

一般社団法人日本建設機械施工協会誌

建設機械施工

Journal of JCMA

Vol.65 No.8 August 2013(通巻762号)

8

鋼中路式アーチ橋の大ブロック一括架設



橋梁 特集

- 平成24年道路橋示方書改定概要
- NEXCO 設計要領 第二集 の改訂概要
- 消雪用水を利用した橋梁洗浄の研究
- 非破壊による橋梁健全性の確認手法
- 横浜ベイブリッジの耐震性向上技術
- 制震技術による長大斜張橋の合理的耐震補強
- 東九州自動車道 田久保川橋の設計と施工
- 鋼中路式アーチ橋の大ブロック一括架設における閉合装置
- ドバイメトロプロジェクトにおける高架橋と歩道橋の建設
- JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうの施工
- スマートセンサ型枠を用いた橋脚コンクリート工事・品質管理システム
- 東北縦貫線工事

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 サテル-タ リンサー 離操作

Nシリーズ 微弱電波
Rシリーズ 産業用ラジコンバンド
Uシリーズ 429MHz帯 特定小電力
Gシリーズ 1.2GHz帯 特定小電力
ボーバ 防爆形無線機

- ◆ 業界唯一のフルラインの品揃えとオーダー対応制度で多様なニーズに対応！
- ◆ 常に！業界一のコストパフォーマンス！
- ◆ 迅速なメンテナンス体制！
- ◆ 未来を見据えた過去の実績を見て下さい！
代々互換性を継承、補修の永続制

新 スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階スイッチ
装着可能

自由度の高い
多様なオーダー対応

ボタン配置自在/最大32点

自社開発 高耐久性

2段階スイッチを
装着可能

優れた
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

セットで
15.75万円

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

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
17.85万円

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

セットで
21万円

防爆形 対応可能 (N/U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
23.1万円

16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

モデルチェンジ!
内部設計を
一新

全ての
互換を優先
しました

優れた
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

セットで
15.75万円

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

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
17.85万円

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

セットで
21万円

防爆形 対応可能 (N/U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
23.1万円

16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

モデルチェンジ!
内部設計を
一新

全ての
互換を優先
しました

優れた
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

セットで
15.75万円

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

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
17.85万円

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

セットで
21万円

防爆形 対応可能 (N/U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
23.1万円

16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

モデルチェンジ!
内部設計を
一新

全ての
互換を優先
しました

優れた
耐塵・防雨性能

送信機はIP65相当

パネルゴム突起で
操作クリック感が
向上

セットで
15.75万円

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

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
17.85万円

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

セットで
21万円

防爆形 対応可能 (N/U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
23.1万円

16操作16リレー
最大32リレー迄
対応可能

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

●16操作16リレー

最大32リレー迄
対応可能

セットで
23.1万円

標準型
RC-8516N

会員各位

機関誌の名称変更について

一般社団法人 日本建設機械施工協会

当協会の機関誌は「建設の施工企画」の名称で「建設の機械化」の旧誌名時代を合わせて60有余年にわたり建設機械や機械化施工に関する最新の技術報告や解説などの記事を掲載し、会員の皆様に情報発信や交流の場として親しまれてまいりました。当協会は、平成24年4月に一般社団法人に移行し、名称を日本建設機械施工協会に変更いたしました。また、今年度からは、日本学術会議協力学術研究団体（学会）としての活動を充実するため、投稿原稿（査読付き論文）を募集・審査し、機関誌に掲載することとしました。

そこで、当協会の活動内容がよりの的確に伝わる名称であり、かつ論文を掲載するのに相応しい名称であることを主眼として、長年親しまれてきた「建設の施工企画」に代わり下記の通り、2013年6月号から「建設機械施工」を当協会機関誌の通称名として使用することとしました。なお、併せて、創刊の年をVol.1として数えたVol.及びNo.も表紙に表示することにしました。今後とも内容の充実をはかるとともに会員の皆様により活発な情報発信と交流の場を提供したいと考えておりますので、引き続きご愛読を賜りたいと存じます。

記

名称（日本語）	一般社団法人日本建設機械施工協会誌
名称（英語）	Journal of JCMA
通称名	建設機械施工

論文募集のご案内

日本建設機械施工協会では、このたび学術論文を審査、公表する準備が整いましたので、論文原稿を募集開始します。募集の概要は、以下のとおりです。なお、詳しいことは、当協会ホームページ、論文投稿をご覧ください。

当協会ホームページ <http://www.jcmanet.or.jp>

★募集対象

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

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

★部門

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

★投稿資格

原稿の投稿者は個人とし、会員資格の有無は問いません。

★原稿の受付

随時受け付けます。

★公表の方法

当協会機関誌へ掲載します。

★機関誌への掲載は有料です。

★その他：優秀な論文の表彰を予定しています。

★連絡先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8（機械振興会館）

日本建設機械施工協会 研究調査部 論文担当

E-mail : ronbun@jcmanet.or.jp

TEL : 03 - 3433 - 1501

FAX : 03 - 3432 - 0289

第7回一般社団法人日本建設機械施工協会研究開発助成対象者の募集について

一般社団法人日本建設機械施工協会（以下「JCMA」という。）は、第7回研究開発助成対象者を下記のとおり公募します。

1. 実施スケジュール

- (1) 公募期間は、平成25年8月1日から平成25年10月31日までとします。
- (2) 助成対象者の決定は、平成25年12月中旬頃の予定です。
- (3) 助成期間は、助成決定の翌日から平成27年3月31日までです。
- (4) 研究成果報告書を、平成27年6月30日までに提出して頂きます。
- (5) 研究成果を、「平成27年度建設施工と建設機械シンポジウム（例年11月中旬頃開催）」で発表、又は、JCMAへ論文として投稿して頂きます。

2. 研究開発助成の対象

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

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

3. 研究開発助成の対象者

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

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

4. 申請手続きと注意事項

- (1) 助成を希望する研究者又は研究グループの代表者は申請書（様式—1①②④⑤）（共同研究の場合は様式—1③を追加）に必要事項を記入のうえ、正本1部、写し1部及び電子データを記録した電子媒体を、期限まで（当日必着）にJCMAへ郵送により提出するものとします（なお、セキュリティ上の都合から電子メールによる受付は行っておりません）。また、申請の際に、説明に必要な範囲で参考資料を添付することは差し支えありません。
- (2) 申込件数は1人（共同研究の場合は1研究グループ）あたり1件とします。
- (3) 所属される機関において助成等の申請、受入れ機関が指定されている場合等は指定された機関の長又は代表者が申請することができます。
- (4) JCMA以外の補助制度、助成制度との重複申請は可能です。但し、JCMAの助成において実施を予定する

内容と他の制度もしくは助成によって実施する研究開発の内容の全てが重複しないようにして下さい。

(5) 助成対象とならなかった場合には申請書及び添付資料等は審査終了後に返却します。

5. 申請書に記載された個人情報及びその他技術情報の利用目的について

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

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

これに同意した上で申請を行って頂きますようお願い申し上げます。

なお、研究開発の概要は公開されることを前提に、300～400字で作成してください。

6. 助成金交付手続き

(1) 助成が認められた申請者は助成決定通知受領後、JCMAに請書等の手続き書類（様式—2①～④）を提出して頂いた時点で全額を交付します。

(2) 助成金は手続き終了後にすみやかに助成研究者の指定する金融機関の口座（助成金振込先通知書（様式—2②）に記載された口座）に振り込みますが、助成金の受け入れ方法については、予め申請書（様式—1①）にも明記しておいてください。

7. その他

採否の理由等に関しましては、お問い合わせに応じかねますので、ご了承下さい。

(参考)

助成実績		
年度	申請数	採択数
平成19年度	14件	2件
平成20年度	8件	2件
平成21年度	8件	2件
平成22年度	20件	2件
平成23年度	22件	4件
平成24年度	8件	4件

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-8 機械振興会館 2 階

一般社団法人 日本建設機械施工協会 研究開発助成事務局

担当 鈴木

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-1289

ホームページ（実施要綱・様式のダウンロード）はこちらから

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

建設ロボットフォーラム 2013
ー 明日の日本を創る建設ロボット ー

■会 期：2013年（平成25年）10月11日（金）13:00～17:00

■会 場：公益社団法人土木学会講堂

（東京都新宿区四谷一丁目外濠公園内、TEL：03-3355-3441）

（JR中央線、地下鉄丸ノ内線・南北線「四ツ谷駅」下車徒歩5分）

■主 催：建設ロボット研究連絡協議会、公益社団法人土木学会建設用ロボット委員会（順不同）

■参加費：5,000円

■定 員：120名（定員になり次第締め切らせて頂きます。）

■趣 旨：

今般、建設ロボット関連6団体で構成されている「建設ロボット研究連絡協議会」と「（公社）土木学会建設用ロボット委員会」の共同主催による「建設ロボットフォーラム2013」を開催することになりましたので、ここにご案内申し上げます。

我が国におけるロボット技術（RT）、情報処理技術（IT）などの急速な進歩は、従来極めて困難とされていた建設工事の分野における高度な自動化・ロボット化の実現を可能にし、建設分野における自動化・ロボット化への着実な歩みのもと、建設ロボットに対する社会的ニーズも高まり、その活用が強く望まれています。

また、現在も福島原子力発電所建屋内の内部調査をするロボットや、敷地内の大量ガレキ撤去に無人化施工システムが活躍しています。

このような背景のもと、震災復興に有効な建設機械へのロボット技術の活躍が期待されており、土木・建築をめぐる諸問題を踏まえて建設分野へのロボット導入の課題と将来を展望いたします。

特別講演として、国立極地研究所・石沢賢二先生に「南極観測隊で使用している各種車両と内陸用無人トラクターの開発」と題して南極大陸における内陸輸送自動化システムについてのご講演を頂く予定です。

関連する各分野における関係各位の積極的なご参加を頂きますよう、お願い申し上げます。

~~~~~ 建設ロボットフォーラム 2013 参加申込書 ~~~~~

\* 必要に応じて申込書をコピーし、1人1葉でFAX(又はE-mail:forum@jara.jp)にてお申し込み下さい。

一般社団法人日本ロボット工業会 建設ロボットフォーラム事務局 行（FAX：03-3578-1404）

申込締切：平成25年9月30日（月）必着

|                 |                                                            |
|-----------------|------------------------------------------------------------|
| （フリガナ）<br>機 関 名 |                                                            |
| 所属・役職           |                                                            |
| （フリガナ）<br>氏 名   |                                                            |
| 住 所             | 〒                                                          |
| TEL             |                                                            |
| FAX             |                                                            |
| E-mail          |                                                            |
| 必要書類            | 必要なものに○をお付け下さい。<br>1. 請求書      2. 見積書      3. 納品書      通ずつ |

なお、お申込を確認の後、参加費のお振込銀行口座をお知らせするとともに必要書類・登録証をお送り致します。

＜裏面プログラム＞

## － プログラム －

(都合により講演題目等の一部変更があることをお断りいたします。)

### 13:00－13:10 <開会挨拶(10分)>

建山和由(立命館大学/土木学会建設用ロボット委員会委員長/建設ロボット研究連絡協議会副会長)

### 13:10－14:10 <特別講演(60分)>

題目：南極観測隊で使用している各種車両と内陸用無人トラクターの開発

講師：石沢賢二 氏(国立極地研究所)

要旨：日本の南極観測隊は、昭和基地から約1,000km離れた内陸基地も維持しており、効率的な物資の輸送などに多くの課題を抱えている。それに使用される各種車両などの問題点を述べ、無人トラクターの開発について紹介する。

### 14:10－15:00 <土木分野(50分)>

題目：メンテナンスロボットの開発と災害対応への取り組み

講師：大石直樹 氏(新日鐵住金(株))

要旨：平時には社会インフラや生産設備の維持管理に必要な点検・メンテナンスを行わせ、発災時には被災者探索・設備状況把握への活用にも資することのできるロボットの機能面・運用面における課題などについて報告する。

### 15:00－15:10 <休憩(10分)>

### 15:10－16:00 <建築分野(50分)>

題目：(仮称)赤坂プリンスホテルの解体工法

講師：市原英樹 氏(大成建設(株))

要旨：特殊な超高層ビル解体工法により、グランドプリンスホテル赤坂(旧赤坂プリンスホテル)の最上部から徐々に解体していく工法について紹介する。

### 16:00－16:50 <ロボット分野(50分)>

題目：(仮称)災害対応ロボット

講師：小柳栄次 氏(千葉工業大学)

要旨：これまでに開発したレスキューや原発対応ロボットの開発趣旨や技術内容、および今後の建設ロボット開発に関わる課題などについて紹介する。

### 16:50－17:00 <シンポジウム案内、閉会挨拶(10分)>

新井健生(大阪大学/建設ロボット研究連絡協議会会長/土木学会建設用ロボット委員会委員)

#### <<問合せ先・申込先>>

一般社団法人日本ロボット工業会 建設ロボットフォーラム事務局

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

TEL: 03-3434-2919、FAX: 03-3578-1404、E-mail: forum@jara.jp

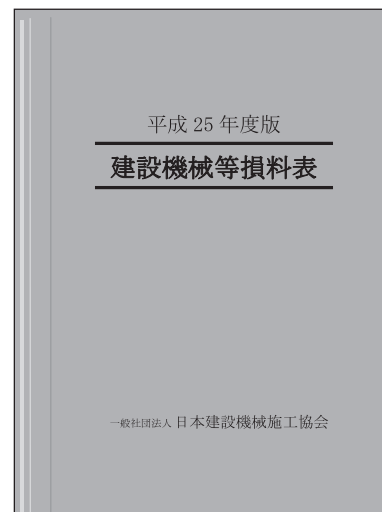
## 平成25年度版 建設機械等損料表

- 発刊：平成25年5月8日
- 体裁：B5判 モノクロ 約682ページ
- 価格(税込)：7,700円(一般) 6,600円(会員等)
- 送料(単価)：600円(沖縄県を除く日本国内)

\* 複数発注の場合は送料単価を減額します。  
\* 沖縄県の方は一般社団法人 沖縄しまて協会  
(TEL:098-879-2097)にお申込み下さい。

### ■平成24年度版に対する変更点

- ・損料算定表の「諸元」欄を拡大、諸元記載要領も変更し読み易さを改善
- ・損料算定表の「燃料油種・消費率」欄の記載要領を変更し読み易さを改善
- ・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について(通知)」を追加



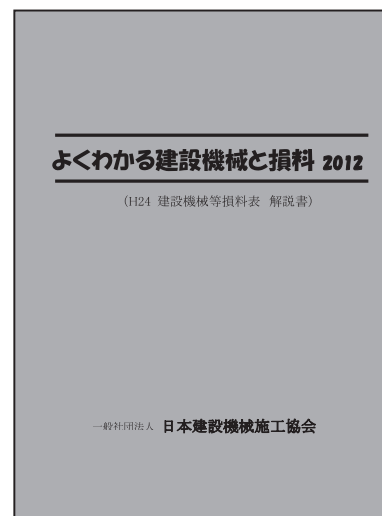
## よくわかる建設機械と損料 2012

本書は平成24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25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24年5月
- 体裁：B5判、一部カラー、390ページ
- 価格(税込)：5,460円(一般)、4,620円(会員等)
- 送料(単価)：450円

### ■特長

- ★ 損料用語、損料補正方法を平易な表現で解説
- ★ 各通達・告示類の要旨を解説
- ★ 各建設機械の分類コードの体系を図示
- ★ 各建設機械の概要(機能・特徴)を紹介
- ★ 主要建設機械のメーカー・型式名を表にして紹介
- ★ 機械の俗称からも掲載ページ検索が可能



一般社団法人 日本建設機械施工協会



# 橋梁架設工事の積算

平成25年度版

∞ ∞ ∞ 改訂・発刊のご案内 ∞ ∞ ∞

平成 25 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 25 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25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25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25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)



## ◆改訂内容

平成24年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

### 1. 鋼橋編

- ・大型クレーンによる橋体大ブロック架設歩掛の追加
- ・橋梁補修（落橋防止システム工、桁補強材取付工、座屈拘束ブレース設置）歩掛の追加
- ・少数I桁橋（全断面現場継手溶接工）歩掛の改訂
- ・積算例題の見直し

### 2. PC橋編

- ・PCケーブル工にポリエチレンシース使用時の諸雑費率を追加
- ・PC橋片持架設工に側径間部吊支保工積算要領の追加
- ・地覆高欄作業車設備の供用日数算出式を追加
- ・外ケーブルPCケーブル工のケーブル組立用架台を諸雑費率化
- ・架設支保工に基礎用鋼材及び支柱受台数量の算出式追加
- ・バイレ工法のプレキャストセグメント主桁組立工の7分割歩掛追記
- ・積算例題の見直し

● B5判／本編約 1,100 頁（カラー写真入り）  
別冊約 120 頁 セット

#### ●定価

非会員：8,400 円（本体 8,000 円）  
会 員：7,140 円（本体 6,800 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 590 円（但し県内に限る）

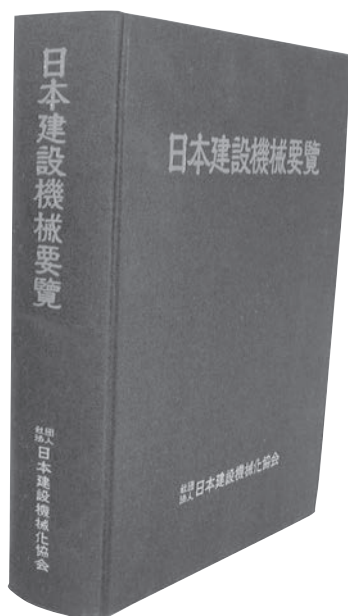
※ なお送料について、複数又は他の発刊本と同時に申込みの場合は別途とさせていただきます。

●発刊 平成 25 年 5 月 17 日

## 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  
平成25年3月末発刊

### 価 格

価格は次の通りです（消費税5%含む）

会 員 43,050円（本体41,000円）

非会員 51,450円（本体49,000円）

（注）送料は1冊1,050円となります。

（複数冊の場合別途）

「会 員」・・・本協会の会員または、官公庁、  
学校等公的機関

「非会員」・・・上記以外

### 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ー | ・骨材生産機械         | ・高所作業車、エレベータ、     |
| ・掘削機械           | ・環境保全およびリサイクル機械 | リフトアップ工法、横引き工法    |
| ・積込機械           | ・コンクリート機械       | および新建築生産システム      |
| ・運搬機械           | ・モータグレーダ、路盤機械   | ・空気圧縮機、送風機およびポンプ  |
| ・クレーン、インクラインおよび | および締固め機械        | ・原動機および発電・変電設備等   |
| ウインチ            | ・舗装機械           | ・建設ロボット、情報化機器、ウォー |
| ・基礎工事機械         | ・維持修繕・災害対策機械    | タジェット工法用機器、CSG工法  |
| ・せん孔機械およびブレーカ   | および除雪機械         | 用設備、タイヤ、ワイヤロープ、検  |
| ・トンネル掘削機および設備機械 | ・作業船            | 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<br>( ) 単価に送料を含む、( ) 単価と送料を2段書きにする(該当に○)<br><b>お願い：指定用紙がある場合は、申込書と共に送付下さい</b> |     |  |

## ◆ 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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>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<br>FAX 082 (221) 6831 |
| 四 国 支 部 | 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22 建設クリエイトビル   | TEL 087 (821) 8074<br>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<br>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](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

# 増刷出来 !!

## 建設施工における地球温暖化対策の手引き

当協会では地球温暖化問題を学び、建設施工における本問題を理解し、実践するための必携書として、これらを簡潔に分かりやすく纏めた「建設施工における地球温暖化対策の手引き」を発刊しておりましたが好評を頂き御要望を多く頂いているため、この度急遽コピー版で増刷致しました。本書によって地球温暖化と建設施工における地球温暖化対策を理解し、建設現場での実践に役立てて頂きたく思います。

### ◇主な内容

- ・建設施工における工法、資材、建設機械及びその運転方法等について、CO<sub>2</sub>の排出を削減するための一般的な対策手法や留意事項を示した。
- ・各工種の標準的な工法におけるCO<sub>2</sub>排出量を算出すると共に、その排出量の削減が可能な対策と削減量を対策効果例として示した。
- ・国土交通省の土木工事積算システムにアクセスが多く、地球温暖化対策に関連する8工種を選定した。

### ◇掲載工種

土工／法面工／擁壁工／基礎工／仮設工（鋼矢板工）／道路舗装／トンネル工／橋梁工（参考資料のみ）

### ◇体裁・定価

A4判, 85頁

定価 会員 1,470円（本体1,400円）、送料600円

非会員 1,575円（本体1,500円）、送料600円

官公庁（学校関係を含む）は会員価格です。

建設施工における地球温暖化対策の手引き

平成15年7月

一般社団法人 日本建設機械施工協会

(旧 社団法人 日本建設機械化協会)

## 「建設施工における地球温暖化対策の手引き」準拠 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル

本書は「建設施工における地球温暖化対策の手引き」に準拠して作成・発行したもので、地球温暖化対策を実施する際に稼働する建設機械の省エネ運転のための操作方法を、具体的に簡便にイラストを使って分かりやすく記載したものです。是非とも上の「手引き」と併せて利用下さい。

### ◇主な内容

基本事項、油圧ショベル、ブルドーザ、ホイールローダ、ローラ、ホイールクレーン、クローラクレーン、ダンプトラック、点検整備

### ◇体裁・定価

B5判, 50頁

定価 会員・非会員共 525円（本体500円）





## ◆ 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840円/送料別途)。  
「建設機械施工」では、建設施工や建設機械に関わる最新の技術情報や研究論文、本協会の行事案内・実施報告などのほか、新工法・新機種の紹介や統計情報等の豊富な情報を掲載しています。
- 協会発行の出版図書を会員価格(割引価格)で購入できます。
- シンポジウム、講習会、講演会、見学会等、最新の建設機械・建設機械施工の動向にふれることができる協会行事をご案内するとともに、会員価格(割引価格)で参加できます。

今後、続々と個人会員の特典を準備中です。この機会に是非入会下さい!!

## ◆ 一般社団法人 日本建設機械施工協会について ◆

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

### 一般社団法人 日本建設機械施工協会とは…

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

#### ■会員構成

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

#### ■主な事業活動

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

#### ■主な出版図書

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

その他、日本建設機械施工協会の活動内容はホームページでもご覧いただけます！

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

※お申し込みには次頁の申込用紙を使用してください。

### 【お問い合わせ・申込書の送付先】

一般社団法人 日本建設機械施工協会 個人会員係

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

TEL:(03)3433-1501 FAX:(03)3433-0401

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<br>(自署)   |                                                                                         | 大正<br>昭和<br>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。)<br>※「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)<br>勤務先名  |                                                                                         |                      |
| (A)<br>所属部課名 |                                                                                         |                      |
| (A)<br>勤務先住所 | 〒<br>TEL _____ E-mail _____                                                             |                      |
| (B)<br>自宅住所  | 〒<br>TEL _____ E-mail _____                                                             |                      |
| その他<br>連絡事項  |                                                                                         |                      |
| 平成 年 月より入会   |                                                                                         |                      |

#### 【会費について】年間 9,000円

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

#### 【その他ご入会に際しての留意事項】

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

#### 【個人情報の取扱いについて】

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

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 25 年 5 月現在）

| 発行年月       | 図 書 名                                    | 税込価格   | 会員価格   | 送料    |
|------------|------------------------------------------|--------|--------|-------|
| H25 年 5 月  | 橋梁架設工事の積算 平成 25 年度版                      | 8,400  | 7,140  | 600   |
| H25 年 5 月  | 平成 25 年度版 建設機械等損料表                       | 7,700  | 6,600  | 600   |
| H25 年 3 月  | 日本建設機械要覧 2013 年版                         | 51,450 | 43,050 | 1,050 |
| H24 年 9 月  | 道路除雪オペレータの手引                             | 3,000  | 2,000  | 600   |
| H24 年 5 月  | よくわかる建設機械と損料 2012                        | 5,460  | 4,620  | 450   |
| H24 年 5 月  | 大口径岩盤削孔工法の積算 平成 24 年度版                   | 5,880  | 5,000  | 450   |
| H23 年 4 月  | 建設機械施工ハンドブック 改訂 4 版                      | 6,300  | 5,350  | 700   |
| H22 年 10 月 | アスファルトフィニッシャの変遷                          | 3,150  |        | 400   |
| H22 年 10 月 | アスファルトフィニッシャの変遷【CD】                      | 3,150  |        | 400   |
| H22 年 7 月  | 情報化施工の実務                                 | 2,100  | 1,800  | 400   |
| H21 年 11 月 | 情報化施工ガイドブック 2009                         | 2,310  | 2,100  | 400   |
| H20 年 6 月  | 写真でたどる建設機械 200 年                         | 2,940  | 2,490  | 450   |
| H20 年 2 月  | 除雪機械技術ハンドブック                             | 3,000  |        | 600   |
| 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                   | 3,360  | 2,800  | 450   |
| H17 年 9 月  | 建設機械ポケットブック（除雪機械編）                       | 1,000  |        | 250   |
| H16 年 12 月 | 2005「防雪・除雪ハンドブック」（除雪編）                   | 5,000  |        | 530   |
| 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）             | 3,360  |        | 600   |
| H15 年 7 月  | 建設施工における地球温暖化対策の手引き                      | 1,575  | 1,470  | 600   |
| H15 年 6 月  | 道路機械設備 遠隔操作技術マニュアル（案）                    | 1,890  |        | 600   |
| 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）    | 1,890  |        | 600   |
| H15 年 6 月  | 地球温暖化対策 省エネ運転マニュアル                       | 525    |        | 250   |
| H13 年 2 月  | 建設工事に伴う騒音振動対策ハンドブック                      | 6,300  | 5,880  | 600   |
| 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                 | 2,600  | 2,300  | 390   |
| H11 年 10 月 | 機械工事施工ハンドブック 平成 11 年度版                   | 7,980  |        | 600   |
| H11 年 5 月  | 建設機械化の 50 年                              | 4,200  |        | 600   |
| H11 年 5 月  | 建設機械図鑑                                   | 2,625  |        | 600   |
| H10 年 3 月  | 大型建設機械の分解輸送マニュアル                         | 3,780  | 3,360  | 600   |
| H9 年 5 月   | 建設機械用語集                                  | 2,100  | 1,890  | 600   |
| H8 年 11 月  | Construction Mechanization in Japan 1997 | 3,150  |        | 420   |
| H7 年 4 月   | 最近の軟弱地盤工法と施工例                            | 9,800  | 9,300  | 800   |
| H6 年 4 月   | 建設作業振動対策マニュアル                            | 6,000  | 5,400  | 520   |
| H6 年 6 月   | ジオスペースの開発と建設機械                           | 8,000  | 7,500  | 500   |
| H5 年 8 月   | 道路除雪ハンドブック                               | 5,200  | 4,800  | 420   |
| S63 年 3 月  | 新編 防雪工学ハンドブック                            | 10,500 | 9,450  | 520   |
| S59 年 11 月 | 場所打ち杭設計施工ハンドブック                          | 5,145  | 4,630  | 460   |
| S59 年 2 月  | 建設機械整備ハンドブック（エンジン整備編）                    | 6,510  | 5,859  | 520   |
| S56 年 12 月 | 建設機械整備ハンドブック（基礎技術編）                      | 8,400  | 7,560  | 520   |
| S55 年 1 月  | 建設機械整備ハンドブック（管理編）                        | 4,200  | 3,780  | 520   |
|            | 建設機械履歴簿                                  | 400    |        | 250   |

購入のお申し込みは当協会 HP <http://www.jcmanet.or.jp> の出版図書欄の「ご購入方法」の「図書購入申込書」をプリントアウトし、必要事項を記入してお申し込みください。

## 建設機械施工

Vol.65 No.8 August 2013 (通巻 762 号)

## 目 次

## 橋梁 特集

|    |                                                                                                                                                           |                                        |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 3  | 巻頭言 橋のサイエンスを題材に 30 年                                                                                                                                      | 藤野 陽三                                  |
| 4  | 平成 24 年道路橋示方書改定概要<br>維持管理に関する規定の充実                                                                                                                        | 玉越 隆史                                  |
| 10 | NEXCO 設計要領 第二集 の改訂概要                                                                                                                                      | 青木 圭一                                  |
| 14 | 消雪用水を利用した橋梁洗浄の研究                                                                                                                                          | 梶村 周平・宮本 重信                            |
| 19 | 非破壊による橋梁健全性の確認手法                                                                                                                                          | 大久保 妙子                                 |
| 23 | 横浜ベイブリッジの耐震性向上技術                                                                                                                                          | 山本 泰幹                                  |
| 27 | 制震技術による長大斜張橋の合理的耐震補強<br>東神戸大橋                                                                                                                             | 長澤 光弥・五十嵐 晃・木田 秀人                      |
| 34 | 東九州自動車道 田久保川橋の設計と施工 バタフライウェブを用いた PC 連続箱桁橋<br>芦塚憲一郎・花田 克彦・西村 公・片 健一                                                                                        |                                        |
| 39 | 鋼中路式アーチ橋の大ブロック一括架設における閉合装置                                                                                                                                | 道菅 裕一                                  |
| 47 | ドバイメトロプロジェクトにおける高架橋と歩道橋の建設<br>大西 一宏・大場 誠道                                                                                                                 |                                        |
| 53 | JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうの施工<br>鉄道橋で初めての複合中路アーチ橋の施工                                                                                                                 | 白神 亮・長沼 清                              |
| 58 | スマートセンサ型枠を用いた橋脚コンクリート工事・品質管理システム<br>野口 貴文・北垣 亮馬・西島 茂行                                                                                                     |                                        |
| 62 | 東北縦貫線工事<br>大型機械による新幹線直上での PC 桁・鋼桁架設工事                                                                                                                     | 永田 敏秋・柳澤 則雄                            |
| 67 | ずいそう 虹は本当に七色か                                                                                                                                             | 板倉 聖宣                                  |
| 68 | ずいそう 北京の空                                                                                                                                                 | 窪内 萬幸                                  |
| 69 | ずいそう 南太平洋で活躍する日本人                                                                                                                                         | 佐藤 孝文                                  |
| 70 | JCMA 報告 平成 25 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 受賞業績(その 2)<br>(1) 会長賞 放射性物質汚染土壌の効率的な浄化・減容化システムの開発<br>清水建設(株)<br>(2) 貢献賞 ネットワーク型次世代無人化施工システムの開発<br>一般財団法人先端建設技術センターほか |                                        |
| 82 | CMI 報告 コンクリート床版表面の水管理に適した水分計の開発<br>榎園 正義・谷倉 泉                                                                                                             |                                        |
| 86 | 部会報告 ISO/TC 195 (建設用機械及び装置専門委員会)<br>米国・バーリッジ国際会議報告 標準部会                                                                                                   |                                        |
| 95 | 新工法紹介 機関誌編集委員会                                                                                                                                            | 103 統 計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移<br>機関誌編集委員会 |
| 97 | 新機種紹介 機関誌編集委員会                                                                                                                                            | 104 行事一覧 (2013 年 6 月)                  |
| 99 | 統 計 平成 25 年度 建設投資見通し<br>機関誌編集委員会                                                                                                                          | 108 編集後記 (岡田・齋藤)                       |

## ◇表紙写真説明◇

## 鋼中路式アーチ橋の一括架設

写真提供: (株) IHI インフラシステム

第 2 音戸大橋は、広島県呉市にある本州側と倉橋島間の海峡架橋工事。平成 21 年 10 月に広島県と IHI・川田・横河特定共同企業体との間で請負契約を行い、平成 23

年 4 月に大ブロック一括工法により海峡部の閉合を行った。これまで本州と倉橋島をつなぐ道路は、音戸大橋のみだったが、第 2 音戸大橋の完成により、交通渋滞の緩和のみならず、島内観光の活性化が望まれる。5 月の季節には周辺の公園にツツジが咲き誇り、音戸大橋と第 2 音戸大橋の 2 橋がならぶ音戸の瀬戸は、美しい景色を見る者に与えてくれる。



## 情報化施工により東日本大震災の復興を支援

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

まずは、一般社団法人日本建設機械

施工協会のサイトに復興支援のためのホームページを立ち上げ、情報化施工に対する疑問や現場での困りごとについての相談にこた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25年度「建設施工と建設機械シンポジウム」のご案内

“建設施工と建設機械”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。本年度は「暮らしを支える建設施工と建設機械」をテーマとし、①災害対策、防災、復旧・復興 ②ICTの利活用 ③品質確保とコスト

縮減 ④環境保全、省エネルギー対策 ⑤安全対策 ⑥維持・管理・補修の6項目に関連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。

参加申し込みは、当協会ホームページをご覧ください。

会期：平成25年11月13日(水)～14日(木)

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、直塚

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

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

## 平成25年度建設機械施工技術検定試験

### ー 1・2級建設機械施工技士ー

平成25年度1・2級建設機械施工技術検定試験を次の通り実施いたします。

この資格は、建設事業の建設機械施工に係る技術力や知識を検定します。(以下の記載内容は概略ですので、詳細は当協会ホームページを参照又は電話による問合せをしてください。)

#### 1. 申込み方法

所定の受検申込み用紙に必要事項を

記載し、添付書類とともに郵送。

平成25年2月1日(金)から4月5日(金)まで、受検申込み用紙等を含む「受検の手引」一式を当協会等で販売します。

#### 2. 申込み受付

平成25年3月8日(金)～4月5日(金)：終了

#### 3. 試験日

学科試験：平成25年6月16日(日)：終了

実地試験：平成25年8月下旬から9月中旬

詳細問い合わせ先：

一般社団法人日本建設機械施工協会  
試験部

TEL：03-3433-1575

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

## 「平成25年度版 建設機械等損料表」「よくわかる建設機械と損料2012」

### 「平成25年度版 建設機械等損料表」

#### ■平成24年度版からの変更点

- ・損料算定表の「諸元」欄を拡大、諸元記載要領も変更し読み易さを改善
- ・損料算定表の「燃料油種・消費率」欄の記載要領を変更し読み易さを改善
- ・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について(通知)」を追加

発刊：平成25年5月8日

体裁：B5判、モノクロ、約682頁

価格(送料別途、消費税含む)：

会員等 6,600円、一般 7,700円

### 「よくわかる建設機械と損料2012」

平成24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25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。

★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

発刊：平成24年5月

体裁：B5判、一部カラー、390頁

価格(送料別途、消費税含む)：

会員等 4,620円、一般 5,460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/>

## 巻頭言

# 橋のサイエンスを題材に 30 年

藤 野 陽 三



1982 年 4 月に東大土木教室に赴任し、以来 30 年余りの間お世話になった橋梁研究室をこの 3 月で離れ、一区切りついた。改めてこれまでの自分と橋との関係を振り返り、これからの橋に期待することなどを述べてみたい。

私は地震とか防災に関するサイエンスに関わりたく、大学 2 年の進路決定のときは理学部地球物理学科への進学を考えていた。物理が専門の父からの反対はなかったが、機械屋の兄からは「理学部では食えない」と言われ、やむなく断念し、土木工学科を選んだ。工学部で地球物理にもっとも近いのが自然を相手にする土木だと思ったからである。

卒業研究、修士時代は、地震や防災のことをやりたいとの思いから地震研究所の伯野元彦先生の研究室に属し、地盤の振動に関する研究を行った。研究所には理学系の大学院生も多く、彼らとの付き合いからサイエンスの雰囲気を感じたように思う。博士課程は、当時、流行になりつつあった信頼性設計を学ぶためにカナダの大学に留学した。確率や確率過程などを使うので、理学部統計学科で講義を履修し、ここでもサイエンスとの接点をもっていた。

その後、地震研究所、筑波大学を経て、東大に行って 30 年あまり教育とともに研究を生業にしてきたのであるが、国際的に通用する私の研究のキーワードをひとつ挙げるとすれば、それは「振動」であろう。そもそも、1946 年刊の、元東大地震研究所所長の坪井忠二先生が書かれた「振動論」を学生時代に古本屋で見つけ、それに魅了されたのがきっかけであった。若いときのめぐり合いの意味の大きさを改めて感じる。

東大では、橋梁研究室の伝統である長大橋の風洞実験も数多く経験した。当時は瀬戸大橋の設計段階で、本州四国連絡橋公団からの委託実験で、下津井瀬戸大橋の緻密な全橋模型を相手にして、風による自励振動の不思議さに感銘を受けたりしていた。レインボーブリッジの耐風設計に深く関与できたのは貴重な経験であった。それまで橋梁に特段の関心があったわけではなかったが、橋梁研究室で門前の小僧として橋のことにいろいろ触れ、橋は振動問題の宝庫であることがわかり、橋に対する興味が次第に増していった。いつの間にか橋の絵を描くのが趣味となる程、橋が好きになったのである。

地震や風による振動はもちろん、車や列車による振動パラ、歩道橋であれば人の歩行も問題になる。強制振動もあれば自励振動の問題もある。橋を壊すほどの非線形な振動も問題になるし、常時微動と呼ばれる微小な振動も橋の状態把握には重要なシグナルになる。振動が発生すればその制御も課題となる。これらの橋の振動、制御、モニタリングをいかにサイエンスの香りをもたせていかに研究するかを優秀な学生さんと

もに考えてきた。アメリカ物理学会論文集にも論文を載せてもらったし、この研究のやり方はある程度、世界に通用したように思う。

研究の中で思い出深いのはミレニアムブリッジの振動事件である。2000 年 6 月にオープンしたロンドンのテムズ川に架かるミレニアムブリッジでは通行者の同期歩行による横揺れが発生し、そのため 1 年半あまりにわたって閉鎖された。これは橋梁界だけでなく、広く社会で話題となった。ほぼ同じ時期にパリのセヌ川のソルフェリーノ橋でも同じような問題が起きたことがさらにこの問題を有名にした。これをきっかけに人間の歩行、とくに歩行の同期がヨーロッパでは研究のブームになり、研究成果が Nature などの最先端の科学誌にも発表された。今では歩道橋を設計する際、歩行者の横方向の歩行による振動を考慮するのが当たり前になっている。実は、橋の上での歩行者の同期現象を実証的に明らかにしたのは我々東大橋梁研究室チームによる 1993 年の英国の学術誌に出した論文が世界で初めてであった。ミレニアムブリッジの振動問題ではコンサルタント Arup のアドバイザーとしていろいろ相談にのったのもそのような経緯からである。

2010 年に Oxford 大学出版会から Bridges という本が出された。著者の David Blockley は構造を専門とするブリストル大学名誉教授である。この本はその一章をミレニアム橋の振動事件に割いている。それだけイギリスではこの事件が大きな問題であったのであろう。本の中で東大チームの研究が先駆的であることに言及してくれているのは大変嬉しいことであった。自然界に起こるさまざまな同期現象を物理学の視点から説明する、S. Strogatz による SYNC という本(2003 年刊、邦訳あり)が出されている。そこでは、Bridge とタイトルで一つの節を歩行者による橋の同期振動を扱っている。

空間を跨ぎ、通路を提供する橋は文明の装置の一つであるが、民族学者である故梅棹忠夫氏は国や地域によって変わるものであれば、それは文化だと言っている。フランスの橋、ドイツの橋、日本の橋は確かにそれぞれ違っており、その意味では橋は文化と言っていると思う。多くの人に使われ、親しまれ、記憶の中に残る文化としての橋であるが、自然の中に存在する実用品であるが故に、サイエンスとしての研究テーマを多く提供してくれる。文化の一つである橋をサイエンスの立場から研究する、何とすばらしいことではないか！ 私の場合は「振動」であったが、題材はほかにも沢山ある。橋を対象にサイエンスとしての研究がますます盛んになることを心から期待している。

上述の Bridges の本の副題は the science and art of the world's most inspiring structures とある。橋の本質を言い得ているように思う。

——ふじの ようぞう 東京大学名誉教授、特任教授——

# 平成 24 年道路橋示方書改定概要

## 維持管理に関する規定の充実

玉 越 隆 史

道路橋の技術基準である道路橋示方書は、平成 24 年 2 月の改定において、全編にわたって維持管理の信頼性向上に向けた規定の拡充がなされた。国土技術政策総合研究所と土木研究所では、全国の道路橋の点検結果の分析や内外基準の調査、管理者への技術的支援、東北地方太平洋沖地震をはじめとする大規模な災害時の現地調査や損傷事例への対応等を通じて明らかとなった維持管理に関する課題と技術基準へのニーズに対し、各種調査研究及び技術基準の原案への反映の検討を行ってきた。本稿では、道路橋をとりまく状況と、維持管理の信頼性向上に向けて道路橋示方書の改定に反映された事項について概説する。

キーワード：道路、橋梁、道路橋示方書、維持管理

### 1. はじめに

道路橋の技術基準である道路橋示方書は、これまで、技術の進展のみならず、車両重量制限の変更や耐震性能の向上など、社会資本整備の目標水準の変化などの社会的要請にも対応して適宜更新されてきた。平成 8 年には、道路橋にも甚大な被害を及ぼした兵庫県南部地震の教訓を踏まえて、耐震設計関連を中心に大幅な改定がなされた。平成 13 年には、高齢化が進みつつある既設道路橋の実態や耐久性に関する研究の動向も踏まえて、鋼部材に等しく疲労設計を義務づけることや、コンクリート部材に対する塩害対策を強化するなど、耐久性に関する規定の充実が図られた。

また、国際化への対応、コスト縮減、耐久性向上など、様々な観点で開発される新しい技術を、適切な評価のもとで、円滑な導入にも資することを意図して、性能規定型の技術基準への移行が図られた。すなわち、各条項単位で、それが何を達成することを求めたものであるのかを条文として明文化し、同時に、性能照査型基準として、要求性能さえ満足されれば、要求性能と併せて条文に規定される、従来、一般的とされてきた標準的な手法による以外に、それらとは異なる方法による性能の実現が許容されることが明確にされた。なお、平成 13 年の改定にあたっては、性能規定型の基準への移行に併せて、許容応力度設計体系を基本とする基準から部分係数設計体系へ移行することについても議論が行われたものの、性能規定・性能照査の概念を早期に導入することを優先し、許容応力度設

計法を基本とした体系のままでの改定がなされた。

平成 13 年の改定後、国土技術政策総合研究所と土木研究所は、引き続き、新たな知見や残された様々な課題への対応を基準に反映させるための検討を行いつつ、部分係数設計体系への移行に向けた本格的な検討を全編で並行して進めてきた<sup>1)</sup>。

平成 13 年の改定からの間、道路橋の設計基準との関わりの観点で特筆すべき事象としては、例えば、道路橋に比較的顕著な被害が確認された地震災害だけでも、平成 15 年（2003 年）に宮城県沖地震（5 月 26 日発生、M7.1）と十勝沖地震（9 月 26 日発生、M8.0）、翌平成 16 年（2004 年）には新潟県中越地震（10 月 23 日発生、M6.8）、さらに平成 19 年（2007 年）には能登半島地震（3 月 25 日発生、M6.9）と新潟県中越沖地震（7 月 16 日発生、M6.8）、平成 20 年（2008 年）岩手・宮城内陸地震（6 月 14 日発生、M7.2）、そして平成 23 年（2011 年）には東北地方太平洋沖地震（3 月 11 日発生、M9.0）が発生している。これらの地震では、被災経験を踏まえて、順次導入されてきた道路橋示方書における耐震性向上策や既設橋に対する耐震補強の実施が道路橋の被災軽減に一定の効果を上げていることが実証される一方で、橋梁やカルバートなどの構造物区間とその前後の土工部の境界付近での路面段差の発生が、地震後の交通の支障になる事例も数多く報告されていることや、大規模な津波によって、多くの上部構造が流出するなどの課題も浮かび挙がってきている。

耐久性の観点からは、既設橋の高齢化に伴って、様々



な損傷や劣化が顕在化してきていることを踏まえ、平成16年には、国土交通省道路局が直轄管理の道路橋に対して、それまでの定期点検要領<sup>2)</sup>を刷新して、予防保全の実現を視野にして点検の充実を図るとともに、戦略的なデータ収集が開始された。また、平成19年度には、地方自治体の管理する道路橋に対して、ライフサイクルコストの低減と予防保全の両立を図るために、長寿命化修繕計画策定事業費補助制度<sup>3)</sup>が創設されたことで、全国の自治体においても、急速に点検等による道路橋の状態の把握が進んできており、様々な劣化や損傷が生じている既設橋の実態が明らかになりつつある。そして、損傷事例や地震等による被災事例が増えるにつれ、供用開始前の設計や施工の段階からの定期点検や緊急調査、補修補強工事などが想定される維持管理段階への十分な配慮の重要性が強く認識されることとなった。

その他にも、平成13年の改定後、国土技術政策総合研究所と土木研究所は、既に発見されていたものの詳細が不明であった、トラフリブを有する鋼床版におけるデッキプレートを貫通する亀裂の損傷メカニズムや対応策に関する研究を進めるなど、耐久性に関する知見の蓄積を、既設橋の実態解明と連動して進めてきた<sup>4)</sup>。

そのような中、東北地方太平洋沖地震の発生により、沿岸部を中心に、巨大津波の来襲によって、社会資本に甚大な被害が生じ、道路橋についても上部構造の流出が多数生じたことで、道路網の寸断を招くなど深刻な被害を生じた。そして、これらの被災経験も踏まえつつ、今後、発生が懸念される東海・東南海・南海地震などの巨大地震による被害想定が見直されるなど、震災に対する今後の社会資本の在り方についての議論が進められてきた。今回の改定は、このような状況を踏まえ、できるだけ早期に、東北地方太平洋沖地震を含む、近年の震災被害から得られた知見や前回改定以降検討が進められてきた様々な調査研究の成果を反映させることを優先して行われた。その結果、基準としての移行には課題が残されている部分係数設計法への移行は先送りし、平成13年の道路橋示方書と同じ方法による性能規定体系と許容応力度設計法を基本とする照査体系が踏襲されている。

本稿では、共通編における改定点のうち、以下に示す維持管理に関する主な改定点を中心に紹介する。

- ①設計の基本理念として、維持管理の容易さに加えて、維持管理の確実性についても考慮すべきことが規定された。
- ②供用期間中に予定する維持管理の方法や必要となる維持管理設備などについて、橋の設計段階から適切

に配慮することが規定された。

- ③一部の部材の損傷等が原因となって、橋が崩壊や長期の供用停止を余儀なくされるような致命的な状態となる可能性について配慮して構造設計することが規定された。
- ④供用期間にわたって適切な維持管理を行えるために必要と考えられる調査、設計、施工、品質管理等の各種の記録について、維持管理に活用できるように保存することが規定された。

## 2. 維持管理に関する規定の充実

現在、我が国の道路橋資産は、約68万橋<sup>5)</sup>に達しており、これらは着実に高齢化していく。そのため、限られた予算や人的資源の下で、これらの道路橋の健全性を将来にわたって、適切な水準に維持し、求める道路ネットワークの機能が果たせる状態を維持していくためには、無理なく確実に道路橋の適切な維持管理が行われるようにしていくことが重要である。

今回の改定では、点検などの維持管理の経験を通して明らかになってきた様々な課題と、高齢化が進むにつれて顕在化してきた劣化や損傷、およびそれらに対する対処の実績を考慮して、維持管理に関する規定について全面的な見直しを行い、内容が大幅に充実された。

### (1) 維持管理の確実性と容易さ

様々な外力の影響を受けつつ長期に供用される道路橋では、供用期間中の劣化や損傷、大規模な地震等、不測の事故等による変状が生じることも考えられる。それらに対して、適切なタイミングで対処していくことが、供用の安全性確保の観点からは極めて重要である。

これまでの道路橋示方書では、設計にあたって、常に念頭におくべき事項として規定されている設計の基本理念の一つに、「維持管理の容易さ」が挙げられていた。しかし、「維持管理の容易さ」では、設計を行う際に、維持管理段階でアクセスする部位などを絞り込んだ上で、その部位にしか近接できないような構造としたり、当該橋に対する最適な点検の内容やその特性から、将来、実施することが想定される調査や補修補強などの維持管理について、具体的な想定を行うことなく、従来、一般的とされてきた検査路等の設置などを単純に踏襲するといった対応が行われることが懸念された。一方、長期間供用される道路橋では、設計での想定にかかわらず、様々な劣化や損傷が発生した



り、事故等によって、不測の変状を生じる可能性も否定できない。そのため、改定では、条文を「維持管理の確実性及び容易さ」と改め、設計段階で供用期間中に行われると想定される維持管理行為については、それらが容易にできることに配慮することに加えて、供用期間中に必要となる可能性のある維持管理行為についても、それらを適切に行う為に必要となる部位などにアクセスできるようにしておくなど、供用期間中に必要となる維持管理行為が、確実にに行えることについても十分な考慮がなされることが求められた。これにより、予定した維持管理が容易となるだけでなく、将来の様々な事態に対して、維持管理が困難となるような構造が、安易に採用されることが避けられることが期待されている。

さらに、これと連動して、維持管理の方法や必要となる維持管理設備などについて、橋の設計段階から可能な範囲で、具体的に想定して、配置計画や構造設計に反映すべきことも条文で明記されている。これまで建設されてきた道路橋でも、管理者毎に定期点検などの便を図って、常設の検査路を予め設置することは行われてきた。しかし、定期的な近接目視点検や発見される変状に対する調査、あるいは、地震被害に対する緊急調査の実績からは、検査路の配置や構造の僅かな配慮不足によっても、近接すべき箇所へのアクセスに困難を伴うなど、橋によっては、用意された検査路等の設備では十分な点検や調査ができない例もあることが指摘されてきた。規定の趣旨を踏まえて、供用期間中の各種点検や緊急時の調査などに対して、適切に対応できるように、橋の位置づけや構造特性なども踏まえて、ライフサイクルコストも考慮した上で、できるだけ具体的に、維持管理の方法等について想定し、それらが確実に行えるような、十分な配慮がなされることが求められる。

例えば、写真—1の事例は、地震で被災したPC橋に対して、検査路を利用することで供用性の判断に重要な支承部やPC定着部に対する近接しての調査を速やかに行うことができた例である。一方、写真—2は、橋脚上と桁へのアクセスが可能な検査路が設置されているものの、定期点検や震災後の緊急点検で重要な着目ポイントである支承部の確認の観点からは、位置や構造に改善の余地があると考えられる例である。

このように、維持管理における利用形態などについて、設計の段階から充実した検討を行うことは、将来の維持管理負担が軽減されるだけでなく、災害に対するリスク管理の観点からも、良質な資産の形成につながるものと考えられる。



写真—1 検査路による近接点検



写真—2 支承への近接に制約が考えられる例

なお、従前より規定されていた、維持管理の容易さの観点についても、既設橋での点検や地震発生に伴う緊急調査の現場からは、維持管理への配慮に改善の余地が指摘される例が報告されている。

例えば、写真—3、4は、いずれも点検や作業の為に設けられたマンホールである。写真—3は、桁断面には寸法的に十分な余裕があると考えられるにもかかわらず、開口位置が低くかつ開口寸法も小さいために、利用には大きな困難が伴う事例である。また、写真—4は、重い鋼製扉が上下方向に取り付けられており、利便性に劣るだけでなく、双方向からの開閉や乗越し、資機材の搬出入を考慮すると、安全上の観点からも最適とは考えにくい構造である。さらに、写真—5の例は、桁間歩廊が設置されているものの、移動空間が部材と著しく干渉しており、作業や移動に対する



写真—3 点検や資機材の搬入が困難な例



写真—4 鋼製扉の取付の配慮が不十分な例



写真—5 部材の干渉により移動に大きな負担を伴う例

障害が危惧され、高い品質の点検や診断、安全で円滑な維持作業の観点からは改善の余地があった可能性があったと考えられる。このような、構造部材との干渉については、橋梁本体の設計と並行して、具体的な点検等での利便性を考慮した維持管理設備の検討が行われることで、経済合理性を失わない範囲でも様々な改善が可能となるものと考えられる。今回の改定で充実された維持管理への配慮に関する規定は、このような課題の改善に資することが期待されている。

道路橋においては、長い供用期間中には設計段階では必ずしも想定しない不測の損傷によって、部材の更新や大規模な補修を余儀なくされたり、交通環境などの供用条件の変化によって、機能向上が求められる場合もある。また、架橋条件によっては、設計段階での耐久性に関する見積もりに大きな不確実性が避けられない場合があるとの議論もある。そのため、今回の改定では、設計段階で必ずしも十分な検証が行えない供用期間中の不確定要因に対して配慮を行うことについても、基準上は許容されることを明確にした。

すなわち、供用期間中に更新を余儀なくされる可能性が高いと想定される部材がある場合などでは、設計で考慮する維持管理計画にそのような部材の更新を念頭において、それらが確実かつ容易に行えるような考慮を行うことも許容される。なお、これは、橋の構成

部材について、積極的に耐久性に劣る部材となるように設計を行うという意味ではなく、あくまで、標準的には100年程度が想定される長期の耐久性上の目標期間に対して、当該橋をとりまく環境や位置づけから、不確定要因が標準的な場合に比べて多い場合に、一部の部材を更新可能な構造にしておくような配慮が道路橋示方書上は認められるという意味である。なお、現在の道路橋の設計技術では、想定する期間の長さに応じて、高い信頼性で細かく耐久性を制御できるような精度の高い照査方法は確立していないことを踏まえたものである。そのため、具体的に将来の道路計画の変更が予定されているなどにより、全ての部材等に対して、等しく長期の耐久性を確実に満足させるように設計することが合理的でないような特殊な場合を除いて、安易に、部材毎に、短期の供用期間を想定した設計を行ってもよいということではないことに注意が必要である。

なお、設計段階で更新を想定する場合、通常の設計と併せて、補修や部材更新の方法を具体的に想定して、当該部材の補修や更新の要否の判断基準、そのための点検や調査の方法、作業に必要な設備などについても、将来の不確定要素も考慮の上、不経済とならない範囲で架設補強など必要な設計上の配慮を行うておくこととなる。

## (2) 構造設計における補完性又は代替性への配慮

道路橋の場合、供用性に何らかの制限が生じると物流等に大きな支障を及ぼすなど、社会的な影響が避けられないことも多く、一時的にでも供用性が失われることは極力避けなければならないような場合もある。

しかし、平成19年(2007年)に米国で発生した、上路トラス橋が一部の格点部の破壊によって崩落するという事故(写真—6)からも明らかなように、道路橋では、構造の条件によっては、一部の部材の機能喪失によって、橋全体が回復困難な、致命的な状態となる場合がある<sup>6), 7)</sup>。我が国でも、近年になって、アーチ橋の吊り材の破断やトラス橋の斜材の破断、エクストラードード橋のケーブルの破断など、供用中に主部材が破壊する例<sup>8) ~ 10)</sup>が報告されている。これらは、結果的には、破壊した部材の機能が他の部材で補われることで落橋までには至らずに済んでいる(写真—7)。

このように、複雑な構造特性を有する道路橋では、一部の部材の機能の喪失による落橋などの重大な事態を回避できるかを容易に判断することは難しく、設計段階で合理的に評価できるための統一的な手法や評価





写真—6 崩落後のI-35W 橋の全景（出典 MN/DOT8）



写真—7 トラス斜材の破断事例

基準も確立されていないのが実状である。

以上のような状況を踏まえ、今回の改定では、橋の形式や規模によっては、一部の部材の損傷や異常の発生や進展によって、橋全体の性能が大きく損なわれることの影響を設計段階から念頭におくとともに、橋の条件等に照らして、必要と判断した場合には、そのような事態を回避できるように、橋を構成する部材や構造に補完性や代替性を付与するなどの対策を行うことが基準上は許容されるものとした。

しかし、どのような橋に対して、どこまでの構造上の配慮を行うのかについては、橋の位置づけや経済性にもかかわる問題であり、また、着目する部材の変状が深刻化する前に確実に検出できるようにすることで、部材が破壊に至ることまでは想定しないなど、維持管理の方法による対応も条件によっては許容されうることから、具体的な方法については、判断基準を含め示さないこととした。補完性又は代替性の確保については、様々な対応を経済性や維持管理の条件なども考慮して総合的に判断することとなる。

### （3）維持管理のための記録

供用開始後に劣化や災害等によって変状を生じた場合の診断や原因究明、補修・補強等の対策の検討を安全かつ合理的に行うためには、その橋の設計思想に加えて、設計に用いられた基準類、使用材料の種類や品質、完成後の応力状態を左右する架設方法や架設手

順、部材内部を含めて橋に残置されている仮設物の位置や構造、外観だけでは判断できない部材内部の構造（コンクリート部材の配筋や鋼部材の溶接構造など）、当該橋の調査、設計、施工、品質管理等の各種記録などの様々な情報が残されていることが極めて重要となることが実績からも明らかである<sup>8), 9)</sup>。

一方で、これらの情報が失われていたり、適時に参照できない場合、橋の応力状態の推定や外観からは判断できない部材内部の構造の推定に多大な時間と手間が必要となる。また、条件によっては、不確定要素を安全側となるように仮定せざるを得なくなるなどの不合理な対応を余儀なくされることにもなる。

このような既設橋の維持管理の実態を踏まえて、今回の改定では、供用期間を通して、適切で合理的な維持管理が行える環境を整えられるよう、当該橋の計画から施工完了までの様々な情報が、維持管理において活用できるように保存されるべきことを規定した。

従来の示方書では、橋梁台帳と橋歴板について規定され、橋長、幅員、設計荷重（適用示方書）、設計震度、基礎の形式及び根入れ長、地盤条件、主要部分の構造図、竣工年月、橋名、使用鋼材、事業主体、設計及び製作・施工会社名等が記録として残されるように規定されていた。しかし、近年の既設橋への対応の経験からは、これらの項目毎に、最低限の情報が残されているだけでは、劣化や被災による変状を生じた橋の応力状態の推定や健全性の評価、あるいは補修補強の必要性や効果の評価を的確に行うことは困難であることも多いことが分かってきている。一方で、供用前から、維持管理段階でどのような情報が必要となるのかを全て特定することもまた困難である。近年は、情報技術の進展によって、管理できる情報量は飛躍的に増大してきており、今後もその傾向は継続することが見込まれる。

このような背景を踏まえて、今回の改定では、共通編の1章「1.7 設計図等に記載すべき事項」の内容を充実するとともに、6章「6.3 設計・施工に関する事項」として一項を新たに設け、設計から施工への情報の受け渡しのみならず、橋の完成後に、その橋の設計思想から施工に関する記録に至るまで、将来の維持管理の合理化に資すると考えられる情報についての記録を作成し、かつ供用期間中の維持管理に用いることが可能となるよう保存しなければならない旨を規定した。

なお、様々な情報をどのような形態や体制で管理していくのかについては、管理者によっても異なると考えられることから、その具体的方法までは規定されて



写真—8 箱桁内部への漏水・滞水の例

いない。各機関で、将来も見据えた様々な記録が各組織体制に応じて活用可能な形で適切に保存されるようになることが期待される。

道路橋の設計施工のプロセスを考えた場合、事業主体や調達方法によらず、設計成果を一旦とりまとめて精査したのち、その情報が施工段階に受け渡され、設計において前提となっている施工の条件との整合性を考慮しながら施工されるという流れとなる。設計から施工への適切な情報の受け渡しもまた、道路橋示方書が求める要求性能を満足させるための重要な要素である。そのため、最終的には、施工関係の記録と共に、維持管理に引き継がれるべき情報として「6.3 設計・施工に関する事項」にも挙げられることに加えて、「1.7 設計図等に記載すべき事項」も1章にこれまで通り規定として残し、実務プロセスも考慮して充実されている。

#### (4) その他

近年、橋梁定期点検において、箱桁内部に設置した排水管の劣化や破損によって、桁内部に滞水を生じて、鋼部材が激しく腐食したり、コンクリート部材の劣化が促進される変状が報告されている（写真—8）。排水管は、橋本体に比べて、材料的にも構造的にも耐久性に劣ることが一般的であり、定期的な状態の確認を行うことが不可欠である。特に、桁内部での漏水や滞水が放置されたり、桁外に配置された排水管の異常による漏水が橋の同じ部位に飛散し続けると、橋本体に深刻な悪影響を及ぼすことにもなる。また、支承部は、狭隘な空間となりやすく、塵埃の堆積や防食機能の劣化が進行しやすいだけでなく、空間的制約により、点検などの維持管理が不十分となりやすい。今回の改定では、これまでの維持管理の実績から明らかになってきた様々な課題についても、改善が図られるよう、共通編全体を通して規定が充実されている。

### 3. おわりに

今回の道路橋示方書の改定では、維持管理に関連して、設計の基本理念の表現が見直されるとともに、関連する規定が、全編にわたって大幅に充実された。今後、期待される耐久性が確実に発揮できるように、適切な維持管理が、可能な限り確実かつ容易にできる良質な資産が形成されていくことが期待される。引き続き、各方面と連携して、維持管理に関連する課題の解決と技術基準への反映に向け、各種研究に取り組んでいく。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 玉越隆史：新しい道路橋示方書に向けて、性能規定化と新技術評価、橋梁と基礎、Vol.40, No.8, pp.19-22, 2006.8
- 2) 橋梁定期点検要領（案）平成16年3月 国土交通省道路局、[http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3\\_2.pdf](http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobo3_2.pdf)
- 3) <http://www.mlit.go.jp/common/000114589.pdf> など
- 4) 鋼床版の板厚構成と疲労耐久性の関係に関する研究—トラフリブとデッキプレートの板厚とデッキプレート貫通型疲労き裂の関係—、国土技術政策総合研究所資料 第558号, 2009
- 5) 平成23年度道路構造物に関する基本データ集、国土技術政策総合研究所資料第693号, 2012
- 6) 玉越隆史：橋梁事故からの教訓—米国ミネソタ州I-35W落橋事故の例を踏まえて—、土木技術 Vol.66, No.9, pp.36-41, 2011.9
- 7) 笠野英行、依田照彦：米国ミネアポリスI-35W橋の崩壊メカニズムと格点部の損傷評価、土木学会論文集A, Vol.66 No.2, pp.312-323, 2010
- 8) 玉越ほか：鋼トラス橋のコンクリート埋込み部材の腐食への対応事例、土木技術資料, Vol.51, No.8, 2009
- 9) 玉越ほか：吊材破断時の安全対策—PCアーチ橋の事例—、土木技術資料, Vol.52, No.7, 2010
- 10) 玉越ほか：鋼部材の疲労き裂について（その1）—道路橋の主桁—、土木技術資料, Vol.51, No.10, 2009

#### 【筆者紹介】

玉越 隆史（たまこし たかし）  
国土技術政策総合研究所  
道路構造物管理研究室長





## NEXCO 設計要領 第二集 の改訂概要

青 木 圭 一

NEXCO が管理する高速道路延長は、8,984 km に達している。このうち、橋梁は約 19,000 橋にも達し、平均年齢も約 25 歳となり、30 歳を超える橋梁比率も 30% を超える状況であり、維持管理が重要なテーマとなってきた。このような状況において、予防保全に欠かせない床版防水及びコンクリート含浸材、鋼橋の腐食補修としての炭素繊維シート補強、脱塩工法、塗替塗装の仕様の変更等について、維持管理がより容易あるいは信頼性向上が期待できるよう 7 月に改訂した。この概要について述べる。

キーワード：床版防水、含浸材、炭素繊維シート、脱塩、塗替塗装、高強度材料

### 1. はじめに

NEXCO（東日本高速道路(株)、中日本高速道路(株)、西日本高速道路(株)）が管理する高速道路延長は、8,984 km（2013 年 4 月現在）にも達し、このうち、橋梁は約 19,000 橋（上下線別カウント）にも達している。橋梁の平均年齢も約 25 歳となり、30 歳を超える橋梁比率も、現時点、約 35% であり、今後、その比率は急激に増加することが想定されている。このため、NEXCO にとって、維持管理が重要なテーマとなっており、補修・補強技術や予防保全技術の確立に重点を置いて研究を実施している状況である。

このような状況において、予防保全としての床版防水およびコンクリート表面含浸材、鋼橋の腐食補修・補強技術としての炭素繊維シート補修・補強工法、塗替塗装仕様の変更、脱塩工法等について、設計要領第二集および施工管理要領の改訂を 7 月に実施した。また、耐久性向上を期待して、高強度コンクリート等の材料についても新規制定を実施した。

### 2. 床版防水

高性能床版防水工については、一昨年（2012 年）の設計要領第二集において要領化を実施したところであった。しかし、新東名や北関東道等において、舗装への損傷が生じた事例が確認された（写真—1）。その比率は、面積比で全体の 0.05%、橋梁箇所数では約 20 橋程度と非常に少ないものの、走行性に直接影響する損傷である。原因を推定するため、各種試験等を実施した結果、



写真—1 舗装への損傷発生事例

舗装と床版防水層間の接着力不足による損傷が主たる要因と想定され、これはアスファルト合材温度あるいはコンクリート床版の温度が低く、熱依存性が高い舗装と防水工間の接着材が部分的に完全溶解せず、結果的に接着力不足が生じ、舗装のポットホールが生じたものと推定された。

そのため、今回の改訂では、低温施工となる場合とそれ以外の条件に区分し、新たな材料試験を実施することとしている。低温施工となる場合には、床版温度 0℃、アスファルト合材 110℃ の条件で、試験体へ敷設し、引張接着試験、せん断接着試験を課すこととしている。今後、寒冷地や冬季施工の防水工においては、上記試験に合格しない材料の施工はできないこととなるため、材料選定あるいは施工時期の調整において対応する必要がある。

また、防水工とコンクリート床版の安定した接着性能には、コンクリート床版の含水率も大きな要因である。このため、コンクリート床版表面の含水率をより正確に計測できるよう、従来の高周波容量式水分計から電気抵抗式水分計（写真—2）を採用することへ変更した。電気抵抗式水分計は、コンクリート床版表面の含水率によって電気抵抗が変化することを原理としたもので、測定端子に導電ゴム製のセンサを用いるため、凹凸表面に確実に密着し、正確な計測が可能となるものであり、従来よりも、より高精度で測定が可能となり、防水工の施工環境の良否を確実に判定することにより、より高耐久な防水工を期待するものである。



写真—2 電気抵抗式水分計

### 3. 鋼桁への炭素繊維シート補修

鋼桁への炭素繊維シートによる補修・補強技術は、曲げ部材や引張部材を対象としたものは既に要領化済みである。例えば、トラスの軸力部材や桁フランジの曲げ部材等へは、昨年7月、要領化している。

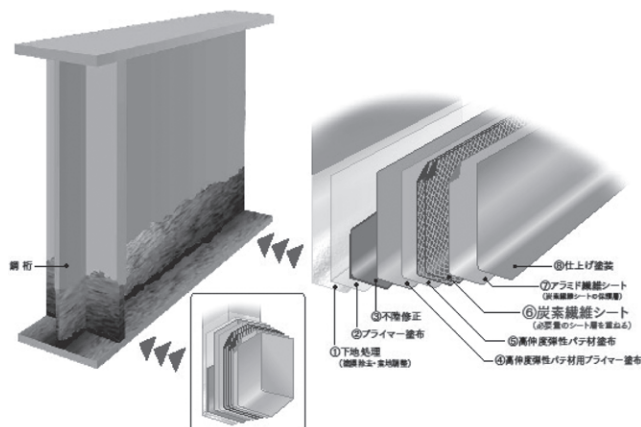
一方、鋼桁端部や支点部近傍では、漏水等に伴う腐食が多く発生しており、局部座屈やウェブのせん断座屈が危惧される腐食が確認されている（写真—3）。このような箇所への対応としては、従来工法では、仮支柱等を設置し、腐食箇所の切断・撤去を行い、当板により補修・補強を行うという大規模な工事が必要となるため、補修・補強がなかなか進まない状況であっ



写真—3 鋼桁端部の腐食事例

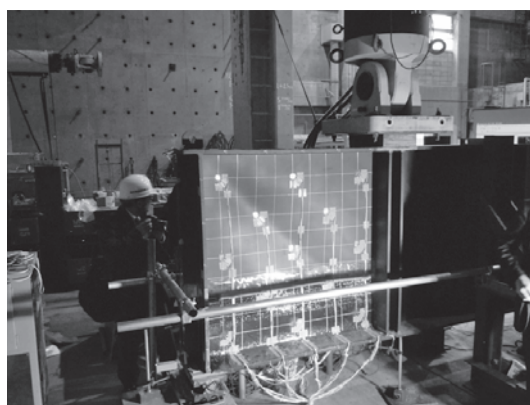
た。今回要領化したのは、このような箇所に対して、CFRPシートを接着するのみで、せん断耐力を向上させることが可能なものである。

本工法は、NEXCO 総研と長岡技術科学大学（長井正嗣教授）、川崎重工業、新日鉄住金マテリアルズコンポジット社、倉敷紡績の5者で共同開発した工法で、まず、腐食箇所を研掃、孔食箇所へのパテ詰め、その後、プライマー塗布、ポリウレア樹脂パテの塗布、高弾性炭素繊維シートの貼付け、表面保護としてのアラミド繊維シート接着、仕上げ塗装という構成である（図—1）。



図—1 炭素繊維シート補修・補強工法の概要図

本工法の要領化にあたっては、補剛材及びウェブの断面欠損を想定した縮小及び実物大の試験により検証を実施し、想定どおりの補修・補強効果を確認している（写真—4）。



写真—4 ウェブの断面欠損補修モデル試験（座屈試験終了後）

なお、本工法に用いるシートは、高強度炭素繊維、ガラス繊維、高密度ポリエチレン（ダイニーマ）、ガラス繊維と炭素繊維のハイブリッド等の各シートを試験し、最もヤング係数が高く、補修効率の高い高弾性炭素繊維シートを選定している。また、従来のプライマーだけでは座屈に伴う大変形に追従できない可能性



があるため、ヤング係数の低いポリウレア樹脂のパテ材をプライマーとシートとの間に挿入する工夫を施し、鋼材が座屈を起こしても剥がれず追従するようにしている。

本工法は、樹脂と繊維シートのみであるため、軽量であり、狭隘な箇所でのハンドリングも優れており、より一層、損傷箇所の補修・補強が容易となり、補修・補強が進むことが期待できるものである。

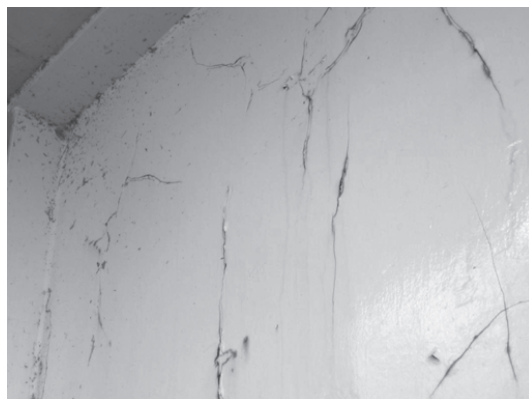
#### 4. 塗替塗装

従来、北海道・東北・北陸などの寒冷地等では、塩化ゴム系塗料が用いられていた。これは、塩化ゴム系塗料が当時の上塗り塗料の中で最も防食性能や耐候性に優れ、また、塗膜中の溶剤が自然乾燥して塗膜が硬化する塗料のため、低温度（0℃）でも乾燥することから、寒冷地域や腐食環境の厳しい地域で重防食塗装系（旧 B 塗装系、旧 C 塗装系）として数多く採用されてきた。

塩化ゴム系塗料が用いられた塗装の塗替えでは、3 種ケレンでは、残存した塩化ゴム系塗料が塗替え塗装剤により溶解し、しわ、縮み、塗膜割れが起こる（写真—5, 6）ため、1 種ブラストを施した後に塗替え塗装を施す必要があった。このため、高コストとなり、塗替え塗装があまり進まない状況となっていた。

そこで、従来の強溶剤型塗料に代わり、近年、弱溶剤型塗料が開発されてきていることから、弱溶剤型塗料を用いた促進試験、現地暴露試験等を進めてきた結果、防食性能は維持したまま、塩化ゴム系の塗膜を溶解させることもないことが確認されたため、今回、塩化ゴム系塗料の塗替え塗装に限らず、全塗料において弱溶剤型塗料へ変更することとした。

これにより、塩化ゴム系塗料の塗替え塗装では、3 種ケレン後に塗替え塗装が可能となり、また、プラス



写真—6 塗膜割れの事例

トから 3 種ケレンで済むため、大幅なコスト削減が可能となり、更には、揮発性有機化合物の発生が少なくなり、環境負荷の低減が期待されるところである。

#### 5. コンクリート含浸材

シラン系のコンクリート含浸材については、予防保全の 1 つの手法として、昨年、要領化を図ったところである。しかし、その品質管理方法は、10 × 10 × 40 cm のモルタル試験体を製作し、これに塗布することで、外観、含浸性、塩化物イオン侵入阻止性を確認するのみであり、実際に使用される材料については、未確認となっていた。

そこで、今回の改訂では、公的試験機関で含浸材料そのものを赤外線分光分析にかけ、品質証明を求めることにした。その頻度は、基本的に 1 工事に 1 回の試験を求めるが、施工面積が小さい工事の場合は、1 回／1 年実施される他工事の証明をもって、代替えることも可能としている。

シラン系含水材は新設コンクリートへの予防保全として用いられるが、これが有効に機能することで、将来の維持管理費低減が可能となるものであり、従来にも増して、品質強化を図ることとしたものである。

#### 6. 脱塩工法

コンクリート桁端部等では、伸縮装置からの凍結防止剤を含んだ漏水に伴い局部的に塩害を起こしている事例が見受けられる。特に PC 橋の場合は、プレストレスが導入されているため、塩害部分を除去することは、困難を要し、また、プレストレスの喪失という課題もあった。

塩害部分を除去する工法以外には、脱塩工法があるが、PC 構造物への脱塩工法は、PC 鋼材への水素脆



写真—5 しわ、縮みの発生事例



表—1 標準的な通電量

| 対象                     | 電流密度 (A/m <sup>2</sup> ) | 最大通電期間(週) | 通電方法 |
|------------------------|--------------------------|-----------|------|
| プレストレストコンクリート (PC) 構造物 | 1.0 ~ 2.5                | 8         | 連続通電 |
| 鉄筋コンクリート構造物            | 1.0 ~ 5.0                | 8         | 連続通電 |

性破壊の懸念があった。そこで、PC 構造物の試験体へ脱塩工法を適用し、水素脆性破壊の危惧がない範囲で、通電を実施することとした。その通電量を表—1 に示す。

表—1 に示すとおり、PC 構造物では通電量を、最大でも、2.5 A/m<sup>2</sup> を 8 週間までとしている。

## 7. 高強度材料

また、今回の改訂から、高強度コンクリート、高強度鉄筋、高強度 PC 鋼材も基準化し、材料選定の際に、採用を検討することとしている。

高強度コンクリートとしては、従来、40 N/mm<sup>2</sup> までであったものを、その使用実績の増加や、経済性、施工性を鑑み、50 N/mm<sup>2</sup> までを採用可能として要領化している。

高強度鉄筋としては、道路橋示方書等の記載、採用実績から、従来、SD345 であったものを、SD390、SD490 も採用可能としている。

また、高強度 PC 鋼材においても、PC 工学会の「高強度 PC 鋼材を用いた PC 構造物の設計施工指針」(平成 23 年 6 月)の発刊や、新東名等における採用実績から、選択肢の一つとして要領化している。

## 8. PC グラウトの品質管理

PC グラウトに関しては、PC 工学会より「PC グラウト設計施工指針—改訂版—」(平成 24 年 12 月)が発刊されており、これに合わせて、改訂している。

具体的には、日常管理試験における鉛直管試験にお

いて、従来は 24 時間後の試験結果からの判定を、2 時間の連続 3 回測定結果において試験結果が 0.0% であれば終了可能としたこと、PC グラウトの試験練りにおいて、28 日強度以前において、必要強度 (30 N/mm<sup>2</sup>) 以上が確認されれば、最短 7 日強度の結果で判定可能なことが大きな改訂項目である。これにより、実橋に近い環境での試験練りが可能となることや、鉛直管試験装置の再利用も可能となるものである。

## 9. おわりに

今回の改訂では、主に維持管理工法に主眼を置いた改訂となった。維持管理は、NEXCO だけでなく、我が国の多くの橋梁が直面している課題であり、特に、補修・補強工法は、既存構造物を長く使用する上で、欠かせない技術である。今回は、鋼桁の補修・補強工法や、床版防水が大きな改訂事項であるが、現在、様々な補修・補強、検査技術についても研究しているところであり、次年度改訂へ向けて、現在、その適用性等について検証を始めたところである。

補修・補強工法は、未だ、歴史も浅く、今後、更なる改善も必要となる技術であり、多くの意見を頂きながら検討を進めていく予定である。

J C M A

### 【筆者紹介】

青木 圭一 (あおき けいいち)  
 ㈱高速道路動郷技術研究所  
 道路研究部 橋梁研究室  
 室長



# 消雪用水を利用した橋梁洗浄の研究

梶 村 周 平・宮 本 重 信

福井平野の多くの橋には、冬の北風で飛来した海塩粒子が付着し、桁の下フランジが錆びての層状剥離、支承装置の機能低下を招き、多額の修繕費を要するに至っている。米国の事例や本県の新保橋でも雨かかりは全く腐食していないことから、福井県管理のほとんどの橋に設置されている消雪用装置からの井戸水の利用と専用散水装置の製作で桁洗浄を安価に実現し、維持管理費の縮減を目指す。その費用対効果を代替案と比較して明らかにする。

キーワード：腐食、飛来塩分、橋梁、洗浄、錆

## 1. はじめに

日本海側では、冬の季節風によって飛来する海塩粒子が鋼橋に付着し、腐食が促進されている。福井県九頭竜川河口の塗り替え後12年の新保橋では、桁のフランジ下面で層状剥離の錆が発生している（写真—1）。しかし、雨がかかるトラス部は錆が見られない（写真—2）。このように雨による洗浄が防錆に非常に効果を発揮している事例からも、橋梁の洗浄が極めて効果的なことが類推される。既に米国では、腐食対策として洗浄がなされ、効果が得られている<sup>1)</sup>。このようなことから洗浄の防錆効果は明らかであるが、様々な洗浄方法に対しての費用対効果について実際に検証しようとする年数を要するなどなされていない。

筆者らは、洗浄装置を製作し、福井県管理のほとんどの橋に設置されている消雪装置からの井戸水を用いて2008年から2010年の春に河口から4.5 kmに位置



写真—2 写真—1と同じ橋の雨かかりの部分

する三国大橋（鋼橋、橋長542 m）の洗浄を行った。そこでの洗浄と費用対効果を中心に述べる。

## 2. 対象橋の腐食の状況

洗浄の対象とした三国大橋で腐食の著しい箇所は、桁内側の主桁と横桁の下フランジ上下面、箱桁底天井、ボルトナットである（写真—3）。次に桁内側のウェブが著しい。桁外側の下フランジ上下面、ボルトナット、ウェブに飛来した塩分は降雨で洗浄され腐食は抑制されている。

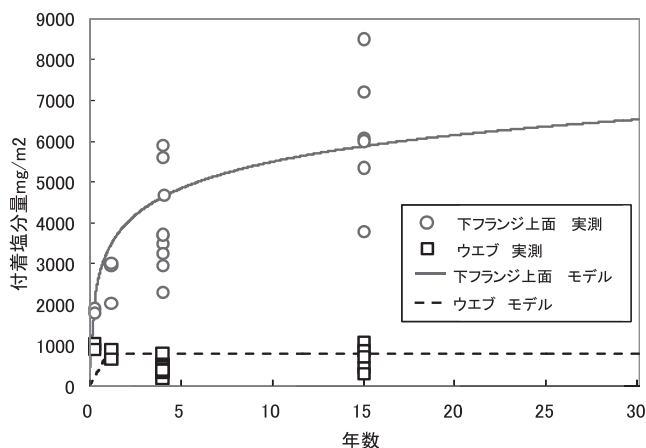
この三国大橋では塗装の塗り替えを一度に行っていたので、桁内側の下フランジ上面、ウェブの付着塩分量を表面塩分計 SNA2000 で計測し、それを塗装後の年数経過を横軸に整理した（図—1）。図—1でウェブが1年で約  $800 \text{ mg/m}^2$  で一定となるのは、冬期の塩分付着で臨界湿度が低下し頻繁に結露し、落水することで飛来塩分量とにバランスが生じることによる。そのウェブから流れた塩分は下フランジの上



写真—1 河口部の橋桁の腐食



写真一三 ボルト、雨かきりのない下フランジが錆びる（三国大橋）



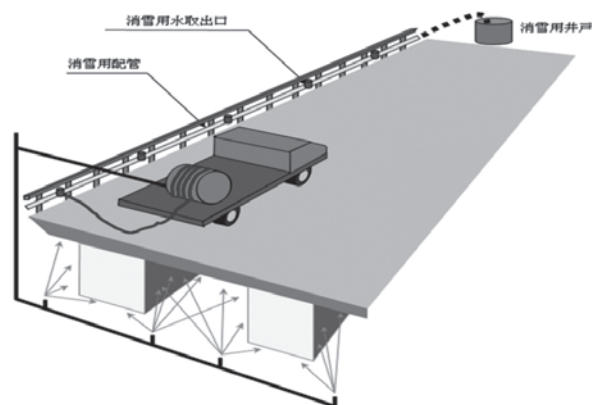
図一 ウェブと下フランジ上面の付着塩分量の変化

至り、元々上向きで多く蓄積した塩分量を更に増やす。塩分高濃度の下フランジ上面では頻繁に結露し錆を促進し、その結露水は端部より水滴となって落水する。ウェブに比べ蓄積量が多いので、この落水による塩分の減少とのバランスには年数を要し、平衡する付着塩分量も高い図一1のカーブとなっている。Uリブ下面でも結露が観測され、この水滴が乾燥するので付着塩分濃度はウェブに比べるとやや高い。しかし、蓄積しやすく貯留しやすい下フランジ上面に比べるとUリブは落水しやすいことから著しい腐食にはなっていない。

### 3. 洗浄の方法

福井の橋梁のほとんどには井戸水利用の消雪装置が設置されているので、橋脚毎のバルブからその地下水を得て洗浄した。図二に全体の概念を、写真一四に今回開発の洗浄装置の稼働状況を示す。この地下水は塩水化が進行し、0.7%塩化ナトリウム水であった。

河川上の洗浄を考慮した洗浄機を製作した。この洗浄機をユニック車にて搬入し、橋面の1車線上で組み立てて、橋面車道を1橋脚（延長60m）走行し、その後1橋脚を後進し、再度前進して橋脚に至る。次に洗浄機は軸回転して橋脚を避けて次のスパンに至る。



図二 橋梁洗浄の概念図



写真一四 橋梁洗浄の状況

ここで、1度後退させて再度洗浄するという合計3回の洗浄を行ったのは、(1) 一度洗浄で塗らして時間を経過してからの方が最初の洗浄後にできる塩分濃度の高い滴を流すこと、(2) 塗膜下の塩分が塗装表面に浮き上がり、それが再度の洗浄で流されることへの期待、(3) ノズルからの散水が水道管や電話線などの管路に当たりUリブに達しないことがあり、3回の洗浄によって走行線のずれで斑のない洗浄に寄与する、(4) ユニック車の走行を低速度で運転することは難しいことの4点の理由による。

この橋面洗浄は、通勤時間帯を避け朝9時から夕方4時半まで片側交互通行規制で行った。9時からの橋面路面上での洗浄機の組み立てに4時間を要し、実際の洗浄は4時30分まで実施し、その後組み立てた洗浄機の下側を外して陸上を下ろす。洗浄機の解体は下側を切り離して、片側交互通行規制時間を少なくした。翌日は、下側の組み立てが不要なので洗浄作業は約2時間後には開始できた。

なお、今回の洗浄機は、三国大橋以外の類似の橋梁に適用できるように、ノズルと洗浄機自体の高欄との距離はシフトできる構造とした。但し走行上側の路側に容易に撤去できない照明ポール等があると、洗浄機走行の妨げとなる。



既往の橋梁洗浄の研究では、水量を増やしても塩分の除去量は増えなくて6～8L/m<sup>2</sup>で良いこと、高圧より低圧でゆっくり噴霧角度も広角度にした方が良いことが示されている<sup>1)</sup>。このことを参考にして、橋長当たり塗装面積32m<sup>2</sup>/mに7/3L/回の散水を3回行うことで、3回合計で塗装面積当たり7L/m<sup>2</sup>の散水とした。散水の全流量は約800L/min(2009年)、717L/min(2010年)で、約9.6～10.7L/minの走行速度となり、橋長542mの3往復は2.5～2.8時間で終了する。橋脚での停止や反転、軸回転での時間ロスを考慮しても4時間で済む。実際には組み立て解体と搬入で1日を要して、2日間の作業となる。組立解体が素早くできるよう機械が改良されれば、作業はより短時間になる。

また、腐食の著しい横桁下フランジ上面へはノズルを進行方向に傾けて対処した。この傾斜したノズルは、橋脚の際で長く停止して散水することで、橋座の洗浄にも効果的であった。

なお2008年の洗浄では、消雪の分岐バルブからのコルゲートホースの径50mmが小さくて水圧が不足し床版下のUリブに散水が届かないことが生じたので、加圧ポンプと発電機をユニック車に搭載しホース径も65mmと大きくした。

洗浄の時期は、九頭竜側河口16kmの明治橋での計測結果(図-3)が示すように冬の季節風による海塩粒子の飛来が他の季節の10倍以上になることから、4月上旬がよいと考えられる。しかし予算上の制約などで2008年は5月15日～17日、2009年は3月4日～5日、2010年は3月4日～6日に洗浄を行った。

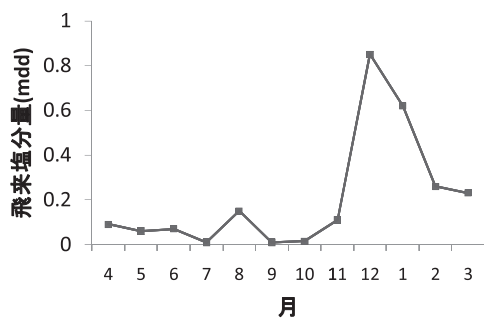


図-3 飛来塩分量の季節変化

#### 4. 洗浄の結果

2008年5月にやや能力不足ながら洗浄したこの橋を2009年3月4日～5日、2010年3月4日～6日に洗浄した。この2009年と2010年の洗浄前後の付着塩分量を表面塩分計SNA2000で計測した平均値を図-4に示す。腐食の著しい雨の当たらない箇所の下フラ

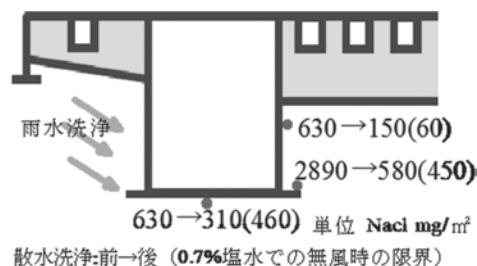


図-4 洗浄前後の付着塩分量の違い

ンジ上面では2890mg/m<sup>2</sup>が580mg/m<sup>2</sup>に、ウェブでは630mg/m<sup>2</sup>が150mg/m<sup>2</sup>に、箱桁外底面では630/m<sup>2</sup>が310mg/m<sup>2</sup>に削減された。

既往の洗浄研究例では、2,000mg/m<sup>2</sup>以上であったものが平均25.8mg/m<sup>2</sup>に、平均1,221mg/m<sup>2</sup>が平均1.2mg/m<sup>2</sup>に削減された<sup>2)</sup>ことからすると今回の洗浄後の値は大きく、費用面では安価であるが、洗浄の効果は相当に劣っている。これは既往研究とは異なり、0.7%もの塩水を使用していることによると思われる。

#### 5. 洗浄による防錆効果の推測

洗浄の抑制効果を次の3方法で推測した。

##### (1) ACM センサからの防錆効果の推定

箱桁内側の塗装表面に表面高さを一致させて裸鋼の腐食を計測できるACMセンサを取り付け、そのL型模型鋼板を2008年12月3日に腐食箱桁内側に取り付けた。腐食の著しい下フランジ上面のACMセンサが示す洗浄前と洗浄後の約25日間の平均腐食速度は19.9mm/yが、6.3mm/y(図-5)と洗浄により約3倍延命されている。

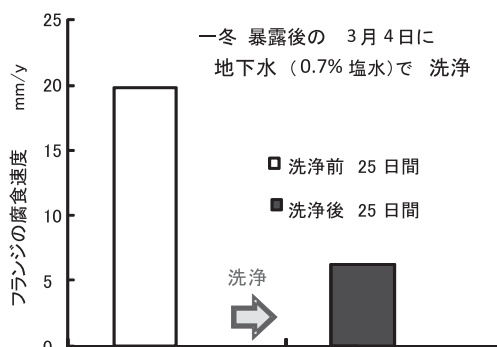


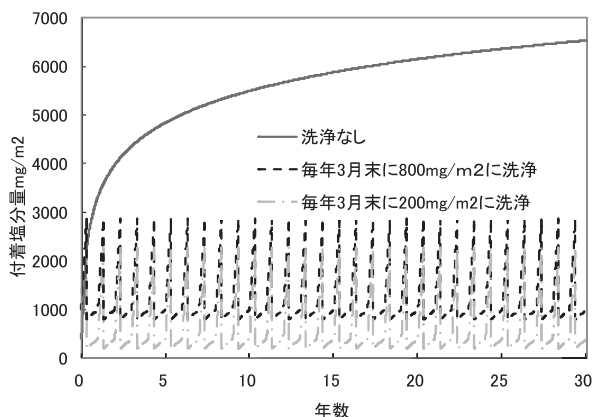
図-5 洗浄前後のACM センサの変化

##### (2) 気象と付着塩分量からの防錆効果の推測

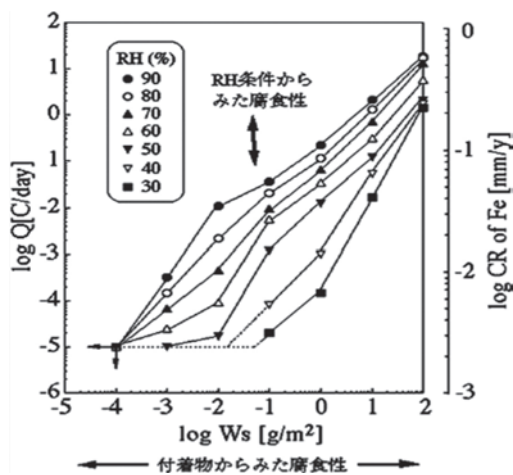
次に下フランジ上面について、洗浄なし、毎年3月末に800mg/m<sup>2</sup>に、毎年3月末に200mg/m<sup>2</sup>に洗浄という3ケースで腐食量を見積もった。塩分付着量の推移は塩分飛来が冬期に集中していることを考慮し図

—6と仮定した。種々の相対湿度条件下での付着塩分量と腐食速度との関係は図—7<sup>3)</sup>で与えられることから、福井県三国の標準気象データを用いて30年間シミュレーションした。その結果を図—8に示す。

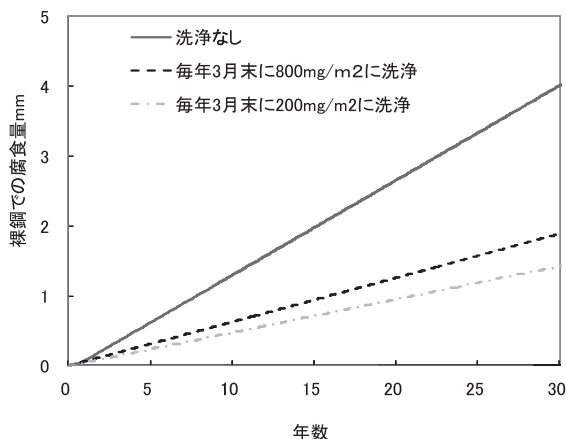
毎年3月末に800 mg/m<sup>2</sup>にまで洗浄するという今回の方法は、洗浄無しに比べて約2倍延命となった。また、0.7%の塩分を含む地下水を水道水等に替えて毎年200 mg/m<sup>2</sup>にまで洗浄できたとしても、約25%の縮減効果に止まった。



図—6 付着塩分量の変化 (下フランジ上面)



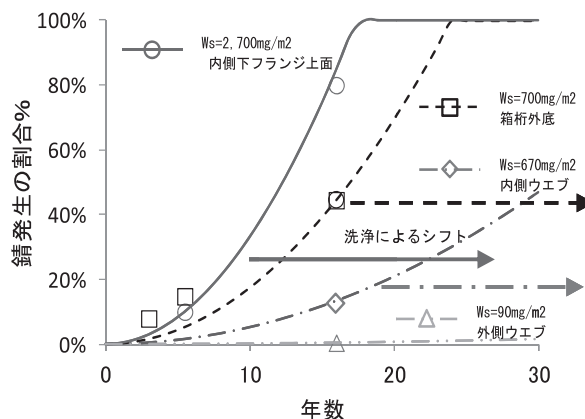
図—7 塩分量、腐食速度と相対湿度



図—8 洗浄による腐食量の違い (下フランジ上面)

### (3) 現場の錆からの防錆効果の推測

この橋の塗装の塗り替えは、全区間一斉にはされてこなかったことから、塗装塗り替え後3年、5年、16年経過の設置位置毎の錆色発生率（表面錆着色の全体での比率）を腐食の著しいボルトについて調べた。その設置部位と経過年数毎の平均結果を塗装塗り替えからの経過年数を横軸に、錆色発生率を縦軸にして、ボルトの位置（16年経過での付着塩分量も記載）毎に図—9に示した。



図—9 部位ごとの錆発生率の経年変化

既往研究で「海岸地域のような厳しい腐食環境においては、塗膜表面に発生している顕在劣化面積率で塗装下腐食を推定した方が現実的である」とされ、また塗膜劣化曲線を二次放物線で与えていることから<sup>4)</sup>、図—9では同じ部位での経過年数—錆色発生率の点を基に錆色進行カーブを二次放物線で作成した。

図—9から内側下フランジ上面（付着塩分量2,700 mg/m<sup>2</sup>）では急激に錆色発生率は高まり、16年で80%に至っている。但し、ボルトの付着塩分量は部位が狭くて精度良く測りにくいので、付着塩分量はボルト周囲の鋼板面と同じであると考えて、その計測値を用いている。箱桁底の外表面（付着塩分量700 mg/m<sup>2</sup>）では、内側下フランジ上面の約70%の錆色発生率となっている。また、3年と5年経過した箱桁底外面の点は、16年経過から推定した二次放物線に比べて、早い錆色発生となっている。これは16年経過に比べて塗装塗り替え回数が1回多い点で、塗り替え回数が増えると早く腐食することが示唆される。内側ウェブでは付着塩分量が670 mg/m<sup>2</sup>と箱桁底の外表面付着塩分700 mg/m<sup>2</sup>とほぼ同じであるにも拘わらず、錆色発生率が半分以下と少ない。この原因は、結露で塩分を多く含む滴が底面のボルトにはウェブのボルトより多く集まり、その滴が落下せず乾燥し、周囲の鋼板面の700 mg/m<sup>2</sup>とは異なり実際にはより高濃度の塩

分付着となっていることが考えられる。なお、雨かかりの外側ウェブ（付着塩分量  $90 \text{ mg/m}^2$ ）では錆色の発生はほとんど生じていない。

次に図—9 から洗浄の効果进行を推定する。付着塩分濃度が高く錆色発生率の高い内側下フランジ上面の錆色進行カーブは、洗浄で図—4 の  $580 \text{ mg/m}^2$  にダウンすると見込まれるので、ほぼ同じ付着量  $670 \text{ mg/m}^2$  の内側ウェブの錆色進行カーブにシフトすると推測される。そのシフトであれば、同じ錆色率発生までの年数は約 2.5 倍になる。次に、箱桁外底面の  $700 \text{ mg/m}^2$  は図—4 の  $310 \text{ mg/m}^2$  に、内側ウェブの  $670 \text{ mg/m}^2$  は同様に  $150 \text{ mg/m}^2$  にダウンすると見込まれるので、両者の錆色進行カーブは、大きく外側ウェブのカーブの方へシフトすると考えられ、同じ錆色までの年数も大幅に延びると推測される。

#### (4) 推測のまとめ

以上の 3 つの推測の最初の 2 つの推測は裸の鋼を対象にしたもので、最後の推測は現場の塗装に即したものである。いずれからとも、概ねの効果としては同じ錆に達するまでの年数が約 2 倍に延びる。

### 6. 洗浄によるコスト縮減効果

三国大橋（塗装面積  $17,500 \text{ m}^2$ ）を Ra-Ⅲ、Rc-Ⅲ、Rc-Ⅰの塗装で行い、各々の耐久年を 8 年、12 年、30 年として、その塗り替え年数が洗浄で 2 倍に延びると

表—1 洗浄による塗装費用縮減効果

| 三国大橋 $17,500 \text{ m}^2$ |                       |                       |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ra-Ⅲ                      | 8 年塗替え                | 毎年洗浄費<br>+ 16 年塗替え    |
|                           | ¥660/ $\text{m}^2$ /年 | ¥390/ $\text{m}^2$ /年 |
| Rc-Ⅲ                      | 12 年塗替え               | 毎年洗浄費<br>+ 24 年塗替え    |
|                           | ¥558/ $\text{m}^2$ /年 | ¥339/ $\text{m}^2$ /年 |
| Rc-Ⅰ                      | 30 年塗替え               | 毎年洗浄費<br>+ 60 年塗替え    |
|                           | ¥429/ $\text{m}^2$ /年 | ¥275/ $\text{m}^2$ /年 |

三国大橋での洗浄費内訳：90 万円／回（2 日作業 1 日の作業編成：電工 1 人、発電機  $100 \text{ kVA}$  1 台、世話役 1 人、特殊作業員 3 人、発電機  $30 \text{ kVA}$  1 台、高所作業車 1 台、特殊運転手 1 人、交通誘導員 3 人、ユニック車 1 台）+ 損料 15 万円／回（洗浄機 500 万円を 3 橋利用で 1/3、橋蛇口工事 60 万円の合計の 15 年償還）

した場合の面積当たりの年間費用を試算した。その結果が表—1 で、維持費は洗浄によって約 36～41% が縮減されるとなった。なお、洗浄費用の内訳は表—1 下欄に記した。

### 7. おわりに

以上の研究開発をまとめると

1. 消雪用井戸水で洗浄しながら、上路橋を洗浄させる技術を開発した。
2. 洗浄前後の ACM センサの値、湿度・付着塩分量と鋼板腐食進行速度を明らかにした既往研究からの当該橋現場の気象データを用いた数値シミュレーション、現場の付着塩分量と腐食からの推定という 3 つの推定手法から塩分濃度 0.7% の地下水を用いた洗浄でも、塗装の塗り替えを約 2 倍に延ばせると推定できた。
3. その結果と洗浄費用の積算から、この橋梁では維持費用を約 4 割削減できると見込まれた。

### 謝 辞

本研究に際して福井県三国土木事務所、福井鉄鋼株式会社の奥村茂氏にはご協力頂いた。記して感謝の意とする。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 磯光男, 三田村浩, 勝俣盛ほか: 橋梁洗浄に関する北海道での取り組みと米国における実態調査, 橋梁と基礎, pp.29-33, 2004.6
- 2) 三田村浩, 佐々木聡, 勝俣盛ほか: 橋梁に付着した塩分の除去実験, 土木学会第 56 回年次学術講演会 CS6-043, 2001.9
- 3) 篠原正, 元田慎一, 押川渡: ACM センサによる環境腐食性評価, 材料と環境, 54, pp.375-382, 2005
- 4) 藤原博: 鋼橋塗膜の劣化度評価と寿命予測に関する研究, 東京大学学位論文, pp.114-143, 2000.6

#### 【筆者紹介】

梶村 周平（かじむら しゅうへい）  
福井県  
建設技術研究センター  
主任研究員



宮本 重信（みやもと しげのぶ）  
地中熱・融雪技術士事務所  
代表





# 非破壊による橋梁健全性の確認手法

大久保 妙 子

長野県大町市にある一般県道槍ヶ岳線の北葛沢3号橋はシースに沿ったクラックが見つかり、この調査・補修を含め工事を発注した。現地において詳細な点検を行ったところ、クラックに拡大傾向が見られず、コンクリート部に剥離やエフロレッセンス等もほとんど見られなかったため、非破壊で橋梁の健全について検査を行うこととした。桁の非破壊検査にはX線透過法などがあるが、当現場ではたわみ量に着目し、当初想定たわみ量と実際のたわみ量を比較することで桁の健全性を確認した。

キーワード：橋梁補修、非破壊、メンテナンス、载荷試験

## 1. はじめに

我が国では、高度経済成長期に社会資本が集中的に整備され、これらのストックは今後急速に高齢化が進行すると想定されている。

長野県においても例外ではなく高齢化が進んでいる。さらに近年厳しい財政状況が続く中においても、公共資産の合理的・効率的な維持管理は地域住民から強く求められている。このような背景から長野県では、今後増大が見込まれる橋梁の修繕経費について、長寿命化を図り可能な限りコストを削減していく必要があると考え、平成20年6月に「長野県橋梁長寿命化修繕計画」を策定した。長野県の管理する橋梁は平成19年4月1日時点で3,820橋あり、このうち高齢化橋梁（建設後50年以上経過したもの）は568橋で全体の約15%を占めている。しかし、図1のとおり平成29年度末には高齢化橋梁の占める割合は46%と全体の約半数にも達するなど急速に橋梁の高齢化が進むことになる。

この「長野県橋梁長寿命化修繕計画」の中では次の

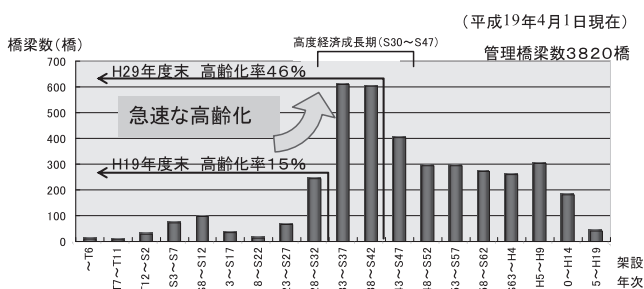
3つの方針を打ち出している。

- ①持続可能なマネジメントサイクルの確立
- ②優先度付けによる橋梁修繕計画の策定と実施
- ③日常的な維持管理による予防保全への取り組み

その中の方針②に基づき、修繕を進めている。優先度は主要部材の損傷及び大型車通行量等を考慮して決められている。

## 2. 補修に至る経緯

北葛沢3号橋（写真1）は、大町ダムの付替え県道の一部として昭和54年に当時の建設省により架設され、現在供用後30年が経過している。橋梁長寿命化修繕計画の一環で行われた平成21年の橋梁点検業務委託の中で、当橋梁のPC桁の一部に橋軸方向のクラックが見つかった。橋軸方向クラックは多くの場合主要部材の損傷によることが多いため、平成22年度に当該橋梁を補修することとなった。今回はこの北葛



沢3号橋で非破壊による橋梁健全性の確認手法を行った経過及びその方法等について記述する。

### 3. 北葛沢3号橋の概要

北葛沢3号橋は大町市内から葛温泉に向かう一般県道槍ヶ岳線の橋梁であり、橋下は国土交通省管理の大町ダム湛水域となっている（図-2）。橋梁の諸元は下記に示すとおりである。

橋梁諸元（図-3）

橋 長  $L = 65.5 \text{ m}$  幅員  $W = 8.0 \text{ m}$

上部工形式 2径間PCポステンT桁

規 格 一等橋（TL-20）

竣 工 昭和54年

適用示方書 昭和47年道路橋示方書

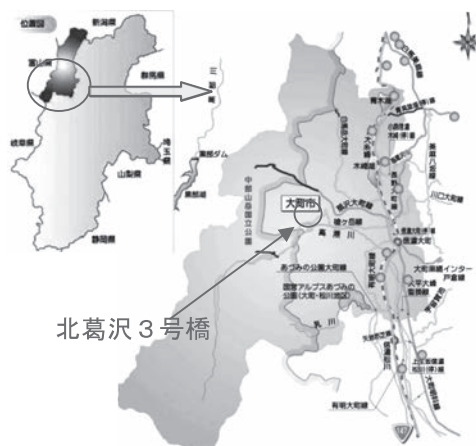


図-2 位置図

### 4. 橋梁調査報告書

前述の委託成果の中で当該橋梁には開口幅が0.2～0.6 mmのひび割れが観測されていた（写真-2, 3）。谷側のG4桁のひび割れは橋軸方向に桁端部側面上部

から下方斜めに中央部桁下面にかけて曲線を描いており、これらの特徴からPCケーブルまたはシースが腐食している可能性が高いことが想定されていた。PC桁におけるケーブルの腐食は上部構造の安全性の根幹にかかわる損傷であり、早急な対策が求められると結論づけており、このクラック以外にも橋梁全体では橋面舗装・伸縮継手の劣化及び支承の腐食があり対策が必要となっていた。

ただし、この委託成果では桁下からの詳しい調査は行われておらず、さらにデータの信頼性をあげるため各種調査が必要であるとまとめられていた。



写真-2 桁下の橋軸方向クラック



写真-3 橋梁端部クラック

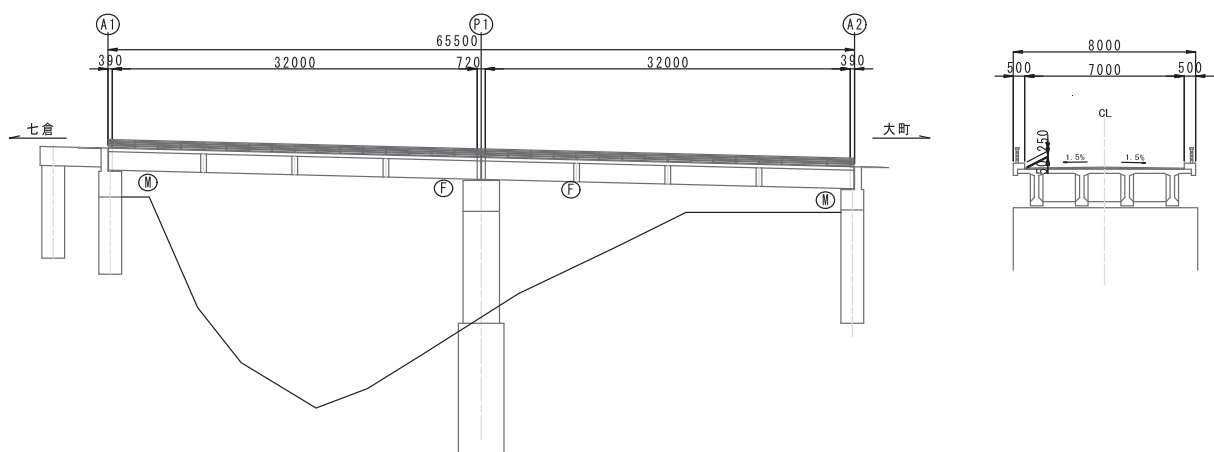


図-3 橋梁側面図・断面図

## 5. 工事発注後の詳細調査

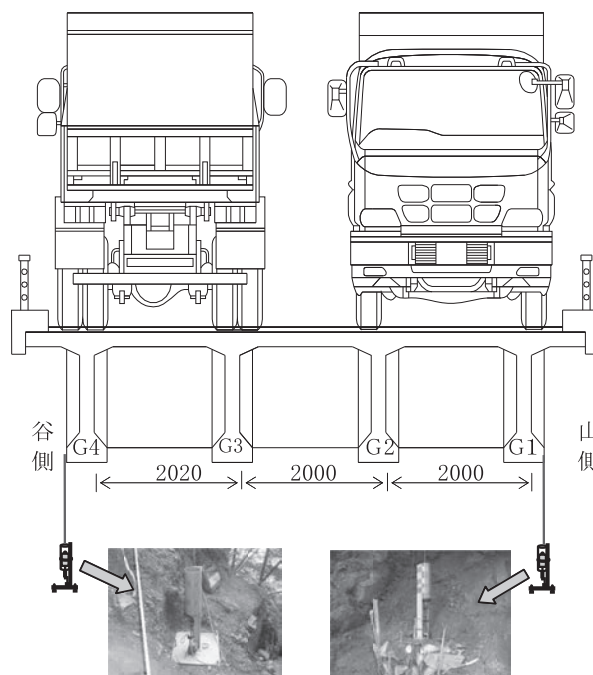
工事発注後、クラックについて桁下から再度詳細な調査を行った。その結果横桁に数多くのクラックが確認され橋梁全体としてのクラック量は増加した。しかし、委託時に発見されていたクラックについては開口幅が広がっているものは確認されなかった。橋軸方向クラックについても同様に広がり確認されなかった。クラックは開口の大きなもので横桁では幅1.4 mm、縦桁では幅0.8 mmであったが、コンクリート部に剥離やエフロレッセンス等はあまり数多くは見られなかった。また、橋梁表面については舗装ひび割れや凹凸はあるものの、周辺道路との大きな段差はなく橋梁全体としての本来の機能は維持されている状況にあると施工前調査終了時点で推測することができた。

## 6. 非破壊検査について

PC 桁の非破壊検査の代表的な手法としては X 線透過法・超音波法・衝撃弾性波法・打音振動法等がある。前述の委託の中では X 線透過法によりグラウトの充填確認を行った後、CCD カメラによる削孔調査を行いグラウト等に異常があった場合は補修する必要があると記載されていた。しかし、本橋梁の桁厚は厚い部分で 50 cm あり、X 線透過法による検査が難しい状況であった。シース内に空隙が存在することが確定できていれば、CCD カメラによる調査が有効である。しかし、空隙部分を確定できなければ場合によっては桁に損傷を与えるだけになってしまう。このことから、桁が現在どのような状況であるのかを別の方法で確認し、橋軸方向クラックが桁にどの程度影響を与えているのかを判断することはできないのか検討を行った。NPO 法人橋梁メンテナンス技術研究所からのアドバイスを受け、「静的載荷試験」を実施することとした。これは実際に橋梁に荷重をかけた時のたわみ量により、現在の橋梁がどの程度安全性を確保できているのか判断するための一つの方法である。

## 7. 静的載荷試験

静的載荷試験は荷重既知（約 21 t）の荷重車をスパン中央に載せ、この時のたわみを測定する。たわみ測定方法は図—4 に示すように、主桁（G1・G4）よりインバー線を介して重錘を下げ、その下に変位計を設置した。そして、荷重車により主桁がたわむと同時に重錘が下がり、そのたわみ量を変位計にて測定する。



図—4 たわみ測定方法

静的載荷試験は合計3回の載荷試験結果を平均することとてたわみ量とした。

静的載荷試験として21.203 tの荷重車を大町方向（山側）と七倉方向（谷側）に片側載荷した場合のたわみ量は以下の表—1 に示す通りである。

表—1 静的載荷試験結果 単位：mm

| 大町方向（山側）載荷 |        | 七倉方向（谷側）載荷 |        |
|------------|--------|------------|--------|
| G1（山側）     | G4（谷側） | G1（山側）     | G4（谷側） |
| 2.821      | 0.677  | 0.893      | 3.100  |

## 8. 桁の健全性の評価および対策工法の選定

本橋梁は4主桁（道路中心線に対して対象構造）であり、山側・谷側とも載荷時の外桁のたわみは本来同じであるが、載荷実験では谷側載荷時のたわみが大きくなっており、G4桁下面の橋軸方向クラックの影響と考えられる。しかし、橋軸方向クラックが発生している（主桁剛性の低下  $2.82/3.10 \div 0.9$  と推定される）ものの、復元設計（現地状況及び昭和47年道路橋示方書による）により応力にはゆとりがあることが判明した。

$$\begin{aligned} \text{応力：PCT 桁 上縁 } \sigma_c &= 9.17 \leq 14.0 \text{ N/mm}^2 \\ \text{下縁 } \sigma_c &= -1.24 \geq -1.50 \text{ N/mm}^2 \end{aligned}$$

たわみについても、設計計算上の活荷重（TL-20）たわみ量18.6 mmに対して、剛性低減90%時のたわみ量は20.8 mm程度であり桁の応力が許容限界に達するときのたわみ量28.0 mmにはまだ余裕があることが判明した。



桁の橋軸方向クラックの発生要因としては次のようなことが考えられる。

- ①緊張力が当初より設計通り作用しておらず、活荷重等による疲労による場合
  - ②施工に起因する場合（グラウト不足によるシース内への浸水あるいはかぶり不足）
  - ③材料に起因する場合
  - ④設計時の荷重以上の環境下で使用されている場合
- 等が考えられるが、ほとんどは上記のうち複数の要因が重なっていることが多い。

このうち、本橋梁はPC鋼線のシース管内部の充填不足が原因の凍結融解の痕跡ではないかとの疑いは残る。しかし、現時点では応力的にまだゆとりがあると推定されること、委託時からクラック幅・長さの拡大や浮き・剥落が見られないこと及び橋軸方向クラック部からの錆汁の析出が確認されていないこと等を総合的に判断して、PC鋼線・シースの腐食はそれほど進行していないものと判断した。これらの結果を基に今回の工事では大がかりな補強工事は実施せず、劣化の促進を抑制する補修工を行うこととした。

ひび割れに対しては樹脂注入工および表面保護工を実施することが適切と判断した。また、本橋梁は竣工年次の関係からPC鋼線が上面定着方法であったため、桁端部定着方法と比較するとシース管内に水が入りやすい状況にあった。このため今回舗装下に防水層を施工することにより今後水の侵入を防ぐことでさらに劣化進行を抑えられると期待された。



写真—4 上面定着跡

## 9. おわりに

今回実際のたわみ量を測定したことにより、今後同様の測定を行うことで桁剛性がどの程度低下したのかを判断することができる。たわみの管理限界値（下回ると危険と判断される値：本橋梁の場合 14.2 mm）が明確になっているので、この値を目安に測定結果を定量的に判断することができる。もちろんこの基準値に

抵触するようであれば、足場を組んでの詳細な調査や補強工事を行う必要がある。しかし、今回補修工を実施したこともあり、みかけの剛性が現在の1/5となるのはかなり時間的に先になると考えられる。

大がかりな補修工事が必要なのか、それとも劣化の進行を食い止めることにより桁を延命させるのかを判断する場合、桁の健全性がひとつの指標になると思われる。この健全性の判断方法として、静的載荷試験を有効に利用することができるのではないだろうか。また今回、参考として常時微動による桁の固有振動数の測定を行っている。桁の剛性低下に伴い長周期化（振動数の減少）することから、静的載荷試験のたわみ量と併せて桁剛性の低下判断指標になるものと思われる。常時微動測定は、橋面に振動計を置くだけの簡易な測定で、人為的に橋を振動させる強制加振は必要ないため、既設橋梁に負担を与えない非破壊試験と言える。また、今回のデータを基に次回定量的に数値として比較・検討できることが静的載荷試験や常時微動測定方法の優れているところではないだろうか。

今回の試験を通して橋梁の正確な剛性低下度を知るためには、初期値を設置時に把握することが基本だと感じた。設計・橋梁架設時からメンテナンスを見据えた、データの蓄積・管理が今後はさらに重要になってくるのではないだろうか。

また、橋梁に限らず今後も維持修繕すべきインフラは増大し、そこには明確な指針や数値で基準等を示すべきことも多くなると考えられる。橋梁の場合、維持修繕の第一歩は目視での点検である。もちろん、目視での点検も有効であるが、目視点検できる人材の確保や目視者によって評価にバラつきが生じる点については今後も課題となるであろう。その中で数値として判断できる評価方法を確立することも必要となってくるのではないかと期待している。

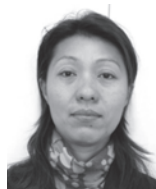
J C M A

### 《参考文献》

- 1) 長野県橋梁長寿命化修繕計画、2008年6月
- 2) 国土交通白書 2012

### 【筆者紹介】

大久保 妙子（おおくぼ たえこ）  
長野県安曇野建設事務所  
整備課整備係  
主任



# 横浜ベイブリッジの耐震性向上技術

山 本 泰 幹

長大吊形式橋梁の耐震性向上対策は、当時、国内では前例がなく、巨大地震という建設時の想定を超える非常に大きな外力に対しても、景観を保持し、安全で経済的な耐震対策となるように、入力地震動の作成、被害予測シミュレーション、耐震性能評価、および地震観測記録を用いた動的解析の検証等の検討に取り組み、耐震技術を総合的に結集して耐震性向上対策を行った結果、工事後にも横浜港のシンボルとなっている横浜ベイブリッジの優美な橋の姿が保たれた。

キーワード：橋梁，長大橋，斜張橋，耐震性能，耐震性向上

## 1. はじめに

横浜ベイブリッジは、全長 860 m の長大斜張橋であり、横浜港のシンボルとして多くの人々に親しまれている（写真—1）。プレート境界型の長周期地震や内陸直下地震といった巨大地震時の耐震性向上対策を行うことにより、首都圏の動脈としての交通ネットワークと震災時の緊急輸送路としての物流輸送機能を支える。本プロジェクトでは、目標とする耐震性能に対し、耐震解析から解析結果に基づく対策方法の立案に至るまで、長大吊形式橋梁の特徴を考慮して、きめ細かく耐震性能を検討した。また、長周期成分を多く含む地震計の観測記録や異なる非線形解析コードを用いた設計検証にも取り組み、より信頼性の高い性能設計と耐震性向上対策を実現した。



写真—1 横浜ベイブリッジ

## 2. 代表的な耐震性向上技術

### （1）入力地震動の作成

M8 クラスのプレート境界型の地震動は、東京・横浜で甚大な被害が生じた 1923 年の関東地震を基本とするシナリオ型地震を本プロジェクトのために作成している<sup>1)</sup>。ここでは、測地データと遠地地震記録を用いたインバージョンによって得られた Wald and Sommerville モデルを用いる。このモデルは 2 つのアスペリティからなり、地震動の周期成分には、横浜ベイブリッジの主要な固有振動モードの固有周期と同じ比較的長周期のものが多く含まれるようにアスペリティサイズとその位置を変化させた。兵庫県南部地震で観測された M7 クラスの内陸直下型の地震動と合わせて、各橋梁の構造要素ごとに最も大きな応答を与える地震動で耐震性能を照査している。

### （2）被害予測と耐震性照査

横浜ベイブリッジは 3 径間連続鋼斜張橋であり、桁をリンクで支持した免震構造として建設されている。長大吊形式橋梁特有の“ある損傷が起点となって別の損傷を引き起こす”という損傷の連鎖現象が現れる特徴を考慮して、損傷のシナリオを慎重に推定している<sup>2)</sup>。耐震性能は、損傷箇所とその状態によって恒久的な補修に時間を要することを許容するが、応急復旧により緊急車両等は地震後短時間で監視のもと通行可能とし、一般交通も走行速度制限等を行うことにより、恒久的な補修を行いながらの走行が可能となることを目標としている。損傷状況は、基本的に非線形動的解析





動に対しては、端橋脚のウインドタング、エンドリンク、および主塔部のタワーリンクの損傷によって連鎖的に生じる損傷に対して、桁端のアップリフト防止ケーブルと主塔部の段差防止構造を追加している。また、下路床桁下弦材の角部の隅肉溶接部に割れが生じた場合にも、部材としての耐力の急激な低下を回避できるような予防対策としての角補強を施している。橋軸方向の地震動に対しては、桁端に生じる変位に対し、隣接橋の落橋防止構造を追加している。

#### (4) 動的解析の検証

横浜ベイブリッジは、数多くの地震計を設置して多点同時観測を行っており、長周期地震動を含む数多くの地震記録が蓄積されている世界的にみても類い希な

橋梁である。耐震性評価で重要となる動的解析の精度に関して、本橋で観測された長周期成分を多く含む地震記録を用いて、動的解析モデルの再現性について、より精緻に検証を行っている<sup>5)</sup>。図-4は、地震計の設置状況を整理したものであり、86chの地震計が設置されている。一例として、横浜ベイブリッジの固有振動モード形を図-5に示す。濃いグレーのラインは動的解析モデルの固有値解析結果であり、薄いグレーのラインの2004.10.23新潟県中越地震で観測された地震動から推定されたモード形と固有周期が、低次から高次モードまでほぼ等しいことが確認された。

さらに、異なる非線形解析コードを用いて得られた地震応答値を比較して検証を行い、各コードの解析結果は、実用上十分な精度で近似していることが確認で

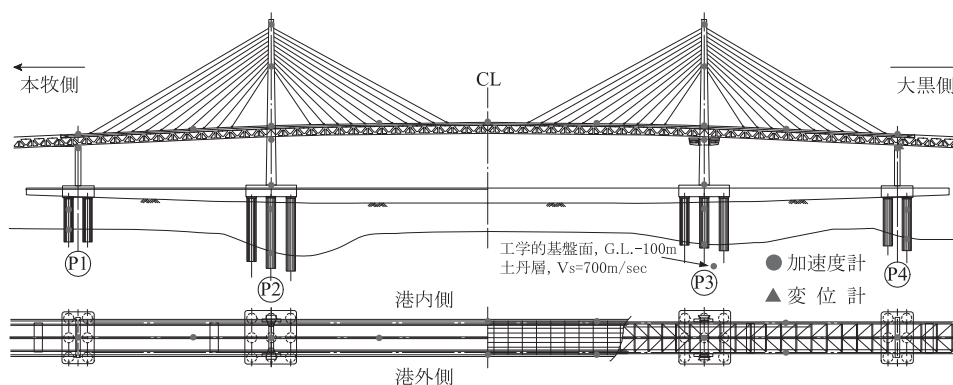


図-4 横浜ベイブリッジにおける地震計の設置状況

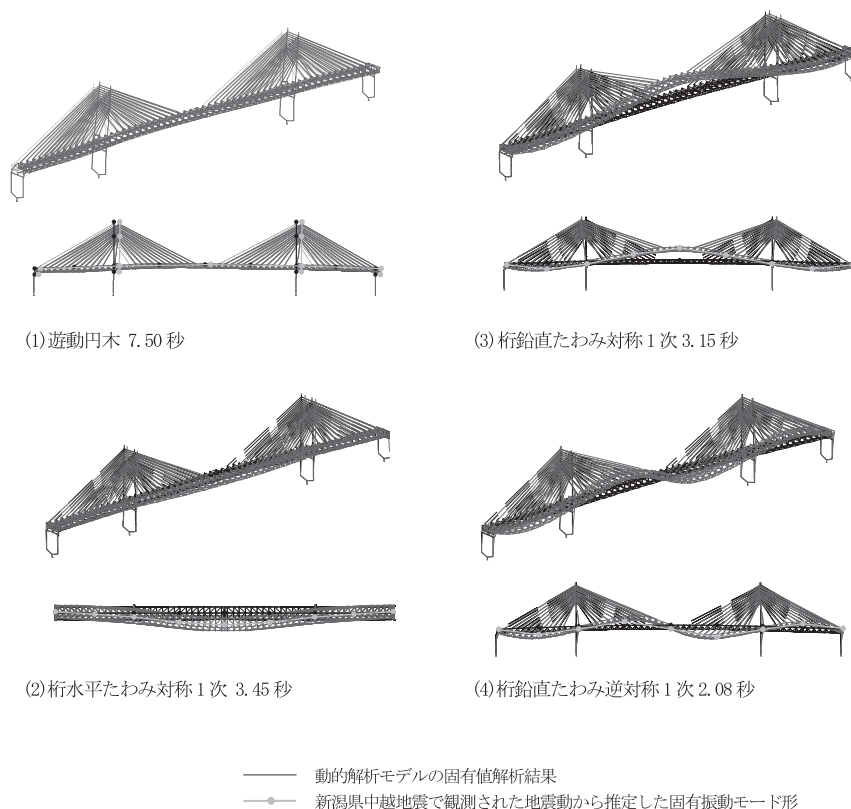


図-5 横浜ベイブリッジにおける動的解析モデルの再現性の検証の一例

きた<sup>6)</sup>。これらの動的解析の検証により、本橋の耐震性向上対策の信頼性がより一層高いものとなっている。

### 3. おわりに

長大吊形式橋梁の耐震性向上対策は、当時、国内では前例がなく、巨大地震という建設時の想定を超える非常に大きな外力に対しても、景観を保持し、安全で経済的な耐震対策となるように、入力地震動の作成、被害予測シミュレーション、耐震性能照査、および地震観測記録を用いた動的解析の検証等の検討に取り組み、耐震技術を総合的に結集して耐震性向上対策を行った結果、工事後にも横浜港のシンボルとなっている横浜ベイブリッジの優美な橋の姿が保たれた。本プロジェクトにご協力いただいた多くの関係者の方々に、厚くお礼を申し上げます。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 小森和男, 吉川博, 小田桐直幸, 木下琢雄, 溝口孝夫, 藤野陽三, 矢部正明: 技術展望・首都高速道路における長大耐震補強の基本方針と入力地震動, 土木学会論文集, No.794/I-72, pp.1-19, 2005.7.
- 2) 小森和男, 吉川博, 小田桐直幸, 木下琢雄, 溝口孝夫, 藤野陽三, 矢部正明: 技術展望・首都高速道路における長大橋耐震補強検討, 土木学会論文集, No.801/I-73, pp.1-20, 2005.10.
- 3) 山本泰幹, 半野久光, 藤野陽三, 矢部正明: 横浜ベイブリッジの耐震補強設計における鋼上部構造を対象とした性能照査, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.1, pp.13-30, 2010.1.
- 4) 山本泰幹, 半野久光, 藤野陽三, 矢部正明: 「横浜ベイブリッジの耐震補強設計における鋼上部構造を対象とした性能照査」への討議・回答, 土木学会論文集 A1, Vol.67, No.1, pp.207-212, 2011.
- 5) 山本泰幹, 藤野陽三, 矢部正明: 地震観測された長大吊構造系橋梁の動的特性と動的解析モデルによる再現性, 土木学会論文集 A, Vol.65, No.3, pp.738-757, 2009.8.
- 6) 山本泰幹, 半野久光, 藤野陽三, 矢部正明: 横浜ベイブリッジの耐震補強設計に用いた非線形地震応答値の設計検証, 土木学会論文集 A, Vol.66, No.1, pp.31-36, 2010.1.

### 【筆者紹介】

山本 泰幹 (やまもと やすみき)  
首都高速道路㈱  
建設事業部 建設企画課  
担当課長



## 平成 24 年度版 建設機械等損料表 発売中

### ■内 容

- ・国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集
- ・機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・各機械の燃料（電力）消費量を掲載
- ・主な機械の概要と特徴を写真・図入りで解説
- ・主な機械には「日本建設機械要覧（当協会発行）」の関連ページを掲載

### ■B5判 約 680 ページ

### ■一般価格

7,700 円（本体 7,334 円）

### ■会員価格（官公庁・学校関係含）

6,600 円（本体 6,286 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>

# 制震技術による長大斜張橋の合理的耐震補強

## 東神戸大橋

長 澤 光 弥・五十嵐

晃・木 田 秀 人

阪神高速道路では、個々の長大斜張橋の構造特性に適合した制震技術を開発することで、耐震補強工事にその技術を積極的に用いている。東神戸大橋（中央支間長 485 m）では、大地震時の主桁変位（橋軸方向）を抑制するため、大変位・大反力に適応可能な縦置きサンドイッチ型超高減衰積層ゴムダンパーを開発し、それを用いて耐震補強を行った。本報ではこの積層ゴムダンパーについて行った検討を中心として、東神戸大橋のレベル 2 地震動に対する耐震補強の概要について報告する。

キーワード：オールフリー長大斜張橋、レベル 2 地震動、橋軸方向変位制御、積層ゴムダンパー、拘束ケーブル、性能確認実験

### 1. はじめに

東神戸大橋は、阪神高速道路 5 号湾岸線の深江浜と魚崎浜を結ぶ橋長 885 m、中央径間長 485 m の鋼斜張橋である。主桁は、ダブルデッキのワーレントラス形式、塔は円形の水平梁を持つ H 型形式、ケーブルは 2 面吊 12 段のハープ形式（表面には平行突起付き）となっている（図—1）。

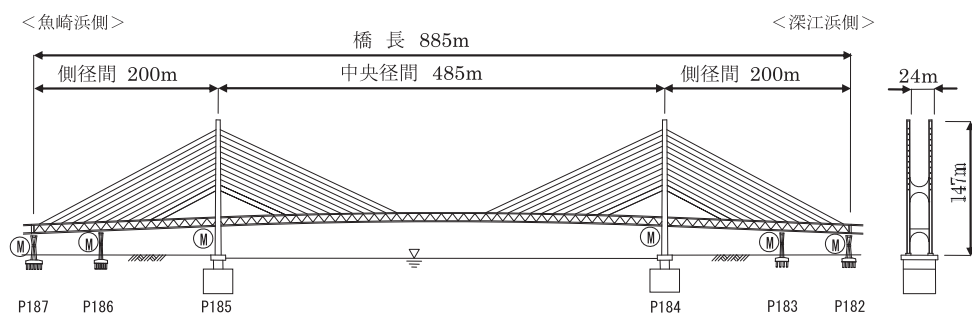
本橋の基本構造は、主桁の橋軸方向支持形式を主塔部・中間及び端橋脚部すべてで可動とするオールフリー形式であり、長周期化を図り地震時の水平力を低減している。想定以上の地震に対しては、端橋脚に設置したベーン型オイルダンパーにより減衰機能を付加している。橋軸直角方向の支持形式は、主塔部・中間及び端橋脚部すべてでウインド支承により固定である。また、鉛直方向支持形式は、主塔部では鉛直ケーブルで、中間及び端橋脚部ではペンデル支承で固定している。

本橋は、1995 年の兵庫県南部地震による損傷と復旧、その後の耐震基準の見直し、更には東神戸大橋のレベル 2 地震動の設定を経て、2007 年～2009 年に性能及び補強手法に関する検討等の耐震補強設計と工事を行った<sup>1)</sup>。本文では、東神戸大橋のレベル 2 地震動に対する耐震補強の概要について報告する<sup>2), 3)</sup>。

### 2. 耐震補強設計

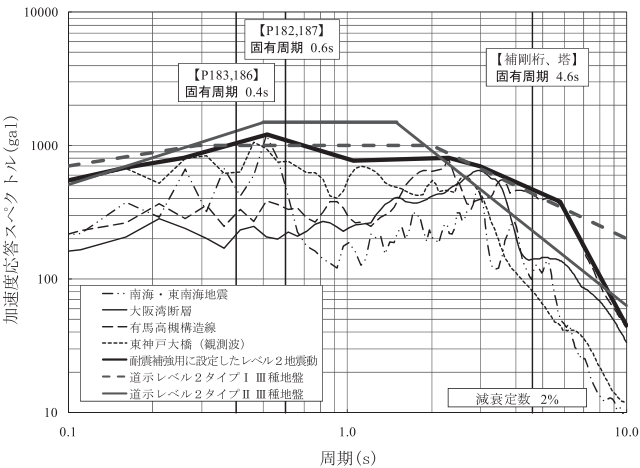
#### (1) 耐震補強設計の基本方針

耐震性能の照査において、道路橋示方書 V 耐震設計編（平成 14 年）に基づき、レベル 2 地震動に対して耐震性能 2 を満足させることを目標に、耐震補強設計を行った。レベル 2 地震動は、タイプ I 地震動とタイプ II 地震動のシナリオ地震動及び兵庫県南部地震における東神戸大橋周辺地盤での観測波を考慮して設定している。なお、その橋軸方向の加速度応答スペクトルは補剛桁と塔の固有周期である 4.6 秒付近の長周期領域では道示レベル 2 タイプ I（Ⅲ種地盤）とほぼ同等



図—1 東神戸大橋一般図





図一 2 耐震補強用に設定したレベル2地震動の加速度応答スペクトル（橋軸方向）

となっている（図一 2）。

耐震性能照査結果に対して、対象橋梁の耐震補強の基本方針（補強箇所および補強内容）を表一 1 のように設定した。ここで、耐震補強の基本方針としては「主塔、橋脚の全ての支点で可動とするオールフリー構造とすることで橋軸方向への固有周期を比較的長くすることにより地震力を軽減する」という現況構造の設計思想をできる限り踏襲する方法を検討した。現況照査の結果、橋軸方向に2 m 程度以上の過大な水平変位を伴う応答が生じ、塔や橋脚、ケーブル、支承の耐震性能を満足しないことから、本橋の耐震補強は耐力補強ではなく、制震デバイス（ダンパー）により橋軸方向の水平変位を抑制することとした。橋軸直角方向は、震災復興時にウインド支承が補強されたこともあり若干の補強で済んでいる。また、鋼断面の座屈パラメータを満足しない構造部位は、補剛材の設置等により局部座屈が生じないようにするじん性補強を基本とし、目標とする耐震性能を確保することとした。

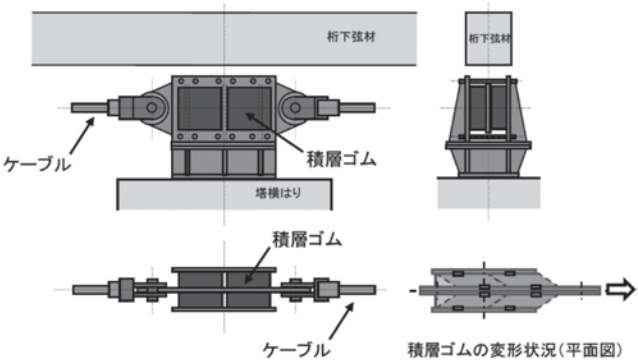
表一 1 耐震補強の基本方針

| 補強区分    | 補強箇所          | 補強構造（補強部材）       | 補強目的                                                                    |
|---------|---------------|------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| 主桁の変位制御 | 塔             | 変位制御ケーブル（ケーブル形式） | 主桁と橋脚の橋軸方向の相対変位量が既設支承等の可能移動量以下となるように変位を制御する。                            |
| 支承補強    | 中間橋脚          | ウインド支承<br>取付部の補強 | ウインド支承取付部の耐力補強を行い、橋軸直角地震時水平反力に十分抵抗できる降伏水平耐力を確保する。                       |
| じん性補強   | 塔、橋脚<br>（柱、梁） | 縦補剛材の補強          | 既設縦補剛材を補強し、曲げ圧縮に対する座屈強度の低下を防止する。                                        |
|         |               | 縦補剛材の設置          | 板パネルを縦補剛材で補強し、曲げ圧縮に対する座屈強度の低下を防止する。                                     |
|         |               | 水平補剛材の設置         | 腹版に水平補剛材を設置し、せん断座屈強度の低下を防止する。                                           |
| フェイルセーフ | 端部橋脚          | 負反力ケーブル<br>支承    | フェイルセーフ対策として、ペンデル支承が損傷した時の桁の浮上りを防止するため、負反力ケーブル支承を端部橋脚に設置する。             |
|         | 塔             | 緩衝装置             | フェイルセーフ対策として、塔部ウインド支承が損傷した場合に主桁と塔柱とが衝突する可能性があるため、塔柱に緩衝装置を設置し、衝突力を緩和させる。 |

(2) 減衰機能を有する変位制御装置の開発

(a) 減衰機能を有する変位制御装置

本橋で採用した減衰機能を有する変位制御装置の構造を図一 3 に示す。この変位制御装置は、積層ゴムダンパーと拘束ケーブルでダンパーシステムを構成しており、その特徴を以下に示す。



図一 3 橋軸方向変位制御装置

- ①桁にかかる地震時慣性力により積層ゴムを塑性変形させ、履歴減衰効果により地震時慣性力を低減させる。
- ②積層ゴムダンパーと拘束ケーブルが協働して桁にかかる地震時慣性力を塔に伝達し、桁の橋軸方向変位を支承の可動範囲に抑える。
- ③拘束ケーブルは、桁と塔間に生じる鉛直方向、水平方向、及び回転方向の変位差を吸収する。
- ④積層ゴムを縦置きサンドイッチ型にしたことにより、横置きの場合に生じる偏心曲げが作用せず、積層ゴムがスムーズに変形可能となる。

(b) 変位制御装置の設計

積層ゴムダンパーの寸法・形状については、設計上の要求性能を満たし、かつ、なるべく小さくしたほうが施工面及びコスト面から望ましい。また、ゴムを縦置き構造にしたことから死荷重による鉛直反力を受けない。このため、ゴムの局部支圧に対して有利な条件下にあることから、ゴムダンパーの許容せん断ひずみ（以下「 $\gamma_a$ 」という）を、一般に用いられる 250% から 300% に緩和することも視野に入れて検討を進めた。ゴムの寸法・形状については、ゴムダンパーの設置条件を構造及び施工面から調査の上、平面寸法と高さをパラメトリックに変化させて時刻歴応答解析を行うことにより最適な形状を決定した。判断基準は、①ゴム体の体積（コスト）が小であること②主塔と主桁の相対変位量が許容値以内であること③主塔基部の最大発生モーメント等が許容値以内であること、とした。次に  $\gamma_a$  を 300% にするために必要な検討として、ゴムの履歴特性値のバラツキに関する検討やゴムの品質確認を行った。

### (c) ゴムの履歴特性値のバラツキとその影響度

将来、大地震が発生した際に、設計で想定している地震時応答と比較して実際の応答がばらつくことが考えられる。今回、ゴムの $\gamma_a$ を300%程度に緩和することによりゴム体の公称性能に対する余裕（安全率）が小さくなっており、ゴムの温度依存性等による履歴特性値のバラツキを吸収できなくなる可能性が懸念された。そこで、ゴムの履歴特性値のバラツキの程度及びそのバラツキが地震応答特性に与える影響について検討を行った。ゴムダンパーの特性値がばらつく大きな要因としては、「温度、面圧、せん断疲労によるゴムの剛性の変化」が考えられる。そこで、ゴムの等価剛性を標準よりも20%硬くしたケースと10%軟らかくしたケースについて、時刻歴応答解析により履歴特性値の地震応答値への影響度を確認し、(b)で設計した形状で許容値を満足する結果を得た。

### (3) 橋脚のじん性補強

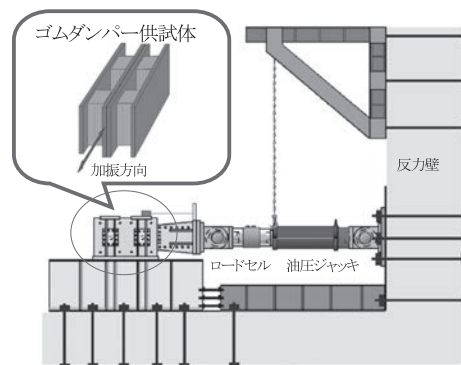
橋軸方向の耐震性能照査において、塔及び中間橋脚の柱部ひずみが許容ひずみ（ $a \cdot \varepsilon_y$ ）を満足しなかった（ $a$ ：座屈パラメータによる低減係数、 $\varepsilon_y$ ：降伏ひずみ）。また、橋軸直角方向の耐震性能照査において塔下段の水平梁において許容ひずみを満足せず、端橋脚及び中間橋脚においてもすべての柱基部及び水平梁で許容ひずみを満足しなかった。よって、曲げ降伏箇所については既設縦補剛材の補強、または既設縦補剛材間の板パネルに縦補剛材を増設する補強、もしくはその両方を適用し、じん性補強を行った。梁のせん断降伏箇所については水平補強材を増設するじん性補強を行った。

### (4) 端橋脚部の負反力ケーブル支承

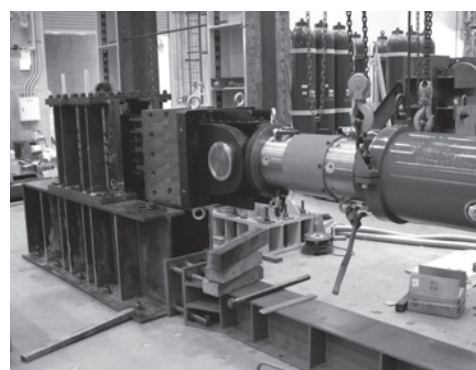
既設ペンデル支承の耐力を照査した結果、解析応答負反力に対し端橋脚および中間橋脚ともに十分な耐力を有していることを確認したが、フェールセーフ機能として端橋脚のみに負反力ケーブル支承を設置した。負反力ケーブル支承は、端橋脚（海P182、海P187）の既設ペンデル支承が万一破損した場合の浮き上がりを防止する対策として1橋脚につき2箇所設置した。なお、中間橋脚については、中間橋脚のペンデル支承が損傷した場合、端橋脚のペンデル支承で中間橋脚の負反力を分担できるため、設置していない。

## 3. 積層ゴムダンパースステムの性能確認実験

変位制御装置として採用した積層ゴムダンパース



図一4 実験装置の全体図



写真一1 実験装置の全景

表一2 積層ゴムの諸元

|                                        | 実寸          | 1/4 モデル   |
|----------------------------------------|-------------|-----------|
| せん断弾性係数<br>$G \text{ (N/mm}^2\text{)}$ | 1.2         | 1.2       |
| 平面寸法<br>(mm) × (mm)                    | 1150 × 1150 | 300 × 300 |
| 断面積 (mm <sup>2</sup> )                 | 1.32        | 0.09      |
| ゴム厚 (mm)                               | 25          | 7         |
| 層数 (層)                                 | 8           | 8         |
| ゴム層厚 (mm)                              | 200         | 56        |
| 1次形状係数                                 | 11.5        | 10.7      |
| 2次形状係数                                 | 5.75        | 5.36      |

テムは、先行する施工実績がなく初の施工事例となるため、事前に性能検証実験を行った。そこで、実製品と同様な構造の積層ゴム、連結板、側板及びブラケットで構成された積層ゴムダンパーをスケールダウンした供試体（1/4 縮小モデル）を製作した（図一4、写真一1）。使用した積層ゴムの諸元を表一2に示す。この供試体の連結板に片側から結合された大型油圧ジャッキにより、水平方向の正負交番荷試験を行った<sup>4)</sup>。実験項目は、次の4つである。

①施工実験：供試体の組み立て設置とその調整作業を行うことで橋梁架設現場での作業性等を考慮した施工実験を行い、実橋への適用が可能であることを確

認する。

②**水平特性試験**：せん断ひずみ $\pm 175\%$ に相当する水平変位を5サイクル正負交番载荷する試験を行い、4個の積層ゴムを組み合わせた積層ゴムダンパーが一つのダンパースystemとして円滑に作動することを確認するとともに、変位制御装置としての基本性能特性を示す等価剛性、等価減衰定数を確認する。

③**面圧依存性検証試験**：高減衰積層ゴムを免震支承として用いた場合には $6\text{ N/mm}^2$ 程度の軸力（面圧）が作用するのに対し、この積層ゴムダンパースystemの高減衰積層ゴムは面圧を作用させない条件での使用が想定される。面圧を変化させた条件での正負交番载荷試験を行い、実際の地震発生時におけるダンパーの動的挙動（ダンパーの履歴性能）への面圧の影響を確認し、ダンパースystemとしての性能安定性および面圧依存性を確認検証する。

④**せん断変形性能試験**：積層ゴムダンパースystemにおける高減衰積層ゴムが300%の許容せん断ひずみを前提とした時に十分なせん断変形性能を有し、破断せずにダンパーとしてエネルギー吸収性能を発揮

することを確認する。

水平特性試験の結果と、積層ゴム単体実験で得られた等価剛性、等価減衰定数を比較した結果を図-5に示す。両者はほぼ一致しており、個々の積層ゴムの特性を前提とした積層ゴムダンパースystemの設計上の特性値設定は妥当であることが確認できた。また、面圧の違いによる履歴特性（せん断ひずみ $\pm 175\%$ ）および等価剛性及び等価減衰定数の比較を図-6に示す。面圧を変化させても等価剛性はほとんど変化せず、等価減衰定数の変化は1割程度であった。等価減衰定数の低下は、面圧の影響よりも载荷順序すなわち積層ゴムの疲労の影響が大きく、面圧依存性は小さいものと判断された。せん断変形性能試験により得られた変位-荷重履歴特性を図-7に示す。積層ゴムダンパースystemに押し方向にひずみ325%、引き方向に309%に相当する水平変位を1サイクル载荷した。積層ゴムに破断は生じないこと、および十分なエネルギー吸収性能が発揮されていることを確認した。高減衰積層ゴムのせん断変形300%を許容値とする積層ゴムダンパーの設計の前提は、妥当であるとの結論が得られた。

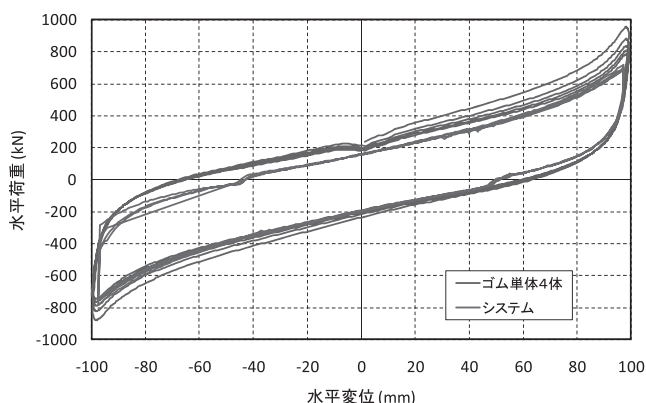


図-5 積層ゴム単体試験とシステム性能実験における履歴特性の比較

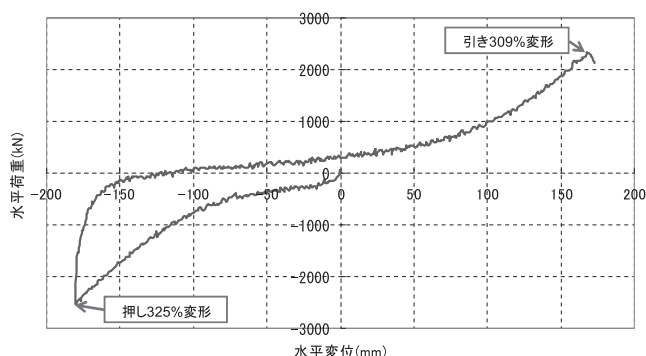
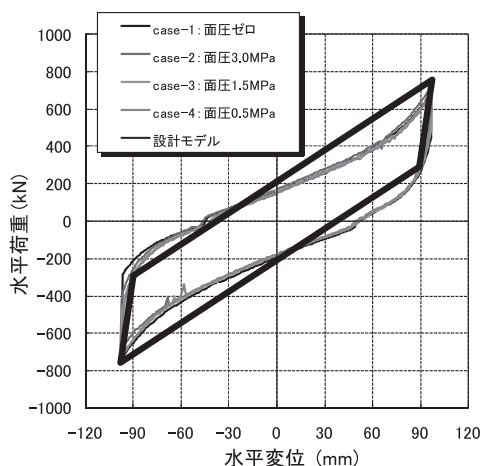
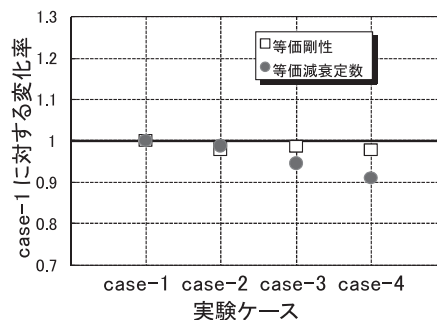


図-7 せん断ひずみ325%時の履歴特性



(a) 面圧有無による履歴特性



(b) 面圧有無による特性値の比較

図-6 面圧依存性試験



## 4. 耐震補強の施工

### (1) 塔部変位制御装置

#### (a) 積層ゴムダンパー

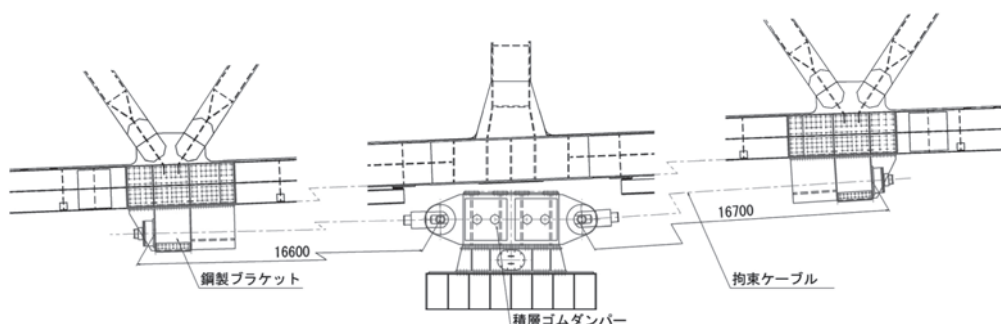
塔部変位制御装置は、塔水平梁部に設置した積層ゴムダンパーと主構（下弦材）の格点部に設置した鋼製ブラケットを拘束ケーブルで接続した構造である（写真—2, 図—8）。積層ゴムダンパー、及び鋼製ブラケットは、高速道路上からラフタークレーンを使用し架設を行ったが、積層ゴムダンパーは1基あたり重量が約25tであったため、車両制限から高速上で使用できる最大の25tラフタークレーンの配置と吊り能力を考慮して、部材を4分割して架設する設計を行った。

積層ゴムダンパーは、連結板の片側に超高減衰ゴム2個を固定し、この連結板2枚をボルト接合することにより組み立て、さらにその外側に取付側板を固定して、鋼製台座と一体化する構造であり（写真—3）、製作工場での仮組検査により組立精度を確認してい

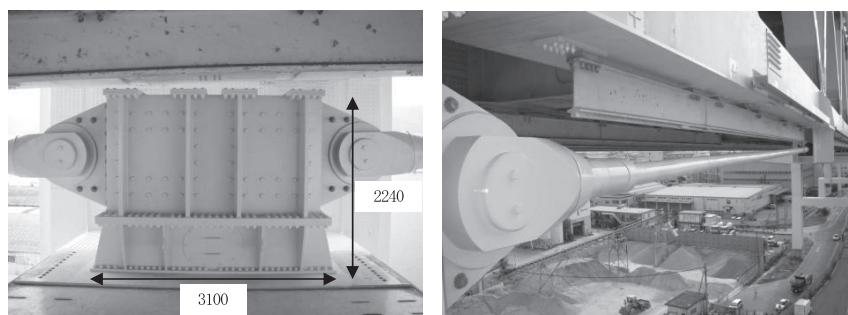
る。部材搬入は、4分割した積層ゴムダンパーを高速道路上から塔と主構との隙間（水平距離1700mm程度）に下ろし、直接塔水平梁部に取り込み、主構と塔水平梁の間隔（垂直距離2500mm程度）の狭隘な空間で、チェンブロックなどを使用し組立を行いながら設置した（写真—4）。足場以外の鋼製架台は設置せず施工を行い、コスト縮減を図った。



写真—2 塔部の橋軸方向変位制御装置



図—8 塔部の橋軸方向変位制御装置



写真—3 積層ゴムダンパーと拘束ケーブル



写真—4 積層ゴムダンパー架設・組立状況



写真—5 ケーブル架設状況

### (b) 拘束ケーブル

拘束ケーブルは、セミパラレルワイヤケーブル (SPWC)  $\phi 7 \times 397$  (直径 175 mm) を使用した。ケーブル長は 16 m であり、ケーブルの片側端部に積層ゴムダンパー接合用の鋼製ピンコネクターを装着した形状であり、ケーブル 1 本あたりの重量は 4.6 t (ケーブル 2.9 t, ピンコネクター 1.7 t) である。

ケーブルは、製作工場から直線の形状で路下に搬入し吊天秤状の支持材を使用して架設を行ったが、支持材は、片側に設置されたピンコネクターのバランスを考慮するとともに、クレーンの吊り能力も考慮して軽量化を図った。ケーブルは、高速道路上の 25 t ラフタークレーンを使用して架設を行ったが、陸上側において高速道路上から路下までの高さは約 41 m あり、高速道路上のラフタークレーンがケーブルを吊上げるためにはワイヤ延長が不足する。よって、最初にケーブルを路下に配置したラフタークレーンで吊り上げ、次に高速道路上のラフタークレーンに吊り替えた後、架設した。海上側のケーブルについては、陸上側から高速道路上にケーブルを吊り上げて仮置きし、クレーンを

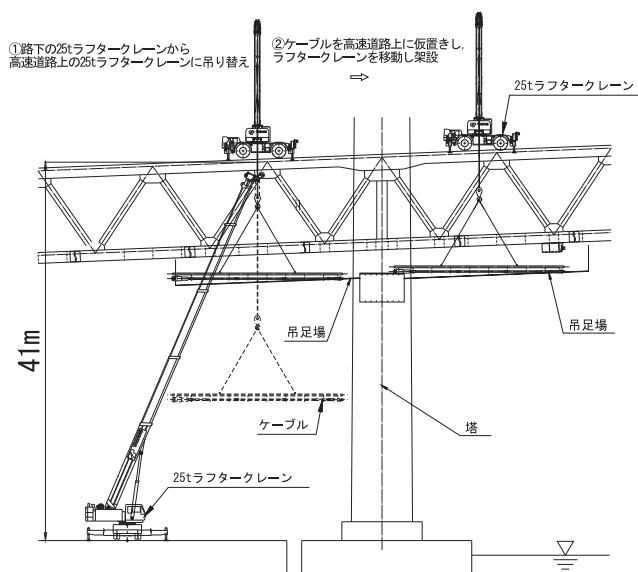
海上側に移動させた後、高速上より架設した (写真—5, 図—9)。

ケーブルは、自重によるサグ量を低減し地震時の慣性力を速やかにケーブルに作用させるため、初期プレストレスとして 2000 kN を導入した。緊張作業はゴムダンパーに変形を与えないようにケーブル定着端にジャッキを設置して同時に行った。なお、東神戸大橋本体のケーブルと同様に、拘束ケーブルは同色のコーティングを行った。

## (2) 端橋脚部の負反力ケーブル支承

### (a) 負反力ケーブル定着ブラケット

ケーブル定着ブラケットは、主構側面および橋脚梁部 (既設ベンデルの受け梁側面) に設置した (写真—6)。ブラケットは上下に長い形状であり、中間リブを設置する事により箱形断面として抵抗させている。また上下部構造間の地震時相対変位 (最大 850 mm) を想定し、ケーブル定着部の折れ曲げを緩和するために、ブラケットに偏向具を設置した。主構側のブラケット設置部は、主構下弦材および垂直材内部に入ることができないため、片側から施工可能な高力ボルト (ワンサイドボルト) を使用した。なお、主構垂直材は当て板補強を行っている。橋脚側のブラケット設置部は閉塞された箱断面であることから、上面に補強プレー



図—9 ケーブル架設状況



写真—6 端橋脚部の負反力ケーブル支承

トを溶接後にマンホールを設置し、内部に補強ダイヤフラムを設置し、ブラケットを設置した。

#### (b) 負反力ケーブル

負反力ケーブルの設計は、動的解析の最大張力がケーブル降伏耐力以下としており、SPWC  $\phi 7 \times 187$  (直径 120 mm) を使用した。ケーブル 1 本あたりの重量は 1.2 t である。ケーブルは定着ブラケットを取付後、主構側ブラケットの上部から貫通させ定着した。端橋脚の既設ペンデル支承が破損した場合を想定し、新設負反力ケーブル支承の常時状態の照査を行った。既設ペンデル支承の復旧までの期間を施工時相当として割増係数 (1.25) を考慮した結果、新設負反力ケーブルの耐荷性能に問題がないことを確認した。負反力ケーブルも東神戸大橋本体のケーブルと同色のコーティングを行った。

## 5. おわりに

### 謝 辞

最後に、変位制御装置の可能性を示唆していただき、また性能確認実験の企画・管理において、多大な御指導と御助言を賜りました家村浩和京都大学名誉教授に感謝致します。

J C M A

### 《参考文献》

- 1) 阪神高速道路公団：大震災を乗り越えて—震災復旧工事誌— (1997.9)
- 2) 角和夫, 長澤光弥, 曾我恭匡, 木田秀人, 田崎賢治, 小塚幹夫：オールフリー形式鋼斜張橋の耐震補強設計に関する検討, 第 12 回地震時保有耐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 (2009.1)
- 3) 角和夫, 長澤光弥, 曾我恭匡, 木田秀人：オールフリー形式長大斜張橋の耐震補強, 橋梁と基礎, Vol.44th, Page27-32 (2010.06)
- 4) 五十嵐晃, 井上和真, 夢屋文子, 家村浩和, 吉田雅彦, 姫野岳彦, 長澤光弥：複数のゴム体を用いた積層ゴムダンパーの載荷試験による基本性能の検討, 土木学会地震工学論文集, Vol.30, pp.450 ~ 455 (2009.10)

### 【筆者紹介】

長澤 光弥 (ながさわ みつや)  
阪神高速道路(株)  
計画部 調査課  
主任



五十嵐 晃 (いがらし あきら)  
京都大学大学院  
工学研究科 社会基盤工学専攻  
准教授



木田 秀人 (きだ ひでと)  
ショーボンド建設(株)  
近畿圏支社 技術部  
課長





# 東九州自動車道 田久保川橋の設計と施工

## バタフライウェブを用いた PC 連続箱桁橋

芦 塚 憲一郎・花 田 克 彦・西 村 公・片 健 一

東九州自動車道の日向 IC と都農 IC 間に位置する田久保川橋（仮称）では、世界で初めての構造である「バタフライウェブ構造」が採用されている。この構造は、コンクリート箱桁のウェブ部分に、高強度繊維補強コンクリートを用いた工場製の蝶型のプレキャストパネルを用いるものであり、主桁の軽量化と施工の合理化による工期の短縮が可能な構造である。主桁重量を約 10% 低減することが可能となり、PC 鋼材量の低減や支承の縮小によるコストの縮減が図られている。また本構造では、プレキャストパネル間の接合部も簡素化されているため、波形鋼板ウェブ橋のような複合構造と比較しても、施工が迅速化され工期短縮に効果がある。

キーワード：バタフライウェブ、軽量化、コスト縮減、工期短縮

### 1. はじめに

田久保川橋（仮称）は、東九州自動車道の日向 IC と都農 IC 間に位置する橋長 712.5 m の PC10 径間連続箱桁橋である。本橋では、箱桁のウェブに蝶型形状のコンクリート製パネルを用いた「バタフライウェブ構造」（以下「本構造」と称す）を世界で初めて採用している。

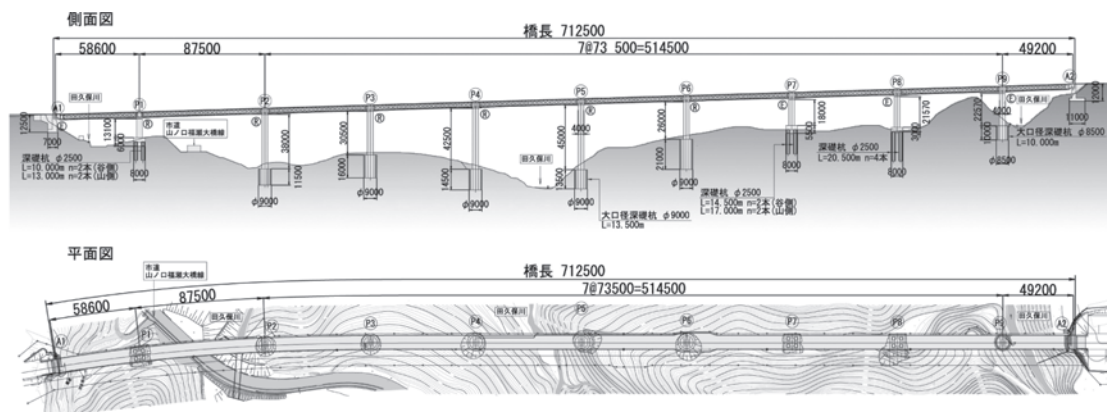
この構造は高強度の繊維補強コンクリートを用いた工場製のプレキャストパネルであり、従来のコンクリート箱桁に比べて上部工重量を約 10% 軽減することができ、工期の短縮や建設コストの縮減を図ることが可能な構造である。本稿では、田久保川橋における「本構造」の採用の効果とその特性および設計と施工に関して報告する。

### 2. 橋梁概要

田久保川橋の全体一般図を図—1 に、橋梁諸元を表—1 に示す。本橋の標準支間は 73.5 m であり、市道を横断する P1-P2 径間が最大支間長の 87.5 m を有する。橋梁の構造形式はラーメン構造であるが、橋

表—1 橋梁諸元

| 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           |
| 橋 長   | 712.5 m                        |
| 支 間 長 | 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 = ∞ |



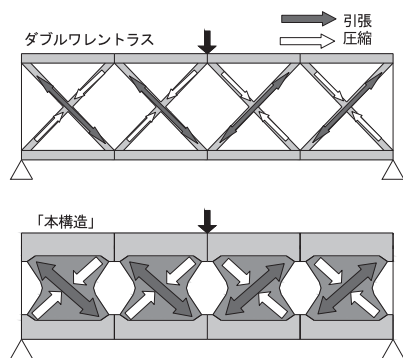
図—1 全体一般図

長が712.5 mであり端支点側の橋脚高さが相対的に低いので、主桁の伸縮が橋脚に与える影響を軽減するためにP1とP7～P9は支承構造としている。

### 3. 「本構造」について

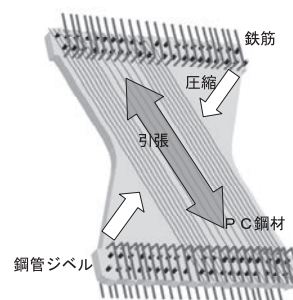
#### (1) 構造の特徴

「本構造」は、蝶型形状のパネルを箱桁のウェブに用いる構造であり、パネル同士は各々独立して配置されている。そのため作用する外力に対して図—2のようにダブルワレントラスと類似した挙動を示す。よって、せん断力は圧縮力と引張力に分解されてパネル内に伝達することになり、この挙動が解析および実験にて確認されている<sup>1), 2)</sup>。



図—2 構造特性

本橋ではこのパネルの材料に設計基準強度 80 N/mm<sup>2</sup> の高強度繊維補強コンクリートを使用しており、圧縮力に対してはコンクリートで抵抗する構造となっている。また繊維材には鋼繊維を用いている。引張力が作用する方向にはPC鋼材としてφ 15.2のシングルストランドを配置して、プレテンション方式でプレストレスを与えることによって補強しており、パネル補強のための鉄筋は配置されていない。また、上下床版とは鋼管ジベルと鉄筋を用いて接合している(図—3)。



図—3 構造の概要

#### (2) 田久保川橋における採用について

田久保川橋は、コスト縮減を目的とした契約後 VE 方式で発注された工事であった。基本設計の段階では設計基準強度 40 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを用いた PC 連続箱桁橋であり、本工事の契約後に「本構造」の採用による効果を検討した。この結果、「本構造」の採用に加え、上下床版に設計基準強度 50 N/mm<sup>2</sup> のコンクリートを用いることによって、基本設計に比べて主桁重量が約 10% 低減できることが可能となり、これにともない PC 鋼材の数量や支承寸法を低減できることが確認された。

施工面においても基本設計のコンクリートウェブ構造に比べて主桁重量が低減されるので、張出し施工のブロック長を長くすることが可能となった。基本設計では 3.0～4.0 m のブロック長であるのに対し、「本構造」ではブロック長をウェブのパネル 2 枚を 1 ブロック内に配置する 6.0 m と設定できる。これにより本橋の標準支間長である 73.5 m を例にすると、基本設計ではブロック数が 8BL であったのに対し「本構造」だと 5BL となり、ブロック数が低減され工期短縮を図ることが可能となる(表—2)。

これらにより田久保川橋において「本構造」の採用はコストの縮減が可能となり VE の目的が達成できるため採用するに至った。

また、上部工の工期短縮は工事全体の調整にも大き

表—2 基本設計（コンクリートウェブ）との比較

|                       | 側面図 | 上部工重量              | PC鋼材           | 張出しブロック         |
|-----------------------|-----|--------------------|----------------|-----------------|
| 基本設計<br>コンクリート<br>ウェブ |     | 153000kN<br>(1.00) | 250t<br>(1.00) | 3.0～4.0m<br>8BL |
| 「本構造」                 |     | 138800kN<br>(0.91) | 210t<br>(0.84) | 6.0m<br>5BL     |

な効果を発揮した。本工事では一部で仮設構台を上下部工で共用する期間があった。上下部工で各々重機を配置すると両者の工事効率が大きく低下し、かえって工程が遅延することが予想された。全体の工事工程を遅滞なく遂行するために、上部工での工程短縮の余裕を利用し、上部工における建設重機の使用時期を遅らせることで構台使用に対する下部工施工との競合を軽減し、下部工を効率的に進めることが可能となった。

## 4. 田久保川橋の設計

### (1) 「本構造」の設計

前述したように「本構造」のパネルは設計基準強度  $80 \text{ N/mm}^2$  の高強度繊維補強コンクリートを用いた工場製のプレキャスト製品である。パネルの寸法は一般公道をトレーラーにて運搬可能となるように幅を  $2.9 \text{ m}$  と設定している。パネルの厚さは補強のための PC 鋼材が配置できることと、終局荷重時に作用する圧縮力に抵抗することを満足するために  $150 \text{ mm}$  と設定した。また、本橋は桁高が柱頭部で  $4.5 \text{ m}$ 、支間中央で  $4.0 \text{ m}$  へと変化するが、パネルはプレキャスト部材の製作メリットを活用するために、端支点の長さ調整パネルを除き、全径間にわたり同一形状とした。

前述のように「本構造」のパネルは、 $\phi 15.2$  のシングルストランドで補強しており、補強のための鉄筋は配置していない。この PC 鋼材量は、各荷重状態でパネルに生じる応力に対して、死荷重時にフルプレストレス、設計荷重時にひび割れが発生しないように設定しており、その結果、最も作用せん断力が多いパネルには 36 本の PC 鋼材を配置している。また PC 鋼材は、各パネルが用いられる部位に生じるせん断力に応じてその配置本数を変更する必要があるため、全 444 枚のパネルに対して合計 9 種類の PC 鋼材の配置パターンに分類している。

パネルの端部は上下床版に埋め込まれる構造になっている。一般にプレテンション方式の場合、プレスト

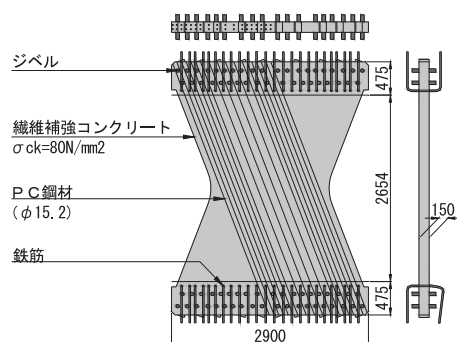
レスの付着定着長は  $60 \phi$  と設定しているが、本構造では、この長さが長くなると埋め込み部の長さを延ばす必要があり上下床版との接合部寸法が大きくなるので、主桁重量が増加することになる。そこで製作に先立ち PC 鋼材の定着実験を行い、埋込み長さ  $475 \text{ mm}$  内で十分な定着付着長が確保されていることを確認している（図—4）。

### (2) 主桁の断面形状

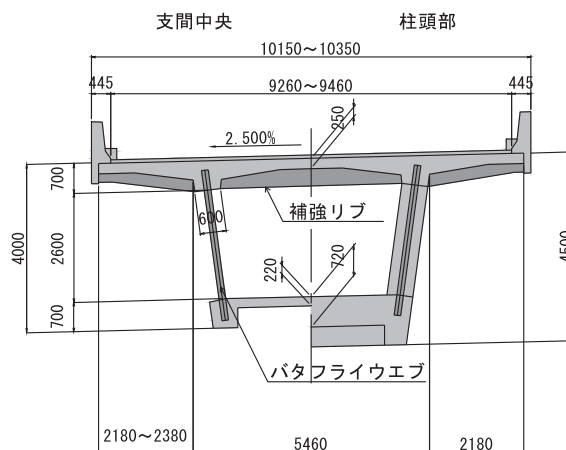
本構造では、「本構造」パネルが橋軸方向に  $3.0 \text{ m}$  ピッチで配置され、パネルどうしは連続していない。また、その部材厚も  $150 \text{ mm}$  であるためウェブの横方向の剛性が小さい。そこでパネルの継ぎ目位置には補強リブを配置して、上床版及びパネルの変形を抑制し、床版に発生する応力度を軽減している。

また、同一形状のパネルを用いながら、主桁の桁高を柱頭部の  $4.5 \text{ m}$  から支間中央の  $4.0 \text{ m}$  へと変化させているので、桁高の変化は下床版の厚さを変えて対応することで桁内の形状を一定に保っている。柱頭部ではこの下床版厚の増厚によりパネルが負担するせん断力が軽減され、補強のためのパネル内の PC 鋼材が多量になることを防いでいる。

本構造の特徴として、ウェブ部に開口部が生じることになる。これにより暴風雨時に雨水が桁内に浸入・滞留することが懸念される。そこで主桁の断面は浸入した雨水が再び桁外へ排水しやすいように、下床版の形状はパネルとの接合部を下側に突出させたエッジビーム形状を採用している（図—5）。この形状により桁内の下床版は突出物がなくなるので雨水が浸入しても、縦断・横断勾配を利用して再び桁外に排出させることができる。



図—4 「本構造」パネルの構造



図—5 主桁断面図

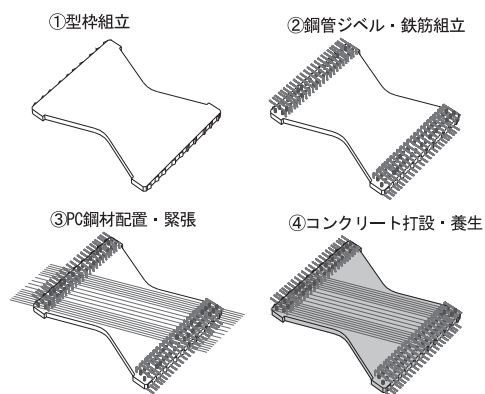


## 5. 田久保川橋の施工

### (1) パネルの製作

「本構造」のパネルは、架橋位置から約 270 km 離れた佐賀県内にある PC 工場にて製作し、現地までトレーラーにて運搬している。パネルは PC 鋼材および鋼管ジベルの本数に応じて複数の種類があり、現地では 1 ブロックにパネルを片側 2 枚配置するので両ウェブで 4 枚のパネルを使用することになる。よって左右の張出しでは合計 8 枚のパネルが必要となる。加えて張出し施工の進行にともない、パネルに必要な PC 鋼材の本数が変化するので、架設するパネルの種類が変わる。そこでパネルの製作が施工工程に対してクリティカルにならないように、同一種類のパネルを効率的に製作するように計画した。図—6 と写真—1 にパネルの製作サイクルと状況を示す。

また、パネルは内部に配置する PC 鋼材本数より複数のパターンになるが、外観寸法が同一のため製作後に形状から分別することが非常に困難である。さらに製作と現地運搬、架設とパネルを取り扱う時期が複数回発生するので、製作後の混同による架設ミスを防ぐために、全てのパネルに種別番号をつけ、現場の受け入れ時と架設時にマーキングされた種別番号をその都度確認した。



図—6 「本構造」パネル製作サイクル



写真—1 「本構造」パネル製作状況

### (2) 柱頭部の施工

柱頭部はブラケット支保工を用いて施工した。本橋では主桁の施工区分が「本構造」のパネルの長さによって決定される。パネルは 3.0 m ピッチに配置されるので、中央閉合部と張出し施工部のパネル配置により、柱頭部の長さが設定されることになる。この結果、柱頭部の長さは支間長に応じて 8.3 m ～ 12.3 m の範囲をとることになった。また、柱頭部にもパネルが配置されるので、パネル吊り下げ用の架設桁を支保工上に設置し、パネルを所定の位置に配置したあとで、鉄筋と型枠を組み立てた。柱頭部でのパネルの施工状況を写真—2 に示す。

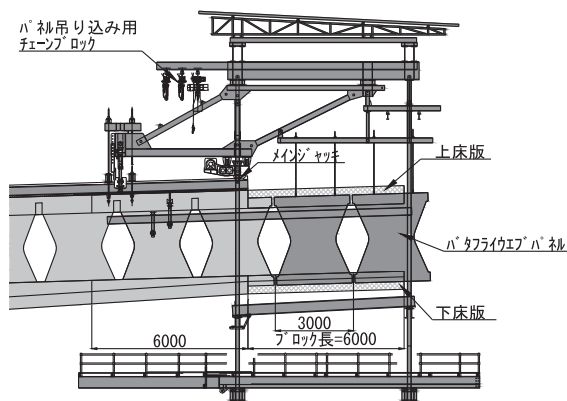


写真—2 柱頭部のパネル施工状況

### (3) 張出し施工

張出し施工は移動作業車を用いて施工を行った。張出し施工は 1 ブロックの長さを「本構造」のパネル 2 枚分が配置できる 6.0 m とした。張出し施工の概要を図—7 に示す。

また、移動作業車内にはパネルを吊り込んで所定の位置に移動させるためのチェンブロックが設置されている。現場に運搬されたパネルはクレーンにより橋面上に運ばれ、台車を用いて移動作業車の後方まで運搬される。ここでチェンブロックを用いて移動作業車の型枠内に移動させ、所定の位置にて角度調整を



図—7 張出し施工の概要



写真—3 張出し施工状況

行って固定する。「本構造」はパネルどうしを橋軸方向に接合する必要がないので、パネルが固定された後は、直ちに型枠、鉄筋組立ての作業を開始することができる。張出し施工の状況を写真—3に示す。

#### (4) 中央閉合工

中央閉合部は移動作業車を用いて実施した（写真—4）。中央閉合部の長さは、張出し施工部先端からパネルが1.1mずつ突出しておりその中央に3.0m中央閉合部のパネルを1枚落とし込む配置となるため、全体で5.2mの施工長を有している。



写真—4 中央閉合状況

パネルの配置間隔の精度を向上しながら、中央閉合時のパネルの架設遊間を確保できるよう、張出し施工時には逐次中央閉合部長さの測量を実施した。

中央閉合部の上下床版コンクリートを打設した後に、完成鋼材として外ケーブル19S15.2を緊張し、中央閉合を完了した。

## 6. おわりに

田久保川橋では、バタフライウェブという世界で初めての構造を採用した。本構造は、主桁の軽量化とこれにともなう下部構造の縮小、加えて張出し施工ブ

ロック数の低減による工程短縮により建設コストの縮小に効果があると言える。

またバタフライウェブパネルは、ウェブを構成する部分には鉄筋が配置されておらず、工場製作による高い品質が確保できるため、塩害や中性化による鉄筋腐食の懸念が低く、高い耐久性を有することから維持管理性に優れると考えられる。

本工事は、平成25年5月現在で工事の90%以上進捗しており、張出し施工が完了したところである。本工事の成果が今後の橋梁建設の発展に寄与できれば幸いである。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 芦塚、花田、中積、片／東九州自動車道 田久保川橋の設計と施工、橋梁と基礎 vol.46, pp.146, 2012.11
- 2) 芦塚、花田、中積、片／東九州自動車道 田久保川橋の計画と設計、第21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.9-12, 2012.10
- 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.1-6, 2010.4
- 4) 芦塚、花田、中積、片／バタフライウェブ橋の設計と施工、コンクリート工学 vol.51 No.2, pp.188-193, 2013.2
- 5) 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

#### 【筆者紹介】

芦塚 憲一郎（あしづか けんいちろう）  
西日本高速道路㈱  
九州支社 構造技術課



花田 克彦（はなだ かつひこ）  
西日本高速道路㈱  
九州支社 延岡高速道路事務所



西村 公（にしむら いさお）  
三井住友建設㈱  
九州支店 田久保川橋作業所



片 健一（かた けんいち）  
三井住友建設㈱  
土木本部 土木設計部



# 鋼中路式アーチ橋の 大ブロッケー括架設における閉合装置

道 菅 裕 一

平成 23 年 4 月、広島県呉市の音戸海峡にて鋼中路式アーチ橋を、3700 ton 級海上起重機船を用いて大ブロッケー括架設を行った。一括架設は、起重機船で吊り上げた状態での閉合を行う、空中ジョイント工法を採用している。一括架設の閉合作業は、閉合部アーチ部材の仕口の先端に、軸力導入ジャッキとかんぬきから構成される閉合装置を用いて実施した。閉合作業は製作誤差や架設誤差を勘案し、種々の対策を行った。かんぬき装置の作用により、当初想定していた架設誤差を発生させずに一括架設を完了させることができた。

キーワード：アーチ橋・大ブロッケー括架設・空中ジョイント・閉合装置

## 1. はじめに

アーチアバットで端部を固定し水平反力を得る形式のアーチ橋は、一般的にケーブルエレクション工法が採用される。アーチ橋は死荷重断面力をアーチ部材に軸力として導入する必要があるため、アーチ閉合前にはベントやケーブルなどによる外力で自重を支え、閉合後にそれらを解放することでアーチ部材に軸力を導入するためである。

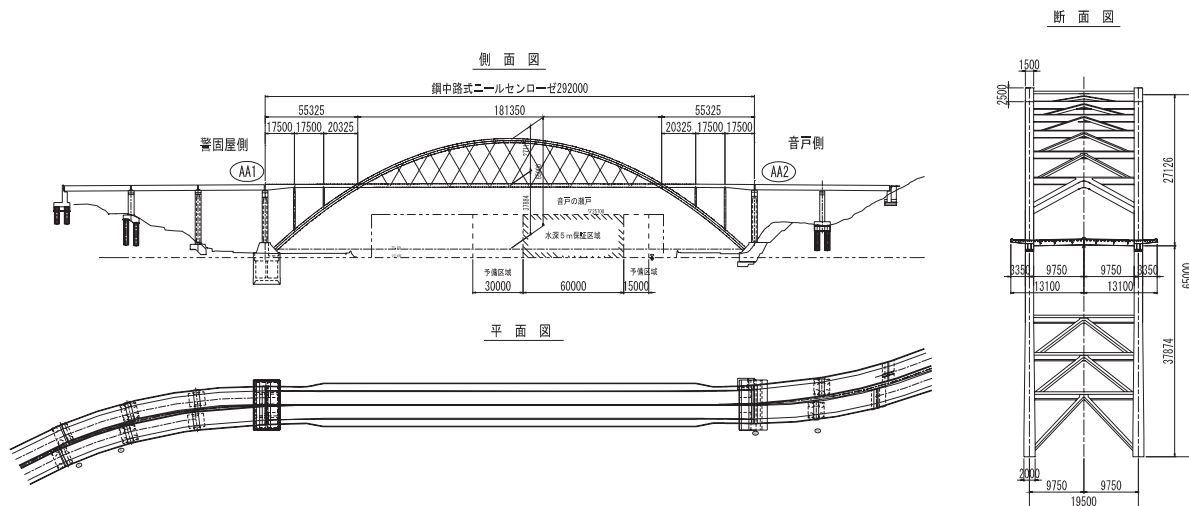
また、タイとして補剛桁を有し、支承から水平反力を受けないアーチ橋は、架設場所以外のところで地組を行い、海上起重機船（以下、FC）にて一括架設することも可能である。地組を行うことで、上弦材と下弦材を閉合させ、構造系を完成させた上で大ブロック

として現場に架設するため、自重による死荷重断面力がアーチ部材に軸力として作用するためである。

鋼中路形式のアーチ橋は、アーチの中央部に補剛桁を有する形式であり、このような形式のアーチ橋では補剛桁の下側（以下、陸上部）は陸上からベントで支えて架設し、補剛桁を含むアーチ上部（以下、海峡部）は地組を行った上で大ブロックとして陸上部に搭載する工法が有効である。この場合、架設において課題となるのは、

- 1) 大ブロックの搭載精度
  - 2) 陸上部側のアーチ部材への軸力導入の方法
- の 2 点となる。

広島県呉市に架設された第 2 音戸大橋（図—1 参照）は、閉合装置を用いることにより、鋼中路形式のアー



図—1 第 2 音戸大橋 橋梁一般図



チ橋をFC一括工法で架設した。この閉合装置は、FCで吊られた大ブロックを強制的に陸上部の仕口に誘導すると同時に、陸上部側アーチ部材への軸力導入を可能としている。本稿は、この一括架設工法で使用した閉合装置を紹介するものである。

## 2. 架設概要

第2音戸大橋は、陸上部をベントを用いて単材架設し、海峡部は別途地組した大ブロックをFC一括架設工法にて閉合する工法を採用した（図-2、3参照）。FCは3700 ton吊り級を採用し、大ブロック重量は補強材なども含めて3500 tonである。陸上部と海峡部の接合箇所は、高力ボルト接合となっている。

FCの操船による大ブロックの設置精度は、 $\pm 500$  mmまでに設定した。操船により大ブロックを目標の仕口付近に誘導したのち、陸上部側から海峡部大ブロックに控え索を取り、ワイヤリングにより、設置精度 $\pm 200$  mmまで引き寄せる。その後、 $\pm 200$  mmから高力ボルト接合位置までは閉合装置により誘導させた。

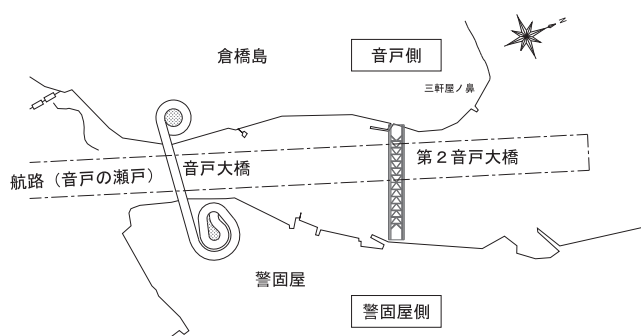


図-2 架橋地点

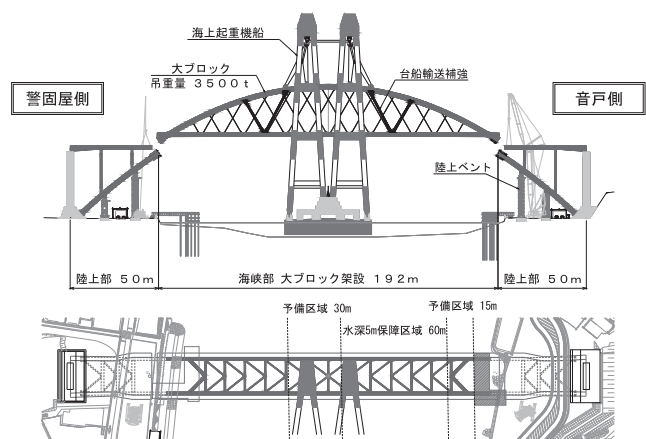


図-3 一括架設概況図

アーチは2主構あるため、一括架設時に閉合させる架設仕口は4カ所ある。閉合装置による一括架設は、FCで海峡部大ブロックを吊り上げたままで行う。閉合後、そのままFCの荷重を解放することにより海峡部大ブロックの自重を、陸上部のアーチ部材に軸力として荷重伝達をさせた。この軸力はいったん閉合装置を通じて荷重伝達されており、一括架設完了後に、後日、添接作業をおこなった。高力ボルトには、添接作業完了後に、閉合装置を解体することで、荷重が均一に作用することとしている。

## 3. 閉合装置の構造

閉合装置は、以下、三つの機能の組み合わせで構成されている（図-4参照）。

- 1)  $\pm 200$  mm から $\pm 75$  mm まで大ブロックを誘導する、ガイド装置
- 2)  $\pm 75$  mm から正規位置に大ブロックを固定する、かんぬき装置
- 3) 海峡部大ブロックの自重を陸上部に伝達させる、軸力導入装置

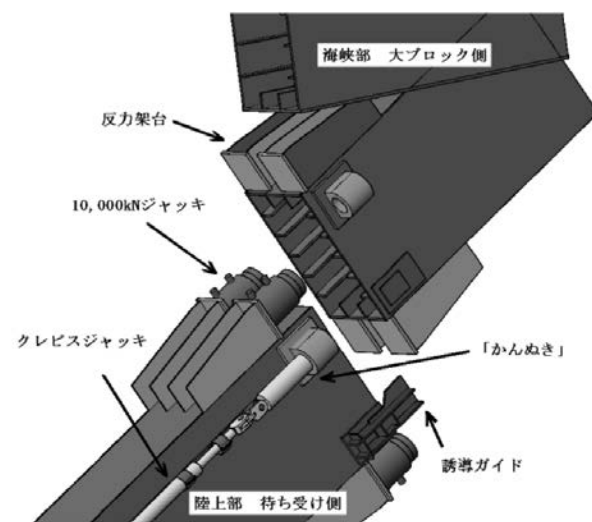
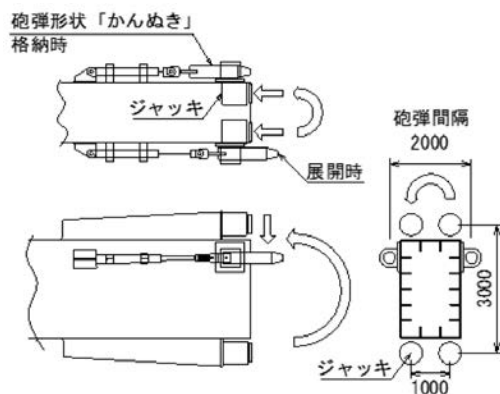


図-4 閉合装置の構造

閉合装置には、かんぬき装置と軸力導入装置により架設仕口に発生する部材断面力を伝達させる役割も与えた。一括架設時に仕口には主として軸力が作用するが、架設から高力ボルト接合を行うまでの期間に考慮した地震力や温度荷重では、仕口に曲げモーメントとせん断力が作用する。したがって、閉合装置により部材に発生する6断面力を伝達させる必要がある。6断面力とそれを伝達する方法は次の様に計画した（図-5参照）。



図一五 閉合装置と断面力の関係

## 1) 軸力

- ・フランジに配置した4組のジャッキによる。

## 2) 面内・面外曲げモーメント

- ・4組のジャッキの偶力抵抗による。

## 3) 面内・面外せん断力

- ・ウェブに配置した、2組のかんぬきによる。

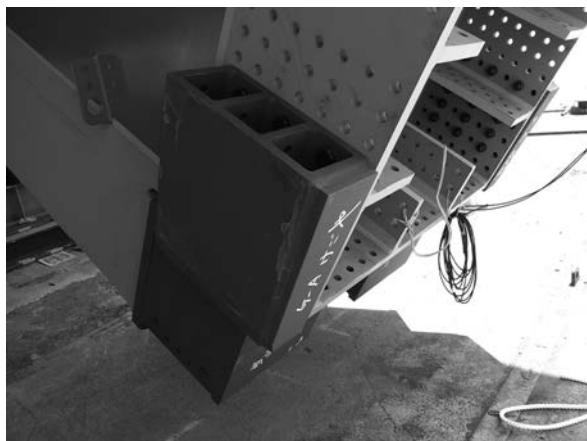
## 4) ねじりモーメント

- ・ウェブに配置した、2組のかんぬきによる。

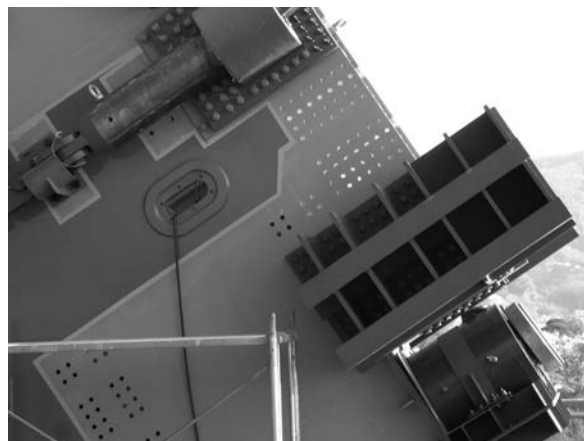
## (1) 誘導ガイド装置

誘導ガイド装置は、仕口断面の下端に配置した。仕口の上側に配置した場合は、まだ閉合位置に無い状態で誘導ガイド装置が海峡部大ブロックに干渉する危険性がある。仕口の下側に配置することで、海峡部大ブロックを陸上部に誘導する過程の最終段階において、仕口を正規の位置に誘導させることが可能となる。

誘導ガイド装置は、陸上部側は上に開いたラッパ形状とし、海峡部大ブロック側はそのラッパに沿わせて落とせる様にスペーサーを配置している。写真一1は海峡部側の誘導ガイド装置であり、写真一2は陸上部側の誘導ガイド装置である。



写真一1 海峡部側誘導ガイド装置



写真一2 陸上部側誘導ガイド装置

## (2) かんぬき装置

陸上部側の仕口にて添接板を高力ボルトで固定するため、架設完了時には陸上部側と海峡部側の仕口の相対誤差を極力少なくする様に閉合する必要がある。海峡部側のウェブ厚は42mmであり、陸上部側は断面変化をさせて22mmである。設置誤差により海峡部の断面から陸上部の断面が飛び出ない様に、目標精度を板厚差の20mmに設定した。20mmの誤差については一括架設完了後にフィラープレートを用いて添接する計画とした。この大ブロックを20mmの精度で設置するために、アーチ仕口の上端にかんぬき装置を設けた(写真一3参照)。

かんぬき装置は、機械構造用炭素鋼のS45Cで製作された直径300mmの棒状で先端は円錐形状とした(写真一4参照)。海峡部側には、漏斗上の受け金物を設置し、棒状のかんぬきを陸上部側からジャッキで上から下に向けて押し込む構造としている。これらの受け金物は、あらかじめ工場での仮組時に実際のかんぬき装置を用いて設置し、高力ボルトの本締めによりアーチ部材に固定した。



写真一3 かんぬき装置



写真一4 かんぬき製作状況

押し込みに必要な力は800 kNに設定した。かんぬき装置の挿入には、900 mm程度のストロークが必要となるため、押し込みに使用するジャッキは1200 mmのストロークが確保できる、クレビスジャッキを使用している。かんぬき先端の円錐形状がもたらす、斜め分力の効果で、800 kNの押し込み力にて、直角方向の矯正力は2000 kN得られる構造としている。設計では円錐部の摩擦係数を0.2とし、実施工では円錐表面と受け金物の内面にグリースを塗布した。

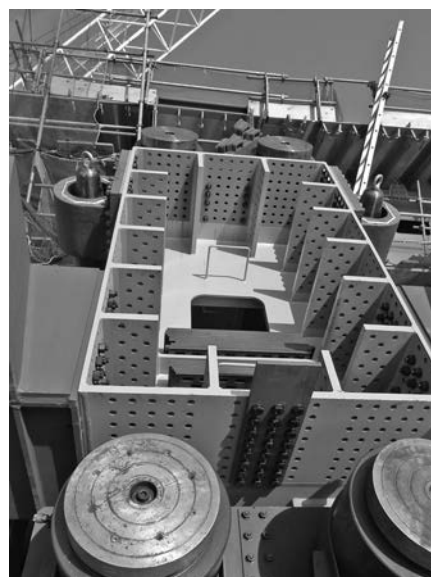
かんぬき装置には、陸上部と海峡部大ブロックの仕口合わせの他、仕口位置に発生するせん断力の伝達も期待している。常時のせん断力は大きな力では無いが、地震時や温度変化時などにはアーチ部材にも曲げモーメントとせん断力が発生する。一括架設から高力ボルト本締め施工までの安全を確保するため、2本のかんぬきでせん断力に抵抗できる様に配慮している。

### (3) 軸力導入ジャッキ

海峡部大ブロックの自重は、閉合部仕口の高力ボルト施工前に、陸上部アーチ部材に伝達する必要がある。そのため、陸上部アーチ部材の閉合箇所ジャッキ架台を設け仕口の左右上下端の4カ所に10,000 kNジャッキを設置した(写真一5参照)。

一括架設時に仕口に作用する断面力は、海峡部大ブロックの自重を斜め方向に受ける軸力となる。4カ所にジャッキを設置しているため、軸力の他曲げモーメントも伝達させることが可能であるが、常時では軸力が卓越し、曲げモーメントとせん断力はほとんど発生しない。

一方で、地震時や温度変化時は架設仕口位置でも曲げモーメントが発生する。架設から高力ボルト接合を行うまでの期間に軸力に対して曲げモーメントが卓越すると仕口部で引張力が生じることになるが、死荷重



写真一5 軸力導入ジャッキ

の軸力が大きい地震時でも4カ所のジャッキの反力が計算上マイナスになることは無い。自重による部材軸力は、約12,300 kN作用し、軸力によるジャッキ反力はその4分の1である3,100 kNの計画であった。

一括架設途中では、FCの吊り荷重を解放することにより、ジャッキの反力が増加する。したがって、4仕口に設置した4カ所のジャッキ、合計16台のジャッキ反力をモニタリングし、計画通りに断面力が伝達されることを確認した。

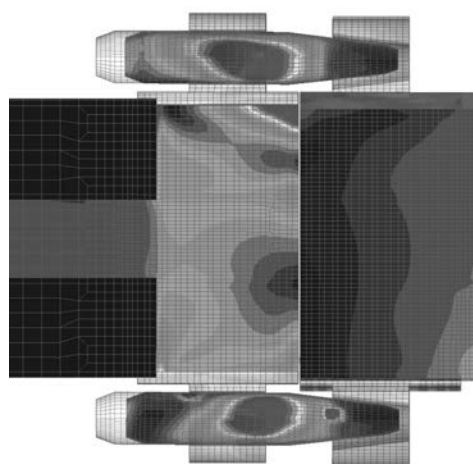
## 4. 閉合装置による仕口合わせ

陸上部と海峡部大ブロックの仕口合わせは、主としてかんぬき装置を押し込むことにより発生する直角方向の矯正力による。かんぬき装置は、アーチ部材の断面に対して、上側に偏芯させた状態で取り付けている。このため、かんぬき装置を挿入することにより、アーチ部材にねじり断面力を発生させ、仕口合わせを困難にすることが想定された。

そこで、アーチ部材を骨組みモデルで全橋再現させ、架設閉合仕口付近をFEMモデルとして、かんぬき挿入の過程での仕口の変形の程度を、解析にて再現させた(図一6参照)。かんぬきの円錐状の部分と受け金物の内面は、接触解析とした。

解析の結果、アーチ部材は面内・面外曲げ剛性と比較して十分ねじり剛性を有するため、かんぬきの挿入により仕口がねじれるような変形は見せ無いことが、解析の結果より確認できた。





図一六 閉合装置のFEM解析（上側からアーチ部材を見た図）

## 5. 閉合装置の設計荷重

閉合装置の設計荷重は、アーチ橋に作用する断面力を解析により算出し、荷重組み合わせにより決定している。荷重ケースは次の10項目で、その組み合わせは8ケース考慮した。表一1に荷重ケースとその値を、表一2に組み合わせケースを示す。

### (1) 基本鉛直荷重：Po

一括架設時に海峡部大ブロックの自重により発生する断面力。

### (2) 誤差補正荷重：S

製作・架設誤差は、部材に付加断面力を与える。し

たがって、部材寸法などに施工管理基準を設定し、それに対応する矯正力を考慮した。考慮する誤差量は、以下の4項目としている。

- ①部材長誤差（長さ方向）  $\pm 80 \text{ mm}$
- ②閉合誤差（断面方向）  $\pm 40 \text{ mm}$
- ③主構長差（左右の出入）  $\pm 10 \text{ mm}$
- ④主構間隔（幅方向）  $\pm 13 \text{ mm}$

施工管理基準は、設計で考慮した誤差量の2分の1管理としている。

### (3) 気温変化荷重：T

鋼桁全体に温度荷重を  $\pm 10$  度考慮し、それにより発生する断面力。

### (4) 温度差荷重：T

日照による温度差を考慮して、片側主構に温度荷重  $15^\circ\text{C}$  を作用させた断面力。

### (5) 風荷重：W

風速  $12\text{m/s}$  を全橋に載荷したときに発生する断面力。

### (6) FC 動揺荷重：DYO

最大波高  $1\text{m}$  時に発生するFCの動揺加速度を、ピッチング・ローリング・ヒービング方向に載荷させた断面力。

### (7) 地震荷重：EQ

水平震度  $0.1$  を作用させた断面力。

表一1 閉合装置に考慮する荷重ケースと発生断面力

| Case No | 荷重ケース       |     |                                     | 仕口に発生する主構の断面力 (kN, kN/m) |     |     |     |       |       | 機材荷重 (kN) |     |
|---------|-------------|-----|-------------------------------------|--------------------------|-----|-----|-----|-------|-------|-----------|-----|
|         | 荷重種類        | 記号  | 荷重条件                                | N                        | Sy  | Sz  | T   | My    | Mz    | ジャッキ      | 砲弾  |
| 1       | 基本鉛直荷重      | Po  | モーメント連結断面力                          | 13,186                   | 19  | 298 | 103 | 8,141 | 288   | 4,797     | 201 |
| 11      | 全長誤差補正      | S   | $\pm 120\text{mm}$                  | 265                      | 0   | 173 | 0   | 948   | 0     | 224       | 86  |
| 12      | 出入誤差補正      | S   | $\delta 20\text{mm}$                | 230                      | 21  | 139 | 162 | 801   | 179   | 281       | 151 |
| 13      | 主構間隔補正      | S   | $\pm 30\text{mm}$                   | 0                        | 115 | 0   | 0   | 0     | 0     | 0         | 58  |
| 21      | 気温変化        | T   | $\pm 10^\circ\text{C}$              | 122                      | 0   | 79  | 1   | 1,768 | 2     | 326       | 40  |
| 22      | 気温温度差       | T   | $\delta 15^\circ\text{C}$           | 243                      | 1   | 116 | 440 | 1,316 | 160   | 360       | 278 |
| 31      | 風荷重         | W   | 橋軸 風速 $12\text{m}$                  | 347                      | 1   | 151 | 7   | 2,568 | 9     | 519       | 79  |
| 32      | 風荷重         | W   | 橋直 風速 $12\text{m}$                  | 869                      | 372 | 39  | 449 | 18    | 3,323 | 1,882     | 307 |
| 41      | 橋軸動揺（ローリング） | DYO | 最大波高 $1\text{m}$ ( $\approx 0.03$ ) | 226                      | 1   | 98  | 5   | 1,669 | 6     | 338       | 51  |
| 42      | 橋直動揺（ピッチング） | DYO | 最大波高 $1\text{m}$ ( $\approx 0.04$ ) | 808                      | 346 | 36  | 418 | 17    | 3,090 | 1,750     | 285 |
| 43      | 鉛直動揺（ヒービング） | DYO | 最大波高 $1\text{m}$ ( $\approx 0.02$ ) | 244                      | 0   | 6   | 2   | 151   | 5     | 89        | 4   |
| 51      | 橋軸方向地震      | EQ  | レベル1地震動の $1/2$ ( $\approx 0.09$ )   | 625                      | 2   | 272 | 13  | 4,622 | 16    | 935       | 142 |
| 52      | 橋直方向地震      | EQ  | レベル1地震動の $1/2$ ( $\approx 0.09$ )   | 1,564                    | 670 | 70  | 808 | 32    | 5,981 | 3,387     | 552 |
| 61      | 衝撃荷重        | I   | 衝撃係数 ( $\approx 0.06$ )             | 791                      | 1   | 18  | 6   | 488   | 17    | 288       | 12  |
| 71      | 不均等荷重       | U   | 不均等係数 ( $\approx 0.20$ )            | 2,637                    | 4   | 60  | 21  | 1,628 | 58    | 959       | 40  |
| 81      | 照査水平荷重      | Ho  | 照査水平震度 ( $\approx 0.05$ ) 橋軸・橋直同時   | 1,216                    | 373 | 190 | 456 | 2,586 | 3,332 | 2,401     | 373 |

表一2 閉合装置の設計組み合わせケース

| Case No | 荷重ケース |             |                           | 仕口に発生する主構の断面力 (kN, kN/m) |     |       |       |        |       | ジャッキ耐荷力 |        |      | 砲弾耐荷力 |       |
|---------|-------|-------------|---------------------------|--------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|---------|--------|------|-------|-------|
|         | 荷重種類  | 記号          | 荷重組合せ条件                   | N                        | Sy  | Sz    | T     | My     | Mz    | 作用荷重    | 終局耐力   | 安全率  | 作用荷重  | 終局耐力  |
| 101     | 常時    | Po          | 1                         | 13,186                   | 19  | 298   | 103   | 8,141  | 288   | 4,797   | 25,000 | 5.2  | 201   | 2,700 |
| 102     | 動揺時   | DYO         | 41+42+43                  | 1,278                    | 347 | 140   | 424   | 1,837  | 3,102 | 2,176   | 25,000 | 11.5 | 331   | 2,700 |
| 103     | 誤差補正時 | Po+S        | 1+11+12+13                | 13,681                   | 155 | 610   | 265   | 9,890  | 467   | 5,302   | 25,000 | 4.7  | 444   | 2,700 |
| 104     | 温度時   | Po+T+I+U+S  | 1+11+12+13+21+22+71+81    | 17,899                   | 533 | 1,055 | 1,183 | 17,188 | 4,019 | 9,349   | 25,000 | 2.7  | 1,150 | 2,700 |
| 105     | 衝撃時   | Po+Ho+I+U+S | 1+11+12+13+21+22+61+71+81 | 18,690                   | 534 | 1,073 | 1,189 | 17,676 | 4,036 | 9,637   | 25,000 | 2.6  | 1,162 | 2,700 |
| 106     | 風時    | Po+W+U+S    | 1+11+12+13+31+32+71       | 17,534                   | 532 | 859   | 742   | 14,104 | 3,857 | 8,662   | 25,000 | 2.9  | 843   | 2,700 |
| 107     | 橋軸地震時 | Po+EQ+U+S   | 1+11+12+13+51+71          | 16,943                   | 161 | 941   | 298   | 16,140 | 541   | 7,196   | 25,000 | 3.5  | 625   | 2,700 |
| 108     | 橋直地震時 | Po+EQ+U+S   | 1+11+12+13+52+71          | 17,882                   | 828 | 740   | 1,094 | 11,550 | 6,506 | 9,649   | 25,000 | 2.6  | 1,006 | 2,700 |

### (8) 衝撃荷重：I

衝撃計数値 0.06 を作用させた断面力

### (9) 不均等加重：U

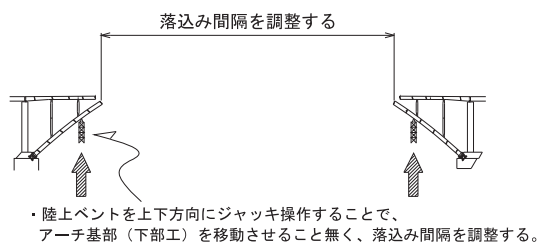
連動ジャッキ作業による不均等係数 0.2 を基本鉛直荷重に乗じた値。

### (10) 照査水平荷重

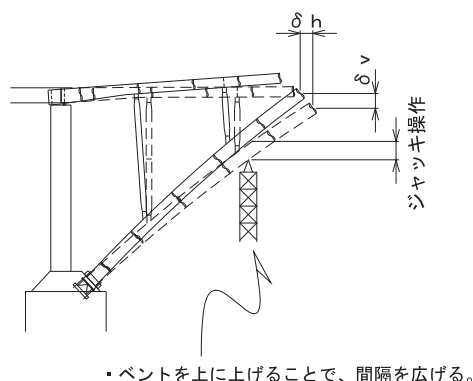
地震・風加重とは別に水平荷重を設定。水平加速度を 0.05 考慮。橋軸方向・直角方向に同時載荷した。

## 6. 閉合要領

大ブロック一括架設は、先行して架設された陸上部アーチの間に落とし込みで行われる。本橋は固定アーチでありセットバックなどの作業が出来ない。さらに架設では空中ジョイントを行うため、調整ブロックを設けることが出来ない。そのため、別途寸法調整機能を設ける必要があった。これは渡海間隔が 192 m あるため、事前に大ブロック寸法計測を行ったとしても、架設時の構造系の変化・測定誤差・温度変化の影響で必ずしも確実な架設ができる保証とはならないためである。そこで、陸上部アーチに設置している陸上ベントを上下することで、擬似的にセットバックを可能とさせた（図一7、8 参照）。ベント高さの調整により、陸上ベントの反力が変動するため、変動後の反



図一7 空中ジョイントによる間隔調整



図一8 陸上ベントの調整要領

力を解析にフィードバックさせている。

## 7. 一括架設の流れ

実際の一括架設の流れと、その状況写真を以下に記す。

### Step1 海上起重機船の操船

操船により大ブロック架設できる範囲は、陸上部の補剛桁上面と、大ブロック補剛桁下面のクリアランスが 500 mm までとした。補剛桁の桁高が 2.5 m あるため、正規位置から 3 m 上空までが操船による架設範囲となる（写真一6）。



写真一6 操船により接近

### Step2 引き寄せワイヤーの設置

正規位置から 3 m に大ブロックが位置すると、橋軸方向および直角方向に引き寄せワイヤーを設置した。以降ワイヤリングで大ブロック位置を微調整しながら海上起重機船の巻き下ろしを行う。陸上部側には、引き寄せワイヤーのサポートとして上開きのラッパ形状をした、誘導ガイド装置を設置し、大ブロックが正規位置に近づくと、陸上部との相対誤差を矯正できる様にした。巻き下ろし作業は設計上 4 仕口同時であるが、架設作業は大ブロックの挙動を制御すること



写真一7 引き寄せワイヤー設置

を目的として、警固屋側から陸上部にタッチさせることを目標として実施した（写真—7）。

### Step3 「かんぬき」の挿入

大ブロックが正規位置に近づくと、最後の目違い矯正は砲弾型「かんぬき」の挿入によるものとした。「かんぬき」を挿入することにより、大ブロックの陸上部の相対位置を合わせると同時に、部材軸直角方向のせん断力を伝達できる様にする。この状態では海上起重機船の荷重解放は行っていない（写真—8）。



写真—8 「かんぬき」挿入

### Step4 腹板中央の仮添接板の本締め

荷重解放過程において、「かんぬき」にズレが生じると思わぬ衝撃を発生させる恐れがある。「かんぬき」によるせん断力伝達の冗長性も含めて、腹板中央に仮

添接板を設置し、HTBにて本締めを行った。

### Step5 ジャッキのストローク調整

仮添接板の設置が完了すると、ジャッキ 16 台のストロークをのばし、陸上部側から大ブロック側にタッチさせた。このとき、ジャッキには 500 kN の荷重を導入した。

### Step6 海上起重機船荷重解放

仕口の固定が完了すると、海上起重機船の荷重解放を行う。荷重解放は、20% 刻みに 5 回に分けて実施し、都度ジャッキの反力を確認している。

### Step7 仕口縦リブ仮添接板の本締め

海上起重機船の荷重解放が完了すると、縦リブに仮添接板を設置し HTB の本締め作業を行った。本添接板は架設完了後に現場実測し製作することとしているため、本添接板取り付けまでの期間の安全対策として、長孔を有した仮添接板を設置した。

なお、10,000 kN ジャッキは、本添接板を設置するまでの間、軸力を負担するため、荷重をかけたままの状態を維持させることになる。

### Step8 玉掛け解除

縦リブの仮添接板はそれ単体で軸力を負担できる様に設計しているため、ジャッキの冗長性を担っている。縦リブの本締めが完了した状態から、海上起重機船の玉掛けを解除することとした（写真—9）。

表—3 一括架設タイムスケジュール

| 項目                 | 時刻 | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8    | 9   | 10  | 11   | 12 | 13 | 14 | 15 |
|--------------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|-----|------|----|----|----|----|
| 1 朝礼ミーティング         |    | 30分 |     |     |     |     |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 2 橋体水切り            |    | 30分 |     |     |     |     |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 3 タッチアップ           |    |     | 30分 |     |     |     |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 4 橋体吊上げ約47m        |    |     | 30分 |     |     |     |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 5 FC 係留解除          |    |     |     | 60分 |     |     |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 6 FC 吊り運搬          |    |     |     |     | 45分 |     |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 7 架設現場 FC係留        |    |     |     |     |     | 60分 |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 8 架設 位置決め          |    |     |     |     |     | 15分 |      |     |     |      |    |    |    |    |
| 9 大ブロック 架設         |    |     |     |     |     |     | 150分 |     |     |      |    |    |    |    |
| 10 FC 吊具解除         |    |     |     |     |     |     |      | 90分 |     |      |    |    |    |    |
| 11 FC 係留解除         |    |     |     |     |     |     |      |     | 60分 |      |    |    |    |    |
| 12 FC 帰航(呉港 川原石岸壁) |    |     |     |     |     |     |      |     |     | 120分 |    |    |    |    |
| 航泊禁止時間             |    |     |     |     |     |     |      |     |     |      |    |    |    |    |

表—4 大ブロック架設タイムスケジュール

| 項目                  | 時刻 | 8:00 | 8:30         | 9:00         | 9:30     | 10:00 | 10:30 |
|---------------------|----|------|--------------|--------------|----------|-------|-------|
| 1 引き寄せワイヤーセット       |    | 30分  | (残降下量: 2.5m) |              |          |       |       |
| 2 FC降下 2m           |    |      | 10分          | (残降下量: 0.5m) |          |       |       |
| 3 引き寄せワイヤー調整        |    |      |              | 20分          |          |       |       |
| 4 FC降下・誘導ガイド挿入 (※1) |    |      |              | 10分          | (所定高さ到達) |       |       |
| 5 かんぬき挿入            |    |      |              |              | 10分      |       |       |
| 6 腹板仮添接セット (※2)     |    |      |              |              | 20分      |       |       |
| 7 軸力伝達ジャッキ展開        |    |      |              |              |          | 10分   |       |
| 8 FC吊荷重解放・反力調整      |    |      |              |              |          | 20分   |       |
| 9 縦リブ添接本締め          |    |      |              |              |          |       | 20分   |
| FC 吊具解除             |    |      |              |              |          |       |       |





写真—9 荷重解放完了

## 8. タイムスケジュール

表—3に一括架設のタイムスケジュール、表—4にその中での大ブロック架設のタイムスケジュールを示す。海上作業は日の出となる午前5時から開始を行い、海峡部の船舶航行禁止時間は、午前6時から午後1時までの7時間としている。この中で海上起重機船の曳航と係留を行うため、大ブロック架設は150分で計画した。

実際の作業では45分で計画したFC吊り運搬が、30分程度遅延したが、大ブロック架設が順調に実施できたことにより、船舶航行禁止時間内で作業を完了させることができた。

## 9. おわりに

今回の一括架設は、1万5千人以上の見学者が見守る中、2011年4月24日に無事完了することができた。入念な計画を行った上で、何度もシミュレーションを行い施工に臨んだが、当日の天候が穏やかであったこともあり、誤差もほとんど無い状態で、一括架設を終わらすことができた。鋼中路式アーチ橋の架設では、海峡部にセッティングビームを用いて陸上部に荷重を預ける工法も考えられる。但しセッティングビームを用いた架設を行う場合は、架設時にアーチ部材に架設系の断面力が作用し、大がかりな本体補強が発生する可能性もある。今回用いた空中ジョイント工法は、アーチ部材に軸力を主体的に導入することにより、供用時以上の断面力を架設時に発生させることは無かった。これにより、大がかりな本体の補強を不要とする事が可能となった。架設工事の省力化の一例として、今後の工法検討の参考になれば幸いである。

文末になりますが、本工事に対しご指導・ご協力いただいた皆様に、ここに感謝の意を表します。

JICMA

### 【筆者紹介】

道菅 裕一（どうかん ゆういち）  
IHI インフラシステム  
橋梁技術部設計2課  
課長



# ドバイメトロプロジェクトにおける 高架橋と歩道橋の建設

大西 一 宏・大場 誠 道

ドバイメトロは、全長 75 km（高架橋部 61 km）におよぶ世界最長、かつ中東地区初となる全自動無人化運転による都市交通システムである。その工期は、計画設計から営業運転開始までの約 56 ヶ月であり、限られた期間で完了するためには、急速施工の採用が必須であった。そこで、高架橋の架設にはプレキャスト技術を全面的に採用し、また、地上駅に付随している歩道橋の架設にはドーリー車によるフルスパン一括架設を採用した。本報では、ドバイメトロ高架橋と歩道橋の建設について紹介する。

キーワード：プレキャスト型枠工法、スパンバイスパン架設、バランストカンチレバー架設、フルスパン一括架設

## 1. はじめに

近年著しい経済発展を遂げたアラブ首長国連邦のドバイ（図—1）では流入人口の急増に伴い、都市内の至るところで交通渋滞が恒常的に発生していた。この状態を改善するために、新たな都市内交通の手段としてドバイメトロプロジェクトがドバイ政府によって計画された。まず初めに建設に着手されたのが、Red Line と Green Line の 2 路線であった。その発注内容は、車両、信号制御、送電等の鉄道システムと、運営に必要な諸施設の建設工事を含んだ超大型鉄道プロジェクトとなった。建設工事では、限られた期間の中で大規模工事を完了させるために急速施工の技術を随所に盛り込む必要があった。



図—1 ドバイ位置図

## 2. プロジェクトの概要

ドバイメトロプロジェクトは、ドバイ政府機関の Road & Transport Authority (RTA) によって発注され、契約形態は設計施工一括のフルターンキーである。その契約内容は、軌道、車両、信号制御、地上駅、地下駅、駅舎連絡通路、操車場、トンネルや橋りょう、受電施設、駐車場、等の鉄道運行に必要な全施設を含む。本プロジェクトのコントラクターは日本企業を主体にしたコンソーシアム形式の企業体であり、軌道・車両・信号などの運行システムを担当する Rail グループと駅舎建築の設備を含む建設一式を担当する Civil グループに分かれる。

契約範囲である Red Line と Green Line の 2 路線の施工延長距離は Red Line が 52 km, Green Line が 23 km, 併せて約 75 km になる。

最高時速 90 km/h の無人運転による列車（写真—1）は 5 両編成で、Gold Car（一等車）と Silver Car（二等車）に分かれ、さらに、女性子供専用車も用意されている。列車の運行は操車場に設置されている運行管理センターから中央制御されている。軌道は 1435 mm の標準軌で、スラブ軌道を採用し、集電方式は第三軌条方式である。線路線形は、最小平面曲線半径 250m, 最大勾配 40% のスペックであり、都市内の厳しい線形にも対応できるものになっている。

駅舎内設備は全て空調が完備されている。これは、プラットホームも例外ではなく、プラットホームにフルハイトのスクリーンドア（ホームドア）を設置する



写真-1 運行中のドバイメトロ

ことで軌道部と完全に分離し、プラットフォームでの空調を可能にしている。このため、気温 40 度を超える厳しい夏の期間でも乗客の快適性が確保されている。

### 3. 高架橋の概要<sup>1)</sup>

高架橋の橋桁は、PC 下路桁であり、一般部では複線軌道になっている。下路桁のウェブ上端部分は列車の床面とほぼ同じ位置であり、緊急時には乗客が容易にウェブ上端に移り、避難通路として利用することができるように配慮されている（図-2）。

既設埋設管の移設、道路の切回し、他の道路プロジェクトとの干渉を最小限にするために、本工事ではフーチング不要のモノパイル構造を採用した。杭の直径は 2.2m ～ 2.8m の大断面であり、直径 1.75 ～ 2.4 m の円柱橋脚に直接連結している（図-3）。杭はアースドリル工法による摩擦杭として設計した。支持層は地表面から 4 ～ 42 m 下の砂岩あるいはシルト岩層であり、杭長は 9 ～ 54 m となった。

メトロ全体の設計を通じて、優れた意匠が求められていた。高架橋の設計では、曲面を多用し、陰影を意識的に付けることで、全体にスマートな印象を与える

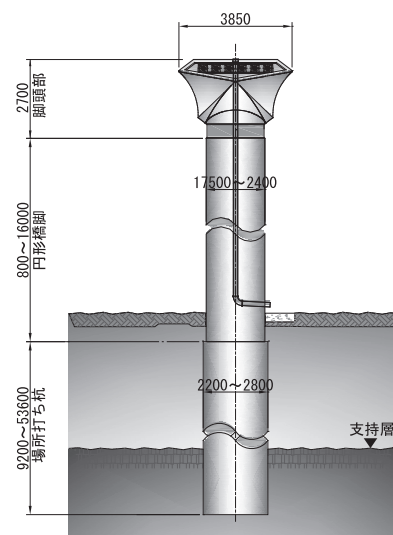
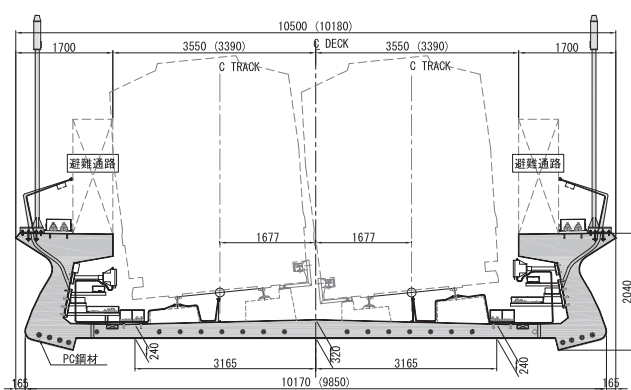


図-3 モノパイル構造

ことを目指した。例えば、橋桁の設計では、ウェブ外側を湾曲の形状とし、T 形橋脚の張出しばり（以下、ピアキャップと記す）の下面には複雑な 3 次元曲面を採用することで、スレンダーな外観を実現した。また、コンクリート表面は所定の耐久性を確保するために表面保護工法が施されているが、そのコーティングの配色の検討も行った。さらに、高架橋全体を同系色でモノトーンにするのではなく、ピアキャップの側面部や、支承部にアクセント的に濃い色のパネルを設置することで、高架橋の輪郭が鮮明になるように工夫している（写真-2, 3）。

基本的に橋桁は単純桁であり、標準的なスパンは 32 m とした。ただし、本線は都市内に建設されるため、道路や運河との交差部が多く、標準よりも長いスパンや、連続桁形式が必要となる箇所も点在した。長スパンの連続桁とする場合には、橋桁の構造や桁高を変えることが通常行われる方法であるが、本プロジェクトでは、スパンの違いや異なるタイプの橋が互いに隣接しても外観の連続性を保つように工夫している。



注) 上記は曲線区間の寸法を示す。括弧内の寸法は直線区間を示す。

図-2 橋桁断面図

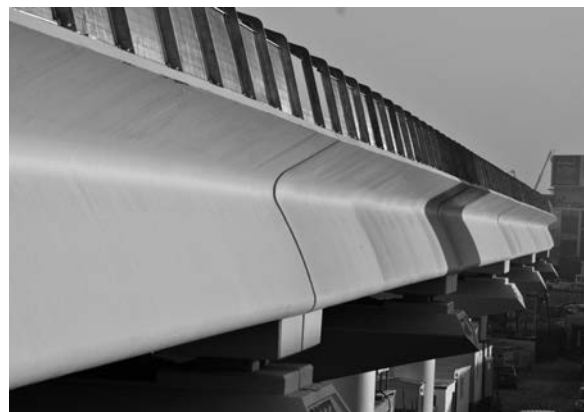


写真-2 橋桁 側面部





写真—3 ピアキャップ

特に、長大支間のバランストカンチレバー架設による3径間連続橋では、橋桁断面に高い剛性が必要であり、その他の構造形式で用いられている下路桁形式では対応できないため、下路桁と箱桁を組み合わせた世界的にも珍しい橋桁断面とすることで、構造と意匠を両立させた。

#### 4. ピアキャップの施工<sup>1)</sup>

ピアキャップの施工には、プレキャストコンクリート型枠（以下、PCa 型枠と略す）を用いた工法を採用した。この工法の採用により、①ピアキャップの3次元曲面への対応、②現場支保工の省略、③急速施工の実現、が可能となった。

PCa 型枠は、新たに造成したプレキャストヤードで製作した（写真—4）。鉄筋はプレファブ化をすすめ、PCa 型枠の製作サイクルを縮めている。さらに、PCa 型枠の運搬前には、PCa 型枠内部に場所打ちコンクリート部の鉄筋を予め挿入しておき、架設現場での作業を最小限にしている。PCa 型枠は重さ 56t であり、現場までトレーラーによって運搬し、クレーン



写真—4 PCa 型枠製作状況



写真—5 PCa 型枠 吊込み状況

により橋脚上に設置する（写真—5）。

橋脚上の PCa 型枠の設置精度が最終系の出来形を左右するため、位置決めにあたっては、特製の鋼製治具（写真—6）を橋脚上端と PCa 型枠に取り付け、油圧ジャッキを用いて型枠の位置を微調整できるようにした。PCa 型枠の位置が確定したのち、内部コンクリートを2回に分けて打設した。1回目の打設により橋脚と固定を確実にし、2回目で PCa 内部を充填した。



写真—6 特製治具による PCa 型枠の調整状況

ピアキャップは PC 構造であり、橋桁のスパン等に応じて 5-19T15.7 から 7-22T15.7 が配置されている。このプレストレス量は、完成時の荷重で決められていることから、施工にあたっては、橋桁の架設状況に応じて3段階に分割して徐々にプレストレスを導入することで、施工中の小さい反力でもオーバープレストレスになることを回避した。

## 5. スパンバイスパン架設による 橋桁の製作と架設<sup>2)</sup>

橋桁の施工では、1 スパン分を2～4 m の長さのセグメントに分割し、架設現場にて一体化するプレキャストセグメント工法を採用した。プレキャストセグメントを製作するための製作ヤードと、セグメントを保管しておくためのストックヤードを本プロジェクトの南端に設営した。製作ヤード内の設備の配置にあたっては、セグメント製作の効率を最優先した。

プレキャストセグメントの製作は次のような手順で行った。まず初めに、鉄筋組立て架台にて鉄筋籠を組み立て、組み上げた鉄筋籠はタワークレーンにより型枠へ移動し、コンクリートを打設する。コンクリートの養生には、皮膜養生剤を用いた。打設したコンクリートの強度がセグメントを移動するための所定の圧縮強度に達したことを確認したのち、セグメントをストックヤードに移動し、最低でもコンクリートが架設に必要な強度に達するまで仮置きしておく。ストックヤードは、計 1750 個のセグメントを仮置きできる広さを有している（写真—7）。



写真—7 プレキャストヤード全景

セグメントの製作には、ロングライン方式とショートライン方式の2種類を採用した。本プロジェクトの高架橋では直線橋の支間セグメントが大部分を占めるが、速いサイクルで製造できるロングライン方式をこれら大多数のセグメントに採用した。他方、直線橋のピアセグメントと曲線橋のセグメントには、平面線形に合わせた形状を製作できるショートライン方式を採用した。

製作ヤードには、本プロジェクト専用コンクリートを供給するために2基のコンクリートプラントも設置した。製作サイクル全体を速めるためには、所定の初期強度を早期に得ることがポイントであった。同時

に、ペルシャ湾沿岸特有の高温多湿の厳しい環境下において、設計耐用期間 100 年を満足する耐久性の高いコンクリートも求められた。そのため、日本ではほとんど採用されることのない水セメント比の低い高炉スラグ微粉末とマイクロシリカを混入したセメントを採用したが、配合にあたっては、ワーカビリティを確保し、締固め易さと初期強度発現を確実にするように混和剤を選定していく必要があった。

セグメントをストックヤードで仮置きした後、一般道を利用して架設地点までセグメントを運搬した。架設地点直下までのアクセスがない場合には、セグメントトランスポーターを利用して、既に架設された橋桁上からセグメントを運ぶこともあった。

スパンバイスパン方式によるプレキャストセグメントの架設には、延長 105 m、重量 4200 kN、最大吊荷重 7350 kN の架設桁（写真—8）を用いた。架設桁の形式はオーバーヘッド方式とし、この形式を採用することで、架設桁は架設地点直下からでも、既に架設された橋梁上のセグメントトランスポーターからのどちらでも、セグメントを架設することが可能になっている。



写真—8 架設桁によるスパンバイスパン架設

架設桁で全セグメントを吊っているあいだ、各セグメントの接合面にエポキシ製接着剤を塗布し、順次仮設 PC 鋼棒を緊張することで、接着剤をジョイント部に均等に分布させ、ジョイント部の水密性を確保している。全ジョイントを接着した後、本設の PC 鋼材を桁端間から挿入し、緊張することで、セグメントを一体化する。全 58 km のプレキャストセグメント工法による上部工に対して架設桁を9基導入し、延べ 28 ヶ月で架設を完了していた。

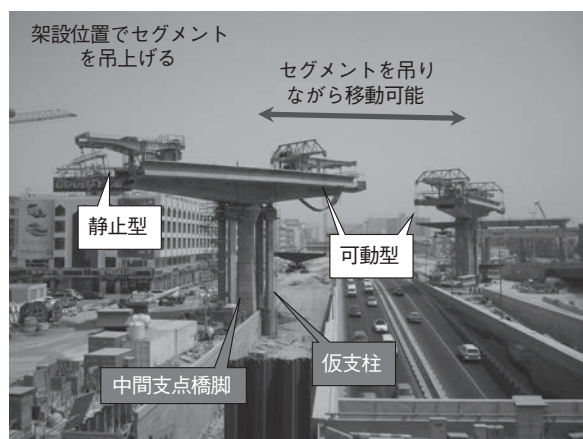
## 6. バランストカンチレバーによる橋桁の架設<sup>3)</sup>

高速道路や河川を跨ぐ 16 箇所では、スパン 44 m



+ 72 m + 44 m の 3 径間連続橋を配置した。施工法はプレキャストセグメント工法によるバランストカンチレバー架設で、架設機械としてはエレクションノーズを用いる場合とクレーンを用いる場合の 2 種類を使い分けた。橋梁が既存道路上を横断し、クレーンの設置位置が限定される 9 橋には、エレクションノーズを使用し、残り 7 橋にはクレーンを使用した。以下には、エレクションノーズを使った場合について紹介する。

張出架設にあたっては、まず、中間支点橋脚のフーチング上に仮支柱（写真—9）を設置する。次に、ピアセグメントと第 1 セグメントをクレーンにて中間支点橋脚と仮支柱にそれぞれ架設する。仮支柱上には油圧ジャッキがあり、同ジャッキの操作により線形の初期調整を行う。線形調整後、フーチングと第 1 セグメント間に配置された仮固定用の PC 鋼材を緊張し、柱頭部を仮固定する。

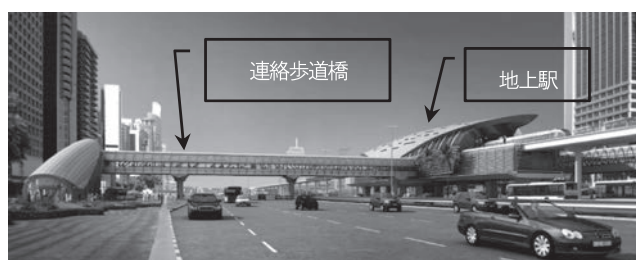


写真—9 エレクションノーズによる張出架設

柱頭部の仮固定後、エレクションノーズを設置する。本工事では可動型と静止型の 2 種類のエレクションノーズを使用した（写真—9）。静止型エレクションノーズは、自走により張出し先端に移動し、架設位置直下に搬入されたセグメントを吊上げる機能を有する。一方、可動型は、架設された橋の下の任意の位置でセグメントを吊上げ、セグメントを懸架した状態で自走により張出し先端に移動し、セグメントを架設する機能を有する。したがって写真—9 に示すように、既存道路を横断するためセグメントの吊上げ地点が限定される中央径間側には可動型を使用し、セグメントの吊上げ地点が限定されない側径間側には静止型を使用した。エレクションノーズの設置後、第 2 セグメントから第 9 セグメントまでを順次張出しながら架設した。

## 7. 自走式運搬台車によるフルスパン一括架設

地上駅へのアクセスとして空調が完備されている連絡歩道橋は、主要幹線道路上を跨ぐ場合が多くなるが（図—4）、架設位置に防護工を施し鉄骨を現地で組み立てる従来工法では、当該工事では交通規制、施工箇所数および工期の面から現実的な施工法ではなかった。また、大型移動式クレーン（300 – 500 t クラス 2 台）で相吊り架設する方法も考えられたが、大型クレーン 2 台の搬入から架設完了まで 4 時間以内という制約された条件下では工程管理上のリスクがあり、また、吊り込み時の桁の取り回しの困難さや、設置精度の問題もあった。

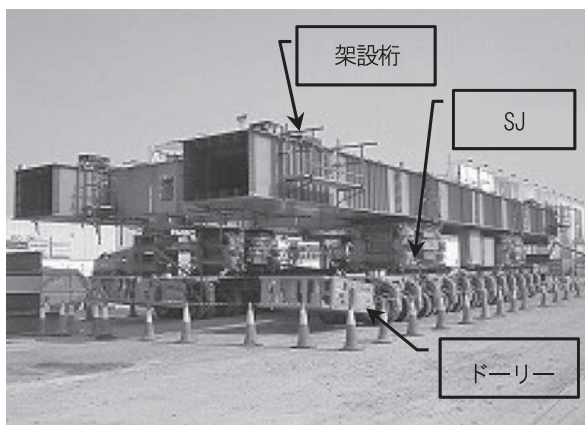


図—4 地上駅と連絡歩道橋

そこで、本プロジェクトでは、超重量物輸送用自走式運搬台車（以下、ドーリーと称す）によるフルスパン一括架設工法」を採用した。施工にあたっては、作業ヤードで鉄骨組から建築外装取り付けまであらかじめ施工してから架設することで、架設後は設備工事および建築内装仕上げの作業のみとなり、本工法は工期短縮のみならず安全面、交通規制の面からも大きな利点があった。

ドーリー上の SJ で直接歩道橋を支持すると、SJ 上の仮受け位置と支承位置の片持ち部分が長くなり、たわみによる外装材の変形が許容を超えるという問題がでてきた。さらに、歩道橋ごとに橋長が異なるため、仮受け位置が毎回変わると、構造検討も毎回行わなければならないという煩雑さもあった。そのため、本工事では SJ 上に架設桁を設置し、架設桁上の仮受け位置を調整可能にすることで上記問題点に対処することとした（写真—10）。使用したドーリーの積載能力は、960 t（12 軸 × 2 台並列連結）および 720 t（9 軸 × 2 台並列連結）であり、各ドーリーには SJ を 2 基搭載し、計 4 台（合計能力 960 t）の SJ で歩道橋を扛上した。4 台の SJ はコンピュータ制御によりストロークを管理（最大ストローク 3 m）し、各 SJ 間で作業中最大 5 mm のレベル差が生じた場合自動停止するよう安全対策を講じた。





写真—10 ドーリー全景 (SJ, 架設桁搭載)



写真—11 歩道橋の運搬・架設状況



写真—12 架設が完了した歩道橋群

写真—11 に歩道橋の運搬架設状況を、写真—12 に架設完了状況を示す。

## 8. おわりに

2005年8月より始まったデザインビルドのドバイメトロプロジェクトは、2009年9月にRed Lineが、2011年9月にGreen Lineがそれぞれ開業した。その道程は決して平坦ではなく、幾多の壁にぶつかりながらも、ひとつひとつ乗り越え、問題を解決しながらプロジェクトを前に進めることができたのは、ひとえに関係者全員の弛まぬ努力があったからこそと感じている。また、軌道、鉄道運行システムも含んだコンソーシアムという形態、経験の少ない中東湾岸諸国における公共建設工事のシステムに戸惑いながらも、工期通りにプロジェクトを完遂することができたことは、ドバイはじめ中東湾岸諸国に日本企業の確かな技術力と高い信頼性を強く印象づけることができたのではないかと自負している。

ドバイメトロRed LineとGreen Lineが、今後、より長くドバイの人々の交通手段として利用され、さらに、今後増加が期待されている我が国のパッケージ型インフラ輸出の一例として先駆けとなれば望外の幸せである。

最後になりましたが、本プロジェクトに関わった関係者に深謝の意を表します。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 平岡ほか：デザイン・ビルドによる海外鉄道建設プロジェクトードバイメトロー、橋梁と基礎、Vol.43, No.10, 2009.5
- 2) 大西ほか：プレキャストセグメントによる下路桁形式鉄道高架橋ードバイメトロプロジェクトー、ナショナルレポート日本のプレストレストコンクリート構造物、第3回fibコンGRESS, 2010.5
- 3) 齋藤ほか：ドバイ・メトロプロジェクト3径間連続桁橋のセグメント製作と架設、プレストレストコンクリート技術協会 第17回シンポジウム論文集, 2008.11

### 【筆者紹介】

大西 一宏 (おおにし かずひろ)  
鹿島建設(株)  
海外支店 土木部  
工事管理部長



大場 誠道 (おおば なりみち)  
(株)大林組  
生産技術本部 橋梁技術部  
副部長



# JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうの施工

## 鉄道橋で初めての複合中路アーチ橋の施工

白 神 亮・長 沼 清

JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうは、河川増水によるリスクを低減するため、鋼製アーチを仮設栈橋上で地組した後、500 t (4900 kN) 油圧ジャッキ 4 台によるアーチ一括架設方法（リフトアップ）を採用した。鋼管の接続は溶接構造とし、景観に配慮した構造とした。また、鋼管表面には亜鉛・アルミニウム擬合金溶射を施し、メンテナンスフリーにも配慮した。

キーワード：鋼製アーチ、リフトアップ、アーチ一括架設、亜鉛・アルミニウム擬合金溶射、メンテナンスフリー

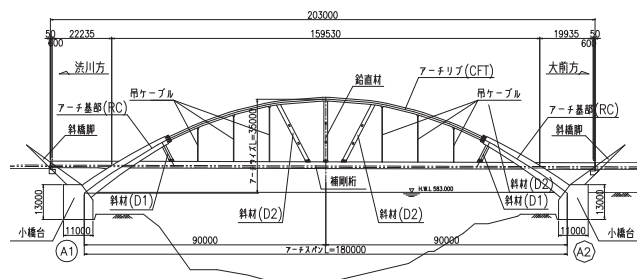
### 1. はじめに

JR 吾妻線第三吾妻川橋りょうは、吾妻線岩島駅～長野原草津口間約 10.4 km のうち付替区間の終点（大前）方で吾妻川を渡河している橋りょうである。本橋りょうのアーチ部材は鉄筋コンクリート（以下、RC と呼ぶ）構造のアーチ基部とコンクリート充填鋼管（以下、CFT と呼ぶ）構造のアーチリブからなる鋼・コンクリート複合アーチ構造を採用しており、国内では極めて施工例の少ない形式となっている。そこで、本稿では第三吾妻川橋りょうの施工について報告する。

### 2. 橋りょう概要

#### (1) 全体構造

本橋りょうは橋長 203 m の単線、終点方に向かい 3‰ の下り勾配の橋りょうである。橋りょう形式はバスケットハンドル型複合中路アーチ構造 3 径間 PC 下路



図一 橋りょう概要

連続桁橋である。設計条件を表一に、橋りょう概要を図一に示す。

#### (2) 特徴

構造形式の決定に当たっては、施工性・経済性・景観などの面から検討を行った。

その結果、高い剛性を確保した上でなるべく自重を減らすためアーチリブを CFT 構造とし、アーチ基部は大きな圧縮力に耐えられるよう RC 構造とした。また、中路アーチ橋とすることで最大支間長を短くし、構造的に有利なものとした。

### 3. 施工概要

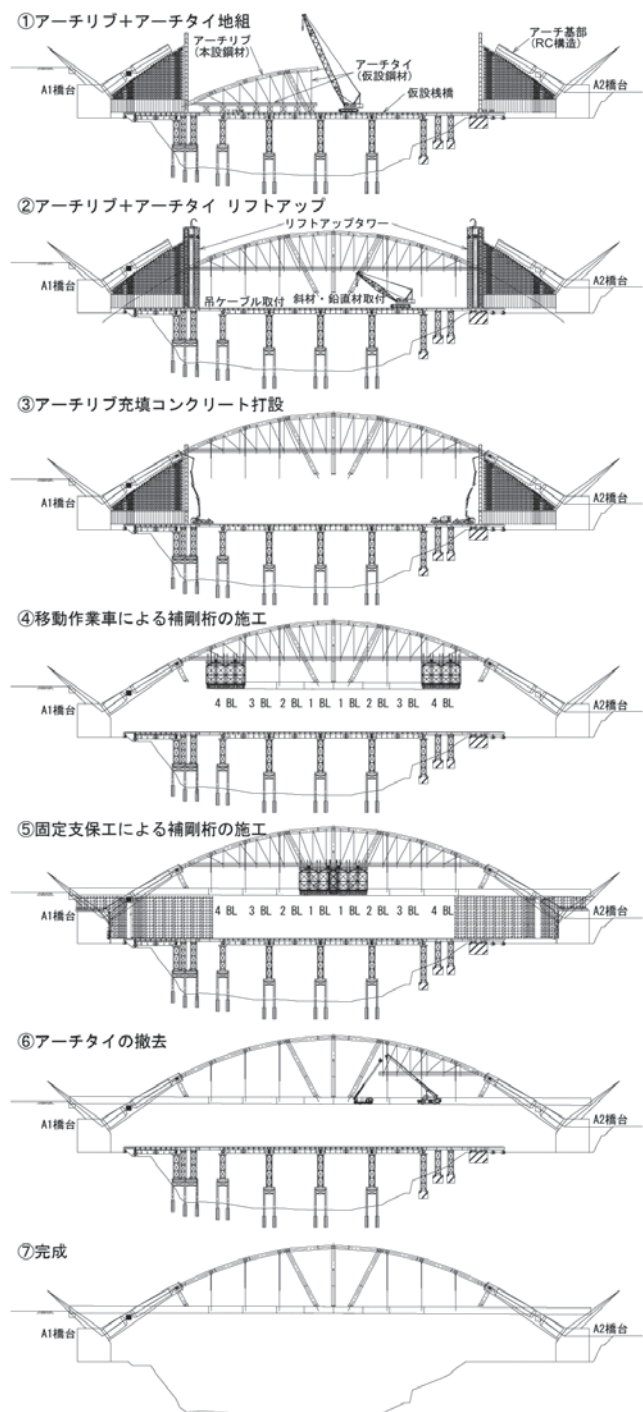
#### (1) 施工ステップ

施工ステップ図を図二に示す。河川内に仮設栈橋を施工後、橋台、アーチ基部の施工と平行して仮設栈橋内でアーチリブとアーチタイの一括地組みを行った。アーチタイとは、アーチリブ地組み後のリフトアップの際に、アーチリブの形状保持などのために必要と

表一 設計条件

|      |                                               |
|------|-----------------------------------------------|
| 橋梁形式 | バスケットハンドル型複合中路アーチ構造<br>3 径間 PC 下路連続桁橋         |
| 線路規格 | 4 級線（単線）                                      |
| 列車荷重 | EA-17                                         |
| 設計速度 | 100 km/h                                      |
| 軌道線形 | 直線・縦断勾配 下り 3‰                                 |
| 軌道構造 | 50N レール弾性バラスト軌道構造                             |
| 構造種別 | アーチリブ : 鋼・コンクリート複合構造<br>(φ 1,400 鋼管にコンクリート充填) |
|      | アーチ基部・斜橋脚 : RC 構造                             |
|      | 補剛桁 : PC 構造                                   |
|      | 斜材・鉛直材 : 鋼構造                                  |
| 支間長  | 22.235 m + 159.530 m + 19.935 m               |

なる仮設鋼材である。次に、地組みをしたアーチリブをリフトアップ設備により2回に分けてリフトアップし一括架設を行った。アーチリブをリフトアップした後、アーチ基部と閉合し、アーチリブ内にコンクリートを充填してアーチ構造を完成させた。その後、移動作業車と固定支保工を利用して補剛桁の施工を行った。最後にアーチタイを撤去した後、現場での塗装・防錆処理を行った。以下、各施工ステップでの特徴について記述する。



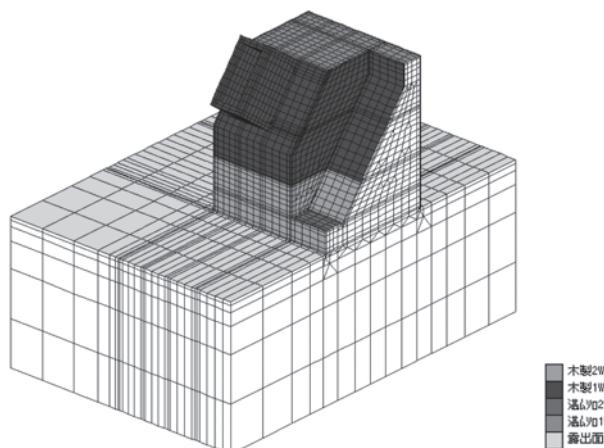
図一 2 施工ステップ図

## (2) 仮設栈橋工

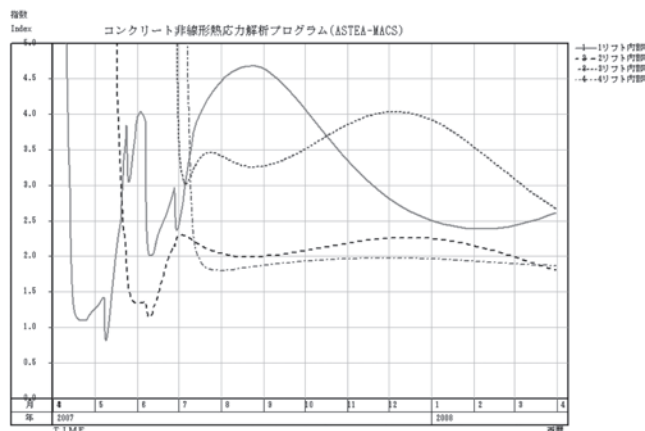
仮設栈橋の高さや下部構造は、過去15年の気象データに基づき不等流解析により水位の検討を行い決定した。仮設栈橋の鋼管杭は河川内を瀬替し河川を切り廻して鋼管杭を打設した。

## (3) 橋台の構築

本橋りょうの橋台は11.0 m × 23.0 m × 13.0 mとマッシブなコンクリートであるため温度ひび割れの発生が懸念された。そのため、温度応力解析を行うとともに打設リフト割を検討した結果、図一5に示すように2リフト以降は中央の断面変化点で分割し、当初計画4ブロックを、合計10ブロックに分割して打設した。このコンクリート打設計画で温度応力解析を行った結果、ひび割れ指数が表面部で0.44～0.91、内部で0.90～1.69となり特に内部での温度ひび割れの発生の可能性を低減することができた(図一3, 4)。



図一 3 温度応力解析モデル



図一 4 10分割打設・ひび割れ指数履歴図

## (4) アーチ基部の構築

### ①底版型枠の高さ調整

アーチ基部の形状を図一6に示す。アーチ基部は





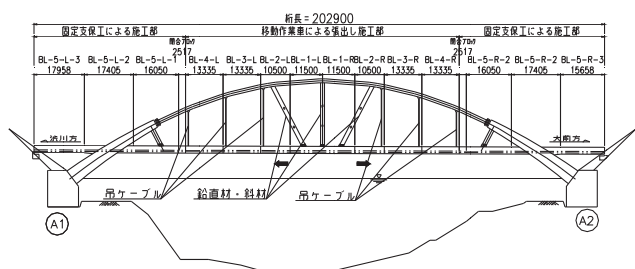


写真一3 第2回リフトアップ状況

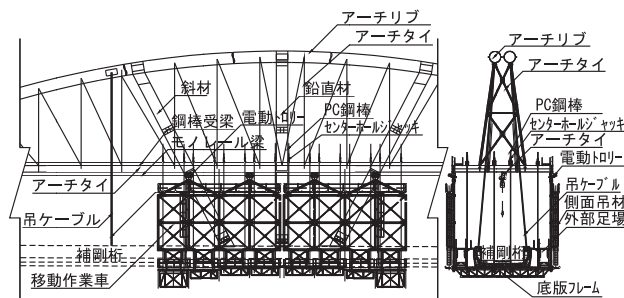
アップした。斜材・鉛直材を取付ける（図一2の②）ため、リフトアップは2回に分けて行った。リフトアップ高さは1回目が約12.3m、2回目が約13.5mで合計約25.8mであり、リフトアップ荷重は1回目が約740t、2回目が約840tであった。リフトアップにあたり栈橋上に鋼製支柱（□300×300）8本で構成されるリフトアップタワーを4箇所（A1・A2側各2箇所）組立てた。それぞれのリフトアップタワー上方に500t（4900kN）油圧ジャッキを1台ずつ設置し、PC鋼より線（φ15.2×22本）を介してアーチリブをリフトアップした。

#### (6) 補剛桁の構築

補剛桁は、アーチ部材、斜材、鉛直材、吊ケーブルにより支持されている。補剛桁の施工は、図一8に示すような施工ブロックに分割し、L側・R側ともBL-1からBL-4は移動作業車による張出し工法、BL-5および閉合ブロックについては固定支保工により施工を行った。移動作業車は仮設栈橋上で組立て、4台のリフトアップジャッキ（490kN）を用いてリフティングし、図一9に示すようにアーチタイの主縦梁下に設置したモノレール梁に接続した。移動作業車の底板はアーチタイ上に配置した鋼棒受梁から1BL当り32本のPC鋼棒（φ32mm）で吊下げられる形で配置した。高さ調整などは32台のセンターホールジャッキ（490kN）を用いて行った。移動作業車の移動は、4台の電動トロリーを用いて行った。



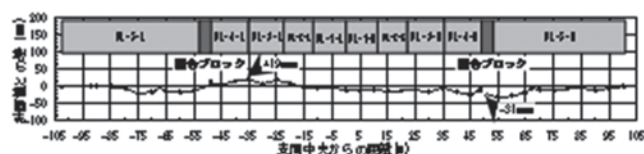
図一8 補剛桁施工ブロック割



図一9 移動作業車設置概要

#### ① 上げ越し管理

補剛桁の上げ越し管理では、クリープ終了時に設計値となるように設定した値に、景観上のキャンバー量（桁端部で0mm、支間中央で30mmとなる2次曲線）を加算したものを施工時の上げ越し量とした（図一10）。本橋りょうの支間長は159mと長いこと、アーチリブ材による吊構造であるため温度変化により桁高が変化するなど特殊な条件であるため、管理値は同時期に施工した第二吾妻川橋りょうの管理値を引用し、設計値+30mm～-70mmとした。



図一10 閉合前上げ越し管理結果

#### ② コンクリート打設

補剛桁のコンクリートは、スランプ18cmとして施工性・充填性を確保した。コンクリート配合を表一2に示す。

表一2 補剛桁コンクリート配合表（40-18-25N・H）

| 配合名              | セメントの種類 | 水セメント比<br>W/C (%) | 空気量<br>(%) | 細骨材率<br>s/a<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |           |                         |          | 高性能<br>AE 減水剤<br>(%) |     |
|------------------|---------|-------------------|------------|--------------------|--------------------------|-----------|-------------------------|----------|----------------------|-----|
|                  |         |                   |            |                    | 水<br>W                   | セメント<br>C | 細骨材 S<br>砕砂 S1<br>粗砂 S2 | 粗骨材<br>G |                      |     |
| 補剛桁オール<br>スージング部 | 普通<br>N | 41.5              | 4.5        | 48.7               | 170                      | 410       | 417                     | 416      | 887                  | 1.2 |
| 補剛桁<br>張出し施工部    | 早強<br>H | 41.5              | 4.5        | 48.7               | 170                      | 410       | 417                     | 416      | 887                  | 1.2 |

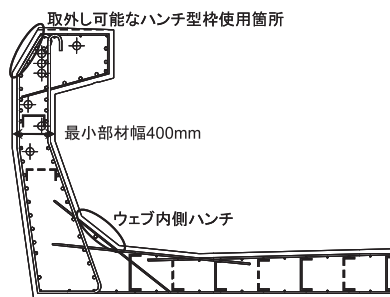
以下にコンクリート打設時の対策例を示す。

#### (a) ウェブ外側ハンチの型枠

本橋りょうは図一11に示すように、ウェブ外側上部がハンチ形状となっているため、型枠をつけた状態では上方からのコンクリート投入・バイブレーターの挿入が困難であった。そこで、写真一4に示すような着脱可能なハンチ型枠とし、施工性の向上を図った。

#### (b) 生コン投入孔およびバイブレーター挿入孔

本橋りょうのウェブは最小部材幅が400mmとくび



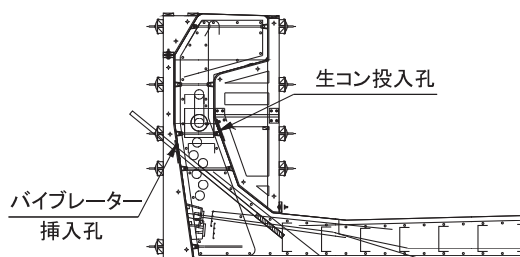
図一 11 補剛桁断面図



写真一 4 ハンチ型枠の設置

れた形状をしており、かつ鉄筋・PC鋼材が密に配置されているため、上方からのコンクリート投入およびバイブレーターの挿入が困難であった。また、ウェブ内側下部がハンチ形状をしており、上方からのバイブレーターだけでは直接コンクリートを締固めることが困難であった。

そこで、図一 12 に示すように、ウェブ内側型枠に生コンの投入孔を、外面型枠にバイブレーター挿入孔を設置することとした。挿入孔については、実物大の試験体によるコンクリート打設試験を行い、位置を決定した。また、斜材鋼棒や吊ケーブル、アーチ基部と干渉する施工ブロックでは挿入孔の位置を変更し、コンクリート打設前にバイブレーターの挿入確認を行いながら施工した。



図一 12 生コン投入孔・バイブレーター挿入孔



写真一 5 第三吾妻川橋りょうの完成

### (7) 塗装・防錆処理

本橋りょうの供用開始後、アーチリブについては足場の設置や高所作業車での作業が難しいため、メンテナンスをできる限り少なくすることが求められた。そのためアーチリブの防錆処理には亜鉛・アルミニウム擬合金溶射を行った。さらに、景観が重要な橋りょうであるため溶射の上に長期耐久性仕様のポリウレタン樹脂塗料を塗装した。これらの塗装・防錆処理については、アーチリブの工場製作の段階で行える箇所については工場で実施したが、アーチタイ撤去箇所など、現場での処理が必要な箇所については溶接部の仕上げを行った後、擬合金溶射と上塗り塗装を行った。

## 4. おわりに

第三吾妻川橋りょうは、景観デザインを重視した橋りょうであるため、設計、施工上での課題が多く発生したが、様々な工夫により無事に竣工を迎え、また、平成 23 年度土木学会田中賞作品部門を受賞した。最後に、第三吾妻川橋りょうの関係者の皆様に、この場を借りて感謝の意を表します。

J C M A

#### [筆者紹介]

白神 亮（しらが りょう）  
東日本旅客鉄道㈱  
上信越工事事務所 高崎工事区  
助役



長沼 清（ながぬま きよし）  
大成建設㈱  
関東支店土木部  
大成・東鉄・佐藤共同企業体  
作業所長





# スマートセンサ型枠を用いた 橋脚コンクリート工事・品質管理システム

野 口 貴 文・北 垣 亮 馬・西 島 茂 行

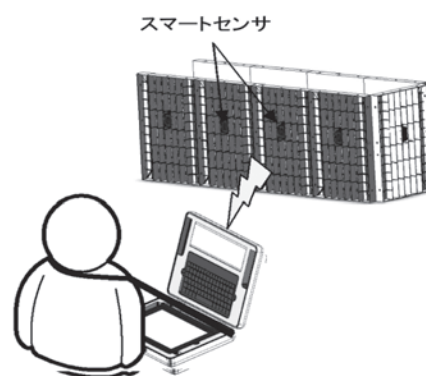
コンクリート工事における型枠取外し時期は、工期短縮を図ろうとするなかで、コンクリート構造物の長期耐久性能の確保に大きく関わるため、近年、ますます高いレベルの品質管理が要求されている。筆者らは、コンクリート表面の温度履歴、型枠の存置期間・転用回数といった情報を、型枠に搭載されたセンサを通じて計測し、無線ネットワークシステムを通じて収集した後、構造物各部のコンクリート表面の強度を、組込みソフトウェアを使って推定し、図面上にマッピングして管理することのできる総合的なコンクリート品質管理システム（スマートセンサ型枠（SSK）システム）を開発した。現在、SSK システムは様々な工事現場に導入され始めており、本稿では、橋脚工事に適用した事例を報告する。

キーワード：品質管理，断熱養生，無線ネットワーク

## 1. はじめに

コンクリート工事における型枠取外し時期は、工期短縮を図ろうとするなかで、コンクリート構造物の長期耐久性能の確保に大きく関わるため、近年、ますます高いレベルの品質管理が要求されている。筆者らは、小型センサやICチップの市場において技術的に成熟した既製品と独自開発の専用センサを組み合わせ、センサ付き小型集積回路を作製した上で、これを樹脂型枠または鋼製型枠に搭載することで、作業員に負担をかけることなく、コンクリート表面の温度履歴や型枠の存置期間・転用回数といった情報を、型枠に搭載されたセンサを通じて計測し、無線ネットワークシステムを通じて収集した後、組込みソフトウェアを使って構造物各部のコンクリート表面の強度を推定し、図面上にマッピングして管理することのできる総合的なコンクリート品質管理システム（スマートセンサ型枠（SSK）システム）を開発した。

既報<sup>1)</sup>にて報告の通り、本システムには、型枠内にコンクリートが打ち込まれると、打込み日時が記録され、型枠に接したコンクリートの温度測定を開始して、コンクリート表面の強度を推定するシステムアプリケーションが組み込まれている。また、図—1に示すように、ユーザーが携帯型の読取り用コンピュータ（スマートリーダー）を使い、無線ネットワークを介して各型枠と通信することで、足場に登ることなく、設置された複数の型枠から各種データを一括して



図—1 SSKシステムのデータ収集のしくみ(無線ネットワークを通じた収集)

取り込むことができる。このように、コンクリート工事において、SSK システムを利用することにより、高いレベルの品質管理を高効率に行うことができる。

表—1にSSKシステムの機能および仕様の概要を、表—2に性能に関しての合板型枠との比較を示す。SSK システムでは、型枠工事期間が合板を用いる場合よりも短縮されるという利点を活かし、平米施工単価およびトータルコストを、合板を用いる場合と同等とすることを目指すことから、レンタル方式を採用している。これは、マイコン搭載多機能センサを採用したことで、樹脂型枠のトレーサビリティの自動管理が可能となり、レンタル方式の方がユーザーのコストメリットを大幅に大きくすることができたからである。現在、SSK システムの今後の普及を目指して、様々なコンクリート工事現場においてユーザビリティの検証を行なっているが、本稿では、SSK システムを橋

表—1 SSK システムの機能および仕様

| 機能・使用          | 内容                                                                       |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|
| コンクリート打込み時刻の記録 | コンクリートが打ち込まれた時を自動判断して年月日時刻までを自動記録する。                                     |
| 外気温度の測定        | 型枠外側の温度を測定する。                                                            |
| コンクリート表面温度の測定  | 打ち込まれたコンクリートの表面温度を測定する。                                                  |
| 型枠の方向・傾きの記録    | 型枠の方向や傾きを記録する（柱・壁の側面部、梁・スラブの下面部など、型枠の存置状態の詳細な把握）。                        |
| 無線通信機能         | データリーダー用コンピュータと無線通信により、データやコマンドの送受信を行う。                                  |
| 無線通信範囲         | 15～20 m（センサとリーダーコンピュータまたは中継ターミナルとの通信距離）であるが、中継ターミナルを介すれば、さらに遠方まで通信可能となる。 |
| バッテリー寿命        | 一般環境下では、7～10 年程度である。                                                     |
| 稼働可能温度域        | -10～80℃である。                                                              |

表—2 スマートセンサを搭載した樹脂型枠と合板型枠との性能の比較

| 項目                                | スマートセンサ型枠                                    | 従来の合板型枠             |
|-----------------------------------|----------------------------------------------|---------------------|
| 重量（600×1800 mm）                   | 10 kg（ハンドリングに優れる）                            | 12 kg               |
| 光透過性                              | 光を透過するため、コンクリートの打込み状況がわかる<br>昼間は内部が明るく作業しやすい | なし                  |
| 施工速度                              | ○速い                                          | —                   |
| コスト                               | ○削減可能                                        | —                   |
| 使用 1 回あたりの CO <sub>2</sub> （kg／枚） | 9.62（転用回数を増やすことにより相当量が削減可能）                  | 12.62               |
| 転用可能回数                            | 50～100 回（200 回以上の転用実績あり）                     | 5 回程度               |
| 型枠の寸法安定性                          | 使用中の変形が少ない                                   | 使用中の変形が大きく破損が多い     |
| 脱型時期の管理                           | 強度推定プログラムにより適切な脱型時期を判断                       | コンクリート供試体の強度試験による管理 |
| データ収集                             | 型枠の方向・傾き、静電容量、温度（コンクリート打込み後）のデータを収集          | なし                  |
| リサイクル性                            | 回収し、再生樹脂型枠としてマテリアルリサイクル                      | 燃料としてサーマルリサイクル      |

脚のコンクリート工事に試行的に適用した検証実験の結果について報告する。

## 2. 橋脚コンクリート工事での試行実験

### (1) 概要

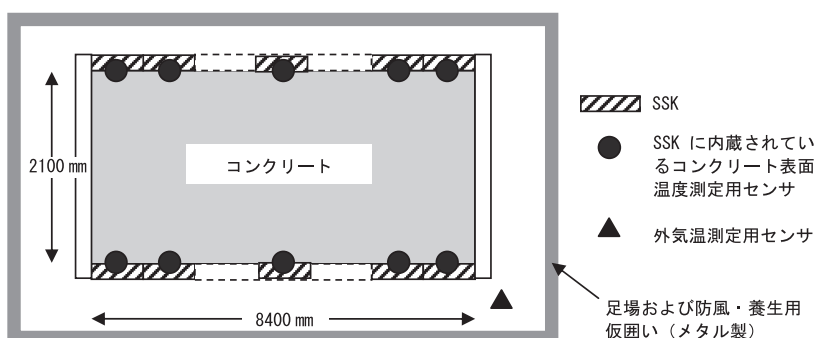
コンクリート工事に関する情報を表—3 に示す。また、型枠の諸条件および設置状況をそれぞれ表—4 および図—2 に、工事現場における SSK の設置状況の写真を図—3 に示す。今回のコンクリート工事は、東北

表—3 工事情報

|    |                                  |
|----|----------------------------------|
| 場所 | 宮城県多賀城市                          |
| 工期 | 平成 24 年 3 月 1 日～平成 25 年 3 月 29 日 |
| 内容 | 橋梁下部のコンクリート工事                    |

表—4 型枠の諸条件

|                          |                     |
|--------------------------|---------------------|
| せき板の樹脂の種類、厚さ             | ガラス繊維補強ポリプロピレン、5 mm |
| 熱伝達率（W/m <sup>2</sup> ℃） | 1.4                 |
| 適用箇所                     | 底盤部の東西南面および橋脚の直線部   |



図—2 断熱仕様 SSK の設置状況（断面図）



図—3 工事現場におけるSSK設置状況

表—5 コンクリート (24-8-20BB) の情報

|     | セメント<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 水<br>(kg/m <sup>3</sup> ) | 打込み日  | 打込み温度<br>(℃) | 断熱温度上昇量<br>(℃) |
|-----|------------------------------|---------------------------|-------|--------------|----------------|
| 底盤部 | 307                          | 158                       | 1月18日 | 9.0          | 52.8           |
| 橋脚部 | 305                          | 155                       | 2月2日  | 11.0         | 52.3           |

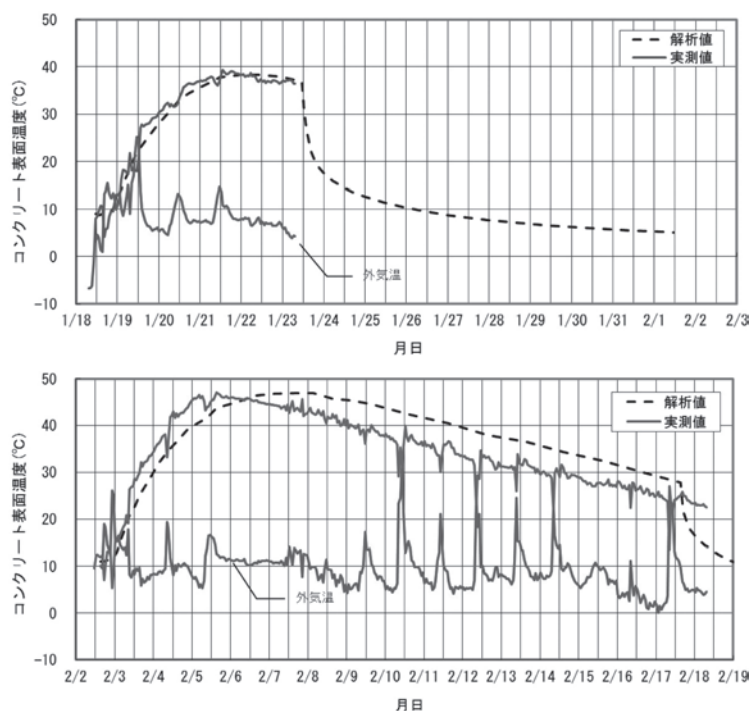
地方における冬季施工であったため、SSKの外側に発泡樹脂断熱材をセットした断熱仕様SSKを用いることとし、底盤および橋脚の側面に実験的に適用した。また、周囲に防風・安全対策用の金属製の仮囲いを設け、その内側に足場を設置した。表—5にコンクリートの配合、打込み温度、および文献2)に基づいて求めた断熱温度上昇量の推定値を示す。SSKの存置期間は、底盤部で1週間、橋脚部で2週間とし、その間の型枠に接するコンクリート表面の温度および仮囲いと構造物との間の外気温を1回／時間の頻度で記録し続けた。

## (2) 実測結果および解析結果

コンクリート表面および外気温の実測値と断熱仕様SSKの熱物性データから文献2)により求めたコンクリート表面温度の解析値を表—6および図—4に示す。また、橋脚工事に於いて2月10日以降の数日間、

表—6 コンクリート表面の温度の最大値とその時の材齢

| 箇所      | 実測値            | 解析結果          |
|---------|----------------|---------------|
| 底盤・南面中央 | 39.3℃, 材齢2.83日 | 38.3℃, 材齢4.0日 |
| 橋脚・南面中央 | 47.0℃, 材齢2.88日 | 46.9℃, 材齢5.5日 |



図—4 断熱仕様SSKにおけるコンクリート表面温度および外気温の実測結果 (上:底盤, 下:橋脚)



昼間に外気温が著しく上昇しているが、これは、この期間中は日照時間が長く、金属製の仮囲いが暖められた結果、外気温が上昇したものと考えられる。

既報<sup>1)</sup>における適用実験では、無線通信を阻害する要因がない開放的な場所での測定およびデータ取得であったが、本実験のように、地形や周辺の仮設物による影響が懸念される橋脚コンクリート工事においても問題なく、遠隔地からSSKシステムを制御でき、各種データを測定・収集することができた。

また、コンクリート表面の温度については、実測値と解析値が概ね同じ傾向を示す結果となった。ただし、実測値の方が解析値に比べて最高温度はやや下回り、昇温速度はやや大きくなった。また、橋脚部の方が底盤部に比べてコンクリート表面と外気温との温度差が大きくなった。これは、底盤部および橋脚部における外気温として橋脚部の足元周辺で測定した温度を共通して用いたためであり、橋脚部における実際の外気温とは異なっていた可能性があると考えられる。

また、橋脚部における温度低下速度に着目すると、外気温が $-5 \sim 20^{\circ}\text{C}$ と極めて大きな範囲で日変動する中、材齢14日であっても、コンクリート表面の温度は約 $28^{\circ}\text{C}$ 以上あり、断熱仕様SSKの保温効果は極めて高いことがわかった。

### 3. おわりに

本稿では、断熱仕様SSKの橋脚工事への導入実験を行い、橋脚工事におけるその適用性と保温効果について検討した結果を報告した。

地形の複雑な場所における橋脚のコンクリート工事であっても、無線通信によるSSKシステムの制御に問題はなく、SSKシステムの汎用性を確認することができた。

また、複雑な形状を有する構造物の冬季におけるコンクリート工事では、日射、風向き、風速など、コンクリート構造物の品質管理を行う上で考慮すべき重要な因子が多くあるため、極めて注意深い養生を施すことが求められるが、断熱仕様SSKを用いることによ

り高い保温効果が得られるため、従来の保温養生方法よりも簡便に効率よく品質管理を実施できることがわかった。断熱仕様SSKでは、セメントの水和熱をコンクリートの保温に積極的に活用でき、コンクリートの初期養生の安定化にも役立つ。さらに、断熱効果の評価に搭載した温度センサがそのまま利用できるため、どのくらいの保温養生が施されているかをリアルタイムで監視でき、自動記録されたデータから保温養生の効果を評価することも可能となる。

今後、スマートセンサ型枠(SSK)システムは、コンクリート工事における品質管理の重要なプラットフォームとして、多くの現場のニーズを踏まえながら、これからも機能を柔軟に追加して進化していく予定であり、コンクリート構造物の高性能化・高品質化に向けて、よりいっそう品質管理の合理化・高度化に貢献できるシステムとなることが期待される。

JICMA

#### 《参考文献》

- 1) 野口貴文ほか：スマートセンサ型枠と総合的なコンクリート工事・品質管理システム、建設の施工企画、2013年2月
- 2) 日本コンクリート工学協会：マスコンクリートのひび割れ制御指針、2008年

#### 【筆者紹介】



野口 貴文 (のぐち たかふみ)  
東京大学大学院 工学系研究科  
准教授



北垣 亮馬 (きたがき りょうま)  
東京大学大学院 工学系研究科  
講師



西島 茂行 (にしじま しげゆき)  
児玉(株)  
エンジニアリング事業部  
事業部長

# 東北縦貫線工事

## 大型機械による新幹線直上でのPC桁・鋼桁架設工事

永田 敏秋・柳澤 則雄

東北縦貫線工事では、東京駅～上野駅間に新たに在来線を整備している。このうち神田駅付近では建設用地が無いことから、新幹線高架の直上に新たな高架を構築し重層化する。本報告では、先に報告した「鋼製橋脚・橋台の上部継ぎ足し構築である鉄骨架設工事<sup>1)</sup>」に引き続き、RC及び鋼製橋脚・橋台間において施工した「大型機械による桁架設工事」とその課題への対応事例の一部を紹介する。

キーワード：新幹線直上、在来線近接、鉄道高架橋、桁架設、機械施工、PC桁、鋼桁、単純桁

### 1. はじめに

東北縦貫線工事の整備区間は東京駅～上野駅間の約3.8kmである。このうち神田駅付近では建設用地が無いため新幹線高架直上への線路構築となっており、750mにわたり東京方から上野方へ順次19橋の桁架設を行った（図-1、2）。

当整備の目的は、混雑緩和と乗り換えの解消である。京浜東北線と山手線の他に新たに在来線の上下線を整備することにより、東京駅起点の東海道線と上野駅止まりの東北・高崎・常磐線とを直通運転により接続する計画である。

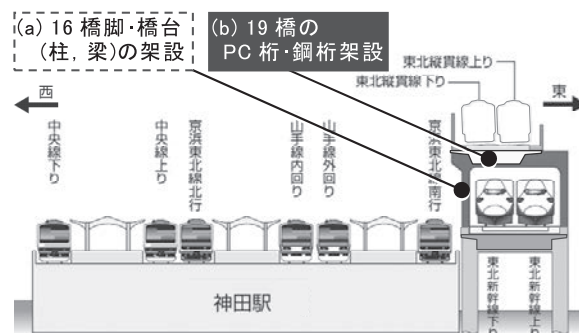


図-1 工事位置断面図（神田駅付近）

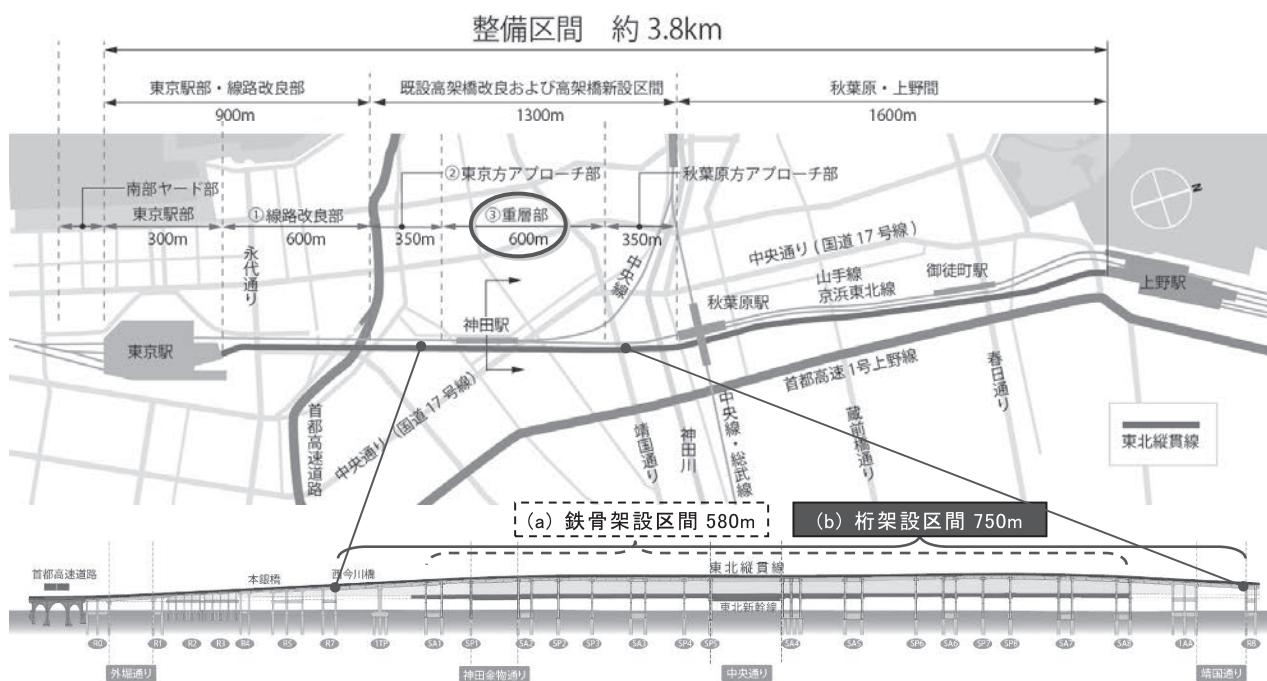


図-2 工事位置平面図（上）と側面図（下）

## 2. 桁架設工の工事概要

工事名：東北縦貫線（南部）PC・鋼桁架設他

発注者：東日本旅客鉄道(株)

施工者：鹿島建設(株)

工事場所：東京都千代田区 神田駅付近

工 期：2009年10月～2013年9月

## 3. 桁の構造と組立

架設する桁は19橋全てが単純桁で、PC桁17橋と鋼桁2橋である（表－1）。

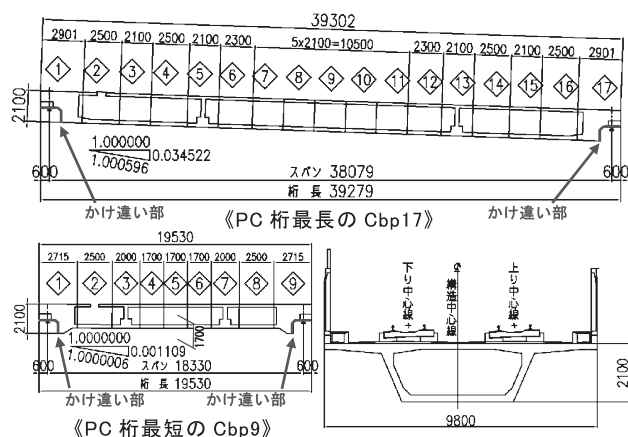
PC桁の組立は、プレキャストブロック（最大重量300 kN/個、ピース数11～19、桁端部のみ横方向に2分割・現場横締め）を搬入し、東京方・構台上の組立ヤードの台車上で順次引寄せ・接着し、PC緊張を行った。組立が完了した桁はジャッキアップして2台の自走台車に載せ替え、架設位置まで搬送した（図－3～5、写真－1）。

鋼桁の組立は、分割ピース（最大重量230 kN/個、ピース数はGd1が30・Gd2が25）を搬入し、東京方の組立ヤードの架台上で順次仮組立し、ボルト締結を行った（図－6、7、写真－2）。組立が完了した桁はジャッキアップして2台の自走台車に載せ替え、架設位置まで搬送した。

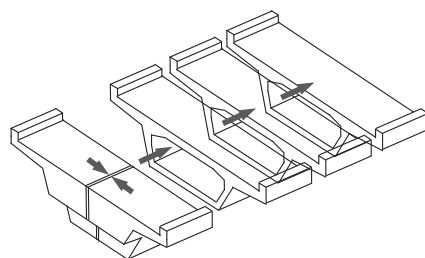
表－1 桁の構造

| 桁種   | 名称          | 桁長<br>(m) | 重量<br>(kN)    | 断 面           |
|------|-------------|-----------|---------------|---------------|
| PC 桁 | Cbp1<br>～17 | 20～39     | 3200<br>～5800 | 1室箱桁（斜めウェブ）   |
| 鋼 桁  | Gd1         | 57        | 5400          | 3室箱桁          |
|      | Gd2         | 43        | 3800          | 1室箱桁2連結(2Box) |

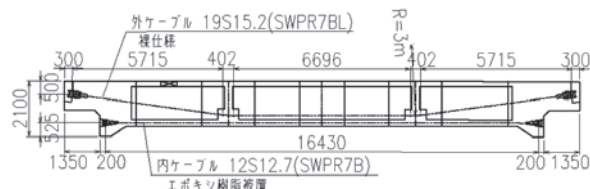
※重量は架設時で施工用の仮軌条19 kN/mを含む。



図－3 PC桁の構造図（ブロック割）と標準断面図



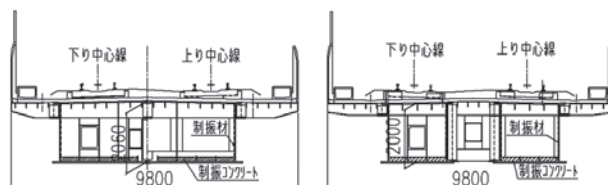
図－4 PC桁のブロック割・組立イメージ



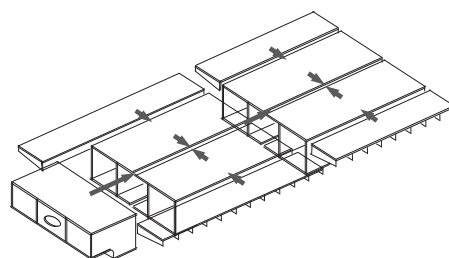
図－5 Cbp9 主ケーブル配置（側面図）



写真－1 搬入後・引寄せ台車上のPCブロック



図－6 鋼桁の標準断面図 Gd1（左）とGd2（右）

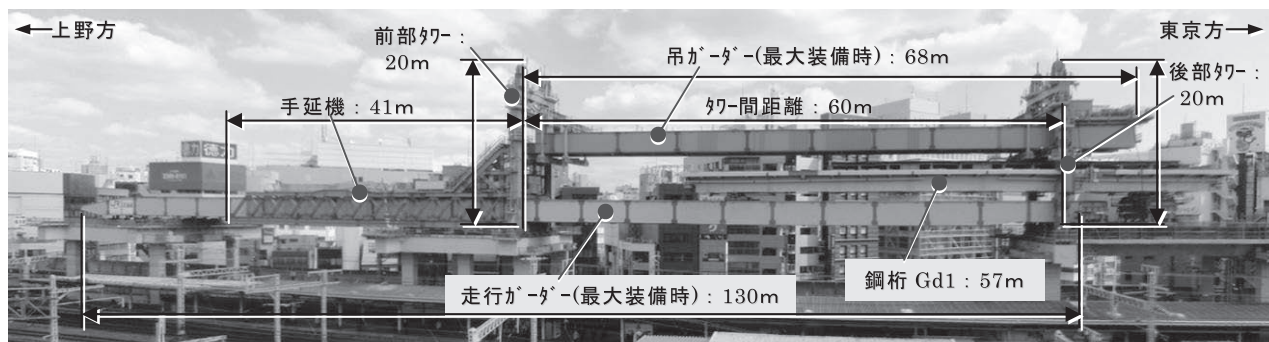


図－7 鋼桁Gd1のブロック割・組立イメージ



写真－2 鋼桁Gd1の組立状況





写真一3 桁架設機の構成部材 (Gd1 架設の最大装備時; 2012年3月)



写真一4 昼間待機・自走台車上のPC桁 (Cbp16)



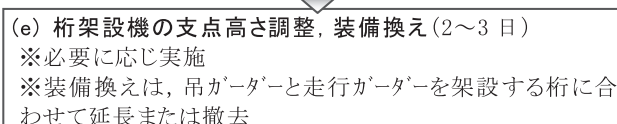
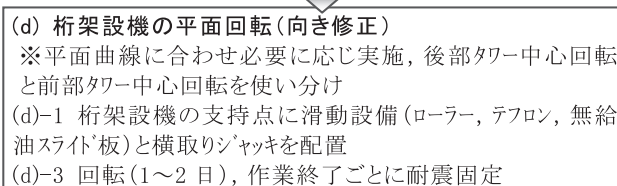
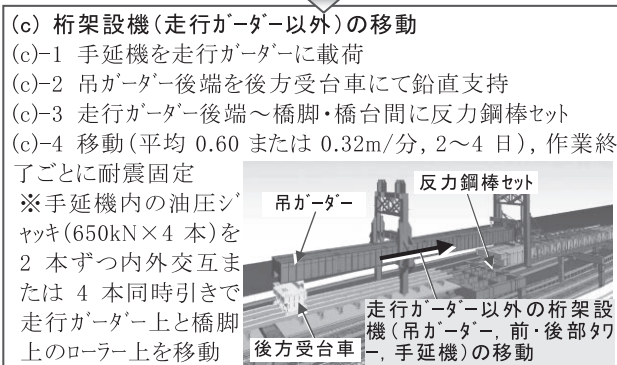
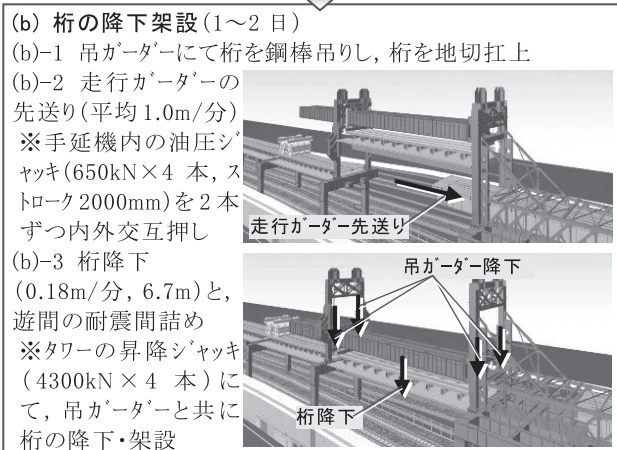
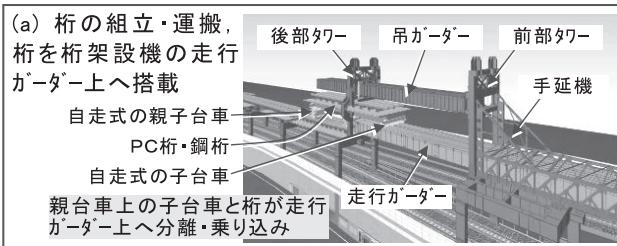
写真一5 走行タワーの先送り (Cbp17 架設時)



写真一6 桁の降下・架設 (Cbp7)

#### 4. 桁の架設

桁架設工では本工事に設計・製作した総重量17,800 kNの桁架設機（写真一3）を使用し、「(a) 桁架設機への桁の搭載→ (b) 桁の降下架設→ (c) 桁架設機の移動」の一連の動作を繰り返し、約1.5箇月に1橋のペースで桁架設を行った（図一8、写真一4～6）。桁架設機の組立を2009年11月～2010年6月、桁架設機の移動と動作試験を経て、PC桁17橋と鋼桁2橋の全19橋の組立・架設を2010年9月～2013年4月に無事完了した。



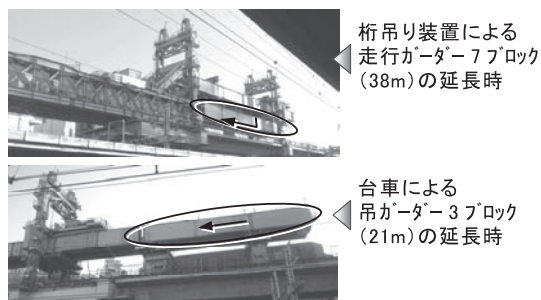
図一8 桁架設工の一連の流れ

## 5. 技術的課題への対応

### (1) 様々な長さの桁の架設

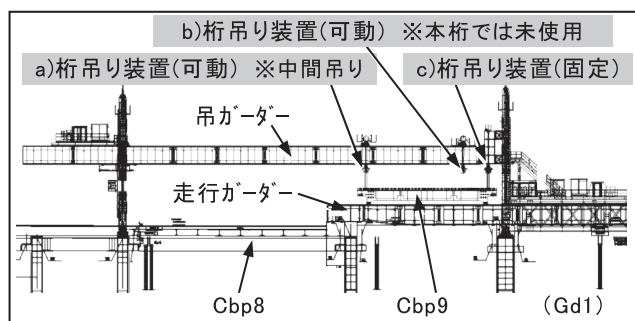
長短順次異なる桁長 20 ～ 57 m へ対応するため、下記の機能を桁架設機に持たせ架設した。

- ① 最長の鋼桁 Gd1 が全 19 橋の中間の 10 番目であることに合わせ、桁架設機の走行ガーダーと吊ガーダーの長さを「短い→長い→短い」と変化させた（装備換え）（写真—7）。



写真—7 装備換え（部材の追加延長）

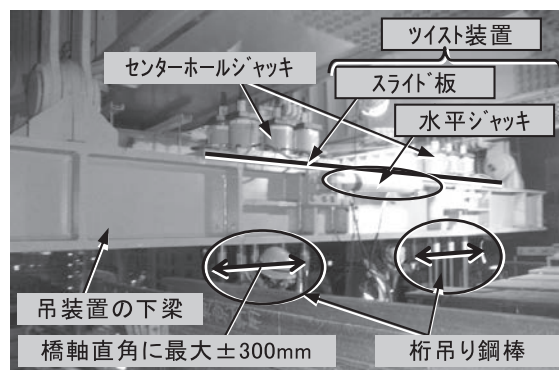
- ② 長い装備状態での短い桁の架設では、吊ガーダーの支間部にて桁吊りが可能な様に、桁吊り装置を台車可動式とし、吊ガーダーの強度も対応させた（図—9）。



図—9 最大装備時の桁架設（Cbp9 架設時）

### (2) 桁架設時の平面位置調整

当初計画では、架設後の桁と桁架設機の中心を合わせる計画であったが、桁吊り状態にて吊り鋼棒を橋軸直角方向に動かせるツイスト装置（スライド板、水平ジャッキ、下梁のスリット孔から成る）を、桁吊り装置の下梁に追加した（写真—8）。可動量は構造安定範囲の  $\pm 300$  mm で、前後ツイスト量の調整で桁の回転や横移動を自在にし、桁架設機の平面回転（1 回につき準備を含め約 1 週間程度）を当初計画 13 回→10 回と減らすとともに、杓位置調整と、PC ケーブルタイプの落橋防止の貫通孔（桁、橋台・橋脚）同士の位置合わせ（精度は  $\pm 5 \sim 15$  mm 程度）を容易にした。



写真—8 吊装置の下梁とツイスト装置

### (3) 桁架設機移動時の支点反力管理

桁架設機移動時の橋脚・橋台上では、手延機下面の 6 本のレールを、最大 8 台のローラー及びその下の油圧ジャッキにて支持し、橋軸直角方向の反力のばらつき管理・調整を行った。事前の反力解析結果を基に管理値を設定し、設置台数を決めている。反力調整を即時に行うため、防滴型 PC を中央操作室と各橋脚支点に配置し、移動する中央指揮者が無線接続した iPad を携帯し、モニター管理を行った（写真—9～11）。



写真—9 ローラーと油圧ジャッキ



写真—10 iPad  
（防滴カバー付き）



写真—11 左:防塵・防滴・耐衝撃型 PC（パソコン）、右:画面表示例（ジャッキ推力、支点反力）

### (4) 桁架設時、桁架設機移動時の時間管理

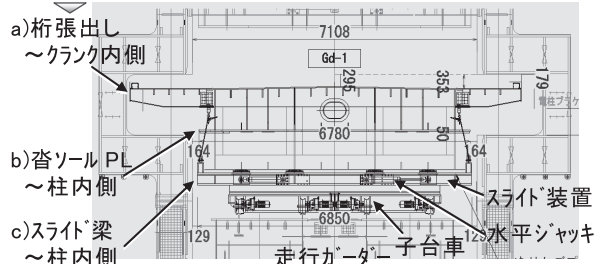
試験結果等から分刻みのサイクルタイムを設定し、実績により逐次見直しを行った。その中では要所に耐震固定への移行を考慮した限界時間を設け、作業着手時に「作業開始可能」か「中止して直ちに耐震固定へ向けた作業へ移行」かを誰もが判断可能にした。なお、桁架設日及び桁架設機移動日は、営業側の異常時対応（新幹線上野折り返し可）をとり、リスク管理を行った。



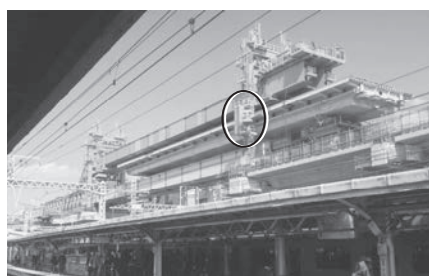
### (5) 曲線桁 Gd1 の後部タワー通過時の干渉

9 橋が曲線桁（ウェブは直線）で、桁端と桁中央の張出し寸法の差は鋼桁 Gd1 が 460 mm と最も大きい。さらに Gd1 運搬台車の乗込み部が平面曲線を有しているため、走行ガーダー上に桁を搭載する際に後部タワーのクランク及び柱内側と干渉してしまう。張出し寸法差の大きな Gd1 と Gd2 では、スライド装置（受梁、スライド板、水平ジャッキから成り、橋軸直角方向に 0～+500 mm 可動）を子台車と桁の間に配置し、進入位置に応じた位置調整（Gd1 で東京方 4 回、上野方 5 回）を行い通過させた（図—10、写真—12）。

#### 《離隔確認箇所》



図—10 Gd1 と子台車上のスライド装置



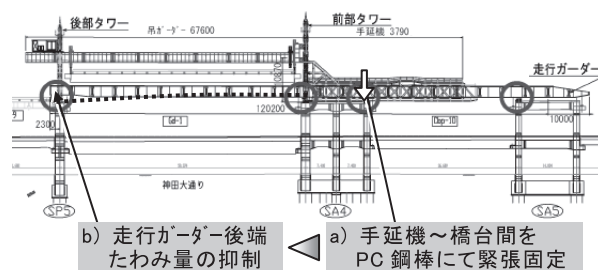
写真—12 Gd1 張出し部の後部タワークランク通過

### (6) 桁長最大の鋼桁 Gd1 の架設時間

Gd1 の桁長は 57 m で、その架設を他の桁と同じ方法にて行った場合には、隣接する京浜東北線・南行きの線路閉鎖間合い 3.5 時間に収まらない。そこで下記対策により架設した（表—2）。

表—2 鋼桁 Gd1, Gd2 架設時の時間対策

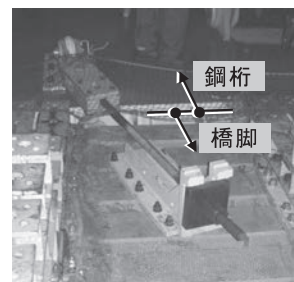
- ①手延機浮き上がり防止を総ねじ PC 鋼棒 6 本・φ 36 (C 種) にて行い、走行ガーダー片持ち状態での後端たわみ量を約 900 mm に抑制した（図—11）。
- ②走行ガーダー後端のたわみ出し（ジャッキダウン）をロングストロークジャッキ 1000 mm・1000 kN × 2 本にて行い、たわみ出しの盛り替え時間を無くした（写真—13）。
- ③架設後の桁の仮耐震固定（橋軸・橋軸直角方向）にワンタッチ式治具を製作し用いた（写真—14）。
- ④上記①～③の効果と時間を事前試験で確認した。
- ⑤通勤ラッシュを避けた土曜朝に、京浜東北線・南行き始発からの 3 本を山手線・外回りへ回すことで拡大間合い時間（35 分増）を確保した。



図—11 手延機の浮き上がり防止



写真—13 走行ガーダー後端のたわみ出しジャッキ



写真—14 ワンタッチ固定式橋軸ストッパー鋼棒

## 6. おわりに

2013 年 4 月 19 日（金）深夜、靖国通りを通行止めにし桁架設機による最後の桁架設を終えたが、気の抜けない工事がまだまだ続く。桁架設工事は、先の鉄骨架設工事と同様、様々な課題の中、計画から施工に至るあらゆる面で、多くの方の発想力と本プロジェクトに懸ける思いにより支えられ、無事完了することができたと感じている。

関係者の方々には厚く御礼を申し上げますと共に、本報告が他工事の参考になれば幸いである。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) 柳澤則雄, 「東北縦貫線工事 新幹線上空での鉄骨架設工事」, 建設の施工企画 No.730 : pp.35 ~ 39, 2010.12
- 2) 溝渕利明 監修, 「見学しよう工事現場 5 線路」, ほるぷ出版, 2012.10

#### 【筆者紹介】

永田 敏秋（ながた としあき）  
鹿島建設㈱  
東京土木支店  
東北縦貫線工事事務所  
所長



柳澤 則雄（やなぎざわ のりお）  
東日本旅客鉄道㈱  
東京工事事務所  
東北縦貫線プロジェクト  
課長





ずいそう

## 虹は本当に七色か

板倉聖宣



多くの日本人は、「虹は七色」と思っています。ところが、今の大多数の米国人は「虹は六色」と思っています。そこで、表題のような話題があっても不思議なことではないでしょう。

日本と米国とでは、違う色の虹が見えるのでしょうか。米国と日本では、虹が見えるときの環境条件が違うので、色が違って見えるのでしょうか。いや、そんなことはありません。

日本人と米国人とでは色の感覚が違うので、同じ虹を見ても、その色の数が違って見えるのでしょうか。

私はと言えば、はじめてこの話題を知ったとき、「そう言えば、僕にも虹は〈七色〉に見えないものな」と思いました。

1930年生まれの私は、私の同世代の人びとと同じように、小学校に入学する前から、「虹は七色」と教わってきました。ところが、小学校5年生ごろ、雨上がりの空に虹が見えたとき、自分でその色数を数えてみたことがありました。そのとき、「僕の目には七色に見えない」と思ったことがあるのです。

「七色か六色か」と言っても、〈色の変わりかたの区切り〉は微妙です。だから、「ここも色が違っていると言えるな」と思って色数を増やすと、それとは別の箇所も色数を増やさないけように思えてしまったりします。そこで、私の目には「六色」か「八色」に見えて、どうしても「七色」に見えないと思ったのです。その後も虹を見る機会があると、その都度、私の色の感じ方を試しました。そしていつも、「僕には五色か六色、少し無理して見ると、八色に見える」と結論することになりました。

皆さんはどうでしょう。自分の目で虹は七色に見えますか。

自分の目で七色に見えない私にとって、「いま米国人は〈虹は六色〉と教えている」というのは、嬉しい話でした。

☆ ☆ ☆

その後、私は、私と同世代の4人の日本の科学者が「虹は六色か七色か」を話題にしている随筆を読みました。この4人の科学者はいずれも1978～79年ごろ

に米国に留学したのですが、「米国では〈虹は六色〉とされている」と知って、その驚きを相次いで随筆に書いていたのです。

ところがです。その随筆の結論は、私には納得できないものばかりなのに驚きました。その人びとは、随筆集が世に出るほどの著名な学者たちだから、私もその随筆を読むことが出来たのですが、その結論は、科学史家で科学教育の専門家でもあると自負している私には、とても認めがたいものばかりだったからです。

じつは「虹の七色説」を言い出したのは、分光学の権威ニュートンなのですが、ニュートンだって、最初は虹を五色と思っていたのです。しかしその色数に〈もっともらしい説明が欲しい〉と考えた彼は、助手の「七色にも見えますよ」という言葉に力を得て、〈七色説〉を採用したのです。ところが、近代科学にとってニュートンの権威は絶大でした。そこで彼の「虹の七色」説は、近代科学の普及とともに世界に広められることになったのです。

江戸時代の日本人は、虹を「五色」とするのが普通でした。ところが明治維新直後、米国からやさしい虹の説明を書いた本が輸入されるとすぐに、日本人もそれを受け入れました。だから、日本人がつい最近まで〈虹は七色〉と思い込んでいたのは、米国起源だったのです。

ところが1941年ごろ、米国の理科教育改革運動のリーダーだったパーカー夫人が、「子どもたちには虹は七色に見えない」ということを実験的に明らかにしたので、米国ではそれ以後急速に〈虹七色説〉が否定されるようになったのです。このような事情が分かってくると、今日の米国と日本の〈虹の色数の違い〉は、「色彩感覚の違いに基づくものではない」ことが明らかです。「日本と米国とではどちらのほうが〈子ども本位の理科教育〉の思想に忠実か」ということになるのです。

私の『虹は七色か六色か』仮説社(2003)には、もっと詳しい話を書いてあるので参照して下さい。

## ずいそう

## 北京の空

窪内 萬幸



娘の結婚を機にアルバムを整理していると、30数年前の北京出張中の若き日の写真を見つけた。当時は日中国交正常化後、対中円借款が始まっており、インフラ関連の話が日中友好商社を介して数多く引き寄せられていた。当社にも以前からお付き合いのあった関西の友好商社から、「近く北京で作業船の技術交流会があるので参加しないか」と打診があり、急いで準備にかかることになった。1978年9月初め、社長以下船体、電気、機械、見積担当の総勢5名で臨むことになり、私は機械担当として参加することになった。出発に先立ち出張期間はどれくらいか誰もはっきりしたことが分からず、「多分9月末には帰れるだろう」と、みんな夏服姿で向かった。

9月11日、開港したばかりの成田空港を出発し北京空港に着くと、雲一つ無い青空が我々を迎えてくれた。ホテルは、故宮から近くの『民族飯店』が宿泊所となり、ここから交流相手である輸出入公司に通うことになっていた。

技術交流は翌日から友好的に始まったが、間もなく彼らが「タバコ」を私たちに投げて勧めるではないか。「何だこれは!」中国の流儀に先制パンチをくらってしまった。

交流も進んだある日、機械の作業能力を説明する中で、私が机上の理論値をいってしまった。相手側がこれを実際の能力として契約書に入れてほしいということになり当然、これを絶対受け入れることはできず話が進まなくなってしまった。何度か交渉を行いやっと分かってもらったが、私の説明不足で皆さんに大変迷惑をかけてしまった。

9月の終わり頃になると商談にも目途がつき帰国の準備をしていると、商社の担当者から「新しい機械の引き合いがあるので引き続き残ってほしい」と話があり、結局全員が残ることになった。次の技術交流に間に合わせるため自分たちで図面を作ることになり、T定規や製図板を買ってきてホテルで図面を描く毎日が続いた。

10月の中頃になると秋風とともに街路樹には紅葉が始まっていた。夏服では寒くてどうしようもないの

で、友誼商店（外国人向けデパート）に行き、セーターと人民服を買ってスーツ代わりに使った。

ある休日、北京の街にもだいたい慣れいつもの友誼商店に行くと、先輩が食品売り場に懐かしい「スルメ」を見つけた。「今日はこれを肴に一杯飲もう」ということになり、電熱ヒーターも買い込みさっそくホテルの部屋で焼いていると、用務員（男性）が血相をかえて怒鳴り込んでくるではないか（そのように見えた）。身振りからすると、どうも焼いた「スルメ」の臭いが強烈で隣の部屋から苦情が出たらしい。すぐに焼くのをやめたが悪知恵は働くもので、「ベランダは大丈夫だろう」と皿に入れた「マオタイ酒」を燃やし、あぶりながら食べた「スルメ」の味が忘れられない。

当時の北京はまだ外国人の姿が少なく、娯楽施設と言えば映画館（もちろん中国映画）が商店街や公園を散歩するぐらいで、商社員も長期滞在になるとかなりストレスがたまっていた。そのためかどうか分からないが、外国人向けに月に一度外国映画の上映があった。10月はめずらしく日本映画があり、それも「寅さん」の上映ということで、我々も久しぶりに心を癒すことができた。

北京滞在中は我々が退屈しているだろうと会社の先生方も気を使ってくれ、休日には北京故宮、万里の長城、頤和園、明の十三陵など有名な観光地に弁当持参で連れて行ってくれた。現在これらの施設は世界遺産に登録されているが、当時はまだ公衆トイレに「ドアがない」のは当たり前で、大用を足すにはかなりの勇気がいった。

技術交流も長期戦となったが、11月末になんとか5隻の契約がまとまり、やっと12月初めに帰国出来ることになった。3カ月近くの出張で貴重な経験をさせてもらった。翌年から順次納入を開始しその後、納入した作業船がインフラ事業に活躍したと聞いて少しは誇らしく思っている。その当時友好商社に勤めていた事務員が、今家で采配をとっている女房殿である。

## ずいそう

## 南太平洋で活躍する日本人

佐藤孝文



## ◆キリバスという国

太平洋のまんなか付近にゴマ塩をまぶしたように、沢山の小さな島々があるのはご存知だろうか？ かつて植民地であったこの島々の多くは近年独立を果たし、それぞれの民族文化を保ちつつ国家を形成している。この一国にキリバス共和国という小さな島国があり、昨年から今年にかけて数度訪問した。当社がキリバス政府から太陽光発電プロジェクトのコンサルタント業務を受注し、契約や会議の為に訪問する機会を得たものだ。読者のみなさんにとっては、あまりなじみのないこの国と、そこで活躍する日本人について紹介したい。

キリバス共和国は、南太平洋に広く散らばる33のサンゴ礁でできた島々からなる国だ。首都のタラワは北緯1度だから、まさに赤道直下である。面積はわずか730 km<sup>2</sup>、日本だと淡路島より少し大きい程度で、人口は約10.3万人（2010）だ。日付変更線が太平洋の赤道付近で曲がり方が激しいのは、この国の領土が広大な範囲に亘る島国であることが原因だ。太平洋で最も広い海域を有する国の一つなのだ。今回のプロジェクトで大規模な太陽光発電所が整備される首都の南タラワは年中30度を超える、灼熱の太陽が降り注ぐ常夏の南国だ。このタラワ島には、この国の約半分5.4万人が住んでいる。当社が担当するプロジェクトは、日本政府が拠出した太平洋環境共同体基金（PEC基金）によって、太陽光発電所を新設するものだ。これまで、ディーゼル発電所に頼っていた電力に加えて大規模な再生可能エネルギーを導入し、年々増え続ける電力消費をまかなうと同時に、温暖化ガスの削減を目的としたものだ。このキリバスという国、国土の平均標高はたったの2mしかないという。

地球温暖化によって海面が上昇すれば、この国の

人々はここに住めなくなるという現実が目の前に近づいている。このプロジェクトはこうした思いを反映したものであるのだ。キリバスの温暖化ガス排出量は世界でも最も低レベルにあるにも関わらずである。

キリバスの国民は大部分がミクロネシア人だ。比較的小柄で優しい顔立ちをしている。国民性なのだろうか、誰かが困っていると近くにいる人が必ず声をかけてくる。現地で車が故障した時、早朝にも関わらず、近所のおじさんが家から工具を沢山もってきて、無言で手伝ってくれた。なんて親切なんだ！

## ◆キリバスの日本人

このプロジェクトと通じて1人の日本人に出あった。ケンタロ・オノ氏だ。なぜカタカナで紹介したかというと、彼は純粋な日本人でありながら、キリバス国籍を持つ外国人だからだ。宮城県で生まれ育った彼は、テレビの影響で南国に興味を持った。彼はその思いをかなえるため、キリバスに単身渡航し、キリバスの有名高校に入学したのだ。わずか16歳の時のことだ。高校を卒業後、そのままキリバスに住み着いて国籍を得たという。貿易会社で働いた後、国営テレビの役員、商工会議所会頭、そして大統領補佐官など、若くしてこの国の要職を歴任した。日本語は勿論だが、猛烈に勉強したという英語とキリバス語はビジネスや外交交渉でも必要とされるほど堪能で、我々だけではなくキリバスを訪問した数々の日本の著名人達が御世話になったはずだ。わずかな期間ではあったが、彼の行動を目のあたりにし、語学だけではなく、国際政治、経済、歴史等々幅広い知見と、何よりも日本と太平洋の将来について大きな夢を持っていた。それを実現しようとアグレッシブに行動している姿を見て、こういう人材が我が国には必要なのだと実感した。彼は、東北大震災を期に2人のお子さんと帰国し、郷土の仙台を拠点として国内外で活躍している。これからも、類まれな才覚を生かし夢が実現するよう活躍を祈念している。

キリバスには他にも何人かの日本人が仕事や公務で滞在している。また、8名の海外青年協力隊員が派遣されており、技術や医療などの分野で活躍している。決して十分とは言えない生活環境の中で、現地の生活文化を理解し、目をキラキラさせて楽しく話す姿を見て、頼もしく思った。彼らもまた、将来の日本を支える人材に成長することだろう。実に楽しみである。



キリバス共和国アノ・トン大統領（左）と筆者（右）  
（大統領執務室にて 2013年4月）



## JCMA 報告

## 平成 25 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会会長賞 受賞業績（その 2）



平成 25 年度 一般社団法人日本建設機械施工協会 会長賞



## 放射性物質汚染土壌の効率的な浄化・減容化システムの開発

清水建設(株)

## 業績内容の概要

## 1. 技術の背景・必要性

福島県の除染事業によって、膨大な量の汚染土壌と廃棄物が集積することが予想される。汚染土壌等を保管する中間貯蔵施設の建設には広大な施設用地と莫大な建設費用が必要となるため、膨大な量の汚染土壌等を効率的に減容化する技術が強く望まれている。

新しく開発した「放射性物質汚染土壌の効率的な浄化・減容化と残渣処理の自動化」が可能な洗浄技術は、(a) 汚染土壌を公共工事において土木資材として活用できる洗浄土とし、中間貯蔵施設への搬出量を大幅に低減すること、(b) 放射線に対する安全確保のため作業員の被曝線量を大幅に低減することを可能とする技術である。

## 2. 技術の特長

今まで培ってきた洗浄技術を基に、新たに放射性 Cs を対象とした (1) スクラビング・フローテーション技術と (2) 濃縮残渣処理の自動化技術を加えて、放射性物質汚染土壌の効率的な浄化・減容化と被曝線量の低減化による放射線に対する安全確保が可能な「放射性物質汚染土壌の浄化・減容化システム」全体を完成した。(1) スクラビング・フローテーション技術では 90% 以上の放射性 Cs 除去率と 80% 以上の土壌減容率を両立させるという高い性能を初めて実現し、(2) 濃縮残渣処理では自動化技術によって作業員の被曝線量を自動化前の 14% まで大幅に低減させた。

## 3. 導入の効果

本技術による放射性物質汚染土壌の減容化の効果を図 1 に示す。

## 業績内容

## 1. 業績の行なわれた背景

放射性物質によって汚染された地域の再生のためには、市街地や農耕地の表土と草木類、道路舗装面などを取り除く「除染」によって、人への追加被曝線量を年間 1 mSv 以下に低減することが望まれる。広範囲な地域で除染を行なうと、膨大な量の汚染土壌と廃棄物が集積され、これらを保管する中間貯蔵施設の建設には、広大な施設用地と莫大な建設費用が必要となることが予想される。筆者ら

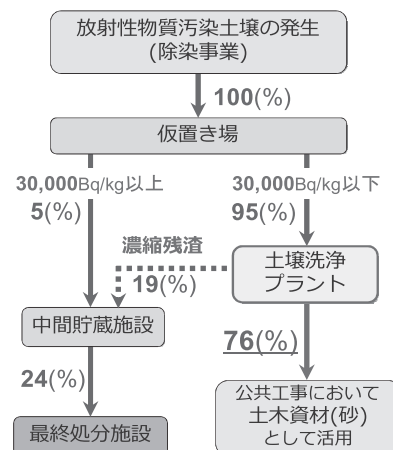


図 1 本技術による放射性物質汚染土壌の減容化（筆者らの試算）

は、膨大な量の放射性物質汚染土壌を効率的に減容化するのには今まで培ってきた土壌洗浄技術が有効であると考え、放射性 Cs 汚染土壌に特化した洗浄技術の開発に取り組んできた。開発過程で数多くの課題が浮かび上がったが、特に大きな課題は、(a) 放射性 Cs の高い除去率と汚染土壌の高い減容率を両立させること、および (b) 放射線に対する安全確保のため作業員の被曝線量を大幅に低減させることの 2 つであった。

重金属類等の汚染土壌を対象とした経験豊富な洗浄技術を基に、新たに放射性 Cs を対象とした (1) スクラビング・フローテーション技術と (2) 濃縮残渣処理の自動化技術を加えることによって、上記の課題を解決した「放射性物質汚染土壌の浄化・減容化システム」全体を構築した。

環境省の除染技術実証事業（その 5、平成 24 年度）において、「放射性物質汚染土壌の浄化・減容化システム」の高い性能を実プラントに近いサイズのパイロットプラントにおいて実証した。

## 2. 業績の詳細な技術的説明

## (1) スクラビング・フローテーション技術

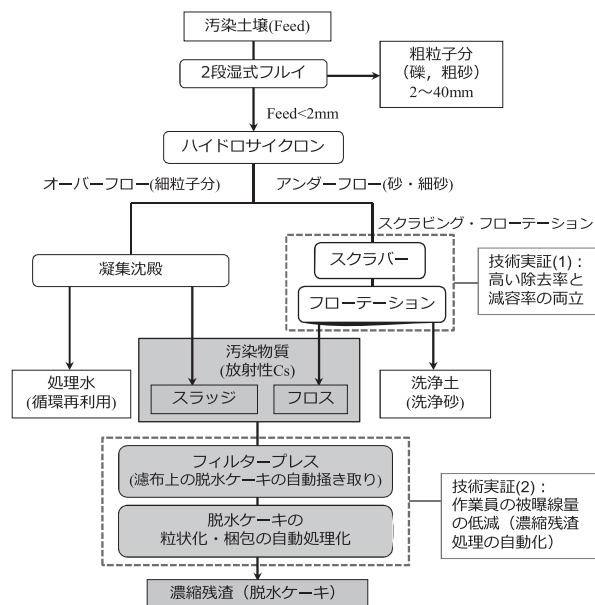
スクラビング・フローテーション技術とは、薬剤による土壌処理後にスクラビング（表面摩耗）を行なって放射性 Cs 吸着粒子を効果的に剥離し、続くフローテーションに

において剥離した放射性 Cs 吸着粒子のみを選択的に分離する技術であり、放射性 Cs への高い選択性を達成できると、除去率と減容率の両立が可能となる。

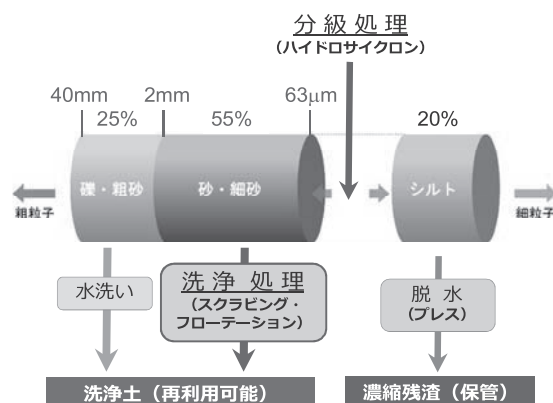
スクラバーによる機械的なスクラビングの説明を図一2(a)に示す。強固なスクラビングによって、砂表面の付着粒子の剥離に加えて砂そのものの摩耗が起こり、大量の摩耗粒子が発生する。機械的なスクラビングのみでは放射性 Cs の低減に効果がある反面、砂そのものも摩耗して大量の摩耗粒子を発生させ減容効果を著しく損なうという欠点があった。

これに対して、本スクラビング・フローテーション技術では、図一2(b)に示すような化学的なスクラビング、すなわち薬剤による土壌粒子の表面処理後にスクラビングを行なうことによって放射性 Cs 吸着粒子（粘土鉱物等）のみを効果的に剥離させることを特長としている。この表面処理後のスクラビングはスクラバー（図一3、5(b)を参照）において実施される。表面処理後のスクラビングに続けて放射性 Cs に対する選択性が高いフローテーション（図一3、5(c)を参照）を行なうことによって、放射性 Cs 汚染土壌に対して概ね 90% 以上の高い除去率と 80% 以上の高い減容率を両立することが可能となる。

本スクラビング・フローテーション技術を核とした洗浄処理フローを図一3に、土壌洗浄技術の基本概念を図一4に示す。2段湿式フルイによって汚染土壌（feed）は、2 mm 以上の礫・粗砂分と 2 mm 以下の土壌（feed < 2 mm）に篩い分けられる。2 mm 以下の土壌は、ハイドロサイクロン（図一5(a)を参照）によってオーバーフロー（細粒子分（シルト））とアンダーフロー（砂・細砂分）に分級される。放射性 Cs はその多くが細粒子分に付着・吸着しているため、細粒子分を分離することによって、土壌から放射性 Cs を効率良く分離、除去することができる。アンダーフロー中の砂・細砂分は、スクラバー（図一5(b)を参照）において複数の薬剤により表面処理された後、化学的なスクラビングによって土壌粒子表面から汚染粒子が



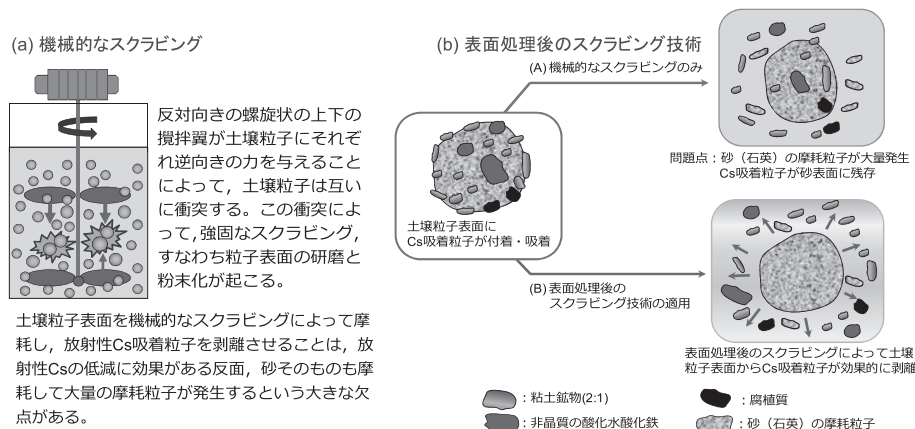
図一3 土壌洗浄の処理フローと技術実証の課題



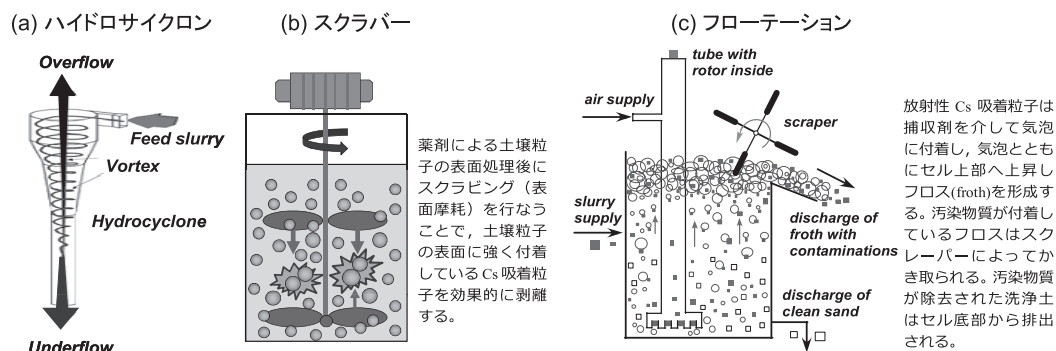
※この例では、汚染土壌の80%が再利用可能→減容率：80%

図一4 土壌洗浄技術の基本概念

効果的に剥離される。続くフローテーション（図一5(c)を参照）において土壌中の放射性 Cs 吸着粒子は、清浄な土壌粒子との表面性状の違いを最大限利用して選択的に分離される。土壌洗浄技術の実証試験プラントを写真一1に示す。実証試験で使用したハイドロサイクロン、スクラバー、フローテーションなどの試験装置を写真一2に示す。



図一2 機械的なスクラビングおよび表面処理後のスクラビング技術の概要



図—5 ハイドロサイクロン、スクラビング・フローテーション（スクラバー＋フローテーション）の概要



写真—1 土壌洗浄技術の実証試験プラント



写真—2 ハイドロサイクロン、スクラバー、フローテーション（左から順に）

(a) フィルタープレスと自動掻取り装置 (b) 濃縮残渣(脱水ケーキ)の自動掻取り (c) 濃縮残渣の破碎状況



写真—3 濃縮残渣（脱水ケーキ）の自動掻取りと破碎の状況

## (2) 濃縮残渣処理の自動化技術

作業員の被曝線量を大幅に低減させるため、高濃度の放射性 Cs を含む濃縮残渣（脱水ケーキ）の一連の処理の無人化を図った。脱水ケーキの自動掻取り機能、脱水ケーキを粒状に加工する造粒装置、および脱水ケーキのフレコンバッグへの自動梱包機能を追加することで、濃縮残渣処理の自動化を図った。フィルタープレスと新たに追加した脱水ケーキの自動掻取り装置を写真—3 (a) に、脱水ケーキの自動掻取り状況を写真—3 (b) に示す。通常はフィ

ルタープレスの濾布に付着して残った脱水ケーキの掻取りは作業員が手作業で行う。フィルタープレスで脱水された脱水ケーキは、含水率 35～40%の固く大きな板状のものであるため、そのままフレコンバックに詰めると脱水ケーキは嵩張って（空隙が非常に大きくなって）しまい、減容効果を大きく損ねてしまう。本自動化技術では、脱水ケーキは写真—3 (c) に示す破碎装置によって細かく破碎された後、写真—4 (a) に示す造粒装置によって小さなペレットに粒状化される（写真—4 (b)）。写真—4 (c) に示す



(a) 濃縮残渣(脱水ケーキ)造粒装置 (b) 濃縮残渣(脱水ケーキ)の造粒状況 (c) 粒状化された濃縮残渣(脱水ケーキ)



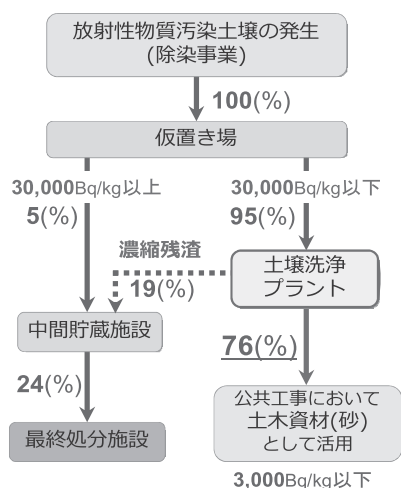
写真—4 濃縮残渣(脱水ケーキ)の粒状化

ように粒状化された濃縮残渣は、フレコンバックに隙間なく充填することができる。今回開発した濃縮残渣処理の自動化技術によって、作業員の被曝線量を自動化前の14%まで大幅に低減(低減率:86%)することを実証した。

### 3. 技術的効果

#### (1) 土壌洗浄による浄化・減容化の効果

今回開発した「スクラビング・フローテーション技術」によって、高い除去率(90%以上)と高い減容率(80%以上)を両立することが可能となると、除染事業によって発生する放射性物質汚染の減容化を極めて効果的に進めることができる。例えば図—6に示すように当社の試算では、除染によって発生する汚染土壌等の95%は30,000 Bq/kg以下であり、この汚染土壌を洗浄プラントで処理すると76%が公共工事において土木資材(砂)として活用できる洗浄土となる。



図—6 土壌洗浄による放射性物質汚染土壌の減容化(筆者らの試算)

除去率が高いほど、高濃度の汚染土壌を減容化の対象にすることができる。平成24年5月25日の環境省通知(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)には、「遮蔽効果を有する資材により地表面から30 cmの厚さを確保することで、およそ3,000 Bq/kg以下の再生資材を利用することが可能」と記載されている。土壌に基準は無いが上記の災害廃棄物由来の再生資材に準じて考えて、筆者らは3,000 Bq/

kg以下を洗浄土として、例えば「津波防災緑地」の盛土の一部へ再利用することを提案している。洗浄土が3,000 Bq/kg以下を満足するためには、15,000 Bq/kgの汚染土壌に対しては80%以上、30,000 Bq/kgの汚染土壌に対しては90%以上の高い除去率が必要となる。放射性物質汚染土壌の浄化・減容化については、全てが初めて行なう試みであるため、開発した技術の実証試験が極めて重要となる。このため、含有放射エネルギーが8,790～26,270 Bq/kgの7試料の元土壌(feed)を用いて、土壌洗浄の実証試験を行なった。

元土壌(feed)と洗浄処理された洗浄土(clean sand)の含有放射エネルギーを図—7(a)に示す。これらの7試料(Soil A～G)の含有放射エネルギーの除去率を図—7(b)に示す。

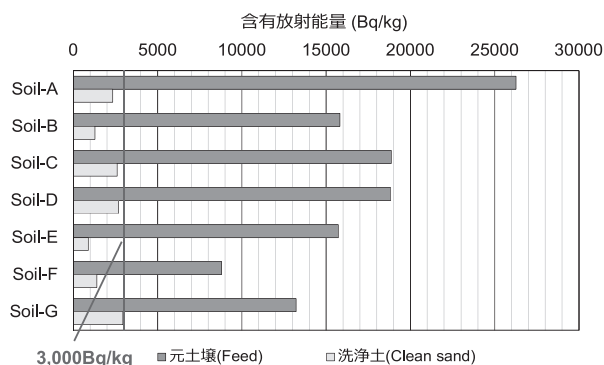
本洗浄技術によって放射性物質汚染土壌の洗浄土が3,000 Bq/kg以下となることが確認された。含有放射エネルギーの除去率は最小が77.8%(Soil-G)、最大が94.4%(Soil-E)であり、他の5試料が84～92%であり、スクラビング・フローテーション技術によって概ね90%以上の高い除去率が達成できることが実証された。土壌洗浄による放射性物質汚染土壌の減量率(乾燥重量ベース)は、平均84%(74～88%)であった。高比重(1.19)によって減量率を減容率に換算すると、減容率は平均82%(70～86%)であった。試算例(図—6参照)に示した発生土壌量全体に対する減量率76%(=95%×0.8)は、洗浄処理における減量率を80%として得られた値である。実証試験での減量率は平均84%(74～88%)であったため、試算例のように汚染土壌を効果的に減容化することは十分可能であると判断された。スクラビング・フローテーション技術のように、高い除去率と高い減容率を両立できる技術が、将来の放射性物質汚染土壌の浄化・減容化の効率を左右すると考える。

#### (2) 濃縮残渣処理の自動化による被曝線量の低減効果

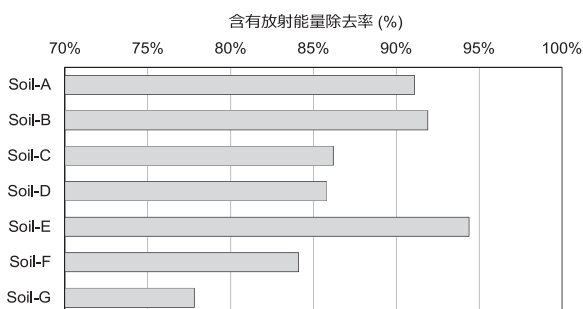
濃縮残渣処理の自動化による1年間当たりの被曝線量の低減効果を表—1に算出して示す。

濃縮残渣の自動化処理によって作業員の被曝線量は1年間当たり25,920  $\mu$ Sv(=720  $\mu$ Sv + 25,200  $\mu$ Sv)から3,585  $\mu$ Sv(=120  $\mu$ Sv + 3,465  $\mu$ Sv)へと自動化前の14%まで大幅に低減(低減率:86%)すること、被曝線量の低減効果は22,335  $\mu$ Svと非常に大きなことが判明した。濃縮

(a) 元土壌(feed)と洗浄土(clean sand)の含有放射能



(b) 含有放射能の除去率



図一七 元土壌と洗浄土の含有放射能, 含有放射能の除去率

表一 濃縮残渣処理の自動化による被曝線量の低減効果 (1年間)

| 作業内容            | 作業員<br>(名) | 1日の<br>作業時間<br>(hr) | 年間の<br>作業時間<br>(hr) | 1日の<br>待機時間<br>(hr) | 年間の<br>待機時間<br>(hr) | 被曝線率<br>(実測値)<br>( $\mu$ Sv/hr) | バックグラウンド<br>線率 (実測値)<br>( $\mu$ Sv/hr) | 年間の<br>被曝線量<br>( $\mu$ Sv) |
|-----------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|----------------------------------------|----------------------------|
| 掘取り作業<br>(従来作業) | 1          | 2                   | 600                 | ---                 | ---                 | 1.2                             | 0.2                                    | 720                        |
| 掘取り作業<br>(自動化後) | —          | —                   | 0                   | 2                   | 600                 | —                               | 0.2                                    | 120                        |
| 低減効果(1)         |            |                     |                     |                     |                     |                                 |                                        | ▲ 600                      |
| 袋詰め作業<br>(従来作業) | 2          | 7                   | 4200                | —                   | —                   | 6.0                             | 0.2                                    | 25200                      |
| 袋詰め作業<br>(自動化後) | 1          | 1.75                | 525                 | 5.25                | 1575                | 6.0                             | 0.2                                    | 3465                       |
| 低減効果(2)         |            |                     |                     |                     |                     |                                 |                                        | ▲ 21735                    |
| 低減効果<br>合計      |            |                     |                     |                     |                     |                                 |                                        | ▲ 22335                    |

※ 自動化された場合でも, 待機時間 (洗浄プラント内) にバックグラウンドの線量は被曝する。

※ 袋詰め作業が自動化された場合でも, 袋閉じの確認作業など(1.75hr)が必要と考えた。



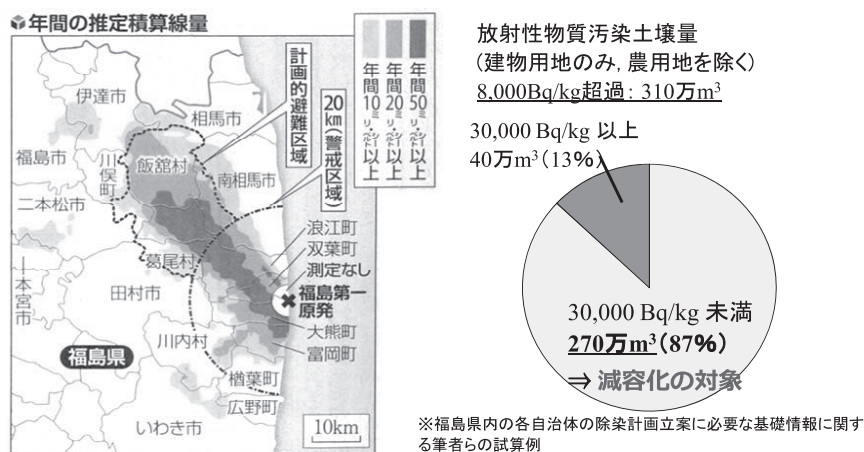
写真一五 フィルタープレス近傍の空間線量率の測定

残渣処理の自動化技術によって, 作業員の放射線に対する安全性が著しく改善された。濃縮残渣は, 土壌中の放射性Csが濃縮されたものであるため, 非常に高濃度の放射性Csを含有している。作業員の被曝線量の低減には, 濃縮残渣処理の自動化 (無人化) が極めて効果的であることが実証された。

#### 4. 経済的効果 (放射性物質汚染土壌の処分費用の低減効果)

除染によって被曝線量を低減することが強く求められる

場所は, 当然の事ながら, 住民の生活空間である居住地である。図一八に示すように福島県内の建物用地 (農用地を除く) の内, 8000 Bq/kg を超えて除染の対象となる放射性物質汚染土壌量は 310 万  $m^3$  と推定されている。この 310 万  $m^3$  の内, 減容化の対象となる 30,000 Bq/kg 未満の土壌は 270 万  $m^3$  と試算されている。除染によって発生する放射性物質汚染土壌を「減容化しない場合」と「新技術で減容化する場合」のコスト比較の試算例を表一二に示す。減容化しない場合の処分総費用は 5,400 億円であるが, 減容率 80% が可能な新技術で減容化を行なうと, 処分総費



※ここでは, 8,000 ~ 30,000Bq/kg の汚染土壌を減容化の対象とした。

図一八 福島県内の放射性物質汚染土壌量の試算例 (建物用地のみ, 農用地を除く)

表一 放射性物質汚染土壌の処分費用低減効果の試算例

|                          | 減容化しない            | 新技術で減容化          | 備考                                             |
|--------------------------|-------------------|------------------|------------------------------------------------|
| 除染土壌量 (万m <sup>3</sup> ) | 270               | 270              | --                                             |
| 減容率 (%)                  | 0%                | 80%              | 洗浄砂: 80%, 濃縮残渣: 20%                            |
| 洗浄土壌量 (万m <sup>3</sup> ) | --                | 270              | --                                             |
| 洗浄単価 (円/m <sup>3</sup> ) | --                | 20,000           | --                                             |
| 洗浄費用 (億円)                | --                | 540              | --                                             |
| 処分土壌量 (万m <sup>3</sup> ) | 270               | 54               | 濃縮残渣54万m <sup>3</sup> の処分                      |
| 処分単価 (円/m <sup>3</sup> ) | 200,000           | 200,000          | 管理型及び遮断型の処分場が混在するため、20万円/m <sup>3</sup> と仮定した。 |
| 処分費用 (億円)                | 5,400             | 1,080            | --                                             |
| 総費用                      | 5,400億円<br>(100%) | 1,620億円<br>(30%) | 3,780億円の低減<br>(▲70%)                           |

用は70%低減し1,620億円となる。

今回開発した新技術による減容化の経済効果は非常に高い。

## 5. 施工または生産・販売実績

### (1) 放射性物質の除染関連事業の実績

- ・福島県除染技術実証事業（福島県）：  
期間 2011年11月～2012年2月
- ・焼却灰セメント固化処理業務（環境省）：  
期間 2012年1月～6月
- ・広野町除染作業業務（広野町）：  
期間 2012年2月～2014年3月
- ・平成24年度除染技術実証事業（その5，環境省）：  
期間 2012年5月～9月
- ・楢葉町除染作業業務（環境省）：  
期間 2012年4月～10月

- ・伊達市除染作業業務（伊達市）：  
期間 2012年5月～2014年3月
- ・いわき市除染作業業務（いわき市）：  
期間 2012年12月～2013年3月
- ・大熊町除染作業業務（環境省）：  
期間 2012年12月～2014年3月

### (2) 土壌洗浄の実績（2013年6月現在，約300万ton）

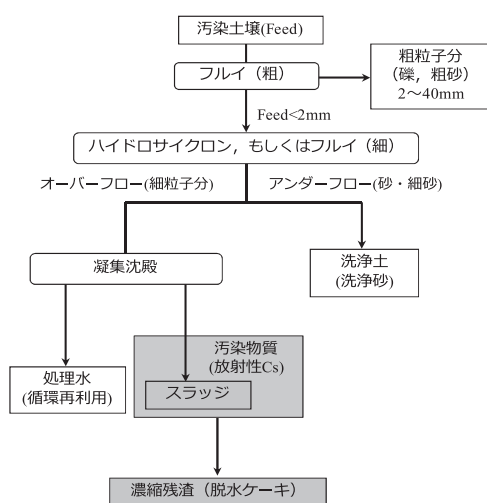
- ・洗浄処理した土壌量（過去の実績）：累計210万ton  
内訳：(a) オンサイト型：110万ton（全国11箇所），  
(b) 据え置き型：100万ton
- ・現在稼働中の洗浄プラント  
(a) 南三陸町のがれき処理工事でオンサイト型洗浄プラントが稼働中  
(b) 豊洲新市場土壌汚染対策工事でオンサイト型洗浄プラントが稼働中

## 6. 既存工法または機械との比較

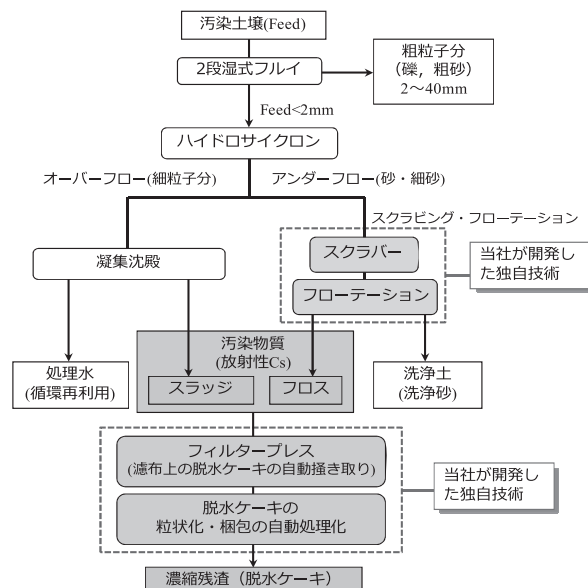
土壌洗浄は広く使われている技術であるが，一般的な既存技術は図一9(a)に示したようにフルイとサイクロン，もしくはサイズの異なるフルイのみの分級（篩い分け）プロセスのみで構成されている。筆者らはフローテーション技術を有効に活用し，分級処理のみでは達成できない高い浄化率を誇ってきた。今回は今まで培ってきた洗浄技術に加えて，図一9(b)に示すように新たに（1）スクラビング・フローテーション技術と（2）濃縮残渣処理の自動化技術を開発した。

含有放射エネルギーの除去率は分級処理のみのものより高くなり，スクラビング・フローテーションによる洗浄処理では概ね90%の高い除去率を得ることが可能である。

(a) 既存技術



(b) 開発した新技術



図一9 既存技術と開発した新技術との比較



## 7. 波及効果

本技術は、今まで培ってきた洗浄技術を基に、放射性 Cs 汚染土壌の効率的な浄化・減容化と被曝線量の低減化が行なえるように、新たに放射性 Cs に特化した（1）スクラビング・フローテーション技術と（2）濃縮残渣処理の自動化技術を加えたものである。

この 10 年の間、様々な汚染土壌、すなわち重金属類（水銀、シアン、フッ素など）、鉱物油、農薬、ダイオキシン類によって汚染された土壌の洗浄処理に取り組んできた。

本技術は、幅広い種類の汚染土壌の洗浄処理に適用可能であり、波及効果が極めて高い。現在、都市部における開発において「自然由来の汚染土壌」が大量に発生し、その低コスト処理の要望が高まっている。このような低濃度汚染土壌の効率的かつ安価な処理に対しても、本技術の一部を適用することができる。

## 発表論文

- (1) 毛利光男・土田充・中嶋卓磨, 土壤洗浄法による放射性物質汚染土壌の効率的な浄化と減容化, 平成 24 年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集 I, pp.7-

12, 2012.11.

※論文賞を受賞

- (2) 毛利光男, スクラビング・フローテーションを用いた土壤洗浄法による放射性物質汚染土壌の効率的な浄化と減容化, 建設の施工企画, No.754, pp.65-71, 2012.12
- (3) 毛利光男・貫上佳則, 改良 BCR 逐次抽出法による鉛・フッ素汚染土壌の形態分析と土壤洗浄の処理特性解析, 土木学会論文集 G, Vol.64, No.4, pp.314-326, 2008.12.
- (4) 毛利光男・土田充・馬場直紀・保坂幸一・中嶋卓磨, 土壤洗浄を用いた放射性 Cs 汚染土壌の減容化と濃縮残渣処理の自動化について, 第 19 回地下水・土壤汚染とその防止対策に関する研究集会講演集 (CD-ROM), S5-20, pp.493-497, 2013.6.

毛利 光男（もうり みつお）：応募代表者

清水建設㈱

エンジニアリング事業本部 土壤環境事業部

博士（地球環境学）

## お断り

この JCMA 報告は、会長賞を受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。



## ネットワーク型次世代無人化施工システムの開発

一般財団法人先端建設技術センター，九州地方整備局，九州地方整備局雲仙復興事務所，  
近畿地方整備局，近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所，(株)熊谷組，西松建設(株)

### 業務内容の概要

平成 23 年 3 月 11 日以降，大規模災害においての超長距離（30 km を超える）無人化施工技術に注目が集まっている。大規模火山噴火では，危険区域が火口から 10 km を超える広範囲に及ぶ場合がある。これまで無人化施工は，そのほとんどが 1 km 未満の範囲からの遠隔操作であり，10 km を超える長距離からの遠隔操作については，施工実績もなく適用性についての技術的検証も事例がなかった。我々開発グループは，広範囲に立入制限された大規模災害を想定し，IP（インターネットプロトコル）をベースとして，光ケーブル網等の長距離通信手段を活用することで 30 キロメートル以上の遠隔地からの超長距離無人化施工や多数重機の同時遠隔操作技術を実用化した。

管内に大規模火山を有する九州地方整備局の主導のもと，雲仙復興事務所管内において長崎河川国道事務所の協力を得ながら各種要素技術について実地検証を行った。検証では，長距離通信手段として光ケーブル，長距離無線 LAN，衛星通信を適用するとともに，近距離の現場内通信手段として特定小電力無線，無線 LAN，公共ブロードバンド（BB）無線を適用し，データの伝送能力，伝送の遅延や映像劣化が操作性に与える影響，オペレータの技量差や操作限界について検証を実施した。

検証の結果，雲仙復興事務所管内の大型建設機械を 30 km 以上離れた操作室から遠隔操作が可能であることを確認するとともに，超遠隔地からの無人化施工の工事への適用性についての課題を明らかにした。この超長距離遠隔操作実験の後，平成 23 年 9 月に紀伊半島を襲った台風 12 号災害等で発生した天然ダムにこの技術を用いて，初めて本格的な無人化施工を実施した。

光ファイバー統合ネットワーク無人化施工システムを使用した LAN 対応の無人化施工を被災地の奈良県野迫川村の北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事に導入し，無事竣工した。深層崩壊で発生した滑落崖の頭部の法面整形工で土砂を 4 台の遠隔操作式建設機械で安全に撤去した。災害現場付近は二次被害が想定され，操作室を設ける場所がなかったことから，見通しのない 1 km 離れた安全な場所に

操作室を設け，光ファイバーを敷設し施工が可能であることが実証できた。

これらの技術の確立により，今後発生が懸念される大規模災害への対応において，これまでの性能を大幅に上回るスケールでの遠隔操作技術の適用を可能とし，従来困難であった多数の画像を駆使した高度な無人化施工を可能とした。

### 業務内容

#### 1. 超長距離遠隔操作実証実験

##### (1) 実験の概要

大規模火山噴火では，危険区域が火口から 10 km を超える広範囲に及ぶ場合がある。これまで無人化施工は，そのほとんどが 1 km 未満の範囲からの遠隔操作であり，10 km を超える長距離からの遠隔操作については，施工実績もなく適用性についての技術的検証も事例がなかった。我々(財)先端建設技術センター，(株)熊谷組，西松建設(株)は，広範囲に立入制限された大規模災害を想定し，国土交通省で管理する光ケーブル網等の長距離通信手段を活用することで実現する数キロ～数十キロメートルからの超長距離無人化施工技術について実地検証を行った。この検証では，長距離通信手段として光ケーブル，長距離無線 LAN，衛星通信を適用し，近距離の現場内通信手段として特定小電力無線，無線 LAN，公共ブロードバンド（BB）無線を適用し，データの伝送能力に加えて，伝送遅延や映像劣化が操作性に与える影響，オペレータの技量差や操作限界について検証を実施し，結果的に雲仙復興事務所管内の大型建設機械を 30 km 以上離れた操作室（長崎河川国道事務所）から遠隔操作が可能であることを確認した。

##### (2) 実証実験の目的

実証実験は，広範囲に立入が制限された場合の緊急対策工事を想定し，遠隔地からの重機遠隔操作が迅速且つ確実に実施できるか検証することを第一義的な目的とした。同時に，通信手段等の要素技術について，災害時を想定した実工事への適用性を見極めるために各種条件を設定し検証を行った。

検証内容のポイントは大きく分けて、①システムの通信能力（伝送速度、伝送遅延、映像品質、通信可能範囲など）の検証、②伝送品質の低下や遅延等の通信状況がオペレータの操作や施工性に及ぼす影響の検証、の二点から成る。特に本実験では、これまで無人化施工への適用実績のない光ファイバ網と無線 LAN を通信システムの基軸に設定し、衛星通信や長距離無線 LAN 等を代替通信手段として検証した。その理由は、これまでの無人化施工技術の弱点であった「混信」と「伝送遅延」の問題解消に期待したからである。IP を適用すれば、チャンネル数の制約を受けないため、安全な所から多数の重機を確実に遠隔操作できる。その一方、これまでのこの方式が、伝送遅延や画質劣化がオペレータの操作や施工性に及ぼす影響についても検証した。本実験では、データ圧縮能力と伝送量変動への追従性能に優れた高性能カメラエンコーダーを使用し、無人化施工における超長距離遠隔操作技術について検証を実施した。以下に、この実験で検証した項目の概略を示す。

#### 実地検証の内容

- I. 各種通信手段の適用性検証（伝送能力、遅延など）
  - ①長距離通信能力（操作室～現場内中継局）
  - ②現場内通信能力（現場内中継局～重機）
- II. 操作環境および操作技能の検証（操作限界など）
  - ③遠隔操作のための操作環境（遅延、画質劣化の影響）
  - ④オペレータの技量（操作限界）
- III. その他の検証
  - ⑤建設機械の機能維持（給油、メンテナンス）

#### (3) 実験期間

平成 23 年 3 月 19 日（土）～ 4 月 14 日（木）

#### (4) 実験場所（図一 1）

- ・施工フィールド：長崎県島原市北上木場町
- ・操作室（1）：国土交通省長崎河川国道事務所

- ・操作室（2）：国土交通省雲仙復興事務所

#### (5) 実験結果と課題

本実験の実施により 30 km を超える長距離の遠隔操作であっても、一定の通信品質（画像伝送能力、伝送遅延や通信品質）を確保すれば、従前の無人化施工の操作室と同等の操作環境を構築することが可能であることが検証できた。表一 1 に実験の検証結果をまとめて示す。

これにより必要な技能を有するオペレータの確保や、LAN 等の通信ネットワークの構築維持、重機への給油や修理等のメンテナンス手段の確保、作業工種等の適用性拡大など、円滑で確実な無人化施工を緊急復旧工事で実現するための課題が明確になった。

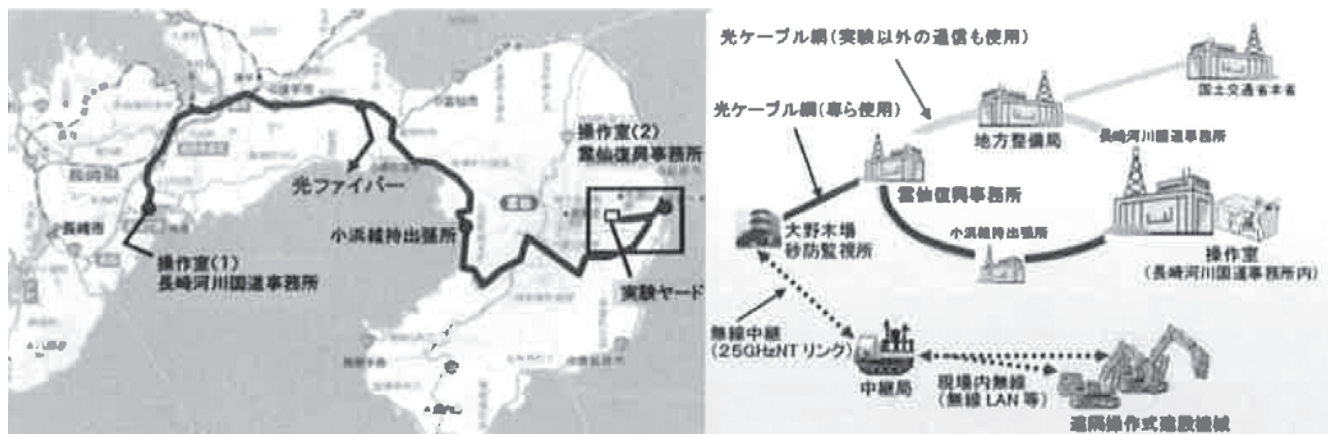
### 2. 北股地区河道閉塞緊急対策工事無人化施工

#### (1) 緊急対策工事への導入

平成 23 年 9 月に大きな被害をもたらした台風 12 号災害で奈良県に発生した天然ダムにおいて、昨年、初めて本格的な無人化施工を実施した。ここで前述した実験結果を基に光ファイバ統合ネットワーク無人化施工システムを使用した LAN 対応の無人化施工を、被災地の奈良県野迫川村の北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事法面整形工の一部（5100 m<sup>3</sup>）に導入した。深層崩壊で発生した滑落崖頭部の安定化の為、バックホウを中心とした 4 台の遠隔操作式建設機械を 1 km 離れた遠隔操作室から操作して安全に排土を行っている。実際の工事へ本格的に導入できたことにより今後の大規模災害への対応に遠隔操作技術が大きな役割を果たす可能性を示した。

#### (2) 無人化施工導入の経緯

被災した北股地区は奈良県南西部の和歌山県境付近に位置し、崩壊は北股川左岸支沢北側斜面で発生した。崩壊規模は標高差約 200 m、最大幅約 200 m、面積約 8.25 ha、崩壊土量約 120 万 m<sup>3</sup> である。崩壊土砂は尾根部より南西側方向へ崩壊し、支沢を閉塞させ、いわゆる天然ダムを形成し、更に土砂は支沢で西側へ屈曲し下流の北股集落の一部



図一 1 超長距離遠隔操作実証実験 概要図



表一 超長距離遠隔操作実証実験 検証結果

| 検証事項 |                                           | 検証結果                                                                                                                                                           |
|------|-------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | ネットワークの伝送状況<br>(操作データ伝送遅延<br>100 msec 以下) | ・各通信ネットワークにおいて伝送遅延 100 msec 以下となった。(衛星通信方式を除く)                                                                                                                 |
| 2    | 操作性の確認                                    | ・操作性に差異はあるが、各通信ネットワークにおいて超長距離の遠隔操作が可能であることが確認できた。<br>・長距離無線 LAN、及び公共ブロードバンドは機器設定により伝送量を調整することで操作性に改善が期待できる。<br>・衛星通信は遅延が大きいため通常操作には不向きだが、緊急時の遠隔操作には有効な手段となり得る。 |
| 3    | 無線到達距離                                    | 各通信方式の特徴を生かした遠隔操作の可能性が確認できた。                                                                                                                                   |
| 4    | 無線の回り込み評価<br>(指向性確認)                      | ①無線 LAN (IEEE802.11j)：伝送量は大きいですが、回り込みに劣る<br>②公共ブロードバンド：伝送量は小さいが、到達距離が長く回り込みに優れる                                                                                |
| 5    | 画像伝送条件による<br>操作限界                         | 画像の遅延<br>・遅延時間 1.5 秒 (通常 + 1 秒) が限界<br>画像の劣化<br>・伝送レート 384 kbps, フレーム数 15 fps が限界 (通常：1.5 Mbps/30 fps)<br>※どちらの値も作業内容により異なる。<br>※連続数時間の操作が可能かについては検証していない。     |
| 6    | 画像伝送能力                                    | 無線 LAN (IEEE802.11j)<br>・安定した伝送では、6 画像/チャンネル (1 画像：1.5 Mbps/30 fps)<br>・最大では 10 画像/チャンネルも可能                                                                    |
| 7    | オペレータ技量能力                                 | 熟練者と非熟練者のサイクルタイムには 2 倍近い差があった。                                                                                                                                 |
| 8    | 遠隔操作による<br>給油作業の可能性                       | 給油機械や重機の給油口等の技術開発が不可欠であるが、遠隔操作的には十分可能であることが確認できた。                                                                                                              |

に至った。本緊急対策工事は、天然ダム背後に湛水した流入水を速やかに排出し、通水機能を持たせる仮排水路の設置と崩壊した斜面にて工事用道路の敷設を行いながら散在した倒木の処理を行い、その後、崩壊地の安定化を図るため、崩壊地法肩部の緩んだ地盤を除去しながらの法面整形を行っていた。そして脆弱な土砂状地盤が分布する尾根頂部の土砂崩壊等の発生を抑制するため、尾根頂部の掘削により、地山を安定させる必要があった。しかし、頂部の数箇所は脆弱なやせ尾根状の地形のため、不安定であり、急傾斜面側への転落も懸念され、地山内での潜在的な流れ盤すべりによる崩壊の危険もあることから、不安定な地質により建設機械作業による 2 次災害の危険性を考えて無人化施工機械による法面整形工を実施しすることになった。また当現場付近は起伏が大きく湾曲しており直視出来ないためカメラ画像遠隔操作型無人化施工を採用した。

### (3) 無人化施工の詳細 (表一 2、写真一 1、図一 2)

重機の操作室は二次災害防止の観点や、同時発注予定のあった砂防堰堤施工の関係もあり被害の無かった旧北股小学校に設置した。しかしこれにより無人化施工エリアの頂部無線基地局と操作室間は 1 km 程度で無線では送信が難しくなったことから、この間は既設のモノレールの敷設してあった箇所に沿わず形で光ファイバケーブルを敷設し操

作データ、画像データ、情報化施工データ等の全てを LAN 化して送信する統合ネットワーク無人化施工システムを導入した。また頂部無線基地局から移動している重機間は 5 GHz 帯無線 LAN システムを使用してデータを伝送した。画像は頂部に固定カメラ 3 台、ハイビジョン 1 台と車載カメラが各重機に 2～3 台使用されている。また法面監視用に防護土堤にハイビジョンカメラを設置して無線基地局まで 25 GHz 小電力無線機で画像を伝送した。これら

表一 2 北股地区工事概要

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 工事名  | 北股川北股地区河道閉塞緊急対策工事                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 工事場所 | 奈良県吉野郡野迫川村北股地先                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 発注者  | 国土交通省近畿地方整備局                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 施工者  | (株)熊谷組 関西支店                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 工期   | 平成 23 年 9 月 30 日～平成 24 年 8 月 31 日                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 工事内容 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・法面整形工<br/>(有人機械：6,700 m<sup>3</sup> 無人機械：5,100 m<sup>3</sup>)</li> <li>・倒木処理 30,000 本</li> <li>・工事用道路 3,000 m</li> <li>・仮排水路工① (径 1,100 × 3 条) 内面平滑 188 m</li> <li>・仮排水路工② (径 600 × 1 条) 内面平滑 205 m</li> <li>・池処理工：6,520 m<sup>3</sup></li> <li>・防護土堤工：1 式</li> </ul> |



写真-1 北股地区無人化施工状況

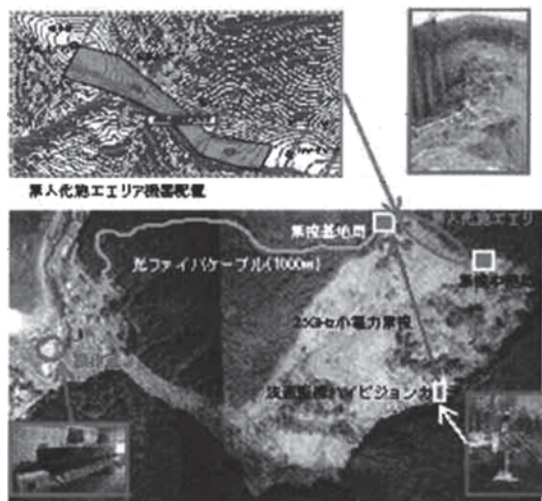


図-2 無人化機器設備概要

の無線の確実な配信のために基地局と反対側に無線中継局を設置している。

無人化施工機械は、除根、掘削作業 5000 m<sup>3</sup> を油圧ショベル 0.45 m<sup>3</sup>, 0.8 m<sup>3</sup>, ブルドーザ 16 t, キャリアダンプ 10 t の 4 台を使用して施工した。

#### (4) 情報化施工システムの活用

無人化施工での施工中は人が測量等で作業エリアに立入

ることは危険である。そこで北股無人化施工においても測量レスで掘削・敷均施工できる衛星測位システム GNSS を活用した油圧ショベルガイダンスシステムやブルドーザ排土板自動制御システムを導入した（写真-2）。これにはガイダンスシステムや排土板自動制御システムのコントローラを直接 LAN 変換するネットワーク伝送装置（CAN-LAN 変換）を開発し、ネットワークにつなげるようにすることで操作を全て操作室で行うことが初めて可能になった。

### 3. 開発による効果

#### (1) 技術的效果

- ・国土交通省等既設の光ファイバー網を利用して、はじめて 30 km 以上の無人化施工が可能であることを実証することができた。
- ・超長距離での遠隔操作での技術的課題が明確になり、今後無人化施工での迅速な対応を促進することができた。
- ・実証実験の成果を実際の無人化施工現場で生かし、仮設の光ファイバーでも対応できることを示した。
- ・情報化施工システムも同時に利用して安全に施工できることを示した。
- ・はじめて天然ダム上での本格的無人化施工を実施し、無人化施工の可能性を広げることが示せた。

#### (2) 経済的效果

全体の IP 化により無線機は複数使用しなくて済むことになり無人化施工のコストは低減している。

システムの立ち上げ時間が無線 LAN 等により 20% 程度短縮されている。

#### (3) 波及効果

これまで無人化施工で無線 LAN による施工事例等が発表されているが、既設の光ファイバー 1 本に集約した遠隔操作を実現している例はなく、併せて高度な情報化施工を



上段：油圧ショベルガイダンスシステム，下段：ブルドーザ排土板自動制御システム  
写真-2 情報化施工システム

有人運転と同様に遠隔操作で実現した事例はない。

このシステムの確立により操作室の配置等の制約が減り、システムの標準化がし易くなる等、今後の火山災害など大規模災害への対応の道筋を示すことが出来た。無人化施工の可能性を拡大する貴重な事例となる。

本技術は、第5回ロボット大賞 ロボットビジネス／産業実装部門（2012年10月）および第13回建設ロボットシンポジウム／優秀論文賞（2012年9月）を受賞している。

#### 参考資料

##### 1. 学会、技術誌等への発表論文

- ①大規模災害を想定した超長距離からの遠隔操作実証実験（九州地方整備局）

②超長距離無人化施工技術の適用性に関する考察（建設ロボットシンポジウム'12.9）

③雲仙普賢岳超遠隔操作実験における伝送状況確認試験等について（ク）

④災害応急・復旧工事に対応した無人化施工による超長距離遠隔操作実験でのオペレータの作業性に関する研究（ク）

一般財団法人先端建設技術センター、九州地方整備局、九州地方整備局雲仙復興事務所、近畿地方整備局、近畿地方整備局紀伊山地砂防事務所、(株)熊谷組、西松建設(株)

#### お断り

このJCMA 報告は、貢献賞を受賞した原文とは一部異なる表現をしてあります。

## 橋梁架設工事の積算 ——平成 24 年度版——

### ■改訂内容

1. 鋼橋編
  - ・横取り設備質量算定式の見直し
  - ・製作工労務単価の変更に伴う架設用の製作部材単価改訂
  - ・積算例題の見直し
2. PC橋編
  - ・二組桁横取り装置設備を追加
  - ・プレキャストセグメント主桁組立工の適用範囲拡大
  - ・架設支保工工法の供用日数の補正方法の説明図追加 ほか

■ B5 判／本編約 1,100 頁（カラー写真入り）  
別冊約 120 頁 セット

### ■定価

非会員：8,400 円（本体 8,000 円）  
会 員：7,140 円（本体 6,800 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 450 円（但し県内に限る）

■発刊 平成24年5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>



## CMI 報告

# コンクリート床版表面の 水分管理に適した水分計の開発

榎園 正義・谷倉 泉

## 1. はじめに

平成 14 年度の道路橋示方書改訂に伴い、すべての道路橋コンクリート床版には、防水層を施工することが定められた。道路橋コンクリート床版等の防水工において、コンクリート表面の水分量が多いと期待する付着強度が得られないことから、防水工施工前のコンクリート表面の水分管理は、膨れや剥がれといった変状現象を防止する上で重要である<sup>1), 2)</sup>。そのため、土木、建築の多くの現場での水分管理には、コンクリート専用の高周波容量式水分計<sup>5), 6)</sup>を用い、含水率 10% 以下<sup>3), 4)</sup>を目標として管理している事例が多い。しかし、この高周波容量式水分計は、道路橋床版防水便覧では「測定精度の信頼性が劣る」ことが指摘されている。すなわち、防水層の施工管理等に限らず、コンクリート表面の水分を管理する場合には、水分量を正確に評価できる手法の確立が課題となっている。

本研究では、コンクリート表面の水分状態をより正確に把握することを目的として、一般的に使用されている従来タイプの高周波容量式水分計とは原理の異なる新たな電気抵抗式の水分計（特殊導電性ゴム電極との組合せによる新型水分計）による測定方法を考案・開発し、実験的な検証を行ってその有効性を示したものである。

## 2. 実験概要

本実験では、試験体として JIS 規格のコンクリート平板試験体と現場の橋梁床版コンクリートを想定し、各種のコンクリート仕上げ面を有する模擬床版試験体

を用いて水分計の適用性に関する以下の確認実験を行った。

- 1) コンクリート平板試験体を用いた現行水分計と新型水分計の適用性
- 2) 模擬床版試験体を用いた各種表面仕上げ条件での両水分計の適用性
- 3) コンクリート表面含水状態の定性的評価
- 4) コンクリートの含水率に関する定量的評価

### (1) 試験体の種類と測定対象

#### ①コンクリート平板試験体

水分計の基礎実験用の試験体として、防水層の各種要素試験用に採用している市販の JIS コンクリート平板（□ 300 × 300 × 60 mm; 呼び強度 27）を使用した。この平板試験体の表面は、通常の床版仕上げ処理面と同様にスチールショットブラスト（SS）処理<sup>7)</sup>し、裏面は未処理面とした。また、試験体は長期間気中養生した乾燥状態（36 体）と水中養生した湿潤状態（4 体）の合計 40 体を用いた。このコンクリートの配合を表 1 に示す。

表 1 コンクリート平板の配合

| 呼び強度 | w/c (%)                                                                        | S/G (%) | 単位料 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      | 混和剤  |
|------|--------------------------------------------------------------------------------|---------|--------------------------|-----|-----|------|------|
|      |                                                                                |         | w                        | c   | S   | G    |      |
| 27   | 45                                                                             | 46      | 157                      | 350 | 867 | 1027 | 1.93 |
| 備考   | ・スランブ: 12 ± 2.0 cm<br>・粗骨材の最大寸法: 20 mm<br>・セメントの種類: 普通ポルトランドセメント<br>・空気量: 1.2% |         |                          |     |     |      |      |

#### ②模擬床版試験体ヤード

各種コンクリート仕上げ面での水分計の適用性を確認するため、昭和 39 年道路橋示方書に準拠して模擬床版試験体を作製した（8.5 × 35 × 0.22 m）。そのコンクリート表面は一般的なコテ仕上げ、ほうき目仕上げ面、大型切削機やファインミリング切削機による凹凸面、各種表面処理（SS 処理、ウォータージェット（WJ）処理等）したコンクリート表面を測定対象とした。

### (2) 水分計の選定および質量含水率

#### ①水分計の選定

写真 1 に示すように、現場の水分管理用として一般的に使用されているコンクリート・モルタル・軽量気泡コンクリート専用の高周波容量式水分計（以下、水分計 A と呼ぶ；含水率（%）を表示）と検出原理が異なる新たに提案する電気抵抗式水分計（以下、新型水分計 B と呼ぶ；10 ～ 990 のカウント値を表示）の 2 種類とした。

この新型水分計 B の表示（カウント値；電気抵抗換算法）については、既往の研究<sup>8)</sup>に示すように最小値 10（約 820 G $\Omega$ ）はコンクリートが乾燥して水分が無く電気抵抗が大きい絶縁物を示し、最大値 990（約 10 k $\Omega$ ）はフレッシュなコンクリートのように強アルカリ性の水分を多く含んで電気抵抗値の小さい状態を示す電気抵抗換算値である。



(a) 現行の水分計 A  
（高周波容量式水分計）

(b) 提案する新型水分計 B  
（電気抵抗式水分計）

写真 1 水分計の種類

## ②質量含水率（コンクリート平板の最大含水率）

コンクリート平板試験体が含有できる水分量（含水率）の最大値は、水中養生後の湿潤状態の重量（ $w_1$ ）と恒温槽（105℃）を用いて質量が一定となるまで強制乾燥させた絶乾状態の重量（ $w_2$ ）から求めた。

## (3) 検量線と含水率

新型水分計 B のカウント値と含水率（%）との関係を把握する目的で、加熱乾燥法によりコンクリート平板試験体の水分調整を行い、各質量含水率とカウント値との定量的な関係（検量線）を求めた。

## 3. 実験結果と考察

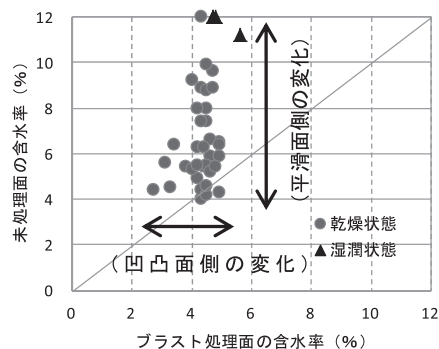
### (1) 基礎実験（コンクリート平板試験体）

#### ①気中乾燥状態および湿潤状態の水分量

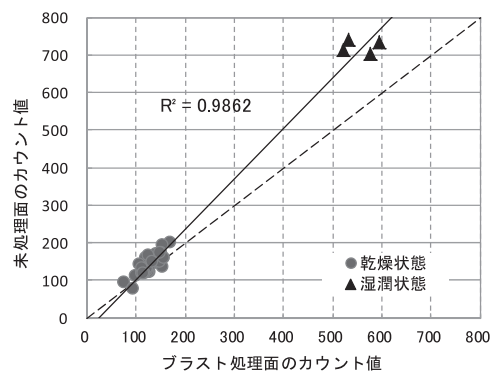
水分計 A による含水率は、図 1 (a) に示すように、乾燥状態および湿潤状態において、SS 処理面は未処理面と比べて含水率が常に小さく表示される傾向（過少評価）が確認された。一方、新型水分計 B によるカウント値では、図 1 (b) に示すように、乾燥状態でのカウント値は 80～200（2 M $\Omega$  以上）の範囲を、湿潤状態では 500（60 k $\Omega$  以下）以上を示し、両面には正の強い相関が認められた。

#### ②水分量の経時変化

水分計 A による恒温恒湿養生中の含水率の経時変化は、図 2 (a) に示すように湿潤状態の 0～1 時間に変動が見られるが、2～24 時間では 4～6% の範囲で、ほとんど変化が認められない。一方、新型水分計 B によるカウント値は、図 2 (b) に示すように

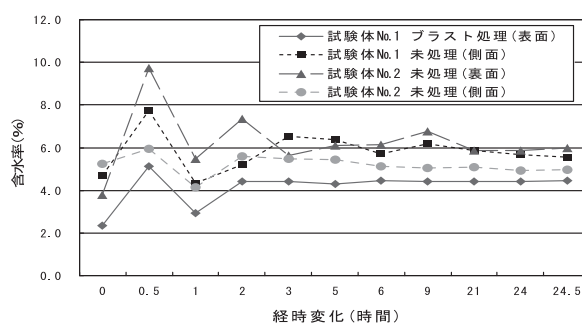


(a) 水分計 A による含水率

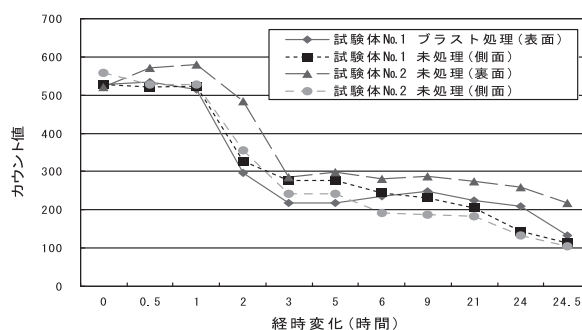


(b) 新型水分計 B によるカウント値

図 1 含水率およびカウント値測定結果



(a) 含水率の経時変化（水分計 A）



(b) カウント値の経時変化（新型水分計 B）

図 2 水分量の経時変化

湿潤状態は 500～600（60～30 k $\Omega$ ）で、約 24 時間後の表面乾燥状態では 100～250（900～0.6 M $\Omega$ ）の範囲へと大きく変化しており、表面の含水状態を捉えているものと考えられる。

### ③コンクリート平板試験体の定性的評価

コンクリート平板試験体と新型水分計 B を用いたカウント値の測定結果を表—2 に示す。この表から、表面乾燥状態を表す数値は、概ね 200 以下 (2 MΩ 以上) であると考えられる。また、カウント値が 100 以下 (900 MΩ 以上) の場合は、電氣的に絶縁物であると判断できる。

表—2 平板試験体とカウント値のまとめ

| 表面状態    | 測定結果 (カウント値)         | 備考                 |
|---------|----------------------|--------------------|
| ①絶乾状態   | 40~63<br>(或いは LO 表示) | 乾燥炉 (105℃、7 日間) 養生 |
| ②乾燥状態   | 76~96                | 恒温室 (40℃) 養生       |
| ③表面乾燥状態 | 99~168               | 室内養生               |
| ④湿潤状態   | 500~739              | 水中養生               |

### (2) 模擬床版試験体での適用実験

模擬床版試験体の各種仕上げ面を対象として、両水分計を用いて測定した結果を図—3、表—3 に示し、以下に述べる。

#### ①コンクリート仕上げ面の影響評価

水分計 A による含水率は、図—3 に示すように表面粗さが大きいと値が小さく、バラツキもあって、仕上げ面の影響が大きく表れた。一方、新型水分計 B のカウント値はバラツキも小さく、コンクリート仕上げ面の影響を受けにくい測定方式であることが判明した。

#### ②各種乾燥条件での定性的評価

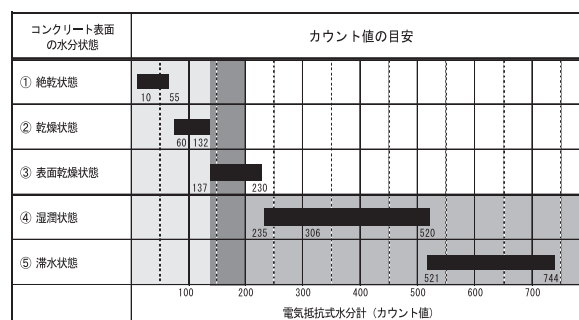
新型水分計 B によるカウント値の測定結果を、コンクリートの表面状態で区分して表—3 に示す。この表から、カウント値が、概ね 200 以下 (2 MΩ 以上) であれば、模擬床版のコンクリート表面が乾燥状態であることがわかった。

表—3 模擬床版試験体とカウント値のまとめ

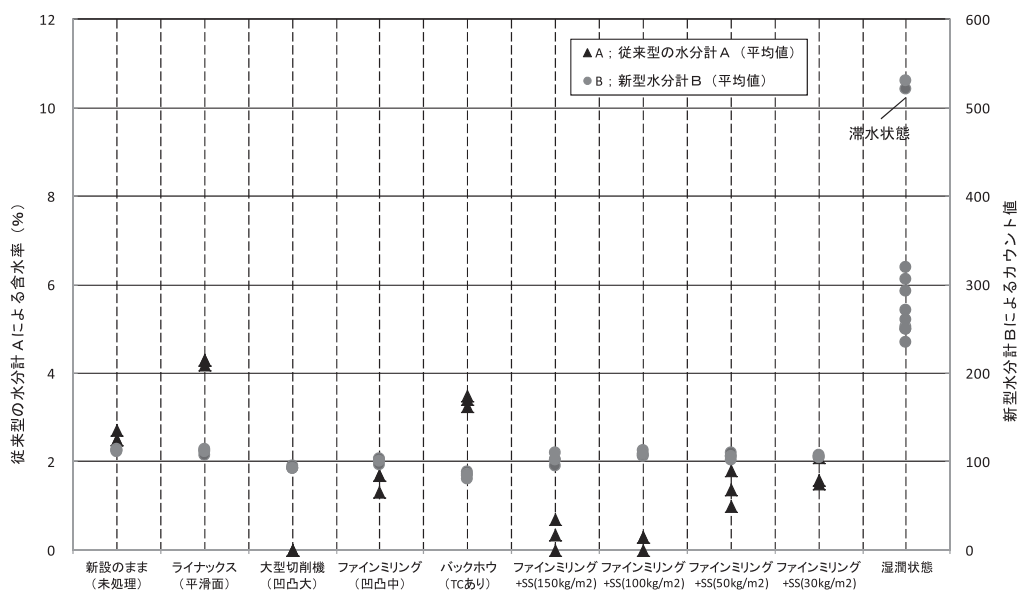
| 区分   | 測定条件                        |                  | 測定結果<br>(カウント値)    | 備考                                   |
|------|-----------------------------|------------------|--------------------|--------------------------------------|
|      | 乾燥条件                        | 表面状態             |                    |                                      |
| 条件 1 | 自然乾燥状態<br>(2 週間以上降雨なし)      | 乾燥状態             | 100~109            |                                      |
| 条件 2 | 降雨後の自然乾燥状態                  | 滞水状態             | 520~530            |                                      |
|      |                             | 湿潤状態             | 230~320            |                                      |
|      |                             | 表面乾燥状態<br>(乾燥状態) | 210~220<br>130~180 | コテ仕上げ面<br>ライナックス仕上げ面                 |
| 条件 3 | 降雨後の強制乾燥状態                  | 滞水状態             | 580~600            |                                      |
|      |                             | 湿潤状態             | 300~530            |                                      |
|      |                             | 表面乾燥状態           | 120~250            |                                      |
| 条件 4 | 自然乾燥状態<br>(1 週間以上降雨なし)      | 乾燥状態             | 100~130            |                                      |
| 条件 5 | 防水層の試験施工時の<br>乾燥状態 (前日まで雨天) | 湿潤状態             | 300~400            | 水抜きを行った直後<br>(区画 4)                  |
|      |                             | 表面乾燥状態           | 200~300            | 上記の湿潤状態からブ<br>ローアによる送風で乾<br>燥 (区画 4) |
|      |                             | 乾燥状態             | 113~200            | 1~6 ブロックの一般<br>部                     |

### (3) コンクリート表面状態と定性的評価のまとめ

平板試験体および模擬床版試験体のコンクリート表面の水分状態とカウント値との関係を図—4 に示す。この図からも明らかなように、新型水分計 B で測定したカウント値を用いると、コンクリート表面の乾燥状態の評価のみでなく、表面の水分状態を概ね推定することができることがわかった。



図—4 コンクリート水分状態とカウント値との関係

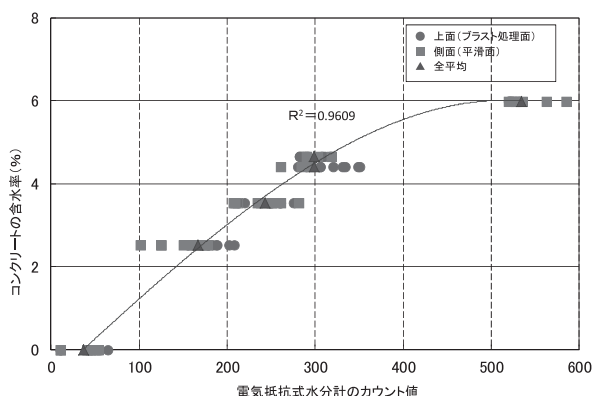


図—3 仕上げ条件の違いと水分量測定結果



#### (4) 検量線と含水率のまとめ

図—5にカウント値と含水率の関係（検量線）を示す。カウント値は含水率の増加に伴って大きく変化する。両者の間には強い正の相関（ $R^2 = 0.96$ ,  $n=84$ ）が認められた。すなわち、コンクリート平板の検量線としてカウント値を用いて評価を行えば、コンクリート表面の含水率を定量的に把握でき、その結果として表面の乾燥状態の判断が可能になる。



図—5 含水率とカウント値の関係（検量線）

#### 4. まとめ

本実験研究の結果によって得られた結論は次のとおりである。

- ①コンクリート床版表面の水分は、新しく開発した電気抵抗式の新型水分計Bを用いることによって、多少の凹凸があっても正確に測定できることがわかった。従来から用いられている高周波容量式の水分計Aは、コンクリート表面の凹凸の影響を受けて凹凸面では含水率を過小評価する。
- ②新型水分計Bを用いて測定したカウント値と、質量変化から求めたコンクリート表層部の含水率との間には、強い正の相関（ $R^2 = 0.96$ ）が認められた、すなわち、新型水分計Bのカウント値を用いて換算すれば、コンクリート表面付近の乾燥状態の判別および含水率を推定することが可能である。
- ③新型水分計Bによって測定されるカウント値（10～990）を利用すれば、コンクリート表面の水分状態を、絶乾状態、乾燥状態、表面乾燥状態、湿潤状態、滞水状態として定性的に判別することが可能である。

#### 5. おわりに

本研究においては、コンクリート表面の凹凸形状および水分状態の違いに着目し、新しく開発した電気抵

抗式の新型水分計と、従来用いられてきた高周波容量式の水分計の適用性の検証を行った。その結果、電気抵抗式の測定手法を用いれば、簡便かつ正確にコンクリート表面の乾燥状態の判別や含水率を推定することが可能であることがわかった。その一方で、高周波容量式では適正な水分状態を測定できないケースがあることが実証できた。

今後は、防水工に使用されるプライマーや接着剤について、コンクリート表面の水分量（含水率）が接着強度に与える影響等についても研究を継続していきたい。さらに、防水工施工前のコンクリート床版表面の含水状態のあり方だけでなく、生コンクリート打設直後からの硬化過程における水分管理への適用性等についても、客観的な判断基準の確立に向けて、ここで開発した水分計の活用を図りたいと考えている。

なお、本実験研究の成果を踏まえ、(株)ケット科学研究所からコンクリート表面の含水状態をカウント値（電気抵抗換算値）表示、あるいは含水率を直読できる「道路橋床版水分計 HI-100」が販売されることになったことを付記しておきたい。

J C M A

#### 《参考文献》

- 1) (株)高速道路総合技術研究所、(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所、(財)災害科学研究所社会基盤維持管理研究会：欧州床版防水システム調査報告書、2009。
- 2) 公益社団法人土木学会：道路橋床版防水システムガイドライン（案）、2012。
- 3) (社)日本道路協会：道路橋床版防水便覧、2007。
- 4) (社)日本建築学会：建築工事標準仕様書・同解説（JASS23）吹付工事、P.96、2006。
- 5) 湯浅昇、笠井芳夫：非破壊による構造物コンクリートの水分測定方法、コンクリート工学、Vol.32、No.9、pp.49-55、1994。
- 6) 岩瀬裕之：高周波容量式水分計による細骨材の表乾判定に関する研究、コンクリート工学年次論文、Vol.27、No.1、pp.49-54、2005。
- 7) 構造物施工管理要領、東・中・西日本高速道路㈱：2011。
- 8) 谷倉泉、榎園正義、後藤昭彦：床版防水工における水分計の適用性に関する研究、構造工学論文集、Vol.59A、PP.1112～1123、2013。

#### 〔筆者紹介〕

榎園 正義（えのきぞの まさよし）  
（一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所  
研究第二部  
研究課長



谷倉 泉（たにくら いずみ）  
（一社）日本建設機械施工協会  
施工技術総合研究所  
研究第二部  
部長



## 部 会 報 告

ISO/TC 195 (建設用機械及び装置専門委員会)  
米国・バーリッジ国際会議報告

標準部会

JCMA 標準部 次長 小倉 公彦

2013年5月14日～17日の4日間、米国イリノイ州シカゴ西郊・バーリッジで開催されたISO/TC 195 (建設用機械及び装置専門委員会)、SC 1 (コンクリート機械及び装置分科委員会) 及び各 WG (作業グループ) の国際会議に日本代表として出席したので、その内容を報告する。

## 1. はじめに

ISO/TC 195 国際会議は例年5月に開催され、今年は米国 AEM (機械工業会) の後援により、バーリッジ村にあるシカゴ・マリOTT・サウスウェスト・アット・バーリッジホテル会議室で表—1 に示す日程で行われた。

今回、日本からは表—2 に示す2名の関係者が参加した。

表—1 ISO/TC 195 各会議日程

| 日 時      | 会 議 名                                 |
|----------|---------------------------------------|
| 5月14日 午前 | ISO/TC 195/SC 1 /WG 2 (コンクリート仕上げ機) 会議 |
| 午後       | SC 1 (コンクリート機械及び装置；日本が幹事及び議長国) 本会議    |
| 5月15日 午前 | WG 8 (粗骨材処理用機械及び装置) 会議                |
| 午後       | WG 5 (道路建設及び維持作業用機械) 会議               |
| 5月16日 終日 | WG 9 (自走式道路建設用機械の安全) 会議               |
| 5月17日 午前 | ISO/TC 195 本会議                        |

表—2 日本からの出席者

| 氏 名  | 役 割                                         |
|------|---------------------------------------------|
| 大村高慶 | ISO/TC 195 /SC 1 議長                         |
| 小倉公彦 | 協会 ISO/TC 195 事務局,<br>ISO/TC 195 /SC 1 国際幹事 |

各国からの会議出席者は、[ドイツ (5)・中国 (8)] (ツイニング幹事国)、米国 (7) (ホスト国)、フランス (4)、韓国 (3)、フィンランド (2)、スウェーデン

(1)、英国 (1) 及び日本 (2) の各 TC 195 関係者であり、9ヶ国 計 33 名であった。

なお、例年、経済産業省施策による「国際幹事等国際会議派遣事業」の支援を受けているが、昨年度国会審議での予算案通過が遅れた関係で、今年度4月～5月開催の国際会議参加は支援事業の対象外とされ (他団体も同様)、当協会予算による出張となった。

## ※1 ISO 関連用語の解説

ツイニング：2ヶ国による (幹事国) 協同運営、コンビナー：(作業グループ) 主査

## ※2 ISO 規格・組織略語の解説

TC：専門委員会、SC：分科委員会、WG：作業グループ、NWIP：新規業務項目提案、WD：作業ドラフト、CD：委員会ドラフト、DIS：国際規格ドラフト、FDIS：最終国際規格ドラフト、ISO/CS：ISO 中央事務局

## ※3 CEN：欧州標準化委員会

## 【会議出席の目的】：

ISO/TC 195/SC 1 議長国として各国提案の進捗状況を確認するとともに、昨年日本から提案した2件 (トラックミキサー第1部：用語及び商業仕様、同一第2部：安全要求) のうち第1部を推進する。

また、ISO/TC 195/WG 8 の前コンビナー国として、昨年 CD 投票を行った ISO/CD 21873-1 自走式破碎機—第1部：用語及び商業仕様の投票結果を引き継いだ現コンビナー国・米国を補佐し、議論に参画する。

その他の WG 会議にも出席し、P メンバー国として日本の意見を具申する。

さらに、ISO/TC 195 本会議において SC 1 の決議を報告するとともに、幹事国ドイツが提案している TC 195 組織再構築及び改編の進捗状況を確認する。

## 2. 会議概要

## 2.1 5月14日 (火) 午後：ISO/TC 195/SC 1 (コンクリート機械及び装置) 本会議

【出席者】：ドイツ (4)、中国 (6)、韓国 (3)、米国

(5), スウェーデン(1), フィンランド(1),  
日本(2) / 議長: 大村高慶, 幹事: 小  
倉倉彦, 計7ヶ国; 22名

ISO/TC 195/SC 1 本会議では, 次の13件の決議が採  
択された。

**決議1:** 次期(2014~2016年) TC 195/SC 1 議長に  
大村氏を任命する。本提案を TC 195 本会議に提出す  
る。

**決議2:** TC 195/SC 1 小倉幹事による前回以降の活動  
報告が承認された。

**決議3:** 日本提案(トラックミキサー用語及び商業仕  
様)のプロジェクトについて, 各国はコメント/意見  
を提出するとともに専門家を指名する。日本はその時  
点でNWIPを提出する。

**決議4:** 日本提案(トラックミキサー安全要求)につ  
いて, 昨年のISO/TC 195/SC 1 決議7/2012に従い,  
CEN/TC 151/WG 8と協力し, 別のプロジェクトと  
して追って提出する。(トラックミキサー用語及び商  
業仕様を第1部とする, 同一規格番号の) 第2部で  
ある必要はなく, ウィーン協定によるプロジェクトと  
して付番される。

**決議5:** 中国提案「コンクリート配管一寸法及び安全  
要求」第2次NWIP投票結果について, より多くの  
国が専門家を指名するまで中国は次段階へ移行する作  
業を延期し, 必要な条件を満たした時点でNWIPを  
提出する。

**決議6:** 中国提案「ドライミクストモルタルバッチ  
ングプラント—用語及び商業仕様」について, 第1次  
NWIP投票でのコメントに対処するため, プロジェク  
ト適用範囲を「コンクリート及びモルタル混練機械」  
に拡大する提案を含む中国の報告が受理された。中国  
は, EN 12151 安全要求との整合を図り, 適用範囲を  
拡大し2部構成としたNWIPを準備する。

**決議7:** 前述の中国提案「コンクリート及びモルタル  
混練機械—安全要求」について, EN 12151 安全要  
求を基に, ウィーン協定によるCEN/TC 151/WG 8と  
の協業プロジェクトとして後日NWIPを立ち上げる。

**決議8:** 韓国提案「コンクリート打設ブーム—第1部:  
用語及び商業仕様」について, WG 3は表題を「打設  
ブーム」から(より広義の)「打設システム」に変更し,  
CD投票にかける為のドラフトを日本に提出する。

**決議9:** 米国提案「コンクリートフローティングマシ  
ン—第1部: 用語及び商業仕様, 同一第2部: 安全要  
求」について, (同日午前中の) SC 1/WG 2 会議での  
決定及び提言に従い, 日本はSC 1/WG 2より提出さ  
れる第1部及び第2部の修正ドラフトをCD投票にか

ける。

**決議10:** ISO 18650-2, ISO 21573-1 について, 定期  
の見直しコメント及びISO/CSの提言に対し軽微な改  
正で対処する。中国はISO 21573-1の投票プロセスに  
おいてシステム不具合があり投票できなかったが, 席  
上で賛成及び専門家の指名を表明し受理された。日本  
は, これら2件の見直しプロジェクトを立ち上げる。

**決議11:** 将来のISO/TC 195 国際会議開催時期見直  
しに関する日本提案について, TC 195 本会議で議論  
する。

**決議12:** 米国イリノイ州バーリッジでの会議開催に  
ついて, 米国の尽力に感謝する。

**決議13:** 次回ISO/TC 195/SC 1 本会議は, 2014年  
のTC 195 本会議に合せて開催する。

決議3及び決議4において, 昨年日本が提案し  
た2件につき, 各国専門家の意見を集めた上で  
NWIPを提出することとした。

決議6及び決議7において, 中国NWIP投票  
が専門家参加国不足で不成立となったことを受け  
て適用範囲を拡大し, 更に安全要求を含む2部構  
成として, EN 12151に整合させる形で改めて提  
案したい意向を中国が示したが, 過去に日本が提  
案した「コンクリートバッチングプラント—安全  
要求」を(同じEN 12151が見直し中である事を  
理由に)一旦予備段階に戻した経緯から, 本提案  
も同様にEN 12151改訂完了後に改めて協議すべ  
きである旨, 日本より指摘した。

決議11において, 日本の財政的理由による会  
議日程見直し提案を説明し, 韓国等から一定の賛  
同が得られたが, TC195議長から「会議日程は  
既に2年先まで決まっており, また, 全てのP  
メンバー国の意向をアンケート調査すべき」との  
指摘があった。



写真—1 ISO/TC 195/SC 1 会議風景 (米国, ドイツ使節団)





写真一 2 ISO/TC 195/SC 1 会議風景 (中国使節団)

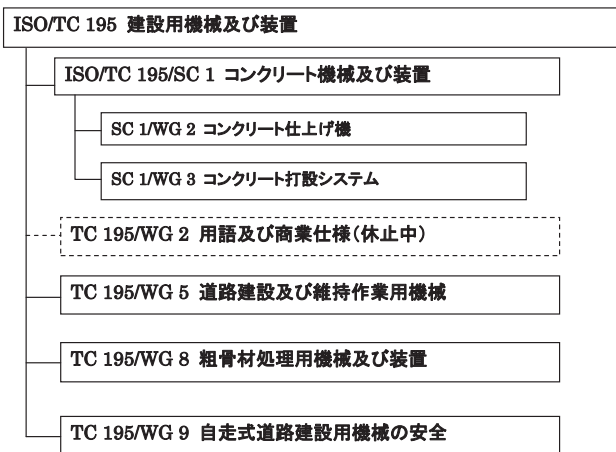
写真一 3 ISO/TC 195/SC 1 会議風景  
(フィンランド、米国、韓国、日本、スウェーデン使節団)

## 2.2 5月17日(金): ISO/TC 195 第22回本会議

【出席者】: ドイツ (5), 中国 (8), 米国 (6), フランス (4), 韓国 (3), フィンランド (2), スウェーデン (1), 英国 (1), 日本 (2)  
 /議長兼幹事代行: Hartdegen 氏 (ドイツ), 計 9ヶ国; 32 名

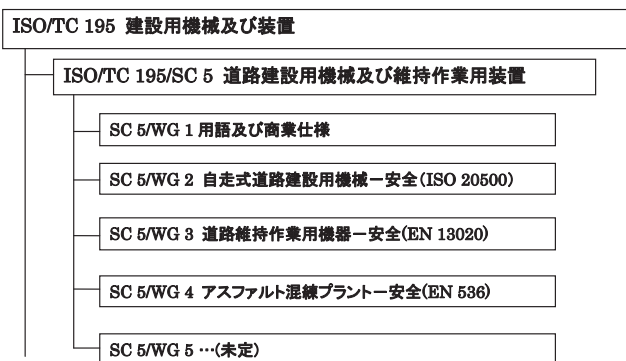
TC 195 の適用範囲及び用語規格との整合に関連し、昨年のデルフト会議でドイツ議長 Hartdegen 氏は TC 195 の再構築及び改編を提案した。(ISO/TC 127 との協業, ウィーン協定の下で CEN/TC 151 との協業を図り, 重複した作業の削減を目指す) 今回, ドイツ幹事 Kampmeier 氏が急病で欠席の為, Hartdegen 氏及びドイツ Drees 氏が, その後の検討状況について次の様に報告した。

現在, ISO/TC 195 は図一 1 に示す組織構成となっている。TC 195 の直下に SC 1, WG 5, WG 8, WG 9 があり, SC 1 の傘下に WG 2, WG 3 がある (TC 195 直下の WG 2 は, 現在休止)。



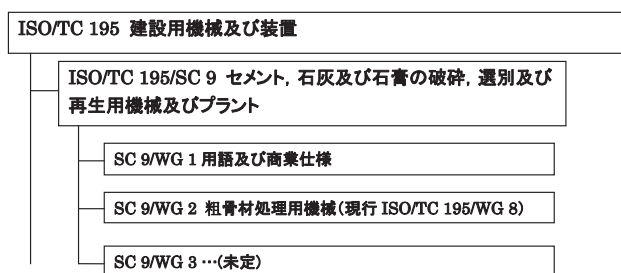
図一 1 現行 ISO/TC 195 組織

TC 195 議長国の提案では, 図一 2 の様に TC 195 の直下に SC 5 を新設し, その傘下に置く WG 1 で用語及び商業仕様を扱い, WG 2 以下で個別機種の安全要求を扱う。現在の WG 5 及び WG 9 は SC 5/WG 2, WG 3...とする。



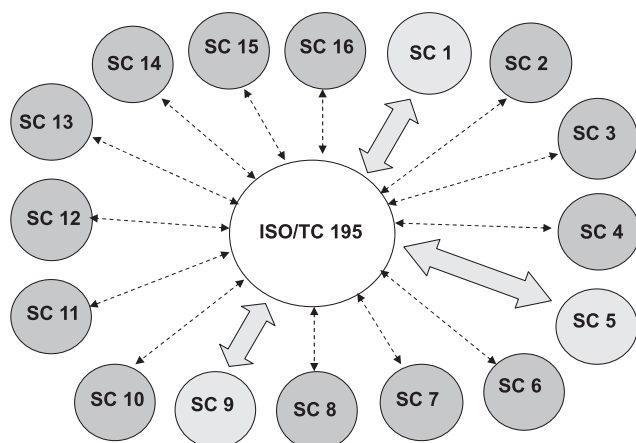
図一 2 ISO/TC 195/SC 5 新組織 (案)

また, 図一 3 の様に TC 195 の直下に SC 9 を新設し, 同様にその傘下に置く WG 1 で用語及び商業仕様を扱い, WG 2 以下で個別機種の安全要求を扱う。現在の WG 8 は SC 9/WG 2 とする。



図一 3 ISO/TC 195/SC 9 新組織 (案)

新組織 (案) の対象機種・用途別 SC は, CEN/TC 151 における WG 1 ~ WG 16 の分類にリンクしてお



図一4 ISO/TC 195/SC 1～SC 16 新組織（案）

り、これが“CEN/TC 151との協業を図り、重複した作業の削減”につながるという。既存のSC 1はそのままに、まずSC 5、SC 9を設置、必要に応じて順次追加し、最終的には図一4の様に～SC 16まで設置可能、…というのがTC 195議長国の提案である。[CENでのWGは、ISOでのSCに相当する]

ISO/TC 195本会議では、次の決議が採択された。

**決議1：**米国イリノイ州バーリッジでの会議開催について、米国Moss氏の主催及びUS TAG（テクニカルアドバイザーグループ）スポンサーの貢献に感謝する。

**決議2：**大村SC 1議長、SC 1/WG 2プロジェクトリーダーMoss氏、WG 5コンビナーPiller氏、WG 8コンビナーYoung氏及びWG 9コンビナーHartdegen氏の活動報告に感謝する。

**決議3：**大村氏のSC 1議長任期更新を祝福し、TC 195への継続的な支援に感謝する。

**決議4：**コメント表に記入する際、及びWD、CD、DIS、FDIS等の規格化プロジェクトに関して、議論を容易にする為に、個々の提案は願望リストではなく、具体的に準備するよう要求する。

**決議5：**今後、TC 195の該当する規格は、「用語及び商業仕様」と「安全要求」を別々の文書として作成するのが望ましい。

**決議6：**前述のSC 1本会議で採択されたSC 1決議3/2013について、新たなWG 4“トラックミキサ”を設置し、各国に専門家を指名させることを推奨する。各国は、SC 1/WG 4が設置され次第、専門家の招集を待つのが望ましい。

**決議7：**Hartdegen氏及びDrees氏が議論の叩き台としてプレゼンテーションを行った、前述の組織構成及びビジネスプランに関する提案に感謝する。本件に関するいかなる決定も延期し、各国の貢献を再度要求す

る。

**決議8：**ISO/TC 82とのリエゾン（連携）の可能性に関するHartdegen氏のプレゼンテーションに感謝する。CEN/TC 151/WG 3を招いて、EN 16228 Part 1～Part 7の完成を促進させる。更に、鉱山用途のドリル掘削装置関連を除き、同規格群の改正に着手するようCEN/TC 151/WG 3に要求する。しかる後、ウィーン協定に従い、適用範囲を縮小したこれら規格の見直しをCEN/TC 151に要求する。それまでの間、TC 195はレーネンでのISO/TC 82決議8/2013を支持しない。（ただし、スウェーデン及びフィンランドは、この決議を支持しない）TC 195は、昨年デルフトで決議したように、ISO/TC 82及びISO/TC 195（ISO/TC 127も）の適用範囲を明確にするよう繰り返し要求する。

ISO/TC 82とのリエゾンに同意し、Kampmeier氏をリエゾン幹事に任命する。

**決議9：**日本の提案に同意し、2015年以降のTC 195会議開催に関する適切な時期を各国に調査する。

**決議10：**次回国際会議を5月12日～16日の週に中国湖南省 張家界で開催する。

**決議11：**Kampmeier氏の会議準備に感謝し、早期の回復を祈る。

**決議3は、大村氏のSC 1議長継続就任が満場一致で承認された。**

**決議6は、SC 1決議報告のうち、日本提案の決議3に関して“ISOルールに従い、まず作業グループを設立してから各国専門家を招集すべき”とフランスより指摘があったことを受け、特記された。**

**決議7は、新組織（案）のプレゼンテーションに対して時間的制約から議論はされず、引き続き**



写真一4 ISO/TC 195本会議風景



写真—5 ISO/TC 195 本会議出席者

検討となった。

決議 9 は、SC 1 決議報告のうち、日本提案の決議 11 に関して TC 195 本会議でも説明・議論の予定であったが、時間的制約により割愛された。

### 2.3 その他の WG 会議

5月14日午前に SC 1/WG 2、5月15日午前に WG 8、同日午後に WG 5、及び5月16日に WG 9 の会議が開催されたので、それぞれ下記に結果概要を記す。

#### (1) 5月14日(火)午前 ISO/TC 195/SC 1/WG 2(コンクリート仕上げ機) 会議

プロジェクトリーダー：米国 Moss 氏

ISO/TC 195/SC 1/WG 2 会議では、次の2件の提言及び決定が採択された。

**提言 1：**WG 2 はプレ投票ドラフトに対するドイツコメントを織り込んだ CD 13105-1 を準備するとともに、SC 1 が本決定を支持するよう提言する。

**提言 2：**WG 2 はプレ投票ドラフトに対するドイツコメントを織り込み、米国提案の附属書 B を追加した CD 13105-2 を準備するとともに、SC 1 が本決定を支持するよう提言する。

- a. 作業項目：米国 Moss 氏は米国提案を織り込み、要求事項を附属書 B へ移動する。
- b. 米国 Patel 氏は附属書 B に追加する新たな図（試験設備における手押し式機械を例示）を提供する。
- c. 両文書は CD 投票の為に ISO/CS へ提出する必要がある、本会議での決定をドラフトに反映する。
- d. 米国専門家と協議の上、Moss 氏に代わる WG 2 後任コンビナー候補者を選出する。
- e. CD 投票の後、各々の DIS ドラフトを ISO/CS へ提出する必要がある。もし CD 投票において技術的コメントがあった場合、インターネット又は対面会議を要するが、単純なもしくは編集上のコメントであれば会議を開催することなく対処できる。

#### (2) 5月15日(水)午前 ISO/TC 195/WG 8(粗骨材処理用機械及び装置) 会議

コンビナー：米国 Young 氏

ISO/TC 195/ WG 8 会議では、次の決定及び1件の提言が採択された。

- a. 前コンビナー・田丸氏の退職に際し、日本が米国に WG 8 コンビナー職継承の意向を打診、米国が合意し新コンビナー・Young 氏を任命し、同時に WG 8 幹事職も Moss 氏に交代した経緯について説明した。
- b. 第1次 CD 投票結果及び第2次 CD 投票を行った理由について新幹事・米国 Moss 氏が説明、第1次 CD 投票は承認され DIS 投票へ移行可能となったが、



写真—6 ISO/TC 195/SC 1/WG 2 会議風景（初日開会挨拶）  
（ドイツ議長、米国ホスト、中国ツィニング議長）



コンビナー職の交代に伴い、字句及び体裁を改め読み易くする為、米国は第2次CD回付を提案した。

c. 第2次CD投票における各国コメント及び対応案(TC195 Doc N 1101)について審議、TC 195 Doc N 1125に記されたコメントを本WG会議で決議し、WG 8 Doc N 7に示す予定。

d. DIS投票期間(5ヶ月)と次回WG 8会議開催時期を考慮し、以下の作業を設定する：

**作業1:**本規格で定める各タイプのクラッシャについて、ドイツ Piller 氏は用語及び商業仕様を追加提案する。

**作業2:**コメント期間終了後、米国 Moss 氏はDIS投票の為のドラフトを準備する。

e. ISO 21873-3 プロジェクトの状況について米国 Moss 氏が説明、第3部：性能試験方法を制定する可能性について米国専門家で検討した結果、実現しないとの結論に至り中断を決定した。同プロジェクトは廃止する。

f. 次のステップについては前述の通り、DISドラフトを作成する。

**提言1:**WG 8はDIS 21873-1ドラフトを作成するとともに、この計画を受け入れるようTC 195に提言する。

e. ISO 21873-3 プロジェクトは、2011年の北京国際会議で米国他から「WD 21873-3の試験項目はISO 21873-1(用語及び仕様)の引用が殆どであり、独立した内容に乏しく制定不要」と指摘され、やむなくNWIPを断念、定期的見直し時期が来ていたISO 21873-1にその内容を織り込むことにしたが、翌2012年のデルフト国際会議でドイツ議長により再評価され復活、自走式破碎機の性能試験に関わる各国専門家の積極的協力呼びかけた経緯がある。

その後、田丸氏退職に伴いWG 8後任コンビナーを探したが、どの国内メーカーも主力機種第4次排出ガス規制対応に追われ、自走式破碎機の開発を行っていない等の状況で引受け手がおらず、ISO 21873-1定期的見直しにおいて米国専門家が積極的に意見を提出したことから、b. 第1次CD投票後に米国にコンビナー引受けを打診したところ快諾され、昨年末、TC 195幹事国にa.の通り移管を通知した。

c. CD 21873-1の審議と並行して、WD 21873-3の再検討も米国専門家の間で続けられたが、結局、成立しなかった。



写真—7 ISO/TC 195/WG 8会議風景  
(フィンランド、英国、中国、スウェーデン、ドイツ、米国使節団)

### (3) 5月15日(水)午後 ISO/TC 195/WG 5(道路建設及び維持作業用機械)会議

コンビナー：ドイツ Piller 氏

ISO/TC 195/WG 5会議では、以下の状況が報告された。

- 定期的見直し及び軽微な修正作業は全て完了し、対象となった規格は2012～2013年にかけて発行された。現在、NWIP案件はない。
- ISO 15143-1、-2 データ辞書 及び ISO 13766 電磁両立性の開発について、ISO/TC 127との協業が進行中。
- 全てのプロジェクトが完了しており、近日中の作業予定もない為、新たな定期的見直しやNWIPがあるまでWG 5会議は開催しない。



写真—8 ISO/TC 195/WG 5会議風景 (フランス使節団)

### (4) 5月16日(木) ISO/TC 195/WG 9(自走式道路建設用機械の安全)会議

コンビナー：ドイツ Hartdegen 氏

ISO/TC 195/WG 9会議では、次の7件の決議が採択された。

**決議1:**Drees氏が議論の土台として行った、WG 9の構成及び作業プログラムに関するプレゼンテーションに感謝する。タイムフレーム(36ヶ月)に留意し、構成案を支持する。特に、ランマ及び振動プレートは

別文書とせず、ISO 20500-4 の中で取り扱う。

**決議 2:** コメント提出期限を延長する。コメントは WG 9 幹事 Kampmeier 氏へ提出すること。WG 9 幹事はコメントを集約し、配信する。各国専門家は、次回 WG 会議迄に回答を準備する。

**決議 3:** WG 9 は、TC 195 に専門家の招集を要請する。更に、デルフトでの ISO/TC 195 決議 13/2012 に従い、各国の国家機関を通じて WG 専門家を登録するよう重ねて要請する。

**決議 4:** WG 9 幹事は、情報を TC レベルでなく、WG 9 専門家へ直接配信する。更に、専門家に対応を要求する場合、(情報 / 投票 / 意見のいずれか) 明確に規定する。

**決議 5:** WG 9 専門家は、会議での議論を容易にするよう、願望リストでなく具体的に文章化された提案をコメントとして準備すること。

**決議 6:** 視界性要求に対処する為

- 測定方法として ISO 5006 を参照する
- ISO 20500-1 ~ -5 の対応する各パートで定める性能判定基準を実施する

ことが望ましい。

**決議 7:** 次回 TC 195/WG 9 会議は、フランス労働省の招致を受け、2013 年 9 月 11 日及び 12 日に仏国ボルドーで開催する。



写真—9 ISO/TC 195/WG 9 会議風景 (ドイツ説明者)

## 2.4 ISO/TC 195 の動向

昨年のデルフト国際会議でドイツ議長 Hartdegen 氏が行った方針表明に従い、本年 1 月迄に ISO/TC 195 の新組織体制構想が示される予定であったが、昨

年末にドイツ幹事 Kampmeier 氏が入院療養し、バーリッジ国際会議も健康上の理由で急遽欠席しており、作業が遅れている様に見える。また、WG 9 における ISO/WD 20500-1 ~ -5 の構成に関して、スウェーデンが異議を唱えている。

しかしながら、フランス労働省が WG 9 国際会議を招致するなど積極的に動いており、Hartdegen 氏の剛腕と ISO/TC 127 における運営実績から、TC 195 本会議で示された組織構成及びビジネスプランは近いうちに実行に移され、ISO 20500-1 ~ -5 も多少の反対は押し切っても推進されるものと推測する。

中国は、SC 1 において毎回 NWIP を提出するも固有事情に立脚する内容が多く、今のところ各国の十分な関心・支持は得られていない。ただしツイニング議長国の立場上、次回 TC 195 国際会議を招致するなど TC 195 運営に関与しており、引続き注意を要する。

韓国とは、昨年 KOCEMA (韓国建設機械産業協会) -JCMA (当協会) 間で相互協力協定を結んだ事もあり、SC 1/WG 3 の運営を助けるなどして良好な関係を維持する。

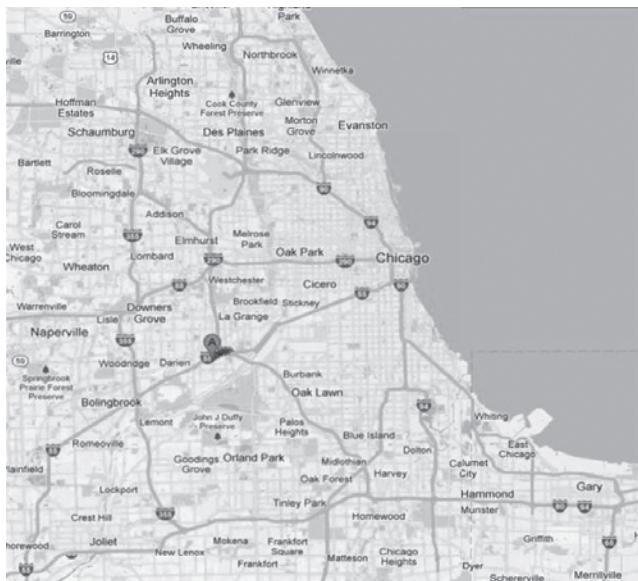
## 2.5 所感

この国際会議は今回で 22 回目になる。昨年の ISO/TC 195 議長国交代で転換期を迎えた後、日本はこれまで維持してきた WG 8 コンビナーの座をやむなく米国に譲ったが、SC 1 議長国の位置を守りつつ、ISO/TC 195 の組織再構築及び改編に当り、新設が予定される SC 5, SC 9 等においても存在をアピールし続けることが、建設機械産業における日本の国際競争力維持・発展に貢献するものと信じる。

## 2.6 その他

米国での TC 195 国際会議開催は、2004 年シカゴ、2006 年ミルウォーキー、2008 年シカゴ以来で 5 年ぶりになるが、交通の便が良い市街地だと諸経費も高くなり、米国 AEM の予算では賄えない事から、今回はシカゴから州間道路 I-55 で南西へ約 34 km 離れた Moss 氏の住むバーリッジ村にあるマリOTTホテルが会場として選ばれた。バーリッジは、オヘア国際空港からは南へ約 27km の位置にある郊外の住宅街で、電車やバスはなく、タクシーで 30 分程度かかる。複合店舗やホテル等が点在するなだらかな丘には、かつてケース・インターナショナルハーベスタ社 (現在はケース・ニューホランドグループの農業機械部門) の農機実験用農場とクック郡農場刑務所があったが、現在では 1 万人余りの住民と 400 社以上の企業を有する





図ー5 バリージ所在地（イリノイ州クック郡地図）

「村」（ヴィレッジ）となっている。

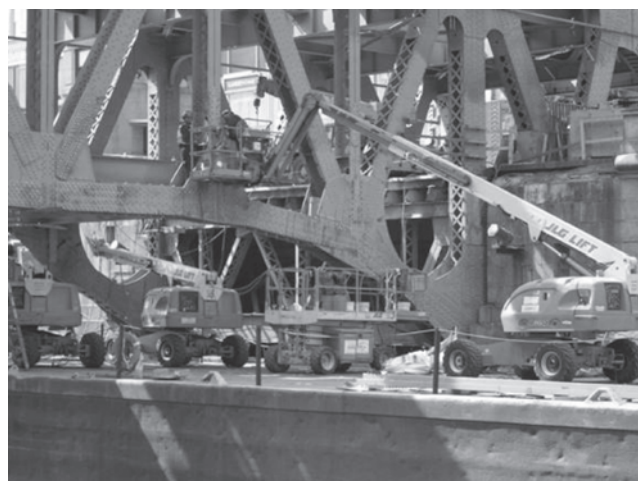
3日目夕刻のレセプションは、経費節減策の一つとしてホテルでの晩餐会の代わりに Moss 氏自宅裏庭でのパーティに各国使節団が招待された。家族同伴も OK で、自家製ハンバーガーやホットドッグを頬張りながら手玉投げ遊び（bean bag toss）に興じたり、子供同士で隣家のプールに誘われて遊びに行ったりと、米国家庭らしい温かいもてなしを受けた。



写真ー10 Moss 氏自宅裏庭パーティ風景（手玉投げ遊び）

最終日の本会議終了後、ダウンタウンへ行き、大村氏が5年前にシカゴ国際会議で訪れた時の記憶を頼りに、前回会場だったヒルトンスイーツホテル周辺を踏査した（現在はリッツカールトンシカゴ・フォーシーズンズホテル）。また、前回（機関誌バックナンバー2008年7月号の報告記事で）紹介されたシカゴ川クルーズにもトライしたが、「ミシガン湖+シカゴ川遊覧90分コース」に乗るつもりで船着場に急ぐあまり、

30分前に出発する予定の「シカゴ川建築遺産案内75分コース」の運航が偶々15分ほど遅れていた為に、間違えてそちらに乗ってしまった（どちらも26ドル、URL: <http://www.wendellaboats.com/>）。もっともおかげで、歴史的な建造物や高層ビル群を間近に見ることができ、待ち時間と乗船時間を短縮して他の市内探索活動に回すことができたので、よかったと思っている。



写真ー11 シカゴ川に架かる鉄橋補修工事中の高所作業車群



写真ー12 シカゴ川を行き交う観光船

ウィリス・タワー（旧シアーズ・タワー、443 m）の103階にはスカイデッキが、ジョン・ハンコック・センター（343 m）の94～96階には展望台、バー、レストランがあり、どちらからも米国有数の大都市を眼下に一望できる。





写真—13 ウィリス・タワー（奥：1973年完成，443 m）  
手前はダウンタウンの低中層ビル群



写真—14 ジョン・ハンコック・センター（奥：1969年完成，343 m）  
右手前はウォーター・タワー（1869年完成，42 m）



写真—15 ウィリス・タワー 103階スカイデッキより  
東側（ミシガン湖方面）の眺望

CTA（シカゴ市交通局）が運営する鉄道システムは、米国映画やドラマでお馴染みの高架鉄道で、現在では地下を走る路線もあるが、総称して“L”（エレベーター・トレインの略）と呼ばれている。



写真—16 ダウンタウンを縦断する CTA 高架鉄道



写真—17 オヘア空港駅始発 CTA 地下鉄ブルーライン

J C M A

# 新工法紹介 機関誌編集委員会

|       |               |       |
|-------|---------------|-------|
| 01-14 | 捻れ振動による基礎調査工法 | ユアテック |
|-------|---------------|-------|

## ▶ 概 要

一般的に、上部構造物を支える地中埋設基礎は、フーチングを有するコンクリート体により形成されている。地震などによる地盤変動等が発生した場合、その基礎体の状態評価は、「試掘」により基礎部の1面を手掘りや重機を使用するなどして開削し露出させ確認するしかなかった。

本調査技術は、地中埋設基礎体を掘削することなく、基礎体の地表露出部に直接振動を与え、その基礎体が共振する周波数の解析から埋設基礎体の形状評価を可能にした技術である。

## ▶ 基本原理

有限の大きさを持つ弾性体は、加振されるとそれぞれの「材質」「形状」「大きさ」により固有の共振周波数を有する特性を持っている。ゆえに「材質」「形状」「共振周波数」がわかれば、「大きさ」を求めることができ、この特性を利用し、共振周波数を解析することで、フーチングを有する基礎体の形状寸法の推定を可能とした。

「材質」…コンクリート

「形状」…フーチングを有するコンクリート基礎体  
(四角柱体四角床板の逆T字型基礎)

「共振周波数」…測定することで特定

また、共振の形には、「伸縮共振」「曲げ共振」「捻れ共振」等があり、振動の挙動を確認するモード解析(図-1)を行った結果、「捻れ共振」が顕著に表れ、外部の影響を受けにくいモードであることから、「捻れ共振」を使用し共振条件式を構築したものである。

よって、各部の寸法を共振条件式で推定することにより、設計図との比較をする事で、形状評価をすることができる。

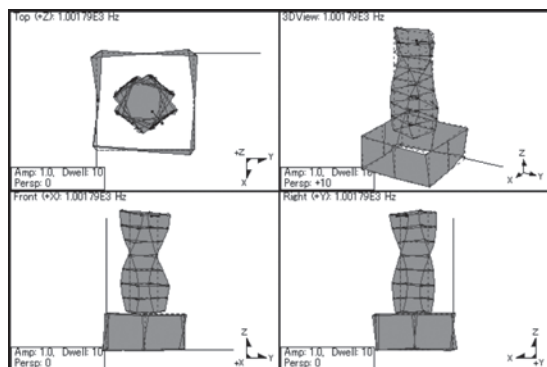


図-1 モード解析のアニメーション化【捻れモード】

## ▶ 特 徴

- ①試掘することなく、地中のフーチングを有するコンクリート基礎体の大きさを推定し、状態評価管理が容易にできる。
- ②従来工法(試掘)より、大幅な経費低減が図られる。
- ③従来工法(試掘)より、時間短縮が図られ急な対応が可能。
- ④重機を使用しない為、災害リスクを低減できる。

## ▶ 作業の流れ

- ①適用条件に合致していることの確認。
- ②ロッド貫入による柱体部測定。
- ③捻れ振動による共振周波数の測定(図-2, 3)。
- ④共振条件式による寸法の推定。
- ⑤解析寸法・設計図との比較による形状評価。



図-2 共振周波数測定および装置

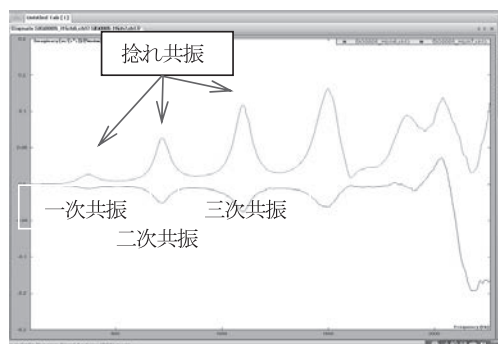


図-3 得られる周波数スペクトル

## ▶ 工法採用提案

- ①基礎施工直後にデータを測定管理し、経年評価の方法として再測定データと比較し、維持状態を管理する手法。
- ②自然災害などによる基礎体の変状が危惧される時などの早急な形状評価を確認する手法。

## ▶ 問合せ先

(株)ユアテック 送電部

〒983-8622 宮城県仙台市宮城野区榴岡4丁目1番1号

TEL: 022-296-2111

## 新工法紹介

|        |                                                         |      |
|--------|---------------------------------------------------------|------|
| 04-339 | トンネル切羽前方探査法<br>T-SPD<br>(Tunnel Seismic Probe Drilling) | 大成建設 |
|--------|---------------------------------------------------------|------|

### 概要

山岳トンネルの掘削事前調査では、主に地表からの屈折法による弾性波探査が行われ、探査で得られた弾性波速度に合わせてトンネルの支保設計が行われてきた。屈折法は、土被りが大きくなると、探査精度が下がる。地表で断層の存在が発見できても、トンネル位置での分布を把握することは難しい。そこで、切羽周辺の情報を精度良く捉えるためには、施工中の切羽からの前方探査が有効となってくる。

切羽前方探査の1つである先進ボーリングによる穿孔検層法は、切羽前方の湧水の調査が期待できることもあり、多くのトンネル工事で適用されている。同法では穿孔時の機械データから、単位体積当たりの岩盤穿孔に要するエネルギーを求めて岩盤を評価する。しかし、穿孔検層法では、穿孔断面が評価対象の切羽断面と比較すると局所的なデータとなることや、得られるエネルギー値と既存の岩盤分類との対応をとるのが難しいことなどが課題となっている。

そこで、石油資源探査で用いられている「SWD (Seismic While Drilling)」という探査法をトンネルに応用し、先進ボーリング時に、支保設計で用いられる切羽前方の弾性波速度分布を評価する新たな探査法として、「T-SPD (Tunnel Seismic Probe Drilling)」を開発した (図-1 参照)。

これまで2件のトンネル工事現場で実証実験を行い、予測値と実測値の比較によって有効性を確認した。

T-SPDの採用により、切羽前方に存在する不良地山への対策をあらかじめ準備できるため、掘削時の安全性や施工効率の

向上が可能となる。

### 特徴

#### ①トンネル掘削を妨げない

T-SPDの準備工は、トンネル側壁に4m程度のボーリング孔を掘削し、孔中に受振器を設置する程度である。あとは、先進ボーリングの掘削期間中に振動測定を続けるだけである。T-SPDは、先進ボーリングと同時に実施することができ、トンネル掘削をほとんど妨げない探査法である。

#### ②設計で用いられる弾性波速度が分かる

T-SPDでは、先進ボーリング中に掘削ビットから生じる振動 (直接波) が、受振器に到達するまでの時間を解析し、一定区間毎の弾性波速度分布を導き出す (図-2 参照)。実証実験では、切羽から20m付近の低速度帯と高速度帯の境界を事前に予測することができ、施工後に測定した実測値とも概ね整合を確認することができた。

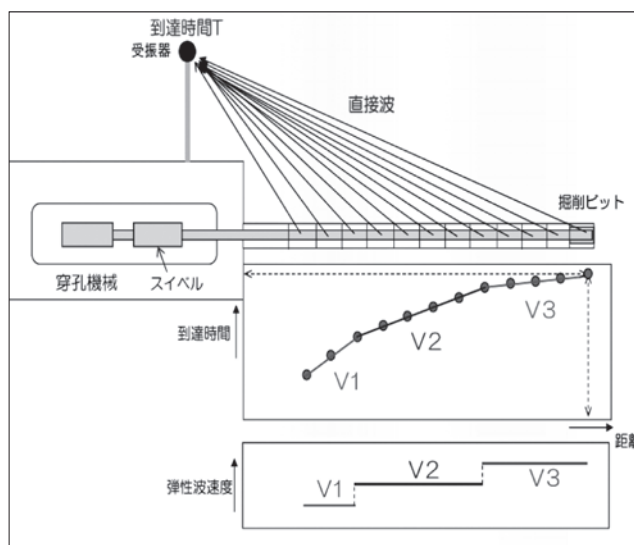


図-2 探査方法の概要 (平面図)

### 用途

- ・不良地山の出現が想定される山岳トンネル工事
- ・地表からの屈折法の適用が困難な山岳トンネル工事

### 実績

- ・滋賀県 T トンネル 探査区間 50 m
- ・神奈川県 H トンネル 探査区間 88 m

### 問合せ先

大成建設(株) 技術センター 土木技術研究所  
地盤・岩盤研究室 岩盤チーム

〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1

TEL : 045-814-7236 (ダイヤルイン)

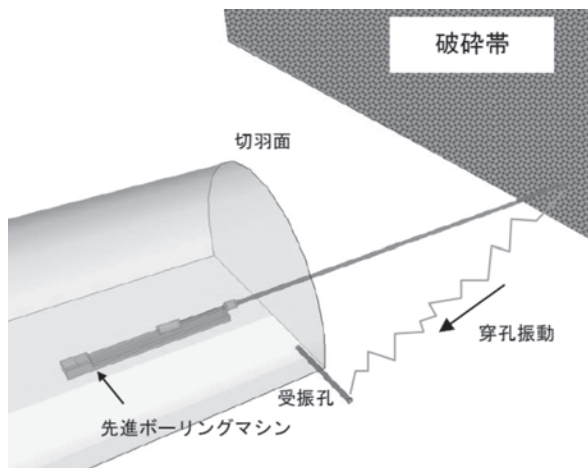


図-1 T-SPDの探査イメージ



# 新機種紹介

機関連誌編集委員会

## ▶ 〈02〉掘削機械

|            |                                                                        |                   |
|------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 13-〈02〉-01 | キャタピラージャパン<br>(後方) 超小旋回型油圧ショベル<br>Cat 314E CR/Cat 314E LCR/Cat 314E SR | '13.01<br>モデルチェンジ |
|------------|------------------------------------------------------------------------|-------------------|

後方超小旋回型油圧ショベルの Cat 314E CR, Cat 314E LCR と、超小旋回型油圧ショベルの Cat 314E SR は、それぞれ Cat 313D CR, Cat 314D CR, Cat 313D SR のモデルチェンジ機である。

環境対応パワーユニットには、低エミッションと低燃費を両立する「Cat 電子制御システム」、高効率燃焼を実現し排出ガス成分を抑制する「燃料噴射システム」、排出ガスの一部を冷却して吸気側に循環することで NOx の排出を低減する「NOx リダクションシステム」、一酸化炭素、炭化水素をディーゼル酸化触媒により、PM を DPF により低減・除去する「アフタートリートメント技術」など、数々のエンジンテクノロジーを搭載している。また、「燃費低減型エンジン・油圧システム搭載油圧ショベル」として NETIS に登録されており、従来機比で燃料消費量を約 5～8% 低減（スタンダードモード）、エコノミーモードではスタンダードモードからさらに約 10～12% 低減している。

解体仕様、ブレード仕様、ショベルクレーン、林業仕様などをラインアップし、さまざまな用途に対応している。

小回り性を活かすラウンドキャブやスライド式キャブドアにより、狭所でもスムーズに乗降ができる。

また、国土交通省超低騒音型建設機械の基準値をクリアしている。（申請予定）。

ROPS（転倒時運転者保護構造）キャブの搭載、後方および側方の作業視界を確保するリアビューカメラとライトサイドミラーを標準装備するほか、機体上面からの転落を防止する大型ガードレールを装備し、安全性の向上を図っている。

キャブ内騒音を従来機比で約 6～7dB 低減している。また、7 インチ大型画面のフルグラフィックカラーモニターを採用し、各種設定のほか稼働状況、リアビューカメラ映像、各種警告の確認が行える。

ラジエータとアフタクーラのサイドバイサイドレイアウトによる、メンテナンス・ポイントへのアクセス性向上とメンテナンス作業の省力化を図っている。

表—1 Cat 314E CR/Cat 314E LCR/Cat 314E SR の主な仕様

|                                  | 314E CR            | 314E LCR | 314E SR |
|----------------------------------|--------------------|----------|---------|
| 運転質量 (t)                         | 13.2               | 14.4     | 14.7    |
| 標準バケット容量 (m <sup>3</sup> )       | 0.45               | 0.50     | 0.45    |
| 全長 (m)                           | 7.32               | 7.45     | 7.53    |
| 全幅（トラック全幅） (m)                   |                    | 2.49     |         |
| 全高（ガードレール上端） (m)                 |                    | 3.00     |         |
| 後端旋回半径 (m)                       |                    | 1.49     |         |
| 登坂能力 (度)                         |                    | 35       |         |
| 接地圧 (kPa)                        | 42.8               | 43.0     | 47.5    |
| エンジン名称                           | Cat C4.4 ディーゼルエンジン |          |         |
| 総行程容積 (ℓ)                        | 4.4                |          |         |
| 定格出力 (kW(PS)/min <sup>-1</sup> ) | 68(92)/1,800       |          |         |
| 最大掘削深さ (m)                       | 5.44               |          | 4.84    |
| 最大掘削半径 (m)                       | 8.36               |          | 7.43    |
| 最大掘削高さ (m)                       | 9.30               |          | 8.44    |
| 価格 (百万円)                         | 14.1               | 15.6     | 16.8    |



写真—1 キャタピラージャパン Cat 314E CR 後方超小旋回型油圧ショベル

問合せ先：キャタピラージャパン(株) 広報室

〒158-8530 東京都世田谷区用賀 4-10-1

新機種紹介

▶ 〈12〉 モータグレーダ、ロードスタビライザ、締固め機械およびソイルプラント

|            |                                                                                                 |                      |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|
| 13-〈12〉-01 | 日立建機<br>振動ローラ<br>ZC35C <sub>3</sub> 、ZC50C <sub>3</sub> 、ZC35T <sub>3</sub> 、ZC50T <sub>3</sub> | '13.04 発売<br>モデルチェンジ |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|

中規模舗装工事に使用される振動ローラについて、従来機のもつ安全性能を継承し、信頼性および耐久性の向上を図ってモデルチェンジしたものである。

排出ガス規制のオフロード法 2006 年基準に対応しており、また国土交通省指定の超低騒音型建設機械の基準もクリアしている。

リサイクル可能なアルミ製ラジエータを採用し、配線は鉛フリー化して環境に配慮している。メインハーネスには耐屈曲性に優れた配線を採用し、耐久性の向上を図っている。

コンバインドローラには、2つの油圧モータで左右のタイヤを直接駆動するホイールモータ駆動方式を採用した。ペダルを踏むことで片輪スリップによる不具合を解消し、軟弱地からの脱出を容易にする油圧デフロック装置をオプションとして選択可能とした。

盗難予防装置として、テンキーロックシステムまたは電子キーロックシステムを選択可能になっている。



写真―2 日立建機 ZC50C<sub>3</sub> 振動ローラ

問合せ先：日立建機㈱ 広報戦略室 広報・IR グループ  
〒112-8567 東京都文京区後楽二丁目5番1号

表―2 ZC35C<sub>3</sub> ほかの主な仕様

|                                   | ZC35C <sub>3</sub> | ZC50C <sub>3</sub> | ZC35T <sub>3</sub> | ZC50T <sub>3</sub> |
|-----------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|
| 運転質量 (kg)                         | 2,805              | 3,640              | 3,060              | 4,130              |
| 静線圧 (前輪) (N/cm)                   | 122                | 153                | 122                | 153                |
| 静線圧 (後輪) (N/cm)                   | —                  | —                  | 128                | 158                |
| 動線圧 (前輪) (N/cm)                   | 293                | 341                | 293                | 341                |
| 動線圧 (後輪) (N/cm)                   | —                  | —                  | 300                | 347                |
| 起振力 (kN)                          | 20.6               | 24.5               | 20.6               | 24.5               |
| 走行速度 (高/低) (km/h)                 | 12/9               | 12/9               | 12/9               | 10/8               |
| 締固め幅 (mm)                         | 1,200              | 1,300              | 1,200              | 1,300              |
| 定格出力 (kW (PS)/min <sup>-1</sup> ) | 22.1 (30.0) /2,400 |                    |                    |                    |
| 価格 (百万円)                          | 5.50               | 6.40               | 5.70               | 6.50               |

## 平成 25 年度 建設投資見通し

## はじめに

国土交通省から「平成 25 年度建設投資見通し」が発表されました。発表資料に基づきその概要を報告します。

我が国の建設投資が、GDP の動きや社会経済活動・市場動向等に与える影響は極めて大きい。このため、国土交通省では、国内建設市場の規模とその構造を明らかにすることを目的とし、昭和 35 年度から毎年、年度当初に建設投資推計及び建設投資見通しを作成し、「建設投資見通し」として公表しています。

## 作成の方法と留意点

- ・「建設投資推計」とは、我が国の全建設活動の実績を出来高ベースで把握したものであり、建築着工統計、建設工事施工統計、建設総合統計や建設事業費の実績値等を基に作成している。今回は、平成 22 年度分までについて公表している。
- ・「建設見通し」とは、我が国の全建設活動の見通しを出来高ベースで把握したものである。

政府投資については、事業別の予算状況及び繰越率、支出率等を考慮して推計を行っており、地方単独事業については、地方財政計画等を参考に推計している。民間投資については、建築着工統計の分析や政府財政計画見通し等を参考に推計している。今回は、平成 25 年度分について公表している。

- ・平成 23 年度及び 24 年度分については見込み額である。今後、集計を行い建設投資推計の額を公表する。
- ・政府建設投資には、公共事業関係費予算のうち用地費・補償費、調査費、機械費等は含まない。
- ・建設投資には、公共事業の維持修繕工事は含むが、それ以外の維持修繕工事は含まない。ただし、建築物については、維持修繕を含めたリフォーム・リニューアル工事について推計を行い、その額を別途公表している。

## 1. 建設投資見通しの概要

- ①平成 25 年度の建設投資額は、前年度比 11.2% 増の 49 兆 9,500 億円となる見通しである。このうち、政府投資は 21 兆 9,600 億円(前

表—1 平成 25 年度建設投資 (名目値)

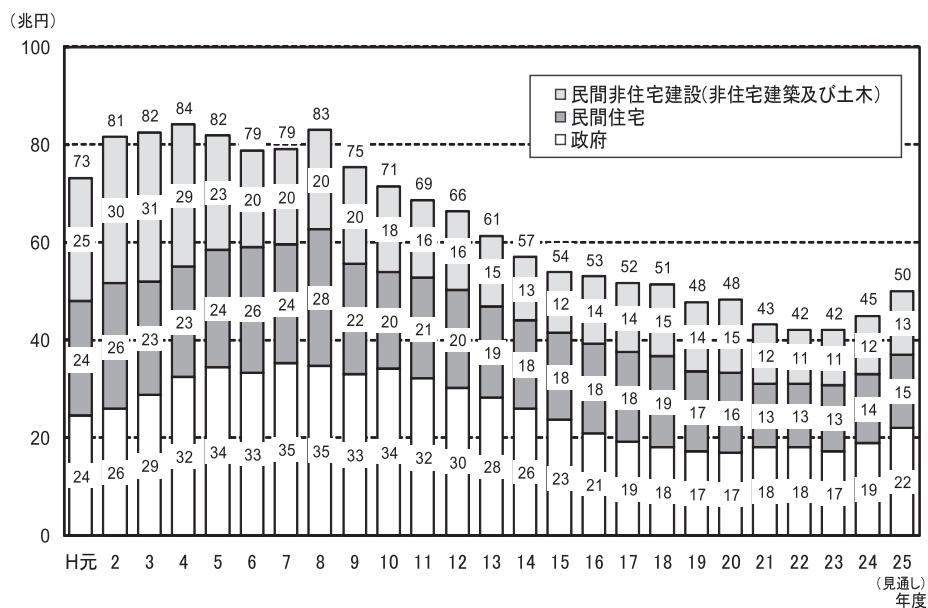
(単位：億円，%)

| 年度<br>項目        | 投資額               |              |              |              | 対前年度伸び率     |        |       |       |
|-----------------|-------------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------|-------|-------|
|                 | 平成<br>22 年度<br>実績 | 23 年度<br>見込み | 24 年度<br>見込み | 25 年度<br>見通し | 平成<br>22 年度 | 23 年度  | 24 年度 | 25 年度 |
| 総 計             | 419,282           | 418,900      | 449,000      | 499,500      | ▲ 2.4       | ▲ 0.1  | 7.2   | 11.2  |
| 建 築             | 220,991           | 224,800      | 234,200      | 262,800      | ▲ 2.6       | 1.7    | 4.2   | 12.2  |
| 住 宅             | 134,933           | 138,400      | 144,000      | 153,500      | 0.7         | 2.6    | 4.0   | 6.6   |
| 政 府             | 5,154             | 4,600        | 4,200        | 4,600        | ▲ 8.2       | ▲ 10.7 | ▲ 8.7 | 9.5   |
| 民 間             | 129,779           | 133,800      | 139,800      | 148,900      | 1.1         | 3.1    | 4.5   | 6.5   |
| 非 住 宅           | 86,058            | 86,400       | 90,200       | 109,300      | ▲ 7.3       | 0.4    | 4.4   | 21.2  |
| 政 府             | 16,942            | 16,800       | 19,100       | 31,500       | 2.7         | ▲ 0.8  | 13.7  | 64.9  |
| 民 間             | 69,116            | 69,600       | 71,100       | 77,800       | ▲ 9.5       | 0.7    | 2.2   | 9.4   |
| 土 木             | 198,291           | 194,100      | 214,800      | 236,700      | ▲ 2.2       | ▲ 2.1  | 10.7  | 10.2  |
| 政 府             | 157,724           | 150,700      | 165,300      | 183,500      | 0.3         | ▲ 4.5  | 9.7   | 11.0  |
| 公共事業            | 130,198           | 124,500      | 138,600      | 157,500      | ▲ 6.4       | ▲ 4.4  | 11.3  | 13.6  |
| そ の 他           | 27,526            | 26,200       | 26,700       | 26,000       | 52.2        | ▲ 4.8  | 1.9   | ▲ 2.6 |
| 民 間             | 40,567            | 43,400       | 49,500       | 53,200       | ▲ 10.9      | 7.0    | 14.1  | 7.5   |
| 再 掲             | 政 府               | 179,820      | 172,100      | 188,600      | 0.3         | ▲ 4.3  | 9.6   | 16.4  |
|                 | 民 間               | 239,462      | 246,800      | 260,400      | ▲ 4.3       | 3.1    | 5.5   | 7.5   |
| (再掲)<br>民間非住宅建設 | 109,683           | 113,000      | 120,600      | 131,000      | ▲ 10.0      | 3.0    | 6.7   | 8.6   |

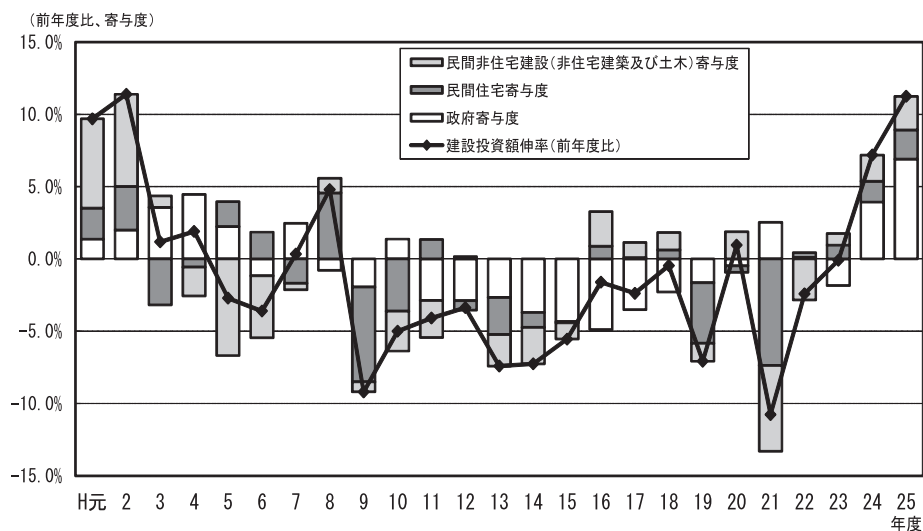
注) 民間非住宅建設 = 民間非住宅建築投資 + 民間土木投資



# 統計



図一 建設投資額（名目値）の推移



図二 建設投資額（名目値）の伸び率と寄与度

年度比 16.4%増), 民間投資は 27 兆 9,900 億円 (前年度比 7.5%増) となる見通しである。

これを建築・土木別に見ると, 建築投資が 26 兆 2,800 億円 (前年度比 12.2%増), 土木投資が 23 兆 6,700 億円 (前年度比 10.2%増) となる見通しである (表一, 図一, 2)。

②平成 24 年度の建設投資額は, 対前年度比では 7.2%増の 44 兆 9,000 億円となる見込みである。このうち政府投資は 18 兆 8,600 億円 (前年度比 9.6%増), 民間投資は, 26 兆 400 億円 (前年度比 5.5%増) と見込まれる。

その内訳は, 建築部門が 4.2%増の 23 兆 4,200 億円, 土木部門は 10.7%増の 21 兆 4,800 億円となる見込みである。

③建設投資は, 平成 4 年度の 84 兆円をピークに減少基調となり, 平成 23 年度には平成 4 年度の半分程度まで減少した。その後,

平成 24 年度には, 東日本大震災からの復興等により反転・上昇が見られたが, 平成 25 年度の建設投資については, 東日本大震災からの復興に加え, 平成 24 年度補正予算に係る政府建設投資や景気の改善等が見込まれることから, 総額として 49 兆 9,500 億円となる見通しである。

## 2. 平成 24 年度 補正予算に係る政府建設投資の動向

平成 24 年度補正予算に係る政府建設投資額は, 総額で 5.4 兆円程度と試算される (表二)。

平成 24 年度補正予算に係る建設投資がマクロ経済に及ぼす効果を推計すると, 名目国内総生産を 25 年度に 1.2%程度引き上げ, 実質国内総生産を 1.1%程度引き上げる。

表一 平成 24 年度補正予算に係る政府建設投資によるマクロ経済へのフロー効果

|                            |                |             |
|----------------------------|----------------|-------------|
| 平成 24 年度補正予算に係る<br>政府建設投資額 |                | 約 5.4 兆円    |
| 経済<br>効果                   | 名目国内総生産の引き上げ効果 | 約 1.2% 引き上げ |
|                            | 実質国内総生産の引き上げ効果 | 約 1.1% 引き上げ |
|                            | 生産誘発効果         | 約 10.5 兆円   |
|                            | 就業誘発効果         | 約 76.3 万人   |

\* 名目国内総生産・実質国内総生産：（一財）建設経済研究所「建設経済モデル」により推計

\* 生産誘発効果・就業誘発効果：「平成 17 年（2005 年）産業連関表」により推計

また、この建設投資による経済効果を、建設投資によって誘発される各産業の生産額（生産誘発効果）でみると、全産業では 10.5 兆円程度の生産活動が行われるものと予想される。

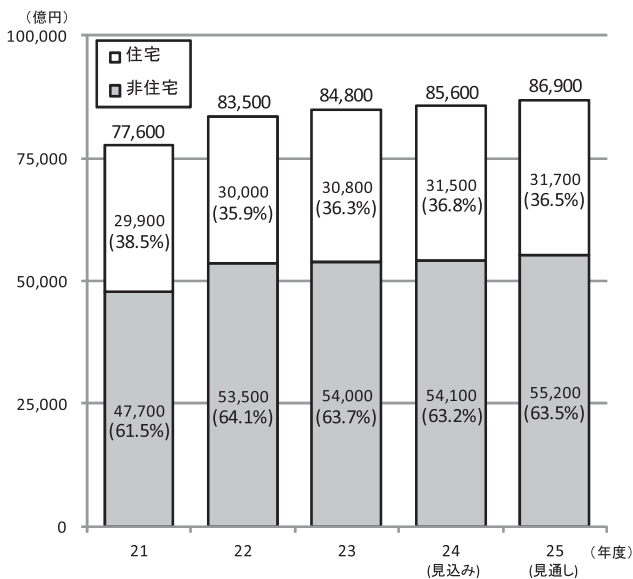
さらに、これらの建設投資により、76.3 万人程度の就業誘発効果が見込まれる。

### 3. 建築物におけるリフォーム・リニューアル投資の動向

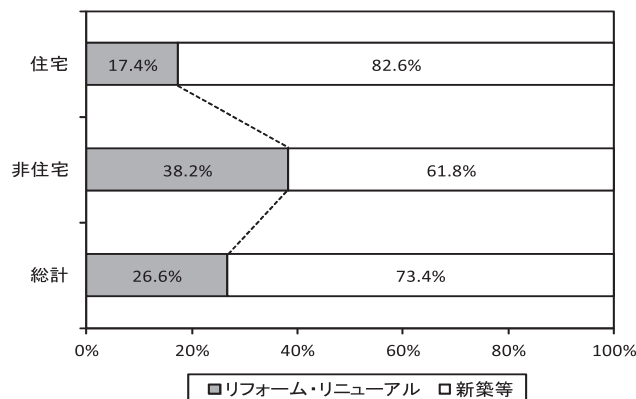
建築物リフォーム・リニューアル投資額は、平成 25 年度に 8 兆 6,900 億円程度（対前年度比 1.5% 増）となる見通しである（図一 3）。また、その内訳は、住宅 36.5%、非住宅 63.5% となる見通しである。

建築物リフォーム・リニューアル投資額に、建設投資見通しの「建築」の投資額を加えた合計額（重複計上分を除く）は、32 兆 6,300 億円程度となる見通しである。

そのうち、建築物リフォーム・リニューアル投資額の占める割合は、25 年度には、住宅で 17.4%、非住宅で 38.2%、総計で 26.6% となる見通しである（図一 4）。



図一 3 建築物リフォーム・リニューアル投資額の推移

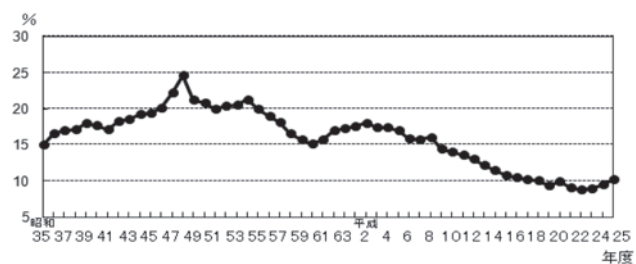


図一 4 建築投資全体に占める建築物リフォーム・リニューアル投資額の割合（25 年度見通し）

また、建築物リフォーム・リニューアル投資額に、建設投資見通しの「総計」の投資額を加えた合計額（重複計上分を除く）は、56 兆 3,000 億円程度となる見通しである。

### 4. 国内総生産と建設投資の関係

国内総生産に占める建設投資の比率は、昭和 50 年頃は 20% 以上であったが、その後減少傾向となった（図一 5）。昭和 61 年度から平成 2 年度にかけて一時的に増加したものの、その後再び減少基調となった。平成 23 年度には反転・上昇し、平成 25 年度には、10.2% となる見通しである。



図一 5 建設投資の国内総生産に占める比率

### 5. 建設投資の構成と推移

#### (1) 建設投資の構成

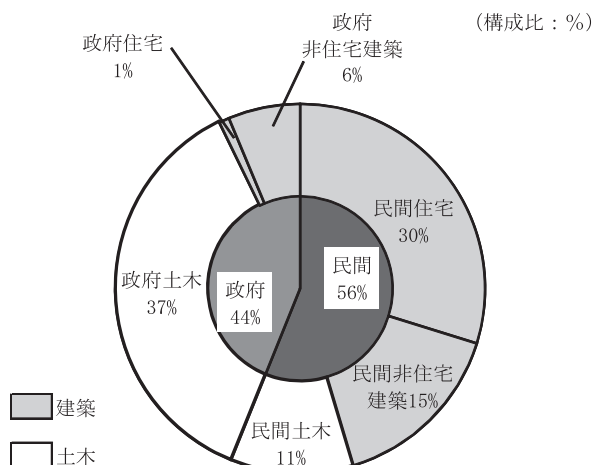
平成 25 年度の建設投資の構成を見ると、民間投資が 56%、政府投資が 44% である。

民間投資のうち住宅と非住宅を合わせた建築投資が 45% を占めている。政府投資は土木投資が 37% を占めており、この両者で建設投資全体の約 8 割を占めている（図一 6）。

#### (2) 政府・民間別構成比率の推移

政府と民間との構成比率については、平成 3 年度以降、民間投資が減少する一方、数次の経済対策により政府投資が増加したことか

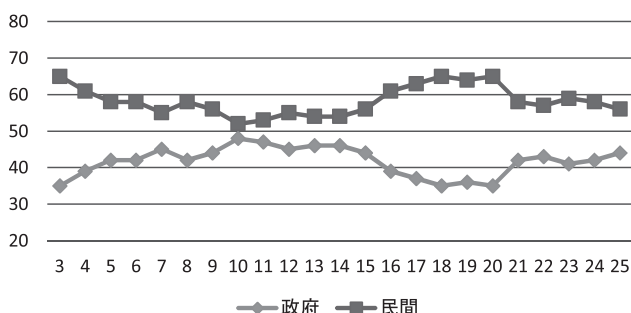
# 統計



図一六 平成25年度建設投資の構成（名目値）

ら民間投資の割合は低下し、平成10年度には52％となった（図一七）。

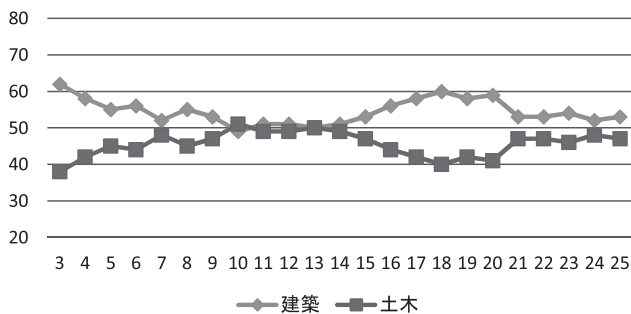
その後、平成18年度までは、民間の景気回復により民間投資の割合が上昇したが、リーマンショックによる民間建設投資の減少により、平成21年度からは政府投資の割合が上昇した。平成24年度以降は、政府建設投資の増加もあり、政府投資の割合は微増し、民間投資の割合が56％、政府投資の割合が44％となっている。



図一七 政府・民間別構成比率の推移

## （3）建築・土木別構成比率の推移

建築と土木との構成比については、平成3年度以降、建築投資が減少する一方で経済対策により政府土木投資が大幅に増加したことから、土木投資の占める比率が増加傾向となり平成10年度には51％となった（図一八）。



図一八 建築・土木別構成比率の推移

その後、建築投資の占める比率が高まる傾向にあったが、近年は建築投資が50％台前半、土木投資が40％台後半で推移している。

## （4）政府建設投資の動向

- ①平成25年度は、平成24年度補正予算に係る政府建設投資もあり、前年度比16.4％増加し、21兆9,600億円となる見通しである。
- ②このうち、建築投資は前年度比54.9％増の3兆6,100億円、その内訳は住宅投資が4,600億円（前年度比9.5％増）、非住宅建築投資が3兆1,500億円（前年度比64.9％増）となる見通しである。土木投資は前年度比11.0％増の18兆3,500億円、そのうち公共事業が15兆7,500億円（前年度比13.6％増）、公共事業以外が2兆6,000億円（前年度比2.6％）となる見通しである。

## （5）住宅投資の動向

- ①平成25年度は、雇用・所得環境の改善や、東日本大震災からの復興等が見込まれることから、民間住宅投資は、前年度比6.5％増の14兆8,900億円となる見通しであり、これに政府住宅投資を合わせた、平成25年度の住宅投資全体では、前年度比6.6％増の15兆3,500億円となる見通しである。
- ②平成24年度の新設住宅着工戸数は、前年度比6.2％増の89.3万戸であった。利用関係別に見ると、持家は31.7万戸（前年度比3.8％増）、貸家は32.1万戸（前年度比10.7％増）、給与住宅は0.6万戸（前年度比21.9％減）、分譲住宅は25.0万戸（前年度比4.4％増）となっている。

## （6）民間非住宅建設投資の動向

- ①平成25年度の民間非住宅建築投資は、企業マインドの改善等により、企業設備投資の増加が期待できることから、前年度比9.4％増の7兆7,800億円となる見通しである。また、民間土木投資は、前年度比7.5％増の5兆3,200億円となる見通しである。これにより、平成25年度の民間非住宅建設投資（非住宅建築及び土木）は、前年度比8.6％増の13兆1,000億円となる見通しである。
- ②平成24年度の民間非住宅建設投資（非住宅建築及び土木）は、前年度比6.7％増の12兆600億円となる見込みである。このうち、民間非住宅建設投資は、7兆1,100億円（前年度比2.2％増）、民間土木投資は4兆9,500億円（前年度比14.1％増）となる見込みである。

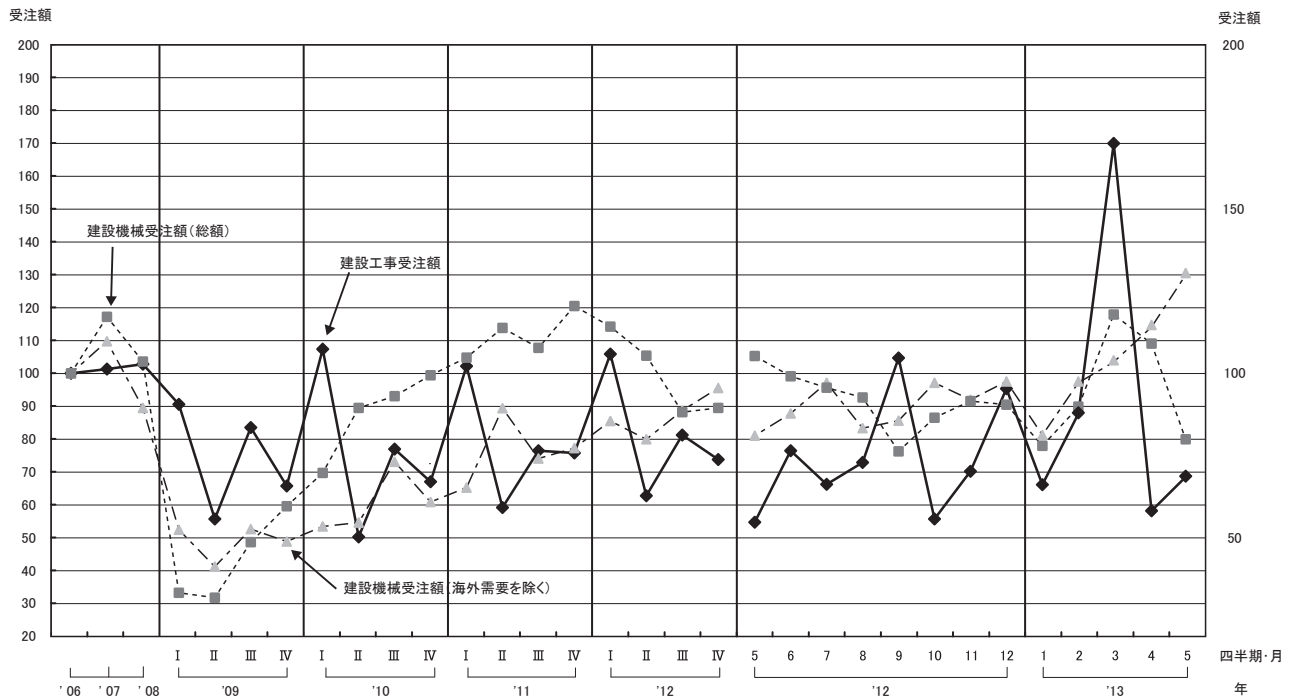
（文責 小池）



# 統計 機関誌編集委員会

## 建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注態統計調査(大手50社) (指数基準 2006年平均=100)  
建設機械受注額：建設機械受注態統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2006年平均=100)



建設工事受注態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

| 年 月        | 総 計     | 受 注 者 別 |        |        |        |       |        | 工 事 種 類 別 |        | 未消化<br>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   |        |       |        |           |        |            |         |
| 2006 年     | 136,214 | 98,886  | 22,041 | 76,845 | 20,711 | 5,852 | 10,765 | 98,795    | 37,419 | 134,845    | 142,913 |
| 2007 年     | 137,946 | 103,701 | 21,705 | 81,996 | 19,539 | 5,997 | 8,708  | 101,417   | 36,529 | 129,919    | 143,391 |
| 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 | 1,380,986  | 111,076 |
| 2012 年 5 月 | 6,176   | 4,284   | 960    | 3,324  | 1,309  | 337   | 246    | 4,171     | 2,005  | 116,271    | 7,709   |
| 6 月        | 8,663   | 6,106   | 1,433  | 4,673  | 2,053  | 354   | 149    | 5,999     | 2,664  | 115,408    | 9,834   |
| 7 月        | 7,488   | 5,156   | 1,043  | 4,112  | 1,809  | 430   | 93     | 5,163     | 2,325  | 116,359    | 6,602   |
| 8 月        | 8,247   | 5,373   | 1,030  | 4,342  | 2,246  | 400   | 228    | 5,424     | 2,823  | 115,240    | 9,295   |
| 9 月        | 11,880  | 7,617   | 1,541  | 6,076  | 2,810  | 496   | 957    | 8,373     | 3,507  | 115,538    | 11,742  |
| 10 月       | 6,283   | 4,337   | 1,113  | 3,224  | 1,329  | 364   | 253    | 4,341     | 1,942  | 114,513    | 7,383   |
| 11 月       | 7,951   | 5,612   | 1,143  | 4,469  | 1,555  | 392   | 392    | 5,779     | 2,172  | 113,652    | 8,952   |
| 12 月       | 10,823  | 7,180   | 1,489  | 5,691  | 2,654  | 428   | 562    | 7,886     | 2,937  | 113,146    | 11,789  |
| 2013 年 1 月 | 7,476   | 4,934   | 914    | 4,020  | 1,711  | 323   | 208    | 4,974     | 2,202  | 113,069    | 7,495   |
| 2 月        | 9,974   | 6,394   | 1,028  | 5,366  | 2,725  | 395   | 460    | 6,631     | 3,343  | 112,221    | 10,849  |
| 3 月        | 19,344  | 12,545  | 2,117  | 10,428 | 4,900  | 476   | 1,423  | 12,473    | 6,870  | 117,754    | 13,225  |
| 4 月        | 6,570   | 4,870   | 866    | 4,004  | 1,238  | 366   | 97     | 4,489     | 2,081  | 118,464    | 7,025   |
| 5 月        | 7,781   | 5,423   | 1,109  | 4,314  | 1,738  | 351   | 269    | 5,680     | 2,101  | —          | —       |

建設機械受注実績

(単位：億円)

| 年 月     | 06 年   | 07 年   | 08 年   | 09 年  | 10 年   | 11 年   | 12 年   | 12 年<br>5 月 | 6 月   | 7 月   | 8 月   | 9 月   | 10 月  | 11 月  | 12 月  | 13 年<br>1 月 | 2 月   | 3 月   | 4 月   | 5 月   |
|---------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------------|-------|-------|-------|-------|
| 総 額     | 17,465 | 20,478 | 18,099 | 7,492 | 15,342 | 19,520 | 17,343 | 1,532       | 1,443 | 1,391 | 1,347 | 1,107 | 1,258 | 1,331 | 1,315 | 1,133       | 1,307 | 1,717 | 1,588 | 1,161 |
| 海 外 需 要 | 11,756 | 14,209 | 12,996 | 4,727 | 11,904 | 15,163 | 12,357 | 1,147       | 1,026 | 929   | 951   | 700   | 796   | 894   | 851   | 747         | 843   | 1,222 | 1,042 | 539   |
| 海外需要を除く | 5,709  | 6,268  | 5,103  | 2,765 | 3,438  | 4,357  | 4,986  | 385         | 417   | 462   | 396   | 407   | 462   | 437   | 464   | 386         | 464   | 495   | 546   | 622   |

(注) 2006～2008 年は年平均で、2009～2012 年は四半期ごとの平均値で図示した。

2012 年 5 月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注態統計調査

内閣府経済社会総合研究所機械受注態統計調査

## …行事一覧…

(2013年6月1日～30日)

### ■ 機 械 部 会

#### ■ ダンプトラック技術委員会

月 日：6月4日(火)

出席者：大貫廣明委員長ほか2名

議 題：①各社トピックスについて

②人材育成についての自由討議 ③日本機械土工協会との安全についての意見交換会について ④6/14開催の機械部会技術連絡会でのBauma2013展示紹介について ⑤現場および工場見学会について ⑥その他

#### ■ トンネル機械技術委員会 環境保全分科会

月 日：6月4日(火)

出席者：林正也分科会長ほか8名

議 題：①今年度テーマ「トンネル掘削土に含まれる汚染土壌の処理方法の調査と検討」に関する調査項目の概要の抽出について ②各調査項目の担当者の決定 ③その他

#### ■ 除雪機械技術委員会 第2回グレーダ・ドーザ分科会

月 日：6月11日(火)

出席者：江本平委員長ほか11名

議 題：①5/21開催の国交省本省・地整・自治体との意見交換会の内容確認・特に二人乗りについて ②分科会としての議論と整理 ③国交省を交えた6/26分科会に向けての確認

#### ■ 基礎工事用機械技術委員会

月 日：6月12日(水)

出席者：篠原慶二委員長ほか10名

議 題：①メーカーの情報化施工アシスト装置の将来について ②施工側の情報化施工システムの要望について ③その他

#### ■ 油脂技術委員会及び燃料エンジン油分科会、グリース分科会

月 日：6月13日(木)

出席者：豊岡司委員長ほか16名

議 題：①油脂技術委員会・ショベル技術委員会及びトラクタ技術委員会へのオンファイル普及のお願い説明実施報告・平成25年度委員会活動計画について ②燃料・エンジン油分科会・平成25年度分科会活動計画について・オフロード用燃料、オイル品質動向(サンプリング)調査の提案、意見交換について ③グリース分科会・平成25年度分科会活動計画について ④全体

確認・米国における省燃費作動油の規格化の動きについて・平成25年度の組織について、その他

#### ■ トンネル機械技術委員会 建設生産システム変革分科会

月 日：6月13日(木)

出席者：浅沼廉樹分科会長ほか7名

議 題：①シールドトンネル・山岳トンネルの建設生産システムの変革に関連する情報を各位持ち寄り、内容について討議 ②その他

#### ■ コンクリート機械技術委員会

月 日：6月13日(木)

出席者：大村高慶委員長ほか6名

議 題：①ISO TC/195 国際会議出席の報告について ②機関誌への発表打合せについて ③現場見学会の予定について ④その他

#### ■ トラクタ技術委員会 代表者打合せ

月 日：6月14日(金)

出席者：阿部里視委員長ほか6名

議 題：①構造規格銘板におけるログ用アタッチメントの取扱いについての整理と表示方法についての確認 ②その他

#### ■ 技術連絡会

月 日：6月18日(火)

出席者：大野俊弘部会長ほか35名

議 題：①機械部会の平成24年度事業報告と平成25年度活動計画について ②国土交通省 公共事業企画調整課の平成25年度の重点方針について ③Bauma2013(4月15～21日開催)展示会の報告について／ショベル技術委員会・トラクタ技術委員会・ダンプトラック技術委員会 ④基礎工事用機械・施工におけるICT活用の事例について／基礎工事用機械技術委員会 ⑤100年後のトンネル施工に要求される技術・材料について(活動最終報告)／トンネル機械技術委員会 ⑥厚生労働省の解体用機械に係る車両系建設機械の安衛則・構造規格の改正について／マテリアルハンドリングWG ⑦その他情報・意見交換

#### ■ トンネル機械技術委員会 安全・安心分科会

月 日：6月19日(水)

出席者：岩切満行分科会長ほか6名

議 題：①調査、収集した資料についての討議 ②今後の進め方について ③その他

#### ■ 除雪機械技術委員会 グレーダ・ドーザメーカ打合せ

月 日：6月24日(月)

出席者：江本平委員長ほか9名

議 題：①一人乗り運転室のメリット・デメリットの整理について ②その他

#### ■ 建築生産機械技術委員会 幹事会・移動式クレーン分科会 WG

月 日：6月25日(火)

出席者：石倉武久委員長ほか5名

議 題：①燃費基準創設済み3機種(油圧ショベル、ホイールローダー、ブルドーザー)での取組例についての説明 ②ラフテレーンクレーンの作業燃費についての意見交換 ③今後の検討の進め方について ④その他

#### ■ 除雪機械技術委員会 第3回グレーダ・ドーザ分科会

月 日：6月26日(水)

出席者：江本平委員長ほか18名

議 題：①二人乗り運転室について ②その他

#### ■ トラクタ技術委員会

月 日：6月28日(金)

出席者：阿部里視委員長ほか4名

議 題：①6/18開催の機械部会 技術連絡会の報告・Bauma2013展示会報告等について ②ログ用アタッチメントやフォーク装着ホイールローダーの労働安全衛生法から見た考え方の整理について ③除雪ドーザの二人乗りキャブについての報告 ④その他

### ■ 製 造 業 部 会

#### ■ マテハン WG・ショベル・トラクタ技術委員会、建機工アタッチメント部会打合せおよび厚労省殿との最終確認打合せ

月 日：6月4日(火)

出席者：三宅利彦主査ほか31名

議 題：①関係 WG・委員会・部会の打合せ…1) 車両系建設機械の構造規格の改正に伴う構造規格銘板の表示の最終確認について、2) アタッチメントの表示について、3) その他 ②厚生労働省との最終確認打合せ…1) 上記検討結果について厚生労働省釜石主任技術審議官殿との最終確認

#### ■ 厚労省：新たな解体用機械に係る車両系建設機械の安衛則・構造規格・特別教育規程の一部改正についての説明会

月 日：6月17日(月)

出席者：生田正治前主査ほか118名

議 題：①「新たな解体用機械に係る車両系建設機械の安衛則・構造規格・特別教育規程の一部改正について」説明 ②質疑応答

## ■ 建設業部会

### ■機電技術者交流企画 WG

月 日：6月18日（火）

出席者：久留島匡緒主査ほか8名

議 題：①委員・オブザーバー紹介

②今年度の機電技術者意見交換会に向けてのスケジュール確認 ③昨年度の反省点 ④テーマについて等検討 ⑤その他

### ■三役会

月 日：6月19日（水）

出席者：立石洋二部会長ほか5名

議 題：①夏季現場見学会の候補地について ②各WG進捗状況報告 ③6/17開催「新たな解体用機械に係る車両計建設機械の安衛則・構造規格・特別教育規定の一部改正について」の説明会を終えて ④7/12開催予定建設業部会について ⑤その他（次世代建設施工技術に関する検討会の参加者について等）

### ■バックホウ吊上げ作業事故予防検討会

月 日：6月27日（木）

出席者：傳田喜八郎主査ほか5名

議 題：①報告書の各分担原稿持ち寄り・検討 ②その他

## ■ レンタル部会

### ■コンプライアンス分科会

月 日：6月4日（火）

出席者：隼直毅分科会長ほか8名

議 題：①隼分科会長挨拶 ②「建設機械等レンタル契約の手引き」の解説欄検討 ③関東地整・JCMA 間災害協定に伴うアンケート調査について ④その他

### ■レンタル業部会

月 日：6月13日（木）

出席者：後藤津義部会長代理ほか9名

議 題：①中島部会長挨拶 ②関東地方整備局・JCMA の災害協定について ③分科会活動状況報告 ④会員各社の取組事項、部会員共通の問題・課題等 ⑤その他

## ■ 各種委員会等

### ■機関誌編集委員会

月 日：6月5日（水）

出席者：田中康順委員長ほか20名

議 題：①平成25年9月号（第763号）の計画の審議・検討 ②平成25年10月号（第764号）の素案の審議・検討

③平成25年11月号（第765号）の編集方針の審議・検討 ④平成25年6～8月号（第760～762号）の進捗状況の報告・確認

### ■新工法調査分科会

月 日：6月18日（火）

出席者：安川良博分科会長ほか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

### ■建設経済調査分科会

月 日：6月19日（水）

出席者：山名至孝分科会長ほか2名

議 題：①分科会のメンバー構成について ②その他

### ■新機種調査分科会

月 日：6月25日（火）

出席者：江本平分科会長ほか6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

### ■ 2014 ふゆトピア・フェア in 釧路第1回 実行委員会

月 日：6月6日（木）

場 所：札幌第1合同庁舎15階南側特別会議室

出席者：辻靖三会長ほか1名

内 容：①実行委員会の設立、実行委員会規約（案）について ②実行委員会会計処理要領（案）及び基本計画（案）について

### ■第1回施工技術検定委員会

月 日：6月12日（水）

出席者：林勝義企画部会委員ほか29名

内 容：①建設機械施工技術検定学科試験の実施要領と監督要領の打合せ

### ■建設機械施工技術検定学科試験会場設営

月 日：6月15日（土）

場 所：北広島市、道都大学

出席者：鬼澤正美事務局長ほか6名

### ■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月16日（日）

場 所：北広島市、道都大学

受検者：1級276名、2級526名（延647名）

## ■ 東北支部

### ■広報部会（「EE 東北 2013」開催）

月 日：6月5日（水）～6日（木）

場 所：夢メッセ宮城

内 容：当支部関係14社（全体290社）、技術数当支部関係38テーマ（全体682テーマ）

来場者数：12,000名

### ■施工部会

月 日：6月11日（火）

場 所：仙台育英学園高等学校

出席者：稲村正弘部会長ほか3名

議 題：①建設機械施工技術検定試験会場調査 ②施設及び各試験室状況について ③その他

### ■施工部会 建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月16日（日）

場 所：仙台育英学園高等学校

受検者数：1級 375名

2級 867名

種別毎 1種 149名

2種 745名

3種 44名

4種 86名

5種 11名

6種 2名

### ■技術部会

技術施工講習会（映画会）

月 日：6月28日（金）

場 所：フォレスト仙台

参加人数：147名

題 名：

①液状化を防ぐ（株）不動テトラ

②赤レンガ駅舎 保存・復元の軌跡（東京丸の内駅舎保存・復原工事 総集編）鹿島建設（株）

③災害からの早期普及に貢献 無人化施工技術 奈良県野迫川村北股の地滑り災害への導入 熊谷組

④「まがーふ工法」非開削方式による超大断面トンネル構築技術 熊谷組

⑤災害廃棄物処理業務（南三陸処理区）清水建設（株）

⑥アルミニウム合金製ドーム屋根（テレコドーム工法による日本最大級のアルミドーム屋根の施工）（株）フジタ

⑦ NETIS 登録技術を活用した TS 出来形管理 福井コンピュータ（株）

⑧ Cat スキッドステア Cat マルチレインローダ（日本未導入）紹介動画 キャタピラー・ジャパン（株）

⑨東京スカイツリー 634m への挑戦（株）大林組

⑩ EC（エコクレイ）ウォール工法（無排泥粘土遮水壁工法）ライト工業（株）

⑪ライト工業技術紹介「法面防災技術について」ライト工業（株）

⑫自動車テストコースの舗装（自動車用高速周回路における斜面舗装の施工）日本道路（株）



## ■ 北 陸 支 部

### ■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月16日（日）

場 所：新潟コンベンションセンター朱鷺メッセ

受検者：1級199名、2級419名

## ■ 中 部 支 部

### ■技能検定委員会会議

月 日：6月4日（火）

出席者：永江事務局長出席

議 題：建設機械整備技能検定の実施に関する実務打合せ

### ■愛知県ブロック春期災害対策用機械操作訓練

月 日：6月6日（木）～7日（金）

出席者：会員企業16社29人出席

内 容：排水ポンプ車、照明車等の操作訓練

### ■「建設技術フェア2013in中部」事務局会議

月 日：6月10日（月）

出席者：永江事務局長

内 容：出展者募集結果等について

### ■「建設技術フェア2013in中部」幹事会

月 日：6月12日（水）

出席者：永江事務局長代理出席

内 容：出展者募集結果等について

### ■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月16日（日）

場 所：名城大学

受検者：1級325名、2級676名

### ■除草作業安全講習会

月 日：6月27日（木）

場 所：愛知県名古屋市中千種区名古屋市中小企業振興会館

参加者：70名

### ■広報部会

月 日：6月28日（金）

出席者：高木広報部会長ほか7名

議 題：「中部支部ニュース」第32号について

## ■ 関 西 支 部

### ■摩耗対策委員会（第238回）

月 日：6月4日（火）

場 所：追手門学院 大阪城スクエア 会議室

出席者：深川良一委員長ほか19名

議 題：①技術講演「国内最大級のロータリーパーカッションドリルについて」講師…日特建設㈱ 技術本部技術

開発第二部長 菅 浩一氏 ②文献紹介「中国の河川水による水車材料の土砂摩耗評価」「海底熱水鉱床 採掘要素技術試験機の開発」 ③その他

### ■平成25年度1・2級建設機械施工技術検定試験（学科）試験監督者打合せ

月 日：6月6日（木）～7日（金）

場 所：関西支部 会議室

出席者：松本克英事務局長ほか8名

内 容：①試験当日の対応について

②試験実施関係職員の業務内容について ③不正防止対策の徹底・強化について ④その他留意事項

### ■建設業部会・リース・レンタル業部会合同幹事会

月 日：6月12日（水）

場 所：関西支部 会議室

出席者：建設業部会寺口勝久部会長、リース・レンタル業部会伊勢木浩二部会長ほか3名

議 題：①合同見学会について ②その他

### ■平成25年度1・2級建設機械施工技術検定試験（学科）

月 日：6月16日（日）

場 所：大阪工業大学 大宮キャンパス

受検者：1級539名、2級894名

（1種67名、2種810名、3種9名、4種45名、5種20名、6種17名）

### ■建設用電気設備特別専門委員会（第399回）

月 日：6月19日（水）

場 所：中央電気倶楽部 会議室

議 題：①前回議事録確認 ②「JEM-TR104 建設工事に用受配電設備点検保守チェックリスト」の審議 ③その他

## ■ 中 国 支 部

### ■第1回開発普及部会

月 日：6月5日（水）

場 所：協会事務所

出席者：阿土繕部会長ほか7名

議 題：①第32回新技術・新工法発表会について ②第64回新技術活用現場研修会について ③土木機械設備維持管理研究会について ④その他懸案事項

### ■第3回企画部会

月 日：6月6日（木）

場 所：協会事務所

出席者：高倉寅喜部会長ほか4名

議 題：①情報伝達訓練について ②平成25年度整備局との意見交換会の企画調整について ③その他懸案事項

### ■平成25年度建設機械施工技術検定試験

月 日：6月16日（日）

場 所：広島工業大学

受検者：1級194名、2級393名

### ■「建設機械等損料・橋梁架設・大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会

月 日：6月18日（火）

場 所：広島県産業技術交流センター研修室

参加者：15名

内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会 大口径岩盤削孔委員会委員 加藤 充氏 ②建設機械等損料の積算…（一社）日本建設機械施工協会中国支部事務局長 清水芳郎氏 ③PC橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員 梶原省一氏 ④鋼橋架設の施工技術と積算…（一社）日本建設機械施工協会橋梁架設工事委員会委員 藤原誠治氏

### ■第2回部会長会議

月 日：6月25日（火）

場 所：広島YMCA 会議室

出席者：高倉寅喜部会長ほか11名

議 題：①平成25年度事業実施計画について ②事業別行事予定について（平成25年度中国地方建設技術開発交流会・建設技術フォーラム・情報化施工技術研究会・情報化施工体験セミナー・第64回新技術活用現場研修会・支部ホームページの改良について） ③その他懸案事項

## ■ 四 国 支 部

### ■平成25年度建設機械施工技術検定【学科】試験本部班打合せ

月 日：6月11日（火）

場 所：支部事務局

出席者：須田道夫総括監督者ほか6名

議 題：①実施要領の再周知 ②本部班作業要領の周知 ③試験室等配置状況の周知 ④不測の事態の対応に関する検討

### ■平成25年度建設機械施工技術検定【学科】試験

月 日：6月16日（日）

場 所：英明高等学校（高松市）

受検者：1級271名、2級464名  
計735名

## ■ 九 州 支 部

### ■施工技術検定試験 試験監督者説明会

月 日：6月5日（水）

出席者：田上事務局長ほか 18 名  
内 容：試験業務運営と試験監督要領について

#### ■施工技術検定試験 試験本部班説明会

月 日：6月5日（水）  
出席者：田上事務局長ほか 5 名  
内 容：試験本部業務について

#### ■第2回企画委員会

月 日：6月5日（水）  
出席者：久保田正春企画委員長ほか 6 名

議 題：①第1回情報化施工講習会の結果について ②橋梁架設・大口径岩盤削孔積算講習会について ③施工技術検定学科試験について ④平成24年度決算結果について ⑤第2回・第3回情報化施工講習会について

#### ■建設機械施工技術検定学科試験

月 日：6月16日（日）  
場 所：九州産業大学  
受検者：1級 507 名，2級 1010 名

#### ■「橋梁架設及び大口径岩盤削孔の積算」講習会

月 日：6月26日（水）  
場 所：福岡建設会館  
受講者：34 名  
内 容：①大口径岩盤削孔の施工技術と積算 ②橋梁架設（鋼橋）の施工技術と積算 ③橋梁架設（PC 橋）の施工技術と積算

## 「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：6,300円（本体6,000円）  
会 員：5,350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。

●発行 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>

## 編集後記

猛暑が続いておりますが、今年は暑さだけではなく、ゲリラ豪雨、もどり梅雨など、異常気象の話題もよく耳にします。近年の異常気象は、地球温暖化やヒートアイランドが原因で引き起こされていると言われていますが、原因が何であれ、日本の気候が以前と比べて大分変わったことだけは間違いないと思います。

異常気象により、記録的な豪雨が頻発すると、過去に例のない災害が発生し、家屋やインフラ設備に深刻な被害をもたらすことも少なくありません。

日本では今後、多くのインフラ設備が更新時期を迎えます。年々増加する異常気象に対しても、十分耐えられるインフラ設備を構築することが重要であると考えております。

さて、今月号は「橋梁」特集号です。巻頭言は、東京大学の藤野名誉

教授にお願いいたしました。

行政情報では、国土交通省国土技術政策総合研究所から道路橋示方書改定について、NEXCO 総研から本年7月に改定されたNEXCO 設計要領第二集の改訂について、それぞれ概要を執筆していただきました。

技術報文では、橋梁の維持管理、耐震、設計・開発、施工といった幅広い分野から8編の報告をとりあげて紹介しております。

公共事業の予算が限られる中、重要なライフラインである橋梁を今後どのように維持・整備していくかは、我が国の大きな課題であると思います。今回掲載した報文が、このような課題に日々取り組んでいる皆様のご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に心から感謝いたしますとともに厚く御礼申し上げます。

(岡田・齋藤)

## 機関誌編集委員会

### 編集顧問

|       |       |
|-------|-------|
| 今岡 亮司 | 加納研之助 |
| 桑垣 悦夫 | 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          |
| 持山 昌知 | 農林水産省          |
| 伊藤 健一 | (独)鉄道・運輸機構     |
| 篠原 望  | 鹿島建設(株)        |
| 和田 一知 | (株)KCM         |
| 安川 良博 | (株)熊谷組         |
| 原口 宏  | コベルコ建機(株)      |
| 原 茂宏  | コマツ            |
| 藤吉 卓也 | 清水建設(株)        |
| 赤神 元英 | 日本国土開発(株)      |
| 山本 茂太 | キャタピラー・ジャパン(株) |
| 久保 隆道 | (株)竹中工務店       |
| 齋藤 琢  | 東亜建設工業(株)      |
| 相田 尚  | (株)NIPPO       |
| 船原三佐夫 | 日立建機(株)        |
| 岡本 直樹 | 山崎建設(株)        |
| 川西 健之 | (株)奥村組         |
| 石倉 武久 | 住友建機(株)        |
| 江本 平  | 範多機械(株)        |
| 京免 継彦 | 佐藤工業(株)        |
| 岡田 英明 | 五洋建設(株)        |
| 藤島 崇  | 施工技術総合研究所      |

### 9月号「土工特集」予告

- ・建設ロボット技術懇談会の提言等
- ・経済産業省における公共・防災ロボット関連施策
- ・ローラ加速度応答法による盛土品質管理  
高速道路の盛土施工における活用事例
- ・無人化施工における作業効率の実態
- ・無人化施工の技術的総括と今後
- ・土工機械メーカーのグローバルアライアンス
- ・最近の土工計画の方法
- ・岩塊盛土の今昔
- ・水陸両用ブルドーザによる災害復旧工事事例報告
- ・スクレープドーザの総括  
その開発史と近年の動向
- ・ブルドーザ作業機自動制御の適用範囲拡大 D61EXi/PXi-23
- ・油圧ハイブリッドシステムを搭載した油圧ショベルの開発  
CatR 336E H / 336E L H
- ・AC駆動 290tRDT のEH5000AC-3の開発
- ・岩塊・玉石から軟岩をスピーディに掘削  
エキセントリックリッパを機構と構造から見たその効果

## 建設機械施工

### Journal of JCMA

第65巻第8号(2013年8月号)(通巻762号)

Vol. 65 No. 8 August 2013

2013(平成25)年8月20日印刷

2013(平成25)年8月25日発行(毎月1回25日発行)

編集兼発行人 辻 靖三

印刷所 日本印刷株式会社

## 発行所 一般社団法人日本建設機械施工協会

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5番8号 機械振興会館内

電話 (03) 3433-1501 ; Fax (03) 3432-0289 ; <http://www.jcmanet.or.jp/>

施工技術総合研究所 〒417-0801 静岡県富士市大淵 3154

電話 (0545) 35-0212

北海道支 部 〒060-0003 札幌市中央区北三条西2-8

電話 (011) 231-4428

東北支 部 〒980-0802 仙台市青葉区二丁目16-1

電話 (022) 222-3915

北陸支 部 〒950-0965 新潟市中央区新光町6-1

電話 (025) 280-0128

中部支 部 〒460-0002 名古屋市中区丸の内3-17-10

電話 (052) 962-2394

関西支 部 〒540-0012 大阪市中央区谷町2-7-4

電話 (06) 6941-8845

中国支 部 〒730-0013 広島市中区八丁堀12-22

電話 (082) 221-6841

四国支 部 〒760-0066 高松市福岡町3-11-22

電話 (087) 821-8074

九州支 部 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2-4-30

電話 (092) 436-3322

本誌上への広告は(株)共栄通信社までお問い合わせ下さい。

本社 〒105-0004 東京都港区新橋3-15-8(精工ビル5F) 電話 03-5472-1801 FAX 03-5472-1802 E-MAIL : [info@kyoeitushin.co.jp](mailto:info@kyoeitushin.co.jp)

担当 本社編集部 宗像 敏



Empower your Vision.

HITACHI

Reliable solutions



## NEW ZAXIS

省エネ油圧システム「TRIAS」を採用。

※ZAXIS470には新油圧システム「HIOSⅢB」を採用

パワーを効率良く活用し、

低燃費と高い生産性を両立しました。

油圧ショベル 新型ZAXIS-5 シリーズ  
**ZAXIS 240/280/330/470**

## NEW ZW

新開発「アクティブエンジン  
コントロールシステム」を採用。

機械の動きから、エンジン回転数を制御し、  
低燃費を実現しました。



ホイールローダ 新型ZW-5 シリーズ  
**ZW 220/250/310/330**



特定特殊自動車排出ガス  
2011年基準適合車

# Low fuel. Good feel.

エコノミーな燃費で、ファーストクラスの心地よさ

より少ない燃費で高い生産性を実現することが、ますます  
求められています。日立建機は、この課題に応じて独自の  
省エネ技術をさらに進化させ、新しい油圧ショベル  
ZAXIS-5シリーズとホイールローダZW-5シリーズを開発  
しました。作業性・安全性・メンテナンス性にも優れ、現場  
で頼もしい能力を発揮します。

ConSite

世界の現場 (Construction Site) の声に応じて生  
まれた新サービスメニュー「ConSite(コンサイト)」。  
新車保証や定期メンテナンスの各種プログラムの  
他、データレポート配信などのサービスをフルパッ  
ケージにしてサポートいたします。



日立建機株式会社 <http://www.hitachi-kenki.co.jp/>

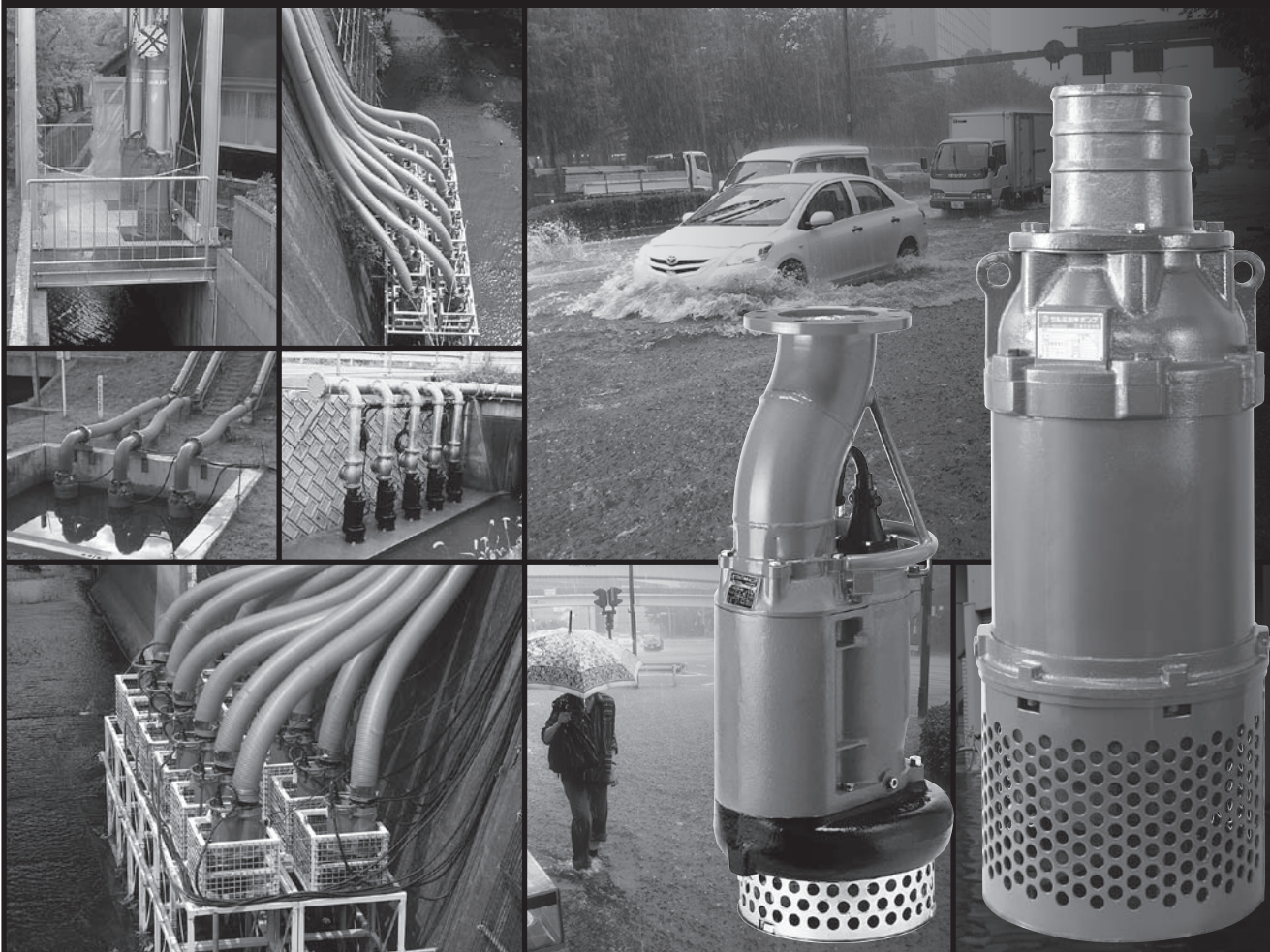


環境を最優先としたグローバル企業へ

# 自然の驚異!!

## 多発するゲリラ豪雨

### 対策ポンプはツルミの——KRS型



工事現場などで活躍する大容量性能の  
**KRS型**はフランジ接続にする事で、  
簡易雨水排水設備などにも対応しています。

## KRS型

口径：80～350mm

出力：2.2～37kW

株式会社 鶴見製作所

大阪本店：〒538-8585 大阪市鶴見区鶴見4-16-40  
東京本社：〒110-0016 東京都台東区台東1-33-8

TEL.(06)6911-2351 FAX.(06)6911-1800  
TEL.(03)3833-9765 FAX.(03)3835-8429

北海道支店：TEL.(011)787-8385  
東北支店：TEL.(022)284-4107

東京支店：TEL.(03)3833-0331  
北関東支店：TEL.(027)310-1122

中部支店：TEL.(052)481-8181  
北陸支店：TEL.(076)268-2761

近畿支店：TEL.(06)6911-2311  
中国支店：TEL.(082)923-5171

四国支店：TEL.(087)815-3535  
九州支店：TEL.(092)452-5001

[www.tsurumipump.co.jp](http://www.tsurumipump.co.jp)

# KOBELCO

低燃費のコベルコ!  
低炭素社会の実現へ

## 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。



新ECOモードで最大約15%燃費を低減。<sup>\*1</sup>  
2020年燃費基準値達成度★★★★クリア。<sup>\*2</sup>

AI搭載型バックホウ  
**NETIS登録**  
登録番号: XK-100000000

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。

※1. SK250の燃費低減率(従来機Sモード比)。 ※2. SK250、SK330の場合。

ASPEC  
Geospec

# SK250 SK330 SK470

## 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](http://www.kobelco-kenki.co.jp)





吸塵式乾式カッター  
MCD-RY14



ミスターライト  
MLP-1212



高周波バイブレーター  
FX-40RE/FU-161

# 未来へ伸びる、三笠の技術。



転圧センサー  
バイブロコンパクター  
MVH-306DSC-PAS  
NETIS No.TH-120015-A



防音型

タンピングランマー  
MT-55L-SGK  
NETIS No.TH-100005-A



低騒音型

プレートコンパクター  
MVC-F40S  
NETIS No.TH-100006-A



バイブレーションローラー  
MRH-601DS

## 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: 080-1013-9538

中国営業所 TEL: 082-875-8561  
四国出張所 TEL: 087-868-5111  
九州営業所 TEL: 092-431-5523  
南九州出張所 TEL: 080-1013-9558

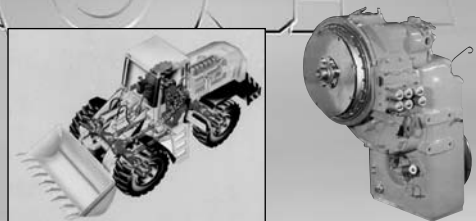
沖縄出張所 TEL: 090-7440-0404

MARUMA

# あらゆる建設機械／シールドマシン・・・ 油圧機器の整備・再生

## 建設機械用ZFトランスミッション

点検・整備は、日本ではマルマのみが対応



## 建設機械のあらゆる油圧機器

斜板式ダブルポンプ



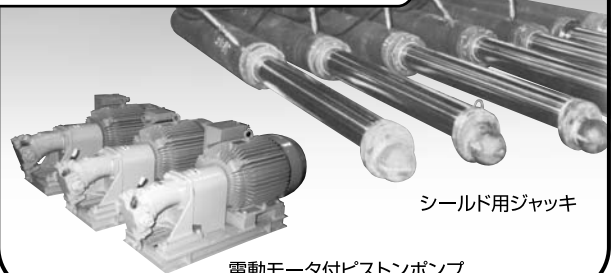
斜板式ピストンポンプ



斜軸式ピストンモータ



## シールドマシン用油圧機器



シールド用ジャッキ

電動モータ付ピストンポンプ

## 建機と共に半世紀以上。確かな「信頼」をお届けします！

整備・再生された各Ass'yは、自社独自開発の多機能油圧機器試験機により性能を確認。各テストのデータはデータベースとして保存され、出荷後、マッチング調整や、搬送されてきた同等品の確認テストに活用します。この万全を期した体制がマルマの高い信頼性のゆえんです。



マルマテクニカ株式会社

本社・相模原事業所 営業部 整備油機課

〒252-0331 神奈川県相模原市南区大野台6丁目2番1号

TEL042 (751) 3809 FAX042 (756) 4389

E-mail:yuki@maruma.co.jp

東京事業部 〒156-0054

E-mail:tokyo@maruma.co.jp

名古屋事業所 〒485-0037

E-mail:n-service@maruma.co.jp

東京都世田谷区桜丘1-2-22

TEL03 (3429) 2141 FAX03 (3420) 3336

愛知県小牧市小針2-18

TEL0568 (77) 3311 FAX0568 (77) 3719

URL <http://www.maruma.co.jp/>



# ダム工事用コンクリート運搬テルハ(クライミング機能付)

## 重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

### 特長

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



## 吉永機械株式会社

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

## カタログ資料請求票

### 「建設機械施工」資料請求用紙

年 月 日 発信

本誌に掲載されている広告のお問合せ、資料の請求はこの用紙を利用し、ファクシミリなどでお送り下さい。

- ① カatalog、資料はメーカーから直送します。
- ② カatalog送付は原則的に勤務先に限ります。

フリガナ

お名前： \_\_\_\_\_

資料送付先： 〒 \_\_\_\_\_

会社名(校名)： \_\_\_\_\_

所 属： \_\_\_\_\_

電 話： ( \_\_\_\_\_ ) F A X： ( \_\_\_\_\_ )

E-mail： \_\_\_\_\_

|   | 広告掲載号 | メーカー名 | 製品名 |
|---|-------|-------|-----|
| ① | 月号    |       |     |
| ② | 月号    |       |     |
| ③ | 月号    |       |     |
| ④ | 月号    |       |     |
| ⑤ | 月号    |       |     |

FAX 送付先 (株)共栄通信社 建設機械施工係 TEL(03)5472-1801 FAX(03)5472-1802



# Denyo



## デンヨーのNETIS登録製品フルラインアップ完成!

NETIS登録製品を活用して御社の公共工事受注をより有利に!



### 環境保護ベース 一体型発電機



### 自動アイドリングストップ機能付 エンジン溶接機



### 可変圧・可変容量型 エンジンコンプレッサー



●技術で明日を築く  
**デンヨー株式会社**

本社: 〒103-8566 東京都中央区日本橋堀留町2-8-5  
TEL: 03(6861)1122 FAX: 03(6861)1181  
ホームページ: <http://www.denyo.co.jp/>

札幌営業所 011(862)1221  
東北営業所 022(254)7311  
信越営業所 025(268)0791  
北関東営業所 027(360)4570  
東京営業所 03(6861)1122

横浜営業所 045(774)0321  
静岡営業所 054(261)3259  
名古屋営業所 052(856)7222  
金沢営業所 076(269)1231  
大阪営業所 06(6448)7131

広島営業所 082(278)3350  
高松営業所 087(874)3301  
九州営業所 092(935)0700

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  
カスタマーサービス相模事業所  
大 阪 支 店  
西 部 支 店  
三 重 工 場

〒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  
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1丁目12番1号  
〒564-0063 大阪府吹田市江坂町1丁目23番20号 TEK第二ビル  
〒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  
〒514-0396 三重県津市雲出長常町1129番地11

TEL. 03-5733-9444  
TEL. 042-767-2586  
TEL. 06-6387-3371  
TEL. 092-411-4998  
TEL. 059-234-4111

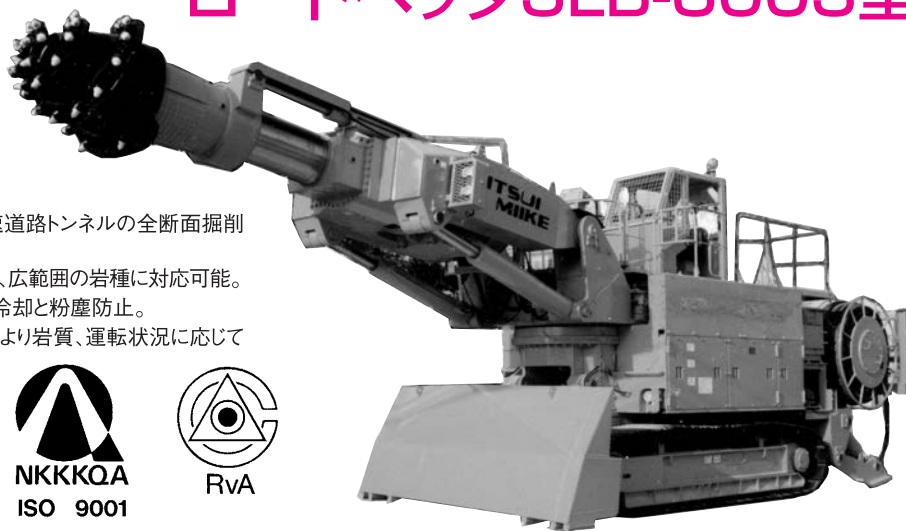


# 安全・高能率な掘削を実現!

## 全断面对応中硬岩用トンネル掘進機 ロードヘッダSLB-300S型

### 特長

1. 最大8.8mの掘削高さで、新幹線、高速道路トンネルの全断面掘削が可能。
2. 300kW:2速切換型電動機の採用により、広範囲の岩種に対応可能。
3. ピック先端に高圧水を散水させ、ピック冷却と粉塵防止。
4. モード切換式パワーコントロール装置により岩質、運転状況に応じて作動設定の変更が可能。
5. 運転操作が優れ、全操作がリモートコントロールで運転可能。
6. ケーブルリール装置により、電源ケーブルの取扱いが容易で移動が迅速。



製造・販売・レンタル及びメンテナンス



株式会社 三井三池製作所

本店/〒103-0022 東京都中央区日本橋室町2丁目1番1号 三井ビル2号館  
TEL.03-3270-2005 FAX.03-3245-0203

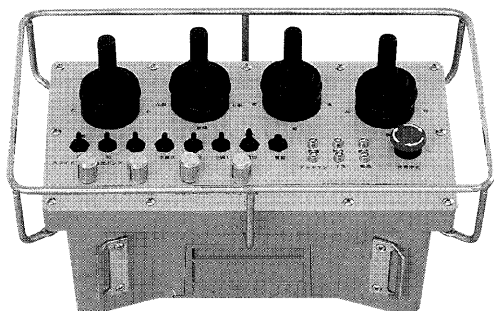
<http://www.mitsumiike.co.jp>

E-mail : [sanki@mitsumiike.co.jp](mailto:sanki@mitsumiike.co.jp)

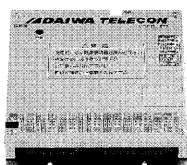
建設機械用  
無線操作装置

# ダイワテレコン

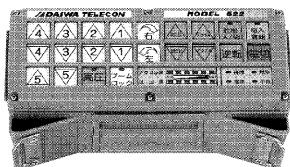
あらゆる仕様に対応  
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH。**
- コンパクトな指令機に業界最大**36個**の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ出力仕様**も可能。
- 充電は急速充電方式（一△V検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

## DAIWA TELECON

### 大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171  
TEL 0562-47-2167 (直通) FAX 0562-45-0005  
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>  
e-mail [mgclub@daiwakiko.co.jp](mailto:mgclub@daiwakiko.co.jp)  
営業所 東京、大阪、他



Global Teamwork  
**KOMATSU**

地面のことを考えるように、  
空のことも考えよう。

Thumbs up for cleaner air

「日・米・欧 新排出ガス規制\*」に適合した  
コマツの次世代建設機械。  
燃料消費量も平均10%低減(従来機比)しました。  
30機種以上を、次々と発売していきます。

## Global Teamwork for Tomorrow

\*米国の「Tier4 Interim」、欧州の「Stage IIIb」につき、  
日本では、オフロード法(特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律)  
2011年基準が適用開始されます。

We are launching over 30 next-generation models certified  
for the new emission control standard of Japan,  
the United States and Europe.  
They are ready to cut down 10% of your fuel expenses  
on average, when compared to conventional models.



新サービスプログラム「KOMATSU CARE」  
(コマツ・ケア)でサポート。



**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 03435-8



4910034350834  
00800

「建設機械施工」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円