

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.7 July 2015 (通巻785号)

特集 橋梁



奇跡の一本松と希望のかけ橋

巻頭言 レジリエンスとインフラの維持管理

行政情報 国土交通省における建設技術の研究開発等に関する最近の取り組み

JCMA報告 平成27年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その2)

- 新名神高速道路川下川橋の施工
- 鋼管集成橋脚の開発と実橋への適用
- 橋梁の維持管理

部会報告 除雪機械の変遷 (その9) 除雪グレーダ (1)

- 伊良部大橋における鋼橋の耐久性向上を目指した取り組み
- 陸前高田市震災復興事業「希望のかけ橋」の設計・施工

統計 ● 平成27年主要建設資材価格の動向
● 建設技能労働者の動向

一般社団法人 日本建設機械施工協会

ダム工事用コンクリート運搬テルハ (クライミング機能付)

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

- 特長**
- **コストパフォーマンスに優れる。**
機械重量が比較的軽量で、構造がシンプルな為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

MIWA 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

情報化施工研修会のご案内 ～ICT建設施工の現地研修～

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 7月23日(木)～24日(金)

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

		第1日目(午前) (9:30～ 受付)	第2日目(午前)	
実務 コー ス	9:45～ 9:55	主催者挨拶、 ガイダンス	8:30～ 9:40	
	9:55～ 10:25	情報化施工の動向	三次元設計データの作成(2) (TINデータ)	
	10:25～ 11:25	情報化施工システムの概要	9:40～ 12:00	
	11:35～ 12:15	TS出来形管理の概要		MC、MGのハード設定 (現場実習)
			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



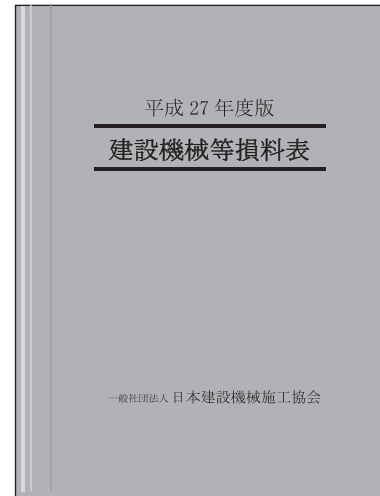
実地研修場所全景

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。

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

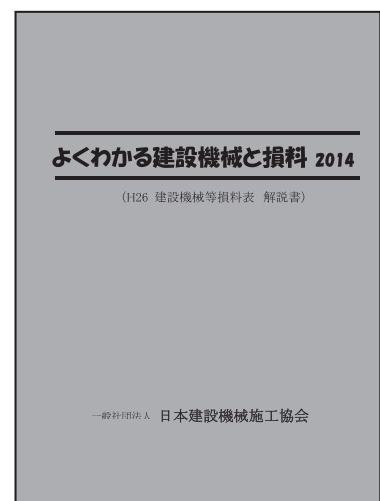


* 沖縄県の方は一般社団法人 沖縄しまたて協会 (TEL:098-879-2097) にお申込み下さい。

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



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章、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
情報化施工のあらし	情報化施工技術の種類	情報化施工の適用工程	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



情報化施工 デジタルガイドブック

JCMA 一般社団法人
日本建設機械施工協会

定価

一般価格
2,160円 (本体2,000円)

会員価格
1,944円 (本体1,800円)

※送料別途

Windows版

JCMA
一般社団法人 日本建設機械施工協会
(禁複製)

デジタルブックDVD版 (デジタル画像・動画等)

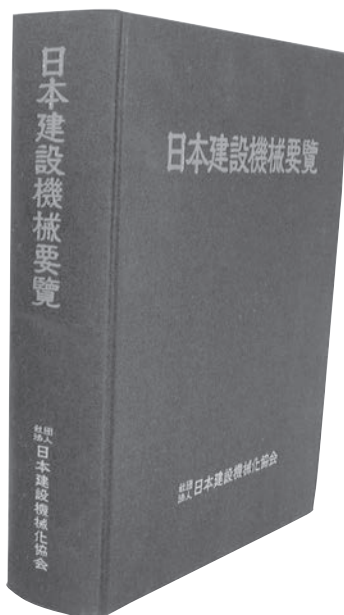
プレビューA4版冊子付

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

◆ 購入申込書 ◆

一般社団法人 日本建設機械施工協会 行

日本建設機械要覧 2013年版	冊
-----------------	---

上記図書を申込み致します。平成 年 月 日

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

◆ 申込方法 ◆

- ①官公庁：FAX（本部、支部共）
- ②民間：（本部へ申込）FAX
（支部へ申込）現金書留のみ（但し会員はFAX申込可）
- ※北海道支部はFAXのみ
- ※沖縄の方は本部へ申込

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

[お問合せ及びお申込先]

本 部	〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館	TEL 03 (3433) 1501 FAX 03 (3432) 0289
北海道支部	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8 さっけんビル	TEL 011 (231) 4428 FAX 011 (231) 6630
東北支部	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1 二日町東急ビル	TEL 022 (222) 3915 FAX 022 (222) 3583
北陸支部	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1 興和ビル	TEL 025 (280) 0128 FAX 025 (280) 0134
中部支部	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10 三愛ビル	TEL 052 (962) 2394 FAX 052 (962) 2478
関西支部	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4 谷町スリースリースビル	TEL 06 (6941) 8845 FAX 06 (6941) 1378
中国支部	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22 築地ビル	TEL 082 (221) 6841 FAX 082 (221) 6831
四国支部	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイティブビル	TEL 087 (821) 8074 FAX 087 (822) 3798
九州支部	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30 いわきビル	TEL 092 (436) 3322 FAX 092 (436) 3323

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

（これらの目的以外での利用はいたしません）当協会のプライバシーポリシー（個人情報保護法方針）は、ホームページ（http://www.jcmanet.or.jp/privacy_policy.htm）でご覧いただけます。

当協会からのダイレクトメール（DM）送付が不要な方は、下記口欄にチェック印を付けてください。

当協会からの新刊図書案内や事業活動案内のダイレクトメール（DM）は不要

◆ 日本建設機械施工協会『個人会員』のご案内 ◆

会費：年間 9,000円

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

★個人会員の特典

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

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

■会員構成

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

■主な事業活動

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

■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

【お問い合わせ・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。

一般社団法人日本建設機械施工協会 発行図書一覧表（平成 27 年 7 月現在）

消費税 8%

No.	発行年月	図 書 名	一般価格 (税込)	会員価格 (税込)	送料
1	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。

目 次

橋梁 特集

3	巻頭言 レジリエンスとインフラの維持管理	中村 光	
4	行政情報 国土交通省における建設技術の研究開発等に関する最近の取り組み	国土交通省大臣官房技術調査課	
9	各務原大橋上部工の施工 移動架設術を用いた張出し架設	栃木 謙一	
14	新名神高速道路川下川橋の施工	波田 匡司・福田 雅人・萩原 幹	
20	東九州自動車道 寺迫ちょうちょ大橋の設計と施工	世界初のバタフライウェブ箱桁橋	前原 直樹・中積 健一
27	鋼管集成橋脚の開発と実橋への適用	損傷を制御し、性能向上とコスト縮減を両立	金治 英貞・小坂 崇・篠原 聖二
33	デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用	田中 伸也	
37	橋梁の維持管理 現状・課題・将来展望	古田 均	
41	高性能橋梁点検システム『橋竜』の開発と提案	ロボット技術導入による橋梁維持管理業務の高度化・効率化と更なる安全性向上に向けて	友野 洋平
44	並列・近接する PC 上部工 3 橋の同時施工	熊野尾鷲道路古川高架橋 PC 上部工事	工藤 朗太
49	橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方と適用事例	佐々木栄一	
54	伊良部大橋における鋼橋の耐久性向上を目指した取り組み	仲嶺 智・翁長 正勝・山城 明統	
61	陸前高田市震災復興事業「希望のかけ橋」の設計・施工	巨大ベルトコンベヤ搬送設備用吊橋	小野澤龍介・加藤 秀樹・北澤 剛
66	交流の広場 橋梁模型づくりに挑戦した学生たち	渡邊 友尚	
71	ずいそう 美しい自然と溪流魚たちに感謝	大作 孝宏	
73	ずいそう 夢の丸太小屋に暮らす	中野 至	
75	JCMA 報告 平成 27 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 2)		
84	JCMA 報告 シンガポール 現場視察旅行記	浅野 公隆	
88	CMI 報告 既設鋼床版の疲労損傷に対するスタッドボルトを用いた	鋼床版下面からの補強方法に関する研究	小野 秀一・渡辺 真至
97	部会報告 除雪機械の変遷 (その 9) 除雪グレーダ (1)	除雪機械技術委員会	
104	新工法紹介	機関誌編集委員会	
105	新機種紹介	機関誌編集委員会	
106	統計 平成 27 年主要建設資材価格の動向	機関誌編集委員会	
109	統計 建設技能労働者の動向	機関誌編集委員会	
114	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	
115	行事一覧 (2015 年 5 月)		
118	編集後記	齋藤・中村	

◇表紙写真説明◇

奇跡の一本松と希望のかけ橋

写真提供：清水建設㈱
(社内報担当カメラマン：古明地賢一)

平成 23 年 3 月 11 日、岩手県陸前高田市を地震と大津波が襲いました。高田のまちを守ってきた、約 7 万本と

言われる高田松原もほとんどが流されてしまいましたが、その中で唯一耐え残ったのが「奇跡の一本松」です。震災復興事業がはじまり、ベルトコンベヤ用の橋梁として前例のない吊橋を気仙川の渡河部に設置。陸前高田市内の小学生から吊橋の名称を募集し命名しました。「希望のかけ橋」の名の通り、「奇跡の一本松」と並ぶ姿が陸前高田市の復興の象徴となっています。

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に被災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応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、② ICT の利活用・ロボット、③品質

確保とコスト削減、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

1. 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)
 2. 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、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

レジリエンスとインフラの維持管理

中村 光



東日本大震災以降、レジリエンスという言葉をよく聞く。レジリエンスは、弾性力や復元力という日本語訳が与えられるが、心理学で「困難な状況にもかかわらず、うまく適応する能力」という概念で用いられていた。この概念が災害との関係で広く用いられるようになり、現在、政府はナショナル・レジリエンス（国土強靱化）として、災害をもたらす外力からの「防護」にとどまらず、国や地域の経済社会のシステム全体の「抵抗力」、 「回復力」の確保を推進している。

災害リスクに対し、レジリエンスな社会を構築するためには、以下の5項目が必要と思われる。まず、科学的知見に基づき「①リスクの明確化」を行い、「②リスクの社会的理解」を促す必要がある。その上で、社会の意志を踏まえつつ、作用を低減する方策である「③リスクの緩和」、作用に対して防護力を向上させる方策である「④リスクに対する対策」、災害発生時のリスクを減らす方策である「⑤リスクに対する対応」を適切に組み合わせた準備を推進していくべきである。

このような考え方を、維持管理に適用したらどうなるであろう。リスクの明確化は、第三者被害や構造物の破壊が生じる可能性と、そのときの社会的な影響度（損失）がどの程度になるかの明確化である。期待値ベースの考え方では、リスクは不具合の発生確率と発生時の損失の掛け算で定義される。不具合発生の有無の検討だけでなく、損失までも検討しなければ、リスクを明確にしたことにならない。

リスクの社会的理解は、筐子トンネル天井板の落下事故を契機にして格段に進んだと思われる。しかしながら、国民の多くが身近な問題として認識しているかは疑問である。アメリカ土木学会では、国民にインフラの現状を知らせることを目的に、橋梁、ダムなど16の部門で、容量、状態、維持管理能力などの8項目を評価し、その結果を4年に一度公表している。2013年版はオバマ大統領が演説での引用を始め、多くのメディア・マスコミに取り上げられている。一般

市民や管理者、あるいは政治家に対して、インフラの現状やリスクを周知する努力が日本でも必要である。

リスクの緩和は、劣化を促進する要因を減らすことに対応する。1990年にスパイクタイヤ粉じんの発生の防止に関する法律が公布されてから、凍結防止剤散布量は急激に増加した。その影響による塩害が、本格散布から25年経った今後、より一層生じることが予想される。また大型車のコンクリート床版に与える影響は、軸重の12乗に比例し、疲労が大きな問題となっている。このような問題を根本的に解決するためには、劣化を促進する作用の低減を図る必要がある。作用の低減としては、水まわりの処理など、構造物が作用を受けにくくする工夫も必要である。

リスクに対する対策は、初期品質の高い構造物の建設、確かな点検、予防保全の実施、劣化進行の正確な予測、構造安全性の診断・評価の適切な実施、有効的な補修・補強、再劣化を防ぐための工夫、などが挙げられる。今年公表された政府のロボット新戦略では、センサー、ロボット、非破壊検査技術等の活用により点検・補修を高効率化することを目指しており、新たな展開も期待される。ただし、技術を使いこなし、判断をするのは技術者である。技術者の育成なくしては、対策の適切な実施もあり得ない。

リスクに対する対応は、不具合が予見されたときあるいは発見されたときに、安全性を如何に適切に判断できるかである。また、安全性の低下が認められたときに、如何に適切な処置ができるかである。そのためには、即時対応の体制を事前に構築し、判断や処置ができる人材育成が最も重要な要件になる。

インフラの維持管理をレジリエンスと関係させ、5項目に分けて考えてみた。個々の項目はウェイトの違いがあったとしても、バランスよく実施されることが、自然災害に対しても、維持管理に対しても大切ではないだろうか。

行政情報

国土交通省における建設技術の研究開発等に関する最近の取り組み

国土交通省大臣官房技術調査課

国土交通行政における事業・施策の一層の効果・効率の向上を実現し広く社会に貢献することを目的として策定された「第三期国土交通省技術基本計画」においては、国土交通分野のイノベーションを達成するため産学官が各々の強みを活かしつつ有機的な連携を行う必要があるとしている。本稿では、上述した社会的なニーズとして、老朽化対策を具体例に、国土交通省における建設技術の研究開発等に関する取り組みについて、紹介する。

キーワード：第三期国土交通省技術基本計画，国土交通省インフラ長寿命化計画，建設技術研究開発助成制度，モニタリング技術活用推進検討委員会

1. はじめに

国土交通行政における事業・施策の一層の効果・効率の向上を実現し広く社会に貢献することを目的として策定された「第三期国土交通省技術基本計画」（平成24年12月）においては、国土交通分野のイノベーションを達成するため産学官が各々の強みを活かしつつ有機的な連携を行う必要があるとしている。適切な役割分担と協力関係を構築し連携を図るため、官の中における国土交通省の取り組みとして具体的に次の項目を掲げている。

- ①社会的なニーズに基づく技術研究開発ニーズを示すこと
- ②国が支援すべき重要な技術研究開発に対し競争的資金等の助成制度による支援を行うこと
- ③研究開発の実施段階においては、事業・施策を実施する現場を活用し技術研究開発の実証等を行うこと
- ④研究開発の実用化段階においては、実績がない技術に対する積極的な試行及び評価を行いその後の普及に繋げること
- ⑤研究開発の普及段階においては、開発された技術に対する評価を通じた有効性に応じ技術基準への反映、標準化等を行うこと

ところで、高度成長期に整備された社会インフラの老朽化問題に関しては、適切な維持管理手法の導入により長寿命化、維持管理・更新のトータルコストの縮減・平準化を図ることが課題となっている。国土交通省は昨年5月に他のインフラ管理者に先駆けて「国土

交通省インフラ長寿命化計画（行動計画）」を策定した。この行動計画においても戦略的な新技術の開発・導入を必要だとして位置付けている。インフラの点検・診断において非破壊検査技術、ロボット、ICTの活用が徐々に進む中、適切な役割分担の下での産学官の連携、管理ニーズと技術シーズのマッチング等による技術研究開発の促進と円滑な現場展開を求めている。

そこで本稿では、上述した①の社会的なニーズとして、老朽化対策を具体例に、国土交通省における建設技術の研究開発等に関する取り組みについて、紹介することとする。最初に、②の技術研究開発支援の取り組みとして、建設技術研究開発助成制度について、次に、③の研究開発の実施段階の取り組みとして、社会インフラのモニタリング技術の産学官が連携した技術開発について、紹介する。最後に、④の研究開発の実用化段階の取り組みの一つとして、新技術情報提供システム（NETIS）を活用した老朽化対策を示す。

2. 建設技術研究開発助成制度

建設技術に係る技術研究開発については、民間・大学等からその強みを活かした技術研究開発の提案を募集し、優れた提案に対して助成する建設技術研究開発助成制度（<http://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/josei.html>）を実施している。

本制度は、建設分野の技術革新を推進していくため、国土交通省の所掌する建設技術の高度化及び国際競争力の強化、国土交通省が実施する研究開発の一層

の推進等に資する技術研究開発に関する提案を研究者から広く公募する競争的資金制度である。応募課題の審査にあたっては、新規性・実現可能性・導入による費用対効果など多様な視点から評価を行い、迅速に(概ね2~3年以内の実用化を想定)成果を社会に還元させるとともに、イノベーションを創出することが期待される提案を選定しており、平成27年度においては、「防災」「維持管理」「省力化・効率化」をテーマに提案募集している(H27.6時点)。

3. 社会インフラのモニタリング技術の開発・導入

老朽化対策については、日本再興戦略をはじめとする政府方針でセンサ等を活用した社会インフラの状態の効率的な把握を可能とする新技術の開発・導入を進めることとしている。

これを受け、国土交通省では平成25年10月に「社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会」を設置し産学官の各委員の専門的見地からの助言を受けつつ、モニタリング技術に関して現場実証を通じてその有効性を評価・分析することなどにより技術開発等を推進している。同委員会では、対象とするモニタリング技術を構造物等の状況を常時もしくは複数回で計測し状態の変化を客観的に把握する技術と定義し

(図-1)、現場ニーズやモニタリング技術に求める要件の調査・検討を行った。

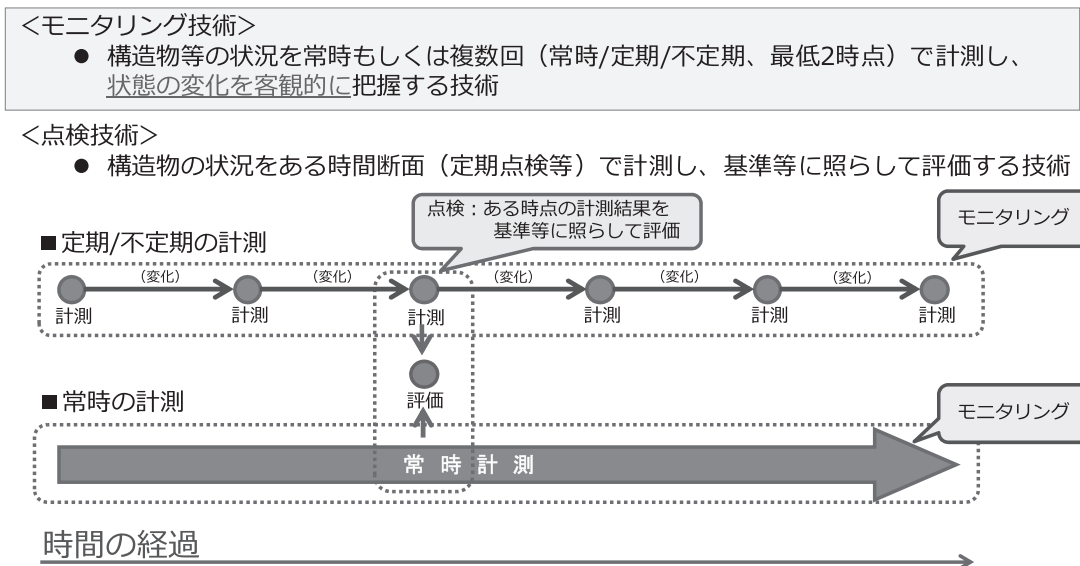
また、同委員会での検討結果を踏まえ平成26年9月からは「社会インフラへのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発に係る公募」を行い、社会インフラのモニタリング技術の実用化に向け以下の内容について募集を行った。

①モニタリングシステムの現場実証

橋梁、法面・斜面、河川堤防、海洋・沿岸構造物、空港施設の5分野を対象としてモニタリングシステムの実用化に向けた現場実証を行う技術提案の公募を実施した。公募に際しては、目的、対象施設・対象箇所、把握すべき事象等を提示し、提示した把握すべき事象や要求性能等を満たす技術を公募(公募方法①)するとともに、応募者から点検・診断等をより高度化・効率化するために実現することが期待される内容のために必要な技術とあわせて募集(公募方法②)する方法で公募を実施した(表-1)。

②モニタリング技術を社会インフラの維持管理業務へ適用するための技術的検証

社会インフラにおけるモニタリング技術の維持管理業務への適用方策、維持管理業務に適用するために必要な技術的検証等の内容について公募(公募方法③)を実施した。募集された提案のうち、「モニタリングシステムの現場実証」については、橋梁6件、法面・斜



(参考) 広辞苑での意味

点 検 : 一つ一つ検査すること。

⇒検査: 基準に照らして、適不適や異状・不正の有無などをしらべること。

モニタリング: 観測・調査・分析すること。

⇒観測: 自然現象の推移・変化を観察・測定すること

⇒調査: ある事項を明確にするためにしらべること。

⇒分析: ある物事を分解して、それを成立させている成分・要素・側面を明らかにすること。

(社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会第1回資料)

図-1 対象とするモニタリング技術

表一 1 「モニタリングシステムの現場実証」の公募概要

	目的	対象施設・対象箇所	把握すべき事象
橋梁	◆アプローチしづらい箇所、及び目視確認が困難な箇所の劣化・損傷の把握	◆下部工基礎 ◆床版 ◆桁端部、支承部	◆洗掘 ◆腐食 ◆き裂 ◆ひびわれ 等
	(点検・診断等をより高度化・効率化するために実現することが期待される技術) ◆異常発生直後(地震等の災害発生時含む)に通知してほしい(遠隔地から把握したい) ◆定期的な外観目視では把握できないコンクリート材や鋼材の劣化損傷の進捗状況を見たい など		
法面 斜面	◆危険箇所数が多い区間に存在するのり面・斜面、及びすぐにハード対策ができないのり面・斜面の変位・変形の把握	◆自然斜面 ◆盛土・切土のり面	◆斜面崩壊 ◆岩盤崩壊 ◆のり面崩壊 ◆落石 ◆土石流 等
河川 堤防	◆外観変状や異常の発生の広範囲な把握	◆のり面 ◆小段 ◆天端 ◆堤防護岸 ◆堤脚付近 等	◆堤体の滞水状況 ◆沈下 ◆漏水発生箇所 ◆き裂 等
	(点検・診断等をより高度化・効率化するために実現することが期待される技術) ◆平常時の調査により、広範囲から危険箇所を絞り込みたい ◆出水時における危険箇所(浸透, 浸食, 越流)の発生状況をリアルタイムに把握したい など		
海洋 沿岸 構造物	◆目視確認が困難な箇所における劣化・損傷把握の効率化	◆上部工下面部 ◆エプロン部 ◆海岸堤防 等	◆ひびわれ ◆さび汁 ◆剥落 ◆空洞化 等
	(点検・診断等をより高度化・効率化するために実現することが期待される技術) ◆異常発生直後(地震等の災害発生時を含む)に通知して欲しい(遠隔地から把握したい) ◆離島港湾の施設の状況を遠隔地から把握したい など		
空港 施設	◆非破壊検査による内部変状の把握、及び表面の異常に係る測定・記録の簡易化	◆滑走路 ◆誘導路 ◆エプロン 等	◆層間剥離 ◆ひびわれ ◆アスファルトと骨材の結合 分離 等

面2件、河川堤防5件、海洋・沿岸構造物3件、空港施設4件の合計20件の提案を現場実証の費用の一部を支援するものとして採択した。また、「モニタリング技術を社会インフラの維持管理業務へ適用するための技術的検証」について1件の採択を行った(表一2)。

さらに、この他に「モニタリングシステムの現場実証」に応募のあった提案のうち19件の提案について実証を行う現場の提供を行い幅広い技術の実証を進めている。今後はこれらのモニタリング技術の現場実証を通じてモニタリング技術の耐久性、安定性、経済性等の検証を行うとともに、モニタリング技術により得られたデータと社会インフラの損傷・劣化等の関係等の分析・検証を通じて更なる技術研究開発の可能性や、モニタリング技術の実用化を図っていく予定である。

4. NETIS を活用した点検・診断技術の公募・活用・評価の促進

平成25年度より老朽化対策の一環として、非破壊検査技術等の点検・診断技術について、NETISを活用して幅広く公募を行い、速やかに現場で活用・評価するとともに、NETIS上に設置する維持管理支援サイトにおいて、点検・診断技術の活用状況や活用結果

を公表する取り組みを開始した。平成25年度は、「コンクリートのひび割れについて遠方から検出が可能な技術」について公募を行い、「コンクリートのひび割れについて遠方から検出が可能な技術」(31技術)の試行結果について、維持管理支援サイトで公表している(H27.6時点)。

平成26年度より、技術公募の取組を拡大するとともに、計画的に実施することで、現場ニーズの高い新技術について、短期間での活用・評価に取り組むとともに、施工者等にとって、これまで以上に評価情報が効率的に活用されるよう、類似技術間の技術特性を区別できるような評価方法の導入などに取り組んでいる。

平成26年度は下記の4分野、7テーマについて公募を行った(H27.6時点)各テーマに関する公募情報などについては、各テーマを担当する地方整備局より公表している。

なお、最新の公募状況は、維持管理支援サイトの公募欄にて公表している。

<http://www.m-netis.mlit.go.jp/>

①き裂等の調査

- ・「目視困難な水中部にある鋼構造物の腐食や損傷等を非破壊・微破壊で検出が可能な技術」(四国地方整備局)

表一 2 公募の採択結果

分野	公募方法	提案名称	研究代表者の所属法人	
現場実証	橋梁	テーマ①：下部工基礎の洗掘状況把握のためのモニタリングシステムの現場実証		
		ALB（航空レーザ測深機）による洗掘状況の把握	(株)パスコ	
		振動モード解析に基づく橋梁の性能評価システムの開発	大阪市立大学	
		テーマ②：鋼橋における支承部および桁端部等の劣化状況把握のためのモニタリングシステムの現場実証		
		(採択提案なし)	-	
		テーマ③：コンクリート橋における支承部および桁端部等の劣化状況把握のためのモニタリングシステムの現場実証		
		橋梁点検ロボットカメラ等機器を用いたモニタリングシステムの創生	三井住友建設(株)	
		テーマ④：床版ひびわれの劣化状況把握のためのモニタリングシステムの現場実証		
		画像解析技術を用いた遠方からの床版ひび割れ定量評価システムの構築	大成建設(株)	
		テーマ⑤：維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの現場実証		
	省電力化を図ったワイアレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの現場実証	オムロンソーシアルソリューションズ(株)		
	高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術	日本電気(株)		
	法面・斜面	①	テーマ①：のり面・斜面の安定評価に係るモニタリングシステムの現場実証	
			傾斜センサー付き打込み式水位計による表層崩壊の予測・検知方法の実証試験	応用地質(株)
			多点傾斜変位と土壌水分の常時監視による斜面崩壊早期警報システム	中央開発(株)
河川堤防	①	テーマ①：堤体等の外観の変状の把握に係るモニタリングシステムの現場実証		
		大型除草機械によるモグラ（小動物）穴の面的検出システム	朝日航洋(株)	
		テーマ②：漏水、侵食等の出水時における変状発生に係るモニタリングシステムの現場実証		
		比抵抗による堤体内滞水状態モニタリング	応用地質(株)	
	②	テーマ③：維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの現場実証		
		河川堤防の変状検知等モニタリングシステムの技術研究開発	(一財) 国土技術研究センター	
		衛星観測を活用した河川堤防モニタリングの効率化	(一社) 国際建設技術協会	
		物理探査と地下水観測技術を活用した堤防内部状態のモニタリングシステム	応用地質(株)	
海洋・沿岸構造物	①	テーマ①：栈橋上部工下面部変状把握用モニタリングシステムの構築と現場実証		
		ラジコンボートによる港湾構造物の点検・診断システムの研究開発	五洋建設(株)	
		テーマ②：岸壁等エプロン部空洞把握用モニタリングシステムの構築と現場実証		
	②	車両牽引型深層空洞調査用 GPR 及び鉄筋コンクリート対応型マルチチャンネル GPR による空洞及び裏込沈下モニタリングシステムの研究開発	川崎地質(株)	
		テーマ③：港湾等の施設の維持管理の高度化に係るモニタリングシステムの構築と現場実証		
		衛星及びソナーを利用した港湾施設のモニタリングシステムの構築	五洋建設(株)	
空港施設	①	テーマ④：空港の舗装体内変状把握用モニタリングシステムの構築と現場実証		
		地上設置型合成開口レーダおよびアレイ型イメージングレーダを用いたモニタリング	東北大学	
		テーマ⑤：空港の舗装の日常点検支援用モニタリングシステムの構築と現場実証		
		高解像度画像からのクラック自動抽出技術による空港の舗装巡回点検用モニタリングシステムの研究開発	(株)アルファ・プロダクト	
		3次元カメラと全方位型ロボットによる滑走路のクラック検知システムの研究開発	エヌ・ティ・ティ・アドバンステクノロジー(株)	
空港管理車両を活用した簡易舗装点検システムの開発	東京大学			
技術的検証	③	モニタリング技術を社会インフラの維持管理業務へ適用するための技術的検証		
		モニタリング技術の活用による維持管理業務の高度化・効率化	モニタリングシステム技術研究組合	

- ・「上塗り塗装施工したままで可能な溶接部のき裂、劣化調査技術」（中国地方整備局）
- ②構造物内の空洞調査
 - ・「表面に凹凸（おうとつ）がある護岸背面の空洞化を調査する技術」（東北地方整備局）
 - ・「河川管理施設周辺の空洞化を測定する技術」（九州地方整備局）

- ③コンクリートの健全度調査
 - 「鉄筋コンクリートならびにプレストレストコンクリートのかぶり部における塩化物イオン含有量の非破壊、微破壊調査が可能な技術」（北陸地方整備局）
- ④維持（長寿命化等）
 - ・「新素材繊維接着工（コンクリート剥落対策技術）」（関東地方整備局）
 - ・「施工性の良好なコンクリート含浸材技術」（中部地

方整備局)

5. おわりに

社会インフラの老朽化対策に関する技術開発は、国土交通省のみならず政府全体の重要課題である。総合科学技術・イノベーション会議（議長：内閣総理大臣）においては、平成26年度から、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）の10の課題のうちの一つとして「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」を選定し、府省・分野横断的な取組みとして基礎研究から実用化・事業化までを見据えた技術研究開発が始まったところである。本稿で紹介したNETISを活用した老朽化対策の取組み、社会インフラのモニタリング技術の推進もこのSIPの一部を構成する重要な

役割を担っている。

NETISを活用した老朽化対策の取組み及び社会インフラのモニタリング技術の開発・導入は、いずれも緒に就いたばかりである。応募された技術には今までインフラとは関係の薄い研究者や開発者から提案された技術も見受けられ、異分野を含む産官学の連携が実現しつつある。

国土交通省としては、こうした取組みを通じて、国土交通省の現場を管理する視点からの強みを発揮し、現場のニーズに適合した一つでも多くの新技術を発掘し、技術の評価、技術基準等への反映等を行って、点検・診断をはじめとする現場の高度化・効率化をより一層図ってまいりたい。

JCMA

「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. 土木工学一般
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/約800ページ

●定 価

非 会 員：6,480円（本体6,000円）

会 員：5,502円（本体5,095円）

特別会員：4,800円（本体4,570円）

【ただし、特別価格は学校教材販売（学校等教育機関で20冊以上を一括購入申込みされる場合）】

※送料は会員・非会員とも沖縄県以外700円、沖縄県1,050円

※官公庁（学校関係を含む）は会員と同等の取扱いとします。

●発刊 平成23年4月

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>

各務原大橋上部工の施工

移動架設術を用いた張出し架設

栃木 謙一

各務原大橋は、各務原市上戸町と川島小網町を結ぶ那加小網線のうち、一級河川木曾川を渡る橋長594 mのPC10径間連続フィンバック橋である。本橋の主桁断面は、曲線を多用したフィンバックを有する特徴的な2室箱桁断面となっている。

本橋は、早期の開通を実現するため、出水期も施工可能な移動架設術を用いた張出し架設工法が採用されるなど、短工期施工を意識した設計がなされていた。

本稿では、各務原大橋上部工工事における架設工法に対する事前検討や実施工の概要について報告する。
 キーワード：移動架設術、張出し架設、短工期施工、移動作業車、フィンバック橋

1. はじめに

平成16年11月1日、旧各務原市と旧川島町とが合併し、現在の各務原市が誕生したのを契機に、両地域の市民交流の拡大や周辺道路の慢性的な渋滞緩和を目的にして、各務原大橋を含む那加小網線（各務原市上戸町と川島小網町を結ぶ総延長約2.6 km）が各務原市を事業主体として、計画された。

橋梁形式を選定するにあたり、外部委員を含めた検討委員会が設置された。この委員会により提言された「木曾川という雄大なランドスケープを引き立て、それと調和し、融合するシンプルで素朴な橋。また、渡りゆく人々が水と緑を感じながら楽しくわたることができるような、歩いてみたくなる橋」のキーワードに基づき、公開プロポーザルが実施された結果、「対話する橋」をコンセプトとしたPC10径間連続フィン

バック橋が選定された。

本橋は、曲線を多用したフィンバックを有する特徴的な2室箱桁断面となっている。また、移動架設術を用いた張出し架設工法が採用されるなど、短工期施工を意識した設計がなされていた。

本稿では、各務原大橋上部工工事における架設工法に対する事前検討や実施工の概要について報告する。

2. 橋梁概要

(1) 工事概要

各務原大橋は、一級河川の木曾川を渡る橋長594 mのPC10径間連続フィンバック橋である。図-1に全体一般図、図-2に主桁断面図、写真-1に主桁断面を示す。また、工事概要を表-1に示す。

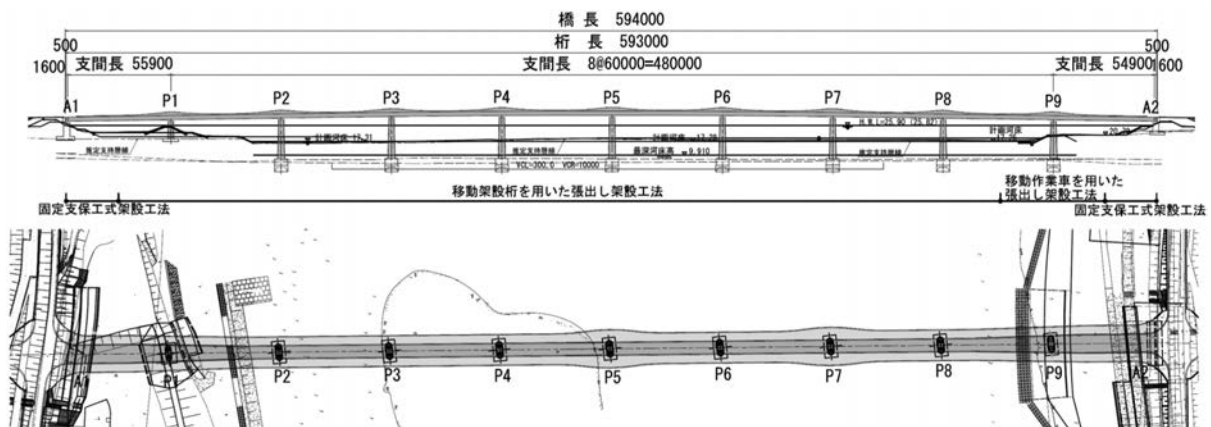


図-1 全体一般図

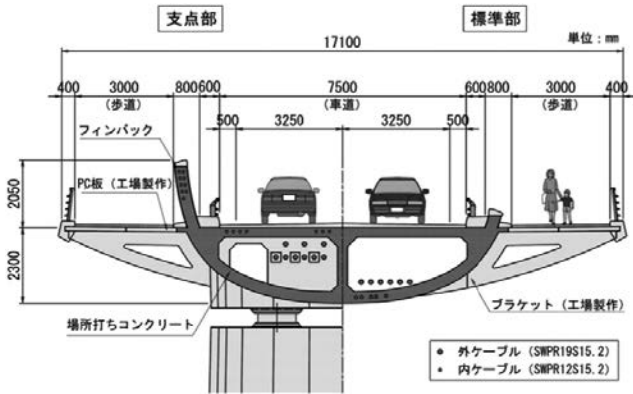


図-2 主桁断面図

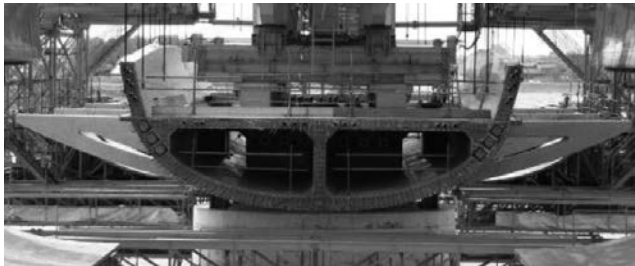


写真-1 主桁断面

表-1 工事概要

工事名	(仮称) 各務原大橋上部工工事
工事場所	岐阜県各務原市上中屋町～川島小網町 地内
発注者	各務原市
施工者	清水・前田特定建設工事共同企業体
工期	平成22年7月2日～平成25年3月25日
橋長	594.0 m
支間長	54.9 m + 8 @ 60.0 m + 55.9 m
幅員構成	車道 7.5 ~ 10.5 m 歩道 3.0 ~ 5.0 m
構造形式	PC10 径間連続フィンバック橋
架設工法	移動架設桁を用いた張出し架設工法 移動作業車を用いた張出し架設工法 固定支保工式架設工法

(2) 本橋の特徴

(a) フィンバックを有する特徴的な主桁断面

本橋は、橋面に突き出したフィンバックの緩やかな曲線が、周囲の山並みに調和したデザインになっている。

主桁断面は、曲線を多用したフィンバックを有する特徴的な2室箱桁断面であり、車道部分は現場打ちコンクリート、歩道部分は工場製作のブラケット・PC板により構成されている。

歩道部分は、張出し架設時に主桁と一体化されたブラケット上に、PC板を敷設し、間詰めコンクリートによりPC板とブラケットを一体化させる構造となっている。

(b) 短工期施工

本橋のように河川上に橋梁を架設する場合、非出水期に仮設栈橋を構築し、下部工および柱頭部の完成後、各柱頭部から移動作業車を用いて張出し架設を行うことが一般的であるが、本橋においては工期の短縮を図るため、出水期でも施工可能な移動架設桁を用いた張出し架設工法(図-3)が採用された。本工法は、移動架設桁から懸垂された型枠装置で橋体を構築するものであり、工事に必要な資機材の運搬や工事関係者の移動を、すでに完成した橋体と移動架設桁を經由して行うため、桁下からの作業を必要としないという特徴がある。さらに、所定の工期内に収めるため、P9張出し施工部においては、移動作業車を用いた張出し架設工法により、先行して施工を行った。

3. 移動架設桁を用いた張出し架設

架設工法は、工期を短縮するため、設計の段階から移動架設桁を用いた張出し架設工法が採用されていた。設計では、ボックスガーダー式の架設桁が計画されていたが、本工事ではトラス形式の架設桁(P&Z工法)を採用した。

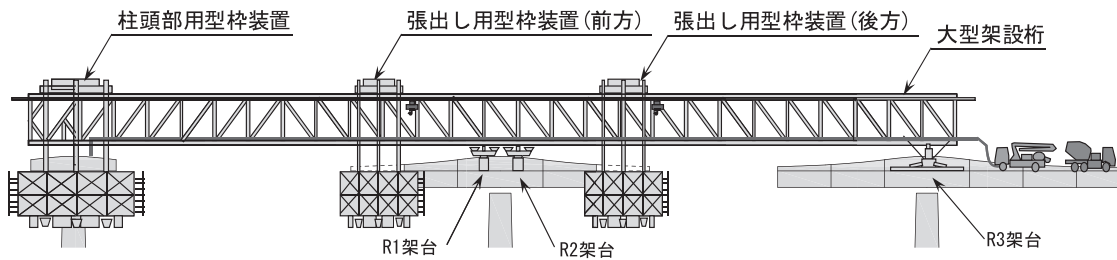
(1) 工期短縮に対する検討

移動架設桁を用いた張出し架設においては、一方の河岸から片押しで施工していくため、繰り返し行われる張出し架設の基本サイクルを短縮することが課題であった。

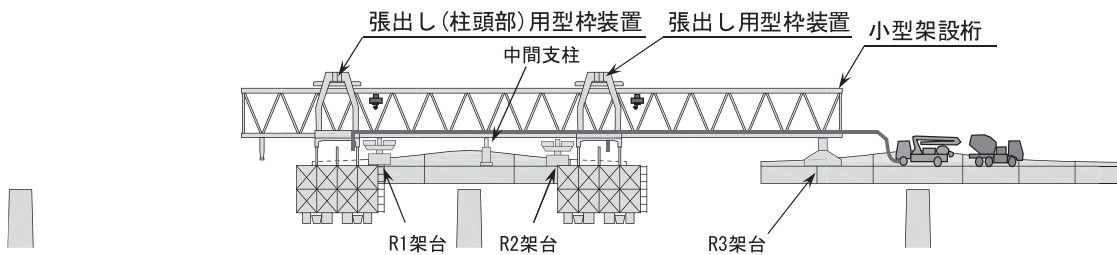
本橋は、最大支間が60mの10径間連続フィンバック橋であり、従来のP&Z工法では、小型装置(架設桁長80m程度)を用いて、張出し施工と柱頭部施工を交互に実施する方法が一般的であった(図-4)。しかしながら、この一般的な方法では所定の工期内に収まらないため、本工事では工期短縮を目的として、大型装置(架設桁長133m)を用いて、張出し施工と次径間の柱頭部施工を同時に行った。そのため、従来のP&Z工法で用いる張出し用型枠装置に加え、柱頭部専用の型枠装置1基を製作・使用した(図-3)。また、架設桁の能力(抵抗曲げモーメント)に余裕のある大型装置を採用することにより、架設桁の支持架台を橋脚(柱頭部)上に定置した状態で張出し架設を行うことを可能にした。

(2) 装置荷重に対する検討

架設桁は橋面上に設置された支持架台によって支持される。そのため、総重量約1,000tの装置荷重が、



図一3 移動架設桁を用いた張出し架設工法



図一4 従来のP&Z工法

架台反力として桁高を抑えた2室箱桁断面の橋体に作用することになる。そこで、過大な応力度が橋体に発生しない施工手順や装置の支持方法が課題となった。

P&Z工法では、装置自体の重量に加え、張出しブロックのコンクリート重量が架台反力として橋体に作用する。(1)で述べた支持架台を柱頭部上に位置させた状態のほかに、装置全体を次径間の施工位置まで移動する際(以下、径間移動時)のように、柱頭部以外の主桁に架設装置からの反力が作用する状態が生じる。この状態においても部材厚の薄いスレンダーな主桁に有害なひび割れを生じさせない検討が必要であった。

また、本橋の主桁断面は、半楕円形の2室箱桁(一部拡幅部は3室箱桁)でありフィンバックを有している。一般的な箱桁断面は、曲げモーメントに対しては床版が、せん断力に対してはウェブが主に抵抗し、耐荷機構が明確である。それに対し、本橋の断面は部材ごとの力の伝達や分担が複雑なことに加え、ねじれを含む3次元的な変形が予想された。

このため、骨組解析などの簡便な手法では発生応力および変形の把握が困難であると判断し、施工段階を考慮した3次元FEM解析を実施した。解析結果から各種作用荷重に対する変形および応力発生メカニズムを明らかにし、架設手順や荷重の載荷位置の変更、補強鉄筋の追加などの対策を実施した。

(3) 実施工

(a) 架設桁・型枠装置の組立

架設桁・型枠装置の組立は、非出水期にA1橋台背面、A1-P1間上流側、P1-P2間の3つの施工ヤードで行った。組立全景を写真一2に示す。組立には



写真一2 架設桁・型枠装置 組立全景

200tクローラクレーンを3台使用した。本工事で使用した架設桁は全長133m、総重量約350tであり、1ブロック約10m(標準ブロック23t、先端ブロック約37t)の13ブロックに分けて地組・架設を行った。

(b) 主桁の施工

図一5に移動架設桁を用いた張出し架設工法における径間ごとの標準的な施工手順を示す。柱頭部の施工と並行して張出し施工(1~3BL)を行い、完了後、後方型枠装置を使用して閉合部の施工を行った。その後、径間移動を実施した。張出し架設状況を写真一3に示す。

架設桁は、レール上に設置された後方台車(R3架台)の推進ジャッキにより、次径間の施工位置まで移動する。また、R3架台の荷重が主桁断面の床版支間部に直接作用しないように、レールの下に荷重分散梁(鋼製土留材H400)を設置した(写真一4)。型枠装置が橋脚部を通過する際には、下部フレームを横にスライ

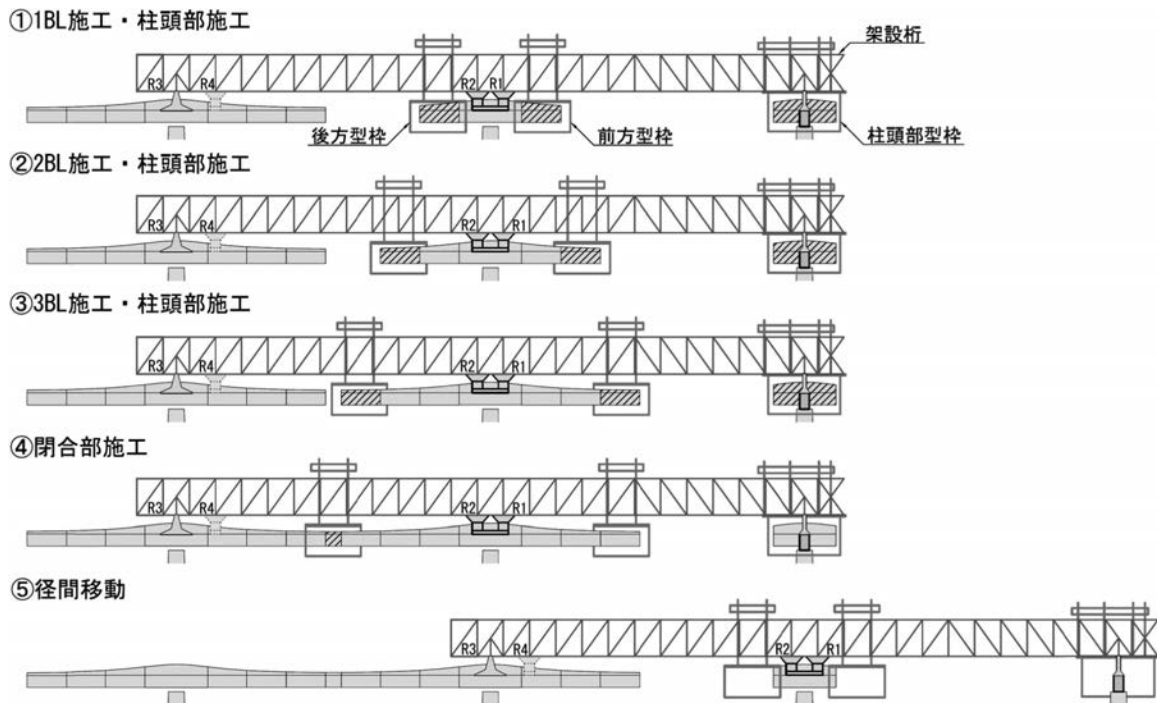


図-5 施工手順



写真-3 移動架設桁を用いた張出し架設状況



写真-5 下部フレーム スライド状況



写真-4 荷重分散梁 設置状況

ドさせた(写真-5)。

(c) 架設桁・型枠装置の解体

架設桁・型枠装置の解体は、非出水期に P9-A2 間上流側および下流側の施工ヤードで行った。解体には 200t クローラクレーンおよび 100t クローラクレーンを各 1 台使用した。解体全景を写真-6 に示す。

4. おわりに

本橋は、平成 25 年 3 月に無事竣工し、3 月 24 日に供用を開始した(写真-7)。開通の当日は、事業主である各務原市や地元関係自治体の首長をはじめ、多くの地元住民が参加して、盛大な式典が行われた。ま



写真一六 架設桁・型枠装置 解体全景



写真一七 完成全景

た、工事期間中には延べ2,500名を超える見学者が訪れるなど、注目度の非常に高い工事でもあった。今後、木曾川の原風景に溶け込んだ各務原大橋が、各務原市の新たなシンボルとなることを願う次第である。また、本報告が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

謝 辞

最後に、本橋を施工するにあたって御協力および御指導をいただいた各務原市ならびに地元関係各方面の方々をはじめ、協力していただいた全ての関係者の皆様に厚く御礼申し上げます。

JCMIA

[筆者紹介]

栃木 謙一 (とちぎ けんいち)

清水建設㈱

土木技術本部 設計第一部 構造設計グループ



新名神高速道路川下川橋の施工

波田 匡司・福田 雅人・萩原 幹

川下川橋は、兵庫県神戸市と宝塚市の市境に位置し、非常に急峻な谷間にかかる橋長300 mのコンクリート橋である。本橋は、平成20年7月に西日本高速道路(株)関西支社により設計・施工一体発注方式の試行工事として発注された上下部工一体の橋梁工事である。

本橋の特徴は、高さ95 mの高橋脚、最大張出し架設長110 mを有する、国内では最大規模のPRC3径間連続ラーメン箱桁橋である。本報文では、大口径深礎、高橋脚および主桁の構造と施工概要について紹介する。

キーワード：高橋脚、セルフクライミング足場、大口径深礎、小判形深礎、上げ越し管理

1. はじめに

新名神高速道路は、名古屋市と神戸市を結ぶ延長約174 kmの高速道路であり、名神高速道路、中国自動車道など周辺の高速道路とともに、近畿圏と中部圏を結ぶ高速道路ネットワークの多重化を形成するとともに、名神高速道路・中国自動車道の渋滞緩和や事故、地震、降雪、大雨等の自然災害や老朽化対策工事の際の代替路線(リダンダンシー)としての機能が期待されている。

本橋は、最大橋脚高さ95 m、最大支間長143 mのPRC3径間連続ラーメン箱桁橋で、張出し支間長110 mは国内最大規模となる。高強度材料を適所に採用し、耐久性および耐震性を確保しつつ、構造断面のコンパクト化を図ることで、工所用材料の低減および自然改変を最小限として、構造合理化および環境負荷低減を図っている。

2. 工事概要

工事諸元を表-1に、構造一般図を図-1に示す。

表-1 構造諸元

発注者	西日本高速道路(株)関西支社		
設計・施工	鹿島建設(株)・(株)ピーエス三菱共同企業体		
工事場所	自) 兵庫県宝塚市玉瀬 至) 兵庫県神戸市北区道場町生野		
工期	平成20年12月～平成25年7月		
上部構造	PRC3径間連続ラーメン箱桁橋		
支間割	120 + 143 + 37 m (橋長300 m)		
下部構造	RC橋脚2基 (橋脚高95 m, 25.5 m), RC橋台2基		
基礎構造	大口径深礎	小判形 9.0 m × 12.5 m	L = 15.5 m
	大口径深礎	φ 5.0 m × 2本	L = 12.0 m
	深礎杭	φ 3.0 m × 8本	L = 8.0 m

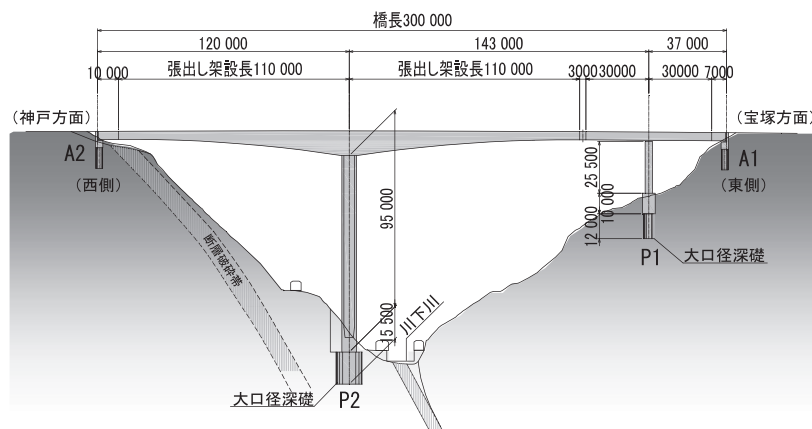


図-1 川下川橋一般図

3. 構造概要

(1) 下部構造

P2 橋脚基礎には、杭径 9 m × 12.5 m の小判形断面を有する大口径深礎（写真-1）を、P1 橋脚基礎には段差フーチングに杭径 5 m の大口径深礎 2 本を組み合わせた構造を採用している。P2 橋脚には構造物



写真-1 小判形断面の大口径深礎

掘削面を最小とし、破碎帯部の掘削を伴わず、周辺との景観性を考慮して竹割り型土留め構造を採用した。

橋脚には、高強度材料を以下の通り採用した。P2 橋脚部には、コンクリート設計基準強度 50 N/mm² と高強度鉄筋 USD685B、P1 橋脚部には、コンクリート設計基準強度 40 N/mm² と高強度鉄筋 SD490 を採用した。

高強度鉄筋と高強度コンクリートを組み合わせた構造は、高橋脚でその効果が十分に発揮される。P2 橋脚では、一般的な強度の鉄筋とコンクリートを組み合わせた場合に比べ、大幅な断面の縮小と鉄筋量の削減が可能となった（図-2）。さらに橋脚断面のコンパクト化と同時に、基礎断面のコンパクト化も可能となった。

(2) 上部構造

上下線一体で全幅員が 24.14 m となる上部構造には、2 室箱桁断面（図-3）を採用した。P2 橋脚からの張出し架設部には変断面を採用し、橋脚頂部での桁

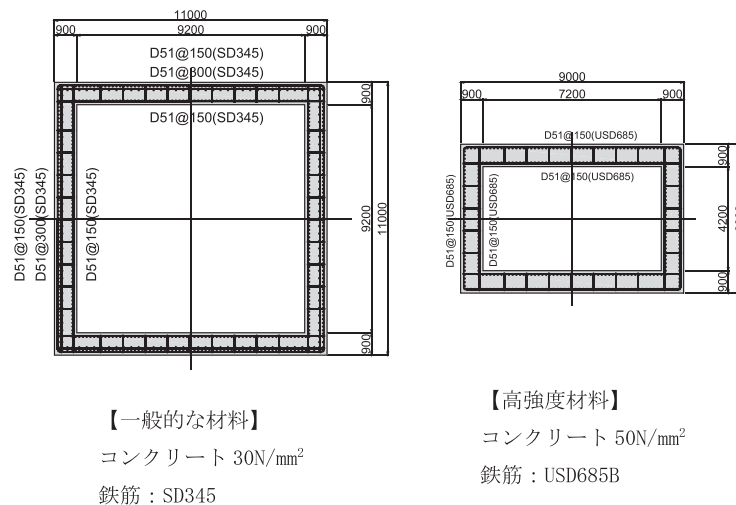


図-2 橋脚断面の比較

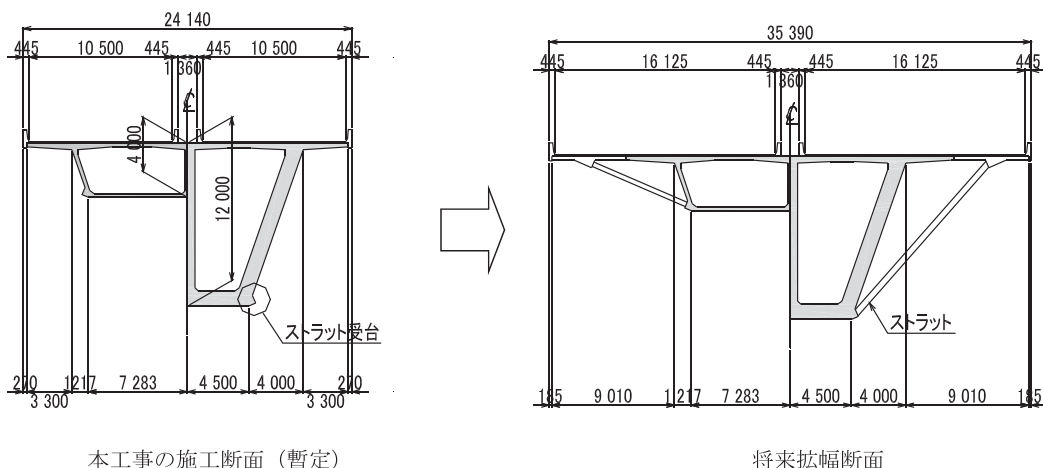


図-3 主桁断面

高を12mとし、張出し先端に向かって4mまで変化させた。張出し架設長が国内でも最大規模となるため、高強度コンクリート（設計基準強度50 N/mm²）を適用して、軽量化を図った。なお将来、上下線各3車線へ拡幅する計画があるため、本工事ではストラットによる張出し床版の延長が可能となる構造を採用した。

4. 施工概要

(1) 基礎

現場周辺は最大52°の斜面を有する非常に急峻な山間地形である。また、川下川ダム放水路・導水管等、ダム関連施設と近接しているため、周辺環境に配慮した施工が求められた。

(a) 竹割り型土留め工法

P2竹割り型土留め工は最大掘削高さ20m、掘削径15mと通常よりも規模が大きい。ダム管理用道路に近接していることから、掘削時周辺地山の挙動確認が重要であった。そこで、竹割り型土留め工（写真—2）での通常の観測項目に加え、土留め背面に挿入式の傾斜計を設置して、動態観測を行った。掘削時の変位量は2～3mmで、周辺地山に特に有害な影響は認められなかった。



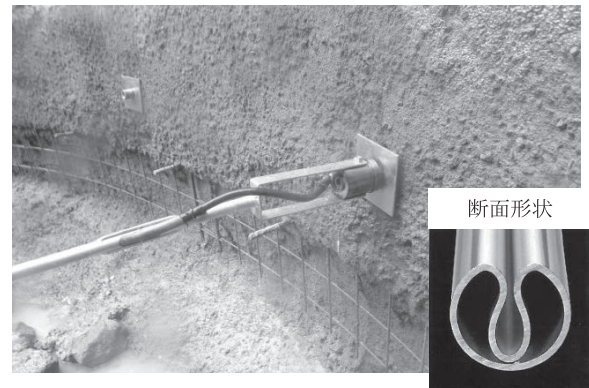
写真—2 竹割り型土留め工法

(b) 大口径深礎

深礎の掘削（CL～CM級の岩盤）は、発破による掘削を行なった。発破による掘削では、川下川ダム関連施設等、近接構造物への振動による影響が懸念された。発破掘削に先立ち、ダム関連の近接構造物ごとに離隔距離に応じた発破振動管理値を定めた。DS・MS雷管の併用で段発数を増やし、一段あたりの火薬量を低減する等、発破パターンを十分検討し、振動予測値が管理値以内となるよう計画した。実施工時には、振動値を実測して予測値と比較し、発破パターンの妥当性を

確認しながら施工を行った。実測値は、予測値に対して低く、周辺構造物への悪影響は認められなかった。

P2大口径深礎の土留め工は、吹付けコンクリートとロックボルトの併用である。ロックボルトは、一般的なモルタル定着型ではなく、鋼管膨張型（摩擦式）（写真—3）を採用した。鋼管膨張型ロックボルトは、鋼管内に水圧を加え膨張させることにより、地山に定着される構造で、モルタル定着型を使用する場合より、工期が短縮された。



写真—3 鋼管膨張型ロックボルト

(2) 橋脚

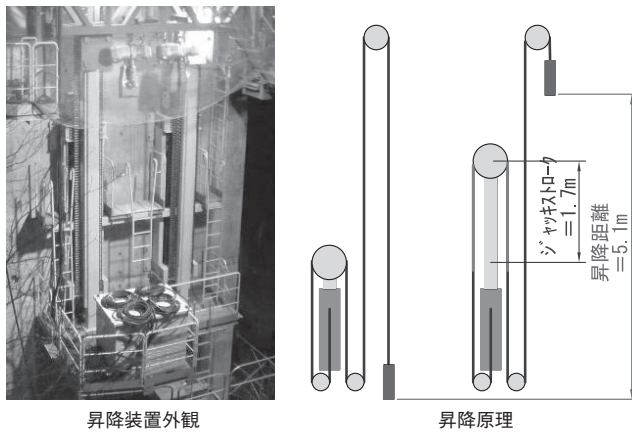
(a) セルフクライミングフォーム

高さ95mのP2橋脚施工については、安全性確保・工程短縮を目的に、自動昇降式足場「セルフクライミングフォーム（写真—4）」を採用した。



写真—4 セルフクライミングフォームによる橋脚施工

セルフクライミングフォームは、9階層（全高20m）で構成され、各ステージで次リフトの鉄筋組立から、型枠組立、コンクリート打設、養生の一連の作業を行う。昇降装置は油圧ジャッキ（600kN）とチェーンおよび滑車を組み合わせた構造で、昇降装置2基（油圧ジャッキ2台/基）を用いて4面同時昇降する機構とした。また「滑車の原理（写真—5）」を利用することで、1.7mのジャッキストロークで3倍



写真—5 昇降装置詳細

の5.1 mまで昇降できるため、途中でアンカーの盛替えを行う必要がない。

橋脚1リフトあたりの施工サイクルを7日に設定し、同施工サイクル確保のため、クライミング作業を夜間に行った。1回のクライミング作業には、約6時間を要した。

(b) 高強度コンクリート、鉄筋の施工

P2橋脚は設計基準強度 50 N/mm^2 の高強度コンクリートを採用しており、一般的な配合では単位セメント量が多くなるため、温度応力によるひび割れ発生が懸念された。本橋では、普通セメントを使用するとともに、コンクリートの保証材齢を56日とすることで、単位セメント量を低減した。鉄筋の組立ては、帯鉄筋・中間帯鉄筋を栈橋上で予め地組みした後、専用の吊具と吊枠を用いて橋脚主鉄筋に沿わせて吊込んだ(写真—6)。鉄筋の組立て精度が向上するとともに、高所作業量が低減し、墜落・転落災害リスクが低下した。

(3) 上部構造

(a) 柱頭部

桁高12 mのP2柱頭部は、一日の打設可能数量から5分割施工とした。温度応力によるひび割れ抑制のため、上床版以外の部材厚が大きい箇所(4リフト分)

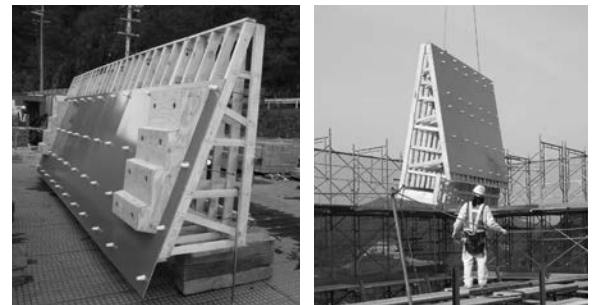


写真—6 鉄筋一括吊込み

には、低熱ポルトランドセメントを、上床版(第5リフト)には早強ポルトランドセメント(膨張材入り)を使用した。

主桁斜めウェブの型枠には、工場で製作した櫛形型枠(写真—7)を使用した。現場での型枠組立て作業量が削減され、工程が大幅に短縮された。

柱頭部に配置される連続外ケーブルの偏向管は、予め栈橋上にて架台と一体化して架設(写真—8)し、偏向管設置精度の向上と、工程の短縮を実現した。



写真—7 櫛形型枠



写真—8 偏向管一括架設

(b) 張出し架設部

P2橋脚柱頭部施工後、移動作業車(大型3主桁)による張出し施工を行った。張出し長110 mを全33ブロック(片側)に分割し、桁高12 m~4 mの変化に合わせてブロック長を2~4.5 mとした。移動作業車の組立ては、橋脚高さ95 m+柱頭部高さ12 mと非常に高い位置での作業となるため、予め仮設栈橋にて部材の地組を行い、メインフレームをタワークレーンで、下段作業台を電動チェーンブロックにて一括架設(写真—9)した。高所作業の低減により安全性を確保するとともに、工程を短縮した。

P2橋脚及び上部構造張出しブロックのコンクリートは、橋脚昇降階段に沿わせて設置した鉛直配管と橋面上の水平配管を通して圧送した。高強度コンクリートの高所への配管圧送となるため、ポンプ圧送性確保のためのコンクリート品質管理が課題となった。鉛直配管に圧力センサーを設置し定期的にポンプ圧送性(圧送性、スランプの変化)、およびコンクリート性状



写真一9 下段作業台の一括架設



鉛直配管 水平配管
写真一10 コンクリートの配管養生

を評価しながら施工を行った。

また暑中時の断熱対策として、鉛直圧送管に穴あきホースをらせん状にまきつけ、その外周部をむしろで覆い、打設時(圧送時)にはホース内に通水し、圧送管を冷却した。外周部をむしろで覆うことで保水性を高めるとともに、直射日光による温度上昇も抑制することができた。また水平圧送管は、断熱材で覆うことによって外部の熱を遮断し、配管温度上昇による閉塞等の圧送トラブルを防止(写真一10)した。

張出し施工を実施するにあたり、打設方法の確認を目的に、実物大模型によるコンクリート打設試験(写真一11)を行った。試験では、下床版部からのコンクリート噴出し、ストラット受台の締固め、ウェブ内枠の施工性などを確認し、実施工に反映させた。

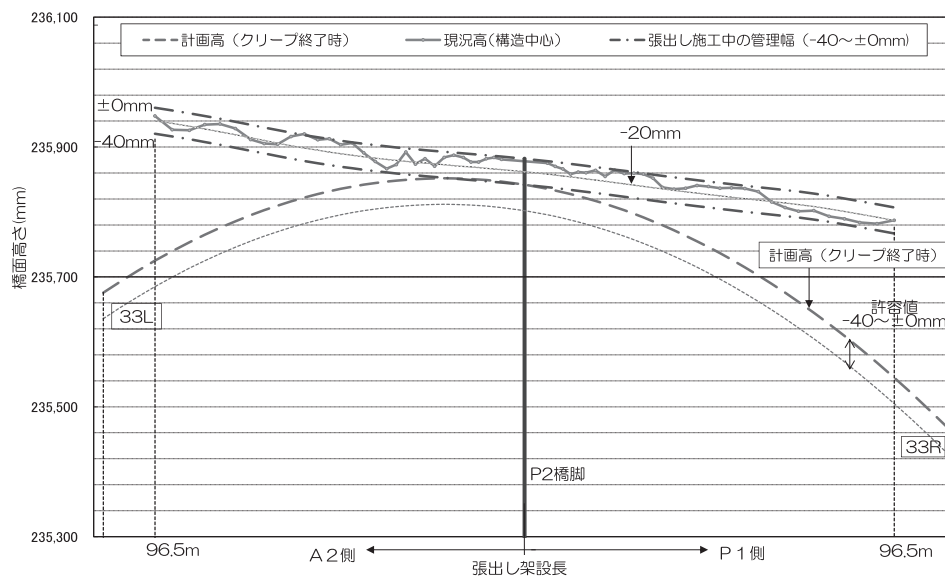
本橋のP2橋脚からの張出し施工(写真一12)は、橋脚高95mと高く、さらに最大張出し長も110mと



写真一11 実物大コンクリート打設試験



写真一12 P2橋脚からの張出し施工



図一4 川下川橋上げ越し管理システム



写真—13 川下川橋全景

長いため、施工時の上げ越し管理の精度向上が課題となった。本工事では、橋面高さ（レベル測量）、橋体温度（熱電対）、橋脚変位（傾斜計）を中心とする計測により、施工中に得られる情報をたわみ計算にフィードバックさせ予測の精度を高めていく情報化施工システム「川下川橋上げ越し管理システム（図—4）」を構築し施工を行った。上記に示す管理を行うことで、橋面高さを許容値以内とすることができた。

5. おわりに

川下川橋は、設計・施工面における様々な創意工夫を行うことで平成25年7月に無事竣工（写真—13）し、平成25年度のプレストレストコンクリート工学会賞作品部門を受賞した。

謝 辞

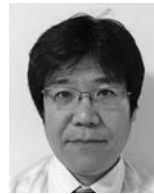
最後に、本工事を行うにあたり、ご尽力いただいた関係各位に感謝の意を表すと共に、本報告が他工事の参考になれば幸いです。

JICMA

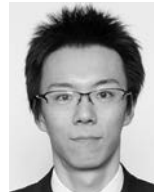
《参考文献》

- 1) 中野 計, 波田匡司, 齋藤公生, 岩島 保, 佐溝純一, 高橋 章: 新名神高速道路川下川橋の設計・施工, 橋梁と基礎, Vol.47, No.1, pp.11-16, 2013.1
- 2) 岩島 保, 波田匡司, 坂本 真, 柳井修司: 新名神高速道路「川下川橋」の施工一部位に応じたコンクリートの検討とその施工実績一, コンクリート工学, Vol.51, No.8, pp.641-647, 2013.8

【筆者紹介】



波田 匡司（はだ まさし）
鹿島建設㈱
土木設計本部 構造設計部
設計主査



福田 雅人（ふくだ まさと）
西日本高速道路㈱
関西支社 構造技術課



萩原 幹（はぎわら もとぎ）
西日本高速道路㈱
新名神兵庫事務所 宝塚工事区

東九州自動車道 寺迫ちょうちょ大橋の設計と施工

世界初のバタフライウェブ箱桁橋

前原直樹・中積健一

寺迫ちょうちょ大橋は、東九州自動車道の宮崎県内にある日向ICと都農ICの間に位置する橋長712.5mのPC10径間連続箱桁橋である。

本橋は、ウェブに蝶型形状をしたコンクリート製のプレキャストパネル「バタフライウェブ」を世界で初めて採用した新しい構造形式の橋梁である。本構造を採用することにより、上部工重量を従来のコンクリートウェブ箱桁橋に比べて約10%の軽量化が可能となり、PC鋼材重量の低減や支承の縮小化により建設コストの縮減を図った。

バタフライウェブの構造特性は、せん断力がパネル内に引張力と圧縮力に分解されて伝達することから、引張力にはプレテンションPC鋼材で、圧縮力には80N/mm²の高強度繊維補強コンクリートでそれぞれ抵抗する。また、パネルと上下床版との接合は、鋼管ジベルと鉄筋により一体化した。ウェブパネルは無筋構造とし、下床版には開口から浸入した雨水を自然流下できる構造とし、維持管理性を向上した。

主桁は張出し施工にて行うが、ウェブの軽量化により施工ブロック数を低減し工程短縮を可能とした。

キーワード：バタフライウェブ、プレキャストパネル、軽量化、維持管理、工程短縮

1. はじめに

東九州自動車道は、北九州市を起点として、福岡・大分・宮崎・鹿児島各県を結び、鹿児島市に至る全長436kmの高速自動車国道である。寺迫ちょうちょ大橋は、東九州自動車道の宮崎県内の日向ICと都農IC間に位置する橋長712.5mのPC10径間連続箱桁橋である。

本橋は、ウェブに蝶型形状をしたコンクリート製のプレキャストパネル「バタフライウェブ」を世界で初めて採用した新しい構造形式の橋梁である。本構造を採用することにより、上部工重量を従来のコンクリートウェブ箱桁橋に比べて約10%の軽量化が可能となり、PC鋼材重量の低減や支承の縮小化により建設コストの縮減を図った。

本稿は、本橋に採用した新構造のバタフライウェブ橋の設計と施工について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を以下に示す。また、主桁断面図および全体一般図をそれぞれ図1、2に示す。本橋の支間長は、市道が横断するP1-P2径間が最も長い87.5mであり、その他の標準支間長は73.5mである。

本橋は橋長が712.5mと長く、主桁の伸縮が橋脚に大きな影響を与えるため、両端部の比較的高さが低い橋脚(P1, P7, P8, P9)は支承構造とし、その他の中間橋脚は主桁と剛結するラーメン構造となっている。

なお、「寺迫ちょうちょ大橋」の橋名は地元小学生から寄せられたアイデアを参考に命名された。

工事名：東九州自動車道田久保川橋（PC上部工）
工事

構造形式：PC10径間連続バタフライウェブ箱桁橋

道路規格：完成時：第1種2級B規格(V=100km/h)

暫定時：第1種3級B規格(V=80km/h)

橋長：712.5m

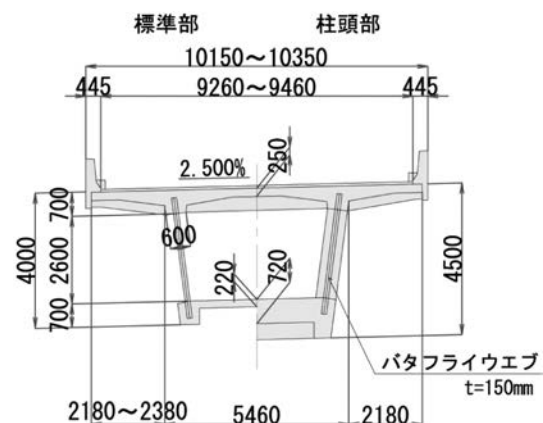
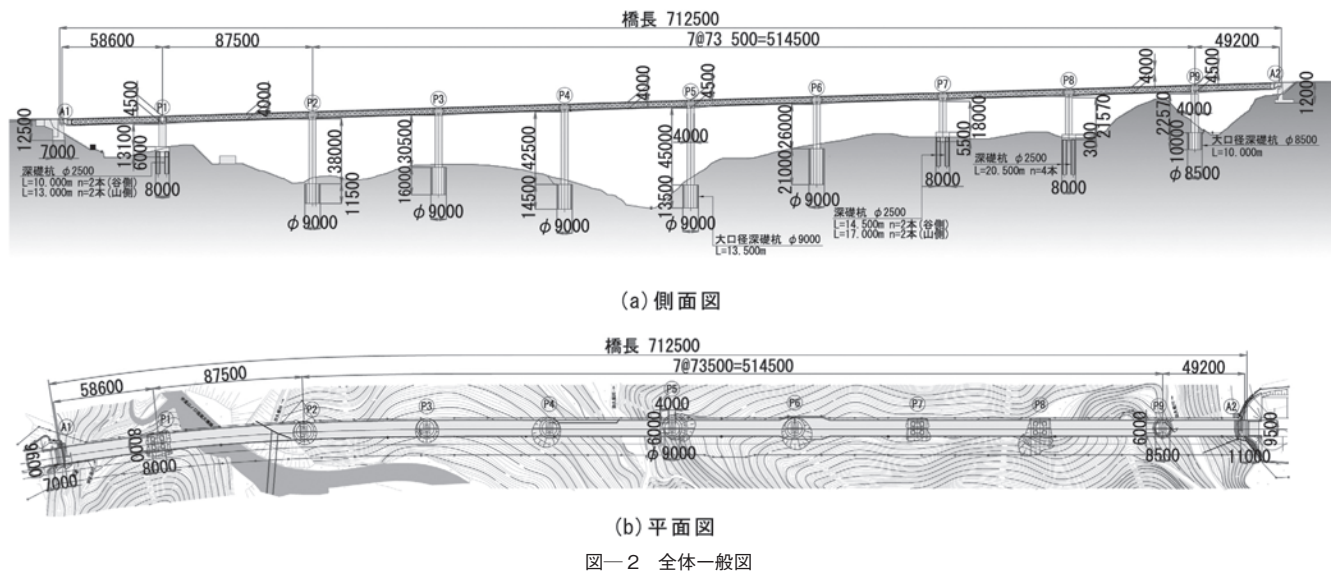


図1 主桁断面図



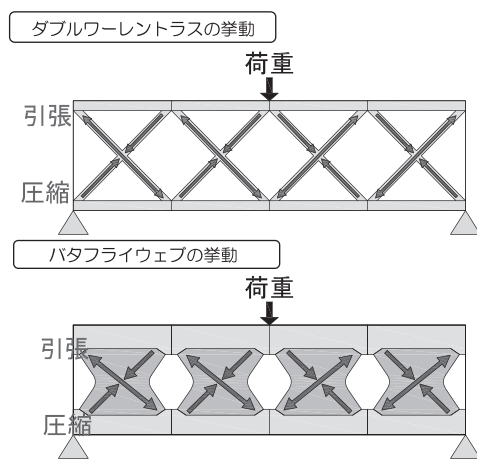
支間割：58.6 + 87.5 + 7@73.5 + 49.2 m
 有効幅員：9.26 ~ 9.46 m
 縦断勾配：3.0%
 横断勾配：4.5 ~ -2.5%
 平面線形：R = 1200 m ~ A = 450 m ~ R = ∞

3. バタフライウェブ箱桁橋の適用検討

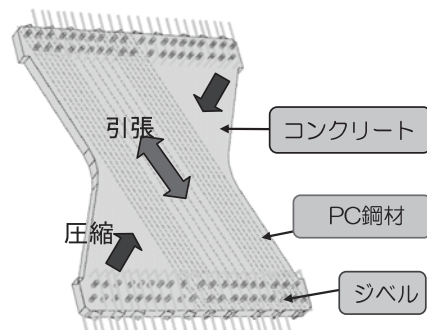
(1) バタフライウェブ箱桁橋

これまで建設コストの低減を目的とした橋梁の軽量化は、波形鋼板ウェブや鋼トラス等の複合構造を用いてきたが、部材接合部の複雑さや維持管理性等に課題を有していた。本橋では、通常のコンクリート箱桁橋のウェブ部分に蝶形のプレキャスト製のコンクリートパネル「バタフライウェブ」を採用し、従来の複合構造と同等の軽量化を図った。

バタフライウェブ箱桁橋とは、通常のコンクリート箱桁のウェブ部分に蝶型形状をしたプレキャスト製のコンクリートパネルを使用し、上部工重量の軽量化を



図一 3 バタフライウェブの構造特性



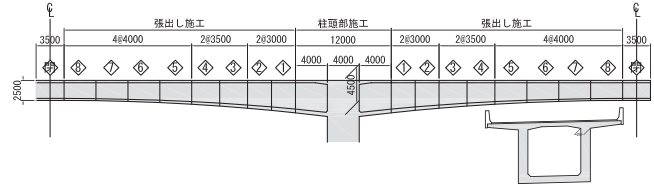
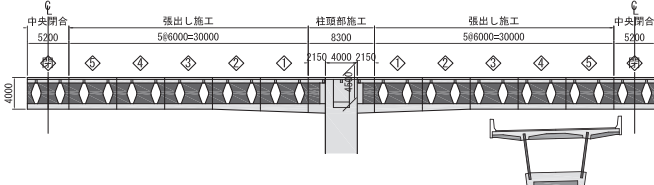
図一 4 バタフライウェブの鳥瞰図



写真一 1 完成写真 (近景)

目的とした新しい構造形式の橋梁である(写真一)。バタフライウェブ箱桁橋の構造特性は、図一3のとおりせん断力がパネル内に圧縮力と引張力に分解されて伝達し、ダブルワーレントラスのような挙動を示すことが解析および実験により明らかになっている^{1)~3)}。引張力にはPC鋼材で抵抗し、圧縮力には高強度コンクリートで抵抗する(図一4)。

表-1 コンクリートウェブとの比較

	側面図 (ブロック割)・断面図	上部工重量	PC 鋼材	張出しブロック長	経済性
コンクリートウェブ		153,000 kN (1.00)	250 t (1.00)	3~4 m 8 ブロック	○
バタフライウェブ		138,800 kN (0.90)	210 t (0.84)	6 m 5 ブロック	◎

(2) 適用検討

本工事は、コスト削減を図ることを目的とした契約後 VE 方式で発注された上部工工事である。主桁の軽量化を目的に、契約時のコンクリートウェブ箱桁橋に対し、ウェブをバタフライウェブに替えて比較検討を行った。バタフライウェブ箱桁橋の適用性を検討した結果を表-1 に示す。バタフライウェブパネルの使用による軽量化に加え、上下床版の主桁コンクリートは $\sigma_{ck} = 50 \text{ N/mm}^2$ の高強度コンクリートを使用し、さらなる主桁のスリム化を図ることで、コンクリートウェブ箱桁橋に比べ、上部工重量が約 10% 削減した。このため、PC 鋼材の使用数量の削減、および支承の縮小によりコスト削減が可能となった。

また、施工性においてはコンクリートウェブ箱桁橋に比べて主桁重量を軽減することができるため、張出し施工ブロック長さを 6.0 m (バタフライウェブパネル 2 枚分) に設定できる。本橋の標準支間長の 73.5 m の場合、コンクリートウェブ箱桁橋が 8 ブロックであるのに対し、バタフライウェブ箱桁橋は 5 ブロックとなり、施工ブロック数を減じる事により工程短縮を図ることが可能となる。

検討の結果、VE 成立が確認でき、本橋においてバタフライウェブ箱桁橋が最適な橋梁形式として採用された。

4. 設計

(1) バタフライウェブパネルの使用材料と形状

バタフライウェブは、工場で作られたプレキャストパネルであり、設計基準強度 $\sigma_{ck} = 80 \text{ N/mm}^2$ の高

強度繊維補強コンクリートを使用している。鋼繊維を使用することにより、せん断耐力の向上を図っており、鉄筋は配置しないことで、耐久性の向上と維持管理の軽減を図った。また、パネル内には、引張が作用する方向に PC 鋼材が配置され、プレテンション方式でプレストレスを与えた。プレテンション PC 鋼材は $\phi 15.2 \text{ mm}$ のストランドを使用した。

バタフライウェブのパネル形状は、桁高と蝶型形状のくびれサイズおよびトレーラでの運搬を考慮して 1 パネル長さを 2.9 m とした。桁高は中間支点上で 4.5 m、支間中央で 4.0 m として変化させているが、パネルの大きさは全て同一とした。最も大きなせん断力が作用する柱頭部付近の下床版厚さを大きく設定することにより、パネルからのせん断力負担分を軽減している。プレテンション PC 鋼材量は死荷重時で引張応力度を発生させず、設計荷重時でひび割れが発生しないように決定した。

パネルの厚さは、プレテンション PC 鋼材の必要本数が配置可能かつ終局荷重時に作用する圧縮力に対して抵抗できる厚さとして 150 mm に設定した。バタフライウェブの形状を図-5 に示す。

パネル内に配置されるプレテンション PC 鋼材量は、最も大きなせん断力が作用する P1 柱頭部近傍であり、1S15.2 mm を最大 36 本配置した。PC 鋼材量は各部位のせん断力に応じて、配置する PC 鋼材量も段階的に減じている。本橋の総パネル枚数は 444 枚であり、9 種類の PC 鋼材配置パターンで構成した。

(2) 主桁断面形状の設定

パネルが橋軸方向に不連続であり、パネル板厚が薄

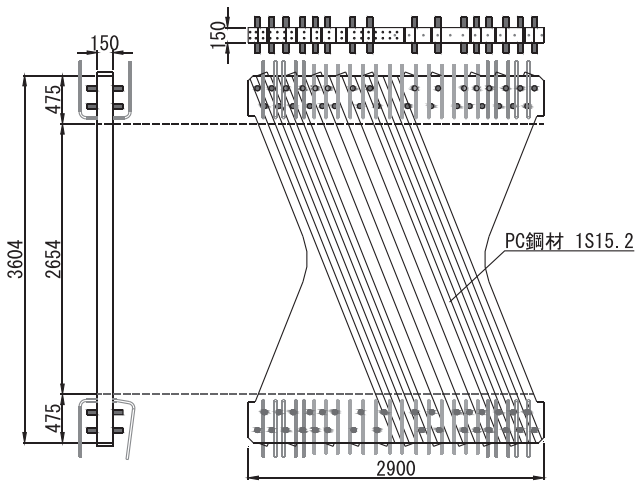


図-5 バタフライウェブの形状

いたため一般的なコンクリートウェブの箱桁断面に比べて横方向の剛性が小さい。このため、パネル間の継ぎ目となる位置に3m間隔で上床版を補強するリブを設け、ウェブパネルの変形および横方向に発生する引張応力度を抑制した(図-2, 写真-1)。

主桁の更なる軽量化を図るため、ウェブを斜ウェブとして下床版幅を抑えた。また、下床版の構造は、暴風雨により開口から浸入した雨水を桁下に排水できるように配慮した。これまでの波形鋼板ウェブ橋や複合トラス橋などの下床版は打ち上げた構造のため、水抜きパイプを配置していた。本橋では、水抜きパイプの目詰まりにより、滞水が懸念されたため、下に打ち下げるエッジビーム形式の下床版構造とし、バタフライウェブの開口から自然に流下させた(図-6)。

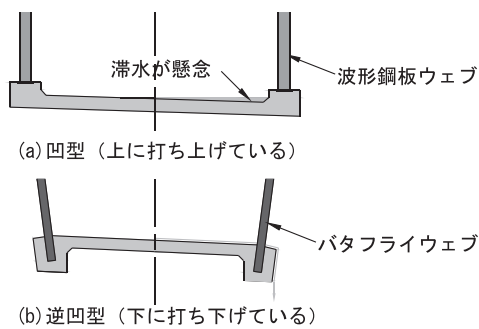


図-6 下床版構造

(3) パネルと上下床版との接合方法

パネルと上下床版との接合は鋼管ジベルと鉄筋によって一体化を図った。鋼管ジベルは、既往の研究⁴⁾によりせん断耐力を実験により得ているが、母材が鋼部材の場合の実験であった。本橋では、母材が高強度繊維補強コンクリート ($\sigma_{ck}=80\text{ N/mm}^2$) であり、ジベル強度が母材強度で決定することも考えられたた

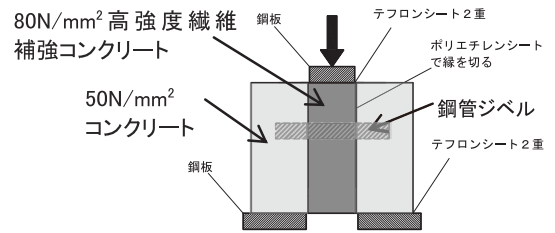


図-7 2面せん断試験概要図

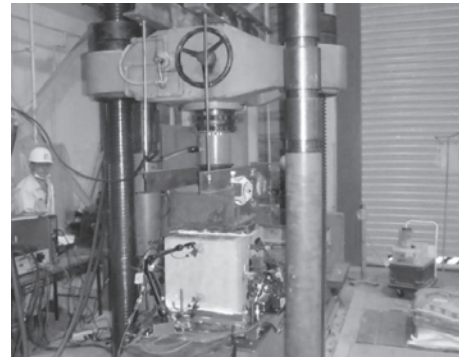


写真-2 2面せん断試験状況

め、高強度繊維補強コンクリートと主桁コンクリート ($\sigma_{ck}=50\text{ N/mm}^2$) の接合部を模擬した2面せん断試験を行い(図-7, 写真-2)、安全性を確認した。

また、パネルの上下端は主桁コンクリート内に埋め込まれるが、その埋め込む長さがプレテンションPC鋼材によるプレストレスの有効伝達長(端部からの付着定着長)が十分確保されていることを試験により確認して決定した。

5. 施工

(1) バタフライウェブの製作

バタフライウェブの製作は、プレテンション設備が整った佐賀県内の工場で作製し、架橋現場までトレーラにて運搬を行った。ウェブパネルの形状や厚さは一定であるが、使用される部位によって配置するプレテンションPC鋼材や鋼管ジベルの量が異なる。工場での製作は、プレテンションPC鋼材の配置本数が同じタイプのパネルを製作するため、架設スピードに合わ



写真-3 バタフライウェブの製作

せた製作サイクルを計画し、実施した。また、製作に先立ち、実物大の打設試験を行い施工性の確認を行った。パネルの製作状況を写真—3に示す。

(2) 主桁の施工

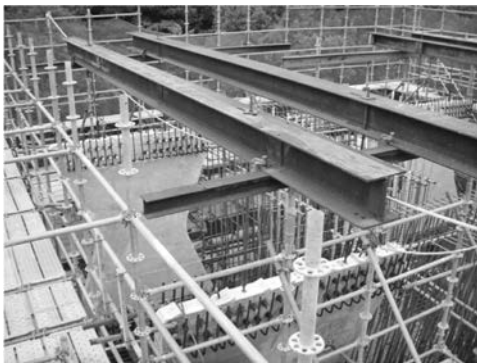
本橋の主桁ブロック割を図—8に示す。標準支間部となるP2～P9の柱頭部長さは8.3～8.5mと通常より小さい。これは、支間中央に中央閉合部となる1パネルを最初に設定し、張出しブロック長(6m)を5ブロック割り付けて残った長さとなっている。なお、P1柱頭部だけは、P1-P2径間の支間長が87.5mと長いため、P1・P2から張出すブロック数はそれぞれ7ブロック、5ブロックと非対称なブロック割になることから、柱頭部長さは12mとなる。

(a) 柱頭部の施工

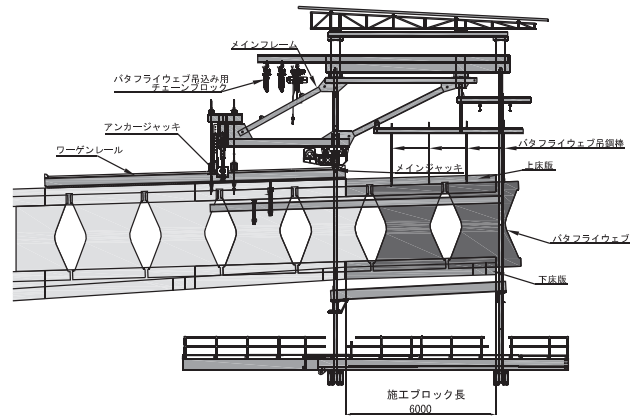
柱頭部のコンクリートはマスコンクリート対策のため、2回に分けて打設を行った。バタフライウェブの架設に先立ち、バタフライウェブを吊り下げるための架設桁を支保工上に設置した。底版型枠組立て後、バタフライウェブをクレーンにて所定の位置まで運搬する。縦横断方向の天端高さや斜ウェブの角度調整を行い、あらかじめ埋め込んでいる吊鋼棒を介して架設桁に吊り替えた(写真—4)。下床版と横桁鉄筋および型枠組み立て後、1回目のコンクリート(下床版と横桁1層目)の打設を行った。その後、上床版の型枠・鉄筋を組立てた後、2回目のコンクリートを打設した。

(b) 張出し施工

柱頭部施工後の主桁は、移動作業車(以下、ワーゲン)による張出し施工で行った。張出し施工要領を図



写真—4 柱頭部のバタフライウェブ架設状況



図—9 張出し施工要領図

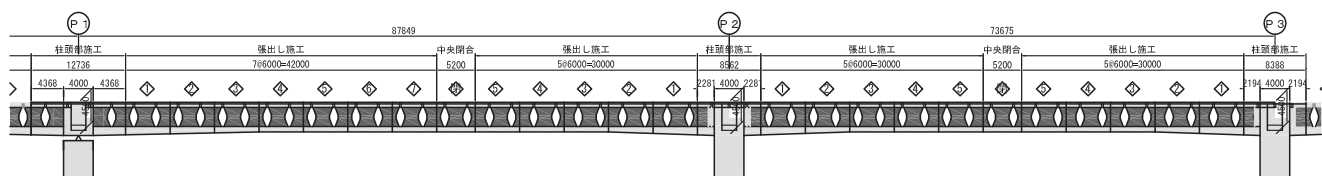


写真—5 張出し架設状況

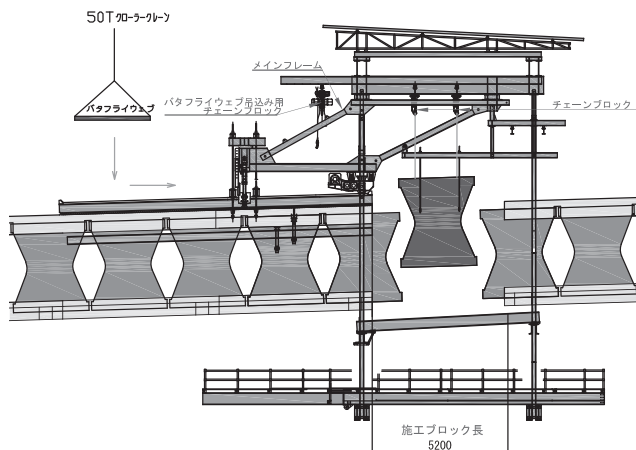
—9に示す。1ブロックあたりのバタフライウェブは4枚(片側2枚)であり、1枚ずつワーゲン内のトロリーにて所定の位置に移動して、メイントラス直下の仮固定バーに盛りかえて吊り下げた。仮固定バーは、ワーゲンのメイントラスと前方の縦梁から支持されたバタフライウェブ吊下げ用の固定梁から吊下げられている。また、バタフライウェブパネルどうしは橋軸方向に離れて設置されるため、パネル間の接合作業が不要となり施工性の向上が図られる。バタフライウェブの高さおよび角度調整後、上下床版の型枠・鉄筋・PCを組み立てた後、下床版と上床版コンクリートを打設した。張出し架設状況を写真—5に示す。

(c) 中央閉合部の施工

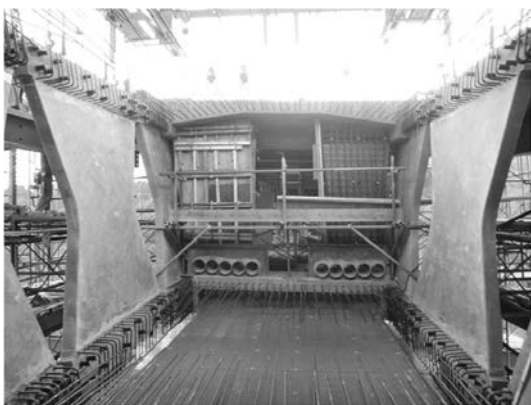
中央閉合部の施工は、工程短縮を図る目的で移動作業車にて行った。中央閉合部のバタフライウェブパネルは、1枚(左右で計2枚)を既設のバタフライウェブ間に落とし込まなければならない。このため、張出



図—8 P1-P3間のブロック割図



図一 10 中央閉合部の施工要領図



写真一 6 中央閉合部のバタフライウェブ架設状況

し施工途中に何度も入念な測量を実施し、間隔が確保されていることを確認しながら施工を進めた。中央閉合部の施工要領図を図一 10 に、中央閉合部のバタフライウェブパネルのセットが完了した状況を写真一 6 に示す。

(d) 側径間部の施工

本橋の側径間は地形が急峻なため、吊支保工施工で行った。側径間部のバタフライウェブパネル数は 2 枚（左右で計 4 枚）であるが、支持方法は柱頭部と同様に架設桁から吊る方法とした。コンクリート打設は 2 回に分けて、1 回目は下床版に目地を設けて下床版と



写真一 7 A1 側径間部の施工状況

端支点横桁の 1 層目を打設した。2 回目のコンクリートは下床版目地部と上床版および端支点横桁の 2 層目を打設した。A1 側径間部の施工状況を写真一 7 に示す。

6. 張出し施工時の応力測定

張出し架設にあたっては、架設時の安全性を確認するために主桁応力度およびバタフライウェブパネル表面応力度の計測を行った。なお、計測箇所は最長の 7 ブロックを張出す P1 支付近の主桁応力度とバタフライウェブパネルに着目した。

各ブロックのコンクリート打設、内ケーブル緊張、ワーゲン移動といったイベント毎の計測値は、主桁の上下縁応力度・バタフライパネルの表面応力度ともに設計値とほぼ一致することを確認した。また、張出し施工で最も重要な高さ（上越し）管理においても、橋軸方向に不連続なバタフライウェブを断面剛性に寄与させず、上下床版のみを剛性評価した平面骨組み解析による計算値とほぼ一致した。

以上のことから、橋軸方向（主方向）における骨組み解析による断面力やたわみの算出は、バタフライウェブを断面剛性に寄与させない設計手法の妥当性が確認できた。

7. バタフライウェブの施工管理

バタフライウェブの製作は、通常のプレキャスト製品と同様に品質管理や出来形管理は行ったが、パネルの形状が全て同一形状であり、外観だけではプレテンション鋼材の向きなどが間違いないのかを簡単に判別できない。このため、ウェブパネルの製作・架設にあたり、どのような方法で管理すれば間違なく製作ができ、それを所定の位置に架設できるかが課題であった。

本橋で実施した管理項目は、ウェブパネル内に配置しているプレテンション鋼材の向き・本数をはじめ鋼管ジベルの配置個数、および上下床版に埋め込む鉄筋の加工形状と鉄筋径とし、全数を確認した。

確認する時期は、①製作工場におけるコンクリートの打設前、②現場搬入時の受入れ検査時、③架設時の 3 プロセスとし、当該パネルが上記の管理項目と設計図が合致しているかのクロスチェックを行うことにより人為的ミスを排除した。

8. おわりに

寺迫ちょうちょ大橋において、世界初となる新構造のバタフライウェブ橋の設計・施工の概要について述べた。バタフライウェブ橋は主桁の軽量化に加え、張出しブロック数の低減など工程短縮を図ることができ、上部工のみならず下部工も短縮できるため、これまでのコンクリートウェブ箱桁橋と比較して自然環境への影響も低減できる。また、バタフライウェブの採用により一般的なコンクリート箱桁構造と比べて、主桁コンクリートの数量軽減により、製造および打設によるCO₂の発生を6%抑制できる⁵⁾。

さらに、ウェブパネルは鉄筋を使用せずに工場製作された高品質な製品であるため、塩害や中性化に起因する鉄筋腐食が生じず高い耐久性を有することから維持管理が軽減でき、建設コストおよび維持管理コストの大きな削減につながる構造と考える。

本工事は平成25年8月に完成し(写真—8)、平成

26年3月に日向IC～都農IC間が開通することにより、宮崎県民が待ち望んでいた宮崎市と延岡市が高速道路で結ばれた。バタフライウェブ橋の適用は、コストの縮減や維持管理面などの観点から意義ある取り組みと考えている。本工事の成果が今後の橋梁計画に参考になれば幸いである。

J C M A

《参考文献》

- 1) 片, 高木, 中積, 春日: 新しいウェブ形式を有する複合橋に関する研究: 第13回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.413-416, 2004.10
- 2) 片, 高木, 中積, 春日: 新しいウェブ形式を有する複合橋の接合部に関する研究: 第15回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.527-530, 2006.10
- 3) 永元, 片, 浅井, 春日: 超高強度繊維補強コンクリートを用いた新しいウェブ構造を有する箱桁橋に関する研究: 土木学会論文集 E vol.66 No.2, pp.132-146, 2010.4
- 4) 竹之井, 篠崎, 三加, 浅井: 高強度コンクリートジベルを用いた鋼・コンクリートの接合方法に関する基礎的研究: 第19回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.49-54, 2010.1
- 5) Ashizuka, K., Miyamoto, K., Kata, K., Kasuga, A., 2012, "Construction of a Butterfly Bridge", Proceedings of fib Congress. 2012

【筆者紹介】



前原 直樹 (まえはら なおき)
西日本高速道路㈱
九州支社 建設・改築事業部 技術課
課長代理



中積 健一 (なかつみ けんいち)
三井住友建設㈱
土木本部土木設計部 PC設計グループ
グループ長



写真—8 完成写真

鋼管集成橋脚の開発と実橋への適用

損傷を制御し、性能向上とコスト縮減を両立

金 治 英 貞・小 坂 崇・篠 原 聖 二

兵庫県南部地震での被災経験を活かして、従来の橋脚に対して性能を向上させ、さらに建設コストはもとよりライフサイクルコストの低減を図る鋼管集成橋脚を開発した。この構造は、低コストの鋼管複数本を基本単位に利用し、履歴型ダンパー機能を有するせん断パネルによりこれら鋼管を接合するものである。本報文では、開発経緯と構造形態をはじめ、技術コンセプトを紹介する。また、約10年を要した実橋の第一号となる鋼管集成橋脚の製作と架設、さらには開発効果と今後の技術展開について述べる。

キーワード：鋼管集成橋脚、損傷制御設計、履歴型せん断ダンパー、スマートストラクチャ、技術開発

1. はじめに

都市直下型の兵庫県南部地震は都市高架橋をはじめとする近代橋梁に種々の被害をもたらした。この経験を踏まえ、震度法に基づく弾性設計から弾塑性設計への移行が促進されていることは衆知のとおりである。この設計は道路橋示方書では地震時保有耐力法と呼ばれ、兵庫県南部地震以前から新設橋に採用されつつあった。基本的には橋脚の基部に限定的な塑性を認め、この吸収エネルギーにより橋梁全体を守る合理的な設計手法である。

しかしながら、柱基部には塑性変形が生じることから地震後の復旧やコスト増大の課題が生じる。そこで著者らは、被災経験を活かしこの課題を軽減する新たな橋脚として図-1に示すような鋼管集成橋脚を提案し、実構造物に適用してきた。

この鋼管集成橋脚は、比較的安価な鋼部材、低降伏点鋼などの鋼材履歴減衰の有効利用、アンカーフレームの省略等に着眼して考え出された構造であり、地震後においても鉛直力を受ける主部材は大きな損傷を被

ることなく車両の通行止めといった機能障害のリスクを軽減することを特徴とする。設計の基本的考え方として特筆できることは、死荷重、活荷重等の鉛直荷重を受け持つ主部材と地震力等の横力対応の非主部材を明確に区分し、損傷部材と損傷形態・程度を予め設定する損傷制御設計を適用したことである。

2. 鋼管集成橋脚の開発経緯と構造概要

(1) 開発背景・動機

兵庫県南部地震において、都市高架橋は種々の被害を受け、中でも神戸市東灘区の阪神高速道路の橋梁(通称、ピルツ橋)の倒壊は地震の象徴とされた。阪神高速道路神戸線および湾岸線の被災調査においても、橋脚の被害のほか、上部構造である桁の損傷、支承など部品の損傷、さらには基礎の流動、ひび割れなど様々な被害が確認された。

著者らは、このような状況を踏まえ、外力は設計上仮定されるが実際の地震動は想定できないと改めて認識し、構造物側で冗長性をできるだけもたせ、橋梁を一体的に捉え損傷を制御する手法、損傷制御設計を推進すべきと考えた。これらは、阪神高速道路湾岸線の長大トラス橋である港大橋で最初に採用され、次に斜張橋である天保山大橋に採用されてきた。

このような設計手法が一般高架橋にも採用できないか、またコストも縮減できないかと考え、既製鋼管とせん断パネルを用いた本構造を提案するに至った。また、2000年当時、米国の長大橋のレトロフィット事業の詳細調査¹⁾を行っていたが、この中で New San

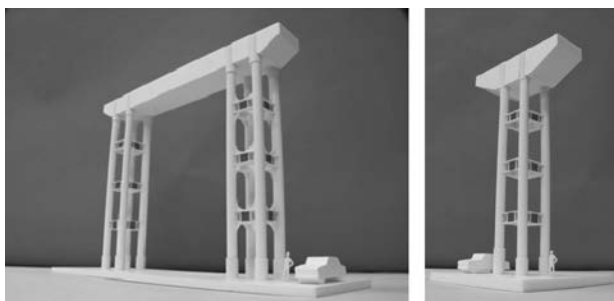


図-1 最初に作成した検討模型

Francisco-Oakland Bay Bridge 東橋の架け替え事業において、1本主塔の自碇式吊橋が採用され、この主塔においてせん断パネルが採用されていたこともこの開発に影響を与えていると思う。

(2) 開発経緯

鋼管集成橋脚は上記の背景のもと2002年に考え出され、その後、2003年より解析によるフィジビリティスタディ^{2), 3)}が実施された。引き続き、同年、1/5スケールモデルによる全体系模型実験^{4), 5)}が実施され(写真-1参照)、2004年度から1/2スケールモデルによるせん断パネル接合部実験⁶⁾が実施された。同時に学識者、橋梁ファブリケーター技術者を交えた検討委員会が設置され、種々の検討、審議が行われ、設計製作架設手引き(案)⁷⁾が作成された。

2005年度より実橋への適用のため該当工区の概略

設計を開始し、2006年度からは基礎の合理化のための検討委員会を立ち上げた。同時に、設計支援のための種々の条件下のパラメトリックスタディ^{8)~10)}、杭と一体化構造の検討^{11), 12)}を実施し、設計製作架設手引き改訂版(案)¹³⁾を作成した。さらには、2008年度よりねじり特性検討を把握する実験¹⁴⁾などを実施してきた。この間、阪神高速道路技術審議会の各分科会で学識者による数多くの審議を経て、それらの審議結果を手引き(案)に反映してきた。

これらの成果を踏まえ、ジャンクション新設事業において世界初となる鋼管集成橋脚が実現するに至った。また、ジャンクション改築事業においても、狭隘な設置条件ゆえに従来のRC橋脚、鋼製橋脚に対して優位性が確認された本構造が複数採用され、現在施工中である。

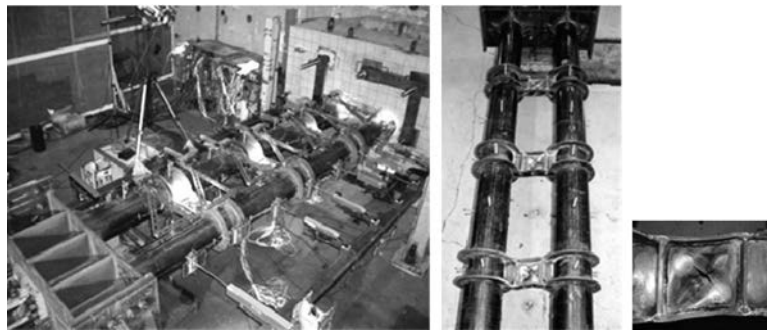
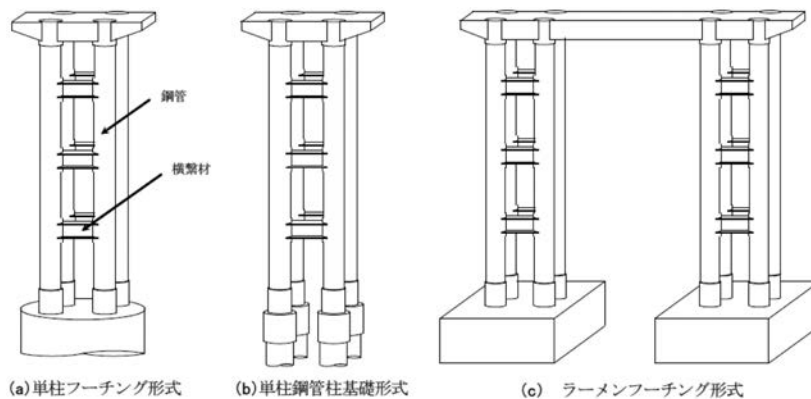
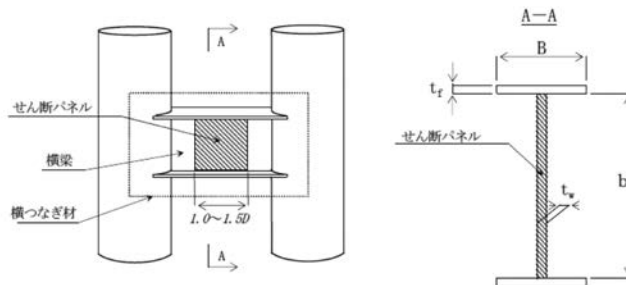


写真-1 最初の試験(左)、終局時の試験体(中)およびせん断パネル(右)



(a) 単柱フーチング形式 (b) 単柱鋼管柱基礎形式 (c) ラーメンフーチング形式



(d) 横つなぎ材の構造

図-2 種々の鋼管集成橋脚の構造と横つなぎ材の構造

(3) 構造概要

鋼管集成橋脚は、鋼管を複数本組み合わせる利用し、横つなぎ材により接合され一脚柱となったユニット構造であり、単柱、ラーメン形式、またフーチング形式、鋼管柱基礎形式など自由度が高い橋脚である(図一2参照)。なお、横つなぎ材は、大地震時に地震時エネルギーを吸収する履歴型ダンパーの役割を担う鋼製のせん断パネルで構成されている。

ここで鋼管の代わりにコンクリート柱を用いることも考えられるが、道路橋としての上部構造を支持しかつ比較的高い橋脚を対象としていることから、柱部の損傷を軽減するためフレキシブルな性能を有する鋼管を採用するに至った。ここで用いられる鋼管は、補剛材を要しないため製作加工もほとんど必要とせず、軽量ゆえ施工手間も軽減される。また、架設条件が厳しい海上や河川内でも早く架設できる特徴がある。

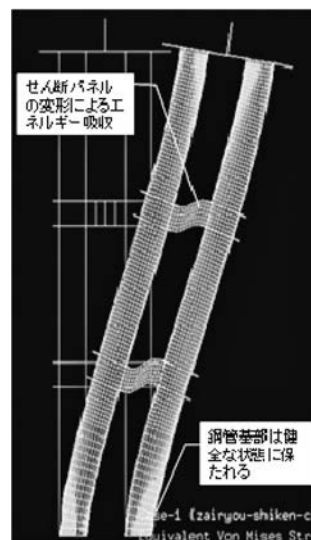
現在のところ、適用範囲としての鋼管集成橋脚の橋脚高さは、約20m～40mである。これは、履歴型ダンパー機能を有する横つなぎ材が、この橋脚高さの範囲で、効果的に減衰効果を発揮することが確認されていることによる⁸⁾。なお、横つなぎ材のダンパー機能を期待しなければ、高さ20m以下でも適用が考えられるが、その場合には、主部材である鋼管に過大な地震力が作用することもあるので動的解析などによる十分な検討が必要である。

3. 技術コンセプト

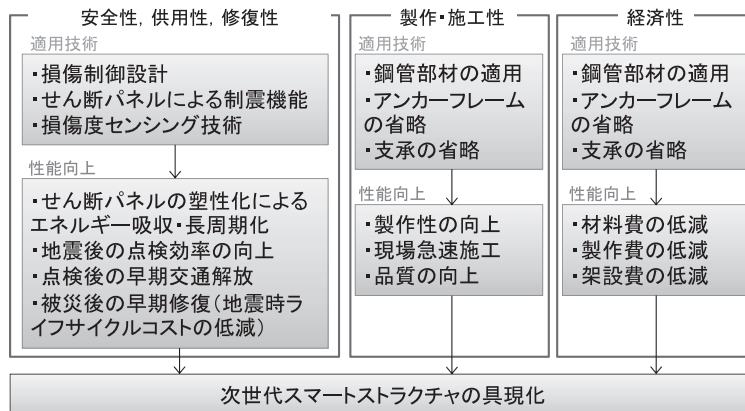
技術コンセプトとして、本橋脚の適用技術と、その技術がもたらす性能向上項目を図一3に整理する。以下に、各性能における特徴を述べるが、本橋脚は高い構造性能を有しつつ、製作性・施工性、そして経済性を向上させることができる次世代のスマートストラクチャであるといえる。

(1) 安全性, 供用性, 修復性

- 1) レベル2地震動などの大規模地震時に損傷をせん断パネルに誘導する損傷制御構造の採用により、主部材である鋼管柱を健全に保つことができる(図一4参照)。このため、地震後直ちに緊急車両だけでなく一般車両も通行させることが可能となる。さらに巨大な地震に対しても終局状態までの冗長性が高い特性を有する。
- 2) せん断パネルの先行降伏による履歴減衰機能と長周期化により、地震による入力エネルギーを低減することが可能となる。
- 3) 地震後の緊急点検時には、先行損傷する部材を限定しているため、点検効率の向上を図ることができる。さらに、せん断パネルの損傷状態を見れば橋脚全体の損傷程度を把握することができ、供用の可否を速やかに判断することもできる。
- 4) 復旧が必要な損傷を受けた場合でも、せん断パネルを取り替えるだけで元構造に復旧することができ修復性が著しく高い。



図一4 変形イメージ



図一3 鋼管集成橋脚の技術コンセプト

(2) 製作・施工性

- 1) 主部材である鋼管は、径厚比を制御することで、内面の補剛材を省略することが可能となり、製作加工が最小限で留まるため、製作性の向上を図ることができる。
- 2) 1本の鋼管径は800mm～1500mm程度と比較的小さいため、製作時や架設・運搬時のひずみ・変形が生じづらく、現場で鋼管を架設していく際に、真円度や目違いの補正が必要ないため、品質の向上、架設速度の向上が期待できる。
- 3) 鋼管柱は、アンカーフレームを介さず、直接、ターニングやケーソン頂版、あるいは基礎杭と接続することができるため、アンカーフレームの設置に要する工期を短縮することができる。



写真一2 仮組立状況

(3) 経済性

- 1) せん断パネルの履歴吸収エネルギーにより、橋脚の地震時応答を低減できることから、主部材である鋼管柱、および基礎構造の合理化を図ることができる。
- 2) 鋼管柱は製作工数が少なく単価を低く抑えることができるうえ、さらにスパイラル鋼管などの既製品を使用すれば材料コストの低減を図ることができる。
- 3) アンカーフレームや支承の省略により、かかる材料費、製作費、架設費を低減することができる。



写真一3 剛結部 (鋼管と鋼桁下フランジの溶接)

状況を写真一2に示す。剛結部の製作・組立を写真一3に示す。

4. 実橋での製作と施工

最初の実用化は、阪神高速道路の海老江ジャンクションにおいて行われた^{15), 16)}。以下に製作と施工の概要を述べる。

(1) 工場製作

柱部は、スパイラル鋼管の誤差をジョイント1箇所調整を行ったため、工場内でスパイラル鋼管を一旦仮に接続して製作した。また、柱部は4本の鋼管を横つなぎ材で一体化する構造であり、かつ横つなぎ材は高力ボルト支圧接合構造で、摩擦接合よりボルト接合部の余裕度が小さいため、組合せ精度の確保が重要であった。そのため、ターニングローラーを使用し、鋼管を回転しながら内部補強の溶接を行い、鋼管を横つなぎ材で一体化し、組合せ精度を確認しながら、組立・溶接を行った。さらに、4分割された柱と横つなぎ材との取り合いや現場溶接部継手部の開先精度が現地で再現できるよう、柱全体で実仮組立を行った。仮組立

(2) 現地施工

本橋脚は、高さ方向に基部、3段の柱部、上部構造との剛結部の5ブロックに分けて施工した。鋼管集成橋脚はアンカーフレームを用いないため、基部鋼管の据付精度が橋脚全体の出来形に大きく影響する。そのため、基部鋼管の据付架台は基部鋼管重量を支持するとともに、基礎頂版コンクリート打設時の鋼管の移動を防止できる堅固な構造とした(写真一4～7)。



写真一4 基礎鋼管・基礎頂版の接合



写真一五 柱部架設



写真一六 横つなぎ材の接合



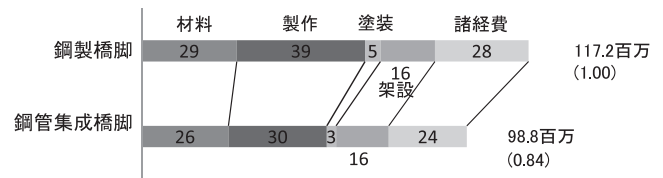
写真一七 完成

5. 開発効果と技術展開

(1) 開発効果

性能に関しては、レベル2地震動時においても主部材を損傷させることなく、地震直後の緊急輸送路としての機能確保のほか一般車両の通行も可能とする。なお、具体的な種々の効果は図一3の性能向上に示したとおりである。

このうち経済性については、大規模地震の復旧費を考慮したライフサイクルコストの縮減は勿論のこと、初期コストである建設費だけを見ても縮減が可能となっている。具体的には最初の施工事例を対象に、一般形式である鋼製橋脚と鋼管集成橋脚の建設費に関する比較を行った(図一5)。これより鋼製橋脚の建設



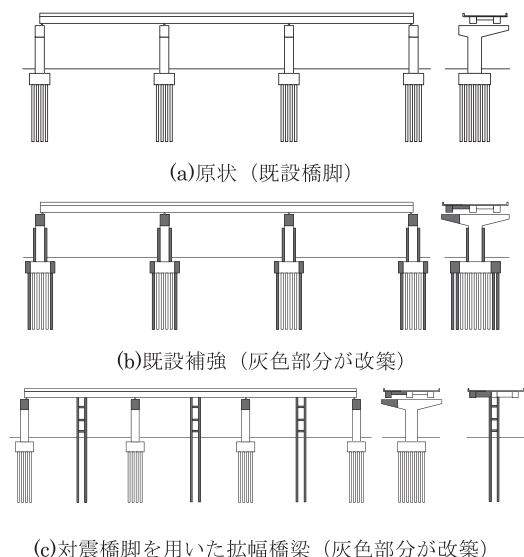
図一5 初期コスト(建設費)の比較(単位:百万円)

費に対して材料、製作費の縮減が大きく、全体として16%縮減できたことがわかる。設計においても、設計図の枚数を比較すると、従来の鋼製橋脚に対して40%低減しており、品質向上と合理化が達成されたといえる。

(2) 技術展開

鋼管集成橋脚がせん断パネルで地震エネルギーを効果的に吸収し、基礎構造に伝達される荷重を減少させることに着目し、フーチングを省略した杭基礎一体型構造がその進化型として考案され、種々の解析検討によりその効果が確認された¹⁷⁾(図一2(b)参照)。杭基礎一体型のうち特に杭に鋼管を用いる基礎形式を鋼管柱基礎と呼んでいる。この構造では、フーチング重量による地震時慣性力がないことから基礎の負担が著しく軽減される。また橋脚と基礎との剛性差が小さくなることで、フーチング直上の橋脚基部の局部的な変形が緩和され、結果として柱基部のひずみや応力の集中を軽減できる特性がある。

現在事業中の西船場ジャンクションの改築事業においては、この杭基礎一体型鋼管集成橋脚が施工中である¹⁸⁾。なお、この西船場ジャンクションは、既設高架橋を拡幅して新たな車線を設けるものであり、上部構造の地震時慣性力の増加により橋脚の増設あるいは補強が必要であった。図一6に示すように、(a)の



図一6 新しい拡幅橋梁の概念

原状に対して、既設橋脚を補強する場合は (b) であり、対震橋脚を設ける拡幅橋梁が (c) である¹⁹⁾。種々の検討の結果、既設橋脚間に鉛直力は支持せず地震時の横力のみを負担する対震橋脚をこの杭基礎一体型鋼管集成橋脚で構成するに至った。このため、この対震橋脚はダンパー橋脚ともいえる。

6. おわりに

本報文では、鋼管集成橋脚のこれまでの開発から実用化、さらにはその技術展開について述べた。阪神・淡路大震災、さらには東日本大震災を経ての我々技術者として課題は、制約条件下において想定外の地震動にどれだけ効果的に対応できるのかということであろう。

既成の基準は、これまでの知見を有識者の議論を踏まえまとめられたものでありこれを尊重することはとても重要である。しかし、基準を満足する、あるいは既存技術の適用だけでは、求める真の性能を見極めることが疎かになる危険性もあり、また技術の進展は望めないのではないかと危惧される。

現場に応じて、自らの経験を踏まえてさらに技術を進化させることが一人一人の技術者にとって重要ではないかと思う。インフラの様々なリスクを軽減するために、現場に近い技術者のアイデアと粘り強い実行力が不可欠なのである。先進の技術開発の実用化も然りである。

謝辞

本構造の実現に至るまでには実に多くの研究者、技術者にお世話になった。とりわけ、鋼管集成橋脚検討会（委員長：杉浦邦征京都大学教授）、鋼管集成橋脚基礎合理化等検討委員会（委員長：木村亮京都大学教授）の各位には熱心な検討、ご審議を頂いた。また、野中哲也氏、馬越一也氏（株耐震解析研究所）には開発当初から解析面で多大なサポートを頂いた。さらに、一連の検討においては、西海健二氏（新日本製鐵株）をはじめとする鋼管杭協会（当時）のご協力を得た。ここに皆様に深く感謝する次第である。

J C M A

《参考文献》

- 1) 金治英貞：米国の長大橋耐震補強と地震応答修正装置 (SRMD) 試験、第5回地震時保有耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、2002.1.
- 2) 阪神高速道路公団：鋼管集成橋脚の可能性とコスト縮減効果検討業務、2003.1.～2003.3.
- 3) 金治英貞、鈴木英之、野中哲也、馬越一也：履歴型ダンパー付鋼管集

成橋脚の損傷制御構造に関する基礎的研究、土木学会構造工学論文集、Vol.50A、2004.

- 4) 金治英貞、林訓裕、豊島径、西海健二：モデル載荷試験による鋼管集成橋脚の力学的特性の検証、土木学会年次学術講演論文集、第60回、2005.9.
- 5) 金治英貞、米谷作記子、林訓裕、豊島径、西海健二：鋼管集成橋脚の縮小モデル載荷試験による力学的特性と設計妥当性の検討、土木学会構造工学論文集、第13巻第49号、2006.
- 6) 西海健二、豊島径、金治英貞、林訓裕：鋼管集成橋脚における接続部のエネルギー吸収性能に関する実験的研究、第9回地震時保有水平体力法に基づく橋梁等構造の耐震設計に関するシンポジウム講演論文集、2006.2.
- 7) 阪神高速道路公団：設計製作架設手引き（案）、2005.3.
- 8) 篠原聖二、金治英貞、鬼木浩二、杉浦邦征：履歴型ダンパー機能を有する鋼管集成橋脚の地震応答特性、土木学会構造工学論文集、Vol.58A、2012.3.
- 9) Masatsugu SHINOHARA, Hidesada KANAJI: Seismic Performance of an Integrated Steel Pipe Bridge Pier, IABSE-IASS Symposium, London, 2011.9.
- 10) Masatsugu SHINOHARA, Hidesada KANAJI: Seismic Performance of an Integrated Steel Pipe Bridge Pier by Multi Steel Pipes with Hysteretic Shear Damper, Japan-Greece Workshop on Seismic Design of Foundations, Innovations in Seismic Design, and Protection of Cultural Heritage 4th, Kobe, 2011.10.
- 11) 磯部公一、木村亮、大塚悟、秋山耕士郎：鋼管柱基礎の静的水平抵抗特性に関する三次元弾塑性有限要素解析、構造工学論文集、Vol.56A、pp1041-1053、2010.3.
- 12) 秋山耕士郎、磯部公一、大塚悟、木村亮、金治英貞：斜柱を有する鋼管柱基礎の水平抵抗特性に関する三次元有限要素解析、土木学会年次学術講演論文集、第64回、2009.9.
- 13) 阪神高速道路公団：設計製作架設手引き改訂版（案）、2010.4.
- 14) 橋本国太郎、杉浦邦征、西岡勉、丹波寛夫：軸力・ねじりモーメントおよび繰返し水平力を受ける鋼管集成橋脚の力学的挙動、土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol.70, No.1, 80-93, 2014.
- 15) 篠原聖二、金治英貞、小坂崇、杉山裕樹、津丸徳宏、鳥越卓志：鋼管集成橋脚の技術コンセプトと構造設計、橋梁と基礎、2014.2.
- 16) 森岡登、三嶋大悟、伊藤太一、三好哲典、宮永満、松元丈臣：海老江ジャンクションにおける鋼管集成橋脚の製作と架設、橋梁と基礎、2014.2.
- 17) 篠原聖二、金治英貞、鬼木浩二、木村亮：基礎一体型鋼管集成橋脚の構造提案と地震時応答解析、土木学会論文集 C (地圏工学) 69 (3)、312-325、2013.
- 18) 小坂崇、堀岡良則：鋼管集成橋脚を用いた既設橋梁の拡幅—西船場ジャンクションの計画・設計—、土木施工、Vol.55、2014.2.
- 19) 阪神高速道路株式会社：橋梁構造及び既存橋梁の補強方法、日本国特許第5706952号、2015.

【筆者紹介】

金治 英貞 (かなじ ひでさだ)
阪神高速道路株
技術部
技術戦略総括マネージャ



小坂 崇 (こさか たかし)
阪神高速道路株
技術部 技術開発課
課長代理



篠原 聖二 (しのはら まさつぐ)
阪神高速道路株
技術部 技術開発課
主任



デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用

田中伸也

近年、既設構造物の老朽化が問題となっており、維持管理の重要性が高まっている。既存構造物の補修補強工事では、現地での実測を基に部材を製作する必要があるが、狭隘な箇所や既設図面と状況が異なるなど正確な実測が困難な場合が多く、現場では苦労を強いられている。一方、デジタルカメラ計測技術は、簡便な計測手法として、工場製作の出来形管理などで実用化されており、可搬性に優れ作業が簡便であるという特徴を持つ。ここでは、短期間に正確な施工が求められている補修補強工事において、カメラ計測を適用し、計測データと製作情報の連携を図ったのでその効果および施工事例について報告する。

キーワード：補修補強工事、デジタルカメラ計測、三次元計測、現場計測、三次元CAD

1. はじめに

近年、既存の構造物の経年化・老朽化が問題となっており、維持管理の重要性が高まっている。それに伴い、既存の構造物への補修補強工事も今後さらに増加すると考えられる。既存の構造物の補修補強工事では、現地での実測を基に部材を製作する必要があるが、狭隘な箇所や既設図面と状況が異なるなどの想定外の状況があり正確な実測が困難な場合が多く、現場では苦労を強いられている。

一方、デジタルカメラ計測（以下、カメラ計測と称する）技術は、簡便な計測手法として、工場製作の出来形管理等では既に実用化されており実績も多く、可搬性に優れ現場作業が簡便であるという特徴を持つ。

ここでは、短期間に正確な施工が求められている橋梁補修補強工事において、カメラ計測を適用することを目的として、計測データと製作情報の連携を図ったのでその効果および施工事例について報告する¹⁾。

2. カメラ計測技術の概要

(1) デジタルカメラ計測システムとは

カメラ計測とは、写真測量の原理を応用し、複数の方向から撮影した写真を基に計測位置を三次元座標として求める技術である。また、計測データと同時に計測対象物の写真を得ることができるため、計測対象物と計測位置情報を簡単に対比できる特徴がある。計測精度はレーザを使用した三次元計測器と同等程度である。

(2) 使用する機材

カメラ計測で使用する機材を写真-1に示す。写真を撮影するデジタルカメラの他に計測位置に貼り付ける計測ターゲット（以下、シールターゲットと称する）と、写真上の大きさを得るための基準バーを使用する。また、写真を繋ぐためにコードターゲットと呼ぶ5×5の配列で1枚毎に孔抜けパターンの異なるターゲットを使用する。



写真-1 使用機材

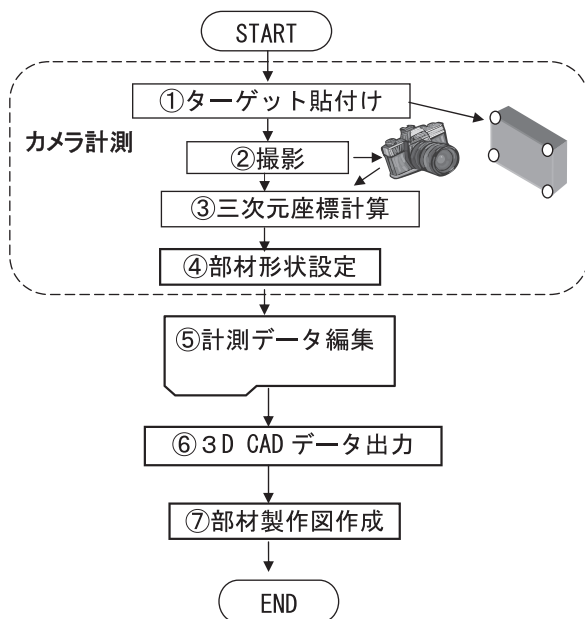
(3) カメラ計測の計測精度

カメラ計測の精度は、被写体平均撮影距離とカメラの解像度によって決まる。被写体に近づくか、カメラの解像度が高くなれば三次元の計測精度もこれに伴って良くなる。例えば1500万画素の高画素カメラでは、3m程度離れて撮影を行うと計測点自体の誤差は±0.2mm程度で安定した精度が得られる。

3. カメラ計測の現場適用

(1) 作業手順

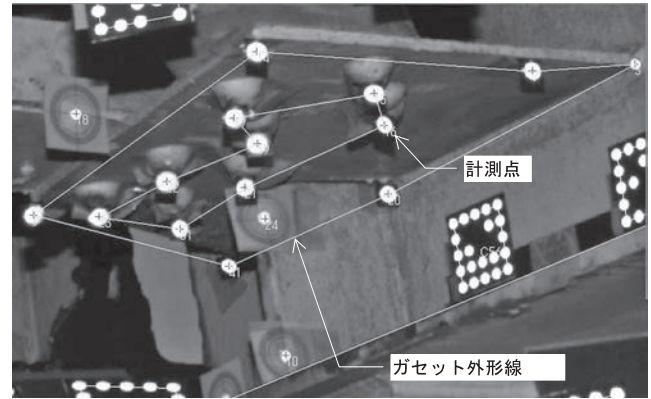
カメラ計測を補修補強工事に適用する場合、カメラ計測を行いその結果から現況の3D CAD データを作成し、この3D CAD データを基に補修部材の形状寸法を決定することが効率的である。カメラ計測を使用した現場計測作業手順を図一1に示す。①計測位置にシールターゲットを貼り付け、②デジタルカメラにて撮影を行い、③撮影画像をパソコンに取り込み三次元座標値を計算する。計測のみであれば、座標値を得ると完了であるが、そのままでは座標群のデータであり、使いにくいので、作業としては、④写真上の計測点を指定して部材形状（オブジェクト）を設定する。



図一1 作業手順

(2) 部材形状設定の方法

従来の現地計測では、計測現場にフィルムなどを持ち込み、既存ボルト孔位置などを写し取り、それを基に部材形状の作図を行っていた。カメラ計測は計測位置の三次元座標を求めるものであるが、写真を扱う特性を生かし、カメラ計測操作画面に表示される写真上で部材形状およびボルト孔位置を指定する。写真一2は、カメラ計測の画面に表示される写真上でガセット形状とボルト孔位置を指定している状況である。カメラ計測画面の写真には座標値を求めた計測点が表示されるため、これを指定することでガセット外形形状を決定することができる。ボルト孔についても同様である。計測点がオフセットされている場合は、オフセット補正も行い計測部材の三次元形状を再現する。



写真一2 画面上での部材形状の設定

(3) 3D CAD 出力および部材の製作

カメラ計測で出力される座標データを基に部材形状を追加することで、現場状況の3D CAD データを得ることができる。補修補強工事においては、実測3D CAD データを利用し、3D CAD から補修箇所の寸法形状を取り出したり、新たな部材を設計していくことで、作業の効率化が行え、製品の品質も向上する。また、工場での加工についても、同一のCAD データより工場のNC 機器にデータを伝達することで、転記ミスや作業者の勘違いなどの人為的なミスを防ぐことができる。

4. 施工事例(コンクリート桁の耐震補強工事)

(1) 工事概要

- (a) 工事名：中国自動車道 揖保川橋他1橋補強工事
- (b) 発注者：西日本高速道路(株) 関西支社
- (c) 工事場所：兵庫県加東市北野
- (d) 工期：自)平成25年6月27日～至)平成26年10月19日
- (e) 工事内容：揖保川橋および加古川橋の補修工事
 揖保川橋：鋼製変位制限装置設置16基、RC変位制限装置設置8箇所、落橋防止装置設置9基、支承取替6基、橋脚RC巻立て8橋脚、鞘管設置4橋脚
 加古川橋：制震ダンパー設置4基、落橋防止装置6基、支承取替8基

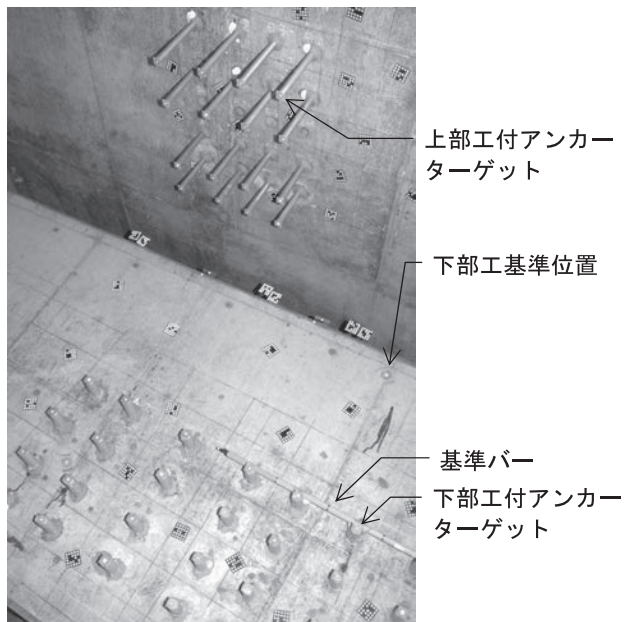
(2) 特徴および課題

既設コンクリート橋の耐震補強工事であり、落橋防止装置および変位制限装置の設置をはじめ、支承取り替え、RC橋脚の巻立てなど工種は多岐にわたる。ここでは、特にカメラ計測が有効であった変位制限装置の設置について述べる。現場は渇水期内施工のため作

業期間が限られており、工程を遵守する必要がある。変位制限装置は、既設のコンクリート桁と下部工それぞれにブラケットを設置し、それらを干渉させることで、橋軸直角方向の変位を制限する構造である。変位制限の遊間は7mmとわずかであるため、上下の位置関係を正しく把握する必要があることから、カメラ計測を行った。

(3) 計測

上下部工のあと施工アンカーボルト設置完了後に計測を行う。アンカーボルト位置、基準位置にシールターゲットを取り付け、基準バー、コードターゲットを設置し、写真撮影を行う。写真—3にターゲット類の設置状況、写真—4にカメラ計測の撮影状況を示す。撮影枚数は、100～130枚であり、作業時間は、ターゲット類の設置、撮影、撤去までで1箇所当たり70分程度である。



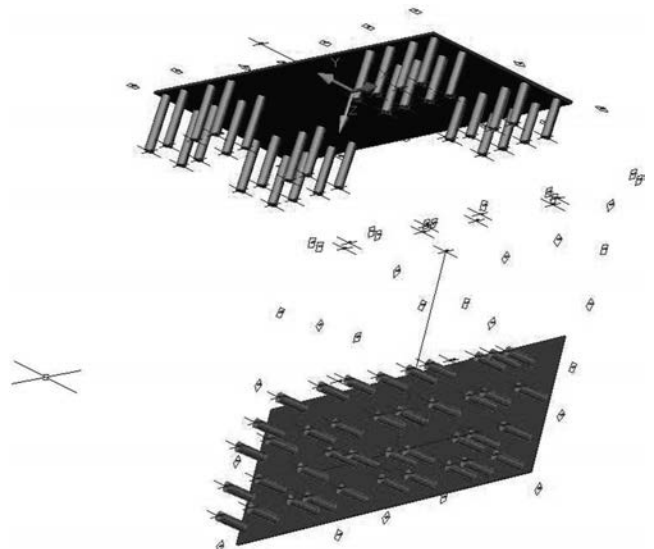
写真—3 ターゲット設置状況



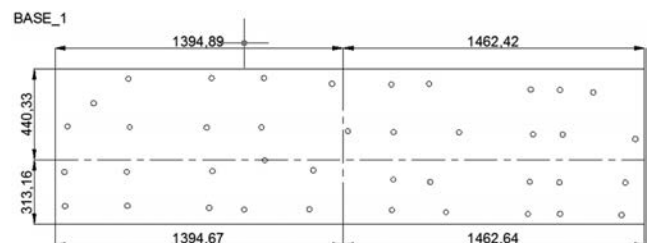
写真—4 カメラ計測状況

(4) 計測結果の処理

図—2に計測結果より出力された3D CAD データを示す。この3D データより変位制限ブラケットの製作情報を取り出し、工場での加工を行った。具体的にはベースプレートの外形、孔位置の情報を工場 NC 機器の情報へと変換し、部材の切断、孔明けを行った。3D データより取り出した二次元加工図を図—3に示す。



図—2 計測結果の3Dモデル



図—3 二次元加工図

(5) 部材の製作・施工

ベースプレートの寸法は、約1m×3mと非常に大型のものであり、板厚も50mm～75mmと非常に厚い。さらにアンカーの孔径はM48のボルトに対してφ53mmの孔であり、±2.5mmの余裕しかなく、精度を求められる製作である。工場で作製した下部工付ブラケットを写真—5に示す。

現地での取り付け状況を写真—6に示す。部材の取り付け箇所は、上部工付ブラケットと下部工付ブラケットの隙間が7mmであり、非常に精度が要求されたが、問題なく施工することができた。完成状況を写真—7に示す。



写真一五 下部工付ブラケット



写真一六 ブラケット施工状況



写真一七 完成状況

(6) 結果

計測に要した時間や手間については、従来のテープやフィルム型を用いた計測と同程度であったが、現地の状況を三次元で一度に捉えられ、直ちにCAD化できるなど、次工程も含めて考えると全体としての作業効率は良い。計測作業は、ターゲット設置と写真撮影であり、簡便で、転機ミスや記入漏れなどもなく、安心して作業が行えた。また、写真が記録として残ることは、後で作業の再確認が行えるだけでなく、現場作業者と設計者との意思疎通を図る上でも効果的であった。計測精度は、十分であり変位制限装置16台の施工全てにおいて問題なく現場施工が行えた。

5. おわりに

カメラ計測を補修補強工事に適用することにより、従来正確な計測が困難であった狭隘部での現況計測を迅速かつ正確に行うことができた。また、施工期間の短縮と誤作の防止が図れ、高品質な施工を行うことができた。計測データと同時に写真で現状を確認できるため、現場計測作業者と工場製作加工データ作成者との間の情報伝達の面からも、カメラ計測の有効性が実証できた。

謝 辞

本稿執筆に当たり、西日本高速道路(株)関西支社をはじめ、関係各位の皆様から多大な情報提供、助言をいただきました。深く感謝し、お礼を申し上げます。

JCMA

《参考文献》

- 1) 田中伸也・高口昇・森直樹：デジタルカメラ計測の橋梁補修補強工事への適用，橋梁と基礎，第48巻第1号，pp.25-29，2014年1月1日

【筆者紹介】

田中 伸也（たなか のぶや）

片山ストラテック(株)

大阪工場 橋梁設計部 生産情報課 システム係
係長



橋梁の維持管理

現状・課題・将来展望

古田 均

本稿では、まず社会インフラ、特に橋梁の維持管理の現状、課題を明らかにし、その将来展望について述べる。まず橋梁の維持管理の現状について、米国、ヨーロッパとの比較を含め簡単に述べる。そして、橋梁の維持管理で現在重要とみなされている課題を、点検、評価、計画、設計、施工の5段階ごとに明らかにし、我が国における維持管理の問題点を、管理上の問題、地方公共団体の維持管理に関する問題、技術者の育成・技術継承に関する問題、制度に関わる問題として整理し、最後に今後の展望について述べる。
キーワード：橋梁、維持管理、市町村、構造ヘルスマonitoring、構造同定、産官学協同、更新

1. はじめに

現在、全世界において社会インフラの維持管理が喫緊の課題であることは周知の事実である。2007年に起こった米国ミネソタ州のI35W橋の落橋事故、2012年の我が国の笹子トンネルの天井板落下事故等によく知られているが、その他にも多くの事故が報告されている。その原因は一概には言えないが、インフラの経年劣化が大きな要因となっていることは疑いのないところであろう。

現在わが国には、スパン長15m以上の橋梁が約15万橋、2m以上であれば約70万橋あると言われている。そして、現在建設後50年以上経過した橋梁（橋長2m以上）が全橋梁の約16%（平成24年3月時点）であるのに対し、10年後には約40%、20年後には約60%にまで増加することが予測されている（この統計では建設年度が不明の約30万橋は除外されている¹⁾）。このうちの大部分が地方自治体管理の橋である。これらの橋に対し、国土交通省は、平成19年4月に「長寿命化修繕計画策定事業補助制度要綱」を通知し、スパン長15mの橋に対し点検を行い、長寿命化修繕計画を策定し公表することを求めている。その結果、ほぼ全ての地方公共団体がスパン長15m以上の管理橋梁の点検結果と修繕計画を公表している。その後、昨年7月の改正道路法により、スパン長2m以上の橋梁とトンネルについて5年に1回の頻度で近接目視による点検が義務づけられた。現在、各都道府県に道路メンテナンス会議が設置され、市町村への支援が検討されている。また、総務省からも昨年4月に「公共施

設等総合管理計画」の策定要請が出されている。橋やトンネルに加え、下水道、港湾、体育館等のすべての社会インフラが対象で、各自治体ともその検討は緒についたばかりである。

本稿では、社会インフラのうち特に橋梁について、その維持管理の現状と現在問題となっている課題について述べ、将来展望について概観したい。

2. 橋梁の維持管理の現状

米国では、橋長6.1m以上の道路橋の諸元データと健全度に関するデータは管理者に関わらず同一フォーマットのデータベース（全国橋梁インベントリ）で一元管理され、全国の道路橋の状態は毎年更新されている。そして、それらの点検は1971年に制定された全国橋梁点検基準（NBIS：National Bridge Inspection Standards）に基づき、2年に一度実施されている。この点検基準を用いて、橋梁全体の満足度について構造健全度、機能性、重要性を考慮したレーティングを行っている。しかしながら、最近まではこれらのデータは主として予算の配分に用いられており、橋梁自身の健全度の定量的評価には用いられていなかった。ところが、米国連邦道路庁（FHWA）は2006年度から長期橋梁性能プログラムLTBPP（Long Term Bridge Performance Program）を発足させ、データを系統的に管理し、実態に基づいた定量的な性能指標の確立と予測モデルの向上を図っている。

またヨーロッパの主要国では、点検（目視による）を英国では6年に1回、フランスでは3年に1回、ド

イツでは6年に1回、スイスでは5年に1回行っている。これに対し、わが国では、前述のように2014年7月の道路法の改正により、スパン長2m以上の橋梁全てについて5年に1回の近接目視による点検が義務付けられた。地方公共団体が管理する橋梁について、長寿命化修繕計画では15m以上の橋梁が対象であったが、これが2m以上の橋梁に拡大されたわけである。近接目視による点検は、欧米各国でも用いられている有用な方法であるが、人による近接目視は、表面の劣化・損傷は確認できるが、施設内部で起こっている劣化・損傷の確認ができないという問題点を持っている。また、2014年6月には、国土交通省道路局より道路橋定期点検要領が発行されている。橋梁の健全度は、これらの橋梁点検要領に従って得られた点検結果にもとづいて、適切に評価されなければならない。しかしながら、全国の市町村管理の橋梁をみると、その補修が十分になされていない橋梁も散見される。2013年4月時点で通行規制(大型車の規制等)が1,148橋、通行止めが232橋報告されている²⁾。点検が義務化されれば、修繕が必要な橋梁が増えることとなるが、予算不足が原因で補修が出来ず、通行止めとなる橋梁がさらに増加することも予想される。また、都道府県、市区町村ともに今後懸念される事項として、予算の不足や職員の不足等により既存橋梁の安全性に支障が生じ、更新等の新規投資が困難になることが予想される。

3. 橋梁の維持管理の課題

現在、橋梁の維持管理に関して多くの課題がある。以下に検討すべき課題を挙げる³⁾。

(1) 技術的課題

維持管理を点検、評価、計画、設計、施工の5段階に分けて、各段階において、解決すべき課題について考える。

1. 点検：維持管理のうち、実質的に最も労力とコストがかかる項目であり、維持管理の基礎となるものである。目視点検が主流であるが、その精度、統一性等に改善の余地がある。特に、点検者の経験、知識、主観による点検結果のバラツキの問題は大きい。また、どうしても目視点検が困難な部位の点検をどうするかという問題もある。

2. 評価：点検が行われたとしてもその評価・診断が適切に行われなければならない。健全度あるいは優先度評価手法の確立が望まれており、中でも要素ごとの

評価である点検結果から部材や径間ごと、そして橋梁全体の評価ができる手法の確立が課題である。

3. 計画：点検・将来補修計画などのマネジメント技術のニーズも高く、将来予測の精度向上が望まれている。具体的には、リスクを考慮したアセットマネジメント、補修後の劣化曲線の設定、要求性能の設定(利用者ニーズの把握)、等があげられる。

4. 設計：補修補強や、撤去を含めた架替えに関する新技術・新工法の開発が望まれている。状況に応じた対応が必要とされる維持管理の現場では、確立した技術に多少の工夫が施されることで、合理化・効率化が実現する事例が多く、こうした生きた知恵を集約して利用することが効果的である。

5. 施工：施工に関しても、現場での工夫・知恵が重要であり、実績と経験、知識の伝承が極めて重要である。人から人へ語り継がれていく技術や知恵を、いかに次の世代に確実に継承していくかが重要である。

(2) 管理(マネジメント)上の課題

効率的な維持管理を行うには、適切な維持管理計画を策定する必要がある。近年はライフサイクルコストを考慮したブリッジマネジメントシステムあるいはアセットマネジメントシステムが用いられるようになってきたが、その実用化にはまだまだ解決すべき課題が多い。例えば、ブリッジあるいはアセットマネジメントの実施の困難さに関して、点検の質の問題、点検はともかくその後の診断の困難さ、ライフサイクルコスト解析の問題、劣化曲線の精度、データ不足、補修効果の評価法が確立していない、等の問題があげられる。

(3) 地方公共団体の社会インフラの維持管理

我が国の橋梁の大部分が地方自治体管理である。地方自治体には、周知のように予算不足、技術者不足、体制の不備等の問題がある。多くの市町村では、これまで社会インフラの維持管理に必ずしも目が向けられてこなかった。そのため、十分な予算措置がされておらず、老朽化した社会インフラの維持管理費用が準備されていなかった。また、維持管理技術についても十分な知識がなく、具体的にどのように管理していけばよいかの経験がない。そして、社会インフラとその維持管理の担当者も十分にはいない。現在、各都道府県に道路メンテナンス会議が設けられ、市町村支援の枠組みが模索されている。

(4) 技術者の育成、技術の伝承

維持管理には豊富な経験、十分な知識が必要不可欠

である。従来はオンザジョブトレーニング（OJT）等を通じて熟練技術者から若手技術者に技術の伝承が行われてきた。しかしながら、団塊世代の退職もあり、また社会情勢の変化による技術者の削減、建設事業の縮小等により、そのような技術伝承の場が失われつつある。インフラの建設に関わった経験がない若い技術者が維持管理を行うことは容易ではない。維持管理・補修にはその損傷原因を特定することがまず必要であり、そしてその損傷の進展を予測しなければならない。このように現在の技術力を伝えるだけでも難しいのに、さらに維持管理技術の向上を目指し、有能な技術者を育てることは容易ではない。

(5) 維持管理に関する制度の問題

現在多くの維持管理業務に関する入札において、不調・不落があると聞いている。その原因は、請けても利益を上げることが困難、割に合わない難しい工事、人手不足、等である。発注者も努力をしているが、根本的に単価が安いこと、熟練維持管理技術者の不足が大きな原因と思われる。新設工事より維持管理のほうがより多くの経験・知識が必要であるにも関わらず、その技術に対する対価が適切に評価されていない。そのため、単価の切り上げ、複数年契約の導入、包括契約等の試みがなされつつあるが、さらなる改善が必要である。さらに、管理者の技術力も要求される。そのため2、3年での配置転換を避け、マイスター、エキスパート等の制度の創設とそれを根付かすことが望まれる。

以上に橋梁の維持管理上の問題点を思いつくままに記したが、当然抜け落ちていく項目もあろう。社会インフラの現状を把握し、その維持管理を実行していくことで、さらなる問題点が明らかになると思われる。

4. 橋梁の維持管理の将来展望

前述のように現在国交省と各都道府県が連携して道路メンテナンス会議を設置し、市町村の橋梁維持管理の支援について検討している。例えば、奈良県では、奈良モデルとして市町村管理の橋をエリアで9つのグループに分け、100橋単位で県が一括発注する垂直補完と近隣市町が共同で発注する水平補完の考え方を取り入れている。また、大阪府では、地域連携プラットフォームと称し、府内を7つのエリアに分け、エリア内の土木事務所が市町村を支援する体制を構築している。また土木系学科をもつ府内7大学（阪大、大阪市大、関大、近大、大工大、摂南大、大阪産大）が府と

包括協定を結び、人材育成や技術の共有化を支援することを考えている⁴⁾。

技術的な課題解決としては、新技術の積極的導入が望まれる。最新技術（ハイテク）を導入してその精度・信頼度を上げることが必要である。ハイテクというと、点検あるいは診断で非破壊検査技術、ヘルスマonitoring技術が注目されている。近年、特に構造ヘルスマonitoringは、その実用化の試みに伴い、大きな注目を浴びてきている。しかしながら、わが国ではインフラ構造物への実応用例はまだそれほど多くはない。実用化という観点からは、諸外国の方が数多く適用され、多くの成果が報告されている。

この構造ヘルスマonitoringで用いられるセンシング技術については、種々の計測対象について、現在までに多くの手法が開発されているが、センシング技術の問題点として、一般的に、性能評価手法との連携が十分ではなく、計測されたデータの評価が効果的に行われていないことがあげられる。すなわち、計測結果の有効活用が今後の検討課題と考えられる。最近の構造同定手法の高度化は顕著であり、コンピュータの性能向上により高度な解析が可能となっている。特に、建築物や長大橋の巨大インフラについては損傷同定の適用が可能なレベルに達してきている。

また、ロボット技術の導入も望まれる。近接目視ができないところは、UAV（無人飛行体）やロボットを使わずに得ないが、現時点でUAVには落下や風の影響といった課題がある。光ファイバーや高精度カメラ、赤外線、ICチップを使った技術もあるが、どれも本格的な実用化にはあと少し足りない部分がある。

さらに、新技術という意味では、センサー技術を持つ他業種のメーカーが維持管理分野に強い関心を示している。彼らのビジネススピードはものすごく速いが、建設の分野は、新技術の導入にあたって過去の採用実績や長い期間を要するような試験を求めため、技術開発に対するインセンティブが少ないことが問題である。ここをブレークスルーしなければ新技術は使えず、その技術が安くなることもない。新技術を積極的に導入するような市場になれば、もっと活性化し、魅力ある業界になるのではないかとと思われる。さらには、メンテナンス産業を我が国の新たな産業とし、国際競争力の強化に繋げることが望まれる。社会インフラの新しい維持管理手法を確立し広く海外に示すことができれば、海外市場も視野に入れた投資ができ、メンテナンス産業関連の技術開発がより一層進むことになり、若い人たちの参入が期待できよう。

長寿命化という名の下で維持管理の視点に傾きすぎていることが懸念される。つくる技術がなければ、本来の意味での維持管理はできず、新しいものをつくらなければ技術の進歩もない。維持管理と補修だけで半永久的に構造物の健全性を保つことは不可能であり、長寿命化の先には必ず更新があることを決して忘れてはならない。メリハリのある維持管理や最適な更新時期の推定、人口減少を見据えたストックの最適化には、今以上に詳細で正確なデータの蓄積が不可欠で、そのための技術を高める必要がある。

5. おわりに

多くの課題はあるものの、市民生活の安全・安心を確保するには、厳しい条件下においても、社会インフラの維持管理を適切に行っていかななくてはならない。社会インフラには橋梁だけでなく多数の種類があり、その特性を十分に考慮した維持管理が望まれる。そして、それらの横断的な全体としての維持管理体系の確立が望まれる。また、新技術の導入、契約制度の変更等を含めた維持管理のパラダイムシフトが不可欠である。そのためには、管理者のみではなく、産官学の連携、さらには市民との協力が望まれる。産官学協同の取り組みとして、岐阜県で行われているメンテナンスエキスパート (ME) 養成プロジェクト、長崎県で行われている道守養成プロジェクトがある。関西地区においても、ブリッジマネジメント研究会 ((一財) 大阪地域計画研究所内)、ブリッジメンテナンスエンジニアリング研究会を組織して、産官学が連携をして橋梁の維持管理技術の開発、普及、発展、教育、人材育成に10年前から取り組んできている。そして、この両者の活動を基盤に2011年7月にNPO法人「関西橋梁維持管理—大学コンソーシアム (KISS)」が設立された。このNPOは関西地区で土木系学科がある10大学共同でできたものである。

社会インフラの維持管理に必要なことは、その実効性と持続性である⁵⁾。我が国の社会的、経済的状况を考えると社会資本の取替・更新は容易ではなく、その長寿命化を図ることが有効と考えられる。しかしなが

ら、実際の維持管理においては種々の不確実性、予測不可能な現象にも遭遇する。このことを考えると、本当に長寿命化のみを考えるだけでよいのだろうか。本当に安心・安全は確保できるのだろうか。また、建設に携わったことのない技術者が維持管理の本質を理解し、適切な補修・補強を行えるだろうか。これらを考慮すると、技術の伝承、人材育成の面からも更新、取替の考え方の基本方針の確立が急がれる。そして、今後の少子高齢化社会を考えると、コンパクトシティに代表されるように、社会の変化を十分に考慮して、橋梁の縮約も視野に入れるべきである。

本稿では、現在考えられる社会インフラの維持管理の問題点を指摘したが、その多くは解決が容易ではない。しかしながら、最近の先端技術の進歩等を見ると、決して悲観的になる必要はないと考える。ただ、建設業界はすこし慎重すぎ、あまりにもチャレンジ精神に欠けるきらいがあるように思える。もっと新たなことに積極的にチャレンジし、新技術の導入も含めて、維持管理計画とその実行にスピード感を持つことが望まれる。最後に、筆者の経験から、話題が西日本の取り組みに偏ってしまったことをご容赦いただきたい。

JICMA

〈参考文献〉

- 1) 国土交通省：国土交通白書2014—平成25年度年次報告，p.28, 2014.7.
- 2) 国土交通省「全国橋梁の通行規制等橋梁数の推移 (15m以上)」：http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3_1.pdf
- 3) 古田均：社会インフラの維持管理に想う，関西道路研究会会誌，Vol.39, 2015.
- 4) 古田均：将来の更新を見据えた長寿命化を，日刊建設工業新聞，2015. 3月27日号
- 5) 古田均：社会インフラの維持管理における課題—実現性と持続性—，一般社団法人日本構造物診断技術協会会報，No. 28, 2015, 5.1.

〔筆者紹介〕

古田 均 (ふるた ひとし)
関西大学
総合情報学部
教授



高性能橋梁点検システム『橋竜』の開発と提案

ロボット技術導入による橋梁維持管理業務の高度化・効率化と 更なる安全性向上に向けて

友野 洋平

日本に架かる橋梁は様々、大小合わせておよそ67万橋、橋の寿命は一般的に50年程度と言われており、67万橋のうち、今後十数年で約47%が寿命を迎える。橋梁の大規模補修や架け替えには多額の費用が掛かり、増大するインフラ点検・管理需要に対し、将来的には労働力不足も懸念されている。

補修による長寿命化を進めているものの、補修箇所を特定するにも費用対効果の課題が残り、その対策として暗中模索の実情が潜在しているのが現況である。

限られた時間と予算でより多くの橋梁点検を効率良く進めることが急務となっている。

キーワード：橋梁点検車、遠隔操作、観測データ、包括管理、ひび割れ計測

1. はじめに

これまでの橋梁点検は橋梁の桁下に点検員が入り込む為の仮設吊り足場を設置したり、人が乗るバスケットタイプの橋梁点検車を使用し点検作業を行って来た。

外部環境によっては、

- ①長大橋での場合、補修箇所を特定する為には膨大な費用と時間が掛かる。
(費用対効果の課題)
- ②アーチ、トラスなど複雑な構造の橋において、バスケットタイプでは鉄骨などが干渉し進入出来ない部分も多くある。
(点検範囲の限定)
- ③橋梁桁高が高くバスケット上で立ち馬などの設備が必要となる場合もある。
(危険作業の増大)

本報告はこれらの課題と問題点を解決する新しい技術であり、今後のインフラ維持管理分野に於いて観測データの電子化から点検帳票類のまとめ整理、保存まで包括した省力化によるコストダウンの実現を可能としている。

2. 高性能橋梁点検システム「橋竜」

今回紹介する「橋竜」(以下「本システム」という) (写真一) は、人の代わりにアーム先端に取り付けた遠隔操作雲台付カメラ (写真二) で撮影した観測



写真一 本システム



写真二 アーム先端の遠隔操作雲台付カメラ

映像を確認分析することで、従来工法に対し省力化と高い安全性を提供することが可能となった。

オペレータはキャビン内の操作席でモニターと3DCGを同時に確認しながらジョイスティックで操作し、多関節アームと複雑な鉄骨橋梁との接触を回避し、アーム先端の遠隔操作雲台付カメラ装置を橋梁下部床版まで誘導操作を行う。(オペレーション補助装置: 3DCG, 監視カメラ, 及び接触防止センサー)

点検作業の内容は静止画、動画、これらの点検座標



写真—3 操作キャビン内

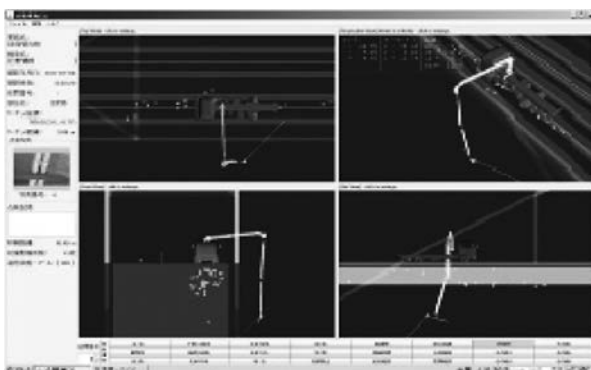
データまでキャビン内でリアルタイムで確認することが出来、その場でデータ化された点検結果から報告書作成として必要なフォームのまとめを行うことが出来る(写真—3)。

また、記録した点検座標データは数年後の点検時に同じ座標にアームを誘導することが可能で、今まで難しかった定点での経年劣化の観測や補修工事後の確認など様々な調査に活用することが期待出来る。

3. 本システムの期待効果

(1) 品質の向上 (図—1)

- ① 人間による計測データではなく、自動的に電子データ化され、信頼性の高いデータ収集が可能。
(信頼性の確保)
- ② 3次元座標情報を記録保存している為、数年後でも同じ点検ポイントを探査可能。
(経年劣化のビジュアル化)
- ③ 高性能カメラの近接画像より、コンクリート床版損傷の点検と記録が可能で、専用ソフトによりひび割れ解析を行うことが出来る。
- ④ 事務所内での損傷図と写真台帳の作成をスピーディーにまとめることが可能。
(事務作業の効率化)



図—1 3次元CG描画システム

(2) 作業安全の向上

多関節伸縮アームを運転席より遠隔操作にて操作することが出来る為、人間が直接橋梁下部等へ立ち入ることが無く、墜落・転落災害を未然に防止し、また複雑な橋梁鉄骨との挟まれ事故に於いても防止することが可能となった(写真—4)。



写真—4 作業状況

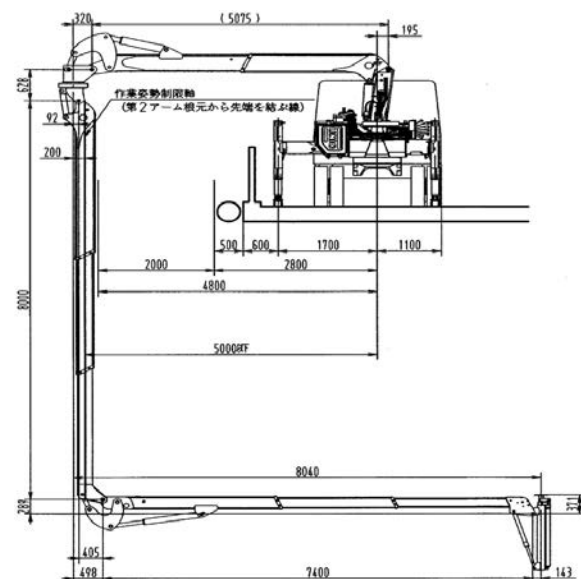
(3) 現場効率の向上

従来の点検に比べ人員削減が出来、また道路規制設置作業のみで直ちに点検作業に取り掛かることが可能であり、作業効率向上を図ることが出来る。

4. 装置の概要 (図—2, 3, 表—1)

(1) 安全装置

- ① 第1アーム最大旋回半径5m以上の最大転倒モーメント時に自動停止(転倒防止装置)
- ② 第1, 第2アームの作業半径制御(旋回制限装置)
- ③ 構造物とカメラ雲台部との衝突防止(超音波接触防止装置)



図—2 アーム寸法図

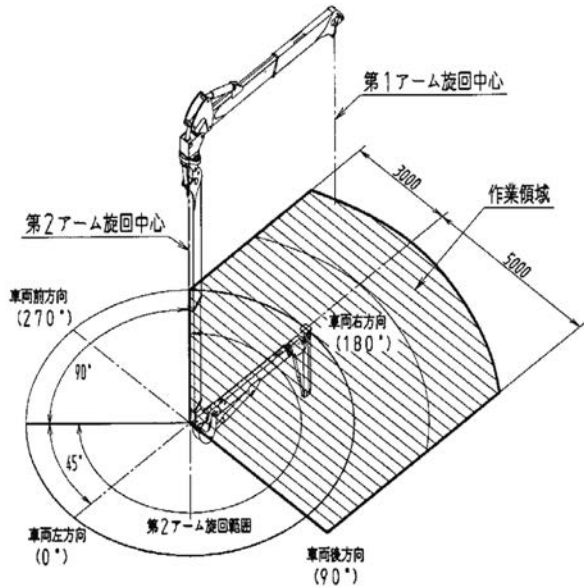


図-3 作業範囲図

表-1 仕様

フレーム関係	
フロントアウトリガー張出幅	1700 mm
リアアウトリガー張出幅	950 mm
アーム	
第1アーム長	4000 mm ~ 5200 mm
第1アーム起伏角度	-5° ~ 63° (対地角度)
第1アーム旋回角度	0° ~ 90° (車両後方0°とし時計回転方向を正)
第2アーム長	3585 mm ~ 8000 mm
第2アーム旋回角度	-45° ~ 215° 第1アーム先端方向を0°として反時計回転方向を正
第3アーム長	3600 mm ~ 7400 mm
第3アーム起伏角度	0° ~ 180° (第2アームとの相対角度)
第4アーム長	371 mm ~ 2511 mm
第4アーム起伏角度	0° ~ 90° (第3アームとの相対角度)
その他仕様	
パソコン	ノート PC2 基 デスクトップ PC 基
レーザー距離計	LDS-5
超音波センサー	OM7-1S
ネットワークカメラ (監視用)	BB-HCM100 BB-HCM110
点検撮影カメラ	SR8
発電機	YDG3000 (3kVA)
カメラ雲台	PTC-103HU-23N
安定化電源	SVR-3000

- ④ 構造物とアーム接触防止 (接触防止監視カメラ5台)
- ⑤ アーム未格納警告装置 (格納位置検知装置)
- ⑥ アウトリガー完全張出し検知装置 (ジャッキインターロック装置)
- ⑦ 橋梁点検作業警告灯 (LED 警告灯)

5. おわりに

本システム高性能橋梁点検システム「橋竜」には様々な機能を搭載しているが、今後は更に「ひび割れ解析」の機能アップを図り、かつ床版コンクリートなどの剥離検知機能を装備した完成度の高い橋梁点検システムの構築に推進し今後益々要求される社会インフラ点検の需要に対応していく所存である。

■特許取得と NETIS 登録

2006年7月特許申請後、従来の点検作業に比べQ(品質)、C(コスト)、D(工期)、S(安全性)などから高い評価を受け実績を積み重ねて来た。

特に、河川幅の大きい山岳橋梁、複雑な構造橋梁などでの点検は、需要も多く2009年8月にNETISに登録された。

特許登録番号 第5002756号

NETIS 登録番号 HK-090007-A

謝 辞

本システム開発にあたり(株)帝国設計事務所様には多大なる協力を頂きました。ここに誌面を借りて謝辞を申し上げます。

JCMMA

[筆者紹介]

友野 洋平 (ともの ようへい)
 (株)カナモト 広域特需営業部
 技術営業主任



並列・近接する PC 上部工 3 橋の同時施工

熊野尾鷲道路古川高架橋 PC 上部工事

工 藤 朗 太

本工事は、三重県南部の熊野尾鷲道路のうち、賀田 IC 直近に位置する古川高架橋において、並列・近接する PC3 径間連続ラーメン箱桁橋の上部工を 3 橋同時に施工するものである。施工にあたっては、3 橋が近接し狭い施工ヤードしか確保できないため、橋面上に定置式クレーンを設置するなどの施工ヤードの有効活用策を講じた。また、早期開通を目指し短期間で完成させるために、外ケーブルのプレファブ化、壁高欄のプレキャスト化などの工期短縮策を実施した。

キーワード：PC 上部工、張出し架設、ポテインクレーン、移動作業車、プレキャスト壁高欄、外ケーブル

1. はじめに

熊野尾鷲道路は、三重県南部に位置する尾鷲市と熊野市を結ぶ延長 18.6 km の一般国道の自動車専用道路であり、将来的には、尾鷲市内で事業推進中の熊野尾鷲道路（Ⅱ期）を介して紀勢自動車道に接続する。接続した際には、津市などの三重県主要都市および名古屋圏、大阪都市圏への自動車アクセスの飛躍的な向上が期待されるなど、三重県東紀州地域の住民の悲願とも言える高速道路である。古川高架橋は、その熊野尾

鷲道路のうち、平成 25 年 9 月 29 日に開通した三木里 IC～熊野大泊 IC 間の尾鷲市南部に設けられた賀田 IC の直近に位置し（図-1）、本線橋、A ランプ橋、D ランプ橋の 3 橋で構成される。表-1 に工事概要をまとめる。

3 橋の構造形式は、いずれも張出し架設で施工される PC3 径間連続ラーメン箱桁橋であり、本工事ではこの 3 橋を同時に構築した。図-2 の一般平面図に示すとおり、この 3 橋は互いが並列・近接しているため施工ヤードが狭く、昇降設備などの仮設備や揚重機の配置に制約があった。また、熊野尾鷲道路の早期開通を目指し、工期短縮を実現する必要があった。本稿は、これらの課題に対して実施した対策について述べるものである。



図-1 橋梁位置図

表-1 工事概要

工事名	平成 23 年度 42 号古川高架橋 PC 上部工事
発注者	国土交通省中部地方整備局
施工者	(株)安藤・間
施工場所	三重県尾鷲市賀田町
工期	平成 24 年 3 月 9 日～平成 25 年 8 月 30 日
工事内容	PC3 径間連続ラーメン箱桁橋×3 橋（図-3～5） <ul style="list-style-type: none"> ・橋長 本線橋 223.5 m (支間割 73.500 m + 90.000 m + 58.000 m) A ランプ橋 180.605 m (支間割 49.400 m + 80.000 m + 49.405 m) D ランプ橋 189.0 m (支間割 53.000 m + 85.000 m + 49.000 m) ・有効幅員 本線橋 9.5 m A ランプ橋, D ランプ橋 5.5 m ・架設工法 張出し架設工法

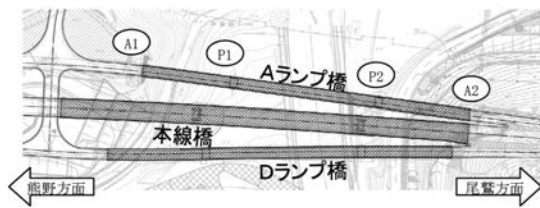


図-2 一般平面図

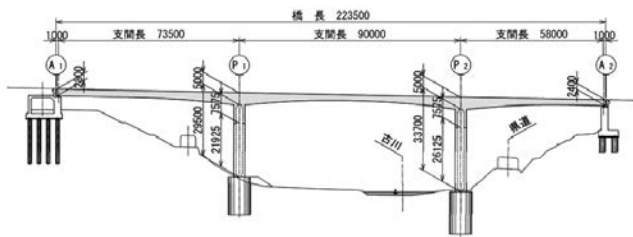


図-3 本線橋側面図

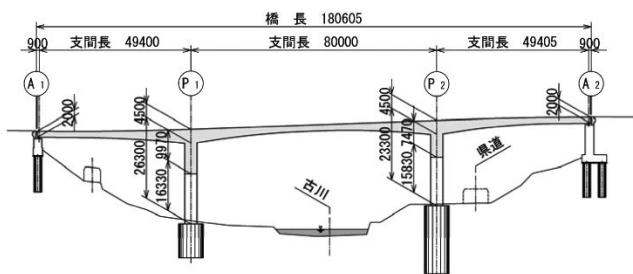


図-4 Aランプ橋側面図

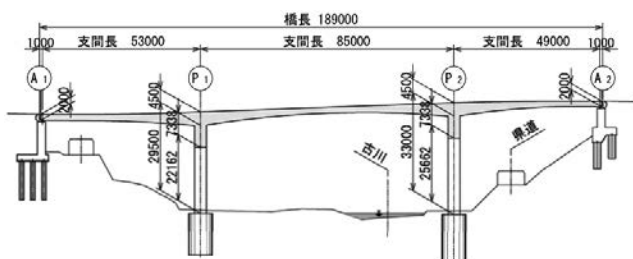


図-5 Dランプ橋側面図

2. 施工方法

本橋の施工方法は、3橋ともに移動作業車を利用した張出し架設工法である(図-3~5)。施工手順を図-6に示す(図は本線橋の例)。張出し施工のブロック数は、本線橋が12ブロック、両ランプ橋が9ブロックである。3橋を同時に施工することから、移動作業車を12台(1橋当り4台)同時に使用した。移動作業車は、主体トラスが現地での組立てを必要としない構造となっている比較的コンパクトなものを使用した。

3. 並列・近接に関する施工対策

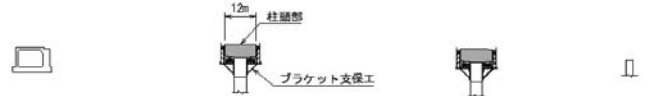
(1) 施工ヤードの有効的利用

3橋が並列・近接していることは前述の通りである

1) 脚頭部施工



2) 柱頭部施工



3) 移動作業車組立



4) 張出し架設



5) 側径間閉合部施工



6) 中央閉合部施工



7) 外ケーブル工、地覆壁高欄工、パラベット工

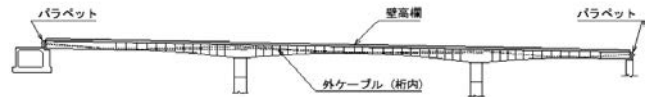


図-6 施工手順図

が、尾鷲方面側では、ランプの分岐合流点に近いので、A1橋台からA2橋台に向けて3橋が徐々に近づいており、A2橋台近傍では、互いの離隔が2m程度となる。このため、県道に接して構築された3橋のP2橋脚が並ぶエリアでは、非常に狭い施工ヤードしか確保できない。そのため、3橋を同時に施工するためには、施工ヤードを有効に利用しなければならないという課題があった。

この課題に対して、ふたつの対策を実施した。ひとつめの対策として、本線橋の橋面上に定置式のクレーンを設置した(ポテインクレーン、写真-1参照)。これにより、地上部の施工ヤードに配置するクレーンを減らすことができ、有効に施工ヤードを利用することができた。使用したポテインクレーンの性能は、重量2tまでのものであれば、22mの作業半径を確保できるものである。このため、本線橋および両側のランプ橋への、ほとんどの揚重作業をカバーすることができた。



写真一 ポテインクレーン

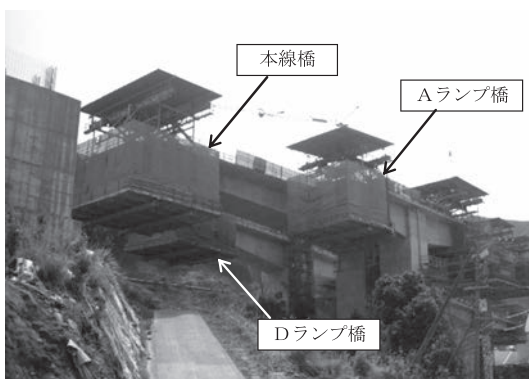
なお、ポテインクレーンの特徴として、専用のオペレータが不要であり、有資格者であればどの作業員でも操作できることも、本工事においては大いに役立った。

ふたつめの対策として、P2 橋脚の施工ヤードに接する県道の片側車線規制を必要に応じて行った。主としては、コンクリート打設時の生コン車や材料を搬入するためのトレーラー等を、片側車線規制を実施した上で県道に配置し、荷降ろしを行った。

(2) 移動作業車の使用状況

張出し架設に使用する移動作業車は、本線橋で全幅が 15 m、ランプ橋で 10.5 m と、橋の全幅よりも 4 ~ 4.5 m 大きい。一方で、P2 橋脚と A2 橋台間では 3 橋の相互の離隔が最小 2 m 程度となる。このため、P2 橋脚と A2 橋台間においては、3 橋の移動作業車が横 1 列に並んで施工することができない。したがって、ブロック数の多い本線橋を先行して張出し架設を行い、後方から両側のランプ橋の張出し施工が追いつける形で施工を行った。P2 橋脚 ~ A2 橋台間の張出し施工の状況を写真一 2 に示す。

なお、先行する本線橋の張出し架設が何らかの理由で遅れた場合には、後行する両ランプ橋も遅れることになるが、本線橋の張出し架設は順調に進捗しそのような事態は発生しなかった。

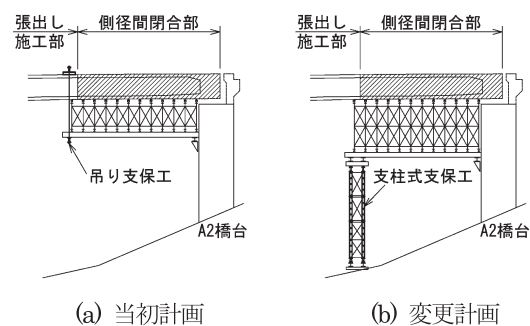


写真一 2 3 橋の移動作業車 (P2 ~ A2 間)

4. 工期短縮策

(1) 側径間支保工構造の変更

ランプ橋では、側径間閉合部の施工における支保工は吊り支保工形式で計画されていた。吊り支保工は、図一 7 (a) に示すように、張出し施工が完了しないと構築ができない構造である。これに対して、A2 橋台側においては桁下に制約がないことから、図一 7 (b) に示すような支柱式支保工に変更した。これにより、張出し施工が完了する前に一部を除いて支保工の構築が可能となり、ランプ橋において工期短縮が図られた。



図一 7 側径間支保工の変更

(2) 外ケーブルのプレファブ化

当初設計の外ケーブルは、グラウトタイプを用いることとなっていた。グラウトタイプの場合、桁内での保護管 (PE シース管) の組立て、PC 鋼より線の挿入、ケーブル全長にわたるグラウト注入など、手順が多く存在する。このため、外ケーブルをプレファブ化することで、工期短縮を図った。本工事では、アンボンドマルチケーブルを採用した。アンボンドマルチケーブルとは、防錆グリースを塗布した PC 鋼より線を個別に高密度ポリエチレンで被覆し、さらに高密度ポリエチレンで一括被覆した三重防食構造で、この状態で現場に搬入される。これを箱桁内に挿入、緊張すれば現場での作業はほぼ終了するため、保護管組立ておよびグラウト注入作業を省くことができ、工期短縮が図られた。アンボンドマルチケーブルの挿入は、専用のプルスタンドを用いて行った。

(3) 壁高欄のプレキャスト化

(a) プレキャスト化の概要

当初設計の壁高欄は、現場打ちで製作するものであった。この大部分をプレキャスト化することで、現場での大規模な型枠工、鉄筋工、コンクリート打設などを省力化することとした。本工事で採用したプレキャスト壁高欄の概要を図一 8 に示す。図に示すよ

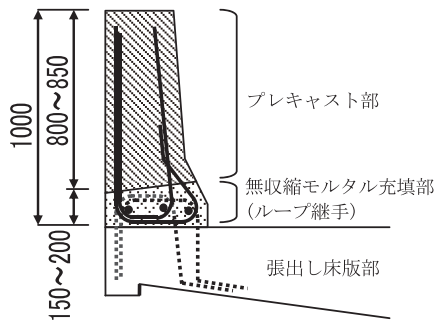


図-8 プレキャスト壁高欄の概要

うに、壁高欄の上部 80～85 cm の部分を工場製作のプレキャスト部材とし、下部 15～20 cm の部分に無収縮モルタルを充填して、張出し床版とプレキャスト部材を一体化させるものである。無収縮モルタル充填部はループ継手構造を採用し、壁高欄下端部の曲げ耐力を確保する構造とした。

なお、プレキャスト部材は、延長 4.99 m を基本とし、プレキャスト部材相互の間は、エラストイト ($t = 10 \text{ mm}$) の設置による膨張目地とした。プレキャスト部材 1 ピースの重量は約 3.5 t である。

また、本工法の採用に当っては実物大（延長は半分の 2.5 m）の供試体を製作して静的载荷試験を行い、曲げ耐力を確認した。結果として、壁高欄下端部は、設計高欄推力に対して 6 倍以上の曲げ耐力を有しており、本構造が十分な安全性をもつことを確認できた。

(b) プレキャスト部材の製作

プレキャスト部材の製作は、すべて静岡県焼津市内の工場で行った。製作数は 218 ピース、延長では 1,090 m である。なお、壁高欄の全延長は 3 橋で 1,182 m であるが、橋梁端部の合計 92 m (1 箇所当たり平均 7.7 m) は伸縮装置との取り合いや、プレキャスト部材の延長方向の製作誤差を吸収させる関係上、現場打ち部とした。

工場での製作は、専用の鋼製型枠を 6 セット用意し、一日最大 6 ピースの製作により約 2 ヶ月間で終了した。工場製作時におけるコンクリート打設状況を写真-3 に示す。



写真-3 プレキャスト部材製作状況

(c) プレキャスト部材の搬入、間配り

プレキャスト部材の搬入は、25 t トレーラーにて行った。1 台当たり 6 ピース積載し、1 日当たり 3 台を搬入した。搬入状況を写真-4 に示す。搬入は、比較的広く県道の交通規制が不要な P1 橋脚施工ヤードにトレーラーを進入させ、70 t クローラークレーンにて橋面上に荷揚げを行った。



写真-4 プレキャスト部材搬入状況

荷揚げしたプレキャスト部材は、4 t トラックにて架設位置まで橋面上を運搬し、移動式クレーン（詳細は (d) 参照）にて仮置きを行った。この間配りは、プレキャスト部材の据付け前に全てのピースについて実施した。これにより、壁高欄の重量のほとんどを据付け前に主桁に作用させ鉛直変位を発生させることができるため、据付けにおける上越しを考慮した高さ調整を容易にすることができた。

(d) プレキャスト部材の据付け

プレキャスト部材の据付けは、橋面上に設置した移動式クレーンで行った。移動式クレーンについては、本線橋では 13 t ラフタークレーン、両ランプ橋では 4.9 t クローラークレーンを使用した。ランプ橋における据付け状況を写真-5 に示す。据付け時の位置や高さの微調整には、チェーンブロックおよびレバーブロックをそれぞれ 4 台用いた。据付け要領を図-9 に示す。



写真-5 プレキャスト部材据付け状況

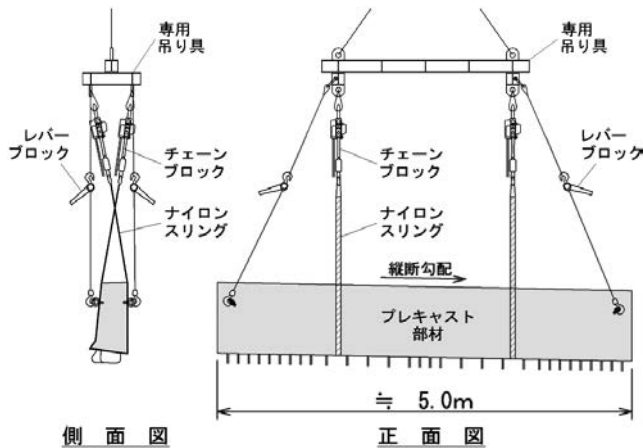


図-9 プレキャスト部材据付け要領

(e) 無収縮モルタルの充填

プレキャスト部材の据付け後、ループ継手の軸方向鉄筋を挿入し、型枠を設置した。内側の型枠には、無収縮モルタル注入用のビニールホース（ $\phi 25$ mm）を1m間隔で配置した。なお、無収縮モルタルは、コンクリートと異なり型枠のわずかな隙間からも漏出するため、型枠目地部やコンクリートに被さる部分には、隙間テープの貼付け、シリコンによるコーキング処理等を施した。

無収縮モルタルは、橋面上にプラントを設置して練り混ぜ、電動ポンプで注入し充填した。充填に当たっては、一日の施工延長30m（無収縮モルタル約 2.5 m^3 ）のうち2.5m分の型枠面をアクリル板とし、充填状況の目視確認を行った。これにより、充填方法の妥当性について検証を実施した。

(4) 橋台パラペットの分割施工

橋台のパラペットは、外ケーブルの定着部が桁端部に存在するため、外ケーブルの施工が完了しないと着手できない。また、パラペットの構築が終了しないと、伸縮装置の設置ができないため、伸縮装置と一体となる端部の壁高欄の施工ができない。このことから、橋台のパラペット構築に関しても工期短縮を図る必要があった。一方、図-10に示すように、桁端部全面に外ケーブルの定着体が存在するものではない。したがって、外ケーブル定着体がなく、緊張作業に干渉しない範囲を先行する形で分割施工を行った。

5. おわりに

これまでに述べた様々な工期短縮策の実施により、3橋ともに平成25年7月末までに上部工を引渡すこ

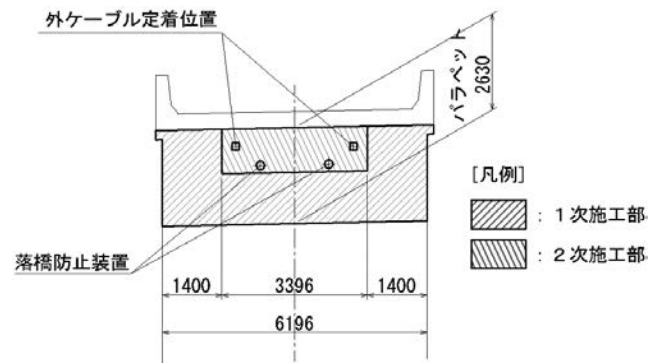


図-10 橋台パラペット分割施工



写真-6 完成写真

とができた。完成写真を写真-6に示す。

古川高架橋を含む熊野尾鷲道路は、平成25年9月29日に全線開通を果たすことができた。本工事だけではなく、他工区の高架橋工事、道路工事、舗装工事なども早期開通の実現に向けた施工上の課題を抱えていたが、お互いが協力をし、また発注者と一体となって努力と工夫を重ねた結果である。

謝辞

本工事が所定の工期内に無事故・無災害で竣工できたのも、本稿で述べた工期短縮策を積極的に採用して頂いた国土交通省中部地方整備局紀勢国道事務所の皆様をはじめ、関係各位の甚大なるご指導・ご協力の賜物である。この場を借りて御礼申し上げます。

J|C|M|A

【筆者紹介】

工藤 朗太（くどう りょうた）

（株）安藤・間

土木事業本部技術第二部橋梁グループ



橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方と適用事例

佐々木 栄 一

橋梁のメンテナンスにおいて、点検による状態把握が重要となっているが、加えて、近年、点検と点検の間の安全管理、挙動把握、異常検出などを目的とした様々なモニタリングシステムが提案され、現場適用が試みられている。

橋梁の状態を分析し、わかりやすく提示するには、計測する際にコンセプトや分析方法を考えた上でセンサ選定およびセンサの配置を決めることが大切であり、継続的な計測とその継続的データを用いた分析・蓄積である。また、構築されるシステムは、状態を検知する（“センシング”）システムでなければならない。ここでは、現在進めている橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方を概説するとともに、適用事例を示す。

キーワード：橋梁，センシング，モニタリング

1. はじめに

我が国は、多くのインフラストックを有しており、橋梁を対象として考えた場合も、その数は66万橋を超えて存在している。これらの橋梁には、今後様々な損傷や劣化が顕在化すると予想され、定期的な点検を実施することが求められている。しかしながら、限られた人材や予算を考慮すると、メンテナンス戦略上、より効率的で効果的な点検・計測技術の開発および適用が重要であると考えられる。

近年、点検と点検の間の安全管理や効率的な点検作業へのフィードバックなどを目指して、様々なセンサやシステムを用いたモニタリングシステムが提案され、実際に現場での適用実験が進められている。これらのシステムでは、橋梁の挙動把握、異常検出のために、加速度等の計測を行っているが、なおも研究開発段階にあると言え、鋭意各所で検討が進められている。

これらのシステムにおいて重要であると考えられるのは、目的に応じたコンセプトや分析方法を考えた上で、センサ選定やセンサ配置を行う、システム設計の段階であり、計測するだけとにならないようにすることである。しかしながら、一方で、未知の現象についての分析方法が確立されていない、また、現象は既知であっても分析方法が未確立である場合を考えると、予め検討したコンセプトでの計測・分析を実施するほか、データを継続的に取得し、未知の現象が生じた場

合、原因究明や分析方法の検討に供するなど将来のより安全な管理に向けた研究への貢献も重要であると考えている。いずれにしてもシステムは、人の目では確認することが容易ではないものについて、計測データを基に分析し、可視化することにより、点検と機能補完することが求められることから、構築されるシステムは、橋梁の状態を検知する（“センシング”）システムでなければならない。

本稿では、現在、筆者らが進めている橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方を概説するとともに、適用事例として、離島橋梁を対象として構築したセンシングシステムについて示す。

2. 橋梁を対象としたセンシングシステムの考え方

(1) センシングシステムの目的

橋梁を対象としたセンシングシステムは、様々な目的に応じて設計・適用されるべきものであるが、大きく分けて以下のような3つの目的があると考えられる。

- ①新設橋梁の設計条件の確認：新設橋梁の設計上重要なパラメータが実際に想定したレベルで確保できているかを確認する
- ②橋梁の状態監視：荷重や外乱に対する橋梁の応答や挙動から橋梁の状態を把握し継続的に監視する

③橋梁の異常検知：限界状態への接近や地震・台風等の荷重での状態変化・異常発生を検出する

これらのうち①は②および③の目的で構築するシステムや分析方法に基づき行われることが想定される。すなわち、センシングシステムは、取得したデータを目的に応じてマルチパーパスに使用することができるものである。そのため、ここでは、②および③について主に述べることとして、後述の適用事例で①についても触れることとする。

(2) センシングシステムのコンセプト

センシングシステムでは、橋梁に加速度計等のセンサを設置して、橋梁の特性変化や損傷等の状態変化監視・異常検知を行うことが目的となるが、加速度等の応答は、アウトプット (Output) であり、橋梁システム (Bridge System) を分析するためのデータである (図-1)。また、橋梁は温度や交通荷重等の使用環境 (インプット, Input) の影響を受けることから、これらの応答への影響を考慮することが重要となる。センシングシステムのいわゆるメインターゲットは、橋梁システムの変化にあると言えるが、これは直接計測することが困難であると考えられることから、センシングシステムでは、インプットおよびアウトプットを計測し、その計測データを評価に用いるべく適切に処理し (このプロセスを、「データ化」と呼んでいる)、橋梁の挙動を整理して、インプットとアウトプットの相関、アウトプットの時系列的な変化等を「特性カルテ」として蓄積する。道路橋などはそれぞれ異なる構造諸元を有していることから、それぞれの橋梁の個性をバックデータとして蓄積し、現在の動きが異常であるか、健全な動きとして有り得るものなのかを判断する基準とする必要があり、このような「特性カルテ」の整備が橋梁を対象としたセンシングシステムのキーとなると考えられる。

なお、交通荷重を分析する際に用いられる Bridge Weigh-in-Motion は、現在も注目される手法となっている。基準となる荷重に対する応答をものさしとして、応答から荷重を推定する手法であるが、ここでは、橋梁システムをものさし (影響線など) で表現して、

応答からそのものさしを用いてインプットである車両重量を推定するものであるから、アウトプット-橋梁システム-インプットと逆にたどっている手法であるとも考えられる。橋梁システムの変化を捉えることがセンシングにおいて重要であることと、その変化により推定結果もずれが生じると考えられることから、定期的なキャリブレーションで橋梁システム変化を追うとともに、車両重量推定結果の精度確保を図る必要があると考える。

(3) 分析方法とシステム設計

センシングシステムにおいては、インプットに関する情報と、アウトプットデータをとともに取得することが重要である。インプットに関する情報については、温度、湿度、交通荷重、風向・風速、地震波等をデータとして取得する。腐食環境について情報が必要である場合は、ACM センサなどの腐食環境センサの適用も有効である。アウトプットデータとしては、加速度、速度、変位、傾斜などをセンサで取得することとなる。取得したインプットに関する情報とアウトプットデータから、それぞれの特徴をデータベース化するとともに、橋梁システムにおける変化の有無を分析する。

データをどのように分析するのかは、今後も分析方法の高度化とともに改善されていくものであり、イノベティブな研究対象となっている。現状においては、これまで開発された分析方法を用いて、①インプット (使用環境) の評価、②アウトプット (応答) の評価、③橋梁システムの評価についてシステム設計し、センサ設置位置などを決定している。①では、温度、湿度などの情報から腐食環境を評価することで使用環境を定量的に把握することとなる。②では、加速度などの大きさなどのほか、変位の分析などが行われる。加速度データからの変位分析は、橋梁を対象とした場合、振動数が低い成分が重要な成分で容易には実施できないため、現在も分析手法の開発が進められている。

センシングシステムにおいては、③橋梁システムの評価が最重要課題である。橋梁システムには、上部工、支承部、下部工がシステム要素としてあり、どの部位のどのような損傷をするかが分析方法の決定においては重要である。振動数や減衰等の振動特性も橋梁システムの特徴を表す量とされ、振動数や減衰等を分析するために、ERA などの手法を選定するとともに、センサ位置を決定する。また、現在では、インプットとアウトプットの情報を用いることで、グローバルな損傷、例えば、支承部の不具合等を分析するエネルギーベースの方法が構築されるなど、研究開発が進められ



交通、温度、風、地震等

加速度、変位、傾斜等

図-1 橋梁を対象としたセンシングシステムのコンセプト

ている。研究開発による高度化でセンサ位置の決定方法等がより合理的なものとなるものと考えられる。いずれにしても、どのような現状を捉えたいのかを決めることで、それを捉える方法を選定するという考え方でシステム設計を行う。

また、システム設計においては、何を捉えるかを考えた上で、できるかぎりコストを抑えることが重要であるとともに、現場への実装を考えた場合には、電源問題の解決も不可欠である。現在では、ワイアレスシステムによる設置費用の低減、省電力化したセンサの適用、環境発電利用による電源確保などの方法で画期的なセンシングシステムの構築が進められている。次章で、具体的な事例として、現在のセンシングシステムの構築事例を説明する。

3. 適用事例

— 沖縄離島橋梁を対象としたワイアレスシステムによる継続的センシング —

(1) システム構築の目的と課題

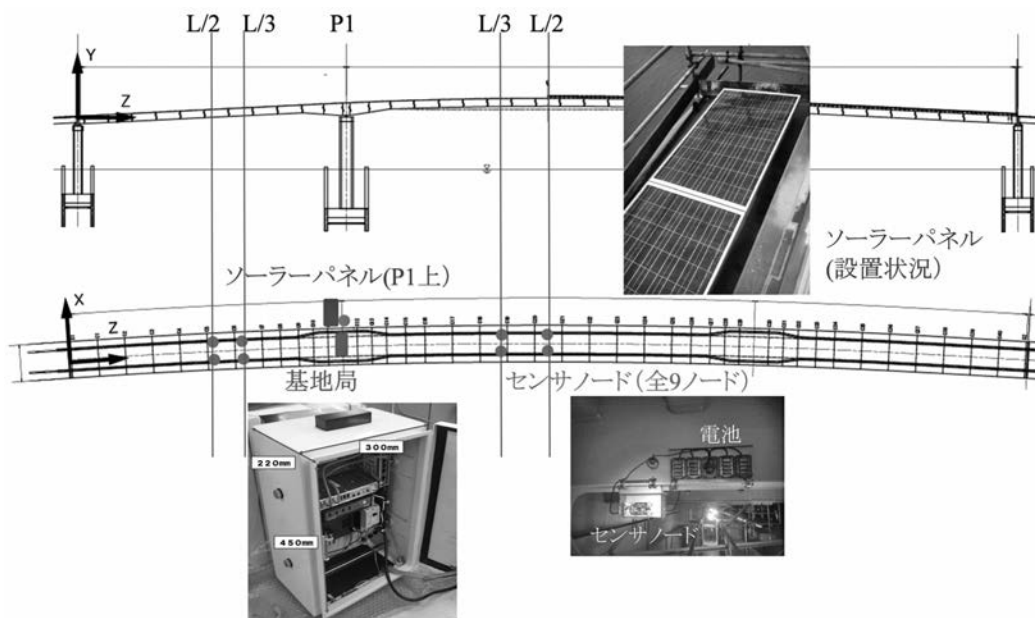
沖縄県離島を結ぶ橋梁は、台風等の強風に見舞われる可能性があり、最大風速 80 m/sec を超える風が予想される場所に建設されている橋梁もある。これらの離島橋梁の強風時挙動および振動特性について情報を取得することは管理上有意義である。そこで筆者らは、強風時など人がアクセスできない状況下でも遠隔地からシステム制御しデータ取得可能なセンシングシステムを開発し、台風時も含め長期間のデータを取得、さらに、振動特性等の分析を可能とする仕組みの

構築を試みた。このシステムでは強風時の橋梁挙動および振動特性の把握、腐食環境の把握という目的があり、加速度等のアウトプットデータのほか、温度、湿度、ACM センサの腐食電流値などを計測することとし、インプットとアウトプット、振動特性分析による橋梁システム評価を機能として設定した。加速度のデータから、支承の異常などを分析するなどマルチパーパスな利用方法にも展開できるよう配慮したものである。

(2) 開発システムの概要

対象橋梁は、沖縄県にある離島架橋の3径間連続鋼箱桁橋であり、120 m-180 m-120 m のスパンを有している。この鋼橋梁の挙動をモニタリングするためのシステムを構築するため、システム構築に際しては、停電などで商用電源等の安定した電源が利用できない状況や長スパンの鋼箱桁内部での計測といったこれまでのシステムでは対応が困難であった課題に対して、920 MHz 帯のワイアレスセンサを開発・利用するなどにより対応した。具体的には、システム開発においては、電源の問題、コストの問題、通信距離の問題、アクセラメントの問題などの課題があったが、以下のような対応により解決を図った。

- ①電源の問題への対応：無電源供給環境に対応するため、センサノードは電池のみとし、基地局は充電電池をソーラーパネルで充電する仕組みとした
- ②コストの問題への対応：設置コストを抑えるため、ワイアレスシステムとし、さらに、センサ数を制限することとした。より多くの振動モード情



図一 開発したワイアレスセンシングシステムのシステム構成

報取得することを考え、P1 橋脚の両側スパン（側径間および中央径間）のそれぞれ半分の範囲を計測範囲とし、計測位置を各スパンの中央点および3分の1径間の点とした（図-2）。その際、ねじれの動きが取得できるように、各断面で2つずつセンサノードを設置した。また、P1 橋脚の上に1つのセンサノードを置き、計9つのセンサノードで対応することとした。なお、計測時間をより長く確保するため、この9つのセンサノードと基地局のセットを同じ設置位置に2セット設け、計測した

- ③通信距離の問題への対応：より長い通信距離を確保するため、最大1,000 m 程度までの通信が可能とされる920MHz 帯を利用した新しいワイアレスシステムを開発し、適用することとした
- ④アクセスの問題への対応：FOMA 回線を利用し、インターネットにより基地局にログインすることで、全国どこからでも設定変更およびデータ取得ができる仕組みとした

開発したシステムは、ワイアレスセンサで、設定条件管理およびデータ収集を行う「基地局」およびデータを取得する「センサノード」で構成されている。センサノードは、加速度、温度、湿度、ACM センサやピエゾセンサの微弱電流を計測できるようになっており、GPS 電波により同期されている。計測する期間は、1 年間以上と設定した。

(3) 開発したシステムによる計測、分析結果の例

本システムによる計測は平成 25 年 8 月から開始し、継続的にデータ取得を行っている。計測中、複数の台風が近傍を通過し停電が発生する状況に至った。そのうち、平成 25 年では台風 23 号が最も接近した経路を通過し、最大 40 m/sec 程度の強風が記録された。開発したシステムは台風時にも問題なく稼働しており、その際に、計測されたデータの例を図-3 に示す。筆者らは、この際に取得したデータから、台風時の橋梁の挙動を分析するために、ERA 法等の解析方法を適用し

表-1 振動数の分析結果例

Mode	Frequency[Hz]
1	0.4891
2	0.8875
3	1.0888
4	1.7184
5	2.7422
6	3.1902
7	3.7589
8	4.8837
9	5.9630
10	6.1457
11	7.5361

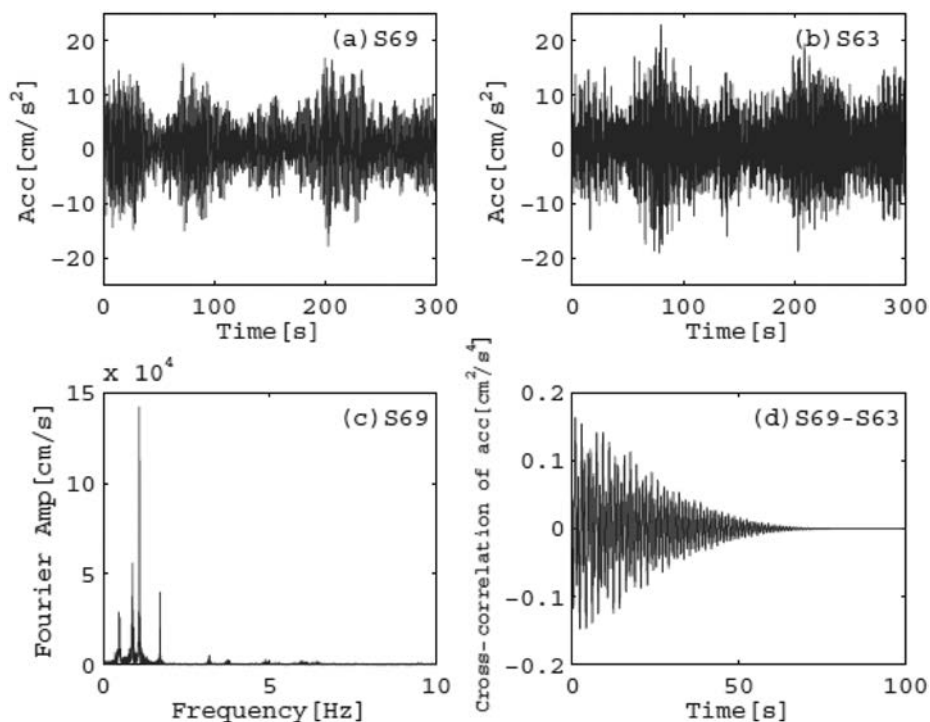


図-3 台風襲来時の計測データの例 (S63 および S69 は側径間 L/2 点でのセンサ番号)
 (a)、(b) 計測データ、(c) フーリエ変換結果、(d) NExT により得られた減衰波形

データ分析を行った。その際、減衰振動波形を取得するために、NExT (Natural Excitation Technique) を利用した。分析の結果得られた振動数を表—1に示す。

4. おわりに

橋梁を対象としたセンシングの分野では、データ解析手法の開発が鋭意行われており、画期的な方法が提案されつつある。これまで得られなかった情報が得られるようになるなど、多くのイノベーションを生み出すことのできるフィールドであると考えられる。まだ、多くの課題を抱えているが、人の目では見えない情報を、客観的に集約できるシステムは将来の橋梁メンテナンスで有益なものとなると期待される。点検との補完的な役割を担うべく、コストや分析技術の面でもより実用的なレベルへ向けて今後の更なる高度化を図りたいと考えている。

JCMA

《参考文献》

- 1) 国土交通省：道路構造物の適切な管理のための基準類のあり方と調査の背景，第1回道路メンテナンス技術小委員会資料，2013。
- 2) 国土交通省社会資本メンテナンス戦略小委員会資料，2014。
- 3) 国土交通省社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会資料，2014。
- 4) Juan, J.N., Pappa, R.S.: An Eigensystem Realization Algorithm for Modal Parameter Identification and Model Reduction, Journal of Guidance, Control and Dynamics, Vol.8, No.5, pp620-627, 1985.
- 5) 長山智則，阿部雅人，藤野陽三，池田憲二：常時微動計測に基づく非比例減衰系の非反復構造逆解析と長大吊橋の動特性の理解，土木学会論文集，No.745/I-65, pp155-169, 2003

【筆者紹介】



佐々木 栄一 (ささき えいいち)
東京工業大学大学院
理工学研究科 土木工学専攻
准教授

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

■B5判／本編1,201頁 (カラー写真入り)
別冊197頁 セット

■定価

非会員：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。

※学校及び官公庁関係者は会員扱いとさせていただきます。

※送料は会員・非会員とも

沖縄県以外600円

沖縄県 610円 (但し県内に限る)

■発刊 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>

伊良部大橋における鋼橋の 耐久性向上を目指した取り組み

仲 嶺 智・翁 長 正 勝・山 城 明 統

伊良部大橋橋梁整備事業は沖縄県の離島である宮古島と伊良部島を結ぶ事業延長 6.5 km（うち海上部 4.3 km）の離島架橋整備事業である。海上部にかかる延長 3.54 km の橋梁区間は、長山水路を跨ぐ 3 径間連続鋼床版箱桁橋（以下「主航路部橋梁」）と、32 径間及び 14 径間の多径間連続 PC 箱桁橋で構成されている。本稿では、鋼橋区間である主航路部橋梁の耐久性向上を目指した取り組みと、工場製作から海上輸送、架設までの施工状況を紹介する。

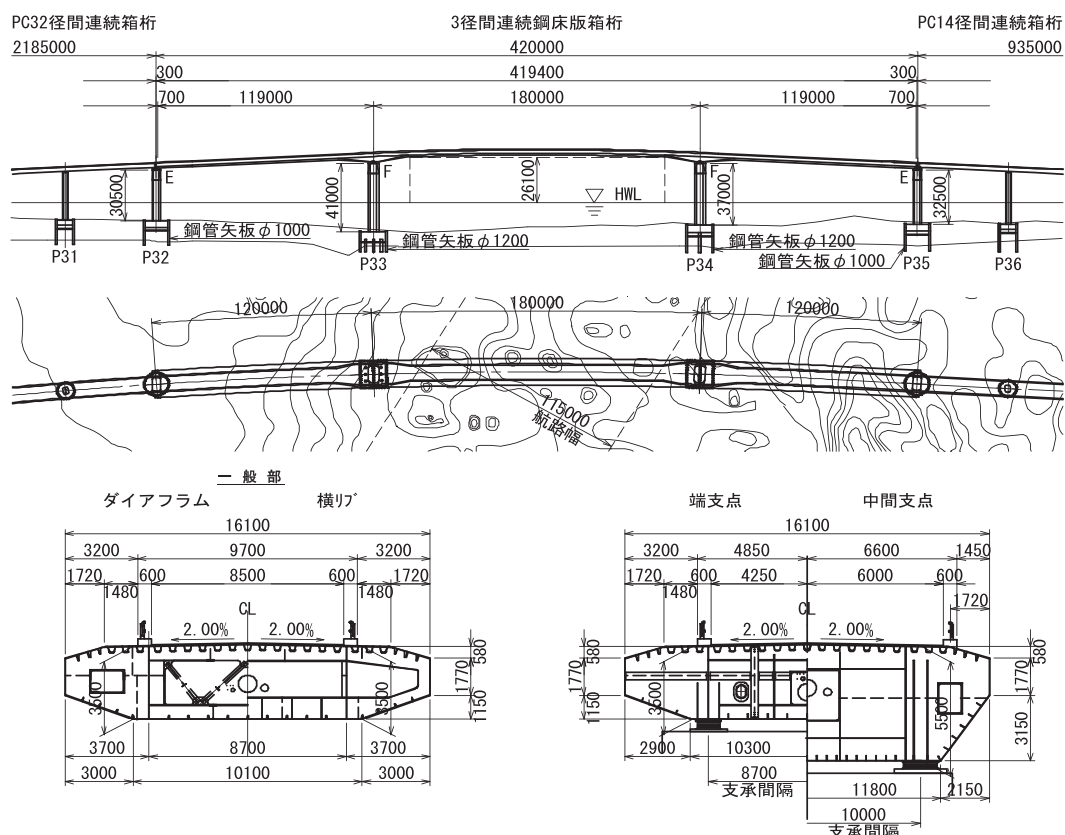
キーワード：Al-Mg 溶射、大ブロック海上輸送、FC 一括架設

1. はじめに

沖縄本島から南西に約 290 km の位置にある宮古島のさらに離島である伊良部島は、医療、教育、福祉等の面において不利・不便を余儀なくされており、過疎化の進行や産業の衰退等といった離島特有の諸問題を抱えている。

伊良部大橋は、平成 17 年に伊良部町を含む 5 市町村の合併により誕生した宮古島市の一体化と効率的な行政を支援するとともに、伊良部島の医療・教育・福祉の向上や架橋による物流コストの低減、観光産業による地域経済の活性化等、宮古圏域の地域振興を図ることを目的とし建設された。

伊良部大橋主航路部橋梁の諸元を以下に示す（図一



図一 伊良部大橋主航路部橋梁一般図

1 参照)。

路線名：一般県道平良下地島空港線
 上部工形式：3 径間連続鋼床版箱桁橋
 橋長：420 m
 幅員：8.5 m
 使用鋼重：約 4,200 t
 外面塗装仕様：Al (95%) -Mg (5%) 金属溶射 (以下 Al-Mg 溶射) + C5 系塗装
 下部工形式：T 型橋脚 基礎形式：鋼管矢板井筒基礎

2. 主航路部橋梁の特徴

主航路部橋梁周囲の環境は、宮古島と伊良部島間の開けた海上に位置することから、飛来塩分が橋面に付着しやすく、亜熱帯地域の高湿多湿な気候の下、鋼橋にとっても厳しい腐食環境である。また、宮古島が台風常襲地域であり、架設位置が海面上 30 m となることから、設計基準風速が大きく高い耐風安定性が求められた。

耐久性向上を目的とし鋼橋区間である主航路橋梁においては、おもに耐風安定性の確保及び防錆防食に配慮した取り組みを行った。

(1) 耐風安定性の確保

橋種選定において、経済性、施工性、景観、に加え、風洞実験で耐風安定性が確認された単箱の 8 角形断面を有する鋼床版箱桁橋が選定された。

(a) 設計風速の決定

宮古島には、これまでも勢力が強い台風が襲来し多大な被害をもたらしている。主航路部橋梁の耐風設計では過去に襲来した台風から設計基準風速の設定を行った。

下記に設計風速決定のフローを示す。

- ①宮古島地方気象台の観測データを統計処理。
- ②宮古島地方気象台における 100 年再現期待値の設定 (粗度区分 II, h = 13.5 m)。
- ③架橋地点への補正 (粗度区分 0, h = 33.0 m)。

表一 1 粗度区分の比較

道路橋耐風設計便覧	改訂前	平成19年12月改訂
架橋地点粗度区分	I	0
架橋地点高	33m	33m
設計基準風速U ₃₃	73.4m/s	82.2m/s
観測点粗度区分	II	II
観測点高	13.5m	13.5m
観測点風速(100年再現期待値)	57.5m/s	57.5m/s

平成 19 年 12 月に耐風設計便覧の改訂があり「広大な海面上」を対象とした粗度区分 0 が追加されている。表一 1 に粗度区分 I と 0 の場合の比較を示す。本橋では粗度区分 0 と判断し、設計基準風速は 82.2 m/s と設定した。

(b) 風洞実験による検証

風洞実験の結果、8 角形断面では発散振動が発現しなかったものの、渦励振が発現し最大振幅が許容値を上回ることが確認された (写真一 1, 表一 2)。そのため、下斜めフランジの角度を調整することで最大振幅を許容値以下にするとともに、地覆外へ平場を付加することで、渦励振が抑制され耐風安定性が向上することが確認された。

(2) 防食設計と細部構造の工夫

防食設計と細部構造を工夫することで耐久性の向上を図った。

(a) 防食下地への Al-Mg 溶射の採用

防食効果の向上を図るため、一般部外面 C-5 系塗装



写真一 1 風洞実験状況

表一 2 風洞実験結果 (概略)

下斜めフランジ角度	渦励振	最大振幅 (mm)	許容値 (mm)
9.4°	発現する	95.6	58.4
20°	発現する	24.4	58.4
20° (平場付加)	発現しない	0	58.4

表一 3 塗装仕様

塗装工程	塗料名	使用量 (g/m ²)	膜厚 (μm)	
橋梁製作工場	素地調整	ブラスト処理 ISO Sa2.5 → Sa3.0 に変更 表面粗さ Ra8 μm 以上 Rz50 μm 以上		
	金属溶射	Al95-Mg5 合金溶射	150~500	
	封孔処理	金属溶射封孔処理剤	200	-
	下塗	エポキシ樹脂塗料下塗	540	120
	中塗	ふっ素樹脂塗料中塗	170	30
	上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	140	25

仕様の防食下地である無機ジンクリッチペイントに変えて、長期耐久性が期待できる Al-Mg 溶射を採用している（表-3）。

(b) 桁外面ボルト継手の排除

鋼橋におけるボルト継手部は、凹凸部分への飛来塩分の付着や塗膜厚の確保が困難なことから、腐食しやすい部位となっている。そのため外面のボルト継手を無くし、溶接継手とするとともに溶接ビードは平坦仕上げとし凹凸の少ない外面とした（写真-2）。



写真-2 桁外面状況

(c) 部材角部の形状

部材の角部は塗膜が薄くなる箇所であり、施工、管理が難しいことから、フランジの角折れ部を曲げ加工とし、すべての外面部材の角部に対して、 $R=3\text{ mm}$ の曲面加工を行った（写真-3）。



写真-3 部材角部形状

3. 施工段階での取り組み

主航路部橋梁の架設工法は、高所の海上部における強風下での現場溶接、溶射を最小限にするため、大ブロックによる FC 一括架設工法が選定されている。こ

のため橋長 420 m の主桁は、140 m づつ、3つの工区に分けて県外の工場で作られた。工場製作、大ブロック海上輸送、FC 一括架設、現場溶接、溶射段階での取り組みを述べる。

(1) 工場製作

平成 22 年 10 月～平成 24 年 3 月にかけて香川県、千葉県、三重県の各製作工場で、それぞれ 140 m の鋼桁製作を行った。

工場製作では特に Al-Mg 溶射及びヤード溶接を重点管理項目とし、ほぼ全数の立会を行った。

(a) 工場における Al-Mg 溶射

溶射管理マニュアルを作成し、素地調整後の粗さ、除錆度の確認を入念に実施した。また、素地調整直後は鋼素地が露出し腐食しやすい状態となることから、素地調整完了後から 4 時間以内で規定膜厚以上の確保を目標に溶射を実施した（写真-4）。その結果、全てのブロックにおいて 4 時間以内に規定膜厚以上を確保し溶射を完了した。また、溶射作業前には密着力試験を実施し密着力が基準値である 4.5 MPa 以上であることを確認した。



写真-4 工場溶射状況

(b) 工場ヤード溶接

金属溶射、塗装完了後に製作ヤードにてベントによる多点支持のもとヤード溶接を実施している。

ヤード溶接は、適切な溶接環境を確保すべく継手箇所に風防設備を設置し溶接を行った（写真-5）。

外面は全て完全溶込み溶接であり、溶接箇所には全数の非破壊検査を実施し問題となる欠陥がないことを確認した。

(2) 大ブロック海上輸送

製作された 140 m の鋼桁は、各工場の地組立てヤー



写真—5 地組立て、ヤード溶接



写真—7 横移動制限装置



写真—6 工場ヤードからの浜出し

ドから、吊能力 3,000t クラスの FC 船を使用して浜出しされたのち、(写真—6) 大型台船を用いて宮古島まで海上輸送された。このうち、輸送距離が最長となったのは、中央径間のブロックであり、工場のある千葉県から宮古島までの輸送距離は約 2,000 km に及ぶ。

大ブロック輸送時の台船上の支持点として、側径間の桁が支承箇所を使用できるのに対し、中央径間のブロックでは、工場において溶射、塗装まで完了した下フランジ面で支持することとなる。このため、外面塗装の損傷を抑えるための最小箇所での支持、かつ波浪による外力及び応力による桁損傷を回避できる位置での支持を検討し輸送荷姿に反映した。

(a) 支持点の工夫

大ブロックの台船上での、支持点は最小限の 2 箇所とし、前後の動揺を抑えるべく下フランジの貫通穴から桁内横リブへ固定した、橋軸方向移動制限装置を 1 箇所、支持点両脇には、橋軸直角方向の移動を制限するための横移動制限装置を設置した(写真—7)。ま

た、事前に試験体を用いて輸送時の加重で圧縮試験を行い、塗膜へ損傷を与えないことを確認したうえで、高強度ナイロン板を支持点に挟み込み、塗装面の損傷を防止した。

(b) 輸送時の運行管理と大ブロックのモニタリング
鋼橋の海上輸送に際しては、東京ゲートブリッジにおける桁輸送中の損傷事例があり、その原因としては、海上輸送中の波浪の揚圧力によるとされた。そのため、下記のとおり品質管理の重点項目を定め海上輸送を実施している(写真—8)。



写真—8 大ブロック海上輸送状況

①有義波高 2.5 m 以下での輸送の実施

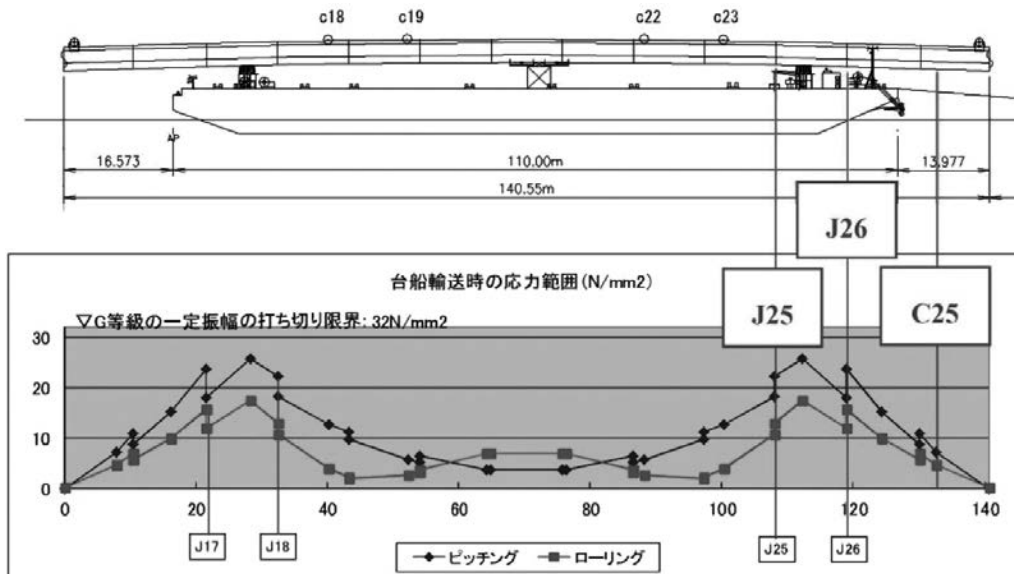
動揺解析から桁と波の衝突条件を求め、有義波高 2.5 m 以下での輸送を行った。

②気象、海象予報に基づく輸送可否判断

輸送可否判断は、通過海域の気象予報に基づき実施し、その履行は曳船の定時報告及びリアルタイム・ナウファスを用いて確認した。

③輸送前、後における輸送ブロックの計測

大ブロックのたわみ量計測、疲労亀裂の発生に伴う塗膜割れの有無、局部座屈が懸念される箇所の残留変形有無の確認を行った。



図一 2 輸送中の繰り返し応力範囲

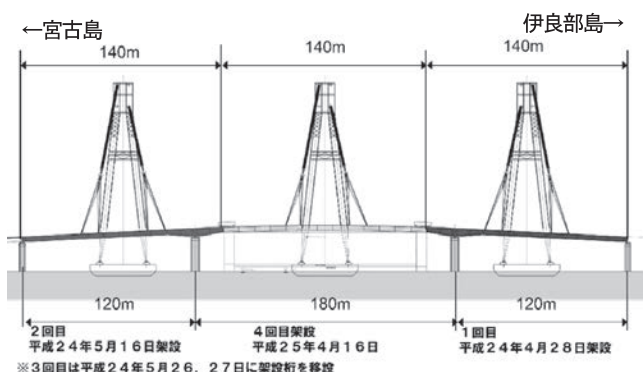
④ 応力の計測

波浪による応力を確認するため、J25・J26の継手箇所において、Web スカーラップ近傍の応力計測を行った(図一2)。

これらの結果、外観検査において損傷は無いこと、応力最大値は一定振幅の打ち切り限界を下回っていることから、輸送時に疲労損傷が起こっていないことを確認した。

(3) FC 一括架設の実施

架設には、国内最大級となる4,000tの吊上げ能力を持つ大型FC船(W=44m, L=120m, H=140m)を使用した。大ブロック架設は、宮古島内に接岸可能な岸壁が平良港下崎地区の-10mの岸壁1バースに限られること、架設地点の水深の関係から、側径間の架設が宮古島側と伊良部島側で架設方向が南北逆となり、中央径間の架設前にPC部の架設桁の移設を行う必要があったことから、架設順序は図一3の通りとなった。



図一 3 架設順序

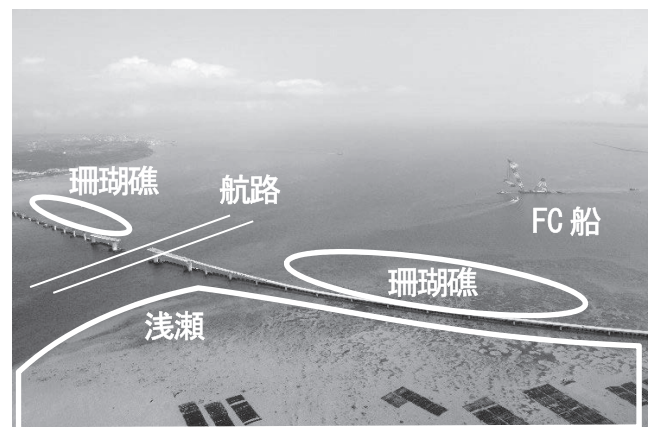
また、気象条件に左右されやすい環境であるため、流れの緩やかな小潮で、かつ平均風速10m/s以下、波高0.5m以下の条件が必要となった。さらに、航路幅が狭く、航路部以外の浅瀬にはサンゴ礁や浅瀬が点在しているため、吊曳航と架設位置における係留を慎重に行う必要があった(写真一9)。

平成24年4月28日に伊良部島側側径間の架設を開始し、同年5月16日に宮古島側側径間、5月26日、27日にPC部架設桁の移設(写真一10)、台風の影響による作業の順延があったものの、最終的に平成25年4月16日に中央径間の架設(写真一11)が完了した。

FC一括架設を行ったことで、現場溶接・溶射作業の最小限化が図られ、ブロック継手部の品質向上に繋がった。

(4) 現場溶接

架設ブロックの大型化により、現場溶接箇所は、3ブロックの継手部分の2箇所限定されたが、現場に



写真一 9 架橋地点までの吊曳航



写真—10 PC部架設桁の移設



写真—12 風防設備内 継手溶接状況



写真—11 中央径間の架設

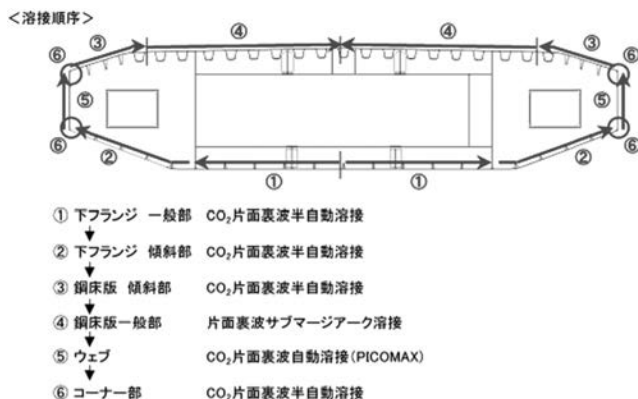
おける溶接は、品質を確保するために十分配慮する必要があった。そのため、風雨の影響を防ぐことを目的として風防設備を設置した。また、風防設備は足場兼用とし架設後すぐに設置できるように、スライド型の設備をヤードにて取り付け、板張り防護の内側からシート貼付・目張りを行うことで、溶接に適した環境を確保できるようにした。なお、ヤードにおいて現地の設備を再現した試験施工を実施し、試験片により溶接品

質に問題ないことを確認した上で現場溶接を行った。図—4に溶接方法、写真—12に溶接状況を示す。

(5) 現場における Al-Mg 溶射

現場における Al-Mg 溶射については、県外の工場と比較して高温多湿な環境となる宮古島において品質を確保するため、溶射付着面の粗さ及び膜厚の管理はもとより、溶射環境の確保が求められた。また、現場溶射においては、ブラスト作業後速やかに環境遮断を行うため、工場施工の半分の2時間で規定の溶射膜厚を確保する必要があった。

ブラスト作業時は環境遮断及びブラスト材の飛散防止のため、板張り及び目張りにより密閉し、風防設備内は作業員1名で作業を行った。その後の溶射作業においては、2時間以内に作業を完了するため、1回当りの溶射面積を少なくし、2パーティ、午前・午後の2サイクルで計4箇所（平均6m²程度）を1日の施工サイクルとした。



図—4 溶接順序、溶接方法



写真—13 風防設備内 Al-Mg 溶射状況

除錆度、清浄度、粗さ、溶射膜厚の確認については全数立会とし、スワイプブラスト完了後2時間の溶射を効率よく作業するため、現場にほぼ常駐して管理を行った。1日当たり約6m²の溶射施工量で、品質を重視した施工を行い、1ヶ月半で主航路部架設後の現場溶射約208m²を実施した(写真—13)。施工時に3回に渡り現場溶射箇所において作成した試験片で密着力試験を実施したところ、工場施工時と同等の試験結果を得ており、現場においても品質の高い溶射作業を行うことができた。

4. おわりに

架橋要請活動開始から40年、建設開始から10年の歳月をかけ、平成27年1月31日、伊良部大橋が完成・供用開始となった(写真—14)。



写真—14 供用開始した伊良部大橋の全景

謝 辞

伊良部大橋の建設に際し、多大なるご指導、ご支援を賜った伊良部大橋基礎工検討委員会(委員長:上原方成 琉球大学名誉教授)、主航路部橋種検討委員会(委員長:上間清 琉球大学名誉教授)、主航路部設計施工委員会(委員長:有住康則 琉球大学教授)を始めとする各委員会の委員の皆様、架橋に携わった関係者の皆様に厚く御礼を申し上げます。

J C M A

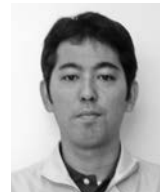
《参考文献》

- 1) 伊良部大橋における鋼桁大ブロックの海上輸送の報告(2013.10 土木学会西部支部沖縄会技術研究発表会)九州技報 2011.01 第48号
- 2) 東京ゲートブリッジ若洲側中央径間トラス桁先端部損傷について(最終報告)2011.3

【筆者紹介】



仲嶺 智(なかもね さとる)
沖縄県土木建築部道路街路課
街路整備班 班長
(元伊良部大橋建設現場事務所 主幹)



翁長 正勝(おなが たかまさ)
沖縄県土木建築部道路街路課
道路整備班 主任技師
(元伊良部大橋建設現場事務所 主任技師)



山城 明統(やましろう あけと)
沖縄県企業局 建設計画課
建設第二班 主任技師
(元伊良部大橋建設現場事務所 主任)

陸前高田市震災復興事業 「希望のかけ橋」の設計・施工 巨大ベルトコンベヤ搬送設備用吊橋

小野澤 龍 介・加 藤 秀 樹・北 澤 剛

陸前高田市の被災市街地復興土地区画整理事業のうち、高田地区・今泉地区の高台造成工事において、土砂採取地から掘削した岩石及び土砂をかさ上げ地区まで輸送する手段にベルトコンベヤを用いた。このベルトコンベヤは、全長約3 km、途中で気仙川を横断する箇所（1箇所）、国道など道路を横断する箇所（4箇所）がある。この中で、気仙川を横断する箇所の河川幅は約190 mあり、様々な理由からベルトコンベヤ用の橋梁としては前例のない吊橋形式を用いた。このベルトコンベヤ用吊橋は、「希望のかけ橋」と名付けられ、震災復興のシンボルとして「奇跡の一本松」とともに親しまれている。本稿では、この橋梁の設計・施工について報告する。

キーワード：希望のかけ橋，吊橋，ケーブルクレーン，震災復興，CM方式，大規模造成，ベルトコンベヤ，破碎設備

1. はじめに

本工事は、東日本大震災の地震と大津波によって甚大な被害を受けた岩手県陸前高田市の被災市街地土地区画整理事業の一環として、高台住宅地となる今泉地区の山を掘削し、発生した土砂や硬岩を破碎設備にて300 mm以下に破碎後、ベルトコンベヤにて高速搬送し、高田地区のかさ上げ工事を行う。ベルトコンベヤ設備は、全延長で約3 kmあり、延べ509万 m^3 と非常に膨大な量の土砂や硬岩を搬送するものである。本稿はこのベルトコンベヤ設備の中で、気仙川の渡河部に設置したベルトコンベヤ専用の単径間補剛桁吊橋（塔柱間220 m）の設計・施工を報告する。

- ・事業施行者：陸前高田市
- ・工事発注者：独立行政法人都市再生機構
- ・工事受注者：清水・西松・青木あすなろ・オリエンタルコンサルタンツ・国際航業JV
- ・業務名：陸前高田市震災復興事業の工事施工に関する一体的業務
- ・工期：平成24年12月11日～平成30年3月31日（平成26年6月現在）

2. ベルトコンベヤ設備の概要

本工事のベルトコンベヤ設備の全景を写真—1に示す。



写真—1 ベルトコンベヤ設備全景

このベルトコンベヤ設備は、今泉地区の山を掘削して採取した土砂を仮置き場まで搬送する設備である。本事業のうち、今泉地区先行整備エリアから掘削される高台の土砂や岩石は、約644万 m^3 （搬送土量509万 m^3 含む）に上り、東京ドームに換算すると5個分以上となる。この大量の土砂や岩石を迅速に仮置き場へ搬送するべく、ベルト幅1.8 m、速度250 m/min、最大搬送量6,000 t/hという国内最大級の搬送能力にて早期完了を目指している。

土砂の採取地と搬送先である仮置き場は、2級河川である気仙川を挟んでおりそれぞれ右岸、左岸に位置するため、ベルトコンベヤはこの河川を横断する必要があるため、本橋の設置を行った。

本橋はベルトコンベヤ設備の一部を構成する仮設構造物であり、予定供用期間は平成26年3月～平成27年9月の19ヶ月間である。

3. 河川横断設備の概要

- ・形式：単径間補剛桁吊橋(ベルトコンベヤ専用)
- ・桁長：221 m
- ・支間長：220 m (=塔柱間)
- ・幅員：6.4 m
- ・主索間隔：6.0 m
- ・主索径：7-φ56 (7×37)
- ・吊索：1-φ20 (7×7)
- ・耐風索：2-φ56 (7×37)
- ・载荷設備：ベルトコンベヤ (定置フレーム式)

最大搬送量 6,000 t/h

一般図を図-1, 2 およびベルトコンベヤ諸元を表-1 に示す。

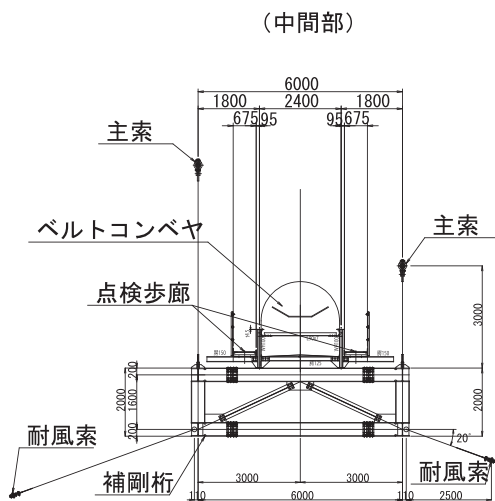


図-1 吊橋一般図 (断面図)

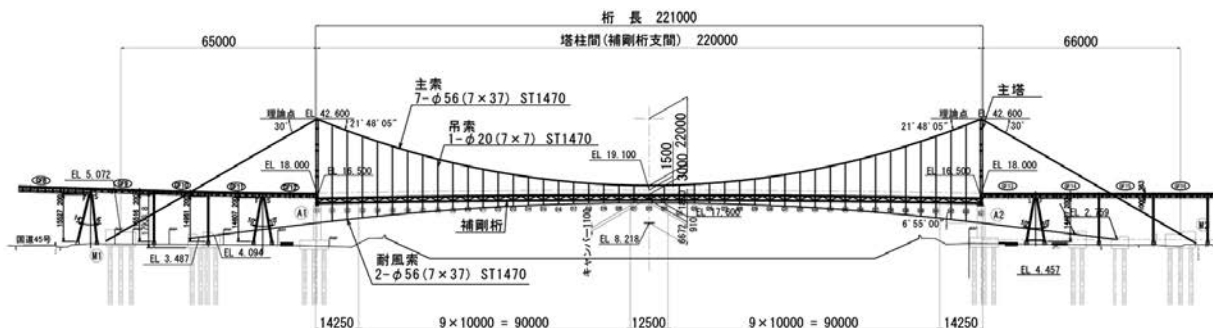


図-2 吊橋一般図 (側面図)

表-1 ベルトコンベヤ諸元

総延長	約 3,000 m
ベルト幅	1.8 m
速度	250 m/min
搬送能力	6,000 t/h (10 t ダンプトラック 600 台/hr に相当)
ベルトコンベヤ 高さ	13 ~ 22 m
希望のかけ橋 支間長	220 m
希望のかけ橋 主塔高	42.6 m

4. 河川横断設備の形式について

ベルトコンベヤが横断する気仙川の河川横断設備の当初案は、栈橋構造であった。しかし、以下のような課題があった。

- ・気仙川は、サケが遡上する河川でベルトコンベヤ渡河部付近は、サケの漁場の近くである。河川環境の変化により、周辺の漁業の復興の妨げとならないよう河川環境に対して細心の配慮を行う必要がある(上流部には、サケマス捕獲採卵場やふ化場がある)。
- ・サケの遡上期間：9～1月、サケの放流期間：3, 4月となるため、作業期間に大きな制約を受ける。
- ・陸中海岸国立公園特別地域範囲内のための設置手続きやその他各種手続きや協議に時間を要する。
- ・震災復興事業であり、迅速に事業を進捗させる必要がある。
- ・気仙川下流の河口部の水門設置工事と同時期の施工であり、橋梁解体時に作業船の侵入が不可能となるため、河川内構造物の撤去が困難となる。

以上の課題を解決するため、河川内に橋脚等の設置が不要な200 m程度の支間長を持ち、設置・解体の作業においても河川内に立入らず、河川環境に影響を与えない橋梁形式となる吊橋構造を採用した。

(設置・撤去のトータルコスト比較においても吊橋構造の方が安価であった。)

5. 吊橋の設計

気仙川の横断部にベルトコンベヤ用としては、前例のない吊橋構造を用いた。一般的に吊橋形式は、ケーブル構造がメイン部材であり、引張力には強く圧縮力に対しては抵抗がほとんどないため、載荷荷重や外力による影響を受けやすい、つまり部材が変形し揺れやすい構造である。

設置予定場所は、臨海部であり断続的に強い風が吹く地域である。ベルトコンベヤ設備を気象条件に左右されずに安定して運転させるためには、大量の土砂等の積載物による荷重（以下、活荷重）と強風による風荷重に対する部材変形やたわみを抑制する必要がある。このため、橋全体の剛度を上げ、耐風安定性が増す補剛桁形式を採用した。補剛桁は、橋に載荷される活荷重や風荷重を補剛桁により広範囲に分散させ主索（メインケーブル）に力を伝達し、局所的な変形を防ぐ役割を担う。また、橋の全体剛性が上がるため、活荷重や風荷重等外力によるたわみを小さく抑えることができる。

たわみ量は、鉛直方向と橋軸直角方向のそれぞれに対して制限値を設け、たわみの抑制を行った。

鉛直方向たわみ制限値 δ_{za} は、活荷重と点検時荷重のたわみ値の合計とし、 $\delta_{za} = L/350$ （ $= 628 \text{ mm}$ ）以下となるように検討した。また、横方向たわみ制限値 δ_{ya} は、ベルトコンベヤの運転条件に合わせて、設計風速 20 m/s 時の風荷重によるたわみ値とし、 $\delta_{ya} < L/300$ （ $= 733 \text{ mm}$ ）以下になるように検討した。

設計計算において、鉛直方向のたわみ $\delta_z = 531 \text{ mm}$ となり、制限値 (628 mm) 以下となり問題は生じなかった。横方向たわみ δ_y は、補剛桁のみの場合、 $\delta_y' = 1099 \text{ mm}$ となり、制限値 (733 mm) を超過するため、その対策として耐風索を設置し、 $\delta_y = 664 \text{ mm}$ に抑え、制限値内とした（写真—2）。



写真—2 耐風索

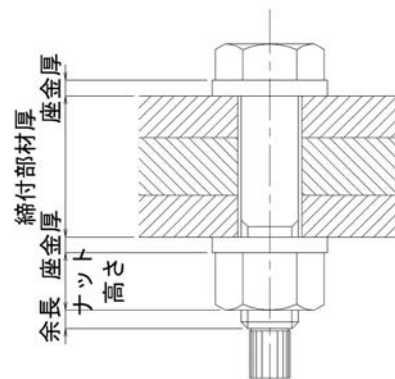
この結果、本橋のたわみ量は抑えられ、ベルトコンベヤ設備の安定した操業運転が可能となった。

細部構造としては、本橋は、仮設構造物であり撤去を前提に接合部の設計を行った。通常、吊橋の主塔は、継手の効率性や景観を考慮して現場溶接を採用することが多いが、撤去時の作業性を考慮し、フランジ継手を採用した。

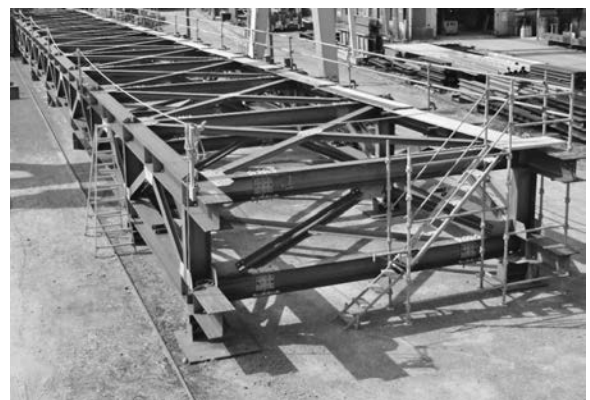
補剛桁の接合には、作業性が良いトルシア型高力ボルトと解体性が良い六角高力ボルトのそれぞれの利点を生かした六角トルコンボルトを採用した。この六角トルコンボルトは、トルシア型高力ボルトと同様に締付軸力を管理するピンテール部を有し、ボルト頭の形状を通常の六角形とした高力ボルトである（図—3）。

補剛桁については、工場製作期間の短縮を図るため、補剛桁の部材にはH形鋼などの形鋼をメインとしたシンプルな構造とし、工期短縮を図った（写真—3）。

本橋の防食仕様は、仮設構造物であるため通常は、“錆止めペイント+合成樹脂ペイント”であるが、臨海部であり非常に厳しい腐食環境のため、“変性エポキシ樹脂塗料下塗+ポリウレタン樹脂塗料上塗”という耐候性・防錆性能がより高い塗料を採用した。



図—3 六角トルコンボルト



写真—3 補剛桁形状（仮組立）

6. 吊橋の施工

下部工の施工は、鋼管杭（φ 1,200 mm）基礎形式にRC構造の逆T式橋脚、主索および耐風索のアンカレッジの下部工を施工した。杭基礎は支持杭形式とし、杭長の最大長は36 mであり、杭本数は全体で71本施工した。

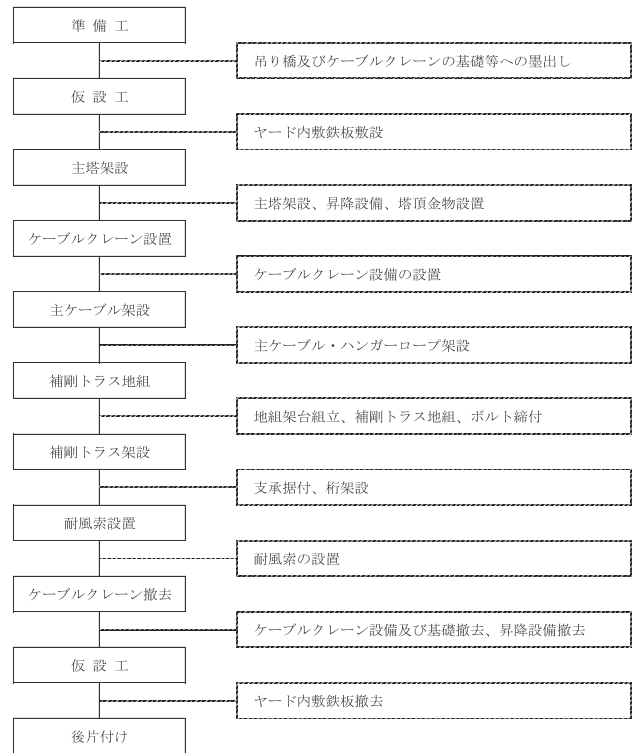
上部工の施工は、まず主塔の架設を行い、キャットウォーク足場を主塔間に設置し、ケーブルクレーン設備を組立後、これを用いて各種ケーブル類および補剛桁の架設を行った（写真—4、図—4、5）。

上部工のうちメインケーブル等の施工は主索、吊索、補剛桁、耐風索の順に架設し、河川内にベント等の仮設構造物設置をせず、河川に影響を与えないように配慮した。鋼製部材は全て工場にて製作を行い、仮組検査完了後に現場に搬入した。全長220 mの補剛桁は各主構を21のブロックに分割して輸送し、陸上にて補剛桁の地組みを行った。地組ヤードには地組立用架台を設置し、複数台を一度に組立できる施設を設けた。また、地組み作業時に定置フレームやローラー類等のベルトコンベヤ設備と架設用足場を補剛桁に据付け、河川上かつ高所作業を極力抑えるよう配慮し作業効率を高めた（写真—5）。

補剛桁の架設順序は、たわみ量が最も大きくなる支

間中央から左右対称に行い、左右のバランスを保ちながら架設し、その際ケーブルのたわみ量管理を行い部材の接合を行った。結果、すべての工程において無事故無災害にて吊橋の架設が完了した（写真—6）。

河川上での作業を低減することにより、工期短縮・安全性向上・河川環境への影響を抑え、早期の土砂搬



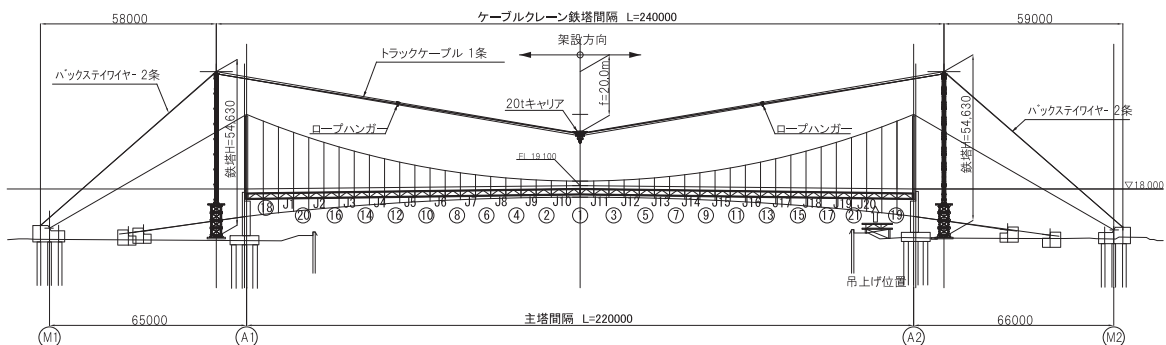
図—5 吊橋施工フロー図



写真—4 架設状況（ケーブルクレーン使用）



写真—5 地組立用架台



図—4 補剛桁架設設計画図



写真一六 ベルトコンベヤ用吊橋「希望のかけ橋」(土砂搬送中)



写真一七 ベルトコンベヤ搬送開始式典



写真一八 ベルトコンベヤ用吊橋「希望のかけ橋」
(夜間メンテナンス作業時：LED 照明)



写真一九 「奇跡の一本松」より「希望のかけ橋」を望む

送開始に貢献することができた。

本吊橋は、陸前高田市内の小学校在校生から名称を募集し、「希望のかけ橋」と命名され、平成 26 年 3 月

24 日に陸前高田市市長をはじめ、吊橋を名づけた小学生を招待し、ベルトコンベヤの搬送開始式を催した(写真一七)。

現在、巨大ベルトコンベヤ施設とともに本吊橋は、命名された「希望のかけ橋」の名の通り、「奇跡の一本松」と並ぶ姿が陸前高田市の復興の象徴となっている(写真一八、一九)。

7. おわりに

本橋梁を含むベルトコンベヤ設備は、平成 26 年 3 月より運転を開始しており、順調に約 20,000 m³/日(ダンプトラック 4,000 台)程度の土砂を搬送している。6 月現在、予定搬出量の 90%が完了しているが、一日も早い陸前高田市の復興をめざし、関係者一同想いを込め、全力で取り組んでいく所存である。

8. 参考

【Google ストリートビュー公開 (未来へのキオク)】

UR 都市機構が岩手県内で進めている震災復興事業の工事進捗状況をストリートビュー及び Photo Sphere (順次公開予定)で記録・発信するプロジェクト。普段見ることができない工事現場内の様子をご覧いただけます… <https://www.miraikioku.com/>

【陸前高田 清水 JV のホームページ】

陸前高田市震災復興事業の工事施工等に関する一体的業務… <http://www.rt-shimzjv.com>

JCMA

【筆者紹介】



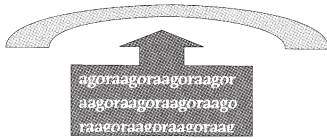
小野澤 龍介 (おのざわ りゅうすけ)
清水建設(株)
土木事業本部 土木技術本部 機械技術部
陸前高田市震災復興事業作業所
機電課長



加藤 秀樹 (かとう ひでき)
(株)エスシー・マシーナリ
土木事業統括本部
UR・RT プロジェクト室
陸前高田事業所
所長



北澤 剛 (きたざわ つよし)
古河産機システムズ(株)
生産本部 小山栃木工場
設計部 橋梁設計課
課長



橋梁模型づくりに挑戦した学生たち

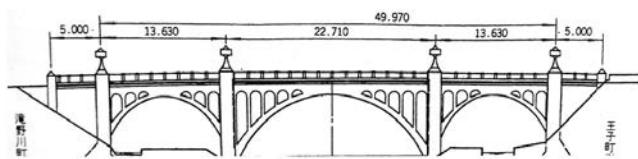
渡邊友尚

東京都北区王子にある音無橋の橋梁模型を制作した。この橋梁模型に挑戦したのは、専門学校で建築を学んでいる学生たちである。建築や土木の模型づくりに興味のある学生たちと試行錯誤しながら共に歩んだ、約1年間にわたる制作の記録と今後の展望について報告する。

キーワード：橋梁模型，挑戦，学生

1. 音無橋について

音無橋は、王子駅北口を出て東へ100mほどの場所にあり、飛鳥山公園と王子神社の中間に位置している。この橋は、本郷通りから陸軍造兵工廠へ向かう「東京府都市計画第二等大路第一種第五号路線」の一部として1930（昭和3）年12月竣工。翌年5月に開橋式が行われ、供用が始まった。設計は東京府土木部、施工は飛鳥組（現飛鳥建設）が担当した。全長49.970m、有効幅員18.128m、橋脚高さ12.9m。径間比率に黄金比を採用し、均整のとれた形態が特徴である（**図—1**）。近隣の王子神社の献灯をモチーフにした「橋灯」（街路灯）があり、王子神社に配慮していると言われている（**写真—1**）。また、欄干には、当時流行のアールデコ様式のデザインが散りばめられている（**写真—2**）。



音無橋は「左右対称」「径間長比が黄金比」

図—1 音無橋の側図面



写真—1 王子神社の献灯



写真—2 開橋当時の写真（左奥が飛鳥山公園）

る（**写真—1**）。また、欄干には、当時流行のアールデコ様式のデザインが散りばめられている（**写真—2**）。

2. 橋梁模型制作の経緯

音無橋の模型は、北区在住の岩倉重里氏が開橋80周年を機に始めたものの、途中で体調不良のため断念。NPO法人北区地域情報化推進協議会理事の富田好明氏から中央工学校に制作協力の申し出があり、建築模型同好会（現建築倶楽部）が制作に着手した。

模型は橋梁だけでなく、日本の都市公園100選（日



写真—3 展示されている模型

本緑地協会)に選ばれている音無親水公園の一部も併せて精密に制作した。

模型は現在、専門学校中央工学校(東京都北区王子本町1-26-17)100周年記念館RISE3階に展示されている(写真-3)。

3. 橋梁模型制作の詳細

建築の模型は今までに多く制作してきたが、橋梁模型は初めてであった。数寄屋建築や茅葺古民家、軸組構造模型など建築専門でやってきたが、土木分野である橋梁模型は経験がなく、正直私自身に戸惑いがあった。学生たちに橋梁模型制作の主旨を説明したところ、学校の近くにある有名な橋梁を、是非自分たちの手でつくってみたいという意見が多くあり、全員で挑戦することにした。経験がない分、学生たちには純粋な勇氣があると感じた一瞬であった。

制作は、建築模型同好会(現建築倶楽部)の顧問である私と、建築系の学科に在籍する13人の学生たちが放課後や休日に進めてきた。模型のサイズはW900×D900×H400(縮尺:1/100)である。調査研究から実測調査、橋梁と庭園の分担作業による制作、公開展示までの日程を以下にまとめる(表-1)。

表-1 橋梁模型「音無橋」制作日程

日時	内容	作業詳細
5~7月	調査研究	図面・写真等資料収集 実測調査実施
9~11月	橋梁制作	ボリウム(制作範囲)確認 使用材料・施工方法検討 分担作業による制作
12~2月	公園制作	外構材料の検討 庭石・石垣・植栽制作 欄干・道路制作
3月	展示公開	アクリルケースに入れる 100周年記念館に公開展示

(1) 調査研究

橋梁側面図や公園配置図をもとに検討している過程でいくつかの問題にぶつかった。橋梁部分は、側図面では理解できない納まりがあり、公園の外構は公園配置図だけでは把握が困難であった。自然石を使用した部分では、石の大きさや形状は実物を測らないと分からない部分が多かった。そのため、実測調査を現地で行う必要性を感じ、学生と共に音無橋と音無親水公園の実測調査を実施した。実施すると新たに多くの発見があり、実り多い調査となった。屋外での調査は3時間以上に及び、学生は手ごたえを感じ取ってくれた(写



写真-4 実測調査した学生



写真-5 音無親水公園の水路と石垣

真-4, 5)。

この実測調査を通して、構造物は実際に目で見て体を使って確認することが一番大切であり、そこでの体験が最も記憶に残るのだと実感した。

(2) 橋梁制作

図面や写真を確認しながら橋梁模型の制作に取りかかった。コンクリートアーチの構造部分は、岩倉重里氏が途中まで制作しており、以前の作者の意図をなる

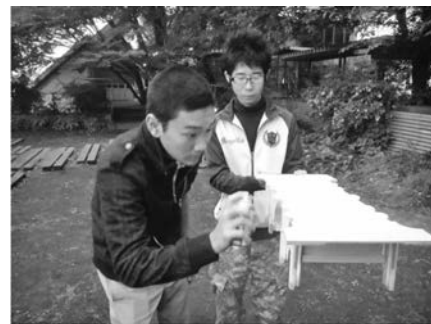


写真-6 橋梁に下地の白色スプレーをふく



写真-7 細かい部分は筆で仕上げる



写真—8 調査した資料をもとに共同制作



写真—11 植栽の作り方勉強会の様子



写真—9 橋梁全体の形態が見えてきた



写真—12 樹の作り方が上手になった

べく尊重し、使える部分は積極的に使用した。橋梁を先行することで全体の完成イメージを把握することができた。橋梁部分に白のサフ（下地）を塗ることで、仕上げの塗料の発色がよくなった（写真—6～9）。

(3) 公園制作

橋梁を引き立たせるために、音無親水公園の一部も制作した。石垣は、なるべく自然石を探して使用した。学校周辺の石を拾い、スケールに合った形状のものを必死に探した。石垣や高低差をつくるため、ニクロム線カッターを使用し、発泡スチロールを切断。そして石膏や紙粘土で形を整えた（写真—10）。

また、植栽の作り方の勉強会を事前に実施し、高木から低木までを人海戦術で作り上げた。つくり方は、銅線を束ねてハンダで溶着し、枝分けした後フラワーアレンジメント用テープを巻く。スプレーのりをふき、スポンジと3色の緑色パウダーで仕上げた。学生は楽



写真—13 石垣→植栽→水路の順で作業

しみながら作業に没頭していた（写真—11～13）。

路地の砂利は、木工ボンドを水に溶いて塗り、細かい砂を撒くことで表現できた（写真—14）。石畳や飛び石はプラスチックの板や木を塗装して使用した。また、ウェザリング塗装を行い、月日が経過し汚れたかのように見せ、苔の生えている様子まで忠実に再現した（写真—15）。

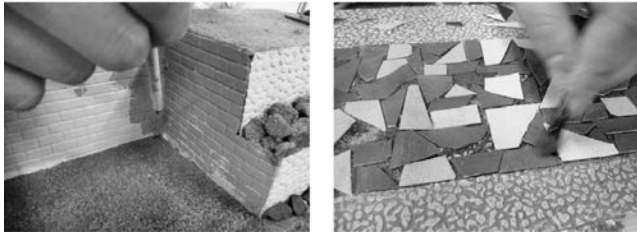
橋灯は、真鍮角棒を加工し、ランプ部は乳白色のプラ棒を使用している（写真—16）。橋梁上の道路は艶消し塗料を塗り、乾いてから黒い棒状のゴムを貼り付けて車のタイヤ痕をつけリアルさを追求。車線はマス



写真—10 ニクロム線カッターの使用



写真—14 目の細かい砂を撒いて砂利を表現



写真—15 ウェザリング塗装はドライ筆を使用



写真—16 橋灯は王子神社の献灯がモチーフ



写真—17 道路と歩道の舗装を再現

キングテープを貼ってから白と黄土色のアクリル塗装を行った（写真—17）。

水の流れを表現するためにレジンを使用した。レジンは熱を加えることによって、固体から液体に変化し流動性が増す。この作業は困難を極め、流す途中でレジンが固まってしまった。試行錯誤の末に、学生からのアイデアにより、ドライヤーで熱を加えながら流し込むと上手くいった。固まった後、ハンダ用のコテを使用して波紋をつくった。最初は上手にできず失敗の連続だったが、コツを得てきた頃、この作業は終了した（写真—18, 19）。



写真—18 溶かしたレジンを小川（水路）に流す



写真—19 低い視点から眺めると本物の水のように



写真—20 人型はニクロム線カッターで制作

ニクロム線カッターを用いて人型をつくり、公園内を散歩させてみた。学生は散歩中の犬等もつくり遊び心も忘れていなかった。人の大きさの対比（ヒューマンスケール）により臨場感が増した（写真—20）。

最後に模型の完成した全景を紹介する（写真—21）。



写真—21 完成した音無橋模型

4. 学生からの感想

橋梁模型の制作に挑戦してきた学生から次のような感想があった。「橋梁模型は自然の地形を最大限に利用していることが理解できた。実物を見ながら忠実に表現するのに最も苦勞した。100均で買った商品がアイデア次第で模型材料になっていくのが楽しかった」（男子学生）、「土木建設や橋梁について模型をつくりながら学べたので良かった。みんなで力を合わせてつ

くったのだと思うとすごく嬉しかった。精神的に辛い時もありましたが、とても楽しかった」(女子学生)という前向きな感想を得ることができた。また、設計製図の授業の課題で制作した建築模型の外構(門や塀、庭など)も格段に出来栄が向上してきたことに驚かされた。特に素材の使い方や表現技法は目に見えて上達し、学生は自分の模型技術向上に大変満足しており、今後の更なる発展に期待したい。

5. 今後の発展

今回の橋梁模型の制作を通して、ものづくりの楽しさは、達成感を共有し合うことで生まれるものだと強く感じさせられた。橋梁模型を完成させることで「ものづくり」の楽しさを分かち合い、作業に熱中させられたことが指導上の収穫だと感じている。

学生たちと共同制作していく中で、学んだことがいくつもある。ある程度の人数で作業させるには、事前の段取りや統率力が必要になるということである。模型制作を指導する立場から作業にあたらせる上での心得を、私なりに挙げると次のようになる。

- ①共同作業では、達成感を持たせる工夫をする。
- ②作業分担し、責任をもって最後までやらせる。
- ③和やかな雰囲気をつくり、作業は没頭させる。
- ④後日の作業をイメージし、段取りをしておく。
- ⑤怪我をさせないように、安全指導を徹底する。

6. おわりに

私自身、指導していくために橋梁について文献資料を調べることで、橋梁構造物の構造美について考えさせられることが多くあり大変勉強になった。

音無橋は「開腹型コンクリートアーチ構造」という分類であり、詳しく調べていくうちに橋梁技術の素晴らしさや構造的な力強さとアーチの美に魅力を感じさせられた。連続性や対称性、高欄や橋灯などの付帯設備にも興味を持ち、橋梁を見る自分の目も変わった。

卒業となる先輩から後輩に技術を伝承させ、更にレベルの高い模型の共同制作(ものづくり)に挑戦したいと思っている。

J C M A

【筆者紹介】

渡邊 友尚(わたなべ ともなお)
専門学校中央工学校 木造建築科 教員
建築倶楽部顧問



ずいそう



美しい自然と溪流魚たちに感謝

大 作 孝 宏



私は千葉県松戸市で生まれ育ちました。近くには江戸川が流れ、演歌で有名となった矢切の渡し、対岸には寅さんと有名な柴又帝釈天があり、都心に隣接した長閑な土地で育ちました。小学生の頃は、自転車を走らせ江戸川へ注ぐ水路でタナゴやフナ等を釣って遊び楽しかったことを今でも思い出します。

小学生から中学生、高校生になると移動手段が自転車から電車移動へと変わり活動範囲も広範囲になり、また釣りの方法も餌釣からルアーフィッシングへと変わってきました。ルアーとは、小魚や、ミミズのような形をした疑似餌で、そのルアーを本物の様に竿で操り魚を釣るのです。このルアーフィッシングにのめり込む様になり、お小遣いを貯めてロッドやリール、ルアーも様々な種類の物を集め、非常に楽しく釣りをしていたことが本当に懐かしく思います。

社会人になり、まだまだ半人前の頃に結婚をし、日々の生活と、慣れない仕事に追われ、いつの頃からか大好きだった釣りから遠ざかり大切に使っていた釣道具は、部屋の片隅に置かれたままでした。仕事にも慣れ、いつまでも若手と思っていましたが、気付けば中堅世代となっておりあつという間に十数年が経ってしまいました。

そして、2009年に入社後は考えもしなかった海外赴任を突然命じられ、赴任先は当時急成長をしていた中華人民共和国で一年間の赴任となりました。言葉や文化の違い、そして日本とは生活環境が変わったストレスなのでしょうか、たった2ヶ月で体重が8kg落ち、帰国時には15kgも体重が落ちておりました。海外赴任時に一時帰国をした時に、久々に釣りをしたのが溪流釣りでした。一緒に海外赴任をした先輩も釣り好きな人で、一時帰国時のリフレッシュに溪流釣りに誘わ

れたのがきっかけでした。久々の帰国、自宅で日本食を堪能し、翌日は先輩と一緒に奥只見湖へ向かいました。新潟と福島の間境に位置しており、山深く自然豊かな場所で、時期は夏でしたが涼しく美しい湖と溪流でした。都会の雑踏から離れ、澄み渡る青々した空と緑色の広葉樹が鮮やかで、流れる溪流は透明度が高く冷たい流れでした。ロッドにリールを取付け、ラインを通し、ルアーを結び付け、狙った場所へキャスト。透明度の高い溪流はルアーの泳ぐ姿もはっきりと見え、時折そのルアーを追いかけてくる溪流魚が癒してくれました。釣れても釣れなくても、自然の中で涼しい風とマイナスイオンを浴び、奥深い景色を見るだけで十分でしたが、溪流釣り初心者の私たちは思いもよらぬ釣果に恵まれました。

一泊二日の溪流釣りを終え、名残惜しむように奥只見を後にし、再び上海へ戻りました。日本の大自然とは対照的な上海での生活にもいつのまにか慣れていましたが、気付けばあつという間の一年間。そして日本に戻る事が決まり、代理店での最後の仕事を終え、夜は多くの従業員と酒を交わし一年間の思い出話に花を



梅雨時期に出会った32cmのヤマメ（雌）

咲かせました。もちろん通訳を通して。

海外での仕事は大変に貴重な経験となり、海外の方との交流を図ることができたのは私にとって大きな財産となりました。

日本へ帰国し、新たな部署への赴任日まで少し時間があつたため、先輩と一緒にまだ記憶に新しいあの大自然へ向かい溪流ルアーを楽しみました。前回訪れた時とは違う感覚で釣りを楽しむことができ、小さい頃の無心で楽しんでた感覚を思い出しました。

透明度が高い溪流を泳ぐルアーに、岩陰から突然飛び出してくる岩魚、川の流心から現れるヤマメを釣り、心の奥に眠っていた“釣り魂”に火がつき、溪流ルアーフィッシングにのめり込むことになりました。溪流釣りは、地域によって異なりますが禁漁期間が設けられ、3月～9月までの期間しか釣りが出来ません。禁漁期間中には釣り道具を品定め。昔とは状況も変わり、少々お小遣いにも余裕ができ、拘るときりがないのですが、

趣味の物に妥協は無く道具を買い揃え溪流釣りシーズンを迎えるのが毎年楽しみとなっております。溪流魚は主に岩魚やヤマメを釣っているのですが、特にこのヤマメは警戒心が強く、非常に美しい魚体の溪流魚なのです。体の側面に上下に長い斑紋模様があり、“溪流魚の女王”とも呼ばれております。この綺麗なヤマメに出会えた時は感動し、何時までもその魚体に見惚れてしまいます。特に9月頃の魚体は、産卵前の婚姻色になり何とも言えない美しい色合いになります。このような大自然の恵みに感謝をし、いつまでもこの自然を大切にしないでほしいと思います。そしていつも快く私を送り出してくれる家族に感謝感謝です。

是非、皆様も機会があれば溪流釣りを経験してみたいかと思いますが、きっと溪流魚の美しさの虜になると思います。

——おおさく たかひろ 日立建機日本(株)
広域営業統括部 建設グループ 営業主任——

ざいそう



夢の丸太小屋に暮らす

中野 至



自然に囲まれた丸太小屋のウッドデッキで、手作りのテーブルの上に1冊の本を置いて椅子に座り何もせず、しかも罪悪感を覚えずに一日を過ごす。これを人生での究極の目標にしたい。結婚し子供が出来、仕事も充実し始めた頃に、この思いが膨らみ始めた。私の生まれは北海道、父の仕事のため、4歳の時に大分の佐伯へ、小2で熊本の八代、小5で再度北海道、中3で福岡の門司、高1の2学期から東京に転校となった。地方都市に住み、北海道では自然豊かな所で放課後は毎日がアウトドアであった。この時期に「自然への思い」がDNAに植え付けられ、大人になってから、仕事のプレッシャーがこのDNAを目覚めさせたのであろう。

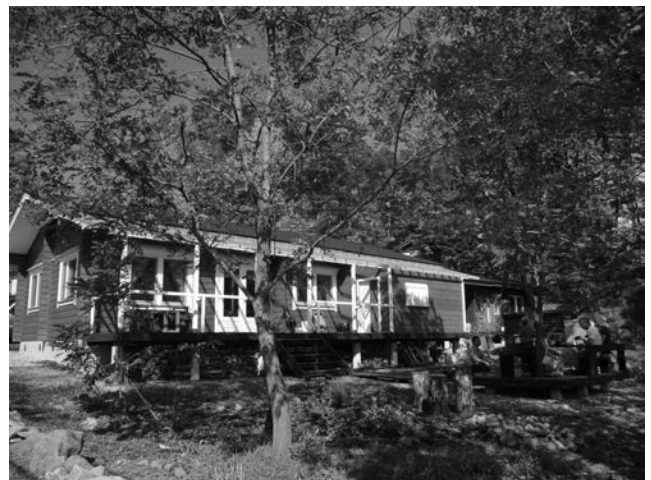
目標の環境を手に入れるためには4つの事を実施する必要がある。1つ目は、丸太小屋を建てるための情報を手に入れること、2つ目は、好みに合ったテーブルと椅子を製作するノウハウを蓄積すること、3つ目は、何もしなくても罪悪感を覚えない精神構造を作ること、4つ目は、実行する場所を手に入れること。

丸太小屋に暮らすと言うことは、自然と一体となる感性を持つことであろう。そのため最初に、アウトドア関連の書籍を読み漁った。1981年7月創刊の「ビーバル」などを定期購読し、自然と親しむ様々な情報を手に入れた。キャンプ、カヌー、セーリング、アウトドアグッズ等。情報を基に、子供の頃や、青春時代の登山、スキー、ユースホテル利用の旅を思い出し、仕事の合間を縫い、アウトドアを実践した。キャンプ道具を揃え全国のキャンプ場84ヶ所を家族4人でオートキャンプしつくした。カヌーのキットを組み上げて、釧路川、那珂川、気田川、四万十川の川下りをした。32ftのヨットで海に乗り出した。その上で、目的に関する書籍、「ウッディライフ」「夢の丸太小屋に暮らす」「田舎暮らしの本」「手作り木工辞典」で丸太小屋(ログハウス)の情報を蓄積し、電動工具、手工具を買い込み、テーブル、椅子、カウチ、食器棚を手作りした。この様にして、夢の実現の1つ目と2つ目はクリアした。

そして55歳の時、会社を早期退職し、フルタイムの仕事から解放され、仕事としていた「品質管理」のノウハウを100頁の論文としてまとめた。論文で仕事

を集大成したことにより、サラリーマン気質の縛りから解放され、仕事や何かしなければと言う義務感が薄らいだ。ところで、中野家は中津藩の中級武士で、曹洞宗の「天寧寺」が菩提寺である。そこを訪れ墓参りした。北陸旅行で永平寺を訪れた事と併せ、禅宗に興味を持ち、禅の本を読み、自己流であるが座禅を毎晩組むようになった。精神構造を変化させることが出来、3つ目もクリア出来た。

最後に、場所探しである。木工のノウハウを生かし、車(パジェロ)に寝床と台所を取り付けてキャンピングカーに改造し、「道の駅」に泊り、8年掛けて夫婦で全国を走り廻った。その結果、ログハウスを建てる場所を甲州と信州に絞り込んだ。「マップル」と言う道路地図がある。そこの八ヶ岳南麓のページのコメントに「庶民的な別荘地」とある。自分の懐具合を勘案するとピッタリである。1年掛けてこの地を何度も訪れ、土地を見て回った。この時期には、ログハウスを建てるなら、丸太剥きだしの丸太ログと言うより、より実用的なマシンカットの角ログと思い、フィンランドのログハウスメーカー「ホンカ」と思い定めていた。土地がなかなか見つからなかった時に、「ホンカ」建設の工務店と偶然出会った。そこでログ建設の話をしていて時に、「土地は決まっているの?」と問われ「まだ」…。「中野さんの感覚に合いそうな物件がありますよ」と言われ、連れていかれた物件を気に入り、購入を決めた。4つ目もクリア出来た。



ログハウスは2012年の秋から基礎工事が始まり、2013年4月から建て始め、7月に完成した。それから1カ月の内、現住所相模原での仕事の無い3週間は、標高1,120mの八ヶ岳南麓に夫婦で過ごしている。

思い返してみると、自然の中の丸太小屋に暮らしたいと言う夢を持ってから33年、準備期間を十分に掛けたからこそ、目標の環境を手に入れることが出来たのであろう。

しかし、八ヶ岳での暮らしは、当初の思いとは多少違って来た。一日何もせずに過ごすと言うわけには中々行かない。「晴耕雨読」で、晴れの日には体を動かすことになる。一日の基本は、夫婦での1時間の自然の中の朝散歩に始まり、私は木工や大工仕事をする。家内は家事と庭作り。午後は気が向けばもう一仕事。寝る前にストレッチと座禅。ワンデーワンジョブとして、「根を詰めない」を心がけている。

ログハウスは、基礎と建屋の建設と水回りなどの設備の設置は工務店にやってもらったが、内装はほとんど無く、大工さんから、「収納はどうするのですか？」と心配された。その時は、「予算の関係で…、これから自分で作ります」と言い訳をしておいた。「ホンカ」ログは、建屋の部材はフィンランドの工場で作られて、コンテナに詰められて、スエズ運河、マラッカ海峡を通り3カ月かけて横浜港に着く。そのために歩留まりを考えて1割程度多く積んである。ログも10mの1本がXログと称し余分にあり、予定のログに問題が生じたら使われる。今回は順調に建設出来たので、Xログと壁材、天井材、床材が大分余った。この余材を内装と家具作りに存分に使った。10mのXログを3等分してリビングのスピーカー台兼長椅子とした。そして、ウッドデッキの一部に木工室を作り、今まで揃えた電動工具と手工具を相模原から持って来て設置した。

1年半で、リビングテーブル、洗面所の棚、キッチンテーブル、主寝室のクローゼット、玄関ベンチ、台所調味料用棚、ベッド2台、枕テーブル、下駄箱、ダイニングカウンターテーブル、ウッドデッキテーブルと椅子、等々を自作した。また、玄関横の10畳程度のスペースを、ログ壁材を作って玄関と仕切り、1部屋として客室兼、多機能室にした。多機能室の壁に棚階段を作り、ログ材2本で梁を渡し、中二階（ロフト）を作りあげた。これでほぼ、収納等の内装が完成した。

庭には南アルプスを一望できる第二ウッドデッキを自作し、母屋との間に渡り廊下を設置した。その横に、ピザ窯、スモーカーを製作した。ピザ窯は耐火煉瓦を



2室に積み上げ、下室で火を焚き、上室でピザを焼く様にした。スモーク室はログ壁材で作った。ピザもスモークも10年前から相模原で始めており、試行錯誤の結果を八ヶ岳の設備に織り込んだ。ピザは友人が我がログに遊びに来たら供している。スモークは、ハムやベーコンは温薫で、スモークサーモンは冷薫で8時間スモークして美味しく変身させ、毎日の料理の素材にしたり、そのまま酒のつまみにしたりして食している。

標高1,120mでは夏は冷房要らずだが、冬は氷点下15℃まで下がる。24坪のログの暖房は薪ストーブである。このストーブだけで10月から4月までの冬場を暖かく過ごす事ができる。薪は業者が定期的に各戸を巡回し使った分だけラックに補充する仕組みになっている。また、ログを建てた時に伐採した木はチェーンソーで玉切りにし、斧で割り、ウッドデッキの下に積み上げ1年乾燥させて使った。来シーズンからの分は、八ヶ岳の友人を通じ丸太を調達し、現在も2カ月分の薪が積んである。

家内の趣味は「押花」と「マンドリン」である。八ヶ岳に来て、押花の素材を集めやすくなった、音を気にせず練習が出来ると満足している。家内は2週間程度、相模原へ電車を使い一人で帰る。押花教室の参加と、仲間と福祉施設でマンドリンを演奏するためである。一人で相模原へ帰る時は、料理のレシピを書いておいてくれる。私はレシピを基に料理し、差し引き1週間の八ヶ岳での独身生活を楽しむ。

この7月で丸2年八ヶ岳のログで過ごしたことになる。2年間は当初の思いより働き過ぎたように思うので、これからは何もしない日を増やし、夫婦2人、自然の中、のんびり過ごすつもりである。

JCMA 報告

平成 27 年度 日本建設機械施工大賞 受賞業績 (その 2)



災害廃棄物処理における「造粒再生砕石製造技術」の開発と実用化

清水建設(株), 恵和興業(株)

I. 業績の概要

東日本大震災における地震と津波により発生した膨大な量の災害廃棄物や津波堆積物は、被災地の復旧・復興のために早期の除去が求められていた。これらは、地域の復旧・復興に対して大きな阻害要因となっていた。また、被災自治体では、最終処分場の容量が逼迫し、大量の災害廃棄物を受け入れられる状況ではなかった。

その解決方法として、従来は埋め立て処分対象とされていた大量の焼却主灰、洗浄残渣、ガラス・カワラ・陶器片・石等の不燃物を造粒骨材として再資源化し、コンクリート塊を破碎した再生砕石と混合して、新たな造粒再生砕石を製造する技術を初めて開発・実用化した。そして、本技術を、宮城県より委託された災害廃棄物処理業務気仙沼ブロック（南三陸処理区）に適用し有効性を確認した。

灰を含む多原料を組み合わせた造粒は初めての技術であり、多くの要素実験を通して配合の選定・ミキサーの選定・攪拌方法の開発を行った。そして、製造された造粒再生砕石は、宮城県の公共工事資材の品質基準と、岩手県の復興資材の品質基準を満足するとともに、環境省土壌汚染対策法にもとづく特定有害物質の溶出量検査・含有量検査においても基準を満足する高品質なものであり、道路の路盤材等へ広く活用されている。

II. 業績の詳細な技術的説明

1. 造粒の概念

「造粒」は、粉体や粉体を溶かした溶液を原料として、「粒をつくる」技術である。「造粒」の目的は、製品粉体の取扱性や機能性を改善し、付加価値を向上させることにあり、転動、攪拌などの作用で運動している湿潤粉体の凝集現象を利用して、顆粒、ペレット状の造粒物に成長させるものである。

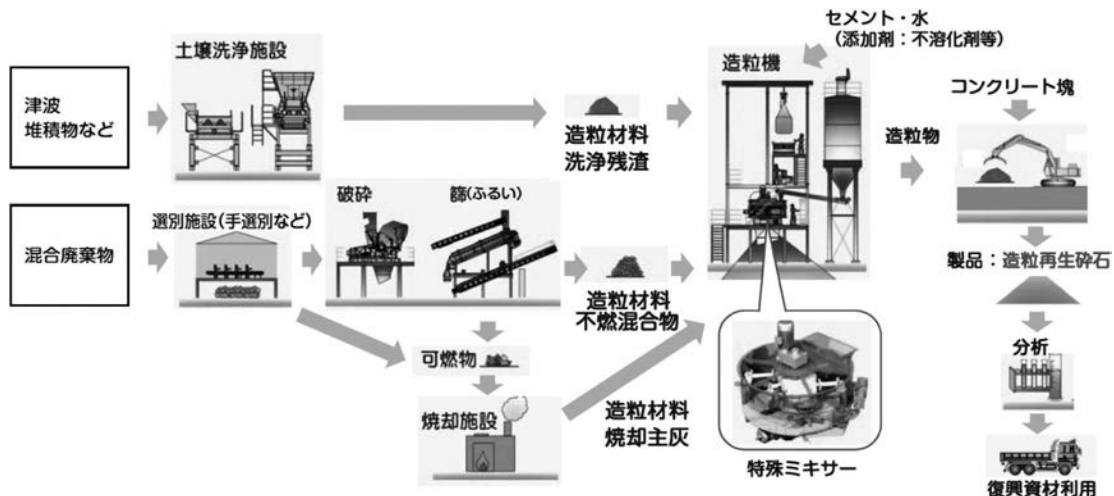
2. 造粒再生砕石製造手順

選別施設により選別されたガラス・カワラ・石等の不燃物は、造粒前処理施設に運ばれ、破碎機で粉碎し風力選別、比重差選別、伸縮スクリーン等により不純物をより高い精度で除去し、粒径 6 mm 以下の造粒原料とする。この原料に、焼却施設で発生した焼却主灰、土壌洗浄設備で発生した残渣、セメント、不溶化剤を混合し造粒物を製造する。さらに造粒物と RC 砕石を混合し復興資材（造粒砕石）として製造する。図一 1 に造粒再生砕石製造フローを示す。

(1) 造粒前処理

1) 不燃物破碎処理

選別施設により選別されたガラス・カワラ・石等の不燃物は、破碎機を数回通過させ 6 mm 以下の粒子になるまで粉碎される。原料製造ラインには、振動篩、風力選別機、



図一 1 造粒再生砕石製造フロー

比重差選別機,伸縮式フルイ(ゴム篩)等各種機械設備(写真-1~5)を配置し徹底的に不純物を取り除き高品質な原料製造を行った。出来上がった不燃物原料を写真-6に示す。



写真-1 振動篩 (40mm フルイ分け)



写真-2 破碎機



写真-3 風力選別機



写真-4 比重差選別機



写真-5 伸縮式フルイ (ゴム篩)



写真-6 不燃物原料 (6mm 以下)

2) 焼却主灰破碎処理

焼却施設で発生する焼却主灰は、粒径、鉛含有量別にフレコン詰めされる。焼却主灰破碎・選別施設にて、10mm以下に粉碎され、金属類等異物も除去される。その際に、鉛含有量にしたがい調整配合される。写真-7~9に、破碎状況その他の写真を示す。

3) 不燃物・主灰混合処理

鉛含有量の調整された焼却主灰は、破碎・粉碎処理された不燃物と不溶化剤を添加して強制混合され造粒原料ができる。固化処理で混合される洗浄残渣の鉛含有量を考慮し、



写真-7 焼却主灰



写真-8 焼却主灰破碎状況



写真-9 振動篩 (10mm フルイ分け)



写真一10 焼却灰混合施設



写真一13 造粒前処理施設全景



写真一11 混合機二軸式



写真一14 造粒固化処理施設全景



写真一12 混合原料排出



写真一15 造粒機特殊ミキサー

それぞれの配合比を調整する。写真一10～12に、混合機、混合作業の写真を示す。

(2) 造粒固化処理

洗浄残渣と、不燃物と焼却主灰からなる造粒原料は、それぞれ別ラインで造粒固化処理装置に送られる。造粒固化処理装置は、計量器と特殊ミキサーで構成されている。造粒原料、セメント、水、不溶化剤を適切なタイミングで投入・高速攪拌・回転数制御を行うことで造粒骨材が製造される。原材料の配合は、それぞれの排出量及び鉛含有量に合わせて適宜変更し、造粒物として定めた品質管理基準を満たすよう調整する。今回採用した造粒機は、スイング式ブレードで材料を圧縮・掻き上げ動作を繰り返す、材料と添加剤を完全に練り込み高速回転により材料を攪拌、均一に混練し造粒する機種である。造粒前処理施設および造粒固化処理施設全景写真を写真一13、14に、造粒機を写真一15に示す。

(3) 造粒骨材品質管理

各処理過程で発生する原料については現場に設けた室内試験室で迅速に有害物を分析した。できあがった造粒骨材(写真一16)は、定期的に外部機関で有害物質溶出量・含有量、放射能濃度、土質試験を行い、品質に問題がないことを確認してから造粒再生砕石製造に使用される(写真一17)。

2-1 造粒再生砕石製造

災害廃棄物を用いた造粒再生砕石は、洗浄残渣、焼却主灰、不燃混合物からなる造粒骨材と、40 mm以下に破碎



写真一16 造粒骨材排出



写真—17 現場内試験室品質管理状況



写真—19 造粒再生碎石



写真—18 造粒骨材

されたコンクリート塊（主に建築物解体で発生したもの）とを、重機を使用して容積比1対1の割合で混合・粒度調整を行い製造する。造粒骨材と製造された造粒再生碎石をそれぞれ写真—18, 19に示す。

2-2 品質管理

造粒再生碎石は、日々の品質管理に基づき各種試験を実

施している。造粒再生碎石の品質規格は、宮城県の公共工事資材と、岩手県の復興資材に関する基準をクリアするとともに、環境省土壌汚染対策法に基づく特定有害物質の溶出量検査、含有量検査においても基準を満足している。また、放射性物質の量は1kgあたり100ベクレル以下の安全な製品であることを確認している。

(1) 材料試験規格値

「宮城県共通仕様書（土木工事編Ⅰ）」における下層路盤、および、「岩手県復興資材活用マニュアル」における再生碎石（RC-40, RB-40相当）の品質管理項目および品質管理基準を表—1に示す。

(2) 有害物質規制値

土壌汚染対策法に基づく有害物質規制値は以下のとおりである。

表—1 品質管理基準

分類	項目	管理基準	頻度	根拠	
有害物質	土壌汚染対策法26項目溶出量	土壤環境基準	1回/900m ³	「東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生資材の活用について（平成24年5月25日環境省通知）」の運用に関する県の考え方について（宮城県）	
	土壌汚染対策法9項目含有量				
	放射性物質濃度	100 Bq/kg 以下			
	ダイオキシン類溶出量	環境基準			
	ダイオキシン類含有量				
土質試験	粒度	ふるい目	通過質量百分率(%)	1回/月	迅速な復旧・復興に資する再生資材の宅地造成盛土への活用に向けた基本的考え方（国土交通省）
		53	100		
		37.5	95～100		
		31.5	—		
		26.5	—		
		19	50～80		
		13.2	—		
		4.75	15～40		
		2.36	5～25		
		0.425	—		
	0.075	—			
	すりへり減量(%)	40以下			
	塑性指数(I _p)	6以下			
95%修正CBR(%)	40以上				
強熱減量	—				

- ・有害物質溶出量
 評価基準：土壤汚染対策法 特定有害物質 26 項目
 管理基準：土壤環境基準
 分析方法：環境省告示第 18 号による
- ・有害物質含有量
 評価基準：土壤汚染対策法 第二種特定有害物質 9 項目
 管理基準：土壤環境基準
 分析方法：環境省告示第 19 号による
- (3) 放射性物質規制値
 「東日本大震災からの復旧復興のための公共工事における災害廃棄物由来の再生材の活用について（通知）」における放射性物質濃度の評価基準は表-2 のとおりである。
- ・放射性物質濃度
 評価基準：放射性セシウム（Cs134 + Cs137）クリアランスレベル
 測定方法：ゲルマニウム半導体検出器による測定

3. 技術課題と解決方法

開発にあたり、事前に想定される課題を設定し、実スケールの要素実験を行い課題を解決した。

3-1 特殊ミキサーの選定

(1) 課題：造粒物品質の安定性確保

セメントおよび多品種材料による造粒のためにミキサーに求められる要件には、細かい解砕性能、均一な練り込み性能、造粒および整粒性能がある。これらの性能を確認するために、申請者らは、攪拌型ミキサーとしてチョッパー型とローター型の 2 種類を用いて造粒試験を実施した。要素実験においては、それぞれの原料の配合や水分量、特殊ミキサーの回転数・攪拌時間を制御することでミキサーの性能を検証した。本技術においては、安定した性能を示したローター型ミキサー（図-2）を採用した。写真-20 に解砕・混練状況、写真-21 に造粒・整粒状況を示す。

(2) 課題：ミキサー部品の耐摩耗対策

各部品の摩耗は回転数が高くなるにつれて急激に摩耗量が増えることが想定された。摩耗対策として、ブレードにタングステンカーバイトをコーティングし耐久性を向上させた。

(3) 課題：計量誤差による品質安定性確保

一般的に計量はミキサー上部に設置された計量器により

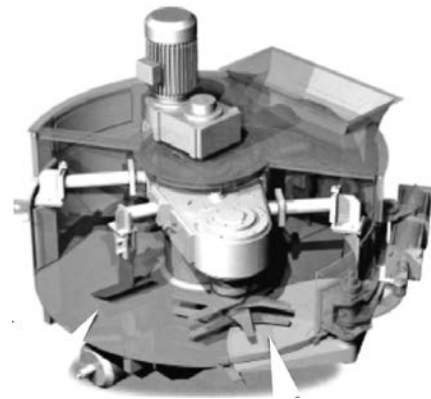


図-2 造粒機特殊ミキサー



写真-20 解砕・混練状況



写真-21 造粒・整粒状況

材料がバッチ計量されるが、材料の計量器への付着により計量誤差が生じる。これらの誤差は造粒の品質に大きく影響することが判明したために、精度よく計量・投入する方法が求められた。申請者らは、ミキサー下部にロードセルを取り付け、各々の材料投入ごとの重量を正確に計量する累計計量方式を採用した。

表-2 放射性物質濃度の評価基準

100 Bq/kg (クリアランスレベル) 以下	利用制限なく使用できることとする。
100 Bq/kg超 3,000 Bq/kg 以下	利用者や周辺居住者の被ばく線量が 0.01 mSv/年 (10 μSv/年) 以下となるよう覆土等により使用環境を整えることとする。
3,000 Bq/kg超 8,000 Bq/kg 以下	管理型最終処分場で処分することとする。
8,000 Bq/kg 超	指定廃棄物として国が処理・処分することとする。

(環境省 環廃対発第 120525001 号, 環廃産発第 120525001 号)

表—3 造粒物製造配合例

不燃分6mm以下		配合量	配合比率
含有量最大値	0 mg/kg	380	35.0%
洗浄残渣		配合量	配合比率
含有量最大値	300 mg/kg	300	27.6%
セメント		配合量	配合比率
含有量最大値	0 mg/kg	135	12.4%
焼却灰		配合量	配合比率
含有量管理基準	300 mg/kg	220	20.3%
水		配合量	配合比率
含有量最大値	0 mg/kg	10	0.9%
不溶化剤		配合量	配合比率
	0 mg/kg	40	3.7%
		1085	100.0%

造粒物	鉛含有量	144 mg/kg
-----	------	-----------

土壤環境基準値：150mg/kg以下

RC40以下と混合し『造粒碎石』製品化

造粒碎石

3-2 最適配合の選定

(1) 課題：造粒物の鉛含有率の適正化

焼却主灰および洗浄残渣には鉛が含まれている。配合の選定においては、造粒物製造後の鉛含有量が土壤環境基準値である 150 mg/kg 以下となるように、多くの配合試験を実施した。そして、洗浄残渣と焼却主灰各々の鉛含有量の組み合わせによる配合例（表—3）を設定した。

(2) 課題：造粒物の性状適正化

前項（1）で選定した配合例（案）において製造した造粒物の性状は、粒の大きさ、硬さ、含水量が一定基準を満たす必要がある。これは原料配合と水分量、および、ミキシング制御に左右される。試験練りから選定された運転設定例を表—4 に示す。

Ⅲ. 技術的効果

本技術は、災害廃棄物処理業務気仙沼ブロック（南三陸処理区）に適合しその効果を確認した。

(1) 効果：最終処分場搬入量の大幅な低減

本技術により、南三陸処理区では最終処分場搬入量を従来技術と比較すると 159 千 ton から 16 千 ton に大幅に低減できた。その結果、搬入量は 90% 削減でき、最終処分場の負荷を大幅に低減した。

(2) 効果：高品質なリサイクル資材の製造

造粒再生碎石の品質は、宮城県の公共工事資材の品質基準と、岩手県の復興資材の品質基準を満足するとともに、



写真—22 造粒再生碎石搬入状況



写真—23 駐車場路盤整備状況

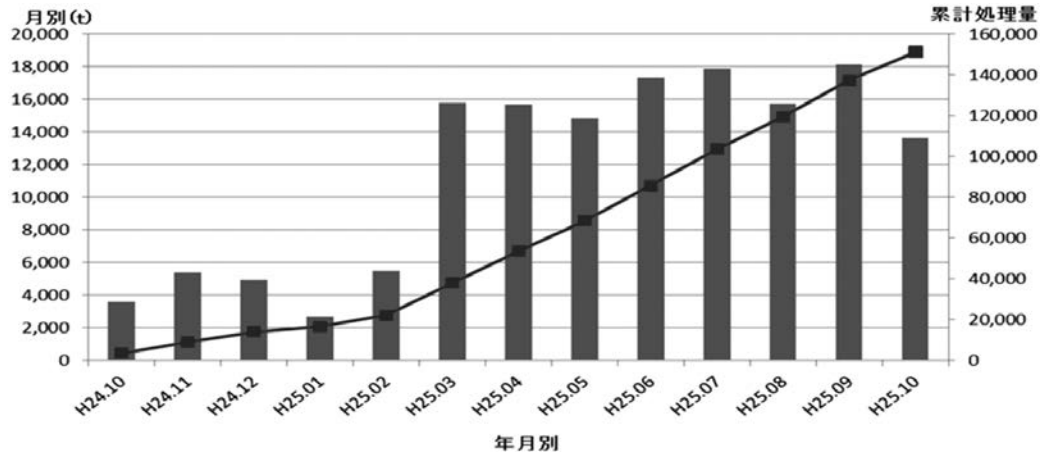
表—4 特殊ミキサー運転設定例

工 程		時 間	投 入 量
原料投入 解砕混合	① 洗浄残渣投入	20 秒	540 kg
	② 解砕	10 秒	—
	③ 不燃物（投入）	10 秒	360 kg
	④ 解砕	20 秒	—
固化材・不溶化剤 添加混合	⑤ 硫酸鉄添加	10 秒	10 kg（添加率：1.1%）
	⑥ マグネシウム添加	10 秒	25 kg（添加率：2.8%）
	⑦ セメント添加	15 秒	135 kg（添加率：15%）
	⑧ 混合	10 秒	—
	⑨ 水（ポリ鉄）添加	05 秒	10 kg（添加率：2.5%）
	⑩ 混練	30 秒	—
造粒物製造	⑪ 造粒	40 秒	—
	⑫ 排出	60 秒	—

合計サイクルタイム：240 秒

15 バッチ / 時間

表-5 造粒再生砕石製造量推移グラフ



環境省土壌汚染対策法にもとづく特定有害物質の溶出量検査・含有量検査においても基準を満足している。製造された造粒再生砕石は、南三陸町の復興事業において駐車場や工事用道路の路盤材として活用されている。写真-22, 23 に造粒再生砕石の活用状況を示す。

(3) 効果：高い製造能力

造粒再生砕石の最終製造量累計は、15.1 万 ton に達した。そのうち造粒骨材製造量は 61.3 千 ton を数える。表-5 に造粒再生砕石製造量推移グラフを示す。

災害廃棄物処理が順調に稼働を始めて造粒に必要な原料が貯蔵できてからは、造粒骨材製造は二交代制で取り組んだ。過去に例のない製造量であったが、造粒前処理および固化処理工程を含め、大きな機械設備のトラブル、および製品品質に関わるトラブルは発生せず、安定した製造能力を発揮した。

IV. 施工実績 (1 件)

業務名：災害廃棄物処理業務気仙沼ブロック (南三陸処理区)

委託者：宮城県

受託者：清水・フジタ・鴻池・東亜・青木あすなろ・
錢高・浅野特定業務共同企業体

業務場所：宮城県本吉郡南三陸町

工期：平成 24 年 3 月 6 日～平成 26 年 3 月 25 日

V. 波及効果

本技術は災害廃棄物処理において、最終処分場不足や建設資材不足の解消に大きく貢献できるものである。ここで開発・実用化された技術は、建設廃棄物を含め、今後の処理業務においても展開可能である。またリサイクルされた高品質な資材は、町の復興事業において積極的に活用されている。

大友 信悦

清水建設(株)

勅使河原 和則

恵和興業(株)

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。

PC 床版架設機による PC 床版架設

(株)野田自動車工業所 (野田クレーン)

業績の概要

現橋の早川橋は、一般県道栗倉飯富線が一級河川である早川を渡河する3径間単純ワーレントラス桁橋であり昭和9年に架設された。80年が経過、老朽化し架替えを必要としていた。発注者は山梨県。当社はPC床版の施工等を担当した。

発注者：山梨県 峡南建設事務所

工事名：(一) 栗倉飯富線早川橋床版工事

受注者：近藤工業(株)

施工場所：山梨県南巨摩郡身延町栗倉

架設位置一帯は河川の狭窄部で且つ河床変動が激しい場所であることから河川内に橋脚を設けない単径間のバスケットハンドル型ニールセンローゼ橋(橋長143.6m、支間長141.0m、幅員8.2m)となった。早期供用を目指す上で床版は工場生産が可能なプレキャストPC床版施工が最適であるが、橋梁上部が塞がった形となるニールセンローゼとの相性は上空からの架設が必要なPC床版工法は相反する施工方法であった。

今回採用した「PC床版架設機」(特許登録済、写真一1



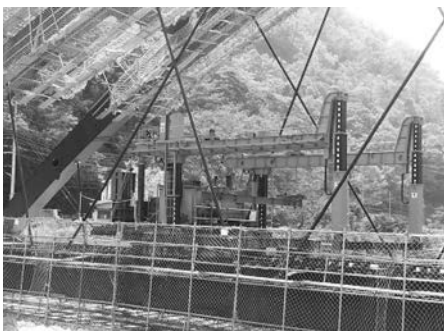
写真一3 施工中のPC床版架設機③



写真一4 施工中のPC床版架設機④



写真一1 施工中のPC床版架設機①



写真一2 施工中のPC床版架設機②

～4)は橋台部からの施工のみでPC床版を架設することができ、尚且つ上空障害物にも対応できることから、出水期中も施工可能。

時期によっては大幅な工期短縮、仮設資材設備の軽減、河床や道路規制などの地元住民の負担軽減など多くのメリットが考えられることから今回の採用に至った。

「PC床版架設機」は門型形態のジャッキ式吊り上げ装置と軌道装置動力車との組合せの複合型機械で、桁上に敷設した軌道を橋台と架設地点を往復して一度に1～2枚ずつ架設していく。

PC床版はクレーン車によって運搬台車に載せられそのまま平行移動して架設機により架設するので桁上で床版を回転させたりしないので、下路トラスなどの橋にも対応できる。そのため第二東名や名神などの高速道路や山間部など大型重機が入れない場所や上空障害がある場所で多くの実績がある。当機は今回も安定した実力で無難に床版架設を終わらせた。

架設翌日からすぐに鉄筋工や地覆型砕工に入れ、工期が

短くできるプレキャスト PC 床版は架設が終わる頃にはすぐ手前まで鉄筋型枠ができており、このあと床版と桁自体の高さ調整をして間詰め部や地覆等にコンクリートを打設して完成となる。

業務内容

1. 業績の説明

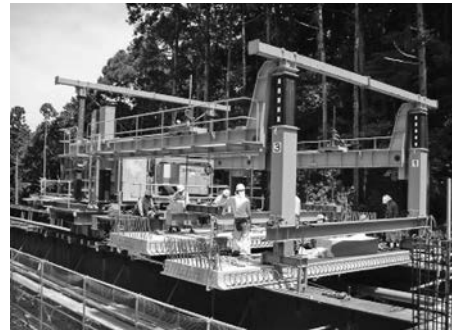
PC 床版架設機（特許登録済）を利用することにより河川内に重機等を搬入する必要がなくなり出水期の施工も可能となり PC 床版と相まって早期供用が可能となった（写真—5，図—1）。

2. 業績の効果

通常の床版施工では、渇水期を待って河川内に搬入路を設け作業するのに対してインターバルを置かず施工でき、工場製品の PC 床版を利用する本工事は約 10 ヶ月の早期供用開始が可能となった（写真—6）。河川内を何度も触ることなく、足場もそのまま供用できるためコストダウンに繋がった。



写真—5 現橋早川橋（手前）と架設中の新橋



写真—6 PC 床版架設機（2号機）全景

3. 施工または生産販売実績

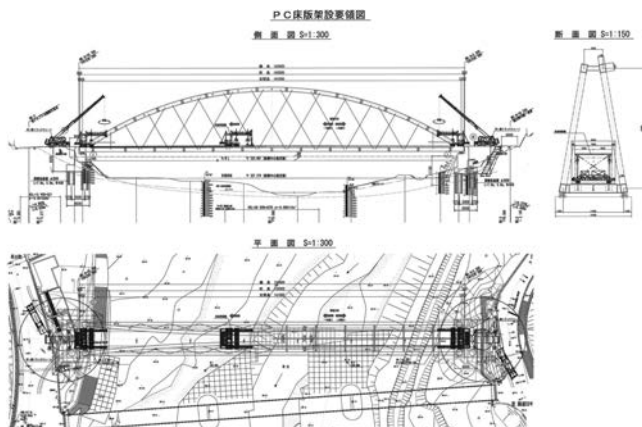
- 平成 10 年 第二名神 飛島高架橋
- 平成 11 年 第二東名 豊田 JCT
- 平成 14 年 52 号甲西バイパス 戸川橋
- 平成 15 年 第二東名 逢妻女川高架橋
- 平成 15 年 秋田県 柳田橋
- 平成 15 年 近畿道 三ツ谷池橋
- 平成 16 年 東名阪 牧ノ原高架橋
- 平成 18 年 第二伊勢道 2・3・5 号橋
- 平成 21 年 R170 高架橋 他

4. 地域への貢献度

ニールセンローゼ橋を選択でき河川内に橋脚を建てる必要がなくなり、尚且つプレキャスト PC 床版施工により早期施工，早期供用が可能になったうえ，河川内工事を極力少なくすることができ環境や自然災害に対するリスクを大幅に改善できた。

安田 宏司

（株）野田自動車工業所（野田クレーン） 執行役員



図—1 早川橋 架設要領

お断り

この JCMA 報告は、受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。

JCMA 報告

シンガポール 現場視察旅行記

浅野 公隆

平成 27 年 1 月に（一社）日本建設機械施工協会 東北支部にて、シンガポールのウビンテコン埋立て現場（東亜建設工業㈱施工）の視察旅行を行いました。メンバーは東北支部 支部長の東北大学大学院 環境科学研究科 高橋弘先生を団長に、東北支部事務局及び会員企業から総勢 7 名で伺いました。以下、視察内容について報告いたします。

シンガポールはマレー半島の南端に位置し、東京都 23 区とほぼ同じ面積を有しています。人口密度は世界第 1 位で、同国は埋立てによって領土を拡大してきました。

本現場は、シンガポール東端に位置するテコン島の南部における、埋立て地域の外周に構築される堤体の建設工事現場です。東亜建設工業㈱とベルギーの業者との JV にて請け負っております。



写真一 高橋支部長より御礼の挨拶

現場視察は、初めに現場事務所に伺い、古川所長、機械担当マネージャー神山様、本社土木事業部 機電部機械グループリーダーの泉様より、東亜建設工業㈱のシンガポールにおけるこれまでの施工実績、及び現在進行中のエリア D の堤体工事について説明頂きました。

東亜建設工業㈱は 1960 年代からシンガポールの国土の発展に寄与しており、1970 年代のチャンギ国際空港の埋立て工事にも関わっているそうです。

エリア D の堤体はテコン島の東南部十数キロに渡

り、サンドパイルを用いる工区や、深層混合処理工法（CDM）の一種となるデコム工法、固化処理工法を用いる工区など、海底面から支持層までの深さや土の性質などを考慮し最適な工法を組み合わせた断面で施工されています。水深は約 12 メートルとのことでした。使用される機械も、サンドパイル船、固化処理船、デコム船、起重機船、ポンプ船、土砂運搬船などの海上作業船から、バックホウやダンプなどの陸上機械まで、多岐に渡っております。



写真二 堤体イメージ図。堤体構築後、将来は内陸部を埋立て

作業員は陸上での人数が 700 ～ 800 名で、海上の作業船には 1 隻あたり 40 ～ 50 名が乗り込んでおります。多くがインドネシア人で、ほとんどがイスラム教徒とのことでした。食事などの生活習慣（豚肉は出さない）に配慮されていました。

現場はマレーシアやインドネシアと近接しており、両国からの土砂の輸入がストップしたり、埋立てに伴う環境問題で施工区域が変わるなど、多くの課題を乗り越えながら進めてきたとのこと。特に、エリア D の東側の堤体建設の代案は、施工済み埋立地より 1000 万 m³ の砂を転用し、固化処理、CDM、砂杭（サンドパイル）の地盤改良 3 工法を最適に組み合わせる 48 ヶ月の工期内に堤体を築造するというを、東亜建設工業㈱側から、発注元へ提案して採用されたそうです。東側の堤体の成功により西側の堤体も発注されたそうです。

また、作業員の安全に対する意識を向上させるため、安全教育に力を入れているとのこと。教育の様子が事務所の壁に掲示されておりました。



写真-3 安全教育の取組みが掲示

続いて、船で島の周囲を周回しました。15分程度で現場の堤体付近に着き、西岸から東岸にかけて、海上から堤体を眺めました。堤体はまだ完全に繋がってはいませんが、眼前の堤体の向こう側が埋立てられることで、将来は広大な土地になることに非常に驚きました。船内では施工内容の説明や現地作業員と一緒に仕事をする際の苦労話等、興味深いお話を伺いました。

船上から、現場には沢山の建設機械・大型車両が見られましたが、重機類の殆どを現地調達しているそうです。日本の大手レンタル企業は、現地に進出していると伺いました。

普段見ることのできない海洋土木現場を視察でき、また、日本企業がアジアの発展に大きく貢献していることを実感でき、嬉しかったです。

テコン島の視察の後、現場を離れ東亜建設工業㈱がこれまで施工してきた施設を見学しました。そのうちの1つである港湾施設の屋上からは、大型コンテナター



写真-4 視察にて乗船した船



写真-5 船内の様子（泉様（左）より説明を受ける）



写真-6 土砂運搬船



写真-7 現場では各種の陸上建設機械が稼働



写真-8 東亜建設工業㈱所有の大型起重機船



写真一〇 当日は天候にも恵まれました



写真一〇 港湾施設屋上より 遠方にコンテナターミナルとクレーン



写真一一 夕食の中華料理店にて。とても美味でした

ミナルと無数のコンテナクレーンが見えました。東南アジアのハブ港としてのスケールの大きさに驚きました。

夕食は地元中華料理店にて東亜建設工業(株)執行役員の杉本様にもお越し頂き、海外工事現場で働く上での現地の日常生活や、工事発注者とのやりとり等、とても面白いお話を伺いました。

特に、「シンガポールは数年で街の姿が一変するなど常に変化しているが、唯一変わらないものがある。それは国民が持ち続けている“我々は変わり続けなければならない”という意識」との杉本様の言葉がとても印象的でした。またシンガポールは、自国に資源がないことに対して危機感を持っている。生きる道は人材しかないということで、子供への教育に対するレベルも非常に高いそうです。観光客や短期滞在者では知りえない貴重な情報を頂きました。

このような大変有意義な視察の機会を頂きました東亜建設工業(株)様に厚く御礼申し上げます。ありがとうございました。

今回の視察旅行では、現場視察の前後にシンガポール島内の各所も巡りました。インド人街、アラブ人街、チャイナタウンなど、地区によって街の様子が全く異なっており、沢山の人口による活力があふれていました。物価は円安の影響もあり日本よりも高いです。ミネラルウォーターが1本300円程度でした。

島の中心部の高層ビル群は圧巻でした。黒川紀章氏など、日本人の設計者が手掛けたビルも数多くありま



写真一二 アラブ人街



写真一三 マーライオンとマリーナベイサンズホテル



写真—14 金融街の高層ビル群夜景

した。とりわけガイドさんの話で驚いたのは、車の所有に関してです。シンガポールでは、カローラなどの大衆車でも、1台1000万円以上するそうです。また、車の所有権を購入しないと所有できず、そこでも費用

がかかります。所有権は10年期限のため、10年以上経過したような古い車は見当たりませんでした。中心部はETC網が発達しており、全て自動で課金されるとのことでした。それでも街中は高級車が走り、観光客やビジネスパーソンで溢れており、朝から晩まで活気に溢れた街だと感じました。

報告は以上です。とても有意義な視察旅行となりました。

最後に、ご一緒させて頂いた東北支部の皆様にご心より感謝申し上げます。

JICMA

【筆者紹介】

浅野 公隆 (あさの きみたか)

(一社)日本建設機械施工協会 東北支部 広報部会

三洋テクニクス(株)

副社長



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 約 620 ページ

■一般価格

7,920 円 (本体 7,334 円)

■会員価格 (官公庁・学校関連合)

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) 複数冊発注の場合は送料単価を減額します。

注 2) 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。

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>

CMI 報告

既設鋼床版の疲労損傷に対するスタッドボルトを用いた 鋼床版下面からの補強方法に関する研究

小野 秀一・渡辺 真至

1. はじめに

重交通路線のUリブ鋼床版で疲労き裂が顕在化¹⁾するなか、各関係機関においては対策方法の検討が進められている。当誌「建設の施工企画 2007年4月号」でも一部概要を紹介したように、施工技術総合研究所ではこれまでに、国土交通省や首都高速道路(株)、中日本高速道路(株)、(株)高速道路総合技術研究所などの関係する多くの機関から鋼床版の疲労損傷対策に関する試験検討業務を受託・受注している。

近年、着目されている既設のUリブ鋼床版に生じている疲労き裂としては、デッキプレートとUリブ溶接部に発生するき裂で、溶接ルート部で発生し、溶接ビード内を進展するき裂（以下、「ビード貫通き裂」とデッキプレートの板厚内に進展するき裂（以下、「デッキ貫通き裂」）に大別される。前者については、通常のアスファルト舗装に換えて鋼繊維補強コンクリート（SFRC）をデッキプレート上面に舗装するSFRC補強工法²⁾が有効とされ、実橋での採用事例が見られるが、交通規制が必要な上、施工が天候に左右されるなどの課題がある。一方、後者に対しては、高力ボルト接合によるUリブ取替工法やUリブ内面モルタル充填工法^{3), 4)}、溶接補修工法などが検討されている。これらについても、交通規制が必要になるケースがあり、現場施工における品質確保や補修後の疲労耐久性の観点で様々な課題がある。

以上のことから、現場施工における品質を確保した上で、疲労耐久性の向上が期待できる工法、さらには交通規制を不要とし、補修作業が鋼床版下面で完結する対策工法の開発が望まれていることなどの背景に鑑みて、弊所ではデッキプレートとUリブ溶接部、特にビード貫通き裂に対する高耐久な補強方法として、片面から施工可能な「スタッドボルト」に着目し、これを用いたあて板補強工法を阪神高速道路(株)および大阪市立大学と共同で研究開発を行った。研究成果は、論文等^{5)~9)}で公表している（一部成果は別途投稿中）ので、詳細はそれらを参照頂き、本稿では、提案構造のコンセプトと開発の取り組み、検討の概要を紹介する。

2. 提案構造の概要

予防保全対策として、交通規制を必要とせず、鋼床版デッキプレートの下面から施工可能な工法として、デッキプレートとUリブの「溶接接合」を、既存の溶接ビードを切除し、スタッドボルトを用いたあて板によって「ボルト接合」へ変更する方法（図-1）を考案した。

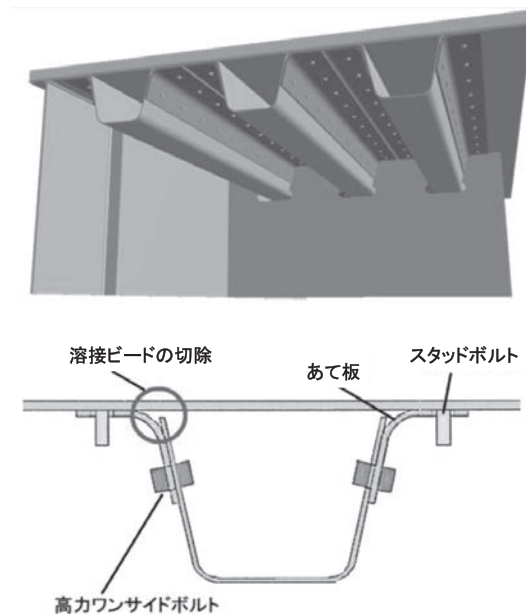


図-1 スタッドボルトによるあて板補強

(1) スタッドボルトを用いた摩擦接合

スタッドは従来、合成桁や合成床版のずれ止めとして用いられてきた。提案する方法では、デッキプレート底面に上向きで溶接したスタッドボルトを、摩擦接合用ボルトとして用いる。そのため、あて板とデッキプレートを締め付ける程度の軸力導入が可能な強度と、輪荷重を直接受けるデッキプレートの床組作用に対して十分な疲労耐久性を有することが条件となる。

(2) 溶接接合からボルト接合への変更

多くの既報^{例えば¹⁾}において、デッキ貫通き裂の原因はデッキプレートの橋軸直角方向の局部的な変形とそ

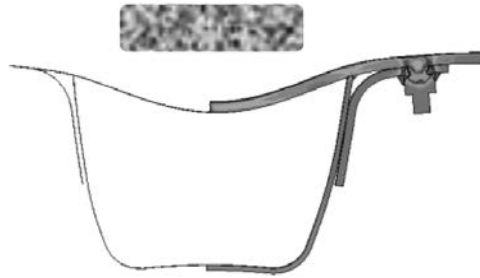


図-2 Uリブの内側に車輪が載荷された場合のUリブの変形

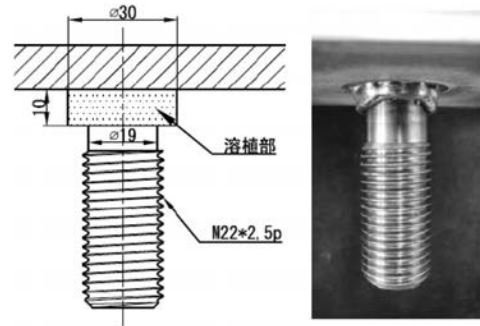


図-3 スタッドボルトの形状 (単位: mm)

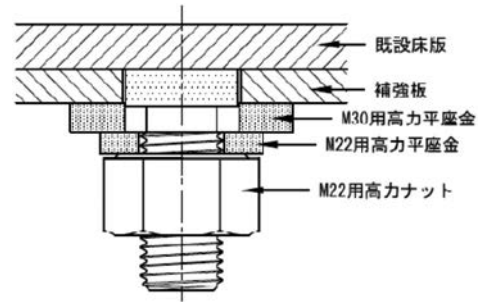


図-4 スタッドボルトによるあて板の固定方法

れにより生じる溶接ルート部の応力集中であると示されている。すなわち、デッキプレートとUリブが溶接されたまま、上述のあて板による補強を実施しても図-2のようにシングルタイヤの荷重がUリブ内側に作用した場合、デッキプレートの局所的な変形による溶接ルート部の応力集中は改善しないと考えられる。さらに、あて板を設置した場合、溶接部の点検が困難となり、維持管理性を考慮すると、き裂発生リスクを排除しておくことが望ましい。そのため、デッキプレートとUリブの溶接部は切断機を用いて構造的に切り離した上で、あて板を固定することにした。

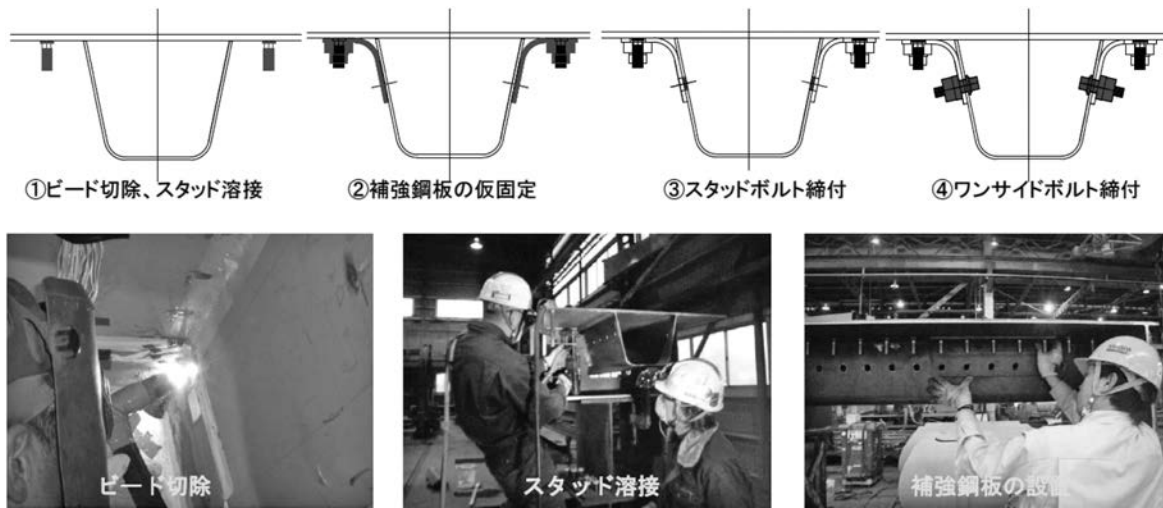
図-3にスタッドボルト溶接部、図-4にはあて板の固定方法を示す。鋼板にスタッドボルトを溶接する際、図-3に示すようにその溶接部形状がボルト径より大きくなること(約φ30mm)、溶接部高さがあて板(9mm)より厚くなること(約10mm)から、あて板のボルト孔はφ32mmの拡大孔とし、さらに図-4に示すようにM30高力ボルト用平座金を挿入している。

3. 開発の取り組み概要

上記提案構造の開発に向けた研究テーマ及び検討項目を表-1に示す。また、想定する施工手順及び施工イメージを図-5に示す。実橋適用に向けては供用下での鋼床版下面からのスタッド溶接に関する施工・品質管理方法や、熱影響の少ない溶接部の切断方法なども合わせて検討した。

表-1 研究テーマと検討概要

研究手法	研究テーマ	検討項目
要素実験	① 上向きに溶接可能な高強度スタッドボルトの開発	・高強度ネジスタッド及び上向き溶接専用フェルールを開発 ・引張強度及びトルク係数値を実験より確認
	② 軸力を導入したスタッドボルト溶接鋼板の疲労強度の解明	・軸力導入したスタッド溶接鋼板の疲労強度(E等級以上)を引張疲労試験より確認
	③ スタッドボルトを用いた摩擦接合継手特性の明示	・すべり荷重及びすべり係数(0.45以上)をすべり試験より確認 ・軸力低下の影響が小さいことをリラクゼーション試験より確認
FEM解析	④ スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の応力性状の解明	・提案構造の変位、応力性状をFEM解析より評価 ・ボルトピッチの妥当性を接合面に働く摩擦せん断力より確認
応用実験	⑤ スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の変形特性(小型梁試験)の明示	・提案構造の安定した一体挙動を曲げ試験より確認 ・曲げ疲労試験より提案構造の形状保持性能を確認
	⑥ スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の終局特性(小型梁試験)の明示	・提案構造の終局特性(ボルト破断なし、十分な終局荷重で耐荷力として問題なし)を破壊試験より確認
	⑦ スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の疲労耐久性(鋼床版試験体を用いた輪荷重試験)の評価	・トラックによる静的載荷試験より提案構造の応力性状を確認 ・輪荷重疲労試験による疲労耐久性の検証



図一5 想定する施工手順および施工イメージ

以下に、実施した主な検討概要を紹介する。

(1) スタッドボルト溶接部の引張試験および疲労試験

鋼床版のデッキプレート下面に上向き溶接した高強度スタッドボルト溶接部の静的強度を確認するための引張試験と、疲労耐久性を確認するための引張試験および疲労試験を実施した。

本研究では、スタッドボルトとして、溶接構造用圧延鋼材 SM570 相当の機械的性質を有し、スタッド溶接用に適するよう化学成分を調整した HT570 (呼称) のネジ付きスタッドを使用した。またフェルールについても専用のフェルールを開発した。

引張試験状況を図一6、引張試験結果を表一2に示す。引張強さは規定強度 570 N/mm^2 に対し、最大 620 N/mm^2 となり、溶接およびカラー部には欠損はなく、破断位置はスタッドボルト軸部であった。以上のように、軸径 $\phi 19 \text{ mm}$ の上向き姿勢による溶接で



図一6 スタッドボルトの引張試験

表一2 引張試験結果

No.	HH-1	HH-2	HH-3	HH-4	HH-5
最大荷重 (kN)	176.5	172.5	175.5	175.5	173.0
引張強さ (N/mm^2)	622	608	619	610	615

軸径 $\phi 19$ 断面積: $A_s=283.5 \text{ mm}^2$

も安定した品質と高い静的強度が得られることを確認した。

引張疲労試験状況を図一7に示す。試験体は幅 90 mm 、厚さ 12 mm の鋼板 (母板) であり、鋼床版への適用を想定している。スタッドボルトについては、母板に中央に M22、軸部 $\phi 19 \text{ mm}$ のスタッドを1本溶接した。母板の鋼種は SM490YA、あて板を想定した正方形板は SS400 である。試験ケースとしては、スタッドに軸力を導入するケース (締め付けあり; Case1)、スタッド溶接ままのケース (締め付けなし; Case2) を基本とした。また、正方形板の応力分担を出来るだけ低下させ、締め付けによる摩擦の影響を排除するために、母板と正方形板の間に摩擦低減剤を塗布して締め付けたケース (Case3) も設定した。

疲労試験の結果を S-N 線図としてプロットしたものを図一8に示す。同図より、全てのケースの疲労強度は、頭付きスタッドが溶接された鋼板の E 等級と同等以上であった。また、いずれの試験体の疲労き裂も図一9に示すようにスタッド溶接止端部で発生した。



図一7 スタッドボルト溶接鋼板の引張疲労試験

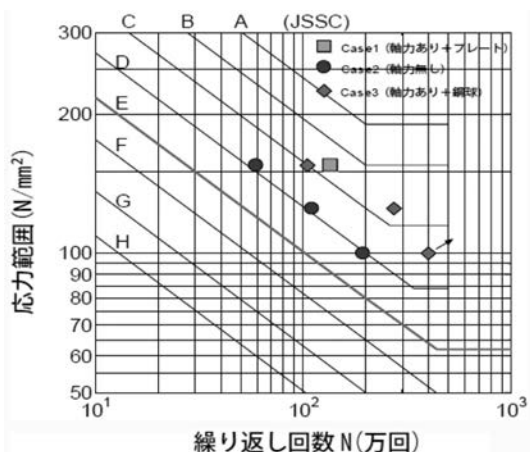


図-8 引張疲労試験結果 (S-N 線図)

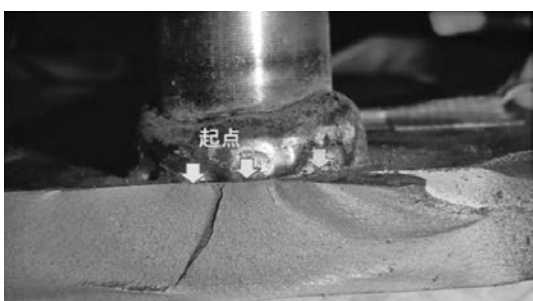


図-9 破断面

締め付けの有無では、スタッド締め付けなしの Case2 に比べて、締め付けありの Case1, 3 の疲労強度が上昇した。また、摩擦低減剤ありの Case3 に比べて、摩擦低減剤なしの Case1 の疲労強度が若干上昇した。これは、引張载荷によって付加された引張応力が、鋼板と正方形板との摩擦により正方形板に伝達され、溶接部周辺の応力が低減されたためと考えられる。

したがって、スタッドを締め付けた場合、締め付けによる接触圧力により正方形板へ応力分配がなされた結果、鋼板の疲労強度は低下しなかったと考えられる。また、あて板への応力伝達の程度は接合面の条件により変化することもわかった。

(2) スタッドボルト接合継手のすべり試験および軸力変化計測

デッキプレートとあて板をスタッドボルトで締め付けた摩擦接合継手を想定したすべり試験を実施し、すべり係数を求めるとともに、軸力を導入したスタッドボルトの軸力減衰を測定した。図-10 にすべり試験体の形状寸法を、図-11 にはすべり試験状況を示す。鋼板の片側は既設の鋼床版を想定し、摩擦面の処理は、スイーブブラスト (Rz jis 20 μm 狙い) とした。あて板はグリッドブラスト処理後に無機ジンクリッチペイ

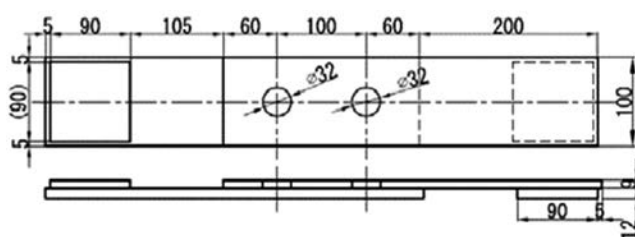


図-10 すべり試験体の形状寸法 (単位: mm)



図-11 すべり試験状況

表-3 すべり試験結果

すべり基準	最大荷重時			
	P ₁			
軸力値	締め付け直後		すべり時	
	N ₁		N ₂	
試験体 No.	No.1	No.2	No.1	No.2
荷重 (kN)	142.3	137.9	142.3	137.9
変位 (mm)	0.173	0.149	0.173	0.149
軸力 (kN)	121.5	125.2	98.6	109.0
すべり係数值	μ ₁		μ ₂	
	0.586	0.551	0.722	0.632
	0.568		0.677	

ント 75 μm を塗布した。

設計ボルト軸力は下式に基づき求めた。本提案構造では、ボルトの設計ボルト軸力 N は 111 kN, 標準ボルト軸力 N_s は 122 kN となる。

設計ボルト軸力 N =

$$\text{最小断面積 } A \times \text{材料規定耐力 } \sigma \times a$$

ここに、a : ねじりおよび降伏比の影響を考慮して設定する低減係数 (0.85) とする。

すべり試験の結果、表-3 に示すように、ボルト軸力として締め付け直後あるいはすべり時の値を用いても、すべり係数はそれぞれ 0.568, 0.677 となり、道路橋示方書に示される無機ジンクリッチペイントを塗布した場合のすべり係数 0.45 と比べても、十分なすべり係数が得られた。本試験では、スタッド溶接部とあて板の干渉を回避するため、あて板のボルト孔はφ

32 mm と拡大孔としているが、すべりに対しては影響のない範囲であったと考えられる。

本研究で対象とした継手は、スタッドボルトを用いた摩擦接合であることから、締め付け後の軸力の挙動（リラクゼーション）を調査した。まず、スタッドボ

ルトに導入される軸力および軸力変動を確認するため、事前にスタッドボルトにひずみゲージを貼り付けた後、スタッドボルトに軸力を導入し、軸力とひずみの関係を求めた。その後、得られた関係を用い、ひずみを参照しながら標準ボルト軸力まで軸力導入し、その後1週間ほどの軸力変化を測定した。測定した軸力の経時変化を図-12に示す。軸力残存率は4%程度となり、通常75 μ mの無機ジンクリッチペイントのリラクゼーションが10%程度¹⁰⁾であることと比較すると、本試験では無機ジンクリッチペイントを片面のみにしか塗布していないことから、その値は小さい結果となった。

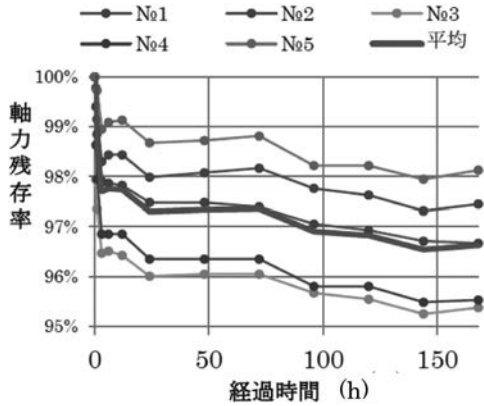


図-12 リラクゼーション試験結果

(3) 小型試験体による基本性能確認試験

継手構造の変形特性や形状保持性能などの基本特性を確認することを目的として、Uリブ鋼床版小型試験体による静的載荷試験および疲労試験を行った。

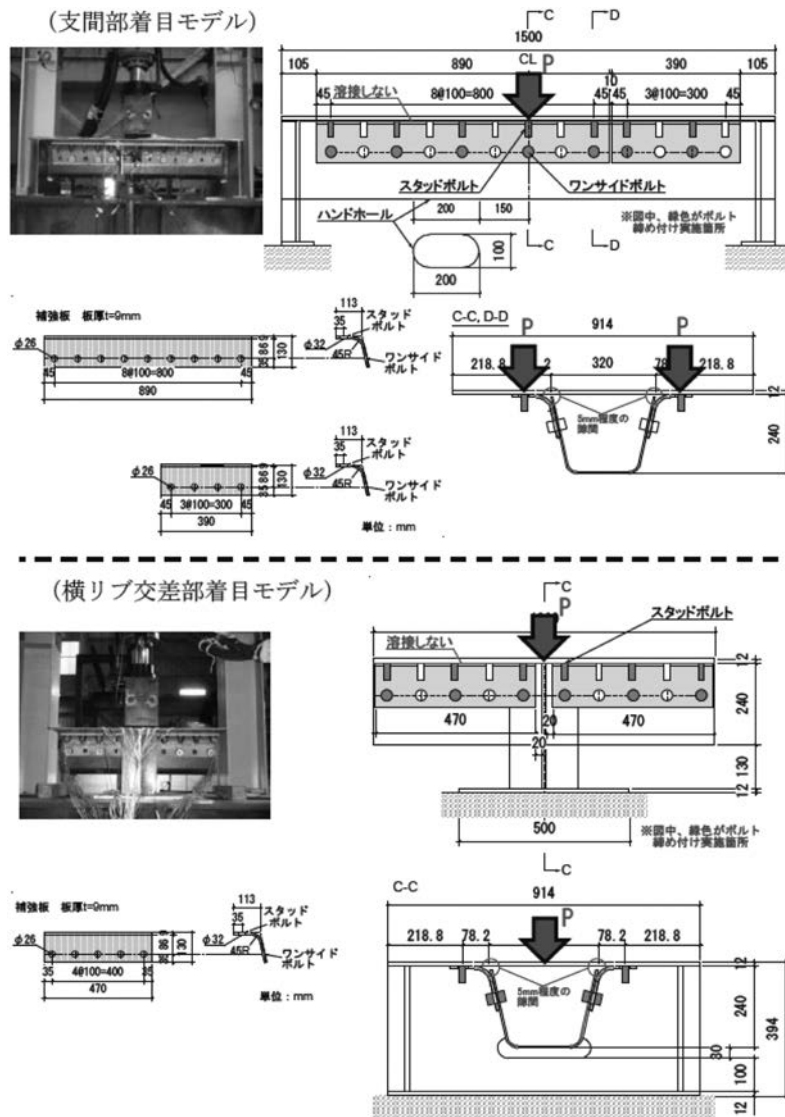


図-13 小型鋼床版試験体の形状および寸法 (単位: mm)

試験体は図-13に示すように、支間部および横リブ交差部に着目し、デッキプレート-Uリブ間の溶接ビードを完全に除去した後、取り付けたあて板 ($t = 9\text{ mm}$) で荷重伝達するとともに変形に対して抵抗することを期待するものである。あて板と試験体の接合は、あて板とデッキプレートの接合にスタッドボルト ($\phi 19$, HT570), Uリブとの接合にはワンサイドボルト (MUTF24) を用いた。ボルト締付間隔は施工性を考慮して 200 mm を基本としているが、実験では、適切なボルト間隔を検討するため、スタッドボルト間隔を 100 mm として、ボルト締めの有無により間隔を変更して試験を実施している。

支間部着目試験体の最大荷重 (100 kN) 時のひずみを図-14に示す。橋軸直角方向のデッキプレート上下面ひずみ共に通常の鋼床版構造 (以下、通常時と呼ぶ) に比べてかなり低減されており、あて板構造としての剛性寄与が見られる。また、局所的なひずみ増加も確認されず、誌面の都合で割愛するが、橋軸方向のひずみ分布も梁の基本変形が出ており、構造としては安定的な挙動となっていた。スタッドボルトに生じる軸力変動も左右で少しのバラツキはあったものの、最大で 1.6 kN と小さい値である。ただし、当て板母材側で -833μ の高いひずみが確認された。

橋軸直角方向デッキプレートひずみ (C-C断面)

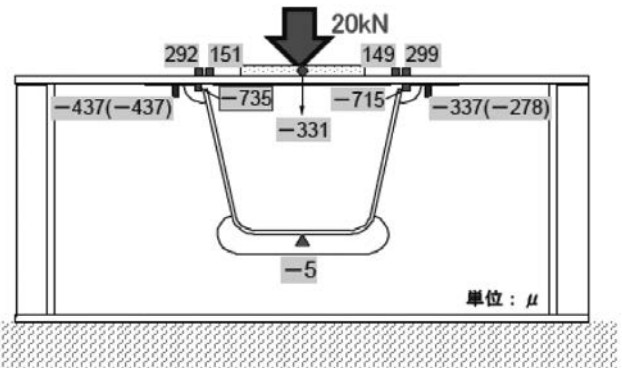
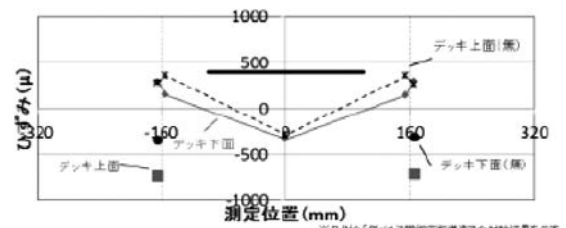


図-15 横リブ交差部着目試験結果

のひずみも -437μ と無視できない大きなひずみであり、横リブ溶接部の疲労対策が必要である。

疲労試験は支間部着目試験体を対象として、荷重範囲 100 kN ($5 \sim 105\text{ kN}$) にて 400 万回の繰り返し载荷を実施した。疲労試験終了後の調査結果より、試験体に疲労き裂発生などの異常は無く、载荷点直下のスタッドボルトを切断して磁粉探傷調査した結果においても、疲労き裂は認められなかった。また、あて板と試験体との接触面では接触痕が見られたが、き裂は見つからなかった。

(4) 有限要素解析による補強メカニズムの検証

提案する補強工法について補強前後の応力および変形の変化を FEM 解析により検討した。解析モデルを図-16に示すが、無補強 (Original) の状態に対して、Uリブとデッキプレートの溶接の有無をパラメータ (溶

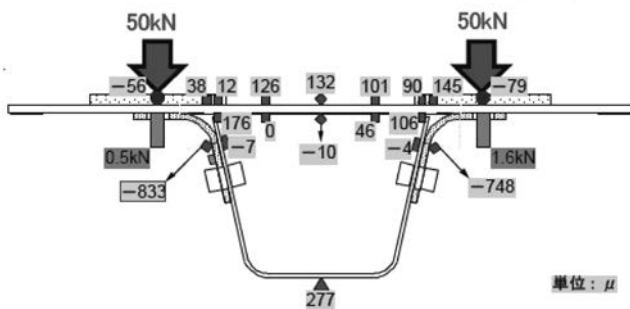
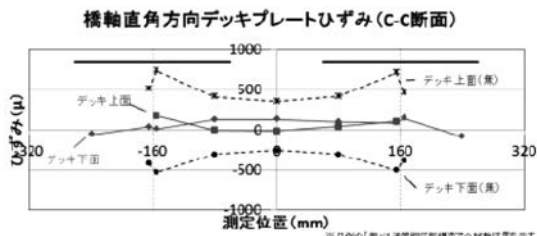


図-14 支間部着目試験結果

横リブ交差部着目試験体の最大荷重 (20 kN) 時のひずみを図-15に示す。通常時と比べて、デッキプレート上面ひずみに大差はないが、デッキプレート下面のスカラップ内ひずみが増加していることが確認できる。これは、横リブ断面ではあて板が不連続になっており、Uリブ上端を切断すると、デッキプレートを下から支えるリブがないためである。また、横リブ側

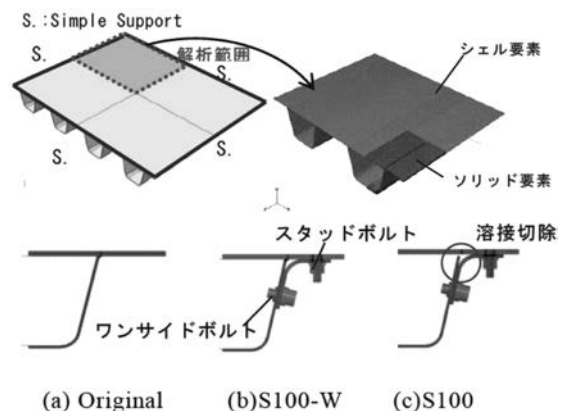
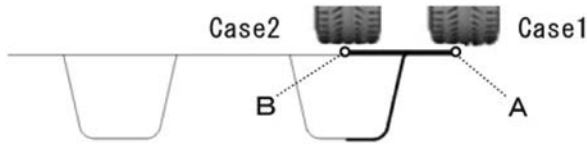


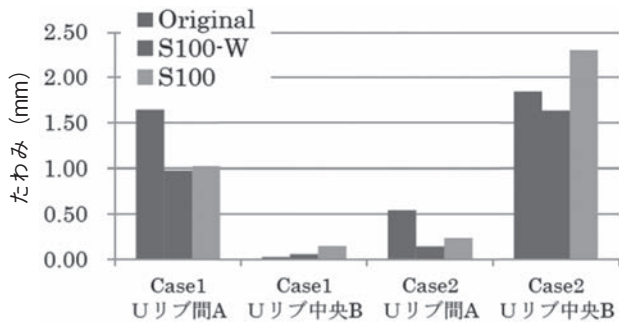
図-16 解析モデル



図一17 荷重位置

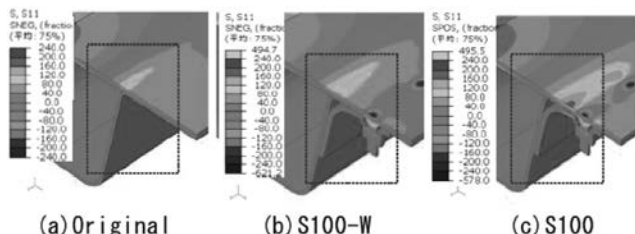
接有り：S100-W，無し：S100)とした。荷重は図一17に示すように、シングルタイヤを想定した50kN、L200mm×W250mmの等分布荷重とした。荷重位置はUリブ間(Case1)と、Uリブ中央直上(Case2)の2ケースとした。

解析結果のうち、荷重時のたわみの着目点であるUリブ間(A点)、Uリブ中央(B点)のたわみの比較を図一18に示す。Case1荷重時のUリブ間は、あて板直上となり、たわみが低減された。しかし、Case2荷重時のUリブ中央では、溶接部を切除することで、無補強時に比べて0.5mm以上たわみが増加する結果が得られた。



図一18 解析結果(たわみの比較)

各モデルにおける、Case2でのデッキプレート表面の橋軸直角方向応力コンターを図一19に示す。溶接部が残置される場合、溶接部の応力集中に加え、溶接部のデッキプレート上面において110MPa程の応力が発生した。一方、溶接部を切除することにより、溶接部の応力集中は無くなったが、Uリブとスタッドボルトの間のデッキプレートとあて板に175MPaを超える高い応力が発生した。これは、溶接部を切除することによってデッキプレート支間が増加し、作用モー



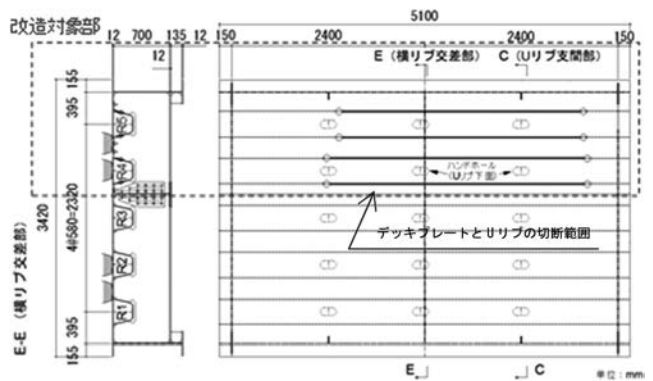
図一19 解析結果(応力コンター)

メントが大きくなったためと考えられる。

(5) 実物大鋼床版試験体による実トラック荷重試験

上述の検討結果に示すように、提案している構造が補強構造として適用できる可能性が高いことが示された。そこで、より実際に近い鋼床版での改造前後の応力性状の変化を調べることを目的として、実物大試験体を用いた実トラックによる静的荷重試験を実施した。

試験体は図一20に示すようにデッキプレート(長さ5,100mm×幅3,420mm)をUリブ5本、横リブ3本で補剛する鋼床版で、板厚はデッキ12mm、Uリ



図一20 実物大鋼床版試験体



写真一1 あて板の取付状況



写真一2 実トラック荷重試験の状況

ブ6 mm, あて板9 mmである。スタッドボルトの締め付け軸力は122 kNとし, 200 mm間隔で締め付けた。Uリブ5本のうち, R4, R5をあて板により改造し, R1,R2はそのままとし, 改造効果を確認できるようにした。試験体の製作は実際の施工を想定し, Uリブ鋼床版を組立てた後, Uリブ上部のビードを切断し, デッキプレートへのスタッド溶接, あて板設置の順に行った。あて板の取付状況を写真-1に示す。

載荷方法は, 後軸重を100 kNに調整したトラックの後軸タイヤを所定の位置に順次合わせ, 各部のひずみ計測を行った(写真-2参照)。タイヤの載荷位置は橋軸直角方向に7箇所, 橋軸方向に17箇所を設定し, 改造前後の応力性状比較のため, 改造側と無改造側について同位置相当に載荷した。

試験結果については, 誌面および他論文投稿の都合上, 別の機会に報告させて頂きたい。

(6) 実物大鋼床版試験体による輪荷重疲労試験

本試験では実際のトラック用ダブルタイヤを前後に2輪配置した輪荷重疲労試験機(図-21参照)により, 改造した鋼床版の疲労耐久性について検討した。輪荷重はダブルタイヤ1組当たり78.5 kNとした。また輪荷重の繰り返しは試験体中央部で200万回とした。

幅員方向の載荷位置は, 前述のトラック載荷試験結果から, 試験体のデッキプレートや横リブ交差部のひずみが最大となり, かつスタッドの直上となる載荷位置とし, ダブルタイヤの片輪がR4-R5間のスタッド直上載荷となるよう選定し, R4, R5リブ間でR4リ

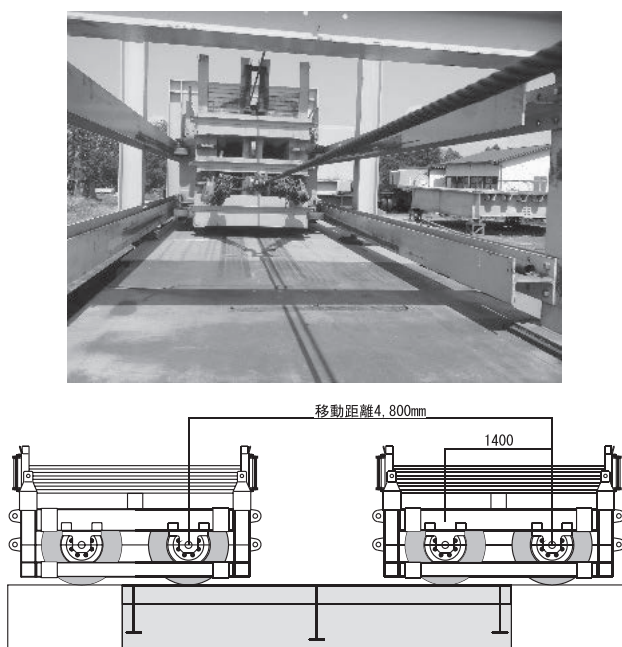


図-21 輪荷重疲労試験セットアップ

ブのウェブを跨ぐ位置とした。

輪荷重疲労試験(78.5 kNで200万回)の結果, あて板とデッキプレート間にずれは発生せず, スタッドの軸力変動もなく, 試験終了時まで安定していた。また, 試験終了後の非破壊検査の結果, 軸力を導入したスタッド溶接部や横リブ交差部に疲労き裂は確認されなかった。

詳細の試験結果については, 紙面および他論文投稿の都合上, 別の機会に報告させて頂きたい。

4. まとめ

鋼床版の疲労に対する予防保全として, 交通規制を必要とせず, 下面から施工可能な工法で, デッキプレートとUリブの「溶接接合」を「ボルト接合」へ構造変更するコンセプトに基づき, 既存の溶接ビードを切除し, スタッドボルトを用いてあて板を締結する方法を提案し, 実橋への適用に向けた検討を行った。以下に, 本試験で得られた結果をまとめる。

- (1) 上向き溶接したスタッドボルトの静的引張試験の結果, 規定強度を上回る引張強度と, 鉛直度など安定した溶接品質が得られることを確認した。
- (2) スタッドボルトを溶接した鋼板の引張疲労試験の結果, スタッドボルトへの軸力導入の有無に関わらず, 全てのケースにおいて, 頭付きスタッドを溶接した鋼板の疲労強度(E等級)と同等以上となった。
- (3) デッキプレートとあて板をスタッドボルトで締め付けた摩擦接合継手を想定したすべり試験及びリラクゼーション試験の結果, 十分なすべり荷重が得られるとともに, 軸力減衰も小さく, 摩擦接合継手として十分機能することが確認できた。
- (4) 継手構造の変形特性や形状保持性能などを確認することを目的として, Uリブ鋼床版小型試験体による静的載荷試験および疲労試験を行った結果, 支間部では, スタッドボルトによる継手構造として安定したデッキプレート-Uリブの一体挙動が確認でき, 繰り返し載荷後も形状保持していた。ただし, あて板母材で高い圧縮ひずみが生じることや, 横リブ交差部では載荷荷重が低いにも関わらず, 上側スカラップ近傍で高いひずみが発生することが確認されたため, 対策の必要性も含めて今後更に検討すべきである。
- (5) Uリブ間載荷時はデッキプレートのたわみが減少するが, Uリブ中央載荷時ではたわみは増加する。溶接部を切除する場合, あて板直上載荷では補強

効果が認められるが、Uリブ中央載荷ではデッキプレートの変位が増加するため、対策が必要である。

- (6) 200万回の輪荷重疲労試験の結果、軸力を導入したスタッド溶接部や横リブ交差部に疲労き裂は確認されなかったことから、提案する補強構造は一定の疲労耐久性を有していると考えられる。

5. おわりに

本研究は、阪神高速道路(株)および大阪市立大学と共同研究として実施したもので、実用化に向けて第一歩が踏み出せる成果が得られたものと考えている。

また本研究の実施にあたっては、大阪大学 松井繁之名誉教授にはひとかたならぬご指導・ご鞭撻を賜り、さらに川田工業(株)、日鉄住金ボルテン(株)、日本スタッドウェルディング(株)の関係者からも貴重なご意見、アドバイスを頂くなどの協力を頂いた。この場を借りて関係各位に感謝の意を表したい。

本工法は現在、実橋への適用に向けた検討が進められており、今後の普及・展開を期待するものである。ここで紹介しきれなかった検討内容や成果については、別の機会を頂き紹介したいと考えている。

施工技術総合研究所では今後も新技術・新工法について積極的な検討・性能評価を行い、有効な技術・工法については普及促進につながる活動に取り組んでいきたいと考えている。

JCM A

《参考文献》

- 1) 土木学会鋼構造委員会：鋼床版の疲労，丸善，2010.
- 2) 小野秀一，平林泰明，下里哲弘，稲葉尚文，村野益己，三木千壽：既設鋼床版の疲労性状と鋼繊維補強コンクリート敷設工法による疲労強度改善効果に関する研究，土木学会論文集 A.Vol65, No.2, pp.335-347, 2009.4
- 3) 田畑晶子，青木康素，服部雅史，大西弘志，松井繁之：Uリブ内面モルタル充填による既設鋼床版の疲労耐久性向上検討，構造工学論文集 Vol.56A, pp.1356-1369, 2010.3
- 4) 丹波寛夫，木村聡，山口隆司，杉山裕樹，田畑晶子，高田佳彦：既設鋼床版に対する下面補強工法である鋼板補強モルタル充填併用工法の構造合理化の検討，構造工学論文集 Vol.59A, pp.767-780, 2013.3
- 5) 田畑晶子，青木康素，小野秀一，山口隆司：Uリブ鋼床版のスタッドボルトを用いた補強方法の提案，土木学会第 69 回年次学術講演会，I-466, pp.931-932, 平成 26 年 9 月
- 6) 馬場敏，田畑晶子，青木康素，吉田賢二，吉見正頼，小野秀一，山口隆司：上向きに溶接した高強度スタッドボルトの開発と疲労強度，土木学会第 69 回年次学術講演会，I-445, pp.889-890, 平成 26 年 9 月
- 7) 吉見正頼，田畑晶子，山口隆司，馬場敏，小野秀一：上向きに溶接したスタッドボルト摩擦接合のすべり試験，土木学会第 69 回年次学術講演会，I-444, pp.887-888, 平成 26 年 9 月
- 8) 青木康素，田畑晶子，小野秀一，渡辺真至，馬場敏，山口隆司：スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の載荷試験，土木学会第 69 回年次学術講演会，I-467, pp.933-934, 平成 26 年 9 月
- 9) 儀賀大己，山口隆司，田畑晶子，小野秀一，青木康素：スタッドボルトを用いてあて板したUリブ鋼床版の力学特性，土木学会第 69 回年次学術講演会，I-019, pp.37-38, 平成 26 年 9 月
- 10) 狩野正人，石原靖弘，谷平勉，小林剛，亀井正博：塗膜のクリープが高力ボルトの軸力低下に及ぼす影響，土木学会第 57 回年次学術講演会，I-131, pp.261-262, 平成 14 年 9 月

【筆者紹介】



小野 秀一 (おの しゅういち)
施工技術総合研究所
研究第二部
次長



渡辺 真至 (わたなべ まさし)
施工技術総合研究所
研究第二部
主任研究員

部 会 報 告

除雪機械の変遷（その9） 除雪グレーダ（1）

機械部会 除雪機械技術委員会

はじめに

我が国の道路の機械除雪は大正14年に始められたと言われているが、モータグレーダによる除雪は、昭和20年（1945年）に土工用モータグレーダを除雪に使用したのが始まりであり、後にこれが鋼製キャブやカーヒータ、タイヤチェーン装着用タイヤ等を標準装備した除雪モータグレーダとして発展した。

昭和20年代前半は、2.5m級、3.1m級、3.7m級リジッドフレーム式のみであったが、その後2.5m級、2.8m級、3.0m級、3.1m級、3.4m級、4.0m級、4.3m級のアーティキュレートフレーム式が開発され、除雪効率の向上が図られた。昭和60年代には7サイズが同時販売されていた時代もあったが、サイズの整理統合が進み平成24年（2012年）度は3.1m、3.7m、4.0m、4.3mの4サイズのみ販売になった。ブレード線圧の高い除雪グレーダは、路面整正をかねた圧雪除去に欠かすことのできない除雪機械となっている。作業装置の操作機構は、当初機械式であったが、昭和33年（1958年）には国産初の油圧駆動式が開発された。モータグレーダは多機能の建設機械であり、作業機操作が難しいといわれてきたが、油圧式に変更されたことにより、オペレータの疲労軽減が可能になり市場から歓迎された。また、機動性、作業効率の向上を目的に、昭和47年（1972年）に国内で初めて従来の固定式（リジッド）に対し車体屈折式（アーティキュレート）が開発され、旋回半径を小さくできることから次第に主流になった。

ブレードがマンホール等に接触した場合、オペレータと車体を衝撃から守る安全装置として長年シャーペンが使われていたが、昭和50年代以降に容易に交換装着できる装置が開発され作業の効率化に役立った。昭和60年代には、メーカーとユーザの協力により、ブレードの押し付け力の自動制御装置が開発され、オペレータの疲労軽減と除雪の安全性向上が図られた。

平成20年（2008年）以降、2006年排ガス基準クリアヤーのための開発がすすめられたが、近年は除雪グレーダの発注台数の減少や、メーカーの開発負荷の増大もあって、2011年排ガス規制を満足する除雪グレー

ダが国内メーカーでは準備されていない。また従来の除雪グレーダは運転席と助手席の2名定員を標準としてきたが、メーカーの開発負荷を軽減させ排ガス規制をクリアーした除雪グレーダを滞りなく準備していくため、最近の除雪グレーダの大幅な視界改善や後方カメラを組み合わせた技術を活用して、運転席のみの1名定員に変更する議論が活発に行われている。

本資料は、国内における除雪グレーダ変遷を関係メーカーの協力を得てまとめたものであるが、取りまとめにあたっては北海道開発局、東北地方整備局、北陸地方整備局の除雪機械の歴史に関する資料を参考にさせていただいた。

4-1 車両と付属品の変遷

4-1-1 車両

1) 昭和10年代、昭和20年代
昭和18年（1943年）

大東亜戦争2年目に、米軍の機械化飛行場建設に対抗して日本陸軍（陸軍第三技術研究所）の委託により、国産土工用中型機 ZSK モータグレーダが池貝自動車製造（株）（後に（株）小松製作所が吸収合併）により開発された。当初2台の試作車が製作されたが輸送船の壊滅により戦地に送られることはなかった。

戦後、非戦闘兵器としてGHQの破壊命令を逃れ千葉県土木部で使用された。

日本陸軍から提供された小さな写真1枚と非牽引式作業機スケッチ図面を元に、軽六輪自動貨車、6t牽引車、98式牽引自動貨車の部品共通化でエンジンからアクスルを含む全ての装置を設計し、僅か6ヶ月間で試作され、昭和53年まで実用で使用された。

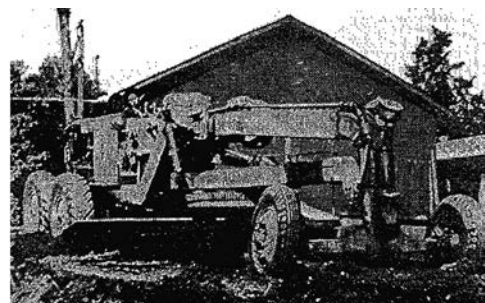


写真 4-1 ZSK モータグレーダ 1号機 池貝自動車製造（株）

ZSK の仕様：定格出力 88 HP/1,300 rpm (最大 110 HP/1,700 rpm)

全重量 8,000 kg, 前輪 3,000 kg, 後輪 5,000 kg
全長 8,000 mm, 全幅 2,400 mm, 全高 2,800 mm
最高走行速度 35 km/h

軸距 6,400 mm, タンデム軸距 1,500 mm

リーニング 左右 20 度, ブレード 360 度回転, 90 度バンクカット可能

昭和 20 年 (1945 年)

終戦の年に北海道開発局において, 土工用モータグレーダに V プラウを取り付けたグレーダが除雪に使用された。

昭和 22 年 (1947 年)

日本開発機製造(株)^(注15) が 3.7 m 級のモータグレーダ HA56 を製作し, その後除雪に使用された。

昭和 24 年 (1949 年)

旧建設省の指名により三菱重工業(株)が 3.1 m 級中型機 MGI を開発した。MGI は, フロントアクスル揺動やリーニング機構, タンデム機構等, グレーダには不可欠な機構を既に備え, 現在のモータグレーダとはほぼ同一の形状であった。また, 池貝自動車製造(株)が幅の狭い市町村道の維持補修作業に使われることを狙った小型機 ZS30 モータグレーダを開発した。

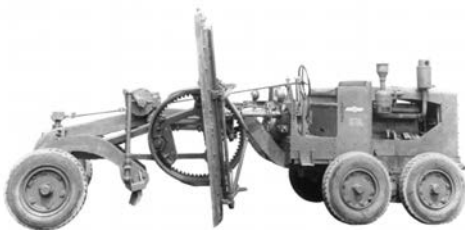


写真 4-2 3.1 m 級 MGI 三菱重工業(株) 昭和 24 年

昭和 25 年 (1950 年)

池貝自動車製造(株)が ZS30 を改造した大型低圧タイヤ装着の ZS32 と後輪をダブルとした ZS31 を開発し, 東日本重工業(株)^(注4) が MGI 改良型として MGII を開発した。MGII は MGI 同様グレーダに不可欠な機構を既に備えていただけでなく, 幌型, 鋼型のキャブを備えることも可能であった。

旧建設省において国産の土工用モータグレーダが道路除雪に使用された。

その後, 北海道開発局において米国キャタピラー製 No.12 形 (回転羽根付サイドウイング装着) を導入した。

昭和 27 年 (1952 年)

(株)小松製作所は ZS30 を改良した GD25 を開発し,



写真 4-3 3.1 m 級 65PS MGII 幌製キャブ スノーブラウ付き 東日本重工業(株)^(注4) 昭和 25 年

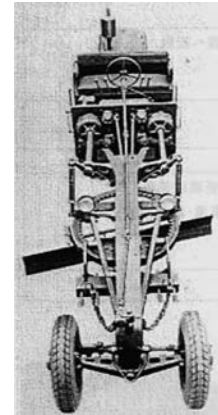


写真 4-4 ZS30 池貝自動車製造(株) 昭和 25 年



写真 4-5 キャタピラー製 昭和 25 年¹⁾

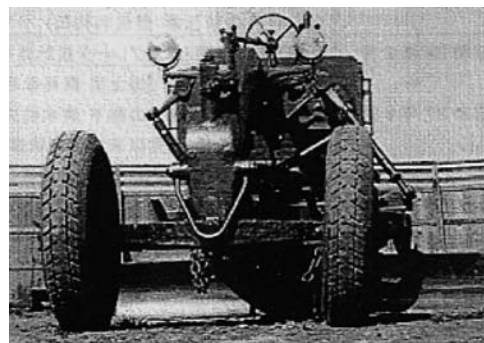


写真 4-6 2.5 m 級 GD25-1 (株)小松製作所 昭和 27 年



写真 4-7 3.0 m 級 63PS GD30-1 (株)小松製作所 昭和 27 年



写真 4-8 3.1 m 級 初期型 80PS 後期型 105PS MGⅢ 鋼製キャブ付き
三菱日本重工業(株)^(注4) 昭和 27 年

新たに 3.0 m 級の GD30 を開発した。GD30 は GD25 と同様に、幅の狭い市町村道の砂利道維持補修を主眼として開発された。

同年、三菱日本重工業(株)^(注4) は、日本国内道路事情に合わせた 3.1 m 級 MGⅢ を開発した。

昭和 28 年 (1953 年)

3.7 m 級のモータグレーダとして(株)小松製作所は GD37-1 を、三菱日本重工業(株)^(注4) は LG I を開発した。また同時に(株)小松製作所は GD30 を改良し GD30-2 を開発した。

この時代は、国の「道路、および街路の維持補修 5 カ年計画」により、比較的幅の広い国道・都道府県道などのメンテナンス用に、除雪グレーダの大型化が求められていた。国内建設工事の活発化、大規模化により、



写真 4-9 3.7 m 級 100PS LG I スノーブラウ、サイドウイング付き
三菱日本重工業(株)^(注4) 昭和 28 年



写真 4-10 3.7 m 級 115PS GD37-1 (株)小松製作所 昭和 28 年

整地や道路・水路新設などの一般土木工事向けにも大型機の需要が増え、3.1 m 級よりも上のクラスにあたるモータグレーダ開発の機運が高まっていた。この頃から除雪にもモータグレーダが頻繁に使われるようになり、カーヒータ、サイドウイング、スノープラウなどの除雪専用装置も準備するようになった。

昭和 29 年 (1954 年)

昭和 29 年、(株)小松製作所が 3.7 m 級 GD37-1 の改良型として GD37-2 を、三菱日本重工業(株)^(注4) は LG I の改良型として 3.7 m 級 LG II を開発した。更に、昭和 31 年には、標準の電動機始動式ではなく、寒冷地におけるエンジン始動を容易にするために、始動用ガソリンエンジン付きの三菱 DB33C 形エンジンを搭載した LG II-S も開発した。

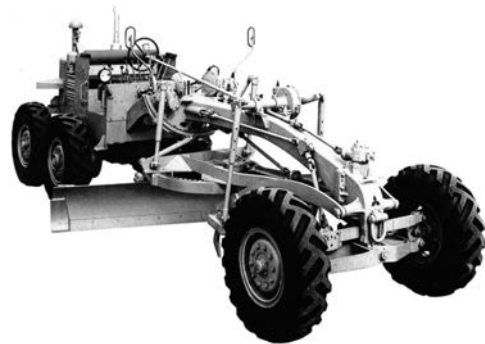


写真 4-11 3.7 m 級 初期型 100PS 後期型定格 102PS, 最大出力 115PS
LG II 三菱日本重工業(株)^(注4) 昭和 29 年

2) 昭和 30 年代, 40 年代

昭和 30 年 (1955 年)

この時代は日本の経済規模の拡大に伴う建設工事量の飛躍的な増加によって、建設機械の需要も急増した時期だった。モータグレーダは多機能の建設機械であり、運転操作が難しいといわれてきたが、作業機への動力伝達がシャフト・歯車を介する機械式から、油圧ポンプと油圧モータ、油圧シリンダによる油圧式に変更されたことによって、オペレータの疲労軽減が可能となり、経験の浅いオペレータでも使いこなせる建設機械として市場から歓迎された。但し、当時機械式の操作に慣れたベテランオペレータには機械式も根強い人気があった。

(株)小松製作所は GD30-2 を改良し GD30-3 を開発すると共に、3.7 m 級 GD37-2 を改良し GD37-3 を開発し、S33 年には GD37-4 を開発した。GD37-4 は国産初の油圧式モータグレーダとなった。

旧建設省東北地方建設局において、(株)小松製作所 90 PS 3.7 m 土工用 GD37-3 モータグレーダが導入される。



写真 4-12 3.7 m 級 105PS GD37-3 (株)小松製作所 昭和 30 年



写真 4-13 3.7 m 級 105PS GD37-4 (株)小松製作所 昭和 33 年²⁾

昭和 31 年 (1956 年)

旧建設省東北地方建設局に三菱日本重工業(株)^(注4)の 3.1 m 級モータグレーダ MGⅢ, 3.7 m 級 LGⅡが導入される。

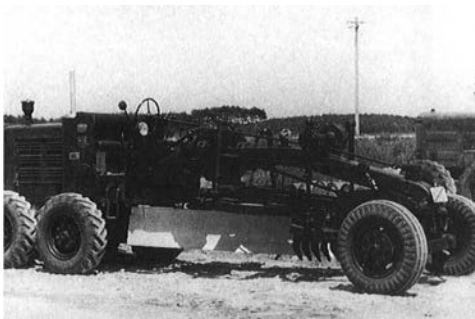


写真 4-14 3.1 m 級 80 PS MGⅢ (初期型)
三菱日本重工業(株)^(注4) 昭和 31 年²⁾



写真 4-15 3.7 m 級 100PS LGⅡ (初期型)
三菱日本重工業(株)^(注4) 昭和 33 年

昭和 33 年 (1958 年)

旧建設省東北地方建設局において、日本開発機製造(株)^(注15) 3.7 m 級モータグレーダが導入される。



写真 4-16 3.7 m 級 100 PS HA58 日本開発機製造(株)^(注15) 昭和 33 年²⁾

昭和 35 年 (1960 年)

三菱日本重工業(株)^(注4)は、LGⅡ作業装置の機械式操作機構を油圧式操作機構に変更して LGⅡ-H を開発した。

旧建設省東北地方建設局において、土工用モータグレーダに V ブラウをつけ、道路除雪に使用される。



写真 4-17 3.7 m 級 定格 102PS, 最大出力 115PS LGⅡ-H
三菱日本重工業(株)^(注4) 昭和 35 年²⁾

昭和 37 年 (1962 年)

(株)小松製作所が 3.1 m 級油圧式モータグレーダ GD31-1H を開発した。

昭和 39 年 (1964 年)

旧建設省東北地方建設局において、三菱重工業(株)油圧式の除雪グレーダ LGⅡ-H が導入される。



写真 4-18 3.1 m 級 110PS GD31-1H (株)小松製作所 昭和 37 年



写真 4-19 3.7m級 定格出力 102 PS, 最大出力 115PS LG2-H
三菱重工業(株) 昭和 39 年²⁾



写真 4-23 3.0m級 110PS GD30-5M (株)小松製作所 昭和 42 年

昭和 41 年 (1966 年)

三菱重工業(株)は、機械式作業機操作機構を搭載した 3.7m 級 LG2-M と油圧式作業機操作機構を搭載した 3.7m 級 LG2-H, および MGⅢを出力アップした機械式作業機操作機構の MG3-M を同時開発し、昭和 42 年には、油圧式作業機操作機構を搭載した 3.1m 級 MG3-H を開発した。

昭和 42 年 (1967 年)

(株)小松製作所は 3.0m 級 GD30-5M, 3.1m 級の GD31-3H, 3.7m 級の GD37-5H を開発した。

三菱重工業(株)は、2.5m 級 SG1 を開発した。1 軸 2 輪のシングルドライブ方式を採用しているため、旋回半径がタンデム式より非常に小さく、非幹線のせまい



写真 4-24 2.5m 級 78PS SG1 三菱重工業(株) 昭和 42 年

道路においても機動的に動きまわることが可能であった。また SG1 はこのクラス唯一、油圧式の作業機操作機構を搭載していた。

主クラッチは、昭和 41 年までは乾式であったが昭和 42 年から湿式に改善され、クラッチ板の耐久性が向上した。

旧建設省東北地方建設局において、(株)小松製作所 GD37-5H 油圧式の除雪グレーダが導入された。



写真 4-20 共に 3.7m 級 125PS, LG2-M 機械式(左)と LG2-H 油圧式(右)
三菱重工業(株) 昭和 41 年



写真 4-21 3.1m 級 110PS MG3-M 機械式 三菱重工業(株) 昭和 41 年



写真 4-25 3.7m 級 118 PS GD37-5 (株)小松製作所 昭和 42 年²⁾



写真 4-22 3.1m 級 110PS MG3-H 油圧式 三菱重工業(株) 昭和 42 年

昭和 42 年頃から、油圧式の作業機操作機構が搭載されたグレーダが普及し始め、一部機種ではブレードのチルティングも、油圧稼働式になったことで除雪効率が向上した。また、従来のモータグレーダはベンチシートが採用されており、2 名乗車可能な運転室になっていたが、この頃からオペレータ席と助手席が分離され、明確に 2 人乗りになった。

昭和 44 年 (1969 年)

北海道開発局において 2.2 m 級除雪グレーダが、試験的に導入された。

昭和 45 年 (1970 年)

道路整備 5 ヶ年計画の一部として雪寒法 (積雪寒冷特別地域における道路交通の確保に関する特別措置法) が定められ、除雪を担うモータグレーダの役割が重視されていった。特に旧建設省からは、除雪作業においても始動性や作業性能などを高く求められるようになった。

(株)小松製作所は 4.0 m 級トルクフロートランスミッション搭載の GD40HT-2 を開発した。従来の変速機は選択摺動式や常時かみ合い式であったが、GD40HT-2 はトルクコンバータとパワーシフトトランスミッションを組み合わせ、オペレータの変速操作頻度を軽減し作業操作に専念できたことから除雪の安全性を向上させた。



写真 4-26 4.0 m 級 165 PS GD40HT-2 (株)小松製作所 昭和 45 年²⁾

旧建設省東北地方建設局において、(株)小松製作所油圧式 4.0 m 級除雪グレーダ GD40HT が導入される。

昭和 46 年 (1971 年)

旧建設省東北地方建設局は、油圧式 3.7 m 級除雪グレーダ GD37-6H を導入した。

旧建設省東北地方建設局において、除雪に使用されていた土工用グレーダは、なくなり、すべて除雪グレーダに代わった。



写真 4-27 3.7 m 級 125 PS GD37-6H (株)小松製作所 昭和 46 年²⁾

昭和 47 年 (1972 年)

旧建設省東北地方建設局において、(株)新潟鐵工所油圧式 3.7 m 級除雪グレーダ N530PSA が導入された。



写真 4-28 3.7 m 級 130 PS N530PSA (株)新潟鐵工所 昭和 47 年²⁾

(株)小松製作所は、車体フレームを屈折させ旋回半径を最小とするアーティキュレートフレームを採用した 2.2 m 級油圧式モータグレーダ GD22H-1 を開発した。



写真 4-29 2.2 m 級 65PS GD22H-1 (株)小松製作所 昭和 47 年

また、この年、三菱重工業(株)は、SG1 を改良し SG1B を開発した。



写真 4-30 2.5 m 級 78PS SG1B 三菱重工業(株) 昭和 47 年

昭和 48 年 (1973 年)

北海道開発局において駆動方式がパワーシフト方式の 3.7 m 級除雪グレーダが導入された。

昭和 49 年 (1974 年)

北海道開発局において除雪グレーダの事故防止のため、中央線除雪標識を試作実用化した。

3) 昭和 50 年代, 60 年代

昭和 50 年 (1975 年)

(株)小松製作所は GD40HT-2 を改良し, 4.0 m 級 GD40HT-2A を開発した。



写真 4-31 4.0 m 級 165PS GD40-HT-2A (株)小松製作所 昭和 49 年

昭和 51 年 (1976 年)

(株)小松製作所は国内初の 2.8 m 級アーティキュレートフレーム油圧式モータグレーダ GD28AC-1 を開発した。また, 3.1 m 級リジットフレーム (車体フレーム固定式) の GD31RC-3A を開発した。

昭和 50 年代中頃, 車体フレームが従来の固定式 (リジット) に対し屈折式 (アーティキュレイト) が旋回半径を小さくできることから次第に主流となった。



写真 4-32 3.1 m 級 110PS GD31RC-3A (株)小松製作所 昭和 51 年

昭和 52 年 (1977 年)

(株)小松製作所は 2.2 m 級 GD22H-1 を改良し GD22AC-1A を開発した。



写真 4-33 2.2 m 級 65PS GD22AC-1A (株)小松製作所 昭和 52 年

(株)小松製作所が GD40HT-2A を改良し, 除雪能力の向上を狙った 180PS への馬力アップや油圧アシストかじ取り装置搭載による操作の容易化およびゴムマウント運転台による除雪振動の軽減を図った 4.0 m 級リジットフレームの GD705R-1A を開発した。

JCMMA

注 4 : 現三菱重工業(株)

注 15 : 現三井造船(株)

《参考文献》

- 1) 北海道開発局における除雪機の変遷 昭和 55 年 3 月 編集発行 北海道開発局建設機械工作所
- 2) 道路除雪 30 年史 平成 3 年 3 月 30 日 編集 建設省東北地方建設局 道路部道路管理課・機械課 発行 社団法人東北建設協会

新工法紹介 機関誌編集委員会

05-70	地盤改良機の着底管理システム 「ボトムシーク」	竹中土木
-------	----------------------------	------

▶ 概 要

地下ダムは、地中に止水壁を構築することで海に流出する地下水の流れをせき止め、地盤の隙間に水を貯留させるものである。写真-1にSMW工法による止水壁構築状況を示す。このため、地下ダムの地下水貯留の性能を満足するために地中連続壁を帯水層下部の遮水（不透水）層まで確実に着底させ壁の止水性能を確保することが重要となる。



写真-1 SMW工法による止水壁構築状況

不透水層の深度は、事前ボーリング調査に基づいて設計深度を決定しているが、ボーリング地点間で地層境の大きな起伏が存在している場合には、これを捉えることは難しい。

従来では写真-2に示すように、オーガー掘削機での先行削孔完了後にオーガーを引き抜き、オーガー刃先に付着した土塊を目視確認することにより管理している。目視による土質確認の確実性はあるものの、削孔施工中に不透水層へ到達したか否かを判断できず、不透水層上端の深度を把握できないため、根入れ長の管理が行えないという課題があった。



写真-2 不透水層土塊の付着確認状況

そこで本システムでは、オーガー掘削機のオーガー吊荷重と減速機の負荷電流値の関係を解析することにより、リアルタイムに不透水層へ貫入した深度の判定を可能とした。

▶ 特 徴

①リアルタイムでの着底判定

オーガー掘削機に装着された計測器から得られるデータを1秒毎にパソコンに伝送し、即時解析することにより施工中に着底の判定を行う（写真-3）。



写真-3 パソコンモニター画面

②不透水層への根入れ深さ管理

不透水層の上端深度を把握できるため、根入れ長の管理が可能となる。

③シンプルな装置構成

ノートパソコン1台とオーガー掘削機に備わっている荷重計、電流計、深度測定装置でシステムが構築されているため、容易に導入可能である。

▶ 用 途

- ・オーガー掘削機を用いた原位置機械攪拌の着底管理

▶ 実 績

- ・地下ダム地中連続壁築造工事

▶ 問 合 せ 先

(株)竹中土木 技術・生産本部

〒136-8570 東京都江東区新砂1-1-1

TEL: 03-6810-6214

▶ (02) 掘削機械

15-(02)-03	加藤製作所 油圧ショベル (後方小旋回型) HD823MR-6	'15.03 発売 モデルチェンジ
------------	---------------------------------------	----------------------

23tクラスの後方小旋回型油圧ショベルであり、新型エンジンの搭載により排気ガス中のNOx（窒素酸化物）、PM（粒子状物質）を大幅に低減させ、オフロード法2011年基準に適合している。

標準型20tショベルと同等の性能を持ちながら、コンパクトな機体設計により標準型12tショベルよりも小さい後端旋回半径としている。さらに常時表示可能な大画面後方確認モニタを標準装備し、狭隘な場所での安全・円滑な作業を可能としている。

また、吸音材を効果的に配置し、標準仕様で国土交通省の超低騒音型建設機械の指定を受けている。

新型のコントローラ「APC300」は、作業に応じて「P（プロモード）」、「A（オールラウンドモード）」、「E（エコモード）」の3種の作業モードが選択できるため、パワーを重視した作業から、燃費を意識した作業まで行うことができる。

APC300の最適な制御により、従来機比で約10%の燃費低減（Aモード時）を達成している。また、国土交通省の新技術情報提供システム（NETIS）登録技術である待機時燃費低減システムによりアイドリング時のエンジン負荷を低減させ、ダンプ待ちなどのアイドリング時の燃費も従来機比で約4%低減させている。

整備性においては、燃料フィルタやエンジンオイルフィルタ類を地上から楽な姿勢で交換作業を行うことができる位置に配置している。エンジンオイル交換時は、ワンタッチ式ドレーンバルブにより手を汚すことなく排出ができるようになっている。

ICタグをダッシュボードの受信部にタッチすることでエンジンを始動する「新エントリーシステム」を採用し、セキュリティを向上させるとともに、エンジン始動キーとドアキーを一種に統合させることで利便性の向上も図っている。

GPSを利用した車両管理システムの機能を強化し、位置情報だけでなくメンテナンスデータなどの表示が可能となっている。また、スマートフォン等の各種携帯端末にも対応し、外出先からも機械の状態がチェック可能となっている。

表-1 HD823MR-6の主な仕様

バケット容量	(m ³)	0.80
最大掘削深さ	(m)	6.69
最大掘削半径	(m)	9.91
最大掘削高さ	(m)	9.77
運転質量	(t)	22.4
定格出力	(kW(PS)/min ⁻¹)	112.5(153)/2,000
走行速度 (高速/低速)	(km/h)	5.5/3.6
登坂能力	(%)	70
接地圧	(kPa)	50
最低地上高さ	(m)	0.47
後端旋回半径	(m)	2.03
シュー幅	(m)	0.60
全長×全幅×全高 (輸送時)	(m)	8.83 × 2.82 × 2.96
価格 (税抜)	(百万円)	19.5



写真-1 加藤製作所 HD823MR-6 油圧ショベル (後方小旋回型)

問合せ先：(株)加藤製作所 営業本部
〒140-0011 東京都品川区東大井 1-9-37

平成 27 年主要建設資材価格の動向

1. はじめに

建設資材の価格動向について、一般財団法人経済調査会発行の「月刊積算資料」で発表している実勢価格調査の結果を用いて考察することとする。

表一は、主要建設資材 25 品目の直近 6 ヶ月間の東京地区の価格推移である。4 月価格を半年前の 11 月価格と比較すると、25 品目のうち半数以上の 14 品目に動きがみられた。そのうち上昇した品目は 4 品目に止まり、一方、灯油、ストレートアスファルトの石油製品や異形棒鋼、H 型鋼、普通鋼板の鋼材類、電線、鉄屑の国際商品系など、原材料の下落等による影響で 9 品目に下落がみられるなど、上昇品目数を大きく上回った。2012 年から建設資材の高騰が続いてきたが、ここにきて変化がみられる。

2. 主要建設資材価格の動向

この主要 25 品目の中から、特に重要と思われる 10 品目について一般財団法人経済調査会調査部門による 2015 年 4 月調査時点の東京地区の市況判断を要約すると以下の通りとなる。

(1) H 型鋼

主力需要家である鉄骨ファブリーケーターは、多くの製作案件を抱えており引き続き需要は堅調である。

しかし、原料相場の大幅な値下がりから需要家の間には先安観が浸透、材料手配は当用買いに終始しており、荷動きは精彩を欠いている。一方、メーカーは採算重視の構えを堅持しているが、流通業者の間では数量確保から安値取引に走るケースが顕著になり、ジリ安で推移している。

表一 主要建設資材価格推移（東京地区）

〔価格＝東京：円〕〔消費税抜き〕

資材名	規格	単位	11月	12月	1月	2月	3月	4月	半年前 (11月)との 対比(円)
灯油	民生用 スタンド 18 $\frac{1}{2}$ 缶	缶	1,760	1,746	1,620	1,476	1,494	1,476	-284
A 重油	(一般) ローリー	kL	81,500	79,000	70,000	58,000	58,500	57,000	-24,500
ガソリン(ガソリン税込)	レギュラー スタンド	L	150	148	138	126	128	127	-23
軽油(軽油引取税込)	ローリー	kL	113,000	110,500	100,500	88,500	89,500	89,500	-23,500
異形棒鋼	SD295A・D16 ②	kg	64	63	62	61	59	58	-6
H 型鋼(構造用細幅)	200×100×5.5×8 mm (SS400) ②	kg	81	81	81	80	79	78	-3
普通鋼板(厚板)	無規格 16～25,914×1,829 mm ②	kg	79	79	79	79	78	78	-1
セメント	普通ポルトランドバラ	t	10,300	10,300	10,300	10,300	10,300	10,300	0
コンクリート用碎石	20～5 mm (東京 17 区)	m ³	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	0
砂	荒目洗い(東京 17 区)	m ³	4,650	4,850	4,850	4,850	4,850	4,850	200
再生クラッシュラン	40～0 mm (東京 17 区)	m ³	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	4,200	0
生コンクリート	強度 21 スランプ 18 cm 20 (25) mm (東京 17 区)	m ³	12,800	12,800	12,800	12,800	13,300	13,300	500
アスファルト混合物	再生密粒度 13 mm (東京都区内)	t	11,200	11,200	11,200	11,200	11,200	11,200	0
ストレートアスファルト	針入度 60～80	t	97,000	90,000	90,000	90,000	72,000	72,000	-25,000
PHC パイル A 種	350 mm × 60 mm × 10 m	本	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	29,600	0
ヒューム管	外圧管 1 種 B 形 呼び径 300 mm	本	9,510	9,510	9,510	9,510	9,510	9,510	0
鉄筋コンクリート U 形	300 B 300 × 300 × 600 mm	個	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410	1,410	0
コンクリート積みブロック	250 × 400 × 350 mm	個	580	580	580	580	580	580	0
杉正角	3 m × 10.5 cm × 10.5 cm 特 1 等	m ³	44,000	44,000	44,000	44,000	44,000	44,000	0
米ツガ正角	3 m × 10.5 cm × 10.5 cm 特 1 等	m ³	48,000	48,000	50,000	50,000	50,000	50,000	2,000
コンクリート型枠用合板	12 × 900 × 1,800 mm ②	枚	1,320	1,350	1,350	1,370	1,370	1,370	50
電線 CV	600 V ビニル 3 心 38 mm ²	m	1,259	1,259	1,259	1,153	1,153	1,153	-106
鉄屑	H2	t	21,000	21,000	18,000	18,000	16,500	16,500	-4,500
ガス管	白管ねじなし 25 A	本	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	1,830	0
塩ビ管	一般管 VP 50 mm	本	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	1,240	0

(出典) (一財) 経済調査会「月刊積算資料」

(注記) 調査日は原則として前月 20 日～当月 6 日調べ。

都心部での事務所ビルや工場、物流倉庫など、多くの鉄骨造の工事案件が控えていることから、今後も底固い需要が見込まれているため、採算悪化に苦慮している流通業者は、荷動きの回復を契機に徐々に売り腰を引き締めるものとみられる。

(2) 異形棒鋼

鉄屑価格の下落基調を背景に先安観が台頭している。そのため、需要家側は納期の迫った案件を中心に当用買いで材料手配を進めており、需給は引き締まりを欠いた展開が続いている。

この状況下、需要家が値下げ圧力を強めていることと、販売数量を確保したいとする一部流通業者の思惑が重なったことで、安値取引が目立つ展開となった。

これに対しメーカー側は、鉄屑相場の底を打つ気配が見え始めていることや今後の需要も堅調さを維持するとの見通しから、当面は需要見合いの生産に徹することで販売価格の維持を図りたい構え。

(3) セメント

セメント協会まとめによる平成27年2月期の国内販売実績（輸出を除く）は約356万6,651tと前年同月比3.7%の減少。全国10地区中、東北、関東、沖縄地区を除く7地区で前年同月比を割り込む結果となった。メーカー各社は年度末需要に期待を寄せていたものの出荷は振るわず、平成26年度の年間需要想定の下修正を余儀なくされているのが現状である。

大手メーカー各社では2年前に打ち出した値上げに対して、満額に達していないことを理由に価格交渉を継続しているが、実質的な交渉には至らず進展はみられない。先行き値上がり要因は少なく、現行値圏内での推移となる。

(4) 生コンクリート

東京地区生コン協組調べによる平成26年度の出荷量は317万7,213m³で前年同期比2.4%増。同協組では平成26年12月以降前年比約10%以上の出荷増が続いたことで、前年度を上回る出荷量を確保することができたとしている。また平成27年度の出荷見込みは、豊洲新市場向け、都市再開発物件への出荷が旺盛であることを背景に前年度並みの320万m³と予測している。

価格は3月にm³当たり500円上昇したが、協組側はさらなる上積みを獲得すべく価格交渉への強い意欲を示しているが、需要家側の抵抗が大きいと予想されるため、慎重に交渉を進めていく意向。

(5) アスファルト混合物

平成26年4月～平成27年2月期の都内向けアスファルト混合物製造数量は185万2,609tと前年同期比5.3%の増加（東京アスファルト合材協会調べ）。しかしながら、第4四半期の合材出荷量は一般舗装工事発注が少ないことから、積雪による出荷減の影響を大きく受けた前年とほぼ同水準となる見通しである。

主原材料であるスト・アス価格の下落を契機に、新年度入り後需要家の値下げ要求は一段と強まっている。販売筋では、一般工事による出荷量の確保が困難なことに加え、これまでの値上げの打ち出し額が完全に末端まで浸透していないことから、現行価格の維持が精いっぱい状況。目先、横ばい推移の公算が大きい。

(6) コンクリート用砕石

豊洲新市場等、都心部の大規模物件向けの生コン出荷が本格化したことで、コンクリート用砕石の荷動きも堅調に推移している。

好調な需要の後押しを受け、新年度に入り、販売価格引き上げ交渉は活発化している。供給側では、これまでの値上げ分では今後の需要増に対する輸送力増強には不十分だとし、値上げに対して理解を求めているものの、これまで値上げを受け入れてきた需要家側は3年連続の値上げに対し強い抵抗を示しており、交渉は難航している。目先、横ばいで推移する公算が大きい。

(7) ガス管

メーカーの供給ネックは解消に向かうと同時に、工期の遅れ等から荷動きが低調なこともあり、市中在庫の品薄感は弱まってきた。流通筋は引き続き在庫状況を見極めながら売り腰を強めているものの、大型案件への本格的納入はまだ先であることから、現状では市況変動への影響はみられない。当面、横ばいで推移しよう。

(8) コンクリート型枠用合板

輸入量が減少しているにもかかわらず、需要の低迷により港頭在庫は増加している。販売側は、産地価格の上昇を受けて売り腰を強めているものの、市中の荷余り感から市況を押し上げるには至らない。

(9) 軽油

原油価格に大きな値動きがみられない中、元売会社は好調な輸出量を維持しつつ市中への供給量を減らすことで、需給バランスの調整を図っている。一方、需要は盛り上がり欠く中、収支改善を図りたい流通筋は現行価格の死守に懸命。このためスポット市場からの安値の流通が散見されるものの、先行き、横ばいで推移しよう。

(10) 電線ケーブル

4月初旬の国内電気銅建値は、海外相場高を背景にt当たり77万円と前月初旬比2万円の上昇。流通側は、冬場の荷動きに停滞感が続くことから、数量確保を重視した動きが目立っており、市況上伸には至っていない。

一方、日本電線工業会の電線受注出荷速報によると、建設・電販向けの2月推定出荷量は約2万7,500tと前年同期比約2.5%の下落。首都圏の再開発を中心に需要は底堅いが、一年前の消費税増税直前ほどの活況はみられない。夏場に向け、荷動きが活発化する見方が大勢を占めており、流通側は、2月下旬から続く銅価ジリ高の未転嫁分解消が喫緊の課題である。

3. 主要資材の都市別価格動向

表1は主要25品目のうち、価格変動が頻繁に生じやすくさらに地域性の強い資材として3品目を抽出して主要10都市毎に過去2014年4月と2015年4月時点を比較したものである。

まず、異形棒鋼については、2015年4月の価格を2014年4月と比較すると、札幌を除き、kg当たり7円～10円と10%以上の下落となっている。下落が原材料である鉄屑相場の影響によるため、全国的に下落状況となっている。一方札幌はほかの地区に比べ小規模な

統計

表-2 主要建設資材の価格推移（主要10都市）

価格：円（消費税抜き）

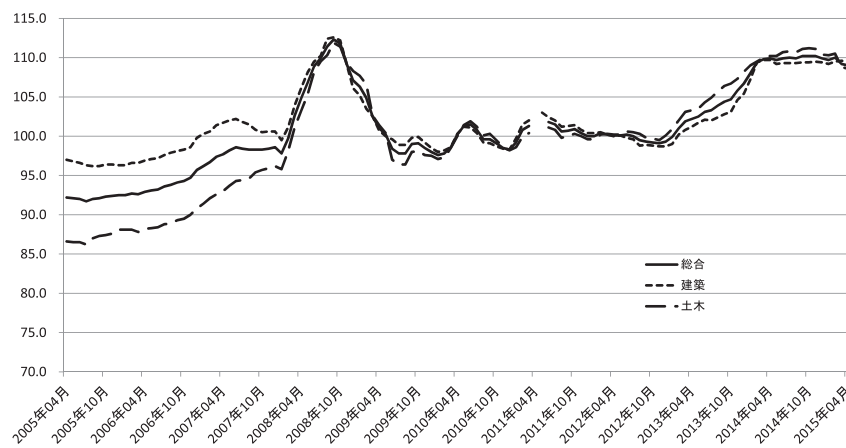
資材名	異形棒鋼				生コンクリート				アスファルト混合物			
	規格	SD295A・D16			21-18-20 (25)			再生密粒度13 (注記2参照)				
地区	単位	2014年4月	2015年4月	変動額(円)	単位	2014年4月	2015年4月	変動額(円)	単位	2014年4月	2015年4月	変動額(円)
札幌	kg	67.0	66.0	-1	m ³	12,500	12,500	0	t	12,150	12,500	350
仙台	〃	68.0	61.0	-7	〃	14,000	14,000	0	〃	10,500	10,500	0
東京	〃	68.0	58.0	-10	〃	12,800	13,300	500	〃	10,000	10,200	200
新潟	〃	68.0	58.0	-10	〃	12,000	12,500	500	〃	11,400	11,400	0
名古屋	〃	65.0	58.0	-7	〃	9,600	10,800	1,200	〃	9,900	10,300	400
大阪	〃	65.0	55.0	-10	〃	12,200	12,200	0	〃	9,700	9,900	200
広島	〃	66.0	57.0	-9	〃	14,150	14,150	0	〃	9,800	9,800	0
高松	〃	67.0	59.0	-8	〃	8,400	8,400	0	〃	12,500	12,800	300
福岡	〃	67.0	58.0	-9	〃	10,950	10,950	0	〃	9,700	10,000	300
那覇	〃	78.0	71.0	-7	〃	12,700	13,200	500	〃	13,300	13,300	0

(出典) (一財) 経済調査会「月刊積算資料」

(注記1) 調査日は原則として前月20日～当月6日調べ。

(注記2) 生コンクリートの東京は東京17区価格。アスファルト混合物の東京は東京23区価格。

(注記3) アスファルト混合物の札幌は再生細粒度ギャップ13Fが対象。



一般財団法人経済調査会「建築・土木総合指数」より作成。2010年度4月=100とした指数
東日本大震災の影響により、2011年4月～5月データの一部分に欠損が発生したため、全国のグラフも欠損データとなっている

図-1 建設資材価格指数（全国：総合）

値動きであるが、これは他地区と比べ影響が遅れているため、今後同様に下落へ向かうものと思われる。

次に生コンクリートであるが、この資材は個別の地区事情に影響されて価格相場が形成されているため、それぞれの特色が出ている。2015年4月を見ると、最も高値が広島の14,150円で、一方安値は高松の8,400円で、その差は5,750円と大幅な価格格差となっている。またここ1年の動きをみると、名古屋が1,200円の上昇を見せ1万円台に乗せた結果、2012年に4地区あった1万円に届いていない地区は高松だけとなり、安値地区が解消されつつある。

最後にアスファルト混合物に関しては、ストレートアスファルト上昇の影響からおおむね全体的には小幅ながら上昇している。

4. おわりに

図-1の建設資材価格指数（全国：総合）は、2005年4月からの建設資材価格の動きを指数化したグラフであるが、2012年10月を底に右肩上がりで大幅に上昇してきたが、2014年4月以降はほぼ横ばいの傾向に変化してきている。

2012年以降に、円安や原油の値上がりによる原材料の値上がりによる建設資材の値上げラッシュがあり、旺盛な建設投資による資材需要の高まりが後押しとなって、市場では資材価格が高騰した。これも2014年4月以降は落ち着きを見せ、高値水準を維持して安定的に推移している。

2020年の東京オリンピックに向けた事業および東日本大震災の復興事業などが、当面建設投資をけん引することから、安定した建設投資を背景に建設資材市況も高水準での値動きが展開されよう。

(文責：荒川)

建設技能労働者の動向

まえがき

日本の建設投資額は、平成8年（1996）を境に低下し、平成22年（2010）にはピーク時の約二分の一に減少したが、その後の東日本大震災の復旧復興事業および2020年のオリンピック・パラリンピック東京大会に向けた関連施設整備等により建設需要は高まってきている。しかし、長期に渡る建設投資の低迷は、建設企業が構造のスリム化をした結果、ここに来て技能労働者の不足が顕在化してきた。そこで、今回は現在の建設労働力の現状と対応策および外国人建設就業者の動向を紹介することとした。

(1) 国内の建設技能労働者数の推移

平成4年度（1992）をピークに長い間減少傾向が続いていた建設投資額は、平成20年（2008）のリーマン・ショック以降、最盛時の半分まで削減された。しかし、東日本大震災の発生後の復旧復興事業により押し上げられ、平成22年を底に増加に転じた（図-1）。一方、建設技能労働者数は、平成9年（1997）ピーク時の455万人に対し平成22年（2010）には331万人（△27.3%）まで減少してしましたが、同じく東日本大震災を境に若干増加の動きがあり、平成25年（2013）には、公共工事労務単価の引き上げや高齢者の活用、社会保険等未加入対策の更なる強化等建設技能者の処遇改善に努めてきた成果が現れたことで7万人ほど増えている（図-2）。

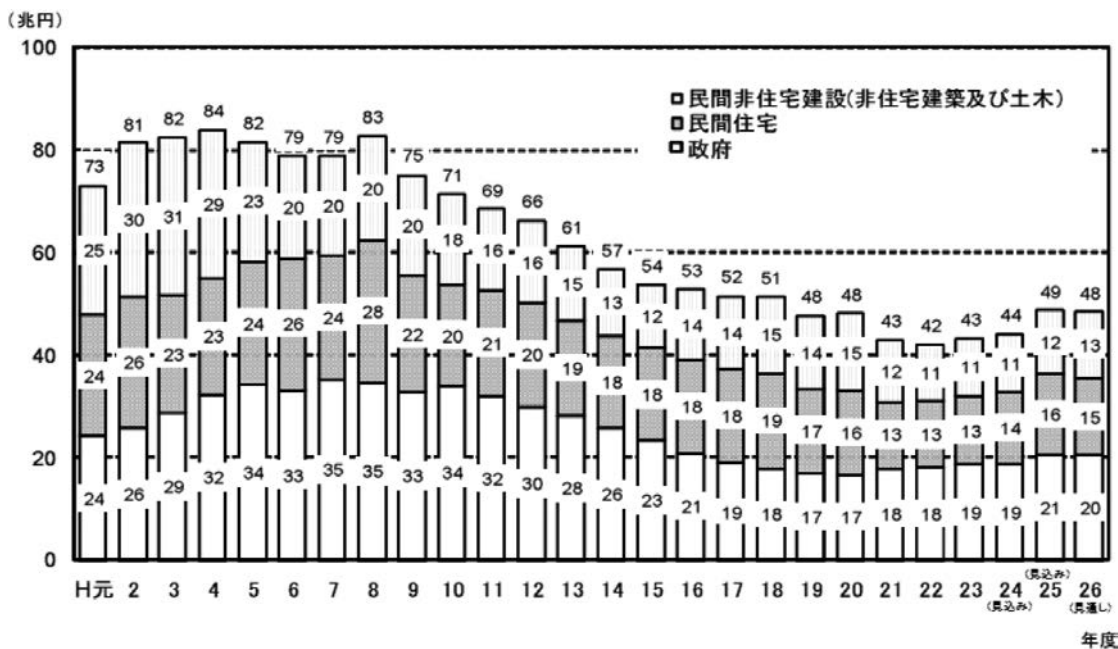
国土交通省の建設労働需給調査では、平成23年（2011）に入っ
てからは不足傾向が続いている（図-3）。

(2) 求人、求職及び求人倍率の推移

厚生労働省は公共職業安定所（ハローワーク）における求人、求職、就職の状況を取りまとめ、求人倍率などの指標を作成し、一般職業紹介状況として毎月公表している。図-4は、「建設躯体工事の職業」・「建設の職業」・「土木の職業」の年度平均の数値を合算した有効求人数、有効求職者数、有効求人倍率の推移を示したグラフである。

平成21年度（2009～10）はリーマン・ショック等の影響を受け建設投資が急減していた時期であり、有効求人数よりも有効求職者数が上回り有効求人倍率は0.66倍・0.84倍と低い水準となっていた。しかし、平成23年度（2011）の震災以降、建設投資が急激に回復したことを受け、この頃から有効求職者数よりも有効求人数が上回るという逆転現象が顕著に表れ始め、平成25年度（2013）の有効求人倍率は2.89倍と、ここ10年間で最も高い水準となっている。

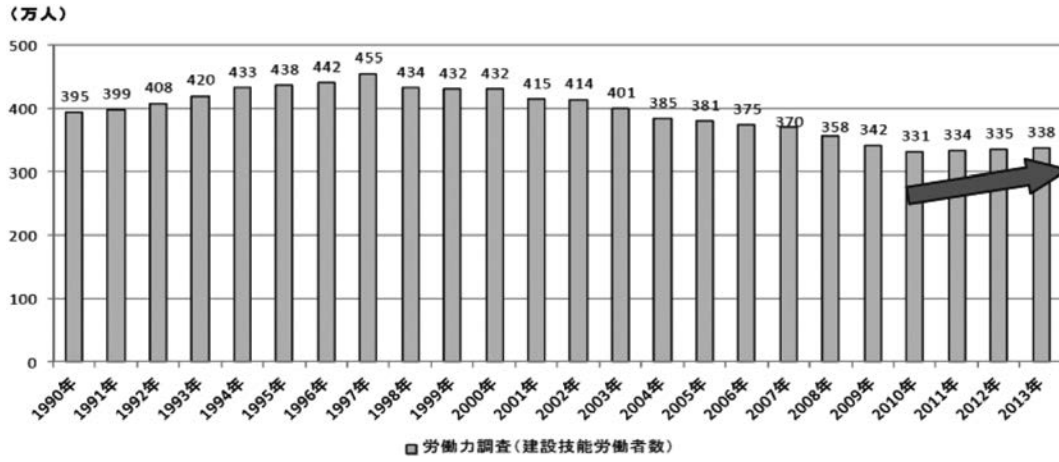
これから、復興事業の更なる加速化、平成32年（2020）東京オリンピック・パラリンピック関連施設整備等により建設需要が増大していくと考えられるなか、人手不足は建設産業のみならず、あらゆる産業で問題視され、今後ますます少子高齢化が進み労働力人口の減少は避けられないことから、人材確保が大きな課題としてあげられる。



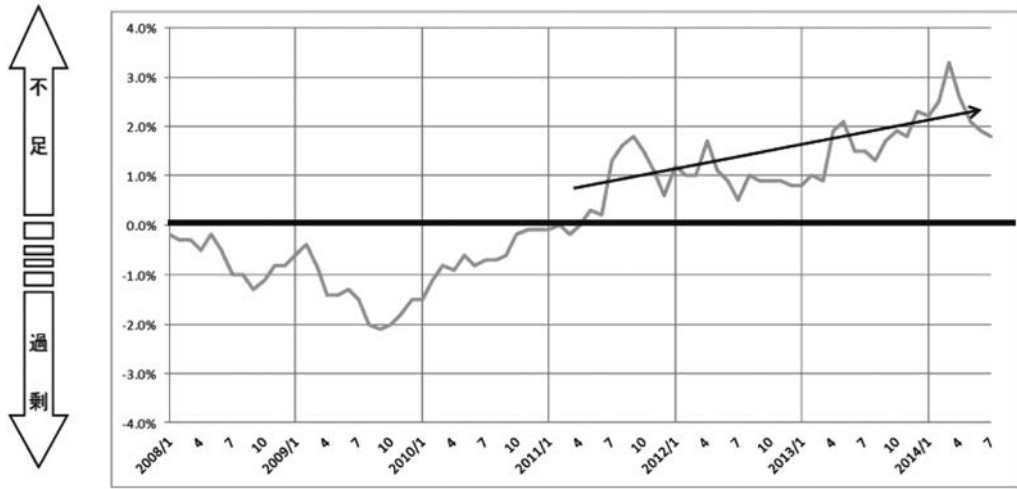
出典：国土交通省 建設投資の見通し

図-1 建設投資額（名目値）の推移

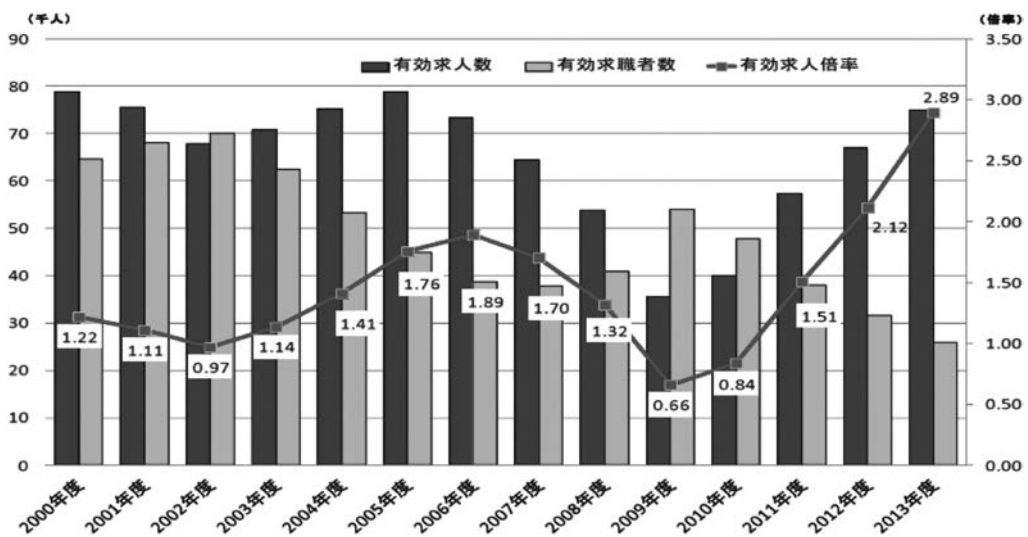
統計



出典：総務省「労働力調査(暦年平均)」を基に(一財)建設経済研究所で作成
 図一 2 労働力調査による建設技能労働者数の推移



出典：国土交通省「建設労働受給調査」を基に(一財)建設経済研究所で作成
 図一 3 建設技能労働者過不足率の推移(全国)



出典：厚生労働省「一般職業紹介状況」を基に(一財)建設経済研究所で作成
 図一 4 建設技能労働者の求人、求職および求人倍率の推移

(3) 構造的な労働者不足の対応

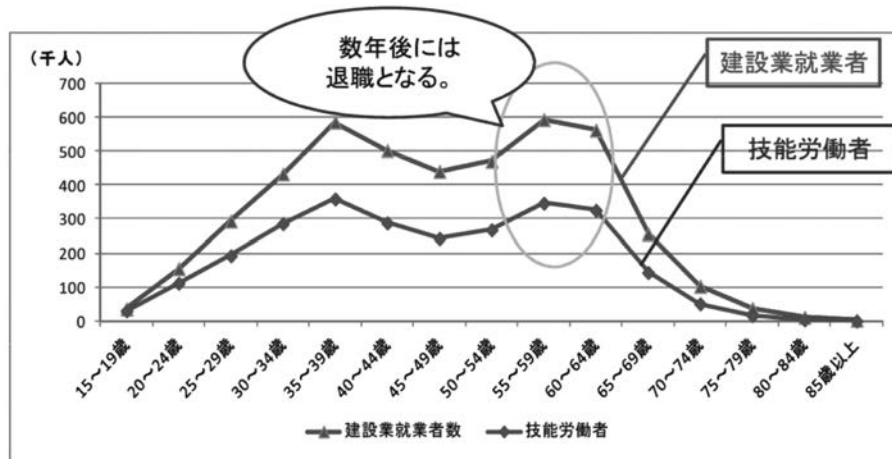
建設産業の担い手不足については、近年の建設投資の減少により、建設企業が倒産するなど、技能労働者の離職が進んだことや技能労働者の高齢化が進み、高齢者が仕事を辞めていっていること（図一5）、また、建設産業の処遇改善が進んでいないことなどから、若者が入職を避けるようになってきていることなどの3つの要因が考えられる。これらの要因については、建設産業が直面している構造的な問題であり、こうした問題を看過すれば、中長期的には、将来にわたるインフラの維持管理や災害対応等を地域で担う人材が不足することが懸念される。近年では、公共工事の品質確保に関する法律の一部を改正する法律により、公共工事の品質確保の担い手の中長期的な育成及び確保が明確にされ、国交省では社会保険未加入企業の

排除や公共工事設計労務単価の引き上げなど環境改善に力を注いでいるところであるが、こうした構造的要因による担い手不足の懸念に対しては、建設分野における外国人材の活用に係る緊急措置とは別に、中長期的な観点から、必要な人材を国内で確保していくことが基本である。

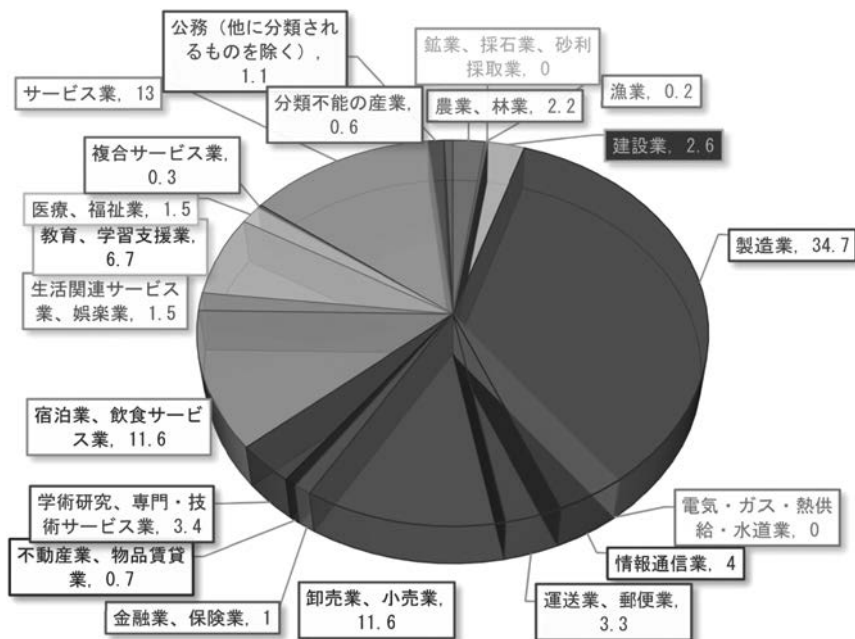
なお、産業競争力会議「成長戦略進化のための今後の検討方針」では、「持続可能な経済成長を達成していくために必要な外国人材活用の在り方について、必要分野・人数等も見据えながら、国民的議論を進める」とされている。

(4) 外国人建設就労者の受入状況

日本では、「出入国管理法及び難民認定法」上の技能実習生が在



出典：厚生労働省「一般職業紹介状況」を基に（一財）建設経済研究所で作成
図一5 建設業就業者数に占める技能労働者の割合



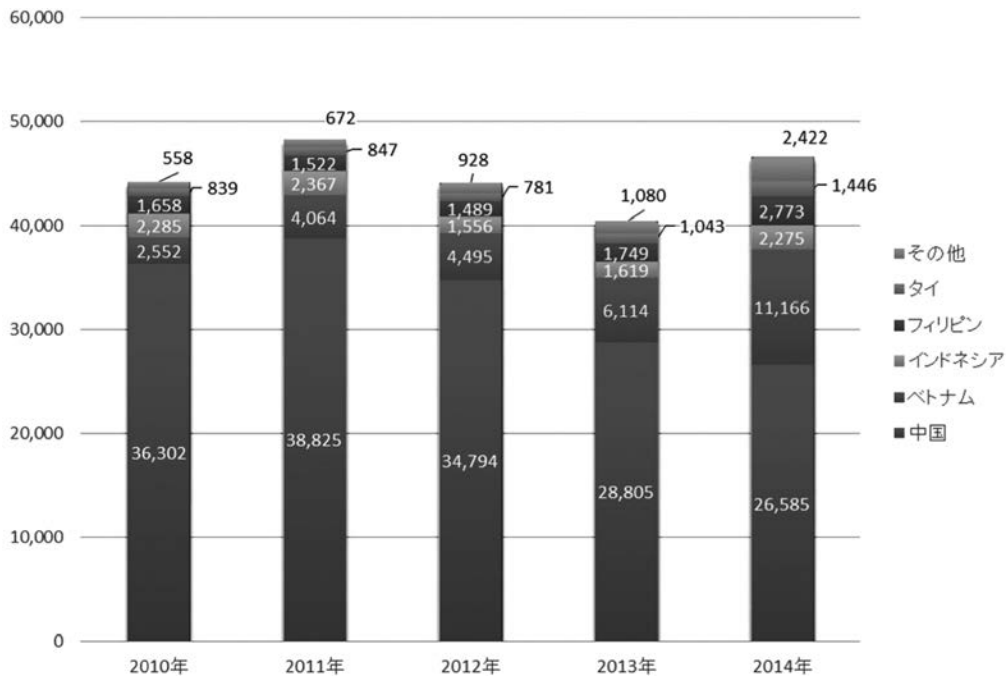
厚生労働省職業安定局派遣・有期労働対策部外国人雇用対策課発表
図一6 産業別外国人労働者の割合 (%)

統計

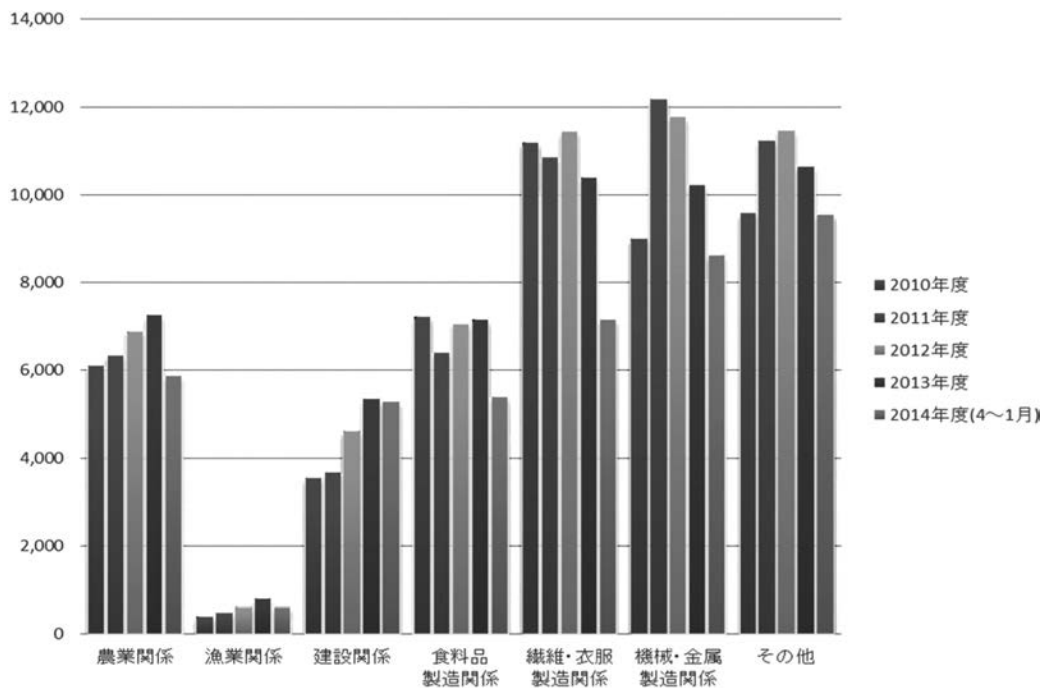
留資格を得て就労することが許されている。外国人就労者の受入には、外国人技能実習制度（平成5年）があり、開発途上国の青壮年労働者を一定期間（3年間）日本産業界に受け入れて産業職上の技能・技術・知識を習得させ、開発途上国への技術移転を図り、その国の経済発展を担う人材育成に寄与することを目的とした制度である。技能実習の対象職種には、1. 農業関係、2. 漁業関係、3. 建

設関係、4. 食品製造関係、5. 繊維・衣服関係、6. 機械金属関係、7. その他に分類され、建設関係は21職種、31作業が定められており、実習機関と雇用関係のもとで技能修得を図ることになる。

厚生労働省は、このほど平成26年10月末現在で外国人雇用についての届出状況を取りまとめた。外国人就業者数は約79万人で、前年同期比9.8%の増加となっており、平成19年に届け出が義務化

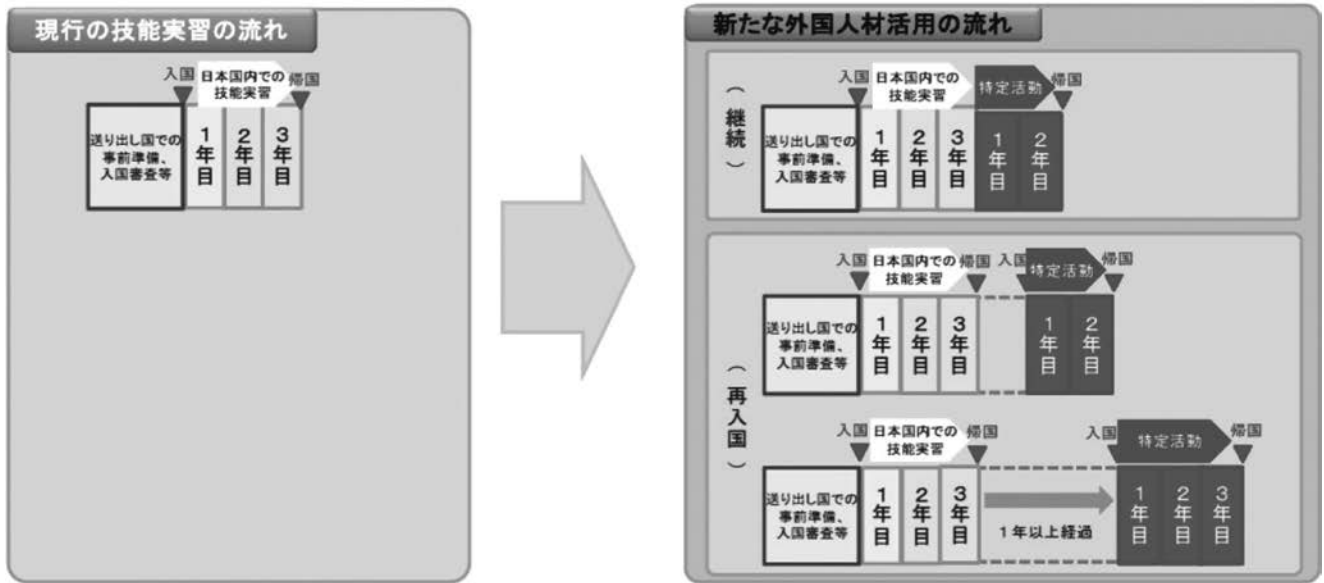


図一七 入国支援技能実習生（1号）（国籍別）暦年別（人）



出典：（公財）国際研修協力機構 JITCO

図一八 技能実習2号移行申請者（職種別）（人）



図一9 外国人材活用の緊急措置

されて以来、過去最高の伸びである。そのうち建設業には約2万人、2.6%が就業している（図一6）。

近年の外国人技能実習制度による年度別の実績は、1年目の入国支援実習生は中国の減少が大きく、全体として減少傾向にあるが、年間4万人台にある（図一7）。

(5) 一時的な需要増に対応する労働者の確保（閣僚会議：平成26年4月4日）

復興事業の更なる加速を図りつつ、2020年オリンピック・パラリンピック東京大会の関連施設整備等による当面の一時的な建設需要の増大に対応するために必要となる技能労働者については、まずは、就労環境の改善、教育訓練の充実強化等によって、離職者の再入職や高齢層の踏み止まりなどにより、国内での確保に最大限努めることが基本であるが、その上で、当面の一時的な建設需要の増大への緊急かつ時限的措置（2020年度で終了）として、国内での人材確保・育成と併せて、即戦力となり得る外国人材の活用促進を図り、大会の成功に万全を期する事が必要である。

この措置により、今後技能実習生の増加が期待されており、図一8

では、建設関係が増加傾向になっている。内訳としては中国が減少したものの、それ以上にベトナムの増加がそれを補完している。

○緊急措置の概要（対象、資格、期間）：国土交通省平成26年告示（図一9）

外国人建設労働者受入事業に関する告示骨子は次の通りである。

①活用を図る外国人材

即戦力の確保を念頭に置き、建設分野の技能実習修了者について、技能実習に引き続き国内に在留し、又は技能実習を修了して一旦本国へ帰国した後に再入国し、雇用関係の下で建設業務に従事することができることとする（2020年度までに限る）。

②在留資格

特定活動

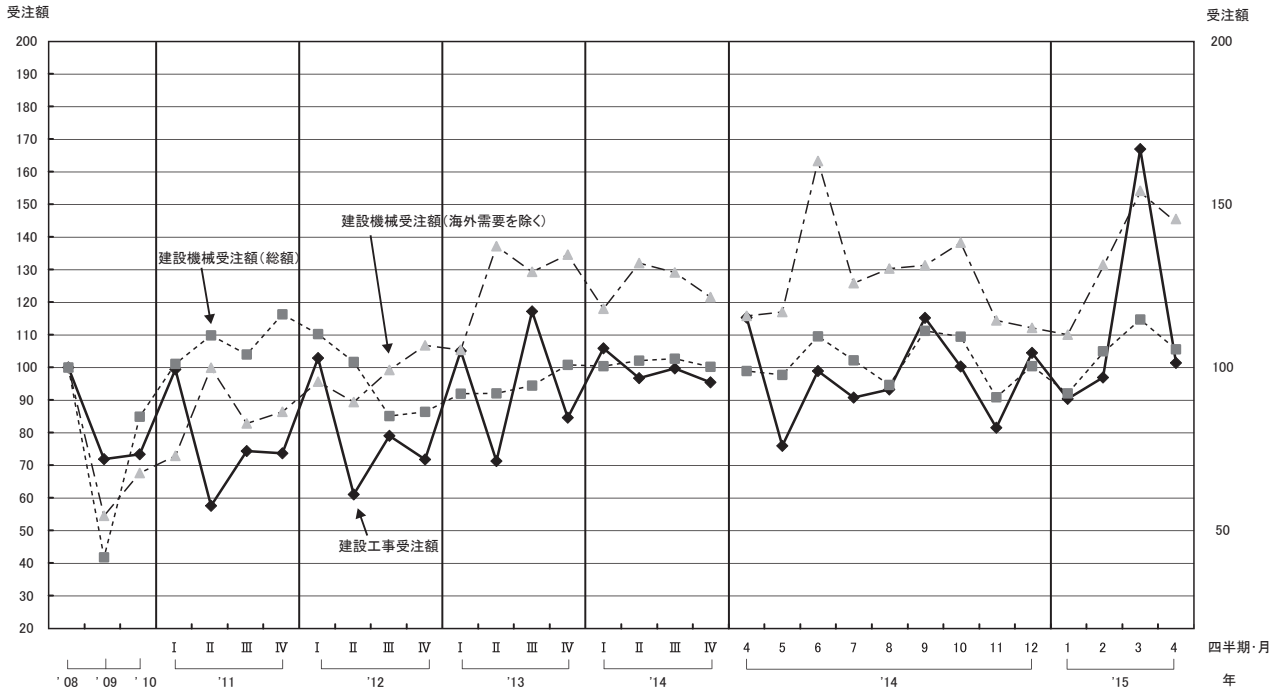
③期間

1年ごとの更新により最大2年以内（再入国者のうち本国に帰国後の期間が1年以上のものは最大3年以内）。

【文責：両角】

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 4月	13,465	6,581	1,403	5,179	6,417	376	91	6,208	7,256	134,351	7,979
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	-	-

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 4月	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
総 額	18,099	7,492	15,342	19,520	17,343	17,152	18,346	1,492	1,473	1,653	1,541	1,427	1,679	1,652	1,370	1,514	1,388	1,584	1,732	1,593
海 外 需 要	12,996	4,727	11,904	15,163	12,357	10,682	11,949	999	975	957	1,005	872	1,120	1,063	883	1,037	920	1,024	1,075	973
海外需要を除く	5,103	2,765	3,438	4,357	4,986	6,470	6,397	493	498	696	536	555	559	589	487	477	468	560	657	620

(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4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5月1日～5月31日)

機械部会



■基礎工用機械技術委員会

月日：5月13日(水)

出席者：山下高俊委員長ほか14名

議題：①話題提供「洋上風力発電の基礎工用モノパイル掘削機械」の紹介 ②基礎工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の当委員会の発表資料について ④基礎工事現場の見学会について ⑤その他連絡等

■トンネル機械技術委員会 建設生産システムの変革分科会

月日：5月13日(水)

出席者：橘伸一分科会長ほか9名

議題：①平成27年度の活動テーマの再確認と具体的な活動の進め方について ②その他

■ダンプトラック技術委員会

月日：5月14日(木)

出席者：田中哲委員長ほか5名

議題：①各社トピックスについて ②人材育成のテーマとしてYouTube映像の活用について・YouTube映像の選定と具体的な利用の仕方についての整理 ③3/11に開催の日本機械土工協会との「不整地運搬車・ダンプトラック関係安全作業ガイド」意見交換会の結果を踏まえたガイド資料の見直しについて ④その他

■ショベル技術委員会

月日：5月18日(月)

出席者：尾上裕委員長ほか12名

議題：①4/17開催の経産省省エネルギー型建機導入補助事業検討委員会における「燃料コスト回収算出の算出方法見直し提案」の説明報告 ②現状パッケージクラスベースに対するエンジン出力ベースでの分析結果について ③EN474-1, EN474-5, JIS A8340-1, JIS A8340-4における運転者保護構造についての確認について ④その他・エアコンのフロンガス点検についての情報について

■油脂技術委員会

月日：5月18日(月)

出席者：豊岡司委員長ほか24名

議題：①油脂技術委員会・平成27年度活動計画報告 ②高効率作動油分科

会・平成27年3月建設機械施工協会合同部会の報告「高効率油圧作動油の紹介と検討取組について」 ③燃料・エンジン油分科会…1) JATOP II 成果発表会と2) JORAの補助金事業(BDF流通)成果発表会に関係した報告(燃料多様化をテーマに情報報告) ④規格普及促進分科会・規格普及のPR方法検討

■原動機技術委員会 代表者打合せ

月日：5月20日(水)

出席者：六本木明人委員長ほか6名

議題：①前回(4/17)委員会において国交省殿欠席となったため次回(6/26)討議となった次の2件に関して委員会内での情報の整理と共有について・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・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 ②その他

■トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月日：5月20日(水)

出席者：坂下誠分科会長ほか8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開催予定の合同連絡会での当分科会からの発表資料について ③上記①, ②を踏まえた上での国土交通省との意見交換について ④その他

■建築生産機械技術委員会 移動式クレーン分科会 WG

月日：5月22日(金)

出席者：石倉武久委員長ほか6名

議題：①25tクラスのラフテレーンクレーンのJCMAS作業燃費測定標準案の具体検討について・各試験モードでの試験条件, 測定方法, 作業割合, 評価値等 ②平成27年度国交省の他クラスラフテレーンクレーン燃費測定の追加試験について・対象クラスと各試験モードでの試験条件の確認について・追加試験のメカ機種, スケジュール, 準備について ③その他

■トンネル機械技術委員会 東京都下水道局 千代田区永田町一丁目、霞が関二丁目付近再構築工事見学会

月日：5月29日(金)

出席者：坂下誠分科会長ほか18名

現場：東京都下水道局 千代田区永田町一丁目、霞が関二丁目付近

内容：H&Vシールド機地中分岐シールド工事, アーバンシャフト立坑工事

製造業部会



■作業燃費検討WG 代表打合せ

月日：5月21日(木)

出席者：阿部里視副部会長ほか8名

議題：①松本サブリーダー保有の過去からのデータの概要説明とデータの保管について ②作業燃費検討WGの懸案事項について ③その他

■製造業部会 幹事会

月日：5月28日(木)

出席者：西田悟幹事長ほか14名

議題：①幹事長交替挨拶と平成27年度部会組織について ②平成26年度事業報告および平成27年度事業計画について ③燃費基準認定制度の状況について ④経済産業省の省エネルギー型建設機械導入補助事業について ⑤平成25年7月1日以前の油圧ショベル既納機への装着可能なアタッチメント質量に関する見解について・車両系建設機械をベースとした木材伐出機械の安全について ⑥平成27年度第1回合同部会(幹事役：製造業部会)のテーマと開催日程について ⑦その他

建設業部会



■機電交流企画WG

月日：5月21日(木)

出席者：相田尚主査ほか6名

議題：①第19回機電技術者意見交換会テーマ(案)について ②第19回機電技術者意見交換会講演会(案)について ③第19回機電技術者意見交換会PR方法について ④その他(見学案等)

各種委員会等



■機関誌編集委員会

月日：5月7日(木)

出席者：田中康順委員長ほか25名

議題：①平成27年8月号(第786号)の計画の審議・検討 ②平成27年9月号(第787号)の素案の審議・検討 ③平成27年10月号(第788号)の編集方針の審議・検討 ④平成27年5～平成27年7月号(第783～785号)の進捗状況の報告・確認

■建設経済調査分科会

月日：5月20日(水)

出席者：山名至孝分科会長3名

議題：①平成26年度公共事業関係予

算の原稿検討 ②その他

■新機種調査分科会

月 日：5月27日(水)

出席者：江本平分科会長ほか4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回運営委員会

月 日：5月7日(木)

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか22名

内 容：①平成26年度事業報告(案)承認の件について ②平成26年度決算報告(案)承認の件について ③平成27年度事業計画に関する件について ④平成27年度収支予算に関する件について ⑤その他

■第4回支部通常総会

月 日：5月13日(水)

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

出席者：熊谷勝弘支部長ほか89名

内 容：①平成25年度事業報告(案)及び決算報告(案)承認の件 ②平成26年度事業計画及び収支予算に関する件 ③本部からの事業概要報告 ④感謝状贈呈式 ⑤建設機械優良運転員・整備員の表彰

■支部講演会

月 日：5月13日(水)

場 所：札幌市、センチュリーロイヤルホテル

演 題：竹鶴政孝と北海道～日本にウイスキーを伝えた男の愛と情熱の物語～
講 師：アサヒビール(株) ウイスキーア
ンバサダー 箕輪陽一郎氏

出席者：熊谷勝弘支部長ほか89名

■請負工事機械経費積算に関する講習会

月 日：5月20日(水)

場 所：札幌市、北海道教育会館ホテルユニオン

受講者：88名

内 容：①積算体系と機械経費 ②建設機械等損料の基本と動向 ③施工パッケージ型積算方式について ④損料表の見方及び使い方 ⑤一般土木請負工事の機械経費積算例 ⑥道路維持請負工事の機械経費積算例

■平成27年度除雪機械技術講習会(メーカ)打合せ

月 日：5月26日(火)

場 所：北海道支部会議室

出席者：秋場健治技術委員会委員ほか5名

内 容：①平成27年度除雪機械技術講習会について ②講習会テキストの改定について ③その他

■第3回技術部会技術委員会

月 日：5月29日(金)

場 所：さつげんビル6階会議室

出席者：服部健作部会長ほか17名

議 題：平成27年度除雪機械技術講習会講師打合せ

東北支部



■情報化施工技術委員会(施工部会)

月 日：5月8日(金)

場 所：支部会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長ほか6名

議 題：①情報化施工セミナー会場費等負担について ②仙台会場担当業務について ③学生向け情報化施工資料について ④その他

■企画部会

月 日：5月11日(月)

場 所：東北支部会議室

出席者：阿部新治部会長ほか4名

議 題：①平成26年度事業報告について ②平成26年度決算報告について ③平成27年度事業計画(案)について ④平成27年度予算(案)について ⑤平成27年度役員名簿について

■支部運営委員会(企画部会)

月 日：5月12日(火)

場 所：KKRホテル仙台

出席者：高橋弘支部長ほか20名

議 題：運営委員会を開催

■広報部会(第2回EE東北実行委員会)

月 日：5月13日(水)

場 所：フォレスト仙台

出席者：企画部長ほか39名

議 題：①EE東北'15開催概要 ②EE東北'15実施計画(案) ③EE東北'15広報(案) ④EE東北'15予算(修正案) ⑤今後の予定

■平成27年度支部総会(企画部会)

月 日：5月20日(水)

場 所：仙台ガーデンパレス

出席者：高橋弘支部長及び支部会員118社(委任状54社)出席総数107名議決権総数129社

内 容：平成27年度東北支部総会開催

■技術部会

月 日：5月24日(日)

場 所：水防演習(盛岡市南大橋：北上川右岸側)

出席者：高橋弘支部長及び山岸嗣宏技術部会長

内 容：北上川上流水防演習

■情報化施工技術委員会(施工部会)

月 日：5月25日(月)

場 所：支部会議室

出席者：鈴木勇治情報化施工技術委員長及び施工企画課ほか15名

議 題：①情報化施工セミナー申し込み状況 ②情報化施工セミナー準備等について ③説明資料について ④東北技術事務所向け研修について ⑤その他

■広報部会(橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算、及び建設機械等損料講習会)

月 日：5月29日(金)

場 所：ハーネル仙台

出席者：山田仁一事務局長ほか53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

北陸支部



■北陸支部第4回総会

月 日：5月13日(水)

場 所：ホテルラングウッド新潟

出席者：丸山暉彦北陸支部長ほか116社(74名)

議 題：①平成25年度支部事業報告及び決算報告に関する件 ②平成26年度事業計画及び収支予算に関する件
記念行事：優良建設機械運転員並びに整備員の表彰、記念講演会

■第1回雪氷部会

月 日：5月20日(水)

場 所：新潟県建設会館

出席者：山崎吉晴雪氷部会長ほか11名

議 題：「道路除雪オペレータの手引き」改定について

■第2回広報委員会

月 日：5月26日(火)

場 所：北陸支部事務局

出席者：上杉修二広報委員長5名

議 題：機関誌「あかしや通信」の発行について

■北陸雪氷技術研究会第12回幹事会

月 日：5月27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(幹事)

議 題：第30回北陸雪氷技術シンポジウムの開催について

中部支部



■技能検定実技試験実施事務打合せ会議

月 日：5月8日(金)

出席者：永江事務局長出席

議 題：建設機械整備技能検定に関する実務打合せ

■第4回支部通常総会実施

月 日：5月11日(月)

場 所：ウイル愛知女性総合センター

出席者：所輝雄支部長約110名

議 題：①平成26年度事業報告及び決算報告承認の件 ②平成27年度事業計画及び収支予算承認の件等

■出前除草作業安全講習会

月 日：5月19日(火)

場 所：愛知県豊橋市・豊橋建設興業㈱ 受講者：7名

■第6回東海・東南海・南海地震対策中部圏戦略会議

月 日：5月21日(木)

場 所：ポートメッセ名古屋

出席者：所支部長

議 題：南海トラフ地震対策中部圏戦略会議活動計画等

■平成27年度揖斐川連合総合水防演習・広域連携防災訓練

月 日：5月24日(日)

出席者：所支部長

場 所：岐阜県大垣市今福町地先(1級河川揖斐川右岸河川敷)

内 容：河川・砂防・港湾・道路が連携した大規模水防演習

関西支部



■支部通常総会

月 日：5月14日(木)

場 所：大阪キャッスルホテル 会議室

出席者：深川良一支部長以下106名

議 題：①平成26年度事業報告及び決算報告の件 ②平成27年度事業計画及び収支予算の件 ③本部事業概要報告 ④平成27年度会長表彰・永年団体会員表彰60年1社、50年1社、30年1社、20年3社 ⑤優良建設機械運転員等表彰 運転部門2名、整備部門3名

講 演：「ICTとロボット技術を基盤とした国際救助隊サンダーバード構想」
講師…京都大学工学研究科教授 松野文俊氏

■建設用電気設備特別専門委員会(第418回)

月 日：5月20日(水)

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①平成27年度総会 ②平成27年度活動計画について ③前回議事録確認 ④「JEM-TR236 建設工事用400V級電気設備施工指針」の見直し検討 ⑤その他

中国支部



■第4回支部通常総会

月 日：5月13日(水)

場 所：ホテルセンチュリー21広島

出席者：河原能久支部長ほか74名

議 題：①平成26年度事業報告及び同決算報告承認の件 ②平成27年度事業計画(案)及び同収支予算(案)報告の件 ③本部事業概要及び事業計画説明 ④本部感謝状・表彰状贈呈 ⑤講話「国土交通行政をめぐる最近の話題について」中国地方整備局企画部長 野田勝氏

■平成27年度「建設の機械化施工優良技術者」表彰式

月 日：5月13日(水)

場 所：ホテルセンチュリー21広島

受賞者：運転・整備部門5名 管理部門3名 技術開発部門2名 計10名

■記念講演会

月 日：5月13日(水)

場 所：ホテルセンチュリー21広島

演 題：「ICT施工イノベーション『スマートコンストラクション』」

講 師：コマツレンタル㈱代表取締役社長 小野寺昭則氏

四国支部



■四国支部第4回通常総会

月 日：5月12日(火)

場 所：ホテル「マリナパレスさぬき」(高松市)

議決権総数：129社

出席社数：112社(うち、委任状提出36社)

出席者総数：島弘支部長ほか106名

議 題：①第1号議案 平成26年度事業報告承認の件 ②第2号議案 平成26年度決算報告承認の件 ③第3号議案 平成26年度会計及び業務監査報告に関する件 ④第4号議案 平成27年度事業計画に関する件 ⑤第5号議案 平成27年度収支予算に関する件

■支援事業「平成27年度(香川地区)排水ポンプ車操作訓練」

月 日：5月26日(火)

場 所：高松市東植田町地先「公測池」

主 催：国土交通省香川河川国道事務所・四国技術事務所

支部参加者：会員会社5社が訓練に参加

九州支部



■支部監査

月 日：5月1日(金)

出席者：玉石修介支部監査役、松嶋憲昭支部監査役

議 題：平成26年度会計監査及び業務監査

■平成27年度第1回運営委員会

月 日：5月13日(水)

出席者：江崎哲郎支部長ほか19名

議 題：①平成26年度事業報告及び決算報告 ②平成27年度事業計画及び収支予算 ③平成27年度支部役員の選任 ④平成27年度優良建設機械運転員等表彰

■第3回通常総会

月 日：5月13日(水)

出席者：江崎哲郎支部長ほか64名

議 題：①平成26年度事業報告及び決算報告 ②平成27年度事業計画及び収支予算 ③平成27年度支部役員の選任

■優良建設機械運転員等表彰

月 日：5月13日(水)

表彰者：12名

■特別講演

月 日：5月13日(水)

出席者：江崎哲郎支部長ほか64名

議 題：①公共工事の現状と円滑な施工取り組みについて…九州地方整備局企画部 甲斐技術管理課長補佐 ②情報化施工について…九州地方整備局企画部 安藤機械施工管理官

編集後記

東日本大震災以降、災害に強いしなやかで強靱な国土の構築に向けた取り組みが進められています。地域の防災の取り組みやハザードマップの配布等を積極的に進めることはもちろん、災害発生時に必要な地域へ迅速に救助に行けるよう、日頃から必要なインフラを整備していくことも重要です。橋梁に限ったことではありませんが、今後増大する耐用年数を超えたインフラを、どのように効率的に維持管理していくかは、我が国にとって非常に大きな課題であると考えております。

さて、今月号は橋梁特集です。巻頭言は名古屋大学大学院の中村教授にレジリエンスとインフラの維持管理についてまとめていただきました。行政情報は、国土交通省における建設技術の研究開発に関する最近の取り組みについて、社会インフラの老朽化対策を例に紹介していただきました。

技術報文は、設計・施工、維持管理、開発といった分野から11編の報告を掲載しました。

設計・施工では、鋼橋の耐久性向

上への取り組みや、吊橋形式のベルトコンベア用橋梁の設計・施工、短工期施工や並列・近接施工等について報告しています。

維持管理に関しては、橋梁の維持管理の現状・課題・展望や、センシングシステムの概要、補修補強工事におけるデジタルカメラ計測等について説明しています。

また、技術開発では従来よりも性能やライフサイクルコストに優れた新しい橋脚を紹介しています。

交流の広場は、建築を学ぶ学生が、実在する橋梁の模型を作製した記録を報告しています。模型作りの楽しさ、難しさが伝わってくる報告です。ぜひ御一読していただきたいと思います。

災害の多い我が国にとって、強固なインフラを構築し、適切に維持管理していくことは極めて重要であると思います。今回掲載した報文が、少しでも皆様の御参考になれば幸いです。最後になりましたが、ご多忙中にもかかわらず、快くご執筆を引き受けていただいた執筆者の方々へ心から感謝いたしますとともに厚く御礼申し上げます。

(齋藤, 中村)

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

吉田 潔	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

8月号「歴史的遺産・構造物の修復特集」予告

・地域における歴史的風致の維持および向上に関する基本的な方針 ・歴史まちづくり法 ・世界遺産、国宝姫路城を鉄骨で覆う ・東京大学安田講堂改修工事 ・重要文化財自由学園明日館の保存と活用 ・日本橋ダイヤビルディング ・転倒防止機能を備えた搭状建物対応型トラベリング工法の開発 ・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 ・北九州市旧戸畑区役所庁舎図書館活用耐震改修工事 ・長浜大橋の補修工事の紹介 ・余部鉄橋「空の駅」展望施設 ・土の史跡 ・豊岡市役所の曳家工事 ・重要文化財修理工事(筑後川昇開橋修理工事) ・(国指定重要文化財)旧下野煉化製造会社 煉瓦窯修理 ・ビクトリアシアターおよびコンサートホール増改築工事

【年間購読ご希望の方】

①お近くの書店でのお申込み・お取り寄せ可能です。 ②協会本部へお申し込みの場合「図書購読申込書」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7号(2015年7月号)(通巻785号)

Vol.67 No.7 July 2015

2015(平成27)年7月20日印刷

2015(平成27)年7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	〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8	電話(011)231-4428
東北支	〒980-0802 仙台市青葉区二日町16-1	電話(022)222-3915
北陸支	〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1	電話(025)280-0128
中部支	〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10	電話(052)962-2394
関西支	〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4	電話(06)6941-8845
中国支	〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22	電話(082)221-6841
四国支	〒760-0066 高松市福岡町3-11-22	電話(087)821-8074
九州支	〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30	電話(092)436-3322

本誌上への広告は  有限会社 サンタナ アートワークスまでお申し込み、お問い合わせ下さい。

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F TEL: 03-3664-0118 FAX: 03-3664-0138

E-mail: san-mich@zam.att.ne.jp 担当: 田中

KOBELCO

低燃費のコベルコ!
低炭素社会の実現へ

KOBELCO

低燃費の進化は、止まらない。

進化は、大胆に。次世代テクノロジーを結集した、コベルコの「新世機」。燃費の限界を超えて、低燃費の最先端へ。



オフロード法2011年基準適合
排気ガス後処理装置の搭載により
排出ガス中のPM(粒子状物質)を大幅削減。



2020年燃費基準値達成度★★★をクリア。



コベルコの
新世機

圧倒的な燃費性能で新たな世代をリードするコベルコの「新世機」。その技術で、低燃費のコベルコは、もっと低燃費のコベルコになる。

-18%の低燃費*1で、新登場。

新開発エンジンを搭載し、ECOモードで最大約18%の燃費を低減*1。さらに、3つのカメラで約270°の後方視界を提供する「イーグルアイビュー」を新採用*2。大胆な進化を遂げた、コベルコの次世代マシン。 ※1. 従来機Sモード比/新ECOモード ※2. オプション設定



AGERA Geospec SK200

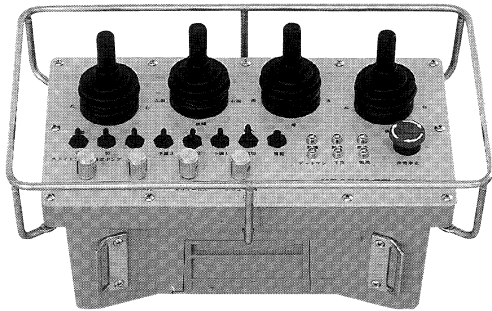
コベルコ建機株式会社

東京本社 / 〒141-8626 東京都品川区東五反田 2-17-1 ☎03-5789-2111 www.kobelco-kenki.co.jp

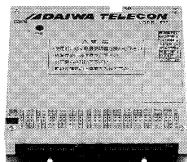
建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

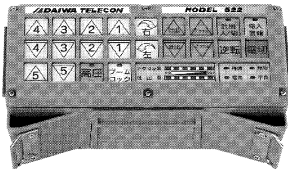
あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36個**の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は油圧バルブ用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
 TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005
 ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
 e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
 営業所 東京、大阪、他

建設機械施工 広告掲載のご案内

月刊誌 建設機械施工では、建設機械や建設施工に関する論文や最近の技術情報・資料をはじめ、道路、河川、ダム、鉄道、建築等の最新建設報告等を好評掲載しています。

■職業別購読者

建設機械施工／建設機械メーカー／商社／官公庁・学校／サービス会社／研究機関／電力・機械等

■掲載広告種目

穿孔機械／運搬機械／工用機械／クレーン／締固機械／舗装機械／切削機／原動機／空気圧縮機／積込機械／骨材機械／計測機／コンクリート機械等

広告掲載・広告原稿デザイン — お問い合わせ・お申し込み

Santana サンタナアートワークス
ART WORKS

広告営業部：田中 san-mich@zam.att.ne.jp

TEL:03-3664-0118 FAX:03-3664-0138

〒103-0013 東京都中央区日本橋人形町2-21-5 井手口ビル4F

本誌に掲載されている広告のお問い合わせ、資料の請求はメール、FAXでお送りください。

※カタログ／資料はメーカーから直送いたします。
※カタログ送付は原則的に勤務先にお送りいたします。

お名前： 所属：

所属：

会社名(校名)：

資料送付先：

電話： FAX：

E-mail：

広告掲載 メーカー名	製品名

FAX 送信先 サンタナアートワークス 建設機械施工係 FAX **03-3664-0138**



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

バイプロコンパクター
MVH-308DSC-PAS
 NETIS No.TH-120015



防音型

タンピングランマー
MT-55L-SGK
 NETIS No.TH-100005



低騒音型

プレートコンパクター
MVC-F40S
 NETIS No.TH-100006



低騒音型

バイブレーションローラー
MRH-601DS
 低騒音指定番号5097

三笠産業株式会社

MIKASA SANGYO CO., LTD. TOKYO, JAPAN

本社 / 〒101-0064 東京都千代田区猿樂町1-4-3 TEL: 03-3292-1411 (代)

大阪支店 TEL: 06-6541-9631
 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

それはいつまでも
青い空のために



コスモ **ECO** ディーゼル

「DH-2」対応
ディーゼルエンジンオイル
SAE 10W-30 / SAE 15W-40

美しい地球、豊かな環境を目指して
ひた走るパワー、コスモルブ・ウェイ

コスモ石油ルブリカンツの 環境対応潤滑油



省電力型油圧作動油

コスモ
スーパーエポック **UF**



省電力型工業用ギヤー油

コスモ
ECOギヤー **EPS**

それはいつまでも
蒼い地球のために

地球環境へ、

さらに新しい対応を求められている今、オイルもまた、次の課題をクリアする進化が問われます。
コスモ・ルブは、地球に、人に、優しい環境LUBEソリューションを提案してまいります。

 **コスモ石油ルブリカンツ株式会社** <http://www.cosmo-lube.co.jp/>
カスタマーサポートセンター：0120-15-4899

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 (水平グラインダー)



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/>

ミニベンチ工法 両用型 ショートベンチ工法

RH-10J-SS 強力型ブームヘッダー



主な特長

- カッター出力は330kWで、強力な切削力を発揮し、軟岩から硬岩まで幅広い地質に対応。
- 機体寸法は、高さ3.9m×幅4.2m×長さ16.5m（ケーブルハンガーを除く）
- 定位置最大切削範囲は、高さ8.75m×幅9.5m
- 高圧水ジェット噴射で粉塵抑制とピック消費量低減。
- 接地圧が低く、軟弱地盤にも対応。

KYB カヤバシステム マシナリー株式会社

KAYABA SYSTEM MACHINERY CO., LTD

<http://www.kyb-ksm.co.jp>

本社・営業	〒105-0012	東京都港区芝大門2丁目5番5号 住友不動産芝大門ビル	TEL. 03-5733-9444
カスタマーサービス相模事業所	〒252-0328	神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号	TEL. 042-767-2586
大阪支店	〒564-0063	大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル	TEL. 06-6387-3371
西部支店	〒812-0016	福岡県福岡市博多区博多駅南1丁目7番14号 ボイス博多	TEL. 092-411-4998
三重工場	〒514-0396	三重県津市雲出長常町1129番地11	TEL. 059-234-4111

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 リンナー
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
ポーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応!
- ◆ 常に! 業界一のコストパフォーマンス!
- ◆ 迅速なメンテナンス体制!
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい! 日々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス より安価なオーダー対応を実現!

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押しスイッチ
装着可能

モデルチェンジ!
内部設計を一新

全ての
互換を優先
しました

自由度の高い
多様なオーダー対応
ボタン配置自在/最大32点

優れた
耐塵・防雨性能
送信機はIP65相当

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

8操作標準型
RC-5808N

- 8操作8リレー
- 軽量コンパクト受信機

セットで
15万円
(税別価格)

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
(税別価格)

16ボタン
モデル

16操作標準型
RC-5816N

- 16操作16リレー
- 同じ外形で16個のボタンをコンパクトに配置

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
(税別価格)

防爆形 対応可能 (N/Uシリーズ)



微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

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。

頑強ケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型
RC-8616N

- 16操作16リレー
- 最大32リレーまで対応可能

セットで
22万円
(税別価格)

堅牢なボディ
耐衝撃性が向上

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

自社開発 高耐久性
2段階押しスイッチを
装着可能

ハンディなのに
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

● 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)

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

防爆形 対応可能 (Nシリーズのみ)

3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
90万円
(税別価格)

全押しボタン
RC-7126N

セットで
45万円
(税別価格)

ジョイスティック
2本装着オーダー例

旧アンリツ製 デジタルテレコン 入替専用モデル

新型ジョイスティック

3ノッチ
ジョイスティック型
RC-7233UAN

全押しボタン型
オーダー例
RC-7215U

チップケーブルレス

Nシリーズ

コンパクトという選択肢!!

微弱電波モデル
対応
標準型
RC-3208N

- 8操作
8リレー

セットで
12万円
(税別価格)

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

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

トコトコ機能を絞って
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

ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

微弱電波 ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ
● 微弱Nシリーズは240MHz化でより安定した電波の飛び!
● 2段階押しスイッチ追加可能! (オプション)

- 3操作 3リレー
- 最大5リレーまで対応可能

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

標準型
RC-4303N/R

セットで
10万円
(税別価格)

リンナー 離操作

N/U/Gシリーズ

価格もサイズも
ハンディ一並み!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応
2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-2512N

- 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
(税別価格)

軽量コンパクト
ショルダータイプ



データケーブルレス

工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力
ラジコンバンド
全モデル対応

N/R/U/G
シリーズ

- 機器間の信号伝送に!
- 多芯の有線配線の代わりに!

標準型 セットで
TC-1305R 20.5万円 (税別価格)
TC-1308N(微弱電波) 22万円 (税別価格)

送信機
(外部接点入力型)

7100型
6300型
5700型
3200型

受信機

写真は
Uシリーズ

MAX サテレタ

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

金属シャーシの
多操作・特注仕様専用機!!

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン
装着タイプ

RC-9300U

- 多機能多操作
(比例制御対応も可)

セットで
95万円
(税別価格)

無段変速ジョイスティック
2本装着例



無線式火薬庫警報装置

発破番 ES-2000R

標準付属品付
セットで
40万円
(税別価格)

ER-2000R(受信機) ET-2000R(送信機)

2km~(6km)

● 長距離伝送
到達距離約 2km~(6km)

● 受信機から
電話回線接続機能

● 高信頼性
異常判定アルゴリズム

● 音声メッセージで
異常箇所を連絡(受信側)

● 大音量警音発生
110dB/m

無線化工事のこならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索

常に半歩、先を走る

朝日音響株式会社

〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
http://www.asahionkyo.co.jp/

本カタログの価格は、全て税抜表示となっています。

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。

NEW

- 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>

雑誌 03435-7



4910034350759
00800

「建設機械施工」

定価 本体八〇〇円(税別)