平成29年8月25日発行（毎月1回25日）　Vol.69 No.8 （No.810）　ISSN 2187−851X

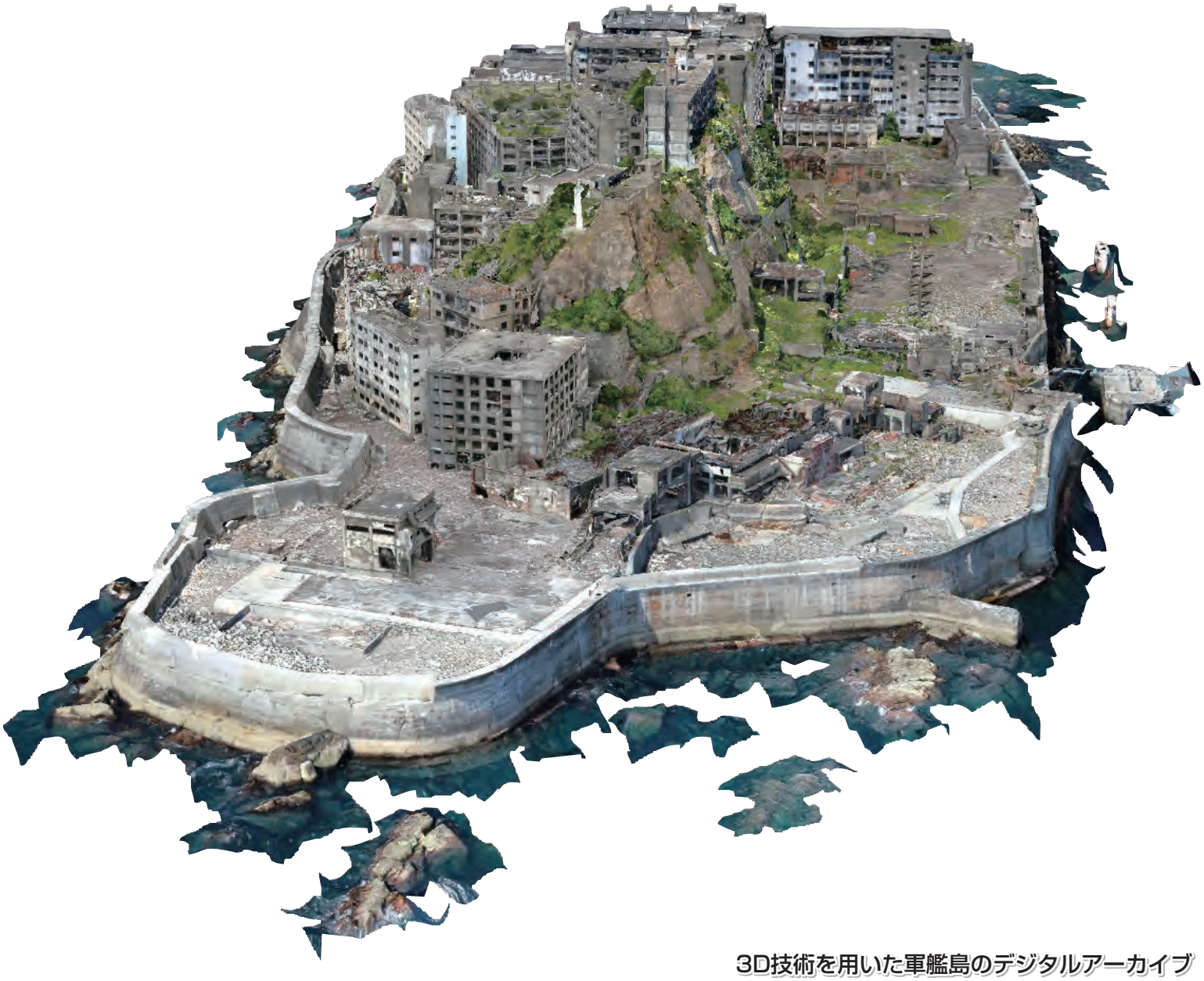
一般社団法人
日本建設機械施工協会誌（Journal of JCMA）

建設機械施工

2017 8

Vol.69 No.8 August 2017（通巻810号）

特集
歴史的遺産・建造物の修復



3D技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ

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
- 熊本城の櫓を鉄の腕で支える
- 国重要文化財の永代橋，清洲橋の長寿命化
- 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　他

グラビア　3D技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ
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）
部会報告　ISO/TC 127国際作業グループ会議報告
交流の広場　博物館明治村
統　計　建設企業の海外展開

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

ICT施工ならホルナビ

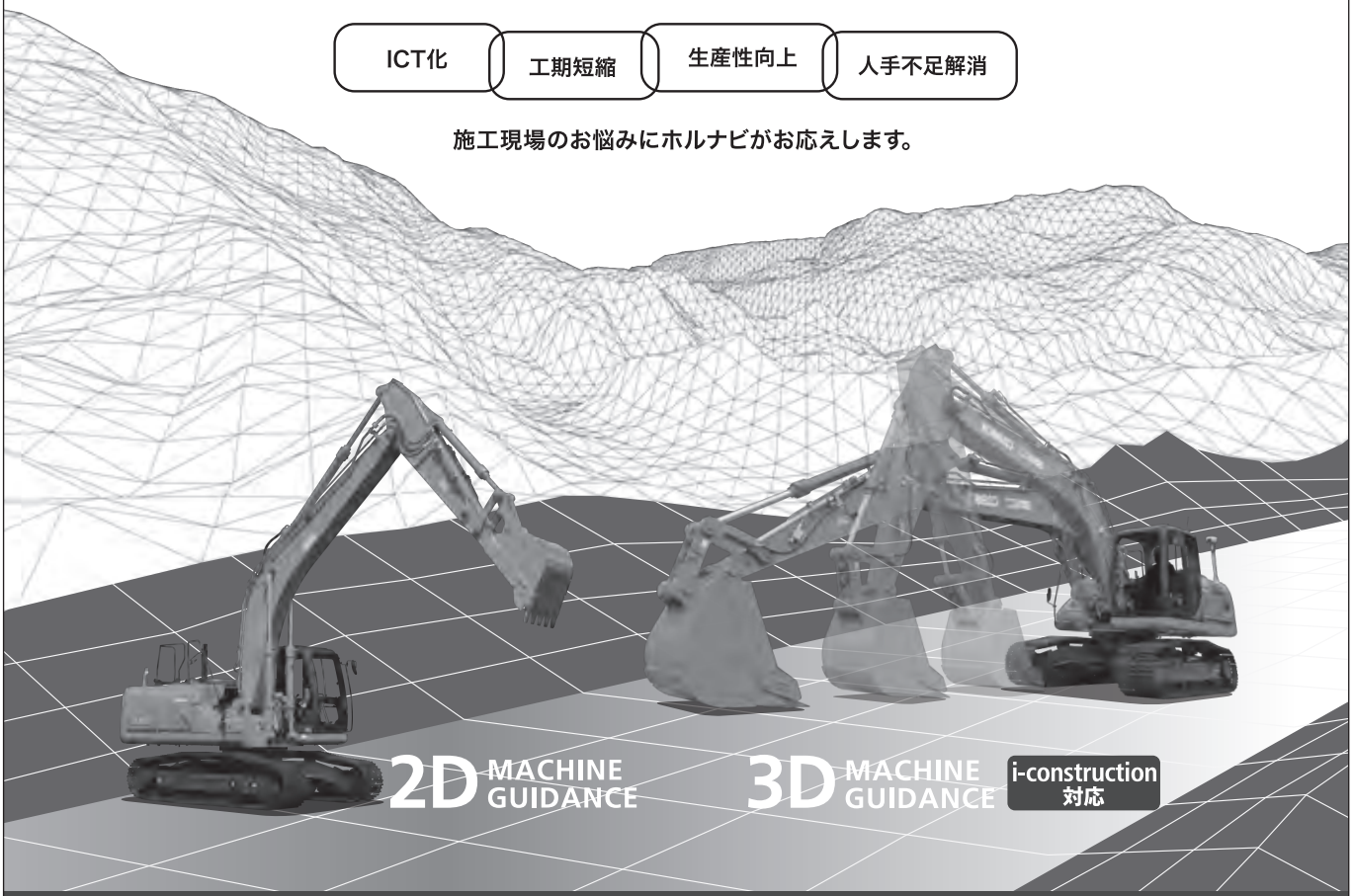
ホルナビ

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

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、

セキュリティー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

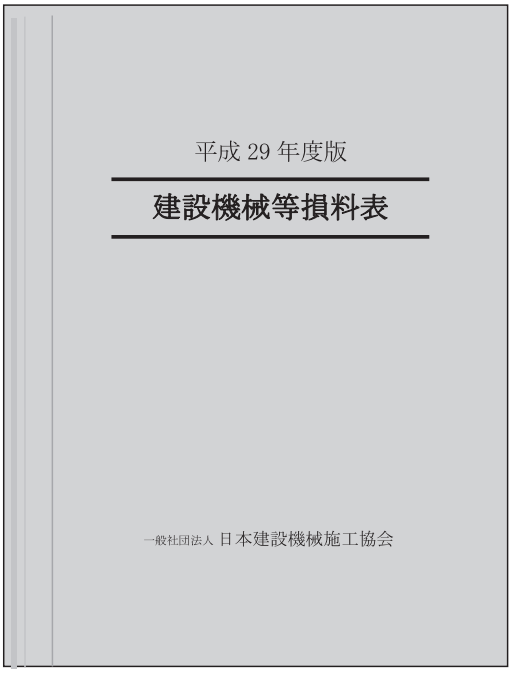
■改訂内容

・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
　別途とさせて頂きます。

********** 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）がご理解頂けるけるものと思います。

主な内容

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

定　価

※送料別途

一般価格	1,296円（本体1,200円）
会員価格	1,080円（本体1,000円）
学生価格（学校からの申込みに限る）	648円（本体600円）

実務者向け !!
情報化施工デジタルガイドブック

デジタルブックDVD版
（デジタル画像・動画等）
プレビューA4版冊子付

好評刊行中！

一般社団法人　日本建設機械施工協会

〒105-0011　東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館
TEL (03) 3433-1501　FAX (03) 3432-0289
http://www.jcmanet.or.jp

JCMA　図書　検索

ICTを活用した建設技術（情報化施工）

購入申込書

一般社団法人 日本建設機械施工協会　行

ICTを活用した建設技術（情報化施工）	部

上記図書を申込みます。　　平成　　年　　月　　日

官公庁名 会社名			
所属			
担当者氏名	㊞	TEL	
		FAX	
住所	〒		
必要書類	見積書(　　)通　　請求書(　　)通　　納品書(　　)通		
送料の取扱	(　　)単価に送料を含む　(　　)単価と送料を２段書きにする（該当に○） 【指定用紙がある場合は、申込書とともにご送付下さい】		

●お申込方法

FAXにて、当協会本部または最寄りの各支部あてにお申込み下さい。

(注)沖縄地区は、本部へお申込みください。

●お問合せ及びお申込先

支部名	住所	TEL	FAX
本部	〒105-0011　東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	(03)3433-1501	(03)3432-0289
北海道支部	〒060-0003　札幌市中央区北３条西2-8 さっけんビル	(011)231-4428	(011)231-6630
東北支部	〒980-0014　仙台市青葉区本町3-4-18 太陽生命仙台本町ビル	(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 三愛ビル5F	(052)962-2394	(052)962-2478
関西支部	〒540-0012　大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリーズビル	(06)6941-8845	(06)6941-1378
中国支部	〒730-0013　広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	(082)221-6841	(082)221-6831
四国支部	〒760-0066　高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル	(087)821-8074	(087)822-3798
九州支部	〒812-0013　福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	(092)436-3322	(092)436-3323

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	㊞	TEL	
		FAX	
住　　所	〒		
送金方法	銀行振込　・　現金書留　・　その他（　　）		
必要事項	見積書（　　）通　・　請求書（　　）通　・　納品書（　　）通 （　　）単価に送料を含む、（　　）単価と送料を２段書きにする（該当に○） **お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい**		

◆ 申 込 方 法 ◆

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

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

［お問合せ及びお申込先］

本　　部	〒105-0011　東京都港区芝公園3-5-8　機械振興会館	TEL 03（3433）1501 FAX 03（3432）0289
北海道支部	〒060-0003　札幌市中央区北三条西2-8　さつけんビル	TEL 011（231）4428 FAX 011（231）6630
東北支部	〒980-0014　仙台市青葉区本町3-4-18　太陽生命仙台本町ビル5F	TEL 022（222）3915 FAX 022（222）3583
北陸支部	〒950-0965　新潟市中央区新光町6-1　興和ビル	TEL 025（280）0128 FAX 025（280）0134
中部支部	〒460-0002　名古屋市中区丸の内3-17-10　三愛ビル	TEL 052（962）2394 FAX 052（962）2478
関西支部	〒540-0012　大阪市中央区谷町2-7-4　谷町スリースリーズビル	TEL 06（6941）8845 FAX 06（6941）1378
中国支部	〒730-0013　広島市中区八丁堀12-22　築地ビル	TEL 082（221）6841 FAX 082（221）6831
四国支部	〒760-0066　高松市福岡町3-11-22　建設クリエイトビル	TEL 087（821）8074 FAX 087（822）3798
九州支部	〒812-0013　福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092（436）3322 FAX 092（436）3323

ご記入いただいた個人情報は、お申込図書の配送・支払い確認等の連絡に利用します。また、当協会の新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）送付に利用する場合があります。
（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/?page_id=422）でご覧いただけます。
当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記□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

新製品 | 関係部署に回覧ください。

平成28年6月
一般社団法人 日本建設機械施工協会

2016年版
日本建設機械要覧 電子書籍(PDF)版
発売通知

当協会では、国内における建設機械を網羅した『日本建設機械要覧』を2016年3月に刊行し、現場技術者の工事計画の立案、積算、機械技術者の建設機械のデータ収集等に活用頂き、好評を頂いております。

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

是非とも活用いただきたく、お願い申し上げます。

1	商品名		日本建設機械要覧2016 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HPへのリンク	・しおり　・拡大・縮小　・付箋機能 ・ペン機能　・メーカHPへのリンク
9	予定販売価格 （円・税込）	会員	54,000（3年間）	48,600（3年間）
		非会員	64,800（3年間）	59,400（3年間）
10	利用期間		3年間	3年間
11	同時ログイン		3台	3台
12	認証方法		ID+パスワード	ID+パスワード
13	購入方法		WEB上にて申込み（HP参照下さい）	WEB上にて申込み（HP参照下さい）

発売時期

平成28年5月末　HP：http://www.jcmanet.or.jp/

Webサイト　要覧クラブ

2016年版日本建設機械要覧およびスペック一覧表電子書籍（PDF）版購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版、2010年版及び2013年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2016年版を含めると1998年から2015年までの建設機械データが活用いただけます。

また、同じ要覧クラブ上で新機種情報も閲覧およびダウンロードできます。

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

今後の予定

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

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

初の
実務者向け入門版!!

情報化施工 デジタルガイドブック

2014.3 発刊!

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

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

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

特　徴

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

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

Windows版

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

定　価

一般価格
2,160円（本体2,000円）
会員価格
1,944円（本体1,800円）

※送料別途

主な内容

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

一般社団法人　日本建設機械施工協会

〒105-0011　東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館
TEL (03) 3433-1501　FAX (03) 3432-0289　http://www.jcmanet.or.jp

JCMA　図書　検索

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下さい。

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.

■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うけたとき。3.死亡し、又は失踪宣言をうけたとき。4.1年以上会費を滞納したとき。5.除名されたとき。 ○資格喪失時の権利及び義務：資格を喪失したときは、本協会に対する権利を失い、義務は免れます。ただし未履行の義務は免れることはできません。 ○退会の際は退会届を会長宛に提出しなければなりません。 ○拠出金の不返還：既納の会費及びその他の拠出金品は原則として返還いたしません。

【個人情報の取扱について】

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

一般社団法人日本建設機械施工協会　発行図書一覧表（平成 29 年 8 月現在）　消費税 8%

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。

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

建設機械施工 8

Vol.69　No.8　August　2017（通巻 810 号）

目　　次

特　集　**歴史的遺産・建造物の修復**

グラビア

4　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

8　歴史遺産感動の 3 要素
伊東　孝　産業考古学会会長，日本 ICOMOS「技術遺産小委員会」主査

特集・技術報文

10　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
嘉本　敬樹　㈱竹中工務店　大阪本店技術部 機械電気グループ　グループ長
田中　愛　㈱竹中工務店　東京本店 FM 部 FM 技術グループ　主任
山中実喜夫　㈱竹中工務店　富岡製糸場西置繭所保存工事作業所　副所長

19　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
本弓　省吾　㈱竹中工務店　大阪本店　設計部，㈱竹中工務店　設計本部　アドバンストデザイン部門　伝統建築 G

26　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
原田　恒則　㈱大林組　本社建築本部特殊工法部　上級主席技師

33　経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理
鈴木　尊　東日本旅客鉄道㈱　構造技術センター　地下・トンネル構造グループ　グループリーダー
友利　方彦　東日本旅客鉄道㈱　構造技術センター　次長
高橋　武志　東日本旅客鉄道㈱　設備部　構造物管理グループ　副課長

39　国重要文化財の永代橋，清洲橋の長寿命化
紅林　章央　東京都建設局道路建設部　橋梁構造専門課長

45　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
首藤　祐司　㈱ IHI インフラシステム　鉄構技術室 計画管理部

49　新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存
今野　夏実　鉄建建設㈱　土木本部　地下・基礎技術部　地下構造グループ　課員

54　狭山池の改修とその技術の変遷
吉井　克信　大阪府立狭山池博物館　副館長
西川　寿勝　大阪府立狭山池博物館　学芸主査
浜地　長生　大阪府立狭山池博物館　学芸嘱託員

60　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
蛯澤　隆行　栃木県県土整備部交通政策課　主査

66　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
出水　享　長崎大学大学院工学研究科・チーム N3D

71　歴史的建造物の移動（曳家），免震化（レトロフィット）工事
川越　耕治　間瀬建設㈱　技術部　次長

76　消えた建設機械遺産群
わが国の建設機械の始祖
岡本　直樹　建設機械史研究家

交流の広場
83 博物館明治村
～明治時代を体験・体感できる野外博物館～
中野　裕子　博物館明治村　学芸員

ずいそう
89 疑問を抱き夜空の果てを求めて
近藤　高弘　大成建設㈱　本社技術センター　先進技術開発部　建設技術開発室

91 地域に根差す建設業の立場で，自然災害に備える心構え
馬渕　剛　㈱山辰組　常務取締役

JCMA 報告
93 平成 29 年度　日本建設機械施工大賞　受賞業績（その 2）

101 国土交通大臣表彰を受賞しました　総務部

CMI 報告
102 放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討
太田　正志　一般社団法人日本建設機械施工協会　施工技術総合研究所　研究第三部　課長

部会報告
106 アスファルトプラントの変遷（その 11）
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

115 ISO/TC 127 国際作業グループ会議報告
標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会

128 新機種紹介　機関誌編集委員会

統計
130 建設企業の海外展開　機関誌編集委員会

134 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

135 行事一覧（2017 年 6 月）

138 編集後記（赤坂・岡本）

◇表紙写真説明◇

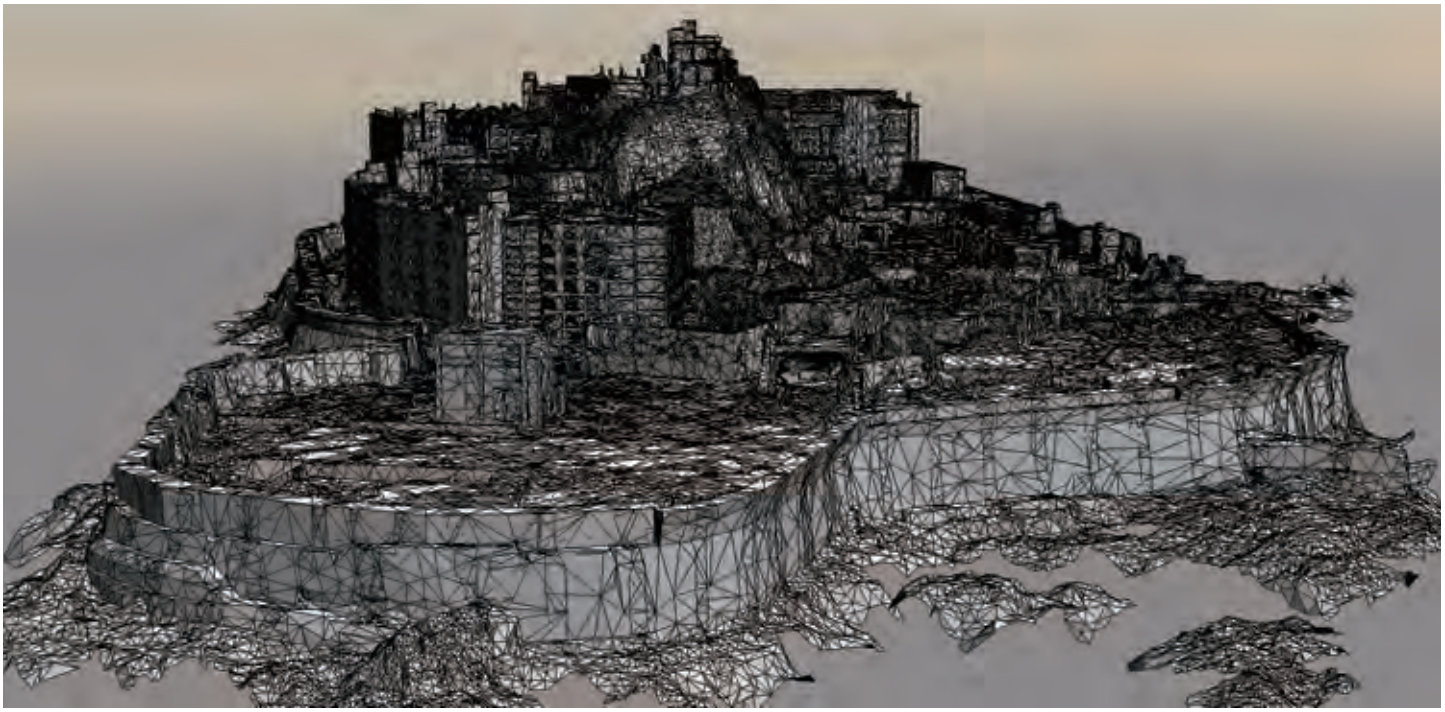
3D 技術を用いた軍艦島のデジタルアーカイブ

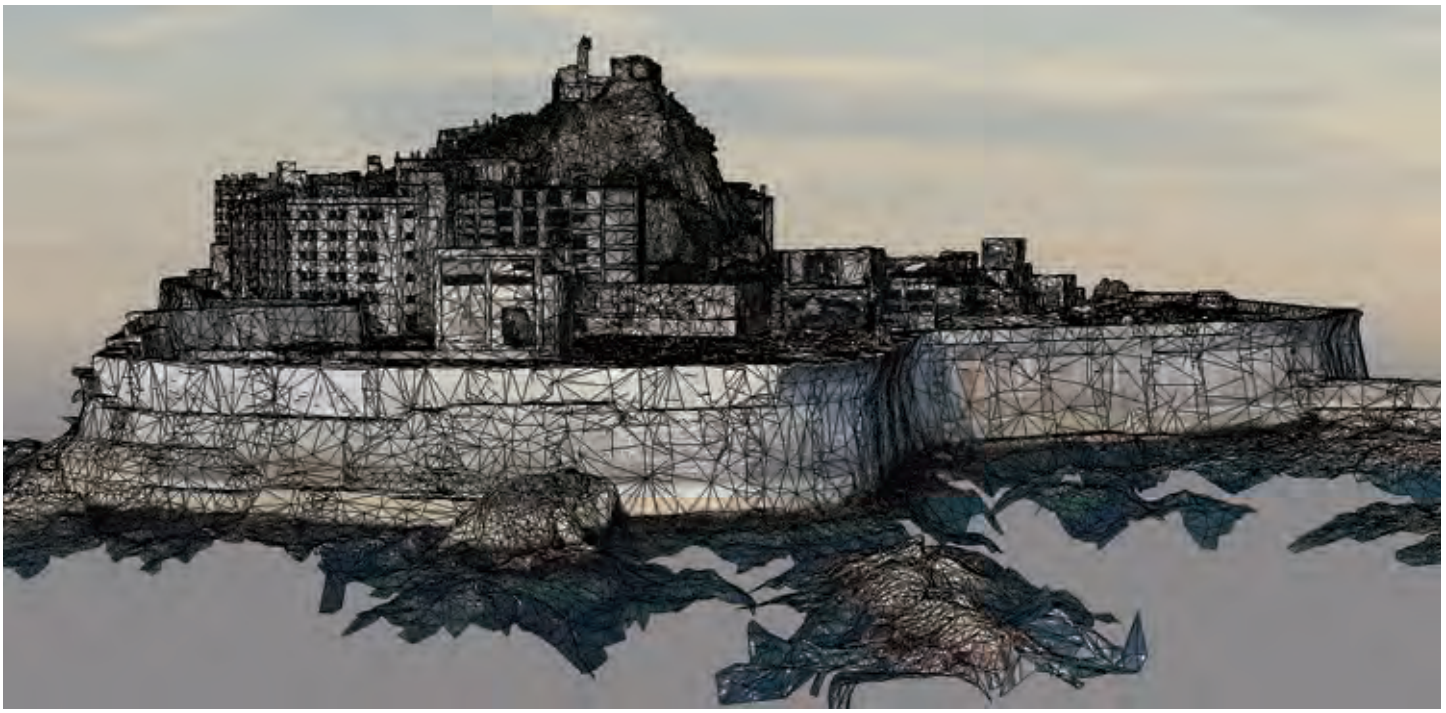
写真提供：長崎大学

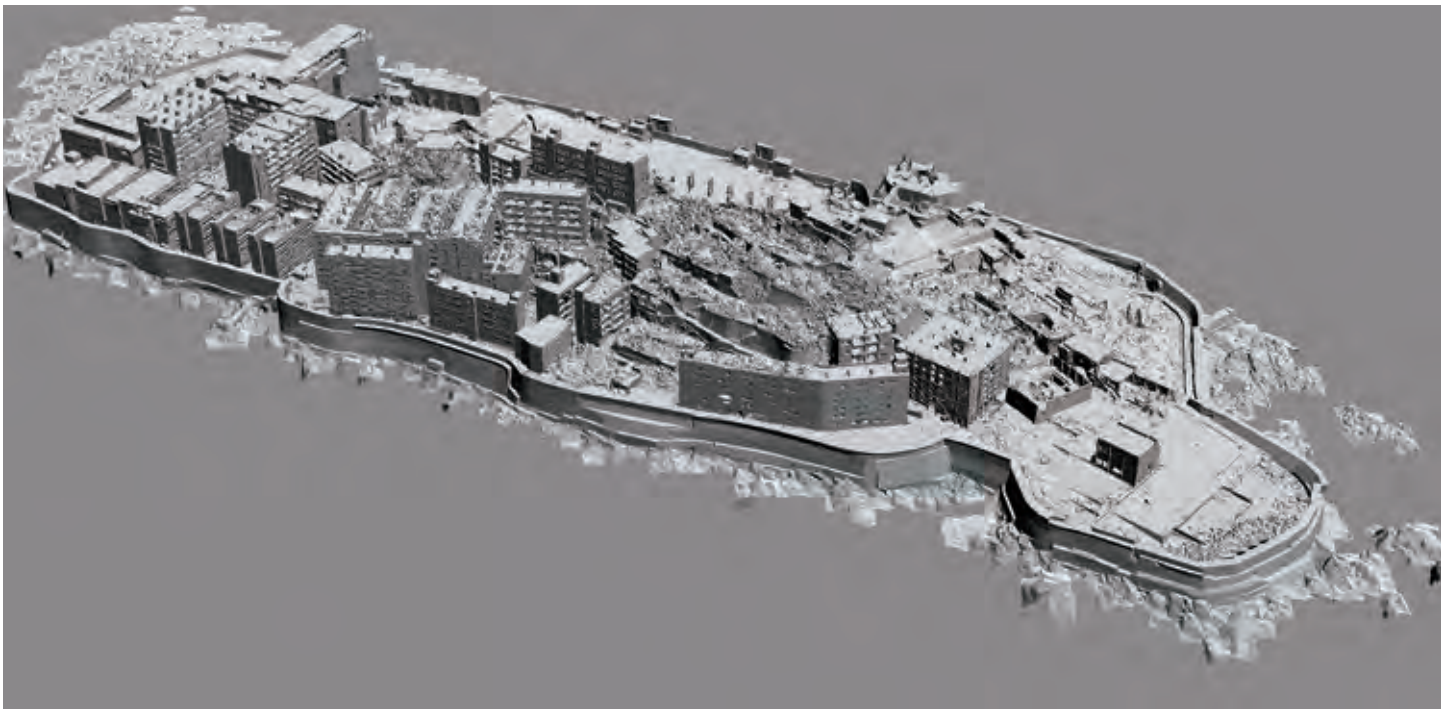
ドローンを用いた空撮画像を組み合わせて軍艦島のまるごと 3DCG 化を行った。写真を用いて製作した 3DCG は軍艦島の形や色をデジタル真空パックした状態で記録可能である。そのため，定期的な記録をして，過去のデータと比較することで老朽化の進行度合いを把握できる。3DCG は VR・AR 技術などと融合させることで新しい観光資源としても活用が期待できる。

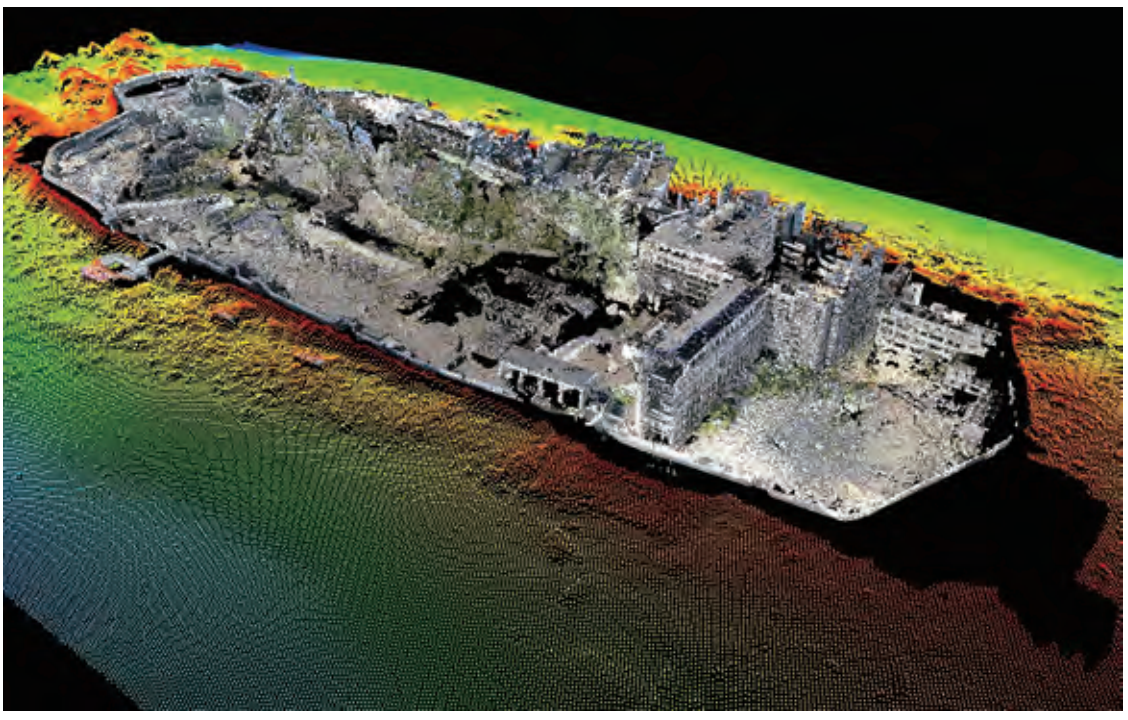
2017 年（平成 29 年）8 月号 PR 目次
【ア】
朝日音響㈱…… 後付 1
【カ】
カヤバシステムマシナリー㈱ 後付 8
コベルコ建機㈱…… 表紙 2
コマツ…… 表紙 4
【タ】
大和機工㈱…… 表紙 3
㈱鶴見製作所…… 後付 5
デンヨー㈱…… 後付 6
【マ】
マルマテクニカ㈱…… 後付 7
三笠産業㈱…… 後付 4
㈱三井三池製作所…… 表紙 3
【ヤ】
吉永機械㈱…… 後付 3

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

伊　東　　孝

建造物的な歴史遺産には，建築遺産・土木遺産・産業遺産の３つがある。それぞれの違いを，土木の世界で戦前からいわれている構造物の三位一体論「用･強･美」を軸にして整理すると，**表―１**のようになる。

1. ３つの遺産の相違

建築物は，外観や内観（インテリア）の「美」を重視するのに対し，土木構造物は「美」のウェイトが軽い。産業施設では，「用」を最重要視する。このちがいは，保存や修復理念にも影響する。竣工当時がもっとも美しい建築物の修復理念は，当初復元が原則である。主にインフラ施設を担い，「用」「強」を重視する土木構造物は，永遠性（長持ち）を希求する。近代になって登場した鉄橋やコンクリート橋は，当初「永久橋梁」と呼ばれたこともあった。これに対し，産業施設は建物内の機械類が大切であり，建物はそれを保護するもので，一定期間の仮設構造物である。

以上は極端な言い方だとは思うが，３者を理念的（理論的）に区別できる便利な見方と思っている。また表には，「システム，ネットワーク」「所有者・工事関係者」の欄も設けている。後者の「所有者･関係者」は，遺産を管理・保存するときの必須項目である。

2. 歴史遺産感動の３要素

遺産による「用･強･美」の重点の置き方の相違は，評価にも関係してくる。世界遺産や文化財の評価は各分野と学術的な面からいろいろ分けられるが，素人にわかる評価は何だろうか。言いかえれば，素人が歴史遺産に感動するのは，どのようなときだろうか。わたしはそれを，「歴史遺産感動の３要素」として仮説的に次のように整理している。「“ワオー！”効果（Waoo! Effect）」「わかりやすさ（Legibility or Simplicity）」そして「“がってん！”効果 or “なるほど！”効果（Aha! Effect）」である。

Waoo! Effect は，遺産をひと目見たとき，感動のあまりに発する感嘆詞であり，Legibility or Simplicity は，見た目のわかりやすさ又はストーリーや論理のわかりやすさである。Aha! Effect は，Legibility or Simplicity に伴う「ああ，なるほど！効果」である。脳科学者の茂木健一郎氏は，ひらめきや気づきの瞬間

表―１　建築遺産・土木遺産・産業遺産の相違

	建築遺産	土木遺産	産業遺産
用･強･美	***用･強･美***	***用･強･***美	***用･***強･美
建造物	構造材 ＋ ***外装材･内装材***	***構造材***そのもの	内部の機械類が重要 ***工場は仮設構造物***
システム ネットワーク	単体	地域･国土 (ネットワーク、 システム系)	地域･地区内限定 （システム系）
所有者･ 工事関係者	個人･法人	国･自治体	法人

に「あっ!」と感じる体験を「アハ体験」として紹介，アハ体験は脳を活性化させるといっている。これを援用すれば，遺産も「アハ体験」になるような「見た目のわかりやすさ，ないしストーリーのわかりやすさ」が必要ということになる。

社寺仏閣や城郭などの建築遺産は，素人がみてもわかりやすいし，ワオー！効果がある。これに対し，産業遺産は見た目は美しくないし，油臭い，むしろよごれて汚いものが多い。施設や機械も見た目ではわからないものが多く，なかなか興味がわかない。動かないモノになるとなおさらである。施設を解説するインタープリターが必要となる。しかし産業遺産には，場所が広く，モノが大きく，深さや高さもある。身体で実感して，強い印象と大きな感動を味わえる場合も多い。土木遺産は，両者の中間として位置づけられる。

3. 遺産の「文脈」から「謎解きや解釈」へ

最近，「これが世界遺産？」というようなものも増えてきた。説明を聞いてもピンとこない人もいるにちがいない。たとえば一昨年世界遺産に登録された「明治日本の産業革命遺産」は，全国の 8 地域，23 の構成資産から成り立っているので，構成資産をみていくと「これが世界遺産？」と感じられる方も多いと思う。「明治日本の産業革命遺産」は，全国 8 地域 23 の構成資産がワンパック（シアリアル・ノミネーション）で世界遺産として評価された物件なのだ。19 世紀の後半から 20 世紀初頭にかけ，日本は産業国家に変貌，工業立国の土台を構築した。そのプロセスは世界に類例のないことが評価されたのである。

わが国では世界遺産の歴史は 20 年余りだが，世界遺産自体は倍の 40 年以上の歴史があり，世界遺産の評価視点も多様になってきた。背景には，世界遺産が 1000 を超えるようになると，ピラミッドやポンデュガールなどのように，一目見ただけで“ワオー！”といえるようなものは少なくなってきたことがあげられる。

今年(2017年)の 5 月，台湾で Asia-European Industrial Heritage Networking Round Table Symposium が開催され，わたしも日本代表として参画した。そこで興味深い講演を，ベルギー・ゲント大学のウィリヘルム・デルデ先生から拝聴した。それは，世界遺産の評価が従来の遺産の文脈を理解する流れから，遺産の何を解明し（謎解き），全体としてどのようなストーリーになるのか，に重点が移行，それとともに遺産の保全の仕方も変わってきているということだった。彼は，それを「From Monument to Context」から「From Conservation to Interpretation」として説明した（筆者の英語の理解不足があるかも知れないが）。

「明治日本の産業革命遺産」は，まさしくこの流れの中で評価された世界遺産である。日本の土木遺産や産業遺産の評価も，謎解きやストーリー面の意義を重視し，それをいかに「わかりやすく」説明するかに重点が移るのではなかろうか。素人向けにわかりやすく説明し，「アハ体験」をしてもらえれば，歴史遺産に対するファンが増えるし，行政や企業なども保全のための費用を出しやすくなる。

4. 遺産概念の広がり：「20 世紀遺産 20」

「遺産」は，いまやブームである。しかしわたしがある業界誌でカメラマンの三澤博昭さんと今でいう土木遺産の連載をしたころ（1987 年），「土木遺産」という言葉はご法度であった。「遺産」は古くさいし，残されたもの，利用できなくなったもの，というイメージがあり，よくないといわれた。仕方なく，「近代土木構築物」というタイトルで連載した。

しかし今や遺産は，近代を跳び越え，現代のモノまで含むようになった。ご存知のように，昨年，戦後の 1959 年に竣工した国立西洋美術館が世界遺産に登録された。

世界遺産委員会では，数年前から各国に「20 世紀遺産 20」を呼びかけている。20 世紀につくられた構造物で，世界遺産の候補になりうるものを 20，リストアップせよという呼びかけである。むずかしいのか，様子見なのか，いまだに各国ともリストを出していないが，日本 ICOMOS ではワーキンググループをつくって，その作業をした。どのようなものがリストアップされたのか。土木構造物では，以下のモノが候補にあがっている。

立山砂防堰堤群，瀬戸大橋，東海道新幹線などである。

「遺産」は，「保存」するだけではなく，「創造」するものでもあることがわかる。

《参 考 文 献》

1）伊東孝「近代文化遺産の保存理念と修復理念」『近代文化遺産の保存理念と修復理念』東京文化財研究所，2017 年
2）『2017 欧亜産業遺産区域網路国際円卓論壇　論壇手冊（五）』台湾文化部文化資産局，2017 年

――いとう　たかし　産業考古学会会長，
日本 ICOMOS「技術遺産小委員会」主査――

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

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

嘉　本　敬　樹・田　中　　愛・山　中　実喜夫

日本の近代化産業遺産で初めて世界遺産登録された旧富岡製糸場では，平成 27（2015）年より 5 年計画で国宝「西置繭所（にしおきまゆじょ）」の保存修理工事を行っている。本報では，保存修理工事に先立って行った建物を覆う素屋根工事および素屋根に付随する見学施設について紹介する。素屋根工事は，史跡，国宝建物の損傷リスクを低減するため軽量システムトラスを用い，3 工区に分けたトラベリング工法を採用した。工事エリアは見学エリアから見え，多くの方に建築の技を PR できた反面，絶対に失敗は許されないという難しさもあった。また素屋根周囲には建物外観を写した写真転写メッシュシートを張り景観に配慮した。現在は保存修理工事の様子を附随する見学施設から間近に見ることができ，現場の空気を実感することができる。

キーワード：トラベリング，近代化産業遺産，素屋根，写真転写メッシュシート，見学施設

1. はじめに

官営模範製糸工場として明治 5（1872）年に設立された旧富岡製糸場（**写真**―1）は，日本初の本格的な器械製糸工場であり，昭和 62（1987）年に片倉工業富岡工場として操業を停止するまで，一貫して製糸工場として稼働し続けた大規模な産業遺産である。日本の近代化だけでなく，製糸業の技術革新にも大きく貢献した工場であり，敷地全体が国の史跡に，設立当初期の建造物のうち 7 棟 1 基 1 所が国宝・重要文化財に指定されている。また，「富岡製糸場と絹産業遺産群」の中心的構成資産として，平成 26（2014）年に「世界遺産一覧表」に記載された（**写真**―2）。

富岡市は，約 30 年をかけて旧富岡製糸場の整備活用計画を策定しており，本格的なものとして初めの事業がこの国宝西置繭所保存修理である。現在は，素屋根架設をはじめとする仮設工事と屋根瓦及び建具等の解体工事が完了し，竣工後の公開活用に向けた耐震補強や保存修理･整備工事の準備を進めている（**写真**―3）。

2. 工事概要

（1）工事概要

工 事 名：国宝 旧富岡製糸場西置繭所保存修理
　　（仮設・解体）工事
発 注 者：富岡市長　岩井賢太郎
設計監理：公益財団法人 文化財建造物保存技術協会
施　　工：㈱竹中工務店　タルヤ建設㈱ JV
工　　期：21 か月　平成 27（2015）年 1 月 21 日
　　～平成 28（2016）年 9 月 30 日

写真―1　明治 41（1908）年頃の富岡製糸場
画像提供：富岡市・富岡製糸場

写真―2　工事前の「西置繭所」

写真―3　現在の「西置繭所」

(2) 西置繭所建物概要

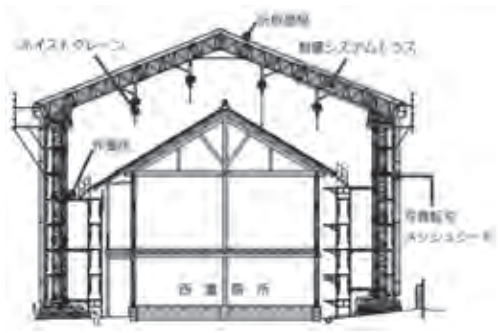
構造形式：木骨煉瓦造，2 階建，東面南面ベランダ付，　桟瓦葺
建築面積：1,486.60 m^2
規　　模：全長 104.4 m，巾 12.3 m，高さ 14.8 m
竣工年月：明治 5（1872）年…築 145 年
床 面 積：1,500 m^2
工事数量：システムトラス部材：300 t
折板屋根：3,500 m^2
樋（軒樋＋縦樋）：400 m
外周枠組足場：3,600 m^2
ホイストクレーン（1.0 t）：4 基

3. 素屋根工事計画

(1) 素屋根概要

西置繭所保存修理工事において，屋根瓦や建具を取り外す作業が発生するが，その際，雨や風で建物が傷まないよう，素屋根と呼ばれる仮設の覆いを架ける工事を先行して実施する必要があった。保存修理工事の作業性向上のため，折板屋根には樹脂製の明り取りを，軒先・2 階及び 1 階床レベルには合板製の作業床を設けた。また，素屋根外周は，西置繭所の外観写真を転写したメッシュシートで覆い，工事中も歴史的な景観を保持した。また天井面には解体材・資機材揚重用設備（ホイストクレーン）を設けている（**図**―1）。

構　　造：軽量システムトラス造
規　　模：全長 118.8 m，巾 21.5 m，高さ 18.6 m
建築面積：2,800 m^2



図―1　素屋根断面図

(2) 素屋根工事の施工条件

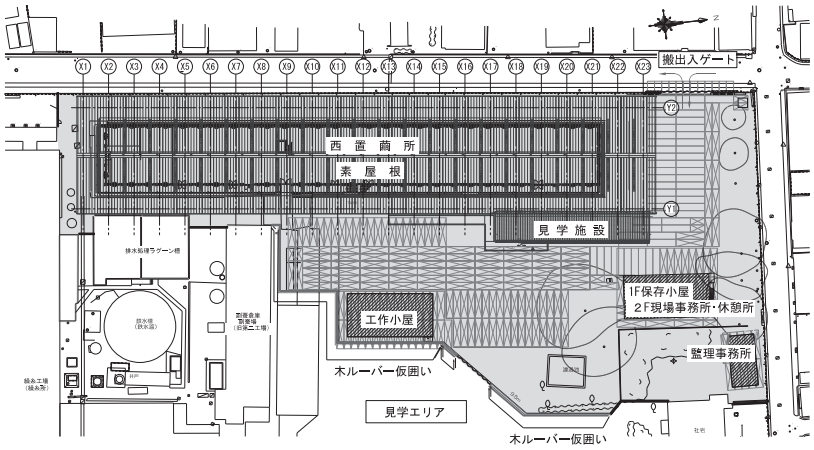
敷地全体は国の史跡に指定されており，地下遺構保護のため掘削の禁止及び地表面への上載（接地圧）に制限がある。また敷地西面，南面は重機の寄り付きができなく，東面は見学エリアと隣接しているという施工条件であった（**図**―2）。

今回の工事の入札にあたり，素屋根に軽量システムトラスを採用することで重量を軽くし，地盤に対する接地圧を 10 パーセント低減する提案，トラベリング工法を採用し，建物損傷リスクの低減，工事エリアを限定，重機サイズを小さくする提案を行い，高評価を得て当 JV が受注するに至った。

(3) 軽量システムトラス

軽量システムトラス（**写真**―4）とは，転用可能なトラス部材であり，外形は 1,000 mm × 1,000 mm である。部材長は 1.5 m から 5.0 m まで 0.5 m きざみで用意されており，これらの部材を組合せて使用することができる。

今回の工事では，軽量システムトラス部材を組合せ，1 構面当り，柱部材ユニット 2 セットと合掌梁ユニット 1 セット（**写真**―5）を予め地上レベルで地組し，60 t クレーンを用いて建方した。建方精度を管理するため，ユニット材の全長を地組段階で実測し，必要に応じてライナープレートをジョイント部に差し込むことで調整した。



図―2　建物配置図

写真―４　軽量システムトラス

写真―５　合掌梁ユニット

(4) 写真転写メッシュシート

工事期間中，西置繭所が約 1.4 倍の大きさの素屋根で覆われると，景観が損なわれるだけでなく，仮設材による圧迫感を見学者や周辺地域住民に与えることが懸念された。そこで少しでも圧迫感を和らげ，世界遺産にふさわしい景観を工事中も「魅せる」ことができるよう素屋根外周面に西置繭所の外観写真を転写したメッシュシートを張ることとした。

シート面積：3,600 m^2

シート枚数：481 枚

材　　質：ポリエステル製（防炎１類）

写真転写メッシュシートの製作から取付までの手順を以下に示す。

①望遠・広角レンズ等を使用して建物各面を撮影

②障害物がある部分や入隅コーナー部は個別に歩道から近接撮影

③写真合成（繋ぎ合わせ）→外観展開写真，詳細図作成

④メッシュシート割付図作成，納まり検討

⑤試作品製作（コントラスト・色合い調整）

⑥メッシュシート製作，取付け

メッシュシート割付図の作成にあたっては，実際の建物に見えるよう，以下を工夫した。

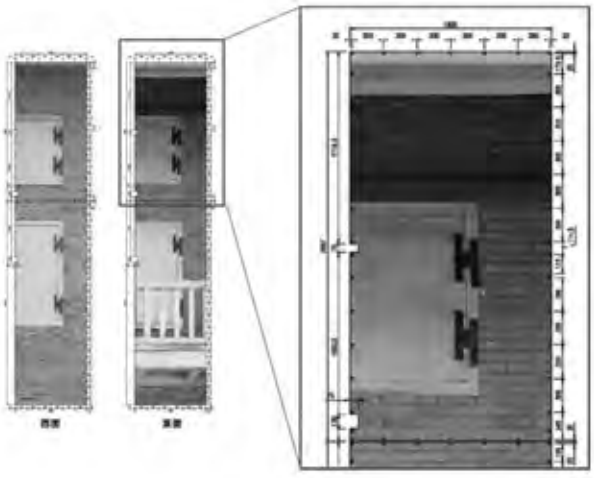
ⅰ）転写する範囲は外壁面全周（東西南北面）とする

ⅱ）外観展開写真は，メッシュシートの幅に合わせ拡張。ただし，高さ方向は角部の違和感が生じないよう各面同じ倍率に調整

ⅲ）模型を製作し，角部の見え方を確認（**写真**―６）

写真―６　模型による転写メッシュシートの見え方確認

今回使用するメッシュシートは，設置後，約５年間使用することから，強度上弱点となるような現地での切断加工は最小限とする必要があった。また質量 470 g/m^2（充実率 0.9）のごわつく素材であり，シートの端部に余りが生じたり，足場材等の突出物との干渉があると見栄えを低下させる恐れがあった。そこで実際に施工する鳶工の意見も取り入れながら，納まり，加工形状，寸法，ハトメ位置を検討し，詳細図（**図**―３）を作成した。



図―３　詳細図

また，本製作に先立ち，コントラストを３段階に調整した試作品を現地で確認（**写真**―７）し，最もコントラストの強いものを採用したことで，実物により近い見栄えを実現した（**写真**―８）。

(5) 木ルーバー仮囲い

敷地内の一般公開エリアと工事エリアを区画する仮

写真―7　試作品確認状況

写真―8　実施状況

写真―9　実施状況

囲いは，木ルーバーの仮囲いを考案・採用（**写真**―9）した。その理由を以下に示す。

ⅰ）木材を使用することで，公開エリアの見学者に対し，工事中の圧迫感を低減する。

ⅱ）ルーバー形状にすることで，工事エリアとの区画を形成しながらも旧富岡製糸場の敷地の広がりを見学者に感じていただくことができる。また工事エリアが一望でき，素屋根がダイナミックに架設される工事中ならではの景観を見学者に「魅せる」ことができる。

前述の通り，敷地は地下遺構保護のため掘削等が禁止されているため，木ルーバーの設置は重量で風圧に耐えられるH鋼置き型固定方法を採用した。

木ルーバー寸法：1ユニット 1.8 m × 3.5 m

木ルーバー使用：蝦夷松，防腐剤塗布

総設置長さ：53.7 m

4. トラベリング工事

(1) トラベリング工事概要

鉄骨建方および屋根折板の施工は，国宝建物の損傷リスクを最小限にするため，建物上空での作業を極力減らすことのできるトラベリング工法を採用した。トラベリング工法は，横引き工法，スライド工法とも呼称され，架構をいくつかのブロックに分割して組立て，順次横移動させながら構築する工法である。

本プロジェクトでは，まず敷地北側に建方用のステージ足場を設置し，トラス鉄骨2架構と小梁，つなぎ，ブレース，ホイストレールの建方を行う。次に牽引装置を用いて，南側へ1スパン分移動（5.4 m）させる。翌日，移動し終わったスパンでは折板屋根，照明器具を取付けし，同時に手前のスパンではトラス鉄骨1架構他を組立てる。後は，この手順を繰り返して，全体の1/3（1工区：6スパン）の素屋根建方が完了した後，この架構を最終定着位置まで移動（82.3 m）させる。その後，妻面の耐風梁の建方，周囲に外部足場の架設を行う。以降は，前述の手順を繰り返し2工区，3工区の建方，トラベリング，足場架設，写真転写メッシュシートを貼り，素屋根を構築する計画とした（**図**―4）。

3工区に分けたトラベリング計画とした理由は，トラベリング重量を軽くして牽引装置を軽微なものにするためと，外部足場の架設を素屋根建方と並行して行うことで，全体工期の短縮，作業員の平準化を図るためである。

トラベリング回数：19回

総トラベリング距離：213.3 m

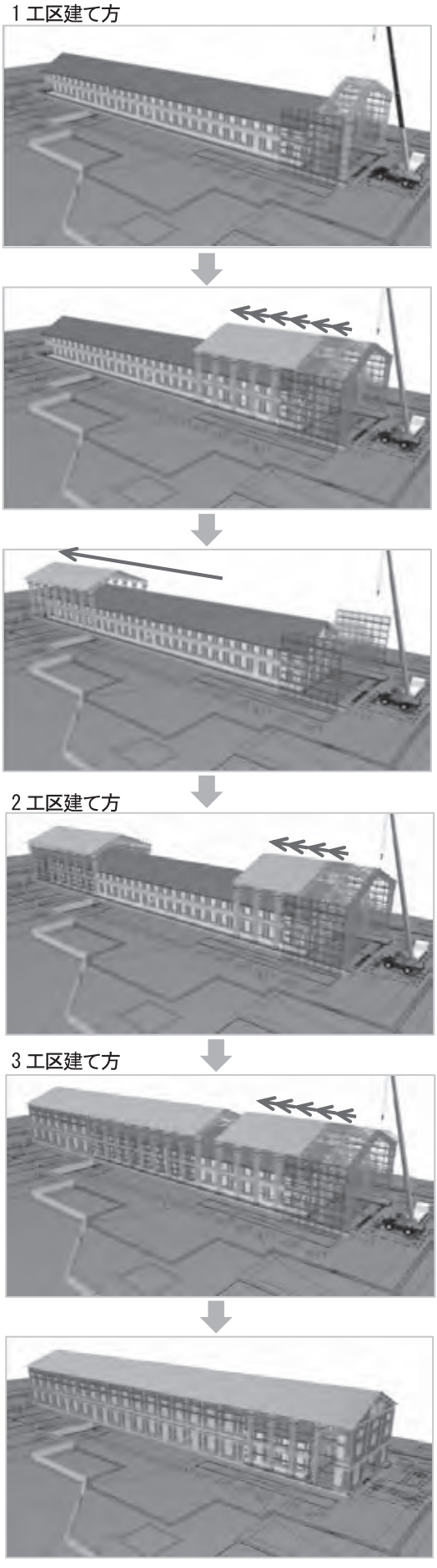
5.4 m × 6 + 82.3 m + 5.4 m × 6 + 39.2 m + 5.4 m × 5 = 213.3 m

最大トラベリング重量：105.4 t（積算値）

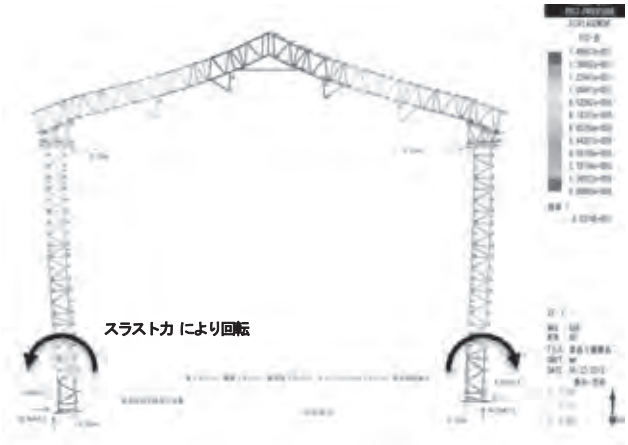
(2) トラベリング装置

(a) 転がり支承

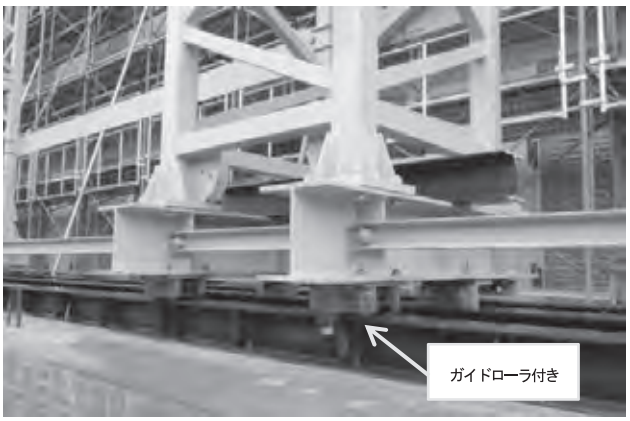
施工時解析の結果，屋根荷重によるスラスト力により柱が外側に傾くことが判ったため（**図**―5），柱足元の転がり支承は，1柱に対して外側2か所のみに取り付ける計画とした。トラベリング作業中に，0.1 Gの地震力が作用した場合でも素屋根が倒壊しないよう



図―４　素屋根施工ステップ



図―５　素屋根架構 施工時解析結果（長期荷重）



写真―10　チルタンク

十分な安全率を見込んだうえで，12 t 用のチルタンク（**写真―10**）を選定した。施工時に作用する柱足元のスラスト力の負担と，脱輪防止のため，2 台の内 1 台は両ガイドローラ付きとした。

（b）牽引設備

5.4 m の距離を 2 時間，82.3 m の距離を 2 日間で移動させ，柱の定着までを行うためには，牽引速度が速く，装置の盛り替え回数が少ないものを選定する必要があった。素屋根は門型の架構であるため，左右の柱に対し 1 台ずつ，計 2 台の牽引装置を設ける計画とした。また最大トラベリング重量約 100 t に対して，チルタンクの摩擦抵抗を 10 パーセント見込み，3.2 t 用チルホール（**写真―11**）と滑車（**写真―12**）を用いる計画とした。

（c）軌条レール

軌条レールは，布基礎上に配置した H 型鋼（H-150 × 150 × 7 × 10）とした。チルタンクの走行により，レール材に局部的な変形が発生することを防止するため，補強リブプレートを 450 m 間隔で設けた。外側の軌条レールの他，中央，内側にも H 型鋼を設けており，これらは本設部材として最終定着時に柱とボル

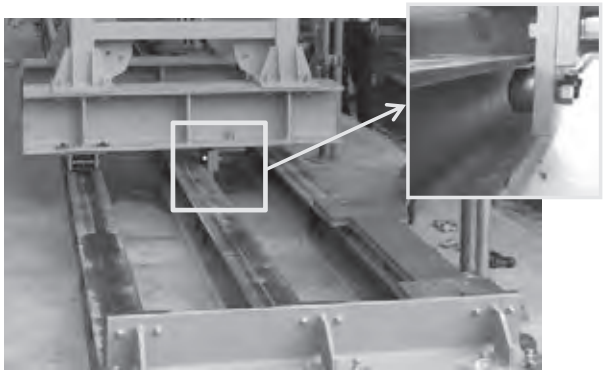
写真―11　油圧チルホール

写真―12　滑車および軌条レール

ト固定する納まりとした。軌条レールは保存修理工事が完了した後，素屋根を解体する際にも利用できるようにしている。

（d）転倒防止対策

システムトラス建方時，トラベリング時，仮定着時における素屋根足元の転倒防止策を**図―6**に示す。施工時に想定した外力は，地震荷重0.1 Gおよび基準風速10 m/secの風荷重とし，全ての状態において，



写真―13　浮上り防止ガイドローラ

素屋根架構の安全性を確保できるよう納まりを工夫した。一例として，中央のレール材には浮上り防止用のガイドローラを設け，想定以上の地震力への対策も考慮した（**写真―13**）。

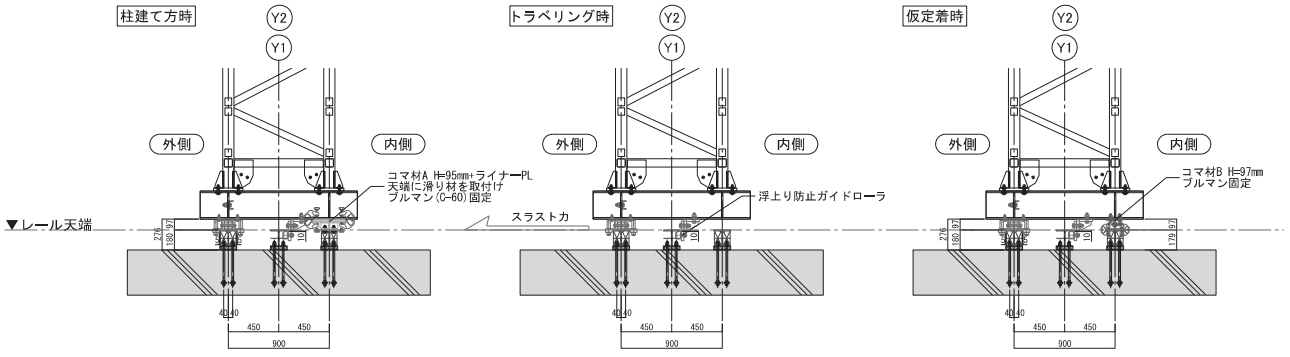
なお基準風速10 m/sec以上の風が吹く場合は，控えワイヤで補強する計画とした。

（e）計測管理計画

トラベリング工事中，素屋根架構に偏荷重を作用させないようにするため，移動量，牽引荷重を計測し，指令室で一元管理した（**写真―14**）。牽引装置は1台の電動油圧ポンプで同調動作させる計画とし，トラベリング距離1 m毎に一旦停止させ，マニュアル操作で左右の移動量を調整した。

(3) トラベリング工事　実施状況

平成27年8月2日より1工区の建方を開始し，夏季休暇を挟んで，9月15日（実働40日）に最終トラベリング工事を完了した。途中台風の接近もあって工事を中断した期間もあったが，無災害で予定通りに工事を完了させることができた（**写真―15～17**）。当



	柱建方時	トラベリング時	仮定着時
鉛直荷重（下向）	チルタンク、コマ材A	チルタンク	チルタンク、コマ材B
鉛直荷重（上向）	ブルマン、歪みワイヤー	浮上り防止ガイドローラ	ブルマン
水平荷重	ブルマン（摩擦）	チルタンクガイドローラ	ブルマン（摩擦）

図―6　素屋根足元転倒防止策

写真―14　トラベリング工事 指令室

写真―15　1 工区建方状況

写真―16　1 工区 82.3 m トラベリング状況

写真―17　素屋根工事完了状況

初の目標であった,「1 日で 1 スパンの建方を行って,同日にトラベリングする」という工程は，計画段階では無謀との意見が多かった。しかしながら関係者のチームワークと作業手順の改善，習熟効果もあって，当初 1.5 日かかった作業を最終的に 0.75 日で完了するまでになった。

工事期間中は夏休みということもあり，旧富岡製糸場には多くの見学者が訪れた。時間と共にダイナミックに変化する素屋根，連携を取りながらテキパキと働く作業員の姿を木ルーバーを介して間近で見学していただき，建設業の技術力を広く PR できたと考えている。

最後に本工法を採用した成果を以下に示す。

①作業の 9 割以上は地上と建方用ステージ足場上で行ったことで，地上 20 m の高所からの墜落，落下災害を防止し,作業の安全性を高めることができた。

②建方ヤードを限定し，小型のラフタークレーンを使用して作業したことで，落下物等により国宝建物の損傷ゼロを実現し，また埋設史跡への影響を最小限にとどめることができた。

③限定したエリア（建方用ステージ足場）でトラス部材の組立，屋根仕上げを行ったことで，施工品質の向上と管理の徹底を図ることができた。

④工区を分離して複数の工事を同時進行したことで,全体工程の短縮と作業を平準化することができた。

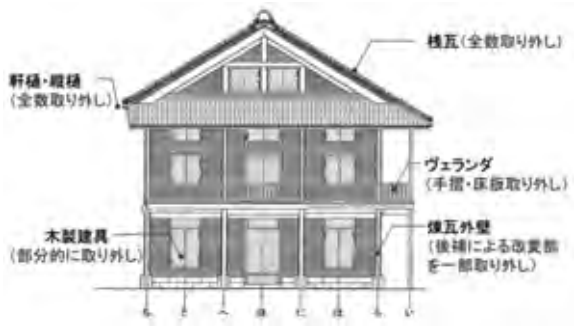
⑤建方用に必要な足場を最小限にし，仮設材の低減を図ることができた。

5. 保存修理（解体）工事と見学施設

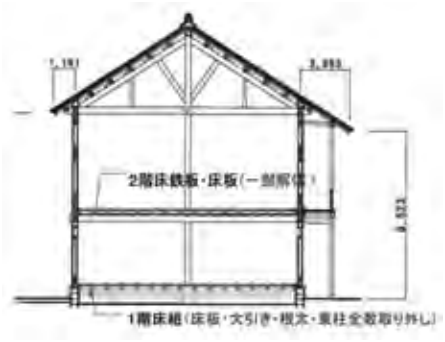
(1) 保存解体工事

素屋根工事完了後に実施した保存修理（解体）工事の概要を以下に示す（**図―7，8**）。

国宝・重要文化財等，歴史的建造物の保存修理のための解体工事では，まず既存の納まりや材料，補修履歴を確認する仕様調査を行うと共に，今後の組立工事



図―7　解体範囲立面図（外部）



図―８　解体範囲断面図（内部）

写真―18　１階床板の番付作業

の際に同じ部材を同じ場所に復旧することができるよう，ひとつひとつの部材に番付を行い，丁寧かつ慎重な作業が要求される（**写真**―18）。次に，解体した部材を再利用するか，またその範囲をどうするかの損傷調査を，設計監理者と綿密に連係確認しながら進めていく必要がある。

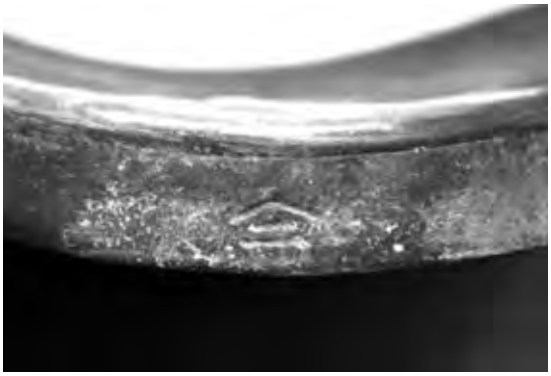
今回の仕様調査において，瓦の刻印（主に製造所を示す印）（**写真**―19）が数種類あることや，瓦下地が東西面で異なることが確認された（**写真**―20）。

また損傷調査においては，屋根瓦一枚一枚を打音調査し，状態の良い瓦は再利用することを前提に，丁寧に洗浄し敷地内に保管している。

なお，詳細な調査結果については，工事完了後に富岡市から発行される修理工事報告書を参考にしていただきたい。

(2) 見学施設

今回の工事では，近代化産業遺産の保存修理工事において初めての試みとなる見学施設を設置する提案が採用された。見学施設は素屋根の東北面に附設して配置し（**写真**―21），見学者が素屋根内部で実際に行われている保存修理工事の状況を，木の匂いや音といった現場の空気を感じながら間近で見ることができるだけでなく，室内の様々な展示解説コンテンツ（**写真**―



写真―19　瓦の刻印

写真―20　瓦下地の仕様調査（西面）

写真―21　見学施設外観

写真―22　見学施設内観

写真―23 展望窓からの眺望

22），さらには3階に設けた展望窓から東側に広がる旧富岡製糸場の敷地全体の眺望（**写真―23**）を楽しむことができるような計画とした。

展示コンテンツの一部を以下に紹介する。

ⅰ）保存修理工事前の西置繭所3Dバーチャルツアー
ⅱ）解体した瓦の実物展示と刻印分布図
ⅲ）素屋根トラベリング工事の記録映像
ⅳ）素屋根内に設置したWebカメラによる現在の作業状況
ⅴ）空から見た旧富岡製糸場（ドローンによる空撮映像）

6. おわりに

富岡市は，約30年をかけて旧富岡製糸場を整備活用する計画を策定しており，その本格的なスタート事業がこの国宝西置繭所保存修理となる。今回トラベリング工法の採用により，国宝建物および史跡へ損傷を与えることなく，安全に素屋根を架けることができた。また，この工事を見学者に「魅せる」ことで，建設業の技術力をPRできたと考える。現在，素屋根内部では今後の活用に向けた耐震補強や保存修理工事の準備を進めており，平成31（2019）年12月末を目標に全ての保存整備工事が完了する予定である。新しい国宝西置繭所がお目見えするまでの期間，旧富岡製糸場へ来場される見学者の皆さまには，工事中ならではの景観を楽しんでいただきたい。

今回の取り組みが，近代化産業遺産の保存修理の新しいスタイルの手本となるよう，発注者・設計監理者とともに協力して，旧富岡製糸場西置繭所の保存整備に携わる所存である。

謝　辞

最後に，本工事を行うにあたりご尽力をいただいた富岡市をはじめ関係各位に感謝の意を表すと共に，本報文が今後の近代化産業遺産及び歴史的建造物の保存修理及び活用工事の参考となれば幸甚です。

JCMA

［筆者紹介］

嘉本　敬樹（かもと　けいじゅ）
㈱竹中工務店
大阪本店技術部 機械電気グループ
グループ長

田中　愛（たなか　あい）
㈱竹中工務店
東京本店FM部 FM技術グループ
主任

山中　実喜夫（やまなか　みきお）
㈱竹中工務店
富岡製糸場西置繭所保存工事作業所
副所長

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

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

本　弓　省　吾

本プロジェクトは，史跡「薬師寺旧境内」において古代とは異なる現代の様々な条件下で「伝統技術」と「現代技術」の融合により実現させた食堂の復興プロジェクトである。食堂は，遺構発掘調査や史料調査などにより外観復元を行い，内部は現代における仏教の多様な布教活動を目的として，伝統と現代の意匠が融合した鉄骨造による大空間とした。伝統的な大工の作図法である「規矩術」を BIM モデル作成のプロセスに導入し，設計施工一貫 BIM により細部まで仮想モデルを作り込み，高い生産性と高い品質の両方を実現した。今回，伝統建築への BIM 導入事例として紹介する。

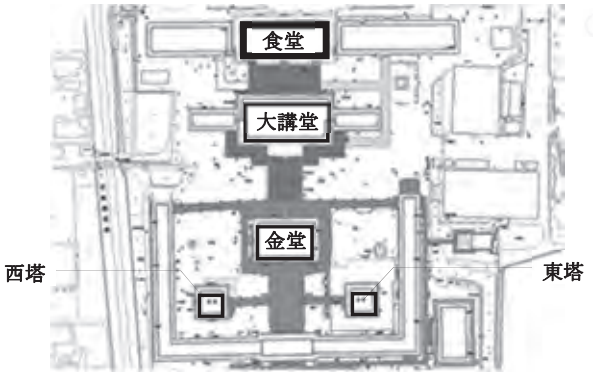
キーワード：伝統建築，復元，設計施工一貫 BIM，フロントローディング，データ共有，活発なコミュニケーション

1. はじめに

薬師寺は天武 9 年（680）に，天皇が皇后の病気が治癒することを祈願して発願され，藤原京において 7 世紀末には造営がほぼ完成していたと考えられる。その後，平城京遷都に伴う移転を経て，8 世紀前半には現在地の伽藍が完成したと考えられている。それ以降，数々の災害に見舞われながら，伽藍はそのつど復旧と変化を繰り返してきたが，享禄元年（1528）の兵乱により，主要建造物のほとんどが焼失した。かろうじて東塔は兵火を免れ，昭和 26 年に国宝指定された。昭和 40 年代以降，伽藍の復興が進み，昭和 51 年（1976）に金堂が当初の姿に復興された。その後も境内の整備と復興が進められ，昭和 56 年（1981）に西塔，平成 15 年（2003）に大講堂が復興された。また平成 10 年（1998）には，古都奈良の文化財として東大寺や唐招提寺などとともに世界遺産に登録された。

2. 史跡整備と食堂復興について

薬師寺は，「薬師寺旧境内」として史跡に指定されており，伽藍（白鳳伽藍）の全面復興を目標に，史跡の保存を図りつつ段階的に歴史的建造物の復興等の整備を進めるとともに，指定文化財建造物や復興した伽藍の適切な保存と寺の宝物を収蔵する場としての機能の維持，向上に努めており，建造物の復興は，先行して実施する発掘調査結果に基づき，遺構の保存と復興の真実性を踏まえて実施している。創建当時の伽藍計画は，古文書などの史料や近年の発掘調査によりその内容が明らかになってきた。



図―1　伽藍（白鳳伽藍）配置図

南北の軸線上に，南から「佛」を祀る「金堂」，「法」を示し研鑽する「大講堂」，そして「僧」が一堂に会して斎食をするための場所として「食堂」が配置され，伽藍の主軸を構成している。この「佛・法・僧」は仏教で説いている三宝にあたる。前述の通り，金堂・大講堂はすでに復元され，残る食堂が復元されることによって伽藍の主要堂塔の復興が完成することとなる（**図―1**）。

3. 食堂の復元計画と設計方針について

(1) 食堂の復元計画

食堂は発掘調査の結果，8 世紀前半の創建当時の礎石や雨落ちの位置が明らかになっており，そこから平

図―２　食堂の外観完成イメージ（計画時）

図―３　食堂の内観完成イメージ（計画時）（伊東豊雄建築設計事務所）

面規模や柱位置，軒の出などを推測することができた。歴史的建築物の専門家や学識者が，遺構に残されたこれらの手掛かりと縁起等の史料や同時期・同種の現存建造物を基に，食堂の外観の復元考察を行った（**図―２**）。食堂は本来，僧侶の食事の場であるが，薬師寺食堂は，現代における仏教の多様な布教活動を目的として，現代の意匠と融合した大空間として計画することが求められた（**図―３**）。また金堂は５年，大講堂は７年の工期に対して食堂では実施設計と施工を合わせて３年余りの工程で実施するという時間的制約もあった。遺構保護に十分配慮し，古代木造建築の外観の意匠を忠実に再現しつつ，無柱の大空間を短工期で実現するために，以下の設計方針を設定した。

（2）設計方針（図―４～７）

設計方針①：鉄骨造による架構の採用

本来屋根を支える地垂木を復元意匠として見せながら，約 16 m × 27 m の無柱空間を実現するために鉄骨造による架構を採用し，鉄骨に木の化粧材を取り付けることで古代の意匠を復元した。

設計方針②：BIM の活用

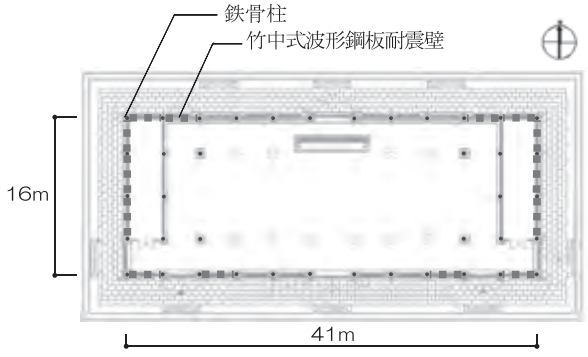
古代木造建築の様式を踏襲した軒懐が薄く３次元的に反り上がる屋根を鉄骨造で実現するため，最適な 3D-CAD ソフトや BIM ソフトを選定し，設計段階で細部までモデルをつくり込み，設・構・備の各モデルが整合した統合モデルを作成し，施工段階で活用できるものとした。統合モデルにより整合性を確保し，各職能との情報共有や関係者との合意形成に活用し，納まりの理解を深め問題点を事前に解決することで手戻りが発生しない様にすると共に，施工段階の品質向上に役立てた。

設計方針③：構造計画

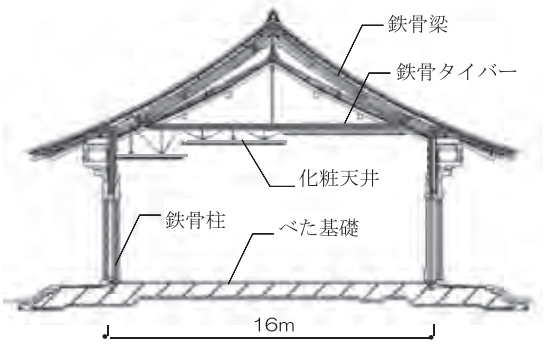
木で化粧をするため，鉄骨の柱を極力細くし，「竹中式波形鋼板耐震壁[注1)]」により耐震性能を確保した。鉄骨タイバーによるスラスト対策を行い，べた基礎の採用による遺構面への接地圧の低減も行った。

設計方針④：避難安全検証法の採用

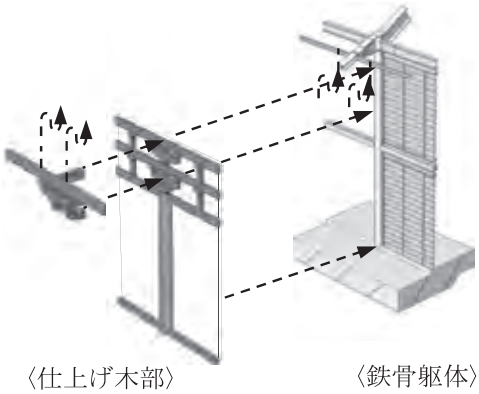
壁で耐震性能を確保するため，実際に開く扉は限定され，建築基準法上の自然排煙を行うには別途排煙口が必要となった。意匠の復元において排煙口の設置は困難であるため，避難安全検証法により，排煙を免除，内装制限なしとし，木化粧材による内部意匠の復元を実現した。



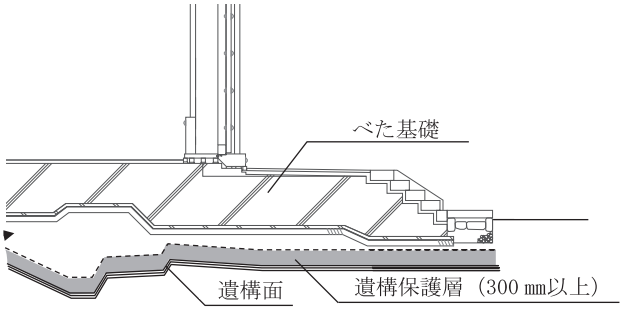
図―４　食堂計画平面図



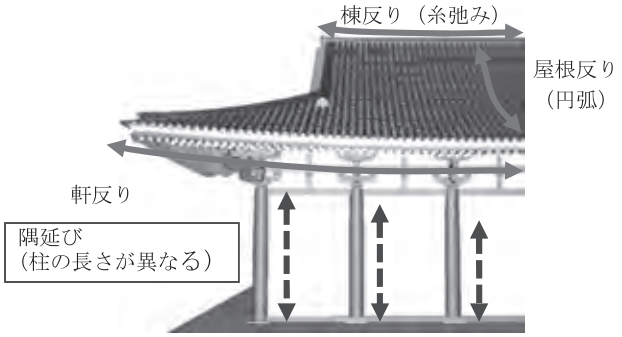
図―５　食堂計画断面図



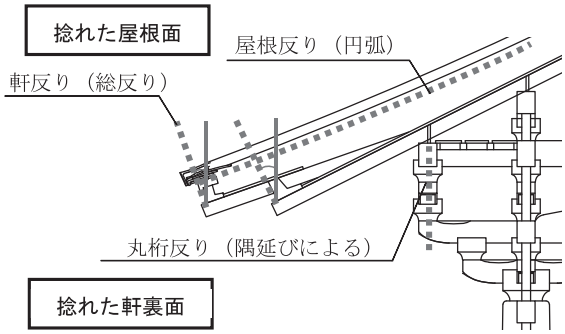
図―６　鉄骨躯体＋仕上げ木部アクソメ



図―７　遺構と基礎の関係



図―８　薬師寺食堂の屋根の曲線（全体）



図―９　薬師寺食堂の屋根の曲線（軒先）

4. 伝統建築における設計施工一貫 BIM

本プロジェクトは，設計施工一貫で BIM を活用した。BIM 効果の一つにフロントローディングがあげられるが本プロジェクトでは設計段階で，工事担当者，堂宮大工や鉄骨ファブリケーターなどの施工者協力会社と BIM モデルにより，設計意図や施工性確認（納まりや施工クリアランスなど）について，活発なコミュニケーションを行った。共有方法としては，関係者が一堂に集まり相互にモデルを確認する意見交換会を実施した。意見交換会以外でもその都度関係者間で確認し，不具合があれば共有し，モデルの作りこみ精度を上げた。複雑で厳しい納まりが要求される条件下でありながら，各職能が一つのモデルを基に活発に議論することで「伝統技術」と「現代技術」の融合を実現した。

(1) 古代木造建築の屋根の特徴と課題

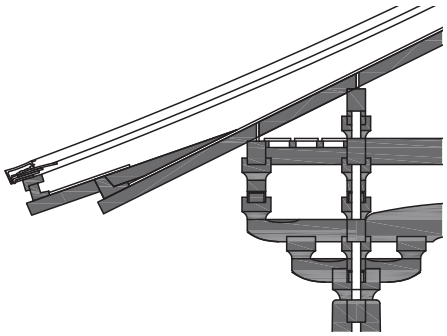
下記に示す屋根の曲線と納まりの通り，複雑で厳しい条件下で鉄骨の架構を納めなければならなかった。

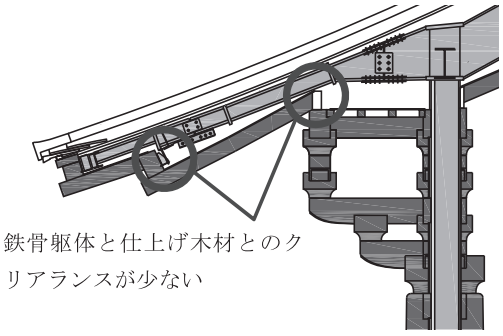
(a) 屋根の曲線について（**図―８，９**）

今回の軒先・棟，屋根の反りは全て異なる曲線で構成され直線部分はない。軒裏については，軒先と丸桁（隅延びの影響を受ける）で異なる曲線であるため，屋根面，軒裏面共に捻れた３次元の曲面となる。

(b) 納まり（**図―10，11**）

創建当初の復元案では軒の懐が薄いため，躯体と仕上げのクリアランスが極めて少ない。鉄骨の精度がそのまま仕上げの精度に大きく影響するために高い鉄骨精度が求められる。


図―10　復元考察時の軒断面図



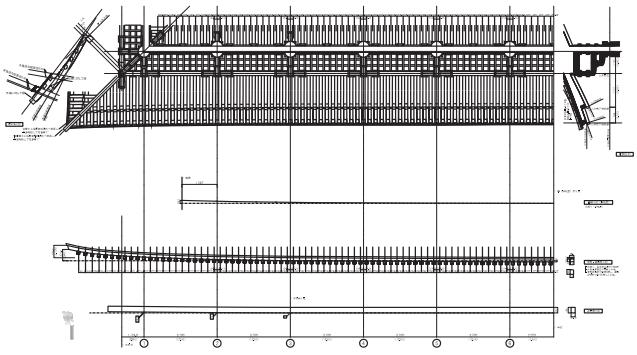
図―11　躯体を鉄骨とした場合の軒断面図

(2) 規矩術（きくじゅつ）とは

日本において伝統的に使用されてきた曲尺（さしがね）を用いて部材の接合部や構造部の実形を造り出す図式解法で「規矩術」というものがある。その発生はかなり古いと思われるが，当初は経験的なもので，江戸時代に入って和算学を支えとして発展した。日本の伝統建築では，複雑な3次元曲面をもつ屋根の軒反りでさえも，このシンプルな道具である曲尺を巧みに用いた規矩術によって，木部材の加工を行ってきた。

(3) 規矩術による伝統建築の BIM モデル（図―12，13）

この伝統的な規矩術により屋根形状を 3D-CAD でデータ化することで，木と鉄骨の厳しい納まりを検証した。規矩術の手法を完全に把握した上で，これらを BIM プロセスにおける 3D-CAD 上で実行し，仮想の3次元空間に規矩術を適用した屋根形状を構築した。具体的には，屋根面は複雑な曲面になるため，鉄骨部材も含めて3次元曲面のデータ化に有効なソフト「Rhinoceros[注2)]」でモデル化し，鉄骨部材の詳細はこのモデルをベースに「Tekla Structures[注3)]」に変換して詳細情報や属性を付加した。設備関連は「Reblo[注4)]」これらのモデルを統合し，干渉確認を行い，設計段階で不整合のない統合モデルを完成させた。



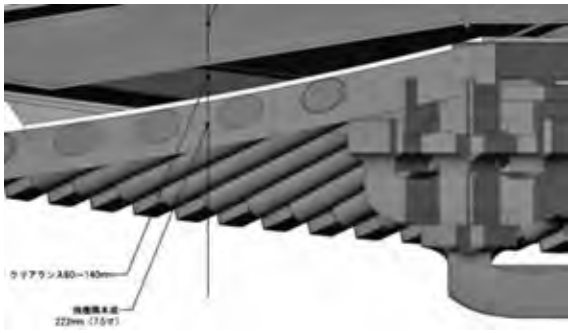
図―12　食堂規矩図（軒廻り図）

図―13　規矩術を用いた統合モデル（BIM モデル）

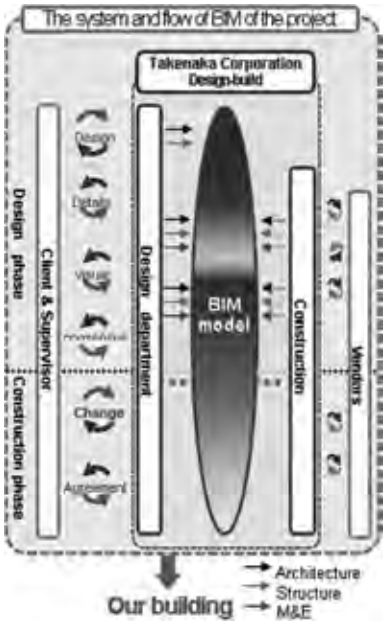
(4) BIM モデルによるフロントローディングと活発なコミュニケーション（図―14，15，写真―1）

本プロジェクトのように複雑な厳しい納まりが要求される条件下で，宮大工や鉄骨ファブリケーターなど，複数の異なる施工業者と施工方法や納まりを調整していくためには，BIM は欠かせない。請負形態による制約・制限もあるが，以下の設計施工一貫 BIM フローにみられる通り，フロントローディングを図ることができれば，生産性の向上を品質確保に期待ができる。

建築主や監修者に対しては，この BIM モデルを基に部材プロポーションやディテールの納まりについて承認説明を行った。従前の2次元の図面による説明とは違い，実物に限りなく近いモデルを3次元であらゆる方向から提示したため，専門家ではない建築主に対しても，視覚的に理解しやすいという効果があり，スムーズに合意形成を行うことができた。



図―14　木仕上げと鉄骨とのクリアランス確認



図―15　設計施工一貫 BIM フロー

写真―１　BIM モデルを投影した作業所での打合せ（建築主・監修者・設計者・工事担当者・堂宮大工・鉄骨ファブリケーター）

(5) 現寸図検査と BIM（写真―2）

寺社建築では伝統的に現寸図による目視確認が行われる。今回，現寸検査は設計段階と施工段階の間に行われた。この現寸図検査では，設計段階で関係者と合意形成された 3D モデルを実際の大きさで 2 次元情報として出力し，板の上に描くことで，屋根の反りや意匠部材の形状，仕上げ材の納まりを最終確認した。現寸図は，一般的に板の上に墨で線を引く板図で行われる場合が多いが，本プロジェクトでは BIM モデルを適宜活用し，原寸図作成と検査の効率化を実現した。

この検査により，軒の反り形状や斗組等の仕上り材寸法の微調整が行われ，デザインがブラッシュアップされた。この微調整による変更は，速やかに BIM モデルに映させ施工段階に引き継いだ。前述のように，屋根の仕上げと軒裏間のクリアランスが非常に小さいため，鉄骨の躯体や 2 次部材である取り付け下地の位置や精度管理が重要となる。そこで，鉄骨ファブリケーターとのデータ共有を行うことで，施工時に 2 次部材データの位置を決定し，各部材同士の干渉の事前チェックや，その結果発生する本体鉄骨の変更などの 3D モデルへの反映も行った。

写真―２　現寸図検査状況

(6) 施工段階での BIM の取組み（写真―３～6，図―16，17）

現寸検査の変更を反映した BIM モデルを施工段階に引き継いだ。今回の復興では，前述したように，屋根の仕上げと内装仕上げ間のクリアランスが非常に小

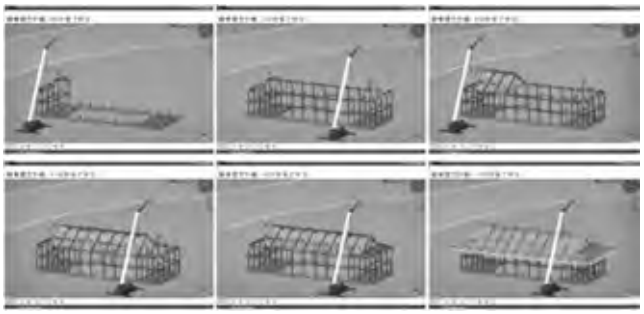
写真―３　BIM モデルを投影した作業所打合

写真―４　BIM モデルによる工事打合せ

写真―５　妻面鉄骨組立状況

写真―６　現寸図型板による屋根曲面確認状況

図―16　BIM モデルの干渉確認



図―17　鉄骨建方ステップ図

さいため，鉄骨の躯体や 2 次部材である取り付け下地の位置や精度管理が重要となる。そこで，鉄骨ファブリケーターとのデータ共有を行うことで，施工時に 2 次部材データの位置を決定し，各部材同士の干渉の事前チェックや，その結果発生する本体鉄骨の変更などの 3D モデルへの反映を行った。これらの施工段階での変更も，3D データを介して設計図へのフィードバックを即時に行うことができた。これらに加え，施工者は鉄骨の建方手順の確認や，木仕上げ材の取り付手順の確認にも BIM を活用した。また，施工協力会社との鉄骨建方打合せにおいても BIM モデルを活用した。3 次元で情報を共有することで，安全かつ効率的な作業計画の立案と実施につなげた。最終仕上精度に大きな影響をもたらす鉄骨 2 次部材及び，仕上部材の精度確認は，3 次元測量と現寸型板により実施した。

5. おわりに（表―1，写真―7，8）

社寺建築は，伝統的にその時代の最先端の技術を駆使して作られてきた。薬師寺食堂においても，そうした歴史を理解し，将来を見据え，現代社会が取り巻く様々な条件を解決しながら建築した。本プロジェクトは，意匠的には創建当時の復元としながら，現代の多様な宗教活動を行うための大空間を BIM を駆使して鉄骨造で実現した。このことは，現代における社寺建築の一つのあり方と可能性を示していると考える。設計及び施工の計画段階で，関係職種の事前調整が十分になされ，干渉や不整合がなく，合意形成が図られた情報を基に工事を進めることができれば，業務が効率的に実施され，技能者・技術者がより良いものづくり

表―1　建築概要

建物名称	薬師寺食堂
建築主	宗教法人　薬師寺
建築地	奈良県奈良市西ノ京 457 番地
建物用途	寺院
階数	地上 1 階
構造種別	波形鋼板耐震壁を有する鉄骨造
延床面積	649.79 m^2
建物高さ	14.36 m
監修	鈴木嘉吉氏 （元 奈良文化財研究所所長）
食堂内仏画	田渕俊夫氏 （東京藝術大学名誉教授）
復元基本設計／実施設計監修／監理監修	㈱文化財保存計画協会
内部基本設計／実施設計監修／監理監修	㈱伊東豊雄建築設計事務所
構造・設備設計／実施設計／監理	㈱竹中工務店
施工	㈱竹中工務店
竣工年月日	2017.5.19

写真―7　完成写真（外観）

写真―8　完成写真（内観）

を追求するために必要な時間を確保することができる。BIM の活用は，そうした伝統技術の継承とサスティナブル社会の実現に繋がると考える。

JCMA

《参 考 文 献》

1）薬師寺『史跡薬師寺旧境内保存整備基本計画』平成 24 年 3 月
2）薬師寺『史跡等における歴史的建造物等の復元に関する専門家委員会　薬師寺食堂復元　検討資料』平成 26 年 3 月 28 日

《注　　釈》

注 1)「竹中式波形鋼板耐震壁」
竹中式波形鋼板耐震壁工法（WAVY®）は，一般財団法人日本建築総合試験所の建築技術性能証明を取得した耐震壁工法。「波形鋼板耐震壁」は，波形鋼板の高い変形性能と地震エネルギー吸収能力を活かしたもので，粘り強く，しなやかに地震に抵抗する新しい耐震壁。従来の鉄筋コンクリート（以下 RC）耐震壁と比較して，変形性能及びエネルギー吸収能力が高いのが特徴。また，壁重量が RC 耐震壁の約 1/5 ～ 1/10 と軽量であることから，長期荷重や地震荷重が低減され，合理的な設計が可能。

注 2)「Rhinoceros」
TLM, Inc.（Robert McNeel & Associates として事業経営中）社の 3D モデルソフト。詳細なモデリング用途で使用される。

注 3)「Tekla Structures」
Trimles 社の 3D モデルソフト（IFC 対応の BIM ソフト）。躯体など構造体の BIM モデリングで使用される。

注 4)「Rebro」
㈱ NYK システムズの 3D モデルソフト（IFC 対応の BIM ソフト）。建築設備の BIM モデリングで使用される。

［筆者紹介］
本弓　省吾（ほんきゅう　しょうご）
㈱竹中工務店　大阪本店　設計部，
㈱竹中工務店　設計本部　アドバンストデザイン部門
伝統建築 G

特集≫≫ 歴史的遺産・建造物の修復

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

原 田 恒 則

熊本地震で被害を受けた熊本城の復旧にあたり，最初に行われた「飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事」では，余震が続く中で短期間での安全な倒壊防止処置が求められた。
この工事は，史跡保護のため地盤面や石垣に影響を与えないことが条件で，近接する大楠にも配慮が必要だった。また，復興工事の最盛期で資材不足への対応も迫られた。
これらの条件を解決する方法として，既製の仮設部材を多用して離れた位置で安全に組み立てた，櫓を支える為の「鉄の腕」架台を，スライド移動させて設置する方法を採用した。
キーワード：震災復興，倒壊防止，短工期，鉄の腕，スライド工法

1. はじめに

戦国大名・加藤清正が築いた名城・熊本城。市中心部の小高い丘に建つ城は，熊本市民の心のよりどころとして愛されてきた。その熊本城を 2016 年 4 月 14 日に発生した大地震とその後の本震，余震が襲った。石垣の崩落や塀の倒壊，瓦の落下や建屋に入ったひびが地震の大きさを物語っている。

城の再建を復興のシンボルにしたいという，各方面からの思いを託され，最初に手掛けたのは「奇跡の一本石垣」と呼ばれる，崩壊を免れた角部分の石垣のみで辛うじて支えられている飯田丸五階櫓の倒壊を防ぐこと，そして，今後の再建工事の足がかりとなる場内道路の復旧であった。これらの工事に，実施計画も含めて約2ヶ月という短期間での工事に挑んだ(**図―1**, **写真**―1)。

図―1 熊本城配置図

写真―1 飯田丸五階櫓と天守閣

本稿では，そのうち「飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事」について述べる。

2. 工事概要

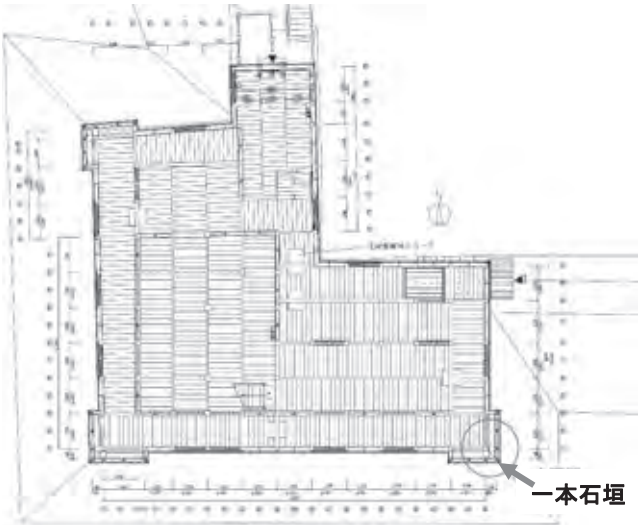
名称：熊本地震に伴う熊本城飯田丸五階櫓倒壊防止緊急対策工事
場所：熊本県熊本市中央区本丸地内
発注：熊本市
施工：株式会社大林組
概要：架台
重量：架台約 220 t，カウンターウェイト 200 t
規模：全長 33 m，全高 14 m，全幅 6 m

工期：2016 年 6 月～ 2017 年 3 月（架台設置工事は 2016 年 7 月末日）

3. 工事計画

(1) 被災状況

飯田丸五階櫓は五階建てと平屋の櫓がＬ型でつながっており，南面と西面はせり出した石垣の上に建っている。今回の震災で崩れ落ちたのは南面と東面の石垣で，南東の角は一本の石垣のみが残り，櫓を支えている状況となっている（**図―2**，**写真―2**）。



図―2　Ｌ字型の飯田丸五階櫓平面図

写真―2　地震により石垣が崩れ落ちた南面

(2) 史跡保護を考慮した工事計画

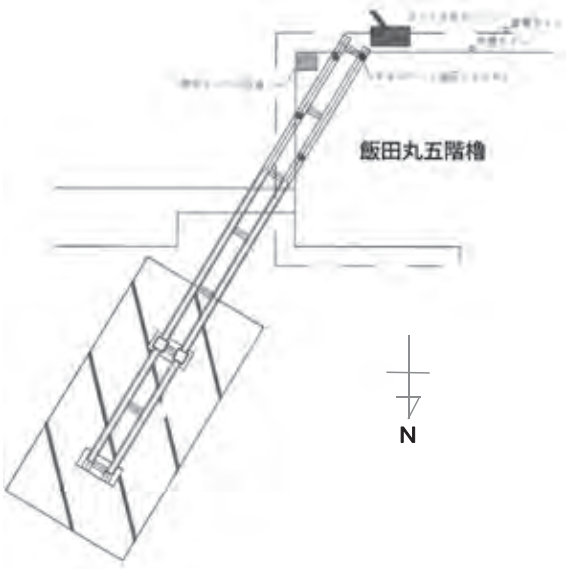
推算によると，一本石垣にかかる櫓の重量はおよそ 17 ～ 18 t となり，また，石垣が支えている部分は，櫓を支える主要な柱ではなく外壁の部分であり，荷重がかかる柱の廻りは大きく折れ曲がっている状態であった。15 本あった柱の基礎は半分以上崩壊してしまったが，建屋が崩れなかったのは内部の頑丈な木組

写真―3　頑丈な木組みが屋根や内部を支え櫓の崩壊を免れた

みのおかげだったと考えられる（**写真―3**）。

どのように櫓の倒壊を防止するのか考えた場合，崩壊した石垣の下（竹の丸）から大きな仮設架台を組んだうえで倒壊防止工事を行うのが通常考えられる方法だが，架台施工中の櫓の倒壊や石垣の再崩壊による二次災害の危険があった。

また，史跡保護のため崩壊を免れた石垣や場内の地盤を変質することなく施工することが求められた。このような制約の中，当初は飯田丸の地盤上から斜めに鉄骨を差し込み支える方法を考えたが，この方法では櫓の中央部にある柱を支えることができないことが分かった（**図―3**）。



図―3　地盤上から鉄骨を斜めに差して櫓を支える当初案

そこで，櫓を上から覆うように仮設の架台を組み，荷重を受ける梁が付いた「鉄の腕」を櫓の下に入れて抱え込む方法を考案した（**図―4**）。

さっそく施工計画と構造計算に取りかかったが，課題が続出した。まず，受梁にかかる荷重を支える方法

図―４　櫓を「鉄の腕」で抱え込むようにして倒壊を防ぐ（イメージ図）

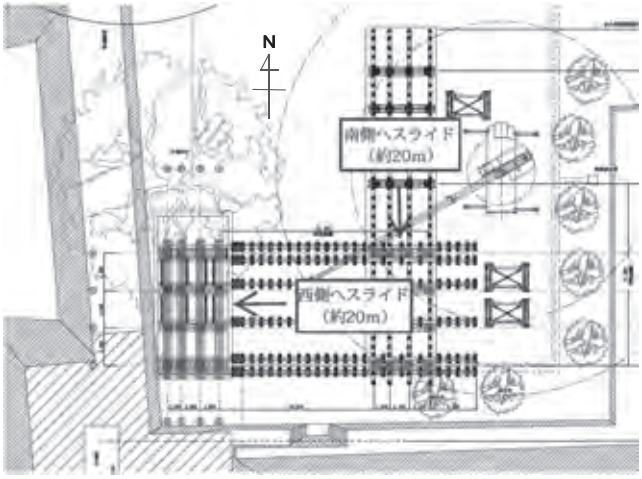
として，本来は軸足となる飯田丸北側の架台をアンカー工事や杭工事などにより地盤に固定したいところだが，史跡保護のためそれらの方法は採れず，北側の架台の自重で支えざるを得なかった。

架台形状は，飯田丸北側の架台を後方に細長く設置することができれば，てこの原理により，地盤への影響を最小限に抑えた重量で，やじろべえのようにバランスをとることができるが，架台設置位置の後方には樹齢 800 年の大楠がありこの方法は不可能だった（**写真―４**）。

写真―４　架台後方にある樹齢 800 年の大楠に配慮

最終的に，限られたスペースに設置する飯田丸北側の架台の自重を重くすることで支える方法を採らざるを得なかった。架台に必要な重り（カウンターウェイト）を載せるとともに，地盤への影響を最小限に抑えるため，地表に約 70 cm のコンクリート床を打設する計画とした（**図―５**）。

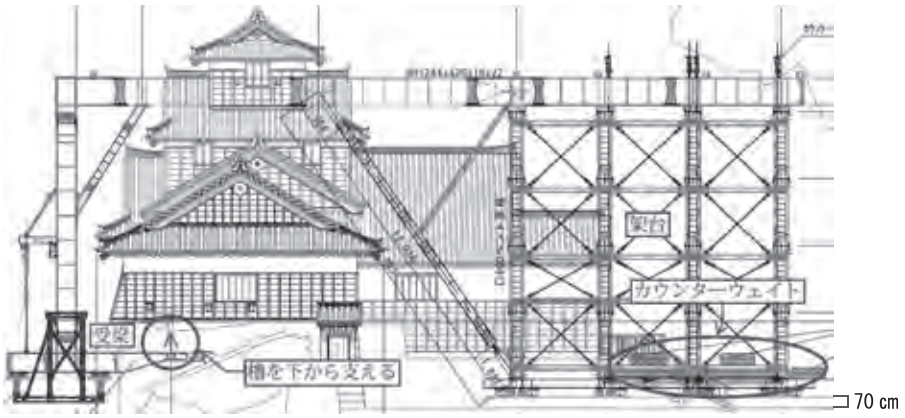
一番の難題となったのは，高所からの資材や工具の落下など，架台施工段階での事故による櫓の倒壊をいかに防ぎ安全に作業を行うかということだった。そこで，高所作業及び櫓近接作業を極力減らすため，櫓から離れた位置で架台を最大限まで組み立てた後，地面に敷いたレールで南側に約 20 m，そこから西側の櫓まで同じく約 20 m スライドさせる施工計画を採用した（**図―６**）。



図―６　平面配置図

(3) 南側石垣及び一本石垣と架台の干渉回避

かなり自重のある架台を櫓の先端部までスライドさせるこの工法は，櫓の下部の状況が確認できず，「鉄の腕」を差し込む空間の寸法も実測できないという条件の中，地盤を崩壊させず，石垣や櫓にも影響を与えず，安全に設置するには綿密な計画が求められた。

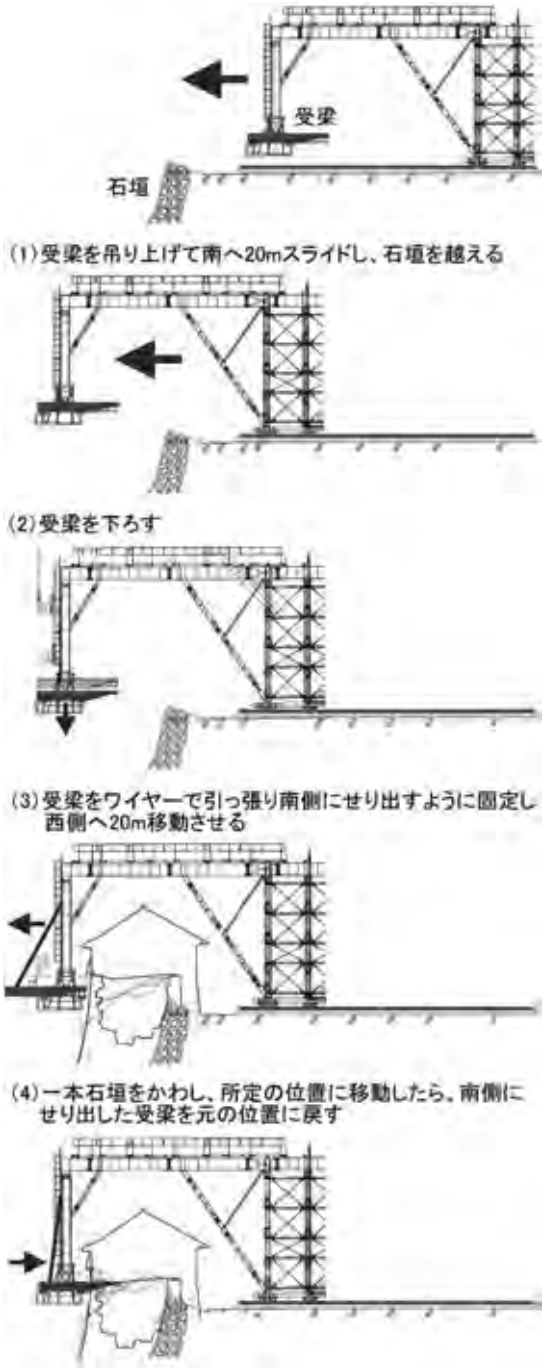


図―５　立面図 「鉄の腕」にかかる荷重は飯田丸北側の架台の自重で支える

「鉄の腕」を完成形のままスライドさせると支障が生じる箇所が2ヶ所あった。一つは飯田丸の地盤より高くなっている南側の石垣，もう一つは，櫓の南東隅の一本石垣で，これらをスライドさせながらかわす必要があった。

これらの解決策として考案した手順は，「鉄の腕」の先端部となる荷重受梁の鉄骨を，いったんボルト接合せずに，架台本体と重なり合うように電動ホイスト（巻き上げ装置）で吊り上げ，架台のスライドに合わせて，荷重受梁を上下左右に動かしながら2つの石垣を越えるというものだった。

具体的には，(1) 飯田丸北側敷地より南側へ約20mスライドする際には，荷重受梁を架台本体と重なり合うよう吊り上げ，南側の石垣を越える，(2) 南側へのスライドが完了した段階で，荷重受梁を所定の位置まで吊り下げる，(3) 吊り下げた荷重受梁の先端が一本石垣に触れないよう，受梁をワイヤーにより櫓とは逆の南側にせり出すように架台に固定したうえ，架台を西側へ約20mスライドさせる，(4) 一本石垣をかわし，架台が所定の位置に移動したら，南側にせり出した荷重受梁を元の位置に戻し，ボルトで接合する，という手順とした（**図―7**）。



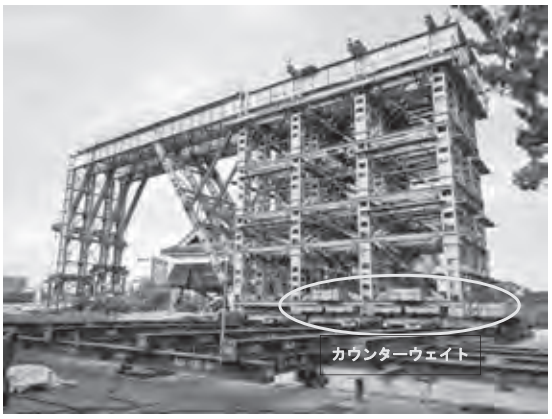
図―7　受梁移動のステップ

4. 施工

(1) 架台組立工事

このような特殊な工法は，架台を特注の資材で組み立てるのが通常だが，復興工事の最盛期で資材不足なうえ，余震がいつ来るかわからない状況で，櫓の倒壊防止対策は緊急を求められた。そこで，できるだけ既製の仮設部材を流用して作れるように設計したが，交差部など一部の資材は特注せざるを得なかったので納期の心配があった。しかし，このような状況の中でも熊本城の再建には県内外問わず多くの人が協力的で，製作工場が優先的に特注部材を製作してくれたため，短工期で施工することができた。

架台を構成する既製部材としては，主部材はベント柱･桁の部材，カウンターウェイトはクローラークレーンのカウンターウェイト（10t×20枚）を利用した（**写真―5**）。



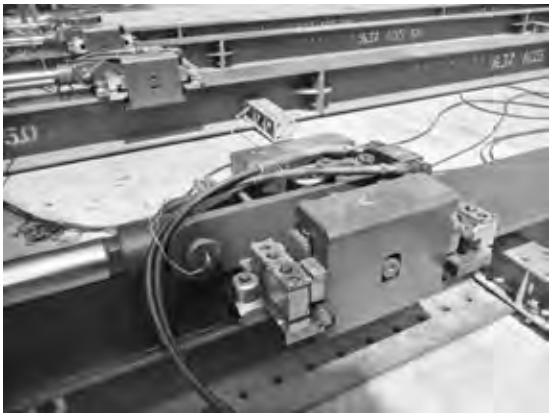
写真―5　架台全景（架台約220t＋カウンターウェイト200t）

(2) スライド工事

組み立てた架台をスライドさせる機構は，走行レール上を油圧ジャッキで押す方法を採用した。

走行レールはコンクリート床上に山留材（H350×350×12×19）を敷き並べた上面に鋼板を設置し平

写真―6 H鋼レール鋼板敷き



写真―8 クランプジャッキ

写真―7 滑り支承（樹脂板）

写真―9 押引複動型H鋼クランプジャッキ

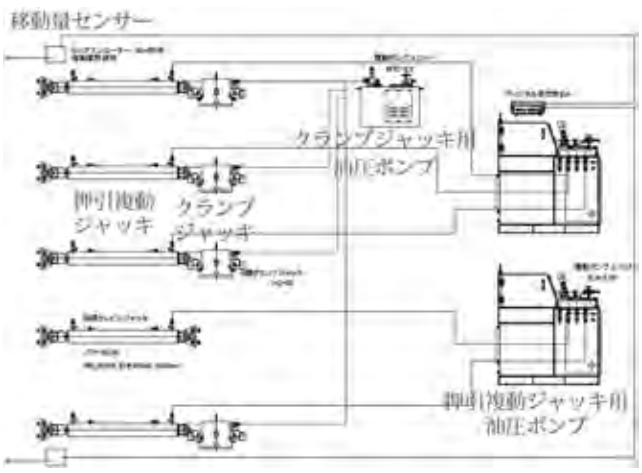
写真―10 油圧ポンプ操作状況

滑面とした（**写真**―6）。スライド支承部は架台下面に樹脂板を取り付け，鋼板レール上を滑って移動する方法とし，摩擦係数 0.1 ～ 0.2 を確保した（**写真**―7）。

今回，南スライドに続いて，90°方向を変えた西スライドを行う必要があった。この直交 2 方向のスライドをスムーズに行うために，西スライド用のレール材を最初から架台の下に組み込んだ状態で南スライドを行い，南スライド完了後，そのレール材を架台から切り離して西スライドのレールとして利用する方法を考案した。

移動は，吐出圧力 73 MPa・吐出量 1.8 L/min の電動油圧ポンプにより作動する把持力 1200 kN・ストローク 25 mm のクランプジャッキ（**写真**―8）でレール H 鋼上フランジを把持しそこを反力にして，押力 500 kN・引力 200 kN・ストローク 1000 mm の押引複動型ジャッキ（**写真**―9）を，吐出圧力 70 MPa・吐出量 4.0 L/min × 2 の電動油圧ポンプ（**写真**―10）で作動させる組み合わせを採用した（**図**―8）。

移動量の制御は，架台の両端に設置した移動量センサー（リニアエンコーダー）から送られる数値データを，ジャッキ操作員が表示画面で監視しながら油圧ジャッキを制御する方法とし，4 ～ 5 m/h の移動速度を確保した。



図―8 スライド機構システム図

架台組立完了後，まず南スライドを 2016 年 7 月 21 日に実施した。この時，懸案だった荷重受梁と南側の石垣との干渉部分は，事前検討で想定した荷重受梁の吊り上げにより問題なく通過した（**写真― 11 ～ 13**）。

写真― 11　架台組立完了スライド開始前全景

写真― 12　地盤より一段高くなっている南側の石垣を「鉄の腕」が越える

写真― 13　南スライド完了時全景

続いて，荷重受梁を正規の位置に下げて固定すると共に，架台の最下部材料を切り離しレールとして基礎に固定した後，西スライドを 2016 年 7 月 25 日に実施した。こちらも南側に水平にずらした荷重受梁と一本石垣のクリアランスを確認しながら慎重にスライド作業を進め，予定通りスムーズに通過することができた（**写真― 14 ～ 16**）。

写真― 14　一本石垣を「鉄の腕」が通過

写真― 15　西スライド完了時全景

写真― 16　西スライド完了時櫓南面

(3) 荷重受梁設置工事

スライド工事完了後，荷重受梁を櫓の下へ差し込んだ（**写真― 17**）。

櫓を支えるように差し込まれた「鉄の腕」は，最大で，45 t の荷重を支えることができるが，実は床下には接していない。荷重受梁と床下の隙間にはレベル調整のグラウトパックを設置し，床下とは約 2 cm の隙

写真―17 櫓を支えるように床下に差し込まれた「鉄の腕」

写真―18 受梁と床下の隙間が一定になるように鉄骨で調整

写真―19 グラウトパックで床下の隙間を微調整

間を空けている（**写真―18，19**）。

当初は荷重受梁の上にジャッキを設置し，床を持ちあげる計画だったが，架台の設置が無事に終わり，櫓の床下を初めて近くで確認した後で計画を変更した。

その理由は，現在の櫓は床下の木材が割れたり，ほぞがずれたりしながらも全体のバランスで倒壊を免れている状態なので，櫓の床下から押し上げようとする力を無理に加えると，建物全体のバランスを崩すことになり，かえって倒壊させてしまう危険性があると予想され，逆に，隙間を設けた状態で櫓の状態を観察し，沈下が発生した時点で支える方が良いと判断したからである。

5. おわりに

「鉄の腕」架台スライド作業を実施した 2016 年 7 月 21 日，25 日の両日は多くの報道陣が現場を取材に訪れ，その日のニュースに大きく取り上げられた。

今回の復旧工事に携わり，地元の皆さんにとって熊本城がいかに大切な存在だったかということをあらためて認識させられた。

また，この仕事を成功させることが，熊本の皆さんを元気づける結果につながると信じて取り組んだが，何より現場に従事した職人が，「豪雨」「猛暑」「不休」をものともせず，かつ安全手順を守って作業してくれたことが，工事の成功に結びついた最大の要因であった。ここに，あらためて工事関係者の献身的な貢献に敬意を表し，謝意を伝えたい。

復興への第一歩を踏み出した熊本城。さらなる復興を進めることが建設会社の責務であると認識し，今後も引き続き一丸となって復旧工事にまい進していく所存である。

JCMA

［筆者紹介］

原田 恒則（はらだ つねのり）
㈱大林組
本社建築本部特殊工法部
上級主席技師

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

経年が 100 年を超える鉄道土木構造物の維持管理

鈴　木　　尊・友　利　方　彦・高　橋　武　志

鉄道土木構造物の維持管理は鉄道が開業した 1872 年から始まっており，現在供用されている鉄道土木構造物で最も古いものは，経年 120 年を超えている。これらの構造物は，定期検査を行い適切に修繕することで，長寿命化が図られている。特に，構造物の特性に合わせた修繕方法や検査方法を取り入れることが重要であり，例えば鋼橋のピントラス構造におけるアイバー短縮による修繕，鋼橋とトンネルにおける非破壊検査の導入などが挙げられる。

変状の早期発見と早期措置により長寿命化を図るため，鉄道土木構造物の維持管理においては，変状の早期発見のためにメンテナンスシナリオを作成する等，新たな取組みを始めている。

キーワード：鉄道土木構造物，ピントラス，トンネル，覆工，非破壊検査，メンテナンスシナリオ

1. はじめに

現在わが国は人口減少時代を迎え，高齢化も速いスピードで進んでいる。このような現状を踏まえると，限られた財源を有効活用することが必要であり，効率的・効果的な社会資本整備が求められる。

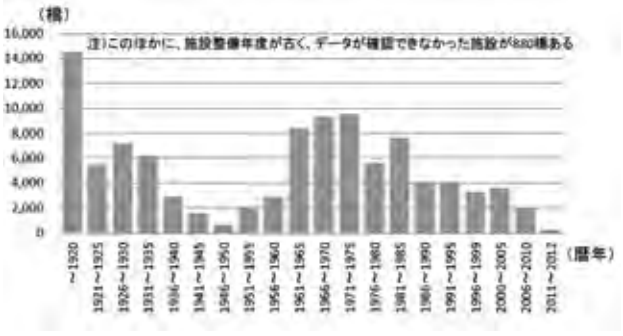
そのためには，今ある社会資本をできる限り長持ち（長寿命化）させる必要がある。鉄道における土木構造物は膨大な数量が存在し，毎日繰り返し列車荷重を受けている。この様な状況下長きにわたり供用し続けるために，定期的に検査を実施し，その結果に基づいた適切な措置を実施してきた。鉄道においては，いわゆるアセットマネジメントが話題となる以前から，その概念と同義の取組みを実施してきたといえる。

本稿では，高経年の鉄道構造物の維持管理に関する取組みについて，具体的な事例を交えて紹介する。

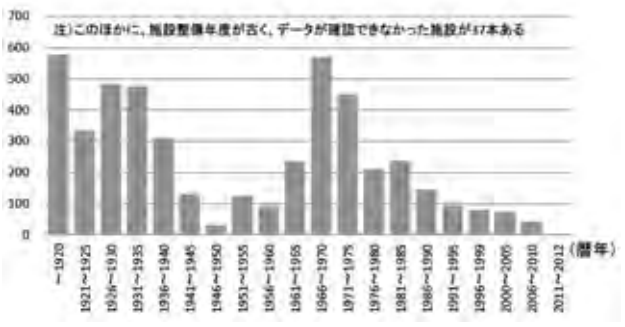
2. 鉄道土木構造物の特徴

鉄道土木構造物の維持管理の歴史は，1872 年にわが国で初めて新橋～横浜間（現在の汐留～桜木町）に鉄道が開通したと同時に始まった。その後，鉄道は日本全国にくまなく建設され，現在は全国に約 28,000 km の路線が敷設されている [1]。主な構造物は，橋りょうが約 88,000 箇所，高架橋が約 7,600 箇所，トンネルが約 3,600 箇所となっている [2]。これらの構造物を建設年別に表したものが**図―１**（橋りょう），**図―２**（トンネル）である [3]。これによると，橋りょうの平均経年は 50 年を超えており，トンネルは 60 年を超えていることがわかる。

明治時代に建設された鉄道土木構造物は現在も使用されており，橋りょうを例にとっても，財務省令で定める法定耐用年数（コンクリート橋：50 年，鋼橋：40 年）を超えた構造物が多く存在している。これら



図―１　鉄道構造物の建設年別橋りょう数 [3]



図―２　鉄道構造物の建設年別トンネル数 [3]

の鉄道構造物を単純に取り替えるのではなく，適切に検査・措置し，長寿命化を図ることが今後一層必要とされている。

3. 鉄道土木構造物の検査

鉄道土木構造物の維持管理については，国土交通省令である「鉄道に関する技術上の基準を定める省令」で定められており，更に解釈基準により検査方法等が明記された「鉄道構造物等維持管理標準」によることとされている。また，「施設及び車両の定期検査に関する告示」により検査周期が明示されている。

検査は**表―１**に示すように初回検査，全般検査，個別検査，随時検査に分類される。それぞれについて以下に述べる。

(1) 初回検査

構造物の初期状態の把握等を目的に，新設工事，改築・取替を行った構造物の供用開始前に行う検査である。検査方法は入念な目視とするが，構造物の実状を考慮して，必要に応じて目視以外の方法を用いることもある。

(2) 全般検査

構造物の状態を把握し健全度の判定を行うことを目的に，定期的に実施する検査である。全般検査は通常全般検査（人で言う定期健康診断）と特別全般検査（人で言う人間ドック）に区分され，通常全般検査は変状等の有無およびその進行性を把握することを主な目的とし，特別全般検査は健全度判定の精度を高めることを目的としている。

通常全般検査は２年を基準期間として定期的に実施するものであり，特別全般検査は構造物の特性，環境に応じて適切な時期に実施するものとし，各事業者で設定している場合がある。なお，告示により新幹線トンネルについては 10 年ごと，在来線トンネルについては 20 年ごとに実施することになっている。

通常全般検査の検査方法は目視を基本とし，特別全般検査の検査方法は入念な目視を基本としている。これらの検査により変状を確認した場合は，**表―２**の判定区分により構造物の健全度を判定する。

(3) 個別検査

全般検査や随時検査で健全度が A ランクとなった構造物を対象に，より詳細な検査を実施し，変状原因，変状の進行性を把握し精度の高い健全度判定を行う検査である。個別検査を実施し，変状の対策案を検討し，措置計画の立案を行うこととしている。

(4) 随時検査

大雨や地震等により，変状の発生もしくはおそれのある構造物を抽出することを目的として，必要に応じて実施する検査である。

表―１　鉄道構造物の検査種別

検査区分		検査周期	検査方法	目的
初回検査		供用開始前	入念な目視検査	初期状態の把握
全般検査	通常全般検査	２年に１度	目視検査	変状等の有無および進行性の把握
	特別全般検査	適切な時期	入念な目視検査	健全度判定の精度向上
個別検査		必要の都度	目視検査	変状原因の推定と対策の立案
随時検査		必要の都度	目視検査	変状等の有無および進行性の把握

表―２　構造物の状態と健全度判定区分

判定区分		土木構造物の状態
A		運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす，またはそのおそれのある変状等があるもの
	AA	運転保安，旅客および公衆などの安全ならびに列車の正常運行の確保を脅かす変状等があり，緊急に措置を必要とするもの
	A1	進行している変状等があり，土木構造物の性能が低下しつつあるもの，または大雨，出水，地震等により，土木構造物の性能を失うおそれのあるもの
	A2	変状等があり，将来それが土木構造物の性能を低下させるおそれがあるもの
B		将来，健全度 A になるおそれのある変状等があるもの
C		軽微な変状等があるもの
S		健全なもの

4. 構造物検査の具体的な取組み

これまで述べてきたように，現在供用されている鉄道構造物には高経年構造物が多くあるが，これは定期的な検査を継続的に実施し必要に応じた修繕を実施してきた結果と考えられる。ここでは，構造物の種類別に特徴的な維持管理事例を紹介する。

(1) 橋りょうの維持管理における取組み

現在供用されている鉄道の橋りょうで最も古いものは，2008 年に土木学会選奨土木遺産に認定された，左沢線羽前長崎・南寒河江間にある最上川橋りょうである（**図**―3）。この橋りょうはピントラスであり経年は 120 年を超えているが，適切な修繕を実施してきたことにより，現在も健全な状態で供用されている。以下にピントラス橋りょうにおける維持管理事例について紹介する。

(a) ピン結合トラス橋りょうの維持管理[4)]

明治から大正初期にかけて架設された鉄道トラス橋は，斜材（引張材）にアイバー（格点部分のその形状から eye-bar と呼ばれる）を，格点にピンを用い，ヒンジ構造としたトラス理論に忠実なピン結合トラス（以下，ピントラス）であった。これらは，イギリス，アメリカ，ドイツなど国外で設計，製作したものを輸入した橋りょうである。ピントラスは列車通過時の振動が繰り返された結果，ピンやピン孔が摩耗しアイバーの弛緩やトラスの振動を助長するなど，ピン結合構造特有の不具合が顕著となってきた。そのため 1910 年以降のトラスの新設設計では，ピン結合からリベット結合に改められ，多くのピントラスが姿を消したが，一部の地方線区では建設後 100 年を経過した現在でも，必要かつ適切な維持管理の結果，健全な状態を維持している。一例として，JR 東日本が管理するピントラス橋りょうの一覧を**表**―3 に示す。

ピントラスの維持管理は，以下の構造上の課題を踏まえて実施する必要がある。

①ピン結合の可動部分を持つことから橋りょう全体の剛性が小さく振動しやすい。
②ピン結合部の摩耗変形や斜材アイバーの変状が直接トラス全体の耐荷性能へ影響しやすい。

そのため，ピン部および斜材アイバーのピン孔の摩耗や，その影響による斜材アイバーの弛緩や変形などの変状が生じやすく，放置するとアイバーのき裂や折損に至る可能性がある。したがって，長寿命化のためには弛緩したアイバーを短縮，再緊張し，2 本の斜材の応力バランスを調整することが必要となる。

鉄道事業者では，これまでに複数の橋りょうでアイバー短縮を行い，ピントラス橋りょうの長寿命化を図ってきているところである（**図**―4）。

図―3　最上川橋りょう（1886 年製作）

図―4　アイバー短縮修繕

表―3　JR 東日本のピン結合トラス

線名	橋りょう名	連数	製作	形式	桁長（ft）
左沢線	最上川	5	1886	下路ダブルワーレントラス	150
米坂線	第四荒川	1	1911	下路シュエドラートラス	200
磐越西線	一の戸	1	1908	上路ボルチモアトラス	200
同上	阿賀野川釜の脇	1	1911	下路キャメルバックトラス	300
同上	蟹沢	1	1911	上路ボルチモアトラス	200
同上	阿賀野川徳沢	1	1911	下路キャメルバックトラス	300
同上	沢尻	1	1912	下路プラットトラス	150
大糸線	第一姫川	1	1912	下路シュエドラートラス	200

（b）非破壊検査による維持管理（BMC システム）

鋼橋の代表的な変状としては，腐食と疲労が挙げられる。しかし，腐食がどの程度桁の耐荷性能に影響しているのかは目視検査では評価できない。また，疲労はき裂として現れるまで目視検査では確認不可能である上，疲労がどの程度累積しているかは目視検査では評価できない。そこで，これらの性能低下が懸念される鋼橋について，鋼橋総合診断システム（BMC システム）を活用して鋼橋の性能の定量的評価・診断を行い，重大変状の予防や対策の優先順位の策定に役立てている。

①耐荷性能の評価

桁の断面および現地にて測定した腐食量を元に現在保有する耐荷性能の評価を行う。

②耐久性能の評価

設計上および構造ディテールから疲労き裂の発生が懸念される箇所の応力測定を実施し，累積疲労損傷度の算出，疲労き裂発生寿命予測を行い，耐久性能の評価を行う。

BMC システムは鋼橋の維持管理手法として定着しており，これまでに多くの鋼橋において診断が行われている。計測状況を**図―5** に示す。

図―5　応力測定状況の一例

(2) トンネル維持管理における機械化の取組み

現在供用されている鉄道トンネルで最も古いものは，1887 年に供用を開始した東海道本線保土ヶ谷・東戸塚間にある清水谷戸トンネル（**図―6**）である。既に経年は 120 年を超えているが，煉瓦トンネルの目地修繕を適切に実施してきたことにより（**図―7**），健全な状態で供用されている。このように適切な修繕を行うことで構造物の長寿命化が図られているが，トンネル検査では，トンネル内面の目視と打音が主な調査方法となることから，各社において機械化の取組みが進められている。ここでは，JR 東日本に導入されているトンネル覆工表面撮影車とトンネル覆工内部検査車について紹介する[5]。

図―6　清水谷戸トンネル（左側）
（1887 年供用開始）

図―7　目地修繕状況

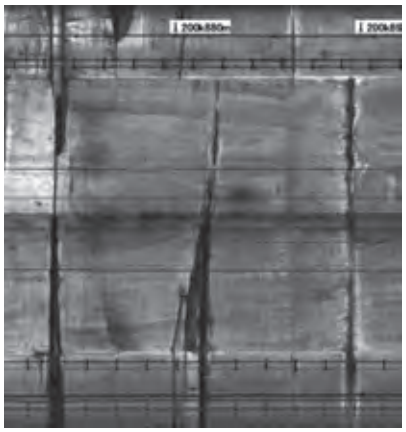
（a）目視調査を補完する技術（トンネル覆工表面撮影車）

トンネル検査における目視を補完する目的で導入されたのがトンネル覆工表面撮影車：Tunnel Lining Scanning Car（以下 TuLIS と言う）である。TuLIS は，トンネル覆工表面状態を記録するレーザ計測装置を搭載する検査車であり，幅 1 mm 以上のひび割れが検知できる能力を有している。レーザ照射ユニットからレーザ光をトンネル覆工表面へ照射し，反射光の微妙な輝度の強弱を光センサユニットで検出し，覆工表面を撮影する。撮影状況を**図―8** に示す。最高 8.5 km/h の速度で撮影することが可能であり，撮影された画像を基に変状をトレースすることで，変状展開図を作成する。画像のサンプルを**図―9** に，変状展開図を**図―10** に示す。TuLIS の導入により，これまで暗いトンネル内で覆工を見上げて実施していた展開図作成作業が事務所内での作業に変わり，検査者の負担軽減につながっている。

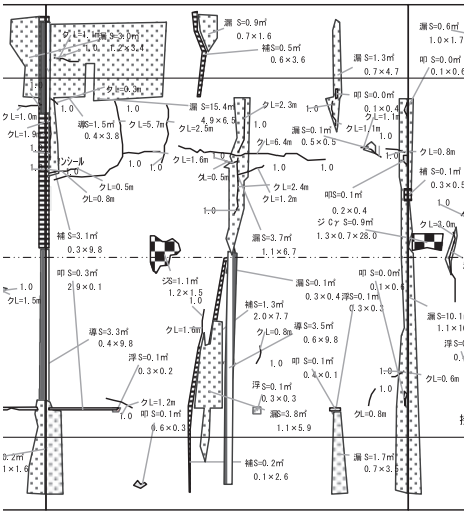
（b）打音調査を補完する技術（トンネル覆工内部検査車）

トンネル検査における打音を補完する目的で導入さ

図―８　TuLIS 撮影状況

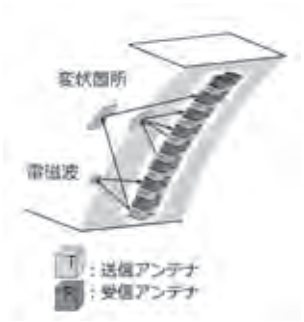


図―９　TuLIS 撮影画像

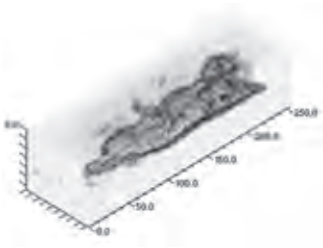


図―10　TuLIS 展開図

図―11　CLIC 計測状況



図―12　マルチパスアレイレーダ

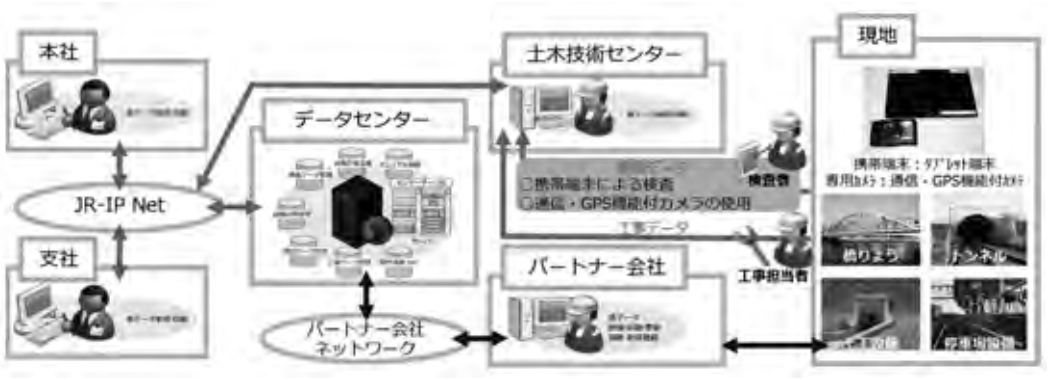


図―13　CLIC 反応結果

れたのが，トンネル覆工内部検査車：Concrete Lining Inspection Car（以下 CLIC と言う）である。CLIC はトンネル覆工内部の状態を電磁波レーダにより非破壊で計測する検査車で，最高 3.5 km/h の速度で計測することが可能である（**図―11**）。CLIC の電磁波レーダはマルチパスアレイレーダと呼ばれ，送信アンテナ 16 個と受信アンテナ 16 個を組み合わせ 256 通りの信号を得ることで，覆工内部の状態を 3 次元で把握することが可能となっている（**図―12**）。CLIC により得られた三次元データの鳥瞰図を**図―13** に示す。CLIC の導入により覆工内部の状態を把握することができるようになり，TuLIS より得られた展開図と合わせることで，覆工の状態を総合的に判断することが可能となった。

(3) 記録・保存

構造物の検査結果は，確実に記録したうえで，長期にわたり保存する必要がある。各鉄道事業者ではシステム化を進めているが，例えば JR 東日本では，変状を記録した写真や図面も含め 1994 年に導入した「土木構造物管理システム（MARS）」（**図―14**）に記録・保存している。



図―14 土木構造物管理システム（MARS）

このシステムには，検査記録のほかに，設備台帳として構造物の諸元や図面，変状に対する補修・補強工事の履歴なども収められている。また，検査計画や工事計画の策定機能も有し，構造物の維持管理に必要な情報を一元管理している。

5. おわりに

鉄道土木構造物の経年は今後さらに進行し，高経年構造物が増加していくことになる。法定耐用年数を超えた構造物を全面取替することは，工事に伴う列車運行への影響やコストの観点を考慮すると，一般的な維持管理方針とは言えず，変状の早期発見と早期措置により長寿命化を図っていくことが，基本的な考え方である。

変状の早期発見に向けた課題としては，同一の構造形式のものは同一の維持管理手法でよいということでなく，構造物が構築されている路線の輸送量や列車速度，環境，建設時の状況，経年等の個別な事例に応じて，構造物毎のメンテナンスシナリオを作成していくことが重要である。構造物ごとの弱点を正確に把握した上で，高精度かつ効率的な検査を行うことが必要であると考えている。

JCMA

《参考文献》

1）国土交通省，鉄道統計年報，（4）営業キロ及び走行キロ表，2014 年
2）国土交通省，鉄道統計年報，（8）停車（留）場・線路建築物・立体交差・枕木数量及び道床延長表，2014 年
3）国土交通省, 社会資本の老朽化の現状, 各社会資本の老朽化の現状（鉄道），2013 年
4）三宅浩一郎，土木構造物の長寿命化 鋼鉄道橋における長寿命化への取組み事例，土木施工，51，5，30-34，2010 年 4 月
5）阿部伸吾他, JR 東日本における専用車両を用いた鉄道構造物の検査, 建設機械，53，5，25-31，2017 年 5 月

［筆者紹介］

鈴木 尊（すずき たかし）
東日本旅客鉄道㈱
構造技術センター
地下・トンネル構造グループ グループリーダー

友利 方彦（ともり まさひこ）
東日本旅客鉄道㈱
構造技術センター 次長

高橋 武志（たかはし たけし）
東日本旅客鉄道㈱
設備部 構造物管理グループ 副課長

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

国重要文化財の永代橋，清洲橋の長寿命化

紅　林　章　央

永代橋と清洲橋はいずれも関東大震災の復興事業で隅田川に架設された橋梁で，構造や景観が優れていることから国の重要文化財に指定されている。都では，この優れた構造物を今後 100 年以上延命させるため，長寿命化対策を行っている。

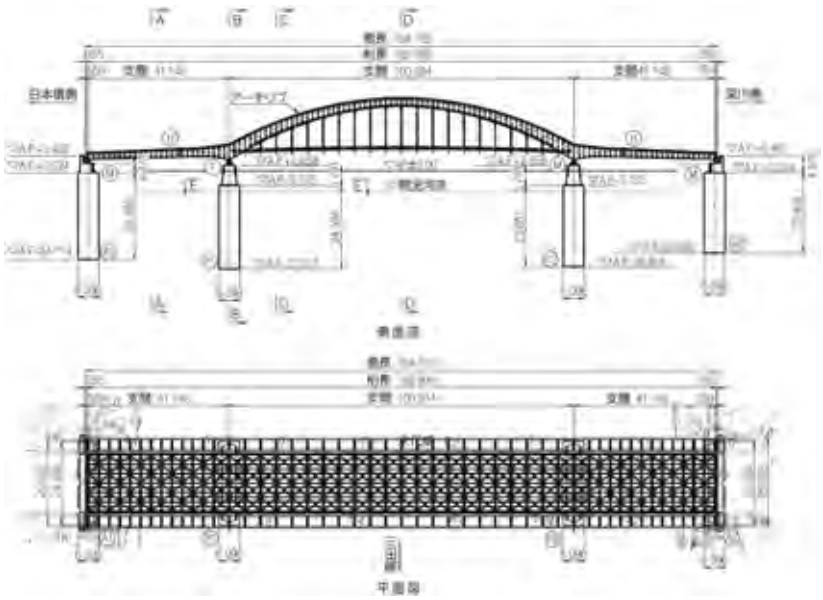
対策は両橋とも耐震性が現行基準を満足しないことから，永代橋については地震時のみ作用する機能分離構造の支沓を追加設置することで地震力を分散し，清洲橋については制振装置を桁と橋台の間に設置することで地震時慣性力を低減させた。なお文化財であることを考慮して，追加設置が明確に分かる形状にしたことに加え，リベットなど貴重な部位への影響を可能な限り少なく抑えた。

キーワード：長寿命化，耐震補強，国指定重要文化財，機能分離型構造，制振装置

1. はじめに

隅田川には，道路橋が 28 橋架設されている。これら橋梁の構造形式は，アーチ橋，斜張橋，桁橋など多岐にわたっており,「橋の展覧会」ともいわれている。これら橋梁群の中で，関東大震災の復興事業をはじめ戦前に架設された道路橋は 11 橋にも及ぶ。構造の素晴らしさや外観の美しさから，いずれも我が国を代表する橋梁として名高い。特に永代橋，清洲橋，勝鬨橋の 3 橋は国の重要文化財に指定され，他の橋梁についても都指定の歴史的重要建造物に指定されている。

写真―1　永代橋



図―1　永代橋一般図

都では，この貴重な土木遺産を次世代に健全な姿で継承するために，都が管理する橋梁について「長寿命化橋梁」に位置づけ，補修や補強などの対策を実施してきている。本稿では，そのうち永代橋（**写真―1，図―1**）と清洲橋（**写真―2，図―2**）の長寿命化対策について報告する。

2. 東京都の長寿命化事業

東京都が管理する道路橋は約 1,200 橋ある。このうちの約 1/3 が，建設後 50 年を経過したいわゆる高齢化橋梁である。このまま，これらを放置すると，今後多くの橋梁で架け替えが必要となり，財政への影響はもとより，工事による交通渋滞の発生などが危惧されている。

写真―2　清洲橋

このため都では，平成 21 年 3 月に「橋梁の管理に関する中長期計画」を策定。損傷を発見してから対策を行う「事後保全型管理」から，橋梁の損傷が致命的になる前に計画的に補修や補強を行う「予防保全型管理」へ転換を図った。この計画の中核をなすのが「橋梁の長寿命化事業」である。

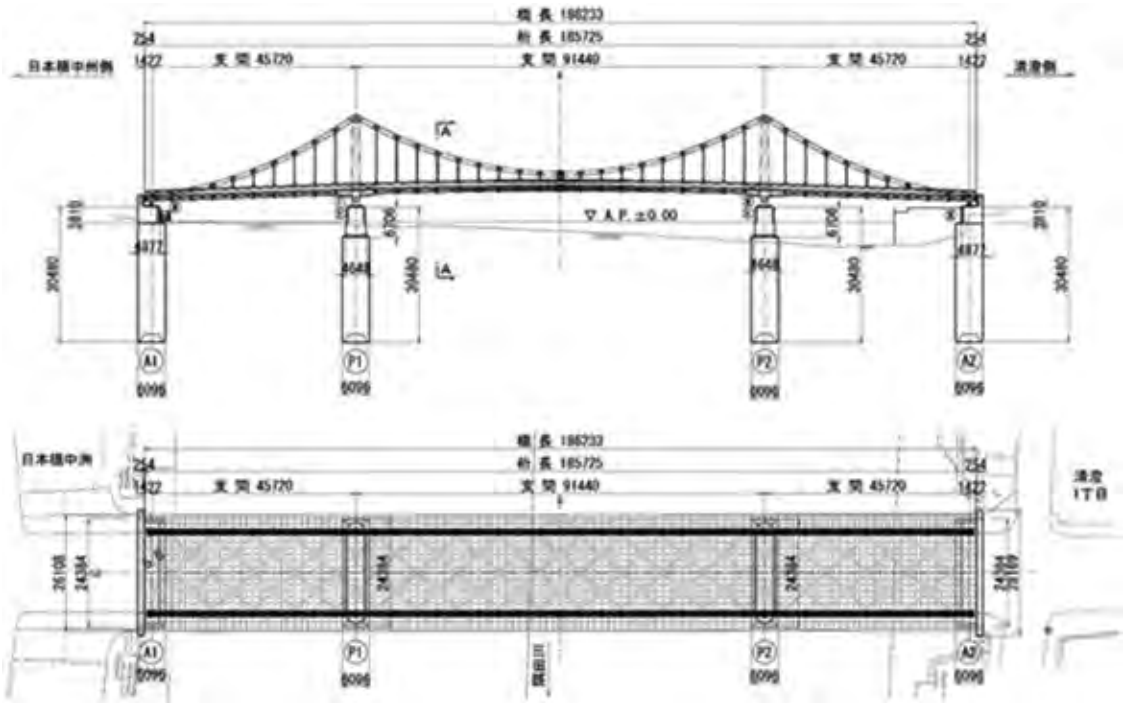
都の長寿命化事業は，橋長 100 m 以上の長大橋，鉄道や道路との立体交差橋，そして永代橋や清洲橋のように文化財的価値の高い橋など約 200 橋を対象に，各橋梁の耐震性，耐荷性，疲労耐久性などについて，最新の『道路橋示方書』などの基準を満足するよう，補修や補強を施し，橋梁の寿命を「対策後 100 年以上延命」することを目標にしている。

3. 長寿命化にあたっての基本的考え方

文化財保護の考え方は，遺跡や寺社等建造物については事例も多く確立されているが，近代のしかも現役の土木構造物については十分に確立されていない。そのため，土木学会で取りまとめた『歴史的土木構造物の保全』を参考に考え方の整理を行った。

(1) 価値の尊重

文化財は，建設の背景，適用された技術・意匠・工法，または建設後の保存活用状況などに応じた固有の価値を有している。その価値は他の文化財では代替できない唯一性のものが多く，かつ，一度失われれば取



図―2　清洲橋一般図

り戻すことが困難な場合が多い。よって，オリジナルの部材は可能な限り保存し，補強部材は明確に認識できるようにすることが望ましい。

(2) 最新技術基準の要求性能の確保

供用中の土木構造物であるため，文化財といえども，安全性など現在の技術基準を満足する必要がある。そのため，技術基準の要求性能の確保と文化財の保全とのトレードオフを解決する必要がある。

(3) 最小限の措置，可逆的な措置

補修工法などの技術的進歩は著しい。そのため，ある時代の最新技術工事が時を経て陳腐化し，構造物に何らかの悪影響を及ぼし価値が減少することのないように計画する必要がある。よって対策は，最新技術による工法を採用することを前提の上，最小限の措置に留めるべきであり，将来の除去更新が容易に行えるよう可逆的な措置をとる必要がある。

4. 重要な構造の把握

対象となる橋梁では，現代では既に使用されなくなった構造が多くあり，これらが橋の文化財としての価値を高めることにもなっている。これらを長寿命化工事において不用意に撤去し，文化財としての価値を損なうことのないように，対象橋梁における重要部材を明確にした。

(1) 永代橋

(a) 橋梁構造形式（タイドアーチ橋）

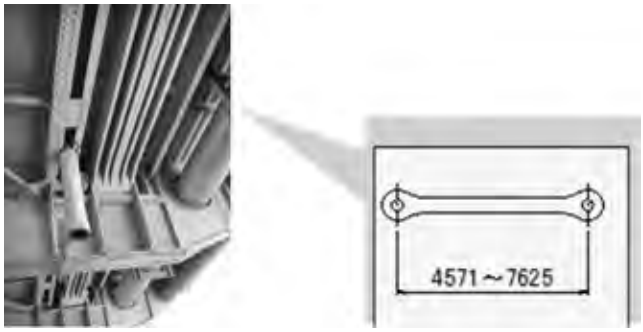
永代橋の橋梁形式は，国内最古の鋼タイドアーチ橋で，我が国で初めて支間長 100 m を超えた道路橋である。またアーチタイには，国内で唯一アイバーを使用し，その材料には特殊鋼材であった高張力鋼のデュコール鋼を国内で初めて使用している（**写真**―3）。

(b) 床版（バックルプレート，清洲橋も同様）

床版は，現在用いられるような鉄筋コンクリート床版ではなく，バックルプレート床版（厚さ 8 mm 鋼鈑の上に無筋の軽量コンクリートを設置）が用いられている。このような構造は，昭和 10 年代以降用いられなくなった。東京都の管理橋梁では本橋を含め 7 橋のみという非常に希少な構造である（**写真**―4）。

(c) 橋門構，上横構

主部材ではないため，橋門構はワーレントラス，上横構は K トラスで組まれている。いずれも繊細なトラス構造であり，重厚なアーチと対比を成し，永代橋の外観上重要な要素となっている（**写真**―5）。



写真―3　永代橋のアーチタイ（アイバー使用）

写真―4　永代橋のバックルプレート床版

写真―5　永代橋の繊細な上横構

(d) 支承（ローラー支承，ピン支承）

アーチを支える鋳鉄製の支承は，建設当時国内最大の大きさであったことに加え，造形的にも秀逸であり，永代橋の外観の大きな特徴になっている（**写真**―6）。

(e) 基礎（清洲橋も同様）

基礎は，米国の基礎工事会社（ニューヨークファウンデーションカンパニー）から専門技術者を招聘して，当時最先端技術であったニューマチックケーソン工法により施工された。なお，現代ではケーソンは鉄筋コンクリートや鋼で製作するが，永代橋では木製で製作された。

(f) 橋台・橋脚（清洲橋も同様）

橋台，橋脚とも側面と頂部に花崗岩を貼っている。

写真―６ 永代橋の支承と石貼り橋脚

単なる意匠としてではなく，コンクリートを施工する際の型枠としての機能や，流木などからコンクリートを守る働きがあった（**写真**―６）。

（g）リベット（清洲橋も同様）

建設当時は，厚い鋼板の製造が不可能であったことから，鋼板を重ね合わせることで設計上必要な鋼材厚を確保していた。この鋼板を重ね合わせる際にリベット（鋲）を用いていた。リベットの頭は丸形状であり，これが作り出す陰影が，景観上重要なアクセントとなっている（**写真**―７）。

写真―７ 永代橋アーチリブのリベット

写真―８ 清洲橋吊鎖アイバー架設状況

写真―９ 清洲橋主塔

写真―10 清洲橋支承

（2）清洲橋

（a）橋梁構造形式（自碇式吊橋）

国内初の鋼自碇式吊り橋で，さらにケーブルは鋼板やアイバーを重ね連ねて吊鎖としたチェーンブリッジという構造である。これはワイヤーが使用される以前の構造で，国内では唯一の施工事例である。なお，吊材の材料には永代橋のアーチタイと同様に高張力鋼であるデュコール鋼が使用されている（**写真**―８）。

（b）主塔

主塔は，戦前では唯一の鋼製の箱構造（6 セル）で，塔頂部にはサドルはなく，チェーンを直接ピンで固定する構造になっている。これも国内唯一の事例である。主塔の門構はアーチ状で，頂部に小アーチを有する優雅なデザインである（**写真**―９）。

（c）支承（主塔支承）

主塔と橋脚の接続部に用いられた球面の支承であり，戦前では唯一の事例である。半円状の鋼板を組み合わせて球体化したもので，全方向に回転できる構造である。非常に美しい形状をしており，景観上もたいへん重要な部材である（**写真**―10）。

5. 構造照査結果

橋梁の寿命に影響を及ぼす，耐震性，耐荷性，耐疲労性，耐久性の 4 項目について，『道路橋示方書』などの最新基準に基づき照査を行った。結果を以下に示す。

(1) 耐荷性

永代橋，清洲橋共に設計当時路面電車（30 tf × 2）の荷重を見込んでいたこともあり，現在の B 活荷重に照らしても，安全性を満足した。清洲橋では，主桁 1 本あたりの受け持つ荷重が，現在の基準で設計すると，32.4 N/m であるのに対し，実際の設計は 67.0 N/m と 2 倍の余裕を持っている。

(2) 耐震性

(a) レベル 1 地震動

関東大震災の震災復興橋梁では，設計水平深度 1/3 g，鉛直震度 1/6 g で設計されていた。これはいずれもレベル 1 地震動よりも大きいために，レベル 1 地震動は満足した。

(b) レベル 2 地震動

永代橋はタイドアーチ橋，清洲橋は自碇式吊橋という特殊な構造であり，地震時の挙動が複雑になると想定されることから，橋脚躯体・基礎については地盤も含めた有限要素法（プッシュオーバー解析による荷重～変位関係に基づいたバネの算出）を用いてその地震時挙動特性を評価した上で，橋梁上部工の動的解析により，レベル 2 に対する照査を行った。なお，両橋はその重要性に鑑み，耐震性能 2 を目標性能とした。

永代橋では支沓部（固定）と橋脚で，清洲橋では補剛桁と橋脚で許容値を超過した。

(3) 耐疲労性

『疲労設計指針』に準拠した照査を行った。建設当時の設計で電車荷重を考慮していたために，一定振幅応力に対する応力範囲の打ち切り限界を用いた照査を満足するため，十分な余裕を持っていると判断できた。なお，本橋の主要部材の連結はリベット継手であるが，上記指針にはリベット継手に関する規定はない。そのため，『鉄道構造物等設計標準・同解説』に準拠してリベット継手の疲労等級を C 等級として評価した。

(4) 耐久性

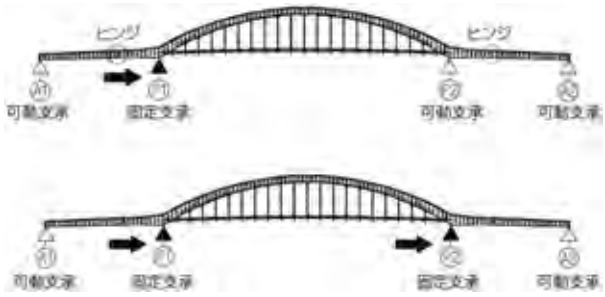
両橋とも汽水域にあり，塩水によるコンクリートの塩害の影響が懸念された。しかし，両橋とも橋脚の表面に厚さ 45 cm の花崗岩が貼られているため，塩分の浸透が抑えられ，架設後 90 年を経過しているにも関わらず，塩害がほとんど進行していなかった。また，コンクリートの中性化も，同様の理由からほとんど進行が見られなかった。なお，コンクリートの圧縮強度も調査の結果 60 N/mm^2 程度あり，現在の標準的な設計値の 24 N/mm^2 を大幅に上回っていた。これも中性化が進行しなかった大きな理由と思われる。

6. 補強概要

(1) 永代橋

永代橋のタイドアーチを支える橋脚は，P1 橋脚を固定する支承条件であり，橋軸方向に地震力を受けると上部工慣性力は全て P1 橋脚に集中する。地震時に P1 支承や橋脚が損傷しないように，1 点固定を解消し，P1，P2 の 2 点の支承で受ける構造へ変更した（**図―3**）。前記した「長寿命化にあたっての基本的考え方」に則り，貴重な支承を交換するのではなく，常時は既存の支承で支え，地震時に発生する水平力に対しては，新たに設置する支承で対応する機能分離型構造で対応することとした。

支承の形状については，前記した「長寿命化にあたっての基本的考え方」に則り，外観上，既存の支承と明確に違いがわかるよう，**写真―11** のような形状とした。

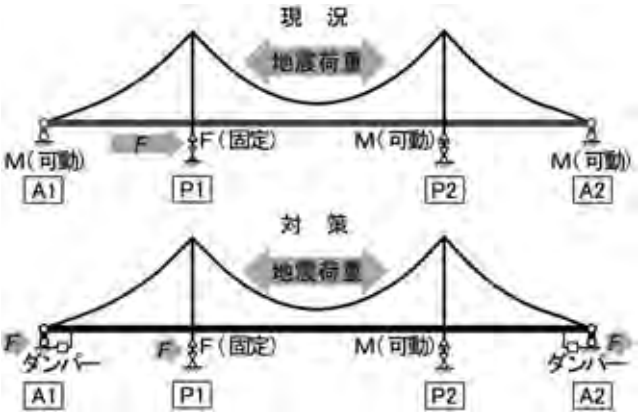


図―3　永代橋の耐震補強の考え方（支承条件を 1 点固定から 2 点固定へ変更）

写真―11　永代橋の右側の支承が新規設置

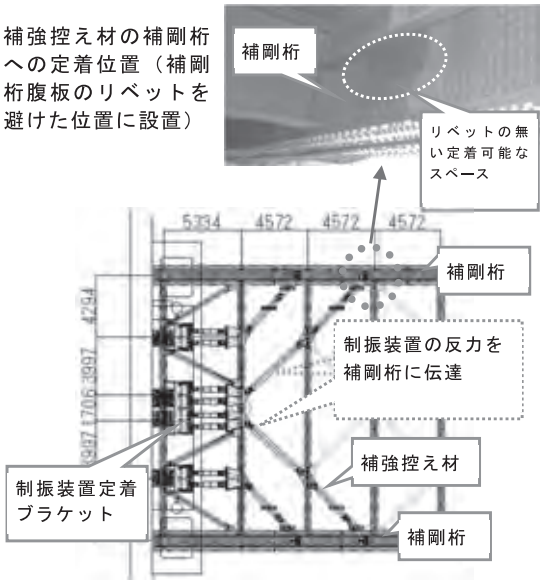
(2) 清洲橋

レベル 2 の地震動に対応するために，制振装置（粘性ダンパー）を，補剛桁と両橋台の間に設置して，地震時慣性力を分散させ両橋台に負担させることにした（**図**―4）。照査の結果，減衰性能として 1 橋台あたり 12,000 kN 相当を持つ制振装置を設置すれば，上部工構造の耐震性能は満足されることが判明した。制振装置は，均等に力が作用するような配置や将来の管理から国産のものからの選択を考慮し，1 橋台当り 1,500 kN × 8 個を配置することとした（**写真**― 12）。なお，補剛桁への反力を伝達する鋼材の設置については，前記した「長寿命化にあたっての基本的考え方」に則り，既存のリベットの撤去が生じないように，**図**―5 のように，リベットのない腹板へ定着を行った。



図―4　清洲橋の耐震補強の考え方（制振装置による減衰）

写真― 12　清洲橋の制振装置



図―5　制振装置と補強控え材の平面配置図

7. おわりに

永代橋，清洲橋という貴重な土木遺産を今後 100 年以上延命していくという命題に対し，オリジナルにあまり手を加えずに少ない補強で済んだのは，復興局橋梁課長であった田中豊をはじめとする先人達の将来を見据えた先進的な設計に負うところが大きい。今から 1 世紀近く前に，橋梁設計の柱となる耐震や耐荷などの設計思想が，現代でも通用するようなレベルに達していたということに驚きを禁じ得ない。

謝　辞

最後に，今回の検討にあたっては，伊東孝元日本大学教授を委員長とした「国指定重要文化財橋梁の長寿命化検討委員会」を開催し，伊東委員長をはじめ委員の先生方には多くの御助言を頂きました。ここに御礼を申し上げます。

JCMA

[筆者紹介]
紅林　章央（くればやし　あきお）
東京都建設局道路建設部
橋梁構造専門課長

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

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

首　藤　祐　司

大河津可動堰は新潟県越後平野を流れる信濃川と大河津分水路の分派点（大河津分水）に位置し，隣接する大河津洗堰との一体運用によって信濃川本流の流量を調節するための施設である。
旧可動堰は昭和 6 年に完成以来 80 年が経過し，老朽化が著しいことから平成 15 年より改築事業が実施されることとなった。
本稿では，改築事業のうち，ゲート設備工事の概要，設計，製作，および据付などの取り組みについて紹介する。
キーワード：河川，分水路，ゲート設備，改築工事，シェル構造ラジアルゲート

1. はじめに

信濃川はかつて洪水のたびに氾濫をくり返す河川であった。中でも明治 29 年（1896）の「横田切れ」が大きな被害をもたらしたことが知られている。これらの被害を無くすために，増水した水が越後平野に入る前に，その全てを日本海へ流す人工河川・大河津分水路が大正 11 年（1922）に通水した。その後，昭和 2 年（1927）に自在堰の陥没・倒壊を受けて，旧大河津可動堰が昭和 6 年（1931）に建設された。

本稿にて報告する工事は，その旧可動堰の老朽化に伴う改築工事のうち，ゲート設備に関するものである。ゲート設備工事は平成 20 年 12 月に㈱ IHI が受注（平成 21 年 11 月に㈱ IHI インフラシステムに継承），平成 24 年 1 月に竣工している（**図―1**，**写真―1**）。

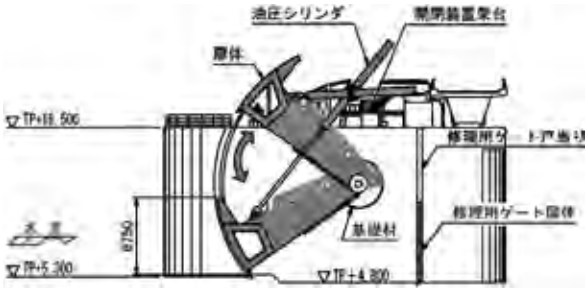
【大河津可動堰】	【大河津洗堰】
大正 11 年：建設 昭和 6 年：新設（補修）（IHI） 平成 24 年：再改築（IHI）	大正 11 年：建設 平成 12 年：改築（IHI）

図―1　大河津分水[*1]

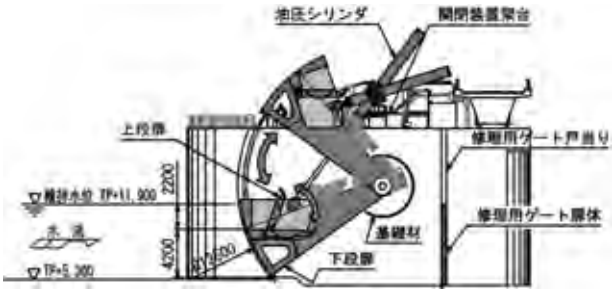
写真―1　旧可動堰

2. 設備概要

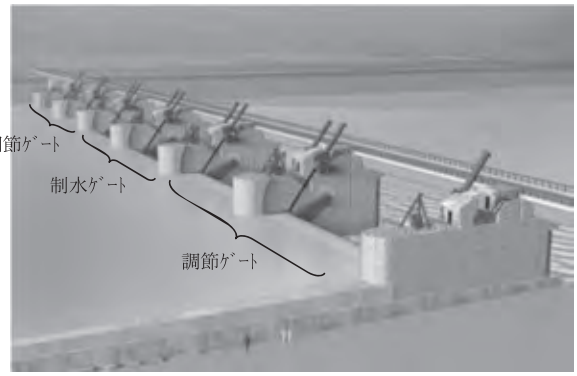
ゲート設備の構成は，制水ゲートが 2 門，上下 2 段扉の調節ゲートが 4 門の全 6 門で，中央 2 門が制水ゲート，両端 2 門ずつが調節ゲートである（**図―2 ～ 5** 参照）。



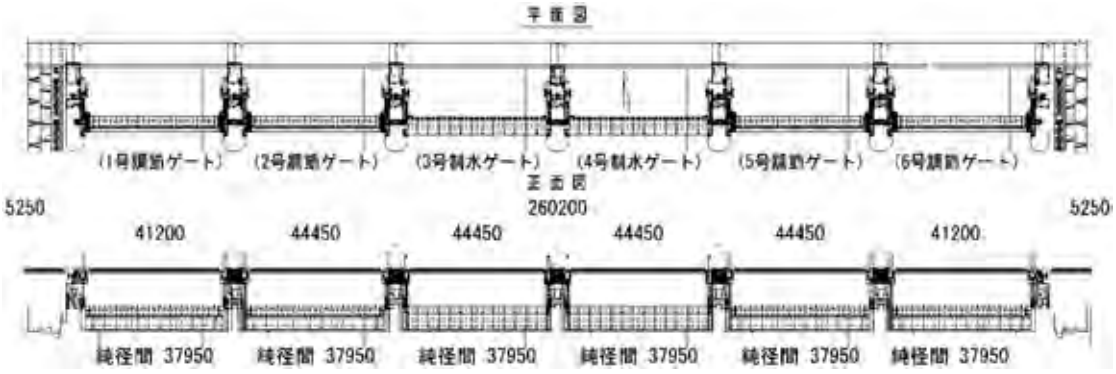
図―2　制水ゲート側面図



図―３　調節ゲート側面図



図―４　ゲート配置[*1]



図―５　全体配置図

制水・調節ゲートともに，主要な役割は平常時の上流水位維持・洪水時における大河津分水路への洪水流量の安全流下等であり，調節ゲートは上段扉を搭載することによって河川流入量が小さいときの流量調節機能を高めたものである。

3. 操作方式

操作方式の模式図を**図―６**に示す。

流入流量 270 m^3/s までは大河津可動堰を全門全閉にし，魚道からの維持流量を除いた流量を大河津洗堰から信濃川本流に流下させる。270 m^3/s を超えると，**図―６**のようなゲート操作に移行され，洪水時には計画高水流量 11000 m^3/s を大河津可動堰より流下させる。

4. 各部の概要

(1) 扉体（図―７参照）

扉体は，平面的には門形ラーメン構造であり，堰柱リセス部に脚柱を格納する形状として，河川流下断面の阻害防止および洪水時流介物の噛み込み防止を図っている。

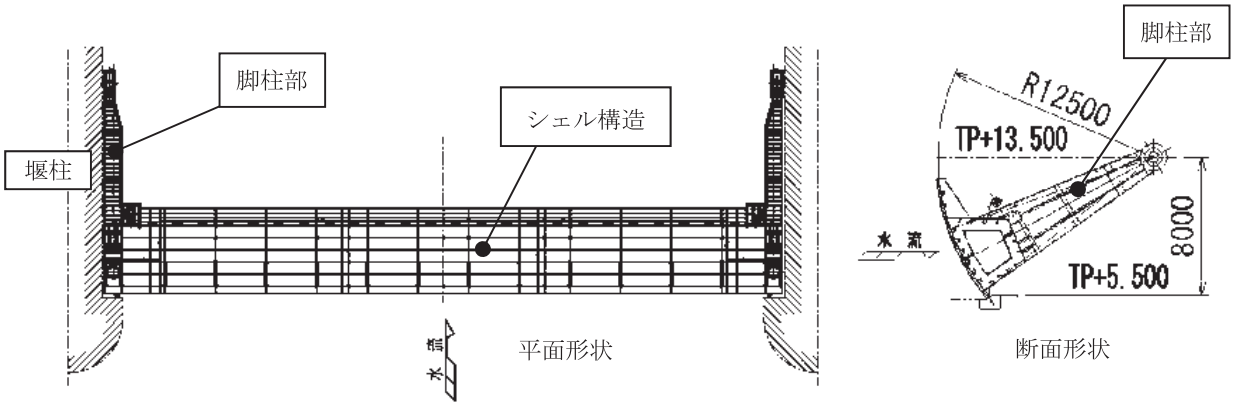
断面形状としては，構造安定性・経済性から，中心

・可動堰上流側への流入量が270m^3/s～720m^3/s
調節ゲート上段扉を操作し，オーバーフローにより堰上流水位を制御。

・可動堰上流側への流入量が720m^3/s～3000m^3/s
調節ゲート上段扉を全起立，水切りし，調節ゲート下段扉および制水ゲート開操作してアンダーフローにより堰上流水位制御。

・可動堰上流側への流入量が3000m^3/s～11000m^3/s
ゲート全開操作によって洪水を流下。

図―６　操作方式



図―7　ゲートの基本形状

軸高 Hp ＝ 8.0 m，扉体半径 12.5 m となっている。

扉体中央部はシェル断面とし，扉体断面のコンパクト化，シリンダ左右操作におけるねじり剛性確保，閉断面構造による流芥物の引っ掛かり防止に配慮している。

脚柱部においても剛性確保，流芥物対策上の優位性から，閉断面構造を採用している。また，日射など温度変化に伴う扉体伸縮や，水圧による脚柱根元部への荷重負担を軽減するため，中心軸部の軸受は球面すべり軸受を使用している。

(2) 開閉装置

扉体の両脚柱を油圧シリンダで直吊りする方式としており，左右岸の堰柱上にそれぞれ油圧ユニットを配置し，駆動させる形式とした。

左右の油圧シリンダの同調は，内蔵する開度計の信号を利用して行っている。

5. 工場製作

本設備の製作に当たっては物量が多いことから，綿密な生産マップの計画・策定を行った。その結果，主要設備を各地工場で製作した。

(1) 調節ゲート下段扉（写真―2）

調節下段扉は，愛知工場で製作した。径間長 40.15 m，扉体半径 12.5 m，総重量約 300 ton/ 門 × 4 門と形状・物量ともにゲート設備としては非常に大規模でありながらも，愛知工場では工場建屋内でほぼ全ての工種（マーキング・切断・組立・溶接・芯出し・機械加工・仮組・塗装）を実施することができ，高品質かつ工程的にも安定した製作に寄与した。

写真―2　調節下段扉仮組状況

写真―3　調節上段扉仮組状況

(2) 調節ゲート上段扉（写真―3）

調節上段扉は，砂町工場で製作・仮組など実施し，端部ブロックについては大型かつ高精度が要求されるため，砂町工場にて芯出し後，横浜工場にて機械加工を施工した。

6. 現場据付（写真―4，5）

ラジアルゲートはゲート左右岸の中心軸の芯ずれを 1 mm 以内に抑える必要がある。従って本設備では

写真―４　基礎材・中心軸据付完了

写真―５　扉体・開閉装置据付完了[*1]

40 m 以上離れた中心軸の芯ずれを 1 mm 以内に据え付けるという高難度な据付が必要で有ったが，種々検討と施策により，これを可能とした。

扉体は，14 分割／門× 6 門で合計 84 ものブロックを現地に搬入し，綿密な計画・工程管理により 6 門同時に施工した。

7. おわりに

国内最大の河川用シェル構造ラジアルゲートである大河津可動堰の設計，製作，据付について報告した。本工事に当たっては，6 門同時施工や大ブロック吊り込み等，高難度の検討や施工管理を要した結果，工期中の洪水被災もあったにも関わらず，無事故にて竣工を迎えることができた。

謝　辞

最後に，本工事に関して，多くのご指導とご協力をいただいた関係者の方々に深く感謝の意を表します。

〔写真など出典元〕
[*1] 国土交通省北陸地方整備局信濃川河川事務所

［筆者紹介］
首藤　祐司（しゅとう　ゆうじ）
㈱ IHI インフラシステム
鉄構技術室 計画管理部

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

新橋駅の改良とレンガアーチの補強・保存

今　野　夏　実

山手線と京浜東北線を支えているレンガアーチ高架橋は，新橋駅が烏森停車場として開業してから 100 年以上供用されている構造物であり，耐震対策が必要である。また，新橋駅はコンコースが南北に分断され，ラッシュ時には大変混雑している。これらの問題を解決するために，2010 年より駅の改良工事に着手している。改良工事では，1 階コンコースにおいて，レンガアーチの鉄骨鉄筋コンクリート（SRC）高架橋への改築を行い，耐震対策を施すとともに，南北に分断されているコンコースを一体化・拡張し，コンコース階の混雑緩和を図る。本稿では，レンガアーチ高架橋の耐震補強対策を含めた改築計画および施工実績について報告する。

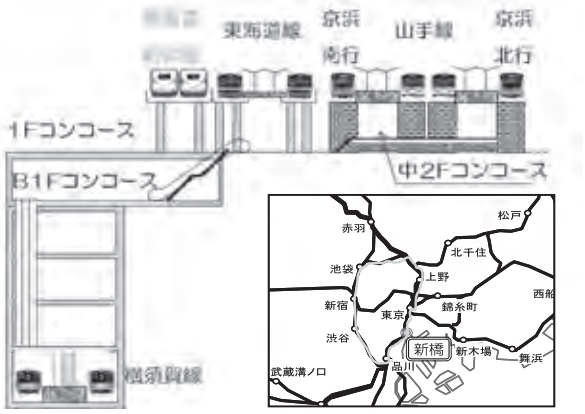
キーワード：レンガアーチ高架橋，保存，耐震補強，改築，SRC 高架橋

1. はじめに

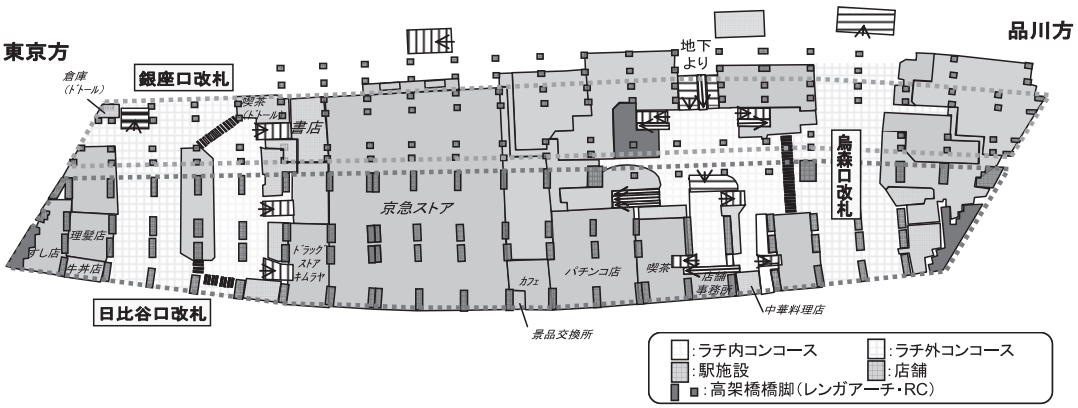
JR 新橋駅は，首都圏におけるターミナル駅であり，東海道線，山手線，京浜東北線，横須賀線の 4 路線を有し，1 日当たりの乗車人員が約 26 万人の駅である（**図―1**）。平成 27 年 3 月に開業した上野東京ラインの乗り入れにより駅利用者数はさらに増加している。

現在の新橋駅は，烏森停車場開業当時（明治 42 年）から約 100 年間利用されており，その間，山手線・京浜東北線を支えるレンガアーチ高架橋の大規模な改良等は行われておらず，駅利用において，以下のような課題を有していた。

工事着手前の新橋駅高架下には商業施設が複数営業しており，高架下のほとんどの面積を占めていた。そのため，コンコースは東京方の銀座，日比谷改札と，品川方の烏森改札と南北 2 つに分断され，それぞれが狭く，ラッシュ時には改札内外が大変混雑していた（**図―2**）。また，山手線と京浜東北線を支えるレンガアー



図―1　新橋駅　路線断面図



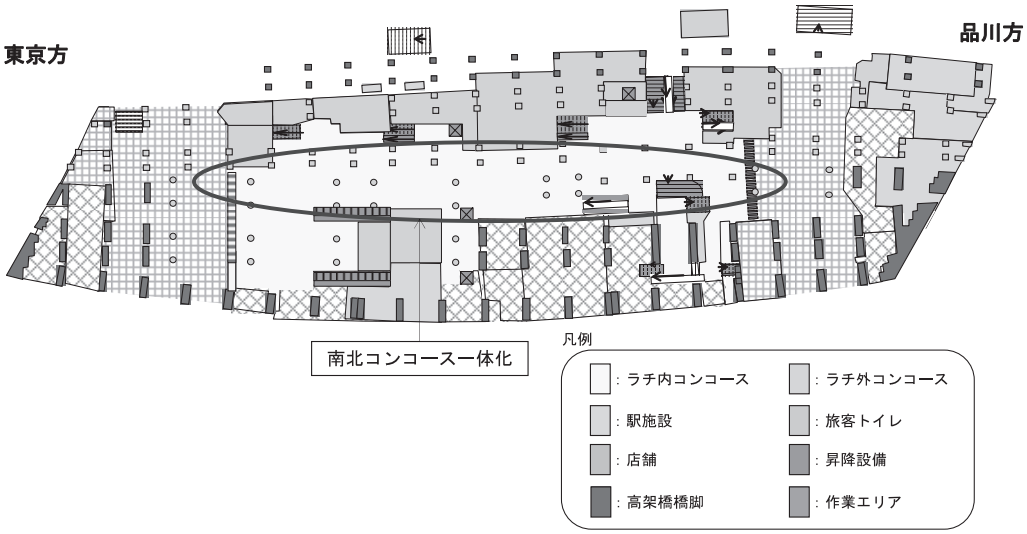
図―2　新橋駅 1 階平面図（工事着手前）

チ高架橋は築後100年が経過している構造物であるが，耐震対策は行われていなかった。

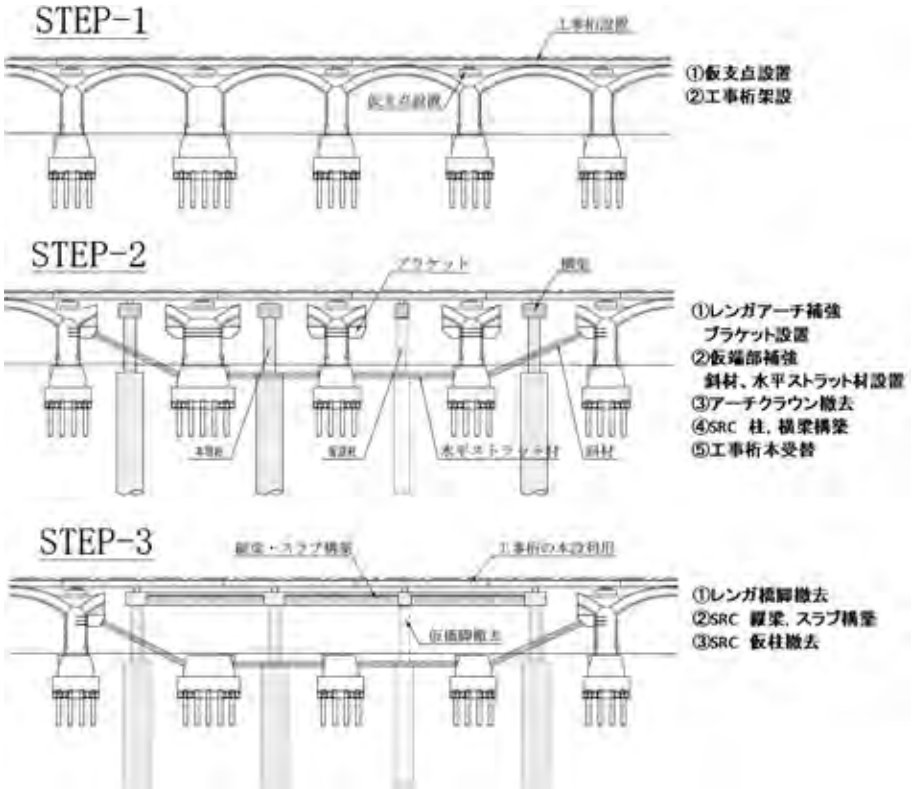
本稿では，新橋駅改良工事のうち，これらの課題解決のために実施されたレンガアーチ高架橋の改築計画および施工実績について報告する。

2. レンガアーチ高架橋の改築概要

工事完了後の新橋駅１階平面図を**図**―３に，レンガアーチ高架橋を SRC 高架橋に改築する手順のイメージを**図**―４に示す。レンガアーチ高架橋の改築は，まず，レンガ橋脚上に仮の支点を設け，工事桁で軌道を仮受けする（STEP1）。その後，アーチクラウン部の撤去を行い，本設柱，仮設柱および SRC 高架橋の横梁を構築し，工事桁を横梁で受け替える（STEP2）。その後，残りのレンガ橋脚部を撤去し，SRC 高架橋の縦梁・スラブを構築する（STEP3）。仮設柱は，SRC 高架橋完成後に撤去する。なお，架設した工事桁は浮き上り防止としてウェートを取付け，本設構造物として利用する。



図―３　新橋駅１階平面図（工事完了後）



図―４　レンガアーチ改築手順

3. 施工実績

(1) レンガアーチ端部補強

レンガアーチ高架橋は端部に剛性の大きい橋台を有することでアーチアクションを保つ構造である。今回の工事では，レンガアーチ高架橋の一部を SRC 高架橋へ改築するため，改築範囲以外はレンガ高架橋を存置することとなる。**図**―5 に示すように，現在の中間橋脚を恒久的な端部橋脚とするために剛性を大きくするとともに，耐震対策が必要となる。そこで端部橋脚は，**図**―6 に示すように，レンガ内巻き耐震補強の 2 倍の厚さを有するコンクリート壁と既設レンガ橋脚をせん断補強鋼材により一体化して補強することとした。

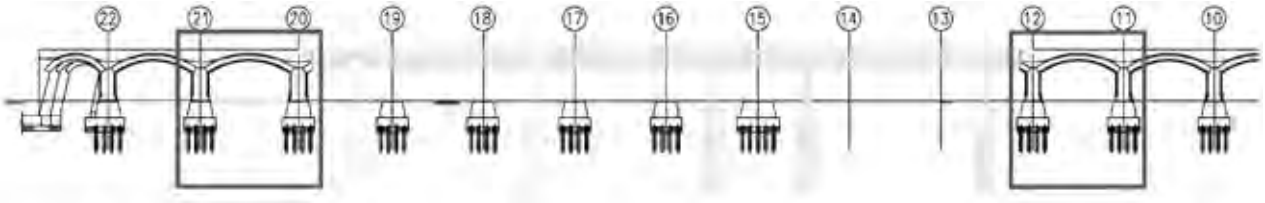
(2) 既設レンガアーチ高架橋撤去時における仮補強

改築工事の施工途中でレンガアーチ高架橋の中間橋脚が端部となる場合，供用中のレンガアーチ高架橋全体が不安定になる恐れがある。SRC 高架橋への改築範囲は，高架下駅設備の切廻しがあること等から，線路方向に段階的に施工することになり，既設高架橋の撤去も段階的になる。そのため，改築中に中間の剛性の小さい橋脚が暫定的にレンガアーチ高架橋端部になり，アーチアクションが弱まる恐れがあった。

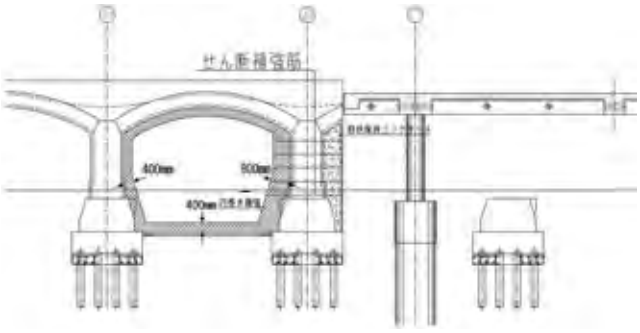
そのため，改築ステップごとのレンガアーチの安全性を検証し，仮設時（施工時）におけるレンガアーチの発生応力度が現況（改築前）の最大応力度以下となるように，鋼製部材を用いた補強斜材とストラット材によるレンガアーチ仮端部補強を実施することとした（**図**―7）。また，工事桁の仮支点はレンガ橋脚頭部に設置されるが，仮支点にかかる荷重影響範囲のレンガ脱落防止のため，**図**―8 に示すように，橋脚頭部にブラケットおよびせん断補強筋の配置による補強を行うこととした。

(3) レンガアーチ（アーチクラウン）撤去

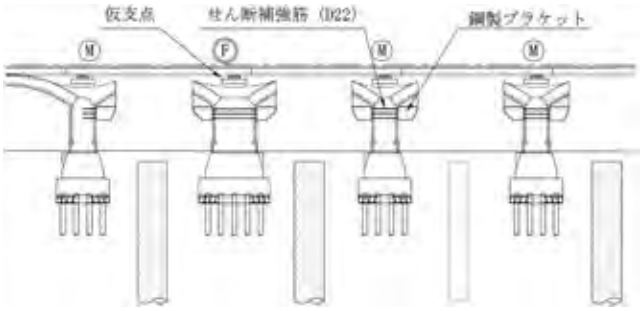
軌道上から工事桁を分割架設した後，軌道および列車荷重をレンガ橋脚上の仮支点に工事桁で受け替える。その後，レンガアーチ高架橋下からアーチクラウン部の撤去を行う。撤去手順は，降下設備設置→アー



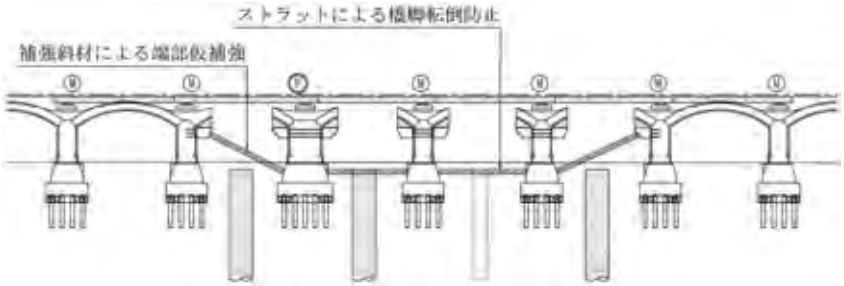
図―5　恒久的端部となる中間橋脚



図―6　RC 内巻きによる端部補強

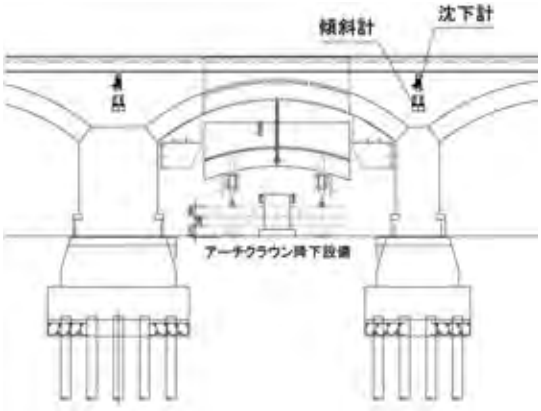


図―8　橋脚頭部補強



図―7　レンガ高架橋仮端部補強

チクラウン部切断→レンガアーチ降下（**図―9**）となる。アーチクラウン部撤去後のレンガ橋脚の挙動に留意し，施工時はレンガ橋脚の鉛直変位・傾斜計測を行うこととした。橋脚変位に対する管理値は軌道変位の管理値から算出した。鉛直変位は絶対変位 ± 14.0 mm，傾斜は ± 0.045° を現場管理値（警戒値の 80%）とした。京浜東北線南行のアーチクラウン部撤去時，鉛直変位は −0.4 ～ +0.7 mm，線路方向傾斜は最大 0.027°，線路直角方向傾斜は最大 0.008° であり現場管理値よりかなり小さな値で施工を完了した。**写真―1，2** にアーチクラウン部の撤去状況を示す。



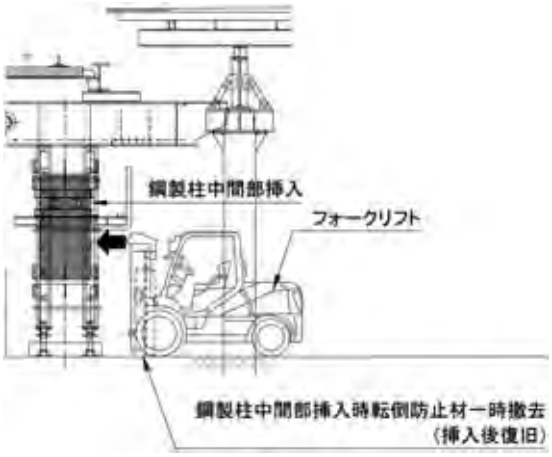
図―9　アーチクラウン部撤去

写真―1　アーチクラウン降下

写真―2　アーチクラウン撤去完了

(4) 柱頭部・横梁架設

SRC 高架橋の鋼製柱を架設する際は，仮設の補強斜材が支障するため，柱を架設する側の 1 本を一時的に撤去する必要があった。ただし，列車走行時のレンガアーチの安全性確保のため，補強斜材は初電前には復旧することとし，終電から初電までの間での施工が必要であった。そのため，事前に詳細なサイクルタイムを作成し，それに基づいて鉄骨架設を行った。また，鋼製柱の建方においては空頭制限があったことから，柱頭部吊上げ装置を組み立て，柱頭部を仮吊した状態にてフォークリフトを使用し中間部を挿入する手法をとった。仮吊り時には柱を挿入するための施工余裕として，50 mm 程度上方まで引き上げた。その後，中間部の鋼製柱を挿入し，柱頭部を降下させて鋼製柱との結合を行った（**図― 10**）。



図― 10　鉄骨柱挿入図

(5) レンガ橋脚撤去

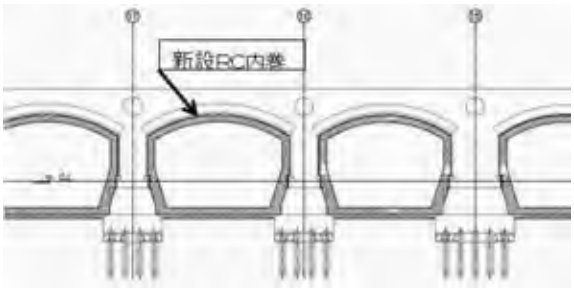
横梁上で工事桁受替後，レンガ橋脚の撤去を行った。軌道に近接する上部については終電から初電までの間に連続コア，ハンドブレーカーにて撤去を行い，下部については重機等を使用し昼間作業にて撤去した。

レンガ橋脚の昼間の撤去作業においては，列車の運行や駅を利用するお客様および駅の通常業務に支障のないよう粉塵・騒音に対して配慮する必要があった。そこで，軌道階や仮囲いフェンス 1 枚隔てたコンコース内への粉塵の流出防止，騒音の低減を図るために防音シートで周囲を覆うこととした。また，粉塵の拡散を防ぐため破砕箇所には水ホースで直接散水を行うとともに，その周囲にミストファンを設置した。さらに，シートの継ぎ目はテープにより目貼りを行い，少しでも騒音の低減ができるように，また粉塵の漏れを防ぐようにした。なお，エアブレーカーを使用しての人力撤去作業とジャンボブレーカーを使用しての機械撤去

作業の騒音対策として，連続作業とならないよう，適度に間隔をあけて行った。

(6) レンガアーチ RC 内巻き耐震補強

京浜東北線北行のレンガアーチ高架橋については，新橋駅の駅前広場に面していることから，歴史的構造物であるレンガアーチ高架橋の保存等を目的として，レンガアーチの内側に鉄筋コンクリートを巻き立てる内巻き耐震補強を行い，耐震性の向上を図ることとした（**図―11**）。



図―11　レンガアーチ内巻き耐震補強

施工順序は，レンガアーチ高架橋のフーチング基礎の天端まで掘削を行い，下床版コンクリートを打設後，壁を立ち上げてアーチ部のコンクリートを打設する。アーチ部は下からの打上げとなるため，高流動コンクリートを使用する。また，剥落防止のため合成短繊維を混入して打設する。**写真―3，4** にレンガアーチ内巻き耐震補強前後の外観を示す。

合成短繊維を混入するため，圧送時のスランプフローの低下が懸念され，試験練をくり返し，現場着 70 cm のスランプフローのコンクリートを使用している。アーチ部の打設にあたり，打設圧によりレンガアーチを押し上げないように監視を行いながら実施している。事前に，アーチの一番高い場所にあと施工用のグラウトホースを設置し，コンクリート打設後にグラウト充填を行っている。

4. おわりに

レンガアーチ高架橋改築工事については，ここまで京浜東北線南行，山手線ともに一部 SRC 高架化が完了している。また，京浜東北線北行のレンガアーチ RC 内巻き耐震補強についても施工中である。営業線直下でのレンガアーチ高架橋の改築は今後も続くが，継続して安全，確実に工事を進めていきたい。

写真―3　レンガアーチ高架橋（内巻き補強前）

写真―4　レンガアーチ高架橋（内巻き補強後）

JCMA

《参 考 文 献》
1）有光　武・山下拓伸・光畑　太・嶺　大輔・篠野正樹・飯塚　誠：新橋駅改良工事におけるレンガアーチ高架橋改築と大家設置，基礎と橋梁，No48，pp.2-11，2014 年 9 月
2）元尾秀行・石井通友・有光　武：新橋駅改良工事におけるレンガアーチ高架橋改築の計画と施工実績，土木学会全国大会第 70 回年次学術講演会講演概要集，pp.1089-1090，2015 年 9 月
3）松田聡美・渡部太一郎・有光　武・菅野貴浩：新橋駅改良工事におけるレンガアーチ高架橋改築の設計・施工，コンクリート工学，pp.53-59，2016 年 1 月
4）有光　武・石井通友：新橋駅改良（Ⅰ期）におけるレンガアーチ高架橋改築，日本鉄道施設協会誌，pp.426-429，2016 年 5 月
5）網谷岳夫・松本浩一・山田正人・大郷貴之・山後宏樹・渡部太一郎：新橋駅改良（Ⅰ期）～レンガアーチ高架橋の耐震補強方法～，SED 第 40 号，pp.46-53，2012 年 11 月
6）長橋　潤：新橋駅改良工事　―東北縦貫線開業に向けて，より安全で快適な駅へ―，土木施工，pp.48-51，2014 年 4 月

[筆者紹介]
今野　夏実（こんの　なつみ）
鉄建建設㈱
土木本部　地下・基礎技術部　地下構造グループ
課員

特集≫≫ 歴史的遺産・建造物の修復

狭山池の改修とその技術の変遷

吉 井 克 信・西 川 寿 勝・浜 地 長 生

狭山池は今から約 1400 年前に造営された，日本最古のダム式ため池として知られる。平成の改修によって，堤の一部を発掘調査した結果，飛鳥時代の 616 年に築造されて以来，奈良時代・鎌倉時代・戦国時代・江戸時代など，連綿と改修が続けられ，堤はその都度かさ上げされていることが判明した。これについて，高さ 15 m 以上の堤断面を 101 個のブロックに切り分け，保存処理を施して積み直し，博物館で実物展示することとなった。世界初の試みである。

キーワード：狭山池，狭山池博物館，ダム式ため池，アースダム，工事請負

1. はじめに

狭山池は大阪府大阪狭山市の中央にあり，1400 年のながきにわたって，広大な農地を灌漑し，地域の人びとに親しまれてきたダム式ため池である（**写真**―1）。江戸時代には池下 80 村，約 4200 ha に水を届け，約 5 万石の取高に貢献していた。

狭山池は『日本書紀』崇神天皇 62 年条，『古事記』垂仁天皇段に造営記事があり，西暦 300 年代の築造と伝承されてきた。しかし，実際の築造年代は諸説あった。ところが，平成の大改修に伴う発掘調査によって，堤の底からコウヤマキの木樋が発見された。狭山池築造段階のこの木樋は，年輪年代測定法で測定した樹皮の残る 5 本のすべてで，616 年の伐採と判明し，一応の決着をみた。

写真―1 狭山池と狭山池博物館

また，池の造営によって操業が終わった焼き物の窯や，池の造営後に堤を利用してつくられた窯の土器型式が，おおよそ飛鳥寺着工の 588 年より後で，山田寺着工の 641 年より前の段階であることもわかった。

『日本書紀』には推古天皇 15 年（607 年）に大和国・山背国・河内国で池溝開発をしたという記事があり，狭山池の名は欠落するものの，この事業の史実性が評価できるようだ。

2016 年，地元では 616 年に造営された日本最古のため池を顕彰し，狭山池築造 1400 年記念事業が行われた。狭山池にかかわる発掘成果などは，大阪府立狭山池博物館に保存・展示されている。また近年，展示品の一部は重要文化財に指定された。筆者らは『日本書紀』の伝承を体感できる最も大きな博物館と自負している。本稿では，狭山池の改修と技術変遷を紹介したい。

2. 狭山池の平成改修

ため池の水は雨水を主とする場合と，河川水を主とする場合がある。狭山池は後者にあたり，金剛山系からの天野川・三津屋川の河川水を北堤と呼ぶ東西に長い直線の堤で堰き止めたものである。堤の基部には樋管が通される。たまった水は必要に応じて樋管の開閉によって，下流の水路へと流れ出す。ただし，池には大量の河川水が常時流れ込むので，樋管の開閉だけではあふれ出してしまう。これを防ぐため，東西に除けと呼ばれる放水施設を設け，堤の最上部まで水位が上がるまえに排水する。西除川・東除川と呼ばれている

（**図―1**）。このようなダム式ため池は，現在であればコンクリートの湾曲した堤が多い。垂直にそそり立つ巨大な壁のようなダムを思い浮かべる。対して，狭山池は川の土手に似る。断面台形で，低くて直線的な土製の堤である。アースダムと呼ばれている。

かつては田園風景が広がっていた大阪平野も，戦後の高度経済成長とともに，宅地化が進み，すっかり景観が変化した。府内に多数あったため池も，水田の縮小によって意義を失い，埋め立てが進んだ。

ところが，昭和 57 年（1982 年）夏に府内を大規模な豪雨が襲い，西除川流域だけでも 3000 戸以上が浸水するという甚大な被害があった。これをうけ昭和 60 年（1985 年），狭山池は洪水調節機能をもつ治水ダムとして再生させる改修工事が計画された。

改修工事に先立つ昭和 60 年，狭山池改修の歴史などを検証すべく，狭山池調査委員会が発足した。昭和 62 年（1987 年）には総合学術調査の一部として発掘調査が開始された。総合調査の成果は平成 11 年（1999 年）までに，報告書『狭山池』史料編・埋蔵文化財編・論考編として結実することとなる。

そして現在，狭山池は平成の改修を終え，貯水量 280 万トンを誇る治水ダムとして生まれ変わり，四周約 3 km の遊歩道も整備されている。昭和 16 年（1941 年）に大阪府史跡名勝第 1 号となっていたが，平成 27 年（2015 年）に国史跡に指定されている。ちなみに，平成 22 年（2010 年）には日本のため池 100 選の認定を受け，平成 26 年（2014 年）には世界かんがい施設遺産にも登録されている。

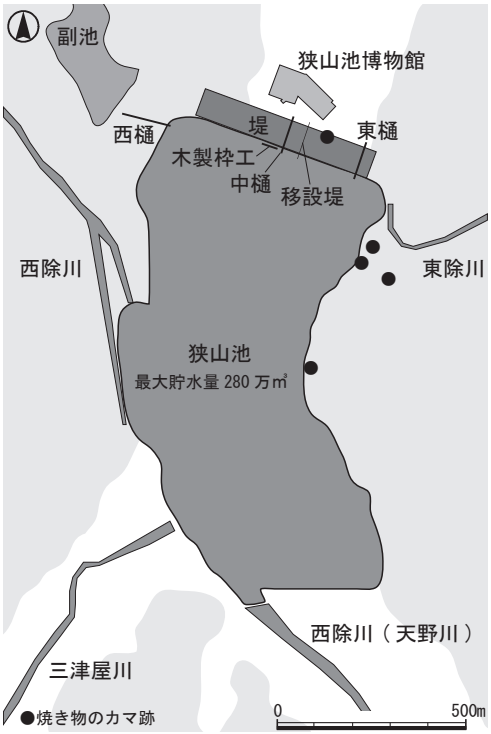
さて，北堤の発掘調査が進むと，堤体は古い堤を幾重にもかさ上げして拡大してきたことがわかってきた。すなわち，北堤は改修ごとに移動したり，古いものを破壊して新たに造営されたのではなかった。したがって，埋もれた樋管を発掘調査するために堤体を池の底まで断ち割ったとき，築堤の歴史が幾重もの層となって眼前にあらわれるだろうと期待された。また，土層断面には時代ごとに特色ある築堤技術が読み取れるはずで，堤内に包含する土器などから改修の年代が推測できるかもしれなかった。

3. 発掘調査の成果

平成 7 年（1995 年）1 月，北堤が池底まで断ち割られ，全断面がその姿をあらわした（**写真―2, 図―2**）。断面は 12 層に大別，61 層に細別されるとともに，地震痕跡などもみられた。

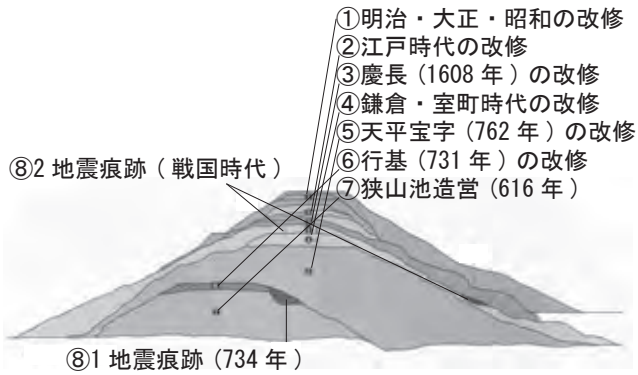
さらに，築造当初の盛り土と，奈良時代の盛り土には，敷葉工法と呼ばれる版築工法が検出された。

敷葉はアラガシやウラジロガシの葉がついたままの小枝で，盛り土と敷葉を 10 ～ 20 cm 間隔でサンドイッ



図―1　現在の狭山池と西除・東除

写真―2　発掘された狭山池堤の断面



図―2　狭山池堤の断面図

チのように積むものだった。発掘現場の敷葉は鮮やかな緑色だったという。ところが，空気に触れた瞬間に炭化・黒変していった。

ちなみに，敷葉は盛土の補強・圧密促進とともに，土の堤に浸透した水分を抜き去るドレン（導管）と考えられている。現在も，土盛りに布などを挟みこんでドレンや地滑りを防止する技法として継承されている。

北堤の全断面が発掘されると，調査成果の保存・活用にも議論が及び，大阪府に狭山池ダム資料館開設準備室が設置された。その結果，平成 13 年に大阪府立狭山池博物館が開館し，現在にいたっている。

発掘成果によって，飛鳥時代以降も，奈良時代に二度の大きな改修痕跡が判明し，鎌倉時代にも樋管が石製に改修されていることなどが明らかにされた。

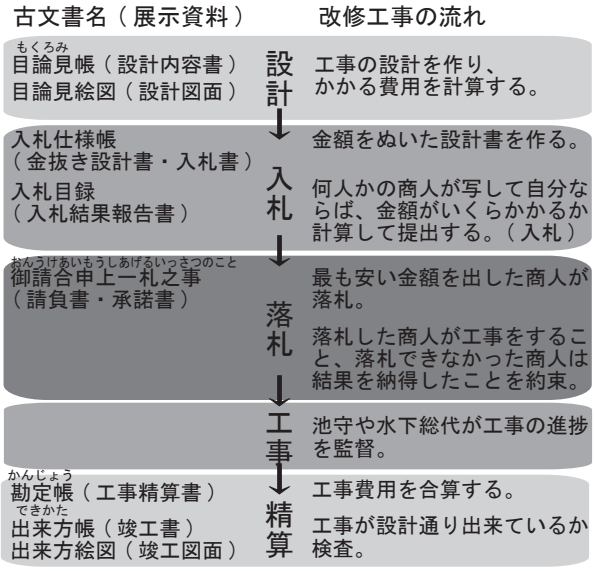
さらに，江戸時代初頭には豊臣秀頼の後見で摂津・河内・和泉の国奉行だった片桐且元によって，大規模な改修と補強がされていた。この時期は築城がたいへんさかんとなり，それに伴い多くの技術革新があった。なかでも，巨大な城が平野に造られ，水堀で囲まれるようになると，城郭の土留め工も発展した。狭山池の堤にも城郭の土留め工が応用され，延長 28 m に及ぶ木製枠工が設置されていた。類例は，高槻城や大坂城三の丸，江戸の大名屋敷の水堀などから発見されている。狭山池の枠工は尾張の「黒鍬組」によるとされ，池の南には「尾張」の地名が残されている。

4. 古文書がかたる江戸時代の改修と米作り

江戸時代の狭山池は幕府直轄地となり，池守田中家が代々管理をした。狭山池が大雨などで破損すると，池守は幕府に改修を願い出て，その費用の一部を負担し，残りを池下の水利に関わる農民が負担することとなる。

江戸時代は土木工事を商人にまかせる例が多くなり，工事の設計，値段の決め方などの手順が整えられていく。池守田中家には 11000 点以上の古文書が残されており，その輪郭をうかがうことができる。それによると，今日の工事請負制度の原形は 1600 年代には出来上がっている。

破損に伴う狭山池の改修は，池守田中家が材料や工事方法などの詳細を設計して絵図面などを作成し，幕府の許可を得る。工事費用が算定されると，堺や大阪の商人たちを集めて，設計書を公開し，書き写しが許可される。各商人は工事金額を見積もって入札するのである。そして，基本的に一番安い値段を出した商人が落札する仕組みである。



図―３　江戸時代の請負工事

このとき，札入れは金額のみではなく，材料の質や量，人件費，工程などの詳細まで積上げた入札帳として競い合うのである（**図―３**）。

また，一つの改修事業に対し，石垣と樋管と土方の工事を分けて発注し，落札業者を共同体で請け負わせるジョイントベンチャー方式も 1700 年代には登場している（**表―１**）。

落札した商人は地元から人夫や技術者を募って下請けに出し，工事に取りかかる。狭山池では 1700 年代前半まで，大阪城下町の商人による工事が大半だった。ところが，1700 年代中頃からは地元の人物による落札が増える。それまでは下請けに甘んじていた地元にも工事を請け負える有力者が台頭することがわかる。

ちなみに，江戸時代は幕府による水田開発が奨励され，多くのため池が造営され，水路が整備，新田の干拓や開墾も行われた。1600 年代の開発で，耕地が倍増したという説もある。ただし，急激な耕地の増加は米の生産過多を巻き起こし，生産量が増加したのを機に，米価は急速に下落する。

当時の武士の給金は，石高制と呼ばれ，米によって支払われたため，手取りが増えても実質の価値は少なくなる一方だった。それで，農民からの租税に支えられていた多くの藩は，慢性的な財政難に陥ったのである。江戸幕府が大政奉還し，廃藩置県による混乱が少なかったのは，諸藩はじめ武士の膨大な借金が帳消しにされたからかもしれない。

そして近年では，米作りに依存しすぎたわが国の歴史について，冷害や長雨などの気候変動と社会変化が大きく関係していることもわかりつつある。

表―1　寛保元年（1741）改修工事の入札状況

工事	順位	金額（貫）	札　主		請　人
石垣	落札	30.457	大坂	西横堀讃岐町備前屋徳兵衛	はりま屋藤兵衛
	2番札	32.400	堺	中ノ町和泉屋四郎兵衛	小野里屋源四郎
	3番札	32.6986	堺	小屋ノ町大和屋久兵衛	いつミ屋八兵衛
走樋	落札	28.35076	大坂	阿波座堀信濃町赤穂屋利兵衛	鍋屋六右衛門
	2番札	31.862	堺	戎島大坂屋半兵衛	東野村彦左衛門
	3番札	32.9993	大坂	西横堀七郎右衛門町京屋長兵衛	東野村幸左衛門
土方	落札	4.2747	南河内	彼方村清右衛門	新町利右衛門
	2番札	4.285	南河内	池尻村喜六	池尻村安兵衛
	3番札	4.435	南河内	彼方村惣右衛門	新町次郎兵衛

たとえば，江戸時代中・後期の東北地方では天明・天保の飢饉があり，大きな被害をもたらした。これは樹木年輪などを分析した冷害による気候変動とも整合している。その結果，江戸幕府は寛政・天保の改革を通して社会に大きな影響をもたらすと同時に，日本列島の人口分布を変え，西南諸藩が関東・東北諸藩に勝利する明治維新の要因をつくったというのである。

江戸時代の日本列島は，数十年周期で夏季気温に大きな変動があって，米作りを苦しめたようである。他方，享保（1710～30年代）や文化・文政（1800～20年代）の温暖期には稲作が東北地方でも大成功を収める。実際，享保や文化・文政期には全国的な米余りによる米価の低下が問題になる一方で，好調な農業生産を反映して日本の人口は増加した。

ところが，西日本で起きたウンカの虫害による享保飢饉（1732年）に対し，東北諸藩は高騰する米市場で余剰米を売りさばき，大きな利益を得て一気に藩財政を立て直す。しかし，その後の冷害でも，同じように高騰する米市場に備蓄米を放出してしまったため，関東・東北を襲った天明飢饉（1783年）では破滅的な食糧不足に陥り，19万人もが餓死・疫病死してしまった。

このように，温暖期の高い農業生産力に適応し，投機的な米作り政策に走ってしまったことが，引き続く寒冷期における関東・東北諸藩の大きな被害の誘因となったという分析がある。つまり，気候悪化期における大きな失敗の原因は，気候好適期にはじまるものの，対処しなかった教訓が，近年注目されているのである。現代の食糧問題にも通じる教えではないだろうか。

5. 堤体の移設保存と狭山池博物館の建設

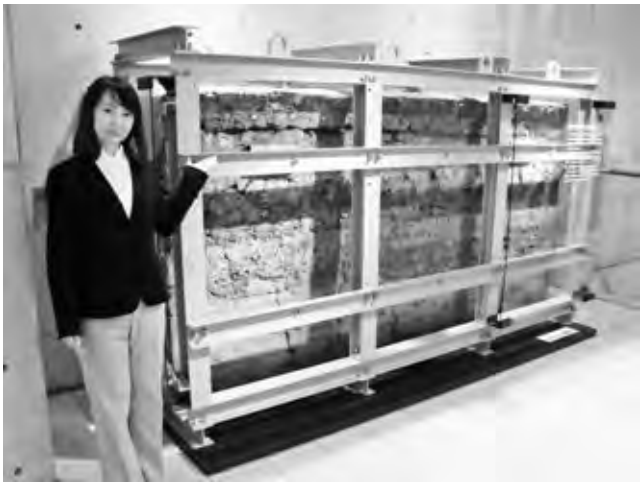
さて，造営段階にさかのぼる狭山池の改修史が，堤の中に良好に残されていることが判明した。これを破壊して平成の改修が行われることは忍びなく，この成果を歴史遺産のみならず，土木遺産としても将来の研究に活用することが期待された。

そこで，堤体断面を移設保存して博物館で展示・公開する案が検討された。ただし，このように大規模な構造物の移設は世界に類例がない。その可能性が再三にわたって検討された結果，堤体断面を101個のブロックに分割して解体し，博物館に運んで積み直す案が有効視された。この事業だけで10億円の予算が見積もられた。

まず，堤体をほぼ垂直に掘削し，その掘削面の凹凸がほとんどなくなるように断面を削り込んだ。次に，仕上げた断面に樹脂を散布して布を張り転写した。前例のない大規模な「土層はぎ取り」である。これは移設した堤の裏面を構成するものとなる。

転写が終わると堤体下部に等間隔にH鋼を圧入し，H鋼の直上に6 mmのステンレス板も圧入していった。この上に鋼鉄の枠組みをつくるとともに，堤体の反対面を掘削し，堤と移設予定の土ブロック（土塊）を切り離して行った。カマボコを切りとるように厚さ50 cmの土ブロックができていく。切り離された土ブロックは，表面にフィルター材を張り，クッションを添えて鋼鉄の枠組みに固定された。最後に，土ブロックを最上部から幅3 m，高さ1.5 mで切り取っていく（**写真―3**）。切り取られた土ブロックは鋼鉄の枠組みごとPGC（ポリエチレングリコール）の含浸タンクまで，クレーンで運ばれて，浸け込まれた。これを101個繰り返したのである。このため，現地には幅7 mのタンクが2列，長さ55 mにわたって並べられた。

土ブロックは水分が蒸発すると縮んでひび割れが入り，またたく間に崩壊する。そこで，PEG水溶液に含浸して，土ブロック中の水分をPEGに置き換え，収縮やひび割れを防ぐ保存処理である。浸漬期間は約



写真―３ 保存処理された土ブロック

写真―４ 移設展示された木製枠工

3年半，さらに含浸完了後はタンクから引き上げて，1年半あまり自然乾燥した。

水分がPEGに置き換わったかどうかは，土ブロックに電圧をかけて伝導値の変化を計測した。水分が減ると電気抵抗が増してくる。

慶長期の木製枠工も，希少性を評価して保存処理して移設・展示が計画された。ただし，地面に打ち込まれた杭による木製の枠組みは分断できないため，木枠と土塊を一体で梱包し，PEG溶液をシャワーのように散布，浸透させる工法を採った。杭とはいえ，長さ3～5.3 mに及ぶ大木である。PEG溶液の塗布は大量となり，梱包は大規模化した（**写真―4**）。

さらに，発見された東上層樋・東下層樋・中樋・西樋の木製樋管についても，部材や鉄釘などが写真・測量図面を残して解体され，すべて38％のPEG溶液に含浸された。そして，移設地である博物館に運ばれ，図面などをもとに再度組み立てられたのである（**写真―5**）。

さて，水分をPEGに置き換えて固められた101個の土ブロックは，含浸と乾燥に約4年の歳月をかけ，ほぼ垂直に積み直しての展示が計画された。相当な重量となるため，展示架台に免震構造を施し，博物館の建築に先行して基礎工事が行われた。土ブロックはFRPで上下側面と背面を補強し，鋼鉄の枠組ごとトラックで博物館に運び込まれた。

展示施設は高さ約20 mにおよび，その天井にクレーンで取りつけ，土ブロックの所定位置ごとに収め，ケミカルアンカーで裏面を固定し，積み直し作業が行われた。分断された土ブロックは切り出しや乾燥で生じた隙間が10 cm程度に及び，堤の土で充填されている。こうして積みあがった101個の土ブロックはもとどおりの高さ15.4 m，長さ62 mに収まった。そして，

写真―５ 移設展示された堤と樋管

アンカーで支える裏面を隠すため，最初に採った「土層はぎ取り」を貼り付けた。

高さ15.4 mの堤を土ブロックごとに切り出し，保存処理したのちに移設，ほぼ垂直に積み直して展示するという新しい技術は，特許が得られた。樹脂含浸による土ブロックの補強方法・土ブロックの展示表面の表面仕上げ方法・土構造物の移設および保存展示方法の3件が発明として特許庁に認められたのである。

ただし，日本は高温多湿の気候風土であり，ほぼ垂直に積み上げた土ブロックを半永久的に保存・展示できるのか，懐疑の声もあった。土ブロックには多数の亀裂があり，崩落の危険をもつ恐怖展示と揶揄されることもあった。すぐカビに覆われるだろうという悲観もあった。筆者らも17年を経た土ブロックが，いつまで垂直に自立し続けるのか，注意深く見守っている。

平成13年3月，狭山池の平成改修工事が完成した。同年，大阪府立狭山池博物館が竣工・開館した。昭和63年12月の着工以来，工事関係者の手にあった狭山池は装いを一変して地域の人たちのもとに還った。市

写真―6　狭山池博物館

民から「桜の樹を切るな」と陳情があったとき，「工事後，桜は2000本にしてお返しします」と約束していたそうである。しかし，計画された「桜の園」は総額43億円を投じた博物館にとってかわり，別の意味で話題となった。それでも1000本余の桜が池の周りに植えられ，4月には人々の目を楽しませ，12月の夜は電飾による桜も咲き乱れる。

17年目を迎えた博物館は，累計150万人の来館者を到達目前にしている。近年は多くの外国人を含む，年間10万人前後の入館があり，地域密着型ではあるが，多くの人々に愛される歴史体験の場となっている（**写真―6**）。

JCMA

《参考文献》
吉川邦子（2007）「近世における狭山池西除の改修」『研究報告』4　大阪府立狭山池博物館
中塚武(2014)「平家はなぜ滅んだのか　－気候変動という視点」『HUMAN』07　人間文化研究機構
金森弥（2016）「狭山池の堤を移築し展示する」『ダム技術』361　ダム技術センター
西川寿勝・浜地長生（2017）「狭山池」『ヒストリア』260　大阪歴史学会
田中博（2017）「生き続ける土木遺産狭山池」『土木技術』72-3　土木技術社
大阪府立狭山池博物館（2017）『常設展示図録』

《挿図出典》
写真―1，2　大阪府立狭山池博物館提供
写真―3～6　西川撮影
図―1，2　西川作図
図―3　大阪府立狭山池博物館（2017）をもとに西川作表
表―1　吉川邦子（2007）をもとに西川作表

JCMA

［筆者紹介］

吉井　克信（よしい　かつのぶ）
大阪府立狭山池博物館
副館長

西川　寿勝（にしかわ　としかつ）
大阪府立狭山池博物館
学芸主査

浜地　長生（はまち　おさお）
大阪府立狭山池博物館
学芸嘱託員

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

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

蛯　澤　隆　行

晩翠橋は，栃木県北東部を流れる那珂川に架設された橋梁で，架橋から 80 年以上が経過し，一部に著しい劣化や損傷が見られたことから，栃木県では長寿命化修繕計画に基づき 2011 年に補修補強工事に着手し，2015 年に完成した。本稿では，歴史的な価値のある晩翠橋を未来に残していくために，景観を考慮しどのような補修補強を行ったか，これまでの歴史を振り返るとともにその内容について報告する。
キーワード：歴史的鋼橋，長寿命化，耐震補強，継続的維持，保守

1. はじめに

晩翠橋は，栃木県の北東部を流れる一級河川那珂川に 1932 年に架設された県道橋で，ロイヤルリゾートと呼ばれる那須の玄関口に位置し，2002 年にはその美しさ，歴史的な価値が認められ土木学会選奨土木遺産に認定されている。

歴史的鋼橋は，橋の維持管理において構造物の基本的な機能である安全性や耐久性，使用性に加えて歴史性を考慮することが求められる。

そこで，本稿では，橋の基本的な機能と歴史的な機能との両立を図ることを目指して実施した補修補強工事について，晩翠橋の魅力の 1 つである周囲の景観と調和のとれた左右対称のアーチ形式を活かした上で，どのような補修補強を行ったか，これまでの歴史を振り返るとともにその内容について報告する。

写真―1　工事中の晩翠橋

2. 晩翠橋の歴史

(1) 歴代の晩翠橋

初代晩翠橋は，1884 年に栃木県令三島通庸による陸羽街道の改修工事に伴って架設された。

この街道の改修工事は，那須野が原を縦断する新たなルートとして，主街道を奥州街道から西側にシフトさせたものである[1]（**図―1**）。

図―1　那須地域の街道

これは，不毛の地であった広大な那須野が原開拓のための那須疎水の本幹水路完成（1885 年）に 1 年先立つものであった。

架橋位置は付近で川幅が一番狭いところを選んだ。しかし，川幅が狭いと渡河するには効率的である一方，洪水時には流速が早くなり橋への影響が大きい。木造で腐りやすく，洪水で流出されるなどして，その後 4 代にわたり同じ位置に架け替えられた（**図―2**）。

(2) 晩翠橋（現橋）

(a) 経緯

現在の晩翠橋は5代目にあたり，1929年の世界恐慌による政府の失業救済事業をきっかけとして，1932年に架け替えられたものである[1]。

架橋位置は，那須御用邸の道筋にあたる国道4号の改修に伴い，橋前後の道路線形の見直しが行われたため，先代よりも数十m下流に変わった（**図―2**）。

図―2　位置図

(b) 事業概要

設計から現場監督まで，内務省土木局が総指揮を担った。設計者は土木局技師の永田年と富樫凱一，現場監督は米田正文であり，彼らはのちに土木学会会長を務めている[2]。

事　業：内務省直轄工事
工　期：1931年4月～1932年6月
工事費：145,800円
鋼　重：734 t
組　立：浅野造船所

(c) 諸元

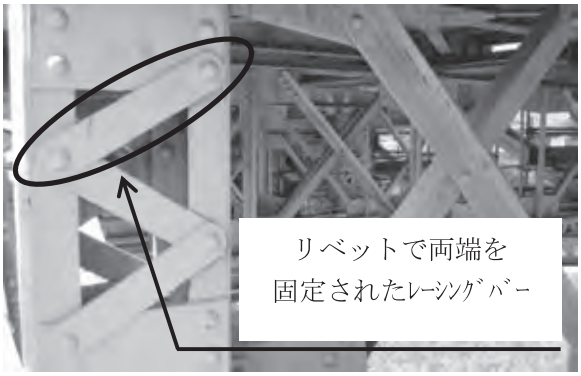
橋　長：126.0 m（28.0 + 70.0 + 28.0）
斜　角：90度
活荷重：8 t（2等橋）
幅　員：7.0 m（車道）+ 1.7 m（片側歩道）
上部工形式：鋼ブレースドリブ・
　　3径間バランスドアーチ
下部工形式：重力式橋台・橋脚
基礎形式：直接基礎
支　承：鋼製ピン支承（橋台：可動　橋脚：固定）
適用示方書：大正15年細則
添架物：NTT管路5条

(d) 構造形式

晩翠橋の上部工形式は，上下2段のアーチをトラスでつないだ構造（ブレースドリブ）であり，連続する側径間は地形に合わせて左右対称にバランスをとったものである。

この形式は全国でも2橋しかなく，もう1橋は埼玉県秩父市にある荒川橋（1929　設計者：増田淳）だけであり，2002年には栃木県内で初めて土木学会選奨土木遺産に認定されている。

また，組合せ部材としては，架設当時の特徴として現行設計では見られないリベットやレーシングバーといった部材で構成されており，歴史的・文化的価値の拠りどころの1つとなっている[3]（**写真―2**）。



写真―2　リベット及びレーシングバー

(e) 建設当時の架設方法等

那珂川の河原に運搬用のトロッコ道を敷設して，コンクリート用の砂利や砂は現地採取し，ふるいにかけて選別した。また，鋼部材の組み立ては上空にケーブルを渡して実施した[3]（**写真―3**）。

写真―3　架設状況

(f) ライトアップ

ライトアップは旧黒磯市（現那須塩原市）が1999年からクリスマスなどのイベント時に実施してきた。

その後，東日本大震災の計画停電や当該補修工事の関係で大震災以降ライトアップを行っていなかったが，工事完成を祝ってライトアップを行い，その後は

写真―4 ライトアップ状況

クリスマスや上流の花火大会時に点灯を再開している（**写真―4**）。

3. 点検結果及び補修履歴

(1) 点検結果

2007年に県で実施した詳細点検における主な部材の点検結果概要は以下の通りである。

(a) 各部材（アーチ，縦桁，横桁，対傾構等）

防食機能の劣化と腐食が見られるが，錆は表面的であり，著しい板厚減少は見られない。状況に応じて補修が必要である。

(b) 床版コンクリート

路面からの浸透水による伸縮継目部の剥離・鉄筋露出が顕著である。原因究明により適切な補修・補強が必要である。

(c) 防護柵支柱（高欄）

全体的にコンクリート劣化に伴う鉄筋腐食による剥離・鉄筋露出が見られるため，耐力低下が想定され，速やかに補修を行う必要がある。

(2) 補修履歴

橋全体の塗り替えは国管理時代の1972年に1回と，県管理になってから1999年に1回行っている。また，部分的な補修として2001年に高欄の塗り替えを行っている。

4. 設計方針

(1) 補修補強の基本方針

晩翠橋は土木遺産であり，また，代替路線は下流約1 kmに国道4号の新晩翠橋と上流約2 kmに新橋の計画があるものの直近にはない。今後も晩翠橋を未来に残していくためには，橋の交通機能と歴史的な機能との両立が求められた。

そのため，保全方針は，「継続的維持」と「保守」を選択した。

「継続的維持」とは橋全体としての景観・外観を変更するような改変は行わずに，現状のまま供用しながら機能を維持するという方針であり，「保守」とは社会から要求される機能に適応するため部分的に改変を許容するという方針である[3]（**表―1**）。

(2) 部材等の設計方針

晩翠橋は溶接やボルトは使われておらず，すべてリベットにより接合されている。

リベットでの復元事例としては，四谷見附橋（東京1993）[3]等があるが，専門のかしめ職人がほとんどおらずリベット利用が困難である。そのため，ボルト頭部がリベットに似たトルシアボルトを採用した。

表―1 保全方針とその適用範囲

保全方針	概　要	供用の有無	移設の可否	補修・補強の例	今回該当
継続的維持	現状の機能を維持	○	×	・部分的，軽微な補修 ・塗装塗替え	●
保 守	小規模な改変及び改造	○	×	・床版補強 ・部分的な主構補強 ・高欄改修 ・耐震補強	●
再 生	外観の変更を伴う 大規模な改変・改造	○	両方可	(「保守」の例に加えて) ・用途変更（例：鉄道橋の歩道橋転用） ・支間短縮，延長 ・幅員拡幅，縮小 ・新たな構造部材の追加	
復 元	オリジナルの機能や 外観を再現	両方可	両方可	・架替えに伴い，旧橋を移設して再利用，あるいは公園内などの展示	
保 存	現状の状態を維持	両方可	×	・架替えの後，旧橋を利用せずそのまま残置	

また，レーシングバーについては，当て板補強を行う場合にはそのままでは補強ができないため，撤去した。

床版については，一般的に裏側を見上げられる機会も少なく，晩翠橋は上路橋で水面から約 15 m と比較的高さもある。そのため，目立ちにくく全体の景観を損ねることが少ないことから，一般橋梁と同様に床版補強を行った。

(3) 耐震補強の設計方針

道路橋示方書（以下，道示）における耐震補強の照査方法は静的解析と動的解析に分けられる。

アーチ橋である晩翠橋は地震時の挙動が複雑となる。そのため，発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動であるレベル 2 地震動の照査は動的解析により行うものとし，どのレベルの補強が最適かを検討した。

【事業概要】

・工事期間　　2011 年 10 月～ 2015 年 1 月
・全体工事費　約 4.4 億円
　（うち耐震補強約 0.7 億円　床版補強約 0.9 億円
　補修約 2.8 億円）
・適用示方書　2002 年 3 月版

5. 耐震補強設計

(1) 設計概要

竣工当時の図面が残っていたため，すべての部材（アーチリブやブレース上部工など）を忠実に再現し，3 次元立体骨組モデルを作成した。

次に，耐力照査のため，静的解析（常時及びレベル 1 地震動）及び動的解析（レベル 2 地震動）により各断面の断面力及び変位を算出した。

(2) 解析結果

静的解析の照査では，ほとんどの部材が許容値の 1.5 倍以下の発生応力で収まったが，動的解析の照査では，ほとんどの部材で許容値を超過し，2 倍以上の発生応力となる部材も多かった。

なお，下部工については，地質・測量調査の結果，基礎は強固な岩盤層に支持され，転倒・滑動・支持力について安定照査を行った結果，問題はなかった。

(3) 採用案

レベル 2 地震動対応については，解析上，特に橋軸直角方向での挙動が厳しく，既存部材の補強だけでなく新たな部材の設置など大規模な構造改変が必要となり，土木遺産としての価値を保ったままで，道示に対応した補強は現実的ではないと判明した。

そこで，「レベル 1 地震動対応の耐震補強（一部の鋼部材補強）に加えて，落橋防止システム（レベル 2 地震動対応での落橋リスク軽減）の補強案」を採用して，橋全体の景観に配慮した上での耐震補強を行うこととした。

6. 耐震補強及び床版補強工法

設計で想定されない地震動の作用等，不測の事態に備えるフェールセーフ機構として落橋防止システムがある。その構成要素は，今回適用した H14 道示では「けたかかり長」，「落橋防止構造」，「変位制限構造」及び「段差防止構造」の 4 つである。

晩翠橋では「けたかかり長」は基準を満たしているため，それ以外の 3 つについて設置のための比較検討を行った。

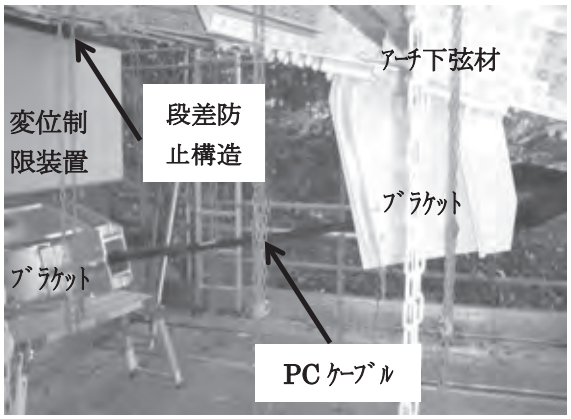
(1) 落橋防止システム

(a) 落橋防止構造（PC ケーブル方式）

落橋防止装置については「緩衝チェーン」，「ゴム被覆チェーン」及び「PC ケーブル」の 3 案について，施工性，景観性，経済性等を総合的に比較検討し，「PC ケーブル」を採用した（**写真**―5）。

(b) 変位制限構造（RC ブラケット方式）

橋台の現況支承はタイプ A 支承で，変位制限構造と補完しあってレベル 1 以上の地震力に抵抗するものである。そのため，「鋼製ブラケット突起」及び「RC ブラケット突起」の 2 案について，施工性，景観性，経済性等を総合的に比較し，「RC ブラケット」を採用した（**写真**―5）。



写真―5　落橋防止システム

（c）段差防止構造（変位制限装置兼用）

桁下と橋座面の高低差が約 700 mm と高いことから，万一支承が損傷しても災害時に緊急車両が通行できるよう，変位制限装置天端にゴム製の段差防止構造（桁下遊間 50 mm）を設けた（**写真**―5）。

(2) 主構造補強（当て板補強）

主構造である鋼部材については，施工性や土木遺産としての橋全体の景観に配慮し，解析により耐荷力の不足している計 82 箇所の部材に対して，板を重ねる当て板により補強を行った。

(3) 床版補強（鋼板接着補強）

耐力不足の床版を B 活荷重対応とするため，「鋼板接着補強」，「炭素繊維」及び「炭素繊維＋床版上面増厚」による比較検討を行い，構造性，経済性に優れ，桁下作業により施工時の交通規制の影響が小さい「鋼板接着補強」を採用した。

7. 補修工法

(1) 床版の連続化

床版には 4 箇所の目地があり，漏水による床版・鋼材の損傷が激しい。当時は生コン工場やポンプ車が存在しないため，人力での練混ぜ・打設作業であったことから，構造上意図したものでなく施工目地と推定し，漏水対策及び走行性向上のための連続化を行った。

(2) 床版の断面補修

床版下面については，締固め不足などの施工不良と思われるジャンカや，乾燥収縮が原因と思われる微細なクラック及び遊離石灰が見られた（**写真**―6）。

そのため，床版補強に先立ち，セメントモルタルに比べ接着性や乾燥収縮性などに優れる，ポリマーセメントモルタルによる断面修復を行った。

写真―6　床版損傷状況

(3) 損傷部材の当て板補修

工事用の吊足場により詳細に調査を行った結果，橋梁点検車を使った点検では発見できなかった損傷が確認された（**写真**―7）。

主に床版目地において，漏水により付近の横桁の損傷が激しく，母材厚が減少していたため，当て板による補修を行った。

写真―7　鋼材損傷状況

(4) 塗装塗替

晩翠橋の周辺には赤松が多く，「晩翠」には「冬枯れになっても木々の葉が緑である」という意味があることを踏まえ，橋の色は景観に配慮した淡い緑系の色を採用した。

塗装仕様については，補修前は耐用年数 10 年程度の A-1 系（長油系フタル酸樹脂塗装）で塗装であるが，今回は中・上塗りに重防食塗装の C 塗装系（フッ素樹脂）を採用した。

また，下塗りには赤錆を緻密な安定錆である黒錆（マグネタイト）に転換させる錆転換型の塗装を採用することで，次回の塗装塗替え作業を軽減するとともに，耐久性のより一層の向上が期待される。

なお，今回 NTT の添架管やライトアップ照明も，NTT や市役所と調整し，橋と同一色に塗替えを行うことで景観に配慮した。

(5) その他

その他の補修として，高欄や地覆，伸縮装置，舗装，歩道照明の更新（LED 化）を行った。

なお，高欄はコンクリート製だったものを鋼製にし，色については橋と同一系統で橋よりも濃い緑色を採用して，景観に配慮した。

8. 苦労した点

(1) 交通規制に伴う渋滞対応

工事施工にあたり，工期短縮のため全面通行止めによる工事実施も検討したが，以下の理由により片側通行規制で工事を行った。

晩翠橋はJR黒磯駅など中心市街地にアクセスする日交通量1万台を超える幹線道路の一部であり，迂回路の橋が上下流とも遠く，行楽期には観光地那須への玄関口にあたることから，最小限の交通規制での施工が求められたからである。

そこで，工事期間は閑散期である2月上旬から一番の行楽期である夏休みの前の7月中旬までとし，その中でゴールデンウィークは工事を中止することとした。また，下流側の迂回路となる国道4号の新晩翠橋でも，晩翠橋と同時期に補修工事を行っていたため，規制時期が重ならないよう宇都宮国道事務所と工程調整を行いながら工事を実施した。

交通規制を行う際は，市広報誌への交通規制情報の提供，地元回覧や看板による迂回路の周知を徹底し，交通管理者と綿密な連絡調整を行った。

また，工事資材や足場の搬入にあたっては，橋上からの規制を伴った荷卸しではなく，極力橋下からの搬入とし，交通への影響が出ないようにした。

以上のような対応を行った中で，地元や道路利用者から何件かの苦情をいただいたが，苦情により工事が滞ることなく進めることができた。

(2) 損傷確認

晩翠橋のような特殊橋梁では，橋梁点検車による調査では桁下に入り込むスペースが限られており，すべての部材を確認できず，工事着手後に新たな損傷が発見され補修工事の追加を余儀なくされた。

点検を行う際には可能であれば足場の設置が確実であるが，経済的な問題から現実的ではない。そこで，部分的な足場の設置や最新の技術を生かした点検ロボット，ドローン等の活用が有効と考える。

9. 工夫した点

床板補強のため採用した鋼板接着補強工は，点検手法としては打音調査や各種非破壊検査があるが，一度鋼板を取り付けてしまうと，床板下面について直接目視による状況確認ができない。

そこで，縦横桁で囲まれた床板ブロック毎に，鋼板強度への影響を確認した上で鋼板に予めφ100の孔を設けて，床板下面の一部（ブロック中央付近）を確認できるようにし，今後の維持管理に活用できるようにした。

10. おわりに

歴史的鋼橋などの土木遺産は地元に親しまれ大切にされることが重要である。晩翠橋は，夏の花火の際には花火をバックにライトアップされた写真がよく撮られるなど，地域のランドマークでありカメラスポットとして人気がある。また，右岸橋詰の下流側に展望スペースがあり，右岸上流にある旧橋の橋詰からは橋下に降りることができる。これからも地元から愛される橋として存在し続けることを願ってやまない。

また，2015年度から橋梁等の土木構造物の法定点検が本格的に開始され，全国の各自治体で橋梁補修が実施されており，今後，歴史的鋼橋においても補修補強の必要性が増していくことが想定される。橋の歴史性といった内容はあまり馴染みがないと思われるが，本稿が歴史的鋼橋の補修補強を行う上での一助となれば幸いである。

JCMA

写真―8　完成した晩翠橋

《参考文献》
1）黒磯郷土史研究会：晩翠橋　その歩みと柴田久四朗氏旧蔵写真　2009
2）土木学会：土木コレクション　HANDS＋EYES　2014
3）土木学会：歴史的鋼橋の補修・補強マニュアル 2006

［筆者紹介］
蛯澤　隆行（えびさわ　たかゆき）
栃木県県土整備部交通政策課
主査

特集≫≫ 歴史的遺産・建造物の修復

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

出 水 享

筆者は 2009 年から軍艦島の現状を 3D 記録する「軍艦島 3D プロジェクト」を実施している。2014 年 4 月にドローンを用いた空撮画像で軍艦島の 3DCG 化に成功した。約 2 年半経過した 2016 年 11 月に再度，3DCG 化を行い，現在データの分析を行っている。

ここでは，軍艦島 3D プロジェクトの概要，2 年間半の間に起きた軍艦島の変化，3D データを用いた観光への利用例，さらに現在，実施している「長崎 3D プロジェクト」の概要について述べる。

キーワード：ドローン，3D，VR，軍艦島 3D プロジェクト，長崎 3D プロジェクト

1. はじめに

現在，日本全国で国宝ならびに国指定重要文化財の数は約 1 万 3 千あり，その中で建造物は全体の約 2 割（約 2 千 5 百）を占めている[1)]。現存する文化財建造物は建造後，数百年経過しているものもあり，老朽化が進んでいる。建造物は規模が大きく屋外で保存しなければならず，日本の高温多湿の気候風土や外海からの飛来塩分の影響により，劣化の進行が速い。先人が残した宝を守るためには綿密な維持管理が必要となる。しかし，財政が厳しい地方自治体では維持管理費用の捻出が困難となるケースもある。2015 年 7 月に「明治日本の産業革命遺産 製鉄・鉄鋼，造船，石炭産業」の構成資産の一つとして世界文化遺産に登録された軍艦島は老朽化・劣化が進んでおり日々形を変えている。2016 年 1 月には，大正時代の洋風建築で国登録有形文化財の岐阜市旧加納町役場が老朽化のため取り壊された[2)]。

地震など自然災害により文化財が被害を受けるケースもある。2016 年 4 月に起きた熊本地震では，地元住民の誇りとも呼ぶべき文化財が多くの被害を受けた。熊本城の築城当初から残る石垣や櫓，阿蘇神社では国指定重要文化財の楼門などが倒壊した[3)]。

老朽化・劣化ならびに地震などで形を変えた文化財は元の状態に戻すことが難しい。そのため，現状ならびにその変化を記録する必要がある。3D 技術を用いた記録は文化財の「いま」をデジタル真空パックした状態で記録できることからその利用が期待されている。筆者は，3D 技術を用いた記録方法の検討を 2008 年ごろから行っている。ここでは 3D 技術を用いた記録の一例として軍艦島 3D プロジェクトについて述べる。また，3D データの観光への利用例や現在，実施している「長崎 3D プロジェクト」についても述べる。

2. 軍艦島 3D プロジェクト

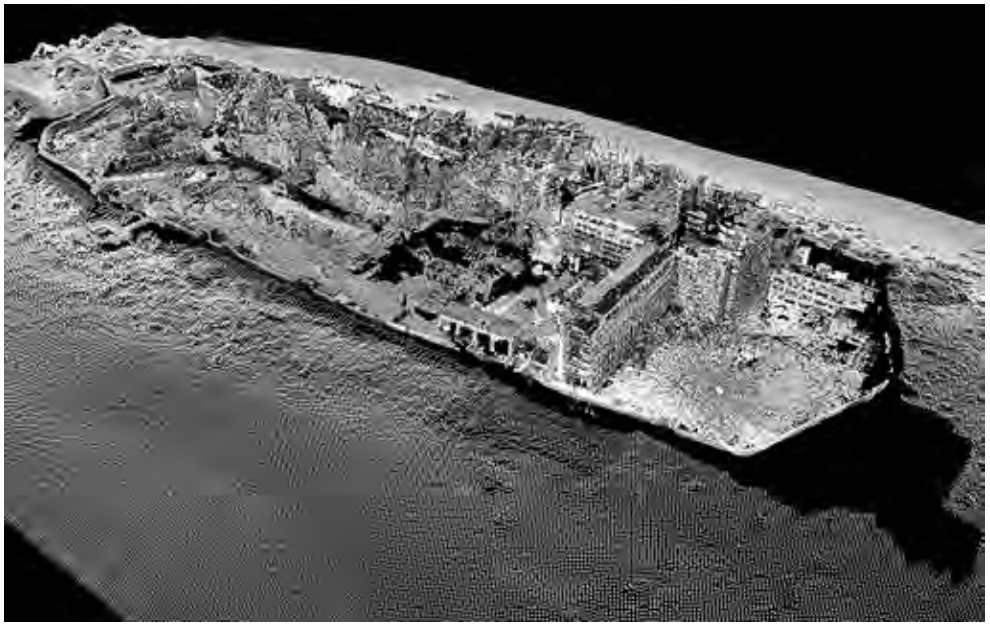
軍艦島を保存管理するためには現状を正確に記録する必要がある。島内には大正初めから昭和の後半の間に建設された建物が立ち並んでおり，その建物群は老朽化・劣化が進んでいる。中には倒壊の恐れがある建物も存在する。そのため，なるべく建物に近づくことなく記録可能な技術が必要となる。筆者は 2009 年から自主的に軍艦島の調査を行い，島内の一部を 3D データとして記録を行ってきた。3D データは島内の建物，護岸，地面の形や建物のひび割れ，鉄筋の露出，外壁・スラブの崩落や海水（波）で侵食された地面の深さを正確に記録できることが分かった。このことが評価され，2014 年に長崎市の依頼で世界遺産登録を見据えた保存管理や整備活用に資する資料を作成することを目的として“軍艦島のまるごと 3D 記録”を行った[4), 5)]。

記録では，3D レーザースキャナ（**写真―1**）やドローン（**写真―2**）を用いた空撮画像による 3D 記録を行った。3D レーザースキャナは建物，護岸，地面の形状を遠隔・非接触で短時間かつ高精度に記録できる。記録では地上で 145 箇所の計測を行った。また，島の周りの水中部の地形を記録するために水中 3D 計測を行い，地上部の計測データと統合して軍艦島の 3D 点群

モデル（**図**―1）を完成させた。ドローンは，3D レーザースキャナでは記録が難しい護岸（海側）や建物屋上部などを記録できる。記録では約 2,200 枚の空撮画像を組み合わせて 3DCG モデル（**図**―2）を完成させた。完成した 3D データを用いることで平面図（**図**―3）や変状図の製作が可能となる。これらの活動が評価され，軍艦島 3D プロジェクトは 2015 年にグッドデザイン賞を長崎市と共同受賞した[6]。

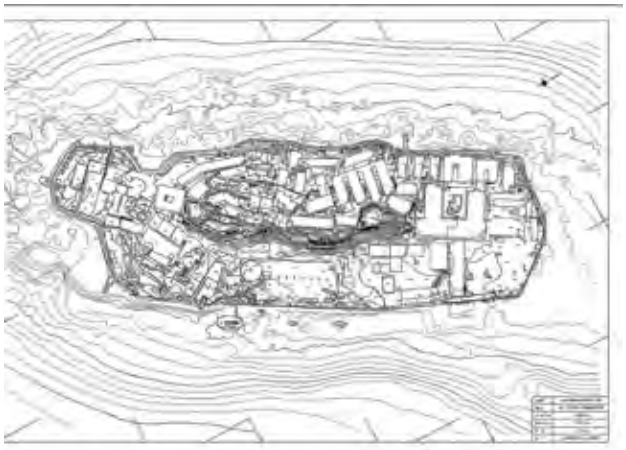
写真―1　3D レーザースキャナ計測

写真―2　ドローン撮影



図―1　軍艦島 3D 点群モデル

図―2　軍艦島 3DCG モデル



図―3 平面図

3. 約2年半で起きた軍艦島の変化

2014年4月に軍艦島の現状を記録して，2年半経過した2016年11月に再度3D記録を行った。記録の目的は，2年半の間で起きた軍艦島の変化を調べるためである。2年半の間に老朽化・劣化が進んでいることや台風の襲来や熊本地震などの影響により形を変えている可能性が高い。2016年の記録はドローンを用いた空撮画像約2,000枚を組み合わせて3DCGを製作した。そして，2014年の3DCGと比較することで軍艦島の変化を調べた。

図―4は小中学校の屋上である。2014年では屋根を支える柱が曲がっており崩落の徴候が見受けられる。2016年ではその屋根が崩落している。**図**―5は30号棟の西側面である。2016年では柱のコンクリートが剥がれおちてコンクリート内部にある鉄筋が剥き出しなっている。また，剥き出しになった鉄筋は腐食して黒くなっているのが確認できる。**図**―6は31号の西側である。2014年では地面に穴があいているのが確認できるが2016年ではその箇所にコンクリートが埋められているのが確認できる。

今回，紹介した軍艦島の変化は一部だが，その他にも多くの箇所で変化が見受けられた。一番多い変化は**図**―5のような部分的なコンクリートの剥がれであった。今後は，詳細に分析することで，変化が大きい建物の把握を行うとともに，建造年別の変化の進み具合の把握，方角や部材別の変化の度合いを調べていきたい。これらは別の機会に報告したい。

4. 3Dデータを観光に利用

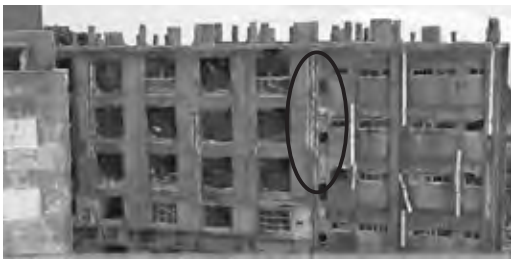
3Dデータは観光に利用できる。2015年9月に長崎市にオープンした「軍艦島デジタルミュージアム」は

(a) 2014年

(b) 2016年

図―4 小中学校の屋上

(a) 2014年



(b) 2016年

図―5 30号棟西側

(a) 2014年

(b) 2016年

図―6 31号棟回り

3D データを活用した映像展示がある。島の全容や歴史，また，通常観光でみることができない場所を最新のデジタル技術やデジタル機器を使って映像を楽しむことができる。**写真**―3 は 20 台のプロジェクターを使って大型スクリーン（幅 30 m 高さ 2.5 m）に映し出される軍艦島のデジタル映像は見ごたえがある。その他に軍艦島内を 3D で散歩できる展示などもある。

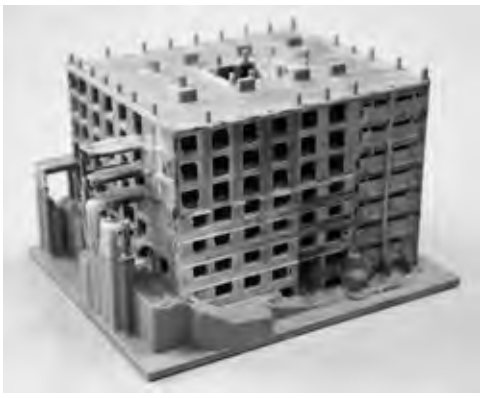
写真―3　大型スクリーン

3D データは VR と融合したコンテンツを製作できる。ハコスコ社と Unity 社に協力していただき軍艦島 VR を製作し，2016 年 2 月に GOOD DESIGN Marunouchi Exhibition #03「学ぶ・知る・体験するデザイン」で展示した。現在，その VR 動画（**図**―7）がネットで公開されている [6]。軍艦島 VR は，3D データからのパノラマ CG と実写パノラマを融合させたコンテツとなっている。コンテンツはパソコンのウェブブラウザ上で楽しむことができるが，スマートフォンとハコスコ（**写真**―4）を使うことで，いっそう楽しむことができる。

写真―5 は 3D データから 3D プリンタで出力した軍艦島 30 号棟の模型である。3D データを用いることで軍艦島を忠実に再現した模型が製作でき展示品やお土産品などの製作ができる。模型は 2015 年 8 月にみらい長崎ココウォーク（長崎市）で開催された「明治日本産業革命遺産　製鉄・鉄鋼，造船，石炭産業」世界遺産登録記念イベントや 2016 年 6 年にイギリスのロンドンで開催されたフォトグラファー MAKIKO の軍艦島写真展『Paradise Revisited ～ A trip back to a childhood on Gunkanjima～』においても展示された。

図―7　軍艦島 VR コンテンツ

写真―4　ハコスコで VR を楽しむ



写真―5　3D プリンター模型

5. 長崎 3D プロジェクト

現在，長崎県内の建造物，戦跡，遺跡，遺産，自然物などを 3D 記録する「長崎 3D プロジェクト」を実施している。プロジェクトの目的は 3D 技術を用いて姿・形を記録して後世に伝えること，3D データを全世界に発信して長崎の魅力を伝えること，国内外のクリエイターと連携して 3D データの新しい活用法を検討することである。プロジェクトは，筆者をはじめとする長崎県が大好きな有志で構成する「チーム N3D」[8] が実施している。なお，上述した 2016 年の軍艦島 3D 記録は「チーム N3D」が行った。「チーム N3D」は今までに 20 件ほど 3D データ化を行い，長崎 3D プロジェクトの専用ウェブサイト [8] でその一部を公開している。**表**―1 に 3D データ化リスト，**図**―8 に 3D データをそれぞれ示す。

6. おわりに

軍艦島を 3D 記録することで形だけなく状態を色情

表―1 3D データ化リスト

カテゴリー	リスト
教会・神社関係	野崎島沖神島神社・王位石（小値賀町） 野崎島旧野首教会（小値賀町） ※小値賀町の依頼で製作
長崎原爆遺跡	山王神社二の鳥居（長崎市） 旧長崎医科大学門柱（長崎市）
産業遺産・炭鉱関係	端島・軍艦島（長崎市） 中ノ島（長崎市） 高島炭坑 北渓井坑跡（長崎市） 小菅修船場跡（ソロバンドッグ）（長崎市）
石橋	長崎眼鏡橋（長崎市） 諫早眼鏡橋（諫早市）
奇岩	鯖くさらかし岩（時津町） 夫婦岩（長崎市）
戦跡	姫神山砲台跡（対馬市） 針生送信所無線塔（佐世保市） 針生送信所電信室（佐世保市） 無窮洞（佐世保市） 片島魚雷発射試験所（川棚町）
その他	大波止の鉄玉（長崎市） 竪削盤（三菱資料館内）（長崎市） 島原土石流被災家屋（南島原市）

（a）野崎島旧野首教会（小値賀町）

（b）山王神社二の鳥居（長崎市）

（c）眼鏡橋（長崎市）

（d）島原土石流被災家屋（南島原市）

図―8 3D モデル

報として記録できることやデータを定期的に記録し過去のデータと比較することで変化を捉えることができることが分かった。このことから，3D 技術は文化財の新しい記録方法として定着すると考える。3D 記録は文化財だけなく，橋，トンネル，斜面，河川などのインフラ構造物の維持管理にも利用できると考える。さらに，3D データは記録だけでなく観光や VR などと融合させた映像コンテンツにも利用できるほか，お土産品や展示品など幅広い分野に活用できる。

いいこと尽くしの 3D データだが課題もある。我々の記録したデータが 50 年後，100 年後に利用できるとは限らない。そのため，保存形式や保存方法について今後検討する必要がある。保存形式に関しては，3D を構成する写真データや点群データの生データも一緒に保存することが大切だと考えている。保存場所については，個人で管理するとハードディスクが壊れることがあり，また，所有者がいなくなるとそのデータが使えなくなる。そのため，国，県の図書館や博物館に保管するのが妥当だと考えている。

今後の活動としては街並みを 3D 記録して，50 年後，100 年後にデータを残していきたい。現在，我々が先人が残した古写真を見て過去に思いを寄せるように，未来人に我々の残した 3D データを見て現在に思いを寄せてもらうためにも。

JCMA

《参 考 文 献》

1）文化庁 HP：http://www.bunka.go.jp/seisaku/bunkazai/shokai/shitei.html
2）毎日新聞 2016 年 1 月 13 日ウェブニュース https://mainichi.jp/articles/20160113/ddl/k21/040/215000c
3）毎日新聞 2016 年 5 月 13 日ウェブニュース https://mainichi.jp/articles/20160513/k00/00e/040/182000c
4）端島遺構状況記録調査業務委託報告書 2014 年 6 月
5）出水享：軍艦島 3D プロジェクト―最新のインフラ点検技術を活用したデジタルアーカイブ―，土木学会誌，101（4），pp.28-29; 2016
6）グッドデザイン賞「軍艦島 3D プロジェクト」http://www.g-mark.org/award/describe/43107
7）ハコスコストア HP https://store.hacosco.com/
8）長崎 3D プロジェクト HP https://nagasaki3d.tumblr.com/

［筆者紹介］
出水 享（でみず あきら）
長崎大学大学院工学研究科・チーム N3D 博士（工学）
https://www.akira-demizu.com/

特集≫≫　歴史的遺産・建造物の修復

歴史的建造物の移動（曳家），免震化（レトロフィット）工事

川　越　耕　治

我が国には先代が築いてきた貴重な歴史的建造物が多く存在している。これらはこれまでの多くの天災にも耐え，今なお創建当時の姿で立派に機能を果たしているものも数多くある。今後は首都直下地震や南海トラフ地震等の大地震の発生の可能性も予見されており，これらの地震から貴重な歴史的建造物を守り，後世に引き継ぐことはこの業界に携わる者の使命である。本稿は一般的な移動，免震化の概要と，これまでに行われた歴史的建造物を保存する為の移動工事と免震化工事の施工例を述べるものである。
キーワード：歴史的建造物，移動，免震化，レトロフィット，ジャッキ，仮受

1. はじめに

現在我が国には明治，大正，昭和初期に建造された鉄筋コンクリート造や煉瓦造の貴重な構造物が戦火や地震等の自然災害に耐え今もなお多くの地域の人々に愛されながら存続している。我が国は世界有数の地震大国であり，近年では阪神淡路大震災，中越沖地震，東日本大震災，昨年には熊本地震が発生し，多くの貴重な構造物も被害を受けている。また今後も首都直下や南海トラフでマグニチュード８クラスの巨大地震が30年以内に70％の確率で発生すると予測されている。これらの地震から貴重な構造物を守り，後世に引き継ぐことはこの業界に関わるものとしての使命である。その為にも建造物の移動や免震化工事といった既存の建物を保存する為の工事は貴重な工法であり，多くの関係者に知識として認識して頂きたいと考える。

2. 移動（曳家）工事の歴史と分類

(1) 移動工事の歴史

鉄筋コンクリート造などの堅牢建築物の移動は，第二次世界大戦後の被爆都市における戦災復興事業で必要となり，その後，都市再開発，区画整理事業の施行においても多く行われてきた。また，学校，工場等の同一敷地内での配置転換でも行われており，ビル等の移動はその後も種々の理由から実施されてきた。

(2) 移動工法の分類

堅牢建築物の移動工法は建物の構造，規模及び地盤，その他の状況によって決められるが，一般的には（**図**―1）のように総堀法，切断法，ジャッキアップ法，斜路法に分類される。

(3) 移動の方法

牢建築物の移動は一般的に移動先まで耐圧版コンクリートを打設し，その上に30 kg/m レールを敷き並べ，レール上に丸鋼を並べた移動台車（約90 cm × 180 cm）を設置し，建物の後方から油圧ジャッキで押し出す方法で行われる。レールの本数や移動台車及び，押し出すための油圧ジャッキの台数は建物の重量や移動する地盤状況等を考慮して決定する。移動する際は建物左右の移動距離の計測を行うと共に建物の不同沈下等の異常がないかを常に監視しながら行う。

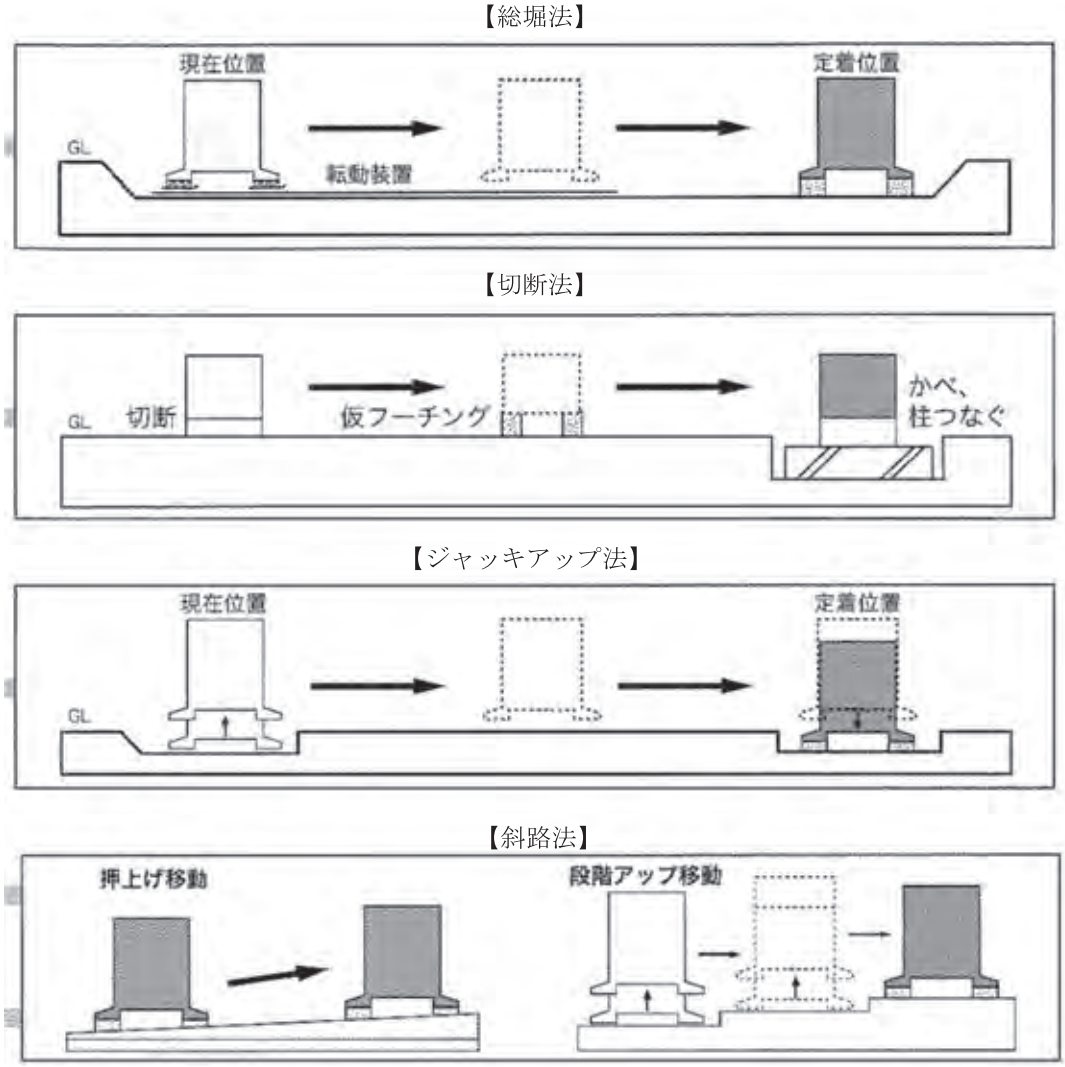
3. 免震化（レトロフィット）工事の歴史と分類

(1) 免震化工事の歴史

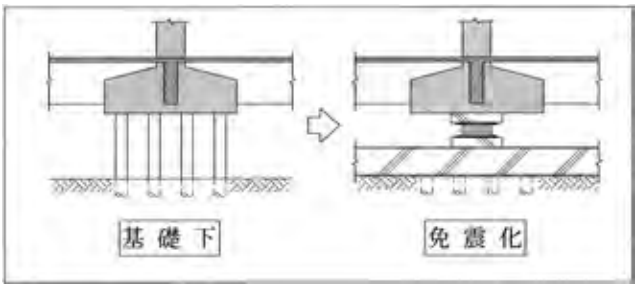
既存の建物を免震構造に改修する免震化工事は1995年に発生した阪神淡路大震災の翌年以降から始まり，先日世界遺産登録をされた国立西洋美術館をはじめ様々な歴史的建造物や，災害時の拠点となる庁舎，校舎等の多くの建物に採用されている。

(2) 免震化工法の分類

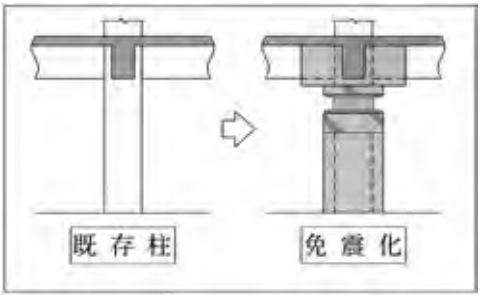
既存建物の免震化は基礎下で行う基礎免震（**図**―2）と中間階の柱を切断して行う中間階免震（**図**―3）に分類される。いずれの工法も建物を使用したままの状



図―1　移動工法の分類



図―2　基礎免震



図―3　中間階免震

態で施工する事が可能であるが，その場合は建物利用者への配慮やライフラインの確保，工事中の地震対策を行う事が必要になる。

(3) 免震化の方法

基礎免震は建物の基礎下を掘削後，マットスラブ等の支持構造体を構築しマットスラブと基礎の間に免震装置を設置する。建物が直接基礎構造の場合は掘削と並行してジャッキで建物を仮受し，免震装置を設置後ジャッキの撤去を行う。杭基礎構造の場合はマットスラブ打設後，マットスラブと基礎間をジャッキで仮受を行い，既設杭の切断後に免震装置を設置しジャッキを撤去する。中間階免震は既存の梁や柱の補強後，柱の横でジャッキによる仮受を行い，柱の免震装置を設置する部位を解体後，免震装置の設置，免震装置上下の躯体の構築，ジャッキ撤去の順で行う。

4. 施工事例

(1) 旧李王家東京邸移動工事

(a) 工事概要

当該建物は旧グランドプリンスホテル赤坂を解体し新たなビルを新築するに当たり，敷地内で約 44 m の一次移動を行い，元の位置周辺の新築建物の先行床が完成後その上部まで約 30 m の二次移動を行い保存した工事である（**写真―1，図―4**）。

(b) 建物概要

建物名称：旧李王家東京邸(東京都指定有形文化財)
建設年次：昭和 5 年
構　　造：鉄筋コンクリート造　(一部木造)
階　　数：地上 2 階 塔屋付
基礎構造：直接基礎（べた基礎）
面　　積：建築面積 950 m^2　延床面積 1,790 m^2
建物重量：約 5,000 ton

(c) 施工方法

施工は（**図―5**）の手順で行い，それぞれの作業内容は下記の通りである。

写真―1　工事前の旧李王家東京邸

①準備工事

建物の外周部及び建物の床下を独立フーチング基礎の下面まで掘削し，厚さ 50 cm の仮設耐圧版を打設。その後，1 階床下に既存 1 階床梁，柱を巻き込むようにマットスラブを構築した。

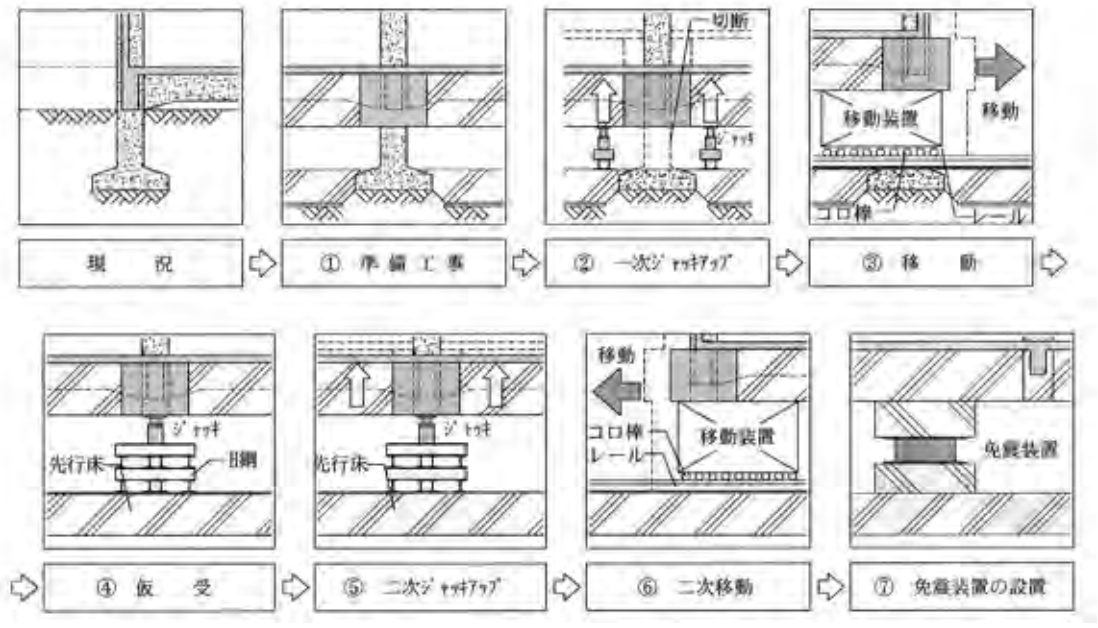
②一次ジャッキアップ

仮設耐圧版とマットスラブ間に油圧ジャッキを設置し建物を仮受後，既存の柱を切断し，建物全体を一斉に 22 cm のジャッキアップを行った。

③一次移動

仮設耐圧版上にレールを敷き移動台車（**写真―2**）を設置し，建物の荷重を仮受から移動台車に移行し，建物後方の移動台車を油圧ジャッキで押す方法で移動を行った。移動は 1 日約 5 m を行い 8 日間で約 44 m の移動を完了させた（**写真―3**）。

図―4　移動概要図（曳家重ね図）



図―5　移動フロー図

④仮受

移動完了後，建物全体の仮受を行い，移動台車･レールを撤去し二次移動までの仮置き期間とした。

⑤二次ジャッキアップ

二次移動の前に建物の最終レベルとなる高さに合わせる為に，再度 20 cm のジャッキアップを行った。

⑥二次移動

一次移動と同じ手順により先行床上の据え付け位置までの二次移動を行った。移動は一次移動と同様に 1 日約 5 m を行い，6 日間で約 30 m の移動を完了させた。その後，建物全体の仮受を行い，移動台車，レールを撤去した。

⑦免震装置の設置，仮受の撤去

マットスラブ下に免震装置，オイルダンパーを設置後，仮受を撤去し移動を完了とした。

写真―２　移動台車

写真―３　移動中の旧李王家東京邸

(2) 明治屋京橋ビル免震化工事

(a) 工事概要

当該建物は京橋二丁目西地区再開発事業の敷地内に位置しており再開発事業と合わせ，明治屋京橋ビルを保存する為に建物構造を免震化する工事と建物全体の改修工事が行われた。免震装置は地下 1 階の柱頭に 25 台を設置する中間階免震で行われた（**写真**―４）。

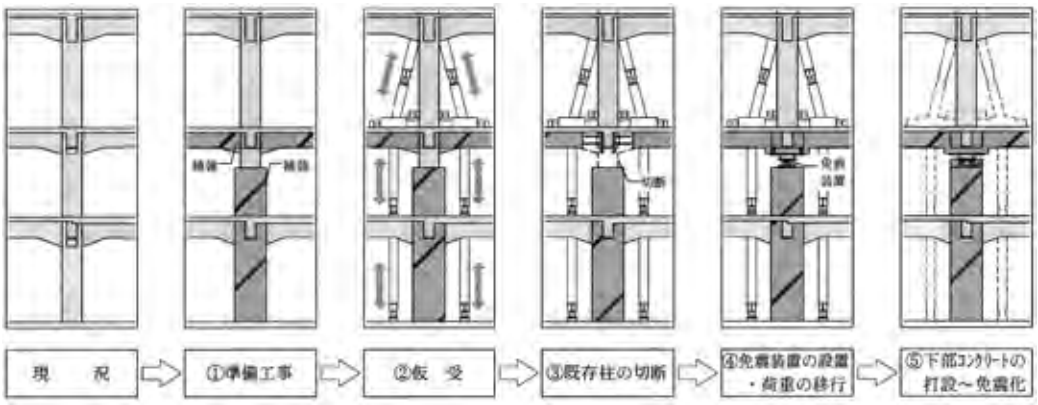
(b) 建物概要

建物名称：明治屋京橋ビル（中央区指定有形文化財）
建設年次：昭和 8 年
構　　造：鉄骨鉄筋コンクリート造
階　　数：地下 2 階　地上 8 階　塔屋 2 階
基礎構造：直接基礎（べた基礎）
面　　積：建築面積 553.22 m^2　延床面積 5,477.86 m^2
建物重量：約 7,500 ton（免震層から上部のみ）

(c) 施工方法

施工（**図**―６）の手順で行い，それぞれの作業内容

写真―４　工事前の明治屋京橋ビル



図―６　免震化フロー図

は下記の通りである。

①準備工事

地下 1,2 階の既存柱及び 1 階床梁を鉄筋コンクリートにより補強を行った。

②仮受

地下 1，2 階及び 1 階の柱近傍に油圧ジャッキと鋼材を設置し（**写真**―5，6），油圧ジャッキに設計荷重を導入して既存柱の軸力を油圧ジャッキに移行し仮受を行った。

③既存柱の切断

地下 1 階の既存柱の柱頭部をワイヤーソーを使用して 2 面切断を行い，切断片の引き出しを行った。

④免震装置の設置

既存柱を切断した位置に先ず免震装置の下部ベースプレートと受替えジャッキを設置しその上部に免震装置を設置した（**写真**―7）。

⑤荷重の移行

受替えジャッキを加圧し免震装置で軸力を支持させた後に油圧ジャッキの荷重を除荷し軸力を免震装置に移行した。

⑥下部コンクリートの打設

免震装置下部の受替えジャッキを包み込むように下部コンクリートを打設した。

⑦水平拘束材設置

建物を平面的に 2 工区に分け，先行工区が完了後，地震対策として地下 1 階の柱間に鋼材による水平拘束ブレースを設置し，水平耐力を確保してから後行工区の施工を開始した。

⑧免震化

全ての柱に免震装置が設置された後に水平拘束材を撤去し免震化した。

5. おわりに

工事を終えた建物は共に外壁などの主要構造部を当時の状態に復元され，また免震建物として生まれ変わったことで今後も末永く人々に親しまれることと思います。

同じように歴史的な価値のある構造物は他にも数多く存在しており，今後，老朽化が加速する事や，市街地再開発等で現在の建物位置では支障になるようなケースも増加してくるものと思われますが，移動や免震化，保存に関する技術を最大限に活用し，貴重な構造物が後世に引き継がれることを期待します。

JCMA

写真―5　地上 1 階ジャッキ設置

写真―6　地下 1 階ジャッキ設置

写真―7　免震装置設置状況

《参 考 文 献》
・アンダーピニング工法　間瀬敬己 著　鹿島出版会　1995 年

［筆者紹介］
川越　耕治（かわごえ　こうじ）
間瀬建設㈱
技術部　次長

特集≫≫ 歴史的遺産・建造物の修復

消えた建設機械遺産群
わが国の建設機械の始祖

岡 本 直 樹

わが国の建設機械の始祖は何か？ できるだけ詳らかにするため，初の輸入機から国産化に至る迄の創生期の機械を発掘し，建設機械遺産として機種別に紹介する。まず，掘削・積込機としてラダーエキスカベータとショベル系，次にトラクタとブルドーザ，そして運搬機のスクレーパとダンプトラック，最後に道路機械のグレーダとローラを順に紹介する。
キーワード：機械遺産，建設機械史，土木史，ラダーエキスカベータ，蒸気ショベル，ブルドーザ，牽引車

1. はじめに

産業遺産を近代化遺産として文化庁が1993年から認定し，保護に乗り出した。土木学会は2000年から土木遺産を，機械学会も2007年から機械遺産の選定を始めた。この機械遺産に建設機械が2つ入っている。こうした保護運動は，ごく近年に始まったことであるが，残念ながら建設機械遺産に絞った運動はまだなく，わが国の創生期の建設機械は殆ど残っていない。そんな消えてしまった建設機械遺産群を発掘し，せめて誌面に残すことにする。

2. 掘削・積込機

(1) ラダーエキスカベータ

陸上用として初めて導入された建設機械は，明治30年に淀川改修工事に輸入された仏製蒸気ラダーエキスカベータ（エキスカ：**写真**―1）3台である。淀川百年史等ではアッシ・プルレ社製とあるが，耳慣れない社名で原語スペルも不明であるが，Alphonse Couvreux かもしれない。容姿は Boulet & Cie（後の Normand' Haille）にも似ている。

写真―1 淀川のエキスカ[3]

写真―2 大河津分水の LMG[12]

明治42年からの大河津分水工事では，独リュベック（LMG）製の大型エキスカ（200坪掘長梯鋤簾式掘鑿機：80 t）が12台輸入され，山間部の掘削に威力を発揮した。**写真**―2はその組立中のものである。その大河津分水に新潟鐵工が遠賀川改修の輸入機を模して，明治44年に2台納車したと社史にあり，これが初国産（**写真**―3）となる。モデルとなった遠賀川改修の機械は，先の淀川改修のエキスカが完工後に移動したものである。新潟鐵工はその後も各地の河川改修工事に納車しているが，小型で平野部の開削に適していたため，内務省の標準モデルとなり，内務省各工場や他のメーカも多数模倣生産した。

写真―3 新潟鐵工製[12]

写真―4 撫順リュベック型[12]

新潟鐵工は，大正8年（1919）に撫順炭鉱向けのより大型のリュベック型（20坪/h，深度40呎：**写真**―4）を5台出荷している。これは表土（Overburden）剥ぎの土砂部掘削に使われた。

(2) ショベル系

初のショベルは，明治40年に大河津分水工事用に2台輸入された英国製100坪掘46 t 蒸気ショベル（**写真**―5）である。新式の全旋回型のケーブル駆動であるが，ディパスティックの押出し機構は付いていな

写真―5　Steam Navvy[11)]

い。Steam Navvy と称されたが，メーカと型式は不明である。

撫順炭鉱は，明治 40 年から満鉄による経営となり 3 坑の坑内掘りから始めたが，大正 4 年に Bucyrus の鉄道ショベル（旧 Atlantic 45 型：**写真―6**）を輸入し，露天掘りを開始した。大正 13 年にはチェーン駆動だが，電気ショベル Bucyrus 103C（**写真―7**）を輸入した。更に全旋回型の蒸気ショベル 150B（**写真―8**），Marion 28 型，新型の全旋回式クローラ電気ショベル 200B（**写真―9**），120B，50B，30B を続々導入する。これに刺激を受けた神戸製鋼所が昭和 3 年に 50B をスケッチして，国産化に着手し，5 年に 50K を完成して撫順に納車した。**写真―10** がその初国産機である。その後，7 年に 120K（**写真―11**），9 年に 200K を開発した。日立も昭和 17 年に 120H を納車している。撫順炭鉱には，その他にも Marion37，490，4160，Menck V 型が投入され，世界屈指の機械化を図り，パナマ運河の技師を驚愕させている。

写真―6　Atlantic45 型[12)]

写真―7　初の電気ショベル 103C[12)]

写真―8　蒸気式 150B[12)]

写真―9　電気式 200B[12)]

写真―10　初国産の電気ショベル[15)]

写真―11　神鋼 120K[12)]

写真―12　初のドラグライン[11)]

写真―13　神鋼の 30K[15)]

さて，蒸気ショベルは大正に入って国内各地に導入されたが，国産化の記録は少ない。油谷工作所が Menck 型を 15 台位製作し，東京重工が Bucyrus 型と Menck 型を造ったとあるが年代は不明である。ドラグラインの初輸入機は，利根川と阿武隈川改修に投入（**写真―12**）された。荒川改修にも大正 7 年に輸入されている。国産化は，昭和 9 年に油谷重工が 0.6 m^3 のものを製作し，神鋼が昭和 11 年に電気式 30K のドラグラインを造った。ディーゼルショベルは，東京重工が 1yd^3 Northwest 型を昭和 13 年に造っている。18 年にはドラグショベルを苦労して完成し，スキマも造っている。油谷は Northwest 型を造った。

戦時中は軍から大量のショベル発注があり，東京重工，油谷重工，夕張製作所，日本燃化機，大福機工等が対応したが，資材難，空襲等で殆ど量産に至らなかった。

3. トラクタとブルドーザ

初のトラクタは，1769 年のキュニョの蒸気自動車である。クローラは 1770 年から多くの特許が出願されているが，実機製作は 1837 年まで待つことになる。そして，そのクローラトラクタへの内燃機関の初搭載は，1906 年に開発された Holt 40 であるが，まだ操向用前輪を必要としていた。しかし，1915 年開発の Holt 45 は，操向クラッチを採用し，操向前輪を不要としてベストセラー機となった。同年の大正 4 年にこれを早速，三井農場が十勝原野の開墾用として輸入して，本邦初のトラクタ（**写真―14**）となった。

次に輸入するのは陸軍であるが，ここではトラクタの輸入から国産化までを少し詳しく記す。

第一次大戦での自動車やトラクタの大活躍を見聞した陸軍は，砲牽引用トラクタの試験輸入を始めた。大

写真―14 初輸入のトラクタ Holt 45[12)]

写真―15 FWD model-B[19)]

写真―16 Pavesi P4[12)]

写真―17 Holt 10 t[12)]

写真―18 Holt 120[12)]

写真―19 Holt 5 t[12)]

写真―20 Holt 5 t BD 1919[8)]

正6年3月にFWD社の4輪駆動車model-Bを輸入し牽引テストを実施した。**写真―15**は前橋市内を走行中のものである。翌7年には，これにHolt 45とBest 30を加えて牽引試験を行い，下関重砲連隊にHolt 45を10輌配備している。この他に伊Trattore Pavesi P4（**写真―16**）やHolt 10 t（**写真―17**），Holt 120（**写真―18**）等を試験輸入している。Holt 120は米陸軍の要請で開発して採用された，Holt最大のトラクタである。そのため試験輸入したが，操向方式は前輪操向の旧式である。大正8年になるとHolt 5 tの採用が決まり，11年頃より重砲第七連隊・八連隊に配備された（**写真―19**）。

ところで7連隊に導入したHolt 5 t（T-11）の写真の中に，なんと除雪中のブルドーザ（**写真―21**）が混じっていた。パワー化されていない手動（手回し）式の時代のもので，写真の丸ハンドルを回してブレードを上下させる。この時代にブルドーザが輸入されていた事実が判明した。わが国初のブルドーザのはずである。参考に1919年のHolt 5 tの手動式試作ドーザの**写真―20**を示す。撮影年の判明している最古の内燃機関ドーザの写真であるが，その2年程前から試作試験を行っていたようである。同様な手動式をブレードメーカが1923（大正12）年頃から販売しているので，この7連隊のドーザはそれを装着しているようだ。

写真―21 本邦初のブルドーザ[12)]

トラクタの国産化は，大正9年に陸軍技術本部が3 t牽引車（**写真―22**）の設計に着手し，12年に大阪砲兵工廠で試作された。その後，準制式化され8連隊に配備されたが，故障が多かったので，次期モデルを石川島自動車製作所へ発注し，昭和6年の試作車を改良して，昭和8年に九二式5 t牽引車（**写真―23**）として配備が始まった。陸軍ではその後，続々と各種形式の牽引車が開発されたが，中でも13年の九八式6 t牽引車（ロケ車）は，斬新なデザインの傑作車である。関東大震災（大正12年）の復興工事では，沢山の建設機械が輸入されたが，残された写真を見ると独Hanomag WDZ25（**写真―25**）が混じっている。

写真―22 3 t牽引車[20)]

写真―23 九二式5 t牽引車[12)]

写真―24 九八式6 t牽引車[12)]

写真―25 Hanomag WDZ25[3)]

さて，初の油圧式ブルドーザは，昭和8年からの満州国道局工事に輸入したLaPlant-choateの油圧ブレードを装着したCAT 30（**写真―26**）である。これは世界初となった1924年開発の油圧ブルドーザと同型

写真―26　満州の CAT30[6]

写真―27　豊満ダムの RD4[4]

機である。昭和12年からの豊満ダム工事(満州)では，CAT RD4を5台と独Hanomag K50が2台投入され，茂山鉄鉱山(北朝鮮)にもブルドーザが投入されている。

農耕用トラクタの初国産は，昭和6年に小松がCAT 2 Tonをモデルとして試作したがエンジンに難があり，翌年にエンジンを自製して搭載したG25(32馬力：**写真―28**）を完成した。昭和10年にはBest 30をモデルにG40（50馬力）を作成，14年には満州開拓向けにCAT RD4をモデルとしたディーゼルトラクタD35（**写真―29**）を作成し，量産を準備したが採用されなかった。この頃，満州開拓にはRD4やMcCormick, Lanz Bulldog等が導入され，800台のトラクタが稼働している。

大型機としては，大阪鐵工所が台湾向けに昭和9年に225馬力の甘蔗深耕機用蒸気トラクタ（**写真―30**）を製作していて，16年には110馬力のD8級ディーゼルトラクタ6FT14型(**写真―31**)を完成させている。

写真―28　G25[17]

写真―29　D35[17]

写真―30　蒸気トラクタ[16]

写真―31　6FT14型[16]

写真―32　加藤KST100とKST50

戦前の加藤製作所のカタログにも100馬力, 50馬力(**写真―32**）のトラクタが掲載されている。

ブルドーザは，昭和15年9月に対ソ戦用に陸軍技術本部の依頼で，小松が満州のブルドーザ（**写真―27**等）を調査して研究を進めたが，太平洋戦争の勃発で中止された。ところが，ガタルカナル反攻以降の米軍の飛行場急速施工に驚いたわが軍は，ブルドーザの緊急開発に乗り出した。小松にも海軍施設本部から下命があり，先の調査研究を生かして油圧ブレードを設計，日本開発機製造で制作し，粟津工場でG40に装着して18年1月に完成させた。これが初国産のブルドーザⅠ型均土機である。

ところで，内地にも開戦時にブルドーザがあったのである。開戦直前にすべり込み輸入されたD7で，国内唯一のブルドーザとなった。鉄道省信濃川発電所浅ヶ原調整池土堰堤工事に導入され，その絶大な威力に関係者は驚愕している。**写真―33**を見るとD7(7M)で，LaPlant-chote製R71ドーザブレードを装着している。

奇跡の撤収作戦を行ったキスカ島には，沢山の設営機械が遺棄されていたが，その中にG40（**写真―35**）があった。G40のブレード装置は3種類確認できるが，これは初期型で，他に**写真―36**や**写真―37**がある。**写真―37**は，1979年に豪州から帰還し復元さ

写真―33　内地唯一のブルドーザ D7[17]

写真―34　ウェーキ島の鹵獲RD8[6]

写真―35　キスカ島の G40[18]

写真―36　G40[3]

写真―37　機械遺産 G40[12]

れた車体で，機械学会の 2007 年機械遺産に認定され，現在小松テクノセンターで展示されている。G40 は，他にも数台現存しているようである。

小松は，陸軍向けにはロケ車の足回りを流用したトイ車を 18 年から 80 台生産しているが，軟式懸架でドーザ向きではない。そこで，ドーザ専用に設計したトロ車（**写真**― 38）を 19 年に試作している。量産には間に合わなかったが，これが戦後の D50（**写真**― 39）の原形となった。不思議なのは，何故 D35 を利用したドーザを造らなかったかである。

鐘淵デイゼルは，18 年から 5 t ブルを 70 台（**写真**― 40），19 年から 7.5 t ブルドーザ（**写真**― 41）を 150 台と 15 t ブルも 3 台生産している。ケーブル式の採用は，戦場での活動を考えた海軍の指示である。加藤製作所は 12 型 10 t スクレーパ牽引車を造っているが，前述の KST100 の流用と思われる。羽田精機は昭和 17 年に 75 馬力の農耕トラクタを試作していたが，これに目を付けた海軍の依頼でブルドーザ AT-50（**写真**― 42）を造った。また，陸軍向けにスクレーパ牽引用の 100 馬力 AT-75（**写真**― 45 の左側）を試作している。久保田鉄工は九二式 8 t 牽引車改造ドーザを 50 台製造している。この他に夕張製作所，日本内燃機，日立等が製作している。これら緊急製造された土木機械は，順次南方戦線に送られたが輸送船ごと撃沈され大半が海没してしまった。内地に残ったものは，戦後に特殊物件として放出され，復興工事に投入された。

そして戦後も小松や三菱重工，小倉製鋼等がブルドーザ開発に再挑戦したが，特筆すべきは昭和 29 年の湿地ブルドーザ NTK-4（**写真**― 43）の開発であろう。日本特殊鋼が北海道の泥炭地開拓用に三角シューを考案し，日本の土質になくてはならない機種となった。メーカは消滅してしまったが，これこそ建設機械遺産の最高位に値する。

写真― 38　トロ車 [17]

写真― 39　D50 1 号機 [10]

写真― 40　鐘淵 5 t BD [13]

写真― 41　鐘淵 7.5 t BD [13]

写真― 42　羽田 AT 50 [13]

写真― 43　初の湿地ブル [10]

4. 運搬機

(1) スクレーパ

初めてのスクレーパは，前述の満州国道局に導入された。3 輌連結の転倒式排土の Baker 製 Self Loading Scraper（**写真**― 44）であるが，エジェクタ式以前のものであった。LeTouneau のエジェクタ式キャリオールは，この後米国で普及し始める。

戦中ウェーキ島の鹵獲機械で調査技師が最も注目したのがエジェクタ式スクレーパであった。この国産化には，金剛，宮原，帝国車輌，日立が取組む。**写真**― 45 は，羽田精機 AT75 による日立 8 m^3 キャリオールの牽引試験である。自走式の初国産は，三菱重工が戦後に取組むこととなる。

写真― 44　満州のスクレーパ [6]

写真― 45　日立キャリオール [13]

(2) ダンプトラック

トラックの初輸入は，明治 36 年の三井呉服店のクレメント号である。国産化は，大阪砲兵工廠が明治 44 年に仏ノームをモデルとして試作した軍用自動貨車が第 1 号となる。

ダンプトラックの初輸入はよく判らないが，大正 7 年に Mack 社と Packard 社製の輸入記録があり，11 年に荒川改修に 24 台輸入したとある。**写真**― 48 は，大正 10 年撮影の渡良瀬川上流の 1.5 t ダンプである。

ダンプ機構の国産化は，大正 9 年に梁瀬自動車が熊本県土木課向けにシボレーのシャシを改造して製作架装した矢野式バーチカルホイストの**写真**― 46 がある。同じ頃，同社の堀久が設計して犬塚が製作架装した記録もある。矢野は大正 11 年に矢野オート工場（矢野特殊自動車の前身）を設立し，12 年には矢野式油

写真―46　矢野式ダンプ機構[13)]

写真―47　油圧ダンプ[13)]

写真―48　渡良瀬川の DT[17)]

写真―49　横転式牽引クローラダンプ[6)]

圧ダンプ（**写真**―47）を考案しているが，シャシは輸入車を利用している。後年，矢野は昭和製鋼所（満州）に横転式牽引クローラダンプ（**写真**―49）を納めている。Euclid 31W をモデルとしているようで，牽引トラクタは Lanz Raupenbulldog である。国産シャシへのダンプ架装は，東京石川島造船所自動車部（いすゞの始祖）製ウーズレー DPC 型 1.5 t ダンプトラックで，架装は犬塚製作所である。

初の重ダンプトラックは，前述の茂山鉄鉱山が昭和 13 年に 35 t ダンプ White 991（**写真**―50）を輸入している。初国産は，ヂーゼル自工（いすゞの前身）が石碌鉄山向けに昭和 18 年に完成させた 20 t ダンプ TH10（**写真**―51）で，犬塚製作所が架装した。

写真―50　White 991[6)]

写真―51　ヂーゼル自工 TH10[6)]

5. 道路機械

(1) グレーダ

初のモータグレーダは，昭和 3 年の東京市芝の塗滓砕石道路工事に大倉組が Marshall 製を導入したとある。先の満州国道局も CAT オートパトロールや牽引式（**写真**―52）を輸入している。**写真**―53 は，飛行場を造成中の鹵獲グレーダである。

戦時中，浅野物産等が牽引式を製作し，自走式は陸軍第 3 技研の命で，池貝自動車が CAT No.12 をモデ

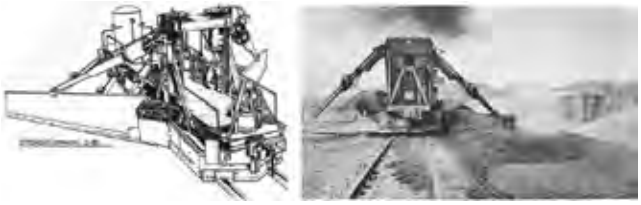
写真―52　満州国道[6)]

写真―53　鹵獲グレーダ[6)]

写真―54　池貝 ZSK[13)]

ルに ZSK 型（**写真**―54）として昭和 18 ～ 19 年に 2 台を試作したのが初国産である。戦後の製造再開は，日本開発機製造が HA56 を昭和 21 ～ 22 年に試作してからである。

ところで，類似機種に軌道式グレーダともいえるスプレッダという機関車連結の機種がある。蒸気駆動のエアコンプレッサを搭載し，エアシリンダでブレードを操作する。ブルドーザ出現前の強力な敷均し機で，嘉南大圳の烏山頭ダム工事に大正 12 年に導入された。機種は Jordan Spreader 2-150（**写真**―55）である。撫順炭鉱では，Bucyrus 製 Spreader Plow class50（70 t）が導入され，**写真**―56 は機関車が後向きで押している。


写真―55　嘉南大圳の Jordan Spreader 2-150[12)]

写真―56　撫順炭鉱の Bucyrus Spreader50[14)]

写真―57 三菱10tローラ[13)]

写真―58 酒井6tローラ[13)]

(2) ロードローラ

ロードローラが我が国でいつ頃から使われ始めたかはよく判っていないが，明治7年の兵庫県生野町や銀座道路工事の記録がある。自走式では，東京府がヤット社製蒸気ローラを明治28年に輸入している。初国産の蒸気ローラは，三菱造船が大正8年に製造を開始し，10年に同社製8tタンデムローラを飯田橋の現場で使用したとの記録がある。しかし，新CAT三菱社史では三菱神戸造船（明石製作所の前身）が大正11年から米バッファロー社製を模して，タンデム型4機種，マカダム型3機種を製作したとある。内燃機関は，昭和4年に酒井工作所が，6年に渡辺機械工業がガソリン車でローラ市場に参入した。

6. おわりに

海外では公設の建設機械博物館が各地にあり，蒸気の時代からのクラシック建機を動態保存している個人も沢山いて，ファンクラブがある。また，ファン層が厚いので，精巧な建機モデルメーカが幾つもあり，実機を保有できない建機マニアは，これで溜飲を下げることができる。

翻ってわが国では，農耕トラクタの博物館は，公設のものが幾つかあるが，建設機械の博物館は，民間有志による私設博物館が2ヶ所あるのみである。1･2台の古い機械を最近まで展示保存していた施設もいつの間にか雲散霧消している例が多く，隠れ残っている貴重な建機も存亡の危機に瀕している。

筆者も最近，歴史的建機のスケールモデルのコレクションを始めたが，本稿で紹介した機械のモデルは殆どない。せめて写真や文章の記録を残すために，資料を渉猟し整理しているが公開資料が少なく不明な点が多い。貴重な資料をお持ちで，死蔵を避け記録を後世に残したい方は，下記メールに是非ご連絡下さい。

《参考文献》

1）岡本，建設機械の歴史，建設の施工企画，JCMA，'08.1
2）岡本，土工機械誕生の歴史，土木施工，'09.7
3）岡本，機械化土工のあゆみ，土木施工，'09.8
4）岡本，建設の機械化前夜，土木技術，'11.4
5）岡本，工事用の軽便軌条小史，建設機械施工，JCMA，'14.5
6）岡本，外地の機械化施工，建設機械施工，JCMA，'15.4
7）岡本，土の史跡，建設機械施工，JCMA，'15.8
8）岡本，ブルドーザの誕生，建設機械施工，JCMA，'16.1
9）岡本，グレーダ開発の変遷史，建設機械施工，JCMA，'16.9
10）岡本，機械化への道，建設機械施工，JCMA，'16.10
11）岡本，ショベル系の開発と変遷史，建設機械施工，JCMA，'17.1
12）岡本写真コレクション
13）建設の機械化各号，JCMA
14）南満州鉄道㈱十年史1～4，満鉄，'19～
15）神鋼三十年史，神戸製鋼所，'38.9
16）日立造船百年史，日立造船，'85.3
17）土工教室 /http://hw001.spaaqs.ne.jp/geomover/
18）S.Cohen, The Forgotten War Vol.4, PH, '93.5
19）佐々木烈，日本自動車史，三樹書房，'12.6
20）佐山二郎，機甲入門，光人社，'02.11

［筆者紹介］
岡本 直樹（おかもと なおき）
建設機械史研究家
E-mail：gemvnky@gmail.com

交流のひろば. agora　*crosstalking*

博物館明治村
～明治時代を体験・体感できる野外博物館～

中　野　裕　子

昨今，文化財の有効活用について，活発な議論がなされている。明治時代の建造物を展示公開している野外博物館，博物館明治村（以下，明治村と表記）の所有する歴史的建造物も例外ではない。ここでは明治村の誕生から今日までを概観し，歴史的建造物，特に近代の建造物に対する人々の認識の変遷を確認し，明治村が歴史的建造物の保存，活用において果たした役割を述べる。また，博物館として「学び」と「遊び」を両輪とすることで，見学者の興味を喚起し，建造物や歴史を含む文化への深い関心を誘う試みについて紹介する。

キーワード：野外博物館，歴史的建造物，明治時代，鹿鳴館，文化資源，移築復元

1. 明治村設立の経緯

明治村は昭和 40（1965）年 3 月に開館し，2015 年に 50 年の記念の年を迎えた。

まず，明治村設立の沿革について簡単に紹介する。

明治村は，後に初代館長となる建築家谷口吉郎（**写真―1**）が，昭和 15（1940）年，老朽化などの理由により「鹿鳴館（**写真―2**）」が，突如取り壊されたのを目の当たりにしたことに端を発している。明治村は，谷口の自分が生まれた「明治」という時代を象徴する建物を遺せなかった無念さから，「取り壊し」の運命にある明治建築を移築保存し，一般に公開したいとの思いから始まった事業である。

鹿鳴館は，明治政府のお雇い外国人 J・コンドルの設計による明治政府肝煎りの社交場である。時の外務卿井上馨が江戸時代末に結んだ不平等条約改正のため，制度のみならず生活や習慣までも欧米化を企て，その一環として欧米の貴賓接待と上流階級の社交場として明治 16（1883）年に竣工した。その様子は錦絵と呼ばれる多色刷り木版画（**写真―3**）や外国人が描いた風刺画など多くに描写され，鹿鳴館時代ともてはやされ，「鹿鳴館」は文明開化と並んで明治時代を象

写真―1　谷口吉郎

写真―2　鹿鳴館

写真―3　貴顕舞踏の略図

徴する言葉ともなった。

日本の近代化の源となった明治時代を象徴する鹿鳴館の取り壊しは谷口に大きな衝撃を与えたに違いない。鹿鳴館の取り壊しからほどなく谷口は，当時の東京日日新聞に「明治の愛惜」と題して，次のように寄稿している。「先日，日比谷の近くを通ると，黒門の奥にあった鹿鳴館の姿が消えているのに驚いた。（中略）鹿鳴館の建築を保存し，明治に生まれた人々が心を合わせ，所持品や記録を持ちよって博物館にしたら，明治を記念する記念館となったろう。それこそ次の時代におくる有意義な贈り物となったろうと思うと，惜しい気がしてならない。」[1)]

新聞への寄稿から 20 年程経ったある日，旧制第四高等学校の同窓会が行われた。金沢の九谷焼の問屋に育ち，第四高等学校の理科を卒業した谷口は胸に秘めていた明治村構想を，同窓会の席上で友人らに熱く語った。その場にいた当時名古屋鉄道の副社長・土川元夫，文部省国宝鑑査官，後に文化庁となる文化財保護委員会の主任文化財調査官で墨跡研究の第一人者・田山方南は谷口の意見に賛同し，その日から明治村構想を実現させるべく第一歩を踏み出した。谷口と土川は関東地方で明治村を開設したいと考え，自治体や鉄道会社などに話を持ちかけはしたものの色好い返事を得ることができず，紆余曲折の末，土川が経営陣を務める名古屋鉄道の協力を仰ぎ，現在の愛知県犬山市の入鹿池のほとりでの開設が決まった。

昭和 36（1861）年に設立準備委員会が発足，翌年財団法人明治村の設立の認可を受け，初代会長に渋沢敬三が就任した。そして建築委員会が組織され，優れた明治時代の建造物が取り壊されるとの情報を得ると，急病人を救う救急車の如く，東奔西走し，南は京都から北は北海道までの建造物 15 件を移築し，開館にこぎつけた。時あたかも高度経済成長の真只中で，道路拡幅や土地の有効活用のために第二次世界大戦の戦火を幸運にも逃れた多くの優れた明治建築が取り壊しの危機に瀕していたのである。

救出された 15 の建造物は，愛知県犬山市の名古屋鉄道株式会社が所有していた入鹿池を眼下に望む 50 ha の丘陵地に移築され，昭和 40（1965）年 3 月 18 日に開村記念式典を挙行（**写真―4**），翌 19 日から一般公開が始まった。一方，明治時代の建造物の救出作業は絶え間なく，開館後 10 年を経た昭和 50（1975）年には，敷地面積は倍の 100ha，移築建造物の数は 40 件を超えた。2012（平成 24）年には公益財団法人の認定を受け，現在では移築された建造物の数は 64

写真―4　開村式典の様子（1965 年 3 月 18 日）

図―1　明治村へ移築された建物の旧所在地一覧

件と設立当初の 4 倍に及んでいる。建造物は国内のみならず，ブラジル･アメリカからも移築され，教会堂，学校，役所の公共建築，商家，芝居小屋，文学者ゆかりの住宅などバラエティに富んでいる（**図―1**）。

2. 明治村の使命と事業

明治村設立時の設立趣意書には「明治時代の各種の歴史資料を収集管理して博物館を設置し，広く一般に公開するとともに，明治の新しい精神に立脚した社会教育の振興により，現代及び将来の国民大衆に歴史の指針を与え，その一般教養の充実を図ることによって，文化の向上に寄与することを目的とする。」と記載されている。

明治村は，この使命を実現させるための事業として，(1) 明治時代に作られた建造物等の展示，公開及び調査研究，(2) 明治文化の普及に資する催事，(3) 明治時代の精神に立脚した社会教育振興のための講演会及び講習会，(4) 明治時代の体験事業などを行っている。各々の事業について，概略を述べる。

(1) 建造物の移築保存と展示公開

明治村へ移築する建造物は前述のように，取り壊しが決まったものが対象となっている。建物の保存は元あった場所で行われるのが望ましい。なぜならば建造物はその土地の歴史や風土，立地条件を考慮して建てられるからである。そのため，移築を行うことによりその建造物の特色が見出しにくくなってしまうのだ。つまり移築という手法は建造物を遺すための最終手段とも言えるであろう。「明治という時代の意匠的・技術的な面において特色がある」「明治時代を代表する人物に縁がある」などの条件を満たす建造物が解体されるという情報を得ると，建築委員やそれに協力するスタッフが調査を行い，建造物の移築の可否，解体，移築再建となる（**写真―5**）。特に解体の際には，再建時のために，部材一つ一つに番付けをするなど，取り壊しとは異なり丁寧な作業が要求される。竣工した建物は，建物の良さを体感していただく場，歴史資料などの展示室，体験展示室などと活用している。調査研究としては「移築工事報告書」，「修理工事報告書」として刊行するほか，修理工事や調査活動で得た知見をタイムリーに季刊誌「明治村だより」で紹介している。

写真―5　移築工事中（森鷗外・夏目漱石住宅）

(2) 明治文化の普及に資する催事

明治村は 3 万点を越える資料を収蔵している。特筆される資料としては，鹿鳴館や明治宮殿，旧東宮御所（現　迎賓館赤坂離宮）で使用されたいわゆる「宮廷家具」，F・L・ライトや武田五一，遠藤新などがデザインしたものからなる家具のコレクションがまず挙げられる，膨大な量と質は国内で他に例を見ないものである。これら家具コレクションは単に展示し鑑賞に供するだけではなく，例えば椅子ならば，見学者の方が実際に腰掛けて座り心地や室内空間を体感していただくことができるなど，明治村ならではのユニークな展示方法を取っている（**写真―6，7**）。

次いで，近代化遺産として近年その価値が見直され

写真―6　西郷従道邸内部の様子①

写真―7　西郷従道邸内部の様子②

写真―8 リング精紡機

ている機械類が挙げられる。日本の鉄道黎明期に建てられた「鉄道寮新橋工場」の中には，重要文化財に指定された二つの機械「菊花御紋章付平削盤（岩手県寄託）」「リング精紡機（**写真―8**）」のほか，2014（平成 26）年世界遺産に指定された富岡製糸場で使用された「ブリュナエンジン」，日本での特許制度制定の契機ともなった「ガラ紡績機」など日本の近代化の礎ともなった機械が展示され，見学者の理解を促すために一日に2回ボランティアが解説を行っている。また，日本赤十字社旧蔵の文書・書籍・写真からなる「日赤文庫」，近代文学研究者で明治村の評議員でもあった成瀬正勝氏旧蔵書の「成瀬文庫」，その他多色刷り木版の錦絵から生活道具まで多岐にわたる資料を収蔵している。

これらの収蔵資料は展示として活用されるだけではなく，資料を核としたイベントの開催，エンターテインメント的なイベントに歴史資料を活用し，遊びながら学べる楽しい博物館づくりを行っている。特に春秋に開催している「謎解きゲーム」は一年間の入村者のおよそ 16％にあたる利用者があり，その人気の高さがうかがえる。

(3) 講演会及び講習会の実施

明治村では 2010 年から，広く明治という時代を理解していただくために「明治塾」を，そして 2015 年からは明治村の周知と理解を深めてもらうことを目的とした「シンポジウム」を開催している。

「明治塾」は，ともすれば縦割りになりがちな明治時代に関するそれぞれの学問の分野を横断的に見ることで，学問の広がりだけではなく，産業や交通・街の発達，芸術の振興などが複雑に絡み合い，新しいものを生み出しそれが今日の様々なものの礎になってきたことに気づいていただく契機となることを目論んで計画し，年数回，明治村で開催している。

「シンポジウム」は 2015 年に作家・阿川佐和子氏の村長就任を機に，明治村の認知率をあげるべく，阿川村長，中川武明治村館長とゲストスピーカーという構成で，明治村の場としての活用の促進，歴史的建造物保存の意義などを伝える場として，年 1 回程度開催している。

(4) 明治時代の体験事業

体験事業として，まず挙げられるのが蒸気機関車（**写真―9**）や京都市電の運行と見学者が体験として乗車できることである。蒸気機関車は 12 号と 9 号の 2 両を所有し，おおよそ 2 週間交代で運行している。特に 12 号機関車は 1874 年に輸入され，鉄道草創期に新橋―横浜間を走行した現在国内で最古の運行車両である。京都市電は，奠都により京都の衰退を憂え，国から得た産業基立金を元に，琵琶湖疏水事業を起こし，疎水を利用した発電によって得られた電力によって運行が可能になった国内初の市内電車で，1895 年に京都で開催された第 4 回内国勧業博覧会の際の見学者輸送として開業した。明治村で運行している車両は 1911-1912 年に製造され，京都市内の北野線を走った。

写真―9 蒸気機関車 12 号

近年人気があるものに，明治から大正時代にかけて流行した女学生や書生の衣装を着用し，記念撮影や散策をすることができる「ハイカラ衣装館」が挙げられる。見学者自らが衣装を纏うことでタイムトリップしてもらうものである。

その他，学校，特に小学生の団体向けには，多色刷り木版画の錦絵体験や，ガラ紡績機で紡いだ糸を用いたコースター作りを予約制で行うほか，タブレット向けに社会見学用の専用アプリを開発し，遠足や社会見学に利用いただいている。

3. 明治村が社会に果たした役割

移築された 64 件の建造物のうち 11 件が，明治村へ移築後，重要文化財の指定を受けた。裏返して言うならば，もし明治村がなければこれらの重要文化財も灰塵に帰していたことになる。明治村の開村前の近代の建造物の評価は，決して高いものとは言えなかった。現在は国宝・重要文化財に指定されている近代の建造物の数は 350 件程[2]となったが，昭和 40 年では，泉布館（大阪市），ハッサム住宅（神戸市），岩崎家住宅（東京都文京区）など数える程しかなかった。

明治村は，今でこそ年間 50 万人程度の入村者であるが，開館から 20 年間にわたって入村者数は 100 万人を数える見学者を迎え入れてきた。この実績は地方公共団体や近代の建造物の所有者などに大きな刺激を与え，近代の建造物を保存活用することで地域の文化資源となることを知らしめたといえる。

また歴史的建造物の移築保存の技術において，一箇所で数多く，そしてバラエティに富んだ建造物の維持修理を行っている実績から，他の所有者の良き鑑ともなっている。

さらに明治村では近年テレビや映画のロケが数多く行われる。これは建造物を守るだけでなく，景観も含めて整備をおこなっているため，幕末から昭和初期に至るまでの時代を撮影する絶好のポイントとなっているからである。

4. 建物の歴史には物語がある

明治村の数ある歴史的建造物の中で，最も人気が高いものの一つが帝国ホテル中央玄関（**写真― 10**）である。大正 12（1923）年 9 月 1 日に竣工したこのホテルは，竣工披露のパーティーがあと 1 時間に迫った時に関東大震災に見舞われた。20 世紀を代表するアメリカ人建築家フランク・ロイド・ライトの設計によるこのホテルは，未曽有の大震災にもかかわらず，幸いにも軽微な損傷にとどまり，逆に多くの被災者を救済する場となった。その後長らく日本の国賓などを接遇する接客の場として，ライト建築の傑作として国内外から多くの賞賛を集めてきた。しかし，このホテルも増加する宿泊者の対応が困難になり，加えて建物の老朽化が進行し，新たなホテル建設の声が高まってきた。

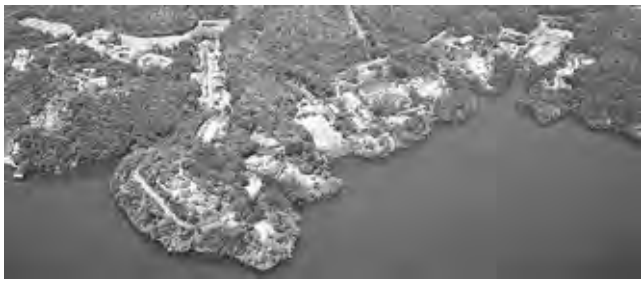
しかし，20 世紀の名建築を後世に遺したいという多くの声にもかかわらず，ホテル側は解体，新ホテル建設を決定。その後，劇的な展開となる。時の首相佐藤栄作が訪米し，日米首脳会談を終え，帰国会見に臨んだ際，ジャーナリストから「帝国ホテルをどうするのか」という質問が浴びせられた。その際即座に佐藤首相は「明治村へ移築する」と答えたのだ。その発言があって帝国ホテルは中央玄関部分のみであるが明治村へ移築することができた。

このような物語はどの歴史的建造物においても，その建造物の誕生から明治村への移築までの歴史を紐解くことで，紡ぎ出されるのである。紡ぎ出された物語をいかに見学者に伝え，建造物を遺す意義を認識していただくことは，とても重要と考える。

5. おわりに（写真― 11）

来年は明治と改元されて 150 年。そして先日，来年平成 30（2018）年を以て平成という時代に終りを告げることが国会で決まった。詩人・中村草田男が元号の移り変わりとともに時代が移りゆくことに郷愁を込めて「降る雪や　明治は　遠くなりにけり」と詠んだのは昭和 6（1931）年であった。建築史家・藤森照信は「ありふれたものほど後世には伝えにくいものです。（中略）建物博物館が造られる目的のひとつは，そうした，普通の人が暮らした住まいを保存していくことにあるでしょう」[3]と述べている。明治村のような野外博物館は建築の様式や意匠・技法，室内で用いられ

写真― 10　帝国ホテル中央玄関



写真― 11　空から見た明治村

た生活道具などを単体でなく，それらすべてを包括的にかつ建造物にかかわる人々の歴史とともに見せることで，人が人として生きていく上でのアイデンティティを確立させることができる稀有な博物館となりうると考える。そのために何をすればよいのか，決定的な答えはない。設立後50年を超えた明治村では，移築建造物の修理工事が目白押しである。これらを健全な状態に保ちつつ，かつ，見学者のニーズに耳を傾け，身近に歴史を感じていただけるような試みをしていきたい。

JCMA

《参考文献》
1）谷口吉郎，「明治村縁起」（『谷口吉郎著作集　第一巻　建築紀行』）淡交社　P389　1981年11月
2）http://www.bunka.go.jp/koho_hodo_oshirase/hodohappyo/pdf/2017051903_besshi.pdf
3）藤森照信「“生きた”野外博物館を目指して」（広岡祐『たてもの野外博物館探見』）JTB　P4　2000年8月

［筆者紹介］
中野　裕子（なかの　ゆうこ）
博物館明治村
学芸員

ずいそう

疑問を抱き夜空の果てを求めて

近　藤　高　弘

皆さんは先生に教わった事をそのまま素直に解った事として理解してしまうことはないでしょうか。私は幼いころから何か疑問があると，その場で解決できない事をずっといつまでも疑問を抱き続け理解できるまでは自分の考えを変えて行動する事がほとんど出来ませんでした。幼稚園ではよくクレヨンで絵を描きました。その時の思い出で信号機の色を塗る課題があり赤・黄・青と塗るところ，私は赤・黄・緑に塗り先生にここは青色で塗りましょうとよく言われましたが，私はいつでも信号機の青を緑色で塗りました。同じように太陽を赤ではなく黄色に塗り先生に太陽は歌にあるよう赤でしょうと言われ続けました。そのため小学校入学時には青色と緑色の区別がつかなくなっていました。

何故そのような行動をしたのかは単純な理由からです。信号機を直接見ても緑色にしか見えなかったからです（今の LED 信号機は以前より青に近い色になっていますが）。普通なら先生に言われた指示に従えば何でも無いのですがそれが出来ませんでした。そのため小学校では先生と自分の考えが合わない事が多く対立することもあり，小学校時代は問題児だったと思います。

その疑問がわかったのは高校に入りしばらくした時でした。古来日本人の色彩に関する表現の豊かさから多少青みがかった緑を青と表現していた事を知りやっと理解することができました。

同じような疑問がゼンマイ式の玩具にもありました。ゼンマイを巻いてもすぐに動きが止まってしまうのに，なぜ時計は一日中動いているのか不思議でよく家の目覚まし時計を分解して親に怒られた記憶があります。しかしこの謎も後に間欠歯車機構によるものだとやっと理解できました。

この様に幼い時の疑問は，疑問を抱き続けたからこそ長い時間はかかったがいつか理解できる事があると知りました。このことは自分にとって大きな発見でした。

小学校で図書室の本を読んでいるときアンドロメダ銀河の写真を見て先ずは驚きました。普段何気なく見ている夜空，その夜空に今まで見たことのない銀河や星雲がある事を知りとても興味を覚えました。その星はとても遠いところにあり望遠鏡で拡大しないと見えない事を知り，親に天体望遠が欲しいと頼みましたが，当たり前のように却下されました。それで何とかして単純な望遠鏡の原理を調べ，対物レンズ（焦点距離の長いレンズ）と接眼レンズ（焦点距離の短いレンズ）を組み合わせる事で倍率が決まる事を理解して，レンズを集めることができました。つぎに内側を黒く塗った厚紙で茶筒のような円筒を 2 本作り，望遠鏡の本体として先端部に対物レンズを付け，内側の筒には接眼レンズを取り付け，筒を伸び縮みさせる事でピント調整が出来るような簡単な望遠鏡を作ってみました。今考えれば非常にお粗末な望遠鏡で倍率は 40 倍ほどでした。それを手で持っていると像が揺れてしまうので窓枠に押し付けながら月を見たとき，クレーターをハッキリ見ることが出来たときは感動しました。しかしこの望遠鏡ではアンドロメダ銀河は観察できませんでした。その事がきっかけでその後レンズを自分で磨き反射鏡を作る方法など調べました。レンズ磨きは途轍もなく忍耐力と技能を必要とする作業で実現には至りませんでした。

しかしその時の気持ちを忘れる事が出来ずに還暦を迎える数年前より，かつての疑問に取り組むかの様に家内には内緒で少しずつ天体観測の機器を買えそろえて来ました。

主な観測機材

・CELESTRON C8（8 inch シュミットカセグレン式反射望遠鏡）
・Vixen A105M（105 mm 屈折望遠鏡）
・Vixen SX 赤道儀
・Vixen（80mm 16 ～ 40 倍 双眼鏡）
・CELESTRON Night Scape （冷却 CCD Camera）
・Canon EOS KissX7i

その結果機材の総額は 100 万円を超えるほどになってしまいました。この機材で最も安いのが望遠鏡本体である事や，望遠鏡の視野角は 1 度以内である事はなかなか周知されていない事実です。

観測する星は 4 分間で 1 度動いてしまうため，今や天体観測は赤道儀を制御するためのパソコンや撮影した写真のノイズ除去処理を行い，ウェーブレット変換

などの画像処理を行うなどして作ります。昔の銀板写真のイメージとはかなり違いアマチュアでも本格的に天体観測するにはそれなりの技術と知識を必要とします。

読者の皆さん，天文台で撮影した天体写真を一度はご覧になったことがあると思います。写真はカラーで非常に多彩な色合いの美しい写真が多いのですが，望遠鏡で観察すれば肉眼でも写真と同じような画像を見ることができると思っている方がほとんどだと思います。実際に肉眼で観測すると写真の様な色合いもなく，ただ何となくうす明るく白い靄の様に見えてがっかりされると思います。

では何故美しい天体写真ができるのか。世界中の天文台が撮影している画像は全てモノクロ画像です。モノクロで撮影する理由があるからです。天体観測は単に写真撮影を行う事が目的でなく，宇宙空間には色々な物性がありその物性の特徴を把握するため，さまざまなスペクトル帯域のフィルターで長い時間露光して撮影します。特定のスペクトル帯域で撮影された何枚かの写真に赤・緑・青の色を割り当て RGB 合成し発色したものが天体写真です。そのためモノクロで撮影しているのです。

ここまで読んで頂いた読者の方は既にお気付きのことと思います。天体観測ではカメラ撮影が大きな役割を果たしていることです。

そこで昼間でも星を見ることができると言ったら，おかしな奴と思われるかもしれませんが，一等星以上の明るい星で，口径 50 cm 位の望遠鏡があれば昼間でも肉眼で星を見ることができます（私は三鷹国立天文台にある 50 cm 反射望遠鏡で確認しました）。

今私は狭山市に住んで天気の良い日には観測を行っています。当然周囲は光害もあり暗い銀河などの撮影はできない状況です。ベストな観測にはロケーションの良い人里離れた場所に重さ数十 kg の機材を持って移動するしかありません。しかし昼間に星を観測できる事実から，観測対象の周辺環境と対象物との間の光学的なレンジ幅が十分に大きければ観測できる可能性があると考えています。大型望遠鏡にかわり，カメラのダイナミックレンジが十分に大きければ多少光害の影響があっても自宅で暗い銀河を撮影する事が出来ると考えています。そのためダイナミックレンジ 80 db 以上のカメラを探しています。ほぼスペックを満足するカメラの候補を探す事ができましたが，次なる試練として家内に内緒でどの様に入手するかが最大の問題です。

今は，自宅で M 番号の付くメシエ天体の撮影を行うことを目標としています。写真は M42（オリオン座大星雲）で比較的大きく明るい星雲ですが，ウルトラマンの故郷で有名な M78 はオリオン座にある散光星雲で等級 8.3 等，視直径 8 分と暗く小さいため自宅では光害の影響で観測できません。これら天体の撮影を可能にすることを目的として取り組んでいます。

写真―１　自宅での観察状況

写真―２　オリオン座大星雲

天体観測の醍醐味は純粋に技術的試行があり，工夫があり，見えない物が見える事にあると思います。

今や観測機材は部屋の 1/4 のスペースを占めるほどになっています。家内によく言われることはあんたが死んだらこの機材をどうすればよいのかと問われて，死んだ時には学校に寄附して下さいと言っています。

最後に死んだ後は，夜空の上から地上を観測しているかもしれません。

――こんどう　たかひろ　大成建設㈱
本社技術センター　先進技術開発部　建設技術開発室――

ずいそう

地域に根差す建設業の立場で，自然災害に備える心構え

馬渕　剛

建設業を営む家庭に生まれ，食卓で会社や業界の話を聞きながら育ち，他業種も経験した上で建設業に身を落ち着けて 8 年が過ぎた。建設業の大きな役割の一つとしてインフラの整備や維持管理に加え，地震や豪雨などによる自然災害が発生した場合の，緊急対応として応急復旧活動を行うという役目があると，幼いころから聞いていた。知識としては認識していたが，どこか実感が伴わないところもあった。しかし，この 8 年間で 2 度，大きく認識を変える出来事があり，その認識が実感となった。

1. 東日本大震災における応急復旧支援活動

はじめの体験は，2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災において，発生直後から各方面より業界を超えて被災地支援の活動が行われ，その中には建設業に携わる人々の支援も大変多く行われた。私自身は被災地に直接の支援に出動しなかったが，国土交通省の出動要請を受けた建設業協会会員企業の立場で，弊社からも 2 名が被災地の宮城県へ支援活動に出動することとなった。

前述したように頭では建設業界は各行政と災害応援協定を結んでおり，災害発生時には行政と共に被災地の応急復旧支援活動を行う役割りがあるということは認識していたが，実際に出動要請を受けて，40 代の技術経験が豊富な 2 人の社員を送り出すとなったとき，災害発生直後にも拘らず，社員はそれぞれ家族を家に残して「困っている被災地の役に立てれば」との思いで被災地の支援に向かい，送り出す私たちも「現地のお役に立ち，何より無事に戻ってくれますように」という思いだった。そして，「これが幼いころから聞かされてきた『災害時に頼られる建設業』ということか。」と体に衝撃が走ったことを覚えている。おそらく全国には同様に出動要請を受けた建設業者が弊社と同じシーンの中にいるのだろう。また，今回は支援する立場ではあるが，当地が被災地となった場合は，全国の建設業者の皆さんも行政と共に，今のような気持ちで当地に駆けつけてくれるのだろうと，武者震いのようなものを感じたことを覚えている。

2. 自然災害の大きさを目の当たりにして

2 回目の体験は，2015 年 12 月，弊社が数年がかりで開発に取り組んできた天然ダムのサイフォン排水装置が，国土交通省の現地実証実験を受けることとなり，数年前に実際に豪雨により幾つもの大規模な地滑り災害が発生した被災地に向かった。発生当時，連日のように報道されていた被災地である。現地に行く前に，どのような被災地か，どのような規模の災害が起きたのかということを，あらためて報道資料を確認して，実験に使用するサイフォン排水装置の資器材を何台もの大型車輌に積み込んで共に現地へ向かった。

現地に向かう道中の高速道路を降りた辺りから，山々のところどころに地滑りの傷痕であるむき出しの山肌が見えはじめた。深い谷沿いの道を進んでいくと道のあちこちで復旧工事が行われていた。対岸にも目測で幅が百メートル以上，高さも数十メートルにわたり地滑りによりむき出した山肌が幾つも目に入ってくる。その下の大きな川に溜まっている大量な土砂は明らかに地滑りによるものだと分かった。見渡す程の大規模なむき出しの山肌が民家に数メートルの所まで迫っている箇所もあり，想像できないような地響きでその家の皆さんがどれだけ恐ろしい思いをされたのかと思うと，報道では伝わらない被災地の現実の恐怖がそこに残っていた。また，あそこに民家が有るということは地滑りの起きた範囲に他の民家は有ったのだろうか，只々無かったことを祈る思いであった。

そして，現地に到着した。工事用ゲートを通過し天然ダムまで 1 km 以上に亘る道路は，もともとは深さ 100 メートル以上の谷で，地滑りの土砂で 70 メートルほど埋まった上を走っている仮設道路であると聞かされた。現地の被災状況の資料を読んでも想像もできなかったほどの災害の大きさと，流出した土砂の膨大さに圧倒されたことを思い出す。到達した天然ダムは上流に湛水池を湛え，越流寸前の状況で水中ポンプ 15 台により排水作業が行われていた。だが一方で，被災地では，発注機関や建設会社の皆さん方が災害からの復興に懸命に取り組んでいる姿があった。日を重ねることに復旧工事や新設の堰堤工事が進んでいくさ

写真―１　栗平現地 土砂ダムへの道中

写真―２　栗平現地 土砂ダム貯水池

まは，きっと現地の方々にとっても心強いものであったと思う。現地の技術者の皆さんとお話をして，私もいざというときに，心強く，頼られるようにならなければと思いを一層強くした。

3. 地域に根差す建設業の役割とは

このように，自然災害の発生時には人がどれだけ集まっても大きな自然災害に立ち向かうことはできない。しかし，発生前の防災・減災と，発生後の復旧技術活動や災害復旧技術開発の範囲であれば取り組める。まだ記憶に新しい中越地震，東日本大震災，熊本地震などの地震による災害や，異常気象に起因する豪雨災害などの自然災害が増えているなかで，地域に根差す建設業の役割が見えてきた。人が起こす犯罪や事件への対応は警察が。火事や救急搬送の対応は消防が。いつ，なんどき起こるか解らない自然災害には，地域の地形や特徴を知り，災害応急復旧の技術を熟知し，重機の機動力を駆使して対応することで，地域の人々の安全と安心を守る地域の建設業として取り組むのが，建設業に関わる者の役割の一つであると確信することができた。

常日ごろの建設業としての業務に懸命に取り組むのはもちろんであるが，私たちもいつ被災地又は被災者の立場になるか分からない。緊急事態が発生した時に正確で迅速な判断と行動がとれるためには，次世代の私たち世代が防災意識を高揚し，熟練者の皆さんから防災技術や応急復旧技術の伝承を受けなければならない。また，併せて人口減少を見据えた次世代に相応しい新たな防災・減災・災害復旧技術の開発を進めることで，次世代の地域社会にも無くてはならない地域の建設業として有り続けるよう取り組んでいきたい。

――まぶち　つよし　㈱山辰組　常務取締役――

平成 29 年度　日本建設機械施工大賞　受賞業績（その 2）

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㈱，㈱ ATOUN，㈱エスシー・マシーナリ

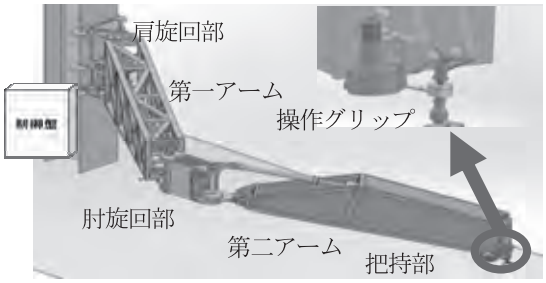
業績の概要

近年，鉄筋組立工における生産性向上が課題となっている。そこで，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ロボットアーム型重量鉄筋配筋作業支援ロボットを開発した。本ロボットは，操作グリップを動かしたい方向に軽く押すだけで，操作者の意のままに重量負担なく鉄筋を移動することができ（ハンドガイド方式），配筋作業の省人化・省力化，苦渋作業の軽減，安全性向上と，人とロボットの協働作業を実現した。また，設置解体は容易で，設置方法は定置式等任意に選定でき，建設分野以外でも使用できる広い汎用性，発展性がある。

業績の特徴

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 5 パーツと制御盤から構成されており，腕全体の動きをアシストするサーボモータを組み込むことで，人間の腕に近い動作性を実現した。また，人力での運搬を可能にするため，4 分割の構造とした。本ロボットは以下の特徴を持つ。

- 省人化（適用例での実績：作業人員数約 3 割減）
- 省力化（配筋作業時重量負担なし）
- 分解組立方式採用による機動的な運用
  （容易に人力で運搬可能なため，作業負担の大きい作業へすぐ適用可能）
- 人とロボットの協働作業を実現（力仕事はロボットが分担するため，高齢熟練工のノウハウを活用可能）



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
水平方向操作方法	操作グリップ式 （6 軸センサー内蔵）

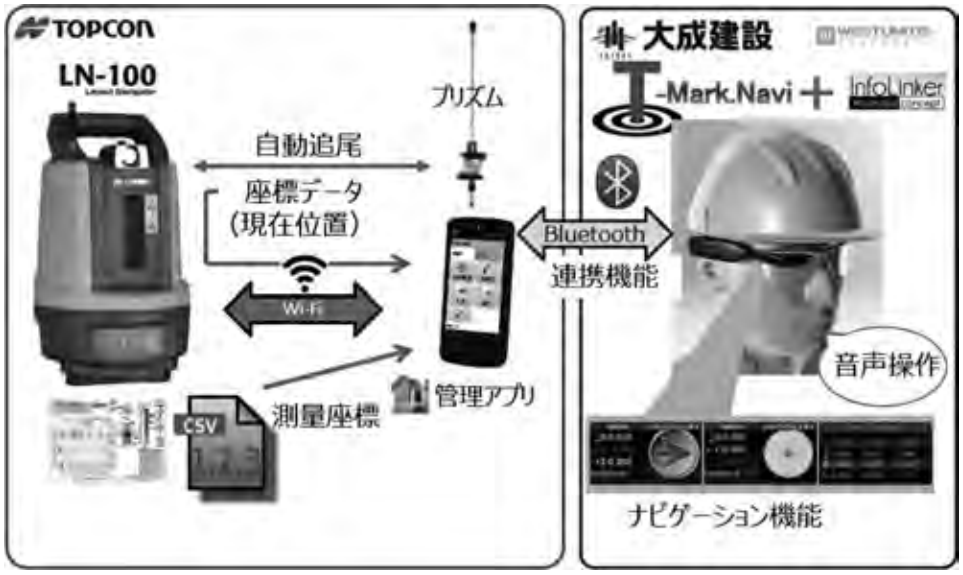
大賞部門　優秀賞

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㈱，ウエストユニティス㈱，千代田測器㈱，大浦工測㈱

業績の概要

二人で行っていた測量作業を一人で行うことを目的に，ウェアラブル端末を使用した墨出し測量ナビゲーションシステムを開発。



業績の特徴

単独作業化＋作業時間3割削減により生産性向上の効果大。

大賞部門　優秀賞

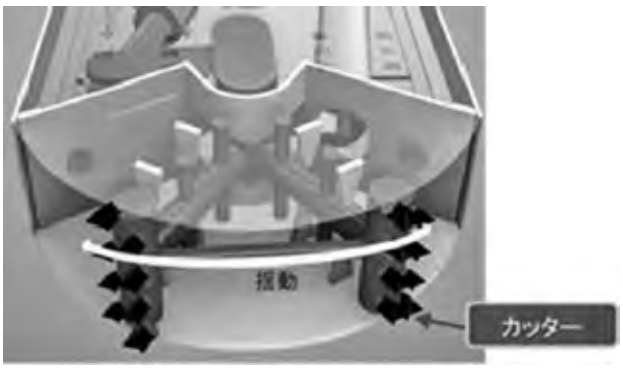
地下連絡通路における揺動型矩形推進機の施工実績

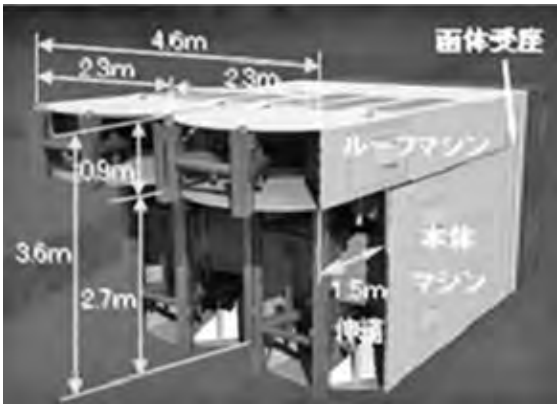
鹿島建設㈱

業績の概要

大都市圏の再開発プロジェクト等においては，歩行者の利便性向上のため建築物と駅を地下でつなぐ連絡通路のニーズが高まっているが，従来の開削工法やシールド工法などの非開削工法では，地上占有・工程・コスト等の様々な問題がある。

そこで，多様な矩形断面に適応し転用によるコスト低減も可能となる矩形断面揺動型掘進機を用いたR-SWING工法を開発し，2例目となる地下連絡通路に適用した。





業績の特徴

日比谷地下通路工事では，R-SWING機を地下連絡通路形状（幅7.250×高さ4.275 m）にあわせた3連カッター構造とした上で，切削用カッタービットの採用や元押し装置の改造を行うことで，掘削やセグメント組立の高効率化を図り異例の短工期で施工することに成功した。また，1例目で使用した掘削機を転用して今回工事に適用することで，機械転用による省資源化とコストダウンも実現した。

国内はもとより，海外の同種の地下通路工事に対し，工程短縮・地上交通への影響低減・省資源化・コストダウンのメリットを武器に社会的な要請に対応できる技術であり，今後の水平展開が大きく期待される。

大賞部門　選考委員会賞

ソイルセメント柱列壁工法における『出来形計測手法』の開発

㈱竹中工務店，㈱トーメック，多摩川精機㈱

業績の概要

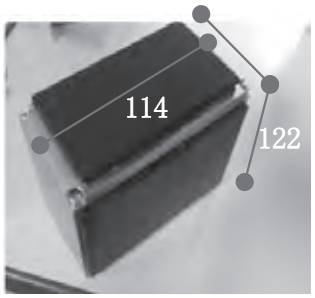
従来，地下工事で地盤の保持や掘削時のドライワーク確保に重要な役割を担う山留め壁の出来形を確認するためには，挿入式傾斜計を山留め機械の削孔ロッドの中に内蔵した特殊な専用機による施工が必要であった。しかし，台数が限られた専用機での施工は，コストや工期に大きく制約を受ける。山留め壁の造成が可能な多くの汎用機械に適用可能で簡易かつ高精度な出来形計測手法で確認し事前に不具合箇所への処置が可能となった。

業績の特徴

■計測方法概要

山留めの施工機械の連結バンドに角速度・加速度計測器（ジャイロ）を取付（**写真**―1，2）。山留めを通常通り施工し施工時の時間軸と位置情報を記録。

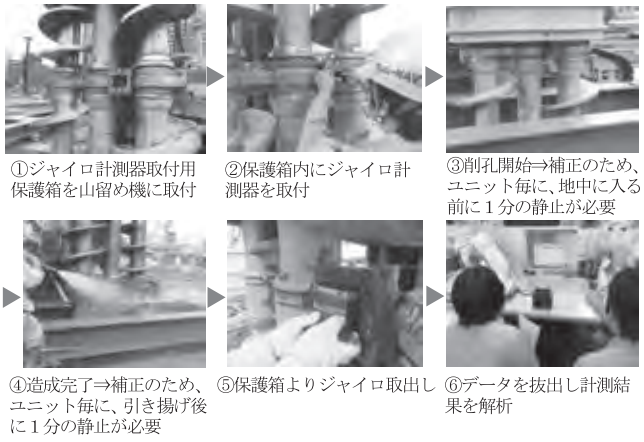
角速度と加速度の測定結果を専用ソフトで解析することで山留めの出来形を確認する。



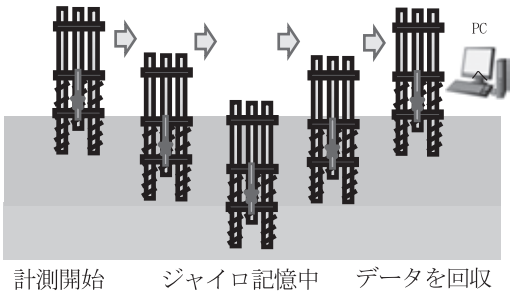
写真―1　ジャイロ計測器
（角速度・加速度計）

写真―2　測定機器取付状況

■測定方法（**図**―1，2）



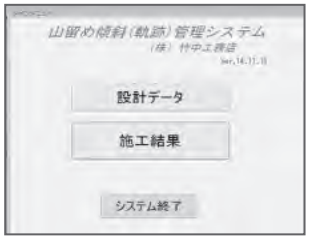
図―1



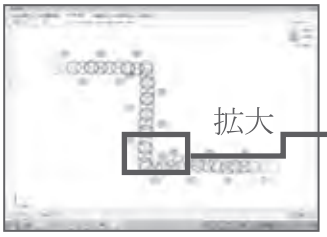
図―2　測定方法

■表示ソフト（**図**―3～5）

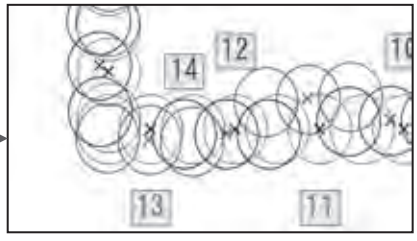
施工日に即，PC の画面上でビジュアル的に出来形が容易に確認できるシステムで確認。



図―3　PC 画面



図―4　PC 画面



図―5　出来形画面確認

大賞部門　選考委員会賞

汎用遠隔操縦装置「サロゲート」

㈱大林組，大裕㈱

業績の概要

迅速な対応が求められる災害復旧の初動段階においては，二次災害の発生リスクが高いため，建機の遠隔操縦による「無人化施工」が有効な手段となる。しかし，遠隔操縦方式の建設機械は流通量が少なく，コスト面からその調達が課題となっていた。

「サロゲート」は，各種建機に現場で容易に着脱できる汎用遠隔操縦装置である。

本装置を装着したままで遠隔操縦と搭乗操縦を切り替えられるので，作業環境に応じて使い分け，災害復旧の現場などでの作業を迅速かつ柔軟に進めることが可能になる。

サロゲート

業績の特徴

1. 建設機械へ改造することなく着脱が可能
・建機本体の改造は必要なし。
・建機運転席の操作レバー等へ「後付け」で装着することにより遠隔操縦を可能にする。
2. 装着状態で搭乗操縦へ容易に切替可能
・装置を装着した状態で，オペレーターが乗り込んで直接操作（有人操作）が可能である。
・遠隔操作と有人操作の切替は，装置内のピンの着脱のみで，3分程度で完了。
3. 持ち運びや組み立てが容易
・持ち運びおよび取付けが容易なサイズにユニット分割されている。
・取付けに特殊な工具や技能は不要で，短時間で着脱できる。

▶用　　途
・災害復旧工事

▶適用実績
・国土交通省発注　八鹿日高道路久斗トンネル工事

輸送時状態

有人⇔遠隔操作切替状況

地域賞部門　地域貢献賞

超高圧水表面処理工法　Ｊリムーバー

㈱キクテック

業績の概要

道路における路面標示は，車両や歩行者が安全に通行をするため，必要不可欠なものである。

本工法は，路面標示の変更に伴う既設標示消去を，従来工法の機械式切削工法と比較し，約３倍の作業速度で施工可能。車線規制時間を大幅に短縮をすることにより，道路利用者の利便性向上を図るものである。

また本工法は，福島原発事故の除染作業にも活用され，地域に大きく貢献をした。

業績の特徴

「超高圧水表面処理工法　Ｊリムーバー」の特徴

①区画線消去工法においては従来工法と比較し約３倍以上の施工能力

② AS，ILB，CO など全ての舗装路面に対応

③雨や雪など，天候に左右されず作業工程を厳守

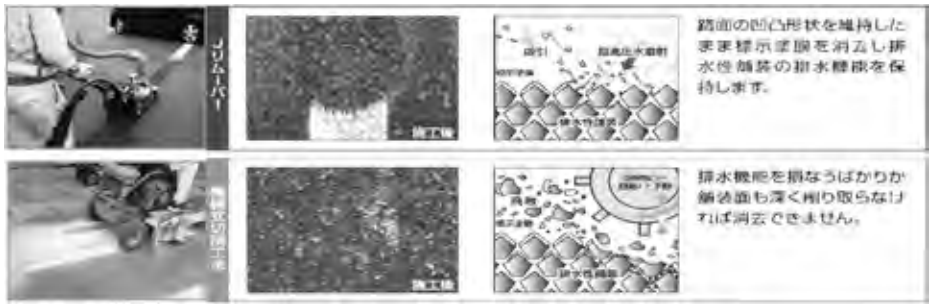
④同時吸引効果により表面処理に伴う粉塵は発生しない

⑤橋梁補修，滑走路メンテナンス，塗膜剥離工事など，他工事，工種においても汎用性が高い

区画線消去作業状況

除染作業状況

高機能舗装における従来工法との比較



様々な工事への多様性

橋梁床版補修工事

滑走路ゴム除去工事

塗装剥離工事

地域賞部門　地域貢献賞

路面滞水処理作業の効率化を目指した自走式路面乾燥機

鹿島道路㈱

業績の概要

床版防水層と呼ばれる耐久性の高い床版防水工法という施工の際，適切な前処理が必要であり，特に路面の水分状態に応じた適切な乾燥方法が求められている。

そこで，路面を直接炙り加熱することにより乾燥させるのではなく，一定の幅に熱風を吹き付け，乾燥度合いの平均化や作業効率の向上，既設舗装の劣化を緩和させるため，路面乾燥に特化した専用の路面乾燥機を開発した。

業績の特徴

本機はホイール式アスファルトフィニッシャのトラクタ部を流用し，そのデッキに，ブロアと熱風発生機，燃料タンク及びエンジン発電機を搭載している。シンプルな構造ゆえオペレータにとって操作が容易である。ブロアから最前列に設けたナイフエッジノズルに大量のエアを送り込むことにより，路面滞水とごみを吹き飛ばし，続いて約200℃の熱風を吹き付ける熱風チャンバが通過することで，効率良く路面を乾燥させる仕組みとなっている。本体の走行性能は，母体となっているアスファルトフィニッシャに準じ，一定速度での走行が可能である。また，ナイフエッジノズルと熱風チャンバは油圧シリンダーにより左右300 mmずつスライドさせることができるため，本体幅よりも外側にオフセットさせた状態で乾燥作業が可能である。回送時には，ナイフエッジノズル及び熱風チャンバを，並行リンク機構によって上昇させてたたむことにより，セルフトレーラで回送することができる。

地域賞部門　選考委員会賞

『三方良しの公共事業改革』の取組について

一二三北路㈱

業績の概要

地域の生活を支え，安全を確保する公共事業。

世間では公共工事に対する風当たりが強まっているものの，建設現場では行政と設計・施工者が密に連携し合う地道なものづくりが展開されており，その根底には「地域住民のために」，そして「良い国土形成のために」という強い使命感がある。

公共工事は誰のためにあるのか？　その担い手である「行政」と，そのつくり手である「設計・施工者」の先に，「地域住民」がいることを忘れてはいけない。

三方良しの公共事業は，三方の絆を強めるために日々活動する建設現場の取り組みを支援し社会に発信することが目的である。

建設産業の安定的な成長を実現するための公共事業原点回帰並びに建設イノベーションを起こす「住民良し」「企業良し」「行政良し」の三方良しの公共事業改革を推進して人と人との繋がりを重視し，仕事の流れを止めずに早期に工事を完成させ，地域の安全・安心を確保し地域住民から寄せられる感謝の声が現場にやり甲斐をもたらした事例など，建設業の意義を再認識させてくれる。

現場のモノづくりを支えるのは言うまでもなく人である。「モノづくりは人づくり」と，言われるように，三方良しの精神の下に進める人材育成こそが，今後の建設業に欠かせないものであると言える。

その中で下記のようなプロジェクトを実施した。

①豊平川上流に位置し国有林の囲まれた渓谷に橋長 60 m 桁高 2.9 m，重量 225 t の鋼橋桁を架設するプロジェクトである。

②札幌市清田区に位置する当現場は，札幌国際大学に隣接する敷地を造成し，都市計画の一環として「清田通り」と言われる総延長約 470 m を新設道路化するプロジェクトである。

業績の特徴

プロジェクト① 取組概要

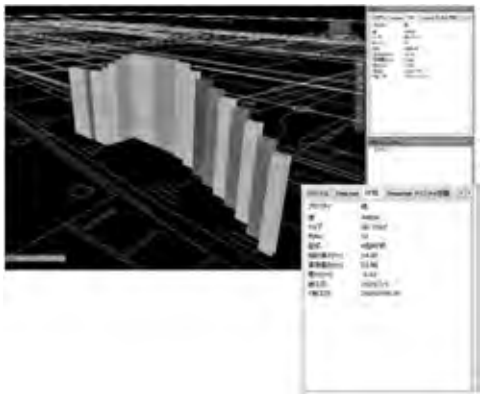
地域の方による VR（ヴァーチャルリアリティ）体感

現場従事者による VR（ヴァーチャルリアリティ）体感

プロジェクト② 取組概要

域粉塵対策シミュレーション

PH 杭 CIM 施工



JCMA 報告

国土交通大臣表彰を受賞しました

総務部

平成 29 年度建設事業功労者表彰式が石井国土交通大臣出席のもと，国土交通省 10 階共用会議室で行われました。本会から，理事の酒井一郎氏が国土交通大臣表彰を受賞しました。

1. 建設事業功労

氏は，平成 2 年 7 月に酒井重工業㈱に入社し，経営企画部門において経験を積み，平成 7 年 3 月に代表取締役社長に就任しました。その後，氏は経営者として，グループの統帥として遺憾なく力量を発揮し，社業の発展並びに建設業界の健全な発展に貢献をしました。

経営理念は，道路建設機械事業を通じて世界の国土開発という社会事業に貢献することを目的とし，スペシャリストとして，常に技術の深耕を図り，世界の道路建設事業の発展に有益な技術を創造していく事であります。平成 2 年に世界初の垂直振動ローラ SD450 を開発し，建設省（現 国土交通省）の民間開発建設技術審査証明を取得しました。

平成 8 年に完成した埼玉県栗橋町（現 久喜市）の土質締固め試験設備は，日本で唯一 社団法人日本建設機械化協会 建設機械化研究所（現 一般社団法人日本建設機械施工協会 施工技術総合研究所）で行われていた締固め試験方法に準拠する試験を行う設備を備えています。

ここでは，締固めメカニズムの解明をはじめとする土木・機械関係の基礎研究から実用化試験，新製品の開発，機能･品質面のテストなどに取り組んでいます。ユーザとの共同開発や大学研究機関からの委託研究も積極的に行っています。

また，同時期に開発した排水性舗装機能回復車 CJ400 は，建設省（現 国土交通省）の建設技術評価制度による評価書を取得しました。なお，この回復車は東京電力福島第一原子力発電所事故後の福島県内放射能除染作業にも使用されました。

このように，その技術は国内外の建設現場に生かされ，世界中の道路網の整備に貢献し，氏は，多くの建設機械メーカ，建設業者からも信頼を寄せられており，長年にわたり建設業界及び社会へ果たした貢献は大なるものがあります。

2. 団体事業功労

氏は，平成 7 年 5 月社団法人日本建設機械化協会（現 一般社団法人日本建設機械施工協会）監事として，平成 14 年 5 月には常務理事として就任し，以来，協会活動に積極的に参加し，現在は本会の理事として，業界の発展に貢献をしております。

CMI 報告

放置車両等を移動する道路啓開機材の開発検討

太田　正志

1. はじめに

東日本大震災の発生により，首都圏の道路は長時間の渋滞が多発し，交通機能の停滞が問題となった。

今後懸念される首都直下地震において，放置車両等の通行阻害を早期に啓開することが必要であり，車両を効率よく移動又は排除するための専用機材を準備しておくことが重要となっている。

本稿は，国土交通省関東地方整備局関東技術事務所の委託により実施した，道路啓開機材の開発検討内容を報告するものである。

2. 既存の車両移動用機材

(1) レッカー車

既存の車両移動用機材として，一般的なものは専用のレッカー車であり，乗用車から大型車までの車両を対象として，けん引作業が行われている。

故障車などのけん引作業では，回転不能なタイヤをクレーンや油圧ジャッキで持ち上げて移動している。

レッカー車の分類と外観例を**写真**―１に示す。

(2) 車両移動用ジャッキ

乗用車の向きや配置を変えるため，駆動輪やブレーキの効いたタイヤに取り付けることで，数人での手押し作業が可能となるもの（商品名：GOJAK）。

１基ごとキャスター車輪が４輪取り付けられており，前後のタイヤに４基配置することで横方向への移動や方向転換など自由に対応できる。

写真―２　車両移動用ジャッキの外観と移動作業状況

車両移動用ジャッキの外観と移動作業状況を**写真**―２に示す。

(3) 建設機械等

一般的に実施されている方法ではないが，災害発生時などの緊急事態においては短時間に準備可能な建設機械を利用した移動方法が計画されており，防災訓練

大型レッカー車
写真提供：全日本レッカー事業協同組合

中型レッカー車
写真提供：全日本レッカー事業協同組合

小型レッカー車
写真提供：(一)日本自動車連盟

写真―１　レッカー車の分類と外観例

ではホイールローダーやフォークリフトを利用した乗用車の移動作業が行われている。

ホイールローダーを利用する場合，通常のバケットからフォークアタッチメントに付け替えて乗用車の側方から持ち上げて移動する。

ホイールローダーによる乗用車の移動作業状況を**写真**―３に示す。

フォークリフトを利用する場合は，ホイールローダーと同様に乗用車の側方を直接持ち上げる方法に加え，専用のアタッチメントを利用して車両の前後から持ち上げる方法がある。

フォークリフトによる乗用車の移動作業状況を**写真**―４に，専用アタッチメントを利用した作業状況を**写真**―５に示す。

なお，ホイールローダーやフォークリフトを利用して，フォーク（２本の爪）で乗用車を側方から直接持ち上げる方法は，側方に進入するための作業範囲が必要なため，道路の進行方向に渋滞した状態の放置車両を移動するには不向きとなる。そのため，事故車や故障車など横向きに放置された乗用車や，多少の損傷が許容される場合に実施可能と判断される。

一方，フォークリフト専用アタッチメントは，車両の前後両方からけん引作業が可能な装置である。

写真―３　ホイールローダーによる乗用車の移動作業状況

写真―４　フォークリフトによる乗用車の移動作業状況

写真―５　専用アタッチメントを利用した移動作業状況

3. 新たな移動用機材の開発方針

(1) 対象車両

都内の直轄国道における常時観測データによれば，渋滞時に多い車種は小型貨物車と乗用車で，全体の約85％を占めている。

渋滞時の車種別比率を**表**―１に示す。

表―１　都内の渋滞時の車種別比率

車　種	構成比率
小型貨物車	44％
乗用車	41％
中型・大型貨物車	14％
バス	1％

乗用車以外の車両は，その大きさと重量から専用のレッカー車による作業が標準であり，渋滞の発生した地域周辺にあるレッカー会社に頼らざるを得ない。

乗用車については，レッカー車以外にも建設機械等を利用した作業方法や専用機材があることから，機器類の準備と実作業訓練により災害発生時に対応することも可能となっている。

そこで，新たな車両移動用機材の検討対象としては，①乗用車の移動に利用している車両移動用ジャッキの改良と，②建設機械を利用して小型貨物車を移動する専用機材の開発が選定された。

なお，道路啓開作業は災害発生時の放置車両を対象としているため，車両の状態は下記のとおりとした。

・運転手は不在で，ドアは施錠，解錠不可能
・ブレーキは全輪効いた状態でタイヤは回転不可能
・小型貨物車は２～３t積の満載状態

(2) 車両移動用ジャッキの改良

乗用車に利用する車両移動用ジャッキ（商品名：GOJAK）は，タイヤ４輪に配置することで前後左右に移動できる簡易的な機材であるが，人力作業を基本としており，勾配のきつい区間や長距離移動には不向きとなっている。そのため，改良項目としては，①け

ん引作業の直進性や停車時の逸走防止対策として，キャスター車輪の旋回ロック，②けん引作業時の逸走防止対策として，足踏みペダル式のブレーキ，③長距離移動や勾配区間のけん引に使用するアイボルトの3項目を追加するものとした。

なお，事前検討時には，キャスター車輪の大径化と材質変更も改良候補となったが，試作機による検証の結果から期待される効果が少ないことや，改良費用が増大するため，不採用と判断した。

車両移動用ジャッキの基本仕様を**表**―2に，改良後の車両移動用ジャッキを**写真**―6に，坂路でのけん引作業状況を**写真**―7に示す。

(3) 小型貨物車用けん引機材の開発

2～3t積トラックを対象とした小型貨物車用のけん引機材については，設計上の許容荷重を前輪2.4t，後輪3.6tの満載状態とした。

車体寸法や最低地上高，タイヤ寸法などは，国内のトラックメーカー6社のカタログ仕様に対応可能なものとして，設計条件を調整した。

なお，事前の検討段階から試作機の設計・製作までの基本構想と概略スケジュールにより，使用する建設機械は1.3～1.5 m^3級のホイールローダーとし，けん引方法は下記の2種類が選定された。

①テコの原理で前輪を持ち上げてけん引する

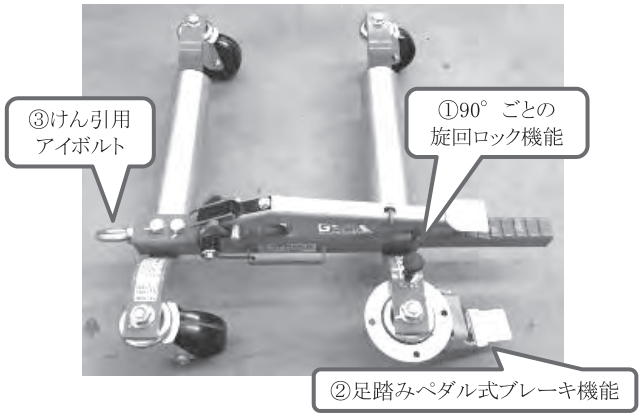
②乗用車の車両移動用ジャッキと同様，各タイヤにジャッキ付ドーリーを配置する

上記①を1次試作機，②を2次試作機として，その概要を**表**―3に，けん引作業イメージを**図**―1及び**図**―2に示す。

1次試作機は，既存の乗用車用アタッチメント装置を参考に，ホイールローダーのバケットを利用して前輪を持ち上げる方法としたが，小型トラックの重量が大きいためテコの原理によりけん引するものとした。

表―2　車両移動用ジャッキの標準仕様

項　目	内　容
商品名	GOJAK No.6313（ZENDEX社製）
許容荷重	1基当り最大715 kg
タイヤ幅	最大330 mm
キャスター車輪	ナイロン樹脂製，内側φ4インチ，外側φ5インチ

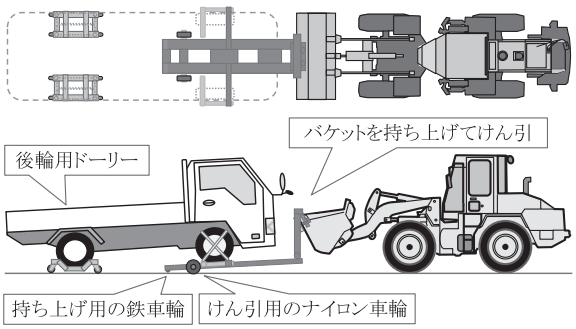


写真―6　追加改良後の車両移動用ジャッキ

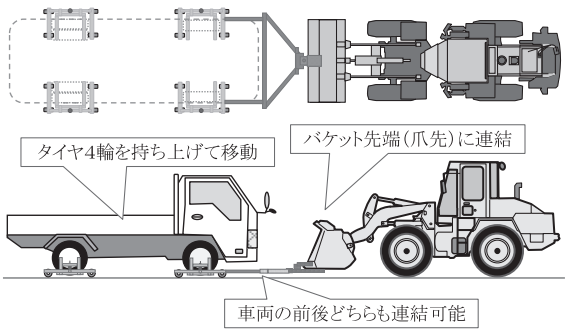
写真―7　坂路でのけん引作業状況（10%勾配）

表―3　小型貨物車用けん引機材の概要

項目	1次試作機	2次試作機
許容荷重	前軸2.0 t，後軸3.0 t	前軸2.4 t，後軸3.6 t
機材重量	一式約900 kg	一式約950 kg
分割重量	最大180 kg程度	最大60 kg程度
準備時間	約40～60分	約30分
タイヤ幅	最大500 mm	最大500 mm
タイヤ直径	640～805 mm	640～805 mm
キャスター径	φ150 mm，φ250 mm	φ100 mm



図―1　テコの原理で前輪を持ち上げる1次試作機

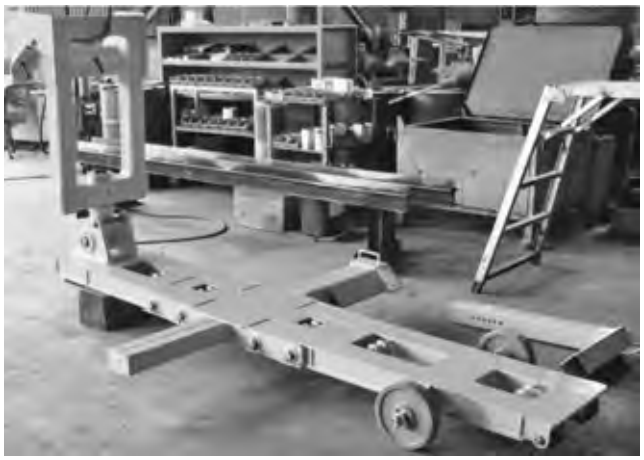


図―2　全輪にジャッキ付ドーリーを配置する2次試作機

機材の大きさと分割重量は人力作業が困難な規模であり，クレーン付トラックで搬入及び組立作業を行うものとした。

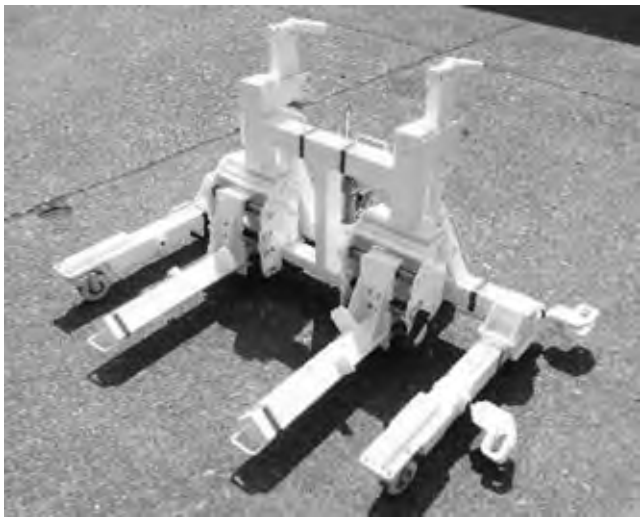
後輪はジャッキアップ後に簡易的なドーリーを配置してけん引するものとした。

一方，2次試作機は人力作業による準備と作業時間の短縮を目的として，乗用車の車両移動用ジャッキと同様に各タイヤを直接持ち上げる構造とした。



写真―8　1次試作機の組立状況（メインフレーム）

写真―9　1次試作機によるけん引作業状況



写真―10　2次試作機の組立状況（1基）

写真―11　2次試作機によるけん引作業状況

作業性の改善に加え，けん引作業時のホイールローダーへの負担も軽減でき，対象車両の前後両側に連結可能となっている。

なお，2次試作機は前輪分の2基とけん引装置のみを製作した。

1次試作機と2次試作機の動作確認及びけん引作業状況を**写真**―8～11に示す。

4. おわりに

災害発生時などの渋滞と車両の放置状態を具体的に予想することは難しいが，普段の交通渋滞が長時間にわたって停滞することは，緊急車両の往来や災害復旧作業の妨げとなる他，人命救助への影響は回避しなければならない。

本検討では，新たな車両移動用機材として，既存の車両移動用ジャッキの改良と小型トラック用のけん引装置を開発したが，短期間での試作と検証ということもあり，若干の改良や改善が残る状態となっている。

今後の発生が懸念されている首都直下地震に備え，機材や装置類の準備と実作業訓練が期待される。

謝　辞

最後に，本検討の実施にあたり，業務の発注者である国土交通省関東地方整備局の関係各位，ならびに機材類の設計・製作にご協力いただいた各社の方々への感謝の意をあらためてここに表します。

JCMA

［筆者紹介］
太田　正志（おおた　まさし）
一般社団法人日本建設機械施工協会
施工技術総合研究所　研究第三部
課長

部　会　報　告

アスファルトプラントの変遷（その 11）

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）

第 6 章　環境適応プラント

1997 年，第 3 回気候変動枠組条約締約国会議で気候変動に関する国際連合枠組条約の京都議定書が採択された。国際社会が協力して温暖化に取組む大切な一歩となったが，各国の思惑もありなかなか足並みが揃っていない。しかし日本では，これを機に地球温暖化防止の気運が高まり，各産業界において努力がなされている。道路舗装業界では，合材の生産から舗装の施工現場に至るまで，二酸化炭素の排出削減に取組んでいる。特にアスファルトプラントでは，地域環境を考慮した従来の公害防止対策に加えて，新型バーナの採用や燃料転換による二酸化炭素の排出量削減，設備全体での省電力，廃熱回収による省エネルギ化等に積極的に取組み，環境負荷低減を図る環境適応プラントの時代となってきた。

1997 年（平成 9 年）　岡山・磐越・山陽自動車道
全線開通
東京湾アクアライン開通
秋田新幹線開業（盛岡～秋田）
長野新幹線開業（高崎～長野）
福岡県　三井三池鉱山閉山
地球温暖化防止京都会議開催

日工㈱

新燃焼システム完成

・新燃焼理論により，排ガス量の 20％低減および燃費改善を達成　⇒　排ガス処理設備の小型化
・WELL バーナの開発

アスファルトプラント用低空気比バーナ

燃焼範囲の拡大
TD 比　1：7
（最低燃焼量を下げる）
騒音の低減
当社比　15％の低減
（約 10 dB の低減）

写真 6-1　WELL－2000

・NR バーナの開発

リサイクルプラント用
低空気比バーナ

写真 6-2　NR－90

写真 6-3　FBD－2000　浦和アスコン

1998 年（平成 10 年）　郵便番号の 7 桁化開始
山一證券自主廃業
明石海峡大橋開通
原宿の歩行者天国廃止
軽自動車規格改正施行（長さ・幅が拡大）

日本建設機械要覧　1998 年（平成 10 年）版抜粋

㈱新潟鐵工所

NP シリーズ

NP－C シリーズにかわる D シリーズが誕生し主要機種（1 ～ 1.5 ton）を完成させた。その特長として，オイルバス式スクリーンの採用，ダストシール性の向上のほかに更に省エネ化を図り，電力消費も C シリーズより更に 10％減となっている。また，多様化したリサイクリング装置を付け易い構造，レイアウトとしている。

NPH シリーズ

再生骨材をプレヒートドライヤにより 50 ～ 60 ℃に加熱し，水分を除去することにより，配合率最大 30％までの再生合材を生産する。

日工㈱

コマンド View 操作盤

従来機種に比べ操作性・監視性の向上，計量システムやバーナ制御システムにファジー制御の採用や調整の省力化を実現し，合材品質安定化と省熟練，省エネ効果を図った。

写真 6-4　コマンド View 操作盤

ハーフドライヤ　NRU－TOP　20・40

省スペース，省メンテナンス等のトップドラム思想をそのまま踏襲し，再生骨材の水分乾燥技術に着目したリサイクルユニットとキットの中間に位置するハイコストパフォーマンスのリサイクルプラントを用意。

写真 6-5　NRU　TOP－20

PC 型操作盤（PLC 制御）　NEXT　開発

写真 6-6　NEXT－AP　操作盤

昌運工業㈱

1．概要

…現在アスファルトプラントに対するユーザーの要求は，自社工事への合材の供給と共に合材販売の拡大へと広がっており，プラント本体の充実と同時に合材サイロ及びアスファルト塊のリサイクル装置が必須の付帯設備となってきた。一方プラントの周辺社会は騒音，ばい煙，交通による公害の絶滅を要求し，それに応えるため騒音発生源の減音対策，バグフィルタの高性能化，プラント本体のシェルタによる覆い等，永年蓄積した技術と現在に対応すべき研究で SK アスファルトプラントを発表してきた。

写真 6-7　アスファルトプラント　SAP1000

SRP－T 再生アスファルトプラントは，再生骨材をリサイクルドライヤにより加温し各バッチごとに計量しミキサに投入する加温増量装置である。

写真 6-8　再生アスファルトプラント　SRP20T

田中鉄工㈱

TAP シリーズ

バッチャープラントの CONPUC システムというプロジェクトに対し，アスファルトプラントプロジェクトは ASPUC システムとした。ユーザメリットを基本理念として，できるだけ少ないコストで安定した品質の合材を無公害で快適に生産できるプラントを追求した。

写真 6-9 TAP－2030E 型 アスファルトプラント

要覧記載メーカ全５社，上記記載以外業者名
ゼムコインタナショナル㈱

1999 年（平成 11 年） 上信越自動車道全線開通
福岡高速２号線全線開通
本四連絡橋 尾道～今治間全線開通
欧州連合通貨 ユーロ導入
東海村 JCO 臨界事故発生

建設の機械化 1999 年９月号
建設工事における最近のプラント設備特集
アスファルトプラント抜粋

日本の道路は昭和 29 年の第一次道路整備５ヶ年計画を皮切りに急激に発展を続け，全国の道路の舗装率は 75%，国道・都道府県道は 95%の水準に達した。その道路舗装の 80%がアスファルト舗装である。(以下略)

1. アスファルトプラントの現況

アスファルトプラントは昭和 30 年代までは舗装工事と共に移動することが多く…（中略）工事用プラントとして使用されていた。昭和 40 年代に入り，アスファルト合材の需要が増加するのに伴い，移動式から常設プラントの形態に変化し，現在の再生アスファルト合材製造設備等も備えた環境対応型多機能工場設備へと変身してきた。

(1) プラント基数

…機能別には，新規アスファルト合材専用プラント（新規プラント）と再生アスファルト合材製造可能プラント（再生プラントの比率は，1:2 となっている。５年前のデータと比較すると新規プラントは 60%減少し 561 基となり，一方，再生プラントは 240%と急増し 1,140 基となった。

(2) アスファルトプラント総製造能力

全国のアスファルトプラントの総製造能力は，113,728 t/h で，増加傾向が続いており，新規プラントと再生プラントの製造能力比率では，1:2.7 となっている。(以下略)

(3) アスファルトプラント製造能力と動向

国内の最大製造能力は，240 t/h であるが，46～60 t/h が全体の 52%を占めて主力機種となっている。近年の動向としては 60 t/h を境目にそれ以下は減少しており，60 t/h を超える機種が増加し，大型化指向が続いている。

(4) 稼動時間および稼働率

１基あたりの稼動時間は，全国平均で 644 h/ 年で 20 年間短縮傾向が続いている。稼働率で見ると 53%で，20 年前のピーク時より 29%低下した。このような変化は生産性の高効率化を求めた結果であり，労働者の労働時間を短縮し労働条件の改善に大きく寄与している。

2. 最近のアスファルトプラントの傾向

(1) 生産設備の増加

…併設加熱混合式プラントを導入する場合，新材側の安定運転のため，ミキサ容量は新規プラント能力より大きいミキサにするのが一般的であり，このことより再生プラント導入の増加と共にプラント能力も大型化している。(以下略)

(2) 環境対応の進展と合材の多様化

次に最近のアスファルトプラントの傾向として環境対応型がさらに強く求められている。(中略) 脱臭炉付きプラントが実現し，また，地球温暖化防止のための CO_2 対策等に対応したプラントが求められている。最近では CO_2 対策として低・中温合材の生産方法について様々な研究が進められ，実用化されつつある。(以下略)

(3) サテライト式合材サイロ

アスファルトプラントはその設置に際し，種々法規制の適用を受け，容易に認可されない状況から都市部では合材サイロを単独に設置し，アスファルトプラントより合材の供給を受け貯蔵，出荷する，いわゆるサテライト式合材サイロが設置されている。(以下略)

(4) 制御関係

昭和 50 年代アスファルトプラントはコンピュータによる自動化を開始した（以下略）

(a) FA 化，省人化
(b) コンパクト化
(c) イージーオペレーティング化（省熟練）
(d) 管理機能のトータルシステム化
①計量管理
②入出荷管理
③メンテナンス管理

3. 新技術工法に求められるプラントの機能

①降雨時の安全走行と交通騒音の低減化に寄与する

排水性舗装
②地球温暖化防止のための低・中温合材舗装
③機能，景観重視の歩行用透水性弾性舗装
④景観，安全重視の着色合材舗装
（以下略）

4. アスファルトプラントの環境対応

今日までのアスファルトプラント合材工場での環境対応を見ると，大気汚染のばい煙についてはバグフィルタの採用と灯油，都市ガスなどの代替燃料の採用および低 NOx バーナ普及などによりそれぞれ解決されてきた。
（以下略）
（日本舗道㈱　岡本紀海尾夫氏　㈱新潟鐵工所　吉野健治氏　日工㈱　西尾勝彦氏）

日工㈱

RAV コンビネーションシステム　開発
「省エネルギー脱臭技術を用いたアスファルトプラントの開発」
⇒　平成 11 年度　㈳日本建設機械化協会奨励賞受賞

リサイクルの排ガスを脱臭処理した後の熱風を新規骨材の加熱に利用する新発想の省エネルギー型脱臭システムを開発。

Recycle And Virgin　⇒　RAV

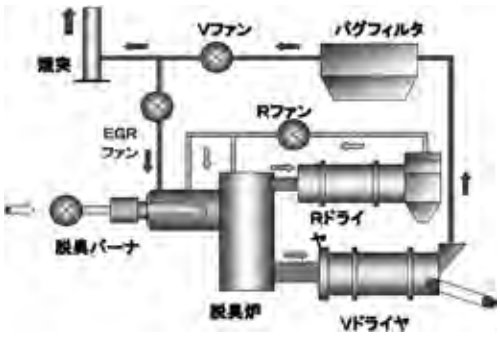


図 6-1　RAV システムフロー図（Type Ⅰ型）

写真 6-10　RAV140（AP1600 ＋ RU45）

2000 年（平成 12 年）　四国 4 県を結ぶエックスハイウェイ完成
新紙幣 2,000 円札発行
BS デジタル放送開始

2001 年（平成 13 年）　アメリカ同時多発テロ事件発生
TDS 開園　USJ 開園
JR 東日本　SUICA　登場

日本建設機械要覧　2001 年（平成 13 年）版

㈱新潟鐵工所

リサイクル兼用ドライヤ
ECOVARD　ドライヤシステム
①特長
・省スペース：DMD 同様 1 ドラムであるため，リサイクルプラントを設置する必要がない。
・省エネルギー：従来の併設型リサイクルドライヤ付プラントに比して，10%以上の省エネルギーを実現。
・再生材混入率は，50%以上が可能。
・バージン運転，リサイクル運転は，各単独で可能，もちろん，同時運転もできる。
・脱臭機能：標準で脱臭装置を装備し，臭気濃度 1,000 以下を実現。
・イージーオペレーション：新型ハロータッチ形制御盤を装備し，バーナ，ダンパ操作は完全自動コントロールとなっている。

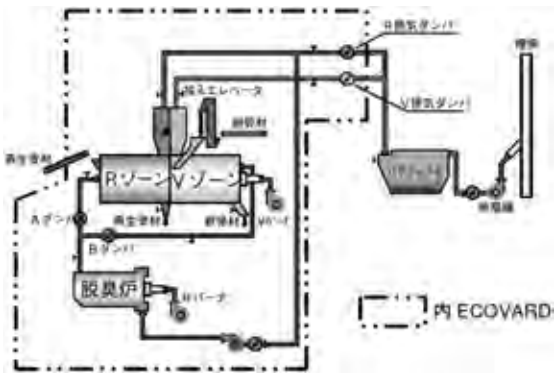


図 6-2　ECOVARD　フロー図

②構造

1 つのドラムをバージンドラム（V ゾーン），リサイクルドラム（R ゾーン）に仕切り，2 台分のドライヤとして機能させるドライヤです。（中略）脱臭炉により脱臭された再生材加熱排気は，V ゾーンへ導入されることにより，新材の加熱を補助する。V ゾーンが高性能の熱回収器の役割を担っている。

写真 6-11 ECOVARD 外観

写真 6-12 ABD－2000（ダブルホットビン仕様）

③機種

表 6-1 主要緒元表

	ECOVARD1000	ECOVARD1500	ECOVARD2000
適合プラントミキサー容量(kg)	1000～1500	1500～2000	2000～3000
バージンモード能力(t/h)	70	105	140
リサイクルモード能力(t/h)	30	45	60
合成能力(t/h)	V60+R30=90	V75+R45=120	V120+R60=180
ドラム寸法(mm)	Φ2,100×10,500	Φ2,600×10,500	Φ3,000×11,500
脱臭濃度	1000以下	1000以下	1000以下

日工㈱

ダブルホットビン 開発

多様化する合材の販売に即応できる，ダブルホットビンプラントを開発。

（1）各種合材出荷に側対応

・合材種類切替時，ホット骨材の抜取り不要（1 車毎に通常合材，排水性合材切替可能）

（2）省エネ・環境配慮

・ホット骨材の抜取り時間，手間が不要

・ホット骨材抜取り時の粉塵発生防止

（3）省材料

・加熱骨材の有効利用

⇒前日までに残った排水性用骨材（温度低下した骨材）は，通常合材用に少量ずつ混入して使用

図 6-3 ダブルホットビン イメージ図

要覧記載メーカ全 4 社，上記記載以外業者名

田中鉄工㈱，ゼムコインタナショナル㈱

2002 年（平成 14 年） いすゞ 乗用車販売から完全撤退
道路関係四公団民営化推進員会設置

田中鉄工㈱

操作盤 ASPUC-Face 完成

基本 OS は Windows 対応で，マウス操作で見やすい液晶モニタを採用した全自動制御盤。高機能，簡単操作，省スペースの特長を持った制御システムである。

写真 6-13 ASPUC-Face と監視モニタ

耐震型アスファルトプラント TAP-F 型完成

フレームを耐震構造（地震係数 0.5 で計算，震度約 7 まで対応できる）にした F 型が完成。また，リサイクルのサージビン計量器からミキサ投入ショートまでの距離を短くし，シュートの位置を改良し，再生材生産を主体としたプラントにした。

フルシェルタープラント

リサイクルプラントに脱臭炉を備え，プラント全体をシェルタで囲った環境に優しい都市型プラント。防音・防塵・防振だけでなく，周囲の美観も損なわないように配慮した。

写真 6-14　TAP-1520F

写真 6-15　フルシェルタープラント

サテライト式合材サイロ

プラントは都市近郊に，合材サイロは都市部に設置し，合材を搬送。限られた敷地の有効利用と無公害環境の合材サイロは 24 時間出荷可能となった。

また，品質を維持するために，合材サイロ下でアスファルトを添加・混練するアフターミキサ装置を設置したものもある。

写真 6-16　サテライト式合材サイロ

日工㈱

マルチドライヤシステム　開発

再生材高混入率合材生産時における V 材少量送りに対応するためマルチドライヤシステムを開発。

V 材供給量の変動が大きく，かつ少量送り時が多い場合

・ドライヤの効率ダウンによる燃費の悪化

・ドラム内の通過風速減により，ダストがバグに飛散せず，1 ビンの粒度が不安定になる

⇒合材品質への影響大

これらの現象を解消するため，ドライヤを 2 基装備した。通常合材（再生合材）生産時は 1 基のドライヤで，排水 . 性合材生産時には 2 基のドライヤを同時に運転

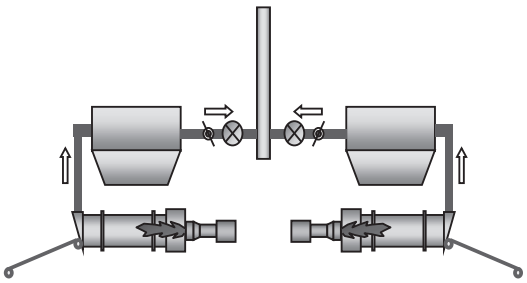


図 6-4　マルチドライヤ　イメージ図

写真 6-17　DBD－2000（1,000 ＋ 1,000 ドライヤ）

2003 年（平成 15 年）　京滋バイパス開通(名神2ルート化)
六本木ヒルズ　オープン
東海道新幹線　品川駅開業

2004 年（平成 16 年）　長崎自動車道全線開通
道路公団民営化法成立
成田国際空港　民営化

日本建設機械要覧　2004 年（平成 16 年）版

13.1　アスファルトプラント　概説抜粋

…プラント本体では，連続運転等効率良い運転を

考慮した大容量ホットビン，排水性合材対応装置等を設けるケースが多くなっている。また，最近ではより多品種・少量出荷対応の為，温度及び粒度別にストックできるホットビンを装備したプラントの採用，タワーを２セット連立したプラントも建設されている。最近では，リサイクル材投入装置，多品種合材対応としての粉体・液体の添加剤を投入する装置が装備されている。（中略）
多機能化し複雑化するアスファルト合材工場として「道路資材総合工場」が求められている。

日工㈱

新型バーナ　WELL－turbo （NTB バーナ） 開発
従来の WELL バーナの機能を更に進化させたバーナを開発。

・低空気比燃焼 ⇒ CO_2 削減・燃費削減
・広燃焼範囲 ⇒ R 材高混入率対応
・低騒音 ⇒ 環境問題対応

に加え，

・シンプル制御 ⇒ 高い信頼性
・省スペース ⇒ 新開発高効率ターボファン
・更なる低騒音化 ⇒ 高性能サイレンサの開発

写真 6-18　NTB－10T

要覧記載メーカ全３社，上記記載以外業者名
田中鉄工㈱，ゼムコインタナショナル㈱

2005 年（平成 17 年）　自動車リサイクル法施行
中部国際空港開港　京都議定書発効
道路関係四公団　民営化
つくばエクスプレス線　開通

2006 年（平成 18 年）　神戸空港開港　ハイウェイカード廃止
新北九州空港開港
（現名称：北九州空港）
西瀬戸自動車道全線開通
YS－11　国内の定期路線から引退

日工㈱

環境対応型ガスバーナ開発（東京ガス㈱と共同開発）
従来のガスバーナに比べ，より幅広い燃焼範囲を確保し，燃料と空気の最適混合による安定した燃焼を実現。最大燃焼時の空気比 1.2 を達成し，環境負荷の低減，また新しい燃焼理論の採用により更なる低 NOx 化に成功。（従来比 40％低減）

・排出 CO_2 の削減 ⇒ 省エネ法対応
・設備入替え時の助成金申請対応可
・消防対応の簡素化
⇒ 一般取扱所の届出不要
消防保有空地不要（敷地の有効利用可能）

写真 6-19　NTBG－10

ダイレクト加熱式リサイクルプラント開発
燃焼室を無くし，低コスト・低メンテナンスを実現

写真 6-20　ダイレクト加熱リサイクルプラント

2007 年（平成 19 年）　阪和自動車道全線開通
羽田空港第４滑走路建設工事着工
関西国際空港２本目の滑走路供用開始

日本建設機械要覧　2007 年（平成 19 年）版

13.1　アスファルトプラント　概説抜粋
…大気汚染対策として，新型バーナの採用，重油から灯油・都市ガスへの燃料変換，バグフィルタの採用，などが実施されている。騒音対策としては，シェルタ（外装）の設置，低騒音機器の採用などの実施例が多く，近年臭気に対する対策（脱臭装置採用）が顕著に増加している。

エネルギー管理指定工場の制定，ISO－14000への取り組みなど環境問題への取り組みが顕著になっており，また，国際的関心事であるCO_2削減対策も大きな課題である。環境との調和，人間尊重の時代への対応として，合材工場においても周辺住民との共生を図るためには環境設備の充実はもとより，周辺環境と調和の取れた外観を有するプラントが要求されつつある。更に，再生合材・排水性合材等多様化する合材の効率的生産及び出荷，敷地の有効利用，IT技術を活用した効率の良い工場運営も大きな課題である。最近の合材工場では大気汚染防止法・消防法・産業廃棄物規制法等法的条件を満たした立地条件を活かし環境ビジネスの取り込みも進められつつある。都市部の合材工場を中心に本業である道路舗装事業の他に，新しい環境ビジネスを加えた「道路資材総合工場」へ進化しつつある。

建設の施工企画　2007年4月号
環境特集
鹿島道路㈱・日本道路㈱・世紀東急工業㈱　が
建設廃材共同リサイクル施設を稼動　抜粋

建設業界をとりまく環境に対する法規制等の状況は年々厳しくなっている。その中，環境に対する意識が厳しい川崎市で，鹿島道路㈱・日本道路㈱・世紀東急工業㈱が建設廃材共同リサイクル施設を稼動させた。施設建設にあたっては，既存の施設をフル活用し，撤去や埋め戻し土の減少に努めるとともに造船ドックを利用して，現地盤より低い位置に施設やヤードを設置したり，雨水排水をポンプピットに貯留し（1,000 m^3）循環させ再利用するなどの環境に考慮した施設を建設した。

…計画地を川崎市水江地区に選定するにあたっては，以下のとおり，①川崎市の将来計画との整合性，②がれき類の将来発生量との関連性，③海上輸送のメリット及び④周辺土地利用特性を考慮して，適切な立地環境であると判断した。（以下略）

写真6-21　川崎アスコン　ABD2000＋NRP100（脱臭）＋SD
（鹿島道路㈱　生産技術本部　古明地　忠義氏）

環境特集
速効・省エネ・低コスト　時代の要求に即した
フォームドアスファルトプラントを設置　抜粋

2005年2月に京都議定書が発効し，地球規模でCO_2など温室効果ガスの削減など環境問題に関心が高まっている中，省資源，省エネルギー，経済性などの要求に即したフォームドアスファルト混合物は，国内に限らず世界的にも普及している。従来からロードスタビライザによる路上混合方式を行ってきたが，多品目製品を生産することにより時代のニーズに応えるべく，プラントによる中央混合方式の定置型を設置した。

…路上混合方式は既設舗装材料を使用し，強化路盤をその場で簡易に構築することができる。一方，中央混合方式は目的に合った任意の材料（再生コンクリート骨材，再生アスファルト骨材，加熱用混合物の骨材として使用できない砕石など）を使用し，高品質な常温混合物を大量に製造することができる。（以下略）

ミキサ：TSTM－150　連続式2軸パグミル　150 t/h
As循環インナーフォームド方式

写真6-22　定置型フォームドアスファルトプラント（成田市）
（鹿島道路㈱　生産技術本部　阪田　正弘氏）

フォームドアスファルト

加熱したアスファルトに高圧下で水を添加･混合し，アスファルト中に微細な水を分散させ，これをノズルで大気中に噴射させる時の水蒸気の膨張力を利用し，アスファルトを泡状にしたアスファルトである。発泡したアスファルトの体積は元のアスファルトの10～20倍にまで膨張し，この状態でのアスファルトの粘

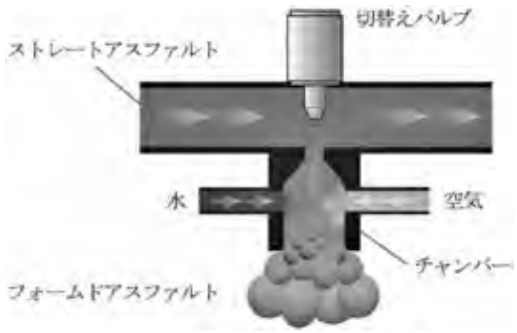


図6-5　フォームド噴射装置イメージ図

性は大幅に減少し，常温で湿潤状態の骨材との混合や被覆が可能となる。

要覧記載メーカ全２社　業者名
　田中鉄工㈱，日工㈱

2008 年（平成 20 年）　東海北陸自動車道全線開通
ソニー　ブラウン管テレビの生産打切り
リーマン・ショック　省エネ法改正

田中鉄工㈱
　マルチホットビン納入

温度の異なる骨材をホットビン内で分割して区分けしている。（通常骨材は 180℃，サテライト式合材サイロ用骨材は 220℃）

写真 6-23　マルチホットビンの切替部分

　リサイクル主体の都市型アスファルトプラント完成
　増加する再生合材の生産効率を上げるために，サージビン３基，リサイクルプラントにメインミキサを設置した。また，２基設置したバグフィルタは，ダンパによって切替を行い，排ガス温度が低い場合でも結露が生じにくくした。本都市型プラントは，大がかりな設備であったが，デザイン性を重視したため，従来のアスファルトプラントにはない洗練されたものとなった。

日工㈱
　新型リサイクル　E－TOP シリーズ開発
　従来プラントには装備されていた燃焼室を無くし，ダイレクト加熱方式を採用。また，排ガスは V ドライヤへ導入する RD 方式を採用し，排ガスの持つ熱量を V ドライヤで回収。新型パイプフライトによりドラム内付着を大幅に低減し，能力ダウンを抑制。
　シールゲート付きのサージビンを２基装備。長時間の貯蔵に対応。

　ガス・オイル切替バーナ　WELL－GO シリーズ開発
　環境対応型の低空気比オイルバーナの NTB シリーズと，ガスバーナの NTBG シリーズを合体した，オイル・ガスの燃料切替ができるバーナを開発。プラント環境に合わせ，また燃料の価格変動など市場に合わせた燃料をワンタッチで選択できる。

写真 6-24　TAP－1525 ＋ TRD－90 ＋ ST－120 × 3
ST － 90M（川崎市に設置）

写真 6-25　バグフィルタ２基設置状況

図 6-6　E－TOP　イメージ図

写真 6-26　オイル・ガス切替バーナ

JCMA

部　会　報　告

ISO/TC 127/SC 2/WG 24（ISO 19014 土工機械―制御システムの安全）2016 年 11 月～ 12 月 米国ドラル 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家（Expert）　田中　昌也（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 24（ISO 19014 土工機械―制御システムの安全）内の特設グループ会議が 2016 年 11 月～ 12 月にかけて米国フロリダ州マイアミ近郊ドラル市で開催され，協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から前回 8 月に引き続き国際専門家（Expert）として出席した田中昌也氏の報告を紹介する。

会議：ISO/TC 127/SC 2/WG 24 国際作業グループ内 Ad Hoc Group（特設グループ）会議

1　**開催日**：平成 28 年 11 月 29 日（火）～ 12 月 2 日（金）

2　**開催地**：米国フロリダ州ドラル市　JohnDeere 社会議室

3　**出席者**：13 名

米国　Part 2 プロジェクトリーダ，Part 3 プロジェクトリーダ，他 5 名

英国　Part 1 プロジェクトリーダ，他 1 名

イタリア　Part 4 プロジェクトリーダ

オーストラリア　Part 5 プロジェクトリーダ

スウェーデン　1 名

日本　1 名

公式議事録：ISO/TC127/SC2/WG24/Doc N148 参照

4　会議概要

Part 1（MPLr の割り当て）：ドラフトを修正し再投票（2nd DIS）を目指す。

DIS 投票結果は否決だったが，コメントの審議を行いドラフトの修正を行った（但し途中まで）。2017 年 1 月に会議を開催し，引き続きコメント審議を行う。プロジェクトリーダは，ここまでの清書版案文を作成し，次回の WG 会議前に配布する。

Part 2（制御システムの実装と評価）：時間切れのため，下記の進め方とする。

1）規格作成期限が迫っており，（自動キャンセル回避の為）プロジェクトの自発的取り下げを行うが，案文作成の実務は継続する。プロジェクトリーダは，今回会議の結果までを織り込んだ清書版案文を作成し，配布する（2017 年 1 月）。CD 投票に耐えるレベルの案文が完成した時点で，ISO 管理上のプロジェクトを再開する。

2）ソフトウェアへの詳細要求事項が Part 4 としてすでに分離されているが，さらに，コントローラの回路設計への詳細要求事項を Part 6 として分離することが決定した。米国から新たなプロジェクトリーダを任命する予定。目論見通り ISO 19014 Part 2，Part 4，Part 6 が完成した暁には，建設機械の制御系設計において IEC 61508 への参照は不要になる筈である。

Part 3（耐環境性要求事項）：FDIS 投票に進む。

日本コメントはほぼ受け入れられたが，振動試験を正弦波形のみとすることは認められなかった。また，Operating Shock（5.7）と Thermal Shock（5.10）の動作ステータスをクラス A からクラス C に修正すべきという意見は認められなかった。Chemical Resistance（5.3），Salt Spray（5.4）については認められた。

Part 4（ソフトウェアへの要求事項）：CD 投票に進む。投票期間は 12 週間。

現状文書で CD 投票にかける。追加の意見があればコメント提出すること。

5　日本のアクション

Part 1，Part 5

Part 1 の内容を試行して Part 5 を作成し，その結果を Part 1 にフィードバックすべきと思うが，まず Part 1 を決めてしまい，その後で Part 5 を作ればよい，という考えで進めようとしているように感じられる。試行例をできるだけ集めて問題点を指摘すべき（可能なら代案を提出すべき）と考える。

Part 2，Part 6

電気を使用しない制御システムについてどのように記述すべきか，日本案（案文）を WG に提案したい。電気電子制御システムについても，ベースとなる ISO 13849 であまり説明されていない部分の記述を決めていく必要がある。（詳細な要求をしないならしない，要求するならどういう要求事項にするか。電気電子制御システムのカテゴリ 2 の解釈，CPU を well-tried として扱うか否か，等）

Part 3

概ね懸念は解消された。但し，ISO 15998-1 の環境試験の項目を参照している規格は，今後，ISO 19014-3 を参照することになると思われ，コントローラ以外の車載電子機器は注意が必要と考える（メーカの判断により独自の試験水準を設定できる余地が少なくなっている）。

Part 4

バス通信に対して過大な要求にならないようにする。

6 議事メモ

重要なコメントの審議結果を報告する。

Part 1（ドラフト：N 0144 コメントシート：N 0143）

*行先頭の符号（DE003 や UK007 等）は，コメントシートの通し番号を示す。US コメントのみ，US コメントの通し番号と全体の通し番号が振られている（例：US001/002）。

US001/002 3.3.1 MCS
MCS と safety related machine control system［SRP/CS 3.3.2］の関係は？
safety related でない control system は，scope に入るか，入らないか？
この点は，いつまでたってもクリアにならない。
MCS と SRP/CS を分けると，Part 2 が煩雑になる。
EMCS にも MCS と SRP/CS
NEMCS にも MCS と SRP/CS が必要になる
Part 2 の N 136 の Figure 4 で表現するのがよい。
この図を正しく描くべき。
MCS - SCS - SRP/CS という階層構造
SCS 安全関連制御システム：MCS のうちで安全に関係するもの，という定義を導入する
EMCS -> MSCS
NEMCS -> NESCS
functional safety との関係は？
safety function
この辺りの基本的な定義を各 Part 間で整合させる必要がある。
3.3.1 は，まだ矛盾している感がある。
危険な故障モードがあるのが SCS というのは理解できる。
しかし，それと SCS が同じ定義であるのは疑問。
UK007
最新の proposal が添付されていない（前回の Ad Hoc 会議の結果が添付される筈だった）。
US079/166
exposure の提案がエクセルで埋め込まれている。
Use case の最悪値を選ぶので，合計は 100% にならない。→それで良いのか？
Abuse は除いてよい。
正確なパーセンテージは計測できないので，subjective に数字を入れる
E は A，H，P から計算する。詳細は Annex D に記載
Use case の計算について議論
平均値では，うまく説明できない（オーストラリア専門家意見）。
・repeatable across the industry
・ISO 12100 の intended use を説明できることが必要。
Use case に Variety がある場合は，use case を代表できない
これらが満たされれば平均でもよい。
複数ある use case から，比率の最大の分類を選ぶ
population のデータを得るのは困難といった説明をうけたがどうもしっくりこない。
SE030
ISO 26262 全体を参照することはしない。必要な項目をコメントとして提出のこと。
→スウェーデンの宿題
SE031
故障率がわかれば，ASIL と MPL を換算できるのでは？
→今のところ換算はできない。
もし可能であれば，電子機器を外部調達する際に便利ではある。
SE035
ワイパーは安全関連か？これを除外する定義を書く必要あり。
SE051
disagree
SE052-054
autonomous は ISO 17757 でカバーする。
US020/075
WG agree
warning device に PL を割り当てるのか？
ISO 16001 からの参照　環境試験 ISO 15998 or ISO 19014
integrity として ISO 19014 を要求している規格もある？
MPLr をつけるか？　→ Part 5 で検討する。
US025/081,028/085
オーストラリア提案に基づき definition を変更する。
application：建設機械ユーザが供用する産業。鉱山，道路工事など。

US089
MCSSA ISO 12100 のリスクアセスメント（車体全体のリスクアセスメント）プロセスと安全関連制御システム（SCS）のリスクアセスメントプロセスを混同しないように用語を定義する。
PHA? というアクロニムもあるが，これは却下された。
SCS に MPLr を割り当てるプロセスを指す。
スウェーデンは，公道上での使用を随分と気にしていた。
以下　terms and definition が続く
hazard zone：コントローラの故障による影響範囲とする。
12100 の定義（一般的な hazard zone）から変更する
US041/101
規格本文には要求を書くべきであり，要求ではない文書を延々と書くべきでない。
（Note に記載すべき）
SE103,104
disagree
US046/111
4.1 回路自体に感電することはスコープ外とする。
IT144
warning device に何を要求するか？　→　Part 2 で触れるべき。
US065/148
agree delete 5.3
6.1 Part 1（MCSSA）では詳細設計を考慮しない。これを英語でどう表記するか。
また，シートベルトは MPLr の外のものである。→どう文書化するか？
US075/162
此処までで時間切れ。
被害度（severity）は，最悪値ではなく，最も起こりうるものをとる，筈だったが，また最悪値に戻そうとしている。この点を指摘したが，ISO 19014 を成立させるにはドイツや CEN（欧州標準化委員会）の理解を得ることが必須であり止むを得ない，とのことである。それはわかるが，必要以上に厳しくすると現実離れした結果（全部 MPLr=e）になってしまうと思うので，現時点では反対という意思表明をした。
オーストラリアが，ISO 13849 が建設機械に適用する場合課題があり，ISO 19014 を新しくつくる理由を書いた論文を配布する。

Part 2（ドラフト N0136，コメントシート N0135）

＊Part 2 のコメントシートには通し番号が振られていないため，次のように表記する。
AAB-C：AA（国）B（コメントシートのページ）C（各ページにおける国別コメント順序）
JP1-1，US3-1
電気電子を使わない制御システムの記述について。
Alton（Peoria?）で議論した結果がドラフト（N136）に反映されている。
カテゴリ等の概念は維持するが，解釈が異なる，ということらしい。
メカ制御系の規格として ISO 4413 はどうか？→ ISO 4413 は機能安全の規格ではない。
US2-3 introduction
ISO 26262 は次の改訂（2019）で全ての公道走行機械を含めようとしているようだが，ISO 26262 は土工機械を規定できない。（TC が異なる）
US4-1，4-2 FPGA,ASIC
IEC 61508-2 Annex E and F or ISO 26262-5 を参照する
参考　ISO/DIS 26262-11 で CPU を扱っている。
US6-1 audible warning
リスクアセスメントの結果により，オペレータの操作を期待してもよいことにする
しかし I-L-O の O ではない。TE の出力である。それでいいのか？
US7-2 Annex A から引用されているが，normative reference からは削除し Bibliography へ移動する
US9-1 3.11 EMCS 3.30 NEMCS
MCS は Part 1 に記載されている
IT10-5 agree
US13-8 Part 2 と Part 4 で整合させるべき
US15-2 E-stop（6.2.3）Estop が常に安全とは限らない。6.2.4 との違いは？
US15-8 agree
Part 2 には system integration と hardware が含まれており，混然としている
V モデルをどのように適用するか？
IT16-1 コメントはドラフトに織り込まれたと思われる
will be reviewed
US16-4 MPLr，MPLa という記号の使用に賛成。要求されるレベル，達成されたレベルに別の記号を割り当てておくことで，社内教育の際に理解されやすいとの意見があった。
US17-1 proposal DC
1）自分で FMEDA する
2）サプライヤから 1）相当を入手する
3）Annex D のテーブルを使用する

soft error? IEC 61508 を参照
DC（Diagnostic Coverage）は ISO 13849 に従うか IEC 61508 に従うか？
IEC 61508 では，全てのブロックが同じレベルの SFF でなければならない
ISO 13849 は平均でよい。（DC が低いブロックがあってもよい）
上記 2 点米国専門家の見解だが，要確認。
現時点では informative だが，normative にするか？
後で変更しやすいように informative にしておく。
ここまでで時間切れ。

Part 3（ドラフト N0146，コメントシート N0145）

*行先頭の符号（US1 や UK7 等）はコメントシートの通し番号

001EB（CEN コメント）
…2017 年 7 月にイタリアで会議を開催し，コメンター（EB）に直接説明する。
DE003 中身を読んだとは思えないコメント。
JP010 safety-related parts かどうかは ISO 19014-1 で決定する。
FR011 68 は IEC 60068 の誤記
US012 ISO 13766 をどう引用するか？
ISO/DIS 13766-1,2（＋バージョン？）とする。現時点では（新）ISO 13766 を引用することはできない。
SE016 ISO 26262 を直接引用していないので，ISO 26262 は参照しない。
US023 lifecycle とはどこからどこまでか。どの個体をとるか？平均？最悪値？車体の寿命？電子機器の寿命？→ lifecycle の定義は共通としておき，何の lifecycle かは各章で定義する。
IT032 ISO/DIS 13766 は ISO/DIS 13766-2 だけが参照される。
SE034 disagree。 example は書かない。
SE036 disagree。 劣化はテストに含まれている。
SE037 落下試験を含めるべきか？→含めない。
IT039 他の規格が同等かより厳しいかを説明するのはメーカー責任・選択である。
19014-3 以外を使用してもよいが，説明は必要。
19014-3 は最低線であり，メーカ判断でもっと厳しい試験をするのは自由。
US042 inorganic dust → dust とする。
JP047 Chemical Resistance と Salt Spray はクラス C に変更。他の二つはクラス A であるべきとされた。
JP050 ランダムは必須。正弦波を追加でやるのは自由。エンジンのような対象に，主要な周波数を調査する目的で実施するのは意味があると思われる。
JP052 OK。規格の文章が「ランダム振動は実機波形を使ってよい」となっている。
JP056 グラフが正しい。ISO 16750 の 1/10 としている。テーブルの 2 列目（G^2/Hz）は削除する。
JP060 元の規格に熱容量を考慮する，とあるのでそのまま引用する。
JP062 変化速度は重要でないので should にする。

Part 4（ドラフト N0141）

4.4 software module design and coding
－use of trusted component
購入品に広げてもよいか？の議論があった。
6.3 software partitioning
－No priority based scheduling
wrong allocation of processor execution time の対策になっているか？
IEC 61508 にもそうなっているようだが？？

以上

部　会　報　告

ISO/TC 127/SC 2/WG 24（ISO 19014 土工機械―制御システムの安全）2017 年 1 月～ 2 月 ドイツ・マンハイム 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家（Expert）　田中　昌也（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 24（ISO 19014 土工機械―制御システムの安全）内の特設グループ会議が 2017 年 1 月～ 2 月にかけてドイツ・マンハイム市で開催され，協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から前回 2016 年 8 月に引き続き国際専門家（Expert）として出席した田中昌也氏の報告を紹介する。

会議：ISO/TC 127/SC 2/WG 24 国際作業グループ内 Ad Hoc Group（特設グループ）会議

1　開催日：平成 29 年 1 月 30 日（月）～ 2 月 3 日（金）

2　開催地：ドイツ国マンハイム市　JohnDeere 社会議室

3　出席者：9 名

米国　Part 2 プロジェクトリーダ，Part 3 プロジェクトリーダ，他 3 名

イタリア　Part 4 プロジェクトリーダ

オーストラリア　Part 5 プロジェクトリーダ

スウェーデン　1 名

日本　1 名

4　会議概要

・議題は Part 1（MPLr の割り当て）のコメント審議（2 日），Part 5（Part1 の実施例）の作成（3 日）の予定であったが，Part 1 プロジェクトリーダ（以下 PL）が怪我で欠席したため，Part 5 の作成のみを行った。

・オーストラリア PL が提案するパラメータの決め方（Part 1 の案文 Doc N 155）に基づき，ホイールローダ（8 t ～ 24 t）の MPLr の算出を行った。

・作業機が MPLr = d となり ISO/TS 15998-2 より厳しい。走行が MPLr = c に対し，作業機の MPLr が走行より高いのは違和感がある。

5　決定事項

・議論の結果はオーストラリア PL が準備してきたエクセルに記入されたので，同 PL は配布可能な形式にして参加者に配布する。また，会議中に板書した図表も清書して配布する。

・参加者有志（報告者含む）は，今回の方法を油圧ショベルに適用したものを作成する。期限は次の Part 5 の会議までとのことだが，日程は未定。（→ 2017 年 5 月に決定）

6　今後の予定

（会議）

2017 年 3 月末 @ 米国・ピオリア（5 日間）

日程は確定のようだが，今回会議の予定変更の影響を受けてアジェンダが変更される可能性がある。また，Part 6（コントローラハードへの要求事項）の PL に内定していた米国専門家が，社内事情により担当できなくなった為，米国内で電話会議を行い対応を協議する模様。

2017 年 7 月 @ イタリア（5 日間）

CEN のコンサルタントを会議に呼ぶのが目的だが，日程調整中の為，変更の可能性あり。

7　議事メモ

7.1　前提

リスクアセスメント結果がばらつく要因として，シナリオの想定が人によってばらついている（例えばシートベルトの装着有無）ことが挙げられるが，シートベルト装着はしている前提で考えるなど，いくつかの前提条件を置くことにした。

7.2　対象サブシステムの抽出

スコープの定義がまだ不十分なため，いくつかのサブシステムはリスクアセス対象にするかどうかで揉めた。

・なんとなく違いそうなもの

ワイパー，前照灯，Anti-Theft。ワイパーを提案した専門家の意見は「雨天時視界を確保できないと危険だし，一応制御もからんでいるから」との理由。

・キースイッチは独立したサブシステムとは考えず，他のサブシステム（作業機など）の一部と考える。

・バックモニタ（Vision System）や Object Detection は制御ではないが，アセスメントを試す。

・感電や火傷，ファンへの巻き込まれは対象外。（基本的に制御以外の防御策がとられる）

7.3 S，E，C パラメータ

〈Severity（S）〉

・S2 と S3 の選択基準

S3（死亡）と S2（後遺障害あり重傷）の選択基準。WG の見解は「受傷部位による。頭なら S3，腕なら S2（常識的な救命処置は受けられるとする。腕の場合，出血多量による死亡は考えない）」。

〈Exposure（E）〉

・E の計算方法は E（%）= A（%）× H（%）× P（%）

・A については，車両が 2 台あり，それぞれ

#1 アプリケーション a が 70%，b が 20%，c が 10%

#2 アプリケーション a が 10%，b が 60%，c が 30%

だった場合，日本人だと平均でアプリケーション a が 40%，b が 40%，c が 20%という配分がしっくりくるが，オーストラリア PL は最悪値をとるべき（*1）と主張しており，それに従うと a が 70%，b が 60%，c が 30%となる。足して 100%にならないので違和感があり，日本での議論は平均とすべき，だったので，今のところ合意はできないと伝えてある。

（* 1：こうしないと CEN の委員から同意が得られないとのこと。同意が得られない場合 EN474-1 からの引用や，現在 EN/ISO 19014 として進めている規格作成の障害となり，機械指令に対応する機能安全の規格になれない）

・アプリケーションプロファイル

屋外，屋内①（通常環境：廃棄物処理プラント等），屋内②（高温環境：製鉄所等）のそれぞれについて車両の寿命に対するマテリアルハンドリング，Tool Close to Ground（バケットを地面近くで使う：除雪や整地 ?），公道走行，メンテナンス等の時間比率を考える（存在しない組み合わせもある）。

・H は車両がハザード領域にいる時間比率。

・P はハザード領域にリスクアセス対象となる人（オペレータ，CoWorker，Bystanders のどれか）が存在する確率。

CoWorker は建設現場の作業者を指し，機械や現場の安全・危険についての知識を有しているが，Bystanders は一般人なのでそれらを有しないし，幼児・老人のような危険回避能力の低い人も想定する。

〈Controllability〉

AC（代替え手段の有無），AW（危険を認識できる度合い），AR（オペレータが回避手段をとれる度合い）の組み合わせで決定する。

7.4 サブシステム

〈Hydraulic Lockout（PPC ロック，走行ロック，作業機ロック等）〉

このシステムの故障自体で作業機が動いたりはしない（←この点は理解された）が，オペレーターは「作業機が動かない」という「期待」を持っているため，ハザードを生じうるという意見が主流だった。

〈Vision System〉

ここでいう Vision System はパターン認識等は行わず，カメラ画像を垂れ流すもの。危険な故障モードとしては画像のフリーズがある。途中経過についていけなかったが，結果をみると MPLr = c となっている。

〈パーキングブレーキ〉

傾斜地に駐車していて解放側に壊れた場合，逸走する可能性があるという。傾斜地に駐車するのもどうかと思うが，バケットを接地していれば逸走しないのではないか？といってみたが，傾斜が徐々にきつくなるような地形の場合，バケットが地面から浮いてしまい歯止めにならない，と米国専門家から反論された。屋内用途では床は水平と想定されるので，このようなことにはならない。

〈クイックカプラ〉

ISO 13031 に適合していることが前提だが，クイックカプラだけの故障だけではツールは脱落しないのでハザードを生じない。

以上

部　会　報　告

ISO/TC 127/SC 2/WG 24（ISO 19014 土工機械―制御システムの安全）2017 年 3 月 米国イリノイ州ピオリア市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家（Expert）　田中　昌也（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 24（ISO 19014 土工機械―制御システムの安全）会議が 2017 年 3 月に米国イリノイ州ピオリア市で開催され，協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から前回 1 月に引き続き国際専門家（Expert）として出席した田中昌也氏の報告を紹介する。

会議：ISO/TC 127/SC 2/WG 24 国際作業グループ会議

1　開催日：平成 29 年 3 月 27 日（月）～ 31 日（金）

2　開催地：米国イリノイ州ピオリア市

3　出席者：17 名

米国　Part 2 プロジェクトリーダ，Part 3 プロジェクトリーダ，他 10 名
英国　Part 1 プロジェクトリーダ
イタリア　Part 4 プロジェクトリーダ
オーストラリア　Part 5 プロジェクトリーダ
スウェーデン　1 名
日本　1 名

4　公式議事録：Doc N0164

5　決定事項

Part 1（MPLr の割り当て）– DIS 投票のコメント処理とドラフトの修正が完了した。変更が多い為，FDIS でなく，第 2 次 DIS 投票（DIS2）へ進む。

Part 2（制御システムの実装と評価）– CD 投票に対するコメント処理の途中でプロジェクトを中断しているが，CD コメント処理の会議はこれ以上行わない。これまでの CD コメント処理の結果（Doc N0163）が反映された WD（N0162）を添付して再開の投票（NWIP）を行う。WG メンバは未処理の CD コメントで重要なものの再提出と，Part 2 を再スタートするにあたり必要なコメントを 4 月迄に提出する。

Part 6（コントローラハードウェアの詳細設計への要求事項）

米国専門家が前任 PL 候補を引き継ぐ。6 月迄に案文を用意する。内容をレビューしたうえで Part 6 として独立させるか，Part 2 の Annex にするかを決める。

6　今後の予定

（投票）

Part 1 DIS2（近々）
Part 2 NWIP（4 月）
Part 3（耐環境性要求事項）FDIS（近々）
Part 4（ソフトウェアへの要求事項）NWIP（3 月期限）終了後，CD

（会議）

2017 年 5 月 Part 5（ホイールローダ）@ ストックホルム
2017 年 6 月 Part 5（履帯式ショベル）@ 東京
2017 年 7 月 Part 2@ フランス（フランス以降の開催地は予定）
イタリアで開催して CEN のコンサルタントを呼ぶ計画は調整がつかず，変更になった。
2017 年 9 月 WG24 全体会議 @ ロンドン
2017 年 11 月 Part 5（バックホウローダ及びホイール式油圧ショベル）@ マイアミ
2018 年 1 月 Part 5（アーティキュレートダンプ及びリジッドダンプ）@ オーストラリア
2018 年 3 月 Part 5（スキッドステアローダ）@ ファーゴ，USA

7　日本のアクション

・Part 5（Part 1 の実施例）は予想される作業量が膨大で，会議が多数計画されているが全てに出席するのは，準備も含めて困難が予想される。最初の 2 回の会議迄位で内容のスリム化を図る必要があると思われる。
・オーストラリア PL のアセスメントによると，油圧ショベルの旋回が MPLr = e になるという話を以前から聞いているが，油圧ショベルの旋回のリスクが公道上を高速走行する車両のステアリングのリスクと同じというのは現実とかけ離れているのではないか。Part 5 の油圧ショベルの会議を日本で開催し，油圧ショベルの専門家に多数参加してもらい，現実的なアセスメントを主張することにする。
・Part 2 には電気電子を含まない制御システムがスコープとして含まれるが，十分に市場実績のある油

圧システムを見直す必要は感じられず，油圧システムについてMTTFdやDC等の計算をしたところで製品の改善につながらないのではないかという意見が大半であった。但し，規格として最低ラインは決める必要はあると思われる。

8 議事メモ

〈全体〉

・オーストラリアPLによるPart 5の提案に従えば，Part 1に基づくリスクアセスメントに膨大な作業が必要になる為，多くの参加者から懸念が示された。

・米国専門家意見
ISO 13849は基本的に産業機械やプレス機のような工場に据え付けて使う機械を想定しており，建設機械のアセスメントには適さない部分がある。また，ISO 13849の次の改訂では，動き回る機械（mobile machinery）を除外する予定であるという情報もある（注：根拠は不明）。不足な部分は，適宜IEC 61508を参照してアセスメントする必要がある。また，油圧回路の分析方法がほとんど書かれておらず，新規追加のコンテンツが必要である。

・別の米国専門家意見
電気系・油圧系とも，これまでに開発完了したものにわざわざ時間をかけてMTTFdやDCの計算をしても，製品の安全性が上がるとは思えない。ISO 13849には油圧システムについての要求事項が殆どないが，それでよいのではないか。下記のことができていれば十分と考える。
1）故障を検出する
2）オペレータに異常を提示する
3）車体を（必要に応じ）ディレートする

・私見であるが，機能安全の規格は本来電気電子システムが対象であり，電気電子システム以外をスコープに含めるべきではない。建設機械では，本来ならばEN 474-1が電気電子制御はISO 19014（ISO 13849でもよい）に適合，油圧システムについてはステアリングはISO 5010に適合，ブレーキはISO 3450に適合…というように，サブシステムごとに安全要求を決めればよいと考える。（残念ながら，報告者はEN474の策定に直接関与できないが）

・IEC 61508にGraceful Degradation（システムに故障があった時にクリティカルでない機能から切り捨てていく：IEC 61508-7（2010）Annex C C.3.8）という記述があるが，建設機械のコントローラではどのように実現できるのか不明。このような記述は，ISO 19014では除くべき。

〈Part 1〉

・車体全体のリスクアセスメントを「ISO 12100リスクアセスメント」，制御系のリスクアセスメントをMCSSA（Machine Control System Safety Analysis）と名付ける。

・Part 5の膨大さに懸念が示され，ISO 19014以外のリスクグラフを使ってもよいことにしようという提案がされた。一応，案文には“This part of ISO 19014 provides guidance and a methodology…”となっており”the methodology”ではないので辻褄はあっているのだが，the methodologyをつくるのがISO 19014の目的だった筈。やはり，リスクグラフは標準化できないのか…。

・MCSSAは必須。ただしMCSSAの結果QMになったものはSafety Related Parts of Control Systemではないので，Part 2, Part 3, Part 4, part 6の要求事項は適用されない。

・被害度S3で暴露確率の低い（ドラフトではE=E0かつC=C0）ものについてQMが許されるのかという議論が出たが，建機ではtolerable riskと考えることとなった。但し，逆にEだけがE0またはCだけがC0に対し全てQMというのは認められなかった。（2016年5月の日本での会議において，日本から意見提出したが却下されている。今回イタリアから再度意見提出されたが，再度却下）

〈Part 4〉

・Part 4のNWIP投票に対し，日本はCDから始めることには反対せず，約1ページのコメントを提出しているが，米国は30ページのコメントを提出し，WDから開始すべきとの意見。

・ソフトウェアツールを買い直したり，ツールの認証のために追加費用を払うことが必須とならないような案文とすべきという意見があった。

〈Part 5〉

・アタッチメントは全種類を網羅しなくてもよいのでは。母機メーカが売っているものは対象だが，アタッチメントメーカのブランドで売っているものはアタッチメントメーカが責任をもつべき。ISO 19014では代表的なもののみ扱う。

・ホイールローダの作業機のリスクアセス見直し（MPLr=d → c）
正しい使用においては作業機の下に人はいないはず。

・マテリアルハンドリングにおいて，バケットが下げ方向へ誤動作した場合，円柱状の資材（パイプなど）を抱えていると，落下して人に当る，というシナリオがあったが，そのような物体は本来パレット等に

固縛すべきであり，それを前提にしたアセスメントにすべきということになった。固縛すればパレットに載せているものが落下することはない，ということでオーストラリア PL が E を 1% と書こうとしたが，「可能性がないならリスク自体なしにすべき」と指摘し，受け入れられた。

・公道上でのステアリング故障の（MPLr = e → d）に見直し

但し，MPLr = d だと公道上のステアリングがカテゴリ 2 でも実現できることになるが，現実的か？という疑問が米国専門家より提示された。（ステアリング機能は車両停止まで機能維持する必要があり，冗長性が必要ではないか）

・カメラ，Hazard Detection System

カメラについては，画像のフリーズについて MPLr = c に見合った設計が必要。画像のフリーズ自体で人が死ぬわけではないが，画像を信用した結果，人を轢いてしまう S パラメータが採用されている。制御系（出力が物理的な動きをひきおこすもの）以外を規格のスコープに含めることには反対意見も出ており，拡大解釈にも思えるが，Part 1 に「Immediate Action Warning については ISO 19014 の設計原則を適用する」という文章があるため（Part1 Annex B），反対する場合は十分な論理構成が必要と思われる。

以上

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22 (ISO 17757 土工機械及び鉱山―自律式機械・鉱山システム安全) 2016 年 5 月カナダ・バンクーバー市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家（Expert） 遠嶋 雅徳（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 22（ISO 17757 土工機械及び鉱山―自律式・半自律式機械及び鉱山システム安全）作業グループ会議が 2016 年 5 月にカナダ国バンクーバー市で開催され，前回 2016 年 3 月に続き協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家（Expert）として出席した遠嶋雅徳氏の報告を紹介する。

1 **開催日**：2016 年 5 月 5 日（木)～ 6 日（金）

2 **開催地**：カナダ国バンクーバー市
Wenco International Mining Systems 社会議室

3 **出席者**：11 名
米国（ANSI）プロジェクトリーダ，他 4 名
カナダ（CSA）4 名
日本（JISC）2 名

4 **会議結果概要**：

DIS ドラフト作成に向けて, 最新の CD（Committee Draft）のレビューを実施した。最新 CD は 4 月に配布されたが，それに対してコメントを提出したのはカナダと日本のみであった。実際，今回の WG 会議に出席したのは議長を除いて 10 名のみ（米国・カナダ・日本）であり，会議が始まる前には，既に作業が終わりに近づいている雰囲気すらあった。

しかし, WG 会議では相変わらず細かい議論となり，大きく内容が変更されることはなかったものの，文書の構成や表現, 用語の定義等に大幅な修正が行われた。

日本からは，ステアリング異常時の“shall maintain safe state”という要求は現実的でなく，“bring to safe state”が妥当というコメントを出していたが，受け入れられなかった。

本規格では，“safe state”= Risk Assessment で決まる acceptance level 以下の安全状態であること，と定義している。例えばステアリング故障で走路を逸脱しても，それによる被害が要求安全レベルより小さいならば safe state であるというのが WG 全体での認識である。つまり，機能安全的な発想で考えるべき，ということで，これは本規格全体に共通するコンセプトである。

なお，本プロジェクトは本来であれば 2016 年内に終了予定であったが，日程的に難しい為，9 ヶ月の延長が提案され承認されている。とにかく期限内に本規格を発行した後，次の Phase 2 で更に細かい内容を追加していこう , というのが米国プロジェクトリーダの考えである。

【以下，会議での主な議論】

Barrier system

もともと，地下鉱山で用いられる Sandvik 社の半自律式ロードホウルダンプのコンセプトであるが，これに対するコメントが多数出され，これまで Site Access と呼んでいたものも含めて AOZ Access と呼ぶこととなった。なお，Barrier System も Access Control System と改められた。

また，Barrier system の状態をモニターしなければならないという指摘があった。通常，鉱山等においては，ゲート等の管理は，システム提供者側でなく使用者側が現場特有のシステムとして実施しているが，リスクアセスメント上必要と判断された場合，それらもシステムとして管理されなければならない。具体的に は，Light barrier，Laser beam，Video imaging，RFID などを利用したゲートと規定された。

アクセスシステムに対しての breach（ルール無視）が発生した場合，システムは safe state になり，かつ中央管制システムに notify されなければならない，という議論。breach が発生したら必ず safe state にする事が可能か議論され，D5 Barrier placement でカバーされているので規定できるという結論となった。notify までは必要ないという議論が占めたが，そこまで言うのであれば, という事で最終的に了承され，意見が通った形。

Block Diagram

ブロックダイアグラム自体は，あくまで ASAMS

を実現する場合の例であること，また，ブロックダイアグラムに登場する要素は，本文で記述されるべきと指摘された。

ASAM Supervisor System

もともと Site Supervision System だったが，ASAM（Autonomous and Semi-Autonomous machines） のみが対象という事で Site から ASAM へ変更された。本文に列記されているサブシステム名も他との一貫性がないが，ブロックダイアグラムと同様，一つの例という事となっている。また，GNSS Grand Station と通信関係は必ずしも Supervisor に関係しない，という事で削除された。

Permissions and Security

これまでは Access のみモニターする，となっていたが，exit（egress）についてもモニターする。また，これまでは機械のみがモニターの対象であったが，人も対象に追加された。モニターに加え，エスコートされてもよいとしているので，例えばピックアップトラックに複数の人が乗っていても問題がないと考えられる。

なお，地下鉱山では

・トンネル毎に人の入退出を確認する。

・5 分以上人の動きがない場合，人が倒れているとして扱う。

という管理が実施されているとのこと。

また，モニター又はエスコートされる機器・人に対して，位置，距離，速度，方向，精度等を Risk assessment に応じて明確にしなければならない，という記述が追加された。

Steering System

ステアリングの Single electric failure 時にも“maintain safety state”しなければならないという記述の件で日本から“maintain safety state”は現実的でなく“bring to safety state”としたらどうかと提案したが通らず。“safe state”とは絶対的な安全ではなく，acceptable risk 以下の安全状態と定義されるので，故障する確率や，その時に周囲に有人車両がいる確率等を考慮して対応されるべきという議論となった。

用語の定義

この期に及んで autonomous/semi-autonomous の議論が再燃し，変更が実施された。

Autonomous mode/Semi-Autonomous mode/Autonomous Machine

もともと Autonomous machine が先に定義され，Autonomous machine として機能している時が Autonomous mode となっていたが，その定義順序が逆となった（autonomous mode で動作する機械を autonomous machine と呼ぶ）。これが最後の議論になることを祈る。

Mode indicator

“hold mode”と“hold state”の違いが明確でないとの意見が米国から提出され，モードランプから“hold”の部分が削除された。

Mode

unexpected（予期しない）又は unauthorized（権限のない）モード変更が実施されることで，安全を脅かしてはならない，と議論された。

Communication & Network

Design する際には industry standard を参照するという要件が追加された。

また，リモートアクセスによる spoofing（なりすまし）等にも対応しなければならない，と議論された。例えば，data encryption や password 等で対応するのが通常だが，password のみでは不十分という意見もあり，user authentication（ユーザ認証）という表現に改められた。

西オーストラリア州の自律機械の実施要領

特に Operation 関連の項目で，既に西オーストラリア州で発行されている“CODE OF PRACTICE Safe mobile autonomous mining in Western Australia”がそのまま引用されているが，最新版との整合性を確認し，shall/should の表現統一を実施した。Informative の Annex からは全ての“shall”が削除された。

文書の構造

現在のドラフトの構成に統一感がなく，分類も正確でない（onboard かどうか等）という指摘があり，一から書き直すべきとの意見も出された。現時点で CD からやり直すと，最低でも 2 年かかってしまうので，さすがにそれは却下され，最低限の構成変更を実施することとした。

以上

部 会 報 告

ISO/TC 127/SC 2/WG 22
（ISO 17757 土工機械及び鉱山―自律式機械・鉱山システム安全）
2017 年 2 月米国サンディエゴ市 国際作業グループ会議報告

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会国際専門家（Expert） 竹田 幸司（コマツ）

国際標準化機構 ISO の専門委員会 TC 127（土工機械）傘下の国際作業グループ ISO/TC 127/SC 2/WG 22（ISO 17757 土工機械及び鉱山―自律式・半自律式機械及び鉱山システム安全）作業グループ会議が 2017 年 2 月に米国カリフォルニア州サンディエゴ市で開催され，協会標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会から国際専門家（Expert）として出席した竹田幸司氏の報告を紹介する。

1 開催日：2017 年 2 月 27 日（月）～ 28 日（火）

2 開催地：米国カリフォルニア州サンディエゴ市
クラウンプラザホテル サンディエゴ・ミッションバレー 会議室 （27 日）
Solar Turbines 社 会議室 （28 日）

3 出席者：15 名
米国（ANSI）7 名，カナダ（CSA）3 名，ドイツ（DIN）1 名，オーストラリア（SA）1 名，
日本（JISC）3 名

4 会議概要：

2016 年 9 月に実施された DIS 投票に対するコメントの修正方針から会議が開始した。DIS 投票は通過しているが大量のコメントがあったため，技術的なコメントを一部受け付けて DIS 2 とし再度投票を実施するか，editorial なコメントのみ対応して FDIS 投票に移るか議論された。一日目の議論では修正箇所が多いため DIS 2 とするのが適当という議論が大勢を占めたが，二日目再度議論を実施し，修正箇所は多いが一日目に対応してきたものは editorial のみであり技術的なコメントはないため，FDIS の投票に移ることが適当という議論になり了承された。その為，技術的なコメント，特にスウェーデンからのコメントはセキュリティの増強が必要など技術的なコメントが目立ったが，これらのコメントは FDIS で対応するのはふさわしくないという理由で不採用となった。

会議中に終了しなかった文章表現の修正，ブロックダイアグラムの図や，Annex A のハザード表の更新を実施した後，FDIS のドラフトが送付され，まず WG からの editorial コメントのみを受け付けたのち FDIS を発行し，ISO の発行手続きに入る。

今回の WG で不採用になったセキュリティ等の技術的なコメントや，Inter-operability，自動車業界からの技術応用等は Part 2 で議論されることが有力になっている。DIS 17757 Part 2 の国際 WG 会議は，オーストラリア国ブリスベン市で ISO 21815 の国際 WG 会議と同時に実施される予定。

5 議事：

a）Risk Assessment

Risk Assessment は誰がやるのかという議論。結局は System Integrator，System Operator，Site Manager という記述を Annex B（informative）に入れることで決着。これだけでも 1 時間以上費やす。

b）Approach モード

4.4.1 のモードランプの記述で，autonomous machine にアクセスするためのモードがない，という議論。もともとモードランプに halt state という記述があったが，halt state は approach mode と異なるとの米国指摘があり，前回会議で削除された。Approach mode に対するモードランプが必要という議論もあったが，モードの定義のみ必要となり，定義された。なお，Approach mode の定義は“Mode that allows access to the ASAM”とされている。

c）4.7.2 ブレーキング

試験方法の記述があり，ISO 3450 Clause 4, except 4.7 となっていたが，4.7 を exclude するのはおかしいのではという指摘。会議中 ISO 3450 の内容を確認したところ，やはり何かの間違いという結論になり，except 4.7 を削除し，where the requirements specifically apply to an on board operator. という文章を追加する事で落ち着いた。同様な議論で Clause 6 except 6.2 という記述があったが except 6.2 も削除された。この章の担当者はなぜこれらの記述をしたのか覚えていないとのことだが，両者に共通するのは hydrostatic brake（主に地下鉱山で使われる）に関する記述であること

から，地下建機担当者の意見だったのではないかと推測される。

d）All stop system

本文中で使用されている All stop system という文言が定義されていないと指摘され，System that brings all machines within the AOZ（to a halted state（3.9）when initiated という定義が追加された。

e）Annex A

ISO 20474-1 に基づく表が添付されていたが，最終形になっていない。削除が検討されたが，最終的には表を改善する事で合意。WG の 2 名に修正がアサインされた。

6　今後の予定：

2017 年 4 月前半　案文を改良し，FDIS 用文書を WG 専門家に送付

2017 年 4 月後半　WG 専門家によるコメント送付（コメントは editorial のみ）

2017 年 5 月　コメント採用，FDIS を ISO 中央事務局へ提出

2017 年 9 月　FDIS コメントに対する修正完了

2017 年 11 月　ISO 発行

なお，Part 2 について WG 会議が 2017 年 7 月に豪州で ISO 21815 会議と同時に開催される。項目は

1. Machine Interoperability
2. セキュリティ
3. 自動車産業等からの対応
4. 次回以降プロジェクトとして後回しにしたもの
5. 各セクションの改善

が予定されている。

以上

新機種紹介　機関誌編集委員会

▶〈02〉掘削機械

16-〈02〉-26	コマツ 油圧ショベル PC600/650-11，PC700LC-11	’16.11 発売 新機種

オフロード法(※1)2014年基準に適合した大型油圧ショベルである。

機体のメインユニットを最適に制御するトータルビークルコントロール（機体総合制御）とオートアイドルストップ機能により，生産性と燃費性能の向上を図っており，燃料消費量を PC600/650-11 では 6%低減している(※2)。

KomVision（機械周囲カメラシステム），ロックレバー自動ロック機能により安全性の向上を図っている。また，KOMTRAX（機械稼働管理システム）によりオペレーターごとの車両運転情報を管理すると共に，排出ガス後処理システムの選択触媒還元（SCR）に必要な AdBlue®(※3) の残量についても確認できる。

さらに，国内で初めてパワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れたサービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」が新車購入時から付帯され，トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働に貢献を図っている。

※1. 通称，オフロード法。
※2. 自社従来機との比較（当社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。
※3. ドイツ自動車工業会（VDA）の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表―1　PC600/650-11，PC700LC-11 の主な仕様

	PC600-11	PC650-11	PC700LC-11
	標準仕様	砕石仕様	砕石仕様
機械質量　(t)	59.700	60.600	66.900
エンジン定格出力　ネット（JIS D0006-1）　kW/min^{-1}〔PS/rpm〕	325/1,800〔442/1,800〕		
標準バケット容量（JIS A 8403-4）　(m^3)	2.70	2.80	3.10
標準バケット幅（サイドカッタ・シュラウド含む）　(m)	1.780	1.920	1.920
全長　(m)	13.005	12.635	12.630
全幅（輸送時／作業時）　(m)	3.190／4.225	3.190／4.250	
全高（グローサ高さ含む）(m)	4.300	4.270	4.280
後端旋回半径　(m)	3.950		
価格　(百万円)	63	66	70

写真―1　コマツ「PC650-11」(左),「PC700LC-11」(右) 油圧ショベル（一部オプションが含まれる）

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

▶〈04〉運搬機械

16-〈04〉-05	コマツ オフロードダンプトラック HD325/HD405-8	’16.11 発売 新機種

オフロード法(※1) 2014 年基準に適合したオフロードダンプトラックである。

ステアリング＆ホイスト回路への可変ピストンポンプやオートアイドルストップ機能などにより燃料消費量の低減を図ると共に自社従来機に比べ生産効率（t/L）を改善している（HD325-8：5 ～ 8% UP，HD405-8：2 ～ 6% UP）(※2)。また，滑りやすい路面や軟弱地を走破する際に効果を発揮するスリップ制御技術「コマツトラクションコントロールシステム（KTCS)」をオプションで追加し，走破性の向上を図っている。

車両状態やメンテナンス情報に加え AdBlue®(※3) 残量，運転中の燃料消費率を表示するエコゲージ，省エネ運転を促すエコガイダンスなどを表示する高精細 7 インチ LCD ユニット付機械モニタを搭載している。 標準装備されたペイロードメータ（PLM）により，効率的な車両運行管理を図っている。

また，キャブへのアクセスを階段状のステップへの変更，後方モニタのカラー化や保護柵の追加により安全性の向上も図っている。

さらに，国内で初めてパワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れたサービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」が新車購入時から付帯され，トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働に貢献を図っている。

※1. 通称，オフロード法。
※2. 自社従来機との比較（当社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。
※3. ドイツ自動車工業会（VDA）の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水のこと。

表―２　HD325/HD405-8 の主な仕様

		HD325-8	HD405-8
最大積載質量	(t)	36.5	40.0
ボディ容量（山積 2：1／平積）	(m^3)	24.0／16.9	27.3／20.0
エンジン定格出力　ネット（JIS D0006-1） kW/min^{-1}（PS/rpm）		383/2,000 (521/2,000)	
全長	(m)	9.245	
全幅	(m)	3.660	4.070
全高（空車時）	(m)	4.240	4.310
最高走行速度	(km/h)	68	66
最小回転半径（最外輪中心）	(m)	7.2	7.9
価格（工場裸渡し消費税抜き）	(百万円)	66.8	68.6

写真―２　コマツ　HD325-8（左），HM400-5（右）　オフロードダンプトラック（一部オプションが含まれる）

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

▶〈10〉環境保全およびリサイクル機械

17-〈10〉-01	**コマツ** **自走式土質改良機** BZ210-3	**'17.2 発売** **新機種**

地盤改良および建設発生土の効率的生産や現場内リサイクルを可能にする自走式土質改良機である。

本機は，NOx（窒素酸化物）と PM（粒子状物質）の排出量を大幅に低減し，オフロード法 (※1) 2014 年基準に適合している。さらにエンジンと油圧システムの最適制御，メインバルブ・油圧回路のロス低減，大容量高効率油圧ポンプなどにより，燃料消費量を自社従来機に比べ 10%低減 (※2) している。

幅広い土質に対応する混合機，確実に定量供給する原料土ホッパー・フィーダー，添加性能に優れた固化材ホッパー・フィーダーを従来機から継承しつつ，セカンダリエンジン停止スイッチや落下防止用ハンドレールにより安全性の向上を図っている。また，高精細 7 インチ LCD 液晶モニタと KOMTRAX（機械稼働管理システム）を標準搭載し，作業量や固化材の使用量に加え，排出ガス後処理システムの選択触媒還元（SCR）に必要な AdBlue® (※3) の残量などについても確認できる。

さらに，新車購入時に自動的に付帯される，パワーラインの保証延長と無償メンテナンスを取り入れた，サービスプログラム「KOMATSU CARE（コマツ・ケア）」の提供により，トータルライフサイクルコストの低減と長時間稼働に貢献を図っている。

※ 1. オフロード法：特定特殊自動車排出ガスの NOx（窒素酸化物），PM（粒子状物質）排出量の規制等に関する法律。
※ 2. 自社従来機との比較（自社テスト基準による）。実作業では作業条件により異なる場合がある。
※ 3. ドイツ自動車工業会（VDA）の登録商標。尿素 SCR システム専用の高品位尿素水。

表―３　BZ210-3 の主な仕様

機械質量	(t)	22.100
エンジン定格出力　ネット (JIS D0006-1)　kW/min^{-1}（PS/rpm）		123/2000（167/2000）
全長／全高（輸送時）／全幅（輸送時）	(m)	13.190／3.330／2.850
作業量設定範囲 (※)	(m^3/h)	40 ～ 150（40 ～ 100：ほぐし装置（オプション）装着時）
原料土ホッパー容量	(m^3)	1.4
固化材ホッパー容量	(m^3)	3.0
混合方式		ソイルカッター ＋ 3 軸大型ロータリハンマー ＋アフターカッター
価格	(百万円)	55

※リテラの作業量は土をほぐした状態の値である。投入する土の種類・作業条件により異なる。実際の作業量については，作業量設定範囲に対して作業効率を考慮して算出する必要がある。

写真―３　コマツ　BZ210-3　自走式土質改良機
（一部オプションが含まれる）

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

統　　計　機関誌編集委員会

建設企業の海外展開

1. はじめに

わが国の建設企業や建設コンサルタントなどにより構成される建設産業は，60年以上前に戦後初の海外工事が行われて以来，世界140か国以上で事業展開してきている。

インフラシステム海外展開は，わが国の成長戦略の最重要施策の一つに位置づけられてきており，人口減少，少子高齢化が進行するわが国の成長戦略の柱であり，政府を挙げて取り組むこととしている。安部総理大臣は，「第21回国際交流会議　アジアの未来」において，「質の高いインフラパートナーシップ」を発表した。「質の高いインフラパートナーシップ」を通じてわが国政府は各国・国際機関と協働し，「質の高いインフラ投資」を推進していくこととしている。このため，機能を強化したアジア開発銀行（ADB）と連携し，今後5年間で総額約1,100億ドル（13兆円規模）の「質の高いインフラ投資」をアジア地域に提供していくこととしている。また，2016年5月に開催されたG7伊勢志摩サミットに際して発表された「質の高いインフラ輸出拡大イニシアティブ」では，今後5年間に約2,000億ドルのリスクマネーを供給するなど，本邦企業の受注獲得を支援するための措置を講じることとしている。

このような状況の中，わが国建設企業の2016年度の海外建設受注実績の動向を，（一社）海外建設協会（会員企業数50社）のホームページを用いて紹介する。なお，集計は会員各社間及び自社の本邦と海外法人間の契約案件は除外されており，また共同企業体（JV）による受注については各社の出資比率分を計上している。

2. 2016年度の海外受注について

(1) 受注全体の動向

2016年度の海外建設受注実績は1兆5,464億円となり，前年度の1兆6,825億円と比べ約1,361億円の減少となった。受注件数についても，1,694件となり前年度の1,764件と比べ70件減少しており，受注件数，受注額ともに減少する結果となった。

詳細は後述するが，受注額を本邦法人と現地法人別にみると，本邦法人の受注額は3,952億円であり，昨年度の6,000億円と比べ2,048億円減少した。一方，現地法人の受注額は1兆1,512億円で，昨年度の10,824億円と比べ688億円の増加となった。

資金源別にみると，自己資金案件は1兆4,449億円，無償資金案件は581億円，有償資金案件では434億円となった。なお，ODA全体（無償，有償の合計）は，1,015億円で，前年度の2,120億円と比べて減少した。なお，世界銀行融資案件及びアジア銀行融資案件の受注はなかった。

発注者別にみると，公共機関案件は3,445億円，民間案件は1兆2,019億円となり，公共機関と民間案件の受注比率は，22：78（前年度31：69）となっている。

契約形態別では，施工のみの案件で1兆1,033億円，設計施工案件で4,396億円，PM/CM案件では4億円，技術指導案件では5億円，その他案件で26億円となっている。ターンキー案件は，本年度の受注はなかった（**表**―1参照）。

(2) 本邦・現地法人海外受注状況

2016年度の海外受注状況を法人別にみると，本邦法人の受注は前年度より59件減少し405件であり，受注額も前年度より2,048億円減少し3,952億円であった。

本邦法人の受注を地域別にみると，アジアでは2,823億円，中東・北アフリカでは134億円，アフリカでは262億円，北米では240億円，中南米では246億円，欧州では34億円，大洋州では212億円であった。なお，東欧では本年度の受注はなかった。

一方，現地法人の受注についてみると，受注額は前年度より668億円増加し1兆1,512億円となったが，受注件数は11件減少し1,289件となった。

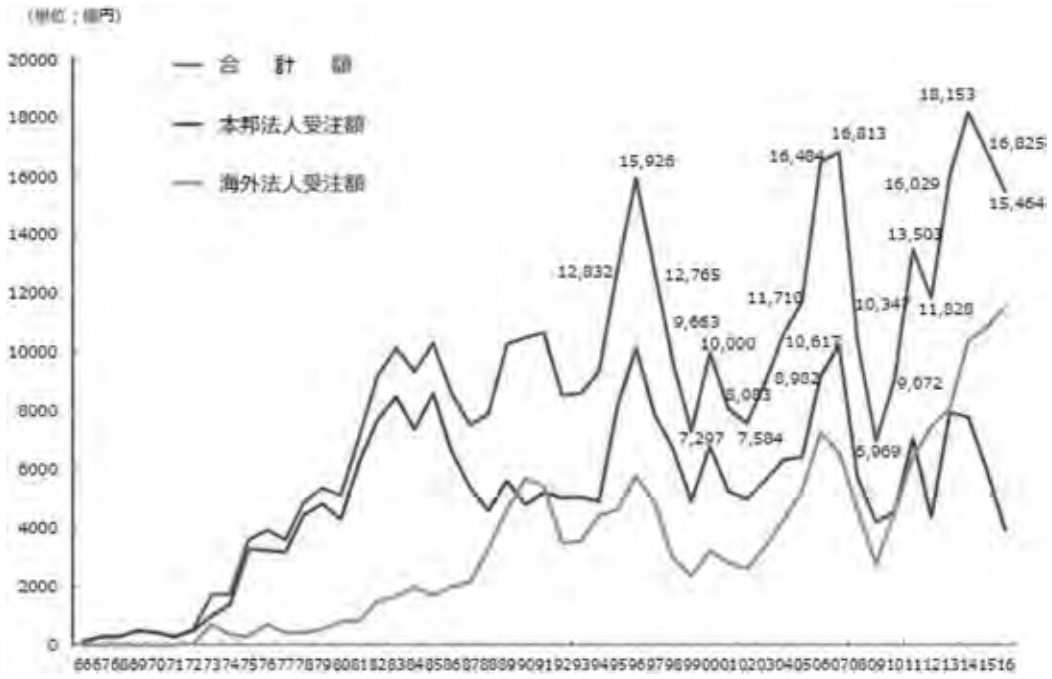
現地法人の受注を地域別にみると，アジアでは4,241億円，中東・北アフリカでは13億円，北米では6,244億円，中南米では93億円，欧州では52億円，東欧では391億円，大洋州では478億円であった。なお，アフリカについては受注はなかった。

この結果，本邦法人と現地法人の受注額の比率は26：74で，前年度（36：64）と比べ本邦法人の比率はさらに減少した一方で，現地法人の比率は増加した（**図**―1，**表**―2参照）。

表―1　2015，2016年度の海外建設受注動向「海建協調べ」

（単位：億円）

法人種別	2016年度			2015年度			対前年比：増減件数・額		
	（件数）	（金額：億円）	構成比（%）	（件数）	（金額：億円）	構成比（%）	（件数）	（金額：億円）	前年度比（%）
本邦法人	405	3,952	25.6	464	6,000	35.7	－59	－2,048	－34.1
現地法人	1,289	11,512	74.4	1,300	10,824	64.3	－11	688	6.4
計	1,694	15,464	100.0	1,764	16,825	100.0	－70	－1,361	－8.1



図―1　1966 ～ 2016 年度海外建設受注の推移（海建協調べ）

表―2　2015，2016 年度の地域別本邦法人，現地法人海外工事受注動向「海建協調べ」

（単位：億円）

地域	法人	2016 年度		2015 年度		増減額
		受注額	構成比（%）	受注額	構成比（%）	
アジア	本邦法人	2,823	18.3	3,984	23.7	－1,161
	現地法人	4,241	27.4	4,630	27.5	－389
中　東 北アフリカ	本邦法人	134	0.9	665	4.0	－531
	現地法人	13	0.1	0	0	13
アフリカ	本邦法人	262	1.7	97	0.6	165
	現地法人	0	0	0	0	0
北　米	本邦法人	240	1.5	341	2.0	－101
	現地法人	6,244	40.4	4,653	27.7	1,591
中南米	本邦法人	246	1.6	505	3.0	－259
	現地法人	93	0.6	140	0.8	－47
欧　州	本邦法人	34	0.2	5	0	29
	現地法人	52	0.4	105	0.6	－53
東　欧	本邦法人	0	0	0	0	0
	現地法人	391	2.5	302	1.8	89
大洋州	本邦法人	212	1.4	403	2.4	－191
	現地法人	478	3.1	994	5.9	－516
累計	本邦法人	3,952	25.6	6,000	35.7	－2,048
	現地法人	11,512	74.4	10,825	64.3	687

（3）地域別海外受注状況について

2016 年度の海外受注状況を地域別にみると，アジアにおける受注件数は 1,208 件で前年度より 67 件減少し，受注額についても 1,550 億円減少し 7,064 億円であった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関については 1,247 億円減少し 1,505 億円であり，民間発注機関については 303 億円減少し 5,559 億円となった。

北米における受注件数は前年度より 14 件増加し 192 件であり，受注額についても 1,490 億円増加し 6,484 億円であった。同地域の

統　　計

受注を発注者別にみると，公共機関については 41 億円減少し 1,369 億円となったが，民間発注機関については 1,531 億円増加し 5,115 億円となった。中南米における受注件数は前年度より 17 件減少し 116 件であり，受注額についても 306 億円減少し 116 億円となった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関の受注はなく，民間発注機関は 279 億円減少し 339 億円となっている。

中東・北アフリカにおける受注件数は前年度より 8 件増加し 18 件であったが，受注額については 518 億円減少し 147 億円となった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関は 538 億円減少し 112 億円となったが，民間は 21 億円増加し 36 億円となった。アフリカにおける受注件数については前年度より 5 件増加し 17 件となり，受注額についても 165 億円増加し 262 億円となった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関は 168 億円増加し 259 億円となり，民間発注機関は 2 億円減少し 4 億円となった。

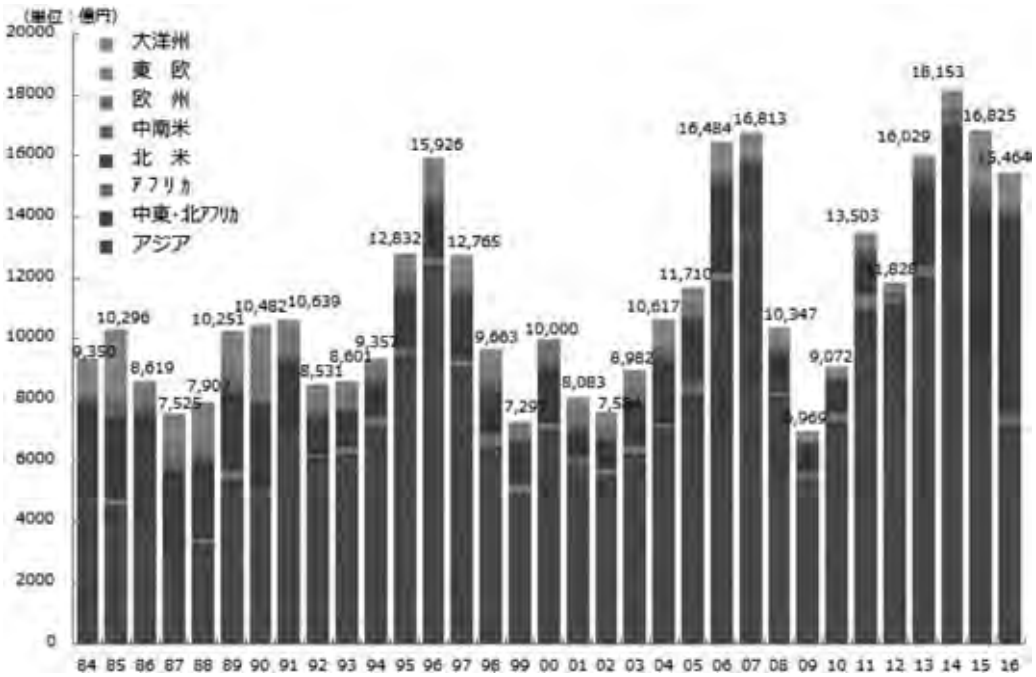
欧州における受注件数は前年度より 3 件減少し 33 件となり，受注額についても 24 億円減少し 86 億円であった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関は 1 億円減少し 1 億円となり，民間発注機関も 23 億円減少し 85 億円となった。東欧における受注件数は前年度より 16 件増加し 52 件であり，受注額についても 89 億円増加し 391 億円であった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関からの受注はなく，民間発注機関は 89 億円増加し 391 億円となった。

大洋州における受注は前年度より 6 件増加し 58 件となったが，受注額については 707 億円減少し 690 億円となった。同地域の受注を発注者別にみると，公共機関は 138 億円減少し 200 億円となり，民間発注機関は 569 億円減少し 490 億円となった（**表―3**，**図―2** 参照）。

表―3　2015，2016 年度の地域別海外工事受注額「海建協調べ」

（単位：億円）

地　域	2016 年度			2015 年度			増減額
	件数	受注額	構成比（%）	件数	受注額	構成比（%）	
ア ジ ア	1,208	7,064	45.7	1,275	8,614	51.2	－1,550（－18.0）
中　東	18	147	1.0	10	665	4.0	－518（－77.9）
アフリカ	17	262	1.7	12	97	0.6	165（170.1）
北　米	192	6,484	41.9	178	4,994	29.7	1,490（29.8）
中 南 米	116	339	2.2	133	645	3.8	－306（－47.4）
欧　州	33	86	0.6	36	110	0.7	－24（－21.8）
東　欧	52	391	2.5	68	302	1.8	89（29.5）
大 洋 州	58	690	4.5	52	1,397	8.3	－707（－50.6）
計	1,694	15,464	100.0%	1,764	16,825	100.0%	－1,361（－8.1）



図―2　1984 ～ 2016 年度の海外建設受注の地域別推移（海建協調べ）

4. おわりに

国内建設投資は，東京オリンピック・パラリンピック開催に係る関連施設工事大規模マンション建設工事等により，東京をはじめとする一部地域，またリニア新幹線建設工事，リニア新幹線建設による都市再開発等一部業種においては仕事量が増加することが予想されるものの，長期的に見れば人口の減少，少子高齢社会の進展等の要因も重なり，新規案件の工事量は減少していくと予測されている。

一方，海外の建設市場に目を向けると，新興国をはじめとして膨大なインフラ需要が存在する。特に，開削を要せず下水道の埋設を可能にする推進工法，電力不足の発展途上国等にとって重要な太陽光発電設置工事等，わが国の建設技術に関しては世界から関心を集めている。わが国の建設企業が継続的な発展を続けていくためには，拡大する建設市場に積極的に進出していくことが求められる。このため，欧米企業や中国，韓国企業との競合に勝ち抜いていくための官民一体となる体制を整備する必要があると思われる。

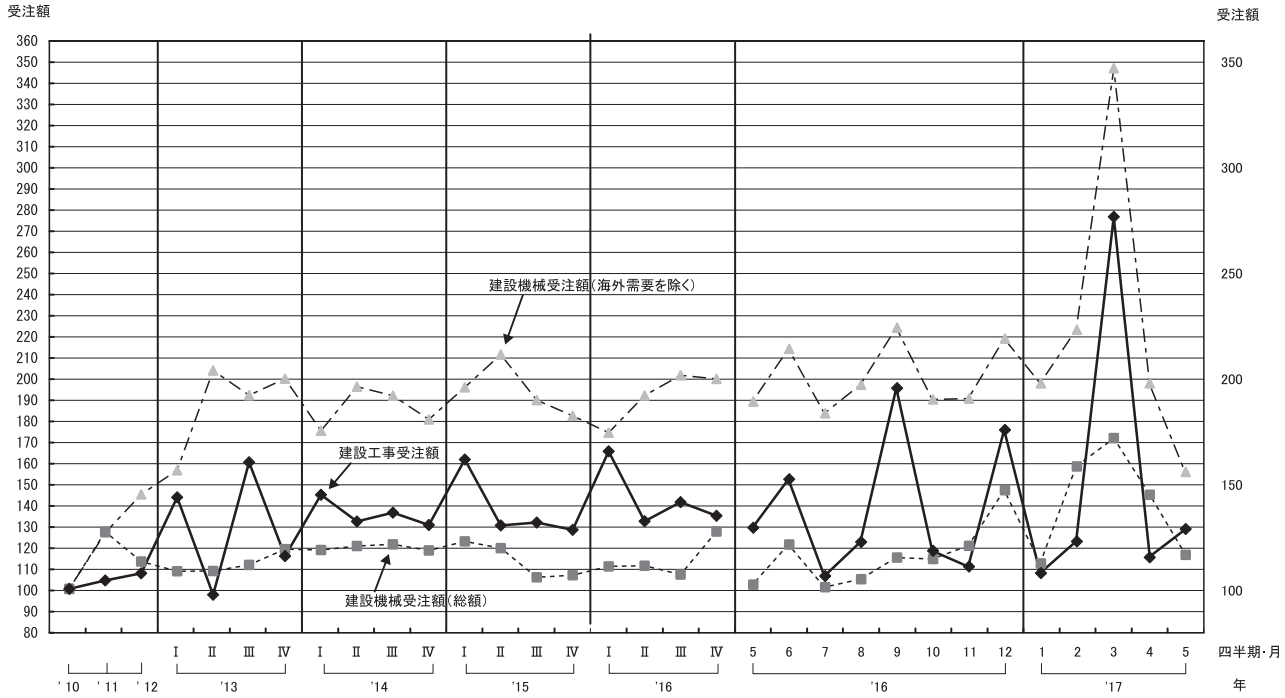
また，政治状況，経済状況等の現地国の状況に起因するリスクであるいわゆる「カントリーリスク」のうち，特に法制度が万全に整備されていない新興諸国への参入に関しては，法制度が突如に変更されたり，規制が敷かれたりする可能性がある。さらに，内乱や戦争，テロや暴動等の発生により，工事が中断せざるを得なくなり，貸し倒れとなるリスクや，工事案件そのものを受注できなくなるリスクもある。このようなリスクが改善され，安定すれば，わが国の建設企業の海外建設受注の可能性も広がるように思われる。

（文責：清水）

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	4660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2015 年	141,240	96,068	19,836	76,235	35,633	4993	4,546	95,959	45,281	141,461	141,136
2016 年	146,991	99,541	17,618	81,923	38,894	5247	3,309	98,626	48,366	151,269	10,310
2016 年　5 月	11,022	8,540	1,160	7,380	1,609	642	231	8,464	2,559	146,155	9,119
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	−	−

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 5 月	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
総　額	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	17,416	17,478	1,304	1,548	1,289	1,337	1,469	1,460	1,541	1,880	1,433	2,024	2,196	1,851	1,485
海外需要	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	10,712	10,875	762	934	763	772	826	915	995	1,252	866	1,384	1,199	1,284	1,039
海外需要を除く	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	6,704	6,603	542	614	526	565	643	545	546	628	567	640	997	567	446

（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 5 月以降は月ごとの値を図示した。

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

行事一覧

（2017年6月1日～30日）

機械部会

■トンネル機械技術委員会 総会
月　日：6月6日（火）
出席者：岩野健委員長ほか22名
議　題：①平成28年度の活動結果報告　②省エネ事例発表2件　③平成29年度の活動計画について　④i-Constructionの取り組みについて　⑤講演：最近のトンネル技術の動向

■コンクリート機械技術委員会
月　日：6月8日（木）
出席者：野中祥晶委員長ほか9名
議　題：①前回議事の確認　②コンクリート機械の事故，破損について　③ホームページの改訂について　④その他

■機械整備技術委員会
月　日：6月9日（金）
出席者：森三朗委員長ほか12名
議　題：①委員の紹介　②合同部会の報告　③幹事会の報告　④平成29年度の活動計画について　⑤2011年排ガス規制DPFについて　⑥尿素SCRについて

■基礎工事用機械技術委員会 見学会
（日立建機㈱ひたちなか2箇所）
月　日：6月14日（水）
出席者：関徹也委員長ほか21名
議　題：①ICTデモサイト…1）研修棟で机上説明，2）実機説明（3Dマシン，ロードライト，ブラクスティールなど）　②常陸那珂臨港工場…1）超大型組立工場棟見学，2）大型ショベル組立工場棟見学等

■原動機技術委員会
月　日：6月23日（金）
出席者：工藤睦也委員長ほか25名
議　題：①前回議事の確認　②国交省の燃費基準達成建設機械の認定制度の次期燃費について　③中環審13次答申について　④海外排出ガス規制について　⑤協会ホームページの見直しについて

製造業部会

■製造業部会 幹事会
月　日：6月20日（火）
出席者：絹川部会長ほか15名
議　題：①i-Constructionの普及促進及び協会の取り組みについて　②平成29年度の部会方針と取り組みについて　③作業燃費検討WGの状況と今後について　④マテハンWGの今年度の取り組みについて

■製造業部会・機械部会 合同部会
月　日：6月20日（火）
出席者：絹川部会長ほか16名
内　容：建設業部会　建設機械事故調査WGとの意見交換会

建設業部会

■クレーン安全情報WG
月　日：6月1日（木）
出席者：久保隆道主査ほか11名
議　題：①クレーン（移動式・定置式）事故災害事例の蓄積・研究　②HP掲載の事故事例について　③クローラクレーンのアンケートについて　④クレーン協会：移動式クレーンの見直し（タワー）の報告（瓜委員）　⑤その他・「クレーン安全協議会」名称の取扱いについて

■建設機械事故調査WGと機械部会の意見交換会
月　日：6月20日（火）
出席者：絹川秀樹製造業部会長，松藤敏夫建設機械事故調査WG主査ほか14名
議　題：建設機械事故調査WGの「建設機械（クレーン以外）事故・災害分析について」より機械製造側に対して検討依頼がされている件についての意見交換

■三役会
月　日：6月21日（水）
出席者：植木睦央部会長ほか3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A棟（竹中工務店）の見学調整・8/30夏季現場見学会＠八ツ場ダムの調整　③合同部会（ホスト：機械部会）への要望　④その他

レンタル業部会

■コンプライアンス分科会
月　日：6月6日（火）
出席者：平清二郎分科会長代理ほか8名
議　題：①当年度分科会活動計画について　②レンタル機器納入・引取時における諸問題について　③その他

■レンタル業部会
月　日：6月8日（木）
出席者：渡部純部会長ほか9名
議　題：①平成29年度事業計画について　②分科会の活動状況について　③各社の取組事項，部会員共通の問題，課題について　④その他

広報部会

■広報部会
月　日：6月20日（火）
出席者：渡辺和夫業務執行理事ほか4名
議　題：①協会ホームページのリニューアルについて　②その他

■建設施工研修会
月　日：6月22日（木）
出席者：松本寛子ほか80名
議　題：【映画会】①伊豆縦貫自動車道 天城北道路 狩野川横断高架橋 メラン材ロアリング工法（施工記録）　②ACモータドライブダンプトラックの紹介　③自律運転ダンプトラックの紹介　④高さ制限システム付油圧ショベル，ZX-URシリーズの紹介　⑤i-Construction対応油圧ショベルの紹介　⑥パワーブレンダー工法　⑦コンクリート構造物表面の自動研掃システム　⑧オフロード法2014年規制対応 新型マグネットシステム搭載機『eマグ』　⑨進化するR-SWING ～都市アンダーパスを迅速・安全・経済的に構築する～　⑩MYミキサを用いたCSG工法による防潮堤の建設　⑪ペイロードオペレータインターフェイス　⑫インテリジェントコンパクション　⑬砂圧入式静的締固め工法「SAVE-SP（セーブエスピー）工法」　⑭地盤改良を可視化する新施工管理システム『Visios-3D®（ビジオス・スリーディー）』　⑮Asphalt Recycling System 甦る舗装廃材　⑯OL-22海底配管増設工事　⑰『RASコラム工法 震災復旧に伴う住宅基礎の地盤改良事例』　⑱『エコクレイウォール工法 無排泥粘土遮水壁工法 一級河川からの漏水対策に適用した施工事例』　⑲『水とのたたかい ソレタンシュ地盤改良工法―上越新幹線中山トンネル高山立坑工事―』　⑳熊本城 緊急対策工事　㉑阿蘇大橋地区斜面防災緊急対策工事

各種委員会等

■機関誌編集委員会
月　日：6月7日（水）
出席者：山口康広委員ほか21名
議　題：①平成29年9月号（第811号）の計画の審議・検討　②平成29年10

月号（第812号）の素案の審議・検討 ③平成29年11月号（第813号）の編集方針の審議・検討 ④平成29年6月号～平成29年8月号（第808～810号）の進捗状況報告・確認

■新工法調査分科会
月 日：6月14日（水）
出席者：升形剛分科会長ほか5名
議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

■新機種調査分科会
月 日：6月19日（月）
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

■建設経済調査分科会
月 日：6月21日（水）
出席者：山名至孝分科会長ほか2名
議 題：① H29建設投資見通の動向確認 ②「建設企業の海外展開」進捗状況（清水委員） ③新規テーマの提案

支部行事一覧

北海道支部

■第1回施工技術検定委員会
月 日：6月14日（水）
場 所：さつけんビル 6階会議室
出席者：秋場健治施工技術検定委員長ほか31名
議 題：①建設機械施工技術検定学科試験の実施要領と監督要領の打合せ

■北海道開発局 i-Construction 説明会
月 日：6月15日（木）
場 所：札幌第1合同庁舎2階講堂
主 催：北海道開発局
共 催：北海道支部
受講者：約580名
内 容：① i-Construction の全体講習会 ② i-Construction の最新情報 ③ i-Construction 事例紹介と留意すべき点

■建設機械施工技術検定学科試験
月 日：6月18日（日）
場 所：北広島市（星槎道都大学）
受検者：1級332名，2級754名（延920名）

■分解組立型バックホウの分解組立訓練見学会
月 日：6月19日（月）
場 所：札幌市（札幌開発建設部札幌道路事務所構内）
出席者：支部会員10名ほか

■土木機械設備に関する北海道開発局との意見交換会
月 日：6月23日（金）
場 所：札幌第1合同庁舎10階共用第3・4号会議室
出席者：服部技術部会長ほか31名
内 容:①土木機械設備工事の現状等（北海道開発局より） ②開発局の取り組み等についての意見交換 ③その他

■平成29年度除雪機械技術講習会（第1回）
月 日：6月28日（水）
場 所：旭川市（道北経済センター）
受講者：172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

東北支部

■苫小牧高等専門学校 特別授業（座学）
月 日：6月2日（金）
場 所：苫小牧市 苫小牧高等専門学校
受講生：環境都市工学科4年生44名
出席者：鈴木勇治委員長ほか1名
内 容：①従来施工と情報化施工 ②最新の施工現場（i-Construction） ③ ICT の測位

■橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算，及び建設機械等損料講習会
月 日：6月5日（月）
場 所：仙台市 ハーネル仙台
受講者：49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 ④ PC 橋架設の施工技術と積算

■ EE 東北'17
月 日：6月7日（水）～8日（木）
場 所：仙台市 夢メッセみやぎ
キャッチコピー：「広げよう新技術 つなげよう未来へ」
来場者：15,700人
出展技術数：292社，869技術（うち支部会員15社，69技術），新技術プレゼンテーション：64題（うち支部会員5社），UAV（ドローン）競技会：総合技術部門7チーム，一般参加部門8チーム

■第2回情報化施工技術委員会
月 日：6月15日（木）
場 所：東北支部 会議室
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか21名
内 容：①新規参画会員紹介 ②平成29年度 i-Construction（ICT 活用工事）セミナーについて ③平成29年度 国交省職員向けセミナーについて ④秋田県主催 建設 ICT 講習会について ⑤山形県立産業技術短期大学向けセミナーについて

■苫小牧高等専門学校 特別授業（実習）
月 日：6月16日（金）
場 所：苫小牧市 苫小牧高等専門学校
受講生：環境都市工学科4年生44名
出席者：鈴木勇治委員長ほか11名
内 容：① TS 出来形管理 ②衛星測量（VRS） ③二次元マシンガイダンスバックホウの操作体験 ④ UAV 写真測量のデモンストレーション

■建設機械施工技術検定学科試験
月 日：6月18日（日）
場 所：滝沢市アピオ（岩手産業文化センター）

受検者：	1級	265名
	2級	940名
種別毎：	1種	150名
	2種	683名
	3種	25名
	4種	64名
	5種	9名
	6種	9名
	1・2級	合計1,205名

■ i-Construction に関する座談会
月 日：6月19日（月）
場 所：秋田県庁本庁舎会議室
主 催：秋田県
参加者:秋田県3名，県内企業7社8名，県外企業1社2名，JCMA 東北支部3名
内 容：①建設現場の生産性向上の取り組み状況と課題（若者対策を含む） ②産学官連携や企業間連携の進め方（夢・ビジョンを含む） ③その他

■ i-Construction（ICT）セミナー
内 容：① i-Construction ～概要と取組について～ ② ICT 活用工事の概要 ③情報化施工の測位 ④ ICT 建設技術紹介 ⑤ ICT 活用工事 H29 ⑥ ICT 土工（活用上の留意点） ⑦ ICT 舗装（活用上の留意点） ⑧ TS 出来形管理 舗装編 ⑨ I 点群処理
【秋田会場】
月 日：6月20日（火）
場 所：秋田市 秋田市文化会館
受講者：132名
【郡山会場】
月 日：6月23日（金）
場 所：郡山市 ビッグパレットふくしま
受講者：77名

■山形県立産業技術短期大学 特別授業（座学）
月 日：6月28日（水）

場　所：山形市 山形県立産業技術短期大学
受講生：土木エンジニアリング科学生 22 名
出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長
内　容：①従来施工と情報化施工　②最新の施工現場（i-Construction）　③ ICT の測位

北　陸　支　部

■建設技術報告会第 1 回実行委員会
月　日：6 月 1 日（木）
場　所：新潟国道事務所会議室
出席者：坪内昭雄普及部会担当委員
議　題：①平成 29 年度実施計画について　②平成 29 年度予算について　③その他

■第 1 回普及部会
月　日：6 月 28 日（水）
場　所：新潟県建設会館
出席者：青木鉄朗普及部会長ほか 9 名
議　題：①平成 28 年度支部事業報告及び平成 29 年度事業計画について　②除雪機械管理施工技術講習会について　③現場見学会について　④その他

中　部　支　部

■第 3 回ロボット産業クラスター推進協議会総会
月　日：6 月 1 日（木）
場　所：TKP 名古屋栄カンファレンスセンター
出席者：永江豊事務局長出席
内　容：「人とロボットが共生する未来社会に向けて」等の講演会

■広報部会
月　日：6 月 8 日（木）
出席者：高木理仁広報部会長ほか 8 名
議　題：「中部支部ニュース」第 36 号について

■建設機械施工技術検定学科試験
月　日：6 月 19 日（日）
場　所：愛知学院大学名城キャンパス
受験者：1 級 337 名，2 級 674 名

■愛知県ブロック前期災害対策用機械操作訓練
月　日：6 月 21 日（水）～ 22 日（木）
出席者：会員企業 25 社 46 人出席
内　容：無線操縦バックホウ，排水ポンプ車，照明車等の操作訓練

■公共工事（機械関係）の諸課題に関する意見交換会事前打ち合わせ会
月　日：6 月 29 日（木）
出席者：川西光照企画部会長ほか 19 人出席
内　容：機械設備工事に関する諸課題の事前打ち合わせ

関　西　支　部

■平成 29 年度 1･2 級建設機械施工技術検定試験（学科）試験監督者打合せ
月　日：6 月 2 日（金）
場　所：関西支部 会議室
議　題：①学科試験監督要領について　②その他留意事項

■平成 29 年度 1･2 級建設機械施工技術検定試験（学科）
月　日：6 月 18 日（日）
場　所：大阪工業大学 大宮キャンパス
受検者：1 級 603 名，2 級 947 名（1 種 44 名，2 種 858 名，3 種 2 名，4 種 54 名，5 種 14 名，6 種 18 名）

■建設用電気設備特別専門委員会(第436回)
月　日：6 月 21 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」の改正案審議　③その他

■福井河川国道事務所との意見交換会
月　日：6 月 26 日（月）
場　所：近畿建設協会福井支所 会議室
参加者：松本克英事務局長以下 38 名
内　容：1. 話題提供…①平成 28 年度土木機械設備点検整備業務 点検結果と課題について　②平成 28 年度意見交換会での提案意見の取組みについて
2. 意見交換…点検整備業務から見た福井河川国道事務所の今後の設備のあり方について

中　国　支　部

■「建設機械等損料・橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会
月　日：6 月 22 日（木）
場　所：広島 YMCA 会議室
参加者：16 名
内　容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会 大口径岩盤削孔委員会委員　内海正人氏　②建設機械等損料の積算…（一社）日本建設機械施工協会中国支部企画部会幹事　大石静夫氏　③ PC 橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員　梶原省一氏　④鋼橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会 橋梁架設工事委員会委員　藤原誠治氏

■平成 29 年度 1 級・2 級建設機械施工技術検定（学科）試験
月　日：6 月 18 日（日）
場　所：広島工業大学
受検者：1 級 149 名，2 級 402 名

四　国　支　部

■平成 29 年度建設機械施工技術検定【学科】試験
月　日：6 月 18 日（日）
場　所：英明高等学校（高松市）
受検者：1 級 264 名，2 級 449 名　計 713 名

九　州　支　部

■企画委員会
月　日：6 月 14 日（水）
出席者：久保田正春企画委員長ほか 6 名
議　題：① i-Construction（ICT 土工）技術講習会について　②建設機械技術検定試験（学科試験）について　③平成 28 年度決算結果について　④その他

■平成 29 年度建設機械施工技術検定学科試験
月　日：6 月 18 日（日）
場　所：1 級　西日本短期大学（福岡市）
　2 級　豊国学園高等学校（北九州市）
受験者：1 級 528 名，2 級 1,191 名

編 集 後 記

今年の夏も各地で記録的豪雨が発生しました。被害にあった地域の皆様，一日も早い復興をお祈り申し上げます。そして，連日のように全国で真夏日を記録しています。熱中症や夏バテで体調を崩さないよう，健康に留意しましょう。

今月は，「歴史的遺産・建造物の修復」特集です。前回の企画から二年が経過していることもあり，技術報文を集めやすいテーマなのかなと思いましたが，予想に反して大変でした。考えてみますと，新しい題材がそうそう増えるわけではないので，特集を繰り返すごとに報文を集めにくくなっていくのではないでしょうか。

巻頭言は，新書「日本の近代化遺産」の著者でいらっしゃる産業考古学会会長　伊東　孝先生にお願いしました。遺産について「わかりやすく」説明していただき「なるほど」と感じ勉強になりました。技術報文は歴史的建造物及び土木構造物の修理，補修，保存，維持管理など日頃私達が携わることが無い技術をまとめたものが，多く集まりました。今号も話題豊富で読み応えのある報文がそろっていると思います。

先日，休日に TV を見ていると京都祇園祭の山鉾巡行（前祭）の様子を中継していました。このお祭りは，平安時代から 1100 年続いているそうです。元々は疫病が流行したことを鎮めるための行事だったものが，時代の流れとともにお祭りへとかわり，中断と復興を繰り返しながら今に伝わっているということです。建造物の歴史的遺産も修理，修復を繰り返すだけでなく独創性を加えることにより，多くの人が魅力を感じることができる状態を保って，次の世代へ引き継いでいきたいものです。

最後に，ご多忙にもかかわらず快く執筆を引き受けていただいた皆様，仲介の労をとってくださった皆様，ありがとうございました。厚くお礼申し上げます。

（赤坂・岡本）

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
髙田　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㈱

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　㈱鉄道・運輸機構
加藤　　誠　鹿島建設㈱
赤坂　　茂　大成建設㈱
宇野　昌利　清水建設㈱
三輪　敏明　㈱大林組
久保　隆道　㈱竹中工務店
宮川　克己　㈱熊谷組
中村　優一　㈱奥村組
京免　継彦　佐藤工業㈱
竹田　茂嗣　鉄建建設㈱
岡田　英明　五洋建設㈱
飯田　　宏　東亜建設工業㈱
赤神　元英　日本国土開発㈱
相田　　尚　㈱ NIPPO
岡本　直樹　（元）山崎建設㈱
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㈱
上田　哲司　コベルコ建機㈱
石倉　武久　住友建機㈱
江本　　平　範多機械㈱
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

9 月号「維持管理，延命化，リニューアル特集」予告

・ダム再生　・道路の老朽化対策の取り組み　・車線供用下での東名高速道路リニューアル事業の施工　・PC ゲルバー橋の連続化　・短工期を実現した天井板撤去の取組み　・走行型高速 3D トンネル点検システム　・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　・港湾構造物の維持管理への ICT の活用　・鉄道構造物の延命化・リニューアル技術　・鉄道構造物の維持管理と検査・診断技術　・高強度かつ高耐久性のセメント系繊維補強材料　・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　・船場センタービル外壁改修工事

【年間購読ご希望の方】
①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。　②協会本部へお申し込みの場合「図書購入申込書」に以下事項をもれなく記入のうえ FAX にて協会本部へお申込み下さい。
…官公庁／会社名，所属部課名，担当者氏名，住所，TEL および FAX
年間購読料（12 冊）　9,252 円（税・送料込）

建 設 機 械 施 工

第 69 巻第 8 号（2017 年 8 月号）（通巻 810 号）
Vol. 69　No. 8　August　2017
2017（平成 29）年 8 月 20 日印刷
2017（平成 29）年 8 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 静岡県富士市大渕 3154	電話（0545）35-0212
北 海 道 支 部	〒 060-0003 札幌市中央区北三条西 2-8	電話（011）231-4428
東 北 支 部	〒 980-0014 仙台市青葉区本町 3-4-18	電話（022）222-3915
北 陸 支 部	〒 950-0965 新潟市中央区新光町 6-1	電話（025）280-0128
中 部 支 部	〒 460-0002 名古屋市中区丸の内 3-17-10	電話（052）962-2394
関 西 支 部	〒 540-0012 大阪市中央区谷町 2-7-4	電話（06）6941-8845
中 国 支 部	〒 730-0013 広島市中区八丁堀 12-22	電話（082）221-6841
四 国 支 部	〒 760-0066 高松市福岡町 3-11-22	電話（087）821-8074
九 州 支 部	〒 812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-4-30	電話（092）436-3322

本誌上への広告は Santana 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

“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 の現況と今後の展開
◆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
・50 t つ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つり上げ荷重 130 t　KA-1300R
・基礎土木向けクローラクレーン　BM1500G
・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
ボトムシーク
・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「法面締固め管理システム」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　除雪機械の変遷（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®」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
・大山ダムホタルビオトープの 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　らいちょう
◆部会報告　除雪機械の変遷（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

購入お申し込みは当協会 HP　http://www.jcmanet.or.jp 出版図書欄の「ご購入方法」「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。

・ダム再開発工事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
・桟橋上部工点検用 ROV の研究開発
・世界標準型の LNG 輸送船受入桟橋前面の増深工事
広島港廿日市地区泊地（－12 m）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
・拡翼型機械式撹拌工法　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
　涼徳橋上部工連続化工事
・プレキャスト工法を活用したサッカー専用スタジアムの設計施工
・火災時におけるコンクリートの爆裂評価方法
・場所打ち函渠における品質確保の取組み
　丹波綾部道路瑞穂 IC 函渠他工事における SEC 工法，ND-WALL 工法の事例
・設計基準強度 300 N/mm^2 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ホーム「KomConnect」
・ドローンを用いた空撮測量の実工事への適用
・MMS 点群データを活用したインフラマネジメント
　InfraDoctor によるスマートインフラマネジメント
・重力式コンクリートダム取水塔施工での 4D モデル・3D 模型の活用
・無線発信機を活用した作業所内の高所作業車・作業所員の位置把握システム
・掘進中にシールド機外周部の介在砂層をリアルタイム探査
　比抵抗センサーを用いた介在砂層探査技術
・VR による安全管理　ゴーグル型ディスプレイによる安全の可視化
・ブルドーザーマシンコントロールシステムの最新技術の紹介
　マストレスタイプ MC システム　3D-MC ^{MAX}
・複雑な地形形状における覆工設置工事への 3 次元地形データの適用
◆投稿論文
・無人化施工による破砕・解体作業時における触知覚情報の必要性と実態　～媒体を通じた人の触知覚の実態～
◆交流の広場
・ICT を活用した精密農業の取り組み
　農業における IoT を実現する新たな取り組み
◆ CMI 報告
・情報化施工研修会の取り組みと i-Construction へ対応した研修会に向けて
◆部会報告　除雪機械の変遷（その 21）　小形除雪車（3）

平成 28 年 9 月号（第 799 号）

道路　特集

◆巻頭言　道路事業の今後と課題
◆行政情報
・「凸部，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・安全性向上への取り組み
・除雪作業の安全性向上に関する検討
・ペイロードマネジメントによる過積載の防止と生産性の確保
◆交流の広場
・地中レーダの原理・特徴と適切に活用するための留意点
◆ JCMA 報告
・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞　受賞業績（その 2）
◆部会報告
・アスファルトプラントの変遷　（その 1）黎明期～昭和 12 年
◆ CMI 報告　吹付けノズルマンの技能評価試験
◆統計　平成 28 年度　建設投資見通し

平成 28 年 10 月号（第 800 号）

800 号記念，維持管理・リニューアル　特集

◆グラビア
・「建設機械施工」誌 表紙の変遷
・「建設機械施工（旧誌名：建設の機械化）」誌創刊第 2 号，第 3 号
◆巻頭言
・インフラ整備への地域住民の協働参画と ICRT の積極的な利活用
～地方の道をだれがいかに守っていくか～
◆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
・シェル型浸透固化処理工法　新しい注入形態
・ジオシンセティックス補強土構造物による災害復旧対策
剛壁面補強土工法（*RRR*（スリーアール）工法）による強化復旧対策
・近頃の土工技術　デジタルアースムービング
◆交流の広場
・海洋探査技術の現状　水中音響計測技術の応用例紹介
◆ CMI 報告
・補強土壁工法の新技術　帯状ジオシンセティックス補強土壁の紹介
◆部会報告
・アスファルトプラントの変遷　（その 3）昭和 32 年～ 36 年
◆統計　平成 28 年度 主要建設資材需要見通し

平成 28 年 12 月号（第 802 号）

防災，安全・安心を確保する社会基盤整備　特集

◆行政情報
・次世代社会インフラ用ロボットの開発・導入
取り組みの紹介と災害調査・応急復旧ロボット分野の検証概要
◆技術報文
・凍土方式による陸側遮水壁の造成
凍結管の削孔・建て込み，凍結設備の設置工事
・工事を支える二つの『見える化』
山田宮古道路―山田北道路改良工事
・早期復興に応えるために取り組んだ現場運営の紹介
国道 45 号吉浜道路工事の事例
・東京モノレールにおける橋脚基礎の耐震補強
・締固めによる木曽三川下流域堤防基礎耐震化の事例紹介
砂圧入式静的締固め工法（SAVE-SP 工法）
・災害対応ロボット電波を使用した遠隔操縦ロボット用災害対策車両システムの開発　遠隔操縦ロボットシステム ASAM
◆投稿論文　振動ローラの機械仕様に関する研究
◆交流の広場　防災・災害把握へのドローンの利用
◆ JCMA 報告
・平成 28 年度 日本建設機械施工大賞　受賞業績（その 3）
◆部会報告
・アスファルトプラントの変遷　（その 4）昭和 37 年～ 42 年
◆統計
・インフラシステムの海外展開の動向
・平成 28 年　建設業の業況

（平成 29 年（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を搭載した新型ハイブリッド油圧ショベル
SK200H-10
・フォークリフト用燃料電池システムの開発と今後の取り組み
・新型高所作業車の開発
スカイボーイ AT-170TG-2，AT-220TG-2
・全回転チュービング装置 RT シリーズ
大口径低空頭・軽量型 RT-250L の紹介
・新世代 350 t つりクローラクレーンの開発　SCX3500-3
・搭乗式スクレーパの開発　HBS-2000「RHINOS」（ライノス）
・大型自航式ポンプ浚渫船　CASSIOPEIA V
・鉄道クレーン車　KRC810N
・油圧ショベル　PC138US/PC128US-11
・ショベル系の開発と変遷史
◆交流の広場
・安全の責任について考える
～技術者の身に着けるべきグローバルな安全感覚～
◆部会報告
・アスファルトプラントの変遷（その 5）昭和 43 年～ 50 年
◆統計　建設機械産業の現状と今後の予測について

平成 29 年 2 月号（第 804 号）

大深度地下，地下構造物　特集

◆巻頭言　トンネル工事の効率化のために
◆技術報文
・地下鉄建設技術と工事用機械　90 年の歴史を概観する
・倉敷国家石油ガス備蓄基地　LPG 岩盤貯槽建設工事
プロパン 40 万 t を貯蔵する水封式岩盤貯槽
・非開削工法による海底ケーブル陸揚管路敷設　リードドリル工法
・地下ダム工事における SMW 工法の精度管理システム‼
リアルタイムによる施工管理システム
・本体兼用鋼製連壁の地下トンネル築造工事
・3 連掘動型掘進機による地下通路の施工実績
日比谷連絡通路工事　R-SWING®工法
・国内最大のシールドマシン 東京外環（関越～東名）事業に使用
・縮径トンネル掘削機の開発
トンネル掘削機外径の縮小・復元が可能な縮径 TBM
・海外のケーブル埋設用掘削機械の実態調査と掘削試験
・情報化施工を活用した大口径・大深度立坑における効率的な水中掘削技術　自動化オープンケーソン工法による大口径・大深度オープンケーソンの施工
・大型埋設物を切り回し地下鉄直上に短期間で通路を築造
東京メトロ東西線・パレスホテル東京　地下通路
・大水深構造物の点検用水中調査ロボット
・トンネル等屋内工事現場における位置把握システムの開発
屋内空間でのヒト・モノの位置をリアルタイムに把握
◆投稿論文
・振動ローラの加速度計測を利用した地盤剛性値の算出について
◆部会報告
・アスファルトプラントの変遷（その 6）昭和 51 年～ 58 年
◆統計　建設業における労働災害の発生状況

平成 29 年 3 月号（第 805 号）

地球温暖化対策，環境対策　特集

◆巻頭言　自動車及び建設機械の排ガス浄化・低燃費化施策
◆技術報文
・二酸化炭素（CO_2）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_2 ミニマム）セメント・コンクリートシステム
・CO_2 排出量削減に向けた IoT 技術の活用事例
IoT 技術で取得した建設機械稼働データの分析　KenkiNavi
・水素社会を実現する具体的提言
産業廃棄物処理の現場から水素社会を実現する技術
・土木機械設備における LCA 適用の考え方に関する一考察
・山岳トンネル工事のエネルギーマネジメントシステム
TUNNEL EYE
・自動粉じん低減システム　粉じん見張り番
・帯電ミストによる浮遊粉塵除去システムの開発
マイクロ EC ミスト®
・グラブ浚渫の効率化と精度向上を実現したトータルシステム
浚渫施工管理システムに三次元データを導入したグラブ浚渫トータル施工システム
・凝集効果が長期間持続する凝集剤による濁水処理方法の紹介
徐放性凝集剤「J フロック」
・自然由来ヒ素汚染土壌の分離浄化処理工法の開発
・高性能ボーリングマシンの低騒音化・自動化
再生可能エネルギー熱の普及に向けた取組み

・トンネル工事の発破に伴う低周波音の低減装置
サイレンスチューブ
・おもりを用いた工事振動低減工法の概要　地盤環境振動低減工法
GMD 工法
◆交流の広場
・VR による BIM と建築環境シミュレーションの同時可視化システム
◆部会報告　アスファルトプラントの変遷（その 7）

平成 29 年 4 月号（第 806 号）

建設業の海外展開，海外における建設施工　特集

◆巻頭言　建設業のインフラ海外展開
◆行政情報
・建設業の海外展開と ODA
◆技術報文
・ラックフェン国際港アクセス道路・橋梁工事
ベトナム国内最大の海上橋
・既設営業線直下での圧気併用開放型矩形シールド機による施工
シンガポール地下鉄トムソン線マリーナベイ新駅
・シンガポール MRT
トムソン－イーストコーストライン T207 工区
・台北市における大深度圧入ケーソンの施工実績
台湾・大安電力シールド工事
・スマラン総合水資源・洪水管理事業ジャティバランダム建設工事
JICA Loan IP-534
・ケニア　モンバサ港コンテナターミナル開発工事
JICA Loan Agreement No. KE-P25
・シンガポール・チュアスフィンガーワンコンテナターミナル埋立工事
大型自航式ポンプ浚渫船〈CASSIOPEIA V〉による埋立浚渫工事
・シンガポール・トゥアス地区でのグラブ浚渫
トゥアスコンテナターミナル建設プロジェクト
・ソロモン諸島ホニアラ港施設改善計画工事
◆交流の広場
・日本企業による水ビジネスの海外展開
◆部会報告　アスファルトプラントの変遷（その 8）

平成 29 年 5 月号（第 807 号）

解体とリサイクル，廃棄物処理　特集

◆巻頭言　建設系廃棄物のリサイクルの今後の展望
◆技術報文
・環境負荷を大幅に削減した解体工法を本格適用
シミズ・クールカット工法
・最新の超大型建物解体機　SK2200D
・各種技術を駆使したダム撤去工事
・解体コンクリートの現場内有効利用の多様化
ガラ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
・簡易破砕方式によるベントナイト混合土を用いた遮水層の効率的施工技術
T-Combination クレイライナー工法による現地発生土の有効利用
・港湾内放射性汚染物質の被覆・封じ込め
1F 港湾内海底土被覆工事の概要
・放射能汚染土の分級減容化と再生利用に関する検討
◆交流の広場　新幹線地震対策技術の進化を振り返る
◆部会報告　アスファルトプラントの変遷（その 9）
◆統計　平成 29 年度 公共事業関係予算

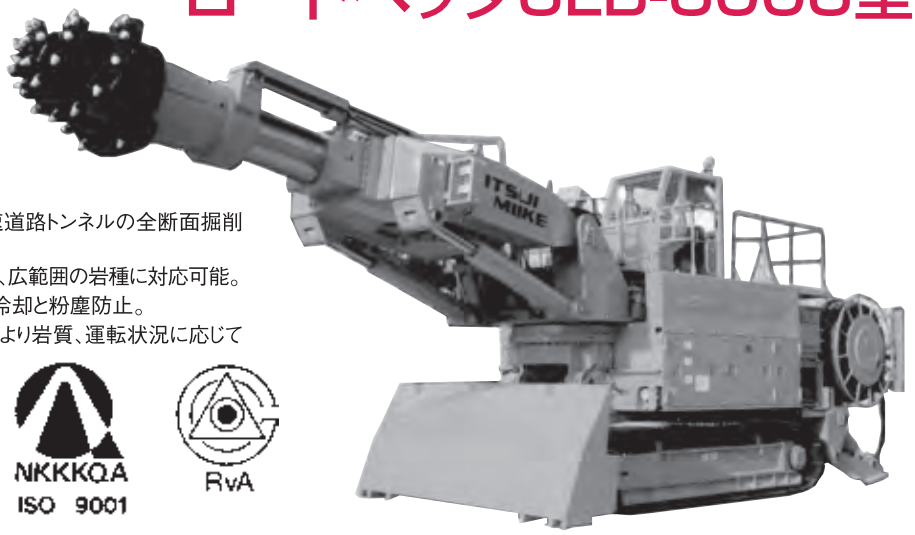
平成 29 年 6 月号（第 808 号）

都市環境，都市基盤整備，自然再生等　特集

◆グラビア　時代の建層（ときのけんそう）
◆巻頭言　育てる
◆技術報文
・整備新幹線の軌道・電気工事用機械
・地下水流動を妨げずに事業継続できる汚染地下水の拡散防止技術
原位置で多様な複合汚染地下水に対応可能なマルチバリア工法
・硬質粘土塊を対象とした自然由来砒素の浄化技術
・微生物を利用した水銀汚染土壌の浄化技術
・礫間接触酸化槽と植生浮島を適用した小規模閉鎖性湖沼の水質浄化事例
・集中豪雨時の道路冠水対策・河川氾濫対策
樹脂製雨水貯留浸透槽の道路下への適用「セキスイ　アクアロード」の開発
・多発する集中豪雨に対応した高機能雨水貯留施設の開発
ハイブリッド雨水貯留システム
・建設工事における生物多様性保全および環境創造技術
・敷地の潜在的な力を引き出す自然再生による「六花の森」プロジェクト
・「再生の杜」ビオトープ竣工後 10 年目の生物生息状況
都市域における生物多様性向上を目指して
・転炉系製鋼スラグ資材を用いた海域環境造成技術の開発
・樹木対応型壁面緑化システムの開発
バ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

安全・高能率な掘削を実現!

全断面対応中硬岩用 トンネル掘進機
ロードヘッダSLB-300S型



特 長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。

NKKKQA
ISO 9001

RvA

製造・販売・レンタル及びメンテナンス

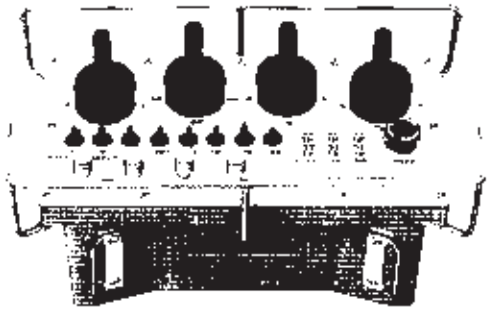
株式会社 三井三池製作所

本店／〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

http://www.mitsuimiike.co.jp E-mail：sanki@mitsuimiike.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異の**96**CH
- 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（ーΔV検出+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

大和機工株式會社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市横根町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
ホームページ http://www.daiwakiko.co.jp/
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

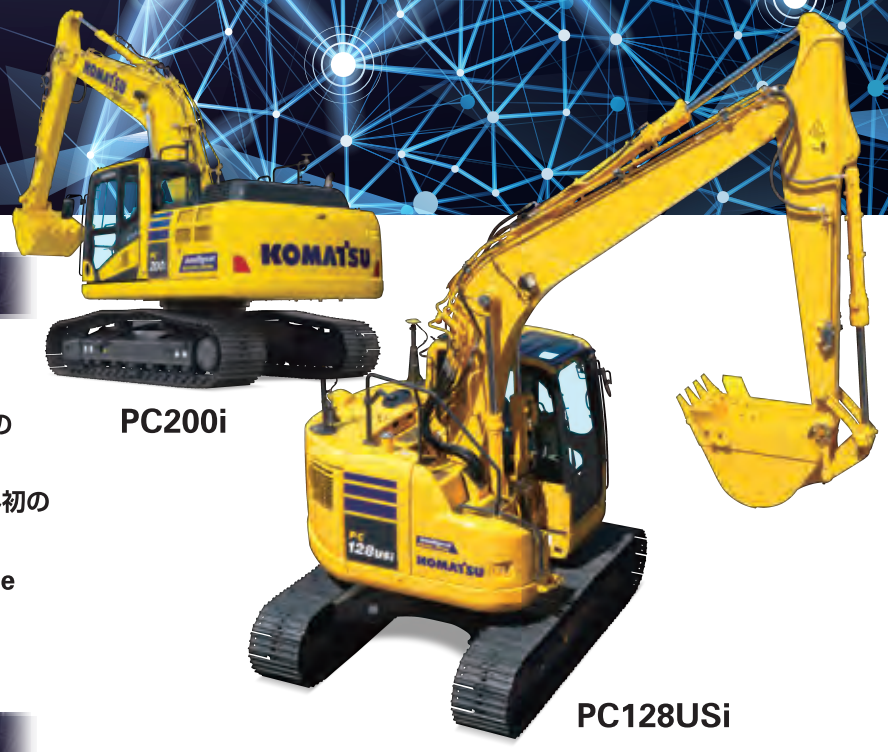
平成29年8月25日発行
（毎月1回25日）通巻810号

SMARTCONSTRUCTION

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～



PC200i

PC128USi

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。

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こらないように自動でブレードを上げて負荷をコントロールし、効率良く掘削作業が行えます。
さらに、事前に設定した設計面に近づくと自動認識して、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—8

4910034350872
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円（税別）