

一般社団法人
日本建設機械施工協会誌 (Journal of JCMA)

2015

建設機械施工



Vol.67 No.8 August 2015 (通巻786号)



国宝姫路城の保存修理

特集

歴史的建造物の 保存・修復・復元

巻頭言 土木遺産が切り開く新たな地平

技術報文

- 世界遺産、国宝姫路城を鉄骨で覆う
- 「歴史を継承する」想いで取り組んだ保存・修復・復元工事
- 歴史的鋼橋の補修工事

行政情報

歴史まちづくり法に基づく取組と今後の展開

JCMA報告

情報化施工技術の活用効果

- 土木遺産のリノベーションと長寿命化
- 豊岡市新庁舎建築工事に伴う旧本庁舎の曳家改修工事
- 国指定重要文化財 旧下野煉化製造会社煉瓦窯保存修理工事

一般社団法人 日本建設機械施工協会

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

ボンネットの中に見る劇的進化。

MINI X-iNDr+E

(専用仕様機)

クラスはミニでも、技術は重機。

その実物を目にすれば、重厚感に驚かされる。
動かしてみれば、まずは静かさ、
そして性能や乗り心地に新鮮さを感じられる。
ボンネットを開けて見れば、その瞬間にかつてない
ミニであることを発見できる、
重機テクノロジー、iNDr。
さらにその進化形iNDr+Eが新たに誕生。
コベルコの新型ミニ、アセラ・ジオスペック。
この夏、5クラスのニューラインナップが完成しました。



MINI EXCAVATOR **ACERA
GEOSPEC**

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>
東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111

第9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9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27年8月10日から平成27年10月31日までとします。
- （2）助成対象者の決定は、平成27年12月中旬頃の予定です。
- （3）助成期間は、助成決定の翌日から平成29年3月31日までです。
- （4）研究成果報告書を、平成29年6月30日までに提出して頂きます。
- （5）研究成果は、「平成29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）」で発表し、かつ、JCMAへ論文として投稿して頂きます。

2. 研究開発助成の対象

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

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

3. 研究開発助成の対象者

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

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

4. 申請手続きと注意事項

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

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

5. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

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

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

これに同意した上で申請を行っていただきますようお願い申し上げます。

6. 助成金交付手続き

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

7. その他

採否の理由等に関しましては，お問い合わせに応じかねますので，ご了承下さい。

（参考）助成実績	年 度	申請数	採択数
	平成 19 年度	1 4 件	2 件
	平成 20 年度	8 件	2 件
	平成 21 年度	8 件	1 件
	平成 22 年度	2 0 件	2 件
	平成 23 年度	2 2 件	4 件
	平成 24 年度	8 件	4 件
	平成 25 年度	9 件	1 件
	平成 26 年度	7 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 森川

TEL:03-3433-1501 FAX:03-3432-1289
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/>

情報化施工研修会のご案内 ～ICT建設施工の实地研修～

ICTを活用した新しい施工技術である情報化施工は、施工品質の向上や熟練度に左右されない高い精度の施工などを実現する方法として、更なる普及が期待されています。2013年3月、国土交通省が設置した『情報化施工推進会議』は、「情報化施工推進戦略」を提言しましたが、その中でも「人材育成」が非常に重要であることを指摘しています。

一般社団法人日本建設機械施工協会は、3次元データを利用した建設機械制御等に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として、「情報化施工研修会」を開催しております。次回の研修会は下記日程で実施することとしておりますので、研修生の募集についてご案内申し上げます。

記

1. 開催日程：

平成27年 8月27日(木)～28日(金)

2. 主 催：一般社団法人 日本建設機械施工協会

3. 場 所：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（静岡県富士市大淵3154） 『情報化施工・安全教育研修センター』

アクセスマップはこちらです。(→) <http://www.cmi.or.jp/cmi/map.htm>

4. 対 象：建設現場管理者、建設機械オペレーター、その他マシンコントロール（MC）、マシンガイダンス（MG）、トータルステーション（TS）による出来形管理の体験あるいは習得を希望する方。

5. 研修会のコース

コース名	研 修 目 標	受 講 費 用	備 考
実務コース (2日間) 定員:20名	○設計図面を読みMC、MG用データ作成をマスターする ○測量データを利用しデータ作成、出来形管理の基本を習得する ○実機を用いた実習によりMC、MG施工の基本を習得する	一般:51,400 円/人	○CPDS認定研修(14unitを予定) ○研修用パソコンの利用(一人1台) ○「研修修了証」を発行 ○(独)雇用・能力開発機構のキャリア形成促進助成金制度に基づき、受講料及び賃金の助成を受けられる場合がありますので、雇用・能力開発機構都道府県センター等でご確認いただくことをお勧め致します。
		会員:41,100 円/人	

・受講資格は特にありませんが、「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転が可能です。

・旧体験コースを既に受講した方が**実務コースを再受講する場合、36,000円/人**で受講できます。

・受講費用には、建機・機材のレンタル費、パソコンの利用、傷害保険、テキストなどの費用が含まれています。宿泊費、食事代は含みません。

・ヘルメット、安全チョッキは当方で準備します。なお、実習の際は安全靴の着用をお願いします。

・諸般の事情により内容を変更する場合があります。

・平成26年7月の研修会は、主にニコン・トリンプル機器、8月開催の研修会は、主にトプコン機器による研修を予定しております。

6. 研修カリキュラム

実務 コース	第1日目(午前) (9:30～ 受付)		第2日目(午前)	
	9:45～ 9:55	主催者挨拶、 ガイダンス	8:30～ 9:40	三次元設計データの作成(2) (TINデータ)
	9:55～ 10:25	情報化施工の動向		
	10:25～ 11:25	情報化施工システムの概要	9:40～ 12:00	MC、MGのハード設定 (現場実習)
	11:35～ 12:15	TS出来形管理の概要		
	第1日目(午後)		第2日目(午後)	
	13:15～ 14:45	MC、MGにおける 測位方法と管理要領	13:00～ 16:00	MC、MG、TS出来形管理の現場実習 ①モータグレーダ ②ブルドーザ ③振動ローラ ④油圧ショベル ⑤TS出来形管理
	14:45～ 15:45	MC、MGの設計データ		
	15:45～ 17:30	三次元設計データの作成(1) (路線データ)	16:00～ 16:30	質疑、終了

※1 座学の講義の中で、国土交通省様よりご講演頂く予定です。

※2 実務コースのプログラム内容は、実践に即した内容に更新を検討中であり、変更されることがあります。

7. 講 師：日本建設機械施工協会、建設機械、測量器械メーカ、ソフトウェアメーカなどの専門家



受 講 風 景



実地研修場所全景

8. お問い合わせ先：一般社団法人 日本建設機械施工協会（担当：森川・荒川）
〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5-8（機械振興会館）
TEL：03-3433-1501 Fax：03-3432-0289
又は、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
TEL：0545-35-0212 （担当：研究第三部 上石・椎葉、総務部 引地）

9. お申込み方法：HPから参加申込書をダウンロードし、必要事項をご記入の上、メールまたはFaxにてお申込み下さい。

論文投稿のご案内

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

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★投稿対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館)

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

平成27年度版 建設機械等損料表

- 発刊：平成27年5月9日
- 体裁：B5版 モノクロ 約620ページ
- 価格(送料別) 一般：7,920円(本体 7,334円)
会員：6,787円(本体 6,285円)
- 平成26年度版に対する変更点
 - ・損料算定表の諸元欄の記載要領・表現を変更し読み易さを改善
 - ・「機械運転単価表」の作成例を、現行歩掛に合わせて見直し
 - ・関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正」を追加

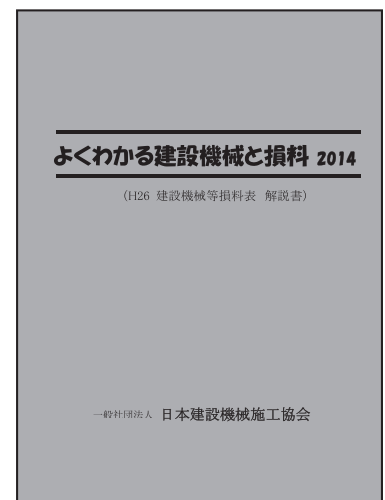


* 沖縄県の方は一般社団法人 沖縄しまたて協会 (TEL:098-879-2097) にお申込み下さい。

よくわかる建設機械と損料 2014

本書は平成26年度版 建設機械等損料表の解説書として作成したのですが、平成27年度版 建設機械等損料表の解説書としてもお使い頂けます。

- 発刊：平成26年6月
- 体裁：B5版、一部カラー、約400ページ
- 価格(送料別) 一般：5,616円(本体:5,200円)
会員：4,752円(本体:4,400円)
- 特長
 - ★ 損料用語、損料補正方法を平易な表現で解説
 - ★ 各通達・告示類の要旨を解説
 - ★ 各建設機械の分類コードの体系を図示
 - ★ 各建設機械の概要(機能・特徴)を紹介
 - ★ 主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
 - ★ 機械の俗称からも掲載ページ検索が可能



一般社団法人 日本建設機械施工協会

橋梁架設工事の積算

平成 27 年度版

∞ ∞ ∞ 改定・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成 27 年 5 月 一般社団法人 日本建設機械施工協会

謹啓、時下益々ご清祥のこととお喜び申し上げます。

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

さて、このたび国土交通省の土木工事積算基準が改正され、平成 27 年 4 月以降の工事費の積算に適用されることに伴い、また近年の橋梁架設工事の状況、実績等を勘案し、当協会では「橋梁架設工事の積算 平成 27 年度版」を発刊することと致しました。

なお前年度版同様、橋梁の補修・補強工事の積算に際し、その適用範囲や積算手順をわかりやすく解説した「橋梁補修補強工事積算の手引き 平成 27 年度版」を別冊(セット)で発刊致します。

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

◆内容

平成 27 年度版の構成項目は以下のとおりです。

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



◆改定内容

平成 26 年度版からの主な改定事項は以下のとおりです。

1. 鋼橋編
 - ・送出し設備における説明文、写真の追加
 - ・少数 I 桁橋の足場工及び防護工の一部改定
 - ・プレキャスト PC 床版工、場所打ち PC 床版工の一部改定
2. PC 橋編
 - ・門構移動装置の新規掲載
 - ・ポストテンション桁製作工他、各工種の適用範囲の明確化
 - ・横組工 地覆・高欄施工足場の記載
 - ・緩衝ゴム設置工 新規掲載
3. 橋梁補修編
 - ・足場タイプ別詳細作業内容の掲載
 - ・落橋防止システム工の一部改定
 - ・ストップホール工の新規掲載
 - ・塗替塗装 素地調整工の改定
 - ・はく離材による塗膜除去作業の注意点の新規掲載

別冊「橋梁補修補強工事 積算の手引き」

- ・極少施工歩掛の考え方を新規掲載
- ・補修工事用数量集計マニュアルを新規掲載

● B 5 判／本編 1,201 頁 (カラー写真入り)
別冊 197 頁 セット

●定価

一般価格：9,720 円 (本体 9,000 円)
会員価格：8,262 円 (本体 7,650 円)

※ 別冊のみの販売はいたしません。

※ 送料は一般・会員とも
沖縄県以外 600 円
沖縄県 610 円

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

●発刊 平成 27 年 5 月 21 日

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思います。

特 徴

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

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

主な内容

1	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



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)

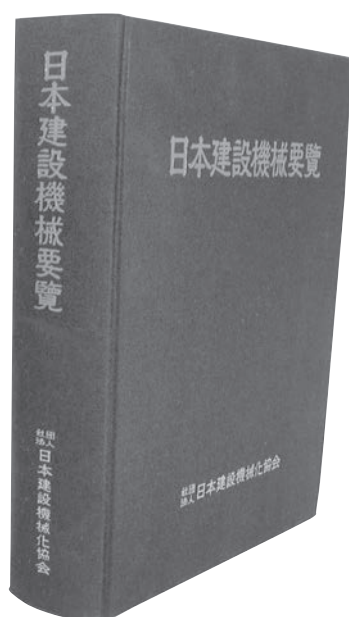
※送料別途

2013年版 日本建設機械要覧

ご案内

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

本書は、専門家で構成する編集委員会の審査に基づき、良好な使用実績を示した国産および輸入の各種建設機械、作業船、工事用機械等を選択して写真、図面等のほか、主要緒元、性能、特長等の技術的事項、データを網羅しております。購読者の方々には欠かすことのできない実務必携書となるものと確信しております。



体 裁

B5判、約1,320頁／写真、図面多数／表紙特製

価 格

価格は次の通りです（消費税8%含む）

一般価格 52,920円（本体49,000円）

会員価格 44,280円（本体41,000円）

（注）送料は1冊900円となります。

（複数冊の場合別途）

特 典

2013年版日本建設機械要覧購入の方への特典として、当協会が運営するWebサイト（要覧クラブ）上において2001年版、2004年版、2007年版及び2010年版日本建設機械要覧のPDF版が閲覧及びダウンロードできます。これによって2013年版を含めると1998年から2012年までの建設機械データが活用いただけます。

2013年版 内容目次

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

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会 費 : 年間 9,000円

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

★個人会員の特典

- 「建設機械施工」を機関誌として毎月お届け致します。(一般購入価格 1冊864円/送料別途)。
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・申込書の送付先】

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会会長 殿

下記のとおり、日本建設機械施工協会個人会員に入会します。

平成 年 月 日

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

【会費について】年間 9,000円

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

【その他ご入会に際しての留意事項】

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

【個人情報の取扱について】

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

No	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	H27 年 5 月	橋梁架設工事の積算 平成 27 年度版	9,720	8,262	600
2	H27 年 5 月	平成 27 年度版 建設機械等損料表	7,920	6,787	600
3	H26 年 6 月	よくわかる建設機械と損料 2014	5,616	4,752	500
4	H26 年 5 月	大口径岩盤削孔工法の積算 平成 26 年度版	6,048	5,142	500
5	H26 年 3 月	情報化施工デジタルガイドブック【DVD 版】	2,160	1,944	400
6	H25 年 6 月	機械除草安全作業の手引き	972	864	250
7	H25 年 3 月	日本建設機械要覧 2013 年版	52,920	44,280	900
8	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
9	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷	3,240		400
10	H22 年 9 月	アスファルトフィニッシャの変遷【CD】	3,240		250
11	H22 年 7 月	情報化施工の実務	2,160	1,851	400
12	H21 年 11 月	情報化施工ガイドブック 2009	2,376	2,160	400
13	H21 年 9 月	道路除雪オペレータの手引	3,085	2,057	500
14	H20 年 6 月	写真でたどる建設機械 200 年	3,024	2,560	500
15	H19 年 12 月	除雪機械技術ハンドブック	3,086		500
16	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
17	H17 年 9 月	建設機械ポケットブック（除雪機械編）	1,029		250
18	H16 年 12 月	2005「除雪・防雪ハンドブック」（除雪編）	5,142		600
19	H15 年 7 月	道路管理施設等設計指針（案）道路管理施設等設計要領（案）	3,456		500
20	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
21	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
22	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
23	H15 年 6 月	地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル	540		250
24	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
25	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
26	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
27	H11 年 5 月	建設機械化の 50 年	4,320		500
28	H11 年 4 月	建設機械図鑑	2,700		400
29	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
30	H9 年 5 月	建設機械用語集	2,160	1,944	400
31	H6 年 8 月	ジオスペースの開発と建設機械	8,229	7,714	500
32	H6 年 4 月	建設作業振動対策マニュアル	6,172	5,554	500
33	H3 年 4 月	最近の軟弱地盤工法と施工例	10,079	9,565	600
34	S 63 年 3 月	新編 防雪工学ハンドブック【POD 版】	10,800	9,720	500
35	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
36		建設機械履歴簿	411		250
37	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。

建設機械施工

Vol.67 No.8 August 2015 (通巻 786 号)

目 次

歴史的建造物の保存・修復・復元 特集

3	巻頭言	土木遺産が切り開く新たな地平	阿部 貴弘
5	行政情報	歴史まちづくり法に基づく取組と今後の展開	酒井 隆行
10	世界遺産	国宝姫路城を鉄骨で覆う 複雑な牙城を攻略し、大天守を素屋根で包囲した施工記録	望月 義延・片山 博
15	東京大学（本郷）講堂改修工事	天井耐震改修工事を中心に	櫻庭 記彦
23	重要文化財自由学園明日館の保存と活用	保存修理工事後 10 年経過時の建物調査と評価	杉江 夏呼
28	「歴史を継承する」想いで取り組んだ保存・修復・復元工事	東京都選定歴史的建造物 昭和 5 年創建「江戸橋倉庫ビル」の再生 谷田 進一・松野 正人・根本 真	
35	転倒防止機能を備えた塔状建物対応型トラベリング工法の開発	 小野 孝一・三幸 謙一・春川 久郎	
41	城郭を中心とした歴史的建造物の復元とそれを支える技術	木造天守と石垣の復元・修復工事に携わって	外館 寛
47	歴史的建築物の外観デザインを保った耐震改修工事	北九州市 旧戸畑区役所庁舎図書館活用耐震改修工事	宮崎 信宏
53	歴史的鋼橋の補修工事	長浜大橋の補修工事の紹介	池田 一郎
59	土木遺産のリノベーションと長寿命化	余部鉄橋「空の駅」展望施設のデザインと設計	中山 元・増田 貴充・大波 修二
65	土の史跡	機械化施工による近代改修工事	岡本 直樹
72	豊岡市新庁舎建築工事に伴う旧本庁舎の曳家改修工事	 河本 潔・瀧本 賢治・恒川 聡	
79	重要文化財修理工事（筑後川昇開橋修理工事）		田中 晴彦
83	国指定重要文化財 旧下野煉化製造会社煉瓦窯保存修理工事	歴史的赤煉瓦建造物の修理・保存・復元	鈴木 行雄
89	歴史的建造物改築工事の記録	ヴィクトリアシアター&コンサートホール（シンガポール）	加藤 純
96	交流の広場	福井の歴史的建造物等の保存・活用に向けた取組み	蟻塚 直人
101	ずいそう	「蛇ぬけ」の教訓	原 一儀
103	ずいそう	芝公園界隈を散策	内山 康夫
105	JCMA 報告	情報化施工技術の活用効果	相良 幸雄・小櫃 基住・藤島 崇
110	統 計	建設企業の海外展開	 機関誌編集委員会
115	統 計	建設工事受注額・建設機械受注額の推移 機関誌編集委員会	
116	行事一覽	(2015 年 6 月)	
120	編集後記		岡田・久保

◇表紙写真説明◇

国宝姫路城の保存修理

写真提供：鹿島建設㈱

日本における世界遺産第一号の国宝姫路城。その大天守は、1609 年に完成したものと考えられている。完成後、

何度も修理が行われてきたが、直近の「昭和の大修理」から 50 年近く経過し、漆喰壁や上層部の軒、庇には傷みや汚れが目立つようになってきた。そこで平成の保存修理では、工事用の素屋根・仮設構台を建設した後に、大天守の屋根瓦などの全面葺替えと、上部の外部大壁を解体し傷んだ軒裏・破風等の漆喰塗修理を行った。

情報化施工により東日本大震災の復興を支援

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

まずは、一般社団法人日本建設機械

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

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

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

平成27年度「建設施工と建設機械シンポジウム」のご案内

本協会では、“建設機械と施工法”に関する技術の向上を目的に、技術開発、研究成果の発表の場として、「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。本年度も「暮らしを支える建設施工と建設機械」をテーマとし、①災害、防災、復旧・復興、②ICTの利活用・ロボット、③品質

確保とコスト縮減、④環境保全、省エネルギー対策、⑤安全対策、⑥維持・管理・補修の6項目に関する論文発表を行うほか、ポスターセッションも行います。

参加申し込み期限: 6月1日(月) 済み
会期: 平成27年12月1日(火) ~ 2日(水)

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会
シンポジウム実行委員会事務局
水口・荒川

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

「平成27年度版 建設機械等損料表」「よくわかる建設機械と損料2014」

改訂・発刊のお知らせ

- 平成27年度版 建設機械等損料表
・損料算定表の諸元欄の記載要領・表現を変更し読み易さを改善
・「機械運転単価表」の作成例を、現行歩掛に合わせて見直し
・関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正」を追加

発刊: 平成27年5月
体裁: B5判、約620頁

価格(送料別)

一般 7,920円(本体 7,334円)

会員 6,787円(本体 6,285円)

- よくわかる建設機械と損料2014

・損料用語、損料補正方法を平易な表現で解説

・各通達・告示類の要旨を解説

・各建設機械の分類コードの体系を図示

発刊: 平成26年6月

体裁: B5判、約400頁

価格(送料別)

一般 5,616円(本体 5,200円)

会員 4,752円(本体 4,400円)

詳細問い合わせ先:

一般社団法人日本建設機械施工協会

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

日本建設機械施工協会「個人会員」入会のご案内

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

会費: 年間 9,000円

★個人会員の特典

○機関誌「建設機械施工」を毎月お届け致します。

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

○協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。

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

に、会員価格で参加できます。

お問い合わせ・申込書の送付先

※お申し込みには本誌差込広告ページの申込用紙をご利用ください

一般社団法人日本建設機械施工協会
個人会員係

TEL: 03-3433-1501

FAX: 03-3432-0289

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

巻頭言

土木遺産が切り開く新たな地平

阿部 貴弘



蛇口をひねれば、水が出る。そんな“あたり前”の日常が、あたり前ではなかった時代がある。井戸や河川から水をくみ、生活用水として大事に使っていた時代は、実はそれほど昔のことではないはずであるが、我々が水道の蛇口をひねるとき、そうしたかつての暮らしに思いを馳せ、現在の豊かさを改めて意識することはまずない。それこそが、我々が享受しているあたり前の日常である。

こうしたあたり前の日常を創り出し、支え続けてきたのが土木施設である。それらの土木施設には、各時代の社会の要請に応えるため、あるいは地域の発展のため、そして何よりも人々の暮らしの質を高めるために力を尽くしてきた、先人の知恵や工夫が凝縮されている。「土木遺産」とは、まさにそうした先人が我々に残してくれた大切な財産なのである。

世界遺産がいわばブームとなっているいま、「土木遺産」という言葉もそれほど違和感なく一般に受け入れられているように思う。しかし、そうした土木遺産に関わる取組みの歴史は比較的新しい。たとえば、公益社団法人土木学会による総合的な土木遺産の調査が開始されたのは、1990年代に入ってからである。また、同じく土木学会による土木遺産の顕彰制度として「選奨土木遺産制度」が創設されたのは、2000（平成12）年のことである。一方、文化財保護法に基づく「国宝及び重要文化財指定基準」が改正され、「土木構造物」が文化財の範疇に位置付けられたのは、1996（平成8）年のことである。つまり、土木遺産に関わる本格的な取組みの歴史は20年ほどしかなく、いまだ発展途上の新しい分野であると言えよう。

少しややこしいが、“土木遺産の新しさ”について、いくつか論点を示しておこう。

まず、土木遺産の価値付けである。土木遺産にどのような価値を見出し、その保全にいかなる意義を認め

るのか、土木遺産の“価値付け”はいまだ試行錯誤の段階にあり、専門家の間でも議論が続けられている。これまでの土木遺産は、“我が国初の〇〇”、“明治期最大規模の〇〇”、“現存最古の〇〇”といった、いわば希少価値に重点を置く狭義の文化財的な視点から価値付けがなされ、これに基づきいわゆる“逸品”の土木遺産が評価され、保全措置が講じられてきた。しかし、そうした逸品の土木遺産は、専門家や好事家はともかく、一般の市民にとっては日常生活とは切り離れた遠い存在であり、その価値が広く理解されてきたとは言い難い。

ところが近年は、価値付けの議論が広がりを見せ、“なぜその施設が必要とされたのか”、“その施設ができたことで、社会や人々の暮らしがどのように変わったのか”といった、社会的・文化的な価値の読み解きが重視されるようになってきた。これに伴い、土木遺産の種類は多様化し、よりローカルで身近な土木施設が、土木遺産として価値付けられるようになってきた。土木施設という“モノ”に刻まれた歴史を多面的に読み解くことで、日々の暮らしを支える身近な土木施設にも光をあて、遺産としてその本質的な価値を見出そうとする試みである。こうした試みを通して、土木遺産が身近な存在として広く一般市民にも受け入れられ、さらにまちづくりの資源としても活用され始めている。

しかし残念ながら、現状ではそうした価値を読み解くことのできる専門家や技術者は、研究の分野においても、また実務の現場においても不足している。そのため、価値が顧みられることのないまま撤去されたり、価値に無配慮な改修がなされたりしてしまう土木遺産も少なくない。こうした人材不足を解消するためには、何より土木史教育が重要であることは言うまでもないが、それに加えて現場の技術者が、土木遺産という発展途上の分野を牽引しようという気概を持って、実務を通じた鍛錬を積み重ね、土木遺産に向き合う姿勢を

身につけることも重要である。土木施設に刻み込まれた歴史の痕跡を、糸をつむぐように丁寧に読み解いていく作業は、とても根気のいる仕事である。しかし、そうした無数の痕跡が、一本の糸としてつながった途端、一見どこにでもありそうな土木施設が、かけがえのない土木遺産に姿を変えるのである。ぜひ、この楽しみ、いや驚きを味わっていただきたい。

一方、土木遺産の保全技術も、今後の発展が期待される分野である。一度造った土木施設を長く使い続けるというのは、これからの建設分野における大命題であるが、土木遺産の保全はその最先端を担っているとみることもできる。

土木遺産は、現行の技術基準が定められる以前に建設された施設が多く、つまり現行の技術基準を満たしていない施設が多くある一方で、現役稼働中の施設も少なくない。さらに、たとえばリベットなど、現在では使われなくなった技術を用いて建設された施設もある。加えて、まちづくりに活用するとすると、本来の用途とは異なる用途に転用されることもある。こうした施設において、土木遺産としての価値を減ずることなく、補修や補強を通して現役施設としての性能をいかに満たしていくべきか。土木遺産に向き合う技術者が、最も頭を悩ませる場面ではないだろうか。しかし見方を変えれば、ここに技術革新の好機、すなわちビジネスチャンスがあるのではないか。土木遺産を保全するためには、新たな施設を建設する場合とは異なる視点から、診断技術や補修・補強技術を開発する必要がある。そうした技術開発は、一般的な土木施設の長寿命化に資する先端技術に通ずる可能性があるのではないだろうか。

最後に、土木遺産にかかわる最新動向を紹介しておこう。これまでに価値付けされてきた土木遺産は、第二次世界大戦以前に建設された土木施設が中心であった。それが昨年から、土木学会土木史研究委員会において、戦後に建設された土木施設の歴史・文化的価値をいかに評価するかという議論がはじめられた。戦後、おもに高度成長期に建設された土木施設が更新の時期を迎えるなか、それらが失われる前に価値を評価しておこうという取り組みである。戦後の土木施設は、大量かつ現役稼働中の施設も多い。それらの価値をどのように評価し、補修・補強していくのか、新たな挑戦が始まっている。

宝探しではないが、少し視野を広げて見方を変えれば、普段見慣れた風景の中に、身近な土木遺産がきっと見つかるはずである。そうした土木遺産は、日々の暮らしの中で意識することのないあたり前の存在であるがゆえ、失われてはじめて、その価値に気づくこともある。残しておけばよかったと後悔しても、後の祭りである。同じ価値を備えた施設は、二度と創り出すことはできない。そうならないためにも、日ごろから身近な土木施設に対して、気配りや目配りをして、思いやりを持って接することが大切である。

先人の残してくれた土木遺産に向き合うとき、現在の我々の知恵と工夫で、はたしていかなる取り組みを講ずるのか、「さあ、お手並み拝見」と先人に問われているように思う。そこで臆せず、横綱に胸を借りるつもりで飛び込んでみよう。その向こうに、きっと新たな地平が開けるはずである。

——あべ たかひろ 日本大学 理工学部 まちづくり工学科 准教授
(公益社団法人土木学会 選奨土木遺産選考委員会 幹事長) ——

行政情報

歴史まちづくり法に基づく取組と今後の展開

酒井 隆行

歴史まちづくり法は、地域の歴史及び伝統を反映した人々の活動と、歴史上価値の高い建造物及びその周辺の市街地とが一体となって形成してきた良好な市街地の環境を「歴史的風致」と定義し、その維持・向上を図ることを目的に制定された。

本稿では、法施行から7年が経過した歴史まちづくり法について、その概要や支援制度、歴史的風致を構成する重要な要素の一つである歴史的建造物の整備事例とともに、今後の展開について紹介する。

キーワード：歴史的風致、歴史的建造物、復元、改修、修理

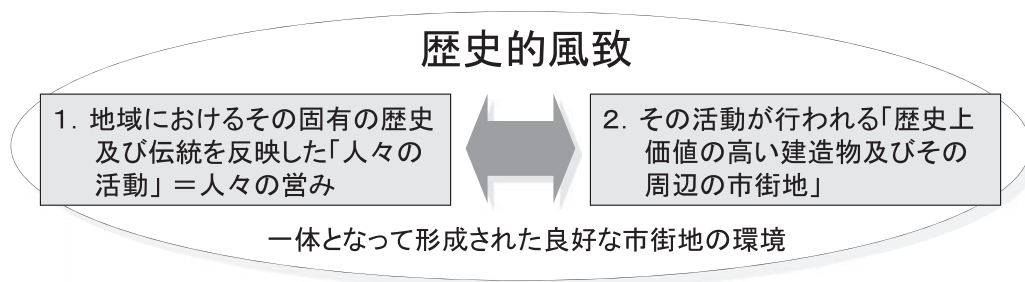
1. 歴史まちづくり法の目的

歴史まちづくり法（正式名称：地域における歴史的風致の維持及び向上に関する法律（平成20年法律第40号））は、「地域におけるその固有の歴史及び伝統を反映した人々の活動と、その活動が行われる歴史上価値の高い建造物及びその周辺の市街地とが一体的となって形成してきた良好な市街地の環境」を「歴史的風致」と定義し（図—1）、この歴史的風致について、維持するだけでなく、歴史的建造物の復元、修理等の手法により、積極的に向上させることを目的に制定された。

2. 歴史まちづくり法の概要

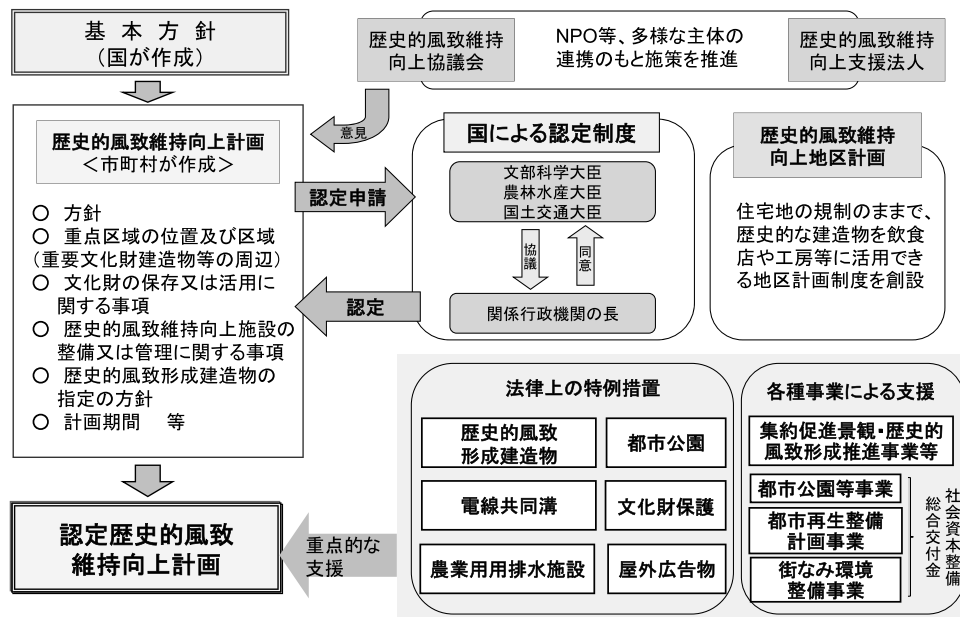
我が国固有の伝統的文化を反映する貴重な歴史的風致について、地域のみならず国家的な観点から次世代に継承を図っていく必要があることから、歴史まちづくり法では、国指定・選定文化財を中心とする歴史的風致の維持及び向上について市町村が作成した歴史的風致維持向上計画を国（文部科学大臣、農林水産大臣、国土交通大臣）が認定し、認定を受けた計画に基づき、特例措置や各種事業により認定都市の取組を支援する仕組みとなっている（図—2）。

特に、歴史まちづくり法第2条第2項に基づく重点

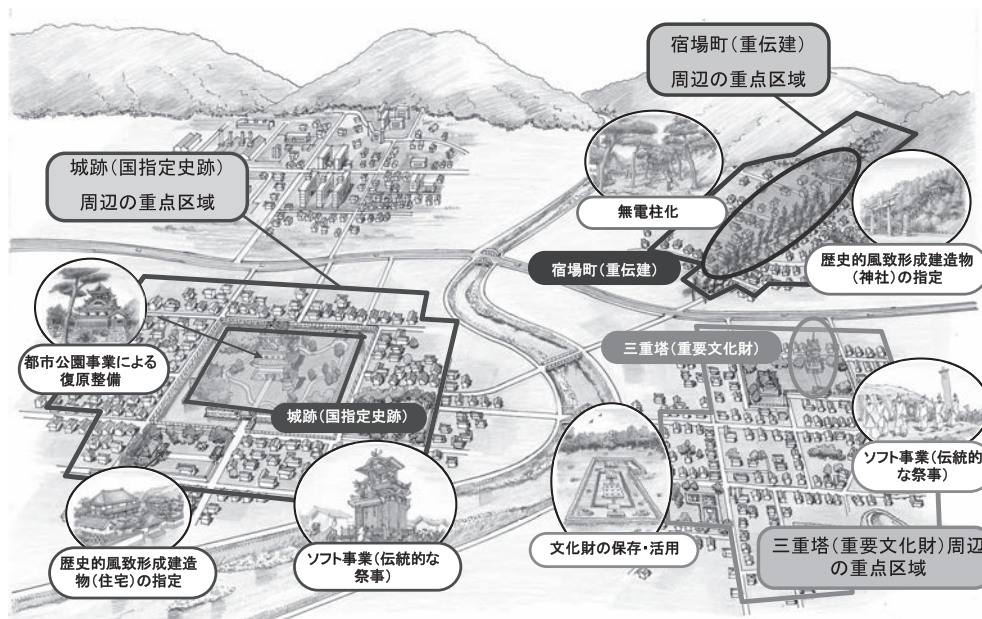


三町伝統的建造物群保存地区と高山祭（岐阜県高山市）

図—1 「歴史的風致」の概念図及び具体例



図一 歴史まちづくり法の概要図



図三 重点区域のイメージ図

区域は、重要文化財建造物や史跡等の用に供される土地、重要伝統的建造物群保存地区内の土地及びその周辺で、歴史的風致の維持及び向上を図るための施策を重点的かつ一体的に推進することが必要な区域であり、歴史的風致維持向上計画の策定時には必ず設定することとなっている（図一 3）。

3. 歴史的風致維持向上計画に基づく支援とその整備事例

国は、認定された歴史的風致維持向上計画に基づく事業について、表一 1 に示す交付金等により、歴史

的まちなみの形成等を支援している。

これらの支援策を活用しながら、歴史的建造物の復元、改修等について全国で取り組まれているところであるが、ここでは歴史上価値の高い城門を復元した石川県金沢市、土木学会選奨土木遺産等に選定された堰の改修を行っている群馬県甘楽町、震災による被害からの復興に取り組む茨城県桜川市の3市町における取組を紹介する。

(1) 石川県金沢市

金沢市歴史的風致維持向上計画は、金沢城跡を舞台に展開される薪能や加賀鳶などの伝統行事と、ひがし

表―1 歴史的風致維持向上計画に基づく主な支援策

支援策	概要	計画認定による効果等
(1) 社会資本整備総合交付金		
(a) 街なみ環境整備事業	公共施設の整備や住宅等の修景施設の整備、電線の地中化等により、良好な街なみの維持・再生を支援する。	歴史的風致形成建造物（※）の買取、移設、修理、復原が補助対象に追加される。
(b) 都市公園等事業	地域活性化の核となる貴重な歴史的資産の保存・活用に資する都市公園等の整備を支援する。	古墳、城跡等の遺跡やこれらを復原したもので歴史上価値が高いものが補助対象に追加される。
(c) 都市再生整備計画事業	地域の歴史・文化等の特性を活かした個性あふれるまちづくりを総合的に支援する。	交付率の上限が40%から45%へ嵩上げされるとともに、電線電柱類移設等が基幹事業に追加される。
(2) 集約促進景観・歴史的風致形成推進事業	集約型都市構造への転換促進に資する事業として、歴史的風致形成を促進する取組を支援する。	歴史的風致形成建造物（※）の買取、移設、修理、復元が補助対象に追加される。
(3) 歴史的風致活用国際観光支援事業	広域観光周遊ルートを形成する歴史的風致維持向上計画の認定都市における訪日外国人の受入環境整備を総合的に支援する。	案内板等の多言語化、体験プログラム開発、観光案内所等の機能向上などが補助対象となる。

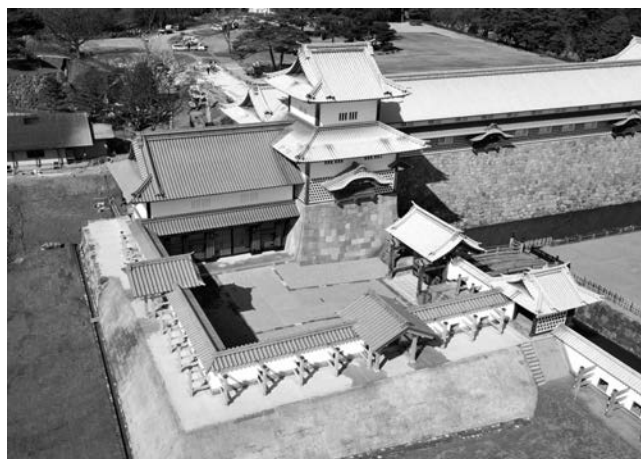
※歴史的風致形成建造物

歴史まちづくり法第12条第1項の規定により、市町村は、重点区域内の歴史的な建造物であって保全を図る必要があると認められるものを歴史的風致形成建造物として指定できる。

茶屋街などの歴史的建造物が一体となって良好な市街地の環境を形成している状況等を歴史的風致とし、平成21年1月に国の認定を受けた。

重点区域内の金沢城公園は、特別名勝の兼六園と並び石川県の歴史・文化・伝統を継承する象徴であり、特に園内の金沢城跡、石川門はそれぞれ、国の史跡、重要文化財に指定されている。

金沢城公園の歴史的資産としての価値を一層高め、永く後世に引き継ぐため、平成18年より金沢城石川門の保存修理が行われるとともに、河北門と橋爪門の復元が進められた。橋爪門が平成27年3月に完成したことにより、明治期に焼失して以来134年ぶりに金沢城三御門が往事の姿を取り戻している（写真―1）。



写真―1 復元された金沢城橋爪門

(2) 群馬県甘楽町

甘楽町歴史的風致維持向上計画は、400年以上前に開削され、現在も生活用水などに利用されている雄川堰が住民の生活に溶け込み小幡城下のまちなみと一体となって良好な市街地の環境を形成している状況等を歴史的風致とし、平成22年3月に国の認定を受けた。

甘楽町の歴史的風致の中心となっている雄川堰は、自然石を積み重ねた構造の用水路で、適切に保全されてきたこともあり、土木学会選奨土木遺産や、国際かんがい排水委員会が認定・登録するかんがい施設遺産に選定されている。

武家屋敷地区における雄川堰（大堰）の石積を調査した結果、補修が必要な箇所が確認されたため、改修等が進められている（写真―2）。また、網目状に張り巡らされている雄川堰の小堰については、技術的にも価値の高いものであるが、大堰と比べると認知度が低い状況にあったため、大学の構造・デザイン研究室との連携による改修現場の見学等が継続的に行われ、地域住民の見学者も増えるなど、関心が高まっている（写真―3）。

(3) 茨城県桜川市

桜川市歴史的風致維持向上計画は、中世にこの地を治めた真壁氏の築いた城跡やこれと一体となったまちなみが残されており、ここを舞台に実施される祇園祭や、脈々と続く商いなどが、良好な市街地の環境を形成している状況等を歴史的風致とし、平成21年3月



写真—2 雄川堰（大堰）



写真—3 雄川堰（小堰）

に国の認定を受けた。また、市内の真壁地区には約100棟の登録文化財が存在し、幕末から明治期の重厚な見世蔵や土蔵、大正から昭和初期の町家や洋風建築が残されていたこともあり、平成22年6月には重要伝統的建造物群保存地区に選定された。

選定直後の平成23年3月の東日本大震災により、伝統的建造物の9割以上に被害が発生したことから、指定文化財や登録文化財の災害復旧が進められている。また、平成24年には一般社団法人茨城県建築士会において、被災した歴史的建造物の修理を通じた専門技術者の育成手法検討調査が実施され、現在も建築士をはじめ地元住民や高校生、大学生、行政関係者による伝統的工法についてのワークショップなどが開催



写真—4 伝統工法についてのワークショップ

されており、歴史的なまちなみの形成に関する取組が活発になっている（写真—4）。

4. 観光への活用

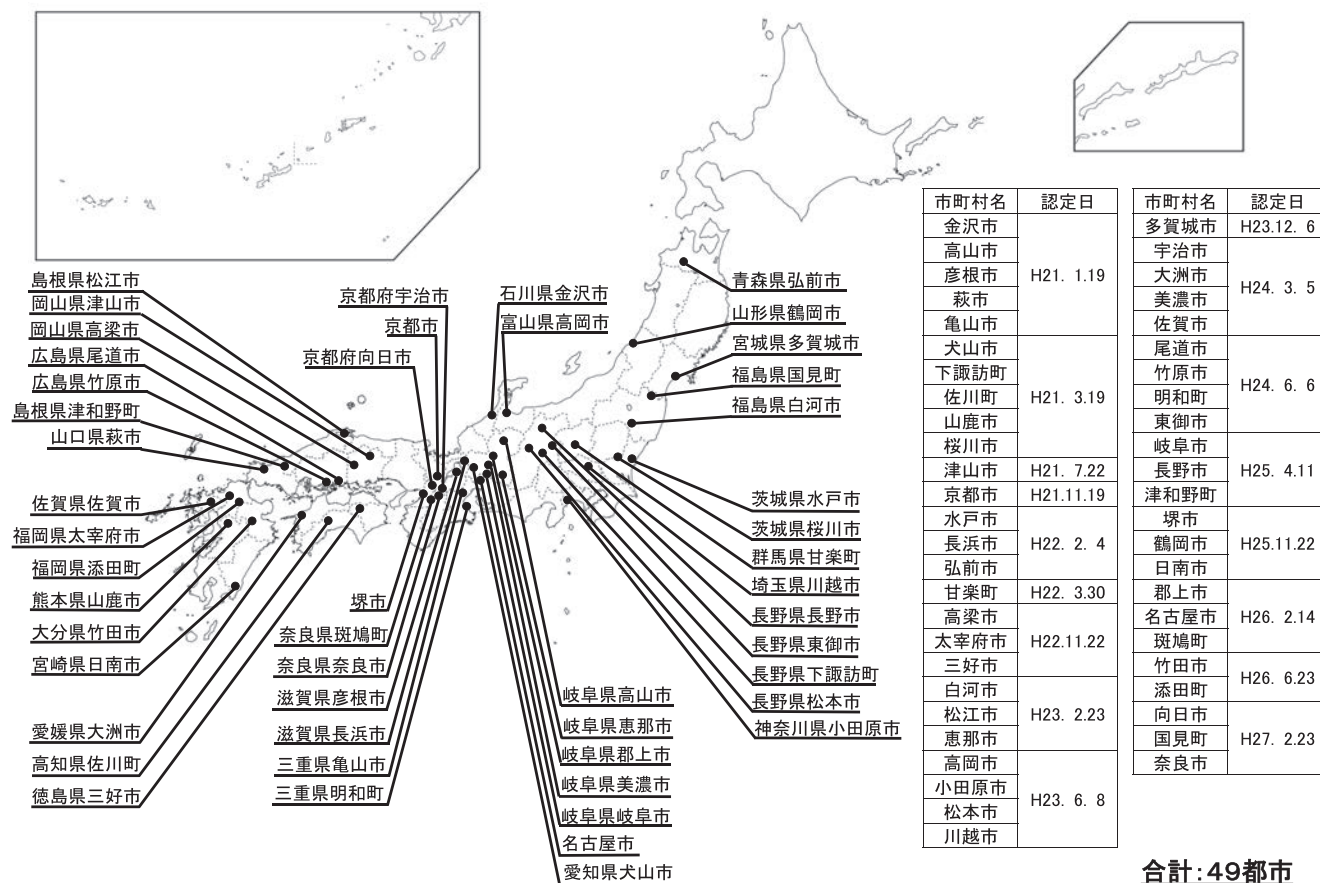
歴史まちづくり法に基づく取組により、文化財や歴史的建造物等の保全が進められ、そこで行われる地域の歴史と伝統を反映した人々の活動も活性化しているところではあるが、これらの取組は、各都市における観光面などでも効果を示し始めている。

2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けて、政府としては、観光立国実現に向けたアクション・プログラムを策定するなど、訪日外国人旅行者数の受入環境整備を加速し、「2000万人時代」の早期実現を図ることとしている。

「観光立国実現に向けたアクション・プログラム2015」においては、特に好調なインバウンド観光の効果を地方の隅々にまで行きわたらせることができるよう、広域観光周遊ルートの形成等の推進がうたわれており、その取組の一環として、本年度、前述の表—1に示した「歴史的風致活用国際観光支援事業」を創設するなどしている。

5. 今後の展開

平成27年3月末現在、49市町村が策定した歴史的風致維持向上計画が認定されている（図—4）が、認定を受けた市町村は、その計画策定過程において、国の指定の有無にかかわらず、市町村全体に眠る歴史的資産を掘り起こす作業に長い時間をかけている。この作業により、指定・選定文化財などこれまで認知されてきた歴史的な資産だけでなく、市町村として改めて



図—4 歴史的風致維持向上計画認定都市位置図

価値を再発見した建造物、あるいはそれらの周辺の歴史的まちなみの形成まで含め、その価値が市町村、あるいはそこに住む方々に再認識されている。

計画策定の過程で発見された価値が、住む方々のためのまちづくりのみならず、観光でその街を訪れる人のための取組としても十分に活用されるよう、「歴史まちづくり」をさらに裾野の広い取組としていきたい。

J C M A

[筆者紹介]

酒井 隆行（さかい たかゆき）
国土交通省
都市局 公園緑地・景観課
景観・歴史文化環境整備室
歴史文化係長



世界遺産、国宝姫路城を鉄骨で覆う

複雑な牙城を攻略し、大天守を素屋根で包囲した施工記録

望 月 義 延・片 山 博

日本における世界遺産第一号の国宝姫路城。その象徴ともいえる大天守は、昭和の大修理から45年の歳月を経ている。昭和の大修理の際、当社は丸太足場の素屋根工事を施工し、平成の保存修理でも再び素屋根工事に取り組むこととなった。当時と比べ建設技術の発展は著しく、城を保存・継承していく為の法的な規制が厳しくなっている。丸太で足場を構築した当時の苦労も計り知れないが、平成の保存修理では「切った、張った」のでない条件の中で「4面角鋼管立体トラス鉄骨造」の素屋根工事を計画、実行し、既存物を損傷することなく建方を完了した。本稿ではその計画内容と施工結果について報告する。

キーワード：世界遺産、保存修理工事、素屋根、建築、アニメーション、クローラクレーン

1. はじめに

施工場所は兵庫県姫路市、JR姫路駅から南北に走る50m巾道路の北側約1km先に位置している。姫路市のシンボルとしてはもとより、築城時の遺構を保つ名城として、全国的に知られている。

一般的な基本断面が存在する寺社仏閣建築とは異なり、姫路城は築城当初より攻められにくい形状を呈し、その至る所にある工夫は目を見張るばかりである。この複雑な形状と連立する小天守群や渡り櫓が、姫路城大天守に素屋根を建設する上で、難題となった。

また、素屋根内の一部を開放して史跡修理の現場を公開するという全国初の試みから、素屋根は「雨風のしのぐための仮設物」だけでなく、快適さも要求される(写真-1)。

国宝、世界遺産、特別史跡(文化財保護法)、火気厳禁地域(消防法)、その上、複雑極まりない特殊な

形状で、世間の注目が集まる中、無事故、無災害、無破損で素屋根を完成することが当工事の最初の使命となった。

2. 工事概要と施工条件

(1) 工事概要

工 事 名 称：国宝姫路城大天守保存修理工事
 計 画 地：兵庫県姫路市本町68番地
 工 期：2009年10月～2015年3月
 敷 地 面 積：内曲輪(うちくるわ)以内の面積は23ヘクタール(230,000 m²)
 軒 の 高 さ：約40.82 m
 最 高 高 さ：約46.35 m
 階 数：大天守(木造)5層6階、地下1階
 仮 設：素屋根(S造)8階
 修 理：屋根瓦葺き替え・漆喰塗り替え・木床他改修・柱床耐震補強
 設 備：見学ゾーン、修理施工ゾーンに機械・昇降機・電気設置
 建 設 用 途：文化財・城郭
 そ の 他：国宝・世界遺産
 事 業 主：姫路市
 設計・監理：公益財団法人文化財建造物保存技術協会
 施 工：姫路城大天守保存修理JV
 (鹿島・神崎組・立建設共同企業体)



写真-1 現場全景(素屋根解体状況)

(2) 施工条件

- 1：特別史跡内(文化財保護法)により既存物を含め、現状地盤の変更(掘削、杭打ち等)の禁止
- 2：姫路城内の火気作業厳禁(消防法)
- 3：修理工事中に大天守内部へ第三者が入れるルートを確認する
- 4：素屋根工事中は工事エリアを最小限として見学者に極力解放する
- 5：複雑な建物と周囲の地形との隙間に素屋根を建てる
- 6：4年後の解体を見据えた施工方法とする
- 7：ユネスコの「ヴェニス憲章」に従い、形状、材料、工法、位置を変更できない

3. 検討事項の抽出と施工計画へ反映、そして実行

(1) 事前調査

姫路城は天守閣が単独でない。大天守の周りに3つの小天守が建ち、それらを渡櫓(わたりやぐら)が連結する。屋根の形状もさまざまである。大天守にはもちろん傷ひとつつけられず、屋根や壁に鉄骨が触れることは万一にも許されない。その上で、複雑に重なる屋根の軒下すべてに工事用の足場を巡らせ、全体を鉄骨で覆わなければならない(図-1, 2)。

そこで、素屋根の設計図をもとに『施工前に綿密な調査を行うことが何よりも大切である』という考えから、軒先の高さ、反りの曲線、隣の壁との間隔、そこを通せる部材の大きさなどの調査を行った。また、実測された結果をもとに鉄骨梁の長さ・位置、各フロアの跳出し鉄骨が大天守の瓦や漆喰壁、鯨に対してどう納まるかを詳細に検証した。

(2) 準備工事

「昭和の大修理」では、大天守の南側正面の広場か



図-1 素屋根完成パース

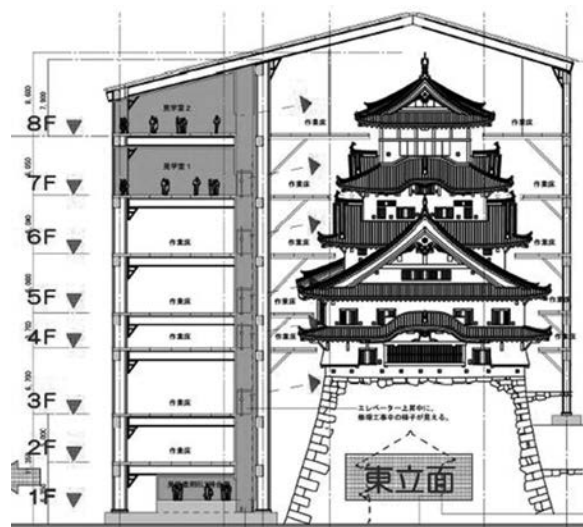


図-2 基本断面イメージ



写真-2 工事車両導線

らスロープ状の栈橋を設置したが、現在はイベントが頻繁に開催され使用できない。西側は櫓が連なり北側は絶壁。そこで、東側の足元がたったひとつの“攻め口”となった。

ところが、車両導線となる東側も各所に碑や石垣などがあり、また土地の形状そのものが「特別史跡」のため、その地面も傷つけることができない。そこで、工事期間のすべての搬出入車両をリストアップし、重量や車両軌跡など綿密な導線計画を行った。特に石橋には荷重がかからないように橋の上を覆うようにアーチ型の鉄骨の橋で補強して工事を進めた(写真-2)。

また、基礎を安定させる杭も打てないことから、地面にシートを敷き碎石をまき、地面に荷重が集中しないように配慮した。

(3) 作業構台の構築

素屋根の工事は「作業構台」を築くことからスタートした。それは高台の大天守まで資材を運ぶ搬入路であり、大型クレーンや資材を置く施工基地である。高さ37m、長さ66m、幅10mの巨大な鉄骨の栈橋を

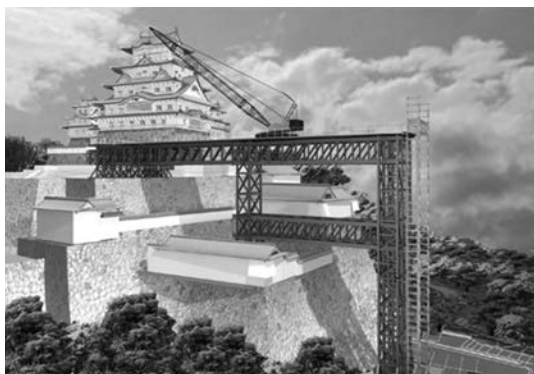


図-3 作業構台 CG

大天守東側の足元に築いた（図-3）。

作業構台では2台のクローラークレーンが素屋根の設置工事にあたり、1台が37m下の地面から資材を構台の上へ揚重し、もう1台が大天守の周囲に部材を架設する計画とした。

作業構台上は火気作業禁止という厳しい条件であったため、重機の給油など危険物の取り扱いは、市消防署と給油場所や管理方法などの協議を重ねた。危険物持込禁止の解除許可等、数々の課題を解決して作業を実施した。

また、4年後の解体を考慮し、基礎コンクリート打設前に、構造上問題のない範囲で板を挿入し、分割緑切りを行った。その他、鉄骨解体時、分解が簡単な締結方式の採用や解体用足場を先行設置する等各所に工夫を施した。

(4) 素屋根鉄骨の建方揚重計画の抜本的見直し

当工事の設計図書には「鉄骨建方に際し、素屋根中央付近にタワークレーンを設置し…」という特記仕様の項目があり、入札時にはこの条件で揚重機の選定を行った。周囲は文化財に囲まれ、基礎より自立するしかなく、かつ高さ52mの素屋根を越えるタワークレーンを選定するには、水平ジブ形タワークレーン、通称「トンボクレーン」を採用するほかなかった。このトンボクレーンは作業半径が大きいものの、定格荷重(1.5t～2.6t)が小さいため、重量が2～5t/1ピース

の柱材を組み立てることは難しかった。また、大天守上部に合掌梁を架設する作業では、1ユニット6.0tに達する鉄骨合掌トラス梁を、1ピース毎、吊橋架設的な施工方法を検討せざるを得ない状況にあり、建方揚重計画を見直すこととした。

なかなかいいアイデアが見出せなかったが「タワークレーンによる施工」という特記仕様にとらわれない発想で、ラフティングタワー仕様のクローラークレーンを選定した。指定仮設の構台を延長し、素屋根の基礎上に建方用の作業構台を作り、その構台上で建方を行う施工計画を提案し事業主の了解を得た（図-4）。

トンボクレーンからラフティングタワー仕様のクローラークレーンに変更したことによる効果を以下に列挙する。

- ・取扱い重量が大きくなり、鉄骨の分割数増加を抑えることで、製作精度が向上した
- ・ジョイント増加の抑制（90箇所）により鉄骨重量が減少し、敷地地盤への負担軽減と鉄骨加工費の増大を抑制した
- ・ジョイント数の削減は、建方揚重回数の低減にも繋がり工程遅延を防止できた
- ・合掌梁は吊橋形式による単一ピース毎の建方を回避し、1ユニットでかつ吊足場を地組みした状態で揚重することが可能となり、建方精度向上、直設仮設工事費の低減、安全面のリスク回避ができた

(5) 複雑な建方順序計画を関係者へわかり易く伝達する

当工事の素屋根工事の鉄骨造の柱、梁部材は、城地盤の設計地耐力を考慮し、主要部材を角鋼管で構成するトラス形状に工場溶接した『4面角鋼管立体トラス』という軽量かつ高剛性の特殊な形状を採用している。また、大天守周りは3つの小天守と渡り櫓が連立する非常に複雑な形状をしており、それらを避けた構造となっている。

誰が見てもわかり易い建方計画とするために、鳥瞰

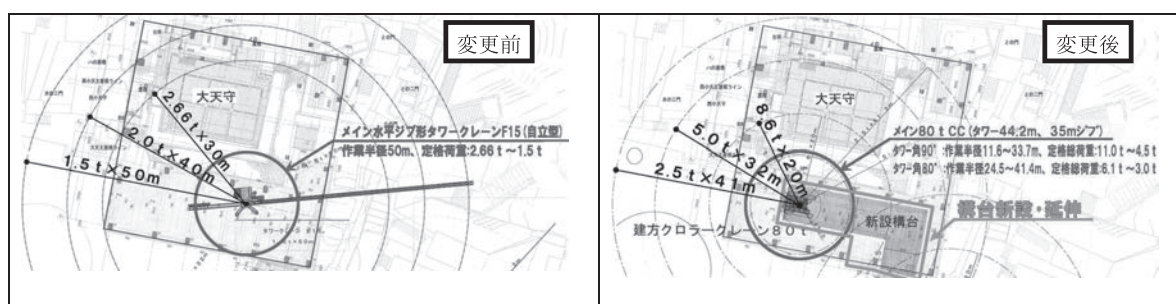
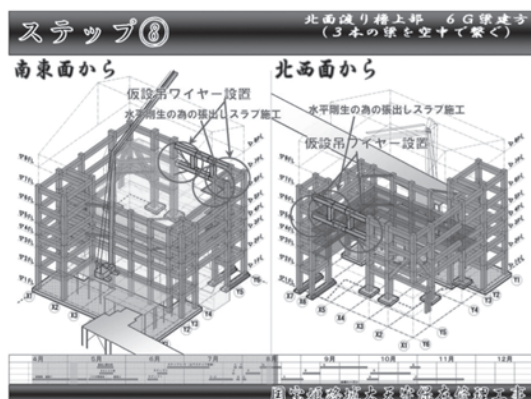


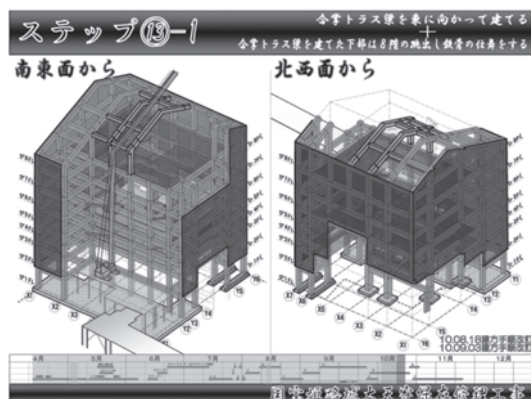
図-4 クレーン変更による揚重計画の比較



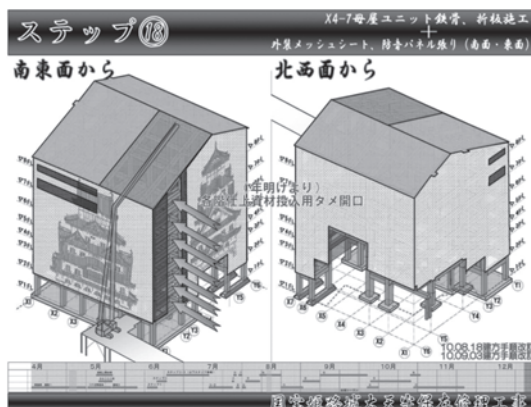
図一5 ステップ① 建て方開始



図一6 ステップ⑧ 施工の難所



図一7 ステップ⑬ 合掌トラスの設置



図一8 ステップ⑯ 資材取り込み

によるアニメーションを使い、検討中に多くの有識者の意見をいただけるよう、プレゼンテーションすることに尽力した（図一5～8）。

また、建方時の安定性について応力解析をするために構造体をモデル化する時間の余裕が無く、構造設計者に協力を依頼した。建方順序における各フェーズの固定荷重と積載荷重に対し、地震力と風荷重の応力解析によって、倒壊に関する安全性と揺れ幅により城の屋根等と干渉しないことを確認した。

4. 「難所」が数多く存在する建方を部位ごとに検証

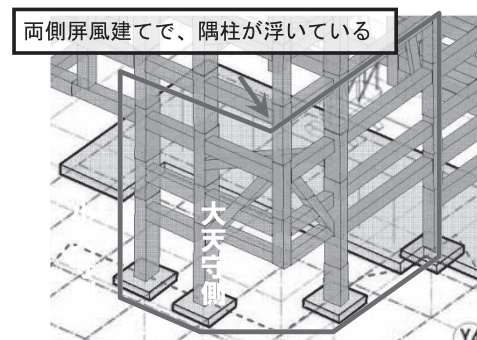
建方順序における検討すべき大まかな項目と対策を以下に列举する。

- ①素屋根の西・北面は構造体が完成しても屏風建て（写真一3）となり、かつ北西角の隅柱が両側面の屏風建ての梁からの両持ち出しの形で宙に浮いている（図一6, 9）。

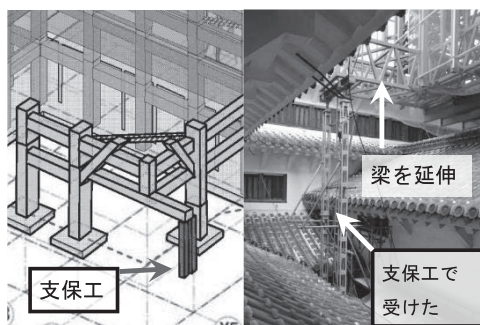
⇒屏風建てを繋ぐ片面はラーメン構造を形成するように建方順序に反映し、浮いている北西角の隅柱は持出し梁を延伸させ、瓦屋根の無い空間に支保工を設置し、持出し梁を受ける計画とした（図一10）。



写真一3 西面（左）と北面（右）での屏風建て



図一9 隅柱が浮いている部位



図—10 隅柱支保工計画と実施

②建方用の仮設構台を構築したため、大天守に対し、南側の本来ラーメン構造となるべき部分も4スパンにわたって屏風建ての建方をせざるを得なくなる(図—6)。

⇒仮設の火打梁(250角鋼管)を取付け、純然たる屏風建てが2スパンとなるよう工夫した(写真—4)。

③純ラーメン構造となる部位を特定し、その部位を中心とした建方を行う(図—5)。

④大天守の軒下へ跳出しの床梁鉄骨を差し込む。

トラス柱・トラス梁は既存物の実測結果により位置決めを行うことにより、狭小な部位もクレーンによる垂直揚重で納めることができた。しかし、大天守へ近づく為の跳出し床梁鉄骨は、大天



写真—4 屏風建ての建方とそれを2方向から支える仮設火打梁

【筆者紹介】

望月 義延 (もちづき よしのぶ)
鹿島建設㈱
関西支店 安全環境部機電グループ
課長



片山 博 (かたやま ひろし)
鹿島建設㈱
関西支店 姫路城大天守保存修理JV工事事務所
工事課長



守の軒下に鉄骨を納める必要があり、鉄骨重心が大天守の軒先より「大天守側」にあるものが多く、普通に垂直揚重すればクレーンのフックやワイヤーが大天守の軒と干渉する。

⇒吊荷を偏芯させて揚重し、素屋根と大天守の軒との隙間に落とし込み、所定の位置で回転させて取り付ける方法とした(写真—5)。

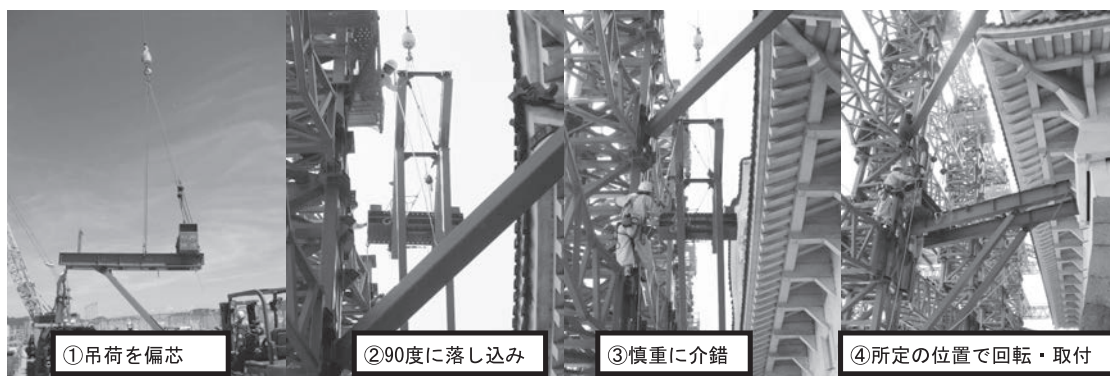
5. おわりに

歴史的建造物の代表ともいえる姫路城に素屋根を築いた。通常、寺社仏閣建築における修復工事には、統一された断面や敷地条件が良い(広い)中で、鉄骨建方はスライド工法による建方が主流である。

当工事のような地形、城そのものの形状が複雑で小天守や渡り櫓が付随する中での素屋根工事は、姫路城を除くと全国的にはあまり類を見ないのではないかとと思う。また、見学スペースを設けながらの保存修理工事は、重要文化財の保存修理事業の新たな形であったが、無事に問題なく終えることができた。

本稿が、今後の歴史的建造物改修工事の一助となれば幸いである。

J C M A



写真—5 跳出し床梁鉄骨の大天守への差し込み

東京大学（本郷）講堂改修工事

天井耐震改修工事を中心に

櫻庭記彦

東京大学講堂（安田講堂）改修工事のうち、特に天井の耐震化は利用者の安全確保の観点で重要な位置付けの改修である。2011年東日本大震災以降、精力的に開発を進めてきた天井耐震化技術の中から、当社の最新の知見を盛り込んだ「ぶどう棚直貼り方式」による天井耐震改修を実施した。本稿では講堂天井の耐震改修工事の概要、天井材の検討、振動台実験による検証結果、施工上の留意点などについて述べる。
キーワード：東京大学、安田講堂、天井、非構造部材、天井耐震改修、ぶどう棚、軽量化

1. はじめに

東京大学（本郷）講堂が「安田講堂」と名付けられているのは、安田財閥創始者である安田善次郎による全額寄付により建設されたことに由来している。

安田講堂は、1922年に内田祥三、岸田日出刀らの設計、清水組（現清水建設）の施工で着工し、1925年に竣工した建物である。着工後の1923年には関東大震災を経験したものの、当講堂の現場に被害は少なく工事を再開することができ、1925年7月6日に竣工を迎えた。1968年～1969年の東大紛争による影響を受け長期間閉鎖をされていたが、1990年に大規模改修がなされ、翌年より卒業式が催されてきた。1996年には登録有形文化財の東京都第1号の登録を受けている。

2011年東日本大震災により一部被害を受け、これらの耐震改修と同時に建設当初のオリジナルデザインに近い形での全体改修を行うこととなった（写真—1, 2）。

平成25年6月12日～平成26年12月26日にかけて改修を実施した内容は、①構造躯体耐震化、②講堂天井の耐震化、③オリジナル意匠の保存・補修、④居住環境の向上と省エネルギー化、⑤バリアフリー整備、⑥内装改修、⑦設備更新、などである。その中でも防災上重要な位置付けとなった講堂の天井耐震化工事は、天井材を軽量化してぶどう棚直付けにすることにより、オリジナルデザインを保ったまま耐震性を持たせることに成功した。

本稿では、改修工事の概要を講堂天井の改修内容とその他の振動実験など、天井の耐震化を中心に述べる。



写真—1 全景（撮影 小川重雄）



写真—2 改修前の講堂全景（撮影 小川重雄）

2. 改修工事全体の概要

工事の概要は下記の通りである。

設計：東京大学キャンパス計画室（千葉学）・同施設部 香山壽夫建築研究所

構造：万建築設計事務所

設備：総合設備コンサルタント

施工：清水建設，関電工，日本装芸
 延べ床面積：6988 m²
 階数：地下1階 地上5階 塔屋4階
 構造：鉄筋コンクリート造，一部鉄骨造
 工期：2013年6月～2014年12月

改修工事の内容は以下の通りである。

①構造躯体の耐震化

RC 耐震壁 214 枚，鉄骨ブレース 24 箇所設置

②講堂天井の耐震化

既存講堂天井を全て撤去し，グラスファイバー補強石膏板（GRG）で新設

③オリジナル意匠の保存・補修

外壁サッシ，講堂天井を建設当初意匠に復元

④居住環境の向上と省エネ

各所二重サッシを新設，断熱

⑤バリアフリー整備

エレベーター新設，バリアフリースイレ新設

⑥内装改修

講堂の遮音性能の向上，自然光の復活

⑦設備更新

電気設備，機械設備の全面更新

3. 天井改修工事

(1) 天井改修工事の概要

既存の講堂天井は，ラスモルタル下地に砂漆喰にて左官施工された 100 kg/m² を超える天井材を，なまし鉄線またはスチール製フラットバー等で吊り下げる形式で構成されていた。地震時に天井に生じる慣性力を躯体に伝達する機構（ブレース等）は無く，また解体時にはラスモルタルと砂漆喰間の界面剥離の兆候が見受けられるなど，脱落防止・耐震信頼性に乏しい納まりとなっていた（写真—3）。



写真—3 既存天井下地の状況

今回，与条件として示された改修方針は下記の通りであった。

①天井下地は吊り天井とせず，地震時に本体構造体から加速度応答増幅が少ない「ぶどう棚直貼り」方式（本体架構に下地鉄骨を組み付け，そこに天井材を直結する工法）とする。

②天井材は軽量化を図り，下地の耐震信頼性向上と落下リスクの低減を図る。

③天井自体の脱落防止の実現と，維持管理工具などの貫通落下防止を図る。

④天井面の設計用水平震度は 2.75 G とする。

上記方針を受け，砂漆喰の部分には GRG（Glass fiber Reinforced Gypsum）を採用し，天井の軽量化および維持管理工具などが天井を貫通し固定席まで落下することを防止する性能を確保すること，天井下地は本体構造に直接的に取り付け構成すること，として天井の計画を行った。

(2) 天井材について

天井材の GRG に用いた石膏は，天然石膏を精製・焼成した半水石膏を使用した。補強用のガラス繊維はガラスストランドを不規則に重ねて配置し，バインダーで結合したコンティニューアスストランドマットを使用した。いずれも化学石膏やチョップドストランドマット（裁断したガラス繊維）よりも強度が確保しやすい組み合わせである。これらを，既存天井デザインにあわせて作成した型を使用し，最低2層（2プライ）以上重ね合わせて天井材を製作した。

使用箇所が最上階の天井であり，経年により屋根面からの漏水の影響を受ける可能性があることから，通常メーカーが規定している気乾基準強度値のほかに含水時の強度変化等についても，実際に採用する接合部を再現した試験体によりその強度確認を実施した。結果を表—1 に示す。

鉛直荷重設定は，パネル1枚を6点で鉛直支持する。最大天井パネル質量が 1232.5 N のため，支持点の長期荷重は 205.8 N である。

鉛直震度 1.0 および割増計数 1.25（設計条件より）により，パネル一枚当たりの短期鉛直荷重 $1232.5 \times (1.0 + 1.0) \times 1.25 = 3081.25$ N，取付け部短期鉛直荷重 $205.8 \times (1.0 + 1.0) \times 1.25 = 514.5$ N とし，繰返し荷重は 514.5 N $\times$ 低減率約 80% $\times$ 4 か所 = 1626 N とした。

試験結果から，取付け部強度に関しては，想定荷重に対し十分な強度を有することがわかった。

さらに曲げ強度は水中浸漬して含水させると気乾時

表—1 各種強度試験結果

試験項目	試験結果
1. 物性	
1.1 比重	絶乾比重 1.644 ～ 1.671 自然乾燥時比重 1.651 ～ 1.655
1.2 乾燥・吸湿速度	乾燥速度 24 時間ではほぼ乾燥, 48 時間で安定 吸湿速度 48 時間で安定
1.3 熱膨張率	線膨張係数 12.96×10^{-6}
1.4 長さ変化率	湿乾燥返し 5 回の平均 約 550×10^{-6}
2. 材料強度	
2.1 気乾時曲げ強度	4 体平均 47.06 N/mm ²
2.2 湿潤時曲げ強度	4 体平均 24.17 N/mm ²
2.3 湿乾燥返し履歴曲げ強度	4 体平均 44.01 N/mm ² (乾湿 5 回繰返し後)
2.4 衝撃強度	500 × 600 × 80 mm, 2 プライの試験体に質量 1 kg の錘を落下させ, 状態を観察 → 2 m の高さまで貫通なし
3. 取付け部強度	
3.1 固定部引抜試験	4 体平均 8207.5 N (≥ 想定鉛直荷重 514.5 N)
3.2 気乾時パネル載荷試験	500 × 600 × 80 mm, 2 プライの試験体に 400 × 500 mm の平板を載せ加力 最大荷重 23030 N (≥ 想定鉛直荷重 3081.25 N)
3.3 湿潤時パネル載荷試験	最大荷重 12348 N (≥ 想定鉛直荷重 3081.25 N)
3.4 気乾時パネル繰返し載荷試験	500 × 600 × 80 mm, 2 プライの試験体に 400 × 500 mm の平板を載せ取付け部想定鉛直荷重の 80% 程度 (1626 N) にて 300 回加力し状態を観察 → 変化なし
3.5 湿潤時パネル繰返し載荷試験	500 × 600 × 80 mm, 2 プライの試験体に 400 × 500 mm の平板を載せ取付け部想定鉛直荷重の 80% 程度 (1626 N) にて 100 回加力し状態を観察 → 変化なし 繰返し履歴後最大荷重 11858 N (≥ 想定鉛直最大荷重 3081.25 N)
4. 取付け部長期耐久性	
4.1 長期載荷試験	500 × 600 × 80 mm, 2 プライの試験体に砂袋 (745 N) を載せ取付け部の変化を観察 面材たわみが生じるものの, 取付け部に変化なし

強度の約半分まで強度低下すること, 繰返し含水してもその後の乾燥によりほぼ気乾強度に戻ることに, 等がわかった。

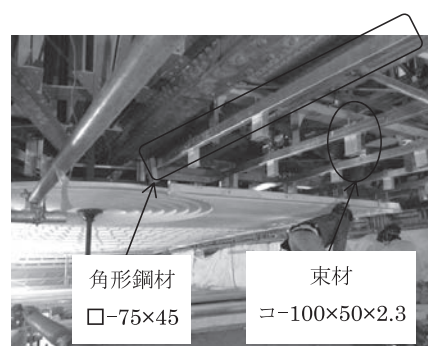
熱伸びに関しては, 線膨張係数 12.96×10^{-6} であり, 鋼材やコンクリートとほぼ同等であることから, 接合部等に特段の配慮が不要であることがわかった。

(3) 天井下地について

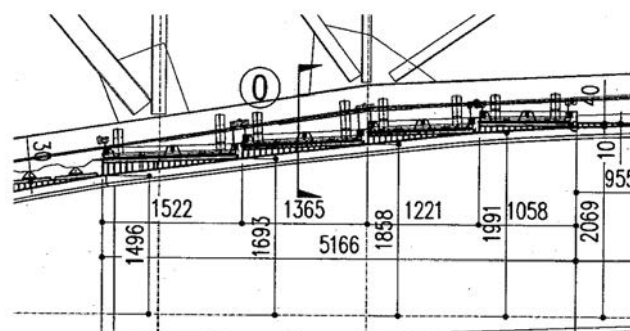
写真—4, 図—1, 2 に示す通り, 天井下地は既存のトラス梁下弦に直接的に緊結した角形の鋼材に対し, コ-100 × 50 × 2.3 の束材を剛に接合し構成した。これらの部材選定は短期許容応力度設計により容易に行うことができる。

4. 振動台での天井耐震性確認実験

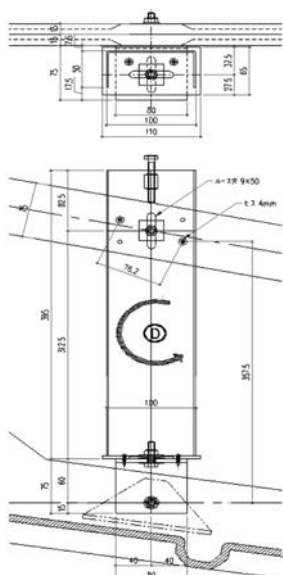
改修後の天井はぶどう棚直付けとなるため「吊り天井」ではなく, 国土交通省が告示に規定した「特定天井」に当たらない。軽量化された天井板の荷重は全て



写真—4



図—1 天井下地図



図一 天井下地詳細

強固な鉄骨下地を介して構造体が支持するため、設計的に十分な耐震性を保有していることは明らかであったが、天井面の変形、特にガラスとその取り付け部分での変形による不具合が発生しないかを動的に確認することを目的に、振動台での耐震性確認実験を実施した。

(1) 振動台実験概要

躯体側一次鉄骨は天井下地に対し十分に剛な構成とし、その下に取り付ける天井および天井下地を、現場計画通りに再現し、振動台にて地震波加振を行った。

試験体に、設計目標値である水平応答加速度の1/4倍、1/2倍、1.0倍の応答値が出るようにステップバイステップで入力加速度を上げて加振し、応答性状を確認した。この加振は2回実施し、1回目の加振終了後に各接合部をいったん解体し、加振による局所的な

損傷の有無を確認し、その後、各接合部を再度本施工同様の状態に復旧して、2回目の加振を行った。

最後に「極めて稀に発生する地震による力」による応答性状について観察した。

(2) 試験体

試験体は図一3に示す天井図から太い破線で囲った部分を切り出したモデルとした。

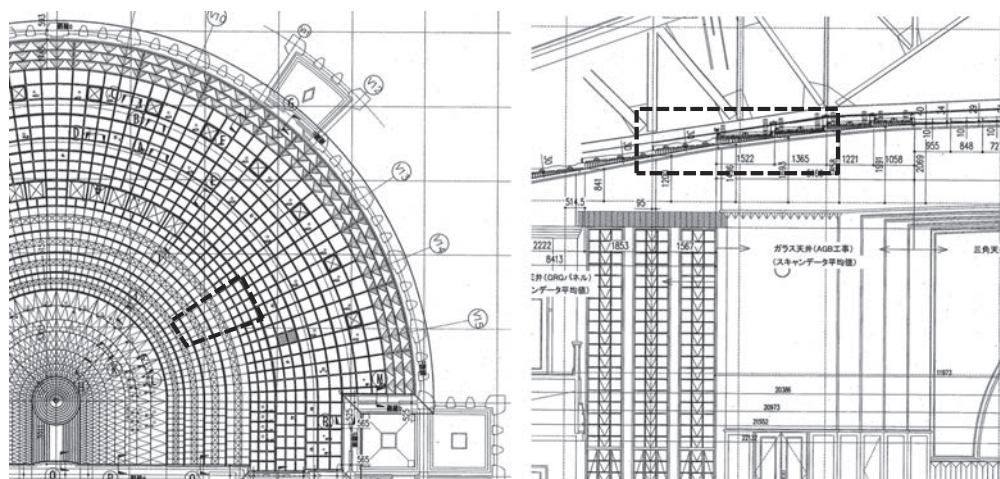
試験体設置用フレームはH-400×400×13×21のベースの上にH-300×300×10×15で組み立てた外形寸法3.8m(D)×6.6m(W)×3.31m(H)のフレームで、上部に角パイプを取り付けて天井下地部材を設置し、天井を組み立てた。測定はフレーム上、下地材、天井面について、それぞれ中央と東端、北端に加速度計を上下水平3成分ずつ設置した。下地材と天井面との水平相対変位も2箇所測定した。

(3) 入力地震波

加振波としては標準波として多くの実験で使われてきたEl Centro波を使用した。入力最大加速度の大きさはEl Centro波についてはNS成分(Y方向入力)を基準に決め、EW成分(X方向入力)については元波形と同比率で算出した最大加速度で入力し、UD成分(Z方向入力)についてはNS成分の半分の最大加速度とした。

さらに、告示波を用いてより広い周波数帯に対する応答性状を確認した。告示波は設計目標値である水平応答加速度の1.0倍の応答値が出るように入力した。

「極めて稀に発生する地震による力」としては2011年東北地方太平洋沖地震の際に記録された震度7相当(計測震度6.5)のKiK-net 芳賀(TCGH16)観測波を振動台に入力した。



図一 天井図と試験体として切り出した部分 (太い破線で囲った部分、左: 平面図、右: 断面図)

(4) 試験結果

地震波加振の前に試験体の振動特性把握のため、ホワイトノイズ波 100 cm/s^2 入力に加振を行い固有振動数を確認した。水平 X 方向はガラス面側で 13 Hz (周期 0.08 sec)、GRG 成形版側で 16 Hz (周期 0.06 sec) であり、水平 Y 方向はガラス面側中央で 28 Hz (周期 0.04 sec)、ガラス面側試験体端部で 21 Hz (周期 0.05 sec) であった。懐 1.5 m の一般的な在来吊り天井の水平固有振動数が初期剛性で $2 \sim 7 \text{ Hz}$ 程度¹⁾ であるのと比較すると、非常に高い剛性が確保されていた。

地震波加振では、告示波の X 方向加振については目標の天井面応答加速度 2.75 G を超える加振ができたが、Y 方向加振ではフレームの剛性不足もあり、目標の加速度まで加振できなかった。しかしながら、El Centro 波加振ではほぼ天井面応答加速度 2.75 G に近い加振ができており、Y 方向については変形量も微小であり、損傷も全くなかったため、要求性能を満足しているものと判断した。

地震波加振時の天井面応答加速度・変位は、1 回目の加振において El Centro 波加振時の下地材（ぶどう棚）—天井面相對変位（2 点の平均）は目標 2.75 G の $1/2$ 加振時で 2.0 mm 、目標 2.75 G 時で $3.2 \text{ mm} \sim 3.4 \text{ mm}$ と小さく、1 回目加振後に実施した接合部を解体しての損傷確認においても、ビスの緩み、ビス孔の拡大、変形など損傷の痕跡は認められなかった。再組み立て後の 2 回目（解体点検後）の加振でも 1 回目とほぼ同様で、芳賀観測波加振時においても X 方向 3.5 mm 、Y 方向 2.0 mm であり、加振後の損傷も全く見られなかった。写真—5、6 に最終加振（芳賀観測波）後の

試験体を示す。

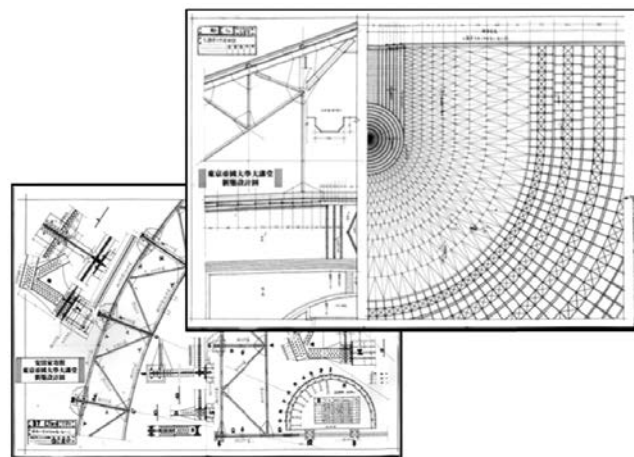
なお、振動台実験結果の詳細については文献²⁾で参照できる。

5. 施工について

(1) 改修工事全体の施工

改修工事内容は多岐にわたった。意匠的には原則として創建当時の姿に復元しながら、構造躯体本体の耐震性能向上と省エネルギー化、バリアフリー化、老朽設備の更新等に加え、天井の耐震化を図った（参照：文献³⁾）。

本案件においては創建当時の設計図および写真が明瞭な形で保存されていたため、現地実測 DATA と照合しながら復元すべき姿を特定することができた（図—4）。現地の実測は、3D スキャン技術を用いた。レー



図—4 保存されていた創建当時の竣工図

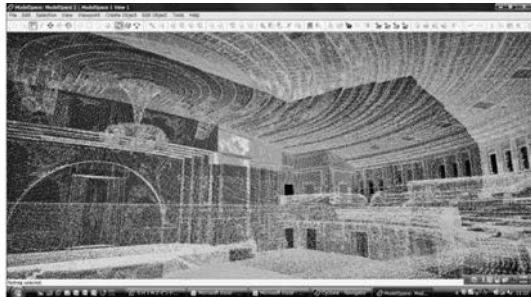


写真—5 芳賀波加振後の試験体全景



写真—6 芳賀波加振後の試験体（左右とも）

ザースキャナによる位相差方式で点群 DATA を取得し、3 点実測により 3 次元化した。合計 40 GB、約 11 億 5000 万点の点群により再現された実測図は、現地測量結果との差異が最大 5 mm 以内という精度であった（図—5、6）。



図—5 3次元実測した点群 DATA



図—6 3次元実測結果より作図した鉄骨詳細図

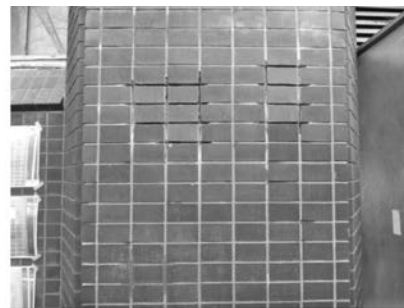
取得した 3 次元点群 DATA は、3 次元作図ソフト等を用い図面化を行い、施工に使用するのはもちろんのこと、既存建物の記録図書として保存・活用することとした。

また、過去の改修において、老朽化部位や紛争時の損傷等を復旧する際、創建時とは異なる材料で改修されていた部位が散見されたため、今回の改修では老朽部分のみではなく、改修時に変更された仕様も極力、創建当時に戻す作業を実施した。一部事例を写真—7～9 に示す。

(2) 天井改修工事の施工

本案件の天井改修工事では、耐震性確保のために、躯体に固定したぶどう棚（天井下鉄骨フレーム）に天井を緊結する形式を取ったので、ぶどう棚を固定する既存躯体の状況、現況寸法等を正確に把握することが重要であった。

多くの場合、天井内では設備や既存躯体との取合いなどの理由で天井支持部分の全ての躯体を実測できる例は少なく、一部の抽出実測値と設計図、施工図情報などをもとに発注部材を決めていく。ところが実際の施工現場では、既存躯体が図面情報や一部の実測値と異なっていたりし、予測した寸法通りに発注部材が適用できない場合も多く、既存天井を解体して初めて有



写真—7 元の風合いに復元した外装タイル，左：従前の改修，右：今回の改修



写真—8 接合部など補強し無垢材で復元した座席



写真—9 解体し破損した石材は、復元加工し再利用

効な施工情報が得られることが多い。

結果として天井解体前に発注した部材は、実測値との整合を図るため再発注になるなど、工期、コスト面で制御が難しい。

当工事では工期中に、天井解体後の既存躯体実測・作図期間を設け、部材発注を行うことにより結果的に手戻りを防止し、短工期化を図った。

以上より、この種の天井改修の施工・準備における注意点をまとめる。

- ①現地での既存躯体の実測調査が重要。調査工期を事前に確保しておく必要がある。
- ②レベル調整機構、誤差が生じた場合の逃げ方などの事前計画が重要。下地の精度は仕上げ精度に直結する。
- ③3次元計測による既存躯体の把握が有効。
- ④特に鉄骨工事は、現地実測の結果変更せざるを得ない場合、施工情報を即時に製造サイドに伝達し、タイムリーに部材製造・供給可能とする生産システムの構築が不可欠となる。

6. おわりに

2014年4月1日より国土交通省から、天井耐震化に関する告示⁴⁾が示された。

当告示において最も注視すべき吊り天井の特性は、地震時の躯体床応答加速度から生じる天井面の応答加速度である。中地震時であっても、天井面2.2Gに達する可能性が示唆され、これによって生じる天井面慣性力に対し弾性設計を行うことが骨子となっている。

ただし、吊天井における力学的特性はいまだに不可知な点が多く、様々な形態、材質、吊長さや質量の天井に、告示に示された手法がいつも適用できるわけではない。現時点では、フラットな形状で吊り長さが一定、天井質量が 20 kg/m^2 以下のものに関してのみ適用可能な基準であり、東大安田講堂の天井のように複雑な形状で質量が大きな天井への適用は難しい。

学術界や様々な研究機関において、現在もなお吊り天井に関する力学的研究が進行中であり、その知見に基づく新たな設計手法は今後も開発が進んでいくものと思われる。そのような状況下において、当稿に示すような複雑な形状の天井に対しても、容易に耐震性を確保し適法性を満足する一つの手法として、「ぶどう棚直貼り形式」が有効であることを示した。

仮に、告示による吊り天井形式で今回の改修を想定した場合、既存躯体や設備との干渉を避けながら十分な量のブレースを設置したり、天井周囲等に必要なクリアランスを防音、断熱、空調効果、排煙などの天井が持つべき耐震性以外の性能を満足しながら設置することや、吊長さが躯体形状により必然的に異なるため天井の各部位において事前にその挙動や発生応力を想定し、それに対し各所の接合部を適切に設計することは、現時点での天井に関する学術的知見を駆使しても極めて難易度が高く、実現が困難であったと思われる。

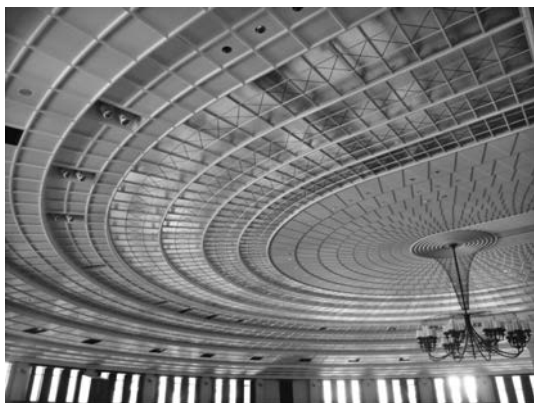
当工事においては、吊り天井形式ではなくぶどう棚直貼りとし、軽量化した天井材を強固に固定することで容易な設計手法で耐震性を実現し、かつ適法性を満足した。

一方で、日本建築学会からは天井に関するガイドライン⁵⁾が報告されており、人命保護・安全確保を大前提に機能維持性(耐震性)を確保する原則が示された。しかし具体的な設計・施工指針が出されるのはまだ先で、現時点では関係者らが案件ごとに最適解を模索し、合意形成を図りながら天井耐震改修を進めているのが実情である。

今回の改修事例が示す通り、告示に示された天井耐震化の手法以外にも、容易に耐震性を確保できる様々



写真—10 改修後の講堂全景



写真—11 改修後の天井全景

な方法を構築し整備，実施していくことが喫緊の課題である。さらに，その手法を誰もが使えるように一般化していく必要がある（写真—10，11）。

膨大な量の既存天井ストックが存在している現状において，可及的速やかにこれら耐震的に課題のある既存天井の安全安心化を，業界を挙げて推進することが急務である。

謝 辞

当計画推進に当たり，東京大学 千葉学先生，清家剛先生，東京大学キャンパス計画室・同施設部様，香山壽夫建築研究所様，万建築設計事務所様から様々なご協力と貴重なご指導をいただいた。

また，投稿執筆に当たり，旭ビルウォール(株)様，(株)紋郎美術工房様，旭ビルト工業(株)様らから多大なご協力をいただいた。

加振用地震波として独立行政法人防災科学技術研究所様の基盤強震観測網（KiK-net）の記録波を使わせていただいた。

ここに記して感謝申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 脇山善夫，元結正次郎：“V. 天井の耐震対策”，建築技術，第794号，pp.112～119，2012.
- 2) 櫻庭記彦，鈴木健司，尾形晃弘：“東京大学（本郷）講堂改修工事”，清水建設研究報告，第92号，pp.77～86，2015.
- 3) 浜野次郎，櫻庭記彦：“V. 複雑形状の漆喰湿式天井の耐震改修事例”，建築技術，第785号，pp.132～135，2015.
- 4) 国土交通省国土技術政策総合研究所，建築研究所，新・建築士制度普及協会，“建築物における天井脱落対策に係る技術基準の解説”，2013.10.
- 5) 日本建築学会，“天井等の非構造材の落下に対する安全対策指針・同解説”，2015.01.

【筆者紹介】

櫻庭 記彦（さくらば ふみひこ）
清水建設(株)
設計本部 設計技術部 兼技術研究所
安全安心技術センター
技術グループ長兼主任研究員



重要文化財自由学園明日館の保存と活用

保存修理工事後 10 年経過時の建物調査と評価

杉 江 夏 呼

「近代の重要文化財建造物を活用しながら保存する」初期事例となった重要文化財自由学園明日館の建物調査を実施した。調査の結果「当初材の継続利用」「創建時技法の継承」した部位については、不具合が現れつつあった。文化財価値を守った上で建物性能を確保しようと、工法・材料を選定するのだが、不具合が現れてしまうこともある。ここに保存修理工事の難しさ・課題がある。一方、「復原」「不具合の改善」「活用のための改変」した部位について、不具合はみられない。このことは、保存修理の内容が活用を後押ししているといえよう。

キーワード：重要文化財、近代建築、使いながら保存、活用、評価、フランク・ロイド・ライト

1. はじめに

自由学園明日館は 1997 年に重要文化財指定を受け、1999 年から 2001 年まで 3 年間で費やして保存修理工事が行われた。その活用実績が 10 年を経過し、自由学園明日館は多くの人々に活用されて「重要文化財建造物を活用しながら保存する近代建築の好例」として社会的に認められている。また自由学園明日館は、「使い続ける」保存（当時は動態保存と言われた）を実践する重要文化財の初期事例と言われている^{注1)}。本稿は、重要文化財自由学園明日館保存修理工事完了後、10 年経過時に実施した建物調査について報告するものである。保存修理工事の妥当性を検証することを目的に、以下の方法で行った。

- ①保存修理工事後 10 年経過時点での「建物調査」を実施
- ②1999 年から 2001 年に実施した「保存修理工事の内容・目的」の確認
- ③①と②との関連性の確認

明日館職員への聞き取り調査も実施し、建物に現れてきた問題点や保存修理工事における課題の抽出を試みた。

2. 歴史と建物概要

自由学園明日館は、20 世紀の巨匠アメリカ人建築家フランク・ロイド・ライトと、その弟子遠藤新により設計された学校である。明日館の軒高を低く押さえ水平線を強調した立面、幾何学的な建具の装飾は「プレーリー・ハウス」と呼ばれるライトが設計した一連の住宅群の意匠に共通している。伸びやかな外部構成と、外光を巧みに取り込んだ変化に富んだ内部空間が特徴的である。2015 年の外観を写真—1 に、保存修理工事竣工時の平面図を図—1 に示す。

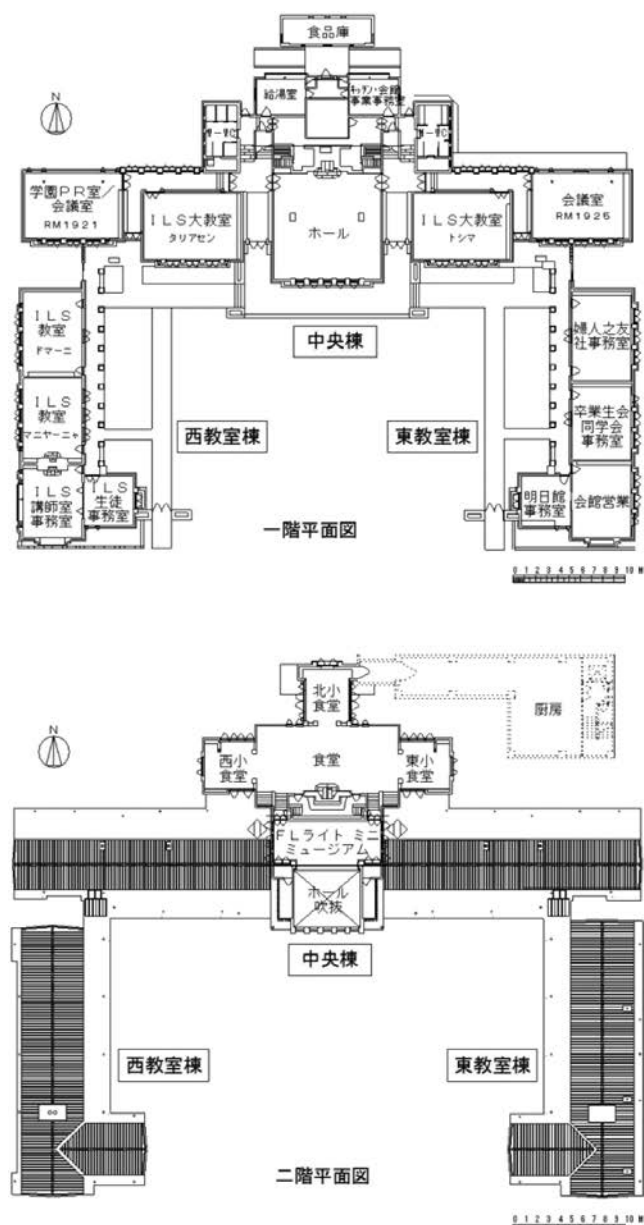
3. 10 年経過時の建物調査

保存修理後 10 年経過時での建物の状況を把握するために「目視調査」「屋根棟レベル測定」「傾斜調査」を行った。



写真—1 外観写真 2015 年 5 月撮影

注 1) 1997 年 3 月 15 日 日本経済新聞は「ライト設計の明日館重文指定へ、建築物の動態保存に脚光」という見出しで「収益事業に継続利用する動態保存を前提に重文指定される数少ない事例になるが、国内では近代建築の多くが取り壊しの危機に直面しており、動態保存は文化財保護の新たな流れを切り開くことになりそうだ。」と報じ、同年 4 月 11 日朝日新聞は「学園の名建築生かそう、重文指定される明日館改修へ、大正期の設計、使いながら保存」と報じている。



図一 自由学園明日館平面図

出典：重要文化財自由学園明日館保存修理工事報告書¹⁾より（一部修正）

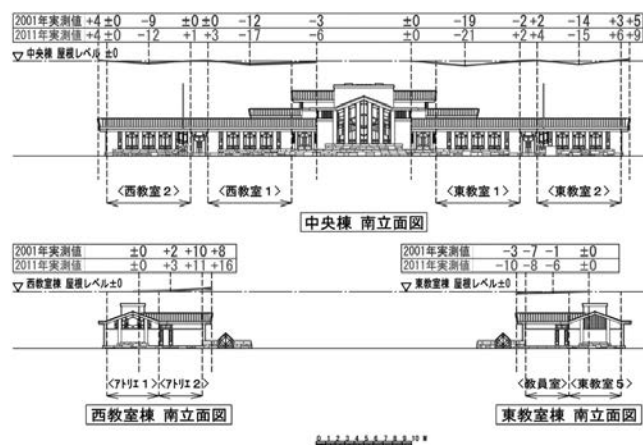
(1) 目視調査

目視調査は耐久性あるいは耐用年限に関するもので、表面から観察する手法で行った。調査対象は建築物とし、設備機器は対象外とした。指摘する「劣化部位」には、経年変化による品質の低下及び人為的な損傷や不具合なども含んでいる。主な不具合の内容は漆喰のひび、大谷石のえぐれ、木部ねじのゆるみなどである。不具合の原因は4つに分類でき、その数は以下の通りであった。

- | | |
|---------------|-------|
| ①：経年劣化によるもの | 88箇所 |
| ②：活用による人為的なもの | 12箇所 |
| ③：その他 | 7箇所 |
| ④：①～③が複合したもの | 112箇所 |

(2) 屋根棟レベル測定調査

保存修理工事において屋根棟レベルたわみは、1/300 とすることを目標としていた。たとえば西教室棟はスパンが約 9.0 m のため 30 mm 以下のたわみに抑えるものとして工事を実施した。2001 年保存修理工事完了時に確認した屋根棟レベルたわみ測定結果と 2011 年修理工事 10 年経過時に行った測定結果の一部を図一 2 に示す。測定結果には多少のばらつきはあるが、2001 年保存修理工事において目標としていた屋根棟レベルたわみ量 1/300 以下は、どの棟もクリアしていた。また 2011 年測定結果においても同様に 1/300 以下をクリアしていた。ただし両端の壁位置での屋根棟レベルたわみは施工誤差や長期クリープによる木の癖が残り多少の違いがある。



図一 2001 年と 2011 年の屋根棟レベルたわみ測定結果（一部）（単位 mm）

(3) 傾斜調査

2012 年 6 月に壁及び床の傾斜を調査した。目視で明らかに柱壁の傾斜が確認できる工事前写真（写真一 2）が残っている。

評価の基準として、壁は文化庁重要文化財（建造物）耐震診断指針により木造建物の損傷限界変形角の面内 1/120 を準用した。床は保存修理工事時に採用した 1/300 を採用した。測定結果まとめを以下に示す。



写真一 2 中央棟 FL ライトミニミュージアム 柱壁が外側に傾いている

(a) 壁の傾斜

基準値 1/120 を上回ったのは 1 階南北方向で 1 箇所、東西方向で 4 箇所、2 階南北方向で 5 箇所、東西方向で 3 箇所であった。構造的に複雑な FL ライトミニミュージアム部分の壁の傾斜が目立った。基準値を超えた部位の詳細を目視確認したが、ひび割れもなく、利用に支障は出ていなかった。

(b) 床の傾斜

基準値 1/300 を上回ったところは、2 階の FL ライトミニミュージアムと西食堂であった。壁の傾斜同様に、利用に支障は出ていなかった。

4. 保存修理工事の目的と主な内容

保存修理報告書¹⁾で、10 年前に実施した保存修理工事内容を振り返る。一般に重要文化財の保存修理工事は「文化財価値の維持」を最優先に行われる。自由学園明日館においても「文化財価値の維持」のために〔当初材の継続利用〕〔創建時技法の継承〕〔復原〕が行われた。一般の改修工事では新規材料に置き換えるような劣化した材料でもできる限り継続利用し、創建時の技法が今日では廃れてしまっている、その技法によって保存修理工事を行った。これら「文化財価値の維持」のための工事に加えて、使いながら保存するため「不具合の改善」と「活用のための改変」の工事が行われた。これら保存修理工事の 5 つの目的を表 1 に示す。

表 1 保存修理工事の目的

A	文化財価値の維持		主な工事内容
	A1	当初材の継続利用	大谷石敷石：ベースコンクリート打設 大谷石張石：表面保護材塗布 外部建具：補修
	A2	創建時技法の継承	壁、天井：漆喰塗
	A3	復原	屋根：瓦棒銅板葺き 外部塗装：茶色から緑色に復原
B	不具合の改善		基礎：RC による嵩上げ 木軸組、小屋組：補正 庇屋根部：雨漏り改善
C	活用のための改変		空調：新設 断熱材：新設

5. 「10 年経過時点の建物調査結果」と「保存修理工事の目的・内容」との関連性

1999 年から 2001 年に実施した保存修理工事の目的ごとに、そこで行われた修理工事内容と保存修理後

10 年経過時点の建物調査の結果との関連を確認した。結果、工事の目的・内容によって建物調査結果に違いが現れていることが確認できた。

(1) [A：文化財価値の維持] を目的に修理した部分の劣化状況

(a) [A1：当初材の継続利用] 部分の劣化状況

①大谷石（外部敷石、張石）

重要文化財指定を受ける前から、自由学園は大谷石の脆弱さに対する根深い不信感を持っており、保存修理工事において石種の交換を強く主張した。設計者である財団法人文化財建造物保存技術協会（以下文建協と記す）と議論を重ねた上で、最終的に大谷石の他の石種への交換は断念した。自由学園の不信感を払拭するために、修理工事では敷石と張石とで異なる薬剤を含浸させた大谷石を使用した。修理前の外部敷石は、地盤に砂を敷き 90 mm の厚さの大谷石を並べていただけだったので、創建当初から沈下があったという。保存修理工事では RC を打設してその上に敷石を敷いた。10 年後の調査においては沈下や不陸は確認されなかった。張石については、えぐれている部位があった。これは「みそ」と呼ばれる褐色の部分が取れてしまったもので、大谷石において一般的によくおきる現象である（写真 3）。

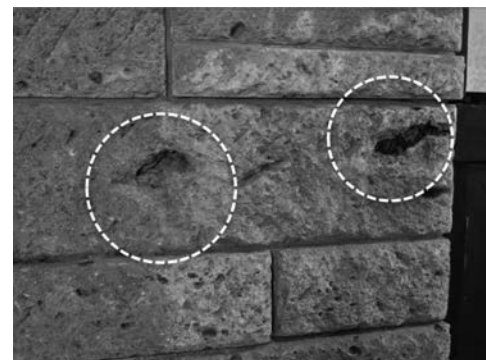


写真 3 張石のえぐれ

②外部木建具

外部木建具は、外観デザインの構成要素として重要な部位である。保存修理工事においては、できる限り既存の材料を補修した上で再利用した。10 年後の劣化状況として、丁番など金物の取り付けに使用しているビスが効かなくなっている部位が多く見られた。明日館職員によると、建具が外れてしまう事例も発生しているそうである。その場合はビス穴に楊枝をつめて埋木し、建具を付け直しているとのことであった。また扉の扉部分が緩んで開いてきて、開閉時に扉と床がこすれてしまっている部位が 2 箇所あった。いずれ

も木自体が枯れてやせてきていることが原因である。

(b)〔A2：創建時技法の継承〕部分の劣化状況

①漆喰（外壁、内壁、内部天井）

漆喰は今日ではあまり使われない材料である。特に創建時自由学園明日館では、3層塗りの上塗りに「引摺り仕上げ」と呼ばれる特殊な技法が採られていた。保存修理工事でも既存に倣い同様の技法で仕上げた。「引摺り仕上げ」とは、鋺で引摺りながら押さえて仕上げる技法で、表面に引摺った筋ができ、自然な風合いをもった仕上がりとなる。この技法は今日においては廃れている。施工は「引摺り仕上げ」の経験のあるベテランの職人と若い職人がペアになり、技術を伝承しながら二人並んで塗り仕上げた。

10年後の調査の結果、全般的に広い面積を目地なしで仕上げている割にはひび割れやクラックは少なく、保存修理工事における漆喰塗り施工の確かさが感じられた。劣化状況として外部では雨がかりとなる煙突下部（屋根面との取り付け部）において、漆喰の浮きが多く見られた。

(c)〔A3：復原〕部分の劣化状況

①屋根（山形部）を鉄板から銅板葺に復原

②外部塗装を茶色から緑色に復原

劣化状況として、銅板葺接合部にはがれが生じている部位があった。また緑色塗装の色あせが確認された。特に南面破風板部分に顕著であった。

(2)〔B：不具合の改善〕を目的に修理した部分の劣化状況

文化財の保存修理工事は、現状を保存することが原則である。しかし不具合があるものについては、現状変更申請をした上で改変が実施された。

①煉瓦基礎をRCとして嵩上げ

雨水流入の改善のために、土台形状を図-3のように変更した。変更後、雨水流入は一度も起きていない。

②庇屋根部納まり変更

改修前は庇屋根部と山形屋根の接合部から雨漏りが頻発していた。雨漏り改善のために、保存修理工事において立ち上がりの納まりを図-4 B部をB'部のように変更した。保存修理後この部分での雨漏りは起きていない。

③木軸組、小屋組、ギャラリー床補正

改修前は棟が弛緩し垂木が外側へ開き、壁や柱が外側に傾斜していた。保存修理工事において、軸組みを垂直に正し、鉄板プレートや構造用合板を使って補正を行った。2011年3月発生した東北地方太平洋沖地震でも、構造補強についての不具合は発生していな

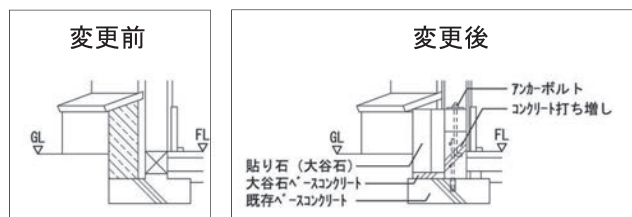


図-3 土台の形状変更図

出典：重要文化財自由学園明日館保存修理工事報告書¹⁾より（一部修正）

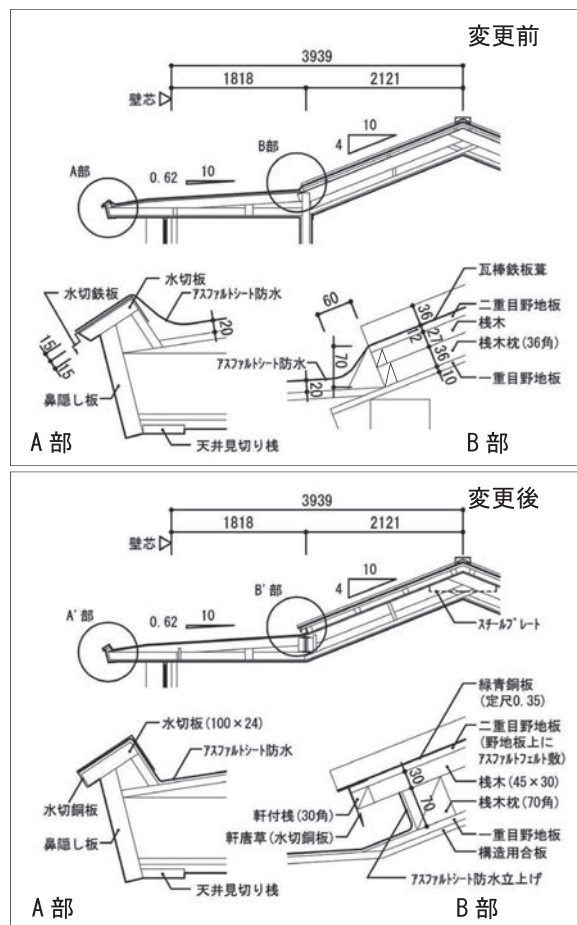


図-4 屋根の納まり変更図

出典：重要文化財自由学園明日館保存修理工事報告書¹⁾より（一部修正）

い。長期荷重による不具合もない。

(3)〔C：活用のための改変〕を目的に修理した部分の劣化状況

①空調・断熱材

活用のために壁の柱間及び天井の木摺り上に断熱材を設置し、断熱性を高め、新規に空調設備を導入した。明日館職員によると、窓際近くでは少し寒さを感じるものの、活用に問題ない空調環境が確保されているとのことである。

②階段手摺

自由学園からの要望によりバリアフリー対応として、以前はなかった手摺を設置した。「文化財価値の

維持」を阻害しないように、後設であることが明らかに分かるようなデザインとされた。明日館の利用者の年齢層は幅広いため高齢者らの利用などに役立っている。

6. 結論

「文化財価値の維持」を目的に行った3種類の工事の中で「当初材の継続利用」「創建時技法の継承」した部位については、建物として不具合が現れつつあると言わざるをえない。特に外壁の漆喰については、今後も注視していく必要がある。漆喰仕様については保存修理時に、材料・調合を変えて7種類の漆喰の試し塗りを行い、2ヶ月の経過観察を経た上で仕様を決定した経緯があった。その結果外壁一般部は、引摺り仕上げのようなざらついた吸水しやすい仕上げの割には健全であった。特に問題が顕著に現れているのは、煙突下部水切り部と独立柱のコーナービード部である。煙突下部水切り部については、保存修理工事時に水切り形状を変更し、漆喰壁をより保護するような配慮をするべきだったとも考えられる。コーナービード部では、そこに文化財価値があると考え「創建時技法の継承」を行った。しかし保存修理時にその痛んだ状況を見て、内部においては金属製から塩ビ製に変更した。10年経過時の外部コーナービードの錆発生状況を見ると、外部を塩ビ製に変更し、雨がかかる恐れのない内部において金属製を採用してもよかったのではないかと筆者は考える。

「不具合の改善」を目的に改変した部分についての10年経過した状況は、良好である。長年悩まされてきた地盤からの雨水流入や庇屋根と山形屋根の接合部からの雨漏りは、保存修理工事によって完全に止めることができた。10年前に検討の上実施した工事に妥当性があったといえる。庇屋根のアスファルトシート防水については、今後も観察していく必要がある。材料自体の耐用年数が15年と言われるので、今後補修又はやり替えの時期がくるであろう。

「活用のための改変」を目的に工事した部分については、特に問題は起きていない。この改変を行ったことで、活用がしやすくなり、所有者にとって非常に有効であった。活用を後押ししたといえる。

保存修理工事において、現場で許される裁量の中で工夫を重ねた。全体的には妥当性があったと考えるが、中には配慮不足判断ミスもあったと思われる。真摯にとらえ今後他の事例に水平展開する貴重な事例としたい。

7. 今後の課題

今後の課題として、今回発見された不具合への対処方法がある。それは文化財価値によって2通りの対応があるべきだろう。高い文化財価値がそこにあるならば、10年周期で修理を繰り返し、材料は換えながら同じ仕様を踏襲すべきである。今回で言えば、漆喰壁や木製建具がそれにあたる。一方文化財価値がそこには低く、維持・活用が重要と判断できるならば、改良・変更して延命させ、一体に維持することに保存の意味を見い出すべきである。今回で言えば煙突下部の水切りなどがそれにあたる。改良についてはどこまで許容されるのか、保存修理工事時に行われたように再度議論が必要であろう。保存修理工事での土台改変時の議論のように、耐久性を考え守るべきものがある程度の優先順位をもって判断することも必要になる。外部金属製コーナービードについて、今一度その文化財価値と耐久性についての議論が必要と考える。

謝 辞

本研究に当たり、自由学園明日館有賀寛館長には資料の提供と聞き取り調査にご協力いただきました。深く御礼申し上げます。

本稿は、拙稿「保存修理工事10年経過時の建物調査と評価—重要文化財自由学園明日館の保存再生」に加筆修正した。

JICMA

《参考文献》

- 1) 財団法人文化財建造物保存技術協会：重要文化財自由学園明日館保存修理工事報告書，学校法人自由学園，2002
- 2) 杉江夏呼，花里利一：文化庁に提出された「56項目の改善要望」の分析—重要文化財自由学園明日館の保存再生—その1—，日本建築学会計画系論文集，第661号，pp719-724，2011.3
- 3) 杉江夏呼，花里利一：保存修理工事10年経過時の建物調査と評価—重要文化財自由学園明日館の保存再生—その2—，日本建築学会計画系論文集，第672号，pp.495-500，2012.2
- 4) 杉江夏呼，花里利一，有賀寛，堀米純子：保存修理工事竣工後10年間の活用調査—重要文化財自由学園明日館の保存再生—その3—，日本建築学会技術報告集，第18巻 第40号，pp.1119-1122，2012.10
- 5) 齋藤榮 他：歴史的建築物明日館における大谷石部分の修復・保存，日本建築学会技術報告集，第16号，pp1165-1170，2010.10
- 6) 木村勉：近代建築解体新書—修復の計画と技術，中央公論美術出版，1994.3

〔筆者紹介〕

杉江 夏呼（すぎえ なつこ）
大成建設株式会社 設計本部
専門技術部伝統建築設計室
シニア・アーキテクト，博士（工学）



特集>>> 歴史的建造物の保存・修復・復元

「歴史を継承する」想いで取り組んだ 保存・修復・復元工事

東京都選定歴史的建造物 昭和5年創建「江戸橋倉庫ビル」の再生

谷 田 進 一・松 野 正 人・根 本 真

本工事は、日本橋川、江戸橋、首都高速環状線江戸橋JCTに隣接した場所に位置し、歴史的建造物に指定されている既存建物の一部を残し、高層建築物を増築する計画である。今回、特定街区制度を活用し、建物の外装など一部を保存し、従前からの内部機能を継承することにより容積割増を得て、土地の高度利用を図った新しいビルに生まれ変わった。本報文では、既存外壁を残しながらの解体・新築工事ステップおよび工事中における景観への配慮、保存品の再利用、外壁の改修についての施工概要について紹介する。
キーワード：保存、修復、復元、再生、既存外壁、街並み景観、外部足場、メッシュシート転写、3D-CAD、ガラス圧着方法、モルタル、塗厚

1. はじめに

日本橋地域は、江戸時代から商業・流通・経済・情報の中心地として発展した。明治時代に日本橋川に面したこの地に「三菱の荷蔵」(写真—1)が建設されたが、関東大震災の飛び火により焼失し、その後、帝都復興の一環として1930(昭和5)年に三菱倉庫の本店ビルを兼ねた都市型倉庫として、「船橋(せんきょう)状搭屋」を持つ日本橋川に停泊する船をイメージした外観の「江戸橋倉庫ビル」(写真—2)が建設された。日本初の「トランクルーム」が設置された都市型倉庫の先駆けとして活躍した同ビルは、2007(平成19)年に我が国における表現派風建築の代表作品として「東京都選定歴史的建造物」に選定されている(写真—3)。

2. 工事概要

工事名称：日本橋ダイヤビルディング建設工事

建 築 地：東京都中央区日本橋一丁目

建 築 主：三菱倉庫株式会社

設計監理：株式会社三菱地所設計
株式会社竹中工務店

施 工：株式会社竹中工務店

工 期：2011年10月～2014年9月
(解体+新築)

階 数：地下1階、地上18階、塔屋1階
(保存部は地上5階まで)

構 造：既存RC、地下・低層SRC、高層S
中間階免震

基礎形式：多段拡径杭を含む場所打ち杭

延床面積：30,029.44 m² 建築面積：2,518.00 m²

最高高さ：SGL+89.28 m 建物用途：事務所、倉庫



写真—1 明治時代の「三菱の荷蔵」



写真—2 1930(昭和5)年創建時の
「江戸橋倉庫ビル」



写真—3 2011(平成23)年解体着手前の
「江戸橋倉庫ビル」

3. 既存外壁を残しながらの工事ステップ

施工に当たっては、まず既存建物のうち再利用などを予定しているエレベーターのインジケーターなどの保存品を、ひとつひとつ丁寧に取り外し保管した。続いて解体工事に先立ち、保存する東西既存建物の基礎補強として、既存建物内部に重機を配置して既存松杭を引き抜いた後に TBH 杭を打ち、既存基礎上にマットスラブを施工した。この基礎補強は建物の安定性を考慮し、既存建物中央部の躯体解体着手までに完了させる必要があったが、狭く限られた空間での資材搬出入や重機配置などの調整も必要であったため、時間を要した。

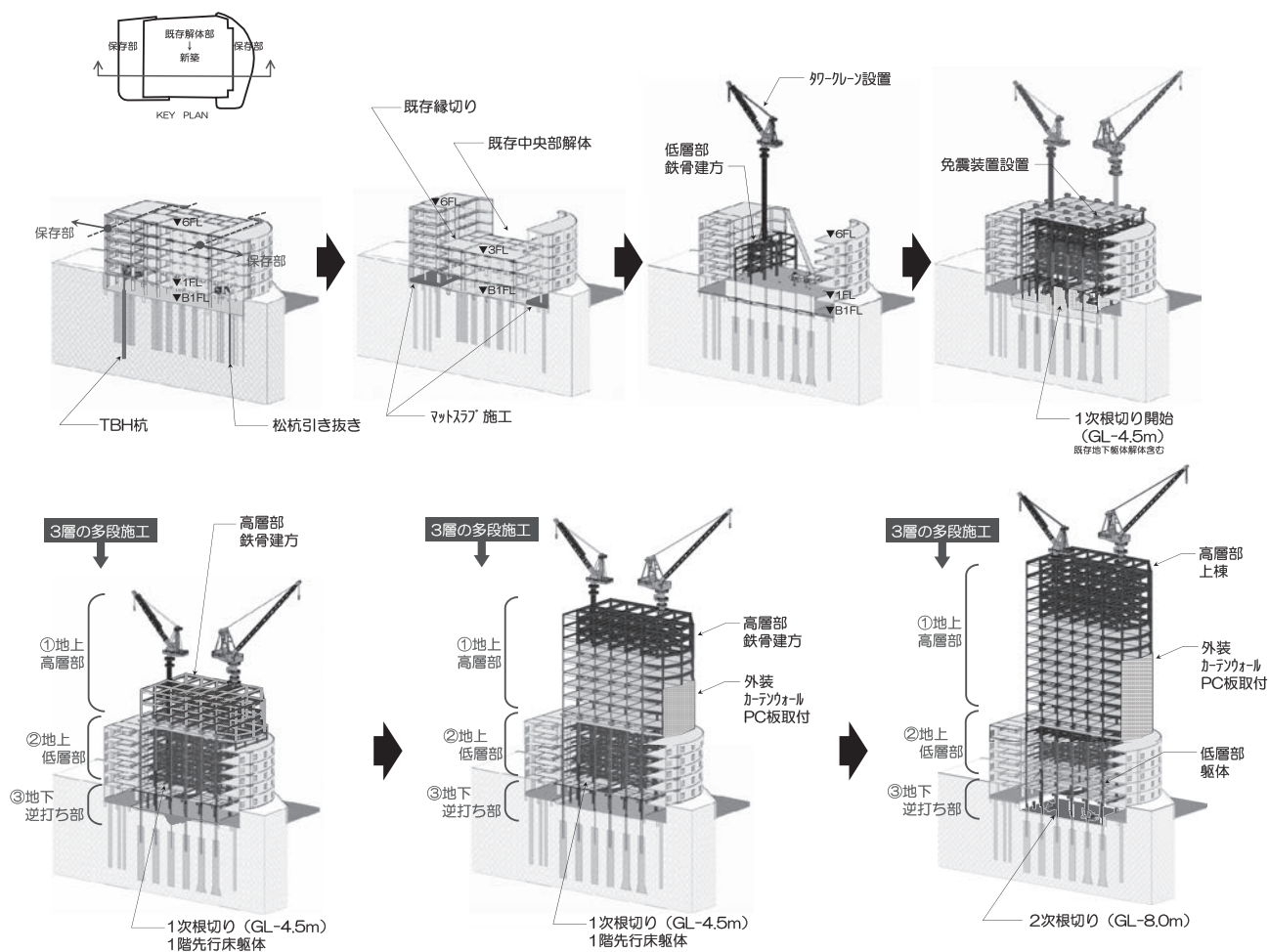
既存建物中央部の解体工事は、保存部分の基礎補強作業後に、保存部分と既存建物の中央部分を縁切りしてから取り掛かり、保存部分に配慮しながら解体工事を終了するまでに、全体工期の約3分の1を費やした。既存建物中央部解体完了時の状況を写真—4に示す。

解体終了後、低層部の鉄骨工事を実施し、東西の既存建物をつなぐ6階床躯体を先行して構築し、免震装



写真—4 既存建物中央部解体完了状況
(撮影：(株)カット写真事務所)

置を設置した。新旧建物の接合に当たっては、既存鉄筋（丸鋼）と新築鉄筋を溶接で固定し、創建当時のコンクリートとつないだ。6階床躯体構築後は、地下の逆打ち工事、低層部の躯体工事、高層部の躯体工事及び外装工事という3層の多段施工を進め、効率化を図った。図—1に解体から新築への主な躯体工事ステップを示す。



図—1 解体から新築への躯体工事のステップ

4. 工事中における景観への配慮

本工事は、日本橋地区の街並み景観を保存する目的を持った工事である。既存（保存）部外装は改修、低層増築部はSRC 在来工法のため総足場を設置しての工事となり、従来の方法では工事期間中は歴史的建造物外観を隠す形で工事を行うことになり、街並み景観を損ねる結果となる（図－2）。当建物は本工事竣工後も数十年～百年以上、創建から通算して200年超えの建物継続性が期待される中、「80年以上親しまれた既存建物外観を大切にしたい」という建築主ニーズを受け、足場を設置する工事期間中も途絶えることなく、歴史ある建物外観を見せることはできないかを目指し、外部足場の養生メッシュシートに保存建物外観写真を実物大で転写することを考案した。

(1) 対策実施に伴う課題

本提案を実施するに当たり事前に対象法令等を調査し、抵触する可能性がある項目の把握と事前に建物外観写真を撮影することで、以下に示す課題を抽出した。

- ①建築主の理解獲得
- ②メッシュシートへの建物外観写真転写における諸官庁の許可（屋外広告物条例等）
- ③建物外観写真撮影とメッシュシート転写データの画像調整

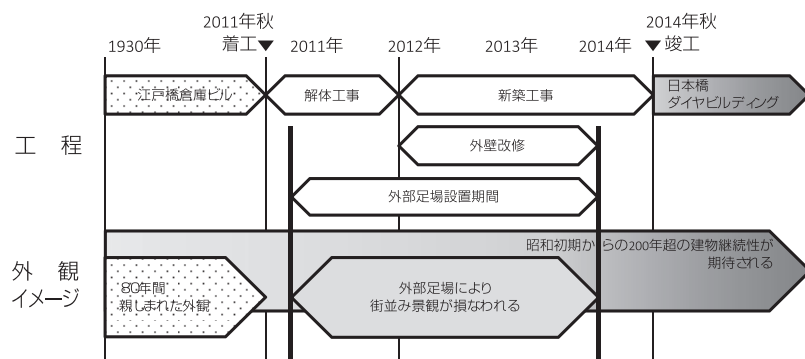
(2) 解決策

①建築主理解の獲得

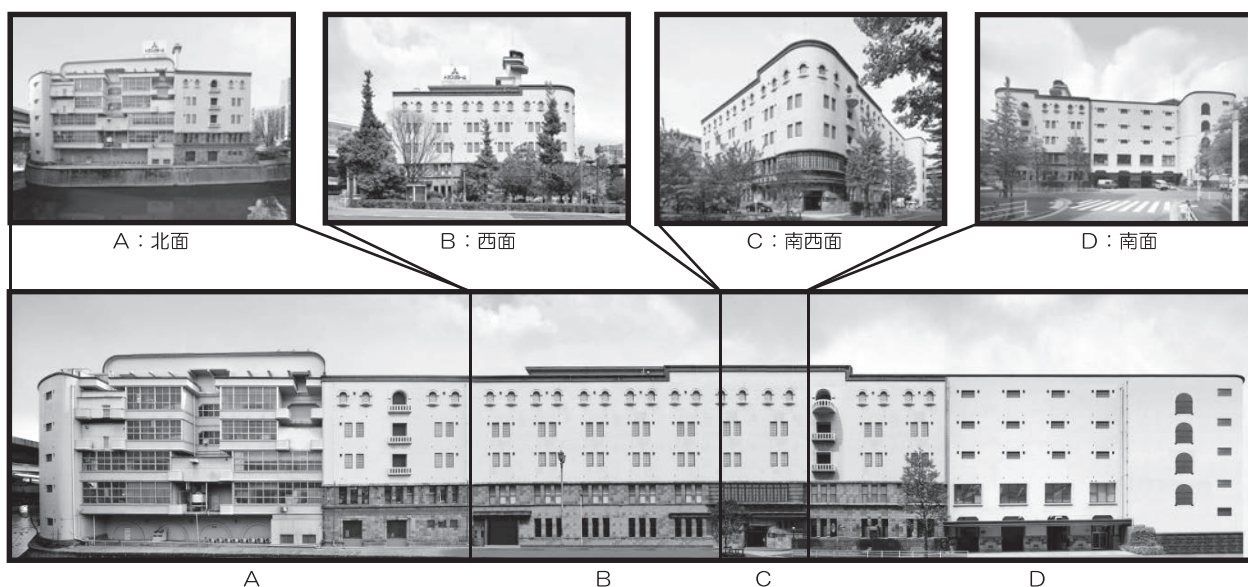
外部足場に外観写真を貼り付けた3D-CADを用いて様々な角度から事前プレゼンテーション（図－3）を実施し、建築主の建物への熱い思いと合致し、賛同され、本提案をやり遂げるための建築主側の協力体制が整った。



図－3 3D-CADによるプレゼンテーション



図－2 工事による街並み景観を損ねる期間



図－4 写真合成の概略

②メッシュシートへの写真転写における諸官庁の許可
最初に施工者単独で行政への交渉を試みたが、屋外広告物条例において、歴史的・都市美的建造物及びその周囲での自家用広告は、「高彩度の色彩の使用」が禁止されており、「写真」は高彩度の色彩の使用に該当するため、条例上不適格と判断された。そこで建築主と当社が一体となり、地元町会の理解を求め、行政への説明を重ね、街並み景観への配慮をアピールし、表一 1 に示す項目を条件に外観写真の掲出が許可された。

表一 1 許可条件（東京都中央区）

許可条件
☐ 歴史的建造物としての日本橋地区の水辺の景観への配慮
☐ 営利目的でない
☐ 地元の理解
☐ 難燃性の品質の確保

③建物外観写真撮影とメッシュシート転写データの画像調整

当初、既存建物外観を通常のカメラで撮影したが、高速道路や周辺建物、街路樹等が障害となり、市街地

では建物正面からの撮影が困難であった。そこで、各面外観を図一 4 上段写真のように、広角レンズを使用した撮影や、街路樹等で隠れて外壁が撮影できていない部分については、街路樹の内側からも撮影し、入隅コーナー面も個別に撮影した。これらの写真を合成して繋ぎ合わせ、図一 4 下段写真の外壁展開写真を作成した。建物とカメラの位置関係により、それぞれの写真で距離が異なり、近くで撮影したものと遠くから撮影したものでは解像度や色あいが異なるため、合成写真をメッシュシートへ試験転写して調整を重ねた。

(3) 実施状況

メッシュシート写真転写実施手順を図一 5 に示す。足場設置地盤レベルが均一でない中、シート写真がいかにきれいに見えるかを考慮し、足場建地位置やレベル等、足場割付を検討した。既存建物中央部解体時は、既存建物イメージの継続性を図るため、保存部を外壁のままとし、中央部解体直後に低層部の足場を架設して、外壁写真転写シートを設置し、保存建物の存在イメージを継続させて工事を行うことが可能となった。工事期間中の既存建物の佇まいを残し、街並み景観を保持するとともに、建設工事現場のイメージアップを意図した。本取組は、第 47 回 SDA 賞に入選した。



シート貼り実施状況

図一 5 メッシュシート写真転写実施手順

5. 保存品の再利用

建築主の思いを受けた本工事のコンセプトは“つづける”であった。江戸橋倉庫ビルの80年の歴史を新しいビルに継承するために、建具の仕様など遺すべきものを選定するための歴史調査や、エントランスホール床大理石の保存工法、船橋状搭屋の再現など、過去の歴史的建造物保存・再生のノウハウを生かした取り組みを実施した。写真―5に床大理石の「ガラス圧



1階既存エントランスホール



サンダーによる
床大理石の縁切り

ガラス圧着による
床取外し前

ガラス圧着による
床取外し後

写真―5 床大理石の「ガラス圧着方法」による取外し状況



ELVインジケーター（再利用）



ELV
押しボタンプレート



金庫扉（再利用）



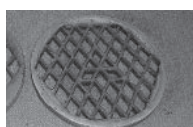
扉金物



照明



消火器



給気口プレート

写真―6 再利用・保存品の一例

着方法」による取外し状況を示す。

また、既存品の中から再利用・保存品を約70項目選定し、残置・再現・再利用・保存平面プロット図により新しい空間へ利用した。写真―6に再利用・保存品の一例を示す。

6. 外壁の改修

創建当時の素材感を継承する低層外壁の工事においては、外装モルタルを詳細調査したところ劣化が著しかったため、技術研究所をはじめ当社が培ってきた技術と学識経験者の知見を踏まえ、オリジナリティーとメンテナンス性を考慮して、下地・材料・色・テクスチャーなどを決定し、剥がれ落ちないモルタルをテーマに“1930年当時の手仕事”を再現した。以下に施工概要を示す。

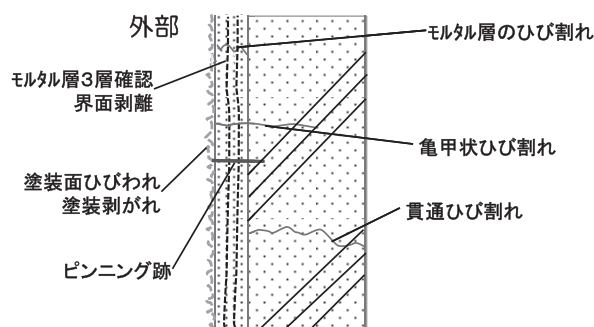
(1) 事前調査

事前調査は、業務営業中であったため、ごく一部分の調査であり全体像の把握ができず、解体工事着工に伴い、保存部分全域にわたり以下の調査を行った。

- ①塗膜引張試験
- ②目視・打診検査
- ③既存モルタル面引張試験
- ④ CCD によるクラック・界面剥離調査

(2) 調査結果

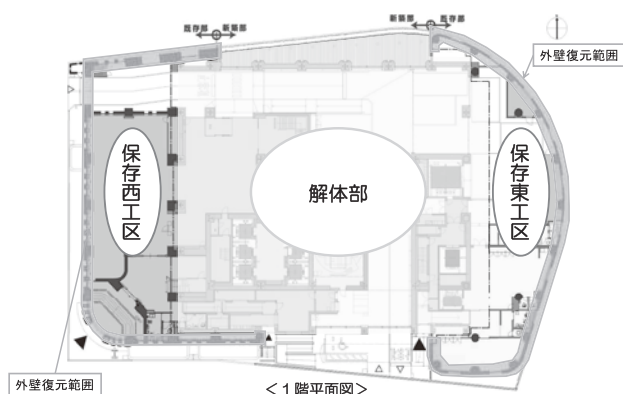
調査結果より、モルタルの界面剥離が各所に確認され、内部側からもクラックが確認され、設計方針の見直しを行うこととなった。外壁としての止水性能の確保、躯体劣化防止措置を行う必要性和既存モルタルの脱落防止が難しい状況であったため、モルタルを撤去し既存同等の形状復元で建築主の了承を得て実施することとなった。調査結果後の躯体断面状況イメージを図―6に示す。



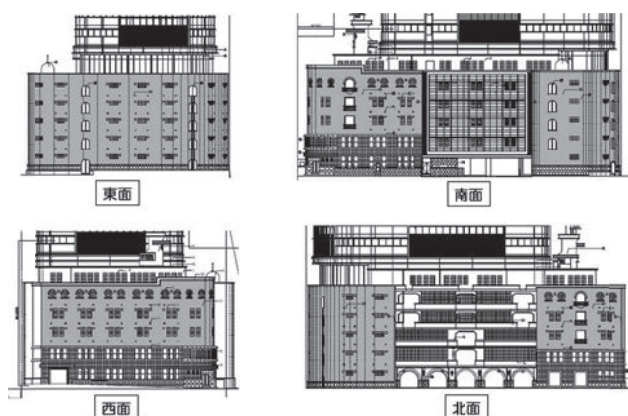
図―6 躯体断面状況イメージ

(3) 施工範囲

施工範囲は、図一7、8に示す外壁復元範囲であり、保存西工区と保存東工区合わせて約2,435 m²である。



図一7 施工範囲（平面）

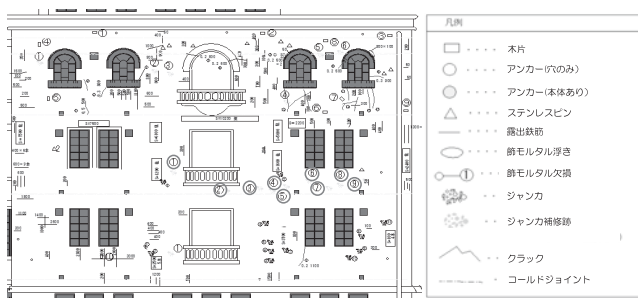


図一8 施工範囲（立面）

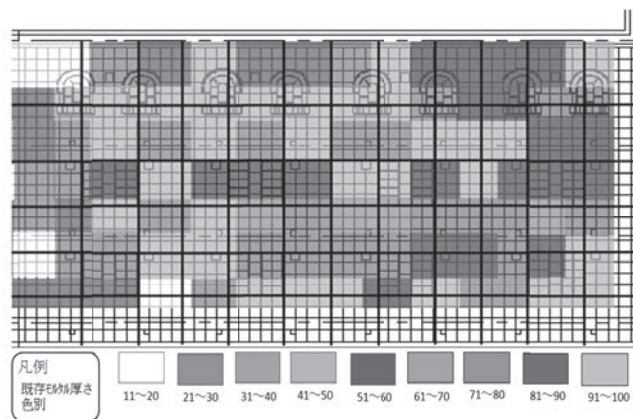
(4) 施工方法

施工にあたっては、躯体の健全化を図るために躯体状況の調査結果を図面上にプロットし、作業項目・位置を明確化すると共に、施工手順に反映することで、施工ミス・見落としのない施工を行った。図一9に躯体状況プロット図を示す。

また、100年脱落しない外壁モルタルを実現するために、図一10に示すモルタル塗厚プロット図をモルタル塗厚実測値を反映して作成し、施工場所と作業工数を見える化することによって、作業員が手順通りに



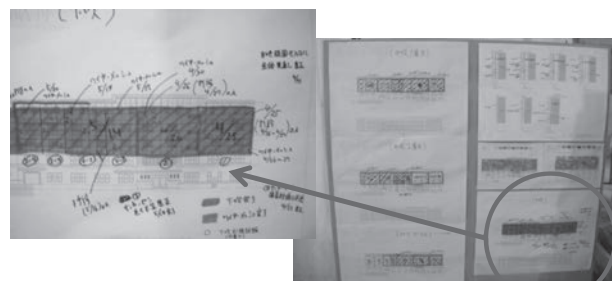
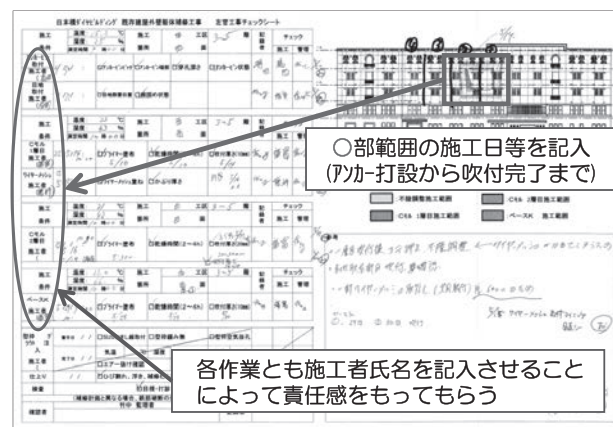
図一9 躯体状況プロット図



図一10 モルタル塗厚プロット図

各工程と作業量を把握しながら確実な作業を行えるようにした。

更には、構造躯体補修・鉄筋かぶり厚確保のため、左官材料選定において付着力・強度、厚塗り施工、吹付施工等で比較検討し、アンカー、ワイヤーメッシュ、吹付厚さ10 mm ほどの施工手順・施工フローを計画し、試験施工を行い計画の作業性・品質の確認を行い、各部位ごとに違う状況に対応した施工を行った。図一11に見える化図面・チェックシートによる日々の施工管理概要について示す。



日々の施工箇所・注意事項を朝礼会場に掲示

施工業者に進捗を認識させ各工程の重要性を認識させる

図一11 見える化図面・チェックシートによる日々の施工管理概要

7. おわりに

80年余りの歴史的価値を持ち、建築主のこだわりがある既存建物を保存・修復・復元しつつ、新たに最先端の機能を持つ建物として新築と融合させる難工事であった。「遺すべきところ」を見極め、それを「使いつづける」技術を結集し、昭和初期の先輩たちが既存建物を丁寧につくられたことに感銘を受けつつ、「歴史を継承する」という想いをひとつにして取り組み、2014（平成26）年9月に無事竣工（写真—7）した。



写真—7 全景
（撮影：株ミヤガワ）

今後もスクラップ&ビルドだけではなく、日本の古き良き建造物を保存・再生するニーズは継続的にあると思われ、建築に携わる者として「歴史を伝える」一助となれるよう研鑽する所存である。

尚、完成建物の1階は、創建当時の柱梁やスチールサッシをそのまま残した公開スペースに改修されており、この場所に1876年に最初の倉庫がつくられて以来の歴史を伝えるパネルなどが展示されている。

謝 辞

最後に、本工事を行うにあたりご尽力いただいた関係各位に感謝の意を表すと共に、本報文が今後の歴史的建造物の保存・再生工事の参考となれば幸甚です。

J C M A

【筆者紹介】



谷田 進一（たにだ しんいち）
株竹中工務店
東京本店 技術部 計画2グループ
副部長



松野 正人（まつの まさと）
株竹中工務店
横浜支店 作業所
課長



根本 真（ねもと まこと）
株竹中工務店
東京本店 作業所
作業所長

転倒防止機能を備えた 塔状建物対応型トラベリング工法の開発

小 野 孝 一・三 幸 謙 一・春 川 久 郎

本工事は薬師寺の境内に遺る国宝の東塔（とうとう）の大規模解体修理のため、東塔を覆う素屋根を建設する工事である。奈良県発注の総合評価落札方式による入札物件であり、国宝である東塔の保護、周辺環境から素屋根をトラベリング工法により施工することが指定されていた。さらに2011年に日本を襲った東北地方太平洋沖地震の影響のため、トラベリング工事中においても大地震に対応し得る高い安定性が求められた。新たに考案した転倒防止機能を備えたトラベリング工法を実施し、無事工事を終えることができたのでここに紹介する。

キーワード：トラベリング、伝統建築物、解体復元作業、素屋根、油圧ジャッキ

1. はじめに

薬師寺は西暦680年、天武天皇の発願により、飛鳥の藤原京の地に造営が開始され、平城遷都後の8世紀初めに現在地の西ノ京に移転したものである（写真—1）。東塔は、薬師寺で唯一約1300年前の創建当時から現存する建物である。奈良県文化財保存事務所の調査の結果、内部を貫く心柱が空洞化するなど劣化が確認され、110年ぶりに10年間に及ぶ大規模解体修理が始まろうとしていた。

寺院境内という多くの制限がある中、無事素屋根をトラベリング工法により施工できた（写真—2）。大地震にも対応した転倒防止機構を中心に紹介する。



写真—2 素屋根西立面



写真—1 薬師寺 東塔

2. 概要

(1) 工事概要

工事名	国宝薬師寺東塔素屋根建設工事
発注者	奈良県教育委員会
設計	(株)東畑建築事務所
監理	(株)京成設計
施工	竹中・中村・大倭特定建設工事共同企業体
工期	2011年9月1日～2012年3月30日
構造・階数	S造、地上7階
建物高さ軒高	38.3 m、棟高さ42.5 m
素屋根平面積	920 m ² （東西30 m × 南北28.5 m）

(2) トラベリング概要

総移動距離・回数 22.5 m 4 回 (4.5 m × 3 回 + 9 m × 1 回)

移動体重量 最大 470 t (素屋根総重量約 1,000 t)

牽引装置 50 t センターホールジャッキ × 4 台

(3) 施工条件

国宝である東塔の周囲は回廊が近接しており、多数訪れる参拝客の安全性を確保しながら工事を進めなければならない (図-1)。また境内は全域史跡指定されており、遺構保存の観点から掘削等の禁止及び短期地耐力 160 kN/m^2 に制限され、入札時点からトラベリング工事が指定されていた。さらに類のない高さの塔状の素屋根をトラベリング施工することから技術提案用件の一つとして、建方から移動に至るすべての段階において、大地震にも対応し得る高い安定性が求められた (図-2)。

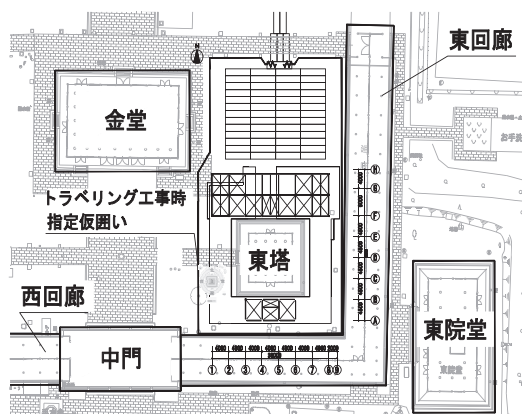


図-1 敷地平面図

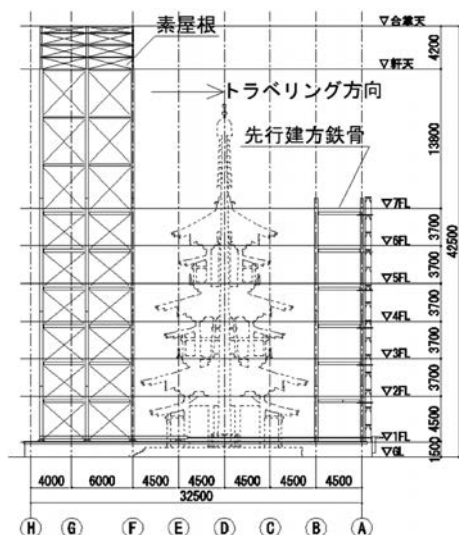


図-2 初回トラベリング時 南北方向断面図

3. 工事計画

(1) トラベリング実現に向けた課題の抽出

施工条件の中で安全にトラベリング工事を実施するために解決すべき課題は以下のとおりである。

- ① 設計変更を少なくいかに牽引機構やレール、補強等を盛り込むか
- ② 高さ 42.5 m の素屋根をトラベリングする中で、もっとも不安定となる初期トラベリング時の安定性をいかに確保するか
- ③ 7 年後の素屋根解体時にも利用できるトラベリング機構をいかにローコストで実現するか

(2) 対策

通常、トラベリング機構を採用するうえで最も大きく変更を要するのはレールと取り合う柱脚部である。多くのトラベリング工法では、平滑度や強度確保、施工性から H 型鋼をレールに採用するが多いが、柱は斜材との接合部、柱脚アンカー部などで設計変更が必要であり、調整に時間を要していた。

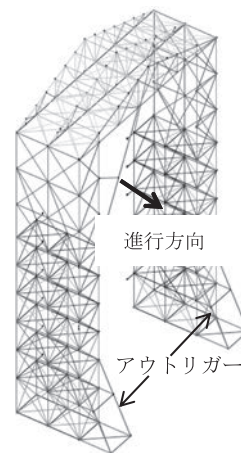
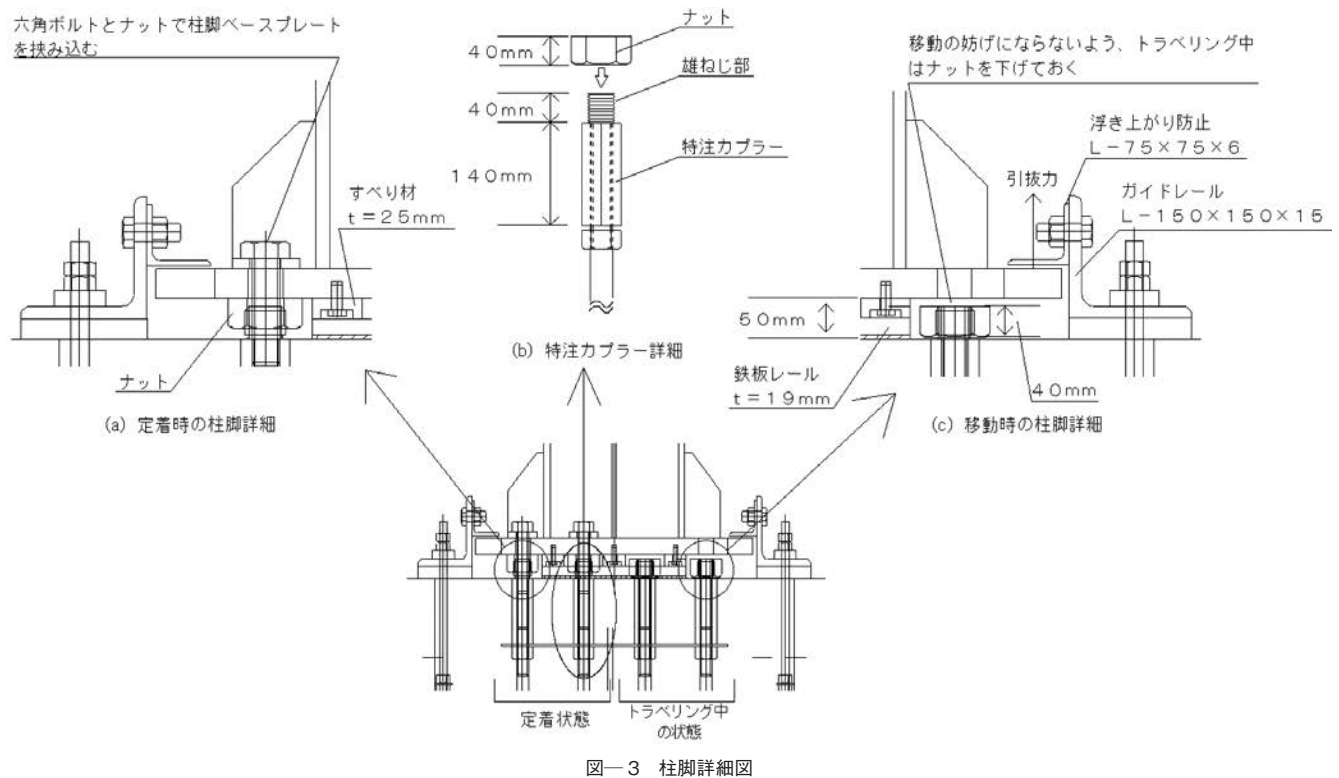
そこで今回、柱脚部の形状をほとんど変えることなく、かつ、レベル調整モルタル代 50 mm の中で対応できるトラベリング機構として、以下を考案、採用することとした。

- ① ベースプレート上部まで突出しているアンカーボルトを上部 40 mm を雄ねじとした長さ 180 mm の特注カップラー (長ナット) を基礎コンクリートに埋め込む納まりに変更 (図-3)
- ② レベル調整用モルタル代 50 mm の高さに納めるため、厚さ 19 mm の鉄板をレールに、厚さ 25 mm の低摩擦ナイロン樹脂 (商名: MC ナイロン) をすべり材に採用 (写真-3)

これらにより、移動の妨げにならず、移動完了後は柱脚ベースプレートを六角ボルトとナットで挟み込み、強固に支持する機構を柱脚形状、アンカーボルト配置等をほとんど変えることなく実現できた。この結果、7 年後の素屋根解体時においても、補強プレースの再設置と六角ボルトとナットを緩めるだけでトラベリングが可能である。

(3) 転倒防止機構

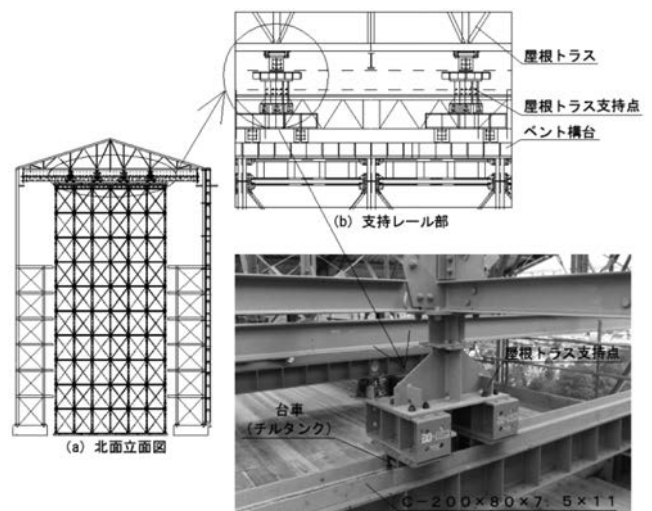
トラベリング初期段階は、素屋根高さが 42.5 m に対し、幅 9 m の非常に細長い形状となっている。移動中は地面と縁が切れているとはいえ、すべり材の静止摩擦係数 ($\mu = 0.2$) に加え、レール面に不陸、段差等があると大きな抵抗となるため、この状態で大地



震が発生すると素屋根が転倒する恐れがある。そこで以下の対策を講じることとした。

- ①横方向への滑動と柱脚部の浮き上がりを防止するためのガイドレールを設置
- ②移動方向前方の安定度を高め、柱脚引抜力を低減するためのアウトリガー（図一 4）
- ③後方への転倒防止用にベント構台上部に設けた屋根トラス支持レール（写真一 4）

これらを計画するに当たって、移動中でも震度 5 強の地震に耐え得ることを目標とした。



(4) 素屋根構造補強と牽引設備

本工事の素屋根は梁接合部がピン支持となっており、妻面の鉄骨と一体化されて成立する構造であった。このため、トラベリングステップ毎のフレーム解析を行ない、必要なブレース補強を行なった(図-5)。

同時に解析で得た柱脚部の反力から、滑り材の摩擦係数やレール継目の段差抵抗等を考慮して、油圧ジャッキ等の牽引設備を選定した。採用した牽引設備は、素屋根前方4か所から伸ばした呼び径 $\phi 32$ mmの総ネジPC鋼棒(写真-5)を前方のコンクリート基礎端部に設置した50 t油圧センターホールジャッキ(写真-6)で牽引する構成とした。牽引中、過大な負荷や偏差が生じないように、ジャッキ荷重を圧力計で、移動量をレーザー距離計(写真-7)で計測し、リアルタイムで監視できるシステムとした。

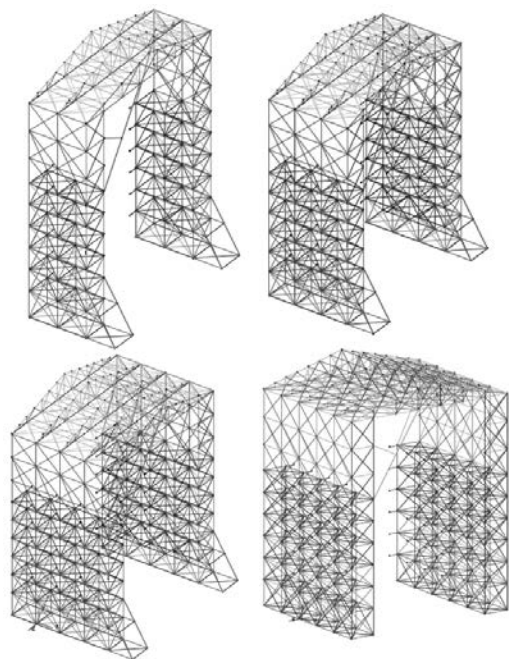


図-5 フレーム解析による補強計画

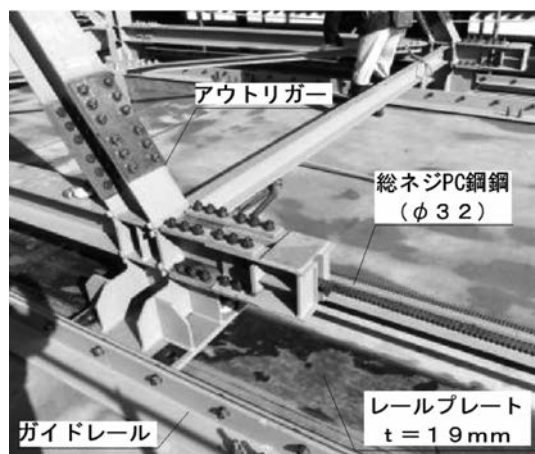


写真-5 PC 鋼棒設置状況



写真-6 ジャッキ設置状況

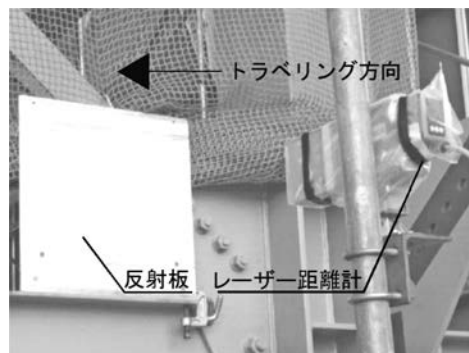


写真-7 レーザー距離計設置状況

4. トラベリング工事実施状況

トラベリングに先行して南側の鉄骨のみ西エリアから25 tラフタークレーンを用いて建方を行なった。その後F-H 通りに素屋根組立用のベント構台を設置し(図-6)、まず2スパン分の鉄骨建方と仕上げ工事を行ない、1スパン分トラベリングを行なった。以降、1スパンずつ、建方とトラベリングを繰り返した後、ベント構台の解体、残鉄骨建方を実施した(図-7)。

トラベリング当日は、KY ミーティング後、仮固定ボルトの撤去とレール面への界面活性剤塗布を行ない、9:00 より牽引を開始した。移動開始直後は、ナイロン樹脂製すべり材のスティックスリップ現象(すべり面での静・動摩擦係数差による振動)に起因する素屋根仕上げ材の振動音が発生したが、事前塗布した界面活性剤により納まった。トラベリング中の牽引荷重は移動体計算重量の20%程度(摩擦係数0.2)とほ

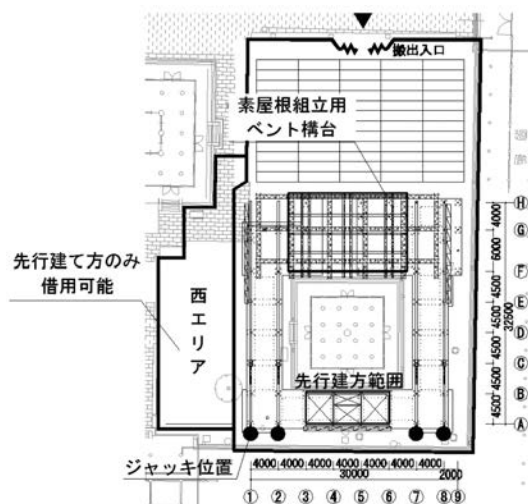


図-6 基本配置図

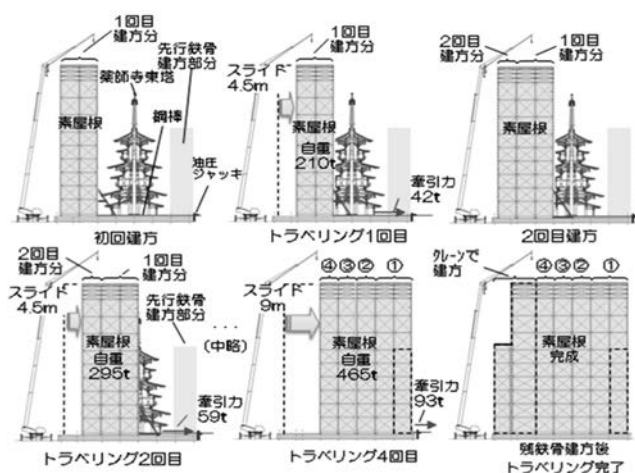


図-7 トラベリングステップ概要

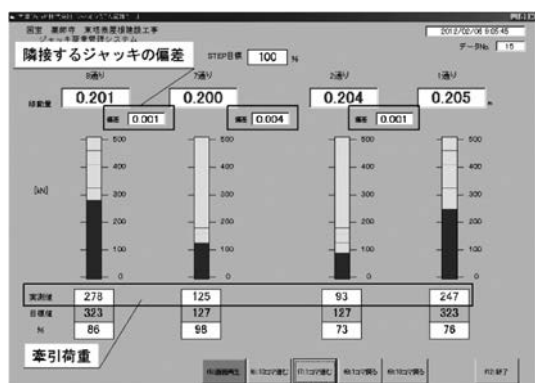


図-8 移動量・牽引荷重管理画面

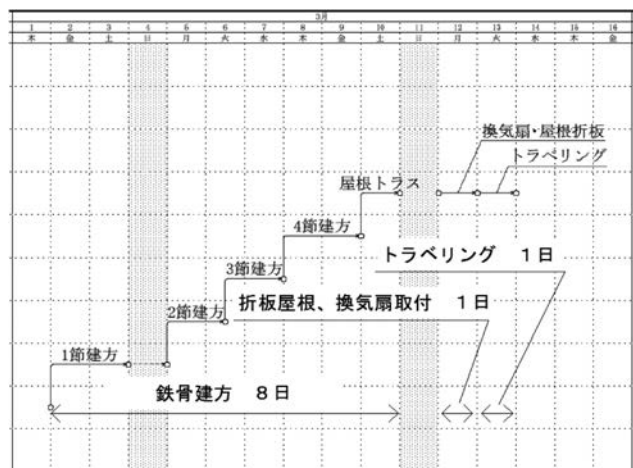


図-9 タクト工程

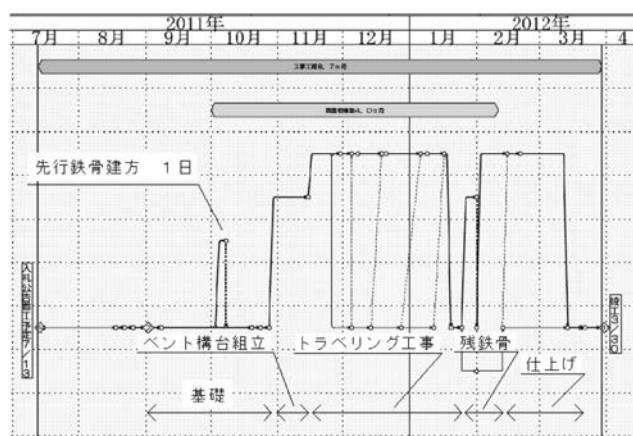


図-10 総合工程

は計画通りの値であった。移動量の偏差に関しては、隣接するジャッキ間では5 mm 程度、20 m 離れた②-⑦間では、20 mm 程度で制御でき、それぞれの目標管理値である10 mm, 100 mmを満足できた(図-8)。準備0.5時間、1スパン4.5 mの移動時間1.5時間、定着1時間を加え、全3時間で1回のトラベリングを完了した。建方8日、屋根折板・換気扇取り付け1日、トラベリング1日の10日タクトで工事を進めることができた(図-9)。全体工程は図-10のとおりであり、基礎工事から素屋根完成まで7か月で安全に工事を終えた(写真-8)。

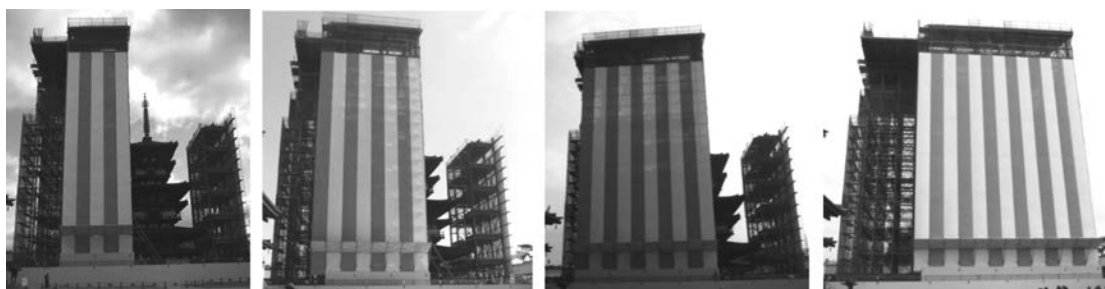


写真-8 トラベリング実施状況

5. おわりに

失敗の許されない厳しい条件の中、塔状の素屋根をトラベリング工法により安全に構築することができた。素屋根建設後、解体修理は2012年6月より始まり、昨年は1300年の歴史上初めて、心柱が基壇から移され、解体修理の大きな節目を迎えた。「凍れる音楽」という愛称で親しまれてきた東塔が、我々の前に姿を再び現すのは今から5年程先になる予定である。

伝統建築は明治の解体修理から100年以上経過し、今後は全国各地で修理工事が予想される。耐震診断技術、補強解析技術、免制振技術に加え、素屋根工事を含めた複合技術により、国宝・重要文化財といった、伝統建築物の保存・再生の力になれるよう研鑽を積む所存である。

JCMIA

【筆者紹介】

小野 孝一（おの こういち）
㈱竹中工務店
西日本機材センター 電気グループ
担当



三幸 謙一（みゆき けんいち）
㈱竹中工務店
西日本機材センター 施工グループ
課長



春川 久郎（はるかわ ひさお）
㈱竹中工務店
大阪・中之島プロジェクト西地区新築工事 作業所
主任



橋梁架設工事の積算 ——平成 27 年度版——

■改訂内容

1. 鋼橋編

- ・ 送出し設備における説明文章、写真の追加
- ・ 少数桁橋の足場工及び防護工の一部改定
- ・ プレキャストPC床版工、場所打ちPC床版工の一部改定

2. PC橋編

- ・ 門構移動装置の新規掲載
- ・ ポストテンション桁製作工他、各工種の適用範囲の明確化
- ・ 横組工 地覆・高欄施工足場の記載
- ・ 緩衝ゴム設置工 新規掲載 ほか

3. 橋梁補修編

- ・ 足場タイプ別詳細作業内容の掲載
- ・ 落橋防止システム工の一部改定

- ・ ストップホール工の新規掲載
- ・ 塗替塗装 素地調整工の改定
- ・ はく離材による塗膜除去作業の注意点の新規掲載

■B5判／本編1,201頁（カラー写真入り）
別冊197頁 セット

■定価

一般：9,720円（本体9,000円）
会員：8,262円（本体7,650円）

※別冊のみの販売はいたしません。

※送料は会員・一般とも

沖縄県以外600円

沖縄県 610円（但し県内に限る）

■発行 平成27年5月21日

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>

城郭を中心とした歴史的建造物の復元とそれを支える技術

木造天守と石垣の復元・修復工事に携わって

外 館 寛

わが国の歴史的建造物において最もシンボリックなものとして城郭が挙げられる。現在、地方再生の役割も担い、全国に数多くの天守が復元されているが、伝統木造構法に基づき忠実に復元されたものは数少ない。また、城郭において石垣や土塁は天守と並びその景観を構成する重要な要素であり、歴史的・文化的な価値の高い土木構造物である。本報では、伝統木造構法による天守の復元と、日本古来の石積み技法による石垣の調査・修復に関して、それら伝統技術を解明し後世に継承していくために、さまざまな現代の技術やノウハウを活用した事例を紹介する。

キーワード：城郭、伝統構法、木造天守、木組み、石垣、修復技術

1. はじめに

現在、全国各地に城郭の天守や石垣が復元されているが、伝統的な技術の発掘や継承なくして、歴史的建造物の復元や修復は不可能である。それと同時に、伝統技術を駆使して木造天守や城郭石垣を復元する場合、現代の設計法に則した厳しい安全基準をクリアしなければならない。

本報では、筆者が携わった歴史的建造物の復元工事のうち、本格的な伝統木造構法で建築された大洲城と白石城の復元工事について紹介する。なお、大洲城の復元工事については既報¹⁾で完成に至るまでの地域住民の熱意と取り組み、工事内容の詳細について紹介しているので、ここでは工事に関連して開発・適用した現代技術を中心に紹介する。

また、わが国の城郭においては、石垣や土塁も天守とともにその景観を構成する重要な要素であり、歴史的・文化的な価値の高い土木構造物である。そこで、日本古来の石積み技法による石垣修復工事に欠かせない最新技術についても合わせて紹介するものとする。

2. 木造天守の復元と導入した現代技術

(1) 大洲城天守の復元

鎌倉末期の築城に始まる大洲城は、17世紀初頭に天守を戴く本格的な城郭としての姿を整えたといわれている。その天守が姿を消して百十余年、大洲市民の夢と情熱が実を結び、平成16年に往時の雄姿そのま

まに大洲城天守が甦った。写真—1に大洲城の全景を、写真—2に天守1階の内部の状況を示す。

本工事は本丸跡に4層4階の木造天守を築き、現存する重要文化財の台所櫓と高欄櫓を多聞櫓で結び、複連結式天守群として復元したものである。天守の最高高さは19.15mであり、戦後復元された木造天守とし



写真—1 大洲城の全景



写真—2 天守1階内部

ては国内一の高さを誇っている。この工事は、史料や古写真などの資料が豊富だったことに恵まれ、高い精度の復元工事であったことから、建築基準法3条の適用除外を受けることができた。

木造伝統建築の復元で最も重要な木組みでは、経験豊富な宮大工と地元大工が熟練した技術を展開し、伝統技術を継承、練磨する一方で、全天候型仮設屋根の構築、漆喰壁の保存、構造耐力の確認など、さまざまな分野で最新技術を導入した¹⁾。

(2) 白石城天守の復元と震災による復旧

白石城は、江戸時代に仙台藩で唯一天守を戴いた城であり、片倉小十郎（伊達政宗の忠臣）の居城として知られている。明治7年（1874年）に解体されてから120年近くを経た平成7年（1995年）に再びその姿を現した。元和1年（1615年）に発せられた一国一城令では、特別に破却を免れた。慶応4年（1868年）、戊辰戦争に際して、官軍に抗戦する目的で締結された三十一藩から成る奥羽越列藩同盟の調印もこの城で行われている。

本工事が実施された平成4年（1992年）においては、建築基準法により13mを超える本格的な木造建築は禁じられていたが、建築基準法の第38条の建設大臣特別認定（当時）により、16.7mの高さ（当時の木造で最高高さ）を実現することができた。

この工事においては、本丸内にあった三階櫓（天守）や大手一ノ御門、二ノ御門、土塀が復元された。本工事は、日本古来の木組み、8寸の厚さに19の工程を要する土壁塗り、そして、発掘されたものを忠実に再現した4万枚以上の瓦を使用する瓦葺など、伝統技術を総動員して進められた。また、土壁のせん断試験など、現代の技術を随所で活用し、木造による本格的な城郭の完全復元という日本初の試みを成功させた。

さらに、この白石城は、平成23年（2011年）3月11日に発生した東日本大震災およびその後の余震によって、壁の損傷や屋根瓦の落下などが生じ、大きな被害を受けた。被災後の調査では、被害は大規模かつ



写真一3 白石城の全景



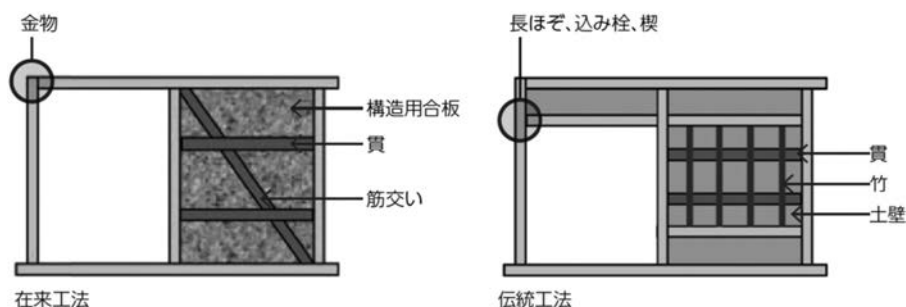
写真一4 3.11地震による被災状況

広範囲にわたり、石垣の崩落や木組みの損傷には至らなかったものの、地震発生時に大きな揺れが建物に作用したと考えられる痕跡と変形が確認された。写真一3に白石城の全景を、写真一4には東日本大震災による被災状況を示す。

(3) 復元工事に関わる技術事例

(a) 伝統木造構法の構造実験

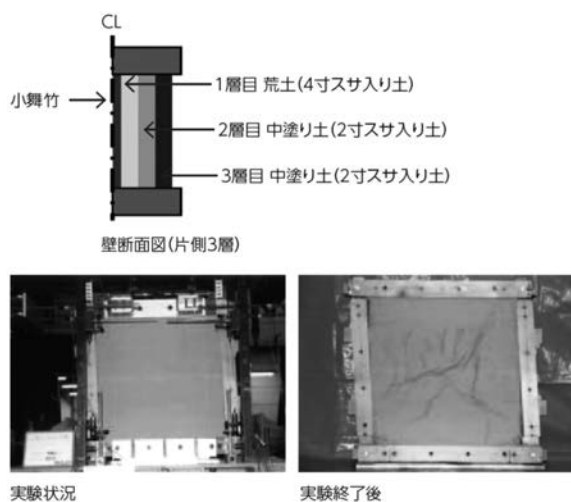
伝統木造構法とは、仕口部（柱と梁の接合部）に釘や金物などを使わない構造で、貫や梁は木材のめり込みを利用した一種のモーメント抵抗接合である。構造要素としては、貫、脚固め、差し鴨居や土壁などがある。しかし、これらの構造要素は構造性能が明確になっていない点が多く、構造設計を行う際、構造要素の強



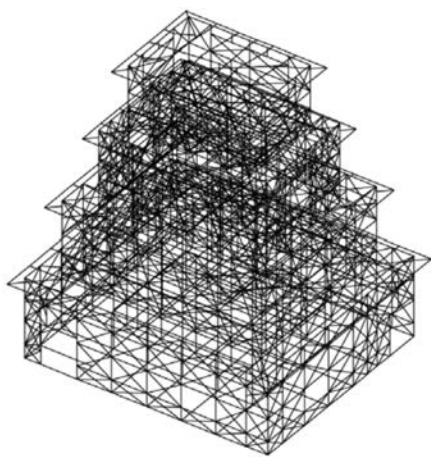
図一1 在来工法と伝統工法の構造要素の比較

度試験を実施しその構造性能の確認が必要である。図一1に在来工法と伝統工法の構造要素の比較を示す。

前述の白石城の復元では、(財)日本建築センターの構造評定を取得する際に、土壁が負担できるせん断力の評価が課題となった。そこで、実際の土壁を模擬した試験体を用いてせん断加力実験を実施し、土壁のせん断強度を定量的に評価し、土壁には $1.0 \times 10^{-3} \text{N/mm}^2$ 以上の終局せん断強度が期待できることを明らかにした^{2), 3)}。図一2に塗り土壁の断面図と構造実験の状況を示す。



図一2 塗り土壁の断面図と構造実験の状況



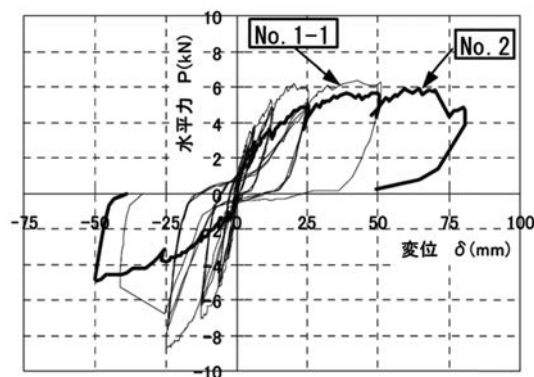
図一3 構造解析モデル

また、大洲城の復元工事において、設計では図一3に示す立体フレームモデルによる構造解析を実施⁴⁾しているが、その際、貫や繋ぎ梁による柱梁接合部の回転剛性の設定が課題となり、設定モデルの妥当性を検証するため、木造仕口部の強度変形状態に着目した構造試験を実施した⁵⁾。図一4に試験体の部位と構造実験の状況を、図一5にはト型試験体の構造実験で得られた荷重—変形関係を示す。試験体の主な柱と梁の仕口は、「長ほぞ差し鼻栓打ち」と「込み栓打ち」の2種類で、柱と貫の仕口は通し貫とした。実際の構造体では、柱には地桧と木曽桧、土台は栗が使用されていたことから、試験体も同じ材料で作成した。試験の結果、構造設計で設定した回転剛性の評価方法は、ト型試験体および十字型試験体の実験結果と概ね良い対応を示すことが確認された⁵⁾。

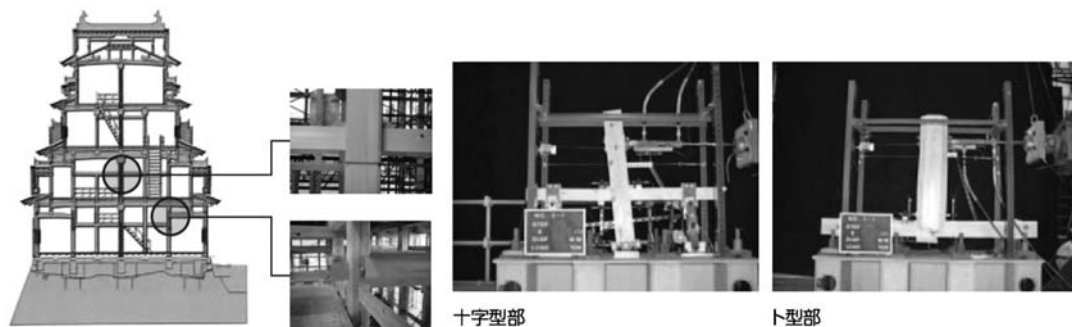
(b) 天守の振動測定

伝統木造構法は長い歴史による実績がある反面、鉄筋コンクリート造や鉄骨造などの近代構法に比べ、耐震工学的な性能の解明が置き去りにされてきた。地震の多いわが国では、伝統木造構法によって建てられた天守の振動特性を把握することは重要であると考え、上記の大洲城と白石城において振動測定（常時微動測定と人力加振実験）を実施した^{6), 7)}。

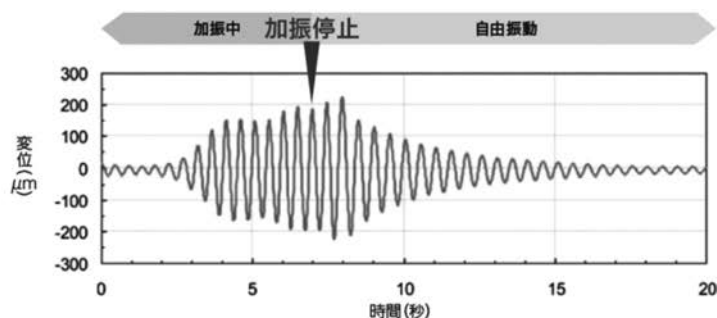
常時微動とは、地盤に常時生じている 0.1 ミクロン



図一5 荷重—変形関係（ト型試験体の例）
No.1-1：長ほぞ差し、込み栓打ちの試験体、
No.2：長ほぞ差し、込み栓なしの試験体の結果



図一4 試験体で取り出した部位と構造実験の状況



図一六 人力加振実験の様子と実験で得られた減衰振動波形

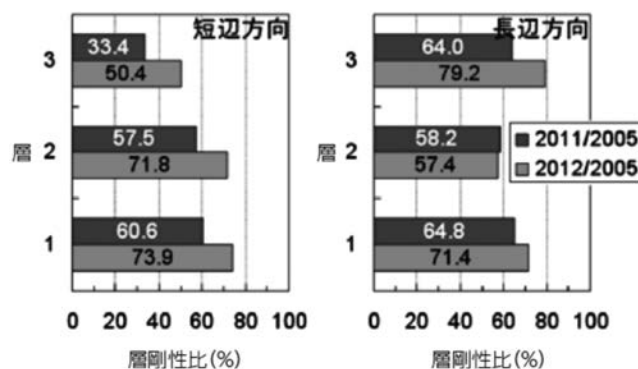
～数百マイクロン程度の微小な揺れであり、これによって励起される建物の微小な揺れを測定・分析することで、建物の固有振動数（建物の揺れやすい振動数）や振動モード（立体的、平面的な揺れ方）などの基本的な振動特性を把握することが可能となる。

図一六に大洲城において減衰性能を把握するために行った人力加振実験の様子を示す。建物が共振するタイミングに合わせて建物の揺れを増幅させ、加振停止後の振動（自由振動）を測定し、自由振動が小さくなる傾向から建物の減衰定数の値を把握した。人力加振実験の結果、木造天守の減衰定数は2～3%程度と推定された⁷⁾。

白石城は前述した通り東日本大震災で被災したため、震災前と震災後さらに補修後の常時微動を測定している^{8), 9)}。図一七には、震災前後の振動モードを比較した結果を示す。この図から、震災前には土壁の剛性が効いてロッキング（回転）の生じる振動モード形を示していたが、震災後はロッキングが減少し、せん断型の振動モード形となり、かつ3層部の変形が大きい傾向を示し、震災後の目視調査結果による被害程度とも対応することがわかった。これは、震災による土壁の被害により壁の剛性が低下し、木軸組のみのせん断剛性による、せん断型の挙動を示すように変化したためと考えられる。震災により壁の剛性は低下したが、地震時に土壁がエネルギーを吸収して損傷することで、木軸組の柱や梁への地震力の負担が軽減され、大きな損傷を免れたとも言うことができる。すなわ

ち、土壁が現代技術でいういわば制震要素的な働きをしたと考えられ、非常に興味深いデータが得られた。

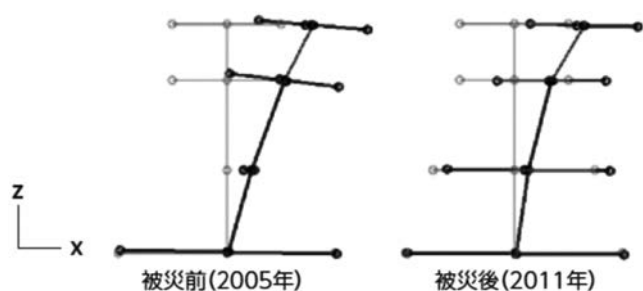
また、震災前、震災後、補修後の常時微動測定結果を利用して、天守の各層の剛性を評価し、震災前と比較して検討した⁹⁾。その結果を図一八に示す。この図から、震災後の剛性は、震災前に比べて被害程度の大きい短辺方向の3層部では33%程度まで低下し、その他の層では50～60%程度の低下であったものが、補修工事後には50～75%程度まで剛性が回復したことがわかる。しかし、天守の剛性は震災前の状態には完全に回復していないことから、塗り土壁の内外からの補修のみでは不十分であることがわかった。こうしたことから、目視できない土壁の内部の被害程度などを把握して、その内部まで補修できる補修材や補修方法の開発が今後期待されている。



図一八 震災後と補修後の層剛性比（2005年比）

3. 石垣の調査・修復技術

天守等の木造構造物と並んで、その基礎をなす石垣もわが国の城郭の大きな特徴を示すものであるが、セメント等の接着剤を用いない「空積み」で構築される石垣の力学的な特徴や耐震性などは十分に研究されているとは言い難い。こうした背景において、以下では、石垣の内部構造を評価する調査技術と安定性評価のための解析技術について紹介を行うものとする。



図一七 白石城の振動モード形（短辺方向1次モード）

(1) レーダーによる石垣調査技術

石垣の健全性評価において、その内部構造を調査することは非常に重要である。筆者らはレーダーによる石垣調査技術を開発し、実際の石垣調査に適用することでその有効性を確認してきた。この技術は、電磁波を石垣内部に送信し、その反射波を分析することで内部構造を把握する技術であり、貴重な文化財を傷つけないで調査できる非破壊調査法である。反射波の解析から、石材の控え（奥行き方向の長さ）や裏栗石の分布状況、空洞の有無やその範囲を推定することができ



レーダーアンテナ



調査状況

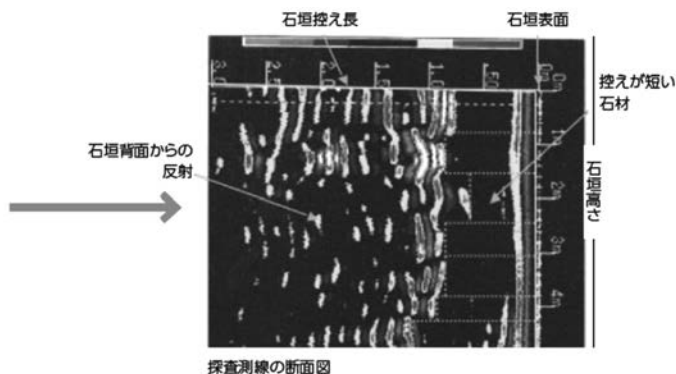
写真—5 レーダーによる石垣調査の状況

る。写真—5にレーダーによる石垣調査の状況を、また、図—9にはこの調査方法による石垣背面の断面構造の推定結果の事例を示した。この図から石材の控えや裏栗の状況などが確認できることがわかる¹⁰⁾。なお、本技術は石垣の安定性評価に関する調査のほか、補修計画の立案などに広く適用されている。

(2) 石垣の安定性解析

石垣の安定性を客観的に評価するためには、不連続体である個々の石材および裏栗石と地盤の相互作用を、適切にモデル化して解析する必要がある。ここでは、筆者らが関西大学と共同で開発した個別要素法による石垣の解析技術を紹介する。個別要素法は、連続体構造物の解析に用いられる有限要素法とは異なり、要素間の接触や分離、すべりなどを表現できる手法で、石垣のような不連続な構造物の解析に適している。図—10に個別要素法の概要を示す¹¹⁾。

本技術により石垣の根石前面の補強効果を検討した事例を図—11に示す。実際の城郭石垣（高さ13m）を参考とした解析モデルについて、同じ地震動を入力して解析を行った結果、根石周辺に補強工である「砕工」を施し、同時に裏栗石層の整備と背面地盤の改良



図—9 石垣背面の断面構造の推定結果

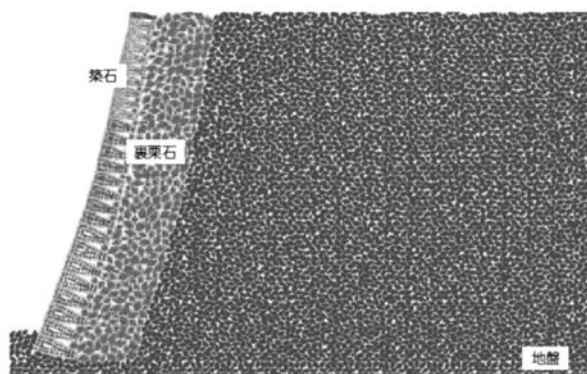
個別要素法の概要

個々の要素の運動を個別に解く解析手法で、不連続体の動的解析を行うことができます。

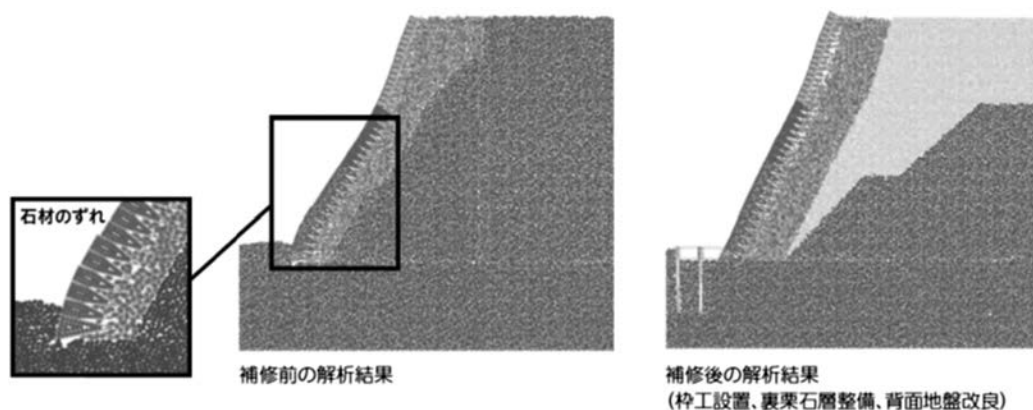


石垣モデル

築石、裏栗石、地盤からなる石垣を個別要素の集合体としてモデル化します。



図—10 個別要素法による石垣の安定性解析



図一 11 高石垣の安定性解析の実施例

を行った「補修後の石垣」では根石周辺の変位量が「補修前」より大きく低下しており、より高い耐震性能を有していることが示された。このような解析技術は、実験的に評価することが難しい石垣の耐震性の評価や補強工の効果を確認する上で有効な方法であると考えられる。

以上のように、最新の調査・解析技術を駆使することは、日本独特の伝統技術による石垣の維持・管理、保全を進める上で、その技術の伝承と同様に極めて重要である。

4. おわりに

伝統構法による歴史的建造物の復元・修復について木造天守と石垣を例に、現代技術との関わりについて紹介した。

歴史的建造物の復元においては伝統技術の伝承とその技術を受け継ぐ職人の育成が必要で、そのためには座学ではなく実際のものづくりが不可欠であり、今後、多くの職人がものづくりの現場に携われる機会が増えることを切望する。

また、伝統技術を継承していくためには、その技術のしくみや成立性を解明・把握することが重要である。現代技術に基づく実験や試験、コンピュータを駆使した高度解析技術はその有効な手段である。伝統技術と現代技術のコラボレーションが今後さらに期待される。

数百年から千年を経て現代まで受け継がれ守られてきた歴史的建造物は、建設当時の人々の思いや技術だけでなく、さまざまな歴史の変遷の中で、各時代の人々の熱意とその時代の技術を駆使して守り抜いた歴史があり、平成の時代に生きる我々も、情熱を傾け技術を駆使して後世に継承していくことが必要である。「平成の復元・修復」の妥当性については、おそらく100年以上経過した後世の人々が評価してくれるはずであ

り、その評価に値するものを、我々は残していかなければならない。

J C M A

《参考文献》

- 1) 外館寛：大洲城天守復元工事に携わって、特集 歴史的遺産・建造物の修復、復元、建設の施工企画、pp.58-64、2008年5月
- 2) 伊藤倫顕、長稔、戸田哲雄、外館寛、増田一眞：塗り土壁のせん断耐力に関する実験的研究（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.31-32、1995.7
- 3) 長稔、伊藤倫顕、戸田哲雄、外館寛、増田一眞：塗り土壁のせん断耐力に関する実験的研究（その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.33-34、1995.7
- 4) 山田憲明、外館寛、松浦恒久、増田一眞：伝統的木造による建物の設計および仕口部の構造性能（その1）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.425-426、2005.7
- 5) 松浦恒久、外館寛、山田憲明、増田一眞：伝統的木造による建物の設計および仕口部の構造性能（その2）、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-1、pp.427-428、2005.7
- 6) 境茂樹、山田憲明、増田一眞、加藤貴司、外館寛：伝統構法による大規模木造天守の常時微動測定（その1）測定の概要、日本建築学会大会講演梗概集、構造Ⅲ、pp.447-448、2006.
- 7) 加藤貴司、山田憲明、増田一眞、境茂樹、外館寛：伝統構法による大規模木造天守の常時微動測定（その2）測定の概要、日本建築学会大会講演梗概集、構造Ⅲ、pp.448-449、2006.
- 8) 加藤貴司、境茂樹、田中靖彦：伝統構法による大規模木造天守の常時微動測定（その3）2011年東北地方太平洋沖地震後における振動特性の変化について、日本建築学会大会講演梗概集、構造Ⅲ、pp.421-422、2012.
- 9) 加藤貴司、境茂樹、外館寛、高橋豊：伝統構法による大規模木造天守の常時微動測定（その4）東北地方太平洋沖地震で被災した白石城の災害復旧工事後の振動特性、日本建築学会大会講演梗概集、構造Ⅲ、pp.525-526、2013.
- 10) 笠博義、平井光之、大沢克比古、莊林茂徳、小林力：城郭石垣の健全度診断への非破壊調査技術の適用性について—電磁波を利用した石垣控え長の測定—、第34回地盤工学研究発表会論文集、Vol.34、pp.371-382、1999.7
- 11) 野間康隆、西村毅、山本浩之、笠博義、西形達明、西田一彦：城郭石垣の補修効果に関する動的安定性の検討、第13回岩の力学国内シンポジウム&第6回ジョイントシンポジウム講演論文集、pp.277-282、2013.

【筆者紹介】

外館 寛（とだて ひろし）
安藤ハザマ
建築事業本部技術統括部 技術部
担当部長



歴史的建築物の外観デザインを保った耐震改修工事

北九州市 旧戸畑区役所庁舎図書館活用耐震改修工事

宮 崎 信 宏

1933年竣工の旧戸畑区役所を図書館に再生する計画の施工を担当した。建物の外観を変えない計画であり、耐震補強はすべて屋内で行う計画とされた。アーチ状の鉄骨ユニットを中廊下に配置するアーチフレーム補強と名付けられた補強方法が採用された。併せて基礎梁の補強と耐震壁の増設が行われた。既存躯体は設計時の想定以上に劣化が激しく、工事時には綿密な調査と慎重な材料選定、最良な施工方法が求められた。歴史的建築物の再生に対して与えられた様々な設計の意図と要求、それらに応じて取り組んだ一連の耐震補強工事、躯体補修工事について示した。

キーワード：耐震補強、リファイニング（再生）建築、アーチフレーム補強、鉄骨工事、既存躯体補修

1. はじめに

福岡県北九州市戸畑区のほぼ中央に位置する『旧戸畑区役所』は1933年に戸畑市役所庁舎として建設された。1963年から5市合併に伴い北九州市役所本庁舎として9年間を経て、2006年まで戸畑区役所として使用された。この戸畑区役所は、2011年に図書館への転用が決定され、使い勝手のよい図書館を目標に築80年を超える歴史的建築物の再生工事が始まり、2014年3月に新生『北九州市戸畑図書館』としてオープンした（写真—1）。

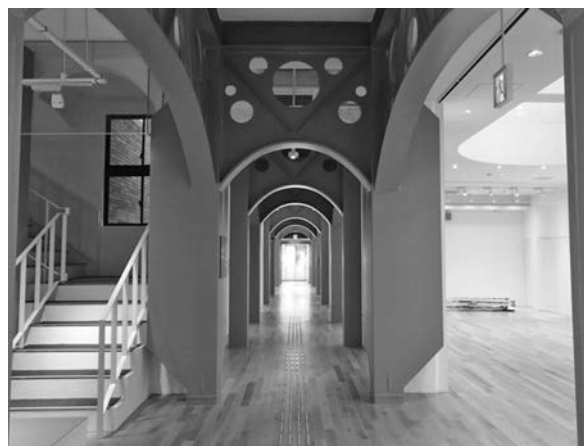


写真—1 建物外観（改修後）

2. 改修設計の基本方針

帝冠様式の独特な雰囲気を纏ったスクラッチタイル仕上げの重厚な外観は、北九州市戸畑区の歴史的な歩

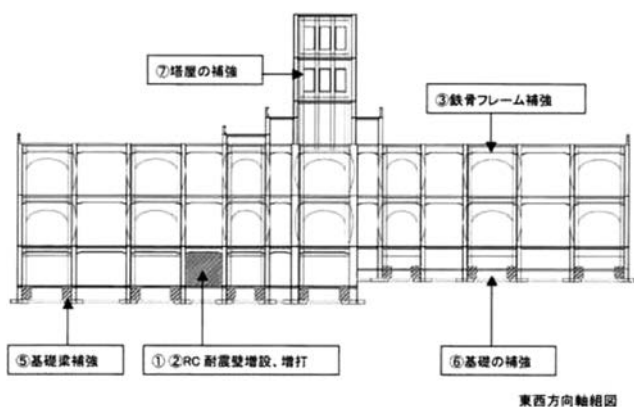
みと共に存在感とその魅力を表現している。その歴史的な建築物の外観を変えることなく、旧庁舎から図書館に再生するべく、基本設計が行われた。建物外部に耐震補強部材を設けず、内部にスチール製のアーチフレームを用いることは、戸畑の製鉄の歴史を内部空間に創出させることを意図としている（写真—2）。今回の計画は、地域資産の維持保全はもちろん、建替えと比較して大幅な廃棄物の抑制ができることから、地球環境の保全にも寄与している。



写真—2 アーチフレームによる補強

（1）耐震補強計画

耐震診断の結果、既存建物は中性化の進行が著しく、経年劣化の影響も大きく、靱性指標が低い値である事がわかった。また、構造図や構造計算書が現存しないことから、具体的な補強設計は現地調査を行い、



図—1 耐震改修計画概要

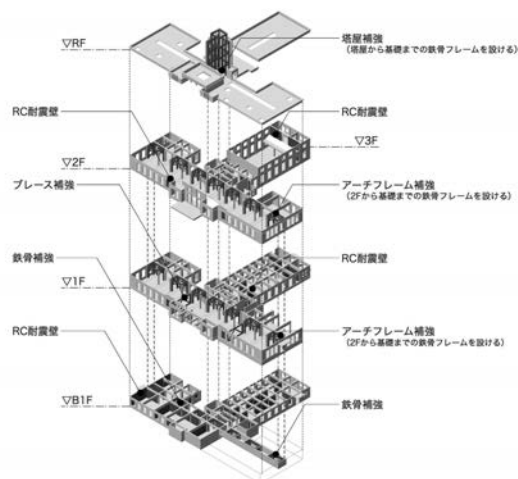
部材断面を実測しながら進める計画とした。耐震補強は、仕上げ等撤去による建物の軽量化，経年劣化部の修復，基礎・基礎梁の補強，鉄骨アーチフレームとRC耐震壁の増設による全体架構の補強，鉄骨フレームによる塔屋の補強から構成されている（図—1）。

(2) リファイニング（再生）の手順

当工事におけるリファイニング建築への基本的な流れは次の通りである。

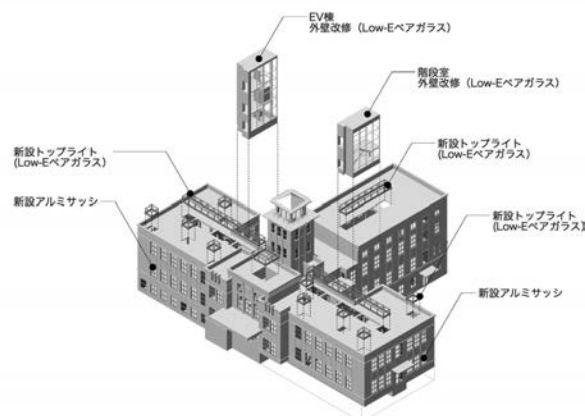
- ①既存の建物を減築し，新築当初の建物の形へ復元する。
- ②既存スラブを一部解体して開口を設け，不要な壁や押えコンクリート，既存のサッシ等を撤去して軽量化を図り，既存躯体の補修と中性化対策を施す。
- ③基礎・基礎梁の補強，鉄骨補強，RC耐震壁，鉄骨アーチフレーム補強，塔屋の鉄骨補強等の耐震補強を施す（図—2）。
- ④スラブ開口部へのトップライト設置，新規アルミサッシ等の取付，EV棟や階段室の新規外装を施す（図—3）。

3. 耐震補強



図—2 耐震補強概要

4. 新規外装

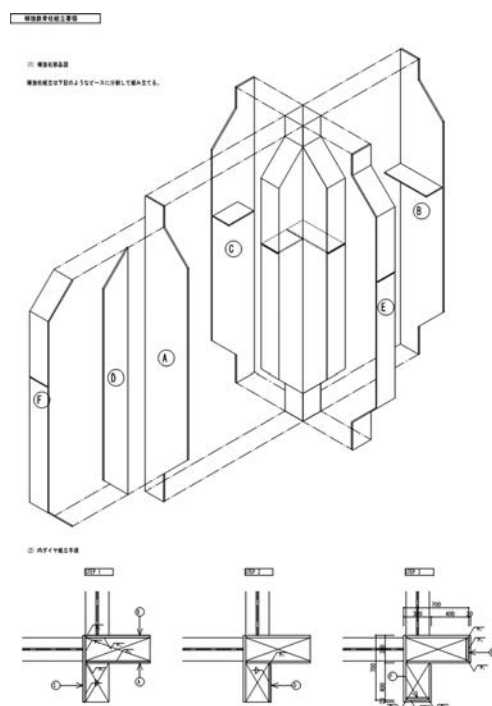


図—3 新規外装

(3) アーチフレームによる補強

アーチフレーム補強が考案・採用された理由は，戸畑が鉄鋼産業と共に発展した地区にふさわしい意匠であること，比較的小さな断面部材となることで見通しの良い空間を確保できること，補強部材が軽量化され躯体への負担が軽減できること，ウェブ部分の円形の開口により圧迫感を無くし，排煙経路や温熱環境が考慮された意匠と構造が合致した補強となっていることが挙げられる。

スチール製のアーチフレームの柱は，複雑な変形4面ボックス柱として構成されている。組立手順や溶接手順などの製作要領は，関係者にて詳細な確認を行いながら製作を進めた（図—4）。柱ボックス部の閉鎖前には監理者による組立時の中間検査が適宜行われた（写真—3）。

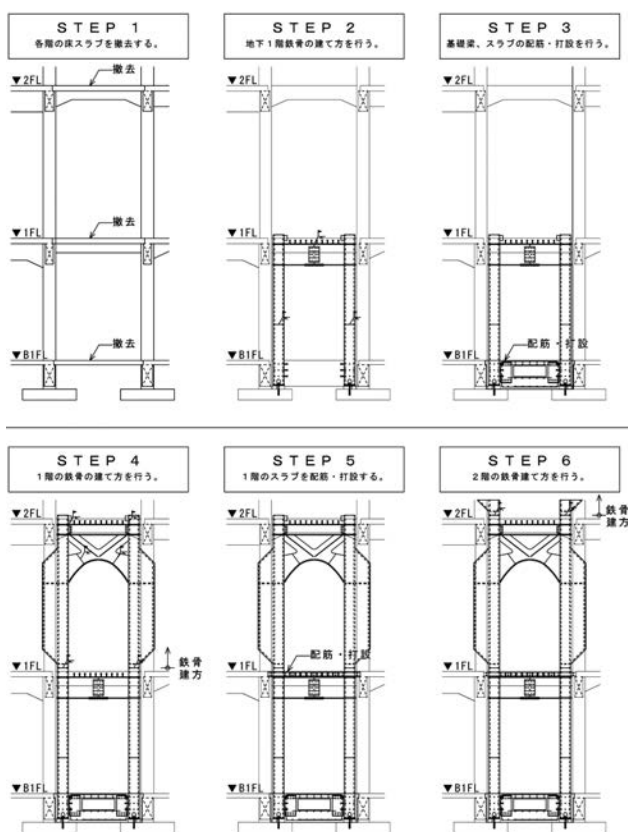




写真一3 アーチフレーム柱組立検査



写真一4 基礎梁の補強



図一5 補強鉄骨建方要領



写真一5 耐震壁の増設



写真一6 あと施工アンカー引張試験

既存躯体と鉄骨部材間の取り合い部を含めた施工手順は、補強鉄骨の品質確保という観点から、補強鉄骨建方要領として定められた（図一5）。

(4) 基礎梁の補強と耐震壁の増設

構造図等が現存しない為、設計時に想定した位置に基礎や基礎梁がない事が判明することもある中で、既存躯体に合せて、通し配筋や端部の納まりを変更するなど、監理関係者が現地にて確認対処しながら基礎梁や耐震壁の補強工事を進めた（写真一4、5）。また、工事段階での諸調査では、コンクリートの劣化が顕著であり、中性化も想定以上に進んでいることがわかった。このため、あと施工アンカーの設置は、既存躯体

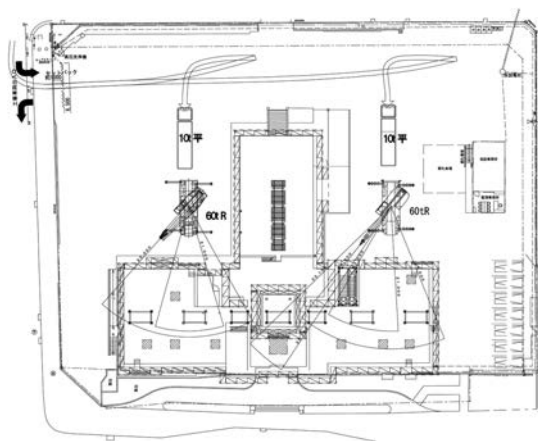
鉄筋と干渉しないようにすることに加え、躯体劣化部とも干渉しないように十分考慮して位置を決定した。その確認の為、現地でのあと施工アンカーの引張り試験を、施主と設計の監理者立会いの下で全て実施し、品質強度を確認した（写真一6）。

3. 耐震補強工事

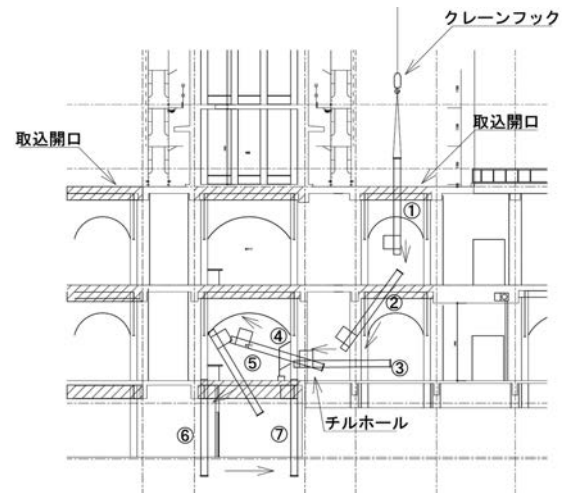
(1) 鉄骨建方（図一6）

塔屋部分以外の一般部の建方は、補強鉄骨建方要領にも図示されている通り、先ず既存スラブを撤去・開口し、建方を行った。アーチフレームの柱の重量は約3tあり、重量バランスも複雑な変形4面ボックスで

あった。エレクションピースは、既存躯体と干渉する部分もあり、その取付位置は2～3方向に限定され、建方精度の確保に苦心した。塔屋下部の地下1階から2階までは、鉄骨資材を最寄りのスラブ開口より地階へ取り込み（写真－7）、台車やチルホールなどを利用して水平移動を行い、マストやブームなどを使用して（写真－8）建方を行った（図－7）。塔屋部分では、最上層に各層への資材荷上げ取り込み用の支持架台を設置し（写真－9）、塔屋1階から各層への荷揚げと建方を行った。



図－6 鉄骨建方全体概要図



図－7 塔屋下部の鉄骨建方計画



写真－9 塔屋鉄骨取り込み架台



写真－7 鉄骨柱取り込み状況



写真－8 塔屋下部鉄骨建方仮設ブーム



写真－10 接合部状況 1

(2) アーチフレームと既存躯体の接合部の施工

既存躯体からの鉄骨フレームへの水平力の伝達について、当初は既存鉄筋と新設鉄筋を溶接接合し、コンクリートで一体化する計画であったが、既存鉄筋の劣化が著しい為、あと施工アンカーを打設した。そのアンカーと鉄骨ウェブ面のスタットボルトが重なり合うように配置し、コンクリートで一体化した部分を介して水平力を伝達するように計画を見直された（写真－10、11）。



写真—11 接合部状況 2



写真—14 既存躯体調査状況①

4. 補修工事

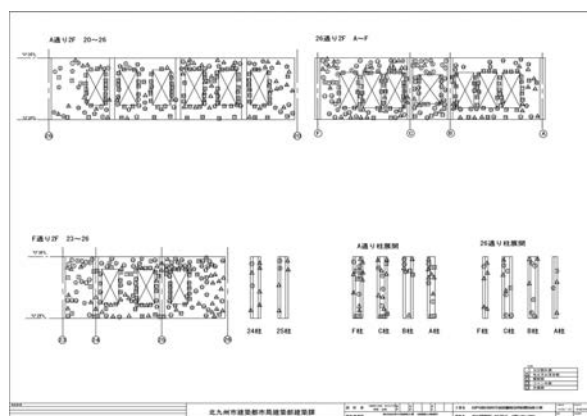
(1) 既存躯体の調査

内部造作等の解体撤去が進み、主要構造部が現れてくるにつれて、躯体劣化の状況がはっきりとわかるようになった（写真—12）。なかでも劣化が激しい柱では、躯体の健全部まで研り出そうとすると、柱の水平断面の半分以上が欠損するような非常に劣化が進んでいる状態であった為、第1段階での調査は柱の水平断面の1/3程度の研り出しに留めることとした。

このような状況であった為、市の監理者だけでなく設計監理者を含め、直接現場での状況確認と計画変更が適宜行われた。なお、劣化状態を、赤：爆裂（露筋）、



写真—12 柱の劣化状況確認



図—8 既存躯体劣化調査図

黒：ジャンカ（露筋）、緑：欠損（外壁浮き）、黄：ひび割れ、というように、現場と調査図を同様に色分類することで、容易に識別確認ができるようにした（写真—13, 14, 図—8）。

(2) 既存躯体の補修

既存コンクリートの中性化、鉄筋の腐食が進行しているため、浸透性アルカリ付与剤や含浸固結剤を塗布することとした。補修の分類は、爆裂（露筋）部補修、ジャンカ（露筋）部補修、鉄筋添筋溶接補強、欠損部補修、モルタル部浮き補修、グラウト注入、炭素繊維シート補強となる（写真—15, 16）。



写真—13 既存躯体調査状況①



写真—15 柱グラウト打設



写真—16 柱炭素繊維補強



写真—19 吹き抜け部とトップライト



写真—17 防錆剤塗布



写真—20 閲覧室（書架配置状況）



写真—18 アルカリ付与材確認

爆裂・ジャンカ・欠損部の補修については、躯体の健全な部分まで切り出した後、露筋時は錆を除去し、露筋の劣化が著しい場合は状況に合わせて添え筋を溶接などして補強した。その後、浸透性アルカリ付与剤の塗布、含浸固結剤の塗布、防錆ペーストの塗布（写真—17）、ポリマーセメントによる充填などを行った。なお、アルカリ付与剤は浸透乾燥すると塗布の確認が難しいため、フェノールフタレイン溶液にて塗布の確認を行った（写真—18）。

5. おわりに

80年を超える長い歴史がある旧戸畑区役所の外観を保存し、図書館として再生させる当工事において、

建物内部への耐震補強の手法について各技術者の知恵を結集することで、所期の品質を確保することができた。また、既存躯体の老朽化問題等への対処についても、関係各方面の責任者による現地確認、検討、指示が的確に行われたことにより、施工者としての対応が可能となった。

歴史的建築物の外観を残しながらのリファイニング（再生）という貴重な工事経験を、増加しつつあるリノベーション工事に活かしたいと考える。また、図書館へと生まれ変わった建物（写真—19, 20）が、これからも多くの市民に長く愛されることを願っている。

謝 辞

施工にあたりご指導、ご協力いただいた北九州市建築都市局、(株)青木茂建築工房、(有)金箱構造設計事務所をはじめとする関係各位に、厚くお礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

宮崎 信宏（みやざき のぶひろ）
(株)鴻池組九州支店
建築工事事務所
所長



歴史的鋼橋の補修工事

長浜大橋の補修工事の紹介

池田 一郎

長浜大橋は、愛媛県西部を流れる肱川に、昭和10年に架橋された橋梁であり、日本で現存する最古の道路開閉橋である。平成10年に「国の登録有形文化財」（文化庁）に登録、平成21年に「近代化産業遺産」（経済産業省）に認定、更に平成26年に「国の重要文化財」（文部科学省）に指定され、文化財としての価値も高い橋梁である。この橋梁における補修方針、工事の概要について報告する。

キーワード：歴史的鋼橋、リベット接合、補修工事、文化財、開閉橋

1. はじめに

長浜大橋は、愛媛県西部を流れる一級河川「肱川」の河口に昭和10年に架橋された橋梁で、日本で現存する最古の道路開閉橋である（写真—1）。

橋全体が赤く塗られていることから、地元では「赤橋」の愛称で親しまれており、架橋付近には、秋から冬にかけて自然現象「肱川あらし」が見られることで有名な観光名所であり、県内外から観光客が訪れている。平成10年に「国の登録有形文化財」（文化庁）に登録、平成21年に「近代化産業遺産」（経済産業省）に認定、更に平成26年には「国の重要文化財」（文部科学省）に指定され文化財としての価値も高い橋梁である。

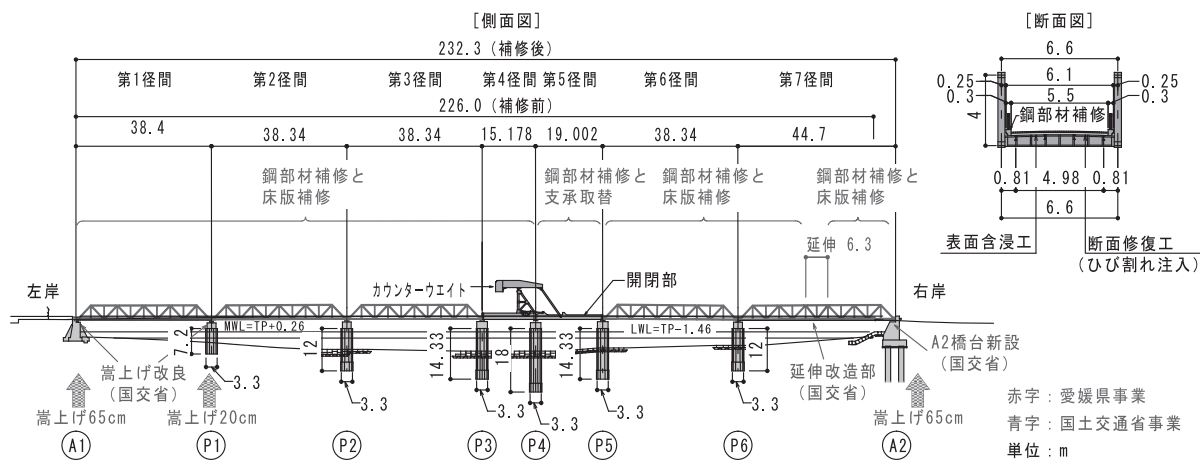
長浜大橋では、国土交通省による肱川水系河川整備計画に基づく堤防改修計画に伴い、橋梁延伸改造工事が予定されていたため、それに併せて道路管理者であ

る愛媛県により、補修工事が同時期に実施された（図—1）。

本稿は、愛媛県事業で実施した補修工事について報告するもので、歴史的評価を受けた鋼橋の文化的、歴史的価値を保持することを重視して実施した補修計画および補修工事について、歴史的象徴であるリベット接合でのボルト取替を中心に、補修方針や実施内容に



写真—1 長浜大橋開閉状況



図—1 補修一般図



写真一2 肱川あらし

についての概要について報告する。

肱川あらし：肱川上流の大洲盆地で冷やされた空気が肱川沿いに標高の低い河口に流れ込み、伊予灘の海水との温度差が原因で発生する帯状の霧のことで早朝など放射冷却の強い時に発生する（写真一2）。

2. 橋梁概要

(1) 橋梁諸元

長浜大橋の橋梁諸元について、以下に示す。

橋梁名：長浜大橋（通称：赤橋）

所在地：愛媛県大洲市長浜町（図一2）

橋 長：226.0 m

幅 員：5.5 m

橋 種：下路式トラス橋（主径間）

：バスキュール（跳ね上げ）式鉄鋼可動橋
（国内現役最古）

竣工年：昭和10年（1935年）

設計者：増田淳（吉野川橋も担当した橋梁技術者）

工事費：29万円（当時、現在の価格で約20億円）



図一2 長浜大橋の位置

(2) 長浜大橋に関するエピソード

1977年に下流側に現在の主要道路であるコンクリート製の「新長浜大橋」が架橋された際には、撤去すべきとの議論も出たが、旧長浜町が管理者である愛媛県に対して陳情書を提出するなど、地元の強い熱意ある行動により残すこととなり、現在でも生活道路として利用されている。

また、夏場はイルミネーションや地元の花火大会が実施されるなど地元の愛着が深い橋である。歴史的な評価としては、太平洋戦争での米軍戦闘機の銃撃による弾痕が、トラス桁の斜材部などに数十箇所も残っており、歴史的価値が高い橋である（写真一3参照）。



写真一3 太平洋戦争での銃撃痕

毎週日曜日13時には、点検作業も兼ねて開閉部を可動させているため、開閉状況が見られ、それを目当てに訪れる観光客も多い。

3. 歴史的鋼橋の補修・補強計画における留意事項

(1) 歴史的鋼橋のストックと現状

近年は全国的に既設橋梁の老朽化に伴う補修・補強工事が行われている状況である。高度経済成長期に整備された多くの社会資本が既に建設後30～50年程度経過しており、今後20年ほどで全ストックの半分以上が建設後50年以上を迎える時代に入る。

これらの橋梁の中には、歴史的な評価を受ける鋼橋（以下、歴史的鋼橋とする）も多く含まれており、社会的ニーズとして歴史的鋼橋の保全に対する補修・補強工事も増加していくことが予測される。

今後の歴史的鋼橋の維持管理計画においては、土木構造物本来の役割である安全性・耐久性等の確保といった基本性能に加え、次世代へ継承すべき歴史的

評価を受けた鋼橋の文化的、歴史的価値を保持することまでも考慮した補修・補強工法を選定することが求められてくる時代になっている。

(2) 歴史的鋼橋と文化財の位置付け

歴史的鋼橋とは、土木学会が定めた土木遺産であり、歴史的評価を受けた鋼橋の総称で、橋の持つ歴史性・文化性を映し出し、次世代へ継承すべき鋼橋を指す。これらについては、土木学会が公開している歴史的鋼橋集覧で歴史的鋼橋調査台帳が閲覧可能である。

具体的には、1960年までの約90年間に製作・架設された橋であり、1960年という区切りは、新幹線や高速道路をはじめとする大量生産時代前におけるリベット橋の最終期までを意味している。これらの中には、国の重要文化財や登録有形文化財などに指定、登録された橋梁も含まれている。下記に、文化財・土木遺産について示す。

I. 登録有形文化財（文化庁）

建築・土木構造物その他工作物で原則、建設後50年経過し、次の各号の一つに該当するもの

①国の歴史的景観 ②造詣の模範 ③再現の困難性

II. 近代化産業遺産（経済産業省）

建築・土木構造物その他工作物で歴史的であり、地域活性化に優れるもの

※文化財の歴史的価値を保全していく上で、既存の材料や工法を用いるなど全体的に及ぶような変更は避け、外観を損なわない補修・補強を検討していくことが大前提として重要であるが、届け出において、①文化財の保護に対する努力をした上で他に選択肢が無い場合、②莫大なコストが発生する場合においては、協議等での申請確認を行った上で構造変更も可能である。

(3) 歴史的鋼橋の補修設計時の留意点

歴史的鋼橋を補修する場合の留意点について、長浜大橋で考慮した点を下記に示す。

(a) 材質

この時代の橋梁は鋳鉄・鍛鉄が多く、鋼材であっても年代によっては、鋼材の溶接性や強度が劣るため試験による確認が必要である。1925年の鋼材規格は、溶接性能が乏しいため溶接割れの可能性があり、あて板補修する場合は、特に注意を要する。

→長浜大橋では、『国土交通省の第7径間延伸工事』にて材料試験を実施し、現在のSM400相当の性能が確保されていることを確認している。

(b) リベット接合

リベット接合とは、1100℃程度に熱したリベットをボルト孔に挿入し、リベットハンマーで頭部をかしめて緊張する工法である。高力ボルト使用以前の一般的な継手構造であったが、高力ボルトの方が扱いやすく接合構造としての信頼性が高いこともあり、昭和40年以降ほとんど使用されていない。

→長浜大橋では、愛媛県の歴史的価値を保持していく方針に基づき、リベット取替を行うことに決定した。

リベット接合は、歴史的鋼橋における代表的な特徴であり、補修を行う場合は、下記の点に留意する。

①リベット頭が腐食している場合

リベット頭が腐食している場合でも、緩んでいなければ継手機能はほとんど低下しない。取り替えることで逆に隙間から水が進入し、腐食する事例も多いため、取り替えよりシール材等の止水を目的とした腐食対策を実施する。

②取り替える場合

HTBに取り替える場合、リベット接合面は、塗膜厚の厚い鉛丹塗料が塗布されている。また、リベット周辺の母材変形影響により、すべり摩擦係数0.4が確保できない場合が多いため、接合面の入念な処理やHTBのサイズアップの検討を行う。

→長浜大橋では、頭部のみが腐食しているボルトは取り替えを実施していない。また、HTBボルトへの取り替えも実施していない。

(4) リベット工事の現況

リベット接合は、1970年代以降、高力ボルトや溶接に取って代わられた。現在では、現場打ちによるリベット施工が可能な業者は極めて少ない。また、施工技術を持っているリベット職人も高齢化しており、その技術の伝承についても施工件数が少ないため、現場経験が積めない等の問題がある。

しかし、近年では施工技術も併せて保存していくという目的も踏まえて、歴史的な橋や建築物を建築当時の施工技術を用いて復元しようとする動向がある。

例えば、筑後川昇開橋（福岡県、2010年に国の重要文化財に指定）や若戸大橋（北九州市）などについてもリベットによる補修工事が実施されている。

(5) リベット接合の歴史

リベット接合は、昭和30年代前半までは鋼構造における接合方法の主流であり、歴史的鋼橋のほとんどに用いられてきた。工場においては、昭和20年代末

頃から導入された溶接工法の台頭により、リベット接合が昭和 30 年頃から次第に姿を消し始めるが、現場継手の施工においては昭和 40 年代前半までほとんどでリベット接合が用いられている。

しかし、昭和 30 年代後半からは、高力ボルト摩擦接合法が開発されると、昭和 40 年頃から現場継手では、次第に高力ボルト継手が普及し始め、昭和 50 年代初期では、ほとんどの現場接合で高力ボルトが使われている。

なお、道路橋示方書からリベットの規定が消えたのが平成 2 年の改訂であり、昭和 55 年の示方書が最後である。巧みに施工されたリベットは、リベット孔を完全に充填し、冷却に伴って収縮するため、比較的大きな初期張力が導入され、これにより接合材間に適度な材間摩擦力が生じる。このことから、リベット接合は剛性の高い信頼性のある接合法であるといえる。

また、リベット接合は施工が現場合わせ的な要素があり、多少の孔寸法の間違いや位置の食い違いなどの加工誤差を吸収できるため、技術的に加工精度を高めることが困難であった古い時代には特に有用であった。

歴史的鋼橋の代表的な特徴はリベット接合であり、この継手の外観や形状は、歴史的価値と密接な関係を持つことも多い（写真—4）。



写真—4 現況のリベット

4. 長浜大橋における補修計画

(1) 損傷概要

(a) 鋼部材

前回の塗替塗装より 10 年が経過しており、塩害の影響もあって塗装劣化が著しく、鋼材の穴あきや断面欠損などの損傷が確認される（表—1 参照）。

表—1 損傷一覧表

	損傷状況	損傷写真
上弦材	レーシングプレート等の腐食や断面欠損が見られる	
下弦材	雨水やゴミの堆積による滞水の影響で腐食している	
鉛直材	腐食や穴あきが局部的にみられる	
縦桁・横桁	海面に近い影響より、腐食および断面欠損がみられる	
床板下面	施工済みのコンクリート保護工が剥がれ、剥離・鉄筋露出がみられる	
支番	全体的に腐食が進行している	

表—2 補修区分表

補修区分	損傷概要	補修方針
補修区分 A	断面欠損は無いが腐食箇所	ケレン塗装
補修区分 B	断面欠損の損傷が小さい箇所	あて板補修
補修区分 C	断面欠損の損傷が大きく、周辺に腐食が進行している箇所	ガス切断による腐食部材撤去 + 補強部材取付
補修区分 D	断面欠損の損傷が大きく部材全体に腐食している箇所	部材取替
補修区分 E	リベットの腐食	リベット取替

※リベット取替について

長浜大橋は、国の登録有形文化財の登録を受けているため、愛媛県の補修方針としては、この歴史的価値を保持していく方針でリベットの取替補修を行う。

(b) コンクリート部材

竣工より75年が経過しており、経年劣化及び中性化や塩害の影響による損傷が見られる。床版部はコンクリート保護工（塗装材被覆）が施工されているが、保護工の剥がれ、うきや剥離・鉄筋露出等が確認される。

(2) 補修計画

(a) 鋼部材

道路橋補修・補強事例集を参考に、表—2に示すように損傷程度により5つの補修区分を設定し、各区分の補修方針に従い、補修図・補修数量の算定を行う。

(b) コンクリート部材

本橋は、潮位の影響を受ける干満帯に位置しており、塩害対策として表面保護工（塗装材被覆）が施工されているが、平成2年の施工から約20年が経過し

ており、一般的な更新時期でもあるため、表面保護工（含浸材）の更新を行う。

また、うきや剥離・鉄筋露出等の損傷が確認されるため、損傷部については断面修復を行う。

(c) 支承

本橋は、景観に配慮した改造が重視されていることから歴史的鋼橋の象徴である鋼製ピン支承を踏襲するのが望ましく、塗替塗装や一部の部材取替などの部分的な補修をすることで機能的に問題ないと判断される場合は、現在の支承を流用する方針として計画を行う。

国土省の嵩上げ工事に伴い、A1・P1・P6・A2の支承については、オーバーホールや部材取替は行うが、基本的には現在の支承を流用する。

P2～P5の支承は、現在の支承を使用することにな

表—3 リベット接合とボルト接合比較表

分類	第1案		第2案	
	リベット接合		高力ボルト接合	
工法概要	リベット接合は、複数の鋼材に孔をあけ、1100℃程度に熱したリベットを挿入し、リベットハンマーで頭部をかきめて緊締する工法である。		高力ボルト接合は、鋼板をボルトで締付け、両者間に発生する摩擦力で作用力に抵抗する構造となっている。	
ボルト取替における一般的な考え方	①現況がリベットの場合 ・リベットの頭部が腐食等により断面欠損している場合でも、リベットの力の伝達機能には問題がないため、補修塗装を行い、腐食の進行を防止することにより対策することが可能である。 ・高力ボルトに交換する場合は、施工可能な場合は管理のしやすいトルシア型ボルトで交換が有利である。 ・リベット交換する場合、打ち込み式高力ボルトを用いる方法もある。 ②現況が高力ボルトの場合 ・高力ボルトを取り替える場合も原則としてトルシア型ボルトに交換する。 ・遅れせん断破壊を起こしたF11T、F13Tの材質の高力ボルトをS10TまたはF10Tに交換する場合は、締付け力が低下するため、継手部の耐力が低下する。			
既設リベットボルトの撤去方法	・リベットの撤去はガスでリベット頭部を除去後に、リベットを打抜いて撤去する。 ・ガスでリベット頭部を除去する場合、母材を傷つけないように留意する必要がある。 ※リベット頭部より小さい径で孔明けし、タガネでリベット頭を除去する方法もある。			
施工フロー	①リベット焼き (900～1100℃ 桃色ないし燈黄色) ↓ 可搬式リベット焼き炉で焼き ↓ 入れを行う。 ②リベット受け ↓ リベット焼きばさみで投げ上げ、リベット受けで受け取る。 ③差込み・押さえ ↓ リベット差し込み板ばさみで ↓ リベット孔に差込み、打撃面 ↓ の反対面から空気あて板で押さえる。 ④リベット締付け (空気圧6.5～8kgf/cm ²) リベットハンマーで打撃する。		ボルトの締付けは、基本的に「トルク法」により施工し、トルクレンチのスペースが確保できない場合は、「回転法（F8Tのみ）」により締付けを行う。締付けは二度締めとする。 ①予備締め (トルク制御式インパクトレンチ) ↓ ②マーキング ↓ ③本締め (締付専用機)	
作業性	作業人数	4～5人編成	作業人数	1人から可能
概算工事費(直工)	110万円(100本当たり)		5万円(100本当たり)	
総合評価	リベット接合の場合、一般的なボルト接合に比べコストアップとなるが、登録有形文化財の価値を重視し、リベット接合を採用する。			

るが、腐食が確認される程度で、支承本体の機能的には問題ないため、基本的にケレン塗装による補修を行う方針とする。

なお、P5 (P4 側) の支承は、可動橋開閉部に位置しているため、腐食に加えて開閉時の繰り返しの制動荷重により断面欠損に至っているため支承取替を行う。

5. リベット取替について

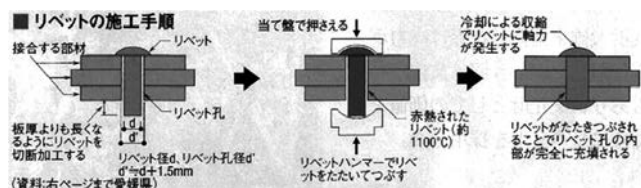
(1) リベット接合とボルト接合との比較

長浜大橋におけるリベット接合とボルト接合についての比較表を表一3に示す。

リベット接合を採用することで、概算工事費で約22倍程度のコストアップとなっている。

(2) リベット接合の施工手順

①リベット長さ調整→②リベット焼き (焼き鋲)→③リベット受け (受け鋲)→④差し込み (鋲差し)→⑤リベット締付け (撃鋲)→⑥完成 が一連の作業となる (図一3, 写真一5, 6)。



図一3 リベット接合の施工手順



写真一5 リベット締付け状況



①リベット長さ調整



②リベット焼き



③リベット受け



④差し込み



⑤リベット締付け



⑥完成

写真一6 リベット施工手順

6. おわりに

歴史的価値と構造物の安全性・耐久性・経済性とは、トレードオフの関係にあり、その両立については、非常に難しい問題である。

近年、各機関で長寿命化計画が策定され、対策工事が進めており、今後は歴史的鋼橋に対する歴史的、文化財的価値の継承を考慮した維持管理計画を実施していく必要性が増加していくものと予測される。

そのため、歴史的鋼橋などの文化遺産の補修工事にあたっては、安全性・耐久性・経済性といった評価に加え、文化的・歴史的評価も考え、技術や文化の継承を担う必要があると考える。また、文化遺産を活かした観光振興・地域活性化事業など地域社会の発展に繋がるようにその価値の正しい評価と保存を図っていくことも重要と考える。

JCMA

【筆者紹介】

池田 一郎 (いけだ いちろう)
 四国建設コンサルタント(株)
 愛媛支店 橋梁・構造部 設計課
 課長



土木遺産のリノベーションと長寿命化

余部鉄橋「空の駅」展望施設のデザインと設計

中山 元・増田 貴充・大波 修二

社会環境の変化や劣化、機能不全により所定の役割が果たせなくなった時に寿命として廃棄される土木構造物が多い中、建設時の優れた姿が地域の風景を牽引し地域の資産として愛され、所定の役割を終えた後にそのままの姿で残される土木遺産も全国に多くある。余部鉄橋「空の駅」展望施設は、鉄道橋としての役割を2010（平成22）年に終えた後、一部を保存・改修し、地域の観光拠点となる展望施設として2013（平成25）年にオープンした。100年を超える風雨に耐えた土木遺産の保存と、利用性・安全性が重要な観光施設への大規模改修を両立させた数少ないプロジェクトとして、本報で概要を報告する。

キーワード：土木遺産の保存・利活用、リノベーション、鋼トレススル式橋脚、展望施設、長寿命化

1. 余部鉄橋の概要と保存までの経緯

(1) 余部鉄橋の建設

余部鉄橋は、兵庫県美方郡香美町香住区（旧香住町）のJR山陰本線余部駅東側（あまるべ 鎧よろい駅側）に位置する長さ310.70 m、高さ41.45 mの鋼トレススル式橋梁である。1900（明治33）年に着工した山陰本線福知山～出雲今市間の最後の工事区間として1909（明治42）年12月に着工した。路線計画では、余部集落の深い谷間を避ける内陸ルート案もあったが、当時の掘削技術では不可能な長大トンネル工事が必要となるため断念され、現在の海沿いルートが採用された。計画当初、米子出張所技師岡村信三郎は、潮風害による腐食を考慮し鉄筋コンクリート橋を鉄道院に上申したが、建設費の低減（鉄橋案の33万円に対して鉄筋コンクリート橋案は47万円）や欧米での前例がないことなどから鉄橋が採用された。鉄橋の設計は、我が国の鉄道橋を牽引してきた鉄道局イギリス人建築技師C.A. ポーナルの下で橋梁設計技術を習得した鉄道院技術研究所の古川晴一が行った。

余部鉄橋には、19世紀末から米国で広範に使われていた「鋼トレススル式橋脚」が採用された。古川は1907（明治40）年7月より1年間欧米に出張し、技術的に可能なことを確認した上で、帰国後、採用を決定した。鋼トレススル式橋脚は、米国のアメリカンブリッジカンパニーで製造し、組立は米国のセールフレーザ社が請負った。海路門司港経由で運ばれた鋼材は、余部沖で艀に積み替えて陸揚げされ、橋脚の組



写真1 鋼トレススル式橋脚架設⁴⁾

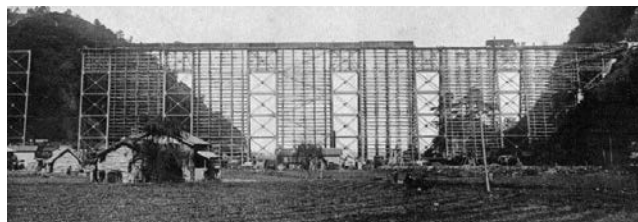


写真2 鋼桁架設⁴⁾

み立てが始まった。足場丸太を45 mの高さまで塔状に組み上げ、3～5基を1回に組み立てた。橋脚1基当たりの組み立てに13日を要し、足場の設置・撤去も含めると1基あたり約40日を要したという（写真1）。

鋼桁は東京石川島造船所で製作され、神戸から陸路で鎧駅まで輸送された後、駅構内で組み立てられた。鋼桁の架設は、橋脚間に総足場を組み、鎧駅側より縦取り架設された（写真2）。

1909（明治42）年12月に着工し約33万円の建設費、延べ25万人を超える人員を投入した工事は1912（明治45年）1月に竣工した。余部鉄橋の完成によって

山陰本線福知山～出雲今市間が同年3月1日に全線開通した。レール面までの高さ41.45 m, 11基の鋼トレススル式橋脚, 23連の橋桁を有し, 建設当時「東洋一」と言われた。

(2) 橋守による維持管理そして新橋架替え

冬季は日本海からの厳しい季節風にさらされ腐食が進行しやすいことから, 鉄道院の工事2名が鉄橋の補修のために常駐(いわゆる橋守)し, 建設3年後から腐食を防止するための塗装工事や部材の交換などが行われた。鉄橋の維持管理にかかる大きな費用(昭和61～平成15年の平均で2,300万円/年)も問題となっていた。

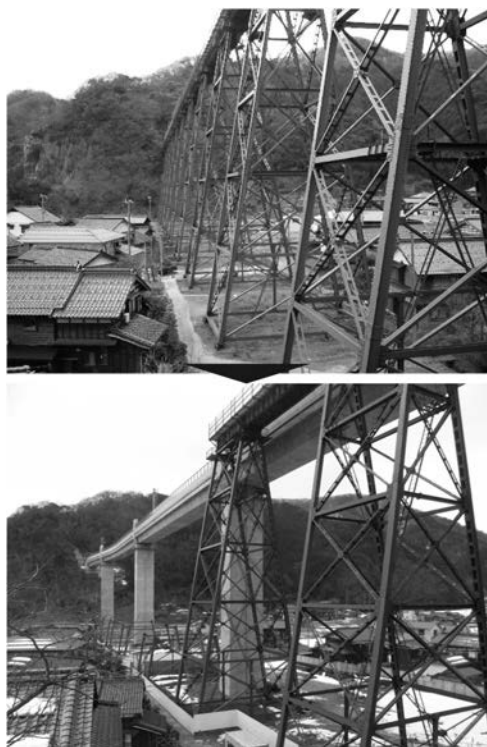
1986(昭和61)年12月28日, 突風により余部鉄橋通過中の回送列車が転落し, 死傷者12名という大事故が発生した。その後, 渡橋時の風速規制強化に伴う列車定時性の低下や安全に対する不安等もあり架替えの議論が本格化し, 2002(平成14)年からの「余部鉄橋定時性確保のための新橋梁検討会」を経て, 新橋への架替えが決定した。そして, 2007(平成19)年3月からのPC5径間連続エクストラードロード箱桁橋への架替え工事が着手され, 2010(平成22)年7月16日夜に鉄道橋としての運用を終了した。

(3) 余部鉄橋の保存・活用へ

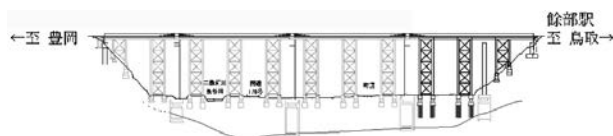
架替え計画が進む中, 2006(平成18)年度に学識経験者や地元代表を交えた「余部鉄橋利活用検討会」が立ち上げられ, 余部鉄橋の歴史的価値および観光資源としての価値や利活用を行ううえでの構造的要件を明確にするとともに, 地元住民の意見を十分に反映し, 鉄橋の保存・利活用の基本方針が取りまとめられた。

新橋が鎧駅側のトンネルを利用した線形であるため支障となる鎧駅側3基のトレススル橋脚は撤去することが決定していたが, 残る8基の鉄橋の保存方針は未定であった。保存範囲のシミュレーション等により落下物に対する住宅への危険性の少なさや維持管理のしやすさから, 余部駅側の3基3スパン(P9～A2)を保存することが決定した。

2009(平成21)年に保存利活用に向けた「余部鉄橋利活用基本計画」にて, 道の駅整備, 公園整備などとともに, 余部鉄橋の利活用として展望施設化する基本方針が決定した。その後, 新橋建設に合わせて, 余部鉄橋は余部駅側3基を残し撤去された(写真—3, 図—1)。



写真—3 鉄道橋時代(上)と余部側橋脚撤去後(下)



図—1 余部鉄橋保存区間

2. 既設橋梁の腐食状況と鋼材調査

平成22年度より余部鉄橋展望施設化の実施設計に着手した。設計に先立ち, 補修履歴の文献調査と現状の腐食状況調査を実施した。

(1) 補修履歴の整理

昭和25～26年には主柱の副部材の交換, 昭和32年から昭和50年までの3次にわたる修繕が順次実施され, 腐食材の取替えや腐食リベットの打替えおよび塗装が行われた。

近年では1996(平成8)年に大規模補修が実施されており, 塗装は厚膜エポキシ樹脂+ポリウレタン塗装, 補修として高力ボルト4,288本の取替えと橋側歩道の修繕が行われた(表—1)。

(2) 鋼材特性の把握

建設後補修した材料については材質がSS41(現在のSS400)と判明していたが, 建設当時から使われている上部工および橋脚支柱の材質が不明であった。そこで, 橋脚支柱部材の材料試験を実施し, 降伏応力

表—1 供用後の補修履歴概要

年	塗装塗替	橋脚部材取替
明治 45	鉛丹	供用開始
大正 4 ～		
大正 10 ～		レーシングバー取替
昭和 22 ～ 31		レーシングバー等取替
昭和 31 ～ 36		第 1 次修繕 5 ヶ年計画として、水平材と垂直材、レーシングバー、リベット等の腐食部取替
昭和 37 ～ 41	フタル酸	第 2 次修繕 5 ヶ年計画として、水平材と垂直材、レーシングバー、リベット等の腐食部取替
昭和 43 ～ 50	塩化ゴム系	第 3 次修繕 5 ヶ年計画として、支柱を除いた 2 次部材を全面的に取替
昭和 52 ～ 55		
昭和 56 ～ 60	厚膜エポキシ	高力ボルト腐食部取替
昭和 61 ～平成 1	厚膜エポキシ + ポリウレタン	
平成 2 ～ 7		
平成 8		

※ 橋側歩道や桁下足場は継続的に取替

度が $254 \sim 259 \text{ N/mm}^2$ 、引張強さが $447 \sim 449 \text{ N/mm}^2$ であったことから、SS 400 相当（下降伏応力度が 245 N/mm^2 以上、引張強さが $400 \sim 510 \text{ N/mm}^2$ ）であることを確認した。

(3) 現況の腐食・損傷状況調査

鉄橋の損傷種別・程度・範囲を確認するため、腐食状況他調査を残された3脚および鋼桁に対して実施した。調査は既存の点検梯子を利用しつつクライミングケーブルを用いて全部材を調査した。損傷の評価は「橋梁定期点検要領（案）／国土交通省 国道・防災課 H16.3」に基づき実施した。

主桁は、ウェブに対して上下フランジに相当するアングルをリベットにより接合したI断面で構成されている。ウェブはおおむね健全である一方で、上下フランジのアングル材、対傾構・横構のガセット部、支承付近、リベットは腐食による損傷が進んでいた。これは、積雪や枕木による湿気、部材端部の塩分付着などが要因と考えられる（写真—4）。



写真—4 上部工の状況

橋脚支柱は、溝型鋼2本にカバープレート、タイプレートをリベットにより接合された部材で構成されている。損傷状況は溝型鋼フランジ部、タイプレートおよび斜材のガセット部等の狭隘部の腐食が激しく、断面欠損が進んでいた。支柱部のボルトの欠損率は7%程度であった。

3. 既設橋梁の腐食状況と鋼材調査

本鉄橋の特徴は透過性の高い鋼トレスル式橋脚であり、その形態を残すことを重視し補修方針を決定した。

上部工は、損傷が激しい箇所について、部材取替えを基本とした。特に腐食による断面欠損が激しい上フランジについては、展望施設としての橋面設備を設置するための連結部材であることを踏まえ、全部材を取り替えることとした。

橋脚は溝型鋼フランジ部の断面欠損が激しく取替えが困難な部材であることから、支柱全長にわたりアングルで補強し、フランジを無視したU断面を有効断面とした。アングル補強は外観から目立たないように内側に設置し、ボルトの頭が外側となるように配慮した。

4. 既設部材の補強

鉄道橋から歩行者利用の展望施設へ用途変更となるため、歩道橋の現行基準を適用することとした。

(1) 耐震設計方法

レベル2地震動に対しては、落橋に対する二次的被害を防止するため、道路橋示方書に準拠し、耐震性能3を確保する方針とした（表—2）。

解析モデルは、上部工は2主桁の剛性を換算した1本棒モデル、鋼トレスル式橋脚は部材ごとにモデル化した立体モデルとし、レベル2地震動に対して非線形域となる可能性のある支柱基部をファイバーモデル

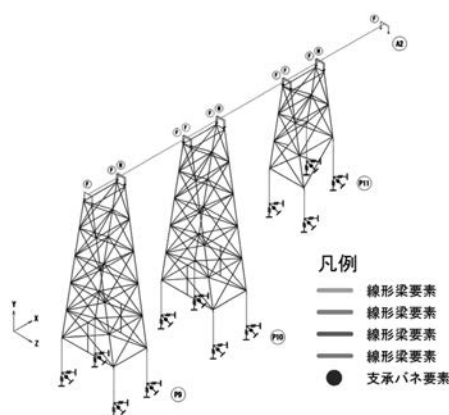
表—2 設計地震動と目標耐震性能及び照査方法

レベル1 地震動	耐震性能1 ・地震によって橋としての健全性を損なわない（地震前と同じ機能確保） ・線形静的解析及び線形時刻歴応答解析の実施
レベル2 地震動	耐震性能3 ・地震による損傷が橋として致命的とならない（落橋しない） ・非線形時刻歴応答解析の実施

とした。入力地震波は、当該地域における過去の地震波形に対して加速度を補正した「余部橋りょう改築における設計地震動の設定（平成18年9月（財）鉄道総合技術研究所）」に示される地震動および「道路橋示方書Ⅴ耐震設計編（平成14年3月（社）日本道路協会）」に示される地震動を採用した。

安全性の照査では、落橋に対する安全性を確保するため、最大応答変位の照査と残留変位の照査を行った。

最大応答変位の照査は、ファイバー要素とした材料非線形と幾何学的非線形を考慮した複合非線形モデルによるプッシュオーバー解析を実施し、上部構造位置での変位急増点（橋梁全体系の降伏）を算出し、非線形動的解析により求める最大応答変位が降伏変位以下であることを照査した（図一2）。



図一2 解析モデル

結果、応答変位に達しても変位急増点は見られず構造全体系の安全性は確保されている。

(2) 既設部材の照査および補強方法

橋脚支柱はフランジ部の腐食による断面欠損を考慮した断面性能で、その他の部材は補修した部材の断面性能で照査を実施し、耐力が不足となる箇所について補強する方針とした。

上部工は、常時、風時、地震時（L1 および L2）で上部工部材の応力を照査した結果、鉄道橋から展望施設への転用のため活荷重が減少したことにより、曲げ応力度は許容応力度の50%以下と小さく、補強は不要であった。

橋脚支柱は、内側に追加した補強アングルによる断面性能でL2地震時の耐力が確保できたため、補強は不要とした。P10橋脚基部の斜材のみ防風時に発生応力度の許容値を超過したがタイプレート追加で耐力を確保できた。

橋脚基部は、レベル2地震動に伴う柱基部の上向き

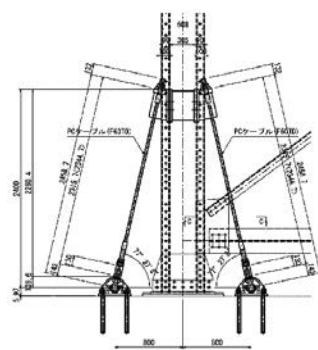
の力に対して既設アンカーの引抜耐力が不足するため、浮上がり防止を目的としたPCケーブルによる補強を実施した。

P9およびP10橋脚基礎の松杭（ $\phi 229 \text{ mm} \times \text{L}7.31 \text{ m}$ 程度）は、地下水位深において80年以上使用にしても腐朽は見られず健全な状態で残っていること、健全な場合に耐震性能にも優れているとの既往文献^{6), 7)}が出されている。当該基礎は、常時地下水位以深にあることおよび酸性土壌等の腐食環境下でないと考えられることから、健全な状態で残存しているものと判断される。よって、松杭は杭基礎としての挙動を示すと想定されることから、杭基礎モデルで解析した。なお、松杭の非線形性が明確でないことから、L2地震時においても杭、地盤を弾性体とした変位法により照査した。結果、変位、支持力とも許容値を満足したため、補強は不要とした。

(3) 落橋防止システム・支承部

落橋に対する安全性を確保するため、道路橋示方書に準拠した落橋防止システムを設置する方針とした。

A2橋台部の沓座拡幅設置、桁連結部の連結板の交換、橋脚ごとの上部工との緩衝連結チェーン設置、桁間への鋼製ブラケットを設置した。これらはトレスル式橋脚のデザインを阻害せず目立たないように設置した（図一3、写真一5）。



図一3 写真一5 PCケーブルによる橋脚基部補強

5. 展望施設のデザイン

土木遺産としての「歴史性」、展望施設としての「利用性」、利用者と周辺住民に対する「安全性」に特に配慮してデザインした（表一3）。

(1) 断面構成

鉄橋時代の面影を残すように、2本のレール（代用品）を橋面に残し枕木の長さ（約3m）を有効幅員と

表一 3 主な配慮事項

観点	主な配慮事項
歴史性	・既存の姿を極力変えない。 ・歴史ある姿との調和を図る。 ・新たな施設整備は最小限にする。
利用性	・高齢者や車椅子利用者等多様な来訪者が使いやすいように、バリアフリーに対応する。 ・日本海や周囲の自然などに対する眺望を確保する。
安全性	・積雪やつらら等、特に冬季の気候に対して配慮する。 ・投棄防止、墜落に対し、利用者及び橋梁下に対する安全を確保する。

する展望空間と、両側に位置するグレーチングの点検通路で構成した。

防護柵は、点検通路外側に転落防止柵、展望空間の両側に高欄を設置し、利用者に対する2重防護とした。床版構造は、床版下に枕木を設置し覗き窓から見える構造とするため、床版厚の薄い鋼床版を採用した。

(2) 展望施設としての仕掛けづくり

本施設は通常の展望施設と異なり、眺望が最も優れる場所に向かって進む施設ではなく、眺望対象である日本海と平行に配置される。また地上41mの高所かつ土木遺産の上を歩く特異な施設となる。そこで、鉄道遺構を歩く、高所を歩くという実感を与え、先端のP9側に向かって歩かせるストーリー性のある空間整備を行った。

(a) 日本海の眺望と浮遊感を楽しむ眺望ベンチ

P10橋脚上には、海側に3脚の木製ベンチ(1,850×550mm)を設置し、ゆったりとたたずんで日本海側の眺望や波の音を感じられるようにした。また、橋脚上に設置したためトレスル橋脚を真上から見られるようにした(写真一6)。

(b) 床面のガラス窓

P9～P10間の舗装面には、開口寸法1,000×600mmのガラス窓(ノンスリップ合わせガラス)を設置し、枕木や横構を見せて、「鉄橋の上を歩いている」とい



写真一6 眺望ベンチ

う感覚を利用者に感じさせる。

(c) 鉄橋の先端部分に手つかずの空間を残す

鉄橋の先端にあたるP9橋脚上を含む約14mは、鉄橋時代の姿がそのまま分かるように枕木や転落防止柵を残し、人が立ち入れない保存区間とし、転落防止柵越しに鉄橋時代の姿と接続されていたトンネルを見えるようにした(写真一7)。



写真一7 鉄道橋時代(上)と先端の鉄橋保存区間及び床面のガラス窓(下)

(3) 夜間や荒天時の安全対策

展望施設は夜間や荒天時に立ち入りできないように門扉で閉鎖することとした。門扉は高さ約2mとし、足がかりがない50mm以下の縦桟式とした。門扉支柱は展望施設のゲートになるため、地場材の神鍋石を用いた石柱とした(写真一8)。



写真一8 門扉(閉鎖時)

夜間閉鎖前の運用および防犯対策として、展望施設およびアプローチ部に照明を設置した。展望施設では目立たないように、線路側の転落防止柵支柱の忍び返し部に LED 照明を埋め込んだ。

6. 展望施設としての運用開始

2013 年 5 月 3 日、余部鉄橋「空の駅」展望施設として一般開放された。1959（昭和 34）年開業の余部駅設置前は余部集落の住民が隣の鎧駅まで余部鉄橋の上を歩いていたので約半世紀ぶりに余部鉄橋の上を人が歩いたことになる。同年 8 月には鉄橋下の「空の駅」公園施設も一般開放された。

施設は対岸に渡ることができなくなり橋としての役割は失ったが、展望施設化や公園化によって多くの人々が利用を通じて土木遺産としての橋の歴史や技術を知ることができるようになった。旅行会社が展望施設利用と日本海の魚介類料理とのツアーを始めるなど、土木遺産をそのままの姿で保存する以上の観光波及効果を生み出しはじめている。余部鉄橋建設時の鉄道が近代日本を牽引した時代から、観光産業振興が進む現代に合わせた機能転換ともいえる。



写真—9 地上からの展望施設を見上げる

時代に応じた保存・利活用で歴史的価値を後世に伝えていくことは立派な文化活動である。寿命を迎える橋梁が今後右肩上がりが増えていく中で、類似事業の参考となれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 兵庫県：余部鉄橋活用基本計画，2009 年 3 月
- 2) 福知山鉄道管理局：福知山鉄道管理局史，1972 年 12 月
- 3) 三宅次郎，岡村信三郎：山陰本線余部高架橋工事概況，工学会誌 第 350 巻，1912 年 4 月
- 4) 土木学会土木図書館所蔵
- 5) 沢和哉：余部鉄橋架設工事，国づくりと研修 No106，一般財団法人全国建設研修センター，2004 年
- 6) 三宅 祐司，橋本 茂，網田 克明：樋門基礎として 80 年以上経過したマツ材の性能，技術情報カード No45，徳島県農林水産総合技術センター森林研究所，2003 年 1 月
- 7) 久保 光，上杉章雄：足羽川における木杭基礎の掘出し調査，福井県雪対策・建設技術研究所年報地域技術 No20 2007 年 8 月

【筆者紹介】



中山 元（なかやま げん）
（株）オリエンタルコンサルタンツ
関西支店国土技術部 技師長



増田 貴充（ますだ たかみつ）
（株）オリエンタルコンサルタンツ
中部支店技術部
次長



大波 修二（おおなみ しゅうじ）
（株）オリエンタルコンサルタンツ
関東支店都市デザイン部
担当次長

土の史跡

機械化施工による近代改修工事

岡 本 直 樹

日本の原風景に融け込んだような河川堤防の形成が、機械化施工の始まりであるとする人は少ない。そんな明治期からの近代河川改修の代表例を河川の成立ちから紹介する。また、機械化施工による土堰堤築造の黎明期に誕生した多摩湖・狭山湖についても記す。併せて、それらの建設当時を知るための展示資料館を案内する。

キーワード：土木史、土木遺産、機械化施工、河川改修、淀川改修・利根川改修・大河津分水・荒川放水路・石狩川改修、村山貯水池、山口貯水池

1. はじめに

日本の土木工事は弥生時代の水稲栽培に伴う灌漑に始まり、ため池や治水に関する遺構が多く残っている。近年、土木遺産や産業遺産等がブームとなっているが、「土の史跡」が注目されることは少ない。一般的な遺産・遺構（建造物）の石造りやコンクリート造りの構築物と違って、堤防等の土構造物は自然に融けこみ、あまりその存在を主張しない。そのためその建設の時代や建設法に想像が及ぶことはない。しかし、近代の「土の史跡」はその隠された建設法にこそ魅力がある。そこで、そんな近代改修工事の代表例と建設当時を窺える併設展示資料館を紹介する。

2. 河川改修

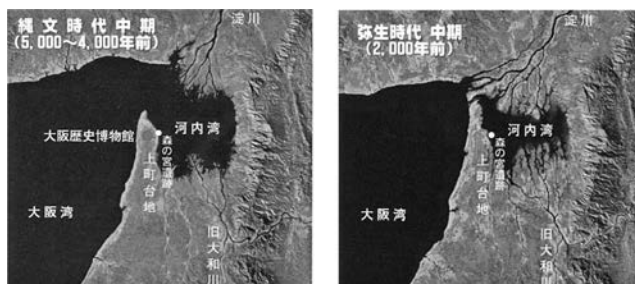
明治29年4月に河川法が制定され、指定河川の直轄河川改修工事が始まった。この背景には洪水が頻発していて、内陸輸送も舟運から鉄道網への移行が進み、河川改修は低水工事から高水工事への転換が要請されていたことが挙げられる。また、財政的にも日清戦争の賠償金により社会資本整備の拡大が可能となった。

明治32年に手始めの淀川改修工事に本格的な機械化土工が導入され、ラダーエキスカベータと土工機関車による河川土工スタイルを確立した。そして、これ以降の主要河川改修工事に展開し、全国の河川堤防の原型が形造られた。また、これらの河川改修は水はけの悪かった河川周りの湿地帯を良田に変え、都市周辺

では土地の高度利用を推し進め、都市化・産業化により様相を急激に変貌させた。

(1) 新淀川放水路の開削

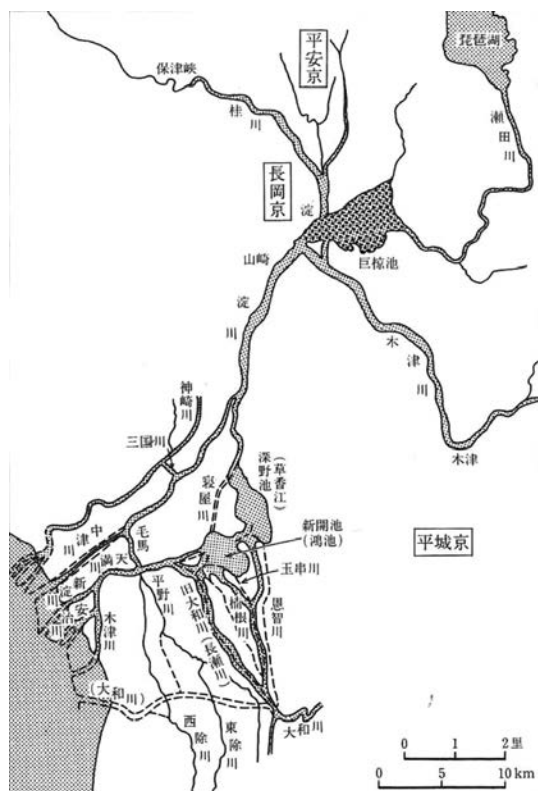
大阪平野は、縄文時代前期に海面上昇（縄文海進）により海となり、半島化した上町台地に回り込んで河内湾となっていた（図—1）。やがて海面後退と淀川や大和川が運ぶ土砂の堆積により河内潟、河内湖と変遷し、更に陸化が進んで沖積平野が形成された。



図—1 古代の大阪平野（河内湾）

淀川流域は、琵琶湖からの瀬田川（宇治川）と桂川、木津川が巨椋池（戦前に干拓）付近で三川合流して淀川となって大阪へ流れ、大阪平野は幾つもの川が縦横に流れていた（図—2）。平安時代には京の都と大阪湾を繋ぐ大動脈となり、水利や舟運に恵まれた大阪はやがて「水の都」として発展するが、淀川は澱んだ川で洪水被害には度々見舞われた。

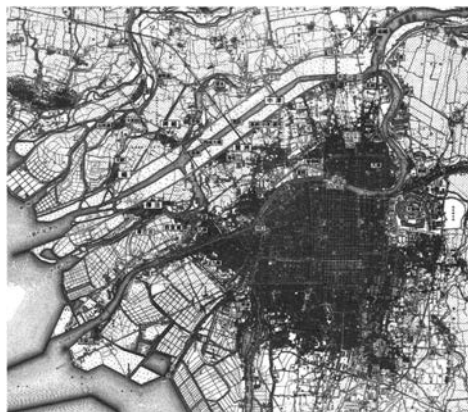
明治元年になると新政府は治河史を置き、治水と蒸気船による淀川舟運を図り、明治3年に早くもバケツト浚渫船2隻を輸入して安治川に投入している。その



図一 中世の淀川流域

後、デ・レーケ等のお雇い外国人技師達を招聘して、淀川修築を進め、明治20年には13隻の蒸気船が大阪～伏見間に就航するようになっていた。また、明治18年に着工した琵琶湖疎水は、若き田辺朔郎が計画し、衰退しつつあった京都を総合開発計画で再生させ、明治28年に竣工した。一方、明治18年の淀川大洪水をきっかけに、沖野忠雄が邦人初の河川改修計画を明治27年に作成し、明治29年の河川法制定を待って、淀川改修工事に着手した。

明治32年8月に機械化施工を開始、淀川改修工事は3工区に分かれ、下流の佐太～海口16kmが第1工区の「新淀川放水路」の開削区間(図一3)となる。浚渫土量570万 m^3 、堤防築立31km、この大土工を

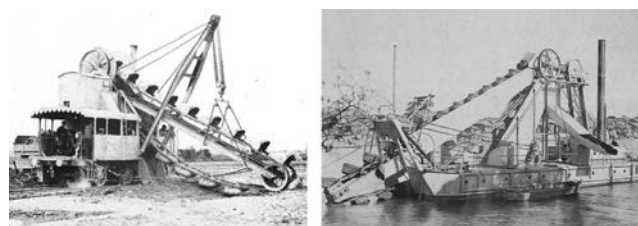


図一 新淀川放水路

6年で完遂するため本格的な機械化土工を初めて導入し、工区主任三池貞一郎が陸上の機械化土工を指揮した。

投入機械は、大型浚渫船4隻、小型浚渫船2隻、仏アッシプルレ製ラダーエクスカベータ(120 m^3/h)×3台、英国製20t機関車×6台、30ポンド軌条と半坪(3 m^3)木箱トロ660台、仏ドコービルの9ポンド軌条と5勺(0.3 m^3)鍋トロ760台等を使用した。

明治改修時の建設機械の写真はあまり残されていないが、写真一1が代表的なものである。写真一2は、若き沖野忠雄(右端)と補佐した原田貞介(前列)や三池貞一郎(左端)が写っている。



写真一 エクスカベータとバケット浚渫船



写真二 沖野達



写真三 淀川資料館

この当時の淀川改修工事の様子を知るには、「淀川資料館」(写真一3)に行くといよい。京阪牧方市駅より徒歩7分の淀川河川事務所横にある。展示には淀川の自然環境や歴史コーナ等があり、改修工事当時が窺える。また、企画展示や開架式図書もあり「淀川百年史」等を閲覧できる。淀川改修の展示は、大阪歴史博物館等でも観ることができる。

(2) 利根川改修工事

利根川はかつて東京湾に注いでいたが、江戸時代初期の60年間において数次の付替え工事「利根川東遷」(図一4)が行われ銚子沖の太平洋に流れるようになった。

河川法制定後の利根川改修計画では、烏川と利根川の合流地点から河口までを改修し、栗橋地点の計画高水流量を3,750 m^3/s とした。

利根川第I期改修の銚子～佐原(42km)は、明治33～42年12月に行われ、蘭製600坪、400坪、200坪、

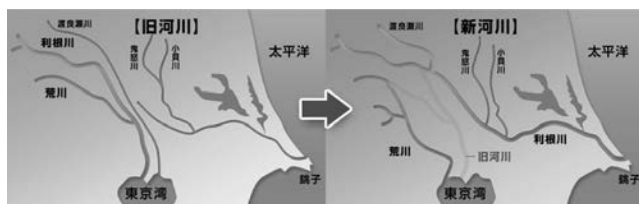


図-4 利根川東遷

100坪等のロングシュー式、ラダー式、ポンプ式、摺上式を輸入、9ポンド鉄枕軌条、木造7寸トロ3,600台を投入した。第Ⅱ期改修の佐原～取手(52km)は、明治40年に着手され陸上機械化施工も始まり、第Ⅲ期改修の取手～芝根(110km)も併行して明治42年に着工された。しかし、明治43年8月に中条堤が破堤し利根川は大洪水、23万haが浸水して東京市区は冠水した。このため、明治44年に栗橋地点の計画高水流量を $5,600\text{ m}^3/\text{s}$ に引上げた。第Ⅲ期改修時の投入機械は、200坪ラダーエキスカベータ16台、土工用20t蒸気機関車を17台使用し、掘削数量2億1,400万 m^3 となり、パナマ運河1914年開通時の掘削量1億8,000万 m^3 を上回った(写真-4, 5)。

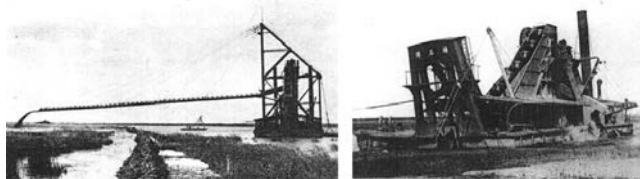


写真-4 利根川Ⅲ期の浚渫船

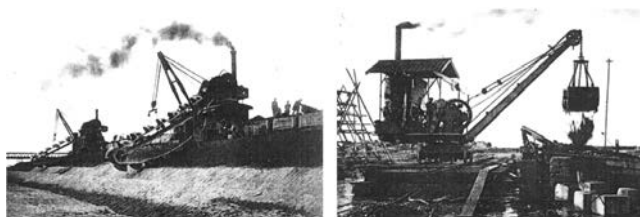


写真-5 エキスカベータとプリストマン

利根川改修を知る「利根川資料閲覧室(旧利根川資料館)」は、JR栗橋駅から徒歩15分の位置にある利根川上流河川事務所横に併設されている。プレハブであるが、驚くほど資料が充実している。1階が資料庫で2階が閲覧室となっている。しかし、近年は3日前の予約制になっているようなので、注意が必要である。

(3) 信濃川大河津分水(図-5)

越後平野は大河津分水ができるまで、潟や沼の多い広大な低湿地帯で、信濃川の流れは幾筋にも分かれて曲がりくねり、ひとたび氾濫すると、家屋や田畑が長期間湛水するため赤痢やコレラ等の伝染病が猖獗し多

くの人命が奪われた。繰り返す水害をなくすために、人々は信濃川を分水して洪水を日本海に流す大河津分水の建設を幕府や明治政府に訴え続け、明治3年に漸く着工されたが、洪水被害地区と河口港の利害対立や技術的問題を生じ、8年に断念されてしまった。

断念した分水工事が明治42年に機械化施工で再開される。掘削土量2,878万 m^3 、主任技師は新開寿之助が担当。投入機械は、200坪掘(1,200 $\text{m}^3/10\text{h}$)長梯鋤簾式掘鑿機(独 LMG 製 80t ラダーエキスカベータ)×12台、200坪掘短梯鋤簾式掘鑿機(新潟鉄工所製 40t ラダーエキスカベータ)×4台、100坪(600 $\text{m}^3/10\text{h}$)掘スチームナビー(英国製 46t スチームショベル)×2台を導入して、東洋一の大規模機械化土工となる。土砂部をラダーエキスカベータで、軟岩部をスチームショベルで掘削した(写真-6, 7)。



図-5 信濃川下流域



写真-6 山間部掘削のエキスカベータと土工機関車



写真-7 長梯鋤簾式掘鑿機とスチームナビー

運搬は20t機関車+3m³積土運車×25両を一列車とし、20t機関車20台と10t機関車2台、3m³木箱トロ×1,700両、人力ドコービルは、0.3m³鉄製鍋トロ×2,000両を使用。

平地部の掘削は、短梯掘鑿機4台による搔上げ掘り、高地部掘削は、左岸EL.15m以上は人力掘削（人力トロ運搬）、その他は長梯掘鑿機3台による2・3段搔上げ掘り、山間部掘削は、左岸は急峻でほとんど人力掘削、上流EL.12m以下と下流EL.24m以下は長梯掘鑿機3台を使用。右岸のEL.66m以上は人力掘鑿トロ運搬で3m高さ毎の階段状に掘削した。機械掘削はEL.57m～12mに掘削深度12m毎の掘削線を設け、EL.12m以上は搔下げ掘削、EL.12m以下は搔上げ掘削。スチームナビー2台、長梯掘鑿機11台（3台は高地部より流用）、短梯掘鑿機1台（平地部より流用）。爆破穿孔は当初は人力による突タガネであったが、大正5年以降は15馬力石油発動機式可搬空気圧搾機と汽力65馬力固定空気圧搾機によりジャックハンマを使用した。

13年余りの歳月を掛けて大正11年に通水に漕ぎ着けたが、通水から5年後の昭和2年6月に自在堤が洗掘により陥没倒壊した。修復工事は内務省が威信をかけ青山士と宮本武之輔等が取組み、昭和6年に完了した。この間の様子は、田村喜子の「物語分水路」にも描写されている。近年は、老朽化した洗堰の改築事業を平成12年に完成させ、15年より可動堰の改築に着手して23年に竣工した。

「大河津資料館」は分水路入口にあり、周辺地形や可動堰の模型、ジオラマ（長梯エキスカベータとナビー）、発掘鍋トロ等を展示し、開架資料も豊富で宮本武之輔の日記や著作集も揃っている。



写真—8 関屋分水路と新潟大堤橋

また、信濃川河口手前（図—5上部）に関屋分水路が、新たに開削され昭和47年に通水している。この工事はショベル&ダンプトラック工法であったが、モータスクレーパも投入された。分水路河口の新潟大堤橋（写真—8）左岸の関屋出張所横に、コンパクト



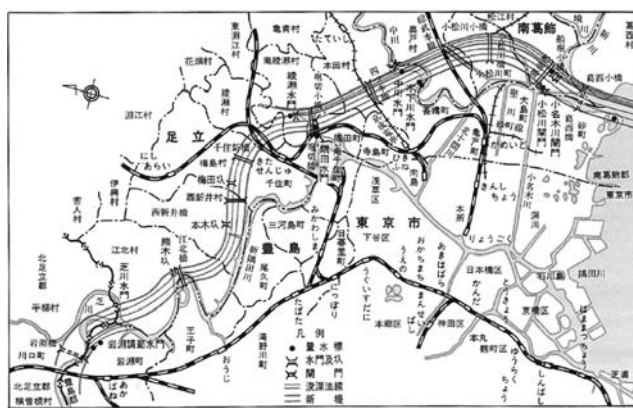
写真—9 新川放水路開削（文政3年（1820））

な「関屋分水路資料館」がある。更に、本川河口近くまで足を延ばすと「新潟市歴史博物館みなとぴあ」があり越後平野の歴史に触れることができる。写真—9は、館内展示の新川放水路開削時（江戸時代）のジオラマである。

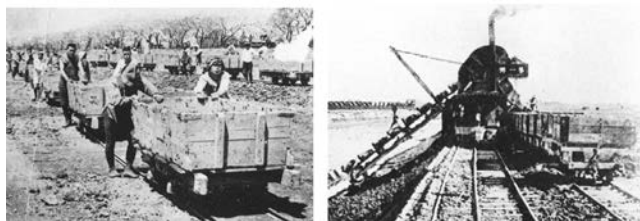
（4）荒川放水路の開削

荒川放水路は、東京の下町を水害から守る抜本対策として明治44年に着手された。放水路の延長は22km、川幅455～582mで開削され、掘削土量は2,180万m³、築堤土量1,204万m³となった。掘削は図—6のように高水敷を人力掘削とし、低水路上部3.7mをラダーエキスカベータ（写真—10）で掘削し、20t機関車牽引の3m³トロロッコで運搬して築堤に流用した。低水路底部は浚渫船（写真—11）により掘削し、浚渫土は旧川の締切や埋立等に利用した。

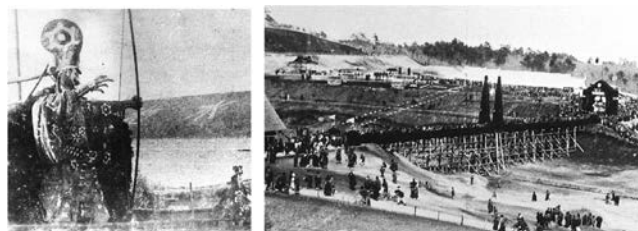
「荒川知水資料館」（写真—12）は隅田川との分流



図—6 荒川放水路の改修平面図と断面図



写真一10 人力掘削と機械掘削



写真一13 村山調整池上堰堤竣工式の鎬矢と通水式



写真一11 浚渫船

写真一12 荒川知水資料館

点の岩淵にある荒川下流河川事務所の横である。JR 赤羽駅から歩いて行ける。展示は1階で荒川の自然を紹介し、2階で荒川放水路開削の様子を知ることができる。青山土のコーナやエキスカベータのジオラマ等も展示されている。3階の交流スペースには、河川関係の図書棚が用意されている。そこにある「荒川放水路物語」は、地元小学校教員の絹田幸恵がその建設史を綴ったものである。

3. 多摩湖と狭山湖

狭山丘陵の多摩湖と狭山湖は、風光明媚な憩いの場所として周辺住民に親しまれて、近年ではトトロの森として周辺の里山の保存運動が進んでいる。この湖は、正式には村山貯水池と山口貯水池と称し、東京の水瓶として、東京市水道局が大正から昭和にかけて狭山丘陵の二つの溪谷を堰堤で締切って造った人造湖である。

近年の山口貯水池堤体強化工事開始前に現地を訪れたとき、住民説明用の大型パネルに建設当時の写真が多数展示されていて、蒸気式の建設機械やアースダムの堤体敷に張巡らされた軌道に驚いた覚えがある。

村山貯水池は大正5年着工し、13年に上貯水池が竣工し、下貯水池は昭和2年の竣工となっている。写真一13は、上堰堤盛土竣工式の鎬矢の儀（烏帽子に東京市のマーク）と通水式である。資材運搬や運土に村山境線（図一7）や羽村村山線（図一8）のような軽便軌条が敷設され、堤体の締固めには蒸気ローラ（写真一14）を導入した。

山口貯水池（狭山湖）工事は、内地で当時最大級のアースダム（150万 m^3 、堤長691m）となり、昭和4年に堤体掘削に着手、堤体盛立は5年3月に開始し、



図一7 軽便軌条路線図



図一8 羽村村山線



写真一14 蒸気ローラ

写真一15 粘土試験所



写真一16 山口調整池の土取場と堤体敷の線路網

2千人が昼夜3交代により2年4ヶ月で盛立てた(720立方坪/日)。プロクタの締固め理論が確立されていない時代に、粘土試験室(写真—15)を設置して、初めて盛土材の物理的・力学的試験による管理が行われた。蒸気ローラ(英製10t×2、米製8t×2、補助英製6t×1)により、盛土締固め厚3寸(敷均厚5寸)、粘土止水壁は締固め厚1.5寸(敷均厚3寸)で施工した。掘削積込みは最新の内燃機関建設機械を輸入した。1.5yd³ディーゼルショベル(DS)×3台(新規購入)、3/4yd³DS×1台(鉄道省より借入)、3/4yd³スチームショベル(SS)×2台(東電より購入)、5/8yd³SS×1台(東京市土木局より譲受)、計Bucyrus製ショベル7台。

機関車は、3.5～7tGL(ホイットコム、加藤、プリマウス)×20台、5～7tDL(ドイツ社)×6台、5tSL(大日本軌道部)×2台である。2合積鍋トロ×300台等を投入し、盛体内の線路は18ポンド軌条、250間×15線を敷設した(写真—16)。

軽便鉄道羽村村山線について付け加えると、村山貯水池の建設に際し、大正10年に多摩川の羽村堰付近から引水の導水管を敷設するため7.5kmの工事用線路を敷設した。3年後、工事終了により撤去されたが、昭和4年に山口貯水池堰堤の砂利運搬のために復活し、軽便鉄道羽村山口線となり、前述の機関車28台と450輦以上のトロッコが活躍し、昭和19年の堰堤耐弾層の工事まで使われた。現在、その軌道跡の一部が野山北公園自転車道(写真—19)となっている。



写真—17 耐震強化工事時の山口貯水池と村山貯水池



写真—18 東村山ふるさと歴史館



写真—19 自転車道



写真—20 東大和市郷土博物館と武蔵村山歴史民俗資料館

近年、山口調整池と村山調整池の堰堤は、それぞれ平成10～14年と平成15～21年に堤体の耐震強化工事が行われ、戦時中に施された耐弾層の撤去と強化盛土として下流側の抑え盛土を造り直している(写真—17)。

両貯水池の建設史や軽便鉄道について知るには、周辺に「東村山ふるさと歴史館」、「東大和市郷土博物館」、「武蔵村山歴史民俗資料館」がある(写真—18, 20)。

4. 石狩川流域の開拓

明治初期、北海道の玄関口小樽港に着くと、石狩川河口から篠路を経て伏籠川を遡上して開拓使のある札幌を人びとは目指した。この石狩川流域の発展と共に北海道開拓は進められていく。発見された幌内炭鉱の石炭輸送に石狩川を利用しようとしたが、河川未整備のため断念、代わりに幌内鉄道が小樽西の手宮まで敷設された。石狩川も汽船の運行とともに整備が進み、幌内鉄道と石狩川の水運が交わる要衝として江別が発展した。明治22年には外輪船の上川丸が就航している。

石狩川は毎年春の雪解け水を氾濫させていたが、明治31年に未曾有の大洪水を引起こした。連続的な豪雨に続いて大暴風雨が襲い、氾濫は幅40km、延長100kmに亘り、琵琶湖二つ分の巨大な湖が忽然と出現した。

この大洪水の翌月に「北海道治水調査会」が設立され、水位観測を始める一方、中心技師岡崎文吉は欧米の河川管理の実状を視察調査した。そして、明治43年に岡崎が道庁に提出した「石狩川治水計画調査報告」は、内地と違った北海道原野での石狩川改修の方向性を示した。蛇行した流れをそのまま残し、護岸と別の放水路を利用するが、河川の過剰な矯正を避けた「自然主義」と呼ばれたものである。岡崎は石狩川治水事務所長として、明治43年に第1期治水工事を生振～篠路の放水路掘削から開始した。しかし、河川事業のドンとなっていた内務技監沖野忠雄が大正6年に来道し、彼の捷水路(ショートカット)主義と対立し、岡崎は北海道を去ることになった。これにより石狩川改



写真—21 石狩川の浅瀬船とエキスカベータ

修（写真—21）は、捷水路工法に大きく転換した。大正8年には工事の拠点基地として「江別機械工場」（写真—22）が造られ、機械・器具の製作や修理から資材補給等を行った。尚、石狩川生振捷水路は、平成14年に土木学会選奨・土木遺産に認定されている。



写真—22 江別機械工場と河川防災ステーション

戦後には、食糧増産のため世銀の融資を得て、江別北側の篠津原野の泥炭地開発事業が進められた。このとき泥炭地を克服するために、日特が三角シューを考案して湿地ブルドーザが誕生した。

近年、岡崎の自然主義が環境面から再評価されていて、捷水路を蛇行河川に戻す試みも行われている。写真—23は、本誌2013年5月号自然再生特集で表紙を飾った釧路川の蛇行復元の写真である。



写真—23 釧路川の蛇行復元

石狩川の歴史は、石狩放水路への分流地点にある「川の博物館（旧石狩川治水資料館）」を訪ねるとよい。治水の歴史や岡崎文吉の紹介コーナーがあり、文吉使用の旧式プランメータが目を惹く（写真—24）。そして、江別町大川通にあった江別機械工場（後の開発局建設機械工作所）跡地は、「江別河川防災ステーション」となっていて、ここにも展示がある（写真—22）。1階の吹抜けに前述の外輪船「上川丸」の実物大模型が空中に据付け展示されている。2階には船着場のジオ



写真—24 川の博物館と文吉のプランメータ

ラマや開架図書や資料があり、事務所内の閉架図書も閲覧可能である。

更に時間に余裕があれば小樽まで足を伸ばして欲しい。廣井勇の小樽築港、小樽運河、幌内鉄道の手宮機関区、開拓時代の土木遺産の宝庫である。

5. おわりに

土の遺構は風景に融け込んで目立たない。日本の原風景のようになった河川堤防は、明治30年頃からかたち造られている。そんな土の近代土木遺産の代表例を紹介した。ぜひ近くの資料館を訪れてその黎明期の機械化施工に触れて欲しい。

J C M A

《参考文献》

- 1) 淀川百年史, 近畿地建, '74.10
- 2) 水都大阪と淀川, 大阪歴史博物館, '10.9
- 3) 利根川百年史, 関東地建, '87.
- 4) 信濃川大河津分水誌, 長岡工事事務所, '68
- 5) 都市を往く荒川, 荒川下流工事事務所, '90.2
- 6) 山口貯水池工事に就て, 土木建築工事画報, '32.10
- 7) 湖郷, 東村山ふるさと歴史館, '10.7
- 8) 東大和を走った軽便鉄道, 東大和市交通史研究会, '04.5
- 9) 武蔵村山の軽便鉄道, 市立歴史民俗資料館, '10.3
- 10) 石狩川治水史, 北海道開発局, '80.
- 11) 建設機械工作所七十年史, 北海道開発協会, '91.3
- 12) 松浦茂樹, 国土づくりの礎'97.6
- 13) 岡本, 機械化土工のあゆみ, 土木施工'09.8,
- 14) 岡本, 工事用の軽便軌条小史, 建設機械施工'14.5
- 15) 国土交通省各河川事務所 HP
- 16) 土工教室 / 土工機械史, <http://www.yamazaki.co.jp>

【筆者紹介】

岡本 直樹（おかもと なおき）
建設機械史研究者



豊岡市新庁舎建築工事に伴う 旧本庁舎の曳家改修工事

河 本 潔・瀧 本 賢 治・恒 川 聡

コウノトリの飛ぶまちで知られる豊岡市の中心に位置する豊岡市役所の旧本庁舎は、北但大震災（1925年5月）の復興シンボルとして震災直後に建築家・原科準平の設計により1927年に建築された近代建築である。平成17年に兵庫県の北但1市5町が合併して豊岡市になったことで、豊岡市新庁舎が今回新築整備された。

本報告は、新庁舎の一部として保存・活用するために移設・改修された旧本庁舎の曳家工事及びレトロフィット免震工事についての施工の記録である。

キーワード：近代建築物、歴史的建築物、曳家、レトロフィット免震

1. はじめに

本報告は、豊岡市役所の旧本庁舎における曳家改修工事及びレトロフィット基礎免震工事について、施工の取り組みを報告する。

豊岡市新庁舎建設工事は、築80年を経過した豊岡市役所の旧本庁舎を新庁舎の一部として保存・活用するために、旧本庁舎を曳家改修工事で移設後、その跡地にRC造7階建の新庁舎を建設する工事である。

曳家工事の移設距離は約25mで、レトロフィット基礎免震工法による耐震改修も実施した。

旧本庁舎は、大正14年5月の北但大震災後、昭和2年に震災の復興シンボルとして建築されたものである（写真―1）。

旧本庁舎は、建築家 原科準平によって設計され、アーチ窓や持ち送り風の装飾、メダイヨン（円形飾り）などの幾何学模様の装飾など、当時としては画期的な



写真―2 昭和27年に建築当時の雰囲気を残して3階部分が増築された曳家前の旧本庁舎（豊岡市ホームページより）

洋風建築であり、「堅実宏壮、県下五州町村役場多シト雖、未タ曾テ其比ヲ見ス」（豊岡市史）と誇示されるほどの建物であった。当時は2階建てであったが、昭和25年の市制施行にあわせて、昭和27年に当時の雰囲気を残しつつ3階部分を増築しているが、周辺の建物とともに震災の復興建築群として認識されている（写真―2）。

2. 旧本庁舎の工事概要（写真―3）

建物名称：豊岡市本庁舎

所在地：兵庫県豊岡市中央町2番4号

用途：市役所

設計者：原科準平（1881～1951）

竣工年：1, 2階新築 昭和2年（1927年）
（築85年）



写真―1 建築当時の豊岡町役場（豊岡市ホームページより）



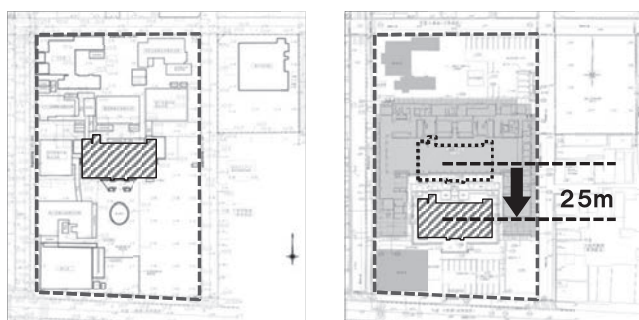
写真—3 完成写真

3階増築 昭和27年(1952年)
 構造規模: 1, 2階: RC造,
 3階: S造(一部木造)
 基礎形式: 松杭基礎(独立フーチング)
 建築面積: 528.32 m²
 延床面積: 1,480.98 m²
 階数: 3階
 曳家工法: 基礎共移動工法
 建物重量: 約30,000 kN
 (内、補強地中梁 約18,000 kN)
 転動装置: 16箇所 推進装置: 4箇所
 移設距離: 約25m
 改修工法: レトロフィット免震工法
 天然ゴム系積層ゴム支承 4基
 十字型直動転がり支承 23基
 鉛ダンパー 4基
 鋼材ダンパー 4基
 オイルダンパー 4基

3. 旧本庁舎の建物配置

新しい庁舎を建設するにあたり、敷地の制約で旧本庁舎の位置を南側に約25m移設する曳家を実施した。

旧本庁舎の移設前と移設後の建物配置を以下に示す(図—1)。



図—1 旧本庁舎の移設前後の配置

4. 施工記録

旧本庁舎において今回実施した曳家工事及びレトロフィット免震工事について、以下に順次説明する。

(1) 旧本庁舎の補強・基礎梁の構築

一般に曳家工事では、建物下部を掘削して建物の下に軌条レールを敷き、建物を油圧ジャッキで押して移動させる。旧本庁舎内部の既存の基礎・柱は独立しており、曳家時のジャッキアップ・移動に伴う水平力等に耐え得るように、元位置において基礎梁を繋いで補強する必要があった。

(a) 旧本庁舎の仮設補強

[平成23年(2011年)6月～9月]

まず、建物下部の作業をするために1階土間スラブを撤去及び掘削しても建物が倒壊しないように、予め耐震診断により補強用応力解析を行い、桁行き方向の外壁の一部に鋼材等を配置して建物の仮設補強を実施した。

(b) 建物内部及び外周掘削・礎盤の構築(写真—4)

[平成23年(2011年)9月～10月]

旧本庁舎の仮設補強が終わった後、まず1階土間スラブの全面撤去を行った。その後、建物内部及び外周部の掘削を行った後に、移設時に転動路盤(レール)を設置するための礎盤のコンクリートを建物下部に打設した。

(c) 1階床組の築造(写真—5)

[平成23年(2011年)10月～11月]

旧本庁舎が曳家時の水平力等に耐え得るように、基礎梁の新設と1階床の再構築を行った(図—2)。

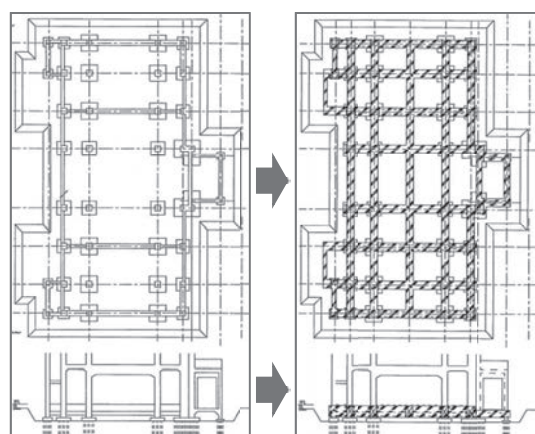
新設基礎梁の築造では、既存の独立柱をつなぐ長手方向の地中梁のコンクリートを打設した後に、既存柱と新設地中梁が付着面でズレないようにするために、柱周りでPC鋼棒を締め付けて緊張させることによ



写真—4 建物内部の礎盤の構築



写真—5 新設地中梁の構築状況



(左) 既存独立柱 (右) 新設基礎梁

図—2 新設基礎梁の築造範囲

り、既存柱と新設地中梁の一体化を図った。

長手方向の地中梁のPC鋼棒による一体化が終わった後に、直交する方向の地中梁のコンクリートを構築した。

その後、1階スラブを再構築したが、1階床スラブを全て築造してしまうと次工程作業ができなくなるため、1階床スラブに交互に作業用の仮設開口を設けた。

(2) 移転先の耐圧版の築造

旧本庁舎の建物本体の基礎補強等の準備工事と平行して、南側の建物移設先では、地盤改良と鋼管杭の打設を行った後、免震層の下部基礎スラブとなる新設の耐圧版の築造を行った。

(a) 地盤改良及び新設杭の築造

[平成23年(2011年)8月～10月]

地盤改良では、液状化対策を目的とした静的締固め砂杭(φ700mm、深さ1FL-11m)による静的締固め砂杭工法を採用した。

砂杭の施工管理としては、杭材料の砂の材質確認、施工中は施工機搭載の施工管理計器システムによる深度計と砂面計による計測管理、施工後は事後ボーリン

グ(指定箇所)による液状化性能確認及び出来型(位置、間隔、砂杭径)の確認を実施した。

新設杭打設は、場所打ち鋼管コンクリート拡底杭工法を採用した。杭径は800～1,600mm、杭先端深さは1FL-43.6m(杭実長39.45m)、本数は合計26本の打設を行った。

(b) 曳家礎盤、新設耐圧版の築造(写真—6)

[平成23年(2011年)11月～12月]

旧本庁舎の建物内部と同様に、移設地までの間にも転動路盤(レール)を敷設するための曳家礎盤(移設用仮設基礎スラブ:厚さ400mm)を築造した。

曳家移設先の南側敷地においては、新設の耐圧版(免震層の下部基礎スラブ)を築造するための掘削を行い、掘削が完了した曳家移設先に免震層の下部基礎スラブとなる耐圧版(厚さ:800mm)を築造した。



写真—6 移設先の耐圧版打設状況

(3) ジャッキアップ工事

基礎梁下にジャッキを配置して建物全体の重量を仮受けして、ワイヤーソーにて基礎を切り離した後に、旧本庁舎を650mmジャッキアップして持ち上げた。

(a) ジャッキアップ準備工事(写真—7)

[平成23年(2011年)12月]

旧本庁舎の基礎をワイヤーソーにて切り離すに当たり、建物をジャッキで一時的に仮受けした。

仮受け位置は、各柱周りに1,000kNジャッキ4台を配置し、所定軸力相当分の100%を仮受けで負担させた。約30,000kNの建物を合計64基のジャッキで対応。各柱のジャッキの配置は、梁補強後の各柱地軸力により配置を行った。

油圧ジャッキと計測器及び油圧ポンプをセットした後に油圧配管を実施し、その際、各ジャッキまでの油圧ホース長さは原則として等距離にした。

その後、新設の補強基礎梁下のレベルにおいて、現存基礎と補強基礎梁の間をワイヤーソーで柱切断を行い、旧本庁舎と現存基礎の縁を切った。切断後のレベ



仮受け状況



柱切断位置状況

写真一 柱周りの状況



写真一 8 ジャッキアップ状況

ル変位確認については目視にて行った。

(b) ジャッキアップ工事 (写真一 8)

[平成 23 年 (2011 年) 12 月]

各柱周りにジャッキを 4 台配置し、0～130 mm までのアップは 30 mm ストロークの 1,000 kN ジャッキ (安全ナット付き) を使用し、20 mm 毎で盛替え作業を行った。130 mm 以降は 75 mm ストロークの 1,000 kN ジャッキと鋼製サンドル (サポートジャッキ) を併用し、40 mm 毎に盛替え作業を行い、650 mm までのジャッキアップを行った。

ジャッキは油圧式と機械式を併用し、ジャッキアップは一度に全体を持ち上げた。

ジャッキアップ時は、各柱にワイヤー式変位計を設置し、PC 画面で各柱のジャッキアップ量と相対変位差を表示して、アップ量をリアルタイムで管理した。

(管理項目)

- ①変位量：各柱の相対変位量差はスパン間 1/2,000 以下で管理を行った。
- ②荷 重：所定柱荷重の± 10% 程度の荷重差以内で管理を行った。

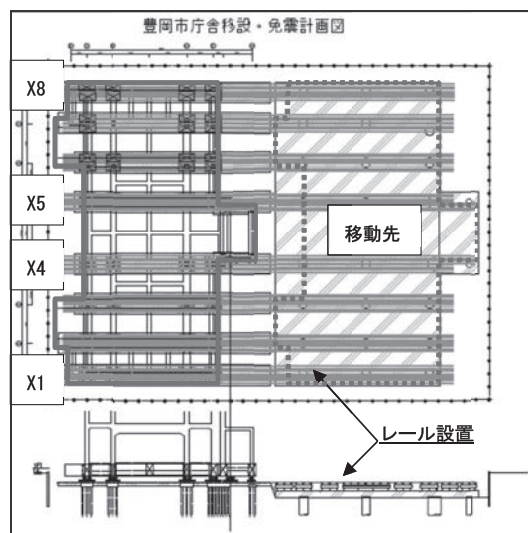
(4) 転動路盤の設置と建物の移動

ジャッキアップで持ち上げた建物を曳家移転先の南側敷地に移設するための転動路盤 (レール) と転動装置を設置した後に、油圧ジャッキで押して旧本庁舎を 5 日間かけて約 25 m 移動させた。

(a) 転動路盤及び転動装置設置工事

[平成 23 年 (2011 年) 1 月]

①転動路盤の設置 (図一 3、写真一 9)



図一 3 転動路盤の平面図・断面図



写真一 9 転動路盤設置状況

転動路盤の設置は、レール下の鋼製枕木を同一間隔で水平を確認しながら設置し、レール下端のレベル調整は、なじみ板を用いてばらつかない様に設置した。一組のレール4本の間隔は260 mmとし、二組を1セットとして8セット（全64本）のレールを、スケールで地墨を確認しながら設置した。

（使用材料）

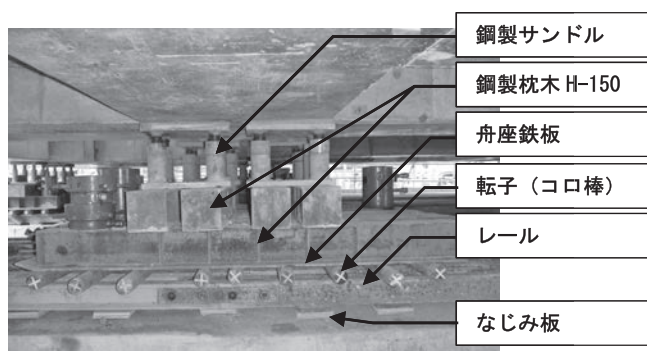
レール：0.3 kN/m × 4 列

鋼製枕木：山留主材 H-300×300×10×15 L=2.0 m,
H-350×350×12×19 L=2.0 m

なじみ板：薄ベニヤ板 $t=2.5\text{ mm} \cdot 5.5\text{ mm}$

ベニヤ板 $t=12\text{ mm}$

②転動装置の設置（写真—10）



写真—10 転動装置の側面から

転動装置は、転子（コロ棒） $L=1,100\text{ mm}$ 、 $\phi 60\text{ mm}$ のものを200 mm ピッチで設置し、舟座鉄板 $t=9\text{ mm}$ 、鋼製枕木 H-150 mm、鋼製サンドル（サポートジャッキ）を現場にて組み合わせて設置した。

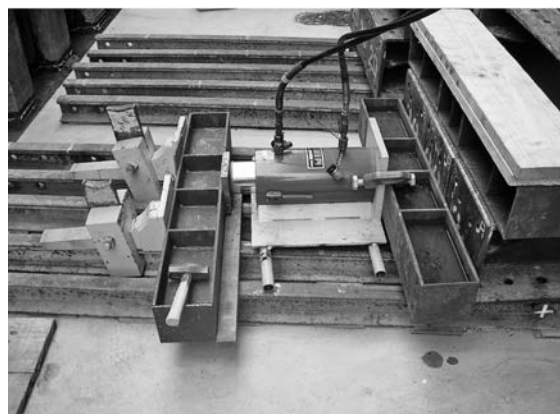
転動装置の設置にあたっては、転子（コロ棒）の本数・向き・両端の余長、舟座鉄板の前後・向きに留意して確認した。

転動装置設置時のプレロード荷重は、柱軸力100%を導入した。

（b）移動工事（写真—11）

〔平成24年（2012年）2月〕

建物を移動させるため1,000 kNの油圧ジャッキと



写真—11 油圧ジャッキによる推進状況

レールクランプを取り付け、レール挟み込み方式で反力を得ながら移動を行った。

X1, X4, X5, X8 通りの4箇所に各2台の1,000 kNの油圧ジャッキを設置し、0.38 m 毎に油圧ジャッキの盛り替えを行った。

推進力は、油圧ジャッキ1台当たり約130 kNで全体1,040 kNであり、油圧ポンプに圧力変換器を設置し、PC画面に表示して管理した。設計建物重量29,540 kNに対して、3.5%程度の推進力であった（通常移動時は6～7%）。

建物の移動は1日約5 mで、5日間で約25 mの移動を実施した（H24.2/2～2/4, 2/6, 2/7）。

移動距離は、ワイヤー式変位計をX1, X8 通りに設置し、その移動値をPC画面に表示して左右のバランスを管理した。

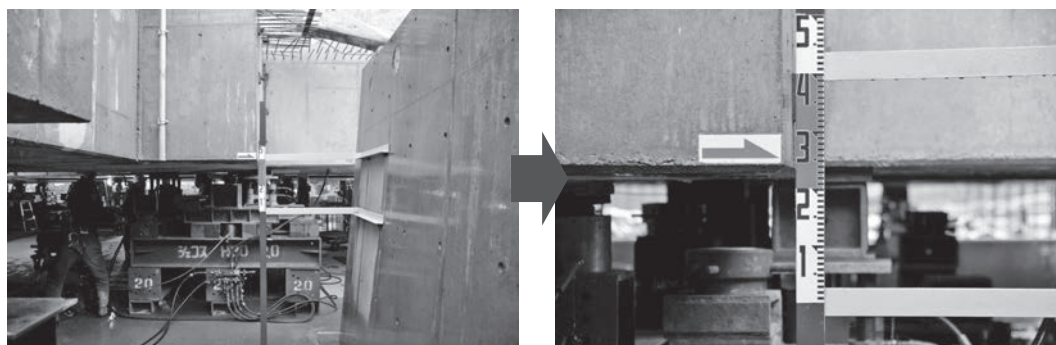
移動完了の確認は、建物の芯墨と耐圧版の地墨を下振り及びラインレーザーで確認を行った。

（5）ジャッキダウン工事と免震装置設置工事

移動が完了した建物の下部に免震装置の設置を行うために、免震装置設置高さまでジャッキダウンを行い、免震装置の据え付けを行った。

（a）ジャッキダウン工事（写真—12）

〔平成24年（2012年）2月～3月〕



写真—12 ジャッキダウンの状況

次工程の免震装置設置高さまで、466 mm のジャッキダウンを行った。

〔耐圧盤上面から基礎梁下面までの距離を 1,621 mm から 1,155 mm までジャッキダウンを実施〕

油圧ジャッキは、1,000 kN・75 mm ストロークを使用し、40 mm 毎に盛替え作業を行った。

変位量、荷重などの管理方法・管理項目は、ジャッキアップ時と同じ。

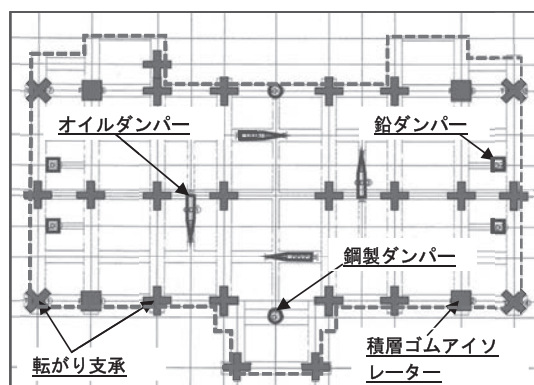
ジャッキダウン完了後、東面 X8 通りを基準に、西面 X1 通りを約 50 mm アップして不同沈下の修正を行った。

ジャッキダウンは、建物四隅の基準点をレベルにて確認して完了した。

(b) 免震装置設置工事

〔平成 24 年（2012 年）3 月～4 月〕

以下の手順で免震装置を設置した（図—4）。



図—4 免震装置の配置

①仮受けジャッキの設置

前工程の所定の高さへのジャッキダウン完了後、仮受けジャッキ設置を行った。

②下部アンカープレート設置

設置場所へ台車で水平運搬し、位置・高さを確認して据え付けた。

③免震下部基礎の鉄筋型枠・コンクリート打設

④免震プレート下の無収縮モルタル注入

免震プレート下の無収縮モルタルの注入に当たっては、事前に施工試験をして充填率調査を行った結果、空隙に少し形の大きいものが見受けられたが、充填率が 98.2% と合否判定基準の 95% 以上になっていたため合格とした。

⑤免震装置セット及びプレロード（写真—13）

免震装置及び上部アンカープレートを設置する。

ジャッキダウンして建物荷重が掛かった時に、免震装置に作用する鉛直変位の変動を小さくするためにプレロードを行った。



写真—13 プレロードケース設置状況

免震装置設置後に装置上部に設置したプレロードケース内に油圧ジャッキを挿入し、免震装置プレロードを実施した。油圧ジャッキからプレロードケースにプレロード荷重の受替えを行った後に油圧ジャッキを取り外し、プレロードケースは免震上部基礎にそのまま埋め込んだ。

プレロードの対象は、免震装置設置後に鉛直荷重の掛かる、転がり支承 23 基と積層ゴム支承 4 基の合計 27 基。

プレロード荷重の導入は、各柱の長期軸力に対して、転がり支承は分担荷重の 100%（積層ゴム支承は分担荷重の 50%）とし、5 段階に均等分割して載荷した。

プレロード荷重の除荷（プレロードケースへの受替え）は、3 段階に均等分割して除荷した。



写真—14 グラウト注入の前

- ⑥上部配筋型枠・コンクリート打設
 ⑦免震基礎上部と建物基礎下部の隙間にグラウトを注入 (写真-14)

(c) 外周復旧工事

[平成 24 年 (2012 年) 2 月～4 月]

移設前の敷地に残された礎盤の解体を行い、外周の擁壁・犬走りを構築し、埋め戻して復旧を行った。

5. おわりに

旧本庁舎は、大正末の北但大震災の復興のシンボルとして建築されたものであり、老朽化などにより庁舎の建て替えが検討されると、旧本庁舎を保存したいという市や市民の強い思いを受け、旧本庁舎を組み入れた形で新庁舎を建設することになったと聞く。

今回の曳家及びレトロフィット免震などの一連の工事により、市民の愛着と誇りという思いを引き継ぐべく、この歴史的に価値の高い建築物を更に 100 年先の後世まで伝え、長く残すための工事に携われたことを誇りに思う。

本施工報告が、今後の建築施工の参考となれば幸いである。

謝 辞

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

J C M A

[筆者紹介]



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



瀧本 賢治 (たきもと けんじ)
 (株)熊谷組
 関西支店 建築事業部
 作業所副所長



恒川 聡 (つねかわ さとし)
 (株)熊谷組
 関西支店 建築事業部
 作業所長

平成 27 年度版 建設機械等損料表 発売中

■平成 26 年度版に対する変更点

- ・損料算定表の諸元記載要領も変更し読み易さを改善
- ・「機械運転単価表」の作成例を、現行歩掛に合わせて見直し
- ・関連通達・告示に「東日本大震災の被災地で使用する建設機械の機械損料の補正」を追加

■B5 判 モノクロ 本編 592 ページ

■一般価格

7,920 円 (本体 7,334 円)

■会員価格

6,787 円 (本体 6,285 円)

■送料 (単価) 600 円 (但し沖縄県を除く日本国内)

注 1) 沖縄県の方は一般社団法人沖縄しまたて協会
 (電話: 098-879-2097) にお申し込み下さい。

■発刊 平成 27 年 5 月 9 日

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>

重要文化財修理工事（筑後川昇開橋修理工事）

田 中 晴 彦

有明海に注ぐ筑後川に架かる、重要文化財指定と機械遺産認定を受ける昇開式可動橋の筑後川昇開橋の可動桁滑車修理工事である。現場は、全長が507 mある橋の中央部分に位置する高さが30 mある吊り上げ鉄塔の塔頂部に設置されている、直径1240 mmの滑車修理工事である。重量が700 kgある滑車を地上に降ろし、原因調査と修理後再び、取り付けられるものである。滑車を取り外すことで可動桁の重量48 tと同重量のカウンターウエイトの固定作業及び、滑車の降ろし作業について紹介をする。

キーワード：重要文化財、機械遺産、ジンポール工法、河川上、保護

1. はじめに

筑後川昇開橋（旧筑後川橋梁）は、有明海に注ぐ筑後川河口より約8.5 km上流に位置し、福岡県大川市と佐賀県佐賀市を結ぶ橋である。橋は昇開式の可動橋で、昭和10年に旧国鉄佐賀線の鉄道橋として建設され、昭和62年まで列車が走っていた。現在は、可動橋の機能を残しつつ、遊歩道として活用され、重要文化財指定と機械遺産認定を受けている観光施設である（写真—1）。



写真—1 筑後川昇開橋全景

橋は、全長507 mの中央部分にある重量48 tの可動桁をそのまま水平に23 mの高さまで引き上げる構造となっている。昇開径間の両側に高さ30 mの鉄塔を立て、一方に巻き揚げ装置を設けワイヤーロープを導いて可動桁を昇降させている。左右の鉄塔内には、

20 tと28 tのウエイトを設け、鉄塔上部の滑車を渡って各単独にワイヤーロープを可動桁の両側に連結して重量を釣り合わせている。この鉄塔上部に設置されている直径1240 mmの滑車修理工事を行うことになった。

鉄塔上部の滑車は4基設置されている。故障した滑車はそのうちの1基であるが、すべての滑車を取り外し、分解して滑車やローラーベアリングの損傷状況を確認する。

施工するにあたり、重要文化財であることの認識と構造物への破損防止に重点をおくこと。また、作業場所が鉄塔上部で作業スペースに限りがあることから、滑車を地上に降ろす工法としてジンポール工法を採用することにした。

以下、修理工事の施工手順を紹介する。

2. 施工手順

（1）保護養生工

（a）進入路

資機材搬入通路となる遊歩道面の保護のために合板を敷き養生（大川市側196 m、佐賀市側286 m）を行った（写真—2）。

（b）鉄骨部

ワイヤーロープ設定部には、角材をあてがって保護養生を行った（写真—3）。

（2）仮吊りワイヤー設置工

ワイヤーロープ（φ30）を可動桁に大回して、鉄



写真—2 遊歩道保護養生状況



写真—3 鉄骨部の養生状況



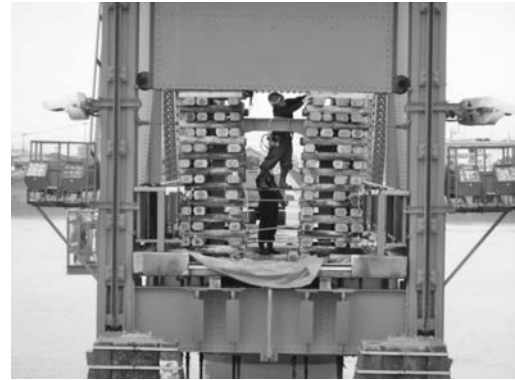
写真—4 仮吊りワイヤー設置状況

骨部に 10t と 5t のチェンブロック 4 基を使用して固定する。

ワイヤーロープ設定部は、ゴムマットを使用して保護した（写真—4）。

(3) カウンターウエイト仮受工

枕木を遊歩道上に敷き積み上げ、枕木とカウンターウエイトの間に油圧ジャッキを入れ、メインワイヤーロープが約 30 cm 程度緩むまで押し上げる（写真—5）。



写真—5 カウンターウエイト仮受状況

(4) ジンポールデリック設置工

はじめに、必要な資機材荷揚用電動ウインチを設置する。鉄塔上の床に枕木を敷き養生を行った後、縦 300 mm、横 300 mm、長さ 4000 mm のジンポールを組み立てる。ジンポールの先端部には作業用滑車の取付けとステーワイヤを 3 方向へ張り、チェンブロックとチルホールを用いて設定した（写真—6～9）。

(5) 滑車取り外し工

φ 1240 mm の滑車を取り外し、ジンポールデリックを使用して、30 m 下の遊歩道部まで下ろす。

ジンポールデリックに接続している動力は、遊歩道



写真—6 電動ウインチ設置状況



写真—7 電動ウインチ設置完了



写真—8 ジンポールデリック設置状況



写真—12 可動桁から遊歩道上へ下ろす



写真—9 ジンポールデリック設置完了



写真—13 遊歩道上の運搬

上に設置したウインチで行った。

可動桁滑車は、一度可動桁に降ろし、遊歩道側へ方向を変える（写真—10～12）。

滑車は修理のため工場へ（写真—13, 14）。



写真—10 可動桁滑車取り外し状況



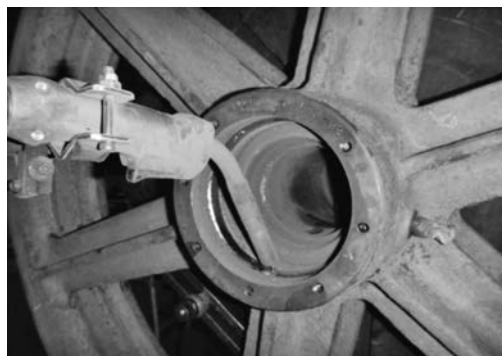
写真—14 工場搬入車両への積み込み

3. 可動桁滑車修理工

取り外した滑車は、工場へ持ち込み破損箇所の検査を行い破損部分の修理を行った（写真—15, 16）。



写真—11 滑車を取り外し可動桁へ移動



写真—15 滑車軸の溶接肉盛り作業



写真—16 滑車軸孔加工作業

4. 可動桁滑車修理完了（写真—17, 18）



写真—17 修理完了①



写真—18 修理完了②

5. おわりに

筑後川昇開橋は、昇開式可動橋としては国内に残る最古で唯一のものです。昇開橋は、当時の技術者たちが先端技術の粋を駆使して築き上げた建造物であり、我が国の鉄道可動橋建設技術の確立を象徴する貴重な遺構であり、また、技術的、歴史的価値の高いものとして平成15（2003）年に重要文化財に指定され、平成19（2007）年には機械技術発展史上重要な成果を示すもの、機械技術で国民生活、文化、経済、社会等に貢献したものとして機械遺産に認定されました。昇開橋は人に譬えれば80歳です。形あるものはいずれかは崩れていくものと思いますが先人達が作った昇開橋という作品のすばらしさ、そして、すごさを出来るだけ多くの人に見に来ていただくと共に、鉄道は走っていませんが、今もなお架橋当時と同じように可動桁が上下に動く仕組みを実際に目の前で体験し、触れていただきたいと願うと同時により長く後世に残していくため、維持管理に努めていきたいと思っております。

謝 辞

最後に、本工事の施工にあたり、ご指導と協力をいただいた関係者各位に深くお礼申し上げます。

J C M A

《参考文献》

- 1) 坂本種芳, 彙報「佐賀線筑後川橋梁可動装置の設計について」, 土木学会誌, 第21巻第1号, 昭和10（1935）年1月
- 2) 稲葉権兵衛, 論説報告「佐賀線筑後川橋梁上部構造設就いて」土木学会誌, 第21巻第1号, 昭和10（1935）年1月
- 3) 諸富町（現佐賀市）広報「もろどみ」平成15（2003）年7月号「筑後川昇開橋」

【筆者紹介】

田中 晴彦（たなか はるひこ）
（公財）筑後川昇開橋観光財団
事務局長



国指定重要文化財 旧下野煉化製造会社煉瓦窯 保存修理工事

歴史的赤煉瓦建造物の修理・保存・復元

鈴木 行 雄

本工事の「保存修理工事」は、明治23年（1890）に築造され昭和54年（1979）国指定重要文化財となった、旧下野煉化製造会社煉瓦窯（写真—1）の保存修理工事についてである。「構造形式は煉瓦窯及び木造、建築面積840.0m²、16角造、鉄板葺、中央煙突付、階段2箇所付属、直径（地盤面外周部）33.00m、煙突高（地盤面より煙突頂上まで）34.67m」^{（注1）}の煉瓦窯の躯体修理工事であり、本文はさまざまな部所での煉瓦の修理工事についての経緯と完了までを紹介するものである。

キーワード：近代化産業遺産、歴史的建造物保存修理、ホフマン式輪窯、赤煉瓦、ヴォールト積み、グラウト工法

1. はじめに

明治新政府は文明開化を旗印に、列強に追いつき追い越せと産業・軍事・風俗を含め欧米化を推進した。近代的手法により各種の建築物、工作物が造られたがその建築材料は赤煉瓦であった。明治19年には諸官庁の建築物に赤煉瓦を使用する指導があり、急速かつ大量の供給が必要となり、製造所の建設に官民間わす躍起となった。ここに登場したのが従来のだるま窯や登り窯に変わり、良質で大量生産が可能なドイツの「ホフマン式輪窯」^{（注2）}であり、下野煉化製造会社はこの時代に創業され近代化の一翼を担うのである。

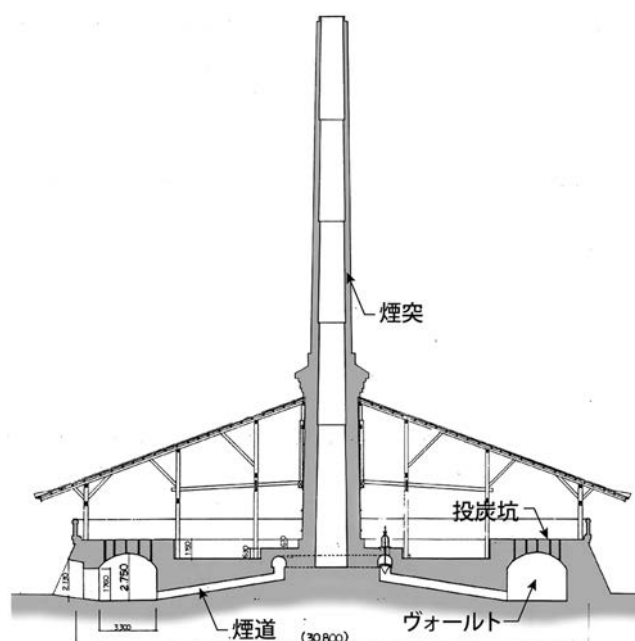
下野煉化製造会社のホフマン輪窯は従来の窯を長くし最初の窯と最後の窯を連結させ一周の間に16の窯を環状（円形）に配置して、連続して煉瓦を大量に製造できるようにしたもので、一度点火した火は窯上の

投炭口から投下する粉炭（石炭）が切れなければ際限なく焚き続けることが出来る（図—1、2）。良好な煉瓦の大量生産を可能とし国策に多大な貢献をし近代化産業の礎となったものである。日本に現存するホフマン輪窯5基のうち創業時の姿で残っているのは唯一旧下野煉化製造会社煉瓦窯のみである。

平成24年1月に始まった工事は、平成13年に解体されたままとなっていた11号窯のヴォールト（アーチ状天井のトンネル）、投炭坑、外壁の手すり壁、11号窯3号窯の階段の壁体、踏み段、煙道、集煙道を元



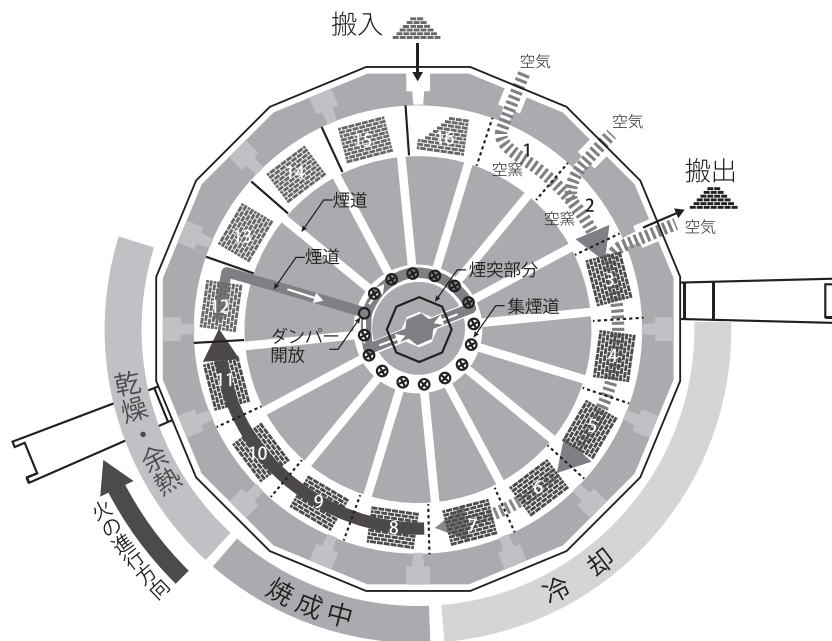
写真—1 修理工事前



図—1 断面図（水野新太郎著『日本煉瓦史の研究』法政大学出版局1999年より引用）

（注1）野木町 Web ページより引用

（注2）ドイツ人ホフマン（Friedrich.Hoffman）の開発した輪窯で1858年特許を得た。



図ー2 焼成工程図（野木町 Web ページより引用）

通りに積み直す工事と、他に一旦解体された煙道上部、床および窯上部床の敷煉瓦の復元工事、また煉瓦の劣化している部分をハツリ取り、煉瓦を積み直す工事、煉瓦のクラックにグラウト材を注入、並びに目地の劣化している部分の目地を詰め直す補強工事などの保存修理工事を行い、平成 26 年 9 月に完了した。

2. 補足煉瓦の新規制作

修理箇所の煉瓦は解体し、斫りそして同じ位置に再設置されるが、部分的には破損、破壊された箇所の修理に必要な煉瓦の新規制作が必要となる。原則は寸法、形状、色合いとも各箇所の既存の煉瓦に倣うことにした、また吸収率、圧縮強度は JIS 規格に適合したものとする。また煉瓦小口面に「平成二十四年補修」の刻印を押し焼成した。新規制作煉瓦は 9 種類 21,282 個であった。その他は再使用した。

3. 敷煉瓦撤去復旧（写真ー2～8）

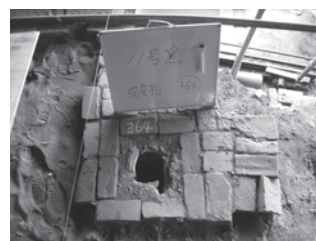
敷煉瓦の撤去は投炭坑入口を拠点にするか、投炭坑の中間を拠点にするか当初から非常に困難なことになると予想された。放射状に敷かれた煉瓦は不揃いに置かれ、寸法の統一もなく長期間放置されていたため風化が始まり粉々になっていた。以上を踏まえ以下の工程にて修復を進めた。敷煉瓦を撤去後外部に集積したが、復旧が約 2 年後になり煉瓦風化現象によって一部煉瓦が粉になり、復旧に支障が出た。そのため外部での見直し対策を考えた。粉になった煉瓦もそのまま



写真ー2 撤去前



写真ー3 復旧後



写真ー4 投炭坑口撤去前の状況



写真ー5 投炭坑口の撤去前の番付作業



写真ー6 外部での煉瓦積み替え



写真ー7 窯ごとの煉瓦撤出



写真ー8 風化が始まり粉々

復旧した。パレットに積んだ煉瓦番付番号を全部裏返しにし、元の位置に復旧した。

4. 外周壁復旧

地震により崩れかけた煉瓦壁を修復するに当たり、壁中間から下部にかけた部分だけを直そうとしたがやはり無理があり、袖壁上部から煉瓦を外した。外した煉瓦を全部ケレンし一度水で洗い修復した（写真—9）。

煉瓦壁、中央部アーチ上部は約 25 cm 膨らんでいた。煉瓦修復後も既存の膨らみに合わせ、蛇腹煉瓦までに膨らんだ壁を少しずつ直線に修復し隣の窯の壁にすり付けた（写真—10）。

煉瓦積みにおいて最下段は、根付と呼ばれ非常に重要な工程である（写真—11）。

写真—12、煉瓦積み、外周壁仕上げ状況。

写真—13、外周蛇腹部、この部分が手すり壁の根付



写真—9 外周壁修復



写真—10 アーチ上部の膨らみ



写真—11 根付



写真—12 外周壁仕上げ



写真—13 外周蛇腹部

となる。解体時煉瓦壁後ろから壁を支える煉瓦壁が発見され作業に支障が出た。壁がセットバックしているため倒れ止めのための過去の補強修理と思われた。

5. 11 号窯外部アーチ芹杵制作（写真—14）

煉瓦壁を完了させ、芹杵を乗せる土台を制作しアーチ芹杵を乗せる。芹杵は煉瓦壁面の角度に合わせ現場で制作する。芹杵制作時の重要箇所は撓みを考え少し頂点を高くし、レベル調整は楔で行った。



写真—14 アーチ芹杵の取り付け

6. ヴォールト芹杵制作

ヴォールト芹杵の工夫は、高さを約 14 センチ均等にするために 350 mm 程度間隔で杵を変形させる工夫を考えた。

土台となる木台は、通常横に木を置きその上に芹杵を乗せるのが一般的だが、今回は高さ調整が大幅にあるため、縦に木を設置し 350 mm 間隔で木柱を置き、その上に芹杵を乗せた（写真—15）。

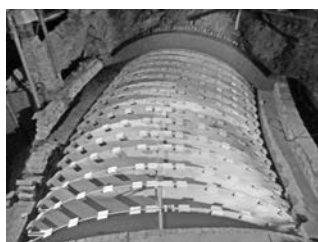
芹杵は 12 mm のベニアだけでは約 3,000 mm 程ある開口寸には強度的に少し弱く、角材でベニアの両面



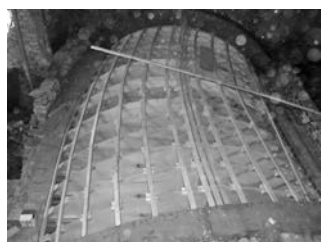
写真—15 350mm 間隔の木柱



写真—16 柄の取り付けと調整



写真—17 ベニア枠強化の固定材



写真—18 枠上部のサンギ材



写真—19 段差の削り



写真—20 墨出し

をはさみ補強した。高さ調整は全部の柱に柄を用いレベルを調整した（写真—16）。

枠を掛け中央部にベニアの固定材を設け下部の枠の強化に努めた（写真—17）。枠上部強化はサンギ材で強化をし打設を考え全部釘、ビスをわざわざ下から打込んだ自在ベニアを斜に切り（写真—18）、少し隙間を空け上部の段差を鉋で削り仕上げた（写真—19）。

煉瓦積みの墨出しは、緩やかな曲線を出すために、木材で定規をつくり（300 mm）煉瓦割を決め定規で一段一段書き入れた（写真—20）。煉瓦積み作業前に下部の柄は撓みを考慮して通常高さより若干高めの施工に努めた（写真—21）。

7. ヴォールト煉瓦積み

平成13年度の工事範囲で11号窯、12号窯、10号窯も修復予定であったものの、11号窯の側壁だけを



写真—21 中心の柄



写真—22 側壁とボールドの境界



写真—23 小端縦積み



写真—24 均等配分で積む

施工し工事が中断した。今回は11号窯のみの修復になり、10号、12号窯との取り合いがヴォールト復旧工事の重要ポイントとなった。10号から12号にかけてのヴォールトのレベルが約14 cmも違っていたことで、芹杵を乗せる際にレベルを均等に設置したが、困難な調整となり最終的に側壁での調整で解決した。

側壁は二枚積みで、角度を決め加工し施工したが完全ではなく、ヴォールトでの調整も行った（写真—22）。

一層目の積みは150 × 230 × 55 mm程度の台形型煉瓦を縦積みしながら施工した。四角い穴は投炭坑の穴でこれは全部手加工し、加工した面が解体前の形と同様にした。

二層目の積みは小端立積みで巻いた（写真—23）。ヴォールト積みは、均等に煉瓦を積むことが重要であ

る。外輪を5列施工し、内輪を5列積みと両サイドから少しずつ芹杵に荷重が均等になるよう配分し施工を完了させた。外輪、内輪の施工完了後それぞれヴォールトの上から水締めを行い強度が出るようにした（写真—24）。

8. 周煙道ヴォールト補修

この建造物は長期間放置されて幾度の天災にも見舞われ疲労が蓄積していたが、より顕著に表面化していたのが周煙道ヴォールトであった。目地と煉瓦が抜け落ち、クラック幅も広くサポーターでのリフトアップ保持をしていないと危険な状態であった。以下の手順で周煙道ヴォールト倒壊予防措置及び復旧工事を行った。

目地が抜け落ちた部分に煉瓦楔を打ち込んだ。既存煉瓦での楔はすぐに折れてしまい新規煉瓦を採用した（写真—25）。

クラック周辺の欠落した煉瓦を油圧ジャッキにてリフトアップし煉瓦楔を打ち込む（写真—26）。

欠落し粉碎した部分は選定した煉瓦に積み替えた（写真—27）。またヴォールト上部からのグラウト材の注入も行っている。煉瓦楔を打ち込む時、既存煉瓦目地からは砂が落ちる。これを持って楔が効いたと判断しヴォールトの強化に努めた。



写真—25 煉瓦楔の打ち込み



写真—26 油圧ジャッキによる押し上げ



写真—27 修理後

9. 投炭坑修理と復元

(1) 投炭坑の修理（写真—28, 29）

敷煉瓦撤去後投炭坑の高さ、大きさを確認し既存の投炭坑の崩壊を考え養生し管理した。崩れ落ちた煉瓦は、最終的に元の位置に戻し、角度、高さ、大きさを



写真—28 施工前状況



写真—29 投炭坑の修理

合わせ積み直した。

(2) 投炭坑の復元（写真—30, 31）

11号窯の投炭坑積みはヴォールトの寸法を出し、25個の穴の位置を決め煉瓦を積んだ。全投炭坑は放射状に作られていたため配分が難しいが床の高さをあげるため投炭坑の煉瓦を積み足した。敷煉瓦を元の位置に戻すため、角度、寄りを既存に合わせ調整した。投炭坑積みは基本的に数cmずらした変形積みであり頂部は投炭坑上蓋の金物寸法に合わせ調整した。



写真—30 投炭坑の煉瓦積み



写真—31 投炭坑頂部

10. ひび割れ補修（グラウト材注入）

(1) 穿孔（写真—32）

ひび割れ箇所の穿孔位置は、意匠を損なわないよう周辺目地に照準を定め、穿孔深さ及び角度は既存煉瓦壁の厚さ、クラック状況に応じその都度変えた。穿孔の向きはグラウト材の流動性を活かすため壁に対して下向きに穿孔した。穿孔径に合わせた専用ノズルの吸塵機を制作し塵を吸い取った。煉瓦塵は非常に粘り分を含んでいる場合があり、その場合は一度乾燥させてから粉塵を吸い取った。



写真—32 電動ドリルで穿孔

(2) 皮膜材塗布

吸収性の高い煉瓦とグラウト材のドライアウトを防ぐため合成樹脂エマルジョンを特殊ノズルにて塗布。清掃時同様ノズルを改良し孔内周に塗布できるよう噴射した。往々にして明治、大正に作られた煉瓦は吸水が高く、この工程は注入材の流動性を保持する意味で非常に重要である。

(3) グラウト材準備

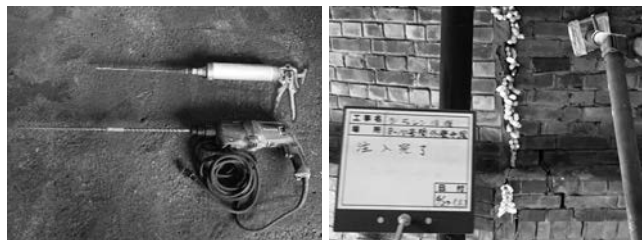
グラウト材（セメント系無収縮モルタル）と水の混合剤を滑らかになるまで攪拌する。90分以内で使用する。

(4) グラウト材注入（写真—33）。

特殊注入ガンに改良ノズル（写真—34）を用い、煉瓦壁内奥側からの補強となり目視での確認が困難なため、すべて手動式機器を用い感覚を重要視し、一定の経験を積んだ者に注入させた。充填終了の目安は注入ガンが押し戻される時点。この作業を繰り返し行う（深さ 500 mm 前後まで可能）。煉瓦壁の 2, 3 cm 手前で注入を止めバックアップ材で孔を塞ぎ養生をした（写真—35）。目地材は現場調査し周辺煉瓦の目地と同色にし景観重視とした。



写真—33 グラウト材注入



写真—34 グラウト特殊穿孔ドリル 写真—35 バックアップ材で孔を塞ぐと特殊ノズル



写真—36 修理工事後

11. おわりに

本工事の特徴でもある煉瓦窯の複雑な構造は、いきおい修理保存工事においても難度の高いものであった。

工事前には解らなかったことが多く、新たな発見や課題のたびに手探りの試行錯誤を重ね、工具や工法の開発をもとに解決していった。これには長年の経験と実績に加え、国の重要文化財の工事を担うという現場の職人の誇りと情熱が問題解決の機転と知恵の発揮につながったものと確信するものである。追加工事を経て2年半余りという長期間の歳月で完成された、この由緒ある産業遺産の修理、保存工事に携われたことに感謝するとともに、今後とも赤煉瓦建造物の歴史的遺産とその修復技術を後世に継承すべく精進と使命感を覚える次第である。

謝 辞

最後に当工事に当たりご指導ご鞭撻を賜った野木町、松井建設(株)、公益財団法人文化財建造物保存技術協会の方々に御礼申し上げます。

J C M A

【筆者紹介】

鈴木 行雄（すずき ゆきお）
 (株)肥後屋
 常務取締役



歴史的建造物改築工事の記録

ヴィクトリアシアター&コンサートホール（シンガポール）

加 藤 純

築百年を超える歴史的建造物改築工事の記録である。既存レンガ造壁の一部をアンダーピニングで保持して直下に地下躯体を新たに築造し、構造体へのダメージを最小限に抑えながらレンガ壁をくり抜き、全長 20 m の鉄骨柱を屋根の開口部から挿入。また、既存建物への損傷を最小限に抑えるために雨避けの移動式仮設テントを設ける等、多岐にわたって斬新な工夫を凝らして遂行した工事の詳細を紹介する。

キーワード：歴史、保存、修復、改修、レンガ、アンダーピニング、浮き床

1. はじめに

シンガポール共和国にて施工したヴィクトリアシアターおよびヴィクトリアコンサートホール改築工事の記録である。本工事は国家遺産に登録された歴史的建造物を改修・修復するもので、壁延長 40m にわたって高さ 23 m の既存レンガ造外壁をアンダーピニングで保持しつつ地下 2 階・地上 3 階の躯体工事を行い、最新の音響設備を有する劇場・コンサートホールに改築するものである。

ヴィクトリアシアター（以下、VT）は 1856 年から 1862 年にかけて市役所として建設され、ヴィクトリアコンサートホール（以下、VCH）は 1906 年に英国ビクトリア女王を追悼してメモリアルホールとして建設された。今回の改築工事では、VT は既存外壁のみを残し内部を地下 2 階・地上 3 階の RC 造（一部 S 造）に建て替える。言わば「外壁は約 150 年前と同じだが、内部は最新の建築技術による劇場施設」に生まれ変わるもので、改修の要素が大である（写真—1）。対して VCH は既存の木造床を S 梁 + RC 床に造り替えて

遮音性能を高め、かつ屋根鉄骨をより強度の高い構造に替えて空調・劇場設備を保持できるように改修するが、建物の内外観とも既存のモチーフをそのまま残すことから、保存修復の要素が大である。

意匠面では、可能な限り外観をオリジナルの仕様で維持し、新規に構築した構造部材は仕上げ面に現れないように配慮されており、歴史の重みと世界水準の音響性能を合わせ持つ劇場とコンサートホールとなる。

2. アンダーピニング

VT では、直接基礎の上に自立した既存レンガ造の外壁の直下を掘って地下を構築するため、仮設のアンダーピニングによって外壁を保持するよう、あらかじめ施工手順が設計図書に示されていた。また、VCH では増大する自重と積載荷重を支持するため基礎補強のための本設アンダーピニングが計画された。

(1) アンダーピニングに関する請負範囲

アンダーピニングに関しては、入札時にコンセプト図面のみコンサルタントから提示を受け、実施構造設計や関係官庁との許認可手続きを含む実施工が請負者の工事区分と規定された。コンセプト段階での荷重設定などはあくまでも概算であったため、施工に先立ち詳細な構造設計と検証を行った。

(2) 事前計画

工事契約締結後に、既存建物形状や先行杭の測量を行い、荷重条件等を詳細に検討し、現状に合わせて大梁、小梁の設計を行った。アンダーピニングを行うに



写真—1 全景写真（着工前）

あたり、支持フレーム構造体のうち大梁を既存壁に貫通させるために開口部を設ける必要があった。振動を抑え、かつ施工性・経済性の高い解体工法として、開口部周囲に十分な空間がある VT にはワイヤ・ソーを用いて切断する工法を、地盤面より下の掘削後の狭い空間での施工となる VCH では連続コア抜き工法を採用した。

工事を円滑に進める上で最も重要な点は、アンダーピニング施工時の躯体および周辺地盤の変位を正確に把握し、異常値が認められた場合に直ちに対応できる体制を整えることであった。変位の測定項目と管理値を表—1に示す。

表—1 測定項目と管理値

項目・計器	警告値	工事中止値
建物沈下	-11.0 mm	-15.0 mm
傾斜計	1 : 1500	1 : 1000
光学プリズム	10.0 mm	15.0 mm
電光傾斜計	1 : 1500	1 : 1000

(3) VT のアンダーピニング

(a) 概要

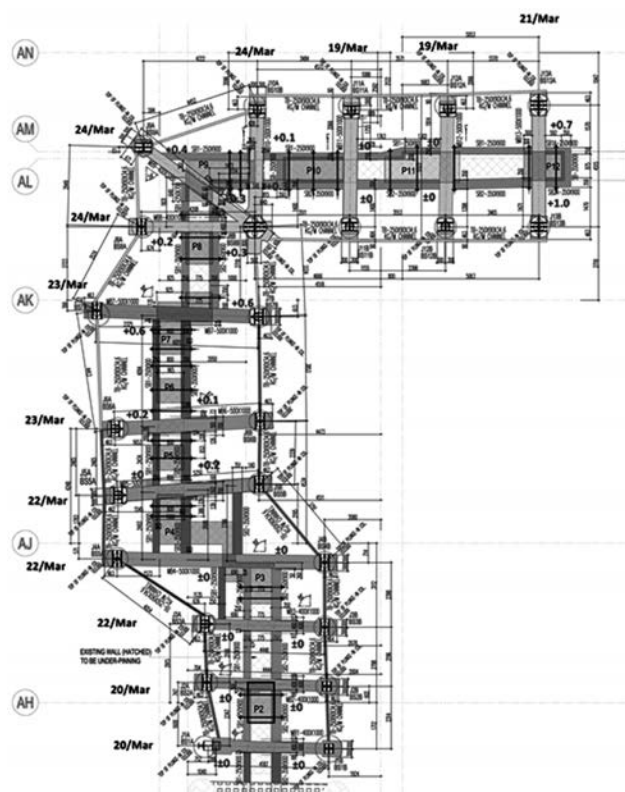
工事契約を締結した時点では VT 既存内部の解体工事はすでに完了し、既存外壁のみが残り鉄骨支柱で支えられた状態であった。VT のアンダーピニングは、場所打 RC 杭（600 mm ϕ および 800 mm ϕ ）施工時に埋め込んだ H 型鋼（350 mm $\times$ 350 mm $\times$ 106 kg）を所定の高さまで継ぎ足し、ベースプレートとロードセル（許容荷重 25 ton/個）を設置し、大梁、小梁およびつなぎ梁からなる仮設構造物を築造し、壁延長 40 m にわたって最大壁厚 1.1 m・高さ 23 m の既存レンガ造外壁を支えるというものであった。荷重条件に合わせ、13 台ある大梁断面は 400 $\times$ 1000 mm または 500 $\times$ 1000 mm の 2 種類とした。実施工したアンダーピニングの施工図を図—1に、3次元図（BIM）を図—2に示す。

(b) 実施

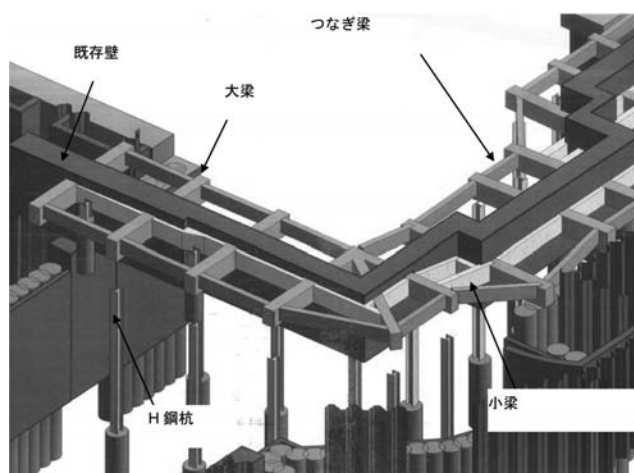
時系列に沿って施工手順を示す。

①仮設鉄骨柱にベースプレートを設置

先行設置された H 型鋼の先端は地中 2 m 程度の位置にあったので、一旦掘削をして実施設計したベースプレートレベルまで柱を延伸した（写真—2）。柱毎に異なる作用荷重に合わせてロードセル個数を決定したため、実施工にあたってはロードセル個数に合わせて、形状の異なる 5 タイプのベースプレートを設置した。



図—1 VT アンダーピニング実施施工図



図—2 VT アンダーピニング BIM 図

②大梁の施工

実施設計と測量結果をもとに外壁に開口を設けた。最初に開口の四隅をコア抜きし、孔と孔にワイヤを通して、開口の四辺をワイヤ・ソーで切断した（写真—3）。外壁のカドにあたる箇所では壁に対して斜めに開口を設ける必要があったので、特注の固定治具を準備した（写真—4）。ワイヤ・ソーで切断し既存壁と縁を切った後は、切断片をブレイカーで破碎して除去した。一箇所に集中して、同時に大梁貫通開口を複数箇所設けることは、構造壁の欠損箇所が集中することになり既存外壁を損傷する原因になる恐れがあったた

め、大梁の施工はランダムに行った。

③小梁の施工

小梁断面は250 mm × 900 mm と350 mm × 900 mm の2タイプとし、既存壁自体の荷重が既存柱、小梁、大梁、仮設鉄骨柱と円滑に伝達されるように、小梁天端に既存壁が100mmの幅で載るように既存壁をハツリ込んだ後、小梁を施工した（写真—5）。

④貫通ボルトの設置

さらに既存壁を小梁ではさみ込むように、直径30 mmの高張力ボルトで締め上げて既存壁保持力を高めた（写真—6）。なお、トルクレンチを使用してボルトには230 kNの軸力を導入した。

⑤鉄骨つなぎ梁の設置

大梁先端を溝型鋼でつなぎ、アンダーピニング構造体の変形を防止した。

⑥無収縮グラウト注入

アンダーピニング構造体と既存壁の間に隙間がある

と、ジャッキアップ荷重が既存壁に有効に作用しない。対策としてコンクリートを充填しきれずに生じたRC大梁・小梁天端と既存壁との隙間に無収縮グラウトを注入した。

⑦ジャッキアップ

円盤状のロードセルは底盤と上蓋で構成されており、内部にエポキシを注入することにより上蓋が上昇する仕組みになっている。この上蓋の上昇圧力をアンダーピニング梁のジャッキアップ力として利用している。エポキシの硬化が数十分後に始まるため、失敗は許されず、慎重に作業を行った。またポンプによるロードセルへの加圧は一度に7つまでとしたため、一回につき大梁1台の両端を加圧した。各セル毎に荷重条件が異なるため、個別にチェックリストを作成して、段階的に加圧した。加圧メーターの読みと共に、実際の外壁の上昇量をモニターし、上昇量が計画値の+1.5 mmを超えないことも確認した（写真—7, 8）。



写真—2 H鋼柱（延伸後）



写真—3 大梁貫通開口



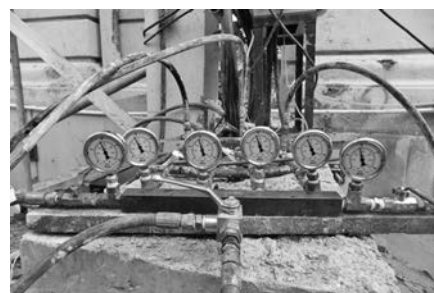
写真—4 ワイヤ・ソーと固定用治具



写真—5 施工状況



写真—6 貫通ボルト



写真—7 加圧メーター



写真—8 レベル測量



写真—9 掘削開始前



写真—10 掘削後、梁に支持された既存壁

⑧掘削および水平つなぎの設置

13 台の大梁のジャッキアップが完了後、掘削を開始した。また掘削の進捗に伴い H 型鋼柱に水平つなぎを設置した（写真—9～11）。

⑨新設地下 RC 壁との接続

既存外壁直下に新設地下 RC 壁を施工する際は、型枠を漏斗状にして打設し、余分なコンクリートを打設後は取り取った。既存壁と RC 壁の相互の隙間は 0 mm から 100 mm 程度で、無収縮グラウトを充填して構造体を完全に一体化させた。

⑩仮設大梁、小梁の解体除去

無収縮グラウト注入後に、大梁・小梁の解体に伴う既存壁沈下が無いことを計測機器で確認し、ひび割れ等の不具合が発生していないことを目視で随時確認しながら実施した。

(4) VCH のアンダーピニング

(a) 概要

VCH のアンダーピニングは前述の通り、改修により増大する自重および積載荷重に対し既存の基礎を補強するという目的で、本設としてアンダーピニングが設置された点が VT とは異なる。施工手順は、マイクロパイルの施工、掘削、アンダーピニング基礎梁施工、基礎梁天端と既存壁の隙間への無収縮グラウトの注入、ジャッキアップ、埋め戻しであった。

(b) 実施

時系列に沿って施工手順を詳述する。

①マイクロパイルの施工

柱の四周に杭打機アクセスが可能な箇所は、柱の四隅にマイクロパイルを施工した。杭打機のアクセスが限られる柱については、片持ち梁で支持するなど変則的なアンダーピニング構造となった（写真—12）。

②アンダーピニング基礎梁貫通開口の設置

既存壁に連続してコア抜きをし、基礎梁貫通用の開口を設けた（写真—13）。

③アンダーピニング基礎梁の施工

マイクロパイルの頂部にベースプレートおよびロードセルを設置した後、基礎梁を施工した。

④無収縮グラウト充填とジャッキアップ

コンクリート打設時に塞ぎきれなかった基礎梁天端と既存壁との隙間に無収縮グラウトを充填した。その後、基礎梁とベースプレートの間に設置したロードセルに VT の場合と同様にエポキシを注入し加圧することにより、柱毎にジャッキアップを行った。ロードセルは全て埋め殺しとなり、本設構造体の一部として残置した。

3. 仮設屋根テント（雨避け）の設置

VCH の工事に際しては、既存屋根の撤去後から新設屋根による止水が整うまでの期間、雨水の浸入を極力



写真—11 水平つなぎの設置



写真—12 マイクロパイル用杭打機



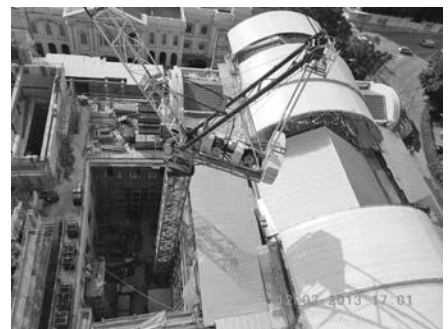
写真—13 貫通開口と梁



写真—14 テントを移動してのトラス建方



写真—15 新設屋根鉄骨施工中



写真—16 屋根テントと新設屋根

防止する必要があった。これは雨水による汚損防止のほか、雨水がレンガ壁に浸み込んで壁内部に存在する塩化物が溶出し、溶出した塩分が壁表面部で再結晶化することにより引き起こされる塩害を防止するためでもある。検討の結果、VCHの既存天井および既存屋根を解体する際に使用する足場をベースにして、可動式テントを設置することとした。原価低減のためテント本体は建設地で既製品として調達可能なものを探し出し、テントの柱部分を改造して柱脚部にキャスターを取り付けた。足場上に溝型鋼を固定してテントが移動する際のレールとなるようにし、テントのキャスターがレール上を転がることにより、可動式テントを実現させた。結果、実際に数名の作業員のみで容易に移動させることが出来、非常に有用であった（写真—14～16）。

4. 既存レンガ壁内に鉄骨柱を設置

VCHでは、改修前と比較して大幅に増大する屋根鉄骨構造物を支持するため、鉄骨柱が新設された。ただし国家遺産に登録されている建物であり、増改築時に追加された構造物は竣工後には見えない意匠とするという制約条件があるため、鉄骨柱をレンガ壁に埋め込む設計になった。レンガ壁に柱設置のための欠き込みを作ることは、すなわち柱設置までの期間に既存構造物に断面欠損が生じるということである。鉄骨柱がアーチ開口の端部に位置する場合には、アーチ開口を

サポートで仮に支持した後、柱設置用の欠き込みを設けた（写真—17）。

また、欠き込みを設ける際には、丸ノコでレンガ壁に切り込みを入れて、構造的に縁を切り、はつり工事等の振動による既存構造物への影響を最小限に留めるよう配慮した（写真—18, 19）。

施工を迅速に行うため、全長20mの柱に鉄骨工場で鉄筋を取り付けし、現場に搬入し建て方を行った（写真—20, 21）。

5. フローティングフロア（浮き床）

VTおよびVCHは築百年を超える建物の外観を維持したまま、つまり建物の絶対容積を変えないまま、建物内部に最新の劇場・舞台・音響設備を設けるといふ、建築家にとっては頭の痛い要求事項があった。この平面計画上の問題の解消策としてVT客席部や2階ホワイエの上部にクーリング・タワー（以下、CT）、ダンス・ドラマ・リハーサル・ルーム（以下、DDRR）およびミュージック・リハーサル・ルーム（以下、MRR）等振動が発生する諸室を設けるといふ、音響上問題が発生しやすい諸室の配置とならざるをえなかった。

音響面での配慮として、CT、DDRRおよびMRRの床にはフローティングフロア（浮き床）が施工された。施工にあたっては、上部の雨仕舞いがととのった段階



写真—17 アーチ開口部の補強状況



写真—18 丸ノコによる壁切断



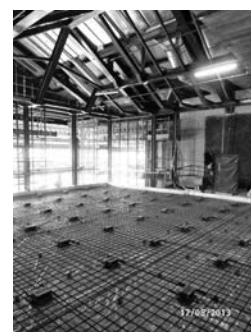
写真—19 平滑な切断面



写真—20 鉄骨建方状況



写真—21 鉄骨建方状況



写真—22 配筋状況

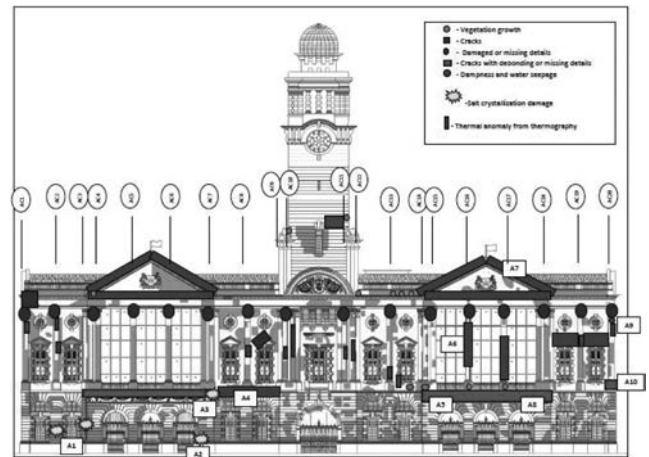
で浮き床のコンクリート打設を行うため、工数の多さから、これらの諸室の施工がクリティカル・パスにならないように、工程計画上也注意が必要であった。フローティングフロアの施工手順を写真で振り返える(写真—22～24)。

6. レンガ壁の保存修復工事

本建物で最も目を引く点は、何と言っても築百年を超える多様なモチーフを持つ外観であろう。築百年以上の劣化したレンガ壁を補修しつつ、モチーフ部分も含めた修復を行うため、基本的な施工手順を設計者側と確認し、以下の通りとした。

- ① Pre-Condition Survey (施工前調査)
- ② Paint Removal (既存塗装除去) (写真—25)
- ③ Rising Damp Treatment (湿気防止)
- ④ Biocide Treatment (防カビ剤, 下地)
- ⑤ Salt Inhibitor (耐塩害処理) (写真—26)

- ⑥ Consolidant (表面強化剤塗布)
- ⑦ Rendering (左官塗り) (写真—27)
- ⑧ Biocide Treatment (防カビ剤, 表面)
- ⑨ Painting (塗装)
- ⑩ Water Repellent (撥水处理)



図—3 調査立面図



写真—23 コンクリート打設後



写真—24 防振装置の設置



写真—25 既存塗装除去



写真—26 耐塩害処理剤塗布



写真—27 左官仕上げ塗り状況



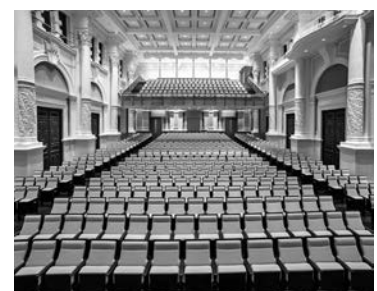
写真—28 上空より全景



写真—29 正面ファサード



写真—30 ヴィクトリアシアター



写真—31 コンサートホール

このうち施工前調査は特に重要であり、調査は専門コンサルタントに発注し細部まで行い記録を作成した。建物前面の調査結果図を図—3に示す。壁面に根付いた植物の状況、ひび割れ、破損状況、モルタル層の浮き、湿気による損傷、塩害の状況等を記録した。

最後に、完成したヴィクトリアシアター&コンサートホールを写真—28～31で紹介する。

7. おわりに

謝 辞

近年、国内外において歴史的建造物の保存・修復工事例が多数報じられている。実際の工事に際しては、

立地環境に適した材料や工法の選定を行うことが大変肝要である。当該工事は日本国内とは異なる気象環境にあるシンガポールにおいての工事だが、施工方法・手順の記録が将来工事の施工計画策定の踏み石となることを願うものである。この場をお借りして、ご助力頂いた関係者の皆さまに、改めて感謝申し上げたい。

J C M A

[筆者紹介]

加藤 純 (かとう じゅん)
佐藤工業㈱
シンガポール支店
作業所長



「建設機械施工ハンドブック」改訂4版

建設機械及び施工の基礎知識、最新の技術動向、排出ガス規制・地球温暖化とその対応、情報化施工などを、最新情報も織り込み収録。

建設機械を用いた施工現場における監理・主任技術者、監督、世話役、オペレータなどの現場技術者、建設機械メーカー、輸入商社、リース・レンタル業、サービス業などの建設機械技術者や、大学・高等専門学校・高等学校において建設機械と施工法を勉強する学生などに必携です。

建設機械施工技術の修得、また1・2級建設機械施工技士などの国家資格取得のためにも大変有効です。

[構成]

1. 概要
2. 土工学一般
3. 建設機械一般

4. 安全対策・環境保全
5. 関係法令
6. トラクタ系機械
7. ショベル系機械
8. 運搬機械
9. 基礎工事機械
10. モータグレーダ
11. 締固め機械
12. 舗装機械

●A4判／825ページ

●定 価

一般：6,480円（本体6,000円）

会員：5,502円（本体5,095円）

※送料は一般・会員とも沖縄県以外は600円、沖縄県1,050円

●発行 平成23年4月20日

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>



福井の歴史的建造物等の 保存・活用に向けた取組み

蟻 塚 直 人

福井県では、歴史的建造物等の保存・活用を推進することによって、地域の歴史・文化を後世に伝えるとともに、特色ある街並み景観づくりを進めている。対象とする歴史的建造物は、国宝をはじめとする指定文化財だけでなく、その他の身近な建造物も含んでおり、ふるさとの象徴として保存・活用し続けていく価値があるものについては、改修支援も行っている。近年、観光資源としての活用が重視され、歴史的建造物を核とした街づくりが県内各地で盛んに行われている。本報では、行政の取組みや活用事例を紹介する。

キーワード：歴史的建造物、伝統的民家、活用、街づくり、改修支援

1. はじめに

福井県は北陸トンネルの抜ける木ノ芽峠を境に、北を嶺北地方、南を嶺南地方と呼んでいる。また、嶺北地方に敦賀市を加えて越前と呼び、その西を若狭と呼んでいる。これらの地域には、それぞれ異なった風土、歴史があり、建築の違いに大きな影響を与えている。

嶺北地方は多雪であるのに対し、嶺南地方は比較的温暖な気候であることや、越前は古くは東大寺の荘園として開拓されたのに対し、若狭は大陸や日本海から都への門戸としての往来文化の影響を受けたことが、その要素として考えられる。

このような福井の各地域の歴史・文化の中で保存・継承された建造物は、その歴史的あるいは芸術的な価値を評価されることで、国宝・重要文化財の他、県・市町の文化財の指定を受け、地域の宝として個々に活用されている。

しかし、文化財の指定を受けていない建造物の中にも優れた価値をもつものや、地域の歴史や文化の中で育まれた地域の宝となるようなものが数多く残っているのに、価値を理解されないまま取り壊されるものが多い。近年、地域の歴史的建造物を観光資源として活用する機運が年々高まっている中で、少しでも多くの方に歴史的建造物の価値を知ってもらい、地域づくり等に活用してもらえよう、福井県では様々な取組みを行っている。

2. 福井の伝統的民家の保存

福井県内には、地域の文化とともに洗練された特有の形態・意匠の伝統的民家が数多く残っている。個々の建造物に特別な価値があるというわけではないが、その佇まいは福井らしい集落や街並み景観の保全を図る上で欠かせないものである。福井県では平成18年に「福井県伝統的民家保存および活用の推進に関する条例」を制定し、地域特有の民家を『ふくい伝統的民家』として保存・活用する取組みを行っている。

(1) ふくいの伝統的民家とは

福井県では『ふくいの伝統的民家』の基準を設けている。伝統技法に配慮した木造建築で戦前の意匠を継承したものをベースに、大きく「農家型」と「町家型」の2つに分類しており、「農家型」は妻側の壁を格子状の漆喰塗りとした切妻屋根の民家、「町家型」は切妻屋根で格子戸や袖壁等の町家の伝統的意匠を基調とした民家としている（写真—1）。その他、これらに該当しない地域独特の民家が残っており、これらは個別に専門家の意見を踏まえた上で「地域固有型」と位置づけしている。

(2) ふくいの伝統的民家認定制度

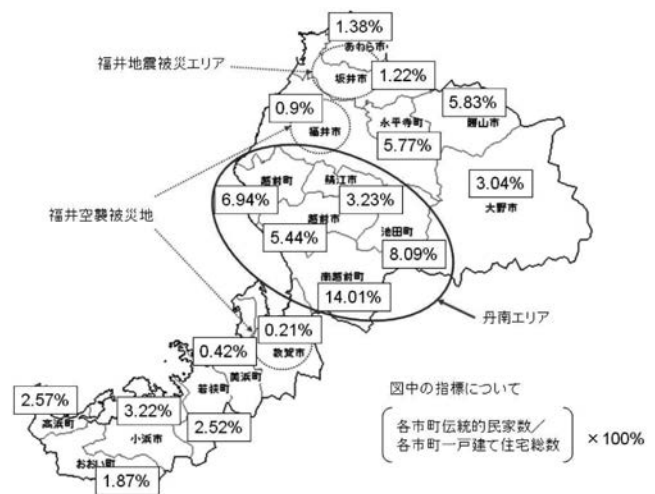
所有者の申請に基づき県が「ふくいの伝統的民家」として認定を行うもので、伝統的民家に誇りを持って住み続けていただき、後の世代に継承していただくことをねらいとしている。「ふくいの伝統的民家」に認



写真—1 農家型および町家型の伝統的民家の例



写真—2 伝統的民家認定表札



図—1 伝統的民家集積分布図

定された建物の所有者には、越前和紙で作った認定証や県産材で作成した認定表札（写真—2）をお渡ししている他、改修マニュアル等の維持保全に関する情報の提供を行っている。認定制度は平成 18 年度から開始しており、平成 27 年 5 月末時点で、1,144 件の伝統的民家の認定を行っている。認定は随時募集しており、今後も継続して行う予定である。

（3）伝統的民家に関する調査

県内のどの地域にどれくらい伝統的民家が残っているのか、その全容を明らかにするため、全県的に古い民家や蔵の多い集落内の民家や蔵の实地調査を行った（平成 22～23 年）。調査対象は、昭和 25 年以前の木造住宅が世帯数の 10% 以上を占める集落や土蔵が世帯数の 10% 以上を占める集落とし、県内約 275,000 世帯のうち約 105,000 世帯を対象とした。調査は建築士による目視にて行い、集落毎に伝統的民家と土蔵の位置及び棟数をまとめた。その結果、『福井の伝統的民家』が約 5,400 棟、土蔵は約 4,500 棟残っていることが分かった。エリア別にみると、丹南エリア（鯖江市、越前市、越前町、南越前町）や奥越エリア（大野市、勝

山市）の集積率が高い（図—1）。

福井県は戦争中の空襲や戦後の震災により、福井の平野部や敦賀の街中の建物はほとんど焼失した歴史があるため、このような分布になったと考えられる。また、若狭エリアには、異文化の影響があるためか、地域固有の伝統的民家が多く残っており、調査ではカウントされなかったものが多いため、実際の集積率はさらに高くなると思われる。県では、調査結果をもとに伝統的民家活用推進事業（“（4）福井の伝統的民家活用推進事業”にて紹介）をより充実させ、県民の方に伝統的民家により形成される景観の魅力を発信している。

（4）福井の伝統的民家活用推進事業（平成 18 年度～）

この制度は、伝統的民家の外観等の改修事業に対して支援することにより、伝統的民家の保存・活用を促進し、福井らしい街並み景観を保全していくことを目的としている。補助の対象は伝統的民家と付属する土蔵や門・塀としており、外観および構造体の改修を補助対象として支援（補助対象事業費の 1/2 以内、最大 300 万円）を行っている。

また、伝統的民家の集積が優れており、集落景観を「面」として保全する取組みを行う地区を伝統的民家群保存活用推進地区（以下、推進地区）として県が指定し、改修支援対象を拡充する他、新築支援（外観工事費の2/3以内、最大160万円）や一般建造物の修景支援（対象となる外観工事費の1/2以内、最大200万円）、空家改修支援（最大600万円）、景観づくり活動に対する支援（最大20万円）等の重点支援を行っている。地区指定は平成23年度から開始しており、現在までに計24地区を指定している。指定した地区には、かつての城下町や街道沿いの宿場町その他、伝統産業が受け継がれる町や農村集落など、それぞれの地域の歴史や文化を反映した街並み景観が残っており、さらにその景観を守り継承する人々が生活している。それらの方々の取組みをバックアップすることで、個性溢れる地域づくりの推進を図っている。

市町が事業主体となる当事業は現在、県内17市町のうち14市町が補助制度を設けており、改修事業に関しては現在までに計208件の支援を行ってきた。改修事業は、瓦屋根の葺替えや外壁板貼りが特に多く、伝統産業である越前瓦や、県産の杉材が多く使われることから、地場産業の活性化にもつながっている。

3. 歴史的建造物の保存

(1) 歴史的建造物に関する調査

福井県内に残る歴史的建造物の存在と価値を明らかにし、市町や県民の方々に認識してもらうため、県下全域を対象とした調査を行った（平成15～17年）。調査にあたって、既存の調査結果報告書等を参考に、調査対象リストを作成した。

現地調査では、まだ十分に価値が認められていない建築や地域に根ざした建築の発掘に最も重点を置いた。調査は建築の専門家の手で行い、県内各地を隈なく訪ねていただいた。結果、各地で得られたわずかな情報を手がかりにしながら、約3,000棟の建築が抽出された。そのうちの約500棟を報告書としてまとめ、各市町や図書館等で閲覧できるようにするとともに、県のHPでも発信している。

(2) 福井の歴史的建造物保存促進事業（平成18年度～）

この制度は、「福井の歴史的建造物」の外観及び構造体の修繕や復元事業に対して支援を行うことで建造物の保全・活用を進めることを目的としている。ここでいう「福井の歴史的建造物」とは、原則として第二

次世界大戦終結時まで建造され、下記の基準のいずれかに該当するもので、専門家を集めた会議（歴史的建造物・歴史・まちづくり・伝統技能の専門家により構成）において検討したうえで、ふるさとの象徴として保存継承していく価値があると認められた建造物としているが、指定文化財は対象外としている。

＜歴史的建造物の基準＞

- ①地域の歴史を象徴するもの
- ②建築文化や生活文化を継承するもの
- ③民俗学的に価値のあるもの
- ④街並みおよび景観の整備に貢献するもの

民間の事業に対する支援は、補助対象事業費の1/2以内で最大300万円を助成している。また、市町の事業に対しても支援を行っており、補助対象事業費の1/4以内で最大150万円を助成している。市町が事業主体となる当事業は現在、県内17市町のうち8市町が補助制度を設けており、現在までに19棟の建造物に対して支援を行っている。その多くは街並み景観の整備に寄与するものであり、地域のまちづくりに活用されている。

4. 歴史的建造物等活用事例の紹介

現在、国宝や重要文化財をはじめとする指定文化財の多くは、建造物の本質的価値を発信する公開施設として観光活用されている。一方で、それ以外の歴史的建造物は地域の街づくりの拠点施設や物販店、街並み景観の象徴としての活用が中心である。指定文化財に比べて規制等が少ない分、自由度が大きく、利活用が容易であることから、各地で活用する取組みが展開されている。その中の幾つかの事例を紹介する。

(1) 昔の街道沿いに残る旅籠の活用

南越前町今庄地区は、江戸時代に北国街道沿いの宿場町として栄えた地区であり、天保年間の記録によれば、55軒の旅籠があったとされている。旅籠『若狭屋』は、そのうちの1軒であり、当時の佇まいを良く残す建造物であるが、近年空き家となっていた（写真—3）。集落内にも空き家が増加し地域の存続が危惧される中、平成21年に地元有志によりNPO法人『今庄旅籠塾』が結成され、『若狭屋』を拠点にまちづくりを開始した。建造物整備にあたっては、歴史的建造物保存促進事業を活用して外壁の修繕を行い、内部の改修については、教育実習や改修ワークショップの一環として利活用しながら進めている。また、平成23年度に集落全体を推進地区に指定し、『若狭屋』を核とし



写真—3 旧旅籠『若狭屋』

た歴史的街並み景観の保全・活用が進められている。

(2) 大学生の創作活動拠点としての活用

鯖江市の河和田町は伝統産業である漆器産業が盛んな地域である。平成17年の豪雨による災害で集落には甚大な被害が生じたが、10年間で見事に再生した。道路や建物は時間を費やせば修復は可能であるが、精神面の再生は容易な事ではない。河和田地区がこのハードルをクリアできた要因は、地元住民の努力は勿論であるが、ボランティアとして参加した大学生の影響が大きい。被災時の支援活動をきっかけに、毎年約1ヶ月もの間、創作活動の場として滞在するようになったのである。その人数は100近い数であり、学生

の活動が、街に活気を呼び込んでいる。

その活動拠点として『ふくいの伝統的民家』が活用されている。河和田地区に残る農家型の伝統的民家の中で空き家になっていたものを大学の先生が買い取り、そこで学生達が活動しているのである。農家型の伝統的民家には田の字型の畳の間があるなど、現代の住宅に比べて内部空間が大きく、100人近い人数を収容することも可能なのである。建物の内部には広々とした土間を中心に開放的な空間が広がる一方、外部の修繕は伝統的民家活用推進事業を活用していただき、その意匠を継承した外観を残している（写真—4）。



写真—4 学生の創作活動拠点



写真—5 丈生幼稚園（旧福井県警察部庁舎）、事務所利用の例（旧武生郵便局）

(3) 歴史的建造物を活用したまちなか散策

越前市の中心市街地はかつて国府が置かれ、江戸時代に町割りを整備され城下町として発達したエリアである。地域には、その歴史・文化を受け継いだ社寺仏閣や近代の商業建築が数多く残っており、歴史的街並み景観を形成している。越前市ではこれらのうち22の建物を「まちなか博物館」として指定し、まちなか周遊ポイントとして活用している。指定されている建物は、観光施設となる建物や住宅や事務所として使用する建物など、公開できないものも含まれているが、外観は建設当時の意匠を残しており、修繕の際には歴史的建造物保存促進事業を活用していただくことで街景観の保全を展開している（写真—5）。

リットの見解が先行する所有者が多い。その一方で、それらは個性ある地域づくりに必要な資源として注目されている。我々は、今後も地域住民や所有者の方々に関心を持ってもらえるよう、その魅力や価値を伝え続けていく。関心を持ってもらえない方も、隣近所や集落内で機運が高まることで自然と意識の変化が生じてくる。その変化が「点（建築物）」の保全だけでなく「面（集落景観）」の保全へとつながり、その「面」の保存・継承を考えていくことが地域づくりにもつながる。そこで生じる環境、社会、経済、各分野での課題の解決のための適切な助言や支援を行っていくために、精進していきたいと思うので、今後も皆様のご理解ご協力をお願いしたい。

J C M A

5. おわりに

文化財ではない身近に存在する歴史的建造物に対する地域の人々の意識は一般に低く、壊されることに疑問を抱かないことが多い。また、伝統的民家に対しては、古臭い、規模が大きく使い勝手が悪いなど、デメ

【筆者紹介】

蟻塚 直人（ありづか なおと）
福井県観光営業部文化振興課
主査



ずいそう



「蛇ぬけ」の教訓

原 一 儀



1. 梨子沢の土石流災害

平成 26 年 7 月 9 日に長野県南木曽町梨子沢で台風 8 号の豪雨により、大規模な土石流災害が発生し、死者 1 名、負傷者 3 名、家屋全壊 10 戸、浸水家屋 9 戸等の被害が発生した。また、県道・町道橋 4 橋、JR 橋梁 1 橋が流失し、国道 19 号線は崩壊等により交通止となり、同時に砂防堰堤及び流路工等も大きな被害を被った。

2. 土石流の発生状況

梨子沢の主峰は南木曽岳（1,679 m）で急勾配の山腹斜面で形成されている。

上流域は花崗岩が分布しており風化（真砂土）厚は概ね 1 m 程度である。

風化の層が薄いため滑り面までの降雨浸透が速く、土層の水分貯留量が少ないため、時間 97mm の豪雨直後に土石流が発生し、その後河床堆積物を巻き込みながら発達し、扇状に直進して木曽川まで流下したと考えられる。

3. 過去の土石流災害

南木曽地方では明治以降、土石流等の災害が繰り返して発生していた。特に昭和 41 年 6 月の豪雨では 9 つの溪流で次々と土石流が発生し激甚な被害が起きた。

- ・ 明治 37 年 7 月 死者 39 名 流失 78 戸
- ・ 昭和 28 年 7 月 死者 3 名 流失 8 戸
- ・ 昭和 36 年 6 月 死者 1 名 全壊 1 戸
- ・ 昭和 40 年 7 月 全壊 17 戸
- ・ 昭和 41 年 6 月 負傷者 10 名 全壊 38 戸
- ・ 昭和 44 年 8 月 全壊 8 戸

4. 「蛇ぬけ」の碑

南木曽地方では、流れ下る土石流の様子を蛇に喩えて、古来より土石流を「じゃぬけ（蛇ぬけ）」と呼んできた。

昭和 28 年 7 月、伊勢小屋沢の蛇ぬけ災害によって犠牲になった 3 名の霊を慰めると共に、この災害によって得られた幾多の教訓を後世に伝え、再びこの惨事を繰り返さない事を念願し「蛇ぬけの碑」を溪流の岸辺に建立した。

碑には地元に伝わる土石流災害の前兆・予兆現象を刻み後世の戒めとした。

蛇ぬけの碑

白い雨が降るとぬける 尾先 谷口 宮の前
雨に風が加わると危ない
長雨後 谷の水が急に止まったらぬける
蛇ぬけの水は黒い
蛇ぬけの前には きな臭い匂いがする

地元の方々は梨子沢の土石流が発生する直前の豪雨を「雨で真っ白の状況…」と口を揃えて訴えていた。

5. 蛇ぬけの教訓

伊豆大島、広島市、南木曽町等の災害においては、想定外の豪雨の後に大規模な土砂災害がおきた。

土砂災害は「土石流」「地滑り」「崖崩れ」に区別され、その其々に特色ある前兆・予兆現象が現れるといわれている。

「蛇ぬけの碑」は想定外の豪雨の発生を肝に銘じ、「前兆・予兆現象に細心の注意を払い」早期の対応、「自発的な行動（水平・垂直避難）」を強く訴えている。



被災全景



蛇ぬけの碑

蛇ぬけの碑は

「避難が、空振りに終わってもいいじゃないですか。」

「その行動が命を守ることに繋がるのですから。」

と悲慘な経験を胸に、強く語り続けている。

注) (独)防災科学技術研究所の「台風8号による南木曾
土石流災害」等を参考にさせて頂いた。

——はら かずよし 災害復旧技術専門家,
(株)不動テトラ 参与 中部支店部長——



ずいそう



芝公園界隈を散策

内山 康夫



港区芝公園エリアを歩いてみます。芝公園は一丁目から四丁目までの余り広くない範囲の地域となっていますが、やはりその中心は、なんといっても増上寺を中心とした緑豊かな地域です。特に芝公園(都立公園)は、1873年に開園して、上野恩賜公園に次ぐ古い公園となっています。またこの地域は、寺院等の宗教施設が数多く点在している地域で港区から風致地区の用途指定を受けていますので昔の風情が色濃く残っています。

歴史的背景から見たときには、その中心はやはり増上寺であり、徳川家の菩提寺として1598年に現在の地に移転して江戸幕府には大隆盛となったところです。

増上寺には、二代秀忠公、六代家宣公、七代家継公、九代家重公、十二代家慶公、十四代家茂公の六人の将軍が安置されています。また、各公の正室や側室も祭られています。家茂公の正室で静寛院和宮のお墓もあります。

江戸時代には、僧侶の修行及び学問所として大変な賑わいを博していたようです。常時三千人余りの修行僧がいたとされ、その境内の広さは二十五万坪程度と言われています。従って現在の東京タワー一帯も増上寺の境内となっていたようです。

その一角に金地院があります。当院は、1638年に現在の東京タワーの敷地を含む広大な境内にて創建されたが戦後に現在の地に再建立されたとされています。

やはり、増上寺や他の神社仏閣よりは、興味深く感じられるのが、これからご紹介する「幸稲荷神社」です。芝公園三丁目に位置してややもすると見逃してしまいそうな社殿ですが、びっくりするほどの歴史を重ねています。江戸時代の初期で都内でも最も古い神社となっています。

幸稲荷神社の創立は、1394年ですから増上寺よりは、479年以前となります。現在から見ると600年以上の時が経っていることとなります。

幸多きおやしろ「幸稲荷神社」の境内に入りますと、荘厳な空気が流れ時を忘れさせそうな感を感じながら、今流で言えば「パワースポット」ということでしょ

うか。

幸稲荷神社の宮司さんは、30歳前後のとても優しいお方です。何度かお会いする機会があり、その時に昔のお話をお伺いすることがあり、その話の内容が、とても興味深いものでしたのでご紹介いたします。

幸稲荷神社は、飯倉の交差点を東京タワーに向かって進み、(株)長谷川商店、ハセガワフローリストを左に進み、道なりにもう少し進むと東京都水道局芝給水所の前にあるのが当神社となります。宮司さん曰くこの道は、江戸時代からの道で非常に古い道とのこと。この付近は、鎌倉街道に当たっていたようで非常に人通りも多く、賑わいがあったとのこと。

江戸末期「幕末」においては、勝麟太郎こと勝海舟が赤羽橋や本所から江戸城に何度も天璋院「篤姫」に呼ばれ、登城したとの歴史の本に記されている場面があり、想像するにこの道を急いだのではないかと勝手に思いを廻らしています。幸稲荷神社を参るとまた別の時代に引き込まれる気持ちになるところです。勝海舟が紋付き袴で小走りに急いでいた様子が見て取れるような気がしています。

近年になり、芝公園地域も急速な発展により街全体が大きく変わる事となりました。最大のインパクトは、やはり東京タワーの建設が1957年にスタートして翌年の1958年12月に完成して営業を開始した事になります。現在では、日本国内はもとより海外のお客さんも大勢の方々が訪れる観光名所となっています。

昨年末には、日本電波塔株式会社のご発案により飯倉の交差点から芝公園交番までの都道を通称「東京タワー通り」と命名し使用することが港区役所からも承認を頂き看板も設置いたしました。

この「東京タワー通り」沿線には、歴史的建物も多く神社仏閣に限らず建造物の散策も興味深いところです。

まず、飯倉の交差点にある「ノアビル」は外観が斬新そのもので地下2階、地上15階建てです。竣工は、1974年で設計者は、白井晟一氏で施工は(株)竹中工務店となっております。建築家白井晟一氏(1905～1983)はベルリンで哲学を勉強した建築家で昭和10年から本格的に建築設計をスタートしました。ノアビ

ルは外観下層部に赤煉瓦を積み上げ、上層部に硫酸銅仕上げを施したインパクトのある建物です。

次にタワー通りを入ると二つの教会が並んで建っています。手前にあるのが「聖アンデレ教会」とその隣に「聖オルバン教会」が建っています。両教会も60年以上の歴史があります。礼拝のみならず各種イベント活動も行っており、親しみやすい教会として活動しています。

また、その向かいにあるのが、知る人ぞ知るという「フリーメーソン」の東京グランドロッジがあります、そもそもこの敷地は、戦前は日本海軍士官の親睦団体の水交社があったところ。戦後のGHQやマッカーサーの関係でロッジが出来たとなっています。

さらに進むと長谷川グリーンビルがあり本業は、「フラワーブティック」であり、そのビルの壁面は、ユニッ

ト型壁面緑化システムを採用して緑化事業を進めています。

その先に、1964年に竣工した「機械振興会館」があります、設計は(株)梓設計、施工は清水建設(株)で建築顧問は岸田日出刀先生です。この建物は、東京建築ガイドマップにも掲載されている、デザイン性の高い建築物として推薦されています。

このように芝公園界隈には、江戸時代の想いにふけったり、戦後の日本の歴史を体感できる地域となっております。

是非、「三丁目の夕日」の時代にタイムスリップして、東麻布の「五代目 野田岩」で鰻を食べて芝公園界隈を散策してみても如何でしょうか。

——うちやま やすお (一財)機械振興協会 理事・事務局長——



JCMA 報告

情報化施工技術の活用効果

一般社団法人 日本建設機械施工協会 情報化施工委員会 復興支援 WG
相良 幸雄, 小櫃 基住, 藤島 崇

日本建設機械施工協会情報化施工委員会においては、復興支援ワーキングを設置し、東日本大震災の災害復興事業に情報化施工を活用することで、安全・安心できる復興事業を実現し、一日も早い復興を遂げられるよう活動を行っている。本活動の一つに情報化施工技術を復興工事に試験的に活用いただき、その効果を体験していただく“チャレンジ工事”を実施している。

また、チャレンジ工事ではその導入効果の測定についてご協力をいただくこととなっており、本報告は、チャレンジ工事で確認された情報化施工技術の活用効果について報告する。

1. はじめに

東日本大震災からの早期復興を目指して、三陸沿岸道路等の復興道路や復興支援道路の整備が急ピッチで進められている。このため、短期間での完成と供用開始に向けた発注と工事が進められており、工事においても短い工期と適切な施工品質の確保を両立させることが重要である。

一方、情報化施工技術は、作業性の改善と均一な施工品質の確保に有効な技術として認知されつつあるが、新たな技術への不慣れや、復興工事での具体的な活用事例が少なくその効果も未知といった背景から活用が進んでいない。

そこで、復興支援 WG では工事の早期完成に向けて、情報化施工技術を上手に活用できる人材育成に向けた研修会の実施の他、適用事例における効果や現場での応用例などを周知するための活動を実施している。

さらに、情報化施工技術を活用してみたい施工者を対象に、無償での情報化施工機器貸与とその活用方法に関する技術指導を実施し、情報化施工技術の活用効果を体験していただく“チャレンジ工事”を実施している。本報告は“チャレンジ工事”の第1号となった施工現場において、その活用前後の比較を行い、どのような効果が得られたかを報告するものである。

2. 現場概要

当該工事は、復興道路・復興支援道路として建設が進む宮古盛岡横断道路で、沿岸部の宮古市と内陸部の盛岡市を結ぶ約 100 km の地域高規格道路を構成する「宮古箱石道路」の一部（図—2 の②区間）である。現場は、宮古側の 500 m 程度が盛土の施工区間、盛岡側の 500 m 程度が掘削の施工区間となっており、盛土は場内の掘削土を利用する計画である。



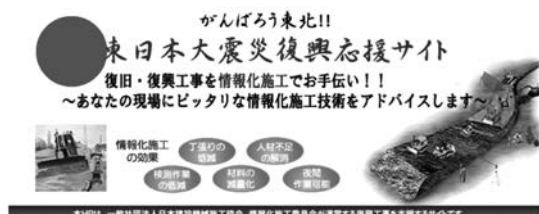
●工事数量（概算）

施工延長：	約 1,000m（本線）
施工土量：	約60,500m ³ （本線切土） 約49,000m ³ （本線盛土）
法面整形：	約 7,820m ² （本線切土） 約 7,840m ² （本線盛土）

宮古盛岡横断道路
（宮古～盛岡）100km
[H23補正新規区間48km]



図—2 施工箇所と現場概要



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

図—1 復興支援 WG の活動概要

3. 導入技術の概要

本現場では、技術提案等により、当初から TS 出来形管理および TS・GNSS を用いた締固め管理技術が導入されている。また、締固め管理技術についてはネットワーク型の RTK-GNSS が活用されていることから、チャレンジ工事による情報化施工技術としてネットワーク型 RTK-GNSS 方式の MC（ブルドーザ）と MG（バックホウ）を導入していただくこととなった。



写真—1 チャレンジ工事で導入した情報化施工技術

4. 活用効果

本工事では情報化施工技術の導入効果を把握するために、丁張り作業や施工管理等の労務に関する長期アンケート調査に加え、作業能力や施工精度の均一化に関する現場検証を実施した。

(1) 現場検証の条件と検証状況

ブルドーザによる盛土の敷均し作業、バックホウによる盛土法面の整形作業を対象に、情報化施工技術を活用した場合と、情報化施工を活用せず丁張りを目安に施工する従来手法との比較を行い、その違いを確認した。さらに、重機の操作経験が豊富な熟練技能者（20年以上の実務経験）の場合と、重機の操作経験が浅い技能者（冬季の除雪作業で1ヶ月程度の実務経験）による作業の違いについても確認した。

(a) ブルドーザによる敷均し作業

当該工事では、掘削土を盛土材として利用していることと、運搬路の制約があることから、ダンプトラッ

クによる土砂運搬（1台分）ごとに敷均し作業を行っている。検証作業においても同様の作業手順とし、土運搬の待ち時間は作業時間から除いている。

施工現場内の同条件の箇所に、MCによる施工区間とMCを利用せず、従来の丁張りを設置して施工する区間を設けて作業時間を比較した。丁張りは検証ヤードの四隅に丁張りを設置して作業を行った。

(b) バックホウによる法面整形作業

施工現場内の同条件の箇所に、MGによる施工区間とMGを利用せず、従来の丁張りを設置して施工する区間を設けて作業時間を比較した。丁張りは検証ヤードの2箇所に設置して作業を行った。検証区間は盛土区間であり、余盛り分を削りながら整形する作業である。

各区間：延長約 30 m × 幅約 6 m

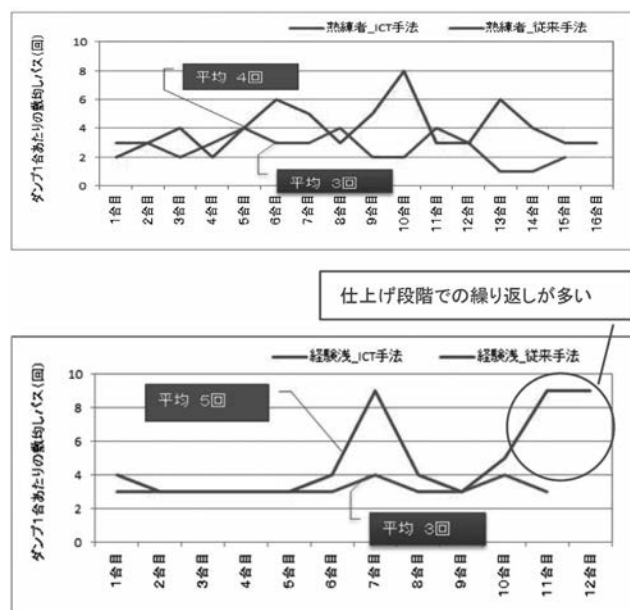
各区間：延長約 15 m × 法長約 3 m

(2) 作業性の向上

(a) ブルドーザによる敷均し作業

図—3は、熟練技能者の場合と経験の浅い技能者の敷均し作業について、ダンプ1台分の土砂を整地する際の機械の前後進の回数を分析した結果である。

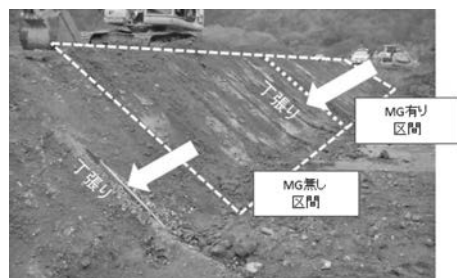
図—3（上）に示すように、熟練技能者の場合は、従来施工（丁張りを目安にした施工）は、ダンプ1台分の土砂に対して概ね4回程度の敷均し作業で完了しているが、MCを利用した場合は概ね3回程度の敷均し作業で完了している。また、丁張りを目安にしている場合は、作業の終盤になると施工範囲全体を見渡し



図—3 MCの有無による作業状況の違い
（上：熟練技能者、下：経験の浅い技能者）



各区間：延長約 30 m × 幅約 6 m



各区間：延長約 15 m × 法長約 3 m

図—4 ブルドーザの敷均し作業（上）とバックホウの法面整形作業（下）の検証ヤード

て最終整形を行っているが、MC を利用した場合は最終整形作業が僅かな微修正のみで完了している。

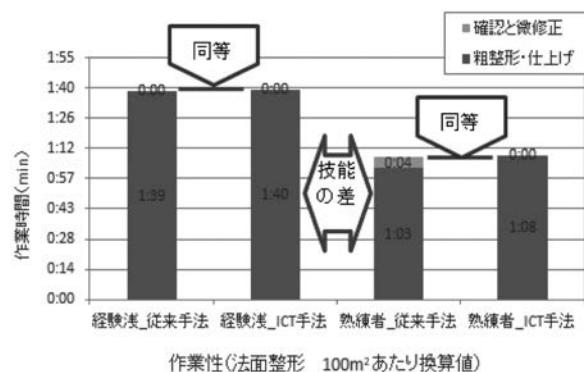
一方、図—3（下）の経験の浅い技能者では、MC を利用しない場合は作業終盤で全体を俯瞰した際の修正作業回数が熟練技能者に比べて多いが、MC を利用することで終盤での整形作業が熟練技能者相当の回数まで削減できている。

図—5 は、MC を利用した場合と丁張りによる作業について、熟練技能者の場合と経験の浅い技能者の作業時間を比較したものである。経験の有無に関係なく、MC を利用することで正確な操作が実現されるため作業の繰り返し回数が減少し、MC を利用しない場合に比べて作業時間が短縮されている。

また、経験の浅い技能者でも効率的に操作ができることにより、従来手法による熟練技能者程度の作業時間で敷均し作業ができる結果となった。

(b) バックホウによる法面整形作業

図—6 は MG バックホウを利用した場合と利用し



図—6 MGの有無と経験の差による作業時間

ない場合について技能者の操作経験の違いによる作業時間の差を整理したものである。

熟練技能者は、従来手法では運転席から目視で法面仕上がりを確認するが、MG を利用した場合でも、バケット幅の法面整形作業が終了時に数秒程度確認する程度での違いであり、作業時間もほぼ同等であった。

一方、経験の浅い技能者では、従来手法では運転席から仕上がり状況を目視判断し、最終的には降車による丁張りとの確認を実施しながら何度も整形作業を繰り返している。MG の利用により降車作業により確認は削減されているが、運転席のモニタに表示された設計との差が所定の目標値になるまで微修正を繰り返すことになり完成に至るまでに細かな修正時間を要していた。このため、MG を利用した場合でも、バケットの幅毎に何度も画面を確認しながらほぼ設計どおりになるまで操作を繰り返す作業となり、MG を利用しない場合の完了までの作業時間とほぼ差がない結果となった。

上記の結果、MG の利用の有無によって運転技能が向上するという効果は見られなかった。ただし、技能者へのヒアリングでは操作の結果として、目標値との差が数値で確認できるため、自己の操作に対する評価が常に出来ることとなり、技能の習得や習熟にも効果があるのではとの意見も聞かれた。

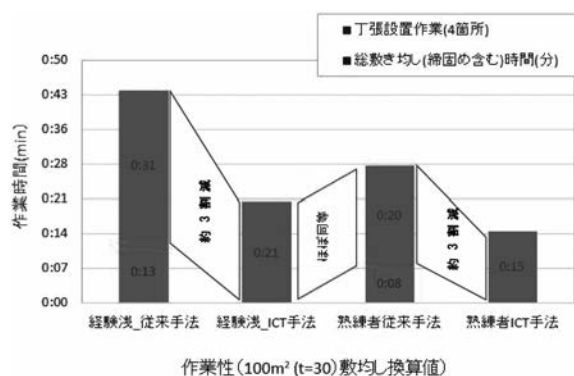
(3) 施工精度の均一化

(a) ブルドーザによる敷均し

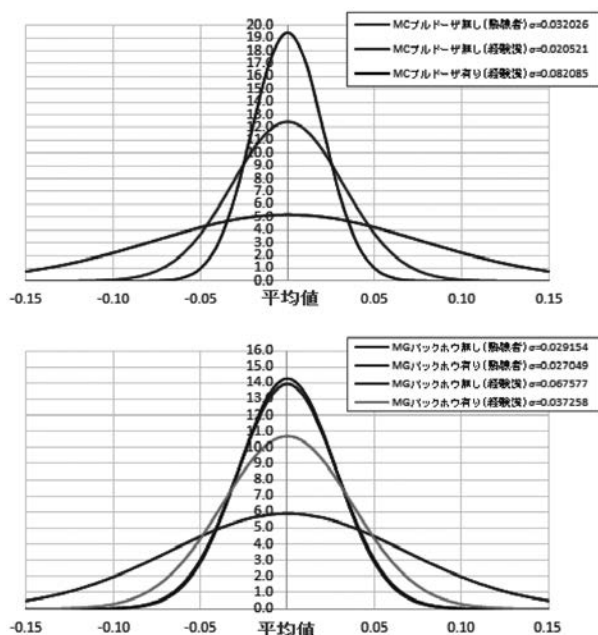
図—7（上）は熟練技能者が MC ブルドーザを利用しない場合の仕上がり状況と、経験の浅い技能者が MC を利用する場合と利用しない場合の仕上がり状況の違いを比較した図である。

MC ブルドーザによる施工後に、TS を用いてほぼ 2 m 間隔（ランダム）で計測を行った結果について、設計値との差を抽出し平均値からのばらつきを整理した。

図—7（上）より、MC ブルドーザを利用することで、経験の浅い技能者でも熟練技能者並みのばらつきで敷



図—5 MCの有無と経験の差による作業時間



図一七 施工後のばらつき
(上：MC ブルドーザ，下：MG バックホウ作業)

均しが完了しており、施工が均一化していることが解る。

ただし、熟練技能者の場合は、単純に均一に敷均すだけでなくブルドーザの軌跡が一箇所に偏らないようにレーンを変えて敷均しを行うことや、土砂の盛りこぼしを減らす方向での作業を行うなど、土質や現場の状況ごとに細かなノウハウを加えており、MC の利用だけでは補えない作業のノウハウもある。この様に、MC の利用により操作の支援は可能であるが、現場状況の把握と基本的な知識による的確な判断技術は不可欠である。

(b) バックホウによる法面整形

図一七（下）は、バックホウによる法面整形作業後にTSを用いて計測を行い、設計値との差を抽出し平均値からのばらつきについて整理した。

図一七（下）より、MG バックホウを利用することで、熟練技能者経験の浅い技能者の両者で、施工のばらつきが減少していることがわかる。また、技能者のヒアリング調査では、MG を利用することでミスリスク

が低減でき安心感があるとの意見が聞かれた。

(4) 労務作業の改善

情報化施工技術の効果として、精度および作業時間に関する短期調査の他に、作業に必要な人員構成の変化や丁張り設置作業の変化についてヒアリング調査により分析を行った。

(a) 作業員の構成について

図一八は当該現場での作業員体制を整理したものである。当該現場では、初めての技術導入となったことから導入初期は従来の人員構成であったが、技術への理解とシステムのチェック方法の確立によって、図一八に示すような人員構成での作業が可能となった。

●切土、掘削工事 《3DMGバックホウ》	
バックホウオペレータ	… 1名
施工指示者	…………… 1名(3DMG施工では不要)
施工精度確認	…………… 2名(3DMG施工では不要)
※掘削位置、深さ、法面との正対など、施工箇所や施工状況を観察しながらバックホウオペレータへ指示する作業員が不要	
※施工精度確認は、従来はレベルやTSなどの測量により確認していたが、3DMGでは施工中にシステムで確認可能	
●盛土工事 《3DMGブルドーザ》	
ブルドーザオペレータ	… 1名
ローラオペレータ	…………… 1名
施工精度確認	…………… 2名(3DMG施工では不要)
※施工精度確認は、従来はレベルやTSなどの測量により確認していたが、3DMGでは施工中にシステムで確認可能	

図一八 作業員構成の変化

(b) 丁張り設置作業について

図一九は丁張りの削減効果を試算した結果である。実現場においては、丁張りは現場で作業する職員の共通認識を行うための目印である他、土工以外での作業指示にも利用することから全てを無くすことはできない。特に、法面施工では小段部分の排水構造物などの設置にも利用されることから、従来施工の半分程度の削減となっている。

一方、盛土部分の敷均し作業については、従来でも敷均し作業用の丁張りであることと、目印としては法面の丁張りがあることから全数削減が実現している。

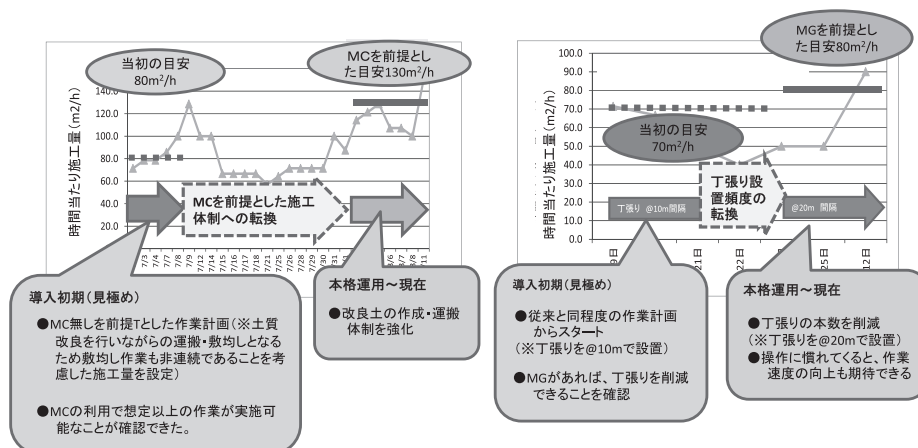


種類	総設置数	設置時間
従来施工	600箇所	50hr
情報化施工	0点	0hr



種類	総設置数	設置時間
従来施工	50箇所	25hr
情報化施工	26箇所	13hr

図一九 丁張りの削減効果（左：ブルドーザによる敷均し作業，右：バックホウによる法面整形作業）



図一 10 日当たり作業量の推移 (左：敷均し作業，右：法面整形作業)

(5) 工程の短縮

図一 10 は日当たり作業量の推移 (一部) をとりまとめたグラフである。図一 10 から解るように，導入当初は従来施工の日当たり作業量付近で推移しているが，その後，MC ブルドーザを利用した敷均し作業では当初計画のおよそ 160%，MG バックホウを利用した法面整形作業では当初計画のおよそ 110%の施工量で推移している。これは，技能者が情報化施工技術に慣れたことと，現場のマネージャが導入後の個別作業の効率向上を確認し，当該現場に適した土砂運搬体制などへ転換を図ったことである。

5. まとめ

今回のチャレンジ工事における効果検証により，情報化施工技術が個別の作業スピードの向上，施工精度の均一化といったポテンシャルを有していることが確認できた。また，導入当初は新たな技術への不安や不慣れもあるが，情報化施工技術を扱う技能者を育成することで，労務の削減に寄与できることが再確認された。さらに，MC や MG といった情報化施工技術が経験の浅い技能者への支援にも有用であるとの意見も伺うことができた。

一方，MC ブルドーザを運転したオペレータの感想では作業スピードは 3 倍以上との声も聞かれているが，現場ごとに土砂運搬やその他の制約条件があり，作業のスピードアップがそのまま作業量の増加に繋がってはいない。また，盛土作業だけが進んでもその他の付帯作業が進められない状況下では全体の進捗向上に繋がらないことも明らかとなった。

この様に，情報化施工技術の導入による個別作業の効率化を現場進捗の向上に繋げるためには，情報化施工技術に適した作業手順への変更，情報化施工システ

ムのチェックなどの新たな機器の運用体制の確立の他に，周辺作業や現場環境による制約条件を踏まえた現場の作業手順や資機材調達などのマネジメントが重要であることがより明確となった。

6. おわりに

本報告は，震災復興工事で“信頼性の高い構造物を効率的に作りたい”そんな施工業者様の熱意を情報化施工で支援することを目的として，情報化施工を使ってみてみたい施工業者様を募集し，対象の施工業者様には，情報化施工導入・実施に関するトータルコンサルティングをさせていただくチャレンジ工事第 1 号での支援報告をとりまとめさせていただきました。

本チャレンジ工事では，現場の杉枝所長を始め施工業者様の皆様と支援 WG メンバの熱心な取り組みのもと，情報化施工技術を生産性向上に繋げるという明確な目的で技術を利用いただき，情報化施工技術の導入を前提とした作業体制や運用体制を臨機に導入いただいたことで“信頼性の高い構造物を効率的に構築する”という効果が得られました。ご協力いただいた関係者各位に記して感謝致します。

さらに，最近の情報化施工技術は，機械の稼働状況などをインターネットに繋ぐことで施工の進捗をリアルタイムに把握することも可能となっており，マネジメントに必要な情報の入手環境が改善されつつあり，技術と情報を上手に利用することで一層の生産性向上が期待できるものと考えております。

当復興 WG では，情報化施工技術と情報の活用により一日も早い復興が実現するよう活動を続けて参りたいと考えております。関係各位には今後ともご協力の程よろしくお願い申し上げます。

建設企業の海外展開

1. はじめに

戦後日本の建設業の海外進出は、東南アジア諸国における賠償工事から再開し、1970年代以降は中東の建設需要、1980年代以降は、日本の製造業の海外進出とODAの拡大に伴って、その受注を増加させてきた。こうした状況を背景に、政府や国土交通省は、これまで各種の成長戦略において建設業の海外展開促進策を掲げてきた。

国土交通省では、2012年2月、「建設産業戦略会議」において、昨今の建設産業を取り巻く状況を踏まえ、建設産業が持続可能で活力ある国土・地域づくりの担い手としての役割を果たしていけるよう、その在り方について検討を行った。その結果、同7月に「建設産業の再生と発展のための方策2012～『方策2011』を実現し、東日本大震災を乗り越えて未来を拓く」が取りまとめられた。この中では、当面講ずべき5つの対策の1つとして「海外展開支援策の強化」が掲げられた。具体的には、他業界との連携強化を含む官民一体の体制づくりとして、他業界との連携強化のための「官民一体の推進・協議組織の立ち上げ」、「技能実習生など日本式の施工を理解した現地技能労働者の育成・活用」の必要があると指摘されている。

この様な状況の中、我が国建設企業の海外展開等について、(一社)海外建設協会「海外建設受注実績の動向」より紹介する。

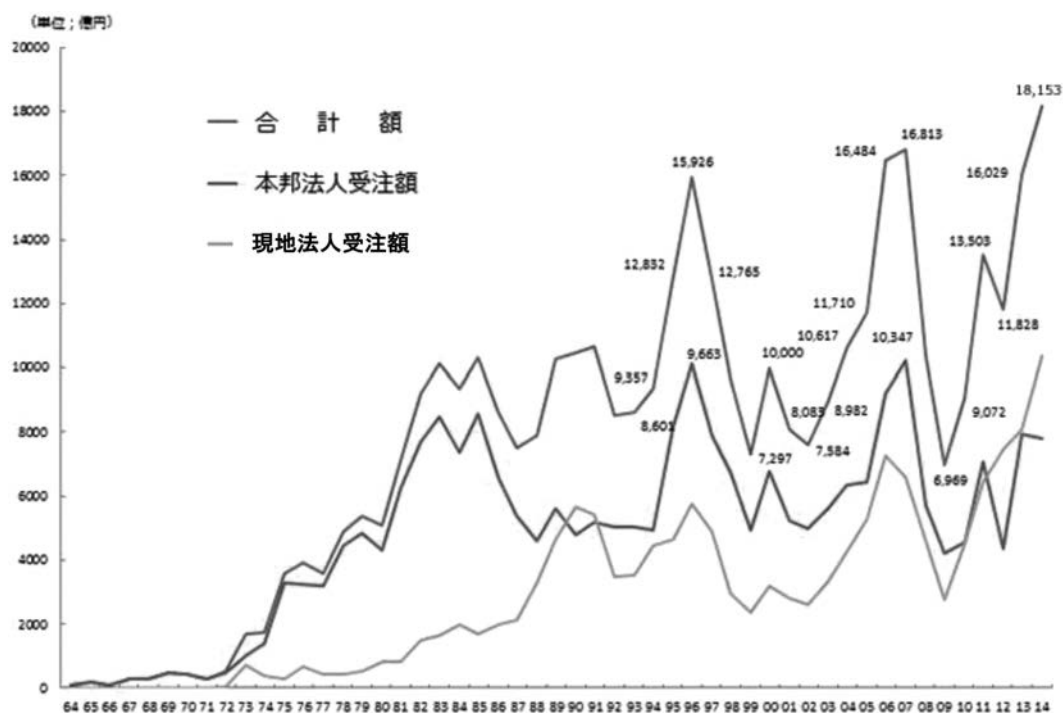
2. 受注実績の動向

2014年度の(一社)海外建設協会会員の海外建設受注実績は、図一1をみるとシンガポールの病院や空港などの大型案件を受注したことで、2014年度より2,125億円(13.3%増)増加し1兆8,153億円となった。これにより、2007年度の1兆6,813億円を上回り、過去最高の受注実績となった。

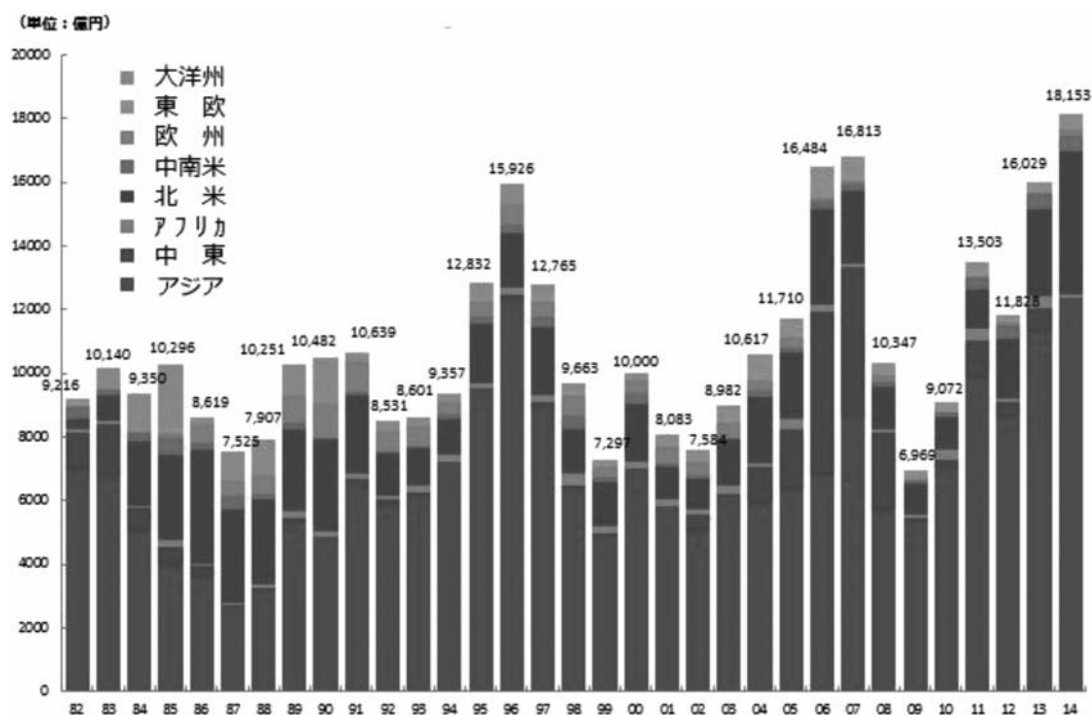
地域別の受注額を図一2でみると、アジアでは昨年度より994億円増加し1兆2,296億円(8.8%増)、北米では昨年度より1,719億円増加し4,500億円(61.8%増)となった。中南米では昨年度より31億円増加し507億円(6.5%増)、東欧地域では76億円増加し349億円(28.0%増)、欧州地域では130億円増加し181億円(258.7%増)、大洋州では99億円増加し158億円(167.6%増)となっており、各地域で増加となった。しかし、中東では昨年度より676億円減少し86億円(88.7%減)、アフリカでは250億円減少し78億円(76.3%減)となり、両地域では受注額が減少する結果となった。

受注件数については、2013年度の1,999件より12件減少し1,987件となり、前年度より0.6%減少した(表一参照)。

本邦法人の受注額は、142億円減少(1.8%減)し7,799億円であり、現地法人の受注額は、2,267億円増加(28.0%増)し、1兆355億円



図一1 海外建設受注実績の推移 (1964年度～2014年度) ※



図一 2 海外建設受注実績の地域別推移 (1982 年度～2014 年度) *

表一 2013、2014 年度海外建設受注実績*

	2013 年度	2014 年度	差引増減 (%)
件数	1,999	1,987	-12 件 (-0.6%)
金額	1 兆 6,029 億円	1 兆 8,153 億円	2,125 億円 (13.3%)

となった。また、本邦法人と現地法人の比率は 43 : 57 で、前年度の 50 : 50 に比し、本邦の比率は減少し、現地法人の比率は増加した (表一 2 参照)。

資金源別にみると、自己資金案件では 2,388 億円増加し 1 兆 6,988 億円 (16.3% 増)、国際金融機関案件では 33 億円 (前年度は受注なし)、アジア開発銀行融資案件では 37 億円 (前年度受注なし) となり各案件において増加となった。

一方、無償資金案件では昨年度より 238 億円減少し 337 億円 (0.4% 減)、有償資金案件では 96 億円減少し 757 億円 (11.2% 減) となり、両案件では減少となった。なお、ODA 全体では、前年度の 1,427 億円と比べ 333 億円減少し、1,094 億円 (23.4% 減) となった。

発注者別にみると、公共機関案件は昨年度より 330 億円増加し 6,032 億円 (5.8% 増)、民間案件は 1,794 億円増加し 1 兆 2,121 億円

(17.4% 増) となり、両案件ともに増加した。構成比は、公共機関案件が 33%、民間案件は 67% となっており、前年度の公共機関案件 36%、民間案件 64% と比べ民間案件が増加した。

契約形態別では、施工のみの案件は 2,746 億円増加し 1 兆 1,159 億円 (32.7% 増)、PM/CM 案件は 34 億円増加し 40 億円 (606.2% 増)、技術指導案件は 800 万円増加し 1 億円 (8.5%) となり、各案件で増加となった。設計施工案件は 361 億円減少し 6,832 億円 (5.0% 減)、ターンキー案件は 121 億円減少し 8 億円 (92.5% 減)、その他の案件は 174 億円減少し 113 億円 (60.7%) となった。

(1) 本邦・現地法人の動向

受注全体を本邦法人、現地法人別にみると表一 2 のようになる。

本邦法人の受注は、件数では前年度より 10 件減少し 557 件となり、金額も 142 億円減少し 7,799 億円 (1.8% 減) となった。地域別にみると、アジアでは昨年度より 312 億円増加し 7,001 億円 (4.7% 増)、北米では 17 億円増加し 103 億円 (20.3% 増)、中南米は 95 億円増加し 372 億円 (34.1% 増) となった。欧州地域でも昨年度より 44 億円増加し 45 億円、東欧地域では 900 万円加し 9 億円 (1.1% 増)

表一 2 本邦法人、現地法人別海外建設受注額*

(法人別)	2013 年度		2014 年度		増額 (%)
	(件数)	(金額: 億円)	(件数)	(金額: 億円)	(金額: 億円)
本邦法人	567	7,941 (49.5%)	557	7,799 (42.9%)	-142 (-1.8%)
現地法人	1,432	8,088 (50.5%)	1,430	10,355 (57.1%)	2,267 (28.0%)
計	1,999	16,029 (100.0%)	1,987	18,153 (100%)	2,125 (13.3%)

／ 統 計

となり、各地域で受注が増加した。しかし、大洋州では昨年度より107億円減少し157億円（212.5%減）、中東では322億円減少し86億円（79.0%減）、アフリカでも250億円減少し78億円（76.3%減）となり、3地域において大幅に減少した。

一方、現地法人の受注は、件数では前年度より2件減少し1,430件となったが、金額は2,267億円増加し1兆355億円（28.0%増）であった。地域別にみると、アジアでは昨年度に比べ682億円増加し5,295億円（14.8%増）、北米では1,702億円増加し4,397億円（63.2%増）、東欧地域では76億円増加し340億円（28.8%増）となった。中南米では昨年度より83億円増の186億円（80.0%増）、欧州地域は85億円増の135億円（169.6%増）と増加した。しかし、大洋州では昨年度8億円減の1億円（88.6%減）、中東では今期は受注なしで昨年度より354億円減となった。アフリカでの受注は、昨年度、今年度ともにゼロであった。

(2) 地域別の動向（表—3参照）

受注全体を地域別にみると、アジア地域における受注は、前年度より51件減少し1,475件となり、金額は994億円増加し1兆2,296億円（8.8%増）となった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関は880億円増加（22.0%増）し4,889億円となり、民間も

114億円増加（1.6%増）し7,407億円となった。

北米地域の受注は、前年度に比べ32件増加し166件となり4,500億円で、金額は1,719億円増加（61.9%増）した。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関は218億円増加し805億円（37.2%増）となり、民間も1,501億円増加し3,695億円（69.4%増）となった。

中東地域は、前年度より14件減少し12件であり、676億円減少し86億円（88.7%減）であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関は665億円減少し62億円（91.5%減）となり、民間も11億円減少し24億円（31.8%減）となった。

欧州地域は、37件で昨年度と同数であり、130億円増加し181億円（258.7%増）であった。同地域の受注を発注者別にみると、公共機関は20億円増加し、21億円（1,820.2%増）となり、民間も110億円増加し160億円（224.2%増）となった。

東欧地域は、前年度より6件増加し53件であり、金額でも76億円増加し349億円（28.0%増）となった。同地域の受注を発注者別にみると、前年度は公共機関からの受注はなかったが今年度は7億円であった。また、民間は69億円増加し341億円（25.3%増）となった。

中南米地域は、前年度より23件増加し184件であり、31億円増加し507億円（6.5%増）であった。同地域の受注を発注者別にみ

表—3 地域別海外工事受注額*

(地域)	2013 年度		2014 年度		増減額
	(件数)	(金額：億円)	(件数)	(金額：億円)	(金額：億円)
アジア	1,526	11,301 (70.5%)	1,475	12,296 (67.7%)	994 (8.8%)
中 東	26	762 (4.8%)	12	86 (0.5%)	-676 (-88.7%)
アフリカ	21	327 (2.0%)	15	78 (0.4%)	-250 (-76.1%)
北 米	134	2,780 (17.3%)	166	4,500 (24.8%)	1,719 (61.8%)
中南米	161	476 (3.0%)	184	507 (2.8%)	31 (6.5%)
欧 州	37	50 (0.3%)	37	181 (1.0%)	130 (262.0%)
東 欧	47	273 (1.7%)	53	349 (1.9%)	76 (27.8%)
大洋州	47	59 (0.4%)	45	158 (0.9%)	99 (167.8%)
計	1,999	16,029 (100.0%)	1,987	18,153 (100.0%)	2,125 (13.3%)

表—4 2014年4、5月の海外工事受注実績*

(単位：百万円)

月		2014 年度		2015 年度		伸び率 (%)
		件数	受注額	件数	受注額	(受注額による)
4 月	本邦法人	18	10,254	35	7,854	-23.4%
	現地法人	145	109,913	128	103,513	-5.8%
	計	163	120,167	163	111,367	-7.3%
5 月	本邦法人	50	74,947	29	24,863	-66.8%
	現地法人	97	56,902	124	135,649	138.4%
	計	147	131,849	153	160,512	21.7%
累計	本邦法人	68	85,201	64	32,717	-61.6%
	現地法人	242	166,815	252	239,162	43.4%
	総合計	310	252,016	316	271,879	7.9%

統計

ると、公共機関は12億円増加し28億円（77.8%増）となり、民間も19億円増加し479億円（4.1%増）となった。

アフリカ地域は、前年度より6件減少し327億から約250億円減少し78億円となり、大洋州地域の受注は99億円（2件減）増加し158億円（167.6%増）となった。

3. 最新の動向

2015年の4、5月期の受注額と地域別構成比を、2014年度同時期と比較すると次のようになる。

(1) 2015年4、5月の海外工事受注実績（速報値）（表－4参照）

2015年度4月の海外工事受注額は、本邦法人では35件7,854万円であり、2014年度の同期受注額18件102億5,400万円と比べ23.4%減となった。現地法人の受注額は、2015年度4月期は128件

1,035億1,300万円であり、2014年度の同期受注額145件1,099億1,300万円と比べ5.8%減となった。

また、2015年5月期の海外工事受注額は、本邦法人では29件248億6,300万円であり、2014年度の同期受注額50件749億4,700万円と比べ66.8%減であった。現地法人では、2015年度5月期は124件1,356億4,900万円であり、2014年度同期受注額97件569億0,200万円と比べ138.4%の大幅な増となった。

(2) 2014年4、5月期の地域別構成比（速報値）（表－5参照）

2015年度4、5月期の海外工事受注実績を地域別構成比でみると、北米からの受注が1番多く、本邦法人と現地法人の受注額の総額は51件で1,285億0,700万円であり、受注総額の47.2%を占めている。2014年度の同受注額の36件667億8,800万円と比べ、92.4%の大幅な増となっている。

次いで、アジア各国からの受注が多く、本邦法人と現地法人の受

表－5 2015年4～5月の地域別構成比[※]

		2014年度			2015年度			伸び率（％）
		件数	受注額	構成比（％）	件数	受注額	構成比（％）	（受注額による）
アジア	本邦法人	37	72,905	28.9%	34	13,532	5.0%	－81.4%
	現地法人	186	89,367	35.5%	182	106,780	39.3%	19.5%
	計	223	162,272	64.4%	216	120,312	44.3%	－25.9%
中東	本邦法人	1	51	0.0%	6	3,409	1.3%	6,584.3%
	現地法人	0	0	0.0%	0	0	0.0%	0.0%
	計	1	51	0.0%	6	3,409	1.3%	6,584.3%
アフリカ	本邦法人	3	2,359	0.9%	1	1,353	0.5%	－42.6%
	現地法人	0	0	0.0%	0	0	0.0%	0.0%
	計	3	2,359	0.9%	1	1,353	0.5%	－42.6%
北米	本邦法人	5	2,189	0.9%	2	111	0.0%	－94.9%
	現地法人	31	64,599	25.6%	49	128,396	47.2%	98.8%
	計	36	66,788	26.5%	51	128,507	47.2%	92.4%
中南米	本邦法人	18	7,252	2.9%	12	5,378	2.0%	－25.8%
	現地法人	11	6,758	2.7%	4	2,300	0.8%	－66.0%
	計	29	14,010	5.6%	16	7,678	2.8%	－45.2%
欧州	本邦法人	0	0	0%	1	368	0.1%	—
	現地法人	9	1,739	0.7%	8	200	0.1%	－88.5%
	計	9	1,739	0.7%	9	568	0.2%	－67.3%
東欧	本邦法人	0	0	0.0%	0	0	0.0%	0.0%
	現地法人	5	4,352	1.7%	9	1,486	0.5%	－65.9%
	計	5	4,352	1.7%	9	1,486	0.5%	－65.9%
大洋州 その他	本邦法人	4	445	0.2%	8	8,566	3.2%	1,824.9%
	現地法人	0	0	0.0%	0	0	0.0%	0.0%
	計	4	445	0.2%	8	8,566	3.2%	1,824.9%
累計	本邦法人	68	85,201	33.8%	64	32,717	12.0%	－61.6%
	現地法人	242	166,815	66.2%	252	239,162	88.0%	43.4%
	総合計	310	252,016	100.0%	316	271,879	100.0%	7.9%

／ 統 計

注額の総額は、216件で1,203億1,200万であり、受注総額の約44.3%を占めている。2014年度の同受注額の223件1,622億7,200万円と比べ、25.9%減となっている。

4. おわりに

国土交通省では、専門工事業者を含む地方・中小建設企業の海外展開を促進するための施策の拡充として、今後新たに海外への進出を検討している建設企業を対象とする「海外展開経営塾」を開催。海外展開に成功している企業の成功事例の共有を図るとともに、長年海外事業に従事してきた大手建設企業出身者などの知見を地方・中小建設企業で活かせる仕組みの構築、さらには地方・中小建設企

業に対する融資・保証制度等金融面での支援策についても継続的に検討していく必要があるとしている。

また、我が国の建設企業の海外受注実績の目標を見直し、「2兆円以上」に設定することにより、我が国の建設企業の海外展開に対する気運を一層高めていくことが望まれると述べている。

今後の我が国建設業界は、2020年に開催が予定されている東京オリンピック・パラリンピックに係る関連事業等により、工事量が増大し一部では人手不足、機械不足等の状況にあるが、各事業終了後の建設業を取巻く環境は、再び厳しい状況となることが予測される。このため、海外建設市場へ進出するための努力は怠ってはならないように思われる。

[文責：清水]

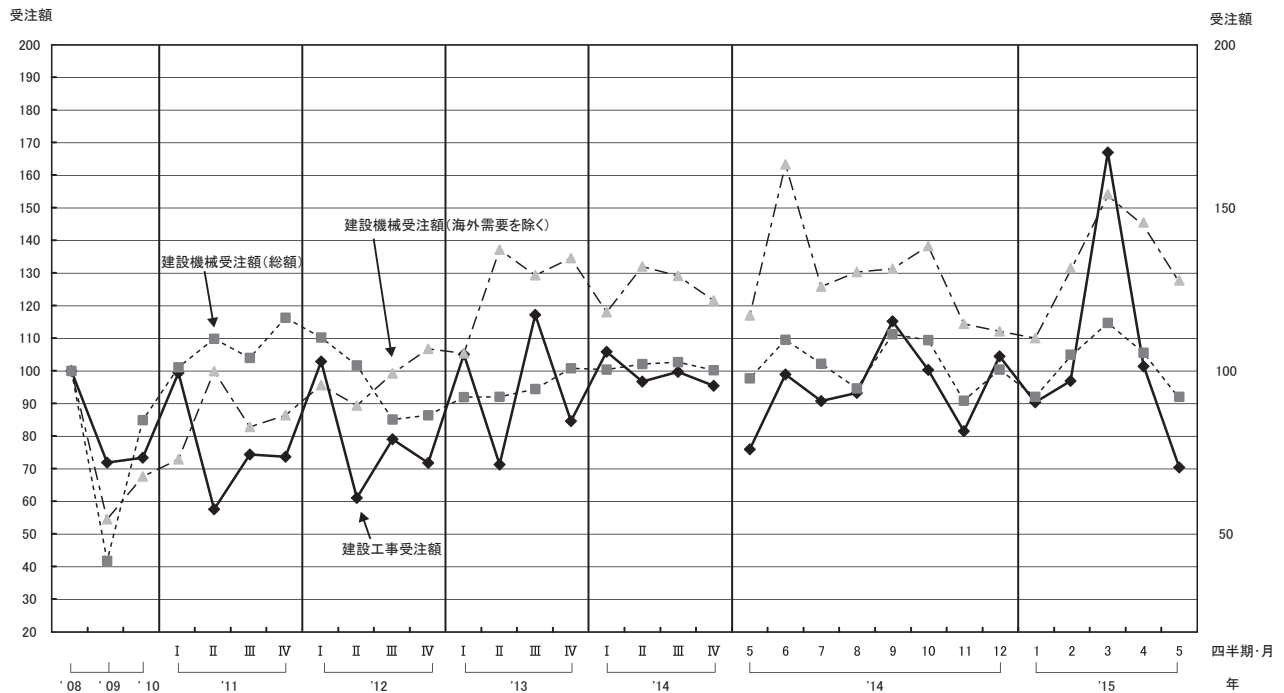
※出典：一般社団法人 海外建設協会



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 2008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 2008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							
2008 年	140,056	98,847	22,950	75,897	25,285	5,741	10,184	98,836	41,220	128,683	142,289
2009 年	100,407	66,122	12,410	53,712	24,140	5,843	4,302	66,187	34,220	103,956	128,839
2010 年	102,466	69,436	11,355	58,182	22,101	5,472	5,459	71,057	31,408	107,613	106,112
2011 年	106,577	73,257	15,618	57,640	22,806	4,835	5,680	73,983	32,596	112,078	105,059
2012 年	110,000	73,979	14,845	59,133	26,192	4,896	4,933	76,625	33,374	113,146	111,076
2013 年	132,378	89,133	14,681	74,453	31,155	4,660	7,127	90,614	41,463	129,076	120,941
2014 年	139,286	80,477	16,175	64,302	43,103	4,822	10,887	86,537	52,748	138,286	125,978
2014 年 5 月	8,849	5,100	1,158	3,942	2,700	345	705	5,540	3,309	135,057	8,332
6 月	11,538	7,114	1,385	5,729	3,782	361	281	7,615	3,922	135,239	11,171
7 月	10,588	6,435	1,187	5,247	2,864	373	916	6,605	3,983	138,035	7,882
8 月	10,877	5,546	1,194	4,352	3,247	336	1,749	7,446	3,431	138,708	9,176
9 月	13,461	9,484	1,926	7,557	2,855	466	657	9,250	4,211	139,433	13,045
10 月	11,711	7,083	1,417	5,666	2,927	471	1,231	7,219	4,492	140,773	8,915
11 月	9,504	6,319	1,225	5,095	2,449	385	350	6,602	2,902	139,657	10,204
12 月	12,199	7,249	1,334	5,915	3,290	386	1,274	8,117	4,082	138,286	14,320
2015 年 1 月	10,538	7,525	1,502	6,023	2,490	360	164	7,817	2,721	147,814	10,220
2 月	11,306	7,809	1,174	6,635	2,910	438	148	7,788	3,517	136,998	10,628
3 月	19,543	12,683	1,855	10,828	6,342	407	112	11,622	7,921	140,330	19,823
4 月	11,836	8,791	2,135	6,656	2,383	557	105	8,489	3,347	145,449	9,296
5 月	8,193	5,622	1,131	4,491	1,958	353	260	5,284	2,908	-	-

建設機械受注実績

(単位: 億円)

年 月	08 年	09 年	10 年	11 年	12 年	13 年	14 年	14 年 5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月	15 年 1 月	2 月	3 月	4 月	5 月
総 額	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	1,473	1,653	1,541	1,427	1,679	1,652	1,370	1,514	1,388	1,584	1,732	1,593	1,388
海 外 需 要	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	975	1,063	1,005	872	1,120	1,063	883	1,037	920	1,024	1,075	973	844
海外需要を除く	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	498	696	536	555	559	589	487	477	468	560	657	620	544

(注) 2008～2010年は年平均で、2011～2014年は四半期ごとの平均値で図示した。

2014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

(2015年6月1日～30日)

機械部会



■路盤・舗装機械技術委員会 要覧分科会

月 日：6月2日(火)

出席者：山口達也委員長ほか15名

議 題：①建設機械要覧2016 12章、13章の総説・概説の見直し内容と各担当者についての確認 ②その他

■情報化機器技術委員会

月 日：6月5日(金)

出席者：白塚敬三委員長ほか8名

議 題：①除雪 ICT システムを理解して Eagle JCMAS 活用についての議論 ②建設機械搭載型の傾斜検出表示システムについての議論 ③「社会インフラ用ロボット」について ④ ISO/TC 127 SC3/WG5 有志会合 (5/19 開催) の報告 ⑤その他

■基礎工事用機械技術委員会

月 日：6月10日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか9名

議 題：①話題提供「洋上風力発電の基礎工事用 モノパイル掘削機械」の紹介 ②基礎工事用機械の分類とそのアタッチメントの整理について ③6/12 開催の合同技術連絡会で当委員会の発表資料確認について ④7月予定の東京外環道本線シールド発進用ニューマチックケーソン立坑工事の現場見学会について ⑤その他連絡等

■コンクリート機械技術委員会

月 日：6月11日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか9名

議 題：①前回 (4/9) 委員会の議事録内容の確認 ② ISO/TC195/SC1 のトラックミキサの各国意見を反映した修正審議 ③ ISO/TC195/SC1 のコンクリートおよびモルタル準備用機械およびプラントの審議 ④その他 (6/12 開催の機械部会、製造業部会合同技術連絡会の内容について他)

■平成27年度第1回 機械部会・製造業部会 合同技術連絡会

月 日：6月12日(金)

参加者：大野俊弘部会長ほか40名

議 題：①機械部会の平成26年度事業報告と平成27年度事業計画について ②製造業部会の平成26年度事業報告と平成27年度事業計画について ③ボーリング機の施工技術 (平成26

年度活動調査) について ④除雪グレーダの復活について ⑤トンネル工事用排出ガス対策型建設機械に関する現状の課題と要望について ⑥国土交通省 公共事業企画行政の最近の動向について ⑦意見交換その他

■トンネル機械技術委員会 建設システムの変革分科会

月 日：6月17日(水)

出席者：橋伸一分科会長ほか11名

議 題：①過去の JCMSA における活動報告の再確認について ②山岳トンネルの最近の案件情報について ③シールドトンネルの最近の案件情報について ④その他

■トラクタ技術委員会

月 日：6月19日(金)

出席者：高松伸匡委員長ほか6名

議 題：①各社のトピックス ② JCMAS H022 ホイールローダ燃料消費量試験方法改訂案に対する意見の反映についての確認について ③経産省 省エネ建機導入補助事業の平成27年度事業の実施について ④災害時における道路啓開作業用ホイールローダの検討状況について ⑤6/12 開催の機械部会・製造業部会 合同技術連絡会の報告について ⑥その他

■路盤・舗装機械技術委員会 幹事会

月 日：6月23日(火)

出席者：山口達也委員長ほか10名

議 題：①平成27年度の活動計画の分科会および各担当の進捗状況について ②上期委員会総会や見学会の日程と内容について ③その他

■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

月 日：6月23日(火)

出席者：吉野友純分科会長ほか11名

議 題：①アスファルトプラントの変遷資料の機関紙掲載に向けた第4章からの編集作業について ②編集作業の進め方について ③その他

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：6月24日(水)

出席者：坂下誠分科会長ほか11名

議 題：①平成26年度活動結果の最終まとめ確認について ②6/12 開催の合同技術連絡会での発表結果の報告について ③上記①、②を踏まえた上で国土交通省との意見交換について ④その他

■路盤・舗装機械技術委員会 要覧分科会

月 日：6月25日(木)

出席者：山口達也委員長ほか16名

議 題：①建設機械要覧2016 第12章、第13章の総説・概説の見直し内容の確認 ②その他

■原動機技術委員会

月 日：6月26日(金)

出席者：六本木明人委員長ほか17名

議 題：①前回 (4月17日) 議事録の確認について ②オフロード法2014年排出ガス規制の各実施要領等についての情報交換 ③海外排出ガス規制の動向についての情報交換 ④陸内協と国交省との排出ガス対策型建設機械指定制度についての意見交換について ⑤前々回押尾委員から提案のあった第3次排出ガス対策型建設機械における黒煙測定器からオパシメータによる計測・判定基準の追加についての検討結果 ⑥工藤委員の油脂技術委員会 燃料・エンジン油分科会長 就任について ⑦佐野前副委員長の副委員長後任について ⑧6/12 開催の機械部会・製造業部会 合同技術連絡会の報告について ⑨その他

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：6月30日(火)

出席者：佐藤文夫分科会長ほか4名

議 題：①建設機械要覧2016に向けた第10章の「総説」および10.4破砕機、10.5土質改良機の「概説」の改訂見直しについて ②その他

製造業部会



■製造業部会 マテリアルハンドリング WG

月 日：6月9日(火)

出席者：内海光博 WG 主査ほか10名

議 題：①平成27年度の製造業部会マテリアルハンドリング WG の活動計画について ②既納機へ装着できるアタッチメントの対応について ③車両系木材伐出機械に係るその後の動きについて ④その他

■国交省・作業燃費検討 WG 代表打合せ

月 日：6月26日(金)

出席者：尾上裕 WG リーダーほか6名

議 題：①ホイールクレーンの燃費測定方法、評価値算出方法、クラス分け、燃費基準値素案について ②既存燃費基準の更新について (次回目標年次、データ収集方法、スケジュール)、「低炭素型建設機械認定制度」及び「燃費基準達成建設機械認定制度」の施行状況 (普及状況)、普及策の紹介、次期約束草案

建設業部会



■三役会

月 日：6月4日（木）

出席者：鈴木嘉昌部会長ほか6名

議 題：①各 WG 報告 ②夏季現場見学会について ③その他

■クレーン安全情報 WG

月 日：6月22日（月）

出席者：久保隆道主査ほか8名

議 題：①平成27年度活動計画について（基本骨子は、クレーン事故防止に向けた情報収集と発信・再教育テキストの充実・タイムリーな情報共有による各社安全活動への展開（案）1.引き続き、地道に情報を収集 2.昨年までにまとめた情報の公開方法を確立する 3.再教育テキストの次回改定に向けた検討を開始、※再教育講習を見学し、足りない部分などを補完する 4.各社の再教育状況を調査し、受講に向けた提言を検討する 5.メーカー、レンタル会社の取り組みを理解し、協力し合う等々）②クレーン協会講師養成講座についてご紹介（一社 日本クレーン協会 荒井委員）③150tタワー式クロウクレーン転倒事故パート2についてご紹介（清水建設（株）門脇委員）（当 WG でなにかができるかを討論（案）1.メーカーヒヤリング 2. WG としての会員へのダブルリミット底に関する提言 3.再教育テキスト外で講習で受講者へその危険性についてアナウンスする等々）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2日（火）

出席者：阿部弘二分科会長代理ほか7名

議 題：①「レンタカー運用の適正化」を目指した活動展開について ②その他

■レンタル業部会

月 日：6月4日（木）

出席者：隼直毅部会長ほか14名

議 題：①平成26年度事業報告内容について 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

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月 日：6月3日（水）

出席者：渡辺和弘事務局長ほか19名

議 題：①平成27年9月号（第787号）の計画の審議・検討 ②平成27年10月号（第788号）の素案の審議・検討 ③平成27年11月号（第789号）の編集方針の審議・検討 ④平成27年6～平成27年8月号（第784～786号）の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月 日：6月24日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか6名

議 題：①「平成27年公共事業関係予算」、「平成27年主要建設資材価格の動向」掲載予定原稿の確認 ②その他原稿検討 ③その他

■新機種調査分科会

月 日：6月25日（木）

出席者：江本平分科会長ほか2名

議 題：①新機種情報の持ち寄り検討 ②新機種紹介データまとめ ③その他

支部行事一覧

北海道支部



■第1回施工技術検定委員会

月 日：6月17日（水）

場 所：さつげんビル6階会議室

出席者：北村征施工技術検定委員長ほか32名

議 題：建設機械施工技術検定学科試験の実施要領と監督要領の打合せ

■建設機械施工技術検定学科試験会場設営

月 日：6月20日（土）

場 所：北広島市、道都大学

出席者：堅田事務局長代理ほか6名

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月21日（日）

場 所：北広島市、道都大学

受 験 者：1級335名、2級669名（延798名）

■平成27年度除雪機械技術講習会（第1回）

月 日：6月29日（月）

場 所：ホテルボールスター札幌

受講者：231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



■広報部会（「EE 東北 2015」開催）

月 日：6月3日（水）～4日（木）

場 所：夢メッセみやぎ

来場者数：14,000名

内 容：当支部関係10社（全体310社）

技術数全体845テーマ ①キャッチコピー「東北の明日を支える新技術」

②技術分野 1) 復旧・復興 2) 建設段階 3) 維持管理・予防保全 4) 建設副産物・リサイクル 5) 防災・安全 6) その他共通

■情報化施工セミナー（施工部会）

月 日：6月11日（木）

場 所：夢メッセみやぎ

受講者：77名

議 題：①ガイダンス ②主催者挨拶…東北支部及び東北地方整備局施工企画課 ③情報化施工の概要と効果 ④衛星測位 ⑤ MC, MG ⑥締固め管理 ⑦ TS 出来形管理

■情報化施工セミナー（施工部会）

月 日：6月12日（金）

場 所：八戸市グラントサンピア八戸

受講者：20名

議 題：①ガイダンス ②主催者挨拶…東北支部及び東北地方整備局施工企画課 ③情報化施工の概要と効果 ④衛星測位 ⑤ MC, MG ⑥締固め管理 ⑦ TS 出来形管理

■広報部会

月 日：6月16日（火）～17日（水）

場 所：仙台市宮城野区仙台北テクノセンター（西尾レントオール（株））

来場者数：約200名

内 容：3.1m級モーターグレーダ他新機種発表会開催

■施工部会（建設機械施工技術検定学科試験）

月 日：6月21日（日）

場 所：岩手産業文化センター（アピオ）

受験者数：1級 349名

2級 1,043名

種別毎 1種 171名

2種 735名

3種 36名

4種 88名

5種 11名

6種 2名

1級・2級合計 1,392名

■情報化施工セミナー（施工部会）

月 日：6月25日（木）

場 所：岩手県滝沢市岩手産業文化センター（アピオ）

受講者：52名

議 題：①ガイダンス ②主催者挨拶…東北支部及び東北地方整備局施工企画課 ③情報化施工の概要と効果 ④衛星測位 ⑤ MC, MG ⑥締固め管理 ⑦ TS 出来形管理

■情報化施工セミナー（施工部会）

月 日：6月26日（金）
場 所：秋田市秋田テルサ
受講者：51名

議 題：①ガイダンス ②主催者挨拶…
東北支部及び東北地方整備局施工企画
課 ③情報化施工の概要と効果 ④衛
星測位 ⑤ MC、MG ⑥締固め管理
⑦ TS 出来形管理

■東北地方整備局情報化施工研修（施工部会）

月 日：6月29日（月）～30日（火）
場 所：東北技術事務所研修所
情報化施工技術委員会の鈴木勇治委員
長ほか2名派遣
受講者：11名
研修内容：①情報化施工データ作成要領
② TS 出来型管理要領及び監督・検査
要領 ③ TS 出来型管理監督・検査実
技及びバックホウ等紹介

北 陸 支 部



■大規模津波防災総合訓練第2回実行委員会

月 日：6月3日（水）
場 所：北陸地方整備局会議室
出席者：宮村兵衛事務局長
議 題：訓練の実施（案）について

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月21日（日）
場 所：新潟コンベンションセンター朱
鷲メッセ
受験者：1級 延263名、2級 延670名

中 部 支 部



■技能検定委員会会議

月 日：6月3日（水）
出席者：永江事務局長出席
議 題：建設機械整備技能検定の実施に
関する実務打合せ

■広報部会

月 日：6月15日（月）
出席者：高木広報部会長ほか6名
議 題：「中部支部ニュース」第33号に
ついて

■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月21日（日）
場 所：愛知学院大学名城キャンパス
受験者：1級 396名、2級 630名

■愛知県ブロック春期災害対策用機械操作訓練

月 日：6月24日（水）～25日（木）
出席者：会員企業21社 43人
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

関 西 支 部



■平成27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8日（月）
場 所：関西支部 会議室
内 容：①学科試験監督要領について
②その他留意事項

■広報部会

月 日：6月11日（木）
場 所：関西支部 会議室
出席者：河村部会長以下6名
内 容：①平成27年度事業計画
②「JCMA 関西」について

■「緊急災害応急対策業務に関する協定」に関わる災害時機械関係業務の現場対応訓練

月 日：6月12日（金）
場 所：近畿地方整備局 近畿技術事務所
出席者：64名
内 容：①災害対策に関する講義 ②操
作訓練 ③意見交換

■平成27年度1・2級建設機械施工技術検定試験（学科）

月 日：6月21日（日）
場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス
受験者：1級 580名、2級 919名（1種
61名、2種 838名、3種 4名、4種 53名、
5種 15名、6種 12名）

■建設用電気設備特別専門委員会（第419回）

月 日：6月24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-
TR236 建設工事用400V 級電気設備施
工指針」の見直し検討 ③「JEM-
TR246 建設用電気設備の接地工事指
針」の見直し検討

■「損料・橋梁・大口径」積算技術講習会

月 日：6月29日（月）
場 所：追手門学院 大阪城スクエア 会
議室
参加者：31名
内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と
積算 ②建設機械等損料の積算 ③鋼
橋架設の施工技術と積算 ④PC 橋架
設の施工技術と積算

中 国 支 部



■第2回広報部会

月 日：6月9日（火）
場 所：協会事務所
出席者：松村邦則部会長ほか5名
議 題：①広報誌（CMnavi）42号編集

について ②広報誌（CMnavi）42号
の企画について ③支部ホームページ
のリニューアル後の状況について
④支部パンフレットの改訂作業につい
て ⑤その他懸案事項

■「建設機械等損料・橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会

月 日：6月16日（火）
場 所：広島 YMCA 会議室
参加者：23名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と
積算…（一社）日本建設機械施工協会大
口径岩盤削孔委員会委員 加藤充氏
②建設機械等損料の積算…（一社）日本
建設機械施工協会中国支部事務局長
清水芳郎氏 ③PC 橋架設の施工技術
と積算…（一社）日本建設機械施工協会
橋梁架設工事委員会委員 梶原省一氏
④鋼橋架設の施工技術と積算…（一社）
日本建設機械施工協会橋梁架設工事委
員会委員 藤原誠治氏

■平成27年度1級・2級建設機械施工技術検定（学科）試験

月 日：6月21日（日）
場 所：広島工業大学
受験者：1級 146名、2級 430名

■第1回施工技術部会

月 日：6月30日（火）
場 所：広島 YMCA 会議室
出席者：齊藤実部会長ほか10名
議 題：①平成27年度部会事業実施計
画について ②情報化施工関係行事
（案）について ③平成27年度道路除
雪講習会（案）の企画について ④そ
の他懸案事項

四 国 支 部



■平成27年度建設機械施工技術検定【学科】試験

月 日：6月21日（日）
場 所：香川大学（高松市）
受験者：1級：237名、2級：563名 計
800名

九 州 支 部



■CIM普及促進セミナー

月 日：6月10日（水）
参加者：136名
内 容：①九州地方整備局における
CIMの取り組みについて ②3D 活用
の極意 ③CIMソリューションの紹介

■企画委員会

月 日：6月17日（水）
出席者：久保田正春企画委員長ほか6名

議 題：① CIM 普及促進セミナーについて ②建設機械施工技術検定試験について ③平成 26 年度決算報告について ④日本建設機械施工大賞 地域貢献賞について ⑤その他

■平成 27 年度建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6 月 21 日（日）

場 所：福岡女学院大学（福岡市）

受験者：1 級 573 名，2 級 1,340 名



編集後記

皆様もニュースなどでご存知のことかと思いますが、「明治日本の産業革命 製鉄・鉄鋼、造船、石炭産業」がユネスコの世界遺産（文化遺産）に登録されました。遺産は、山口・福岡・佐賀・長崎・熊本・鹿児島・岩手・静岡の8県に点在しています。西洋から非西洋世界への技術移転と日本の伝統文化を融合させ、幕末から明治時代までに急速な発展をとげた炭鉱、鉄鋼業、造船業に関する文化遺産です。私事ですが、6年ほど前、今回世界遺産に登録された遺産群のひとつであります三池炭鉱の各種資料館や遺跡群を巡る機会がありました。実際の堅坑櫓、巻揚機、レンガ造りの建物などを目の当たりにすると、当時のエンジニアや炭鉱労働者の熱い思いを感じずにはいられませんでした。

さて、今月号は「歴史的建造物の保存・修復・復元」特集です。歴史的建造物を維持し続けると言うことは、持ち主や国、関係者、近隣の方々、その建造物（遺産）に思い出や思い出がある方々等々の「歴史を継承する想い」が無ければ成り立たないと思います。当然、コストも掛かります。そんな中、今回の特集では、多くの種類の地道な取組みをご紹介します。

しております。それぞれに大変ご苦労されて取り組まれている様子が伝わってくると思います。

巻頭言は、日本大学理工学部の阿部准教授に土木遺産の価値、保全技術、最新動向に関してまとめて頂き、行政情報では法施工から7年が経過した歴史的まちづくり法について、概要、支援制度、実際の整備事例を紹介して頂いております。技術報文では、城郭、耐震改修、保存修理、修復復元、素屋根トラベリング、橋梁補修長寿命化、曳家保存改修、煉瓦保存修理、改修修復（海外）等、建築土木分野の多岐にわたり14編掲載しております。交流の広場では、歴史的建造物を地域の観光資源として活用する機運が年々高まっている中で、福井県の歴史的建造物等の保存・活用に向けた取り組みを紹介しております。是非、今回掲載した報文が皆様の今後の取り組みのご参考になり、ひいては歴史的建造物を中心とした地域づくりの一助となれば幸いです。

最後になりましたが、ご多忙中にも関わらず、ご執筆頂いた皆様に深く感謝申し上げますと共に、執筆依頼に快諾して頂き、社内調整等々スピーディーに対応して頂きました各社関係者の皆様に、改めて深く御礼申し上げます。

（岡田・久保）

9月号「維持管理・延命化、リニューアル特集」予告

・道路メンテナンス技術集団 ・鉄道構造物の維持管理に関する基準の検証 ・橋梁の維持管理における非破壊検査技術の研究開発 ・既設橋梁の復元設計システム ・時速100kmでトンネル覆工コンクリート表面を点検する技術 ・鉛直シャフトを昇降・旋回する水中作業機械 ・次世代社会インフラ用ロボット開発・導入の推進 宮ヶ瀬ダム堆砂深浅測量 ・スマートフォンを用いた舗装路面評価手法の開発 ・鉄道構造物の維持管理の現状と新しいリニューアル技術の開発 ・ハンマーを用いずに新幹線トンネル覆工コンクリートを打音検査 ・スマートフォンを活用した漁港施設の点検と今後の課題 ・中大口径管きょ更生工法

【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67巻第8号（2015年8月号）（通巻786号）

Vol.67 No.8 August 2015

2015（平成27）年8月20日印刷

2015（平成27）年8月25日発行（毎月1回25日発行）

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

発行所 本部 一般社団法人 日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話（03）3433-1501；Fax（03）3432-0289；<http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話（0545）35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北3条西2-8

電話（011）231-4428

東北支 部 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1

電話（022）222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1

電話（025）280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10

電話（052）962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4

電話（06）6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22

電話（082）221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22

電話（087）821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30

電話（092）436-3322

本誌上への
広告は



有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL：03-3664-0118 FAX：03-3664-0138

E-mail：san-mich@zam.att.ne.jp 担当：田中

機関誌編集委員会

編集顧問

今岡 亮司	加納研之助
後藤 勇	佐野 正道
新開 節治	関 克己
高田 邦彦	田中 康之
塚原 重美	中岡 智信
中島 英輔	橋元 和男
本田 宜史	渡邊 和夫

編集委員長

田中 康順 鹿島道路(株)

編集委員

新田 恭士	国土交通省
三浦 弘喜	農林水産省
早矢仕 明	(独)鉄道・運輸機構
加藤 誠	鹿島建設(株)
立石 洋二	大成建設(株)
岩野 健	清水建設(株)
赤井 亮太	(株)大林組
久保 隆道	(株)竹中工務店
安川 良博	(株)熊谷組
中村 優一	(株)奥村組
京免 継彦	佐藤工業(株)
岡田 英明	五洋建設(株)
齋藤 琢	東亜建設工業(株)
赤神 元英	日本国土開発(株)
相田 尚	(株)NIPPO
岡本 直樹	山崎建設(株)
太田 順子	コマツ
大塚 清伸	キャタピラー・ジャパン(株)
小倉 弘	日立建機(株)
上田 哲司	コベルコ建機(株)
石倉 武久	住友建機(株)
原 幹生	(株)KCM
江本 平	範多機械(株)
竹本 憲充	施工技術総合研究所

事務局

日本建設機械施工協会

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。
日本国内 自社自力生産・直接修理を实践中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機 フルラインアップ!!

ケーブルレス サテレタ リンカー 離操作

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

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

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現！

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

自由度の高い
多様なオーダー対応

ボタン配置自在／最大32点

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

モデルチェンジ！
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

優れた
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N

●8操作8リレー

●軽量コンパクト
受信機

セットで
15万円
(税抜価格)

12操作標準型
RC-5812N

●12操作12リレー

●照明出力リレーの
保持を標準採用

セットで
17万円
(税抜価格)

16ボタン
モデル

16操作標準型
RC-5816N

●16操作16リレー

●同じ外形で
16個のボタンを
コンパクトに配置

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型
RC-6016N

●16操作16リレー
最大25リレーまで
対応可能

セットで
20万円
(税抜価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)



微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-8616N

●16操作16リレー
最大32リレーまで
対応可能

セットで
22万円
(税抜価格)

モデルチェンジ！ 内部設計を一新!!
全ての互換を優先しました。

N/U/Gシリーズ

頑強 ケーブルレス

堅牢なボディ
耐衝撃性能が向上

優れた
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

ハンディなのに
特殊スイッチを
装着可能

特殊スイッチ
オーダー対応例

防爆形はTX-8400型送信機で対応 (Nシリーズのみ)



マイティサテレタ N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90万円～
(税抜価格)

全押しボタン
RC-7126N

セットで
45万円～
(税抜価格)

ジョイスティック
2本装着オーダー例

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

●操作信号数 最大32点
(またはプロボ最大6項目と入出力信号26点以下)

旧アンリツ製 デジタルテレコン
入替専用モデル

3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

新型ジョイスティック

スイッチガード付き押しボタン

全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U

ジョイスティック
2本装着オーダー例

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

チップケーブルレス Nシリーズ

微弱電波モデル
対応

標準型
RC-3208N

●8操作
8リレー

セットで
12万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
12万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
12万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

コンパクトという選択肢!!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
12万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
12万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

ケーブルレスミニ

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

●2段階押し・特殊
スイッチ追加可能! (オプション)

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
10万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

●3操作3リレー
最大5リレーまで対応可能

●2段階押し・特殊
スイッチ追加可能! (オプション)

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
10万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

リンカー 離操作 N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型
RC-2512N

●12操作12リレー
最大32リレーまで対応可能

●見易くなった「電池残量告知ランプ付」

セットで
22万円
(税抜価格)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
22万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
22万円
(税抜価格)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
22万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
22万円
(税抜価格)

価格もサイズも
ハンディー並み!

軽量コンパクト
ショルダータイプ

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
22万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の機と
信号互換あり!

受信機は既設のままで送信機のみ取替も可

セットで
22万円
(税抜価格)

データケーブルレス

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

●機器間の信号伝送に!
●多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで
TC-1305R 20.5万円 (税抜価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税抜価格)

送信機
(外部接続入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

受信機

写真は
Uシリーズ

セットで
40万円
(税抜価格)

片手で握り替えずに
正逆操作が行えます!

チップ部品採用で
ポケットサイズ化

アルカリ乾電池なら
連続使用60時間以上

高い防水性能
送信機はIP65

ボタン部の突起
ボタン間の仕切 一体型の
シリコンカバーで
操作性が向上

トコト機能を絞って
コストダウン

高い防水性能
送信機はIP65

従来の

HITACHI

Reliable solutions

「TRIAS」が実現した、
低燃費と作業性の両立。



ZX200-5B

ZAXIS

Empower your Vision.

ZX200-5Bは、3ポンプ3バルブ方式の省エネ油圧システムTRIAS（トライアス）を搭載。ポンプとバルブを増やしたことにより、大容量でありながら細やかな出力調整が可能となり、作業性と低燃費の両立を実現しました。さらに、耐久性、環境性能、安全性にも磨きをかけた、時代をリードするショベルです。



燃料消費量
(対ZX200-3 Pモード比)
PWRモード17%低減
ECOモード25%低減



日立建機株式会社

<http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



吉永機械株式会社

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

MIWA K-40N KIRUNA K-40N トンネルズリ運搬車

オフロード法
2014年

排出ガス基準
適合エンジン
搭載車



▶ 最新型コンテナ式運搬車

特徴

- ① 工期短縮
- ② 運搬車両台数の削減
- ③ 坑内作業環境の向上
- ④ ズリ搬出制約の対応
- ⑤ 多目的使用

流れすみやかに! トランスポート・イノベーション ミワ・システム車両



三輪運輸工業株式会社

<http://www.miwa-gr.co.jp> >>

本社: 〒651-0072 神戸市中央区脇浜町2-1-16
TEL: 078-251-5001 FAX: 078-251-4525

プロダクトカンパニー: 〒675-0155 兵庫県加古郡播磨町新島39
TEL: 079-435-5115 FAX: 079-435-1565



吸塵式乾式カッター

MCD-RY14

NETIS No.TH-150001



Mr.LIGHT 2

MLP-1212A



高周波バイブレーター

FX-40/FU-162

未来へ伸びる、三笠の技術。

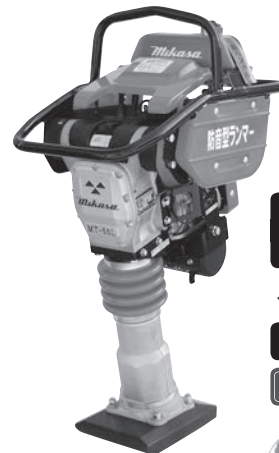


転圧センサー

バイブロコンパクター

MVH-308DSC-PAS

NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー

MT-55L-SGK

NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター

MVC-F40S

NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー

MRH-601DS

低騒音指定番号5097

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 / 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6541-9631
 札幌営業所 TEL: 011-892-6920
 仙台営業所 TEL: 022-238-1521
 新潟出張所 TEL: 090-4066-0661

北関東営業所 TEL: 0276-74-6452
 長野出張所 TEL: 080-1013-9542
 中部営業所 TEL: 052-451-7191
 金沢出張所 TEL: 080-1013-9374

中国営業所 TEL: 082-875-8561
 四国出張所 TEL: 087-868-5111
 九州営業所 TEL: 092-431-5523
 南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

沖縄出張所 TEL: 080-1013-9328

木質粉碎の処理機械・廃棄物の高速選別機械は マルマにおまかせください。

粉碎機械

特 長

- ◎抜群の生産量
- ◎均一チップの生産
- ◎独自のドラムカッターによる大幅コスト低減
- ◎自動負荷制御
- ◎ヘビーデューティ
- ◎コンパクト設計
- ◎安定した機動性
- ◎移動しながらの高効率粉碎
- ◎チップ飛散極小

木材・巨根の粉碎

自走式大型木質系粉碎処理機（タブグラインダー）



長材・家屋廃材の粉碎

横投入式木質系粉碎処理機（ホリソナルグラインダー）



自走式混合廃棄物高速選別機

特 長

- ◎大量選別
- ◎星型ブレード
- ◎過負荷防止機能
- ◎残土、混廃、チップ等選別可能
- ◎コンパクト設計
- ◎材料を跳ね上げて選別
- ◎優れた輸送性

木材チップの選別

モービル・スタースクリーン



混合廃棄物の選別

モービル・スタースクリーン



日本輸入総代理店



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号 〒252-0331

営業部 TEL 042 (751) 3091 FAX 042 (756) 4389

東京工場 東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
TEL 03 (3429) 2141 FAX 03 (3420) 3336

名古屋事業所 愛知県小牧市小針2丁目18番地 〒485-0037
TEL 0568 (77) 3311 FAX 0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>

Denyo



NETIS登録製品活用で 貴社の公共工事受注を有利に!

NETIS登録発電機は、圧倒的な発電性能と耐久性を誇るデンヨーで。



NETIS登録製品の活用で工事成績評定の
加点対象になります。



登録番号:KT-100042-V

有用な新技術のうち「設計比較対象技術」
に指定されました。



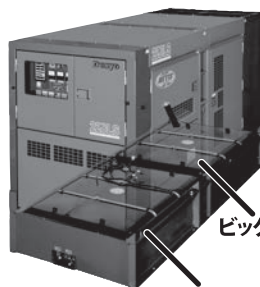
エコベース 発電機

エコベース発電機
DCA-E シリーズ
<10.5~400kVA>

ビッグタンク搭載エコベース発電機
DCA-B シリーズ
<10.5~220kVA>



エコベース



ビッグタンク

エコベース



エコベース発電機
DCA-45LSKE
発電出力(50/60Hz):37/45kVA

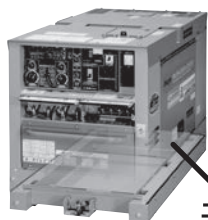


ビッグタンク搭載エコベース発電機
DCA-100LSIB
発電出力(50/60Hz):80/100kVA

エコベース 溶接機

徹底した雨水浸入防止構造

デンヨー独自の雨水浸入防止構造により、
降雨時でも機内の雨水浸入量をほぼ0に
抑えます。
また、給油時に万一燃料をこぼしても外
部に流失しない構造です。



エコベース



エコベース溶接機(2人用)
DLW-200×2LSE



エコベースTIG溶接機(2人用)
DAT-200×2LSE



●技術で明日を築く

デンヨー株式会社

本社:〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5
TEL:03(6861)1122 FAX:03(6861)1182
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221
東北営業所 022(254)7311
信越営業所 025(268)0791
北関東営業所 027(360)4570
東京営業所 03(6861)1122

横浜営業所 045(774)0321
静岡営業所 054(261)3259
名古屋営業所 052(856)7222
金沢営業所 076(269)1231
大阪営業所 06(6448)7131

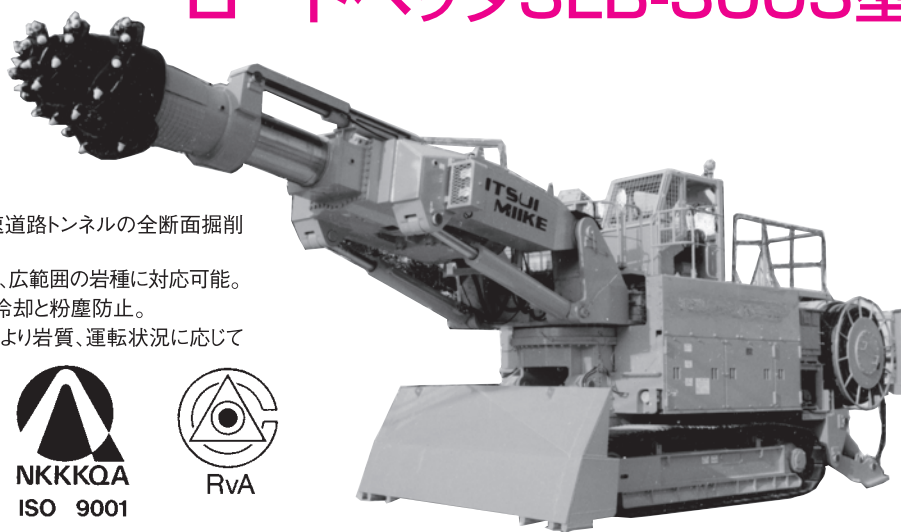
広島営業所 082(278)3350
高松営業所 087(874)3301
九州営業所 092(935)0700

安全・高能率な掘削を実現!

全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダ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。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

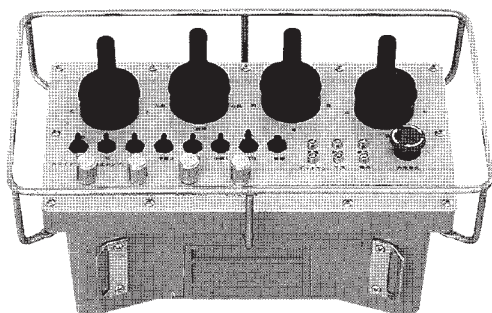
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : sanki@mitsumiike.co.jp

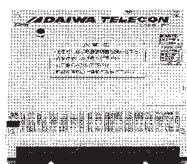
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

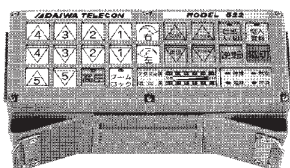
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36個**の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

進化した、 本物の ハイブリッド。

2008年から発売を開始した
コマツハイブリッド油圧ショベルは、
国内で1,200台を超える実績を重ね、
確かな信頼を得ました。
さらなる進化を遂げて誕生した
コマツ第三世代ハイブリッドHB205-2は、
油圧ショベルのスタンダードとなります。



- 特定特殊自動車排出ガス2011年基準適合車
- 低炭素型建設機械
- 超低騒音型建設機械
- NETIS登録商品(登録番号KT-120070-A)



●燃料消費量

PC200-8N1 比 **30% 低減/時間**
PC200-10 比 **20% 低減/時間**

※ KOMTRAXの解析による平均作業パターン時。
実際の作業では、作業内容により上記以下に
なる場合があります。



KOMATSU

コマツ 国内販売本部

〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu-kenki.co.jp>

