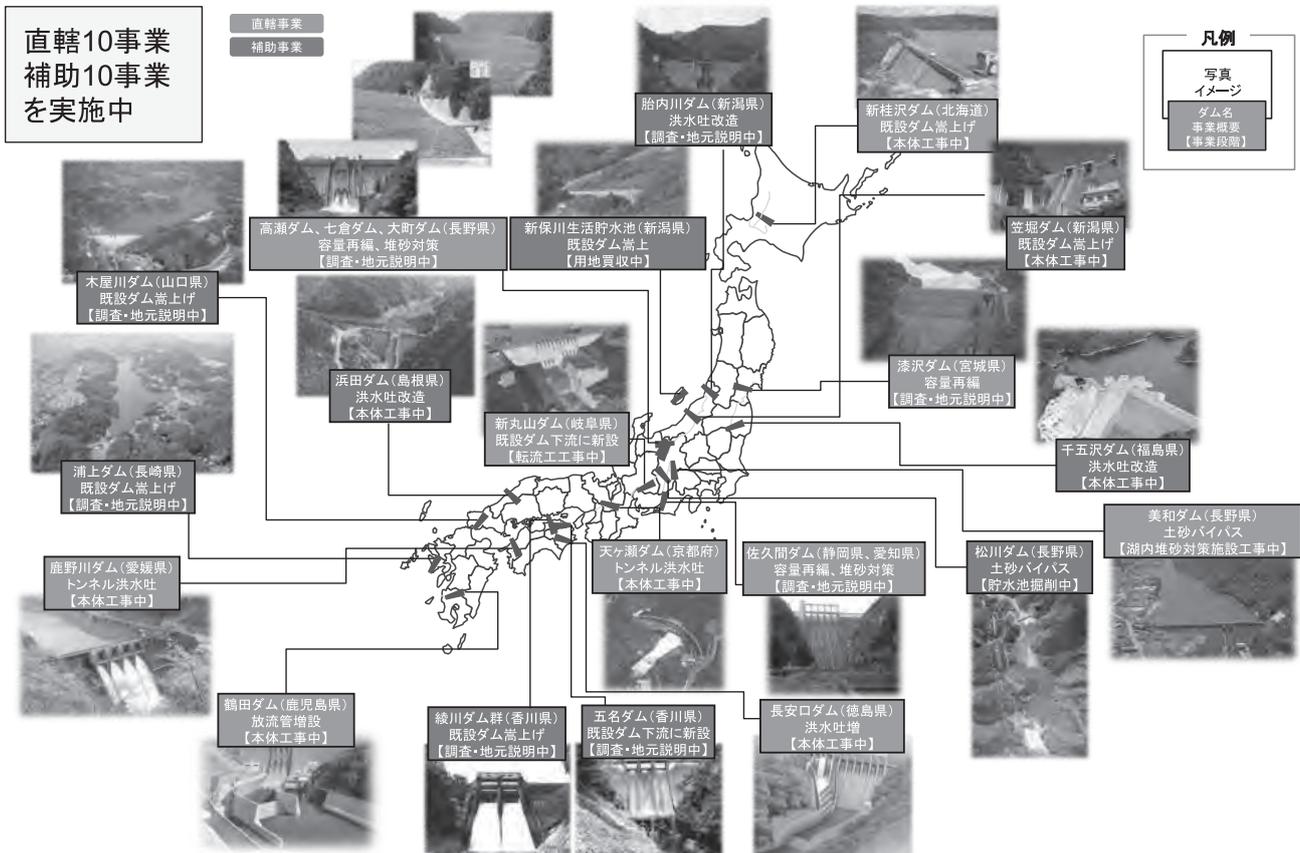
会情勢，洪水・渇水被害の頻発や気候変動の影響の顕在化，既設ダムの有効活用による様々な特長やこれまでの事例の積み重ねによる知見の蓄積，これを支える各種技術の進展等を踏まえれば，ソフト・ハード対策の両面から既設ダムを有効活用することの重要性はますます高まっている。

## 2. 既設ダムの有効活用の重要性

これまで，治水・利水の課題に対処するために流域の特性に応じてダムを整備してきたが，良好なダムサイトは日本の国土において有限である。一方で，ダムの堤体は，適切に施工，維持管理されているのであれば，半永久的に健全であることが期待できることから，既設ダムを長期にわたって有効に，かつ持続的に活用を図ることが重要である。

全国の国土交通省所管ダムでは，既設ダムの容量を有効活用するための弾力的な運用等を実施している。また，既設ダムのかさ上げや放流設備の増設等を行う「ダム再開発」をこれまでに29ダムで実施済み，現在20ダムで実施中であり，既設ダムの有効活用の実施事例が積み重ねられて知見が蓄積されつつある（図一2）。

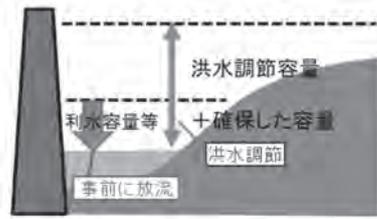
- 既設ダムの有効活用には以下のような特長がある。
- ・堆砂対策や最新技術の導入等により，施設の長寿命化や治水・利水機能の回復・向上がダムを運用しながらでも可能。
  - ・利水容量を洪水調節に活用するなど，運用改善だけで新たな効果を発揮（図一3）。
  - ・堤体のわずかなかさ上げで貯水容量を大きく増加す



図一2 現在実施中のダム再開発事業

- ・利水容量を洪水調節に活用するなど、運用改善だけで新たな効果を発揮

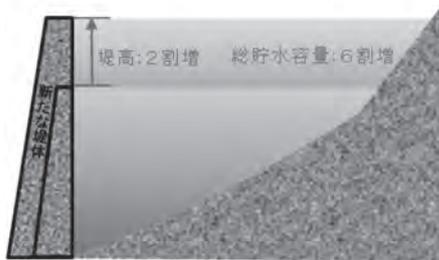
<利水容量の洪水調節への利用>



洪水発生前に、利水容量の一部を事前に放流し、洪水調節に活用

図一三 ダム再生による効果（運用改善だけで新たな効果を発揮）

- ・堤体のわずかなかさ上げで貯水容量を大きく増加することが可能



堤体を少しかさ上げ(約2割増)することで、ダムの総貯水容量は約6割増加。

図一四 ダム再生による効果（わずかな改良で大きな効果を発揮）

- ・堆砂対策や最新技術の導入等により、施設の長寿命化や治水・利水機能の回復・向上がダムを運用しながらでも可能

<鹿野川ダム改造>

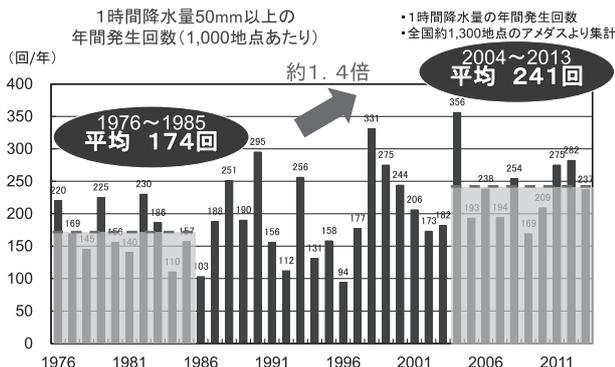


ダムを運用しながら、施設を改良



水深約30mのトンネル洪水吐出口工事

図一五 ダム再生による効果（ダムを運用しながらの施設改良）



図一六 1時間降水量50mm以上の年間発生回数(1000地点あたり)

ることが可能（図一四）。

- ・新たな水没地を生じさせずに機能向上を図るなど、水没地等の社会的コストや環境負荷を抑制。
- ・短い期間で経済的に完成させ、早期に効果を発揮。

また、大水深での大口径の堤体削孔、大規模な鋼製仮締め切り、選択取水設備の新たな方式の開発等に加えて、レーダ雨量計の高性能化によるダムの運用改善等、既設ダムの有効活用を支える各種技術が進展してきている（図一五）。

近年においても毎年のように洪水・渇水被害が発生し、気候変動の影響は顕在化しつつあり、今後、水害の頻発化・激甚化とともに、無降水日数の増加や積雪量の減少による渇水の増加が懸念されている。今後の気候変動による外力の増大に対して、引堤や堤防かさ上げなどの長い区間にわたる河道改修には制約が多い中で、上流で洪水を貯留し、下流の河道への流下を抑制することは有効な手段である。ダムは、運用の変更や施設の改良によって、外力の増大に的確に対応する可能性を有している（図一六）。

以上のような状況を踏まえれば、ソフト・ハード対策の両面から既設ダムを有効活用することの重要性はますます高まっている。

これらを踏まえ、流域の特性や課題に応じ、ソフト・ハード対策の両面から、既設ダムの長寿命化、効率的かつ高度なダム機能の維持、治水・利水・環境機能の回復・向上、地域振興への寄与など、既設ダムを有効活用する「ダム再生」を推進する。

ダム再生においては、「永く使う」、「賢く使う」、「増やして使う」、「ネットワークで使う」とともに、河川環境の改善や水源地域の活性化等もあわせて推進する。

ダム再生の推進により、顕在化する気候変動や再生可能エネルギーの積極的導入等の課題に対して、柔軟かつ迅速に対応する。

### 3. ダム再生に関するこれまでの取組

ソフト・ハード対策の両面から既設ダムを有効活用するダム再生の実施事例は積み重ねられてきており、その一部をご紹介します。

#### (1) 運用改善や容量振替による機能の増強

操作の確実性や下流河道への支障がない場合に、洪水が予想された時点で、あらかじめ放流を行うことで貯水位を下げ、洪水調節容量を洪水調節計画において確保する「予備放流」を実施している。

また、レーダ雨量情報を洪水予測技術に活用し、洪水後期に次の洪水が発生しないことが見込まれる場合など、下流河川の浸水被害などを軽減させるために通常よりも多くの水をダムに貯留する「特別防災操作」や、利水者の協力のもと、利水に影響を与えない範囲でその容量を事前に放流して洪水調節のために一時的に活用する「事前放流」を実施している。

利水容量の一部を洪水調節容量に振り替えて活用することにより治水機能の強化を図る事業を実施している。佐久間ダムにおいては、発電容量の一部を治水容量へ振り替えることにより、治水機能を新たに備えるための対策を進めている。

(2) 貯水容量の増大

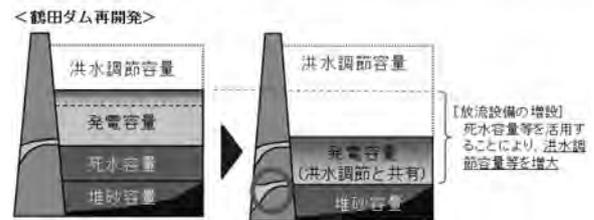
堤体かさ上げや貯水池内の堆砂掘削により、既存の貯水池周辺への影響をできる限り小さくしつつ、効果的・効率的に貯水容量を増大させている。貯水池の地形は下部より上部の方が広がり有しており、堤体のわずかなかさ上げでも貯水容量を大きく増加することが可能である。

堤体かさ上げ等による治水機能の強化に併せて発電能力の増強をすることで、複数目的の効果的・効率的なダム再生を実施している。

(3) 放流能力の増強

大水深で堤体を大口径で削孔して放流管を増設するような高度な施工技術を活用し、放流設備増設や低位放流管の新設等による放流能力の増強を実施している。鶴田ダムにおいては、ダムを運用しながら大水深で放流管の増設を行うことにより、死水容量を減らし、洪水調節容量を増大させる事業を実施している。施工にあたっては、海洋工事分野で確立されている技術を活用し、貯水池を運用しながら大水深での大口径の堤体削孔が行われ、工事期間の短縮、確実な施工が可能となった。平成18年7月の鹿児島県北部豪雨の

・新たな水没地を生じさせずに機能向上を図るなど、水没地等の社会的コストや環境負荷を抑制



図一七 ダム再生による効果（社会的コストや環境負荷を抑制）

・短い期間で経済的に完成させ、早期に効果を発揮



平成18年の水害を受け、再開発事業に着手し、10年で効果を発揮

図一八 ダム再生による効果（早期の効果発現）

翌年に事業に着手し、約10年間という短い期間で経済的に完成させ、早期の効果発現が期待されている(図一七、八)。

4. ダム再生をより一層推進する上での課題

ダム再生を推進する重要性はますます高まっており、今後、ダム再生の取組の全国的な展開や新たな取組の実施などダム再生をより一層推進する上での主な課題の一部を紹介する。

(1) 将来にわたる施設の確実な機能発揮

ダム堤体は、半永久的に健全性が期待できる一方で、堆砂容量は原則100年間で堆積すると見込まれる

表一 計画堆砂量に対する堆砂状況

ダム管理者	国土交通省	水資源機構	道府県	合計
国土交通省所管ダム	99	23	434	556
計画堆砂量を超過しているダム	4	1	38	43
①既に堆砂対策を実施中のダム	1	1	19	21
②再開発事業を実施中のダム	3	0	3	6
③堆砂対策を実施予定のダム	0	0	3	3
④堆砂対策を検討中のダム	0	0	13	13

※上記は、平成27年度末時点で最新の測量結果に基づく堆砂状況であり、①～④の区分は平成28年7月末時点での対応状況を示したものである。内容については、今後の堆砂状況や堆砂対策の実施状況によって変わりうる。

容量であるなど有限であり、また、ダムを構成する機械設備等は耐用年数が短いことから、既設ダムを半永久的に活用することができる方策の検討が重要である。また、維持管理の効率化・高度化が重要である。

国土交通省が所管する556ダムの堆砂について、長期的には概ね計画どおりに進行しているが、記録的な大雨により大量の土砂が流入し堆砂量が増えるなど、43ダムにおいては計画堆砂量を超過する状況が生じている（平成28年7月時点、表1）。

## (2) 頻発する洪水・渇水の被害軽減

頻発する洪水・渇水の被害軽減のため、既設ダムの管理・操作に新しい技術や考え方を導入し、既設ダムを最大限に賢く使うソフト対策を講じるとともに、必要に応じて増やして使うハード対策等が求められている。

ソフト対策に関して、以前と比べ気象予報等の精度は向上したが、ダム流域の比較的狭いエリアでの降雨量やダムの流入量の予測精度は、現状では技術的な制約がある。

洪水調節容量の一部を利水に活用することが考えられるが、本来の治水機能を十分に確保しつつ実施することが必要である。

ハード対策に関しては、流域における治水・利水上の課題の検討や具体的な対策の実施に向けた調査が、近年、全国規模で十分に実施されてきていない。

ダム堤体は半永久的に健全性が期待できるが、経済評価において、これが十分に反映されているわけではない。

ダム再生を推進するにあたり、高度な技術や十分な体制、複雑な調整、平時からの関係者との意思疎通が必要である。

## (3) 顕在化しつつある気候変動への適応

頻発する洪水・渇水の被害軽減等に関する課題を示してきたところであるが、特に顕在化しつつある気候変動の影響に対して、ソフト・ハード対策により、既設ダムを最大限に活用し、「強さ」と「しなやかさ」を持ち、できるだけ手戻りがなく対策を講じることが求められている。

気候変動による影響が顕在化しつつある中、過去と比べて大きく減少している職員数でダムを管理している。ダムの洪水調節計画上の流量を上回る洪水において、洪水調節容量を使い切る可能性が生じた場合に、放流量を流入量まで増加させる「異常洪水時防災操作」や特別防災操作等は、これまで実施してきたが、その必要性が増加していることから、操作を担う職員の判断に伴う負荷を軽減し、的確に操作を行えるようにすることが重要である。

雨量観測技術の高度化、事前放流や特別防災操作等、気候変動を見据えた対策は一部で実施しているが、これらの対策を一層推進するとともに、新たな対策についても検討に着手し、必要な方策をできる限り速やかに実行に移すことが重要である。

## (4) 再生可能エネルギーの積極的導入

これまで実施してきた既設ダムの治水能力の増強は、発電容量の一部を洪水調節容量に振り替えて活用している場合があり、再生可能エネルギーである水力発電の重要性に鑑み、発電容量を減じさせないような対策が必要である。

## 5. ダム再生の発展・加速に向けた方策

従来から行ってきた取組をより一層加速するとともに、課題を踏まえた上で、ダム再生を発展・加速させるため、以下の方策を推進する。

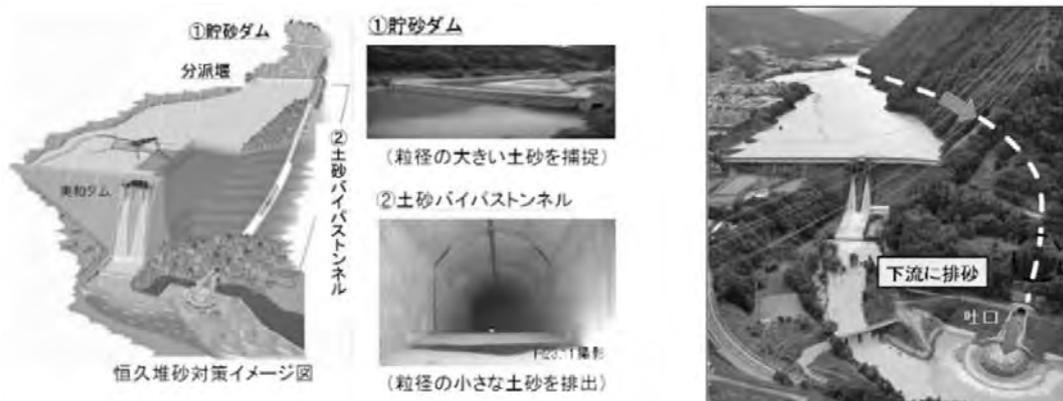


図-9 美和ダムの堆砂対策施設

**(1) ダムの長寿命化**

- 堆砂状況等に応じた対策の推進, 新たな工法の導入検討 (図-9)
- 複数ダムが設置されている水系において, 工事中の貯水機能の代替として他ダムの活用を検討
- 長寿命化計画の策定・見直し, 機械設備等の計画的な保全対策

**(2) 維持管理における効率化・高度化**

- 維持管理の高度化に必要な設備等の建設段階での設置を標準化
- i-Constructionの推進により, 建設生産システムの効率化・高度化を図り, 建設段階の情報を維持管理で効果的・効率的に活用
- 水中維持管理用ロボット, ドローン, カメラ等を用いた点検の推進
- 不測の事態における操作の確実性向上等へ遠隔操作の活用を検討

**(3) 施設能力の最大発揮のための柔軟で信頼性のある運用**

- ダム湖への流入量予測精度向上等の技術開発・研究
- 洪水調節容量の一部を利水に活用するための操作のルール化に向けた総点検
- 複数ダム等を効果的・効率的に統合管理するための操作のルール化の検討

**(4) 高機能化のための施設改良**

- 施設改良によるダム再生を推進する調査に着手
- ダム洪水調節機能を十分に発揮させるため, 流下能力不足によりダムからの放流の制約となっている区間の河川改修等の重点的実施
- 放流能力を強化するなどのダム再開発と河道改修の一体的推進
- 代行制度を創設し, 都道府県管理ダムの再開発を国等が実施
- 「ダム再開発ガイドライン(仮称)」の作成, 各種技術基準の改定等
- 施設改良にあたって比較的早い段階から関係団体と技術的意見交換
- ダム群再編・ダム群連携の更なる推進, 複数ダムが設置されている水系において, 工事中の貯水機能の代替として他ダムの活用を検討
- 既設ダムの残存価値や長寿命化による投資価値の評価手法研究
- ダム管理の見える化, リスクコミュニケーション

**(5) 気候変動への適応**

- 事前放流や特別防災操作のルール化に向けた総点検
- 事前放流等で活用した利水容量が十分に回復しない場合における利水者への負担のあり方の検討, 利水者等との調整
- ゲートレスダムにゲートを増設するなどの改良手法や運用方法の検討
- 将来の再開発が容易に行えるような柔軟性を持った構造等の研究
- 計画を超える規模の渇水を想定した対応策の研究
- 洪水貯留パターンなど長期的変化へ適応策の研究

**(6) 水力発電の積極的導入**

- 治水と発電の双方の能力を向上させる手法等の検討や, 洪水調節容量の一部を発電に活用するための操作のルール化に向けた総点検
- 「河川管理者と発電事業者の意見交換会(仮称)」の設置
- ダム管理用発電, 公募型小水力発電の促進, プロジェクト形成支援

**(7) 河川環境の保全と再生**

- 河川環境改善に関する施策について, 効果の検証と河川環境の更なる改善手法の調査・研究
- 総合的な土砂管理を推進する体制の構築

**(8) ダムを活用した地域振興**

- 既存制度の運用改善の検討, 水源地域活性化のための取組推進
- 水力エネルギーの更なる活用が地域活性化に活かされる仕組の検討

**(9) ダム再生技術の海外展開**

- ダム改造技術や堆砂対策技術などダム再生技術の海外展開
- 既存組織の活用や制度の拡充を含めた推進体制構築の検討

**(10) ダム再生を推進するための技術の開発・導入**

- 先端的な技術の開発・導入, 官民連携した技術開発の推進
- 他分野を含め最新技術の積極的導入
- 人材確保, 育成, 技術継承などのあり方, 大学等との連携を検討

## 6. おわりに

気候変動による外力の増大は、少しずつ着実に進行し、既にその影響は顕在化しつつある。こういった外力の増大に対して、安全・安心を確保するために、近年、ダム管理現場の負担は、確実に増してきている。今後も、安全性を維持・向上していくために、手遅れが生じることがないように、ダム再生ビジョンに示した必要な方策は、危機感を持って直ちに着手し推進する。

気候変動による外力の増大に対して、長い区間にわたる河道改修には制約が多い中で、上流で洪水を貯留し、下流の河道への流下を抑制することは有効な手段である。ダムは、運用の変更や施設の改良によって、外力の増大に的確に対応する可能性を有している。

既設ダムを有効活用するダム再生は、利水容量を洪水調節に活用するなど運用改善による新たな効果の発揮や堤体のわずかなかさ上げによる貯水容量の増加など、様々な特長を有している。

ダム堤体は、適切に施工、維持管理されているものであれば、半永久的に健全であることが期待でき、ダム再生ビジョンに示した方策により、既設ダムの半永久的な活用に取り組み、将来にわたる施設の確実な機能発揮を図る。

ダム再生は、水中維持管理用ロボット、気象水文予

測、大水深での無人化・情報化施工等の先端的な技術の開発・導入することにより、更に進展することが可能となる。こういった技術の開発・導入を加速するとともに、ダム再生の取組内容を広く情報発信し、技術開発や他分野との技術交流を促進する。

ダム再生ビジョンで示した方策のうち、操作のルール化に向けた総点検、施設改良によりダム再生を推進する調査、都道府県管理ダムの再開発を国や水資源機構が代行する制度の創設等については、既に実行に移しているところである。

今後、ダム再生の取組を具現化し、ダム再生を一層進め、頻発する洪水・渇水の被害軽減、再生可能エネルギーの積極的導入等の国内外の幅広い命題に将来にわたり対処していく。

今後とも、ダム事業に関して、皆様方の幅広いご支援とご協力を賜りますことをお願い申し上げます。

JICMA

### 【筆者紹介】

村田 啓之 (むらた ひろゆき)  
国土交通省  
水管理・国土保全局治水課  
企画専門官

佐藤 彰 (さとう あきら)  
国土交通省  
水管理・国土保全局河川環境課 流水管理室  
課長補佐

行政情報

# 道路の老朽化対策の取り組み

築地 貴裕

道路の老朽化対策については、社会資本整備審議会道路分科会の提言を踏まえて、メンテナンスサイクル（点検・診断・措置・記録）の推進に取り組んでいる。

今回、平成26年7月から進めている橋梁・トンネル等の定期点検状況や、地方公共団体への支援等、道路メンテナンスを巡る最近の動向について紹介する。

キーワード：道路の老朽化対策、定期点検、メンテナンスサイクル、地方公共団体の支援

## 1. はじめに

道路の老朽化対策については、平成26年4月に社会資本整備審議会道路分科会にて取りまとめられた、「道路の老朽化対策の本格実施に関する提言」を踏まえて、メンテナンスサイクル（点検・診断・措置・記録）の推進を図るとともに、メンテナンスサイクルを回す仕組みの構築に取り組んでいる。

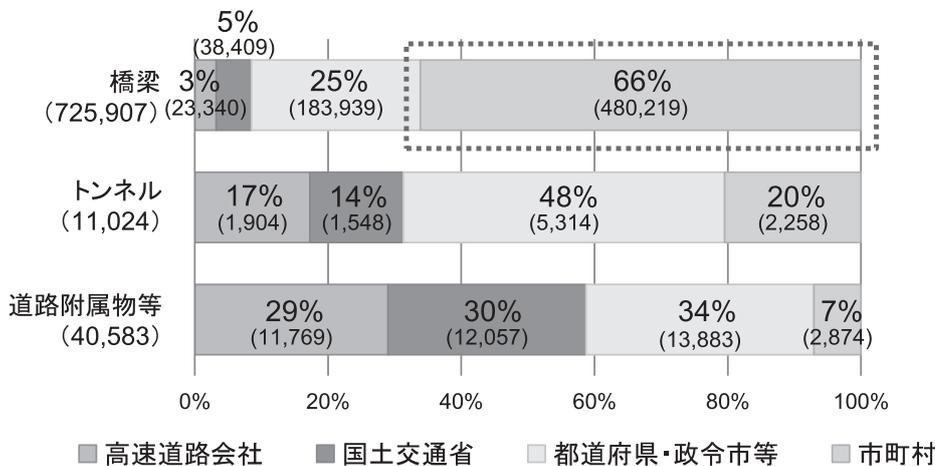
今回、平成26年7月から進めている橋梁・トンネル等の定期点検状況や、メンテナンスサイクルの着実な実施に向け進めている地方公共団体への支援等、道路メンテナンスを巡る最近の動向について紹介する。

## 2. 道路インフラの現状

全国には道路ストックとして、橋梁が約73万橋、トンネルが約1万箇所、シェッド、大型カルバート、横断歩道橋、門型標識等（以下、道路附属物等）が約4万施設存在する（図-1）。

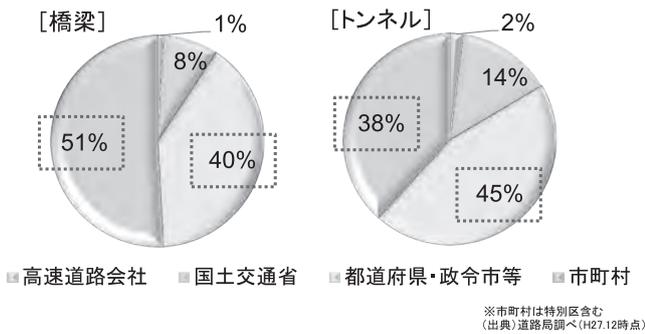
建設年度がわかっている橋梁（約50万橋）のうち、高度経済成長期（昭和30～50年）に建設され、建設後50年を経過した橋梁の割合は、2016年時点では約2割だが、10年後には約4割に増加する見込みであり、橋梁の高齢化が進んでいる。

また、建設後50年を経過した橋梁、トンネルのうち、地方公共団体が管理するものが橋梁では約9割、トンネルでは約8割と大部分を占めている（図-2）。さらに市町村では、老朽化対策に必要な安定的な予算の確



※市町村は特別区含む  
(出典)道路局調べ(H27.12時点)

図-1 管理者別施設数



図一2 建設後50年を経過した施設

保や、橋梁管理に携わる土木技術者が少ない（町の約3割、村の約6割で橋梁管理に携わる技術者がいない）ことなどが、老朽化対策を進める上で課題となっている。

### 3. 定期点検の実施状況及び結果

#### (1) 定期点検の実施状況

平成25年6月の道路法改正を受け、平成26年7月より、道路管理者は、全ての橋梁、トンネル等につい

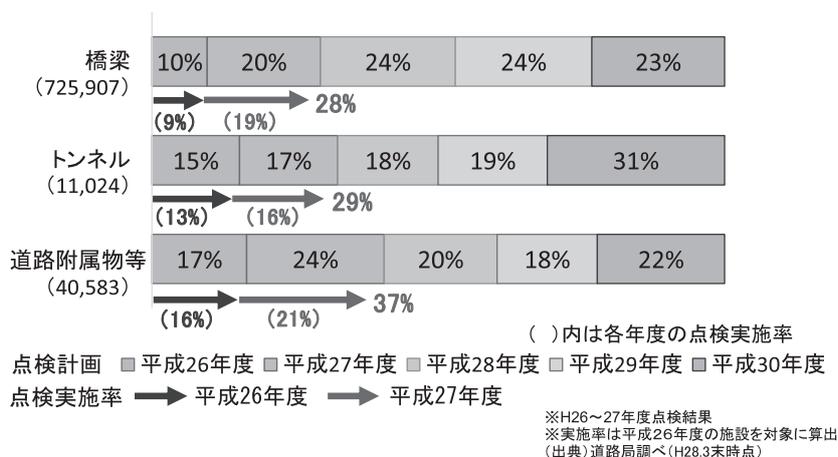
て、5年に1度、近接目視による点検を行っている。

平成26・27年度の累積点検実施率<sup>\*1</sup>は、橋梁で約28%、トンネルで約29%、道路附属物等で約37%となっており、平成26年度から5年間で予定している点検計画に対して、やや遅れている状況である（図一3）。

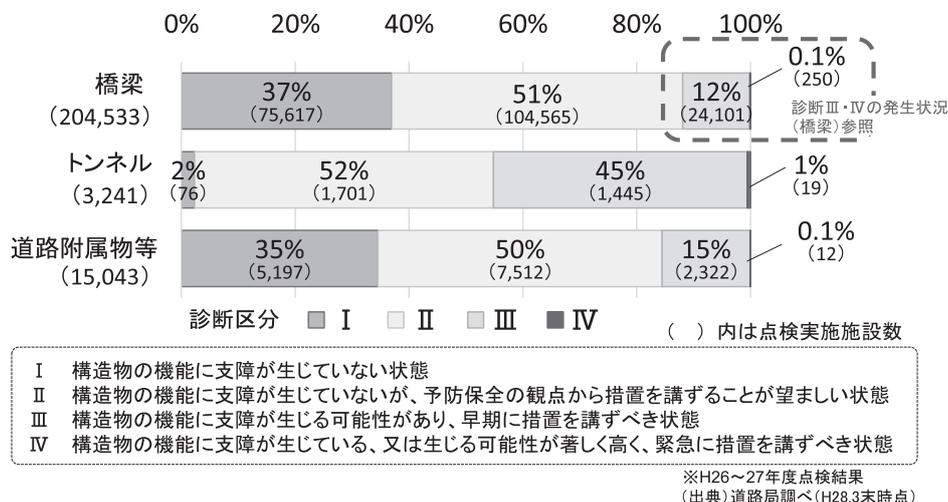
#### (2) 点検結果

点検を実施した施設の健全性は、4段階（Ⅰ：健全、Ⅱ：予防保全段階、Ⅲ：早期措置段階、Ⅳ：緊急措置段階）に区分される。平成26・27年度の点検の結果、早急又は緊急に修繕が必要となる診断区分Ⅲ・Ⅳの発生状況は、橋梁では約12%、トンネルでは約45%、道路附属物等では約16%となっている（図一4）。

橋梁を例にとり、診断区分Ⅲ・Ⅳの発生状況を道路管理者別に見ると、診断区分Ⅲについてはどの道路管理者も同程度であるが、診断区分Ⅳについては、市町村管理の橋梁における発生割合が、国土交通省管理の橋梁の約8倍、都道府県等管理橋梁の約7倍となっ



図一3 橋梁・トンネル・道路附属物等の点検実施状況



図一4 橋梁・トンネル・道路附属物等の点検結果

表一 1 道路管理者別の診断区分Ⅲ・Ⅳの発生状況

管理者	点検実施数 (橋)	診断区分Ⅲ		診断区分Ⅳ	
		(橋)	発生割合 (100橋あたり)	(橋)	発生割合 (10,000橋あたり)
高速道路会社	8, 272	695	8	0	0
国土交通省	13, 103	1, 310	10	3	2.3
都道府県・政令市等	58, 185	7, 647	13	16	2.7
市町村	124, 973	14, 449	12	231	18
計	204, 533	24, 101	12	250	12

※H26～27年度点検結果  
※市町村は特別区含む

(出典)道路局調べ(H28.3末時点)

いる(表一1)。

診断区分Ⅳの施設については、速やかに通行規制等の措置を実施している。

#### 4. メンテナンスサイクルの着実な実施

国土交通省では、メンテナンスサイクルの着実な実施に向け、予算、体制、技術面で課題のある地方公共団体に対して支援を実施している。

##### (1) 予算

予算面では、長寿命化を目指し適正な修繕を実施する地方公共団体に対して重点的に支援を行っている。

平成29年度より大規模修繕・更新補助制度の対象事業に集約化・撤去<sup>※2</sup>(図一5)を拡充したほか、補助事業<sup>※3</sup>と一体的に実施する地方単独事業(長寿命化等)に対する地方財政措置の拡充を行っている。

##### (2) 体制

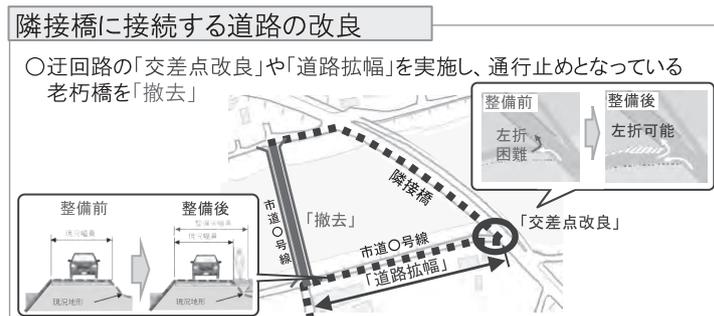
体制面では、「道路メンテナンス会議<sup>※4</sup>」等を活用し、維持管理に関する様々な情報共有等を図るとともに、市町村の点検・診断業務を都道府県等が一括で委託する「地域一括発注」を実施している。また、社会的な影響が大きく構造が複雑な施設等については、国



写真一 1 直轄診断(三島大橋)



写真一 2 研修実施状況



図一 5 集約化・撤去のイメージ

の技術者による「直轄診断<sup>※5</sup>・修繕代行」による支援を実施している。直轄診断については、平成26～28年度に8箇所を実施し、直轄診断の結果を踏まえ、平成27～28年度に5箇所で行修繕代行に着手（うち2箇所完了）している（写真—1）。

また、橋梁、トンネル等の点検に関して、国土交通省や地方公共団体の職員を対象に研修を実施している（写真—2）。平成26年度からの受講目標人数は5,000人であり、平成26～27年度で74回開催し、約1,900名の地方公共団体職員が受講している。

### (3) 技術

技術面では、路面下空洞や橋梁等の点検等にあたり高度化・効率化に資する民間技術の現場導入推進に向け、要求性能に基づく技術の公募・フィールド実験・評価に向けた取り組み等を開始している。

## 5. おわりに

定期点検の計画的な実施や予防保全を考慮した適切な修繕の実施にあたっては、地方公共団体に対する支援が不可欠である。

引き続き、メンテナンスサイクルの着実な推進を図るため、国として計画的に点検を実施するとともに、「道路メンテナンス会議」等を活用し、地方公共団体への支援に取り組んでいきたい。

JICMA

注釈)

- ※1 累積点検実施率：（平成26年度時点の施設総数のうち、平成26・27年度に点検を実施した施設数）／（平成26年度時点の施設総数）
- ※2 対象事業：撤去は、集約化に伴って実施する他の構造物の撤去に限る
- ※3 対象事業：社会資本整備総合交付金事業を含む
- ※4 道路メンテナンス会議の構成員：国、高速道路会社、都道府県・政令市（道路公社含む）、市町村（特別区含む）の各道路管理者
- ※5 直轄診断：「橋梁、トンネル等の道路施設については、各道路管理者が責任を持って管理する」という原則の下、それでもなお、地方公共団体の技術力等に鑑みて支援が必要なもの（複雑な構造を有するもの、損傷の度合いが著しいもの、社会的に重要なもの、等）に限り、国が地方整備局、国土技術政策総合研究所、国立開発研究法人土木研究所の職員で構成する「道路メンテナンス技術集団」を派遣し、技術的な助言を行うもの

【筆者紹介】

築地 貴裕（つきじ たかひろ）

国土交通省

道路局 国道・防災課



# 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

北川 学・真田 修・佐藤 徹也

高速道路ネットワークの機能を今後も永続的に活用できるように、高速道路会社各社が推進・着手している、高速道路リニューアルプロジェクト<sup>1)</sup>（大規模更新・大規模修繕事業）の一環として、東名高速道路でのパイロット工事として実施した、東名高速道路用宗高架橋（下り線）P7～A2間の床版取替え工事の施工について報告する。本工事は対面通行規制下という期間の制限された中で行う、既存のRC床版を撤去し新設のプレキャストPC床版に取替える工事である。

キーワード：プレキャストPC床版、床版取替え、プレキャスト壁高欄

## 1. はじめに

用宗高架橋は、東名高速道路の静岡IC～焼津ICに位置し、橋梁下でJR東海道本線と交差している非合成鋼I桁橋であり（図—1）、1969年の供用開始から47年経過していた。新東名高速道路の開通（2012年）以前は断面交通量約80千台/日（大型車混入率36%）の重交通路線であった。開通後は通行車両が分散されたが、いまだ重交通路線である。このため、劣化の進行は著しく、これまでも桁間の格子床版の全面打替えや張出し床版下面への鋼板接着補強を実施している。近年では、補強鋼板の腐食や膨張が確認されるなど耐久性の低下が懸念された。そこで、変状が確認された用宗高架橋P7～A2間を対象に抜本的な対策を講じることとし、床版取替え工事を実施した（写真—1）。

高速道路利用者への工事による影響を最小限とするため、工期短縮や耐久性向上を目的に急速施工が可能となるプレキャストPC床版を採用した。床版厚の低



写真—1 施工状況

減と施工性の向上を目的とし、プレキャストPC床版どうしの接合にはナット付き鉄筋継手を採用した。壁高欄についてもプレキャスト化することによって工期の短縮を図った。なお、土工部に設置する延長床版も別時期に新たな規制を行うのではなく同一規制の中で施工した。

## 2. 橋梁概要

橋梁側面図（図—2）および橋梁諸元を以下に示す。

工事名：東名高速道路（特定更新等）用宗高架橋鋼橋補強工事

発注者：中日本高速道路株式会社

路線名：第一東海自動車道



図—1 橋梁位置図

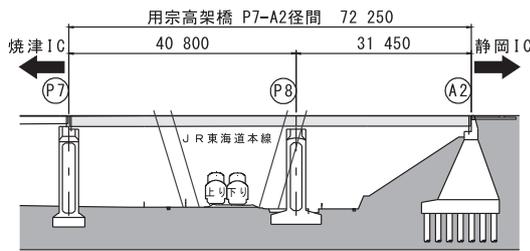


図-2 橋梁側面図

- 道路規格：第1種第2級
- 構造形式：鋼2径間連続非合成I桁橋
- 床版形式：工事前I形鋼格子床版⇒工事後PCa床版
- 橋長：72.250 m
- 支間長：40.400 m + 31.000 m
- 有効幅員：工事前 11.000 m ⇒ 工事後 11.325 m
- 桁高：1.950 m
- 交差条件：P7～P8径間…東海道本線  
P8～A2径間…市道東名側道広野用宗1号線

### 3. 施工報告

#### (1) 床版継手方法（間詰め部継手）

プレキャストPC床版の橋軸方向継手を，ループ継手とするとループ部の鉄筋曲げ半径の制約から床版厚が決定され，その床版厚は250 mm必要となる。既存床版厚から25%程度厚くなることになり床版重量が増加し，現行基準のB活荷重での照査を満足するには，主桁の大規模な補強が必要となった。そこで床版厚を既設床版厚と同等の200 mmと薄くすることが可能であるナット付き鉄筋継手を採用した（図-3，写真-2）。

この継手方法は，鉄筋先端をねじ切り加工しナットを取付けることによってナット面の支圧により鉄筋の定着を確保する構造である。間詰め部の橋軸直角方向に配置される鉄筋を床版の架設時に仮収納しておくことが可能であり，鉄道上での作業についての安全性・施工性も向上できた。

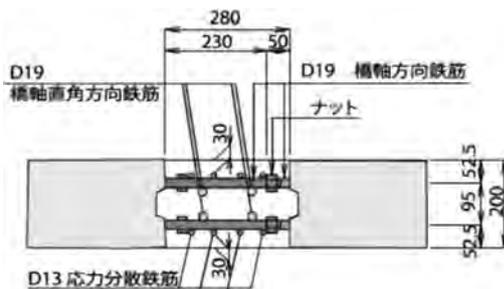


図-3 ナット付鉄筋継手構造



写真-2 間詰め配筋状況

#### (2) プレキャストPC床版

プレキャストPC床版製作枚数は，標準版30枚（通水路版含む），異形版3枚の計33枚である。現場施工を短縮するため基本設計では場所打ちとされていた桁端部床版についてもプレキャストPC床版としたものが異形版である。

JRとの協議で東海道本線影響範囲上に排水管などの施設を設けないことになった。対応策として壁高欄外側に通水路を配置し影響範囲外まで導水することとした。この通水路はプレキャストPC床版の一部として張出し床版を延長した（写真-3）。



写真-3 通水路

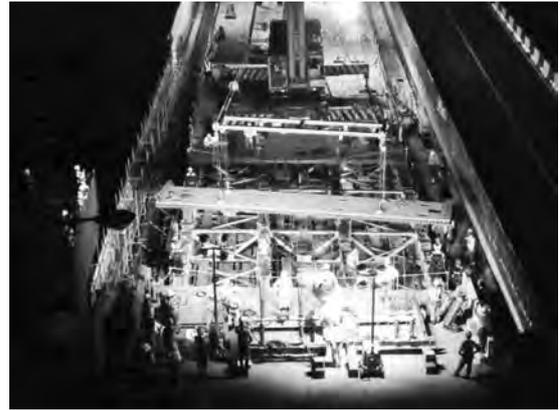
輸送はトレーラーに2枚積みとし待機所を經由し直接現場へ搬入した。また，出荷前には，間詰め部鉄筋のかみ合わせを確認するため仮組立を実施した。

#### (3) 既設壁高欄・床版の切断

床版撤去・架設に先立ち，既設の壁高欄および床版の切断を行った。本工事はJR東海道本線と市道上での作業であることから汚濁水落下リスク低減のため可能な限り乾式切断とした。まず壁高欄の鉛直方向は乾式ワイヤーソーを使用し4.0 m間隔で切断を行い，橋



写真—4 乾式カッター切断状況



写真—6 PCa床版夜間架設状況

軸方向はラフタークレーンで釣り上げた状態でコンクリートカッターで切断した。それを追走して床版の切断も同時進行した。床版橋軸直角方向の切断は2.0m間隔に乾式コンクリートカッターで切断した(写真—4)。これを3昼夜連続して行った。

幅員方向は中央を切断し2分割にしたが、これは日々の撤去・設置サイクルの中で行った。

**(4) 既設床版撤去・プレキャスト PC 床版の架設**

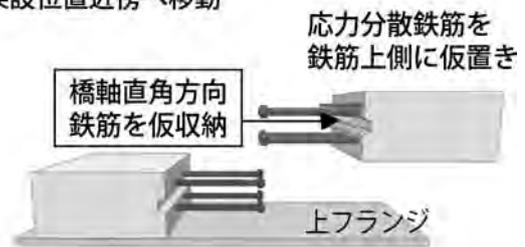
既設床版の撤去は切断されたブロック毎に油圧ジャッキにて強制的にはく離させ(写真—5)、トラックに積み込み搬出した。使用する揚重機はプレキャストPC床版の架設と兼用の170tトラッククレーンを橋面上に配置した。施工順序としては、A2側で延長床版を同時施工する必要があったため、A2側からP7側へ片押し施工することとした。1日あたりの架設枚数は、クレーンの作業能力を考慮し最大7枚とした。1日のサイクルは、昼間に既設床版撤去、主桁上フランジのケレンなどを行い、夜間にプレキャストPC床版の架設を行った(写真—6)。

主桁と床版のずれ止めは、床版架設後にスタッドジベル(φ22)を溶植した。スタッドジベル配置後、主桁とプレキャストPC床版の間に無収縮モルタルを打込み、一体化させた。



写真—5 既設床版はく離状況

**架設位置近傍へ移動**



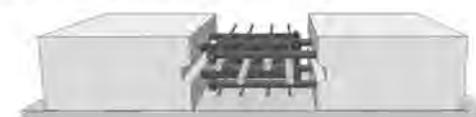
**応力分散鉄筋を上フランジ上に盛り替え据え付け位置まで引き寄せる**



**鉛直に吊り降ろし、所定の位置に合わせる**



**所定位置に鉄筋を配筋して完了**



図—4 KK 合理化継手構造

**(5) 床版接合部(間詰め)の施工**

接合部に配置する橋軸直角方向鉄筋は、架設床版接合部に仮収納し、架設後に所定の位置へ配筋した。使用鉄筋は、耐久性向上のため全てエポキシ樹脂塗装鉄筋とした。接合部のコンクリートは、コンクリートポンプ車を使用し、2分割で打設した(図—4)。

プレキャストPC床版は十分管理された工場製品であるが、間詰め部は現場打設であり、品質を確認する

ため非破壊検査による調査を実施した。場所打ちコンクリートの密実性を確認することを目的とし、床版下面よりトレント法により透気係数の計測を行った結果、所要の性能を満足していると判断した。

#### (6) プレキャスト壁高欄

工期短縮策の一つとして計画された中央分離帯側のプレキャスト壁高欄は、使用するコンクリートや専用モルタルは高炉スラグ微粉末を混合し、遮塩性を向上させるなど高耐久化を図っている。過去の施工事例が少なく、本施工に先立ち同工場での製作・架設・設置および専用モルタルの充填などの施工試験を実施し施工性を確認した。

#### (7) プレキャスト壁高欄の施工

プレキャスト壁高欄のブロック長は約2.0mとした。現場条件的に運搬車両が架設位置近傍までは入れないため、運搬にはフォークリフトを使用した。架設は橋面上に設置した12tホイールクレーンで行った。接合部への専用モルタル注入は、壁高欄どうしの接合部より行い、勾配の低い側から注入を開始し、隣の接合部での上昇を確認した後注入口を移動する方法とした。モルタルの流れ状況確認は透明型枠を使用することによって目視することができた（写真—7）。

今回のプレキャスト壁高欄は、PC鋼材の緊張作業やボルト接合作業が無い工法のものを採用し工程短縮を図った結果、場所打ちとした路肩側壁高欄の施工日数9日に比べ、2日間の短縮が図れた。

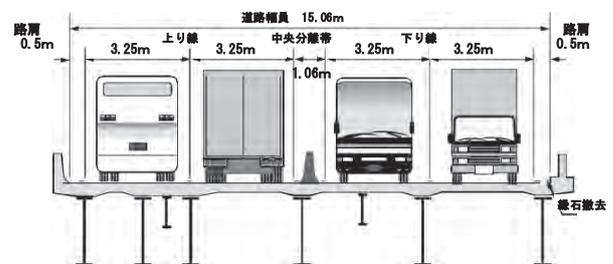
#### (8) 延長床版の施工

本橋梁の土工部には建設当初から踏掛版が設置されていたが、予防保全の観点から遊間での漏水や

支承の劣化を防止でき、騒音・振動を低減できる延長床版を採用し、床版取替えの同一規制内で施工した。工事全体のクリティカルパス要素とならぬよう、これも工期短縮が求められたが、既存橋台の部分撤去をワイヤーソーでブロック撤去するなどで対応し、全体工程に影響を及ぼさない17日間で施工することが出来た。

## 4. 交通規制概要

周知のとおり東名高速道路は日本の大動脈である。その大動脈の流れを滞らせないことが、本工事の施工にあたっての重要な課題であった。工事施工中の下り線の迂回路は供用中の上り線を分割しての対面通行となる。当初計画は上り2車線、下り1車線の対面通行規制であったが、この計画では最大で11kmの渋滞が予想され、計画を見直すこととした。警察協議などを繰り返し路肩幅員を縮小することで上下線各二車線の交通を確保することとした（図—5）。確保できる幅員により規制区間の設計速度は50km/hとなるため、走行速度を抑制する必要がある。さらに非常駐車帯のスペース確保も困難となるため、規制区間内で故障車が発生した場合の対応が必要であった。



図—5 規制断面図

#### (1) 一般車両の速度抑制対策（高速道路利用者の安全確保）

- ・車線シフト部に仮路面標示として導入レーンマークを設置し視覚による速度抑制（写真—8）
- ・夜間での視認性が高いLED式電光掲示板の設置
- ・仮設防護柵上に視認誘導標の設置（写真—9）

#### (2) 規制区間内で故障車発生時の対策

- ・レッカー車を配置（常駐）
- ・緊急規制を設置できる巡回車を配置（常駐）
- ・上下線に合計4台の後尾警戒車を配置（常駐）
- ・ウェブカメラによる監視



写真—7 PCa壁高欄施工状況



写真一8 規制シフト部（導流レーン）



写真一9 視認誘導標

## 5. おわりに

### 謝 辞

わが国の大動脈である東名高速道路では初となる床版取替えは、2016年7月に施工が完了した。静岡県警察本部交通部高速道路交通警察隊をはじめとする関係各位には本工事へのご理解を賜り深く感謝の意を表すとともに、本稿が今後の床版取替え工事の参考になれば幸いである。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 中岡, 清水: 中日本高速道路における大規模更新・大規模修繕の取組み, コンクリート工学, Vol.54, No.1 (2016.1)

### 〔筆者紹介〕



北川 学（きたがわ まなぶ）  
川田建設㈱  
東日本統括支店 事業推進部 工事課  
総括工事長



真田 修（さなだ おさむ）  
中日本高速道路㈱ 東京支社  
静岡保全サービス・センター  
更新工事担当課長



佐藤 徹也（さとう てつや）  
中日本高速道路㈱ 東京支社  
保全・サービス事業部 構造技術チーム

# 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

花房 禎三郎・相川 智彦・高島 秀和

本橋梁は昭和39年の東京オリンピックに向けて建設された、都心と羽田空港を結ぶ首都高速1号羽田線勝島地区のゲルバーヒンジを有する3径間連続PC箱桁橋であり、供用から50年以上が経過していた。

近年の定期点検において、ゲルバー部にひび割れや支承の腐食等の損傷が確認された。このため、ゲルバー部の長期耐久性、橋梁全体の耐震性および維持管理性の向上を目的として、ゲルバー部の遊間をモルタルで充填し外ケーブル緊張により連続一体化を図った。連続化端部は、新設橋脚を設置してゲルバー部の反力を受替えてゲルバー構造を解消した。このような組合せによるゲルバー構造改良は、これまでにない手法であり、本稿ではこの改築工事について報告を行う。

キーワード：首都高速道路，プレストレストコンクリート橋，ゲルバー連続化，維持管理

### 1. はじめに

本橋は、首都高速1号羽田線の勝島地区に位置する(図—1)ゲルバーヒンジを有するPC連続箱桁橋である。1963年の供用開始から50年以上が経過しており、ゲルバー部に経年劣化等による損傷が確認されていた。このためゲルバー部を含めた橋梁全体の性能向上のため改良工事が計画された。

ゲルバー部は外ケーブルによって連続化を図ることとしたが、すべての径間を連続化することは設計上困難である。このため適正な連続化範囲を超える箇所については下部工を新設し、ゲルバー沓の反力を受替後、ゲルバー沓を切断し構造的に分離することとした。本稿では、本工事の大きな特徴である供用しなが

らゲルバー部の連続化および分離を行った設計・施工について報告する。

### 2. 概要

#### (1) 既設橋梁および損傷概要

本橋は、3径間連続PC連続箱桁橋がゲルバーヒンジにより複数連続する高架橋であり、上下線間に勝島入口・出口がある複雑な平面線形を有している(図—2)。上部工断面は2室箱桁断面であり、都道上に位置するため主桁と一体化した横梁を介して橋脚で支持される馬桁構造となっている(写真—1)。

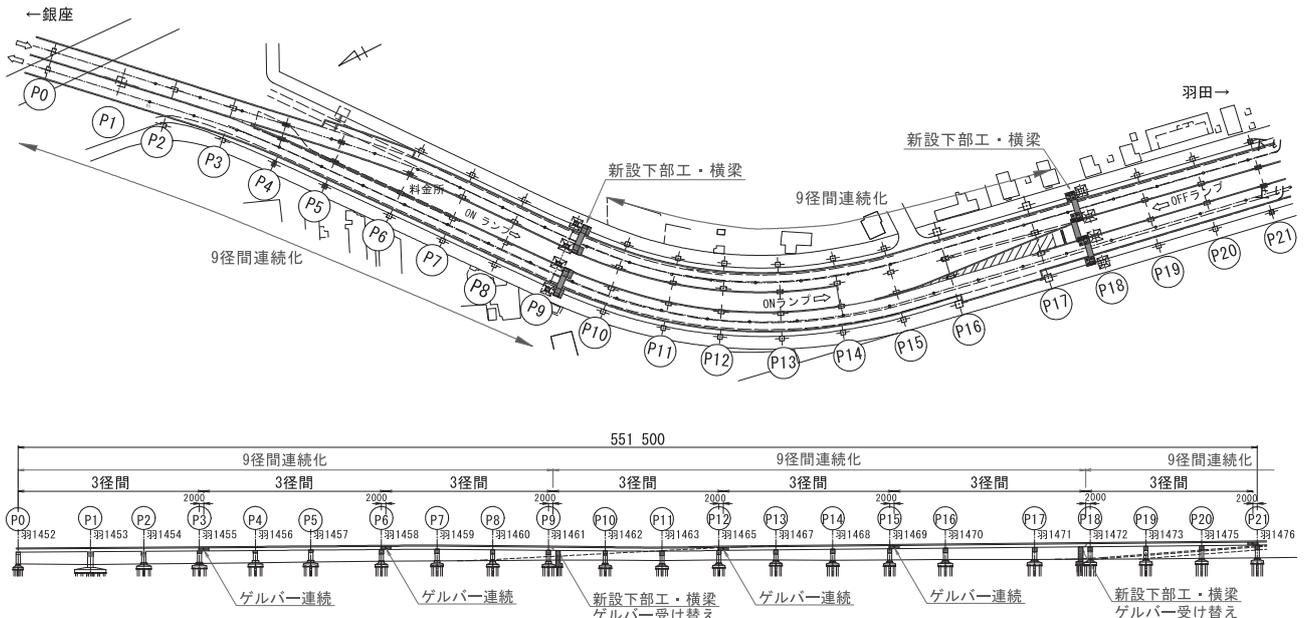
定期点検によって、一部のゲルバー部コンクリートにひび割れや剥離等の損傷が確認されていた(写真—2)。ゲルバー部受桁のひび割れは、支承を固定しているアンカー付近から垂直方向に伸びていた。損傷原因として、①交通荷重の増、②橋面からの漏水による鋼製支承の腐食による支承移動機能の低下、③コンクリートの経年劣化、等が挙げられる。

#### (2) 設計概要

維持管理が困難なゲルバー部の構造改良を含めた橋梁全体の耐久性・耐震性向上を目的としてゲルバー部の連続化を図ることとした。3径間毎にゲルバーヒンジを有する橋梁の連続化範囲は連続化後の主桁応力や常時移動量、新設橋脚を設置可能な位置、等を検討して9径間連続とした。本工事では他に連続化後の耐震



図—1 位置図



図一 2 橋梁全体図 (連続化概要)



写真一 1 現地橋梁 (補強前)

縮装置減による車両走行性の向上や騒音の低減、が挙げられる。

橋梁諸元を以下に示す。

構造形式

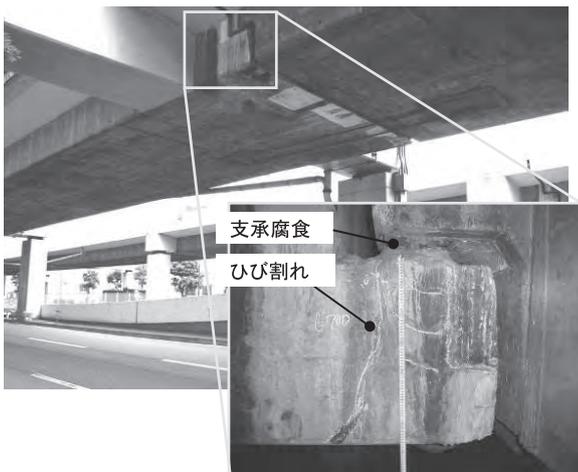
上部構造 既 設：3径間連続 PC ゲルバー箱桁橋 × 12 連 (上下線合計)

改築後：9径間連続 PC 箱桁橋 × 4 連 (上下線合計)

下部構造 (新設)：RC 橋脚 + PC 横梁

(基礎)：場所打ち杭

橋長：476.5 m (最大支間長 40 m) 有効幅員：7.5 m



写真一 2 ゲルバー部の損傷

(3) 工事概要

本橋は、都道 316 号海岸通り直上に位置する高架橋である。首都高速 1 号羽田線は都心と羽田・横浜へのアクセスを担う重要路線であることから本線を供用しながら、また片側 3 車線の都道は 1 車線の常設規制帯を歩道側、中分側の 2 期に分けて設置し 2 車線を常時供用しながら施工した。

工事概要を以下に示す。

所在地：東京都品川区勝島 1 丁目

発注者：首都高速道路(株)

請負者：(株)ピーエス三菱 (実施設計含む)

工期：自) 平成 22 年 5 月 1 日

至) 平成 28 年 3 月 19 日

実施工種：支承取替工, 主桁補強工, 炭素繊維シート工, 新設下部工 (基礎工・橋脚工), 横梁設置工, 橋脚補強工, 剥落防止対策工, 他。工種の概要を表一 1 に示す。

設計により、支承取替や下部工の再補強を行っている。設計では現地状態を反映した他、施工方法や順序に合わせて施工時検討を行った。ゲルバー連続化のメリットとして、耐震性の向上、維持管理の容易化、伸

主要な施工方法

- 上部工：外ケーブル工法，炭素繊維シート工法，  
ウォータージェット工法  
下部工：リバース工法（基礎），ベント工法（支承  
取替）

表-1 主要工種概要

主要工種	概要
支承取替工	既設全71基をゴム支承に取替え
主桁補強工	外ケーブルによる9径間連続化
炭素繊維シート工	主桁の曲げ・せん断補強
新設下部工	8橋脚（単柱式・杭基礎）を新設
横梁設置工	反力受替えのための横梁の新設
橋脚補強工	既設7橋脚の鋼板巻立てを再補強
剥落防止対策工	剥落防止の実施（既設・新設部）

3. 主要工種の設計および施工

(1) 支承取替工の設計・施工

既設支承は、経年劣化による腐食が進行しており、全ての既設鋼製支承を連続化後の耐震設計を満足するタイプBゴム支承へ取替えることとした。支承取替えはゲルバー連続化前に全て実施した。

施工は、都道の片側3車線のうち1車線の規制帯内に設置したベント支柱により上部工反力を受替えた状態で行った。受け替える反力は最大で5000kNを超え、ベント支持位置の地盤沈下が懸念された。このため地盤の支持力や空隙調査の上、ベント位置にベースコンクリートを打設した。さらに、事前に仮ジャッキアップによるプレロードを行い、沈下量が収束し安全性を確認してから本施工を行った。ベント支持後、ワイヤーソーにより既設橋脚の脚頭部を新設支承アン



写真-3 支承取替後（剥落防止対策工前）

カーボルト位置で切断・撤去し、新設支承設置後、切断した橋脚鉛直鉄筋をエンクローズ溶接で接続し脚頭部を復旧した。支承取替後の状態を写真-3に示す。

(2) 主桁補強工・炭素繊維シート工の設計・施工

(a) 補強概要

ゲルバー連続部の外ケーブル配置および炭素繊維シート補強の一例を図-3に示す。本橋では馬桁構造のため外ケーブルは全て桁内に配置した。

桁連続化による構造系変化によって、ゲルバーヒンジ付近の上縁には引張応力が発生する。この引張応力に対して、活荷重および温度荷重時を満足するよう外ケーブルを配置した。使用する外ケーブルは、定着時のセットロスのないナット式定着タイプとした。また、箱桁内の作業スペースおよび削孔による既設への影響を考慮して170tケーブルを、1室あたり3本までの配置とした。下縁の引張応力に対しては、限られた外ケーブル配置条件の中、配置を検討した結果、温度荷重時と曲げ破壊時に対しては外ケーブルで許容値を満足しない箇所は床版下面の炭素繊維シート補強と併用することとした。せん断耐力が不足する箇所対

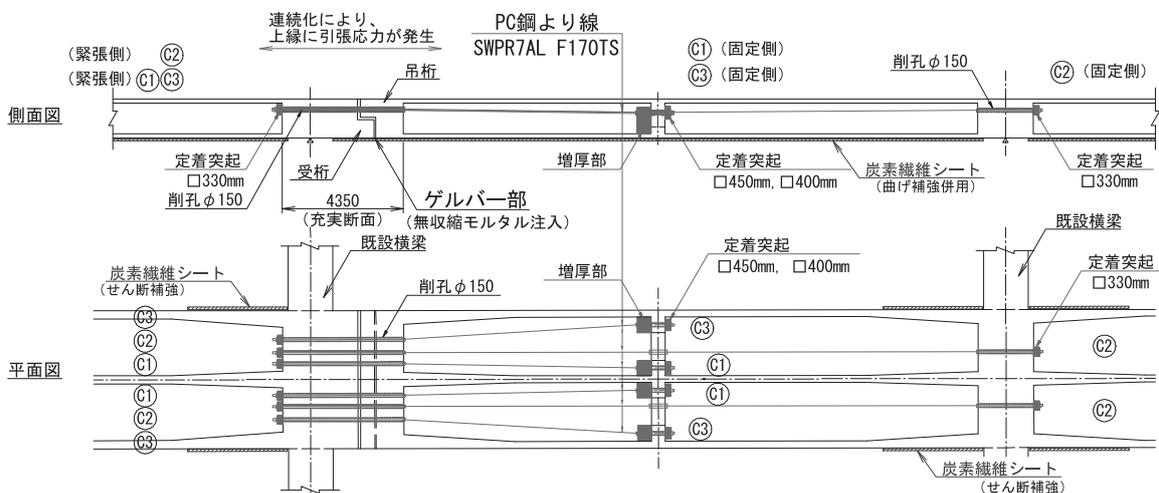


図-3 ゲルバー連続部補強概要図

しては、ウェブ側に炭素繊維シートによるせん断補強を行った。

#### (b) ゲルバー遊間部

ゲルバー遊間部は建設時と伸縮装置取替時の目地材やコンクリートの付着、土砂の堆積等があるため清掃が必要であった。異物の確実な除去が必要なため、ウォータージェットによる清掃を行った。清掃は吊り足場や橋面上に水漏れがないよう完全養生した上で行った。

遊間の充填は、上床版下付付近までは充填状況を目視で確認できるよう透明型枠を使用して無収縮モルタルで行った。その後、伸縮装置撤去時に残りの上床版部を、超早硬コンクリートを使用して2段階で充填を実施している。この上床版施工時は首都高速を片側ずつ車線規制して行った。

#### (c) 外ケーブル配置・緊張

箱桁内の外ケーブル設置のために、既設横桁を橋軸方向に貫通削孔する必要があった。特にゲルバー横桁部はPC構造であり、PC鋼材が配置されている他、ゲルバー補強鉄筋が密に配筋されている場所であり、また横桁厚さが4350mmと厚く、すべての鋼材を事前に非破壊検査で探査することは不可能であった。設計では既設PC鋼材と干渉しないことを優先して外ケーブル配置を決定するが、鉄筋との干渉を完全に避けることはできない状況であった。このため施工は、鉄筋、PC鋼材を傷つけることなく削孔が可能なウォータージェット工法を採用した。貫通削孔後、干渉する鉄筋本数を確認して事前に検討した切断可能本数以下の最小限の鉄筋を切断した。

供用しながらのゲルバー部削孔であり、既設に対し可能な限り負荷がかからないように施工上考慮した。このため、桁内（最大3本/1室）全ての外ケーブルを削孔・配置するのではなく、先行して1本分を削孔・配置することで早期にプレストレスを導入し、切断した鉄筋の補強とするとともに遊間充填後の温度変化による目開きを防止する配慮をしている。

#### (d) 外ケーブル定着部

外ケーブル定着は既設の支点横桁と中間横桁を利用して行うが、中間横桁は薄いためコンクリート増厚による補強を行った。増厚形状はFEM解析によってコンクリートの引張強度以下となる様に決定した。定着部には支圧応力の緩和と定着部補強筋の配置のため定着突起を設置した。箱桁内の外ケーブル配置状況を写真-4に示す。



写真-4 桁内外ケーブル配置

### (3) 新設下部工・横梁設置工の設計・施工

9径間連続化端部のゲルバー部は、ゲルバー杓を切断し構造的に分離する。分離したゲルバーヒンジの吊桁側に新たに支点が必要となることから、既存の構造と同様に横梁を介して上部工を支持するため横梁と下部工を新設した。図-4にP9橋脚の新設橋脚・横梁構造図を示す。

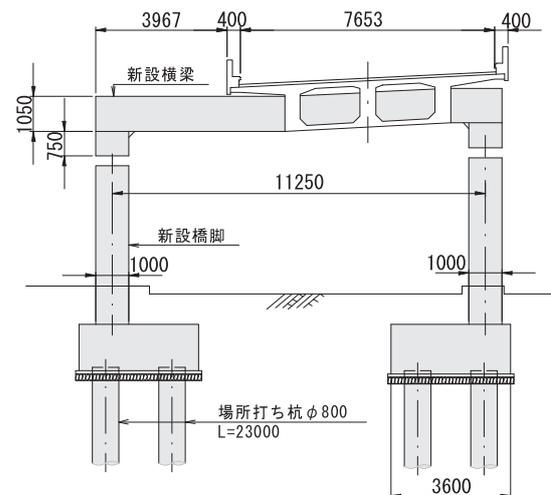


図-4 新設橋脚・横梁構造図 (P9橋脚)

#### (a) 新設下部工

新設橋脚はRC単柱橋脚で、基礎は場所打ち杭である。上空に既設上部工があることから場所打ち杭は施工時の空頭制限を考慮してリバース工法の1つであるTBH工法を採用した。施工中は鋼矢板による土留めを行ったが、既設橋脚との近接施工であることから矢板の変位に異常がないか日々確認しながら施工した。

#### (b) 横梁設置工

新設横梁は既設主桁ウェブを貫通する内ケーブルの他に、横梁下面に配置する外ケーブルを併用したPC構造とした。これは内ケーブルのみでは主桁下床版があるためケーブル偏心量がとれず多量のプレストレス

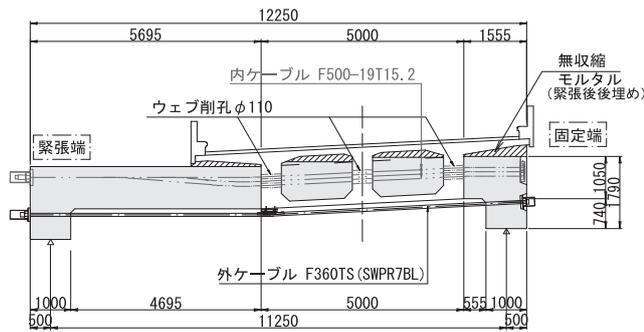


図-5 新設横梁鋼材配置 (P9 橋脚)

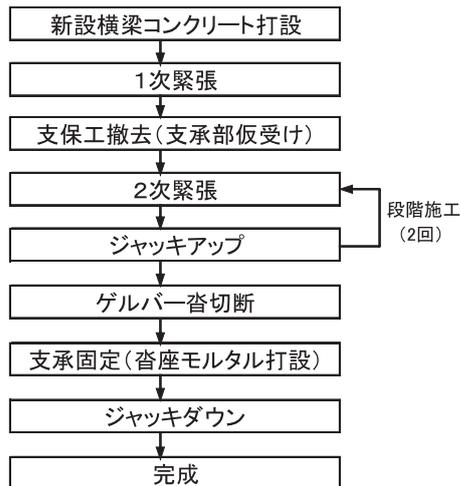


図-6 新設横梁施工フロー

が必要となり、既設の主桁内ケーブルを避けてウェブに必要な本数分の削孔が困難であるためである。この外ケーブルの配置にあたっては施工時の支保工と都道との建築限界を確認して決定した。図-5に新設横梁PC鋼材配置を示す。

新設横梁の施工は、限られた規制帯内で施工空間も狭く施工条件が厳しいため、施工方法や施工順序に特に配慮する必要があった。新設横梁脚の施工フローを図-6に示し、以下に概要を説明する。

①横梁コンクリート打設・1次緊張

新設横梁は梁式支保工により場所打ちで施工する。新設横梁下面に配置する外ケーブルは、先に配線すると梁式支保工と干渉し解体ができなくなるため、干渉しない外側2本の外ケーブルを先行して緊張した(1次緊張)。この1次緊張により横梁自重と活荷重を負担できる緊張力が導入されるため、型枠・支保工の解体が可能となる。なお、新設横梁のコンクリートは、桁内の作業空間が狭小であり、パイプレータによる締め固めが困難なため高流動コンクリートを用いた。

②支保工撤去・支承部ジャッキ仮受け

支保工撤去により、支保工反力は新設橋脚に移行する。新設橋脚上には仮受けジャッキを設置しており、

ここで反力を支持する。この仮受けジャッキにより、この後のゲルバー沓の切断時のジャッキアップおよび高さ調整を行う。このためこの段階では、新設橋脚上の支承は設置しているが支承下面アンカーボルトは固定していない状態としている。

③2次緊張・ジャッキアップ・ゲルバー沓切断

ゲルバー沓の切断はワイヤソーで行うが、ゲルバー沓切断時はゲルバー沓に反力がかからない状態で行う必要がある。このため仮受けジャッキのジャッキアップによりゲルバー沓の反力を新設横梁に完全に移行した状態で、1ゲルバー沓切断→2支承固定→3ジャッキダウン、の順番にゲルバー部の上部工反力を新設支承へ受け替えた。

ジャッキアップにより新設横梁に反力が移行し、断面力が増加するため、ジャッキアップに合わせて新設横梁下面の残りの外ケーブルの緊張を行った(2次緊張)。

これは新設横梁のPC鋼材は、全ての反力が新設横梁へ移行した後の完成形に対して配置している。このためゲルバー沓が反力を負担し新設横梁に全ての荷重がかからない状態で全て緊張を行うと、過大なプレストレスにより上縁に大きな引張応力が発生することが想定された。このため、ジャッキアップを2回に分けて反力の移行を段階的に行い、これに合わせ2次緊張の緊張力も2回に分けて導入することとした。

(c) 反力の確認

ジャッキアップの反力は、以下の影響により、設計値と異なることが想定された。

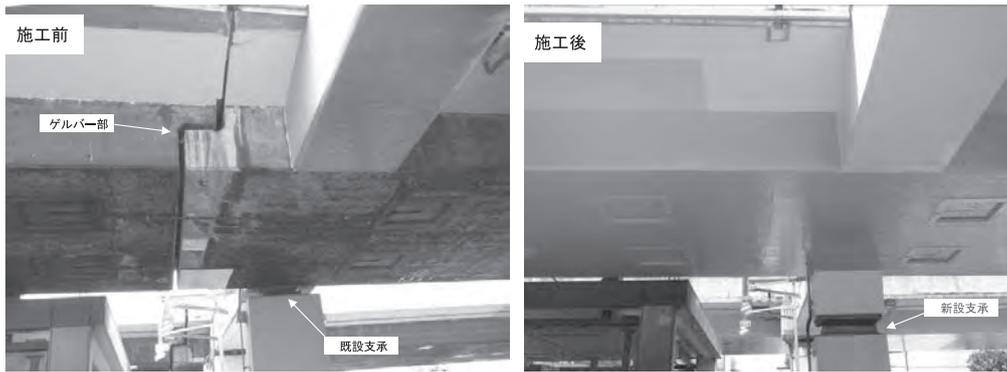
- ・死荷重の誤差 (設計荷重の誤差, 支点沈下による既設反力の変動の影響)
- ・ジャッキアップ時の橋面車両の影響, 等

本工程は供用しながらの反力受替えであり、確実な施工管理が求められた。このため、新設横梁の設計から許容する反力の範囲を事前に算出し、ジャッキアップ時の反力がその間に収まることを計測で確認することとした。なお反力が想定以上となった場合は、外ケーブルを再緊張する事で対応する計画であった。

P9下り線施工時の反力の計測結果を表-2に示

表-2 各ステップのジャッキ反力値 (単位: kN)

	歩道側	中分側	合計
1) 1次緊張後	375	482	858
2) 支保工ジャッキダウン後	450	492	942
3) 2次緊張後	607	693	1300
4) 最終反力 (ジャッキダウン前)	893	1421	2314
設計反力 (ジャッキダウン前)	850	1400	2250



写真—5 P9下りゲルバー連続部施工前後



写真—6 P9下りゲルバー分離部施工前後

す。各ステップで反力の移行が確認し、最終のジャッキダウン前の反力および左右の比率についてもほぼ設計値通りであった。なお、この反力値は想定範囲内であったため外ケーブル再緊張は行わなかった。

(4) ゲルバー連続化の検証

本工事では首都高速道路技術センターにより、連続化前と後にそれぞれ25t荷重車を走行させ、ひずみゲージによる計測を実施した。計測値をFEM解析と比較し、連続化後は連続桁としての挙動をしていることを確認・検証した。

4. おわりに

写真—5, 6にゲルバー連続化、分離部の施工前・施工後写真を示す。平成28年3月に、5年10か月に及んだ工事は無事故でしゅん功した。ゲルバー部の連続化、分離が主要な工種であったが、これに伴う複数の工種の施工が並行して進められ、また桁内と桁下空間が狭く、街路と高速本線を共用させた状態での施工となったことから、工程管理が非常に重要な工事であった。

本工事は、維持管理が困難であったゲルバー構造を

解消するため、連続化すると同時に下部工を新設し、これにゲルバー反力を受け替えるという手法を実施した。このような組み合わせによるゲルバー改良は、これまでにない手法であり、本工事が今後の同種PCゲルバー橋の補修・補強工事の一助となれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】



花房 禎三郎 (はなふさ ていざぶろう)  
 (株)ピーエス三菱  
 東京土木支店 土木技術部  
 グループリーダー



相川 智彦 (あいかわ ともひこ)  
 首都高速道路(株)  
 東京西局 保全管理課  
 課長



高島 秀和 (たかしま ひでかず)  
 (株)ピーエス三菱  
 東京土木支店 土木工事部  
 工事所長

# 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

村岸 聖介・高田 英樹

神戸長田トンネルは、平成 24 年 12 月に天井板崩落事故があった笹子トンネルと類似の吊り天井板を有しており、点検で安全性に問題がないことを確認していたが、長期的な安全性確保の観点から天井板を撤去することになった。天井板撤去は、天井板に石綿（非飛散性）が含まれることや周辺交通への影響を考慮し、上下線合わせて 4.4 km の区間を 14 日間の終日通行止めで実施することが求められた。本稿では、14 日間という短工期の天井板撤去を実現するために行った取組みとその成果について報告する。

キーワード：トンネル、天井板、撤去、石綿、高速道路、通行止め、短工期、換気方式

### 1. はじめに

阪神高速道路では、天井板崩落事故のあった笹子トンネルと類似の構造を有するトンネルは 32 号新神戸トンネルと 31 号神戸山手線・神戸長田トンネルがあり、これまで実施した緊急点検で天井板の落下に対する安全性に問題がないことを確認していた。しかし、国から「常時引張力を受ける接着系ボルトで固定された既存の吊り天井板については、可能な限り撤去されたい」という通知が出され、近年のトンネル換気技術の向上と自動車の排気ガス低減で換気方式の変更が可能となったことも踏まえて検討した結果、長期的な老朽化の可能性は否定できないことから、これら 2 つのトンネルの天井板を撤去する方針を決定した。

新神戸トンネルの天井板は平成 27 年 2 月に撤去が

完了し、平成 28 年 1 月 25 日から神戸長田トンネルの上下線合わせて 4.4 km の区間において、横流換気方式の換気ダクトを構成する天井板の撤去を白川南～湊



写真-1 天井板撤去前

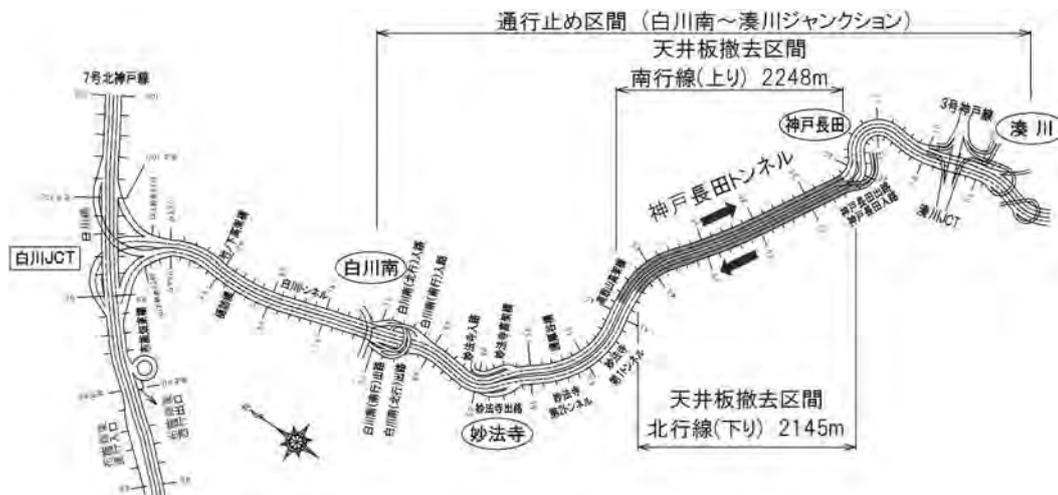


図-1 天井板撤去位置図 (阪神高速 31 号神戸山手線)

川ジャンクション間の終日通行止め14日間で行った(図-1, 写真-1)。

本稿では、14日間という短工期で神戸長田トンネルの天井板撤去を実現するために行った取組みとその成果について報告する。

### 2. 天井板撤去工事の概要

#### (1) 天井板内部の構造

天井板内部の構造は、天井板と隔壁によって送気ダクトと排気ダクトが構成されており、トンネル頂部と左右側壁部の覆工コンクリートには接着系アンカーによって中央金具(隔壁)と端部受台が定着されている(図-2)。中央金具と端部受台には、トンネル軸方向に沿った受け形鋼が設置されており、この受け形鋼の上に押出成形セメント板を並べて固定アングルで抑えたものが天井板である(写真-2)。全ての天井板には落下防止ワイヤーを取り付けており、万一の天井板落下に備えたフェールセーフの役割を有している。

また、送気ダクトと排気ダクトを仕切っている隔壁は、中央金具にボルトでALC板を隙間なく連続して取り付けられたものである。

なお、天井板(押出成型セメント板)は、石綿含有製品(非飛散性)であることから、撤去の際には原則として、切断・破碎等の粉塵が発生する行為は行わないことを基本方針とした。

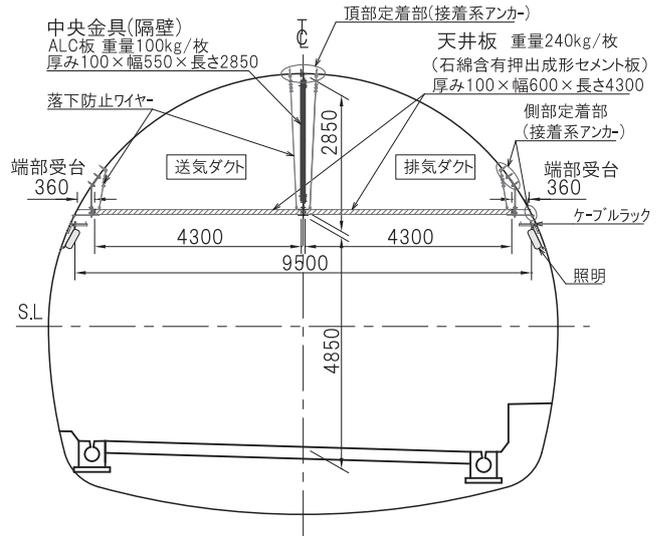


図-2 天井板内部構造 標準断面図

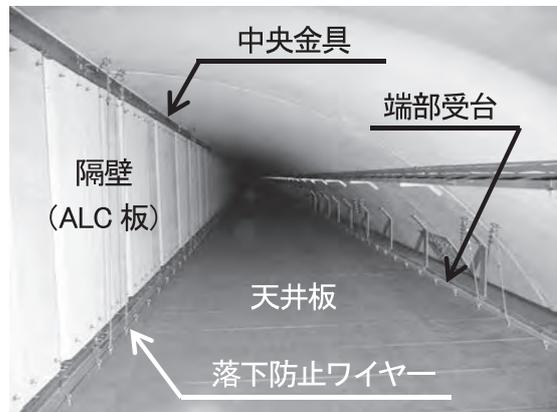


写真-2 天井板内部

#### (2) トンネルの断面区分と換気方式の変更

トンネル断面区分は図-3と図-4に示すようにS, Nの記号で表される標準断面と、それ以外の異形断面となるSL, NLの記号で表される非常駐車帯(拡

幅部), 換気塔接続部, および分岐・合流部(開削部・南伸部)がある。異形断面の大半は不規則な天井板構造となっており、天井板撤去に支障となる道路施設や換気設備と近接している箇所があった。

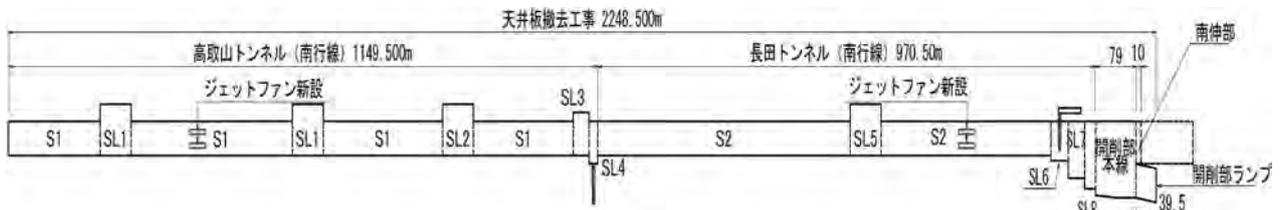


図-3 南行線(上り)トンネル断面区分

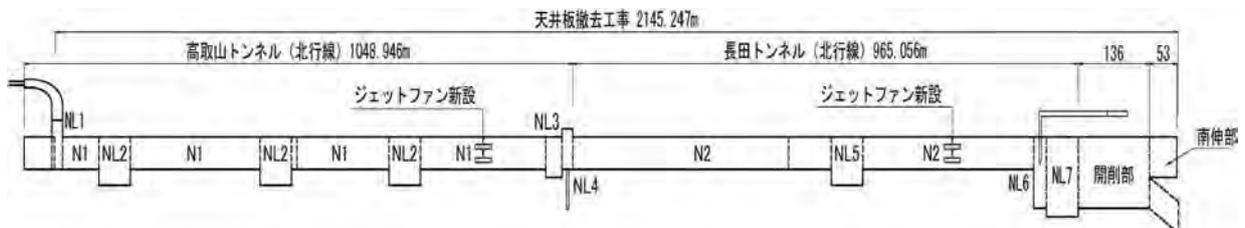


図-4 北行線(下り)トンネル断面区分

今回の天井板撤去に伴い、横流換気方式からジェットファンによる縦流換気方式に変更するため、新換気方式の運用に支障となる設備（コーナーベン、ダンパー）の撤去と、必要となる設備（点検歩廊、金網・風路閉塞）の設置も通行止め期間中に実施した。

(3) 天井板撤去の作業手順

天井板撤去の基本的な作業手順は、次のフローのとおりである。

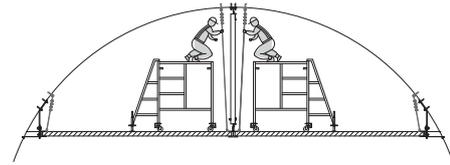
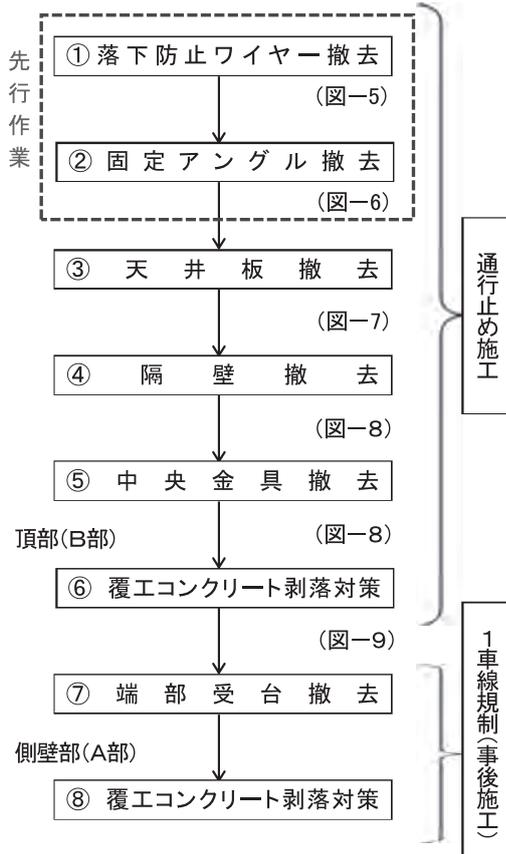


図-5 落下防止ワイヤー撤去 (3,859本)

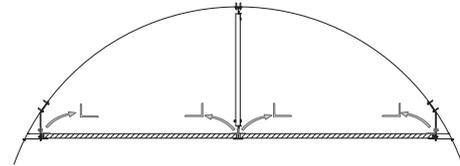


図-6 固定アングル撤去

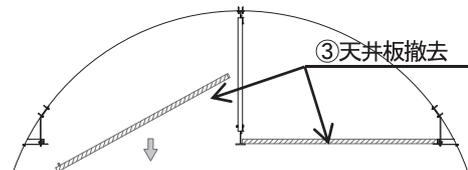


図-7 天井板撤去 (16,710枚)

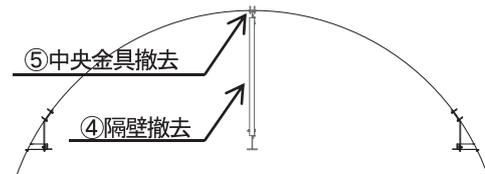


図-8 隔壁撤去 (5,625枚)・中央金具撤去 (834t)

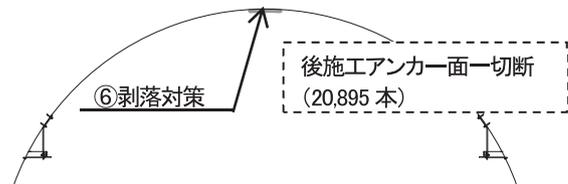
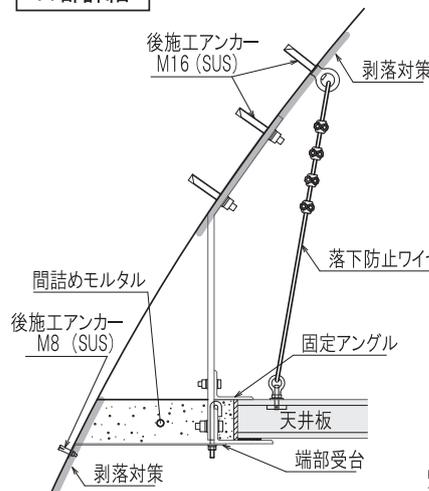


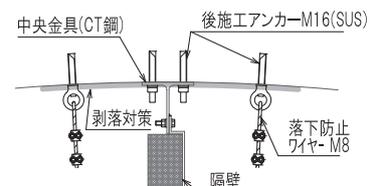
図-9 覆工コンクリート剥落対策 (1,501 m<sup>2</sup>)

A部詳細



**【剥落対策】**  
後施工アンカー切断部は長期的には落下の恐れがあるため、剥落防止対策として繊維入り補修材を塗布する。

B部詳細



C部詳細

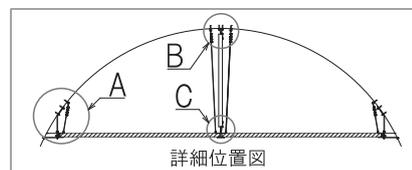
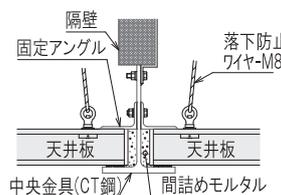


図-10 天井板構造各部詳細

### 3. 短工期実現に向けた天井板撤去の取組み

工事着工時点で全国の約40カ所のトンネルで吊り方式の天井板の撤去が完了していたが、撤去規模と交通規制形態・期間の施工条件の組合せにおいて、同様の実績はなく、以下の課題やリスクに対する取組みを行う必要があった。

①関連工事の作業を考慮すると、トンネル延長4.4kmを上下線同時で実質12日間という短期間で天井板撤去から覆工コンクリート剥落対策まで完了させなければならない(表-1)。

表-1 通行止め期間中の要求工程

工種	数量	日														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
先行作業	5,130m	4日														
天井板撤去	16,710枚	開口部設置0.5日+撤去7日														
隔壁撤去 中央金具撤去	5,625枚 834t				撤去6.5日											
覆工コンクリート 剥落対策(頂部)	1,501m <sup>2</sup>							5日								
点検歩廊・トンネル 換気設備改修	26カ所	11.5日														
路面清掃・点検	4.4km													1日		
(関連工事) ジェットファン設置 換気総合試験					ジェットファン設置10日						換気総合試験1日					



写真-3 天井板撤去実証実験設備

#### (2) 天井板撤去にハンドリングマシンを採用

天井板の撤去は、通行止め開始直後から実施するメインの作業であり、撤去対象物の中で最も撤去数量が多い。したがって、16,710枚の天井板を迅速かつ安全に撤去できる方法を確立することが、短工期実現の成否の鍵を握る重要な取組み課題であった。そこで、全国のこれまでの天井板撤去の実績を調査し、当工事の交通規制と施工条件で適用可能と考えた複数の撤去方法の比較検討を行った。その結果、ハンドリングマシンを使用した撤去方法を採用し、前述の実証実験設備で検証と本番に向けた改善を行った(図-11)。

- ②作業開始後に、採用した撤去方法の施工面や安全面の問題が露呈した場合、短期間の一発勝負なので見直しによる修正・改善が期間内に間に合わない。
  - ③供用中の高速道路につき、検討した撤去方法の可否やサイクルタイムの事前検証ができない。
  - ④標準断面以外の異形断面の一部には、撤去に支障となる設備や機械が使えない狭隘箇所が存在するため、全体工程に悪影響を及ぼすロスが生じる(全体撤去数量の約20%に相当)。
- 以下、取組みとその成果について詳述する。

#### (1) 天井板撤去実証実験設備の活用

神戸長田トンネルは供用中で撤去方法の事前検証ができないので、同じ仕様の天井板モデルを設置し、所定のサイクルタイムで撤去できる方法の開発と検証を行うほか、後述するハンドリングマシンのオペレータの習熟訓練施設として活用した(写真-3)。

この実証実験設備での事前検証により、机上の議論では想定していなかった問題もここで判明するなど、この設備の活用は非常に有効であった。

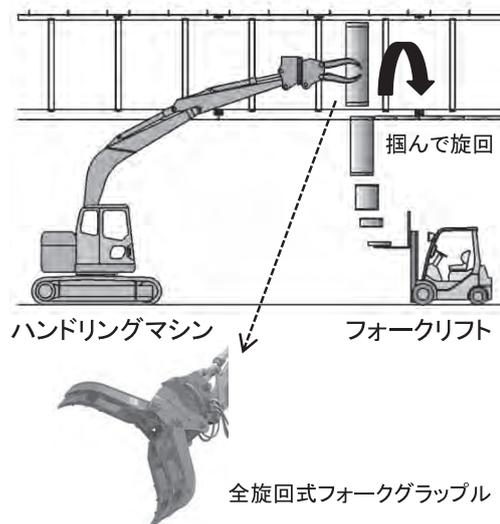


図-11 ハンドリングマシンによる天井板撤去

ハンドリングマシンは、全旋回式フォークグラップルを装備した0.45 m<sup>3</sup>級油圧ショベルである。撤去は、1枚ずつ天井板を水平に掴んで上に持ち上げて取り外し、そのまま受け形鋼をかわずのために旋回、降下して前方に待機したフォークリフトに受け渡して行う。

配置台数は目標とした撤去サイクルタイム5分/枚と要求工程7日から算出した12台に加え、故障時の

予備 2 台で合計 14 台とした。0.45 m<sup>3</sup> 級油圧ショベルは、旋回アタッチメントを装備できる配管 5 本仕様のために流通台数が少なく、当初は調達に難航したが、最終的には機械リース会社の協力を得て新規製作するなどして必要台数を確保した。

また、天井板は中空断面構造で、全旋回式フォークグラップルで直接掴むと破損するので、それに取付けるアタッチメントが必要であった。そこで、実証実験設備で試験を繰り返し行い（写真—4）、天井板とのあたり面やその角度、あたり面のゴムの材質や取付け構造に関して、天井板を把持した際に破損せず、旋回しても滑り落ちないアタッチメントの仕様を考案した。



写真—4 実証実験設備での試験

目標とした 5 分/枚というサイクルタイムを実現し、さらに短縮するため、フォークリフトのみで仮置きから搬出トラックへの積込作業ができるよう、架台の柱をガイドに天井板の上げ下げとフォークを引き抜ける構造の天井板仮置用の専用架台を考案した。これにより、作業員が石綿を含有する天井板に直接接触することなく、機械との接触リスクなしに撤去・積込・搬出の一連の作業を迅速に行うことが可能になった。本



写真—5 天井板撤去作業の流れ

番における天井板撤去の一連の流れを写真—5に示す。

一方、従事予定のハンドリングマシンのオペレータ 29 名には、事前に実証実験設備でこの流れに沿った天井板撤去作業の習熟訓練を数回にわたり実施した。

以上の取組みの結果、ハンドリングマシンによる天井板撤去は目標サイクルタイムの 5 分/枚を上回る 3 分/枚を達成した。ハンドリングマシンで直接撤去できない異形断面の狭隘部や道路施設が近接した箇所では、4.9t 吊クローラクレーンを使って 1 枚ずつ慎重に吊り上げて取外しを行ったが、全体の天井板撤去は要求工程であった 7 日で無事完了した。

### (3) 隔壁・中央金具撤去における取組み

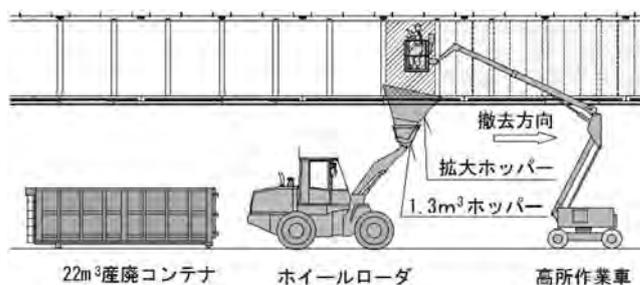
天井板以外の隔壁（ALC 板）と中央金具の撤去方法についても、実証実験設備で開発と検証を実施し、要求工程以内で無事撤去を完了した。

#### (a) 隔壁の撤去方法（図—12、写真—6）

高所作業車から作業員が治具を使って構造単位となっている 3 枚 1 組（重量 2.9 kN/組）の隔壁を反対側に押し出して落下させ、1.3 m<sup>3</sup> 級ホイールローダに装着した拡大ホッパーで受ける。撤去した隔壁は、22 m<sup>3</sup> 産廃コンテナに積み込んで場外に搬出する。

#### (b) 中央金具の撤去方法（図—13、写真—7）

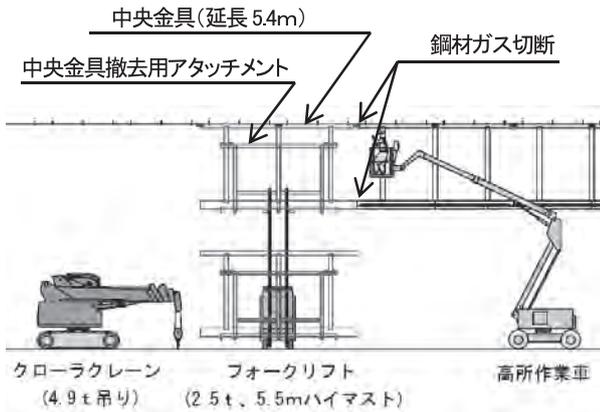
フォークに中央金具撤去用アタッチメントを装着したハイマスト式フォークリフト（2.5 t・5.5 m）を使



図—12 隔壁撤去時の機械配置（側面）



写真—6 隔壁撤去状況



図一13 中央金具撤去時の機械配置 (側面)



写真一8 天井板撤去完了



写真一7 中央金具撤去状況

い、構造単位5.4mを1組(重量6.4kN/組)として中央金具を取り外して地上付近まで下ろす。中央金具は4.9t吊クローラークレーンで地上に吊り下ろし、ガス溶断で切断分割してスクラップ車で場外に搬出する。

#### 4. おわりに

短工期実現に向けた様々な取組みの結果、天井板撤去はその後の剥落対策も含めて要求工程であった14日間で無事完了した。その後、引き続き1車線規制で側壁部の端部受台の撤去を進め、全ての撤去を平成28年4月上旬に終えた(写真一8)。

短工期実現の要因として、これら撤去計画が重要であったことはもちろんであるが、人的な要因も大きかったことを強く述べておきたい。計画準備段階で難

航した必要人員の確保や大量の機械調達においては多くの方々から支援や協力があり、撤去工事本番では各々の使命感と情熱が現場全体に満ち溢れ、これらのことも短工期実現の大きな要因となった。14日間の撤去工事に携わった人は、1日最大で445人、延人数は5,490人であった。撤去期間中、40年ぶりの大寒波が押し寄せた厳しい寒さの中、これだけ大勢の人が短期間に1つの目的で結集し、成功に導いてもらったことは、どんなに感謝してもしきれない気持ちである。

JCMA

#### 【参考文献】

- 1) 森川信, 高橋政秀:「神戸長田トンネル天井板撤去工事」, 土木施工2016年7月号, pp.104~108
- 2) 高田英樹, 村岸聖介, 久板正弘, 宇留島千明, 森口智聡, 岩本靖:「短工期を実現した天井板撤去の取り組み」, 施工技術報告会講演概要2017年2月, pp.17~26:(一社)日本建設業連合会関西支部,(公社)地盤工学会関西支部,(公社)土木学会関西支部,(一社)日本建設機械施工協会関西支部

#### 【筆者紹介】



村岸 聖介(むらぎし せいすけ)  
鹿島建設(株)  
関西支店 土木部 技術グループ  
次長



高田 英樹(たかだ ひでき)  
阪神高速道路(株)  
神戸管理部 保全工事課  
課長代理

# 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

山本 秀樹・重田 佳幸・安田 亨

走行型高速 3D トンネル点検システム (MIMM-R) は、トンネル用に開発された走行型画像計測 (MIS: Mobile Imaging Technology System)、走行型レーザー計測 (MMS: Mobile Mapping System)、走行型レーダー計測 (MRS: Mobile Rader System) の一体型計測システムである。70 km/h 程度で走行しながら計測できるため、交通規制を必要としない効率的な点検・調査を行うことが可能である。

目視主体による点検と比較して正確かつ客観的なデータが得られ、画像計測による損傷度 (変状) 評価技術、レーザー計測を用いたトンネル変形モード解析による外力性変状評価技術、レーダー計測による覆工巻厚・背面空洞探査技術を用いることで、人力による定期点検や詳細調査の支援および代替技術として活用することが可能である。

キーワード: トンネル点検, 走行型計測, 画像処理, 3D マッピング, 巻厚・空洞探査

### 1. はじめに

平成 26 年 6 月に道路法の改定により道路トンネル定期点検要領が制定され、5 年に 1 回の間隔で近接目視により定期点検を実施することが義務化された。しかし、多くの地方自治体においては 5 年毎にトンネル定期点検を実施することは予算上の制約が厳しく、また対象構造物に対する相応の技術を有する点検技術者や調査技術者の不足も懸念されている。

また、従来の点検技術においては、①スケッチによる変状の記録、②点検者の主観による打音判定 (うき、剥離判定)、③暗所で狭隘での作業であるなどの理由により、安全性や客観性に乏しく、見落としの発生や変状の進行性を適正に評価できないなどの課題が指摘されている。

上述の課題に対する解決策として、MMS (共同開発者: 三菱電機株) と MIS (共同開発者: 計測検査株) および MRS (共同開発者: 株ウォールナット) の 3 つのロボット化技術を搭載した走行型トンネル点検車「MIMM-R (ミーム・アール)」を開発した。また、同時に国土交通省近畿地方整備局の産官学連携プロジェクト「新都市社会技術融合創造研究会: プロジェクトリーダー大西有三京都大学名誉教授」が、走行型計測技術によるトンネル健全性評価の実用化を検証<sup>1)</sup>し、その後多数のトンネルにおける点検調査に活用されている。

また、本システムは、平成 27 年度に国土交通省にて実施された「次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に向けた現場検証」において、トンネルの覆工、坑門等に発生した変状 (ひび割れ、うき、はく離、はく落、変形、漏水など) の全てまたは一部に対して、近接目視の支援ができる技術・システムとしての検証を受け、「試行的導入に向けた検証を推奨する」との評価を受けた<sup>2)</sup>。

さらには SIP (戦略的イノベーション創造プログラム) インフラ維持管理・更新・マネジメント技術において「高速走行型非接触レーダーによるトンネル覆工の内部欠陥点検技術と統合型診断システムの開発」というテーマで技術開発を進め、打音検査の支援としての内部欠陥用レーダー開発についても良好な成果を上げているところである。

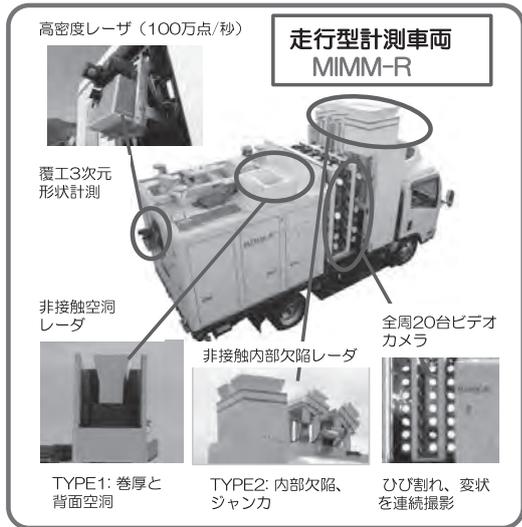
これらの走行型画像計測技術、走行型レーザー計測技術および走行型レーダー計測技術を有する走行型高速 3D 計測システムによるロボット技術を活用し、これまで行われていた目視点検を主体とした人力による点検と融合させることにより、トンネル点検の効率化・高精度・低コスト化を図ることが可能となる。

本稿では、走行型高速 3D 計測システムの機能について報告するとともに、トンネル定期点検の支援技術としての活用方法、診断方法について提案するものである。

## 2. 走行型 3D 計測システムの技術概要

走行型計測車両（MIMM-R）は、交通規制を必要とせず一般車と同様の速度（70 km/h まで対応可能）で走行しながら、トンネル覆工表面の画像撮影、三次元レーザー計測、電磁波レーダー探査（覆工巻厚・背面空洞調査）を行うことが可能である。

走行型計測車両（MIMM-R）の計測システムを図一1に示す。



図一1 走行型 3D 計測車両の計測システム

また、計測結果を用いて、

- ①トンネル画像計測による損傷度（変状）評価
- ②三次元レーザー計測を用いたトンネル変形モード解析による外力性変状評価
- ③レーダー計測による覆工巻厚・背面空洞評価を行うことができる。

なお、次世代社会インフラ用ロボット開発・導入に向けた現場検証では、近接目視の支援技術としての検証項目に対し「I. 試行的導入に向けた検証を推奨する」として、従来点検前にロボットによる計測を行うことにより、近接目視の効率化、作業の省力化が図れることが期待されるとして評価された。検証結果のまとめを表一1に示す。

表一1 検証結果のまとめ

変状検出	ひび割れ、漏水などを概ね正確に抽出
ひび割れ幅	0.3 mm 以上のひび割れを概ね正確に抽出
閉合ひび割れ	はく落が懸念される閉合ひび割れを検出可能
レーザー活用	外力性が乾燥収縮かの変状原因を推定可能
レーダー活用*	非接触（離隔 3 m）で覆工巻厚、背面空洞を探査可能

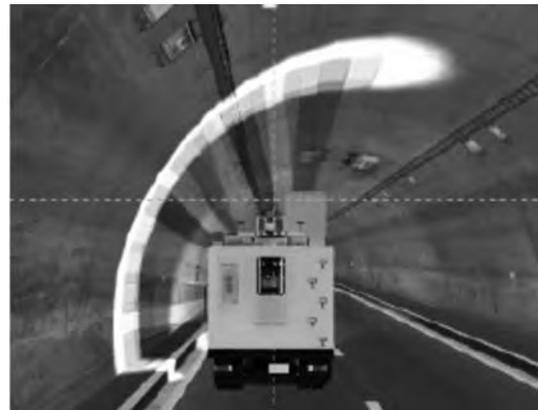
\*自主的検証(国土交通省が実施した検証では評価をしていない)

## 3. 走行型 3D 計測システム技術の活用方法

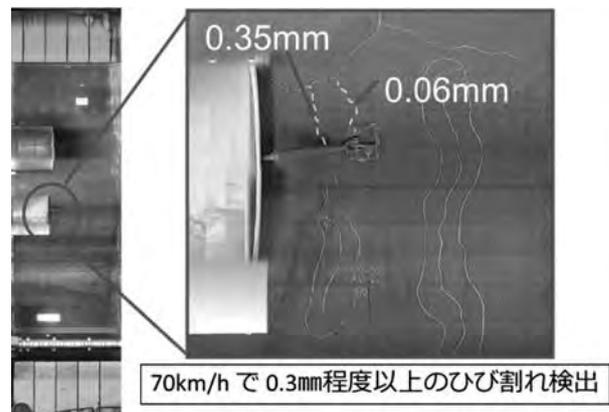
### (1) トンネル画像計測による損傷度（変状）評価技術

トンネル覆工表面を画像撮影する画像計測により、覆工壁面展開画像を作成し、画像解析を行うことにより正確な位置情報を有する変状展開図を作成することができる。これにより、変状進行性の把握や変状原因を継続して管理することが可能になる。

画像計測状況イメージを図一2に、画像計測結果例を図一3に示す。



図一2 画像計測状況イメージ



図一3 画像計測結果例

### (2) 三次元レーザー計測を用いたトンネル変形モード解析による外力性変状評価技術

三次元レーザー計測では、100万点/秒の高精度レーザースキャナにより高密度な点群データを取得することで、覆工の形状、覆工の変形（変形モード、目地・ひび割れの段差）、舗装の段差などを客観的に把握することが可能である。三次元点群データの取得密度イメージを図一4に示し、三次元データ取得状況と変形モードコンター図を図一5に示す。

三次元レーザー計測結果を用いることで、出来形断

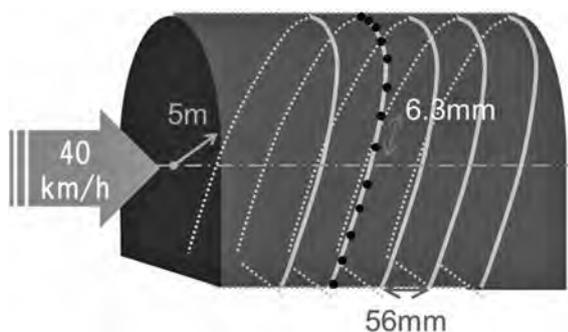


図-4 三次元点群データの取得密度イメージ

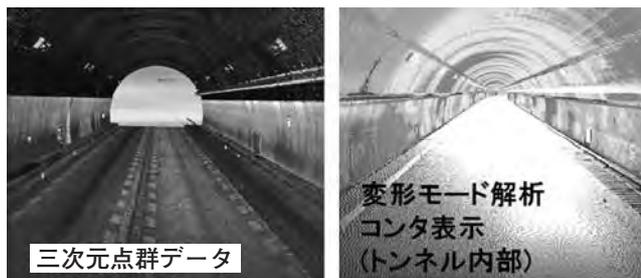


図-5 三次元データ取得状況と変形モードコンター図

面の検証、車両限界（建築限界）に対するクリアランス量の把握、変形モードとひび割れ変状との相関性による現状原因の推定、経年変化を捉えた複数回計測の結果を用いた差分解析による変状進行性評価、地震等の災害後の被災査定などに活用することが可能である。

また、複数回の計測結果がない場合であっても計測した三次元点群を用いて行う変形モード解析では、当該トンネルの平均断面を推定し、各断面形状と比較することで各断面の変形状態を把握することができるため、施工誤差やトンネル建設後のトンネル断面変形を捉えることができる。走行型レーザー計測の三次元点群データを用いて変形モード解析を行い、覆工の変形モードをコンター図に示し、走行型画像計測から得ら

れた変状展開図と重ねたものを図-6に示す。このように変形モードとひび割れ変状を重ねて評価することで、ひび割れ発生位置と内空側への変形発生箇所が一致する場合には外力性の変状が発生しているものと評価でき、変形モードとひび割れ変状が一致しない場合には外力以外の原因（乾燥収縮等の施工要因）と評価（推定）することが可能となる。

### (3) レーダー計測による覆工巻厚・背面空洞探査技術

走行型非接触レーダーにより、一般車と同様の走行速度にて覆工巻厚・背面空洞を探査することが可能である。レーダー計測イメージを図-7に示す。

探査可能な深度は覆工巻厚で変化し、40～80 cm程度であり、覆工巻厚が不足し、しかも空洞がある危険箇所を迅速に検出することが可能である。

従来技術（接触型レーダー+削孔調査）による調査結果との検証結果を図-8に示す。

このように、覆工巻厚が薄い箇所の検出および突発性崩壊のおそれがある空洞検出については従来技術と



図-7 レーダー計測イメージ

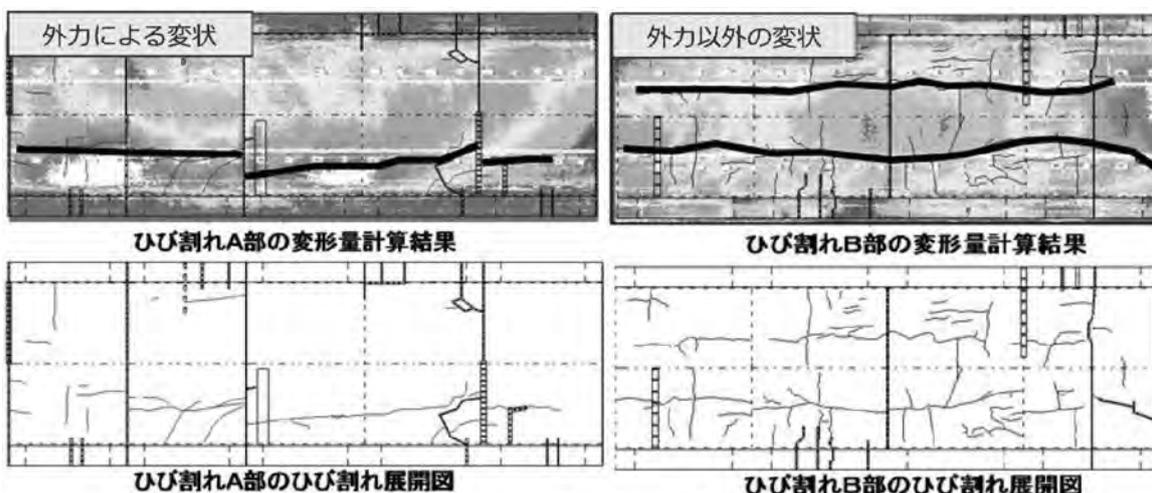


図-6 変形モードとひび割れとの相関

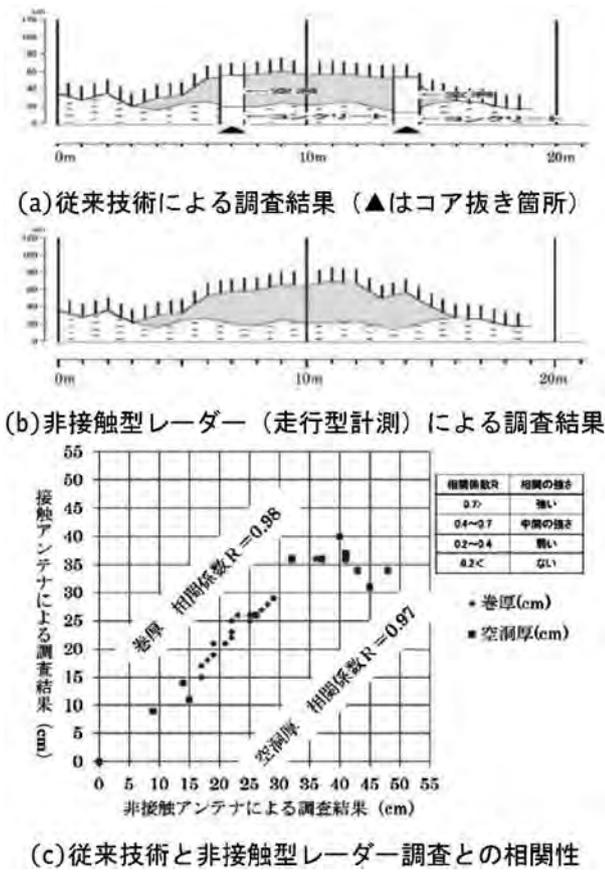


図-8 走行型レーダー技術の検証結果

同程度の精度を有している。

(4) 走行型 3D 計測システムの活用事例

走行型 3D 計測システムでの活用事例について、AトンネルとBトンネルの例を紹介する。

Aトンネルは、塑性圧により変状し過年度に対策が実施され現在は安定した状態にあるトンネルである。図-9に示した走行型計測により作成した展開画像と変形コンター図を見ると、トンネルの変形モードとひび割れ発生箇所が一致するため、変状原因が外力によるものと判断できる。このように複数回の計測結果がなくても、変形モード解析を行うことで変状原因を推定することが可能である。

Bトンネルは、複数スパンに連続した縦断方向ひび割れがあり、かつひび割れ沿いに1~5mm程度の段差が見られたトンネルである。図-10に変状展開図(画像計測結果)、変形モード解析結果および覆工巻厚背面空洞探査(レーダー計測結果)を示す。この結果から覆工巻厚や覆工背面空洞はないものの、ひび割れ位置とトンネル内空側への変形モードの相関性が見られることから外力性の変状が発生しているものと推定される。

これらの事例に示すように、走行型計測を従来技術

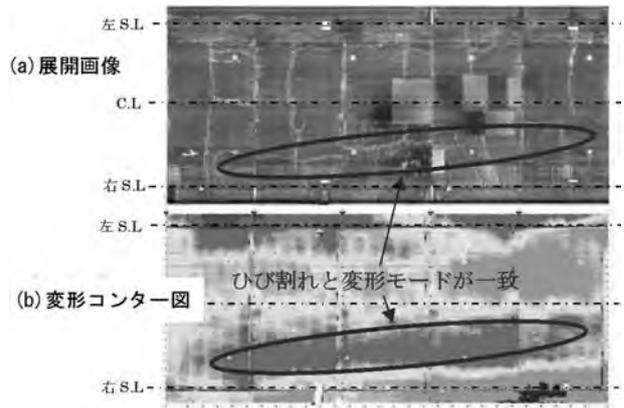


図-9 Aトンネルでの調査結果例

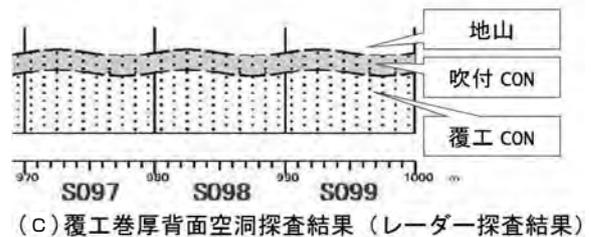
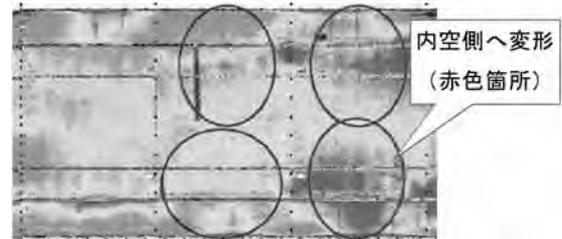
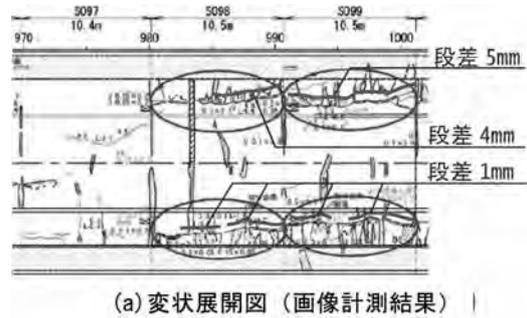


図-10 Bトンネルでの調査結果例

である目視点検と組み合わせることで、目視のみの点検手法では得られなかったトンネルの変形状態や覆工巻厚不足および背面空洞の有無を定量的に把握した上での健全性評価を行うことが可能となるため、より工学的かつ効率的に変状原因を推定することができる。

4. トンネル定期点検の支援技術としての活用

道路トンネル定期点検要領(平成26年6月制定)によれば、道路トンネルでは5年に1回の近接目視点

検を行う義務があり、近接目視・打音検査の完全な代替技術として走行型計測システムを活用することはできない。すなわち、従来の近接目視・打音検査を支援・補完することに本技術適用の意義がある。

トンネルの変状状況を正確かつ客観的に記録することにおいては、本システムのようなロボット技術が人力よりも優れている。筆者らが考えるロボット化支援技術としての位置づけを図-11に示す。このようにロボットが得意な領域はロボットが支援し、人力で行

うべき内容は従来通り人力で行うという役割分担が重要であると考えられる。特に、最終的な打音検査や打音検査に伴う叩き落としといった即時対応措置、加えて健全度の最終判定は責任ある技術者が行うべきと考える。

このような観点からトンネル定期点検における走行型計測システムの活用方法（走行型3D計測システムを用いた維持管理手法（定期点検フロー））を図-12に示す。

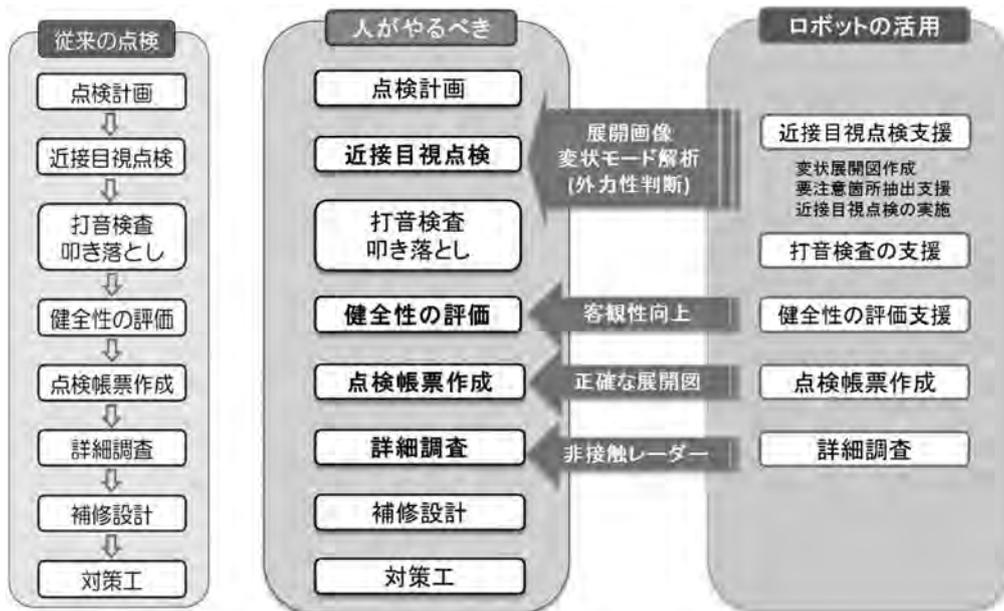


図-11 ロボット化支援技術としての位置づけ

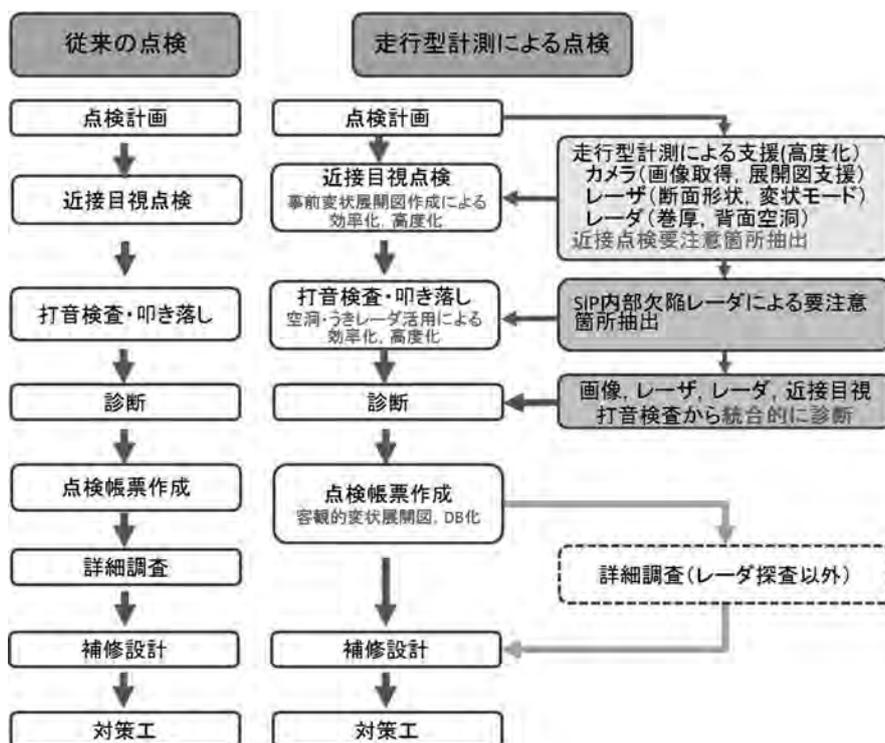


図-12 走行型3D計測システムを用いた維持管理手法（定期点検フロー）の提案

## 5. おわりに

以下に、走行型高速 3D 計測システムの活用効果をまとめ、将来的な展望を述べる。

- ①一般車と同様の速度（70 km/h 程度以下）で計測可能であり、走行型計測時の交通規制が不要となる（低コスト化）。
- ②覆工壁面展開画像を活用することで正確な位置情報を得ることができるため、変状展開図や点検帳票作成の支援ができる（高精度化、低コスト化）。
- ③覆工壁面展開画像により現地での目視点検前に机上にて近接目視相当の点検作業を複数の技術者にて行うことができるため、点検員による品質のばらつき防止や現地作業時の点検漏れなどのミス防止を図ることが可能となる（高品質化）。
- ④現地点検前に正確な変状展開図を作成した上で現地点検（近接目視）を行うことから、現地点検作業時間の短縮を図ることが可能となる（低コスト化）。
- ⑤覆工巻厚不足箇所や背面空洞の有無、うきなどの内部欠陥箇所、覆工形状（変形モード）を把握し、ひび割れ発生状況との同調性を評価することで、トンネル構造上問題となる箇所（外力性変状箇所や突発性崩壊のおそれがある箇所）を適切に検出することが可能（高精度化）。

これまでの点検では、覆工表面の情報から人力で変状展開図を作成し、健全度判定を行ってきた。今後は、近接目視・打音検査と、画像解析技術・三次元レーダー計測技術・レーダー探査技術を総合的に融合させ、適切な判定を実施することで、トンネル点検・診断全般の効率化・省力化・低コスト化を図りながら、より効果的かつ精度の高い維持管理手法（点検手法）の確立に向けて貢献していきたいと考えている。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 新都市社会技術融合創造研究会 道路トンネル健全性評価技術研究プロジェクト：走行型計測技術による道路トンネルの健全性評価の実用化研究 研究成果報告書, 2013.2
- 2) 次世代社会インフラ用ロボット現場検証結果 現場実証ポータルサイト <http://www.mlit.go.jp/common/001125339.pdf>
- 3) 稲垣正晴, 齋藤豊：電磁波による地中検査技術, 検査技術 (No.9)
- 4) 谷川征嗣, 安田亨, 田近宏則：変状トンネルにおける新たな調査手法に関する検討, 土木学会トンネル工学研究発表会, 2010
- 5) 重田佳幸, 田近宏則, 西川啓一, 下澤正道, 安田亨：トンネル維持管理における走行型計測の適用, 土木学会トンネル工学研究発表会, 2011
- 6) 重田佳幸, 田近宏則, 駒村一弥, 下澤正道, 西川啓一, 安田亨：走行型計測車両のトンネル点検・調査への適用性, 土木学会年次学術講演会, 2011
- 7) 駒村一弥, 山本秀樹, 重田佳幸, 加賀田敬：走行型計測技術を用いたトンネル点検の効率化の検討, 土木学会年次学術講演会, 2014
- 8) 山本秀樹, 重田佳幸, 小平哲也, 安田亨, 北沢隆一, 成澤行雄：走行型計測によるトンネル覆工巻厚・空洞探査技術について 土木学会論文集 F1 (トンネル工学) 特集号, 2015
- 9) 安田亨, 山本秀樹, 重田佳幸, 北沢隆一：走行型 3D 計測システムによるインフラ点検・診断技術 建設ロボットシンポジウム, 2016

### 【筆者紹介】



山本 秀樹 (やまもと ひろたか)  
パシフィックコンサルタンツ(株)  
交通基盤事業本部 インフラマネジメント部  
地下構造室長



重田 佳幸 (しげた よしゆき)  
パシフィックコンサルタンツ(株)  
交通基盤事業本部 インフラマネジメント部  
技術部長



安田 亨 (やすだ とおる)  
パシフィックコンサルタンツ(株)  
技術研究センター  
技術理事

# 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

犬童 眞二・道協 誠

武蔵水路は昭和42年3月に完成した延長約14.5kmの台形水路である。建設後40余年を経過し、地盤沈下や老朽化等により通水能力が低下していたことから、機能の回復・強化のため改築工事が実施された。

改築工事では、機械化施工によるプレキャスト工法を採用することで、工程短縮を図り、通水しながらの工事を無事完了した。

本報では、改築工事で採用したプレキャスト工法の施工実績について報告する。

キーワード：プレキャスト工法，エコンローラー工法，リフトローラー工法

### 1. はじめに

武蔵水路は首都圏の深刻な水不足解消のため、利根川上流ダム群で開発された都市用水を東京都及び埼玉県に導水する目的で、水資源開発公団（当時、現在の水資源機構）により建設された。形式は無筋コンクリートライニング台形水路であるが、周辺地域の都市化による環境の変化、地盤沈下、施設の老朽化等により通水能力が低下していたことから、通水機能の回復・強化のため、既設コンクリートライニング水路を取り壊し、中央に隔壁を有する2連鉄筋コンクリートフルムの開水路に改築する工事を実施した。

改築工事では、同一断面で延長の長い構造物の特徴を活かし、プレキャスト工法を採用することで躯体の構築工程の短縮を図り、通水しながらの改築工事を無事完了した。本稿では、改築工事で採用した2つのプレキャスト工法の施工実績について紹介する。



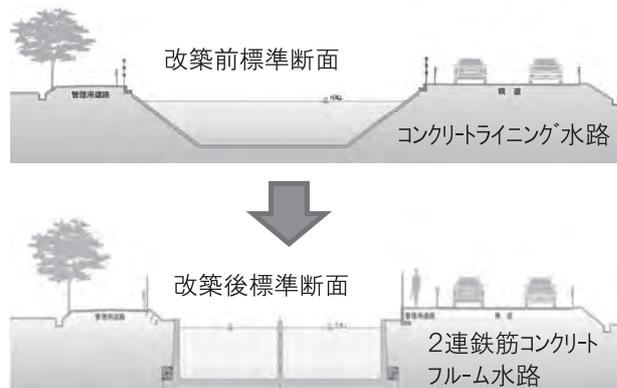
図一 位置図

### 2. 工事概要

#### (1) 工事概要

全長約14.5kmのうち、武蔵水路中流部改築工事（以下、当工事）として延長9.8km（図一1）の区間の改築（図一2）を平成23年に着手し、水路本体の構築を平成27年5月末に完了（写真一1）した。この区間は水路沿いに県道が併設されており、市街地を縦断し、途中には河川、秩父鉄道、国道、上越新幹線といった重要インフラが交差している。

当工事では、水路本体の改築とともに、43橋（中



図二 標準断面図



写真一 武蔵水路（改築完了）

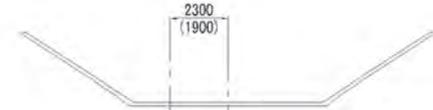
流部工事区間)の橋の架け替え,水路下を横断する横過サイホン管の改築,水路が河川を下越しする3カ所のサイホンの耐震補強等も実施した。

水路本体の施工にあたっては,首都圏への都市用水の導水を確保しながら工事を行う必要があり,導水量を減らすことが可能な12月から翌年5月の渇水期に,半川締切工法により水路断面の片側を通水しながら半断面ずつ改築工事を行った。

## (2) 施工フロー

施工フローを図一3に示す。6月～11月までの非渇水期には,渇水期に行う躯体構築に備え,併設する県道の仮廻しや作業構台・土留め・半川締切等の仮設工事を実施した。なお,半川締切鋼矢板はサイレントパイラーを使用して圧入した(写真一2)。渇水期となる12月より,施工区間の半川締切の上下流を締め切り,一次仮廻し(二次仮廻し時の通水断面を確保するための一次掘削),二次仮廻し(二次掘削・躯体一次構築),三次仮廻し(躯体二次構築)の順に水路の改築を行った。なお,半川締切による水位上昇を抑制するため,1工区の施工延長は500m以内とし,全体を30数工区に分割し,施工箇所を分散させ4年(4渇水期)をかけて改築した。

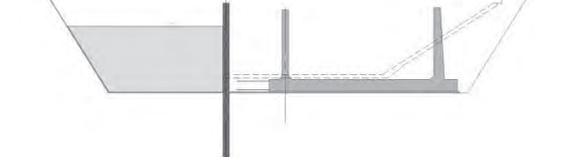
### 1.半川締切鋼矢板圧入(～11月)



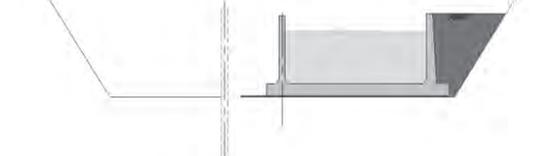
### 2.一次仮廻し(一次掘削)(12月～)



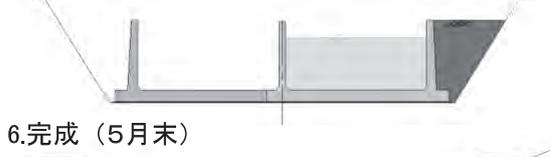
### 3.二次仮廻し(本体一次構築)(1月～)



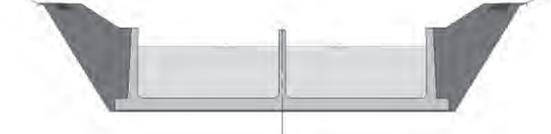
### 4.三次仮廻し(半川締切鋼矢板引抜)(3月後半)



### 5.本体二次構築(4月～)



### 6.完成(5月末)



図一3 施工フロー



写真一2 半川締切鋼矢板圧入状況

### 3. 開水路部への適用

#### (1) プレキャスト工法採用の経緯

工事着手1年目において、一部の工区で自然由来の鉛・ヒ素が確認されたため、土壤汚染対策法に基づく調査や手続きにより約720mのみの施工に留まった。このため2年目2,800m・3年目3,900m・4年目3,200mと同一年度の施工延長が増加し、毎秒20tの常時片側通水であったため水位上昇量が大きくなり、半川締切が成立せず越流することが判明した。このような経緯の中、工期内完工のための解決策として躯体構築工程の短縮を目的としてプレキャスト工法を採用した。

ここで、水位の上昇は、躯体構築を行う工区にて半川締切により通水断面を縮小することで生じる。そこで、プレキャスト工法の採用により躯体構築工程を短縮し同一年度で先行・後行工区を設定し水位上昇を抑制した。なお、プレキャスト工法を採用した工区は、現場打ち工法では工程が短縮できない施工延長が長い工区を中心に必要最小限の範囲で設定した。

#### (2) プレキャスト開水路

開水路部のプレキャスト化は側壁部と中壁部に適用した(図-4着色部)。プレキャストブロックの縦断方向の基本長さは2mとし、曲線部等では1~2mの範囲で水路線形に合わせた割付を実施した。底版コンクリート部分は現場打ちとし、プレキャストと現場打ち間の鉄筋には機械式継手を採用した。水路縦断方向の各プレキャスト間には水膨張性ゴムを設置し止水性を向上させるとともに、ボルトにて接合し構造物として一体化を図った。また、躯体延長12.03m(以下、1バレル)に1ヶ所設けられる構造目地部には、予めプレキャスト内に止水板を設置して製作した目地部専用のプレキャストブロックを使用した。

各ブロックの1基当たりの重量は側壁ブロックで

8.8t、中壁ブロックで7.7tである。プレキャストブロックを設置位置に直接荷卸しできない箇所が多く、構台などの固定箇所より水路内にプレキャストブロックを吊り下ろし、横引きを行い設置した。

#### (3) エコンローラー工法

開水路部では、プレキャスト水路の範囲を当初計画の612mから2,700mに大幅に増加した。また、同一年度に最大9工区で同時に施工することから、プレキャストブロックを横引き運搬する機械も複数準備する必要があった。そこで容易にかつ低コストで複数の運搬装置を準備できるエコンローラー工法を採用した。エコンローラー工法による据付手順は次の通りである。

- ①構台上に配置した大型クレーン(50tCC以上)でプレキャストブロックを吊り込み、水路内に配置したエコンローラーに載せる(写真-3, 4)
- ②事前に設置したガイドレール(L形鋼)に沿ってフォークリフトで据付け位置まで運搬する(写真-5)
- ③爪付きジャッキで仮受けし、台車を引き抜いて接地させる(写真-6)

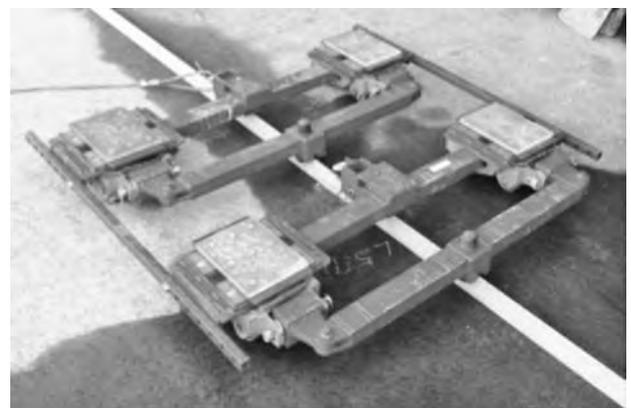


写真-3 エコンローラー

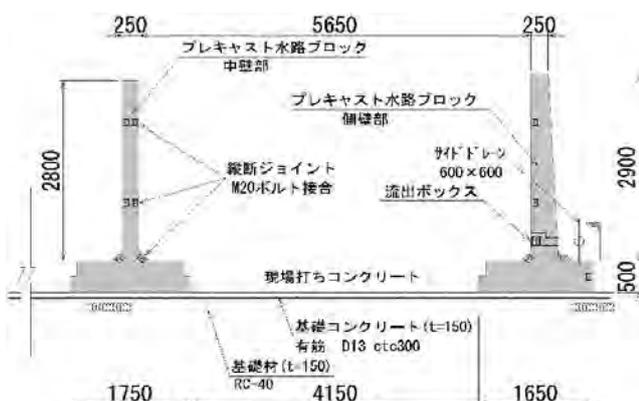


図-4 プレキャスト開水路部の断面図



写真-4 荷卸し状況

- ④隣のブロックとボルトで連結し、底版コンクリートを打設して水路が完成する（写真—7, 8）



写真—5 横引き運搬状況



写真—6 設置状況

#### (4) 施工実績

施工当初は、12基／日程度の進捗であったが、運搬後の設置位置の微調整に時間を要していたことから、エコローラーに横方向のスライド機能を付与し位置調整を容易にした（写真—3）。また、四隅に配置した爪付ジャッキの操作を一度に実施できるよう油圧ホースの延長と装置の改良を行い、高さ調整を容易にした（写真—6）。これらの改善により、最終的に最大16基／日程度の施工が可能となった。その結果、エコローラー工法を用いたプレキャスト開水路の採用により、現場打ち部と比較して、1バレル当りの工程を約50%短縮できた。そのため同一年度内での施工工区において、流水の仮返し時期をずらした工程が可能となった。また、現場労務についても、現場打ち



写真—7 底版打設状況



写真—8 プレキャスト水路完成

部に対して約60%削減することができた。

#### 4. 国道横断部への適用

##### (1) プレキャスト工法採用の経緯

武蔵水路と交差する国道17号箕田橋は、日交通量が約2万1千台と多く、通行止めや迂回路による橋梁の架替えが不可能であり、既存の橋梁を供用したまま水路を改築する必要があった。しかし、既存橋台のSPAN内では2連フルームの構築に必要な幅員を確保できないことから(図-5上)、橋梁下部に1/2断面のみの開水路を構築し、残りの1/2断面分を水路左岸にバイパス水路(BOX構造)として構築する計画とした(図-5下)。バイパス水路は、国道部分に路面覆工を設置しての削制工事となることから、昼間は国道の車線規制が制限され、工程上クリティカルな作業となった。この様な経緯の中、躯体構築工程の短縮を目的としてバイパス水路部にプレキャスト工法を採用した。

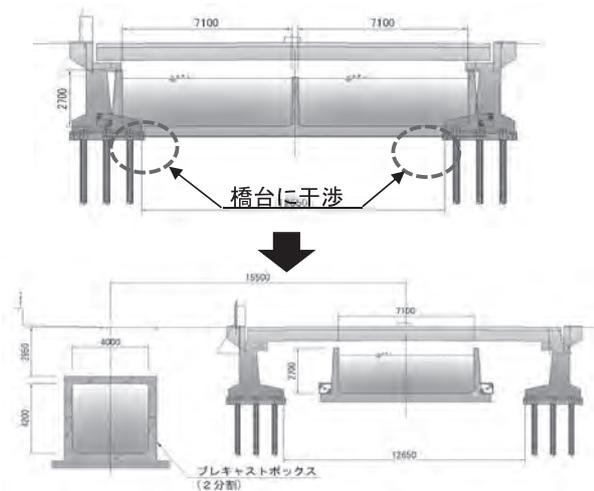


図-5 国道17号箕田橋下部の断面図(バイパス水路)

##### (2) 大断面プレキャストボックスカルバート

使用したプレキャストボックスカルバートを図-6に示す。内空幅4.0m×内空高さ4.2m、長さ1.5mを1ブロック(28t/ブロック)とし、さらに上下2分割(14t/ピース)で現場に搬入した。

プレキャストボックスカルバート施工延長は78m、計52ブロックの施工であった。国道直下にはクレーンでの直接据付ができないことから、上流側の開水路部を搬入口とし国道下へ横引きを行い設置した。

##### (3) リフトローラー工法

ここでは、1ブロックあたり28tの大型ブロックの横引きが可能な工法として「リフトローラー工法」を

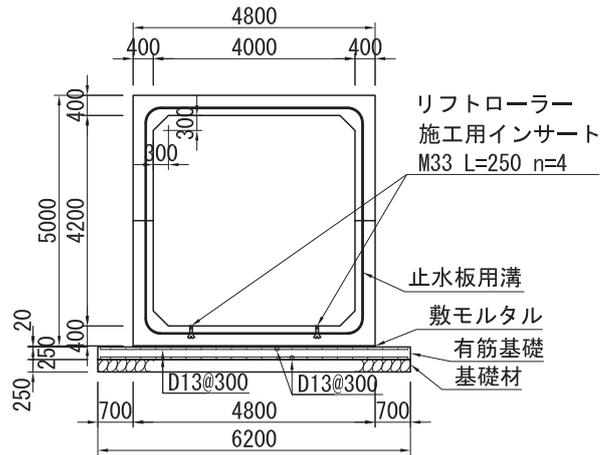


図-6 プレキャストボックスカルバート断面図



写真-9 リフトローラー

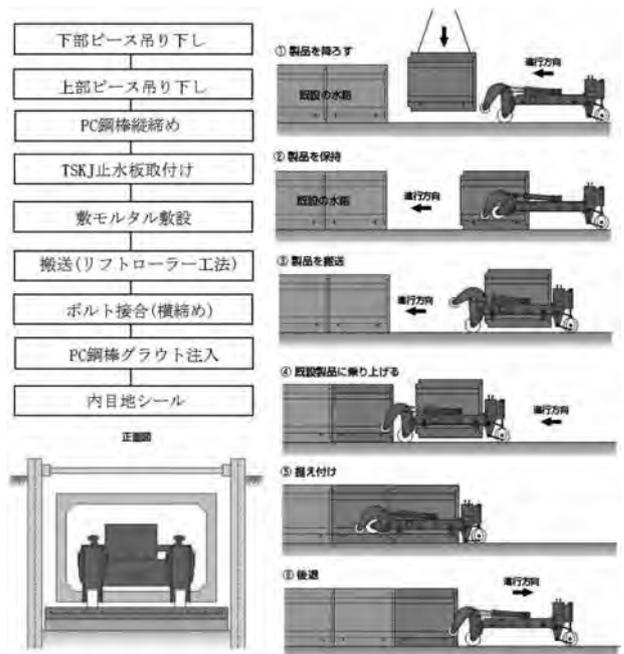


図-7 施工フロー(リフトローラー工法)

採用した(写真-9)。施工フローを図-7に示す。下部ピース、上部ピースの順に水路内に吊り下し、PC鋼棒で上下連結した後、リフトローラーにより下流側へ運搬した(写真-10)。据付け位置に到達後、



写真-10 運搬状況

設置完了した函体にリフトローラーの前輪が乗り上げて、所定の位置に設置する。据付けの際、リフトローラーは前後左右に駆動可能なため、他の横引き工法と比べると迅速かつ正確に据付け位置の調整が可能である。

#### (4) 施工実績

プレキャスト全52セットの据付けに要した日数は10日で、日平均5.2セット、日最大6セットの進捗であった。搬送距離が短くなる施工後半では、据付け本数を増やすことも可能であったが、日施工量を一定とし、後工程となるグラウト充填や目地シール工を余った時間で進めることで手待ちなく施工を進めた。

リフトローラー工法と現場打ち工法の工程を比較す



写真-11 BOX水路完成

ると、現場打ちでバイパス水路の構築を計画した日数(暦日)が57日であったのに対し、リフトローラー工法の採用によって37日で施工を完了した。これにより20日間(35%)の工程が短縮され、車線規制等を行うことなく、工程が厳しい国道横断部の水路改築を無事完了できた(写真-11)。

## 5. おわりに

武蔵水路の改築工事において採用した2つのプレキャスト工法について紹介した。両工法とも本工事の課題であった水位上昇対策としての工程短縮や、作業制限のある国道直下での工程短縮を可能とし、無事工事を完了することができた。

また、これらプレキャスト工法の採用により、鉄筋工や型枠工などの現場作業が減ることで、当時逼迫していた労務調達にも余裕が生まれた。さらに、使用する材料等の資材も少ないことから、現場も整然とし安全性も向上した。

建設業においても生産性向上が求められる中、工程短縮・省力化・安全性の向上が図れるプレキャスト工法は有効な技術と考えられ、機械施工と組合わせた効率的な施工が望まれている。本工事の実績が同種工事の参考となり、建設業の生産性向上に寄与できれば幸いである。

JICMA

#### 【筆者紹介】

犬童 真二 (いんどう しんじ)  
(独法)水資源機構  
利根川下流総合管理所  
管理課長



道脇 誠 (みちわき まこと)  
鹿島建設株  
関東支店  
技師長



# 福岡空港における高強度 PRC 版による老朽化対策

北 口 航

福岡空港は福岡市街地付近に位置し、アクセスが良く利便性に優れた空港である。滑走路1本あたりの離着陸回数が国内で最も多い混雑空港である。供用中の空港誘導路では運航中の工事ができないことから夜間の限られた時間で作業を終了し、翌朝には航空機が運航できる状態へと復旧しなければならない。即日復旧を要するため誘導路では、PPC（プレキャストプレストレストコンクリート）版や、PRC（プレキャスト鉄筋コンクリート）版が多く適用されている。本稿では高強度 PRC 版の特長を紹介するとともに老朽化の進んだ空港誘導路を改良する工事事例について報告する。

キーワード：空港舗装，誘導路改良，プレキャストコンクリート版，継手構造，急速施工

## 1. はじめに

空港基本施設（滑走路・誘導路・エプロン）である舗装は年々増加する航空機の発着回数や施設の老朽化に対応するため改良及び補修を必要としている。

これまでも高強度 PRC 版は福岡空港誘導路に採用されており、平成 15 年に新技術活用パイロット事業としてはじめて A-7 誘導路に採用された<sup>1)</sup>。その後も福岡空港誘導路においては平成 17 年度，平成 21 年度 E12，A4，平成 23 年度 A4，平成 27 年度 A6，そして平成 28 年度の A4-A5 の誘導路改良工事で採用されている。

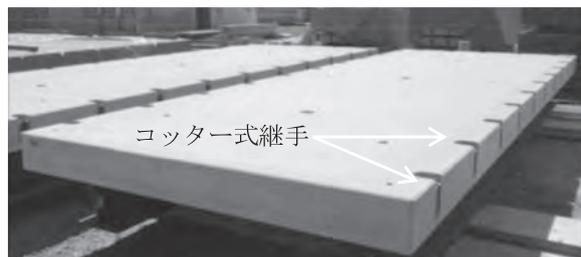
## 2. 高強度 PRC の概要

高強度 PRC 版は（PRC は Precast Reinforced Concrete の略称）工場製作された鉄筋コンクリート舗装版である（写真—1）。耐久性が高く，急速施工が可能な舗装版として平成 13 年度～14 年度に国土交通省国土技術政策総合研究所，(株)ガイアート T・K（現：ガイアー

ト），ジオスター(株)の共同研究によって開発された<sup>2)</sup>。

特徴として以下を挙げる。

- ・高強度コンクリート（設計基準強度 60 N/mm<sup>2</sup>）を使用している。
- ・版体積 1 m<sup>3</sup>あたり約 430 kg/m<sup>3</sup> という鉄筋量の中に圧縮鉄筋・引張鉄筋を部分的に連結させたラチストラス鉄筋が配置されており，版の剛性が高く変形しにくい（写真—2）。写真—3 はコンクリート打設前の型枠配筋状況である。破線位置にラチストラス鉄筋が配置されている。
- ・版同士の接続は，コッター式継手というシールドトンネルのセグメント部材に使われている金具を応用したものをを用いて連結されている。版内に設置されている C 型金物と版設置後挿入される H 型金物という鋳物の金具により構成されている（写真—4）。並べられた 2 枚の版の C 型金物を 1 個の H 型金物



写真—1 高強度 PRC



写真—2 ラチストラス鉄筋

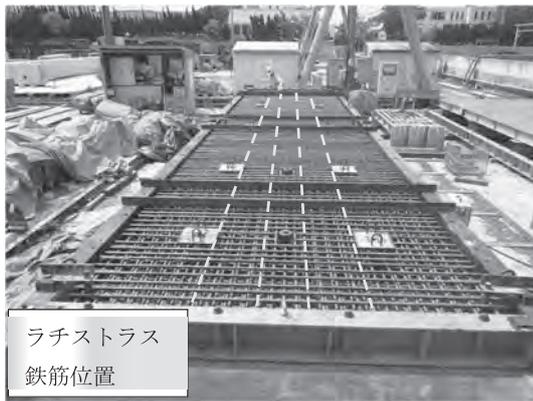


写真-3 型枠配筋



写真-5 ビニロン繊維

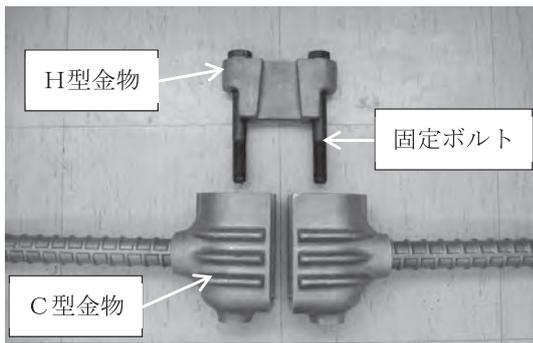


写真-4 コッター式継手

で固定し、ボルトにより固定している。H型金物とC型金物の接合部に設けられたテーパ状の加工により版連結時は目地部に圧縮力が働く構造となっている。コッター式継手はコンクリート舗装の目地部のせん断力のみを伝達する水平ジョイントと異なり、曲げモーメントも伝達できる荷重伝達率の高い、目地部耐久性を向上させた継手構造である。またコッター式継手により接続することで部分的な段階施工が可能となる。仮据付後一旦解放し、航空機が走行できるコンクリート舗装版での即日復旧を可能としている。そして将来何らかの原因で版の一部が破損した場合でもH型金物を外すことで部分的な取替が可能である。

- ・高強度PRC版は鉄筋コンクリートであるためにひび割れを許容しているが、ひび割れの進展抑制、ひび割れ発生後のコンクリート飛散防止、耐摩耗性の観点より版の表面から70mm程度の範囲にビニロン繊維を10kg/m<sup>3</sup>混入している(写真-5)。

これらの特長を有する高強度PRC版は目地部の不具合、養生期間の長さ、補修の難しさといった従来のコンクリート舗装の短所を補う急速施工を実現した技術であり、コンクリートの持つ高い耐久性を生かしたインフラの長寿命化やライフサイクルコストの廉価を目的とした技術である。

### 3. 技術の改良改善

#### (1) コッター式継手の改良

開発当初、重荷重が作用する空港用のコッター式継手アンカー筋先端は写真-6に示すような形状であった。しかしアンカー筋位置での版表面に、アンカー筋先端部に発生した引張応力によるコンクリートのひび割れが確認されたため、その引張応力を低減させるべくアンカー筋をストレート形状に改良した(写真-7)。平成15年度のパイロット事業では根入れの長いストレート形状のアンカー筋を採用した。



写真-6 開発時のコッター式継手



写真-7 改良後のコッター式継手

平成15年度のパイロット事業後4年間に亘り供用中の追跡調査を行った結果、ひび割れの多くがコッター式継手周辺に発生していた<sup>3)</sup>。これは継手ヘトルクを導入する際、アンカー筋周辺のコンクリートが引張領域となり、そこにコンクリートの収縮や繰返しの航空機荷重が作用する等複合した原因によるものと考えられた。そのため引張応力を分散させるようアンカー筋の周りにスパイラル筋を配置した(写真-8)。

#### (2) コッター式継手蓋の改良

平成25年にコッター式継手の蓋が1個外れたため、

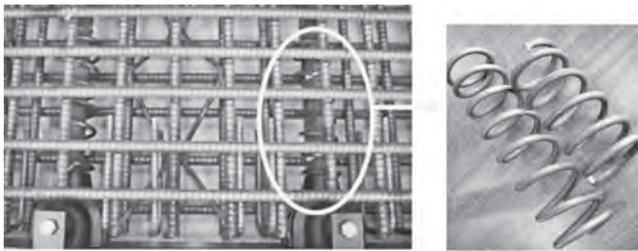


写真-8 スパイラル筋の配置

急遽高強度 PRC 版研究会にて緊急点検を実施した結果、蓋の緩みが確認された<sup>4)</sup>。E-12, A-4, A-7 誘導路の継手蓋の総数が 12,282 個、そのうち継手蓋が外れたのは 1 個、緩みが 246 個確認された（両方とも A-4 誘導路内）。これらの蓋の内、高強度 PRC 版との隙間に接着剤が充填されていたのがパイロット事業の A-7 誘導路だけで、その後の設計において管理面を考慮し蓋周りの接着剤が省略されていた。調査考察は、隙間からの雨水侵入による固定ボルトの錆、加えて A-4 誘導路は航空機の双方向通行が他の誘導路と比べて多いため蓋の回転微動が重なり（写真-9）、ボルト先端をすり減らしたことが原因ではないかと考えられた。対策としてボルトの交換・締め付け及び接着剤の蓋周辺への充填を行った。その後回転微動を抑えるための突起を付けた蓋と、通常の六角穴付きボルトからワッシャー機能を持つフランジボルトへと改良した（写真-10）<sup>5)</sup>。

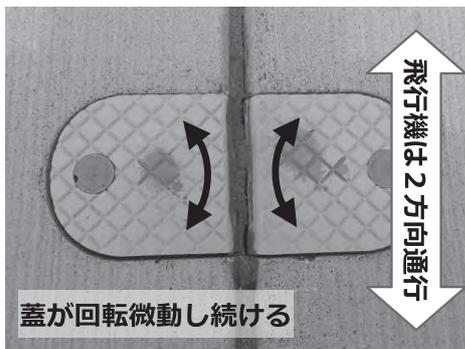


写真-9 継手蓋の動き

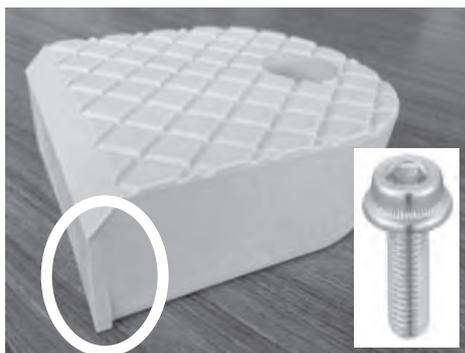


写真-10 継手蓋とボルト

#### 4. 施工事例

##### (1) 施工概要

施工箇所を図-1 に示す。

工事名：福岡空港誘導路（A4-A5）改良工事

工期：平成 28 年 5 月 25 日～平成 29 年 3 月 10 日

施工場所：福岡県福岡市博多区福岡空港地内

舗装版施工面積：PRC 版敷設 約 7,850 m<sup>2</sup>

舗装版施工枚数：プレキャスト版 220 枚, AP 版 13 枚

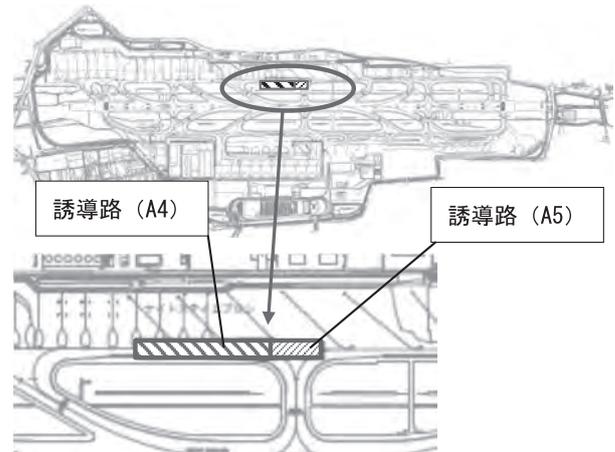


図-1 施工箇所

##### (2) 施工方法

供用されている空港基本施設では施工時間の制約が厳しく、限られた時間の中で施工を完了し再び航空機が運航可能な状態へ復旧しなければならない。A4 誘導路では既設のアスファルト舗装を切削し、高強度 PRC 版を設置することで改良した（写真-11）。A5 誘導路では既設の PPC 版を撤去し、セメント安定処理路盤を施工後、高強度 PRC 版を設置した。路面切削、既設 PPC 版撤去から PRC 版設置、継手仮締め付けまでを行う仮据付と PRC 版高さ調整から継手本締め付け、蓋設置までの本据付を行う基本 2 班体制で施工を



写真-11 路面切削状況

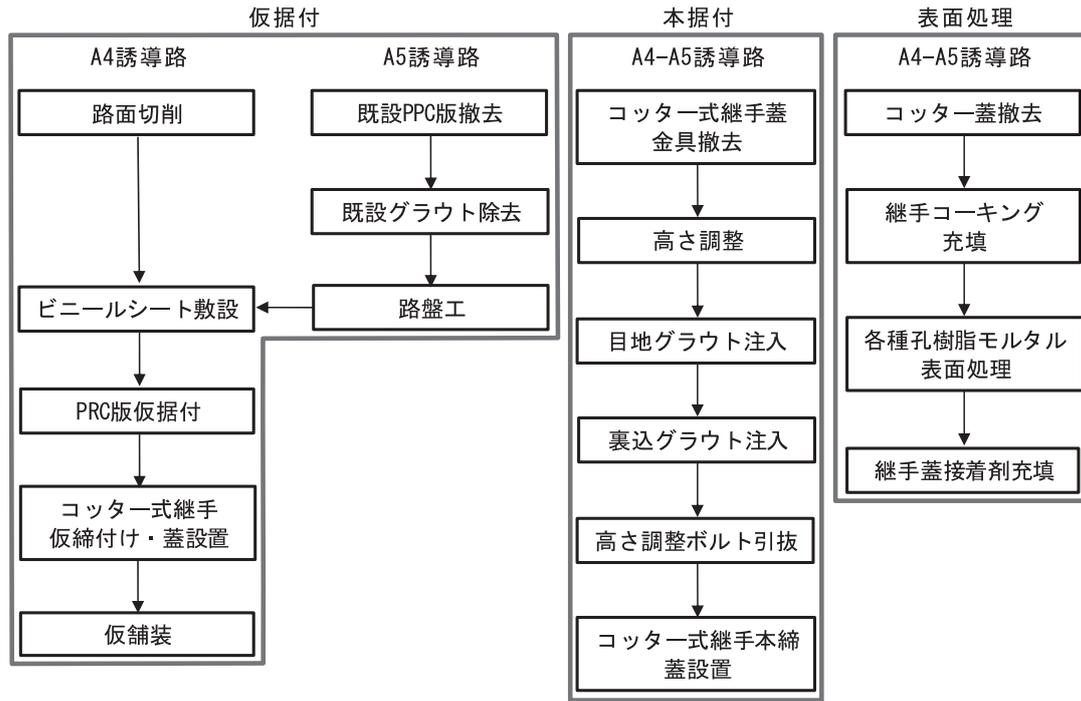


図-2 施工フロー

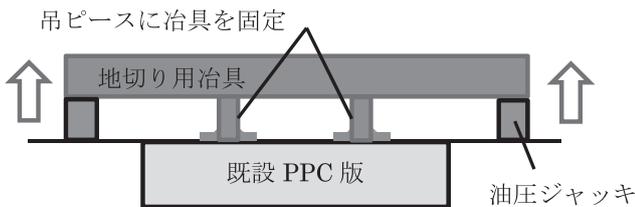


図-3 地切り概略図



写真-12 地切り状況



写真-13 既設 PPC 版撤去状況

行った。施工フローを図-2に示す。

誘導路への立ち入りは23:00からであり、翌朝6:00には制限区域外への退出を完了しなければならないため、実作業時間は6時間程度である。限られた作業時間の中で作業を完了するには切削面、路盤面の仕上がりの精度向上が後工程のPRC版の高さ調整、裏込めグラウト注入の施工時間に関わってくるため重要であった。A4では路面切削、A5ではPPC版撤去後のセメント安定処理路盤工にTS(トータルステーション)を用いて精度向上に努めた。TSを用いることで、短時間で高さを確認することができるようになり測定箇所数を増やすことが可能となった。測定箇所を増やし細かく調整を行うことで路面切削、セメント安定処理路盤の施工精度を向上させた。

既設PPC版撤去の際は事前に施工目地を切断し、吊り治具のボルト孔に合う位置にアンカーを設置した。地切り用治具を既設PPC版に取り付け油圧ジャッキにて地切りを行い既設PPC版を撤去した(図-3, 写真-12, 13)。既設PPC版撤去後、残ったグラウト材、路盤材を撤去し、セメント安定処理路盤を施工

した。その後A4、A5共にビニールシートを敷設した。ビニールシートは版下面へ充填する裏込めグラウトの充填性を向上させ路盤への浸透を防ぐため使用している。シート敷設後、クレーンにより高強度PRC版を



写真-14 高強度 PRC 版設置状況

設置した (写真-14)。コッター式継手のボルト仮締付けを行い、継手蓋を設置した。仮据付作業が終了した段階で一旦開放する。

本据付では仮据付で固定していた継手蓋、グラウト注入孔蓋、H型金物を取り外し高強度 PRC 版に内蔵されている高さ調整金具にボルトを取り付けた。高さ調整金具下のプレートをボルトにより押すことで反力を得て高強度 PRC 版を所定の高さに合わせた (図-4, 写真-15)。本据付完了後の PRC 版と仮据付の PRC 版の間に高さ調整前は段差が生じるが摺付鉄板を設置することで段差を解消する (写真-16)。高さ

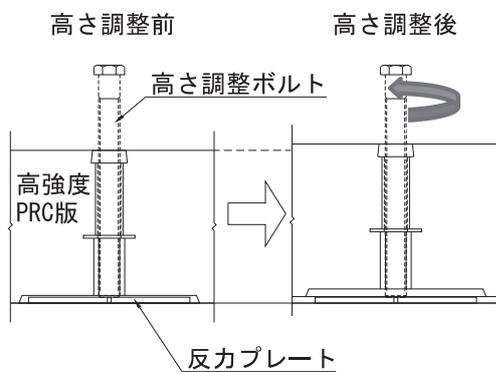


図-4 高さ調整金具側面図



写真-15 高さ調整状況



写真-16 段差解消摺付鉄板設置状況



写真-17 グラウトミキサー

表-1 グラウトミキサー諸元

仕様		
名称・型式	水タンク付2層式ミキサー	型式 T166
ミキサー混練容量	220リットル × 2台	
ミキサー回転数	210rpm/50Hz 250rpm/60Hz	
ミキサー動力	2.2kW × 2台 モーター定格(×2台) 9.74A/50Hz 8.9A/60Hz	
水タンク容量	1600L (満水時)	
水中ポンプ動力	0.4kW	
水中ポンプ吐出量	max0.1m <sup>3</sup> /min	
本体寸法	φ1200mm × 長さ3650mm × 高さ1800mm	
本体重量	1350kg	
投光器	メーカー 日動工業	型式 AT-E505
投光器光束	500W (100V) × 2台	
駆動機風量	max30m <sup>3</sup> /min	
駆動機動力	1.5kW モーター定格 7A/60Hz	
駆動機及び電装BOX寸法(フレーム付)	φ850mm × 長さ1240mm × 高さ1870mm	
駆動機重量(フレーム付)	375kg	
電源電圧	AC200V(投光器は除く)	定格 15kVA

調整後は PRC 版の目地グラウト攪拌・注入、裏込めグラウトの攪拌・注入を行う。裏込めグラウトは2層式のグラウトミキサーを使用することで攪拌時の待機時間を解消し施工時間を短縮した (写真-17)。表-1 にグラウトミキサー諸元を示す。

裏込めグラウトの強度を確認した後に高さ調整ボルトを引き抜いた。目地グラウトの強度を確認した後にコッター式継手のボルト本締付けを行った。本締付けはコッター式継手に電動インパクトレンチにてトルクを導入し所定の締付けトルクに達するようにトルクレンチにて締付ける (写真-18)。継手ボルト周辺部にはコーキングを施し、継手蓋の周囲、蓋の固定ボルト上部にアクリル系接着剤を注入し固定した。

上述した作業の流れにより、昼間は供用している空



写真—18 コッター式継手本締付け状況



写真—19 完了状況

港基本施設の改良という夜間の厳しい制約時間の工事ではあったが、約7,850 m<sup>2</sup>を約6ヶ月間（準備・製作を除く）で高強度 PRC 版により改良した（写真—19）。

## 5. おわりに

今後も空港基本施設が経年劣化に伴い損傷していく中で老朽化対策が必要となってくる。ラチストラス鉄筋の採用や表層部の繊維補強コンクリート等により耐久性を向上させた高強度 PRC 版はライフサイクルコストの低減に寄与する技術の一つである。また空港基本施設の改良には、航空機運航への影響低減のため制約があり、日々開放が必要であり、作業時間も限られる。高強度 PRC 版はプレキャスト化とコッター式継手により急速施工を可能としているため厳しい制約条件下の施工においても有効である。しかし鉄筋コンクリート構造であるがゆえに許容したひび割れの発生や蓋の外れなど、殆どの空港施設構造物と同様にメンテナンスフリーではなく、経年劣化が発生することも事実である。ひび割れの発生、目地部の変状や段差、蓋の外れ等の起こり得る経年劣化に対して長期的な視点に基づき効率的な維持管理を確立していくことが必要であると考えられる。

JCMIA

### 《参考文献》

- 1) 八谷好高ほか：RC プレキャスト版舗装による空港誘導路の急速施工。土木学会論文集 F Vol.62 No.2, 2006.4
- 2) 八谷好高ほか：高強度 RC プレキャスト版舗装の空港への適用性。国土技術政策総合研究所資料, No113, 2003
- 3) 九州地方整備局 博多港湾・空港整備事務所：RC プレキャスト版の追跡調査報告, 2008
- 4) 高強度 PRC 版研究会ホームページ：<http://www.koukyoudoprc.com/>
- 5) 小川登：東京国際空港におけるエプロン舗装の大規模補修技術。第16回空港技術報告会資料 pp61～68, 2015.11

### 【筆者紹介】

北口 航（きたぐち わたる）  
 ㈱ガイアート  
 技術開発部  
 係長



# 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

本 山 昇

我が国の社会インフラは老朽化が進行しており、効率的・効果的な維持管理が求められている。栈橋や岸壁といった港湾構造物も例外ではなく対応が急がれるが、栈橋上部工下面の点検・調査は従事する労働力不足や狭隘な箇所では調査が困難であるなどの問題を抱えている。

そこで、市販のラジコンボートにカメラ、無線機などを搭載し、直接栈橋下部に点検者が行かずとも効率的に点検・調査が可能である「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」を開発した。

本報は、開発したシステムを実際の栈橋へ適用し、確認された内容および効果について報告するものである。

キーワード：維持管理、栈橋、無線操作式ボート、劣化診断、モニタリング

### 1. はじめに

高度経済成長期から整備された我が国の社会インフラは、長きにわたり国民の生活基盤として機能してきた一方で老朽化が進行しており、効率的・効果的な維持管理は急務な課題である。維持管理を行っていく上で、構造物の点検・調査が基本となるが、供用中のインフラの点検・調査は十分な作業範囲を確保する事が難しく、加えて作業時間も制約されるなど、劣悪な作業環境下での作業になり、近年加速する調査に従事する労働力不足といった課題を抱えている。

栈橋上部工下面の一般的な点検・調査は、専門知識を有する者（例えば海洋・港湾構造物維持管理士やコンクリート診断士などの有資格者）が小型船に乗り込み、知識を駆使しつつ船上から観察して劣化状態を把握する。しかし、小型船には操船者と点検者が乗船するため、ある程度の大きさの船が必要となり、例えば前垂れ部が水面付近まで存在しているような狭隘な箇所へは進入できない。また、調査施設の劣化度判定は、専門技術者がひび割れ図や写真などをもとに部材ごとに行っているため、調査者の主観的な評価となり、調査者によって結果にばらつきがでるといった問題がある。

これらの背景から、筆者らは専門知識を有する技術者が直接栈橋下部に進入する事なく、効率的な点検・調査が可能な技術として、カメラを搭載した無線操作式のボート（以下、ボートと記す）を用いた点検・調

査システムと、点検・調査によって取得した画像を用いて構造物の劣化度を自動判定する自動劣化度判定システムの開発を行った。

本報では、開発したそれぞれのシステムの概要と、建設から45年経過した栈橋にシステムを適用し、そこで確認された劣化の抽出精度や調査効率について報告する。

なお、本研究は、内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」（管理法人：NEDO）に応募して採択され開発したものである。

### 2. 無線操作式ボートを用いた点検・調査システム

ボートは、市販のラジコンボートに画像伝送無線機やLED照明などを搭載し、全長2.2m、全幅1.1m、全高0.65m、重量57.5kgであり、栈橋上部工下面と水面との距離が80cm程度確保できれば、栈橋内部へ進入できる設計とした。写真1に使用したラジコンボートを、写真2に無線操作式ボートを示す。

また、操船は船尾に配備した2基のスラスタを専用のコントローラで無線遠隔操作する事で、前後左右方向へ航行でき、動力は船体に内蔵したバッテリーを使用した。無線操作式であるため、ROV（Remotely Operated Vehicle）のように本体が制御ケーブルで繋がれておらず、杭が乱立しているような栈橋内部であっても、



写真一 市販のラジコンボート



写真二 無線操作式ボート

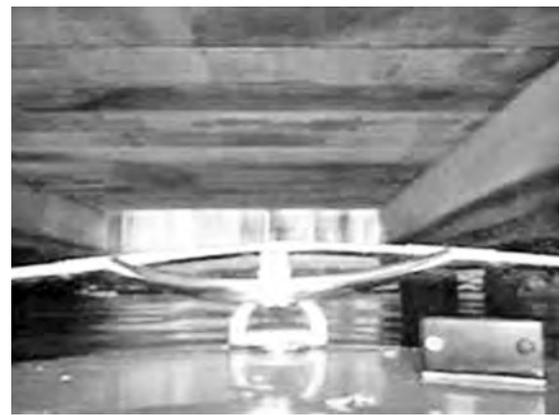
ケーブルの干渉を懸念する事なく、内部を自由に走行する事ができる。搭載した主な機器の詳細を以下 (1)～(4) へ項目別に示す。

### (1) 操船用カメラ

ボートの船首には操船用のカメラとして小型の防水カメラを搭載し、カメラの映像を画像伝送無線機によって桟橋上に設置したモニタへリアルタイムに表示させた。これによって、操船者が陸上に位置し、ボートが桟橋内部へ進入しても操船者の視界を確保でき、操船する事が可能である。写真一三に搭載した操船用カメラを、写真一四にモニタに表示させた操船用カメラの映像を示す。



写真三 操船用カメラ



写真四 操船用カメラのモニタ映像

### (2) 撮影用カメラおよびジンバル

ボートの船体中央には、桟橋上部工下面を撮影する撮影用のカメラを搭載した。撮影用カメラは市販の一眼レフカメラを使用しており、動画撮影時の画素数は最大  $3840 \times 2180$  の約 840 万画素を有している。

撮影用カメラは動揺抑制装置（以下、ジンバルと記す）を介して船体に搭載し、波浪による動揺を抑えて安定した撮影を可能とした。さらに、撮影用カメラの映像は操船用カメラと同様に、画像伝送無線機によって陸上に設置したモニタにリアルタイムに表示させた。ジンバルは、専用のコントローラで無線遠隔操作できるため、点検・調査者はモニタの映像を確認しながら、自由に撮影用カメラを撮影したい箇所へ向ける事ができる。写真一五に搭載した撮影用カメラおよびジンバルを、写真一六にモニタに表示させた撮影用カメラの映像を示す。

### (3) 操船用無線機

ボートの操船には、常用無線機として周波数 2.4 GHz 帯のものを、応急用無線機として周波数 350 MHz 帯のものを切替えて使用する設計とした。

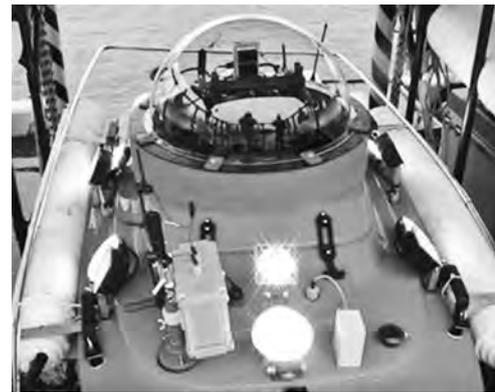
周波数 2.4 GHz 帯の無線機ではリアルタイムでの操



写真五 撮影用カメラおよびジンバル



写真一六 撮影用カメラのモニタ映像



写真一七 LED 照明

船が可能であるため、カメラの映像を見ながら操作を行うボートの操船に適している。しかし、長距離の通信には不向きであるため、万が一、調査中に通信が途切れた場合に海域への船体の流出が懸念される。そのため、ボートには常用無線機に加え、応急無線機として周波数 350 MHz 帯の無線機を搭載した。常用無線機に比べて通信遅延が少々あるが、通信距離が長く、常用無線機での操船中に通信が途絶えた際の応急用として使用し、コントロールを継続する事で船体の海域への流出を防いでいる。

#### (4) LED 照明

栈橋下面部では光が入り込まない箇所や、船舶接岸時に日射が入り難くなる場合があり、施設の構造や状況によって得られる光量は都度異なる。開発した自動劣化度判定システムでは、ボートによって得られた画像を解析し、画像上の濃淡分布からひび割れや錆汁等の変状を抽出するため、均一な光量が必要である。そのため、ボートの船体に大小 2 灯を 1 セットとした LED 照明を装備した。LED 照明は船首に 1 セット、左右舷にそれぞれ 2 セット、船尾に 1 セットの計 12 灯配置し、各 LED は操船用コントローラで個別に ON/OFF できる。陽射しによる濃淡の緩和や光量の補完をする事で、光量が極端に低下する閉鎖されたサイトや夜間の点検・調査にも対応できる。写真一七に搭載した LED 照明の点灯状況を、写真一八に閉鎖空間での LED 照明の点灯状況を示す。



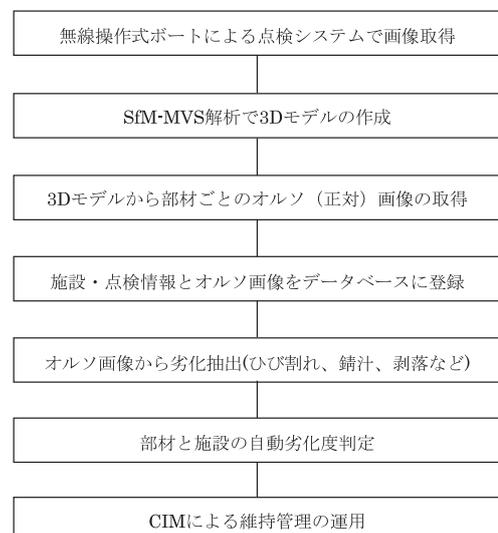
写真一八 閉鎖空間での LED 照明点灯状況

出し、画像上のひび割れや錆汁等の変状を抽出する。この処理を各部材ごとに行い、抽出した各部材ごとの劣化度を判定・集計する事で構造物全体の劣化診断を行うことが可能である。

さらに、これらの処理によって得られた画像および関連情報をデータベース化し、劣化の経時変化を管理する事ができ、構造物のモニタリングを行う事が可能である。図一にデータ処理のフローを示す。

### 3. 自動劣化度判定システム

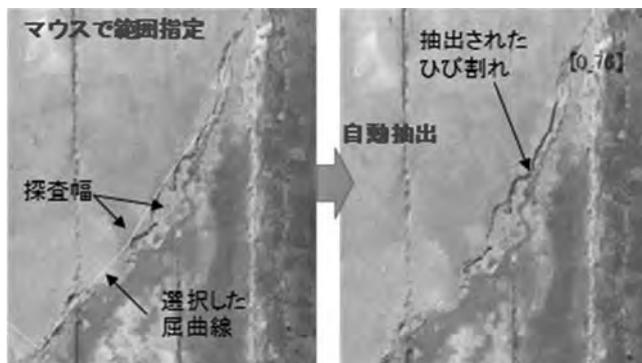
ボートによる点検・調査で撮影した動画データから大量の静止画を取得し、SfM/MVS (Structure from Motion/Multi View Stereo) 解析して 3D モデルを作成する。作成した 3D モデルから正対画像 (オルソ画像) を抽



図一 データ処理フロー

### (1) 変状の抽出方法

ひび割れ等の変状の抽出は、西村ら<sup>1)</sup>のひび割れ半自動抽出とひび割れ近傍の濃淡分布から幅を算定する手法を用いた。半自動抽出とは、撮影した画像内に写っているひび割れのおおよその位置を手動で屈曲線として選択し、屈曲線を基準として探査幅を与え、各画素に含まれる濃淡レベルから自動でピーク位置を検出し、ひび割れをCAD図として描画する方法である。この方法では、画像の解像度を均一にする必要があり、各部材の解像度が2 mm/pix 以下であれば、幅3 mm 以上のひび割れ等を検出する事が可能である。図一2 にひび割れ抽出のイメージを示す。



図一2 ひび割れ抽出イメージ

## 4. 現場実証試験

建設から45年が経過している、長さ80 m × 幅20 mの栈橋を対象に現場実証試験を実施した。この時の栈橋上部工下面と水面との距離は0.8 m ~ 1.5 m程度であった。また、ボートによる点検・調査時の撮影用カメラの解像度は2 mm/pix 以下となるよう設定した。撮影は栈橋上部工下面の梁とスラブを対象に行い、2時間で約1600 m<sup>2</sup>を撮影する事が可能であった。システムの調査時間は、機器の準備や片付けおよび調査中に機器のバッテリー交換等の作業が必要であった

め、1日あたり最大で4時間程度である。

海上目視点検の標準歩掛<sup>2)</sup>は、1240 m<sup>2</sup>/日(調査時間は6時間)とされており、今回の結果から想定される1日あたりの調査面積は約3200 m<sup>2</sup>/日であり、従来の人員目視調査に比べて調査効率は2.5倍程度であった。ただし、ボートに搭載している各無線機の通信距離は、現場条件や環境によって前後するため、調査効率は変動する場合がある。図一3に栈橋の平面図およびボートの航行ルートを、写真一9に試験状況を示す。

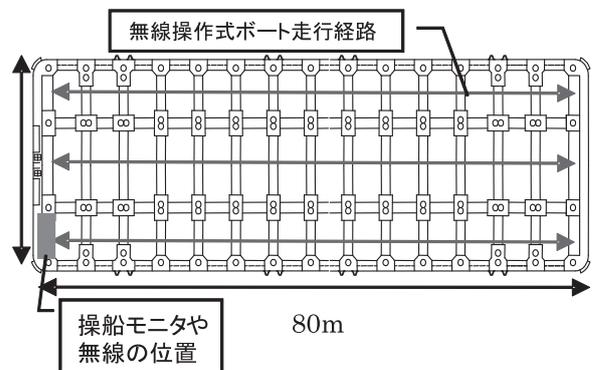
### (1) データ処理結果

ボートによる点検・調査によって撮影した動画データから3Dモデルを作成し、3Dモデルから部材の位置や劣化位置を特定した。図一4に調査した栈橋下面部の3Dモデルを示す。

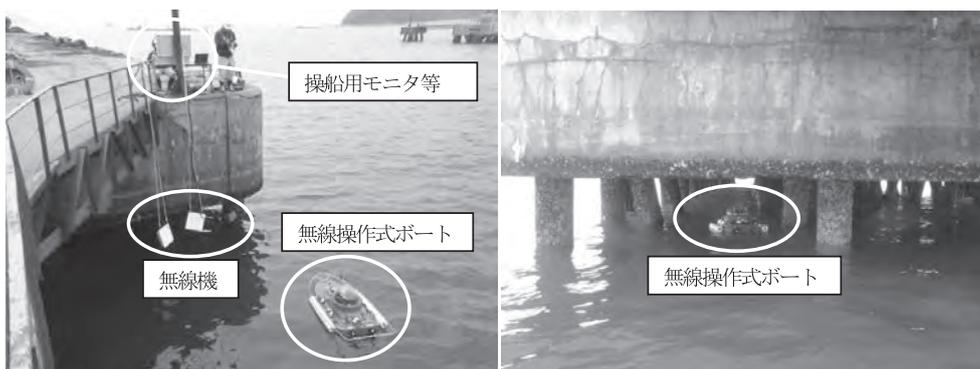
図一5に梁・スラブの変状抽出結果の一例を示す。梁についてはかぶりコンクリートが剥落し、鉄筋の露出が生じていた。また、スラブについてはひび割れや鋼材露出等の変状が抽出された。

### (2) 劣化度判定

各部材の劣化度の判定は、表一1に示す「港湾の施設の点検診断ガイドライン」<sup>3)</sup>の栈橋上部工の劣化



図一3 平面図およびボート航行ルート



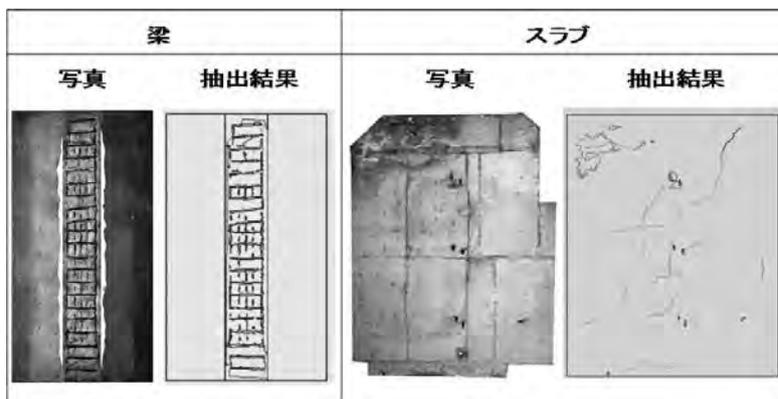
写真一9 試験状況

度の判定基準を参考に設定した。剥落面積による判定は、小さな損傷による剥落がある事を考慮し、全体の面積の1%以上をa判定とした。部材数は梁が129箇所、スラブ54箇所であった。調査した栈橋は劣化が

進行している状況であり、梁では約80%がa判定、スラブでは約96%がc判定であった。また、スラブに比べて梁は劣化が進行している状態であった。図一6にスラブと梁のそれぞれの劣化度ごとの分布を示す。



図一4 調査栈橋下面部の3Dモデル



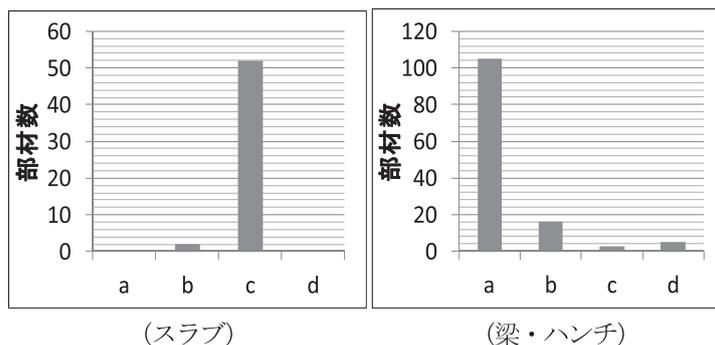
図一5 変状抽出結果の一例

表一 「港湾の施設の点検診断ガイドライン」の劣化度の判定基準

(スラブ)

(梁・ハンチ)

劣化度	スラブ	梁・ハンチ
a	網目状のひび割れが部材の表面50%以上ある かぶりの剥落がある 錆汁が広範囲に発生している	幅3mm以上の鉄筋軸方向のひび割れがある かぶりの剥落がある 錆汁が広範囲に発生している
b	網目状のひび割れが部材の表面50%未満である 錆汁が部分的に発生している	幅3mm未満の鉄筋軸方向のひび割れがある 錆汁が部分的に発生している
c	一方向のひび割れ若しくは帯状又は洗浄のゲル吐析物がある 錆汁が点状に発生している	軸と直角な方向のひび割れのみがある 錆汁が点状に発生している
d	変状なし	変状なし



図一6 劣化度の分布

### (3) 人員目視による調査結果との比較

試験を行った栈橋では、本試験による調査の1年前に人員目視による調査が行われている。その診断結果と、開発した自動劣化度判定システムによる診断結果との比較を行った。スラブについての結果はすべて一致し、梁は約90% (116箇所/129箇所) の一致であった。約10%異なった原因としては、劣化の進行、鉄筋軸方向のひび割れが長さに関係なくb判定以上とした事や、幅3mm以上のひび割れ抽出不足が考えられる。ひび割れ幅3mm以上の抽出不足は抽出する幅が広い事や、光が当たる事で、ひび割れが白くなり、濃淡差を検出できない事が原因であると考えられる。

## 5. おわりに

今回実施した現場実証試験により、開発したポートによる点検・調査システムと、自動劣化度判定システムでは、従来の人員目視による点検・調査に比べて、約2.5倍の効率化が図れる事が確認された。また、開発した自動劣化度判定システムによって、画像処理で変状を抽出し、劣化度判定した結果は、人員目視との結果と概ね一致する事が確認された。

今後はさらに調査実績を増やし、データの蓄積を行っていく事で、より効率的・効果的な栈橋の維持管理に繋げていく所存である。

## 謝 辞

本研究は内閣府総合科学技術・イノベーション会議の「SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」(管理法人：NEDO) によって実施している。SIPの関係各位、また現場実証試験フィールドを提供いただいた関係各位に、誌面を借りて謝意を表す。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 西村正三, 原健司, 木本啓介, 松田浩: 3D レーザ・デジタル画像を用いた軍艦島計測と損傷図作成, Journal of JSPRS, pp.46-53, 2012
- 2) 国土交通省: 維持管理計画書策定のための現地調査積算基準, pp.6, 2015
- 3) 国土交通省: 港湾の施設の点検診断ガイドライン【第2部 実施要領】(平成26年7月), pp.3-34, 2015
- 4) 水野, 酒井, 小笠原, 本山, 杉本: ラジコンポートを用いた栈橋下面部の点検・診断システムの開発, 第42回 海洋開発シンポジウム(2017)

### 【筆者紹介】

本山 昇 (もとやま しょう)  
五洋建設㈱  
船舶機械部開発グループ



# 鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術

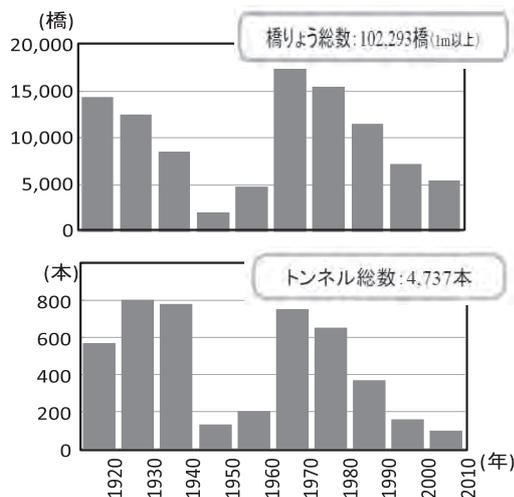
小島 芳之

鉄道構造物の検査・診断技術は、鉄道の将来にわたる安全・安定輸送を維持・向上させる上で必要不可欠な技術である。本稿では、まず、鉄道構造物の維持管理と検査・診断の考え方を示した上で、検査・診断技術の現状を概説し、構造物の状態監視システム、健全度診断法・変状予測法、維持管理 DB システムを取り上げて状態監視保全を確実に進めるために鉄道総研が行ってきた研究開発成果の一端とこれからの展開などについて紹介する。

キーワード：鉄道構造物，維持管理，検査・診断，研究開発，橋りょう，高架橋，土構造物，トンネル

## 1. はじめに

鉄道は、構造物、軌道、電気設備、通信設備等の多様な施設群と車両で構成される複合システムであり、巨大な装置産業である。現在、鉄道事業者では、安全・安定輸送の維持・向上のために施設のメンテナンスに多くのリソースが投入されており、鉄道営業経費に占めるメンテナンス費の割合は40%に達している。構造物についていえば、路線の8割が土構造物、1割が橋りょう・高架橋、1割がトンネルで構成されている。図-1に示すように、橋りょう・高架橋とトンネル両者とも戦前と高度経済成長期に建設されたものが大半であり、平均経年は各々60年と64年に達しており、100年を超えているものも少なくない。



国交省鉄道局調べ(2012年)をもとに作成

図-1 橋りょう・高架橋とトンネルの経年分布

今後、経年を積んだ鉄道施設が更に増えてゆけば、そのメンテナンスに一層多くのリソースが必要になることは必定である。熟練技術者の減少と少子高齢化の影響も考えれば、メンテナンス技術の高度化・システム化により業務の効率化を進めることは、鉄道事業者の喫緊の課題であるといえる。

本稿では、鉄道構造物を対象とした維持管理と検査・診断技術の現状を概説した上で、鉄道総研が実施している検査・診断技術に関する研究開発の一端を紹介する<sup>1)</sup>。

## 2. 鉄道構造物の維持管理の体系

一般に施設の保全の考え方には「事後保全」と「予防保全」がある。事後保全は、損傷を発見してから対策を講じる考え方で、予防保全は、計画的に検査を行って損傷が起こる前に対策を講じる考え方である。

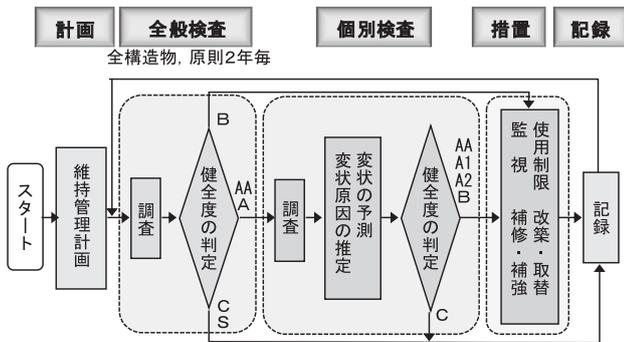
鉄道(日本国有鉄道)の分野では、他の分野に先がけて予防保全の概念に基づいた施設の維持管理が1970年頃から行われてきた。これは、定期的に検査を行い必要なものに対策を行う「時間計画保全」を柱としたものであり、構造物については「土木建造物取替えの考え方」(1974年)として基準化された。また、構造物の検査を専門に実施する「構造物検査センター」という機関が全国の鉄道管理局に配置され、1987年の国鉄民営分割後もこの体制がJR各社に引き継がれた。

ところが、1999年に山陽新幹線のトンネル等で続発した深刻なコンクリート片剥落事故を教訓として、

鉄道構造物の維持管理のあり方が強く問われ、検査体制の見直しや新技術の開発・導入を飛躍的に進める契機となった。そして、2007年に国土交通省鉄道局により「鉄道構造物等維持管理標準」(以下「維持管理標準」という)<sup>2), 3)</sup>が制定され、新たな鉄道構造物のメンテナンス体系が確立された。

一方、2012年の笹子トンネルでの天井板崩落事故を契機に、インフラの維持管理が喫緊の課題であることが全国で再認識され、安倍内閣「日本再興戦略」(2013.6)、アクションプラン「安全・便利で経済的な次世代インフラの構築」、国交省「インフラ長寿命化基本計画」(2013.11)など、国を挙げて推進体制が構築されたことは承知のとおりである。鉄道構造物でも事故に繋がりにくい剥落事象の発生を完全に抑止するには至っていなかったことから、国交省鉄道局では「鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証会議」が開催され、維持管理標準のメンテナンス体系を確実に実行するために、よりきめ細かな維持管理を行うべきこと等が2014年に提言された。

図一2は、維持管理計画からはじまり、原則2年毎に全構造物に対して行う全般検査、詳細調査を行う個別検査、措置(監視、補修・補強等)、記録までの一連の行為を供用期間中繰り返し行うという、維持管理標準に示されたメンテナンスサイクルの概略を示し



注) AA:緊急に措置 A1:早急に措置  
A2:必要な時期に措置 B:必要に応じて監視  
C:必要に応じて重点的に調査 S:変状なし

図一2 構造物の維持管理手順<sup>3)</sup>に加筆

たものである。この体系は、橋りょう・高架橋、土構造物、トンネル等の全ての鉄道構造物で共通に行うものである。鉄道事業者は、現在、この流れに沿って維持管理を行っており、これにより鉄道構造物の安全性は格段に向上したものと考えられる。

### 3. 鉄道構造物における検査・診断技術の現状

本稿の主題である「検査・診断技術」は、図一2に示した全般検査、個別検査、措置の一つである監視のための技術を指すものである。すなわち以下に示すようである。

- ①全般検査における調査(センシング・モニタリング)および診断(健全度判定)の技術
- ②個別検査における詳細調査、長期間の監視(モニタリング)および診断(健全度判定)の技術

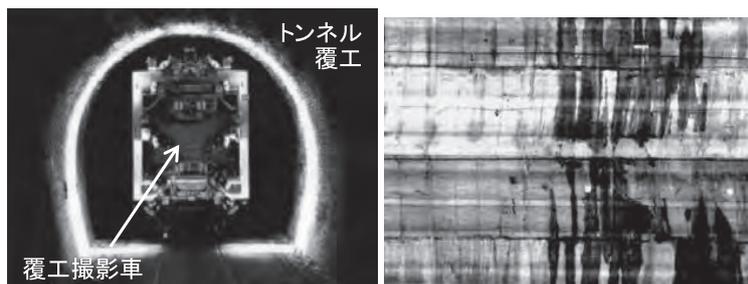
#### (1) 全般検査段階の調査技術

全般検査では、路線全長を対象として2年毎に目視とハンマー打音による調査を行って問題となる変状を抽出(センシング)するとともに、進行度合いを監視(モニタリング)し、診断(健全度判定)を行う。

目視とハンマー打音調査は、熟練すれば信頼性が高まるものの、非効率、定性的、個人差がある、記録に残しにくい等の課題があり、検査者の技術力向上や記録のDB化等とともに、検査の効率化、定量化、客観化が望まれている。近年では、主にトンネル覆工を対象として、目視の代替である表面撮影システム(たとえば図一3)や、打音調査の代替である非破壊検査システム(電磁波、赤外線、打診音、レーザー等)の開発・導入・実用化が大手事業者を中心に進められており、従来に比較して検査効率と精度が格段に向上し、確かな診断が可能になっている。

#### (2) 個別検査～監視段階の詳細調査、長期監視技術

個別検査では、全般検査で抽出された変状を詳細に調べた上でより細かく診断し、必要な措置を選択す



図一3 トンネル覆工の撮影状況と連続展開画像の例<sup>4)</sup>

る。また、措置の選択肢の一つとして、監視（モニタリング）が位置づけられている。

個別検査～監視段階では、構造物のひび割れ、変形、歪み、振動特性、材料特性等の専門的な調査と長期監視が、変状の状態に応じて適宜行われる。現状では、長期間にわたって自動計測による監視が行われることは少ないが、近年急速に技術が進展している ICT を活用して常時状態あるいは地震時等の異常時状態を想定した監視システムの開発が進められており、徐々に実用化されつつある。

### (3) 診断技術

全般検査、個別検査、監視における診断法は十分に体系化されておらず、熟練技術者の経験に頼っているのが現状である。鉄道総研では、定量的・客観的な診断が可能になるように、構造物の特性に応じた変状メカニズムや変状の長期予測に関する基礎研究や診断システムの開発を、橋りょう・高架橋、土構造、トンネルの構造物毎に地道に進めてきた。たとえば、橋りょう基礎の健全度を衝撃振動試験によって定量的に評価するシステム（IMPACT）が1980年代後半に開発され、以後改良を重ねながら現在でも多くの事業者にご利用頂いている。

以上の(1)～(3)で述べたように、現在の鉄道構造物の維持管理は、時間計画保全を一步進めた「状態監視保全」（状態を監視していて損傷に至る前に対策を講じる保全方法）の概念も取り入れたものになりつつある。しかしながら、このような維持管理技術の高度化の機運は、JRや地下鉄等の大手事業者を中心とした一部の事業者あるいは線区にとどまっているのが現状であり、一層の高度化・システム化を推進する必要がある。状態監視保全を鉄道全体で進めてゆくためには、更なる技術革新が求められている。

## 4. 鉄道総研の研究開発

### (1) 研究開発課題

現在、鉄道総研では、状態監視保全に基づいた維持管理を本格的に進められるように、これまでの研究実績を踏まえて、検査・診断～措置～記録のシステム化・定量化・効率化、構造物の延命化、全体コスト低減を実現できる次の課題に取り組んでいる。

- ① ICT、非破壊検査技術を活用したセンシング・モニタリングによる状態監視システムの開発
- ② 変状メカニズムの解明と定量的で客観的な健全度

診断法、変状予測法の開発

③ 経済的で延命効果の高い補修・補強、リニューアル技術の開発

④ 維持管理計画や記録の支援技術（DB等）の開発、事業者間連携体制の構築

以降、検査・診断技術に関わる①、②、④の一端を紹介する。

### (2) 状態監視システム<sup>5), 6)</sup>

鉄道総研では、構造物の状態監視法の研究を古くから進めてきたが、2005年以降には研究を加速化し、安全性を支障する可能性のある箇所を監視する様々な無線センサとこれを適切に配置してデータ伝送を行う技術を開発し、状態監視ネットワークシステムを構築した。

図—4は、橋りょう、高架橋、土構造物、トンネルの各構造物毎に開発した無線伝送手段を有する監視技術の代表例をまとめたものである。

この図の中央に、状態監視ネットワークシステムの伝送手段イメージも示す。センサの多くは、設置コスト低減の観点からバッテリー運用のものである。センサは必要なタイミングでウェイクアップし、データは、伝送頻度や遅延許容時間、伝送量等に応じて適切な手段により拠点まで伝送される。リアルタイム性もさることながら、巡回や列車通過時の車上収集方法を検討するなど、伝送コストに見合う手段を選択することが重要である。

以下に、橋りょうとトンネルの例を紹介する。

#### (a) 橋りょうの状態監視システム<sup>7)</sup>

前述の全般検査は主に目視により行われているが、検査員の技術レベルに差がある場合や目視自体が困難な箇所に対しては、健全度判定のパラッキ等が避けられない。そこで、健全度に影響する計測項目をセンサで定期的、長期的に監視し、構造物が限界状態に至る前に異常を検知して列車運行不能の回避と安全性向上を目指す状態監視システムを試作した。ここでは橋脚と支承の例を示す。

##### ① 橋脚

橋脚は、特に河川橋りょう等において、洗掘や河床低下で橋脚を支持する地盤が侵食され、目視では確認困難な地盤中の橋脚の安定性について検査する必要がある。この安定性の程度は、固有振動数の大きさで評価する衝撃振動試験を行うことが一般的であるが、図—5に示すように固有振動数の代わりとなる指標を用いてモニタリングすることで検査の省力化が期待できる。

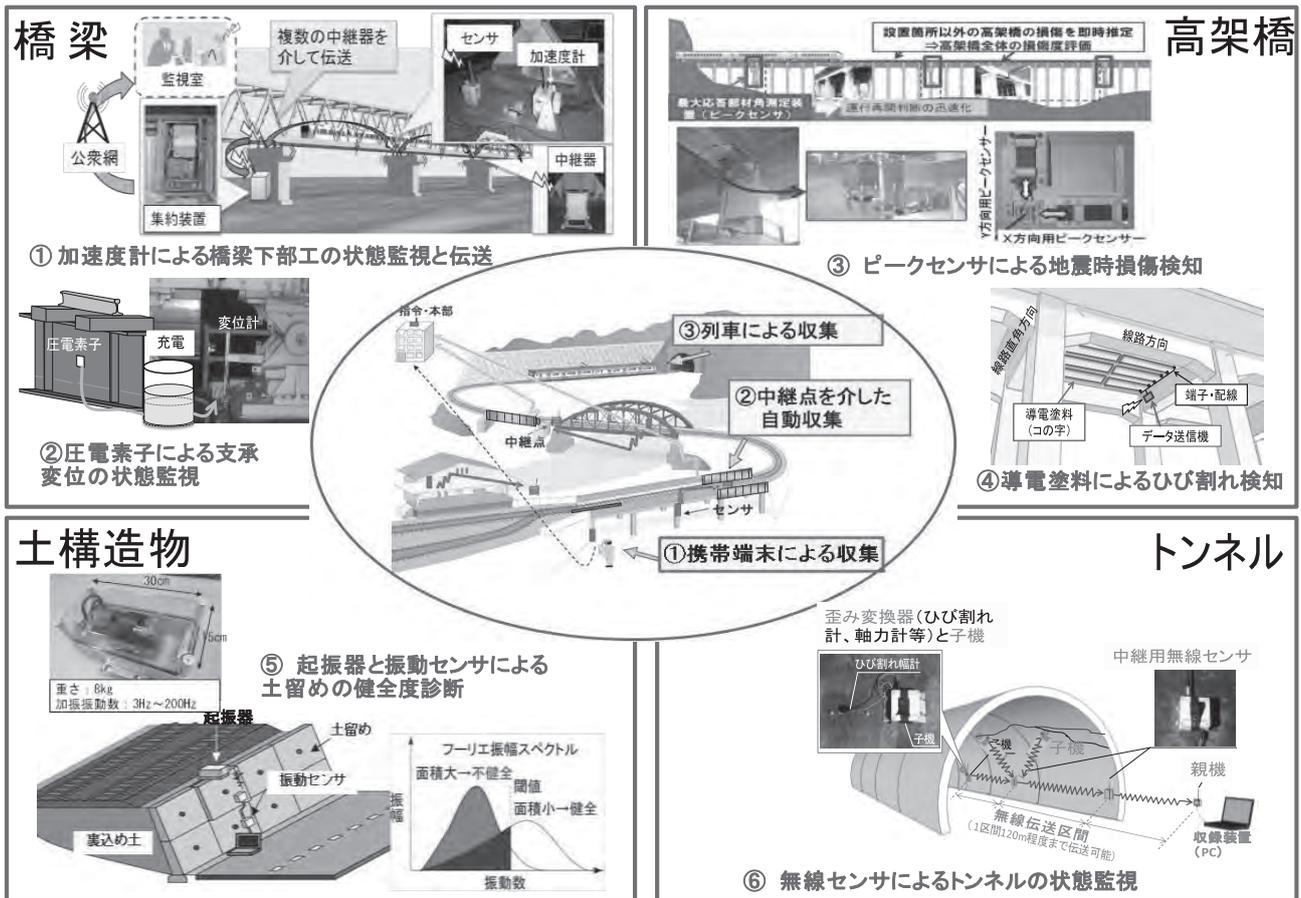


図-4 鉄道構造物の種々のモニタリング技術と状態監視ネットワークシステム<sup>6)</sup>を一部修正

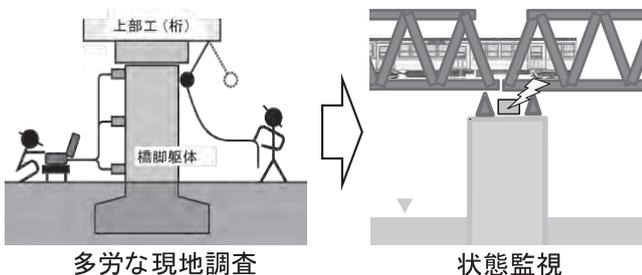


図-5 橋脚の検査の省力化<sup>7)</sup>

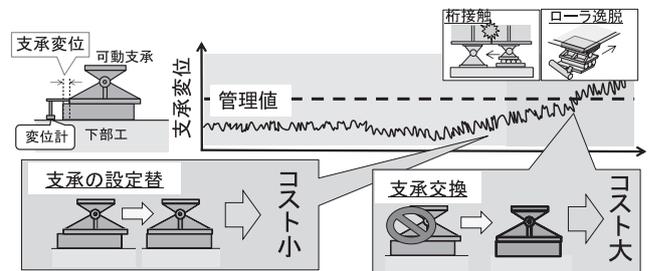


図-6 支承の対策コスト低減のイメージ<sup>6)</sup>

そこで、橋脚に常設するMEMS加速度センサーにより常時計測可能な指標として、列車通過時に生じる橋脚の加速度振幅の比（橋軸直角方向加速度の最大振幅と橋軸方向加速度の最大振幅の比）と常時微動のパワースペクトルの面積比の二つの指標を提案した。図-4①に示した状態監視・伝送システムを構築して2年間の計測を行った結果、提案した指標は固有振動数の代替指標として有効であることを確認した。

②支承

支承は、橋りょうの維持管理で特に注意すべき部材の一つである。変状には、支点の移動、可動不良、あおり等があり、いずれも進行した場合は支承変位に変化が表れる。目視では確認困難な支承変位の進行性を

把握できれば、対策の優先度を考慮して維持管理コストの低減が期待できる。

そこで、数分～数十分間隔で温度変化に対する支承変位を静的に測定したり、数日毎に列車通過時の数秒～数十秒間の支承変位を動的に測定することで、経年による支承の状態変化を確認するシステム（図-4②、図-6）を開発した。特徴の一つとして、列車通過時の鋼桁部材の振動を圧電素子で電気エネルギーに変えて測定することが挙げられる。これにより、運用に要する電池交換のコスト低減を図った。本システムを実橋りょうに設置し桁温度と支承変位を計測した結果、振動発電による電力のみで約2年以上計測が継続でき、支点の移動や支承の可動不良等の支承の状態変

化を把握できることが実証された。

(b) トンネルの状態監視システム<sup>8), 9)</sup>

トンネルは、地圧の作用によりひび割れや変形が長期間進展し、対策を余儀なくされる場合がある。トンネルは延長方向に長い地中構造物なので、変状監視には多大な労力を要するが、低コストでメンテナンス頻度の少ない無線センサを開発し、計測データの長距離伝送を実現した(図-4⑥)。これまでにいくつかの変状トンネルの監視計測に適用されており、図-7は、在来線の単線断面のトンネル坑内に多種(ひび割れ幅、地中変位分布、内空断面)の無線センサを設置して監視計測を実施している例である。

また、得られた膨大な計測データに含まれる変動や

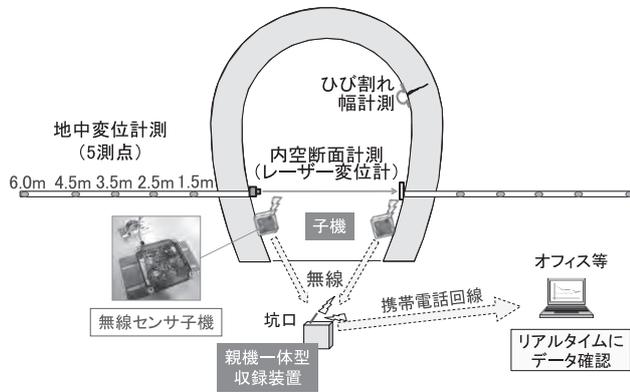


図-7 トンネルの監視システムの設置例<sup>9)</sup>

誤差を除去する手法や、その結果をもとに、数値解析により変状の進行性を予測する手法の開発も進めているところである。

(3) 健全度診断法・変状予測法

状態監視ネットワークシステムの構築とともに、変状メカニズムを解明し、シミュレーション手法を確立することは基本的に重要である。例えば、図-8に示すようなRC構造物(高架橋等)の劣化予測法、山岳トンネルの地圧による変状予測法を開発した。

また、画像等の検査情報と構造物の諸元、地形・地質、補修歴等の基本情報から変状を自動抽出し、原因推定や健全度診断を行うトンネル健全度診断システムも開発し実用化されている。

(4) DBシステム<sup>6), 10)</sup>

現在、鉄道構造物の維持管理DBは、図-9に示すように各々の事業者の実情に応じて構築され、運用されている。

図中のSMS(構造物管理支援システム)は、2002年度より14の鉄道事業者(大手民鉄、公営地下鉄)と鉄道総研が共同開発し、2006年度より運用開始さ

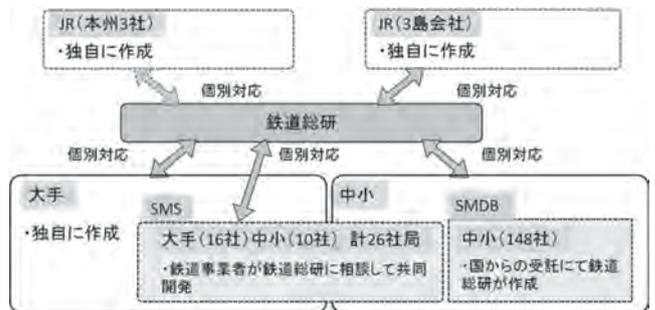
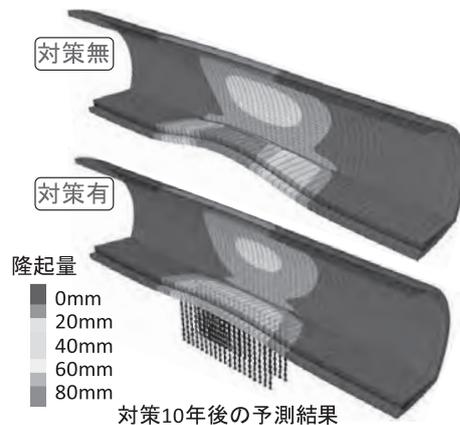


図-9 維持管理DBの開発状況<sup>6)</sup>



RC桁の劣化予測



山岳トンネルの変状予測

図-8 変状予測シミュレーションの例<sup>5)</sup>



図一 10 構造物管理支援システム (SMS) <sup>10)</sup>

れた DB システムである。SMS の運営管理を実施する協議会を設立し、システムのバージョンアップ等の検討や維持管理に関する情報交換を進めています。2015 年 2 月現在、27 社が協議会に加盟している。SMS は、図一 10 に示すように、DB サーバー、クライアント事務所端末、現地で記録を行うタブレット PC のハードウェア構成となっており、図の下段に示す DB は、構造物毎に検査履歴等の情報がリンクする構成になっている。

## 5. 今後の展開

### (1) 状態監視システムの高度化

近年注目されているスマートメーターなどに採用された Wi-SUN という次世代無線通信規格を用いて、鉄道施設のモニタリング実証実験を進めている <sup>11)</sup>。また、膨大な取得データから設備状態を把握するために、複数データ間の関係に注目して状態変化を検出する手法の開発にも取り組んでいる。

画像情報を有効活用するための画像取得方法（見えない所や接近できない所へのドローンの活用等）、解析方法（画像の重ね合せ、ひび割れ抽出、進行性把握）の研究にも取り組んでいる。さらに、建設情報を維持管理段階でも活用できる DB システム、CIM を活用し三次元 CAD をベースにした維持管理情報ネットワークシステムの構築に向けた研究開発を進めている。

### (2) 健全度診断法・変状予測法の高度化

様々な環境条件下で発生する構造物の特性に応じた時間依存の変状メカニズムを解明し、シミュレーション手法を開発するという、診断・予測技術の高度化に資する基礎的な研究を、今後も継続して進めてゆく予

定である。

将来、これらの手法や AI を活用した診断システムを開発し、状態監視システムと DB システムを包含した維持管理統合支援システムに発展させることが期待される。

### (3) DB システムの高度化

クラウド環境の広がりや蓄積媒体の低価格大容量化により莫大なデータが蓄積されれば、そのデータ分析によって、適切な維持管理計画の策定等に活用できるものと考えられる。例えば、健全度判定ルールをデータ分析によって作成し、維持管理に活用する手法の開発等が考えられる。

鉄道総研では、全国の鉄道事業者から検査記録等の情報提供をお願いし、その情報をもとに DB を構築して種々の研究開発を行い、その成果を実務に役立てて頂くことを目的とした「構造物維持管理技術情報検討会」の実施に着手した。この取組みにより、各種手引類や事例集の作成、判定アルゴリズムの精緻化、研究開発の必要な重点項目の抽出、更には事業者毎に所有している技術の共有や課題の解決、事業者間の協力体制の構築など、多くの成果が期待できる。

## 6. おわりに

鉄道施設のうち構造物に着目し、維持管理と検査・診断の考え方を概説した上で、状態監視保全を確実に進めるために鉄道総研が実施中の検査・診断技術に関する研究開発動向の一端を、今後の展開も含めて紹介した。

鉄道施設の検査・診断技術を向上させるには、ハード面のみならず、ソフト面も含めて幅広いアプローチ

が必要である。大手事業者のみならず中小事業者や地方交通線でも手軽に活用できる安価で簡易な技術を開発したり、維持管理のために多くの事業者が共有・協力できるしくみを作ることも重要であると考えている。今後もこのような視点を持って幅広く研究開発を進めたいと考えている。

延命化・リニューアル技術等の他の重要な維持管理技術には本稿では触れていない。延命化・リニューアル技術については、別稿<sup>12)</sup>をご覧頂ければ幸いである。

なお、本研究の一部は、国土交通省の鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。



#### 《参考文献》

- 1) 小島芳之：鉄道施設の検査・診断技術の最前線，RRR，Vol.74，No.2，pp.4-7，2017.
- 2) 鉄道総合技術研究所編（国土交通省鉄道局監修）：鉄道構造物等維持管理標準・同解説，2007.
- 3) 市川篤司：鉄道構造物の新しい維持管理体系，鉄道総研報告，Vol.19，No.12，pp.1-5，2005.
- 4) 小島芳之，鶴飼正人：トンネルの健全度診断，RRR Vol.63，No.5，pp.14-19，2005.

- 5) 谷村幸裕：構造物の状態監視ネットワークによる維持管理，第28回鉄道総研講演会，pp.35-41，2015.
- 6) 小島芳之，野末道子：鉄道構造物の維持管理におけるITの活用，土木技術，Vol.71，No.5，pp.14-19，2016.
- 7) 阿部慶太，吉田善紀，仁平達也，野末道子：鉄道橋りょうの経年変化をモニタリングする，RRR，Vol.73，No.2，pp.8-11，2016.
- 8) 津野究，西金佑一郎：トンネルの健全性を診断する，RRR，Vol.74 No.2，pp.12-15，2017.
- 9) 森瀬喬士，嶋本敬介，津野究，川越健，幸田真也，坂本寛章：地圧を受ける変状トンネルにおけるモニタリングシステムの構築，第72回土木学会年次学術講演会Ⅲ-349，2017.
- 10) 菊地誠：構造物管理支援システムの開発，日本鉄道技術協会誌，Vol.51，No.12，pp.26-29，2008.
- 11) 岩澤永照，羽田明生，流王智子：鉄道現場におけるWi-SUNを利用した状態監視システムの適用可能性の検証（ITS研究会 交通センシング，通信，情報処理，一般），電気学会研究会資料，ITS，Vol.2015，No.23，pp.1-7，2015.
- 12) 小島芳之：鉄道構造物の延命化・リニューアル技術，建設機械施工，Vol.69，No.9，pp.64-68，2017.

#### [筆者紹介]

小島 芳之（こじま よしゆき）  
公益財団法人鉄道総合技術研究所  
構造物技術研究部  
主管研究員



# 鉄道構造物の延命化・リニューアル技術

小島 芳之

鉄道構造物は、適切な維持管理のもとで列車運行の安全の一翼を担っている。しかしながら、中には老朽化や環境変化による変状が生じ対策を余儀なくされるものも少なくない。一方、変状に対して抜本的な延命対策が必要なものや、新たな機能の付加が求められるものなど、鉄道構造物を大規模に改修する「リニューアル」のニーズが高まっている。本稿では、経年が進む鉄道構造物の延命化・リニューアルの位置付けや必要性を述べた上で、鉄道総研が実施してきた延命化・リニューアル技術に関する研究開発成果の概略を紹介する。

キーワード：鉄道構造物，延命化，リニューアル，研究開発，橋りょう，高架橋，土構造物，トンネル

## 1. はじめに

鉄道構造物は、適切な維持管理のもとで列車運行の安全の一翼を担っている。しかしながら、鉄道構造物の平均経年は既に60年を超えており、中には老朽化や環境変化に耐えきれず深刻な変状が生じ、補強等の対策を余儀なくされるものも少なくない。そのため、保守技術者が減少する中で如何に的確に維持管理し経済的に「延命化」させるかは、鉄道の継続的な安全運行において極めて重要な課題になっている。一方、最近では、都市鉄道や新幹線等では、耐震補強や抜本的な延命化のための大規模改修、利便性といった新たな機能を付加する改築などの「リニューアル」の機運も高まっている。

ここでは、鉄道構造物の維持管理における延命化とリニューアルの位置付けや必要性を述べた上で、鉄道総研が実施してきた延命化とリニューアル技術に関する最近の研究開発成果の一端を紹介する<sup>1), 2)</sup>。

## 2. 延命化とリニューアル

### (1) 延命化とリニューアルの位置づけ

鉄道構造物の維持管理の体系は「鉄道構造物等維持管理標準」(2007, 国土交通省鉄道局)<sup>3)</sup>により定められており、別稿<sup>4)</sup>で紹介したように、全ての鉄道構造物に対して、維持管理計画～検査～措置～記録という一連の流れで実施することになっている。その中で「措置」は、ソフト面の措置(監視, 使用制限)と

ハード面の措置(補修・補強, 改築・取替)に区分される。ハード面の措置のうち、「補修・補強」は延命化に、「改築・取替」はリニューアルに、各々繋がるものである。

鉄道構造物は古いものが多く構造も多様であるが、特に地方の鉄道では、性能が低下しつつある古い構造物をいかにして安全な列車運行を維持しつつ低コストで延命化させるか?が喫緊の課題となっている。

一方、新幹線や都市部の鉄道では、延命化の技術とともに抜本的な改良のニーズが増加しており、新たなリニューアル技術の開発が期待されている。近年では、JR東海が実施中の2014年10月に開業50年を迎えた東海道新幹線の土木構造物大規模改修や、JR東日本が実施中の首都直下地震等に備えた地震対策などが着手されるなど、リニューアルの機運が高まっている。

リニューアルには次のようなものがあると考えられ、今後益々増えるものと考えられる。

- ・老朽化が進みつつある構造物の性能・機能向上あるいは延命化のための抜本的な改修
- ・耐荷性能や耐震性能、防災強度の向上を目指した構造変更
- ・付加価値として使用性や環境適合性向上のための抜本的な改修
- ・走行空間や駅空間の拡大(線路増設, 駅空間の切上げ, 狭小老朽トンネルの拡幅等)

(2) 技術開発の視点

鉄道構造物の補修・補強による延命化技術やリニューアル技術の現状とこれからのあり方について、費用と効果に着目して整理すると、図-1のようになる。すなわち、構造物の特性に応じて低コストで高い効果を有する技術の確立が求められていると考えられる。

鉄道総研では2010～14年度にわたり鉄道の将来に向けた研究課題「構造物のリニューアル技術の革新」に取り組み、高架構造物と駅を対象として新たな技術を提案した<sup>3), 4)</sup>。3章以降では、これらの成果を中心として、補修・補強による延命化の領域の技術も含めて構造種別毎に紹介する。

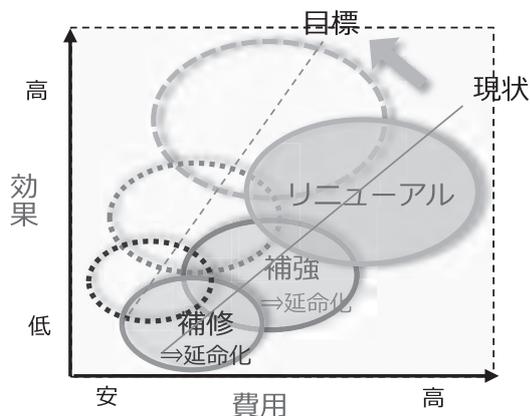


図-1 補修, 補強, リニューアルの関係<sup>2)</sup>

3. 橋りょう・高架橋の延命化・リニューアル技術

(1) 橋りょう (図-2)<sup>5)</sup>

橋りょうのうち、鋼橋は既に平均経年70年を超えており、支承部の変状や鋼材の腐食による桁の耐力低下、地震時の橋台背面盛土の沈下、列車走行時の騒音・振動の発生など、様々な問題を抱えている。このため、補強や取替えが必要となる場合も少なくない。

鋼橋を取替える場合は、線路を横に移設した上で古い鋼桁を撤去して新しい鋼桁に取替える工事が行われることが一般的であるが、この方法は大規模であり長期の施工期間を要する。そこで、鋼橋を撤去することなく、耐震性向上、支承部の保守軽減、鋼桁の耐荷力・耐久性向上を同時に実現できる、鋼橋・橋台・盛土一体化工法を開発した。

また、鋼桁の橋まくらぎの部分コンクリート床版に置き換えて鋼桁と一体化して合成構造化する工法、Iビーム橋りょうに発生した疲労き裂に対する「コンクリート巻き立て工法」、鋼製橋脚の耐震上の弱点となるピボット支承部の耐震補強工法、等も開発している。

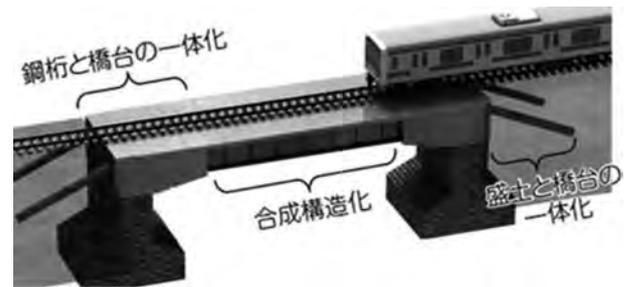


図-2 鋼橋・橋台・盛土一体化工法<sup>5)</sup>

(2) RC ラーメン高架橋 (図-3)<sup>6)</sup>

RC 構造のラーメン高架橋は、昭和初期から現在まで膨大な数量が建設され供用されているが、スラブ、梁、高欄等で鉄筋腐食によるコンクリートの剥落等が問題となっているものも少なくない。また、柱の耐震補強が必要なものもまだ残されている。これらの課題に対し、各部材について次のような工法を開発した。

- ・高欄：高靱性セメントボードを用いた高欄の補強や嵩上げを行う工法
- ・スラブ：超高強度繊維補強コンクリート(UFC)ボードやデッキプレートを用いた中間スラブの補強工法
- ・梁：アーチ型の鋼材を梁下面に設置して型枠とする補強工法(「アーチサポート工法」)、小梁増設による張り出しスラブの補強工法
- ・柱：鋼板巻立て補強の他、厳しい施工上の制約を考慮した各種耐震補強工法<sup>7)</sup>、高架橋柱の合理的な取替え・移設工法

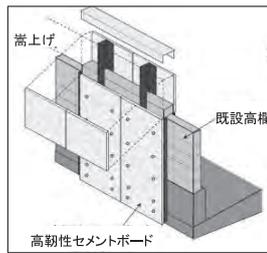
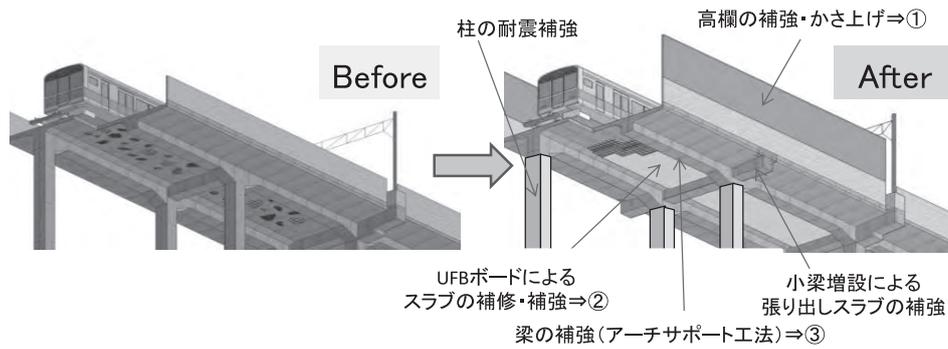
これらの工法を適宜組合せることで、高架橋の延命化さらには抜本的なリニューアルが可能になる。

4. 土構造物のリニューアル技術

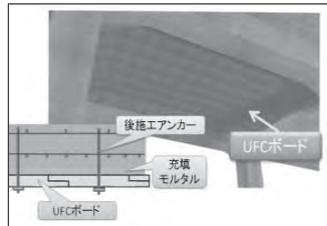
土構造物は、経年劣化に伴う更新というよりも、想定される大規模地震や豪雨等による災害に対する事前補強と災害時の復旧や、線路増設に伴う改修が課題となっている。以下に示す3例はその技術である。

(1) 津波越流に強い盛土構造 (図-4 (1))<sup>8)</sup>

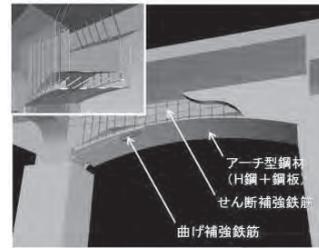
2011年東北地方太平洋沖地震において、鉄道盛土も津波の越流による浸食等の甚大な被災を受けたことは記憶に新しい。このような津波被害に強い盛土構造を開発するため、まず、盛土の被災挙動を模型実験により再現した。その結果、地震の揺れによって盛土堤体とのり面工が損傷し、その後の津波越流によって盛土堤体の浸食と山側のり尻の指示板の浸食により不安定化し、盛土が破壊することが分かった。そこで、のり面工と盛土堤体内部に面状補強材を布設して耐震性



①高欄の補強・かさ上げ

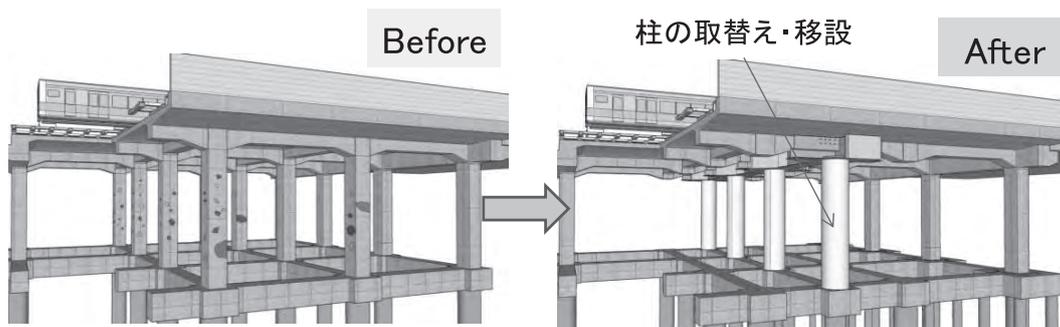


②UFBボードによるスラブの補修・補強



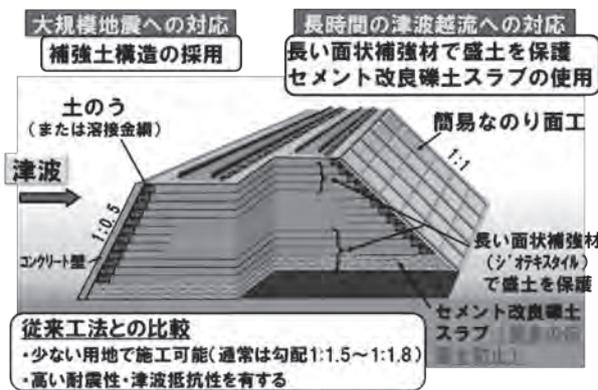
③梁の補強(アーチサポート工法)

(a)スラブ・梁・高欄・柱の補修・補強

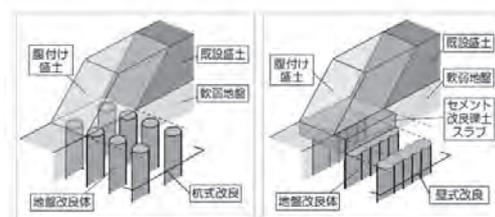


(b) 柱の取替え・移設

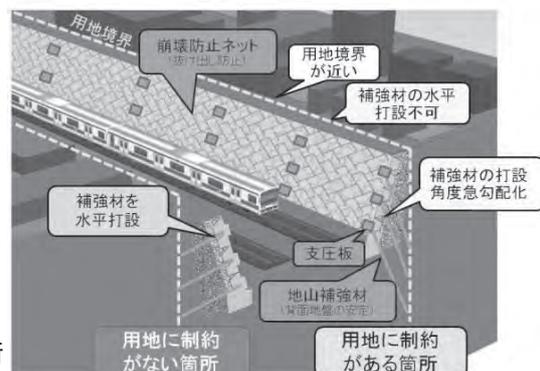
図一 3 RC 高架橋の各種の延命化・リニューアル技術の例<sup>6)</sup>に加筆



(1)津波越流に強い盛土構造



(2)軟弱地盤中の腹付け盛土の補強



(3)石積み壁の耐震補強技術

図一 4 土建造物のリニューアル技術の例<sup>8)~10)</sup>

と津波越流時の浸食に対する抵抗性を向上させ、盛土堤体最下層にセメント改良礫土スラブ（セメント安定処理した粒度調整碎石と面状補強材を併用）を構築して支持地盤の洗掘による浸食と盛土堤体の不安定化を防止する盛土構造を開発した。

(2) 軟弱地盤中の腹付け盛土の補強 (図-4 (2))<sup>9)</sup>

線路拡幅のため既設盛土に腹付け盛土を行う際に軟弱地盤対策が必要になる場合、一般に既設盛土直下の改良は困難なため、既設盛土のり尻部分の対策が行われる。軟弱地盤が厚い場合は、深層混合処理工法による杭式改良が行われるが、水平荷重に対する抵抗機構は解明されていない。そこで、腹付け盛土施工時の軟弱地盤の変形特性の把握と安定性の高い対策工の提案を目的として遠心模型実験を行った。その結果、壁式改良とセメント改良礫土スラブを併用した対策工を提案し、杭式改良と同程度の改良率でも盛土および周辺地盤の変形率を低減できることを確認し、その設計法を整備した。

(3) 石積み壁の耐震補強技術 (図-4 (3))<sup>10)</sup>

石積み壁は、全国の鉄道で20万か所に及ぶ土留め擁壁の約4割を占め、大地震時にしばしば崩壊等の被害を受けている。そこで、崩壊防止ネットと地山補強材により石積み壁を耐震補強する工法を開発した。さらに、背面の鉄道用地が狭く制約がある場合の工法も開発している。

5. トンネルの延命化・リニューアル技術

(1) 山岳トンネルの補修・補強による延命化<sup>11), 12)</sup>

ここでは、外力対策（補強）と剥落対策（補修）に分けて示す。

外力対策としては、裏込注入、ロックボルト、内面



BFRP帯板接着による内面補強

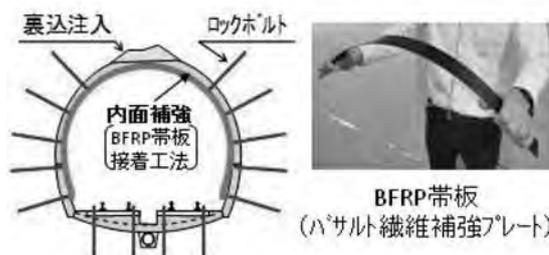


図-5 山岳トンネルの延命化・リニューアル技術の例<sup>2)</sup>

補強工、インバート等を適宜組み合わせることで最適な補強パターンを選定することが一般的に行われている。このうち、内面補強工について、繊維シート接着工等の従来のものより変形性能に優れ、内空阻害も少なく、優れた施工性と耐久性をもったバサルト繊維補強プレート (BFRP) 接着工法を開発し、数現場で適用されている (図-5)<sup>11)</sup>。

剥落対策としては、繊維シート接着工やネットが広く適用されているが、繊維シート接着工は覆工表面の不陸に対して施工が困難で、ネットは小片はく落の恐れがあるなど、課題も多い。そこで、優れた伸び性能 (200%以上) がありスプレーによる吹付けが可能なポリウレタ樹脂による剥落対策工を開発し、現地試験で検証中である<sup>12)</sup>。

(2) 地下駅空間の大規模リニューアル (図-6)<sup>13)</sup>

地下駅では、混雑緩和や機能向上等を目的として、

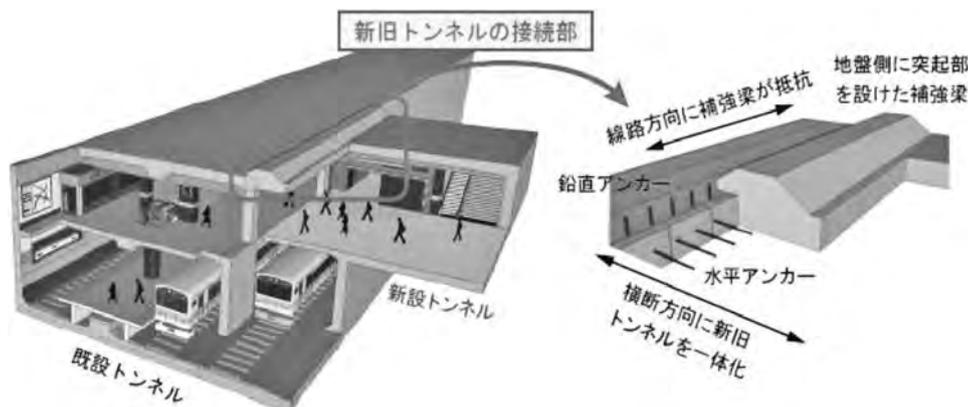


図-6 地下駅のリニューアル技術の例<sup>13)</sup>

既設トンネルの一部を開口し、新設トンネルと接続する拡幅工事が増加している。しかし、拡幅規模が大きくなると、既設トンネルに多くの補強が必要となる場合がある。また、開口部が担っていた断面力が周辺部材に再配分されるので、これを正確に把握する必要がある。そこで、まず既設の開削トンネルの側壁に開口を設ける場合を対象に、三次元FEM解析を行い、三次元的な応力の変化や開口の幅が及ぼす影響を把握した。また、新旧トンネル接続部において、地盤側に突起部を設けた補強梁で既設トンネルを抱き込み、水平と鉛直の十字配置のアンカーで接続する工法を開発した。これは、線路方向に対しては補強梁の効果で、横断方向に対しては新旧トンネルが一体となって抵抗することで、既設トンネルの断面力の増加を抑制する構造である。実物大模型載荷試験等を行い、接続部が先行して破壊せず、新旧部材が一体的に挙動すること、本工法を適用するために提案した設計法で期待した曲げ耐力を有することを検証した。標準的な2層2径間のトンネルでは、既設トンネルの補強量が低減することで約10%のコストダウンとなる。

## 6. おわりに

経年が進む鉄道構造物の延命化・リニューアルの位置付けや必要性を述べた上で、鉄道総研が実施してきた延命化・リニューアル技術に関する研究開発成果の概略を紹介した。

鉄道構造物の維持管理において、延命化・リニューアル技術の要求は益々高まると予想される。ここで紹介した延命化・リニューアル技術に関する研究開発成果は、何れも実用性の高いものであると考えている。これらの技術は鉄道構造物を直接の対象として開発してきたものであるが、道路等の分野においても適用して頂けるものもあると考えられる。

今後はこれらの成果のブラッシュアップとともに、多様なニーズにお応えできるように様々な視点から研究開発を更に進めてゆきたいと考えている。読者の皆

さまのご意見・アドバイス等を頂ければ幸いである。

検査・診断、記録、維持管理計画等の維持管理に関する他の重要な技術には本稿では触れていない。検査・診断技術については、別稿<sup>4)</sup>をご覧頂ければ幸いである。

なお、本研究の一部は、国土交通省鉄道技術開発費補助金を受けて実施した。

JICMA

### 《参考文献》

- 1) 館山勝：鉄道構造物の経年劣化克服に向けたリニューアル技術，第26回鉄道総研講演会，2013。
- 2) 小島芳之：鉄道構造物の維持管理とリニューアル技術，RRR，Vol.73，No.1，pp.4-7，2016。
- 3) 鉄道総合技術研究所編（国土交通省鉄道局監修）：鉄道構造物等維持管理標準・同解説，2007。
- 4) 小島芳之：鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術，建設機械施工，Vol.69，No.9，pp.57-63，2017。
- 5) 小林裕介：鋼橋をリニューアルする RRR，Vol.73，No.1，pp.12-15，2016。
- 6) 岡本大，仁平達也，轟俊太郎：高架橋をリニューアルする，RRR，Vol.73，No.1，pp.8-11，2016。
- 7) 岡本大，堀慎一，谷村幸裕：既設高架橋の耐震性を向上する，RRR，Vol.70，No.3，pp.20-23，2013。
- 8) 渡辺健治，松浦光佑，藤井公博，工藤敦弘：大地震および長時間の津波越流に対して粘り強い鉄道盛土構造の開発，JREA，No.57，Vol.11，pp.39058-39060，2014。
- 9) 工藤敦弘，渡辺健治，島田貴文，佐藤武斗，森川嘉之，高橋英紀：軟弱地盤上の腹付け盛土に対する安定性の高い対策工の提案，鉄道総研報告，Vol.29，No.10，pp.29-34，2015。
- 10) 中島進，渡辺健治，神田政幸，藤原寅士良，高崎秀明，池本宏文：崩壊防止ネットと地山補強材による既設石積み壁の補強方法の開発，土木学会論文集C，Vol.71，No.4，pp.317-334，2015。
- 11) 岡野法之，植村義幸，小島芳之：FRP帯板を用いたトンネル覆工の内面補強工法の開発，鉄道総研報告，Vol.23，No.12，pp.41-46，2009。
- 12) 伊藤直樹，野城一栄，奥石正巳，井出一直：ポリウレタ樹脂を用いた吹付け型剥落対策工の開発，土木学会第71回年次学術講演会，VI-554，2016。
- 13) 仲山貴司，焼田真司：地下駅をリニューアルする，RRR，Vol.73，No.1，pp.20-23，2016。

### 【筆者紹介】

小島 芳之（こじま よしゆき）  
公益財団法人鉄道総合技術研究所  
構造物技術研究部  
主管研究員



# 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<sup>®</sup>

川西 貴士・石関 嘉一・平田 隆 祥

我が国の建設投資が伸び悩む中、高度経済成長期に整備・建設された大規模な社会基盤ストックを維持するには、効率的な維持管理が必要となる。そのため、構造物の補修や補強においては、耐久性が高く、ライフサイクルコストを低減できる材料が求められている。そこで、高強度で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<sup>®</sup>」（以下「本補修・補強材料」という）を開発した。この材料の品質を確認した結果、圧縮強度を  $100 \text{ N/mm}^2$  以上確保できること、中性化および塩害に対して高い抵抗性を有することを確認した。また、実際の構造物の補修工事に適用した結果、スラブ下面や壁面の断面修復において、十分な吹付け性能を有することを確認した。

キーワード：リニューアル、高強度、高耐久性、ノンポリマー、吹付け、左官、断面修復、補修補強

### 1. はじめに

我が国の社会基盤ストックは、高度経済成長期に整備・建設されたものが多く、大半の構造物が供用開始から 50 年を超え、大規模な補修や補強を必要とする構造物が増大している<sup>1)</sup>。建設投資が伸び悩む中、社会基盤ストックを維持していくために、効率的な維持管理が求められている。そのため、構造物の補修や補強においては、耐久性が高く、ライフサイクルコスト（以下、LCC と呼称）を低減できる材料が必要となっている。

劣化したコンクリート構造物の断面修復用の材料として、一般にポリマーセメントモルタル（以下、PCM と呼称）が使用される。PCM は、セメント系のモルタルと比べて、躯体との付着性が良く、曲げ強度および引張強度が高いため、施工実績が増加している<sup>2)</sup>。しかし、PCM はポリマーが混入されているため、電気抵抗が高く、ポリマーが混入されていない普通のコンクリートとの間に電位差が生じる。そのため、特に塩害や中性化による劣化の起こりやすい海岸などの特殊な環境下では、断面修復部の周辺にマクロセル腐食による再劣化が発生する可能性があることが指摘されている<sup>3)</sup>。また、海岸の構造物は、PCM を用いて劣化部の断面修復を行った後、塩分浸透を防止するために、表面被覆材を塗装する場合が多い<sup>4)</sup>。しかし、表面被覆材は、有機系の材料を使用することが多いため、比較的劣化が早く、10 年程度で再塗装を施す必

要があり、足場設置費等も含めて LCC が増加する。また、PCM 自体の耐用年数も 30 年程度と比較的短い。

このような背景から、構造物の劣化部の補修・補強材料として、高耐久性な補修・補強材料が求められている。このニーズに応えるべく、ポリマーを添加することなく圧縮強度  $100 \text{ N/mm}^2$  以上、耐用年数 50 年以上を確保できるセメント系繊維補強材料「本補修・補強材料」を開発した。従来の PCM と比較してコストは同等で、優れた性能を有する材料であり、部材の厚さを低減できるとともに、LCC も低減でき、左官・吹付けの両方に使用できる（図-1）特徴を有する。本稿は、この本補修・補強材料の概要と施工事例を紹介する。

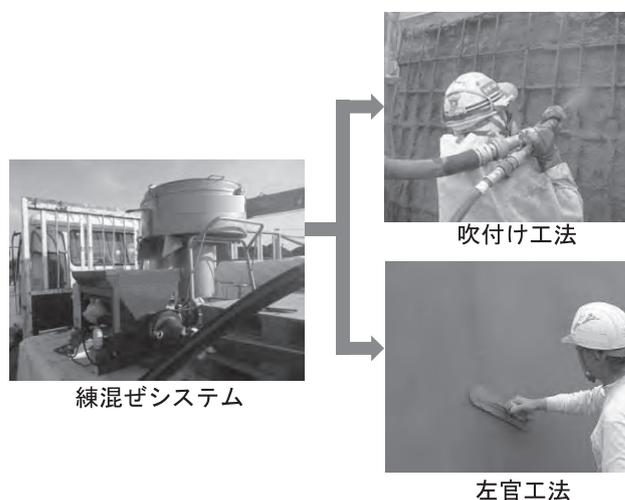


図-1 吹付け工法・左官工法併用のイメージ

## 2. 本補修・補強材料とは

### (1) 特長

一般のPCMと本補修・補強材料の性能の比較を表1に示す。一般のPCMは、圧縮強度が40 N/mm<sup>2</sup>程度であるのに対し、本補修・補強材料は、長期的に100 N/mm<sup>2</sup>の圧縮強度を確保できる材料である。このため、一般のPCMより少断面で同じ荷重を負担することが可能で、補強時の部材の厚さを低減でき、スリム化が可能となる。

表1 一般のPCMとの性能比較

項目	一般のPCM	本補修・補強材料
圧縮強度	40 N/mm <sup>2</sup>	100 N/mm <sup>2</sup>
同じかぶりにおける耐用年数	30年	50年
1回の施工で可能な吹付け厚さ	20 mm	40 mm

本補修・補強材料は組織が緻密であるため、二酸化炭素、塩分および水等が浸透しにくく、中性化および塩害に対して高い抵抗性を有する材料である。一般のPCMの耐用年数は30年程度であるが、本補修・補強材料は、50年以上の耐用年数を確保できる。この材料が有する高い耐久性により、LCCの低減が可能となる。

コンクリート構造物の補修・補強を行う場合、従来は、施工規模の大小に応じて、吹付け工法と左官工法とを使い分けている。そのため、それぞれの施工方法に応じて別々の種類のPCMを使う必要があり、作業が煩雑になりがちであった。本補修・補強材料は、練混ぜ水量を調整することで、吹付け工法と左官工法のどちらの工法にも使用が可能であり、建築構造物など比較的狭い場所の施工から、栈橋の補修など土木構造物の広範囲の施工に至るまで、一種類の材料で対応することができる。また、この工法は吹き付けた後でも、容易にこて仕上げを施すことができ、表面を平滑に処理できる。さらに、付着性も優れており、一度に厚く吹き付けることができるため、吹付け回数の低減などにより工期の短縮が可能となる材料である。

### (2) 材料

本補修・補強材料用の結合材には、高強度用の特殊セメント系材料を使用している。構成材料を表2に示す。荷姿は混和剤等を内添したプレミックスタイプの袋体である。また、補強用の有機短繊維は、ビニロン短繊維、ナイロン短繊維、ポリプロピレン短繊維な

表2 構成材料

材料	仕様
プレミックス粉体	高耐久特殊セメント材 本補修・補強材料
練混ぜ水	水道水
短繊維	ビニロン短繊維 ナイロン短繊維 ポリプロピレン短繊維

どを目的に応じて使用する。

モルタルの練混ぜ方法は、プレミックス粉体と練混ぜ水をモルタルミキサに投入して3分間練り混ぜた後、有機短繊維を投入し、さらに1分間練り混ぜる。練混ぜの状況を写真1に示す。練り上がったフレッシュモルタルの品質は、JIS A 1171に準拠し、小型のスランブコーンを用いたスランブ試験により管理する。目標スランブは、圧送性、吹付けや仕上げの施工性から45 mmと設定した。スランブ試験の状況を写真2に示す。

### (3) 品質

本補修・補強材料の品質として、圧縮強度、中性化に対する抵抗性および遮塩性について確認した。実験結果を以下に示す。



写真1 モルタルの練混ぜ状況



写真2 スランブ試験の状況

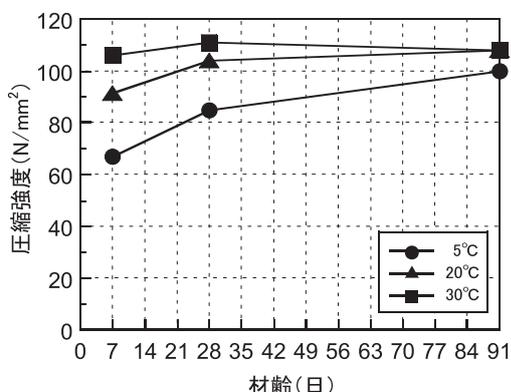
練上り温度を5℃、20℃および30℃と変化させて、圧縮強度特性を確認した。圧縮強度試験の結果を図一2に示す。5℃の環境下でも、材齢91日で圧縮強度100 N/mm<sup>2</sup>を確保できる。

中性化に対する抵抗性は、JIS A 1153に準拠した促進中性化試験により確認した。温度20℃、相対湿度60%、二酸化炭素濃度5%の環境下で、1年間促進した後の中性化深さは0.1 mm以下であった。中性化深さの状況を写真一3に示す。遮塩性は、JSCE-G 572に準拠した浸せきによるコンクリート中の塩化物イオンの見掛けの拡散係数試験により確認した。温度20℃で濃度10%の塩化ナトリウム水溶液中に試験体を浸せきし、塩化物イオン濃度をJSCE-G 574に準拠

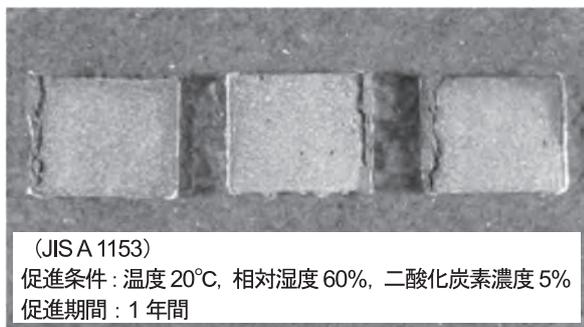
したEPMA法により測定した。浸せき期間12か月において、見掛けの拡散係数は0.046 cm<sup>2</sup>/年であった。鋼材の塩化物イオンによる腐食発生限界濃度を1.2 kg/m<sup>3</sup>とした場合の共用期間と塩化物イオンの浸透深さの関係を図一3に示す。かぶり40 mmで耐用年数50年を確保できることを確認した。

(4) 吹付けシステム

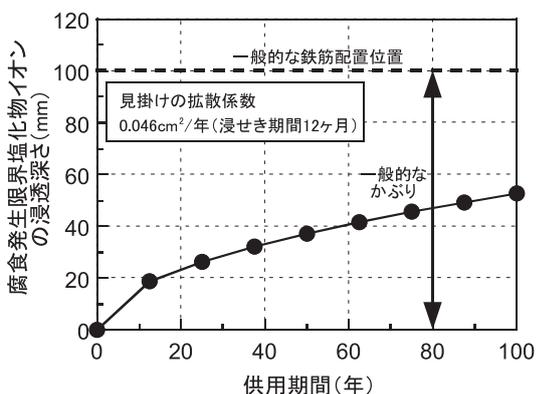
吹付けに使用する機械は、写真一4および写真一5に示すとおり、汎用のモルタルミキサ、ホッパー、スクイズポンプおよびコンプレッサーを使用したシステムとした。吹付けシステムの設置状況を写真一6に



図一2 圧縮強度の履歴



写真一3 促進中性化試験結果



図一3 腐食発生限界塩化物イオンの浸透深さ



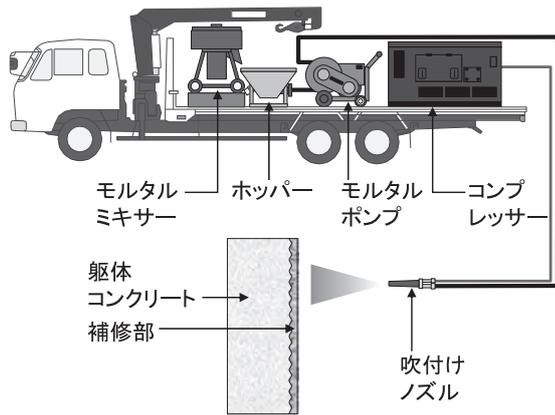
写真一4 モルタルミキサおよびホッパー



写真一5 スクイズポンプ



写真一6 吹付けシステムの設置状況



図—4 車載型の吹付けシステム



写真—7 吹付けの状況 (床版下面)

示す。また、図—4に示すように、これらの使用機械をユニック車等のトラックに積載した車載型のシステムとすることで、容易に吹付け機械を移動することができ、延長の長い工事や施工範囲の広い工事にも対応可能である。

### (5) 施工手順

本補修・補強材料を用いた補修の標準的な施工手順を説明する。最初にテストハンマー等により劣化範囲を調査し、浮きや剥離・剥落の認められる部位や塩分が浸透したコンクリートをすべて除去する。はつりとした打継ぎ面は微粉等が残らないよう圧縮空気等によりきれいに掃除を行う。次に、鉄筋の断面が腐食などで欠損している場合は代替鉄筋で補強を行い、鉄筋に防錆剤を塗布した後、はつり面にプライマーを塗布する。吹付け機械の準備が整ったら、モルタルの練混ぜを行い、吹付けを行う。吹付け完了後、桟木や定規等で粗仕上げを行い、最後に金ごてにより平滑に仕上げる。十分硬化した後、養生剤を塗布し、施工完了となる。

## 3. 実補修工事への適用

### (1) 棧橋構造物の床版下面への適用 (その1)

海岸線に構築されている大型船が接岸する棧橋構造物が、塩害により著しく劣化していた。この棧橋構造物は、鋼管杭を基礎にしたSRC造の梁上部にRC床版を設置した構造で、建設から約45年が経過して、梁や床版のかぶり部分のコンクリートの一部が剥離・剥落している状態であった。補修にあたり、耐久性の高い材料による補修が求められ、本材料を適用した。

事前に床版断面の塩化物含有量を調査し、塩化物イオン濃度が $1.2 \text{ kg/m}^3$ 以上に達する高濃度の塩分浸透部分を除去した。腐食により断面が欠損した鉄筋は交

換し、露出した鉄筋全体に防錆材を塗布した。吹付け状況を写真—7に示す。断面修復の厚さは130 mm程度であった。1層あたりの吹付け厚さは40 mm程度とし、4層目の吹付けが完了した後に仕上げを行った。圧送距離は約40 mであり、 $\phi 50 \text{ mm}$ の耐圧ホースとフレキシブルホースを繋いで使用した。施工速度は約 $0.3 \sim 0.5 \text{ m}^3/\text{h}$ であった。ポンプの圧力は標準的に1.0 MPaで圧送でき、施工の状況は良好であった。

### (2) 材料貯蔵設備の壁部材への適用 (その2)

大量の鉱石等を保管するRC造の貯蔵設備の壁面が、鉱石等を投入する際の衝撃や摩耗等により、部材にひび割れやかぶり部分の剥離等が発生し、さらに鋼材腐食により剥落が生じていた。これまでは、普通のコンクリートの表面に鉄板を貼り付けて補修していたが、鉄板の摩耗や剥がれによる再劣化が発生した。そこで、補修にあたり、長期耐久性と摩耗に強い材料が求められ本補修・補強材料を適用した。

浮きが認められるコンクリートをすべてはつり取った後、腐食により断面が欠損した鉄筋は交換し、防錆剤を塗布した。壁面への吹付け状況を写真—8に示す。断面修復の厚さは80 mm程度であり、1層あた



写真—8 吹付けの状況 (壁面)

りの吹付け厚さは50 mm程度とした。圧送距離は約25 mで、φ 50 mmの耐圧ホースとフレキシブルホースを繋いで使用した。施工速度は0.8 m<sup>3</sup>/h程度で、ポンプの圧力は1.0 MPa程度であった。壁面への吹付けにおいても施工の状況は良好であった。

#### 4. おわりに

ポリマーを添加することなく、圧縮強度100 N/mm<sup>2</sup>以上の圧縮強度を有し、耐用年数50年以上確保できる高強度で耐久性に優れた本補修・補強材料「タフショットクリート<sup>®</sup>」を開発した。この工法を用いることで、生産性の向上とライフサイクルコストの低減が期待できる。今後、増大するコンクリート構造物のリニューアル工事に積極的に適用し、社会インフラ等の維持管理に貢献していく予定である。

#### 謝 辞

技術開発にあたり、材料の選定、材料の製造・供給、データの測定等、多大な協力をいただいた宇部興産(株)の関係各位に深謝致します。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 土木学会:吹付けコンクリート指針(案)[補修・補強編], コンクリートライブラリー第123号, 2005.7
- 2) 宮川豊章他:コンクリート補修・補強ハンドブック, 朝倉書院, pp.425-430, 2011.6
- 3) 渡部正他:部分断面修復工法で補修した鉄筋コンクリート部材の鉄筋腐食性状に関する研究, 土木学会論文集, E2(材料・コンクリート構造), Vol.69, No.3, PP.281-294, 2013.7
- 4) 日本コンクリート工学会:コンクリート診断技術'16[基礎編], 2016.2

#### [筆者紹介]



川西 貴士(かわにし たかし)  
 (株)大林組  
 本社 技術本部 技術研究所 生産技術研究部  
 主任研究員



石関 嘉一(いしぜき よしかず)  
 (株)大林組  
 本社 技術本部 技術研究所 生産技術研究部  
 主任研究員



平田 隆祥(ひらた たかよし)  
 (株)大林組  
 本社 技術本部 技術研究所 生産技術研究部  
 主席技師

# 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

高橋 克明

北海道夕張市にある滝の上発電所は、1925（大正14）年に北海道炭礦汽船（株）の自家発電施設として建設された、雪解け水を利用する季節限定の水力発電所である。近年は、幾度か所有者の移転を経たのち北海道に譲渡され、道営発電所として運営されている。本稿では、この産業遺産であるレンガ造りの発電所建屋の補修や耐震補強、改築する水力発電施設の立坑掘削について報告する。

キーワード：発電所建屋、耐震補強工事、補修工事、立坑、内空変位、増しロックボルト

## 1. はじめに

滝の上発電所は、石狩川水系石狩川支流の一級河川である夕張川より取水を行う赤レンガ造りの発電所建屋を有する水力発電施設である。発電所の使用開始は1925年（大正14年）で北海道炭礦汽船（株）が建設、運用していたが、採炭事業から撤退後、幾度か所有者の移転を経たのち、1994年（平成6年）より北海道企業局が運営、管理をしている。建設から約90年の年月が経過し、発電施設の老朽化、コンクリート他建造物の劣化が顕著になってきたため、本改修事業により、越流堤、沈砂池、導水路、水槽・余水路、水力発電施設、放水路の改築、発電所建屋の補修と補強を行うこととなった。使用開始当時の最大出力は2基の水車で2,340 kWであったが、今回の改修では1基のみで1,900 kWの最大出力と計画されている。

## 2. 発電所建屋の耐震補強と補修

### (1) 耐震補強工事

建設後約90年経過したレンガ造りの発電所建屋は、円筒法と呼ばれる溶かしたガラスを円筒状に膨らませ、そこから加熱しながら板状に延ばしていく製法による表面にゆがみのある窓ガラスと、戦時中の空襲対策として塗られたコールタールが今も外壁に残る歴史のある建造物である。レンガ壁は、モルタルを目地材としてレンガを積み重ねるものであるが、施工する技術者の技量や目地部のモルタルの配合具合により建造物毎の品質は異なり、100年を超える耐用年数のあるレンガと経年により劣化するモルタルは長い年月に

よりその一体性は低下していく。今回の耐震補強工事では、外部鉄骨ブレースによる補強を行うと外観の景観を損ねるため、内部に鉄骨ブレースと方杖を併用する補強方法を採用した（写真—1）。

また、機能及び外観上必要の無い窓や出入り口等の開口部を塞ぐことで外壁の強度を上げ、内側より補強のできない外壁の突出部には、アラミドロッドをレンガ外壁天端より挿入することで水平荷重に対する耐力を向上させた（写真—2）。



写真—1 耐震補強完了全景（内側）

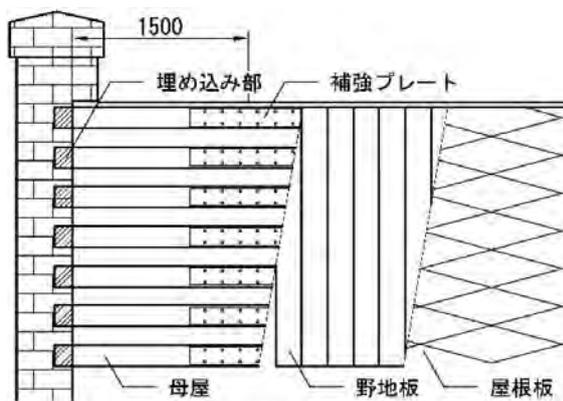


写真—2 アラミドロッド施工状況

(2) 補修工事

レンガ壁の開口部閉鎖は、内部に無収縮モルタルを打設し、外部をレンガ積みにした。レンガの厚みが現在と建設当時で異なったため、市場調査を実施し、同じ厚みのレンガを探して使用することで違和感の無い仕上がりになるように配慮した。

老朽化した屋根については、母屋（骨組み）の腐食箇所、レンガ壁に埋め込まれた部分を含む1.5mほどを切断し、埋め込み部に防腐処理をして補強プレートで切断部と再接続した後、野地板（屋根の下地材）を残して断熱材とルーフィング（防水シート）を張り、屋根板を張替えた（図一1）。



図一1 屋根補修工事概要

木製建具（窓枠）についてはすべて再利用することとしたが、色あせた建具は一度全てを撤去した後、耐震補強の鉄骨と共に現存する資料をもとに同じ色で塗装して再設置を行った。事前に断面の欠損した建具枠は埋め木による処置を施し、建具下枠にはエポキシ樹脂による吸水防止処理を行った。

外壁は、レンガ壁のクラックと腰壁コンクリート（1F窓枠以下の基礎コンクリート）の浮き部にエポキシ樹脂を注入後、外壁全体を洗浄し、浸透性吸水防止材を塗布することで耐久性を向上させた（写真一3）。

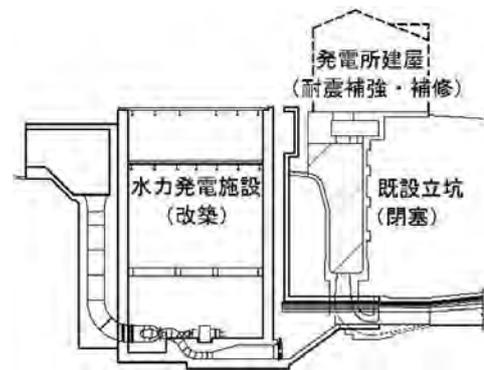


写真一3 補修完了全景

3. 立坑掘削時における地山の変位と対策

(1) 掘削に伴う変状, 変位

改築する水力発電施設は、発電所建屋直下の既設立坑をエアモルタルで閉塞し、隣接する取水口を取り壊して新たに立坑を掘削し構築するものである。額縁工と呼ぶ高さ8m程度のオープン掘削の法面があり、その下方が深さ約24mの吹付けコンクリートとロックボルトを支保工とする矩形断面の自立型土留の立坑となっている（図一2、写真一4）。



図一2 水力発電施設断面図



写真一4 立坑掘削状況

この立坑の掘削の進行に伴い、額縁部法面の吹付コンクリートにはクラックやロックボルトのプレートに変形が発生し、立坑の内空が減少する方向に変位が出始めた（写真一5）。

立坑の内空変位は、掘削とともに変位が進行したが、掘削休止中に変位量が僅かになる状況から、大型ブレイカー掘削による振動の影響が考えられたため、壁面から1m程度のベンチを反力として残し、振動



写真一五 変状状況 (プレートの歪み)

による影響の低減を試みたが、効果を得られなかった。

計画時には限界ひずみ法による変位量を算定していたが、上部から8リフト目(立坑部、深度10m)施工時に最終変位量を把握する意味で、2次元FEM解析を行うこととした。最終変位量を今まで計測した変位量をもとに逆解析したところ、最終変位が68mmとなり、限界ひずみ法では62.8mmと結果が近く、その結果に一定の安心を得た。

10リフト目(立坑部、深度12.5m)完了後、法面の変状や立坑の変位に収束傾向がみられないことから、掘削を一時中断し、地中変位計、ロックボルト軸力計の計測結果をもとに、変位を抑制するための対策工を検討、実施することとした。

## (2) 額縁工の対策

クラックが発生した部分の吹付コンクリートは、厚さ15cmの増吹きを行い、地中変位計の計測結果からロックボルトの定着位置が浅いことが変位発生の原因であると推測されたため、当初5mの長さから7mに変更した長尺ボルトを追加打設(増しロックボルト)した。その後、新たな変状の発生は無く、一定の効果を得ることができた(写真一六)。



写真一六 増しロックボルト施工状況 (額縁)

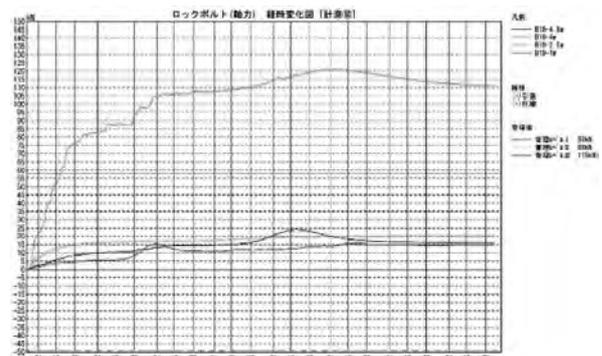
## (3) 立坑部の対策

内空変位の管理では、限界ひずみ法による最終変位を62.8mmとして管理レベルをⅠ(31.4mm)・Ⅱ(47.1mm)・Ⅲ(62.8mm)の3段階に設定していたが、10リフト目完了後(80日経過)でも、明確な収束傾向がみえず、額縁工の増しロックボルトに加え、立坑部も増しロックボルトによる対策工を8リフト目(深度10m)まで実施した。ロックボルトの規格は変状の状況と地中変位計、ロックボルト軸力計の計測値をもとに長さを変更し、材質も異形棒鋼(SD345)から耐力がより大きいねじり棒鋼(STD510)に変更した。

掘削再開後、対策を実施した立坑部の変位速度は、約40%程度に緩やかになった。しかし、未対策区間に新たに設置したロックボルト軸力計では、掘削の進行に伴い、顕著な軸力の増大がみられた。ロックボルト軸力計の耐力管理には、内空変位と同様に3段階の管理レベル(管理レベルⅠ:安全率2.0・管理レベルⅡ:安全率1.3・管理レベルⅢ:安全率1.0、ロックボルトの耐力に安全率を乗ずることにより定める)を設定していたが、未対策区間での軸力が急速に管理レベルⅡを超過する可能性が明確となり、再度増しロックボルトを8から14リフト目(高さ7.5m分、合計対策高さ17.5m)まで実施することにした(写真一七、図一三)。



写真一七 増しロックボルト施工状況 (立坑)



図一三 ロックボルト軸力計の経時変化図

これらの対策により変位速度は緩やかになり、所定の最終掘削盤である19リフト目（深度24m）の掘削を完了することができた。

掘削完了後の変位は、1mm/月程度まで収まり、収束が認められ躯体工事へと工事は進化した（写真—8）。



写真—8 躯体構築状況

#### 4. おわりに

本工事により、建設後約90年経過した建造物を改築するという希少な経験を得ることができた。現存する建造物を調査し改築する中で、先人たちの苦労が見えてくるようであった。建設当時の資料を見る機会があったが、建設機械と呼べる物も無く、そのすべてで人力を主力とする施工状況に本当に驚かされた。

この先、また長い年月を過ごすであろう産業遺産であるこの滝の上発電所を後世に残す工事に携わることができ、技術者冥利に尽きるものであった。

本稿が類似した工事における施工計画、施工管理の一助となれば幸いである。

JCMA

#### 《参考文献》

- 1) 北海道企業局ホームページ

#### 【筆者紹介】

高橋 克明（たかはし かつあき）  
伊藤組土建(株)  
土木部 技術管理課  
係長



# 歴史的建造物（レンガ建屋）の曳家工法による保存 蹴上浄水場第1高区配水池改良工事

北村 徹二・大西 正毅

京都市東山区に位置する蹴上浄水場は、明治45年に完成し、一部を更新しながら現在も供用されており、平成19年に近代化産業遺産として認定されている。この浄水場内にある第1高区配水池は、創設期の姿を残している唯一の構造物で、当工事は、この歴史的建造物の外観を保持したまま、当配水池の改築更新・耐震化を行うものである。改築にあたり、既存の流入および流出弁室の2棟のレンガ建屋は、新設する両弁室の上屋として再利用する計画であったため、補強後、曳家工法により仮置き、復旧した。

本稿では、老朽化が顕著であったレンガ建屋の補強方法と曳家工法について報告する。  
キーワード：改築更新、曳家工法、歴史的建造物、レンガ建屋、近代化産業遺産

## 1. はじめに

京都市東山区に位置する蹴上浄水場は、明治45年に完成し、平成19年に「京都における産業の近代化の歩みを物語る琵琶湖疏水などの近代化産業遺産群」の構成遺産として認定されている。当工事は、この浄水場内にある第1高区配水池（写真—1）の改築更新・耐震化を行うものであるが、当配水池は、蹴上浄水場の創設期の姿を残している唯一の構造物であるため、明治期の土木遺産として、流入および流出弁室の2棟のレンガ建屋とレンガ造りの外壁をそのまま保存する必要があった。

新設の配水池は、既設の配水池と弁室の取壊し後、同じ場所に築造する計画であったため、再利用するレンガ建屋を曳家工法により一旦仮置き場所に移動し、新設配水池の完成後、再度曳家により元の場所に復旧した（図—1）。



写真—1 第1高区配水池

なお、これらのレンガ建屋は築造後100年以上が経過し、老朽化が顕著であったことから、壁の補強や新たな基礎の築造を行った後に曳家を実施した。本稿では、建屋の補強方法と曳家工法について報告する。

## 2. 工事概要

工事名称：蹴上浄水場第1高区配水池改良工事

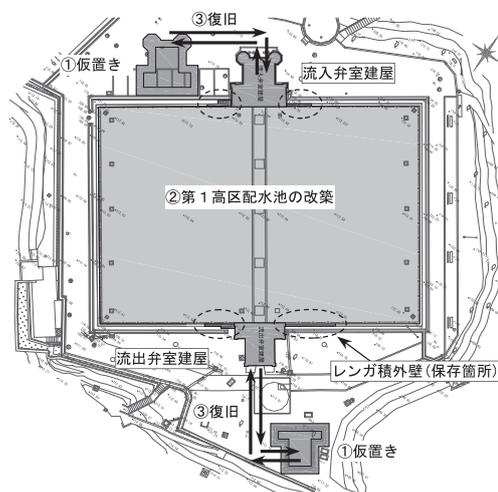
工事場所：京都市東山区栗田口華頂町3番地  
蹴上浄水場内

発注者：京都市上下水道局

工事監理：京都市上下水道局水道部施設課

施工会社：鴻池・今井・城産特定建設工事共同企業体

工期：平成25年12月～平成29年6月



図—1 曳家工事概要図

工事内容：新設管布設工（推進工事）

レンガ建屋補強工

レンガ建屋移設工（曳家工法）

配水池撤去工

配水池築造工

ステンレス内張工

### 3. レンガ建屋の補強方法

2つのレンガ建屋は、老朽化により壁にクラックや目地割れが多数あり、また、基礎や梁がなくレンガ積のみで築造されていたことから、曳家の前に補強を行い、ジャッキアップ時および曳家時におけるレンガの崩壊防止を図った（図-2）。

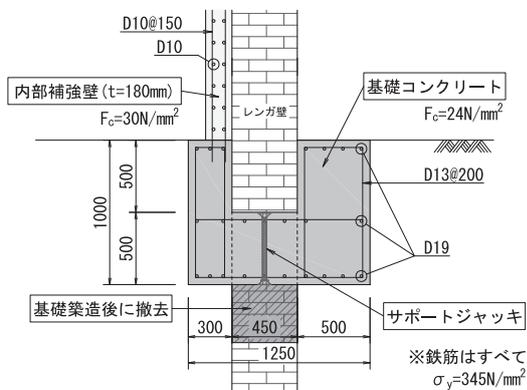


図-2 レンガ建屋補強詳細図

#### (1) 壁の補強方法

建屋の壁については内側に梁を設けるとともに、内面をRC構造の壁(t = 180 mm)で全面的に補強した。補強するにあたり、レンガ壁内面に施されていた仕上げ材のモルタルを撤去し、表面を粗にすることで、コンクリートの付着性を向上させた。補強前後の状況を写真-2, 3に示す。

#### (2) 基礎の築造方法

GL ± 0 m ~ GL - 1.0 m に築造した基礎の施工手順を以下に示す。なお、施工は1次と2次の2段階で実施した。

- ①レンガ建屋周囲をGL-1.7 m まで掘削
- ②1次施工部のレンガ壁 (GL - 0.5 m ~ GL - 1.0 m) を人力で撤去し、開口部にサポートジャッキを設置 (写真-4)
- ③サポートジャッキを残置した状態で基礎コンクリートを築造 (GL ± 0 m ~ GL - 1.0 m, 写真-5)
- ④2次施工部のレンガ壁撤去, サポートジャッキの設置, 基礎コンクリートの築造 (写真-6)



写真-2 レンガ建屋の内部 (補強前)



写真-3 レンガ建屋の内部 (補強後)



写真-4 レンガ壁撤去 (1次施工部)

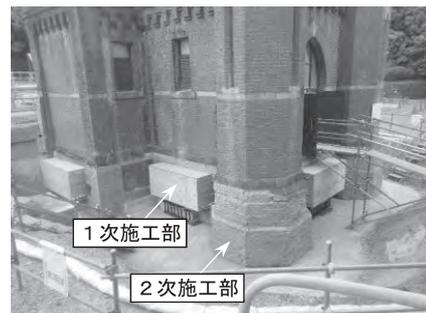
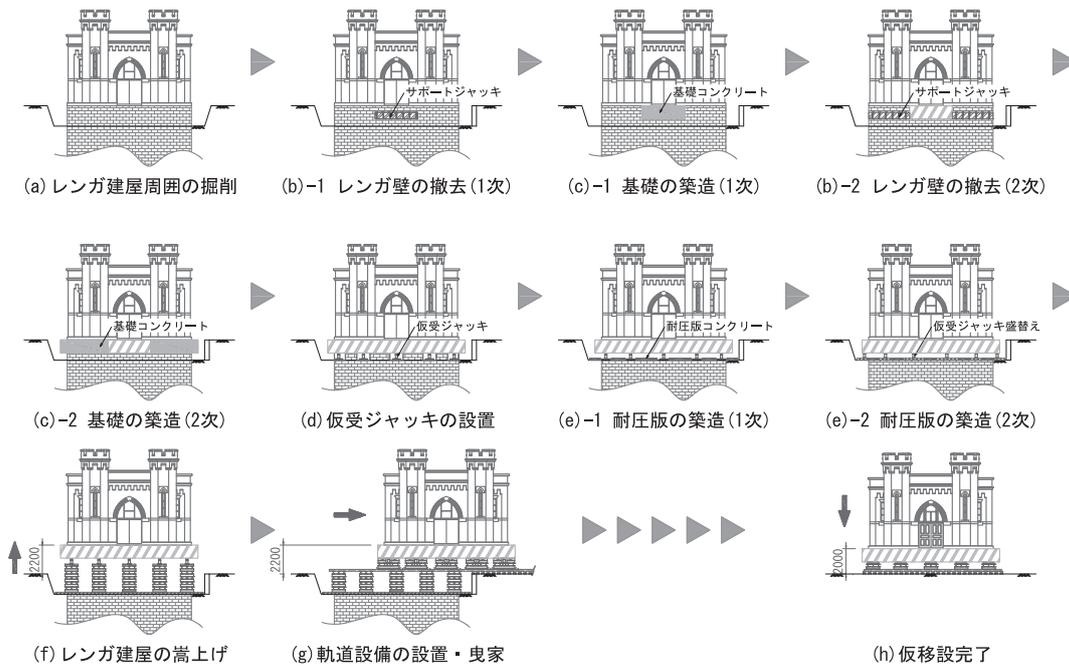


写真-5 基礎コンクリート築造 (1次施工部)



写真-6 基礎コンクリート築造 (2次施工部)



図一 3 流入弁室建屋の曳家工事施工手順（仮置き時）

### 4. 曳家の施工方法

#### (1) 仮置き時

流入弁室建屋の曳家による仮置きの手順を図一 3 に、また、各施工ステップの詳細を以下に示す。

(a) レンガ建屋周囲の掘削～(c) 基礎の築造

#### 3. (2) の施工手順により基礎を築造した。

(d) 仮受ジャッキの設置

基礎コンクリートの養生完了後、基礎下部のレンガ壁を部分的に人力にて撤去し（高さ約 50 cm）、撤去部に油圧ジャッキを 14 基設置してレンガ建屋を仮受けした（写真一 7、図一 4）。

(e) 耐圧版の築造

仮受ジャッキによりレンガ建屋を支えた状態で、残りのレンガ壁を人力にて撤去し、レンガ建屋を嵩上げするための土台となる耐圧版を築造した（写真一 8）。ジャッキ設置箇所の耐圧版については、先に施工した耐圧版上にジャッキを盛り替えてから築造した。

(f) レンガ建屋の嵩上げ（ジャッキアップ）

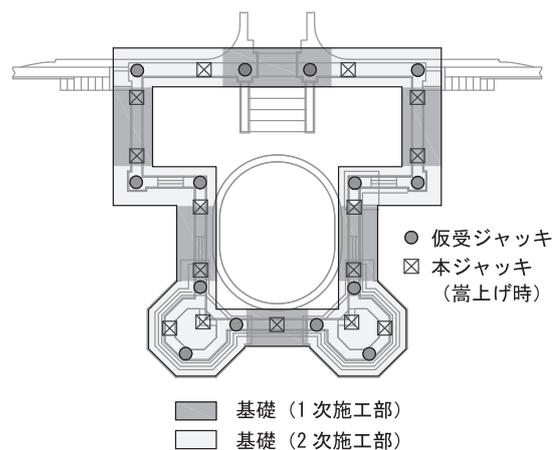
油圧ジャッキと井桁部材を組み上げながら、曳行する高さまで嵩上げを行った（写真一 9）。すべてのジャッキは同調して作動するため、自動で常に水平状態を維持しながらレンガ建屋を上昇させることができるが、より安全を期すために、5 cm 上昇するごとにレベルを用いて直接建屋の水平状態を確認した。

(g) 軌道設備の設置・曳家

枕木・レール・コロ棒等の軌道設備を設置し、推進ジャッキを用いて約 1 m を 1 時間程度のスピードで



写真一 7 仮受ジャッキ設置状況



図一 4 ジャッキ設置位置図

レンガ建屋を移動した（写真一 10～12）。

(h) 仮置き完了

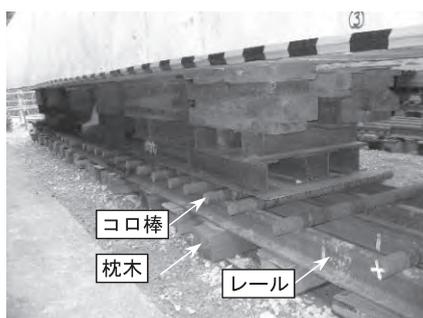
レンガ建屋の下に井桁鋼材を設置してジャッキダウンし、レンガ建屋を仮置きした。



写真一8 耐圧版コンクリート



写真一9 嵩上げ状況



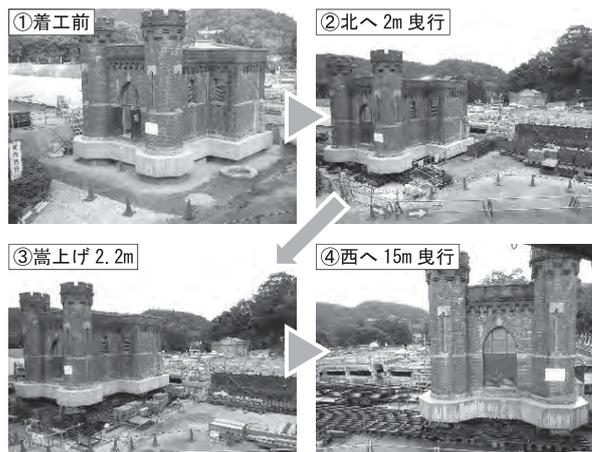
写真一10 軌道設備



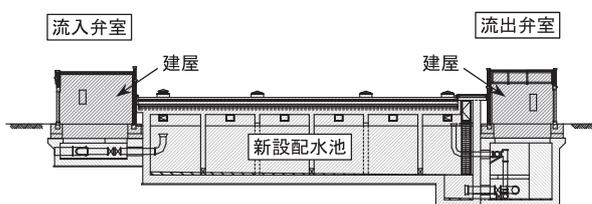
写真一11 推進ジャッキ



写真一12 曳家状況



写真一13 流入弁室建屋の移設状況



図一5 レンガ建屋復旧時断面図

流入弁室建屋の総移動距離は約17mで、第1段階では0.6m嵩上げした後に、北方向に約2m曳行した。第2段階ではさらに1.6m嵩上げ(計2.2m)し、西方向に約15m曳行して所定の位置に仮置きした(写真一13)。なお、移動に要した日数は北方向で1日、西方向で2日であった。

## (2) 復旧時

流入および流出弁室建屋の復旧は、仮置きしている建屋を再度曳家で元の場所に戻し、新設した弁室の上に乗せて固定した(図一5)。流入弁室建屋の復旧手順を以下に示す。

### (a) 軌道設備の設置・曳家

枕木・レール・コロ棒等の軌道設備を設置し、4基の推進ジャッキを用いて約1mを1時間程度のスピードでレンガ建屋を移動した。

### (b) 仮受ジャッキによる盛替え

所定の位置に移動後、軌道装置を撤去するために、仮受ジャッキにより盛り替えた(写真一14)。

### (c) レンガ建屋の嵩下げ(ジャッキダウン)

曳行する高さが最終定着する高さより約2m高いため、嵩上げ時と同様、油圧ジャッキと井桁部材により嵩下げを行った。

### (d) 井桁鋼材への定着

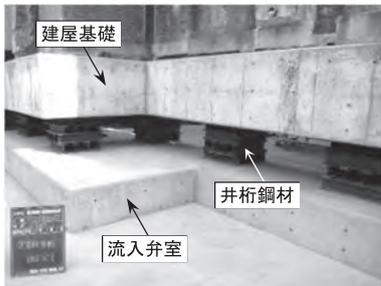
嵩下げを繰り返し、流入弁室の天端部に設置した井桁鋼材にレンガ建屋を定着した(写真一15)。

(e) 固定用コンクリートの打込み

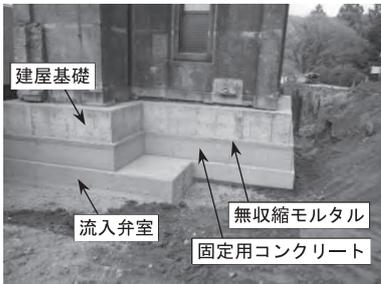
建屋の基礎コンクリートと流入弁室天端との約60cmの空間は、井桁鋼材を残置した状態でコンクリートを打込み、そのうち上部7cmの部分については無収縮モルタルを充填してレンガ建屋を流入弁室に固定した(写真—16)。



写真—14 盛替え状況



写真—15 井桁鋼材への定着状況



写真—16 建屋の固定完了

流入弁室の建屋は2日で東方向に15m、1日で南方向に2m移動し、また、流出弁室の建屋は1日で西方向に8m、2日で北方向に15m移動した。その後、それぞれの建屋を新設した弁室に固定したが、設計位置との誤差をとともに高さ3mm、平面5mm以内に収めることができた。

(3) 計測管理

曳家時は高さと平面位置の管理を行うことで、レンガ建屋の傾斜や転倒を防止した。計測管理方法を表—1に、計測結果を表—2に示す。計測値はすべて管理

表—1 計測管理方法

管理項目	計測方法
高さ	レールの高さをレベルで計測
平面位置	レールと平行に設置した基準線(水系)と基礎コンクリートの外面との離隔を下げ振りをを用いて計測

表—2 計測結果

			1回目	2回目	3回目	4回目	管理値
			高さ	流入	仮置き時	-2	
復旧時	4	4			1	3	
流出	仮置き時	3		2	-3	-3	
	復旧時	3		3	2	3	
平面位置	流入	仮置き時	-3	-3	-2	-2	± 10 mm
		復旧時	1	3	4	5	
	流出	仮置き時	5	5	4	4	
		復旧時	2	3	5	3	

※計測は5m移動毎に実施

値以下であり、復旧後の外観調査においても建屋に損傷は認められなかった。

5. おわりに

老朽化が顕著なレンガ建屋の曳家を行ったが、事前に補強を行うとともに、綿密な計画・計測管理のもと施工することで、損傷することなく復旧することができた。

蹴上浄水場の第1高区配水池は、近代化産業遺産の琵琶湖疏水や蹴上インクラインなどと並び称され、歴史的建造物としての価値が高まっている。ライフラインとして重要な水道施設を維持・更新しながら、創設期の姿を残している建物を保存して未来へ受け継いでいくことは、文化的な見地においても重要で意義深いことであり、工事を通じて微力ながらその一助となることができたことを誇りに思う。

JCMMA

【筆者紹介】



北村 徹二 (きたむら てつじ)  
 (株)鴻池組  
 蹴上浄水場第1高区配水池改良工事事務所  
 所長



大西 正毅 (おおにし まさたけ)  
 (株)鴻池組  
 本社 土木事業本部 土木技術部 設計技術課  
 課長

# 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

遠藤孝治・岩本将平・河本 潔

船場センタービルは、大阪市を中心街にある、延べ床面積約17万<sup>2</sup>m<sup>2</sup>、東西長さが約1kmにわたる長大な商業施設である。完成から40年以上が経過し、阪神高速道路及び市道の高架道路と一体に建設されており、交通振動により外壁タイルが剥落する危険性があったため、外壁ピンネット工法によるタイル落下防止を実施することになった。また、タイル落下防止の後には、鉄骨下地組の上に新たに金属製パネル貼の外装を設けた。本報文は、外壁ピンネット工法を中心とした外壁改修の取り組みについて紹介する。  
キーワード：外壁改修、居ながら工事、タイル落下防止、外壁ピンネット工法、アルミパンチングパネル

### 1. はじめに

船場センタービルは、大阪市のほぼ中央を東西に通る幹線道路「中央大通」の中央分離帯に立つ道路上の長大な商業ビルである。屋上には高速道路及び市道を走らせており、東西長さが約1,000mにわたる建物で、一見するとひとつの建物に思えるが、地上を南北方向に交差する「筋」と呼ばれる道路により、1号館から10号館までの合計10棟のビルに分かれている。

大阪万国博覧会が開催された1970年（昭和45年）の完成であり、竣工40年以上を経て外壁タイルの劣化が見受けられ早急な外壁改修が必要になった。

本工事では、単なる外壁改修ではなく建物イメージの一新を目指し、既存外壁タイルを補修した上で、外観は繊維のまち・船場に因んだ「織物」をモチーフにした伝統的な着物小紋柄のパンチングを施したアルミパネルを取り付けることで、船場ならではの街並の演出をしている。

### 2. 既設建家概要

名称：船場センタービル

建築面積：31,248.35 m<sup>2</sup>

延床面積：170,324.94 m<sup>2</sup>

構造：RC造（1～9号館）、SRC造（10号館）

1号館、10号館：地上2階・地下2階

2号館：地上3階・地下2階

3～9号館：地上4階・地下2階

竣工年：昭和45年（1970年）

### 3. 工事概要

工事名称：船場センタービル外壁改修工事

工事場所：大阪市中央区船場中央一丁目から四丁目  
地内（1号館～10号館）

発注者：船場センタービル区分所有者会

設計監理：(株)石本建築事務所

設計監修：(株)大建設計

施工者：(株)熊谷組

工事期間：平成25年8月～平成27年5月

主な工事内容：外壁ピンネットによるタイル落下防止  
外壁吹付け塗装  
外壁アルミパネル  
雨水管付替工事  
コロネード床タイル

### 4. 建物配置と工事の進め方

船場センタービルの外壁は、全面が磁器質タイル貼となっており、外壁改修工事をするために、建物が接している平面道路の中央大通をはじめ、それと直交する各筋にも外部足場を設置する必要があった。

全長が東西に約1,000mあるため、下記のように全体を4工区に分割して、部分的に引き渡ししながら工事を行った（図-1）。

1工区：1号館・2号館（H25.8～H26.1）

2工区：3号館・4号館・5号館（H25.12～H26.7）

3工区：6号館・7号館・8号館（H26.6～H26.12）

4工区：9号館・10号館（H26.12～H27.5）

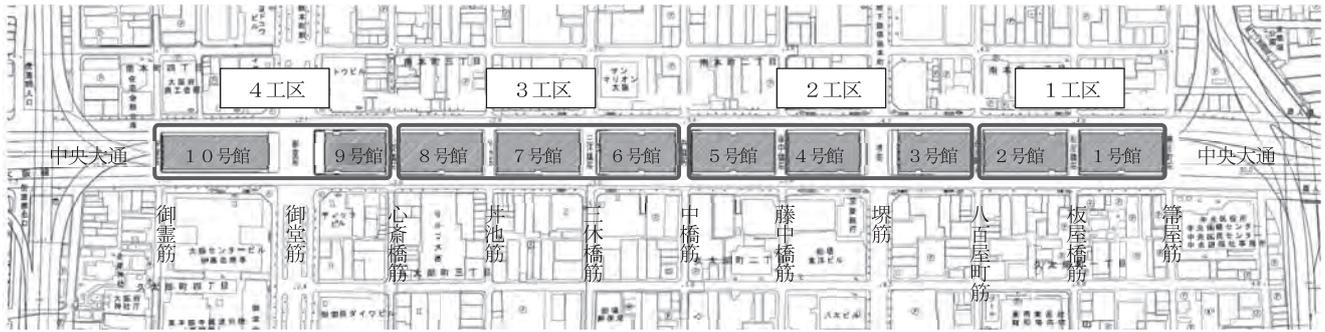


図-1 配置図

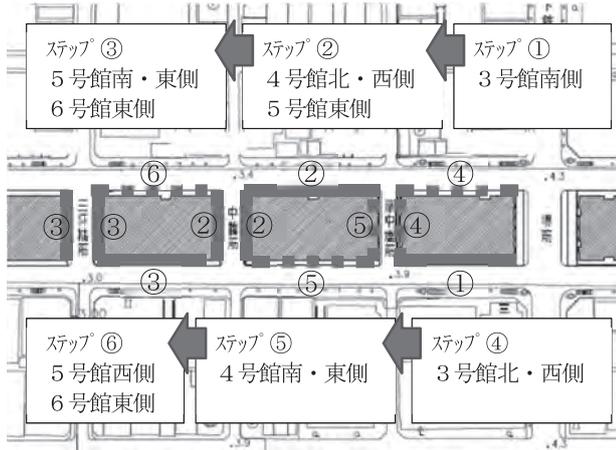


図-2 2工区の施工順序



写真-1 一般部の改修前



写真-2 一般部の改修後

警察との事前協議により、同一号館の中央大通と接する南北面は同時に施工をしないように指示を受けていたため、事前に施工順序の綿密な検討を行った後に、計画通り施工を実施した。

工事の進め方については上図を参照（図-2）。

### 5. 外壁改修工事

本工事のメインとなる外壁タイル落下防止工事についての説明を行う（写真-1, 2）。

ここでは、中央大通りに面した南面・北面を「一般部」、中央大通りと直交する筋に面した東面・西面を「筋部」と呼ぶ。

今回の工事では、既存磁器質タイル外壁面に「外壁複合改修工法（ピンネット工法）」を採用している。

この工法は、既存仕上げ層を撤去せずに、その上からカチオン系樹脂モルタルとビニロンネットを被覆して新たに下地層を構築し、アンカーピンで既存仕上げ層と新規下地層を躯体に固定して脱落を防止する外壁補修工法である。

施工手順としては、

- (1) 事前準備
- (2) 外壁調査

- (3) 下地処理作業
- (4) 樹脂モルタル下塗・ネット貼付け
- (5) ドリル穿孔
- (6) アンカーピン打設
- (7) 樹脂モルタル中塗り
- (8) 樹脂モルタル下地仕上
- (9) 仕上げ塗材施工

の順序で実施した。  
以下に施工手順に沿った工程毎の実施詳細を説明する。

### (1) 事前準備

事前準備として、外部足場の設置、外壁の窓の養生、外部サイン看板及び樋カバーなど付属物の撤去を行った。

中央大通に面した部分の外壁改修を行う場合は、車両の外部足場への接触等による事故を防止するために、片側4車線の内1車線に仮設のガードレールと車線変更を誘導する誘導サインと緩衝帯を設置した上で、改修作業用の外部枠組足場を設置した。

また、中央大通と直交する筋部については、両側の外部足場を舗道上に組み、筋部上部の渡り廊下にも足場を架け渡した。

その後、ガラスの養生と建物内部のプライバシー保護のために、透光性のあるプラベニヤを使って外壁の窓の養生を行った。

また、外壁に取り付いている外部サイン看板や樋カバーなどは、予め改修工事の範囲から移設または撤去を行った。

### (2) 外壁調査

事前準備が終わった後に、外壁の調査を行った。

まず、既存外壁タイルのひび割れ、浮き、欠損等の調査を目視と全面打診検査により行い、補修範囲のマーキングと補修数量の確定を行った(写真-3)。



写真-3 タイル打診検査

また同時に、コア抜きによる既存仕上げ層の厚み測定調査を実施し、その測定結果を基にネットアンカーピンの長さを決定した。この測定用のコア抜きは、各号棟の東・西・南・北の各面について、上階1箇所、下階1箇所で行った。ネットアンカーピンの長さは、コア抜きで得られた仕上げ層の厚み + 35 mm とした。

また、補修工事前にネットアンカーピンの引き抜き強度試験を各号棟の各面で行い、確実に強度が出ることを確認した。

### (3) 下地処理作業

下地処理として、ピンネット工法の下地となる既存外壁タイルの補修を行った。補修に際しては、以下のように劣化基準毎の補修方法を決めて補修を行った。

#### (a) 欠損、脆弱部の補修

欠損は、樹脂モルタル等を使用して、充填工法で補修する。脆弱部は、はつり取った後、欠損部の補修を行う。

#### (b) 鉄筋の補修

露筋補修工法で補修する。露筋補修工法では、劣化部分をはつり落とし、鉄筋を防錆処理した後、樹脂モルタル等を使用して補修する。

#### (c) ひび割れの補修

0.3 mm 以上のひび割れについては、エポキシ樹脂注入を行うか、Uカットしてシールをする。

#### (d) 浮き部補修

モルタルや磁器質タイルの浮き部は、

- ・ 0.25 m<sup>2</sup> 以内は、必要に応じてエポキシ樹脂等の注入ピンニング工事を行う。
- ・ 0.25 m<sup>2</sup> を超え 0.5 m<sup>2</sup> 以下の浮きは、エポキシ樹脂注入ピンニングを行う。
- ・ 0.5 m<sup>2</sup> を超える浮きや、太鼓状の浮きは、はつり取った後に、樹脂モルタル等を使用して下地調整を行う。

出隅部の浮きは面積に関係なく注入ピンニング工法を行うか、はつり取った後に、樹脂モルタル等を使用して下地調整を行った(写真-4)。



写真-4 エポキシ樹脂注入

#### (e) 不陸調整

不陸のある既存仕上げ層は平滑になるように不陸調整を行う。

上記の下地処理と同時に、外壁の窓廻りの劣化したシーリングの打ち替えも実施した。



写真一五 外壁高圧洗浄



写真一七 アンカーピン用の穴の穿孔



写真一六 下塗り・ネット貼付け



写真一八 アンカーピン打設

#### (4) 樹脂モルタル下塗り・ネット貼付け

樹脂モルタルの塗り付けに先立ち、既設壁面の汚れを除去するために、高圧水による外壁の洗浄を行った(写真一五)。

その後の樹脂モルタルの下塗りでは、金鋺にて300 mm 間隔で下塗り材を塗り付けた。塗布量の基準は、 $1.5 \sim 2.5 \text{ kg/m}^2$ 。

下塗り材を塗り付けた直後にネット(ビニロン繊維3軸ネット)を当てがい、金鋺でしごいてネットを埋め込み、下塗り材を伸ばして、均一かつ平滑になるように施工を行った。ネットは壁面の端からはみ出ないように設置し、ジョイント部は50 mmの幅で重ねて施工した。通常の養生は24時間以上実施する(冬場は2日以上必要)(写真一六)。

#### (5) ドリル穿孔

アンカーピン打ち込み位置を決めるために、縦横共に壁面の端から100 mm以上250 mm以内のタイル目地の位置に墨を打ち、以後500 mm毎に墨を打ち、ピンを打つ位置を決めた。

次に、電気ドリル(キリ径5.5 mm  $\phi$ )を使用して、アンカーピン用の穴を穿孔する。この時の穿孔深さ

は、[既存仕上げ層の最大厚み+躯体に対する埋め込み長さ35 mm]で決定した(写真一七)。

#### (6) アンカーピン打設

ピン穴より太いアンカーピン(6.0 mm  $\phi$ )を表面から30 mmの深さまで差し込み、専用ドリルビットでねじ込む(写真一八)。

#### (7) 樹脂モルタル中塗り

樹脂モルタルをアンカーピンの頭部に擦り込みながら全面に中塗りを行い、ネットやアンカーピンの頭部を隠ぺいするように塗る。塗布量の基準は、約 $1.5 \text{ kg/m}^2$ (写真一九)。

#### (8) 樹脂モルタル下地仕上

全面に樹脂モルタルを金鋺で塗布して、表層仕上げの下地として平滑に仕上げる。塗布量の基準は、約 $0.8 \text{ kg/m}^2$ (写真一〇)。

#### (9) 仕上げ塗材施工

樹脂モルタルで平滑に仕上げられた既存壁面に、各号棟毎のテーマカラーに合わせた色の弾性吹付材で塗



写真-9 中塗り



写真-10 下地仕上(上塗り)

装を行った。この吹付塗装仕上げされた壁面は、最外面に取り付けられたアルミパンチングパネルのパンチング穴から、内部壁面のテーマカラーが見えてくることになる。

以上が、外壁タイル落下防止工事の内容である。

次に外観を形作るアルミパネル取付け等の工事について説明する。

## 6. 金属パネル新設工事

既存躯体にアンカー支持された取付鉄骨下地にアルミパンチングパネルを取り付ける。

### (1) パネル下地の取付け

この下地鉄骨は全て既存壁面吹付塗材と同じテーマ色で塗装を行った。

鉄骨下地を取り付けるケミカルアンカーについては、事前の外壁調査時に既存躯体までの深さをコア抜きにて確認してケミカルアンカーの長さを決定し、アンカー打設前には金属探知器にて鉄筋の位置を調査した後、躯体鉄筋の位置を避けてアンカー打設を行った。

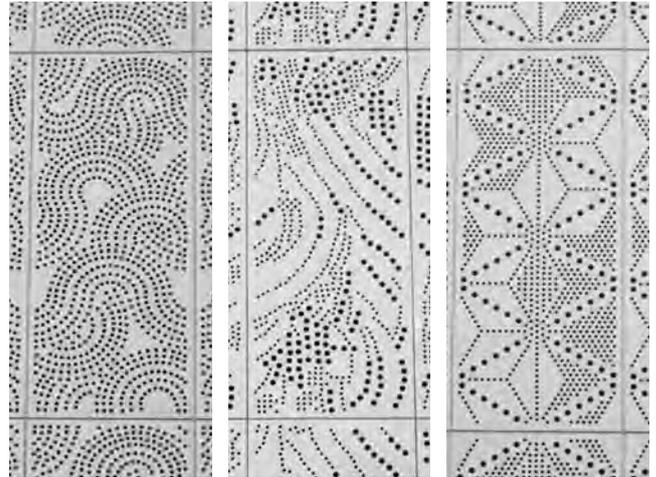


写真-11 アルミパンチングパネルのデザイン (左から、2号館、4号館、10号館)

### (2) パネルの取付け

組み立てられた鉄骨下地にアルミパンチングパネルを取り付ける。

アルミパンチングパネルには、伝統的な着物小紋柄がパンチング穴にて表現されていて、これも各棟でデザインが異なっている (写真-11)。

特に夜間においては、パンチングパネルの裏側に設置されたLED照明に照らされて、パンチング穴を通して内側の各棟テーマカラーが透けて見えるようになっている。

## 7. その他の工事

### (1) 筋部改修工事

筋部の妻側壁1階部分には、御堂筋と堺筋にはGRCパネルを設置、それ以外の筋には押出成形セメント板を設置して、その表面に小紋デザイン特殊グラフィック洗い出しの特殊塗装を施した。

また、御堂筋と堺筋以外では、筋の上を渡って隣接する棟を繋いでいる連絡通路があり、通路外壁にカーテンウォールを設置し、庇状のアルミルーバーの取り付けを行った (写真-12, 13)。

### (2) コロネード改修工事

建物1階の北面と南面の中央大通沿いには、コロネードと呼ばれる半分屋外の歩道が、北と南にそれぞれ約1,000mの長さで通っており、その場所の天井と床、サッシなどの仕上についても改修工事を行った。



写真-12 筋部の改修前



写真-13 筋部の改修後

## 8. おわりに

本改修工事では、大きく工程を左右する要因の一つとして、時間的な制約があった。

改修工事用の外部足場を組立・解体を行う際には、道路の一部を使用するため、夜間工事にならざるをえず、昼間の改修工事と併せて、昼夜工事の施工体制を構築して工事に臨まなければならなかった。その際には、工事が昼夜交代制になるため、職員間の連絡・伝達を密に行うことで、意思疎通の行き違いを無くすように努めた。

また、全体で約 800 の店舗及び事務所が営業しているビルで、居ながらの工事であるため、施工場所によっては、騒音・振動の苦情が出ることもあり、その場合は、早朝または夕方に時間帯を変えて作業するなどの対応を行った。

その他、営業中のビルの中では、材料などの仮置きスペースが少なかったため、極力、材料の仮置きをしないように、計画的な搬入・搬出が求められ、手間が掛かってもその都度の出し入れすることを心掛けた。

以上のような特異な環境の中、時間的な制約を克服しながら、約 1,000 m もの長大な建物を端から順に移動して居ながら仕上げていく改修工事であったが、当初は約 1,000 m も先のことは想像の範囲を超えていたため、とにかく目の前の棟に集中して、ひとつひとつを積み重ねるように順次取りかかることで、工事完成まで到達することができた。

今回の改修工事では、心身ともに大変つらいこともあったが、夜になって建物の前を通る人たちがライトアップされている光景を観て、綺麗になったね、とかすごいね、と言って立ちどまっている姿を見ると、この工事に関われたことに誇りを感じる。

この外壁改修により、「船場」のイメージが一新され、街全体の活性化に繋がることを期待する。

## 謝 辞

最後に本工事の施工にあたり、ご指導、ご協力を頂いた関係者各位に深く御礼申し上げます。

JCM/A

### 【筆者紹介】

遠藤 孝治 (えんどう こうじ)  
 (株)熊谷組  
 関西支店 建築事業部  
 建築部  
 作業所長



岩本 将平 (いわもと しょうへい)  
 ケーアンドイー(株)  
 関西支社 リニューアル事業部  
 副事業部長



河本 潔 (こうもと きよし)  
 (株)熊谷組  
 関西支店 建築事業部  
 建築部技術グループ  
 グループ部長



ずいそう

## 帆船模型

近藤 敏夫



通勤電車に乗らなくなってかなりになる。現役時代、機械振興会館には協会の建設業部会で色々お世話になった。協会の懇親会で地下のレストランの名物のカミカツを思い出す。

後日ウィーンで名物のウィナーシュニッツェルを食し、カミカツのルーツに思い当たった。

ここでは現在夢中になっている「帆船模型」を中心に、出身の「尾道」また「海」「ホーンブローワー」について随想してみる。

生まれて大学に入るまで尾道の海辺で育った。実家は、石造りの階段が湾になった「雁木」の港に面している。



子供の頃、夏は水着で家を出て、そのまま海岸通りを横切ってすぐ海に飛び込んだ。祖父が釣ったタコを薪木に巻き付けて家まで走ったこともあった。母親の実家の島から船で送られてきたミカン箱が雁木に係留された船から、雁木に渡した渡し板の上を運ばれていたのを思い出す。

実家の隣は「ろ」屋さんだった。「ろ」とは例の伝馬船の艦で八の字を描いて船を進める別名「オール」の「ろ」である。奥深い、薄暗い家の中に長い木材が積まれていたのを記憶している。当時はまだ「ろ」がよく使われていた。現在では尾道では向島に1軒だけ「ろ」屋さんが残っている。

実家の二階から見える向島の造船所には南極で鯨を仕留めるキャッチャーボートが多く繋がれていた。造船所の斜路から滑り降りた船をタグボートが狭い水路

で引き回していた。

尾道の記憶は年齢を増すごとに鮮明に強く心に響いてくる。

大学を出て建設会社に就職した。当時は浚渫がピークの頃で日本中で浚渫、埋め立てをしていた。

会社では最初、浚渫船に勤務して、その後山岳トンネルなどの陸上土木の現場に行ったこともあるが、陸上の現場ではなぜか体調を崩したりしたこともあり、散々な目に遭った。今では、やはり自分は陸上で無く「海」向きの人間だと思っている。

後年、技術開発が盛んな頃、水中ロボットにも関わり、「個人的な動機、自費」で潜水士の免許も自主的に取得した。会社の製作した技術紹介のビデオに、私が海中でロボットを動かしているシーンが残っている。ちなみに編集に立ち会った「広報部」の仲間には「トドが泳いでいる」と散々だった。

この頃、会社は浚渫、捨て石均し工事等の水中機械化施工に力を入れていた。

入社5年目にシンガポール勤務になった。初めての海外勤務で当時はシンガポールも若く、(日本に学べ)のスローガンで活気ある時代で、初めての海外勤務の身には刺激的でその後の大きな財産となった。今、ジュロン港の活気を見ると、日本はすっかりお株を取られたような気がする。

当時会社ではジュロン港の拡張工事、陸上では住宅局の基礎工事に多くの若い技術者が働いていた。

上司から海洋冒険小説ホーンブローワーシリーズを紹介されて、読んですぐ虜になった。

「血湧き、肉躍る」冒険、戦闘の臨場感、主人公の内面描写の巧みさ、に魅せられた。この度ネットで一冊購入し3日で読んでしまい(約40年ぶり?)、勢いでシリーズ全10冊を全て読み切った。

ここ20年?小説は読まないことにしていたが、ホーンブローワーは別物である。

シンガポール時代と帰国後の数年はホーンブローワーとその後はボライソーシリーズに夢中になった。

この度、随想を書くということでボライソーを約

40年ぶりに読み返したが、やはり「血湧き、肉躍る」冒険とホーンブロワーの世界にすっかり夢中になった。作者のC. S. Foresterは1966年、記者の高橋泰邦も2015年に逝去している。私がホーンブロワー・シリーズに夢中になって、訳本の出版を待ちながら読んでいたのが80年代初めで、高橋泰邦さんも翻訳に一生懸命だった勘定になる。

シンガポールで通っていた英会話教室でイギリス人の先生に「DREAMについてしゃべれ！」と言われ、「アラスカで、昼はキングサーモンを釣り、食事は同行の中華のシェフ4名（北京、上海、広東、四川）の料理を食し、夜はホーンブロワーを読みたい」と言うのと、先生が大受けして喜んでくれた。

ちなみにイギリスのウィンストン・チャーチルもホーンブロワーを読んでいたらしい。

先日、横浜に帆船模型展を見に行った。

日本で約40年前に帆船模型の同好会を立ち上げたメンバーの一人の故白井一信さんの「華麗なる帆船模型」という展示会で、会場では白井未亡人と娘さんのお二人が留守番をされていた。

白井一信さんは日本の「帆船模型」を確立した「神」と言われている。日本中には現在、帆船模型の「モデラー」クラブ会員が東京の帆船模型製作同好会 ザ・ロープの130名を入れて、約550人居る。（無所属を数えると数倍？）白井一信さんと40数年前に東京に帆船模型製作同好会（ザ・ロープ）を創設したメンバーも高齢ながら元気で頑張っておられる。

模型帆船を作っている人（モデラー）にはホーンブロワーがきっかけでこの模型を作っている人が多い。またこの架空のヒーロー、ホーンブロワーが物語の中で乗船し指揮した帆船「ホットスパー」も過去には模

型キットとして販売もされている。

私は三年前にたまたま新聞で「帆船模型の展示会」の開催を知り、これに行つて本格的帆船模型の美しさに圧倒され、その場で「製作教室」への入会を申し込んだ。

我々がよく目にするのは、土産用の帆船模型である。私は約十年前にベトナムを旅行中に帆船模型の専門店に連れて行かれ、ここで長さ約1mの戦艦の帆船模型を一万円で購入し、日本に持ち帰った。

帰国後、細部のおかしいのに気づき部品を銀座で購入し補修を試みたが、途中で投げ出した。

お土産用の帆船模型と本物の帆船模型の違いはザ・ロープの「製作教室」で初めて実感した。

クラブのベテランの帆船模型への情熱、こだわりは想像を超える。クラブ入会時、数年もすれば…と密かに考えていたが、この（甘い）考えはベテランの模型を見て打ち砕かれた。クラブの研修会で披露される彼らの模型に対するこだわり、執念、愛情には毎回打ちのめされ、勇気づけられる。

この「情熱、こだわり」のFeverに当方は現在、完全に感染してしまった。

ベテランの高度な模型は製作に数年かけるのは当たり前で、その細部に対するこだわりは異常とさえ思えるようなものがある。この細部は裸眼では見えない…虫眼鏡無しでは見えないものもある。

模型を前に嬉々として、製作にかけた情熱をベテランから聞いていると、本当に羨ましくなる。

シニアの人たちが「遊びです。」と言いながら熱っぽく語る模型論を聞いていると、聞いているだけで同じこだわり、興奮、労力、疲れのFeverにこちらもどうしても入り込みたくなる。

帆船模型製作には多くの課題、要素がある。たとえば、船体（外板張り、デッキ張り…）艀装（大砲、階段…）等々、あるいは塗装や木工工作等についても多くの課題がある。これらのまとめとして一隻の帆船模型が出来上がる。一人前のモデラーになるにはこれらの課題の習得が必須となる。

帆船模型には過去に実在したモデルがある。

英国ポーツマスのHMS VICTORY、英国グリニッジのCUTTY SARK、米国のUSS CONSTITUTIONが有名であるが展示館としてきれいに整備されており、観光資源として活用されている。日本では石巻にサンファンパウチスタがあるが、老朽化による補修費で悩んでいるとか？

これら帆船を忠実にスケールダウンしてこの美しさ



を再現製作する作業が楽しい課題であるが、またこれらの船の時代考証も帆船模型製作に付随する大きな知的な楽しみである。活躍した時代の世界の状況…日本の状況…文化、科学技術の状況などである。

今年、「バウンティ号の反乱」で有名な Baunty's Launch を製作している。「バウンティ号の反乱」は1789年4月に実際に起きた事件で、艦長 Bligh が書いた日誌が残っていたから有名になった。これを基に1932年に小説がでてヒットしている、この反乱は歴史上有名なロシアの「戦艦ポチョムキンの反乱」と並び称されるとか？ その後1935年にクラーク・ゲーブル主演で映画化、その後マーロン・ブランドでも映画化されている。この度私はクラーク・ゲーブルの映画を見て興味が増して、関係する書物をいろいろ入手した。Bligh の書いた記録 (The Journal of Baunty's Launch) が製本販売されているのを知り取り寄せて読んでいます。

1789年4月28日早朝 Bligh を含む19名が23ft ランチで戦艦バウンティから追放され48日の漂流に出

ている。19名の搭載で乾舷が6インチで48日漂流???

模型を作るのはもちろん楽しいがバウンティのように歴史を遡り、その時を体験できることが大変な楽しみ、喜びになる。

Bligh 艦長の書いた log で19名が乾舷6インチのボートでどのような航海をしたのか興味は尽きない。

今の Launch を仕上げたら Viking 船を作ってみたい。鎧張りの船体は本当に美しい、London Greenwich の Cutty sark の Launch も美しい、どのように外板を張り合わせるとあのようなになるのかわからない。

Stockholm に16世紀に沈没して、333年後に引き上げられ元の船体が95%残っている帆船がある。

この船も調査に行かなければいけない？

帆船模型の趣味、遊び？に終わりは無い…。

リタイヤ生活も結構忙しい、面白い、悪くないぞ！

—こんどう としお (元) 五洋建設株—



ずいそう

## 五輪出場命中

中山 由起枝



今から20年前の高校3年の夏。

「クレ射撃をやってみないか？クレ射撃で五輪を目指してはみないか？」と考えもしない競技のオファーがかかった。1996年アトランタ五輪、クレ射撃の試合を現地で観た、当時日立情報システムズのライフル射撃部監督の白木氏は、素質があればクレ射撃競技は短期間で五輪を目指せると考え、日立グループのソフトボール部やハンドボール部などの各実業団監督に調査協力を依頼した。また同社は既にライフル射撃部を抱えているため、私が所属することになる日立建機にこの話を持ちかけた。

「シンボルスポートとして日立建機でクレ射撃部を立ち上げてみてはどうか」

団体競技を創設するとなると設備費、管理費など莫大な費用がかかる。しかし、個人競技に投資するのであればやっていけるだろう。また、国内においては日立建機のユーザーにクレ射撃競技をやっている方が多い。先見の明を向け誰もやったことのない領域に会社側も思い切って飛び込もうとしていた。

日立建機は当時、イタリアに合弁会社のFiat-Hitachiがあり、現地駐在員と本社とのやりとりでイタリアの射撃協会にアタック。クレ射撃はイタリアが先進国であり、銃、装弾メーカーが盛んであるということもあり、イタリアのジュニア専属コーチの紹介を受け、まっさらな初心者でも1年間イタリアに武者修行に出す計画を同社は進める。スカウトする有力候補者として重点に置いた条件は、1997年4月に入社できる高校

三年生であること。動体視力、身体能力、瞬発力、忍耐力などが高校生の中でもトップクラスであること。

調査の結果たどりついたのが私であった。ソフトボールの強豪校である埼玉栄高校に進学し、小学生時代から9年間にわたり団体競技をしてきた私にとってははじめての個人競技、そして競技自体全く無知の世界ただけに初めは何の話をしているのか理解できなかったが、日立建機は熱心に高校に何度も足を運び、アトランタ五輪のクレ射撃の試合のビデオを繰り返し見せられた記憶がある。競技の説明、会社の方針の話も受けた。

全く興味のなかった私だったが、徐々に会社の熱意に惹かれ、個人競技への興味も増していった。そして今は亡き高校時代のソフトボール部の顧問であった監督から決定的な言葉を受ける。「決して甘い世界ではないだろうが、競技は違っても競技者として五輪を目指すことは中山ならできよう」

この言葉で私の人生は大きく変わった。

私の競技人生20年の中で4度も五輪の舞台に立ち、たくさんの方々に支えられ中山由起枝が形成されていった。この経験を味わうことが出来たのは巡り合わせなのか、人生の選択に立たされたときにさまざまな奇跡が起こったのかもしれない。

チャンスを引き込みキャッチするのは自分なのかもしれないが、私の場合、出会うべき時に素晴らしい人との出会いがあり、信頼する方からの助言や環境などが恵まれていたように思う。必要な方向へ引きつけら



リオ五輪の出場枠を獲得したアゼルバイジャンワールドカップ(2015年、優勝)



リオ五輪では最後まで諦めず気持ちを奮い立たせた。

れるかのように進むことが出来たからこそ4度も五輪の地に立てたのだと確信している。もちろん今まで幾度も挫折や苦難もあったが、そこを脱出するにもやはり私だけの力ではなく家族や会社、周囲の支えが私を救ってくれた。

クレー射撃を始めて1年11ヶ月でシドニー五輪の出場枠を獲得した。会社としては、当初次の次に開催される2004年のアテネ五輪出場を見据えての計画だった。競技歴3年弱で出場することとなったはじめての五輪は、競技が楽しくてしかたなかった状態から一変、私は大きな不安とどこまで突き進むのかという恐怖に襲われた。案の定、予選落ちの13位という結果に終わり、自身初めての挫折だった。

2度目の北京五輪では母となり愛娘と挑んだ。偶然ではなく、自分のあるべき姿で頭角をしっかりと現し、戻ってきた舞台だった。自信に満ち溢れ、母としても競技者としても勇姿を見せたいと思って挑んだ。結果はメダルに一番近づいた4位入賞。大健闘ではあったが大きな悔しさが残った大会でもあった。この北京五輪4位という結果で経験した後のエピソードは、一言で言うと「人間不信」。「なぜ最後の1発を外したのか」、「メダルを自ら手放した」など、かけられる言葉のひと言ひと言に追い込まれていった。そこからまた立ち上がり前へ進むことが出来たのはやはり娘の存在だった。本格的に二人三脚で足並みをそろえスタートを切った。北京五輪当時6歳だった娘はロンドン五輪では10歳を迎えていた。必死で五輪の出場枠を獲得したものの結果は15位で惨敗に終わった。応援団長を買って出た娘の悔し涙とひと言では言い表すことの出来ない溢れる思いにもう一度挑戦したい、五輪をめざしたいという気持ちが自分に沸きおこった。私は娘が1歳の時に離婚を経験し、シングルマザーとなり競技

に復帰した。競技を続行するには周囲の助けや理解がこれまで以上に必要となる。その自分の夢を共有してくれる「チーム中山」として最終目標をリオデジャネイロ五輪挑戦と掲げた。

2015年アゼルバイジャンで行われたワールドカップ大会で、自己最高得点をマークし予選を突破。そのまま準決勝、決勝ともにトップの順位を維持して金メダルを獲得。リオ行きの切符を手に入れた。確実に進化した自分が存在し、空間の枠を超えた試合をしていたように思う。2016年自身4度目の五輪挑戦。日本国内で、夏季五輪に4度以上出場した選手は約十数人で、そのうちの一人が私だと聞いた。いずれにせよここまでの過程は尋常ではない競技生活を送ってきた。母親と競技者という二足の草鞋は、私にとって精神的にも肉体的にも強くしてくれたが、リオ五輪では実力不足でまたしても惨敗。4年に1度の五輪の舞台でどうやったら勝てるのか、メダルが遠い、限界なのか、私には無理なのかと何度も自問した。もちろん今もしている。

しかし、2020年の東京五輪の舞台にはまた私が立っている。そんな気がしてならない。そして、ロールモデルとしてオリンピックらしい姿を若い選手たちに見せながら引っ張っていく私がおのれにもいる。答えは今すぐ出なくとも、なりたいたい自分がイメージされていればそこにたどりつくよう私は動き始めるはずだ。

一か八かの大勝負を持ちかけた当時日立情報システムズの白木氏、それを受けた日立建機の片桐氏、中山氏陣営は、日立建機クレー射撃部創設を成功と認めてくれているだろうか。東京五輪まではその答えは封印しておきたい。

——なかやま ゆきえ 日立建機(株) クレー射撃部  
(シドニー、北京、ロンドン、リオデジャネイロ五輪クレー射撃日本代表)——

## 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)

大賞部門 最優秀賞

## 重量鉄筋配筋作業支援ロボット (配筋アシストロボ) の開発

清水建設(株), アクティブリンク(株), (株)エスシー・マシーナリ

## 業務内容

建設業では、高齢化による大量離職等により今後 10 年間で技能労働者が約 130 万人減少することが予測されている。このような中、必要なインフラを整備していくためには、生産性向上や 3K (きつい、きたない、きけん) からの脱却による新規入職者の確保が早期に求められており、国土交通省主導のもと i-Construction 施策による取組みが推進されている。

また、コンクリート工においては、近年の耐震化により鉄筋が太径化・高密度化し、鉄筋組立時の負担が増大している。さらに技能労働者の高齢化も相まって生産性が低下している。そこで、重量鉄筋の配筋作業に着目し、熟練技能労働者のコツを生かしながら作業負担を大幅に低減できる、人間の腕の動きを模した重量鉄筋配筋作業支援ロボット (配筋アシストロボ) (以下「本ロボット」という) を開発した。本ロボットは、配筋作業の省人化・省力化、苦渋作業の軽減が図れ、安全性も向上する技術であり、実現場での適用において優れた効果を確認した。

写真-1 に本ロボットを示す。



写真-1 本ロボット全景

## (1) 開発のコンセプト

構造物を構築する際、どこにどのような鉄筋をどれだけ配置するのか、その鉄筋の太さや長さ、配置間隔等、いわゆる配筋の仕様は構造物によって異なり、まったく同一のものはない。その上構築する場所も同じ場所ではないため、配筋作業の自動化の弊害となっている。また、効率よく鉄筋配筋作業を行うには組立て順序等に熟練者のノウハウが

必要である。しかし、配筋作業は体力が必要なため、熟練者が高齢化すると体力が低下し、配筋作業に従事することは困難であった。そこで、体力のいる力仕事部分はロボットで補い、高齢化した熟練技術者のノウハウを継続して活用する、人とロボットの融合したシステムの構築をコンセプトにして、鉄筋組立作業の大幅な生産性向上を目指した。

## (2) 開発の目標

- ①重量鉄筋組立に要する人員の削減 (省人化)
- ②重量鉄筋運搬・組立時の人的重量負担の低減 (苦渋作業の低減・高齢熟練者の活躍)
- ③ハンドガイド方式によるなめらかな動作 (熟練者のコツの発揮)
- ④軽量化および分解組立方式による設置・運搬時の機動性の向上
- ⑤操作者が手で圧力を加えた時のみ動作することによる安全性の向上

## (3) 技術概要

本ロボットは、人間の肩、上腕、肘、下腕、手にそれぞれ相当する「肩旋回部」「第一アーム」「肘旋回部」「第二アーム」「把持部」の 5 パーツと制御盤から構成されている。図-1 に構造概要を示す。腕全体の動きをアシストするサーボモータを肩旋回部と肘旋回部、第二アームに組み込むことで、人間の腕に近い動作性を実現した。本ロボットは人力での運搬を可能にするため、4 分割の構造とし、各ブロックの重量は約 40 kg ~ 約 60 kg 程度である。諸元を表-1、水平可動範囲を図-2、鉛直可動範囲図を図-3 に示す。

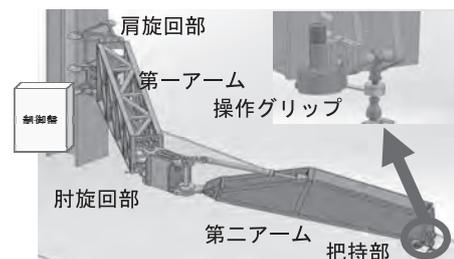
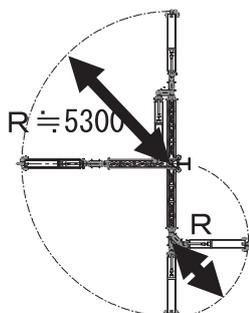


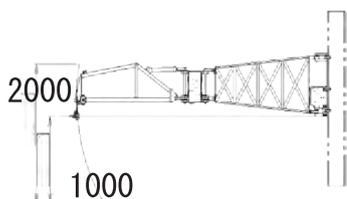
図-1 本ロボット構造概要図

表一 本ロボット諸元表

定格荷重	250 kg
作業半径	約 5.3 m
揚程	約 2.0 m
分割数	4 分割
入力電源	三相 AC200 V
水平方向操作	操作グリップ式 (6 軸力学センサー内蔵)



図一 水平可動範囲図



図一 鉛直可動範囲図

また、操作グリップ内にはセンサーが内蔵されており、操作者の微妙な手の動きをも感知して本ロボットが動作するので、操作者の意のままに鉄筋移動をサポートすることができる。(ハンドガイド方式) 鉄筋移動の際には、鉄筋重量は本ロボットが負担するため、重量負担なく鉄筋の移動ができる。

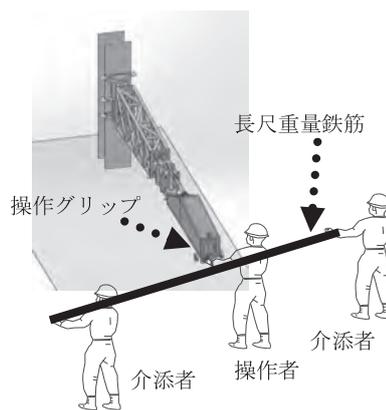
運用方法は操作者は、本ロボット先端にて操作をして鉄筋を移動する。介添者は鉄筋端部に配置され、鉄筋移動時の荷ふれ防止や鉄筋の正確な位置への配筋作業を行う。そのイメージ図を図一 4 に示す。移動時の荷ふれ防止や鉄筋の正確な位置への配筋作業を行う。

配筋作業時は、本ロボットを固定した後、昇降ボタンを操作して重量鉄筋を持ち上げる。その後、操作者が移動したい方向に、手で操作グリップに圧力を加えるだけで動きに合わせてサーボモータが稼働し、アームがアシスト制御され、操作者の意図する方向に移動できる。アームが操作者の意思と判断に合わせて直感的かつなめらかに動くため、計画線(墨)に合わせて高精度に配筋できる。

(4) 特徴

①人とロボットの協働作業の実現

操作グリップに最新の6軸力覚センサーを採用し、操作



図一 4 作業イメージ図

者の微妙な手の動きをも検知して本ロボットは動作する。したがって、熟練技能労働者が操作することにより、熟練者のもつコツをも生かしながら、操作者の意のままに鉄筋移動のサポートをすることが可能となった。(ハンドガイド方式) これにより、建設業で初めて、人とロボットの協働作業が実現した。

②人間の腕のモデル化

本ロボットの動きに関して、3次元的に人間の腕(肩+上腕+下腕)をモデル化した。操作者の手の動きに追随し、高速演算システムにより、リアルタイムに各腕の移動位置が計算・出力され動作する。

③軽量化

本ロボットを、治具として、生産性の低下が懸念される箇所に容易に手で運搬・設置できるように軽量化を図り、本ロボットの構造部材をアルミ(板・トラス)とした。

④分解組立方式

人力での運搬・設置ができるように分割(4分割)でき、簡単に組立・解体ができる構造とした。

⑤サーボモータとアシスト制御の採用

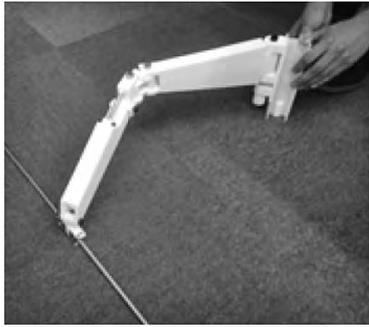
電動式のサーボモータを採用し、アーム関節をアシスト制御することにより、なめらかな動作が可能となっている。そのため、細かい調整が必要とされる鉄筋詳細位置決めにも支障なく使用が可能である。

(5) 開発の経緯

2015年4月から開発をスタートした。適用の対象として、太径鉄筋(D51等)が多用され、生産性低下が特に懸念される開削トンネルを想定した。ただし、適用は開削トンネルに限定されるものではなく、他工種や他分野など汎用性を持たせるべく目標設定した。

5-1) 鉄筋工の組立ノウハウの取得および設計(2015.4 ~ 2015.9)

本ロボットのユーザーである熟練鉄筋工も当初から開発メンバーとして開発に参画し、鉄筋の組み立て時のノウハ



写真一2 模型による確認

ウや詳細な手の動きを確認し、操作時に無理や支障となるべく項目を排除した。そして、小型模型を作り(写真一2)、動きや使い勝手を全メンバーで確認した後、開発の目標を設定し(2)に記述)、設計に着手した。

5-2) 構造部材の軽量化への取り組み(2015.4～2015.9)

人力での運搬を可能とするため、軽量化をする必要があった。構造部材は、人間の手で運搬・設置・撤去できることを前提に、分解した部材の重量を60kg以下とした。本口ロボットを多くの部材に分解する設計にした場合、一部材は軽くなるが組立に時間がかかるため、できるだけ分割数を少なくして、部材重量も抑えることが必要となる。形状検討、構造解析及び材料選定を実施し、軽量化を追求した結果、材料にはアルミ材を選定した。構造的には、引張り強度確保のため薄板をアーム表面に貼る板金構造とした(写真一3)。これにより、分割数を4分割で、一部材の重量も60kg以下に抑えられることが判明した。ところが、動作実験を行ったところ、想定以上にアルミ板の変形が大きく、かつ、薄板にきしみ音が発生した。原因は、先

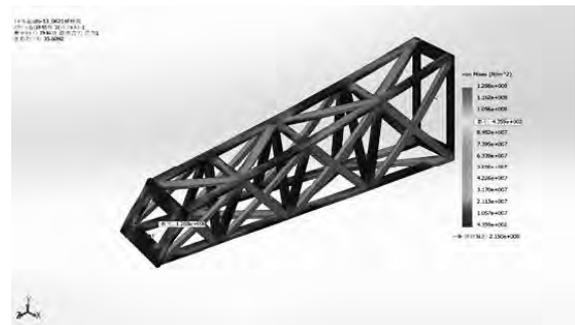
端の第二アームの動きにより、根本の第一アーム部にねじれによる正反逆のモーメントが繰り返し発生したためである。このままでは、溶接部が繰り返し疲労により破断する可能性があるため構造の変更を決定した。

5-3) 構造の確定および実証実験(2015.10～2016.8)

多くの設計検討・実験の後、部材の重量は60kg以下を維持しつつ、上腕部となるパーツを一般的なトラス構造とし、最適形状(最軽量構造)を決定した(図一5)。ただし、先端アーム部材は従来通り板金構造を維持した。この変更した設計をもとに、再度、本口ロボットを試作し、性能の実証を試みた(写真一4)。実証実験での確認項目を表一2に示す。

5-4) 操作性向上の取組み(2016.8～2016.10)

協働作業を実現するためハンドガイド方式を採用している。実証実験の結果、人の移動を伴う大きな動作がある場合、人が操作グリップに与える力が安定しないため、センサーへの入力不安定せず、「なめらかな操作」に支障をきたすことがわかった。このため、動作試験を繰り返し行い、入力値の変動データを解析した。これらのデータから、最



図一5 構造解析例



写真一3 動作実験(板金構造)



写真一4 変更後第一アーム構造写真

表一2 性能確認項目

項目	確認項目	確認基準	備考
重量	一部材重量	60 kg 以下	
準備	組み立て・解体	人員2人以下、各20分以内	
操作性	動作確認	操作者の意思通りの動作	
	振動・異常音	なし	定格荷重時 250 kg
	操作者への負荷	なし	
	稼働範囲内の動作	操作可能	

適な制御システムを導き出し、改良することで、「なめらかな操作」を実現させた。

(6) 実施工への適用

2016年12月に千葉県と大阪府の2現場に適用した。以下に詳細を記す。

6-1) 適用例1

ランプ道路用1連ボックスカルバートの頂版部の主筋D51(長尺鉄筋)で適用した。以下図一6, 7に適用箇所、鉄筋加工図を示す。なお、本適用箇所は埋設型枠を使用しているため、鋼製リブ材や鋼材が存在し、特に鉄筋組立のしづらい場所であった。なお、組立て数量は4tである。

従来は、6人1班で人力による施工を行っていた。以下に本ロボットを使用した場合と従来通り施工した場合の比較を表一3に、施工状況を写真一5, 6に示す。

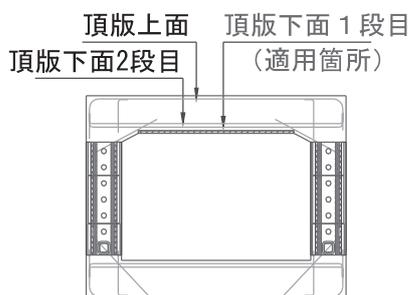
ここで、生産性を評価するために、1分で1人あたりに施工した鉄筋重量を【物的労働生産性】と定義して比較をおこなった。この結果より、本ロボットにより労働生産性は約1.9倍となった。1箇所で配置できる施工量は配筋の仕様(配筋ピッチ、鉄筋径、長さ)により変化するが、参考として準備解体を含めた物的労働生産性を比較しても約



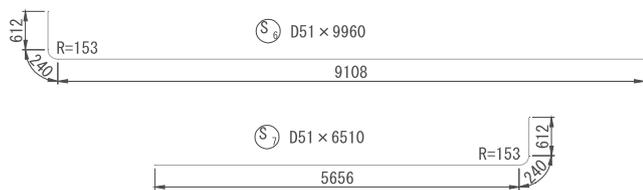
写真一5 本ロボット使用作業状況



写真一6 従来作業状況



図一6 適用箇所断面



図一7 適用鉄筋加工図

1.4倍の効果があることが確認できた。また、重量負担軽減効果も大きく、苦渋作業の解消に大きく効果がある。

6-2) 適用例2

道路用2連ボックスカルバートの頂版部の主筋D51で適用した。対象鉄筋は6mであり、前事例に比べ対照的に短尺であるが適用し、効果を確認した。以下図一8, 9に適用箇所および鉄筋加工図を示す。なお、組立て数量は4.7tである。

以下に本ロボットを使用した場合と従来通り施工した場合の比較を表一4に、施工状況を写真一7, 8に示す。

本工事においては、鉄筋投入開口寸法の制約と人力で組立作業をすることを考慮して、1本6mに分割されて施工している。その上、当初から省力化・省人化の工夫を既に行っている。

以上の対策をおこなった状況下であっても本ロボットを使用すれば現状より物的生産性は約1.3倍あり、効果が十

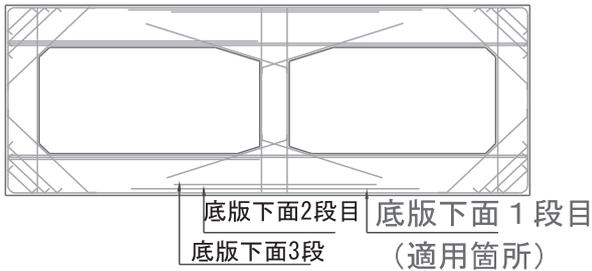
表一3 適用結果1

	本技術 (A)	従来 (B)	(A)/(B)
鉄筋組立時間 (分)	120	150	0.80
鉄筋工数 (人)	4*	6	0.67
物的労働生産性 (施工量 (kg)/(工数 (人)×時間 (分))	8.33	4.44	1.88
一人あたり重量負担 (kg)	0	28	
(参考) 準備・解体時間 (分)	20 + 20	0	
準備解体を含めた物的労働生産性	6.25	4.44	1.41

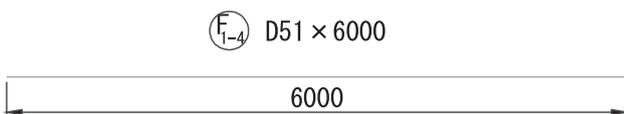
\*本ロボットによる作業3人+既設縦配筋の間を通すための補助1名 計4人

表一 4 適用結果 2

	本技術 (A)	従来 (B)	(A)/(B)
鉄筋組立時間 (分)	83	110	0.75
鉄筋工数 (人)	2	2	1.00
物的労働生産性 (施工量 (kg)/(工数 (人) × 時間 (分))	24.10	18.18	1.33
一人あたり重量負担 (kg)	0	48	
(参考) 準備・解体時間 (分)	20 + 20	0	
準備解体を含めた物的労働生産性	16.26	18.18	0.89



図一 8 適用箇所断面図



図一 9 適用鉄筋加工図



写真一 7 本ロボット使用作業状況



写真一 8 従来作業状況

分あることが確認できた。また適用例 1 同様に重量負担軽減効果も大きい。

①省人化及び省人化による施工効率の上昇

D51 で 10 m 程度 (重量約 160 kg) の鉄筋を配筋する際には、従来 6 人前後必要であった。しかし、適用例 1 で 4 人に削減でき、省人化 (33%減) が図れた。また、施工時間は 20%短縮できた。さらに、本ロボット使用により削減できた人員は他作業に従事しており、施工効率が上昇した。

②省力化

鉄筋移動時の重量は、本ロボットが負担するため、作業員は重量負担がなく作業が可能で、苦渋作業から開放される。適用例 1 では、10.5 m 配筋時、一人あたり一回約 30 kg の重量を負担しなければならなかったが、本ロボットを使用すれば、重量負担はなく意のままに操作可能であり、鉄筋作業の省力化が図れる。

③分解組立方式採用による機動的な運用

本技術は、人力で運べる重量になるように 4 分割が可能で、移動が容易である。したがって、太径重量鉄筋の組立等の重量負担が大きく作業効率の悪い作業に機動的にピンポイントで使用することができる。そのため、人力での組立が効率的な場合 (細径の配力筋、幅止め筋等) は人力で組立を行い、本ロボットによる組立のほうが効率のいい場合には本ロボットによる組立を行うといった具合に、効率のよい組立方法を自在に選択が可能となり、施工効率も上昇する。

④人とロボットの協働作業(高齢熟練工のノウハウの活用)

体力の落ちてしまった熟練高齢者でも使用可能で人とロボットの協働作業を実現した。したがって、より高齢でも働くことが可能となるため、高齢熟練工のノウハウを生かし、技術を伝承する機会が広がるとともに将来懸念される労働者不足解消の一助となることが期待できる。

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

大賞部門 優秀賞

# 墨出し測量ナビゲーションシステム「T-Mark.Navi」の開発

大成建設(株), ウエストユニティス(株), 千代田測器(株), 大浦工測(株)

## 業務内容

現在、建設業界ではオリンピック需要に伴う将来的な労務不足への対策と、業界としての生産性向上が社会的にも求められる中、どの建設現場でも必須な行為である墨出し測量作業に着目した。

敷地測量、建物位置確認に始まり、杭工事、山留工事、掘削工事、躯体工事、鉄骨工事などの多くの工種において、正確な墨出し測量は精度管理の基本であり、品質管理の要と言える。

墨出し測量を省人化・省力化することができれば、労務不足対策と生産性向上に大きな効果が期待できる。

また手間とコストの掛かる複雑な曲面の墨出し測量の効率化も求められている。

CADソフトの普及により、手書きだった時代には考えられないような複雑な設計図が生まれ、施工管理において高度な測量技術が求められるようになった。形状によっては従来の墨出し測量の手法だけでは不十分となり、専門の測量作業員の常駐、3次元レーザースキャナ計測、光波測

量機器による実測確認など、四角い建物に対して数倍の手間とコストも掛かってしまうことも多い。

専門の作業員の手間を軽減し、扱いやすい墨出し測量のツールが求められている。

## 実測記録、施工記録の帳票作成やエビデンス保存も重要視されている

杭データ不正流用問題に象徴されるように建築物の施工に対する社会的要求の高まりは顕著である。建物の複雑化や建築物に対する社会的要求の高まりに伴い、実測記録、施工記録の帳票作成やエビデンス保存も近年重要視され始めている。しかし、作業員が測定した数値を自動で記録、帳票化するツールは普及しておらず、野帳などへの数値転記による間違いのリスクが常に存在する。

## ICT技術～端末の進化と使える技術のはざまにおいて

ICT、特にウェアラブル端末の技術進化に目を向けると、端末の技術的革新に比べて、実務で本当に満足できる「仕組み」は全業種を見渡しても多くは生まれていない。中でも建築分野におけるウェアラブル端末の有効な成功事例は殆どないと言っても過言ではない。

その解決策として、眼鏡型ウェアラブル端末を利用した墨出し測量システムの開発を手掛けることとした。

そのため、大成建設の施工技術・施工経験にTOPCON社の光波測量機器LN-100、ウエストユニティス社の眼鏡型ウェアラブル端末技術と墨出し測量工である大浦工測の施工ノウハウを組み合わせ、墨出し測量ナビゲーションシステム「T-Mark.Navi」を開発した。



↑墨出し測量の対象工事



↑ T-Mark.Navi システムの作業イメージ

a 業績の詳細な技術説明

墨出し測量の定義と従来の作業手順

墨出しとは、建設現場に実寸の図面を描くことであり、測量とは公共座標を利用して位置・高さを測定し、記録することである。ここでは測量を行って位置を決めて、決めた位置を基に建設現場に実寸の図面を描く一連の作業を墨出し測量と定義する。従来、光波測量機器を2人一組で使用し声掛けや合図、無線及び携帯電話で意思疎通を取りながら作業を行うことが一般的である。

従来方式による2人一組の墨出し測量の場合、通常、光波測量機器を操作する作業員Aが、声掛け等により墨出しする作業員Bに指示を出し、最終的に目標とする測点を決定する。

光波測量機器モニターには、あらかじめ設定した目標とする測点座標データと作業員Bが持つ反射板までの距離、方向の差が数値情報で表示されている。数値情報に従い、作業員Aから声掛け（前後±mm、左右±mm）により作業員Bに指示を出す。従来方式による墨出し測量では目標とする測点を決定するまで、少なくとも3点以上の測量作業が必要となる。

また、2人作業であるため、指示や回答の正確な伝達が重要であり、その伝達には声掛けや腕を使った合図、無線や携帯電話等を利用する。お互いの連携や熟練したコンビネーションも重要な要素であり、2人の作業員の熟練度によっても、作業精度、作業時間は大きく変動する。

b 技術的効果

本システムは、眼鏡型ウェアラブル端末と光波測量機器LN-100（及び付属する携帯端末と専用の360度プリズム）

を連携し、端末画面（作業員の眼前）に作業員が目標とする測点座標値を表示させ、「ナビゲート」するシステムである。従来、2人一組で行ってきた測量作業を作業員単独作業とすることが可能である。更にボタン操作・クリック操作を排除して音声操作を取り入れることで、プリズムから視点をずらすことなく、両手が自由な状態で測点を決定することができる。また、測定した実測座標値、測定差異及び実測日時・時間を帳票出力し、メール配信する機能も実装している。

●システムの特徴

本システムで墨出し測量を行う場合、光波測量機器と連携した眼鏡型ウェアラブル端末画面に現在位置を表示し、目標とする測点到誘導することで、作業員単独での測量作業が可能となる。

従来のように光波測量機器を操作する作業員からの指示に従って測点を決定するのではなく、墨出しをする作業員自らがウェアラブル端末画面に表示される位置情報を確認しながら測点を決定できるため、作業効率の大幅な向上が期待できる。

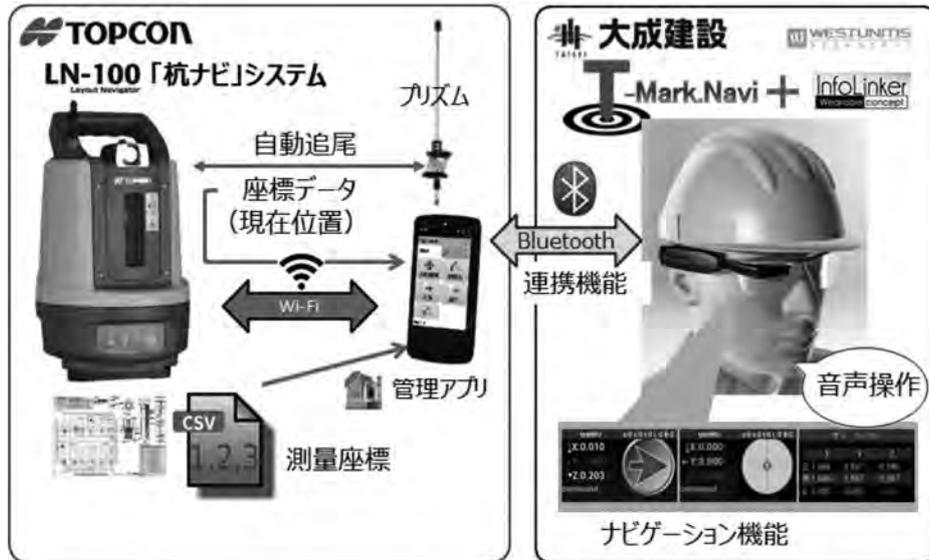
●システムの機能

・機能① 測点座標決定・確認（データ正値と実測値比較）

作業員が装着する眼鏡型ウェアラブル端末画面に、専用測量機器で計測されたプリズム現在位置とあらかじめ登録した目標測点までの方向・移動距離などの誘導指示情報がリアルタイムに表示される。作業員は手元のプリズムから視点をずらすことなく、安定姿勢で正確な測点位置を把握することが可能となる。用途としては、図面上の位置を



↑従来の作業手順



↑システム概要図



遠距離時 (1m以上)  
 中距離時 (1m以内)  
 近距離時 (100mm以内)  
 測点合致時  
 確認・決定画面

↑画面の表示サンプル

- ティーマーク クツテイ 位置データ確定
- ティーマーク カクニン 位置データ確認
- ティーマーク ツギハ 次の測定点へ
- ティーマーク モドル 前の画面へ
- ティーマーク シュウリョウ 終了

↑音声コマンドの種類

現場にマーキングすることで一人での墨出しが可能となるほか、マーキング済ポイントの第三者によるダブルチェックにも有効である。

墨出し測量に必要な音声コマンドを示す(上図参照)。作業員は画面に表示される位置情報を確認しながら目標の測点まで移動し、自らの音声で指示する。機器側では音声コマンドに従って、測点位置の確認や決定、測点順の変更が表示される。本機能により作業員は周囲への視野を確保しながら、両手が自由な状態でより安全に作業することが可能となる。

・機能② 任意点測定 (任意ポイントの座標確認)

機能①があらかじめ登録された座標に対するプリズム位置を表示する機能であるのに対し、任意点の座標を表示・測定する。用途としては任意点の座標化による確認や寸法の測定である。

前出の音声コマンドは機能②にも対応しており、汎用的に使用することが可能である。

・機能③ 測定値帳票出力

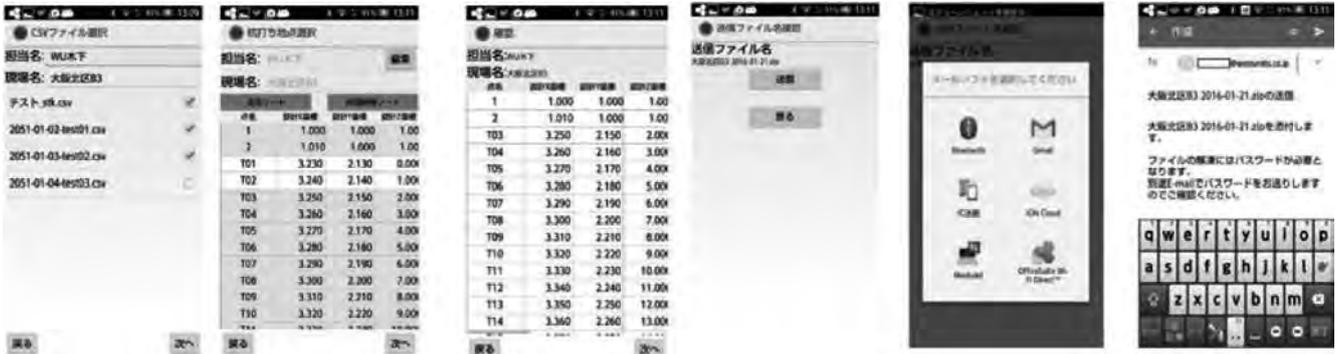
機能①②で測定した座標値を任意のメールアドレス宛てに帳票データとして送付する機能。

帳票には測点登録番号、設定座標値(目標値)、実測座標値(測定値)、測定誤差、測定日時等が自動的に記載される。本機能により記録の保存作業の省力化、転記ミス回避が図れる。

c 経済的効果

本システムを使用した場合に実際に作業能率や精度がどのくらい変わるのかを検証した。13m × 16mの検証エリア内にS字上の32点を設定し、従来方法とT-Mark.Naviのフローに従い、全測点を測量した。従来方式による2人一組作業から本システムによる単独作業となったにもかかわらず、1/3の時間を削減できた。2名⇒1名で約1.6倍の時間短縮であり、実質的に最大で約3倍程度の生産性向上の効果が期待できる。

測定精度については墨出し実務作業で実施し、比較検証した。その際最大遠方距離75mで誤差2mm程度であり、問題なく作業が出来た。これは従来の光波測量機器の誤差と同等である。



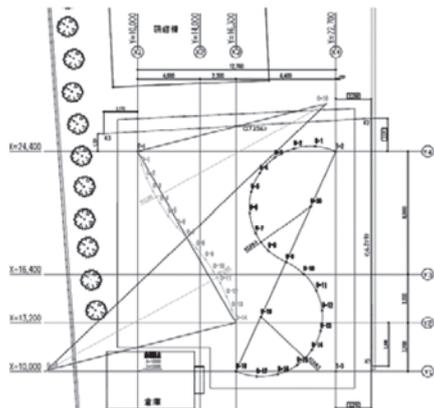
↑ 付属の携帯端末画面の一例

[T-Mark.Navi]位置測定データ表

ページ番号 1/3

作業所名 新宿センタービル新築工事 外構ポイント測定		作業者 大河工剛 山口	使用機器 LN-100 infolinker	Z-01 C001	帳票作成日 2015/12/23						
使用者自由記載欄 ・D-01からD-20を12/22実施 ・K-1～8を12/23に実施 ・Zは対象外		注意点 ・下記はT-Mark.Naviで実測したXYZデータをT-Mark.NaviRシステムで標準化しています。 ・T-Mark.NaviシステムでのXY座標と実際に使用している図面上のXY座標を必ず確認してください。 (T-Mark.Naviシステムでは垂直方向がY軸、水平方向がX軸です) ・Z値は機器高さを換算する必要がありますので、機器高さを考慮しない場合は無視してください。 ・測定差異③はT-Mark.Naviの設定座標値①から実測座標値②を差し引いた数値(単位:m)です。									
登録No	呼び番号	設定座標値①(単位:m)			実測座標値②(単位:m)			測定差異③=②①-②②(単位:m)			T-Mark.Naviによる測定日時-時間
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
D-01	3	355236.333	236581.369		355236.334	236581.369		-0.001	0		2015/12/22 10:43
D-02	2	269222.369	789654.321		269222.368	789654.321		0.001	0		2015/12/22 10:44
D-03	1	236583.222	456325.231		236583.222	456325.232		0	-0.001		2015/12/22 10:48
D-04	5	124583.695	456987.321		124583.696	456987.323		-0.001	-0.002		2015/12/22 10:52
D-05	4	259855.365	125478.369		259855.368	125478.369		-0.003	0		2015/12/22 10:59
D-06	6	126583.658	147852.369		126583.656	147852.368		0.002	0.001		2015/12/22 13:23
D-07	8	236594.356	521456.236		236594.358	521456.234		-0.002	0.002		2015/12/22 13:33
D-08	7	566593.365	321456.987		566593.366	321456.987		-0.001	0		2015/12/22 13:34
D-09	10	568621.326	456321.321		568621.325	456321.322		0.001	-0.001		2015/12/22 13:54
D-10	9	589658.321	796540.321		589658.322	796540.323		-0.001	-0.002		2015/12/22 13:55
D-11	13	125245.365	789632.214		125245.365	789632.214		0	0		2015/12/22 14:08
D-12	14	359456.321	789654.321		359456.323	789654.323		-0.002	-0.002		2015/12/22 14:18
D-13	12	873245.325	123546.369		873245.323	123546.368		0.002	0.001		2015/12/22 14:23
D-14	11	251235.236	125478.369		251235.238	125478.368		-0.002	0.001		2015/12/22 14:24
D-15	15	214236.235	147852.369		214236.234	147852.367		0.001	0.002		2015/12/22 14:28
D-16	16	125436.233	125874.369		125436.233	125874.368		0	0.001		2015/12/22 14:03
D-17	18	412536.123	147852.369		412536.124	147852.369		-0.001	0		2015/12/22 14:32
D-18	17	124587.326	456321.789		124587.327	456321.788		-0.001	0.001		2015/12/22 14:35
D-19	19	412536.321	741258.369		412536.322	741258.367		-0.001	0.002		2015/12/22 14:42
D-20	20	789654.123	458712.369		789654.112	458712.369		0.003	0		2015/12/22 14:45
K-1	21	78.369	58.321		78.359	58.322		0	-0.001		2015/12/23 15:12
K-2	22	57.325	58.321		57.326	58.321		-0.001	0		2015/12/23 15:18
K-3	23	94.321	52.365		94.322	52.364		-0.001	0.001		2015/12/23 15:21
K-4	24	54.698	52.365		54.696	52.365		0.002	0		2015/12/23 15:24
K-5	25	54.321	25.123		54.322	25.124		-0.001	-0.001		2015/12/23 15:26
K-6	26	87.321	25.123		87.321	25.123		0	0		2015/12/23 15:29
K-7	27	21.321	12.321		21.321	12.323		0	-0.002		2015/12/23 15:32
K-8	28	54.321	12.231		54.322	12.231		-0.001	0		2015/12/23 15:25

↑ 帳票出力の一例



	全ての測点	1 測点あたり
従来方式	54分50秒	103秒
本システム	33分21秒	63秒

従来の2名作業から単独作業となったにもかかわらず、作業全体で30%以上の時間削減を実現。

2人 → 1人  
約55分 → 約33分

2倍 } 約3倍の効果  
1.6倍 }

↑ 検証結果

#### d 施工または生産・販売 施工

既に弊社の施工中の複数作業所（建築 11 作業所，土木 14 作業所）に対し，適用が始まっており，社外に対しても 10 件の外販実績がある。墨出し・測量は建築・土木共に建設工事に必須な作業であるため，適用範囲が広いというのも特徴である。

#### おわりに

慣れ親しんだやり方や機械を変えるということは非常に勇気のいることだ。しかし，2020 年のオリンピックに向け，近い将来顕在化する作業員不足，技能不足，そして生産性

向上に対する国家的な方針，社会的要求の高まりを考えると，そうも言っていないという現実の狭間にこのシステムの存在意義がある。本システムを弊社の限定ツールとして囲い込むのではなく，業界全体の建設インフラとして共有展開すべきであると考えている。本システムはパッケージ化され，千代田測器㈱から機器一式の購入とレンタルが誰でも可能となっている。

眼鏡型ウェアラブル端末の性能進化に合わせて，より使いやすく改善を施すことで，専門の測量作業員専用ツールとすることなく，当たり前の墨出し測量ツールとして育てたい。

#### お断り

この JCMA 報告は，受賞した原文とは一部異なる表現をしています。



## 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

設楽 和久・渡辺 真至

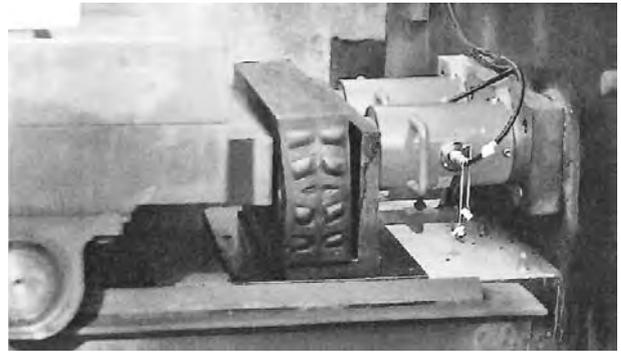
### 1. はじめに

施工技術総合研究所では、各種土木材料や道路構造物に関する性能評価試験および性能証明事業を第三者的立場で実施している。

これまでに実施した構造物の耐衝撃性評価に関する試験・研究としては、次のようなものがある。

- ①最大加力速度 85 カインの高速加圧ジャッキを用い、地震時に想定される瞬間的な相対変位をガスパイプラインの鋼管（口径 600 mm）に生じさせ、地盤ばね特性を把握する実大規模実験（写真—1）。
- ②同高速加圧ジャッキを用いた鉄筋のガス圧接継手の高速引張による耐震性評価試験。
- ③斜路に設置したレール上を鋼製台車が下り降りる衝突試験装置を用いた、落橋防止装置の緩衝材の緩衝性能を確認するための衝突試験（写真—2）。
- ④斜路に設置したレール上に鉄球を転がして、落下物防止柵の許容変位量や吸収エネルギーの検証を行う実大規模の衝突試験（写真—3）。
- ⑤斜路に設置したレール上を鋼製台車が下り降りる衝突試験装置を用い、自動車衝突荷重を再現し、壁高欄の接合部の耐衝突性能を評価する試験（写真—4）。

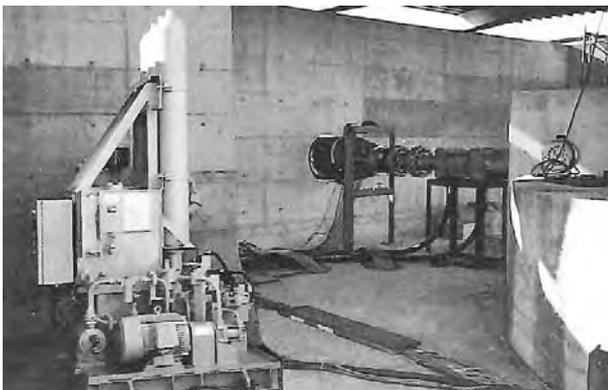
このうち、本稿では、新たに設置した鋼製台車を用いた衝突試験装置と、壁高欄接合部の衝突性能評価試験への取組みを紹介する。



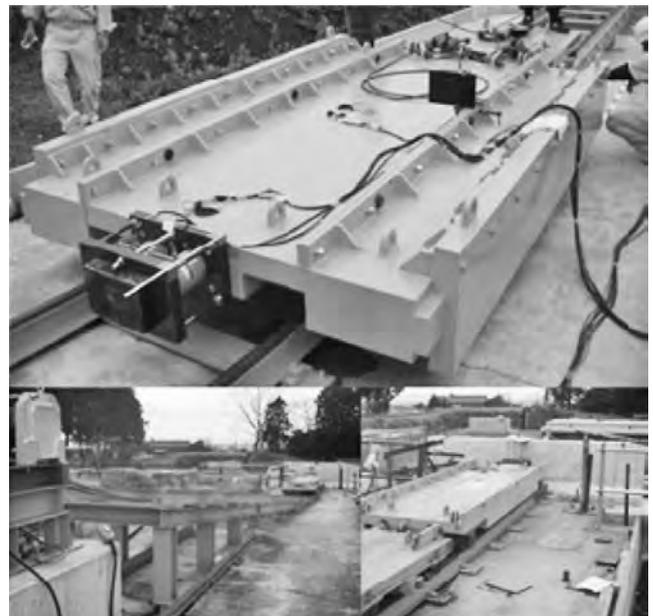
写真—2 落橋防止装置の緩衝材の衝突試験



写真—3 落下物防止柵の衝突試験



写真—1 高速加圧ジャッキを用いた地盤ばね特性実験



写真—4 壁高欄の衝突試験

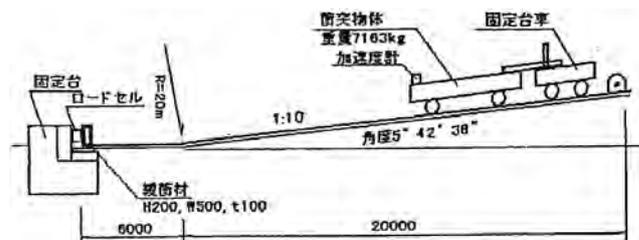
## 2. 衝突試験装置の紹介

### (1) 装置の概要

これまで壁高欄の衝突性能評価試験<sup>1), 2)</sup>では、壁高欄の耐衝撃性（壁高欄の接合部の耐荷性能と構成部材の飛散防止性能等）を把握する目的で、衝突体として鋼製の重錘を用い、門型フレームやトラッククレーンに吊り下げられた重錘を天井クレーンやウインチにより所定の高さまで引き上げ、固定ネジやワイヤーを切断することで振り子状に自由落下させて、壁高欄に衝撃力を直角に与えていた。

今回新たに設置した台車による衝突試験装置は、斜路に設置した鉄道用の40 kg レールを介して、台車の重量と落下高さを変化させることにより、衝突エネルギーを任意に設定し衝突試験を行うことが可能となっている。台車を落下させる際は重錘落下と同様にワイヤーをカッターで切断する。試験装置の仕様を表一に、外観を図一に示す。

この試験装置は、図二に示す地震時の落橋防止



図二 落橋防止装置の衝突試験装置の概要

装置の衝突実験に用いていた試験装置<sup>3)</sup>を、壁高欄の衝突試験用に改造したものである。

壁高欄の衝突試験では、床版の張り出し部上に設置された状態を再現するため、壁高欄を設置する反力床は、転倒、滑動、支持力の設計計算を行い、想定される衝撃力に対し、十分な安全率を確保した強固な基礎構造とした。反力床は、鉄筋コンクリート製で長さ4.2 × 幅10 × 高さ1 mの大きさとし、さらにその下側にはほぼ同程度の平面形状の鉄筋コンクリート製の直接基礎を地盤中に0.6 m 根入れさせた。また、反力床の上面には、反力床内に定着板（縦165 × 横165 × 厚さ32 mm）・総ネジPC鋼棒（φ32 mm × 長さ900 mm, 許容引張力：500 kN/本）・カップラーを450 ~ 1,000 mm ピッチで格子状に埋め込み配置した。この反力床の定着用のカップラーに、試験体床版部に設けた穴φ80 mm を介して、総ネジPC鋼棒を挿入し定着・固定することで、各種形状の試験体に対応できるようにした。

### (2) 衝突試験装置の特徴

鋼製台車とレールを用いた衝突試験装置の特徴は次のとおりである。

台車を衝突させる方法は、専用の軌道レール上に台車を走行させるので、衝突速度や衝撃度の再現性が非常に高く、衝突試験の精度が高い。走行台車の斜め走

表一 鋼製台車を用いた衝突試験装置の仕様

項目	仕様
形式	衝突台車を用いたレール走行方式
衝突台車重量	最大158 kN
斜路勾配	6.8° (tan <sup>-1</sup> 12/100)
最大落下高さ	1.6 m
最大衝突速度	5.82 m/s (21 km/h)
最大衝撃度	273 kJ

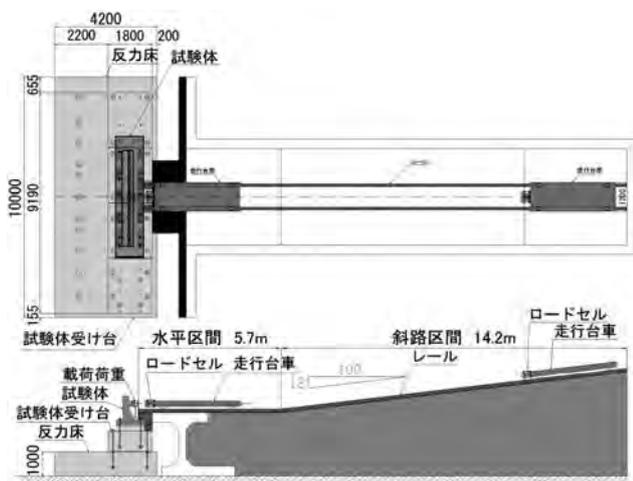
注) 衝撃度は、公益社団法人 日本道路協会の防護柵の設置基準・同解説で示されている下記の算定式を用いて算出した。

$$I_s = (1/2) \cdot (W/g) \cdot v^2 \cdot \sin^2 \theta$$

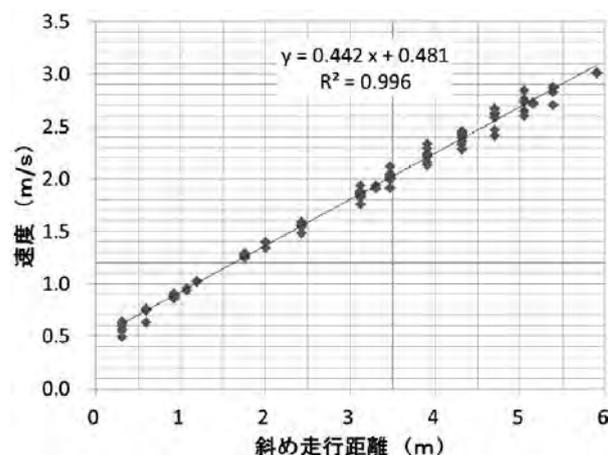
$I_s$  : 衝撃度 (kJ),  $W$  : 全車両重量 (kN)

$g$  : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>),  $v$  : 衝突速度 (m/s)

$\theta$  : 衝突角度 (90 deg)



図一 壁高欄の衝突試験装置の概要



図三 鋼製台車の衝突速度の再現性

行距離と衝突速度の関係は図—3のとおりであり、斜め走行距離との関係は直線関係にあり、相関が高くバラツキが少ない。

また、レール上を走行するため、計画どおりの走行位置を確保でき、衝突点がずれにくい。

壁高欄に衝突した後は跳ね返りにより、台車は水平部のレール上に戻ってくるが、この際に2度目の衝突を避けるために、台車を吊り上げているワイヤーにストッパーを取り付けてあり、2度目の衝突が防止できる。これによって、衝突エネルギーに応じた段階的な衝突試験が可能となっている。

衝突時の安全装置として、台車サイドに脱線防止用のフレームを設置してある。

### 3. 壁高欄接合部の衝突性能評価試験への取り組み

#### (1) 試験の背景

道路橋プレキャスト壁高欄の耐衝撃性評価に関する試験・研究の取り組みを紹介する。道路橋の壁高欄は場所打ちコンクリートで構築されることが一般的であったが、近年では、安定した品質、強度、耐久性の向上、現場作業の省力化、工期短縮等を考慮して、工場で作成されるプレキャスト製の壁高欄も見受けられるようになってきた。RC床版の更新事業におけるプレキャスト壁高欄の適用を考えると、現場打ちコンクリート壁高欄と比較し、現場作業を省力化でき、施工条件によっては、工期短縮等の効果が期待される。

しかし、プレキャスト壁高欄と床版の接合方法およびプレキャスト壁高欄同士の接合方法は様々な構造が検討されている状況であり、工事で採用するにあたっては、施工性や経済性、耐久性等を確認することが必要である。

#### (2) プレキャスト壁高欄の要求性能と性能評価方法<sup>4), 5)</sup>

剛性防護柵の要求性能は、公益社団法人 日本道路協会の「防護柵の設置基準・同解説（平成28年12月）（以下、「道路協会基準」）」に定められており、以下に示す4つの性能を満足しなければならない。

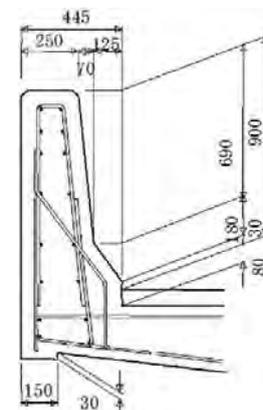
- ① 車両の逸脱防止性能
- ② 乗員の安全性能
- ③ 車両の誘導性能
- ④ 構成部材の飛散防止性能

これらの性能を満足することの確認は、車両用防護柵性能確認試験方法（日本道路協会：防護柵の設置基

準・同解説 平成28年12月）（以下、道路協会試験法）にしたがって、大型貨物車および乗用車を用いた実車衝突試験を行うことが必要である。

実車衝突試験により上記の性能が確認された壁高欄の構造は、日本道路協会の車両用防護柵標準仕様・同解説の標準図集<sup>6)</sup>や東・中・西日本高速道路(株)の防護柵標準図集<sup>7)</sup>等に示されており、フロリダ型壁高欄は要求性能を満足することが確認された構造である。

したがって、本研究でプレキャスト壁高欄の接合構造の評価方法を検討する際には、フロリダ型壁高欄の外観形状と同一であることを条件として検討することとした。設計要領第二集橋梁建設編 平成27年7月 東・中・西日本高速道路(株)の5. 防護柵に示されている現場打ち鉄筋コンクリート製のフロリダ型壁高欄の標準横断面図を図—4に示す。



図—4 フロリダ型剛性壁高欄の断面図（SB種）<sup>8)</sup>

次に、構造物用の剛性防護柵の場合は、基礎部構造諸元の設計が行われる。この設計では、①種別による衝突荷重の算定、②照査断面での構造計算、③対象構造物に与える影響照査が行われる。

さらに、道路協会基準に示されている標準仕様のプレキャストコンクリート製防護柵を用いる場合で、床版との接合部に新たな接合構造を採用する場合には、道路協会基準等に明示されていないが、接合構造の耐荷力を確認するために、静的載荷試験が行われるのが一般的である。

現在、新たに開発されてきているフロリダ型プレキャスト壁高欄は、外観形状が道路協会基準等の標準図集と同一であるが、床版との接合部やプレキャスト壁高欄同士の接合部の構造が特殊なものとなっている。接合部には無収縮モルタルが使われるケースもあり、この周辺に自動車が衝突した際の飛散防止性能を確認する必要がある。

このようなことから、新たに開発される構造物用のプレキャスト壁高欄に求められる性能としては、以下の2点が挙げられる。

- ①床版との接合部やプレキャスト壁高欄同士の接合部の自動車衝突時の耐荷性能（接合構造が一体性を保つこと、鉄筋ひずみが許容値内であること、ひび割れ幅が許容ひび割れ幅以内であること）
- ②壁高欄設置後に、接合部に施工されるモルタル等の間詰め材の自動車衝突時の飛散防止性能や応力伝達性能

このような点を踏まえ、現行の現場打ち壁高欄を対象に、鋼製台車を用いた衝突試験を実施しており、この結果を踏まえ、プレキャスト壁高欄の接合構造の性能試験方法を検討しているところである。

#### 4. おわりに

施工技術総合研究所は、敷地面積15万m<sup>2</sup>という広大な土地に、ここで紹介した試験装置以外にも特色ある多くの試験装置を保有し、各種建設材料や構造物についての試験を通して、その評価を行っている。

今後も社会のニーズを踏まえて試験設備の充実を図るとともに、中立公正な立場から性能を評価し、実際の現場で求められる材料や技術の研究、開発に貢献していきたいと考えている。

JCMIA

#### 《参考文献》

- 1) 緒方紀夫, 木曾茂, 西田宏司: 橋梁のコンクリート製防護柵の耐荷力に関する試験検討 ハイウェイ技術 No.4 (1996.4)
- 2) 青木圭一, 上平謙二, 神崎隆男, 田中嘉一, 高木絹華, 田村辰也: 急速施工と項耐久性を目指した新たなプレキャスト壁高欄の開発と衝突安全性能, 橋梁と基礎 (2013.3)
- 3) 窪田賢司, 菅野匡, 上東泰, 石田博: 緩衝効果を有する落橋防止装置の衝突実験及び効果の検証, 土木学会第52回年次学術講演会 (平成9年9月)
- 4) 日本道路協会: 防護柵の設置基準・同解説 平成28年12月
- 5) 建設省土木研究所道路部交通安全研究室, 日本道路公団試験研究所, (社)セメント協会ほか: 高速化対応型コンクリート製防護柵に関する共同研究報告書 平成10年6月
- 6) 車両用防護柵標準仕様・同解説 平成16年3月 (社)日本道路協会
- 7) 防護柵標準図集 平成23年7月 東・中・西日本高速道路(株)
- 8) 設計要領第二集橋梁建設編 5. 防護柵 平成27年7月 東・中・西日本高速道路(株)

#### 【筆者紹介】

設楽 和久 (しだら かずひさ)  
 (一社)日本建設機械施工協会  
 施工技術総合研究所  
 研究第二部  
 課長



渡辺 真至 (わたなべ まさし)  
 (一社)日本建設機械施工協会  
 施工技術総合研究所  
 研究第二部  
 上席研究員



## 部 会 報 告

### アスファルトプラントの変遷（その12）

機械部会 路盤・舗装機械技術委員会（アスファルトプラント変遷分科会）

2009年（平成21年） 高速道路の「休日特別割引」  
スタート  
改正省エネ法施行

田中鉄工(株)

1 バーナ脱臭装置納入

脱臭炉用バーナの熱風をリサイクルドライでの再生材加熱に利用し、燃費削減を試みた。



写真 6-27 上：TDM-100 下：脱臭設備

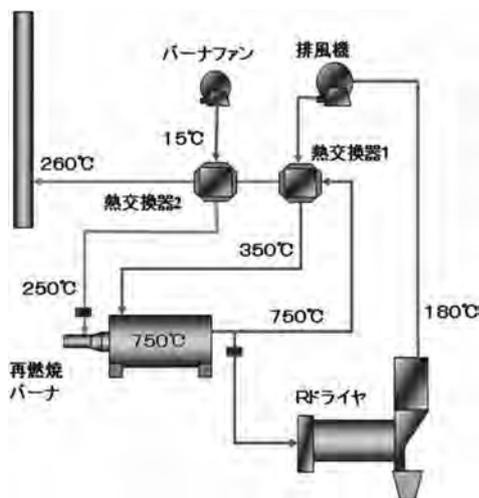


図 6-7 1バーナ脱臭フロー図

様々な付帯設備を開発・販売

大型プラントや都市部のプラント用に、より安全・確実に出荷が可能な様に、ダンプ運転手が利用しやすい様々な付帯設備を開発。

①サイロ自動出荷盤

ドライバー自身で暗証番号を入力し、合材サイロよ



写真 6-28 サイロ自動出荷盤

り合材を出荷。プラントオペレータのいない時間帯や休日でも合材の出荷が可能。

②誘導電光掲示板

操作盤で入力・予約した車輛番号と出荷する合材の種類を案内する掲示板で、ダンプの誘導を確実に行う。



写真 6-29 誘導電光掲示板

③トラックアシストモニタ

モニタに残り積込み回数、積込みまでの時間が表示され、荷台の様子も映し出される。運転席に座ったまま見えるため、小型ダンプでも安全である。

アスファルト 平成21年 第52巻 第225号

特集・低炭素社会とアスファルト舗装

アスファルトプラントにおける低炭素課題に対する技術的取り組み 抜粋

…合材製造においては、アスファルト舗装工事で排出されるCO<sub>2</sub>の殆どを占めているといっても過言



写真 6-30 トラックアシストモニタ

ではない。(アスファルト等の素材製造分も含む)  
 また、2008年4月に施行された「エネルギーの使用の合理化に関する法律」の改正では、エネルギー管理指定工場（熱と電気を合算した使用量が一定規模以上のプラント）となった場合には、エネルギー管理士の選任・届け出とともに、CO<sub>2</sub>削減計画書およびエネルギー消費等の報告義務が課せられた。

今後とも合材製造事業においては、合材製造装置等のハード面および製造方法等のソフト面での低炭素化技術を継続するとともに、中温化合材等の低炭素化技術によりCO<sub>2</sub>排出の原単位の削減に努めなければならない。

((社)日本アスファルト合材協会 技術委員会)

**2010年(平成22年) 高速道路無料化の社会実験開始**

東京国際空港のD滑走路供用開始

東北新幹線全線開通

**日本建設機械要覧 2010年(平成22年)版**

**13 舗装機械 総説抜粋**

…新しい舗装の傾向として、特殊な機能や構造をもつ舗装（排水性舗装や保水性舗装など）が増えてきており、ユーザが従来の舗装機械（プラントも含む）を改造したり、新機種を開発して対応する例が増えている。これらの機械は特殊機械の分野にとどまっているが、今後は多種多様化し増加が予想される。(以下略)

日工(株)

**環境負荷低減 バイオマスバーナ開発**

NTBバーナの性能を確保しつつ、木質系バイオマス燃料を直接燃焼できるバーナを開発。カーボンニュートラルにより二酸化炭素の排出量を抑制し、循環型社会に貢献。木質タールやバイオディーゼル燃料

を製造する際に発生する副産物である廃グリセリン等、植物由来のバイオマス燃料の燃焼も可能。

(カーボンニュートラル:バイオマス燃料の燃焼により放出される二酸化炭素は、植物の成長過程で光合成により吸収された二酸化炭素であることから、ライフサイクル中では大気中の二酸化炭素を増加させない。)



写真 6-31 NTB-BMバーナ

**ユーロタイプ AP 開発**

今までのBONDシリーズで養った技術を用い狭小地での建て替えを可能にした、ユーロタイプAPを開発。合材ビン上部にAPミキサとリサイクルプラントを配置した高層タワー型のアスファルトプラントで、同規模の従来型プラントに対して約半分の設置面積となり、敷地の有効利用を図った。また、スキップエレベータを使用しないため、安全性・合材品質の向上及び省電力を可能にした。周囲環境対応としてオール外装を標準とし、各種省エネ装置も装備している。

**要覧記載メーカー全3社 業者名**

田中鉄工(株)、日工(株)、ゼムコインタナショナル(株)

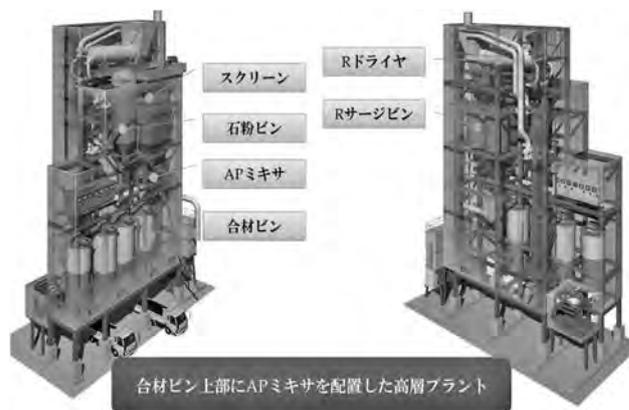


図 6-8 ユーロタイプ AP イメージ図



写真 6-32 NAP EBD-1608-9351D(八王子市に設置)  
 EBD⇒Euro(ユーロ)タイプBDシリーズ  
 1608⇒アスファルトプラント乾燥能力1.6t×60B/h  
 +リサイクルプラント能力80t/h  
 9351⇒合材サイロ90ton×3基  
 +サージビン50ton×1基  
 D⇒Deodorizer(脱臭装置)



写真 6-33 クアトロミキサ

の向上を実現

V ドライヤ回転数制御 アクティブドライヤシステム 開発

ドライヤインバータ制御によりドラム回転数の最適制御を行い、排ガスの熱損失を低減することで省エネを図る。

- ①ドライヤ回転数制御で排ガス温度を下限で一定に  
⇒省エネ
- ②空運転時にドライヤ回転数を下げて動力低下  
⇒省電力化

2012年(平成24年) 首都高速・阪神高速 距離別料金に移行

パナソニック  
 VHS方式ビデオレコーダ生産終了  
 全国で完全デジタル放送化完了  
 東京スカイツリー・ソラマチ開業  
 東京駅丸の内駅舎復元工事竣工  
 岩国錦帯橋空港 開港

田中铁工(株)

ウィングゲート式「3D ミキサ」 開発  
 従来のスライドゲート式と比較して、ミキサの開放時間が速くなったため合材こぼれ・粒度分離が少ないミキサを開発。

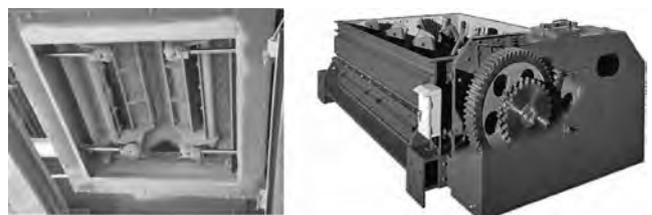


写真 6-34 3D ミキサ

2011年(平成23年) 東北地方太平洋沖地震 発生  
 北関東自動車道全線開通  
 高速道路「休日特別割引」・無料化終了  
 地上デジタル放送に移行  
 (岩手・宮城・福島を除く)  
 ハッ場ダムの建設再開発表

日工(株)

排ガス循環システム EGR システム 開発  
 煙突から排出されるガスをバーナの燃焼空気に使用。排ガスを循環させることにより、排ガスを低減  
 ①ガス量低減⇒排ガス損失低下による燃費向上  
 ②燃焼用空気の酸素濃度低下⇒サーマル NOx 抑制

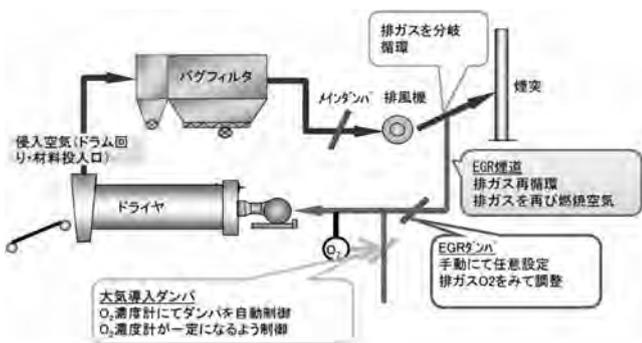


図 6-9 EGR システムフロー図

Dunk ゲート式 クアトロミキサ 開発

- ①Dunk(ダンク)ゲートを採用し従来ミキサより排出用開口面積を約10%増大  
⇒合材のスピーディーな排出を実現  
合材排出時の電力低減
- ②Square(スクエア)ケーシングの採用  
⇒ミキサケーシングの正方形化による混練性能

2013年（平成25年） 鳥取自動車道全線開通  
松江自動車道全線開通  
新石垣空港 開港

田中鉄工(株)

都市型アスファルトプラント 発表

アスファルトプラント能力：90 t/h

ミキサ能力：120 t/h

リサイクルプラント能力：60 t/h

合材サイロ：80 + 100 + 120 = 300 ton

が標準型となり、また環境に配慮したプラントが求められるため、半数近くのプラントが脱臭設備も併設するようになってきた。ミキサフロアの密閉や、防塵設備の強化等、プラント内を清潔に保つ工夫も追加された。また、防塵・防音・防振のため設置しているシェルタにもデザイン性を追求し、プラントの塗装色も併せて周囲の景観に馴染む様に考慮されている。地域との密着性をアピールするため、「ご当地ゆるキャラ」の看板を設置するケースも増えてきている。



写真 6-35 TAP-1520 + TRD-60 + ST-300  
骨材ヤード屋根にソーラーパネル設置（北九州市）

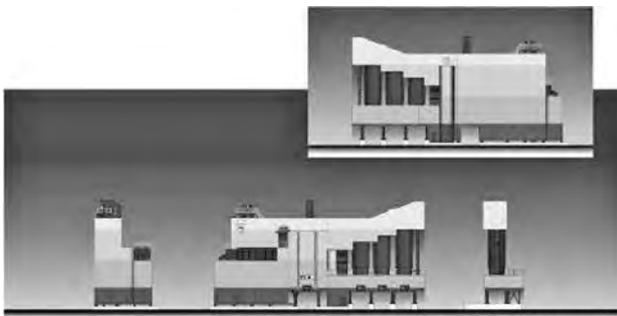


図 6-10 デザインシェルタ イメージ図

「アスファルトプラントにおける固形燃料燃焼システムの開発」の抜粋 第三十四回 日本道路会議優秀論文  
(公益社団法人 日本道路協会)  
アスファルトプラントは、様々な種類の骨材を乾燥・加熱するバーナを複数使用しているため、多くのCO<sub>2</sub>

を排出している。

低炭素社会ならびに循環型社会への貢献を目指すため、化石燃料の代替燃料として再生資源燃料や木材チップ等の固形燃料を使用した熱風発生装置をアスファルトプラントに増設し、その熱をアスファルトプラントに直接利用するシステムを開発。

1. 固形燃料について

①再生資源燃料

主に産業系廃棄物の古紙および廃プラスチック類を主原料とする固形燃料RPF（Refuse Paper & Plastic Fuel）を使用。

②木材チップ

建築廃材や製材残材をチップ化した建廃チップを使用。発熱量はRPFの半分程度で、燃料としての利用には課題も多いが、カーボンニュートラルの性質を持っているため、環境負荷低減に有効な燃料である。

2. 固形燃料燃焼システムの概要

固形燃料は、燃料供給ホッパから燃料供給スクリュで定量供給され、バルコンでロータリーチャンバに投入される。ロータリーチャンバは、内面に150 mm厚の耐火キャストブルを施工しており、これが高温に蓄熱し、なおかつロータリーチャンバの回転により、効率よく固形燃料を燃焼する。助燃バーナは、固形燃料が安定的に燃焼を行うための種火的な役割を担うと共に、運転初期の予熱を行う。

固形燃料の燃焼により発生した可燃ガスは二次燃焼室にて完全に燃焼される。二次燃焼室と再生ドライヤ燃焼室は熱風煙道で接続されており、熱風煙道ダンパを開けることで、アスファルトプラントと固形燃料燃

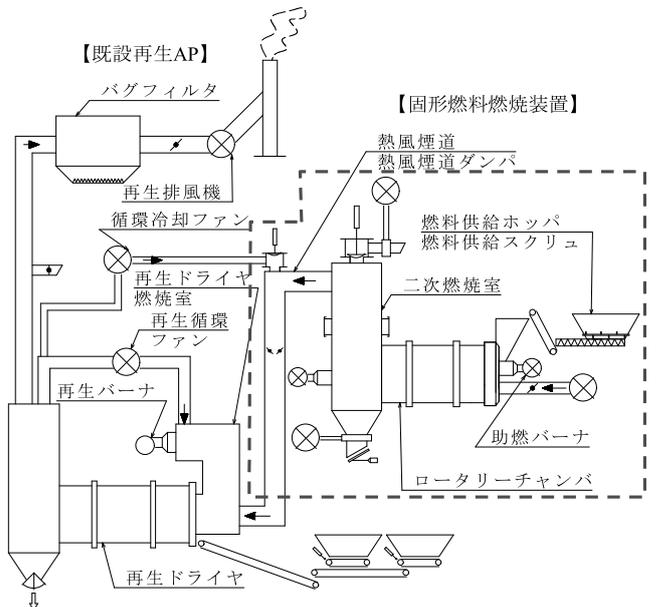


図 6-11 固形燃料燃焼システムフロー図



写真 6-36 固形燃料燃焼システム全景

焼装置が連結され、熱風を導入する。導入された熱風は、再生ドライヤにて再生材の乾燥・加熱に利用される。

3. 固形燃料燃焼システム導入の効果

再生アスファルトプラントと固形燃料燃焼システムを連結することで、再生アスファルトプラントで使用する A 重油の消費量が低下する。

表 6-2 固形燃料別の導入効果 (再生骨材供給量 40 t/h)

			RPF	木材チップ
システム導入前	A 重油消費量	L/h		340
システム導入後	A 重油消費量	L/h	150	190
	削減量	L/h	190	150
	削減率	%	56	44

(株)NIPPO 相田 尚氏 日工(株) 榊 真司氏・藤原 真人氏)

本体ダンプ通路シャッター付き (町田市に設置)  
 要覧記載メーカー全 2 社 上記記載以外業者名  
 日本ゼム(株)

2014 年 (平成 26 年) 三陸鉄道全線運行再開  
 東名・中央・関越自動車道  
 接続  
 舞鶴若狭自動車道全線開通  
 リニア中央新幹線 建設開始

日工(株)

新型操作盤 ARVO (アルボ) シリーズ 開発  
 経験と人間工学に基づいた操作性と視認性を持ち、誰でも「簡単」「的確」「安全」に操作できる操作盤を開発。

- ・目的の操作を最小ステップ (最短動作) でスマート操作
- ・使用エネルギーの「見える化」で省エネを意識した操作
- ・熟練オペレータと同等の出荷操作をナビゲート
- ・タブレット端末からのサイロ出荷, 機側での安全

操作が可能

- ・インターネットリモートによるリモートメンテナンス
- ⇒トラブルの早期解消, 運転アドバイス, 故障の予防



写真 6-37 ARVO 操作盤

新型バーナ NTB-II 開発

新規骨材の少量送りに対応すべく、低燃焼領域に特化した新型バーナを開発。インバータ制御, キャスタ張りスロートの採用により、従来の NTB シリーズのバーナより、更なる省エネ・省電力化を実現。



写真 6-38 NTB-IIバーナ

ミッドシップタイプ AP の MBD シリーズ 開発  
 再生骨材の混入率が高まる中、従来の発想を転換してリサイクルプラントをメインに設備を配した、ミッドシップタイプのプラントを開発。リサイクルプラントのドライヤ・サージビン・計量器・AP ミキサを一連で接続することにより、再生材の高混入率化に対応した。また、粉塵・油煙の飛散防止にもつながり、機器周辺の汚れも抑制できた。計量器設置フロア, ミキサ設置フロアとも広いフラットフロアとなり、メンテナンス時の作業性もアップした。

おわりに

これまで 1921 年 (大正 10 年) から現在までの長期

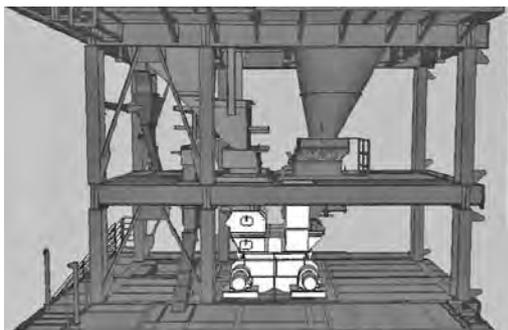


図 6-12 MBD シリーズ 計量器・ミキサフロア



写真 6-39 MBD-1600 + TOP α80 + 360 型サイロ (前橋市に設置)

にわたるアスファルトプラントの変遷を紹介してきた。道路建設の規模や廃材利用、環境対策等の要因で、アスファルトプラントは複雑で高度な設備へと進化してきた。今後も更なる排ガス量削減や脱臭等に代表される環境対応と、燃料や電気量等の製造コスト削減による省エネルギーの要求に応え続けることが必要である。

アスファルト合材製造数量の推移は、平成4年をピークとし、合材製造数量は年々減少している、平成23年の東日本大震災を機に増加傾向にあったが、平成26年度は、3年ぶりに平成23年度と同水準となった。これは、道路のインフラ整備の低調が要因として考えられる。しかし、防災や老朽化対策等の観点からはインフラ投資を維持すべきとの意見も根強い。2020年に開催される東京五輪前後のインフラ整備や都市開発の計画・構想も検討されており、今後実施される社会資本整備による合材製造数量の増加を期待している。

#### 謝 辞

最後に原稿作成に当たって、貴重なご意見をいただいた分科会委員の皆様、資料の提供をいただいたメーカーの皆様には、深く感謝申し上げます。

JICMA

## 部 会 報 告

# 鵜住居川水門工事現場見学会

機械部会 基礎工事中用機械技術委員会

## 1. はじめに

JCMA 機械部会の基礎工事中用機械技術委員会では、平成 29 年度現場見学会を 2017 年 7 月 19 日（水）に東日本大震災に伴う災害復旧工事である岩手県・鵜住居川水門工事の見学会を実施した。

参加者は 12 社 14 名であった。

## 2. 工事の概要

- ・工事名 二級河川鵜住居川筋鵜住居地区河川災害復旧（23 災 647 号）水門土木工事
- ・工事概要 復旧延長 235 m，水門 1 基，護床ブロック工 1287 個，管理橋工 182.8 m，取付擁壁工 272.5 m
- ・発注者 岩手県
- ・施工業者 前田建設工業(株)・あおみ建設(株)・(株)小田島組特定共同企業体
- ・工事場所 岩手県釜石市鵜住居町地内

## 3. 現場見学

### (1) 工事概要説明

#### (a) 鵜住居地区の経緯

岩手県釜石市鵜住居川地区・片岸地区では、2011 年 3 月 11 日東日本大震災により多数の死傷者・行方不明者とまちのすべてを失う大きな津波災害を受けた。現在、失われたまち・地域の復興のためのまちづくりを進めており、津波対策として沿岸部に高さ 14.5 m の防波堤，河口部には水門を施工している（写真—1，図—1）。

見学会の現場は，河口部に設ける 5 径間の水門工事（土木工事）を築造するものである。

#### (b) 工事の内容

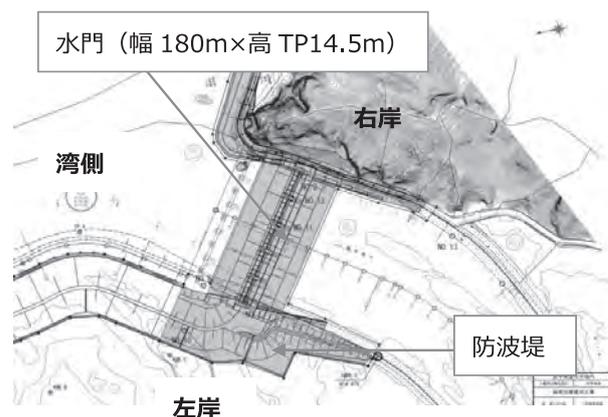
東日本大震災に伴う復旧工事で，釜石市片岸海岸防潮堤と一体となる鵜住居川河口部に設ける津波対策水門のうち土木工事を施工する。

#### (c) 工事で採用した主要な基礎工事中用機械

現場では様々な基礎工事中用機械を使用して施工を



写真—1 施工箇所全景 (2017 年 3 月)



図—1 施工平面図

行っている。下記のような施工法や機械を使用して施工を行っている。

- ・オールケーシング掘削機による，基礎杭施工における玉石中間層への穿孔掘削置換工
- ・ガンテツパイル工法と HYSC 杭工法による，鋼管ソイルセメント杭の施工
- ・サンドドレーン工法およびエポコラム工法による，防潮堤基盤の地盤改良工
- ・スーパーウェルポイント工法による，作業エリアの地下水位低下工
- ・クラッシュパイラーによる，硬質地盤への鋼矢板施工
- ・ECW 工法による，柱列式中連続壁の仮土留工

## (2) 現場見学

### (a) 水門工

鷗住居川河口部において、5径間の水門を施工する。施工方法は、右岸側の施工を完了させたのちに転流させ、左岸側の施工を行う。現在は、右岸側2径間の施工が完了している。水門の1径間幅が37m、高さTP14.5mあり、水門幅は180mとなる。現場で水門を前にすると、その大きさに圧倒された。水門は他業者施工の機械設備（ゲート）も同時に施工しているため、安全に作業を行えるよう日々調整を行っていると言う（写真—2）。



写真—2 水門2径間（右岸側）

### (b) 鋼管ソイルセメント杭（ガンテツパイルパイロ工法，HYSC工法）

水門の基礎として $\phi 1000$ および $\phi 1200$  mmの鋼管ソイルセメント杭を合計約1100本施工する。現在、690本の施工が完了している。同杭では2種類の工法を採用しており、主としてガンテツパイル工法による施工を行っているが、杭仕様変更により $t = 25$  mmのリブ付鋼管を要する左岸端部堰柱部分は鋼管製造条件によりHYSC杭工法を採用している。

左岸施工で使用した施工機械は、以下の通りである。

HYSC工法 杭打機型式DH658-135M，HYSC専用オーガー（二軸同軸），掘削攪拌ヘッド径 $\phi 1200$  mm

ガンテツ工法 杭打機形式DH658-135H，同時埋設専用オーガー150 kW，掘削攪拌ヘッド径 $\phi 1200$  mm

また、中間層に玉石層が存在しているために、事前に全回転オールケーシング掘削機による砂置換を行った後に鋼管ソイルセメント杭の施工を行った。使用した全回転オールケーシング掘削機は、形式RT200AⅢ，掘削口径は基礎杭と同径の $\phi 1200$  mm，最大トルク221 tf-m，本体重量30 tonである。

施工箇所は、冬季積雪地域ではないものの風が強い



写真—3 鋼管ソイルセメント杭（ガンテツパイル工法）

箇所であるため、クレーンや杭打機を使用する作業の際は天気予報と現場に設置した風速計により状況を把握のうえ早期対処で安全に施工している（写真—3）。

### (c) 地盤改良工事（深層混合処理エポコラム工法）

左岸には防潮堤を施工する。防潮堤下の沈下促進のために $\phi 400$  mmサンドドレーンを約1800本施工、防潮堤法先部分には液状化対策・盛土安定・沈下抑制を目的とした深層混合処理を行っている。

深層混合処理はエポコラム工法で行い、使用した施工機械は、ベースマシンDH658-135M，エポコラム専用オーガー90 kW  $\times 2$ （二軸同軸），攪拌翼径 $\phi 2000$  mmである（写真—4，5）。

エポコラム工法は、大口徑コラムの築造が可能で一工程当たりの施工量が高く、良質なコラムが築造できるため、工期が厳しい現場に利点がある。

今後、防潮堤の盛土を行うが、盛土の品質管理について、盛土材料が複数の他工事流用土が主体となるため材料に応じた適切な品質管理方法と盛土・締固め管理方法を策定のうえ盛土管理システムを活用した施工を行う予定である。



写真—4 エポコラム施工状況



写真—5 エボコラム攪拌翼 (φ 2000 mm)



写真—6 全員記念写真 (水門前)

#### 4. おわりに

東日本大震災から6年が経過し、一度は更地になった地区はかさ上げ工事が進み、宅地造成も始まっている。生活に欠かせない電気を供給する電柱の施工も進んでいた。復興が進んでいることを感じる事が出来たが、震災の傷跡が深いことを感じた。

#### 謝 辞

今回の現場説明、案内をして頂いた前田建設工業(株)職員各位には当委員会見学を快くお受け頂き、様々な基礎工事施工方法や復興工事の現状等を拝見させて頂きましたことに心より厚く感謝し御礼申し上げます。

JCMA

#### [筆者紹介]

森山 茂 (もりやま しげる)

前田建設工業(株)

土木事業本部 機械部 機械技術グループ

シニアマネージャー

10-43	型枠自動スライド装置	鹿島建設
-------	------------	------

### ▶ 概 要

ダムなどの大型構造物を施工する際、コンクリート打設作業においては型枠をスライドさせて建て込む作業が必要であり、飛来落下・墜落転落災害のリスクや、ダム堤体上でのクレーン作業とダンプトラックによるコンクリート運搬が錯綜するなど、安全面において課題があった。また、とび工や溶接工など特殊技能作業員の確保も必須であった。

これらの課題を解決するため、クレーンを使用せずに油圧により自動で型枠をスライドさせるシステムの開発に着手し、油圧ジャッキで型枠を上昇させる機能をもつ Doka Japan 社製のセルフクライミング装置に、従来からダム現場で使用されている大型の型枠部材（メタルフォームとシャタリング）を組み合わせた新たな型枠機構「型枠自動スライド装置」を開発した（図-1）。

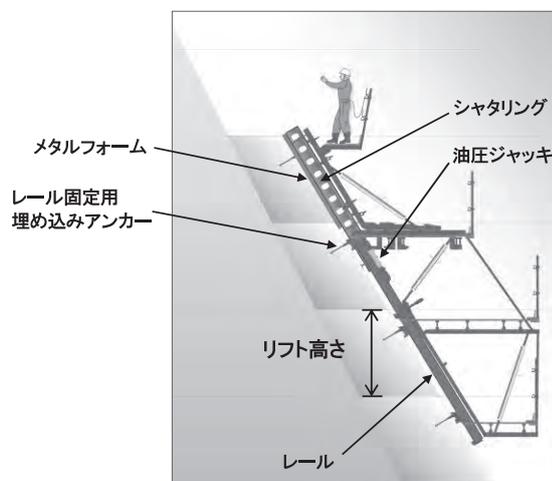


図-1 型枠自動スライド装置 イメージ図

コンクリートダムの堤体で1ブロック（幅 15 m）の型枠作業を行う場合、幅 3 m に 5 分割した型枠をクレーンで吊り上げて建て込むのが一般的であるが、このほど、大分県で施工中の大分川ダム建設工事の洪水吐減勢工に「型枠自動スライド装置」を適用し、幅 15 m の型枠を自動で一括スライドさせることに初めて成功し、コンクリート打設作業を完了した（写真-1）。

この技術は、建設業が抱える将来の担い手不足という課題への対策とともに、生産性と安全性の向上にも大きく寄与するものである。

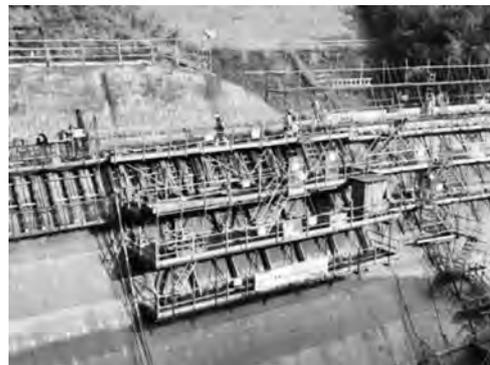


写真-1 クレーンを使用せず幅 15 m の型枠を一括スライド

### ▶ 特 徴

この新たな型枠機構は、セルフクライミング装置が外側から型枠を保持する構造のため、従来の打設面から型枠を固定するセパレータが不要となり、溶接作業の必要がなくなった。

従来のクレーンを用いた作業と比較した場合、本技術には以下のような特長がある。

- ① 1 班あたりの作業員が 5 名（クレーンオペレータ含む）から 3 名となり、40%の削減
- ② 1 ブロック幅 15 m の型枠作業（脱型から建込みまで）の時間が 280 分から 220 分に 21% 短縮
- ③ 溶接工・とび工（型枠大工）・クレーンオペレータなどの特殊な作業員でなくても施工が可能
- ④ 型枠作業のための足場が躯体に常に固定されているため、高所でも安全に作業可能
- ⑤ コンクリートダム堤体に適用した場合、打継面でのクレーン作業がなくなるため、コンクリートを運搬するダンプトラックとの錯綜がなく、安全性が向上

今後、コンクリートダム堤体コンクリート工に適用し、ダム堤体のコンクリート打設において、3 ブロック（幅 45 m）の型枠スライド作業で、全く人力を必要としない全自動化を目指していく。また、この新たな型枠機構の他現場への転用なども視野に、コスト削減を追求しつつ、ダム以外の大型コンクリート構造物への幅広い普及展開も図っていく。

### ▶ 用 途

・ダム工事の堤体上下流面、減勢工左右岸導流壁等の型枠

### ▶ 実 績

・大分川ダム建設工事（洪水吐減勢工左岸導流壁、幅 15 m）

### ▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 土木管理本部 土木工務部 ダムグループ  
〒107-8348 東京都港区赤坂 6-5-11  
TEL : 03-5544-0997

**新機種紹介** 機関誌編集委員会

▶ 〈02〉 掘削機械

17-(02)-07	日立建機 ハイブリッド油圧ショベル ZH200-6/ZH200LC-6	'17.09 発売 新機種
------------	---	------------------

オフロード法 2014 年基準に適合したハイブリッド油圧ショベルである。

排出ガス規制基準に適合させるため、クールド EGR システムを強化し、20t クラス油圧ショベルでは初めて尿素水を不要としている。

高出力アシスト発電モータを一体化したエンジンと、リチウムイオンバッテリー等で構成されたハイブリッドシステムに、高効率な油圧システムを融合させた TRIAS-HX II システムにより、従来機と比べ燃費を 12% 低減している<sup>(※1)</sup>。

リチウムイオンバッテリーは、強固なアルミケース内に収納することで耐衝撃性や防水・防塵性を高め、さらに温度調整機能を有することで、長寿命化を図っている。

長期間使用した場合においても、性能・信頼性を維持するように各部の強化を図っている。エンジンではエア抜け性を改善するためにエクспанションタンクを、油圧機器では油漏れリスク低減のために高温に強いシールを採用している。

上部旋回体の上部に手すりを新設し、メンテナンス時の安全性を、また、容易に供給電源を遮断可能なバッテリーディスコネクトスイッチにより、電気系の点検整備時の安全性の向上を図っている。さらに、ミラーを追加し右後方の視認性を向上させるとともに、サイドビューカメラシステムをオプション設定している。

※1 日立建機テスト基準による。実作業では作業条件により異なる場合がある。

表-1 ZH200-6 / ZH200LC-6 の主な仕様

		ZH200-6	ZH200LC-6
標準バケット容量	(m <sup>3</sup> )	0.80	
運転質量	(t)	20.2	20.8
エンジン定格出力	(kW/min <sup>-1</sup> )	73/2,000	
アシスト発電モータ	(kW/min <sup>-1</sup> )	44/2,000	
最大掘削半径	(mm)	9,920	
最大掘削深さ	(mm)	6,670	
最大掘削高さ	(mm)	10,040	
最大ダンプ高さ	(mm)	7,180	
最大掘削力 (昇圧時)	(kN)	158	
旋回速度	(min <sup>-1</sup> )	11.8	
走行速度 (高/低)	(km/h)	5.0/3.2	
全長	(mm)	9,660	
全幅	(mm)	2,860	2,990
全高	(mm)	3,020	
後端旋回半径	(mm)	2,890	
最低地上高さ	(mm)	450	
標準小売価格 (税抜)	(百万円)	25.1	25.7



写真-1 日立建機 ZH200-6 ハイブリッド油圧ショベル

問合せ先: 日立建機(株) 経営管理統括本部 ブランド・コミュニケーション本部 広報戦略室 広報・IR 部 広報グループ  
〒110-0015 東京都台東区東上野二丁目16番1号

新機種紹介

▶ 〈05〉 クレーン、インクラインおよびウインチ

17-(05)-06	タダノ ラフテレーンクレーン CREVO160 G4 GR-160N	'17.03 発売 モデルチェンジ
------------	--	----------------------

ディーゼル特殊自動車 2014 年排出ガス規制に適合したラフテレーンクレーンである。

従来の 1 段スタンダード・ジブに対し、2 段パワーチルト・ジブを採用し、ジブ長さが従来の 3.8 m から 6.9 m となり、最大地上揚程は 35 m、さらにジブチルト角度も、従来の最大 45° から 60° となり、作業領域の拡大を図っている。また 2 段パワーチルト・ジブにより軽量化を図り、ジブ本体の重量増加に伴うブーム性能の低下を回避している。

周囲の状況を確認しながら、安全で効率的に作業準備や格納作業が行える『セットアップラジコン』<sup>(注1)</sup>をオプション設定している。手元のラジコン操作で、アウトリガのスライドやジャッキの設置・格納、ジブの装着・格納、フックインなどのブーム格納が可能である。

大型マルチファンクションディスプレイにより、タッチパネルに、クレーンの作業情報や、各種操作設定の機能を集約し、作業効率を高めると共に、感圧式のタッチパネルにより、手袋をした状態でも操作できる。操作レバーに電気式操作システムを採用し、フィット感のある操作性を実現している。旋回・ブーム起伏・ジブチルトの操作速度をそれぞれ 5 段階に設定でき、オペレータのフィーリングに合わせた操作ができる。また、インパネの形状や高さ、ガラス面の角度を改善し、運転席からの視認性の向上を図っている。

安全走行をアシストするタダノビューシステム<sup>(注2)</sup>の俯瞰映像表示装置『ワイドサイトビュー』は、クレーンを上から見たような映像を大型カラーディスプレイに表示し、周囲の状況把握や安全確認を行う。また、人物検知警報装置『ヒューマンアラートシステム』は、運転席からは確認しづらい車両左側面の歩行者や、自転車などに乗った人物を検知しブザーで警告する。

クレーンの作業時や走行時の燃料消費情報を常に表示する『燃料消費モニター』や、作業中のクレーンのエンジン回転数を制御する『エコ・モード』により低燃費化を図っている。さらに、携帯通信によるクレーンの稼働状況の把握と、GPS による位置情報確認、また保守管理のための情報をウェブサイトをサポートするテレマティクス Web 情報サービス『HELLO-NET』を装備している。

(注1) セットアップラジコンで可能なクレーン操作はアルミ敷板の設置・格納、アウトリガの張出・格納、ジブの装着・格納のみで、クレーン作業には使用できない。

(注2) 本システムは様々な機能によって、運転者の安全な走行をアシストする運転支援システムであるが、悪天候下や夜間等、外部環境によって十分機能しないケースもある。

表一 2 GR-160N の主な仕様

クレーン諸元		
最大クレーン容量	(t × m)	16 × 3.0
最大地上揚程		
ブーム	(m)	28.2
ジブ	(m)	35.0
最大作業半径		
ブーム	(m)	24.0
ジブ	(m)	27.8
ブーム長さ	(m)	6.5 ~ 27.5
ジブ長さ	(m)	4.5 / 6.9
キャリア諸元		
エンジン名称		カミンズ QSB6.7-4C
エンジン最大出力	(kW [PS])	175 [238] / 2,300 min <sup>-1</sup> [rpm]
エンジン最大トルク	(N · m [kgf · m])	888 [90.5] / 1,500 min <sup>-1</sup> [rpm]
全長	(m)	8.310
全幅	(m)	2.200
全高	(m)	3.150
車両総重量	(t)	19.795
価格 (税別)	(百万円)	38.0

注) 価格は、装備等により異なる。



写真一 2 タダノ GR-160N ラフテレーンクレーン

問合せ先：(株)タダノ マーケティング部  
〒130-0014 東京都墨田区亀沢 2-4-12

## 平成 29 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

### はじめに

我が国の建設投資は、社会経済活動・市場動向等に与える影響は極めて大きい。このため、国土交通省では、国内建設市場の規模とその構造を明らかにすることを目的とし、昭和 35 年度から毎年度、建設投資推計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。

### 1. 建設投資見通しの概要

平成 29 年度の建設投資は、前年度比 4.7% 増の 54 兆 9,600 億円となる見通しである。

平成 29 年度の建設投資は、前年度比 4.7% 増の 54 兆 9,600 億円となる見通しである。このうち、政府投資は 22 兆 2,300 億円（前年度比 5.4% 増）、民間投資が 32 兆 7,300 億円（前年度比 4.3% 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 30 兆 2,200 億円（前年度比 3.5% 増）、土木投資が 24 兆 7,400 億円（前年度比 6.3% 増）となる見通しである（表—1、図—1）。

平成 28 年度の建設投資は、前年度比 3.2% 増の 52 兆 4,700 億円となる見込みである。このうち政府投資は 21 兆 900 億円（前年度比 0.1% 減）、民間投資は 31 兆 3,800 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 29 兆 2,000 億円（前年度比 6.8% 増）、土木投資が 23 兆 2,700 億円（前年度比 0.9% 減）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 29 年度の建設投資については、復興予算や平成 28 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 54 兆 9,600 億円となる見通しである。

表—1 平成 29 年度建設投資（名目値）

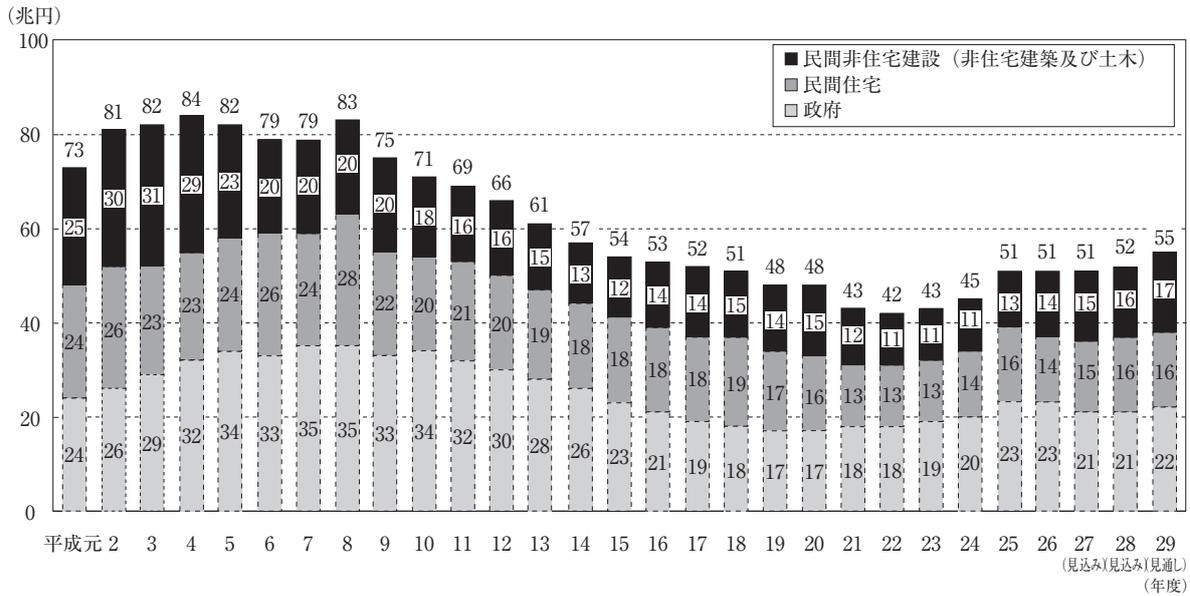
（単位：億円，%）

項目	年度	投資額				対前年度伸び率			
		平成 26 年度実績	27 年度見込み	28 年度見込み	29 年度見通し	平成 26 年度	27 年度	28 年度	29 年度
総計		511,410	508,200	524,700	549,600	▲ 0.3	▲ 0.6	3.2	4.7
建築		264,752	273,300	292,000	302,200	▲ 2.2	3.2	6.8	3.5
住宅		148,327	154,900	164,200	167,300	▲ 9.9	4.4	6.0	1.9
政府		7,116	7,500	7,400	7,800	5.4	5.4	▲ 1.3	5.4
民間		141,210	147,400	156,800	159,500	▲ 10.6	4.4	6.4	1.7
非住宅		116,425	118,400	127,800	134,900	9.7	1.7	7.9	5.6
政府		23,315	18,400	21,800	23,000	6.2	▲ 21.1	18.5	5.4
民間		93,110	100,000	106,000	111,900	10.6	7.4	6.0	5.6
土木		246,658	234,900	232,700	247,400	1.8	▲ 4.8	▲ 0.9	6.3
政府		198,185	185,300	181,700	191,500	0.6	▲ 6.5	▲ 1.9	5.4
公共事業		171,861	160,100	156,000	164,400	0.7	▲ 6.8	▲ 2.6	5.4
その他		26,324	25,200	25,700	27,100	0.4	▲ 4.3	2.0	5.4
民間		48,474	49,600	51,000	55,900	7.0	2.3	2.8	9.6
再掲	政府	228,616	211,200	210,900	222,300	1.3	▲ 7.6	▲ 0.1	5.4
	民間	282,794	297,000	313,800	327,300	▲ 1.6	5.0	5.7	4.3
	民間 非住宅建設	141,584	149,600	157,000	167,800	9.3	5.7	4.9	6.9

注 2

注 2

(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 29 年度の伸び率のうち、政府投資（名目値 5.4%）及び民間住宅建築投資（名目値 1.7%）については、平成 29 年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度（平成 29 年 1 月 20 日閣議決定）の公的固定資本形成及び民間住宅の指標を参考にしている。  
 3. ▲は、マイナス。



図一 建設投資額（名目値）の推移

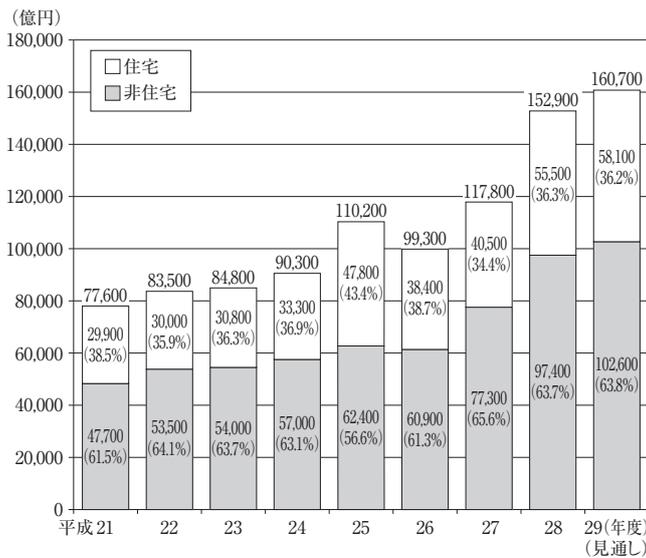
2. 建築物リフォーム・リニューアル投資の動向

建築物リフォーム・リニューアル投資額は、平成29年度に16兆700億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35.3%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29年度に16兆700億円程度（対前年度比5.1%増）となる見通しである。また、その内訳は、住宅36.2%、非住宅63.8%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、45兆4,800億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29年度には住宅で25.9%、非住宅で44.4%、総計で35.3%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、70兆2,200億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」等を元に算出している。なお、「建築物リフォーム・リニューアル調査報告」については、平成28年度受注分から調査計画の見直しを行い、調査精度の向上を図っている。  
 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

## 3. 国内総生産と建設投資の関係

平成 29 年度の建設投資が国内総生産に占める比率は、9.9%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. 建設投資の構成と推移

### (1) 建設投資の構成と推移

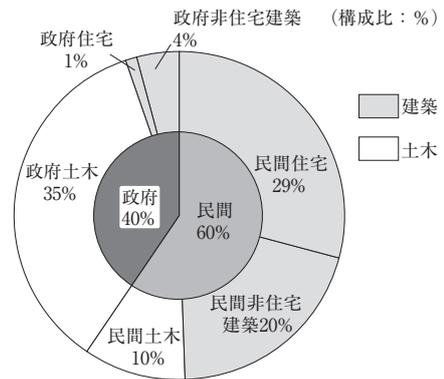
平成 29 年度建設投資見通しにおける建設投資の構成を見ると、政府土木投資と民間建築投資の合計が全体の約 8 割を占めている。

平成 29 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 49%を占めている。政府投資は土木投資が 35%を占めており、この両者で建設投資全体の約 8 割を占めている（図—5、6）。

### (2) 建築・土木別構成比の推移

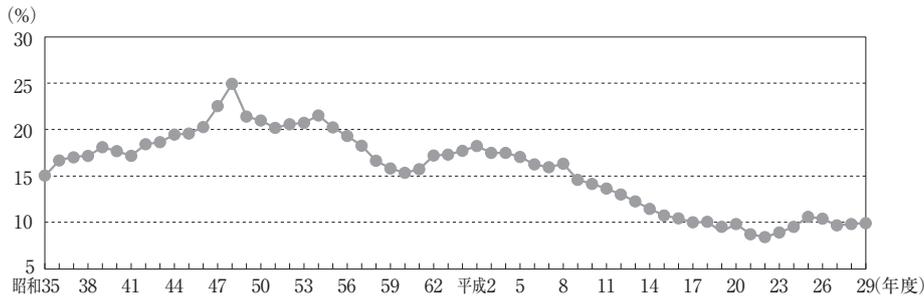
平成 29 年度の建設投資は、建築投資が 55%で、土木投資が 45%となる見通しである。

建築と土木との構成比については、平成 3 年度以降、建築投資が減少する一方で経済対策により政府土木投資が大幅に増加したことから、土木投資の占める比率が増加傾向となり平成 10 年度には



(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 29 年度 建設投資の構成 (名目値)



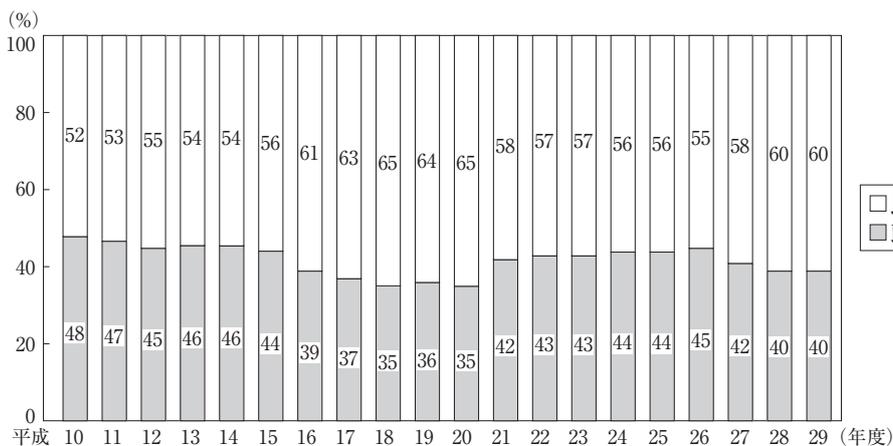
図—3 建設投資の国内総生産に占める比率

GDE(=GDP)532.2兆円							
消費 405.9兆円 (76.3%)		投資 126.3兆円 (23.7%)				輸出 91.7兆円 (17.2%)	輸入(控除) -91.6兆円 (-17.2%)
民間消費 299.9兆円 (56.4%)	政府消費 106.0兆円 (19.9%)	民間住宅 15.9兆円 (3.0%)	民間企業設備投資 81.2兆円 (15.3%)	政府投資 26.7兆円 (5.0%)	在庫 2.4兆円 (0.5%)		
不動産仲介手数料	機械等		機械等		在庫		
民間住宅 14.7兆円 (2.8%)	民間非住宅建設投資 15.0兆円 (2.8%)	民間土木 5.0兆円	民間非住宅建築 10.0兆円	政府建設投資 21.1兆円 (4.0%)			

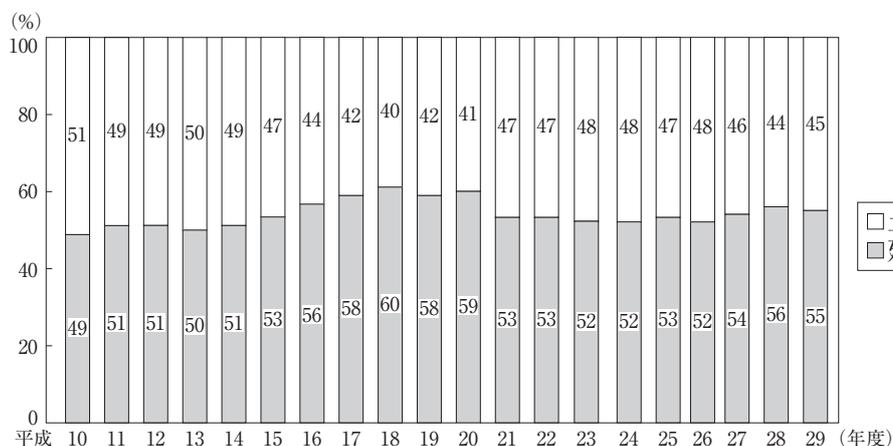
■ : 建設投資

- (注) 1. 国内総生産は「国民経済計算」及び「平成 29 年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度」(平成 29 年 1 月 20 日閣議決定)による。  
 2. 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 (68SNA)」, 昭和 55 年度から平成 5 年度までは「平成 12 年基準 (93SNA)」, 平成 6 年度以降は「平成 23 年基準 (2008SNA)」による。  
 3. 計数はそれぞれ四捨五入しているため合計と必ずしも一致しない。

図—4 国内総支出と建設投資の関係 (平成 27 年度)



図一六 政府・民間別構成比の推移



図一七 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55%前後、土木投資が45%前後で推移している（図一七）。

**(3) 政府建設投資の動向**

平成29年度の政府建設投資は、前年度比5.4%増の22兆2,300億円となる見通しである。

平成29年度は、前年度比5.4%増加し、22兆2,300億円となる見通しである。

平成28年度は、前年度比0.1%減少し、21兆900億円となる見込みである。

※平成29年度の前年度比については、平成29年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度（平成29年1月20日閣議決定）の公的固定資本形成（名目値5.4%）の指標を参考に行っている。

**(4) 住宅投資の動向**

平成29年度の住宅投資は、前年度比1.9%増の16兆7,300億円となる見通しである。

平成29年度の民間住宅投資は、前年度比1.7%増の15兆9,500億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29年度の住宅投資全体では、前年度比1.9%増の16兆7,300億円となる見通しである。

（参考）

平成28年度の新設住宅着工戸数は、前年度比5.9%増の97.5万戸であった。利用関係別に見ると、持家は29.2万戸（前年度比2.6%増）、貸家は42.7万戸（前年度比11.4%増）、給与住宅は0.6万戸（前年度比0.7%減）、分譲住宅は25.0万戸（前年度比1.3%増）となっている（表一2）。

※平成29年度の前年度比については、平成29年度の経済見通しと経済財政運営の基本的態度（平成29年1月20日閣議決定）の民間住宅の指標（名目値1.7%）を参考に行っている。

# 統計

表一 新設住宅着工戸数と伸び率の推移

		総計	持家	貸家	給与	分譲
年 度	平成 25 年度	987,254	352,841	369,993	5,272	259,148
	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	974,605	291,783	427,275	5,793	249,754

		総計	持家	貸家	給与	分譲
年 度	平成 25 年度	10.6	11.5	15.3	▲ 10.9	3.8
	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	5.9	2.6	11.4	▲ 0.7	1.3

(注) 1. 「住宅着工統計」(国土交通省)による。

2. ▲は、マイナス。

表一 3 民間非住宅建設投資額(名目値)と伸び率の推移

	民間非住宅建築	民間土木	合計 (民間非住宅建設投資)
平成 25 年度	84,189	45,294	129,483
平成 26 年度	93,110	48,474	141,584
平成 27 年度 (見込み)	100,000	49,600	149,600
平成 28 年度 (見込み)	106,000	51,000	157,000
平成 29 年度 (見通し)	111,900	55,900	167,800

	民間非住宅建築	民間土木	合計 (民間非住宅建設投資)
平成 25 年度	16.3	6.8	12.8
平成 26 年度	10.6	7.0	9.3
平成 27 年度 (見込み)	7.4	2.3	5.7
平成 28 年度 (見込み)	6.0	2.8	4.9
平成 29 年度 (見通し)	5.6	9.6	6.9

(注) ▲は、マイナス。

## (5) 民間非住宅建設投資(建築+土木)の動向

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 6.9% 増の 16 兆 7,800 億円となる見通しである。

平成 29 年度の民間非住宅建築投資は、前年度比 5.6% 増の 11 兆 1,900 億円となる見通しである。また、民間土木投資は、前年度比 9.6% 増の 5 兆 5,900 億円となる見通しである。

これにより、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 6.9% 増の 16 兆 7,800 億円となる見通しである。

平成 28 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 4.9% 増の 15 兆 7,000 億円となる見込みである。

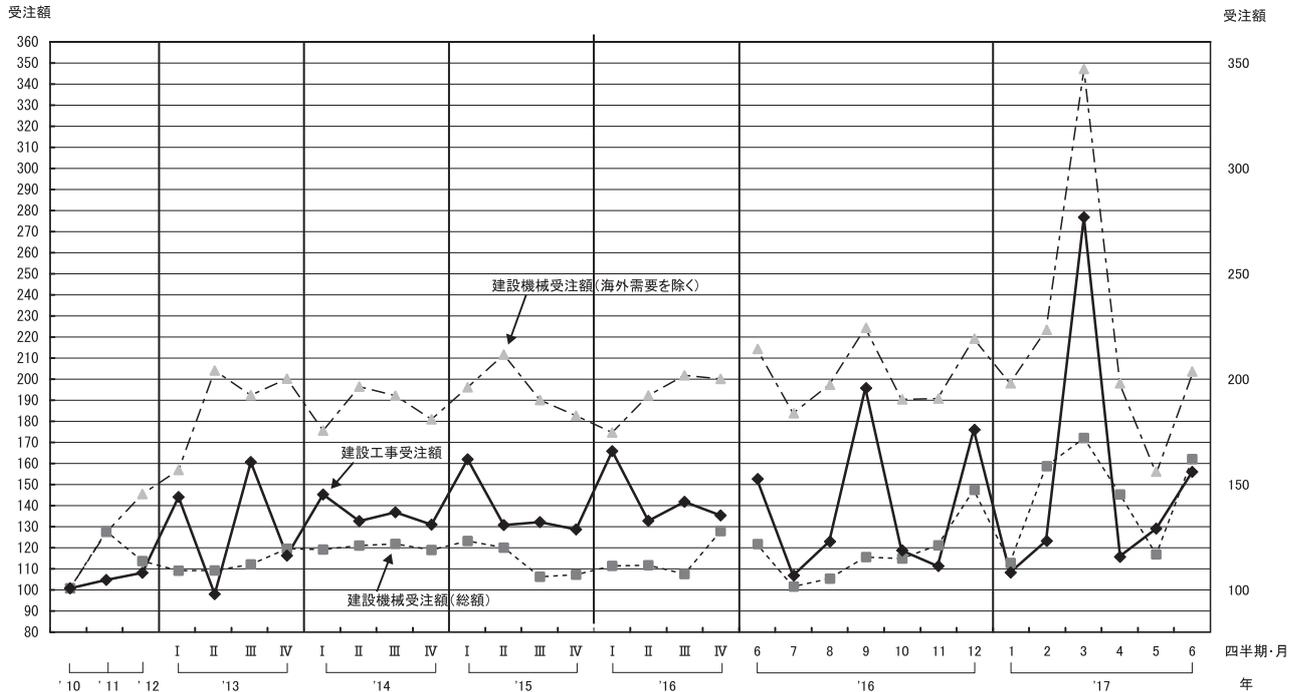
このうち、民間非住宅建築投資は 10 兆 6,000 億円(前年度比 6.0% 増)、民間土木投資は 5 兆 1,000 億円(前年度比 2.8% 増)となる見込みである(表一 3)。

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\\_000691.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/joho04_hh_000691.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 2010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 2010年平均=100)



建設工事受注動態統計調査 (大手 50 社)

(単位: 億円)

年 月	総 計	受 注 者 別						工 事 種 類 別		未消化 工事高	施工高
		民 間			官 公 庁	そ の 他	海 外	建 築	土 木		
		計	製 造 業	非製造業							
2010年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
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	10,310
2016年 6月	12,993	8,802	2,009	6,793	3,555	404	232	8,832	4,161	145,673	12,638
7月	9,061	6,800	1,179	5,622	1,874	276	110	6,169	2,891	146,252	9,138
8月	10,444	6,552	1,178	5,374	3,135	375	382	6,439	4,005	147,613	9,886
9月	16,699	9,766	1,619	8,146	6,810	510	-387	10,458	6,241	151,671	12,624
10月	10,084	7,069	1,071	5,998	2,266	376	373	6,792	3,291	151,397	9,684
11月	9,445	7,227	1,581	5,646	1,654	394	171	6,838	2,608	151,269	10,310
12月	15,004	10,262	1,835	8,427	3,609	423	710	10,751	4,253	153,050	13,787
2017年 1月	9,177	6,865	1,181	5,683	1,727	391	194	6,526	2,651	152,200	9,298
2月	10,468	6,785	1,638	5,147	3,044	396	243	6,717	3,750	152,452	10,560
3月	23,672	15,598	2,562	13,036	6,815	500	759	15,074	8,598	156,805	17,212
4月	9,819	6,468	1,375	5,092	2,442	405	505	6,586	3,233	157,721	8,111
5月	10,970	7,014	1,613	5,401	3,075	364	517	6,896	4,074	158,899	9,766
6月	13,289	8,796	1,424	7,371	3,779	510	205	8,527	4,761	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	10年	11年	12年	13年	14年	15年	16年	16年 6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	17年 1月	2月	3月	4月	5月	6月
総 額	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	1,548	1,289	1,337	1,469	1,460	1,541	1,880	1,433	2,024	2,196	1,851	1,485	2,067
海 外 需 要	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	934	763	772	826	915	995	1,252	866	1,384	1,199	1,284	1,039	1,484
海外需要を除く	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	614	526	565	643	545	546	628	567	640	997	567	446	583

(注) 2010～2012年は年平均で、2013～2016年は四半期ごとの平均値で図示した。  
 2016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

(2017年7月1日～31日)

### 機械部会



#### ■除雪機械技術委員会 幹事会

月日：7月5日(水)

出席者：江本平委員長ほか14名

議題：①ホームページの内容改訂について ②ロータリ除雪の安全対策について ③除雪機械技術ハンドブックの見直しについて ④除雪現場見学会アンケートのまとめ ⑤除雪機械の未来像について ⑥工場見学の計画について ⑦その他

#### ■トラクタ技術委員会

月日：7月7日(金)

出席者：高松伸匡委員長ほか4名

議題：①各社トピックスの紹介 ②建設業部会の建設機械事故調査WGとの意見交換について ③ホームページの改訂について ④時期燃費基準について

#### ■トンネル機械技術委員会 幹事会

月日：7月14日(金)

出席者：岩野健委員長ほか6名

議題：①トンネル関連技術の伝承についての講演者選定 ②現場見学、工場見学の計画について ③今年度の委員についての確認

#### ■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月日：7月18日(火)

出席者：山口達也委員長ほか7名

議題：①上期総会の議題、内容について ②現場・工場見学会について ③AP変遷の連載原稿料の取扱いについて ④その他

#### ■基礎工事用機械技術委員会 現場見学会

月日：7月19日(水)

出席者：関徹也委員長ほか13名

議題：岩手県釜石市の鶴住居地区河川災害復旧水門土木工事現場…ガンテツパイル工法とHYSC杭工法による鋼管ソイルセメント杭の施工などを見学

#### ■ダンプトラック技術委員会

月日：7月20日(木)

出席者：田中哲委員長ほか5名

議題：①各社のトピックス紹介 ②ホームページの改訂について ③建設業部会の建設機械事故調査WGとの意見交換について ④ダンプの周辺監視装置、機能について ⑤最近のISO国際情勢について

#### ■情報化機器技術委員会

月日：7月28日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議題：①除雪機械の未来像について意見交換 ②ISO19014について ③RE指令変更の最新状況について ④建設業部会の建設機械事故調査WGとの意見交換について ⑤ISO広島国際会議の報告 ⑥その他

### 建設業部会



#### ■機電技術者交流企画WG

月日：7月24日(月)

出席者：落合博幸主査ほか7名

議題：①2017年度機電技術者意見交換会の準備等分担について ②8/10若手現場見学会の新着状況 ③その他(予算・PCの件等)

#### ■三役会

月日：7月26日(水)

出席者：植木陸央部会長ほか4名

議題：①各WG報告 ②H29度見学会の検討・8/10若手現場見学会@大手町ビルB棟(竹中工務店)の申込状況等・8/30夏季現場見学会@八ッ場ダムの調整 ③9/5合同部会(ホスト：機械部会)の調整 ④その他

### 各種委員会等



#### ■機関誌編集委員会

月日：7月5日(水)

出席者：見波潔委員長ほか17名

議題：①平成29年10月号(第812号)の計画の審議・検討 ②平成29年11月号(第813号)の素案の審議・検討 ③平成29年12月号(第814号)の編集方針の審議・検討 ④平成29年7月号～平成29年9月号(第809～811号)の進捗状況報告・確認

#### ■建設経済調査分科会

月日：7月19日(水)

出席者：山名至孝分科会長ほか4名

議題：①8月号海外展開についての内容確認 ②新機種紹介データまとめ ③その他

#### ■新機種調査分科会

月日：7月25日(火)

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29年度除雪機械技術講習会(第2回)

月日：7月3日(月)

場所：札幌市(かでの2・7)

受講者：186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

#### ■ICT活用施工連絡会事務局会議

月日：7月14日(金)

場所：北海道支部会議室

出席者：石塚芳文事務局長ほか9名

議題：①平成29年度事務局体制 ②ICT活用施工連絡会の開催について ③札幌市の連絡会参加について ④その他

#### ■第2回広報部会広報委員会

月日：7月24日(月)

場所：北海道支部会議室

出席者：川崎博巳広報部会長ほか10名

議題：①支部だよりNo.114号の編集について ②工事現場等見学会について ③支部講演会講師の選定について ④建設機械施工ずいそうについて ⑤その他

### 東北支部



#### ■平成29年度除雪講習委員会

月日：7月3日(月)

場所：東北地方整備局会議室

出席者：佐藤要機械施工管理官ほか12名  
内容：平成29年度除雪講習会実施計画について説明し了承を得た

#### ■山形県立産業技術短期大学 特別授業(現場研修)

月日：7月5日(水)

場所：宮城県黒川郡大郷町 コマツ IoT センタ東北, 多賀城市 東北技術事務所

受講生：土木エンジニアリング科 学生21名, 教員2名, 県建設技術センター職員2名

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長  
内容：①3DMC, 3DMG搭載ICT建機 ②体験型土木構造物実習施設の見学 ③分解型遠隔操縦式バックホウの見学

#### ■i-Construction (ICT活用工事) セミナー

月日：7月5日(水)

場所：仙台市 フォレスト仙台

受講者：152名

内容：① i-Construction ～概要と取組について～…講師：東北地方整備局 施工企画課 伊藤圭建設専門官 ② ICT 活用工事の概要…講師：情報化施工技術委員会 委員 加藤和人 ③ 情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 副委員長 岩田好正 ④ ICT 建設技術紹介…講師：情報化施工技術委員会 委員 大島武典 ⑤ ICT 活用工事 H29…講師：情報化施工技術委員会 委員 大場健 ⑥ ICT 土工（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員 大場健 ⑦ ICT 舗装（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員 玉木直行 ⑧ TS 出来形管理舗装編…講師：情報化施工技術委員会 委員 玉木直行 ⑨ 点群処理…講師：情報化施工技術委員会 委員 中村充彦

#### ■ i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

月日：7月6日（木）

場所：滝沢市 岩手産業文化センター アピオ

受講者：75名

内容：① i-Construction ～概要と取組について～…講師：東北地方整備局 施工企画課 狩野武志課長 ② ICT 活用工事の概要…講師：情報化施工技術委員会 委員 坪井正博 ③ 情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 副委員長 岩田好正 ④ ICT 建設技術紹介…講師：情報化施工技術委員会 委員 坪井正博 ⑤ ICT 活用工事 H29…講師：情報化施工技術委員会 委員 玉木直行 ⑥ ICT 土工（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員 玉木直行 ⑦ ICT 舗装（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員 玉木直行 ⑧ TS 出来形管理舗装編…講師：情報化施工技術委員会 委員 玉木直行 ⑨ 点群処理…講師：情報化施工技術委員会 委員 中村充彦

#### ■ 平成29年度第10回建設技術研修会

月日：7月7日（金）

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21本を上映

参加者：83名

#### ■ i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

月日：7月12日（水）

場所：青森市 リンクステーションホール 青森

受講者：48名

内容：① i-Construction ～概要と取組

について～…講師：東北地方整備局 施工企画課 狩野武志課長 ② ICT 活用工事の概要…講師：情報化施工技術委員会 委員 千葉隆宏 ③ 情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 副委員長 岩田好正 ④ ICT 建設技術紹介…講師：情報化施工技術委員会 委員 千葉隆宏 ⑤ ICT 活用工事 H29…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑥ ICT 土工（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑦ ICT 舗装（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑧ TS 出来形管理舗装編…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑨ 点群処理…講師：情報化施工技術委員会 委員 須賀川純一

#### ■ i-Construction (ICT 活用工事) セミナー

月日：7月20日（木）

場所：山形市 山形ビッグウイング

受講者：67名

内容：① i-Construction ～概要と取組について～…講師：東北地方整備局 施工企画課 狩野武志課長 ② ICT 活用工事の概要…講師：情報化施工技術委員会 委員 後藤李里 ③ 情報化施工の測位…講師：情報化施工技術委員会 副委員長 岩田好正 ④ ICT 建設技術紹介…講師：情報化施工技術委員会 委員 後藤李里 ⑤ ICT 活用工事 H29…講師：情報化施工技術委員会 委員 橋本靖彦 ⑥ ICT 土工（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑦ ICT 舗装（活用上の留意点）…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑧ TS 出来形管理舗装編…講師：情報化施工技術委員会 委員長 鈴木勇治 ⑨ 点群処理…講師：情報化施工技術委員会 委員 須賀川純一

#### ■ i-Construction 研修講義運営

月日：7月24日（月）～26日（水）

場所：東北地方整備局 多賀城研修所, コマツ IoT センタ東北

受講者：東北地方整備局 18名, 関東地方整備局 4名, 福島県 1名, 相馬市 1名

内容：1日目…TSを用いた出来形管理, ICT 活用工事 2日目…情報化施工の測位, 3次元設計データ, ICT 建設機械施工, ICT 活用工事—企業の取り組み紹介—, TS, GNSS 計測実習 3日目…UAV 空中写真測量, TLS 出来形管理, 点群処理, ICT 施工データ 講師：情報化施工技術委員会 鈴木勇

治委員長ほか9名

#### ■ 除雪講習会事前打合せ

月日：7月27日（木）～28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, 水沢警察署

出席者：山田仁一 参与ほか1名

内容：平成29年度除雪講習会講師依頼及び打合せ

#### ■ 除雪講習会事前打合せ

月日：7月31日（月）

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

内容：平成29年度除雪講習会講師依頼及び打合せ

## 北 陸 支 部

#### ■ ゆきみらい2018 in 富山 第1回実行委員会

月日：7月5日（水）

場所：富山県民会館会議室

出席者：宮村兵衛事務局長

議題：① ゆきみらい2018 in 富山事業内容について ② 実行委員会体制・予算について ③ 今後のスケジュールについて

#### ■ けんせつフェア北陸 in 新潟 2017 第2回幹事会

月日：7月21日（金）

場所：新潟国道事務所会議室

出席者：宮村兵衛事務局長

議題：① けんせつフェア北陸 in 新潟 2017 出展募集結果について ② 同会場配置計画について ③ 同実施計画について ④ 【同時開催】2017 けんせつりサイクル技術発表会・技術展示会について ⑤ けんせつフェア北陸 in 新潟 2017 修正予算について

## 中 部 支 部

#### ■ 建設機械整備技能検定実技試験

月日：7月6日（木）～8日（土）

場所：愛知県立高浜高等技術専門学校

受験者：1級35名, 2級99名

#### ■ 広報部会

月日：7月18日（火）

出席者：高木理仁広報部会長ほか7名

議題：「中部支部ニュース」第36号の校正等

#### ■ 社会保険未加入対策推進中部協議会

月日：7月20日（木）

出席者：川西光照企画部会長

内容：社会保険未加入対策の推進状況等

### ■超高压水表面処理工法「Jリムーバー」

#### 見学会

月 日：7月25日(火)

場 所：愛知県知多郡阿久比町大字卯坂  
梅ヶ丘150番地(株)キクテック中部事業所

内 容：超高压水表面処理工法「Jリムーバー」施工実演及び標識工場見学

出席者：30名

### ■技術・調査部会

月 日：7月31日(月)

出席者：青木保孝技術・調査部会長ほか8名

議 題：平成29年度技術講演会及び技術発表会の開催について等

## 関 西 支 部



### ■「損料・橋梁・大口径」積算技術講習会

月 日：7月5日(水)

場 所：大阪府立男女共同参画・青少年センター

参加者：22名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼橋架設の施工技術と積算 ④PC橋架設の施工技術と積算

### ■建設用電気設備特別専門委員会(第437回)

日 時：7月19日(水)

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-TR246 建設用電気設備の接地工事指針」改正案審議 ③その他

### ■「緊急災害応急対策業務に関する協定」に関わる災害時機械関係業務の現場対応訓練

月 日：7月26日(水)

場 所：近畿地方整備局 近畿技術事務所

出席者：76名

内 容：①災害対策に関する講義 ②操作訓練 ③意見交換

■建設業部会、リース・レンタル業部会、整備サービス業部会 合同見学会

月 日：7月28日(金)

場 所：「コマツIoTセンタ」

参加者：滝崎建設業部会長、山本祥平リース・レンタル業部会長以下27名

内 容：①IoTセンタ見学 ②質疑応答

## 中 国 支 部



### ■第2回施工技術部会

月 日：7月6日(木)

場 所：中国支部事務所

出席者：齋藤実部会長ほか4名

議 題：①i-Con(情報化施工)関係行事(案)について ②平成29年度道路除雪講習会(案)の企画について ③その他懸案事項

### ■i-Construction説明者試験

月 日：7月24日(月)

場 所：広島YMCA 多目的ホール

受験者：30名

## 四 国 支 部



### ■i-Constructionに関する講習会

月 日：7月14日(金)

場 所：徳島県建設センター(徳島市富田浜2-10)

主 催：一般社団法人徳島県建設業協会  
出 席：JCMA 四国支部から山下安一事務局長及び岩澤委式前事務局長が来賓として出席

### ■平成29年度国土交通行政関係功労者表彰式

月 日：7月21日(金)

場 所：高松市サポート合同庁舎「13F 会議室」

主 催：四国地方整備局

出 席：JCMA 四国支部から長谷川修一支部長が来賓として出席

### ■学島排水機場ポンプ設備無水化工事 現場見学会

月 日：7月25日(火)

場 所：徳島県吉野川市川島町(学島排水機場)

主 催：JCMA 四国支部

参加者：支部会員会社等から15名参加

## 九 州 支 部



### ■i-Construction (ICT 土工) 技術講習会(大分会場)

月 日：7月14日(金)

場 所：大分県労働福祉会館

受講者：64名

内 容：①国土交通省のi-Constructionへの取組み ②ICT工事の概要 ③情報化施工の概要 ④情報化施工の測位 ⑤活用技術 ⑥点群処理

### ■企画委員会

月 日：7月19日(水)

出席者：原尻克己企画委員長ほか9名

議 題：①i-Construction(情報化施工)技術講習会について ②建設機械技術検定試験(実地試験)について ③その他

### ■i-Construction (ICT 土工) 技術講習会(鹿児島会場)

月 日：7月26日(水)

場 所：鹿児島県建設センター6F

受講者：130名

内 容：①国土交通省のi-Constructionへの取組み ②ICT工事の概要 ③情報化施工の概要 ④情報化施工の測位 ⑤活用技術 ⑥点群処理

### ■i-Construction (ICT 土工) 技術講習会(宮崎会場)

月 日：7月27日(木)

場 所：宮日会館11F

受講者：65名

内 容：①国土交通省のi-Constructionへの取組み ②ICT工事の概要 ③情報化施工の概要 ④情報化施工の測位 ⑤活用技術 ⑥点群処理

### ■i-Construction (ICT 土工) 技術講習会(佐賀会場)

月 日：7月31日(月)

場 所：佐賀県教育会館2F

受講者：73名

内 容：①国土交通省のi-Constructionへの取組み ②ICT工事の概要 ③情報化施工の概要 ④情報化施工の測位 ⑤活用技術 ⑦点群処理

# “建設機械施工”バックナンバー紹介（抜粋）

（平成 28 年（2016 年）1 月号～12 月号分）

平成 28 年 1 月号（第 791 号）



建設機械 特集

- ◆巻頭言 新しい建設生産システムへのスタートを願って
- ◆新春特別インタビュー 国土造りの現状と今後の展望
- ◆行政情報
  - ・省エネルギー型建設機械の導入促進
  - ・活用が進む NETIS の現状と今後の展開
- ◆技術報文
  - ・最新型モータグレーダ 12M3
  - ・新型アスファルトフィニッシャーの紹介 HA90C-2
  - ・新型ミニショベルの紹介 ACERA GEOSPEC シリーズ
  - ・50t 吊りラフテレーンクレーン GR-500N-2
  - ・新型オールテレーンクレーン最大吊り上げ荷重 130t KA-1300R
  - ・基礎土木向けクローラークレーン BM1500G
  - ・2014 年度排出ガス規制適合エンジン搭載 4.9t 吊クローラークレーンの開発 CC1485S-1 の特長
  - ・SMW 工法におけるリアルタイム着底判定システム ボトムシート
  - ・シームレス補正機能を備えた転圧管理システム GNSS 情報遮断時の慣性 / TS 補正切り替えシステムの開発
  - ・GNSS を利用した「法面締め管理システム」を採用した盛土の総合管理
  - ・CAN 制御車両の遠隔操作システムの実用化 建設機械のロボット化を推進
  - ・シミュレーション技術が支える建設機械の開発
  - ・ブルドーザの誕生 ブルドーザ開発小史 その 1
- ◆交流の広場
  - ・生活支援ロボット事業のすすめ方・市場動向 福祉・介護ロボット事業におけるビジネス戦略
- ◆部会報告 除雪機の変遷（その 14）除雪ドーザ（2）
- ◆統計 建設機械産業の現状と今後の予測

平成 28 年 2 月号（第 792 号）



自然再生、自然景観 特集

- ◆巻頭言 自然再生の今後の展望
- ◆行政情報
  - ・生物多様性条約における民間参画への取組と期待

・『自然再生士』資格制度と生物多様性の保全推進

## ◆技術報文

- ・皆ですぐできるウナギ保護再生策
- ・質の高い都市緑地を創出するための設計に関する技術開発 緑地の生き物と鳥類を指標種とする生息地評価モデル
- ・汚染された腐葉土層等を効果的・限定的に除去 SC クリーンシステムの開発
- ・生物多様性評価ツールの開発と展開 「いきものプラス<sup>®</sup>」生物多様性配慮に考慮した緑化計画を支援
- ・サンゴ礁州島形成メカニズムの解明 サンゴ礁の維持保全へ貢献できるモデルを目指して
- ・生態系との共存を実現する「多摩ニュータウン東山」での街づくり
- ・大山ダムホタルピオトープの JHEP 認証取得 ホタル生息環境の再生・創出とその定量的評価方法の構築
- ・水中騒音振動監視システムによる水産資源の保全 水域の施工における周辺環境への配慮
- ・日本万国博覧会記念公園の 40 年間にわたる自然再生の取組み 自立した森づくり
- ・生物多様性の簡易評価ツール「いきものコンシェルジュ」の開発
- ・生物多様性の保全・普及への取り組み 生物多様性簡易評価ツール CSET・BSET
- ・歴史的文化財の景観復元への取り組み 連続繊維補強土工を適用した歴史的な文化財での斜面災害復旧事例
- ・高速道路緑化と生物多様性の取り組み
- ・都市鳥類の生息モデルに基づいた緑地計画技術

## ◆交流の広場

- ・急速充電対応型電池推進船の開発 らいちよう

## ◆部会報告 除雪機の変遷（その 15）凍結防止剤散布車（1）

## ◆統計 平成 27 年 建設業の業況

平成 28 年 3 月号（第 793 号）



ライフライン、インフラ 特集

## ◆巻頭言

- ・世代を越えて使うインフラのための分野横断型「SIP インフラ」プロジェクト

## ◆技術報文

- ・電力設備の自然災害対策
- ・砂防堰堤を活用した小水力発電事業への民間事業者としての取り組み
- ・多摩地区の送水管ネットワーク構築 多摩丘陵幹線のトンネル技術
- ・外ボルト締結型コンクリート中詰め鋼製セグメントの気中組立てによる管路の構築
- ・下水道管路調査診断システム 衝撃弾性波検査法
- ・阪神高速における更新事業 大規模更新・大規模修繕
- ・東海道新幹線大規模改修工事の構造物毎の施工事例
- ・供用中の鉄道トンネルに対する補強工事

- ・ダム再開発工における洪水吐増設時の仮締切設備合理化を実現 仮締切としての機能を持つ予備ゲート設備の製作・施工
- ・栈橋上部工点検用 ROV の研究開発
- ・世界標準型の LNG 輸送船受入栈橋前面の増深工事 広島港廿日市地区泊地 (-12m) 浚渫工事

◆交流の広場

- ・世界の産業インフラに対するサイバー攻撃とセキュリティ対策の実情

◆JCMA 報告

- ・平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その 2)

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 16) 凍結防止剤散布車 (2)

平成 28 年 4 月号 (第 794 号)



鉄道 特集

◆巻頭言 鉄道ネットワークと地域再生

◆技術報文

- ・巨大地震に対する鉄道の取組み 強さと回復力を有する地震対策を目指して
- ・鉄道函体直下への透し掘り連壁の施工 JR ゲートタワー新設工事
- ・東武スカイツリーライン竹ノ塚駅付近連続立体交差事業 下り急行線高架橋工事にともなう軽量盛土工事および仮設地下通路施工にともなう鋼矢板圧入工
- ・常磐快速線利根川橋梁改良工事
- ・画像処理技術を用いてトンネルを検査する
- ・ミャンマー大規模無償資金協力プロジェクト
- ・香港地下鉄觀塘延伸線トンネル及び何文田駅新設工事 市街地における大規模オープン掘削と明かり発破
- ・ライトレール 路面電車南北接続 第 1 期事業 富山駅南北接続線軌道施設 (その 1) 工事 (報告)
- ・山中における大山ケーブルカー大規模設備更新
- ・首都圏における大規模な車両基地の整備・撤去工事 品川車両基地整備工事・品川旧車両基地撤去工事
- ・新幹線軌道内で使用する重量軌陸運搬台車

◆交流の広場 ホーム安全設備の紹介

◆JCMA 報告

- ・平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その 3)

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 17) 凍結防止剤散布車 (3)

平成 28 年 5 月号 (第 795 号)



トンネル 特集

◆巻頭言 これからのトンネル建設技術開発に期待すること

◆行政情報

- ・i-Construction への導入 i-Construction 報告書を中心に

◆技術報文

- ・風化破砕地山における超大断面トンネルの施工
- ・トンネル切羽前方探査システム TSP303 切羽前方の断層破砕帯や地質境界面及び湧水の有無を弾性波反射法の 3 次元解析で予測
- ・新版・換気技術指針に対応した電気式集じん装置 FTE2400-E/FTE2700-E
- ・硬岩トンネル掘削機の開発 TM-100 ディスクカッタにより硬岩を自由断面に掘削
- ・「メッシュマッピングアシスト」をトンネルズリの重金属含有岩石判定の補助技術として導入
- ・長距離、急勾配トンネル工事に対応するバッテリーロコ最新技術
- ・コンクリート構造物の機能保持技術 タフネスコート
- ・トンネル天井用乾式研掃装置の開発と現場適用
- ・セグメント真円度とテールクリアランスの自動計測システム開発 高精度な一次覆工を実現

◆JCMA 報告

- ・平成 27 年度 建設施工と建設機械シンポジウム開催報告 (その 4)

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 18) 凍結防止剤散布車 (4)

平成 28 年 6 月号 (第 796 号)



新しい建設材料、最先端の高度な建設技術の開発と実用化 特集

◆グラビア CONEXPO LATINAMERICA (その 3)

◆巻頭言 これからの土木分野で大切な技術

◆行政情報

- ・国立研究開発法人 土木研究所における技術の普及
- ・新技術の普及促進に向けた取組み 官民協働と海外展開支援を中心に

◆技術報文

- ・自由断面分割施工方法によるトンネル構築技術
- ・拡翼型機械式攪拌工法 WinBLADE 工法
- ・急速ずり処理システム トンネル掘削施工におけるずり処理の高速化
- ・砂防ソイルセメントを使用した砂防堰堤の開発 JS ウォール堰堤工法
- ・土質に応じてシールドマシンのカッタービットを変更 全地盤対応型「カメレオンカッタ工法」
- ・建設工事における自然由来セレン含有排水の処理方法
- ・振動低減型舗装の開発 特殊改質アスファルト混合物「ロードサスペイブ」の開発
- ・穴開き帯状鋼板を用いた覆工コンクリートひび割れ抑制対策の現場適用 ハイグリップ・メタルバンド
- ・超高耐久橋梁の開発とその実証橋の建設 鋼材を一切用いない「Dura-Bridge」の実現
- ・電磁波レーダを活用した RC 床版上面の非破壊調査システムの開発 床版キャッチャー
- ・強力超音波音源を用いた音響探査技術の開発

◆交流の広場

- ・宇宙応用を目指した先端材料宇宙曝露実験

◆JCMA 報告

- ・第 28 回 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 1)

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 19) 小形除雪車 (1)

◆CMI 報告 建設技術審査証明事業

◆統計 主要建設資材価格の動向

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 滄徳橋上部工連続化工事
- ・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
- ・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
- ・場所打ち函渠における品質確保の取組み 丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法, ND-WALL 工法の事例
- ・設計基準強度 300 N/mm<sup>2</sup> の超高強度プレキャスト RC 長柱の開発と適用
- ・スラグ骨材を用いた舗装用コンクリートの特性
- ・後施工六角ナット定着型せん断補強鉄筋による耐震補強工法
- ・電子制御式コンクリートミキサー車の紹介
- ・中性子遮蔽コンクリートの技術改良 普通コンクリートの 1.7 倍の中性子の遮蔽性能を有するコンクリートの生産性を向上

◆投稿論文

- ・環境に優しく豪雨と地震に強い新しい補強土壁工法の研究開発

◆CMI 報告 油圧ショベルの省エネ施工 省エネ効果の検証試験

◆部会報告 除雪機械の変遷 (その 20) 小形除雪車 (2)

◆統計 建設企業の海外展開

平成 28 年 8 月号 (第 798 号)



i-Construction 特集

◆巻頭言 イノベーションを取り込むための建設生産システム革命

◆行政情報

- ・i-Construction ICT 土工の全面展開に向けた技術基準の紹介

◆技術報文

- ・IoT で建設現場の生産性向上 ソリューションを一元管理するクラウド型プラットフォーム「KomConnect」
- ・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
- ・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
- ・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用
- ・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム

- ・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査 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 マストレストタイプ MC システム 3D-MC<sup>MAX</sup>
- ・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用

◆投稿論文

- ・無人化施工による破砕・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組み 農業における IoT を実現する新たな取組み

◆CMI 報告

- ・情報化施工研修会の取組みと 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, 狭窄部及び屈曲部の設置に関する技術基準」の制定
- ・大規模災害時における道路交通情報提供の役割と高度化

◆技術報文

- ・コンクリート床版上面補強工法の確立 PCM 舗装施工機械開発
- ・供用中の二層式高速道路高架橋における上下層拡幅工事
- ・路面滞水処理作業における新規機械の開発 自走式路面乾燥機の開発
- ・舗装工事における CIM の試行 CIM 導入による効果と課題
- ・道路用ボラードの利用状況とテロ対策用ボラードの性能評価
- ・日本の高速道路における移動式防護柵の初導入 常盤自動車道における試行導入結果
- ・センサー技術を活用した道路用機械の安全対策技術の開発
- ・新たな視線誘導灯の開発 帯状ガイドライト設置事例及びドライバーに与える効果
- ・グレーダ開発の変遷史
- ・次世代型路床安定処理機械の開発 ディープスタビライザの品質・安全性向上への取組み
- ・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 の積極的な利活用  
～地方の道をだれがいかにかに守っていくか～

## ◆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

- ・大規模土工事における 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

- ・シュ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 대응す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

- ・締固めによる木曾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 (2017 年) 1 月号～6 月号分)

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
  - ・全回転チューピング装置 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の実態調査と掘削試験
- ・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術 自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
- ・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造 東京メトロ東西線・パレスホテル東京 地下通路
- ・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
- ・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発 屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
- ◆投稿論文
  - ・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
- ◆部会報告
  - ・アスファルトプラントの変遷 (その 6) 昭和 51 年～58 年
- ◆統計 建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号 (第 805 号)



地球温暖化対策, 環境対策 特集

- ◆巻頭言 自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
- ◆技術報文
  - ・二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>) 排出量を 6 割削減できる高炉スラグ高含有セメントを用いたコンクリートの実工事への適用 ECM(エネルギー・CO<sub>2</sub> ミニマム)セメント・コンクリートシステム
  - ・CO<sub>2</sub> 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例 IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析 KenkiNavi
  - ・水素社会を実現する具体的提言 産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
  - ・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
  - ・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム TUNNEL EYE
  - ・自動粉じん低減システム 粉じん見張り番
  - ・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発 マイクロ EC ミスト®
  - ・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム 浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
  - ・凝集効果が長期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
- ・おもりを生かし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  
大型航空式ポンプ浚渫船〈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  
ガン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建造物の維持管理

- ・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
  - ・港湾建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建造物の点検・診断システム
  - ・鉄道建造物の維持管理と検査・診断技術
  - ・鉄道建造物の延命化・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 蹴上浄水場第 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
  - ・建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

## 編集後記

今年の夏は、7月に九州北部豪雨で甚大な被害が発生し、東京では猛暑で水不足、一転、8月になると東京では毎日雨が降るような異常気象となり、農作物への影響が懸念されております。これらの異常気象に対し、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。

私事ですが、8月の夏季休暇に、新東名高速道路を利用して実家に帰省しました。本格的に開通してから5年以上経過していますが、新東名高速道路はアップダウンやカーブが少なく、安全で走りやすい道路のため、運転による疲労も少ないと感じます。将来にわたり、毎年帰省の時期に、我が国の最新の社会インフラのありがたみを継続して享受するためには、社会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・老朽化対策・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、老朽化対策、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、社会インフラの老朽化問題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、東京都市大学の三木千尋学長に「社会インフラの老朽化、これはJAPAN IN RUINSですか」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、現状の日本の社会インフラは、空中、地上、地下まで、まさしくカオスの世界であり、これらの点検、診断、補修、リニューアルは、インフラ整備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、既存ダムの有効活用の重要性、ダム再生に関するこれまでの取り組み、今後の課題、方策、道路インフラ老朽化の現状と国土交通省の取り組みなどを分かりやすく紹介して頂きました。技術報文は、道路、トンネル、下水道、空港、鉄道構造物、港湾構造物、建築物などの点検診断技術、リニューアル技術など、多岐に渡る13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、カオス状態の日本の社会インフラの維持管理、老朽化対策、リニューアルの一助となれば幸甚です。

最後になりましたが、ご多忙中にもかかわらず、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。（岡田・宇野）

### 10月号「建築特集」予告

・「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 ・鶴岡市文化会館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の開発 ・VR技術を活用した施工管理者向け教育システム ・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 ・耐震補強構法「KG構法」に完全外部施工方法を追加 ・杭の耐震性能向上と施工の省力化を実現 ・スマートデバイス活用の「杭施工記録システム」を開発 ・ロボット溶接による建築現場溶接施工法の開発と適用 ・自立型清掃ロボットを開発 ・建物の安全性即時診断システム ・木質構造を採用した中大規模建築向けのハイブリッド工法を開発

### 【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）

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	本田 宜史
渡邊 和夫	

### 編集委員長

見波 潔 村本建設(株)

### 編集委員

山口 武志	国土交通省
山口 康広	農林水産省
浅野 仁之	(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)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)
岡田 英明	五洋建設(株)
飯田 宏	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(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)
江本 平	範多機械(株)
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

## 建設機械施工

第69巻第9号（2017年9月号）（通巻811号）

Vol. 69 No. 9 September 2017

2017（平成29）年9月20日印刷

2017（平成29）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  
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

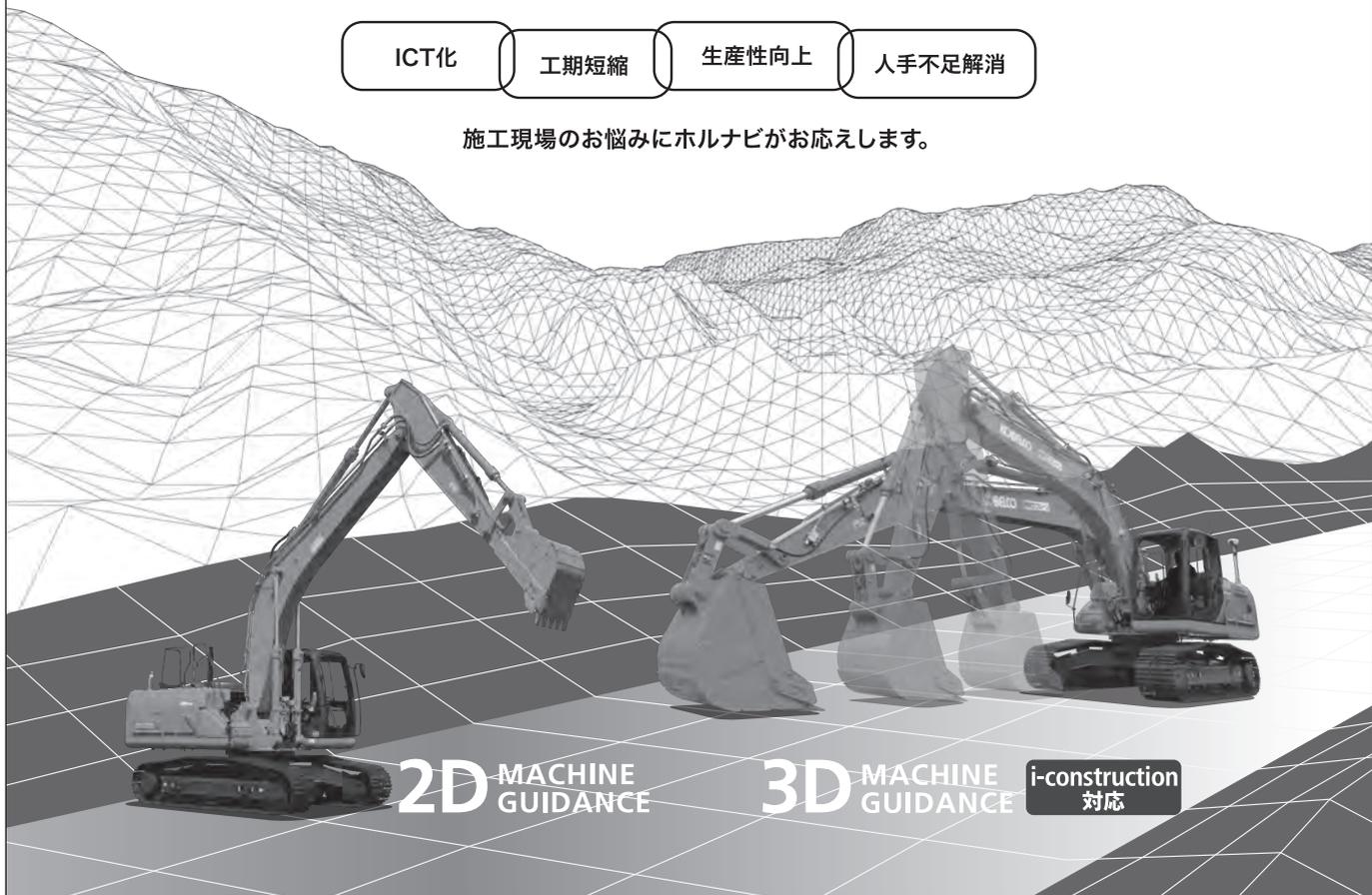


**ホルナビなら、導入しやすい、使いやすい！**

ホルナビはICT施工におけるコベルコのトータルソリューションです。カーナビのような使いやすさ、測量機メーカー3社に対応した導入のしやすさ、そして生産性の向上。お問い合わせやサポートは全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。ホルナビが、ICT施工による現場の効率化を実現します。

- ICT化
- 工期短縮
- 生産性向上
- 人手不足解消

施工現場のお悩みにホルナビがお応えします。



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



### 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/>

### ボルボ ABG アスファルトフィニッシャー

環境・安全・品質 - 設立以来揺るがぬボルボのコアバリュー  
舗装性能、環境性、メンテナンス性、信頼性の向上を実現した  
最新アスファルトフィニッシャーをお届けします

**VOLVO CONSTRUCTION EQUIPMENT** [www.volvoce.com](http://www.volvoce.com)



# 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



## Reliable solutions powered by ICT

日立建機は、施工の効率化や品質向上、労働力不足といったお客様の課題に向き合い、情報化施工に対応する建設機械をはじめ、ICTを活用したソリューションを提供。お客様の多様なニーズにお応えしていきます。

## お客様の多様なニーズに応える、日立のICT建機。

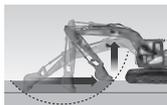
### マシンコントロール

目標面の施工に対して必要なフロント操作の一部を、リアルタイムで半自動制御。施工現場に応じて、3D設計データ又は2D設計データに対応できます。

#### ベテランオペレータのような施工ができる機能

##### ● 掘り過ぎ防止機能

フロント作業を半自動制御することで、施工目標面に対する掘り過ぎを防止。効率的な掘削が可能になり、生産性・品質が向上します。



##### ● バケット角度保持モード

バケット操作を気にすることなく、角度を一定に保つことができ、アームとブームの操作のみで法面などを仕上げるすることができます。



### マシンガイダンス

目標面の施工に対して必要な操作を、モニタや音によりオペレータに分かりやすくナビゲートします。

#### 施工目標面を見える化する機能

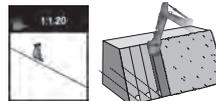
##### ● 3Dマシンガイダンス用モニタ

機械の位置・姿勢情報と3D設計データに基づいて、施工目標面とバケット爪先の距離をモニタで見やすくナビゲートします。



##### ● 目標設定ダイレクトモード

バケットを接地し、スイッチを押すだけで、施工目標面を設定することができ、数値入力の手間と時間を省きます。



ICT油圧ショベル  
ZX200X-5B



日立建機株式会社 日立建機日本株式会社

<https://japan.hitachi-kenki.co.jp/> ご用命の際は、最寄りの日立建機日本の営業所へお問い合わせください。

未来へ伸びる、三笠の技術。



吸塵式乾式カッター  
**MCD-RY14**  
 NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2  
**MLP-1212A**



高周波バイブレーター  
**FX-40G/FU-162**



転圧センサー

バイプロコンパクター  
**MVH-308DSC-PAS**  
 NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー  
**MT-55L-SGK**  
 NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター  
**MVC-F40S**  
 NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー  
**MRH-601DS**  
 低騒音指定番号5097

**三笠産業株式会社**

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 / 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL : 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL:06-6745-9631	北関東営業所 TEL:0276-74-6452	中国営業所 TEL:082-875-8561	沖縄出張所 TEL:080-1013-9328
札幌営業所 TEL:011-892-6920	長野出張所 TEL:080-1013-9542	四国出張所 TEL:087-868-5111	
仙台営業所 TEL:022-238-1521	中部営業所 TEL:052-451-7191	九州営業所 TEL:092-431-5523	
新潟出張所 TEL:090-4066-0661	金沢出張所 TEL:080-1013-9374	南九州出張所 TEL:080-1013-9558	

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

## パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

## 自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

## スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

## リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

## サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

## ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

### ■名古屋事業所

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

### ■本社・相模原事業所

神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0031  
電話 042(751)3800  
FAX 042(756)4389

### ■東京工場

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

# 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・直接修理を實踐中！

## 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** **リモコン** **離れ操作**

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

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

## 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

全ての交換を優先しました

8操作標準型 RC-5808N

- 8操作8リレー
- 軽量コンパクト受信機

セットで 15万円 (税別価格)

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

優れたパネルゴム突起で操作クリック感が向上

12操作標準型 RC-5812N

- 12操作12リレー
- 照明出力リレーの保持を標準採用

セットで 17万円 (税別価格)

16ボタンモデル

16操作標準型 RC-5816N

- 16操作16リレー
- 同じ外形で16個のボタンをコンパクトに配置

N/U/Gシリーズ 標準型 RC-6016N

- 16操作16リレー 最大25リレーまで対応可能

セットで 20万円 (税別価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)

微弱電波 特定小電力 両モデル対応

2段階押し・特殊スイッチ装着可能

標準型 RC-8616N

- 16操作16リレー 最大32リレーまで対応可能

セットで 22万円 (税別価格)

**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!!  
全ての交換を優先しました。

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

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)

自社開発 高耐久性  
2段階押しスイッチを装着可能

ハンディな特殊スイッチを装着可能

特殊スイッチ

裏面スイッチ

オーダー対応例

マイティサテレ-タ N/U/Gシリーズ

● 操作信号数 最大32点 (またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

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～ (税別価格)

全押しボタン RC-7126N

セットで 45万円～ (税別価格)

ジョイスティック 2本装着オーダー例

ジョイスティック 特殊スイッチ装着可能

ジョイスティック型 RC-7233UAN

3ノッチジョイスティック型

新型ジョイスティック

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 (税別価格)

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

特許! テルハにはセロ線電源\*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)

従来機と信号互換あり!

受信機は既設のまま送信機のみ取替も可

ケーブルレスミニ ポケットサイズの本格派!

微弱電波 ラジコンバンド 両モデル対応 N/R/U/Gシリーズ

- 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 (税別価格)

リモコン 離れ操作 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 (税別価格)

● 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

価格もサイズもハンディー並み!

データケーブルレス 工場次第で用途は無限!

微弱電波 特定小電力 ラジコンバンド 両モデル対応 N/R/U/Gシリーズ

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで TC-1305R 20.5万円 (税別価格)  
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)

送信機 (外部接点入力型)

- 7100型
- 6300型
- 5700型
- 3200型

写真はUシリーズ

MAXサテレ-タ Uシリーズ Gシリーズ

特定小電力専用モデル

ジョイスティック 特殊スイッチ装着可能

標準型 RC-9300U

- 多機能多操作 (比例制御対応も可)

セットで 95万円 (税別価格)

金属シャシの多操作・特注仕様専用機!!

全押しボタン装着タイプ

無線変速ジョイスティック 2本装着例

無線式火薬庫警報装置 発破番 ES-2000R

標準付属品付 セットで 40万円 (税別価格)

● 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

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

2km～(6km)

火薬庫

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

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

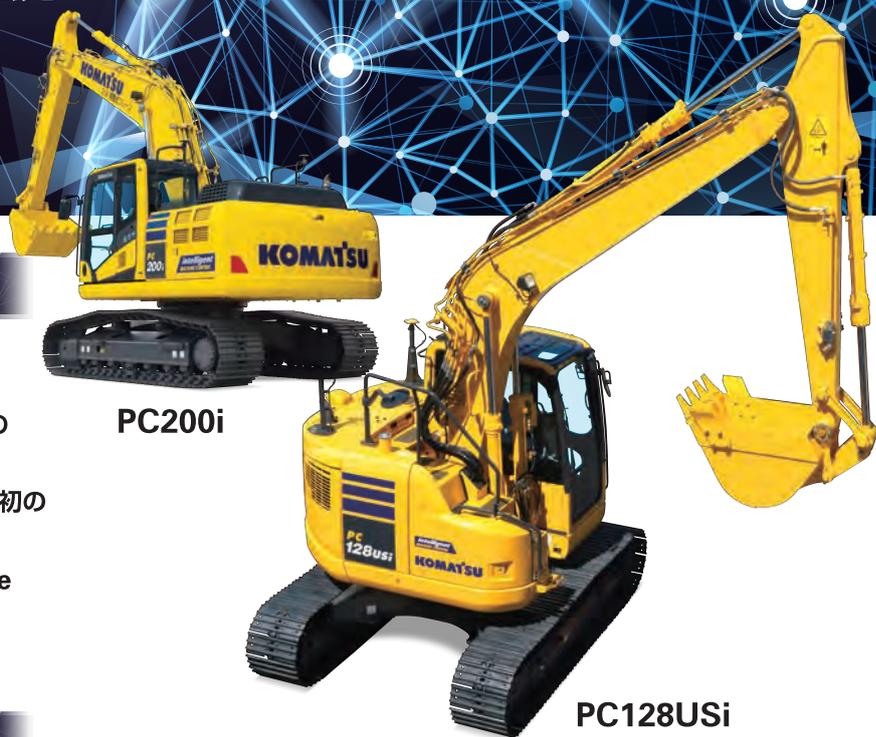


本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

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

PC128USi

## ICTブルドーザ

世界で初めて掘削から仕上げの整地までのブレード操作を自動化。また、粗掘削時にブレード負荷が増大すると、シュースリップが起らないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。さらに、事前に設定した設計面に近づくと自動認識して、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 <http://www.komatsu.co.jp/>

動画でご紹介



雑誌 03435-9



4910034350971  
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円 (税別)