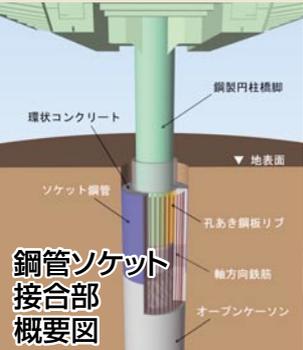


建設の施工企画 5

2009 MAY No.711 JCOMA

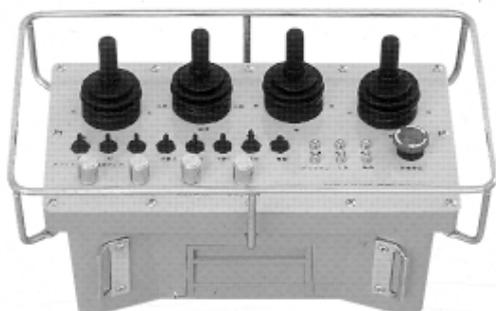


橋梁 特集

建設機械用
無線操作装置

ダイワテレコン

あらゆる仕様に対応
指令機操作面はレイアウトフリー



ダイワテレコン 572 ※製作例 比例制御4本レバー仕様



受令機



ダイワテレコン 522

《新電波法技術基準適合品》

- スイッチ・ジョイスティック・その他、混在装備で最大操作数驚異の**96CH**。
- コンパクトな指令機に業界最大**36**個の押しボタンスイッチ装着可能。
- 受令機の出力はオープンコレクタ（標準）リレー・電圧（比例制御）又は**油圧バルブ**用出力仕様も可能。
- 充電は急速充電方式（-ΔV検出+オーバータイムタイマー付き）
- その他、特注品もお受けいたします。お気軽にご相談ください。

DAIWA TELECON

大和機工株式会社

本社工場 〒474-0071 愛知県大府市梶田町 1-171
TEL 0562-47-2167（直通） FAX 0562-45-0005
ホームページ <http://www.daiwakiko.co.jp/>
e-mail mgclub@daiwakiko.co.jp
営業所 東京、大阪、他

ダム工事に用いるコンクリート運搬テルハ（クライミング機能付）

重力式コンクリートダム等の新しいコンクリート運搬装置

コスト・安全・環境に配慮した最適な施工が行えます。

特長

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



吉永機械株式会社

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

平成21年度「建設施工と建設機械シンポジウム」 —— 未来を拓く建設施工と建設機械 ——

論文・ポスターセッション発表の募集

1. 会 期：2009年(平成21年)11月10日(火)～11日(水)

2. 会 場：機械振興会館（東京都港区芝公園3-5-8）
B2ホール、地下3階研修-1、2号室、B3-2

3. 主 催：社団法人 日本建設機械化協会

4. 後 援：(順不同・予定)

国土交通省、経済産業省、(独)土木研究所、(社)土木学会、(社)日本機械学会、
(社)地盤工学会、(社)日本機械土工協会
※土木学会 継続教育(CPD)プログラム認定申請予定

5. 主 旨

本協会では、広報活動の一環として“建設機械と施工法”に関する技術の向上などを目的に、技術開発、研究成果の発表の場として、「建設施工と建設機械シンポジウム」を毎年開催しております。本年度も建設施工と建設機械分野の専門家相互の情報交換と技術力の研鑽の場を提供することを目的に、「未来を拓く建設施工と建設機械」をテーマとし、下記の6つのテーマについて広く発表論文の募集を行います。また、本年度も、昨年度に引き続き幅広い参画を目的として、ポスターセッション募集も併せて実施すると共に、優秀な論文、ポスターに対しては優秀論文賞、優秀ポスター賞として表彰を行います。

建設機械関係技術者の資質向上の場としてはもとより、産官学あるいは異業種間の交流連携の場として本シンポジウムを一層活用して頂けることを期待しております。

以上の主旨と内容をご理解頂き、関連する各分野からの貴重な論文発表、ポスターセッションに参加頂きますようご案内申し上げます。

6. 論文募集内容

論文は、下記の6つの項目のいずれかに該当する内容で応募頂いております。

- (1) 建設施工と建設機械の安全対策、環境対策、省エネルギー対策
- (2) 建設施工と建設機械における合理化、コスト縮減
- (3) 建設施工と建設機械におけるICTの利活用
- (4) 建設施工における品質確保
- (5) 建設施工と建設機械を通じた各種課題解決に向けた取組
- (6) 建設施工と建設機械のマネジメント

7. 論文募集要領

(1) 論文発表申込：「申込書1」により提出して下さい。

※「申込書1」は、当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/symposium/index.html>)からダウンロードが出来ます。

(2) 論文アブストラクト提出締切日：平成21年6月15日(月)(事務局必着厳守)

(3) 提出されたアブストラクトを審査の上、採用決定論文については後日、本論文の作成を依頼します。
(本論文の提出締切りは8月31日(月)の予定です。)

(4) 本論文は、4頁、6頁のいずれかとし、その構成(目的、方法、結果と考察、結論)、文章及び図表は学術論文に準じて下さい。なお、本文は当協会『論文執筆要項』に従っていただきます。

(5) 論文発表時間：17分/編(質疑・応答の時間を含む)

8. ポスターセッション募集内容

ポスターセッションの発表内容は、6. 論文募集内容の6項目に準ずるものとし、以下のうち一つに該当するもので応募頂いております。

- ① より活発な意見交換が望まれる研究成果（研究途上成果を含む）[学生研究発表等]
- ② 新規開発技術・製品の発表、紹介 [ベンチャー企業の技術開発成果等]
- ③ 既発表であっても有用性の高い（参加者への周知が望ましい）成果 [技術審査証明事業等]
- ④ 最近関心が高まっている特定課題（情報化施工、省エネ対策技術）

9. ポスターセッション募集要領

(1) 発表申込：「申込書2」により提出して下さい。

※「申込書2」は、当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/symposium/index.html>)からダウンロードが出来ます。

(2) **ポスターセッションアブストラクト提出期限：平成21年6月15日（月）（事務局必着厳守）**

(3) 提出されたアブストラクトを審査の上、採用の可否を決定し通知します。ポスター、必要機器等は発表当日持込みとなります。

(4) ポスターサイズはA0版（縦1189×横841mm）1枚とします。レイアウト上、ポスターの上端から100mm幅の帯を左端から右端まで通して設け、その範囲内に表題、発表者氏名を記入して下さい。

(5) ポスター前には長机を用意する予定ですので、パンフレット、模型、ノートPC（バッテリー駆動）等による補助的なプレゼンテーションも可とします。（必要機材は発表者側で準備してください）

(6) 発表時間：1日目 12:30～17:00（内、コアタイム1時間）

2日目 10:30～15:00

(7) 募集数：20編程度

10. 表彰

(1) 論文

実行委員会委員による論文査読審査、発表状況審査を経て、優秀な論文に対し優秀論文賞として表彰いたします。

なお、優秀論文は平成22年度（社）日本建設機械化協会会長賞の候補としても位置付けられます。

(2) ポスター

実行委員会委員による発表内容の総合的な審査を経て、優秀なポスターに対し、優秀ポスター賞として表彰いたします。

11. 参加費：論文、ポスターセッション発表者は無料で参加いただけます。

12. 注意事項

審査の結果により、発表頂けない場合がありますので予めご了解下さい。

また、審査の結果により、発表方法（論文発表、ポスターセッション発表）の変更をお願いすることがありますので予めご了承願います。

さらに、論文の提出時に著作権譲渡書を預託頂き、委員会にて採用が決定した場合は当該譲渡書を提出したものとさせていただきます。

◆ 問合せ先、送付先

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

社団法人 日本建設機械化協会 調査研究部 阿部 勉、技師長 野村（事務局）

TEL:03-3433-1501 FAX:03-3432-0289 E-mail:t-abe@jcmanet.or.jp

※本ご案内・申込書は当協会ホームページ(<http://www.jcmanet.or.jp/symposium/index.html>)からダウンロード出来ますのでご利用下さい。

情報化施工研修会のご案内 ～ICT建設機械の实地研修～

社団法人 日本建設機械化協会

(社)日本建設機械化協会は、3次元データを利用した建設機械制御に関する実践的な教育により、情報化施工に対応できる技術者を育成することを目的として、昨年7月より「情報化施工研修会」を開催しております。次回の研修会は下記日程で実施することとしておりますので、研修生の募集についてご案内申し上げます。

記

- 開催日： 平成21年 7月16日(木)～17日(金)
(次々回は 9月10日(木)～11日(金)の開催を予定。開催日の追加・変更など最新情報については当協会ホームページにてご確認ください。)
- 場 所：(社)日本建設機械化協会施工技術総合研究所 (静岡県富士市大淵3154)『情報化施工・安全教育研修センター』
- 主 催：社団法人 日本建設機械化協会
- 対 象：建設現場管理者、建設機械オペレーター、その他マシンコントロールの体験あるいは習得を希望する方。(实地研修は道路路盤工で実施)
- 研修会のコース

| コース名 | 研修目標 | 受講資格 | 受講費用 |
|---------------------------------------|--|--|---|
| 体験コース (開催期間の初日1日) 定員:20名 | ○マシンコントロール(MC)を用いた施工の概要(システム構成、運用)を把握する ○マシンコントロール(MC)用データを使用した 実機施工を試乗体験 する | ①特になし (「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」修了者であれば、施工機械の運転体験が可能) | <u>20,000円/人</u> |
| 実務コース (2日間) 定員:20名 | ○設計図面を読みMC用データ作成をマスターする ○測量データを利用し データ作成、出来形管理の基本 を習得する ○ 実機を用いた実習 によりMC施工の基本を習得する | ①「車両系建設機械(整地・運搬・積み込み用及び掘削用)運転技能講習」の修了者 ②パソコン(エクセルなど)操作経験がある者 | <u>88,000円/人</u> ○研修用パソコンを利用(一人一台) ○「 研修修了証 」を発行 |

- ・体験コースを既に受講した方が**実務コースを再受講する場合、68,000円/人**で受講できます。
- ・現時点で日程が決まっている研修会では、トプコン社製のMCシステムを使用する予定です。
- ・受講費用には、建機・機材のレンタル費、パソコンの利用、傷害保険、テキストなどの費用が含まれています。宿泊費、食事代は含みません。また、主要箇所へのバス送迎を予定しております。
- ・ヘルメット、安全チョッキは当方で準備します。なお、実習の際は安全靴の着用をお願いします。

6. 講師

- ・日本建設機械化協会 情報化施工委員会 ・施工技術総合研究所
- ・その他、施工会社、建設機械メーカ、測量器械メーカなどの専門家

第119回「建設施工研修会」開催のご案内

標記の「研修会」(工事記録映写会)を下記のとおり開催いたしますので、多数お誘い合せのうえ、当日会場へご来場下さいますよう、ご案内申し上げます。

◎ 場 所:機械振興会館 地下2階 B2ホール

◎ 日 時:平成21年6月5日(金) 14:00～16:06

◎ 入 場:無 料 (当日、入退場はご自由です。)

| 第119回「建設施工研修会」プログラム | | | | |
|---------------------|-------------------------------------|-----|-----|-------------------|
| 1 | URUP(Ultra Rapid Under Pass)工法 | H17 | 10分 | (株)大林組 |
| 2 | スラリー連続脱水システム | H20 | 13分 | (株)奥村組 |
| 3 | 岩盤切削工法 | H16 | 10分 | 奥村組土木興業 (株) |
| 4 | 環境の再生から創造へ ～土壌浄化トータルソリューション～ | H19 | 16分 | 鹿島建設(株) |
| 5 | 長尺鋼管先受け工 AGF-WJ工法 | H20 | 6分 | (株)熊谷組 |
| 6 | 線路上空建物の工期短縮施工法の施工事例 (JR立川駅ソード工法) | H19 | 15分 | 鉄建建設(株) |
| 7 | バックホウ型スーパーグラブバケット浚渫工法 | H20 | 11分 | 東亜建設工業(株) |
| 8 | 大規模工事現場で活躍するキャタピラー製品 | H21 | 18分 | キャタピラー ジャパン(株) |

(社)日本建設機械化協会 業務部

〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 機械振興会館

TEL:03-3433-1501 FAX:03-3432-0289

第119回 「建設施工研修会」 プログラム

- ◆ 場 所 : 機械振興会館 地下2階 B2ホール
- ◆ 日 時 : 平成21年6月5日(金) 14:00~16:06
- ◆ 入 場 : 無 料 (入退場はご自由です。)

| | |
|--|-------|
| ① 14:00~14:02 : 映写会の説明 | |
| ② 14:03~14:13 : (株)大林組 URUP(Ultra Rapid Under Pass)工法 交差点を占有せずにアンダーパスによる立体交差化を急速施工できる工法の紹介。 | H17製作 |
| ③ 14:15~14:28 : (株)奥村組 スラリー連続脱水システム システムの仕組みや特長を適用事例を紹介して脱水状況を詳しく解説。 | H20制作 |
| ④ 14:30~14:40 : 奥村組土木興業(株) 岩盤切削工法 発破、大型ブレーカが使用できない場所での公害対策工法として施工している状況の紹介。 | H16制作 |
| ⑤ 14:42~14:58 : 鹿島建設(株) 環境の再生から創造へ 土壌汚染浄化のトータルソリューションの紹介と揮発性有機化合物(VOC)汚染や重金属・油汚染の対策技術の紹介。 | H19制作 |
| 休憩 14:58~15:10(12分間) | |
| ⑥ 15:10~15:16 : (株)熊谷組 長尺鋼管先受け工 AGF-WJ工法 山岳トンネルの切羽前方の補強を行う補助工法。AGF-WJ工法にウォータージェットを併用。 | H20制作 |
| ⑦ 15:18~15:33 : 鉄建建設(株) 線路上空建物の工期短縮施工法(立川駅ソード工法)の施工事例 線路上空という特殊条件下において、安全・品質・コストダウンに優れた建物構築法の紹介。 | H19制作 |
| ⑧ 15:35~15:46 : 東亜建設工業(株) バックホウ型スーパーグラブバケット浚渫工法 バックホウ型スーパーグラブバケットによる環境に配慮した浚渫工法の紹介。 | H20制作 |
| ⑨ 15:48~16:06 : キャタピラー(株) 大規模工事現場で活躍するキャタピラー製品 胆沢ダム建設工事の堤体盛立最盛期に活躍する大型建設機械の紹介。 | H21制作 |

近日発行

平成21年度版 建設機械等損料表

準備が整い次第、別途当協会ホームページ等でご案内致します。

- 発行予定時期 : 平成21年5月中旬
- 本の体裁 : B5判 モノクロ 約730ページ
- 価格(見込・税込) : 7,700円(一般) 6,600円(会員等)

■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
- ・損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・機械経費・機械損料に係る通達類を掲載
- ・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

(社)日本建設機械化協会

好評発売中

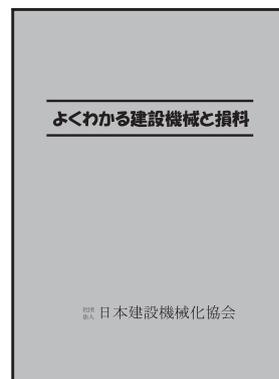
よくわかる建設機械と損料

建設機械損料の解説と機械一覧(H18)のH20改訂版として、名称も変更し発行したものです。

- 発行時期 : 平成20年12月(既刊)
- 本の体裁 : B5判 一部カラー 約360ページ
- 価格(税込) : 4,900円(一般)
4,300円(会員等)

■特長

- ・損料算定表の構成・用語の意味、損料補正方法などを平易な表現で解説
- ・22件の関連通達類の要旨を解説
- ・ほぼ、ほとんどの機械・機器の概要と特徴を解説
- ・総称・俗称から、その機械の損料算定表における掲載ページ検索が可能



(社)日本建設機械化協会

橋梁架設工事の積算

平成21年度版

∞∞∞ 改訂・発刊のご案内 ∞∞∞

平成21年4月 社団法人 日本建設機械化協会

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21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21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21年度版」を別冊(セット)で発刊致します。

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

敬 具

◆内容

平成21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
(架設用機械の概要、写真・図解付き)
- 〈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20年度版からの主な改訂事項は以下のとおりです。

1. 積算の体系
 - ・ 共通仮設費率の一部改定
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・ 送出し設備質量算出式の改定
 - ・ 少数主桁架設歩掛の改定
 - ・ 歩道橋(側道橋)一部歩掛改定
 - 2) PC橋編
 - ・ 多主版桁橋 主桁製作工歩掛の追加
 - ・ 架設桁架設工法 歩掛の改定
 - ・ トラッククレーン架設工法 歩掛の改定

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

- 発刊予定 平成21年5月

「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」 講習会のご案内

平成21年4月

〒105-0011 東京都港区芝公園3丁目5-8 (機械振興会館)
(社)日本建設機械化協会
電話(03)3433-1501 Fax(03)3432-0289
URL: <http://www.jcmanet.or.jp/>

平素は当協会の事業に対しまして、格別のご支援ご協力を賜り厚くお礼申し上げます。
さて当協会では今年度も、「建設機械等損料、橋梁架設及び大口径岩盤削孔の施工技術と積算」講習会を開催することとなりました。
プログラムに該当する当協会の発刊図書(下記(【予定】5に記載)、又は別途「発刊のご案内」チラシ参照)の内容に関し、改訂点や積算方法の他、施工技術の内容等を解りやすく説明し、充分ご理解を頂くことにより、円滑な業務執行等の一助となりますことを願い実施するものです。
是非多数ご参加下さいますようご案内申し上げます。

【予定】

1. 日時 : 平成21年6月12日(金) AM~PM
2. 場所 : 機械振興会館 地下3階 研修1号室 (当協会所在地(東京タワー直近))
3. プログラムと講師
 - ・建設機械等損料の積算 (社)日本建設機械化協会 機械経費調査部部員
 - ・橋梁架設の施工技術と積算(鋼橋及びPC橋) (社)日本建設機械化協会 橋梁架設工事委員会委員
 - ・大口径岩盤削孔の施工技術と積算 (社)日本建設機械化協会 大口径岩盤削孔委員会委員
(但しプログラム順を示すものではありません。)
4. 定員 : 110名
5. 講習会で使用するテキスト 「建設機械等損料表(平成21年度版)」
「橋梁架設工事の積算(平成21年度版)」
「大口径岩盤削孔工法の積算(平成20年度版)」
(なお当日、簡単なテキストの補助レジメを配布予定)
6. CPDプログラム認定登録を予定

【詳細及び申込み等】

◇4月下旬に、「講習会案内及び申込書」を当協会のホームページに掲載(ダウンロードしてご利用出来るように)致します。是非ご覧のうえお申し込み頂きますようよろしくお願い申し上げます。

【備考】

1. 当協会の主要支部でも講習会の開催を予定していますので、当協会のホームページでご確認下さい。(なお、支部によりプログラム構成が異なる場合がありますのでご注意下さい。)
2. 「大口径岩盤削孔工法の積算」は今年度の改訂はありません。次回の改訂は「平成22年度版」として、平成22年春に発刊予定です。

《問い合わせ窓口》

事務局 : 〒105-0011 東京都港区芝公園3-5-8 (機械振興会館) (社)日本建設機械化協会
電話 03-3433-1501 FAX 03-3432-0289 企画部

「建設の施工企画」誌への投稿のご案内

(社) 日本建設機械化協会
「建設の施工企画」編集委員会
事務局

当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では本誌会員の皆様からの報文等を募集しておりますので、ご案内いたします。

本機関誌は2004年6月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しており、特集号に合わせた特集報文を募集します。今後の特集の予定は下記の通りです。

| 掲載号 | 特集名 | 内容 |
|------|-----------------|---|
| 10月号 | 災害・災害復旧 | 国内、海外における地震、津波、台風、サイクロン、ハリケーン、山火事、渇水等による自然災害と災害復旧 |
| 11月号 | 道路 | 舗装工、路面切削・修繕工、道路維持工、橋梁及びトンネルの補修・補強工、道路除雪工の施工法と機械 |
| 12月号 | 維持管理・延命化・リニューアル | 河川の維持・補修工、橋梁、トンネル、ダム、道路、建築物、鉄道・軌道、港湾、上下水道等の維持管理、延命化 |

また、特集関連報文とは別に「報文」や「読者の声」についても投稿できますので、ご案内申し上げます。

会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマに関する積極的な投稿により機関誌が施工技術や建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

なお、誌面構成は編集委員会で企画いたします。

投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の2種類があります。

投稿される場合は、当該特集号の概要締切日までに150字程度の概要を編集事務局にお送り頂ければ、編集委員会にて採用の可否を検討いたします。

なお、特集号関連の報文の概要の締切日は、該当する特集号月の4ヶ月前の月の1日とします。

(社) 日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集事務局
TEL : 03-3433-1501 FAX : 03-3432-0289

目次

橋梁 特集

| | | |
|-----|--|-------------------|
| 3 | 巻頭言 橋梁の点検, 診断, 補修 | 川島 一彦 |
| 4 | E-Defense を用いた大型橋梁耐震実験 | 右近 大道 |
| 10 | 本格的な維持管理時代に向けた技術 | 横山 功一 |
| 15 | 光ファイバを用いた構造ヘルスマニタリング | 呉 智深・岩下健太郎 |
| 21 | 電場指紋照合法(FSM)を用いた疲労き裂モニタリングの実橋梁への適用性検討 | 高田 佳彦・金治 英貞・川上 順子 |
| 28 | 首都高川崎縦貫線超大型クレーンによる大ブロック一括架設 | 荒川 太郎・井田 亨 |
| 33 | 小型橋梁点検車の開発 | 木村 隆 |
| 37 | 4径間連続PCエクストラドーズド橋の設計・施工 —交差角30°で河川を渡る, 九州新幹線大野川橋梁— | 小林 寛明 |
| 42 | 中央線連続立体交差工事の概要 | 丸山 修・永山 健一・加藤 精亮 |
| 47 | 首都高速5号線タンクローリー火災の緊急復旧工事 | 野口 英治・阿部 健治・増井 隆 |
| 51 | 近代土木遺産「平木橋」の移設保存への取り組み | 八木 正樹 |
| 57 | 空洞やジャンカを生じた橋梁の断面修復 | 谷倉 泉・設楽 和久 |
| 62 | 最近の橋梁建設技術—交差点の急速施工— | 古田 富保 |
| 69 | 大型移動吊支保工による4主桁の施工—九州新幹線 第2地下道Bv外3Cp製架他— | 後閑 和正・廣畑 健吾・下山 強美 |
| 74 | 交流の広場 橋梁模型コンテスト優勝への軌跡 | 木村 数馬・大西 俊樹・黒川 晃一 |
| 77 | ずいそう 芸のある人々 | 田中 正善 |
| 78 | ずいそう メタボとランニング | 中西 康博 |
| 79 | CMI 報告 バックホウ支援システムの現状と課題 | 上石 修二 |
| 82 | CMI 報告 アルミニウム床版の輪荷重疲労試験 | 小野 秀一 |
| 85 | 部会報告 運転員等保護構造に関するISOの作業グループ会議報告 TC 127/SC 1/WG 7 (土工機械/保護構造の非金属材料) 並びに TC 127/SC 2/WG 6 (土工機械/保護構造関係規格統合) ポローニャ国際会議 及び TC 127/SC 2/WG 13 (土工機械/補助席) パリ国際会議 | 田中 健三 |
| 88 | 部会報告 ISO/TC 127 (土工機械) /SC 3/WG 4 (ISO 15818 つり上げ及び固縛) パリ国際WG会議報告 | 標準部会 |
| 91 | 新工法紹介 | 機関誌編集委員会 |
| 93 | 新機種紹介 | 機関誌編集委員会 |
| 96 | 統計 建設工事受注額・建設機械受注額の推移 | 機関誌編集委員会 |
| 97 | 行事一覧 (2009年3月) | |
| 100 | 編集後記 | (高津・石戸谷) |

◇表紙写真説明◇

交差点の急速施工法(クイックブリッジ工法)による
高架橋の施工状況

写真提供: (株)横河ブリッジ

都市内における交差点の交通渋滞を解消する方策として, 立体交差化工事が各地で進められている。工事中に求められる社会的要請

は, 施工時の交通規制による二次渋滞を最小限に抑えることである。このため, 鋼橋上部工と下部工および基礎工を一体施工することにより, 工期を大幅に短縮できる方法が開発され, (社)日本橋梁建設協会の技術発表会で代表的な施工方法が報告された。松山市内の小坂高架橋では, 急速施工法(クイックブリッジ工法)で交差点の立体交差橋を, 約1年という短期間で施工し供用されている。

2009年(平成21年)5月号PR目次

【ア】 朝日音響株式会社 表紙3
【カ】 カヤバシステムマシナリー株式会社 後付6
キャタピラージャパン株式会社 後付3
コベルコ建機株式会社 後付2
コマツ株式会社 表紙4
【ク】 大和機工株式会社 表紙2

【マ】 マルマテクニカ株式会社 後付5
三笠産業株式会社 後付4
【ヤ】 吉永機工株式会社 表紙2
【ラ】 (株)流機エンジニアリング 後付1

平成 21 年度「建設施工と建設機械シンポジウム」

論文・ポスターセッション発表のご案内

“建設機械と施工法”に関する技術の向上などを目的に、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。本シンポジウムでは、「未来を拓く建設施工と建設機械」をテーマとし、広く発表論文・ポスターの募集を行います。関連する各分野からの

貴重な論文発表、ポスターセッションにぜひご参加ください。

会期：平成 21 年 11 月 10 日（火）～
11 日（水）

会場：機械振興会館 地下 2 階ホール、
地下 3 階研修—1・2 号室、
B3-2

アブストラクト提出締切日：

平成 21 年 6 月 15 日（月）（事務局必着）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会

調査研究部 阿部, 野村

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：t-abe@jcmanet.or.jp

第 119 回「建設施工研修会」開催のご案内

標記の「研修会」（工事記録映写会）を次の通り開催いたしますので、多数お誘い合わせのうえご来場ください。

開催日：6 月 5 日（金）

場所：機械振興会館 地下 2 階ホール

プログラム：① 映写会の説明

② URUP（Ultra Rapid Under Pass）

工法（株大林組）③スラリー連続脱

水システム（株奥村組）④岩盤切削

工法（奥村組土木興業株）⑤環境の

再生から創造へ（鹿島建設株）⑥長

尺鋼管先受け工 AGF-WJ 工法（株熊

谷組）⑦線路上空建物の工期短縮施

工法（立川駅ソード工法）の施工事例

（鉄建建設株）⑧バックホウ型スー

パーグラブバケット浚渫工法（東亜建

設工業株）⑨大規模工事現場で活躍

するキャタピラー製品（キャタピラー

ジャパン株）

入場：無料（入退場自由）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 業務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

平成 21 年度版 建設機械等損料表 発刊のお知らせ

—機械経費積算に必携—

■国土交通省制定「建設機械等損料算定表」に基づいて編集

■損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説

■機械経費・機械損料に関する通達類を掲載

■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

発刊：平成 21 年 5 月中旬予定

体裁：B5 判 約 730 頁

価格：（送料別途）

一般 7,700 円（本体 7,334 円）

会員 6,600 円（本体 6,286 円）

詳細問い合わせ先：

(社)日本建設機械化協会 総務部

TEL：03-3433-1501

FAX：03-3432-0289

e-mail：info@jcmanet.or.jp

http://www.jcmanet.or.jp

巻頭言

橋梁の点検，診断，補修

川島 一彦



我が国で最初の鉄橋は、当時の東京府の依頼により工部省が1878（明治11）年に製作した弾正橋で、長さ15.2mの単径間ウィップル式アーチ橋であった。この橋は、現在でも東京都深川で八幡橋という歩道橋として現存している。以来、我が国では交通網の拡充に合わせて多数の橋が建設されてきた。橋長15m以上の道路橋に限っても約15万橋が整備されている。ほとんどの大都市が河川の沖積堆積氾濫原に位置する我が国では、橋梁の整備は常に交通網の隘路であり、この状況は現在においてもまだ打破できていない。こうした中で、構造、材料、耐震、耐風、基礎等、多分野に渡る広範囲な技術開発を重ね、先人の並々ならぬ努力でようやく現在に至っているのである。

昨今、道路の新設に対して厳しい国民の目が注がれている。財政の累積赤字が増加する中で、税の支出に対する国民の関心の高まりが基本的な背景としてあるが、一部の不適切な予算支出を非難するだけに終わらず、この国の将来を考える中で交通網の在り方を考えるべき時期だと考えられる。16m水深コンテナバースの不在から、大型コンテナ船は我が国に直接寄港できないし、国際線フライトも韓国インチョン国際空港経由で九州にやってくる時代になっている。高速道路についても、高速道路網の完成していない先進国は我が国において他にない。明らかに我が国のインフラは国際的に二流になりつつある。

経済的なバブルは1990年代に終わったが、日本人の心のバブルはまだ終わっていないのではないだろうか。戦後復興期、経済成長期、バブル期を経て現在の安定成長期に至っている我が国であるが、このままずっと将来も日本は豊かな国であり続けるとの幻想から多くの国民がまだ醒めていないのではないだろうか。日本人はもともと質素儉約、質実剛健、教育を重んじる精神、恥の文化等を持っていたが、バブル経済以降、こうした気風を無くしてしまった。昨今の若者の学力低下や、米国式経営に踊らされて短期利益を追求する経営者の有りよう、道路等将来への投資に対する安易な批判など、何れもこうした心のバブルがはじ

けていないことによるのではなからうか。

我が国では、高度成長期に建設された道路橋が全橋梁数の約40%を占めている。したがって、50歳以上となる橋梁は10年後には現在の約4倍、20年後には現在の約17倍と、高度成長期に建設された構造物の老朽化が進展しつつある。国土交通省の調査によると、過去5年以内に都道府県及び政令市では全管理橋5万1千余橋のうち約69%で定期点検が実施されているが、市区町村では全管理橋約8万2千橋のうち約12%しか定期点検が実施されていない。市区町村で定期点検されていない理由は、約65%が技術力不足、約62%が財政的問題、約50%が技術者の人材不足と言われている。国土交通省の試算によれば、現在ある直轄国道の1万9千橋の橋を全て更新するためには、1橋あたり7億円として約13兆円の費用が必要だと見込まれている。適切な補修による構造物の延命化と新設構造物の長寿命化と同時に、補修・更新費用の平準化が必要とされている。

このような状況は我が国だけでなく、先進国ではいずれもすでに起こってきた現象である。たとえば、点検、補修が充実している米国でも、1930年代のニューディール政策により大量に建設された道路構造物の老朽化に対応できず、1980年代には全橋梁の約45%に構造的欠陥や機能的陳腐化が生じる等、「荒廃するアメリカ」と呼ばれる道路ストックの荒廃を招いた。ブルックリン橋のケーブルが破断して通行中の日本人カメラマンが死亡するという事故が起こったのもこの頃である。経済停滞の最中にもかかわらず1983年以降税率を上げ、財源確保を図って道路投資額を拡充した結果、2006年には欠陥橋梁は全橋梁の約25%にまで減少したが、まだ、適切に補修しなかった後遺症にあえいでいる。定期的に補修を施さないと、より深刻な問題となって将来跳ね返ってくることをよく承知しておく必要がある。我が国においても問題を先送りせず、適切な対応を取ることが求められている。

E-Defense を用いた大型橋梁耐震実験

右近 大道

防災科学技術研究所は兵庫県南部地震による大震災を受け、地震動による構造物の破壊現象を解明するために実大三次元震動破壊実験施設（E-Defense）を建設し、2005年から本格運用を開始した。そして、2005年度からの防災科学技術研究の中期目標の中で、E-Defenseを用いた耐震工学研究の一つとして大型橋梁耐震実験研究が取り上げられた。本稿では、現在進められている実大規模のRC橋脚を用いた大型橋梁耐震実験について、紹介するものである。

キーワード：NEES, E-Defense, 橋梁, 鉄筋コンクリート橋脚, 震動破壊実験

1. はじめに

1995年1月17日未明に発生した兵庫県南部地震は、橋梁に甚大な被害を与え、交通系ライフラインの機能を大きく損なわせた¹⁾。その被害の多くは、橋脚、特に鉄筋コンクリート製橋脚（RC橋脚）で発生した。

RC橋脚の耐震性の検証のために、正負交番載荷実験や振動台加振実験が日米両国で多数行われてきた。しかし、これらの実験は実験装置の制約から、小型模型による検討に留まっており、実大規模の橋脚を用いた破壊現象の解明が求められてきたところである。また、上部構造の被害では、桁間衝突や落橋防止構造等が複雑に影響した、いわゆる進行性破壊が発生しており、これらの解明も重要な課題である。しかし、現象が複雑であり、従来の小型模型では十分な検討が行えない状況にある。これらについても、より規模を拡大した実験研究の実施が求められている。

これらの課題を背景とし、ここで述べる「橋梁の耐震実験研究」では、RC橋脚の耐震性を対象とし、独立行政法人防災科学技術研究所（以下、防災科学技術研究所）の実大三次元震動破壊実験施設（以下、E-Defense）による実大を含む実験の実施を目指すこととした。研究の推進では、米国の「The George E. Brown, Jr. Network for Earthquake Engineering Simulation」（NEES）の研究施設群との相互連携の体制を整えつつ、目的として、RC橋脚の破壊特性の解明、耐震性能の検証を行うとともに、データの蓄積・公開を目指す。これらのデータは、今後の橋梁の耐震性向上に貢献する多くの実験研究の参考になるデー

タ、いわゆる原器データとなることを期待している。本文では、大型橋梁耐震実験計画²⁾ならびに2008年度までに実施した研究内容について紹介する。

2. 橋梁耐震実験研究の目的と概要

(1) 実験研究推進体制

防災科学技術研究所は、橋梁の耐震実験研究を推進するために、実験研究を推進する実行部会と分科会を組織し、国内の有識者により実験研究の計画を推進している。それぞれの役割は以下のとおりである。

(a) 橋梁耐震実験研究分科会

日米共同研究として橋梁の耐震に関する実験的研究を推進していくための全体調整、橋梁耐震実験研究実行部会の研究活動への助言および評価、橋梁の耐震性に関わる研究コミュニティとの連携および他機関で実施されている橋梁の耐震性に関する研究プロジェクトとの連携を促進することを目的とする。

(b) 橋梁耐震実験研究実行部会

橋梁の耐震性に関する実験的研究を具体的に推進することを目的とする。ここでは、E-Defenseで行う実験の計画、試験体仕様、入力地震動等についても議論され決定される。以降に示す研究目的、研究計画等は、この実行部会にて議論され進められている内容である。

(2) 実験研究の目的

大型橋梁耐震実験を計画するに当たり、以下を研究の目的とした。表1にまとめたものを示す。

- ①従来、実験装置の制約から十分な検討が出来なかった破壊現象や複雑な地震応答の解明。
- ②兵庫県南部地震で被災した橋梁の破壊メカニズムの解明と現在の耐震補強技術、耐震設計法の有効性の実証。この中には、現在の耐震技術で建設された橋梁の耐震余裕度の検討を含む。
- ③耐震性能向上のための次世代型耐震技術の開発。

上記の推進では、NEESとE-Defenseの協力関係を持って実施し、実験計画は、米国側のE-Defense実験への参画を見据えて、米側研究者と十分な連携を行う。また、本研究の推進過程で、日本側の若手研究者の育成にも配慮することとした。

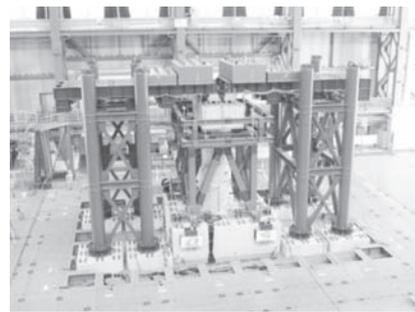


図-1 C1 実験

表-1 実験目的と内容

| 実験目的 | 内容 |
|--------|--|
| 現象解明 | 従来、実験装置の制約から十分な検討が出来なかった破壊現象や複雑な地震応答の解明を図る。 |
| 耐震性能検証 | 現在の耐震補強法や耐震設計法によって補強・新設された橋梁の耐震性・耐震余裕度を検証する。 |
| 新技術開発 | 耐震性の向上技術を開発する。 |

(3) 実験の種類

兵庫県南部地震では、RC橋脚に柱地盤面位置の曲げ破壊、柱地盤面位置のせん断破壊、曲げせん断破壊、段落し部のせん断破壊などが発生し、上部構造には、桁の過大な移動（慣性力）による伸縮装置の破損、支承の破損、桁の支承からの落下、桁どうしの衝突、桁の横ずれ、落橋防止構造の破損、桁の落下などが発生した¹⁾。これらの事象を踏まえ、橋梁耐震実験では、RC橋脚に着目した2種類の実験を実施することにした（表-2）。一つは、RC橋脚の破壊特性に着目した橋梁コンポーネント実験（C1実験と呼称、図-1）、もう一つは橋梁のシステムとしての進行性破壊特性並びに新耐震技術の開発を目指した橋梁システム実験（C2実験と呼称）である。

2007年度～2009年度においてはC1実験を実施し、

表-2 実験の種類

| 実験種類 | 内容 |
|------------------|---|
| コンポーネント実験 (C1実験) | 世界最大のRC橋脚模型を用いた振動台実験から、橋脚の破壊特性や耐震性能を明らかにする。 |
| システム実験 (C2実験) | 桁、橋脚、支承、ジョイント、落橋防止構造等、橋梁全体系モデルを用いて橋梁の複雑な地震応答や破壊特性を明らかにする。 |

2010年度にC2実験を実施する予定である。

C1実験は震動台上に2径間橋梁模型を構築して実施する。E-Defense実験に用いるRC橋脚は実物大とし、相似律を設定せずに、実験データがブレイクスルーできるものとする。一方、C2実験は、震動台上に多径間橋梁模型を構築し、伸縮装置、支承、落橋防止装置、ダンパー等に着目した実験である。震動台上に実物大の多径間橋梁模型の設置は不可能であることから、模型橋梁の設計に当っては、相似律を設定することになるが、C1実験と同規模の模型を目指している。C2実験については、現在検討中であり、詳細な実験内容は定まっていない。

3. E-Defenseの震動台仕様とデータ収録仕様

(1) 震動台仕様

E-Defenseは、3次元加振を行える施設として、その積載荷重と積載面積において世界最大の規模であり、完成後の2005年6月の性能確認試験から実験研究の運用に入っている。

図-2に震動台の外形を、加振能力限界曲線を図-3に示す。E-Defenseでは、地震動の再現の意味を込めて、振動台の振の字に地震の震の字を充てている。震動台には、水平2方向に各5台（片側）、鉛直方向

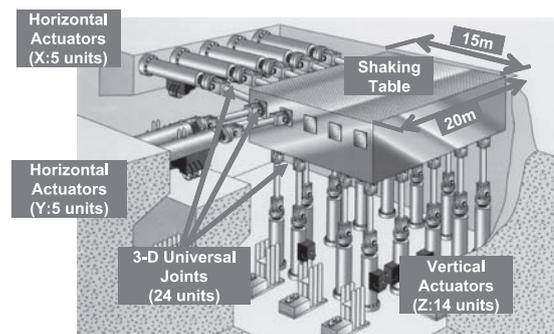
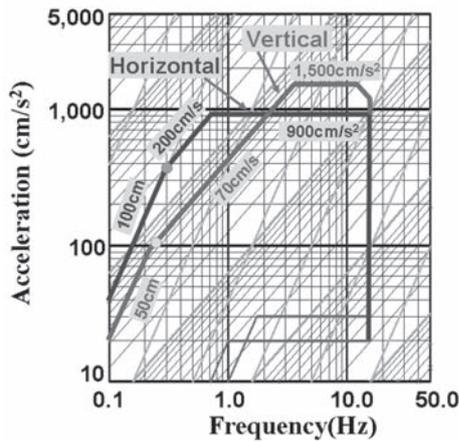


図-2 震動台俯瞰図



図一三 加振限界曲線（最大質量 1,200 t 搭載時）

に 14 台、計 24 台のアクチュエータが設置されている。震動台の寸法は、長辺方向が 20 m、短辺方向が 15 m であり、最大積載質量は 1,200 t である。

(2) データ収録仕様

E-Defense では震動台内部に A/D 変換器内蔵型の増幅器が設置されている。震動台上の供試体等に取り付けられた各センサー（振動計、荷重計、変位計、ひずみ計等最大 896 ch）の信号は、震動台側面のジャンクションボックスを介して震動台内部に取り込まれ、その後、A/D 変換器内蔵型の増幅器、光ケーブルを用いて、計測制御室のデータ収録用管理装置に取り込まれる。同時に、震動台制御に関するデータ（変位、速度、加速度等の指令値、応答値 64 ch）もデータ収録用管理装置に取り込まれる。

4. 橋梁コンポーネント実験（C1 実験）

(1) C1 実験ケース

C1 実験ケースを表一三に示す。今までに、1970 年

表一三 C1 実験全体ケース（現在案）

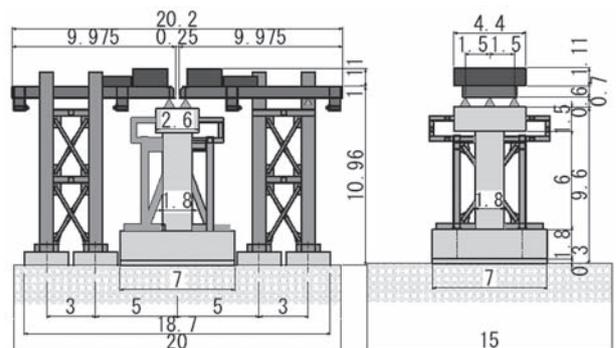
| 年度 | 試験体 | 試験橋脚の特性 |
|------------|------|--|
| 2007 | C1-1 | 1970 年代に建設された RC 橋脚（基部曲げ破壊タイプ、段落し無し） |
| 2008 | C1-2 | 1970 年代に建設された RC 橋脚（主鉄筋段落し部せん断破壊タイプ） |
| | C1-5 | 現在建設されている RC 橋脚の耐震性能の確認 |
| 2009 | C1-6 | 次世代型 RC 橋脚の耐震性 |
| 2010 以降 | C1-3 | 1970 年代に建設された RC 橋脚を鋼板巻き立て工法で耐震補強 |
| | C1-4 | 1970 年代に建設された RC 橋脚をカーボンファイバー巻き立て工法で耐震補強 |

代に建設された RC 橋脚を対象とした C1-1 実験³⁾（基部曲げ破壊タイプ）と段落しを有する C1-2 実験⁴⁾（せん断破壊タイプ）、現在建設されている RC 橋脚を対象とした C1-5 実験⁵⁾ の 3 体の実験を実施した。2009 年度には、次世代型 RC 橋脚の開発を目指して、高強度鉄筋、高強度コンクリートを用いた C1-6 実験を計画中である。

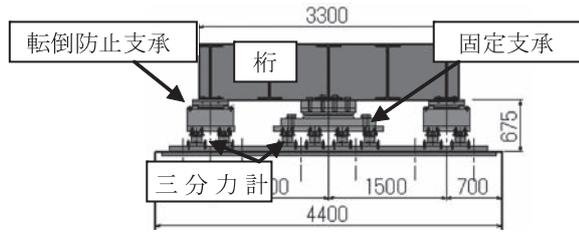
(2) C1 実験装置

C1 実験では E-Defense の震動台上に、2 径間橋梁模型を設置（図一四）する。中央が試験橋脚で、その大きさはフーチング幅 7 m × 長さ 7 m × 高さ 1.8 m、橋脚の直径は C1-1, C1-2 で ϕ 1.8 m、C1-5 で ϕ 2.0 m、橋脚高さ 7.5 m、橋脚基部の死荷重による軸圧縮応力は 0.9 ~ 1.1 MPa である。柱部の材料強度は鉄筋 SD345、コンクリート 27 Mpa である。1970 年代に建設された RC 橋脚に使用されていた鉄筋は SD295 であるが、今は製造されていないため SD345 を用いることにした。

桁は I 形鋼 5 本を用いた箱桁構造であり、桁上に上部構造質量に相当する鋼製マスを設置する。鋼製マスは大が 78 t、小が 44.6 t、桁 22.7 t、支承質量が 16.2 t (C1-1 実験のみ 10.2 t) で、上部構造の基本質量は 307 t (C1-1 実験のみ 301 t) である。C1-5 実験では、小さい鋼製マスの質量を増やして全体質量を 372 t にした実験も実施した。上部構造質量は、C1-5 実験での地震時保有水平耐力法⁶⁾ を満足する質量を逆算した。C1-1, C1-2 はこの上部構造質量に合わせて、1970 年代の技術基準に基づいて設計した。鋼製マスは橋軸直角方向に加振した場合でもできるだけ試験橋脚に慣性力が作用するように試験橋脚側に寄せて設置する。試験橋脚の変形により桁に過大な変位が生じた場合には、桁を端部支持台に衝突させて桁の落下を防止する。また、試験橋脚の周りに設置する中央架台は、試験橋脚がせん断破壊し、桁が落下した場合にこれを防護する装置



図一四 C1-2 実験



図一5 橋脚天端支承

であり、試験橋脚の変形測定用の変位計固定治具を兼ねている。支承条件は、試験橋脚上は橋軸、橋軸直角、鉛直各方向固定、各軸回り可動で、水平2軸回りの許容回転角は7度である。固定支承の両側には転倒防止支承を設置している(図一5)。転倒防止支承は滑り支承構造である。固定支承の下には8台の三分力計、転倒防止支承の下には4台の三分力計を設置している。端部支持台上は橋軸方向可動、直角方向固定、橋軸方向の可動範囲は±1,000 mmである。なお、試験橋脚の変形は橋軸方向、直角方向ともに800 mm以内を想定している。

(3) C1 実験試験体

C1 実験での各試験体の配筋図を図一6～8に示す。C1-1は直径φ1.8 mで、D29×32本の2.5段配筋である。C1-2は、基部ではC1-1と同じで、2箇所段落しがある。C1-1、C1-2の帯鉄筋は1本物の重ね継手である。C1-5は直径φ2.0 mで、D35×36本の2段配筋である。帯鉄筋は2本1組で、鋭角フック付である。

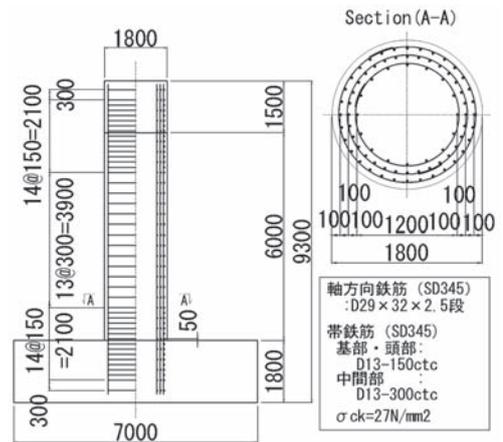
(4) 入力地震動

入力地震動には、1995年兵庫県南部地震でJR鷹取駅で記録された地震動に動的相互作用を考慮して振幅を80%に調整した地震動を実地震動100%として用いた。これは、震動台実験ではフォーミングを震動台に剛結するため、本来の地盤への逸散減衰を考慮できないため、実記録波形をそのまま入力として用いると過大な入力地震動となるためである。

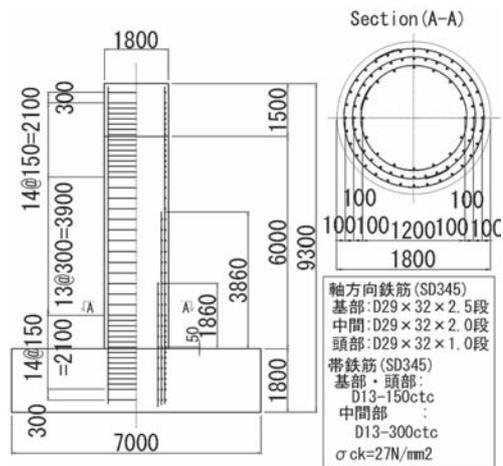
5. C1 実験結果

膨大なデータを用いた実験解析は、現在検討中である。ここでは、各試験体の損傷状況を紹介する。

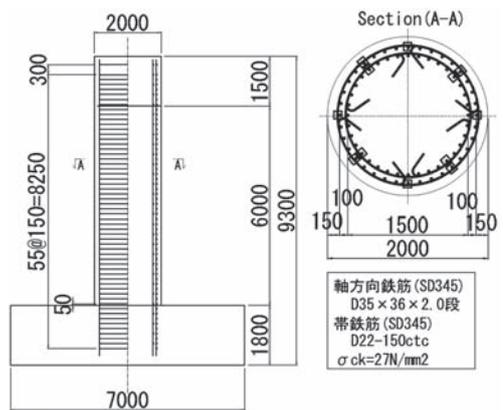
C1-1 実験³⁾では、実地震100%加振を2回実施した。写真一1は1回目と2回目加振後の基部の損傷である。1回目で、かぶりコンクリートが崩落し、2回目には損傷が進行し帯鉄筋の拘束効果を喪失している。



図一6 C1-1 実験試験体配筋図



図一7 C1-2 実験試験体配筋図



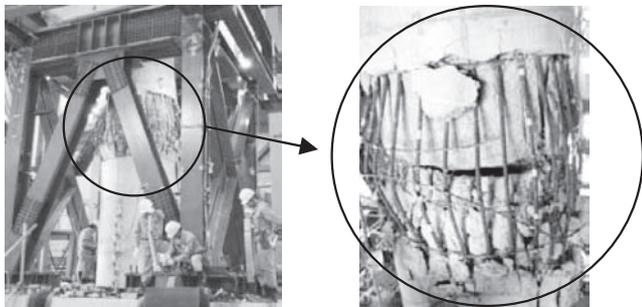
図一8 C1-5 実験試験体配筋図



a) 1回目加振後 b) 2回目加振後

写真一1 C1-1 実験加振後

写真一2はC1-2実験⁴⁾での実地震100%1回目加振後の損傷である。上部段落し位置(1段配筋への変化点)において、曲げ損傷からせん断破壊している。かぶりコンクリートは崩落し、軸方向鉄筋は大きく座屈している。かぶりコンクリートの崩落は、軸方向鉄筋の座屈とともに爆発的に生じた。



写真一2 C1-2実験加振後

C1-5実験⁵⁾では以下に示す5回の加振を行った。写真一3はC1-5(1)実験(上部構造質量307t)での実地震100%1回目加振後と2回目加振後の基部の損傷である。いずれもかぶりコンクリートにクラックが入った程度である。



a) 1回目加振後 b) 2回目加振後
写真一3 C1-5(1)実験加振後

写真一4は上部構造重量を372tに増加したC1-5(2)実験での実地震100%加振後である。かぶりコンクリートが浮き上がり一部で崩落している。

写真一5はC1-5(2)の条件で、実地震125%加振(C1-5



写真一4 C1-5(2)実験加振後

(3)実験)1回目と2回目での損傷である。1回目では基部のかぶりコンクリートが崩落しているが、軸方向鉄筋の座屈は認められなかった。2回目では、軸方向鉄筋が座屈し、軸方向鉄筋内部のコンクリートが粉碎されたような粒子状になって、外側に出てきた。帯鉄筋はこの最後の加振まで、その拘束効果を維持していた。



a) 1回目加振後 b) 2回目加振後
写真一5 C1-5(3)実験加振後

以上の損傷写真から、1970年代に建設されたRC橋脚は、兵庫県南部地震には耐えられないものであったことが分かる。一方、現在建設されているRC橋脚は、兵庫県南部地震クラスの地震を2回程度受けても十分な耐力を保持していることが分かる。また、上部構造質量を1.21倍、入力地震動を1.25倍として、上部構造作用力を単純計算で1.5倍に増加しても落橋にはいたらない耐力を保持していることが推察される。

6. まとめ

1970年代に建設されたRC橋脚や現在建設されているRC橋脚を対象とした世界で初めての実物大のRC橋脚の震動破壊実験が実施できた。そして、相似則の影響を受けない多数の破壊過程の特性を現すデータを得る事が出来た。今後、破壊過程の解明を進め、解析手法の検証を実施していく上で、本実験の意義は大きい。

今後、関係者のご支援、ご協力の下に、膨大なデータの整理、破壊現象の解明を進めると同時に、これらのデータを逐次公開する予定である。また、平成21年度には、より高性能な次世代型RC橋脚の開発を目指したC1-6実験を実施する予定である。

謝辞：E-Defenseを用いた橋梁耐震実験研究は、当所に設置した橋梁耐震実験研究分科会(委員長：家村浩和近畿職業能力開発大学校長)、橋梁耐震実験研究実行部会(委員長：川島一彦東京工業大学教授)、実行部会に設置された解析検討WG、進行性破壊検討WG、計測方法検討WG、事前解析コンテストWGの

委員各位のご協力の下に遂行している。ここに、深く感謝の意を表します。



《参考文献》

- 1) 土木学会：阪神・淡路大震災調査報告 土木構造物の被害，阪神・淡路大震災調査報告編集委員会，pp.21-40, 1996
- 2) 梶原浩一，右近大道，川島一彦：E-Defenseを用いた大型橋梁実験の目的と概要，第10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，pp23-28,2007
- 3) 右近大道，梶原浩一，川島一彦，佐々木智大，運上茂樹，堺淳一，高橋良和，幸左賢二，矢部正明：E-Defenseを用いた実大橋脚（C1-1橋脚）震動破壊実験報告書，研究資料第331号，防災科学技術研究所，2009
- 4) 右近大道，梶原浩一，川島一彦：E-Defenseを用いた実大RC橋脚（C1-2橋脚）震動破壊実験報告書，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，pp199-206, 2009

- 5) 右近大道，梶原浩一，川島一彦：E-Defenseを用いた実大RC橋脚（C1-5橋脚）震動破壊実験報告書，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，pp193-198, 2009
- 6) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編，2002

(2009年3月20日受付)

【筆者紹介】

右近 大道（うこん ひろみち）
 (独)防災科学技術研究所
 兵庫耐震工学研究センター
 招へい研究員



橋梁架設工事の積算

——平成 21 年度版——

■改訂内容

1. 積算の体系
 - ・ 共通仮設費率の一部改定
2. 橋種別
 - 1) 鋼橋編
 - ・ 送出し設備質量算出式の改定
 - ・ 少数主桁架設歩掛の改正
 - ・ 歩道橋(側道橋)一部歩掛改定
 - 2) PC橋編
 - ・ 多主版桁橋 主桁製作工歩掛の追加
 - ・ 架設桁架設工法 歩掛の改定
 - ・ トラッククレーン架設工法 歩掛の改定

■ 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）

※別冊のみの販売はありません。
 ※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）

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

本格的な維持管理時代に向けた技術

横山 功一

現在は維持管理の時代と言われるように、インフラストラクチャの維持管理の重要性が益々増してきている。それに合わせて、必要になる技術も設計、施工、維持管理を統合した考えで捉えるようになってきている。インフラストラクチャの代表的な道路橋を対象にして考えると、耐久性に係わる将来予測技術が必要になり、また維持管理段階では構造物の現況を把握しマネジメントに繋げることが重要になる。

キーワード：マネジメント、ライフサイクルコスト、性能規定型設計、モニタリング

1. はじめに

現在は維持管理の時代と言われるように、インフラストラクチャの維持管理の重要性が益々増してきている。それに合わせて、必要になる技術も設計、施工、維持管理を統合した考えで捉えるようになってきている。ここではインフラストラクチャの代表的な道路橋を対象にして、本格的な維持管理時代に向けた設計、施工、維持管理のトータルマネジメントの必要性を踏まえ、これらに関連する将来予測技術やモニタリング技術について考えてみたい。

設計においては、想定する期間で構造物に不具合が生じないように照査がなされ、それに沿って施工がなされているはずであるが、それなのになぜ維持管理段階では多くの変状が見出されるのであろうか？

図-1は、寿命特性曲線と呼ばれ、機械などが製作された後の故障率の特性を模式的に描いたものである。この図はその形状からバスタブ曲線とも呼ばれ、故障率の性格の違いから時間帯が3区分されている。すなわち、製作初期は故障率が高いがすぐに低減し、あるなだらかな期間を経て故障率が増加する時期を迎え、最終的には廃棄・更新を迎える。初期故障（initial failure）は、設計や施工上の欠陥もしくは使用環境上の不適合により、製作後の比較的早い段階で生じる故障である。次の偶発故障（random failure）は、同じように製作された部材・部品などが偶発的（ランダム）に故障するもので、その故障の比率は同一割合で発生するような故障である。最後の摩耗故障（wear out failure）とは、疲労・劣化・摩耗などにより時間とともに（経年的に）故障率が増加するような故障で、こ

の故障は事前の点検・検査や監視により予知できる。

維持管理の考え方も、このような故障の特性に応じて特徴づけられる。つまり、初期故障のように予測が難しく予防することが難しい場合は、早い段階でその原因を突き止めて改善することになる。すなわち、予防保全（preventive maintenance）ではなく、事後保全（break down maintenance）となる。また、試運転段階で、本格運用と同じような負荷を加えることにより、早期に故障を見いだすことができよう。偶発故障も、予防保全が難しいので事後保全が基本的な対応となる。これに対して、摩耗故障は予測・予知できることから、予防保全が有効になる。

インフラストラクチャの維持管理も同じような考えとなるが、構造物が個別に建設され、長寿命であること、様々な環境条件、使用状況となることが特徴であろう。

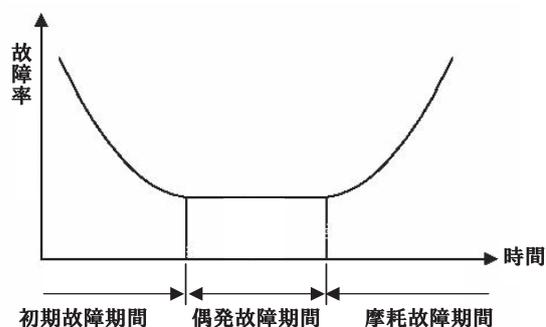


図-1 寿命特性曲線

2. 設計, 施工, 維持管理のトータルマネジメント

社会資本のマネジメントを考える時には、計画・設計段階において施工ならびに維持管理レベルを想定しなければならないし、維持管理においては設計の考え方・施工状況を踏まえて対応していかなければならない。すなわち、ライフスパンにわたった取り扱いを考えなければならない。最近では、構造物や施設の性能を前面に出して、設計、施工、維持管理を考えていくようになってきているが、この考え方を徹底させると、ライフスパンにわたってトータルとしての維持管理が可能になる。

(1) 設計段階

道路橋の技術基準である道路橋示方書¹⁾は、平成14年に従来の仕様規定型から性能規定型の規定へと設計法が改訂された。これは、コスト縮減等に資する新しい知見の導入促進等を目的としている。基準の中では、橋梁全体に要求される性能を明確に規定しており、その中に設計の基本理念として、使用目的との適合性、構造物の安全性、耐久性、施工品質の確保、維持管理の容易さ、環境との調和、経済性を考慮しなければならないとしている。ここで特に注意しておきたい点は、構造物の耐久性に対する重要性の認識から新たに規定された耐久性に関する事項については、時間の概念が必要となり、設計上の目標期間として100年が目安に設定された。このためには、今後100年を見据えた耐久性に係わる情報が必要となる。

道路橋示方書は設計の技術基準ではあるが、設計の基本理念をベースにすると、施工に対する品質確保も維持管理のレベルも関連が生じてくるのであり、それぞれがバラバラでは理念を達成することが出来ない。すなわち、施工段階での品質管理あるいは維持管理実務は構造物の性能を実現させるという観点が必要になるわけであり、性能規定型設計法をベースにした時には従来の施工時の品質管理あるいは維持管理の技術が見直されなければならない。この点ははっきりと認識することが重要だと感じられる。

(2) 施工段階

このような動きを施工に反映させた一つの事例として、米国における舗装に関する技術基準の動きに性能発注基準 Performance-Related Specifications (PRS) の考えがある²⁾。従来から舗装工事に対しては品質を保証するスペックが主流であったが、PRSはその改

良版と言える。すなわち、管理者の目標としては出来上がった舗装の品質が重要なのではなく、最終的には性能が重要となる。発注者は、性能に応じて工事代金を支払うのが合理的となる。これを可能にするためには、公正で、効果的でなければならないので、

①工事の品質の測定方法

②品質結果と工事代金調整との結びつけ

が重要になり、このためにPRSの要素として

①変状 (distress) の種類/問題となる変状の特定

②変状に影響する品質特性

③品質特性の測定方法

が必要となる。そのために、PRSでは、図-2に示すような性能の経年的変化、変状の発生確率、そして維持管理のレベルに応じた費用に基づくライフサイクルコスト (LCC) の予測モデルを必要としている。これを用いることにより、表-1に示すような設計段階と工事段階におけるLCCの違いから、それらの差額を工事代金調整額として算定できる。これにより、LCCを最少にするという目標が道路管理者だけでなく工事業者の目標になり、効果が上がることが期待される。

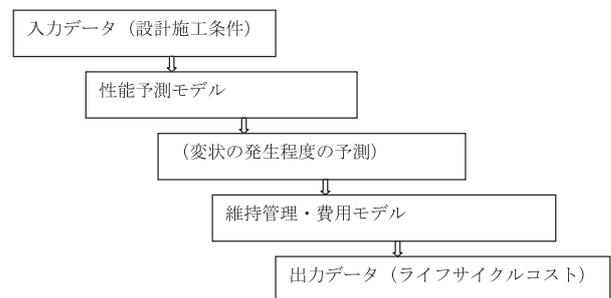


図-2 予測モデル

表-1 予測項目

| | 設計段階 | 工事段階 |
|-------|---------------|--------------|
| 入力データ | 設計・施工条件 (変数) | 実測された品質値 |
| 出力データ | 設計計算上の構造物のLCC | 建設された構造物のLCC |

(3) 維持管理段階

工事が竣工すると維持管理段階に入ることになるが、ここで重要なことは設計・工事からの情報の引継である。特に竣工検査は初期性能テストと位置づけられるものであり、そこで得られた情報・数値は維持管理における初期値として重要になる。また、初期段階では初期故障 (建設・補修工事後初めて検知される故障) が考えられる。この原因は主として設計施工に付随する不具合が考えられ、竣工時検査により性能を照

査し、問題箇所は手直しをすることになる。

日々の維持管理において最も基本的なものは、定期的な施設の運用に際して構造物の状況を把握することから始まる。道路パトロールや線路の検査は、予測・予知が難しい異状（初期故障や偶発故障）の予兆を検知することを目的とした点検であり、現在日常点検として行われているものである。このような点検はその性質から、頻度を高く行う必要があり、その作業内容は、例えば軽微な異状を損傷の予兆と捉えることができ、異状が進展した際にその影響度を正しく予測評価できて、被害を食い止めることができる判断に係わるものであることから、経験を積んだ専門員が行うのが適当な仕事となる。

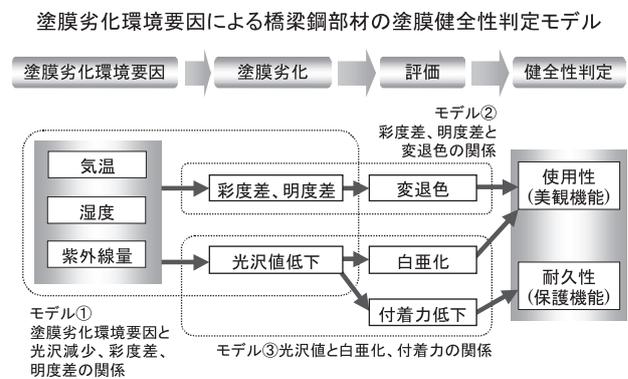
設計段階で触れたように、社会基盤構造物の計画設計の基本構想に基づいて維持管理が実施されなければならない。すなわち、設計段階で想定した劣化損傷過程に対応するような維持管理がなされなければならない。すなわち、設計法に損傷許容設計³⁾を採用したならば、部分的な損傷が生じるのは許容するが、大きな故障に至らないように運用中に行われる定期点検や検査、あるいは地震後の特別検査などで損傷を検出し、修理により元の性能へ復旧させようとするものであるから、必要なインターバルで点検を行うこととなる。また台風や地震などの異常時に、必要と思われる場合には緊急点検を行い、構造物の状況を確認しなければならない。定期点検の間隔は、必ずしも固定的に考えるべきではなく、想定する劣化・損傷の特性に応じて変更することも現実的な選択となろう。また一方、経年作用（鋼部材の腐食や疲労）は、損傷の種類・メカニズムがはっきりしていて、劣化過程の予測が可能であり、監視により状態の変化を把握し、適切な時期に適切な対応策を講じることとなる。経年作用に対しては、建設当初からの変化を比較することにより異状を検知しようとする場合には、一定期間毎に同じ要領に基づいた点検を行うのが適当である。この場合、点検結果は過去のデータと比較して将来の損傷の進行予測などに活用され維持管理の最適化が図られる。劣化対応点検はある時間間隔を持った点検であり、マニュアルに従って作業することが可能である。

3. 将来予測モデル

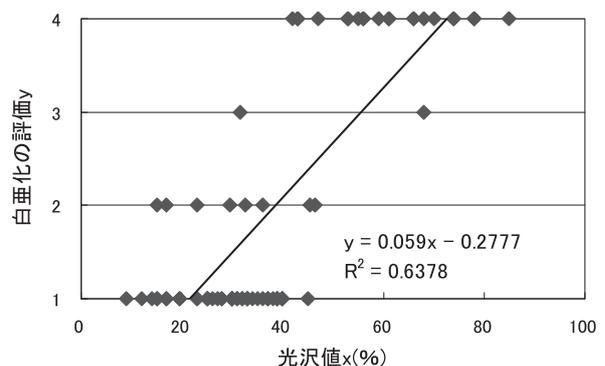
効果的な維持管理を進めるためには、設計段階を含めて将来を見通した対応が必要になり、その際にはいろいろな方策の経済性比較が行われる。すなわち、ライフスパンを見通したライフサイクルコストによる経

済性の比較であり、さまざまな環境条件・使用条件における構造物の状態変化や維持管理対策の有効性の経年劣化などの情報が必要になる。鋼部材の腐食を考えると、設計段階ではある種類の塗装材料をある環境条件下である構造物に使用した場合に、①長期間にわたる劣化状況の推定が出来なければならず、同時に②経済性の検討のためにはこれらの劣化状況の費用的情報が必要になる。図—3 (a) は塗膜劣化に関する環境要因を基に塗膜健全度を判定するモデルを示しているが、モデルを構成する光沢値と白亜化の関係を見ただけでも図—3 (b) に示すように長期間にわたる劣化状況の複雑さが改めて実感される。

LCCには、将来発生する費用を予測・計上する。その場合、最も一般的に行われるのは、現在までの経験や知識により得られるトレンドを将来へ外挿することであり、現在までの知識情報である程度予測できるものもある。ただし、そこでの一番の問題は、現在までのトレンドが将来にわたって変わらないと考えることであり現実的でない。それというのも、現在の維持管理方法では改善すべき課題があるからこそ各種方策の有効性をLCCによって検討するわけであるから、現在までとは同じことにはならないものも必然的に含まれる。例えば、材料劣化の進行は施設の周辺環境や



図—3 (a) 塗膜劣化健全度判定モデル



図—3 (b) 光沢値と白亜化の評価の関係

使用環境により異なるため、過去の実績に基づき予測することが一番の早道であるが、新たに新しい材料や技術が開発され現在のものに置き換えられるような場合には将来の維持管理方法は当然変化してくる。この他にも、当初予測と異なる利用状況による相違（使用環境の変化）などが挙げられる。

そのため、コスト算出において必要となる使用材料および部品の劣化曲線や耐用年数は、その根拠は従来の経験的な数値を利用している状況にあることを理解して用いる必要がある。また限界をカバーするために、環境情報をセンサにより測定し維持管理に役立てていくとする技術開発が進められている。

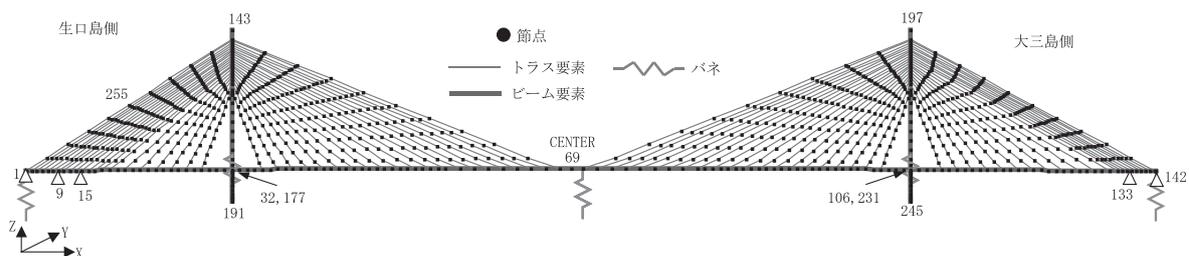
4. 構造ヘルスマニタリング

維持管理で重要になるのは、構造物の劣化や損傷の状況把握であり、これらは構造物全体の中の局所的な情報である。通常、維持管理では点検により目視で確認が行われるが、労力・時間がかかること、記録に残すのが困難、近接するために足場・点検車を必要とするなど改善点が多い。これらに対しては、点検ロボットの利用が考えられるが、根本的な解決には至っていない。

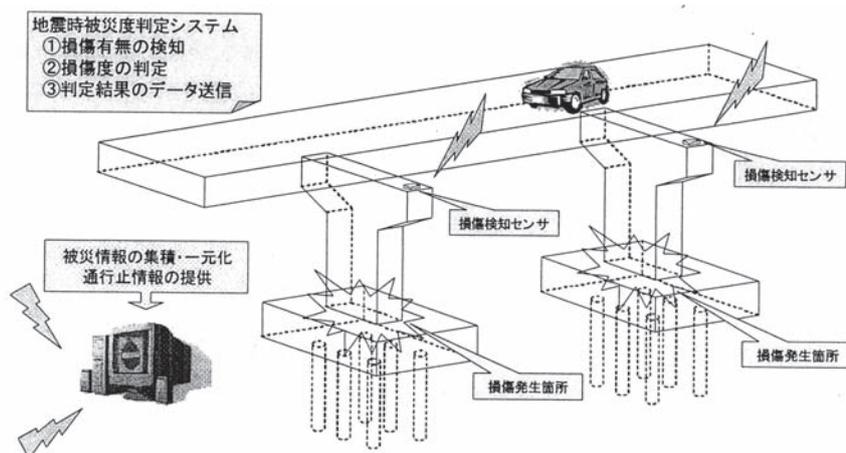
そのような中で、構造物にセンサをとりつけて、構造物の状況を観測し維持管理に役立てようとする構造ヘルスマニタリングに係わる研究が多数進められている。本州四国連絡橋をはじめとする長大橋や新形式の橋梁などでは、耐風・耐震設計を中心としたその設計法の妥当性の検証、あるいは設計において考えた挙動が実構造物でも実際に起こるかどうかを検証することを主目的にして、動態観測システムがとりつけられ貴重なデータが得られてきた。ただし、このシステムが維持管理段階での構造物の健全度を把握することを目的にしたものではないことから、現段階でのこれらのシステムの維持管理への活用は限定的といってもよい。従って本格的な維持管理の時代における構造ヘルスマニタリングシステムが必要になる。

一つのアプローチは、多くのセンサを構造物に配置して構造物の静的あるいは動的挙動を捉え、その情報を処理して維持管理に役立つ情報を抽出しようというものであり、構造同定（structural identification）技術が活用される⁴⁾。その場合、ネックになっているのが実用的な劣化や損傷情報の抽出法であろう。利用できる構造物の応答レベルが小さく計測精度が低くなる。また、実務として対象となる損傷や変状は軽微なものであり、それにより構造物の固有振動数や振動モードに大きな差が生じることはないと考えられ、損傷検知精度が問題になる。多々羅大橋（図—4）を対象とした予備的な損傷解析では、橋桁に極端な損傷を仮定し、桁の曲げ剛性を10～30%低下させたケースで解析したところ、桁の曲げ振動の固有振動数の変化はたかだか0.1～0.3%にとどまった。これに加えて、多々羅大橋のような長大斜張橋では、ケーブルの連成により固有振動数が多数現れて精度良く固有振動数を特定できないという問題もあり⁵⁾、困難さが増すことになる。もう一つのネックは、どのような損傷を対象にしているのかと言うことであり、一般的に社会基盤構造物の寿命が長く、安全度が高く設定されているので、センサや計測システムの寿命の方が短く、また損傷の生起頻度が低いと誤った情報ばかりが伝達されることになり、維持管理技術者から見ると信頼性が低いシステムとなってしまう。

これとは別の一つのアプローチは、対象とする損傷・劣化を限定し、それを検知しようとするものである。損傷を特定して対応策をとることは非常に重要であり、地震、強風、あるいは自動車・船舶などの衝突といった異常時が考えられる。その場合には、想定される損傷シナリオを立て、それが検知できるようなセンサの種類と配置を考えればよい。そうすることで、目的を限定した有効なシステムができあがり、維持管理に役に立つ情報が得られることになろう。このようなアプローチの事例が、地震時の橋梁損傷検知システムの開発であり、図—5に土木研究所の研究概要が示されている⁶⁾。橋梁の地震時損傷としては、橋脚基



図—4 多々羅大橋のモデル



図一五 地震時の橋梁損傷検知システムの開発 (独土木研究所)⁶⁾

部の損傷を対象にし、橋脚天端に設置したセンサにより応答を測定し損傷を判定し、情報を伝達する機能を有する。損傷判定手法としては、橋梁を1質点系にモデル化して固有周期の変化を捉えるものや応答波形の詳細解析等が考えられる。

また長期劣化を対象にするモニタリングの場合には環境状況の測定が対象となる。

いずれにしても、維持管理における位置づけをはっきりさせてモニタリングシステムを考えることが重要であり、最新のIT技術を活用した様々な活用が考えられる⁷⁾。

5. おわりに

構造物の長期性能を考えた維持管理には、設計段階からのトータルとしてのマネジメントが必要になる。インフラストラクチャの寿命は長いので、維持管理段階での教訓を設計へフィードバックするのでは時間的に間に合わない。従って、どのような維持管理をするのかを明確にした設計が必要になり、一方構造物が完成した後の維持管理では現実の状況に応じて将来を予測し、その結果により具体的な方策を設定していくことになり、そのための維持管理マネジメントシステムが有効であろう。この動きはアセットマネジメントと

して具体化されてきており、関連した技術開発が望まれる。

JICMA

《参考文献》

- 1) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説，I 共通編，p.7，2002
- 2) Performance-Related Specifications (PRS)：FHWA Publication No.FHWA-SA-97-098
- 3) (社)建築研究振興協会：建築構造における性能指向型設計法のコンセプト，技報堂出版，2000.8.10
- 4) S. W. Doebling, et al.：Damage Identification and Health Monitoring of Structural and Mechanical Systems from Changes in Their Vibration Characteristics: A Literature Review, Los Alamos National Laboratory, May 1996
- 5) 山口宏樹，藤原享，山口和範，松本泰尚，堤和彦：多々羅大橋に見る長大斜張橋のケーブル振動連成とその減衰性能への影響，土木学会論文集 No. 766，2004.7
- 6) 小林寛，運上茂樹：道路橋の地震時被災度判定システムに関する基礎的研究，リアルタイム災害情報検知とその利用に関するシンポジウム，(社)土木学会，pp161-164，2004.6
- 7) 圓幸史朗，他：スマートセンサと無線ネットワークを用いた構造ヘルスマニタリングシステムの開発，日本地震工学会論文集，第7巻，第6号，pp17-30，2007年

【筆者紹介】

横山 功一 (よこやま こういち)
茨城大学
工学部 都市システム工学科
教授



光ファイバを用いた構造ヘルスマニタリング

呉 智 深・岩 下 健太郎

近年の既存インフラ施設の老朽化や都市防災に関する認識の高まりに伴い、光ファイバを用いたスマートなセンシング技術を活用した大規模構造物の構造ヘルスマニタリングに対する関心が高まり、実用化に至った技術も多く見られるようになった。本稿では、光ファイバセンサの構造形式やセンシング手法に関して分類し、それぞれの特徴や適用範囲、最新の開発研究、そして応用・実用化事例などに対して取り纏め、解説を行う。さらに、それぞれのセンシング技術が現在抱えている課題を明確に示し、それらに対する取り組みに対しても紹介する。

キーワード：光ファイバ、構造ヘルスマニタリング (SHM)、ロングゲージ FBG センサ、分布型ひずみセンシング、損傷同定

都市防災に対する要求の高まりやスマートなセンシングや解析評価および情報通信技術の進歩により、大規模構造物における健全性の実時間的監視を旨とした「構造ヘルスマニタリング (Structural Health Monitoring, SHM と略す)」に対する関心が高まっている。SHM のエッセンスは、人的な関与を極力避け、構造システムのセンシング、損傷劣化や構造変化の検出および診断評価を、自動的かつ連続的なベースにて実現しようとする思想であり、的確な事象の把握と予測の基に状況や状態に即した対策を施すことによって、コンクリート構造物の予防的管理の実現が可能となる。このため、計測技術や計測システムのインテリジェント化が追求され、測定対象物の変状を継続的にモニタリングできるスマートな光ファイバセンシング技術の構築が進められている。

光ファイバをセンサとして用いる契機は、1970 年代における光通信用の光ファイバ技術の著しい進展にある。光ファイバセンサは従来のセンサに比べて電氣的なノイズに強く、軽量であり、幾何学的には柔軟性があるなどの特長も有している。現在では、構造物のひずみ・変位、温度や湿度、振動・動的ひずみプロファイル、ひび割れの発生・塑性ひずみ・破壊および pH のような化学的諸量などの光ファイバを用いて計測することが可能になっている。

光ファイバによる検知原理には、そのファイバ内を伝播する光の偏光、干渉、後方散乱などの現象、あるいはファイバの破損などにより伝播する光が変化する現象が利用されている。これらの現象により構造物の

損傷やひずみを検出・計測する光ファイバセンサは分光型、位相型 (偏光型、干渉計型など)、および光損失計測型の3種類に分類できる。一方、これらの光ファイバを用いたセンサの種類として、ポイントセンサ (マルチプルポイントセンサも含む)、ロングゲージセンサ、および分布センサの3種類で応用的に分類される場合もある (図-1)。分光型センサはセンサ部の間隔および屈折率の変化に応じて反射する波長のシフトからひずみや変形を検出するもので、代表的なものとしてブラッグ格子型光ファイバ (FBG) センサ (ギガ Hz レベルの分光) がある。これは伝統的なセンサであるひずみゲージのようなポイントセンサであり、ゲージ長は 2 ~ 20 mm と短い、高精度で動的な計測が実現できる。なお、ブラッグ格子センサはブラッグ波長以外の光は透過させるため、透過した光を利用してセンサを直列に接続した、いわゆる多重化されたマルチプルポイントセンサを構成することも可能になっている。多重化できる個数は、入射する光の帯域とセンサの計測範囲 (波長変化範囲) に依存し、実用的なレベルは 10 前後のオーダーである。位相センサ

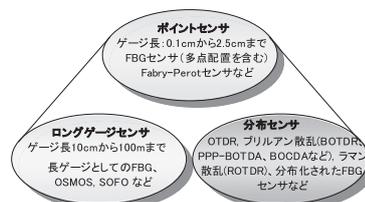
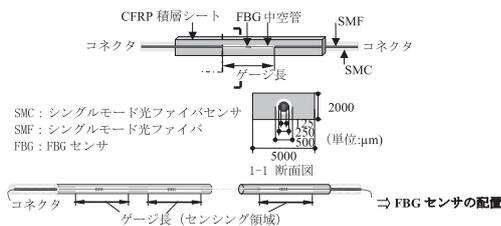


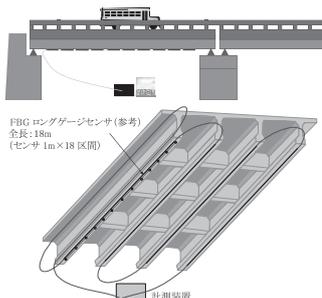
図-1 光センシング手法の分類

はセンシング目的の広範囲な光学現象をカバーしており、その中の干渉型センサによるひずみ計測は、光路差のある2つの可干渉拘束を重ね合わせるときに起きる干渉の移動からひずみを求める方法であり、高い感度を持つ。ただし、設置が煩雑であるなどの問題点がある。各種干渉型センサも原則としてポイントセンサの範疇に入るものが多い。一方、単一モードファイバの干渉計 (Low Coherence Interferometry) の計測原理に基づき、10cm ~ 100m 程度までのゲージ長を有するロングゲージセンサ (Long Gage Sensors) の開発が注目されている。著者らは前記のFBGセンサを中央に配した伸び計のような形状のロングゲージFBGセンサ (図一2) を開発し、静的な計測はもとより、動的な計測も可能であることが実験的に示されるに至っており、最近では、周囲の外乱やノイズの影響を受けにくい損傷評価手法の開発や、高精度で長期間の使用に耐え得る高耐久性センサの開発、そして、フィールド実装実験など、実用化に向けた検討が実施されている (図一3)。

光損失計測型センサは光ファイバ経路の任意箇所での曲げやたわみによる光強度損失量の計測から構造物の変形部分を検出する手法である。代表的なものとしてOTDR (Optical Time Domain Reflectometer) や Coherent OTDR があり、敷設が容易で、一本の光ファイバケーブルで連続的に計測可能なことから分布計測に向いているが、位相法や分光法と比較すると感度が低く、分解能もかなり長くなっている。OTDRは一応分布センサと考えられるが、変状箇所において光損失が増大し、光ファイバ中を伝播する光量が減衰する

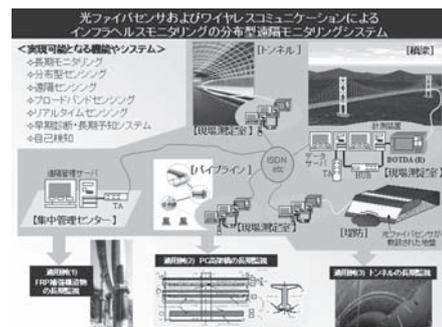


図一2 FBG ロングゲージセンサと分布化計測システムの開発



図一3 RC 桁へのFBG ロングゲージセンサの敷設例

ので、変状箇所遠の測定が困難、あるいは不能になってしまう可能性がある。これに対して、ブリルアン散乱やラマン散乱を利用したセンシング技術 (前者は日本発の発明) が、より先進的な手法として大きく注目されている。ラマン散乱を利用した OTDR (ROTDR) による温度分布計測装置は日本や欧州において開発され、実用的に活用されている。ブリルアン後方散乱を利用した計測技術として、まず、OTDR とブリルアン後方散乱光の分光技術 (メガ Hz レベルの分光) を併用した BOTDR (Brillouin Optical Time Domain Reflectometer) も日本や欧州において開発されている。BOTDR では、光ファイバの長さ方向に発生したひずみ分布計測が可能になっている。これらはいわゆる空間的に連続計測となっており、本格的な分布センサと考えられるが、現行の BOTDR 技術では、その最短の空間分解能は 1 m になっている。即ち、あるサンプル点のひずみ計測結果は、この点から 1m 以遠の範囲内におけるひずみ分布の総合的な結果になる。これに対して、岸田らは、パルス・プリポンプ方式を採用した PPP-BOTDA (Brillouin Optical Time Domain Analysis) が開発されており、今までに空間分解能 10 cm, ひずみ計測精度 $25 \mu \epsilon$ を達成し、さらに精度の向上が進められている²⁾。また、東京大学の保立研究グループでは、光損失、位相及び分光技術の三者を組み合わせたブリルアン光相関領域解析法 (BOCDA: Brillouin Optical Correlation Domain Analysis) を独自に開発し、cm オーダの空間分解能を目指して研究を推し進めている³⁾。構造物の SHM の実現については光ファイバセンシング、とりわけ、光ファイバ分布センシングに期待するところが大きい。そのため、コンクリート構造物における光センシングの研究開発もかなり盛んに行われるようになってきている。図一4は、神経網として都市インフラ構造システムの分布型光ファイバセンシングによる実構造物のモニタリングイメージを示している。紙面の関係で適用に関する初期段階の研究開発から紹介することは



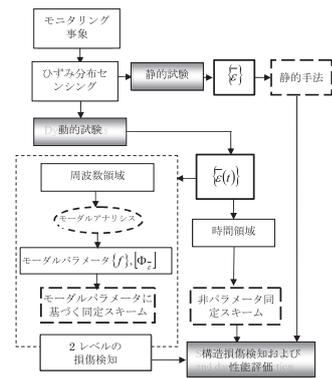
図一4 分布光センシングによる実構造物のモニタリングイメージ

できないが、ここでは、最近の研究動向を中心に紹介する。

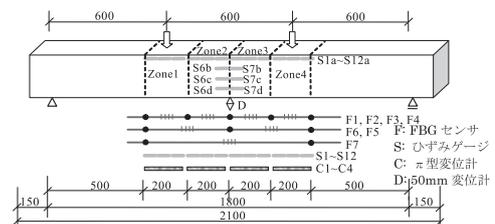
土木学会コンクリート委員会コンクリート構造物のヘルスマニタリング研究小委員会において SHM に適したセンシング技術を調査し、10 大センシング工法としての分類を行っている⁴⁾⁵⁾。そのうち、各種光ファイバセンサはひずみ計測、温度計測、振動計測、ひび割れ計測、変位計測などを実施する際に活用されている。その他に光ファイバセンサによるコンクリートの pH 値や湿度、および鉄筋や斜張橋などに用いられるケーブルの腐食量の計測手法もあり、それによるコンクリート構造物劣化の早期検知が可能となる^{例え6)}。

FBG のようなポイントセンサは最も歴史の長い光センシング手法である。RC 構造部材の主鉄筋や炭素繊維ロッドの表面に貼り付けることによるひずみ計測、外ケーブル緊張材として用いられる FRP ケーブルの内部への埋め込みによるひずみ計測、桁や床版のひずみや変位、交通荷重の計測など様々な分野において用いられている。カナダでは、およそ 30 橋の実橋に対して FBG センサの適用が行われた。一例として、カルガリーの Beddington Trail 橋に用いられたガラス繊維 FRP ケーブルに生じる引張ひずみは、埋め込まれた FBG センサによって遠隔モニタリングされている⁷⁾。この FBG センサとその他の温度センサの設置により、橋梁の建設時及び供用時橋梁挙動を遠隔的にモニタリングしようということが目的である。また、Taylor Bridge に設置された FBG センシングシステムでは、電話回線を通じてマニトバの大学にあるモニタリング・ステーションへ接続するといった遠隔モニタリングが実施されている⁸⁾。さらに、同様の試みとして、スイスでは、Storchenbrucke 橋における炭素繊維 FRP ケーブルのひずみモニタリングを行うために FBG センサシステムを実装した⁷⁾。インフラ構造物で発生するひび割れなどのような局所・集中的なひずみや変形は、その発生位置も様々である可能性がある。このようなローカル変形に対応できるロングゲージセンサ、そして同時に構造物の空間分布の計測を目指したマルチポイントセンシングの検討も行われている。アメリカでは、補強された Woodrow Wilson 橋の RC 構造部材に対して、FBG センサによるマルチポイントセンシングシステムを構築し、その性能をモニタリングしている。Chen らは、コンクリート構造物の亀裂をモニタリングするために静的 FBG ロングゲージセンサを開発した⁸⁾。また、Schulz らは、FBG ロングゲージセンサによる動的センシングシステムの構築

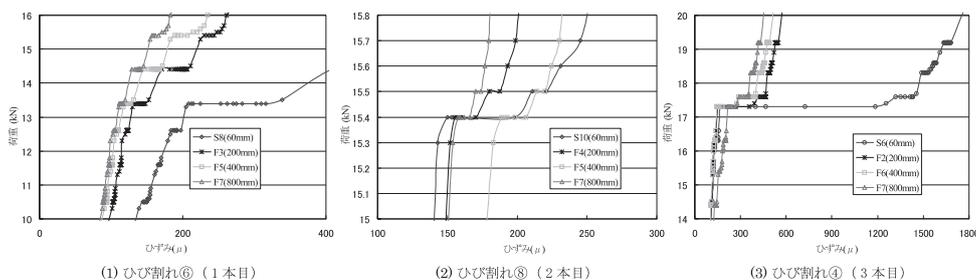
を行っている⁹⁾。さらに、Inaudi らはシングルモードの光ファイバ内部に LED を配したセンサを用いた SOFO システムを既に構築し、100 を超える構造物の静的・動的センシングに対して導入されている¹⁰⁾。筆者らは、局所的な損傷やひび割れに対しては、それらの箇所にセンサが配置されていないと検知できなしか検知され難いことや、変形など、全体構造の同定や損傷評価に対しては点計測では難があることなどの課題を解決するために、FBG ロングゲージセンサおよびその連続的な分布計測手法(図一2)を開発した上、測定した静・動的マクロひずみ応答により全体構造の階層型損傷同定・構造評価アルゴリズム(図一5)を提案し、構造物の損傷位置と程度および構造性能を階層的に同定する手法を構築した¹¹⁾。図一6はゲージ長の異なる FBG センサの直列による静的分布センシングを行う RC 梁である。図一7から分かるようにロングゲージのセンシング範囲に生じるひび割れがうまく検知される。ゲージ長の増加により、ひび割れ検知能力は低下していくが、20~40cm までのゲージ長でもひび割れ検知可能となっている¹²⁾。図一8にはゲージ長 40 cm と 80 cm による計測された梁の底面中央のマクロひずみと計測・計算した荷重の関係を示しており、ロングゲージ FBG センサにより計測されたマクロひずみによる構造性能同定が可能であることを示唆している。なお、連続的に分布しているゲージ長 20 cm の複数の FBG ロングセンサの計測結果による平均化を通じて、より長いゲージ長を有する FBG



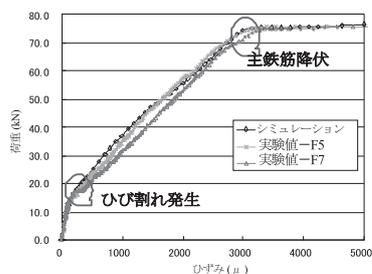
図一5 分布型ひずみセンシングに基づく構造損傷評価アルゴリズム



図一6 センサ配置図



図一七 異なるゲージ長を有するひずみセンサを用いたひずみモニタリング



図一八 F5, F7に関する荷重-ひずみの関係

センサと同様な計測結果が得られることも実験で確認されている。一方、FBG センサの直列配置による動的分布センシングの有効性も確認されている。動的FBG ロングゲージセンシングは動的負荷応答に対するノイズが少なく、通常の加速度計よりデータの信頼性が高いことから大いに期待されている。

また、FBG センサはそもそも様々な化学的変化や音声など様々な現象も感知できるように考案された。伝統的な Fabry-Perot 干渉計の原理によるセンサが多々あり、マルチモードファイバを利用するものが多い。これは、ファイバの曲げ、ケーブルの長さ、光源のゆらぎなどによる光量の変化に対してほとんど影響を受けず、温度などの自己補償性能により整形されることも可能である。例えば、Choquet らによる研究¹³⁾では静的計測と動的計測が可能であり、1000Hz で8点まで同時に多点計測が可能なものも存在している。但し、活用方法に関する検討がまだ行われておらず、これはマルチモードファイバを使用することによる問題の一つであろう。これに対して、単一モードファイバの干渉計 (low coherence interferometry) の計測原理に基づいたロングゲージセンサの開発はかなり活発に行われている。Tennyson らは開発されたロングゲージセンシングシステムを用いて複合橋桁やパイプラインの遠隔モニタリングを行い、既に8~10年分のデータ蓄積がある¹⁴⁾。また、日本や欧州においては、SOFO ロングゲージセンシングについて様々な適用が行われている。例えば、イタリアの Colle Isarco 橋やスイスの Alptransit トンネル、そしてノ

ルウェーの Mjosundet 橋などにはそれぞれ100以上のFBG ロングゲージセンサが設置され、継続的な構造ヘルスマニタリングが実施されている。

一方、Ansari らは Michelson 干渉計の原理によるロングゲージセンサおよびその直列化による分布式センシングの研究も行っている¹⁵⁾。なお、現在のところ、このようなロングゲージセンサはまだ静的計測のみとなっている。一方、Virginia Tech フォトニクス技術センサーでは、IFPI (Intrinsic Fabry-Perot Interferometric) 内蔵式構造物のひずみや温度準分布光ファイバセンサーを開発している。当面一本のファイバでひずみ計測精度 $0.5 \mu \varepsilon$ (同温度 $0.1 \text{ } ^\circ\text{C}$)、25点の計測に成功しているが、将来100点以上の計測は可能になるであろうことを示唆している¹⁶⁾。光損失計測型の代表的なセンシング技術としては、OTDR による分布センシングの研究開発が多く行われている。また、欧州で実績を上げている OSMOSTM (Optical Strand Monitoring System) 技術もある。ただし、分布計測に関しては変形箇所において光損失が増大し、これにより光ファイバ中を伝播する光量が減衰するので、変形箇所遠くの計測が困難、あるいは不能になってしまう可能性がある。これに対して、Ansari らは coherent OTDR による分布センシングシステムを開発し、コンクリート構造物のひび割れなどの分布計測を検討してきた¹⁶⁾。そして、分布計測は、マスコンクリートの温度管理や LNG タンク底版コンクリートの施工管理施工で実現された¹⁷⁾。BOTDR によるひずみ分布計測の研究範囲は、土や斜面の安定性をモニタリングすることから、トンネル、そして各種のコンクリートや鋼製構造物の分布計測など、かなり広範囲に及んでいる¹⁸⁾。筆者らは BOTDR センシングの引張・圧縮ひずみに対する検出性状、ゲージ長の変化による影響などの基礎的な検討を踏まえて、コンクリートのひずみ分布、ひび割れ幅などの局所変位、補強材の剥離や損傷などのモニタリング手法を提案してきた¹⁹⁾。

図一九に示されるように、計測精度の向上を図りな

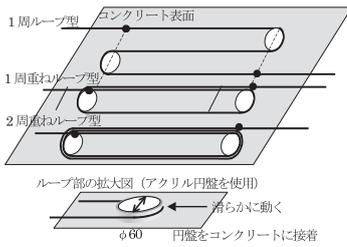


図-9 BOTDR の計測性能向上の設置手法

がらゲージ長の変化可能なセンシング設置方法を提案した²⁰⁾。実用例としては、FRP 緊張接着工法により補強された高速道路橋桁に光ファイバを敷設し、BOTDR による静的ひずみセンシングを行い、FRP に導入された緊張力の維持や FRP の付着状況、そしてコンクリートひび割れ状況などに対するヘルスマonitoring を実施している。また、NATM (New Austrian Tunnelling Method) により建設されたコンクリートトンネルの支持効果を監視するために、BOTDR によるヘルスマonitoring システムが開発されている²¹⁾。最近、筆者らは空間分解能が 10cm まで高度化された PPP-BOTDA により、コンクリート構造物に生じるひび割れや鉄筋腐食の形成過程を Monitoring する試みも行っており、PC 梁の 4 点曲げ載荷試験と定荷重下での主鉄筋の促進腐食試験において、図-10 (a) (b) に示すように、ひずみ分布の計測、そして、発生したひび割れの検知や鉄筋腐食による断面減少位置を詳細に特定できることを実験的に示した。最近、測定装置の空間分解能や

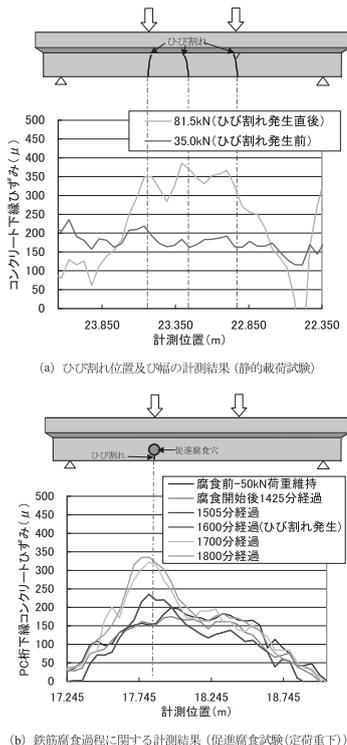


図-10 PPP-BOTDA による鉄筋腐食やひび割れ検知

ひずみ計測精度および計測速度といった性能が急速に向上されてきており、ひび割れや鉄筋腐食の、より詳細な Monitoring が可能になることが期待できる。

一方、著者らはひび割れ Monitoring における精度を詳細に検討するために、簡易な部材実験 (図-11) による方法を提案した。そして、初歩的に検討を行った結果、光ファイバ線の固定部に被覆がある場合には、内部のコア・クラッドとのすべりが生じて空間分解能や測定精度が低下するが、固定部の被覆を除去することでこれらの影響をある程度除去できることが実験的に明確になった (図-12, 図-13)。

光ファイバセンシングは湿度・電磁気などの影響はほとんど受けないが、温度変化の影響は受けやすいため、その影響の考慮が肝心である。そして、様々な測定手法により得られるデータの中には温度やノイズの影響が含まれており、間接的な損傷同定手法により損傷を検知しようとしてもこれらの影響がデータに占める割合が大きく、損傷検知には難がある。また、様々な分野の研究者らが多くの動的構造同定法を開発してきており、特に加速度計を用いた方法が有効とされているが、これも間接的な手法のため、同様の理由で、実際に損傷同定を行うことは難しい。著者らは、前記のロングゲージ FBG センサを用いることで、損傷検知を直接に行う方法を構築し、このセンサを用いた分布

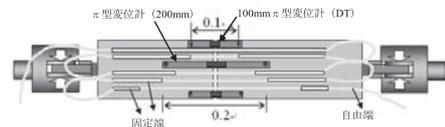


図-11 ひび割れ幅計測試体の詳細寸法と光ファイバの敷設

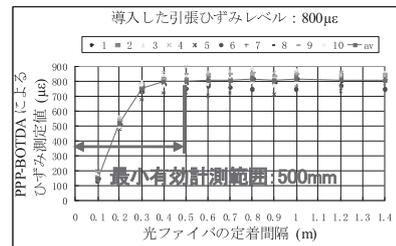


図-12 従来の光ファイバを用いた場合

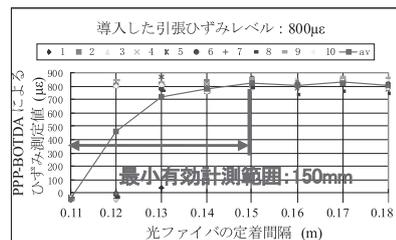
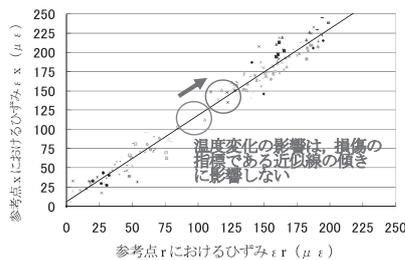


図-13 被覆のない光ファイバを用いた場合

型のひずみ計測を行うことで、より現実的な損傷同定を行うことができることを明らかにした^{23), 24)}。さらに、損傷評価指標を新たに提案し、研究を進めている。まず、モニタリング対象構造物の任意箇所（損傷を受けにくい点）に参考点（r）を選定し、損傷評価を行う各点（x）との比をグラフ化する。そして、近似線を引くとほぼ線形になるのだが、構造物に損傷が生じた場合にはxにおけるひずみのみが増加するため、より傾きが大きくなる。すなわち、構造物に損傷が影響するほど傾きが大きくなる。この現象に着目して、rとxの関係性を損傷評価指標として提案した（図—14）^{12), 23)} 他。



図—14 参考点rと計測点xのひずみの比における損傷評価指標

現在の光ファイバ計測装置の改良や新たなセンサ構造形式の開発状況から、今後、光ファイバセンシングの実用化は急速に推進されていくことが予想される。ただし、モニタリングのために設置される光ファイバセンサには、常時、引張力が生じるうえ、疲労・クリープ荷重もかかることから、センサの長期的な疲労・クリープ耐久性の評価や、高耐久性化、長寿命化に対する研究がより重要になっていくであろう。

JCM/A

【参考文献】

- 1) 呉智深, 許斌, 原田隆郎: 都市インフラに関する構造ヘルスマonitoringの現状と展望-展望論文-, 応用力学論文集, 土木学会, Vol.6, 2003, pp.1043-1055.
- 2) 岸田欣増, 李 哲賢, 西口憲一: パルス・ブリボン法を用いた高分解能ブリルアン計測の理論検討, 信学技報, 2004-47, pp.15
- 3) K. Hotate, M. Tanaka: Correlation-based continuous wave technique for optical fiber distributed strain measurement using Brillouin scattering with cm-order spatial resolution, IEICE Transactions on Electronics, Vol. E84-C, No.12, pp. 1823-1828, 2001.12
- 4) 土木学会コンクリート委員会コンクリート構造物のヘルスマonitoring研究小委員会報告: コンクリート構造物の構造ヘルスマonitoring (SHM)の研究動向と設計手法, 土木学会論文集 No.795/V-68, pp.1-16, 2005.8
- 5) 土木学会コンクリート委員会コンクリート構造物のヘルスマonitoring研究小委員会報告: コンクリート構造物のヘルスマonitoring技術, コンクリート技術シリーズ 76
- 6) Dantan, Nathalie, Habel, Wolfgang R., Wolfbeis, Otto S. Fiber optic pH sensor for early detection of danger in steel-reinforced concrete structures, Smart Structures and Materials 2005: Modeling, Signal Processing, and Control, Proc. Of the SPIE, Volume 5758, pp.274-28.
- 7) Maaskant, R., Alavie, A.T., Measures, R.M.: A recent experience in bridge strain monitoring with fiber grating sensors, Proceedings of the International Workshop on Fiber Grating Sensors for Construction Materials and Bridges, pp. 129-135, 1998

- 8) Sennhauser, U., Bronnimann, R., Mauron, P., and Nellen, M.: Reliability of optical fibers and Bragg sensors for bridge monitoring, Proceedings of the International Workshop on Fiber Optic Sensors for Construction Materials and Bridges, pp. 117-128, 1998
- 9) Chen, Z., and Ansari, F.: Fiber optic acoustic emission sensor for large structures, Journal of Structural Control, Vol.7, No.1, pp.119-129, 2000
- 10) Inaudi D.: Application of optical fiber sensor in civil structural monitoring, Proceedings of SPIE Sensory Phenomena and Measurement Instrumentation for Smart Structures & Materials, 4328: pp.1-10, 2001
- 11) Schulz, W. L., Conte, J. P. Udd, E. and Kunzler, M.: Real-time damage assessment of civil structures using fiber grating sensors and modal analysis, Proceedings of SPIE Vol. 4696, pp.228-237, 2002
- 12) Wu, Z.S., Li, S.Z.: Structural damage detection based on smart and distributed sensing technologies, The second international conference on Structural Health Monitoring of Intelligent Infrastructure (SHMII-2), Shenzhen, China, 2005 (Keynote paper)
- 13) Li SZ, Wu ZS: Development of distributed long-gage fiber optic sensing system for structural health monitoring, Structural Health Monitoring (Accepted)
- 14) Choquet, P., Juneau, F., Bessett, J.: New generation of Febray-Perot Fiber Optic Sensors for monitoring of structures, Proceedings of the 7th Annual International Symposium on Smart Structures and materials, March, SPIE, Newport Beach, CA, 2000
- 15) Tennyson, Rod. C.: Fiber optic sensing for civil infrastructure, Structural Health Monitoring and Diagnostics of Bridge Infrastructure, University of California, San Diego/California Department of Transportation, March 7-8, 2003
- 16) Ansari, F.: Fiber optic sensors and systems for structural health monitoring of infrastructures, 3-21, Proceedings of the First International Workshop on Structural Health Monitoring of innovative Civil Engineering Structures, 2002
- 17) Fabian Shen, Wei Peng, Anbo Wang, Kristic Cooper and Gary Pickrell, UV-induced interferometric fiber sensor and frequency division multiplexing scheme, J. Lightwave Technology (accepted)
- 18) 虎谷和幸, 近藤 睦, 山川裕司, 三田 彰: 分布式光ファイバ温度センサを利用した地下式タンク底版コンクリートの施工管理, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集第6部, pp.50-51, 1997
- 19) 倉嶋利雄, 佐藤昌志: 光ファイバを用いた構造物のひずみ分布計測, 土木学会誌 Vol.82, 18-20, 1997
- 20) 石井 豪, 呉智深, 堀内辰夫: 歪モニタリング用光ファイバセンサの測定長特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.23, No.1, pp.643 - 648, 2001
- 21) 呉智深, 高橋貴蔵, 須藤佳一: 光ファイバセンサによるひずみ・ひび割れのモニタリングに関する実験的研究, コンクリート工学論文集, Vol.13, No.2, pp.139-148, 2002
- 22) Shiba, K., Kumagai, H., Watanabe, K., Naruse, H. and Ohno, H.: Fiber optic distributed sensor for monitoring of concrete structures, Proceedings of the 3rd International Workshop on Structural Health Monitoring: The Demands and Challenges, pp. 459-468, 2001
- 23) 橋本明宏, 呉智深: 分布型光ファイバセンシングにおけるひずみ測定精度に及ぼす各種要因に関する研究, 第63回年次学術講演会概要集, V-192, 2008
- 24) Adewuyi, A.P., Wu Z.S. and Serker, N.H.M. Kamrujjaman, Assessment of VBDI Methods Using Different Measurement Techniques, Journal of Structural Health monitoring (in press) .

【筆者紹介】



呉 智深 (う づすえん)
茨城大学
工学部 都市システム工学科
教授



岩下 健太郎 (いわした けんたろう)
名城大学
理工学部 建設システム工学科
助教

電場指紋照合法（FSM）を用いた疲労き裂 モニタリングの実橋梁への適用性検討

高田 佳彦・金治 英貞・川上 順子

近年、重交通路線を中心に鋼床版の疲労損傷が問題となっており、その損傷発見および進展監視する効率的で有効な手法が必要とされている。そこで常時観測が可能なモニタリング技術として既に発電所や各種プラントにおける配管の腐食や減肉のモニタリングに適用されている電場指紋照合法（Field Signature Method, 以下FSMと称す）に着目し、疲労損傷のモニタリングとき裂検出を目的に鋼床版橋等実橋梁への適用性とその高度化について検討を行った。

キーワード：FSM, 鋼床版, 疲労き裂, FC値, ハザードカーブ

1. はじめに

近年、鋼道路橋の疲労損傷が数多く報告されている。特に鋼床版の疲労損傷は都市高速、直轄国道などで数多く発見されており、その対策は道路管理上喫緊の課題である。鋼床版は、図-1に示すように、薄板であるデッキプレートを縦リブと横リブとで補強した構造で、軽量で、架設が容易かつその施工が速いため、湾岸線など死荷重を軽減する必要のある軟弱地盤区間の橋梁、長大橋などに多数採用されている。

鋼床版は、自動車輪荷重が直接載荷されるために応力の変動が大きく、またその繰返し数が極めて多い構造部材である。また、溶接による薄板集成構造であるため全体的に剛性が小さく、鋼床版を構成する板要素が複雑な挙動をし、応力集中が大きい。部材交差部などで局所的に大きい応力が繰返し発生することにより、疲労損傷に繋がる。

鋼床版に発生しているき裂のタイプは多岐にわたっているが、縦リブの構造がUリブ形式の主要なき裂

タイプは、図-2に示すとおりである。その内、デッキプレート（以下、デッキという）とUリブ溶接線を起点に発生するき裂（ビード貫通き裂）は、進展性が高く、床組構造への耐荷力の影響が懸念される。また、デッキに進展し貫通した場合（デッキ貫通き裂）、交通荷重の支持機能の低下や舗装の損傷を誘発する恐れがあるなど道路管理上深刻な課題となっている（図-3参照）。

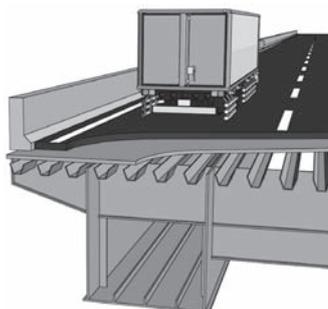


図-1 鋼床版の構造

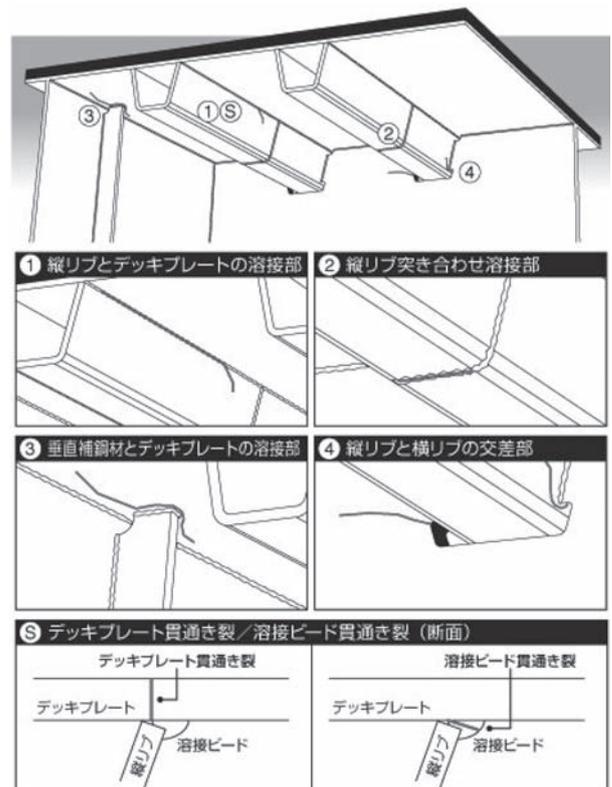
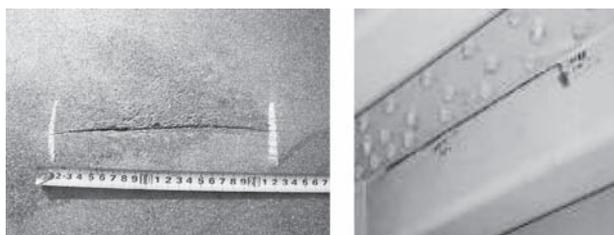


図-2 鋼床版の主要なき裂タイプ



(a)デッキプレート貫通き裂 (b)溶接ビード貫通き裂

図-3 疲労き裂の状況

鋼橋の点検は、接近目視を基本に渦流探傷試験や磁粉探傷試験など非破壊試験と組み合わせて定期的を実施している。鋼床版は、長大橋や海上部の橋梁に使われることが多く、接近点検には多額のコストと時間を要する。一方、デッキプレート貫通き裂は、舗装を除去しない限り目視では捉えることができず、接近点検でも検出は不可能である。

構造物点検において、目視点検を補完し、対象部材に接近することなく、損傷の検出や常時観測が可能なモニタリング技術が道路管理上必要とされている。そこで、電場指紋照合法 (Field Signature Method, 以下FSMと称す) に着目し、検討を行ってきたものである。

FSMは、電気特性を利用した非破壊検査の一種で、検査対象箇所に取り付けた測定端子 (ピン) 間の電位差を測定することにより、き裂、腐食等の損傷を特定する技術である。ノルウェーで開発され、既に発電所や各種プラントにおける配管の腐食や減肉のモニタリングに実績がある。

FSMは、鋼床版の微細なき裂の進展を捉えることができ、特に目視では捉えることができないデッキプレート貫通き裂の検出が可能である。また、高架橋においては一旦ピンなどの計測機器を設置すると、以降、アクセスしやすい路下で検査が実施できる。また、電話回線、携帯電話を用いた遠隔監視が可能である。

本文では、FSMを用いて、都市内高架橋の鋼床版橋を対象に、実橋梁への適用性とその高度化を検討した。

2. FSM 技術の原理

(1) FSM の基本原理

電的にき裂損傷を検出する手法である電位差法は、印加する電流の種類 (直流、交流など) により、種別が分けられるが、FSMでは、直流のパルス電流を使用している。導電性を有する検査対象物に直流パルス電流を印加して瞬間的に電場を形成し、その電場内の特定箇所の電位差を計測し、その計測値から、損

傷の程度を特定する非破壊検査手法である¹⁾。測定部位に減肉やき裂が発生すると、その部分の電気抵抗は大きくなる。従って、一定電流 (I_0) を供給した場合、オームの法則により電位差は大きくなる。図-4は対象部位に減肉、き裂が発生した場合の電位差の変化を模式的に表す。健全部の電位差を V_0 とすると、減肉、き裂が生じた箇所の電位差 V_1 は、 V_0 よりも大きくなる。この健全状態からの電位差の変化率 $(V_1 - V_0) / V_0$ を観測することにより、検査対象物の減肉あるいはき裂の発生・進展を検出するものである。FSMでは、この電位差は、測定対象を挟む形でセンシングピンと呼ぶ測定機器を設置し、センシングピン間 (以下 pair と記す) の電位差を測定する。

この計測値 V_1 または健全状態からの電位差の変化率 $(V_1 - V_0) / V_0$ と、予め模擬実験や電位差解析等により準備したマスターカーブとを比較・照合することにより、き裂長さや腐食量を定量化する。なお、計測に用いる電流電圧は、モニタリング範囲やピン間隔により決定されるが電圧で $60 \sim 100 \mu\text{V}$ 、電流で $30 \text{ A} \sim 100 \text{ A}$ である。

従来、疲労き裂の検出や腐食発生部位の残存板厚の測定には、浸透探傷法 (PT)、磁粉探傷法 (MT)、超音波探傷法 (UT) 等の非破壊検査手法が用いられてきた。それに対し、FSMの優位性など、特徴を以下に述べる。

- ・従来法が局部・点測定であるのに対し、FSMは面測定のため損傷等の見逃しが少ない。
- ・溶接箇所はもちろん、導電材料であれば、複雑な形状の箇所の診断もできる。
- ・全自動化されているため、測定員の違いによる測定誤差がほとんどない。
- ・測定時間は10分程度と短時間で検査ができる。
- ・遠隔操作で診断が可能。

これらの特徴を有するFSMは、デッキプレート貫

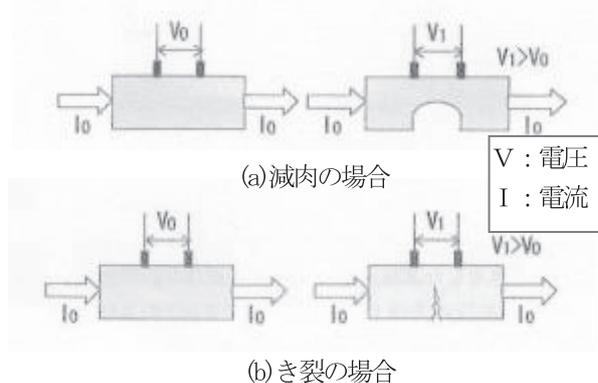


図-4 FSMの基本原理

通き裂を UT よりも合理的に検出できる，補強鋼板の下の疲労き裂の進展を確認できるなど，他手法では実現困難であった検査が可能である。これら，FSM の特徴を十分理解した上で，その効果を最大限発揮する形態で，モニタリングを実施することが望ましい。

(2) FSM のシステム構成

FSM のシステム構成は，印加電極，センシングピンおよび測定装置 (FSM-IT) から構成され，そのシステム構成の概念図を図一5に示す。印加電極は，測定対象エリアに電流を供給するもので，モニタリングエリアの両端に1本ずつ設置する。センシングピンは，対象エリア内のき裂損傷の発生箇所，あるいは，予想される箇所に格子状に設置する。

印加電極，センシングピンと FSM-IT とはケーブル類で接続し，印加電極に直流パルス電流を印加することにより生じる各センシングピン間 (pair) の電位



図一5 システム構成概念図



図一6 測定装置 FSM-IT

差を計測する。FSM-IT は，電流の印加から pair の電位差の計測までを自動で行う機能を有しており，測定者の技能に関わらず，測定誤差のない計測を可能にしている。FSM-IT を図一6に示すが，データをパソコンに取り込むことにより，一元管理することができる。また，FSM-IT は，遠隔測定機能を有しており，電話回線，携帯電話を用いた遠隔監視が可能である。

(3) FSM による損傷判定

き裂が発生・進展すると，pair の電位差に変化が生じ，この変化量からき裂の発生および進展量を求める。この際，pair に生じる電位差の変動は非常に微弱であるため，温度の違いによる影響を受ける。これを補正するために，健全な箇所に参照用のピン (照合対) を設置し，センシングピンとの電位差の補正を行い，得られる電位差の変動を電場指紋係数 FC 値に変換して表す。

時間 i における pair A の電場指紋係数 FC 値は次式によって求めることができる。

$$FC = (Bs/As \times Ai/Bi - 1) \times 1000 \text{ (ppt)}$$

ここに，

As：モニタリング開始時の pair A の電位差

Bs：モニタリング開始時の照合対の電位差

Ai：時間 i における pair A の電位差

Bi：時間 i における照合対の電位差

測定に用いる FSM 装置，電位差計測用インターフェイスは，電位差の変化を 1/1000 の解像度で検出できるものを用いる。よって FC 値は千分率 (pair per thousand, ppt) で表記する。この FC 値が上昇した場合，その pair 間にき裂が発生・進展したことになる。

3. 実鋼床版における FSM のモニタリング測定結果

(1) Uリブと横リブ交差部スリットのき裂進展監視

図一7に示すように，Uリブと横リブ交差部における横リブウェブのスリットを起点とするき裂に対して，FSM により進展監視モニタリングを実施した。センシングピンは，図一8に示すとおり，き裂を挟んで 100 mm 間隔程度に設置している。

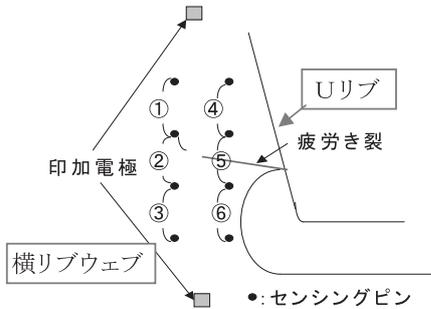
ここでは，①～⑥の pair の電位差を同時に計測している。このケースでは印加電極，センシングピンに接続したケーブルを図一9のように路下の歩道からアクセスできる橋脚まで延長して，そこに中継器を設置し，実際の測定はこの中継器に測定器を接続して行っ

ている。

FSM 測定時に、目視もしくは磁粉探傷試験を行い、FC 値とき裂との相関を検証している。本ケースでは、約一年間の計測期間中に、FC 値が変化せず、目視においてもき裂の進展は観測されなかった。



図一七 スカラップき裂発生部計測状況



図一八 モニタリング箇所模式図



図一九 橋脚基部における中継機の設置状況

(2) バルブリブ交差部スリットのき裂の進展監視

バルブリブと横リブ交差部スリットのき裂に対して FSM により監視を行っている。図一十に示すように、横リブウェーブにき裂が発生している箇所はあて板による補強が行われている。補強によるき裂進展抑制効果、および、未補強箇所のき裂発生検出を目的にモニタリングを行った。測定対象エリアは、箱桁内の横リブ

4本から構成されるパネルとした。橋梁単位等広範囲でのモニタリングの基礎検討として、センシングピンの pair の間隔を、最大約 2 m 程度と拡くしている。なお、このレベルに pair の間隔を広げた場合も、き裂発生・進展による溶接部の電位差の変化を問題なく捉えられることは、鋼床版を用いた実験により、既に示されている²⁾。

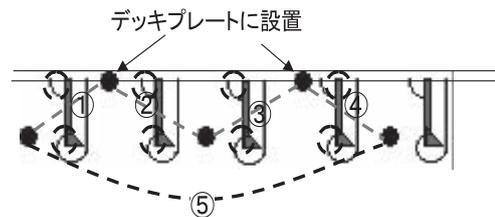


図一十 計測状況

一方、測定する電位差は橋梁で生じる振動、応力変動に影響されることが予測される。この影響によって生じる測定値のばらつきが、そのまま検出精度に反映されることが考えられるが、これがどの程度であるのか、また、pair 間隔の違いによる影響を明らかにする必要がある。そこで、間隔の違う pair を設定し、振動・変動応力下におけるモニタリングの精度の検証を行った。

測定対象エリアにおける図一十一に示すセンシングピンの各 pair の FC 値を図一十二に示す。ピン間隔の異なる pair 同士を比較すると、ショートペアのばらつきに比べ、ロングペアのほうが大きく、ショートペア (pair ①, ②, ③, ④) が約 1 ppt, ロングペア (pair ⑤) が約 4 ppt 程度である。これにより、pair の間隔を広げれば、ひとつの pair でモニタリングできる範囲は広がるが、その分、振動等の影響によるばらつきは大きくなる。

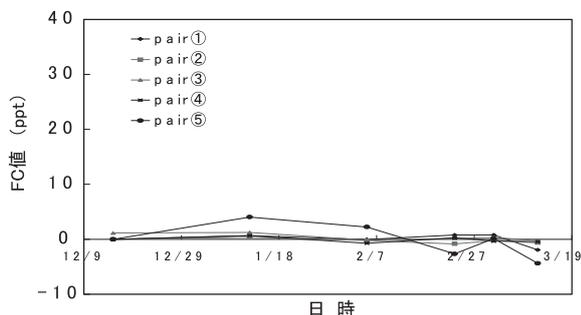
既往の研究¹⁾により、貫通き裂が 0.1 mm 進展した場合、それを挟む pair 間では約 10 ppt の FC 値の上昇があることがわかっている。一方、実橋梁に生じる



--- : ショートペア - - - : ロングペア ⊙ : き裂発生懸念箇所

図一十一 モニタリング箇所模式図

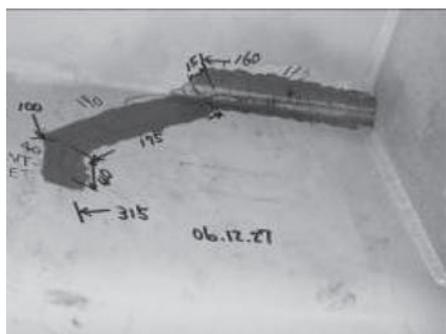
振動・応力変動により、FC 値にばらつきが生じることが懸念されたが、**図—12**に示すようにばらつきは 10 ppt 以下と小さい。



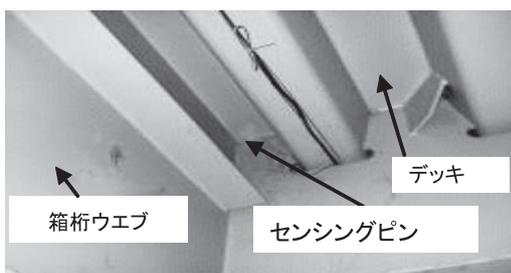
図—12 モニタリング結果

(3) 鋼床版 Uリブとデッキプレート溶接部に発生したき裂の長距離粗探傷モニタリング

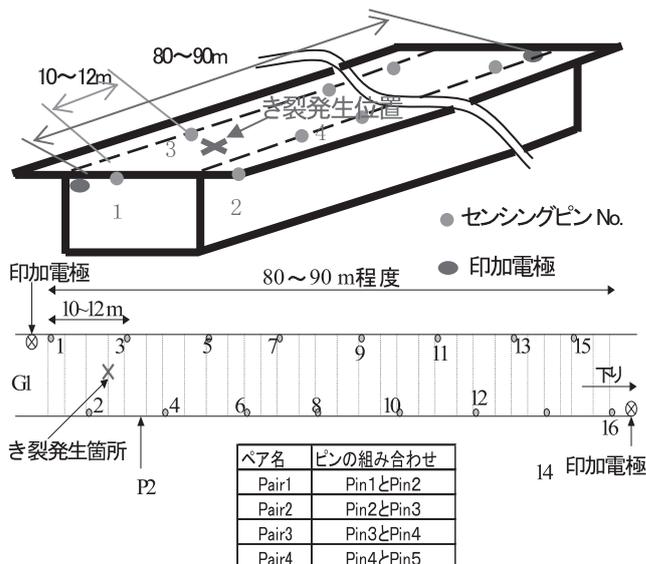
前述した2ケースの実測結果を踏まえ、FSM の一層の実用化と効率化を目的に、更にピン間隔を延ばした長距離粗探傷モニタリング技術の確立を検討するため、常時連続測定を平成 19 年 7 月から実施し、現在も継続している。測定箇所は、**図—13**に示すように、鋼床版箱桁内における横リブ交差部近傍のデッキと Uリブを起点に発生したビード貫通き裂で、Uリブウェブに進展している。Uリブウェブの発生応力は高く、進展しやすい傾向にある。**図—14**にき裂近傍の計測状況を、**図—15**にピン設置位置図を示す。センシングピンの間隔を最大 12 m まで、印加電極間隔は 90 m



図—13 測定開始時点の Uリブ溶接部き裂発生状況



図—14 Uリブ溶接部計測状況



図—15 ピン設置位置とピンのペア

程度まで広げて設置している。

き裂は、センシングピンの組み合わせペアである Pair2 である Pin2 と Pin3 を挟む Uリブ横リブ交差部に位置している、FSM 測定結果は PHS 無線で送信しており、き裂は定期的を目視および MT で進展を監視している。

図—16に計測開始時点からの FC 値の測定履歴を示す。測定開始から pair2 の FC 値が増加し、150 ppt の時点で、MT で 33 mm 程度のき裂進展、また 300 ppt の段階でさらに 6 mm の進展を確認しており、FSM でき裂進展が捕らえられていることが確認された。その際、**図—16**の Mar08 で FC 値が低下しその後 May08 手前で 300 ppt を越えるまで増加しており、その間もき裂が進展していた。**図—17 (a)**は現時点でのき裂状況であるが、き裂の進展方向は複雑に変動し U ターンを描くように横リブに向けて弧を描くような形状である。このような進展はこれまでの阪神高速道路の点検結果では見られない傾向である。き裂の進展形状が FC 値に影響を与えている可能性がある。一方、き裂の確認されていない他のピンペアでも FC 値の変動がみられるが、Pair2 に対しては大幅に小さい。ただ、ピン間隔を広げたことで、車両走行、振動などの影響を受けやすくなっており、また、測定したデータは 1 日に 3 回取得したデータを単純平均しており、その際振動の影響などにより大きな電位差が生じるはずれ値の除去しておらず、今後連続測定の長所を生かして計測データの処理方法を検討し、き裂長と FC 値との相関を明らかにしたい。

その後 Sep08 の計測時に、**図—17 (b)**に示すように、き裂のあった Uリブの延長線上の隣接横リブ近傍で

L=120 mm と L=370 mm のき裂が発見された。き裂の発生時期は不明であるが、新規き裂をはさむ Pair3 は Nov07 あたりから FC 値が増加傾向にあることからその時期にき裂の進展が顕著になったと予想されるところに、このき裂が Pair2 の FC 値の変動に影響を与えていると考えられる。

これらの結果から、センシングピン間隔を 10 m 程度に広げた長距離粗探傷モニタリングでき裂の検出が確認でき、き裂モニタリングに成功した。今後、印加時の鋼床版の電圧分布を電場解析で再現することで、FC 値の変動因子を特定し、き裂長と FC 値の相関曲線であるき裂サイジング用のマスターカーブを検討し、高度化を図っていきたい。

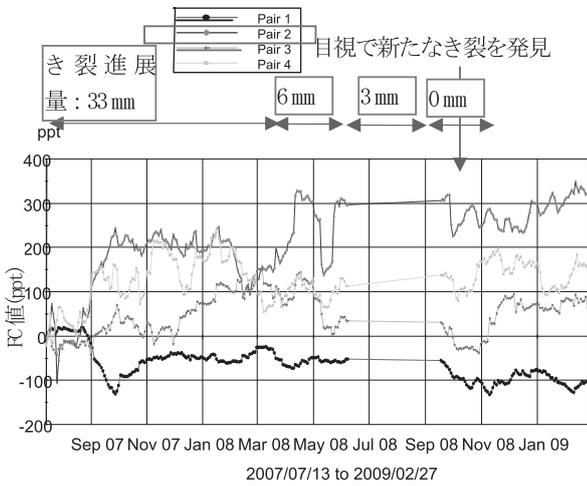
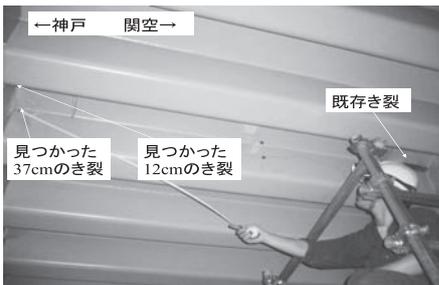


図-16 FC 値の測定履歴結果



(a)き裂進展状況 (L=902 mm)



(b)平成 20 年 8 月に発見されたき裂(L=370 mmおよび L=120 mm)

図-17 現在のき裂発生進展状況

4. 今後の展開

(1) 長距離粗探傷モニタリング

前述した 3 (2) で紹介した鋼床版桁において、大規模粗探傷によりき裂の進展を捕らえ、き裂モニタリングに成功した。そこで、平成 21 年度より湾岸線において、7 橋程度を対象に、図-18 に示すように、FSM の長距離粗探傷によりき裂をモニタリングするとともに、FSM 高度化に向けたデータ取得を行い、一層の精度向上、合理化を検討する。

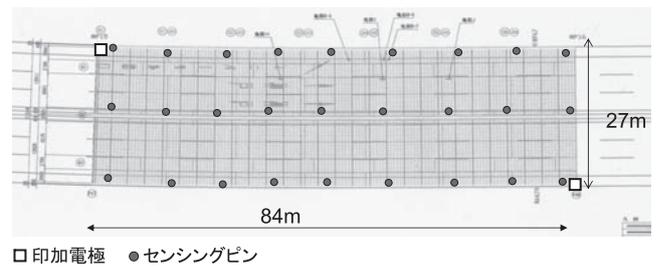


図-18 長距離粗探傷によるモニタリング計画

(2) デッキプレート貫通き裂の監視・モニタリング

湾岸線のニールセンアーチ橋において、デッキプレート貫通き裂が昨年度に発見され、今春に鋼板による補修が検討されている。その補修までの間、き裂の進展を監視するため、き裂近傍に詳細にセンシングピンを配置し、監視を行う。あわせて、今後、新たなき裂の発生を継続的に監視するため、図-19 に示すように長距離粗探傷によるモニタリングを行う。

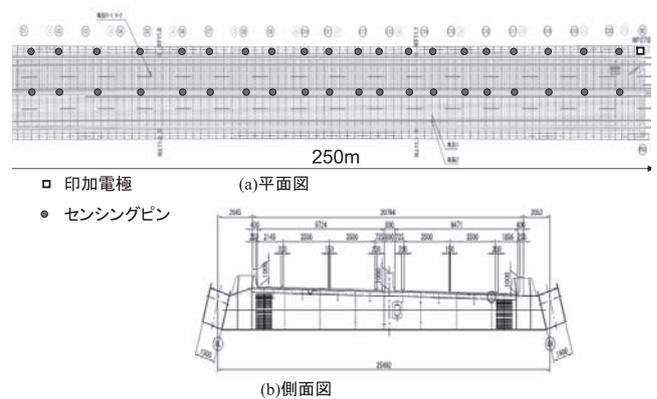


図-19 新浜寺大橋の長距離粗探傷によるモニタリング

5. まとめ

鋼構造物の疲労き裂モニタリング手法として FSM に着目し、鋼床版等実橋梁における実用性について検討を行った。得られた知見は以下のとおりである。

- ①き裂近傍に着目したき裂モニタリング測定結果において、センシングピン間隔は2m程度では、実橋梁に生じる振動・応力変動によるFC値のばらつきは10ppt以下であり、き裂進展を0.1mm程度の精度でモニタリングが可能である。
- ②長距離粗探傷モニタリングにおいてもき裂進展を検知することができたことから、FSMは全橋等を対象とした広範囲なモニタリングに適用可能で実用性が検証できた。
- ③長距離粗探傷では、き裂の確認されていないピンペアでもFC値の変動がみられる。これは、ピン間隔を広げたことで、車両走行、振動、温度分布差などの影響を受けやすくなっている。今後、データを蓄積し、き裂有無の閾値を検討する予定である。また、測定したデータは1日に3回取得したデータを単純平均しており、その際振動の影響により大きな電位差が生じるはずれ値の除去しておらず、今後連続測定の特長を生かして計測データの処理方法を検討する。
- ④き裂の進展形状がモニタリングの結果に影響を与えている可能性がある。今後、印加時の鋼床版の電圧分布を電場解析で再現することで、FC値の変動因子を特定し、き裂長とFC値の相関曲線であるき裂サイジング用のマスターカーブを作成し、高度化を図っていく。
- ⑤FSMの高度化を図り、これまでの点検手法や補修補強計画を踏まえた上で、道路管理のニーズに対応した安全、確実でより経済的なモニタリング手法を策定したい。

謝辞：本検討を実施するにあたり、電場指紋照合法(FSM)の実橋梁での実用性に関する検討委員会(委

員長：大阪大学金裕哲教授)に多大なるご指導とご助言を頂きましたことを厚く御礼申し上げます。なお、本検討の一部は大阪大学および(株)アトラス社との共同研究によるものであり、金教授ならびに同社有田氏、奥氏には深謝する次第です。

JICMA

《参考文献》

- 1) 奥健太郎, 有田圭介, 金裕哲: 電場指紋照合法による疲労き裂発生・進展モニタリング, 鋼構造論文集, 13-50 (2006), pp35-43.
- 2) 金裕哲, 麻泰宏, 奥健太郎: 電場指紋照合法による疲労き裂発生・進展の監視, 溶接構造シンポジウム 2007
- 3) 奥健太郎, 川上順子, 金裕哲: 鋼橋に生じる疲労き裂の監視に対する電場指紋照合法の適用, 土木学会第62回年次学術講演会論文集, I-426, 2007.9
- 4) 金裕哲, 麻泰宏, 奥健太郎: FSMによるUリブ鋼床版に生じる疲労き裂の監視, 土木学会第62回年次学術講演会論文集, I-427, 2007.9

【筆者紹介】



高田 佳彦 (たかだ よしひこ)
 阪神高速道路管理技術センター



金治 英貞 (かなじ ひでさだ)
 阪神高速道路管理技術センター



川上 順子 (かわかみ よりこ)
 阪神高速道路(株)保全交通部

首都高川崎縦貫線超大型クレーンによる 大ブロック一括架設

荒川 太郎・井田 亨

高速川崎縦貫線大師ジャンクションは、川崎縦貫線と高速神奈川1号横羽線をつなぐ連結路である。この大師ジャンクションの橋梁架設工事の終盤を飾ったのは高速神奈川1号横羽線を跨ぐ一括架設であり、世界最大級の1,250t吊りクローラクレーンを使った大規模なものであった。

本報告では作業用地に制約がある中で実施した、大ブロック一括架設工事の計画と施工について報告するものである。

キーワード：首都高川崎縦貫線、超大型クレーン、一括架設、地組立ブロック、猛暑

1. はじめに

大師ジャンクションは、川崎縦貫線（川崎浮島ジャンクション～殿町出入口間営業中、殿町出入口～大師ジャンクション間建設中）と高速神奈川1号横羽線（以下横羽線）をつなぐ連結路である。平成20年3月29日に横羽線との分合流部が完成し、横羽線（横浜方向）と国道409号を結ぶ横浜方向出入口が開通した（図-1）。

本報告は開通区間の大師入口のうち、横羽線を跨ぐ区間における世界最大級の1,250t吊りクローラクレー

ンを使った大ブロック一括架設工事の計画と施工について報告するものである。

2. 工事概要

(1) 工事概要

- ① 工事名
KJ125 工区（5—10）（5—11）上部・橋脚工事
- ② 路線名
高速川崎縦貫線
- ③ 施工箇所
神奈川県川崎市川崎区大師河原1丁目、2丁目
- ④ 上部構造形式
6径間連続鋼床版箱桁1連
平面線形：R=60m（一括架設部）
縦断勾配：-7.0%（一括架設部）
横断勾配：9.0%（一括架設部）
- ⑤ 橋長
298.500m
- ⑥ 発注者
首都高速道路株式会社 神奈川建設局
- ⑦ 請負者
トピー・瀧上 KJ125（5—10）（5—11）上部・橋脚
特定建設工事共同企業体

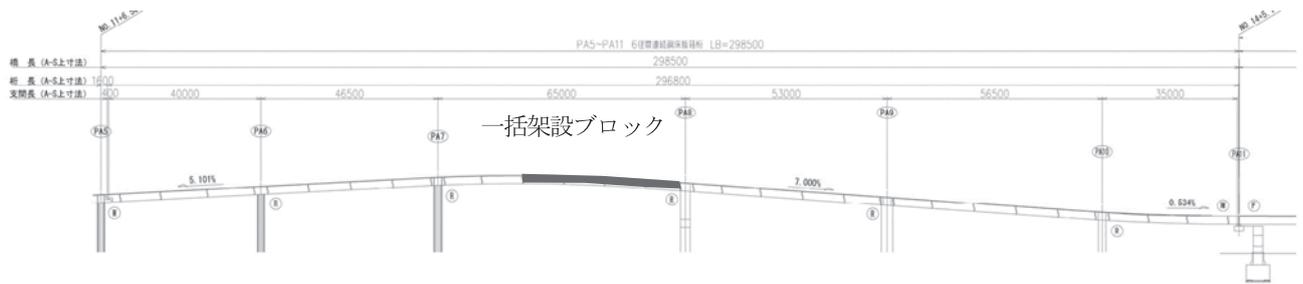
(2) 架設工法

本工事の橋脚及び上部構造の一般図を図-2、3に示す。

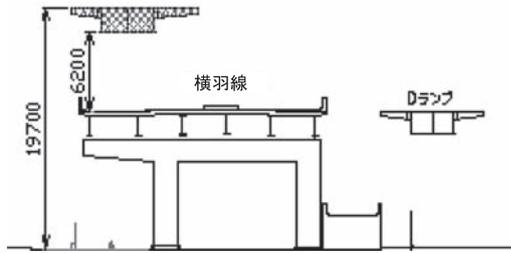
上部構造の架設は作業ヤードの制約がない限り、ト



図-1 大師出入口（横浜方向）位置図



図一2 6径間連続鋼床版箱桁1連 側面図



図一3 一括架設部断面



写真一1 一括架設前状況

ラッククレーンベント工法を採用したが横羽線上、国道上などを跨ぐ架設は横羽線の本線及びランプ、国道上を閉鎖することになり、一般車の影響を最小限にすることが重要となる。そのため、大ブロック架設を採用し、通行止め回数を少なくするよう計画した。

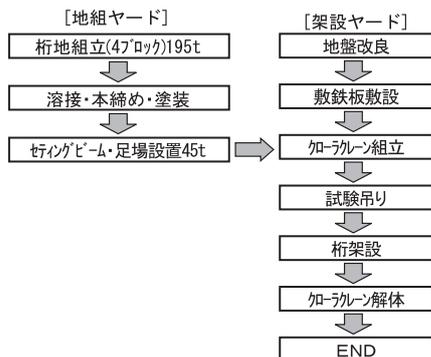
また、大ブロック部材の両端部にはセッティングビームを設置した。

3. 大ブロック一括架設手順

一括架設に向けた作業フローは図一4のとおりである。本稿では、作業フローのうち、クレーンの組立及び桁架設を重点的に述べるものとする。

4. クレーンの選定と地組立ブロック数の検討

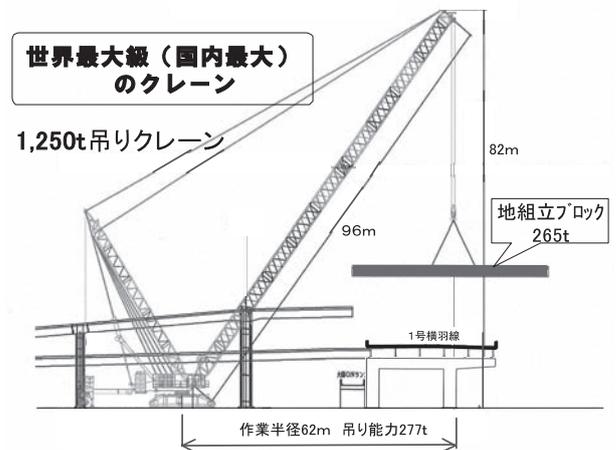
横羽上を跨ぐ架設は、架設地点の制約条件よりベン



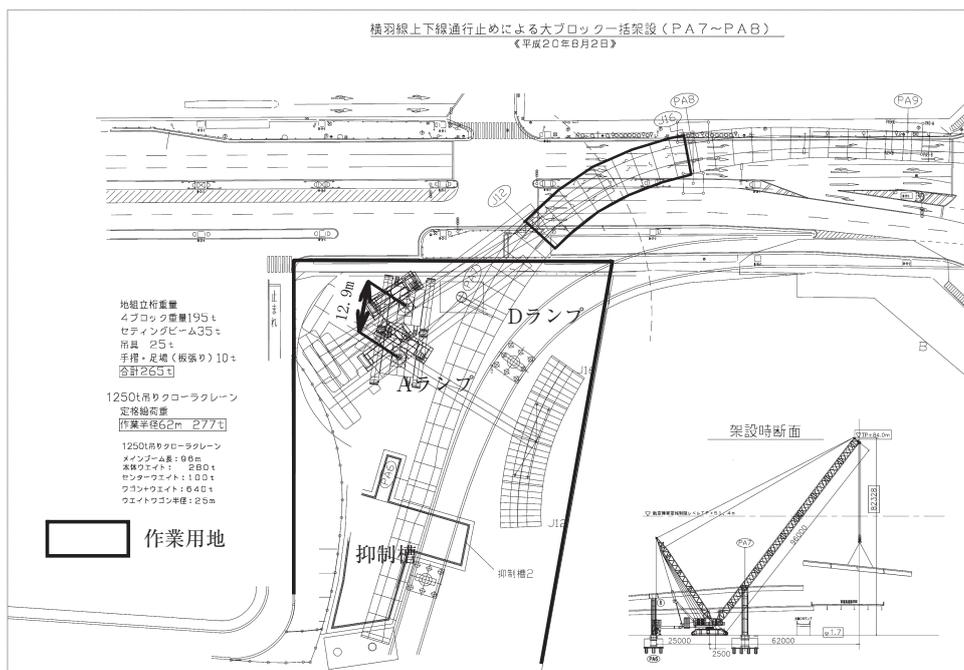
図一4 作業フロー

トが設置できないため、大師JCT内より2ブロックの架設を完了させたのち、4ブロックの地組立を一括架設する必要があった。地組立ブロックは195tであり、セッティングビーム・足場・吊具などを加えると265tとなった。作業半径は最小でも62mであるため、吊り能力が277tある世界最大級(日本最大)の1,250t吊りクレーンを採用した(図一5)。

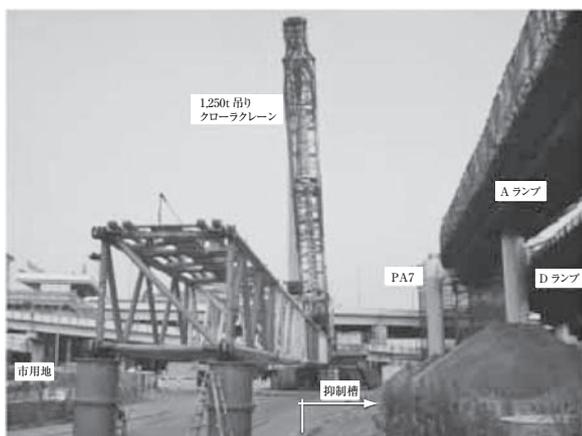
作業用地の制約として、用地中央に2本の桁(新設入口:Aランプ, 新設出口:Dランプ)と高速排水のための抑制槽が既に架設されている。Dランプ側ではクレーンの設置スペース及び吊り能力が足りないため、地組立ブロックの箇所とし、Aランプ側を1,250t



図一5 1,250t吊りクレーン



図—6 一括架設状況図



写真—2 1,250tクローラクレーン組立状況

吊りクローラクレーン箇所とした(図—6, 写真—2)。また、地組ブロック地切り位置から架設位置までがクレーン作業半径限度を超えてしまうため、地組ブロックを地切り後、クレーンを移動し、架設する計画とした。

5. クレーンの組立配置の検討

クレーンの組立に先立ち、クレーン反力(ワゴン部が最大反力 75 t/m^2)が非常に大きいため、クレーンの走行箇所は地盤改良を行った。地盤改良はバックホウによるセメント改良(固化材: 60 kg/m^2)とし、ボーリング調査結果により地表の軟弱粘土層を深さ 2.6 m 改良した。

地盤改良後、 50 mm の専用鉄板を敷設してから、

75台のトレーラーを順次搬入し、8日間を要して1,250t吊りクローラクレーンを組立てた。

クレーン本体はPA7付近にて組立、ブームは市用地(市道)と抑制槽の間にて組立てた。組立スペースがないため、位置が限定された。

6. 地組立ブロックのワイヤーリング計画

265tのブロックを吊り上げるのに一般的には1箇所の反力を小さくするという理由により、8点吊りを採用することが多いが、本工事は4点吊りとし、計算上のワイヤー反力と実反力との誤差を少なくさせ計算上の地組立ブロックの吊り変形を明確にした。

また、上記により、吊り点当り反力が大きくなったため、通常使用するチェーンブロックを油圧ジャッキ(写真—3)に変更し、短時間で騒音もなく桁調整が可能となった。



写真—3 油圧ジャッキ

7. クレーンの架設地点までの位置検討

クレーンの架設位置の移動は図-6のとおりである。クレーン本体背面にあるワゴンの長さを調整しながら地組立ブロックを地切り・クレーン旋回後、12.9 mの走行を行い、クレーンの架設所定位置となる。

8. 地組立ブロック長及び既設桁間隔（落とし込み間隔）の検討

地組立ブロックの4ブロックのうち、1ブロックは調整ブロックとし、工場での仮組桁計測と既設桁間隔（落とし込み間隔）との差異を調整ブロックにて長さ調整をした。計測誤差がおきないように、夜間の一様温度の時に数回計測し、ねらい点は仮組時と同じとし、鋼床版上6点（側縦桁各2点計4点、Web上各1点計2点）、下フランジ上2点（Web上各1点計2点）の合計8点とした（図-7）。

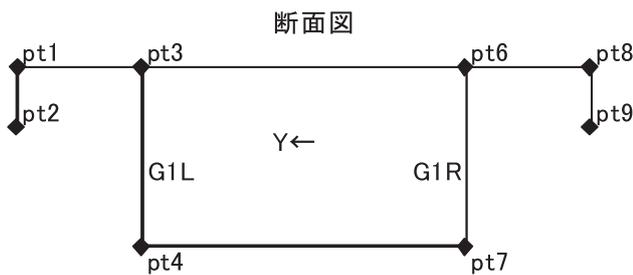


図-7 計測箇所

調整ブロックは現場での地組立・溶接・本締め・塗装の工程を考慮し、架設の1ヶ月以上前に工場に計測データを渡し、製作に着手した。架設夜間当日は桁表面温度が摂氏35℃程度となることが予想され、桁の標準温度は摂氏20℃のため、地組立ブロックが落とし込み出来ないことが予想された。

そのため、既設桁側に業務用エアコンを4台設置し、ダクトホースを箱桁内に入れ、架設前日より稼働させ、さらに架設当日昼間より、地組立ブロックと既設桁の鋼床版上に氷水を散水し、架設直前まで継続させ、既設桁及び地組立ブロックの伸びを調整した。

また、当日の架設でバランス良く吊れるか、安定した自走が可能か等を確認するため、一括架設の2日前に試験吊りを実施した。この試験吊りでクレーン吊り状態で仕口が6 mm回転することも確認した。

9. 大ブロッケー一括架設タイムスケジュール

横羽線の通行止め規制時間を含めた、一括架設タイムスケジュールは表-1のとおりである。架設状況は写真-4、5のとおりであり、所定時間内に作業は完了した。なお、実際に桁吊り上げからクレーン移動・桁間挿入を経てクレーン反力開放までに要した時間は260分であった。

表-1 一括架設タイムスケジュール

| 作業内容 | H20.8.2(土) | | | H20.8.3(日) | | | | | |
|-----------------------|------------|-------|-------|------------|------|------|------|------|------|
| | 21:00 | 22:00 | 23:00 | 0:00 | 1:00 | 2:00 | 3:00 | 4:00 | 5:00 |
| 一車線規制 | | ■ | ■ | | | | | | |
| 通行止規制 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 桁地切り・待機 | ■ | ■ | ■ | | | | | | |
| 桁吊上げ・クレーン移動 クレーン旋回 | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 桁吊下げ・桁間挿入 | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 添接部足場組立て ⇒板張り防護組立 | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | |
| 桁位置調整 | | | | | | ■ | ■ | ■ | |
| 添接部接合作業 | | | | | | | ■ | ■ | |
| クレーン吊り具の反力開放 | | | | | | | | ■ | |
| 吊り具撤去・クレーン旋回 | | | | | | | | | ■ |
| 規制解除 | | | | | | | | | ■ |



写真-4 1,250 t クレーン全景

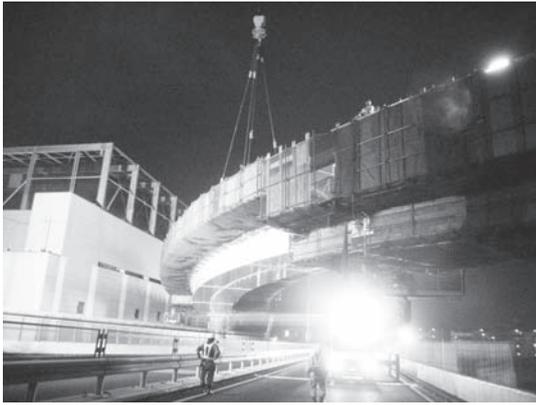


写真-5 一括架設状況



写真-6 大師ジャンクション全景

10. おわりに

当架設は、横羽線を通行止めして行い、かつ、世界最大級のクローラークレーンを使用したことから、社内外から注目を集めた架設であった。クレーン位置を細かくそのつど移動・旋回させなければ、時間どおりに1夜間にて架設が完了できなかったため、架設計画、工程管理、規制計画が十分行われることが、いかに重要かを改めて痛感し、また、試験吊りによる最終確認の重要性も改めて認識した次第である。

横羽線（横浜方向）と国道409号を結ぶ横浜方向出入口であるが、平成21年3月29日に無事開通を迎えることが出来た。これにより、川崎市臨海部と横浜市中心部とのアクセスが強化され、利便性の向上が期待される。

この場をお借りして、本開通に関係された皆様に感謝申し上げます。

なお、殿町出入口～大師ジャンクション間は平成22年度内の完成を目指し、引き続き、安全第一で工事を進めてまいります。

JICMA

【筆者紹介】

荒川 太郎（あらかわ たろう）
首都高速道路㈱
神奈川建設局
川崎工事グループ
上級メンバー



井田 亨（いだ とおる）
トビー・瀧上特定建設工事共同企業体
現場代理人



小型橋梁点検車の開発

木村 隆

昨今、施工中や供用中の橋梁での重大事故が報じられる中、平成20年国土交通省発表の中期計画においても定期点検により、大規模な修繕や更新に至る前に対策を行う予防保全を推進し、計画的に橋梁等の長寿命化を進める事業がますます重要視されてきている。当社もこの近年増加傾向にある道路橋のメンテナンス工事に対して、機動性、作業性および安全性の向上のニーズに答えるべく、小型の橋梁点検車を開発したので紹介する。

キーワード：橋梁点検車

1. まえがき

橋梁点検車とは、橋の点検作業や補修工事において橋の上部から橋の側面や裏面、橋脚等へ作業員を安全かつスピーディーに接近させる事を目的とした作業車である。従来の足場の設置や高所作業車による地上からのアプローチに代わって、橋の上部から安全かつ効率的に工事を行うことができる。

当社では、これまで各種工事において安全・効率的な高所作業を行うための、高所作業車を製造販売してきたが、近年増加傾向にある道路橋のメンテナンス工事に対して、機動性、作業性および安全性向上のニーズに応えるべく、橋梁専用の作業車として「ブリッジマスター SF77A/SF75A」を開発した。

今回はこのSF77Aが当社従来機に対して、お客様の声をどう反映させたのかの詳細を説明する。

2. 道路走行時の機動性向上への取組み

(1) 低車高な走行姿勢

本機は、従来型の橋梁点検車の全高が約3.7mに対し、2.95mと大幅に低車高化を実現した。これはポストを垂直姿勢のまま格納する従来機に対し、本機はポストをブームと平行に格納することで可能となった。

これにより限定中型免許で運転の出来る車両車格の中で、その走行姿勢から作業姿勢を想像出来ないほどの低車高化を実現し、例えば高架下通過時など車両上部の接触事故の危険性を回避し、工事現場への移動を安全かつ容易とした。

図-1が当社従来機SF44Aの側面図であり、図-2及び写真-1が新型機SA77Aの側面図である。

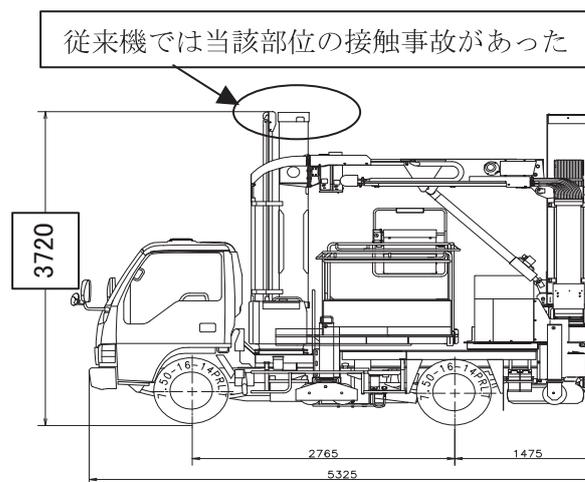


図-1 従来機側面図

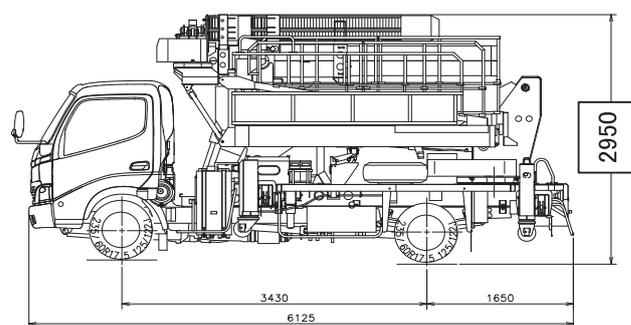


図-2 新型機側面図

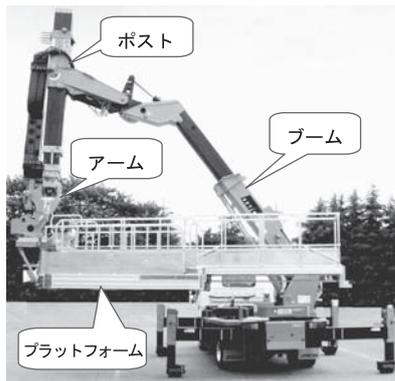


写真一 新型機外観

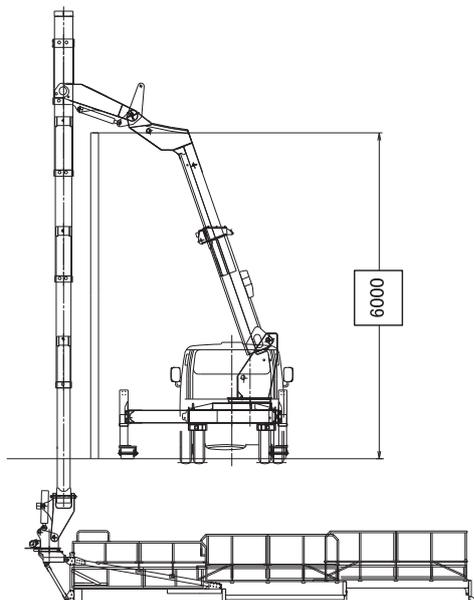
3. 作業性向上への取組み

(1) 高い遮音壁への乗り越え性能

新型機では従来機ではアプローチの出来なかった都市部の高速道路などの高い遮音壁を有する高架橋においても最大長 4.8 m のブームと、水平～垂直まで起伏するポストによって（写真一 2）、最大で高さ 6.0 m の遮音壁を乗り越える事を可能にした（図一 3）。



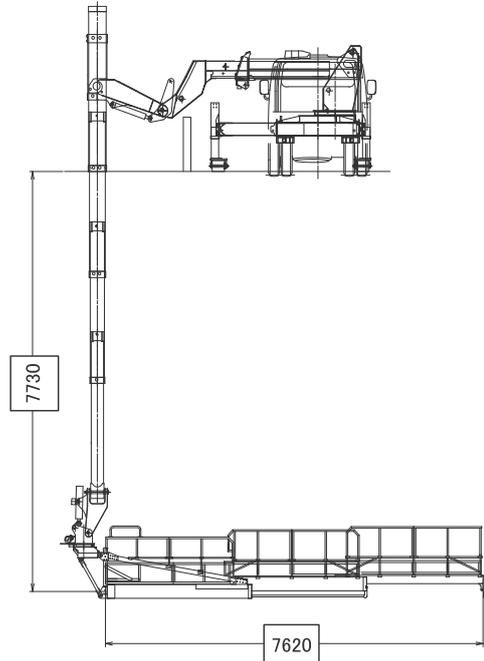
写真一 2 各部名称説明



図一 3 遮音壁乗り越え性能

(2) 深い潜り込み深さ

また本機はスライド機構付きの 4 段伸縮ポストを装備しており、1 m 程度の高欄なら地下深さ 7.7 m という潜り込み深さを可能にした（図一 4）。



図一 4 橋梁下潜り込み性能

表一 1 が当社従来機と新型機のスペック比較である。

表一 1 新旧スペック比較

| 機種名 | 当社従来機 | 当社新型機 |
|----------|--------|-------|
| | SF44A | SF77A |
| 乗り越え姿勢 | | |
| 最大乗り越え高さ | 3.5m | 6.0m |
| 潜り込み深さ | 遮音壁無し | 3.5m |
| | 3m 遮音壁 | 3.2m |
| | 5m 遮音壁 | - |
| | | 7.7m |
| | | 5.3m |
| | | 3.4m |

(3) 湾曲型遮音壁への乗り越え性能

また新型機は、下方に屈曲させた独特のブーム先端形状によって、湾曲型遮音壁やノイズレデューサーの設置されている遮音壁に対しても、十分なクリアランスを確保し、安全な作業姿勢が取れる事を可能にした（図一 5）。



図-5 ふところ広さ説明

(4) 奥まで届く差込長さ

また本機は現場作業に役立つ歩廊式のプラットフォームを装備し、これは3段油圧拡張式で、橋梁下面で全長7.62mまで拡張する。これにより歩行による点検作業を容易にした。またプラットフォームの首振り角を180度にした事により、1回の現場設置で66m²もの広大な作業領域を実現した(図-4, 6)。

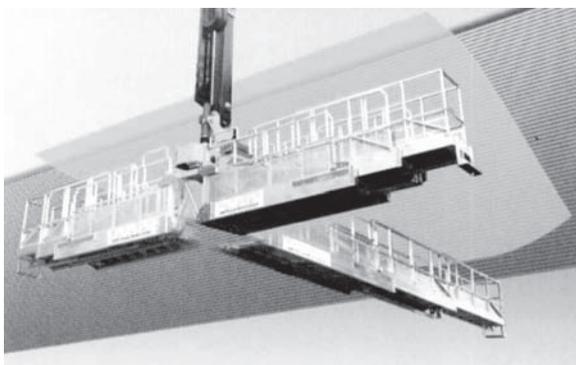


図-6 プラットフォーム作業領域

(5) 走行作業

本機は作業姿勢のままでは車両の移動が出来ない通常のトラックマウント式の高所作業車とは異なり、ジャッキの下端にウレタン製ローラを装備し、作業姿勢のまま走行することを可能にした。

この機能によって橋梁下面に長大なプラットフォームを展開している姿勢で車両の移動を行うことができ、高架橋下面の点検作業や遮音壁の工事など、点検面積が広い工事において迅速な作業が行えるようにした(写真-3)。



写真-3 走行用ローラジャッキ

4. 安全性向上への取組み

作業時の橋梁点検車は高所作業車と同様に転倒事故や接触事故に対して安全であることが求められる。そこで本機には下記のような安全装置を装備した。

- ①転倒限界を逸脱しないための作業範囲規制装置
- ②ジャッキやブーム、ポストの自然降下・自然伸長・自然縮長を防止する逆止弁
- ③トラックキャビンとブームとの接触を防止するキャビン干渉防止装置
- ④ブーム下面と遮音壁上部との接触を未然に検知して防止するブーム下面接触防止装置

また、ローラジャッキによる走行作業時の安全装置としては下記のようなものを装備した。

- ①傾斜路面でのジャッキアップ時に車両の逸走を防止するための作業用補助制動装置(ロックブレーキ)
- ②傾斜路面走行時に車体の傾斜が使用限界を越えないか監視する車体傾斜警報装置
- ③走行速度警報装置

以上、上記を標準装備することで安全な作業を可能にした。

5. 作業現場紹介

写真-4は、建設中の高速道路での橋梁点検車と高所作業車を使つての遮音壁工事の現場である。

写真-5は、建設中の高速道路での橋梁点検車を使つての高欄工事の現場である。

写真-6は、一般橋梁での橋梁点検車を使つての作業用足場の敷設工事の現場である。

写真-7は、一般橋梁での橋梁点検車を使つての橋桁及び橋脚の点検工事の現場である。



写真一4 遮音壁工事風景



写真一5 高欄工事風景



写真一6 足場敷設作業風景



写真一7 橋梁点検作業風景

6. おわりに

橋梁点検車を使用することによって、今までは足場の設置や地上から高所作業車を用いることでしか接近することの出来なかった橋の側面、裏面へのアプローチが容易に行うことが出来るようになった。

今後も全国で数万箇所もある橋梁や、高速道路・跨道橋・跨線橋等の高架橋の保守メンテナンスにおいて、ますます必要性の高い作業車となってくることから、

安全性・利便性の更なる追求を図り、現場ニーズの期待に応えていきたいと考えている。

JCMA



【筆者紹介】
木村 隆（きむら たかし）
㈱アイチコーポレーション
商品開発部 商品設計一課
マネージャー

4 径間連続 PC エキストラード橋の設計・施工

— 交差角 30° で河川を渡る，九州新幹線大野川橋梁 —

小林 寛明

PC エキストラード橋は，主塔の高さが低く，斜材の角度が緩やかになることから，周辺環境に威圧感を与えないスマートな橋梁形式と言える。九州新幹線大野川橋梁は，当初，2 径間連続 PC エキストラード橋として計画されたが，立地条件等から 4 径間連続 PC エキストラード橋に計画を変更した。さらに，設計においては景観に配慮するとともに，当該地区で海苔の養殖を行っているため出水期施工とするなど，施工面についても周辺環境への配慮を行った。当橋梁が昨年完成したことから，設計・施工に関する一連の経緯について報告するものである。

キーワード：橋梁，上部工形式，エキストラード橋，景観設計

1. はじめに

九州新幹線鹿児島ルートは，博多駅と鹿児島中央駅を結ぶ，延長約 257 km の路線である。このうち，新八代・鹿児島中央間約 127 km は，平成 16 年 3 月に開業し，現在まで順調に運行されている。

博多・新八代間は，平成 13 年 4 月にフル規格での用地，土木工事の国からの認可，平成 17 年 12 月には開業設備工事の同認可をそれぞれ受け，鉄道・運輸機構において平成 22 年度末の完成に向け，鋭意工事を行っている。現在，土木工事は概ね完了しており，設備工事が最盛期を迎えている。

博多・新八代間において建設している大野川橋梁は，熊本県宇城市を流れる 2 級河川大野川に架かる，延長 286 m の 4 径間連続 PC エキストラード橋である。下部工はケーソン基礎および杭基礎を採用し，上部工は張出し架設工法によって施工した当橋梁は，平成 18 年 3 月より基礎の施工を開始し，その後，橋脚および上部工を施工し，平成 20 年 10 月に閉合した。大野川橋梁の立地条件には，次の特徴がある（図—1 参照）。

- ①平面線形が，河川の流心方向と 30 度という鋭角で交差する
- ②河口から約 2 km に位置しており，塩害の影響が懸念される
- ③右岸側に住宅密集地がある

本稿は，これらの条件を基に上部工の構造形式の比較検討を行い，4 径間連続 PC エキストラード橋

を選定した経緯，周辺環境や景観に配慮して行った設計および施工について紹介するものである。



図—1 大野川橋梁周辺航空写真

2. 構造形式の選定

(1) 検討条件

九州新幹線との交差点における大野川の河川幅は約 70 m であり，河川管理構造令に従い算出される基準径間長は約 23 m である。新幹線は，大野川と斜角 30 度で交差しているため，斜長換算をすると，線路方向では河川幅約 150 m，基準径間長約 50 m となる。これらの条件および河川管理者との協議により得られる構造形式の検討条件は，次の通りである。

表—1 構造形式比較表

| タイプ | A | B | C | D | E |
|------|-----------------|---------------------------|--------------------|-----------|-------------|
| 構造形式 | 3径間連続剛結格子桁橋（馬桁） | 2径間連続PC波形鋼板ウェブエクストラードーズド橋 | 2径間連続PCエクストラードーズド橋 | 2径間連続トラス橋 | 2径間連続非合成桁橋 |
| 橋長 | 190m | | | | |
| 支間長 | 57.5m+75m+57.5m | 95m + 95m | | | |
| 構造特性 | 馬桁構造 | ねじり耐力、剛結性能が低い | ねじり耐力、剛結性能が高い | — | 中間橋脚の梁幅が小さい |
| 経済性 | △ | △ | ○ | ○ | × |
| 景観性 | × | ○ | ○ | △ | ○ |
| 環境性 | ○ | △ | ○ | × | △ |
| 総合評価 | × | △ | ○ | △ | × |

- ①基準径間長：約 50 m（斜長換算）
- ②河積阻害率：8%以下
- ③管理用通路の桁下空頭：4.5 m 以上

(2) 構造形式の選定

構造形式の選定は、当初、表—1に示す5タイプを検討の対象とした。以下に、各タイプの概要を示す。

タイプAは、2基の馬桁を有し、桁と橋脚とを剛結構造とした、3径間連続剛結格子構造（57.5 m + 75 m + 57.5 m）である。馬桁の橋脚が河川内に2基、堤防内に2基、両端部の橋脚2基が堤防内に配置されるため、河川、堤防への影響が大きい。また、景観性においても優れない。

タイプBは、自重軽減のため、ウェブに波形鋼板を用いた、2径間連続PC波形鋼板ウェブエクストラードーズド橋（95 m + 95 m）であり、景観性においては優れている。しかし、中央にある小判型橋脚に対して主桁が30度回転して剛結しているため、地震時に主桁にねじりが発生する。波形鋼板は、RCに比べねじり耐力が低く、RC構造よりも剛結部の性能が劣る。

タイプCは、RC箱型断面を有する、2径間連続エクストラードーズド橋（95 m + 95 m）である。前述のとおり、ねじり耐力が高く、剛結性能に優れており、景観性も優れている。

タイプDは、2径間連続トラス橋（95 m + 95 m）である。経済性は優れているが、環境性（列車騒音対策）が問題となる。

タイプEは、鋼箱型断面を有し、床版に軽量コンクリートを用い、負曲げ領域が卓越するために非合成とした、2径間連続非合成桁橋（95 m + 95 m）である。中央にある河川内橋脚の梁幅が小さくなるが、経済性では最も割高となる。

以上の比較検討を行った結果、経済性、景観性、環

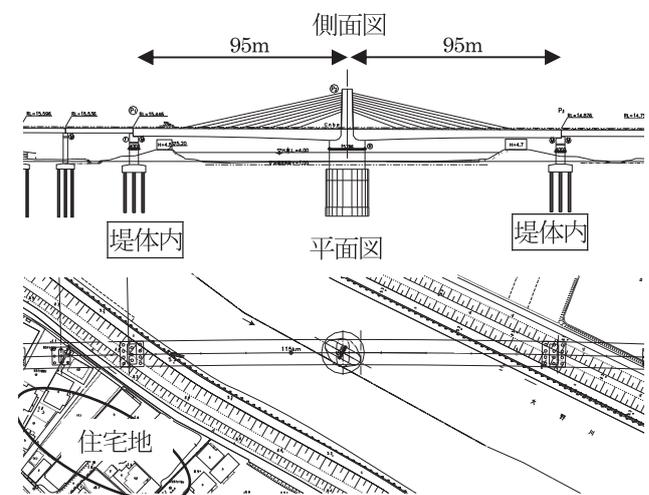
境性などを総合的に勘案し、タイプCの2径間連続PCエクストラードーズド橋で計画することとした。

(3) 径間長および径間数の変更

2径間連続PCエクストラードーズド橋の全体図を図—2に示す。この当初計画に基づき河川管理者と協議を行ったが、堤体内に橋脚が計画されていることについて河川管理者は、堤体が軟弱地盤上にあることや、橋脚の周辺が弱部となり、万が一決壊した場合、住宅地に近接しているため被害が大きくなることを懸念し、対策を求められた。考えられる対応策は次の通りである。

- ①堤体内橋脚を河川定規断面の外に設置する
- ②橋脚を堤体内に設置する場合は、十分な補強盛土を施工する

ここで、補強盛土を施工するには、用地の追加買収が必要となることから、次のように支間長の変更を行った。



図—2 2径間連続PCエクストラードーズド橋 全体図
（当初：95 m + 95 m）

まず、右岸側橋脚は住宅地が近いことから、堤体内には設置せず、河川定規断面から外すこととした。

左岸側橋脚も同様に河川定規断面外に設置することとして、支間長を95mから113mに変更した。この計画に対して応力照査を行ったところ、中央橋脚において、変動荷重作用時の曲げ応力が、制限値（圧縮側： 16.0 N/mm^2 ，引張側： -1.1 N/mm^2 ）を上回ることが判明した（図-3参照）。

この中央橋脚は、既に河積阻害率の制限値を僅かに下回る設計となっていたため、中央橋脚の断面変更は不可能であった。よって全体の構造形式の見直しを再度行い、左右の側径間30mずつを加え、4径間連続

とすれば、応力が分配され、制限値内に収めることが可能となった。

この結果、左岸側橋脚については、やむを得ず堤体内に設置することとなり、法面をコンクリートブロック張で保護することとした。

3. 大野川橋梁の概要

(1) エクストラロード橋の特徴

エクストラロード橋は、斜長橋と桁橋の中間的な構造形式であるが、荷重に対して主桁で抵抗することから、斜長橋に比べて主桁剛性が高い。また、主塔が低く、斜材の角度も穏やかとなるのが特徴である。

(2) 橋梁の諸元

大野川橋梁の諸元を表-2に、全体図を図-4に示す。

(3) 橋梁の構造特性

(a) 河積阻害率と斜角

河川内橋脚は、河積阻害率条件を満足するために、河川流下方向を長辺とした小判型をしており、主桁と30度で交差することから、コーベル構造^{注)}となった。さらにコーベル部は、景観性を考慮して丸みを帯びた

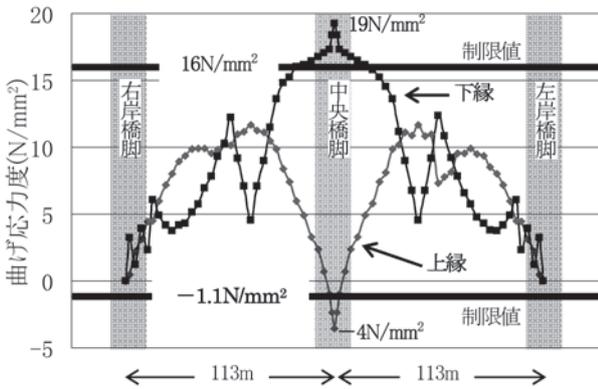


図-3 変動荷重作用時主桁応力（2径間）

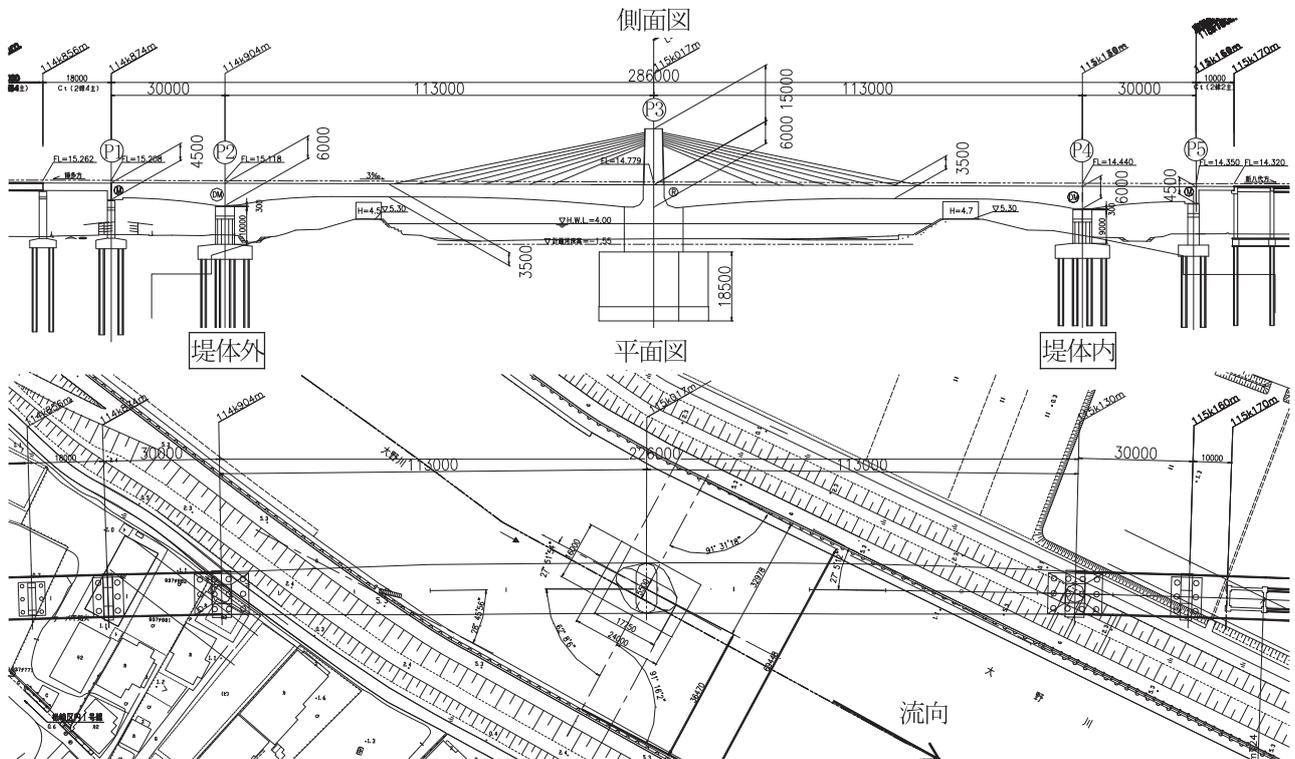


図-4 大野川橋梁全体図（30m + 113m + 113m + 30m）

注) 橋脚の梁の端部から載荷点までの距離と、端部での断面高さの比が1以下の構造

表-2 大野川橋梁の諸元

| | |
|------|----------------------------|
| 橋長 | : 286m |
| 支間 | : 30m + 113m + 113m + 30m |
| 桁高 | : 変断面 (3.5 ~ 6.0m) |
| 主桁形状 | : 二室箱型断面 |
| 主塔形状 | : 平行型 |
| 主塔高 | : 15m |
| 斜材配置 | : ファン型二面吊 |
| 斜材仕様 | : 27T15.2 (エポキシ被覆+PE管) |
| 主塔定着 | : 貫通固定方式 |
| 下部工 | : ケーソン基礎, 杭基礎 (河積阻害率 7.9%) |

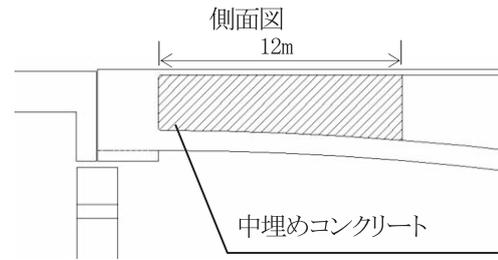


図-7 負反力対策 (箱桁内部)

形状とした (図-5 参照)。

(b) 負反力対策

中央径間に対して側径間が短いことから、変動荷重作用時に端支点に負の反力が生じるため下記の対策を講じている。

- ① 端横桁を 50 cm 厚くする (図-6 参照)
- ② 端部から 12 m の側径間箱桁内部をコンクリートで中埋めする (図-7 参照)

(c) 塩害対策

塩害対策として、斜材にエポキシ樹脂塗装およびポリエチレン被覆の 2 重防錆ケーブルを使用し、定着は桁内定着としている (図-8 参照)。また、橋脚の鉄筋かぶりは 100 mm 以上としている。

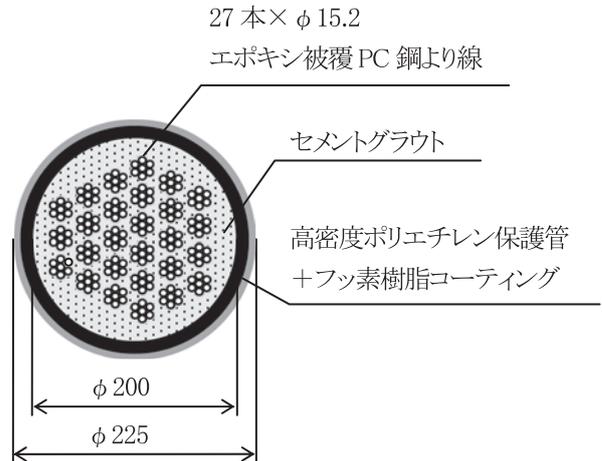


図-8 斜材断面図

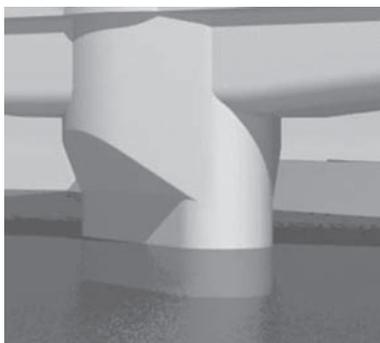


図-5 河川内橋脚コーベル構造

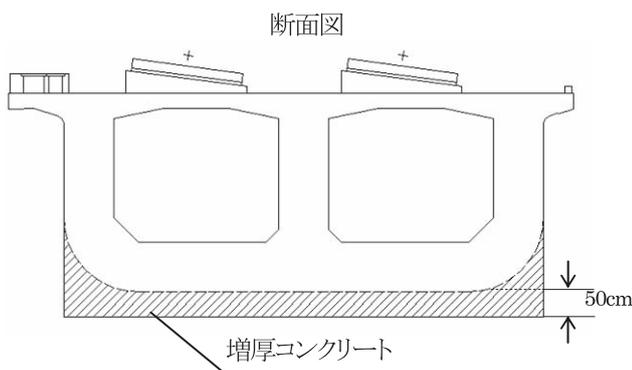


図-6 負反力対策 (横桁部)

4. 大野川橋梁の施工

(1) 施工期間

大野川の河口付近では海苔の養殖を行っているため、関係機関との協議により、河川内工事は次のとおり規制された。

- ① 10月～12月：河川内工事休止
- ② 1月～3月：コンクリート打設工事休止

上記のように通常と異なる4月から9月の出水期での施工となるが、河川管理者との協議により、了解を得た。

(2) ケーソン基礎の施工

基礎の施工は、二重締切り工法による築島構築・掘削を行った。また工事工程としては、上記の作業規制などによりケーソンの施工は平成18年1月から9月までとし、コンクリート打設が開始できる4月にケーソン刃口金物設置ができるように調整した。作業は、昼間にく体の構築、夜間に沈下掘削というサイクルで行った。

(3) 上部工の施工

中央径間においてはワーゲンによる片持張出し施工、側径間は固定式支保工による施工を行った。ワー

ゲンによる張出し架設は P2, P3, P4 から各々行い、1 ブロックを 2.5 ～ 3.5 m として施工した。上部工の施工については、関係機関との協議により理解を得て通年施工を行った。

(4) 斜材の施工

斜材はエポキシ被覆 PC 鋼より線 (27 本) とセメントグラウト、高密度ポリエチレン保護管から構成され、保護管もフッ素樹脂コーティングされており、三重の防食・防錆加工となっている。

施工は、まず PC 鋼より線を一本ずつ保護管に通し、ねじれが生じないように配置した。緊張は、斜材の主塔における定着が貫通固定式であり、かつ二面吊りであることから、主桁にねじりや偏心応力が発生しないよう、起点・終点側とそれぞれの左右 (計 4 箇所) を同時に行った。

(5) 斜材ケーブルの色調

エクストラドーズド橋では、斜材ケーブルの温度変化による伸縮が、主桁のそり、たわみに影響する。特に鉄道橋においては軌道の整備に関わることから、その影響は大きい。

整備新幹線における同じ構造形式での実績では、白色 (東北新幹線：三内丸山橋梁) および黄色 (北陸新幹線：屋代北・南橋梁) が採用され、温度変化への影響の少ない淡い色としている。

大野川橋梁では、上記の内容を踏まえ斜材ケーブルの色調について検討した。候補としては実績のある白色、黄色のほかに、大野川、不知火海をイメージした淡い水色や周辺の山々をイメージした淡い緑色が挙がったが、大野川橋梁が位置する熊本県宇城市をイ



写真—1 現在の大野川橋梁

メージするキーワード“デコボン、火の国、不知火”から、淡い燈色を採用することとした。

5. おわりに

大野川橋梁は、本体および橋面工事が完了し、今後は軌道や電気工事が行われる。現在の状況を写真—1 に示す。本施工に関して、多大なるご助言とご理解をいただいた関係各位に、深く感謝申し上げます。

JCMA

[筆者紹介]

小林 寛明 (こばやし ひろあき)
 (独)鉄道・運輸機構
 新幹線第四課
 課員



中央線連続立体交差工事の概要

丸山 修・永山 健一・加藤 精亮

中央線三鷹・立川間連続立体交差事業は、中央線三鷹・立川間（約13km）のうち、国分寺・西国分寺間の立体交差済区間（掘割区間：約4km）を除く、三鷹・国分寺間（東区間：約6km）と西国分寺・立川間（西区間：約3km）の合計約9km区間を連続立体交差化するものであり、平成22年度末までの上下線高架化、踏切除却を予定している。

本稿では、工事概要と平成21年1月に実施された西区間の線路切換工事（第7回切換工事）の概要について述べる。

キーワード：線路切換工事、鉄道クレーン、軌陸重機（バックホウ、クレーン、タイタンパー）、タワークレーン

1. はじめに

中央線三鷹・立川間連続立体交差事業は、東京都の都市計画事業として施行されるものであり、この事業により、

- ①踏切道18箇所を除却
- ②列車の安全・安定輸送の確保
- ③鉄道により南北に隔てられていた市街地の一体化と地域の活性化

を図るもので、平成22年度末までの上下線高架化、踏切除却を予定している（図-1、2）。

また、本事業区間には武蔵境駅、東小金井駅、武蔵小金井駅、国立駅の4駅があり、鉄道の高架化に併せてエレベーターやエスカレーター設置によるバリアフリー化を実現するとともに、高架下の効果的な利活用を図

るなど、駅利用者や地域住民の利便性、快適性を向上させる計画である。

本稿では、中央線三鷹・立川間連続立体交差事業の概要、全体の計画、平成21年1月に実施された西区間の線路切換工事について述べる。

2. 工事概要

密集市街地において在来線の用地内に高架橋を構築する一般的な施工方法として、「直上施工方式」と「仮線施工方式」がある。「直上施工方式」は、在来線の直上に高架橋を施工する方式で、「仮線施工方式」は、在来線の脇に仮線を施工し、在来線跡地に高架橋を施工する方式である。本事業では、施工方式を検討した結果、以下の理由により、仮線施工方式を採用した。

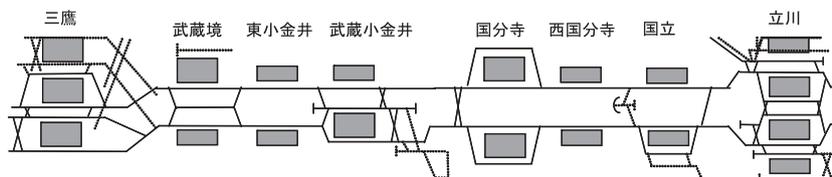


図-1 切換前平面図

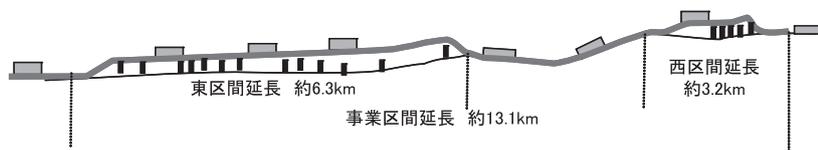


図-2 高架化時の縦断面図

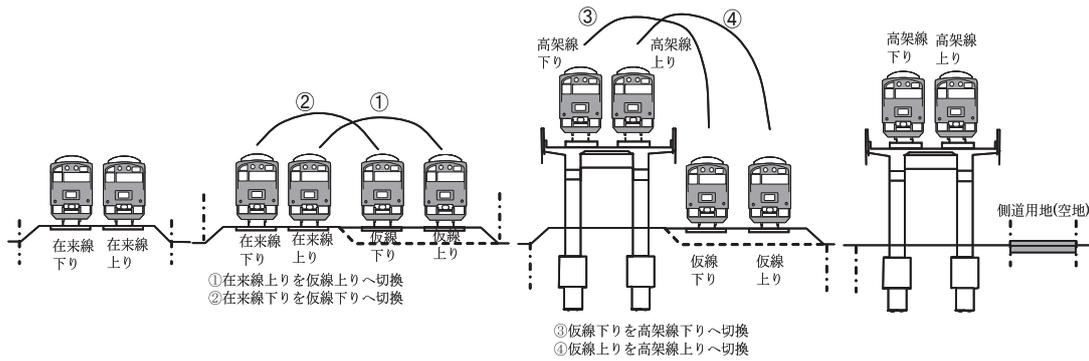


図-3 切換順序図

- ①仮線施工方式は直上施工方式に比べ、高架橋幅が狭く、高さも低くなることから、工事費が比較的安価となる。また、線路北側の日照障害の範囲も小さくなり、関連側道幅を小さくできることから、用地取得面積も少なくすむ。
- ②仮線施工方式は営業線から離れて施工するため、直上施工方式よりも安全性が高く、列車運転等への支障も少ない。さらに、列車走行時間帯に施工可能な工事が多く施工性がよい。
- ③仮線施工方式では、線路北側の関連側道用地を仮線用地として利用することができる(図-3)。

3. 高架橋の設計

(1) 全体計画

本高架橋は、駅部12.5m、駅中間部15.0mのスパン長を標準としたRCラーメン高架橋を基本的に採用しており、縦梁の隅角部は景観に配慮し、曲線ハンチを用いた構造となっている。また、道路交差部において長スパンが要求される箇所にはPRCラーメン高架橋を採用した。高架橋はメンテナンスを考慮し全線に渡って、シューを用いない背割れ構造を採用している。

駅部は通常的地中梁を設ける構造であるが、駅中間部は地中梁を省略した1柱1基礎構造とした。これは、高架橋直下を工事用通路として活用するために、地中梁施工に伴う仮土留工を省略可能とするためである。なお、武蔵小金井駅部及び武蔵小金井電車区(現、豊田車両センター武蔵小金井派出)の入出区線直上部の高架橋の構築は、営業線直上での作業となることから、施工性向上と工程短縮を目的とし、一部をSC構造及びS構造とした。

(2) 先端プレロード場所打ち杭の採用

本事業の駅中間部に採用した地中梁がない高架橋は、コストダウンや工期短縮が可能となる。しかし、

杭の不等沈下により軌道に影響を与える恐れがあることが懸念される。また、2線3柱式高架橋においては、1期施工で2柱、2期施工で1柱の施工となることから、杭の不等沈下が発生した場合、不静定力が発生する。そのため、杭の沈下防止のための「先端プレロード場所打ち杭工法」を適用した。

本工法は、鉄筋籠先端に注入バックを取付け、注入バック内にセメントミルクを加圧注入することにより、杭先端のプレロードを与えて、杭の沈下量の減少と先端支持力を向上させるものである(図-4)。

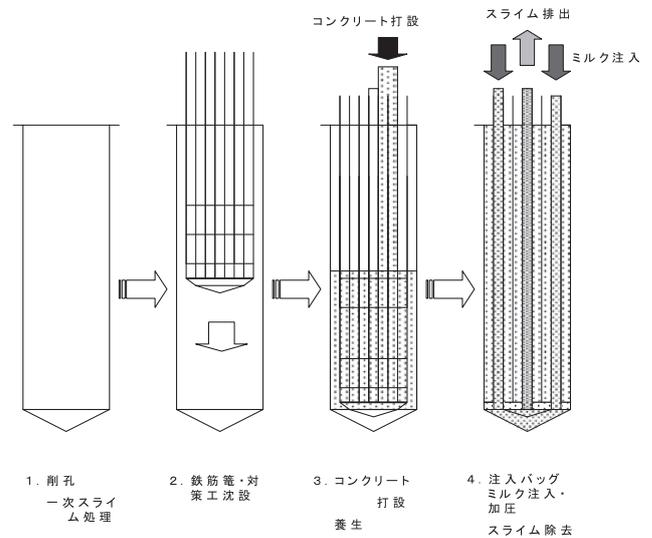


図-4 先端プレロード場所打ち概念図

(3) 内巻きスパイラル工法の採用

平成7年に発生した阪神・淡路大震災をきっかけに、平成11年に鉄道構造物等設計標準(耐震設計)が制定され、中央線三鷹・立川間のラーメン高架橋についても、この基準を満足する設計を行っている。この基準に従い、高架橋の耐震性能を確保するため、柱には「内巻きスパイラル工法」を適用している。

従来の高架橋柱の配筋方法では、柱の変形性能向上に限界があり、また、変形の限界以降に急激に破壊す

るといふ問題がある。これを解決するため、軸方向鉄筋の内側にスパイラル状の鉄筋を配置し、内巻きスパイラル鉄筋を使用しRC柱の変形性能を従来の2倍以上確保した。設計上の限界点以降も急激に破壊しないことを実験で確認した(図-5)。

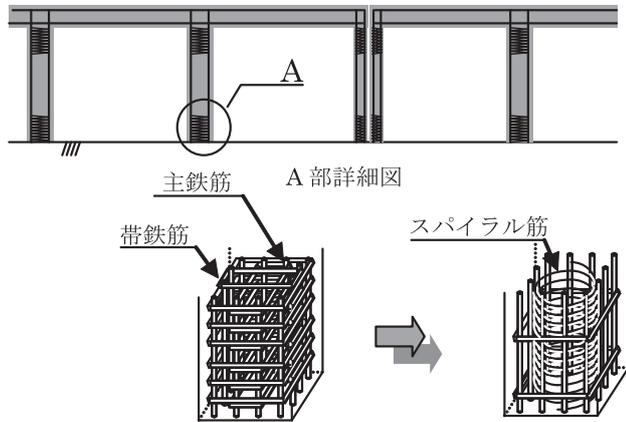


図-5 内巻スパイラルRC柱概念図

(4) 弾性バラスト軌道の採用

軌道構造は通常のパラスト軌道ではなく、弾性バラスト軌道を採用した。本工法はPCマクラギを高さ調整コンクリートにより固定しているため、列車走行による軌道変位が少ない工法である。また、軌きょう周辺への消音バラストの散布、マクラギ下面への弾性材貼付けにより、列車走行時の騒音・振動をバラスト軌道と同程度に抑えることができる。この工法は三鷹・立川間の線路切換箇所を除く全区間で採用した(図-6)。

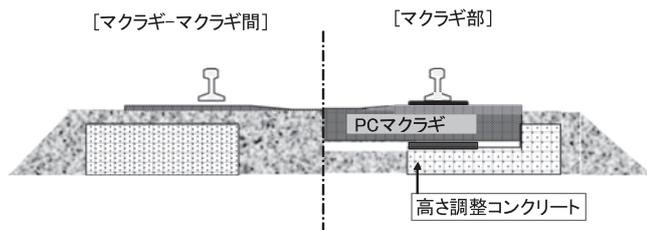


図-6 弾性バラスト軌道

4. 施工概要

(1) 仮線工事

本事業は仮線施工方式で行っており、東区間については平成11年3月、西区間は平成15年7月にそれぞれ仮線工事に着手した。在来線の北側に仮上り線を施工し線路を切替えた後、仮下り線を施工し線路を切替えることにより、在来線跡地に高架橋の施工スペースを確保している。

路盤については、仮線の列車走行期間が5～7年程

度となることから、再生クラッシャーランによる厚さ30cmの土路盤構造とした。軌道構造については、分岐器を介在したロングレールを敷設し、保守周期の延長及び列車走行音の低減に努めた。また、線路切替前の土工線の状態において、4重連機関車や地固めモーターカー等の走行による軌道転圧を行い、線路切替後の徐行速度の向上を図った。

仮線工事の進捗に伴い、平成15年9月27～28日に実施した東区間仮上り線の第1回線路切替工事を始め、平成16年7月18～19日の東区間仮下り線(武蔵小金井付近)の第2回線路切替工事、平成16年11月7日の東区間仮下り線(武蔵境, 東小金井付近)の第3回線路切替工事を実施し、この時点で東区間全線が仮線化され、高架橋工事を着手した。

一方、平成17年9月24～25日に西区間仮上り線の第4回線路切替工事、平成18年10月8～9日の西区間仮下り線の第5回線路切替工事を実施し、西区間も全線が仮線化された。

(2) 高架橋工事

上下線とも仮線に切替えた後、在来線跡地に高架橋を施工するが、用地の制約等から、高架橋は下り線部を1期、上り線部を2期として分割施工している。なお、駅部など高架橋幅の広い箇所においては、拡幅部を3期に分けて施工することとしている。

高架橋の施工は、狭隘なスペースに工事用通路を確保しつつ、く体の施工をしなければならない。特に、南側からの搬入路が確保できない箇所や旅客通路を確保しなければならない駅部においては、タワークレーンを設置して資機材の搬出入に活用している(写真-1)。

平成19年6月30日～7月2日(7月1～2日は電車区入出区線のみ)には、東区間高架下り線の第6回線路切替工事を実施し、本事業における最初の高架化を実施した。これにより東区間13箇所の踏切の遮断時間が平均約4割短縮され、踏切における交通渋滞も



写真-1 タワークレーン稼動状況

緩和された。

(3) 線路切換工事に関する取組み

線路切換工事に際して、東区間では約6 km、西区間では約3 kmとそれぞれ長大な区間の切換工事となり工事施工時間が長時間に及び、切換口の多いこと、電車区付近の工事量が多いこと、代替輸送手段の確保が困難なことなど、厳しい条件下での切換となったが、列車の安全・安定輸送の確保とお客様への影響を極力小さくするため、分岐器挿入、道床交換、軌道こう上等の作業を切換日の事前に行うなど、切換当日の作業量を低減させる対策を行った。

切換当日の施工としては、JR 東日本東京工事事務所が2台所有する鉄道クレーンを活用して、分岐器の撤去、架設等を行うとともに、軌陸バックホウや軌陸クレーン、軌陸タイタンパーなどの各種重機を複数使用してバラストかき出し、かき込みや軌道整備を行うなど、作業効率の向上に努めた。

また、通常の列車運行時間帯の代替輸送として、東区間においては、工事施工区間の三鷹・国分寺間で単線運転やバス代行輸送などを実施した。西区間においては、工事施工区間の西国分寺・立川間で武蔵野線、南武線を利用した迂回ルートの確保とバス代行輸送を実施した。

5. 中央線三鷹・立川間第7回線路切換工事(西区間高架下り線)の概要

(1) 第7回線路切換工事の概要

西区間では、平成18年10月の仮下り線への切換後、旧線路敷で高架橋の構築を進め、平成21年1月10日から11日にかけて西区間約3 kmを仮下り線から高架下り線に切換えるとともに、国立駅の高架下りホームを使用開始した。今回の切換工事では、国立駅構内の高架下り線に接続する区間(切換口A)と武蔵野線への接続ルートとなる国立支線部(切換口B)、そして立川駅構内起点方の高架下り線へ接続部(切換口C)の3箇所で行った線路切換作業を実施した。切換口B付近では、分岐器と軌きょうの一部を撤去し、新たに分岐器を敷設する作業があることから、鉄道クレーンを使用することとした。

(2) 事前作業

切換作業は、仮下り線から高架下り線への線路切換となることから、3箇所の切換口にて最大740 mmの線路こう上を行う必要がある。これらのこう上を切換

当日に実施することは、切換当日の作業量、作業間合い及びリスクの増大を招くため、切換当日の線路こう上量を減らし、切換当日の作業間合いの短縮とリスク低減を目的とし、平成20年10月から12月にかけて12回に分けて線路こう上を行った。この事前の線路こう上は、切換口Aで、分岐器を含む411 mの区間で最大約440 mm、切換口Cで、185 mの区間で最大約190 mmである。これにより、線路切換工事時間の短縮を図り、列車運行への影響を減らすことが可能となった。

(3) 切換当日の作業

切換当日の作業は、3箇所の切換口において、線路移動433 m、分岐器挿入1組、分岐器撤去1組、軌道こう上210 mである。線路移動は、切換口Aで、最大約2.3 m、切換口Bで、最大約2.7 m、切換口Cで、最大約2.0 mである。図一7に第7回切換工事の略図を示す。切換作業は、総勢約1,200名の体制で施工した。

切換口Aでは、鉄道クレーン班以外に軌道作業が3班、切換口Cでは、軌道作業が2班の体制で施工した。切換口Aでは、分岐器を2分割して鉄道クレーンを用いて撤去し、新たな分岐器の挿入も撤去時と同様に2分割として、鉄道クレーンにて敷設した(写真一2)。鉄道クレーンについては、リスク対策として、事前にリハーサルを実施し施工手順を確認するとともに、当日に異常が発生した時の対応として、別の鉄道クレーンを予備機として配置した。

切換当日は、各系統が一体となって作業を進めた結果、高架下り線線路切換工事は、トラブル等もなく、無事予定通りの作業時間で終了することができた(写真一3)。

(4) 代替輸送の確保

切換工事着手後、国分寺・西国分寺間は上下線を別々に使用して、折返しの単線運転を行った。更に10日21時30分から終電までの間と11日早朝の工事完了後の運転再開までの間、西国分寺から立川までの間バス代行輸送を行った。合わせて、府中本町経由での武蔵野線・南武線を利用するう回ルート、並行する他社線やバスルートによる振替え乗車のご案内も行った。

(5) 切換の効果

西区間高架下り線の線路切換に伴い、5箇所の踏切の長さは約9.4 mから約5.6 mに短縮されるとともに、上り線の踏切遮断時間の短縮が図られた。

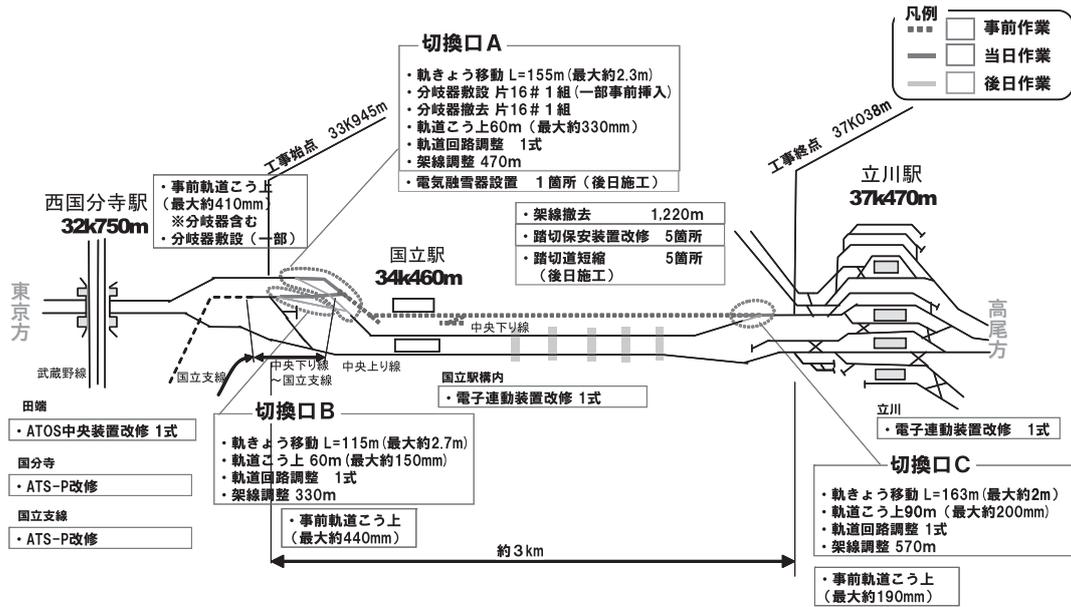


図-7 第7回切換略図



写真-2 鉄道クレーンによる分岐器敷設



写真-3 切換終了後の営業初列車

6. おわりに

現在、西区間では、仮下り線の撤去工事が終了し、平成22年度末に予定している上り線の高架化に向けて、順次高架橋の構築を進めていく予定である。一方、東区間では、高架橋の構築がほぼ完了し、高架橋上で軌道工事を行っており、その後、信号、電気工事などを順次進めていく予定で、平成21年度末には、高架上り線への線路切換工事を予定している。今後も大規模な線路切換工事が続いていくことから、お客様への安全確保や列車の安全・安定輸送に注意することはもちろん、工程の遵守やコストダウンを図るとともに、関係者の協力を得ながら、事業の完成に向けて一層の努力をしていく所存である。

JCM/A

[筆者紹介]

丸山 修 (まるやま おさむ)
東日本旅客鉄道(株)
東京工事事務所 中央課
課長



永山健一 (ながやま けんいち)
東日本旅客鉄道(株)
東京工事事務所 中央課
副課長



加藤 精亮 (かとう せいすけ)
東日本旅客鉄道(株)
東京工事事務所 中央課
主席



首都高速5号線タンクローリー火災の緊急復旧工事

野口 英治・阿部 健治・増井 隆

首都高速道路で発生したタンクローリーの火災事故により、主桁ウェブは大きく変形し、路面が70 cm程度沈下して通行不能となった。通行止めによって生じる損失や周辺的交通に対する影響は大きく、工事の長期化は首都圏の経済にも影響を及ぼしかねないものであった。甚大な被害を受けた2連の橋梁は架け替えが必要となり、1日も早く復旧することが命題となった。

二層構造からなる高速道路の上層橋梁について架設用トラスを用いて撤去し、架け替えるという他に例を見ない工法を採用することにより、73日間という短期間で全面復旧を行なった。本報文では、特に橋梁の大断面撤去工法の概要について報告する。

キーワード：橋梁，急速施工，大断面撤去工法，架設用トラス桁，センターホールジャッキ

1. はじめに

平成20年8月3日早朝、首都高速5号池袋線熊野町JCT付近においてタンクローリー火災事故が発生した。この火災は、2層構造の下層で発生したため、特に上層橋梁に損傷が集中することとなった（写真—1, 2）。調査の結果、損傷の著しい上層2径間は、上部工の全面架け替えとし、下層橋梁、上層の隣接橋梁および橋脚については、損傷が局所的であったため、

補修による復旧とした。

復旧工事は、車両を通行させながらの分割施工とし通行止めを最小限とするなど厳しい制約のなかで一日も早く復旧することを最優先課題とし、工期短縮を目的とした大断面の撤去工法に挑んだ。

本報文では、特に架設用トラス桁を用いたジャッキダウン方式による橋梁の大断面撤去工法について報告する。

2. 橋梁概要

本橋梁は図—1に示すように、上下線がそれぞれ上層、下層に分かれた2層構造であり、高架下は山手通りのアンダーパスおよび側道が併走している。架け替えを行なう上層橋梁は、以下の橋梁形式である。

- ・支間長：20 m 単純合成鉄桁×2連
- ・幅員：17.5 m（4車線）
- ・桁高：1.2 m（6主桁）
- ・床版：鉄筋コンクリート床版（軽量骨材）
- ・下部工：RC門型ラーメン橋脚
- ・工事桁：架設用トラス桁（桁高3.0 m）

3. 工事概要

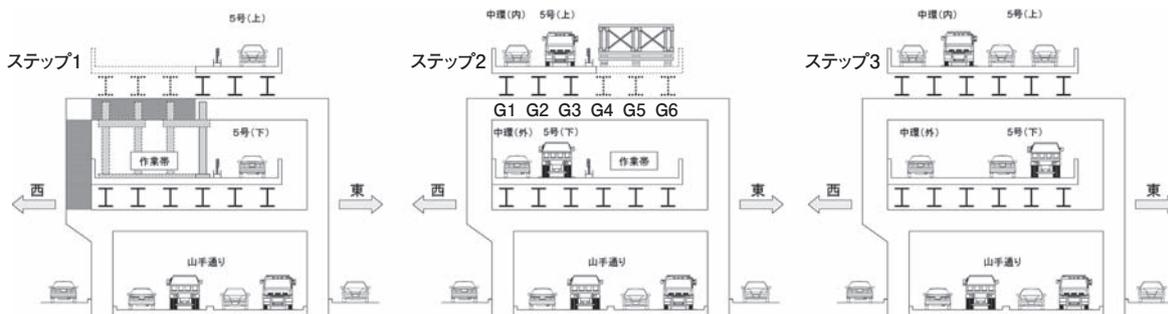
本工事は、全面通行止めとした場合の社会的影響が大きいことから、可能な部分から順次開通させながらの半断面施工とした（図—1）。



写真—1 火災事故の状況



写真—2 上層主桁変形損傷状況



図一 復旧工事概略手順

- ・ 1車線供用による1期施工 (G1～3桁架け替え)
- ・ 2車線供用による2期施工 (G4～6桁架け替え)

(1) G1～3桁の上部工架け替え (1期施工)

1期施工では、緊急対策として西側G1～4桁に設置していた仮受けベントを使用し、火災箇所から離れた東側1車線の供用を行ないながら架け替えを行なった。

架け替えは2連の桁を同時に行い、床版を2m四方の小さなブロックに分割切断し撤去した。1期施工では工場製作がクリティカルになるため、架け替え部の両側隣接橋梁に65tラフタークレーンを設置し、通常の撤去工法を用いるものとした。このとき床版・主桁の撤去に要した日数は2週間、桁の架設および床版打設も含めると約1ヶ月を費やした。

通常設計から製作・桁架設までの期間はこの規模の橋梁で1年以上を要する。半断面とはいえ、ほぼ2橋分の架け替えを1ヶ月で行なったことは、異例な急速施工と言えるものであった。

(2) G4～6桁の上部工架け替え (2期施工)

首都高速ネットワークの分断による周辺道路への影響も日増しに大きくなってきており、一日も早い復旧が望まれていた。2期施工では桁製作はすでに完了しているため、床版・主桁の撤去および桁架設が復旧へのクリティカルな要因となった。また、1期施工の2

車線を供用することで、施工に使用できるスペースもさらに狭く限られたものであった。

さらなる工期の短縮が切望される中で、架設用のトラス桁を用いたジャッキダウン方式による大断面撤去工法および、その架設桁を引続き用いた送り出し降下架設工法を採用した (写真一3)。

4. 架設用トラス桁を用いた大断面撤去工法

1期施工では床版の切断ブロック数は、1スパン当たり40に上り、撤去には2週間を要している。同様の工法をとった場合は、復旧がそれだけ遅れることになる。工期短縮のためには、撤去するブロック数をどれだけ少なく出来るかがポイントであった。デッキリフトに乗せたドーリー車を用いての一括撤去工法や、桁全体を一括でジャッキアップして、横引する工法等を検討した。しかし、それらの工法は、下層桁への影響が大きく、また高架下の山手通りまで影響が及ぶこともあり、採用が困難であった。

そこで、切断後に輸送できる大きさを踏まえ、分割数を支間中央の3つの大ブロックと、支点上の小さな2つのブロックの合計5ブロックとした。それらを支える支持桁として、仮設用の道路などに用いるトラス桁を使用することとした。撤去する橋梁の上空にトラス桁を配置し、センターホールジャッキで吊り上げた後切断し降下させた。主桁と床版を分離せず安定した完成形状である大ブロックにて降下させることで時間短縮と安全性の向上を図った (図一2)。

最大のブロック重量は、約30tで、架設用トラス桁に設置した12台のセンターホールジャッキにてジャッキダウンした。このジャッキダウンにあたっては、以下の3項目がキーポイントであった。

(1) 架設用トラス桁の仮組みシミュレーション

ジャッキの盛り替え数を減らし、降下時間の短縮を図るためストロークの長いセンターホールジャッキ (以



写真一3 架設用トラス桁

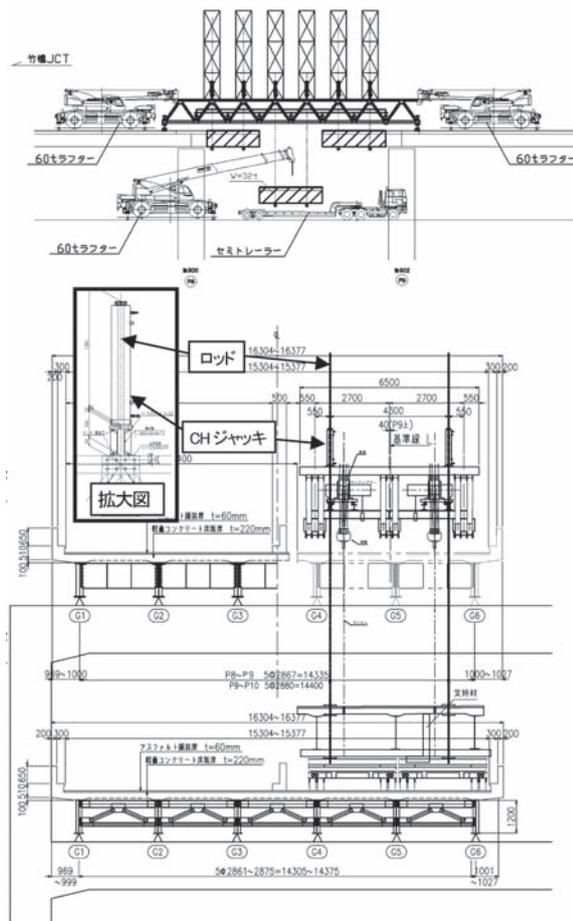


図-2 撤去要領図

降CHジャッキ)を用いるものとした。CHジャッキは最大でストローク1,100mmのものを使用し、その長さは1.3mにもなる。架設用トラス桁に生じるたわみによりCHジャッキが傾き、吊り下げ用のロッドに接触するおそれがあったため、事前に架設桁を別の施工ヤードで組み立て、撤去荷重と同じ荷重を載荷するシミュレーションを行なった。荷重の作用時にトラス桁に生じる傾きを計測しロッドが鉛直になるようにCHジャッキに台座を設け、ロッドとの接触を回避した。

トラス桁の仮組みシミュレーションには、現場での一発勝負の場合に生じるトラブルを回避する目的も併せ持って行なった。計画・設計段階で見落としていた点の修正などを作業ヤードで行なった。分単位の時間との勝負になる本工事にとって、時間のロスを最小限にする有効な手段であった。

また、架設用のトラス桁は支間長や幅員に自由度を持たせるため、3m～6mの単材を現場で組み立てて設置する構造となっているが、現場での単材の組み立てには多くの時間を必要とし、貴重な作業時間をロスすることとなる。そのため、シミュレーション終了後に設置・搬入可能な2ブロックに分割して現場に搬入

し、ブロック組み立てとすることで施工時間の短縮を行なった。

(2) CHジャッキによるジャッキダウン

(a) 主桁の応力解放

撤去対象となる桁には死荷重が作用しており、部材に応力が生じている。その状態で切断することは、部材の応力開放による急激な変形などが生じる可能性があり危険である。そのため、切断前に桁が無応力状態となるように12台のCHジャッキにて、以下のように桁の応力開放を行なった。

- ①中央ブロック部分に設置した4台のCHジャッキにより、吊り下げ時の反力に相当する力が作用するまでジャッキアップする。
- ②第1ブロック部分を中央ブロックと同様に4台のジャッキによりジャッキアップする。
- ③第3ブロック部分を同様にジャッキアップする。
- ④中央ブロックは端ブロックのジャッキアップにより荷重が抜けるため、再度吊り下げ時の反力になるまでジャッキアップを行なう。

これらの①～④の作業ステップにより主桁を上げ越すことで所定のキャンバーを生じさせ応力開放を行なった。キャンバー量は、製作時の死荷重キャンバーを元に合成後の剛度による効果を考慮して求めた。

(b) 安全対策

降下作業について、別系統のワイヤー索と電動ウィンチによる降下設備を配置し、バックアップの体制を取った。同程度の降下能力を有する設備を2重に配置することで、ジャッキ等に不具合が生じた時の大幅な時間のロスを回避することが可能となる様、万全の安全対策を講じた。

(3) 輸送車両上への降下

桁の応力が抜ける位置まで上げ越した後に、横断方向に鋼桁を切断し大断面ブロックにした。幅7.0m、長さ6.0m、総重量30tの各ブロックを中央ブロックより順に下層に降下させた(写真-4)。

通常の作業では、降下位置には何も配置せず降下を行い、桁降下の完了後に切断、搬出を行なう。本工事では分単位での時間短縮を要求していることから下り線に並列して配置した2台の輸送車両上に直接降下させることで車両高さ分の降下時間の短縮を図った。

このとき降下の開始時には、不測の事故などがあるため車両は配置せず、降下の作業が安定し進入スペースがなくなる直前で2台の車両を配置させた。

降下する主桁は3主桁であるため、配置した片方の

輸送車両上に架台を設置しておき、橋軸方向に2分割した後速やかに搬出した。

これは、下層にかろうじて2台の輸送車両を並列して配置できる作業帯条件であったことが幸いした。

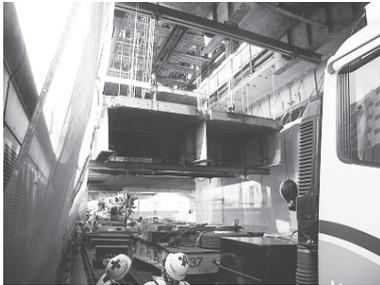


写真-4 撤去状況

5. トラス桁を用いた送り出し桁架設工法

1期施工では2連の撤去を並行して同時に施工したが、2期施工では1連目の桁の撤去後、すぐに桁架設の工程に入るものとした。これにより、床版工程への引渡しを早めることで工程をラップさせ工期短縮を図ることが可能となった。

すでに隣接部が2車線供用を開始しているため作業スペースが無くクレーンによる架設工法が取れないため、撤去に用いたトラス桁を利用して桁を架設するものとした。門型油圧リフター（以降リフター）を追加して設置し、それらを組み合わせた桁の送り出し工法を採用した。

(1) リフターを用いた主桁の荷取り

主桁の輸送車両とクレーンが同時に配置できないことから、リフターを用いた桁の荷取りを行なった。輸送車両をリフターの下まで進入させ、リフターにより主桁3本を持ち上げ、輸送車両を退避させてから桁を所定位置まで下ろし荷取りを行なった。

(2) リフターとトロリーによる送り出し架設

リフターによる荷取り後は以下の手順で桁の送り出し架設を行なった（写真-5）。

- ①前後2台のリフターを用いて、架設トラス桁の中まで前進させる。
- ②架設トラス桁に設置したトロリーに桁の先端を預け、前側リフターを開放する。
- ③都心側よりワイヤーとチルホールを用いて桁を引き込み、前進させる。
- ④桁後方をトロリーに支持させ後方リフターも開放する。

- ⑤前後のトロリーにより桁を所定位置まで送り出し、桁を降下させる。

その後安全ネットを設置した後、横桁等をクレーンにて架設した。

架設後はトラス桁の撤去を床版構築後の養生期間に行うものとし、トラス桁を残したまま直ちに床版の施工に入った。



写真-5 リフターによる主桁送り出し状況

6. おわりに

部分開放しながらの分割施工で、かつ2層構造であるという厳しい条件ながらも、火災から73日間という短期間で復旧できたことは、近隣住民や利用者のご理解とご協力、関係機関のご協力によるものです。今回の火災事故により、首都高速道路ネットワークの重要性を再認識するとともに、車両火災に対する交通インフラの課題も再確認されました。今後とも、さらなる安全運転により、このような事故が再発しないことを切望します。

JCMA

【筆者紹介】

野口 英治 (のぐち ひではる)
JFE エンジニアリング(株)
鋼構造事業部 工事部 第一工事室
現場代理人



阿部 健治 (あべ けんじ)
JFE エンジニアリング(株)
鋼構造事業部 工事部 第一工事室
計画現場担当



増井 隆 (ますい たかし)
首都高速道路(株)
西東京管理局保全設計第一グループ



近代土木遺産「平木橋」の移設保存への取り組み

八木正樹

平木橋は、大正4年（1915年）9月に山田川疏水事業の一部として建設された水路橋で石と煉瓦を組み合わせたアーチ橋は希少価値があること、また花崗岩の白と煉瓦の赤が華やかな美しさを表現していることから近代土木遺産として歴史的価値を有している。

この平木橋が、「地域高規格道路」として兵庫県が整備を進めている東播磨南北道路の建設予定地内に位置していることから、県は、その取り扱いについて学識経験者、地元等で構成する「平木橋保存検討委員会」を設置し、提言を受け、地元等と協議を重ねた結果、移設保存することに決定した。

本稿では、「平木橋」の移設保存に至った経緯、移設工事概要及び今後の地域の活用策等について紹介する。

キーワード：近代土木遺産、淡河川山田川疏水事業、地域高規格道路、東播磨南北道路、平木橋保存検討委員会、いなみのため池ミュージアム構想

1. はじめに

近代土木遺産とは、幕末から第2次世界大戦までにつくられた土木施設のことで、幕末以前の施設が文化財保護法により保護されているのに対し、それ以降に建設された施設は、規制がない状況である。

（社）土木学会は、このような施設を「近代土木遺産」と名付け、その中でも、その保存と活用が必要とされる施設を全国的に調査し、平成12年に「現存する重要な土木構造物2000選」を取りまとめた。

平木橋は、平成14年の改正時に「保存が望まれる土木構造物」に追加され、Bランク（都道府県指定の文化財級）と評価されている。



写真—1 移設前の平木橋

2. 平木橋の概要

(1) 平木橋の沿革

平木橋のある兵庫県加古川市野口町水足（みずあし）地域は、瀬戸内海側に開けた沿岸部で気候が温暖であり、県下で降水量が最も少なく、年間1,100mm程度である。

当該地域は、万葉集にも印南野（いんなみの）と述べられており、「いなみの台地」の西端で、古来より農業用水の確保に苦勞してきた地域のため、明治40年に「いなみの台地」への灌漑対策として淡河川山田川疏水事業^(注1)に参加した。平木橋は、疏水の最末端地域の一つである新田への導水を目的に、大正4年6月に築造した平木池（6ha）に送水するため、大正4年9月に完成した石と煉瓦を組み合わせたアーチ水路橋で、江戸時代に建設された高堀溝^(注2)を跨いでいる。

平木池は、疏水の最末端であり、送水が満足に行われず、満水する年は極めて希な状況のため、新田の稲作は不能となった。このことから、平木橋は、数年間使われただけで、疏水組合から脱退とともに、昭和24年頃には放置された。

その後、平木池は昭和40年に売却され、翌年には埋め立てられ、グラウンド等として利用されていたが、現在、住宅開発が進められている。

また、新田の大部分は長い間畑作に転用されていたが、昭和 28 年頃に別ルートで揚水し、長距離送水により新田もまた復活に至っている。

(注 1) 淡河川山田川疏水は、印南野台地を灌漑する目的で六甲山地に水源を発する淡河川と山田川からそれぞれ取水している。明治 21 年、淡河川疏水事業が着手され、山田川疏水事業の完成は大正 8 年で 31 年間の年月を要した。

(注 2) 高堀溝とは、水足村の戸ヶ池への水を送る深溝のことをいい、寛永 4 年(1664 年)に完成した。高堀とは、村の取れ高に応じ人手を出して掘った溝のこと。「水足史誌」より

(2) 特色

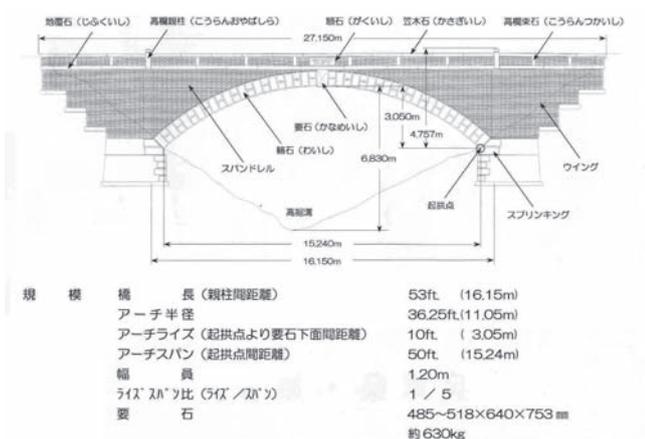
平木橋は、花崗岩の輪石(わいし)を長手、小口と交互に積み重ねたアーチと煉瓦を長手と小口に交互に組み合わせたイギリス積みで橋壁を形成し、その上に通水路がある水路橋である。水路側壁には、石の銘板が嵌め込まれており、北側には、「平木橋 大正四年九月架之」、南側には当時では珍しく「HIRAKI AQUEDUCT BUILD SEPT1915」と陰刻されている。設計者、使用材料の産地等は不明だが、輪石下面に中一色村(加古郡稲美町)、大野村(加古川市)など工事請負者の陰刻があり、周辺地域の人々が建設に携わっていたことがわかっている。



南面中央 北面中央

写真一 平木橋の石の銘板

(3) 規模



3. 移設保存の決定

(1) 東播磨南北道路の概要(図一)

東播磨南北道路は、兵庫県広域道路整備基本計画の中で交流促進型広域道路として位置づけられ、東播磨地域と北播磨地域を結ぶことにより地域連携を強化し、加古川流域圏として一体的な地域の形成に役立つとともに、東播磨地域における交通渋滞の緩和など円滑な移動を確保すること等を目的に兵庫県が整備する「地域高規格道路」(注 3)である。

本道路は、国道 2 号加古川バイパス(加古川市)から国道 175 号(小野市)を結ぶ自動車専用道路で、この内、整備が急がれる加古川中央ジャンクション～八幡南インターチェンジ間について第 1 期事業として整備を進めている。

また、加古川市は、加古川市街地を取り囲む環状幹線として、市街地への通過交通の流入を抑制し、市街地における渋滞等の交通環境を改善するとともに、沿道の利便性の向上を図るため、東播磨南北道路の一部区間において、側道事業として「市道加古川中部幹線」の整備を進めている。



全体計画
 ・区間 加古川市野口町～小野市池尻町
 ・延長 13.3km
 ・車線数 4車線
 ・設計速度 80km/h

第 1 期事業計画
 ・区間 加古川市野口町～加古川市八幡町
 ・延長 5.2km
 ・道路区分 第 1 種第 3 級(自動車専用道路)
 ・車線数 4車線(暫定 2車線)
 ・設計速度 80km/h

市道加古川中部幹線
 ・区間 加古川市野口町～加古川市神野町
 ・延長 3.3km
 ・道路区分 第 4 種第 1 級
 ・車線数 2車線
 ・設計速度 60km/h

図一 東播磨南北道路 全体計画概要

(注 3) 地域高規格道路とは、全国的な幹線道路ネットワークである高規格幹線道路と、これに次ぐ幹線道路ネットワークである一般国道のサービスレベルに大きな格差があることから、高規格幹線道路と一体となって、地域発展の核となる都

市圏の育成や地域相互の交流促進，空港・港湾などの広域交流拠点との連結等に資する路線として整備を推進している道路である。

地域高規格道路は，自動車専用道路もしくはこれと同等の高い規格を有し，60～80 km/hの高速サービスを提供できる道路である。

(2) 平木橋保存検討委員会

東播磨南北道路は，兵庫県の環境影響評価に関する条例及び指針に基づき環境影響評価を実施し，平成12年6月に都市計画決定（東播都市計画道路1.4.1号東播磨南北道路）されたものである。

そのなかで，東播磨南北道路と平木橋の位置関係は，図一2に示すとおりである。平木橋の全長の約1/4を東播磨南北道路（高架道路）が覆うことになり，また，側道である市道加古川中部幹線（平面）のルート的大部分において平木橋が支障となっていることから，文化財保護法に基づき指定された文化財ではないが，「関係機関と協議の上，適切な処置を講ずる」と明記されている。

県及び市では，これを受けて，平木橋の保存対策について「参画と協働」の精神に基づき，住民参加型の道づくりを行うため，歴史的価値評価を行うとともに，保存に於ける方法，保存のために必要な整備計画，

維持管理方策等の策定に関し，提言を頂くこととして，平成16年8月30日に「平木橋保存検討委員会」を設置した。

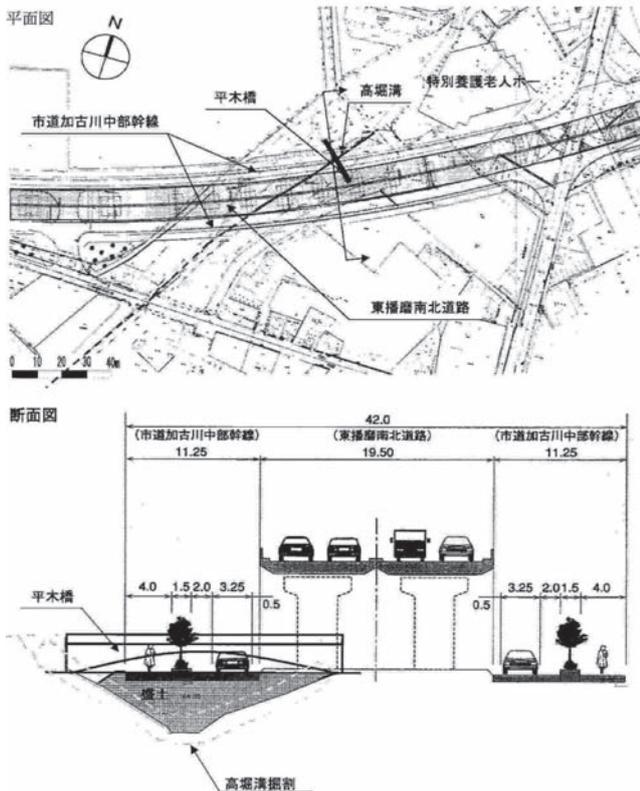
メンバーは，表一1のとおりである。

表一1 平木橋保存検討委員会メンバー

役職は平成16年8月30日時点

| 氏名 | 役職名 | 備考 |
|-------|--|-----------|
| 川谷充郎 | 神戸大学工学部 建設学科教授 | 橋梁工学 |
| 川崎雅史 | 京都大学大学院 工学研究科助教授 | 都市景観 |
| 神吉和夫 | 神戸大学工学部 建設学科助手 | 土木史，都市水利学 |
| 村瀬佐太美 | (財)海洋架橋・橋梁調査会 近畿支部調査役 (前橋の科学館館長) | 橋梁工学 |
| 藤本英市 | 淡河川山田川 土地改良区理事長 | 施設管理者 |
| 岡本廣重 | 加古川市野口町 水足町内会常任相談役 | 地元地区代表 |
| 長谷川浩三 | 加古川市助役 | 地元市 |
| ※寺田良幸 | 兵庫県東播磨県民局 県土整備部長 | 県 |

※竹谷徹（東播磨県民局県土整備部長）H17.4.1～



図一2 東播磨南北道路と平木橋の位置関係

(a) 検討内容

委員会は，平成16年8月30日の設置から提言を頂いた平成17年12月22日までの間に4回開催し，下記項目について検討された。

第1回（平成16年8月30日）

平木橋の現況報告。価値評価方法の提案等。

第2回（平成16年11月26日）

保存にかかる基礎条件の整理。保存手法の整理等。

第3回（平成17年3月14日）

保存価値に関する審議等。

第4回（平成17年8月25日）

平木橋の現地，移設候補地の現地視察。委員会提言案に関する審議等。

(b) 委員会提言

委員会の最終提言は，平成17年12月22日に下記のとおり取りまとめられた。

- ①価値評価：近代土木遺産として歴史的価値を有している。
- ②保存方法：現位置での保存又は，橋の規模・形状・構造的特徴を損なうことなく移設保存することが望ましい。また，保存位置については，貴重な近代土

木遺産としての価値を伝え、多くの人に親しまれ、理解され、周辺環境整備や事業執行上の観点から総合的に判断し、最適な位置を選定することを望む。

(3) 保存方法の決定

保存方法の選択は、委員会提言で行政に委ねられることとなったため、地元（加古川市野口町水足）町内会に対し平木橋保存検討委員会の経緯・提言内容を説明し、地元として平木橋を今後どのように取り扱っていくのか意見集約を依頼し、「平木橋については、水足地区で環境整備を予定している前ノ池、狩ヶ池、山ノ神池の3池のうちいずれかに移設して保存することを望む。」との結論を頂いた。また、平木橋の管理者である淡河川・山田川土地改良区からは、「地元が守っていただけるのなら」移設保存を地元依存する意思確認を頂いた。

県及び市は、地元の意見を踏まえるとともに、下記理由により移設保存することに決定した。

- ①「いなみのため池ミュージアム構想」^(注4)と連携して周辺と一体整備することにより、地域住民に親しまれ地域のシンボリックな歴史的文化的資産として活用が可能である。
- ②解体、復元により技術的な解明や建設当時の情報など学術的資料収集が可能である。
- ③現位置保存では、東播磨南北道路の高架下となり景観や環境に問題があり、側道（市道中部幹線）が平木橋を迂回する形になり、高架下での見通しや線形が悪く交通安全上も問題がある。

(注4) いなみのため池ミュージアム構想とは、ため池や水路を自然文化財産と捉え、これをはぐくんだ人々の営みなど東播磨の素晴らしい「ため池文化」を次代へ確実に引き継いでいくとともに、それを核に、地域全体を“まるごと博物館”と見立て魅力いっぱいのふるさとづくりを進めていこうというもの。

また、移設先の選定については、町内域での移設保

存を強く要望してきた地元町内会の意見を踏まえ町内の「前ノ池」に決定した（図一3）。

4. 移設保存工事

(1) 移設設計

平木橋の移設設計については、平成18年度に文化財保存の修復、移築設計、工事施工管理の実績がある(財)建築研究協会に委託した。また、橋梁の位置や情景等の周辺整備については、地元町内会で組織する「水足ため池に親しむ会」と協働して詳細を決定した。

(2) 移設工事

移設工事は、平成20年3月に着手し、解体作業は7月から10月に実施、構築作業は10月から1月に実施、周辺基盤整備及び植栽工事は1月から3月に実施し、平成21年3月末に完成した。施工は前川建設(株)が担当し、施工管理は、(財)建築研究協会に委託している。

解体作業の手順は、下記のとおりである。

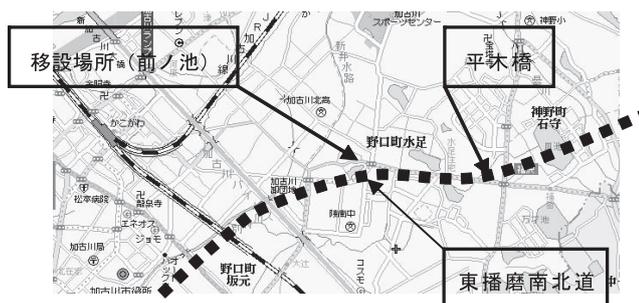
(a) ステップ1

アーチ式の石橋は、輪石自重による相互摩擦抵抗力で安定している構造物のため、橋体の支保および油圧ジャッキの反力台としてアーチ状の鋼製支保工（アーチセントル）を設置し、上弦材上に多数のジャッキを据え付けた。

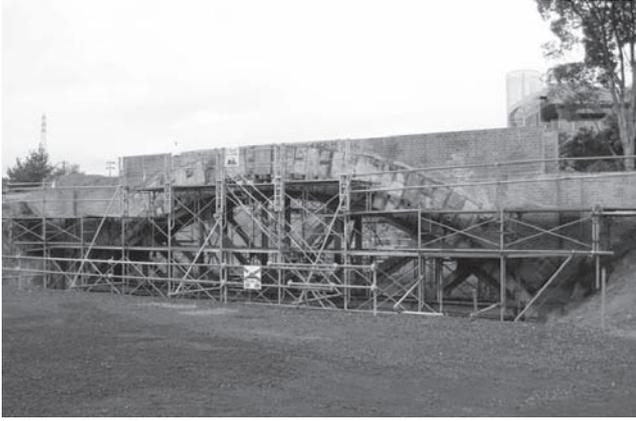


(b) ステップ2

橋壁煉瓦の煉瓦をなるべく傷つけないよう目地部をウォールカッターやワイヤーソーを用いて約1t程度の大きなブロック（28ブロック）に切断し、慎重に取り外しを行った。



図一3 平木橋の移設場所



(c) ステップ3

要石両端に1 cm 程度の間隙が開くまで輪石を全体的にジャッキアップし、要石(2個)をクレーンにて取り外す。その後、輪石(44ブロック88個)をひとつずつ取り外した。



(d) ステップ4

中詰めコンクリートを小型ブレイカーで破碎しながら基礎石をひとつずつ取り外した。

再築作業は、解体作業の逆手順で行う。



なお、移設に当たっては、解体前に3次元測量(レー

ザー光線による立体的な位置測量)を行い、記録された細部寸法をもとに忠実な復元工事に心がけた。

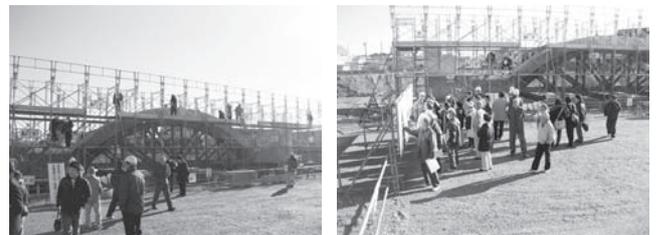
(3) 工事現場の一般公開

平木橋は、東播磨南北道路計画が具体化していく中で、地元住民や橋梁関係者、考古学関係者等から注目されている。また、移設保存が決定すると、移設工法や当時の橋の構築技術の解明、使用材料等に高い関心が集まっていた。

このような状況の中、県は、平木橋が建設されることとなった歴史的な背景、地形、環境を知っていただくとともに優美な外観を見ていただき、近代土木遺産としての価値を実感していただくこと。また遺産として価値を損なわないよう計画した移設方法を知っていただき、不信・不安感を払拭すること。さらに、外観だけでは確認することができなかった石橋の内部構造や当時の施工技術を見ていただくとともに計画どおり解体することができ、忠実な復元が可能なことを知っていただくため、解体現場については平成20年7月27日(日)、構築現場については平成20年12月7日(日)に一般公開し、それぞれ200名程度の地元住民等の参加を得た。



写真一3 解体現場公開状況(平成20年7月27日)



写真一4 構築現場公開状況(平成20年12月7日)

5. おわりに

(1) 解体・調査により判明した情報

(a) 橋の構造

解体するまで、輪石間に施工されたモルタルは化粧目地と考えていたが、輪石と輪石はほとんど接しておらず、隙間にはモルタルが充填されていたことから、

平木橋は、個々の離散部材をセメントの付着力で繋ぎ、さらに輪石と煉瓦の接合部、橋台と輪石の接合部に貧配合無筋コンクリート（12～16 N/mm²）を流し込み補強している石とコンクリートの「複合構造アーチ橋」であることがわかった。

基礎石底部には、均しコンクリート（t = 30 cm）が施工されており、地盤がよかったこともあり（N 値 60）木杭等の施工はなかった。

(b) 施工方法

残っている設計図から設計はフィート（30.48 cm）であるが、煉瓦に残る罫書きから、施工は尺（30.3 cm）を使用したことがわかった。施工に先立ち、尺換算したと考えられる。

(2) 文化財としての指定

平木橋は、移設完了後、文化財指定を目指しており、地域住民に親しまれる地域のシンボリックな歴史的文化資産として活用することとしている。文化財の復元には、①全部もとの材料を使用した復元、②一部別の材料を使用した復元、③新たな材料を使用した復元がある。平木橋は、大部分もとの材料を使用しているが、煉瓦壁は、目地に沿って切断解体したが、積み方がイギリス積であることから煉瓦の破損は避けられず、一部新材を使用することとなり、②のケースで復元し文化財指定を目指すこととした。

一部別の材料を使用した復元となると、平木橋の価値が下がることが懸念されるが、たまたま、平木橋と同時期に建設され色合いもサイズも同等である(株)ニッケ加古川工場の煉瓦壁が取り壊されており、使えそうな煉瓦を分けていただき補修することができた結果、表面は、全く問題のない状態で復元することができた。

(3) まとめ

平木橋は、移設先が町内の中心である地元公民館に隣接する前ノ池へ移設する立地条件を生かし、地域が集いあえるよう、また、この地域が水不足と戦った歴史を象徴するシンボルとして長く多くの地域住民に親



写真—5 移設先での平木橋と周辺整備状況写真



図—4 完成予想図

しまれ活用されるよう、「いなみのため池ミュージアム構想」と連携して周辺と一体整備を進めており、平成 21 年 3 月末には移設工事が完成した。

いままで説明してきた平木橋の移設保存の経緯については、現実の地域社会からの要請である道路整備と歴史的価値を有する構造物の維持管理と保全という課題に対し、調整が図られたものであり、地元住民等に理解が得られるものと考えている。今後は整備された施設を地域が有効に活用し、長く後世に引き継いでいただくことを期待したい。

JICMA

【筆者紹介】

八木 正樹（やぎ まさき）
兵庫県東播磨県民局
加古川土木事務所
東播磨南北道路対策室南部整備課長



空洞やジャンカを生じた橋梁の断面修復

谷 倉 泉・設 楽 和 久

近年、多くの橋梁架設現場において施工不良等による変状が見られるようになった。その原因としては、コスト縮減に伴う省力化や省人化が品質確保に必要な施工管理を難しくしていること、経済性を追求した断面設計や無理な配筋での設計・施工を余儀なくされていることなどが指摘されている。

本研究では、PC 箱桁のシースや鉄筋が密に配置された断面の下床版に、空洞やジャンカ等の変状が生じた場合を想定し、合理的かつ耐久性の高い補修方法を見出すことを目的とし、ウォータージェットを用いてシースを傷めずに変状部をはつる技術や、シースより上部の深い空洞を吹付けモルタルや真空充填技術を用いて確実に補修する新しい断面修復工法に関する試験、研究成果について紹介する。

キーワード：橋梁、コンクリート構造物、変状、断面修復、ウォータージェット、吹付け、グラウト真空注入

1. はじめに

最近、米国や中国での橋の崩壊事故に伴って多くの人命が失われた。公共の構造物として橋の果たす役割は非常に大きく、人々が安心して利用できる安全なものなくてはならない。しかしながら、高度成長期をピークとして大量にストックされているこれらの社会資本は、年々高齢化が進んでおり、塩害などによる既設構造物の劣化も顕在化している。加えて橋の維持管理や新たな建設に対する公共投資は大幅に削減される傾向にある。このため、橋の建設費削減に向けて様々な工夫、技術開発が求められる一方で、施工上余裕のない断面設計や計画が行われ、施工に十分な配慮が行き届かずに施工不良を生じる可能性が一段と高まっているのが現状である。

土木学会「施工性能にもとづくコンクリートの配合

設計・施工指針（案）」には、図—1のようなシース下面の不具合例が紹介されている¹⁾。また、主桁下縁は塩害などによる劣化も生じやすく、シースの裏面に塩化物イオンが浸透した場合、鋼材が密なためにはつりが困難な部位でもある。

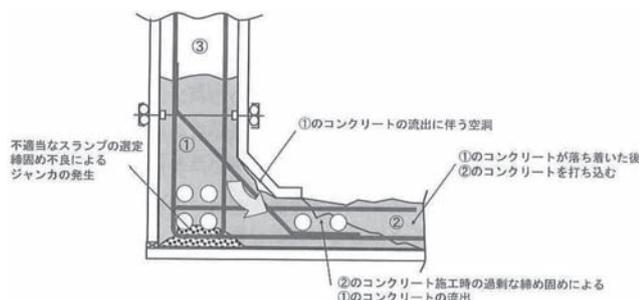
このようなことから、本研究では、図—1に示すようなPC箱桁を例にして、シースや鉄筋が密に配置された断面の下床版に空洞やジャンカ等の変状が生じた場合を想定し、このようなコンクリート構造物に対して安全で確実、耐久性のある補修方法を見出すことを目的として実施した、次の

- ①ウォータージェット工法による変状部の除去、
 - ②ポリマーセメントモルタル(PCM)を用いた吹付け、
 - ③空洞の充填のためのグラウト注入
- による断面修復工法についての試験、研究成果について紹介する。

2. 断面修復部の要求性能と補修工法

変状が発生したPC桁を断面修復する際に求められる要求性能としては、鋼材(PC鋼材、鉄筋)を腐食から保護すること、断面修復部の性能が既設コンクリート以上であることが挙げられ、具体的な性能は次のようなものである。

- ①変状部を除去し、シースや鉄筋背面等に空隙を残さずに断面修復できること。



図—1 空洞やジャンカが生じる恐れのある箇所

- ②断面修復部が躯体コンクリートと良好な付着性状を示し、一体化すること。
- ③断面修復部およびコンクリート躯体にひび割れを生じないこと。
- ④腐食因子（塩化物イオン、二酸化炭素、酸素、水等）の侵入防止性能が躯体コンクリート以上であること。
- ⑤躯体コンクリートと同等な強度特性を有すること。

これらの要求性能を満足するための補修工法の概念を図一2に示す。図一2の断面は図一1の下床版のケーブルを主桁部に配置することで、さらに過密配置にしたものである。はつりにはウォータージェット工法²⁾を用い、シースの損傷防止を図ることとした。また、塩害等でシース裏面をはつる必要性が生じた場合には、シース間の狭隘部からシース裏面をはつるものとした。はつり後の下面からの上向きの断面修復には、型枠を使わずに急速施工が可能な吹付け工法^{3), 4), 5)}を、それより深い鉄筋背面やシース背面の修復については、空洞への充填性に優れた材料を用いた注入工法を用いるものとした。

試験体は図一2のような過密配筋 PC 桁を想定し、写真一1と写真一2に示すような実物大試験体（高さ1.2m、奥行き3.1m、ウェブ幅0.47m）を作製した。試験完了後の試験体はコンクリートカッターにより切断し、断面修復部の充填状況を確認した。施工試験体の仕様を表一1に示す。



写真一2 試験体下面の空洞

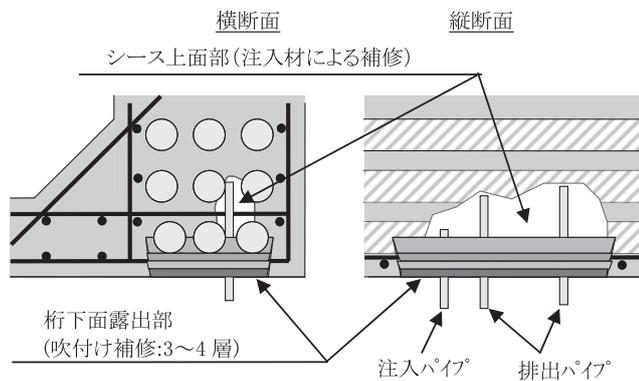
表一1 施工試験体の仕様

| 項目 | | 仕様 |
|---------|----------|---------------------------------------|
| コンクリート | セメントの種類 | 普通ポルトランドセメント |
| | 粗骨材の最大寸法 | 25 mm |
| | 呼び強度 | 40 N/mm ² |
| 鉄筋 | | SD295A |
| | | 軸方向筋 D16, D19 |
| | | スラップ筋 D22 |
| シース（鋼製） | | φ 73 mm |
| グラウト | セメントの種類 | 普通ポルトランドセメント |
| | 混和剤 | 高粘性型 |
| | 圧縮強度 | 30N/mm ² 以上 (28日材齢の規格値) |

3. ウォータージェットによるはつり試験

はつりに求められる要求性能は、はつる際に鉄筋やグラウト後のシースを傷めないこと、過大な塩化物イオンが浸透した部分や脆弱部を確実に除去できること、コンクリート表面に有害なヘアクラック等を生じないこと等である。また、ここではさらに施工後の安全性や耐久性を高める目的で、吹付け施工する断面修復材がはく落しにくいように、逆台形にはつり取る性能も確認することとした。

ウォータージェットの施工方法は、写真一3と写真一4に示すように機動性に富むハンドガン（直射1穴ノズル）を使用し、シースを傷めないように巻き重ねの方向（めくれにくい方向）に圧力150～200 MPa、



図一2 補修方法の概念



写真一1 空洞やジャンカを再現した実物大試験体



写真一3 ウォータージェットによる脆弱部のはつり状況



写真-4 はつり後の試験体下面



写真-5 吹付けによる断面修復の状況

表-2 ハンドガンによるウォータージェットの照射条件と仕様

| 項目 | 仕様 |
|--------------|------------|
| 吐出圧力 (MPa) | 150 ~ 200 |
| 吐出水量(リットル/分) | 15 ~ 18 |
| スタンドオフ (mm) | 100 ~ 200 |
| 照射角度 (°) | 45 ~ 90 |
| ノズル径 (mm) | 0.9 |
| ノズル形状 | 1穴ストレートノズル |

表-3 高圧ポンプの仕様

| 項目 | 仕様 |
|-----------------|-------------|
| 最高使用圧力 (MPa) | 245 |
| 最大吐出水量 (リットル/分) | 20 |
| ポンプ形式 | 3連プランジャーポンプ |



写真-6 吹付け用のモルタルポンプとミキサ

流量 15 ~ 18 リットル/分程度で照射させた。ハンドガンによるウォータージェットの照射条件と仕様を表-2に、使用した高圧ポンプの仕様を表-3に示す。

試験の結果、脆弱部はムダなく効率のかつ完全に除去でき、既設コンクリートは逆台形の形状にはつることができた。また、巻き重ね方向に向かって照射し、同一点に長時間集中照射しなければ、シースを傷めずに補修対象部位のみ除去が可能となることも確認できた。また、シース裏面についてもシース間の狭隘部からはつり取れることを確認できた。ただし、はつり施工中は水蒸気によって視界が十分確保しにくい状況も見受けられたため、適宜はつり位置を確認し、はつり過ぎやシースの損傷に留意しながら施工する必要がある。

4. 吹付けによる断面修復試験

吹付けによる断面修復は、シース下面に対して実施した。吹付けによる断面修復に求められる要求性能は、はつり後の断面修復部を鉄筋背面まで充填し、かつ隙間なく密実に充填し、打継ぎ界面等ではく離せず十分な打継目付着強度を有し、修復部に有害なひび割れを生じないことである。

吹付けによる断面修復の施工方法は、写真-5と写真-6に示すように、一般のコンクリートよりも

耐久性に優れ、施工実績の多いポリマーセメントモルタル (PCM) による湿式吹付け工法を採用した。なお、この PCM は NEXCO 基準 JHS432 に従って当研究所が性能を証明した材料を用いることとした。

シースより深い位置は注入工法で補修するため、シース背面のはつりを行ったシース間は、吹付けに先立って金網を設置し養生した。吹付け施工は床版下面に対する上向きの吹付けとなるため、自重によるはく離やだれ等が生じないように、過去の経験をもとにして、1層当たりの吹付け厚さを 3 cm 程度とし、修復厚さ 8 ~ 10 cm に対し 3 ~ 4 層で施工した。この際、シース裏面の断面修復に使用する注入用・排気用パイプを予め数本挿入し固定した。

試験の結果、はく離や有害なひび割れを生じることもなく、吹付けによる断面修復が可能であることが確認できた。

5. 注入による深部の断面修復試験

注入による断面修復に求められる要求性能は、主にシース上部に形成した空洞を充填すること、吹付けによる断面修復部に過剰な圧力を与えることによって、はく落を生じさせないことである。

深部の断面修復は空洞部に挿入したパイプから注入を開始し、エアー抜き用のパイプから注入材が排出された時点で終了とした。注入による断面修復材料は、充填性に優れるセメント系充填材とし、無収縮セメン

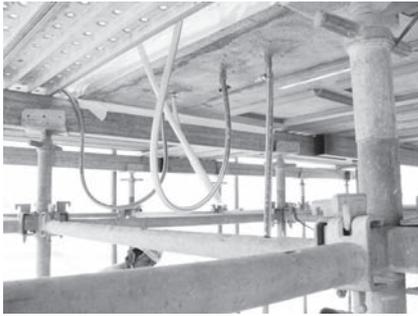


写真-7 真空吸引法による深部への注入状況
注入用パイプ（φ12mm）と排出用パイプ（φ9mm）の設置状況



写真-8 真空グラウトポンプ

ト・超微粒子セメントのスラリーを使用した。注入圧力は0.5 MPa以下とし、写真-7と写真-8に示すように真空吸引法（1気圧に対して最大で90%減圧、平均80%程度減圧）も試行した。

試験では、注入したセメントスラリーが排出パイプからオーバーフローすることで、注入完了とした。この結果、注入孔1箇所あたりの空洞の体積約0.00275 m³に対する注入速度は概ね2分であった。すなわち注入速度は約0.083 m³/h程度と推定された。さらに、対策実施上の真空吸引法の有効性も確認できた。

6. 充填性および強度試験

充填性の確認は、試験体を切断して内部を目視確認する方法とし、断面修復材と躯体コンクリートとの界面および鉄筋周辺に着目して行った。また、強度試験では、躯体コンクリートと同等の強度、ならびに新旧コンクリートの一体化に必要な付着性状を有しているかどうかを確認する目的で、圧縮強度、曲げ強度、付着強度を確認する試験を実施した。

断面修復部の充填状況は、写真-9に示す注入高さの最も高い位置、およびその前後の断面を切断して確認した。その結果、着目したシース下部の吹付けによるモルタル充填部、およびシース上部の注入材による充填部において、シース回りや鉄筋回りに有害な空洞はほとんど生じていなかった。ただし、変状部の頂

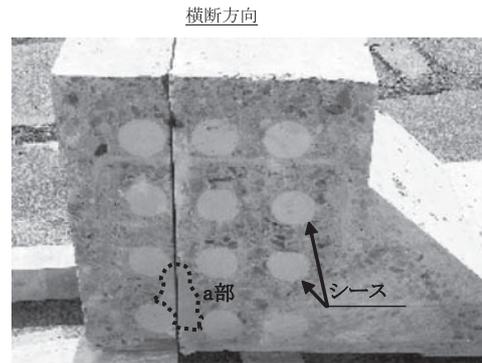


写真-9 注入材の充填状況（a部が注入箇所）
（無収縮セメントスラリータイプ、真空注入）

点までの注入に関しては、真空注入では空隙がほとんどなく充填されていたが、加圧注入では排出パイプ上部付近に2～4cm程度の空隙が見られた。この結果から、確実な注入施工を行うには真空吸引による注入がより適切であることを明らかとすることができた。

また、強度試験の結果、断面修復材は躯体コンクリートと同等の強度を有し、新旧コンクリート一体化の判断基準となる打継ぎ界面の付着強度1.5 N/mm²が確保されていることを確認した。

7. まとめ

過密配筋状態のPC構造物を模した試験体に対して断面修復試験を行った結果、以下に述べるように、要求性能を十分満足する成果が得られた。

- (1) ハンドガンを用いたウォータージェット工法の採用により、シースを傷つけないはつり、シース間狭隘部からのシース裏面のはつり、桁側面下端の逆台形状のはつりが可能となった。
- (2) はつり後のPC桁下面は、PCMを用いた吹付け工法の採用により、ひび割れやはく落を生じずに、確実に断面修復を行うことができた。
- (3) シースの裏面の空洞部は、真空吸引法を用いた注入により、確実に充填することができた。
- (4) 上述した各補修技術を、構造物の断面性状や変状に合わせて適切に組合わせて適用することにより、空洞部を安全、確実に断面修復できたことを試験体の切断、解体により確認できた。

8. おわりに

本研究はPC桁を模して行ったが、過密配筋となりやすいRC梁やその部材接合部付近などで生じた変状に対する補修においても応用が可能と考えられる。た

だし、橋の耐荷性能に影響を及ぼすような大規模な変状を生じている場合には、別途検討が必要と思われる。

今後、本研究成果を実橋に適用することを想定した場合には、工期や施工時期（冬期の気温の影響）、施工環境等を踏まえ、構造物を傷めることがないように、また周辺住民の住環境へも細心の注意を払って施工を行う必要がある。これらの施工後は、第三者被害防止と予防保全の目的で、表面被覆や保護塗装等を行うことも考えられ、将来の維持管理計画と合わせて検討することが重要である。

社会資本ストックとしてのコンクリート構造物は、その量が膨大であることから、今後、より適切で合理的な維持管理が求められる。同時に、構造物の新設においても、初期点検結果に基づいた予防保全対策が重要となっていくことが予測されることから、補修関連技術の重要性はますます高まるものと考えられる。当研究所においては、コスト削減をはじめ、多様化、高度化する多くのニーズに柔軟に対応し、さらなる技術革新に貢献するため、より一層の努力を重ねていきたいと考えている。

JCM A

《参考文献》

- 1) 土木学会：施工性能にもとづくコンクリートの配合設計・施工指針(案), 2007.3
- 2) 谷倉, 設楽, 室井, 野島：ウォータージェット工法を利用したコンクリート構造物の補修技術に関する研究, 噴流工学 Vol.22, No.1, pp.21-32, 2005.2
- 3) 土木学会：吹付けコンクリート指針(案) [補修・補強編], 2005.9
- 4) Muroi, Shito, Yokoyama, Tanikura, Takuwa, Izumo : Study on required performance and its verification of repair materials for concrete structures, ICPIC'04, 11th International Congress on Polymers in Concrete 2nd-4th June, 2004 at BAM, Berlin, Germany
- 5) Shito, Kamihigashi, Yokoyama, Shidara, Miura, Uchida : Experimental study on test condition of performance test for sprayed mortar, ICPIC'04, 11th International Congress on Polymers in Concrete 2nd-4th June, 2004 at BAM, Berlin, Germany

[筆者紹介]

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



設楽 和久 (しだら かずひさ)
 (株)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所
 研究第二部
 技術課長



平成 21 年度版 建設機械等損料表

■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
- ・ 損料積算例や損料表の構成等をわかりやすく解説
- ・ 機械経費・機械損料に関係する通達類を掲載
- ・ 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 730 ページ

- 一般価格
7,700 円（本体 7,334 円）
- 会員価格（官公庁・学校関係者）
6,600 円（本体 6,286 円）
- 送料 沖縄県以外 600 円
沖縄県 450 円（但し県内に限る）
（複数お申込みの場合の送料は別途考慮）

社団法人 日本建設機械化協会

〒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>

最近の橋梁建設技術

—交差点の急速施工—

古田 富保

都市内における交差点の交通渋滞を解消する方策として、立体交差化工事が各地で進められている。しかし、施工時には交通規制によって二次渋滞が生じることから、規制を最小限に抑える急速施工への社会的要請が高まっている。これを解決するため、鋼橋上部工と下部工および基礎工の一体施工により、大幅に工期短縮する方法が、(社)日本橋梁建設協会の技術発表会で報告されている。原田高架橋では、上下部工一体ラーメン構造、部材のプレファブ化および地盤改良が採用され、新小岩陸橋および小坂高架橋でも、上下部一体設計施工一括発注方式で、急速施工できる技術が開発され実用化された。これら3橋を紹介する。

キーワード：交差点、鋼橋、立体交差、交通渋滞、急速施工、上下部一体、工期短縮

1. はじめに

近年、「都市再生」や「都市再創造」というキーワードのもと、都市内道路の機能向上の一環として交差点、踏切などの立体交差化による交通渋滞の解消が重点課題となっている。国土交通省の統計によると、全国に渋滞解消のため立体化が必要な交差点は、約2,000箇所を数え、踏切の立体化が必要な箇所や老朽化による架替などを合わせると、さらに増加する。

都市内における交差点の立体化は、工事期間中の交通規制による新たな渋滞の発生や、施工時の騒音・振動による周辺環境の悪化といった問題が発生するケースが多く、工事が長期化すれば周辺住民への負担も大きくなる。このため、立体交差橋の建設期間をできるだけ短縮して、交通規制による経済損失や周辺環境の悪化を低減する社会的要請が高まっている。

従来、立体交差橋の建設は、基礎および下部工の施工が完了した後に、上部工の施工を行う上下部分離施工が一般的で、これが施工期間の長期化の原因である。したがって、工期の短縮を目指すならば、基礎工・上下部の施工を一体として、並行施工などにより工程の最適化を図ることが必要となる。また、全工期の約2/3が基礎および下部工で、残りの1/3が上部工であることから、基礎および下部工に対する構造の改良や合理化を行い、施工の迅速化を可能とする技術の開発が、大幅な工期短縮実現への方策である。

(社)日本橋梁建設協会発行の「立体交差の急速施工」¹⁾では、開発のコンセプトに上下部・基礎工を含めた現

地施工の短縮と交通規制の最小化を主眼とし、建設コストの縮減、適正品質の確保、環境保全が課題としている。直近の技術発表会^{2), 3)}から施工事例を示す。

2. 原田高架橋

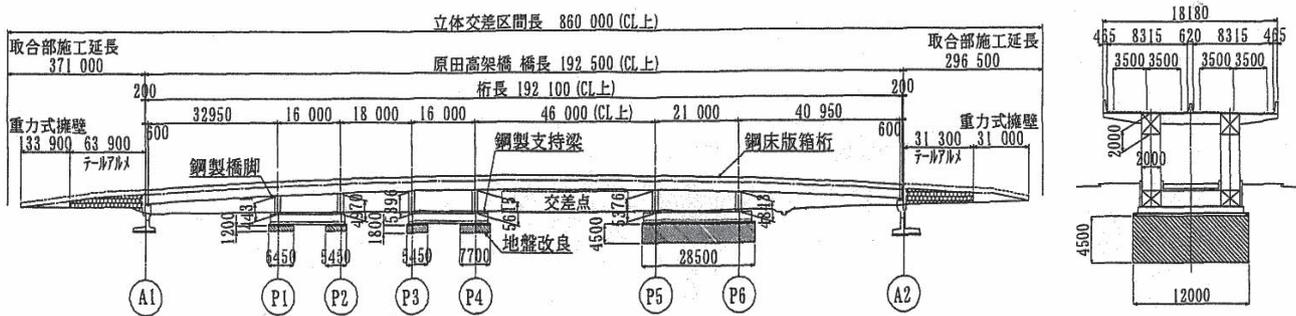
(1) 概要

原田高架橋は、国道11号線坂出丸亀バイパスと主要地方道高松普通寺線が交差する原田交差点周辺の渋滞緩和・交通事故の減少を目的として建設された4車線の立体交差橋である。国土交通省の工事で初めて急速施工法(UFO工法)が採用された⁴⁾(写真-1)。



写真-1 完成写真(原田高架橋)

発注者：国交省 四国地方整備局 香川河川国道
 工期：H16年1月～H16年11月
 施工場所：香川県丸亀市原田町
 構造形式：7径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋
 鋼製ラーメン式橋脚
 基礎工：鋼製直接基礎



図一1 橋梁一般図 (左:側面図, 右:断面図)

橋 長 : 192.5 m, 幅 員 : 16 m
 支 間 長 : 32.95 + 16 + 18 + 16 + 46 + 21 + 40.95 m
 (図一1)

(2) 施工法の特徴

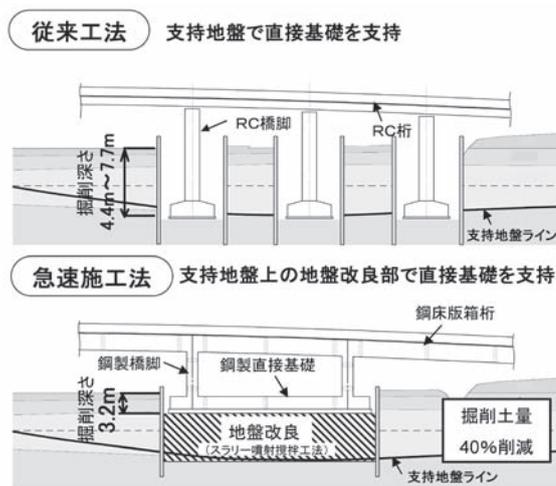
A2橋台の施工開始から常時片側1車線ずつの交通規制が必要であり、二次渋滞が問題とされた。そこで、本交差点の立体化事業では、高架橋部は建設費のみでなく、工事による社会的損失も併せて考慮し、現場施工の多いコンクリート構造主体の従来工法と比較した。その結果、トータルコストで有利な「鋼製の直接基礎を有する鋼床版箱桁ラーメン橋」をトラッククレーンで架設する急速施工法「UFO工法」を採用した。

上下部工は、プレファブ化により現場工期の短縮が図れる鋼床版箱桁と鋼製橋脚とで構成される。また、一体ラーメン構造とすることにより耐震性が向上すると共に、支承・伸縮装置が削減できるため走行性も向上し、維持管理費用も低減できる。

鋼製の上下部工により軽量化が図られ、基礎に作用する荷重が小さくなり、基礎部材にプレファブ化した鋼部材を採用することが可能となる。基礎構造は、格子状に配置した支持梁・つなぎ材とよぶ鋼部材とその下に敷いた薄厚のコンクリートフーチングから構成され、上下部工からの荷重は格子状に配置した鋼部材からフーチングを介して地盤へ効率的に分散される。上下部・基礎工のほぼ全てがプレファブ化され部材もコ

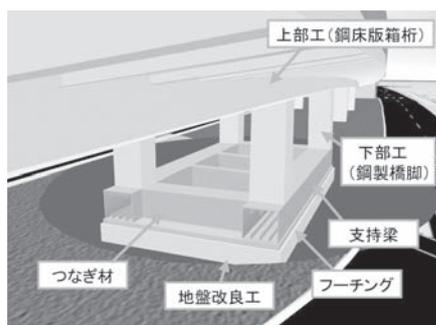
ンパクトなため、コンクリート構造を主体とした基礎に比べ大幅な工事期間の短縮と施工ヤードの縮減が可能となる (図一2)。

従来の直接基礎は、支持地盤まで掘削して、支持地盤上に据え付けるが、この方法では、掘削土が多くなり施工に時間がかかる。基礎工底面から支持地盤までの間を高架橋の荷重を支持するため必要な強度に地盤改良することにより、地盤掘削量を削減した (図一3)。



図一3 地盤改良による掘削土量の削減

限られた施工ヤードで迅速に部材を架設するため、鋼部材の架設工法は、施工ヤードを極力小さく支間毎にサイクル架設でき、取合い部(擁壁)と並行作業できることを条件とし、実績が多く経済的で機動性の高いトラッククレーン工法を選定した (写真一2, 3)。



図一2 構造概要 (原田高架橋)



写真一2 下部工・基礎の架設 (鋼製橋脚)



写真一3 上部工の架設 (鋼製橋脚)

(3) 施工法の効果

本工法と、上部工を中空 PC 床版橋（側径間部）と単純合成 I 桁橋（中央径間）とし、下部・基礎工を RC 橋脚・RC フーチングを用いる従来工法と比較する。

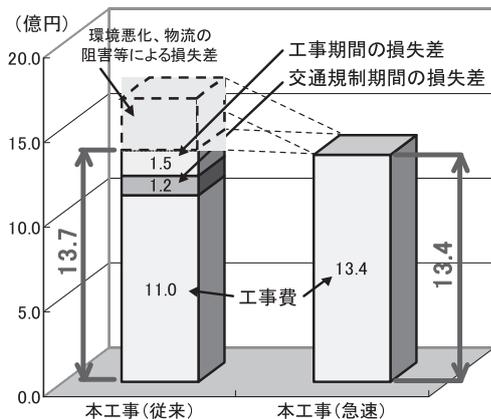
工事着手から完了まで（取合い部、下部工から舗装工、付属施設工まで）の工程では、従来工法が 25 ヶ月に対して 15 ヶ月と、約 40% の工期短縮が図れた。また、高架橋の工事期間および交通規制期間を比較すると、630 日→250 日（60%）および 315 日→185 日（40%）と大幅に短縮できた（表—1）。さらに、渋滞損出を考慮した経済効果では、図—4 のような差が生まれた。

表—1 従来工法と本施工法の工事期間・交通規制期間の比較

| 月 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 |
|---------------------|-------|--------------|---|---|---|---|---|---|---|----|----|--------------|----|----|----|----|--------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 工事全体の工期 | 従来工法 | 750日(26ヶ月) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 急速施工法 | 450日(16ヶ月) | | | | | | | | | | | | | | | 300日短縮(40%減) | | | | | | | | | |
| 高架橋工事(上下部工)の工期 | 従来工法 | 630日(21ヶ月) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 急速施工法 | 250日(8.3ヶ月) | | | | | | | | | | 380日短縮(60%減) | | | | | | | | | | | | | | |
| 高架橋工事(上下部工)における交通規制 | 従来工法 | 315日(10.5ヶ月) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 急速施工法 | 185日(6.2ヶ月) | | | | | | | | | | 130日短縮(40%減) | | | | | | | | | | | | | | |

「蔵前橋通り」と「平和橋通り」が交差する「たつみ橋交差点」は、交通渋滞が慢性化しており、地域住民の日常生活や経済活動に大きな影響を及ぼしていた。特に、蔵前橋通りは、朝夕に激しい渋滞が発生し、路線バスの遅れや消防車などの緊急車両の交通阻害、通過交通の生活道路への進入など支障をきたしていた。

本立体化事業は、「スムーズ東京 21 一拡大作戦」の一環として計画された東京都土木事業初の上下部一体設計施工一括発注方式である。施工は、現場施工を極力少なくし、大部分を工場製作にてプレファブ化し、現場では鋼桁の主桁張出し部を折り畳む方式を採用し、施工ヤードを最小限とし、工事に伴う二次渋滞を軽減させた。交差点部の施工は、利用者の安全確保と交通影響に配慮し交通規制を最短にして、多軸式特殊台車と吊上げ装置の併用で一括架設した。延長 818 m の立体化を設計から工事完了まで 1 年余の短期間で完成した（写真—4）。



図—4 経済効果



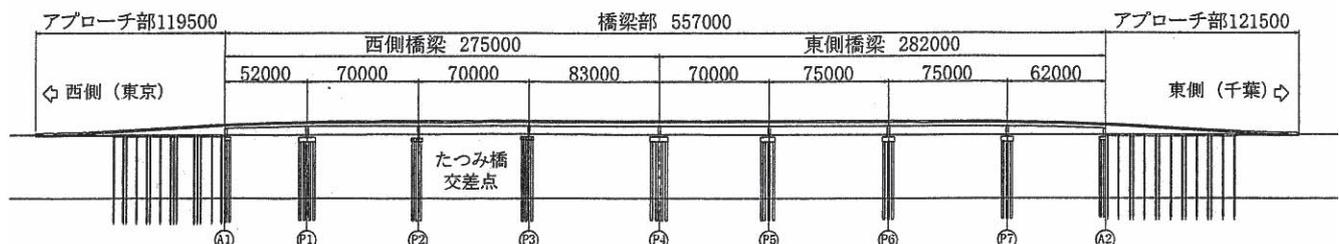
写真—4 完成写真（新小岩陸橋）

発注者：東京都 建設局
 工期：H18年10月8日～H19年10月26日
 施工場所：東京都葛飾区新小岩
 構造形式：4径間連続剛結鋼床版箱桁橋（2連）
 鋼製ラーメン式橋脚
 基礎工：鋼管杭，場所打ちコンクリート杭
 橋長：557 m，幅員：7.5 m
 支間長：52 + 70 + 70 + 83 + 70 + 75 + 75 + 62 m
 （図—5）

3. 新小岩陸橋

(1) 概要

東京都心部と千葉県を結ぶ重要な幹線道路である



図—5 橋梁側面図

(2) 施工法の特徴

基礎は、現場での施工条件、施工法を考慮し杭形式を選定した。A1, P1の場所打ちコンクリート杭にRCD（リバースサーキュレーション）工法（写真—5）、P4～P7, A2の場所打ちコンクリート杭にTBH（トップドライリバース）工法を採用した。P2, P3は、鋼管杭とし、覆工下での作業を容易とするため、油圧式全回転既製杭中掘り工法「SPACE21」（写真—6）を採用し、鋼管杭上部は、鉄筋コンクリートとの複合構造として、レベル2地震に対する耐力を確保した。鋼矢板には、油圧式圧入引抜工法を使用した。

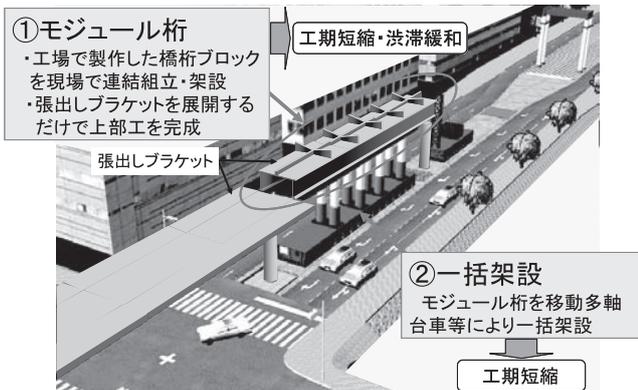


写真—5 場所打ち杭 (RCD 工法) 写真—6 鋼管杭 (油圧式中掘り工法)

上部工は、耐久・耐震・維持管理性に配慮し、急速施工を最大限に活かせる鋼床版箱桁と鋼製橋脚を剛結したラーメン構造を採用した。一般部 (P1, P4～P7) は、単柱鋼製橋脚とし、交差点部 (P2, P3) では、視距確保のため歩道部に橋脚柱を設けた門型鋼製橋脚とした。門型橋脚のフーチングは、歩道部での狭隘な施工条件、輻輳した埋設物の回避および施工日数の短縮から鋼製フーチングを採用した。

架設に用いた「すいすいMOP工法」⁵⁾ は、土木研究所との共同研究をもとに、開発されたモジュール桁工法、橋脚柱先行建込み工法などの要素技術で構成された急速立体交差技術である (図—6)。

モジュール桁工法は、上部工の主桁張出し部 (ブラケット) を上方に折り畳むことで、現道中央部に設け



図—6 すいすいMOP工法 概要図

た狭い作業帯幅 (6.4 m) での施工を可能とし、交差点部において右折車線の確保が可能となり、工程短縮も実現した。ブラケットの完成形状への展開は、交通量の少ない夜間などの時間帯に行った。

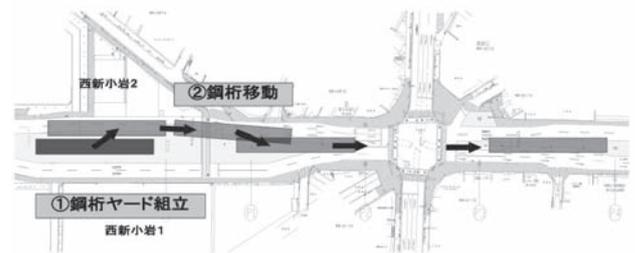
東側の橋梁上部工 P4～P5, P6～A2の3径間は、現道中央部に設けた作業帯でモジュール桁工法により地組立した。先行して橋脚柱部を架設し (写真—7)、各径間の桁を作業帯内で一径間分組立する。橋脚頭部に設置した吊上げ設備で、夜間 (22:00～翌朝5:00) に一括吊上げ架設した。P5～P6間は、交差点上のため大型クレーンを併用し、地組立し一括架設した (写真—8)。



写真—7 橋脚柱部架設状況

写真—8 桁地組立状況

西側の橋梁上部工 A1～P4は、交差点部であり作業帯が設置できないため、A1橋台背面に組立ヤードを設けた (写真—9)。ヤードで桁一径間分の地組立した後に、図—7に示すように夜間に最小限の交通規制を行い、多軸式特殊台車で架設地点まで移動させ、橋脚頭部に設置した吊上げ設備 (写真—10) により一括吊上げ工法にて架設した (写真—11)。多軸式特殊台車の上にターンテーブルを搭載し、移動時の桁の慣性や、レベル差を吸収させた。A1～P2, P4～A2間の



図—7 交差点部 鋼桁架設時交通規制図



写真—9 A1背面地組桁ヤード

写真—10 吊上げ設備

モジュール工法により一括吊上げ架設した主桁のブラケットは、吊上げ後、クレーンにて展開した。展開時は、高所作業車を併用し仮添接した。展開後に吊足場を設置し、ボルトなどの添接作業を行った（写真—12）。

アプローチ部は、U型とL型擁壁とした。U型部の床版はPCプレキャスト部材（写真—13）とし、L型部は軟弱地盤対策として、廃ガラスを再生利用して粉末化し添加剤を入れ発泡させた軽量盛土「スーパーソル」を活用し工程短縮を図った（写真—14）。



写真—11 一括吊上げ状況



写真—12 ブラケット展開状況



写真—13 アプローチ部 (U型部)



写真—14 アプローチ部 (L型部)

(3) 施工法の効果

立体化工事急速施工技术（すいすいMOP工法）の活用により、現場施工日数を通常工程より大幅に短縮させ、現場着工から109日（5.5ヶ月）という短期間で開通し、H19年10月15日に交通開放することができた（表—2）。開通後の交通量調査で、流入交通量は約7割減少し、交差点立体化の整備効果を確認している。完成後、つつみ橋交差点への流入交通量が半分以下となり、交通渋滞は解消され、ドライバーや地域住民から事業効果に対する評価の声が寄せられている。

4. 小坂高架橋

(1) 概要

小坂高架橋は、国道11号線と国道33号線松山環状線が交わる小坂交差点の立体交差橋である。クイックブリッジ工法⁶⁾の最初の実施例であり、上部工と基礎工との同時施工、および多軸式特殊台車による一括移動架設を用いて急速施工が実現された（写真—15）。

発注者：国交省 四国地方整備局 松山河川国道工 期：H17年3月17日～H19年3月30日

表—2 全体工程

| 種別 | 工種 | 平成18年度 | | | | | | 平成19年度 | | | | | | 備考 | |
|-------|------------|--------|----|----|---|---|------------------|-------------------------|---------|---|----------------------|--------------------|---|----|----|
| | | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | 10 |
| 立体化工事 | 鋼桁工場製作 | 鋼桁工場製作 | | | | | | | | | | | | | |
| | 準備工(作業帯設置) | | | | | | ▼工事説明会 H19/2初 | ▼つつみ交差点歩道橋撤去 H19/8下頃 | | | | | | | |
| | 下部工(基礎工) | | | | | | | 下部工(基礎工) | | | | | | | |
| | 上部工(鋼桁架設) | | | | | | | | | | ▼つつみ交差点架設 H19/8中頃 | | | | |
| | アプローチ工 | | | | | | | | 西側アプローチ | | | 東側アプローチ | | | |
| | 橋面工(高欄・舗装) | | | | | | | | | | | ▼立体部完成 H19/10下頃 | | | |



写真—15 完成写真 (小坂高架橋)

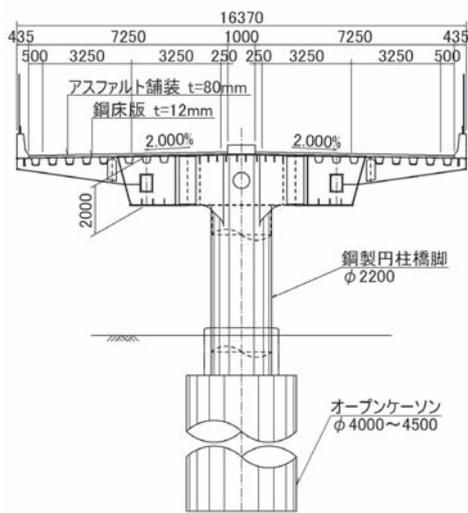
施工場所：愛媛県松山市枝松～小坂

橋梁形式：3径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋 (①),
4径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋 (②),
単純合成床版橋 (③)

基礎工：圧入式オープンケーソン、場所打ち杭

橋長：373m、幅員：15.5m (図—8)

支間長：41.85 + 42 + 39.85m (①：P5～P8),
53 + 68.5 + 53 + 51.35m (②：P8～P12),
19.2m (③：P12～A2) (図—9)



図—8 標準断面図 (単位: mm)

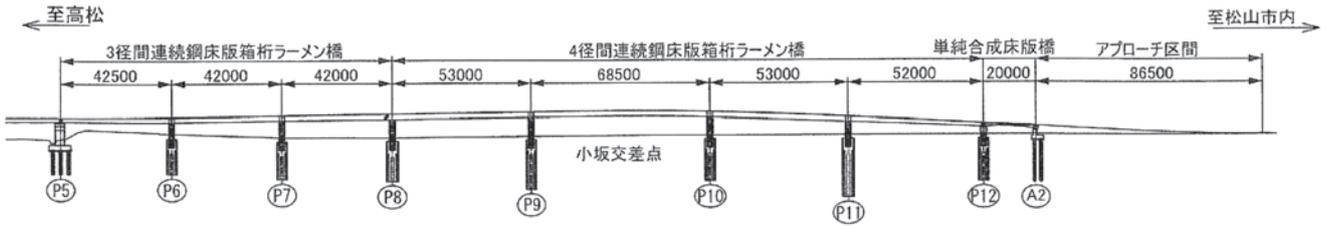


図-9 構造一般図

(2) 施工法の特徴

鋼製橋脚と基礎（圧入式オープンケーソン）との接合部には、橋脚と基礎とをフーチング・アンカーフレーム等を介さずに直接連結する鋼管ソケット接合方式「クイックピアジョイント」を採用した。圧入式オープンケーソンと鋼管ソケット接合の採用により、一般的な場所打ち杭やフーチングを用いる工法に比べ、施工スペースの縮小を図ることができる（図-10）。

鋼製橋脚が設置される P6～P12 は、基礎を狭い施工ヤードで施工が可能な圧入式オープンケーソンとし、基礎と鋼製橋脚の接合部に鋼管ソケット接合を採用した。鋼管ソケット接合は、鋼製橋脚をケーソン基礎の上部に設置した鋼管の中に差し込み、隙間にコンクリートを充填し接合する（写真-16、17）。

この方式は、鉄道関連の構造物では標準的な接合法として多くの実績があるが、道路橋での採用は少なく、

大規模構造物では初である。これらにより、低騒音・低振動で基礎が施工でき、交差点部における昼間片側4車線確保という条件をクリアした。

主桁は、3径間と4径間連続の鋼床版箱桁に鋼製脚を剛結したラーメン構造とした。橋脚基部には、一括移動時のジャッキダウン量を小さくし、架設速度および安全性を向上させるため現場溶接継手を採用した。

クイックブリッジ工法では、交差点付近の基礎工を施工中に、その後方の取付け道路部（アプローチ区間など）において上部工の地組立を行う（写真-18）。



写真-18 上部工と基礎の同時施工

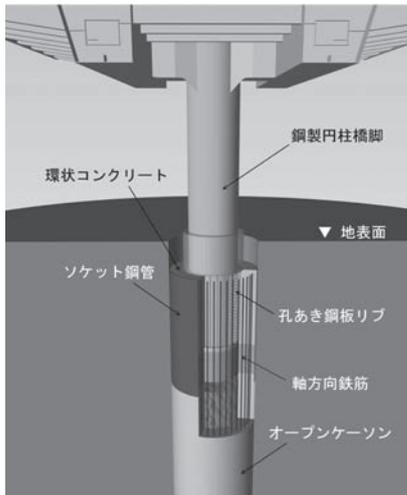


図-10 鋼管ソケット接合部 概要図

基礎の施工が完了した後、上部工を多軸式特殊台車により交差点上まで一括移動させ、所定の基礎位置に据え付ける。交差点部を含む3径間の鋼桁および鋼製橋脚を、多軸式特殊台車による一括移動で3回に分けて架設した。その後、残り部分をトラッククレーンベント工法で両側径間に向かって架設し、A2側のアプローチ部分を施工した（写真-19）。

一括移動架設の最大規模は、交差点上に設置する1回目（P9～P10径間）である。地組立により、舗装を除く工程（現場溶接、高力ボルト本締め、現場塗装、壁高欄等の付属物の取付けおよび足場の撤去）を完了させる（写真-20）。橋桁（長さ90m、幅16m、重さ8,000kN）を、1夜間の交通規制の時間内（22:00～翌朝6:00）に、多軸式特殊台車で交差点上まで約160m移動させ、開始から約1時間半で交差点上の所定の位置に到達した（写真-21）。

その後、4台の多軸式特殊台車上にセットされた油



写真-16 鋼管ソケットの設置

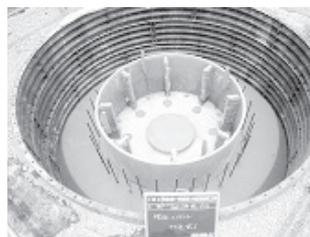


写真-17 環状コンクリート打設



写真一十九 上部工の地組立



写真二十 地組立完了状況



写真二十一 交差点の夜間一括架設の状況

圧式ユニットジャッキ（最大ストローク 2.2 m, 昇降能力 2,500 kN）により所定の高さまで降下させた（写真一 22）。あらかじめ橋脚の連結位置に設けた調整装置を用いて油圧ジャッキによる微調整を行った後、橋脚基部を連結した。アプローチは、大型重機もいらず工期が短縮できる EPS 軽量盛土を用いた（写真一 23）。



写真二十二 ジャッキダウン



写真二十三 EPS 軽量盛土

(3) 施工法の効果

本橋は、クイックブリッジ工法を採用し、現場交通

規制 12.5 ヶ月という短期間で終えた。工事は、トラブルもなく順調に進み、入札時に提案した現場施工日数より約 1.5 ヶ月早く高架橋 4 車線の交通開放ができた。

5. おわりに

会員各社の創意工夫により、早期の供用開始や交通環境の改善など所期の目的を達成した事例を紹介した。現時点においても急速施工技术に対する開発意欲は旺盛であり、競いながら工夫を加え、継続的な技術革新に活動を行っている。本報告が、今後の都市内交差点の立体交差事業の発展に寄与できれば幸いである。

最後に、資料を提供いただいた日立造船鉄構・川田工業、三菱重工鉄構エンジニアリング・戸田建設、横河ブリッジ・森組の各JVの皆様に感謝の意を表する。

J C M A

《参考文献》

- 1) ㈱日本橋梁建設協会：立体交差の急速施工。(2004.11)
- 2) ㈱日本橋梁建設協会：H17 年度技術発表会、橋建協小冊子、pp.7-19、(2005.10)
- 3) ㈱日本橋梁建設協会：H20 年度技術発表会、橋建協小冊子、pp.2-1-2-9、(2008.10)
- 4) 山田、豊崎、竹内、美島、田原、石山：原田高架橋の設計と施工、橋梁と基礎、Vol.39、No.9、pp.5-13、(2005.9)
- 5) 神宮、大波、栗原、北嶋、浅野、小林：立体交差急速施工技术「すいすい MOP 工法」上部工施工試験、土木学会第 59 回年次学術講演概要集、IV-155、(2004.9)
- 6) 佐々木、小田：YS クイックブリッジ工法の開発、建設機械、Vol.41、No.12、pp.44-47、(2005.12)

【筆者紹介】

古田 富保（ふるた とみやす）
 ㈱日本橋梁建設協会 技術委員会
 架設小委員会 委員
 ㈱横河ブリッジ
 取締役橋梁工事本部副本部長
 安全技術部長（工学博士）



大型移動吊支保工による4主桁の施工

—九州新幹線 第2地下道 Bv 外 3Cp 製架他—

後 閑 和 正・廣 畑 健 吾・下 山 強 美

大型移動吊支保工を用いた架設工法は、枠組支保工等を用いた一般的な固定支保工架設工法に対し、型枠および支保工の一部を開放・解体するだけで次の径間に移動し、1径間ずつ順次橋体を施工する工法である。国内では主に一定規模以上の多径間橋梁の高速道路に導入され、急速施工、省力化に加え、経済性や桁下空間で供用されている交通への支障を低減でき、かつ安全に施工されることが確認され、この工法の発展につながった。本工事においても経済性、急速施工の観点から大型移動吊支保工が採用された。本稿では、国内でも実績が少ない4主桁構造での大型移動吊支保工による施工方法を報告する。

キーワード：大型移動吊支保工、急速施工、省力化、プレファブ鉄筋

1. はじめに

第2地下道 Bv 外 3Cp 製架他工事は平成22年度末完成に向けて建設が進められている九州新幹線博多・新八代間、全長121.2kmのうち、福岡県那珂川町の東部に位置する橋梁工事である。写真-1に沿線の状況を示す。本線の両側にはJR西日本博多総合車両所、幹線道路があり、周辺は住宅が立ち並ぶ市街地工事でもあることから、周辺環境に配慮した慎重な施工法が求められた。本工事には径間長35mの単純PPC桁橋が28連あり、経済性、急速施工の観点から大型移動吊支保工が採用された。



写真-1 沿線の状況

2. 工事概要

工事名：九幹鹿 第2地下道 Bv 外 3Cp 製架他
 工事場所：福岡県那珂川町中原～松木地内
 工期：平成18年3月～平成21年3月
 発注者：(独)鉄道・運輸機構九州新幹線建設局
 橋長：17@35.0 + 1@45.0 + 1@25.0 + 11@35.0
 + 1@30.0 = 1080.0 m
 幅員：11.2～11.3 m
 構造形式：PPC 単純 T 桁橋
 平面線形：∞～R = 5000 m
 縦断勾配：18.8～35.0%
 架設工法：移動吊支保工、固定支保工、架設桁架設、クレーン架設

図-1に本工事の全体一般図を示す。

表-1 主要材料

| 項目 | 仕様 | 単位 | 数量 |
|--------|-----------------------------------|----------------|------|
| コンクリート | $\sigma_{ck} = 40 \text{ N/mm}^2$ | m ³ | 8633 |
| PC鋼材 | SWPR7BL 12S12.7 | t | 249 |
| 鉄筋 | SD345 | t | 1521 |
| 支承 | Aタイプ支承 | 枚 | 252 |

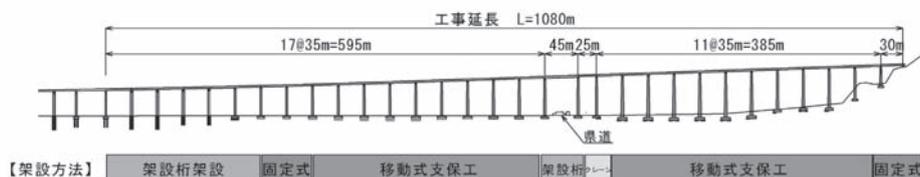
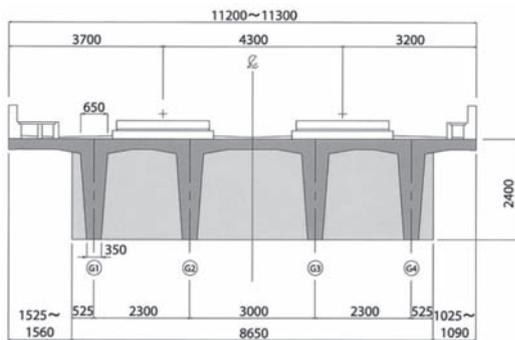


図-1 全体一般図

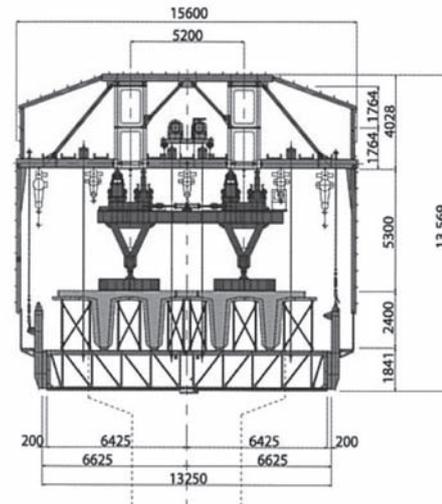
3. 大型移動吊支保工による施工

(1) 橋梁概要

移動吊支保工で施工する主桁断面を図一2に示す。主桁断面はPPCT桁の標準設計を基本としており、型枠トラスの脱枠作業が容易になるようにウェブ厚さを変更している。主方向はPPC構造で横方向はすべてRC構造である。曲線部では主桁は直線で製作し、張出し床版で調整しており、桁長変化については端部横桁厚さを変化させることにより対応している。



図一2 主桁断面図



図一3 移動吊支保工断面図

表一2 移動吊支保工諸元

| 部材 | 重量 |
|-------|--------------|
| 主桁 | 286 t (63 m) |
| 手延桁 | 32 t (21 m) |
| 上部トラス | 173 t |
| 型枠トラス | 176 t |
| 支持台 | 69 t |
| ペント材 | 19 t |
| 総重量 | 755 t |

(2) 移動支保工の構造

(a) 主構

本橋で使用している移動吊支保工の断面図を図一3側面図を図一4に示す。本橋の径間長は35mと移動吊支保工での適用支間としては比較的長いこと、単純桁であること、コンクリート打設時の支間中央に作用するモーメントが大きくなることから2段のガーダーを採用した。

移動吊支保工の諸元を表一2に示す。

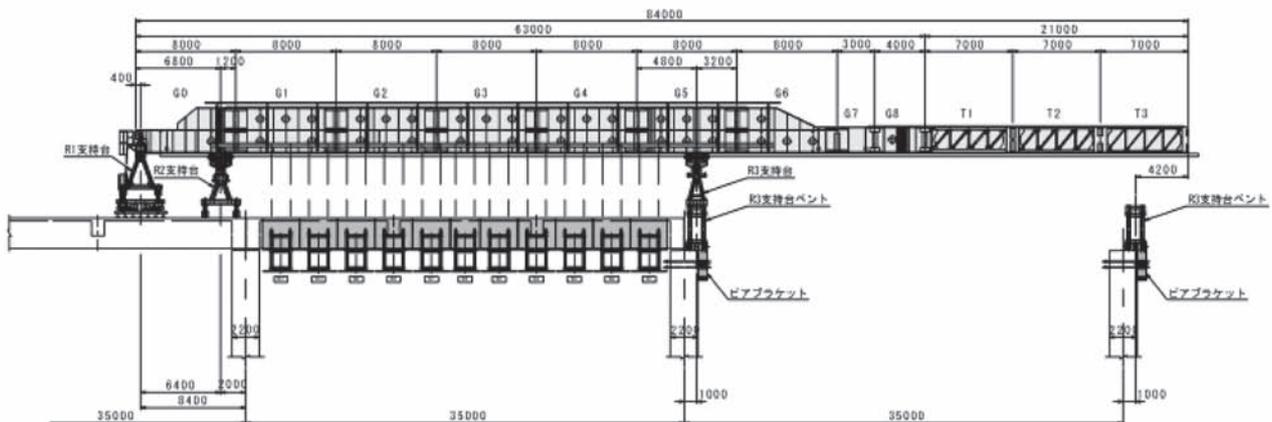
(b) 支持台

前方の支持台については単純桁であるため、橋脚上

に直接、支持台を設置する必要があるが橋脚の幅が2.2mであり、1m程度の設置スペースしか確保できないことから図一5に示すピアブラケットを設置し、PC鋼棒にて下部工と連結する構造を採用した。

(c) 型枠トラス

本橋の型枠トラスは図一3に示すように中間横桁位置を考慮した長さ約3mの11ブロックで構成されている。型枠トラスの開放要領を図一6に示す。本橋は左側に博多総合車両所(写真一2)、右側には町道(写真一3)が近接しており、型枠トラスの吊り位置を左



図一4 移動吊支保工側面図

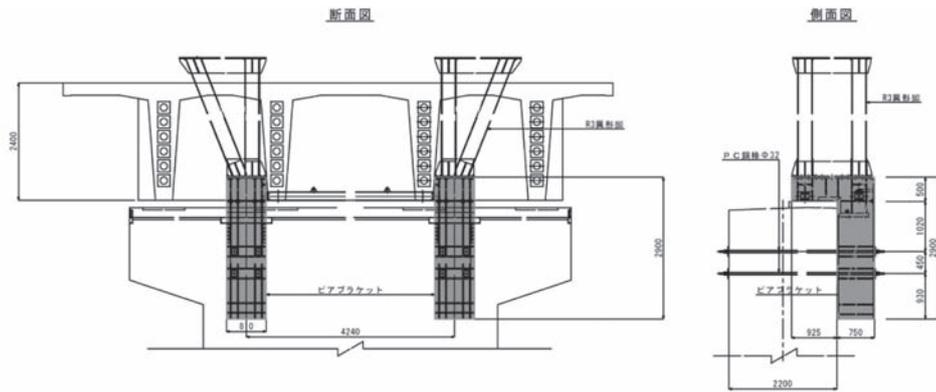


図-5 ピアブラケット

右変更することにより、必要な安全離隔を確保した。
 計画段階において4主桁の断面形状および中間横桁
 (厚さ1m)によりコンクリート打設後の脱枠作業が
 容易に行えないと判断した。その対策として側枠は図
 一7に示すように底板とはピンで連結し、ウェブ付

け根部はスリット構造とした。中間横桁は図-8の
 ように中間部に抜きプレートを設置して脱枠しやすい
 構造とした。

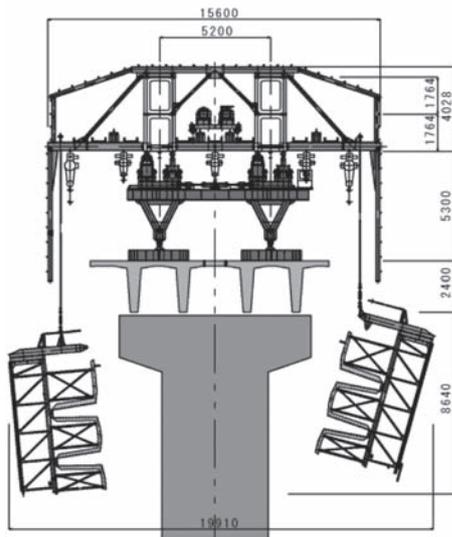


図-6 型枠トラス開放



写真-2 博多総合車両所側



写真-3 町道側

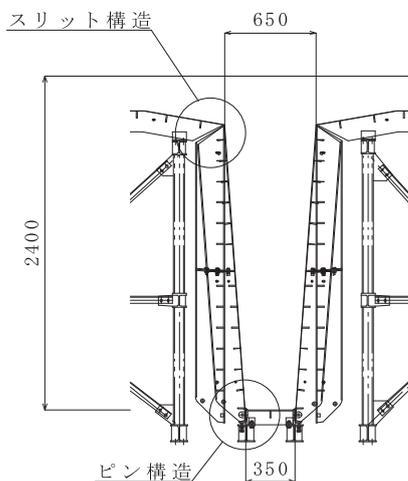


図-7 側型枠

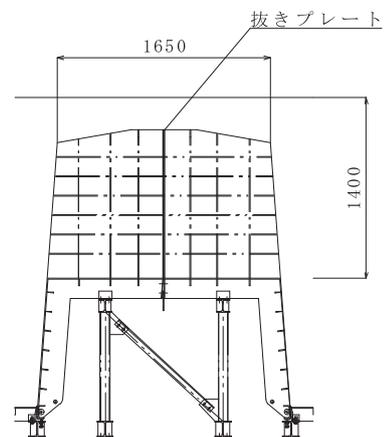


図-8 中間横桁型枠

(3) プレファブ鉄筋

主桁鉄筋及びシースの組立は、桁断面形状が最小ウェブ厚 350 mm と非常に狭く、固定された型枠内での組立作業は困難である。型枠上面で鉄筋を組み立てた場合、作業スペースに制約を受け作業能率が低下する。そこで工程短縮の観点から主桁部の鉄筋及びシースの組立をプレファブ化することにより、型枠上面での鉄筋・シースの組立て作業を軽減し、施工サイクルの短縮と安定した品質の確保を図ることとした。

プレファブ化は、あらかじめ主桁1本分のスタラップを5ユニットに分割し、移動吊支保工の背面部の組立ヤードに設置した架台(図-9)を利用して組み立てる。

組立終了後、それぞれのユニットを運搬し、移動吊支保工内に吊り込み、型枠上面で1本の主桁として組立結合する。背面部で固定定着具をセットしたPC鋼材をウィンチにて挿入し、8台の電動チェーンブロック(8台を同時に制御可能なユニットコントロールタ

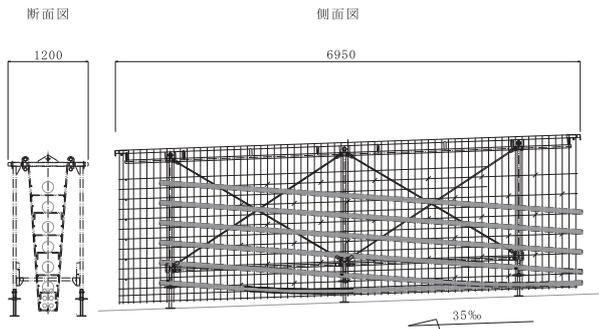


図-9 プレファブ鉄筋架台

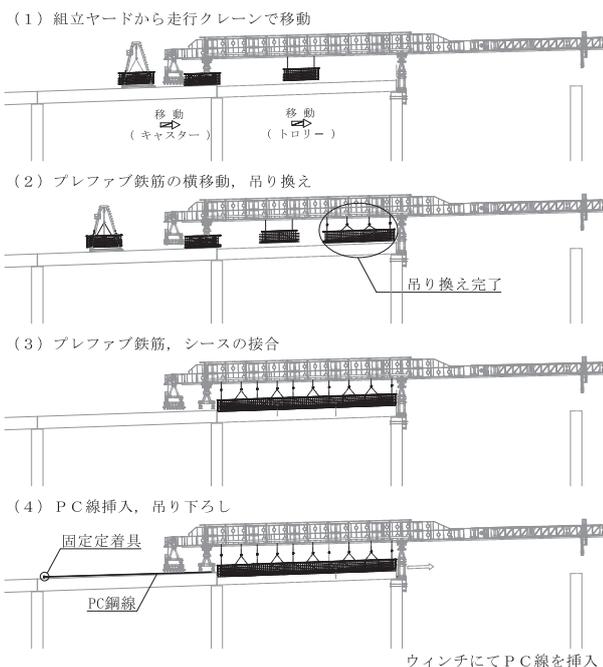


図-10 プレファブ鉄筋組立手順

イブ)にて一斉に所定の位置に吊り下ろしセットする。図-10に組立手順、図-11にユニットの横移動要領、図-12に接合後の吊り下ろし要領を示す。

プレファブ鉄筋の運搬から吊り下ろし完了までの施工日数は3.5日であった。本橋では主桁鉄筋のプレファブ化のほか、鋼角ストッパー補強筋、電柱基礎鉄筋のユニット化も行った。

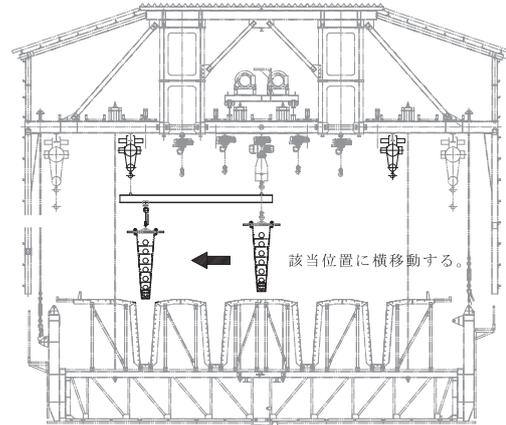


図-11 横移動要領

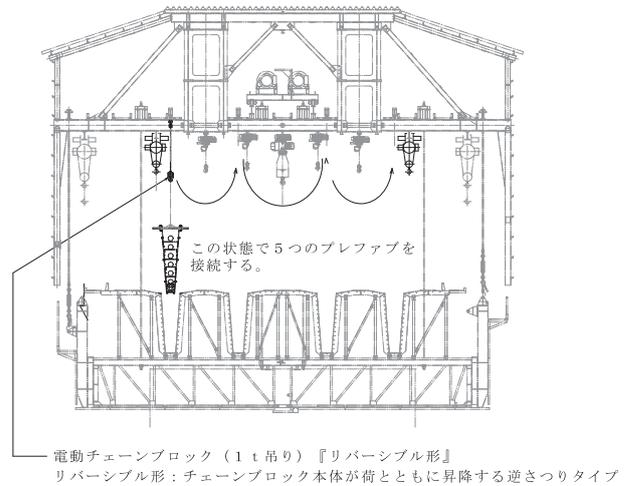


図-12 吊り下ろし要領

(4) 県道上 (L = 45m PCT 桁) の移動

移動吊支保工の施工区間では図-13に示すように県道上及び隣接桁が45m、25mとなっているため、移動吊支保工を通過させる必要がある。

県道上の移動は県道と橋脚の間に型枠閉鎖が可能なスペースがあったため、図-14に示すように型枠トラスの開放を行い、ガーダーを移動して県道手前のスペースを利用して型枠トラスを閉鎖する方法を採用した。

45m桁は桁高が2900mm(標準部2400mm)の6主桁であり、通常時の高さでは型枠トラスが主桁に干渉するため、吊りチェーンに長さ調整用のターンバツ

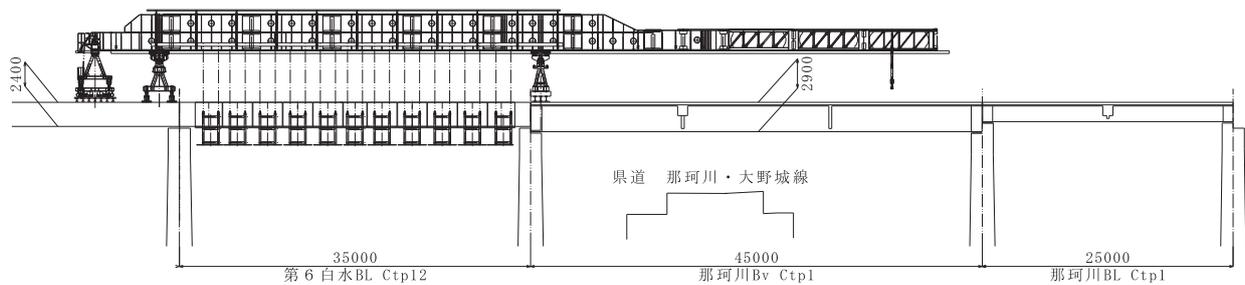


図-13 県道上の移動要領

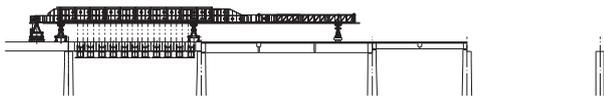
クルを追加して対応した。県道上の通過は1回目(35m移動)の移動後、支持台の移動が必要であり、5日間程度、県道上に型枠トラスが吊り下がった状態となるため、トラス内の防護等、安全対策を施した。

県道上の通過は昼間に行い、約10日間で無事、支保工移動を完了した。

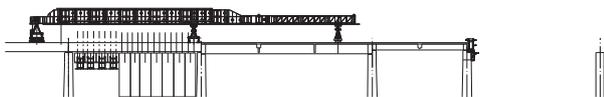
なお、県道上PCT桁は架設術架設にて先行施工を行ったため、手前の径間の緊張は上縁定着方法を採用した。

についてはR3支持台移動後の作業となり、通常の先行施工が行えない。プレファブ鉄筋等の採用により省力化も図られ、1サイクルの標準工程は18日である。

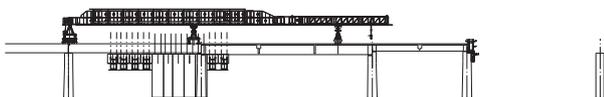
(1) 支持台移動



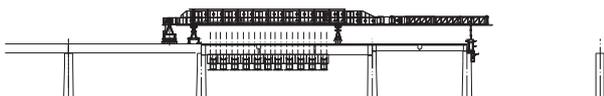
(2) 型枠トラス開放



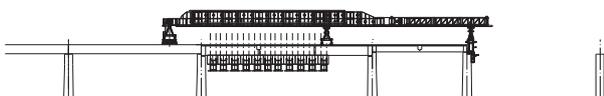
(3) ガーダー移動, 型枠トラス閉合



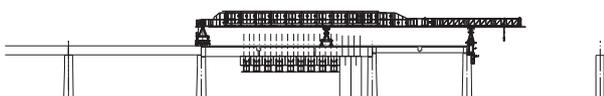
(4) 35m移動完了



(5) 支持台移動



(7) ガーダー移動, 型枠開放



(8) 70m移動完了

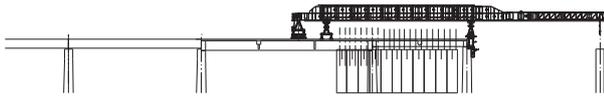


図-14 県道上の通過

4. 標準サイクル工程

本橋の標準サイクル工程を図-15に示す。型枠閉合を含む支保工移動は博多総合車両所、町道の交通規制が伴うため、1.5日要する。また、起点側の支承工

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
|---------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 緊張工 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 型枠脱型・降下 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 支持台移動 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 支保工移動・据付 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 型枠吊上・調整 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ストッパー・支承型枠 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 鉄筋・PC鋼材組立 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 型枠組立(横桁・電柱基礎) | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| コンクリート打設 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 養生 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

図-15 標準サイクル工程

5. おわりに

本橋は大型移動吊支保工でのサイクル工程の確保、作業内容の省力化、安全性の向上を目的に施工方法の改善、施工機械の提案を実施した。本報告が同種工事の参考となれば幸いである。

JCMA

【筆者紹介】



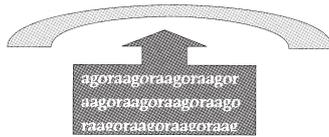
後閑 和正 (ごかん かずまさ)
御鉄道・運輸機構 九州新幹線建設局
那珂川鉄道建設所



廣畑 健吾 (ひろはた けんご)
㈱富士ビー・エス
施工本部九州支店工事チーム



下山 強美 (しもやま きょうみ)
㈱富士ビー・エス
土木本部土木技術グループ



橋梁模型コンテスト優勝への軌跡

和歌山県立和歌山工業高等学校

「チームきむら」 木村 数馬・大西 俊樹・黒川 晃一

募集要項

まちの中にあるたくさんの橋。いつもは何気なく渡っている橋。そんな橋の「橋梁コンテスト」を世界一の吊橋「明石海峡大橋」を背景に開催します。

このコンテストは平成14年から6回開催した「メロディブリッジコンテスト（音を奏でる橋の製作コンテスト）」を継承したコンテストです。

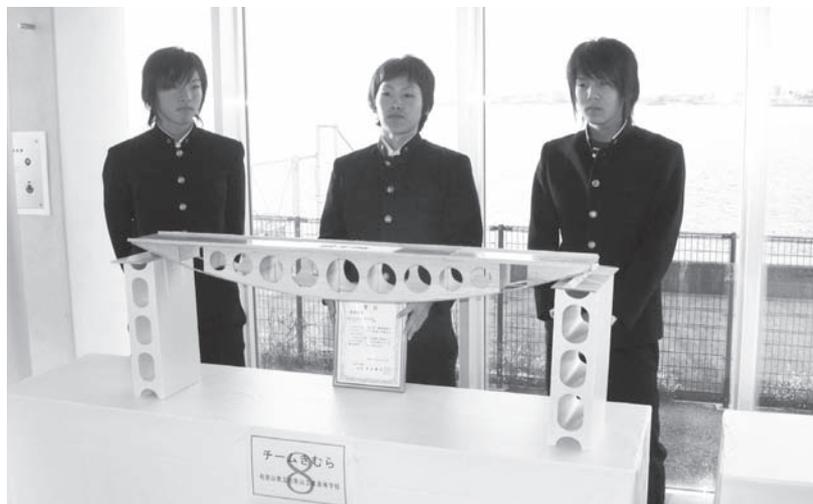
みなさんの自由で豊かな発想によって、明石海峡大橋に負けない橋をつくってみませんか。

ひとつでも多くの作品が、実際の橋へと生まれ変わることを期待しています。

課題

| | |
|----------|---|
| ①支間・橋長 | 支間（span：1200 mm）の間に橋梁模型を架ける。 橋長（全長）は1250 mm 以上とする |
| ②幅員 | 幅員140～180 mm の道路面を有し、構造体の中で保持する。 |
| ③総重量 | 総重量は、1500 g 以内とする。 |
| ④高さ・下限 | 橋の高さ（主塔等）は道路面より600 mm（支間の1/2）以内とし、下限は載荷位置（支承）より350 mm 以内とする。 |
| ⑤形式・デザイン | 橋梁形式は、デザインは自由とするが、移動荷重による載荷が可能な構造とし、橋脚は設けないものとする。 ○載荷は、質量20 kg の走行荷重を道路面に載荷する。 ○載荷概略図を参考に、移動荷重（車両）が走行可能な空間及び平坦性、耐久性を確保した構造とすること。 ○移動荷重が走行するため、地覆（道路面より5 mm 以上、幅は自由）を設けること。 |
| ⑥アンカー | 吊橋などでアンカーを必要とする場合は、事前に事務局に連絡下さい。 （必要なアンカーを準備します。） |
| ⑦使用材料 | 使用材料、材料費の制限は一切ありません。必要な材料の調達は各自行って下さい。 |

キーワード：原寸図，使用材料，軽量化，デザイン



写真—1 記念写真

1. はじめに

私たち、和歌山工業高等学校土木科課題研究橋梁模型班は、募集要項にある「メロディブリッジコンテスト（音を奏でる橋の製作コンテスト）」に参加する予定で、先生の指導のもと4月から製作にかかりました。

夏休みが過ぎ2学期になって、今まで参加していたコンテストが今年度から橋梁模型コンテストに替わったと聞き、どのようにすればよいかわからなくなりました。



写真-2 プレゼンテーション

2. 設計図の作成

私たちは、橋梁模型を製作するのが初めてのため、どうしてよいか分からず困っていると、指導して頂いている先生が強度計算をしてくれて、また図面も原寸図をCADを用いて書いて頂きました。

橋に作用する圧縮力は、床版に用いた幅150mm厚さ3mmのバルサ材と5mm角の桧材4本で持たせ、引張り力は、竹を割って幅約6mm厚さ約3mm位に加工して2本使用した。

3. 使用材料の選定

基本的に軽くするために、模型材料であるバルサ材・桧材・竹材を用いることとした。床版は、150×3×900のバルサ板、床版の下に5×5×900の桧の角材、縦桁は120×3×900のバルサ板、縦桁の下縁に引っ張りに強い竹を用いた。地覆には、厚さ3mm幅100mmのバルサ材を規定の5mmの幅にカットして用いた。ウレタン樹脂塗料を用いて仕上げをした。この塗料は、家の木の床に塗るワックスで塗膜が強靱で、橋を一体性とし、また移動荷重が載る路面バルサの強度を上げることが出来る。

4. 軽量化の対策

軽量化のために、橋の形式を上路橋とした。これは、床版を支える梁を道路幅員より小さくでき横桁の重量を減らすことが出来る。橋の形式を逆アーチ形式とした。これは、梁に作用する曲げモーメントの形と同じようにすることと、圧縮力を床版である、3mmのバルサ材と5mm角の桧材を接着して用いた。引張り力は、引っ張りに強い竹を用いた。桁は3mmのバルサ材の下縁を丸い形にし、モーメントも小さくなるころは桁高を小さくし、全体に丸みを持たせた。また桁にも径の違う円形の穴をあけ軽量化を図った。横桁は桁が安定とせん断力に潰れないように最小限とした。

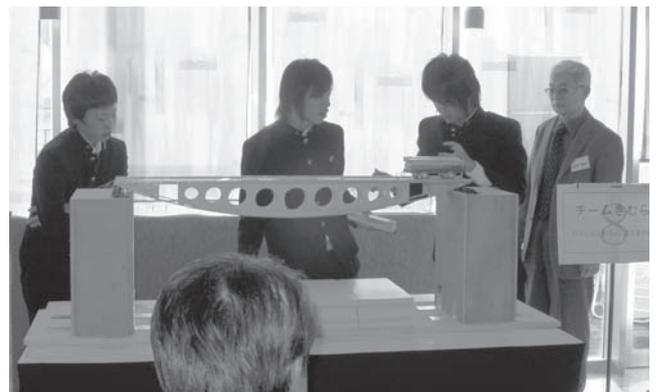


写真-3 載荷開始

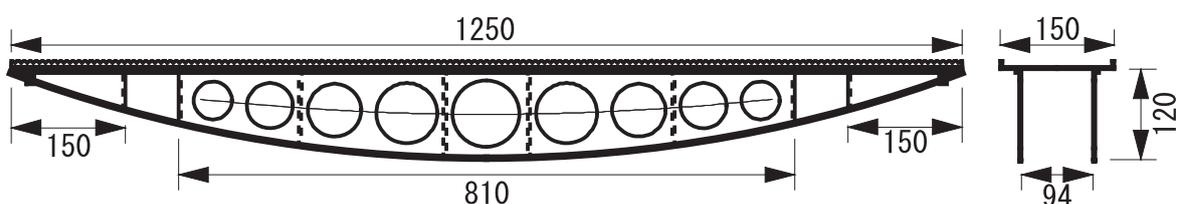
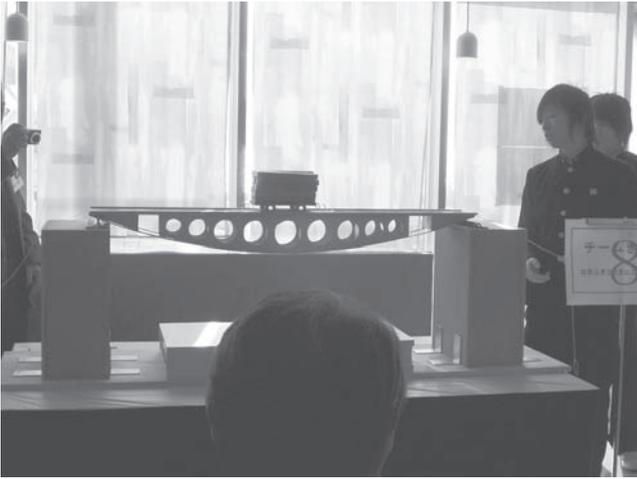


図-1 施工原稿図



写真—4 载荷中

5. デザイン

床版上の道路面を移動荷重が通るため水平とし、下部を逆アーチ形式として丸みを持たせた。また桁にも径の違う円形の穴を開けて軽量化とデザインとした。



写真—5 表彰式

6. 製作において苦労した点

まず最初に桁の部分の丸みをもたす部分の製作をして、次に円形カッターを使用して穴を開ける作業をしたが、中心の位置がずれて丸く穴を開けられなかった。また、支点近くに三角形のバルサ材を4枚作るときバルサの木目に沿って割れてしまい斜めの切断が難しかった。床版のバルサ材に5mmの角材を木工ボンドで接着し、そのバルサ材と角材に穴の開いた桁を接着した。ここまでは原寸の図面の上で行うことが出来

たのであまり難しくはなかったが、次に桁の下端に付けた竹材の接着には苦労した。まず直径8cm位長さ1.3mで真っ直ぐな青竹を知り合いの竹林より切って頂き、それを鉋で半分に割り、またそれを半分に割り所定の大きさまで割る予定でしたが、竹はきれいに直角に割ることが出来なかったり、また幅が目に沿わず一定にするのに苦労した。そのために最後は幅1cm位にして、仕上げはカンナを使って竹を削って幅6mm厚さ3mmに2本仕上げた。それを橋の下端部に接着するとき形状が円形なので竹がきれいに曲がってくれず、また桁のバルサと竹を瞬間接着剤を用いたが、何回してもなかなかうまくいかなかった。そこで両端に穴をあけ竹と角材バルサ材と一緒に細い針金で固定して接合させた。次に地覆を付け、ウレタン樹脂塗料を塗って仕上げた。この塗料は、粘着性が強く乾燥すれば非常に堅くなるので、路面のバルサが移動荷重により壊れることがなくなった。しかし液だれをして硬化すると、橋とまくら木が接合して取れなくなって、はずすのに苦労した。

コンテスト当日、神戸市の橋の科学館では11チームがいろんな橋を展示して、来客の一般審査と専門審査、重量計測、プレゼンテーション、耐久性・安定性の各審査が行われた。参加校は7校で大学から2校、高等専門学校も参加していたので、最初これはまずい（負ける）と思いましたが、結果優勝できて今までの苦労が吹っ飛びました。

(2009年2月24日受付)

J C M A

【筆者紹介】

木村 数馬 (きむら かずま)
和歌山県立和歌山工業高等学校
土木科3年



大西 俊樹 (おおにし としき)
和歌山県立和歌山工業高等学校
土木科3年



黒川 晃一 (くろかわ こういち)
和歌山県立和歌山工業高等学校
土木科3年



ずいそう

芸のある人々

田中正善



他人を評価する場合に、「芸術肌」や「一芸に秀でる」というような表現を使うように、「芸」という言葉は、何かにつけ魅力のあるものとして扱われることが多いようです。一方、「芸の無い奴」というと堅苦しく面白みに欠ける人を表すネガティブな表現になります。

「芸」という文字を使った言葉を挙げてみると、芸術、芸能、演芸などがすぐに思いつきます。英語で言うと、art や entertainment に相当するでしょうか。これらの言葉が意味する領域は実に幅広いのですが、一括りにすると創造活動を行う場だといえます。ここで活動する人々、つまりアーティストやクリエイターと呼ばれる人々の行いは、私のような工学の領域に携わる者の目には奇異に、そしてたいそう魅力的に映るのです。

英語の technique や technology という言葉の語源はギリシャ語の $\tau \epsilon \chi \nu \eta$ (テクネー) であり、art という言葉の語源はラテン語の ars だとされています。興味深いのはこれら2つの単語は言語が異なるだけで元々は同じ意味であったということです。古代社会では純粋に美的価値を求める活動というのは明確に定義されていなかったのかもしれませんが、生活のため、あるいは宗教のための活動技術に基づく作品が、後になって美的価値が見出されたというケースも多いことでしょう。

私は1991年から2007年までにわたってソニーグループのビデオゲーム機であるプレイステーション本体やそのコンテンツであるゲームプログラムの開発に関わっていました。プレイステーション等のビデオゲーム機というものは、単なる電気製品ではなく、ゲームというコンテンツをユーザーへ届けるためのプラットフォーム(土台)なのです。これはまさに技術と芸術が混ざり合う汽水域だといえます。

優れたコンテンツを創造するチームには、ほぼ必ずと言っていいほど強烈で魅力的な個性を持った人材がいるものです。彼等の特徴として第一に挙げられるのは、オリジナリティを追求する姿勢でしょうか。もちろん工学論文においても独自性や先進性がなければ認められないものですが、彼等が求める自己表現・自己追求は、単純に商売を成功させるための他社との差別化というレベルを超えたものだと感じます。彼らはク

リエーターと呼んで差し支えない存在でしょう。

ゲーム機のコンテンツは技術的に見ればコンピュータプログラムですから制作の為にはプログラマの存在が不可欠です。その他にグラフィックやサウンドのデザイナー、企画をまとめるプランナ達がチームを構成します。

近年では半導体技術等の進歩によってゲーム機の演算性能や描画能力はずいぶん向上して映像表現力が高くなりました。昔のゲーム機では、限られたリソースで如何に効率良くプログラムを書くかとか、少ない色数で如何に豊かな表現を行うかという省資源的な能力が求められていました。しかし現在では豊富なリソースを使いこなしてオリジナリティを出せるだけの富豪感覚がクリエイターにもプログラマにも要求されます。

クリエイターの描いたビジョンはプログラムとして実現しなければなりません。使用するハードウェアで実現不可能なビジョンをいくら描いても作品としては成立しないのです。そのためにもプログラマはハードウェアの高い性能を引き出すだけでなく、クリエイターのビジョンを実現するための柔軟さを併せ持つ必要があります。制作チームは全体として、「芸」を作り出していると言えるでしょう。このようなクリエイターと技術陣が連携する構図は、メディアを通じた創造活動のすべてに当てはめることが可能です。しかし、コンピュータプログラムという特に自由度の高いメディアを基にしているゲームコンテンツ制作では特にプログラマの活動領域が広く、これはエンジニア冥利に尽きると思います。

エンタテインメントはそもそも生活必需品ではありません。しかし、生活に潤いをもたらす大切な要素となっています。己の個性と創造力の成果を発信する人々、それを受け止めて楽しむユーザー、そしてそれを支える技術陣という、この素敵な三角形の一角を担う経験ができたことは大変幸せな経験だったと思っています。

ざいそう

メタボとランニング

中西康博



メタボという言葉は初めて聞いたのは3～4年前のことと思います。この言葉は急速に市民権を得、今では聞かない日がないほどになりました。そのような中、昨年4月から特定健診制度並びに特定保健指導、いわゆるメタボの指導が始まりました。この指導の義務化を聞いた時、正直余計なお世話だと思いました。自分の体のコントロールは自身で行うもので、他人から言われたからと言ってできるものではなく、さらには健診の結果判定基準の一つがウエスト85cm以上であり、身長に関係なく荒っぽい基準だったからです。

私は元来両刀遣いで、お酒も甘いものも大好きで、今から10年少し前その量が徐々に増え、いわゆる中年太りになりました。そのことに気が付いたのは今でも忘れませんが、久々にズボンを買に行きウエストを測ってもらった時のことです。それまで84cmあるいは86cmのものを買っていたのが、その時92cmと言われ、聞き間違いではないかと思うぐらいで非常にショックを受けました。家に帰ってから量るとベストが62～63kgであると思っていた体重が71kgまでになっていました。なぜ急激に体重・ウエストが増えたかと考えてみると、お酒・甘いものの量が増えたのは勿論ですが、その数年前にスキーで右膝関節を複雑骨折し、今まで行っていた昼休みや週末のランニングをやめたからでした。

私は中学から大学までずっとバスケットボールをしていましたので、体を動かすこと、走ることは大好きで、社会人になってからも骨折をするまではずっと何らかの形で走ることを続けていました。そして40歳になるまでには一度フルマラソンを走りたいという夢を持ち、38歳の時、兵庫県の篠山ABCマラソン大会に初めて参加しました。それまでも10kmやハーフマラソンは何度も走っていましたが、30km～35km位に襲ってくる膝の痛みはフルマラソン独特のもので、制限時間ギリギリで完走した時は本当に涙のゴールでした。

その時は、有名人ランナーのはしりとも言える、フォークソング歌手の高石ともやさんが朝、京都から篠山まで走って来て引き続きフルマラソンに参加していたことを覚えています。

骨折後数年間はおとなしくしていましたが、このように走ることは好きでしたので、またランニングを再

開したいという気持ちが湧き始めました。それがまさに上記体重が増えた時期でした。ランニングを再開するには膝のためにも体重を減らさなければならぬので、まずダイエットに挑戦しました。

その時の方法は、

1. 家ではお酒も甘いものもやめる。
2. 食事の量、特に炭水化物は減らす。
3. 夕食後、エアロバイクを1時間漕ぐ。

でした。

当初3か月くらいの間、ほとんど体重は変わりませんでした。それを過ぎるとステップ状に減りだし、6ヶ月後には12kgの減量を達成しました。面白いもので、毎日体重計に乗り、体重が下がるのを実感できるとダイエット自身が面白くなり、6～7kg減量したころ、家内からそれ以上やせると病人のように見えるからと言われてもせせせと続けました。まさにダイエット病にかかったという感じです。その甲斐あって、またランニングを始めることができ、10km程度までの距離は走れるようになりました。しかしその後、忙しくなったこともあり、ここ8年ぐらいは運動をあまりしなくなりました。

昨年4月の特定健診では案の定、ウエスト86cmで引っかかりました。その後、6月に初めての単身赴任で札幌にやってきましたが、食事のバランスが悪くなり、又運動量も少なくなったため、昨年11月に特定保健指導を受けた時には、ウエストが91cmまでになっていました。

特定保健指導を機に、今また十数年前と同じダイエットに挑戦しています。但し、運動は血糖値の観点より食後の方が良いとの指導を受けたので、エアロバイクは食後にするようにしています。その効果が現れ、徐々にウエスト・体重が減ってきています。この随想が掲載される頃には目標数値を達成し、膝の状態と相談しながら今年、あるいは来年の札幌マラソン（ハーフ or 10km）を走りたいと思っています。自分の体のコントロールは当然自分自身の意思・努力・継続で行うものと思いますが、今回の特定保健指導は一つのきっかけを与えてくれたと思っています。

CMI 報告

バックホウ支援システムの 現状と課題

上石 修二

1. はじめに

バックホウオペレータは、土木工事現場の掘削作業等において、設計情報と測量結果に基づき設置された“丁張り”を目視で確認して作業を実施している。これに対して、オペレータにバケット刃先位置、および設計との差分を表示するインターフェイスが測量機器メーカーにより提供されるようになってきている。

本報告では、このバックホウのオペレータへの支援システム（バックホウ支援システム）について、(株)ニココン・トリンプル、(株)トプコン、ライカジオシステムズ(株)の3社より提供されているシステムの概要を報告する。

2. 全体システム構成

バックホウ支援システムは、オペレータがバックホウを操作する上で必要となる情報を提供するもので、バックホウが現在有る場所の「設計データ」と、「バケット位置の良否判定データ」（後出）を提供することで、掘削工・法面整形工を効率的かつ正確に行うことを目的としたものである。

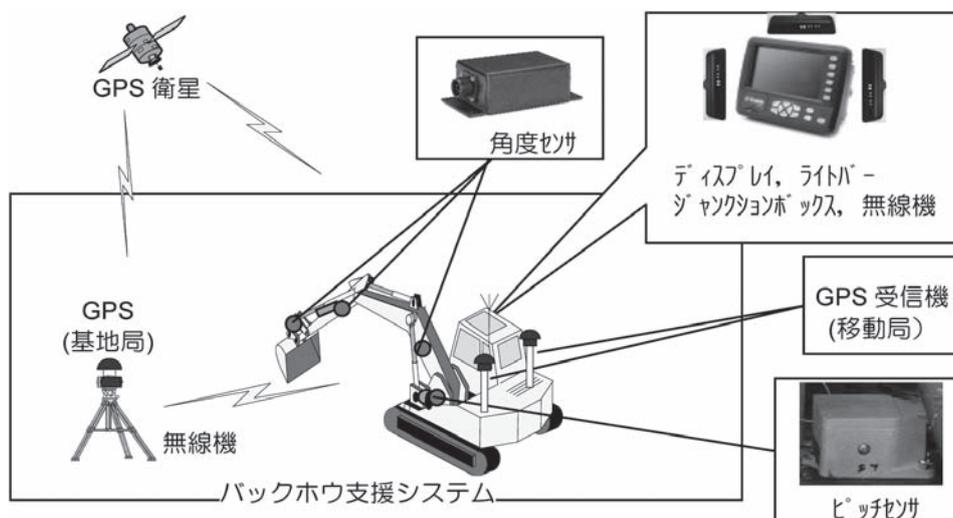
このシステムは、作業中常に変化している、バックホウ車体の中心位置、向き、傾斜（ピッチング、ローリング）と、バケット位置を計測・演算できる機器を有する施工支援システムである。システム構成を図一1に、搭載機器を表一1に示す。

表一1 バックホウ支援システム搭載機器

| 機器 | 計測データ |
|------------------------|-----------------------------|
| ① GPS 受信機 | 本体位置（3次元座標） |
| | 本体向き（機軸に対する回転角） |
| | GPS 補正情報【基地局】 |
| ② 傾斜センサ | 本体ピッチング、ローリング |
| ③ 変位センサ 傾斜センサ | シリンダストローク (作業機装置支点角度に変換) |
| | 作業機装置支点角度 |
| ④ コントロールユニット およびモニタ | 設計とバケット位置との差異等 |

3. システムの利用の効果

バックホウ支援システムによる掘削工では、バケット位置（刃先位置）の3次元座標から、3次元設計データとの差分を算出し、操作中に常時オペレータへ提供することで、従来の法丁張り・トンボ丁張りの設置が



図一1 バックホウ支援システムの構成

ほぼ不要となる。

また、オペレータが操作室から直接確認できない切り出し位置や、丁張りや検測が必要となる法尻、掘削底面や曲線区間の設計形状を必要な時に確認できるため、従来必要であった施工を中断しての検測や丁張り設置待ち、降車を伴う丁張りの目視確認が不要となる。

これに加え、オペレータが必要と判断する任意の箇所の設計情報が容易に提供されるため、従来では丁張りの設置位置に依存する出来形が、丁張り位置に関係なく出来形が均一化する。

このように、出来形品質が向上し、かつ、掘削工の作業工程が短縮されるため、渇水期での実施や降雪状況により工事時期と期間に制限・制約を受ける地域においては特に本システムの活用効果が高いと考えられる。

また、本システムによる掘削工では、出来形が均一化することから、任意の横断面における出来形管理によっても、掘削範囲全体の出来形・出来ばえが推定できる。このため、施工条件などに考慮した、自由度の高い、合理的な施工管理・出来形管理や監督・検査を行うことができる。

4. システムの提供する情報／画面

(1) 3次元設計データ

バックホウ支援システムで利用する3次元設計データは、使用するシステムにより、「境界線データ」のみの場合、「境界線データと3次元座標で構成される不等三角網データ」（「設計サーフェス」という）のみの場合、「境界線データ」と「設計サーフェス」の両方の場合などがある。

(2) 支援画面

1) 平面位置の提供

機械位置の平面位置の提供は、各社とも平面図への機械位置をプロットし、方向を合わせている。これを用いて、移動作業、旋回作業などを行っている。

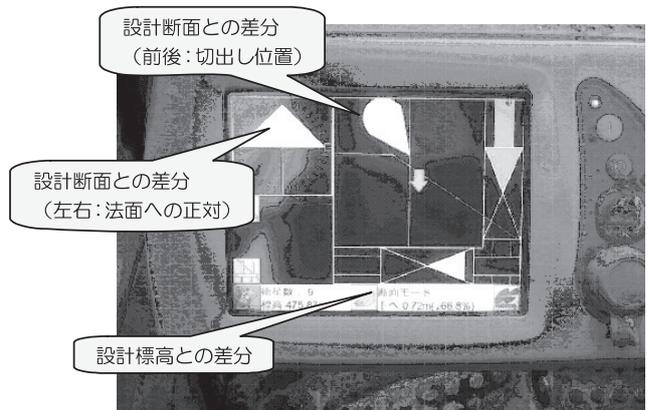
2) 設計断面とバケット位置情報の提供

情報機器メーカ（3社）の提供する画面の例を図—2～図—4に示した。

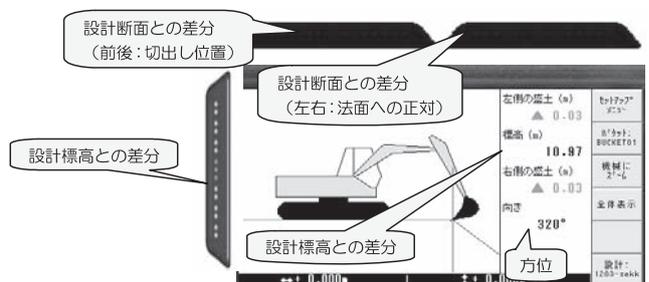
バックホウ支援システムは、機器の計測データなどに基づき、バケットセンターに対する断面方向の設計データを演算して、表示する機能を有する。オペレータが行う操作を支援するため、操作の良否を判定できるデータを演算して、表示する機能を併せて持っている。ここで言う「操作の良否を判定できるデータ」は、



図—2 断面情報の提供画面（Leica Digger 3D）



図—3 断面情報の提供画面（TOPCON 3D-Xi）



図—4 断面情報の提供画面（Nikon Trimble GCS900）

以下に示すとおりである。

①法面正対の良否判定データ

設計上の法面とバックホウ本体向きとの差分を提供する。

②切り出し位置の良否判定データ

設計上の法肩線データとバケット位置との差分を提供する。

③掘削位置の良否判定データ

設計面とバケット位置との差分を提供する。

④掘削変化位置の良否判定データ

設計上の法尻線等とバケット位置との差分を提供する。

5. インターフェイスの課題

これからの ICT 建設機械は、設計情報の利用、作業環境などの状況把握技術の利用が進んでくることが想定され、改めて、建設機械を操作するオペレータに提供する情報とは何か、オペレータと建設機械の役割分担など所謂、マン・マシン・インターフェイスについての整理が必要であると考えられる。

(1) 作業プロセス

表—2 では機械操作、作業終了判断、利用情報を示した。機械操作は、オペレータがレバー操作により行っているもので、手慣れた操作を効率的に行うとともに、終了判断によって次の作業プロセスに進められ

表—2 バックホウ作業における利用情報

| 作業/動作 | 作業終了の判断 | 利用情報 |
|------------|------------------------------|--|
| 移動 | 指示された作業場所に到着した | ・機械位置 ・移動ルート ・施工位置、範囲 |
| ①旋回 | 現上部旋回体の向きが対象に正対した | ・機械位置、向き ・正対方向 ・刃先位置 ・目標形状 ・現況地形 |
| ②バケット操作 | 刃先位置が切り出し位置にセットされた | ・刃先位置 ・目標形状 ・現況地形 |
| ③掘削 | 想定した軌跡で掘削した(または、バケットが一杯になった) | ・刃先位置、軌跡 ・現況形状 ・目標形状 ・バケット土砂状況 |
| ④バケット掘り | バケットがほぼ水平となり旋回可能な状態となった | ・バケット位置 ・バケット角度 ・バケット土砂状況 |
| ⑤旋回 | 放土予定位置(ダンプ位置)の上にバケットがきた | ・機械位置、向き ・バケット引上高さ ・ベッセル高さ ・ダンプ位置 ・障害物 |
| ⑥積み込み | バケットの土砂放出完了 | ・バケット土砂状況 ・ベッセル内土砂状況 |
| ⑦小移動 | 次の作業位置に移動した | ・機械周辺の状況 ・機械位置 |
| (①-⑦の繰り返し) | 作業予定範囲を終了した | ・施工完了範囲 ・施工予定範囲 |
| 移動 | 機械の保管場所に移動した | ・機械位置 ・移動ルート ・施工位置、範囲 |

ている。

オペレータが行う操作を支援するため、操作の良否を判定できるデータを提供しているが(前出)、情報を数値で見せるだけでは支援にはならないので、分かり易い情報提供のしかたが求められる。オペレータが行っている“作業”と“判断”の部分をもどのように支援するか、まだ、研究実績¹⁾も少なく、今後の研究によって“使い易い”I/Fを開発する必要がある。

(2) I/F 課題

オペレータに対してトータルに支援することで、操作が容易かつ高度に実現するものと考えられる。その結果、安全性の向上、効率化においても効果が期待される。今後、外界センサとして画像データの利用やレーザ測定器の利用が検討され、作業指示技術、施工結果の評価技術等が想定される。

従って、今後のインターフェイスについて、以下のような課題があると考えられる。

- ①外界センサ情報の利用(レーザ、画像)
- ②施工目標と作業指示情報の利用
- ③施工結果を表示・評価する I/F 画面利用

6. まとめ

このバックホウ支援システムについては、実工事における検証実験を経て、さらにシステムの高度化とインターフェイスの使い易さの向上が期待される。

人間—機械間のインターフェイスについては、ユーザビリティあるいは安全確保という点から過去研究されてきているが、施工現場での ICT 利用が新しい局面を迎えつつある昨今、新たに研究すべき課題も多く、CMI は今後もそれらの研究・開発の一端を担っていく所存である。

J|C|MA

《参考文献》

- 1) 「建設ロボット計測支援システムの実装・実験」上石, 建設の施工企画, 2007.12

【筆者紹介】

上石 修二(あげいし しゅうじ)
施工技術総合研究所
研究第三部 次長



CMI 報告

アルミニウム床版の 輪荷重疲労試験

小野 秀一

1. はじめに

アルミニウムは軽量で耐食性に優れるなどの特長がある。このためアルミニウムを橋梁部材として用いた場合、施工性が向上し、施工期間および交通規制等の短縮を図ることができ、下部構造への負担も軽減されるため耐震性の面からも有利になると考えられる。さらに、塗装を特に必要としないことから維持管理の面においても有利と考えられる。

我が国では、アルミニウム合金製の歩道橋は40橋ほど建設されているが、道路橋は1961年に建設されたアルミニウム合金桁とコンクリート床版から成る金慶橋一橋だけであり、我が国にはアルミニウム合金製の道路橋床版はまだ存在しない。一方、欧州では、アルミニウム製の道路橋が数橋建設されており、それらにコンクリート製床版およびアルミニウム合金製床版が用いられている。米国においては、1960年代にアルミニウム合金製の道路橋が数橋建設されたが、その後、初期コストの問題から、アルミニウム合金製の道路橋は建設されなくなった。しかし、近年ではアルミニウム床版を用いた道路橋が建設されている。

また従来、アルミニウム合金の接合にはMIG溶接が用いられてきたが、MIG溶接継手の疲労強度は非常に低く、道路橋には100年以上の疲労耐久性が要求されることから、適用は難しいと考えられてきた。しかし、1991年、英国の溶接研究所で、高い疲労強度が得られる摩擦攪拌接合法が開発されたことで、軽量かつ耐腐食性に優れたアルミニウム構造による道路橋床版への適用が検討され始めた。

アルミニウム床版においては、実際のトラック走行

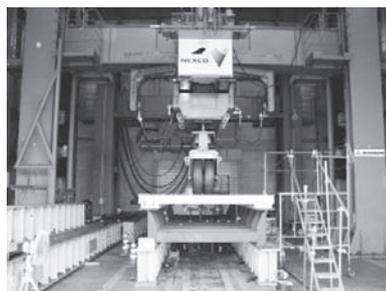
を想定した移動荷重疲労試験データは無く、疲労耐久性は未確認である。そこで、本試験ではアルミニウム床版の疲労耐久性を確認することを目的に、実トラックタイヤを用いた移動荷重疲労試験を実施した。

本稿は、当研究所が実施したアルミニウム床版の移動荷重疲労試験の概要を紹介するものである。

2. 試験概要

(1) 载荷要領

アルミニウム床版の疲労試験には、写真—1に示す株式会社高速道路総合技術研究所所有の移動荷重疲労試験機を用いた。本試験機の走行荷重ユニットは、実際のトラックタイヤ4本をダブルタイヤにして、タンデム軸配置にしたもので、後輪二軸の大型トラックの片側に相当するタイヤ配置である。荷重はタイヤ1本あたり約34 kN (3.5 tf) で、総荷重として138 kNとした。走行荷重ユニットの移動荷重距離は3 m、軸間距離（ホイールベース）は1.4 mである。

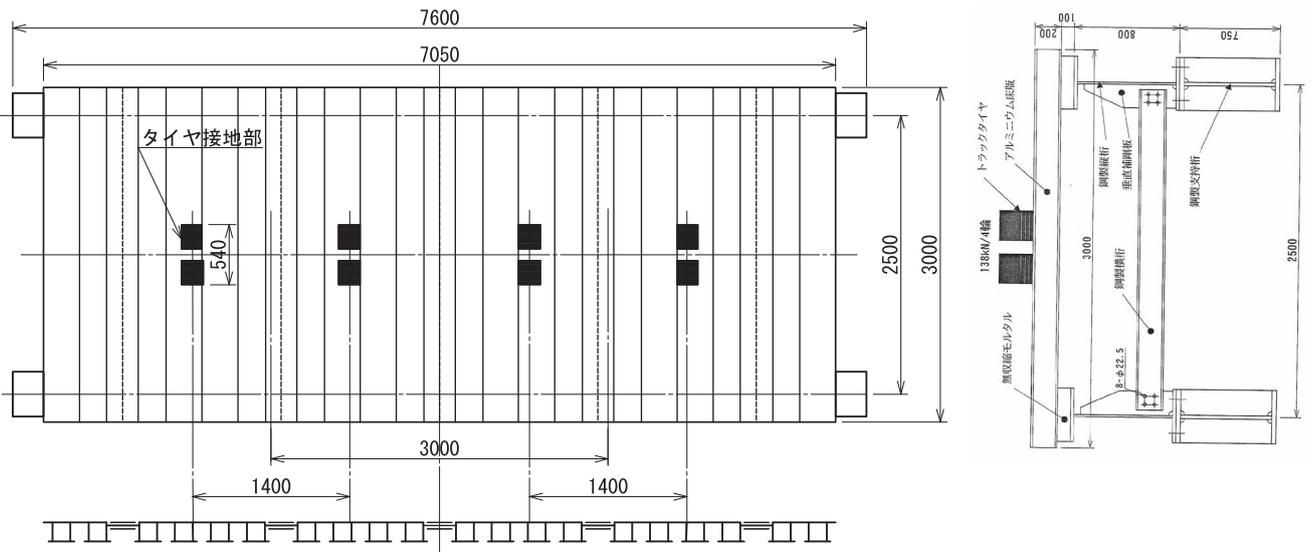


写真—1 移動荷重疲労試験状況

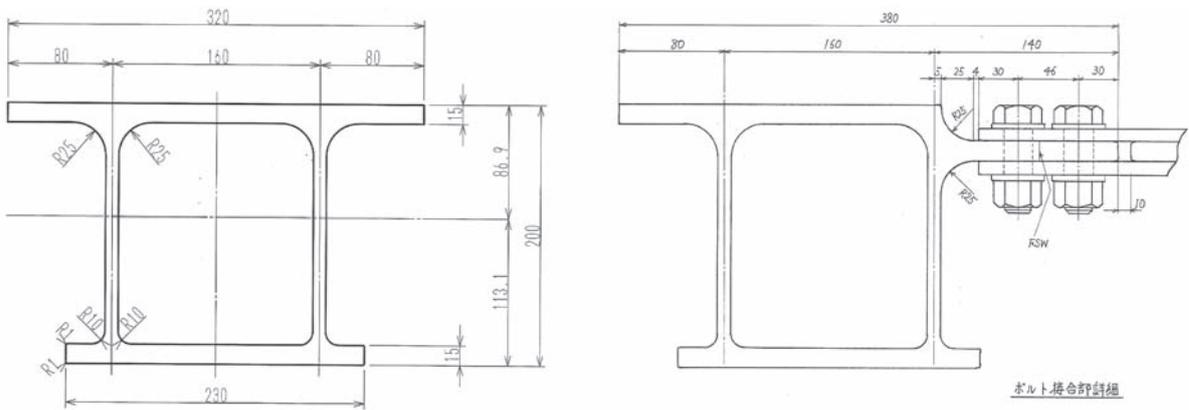
(2) 試験体の形状および材料特性

アルミニウム床版試験体の形状および寸法を図—1に示す。アルミニウム床版の大きさは、橋軸方向7,050 mm、橋軸直角方向3,000 mmで、床版支間2.5 mとして床版両端下には主桁を模したI形鋼を設置した。

アルミニウム床版は、床版材と側辺接合材の2種類の押出材から構成されている。各形材の形状寸法を図—2に示す。床版の1ユニットは、これらの



図一 1 アルミニウム床版試験体全体図



図一 2 床版を構成する型材



写真一 2 ユニットのボルト添接部

押出型材を2個ずつ組み合わせた構造とし、橋軸方向に6つのユニットを組み合わせたものである。

ユニット間の連結は添接板による高力ボルト接合とした。この高力ボルトには、異種金属間の電食防止のために専用の被覆（フッ素樹脂コート）を施し、床版上面の平坦性を確保するために、ボルト添接部上面には無収縮モルタルを充填した（写真一2）。

また、図一3に示すように、アルミニウム床版と鋼桁との接合部においても、接触腐食を防止するため、鋼桁上フランジに溶植されているスタッド回りに無収縮モルタルを充填して連結した。

アルミニウム床版に使用した押出型材の材質および調質は、A6061S-T6であり、“S”は、“Shapes（型材）”を表している。アルミニウム床版を構成する型材の機械的性質の測定値とJIS規格値を表一1に示す。

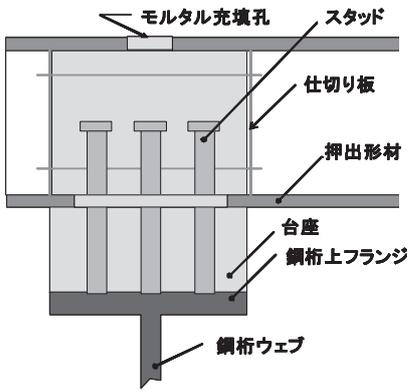
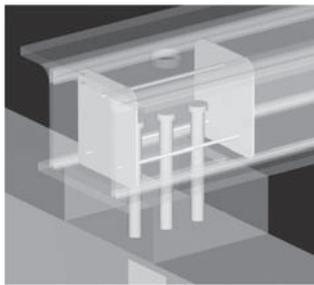


図-3 鋼桁とアルミニウム床版の連結構造

表-1 アルミニウム床版を構成する押出形材の機械的性質

| A6061S-T6 | 引張強さ (MPa) | 0.2%耐力 (MPa) | 伸び (%) |
|-----------|------------|--------------|--------|
| 床版形材 | 322 | 283 | 22 |
| 側辺接合形材 | 314 | 262 | 21 |
| 添接形材 | 308 | 287 | 19 |
| JIS 規格値 | 265 以上 | 245 以上 | 10 以上 |

3. 試験結果の概要

疲労試験は、毎分 15.6 往復の载荷速度で、往復回数 121.7 万回まで実施した。疲労試験中は、1 万往復に 1 回の頻度で試験体各部のひずみ計測を行うとともに、1 日に一度の頻度で目視観察およびボルト添接部の打音点検による変状調査を行った。

代表部における作用応力範囲は、ボルト添接板下面で 17.8 MPa、摩擦攪拌接合部（以下、「FSW」と称す）

で 30.0 MPa であった。同部位の疲労試験中の応力測定結果（経時変化）を図-4 に示す。FSW 部（②）の応力範囲は、往復回数の増加に伴う変化はほとんど見られず、30～35 MPa 程度であった。ボルト添接板下面（①）の応力振幅については、18 MPa から 22 MPa へとごく僅かな増加にとどまった。

また、疲労試験中の目視観察および打音点検の結果、試験体に変状は認められなかった。

以上のことから、载荷荷重 138 kN（69 kN / 2 輪 × 2 軸）で 121.7 万往復（中央では 486.8 万回の輪通過）の移動輪荷重载荷に対する疲労耐久性が確認できたものと考えられる。

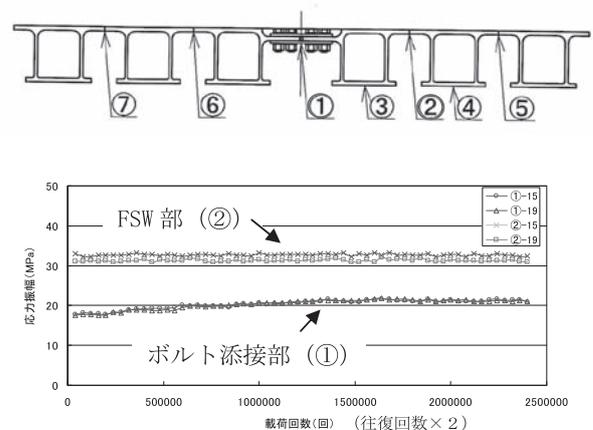


図-4 アルミニウム床版の応力経時変化

4. おわりに

本研究は科学技術振興機構 平成 19 年度 第 2 回委託開発公募で採択された開発課題「道路橋用アルミニウム床版」の開発の一環として、日本軽金属株式会社からの委託により当研究所が実施したものである。このような貴重な技術開発の一端を担当させていただいたことに、委託者である日本軽金属株式会社の萩澤部長はじめ、アルミニウム橋研究会（会長：倉西東北大学名誉教授、技術委員長：大倉大阪大学准教授）等の関係者の方々に感謝の意を表したい。

JCM A

〔筆者紹介〕

小野 秀一（おの しゅういち）
 (株)日本建設機械化協会 施工技術総合研究所
 研究第二部
 研究課長



部 会 報 告

運転員等保護構造に関する ISO の作業グループ会議報告 TC 127/SC 1/WG 7 (土工機械／保護構造の非金属材料) 並びに TC 127/SC 2/WG 6 (土工機械／保護構造関係規格統合) ボローニャ国際会議 及び TC 127/SC 2/WG 13 (土工機械／補助席) パリ国際会議

標準部会 ISO/TC 127 土工機械委員会

田中 健三 (コマツ開発本部業務部)

1. 経緯

土工機械 (ブルドーザ, ローダ (トラクタショベル), 油圧ショベルなど主として機械土工に使用される建設機械) に関しては, 機械転倒時及び落下物からの運転員の保護を目的として ROPS (転倒時保護構造) 及び FOPS (落下物保護構造) などに関する規格が以前から整備されているが, 近年, これらの構造に非金属材料を使用したいという要望, ブルドーザなどと油圧ショベルに関する保護構造の規格の横通し的な整合化の要望, また, 重ダンプトラック (ダンパ) などには補助席を備えるものがあるので保護構造でその乗員を保護する要望などがあり, これらの要望をそれぞれ検討する ISO の国際作業グループ会議が 2008 年の 11 月及び 12 月にイタリア国ボローニャ市及びフランス国パリ市で開催されたのでそれらに関して報告する。

2. ISO/TC 127/SC 1/WG 7 (保護構造の非金属材料) 国際作業グループ会議報告

- (1) 経緯: 現行 ROPS・FOPS 材は, ISO 3471, 3449 等で材料規定があるが, これらは, 鋼材を用いた場合のもので, 非金属材料を想定したものではない。近年, 視界性を確保するため, 油圧ショベルの天井窓, ブルドーザ等の森林仕様でのガード類にポリカーボネートを使用される例が多くなっている。このため, ISO/TC 127 土工機械専門委員会で非金属材料の使用に必要な条件を規定する作業グループ ISO/TC 127/SC 1/WG 7 が発足, 第 1 回会議が開催されたので出席した。
- (2) 日時: 2008 年 11 月 4 日 (火) 14:00 ~ 17:00, 11 月 5 日 (水) 9:30 ~ 14:00

- (3) 場所: イタリア国ボローニャ市 UNACOMA (イタリア農業機械工業会) 会議室
- (4) 出席者: イタリア 2 名, 米国 2 名, ドイツ 1 名, 日本 1 名

イタリア: Antonino Bonano (IMAMOTER (農業機械・建設機械研究所), Lorenzo Rossignolo (WG 幹事, CUNA (自動車標準技術協会))

米 国: Chuck Crowell (Caterpillar), Dan Taylor (CNH),

日 本: 田中 健三 (コマツ)

ド イ ツ: Heinz Rothenmeyer (技術農業試験センター)

- ・コンビナー (国際 WG の主査): 前記 Antonino Bonano 博士 (イタリア)

(5) 会議内容

- (a) 草案説明: Dr. Bonano が草案を説明した。
- ・鋼材でのシャルピー試験に相当するプラスチックの衝撃試験について書かれているが, UV (紫外線) の影響を評価する試験がないので, 追加する。
 - ・引用規格は ASTM 規格が使われているが, 相当の ISO 規格があるので, ISO 規格を引用する。(例: ASTM D5628 は ISO 6603:2007 に相当)
- (b) プラスチック材料での FOPS, ROPS 試験実績: Mr. Rothenmeyer のプラスチック材料での FOPS, ROPS 試験実績紹介
- ・森林機械のポリカーボネートのガードを -18°C で試験した。
 - ・農業用トラクタの屋根は長年プラスチックを使用。これは常温で試験。
 - ・また, 金属材料と非金属材料の組み合わせの例と

してホイールローダのキャブ（ポリカの窓）があり、これも低温試験は実施した。

(c) 確認事項：下記をメンバー間で確認、合意した。

- ・規格の目的は鋼材ではない非金属材料が FOPS/ROPS に使用されることが適当であることを保証する条件を規定することである。
 - ・本規格に適合した材料で、FOPS、ROPS の試験を実体で、常温で実施することで評価完了とする。
- ← 付記：金属と比して構造材料としての実績の乏しい非金属材料で、特に低温では脆性破壊の懸念がある時に、寸法効果により小形試験片よりも大形の実機では強度が低下するのではないかと懸念がある。

(d) 今後の予定：

- ・UV 試験を追加した草案を作成し、メンバーに送付する。(Dr. Bonano, ~ 2008/12/E)
- ・送付された草案についてコメントを事務局に提出する。(全員, ~ 2009/3/E)
- ・次回 WG 会議は、2009/4 以降となるが、FOPS 統合 WG と同時開催とする。

3. ISO/TC 127/SC 2/WG 6 (土工機械／保護構造規格統合) 国際作業グループ会議報告

(1) 経緯：保護構造関係の規格は、例えばショベル関係の規格は内容的には他機種用の規格に類似も別の規格として扱われていたので、各規格の整合化のため、2006年11月に作業グループがいったん招集されたが、下記主要規格が改訂進行中であったため、方向性を見守る意味で休止した。その後の進展があり、TC 127 エディンバラ総会で、本 WG のメンバが集まり、現状を確認、取り扱う範囲やガイドの必要性を12月までに TC 127/SC 2 分科委員会に報告することになった。

ISO 3449 FOPS 2005年9月発行、ISO 3471 ROPS 2008年8月発行、ISO 12117 TOPS 1997年発行、ISO 12117-2 ショベル ROPS 2008年12月発行、ISO 12117-3 林業用ショベル ROPS 中止、AWi 16713 解体機械のガード 作業中断

(2) 日時：2008年11月6日（木）9：00～15：00、11月7日（金）9：30～14：00

(3) 会議場所及び出席者：前記 ISO/TC 127/SC 1/WG 7 会議と同一

- ・コンビナー（国際 WG の主査）（兼プロジェクトリーダー PL）：Dan Taylor 氏（米国）

(4) 会議内容

(a) 統合の経緯：前述の経緯をコンビナーが説明

(b) コンビナーが用意した作業草案について：

- ・草案は ISO 3471 をベースにした、ROPS 規格の統合案であるが、現存の規格を機械の種類ごとに編成しなおした形になっていて、それぞれ試験方法、荷重条件が書かれていて、統合からは程遠いように見える。
- ・ROPS と FOPS を同じ規格の中で扱おうと、荷重、エネルギーがそれぞれ違うため、余計に性格の違うものを同じ規格に製本しただけ、という感が強い。
- ・特に ROPS では、油圧ショベルと他の機械の ROPS の試験方法が違い、一つの規格にするには、大幅な妥協が必要になってくる。
- ・このため、統合の範囲をトップガード、フロントガードと周囲ガードに限ることとした。すなわち、ISO3449 (FOPS)、ISO 10262 (OPG) と ISO 8084 (林業機械用ガード) である。

(c) WG の合意事項：

- ① 落下物 保護ガード類を統合する。
- ② 土工機械の派生機械での飛来物の危険が何かを検討する。
- ③ プロジェクトリーダーは、12月末までに保護ガード類の統合案を各委員に送付し、各委員は、2009年3月末までにコメントを提出すること。

4. ISO/TC 127/SC 2/WG 13 (土工機械／補助席) 国際作業グループ会議報告

(1) 経緯：現行 ISO 13549 規格 (Trainer seat 補助席) は重ダンプトラックに限られているが、大形ホイールローダ等にもトレーナ（指導員）とは限らないにしても運転員の座席以外にも座席が装着されている。また、機械転倒時の保護は、運転席に対しては ISO 3471 に規定されているが、Trainer seat に対しては何の規定も無い。

欧州機械指令改正版で運転員以外の乗員の保護が新しく規定され、2009年12月29日から施行される。このため、ISO 13549 (Dumpers -- Trainer seat) を改訂し、機械指令改正版適合のための基準を織込むため、国際作業グループが新設・各国専門家招集されたので、日本の専門家として出席した。

(2) 日時：2008年12月8日（月）9：00～17：00、12月9日（火）9：00～15：00

(3) 場所：フランス国パリ市西郊ラ・デファンス地

区クールブヴォア市 Maison de la Mécanique
(機械会館) CISMA (建設・荷役・製鉄機械工業会) 会議室

(4) 出席者: 米国 2 名, スウェーデン 1 名, ドイツ 1 名, 日本 1 名

| | |
|--------|---|
| 米 国 | : Pat Merfeld (Terex Corporation), Dan Roley (Caterpillar) |
| スウェーデン | : Anders Lindkvist (Volvo Construction) |
| ド イ ツ | : Reinhold Hartdegen (BG BAU 土 木建設労災保険機構 (旧 TBG)) |
| 日 本 | : 田中 健三 (コマツ) |

・コンビナー (国際 WG の主査): 前記 Pat Merfeld 氏 (米国)

(5) 会議内容

(a) 規格の方向性について:

- ・ (ROPS の撓みが許容範囲内かを評価するためのたわみ限界領域) DLV は現行の ISO 3164 ではなく, ISO 13459 の中で別に仕様を規定する。ただし, 将来はオペレータとトレーナの DLV を同じ規格の中に統合するべき, と全員合意した。
- ・ 上記に加え, ISO 13459 は, 全てに渡って見直し, 必要なところは変更する。

(b) 他の TC (専門委員会) が扱う製品および他の規格への影響について:

- ・ 農業機械の Trainer seat の扱いについて (農業機械の専門委員会 TC 23 が Trainer の DLV 仕様についてどうしているか) (農業機械メーカーでもある) John Deere 社の Doug Durant に聞く。また, 欧州規格で TC 144 が扱っている prEN 15694:2008 についても問い合わせる。
- ・ ISO 3164 (DLV) は実情を反映して改訂するべき。本件は韓国で 2009 年 10 月開催予定の TC 127 総会で米国から提案する。DLV は, 頭の部分が現状角ばっているが, 丸くするよう検討する。
- ・ ドイツでは油圧ショベルの軌陸仕様があり, も

う一人運転員を乗せるキャブが付いている。これが, 欧州規格の委員会で扱われているか確認する。(Hartdegen 氏担当)

- ・ 日本では, 雪寒仕様のホイールローダおよびグレーダがあり, これらは運転員の他に視界補助等のため 1 名搭乗することになっていて, 追加座席を装着していることを説明したが, これはドイツの油圧ショベルの軌道用の仕様と同じく, 転倒のリスクがないならば, 不要との意見であった。

(c) 米国が用意した作業原案 (の草案) の検討:

- ・ ROPS 試験中の DLV の 15° 傾斜は許容する。
- ・ DLV の横方向へのスライドは, 人間工学的に, およびキャブの設計上の問題として許容できる。(横スライドが可能か, また妥当かを試験で確認要)

(d) 今後の予定:

- ・ 今回の会議に基づき, Pat Merfeld 氏 (WG コンビナー兼 ISO 13459 改正プロジェクトリーダー) が, CD (委員会原案: ISO 各メンバー国から意見を募るための案文) 用案文を作成する。(～ 2009/1/E)
- ・ WG 専門家は CD 用案文を検討し, 意見をコンビナーに提出。(～ 2009/2/14)
- ・ コンビナーは各委員の意見を CD 用案文に反映させた。最終案を各国の投票及び意見を求めるため Dan Roley 博士 (TC 127 土工機械専門委員会及び同 SC 2 分科委員会国際議長) に提出する。

＜参考＞機械指令改正版 2006/42/EC 内容

- ・ 機械指令改正版で「他の人員」が追加された。
- ・ Annex I 機械の設計・構造に関する必須要求事項

3.4 機械的危険に対する保護

3.4.3 転倒および横転

一人または複数の運転者, または他の人員が搭乗する自走式の機械で, 転倒および横転のリスクがある場合, (リスクが増大しない限りは) 適切な保護構造を取り付けなければならない。

部 会 報 告

ISO/TC 127 (土工機械) /SC 3/WG 4 (ISO 15818 つり上げ及び固縛) パリ国際 WG 会議報告

標 準 部 会

1. 経緯及びまとめ

ISO 15818「土工機械—つり上げ及び固縛箇所—性能要求事項」は、建設機械を工場から出荷、また、現場から現場へと移動する際にクレーンでつり上げたり、トレーラに乗せて運搬する際に荷台に固定する際の、機械側のアイその他の強度などに関する規格案として日本担当で長年検討してきたものであるが、一方では近年欧州で貨物輸送の際の固縛などに関する法令及び規格が整備されてきていることもあり、各国から多数の意見が出され、規格開発の最終段階である FDIS 投票にこぎつけたが、各国の賛成は規定の 2/3 をクリアしたものの、反対票も規定の 1/4 を僅かながら上回ったため、以前から米国などより WG 開催して検討の要請があった経緯もあり、今回 PL かつ SC 3/WG 4 コンビナー（国際作業グループ主査のことをこう呼ぶ）の宮崎氏が WG 会議を招集、パリ西郊ラ・デファンス地区クールブヴォア方所在のフランスの CISMA（建設・荷役・製鉄機械工業会）より会議室の提供を受け会合、FDIS 投票時の各国コメントを検討して、案文の修正をはかることとしたものである。

今回会議は、FDIS 投票時反対の米、仏・独・スウェーデンの四ヶ国と担当の日本との協議という形となったが、欧州勢内部でもドイツとスウェーデンでは意見は一致しておらず、また、フランスからは建設業界からの参加もあって会議のその場で内部意見調整しているなどの光景もあり、担当国の日本としては議事運営に困難を感じられたが、コンビナーの宮崎氏が案文及び各国意見に対する対応を予め準備していたこともあり、二日間の討議を通じて各国意見を整理し、会議で直接解決出来なかった部分は宿題項目として早急な意見集約を図ることとなった。前述の如く欧州で規格類の整備が進んでいることもあって、それを無視できる状況に無いため、状況の異なる国内での検討は必ずしも容易でない面も予想されるが、国内でも時々発生している機械のトレーラからの脱落による交通事故などの対策の資となるものでもあり、会員各位の情報提供などの面でのご協力を紙面にてお願いさせていただく

次第である。

2. 会議場所など

- 日 時：平成 20 年 12 月 11 日（木）、12 日（金）
- 場 所：フランス国クールブヴォア市（パリ西郊ラ・デファンス地区内）Maison de la Mécanique（機械会館）CISMA 会議室
- 出席者：ドイツ 3: Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Alexander HOFFMANN (RUD ドイツの吊り具、固縛用具メーカー)、Mr Reinhold HARTDEGEN (BG-Bau ドイツの労災保険機構)、Mr Werner RUF (LIEBHERR)、フランス 8: M CLEVELAND Richard (CISMA)、M LE BRECH Alain (INRS フランスの労働安全研究機関)、M LEMOINE Pascal、Mr Fabrice BLANC (FED FNTP フランスの建設業界団体)、Mme WENDLING Sonia、Mr Thomas BLORTZ (LIEBHERR France)、Mr Jean-Jacques JANOSCH (aterpillar France)、Mr Patrice CAULIER (BOBCAT)、スウェーデン 1: Mr Hakan WETTSTROM (VOLVO)、米国 2: Dr Dan ROLEY (Caterpillar)、Mr Patrick MERFELD (TEREX)、日本 3: 田中 健三、宮崎 育夫（コマツ）、西脇 徹郎（協会）
計 17 名
- TC 127/SC 3/WG 4 コンビナー（主査）
：宮崎 育夫（コマツ）

3. 主要議事

(1) 各種プレゼン

- 西脇より ISO/FDIS 投票結果報告、宮崎氏より問題点まとめ説明
- スウェーデンの WETTSTROM 氏より欧州のトレーラなどへの荷物の固縛に関する EN 12195-1 の

現行版と改正案を IMO/ILO/UNECE の指針と比較しつつ説明、荷に働く側方加速度のレベル、荷台と貨物との間の摩擦係数の想定値の差異により固縛に必要な負荷条件にかなりの差異が発生することが指摘され、欧州内部でも各種論議があることが紹介された。なお（おそらく EN に基づく）各種土工機械の輸送時固縛に関するデータシートを提示された。また、前述の条件で考えているワイヤロープのまき掛け（トップオーバーラッシング）を適切とするかどうかとも問題である。

- フランスの CLEVELAND 氏より、フランスの工業会である CISMA では、建設業界と協力してこの ISO 案文に関する検討を実施し、それに基づき意見提出していることなどを紹介（当協会では建設機械の製造業、建設業の双方の方にお集まりいただいているが、海外では工業会主体が実情）。
- 米国の ROLEY 博士より、機械に貼付のつり上げ及び固縛のラベル主体に説明

(2) ISO/FDIS 15818 投票時各国意見の検討

コンビナーの宮崎氏の準備した各国意見対応案、それに基づく案文、フランスからの追加意見書により論議することとし、但し、時間の制約もあり、編集上の意見などに関してはとりあえずコンビナーのまとめによることとし、今回会議では重大な論点に限りて検討する旨を宮崎氏より要請して次のように論議した。

- （つり上げに関して）フランス意見により Proof force に対する安全率 2.5 は 1.5 に切り下げることとした。但し Breaking force に対する（破壊）安全率は 4 のままとする。
- 他方、ドイツの意見によりつり上げ、固縛とも、ワイヤやチェーンの有効な本数は計算上は最大でも 2 本とすることとなった。但し、これに対して車体屈折式フレームの場合など相手が一体でない場合は不適との意見もあり、それを考慮した注記を本文に追加することとなった。
- Proof force と Breaking force の定義が問題とされ、前者は検証の対象であり、後者は設計上の問題であるとされた。
- ドイツの意見により、つり上げ時のワイヤの角度は鉛直線に対して最大 60° とされた（国内は 30°、せいぜい 45°）。
- （鉄道操車場での）貨車仕分け時「ガッシャン」となるときの（4g とはい過大な）負荷条件は削除となった。
- 固縛に関する負荷条件及び従来含まれていなかった

貨物と荷台床面との摩擦係数に関して論議が行われ、各国の宿題とされた。

- これらの論議によりつり上げ及び固縛条件式が見直された（固縛については上記の如く検討中）

表一 1 つり上げ箇所の負荷条件

| 分布負荷 (N) | 負荷要求事項 | |
|---|--|--|
| | 検証条件 (N) ^a | 破壊条件 (N) ^b |
| $\frac{m \times g}{n \times \cos \alpha}$ | $\frac{m \times g \times 1.5}{n \times \cos \alpha}$ | $\frac{m \times g \times 4.0}{n \times \cos \alpha}$ |
| <i>m</i> | 機械質量（計算用）（単位 kg） | |
| <i>g</i> | 重力加速度（ <i>g</i> = 9.8 m/s ² ） | |
| <i>n</i> | 計算上同時に有効とする箇所最大 2 | |
| <i>α</i> | 鉛直に対する負荷方向で計算では 60° | |
| <i>a</i> | 検証条件 | |
| <i>b</i> | 破壊条件 | |

表一 2 固縛箇所の負荷条件

下記は最終ではなく、負荷及び摩擦係数の考慮に関して未決定である。

| 負荷方向 | 分布負荷 (N) | 負荷要求事項 | |
|----------------------|--|--|---|
| | | 検証条件 (N) ^a | 破壊条件 (N) ^b |
| 前方 | $\frac{m \times 1.0 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_x}$ | $\frac{m \times 1.0 \times 1.25 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_x}$ | $\frac{m \times 1.0 \times 2 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_x}$ |
| 後方 | $\frac{m \times 1.0 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_x}$ | $\frac{m \times 1.0 \times 1.25 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_x}$ | $\frac{m \times 1.0 \times 2 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_x}$ |
| 側方 | $\frac{m \times 0.8 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_y}$ | $\frac{m \times 0.8 \times 1.25 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_y}$ | $\frac{m \times 0.8 \times 2 \times g}{n \times \sin \alpha \times \cos \beta_y}$ |
| <i>m</i> | 機械質量（計算用）（単位 kg） | | |
| <i>g</i> | 重力加速度（ <i>g</i> = 9.8 m/s ² ） | | |
| <i>n</i> | 各方向に対して計算上同時に有効とする箇所最大 | | |
| <i>α</i> | 固縛箇所での鉛直に対する負荷方向 | | |
| <i>β_x</i> | 固縛箇所での（荷台平面上での）長手方向軸に対する負荷方向 | | |
| <i>β_y</i> | 固縛箇所での（荷台平面上での）横手方向軸に対する負荷方向 | | |
| | 土工機械の輸送時の向きは必ずしも単一方向ではなく、製造業者は必ずしも固縛に関する各角度を決められないので、各固縛箇所について適切な角度範囲を想定して設計・検証を実施し、取扱説明書に各種輸送手段（道路、鉄道、船舶）に対して与えられた範囲を記し、記載の範囲が限度である旨を示すことを推奨する。 | | |
| <i>a</i> | 検証条件 | | |
| <i>b</i> | 破壊条件 | | |
| | 固縛箇所をつり上げ用にも用いる場合、つり上げに対する破壊安全率は 4 とする。 | | |
| | 固縛箇所を追加してもよい。 | | |

（また、他に次についても論議）

- 固縛に関して Lashing capacity（固縛容量？）なる用語を定義。
- つり上げ箇所に対する接近手段は ISO 2867 の原則による。
- つり上げ手段（ワイヤロープなど）と機械との（無用の）接触をさけるか、取扱説明書にその際の対策を記す。
- 固縛箇所などに非靱性材料を使用する場合の追加の安全率に関して論議され、いったん削除となったが、専門家の意見を聞く要あり。
- つり上げ及び固縛箇所に関して、貨物の輸送業者は機械内部に収容された取扱説明書を読むことが出来

ないから、機械のラベルでの情報提供要とされ、例などを追加とされた。また、機械質量も明示とされた。

(3) 宿題事項

- 固縛の際の負荷条件及び荷台の床面と貨物の摩擦係数が問題とされ、(計算式としてどのようにすれば

妥当か調査するため)、機械の大きさに対するチェーンの大きさ、荷台と貨物の摩擦係数など各国の実情調査・報告とされた。

- Liebherr 社は実情報告するとのこと。
- 各国の自己状況に関しても報告とされた。
- なお、宿題と決定はしていないが、非じん性材料使用の可能性についても調査要であろう。

J C M A

「建設機械施工ハンドブック」改訂3版

近年、環境問題や構造物の品質確保をはじめとする様々な社会的問題、並びに IT 技術の進展等を受けて、建設機械と施工法も研究開発・改良改善が重ねられています。また、騒音振動・排出ガス規制、地球温暖化対策など、建設機械施工に関連する政策も大きく変化しています。

今回の改訂では、このような最新の技術情報や関連施策情報を加え、建設機械及び施工技術に係わる幅広い内容をとりまとめました。

「基礎知識編」

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

「掘削・運搬・基礎工事機械編」

1. トラクタ系機械
2. ショベル系機械
3. 運搬機械
4. 基礎工事機械

「整地・締固め・舗装機械編」

1. モータグレーダ
2. 締固め機械
3. 舗装機械

- A4 版／約 900 ページ

● 定 価

非 会 員：6,300 円 (本体 6,000 円)

会 員：5,300 円 (本体 5,048 円)

特別価格：4,800 円 (本体 4,572 円)

【但し特別価格は下記◎の場合】

◎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〕

※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 700 円、沖縄県 1,050 円

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

●発刊 平成 18 年 2 月

社団法人 日本建設機械化協会

〒 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>

新工法紹介 機関誌編集委員会

| | | |
|--------|--|------------|
| 04-306 | 火薬遠隔装填システム (Seife Charger セーフチャージャー) | 鹿島建設 日油 |
|--------|--|------------|

▶ 背景

山岳トンネル工事での発破掘削工程における火薬装填作業は、現在でも作業員が切羽に接近して込め棒により火薬を押し込む手装填が主流である。このため肌落ち、落石等による災害に巻き込まれる危険性が高い。さらに、トンネル切羽近傍での労働災害の多くが切羽から2m以内で起こると言われていることから、火薬の装填作業時の安全性確保が重要視され、遠隔装填できる技術の開発が望まれていた。現在、様々なタイプの装填装置や火薬性状のシステムが提案されているものの、一般的な装填方法として汎用化されるまでには至っていない。

▶ システムの概要

今回開発したシステムは、切羽から2m程度離れた位置からの火薬の遠隔装填を可能とし、安全性の向上を図ったものである。

装填機本体は、重さ約7kgで70cm程度の小型かつ簡易な装置である。また、ドリルジャンボなど標準的な施工機械に装着するシステムとし、操作方法を簡便にすることで装填作業者の負担軽減を図った。安全対策としては装填機、装填ホース及び装填パイプ内に潤滑水を流すことにより静電気による誤爆を防止し、駆動源は圧縮空気のみとし圧力は上限を0.3MPaとした。使用する火薬はトンネル発破で多く用いられる薬包径φ25～30mmサイズのカートリッジ式含水爆薬を使用するため、確実な装薬管理ができる。

▶ 施工順序

- ①装填パイプの先端部を手元に手繰り寄せ、親ダイをパイプの先端に取り付ける。
- ②装填パイプを装薬孔に挿入し、孔尻へ親ダイを押し込み装填

スイッチを押して(圧送空気により)親ダイを孔尻へセットする。

- ③装填パイプを〔装薬長(薬長×増ダイの本数)+込め物分(20cm)+余裕代(約20cm)]程度引き戻す。
- ④装填機の投入口から増ダイを所定本数投入し、さらに込め物を投入して一旦装填ホース内に貯留させる。
- ⑤装填スイッチを押して、圧送空気により、増ダイと込め物を潤滑水と共に装薬孔へ同時に装填する。



写真-1 上半装填状況

▶ 特徴

- ①切羽から2m離れた位置からの遠隔装填により、切羽密着作業時間を短縮。
- ②操作方法が簡便で、装填作業者の負担が軽減。
- ③関連法規を遵守した薬量管理及び増ダイと込め物の同時装填が可能。

▶ 実績

- ・現場実証・実験…4現場
- ・北海道横断自動車道大夕張トンネル東工事(平成20年1月～平成20年5月:長期試験運用)

▶ 問合せ先

鹿島建設(株) 機械部
〒107-8348 東京都港区赤坂6-5-11
Tel: 03(5544)0901 (代表)

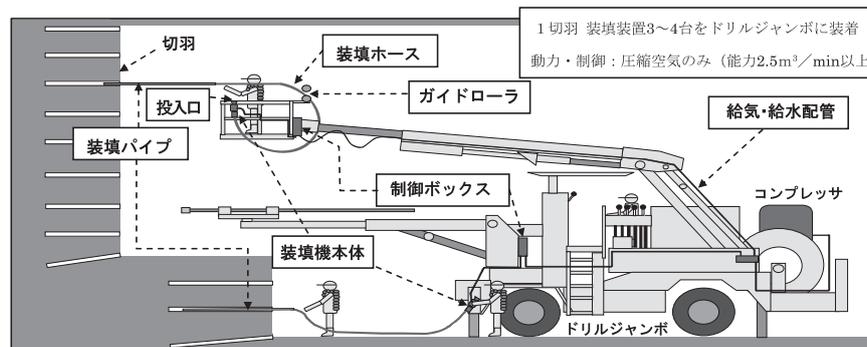


図-1 システム概要図

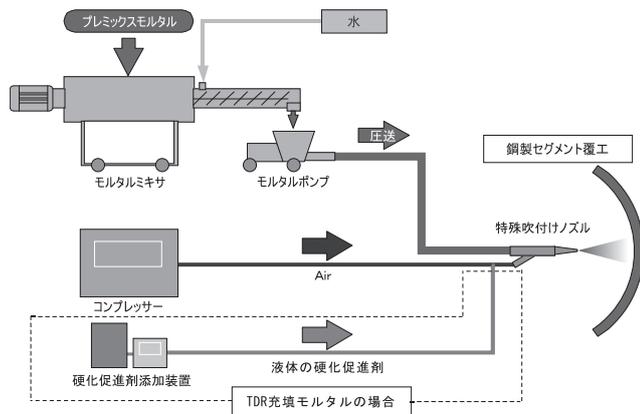
新工法紹介 機関誌編集委員会

| | | |
|--------|-------------------|------|
| 04-305 | TDR ショットライニングシステム | 飛鳥建設 |
|--------|-------------------|------|

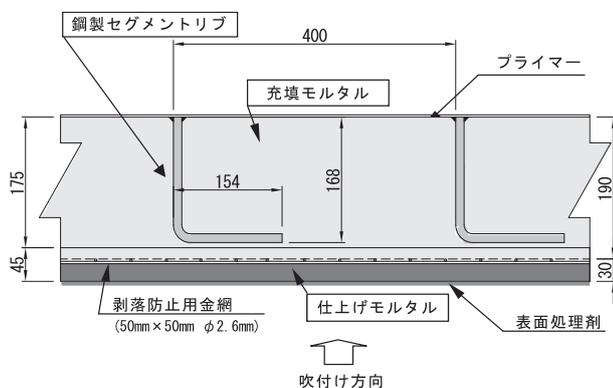
▶ 概 要

近年、シールドトンネルでは、マシンの性能向上や、セグメントの品質向上に伴い、RCセグメント仕上りの覆工（二次覆工一体型）が主流になりつつある。しかしながら、急曲線部ではジャッキの大きな偏心荷重をうけるため、また分岐合流部では将来的に開口を設けることなどから、鋼製セグメントが使用されている。特にこのような条件での鋼製セグメント区間では、鋼製セグメントと覆工表面とのかぶり厚さが小さく、さらに鋼製セグメント内のリブ構造が複雑になっていることから、従来の現場打ち覆工コンクリートでは、施工品質の確保が困難であり、これらを完全に充填し、被覆する覆工技術が求められていた。

本ライニングシステムは、劣化したコンクリートを断面修復する高性能モルタルの湿式吹付け工法をベースにした技術で、



図一 1 TDR ショットライニングシステム概要



図二 2 特殊二次覆工断面構成事例



写真一 1 鋼製セグメント区間状況



写真二 2 仕上がり状況事例

鋼製セグメント内並びに鋼製セグメントと覆工仕上がり面との間隙を完全に充填することを目標に開発した。本ライニングシステムは、シールドトンネル用に開発した特殊モルタルを鋼製セグメントのリブ内の狭空間に吹付け充填し、さらに下水道や共同溝における要求性能を満足した中性化抵抗性および耐硫酸抵抗性を有する高品質な耐酸モルタルを防食層として吹付ける工法で、連続練りミキサーを使用することで大容量のモルタル吹付けを可能にした。

▶ 特 徴

- ①仕上げモルタルとして、共同溝の場合は断面修復用の TDR モルタルを用い、下水道施設の場合は耐硫酸モルタルのサンタイトを用いる。それぞれの材料は、RCセグメントと同等以上の劣化抵抗性を有している。
- ②通常のコンクリートの打設では、充填が困難な鋼製セグメントのリブ裏の充填を可能にするとともに、作業員が充填状況を確認しながら施工できる。
- ③急曲線部の鋼製セグメントと覆工仕上がり面のかぶり厚さの薄さや、特殊な形状に対しても臨機応変に対応できる。また、メンテナンスも対処し易い。
- ④鋼製セグメントリブ内専用の充填モルタルを開発したことで全体コストの低減が図れた。
- ⑤連続練りミキサーを用い、大容量の吹付け施工を可能にした。
- ⑥補強繊維の添加により、高い剥離・剥落抵抗性やひび割れ抵抗性を実現した。
- ⑦平滑な表面仕上げができ、粗度係数も抑制できる。

▶ 用 途

シールドトンネル（下水道や共同溝）の鋼製セグメント区間における特殊二次覆工

▶ 実 績

- ・目黒川右岸低地部排水施設整備工事 発注 東京都品川区
- ・金沢共同溝工事（その2）発注 国土交通省関東地整

▶ 問 合 せ 先

飛鳥建設(株) 土木事業本部土木技術部
〒102-8332 東京都千代田区三番町2
Tel : (03)5214-7087

新機種紹介 機関連誌編集委員会

▶ 〈03〉 積込機械

| | | |
|------------|---------------------------------------|----------------------|
| 08-〈03〉-11 | キャタピラージャパン ホイールローダ CAT 992K | '08.12 発売 モデルチェンジ |
|------------|---------------------------------------|----------------------|

大規模土木工事、鉱山現場などで使用される大形のホイールローダについて、生産性、環境対応性、操作性、安全性、耐久性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。標準仕様（バケット容量 11.5 m³）の他に石灰石鉱山仕様（バケット容量 12.3m³）も確立している。標準仕様機（バケット容量 11.5m³）によるダンプトラックとの積込み組み合わせでは、最大積載重量 62t ダンプトラック（CAT775F）へ 3 杯積み、最大積載重量 95.1t ダンプトラック（CAT777F）へ 4～5 杯積みを最適マッチングとしている。

搭載エンジンは環境対応を図った ACERT 型で、定格出力を維持しながら従来機比で排気量を約 7% 減少してレスポンスと燃焼効率をアップしている。作業機アームは CAT988H(2005 年 6 月発売) で実績のある溶接式箱形断面構造の 1 本式で、視界性を向上するとともに、負荷の集中する部分には鋳鋼を使用するなど耐久性を向上している。キャブ内にはシートベルト付き補助シートを設けており、シートは折りたたみ式として運転席への出入りに邪魔にならないようにしている。また、後方 115 度の視界を確保する後方監視カメラを装備しており、キャブ内のカラーディスプレイで後方安全を確認できるようにしている。サービスブレーキは 4 輪制動密閉湿式多板ディスクブレーキとし、熱線入りミラー、自動給脂システムなどを採用して、安全性とメンテナンス性に配慮している。

表一 1 CAT 992K の主な仕様

| | | |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------|
| 標準バケット容量 | (m ³) | 11.5[12.3] |
| 運転質量 | (t) | 97.6[98.2] |
| 定格出力 | (kW(PS)/min ⁻¹) | 597(811)/1,750 |
| ダンピングクリアランス × | | |
| 同リーチ(バケット 45 度前傾) | (m) | 4.545[4.495] × 2.385[2.425] |
| 最高走行速度 F3/R3 | (km/h) | 20.6/22.4 |
| 最小回転半径 (バケット外側) | (m) | 11.1 |
| 軸距 × 輪距 (前後輪共) | (kPa) | 5.89 × 3.56 |
| 最低地上高 | (m) | 0.68 |
| タイヤサイズ | (-) | 45/65-45, 58PR(L-5) |
| 全長 × 全幅 × 全高 | (m) | 15.825[15.89] × 4.825 × 5.68 |
| 価格 | (百万円) | 209.8572 |

(注) 標準仕様 [石灰石鉱山仕様] の書式で示す。



写真一 1 キャタピラージャパン CAT 992K ホイールローダ

▶ 〈06〉 基礎工事機械

| | | |
|------------|--|----------------------|
| 08-〈06〉-01 | 加藤製作所 アースドリル (クローラ式) KE-1500 III | '08.11 発売 モデルチェンジ |
|------------|--|----------------------|

土木構造物、建築構造物などの基礎造成に使用されているコンパクトで小回り性を特長とするアースドリル KE-1500 について、環境適合性、作業性、操作性、居住性、運搬性などの向上を図ってモデルチェンジしたものである。国内の特定特殊自動車排出ガス基準適合車としており、国土交通省の低騒音型建設機械にも指定されている。

クローラにはフラットシューを採用し、足回り装置には油圧伸縮式クローラ張出し機構を装備してクローラ全幅の変更を可能にしている。幅を縮小した走行姿勢時は直角通路幅 4m の通過が可能であり、幅を拡大した作業姿勢時は接地を確実にするとともに機械の安定性を確保している。可変容量型ポンプを採用してバケットの負荷に応じたスムーズな回転を実現しており、ケリーバ用ウインチ(フリーフォール付)の他に、表層ケーシング、鉄筋、トレミー管などの吊り込み作業用として補助ウインチ(フリーフォール付)を搭載して作業効率を向上している。フルリクライニングシートを採用したキャブにはエアコンを装備して居住性向上に配慮している。機械の現場搬入・搬出における分解、組立作業が簡単にできるように工夫しており、作業開始のための特別な補助機械を不要にしている。



写真一 2 加藤製作所「REGZAM」KE-1500 IIIアースドリル

新機種紹介

表一 KE-1500 IIIの主な仕様

| | | |
|-----------------------|-----------------------------|-----------------|
| 掘削径 | (m) | φ 0.9~1.5 |
| 掘削深さ(掘削具長さを含まず)×同作業半径 | (m) | 約 43×(2.4~3.4) |
| バケット回転トルク×同回転数 | (kN・m)×(min ⁻¹) | 40×(0~12) |
| ロータリテーブル上下ストローク | (m) | 1 |
| ケリーウインチ巻上げ力×同速度 | (kN)×(m/min) | 69×85 |
| 補助ウインチ巻上げ力×同速度 | (kN)×(m/min) | 29×75 |
| ブーム(3段伸縮)起伏角度 | (度) | 0~80 |
| 全装備質量 | (t) | 約 23 |
| 定格出力 | (kW(ps)/min ⁻¹) | 98(133)/2,000 |
| 後端旋回半径 | (m) | 2.18 |
| 走行速度 | (km/h) | 0~2.8 |
| 登坂能力 | (度) | 35 |
| 接地圧 | (kPa) | 73 |
| 最低地上高 | (m) | 0.475 |
| 全長×全幅×全高(作業時) | (m) | 5.68×3.19×14.60 |
| 全長×全幅×全高(輸送時) | (m) | 6.94×2.49×2.95 |
| 価格 | (百万円) | 52.5 |

(注) (1) 掘削径は一般的な土質条件(N値30程度)の場合を示す。
 (2) ウインチ巻上げ速度は負荷により変化する。
 (3) 補助ウインチによる作業能力はブーム角度により変わる。

▶ 〈10〉環境保全およびリサイクル機械

| | | |
|------------|------------------------------------|----------------------|
| 08-〈10〉-01 | 日立建機 自走式土質改良機(クローラ式) SR2000G | '08.12 発売 モデルチェンジ |
|------------|------------------------------------|----------------------|

建設工事において発生する粘性土や高含水土などの改良に使用されている自走式土質改良機 SR-G2000 について、環境適応性、操作性、安全性、メンテナンス性などの向上を図ってモデルチェンジし、SR2000G としたものである。国内の特定特殊自動車排出ガス基準適合車としており、位置把握、機械診断などが可能な遠隔車両管理システム(e-Service Owner's site)を搭載してユーザーサポートを充実している。

機械は、原料土砂ホッパ、土砂フィーダ(揺動ゲート&均しローラ付)、固化材(セメント、石灰など)ホッパ、固化材スクリュフィーダ、原料土と固化材の混合機(2軸バドルミキサ)、排出ベルトコンベヤ、クレーン装置、走行装置、動力装置などから構成される。土砂ホッパは幅広・低高として土砂の投入性を良くしており、また、異物混入時の除去のために地上から開閉操作ができる排出ゲートを設けている。土砂フィーダ・揺動ゲート(特許)は、搬送土砂量を調整するとともにブリッジ現象を防止し、均しローラ(特許)では、揺動ゲートで調整された搬送土砂を均すと同時に供給量として連続的に計測(厚み)する。2分割式固化材ホッパ蓋(特許出願中)を採用して作業性を向上し、固化材スクリュフィーダ(特許出願中)はシュート形状の変更とスクリュフィーダの大径化により排出性を向上している。また、スクリュフィーダケーシングを上下分割式として閉塞時などにおける清掃作業を容易にしている。混合機のライナには耐衝撃性材料を採用し、混合機の下部ケーシングを油圧シリンダによる開閉式として点検、清掃を容易にしている。排出コンベヤには逆転機能があり、土砂詰まりの解消を容易にしている。改良

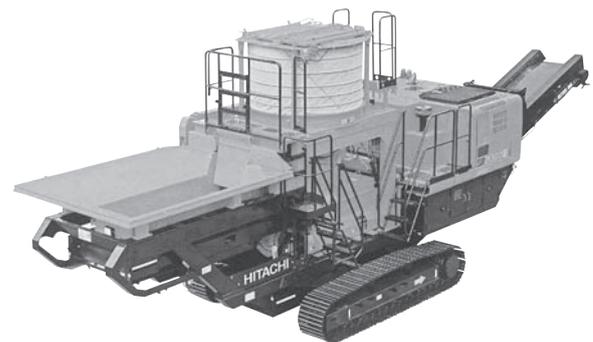
土量や固化材配分量などのデータは液晶モニタに表示され、処理土量、固化材量などは作業時間(または作業日)ごとにプリンタで記録できるようになっている。走行・作業用とクレーン用の2種類の無線式リモコンを標準装備しており、作業の効率化と安全性の向上を両立している。その他、風切り音を低減したラジエータファン(HSファン)、低騒音マフラ、鉛フリー化の配線、アルミ製ラジエータなどを採用して低騒音化やリサイクル性に配慮している。さらに安全装備として、非常停止ボタン、コンベヤプーリカバー、ISOに準拠したフロアおよび手すりなどを採用しており、メンテナンス性については、ラジエータ、オイルクーラ、インタクーラの並列配置、エンジンオイルリモートドレインの採用、土砂供給部の給脂を地上から可能な集中給脂とするなどで向上を図っている。

オプション装備として、固化材アーチブレーカ(サイロ接続用ホッパ蓋とセット)、処理量計測や固化材の重量比添加を可能にするコンベヤスケール、清掃用エアコンプレッサ、礫混じり土処理に対応する振動スクリーンなどを用意している。

表一3 SR2000Gの主な仕様

| | | |
|-----------------|---------------------------------------|-----------------------|
| 土砂供給量/最大許容塊 | (m ³ /h)/(m) | (20~170)/0.15 |
| 土砂ホッパ容量/上縁地上高 | (m ³)/(m) | 1.8/2.73 |
| 土砂ホッパ寸法 長さ×幅 | (m) | 3.00×2.40 |
| 固化材ホッパ容量/固化材供給量 | (m ³)/(m ³ /h) | 3/(0.8~13.3) |
| 運転質量 | (t) | 19.6 |
| 定格出力 | (kW(ps)/min ⁻¹) | 114(155)/1,800 |
| 排出ベルトコンベヤ幅 | (m) | 0.75 |
| 排出高さ(ベルト上面) | (m) | 2.77 |
| 走行速度 | (km/h) | 2.7 |
| 登坂能力 | (度) | 20 |
| 接地圧 | (kPa) | 58.5 |
| 最低地上高 | (m) | 0.29 |
| 燃料タンク容量 | (L) | 340 |
| クレーン能力(最縮)~(最伸) | (t)×(m) | (2.6×1.6)~(1.2×3.0) |
| 全長×全幅×全高(輸送時全高) | (m) | 12.50×2.99×4.51(3.50) |
| 価格 | (百万円) | 46.2 |

(注) (1) 固化材供給量は、処理土量や固化材の性状、比重などにより異なる。
 (2) 輸送時全高は、固化材ホッパを縮め、土砂ホッパ部の手すり倒し、固化材ホッパの手すりを外した状態。
 (3) 固化材ホッパ分割時の全高は3.1m。



写真一3 日立建機「Hi-OSS」SR2000G 自走式土質改良機

新機種紹介

▶ 〈19〉 建設ロボット, 情報化機器, タイヤ, 検査機器等

| | | |
|------------|--|----------------------------------|
| 09-〈19〉-01 | トプコン レーザーレベル (1) RL-VH4G2/(2) RL-VH4DR | (1)'08.11 (2)'09.02 発売 新機種 |
|------------|--|----------------------------------|

建築工事, 土木工事などにおいて, 室内・屋外兼用で利用できるローテーティングレーザーレベル RL-VH4G2 と RL-VH4DR の 2 機種である。縦置きで水平面を, 横置きで鉛直面を設定できる。

RL-VH4G2 は一般の赤色レーザーの約 4 倍の輝度を有するグリーンレーザーを採用して視認性を上げており, 一方, RL-VH4DR では高出力の赤色レーザーを採用して, レーザー光を絞ることで視認性を向上している。機械が傾いた状態でも電源を入れると自動的に整準作業 (レベリング補正範囲 ± 5 度) を行う自動整準機構を採用しており, 作業をスピーディに, 容易にしている。専用ターゲットを置くだけで機械がターゲットを自動認識してリモコンなしでスキャニングすることが可能であり, 反射プレートを追尾させ, スキャニング位置を移動およびスキャニング幅を伸縮させることができる。ボタン一つで自動的に水平ライン (勾配) を振ることが可能で, レベルセンサのブザー音に合わせて停止すれば, 後は微調整のみで簡単に勾配設定ができる。鉛直設定時において, 装備している錘球レーザー機能を利用して地墨に位置を合わせることも可能であり, ± 5 度の範囲で鉛直面のラインをコントロールすることができる。ポケットサイズで無線方式のリモートコントローラ RC-40 が用意されており (RL-VH4DR はオプション), レーザー光が見える範囲で全ての操作を可能にしている。



写真-4 トプコン RL-VH4G2 レーザーレベル

表-4 RL-VH4G2/RL-VH4DR の主な仕様

| | RL-VH4G2 | RL-VH4DR |
|----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| 測定範囲 | | |
| 反射プレート/レベルセンサ使用 (m) | $\phi 60 / \phi 300$ | $\phi 40 / \phi 200$ |
| 精度 | $\pm 20 (\pm 2\text{mm}/20\text{m})$ | $\pm 20 (\pm 2\text{mm}/20\text{m})$ |
| 水平 / 鉛直 (秒) | / ± 20 | / ± 20 |
| レーザー波長 (nm) | 532 | 635 |
| レーザークラス (-) | JIS Class 3R | JIS Class 3R |
| ビーム回転数 (r.p.m.) | 0 ~ 300 | 0 ~ 300 |
| 自動レベリング補正範囲 (度) | ± 5 | ± 5 |
| 使用温度範囲 (°C) | -20 ~ +50 | -20 ~ +50 |
| 電源バッテリー使用時間 | | |
| 乾電池/充電式バッテリー (h) | 約 30 / 約 24 | 約 90 / 約 65 |
| 質量 (バッテリー含まず) (kg) | 2.6 | 2.2 |
| 全長×全幅×全高 (mm) | 182×167×242 | 182×167×242 |
| リモコン使用範囲 / チャンネル数 (m)/(ch) | 約 100/9 | 約 100/9 |
| 価格 (百万円) | 0.598 | - |

(注) (1) 測定範囲におけるレベルセンサに, RL-VH4G2 は LS-80G (分解能 ファイン: $\pm 1\text{mm}$, コース: $\pm 2\text{mm}$) を使用, RL-VH4DR は LS-80A (分解能 ファイン: $\pm 1\text{mm}$, コース: $\pm 2\text{mm}$) を使用。

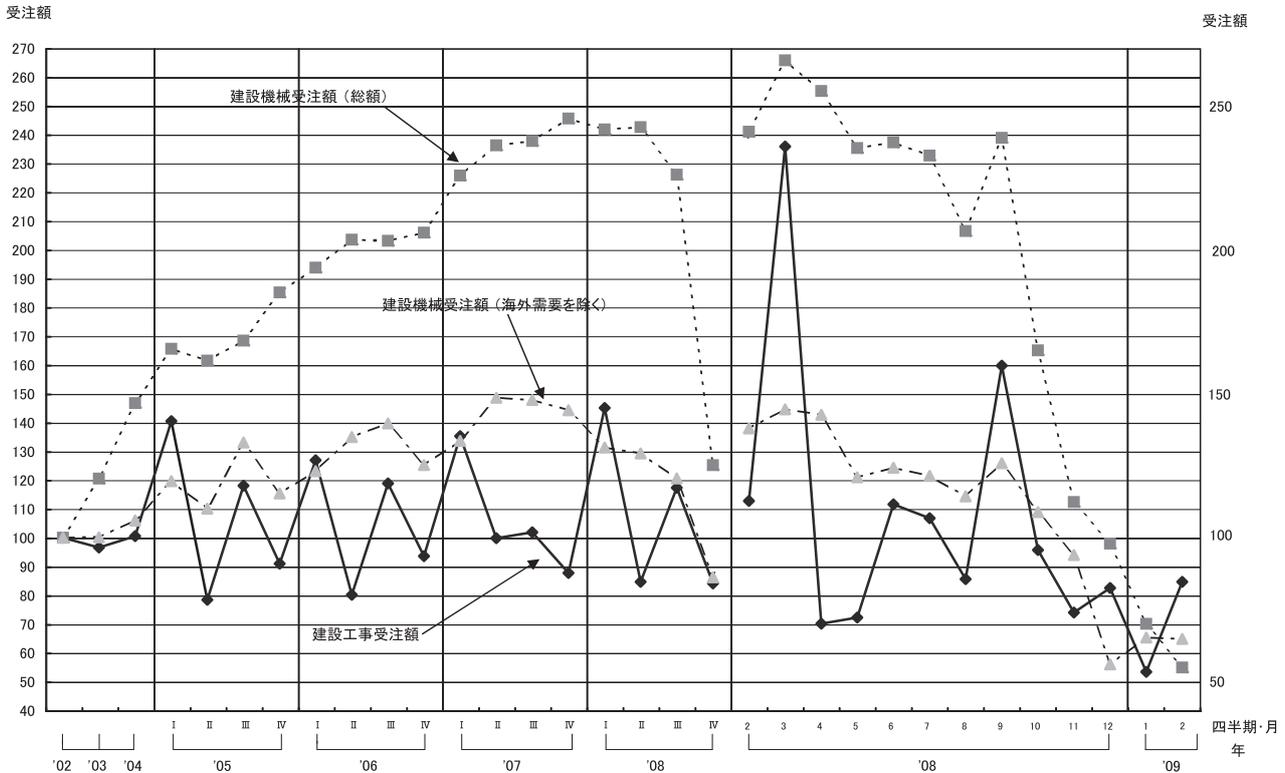
(2) ビーム回転数は 10r.p.m. ステップ可変。

(3) 電源バッテリーは, 単一アルカリ乾電池 4 本 / 充電式バッテリー BT-63Q (オプション仕様)。

(4) リモコンは RC-40 (RL-VH4DR はオプション仕様) を使用。

建設工事受注額・建設機械受注額の推移

建設工事受注額：建設工事受注動態統計調査(大手50社) (指数基準 2002年平均=100)
 建設機械受注額：建設機械受注統計調査(建設機械企業数24前後) (指数基準 2002年平均=100)



建設工事受注動態統計調査(大手50社)

(単位：億円)

| 年 月 | 総 計 | 受 注 者 別 | | | | | | 工 事 種 類 別 | | 未消化 工事高 | 施工高 |
|----------|---------|---------|--------|--------|--------|-------|--------|-----------|--------|------------|---------|
| | | 民 間 | | | 官 公 庁 | そ の 他 | 海 外 | 建 築 | 土 木 | | |
| | | 計 | 製 造 業 | 非製造業 | | | | | | | |
| 2002年 | 129,862 | 80,979 | 11,010 | 69,970 | 36,773 | 5,468 | 6,641 | 86,797 | 43,064 | 146,863 | 145,881 |
| 2003年 | 125,436 | 83,651 | 12,212 | 71,441 | 30,637 | 5,123 | 5,935 | 86,480 | 38,865 | 134,414 | 133,522 |
| 2004年 | 130,611 | 92,008 | 17,150 | 74,858 | 27,469 | 5,223 | 5,911 | 93,306 | 37,305 | 133,279 | 131,313 |
| 2005年 | 138,966 | 94,850 | 19,156 | 75,694 | 30,657 | 5,310 | 8,149 | 95,370 | 43,596 | 136,152 | 136,567 |
| 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 | 129,919 | 142,289 |
| 2008年 2月 | 12,212 | 7,768 | 1,823 | 5,946 | 3,371 | 481 | 591 | 8,242 | 3,969 | 130,681 | 11,615 |
| 3月 | 25,513 | 18,247 | 4,046 | 14,201 | 4,369 | 602 | 2,295 | 18,308 | 7,206 | 134,911 | 20,115 |
| 4月 | 7,598 | 5,844 | 1,639 | 4,205 | 759 | 450 | 545 | 5,456 | 2,141 | 132,528 | 10,963 |
| 5月 | 7,829 | 6,064 | 1,515 | 4,550 | 839 | 440 | 485 | 5,816 | 2,012 | 132,608 | 9,642 |
| 6月 | 12,078 | 8,114 | 1,840 | 6,275 | 2,447 | 560 | 957 | 8,516 | 3,562 | 132,533 | 11,917 |
| 7月 | 11,553 | 8,471 | 2,543 | 5,928 | 2,057 | 496 | 530 | 8,479 | 3,074 | 134,214 | 9,759 |
| 8月 | 9,276 | 6,525 | 1,522 | 5,003 | 1,530 | 464 | 758 | 6,461 | 2,816 | 132,644 | 10,626 |
| 9月 | 17,287 | 12,873 | 2,870 | 10,003 | 1,637 | 490 | 2,287 | 12,343 | 4,943 | 135,704 | 13,747 |
| 10月 | 10,369 | 5,638 | 1,504 | 4,133 | 3,016 | 526 | 1,189 | 6,451 | 3,918 | 136,081 | 9,553 |
| 11月 | 8,015 | 6,067 | 1,143 | 4,924 | 1,259 | 457 | 232 | 5,803 | 2,212 | 133,514 | 11,014 |
| 12月 | 8,942 | 6,447 | 1,149 | 5,298 | 2,315 | 423 | - 243 | 6,224 | 2,718 | 128,683 | 13,628 |
| 2009年 1月 | 5,789 | 4,138 | 715 | 3,423 | 1,248 | 374 | 29 | 3,758 | 2,031 | 125,703 | 9,300 |
| 2月 | 9,168 | 5,968 | 1,269 | 4,699 | 2,476 | 472 | 251 | 5,765 | 3,402 | — | — |

建設機械受注実績

(単位：億円)

| 年 月 | 02年 | 03年 | 04年 | 05年 | 06年 | 07年 | 08年 | 08年 2月 | 3月 | 4月 | 5月 | 6月 | 7月 | 8月 | 9月 | 10月 | 11月 | 12月 | 09年 1月 | 2月 |
|---------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----|-----|-----------|-----|
| 総 額 | 8,667 | 10,444 | 12,712 | 14,749 | 17,465 | 20,478 | 18,099 | 1,740 | 1,919 | 1,842 | 1,699 | 1,713 | 1,680 | 1,491 | 1,725 | 1,192 | 812 | 708 | 506 | 397 |
| 海外需要 | 4,301 | 6,071 | 8,084 | 9,530 | 11,756 | 14,209 | 12,996 | 1,238 | 1,393 | 1,323 | 1,259 | 1,261 | 1,237 | 1,075 | 1,267 | 796 | 470 | 504 | 268 | 161 |
| 海外需要を除く | 4,365 | 4,373 | 4,628 | 5,219 | 5,709 | 6,268 | 5,103 | 502 | 526 | 519 | 440 | 452 | 442 | 416 | 458 | 396 | 342 | 204 | 238 | 236 |

(注) 2002～2004年は年平均で、2005年～2008年は四半期ごとの平均値で図示した。
 2008年2月以降は月ごとの値を図示した。

出典：国土交通省建設工事受注動態統計調査
 内閣府経済社会総合研究所機械受注統計調査

…行事一覧…

(2009年3月1日～31日)

■ 機 械 部 会

■路盤・舗装機械技術委員会・安全環境分科会

月 日：3月5日(木)

出席者：小葉賢一分科会長ほか9名

議 題：①アスファルトプラントの安全対策・ベルトコンベアへの巻き込まれ事故防止策の検討について ②その他

■トンネル機械技術委員会・環境保全分科会

月 日：3月5日(木)

出席者：坂下 誠分科会長ほか3名

議 題：①報告書の最終確認作業について ②その他

■ショベル技術委員会

月 日：3月9日(月)

出席者：此村 靖委員長ほか7名

議 題：①コマツ殿大阪工場見学会 ②来年度の事業計画について ③C規格の見直しについて ④その他

■路盤・舗装機械技術委員会・幹事会

月 日：3月13日(金)

出席者：青山俊行委員長ほか10名

議 題：①平成20年度活動報告について ②平成21年度活動計画について ③その他

■路盤・舗装機械技術委員会・舗装機械変遷分科会

月 日：3月13日(金)

出席者：小葉賢一分科会長ほか10名

議 題：①アスファルトフィニッシャの変遷について ②その他

■トンネル機械技術委員会・事故災害防止(シールドトンネル)分科会

月 日：3月16日(月)

出席者：川本伸司分科会長ほか3名

議 題：①報告書の取り纏めについて ②その他

■油脂技術委員会

月 日：3月17日(火)

出席者：杉山玄六委員長ほか11名

議 題：①平成20年度活動報告と平成21年度活動計画について ②各分科会の活動報告について ③その他

■除雪機械技術委員会・幹事会

月 日：3月17日(火)

出席者：江本 平幹事長ほか11名

議 題：①除雪機械のC規格検討について ②平成21年度活動計画につ

て ③ホームページの見直しについて

④その他

■トンネル機械技術委員会・幹事会

月 日：3月18日(水)

出席者：篠原慶二委員長ほか8名

議 題：①平成20年度活動報告と平成21年度活動計画について ②各分科会の活動報告について ③その他

■トンネル機械技術委員会・事故災害防止(山岳トンネル)分科会

月 日：3月19日(木)

出席者：市川政美分科会長ほか8名

議 題：①報告書の纏めについて ②その他

■自走式建設リサイクル機械分科会

月 日：3月23日(月)

出席者：佐藤文夫分科会長ほか4名

議 題：①自走式木材リサイクル要求事項の見直しについて ②ペンディング事項の再討議について ③その他

■建築生産機械技術委員会・幹事会

月 日：3月25日(水)

出席者：石倉武久委員長ほか9名

議 題：①平成19年度下期委員会活動報告について ②平成20年度委員会活動計画について ③その他

■ダンプトラック技術委員会

月 日：3月26日(木)

出席者：伊戸川 博委員長ほか5名

議 題：①各社トピックス紹介 (IHI 建機殿) ②来期の活動内容について ③その他

■トンネル機械技術委員会・事故災害防止(シールドトンネル)分科会

月 日：3月31日(火)

出席者：川本伸司分科会長ほか2名

議 題：①報告書の取り纏め ②その他

■ 建 設 業 部 会

■建設業部会 幹事会

月 日：3月3日(火)

出席者：坪田 章部会長代理ほか15名

議 題：①平成20年度事業報告(案)について ②平成21年度事業計画(案)について ③平成21年度予算(案)について ④その他

■建設業部会 総会

月 日：3月19日(木)

出席者：坪田 章部会長代理ほか26名

議 題：①平成20年度事業報告(案)について ②平成21年度事業計画(案)について ③平成21年度予算(案)について ④安全情報公開システムの紹介 ⑤その他

■建設業部会 建設機械事故防止推進分科会

月 日：3月26日(木)

出席者：村本利行分科会長ほか14名

議 題：①アドバイザー・会長からの報告 ②各部会(製造業、レンタル業、商社)からの報告 ③提案書・報告書の案審議 ④報告書の提出方法 ⑤その他

■ レンタル業部会

■レンタル業部会

月 日：3月5日(木)

出席者：高見俊光幹事長ほか8名

議 題：①平成20年度事業報告(案)について ②平成21年度事業計画(案)について ③平成21年度予算について ④その他

■コンプライアンス分科会

月 日：3月9日(月)

出席者：高見俊光分科会長ほか19名

議 題：①情報の共有化について ②現場における機械管理状況・問題点について ③その他

■ 商 社 部 会

■商社部会講演会

月 日：3月12日(木)

出席者：橘知久会長ほか75名

講演内容：「最近の中国情勢」

講演者：伊藤忠商事(株) 伊藤忠中国総合研究所 代表 古屋 明氏

■ CP 車総合改善委員会

■第一分科会

月 日：3月24日(火)

出席者：宇治公隆分科会長ほか9名

議 題：①先端ホースとブーム長の検討 ②安全率について ③本体、構造部品の交換時期について ④報告書まとめのスケジュール ⑤その他

■ 製 造 業 部 会

■製造業部会・小幹事会・合同連絡会

月 日：3月24日(火)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか14名

議 題：①ハンドガイド式ローラーの安全対策について ②その他

■製造業部会・次期排ガス規制連絡会

月 日：3月27日(金)

出席者：溝口孝遠幹事長ほか5名

議 題：①技術基準検討会の状況報告に

について ②5団体合会の情報について
③その他

■製造業部会・作業燃費検討会

月 日：3月27日(金)
出席者：田中利昌リーダほか13名
議 題：①低燃費型建設機械の指定制度
に関して意見交換会 ②その他

■ 各種委員会等

■機関誌編集委員会

月 日：3月4日(水)
出席者：岡崎治義委員長ほか22名
議 題：①平成21年6月号(第712号)
の計画の審議・検討 ②平成21年7
月号(第713号)の素案の審議・検討
③平成21年8月号(第714号)の編
集方針の審議・検討 ④平成21年3
～5月号(第709～711号)の進捗状
況の報告・確認

■新機種調査分科会

月 日：3月24日(火)
出席者：渡部 務分科会長ほか6名
議 題：①新機種情報の検討・選定 ②
技術交流・討議—VTR(原子力の話・
研究者エンリコ フェルミ)

■建設経済調査分科会

月 日：3月25日(水)
出席者：山名至孝分科会長ほか6名
議 題：①平成21年3月号原稿の検討
②平成21年6月号テーマの検討

■新工法調査分科会

月 日：3月17日(火)
出席者：村本利行分科会員ほか5名
議 題：①新工法情報の検討・選定

…支部行事一覧…

■ 北海道支部

■第1回情報化施工推進検討WG

月 日：3月5日(木)
出席者：沖野座長ほか22名
議 題：①座長選出、WG立上げ経緯
②背景、国土交通省・北海道開発局の
取り組み概要 ③情報化施工を実施する
上での懸案事項、課題 ④その他

■広報部会

月 日：3月10日(火)
場 所：北海道支部
出席者：杉岡部会長ほか9名
内 容：①平成20年度の事業報告につ
いて、支部だより98号の発行につ
いて ②平成21年度の事業計画につ

て、支部講演会について

■調査部会

月 日：3月11日(水)
場 所：北海道支部
出席者：吉田部会長ほか8名
内 容：①平成20年度の事業報告につ
いて ②平成21年度の事業計画につ
いて

■技術部会

月 日：3月12日(木)
場 所：北海道支部
出席者：服部部会長ほか12名
内 容：①平成20年度の事業報告につ
いて ②平成21年度の事業計画につ
いて

■ 東北支部

■EE東北作業部会

日 時：3月4日(水)
場 所：宮城県建設産業会館
出席者：遠藤 紇事務局長ほか1名
議 題：EE東北'09開催について

■広報部会

日 時：3月4日(水)
場 所：協会会議室
出席者：山田一彦部会長ほか6名
議 題：①「支部たより」の今後の編集
方針について ②「支部たより」156
号の編集割付について

■ 北陸支部

■企画部会正副委員長会議

月 日：3月4日(水)
場 所：北陸支部事務局
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか7名
議 題：①平成20年度事業結果報告
②平成21年度事業計画、予算につ
いて

■建設機械整備技術委員会

月 日：3月10日(火)
場 所：新潟県建設業会館
出席者：渡部敏男整備技術委員長ほか
18名
議 題：建設機械整備標準作業工数表
(除雪機械編)の改訂について

■企画部会

月 日：3月11日(水)
場 所：新潟県建設会館
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか19名
議 題：①平成20年度支部事業報告に
ついて ②平成21年度事業計画及び
予算について ③優良建設機械運転員
並びに整備員の表彰について

■効率化推進委員会機械設備分科会

月 日：3月13日(金)
場 所：新潟県建設会館
出席者：上村 弘効率化推進委員長ほか
14名
議 題：土木機械設備(河川管理施設)
の点検作業の効率化について

■広報委員会

月 日：3月18日(水)
場 所：北陸支部事務局
出席者：羽賀清治委員長ほか5名
議 題：支部機関誌の発刊について

■企画部会正副委員長会議

月 日：3月27日(金)
場 所：北陸支部事務局
出席者：穂苅正昭企画部会長ほか7名
議 題：北陸支部活動の運営について

■ 中部支部

■企画部会

月 日：3月2日(月)
出席者：西脇恒夫広報部会長ほか6名
議 題：支部だより「50周年記念誌号」
編集会議

■「建設技術フェア2009 in 中部」事務局 会議に出席

月 日：3月19日(木)
出席者：五嶋政美事務局長出席
議 題：「建設技術フェア2009 in 中部」
の開催に向けて

■ 関西支部

■「土質改良セミナー in 大阪」(開催協力)

月 日：3月5日(木)
場 所：テイジンホール
参加者：180名
内 容：①講演1「NETIS新技術情報
提供システムについて」近畿地方整備
局 施工企画課長 三上 章氏 ②講
演2「能登半島地震に耐えた土質改良
工法」(株)吉光組 常務取締役 道 勇
治氏 ③講演3「重金属汚染発生土の
リサイクル提案」(株)ユーディケー 土
木部課長 大川史芳氏 ④講演4「固
化材(セメント・石灰)の特性について」
太平洋セメント(株) 営業部リーダー
鳥光照雄氏

■橋梁技術委員会

月 日：3月30日(月)
場 所：支部会議室
出席者：早川 充委員長ほか4名
内 容：①平成21年度活動方針の検討

■新機種・新工法委員会

月 日：3月30日(月)

場 所：支部会議室
 出席者：金田一行委員長ほか1名
 内 容：①平成20年度活動の総括 ②
 平成21年度活動方針の打合せ

■ 中国支部

■日本建設機械化協会中国支部と中国地方整備局との意見交換会

月 日：3月2日（月）
 場 所：KKR ホテル広島
 出席者：中国地方整備局から企画部長ほか6名・中国支部から支部長ほか13名
 内 容：①公共工事の品質確保の推進について ②その他要望事項

■「新工法・新技術セミナー&講演会 in 広島」

月 日：3月18日（水）
 場 所：はつかいち文化ホール
 参加者：213名
 内 容：①現場循環型工法への取り組みについて ②NETIS新技術情報システムについて ③土質改良現場の今を伝える自走式土質改良機リテラの紹介プレゼンテーション ④能登半島地震に耐えた土質改良工法 ⑤循環型社会を目指した重金属汚染発生土リサイクル提案について ⑥固化剤（セメント・石灰）の特性について

■ 九州支部

■企画委員会

日 時：3月26日（木）
 出席者：相川 亮委員長ほか7名
 議 題：・平成20年度事業実施及び決算について ・平成21年度事業計画及び予算について ・災害協定の見直しについて ・平成21年度支部役員等について

■「建設の施工企画」投稿のご案内■

—社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局—

会員の皆様のご支援を得て当協会機関誌「建設の施工企画」の編集委員会では新しい編集企画の検討を重ねております。その一環として本誌会員の皆様からの自由投稿を頂く事となり「投稿要領」を策定しましたので、ご案内をいたします。

当機関誌は2004年6月号から誌名を変更後、毎月特集号を編成しています。建設ロボット、建設IT、各工種（シールド・トンネル・ダム・橋等）の機械施工、安全対策、災害・復旧、環境対策、レンタル業、リニューアル・リユース、海外建設機械施工、などを計画しております。こうした企画を通じて建設産業と建設施工・建設機械を取り巻く時代の要請を誌面に反映させよ

うと考えています。

誌面構成は編集委員会で企画いたしますが、更に会員の皆様からの特集テーマをはじめ様々なテーマについて積極的な投稿により機関誌が施工技术・建設機械に関わる産学官の活気あるフォーラムとなることを期待しております。

(1) 投稿の資格と原稿の種類：

本協会の会員であることが原則ですが、本協会の活動に適した内容であれば委員会で検討いたします。投稿論文は「報文」と「読者の声」（ご自由な意見、感想など）の2種類があります。

投稿される場合はタイトルとアブストラ

クトを提出頂きます。編集委員会で査読し採択の結果をお知らせします。

(2) 詳細：

投稿要領を作成してありますので必要の方は電子メール、電話でご連絡願います。また、JCMA ホームページにも掲載してあります。テーマ、原稿の書き方等、投稿に関わる不明な点はご遠慮なく下記迄お問い合わせ下さい。

社団法人日本建設機械化協会「建設の施工企画」編集委員会事務局

Tel：03(3433)1501, Fax：03(3432)0289,

e-mail：suzuki@jcmanet.or.jp

編集後記

CEng (Chartered Engineer) という資格をご存じでしょうか。「世界一取得が難しい」とも言われる英国の技術者資格です。その制度は、日本の技術士や米国のPEとは少し異なっているそうです(日米の制度は諸誌で紹介されて周知と思いますので省略します)。

CEngの資格は、その登録機関であるECUK (The Engineering Council UK)の公認学術団体(以下、団体)に入会できれば自動的に取得できます。それらの団体に入会するには、

① ECUKの認定大学から優秀な成績(独自基準で評価)で学士を取得した後に修士(飛び級の修士も可ですが、博士の有無は評価の対象外)の学位を取得する。

② 数年間 Engineerとしての実務経験を積む。

③ 2名以上(団体による)のCEngから身元保証を得る。

④ UK-SPEC (UK Standard for Professional Engineering Competence)に基づく書類審査を受ける。

⑤ 英語での面接試験を受け、面接官から団体への入会推薦を得る。という手続きが必要だそうです。

①は「学力試験」の代替と思いますが、学部での優秀な成績と修士の学位が必須なのは特徴の一つでしょう。また、英国以外で取得した学位は、教育課程の同等性を証明するために、シラバスや学位論文の英訳が必要だそうです。②の実務経験では、主に「技術や技術者、さらに社会をリードする能力」が問われるそうで

す。③では、UK-SPECに基づいた身元保証人による能力、社会的信用、さらに品格の評価があるそうです。そして、CPDと倫理規定の誓約書、開発計画書等を含む提出書類に1名の身元保証人から確認の署名を得て申請します。④のUK-SPECに基づく「厳密、厳正かつ厳格な書類審査」に合格すると⑤の面接試験となります。面接試験では、2名の面接官(CEng有資格者で1名は必ず英国籍)から2時間以上かけて申請内容に関して多角的に繰り返し紳士的に質問される(虚偽は必ず露見する)そうです。そして、両方の面接官がUK-SPECに基づき「CEngに相応しい」と認めると、彼らの推薦を受けて団体に入会できます。入会と同時にECUKに登録され、晴れてCEngと名乗れます。

こう説明されると、CEng制度は「リーダーは一貫教育で育てる」「紹介が無いと、無人島で2人きりでも言葉を交わさない」等の英国人気質を反映し「世界一取得が難しい」と言われるのも理解できますし、「CEng制度は技術者を対象とした『紳士認定制度』では?」とも思えてきます。

さて、今回の橋梁特集は如何でしたか? 橋梁分野では、建設、維持、災害対応、移設、補修等にまだ課題が残されており、官民学で種々の試みがなされています。また、橋梁模型コンテスト等を通じて若い方々が橋梁に興味を持ち、これらの課題に取り組んで頂ければと思います。

最後に、執筆者をはじめ関係諸氏に誌面を借りてあらためて御礼申し上げます。

(高津・石戸谷)

機関誌編集委員会

編集顧問

| | |
|-------|-------|
| 浅井新一郎 | 今岡 亮司 |
| 上東 公民 | 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 | 田中 康順 |
| 塚原 重美 | 寺島 旭 |
| 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

岡崎 治義 (社)日本建設機械化協会

編集委員

| | |
|-------|-------------------|
| 森川 博邦 | 国土交通省 |
| 浜口 信彦 | 国土交通省 |
| 山田 淳 | 農林水産省 |
| 松岡 賢作 | (独)鉄道・運輸機構 |
| 圓尾 篤広 | (株)高速道路総合技術研究所 |
| 石戸谷 淳 | 首都高速道路(株) |
| 高津 知司 | 本州四国連絡高速道路(株) |
| 平子 啓二 | (独)水資源機構 |
| 松本 敏雄 | 鹿島建設(株) |
| 和田 一知 | (株)KCM |
| 安川 良博 | (株)熊谷組 |
| 渥美 豊 | コベルコ建機(株) |
| 富樫 良一 | コマツ |
| 藤永友三郎 | 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) |
| 宮崎 貴志 | (株)竹中工務店 |
| 泉 信也 | 東亜建設工業(株) |
| 齊藤 徹 | (株)NIPPO コーポレーション |
| 高木 幸雄 | 日本道路(株) |
| 宮路 勝善 | 日立建機(株) |
| 岡本 直樹 | 山崎建設(株) |
| 中村 優一 | (株)奥村組 |
| 石倉 武久 | 住友建機(株) |
| 京免 継彦 | 佐藤工業(株) |
| 久留島匡繕 | 五洋建設(株) |
| 藤田 一宏 | 施工技術総合研究所 |

6月号「建設施工の環境対策特集」予告

- ・「環境行動計画2008」について
- ・道頓堀川水辺整備事業と環境対策
- ・アールキュービック土壤洗浄システム
- ・防音対策シミュレータの開発
- ・油分汚染土壌のバイオレメディエーション
- ・ランドファーマーミングとファイトレメディエーション
- ・ダンボールダクト
- ・凍結技術を用いた水中部の仮設ドライアップ工法
- ・過熱水蒸気による油汚染土壌浄化技術
- ・REACH対応の動き
- ・脱水ケークリサイクル装置
- ・鋼製箱桁内面防錆システムの実橋適用
- ・航空機を使った環境調査

No.711「建設の施工企画」 2009年5月号

[定価] 1部840円(本体800円)

年間購読料9,000円

平成21年5月20日印刷

平成21年5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 社団法人 日本建設機械化協会

〒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 仙台市青葉区二日町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〒460-0008 名古屋市中区栄4-3-26 | 電話 (052) 241-2394 |
| 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2-8-26 | 電話 (092) 436-3322 |

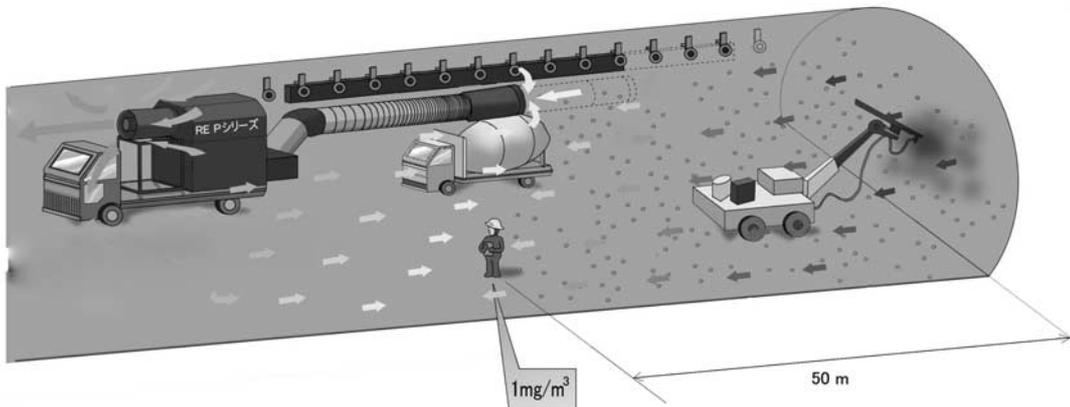
吸引ダクトシステム

吸引ダクトシステム特許取得【第3883483号】 ガイドラインを大幅にクリア 1mg/m³を達成!!



まずはお問合せ下さい。実績データと理論を元に現地条件に合わせコンサル致します。

- ・発生源粉塵対策の決定版。
- ・ダクトはもちろん吊下げレールも無線リモコンで楽々前進。
- ・掘削工法や作業サイクルに適応。**操作のお手間をとらせません。**
- ・**最低限の切羽送気量**と後方の**高い清浄空間**の確保で換気コスト・ランニングコストの大幅なコストダウンに。
- ・適応径はφ600～φ1500、負圧-2kpa、収縮率1/5、100m以上もレンタルで対応可。移動照明を使用することで切羽作業効率、安全性が大幅にアップ。その他の口径・延長はご相談下さい。



株式会社流機 エンジニアリング

URL : <http://www.ryuki.com> E-mail : eigyobu@ryuki.com

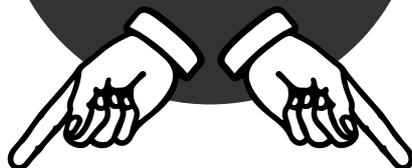
本社 / 〒108-0073 東京都港区三田3-4-2 COI聖坂ビル
TEL : 03 (3452) 7400 (代) FAX : 03 (3452) 5370
つくば / 〒308-0114 茨城県筑西市花田90-1
テクセンター TEL : 0296 (37) 7680 (代) FAX : 0296 (37) 7681

KOBELCO

さすがコベルコ!

選択される「商品」「社員」「会社」へ

“さすが”を 証明



後方超小旋回の小・中型機には

通常形の中・大型機には

極低騒音 低燃費

超低騒音基準より -5dB (SK70SRは -0dB)

当社従来機より $-18\sim 20\%$

SK70SR SK125SR
SK135SR [LC] SK225SR
SK235SR [LC]

SK200 SK210LC SK250
SK260LC SK330 SK350LC
SK460 SK480LC

※燃費は同等作業土量で比較

GACERA アセラ・ジオスペック
GEOSPEC

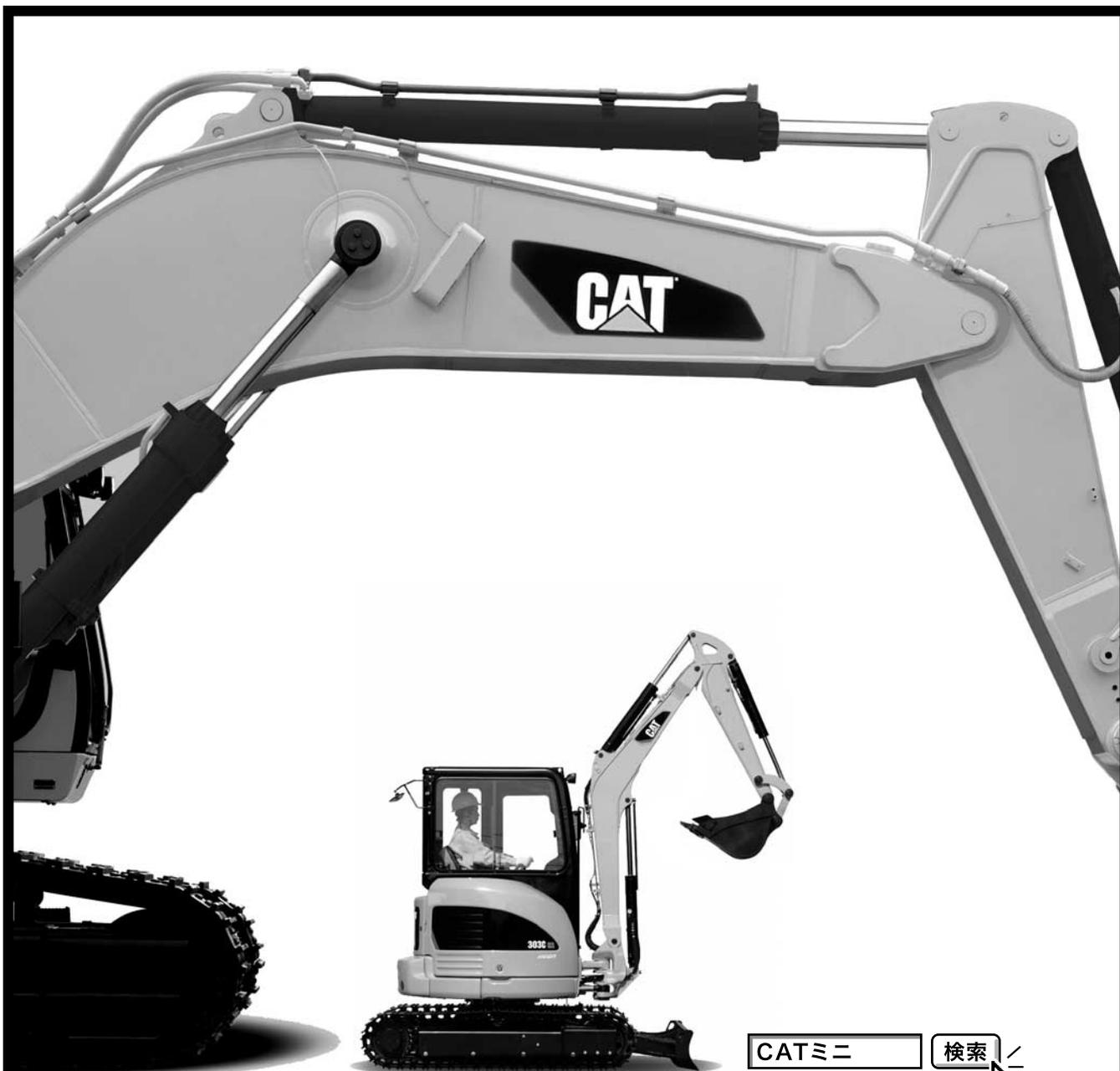
フルラインナップ完成!



全機種
オフロード法適合

コベルコ建機株式会社 <http://www.kobelco-kenki.co.jp>

東京本社/〒141-8626 東京都品川区東五反田2-17-1 ☎03-5789-2111



CATミニ

検索 

サイズが違って、 積み重ねてきたものは変わらない。

油圧ショベルの歴史は
この小さなCATミニの中に詰まっている。
どの国の現場に居ようとも…。

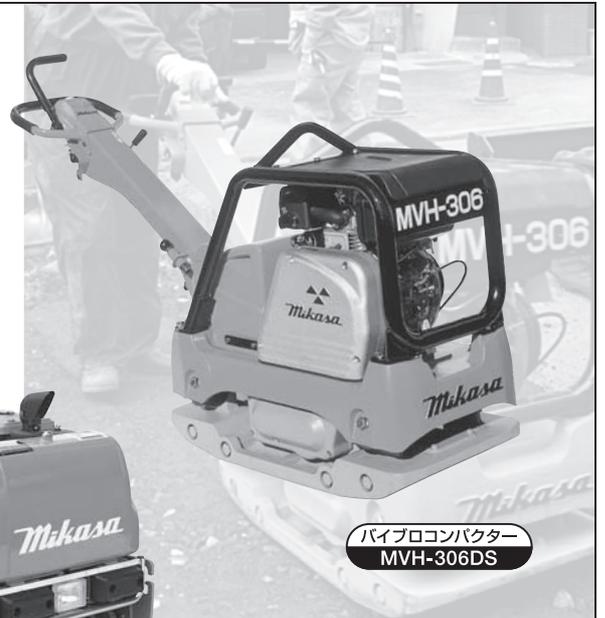
キャタピラー・ジャパン株式会社
本社（営業部門） 神奈川県相模原市田名3700 〒229-1192
Tel 042-764-8730 <http://japan.cat.com/>
CATERPILLAR(キャタピラー)及びCATはCaterpillar Inc.の登録商標です。

CATERPILLAR®
TODAY'S WORK. TOMORROW'S WORLD.™

多様な現場環境に柔軟に対応する技術とパワー。
 進化を続ける三笠が確かな未来を約束します。



バイブレーションローラー
MRH-600DSA



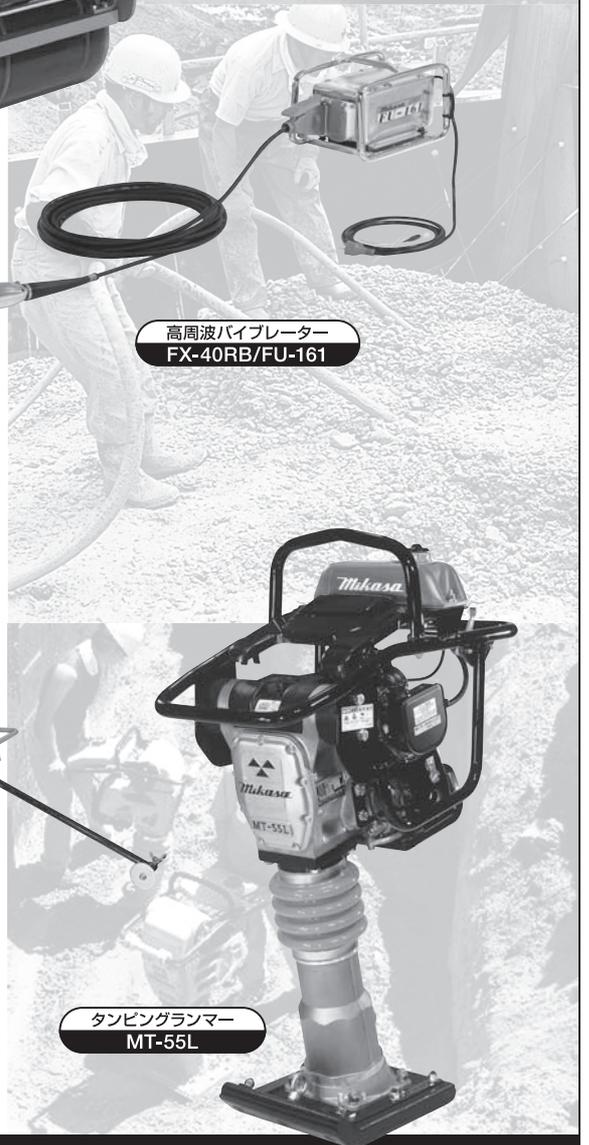
バイブロコンパクター
MVH-306DS



高周波バイブレーター
FX-40RB/FU-161



コンクリートカッター
MCD-216VDXS



タンピングランマー
MT-55L

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)
 ●営業所 : 札幌 / 仙台 / 関越 / 長野 / 静岡 ●出張所 : 山梨

三笠建設機械株式会社

本社 / 〒550-0012 大阪市西区立売堀3-3-10 TEL : 06-6541-9631 (代)
 ●営業所 : 中部 / 金沢 / 中国 / 九州 ●出張所 : 鹿児島 / 沖縄 / 四国

確かな技術で世界を結ぶ

Attachment Specialists

任意の高さに停止可能

パラレルリンクキャブ



パラレルリンクキャブ仕様車

車の解体・分別処理を大幅にスピードアップ

自動車解体機



自動車解体機

ワイドな作業範囲で効率の良い荷役作業

スクラップハンドラ



スクラップハンドラ仕様車

スクラップ処理で高い作業効率を発揮

リフティングマグネット



リフティングマグネット仕様車

船舶・プラント・鉄骨物解体に威力を発揮する

サーベルシア



MSD4500R

丸太や抜根を楽々切断する

ウッドシア



MWS700R (油圧全旋回式)



マルマテクニカ株式会社

■ 名古屋事業所

愛知県小牧市小針2-18 〒485-0037
電話 0568(77)3312
FAX 0568(77)3719

■ 本社・相模原事業所

神奈川県相模原市大野台6丁目2番1号 〒229-0011
電話 042(751)3800
FAX 042(756)4389

■ 東京事業所

東京都世田谷区桜丘1丁目2番22号 〒156-0054
電話 03(3429)2141
FAX 03(3420)3336

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
中部支店
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
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2
〒812-0013 福岡県福岡市博多区博多駅東2丁目6番26号 安川産業ビル
〒514-0396 三重県津市雲出鋼管町6番地2

TEL. 03-5733-9443
TEL. 059-234-4139
TEL. 092-411-4998
TEL. 059-234-4111

クレーン、搬送台車、建設機械、特殊車輛他 産業機械用無線操縦装置

今や、業界唯一。日本国内自社自力生産・直接修理を實踐中！

ポケットサイズ ハンディ～ショルダー機
フルラインアップ!!
リソーサー
ケーブルレス サテライト 離操作

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

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

スリムケーブルレス

より安価なオーダー対応を実現！

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

フルオーダー対応で
最大32点まで対応可！

- スリムなボディ…従来品(TX-5600)との体積比約88%
- 自由度の高い操作スイッチ配置など、多様なオーダー対応性
- 優れた耐塵防雨性能…送信機はIP65相当
- 衝撃に強い新ブラケースを採用
- 自社開発！新生2段階押しスイッチで高い耐久性
- パネルゴムに突起部を追加、操作感を向上(標準釦位置のみ)
- 見易くなった 電池残量告知ランプ付

標準型
RC-5708N

- 8操作8リレー
- 軽量・コンパクト受信機

セットで
15.75万円



標準型
RC-5712N

- 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



マイコンケーブルレス

N/U/Gシリーズ

標準型

RC-6016N

- 16操作16リレー
- 最大24操作まで対応可能

セットで
21万円



防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波・特定小電力)

マイティサテライト

N/U/Gシリーズ

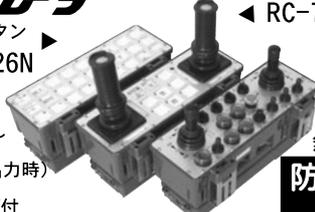
微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

全押しボタン
RC-7126N

セットで
47.25万円

- 最大操作数64 (オープンコレクタ出力時)
- 見易くなった 電池残量告知ランプ付



3ノッチジョイスティック型
RC-7132N

セットで
94.5万円

ジョイスティック
2本装着オーダー例

無段変速対応可

防爆形無線機 対応可能
《ポーバ》(微弱電波のみ)

メガケーブルレス

N/U/Gシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

2段階押し・特殊
スイッチ装着可能

標準型
RC-8416N

セットで
23.1万円

- 16操作16リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- ハンディーなのにロータリー・トグルスイッチ装着可能
- 見易くなった 電池残量告知ランプ付



裏側
スイッチ
装着例

チップケーブルレス

コンパクトという選択肢!!
～機能を絞ると、こんなに小さくなりました～

微弱電波モデル
対応

標準型

RC-3208N

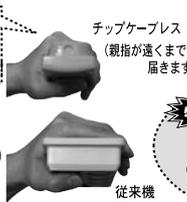
- 6操作8リレー

セットで
12.6万円



スリムなので
片手で握り替えずに、
逆正操作が行えます!

- スリム・小型・軽量
- 送信機ケース強度が増大!
- 防水性アップ(送信機はIP65)
- 価格がさらに安価に!
- 従来機と信号互換あり!



チップケーブルレス
(親指が遠くまで
届きます)

従来機
(ケーブルレス)

ケーブルレスミニ

ポケットサイズの本格派!

微弱電波・ラジコンバンド
両モデル対応

N/Rシリーズ

標準型

RC-4303N/R

- 3操作3リレー
- 最大5リレーまで対応可能

セットで
10.5万円



● 微弱Nシリーズは、240MHz化でより安定した電波の飛び!

● 2段階押しスイッチ追加可能!(オプション)

● 3操作3リレー

● 最大5リレーまで対応可能

● 3操作3リレー

● 最大5リレーまで対応可能

● テルハにはゼロ線電源*とおんぶ/だっこ金具*で電気配線不要・取付簡単!(オプション)

● 取付例

リソーサー 離操作

Nシリーズ
Uシリーズ

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

標準型

RC-2512N

- 12操作12リレー
- 最大32リレーまで対応可能
- 送信機防塵防滴構造強化
- 見易くなった 電池残量告知ランプ付

セットで
23.1万円



軽量コンパクト
ショルダータイプ

価格もサイズも
ハンディー並み!

データケーブルレス

工夫次第で用途は無限!

微弱電波・特定小電力
両モデル対応

N/R/U/Gシリーズ

標準型

セットで

TC-1305R 21.525万円

TC-1308N(微弱電波) 23.1万円

送信機 (外部接点入力型)

写真はUシリーズ

7100型

6300型

5700型

3200型

受信機

受信機

受信機

受信機

MAXサテライト

Uシリーズ
Gシリーズ

特定小電力
専用モデル

ジョイスティック
特殊スイッチ装着可能

全押しボタン
装着タイプ

RC-9300U

- 多機能多操作 (比例制御対応可)

セットで
99.75万円



無段変速ジョイスティック
2本装着例

金属シャシの
多操作・特注仕様専用機!!

無線式火薬庫警報装置

アンテナ等の標準付属品付
セットで
42万円

発破番 ES-2000R

音声

音声

音声

音声

音声

音声

2km~(6km)

2km~(6km)

2km~(6km)

2km~(6km)

2km~(6km)

2km~(6km)

2km~(6km)

● 長距離伝送

● 到達距離約2km~(6km)

● 受信機から

● 電話回線接続機能、

● 携帯電話へもOK!

● 高信頼性

● 異常判定アルゴリズム

● 音声メッセージで

● 異常箇所を連絡(受信側)

● 大音量警鳴音発生

110dB/m

無線化工事のことならフルライン、フルオーダー体制の弊社に今すぐご相談下さい。また、ホームページでも詳しく紹介していますのでご覧下さい。 朝日音響 検索



常に半歩、先を走る
ベンチャー企業創出支援投資 対象企業
朝日音響株式会社
〒771-1350 徳島県板野郡上板町瀬部
FAX: 088-694-5544(代) TEL: 088-694-2411(代)
<http://www.asahionkyo.co.jp/>

東日本地区販売代理店/技術拠点
FAX 042-492-0411
東海地区販売代理店/技術拠点
FAX 0562-46-1908
大阪地区販売代理店
FAX 06-6393-5632

株式会社 広進
TEL 042-492-0410
(有)キノシタ・E・システムズ
TEL 0562-46-1905
中川システム
TEL 06-6393-5635

KOMATSU

いま、知性をこの手に。

KOMTRAX標準装備、NEW UUシリーズ登場。



PC30UU-5



PC38UU-5 キャブ仕様



PC58UU-5

情報発信ミニショベル

PC30UU-5
PC38UU-5
PC58UU-5

特定特殊自動車排出ガス基準適合車

「建設の施工企画」

定価 一部 八四〇円

本体価格八〇〇円

コマツ 営業本部 TEL.03-5561-2714 〒107-8414 東京都港区赤坂2-3-6 <http://www.komatsu.co.jp/ce/>

雑誌 03435-5



4910034350599
00800