

浦添西原線1号橋整備工事
(本線橋下り線上部工H28)

発注者 沖縄県土木建築部
型式 鋼3径間連続非合成細幅箱桁橋
橋長 181.0m
幅員 8.7m
鋼量 648 t
路線 县道38号浦添西原線
所在地 沖縄県浦添市前田地内
竣工 平成30年11月
本文P62、説明文P26



高速横浜環状北西線（川向地区）
街路整備工事（橋りょう上部工）

発注者 横浜市 道路局 横浜環状北西線建設課
型 式 3径間連続細幅箱桁橋
2層式鋼製門型橋脚
橋 長 159.0m
幅 員 9.7m
鋼 量 4,503 t
路 線 横浜環状北西線
所在地 神奈川県横浜市都筑区川向町
竣 工 平成31年3月
説明文P26



高速横浜環状北西線（下谷本地区）
街路整備工事（橋りょう上部工）（その2）



発注者 横浜市 道路局 横浜環状北西線建設課
型 式 ①専用ランプ（aA1～sP7）：9径間連続非合成少数钣桁橋
②a連結路（aA1～aP4）：4径間連続非合成少数钣桁橋
③a連結路（aP4～aP8）：4径間連続非合成少数钣桁橋
④e連結路（eP4～eP8）：4径間連続非合成少数钣桁橋
⑤e連結路（eP8～aA1）：7径間連続非合成少数钣桁橋
⑥h連結路（hP9～eP8）：5径間連続（細幅箱桁十少数钣桁）
混合桁橋
橋 長 ①384.0m ②163.4m ③182.0m
④181.0m ⑤267.5m ⑥240.1m
幅 員 ①14.2m ②9.2m ③9.2m
④7.7m ⑤15.7m ⑥7.7m
鋼 量 ①1,015 t ②271 t ③331 t
④283 t ⑤502 t ⑥471 t
路 線 横浜環状北西線
所在地 神奈川県横浜市青葉区下谷本町
竣 工 平成31年3月
説明文P26

東名高速道路 横浜青葉IC（鋼上部工）東架設工事

発注者 中日本高速道路株式会社（首都高 受託工事）

型 式 ①b連結路：鋼5径間連続非合成2主箱桁の東名本線及びランプ上
②h連結路：鋼5径間連続非合成2主箱桁の東名本線及びランプ上
③b連結路：既設橋拡幅（1径間）

橋 長 （施工長） ①本線39.0m、ランプ30.0m
②本線37.0m、ランプ24.0m
③49.0m

幅 員 ①7.7～9.0m ②7.7～9.0m
③10.5～17.2m

鋼 量 ①本線 160 t、ランプ 93 t
②本線 186 t、ランプ 79 t
③60 t

路 線 横浜環状北西線

所在地 自）神奈川県川崎市宮前区土橋
至）神奈川県横浜市緑区長津田町

竣 工 平成30年10月

本文P47, 説明文P46



釜石中央IC橋（釜石中央IC橋上部工工事）

発注者 国土交通省 東北地方整備局

型 式 鋼単純非合成箱桁橋

橋 長 67.1m

幅 員 24.5m

鋼 量 580 t

路 線 国道45号 三陸自動車道

所在地 岩手県釜石市新町地内

竣 工 平成29年11月

説明文P46



利賀ダム庄川橋梁上部工事

橋梁名称：利賀大橋

発注者 国土交通省 北陸地方整備局

型 式 鋼上路式アーチ橋

橋 長 368.0m

幅 員 9.7m

鋼 量 1,892 t

路 線 一般国道471号利賀バイパス

所在地 富山県南砺市利賀村 栃原～長崎

竣 工 平成30年12月

説明文P50



平成29年度
名二環新政成1高架橋西鋼上部工事

発注者 国土交通省 中部地方整備局
型 式 鋼4径間連続少數主桁橋
橋 長 198.0m
幅 員 10.6m
鋼 量 425 t
路 線 一般国道302号名古屋第二環状自動車道
(名二環)
所在地 愛知県海部郡飛島村新政成地先
竣 工 平成31年2月
説明文P50



平成29年度
名二環春田3交差点北高架橋鋼橋脚工事

発注者 国土交通省 中部地方整備局
型 式 鋼製張出し式橋脚 1基
鋼 量 291 t
路 線 一般国道302号名古屋第二環状自動車道
(名二環)
所在地 愛知県名古屋市中川区春田3丁目地先
竣 工 平成31年1月
説明文P50

東広島バイパス海田高架橋1号橋鋼上部工事

発注者 国土交通省 中国地方整備局
型 式 鋼6径間連続非合成鉄桁橋
橋 長 230.0m
幅 員 20.5~18.6m
鋼 量 913 t
路 線 国道2号東広島バイパス
所在地 広島県安芸郡海田町地先
竣 工 平成31年3月
説明文P61



福岡208号 筑後川橋上部工（P4—P8）工事

発注者 国土交通省 九州地方整備局
型 式 鋼4径間連続（2連）単弦中路アーチ橋
橋 長 450.0m
幅 員 21.4m
鋼 量 6,465 t
路 線 福岡208号（有明海沿岸道路）
所在地 福岡県大川市大字小保地先～
福岡県大川市大字大野島地先
竣 工 令和2年3月予定
本文P66, 説明文P61



一般国道340号（仮称）和井内4号橋橋梁上部工工事

発注者 岩手県
型 式 鋼単純非合成鉄桁橋
橋 長 54.0m
幅 員 12.5m
鋼 量 223 t
路 線 一般国道340号 和井内道路
所在地 岩手県宮古市和井内地内
竣 工 平成29年3月
説明文P61

主要地方道 茨木摂津線（都市計画道路 大岩線） 橋梁上部工工事

発注者 大阪府
型 式 鋼5径間連続非合成鉄桁橋
橋 長 228.8m
幅 員 7.5m
鋼 量 936 t
路 線 茨木摂津線
所在地 大阪府茨木市大字大岩地内
竣 工 平成31年2月
説明文P84



**市道石嶺線都市モノレール建設工事
(鋼構造物H28)**

発注者 沖縄県
型 式 モノレール駅舎 上下部工、門型橋脚
鋼 量 951 t
路 線 市道石嶺線
所在地 沖縄県那覇市首里石嶺町地内
竣 工 平成29年11月
説明文P84



**奥羽本線茂吉記念館前・蔵王間
黒沢高架橋4車線化工事**

発注者 奥羽本線茂吉記念館前・蔵王間黒沢高架橋
4車線化工事共同企業体
(構成員：第一建設工業株式会社、那須建設株式会社)
(東日本旅客鉄道株式会社)
型 式 鋼4径間連続非合成箱桁橋
橋 長 266.0m
幅 員 10.0m
鋼 量 1,219 t
路 線 東北中央自動車道
所在地 山形県山形市大字黒沢地内
竣 工 平成30年12月
本文P35



秋田駅構内手形陸橋改修他工事

発注者 第一建設工業株式会社
(東日本旅客鉄道株式会社)
型 式 鋼単純合成I桁橋（Ⅰ・Ⅱ期）
支間長 27.0m（Ⅰ・Ⅱ期）
幅 員 Ⅰ期：12.5m、Ⅱ期：12.5m
鋼 量 Ⅰ期：55 t、Ⅱ期：49 t
路 線 県道28号秋田岩見船岡線 JR奥羽本線直上
所在地 秋田県秋田市手形新栄町3
竣 工 平成30年6月
本文P19



東北地方太平洋沖地震に伴う災害復旧
(気仙沼線伊里前川B新設)

発注者 仙建工業株式会社
(東日本旅客鉄道株式会社)

型 式 鋼単純トラス橋
橋 長 101.6m
幅 員 4.0m
鋼 量 521 t
路 線 JR気仙沼線（BRT）
所在地 宮城県本吉郡南三陸町歌津町向
竣 工 平成30年7月
説明文P41



新守谷駅自由通路（跨線橋）新設工事

発注者 関東鉄道株式会社
(守谷市)

型 式 中路式鋼ラーメン橋（跨線部）
橋 長 94.4m
幅 員 3.5m
(総幅員：通路部=4.3m、階段部=4.0m)
鋼 重 133 t (桁: 117 t、脚: 16 t)
所在地 茨城県守谷市御所ヶ丘一丁目
竣 工 平成31年3月
説明文P84



明石西明石林崎Bo改築工事
(林崎下り線新設工事)

発注者 大鉄工業株式会社
(西日本旅客鉄道株式会社)
型 式 鋼単純鋼床版2主箱桁橋
橋 長 47.6m
幅 員 12.6m
鋼 重 257 t
路 線 一般国道2号
所在地 兵庫県明石市和坂
(JR山陽本線 明石-西明石間)
竣 工 平成31年4月
説明文P85



新八代・新水俣間桜戸Bo新設工事

発注者 九州旅客鉄道株式会社
(国土交通省九州地方整備局より委託)
型 式 鋼単純鋼床版箱桁
橋 長 193.0m
幅 員 9.6m
鋼 重 955 t
路 線 一般国道3号 芦北出水道路
所在地 熊本県葦北郡津奈木町
竣 工 平成30年8月



新青森県総合運動公園陸上競技場新築工事



施 主 青森県
設 計 株式会社伊東豊雄建築設計事務所
施 工 大林組・丸喜齋藤組・西村組 JV
構 造 RC、SRC、S造、地下1階、地上4階
建築面積 20,671.06m²
延床面積 33,244.65m²
所在地 青森県青森市大字宮田字高瀬外地内
工 期 平成27年12月～平成30年12月
本文P27, 説明文P85

愛知大規模展示場整備事業

施 主 愛知県
設 計 (株)竹中工務店 監理 愛知県・
(株)日本設計
施 工 (株)竹中工務店
構 造 S造、一部SRC造
鋼 重 3,000 t (当社施工範囲)
工 期 平成30年3月～平成31年1月 (当社工期)
本文P51



巻頭言

AIは橋梁業界を救う!?

長崎大学大学院工学研究科
教授 中村 聖三



国土交通省は2016年を「生産性革命元年」と位置づけ、ICTの活用等により調査・測量から設計、施工、検査、維持管理・更新までのあらゆる建設生産プロセスにおいて、抜本的な生産性向上を目指す取り組みである「i-Construction（アイ・コンストラクション）」を開始した。橋梁分野においても、同様の取り組みである「i-Bridge（アイ・ブリッジ）」が2017年度から試行されている。それに対して（一社）日本橋梁建設協会では、橋梁事業の生産性・安全性向上、業務効率化による労働環境の改善、担い手確保を行う「i-Bridge推進特別WG」、自動設計システムから自動原寸システムへのデータ連携に向けて、連携する設計情報の属性ファイル仕様（案）を作成する「CIM対応WG」などの設置といった対応をしている。今後、これらの活動が継続することで、ICT技術の活用がさらに進展し、橋梁事業の生産性・安全性が向上することに疑う余地はないであろう。

「i-Bridge（アイ・ブリッジ）」ではこれまでのところ、ICT技術のうち主に3次元モデリングとモニタリング技術に焦点を当てた活動が行われている。一方、近年では人工知能（AI）が様々な分野で注目され、その活用に関する検討が進んでいる。著者が関係している土木学会構造工学委員会でも、2018年1月に「人工知能（AI）の構造工学分野での応用可能性を探る」と題する構造工学セミナーを開催したところ、多数の参加者を得た。さらに、セミナーの講師のお一人であった愛媛大学の全邦釘准教授を委員長として構造工学委員会に設置された「構造工学でのAI活用に関する研究小委員会」には、公募により80人ものメンバーが集まるなど、AIに対する関心の高さが伺える。

今回この巻頭言の執筆を機会に、著者も付け焼刃ではあるが、AIに関する書籍¹⁾を読んだり、ネットの情報を収集するなどして、橋梁分野におけるAIの利活用について考えてみた。

最近ではAIという言葉が氾濫しているため、まず、そもそも「人工知能（AI）とは何か」という定義を調べてみたところ、明確な定義はないらしい。一般にはその名のとおり、「人間が有しているような知性・知能を人工的に実現する技術」を指すようである。また、汎用人工知能（強いAI）と特化型人工知能（弱いAI）に大別され、前者は未だ実現していない。すなわち、現在AIと呼ばれているものは後者であり、自動運転や碁を打つといった特定の目的に対して人間と同等以上の知的能力を発揮する人工知能である。

AIは過去に2度、ブームになっている。最初はAIという言葉が誕生した1950～1960年代で、推論・探索と呼ばれる技術で人間と同様の知性を表現しようとした。しかし、パズルや簡単なゲームは解けるようになったものの、実用性のあるものはほとんどできなかつたらしい。2度目は1980年代で、専門家の知識をルールとして教え、問題を解決させようとする「エキ

「エキスパートシステム」の研究が進められた。しかし、AIに対してルールを教えることが難しく、ビジネスの限られた範囲でのみ適用されたようである。現在は第3次ブームと言われており、膨大な計算リソースとビッグデータに基づく先進的な機械学習の実用化がその原動力となっている。

機械学習には様々な手法があるが、特に注目されているのは「ディープラーニング（深層学習）」である。ディープラーニングは、「人間の脳神経回路を模したニューラルネットワークを多層的にすることで、コンピュータ自らがデータに含まれる潜在的な特徴をとらえ、より正確で効率的な判断を実現させる技術や手法」で、音声認識と自然言語処理を組み合わせた音声アシスタントや画像認識など、パターン認識の分野で実用化されている（デジタル大辞泉）。従来の機械学習では人間が特徴量を定義する必要があったのに対し、AI自らが学習データから特徴量を抽出するのが特徴である。

ディープラーニングが画像認識・解析に極めて強いという特徴から、橋梁分野におけるAIの活用は、コンクリートのひび割れ自動検出など主に維持管理分野で行われている。今後、ひび割れ以外の損傷についても自動検出技術が実現することで、既設橋梁の点検業務の効率化・省力化が進むことが期待される。その際問題となるのが、十分な学習データの収集であろう。点検データは橋梁管理者ごとに保管されており、それらを共有できる仕組みがないためである。2014年に近接目視による5年に1回の定期点検が義務化されて以来、管理者ごとに膨大な点検データが蓄積されているものと思われる。それらを共有して活用できる仕組みの構築が望まれる。

一方、診断についてはどうであろうか？損傷状態が同じでも、その発生部位、発生までの経過年数、自然環境や交通量等の当該橋梁が置かれている環境などにより、措置の必要性や緊急度は異なる。現在主流となっているディープラーニングに基づくAIが、近い将来それに對して適切な判断を下せるようになるとは著者には思えない。仮にそれが実現できたとしても、判断の過程がブラックボックスであるため、その妥当性が評価できない。その後問題が生じた際にも、原因を究明したり、対策を講じたりすることは困難であろう。そこで考えられるのが、ルールベースのAI、すなわちエキスパートシステムの適用である。エキスパートシステムであれば、論理的な診断結果を得ることができ、適切な措置が可能となる。第2次AIブームの際には限られた分野でしか実用化できなかったらしいが、現在の技術をもってすれば、点検結果に基づく診断エキスパートシステムの構築が可能なのではないだろうか？

橋梁分野では、維持管理におけるAIの活用に目が行きがちではあるが、設計や製作においてもAIは有用であると思われる。今であればまだ、本四架橋のような大規模プロジェクトに参加された経験をお持ちの設計・製作・架設技術者が各社におられることと思う。そうした方々の経験、ノウハウを知識として次世代に継承しなければ、長大橋梁に関する技術が途絶えてしまったアメリカの二の舞となってしまう。素人考えかもしれないが、それを防ぐために知識ベースのAI技術が活用できそうに思える。伝えるべき知識を持った技術者は近い将来になくなり、その継承は不可能になる。早急に検討を始めるべき課題であると思う。

このようにAIが橋梁業界の効率化・省力化や技術の伝承に貢献することが期待される一方、その活躍範囲が拡大していくことで人間の仕事を奪っていくという懸念もある。野村総合研

究所²⁾は、2015年12月にオックスフォード大学との共同研究により、10~20年後には日本の労働人口の約49%が就いている職業において、技術的には人間をAIやロボット等に代替可能であるとの推計結果を得ている。「2045年には人間の知性をAIが超え、加速度的に進化する転換点、すなわちシンギュラリティ（技術的特異点）が来る」との予想もある。

しかし、前者における49%という確率は、あくまでもAIやロボットによる“技術的”代替の可能性であり、その実現のためには導入コストや各種規制の緩和、法整備といった課題がある。後者についても、シンギュラリティの到来は脳機能をコンピュータ上で再現する技術の確立が前提であり、まだ実用化されていない新しい技術革新が必要である。それらを踏まえると、少なくとも現時点では疑心暗鬼になるより、むしろ人口減少や少子高齢化対策としてどのようにAIを活用すべきかを積極的に考えるべきであろう。結局、将来を決めるのは人間なのである。

著者は「AIが橋梁業界を救う」ことは十分期待できるものと考えている。しかしそのためには、橋梁業界とICT業界の連携、特に橋梁業界から具体的なニーズを発信し、ICT業界が持つシーズとのマッチングを図ること、各分野の専門家が持つ豊富な経験と技術をコンピュータが利用できる知識として整理することなど、多くのやるべきことがある。これらは個別の会社には荷が重すぎるであろう。業界として精力的な検討をお願いしたい。筆者も橋梁分野に身を置く技術者・研究者の一人として、そうした課題の解決に少しでも貢献できるよう努力していきたいと考えている。

参考文献

- 1) 古明地正俊, 長谷佳明: AI（人工知能）まるわかり, 日本経済新聞出版社
- 2) https://www.nri.com/-/media/Corporate/jp/Files/PDF/news/newsrelease/cc/2015/151202_1.pdf

プロの技術者とは

取締役 技術本部長 上原 正



平成31年1月12日の昼下がり、東京日本橋にある鉄鋼会館802号室では宮地エンジニアリンググループの安全衛生大会が開催されており、プログラムの最後には特別講演者としてお招きしたプロゴルファーの田中秀道氏（写真一）より「逆境こそ成長の糧」と題した講演をいただいた。



写真一 田中プロ（中央）、青田社長（右）と筆者

田中プロと言えば、平成10年10月に開催されたゴルファー日本一を決める日本オープン最終日に、トーナメントリーダーとして、2打差で迎えた最終ホールのティーショットを大きく曲げて右の林に入れてしまい、更に2打目は木に当たり左方向へ後退、それでも、第3打目を横に出すことはせず、目の前の木のわずかな隙間（前方半径50cm）に全神経を集中させ、6番アイアンを短めに握り、162ヤード先のグリーンに見事3オンさせたミラクルショットにより2パットでボギーをセーブし、鮮烈な優勝を勝ち取ったプロの勝負師としての華やかなイメージを持っていたが、講演を拝聴し、実はゴルフを始めた11才からプロとしてのスタートをきるまでの間、厳しい家庭環境、そして経済環境の中で、身長166cmというハンディキャップを持ちながらも、プロゴルファーになるための技術の習得と鍛錬に寝食を忘れ、恩人への感謝の気持ちをひと時も忘れることな

く、もがき苦しんできた苦労人としての素顔を知ることとなった。

1時間の特別講演の内容は、職種は違えども同じプロ（職業人）として共感できるものと実感したが、それ以上に印象的だったのは、講演終了後の聴講者からの「ドライバーの飛距離を伸ばしたい。どうすれば良いか。」に対する田中プロの一言「今はいい道具が沢山ありますからね」であった。要は「技術の未熟さは、進化した道具の力でカバーせよ」ということか。この言葉を聞き、「橋梁の設計や検討に使用する身近な道具も自分が入社した頃から見れば、随分、進化したものだ」とふと思、設計技術者としては、まだまだ未熟であった若き日の思い出が頭に浮かんできた。

時は遡り昭和の時代、今から36年前（昭和58年＝1983年）の宮地鐵工所（当時）設計部、各技術者の机の上には道路橋示方書等の基準類、関数電卓、作図のための三角定規や三角スケール、シャープペン、消しゴム、文字や記号を作図するためのテンプレート、任意の曲線を作図する雲形定規、図面や計算書チェック用の赤色や黄色のエンピツなどの道具があり、その脇には製図台が所狭しと置かれていた（写真二）。



写真二 筆者30才頃の職場（工事計画課）風景

また、当時発売されたばかりのMULTI16（三菱製コンピューター）が部屋の中央に2台配置され、設計技術者は外部の協力会社（電算会社、図面作成会社）の支援を受けながら、これらの道具を駆使し、設計業務を行っており、ほとんどの設計計算書は手計算による手書きで作成されていたため、必然的に設計計算の流れやその中身は、生活の一部として頭の中に焼き付いていた。当時は今のように個々の技術者がパソコンを使用して、構造計算や構造解析を手軽に出来なかった時代であり、道具類の足らない部分は、技術者が知恵を絞り、思考を重ね、経験で培った技量でカバーしていた。

時は流れ数年後、電算会社による自動設計製図システムの開発が進み、構造解析から連動しての自動製図が可能となり、手書き製図から自動製図への移行が進んでいった。また、ワープロ機の市販により手書き文字は活字にかわり、これら道具類の発展進化に伴い多くの手作業の自動化（省力化）が加速度的に進行していった。

1990年前後（昭和末期～平成初期）において、一般企業への導入が進んだ様々な技術革新における道具の中で、我々技術者の身近な業務に対してCAD/CAMほど大きな影響を与えたものはないのではないかだろうか。自分が初めてCADに触れたのは、明石海峡大橋補剛桁JV工事（全4工区で1工区5社）の構成会社20社が神戸市朝霧のJV事務所に集結し、設計および架設計画の各種検討業務をスタートさせた平成5年（1993年）の8月、架設部会に所属していた当時33才の時であった。が、しかし当時、当工区では製図台（手書き）で架設検討資料を作成しており、今思えば恥ずかしい話だが「図面は手書きが命だ。CADなんかに負けはしない」と心底そう思い込み、正直、CADの受け入れを拒否していたものの、時代の流れに逆らう事は出来ず、結局、他工区からの外圧（手書き図面ではデータの共有が出来ないという苦情）に屈した形で渋々CAD操作を学ぶこととなった。CAD操作にもそこそこ慣れ、初めてアンカレイジ前面部の既設構造物をCADで作図・印刷し、現地状況確認のため、その図面を持って現場へ行き、現物を目の当たりにした時の衝撃と感動は、今

でも深く脳裏に刻まれている。何とそこには図面に描かれたものと全く同じ風景があり、そのリアリティーに思わず「すごいよこれ！」と心の中で叫んでいた。その日からCADは自分の仕事における最大の武器（道具）となった。これは単に作図したり、データを保存・共有するだけの道具ではなく、今までの手書き図では容易に成し得なかった検討業務も可能となり、結果として仕事の幅も広がることとなった。CADという道具を手に入れたことにより、どれだけ生産性が向上したか計り知れない。

しかし、その反面、必然的な流れではあるが、便利になればなるほど人間は考えなくなり、頭を使わなくなる。考えたり、頭を使う必要がないという言い方の方が正しいのかもしれない。事実、20年ほど前、入社2年目の若い技術者との打合せの中で、CADで描かれた検討図を見ながら「この線の長さは？」と質問すると、「CADで測れば簡単に出せますよ」と返され、「三角関数で計算しないのか」と正直愕然とした事があったが、彼らにして見れば「道具を使って測る」という至極当たり前の返答をしたに過ぎない。

将来に向けて道具の開発や発達は必要であり歓迎すべき事ではあるが、ノーベル生理学・医学賞を受賞した京都大学の本庶佑先生の「人が言っていることや教科書に書いてあることを全て信じてはいけない」という言葉のように、道具の全てを信用し、それに頼り過ぎて、考える事や確認する事を疎かにしてはならず、さもないと技術者の技量の低下だけでなく、それを起因とする致命的な失敗に至るリスクを抱えることになる。冒頭に紹介した田中プロ然り、橋梁技術者に限らず、世の中のあらゆる仕事を生業とするプロと言われる人達は、単に道具を使う（道具に使われる）のではなく、その内容や特性を十二分に理解するとともに、その道具の能力を最大限に引き出す技術力や直観力を培う必要があり、それが素人とは一線を画す職業人としての真のプロであると考える。

かなり古い話となるが、アメリカのイースト川を跨ぎマンハッタンとブルックリンを結ぶ1883年（明治16年）に完成したブルックリン橋は、吊橋であり

ながら塔付近に多くの斜めケーブルが配置された高次の不静定構造物であり（写真-3）、当時の設計・解析・計測技術では、その力学的挙動等、到底解明できるものではない。しかしながら、設計者であるジョン・ローブリングは、彼の深い洞察力により、強風から橋を守るために斜めケーブルの必要性を直感し、これを配置することで、補剛桁の剛性を高めるとともに、支間中央部のたわみを著しく抑制することに成功した。今であれば、市販の解析ソフト（道具）により当該ケーブルの効果を容易に解明できるが、当時そんなものがあるはずもない。設計・解析・計測技術が今ほど進化・確立されていない当時の技術者には、構造の特性を読みぬく洞察力に加え、直観力が求められていたようだ。

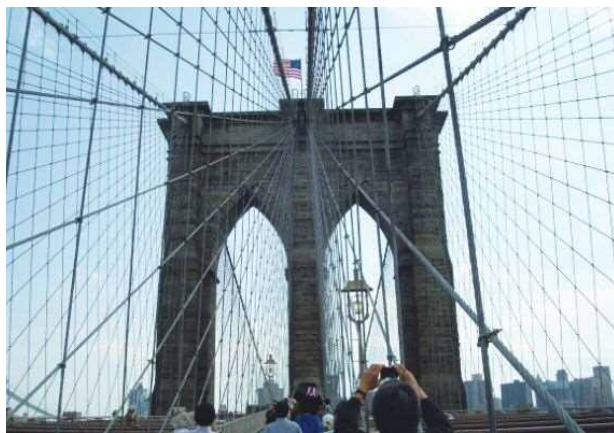


写真-3 ブルックリン橋主塔部の斜めケーブル

直観力を育むには多くの経験による思考の積み重ねが必要であり、それ故か「土木は経験工学」とよく言われる。橋梁の建設（設計、製作、架設）も同様であり、実際の構造物は、ある仮定条件の下で導かれた机上の理論だけでは到底扱えず、少なからずリスクが影を潜める。今ほど設計・解析技術が発達していなかった昔は、安全側の仮定に基づいた設計・架設計算が行われていたため、現在の視点で見れば、対象構造物は見かけ上、大きな安全率（余力）を有しており、無知等による人為的なミスを侵さない限り、多少の無理をしても事故は起きにくい。しかしながら、近年は解析技術も格段に進化し、例え複雑な構造物の架設ステップ毎の各部材の応力状態も詳細に把握できるようになった。それ

はそれで歓迎すべき事ではあるが、結果として対象構造物の見かけ上の安全率は低下し（余裕がなくなり）、設計技術者に限らず、架設現場の技術者の判断ミスが事故に直結する危険性が高まったと言っても過言ではないだろう。

解析技術・ソフトの進化により、われわれは手元のパソコンでデータを入力するだけで、複雑な構造物や特殊な架設ステップにおける構造物の応力状態、変位や変形等の挙動を簡単に手に入れる事が可能となった。しかし、その反面、結果の妥当性や安全性の判断能力は全般的に劣化しているように思われる。実際、過去に当社でも若手技術者が計算・解析結果に基づき決定した架設方法や架設補強の内容について、ベテラン技術者から疑義が上がり、再検討の結果、所定の安全率が担保されていないことが発覚したことがある。もしも彼らの指摘（経験力、直観力）がなかったのなら、大惨事に至っていたかもしれません。

巻頭言で長崎大学の中村先生が述べられているように、近年、AI（人口知能）という道具が世の中で注目され、その活用に関する検討が進んでいるが、この中で近い将来に橋梁技術者の仕事をAIが肩代わりする日が来るのかどうかといった興味深い話がある。これについては、蓄積された知識ベース等の一部では該当するものの、工学的な妥当性や安全性の検証および判断については、まだまだ技術者の知見や経験に基づく洞察力に頼らざるを得ない部分が沢山あるものと思われる。

未来に向け我々は、橋の建設を通じ社会資本整備を担う一員として、地震や台風等による自然災害発生時は勿論、日常の社会生活においても国民の安全と安心を担保し、環境への負荷を最小とする快適な生活環境の実現といった社会の要求に応える責務を負っており、そのためには、先人達が生み出してきた優れた技術（道具）に改良を加え、若手への継承を推進するとともに、目まぐるしく変化する時代の要請に適合する技術開発を推進し、それによって新たに生み出される技術（道具）の本質・特性を理解し、その能力を最大限に引き出せる経験を積んだ眞のプロの技術者の育成が喫緊の課題であると考える。

OSMOSを用いた施工時モニタリング

Construction monitoring using OSMOS



永 谷 秀 樹^{*1}
Hideki NAGATANI

要 旨

OSMOS（Optical Strand Monitoring System）は、無線式センサーシステムで自立型ユニットであるLIRISおよびモニタリングデータの共有システムSafeWorksが開発され、センサーの設置が容易でコスト的にも安価となり、モニタリングシステム全体としての利便性が向上している。ここでは、施工時の安全性向上および安全管理のコスト・作業手間の低減等の合理化を目的としたOSMOSを用いた施工時モニタリングについて適用事例と併せて報告する。

キーワード：OSMOS, モニタリング, LIRIS, 傾斜計, ベント, 安全管理

1. はじめに

OSMOS（Optical Strand Monitoring System）が日本に導入され18年以上となり、その間、光ファイバーセンサーの耐久性等から様々な構造物の短期・長期のモニタリングに適用されている。2017年10月には、フランスのOSMOS社における最新技術に関する技術研修が行われ、従来の有線センサーシステム（V5）に加えて、無線式センサーシステムで自立型ユニットであるLIRISのセンサーシステムへの追加が紹介され、2018年より、日本でも本格的に適用が開始されている。無線式センサーシステムのLIRISは内蔵のバッテリーで稼働するため、別途での電源の確保が不要で設置が非常に容易で、従来のセンサーシステムに比較して計測周波数は若干劣るが価格も安価であるため、適用範囲の拡大が期待できる。さらに、モニタリングデータの共有システムSafeWorksが開発され、インターネット経由で、何時でも、何処でも、PC及びスマートフォンから容易にモニタリングデータの確認、情報共有が可能となり、モニタリングシステム全体としても利便性も格段に向上している。

また、モニタリングに関しては、従来の社会インフラの老朽化により維持管理のための活用のみでなく、施工時の事故及びそれに起因する第三者被害等の防止のための安全管理において、安全性向上、コスト・作業手間の低減等の合理化の観点からも、積極的な活用も期待されている。

ここでは、OSMOSのLIRISの傾斜計を用いた安全管理のための施工時モニタリング事例の報告を行い、安全管理におけるOSMOSの有効性について紹介する。



図-1 モニタリングシステム【OSMOS】の概要

^{*1} 技術本部技術開発部技術開発グループグループリーダー



図-2 無線式センサーシステム：LIRISの概要と特徴

2. モニタリングシステムOSMOSの概要

OSMOSは、図-1の全体概要に示すように、計測を実施する有線・無線センサーシステムと情報共有・分析を行うSafeWorksの2つの技術から構成されている。

(1) 無線式センサーシステム：LIRIS 【傾斜計+SMSモジュール】

無線式センサーシステムLIRISは、2点間の変位を計測する光学ストランドセンサーと傾斜計の2種類のセンサーがあり、ここではまず傾斜計について説明を行い、光学ストランドセンサーについては施工事例と合わせて報告する予定である。図-2に示すように、このシステムは以下の特徴を有している。

- ①電源が不要でセンサーの設置が簡単で早い
- ②携帯回線によりデータを遠隔で自動取得可能
- ③閾値を超えた場合に警報メールを発信可能
- ④データを何時でも、何處でも確認可能

なお、システムでは、計測値が安全上看過できない大きな変状と考えられる閾値を超えた場合に、即時に緊急メールを発信するSMSモジュールをセンサーとセットとして構成することができる（図-3参照）。

図-4に傾斜計の外形と性能を示す。周波数10Hzで計測するため、0.1秒間隔で常時モニタリングを実施する。データの記録は、1時間に1回センサー本体に実施されるが、



図-3 傾斜計およびSMSモジュール

SMSモジュールを設置することにより1時間毎に計測データを自動的にOSMOSクラウドに送信するため、SafeWorksを用いて1時間間隔での計測値を遠隔で確認できる。

(2) 情報共有システム（SafeWorks）と警報メール

情報共有システムであるSafeWorksは、計測データをインターネット経由でパソコンおよびスマートフォンにて、何時でも何処でも確認でき、工事関係者で計測データの共有が可能なシステムである。

SafeWorksでは管理プロジェクトを地図上から選択すると、センサー配置とセンサー選択画面が表示され、センサーを選択することにより計測データが継続的に確認できる（図-6参照）。また、SMSモジュールを設置することにより、計測値が閾値を超えた場合に図-5に示す警報メールが登録アドレスに同時に発信される。

メールの下線部①が、計測値が閾値を超えた際の時刻を示している。また、下線部②が、その時の計測値を示している。



図-4 傾斜計の技術仕様および現地データ通信用モジュール

3. 施工時のベントの傾斜モニタリング事例

(1) 目的

モニタリングの対象橋梁は、一般道の交差点上での1スパンの架設を行うため、橋脚の両脇にB2、B3の2基のベントを設置して鋼桁架設を実施している（図-7参照）。さらに、B2ベントの背面には歩行者が道路を横断する歩道が近接している。

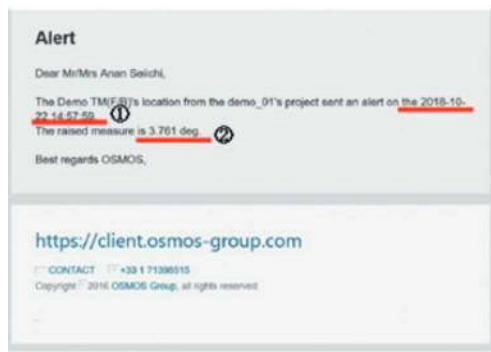


図-5 警報メールの概要



図-6 SafeWorksの表示画面【モニタリングデータの表示】

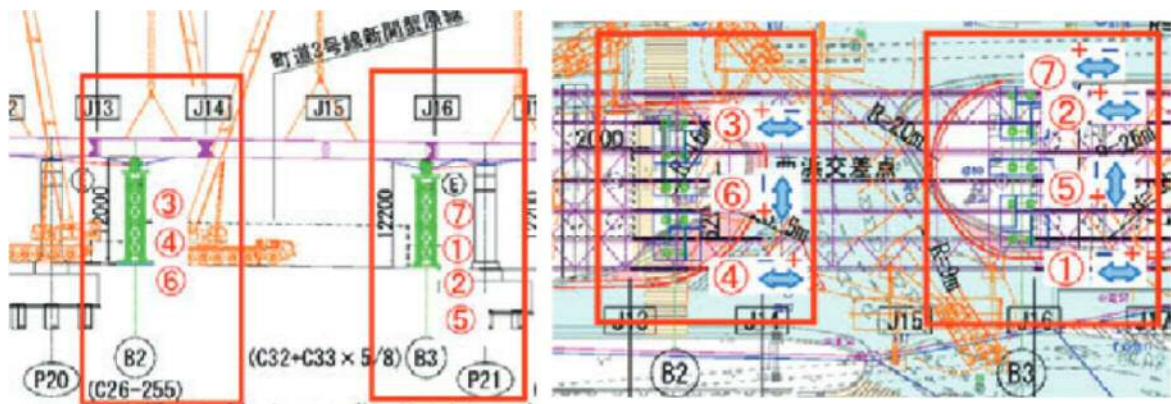


図-7 ベント設置概要と傾斜計の全体配置

したがって、供用中の道路上の橋梁架設時における道路使用者および歩行者の安全確保が重要な課題であり、架設計画においても十分な配慮がなされているが、さらなる安全性の向上を目的として、B2、B3ベントの橋軸・橋軸方向の傾斜の常時モニタリングを行う。常時モニタリングについては、計測結果を確認し、看過できない変状が確認された場合には架設作業の中止と、その影響範囲について道路の通行規制を行うものとする。

(2) モニタリング期間

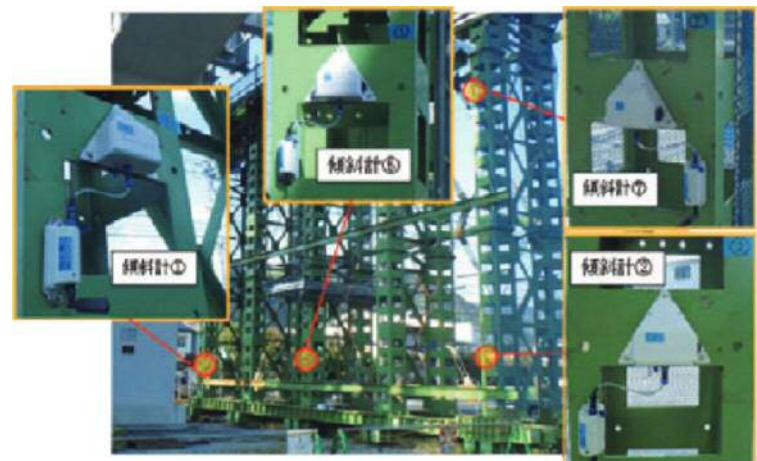
モニタリング期間は、一般道の交差点上で の1スパンの主桁架設が実施日から開始するものとし、計測終了は交差点上の1スパンの架設完了までを基本とするが、年末・年始等による休工期間における安全管理も継続して行うため、ベントが撤去される直前までの約2ヶ月間実施している。

(3) センサー設置状況

本工事では、図-7に示す7個の傾斜計を設置している。傾斜計①、②、③、④は橋軸方向へのベントの傾斜を計測するものであり、傾斜計⑤、⑥は橋直方向のベントの傾斜を計測するものである。基本は1ベント当たり3個の傾斜計を設置している（図-8参照）。なお、傾斜計⑦は設置高さによる影響を検証するため、今回は予備的に設置している。



【B2ベント】



【B3ベント】

図-8 各ベントにおける傾斜計の設置状況

(4) 計測結果

図-9に、計測期間中の各傾斜計の計測結果を示す。この結果より、傾斜計⑥で一時的に目立った変化が生じているが、全体的にベントの傾斜はほとんど変化しないことが確認できる。

Kaita Bridge : October 25th 2018, 00:00:00 – January 14th 2019, 23:59:59

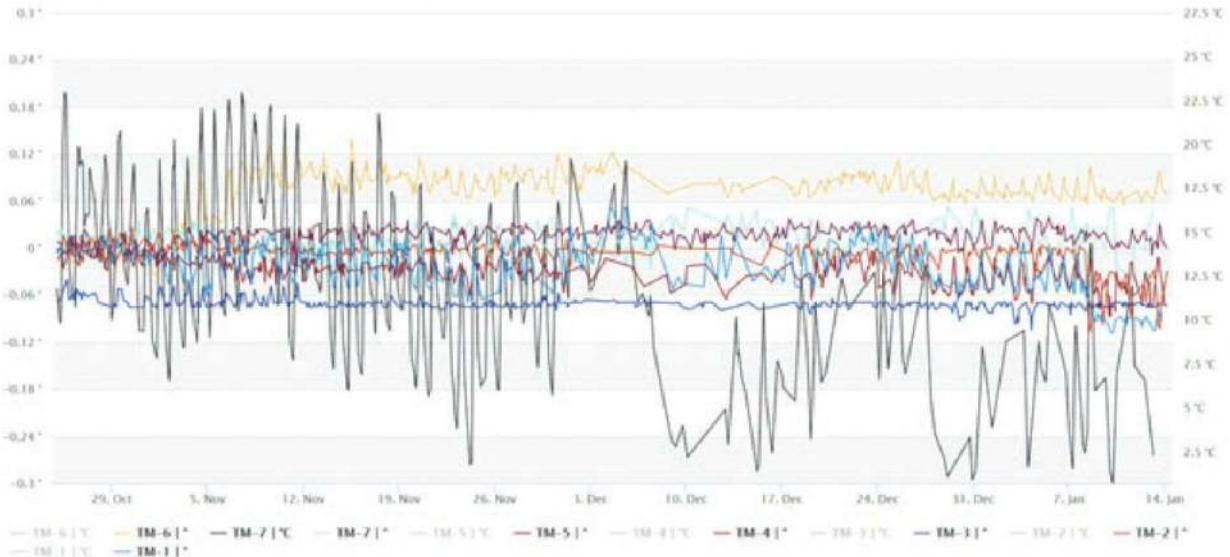


図-9 計測期間における全傾斜計の計測結果一覧

ペント上に主桁ブロック架設された際に、ペント自身に荷重が作用することにより、傾斜計⑥の計測値に目立つ変化が生じたが、その後はほぼ一定の値となっている。

計測期間において、全ての傾斜計の計測値は、設定した閾値に比較しても1/10以下の0.1°程度と非常に小さな変化となっていることが確認された。この結果より、ペントを用いた交差点上の架設時における安全性について、モニタリングを実施することにより定量的に評価と管理が実施可能と考察される。

4. おわりに

OSMOSを用いた施工時のモニタリングについて、その概要と実際の適用事例としてのペントの傾斜に関するモニタリング事例について示したが、その他にも2点間の変位を計測する光学ストランドセンサーを用いた下路アーチ橋の垂直材の部材交換における軸力管理を目的とした施工時モニタリングも実施しており、詳細については次号以降で報告を行いたいと考えている。

無線型センサーシステムLIRISは、電源および配線の設置が不要であるためセンサーの設置が容易で、直ぐにモニタリングを開始することが可能であり、リアルタイムでの計測も可能であることから、施工時モニタリングに対する適用範囲は非常に広く、さらに、コストと作業手間削減等の合理化が可能であると考えられる。また、今後、モニタリングの適用実績が増えることにより、施工時の安全管理に対するデータの蓄積が進むこととなり、より高度なデータの評価が可能となるよう検討を進めたいと考えている。

<参考文献>

- 1) 永谷秀樹：光学ストランドセンサーを用いた構造モニタリング，宮地技報No.25, pp.82-88, 2010.
- 2) 岩下宏, 山下久生, 能登宥憲：OSMOSシステムによる実橋モニタリング報告, 宮地技報No.20, pp.90-99, 2005.1.

2019.6.3 受付

実環境下で腐食劣化した 高力ボルト摩擦接合継手の腐食性状

Corrosion Characteristics of Friction-type High-strength Bolted Joints Corroded and Degraded under an Actual Environment



山 下 修 平^{*1}
Shuhei YAMASHITA



下 里 哲 弘^{*2}
Tetsuhiro SIMOZATO



田 井 政 行^{*3}
Masayuki TAI

要 旨

高力ボルト摩擦接合継手は鋼橋において重要な構造部位である。一方、腐食が進行しやすい部位でもある。このため、鋼橋における合理的な維持管理の観点から、高力ボルト摩擦接合継手部の腐食性状を把握することが重要である。本稿では、28年間実腐食環境で曝露された無塗装仕様耐候性鋼橋から高力ボルト摩擦接合継手部を切り出し、高力ボルト、母板、連結板それぞれの腐食性状について調査した結果を示す。

キーワード：高力ボルト摩擦接合継手、実環境下、腐食性状

1. はじめに

高力ボルト摩擦接合継手は、我が国における鋼橋の接合法として1965年（昭和40年代）以降から一般に広く用いられてきた。一方、高力ボルト摩擦接合継手は、腐食が進行し易い部位としても知られており、これまでにも腐食劣化による「塗装の塗替え」「高力ボルトの取替」「連結板の補強や取替え」が多く行われてきた^{1)~4)}。今後、老朽化した鋼橋の割合が急増する我が国において⁵⁾、高力ボルト摩擦接合継手の維持管理の充実性と確実性向上が益々求められる⁶⁾。

高力ボルト摩擦接合継手は、高力ボルト、母板、連結板で構成されている。このため、高力ボルト摩擦接合継手の合理的な維持管理の観点からは、各部材の腐食性状を明らかにし、各々の腐食劣化がすべり耐力へ与える影響を検討する必要がある。また、建設後に不可視部となる摩擦接合面については、腐食劣化がすべり係数へ直接影響を与えると考えられることから、すべり耐力への影響の有無を事前に把握しておくことが重要である。

高力ボルト摩擦接合継手の腐食に関する研究は、これまでにいくつか行われている。橋本ら⁷⁾は人工的に腐食促進させた継手試験片で摩擦接合面の腐食性状を詳細に

調査し、ボルト軸力の影響があるボルト孔付近では腐食が進行し難いことを示している。池田ら⁸⁾は、継手試験片を厳しい腐食環境下にて長期間屋外暴露し、約20年経過した場合でもボルト頭やナットで腐食が進行する一方、ボルト軸部の腐食は殆ど生じない結果を示している。しかし、これらは実験室や暴露場での試験結果であり、実環境下にある鋼橋ではさらに厳しく予想し難い腐食が進行することも考えられる。よって、実環境下で腐食劣化した高力ボルト摩擦接合継手の腐食性状を把握することが重要である。

そこで本稿では、約28年間厳しい塩害環境下にあり2006年に激しい腐食により崩落に至った鋼橋の高力ボルト摩擦接合継手の腐食性状を調査した結果を示す。調査では、外観目視及びレーザー計測機による腐食減肉形状の計測を行い、高力ボルト摩擦接合継手（高力ボルト、母板、連結板）の腐食性状を検証した。

2. 対象橋梁の概要

(1) 対象橋梁の諸元

本研究で検証した高力ボルト摩擦接合継手部は、写真-1及び図-1に示す鋼プレートガーダー橋より採取した。

*¹ 技術本部設計部生産計画グループ係長

*² 琉球大学工学部教授

*³ 琉球大学工学部助教



写真-1 対象橋梁の全景

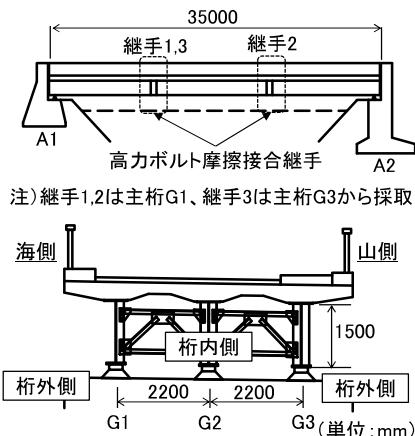


図-1 対象橋梁の側面図・断面図

当該橋梁は、1981年に架設された、橋長35.0m、幅員6.4mの耐候性橋梁である。鋼材は旧JIS表示でSMA50A, SMA50B, SMA41Aの耐候性鋼材であり、建設当時には鍛安定化処理材が施されていた。架橋位置は離岸距離50mの河川上であり、架橋位置から判断しても厳しい腐食環境下であったと言える。当該橋梁は、桁端部の著しい腐食損傷により一部部材が破断し2009年7月に自然崩落した。

(2) 腐食環境

当該橋梁の腐食環境調査として、ドライガーゼ法（JIS Z 2382）による飛来塩分量計測を行った。飛来塩分の捕集は、桁内の下フランジ上面4箇所に100mm×100mmのガーゼをウェブ面と並行に設置した。また、G2桁の下フランジ下面にも設置し、桁下を流通する飛来塩分を採取した。図-2にドライガーゼの設置状況を示す。なお、計測期間は、2008年12月から2009年6月までの約7か月間である。

計測した飛来塩分量の結果を図-3に示す。図-3は各位置で毎月捕集した飛来塩分量の平均値を示しています。図-3における下フランジ上面の飛来塩分量を比較

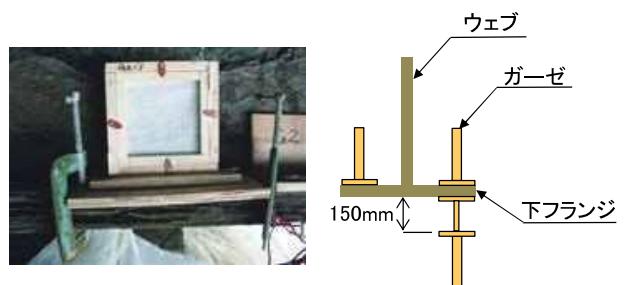


図-2 ドライガーゼの設置状況

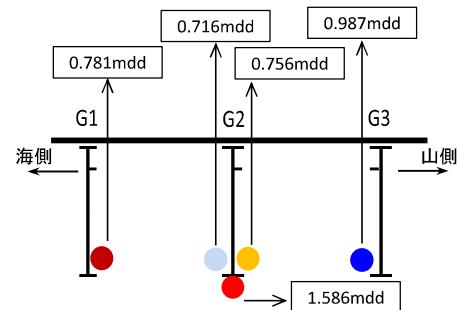


図-3 各位置での飛来塩分量 (平均値)

すると、G3桁の海側の飛来塩分量が最も多く0.987mddであった。次に、G1桁の山側が多く0.781mdd、最も少ないのはG2桁の海側で0.716mddであった。このように、同一橋梁でも各主桁位置により飛来塩分量が異なっていることが分かる。また、桁下を流通する飛来塩分量は1.586mddで、耐候性橋梁を採用するための指標である0.05mdd⁶⁾を大きく上回る飛来塩分量であり過酷な腐食環境下にあったと言える。

3. 腐食性状の調査

採取した高力ボルト摩擦接合継手は、片側1行2列の試験片に切断加工したのち、コア抜き法⁹⁾により高力ボルトを撤去して解体した。試験片解体後は、外観目視、鋼材の成分分析、連結板表面の減肉量計測を行った。なお、試験片として供した高力ボルト摩擦接合継手は、図-1に示す主桁G1,G3のウェブ3箇所のシャープレートである。

(1) 外観目視

1) 高力ボルトの腐食

写真-2及び写真-3に採取した高力ボルトを示す。写真-2に示す高力ボルト軸部先端は、コア抜き法⁹⁾による高力ボルト撤去時にねじ部を切削している。高力ボル



写真-2 高力ボルトの腐食状態



写真-3 ナットの減肉形状

トのボルト頭やナットは、さまざまな減肉形状を示しており、ナットの減肉形状は、写真-3に示す4種類に分類された⁹⁾。一方、写真-2からわかるように高力ボルト軸部は比較的健全で発錆も少なかった。また、座金についても縁端部で腐食減肉が見られる一方、連結板やナットとの接触面は健全で腐食は進行していないことが分かる。高力ボルト軸部ならびに座金の接触面では、高力ボルト軸力による接触圧の影響で空気や水分が遮断されるため腐食が進行し難く、過酷な腐食環境下で約28年経過した後も比較的健全な状態が保たれたものと考えられる。

2) 非接合面の腐食

写真-4に継手試験片の近接写真を示す。継手試験片

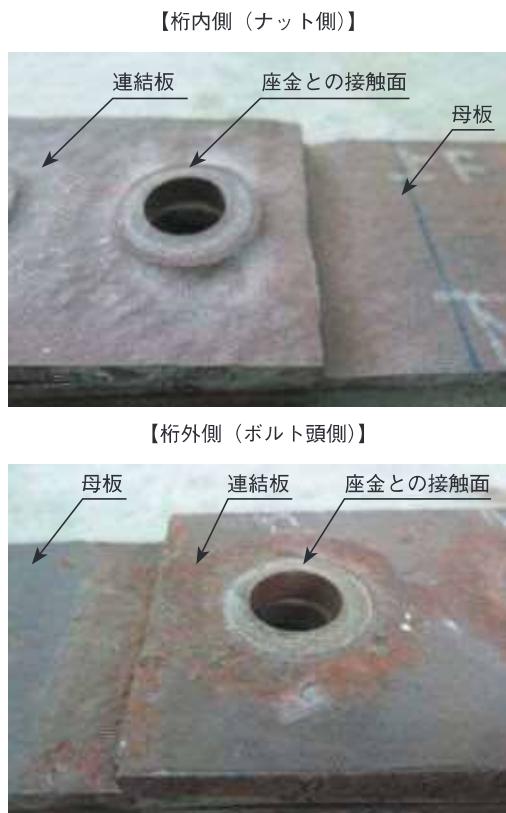


写真-4 非接合面の腐食状態

は、図-1に示す桁内側（ナット側）と桁外側（ボルト頭側）それぞれの試験片を示している。写真から、以下の腐食性状が確認出来る。

①桁内側、桁外側ともに、座金と接触していた連結板表面は比較的健全で腐食減肉による凹凸は生じていない。同様に、ボルト孔内も腐食減肉が生じていない。これは、座金との接触面やボルト孔内は、高力ボルト軸力の影響で空気や水分が遮断され腐食が進行し難いためであると考えられる。

②桁内側の連結板では腐食減肉による著しい凹凸が生じている。一方、桁外側では座金と接触していた周辺で環状的に腐食減肉が生じているが、ボルト孔から離れた位置では腐食減肉がほとんど生じていない。桁外側は、雨水による洗浄効果で主桁に付着した飛来塩分が洗浄されるため、桁内側と比較して腐食が進行し難く比較的健全な状態であったものと考えられる。

③桁内側、桁外側ともに座金周辺や連結板縁端部は腐食減肉により凹凸が生じている。また、母板の連結板との境界部でも腐食が進行しており、凹型の減肉が生じているものもある。座金周辺や母板と連結板の境界部では、主桁に付着した水分の水路となることから、そ

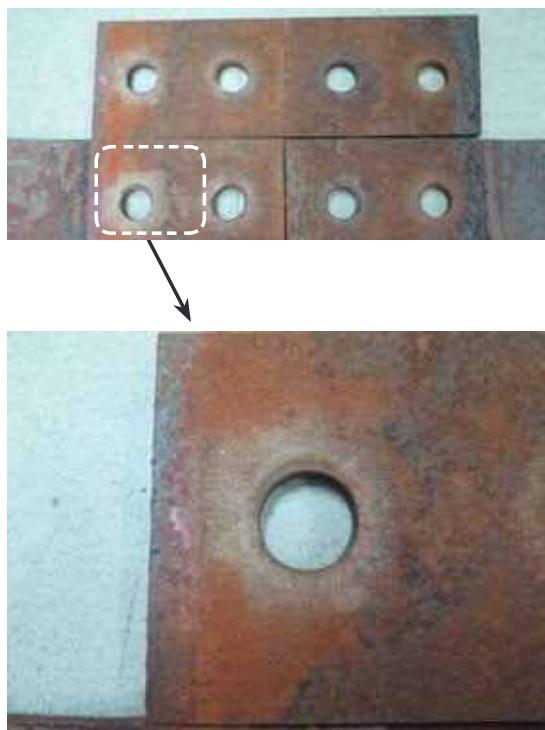


写真-5 摩擦接合面の腐食状態

の他の部位と比較して濡れ時間が長くなり腐食減肉が激しくなったものと考えられる。

3) 摩擦接合面の腐食

写真-5に試験片の摩擦接合面を示す。摩擦接合面は、表面と比較して健全で腐食減肉による凹凸は確認出来なかった。また、ボルト孔周辺は点錆びが発生している程度で鋼板の光沢も確認できるほど健全な状態であった。ボルト孔から離れるにつれて錆の発生が見られ、ボルト孔から50mm程度離れた位置では層状錆も確認された。発錆の状態は、ボルト孔を中心として環状的に変化していることが写真からも分かる。ボルト孔近傍では、高力ボルト軸力による接触圧の影響で、連結板と母板が密着され空気や水分が遮断されるため、腐食が進行し難かったものと考えられる。接合面に生じる接触圧は、ボルト孔近傍で最大となりボルト孔から離れるに伴い漸減することが知られている¹⁰⁾。このため、接合面の縁端部では接触圧の影響が小さく、空気や水分の侵入により腐食が進行したものと考えられる。さらに、ボルト孔から離れた位置では、赤錆に混じり黒錆の発生も確認出来る。黒錆は酸素の供給が少ないところで赤錆から変化する¹¹⁾。つまり、既往研究⁷⁾でも示されているように、発生した赤錆の膨張によって接合面内への酸素供給が遮断され、赤錆から黒錆へと変化したものと考えられる。



写真-6 成分分析に用いた試料

表-1 成分分析の結果

試料	C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Mo	V
F10TW (現行基準)	0.20 ~0.25	0.15 ~0.25	0.70 ~0.90	≤ 0.03	≤ 0.03	0.60 ~0.80	0.30 ~0.50	0.30 ~0.50	—	—
採取 ボルト①	0.229	0.24	0.78	0.015	0.009	0.72	0.33	0.32	<0.01	<0.01
採取 ボルト②	0.228	0.27	0.83	0.015	0.009	0.71	0.33	0.31	<0.01	<0.01
SMA490 (現行基準)	0.17 以下	0.30 ~0.65	0.80 ~1.25	0.35 以下	0.35 以下	0.45 ~0.65	0.30 ~0.40	0.05 ~0.30	—	0.02 ~0.10
採取母板	0.118	0.43	1.04	0.018	0.005	0.43	0.27	0.1	<0.01	0.05

(2) 成分分析

鋼材成分の経年変化を確認するため、高力ボルトならびに母板から試験片を採取し成分分析を行った。成分分析は、以下に示す分析法と分析機器を用い「日鉄住金防食株式会社」にて実施した。

①Si, Mn, P, Cu, Cr, Ni, Mo, Vの成分分析

分析方法：ICP発光分析法

分析機器：高周波プラズマ発光装置

機器名：iCAP6300Duo

(サーモフィッシュャーサイエンティフィック製)

②C, Sの成分分析

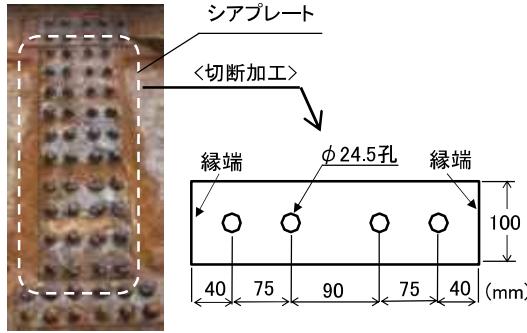
分析方法：赤外線吸収法

分析機器：炭素・硫黄同時分析装置

機器名：CS600 (LECO製)

成分分析に供した試料は、高力ボルト2個、母板2個であり、高力ボルトは軸先端部から母板は非接合面部から採取した。写真-6に成分分析に供した試料を示す。

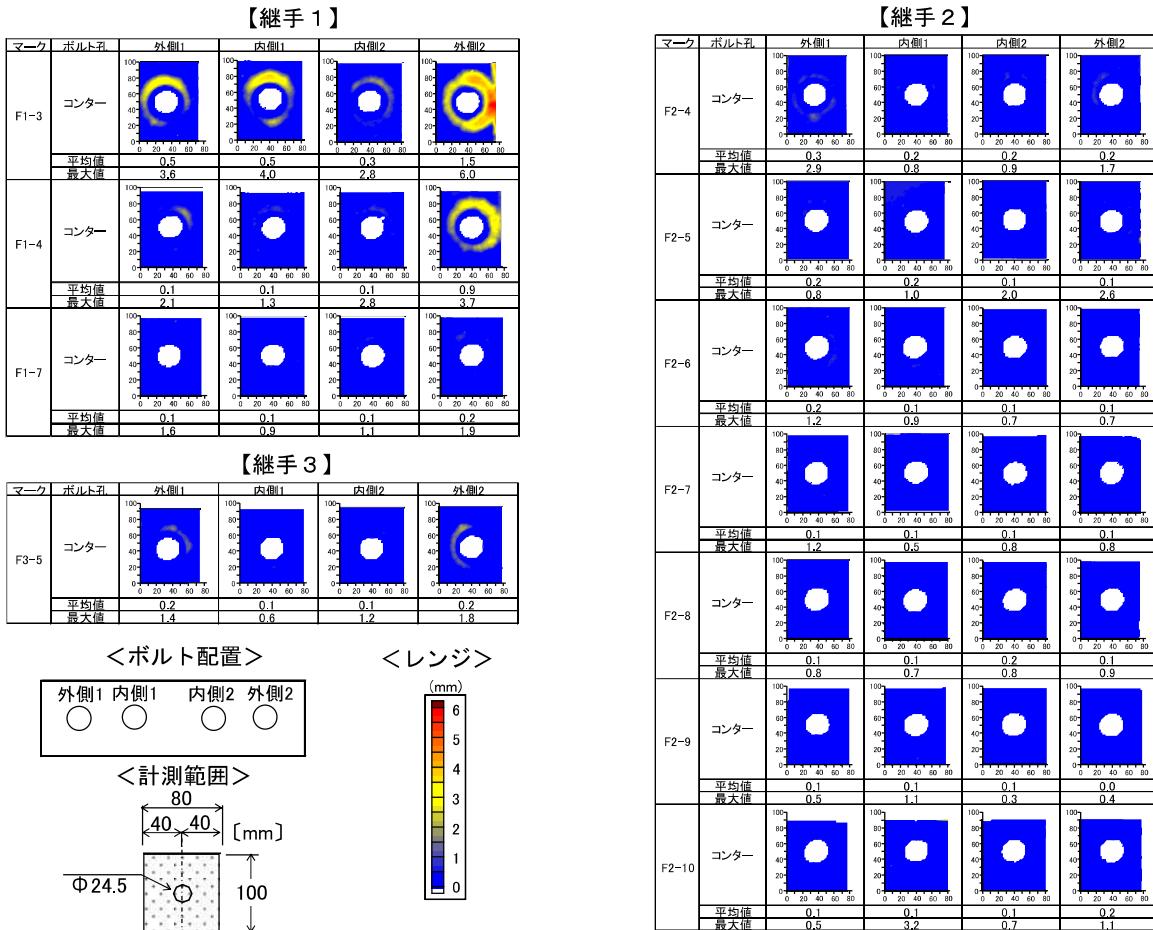
表-1に成分分析結果を示す。表には、現在JISで定められている高力ボルトと耐候性鋼板（SMA490）の各成分の規格も併せて示す。成分分析の結果、高力ボルトならびに鋼板とともに現況の成分規格をほぼ満足している。つまり、経年劣化ならびに腐食が鋼材成分へ与える影響



図一4 連結板の形状



写真一7 レーザー計測状況



図一5 連結板の腐食減肉状態（桁外側：ボルト頭側）

は小さいものと考えられる。

(3) 連結板表面の減肉量計測

採取した連結板の鋸をプラスチック処理にて除去し、CCDレーザー変位計（基準距離80mm、測定範囲±15mm、スポット径70 μm ）を用いて減肉深さの計測を行った。図一4に採取した連結板の形状寸法を示し、写真一7にレーザー変位計での計測状況を示す。計測間隔は文献

12) を参考に2mmピッチとした。先述したように摩擦接合面は点錆び程度で減肉による凹凸が確認されなかつたことから、計測は非接合面の連結板表面のみ行った。レーザー計測は4つのボルト孔毎に80mm×100mmの範囲で行い、各ボルト孔周りの減肉深さを求めた。計測したボルト孔は28試験片（ボルト頭側：11試験片、ナット側17試験片）のボルト孔合計112個である。

図一5にボルト頭側、図一6にはナット側における連

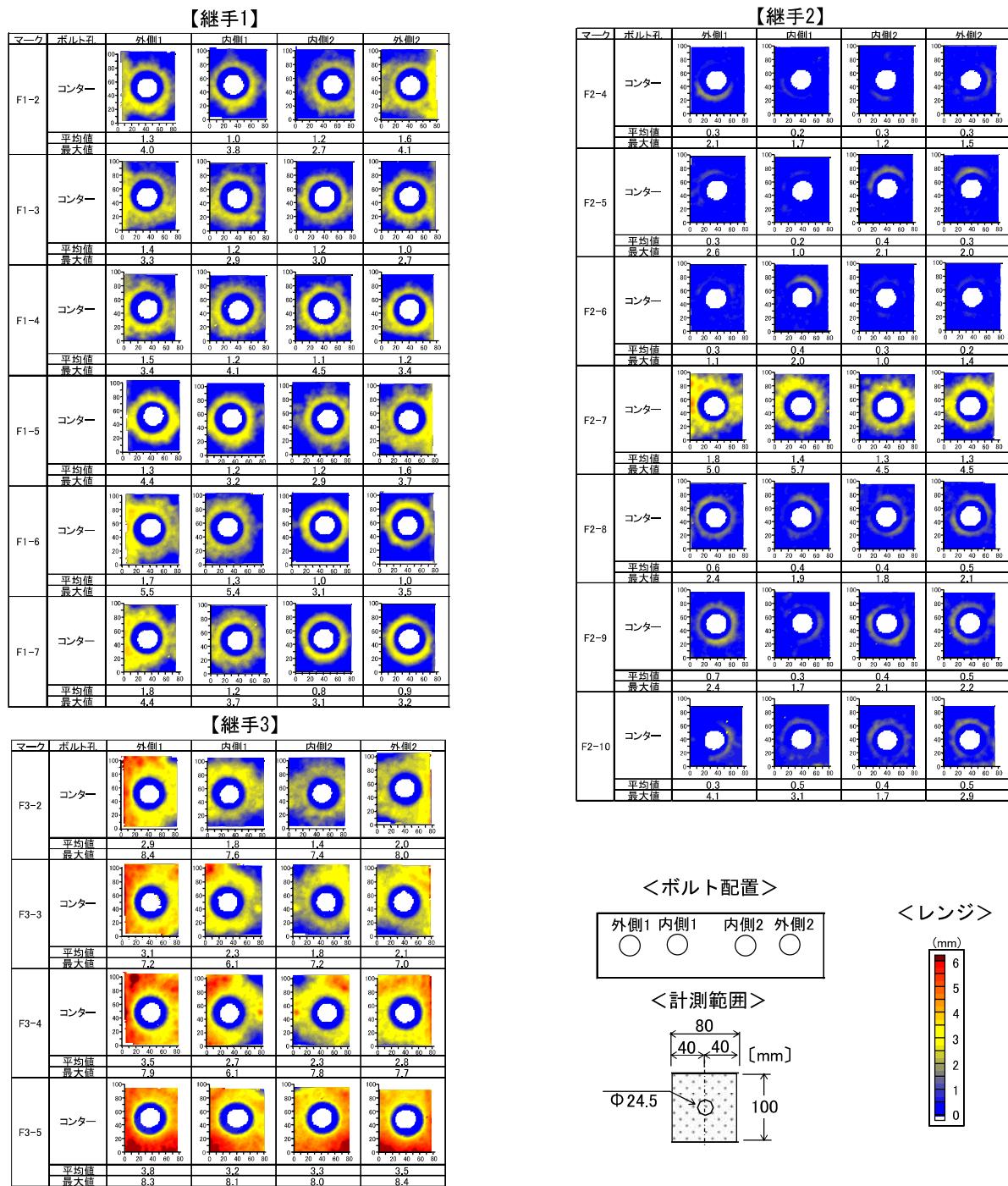


図-6 連結板の腐食減肉状態（桁内側：ナット側）

結板表面のレーザー計測結果を示す。図には計測結果から作成したコンターと減肉量の平均値ならびに最大値を示す。図のマーク「F-○-△」は、「○：継手番号、△：ボルト行数」を示している。つまり、マークF1-3は図-1に示す継手1の上から3行目の試験片であることを示す。なお、ナット側とボルト頭側で同一マークの試験片は、同一継手で表裏の連結板であることを示す。

図-5より、継手1のボルト頭側では、内側ボルト孔

周りの平均減肉量が0.1~0.5mm、外側ボルト孔周りの平均減肉量が0.1~1.5mmで、外側ボルト孔周りの減肉量が大きい傾向が伺える。これは、F1-3,4の外側2ボルトのセンターから分かるように、連結板縁端部では著しい腐食減肉が生じるためであると考えられる。一方、継手2のボルト頭では、継手1と同様に図-1に示す主桁G1から採取したものであるにも関わらず、継手1と比較して腐食減肉の程度が小さい。また、いずれもボルト頭側

は座金と接触していた面での腐食減肉はほとんど生じておらず、座金周辺で環状的に腐食減肉が進行していることが分かる。

図-6よりナット側での減肉量はボルト頭側と比較して腐食減肉が激しいことが分かる。これは、ナット側では雨水による洗浄効果が期待できず、ボルト頭側と比較して腐食環境が厳しいことが要因と考えられる。腐食減肉はボルト頭側と同様に、座金周辺で環状的に進行している。図-6に示す継手3のナット側の腐食減肉がもっとも著しく、平均減肉量は3mm以上で、最大値が8mm（建設時の設計板厚10mm）を超えるものもあった。しかし、いずれの連絡板においても座金と接触していた面においては腐食減肉がほとんど生じていないことが分かる。

以上のことから、実環境下で腐食した高力ボルト摩擦接合継手は、同一継手でも表裏の連結板で腐食減肉の程度が異なる。また、同じ主桁でも連結板の位置によって腐食減肉の程度が異なると言える。

4.まとめ

本稿では、過酷な塩害環境下で28年間暴露され激しい腐食減肉が生じた鋼プレートガーダー橋から高力ボルト摩擦接合継手部を採取し、高力ボルト、母板、連結板の腐食性状を調査した結果を示した。以下に、本調査で明らかとなった高力ボルト摩擦接合継手の腐食性状を示す。

①採取した高力ボルト摩擦接合継手は、桁外側と比較して桁内側の腐食減肉が激しい傾向が確認された。これは、桁外側では雨水による洗浄効果が期待できるためであると考えられる。

②連結板の座金と接触していた面ならびにボルト孔内は腐食が進行し難い。これは、高力ボルト摩擦接合継手の軸力によって腐食促進因子の侵入が遮断されるためであると考えられる。

③座金周辺では、環状的に腐食減肉が進行し易い。これは、座金やボルト頭の形状による影響で滯水が生じやすいためであると考えられる。

④28年経過した高力ボルト摩擦接合継手の接合面は、連結板表面と比較して健全で腐食減肉による凹凸はほとんど無かった。特にボルト孔周辺ではほとんど発錆は見られず、ボルト孔から離れるにしたがって錆の発生が見られた。

⑤高力ボルトのボルト頭ならびにナットは腐食減肉が激しい。一方、高力ボルト軸部は比較的健全で発錆も少

なかった。これは、座金との接触面や摩擦接合面同様に高力ボルト軸力による影響と考えられる。

⑥実環境下では、同一継手でも表裏の連結板で腐食減肉の程度が異なる。また、同じ主桁でも連結板の位置によって腐食減肉の程度が異なる。

⑦28年経過した鋼材の成分分析を行った結果、現況の成分規格を概ね満足していた。よって、腐食劣化が鋼材成分へ与える影響は小さいものと考えられる。

＜参考文献＞

- 1) 日本道路協会：道路補修・補強事例集，丸善，2012.
- 2) 土木学会：腐食した鋼構造物の性能回復事例と性能回復設計法，丸善，2014.
- 3) 菊地勇氣，染谷厚徳，増井隆：鋼桁添接部腐食損傷の補修設計，土木学会第66回年次学術講演会概要集，IV-140, pp.279-280, 2011.
- 4) 川村弘昌，竹内正一，鯫島力，西谷朋晃：バイパス工法による連結板取替手法，鋼構造年次論文報告集，vol.24, pp.383-390, 2016.
- 5) 国土技術政策総合研究所資料：平成25年度道路構造物に関する基本データ集，No.822, 2015.
- 6) (社)日本道路協会：道路橋示方書・同解説 I 共通編，2017.
- 7) 橋本国太郎，築地貴裕，杉浦邦征：腐食劣化した高力ボルト摩擦接合継手の残存耐力に関する研究，土木学会論文集A1, vol.69 No.2, pp.159-173, 2013.
- 8) 池田秀継，畠中清：耐力点綴付法に用いる摩擦接合用高力ボルトの暴露試験報告，鋼構造論文集，第21巻第84号, pp.1-7, 2014.
- 9) 下里哲弘，田井政行，長嶺由智，有住康則，矢吹哲哉：実腐食減肉形状を有する摩擦接合用高力六角ボルトの残存軸力特性，構造工学論文集，vol.62A, pp.503-513, 2016.
- 10) 日本鋼構造協会：高力ボルト接合技術の現状と課題，JSSCテクニカルレポート，No.96, pp.69-78, 2013.
- 11) 藤井哲雄：初步から学ぶ防錆の科学，工業調査会，2001.
- 12) 森猛，橘敦志，野上邦栄，山沢哲也：腐食鋼板の引張・降伏耐力評価法の検討，土木学会論文集A, vol.64 No.1, pp.38-47, 2008.

2019.3.22 受付

手形陸橋改修工事 Repair Work of Tegata Overpass



木村 和 博^{*1} 佐直信次^{*2}
Kazuhiro KIMURA Nobutsugu SAJIKI

要 旨

本工事は、JR奥羽本線上空で且つ供用中の道路と隣接した場所での跨線道路橋の拡幅・架替を行なった工事であり、限られた作業時間・作業ヤード内での難易度の非常に高い工事について報告する。

キーワード：鉄道上空、拡幅工事、相吊り架設、架設桁設備

1. はじめに

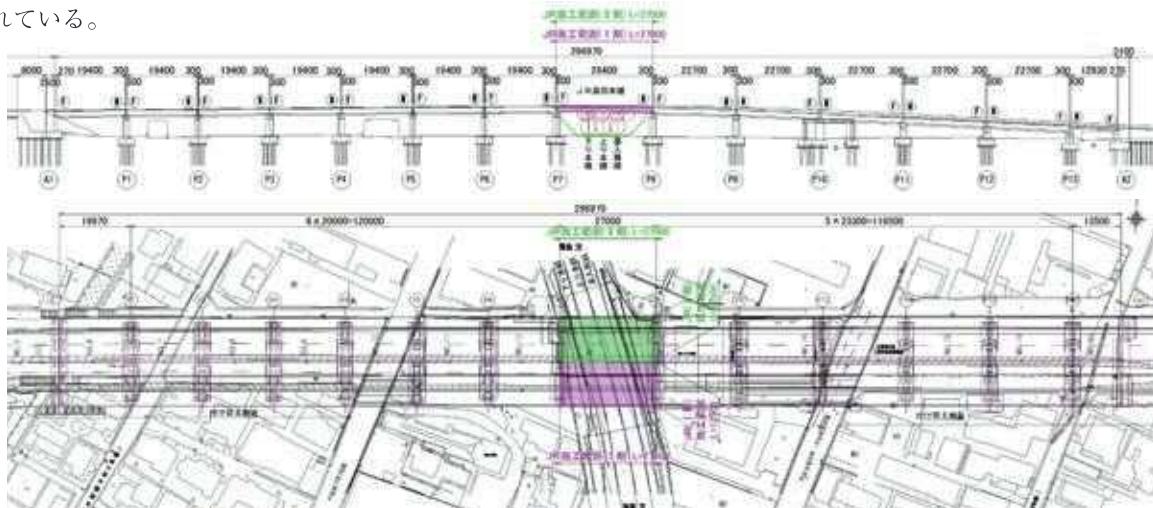
都市計画道路 千秋広面線は秋田市都心部の通過交通を迂回させる都心環状道路の一部として位置付けられている幹線道路であり、その中のJR奥羽本線を跨ぐ手形陸橋は1日当たり約18,000台の交通が集中する箇所となっている。

この渋滞の解消と秋田駅東西間の連携強化を目的に、平成8年度から手形陸橋の拡幅工事が行われ、加えて現橋は昭和40年の架設後、約50年が経過し、老朽化が著しいことから、補修・補強を行い橋全体の長寿命化を目的に、平成31年の完成（4車線供用）を目指して工事が進められている。

本工事は手形陸橋14径間のうちのJR奥羽本線上空1径間の桁拡幅、旧橋撤去・新橋架設、旧橋撤去補修架設を行った。

2. 工事概要

- (1) 工事名：奥羽本線手形陸橋補修工事
- (2) 施工場所：秋田市手形字山崎地内
- (3) 工期
 - 1期施工：平成28年8月 1日～平成29年3月24日
 - 2期施工：平成29年4月20日～平成30年6月30日
- (4) 発注者：東日本旅客鉄道株式会社 秋田支店



図一1 橋梁一般図

*1 工事本部建設工事部建設工事グループ担当リーダー

*2 計画本部計画部部長代理

- (5) 元請者：第一建設工業株式会社 秋田支店
(6) 橋梁型式：鋼単純活荷重合成I桁橋（12主桁）
橋長：27.000m
支間長：26.400m
全幅員：25.000m（車道16.000m 歩道4.100mx2）
斜角：90°00'00"
床版：I型格子床版
鋼重：新設桁 83.4t

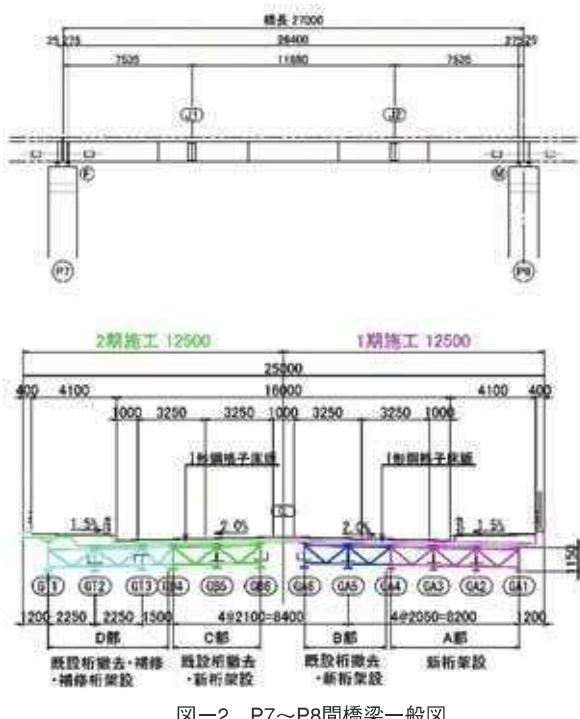


図-2 P7～P8間橋梁一般図

3. 現場付近の状況

- 架設地点は秋田駅の北側約1.0kmに位置し、線路に対して75°の斜角で横断している。
- 跨線部施工時、アプローチ部は施工済みであり、他の工事は行われていない。
- 施工中は常時車道2車線+歩道を確保する。
- アプローチ部既設床版上には50tクラスのクレーンが搬入可能である。
- 奥羽本線のき電停止時間内の実作業時間は60分である。

4. 1期施工 A部桁架設・B部桁架替

1期施工は南側のA部桁の新設およびB部桁の架替を行った。

(1) A部桁新設

A部桁の新設は架設地点の両側アプローチが床版まで施工済みであるため、50t吊ラフテレーンクレーンによる相吊り架設により行った。

桁地組は既設B部桁上で2主桁毎に2ブロック行い、JR線跨線部まで縦移動軌条と台車により縦移動を行った。

架設は地組ブロック毎に2回に分けて行い、ブロックの中間部は足場設備を設けて対傾構・横構を取り付けた。作業は夜間き電停止作業で行った。

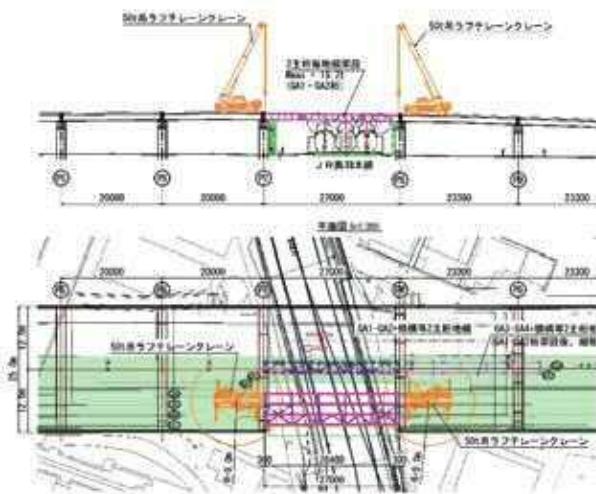
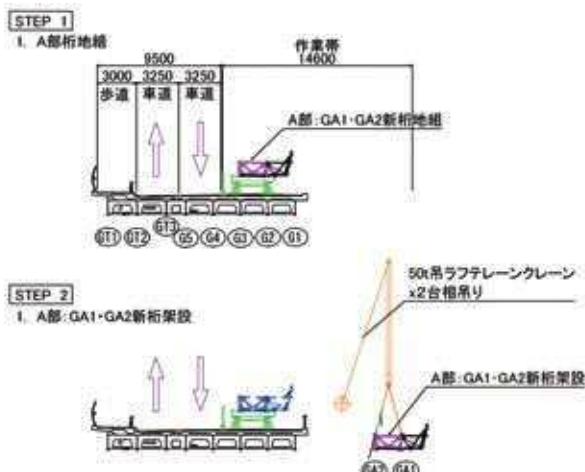


図-3 A部桁架設図



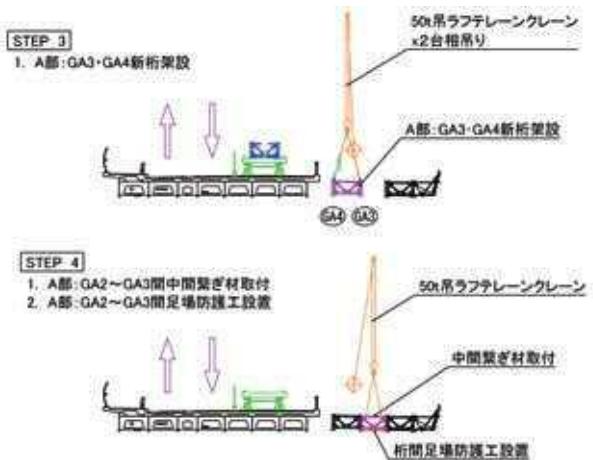


図-4 1期A部施工ステップ図



写真-1 A部新桁架設

(2) B部桁架替

B部桁の架替工法の選定において、線路上空での短いき電停止時間内での既設床版撤去を最少日数とするため、桁+床版を吊り上げて、アプローチ上へ移動・解体し、新桁架設はその逆を行う架設桁工法を採用した。

架設桁設備の諸元は以下の通り。

- ①全長 96.000m 片側2条x2組
- ②架設桁高 1.244m
- ③最大支間長 30.000m

架設桁設備は工程短縮のため、跨線部の架設桁を挟んで両側アプローチ上に延長し、終点方に既設撤去桁を仮置きし、起点方で新桁を地組した。

架設桁上には桁吊り上げ用センターホールジャッキを搭載した自走台車設備を設置した。

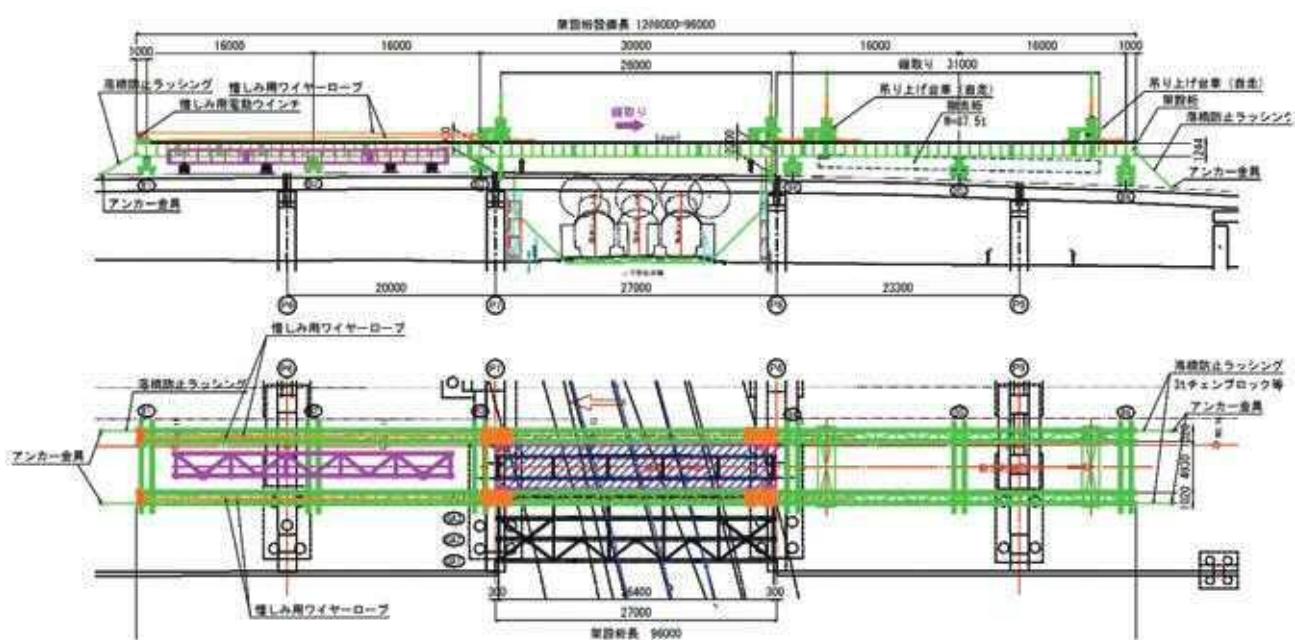


図-5 B部施工用架設桁設備図

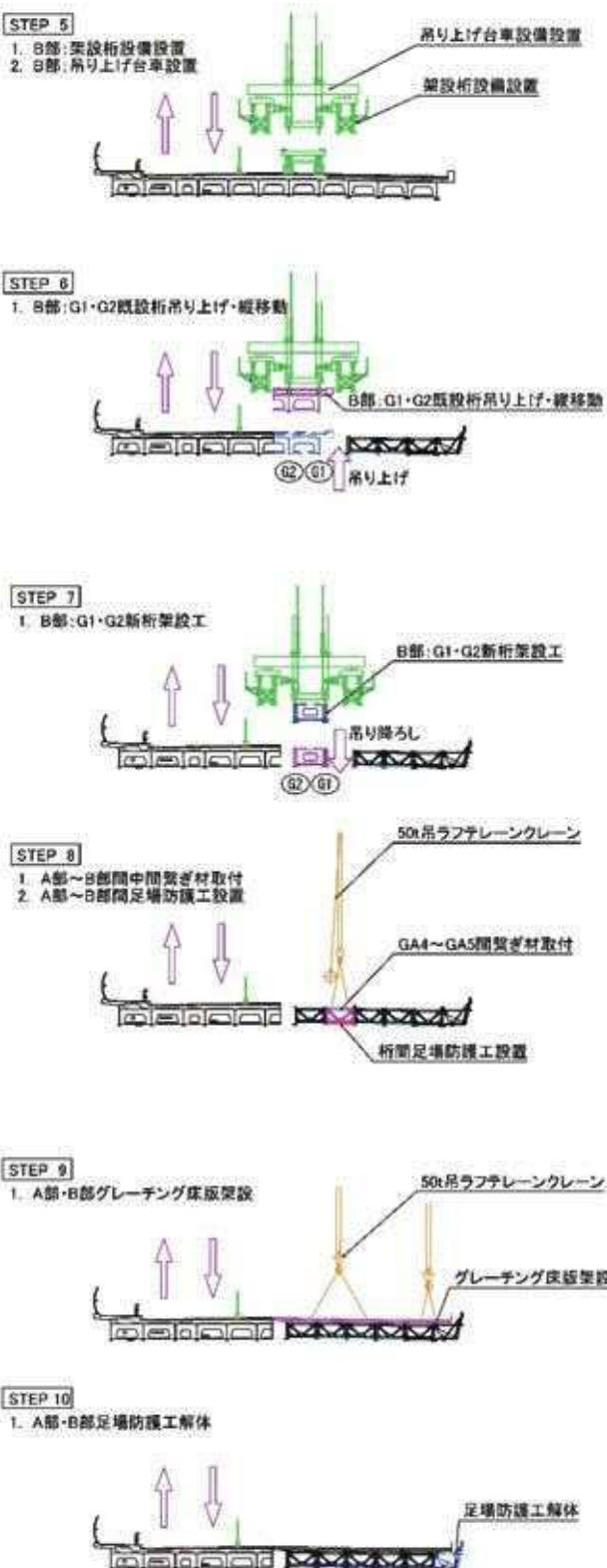


図-6 1期B部施工ステップ図

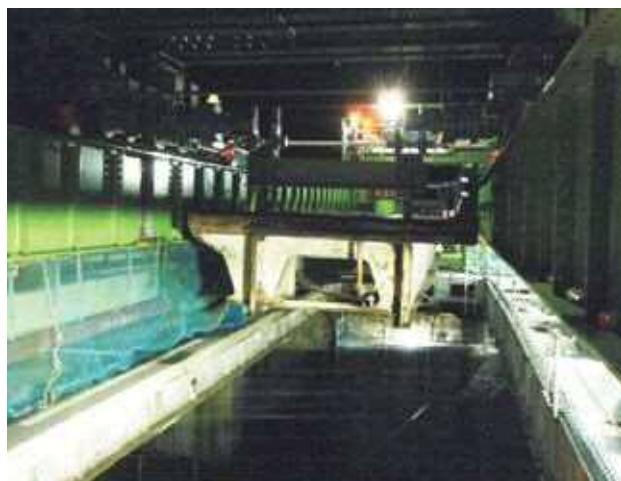


写真-2 B部既設桁撤去



写真-3 B部新桁架設



写真-4 A・B部グレーティング床版架設

5. 2期施工 C部桁架替・D部桁撤去、補修、架設

1期施工完了後、道路切替を行い、2期施工に移った。

(1) C部桁架替

C部桁架替は1期のB部施工と同様に架設桁工法により架替を行った。C部・D部桁は3主桁で撤去・架設するため、作業ヤードの幅員上、架設桁の下に入る位置関係となり、架設桁間を縦移動させるためには横移動が必要となる。そのため、吊り上げ台車の主梁上に横取り用の水平ジャッキとスライドジャッキを装備した。(図-8参照)

また、吊り上げる桁重量も128tと大きいため、自走台車の台数を増やし駆動力をアップした。

更に、既設桁の吊り上げ・横移動・縦移動作業の所用時間が1夜間では納まらず、一旦仮置きするためセッティングビームと桁吊り金具を一体化した形式の治具を取り付けた。

(2) D部桁撤去、補修、架設

D部既設桁は後工事で拡幅した経緯がありB・C部桁に比べ、新しいため、これを再利用する計画であった。

当初は線路上で足場防護工を設置し、その場で塗替塗装を行う計画であったが、線路上空で短い電停止時間での足場組立・解体により工程が非常に長くなり、予定工期に収まらないため、架設桁・吊り上げ台車を使用して、アプローチ桁上に仮置きし、補修を行うこととした。また、D部桁は架設桁の真下に位置するため、吊り上げの前にセッティングビームで桁を支持し、吊り上げ可能位置まであらかじめ横移動を行った。

D部桁を吊り上げ・縦移動後、橋梁調査を行った結果終点方支点周りの腐食が激しいため、主桁の部分取替を行った。

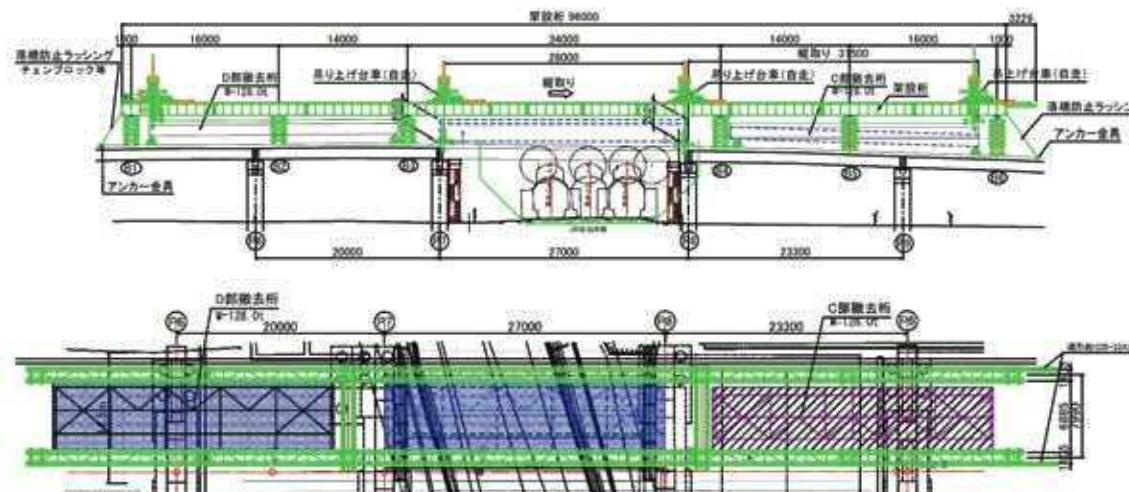


図-7 C・D部施工用架設設備図

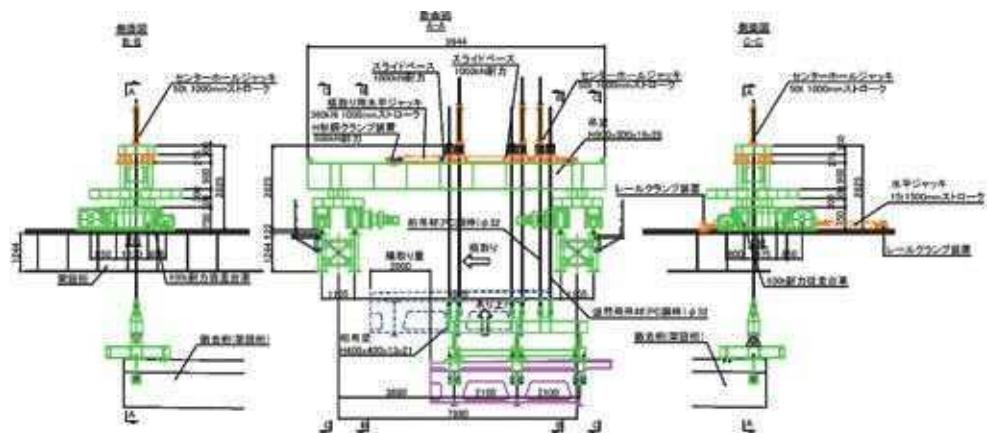
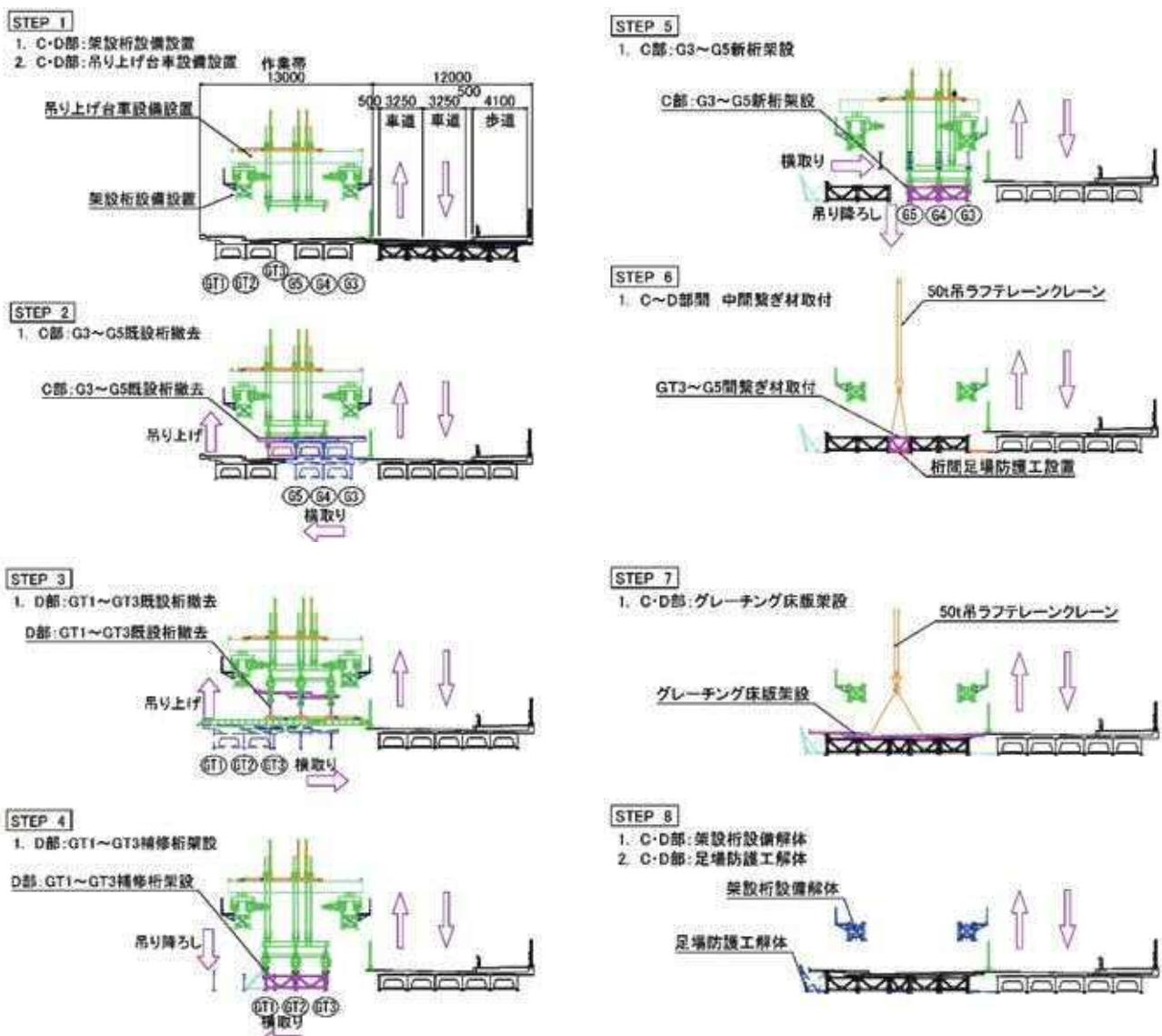


図-8 C・D部施工用吊り上げ台車設備図



図一9 2期施工ステップ図



写真一5 吊り上げ台車設備



写真一6 C部既設析撤去



写真一7 D部既設桁撤去完了



写真一10 C部新桁架設



写真一8 B・C部既設桁撤去完了



写真一11 C部新桁架設完了



写真一9 D部補修桁架設



写真一12 C・D部グレーチング床版架設

6. あとがき

本工事は、鉄道上でかつ供用中の道路の横の狭隘な場所で且つき電停止の限られた時間内での、クレーン相吊架設と架設桁・吊り上げ台車による桁架替という、非常に難易度の高い工事でしたが、関係各位の努力により無事工事を終える事が出来ました。

本工事の施工に当たりご指導頂きました東日本旅客鉄道株式会社秋田支社並びに第一建設工業株式会社秋田支店の関係者の皆様に深く感謝し、誌上を借りてお札を申し上げます。

2018.12.28 受付



写真-13 架替完了

グラビア写真説明

浦添西原線1号橋整備工事（本線橋下り線上部工H28）

浦添西原線は、沖縄県における国道58号（浦添市）と国道329号（西原町）を東西方向に連結し、南北間の交通流动の平准化を図る主要な横軸幹線として位置づけられています。

本橋は「翁長～嘉手刈」の区間に位置する全3径間の内、第1径間（A1～P1間）において県道241号上空を横過する鋼3径間連続細幅箱桁橋です。

本橋の鋼桁架設においては、トラッククレーンベント架設を基本としましたが、県道上交差部の鋼桁については500t吊りトラッククレーンによる県道の夜間通行規制を伴う大ブロック架設工法を採用しました。（村島 康文）

高速横浜環状北西線（川向地区）街路整備工事（橋りょう上部工）

高速横浜環状北西線は東名高速道路（横浜青葉インターチェンジ）と第三京浜道路（港北インターチェンジ）を結ぶ、延長約7.1kmの自動車専用道路です。北西線が完成すると、現在建設中の横浜環状北線と一体となり、東名高速道路から横浜港までが直結され、横浜市北西部と横浜都心・湾岸エリアとの連絡強化が図られます。

本工事は、3径間連続細幅箱桁橋（内・外回り線）・2層式鋼製門型橋脚4基の製作～架設、床版工事であり、架設はクレーンベント工法にて行いました。狭隘な現場条件のなかで、無事故・無災害で工期内に竣工致しました。

（前山 裕人）

高速横浜環状北西線（下谷本地区）街路整備工事（橋りょう上部工）（その2）

高速横浜環状北西線は東名高速道路（横浜青葉インターチェンジ）と第三京浜道路（港北インターチェンジ）を結ぶ、延長約7.1kmの自動車専用道路です。北西線が完成すると、現在建設中の横浜環状北線と一体となり、東名高速道路から横浜港までが直結され、横浜市北西部と横浜都心・湾岸エリアとの連絡強化が図られます。

本工事は、9径間連続非合成少數鋲桁橋、4径間連続非合成少數鋲桁橋×3橋、7径間連続非合成少數鋲桁橋、5径間連続（細幅箱桁+少數鋲桁）混合桁橋の全6橋の製作～架設、床版工事です。架設はトラッククレーンベント工法を用いて行いました。供用中の道路を跨ぐ間については、全面通行止めにて架設を行い、工期内に竣工致しました。

（前山 裕人）

新青森県総合運動公園陸上競技場新築工事

New Construction Work of the Athletics Stadium in New Aomori Prefecture Sports Park



半田智也^{*1}
Tomonari HANDA



篠原太一^{*2}
Taichi SHINOHARA



瀧谷浩一^{*3}
Koichi SHIBUYA



貝瀬正紀^{*4}
Masaki KAISE



佐藤雄一^{*5}
Yuichi SATO

要旨

本工事は新青森県総合運動公園陸上競技場新築工事のうち、大屋根鉄骨建方工事について報告するものである。大屋根鉄骨の建方についてはペンシルベントを用いたクレーンベント工法で施工し、また特筆すべき仮設設備は橜円形状のスタンドに沿わせて移動させる移動ステージが挙げられる。大型の移動ステージを半径の異なる2本の軌道上を微妙な調整を行いながら移動させた。

キーワード：ペンシルベント、クレーンベント工法、移動ステージ、橜円軌道上の移動、エーキャスター

1. はじめに

青森県が現在所有している陸上競技場は昭和41年の竣工から45年が経ち老朽化が著しい状況にあるため、新青森県総合運動公園の敷地内に新築することとなった。公園内には既存の運動施設がありこれらとの一体利用が可能となることで、国体各種大会やプロスポーツなどの誘致開催、合宿所を利用した選手強化策の展開などスポーツ振興が期待されている。

建設地は国内有数の豪雪地帯であり、海、山からの強風も吹き抜ける非常に過酷な環境下での施工となり厳冬期の作業が制限される関係上、工期短縮が重要な課題であった。主要な外装工事に屋根の天井部分にあたる軒天全面に重量が1枚当たり1t以上あるGRCパネルを取付ける作業があり、建物の形状がスタンドから高いところでは20m程度の高さになる。このため、天井の近くまで作業床を構築する必要があるが、仮設工期短縮のために全面足場ではなく移動ステージを採用した。大小4基の移動ステージが橜円軌跡に並べられた軌条に沿って徐々に移動しながら屋根鉄骨の建方と外装仕上げを実施した。

2. 工事概要

工事名：新青森県総合運動公園陸上競技場

発注者：青森県

設計・監理者：伊東豊雄建築設計事務所

請負者：大林組・丸喜齋藤組・西村組JV

工事場所：青森県青森市大字宮田字高瀬外地内

建築面積：20,671.06m²

延床面積：33,244.65m²

規模：地下1階、地上4階（屋根高さGL+27.32m）



図-1 建物全景写真

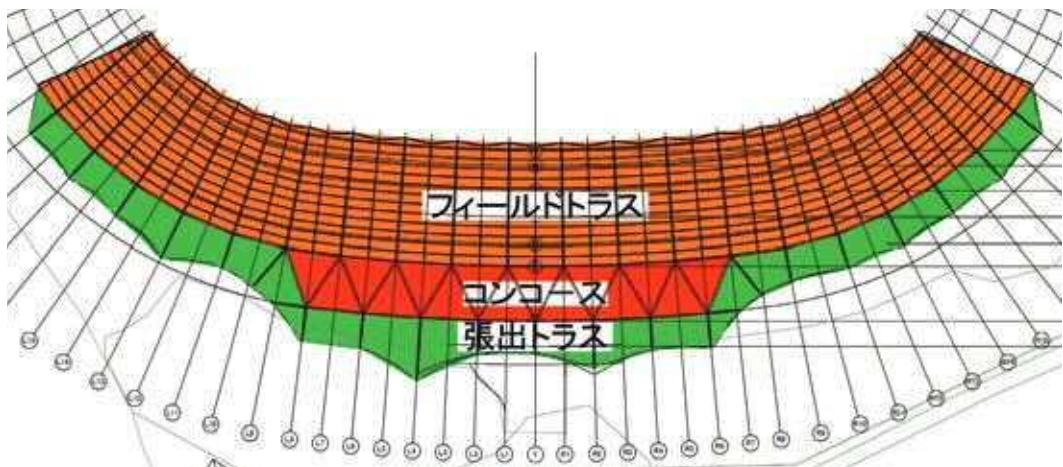
*1 工事本部建設工事部建設工事グループ

*2 工事本部建設工事部建設工事グループ係長

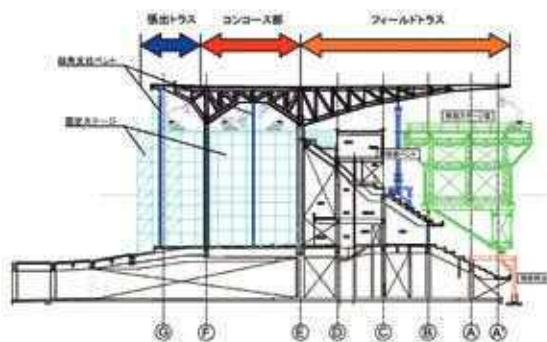
*3 関西支社関西工事部関西工事グループ主任

*4 計画本部計画部建設設計画第2グループグループリーダー

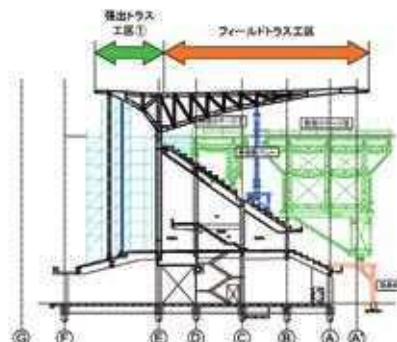
*5 計画本部計画部建設設計画第2グループ主任



図一2 基本平面図



図一3 Y通り断面図



図一4 L11通り断面図

3. 構造概要

本物件は周辺の樹木の重なりをモチーフにスリムで背の高い柱が林立した階高の高い空間の広がるコンコースとその柱から競技場へ向けて約25mのキャンチレバーの庇（フィールドトラス）から構成されている。建設地が豪雪地帯のため2m近い積雪荷重を用いるような地域である。本物件の特徴である水平な屋根は冬季の積雪を屋根の上に貯雪することで落雪を防止する。また雪解け水を貯水し、雑用水に利用するなど環境に配慮した施設となっている。



写真一1 外周側コンコースの写真

鉄骨構造としては大きく跳ね出したフィールドトラスの重量を安定して支持するためにE通りの柱を支点にして外周側の重量をカウンターウェイトとしてバランスを取るヤジロベエの原理を利用した構造となっている。外周側の張出トラス、コンコース部、フィールドトラスの3種類の構造から構成されている。張出トラスは外周側へ向けて放射状に広がり、コンコーストラスは梁を平面的に三角形を構成して強固な構造を成し、フィールドトラスは内側へ向けて放射状に収束していくといったそれぞれのセクションが個別の特徴を持った構造をしている。このため一つの建物の中で様々な施工方法、管理項目を求められた。中でもフィールドトラスの建方精度については外装GRC版の取付調整代が少なく、厳しい条件が求められた。

4. 施工状況

(1) 施工順序

施工順序は、門型の構面により構成されているコンコース部の鉄骨を先行して施工し、外周側の張出しトラス、フィールドトラスの順に建方を進めた。

(2) コンコース鉄骨建方

主柱とトラス架構の梁で構成されるラーメン構造の断面が平面的には三角形の形状を成すように組み合わされた形状の鉄骨である。建方が完了すると安定しているが、高さ20mの柱の上部のみを梁で結んでいるので最初の1構面のみでは建方精度の確保が困難なため、トラス梁の中央を仮設ベントにて支持して施工した。トラス梁は地上にて寝かせた状態で地組し、350tクローラクレーンにて一度建起こしてから建方を行った。

(3) 張出しトラス建方

張出しトラスは、大きく分けて2種類ある。1つ目は、コンコース鉄骨に対して三角形のトラス構面をした梁が外周へ向けて張出す形で取付く形状である。2つ目は主柱と外端部柱とトラス梁で構成される見た目はラーメン構造ではあるが、外端部の柱が引張力しか負担できない特殊な構造である。建方方法としてはどちらも同様で地上にて寝かせた状態で地組し、350tクローラクレーンにて建方を行った。(写真-3)

張出トラスの建方には厳しい精度が求められたため、張出量は少ないが全ての部材を仮受ベントで支持した。また仮受ベントの荷重開放のタイミングもそれぞれで異なり、コンコースを含む張出しトラスはスタンド鉄骨と接合完了後にジャッキダウン可能となり、コンコースを含まない張出トラスに関しては同じ通りのフィールドトラスとの接合完了後に可能となった。

(4) フィールドトラス建方

フィールドトラスは約25mの三角形のトラス構面をした大梁で1台の重量が約25tとなった。建方はトラスの中央付近を仮受ベントで支持しながら施工した。建方順序はスタンドの中央から両翼へ向けて進めていく。最初の1マス目は建方時の安定を考慮して、350tクローラクレーン2台と相番の65tラフテレーンクレーン1台を使用し、2枚のトラス梁を同時に建方して、トラス梁の玉掛を外さずに相番クレーンにてトラス間に水平梁を所定の本数取り付けてからトラス梁の玉掛を外した。(写真-5)

建方精度については張出トラス同様に厳しい条件を求められており張出量が大きく、たわみもあるので、調整

には労力を要した。



写真-2 コンコース鉄骨建方状況



写真-3 張出トラス建方状況



写真-4 フィールドトラス建方状況



写真-5 フィールドトラス繋ぎ梁取付状況

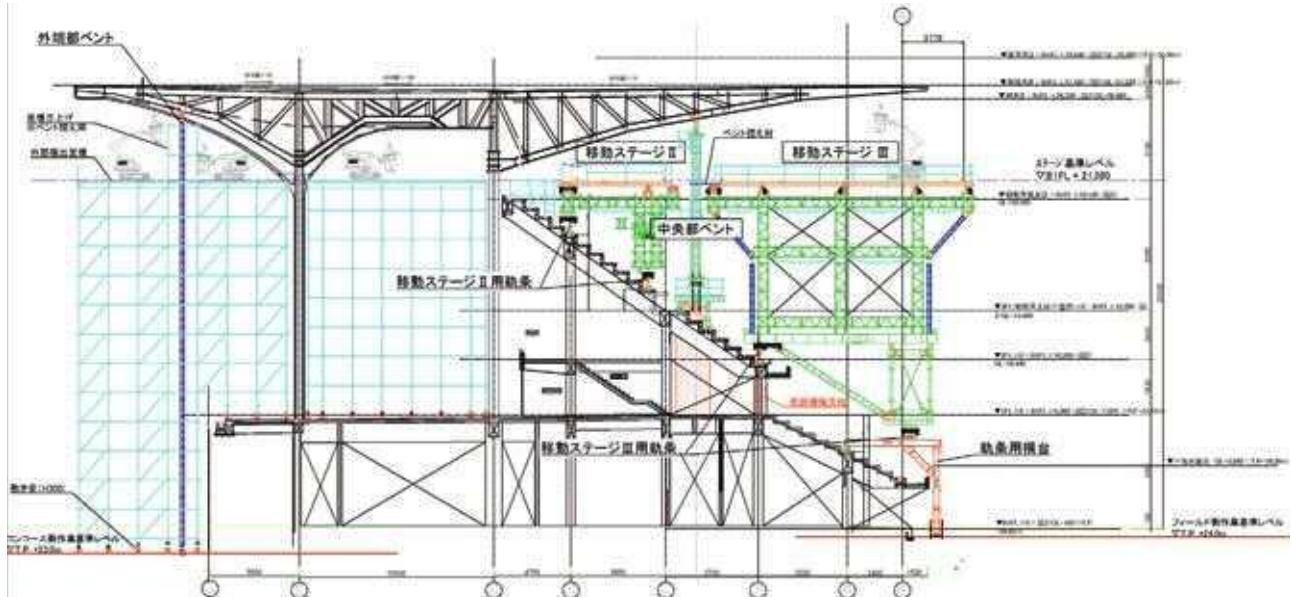


図-5 仮設設備一般図

5. 各種仮受ベント

(1) コンコース仮受ベント、外端部仮受ベント

コンコース仮受ベント、外端部仮受ベントはその主要な目的が建方精度の確保であり、積極的に鉄骨部材の荷重を受ける設備ではなく、また仮受ベントは足場ステージ完成後に部材搬入、組立となるため、軽量で人力作業で対応できる四角支柱とスペーサーサージャッキを組み合わせたパネルベントとした。四角支柱の控えは、ベント設置箇所の周りの枠組足場から取ることができた。

(2) 中央部仮受ベント

中央部仮受ベントはフィールドトラス建方時に張出量の大きいトラス梁の精度を確保するために重要な仮受け支点である。2基の建方用移動ステージが走行する狭隘な間に位置するこのベントは、B5ベント1本柱によるペンシリルベントとした。移動ステージ同士の間隔を詰めるために隙間は500mm程度しか設けられなかった。ベント自体は段床の上に位置しており脚部は段床をかわすように構台を組立ててその上に設置する必要があった。またペンシリルベントは単体では自立できないため、フィールドトラス鉄骨を仮受するまでは控えが必要であった。控えは移動ステージが隣接している状況ではこれから取り、隣接していない場合はMトラスを使用して、組み立てたベント控えフレームを設置し、転倒防止を行った。(写真-7)



写真-6 外端部ベント（張出トラス受け）



写真-7 中央部ベントとベント控えフレーム

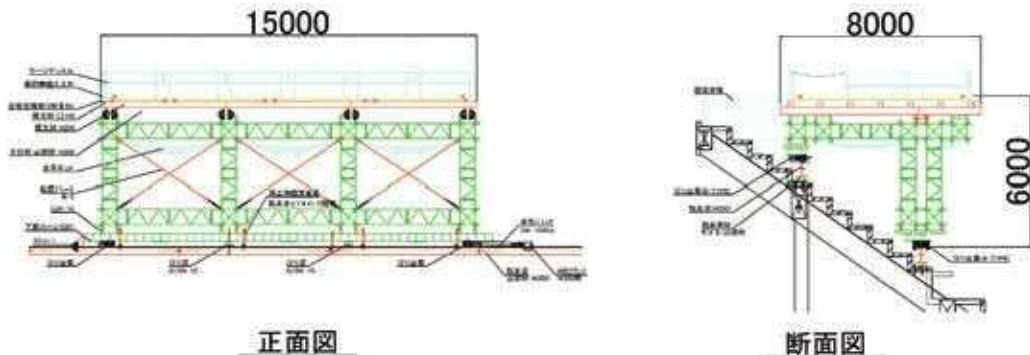


図-6 移動ステージⅡ計画図

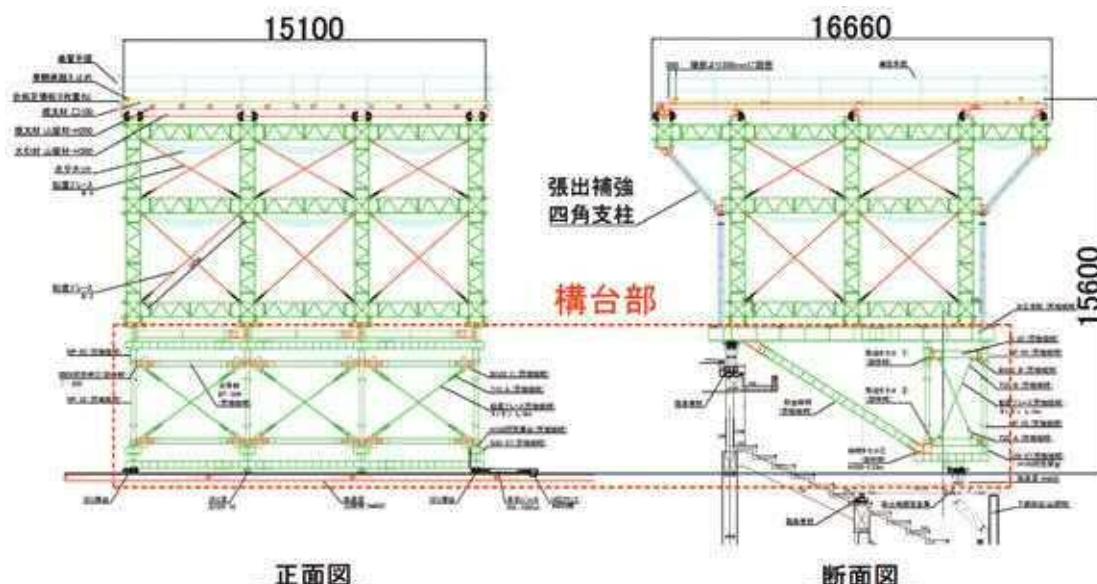


図-7 移動ステージⅢ計画図

6. 移動ステージ

(1) 移動ステージ概要

移動ステージは競技場のスタンドに沿った梢円の軌条上を移動させた。移動ステージは大小の2台を左右の工区に配置し、計4台で鉄骨工事及び外装仕上げ工事に使用した。

移動ステージは屋根下面全体の外装仕上げ工事に使用するためステージを移動させることを考慮しても15m×17mと大型であった。またステージ上では高所作業車とエアキャスターを使用した搬器（仕上げ材を取付けるための特殊な車両に1tを超えるGRCパネルを搭載する）が走行できる強度を求められ、根太材としてH200の山留材を900mmピッチで配置した上に100mmの角パイプを400mmピッチで設置し、その上に木製足場板を2枚敷き、作業床を形成した。

(2) 移動ステージⅡ（小ステージ）

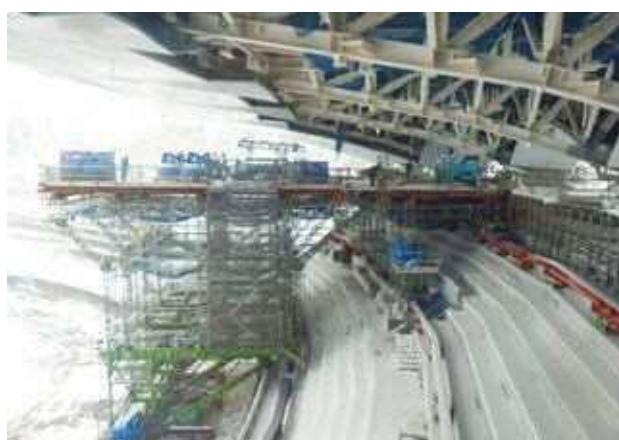
移動ステージⅡはスタンド上方に設置した移動ステージである。中央部に放送室を挟んだ左右の工区の軌条を走行する設備としている。ステージの大きさは15m×8mであり構成としては基部梁にH300を使用し、骨組みはMトラスを使用した。（図-6）

(3) 移動ステージⅢ（大ステージ）

移動ステージⅢはスタンド下方に設置した移動ステージである。中間を遮る躯体がないため、左右対称に軌条が伸びている。ステージの大きさは15m×17mであり、前後の高低差が大きいため、基部はNPベントとI6工事桁を組み合わせた構台を組み立て、その上にMトラスを使用した骨組みとした。一部張出部分の荷重を補強するために四角支柱材も組み合わせて使用した。（図-7）



写真一八 移動ステージ外観①



写真一九 移動ステージ外観②



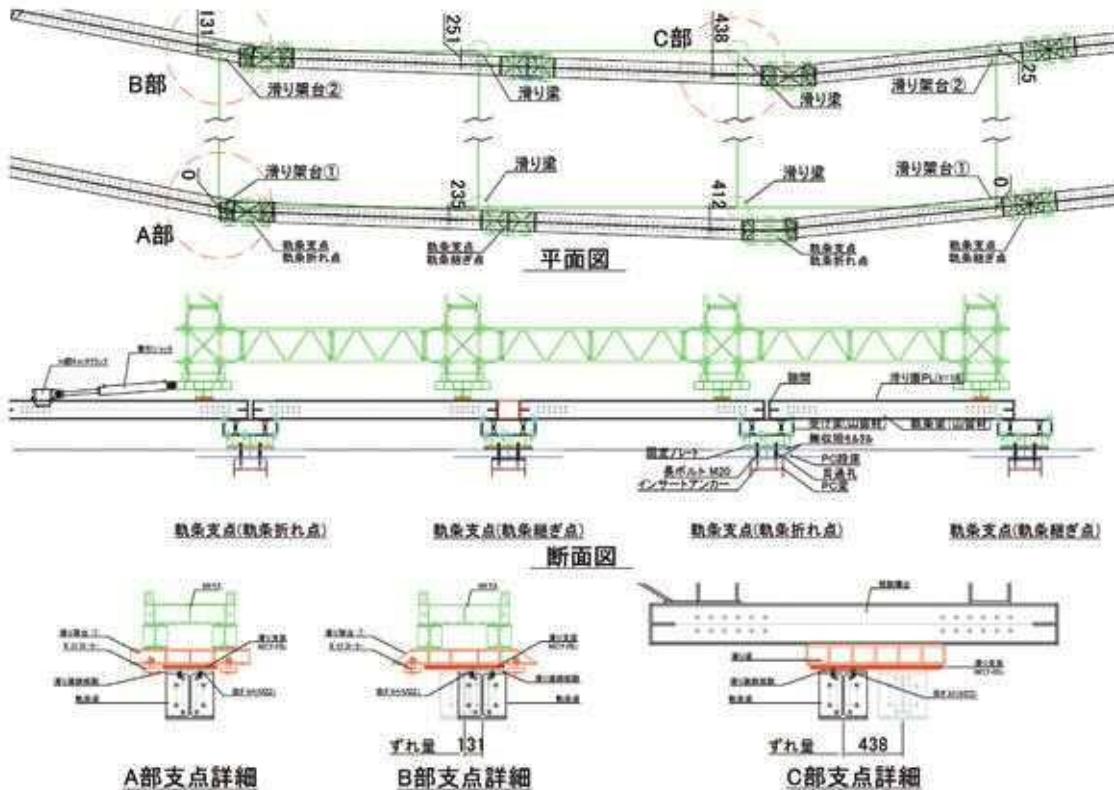
写真一〇 移動ステージⅡ



写真一一 移動ステージⅢ



写真一二 移動ステージ作業床状況



図一8 軌条詳細図

(4) 軌条梁

移動ステージはスタンドの円弧に合わせて梢円軌条上で走行する必要があり、検討を進める中で軌条梁の支点部分で少しづつ曲げる折れ線の配置とした。軌条梁の支点は各通りにあるスタンドの段梁に設けた。また、元請に段梁へアンカーボルトを埋め込んでもらい、これを使用して軌条支点を固定した。

軌条設備はコストを抑えるため山留材を使用した軌条梁とし、滑り軌条なので滑な表面とするために山留材の表面には16mmの鉄板（SS400-塗装）を皿ボルトにより固定した。

また競技場側の1列に関してはスタンド軸体外に軌条が必要となるため、全長約200mの軌条用構台を構築した。

(5) 走行設備

走行設備は滑り面にMCナイロンを使用した滑り支承形式の台車とし、移動ステージ1台当たり8点に台車を設置した。曲がり軌条を走行するために4隅の台車には軌条を挟むようにガイドローラーを取付け、移動ステージの挙動を拘束できる設備とした。内側の4点の台車については内輪差が最大で500mm程度生じるためガイドは設けずに幅広の滑り支承形式の台車とした。（写真-14）



写真-13 軌条用構台



写真-14 軌条梁と走行設備

(6) 牽引装置

牽引設備は水平推進ジャッキにより牽引する設備とし、電動油圧ポンプは移動ステージに積載できるように架台を設けた。

(7) 曲げ軌条の走行について

移動ステージを運用するにあたり最も重要なポイントが曲げ軌条の走行であった。折れ線軌道の折れ点部分の走行方法と、スタンドの内周側と外周側に生じる周長の差の解消であった。

折れ線軌道の走行については、当社機材センターにて実際の折れ角を再現した軌条のモックアップを作成し、4点支持のフレームで走行試験を実施した。前輪側（牽引装置側）の台車は動力となる水平ジャッキが先に折れ点を通過するため、折れ点を通過する前の台車が走行している軌条と異なる方向へ直線的に牽引する状況となる。結果として水平ジャッキのストロークが1mであることと、曲げ角度が比較的に鈍角のため、軌条と台車が偏心しガイドローラーと多少接触したものの通過することができた。後輪側の台車については移動ステージの挙動が、前輪側を回転軸に後輪側を振る形で走行していくので、内側と外側で牽引量を調整することで後輪の振りを調整し走行した。後輪の振り量については目視確認し、微調整しながら走行した。

内周側と外周側の周長差については、内・外の軌条上を水平ジャッキが同速度で牽引していくので、周長の長い外周側が徐々に遅れてくる。そうなると後輪側が内周側に寄るように動き出すので、目視で合図しながら外周側だけを牽引して牽引量を増やし周長差を解消した。

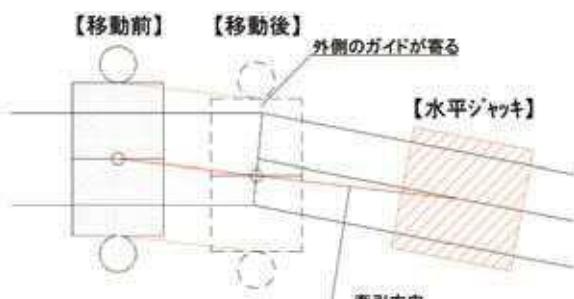


図-9 折れ点通過時の前輪の挙動



図-10 後輪の挙動

(8) 移動ステージ間の渡り設備（FRP覆工板）

平行に並ぶ2台の移動ステージ間を高所作業車と前述の搬器が行き来できるように渡り設備を設置する必要があった。鉄骨取付後の屋根下で組立しができるように軽量かつ高強度であるFRP製覆工板を使用した。



写真-15 渡り設備上面



写真-16 渡り設備裏面

7. あとがき

本工事は競技場の構造のスタンドに沿わせた軌跡を大型の移動ステージに走行させるという初の試みを行った。大掛かりなモックアップを作成し計画担当者と現場担当者が走行フレームを動かしながら検討した設備が、実際に現場で動いている様子は壮大であった。

最後に本工事の計画、施工を進めるにあたりご指導いただきました大林組・丸喜齋藤・西村組JV現場事務所、大林組東北支店及び協力いただいた協力会社、ほか関係者皆様に厚く御礼申し上げます。

2018.12.19 受付

黒沢高架橋架設工事 Erection Work of Kurosawa Elevated Bridge



佐 藤 正 明^{*1}
Masaaki SATO



豊 田 航^{*2}
Wataru TOYOTA



根 本 大^{*3}
Dai NEMOTO



吉 田 友 和^{*4}
Tomokazu YOSHIDA

要 旨

本工事は、東北中央道の4車線化工事事業の一環として、JR奥羽本線茂吉記念館前・蔵王間において線路及び市道南館黒沢線と交差する「黒沢高架橋上部工」を架設するものである。

本稿では黒沢高架橋上部工架設工事のうち、JR山形新幹線・奥羽本線上の手延式送り出し工法による架設工事に関わる施工について報告する。

キーワード：4車線化、手延式送り出し工法、曲線送り出し

1. はじめに

黒沢高架橋は、JR奥羽本線茂吉記念館前・蔵王間と交差する部分に位置する東北中央道の高架橋である。

4車線化工事に伴い、すでに供用中のⅠ期線と隣接する形でⅡ期線を架設する。



図-1 位置平面図

2. 工事概要

- (1) 工事名：奥羽本線茂吉記念館前・蔵王間黒沢高架橋
4車線化工事
- (2) 発注者：東日本旅客鉄道株式会社 仙台支社
仙台土木技術センター
- (3) 請負者：奥羽本線茂吉記念館前・蔵王間黒沢高架橋
4車線化工事共同企業体
(構成員：第一建設工業株式会社、那須建設株式会社)
- (4) 工事場所：山形県山形市大字黒沢地内
- (5) 工期：平成29年3月～平成31年2月
- (6) 橋梁形式：鋼4径間連続非合成箱桁橋
- (7) 橋長：266.0m
- (8) 支間長：38.35m+73.5m+76.5m+75.55m
- (9) 鋼重：1219t
- (10) 架設工法：手延式送り出し工法

3. 本工事の特徴

- ①JR山形新幹線・奥羽本線を跨ぐ橋梁である。
- ②4径間連続の曲線送り出しである。
- ③東北中央道に近接しており、施工ヤードが狭い。
以上を踏まえ施工計画・現場施工を行った。

*1 工事本部建設工事部建設工事グループ現場所長
*2 工事本部建設工事部建設工事グループ係長

*3 工事本部建設工事部建設工事グループ主任

*4 計画本部計画部建設計画第1グループ担当リーダー

4. 架設方法

本工事の架設方法は地形的条件により4径間すべて手延べ式送り出し工法で施工を行った。

施工順序は以下の通り。

- ①軌条・台車設備組立
- ②手延機組立
- ③第1回主桁組立
- ④送り出し設備組立
- ⑤第1回送り出し (62m) : 仮ペントまで到達
- ⑥第2回送り出し (8.5m) : P3橋脚まで到達
- ⑦第3回送り出し (76.5m) : P2橋脚まで到達

- ⑧第2回主桁組立
- ⑨第4回送り出し (73.5m) : P1橋脚まで到達
- ⑩第5回送り出し (38.5m) : A1橋台まで到達
- ⑪第6回送り出し (67.5m) : 送り出し完了
- ⑫手延機解体
- ⑬桁降下工

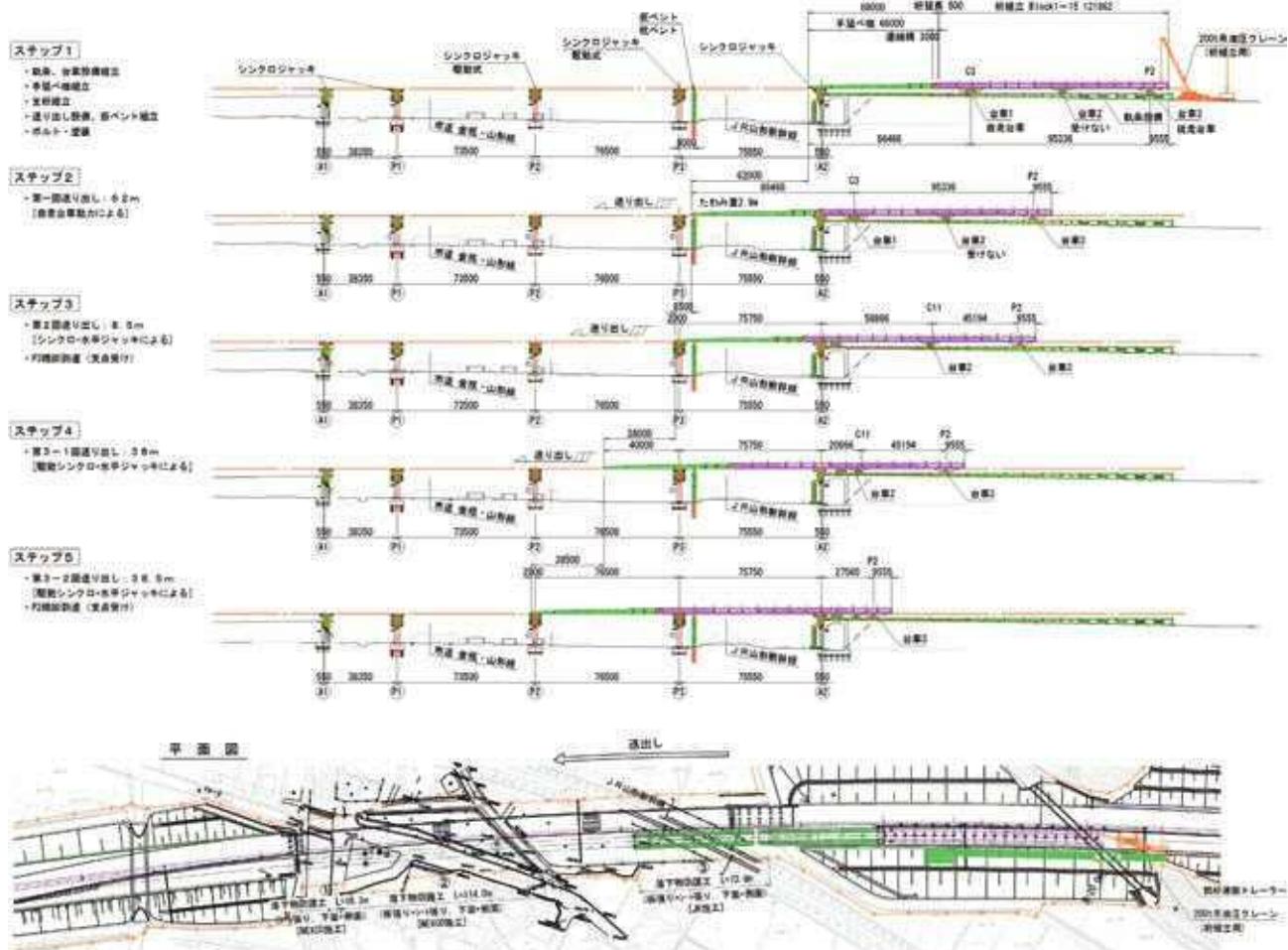


図-2 架設計画図（その1）

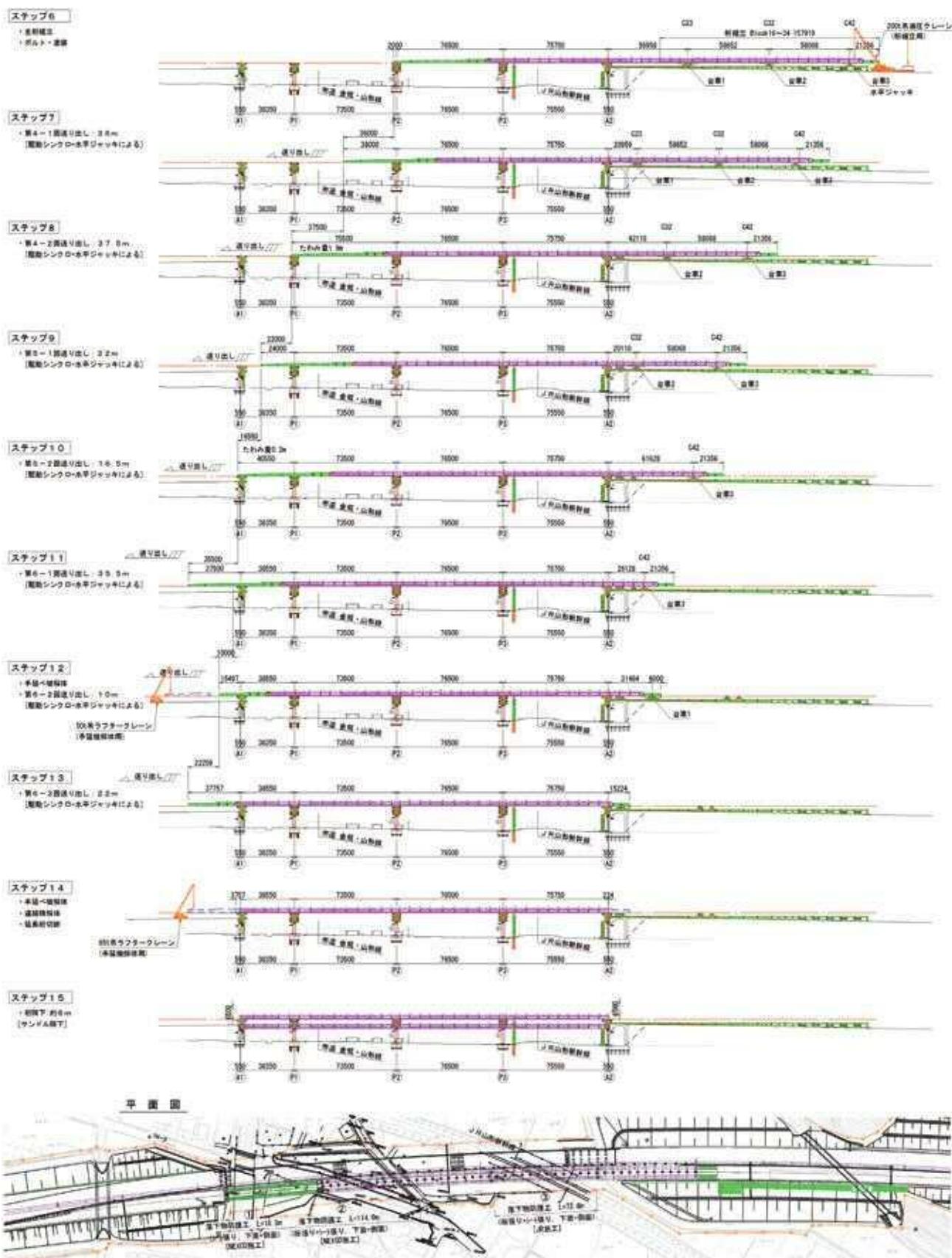


図-3 架設計画図（その2）

(1) 軌条設備

本橋はR3500mの曲線桁であることと、送り出しヤードの狭隘さを考慮し、自走台車による曲線送り出しを採用した。

軌条設備は送り出し桁を搭載した台車の逸走防止のため水平とし、碎石上に敷鉄板基礎とベント設備、軌条桁および37kgレールで構成し、延長185m×4軌条の構造とした。

送り出しヤードとなるA2橋台背面は縦断勾配がきつく、盛り土構造では軌条の高さ調整により法部が本線に支障するため、ベント設備による支持構造とした。



写真一1 軌条設備組立状況



写真一3 桁組立状況 (高速道近接)



写真一4 桁組立状況 (縦送り)

(2) 手延機・主桁組立

手延機および主桁組立は200t吊油圧クレーンを使用して行った。前述した施工ヤードの狭隘さを考慮し、手延べ機及び主桁は軌条設備後方から部材を取り込み、地組台車を使用し縦送りしながら組立を行った。

また、桁組立位置は供用済のI期線に近接しているため、レーザーバリアや監視員を配置し細心の注意を払って施工した。

主桁の組立に関してはJR線直上の施工性や送り出しヤードの制約から2分割することとした。



写真一2 手延べ機組立状況

(3) 送り出し設備組立

送り出しで使用した送り出し設備は以下のとおりである。

第1回 : 自走台車+従走台車

第2回 : シンクロ(駆動)+従走台車(水平ジャッキ)

第3回以降: シンクロ(駆動・従動)+従走台車(水平ジャッキ)



写真一5 自走台車



写真-6 耐震設備

(4) JR線直上の主桁送り出し

JR線上の送り出しに関しては下記条件が求められた。

- 1) キ電停止間合い： 1:10～3:30（140分）
- 2) 線閉間合い： 23:50～6:00（370分）

第1回送り出し作業はJR線き電停止間合いであり、スピードに送り出しを完了させなければならない。よって送り出し速度の速い自走台車（2m/分）を採用した。また、自走台車故障時のリスク対策として、自走台車に水平ジャッキを取り付け、トラブル発生の際はその設備でもき電停止間合いで作業完了できる設備を整えた。



写真-7 第1回送り出し完了

第2回以降の送り出しあは台車に取り付けた水平ジャッキとシンクロジャッキ（駆動・従動）により送り出しを行った。

①駆動シンクロと水平ジャッキの運動による送り出し

送り出し重量は手延機・後部桁含め最終的に約1600tとなり、さらに4径間連続と橋長が長いため、台車部の推進設備のみでは能力及び送り出しの方向性が確保できない。したがって橋脚上のシンクロジャッキを駆動式に

することで検討した。水平ジャッキと駆動シンクロの運動システムを取り入れることにより、片側の設備に負担をかけることなく送り出しを行うことができた。



写真-8 シンクロジャッキ（駆動）



写真-9 水平ジャッキ（台車）

②曲線桁の影響

本橋は単一曲線（R3500m）である。曲線送り出しでは内軌条と外軌条で送り出し距離が異なるため、通常の設備で施工することが困難である。本工事では送り出し設備となる自走台車及び水平ジャッキにインバーター制御を採用することで内外軌条の速度を微調整し送り出し作業を行った。また、手延機は直線であることからシンクロジャッキとの芯ずれが生じる。曲率が小さいと手延機を角折れさせるなどの対応が必要であるが、本橋は曲率R3500mでシフト量は200mm程度であったため、シンクロジャッキの横方向調整機能を利用することにより対応した。

③送り出し時の計測管理

送り出し時は支点の変動により設計反力を超過する場合があるため、反力計測・管理を行った。

各ジャッキに圧力変換器を設置し、それを計測室に設置したパソコンにより反力の計測・調整を行った。

各ステップにおいて管理上限値を設けて、限界値を超えた場合非常停止する設定にしたが、実際の送り出し作業全体においてほぼ計画通りの反力で送り出しすることができ、非常停止が働くことはなかった。

また、各橋脚にカメラを設置しモニタリングすることで全体における作業状況を把握し管理に役立てることができた。



写真-10 計測状況

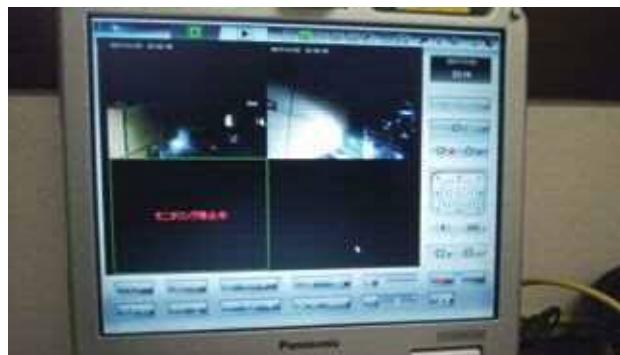


写真-11 モニタリング状況



写真-12 送り出し完了



写真-13 架設完了

5. おわりに

本工事はJR山形新幹線・奥羽本線及び東北中央道・市道などの作業制限が非常に多い中での手延式送り出し工事であった。

送り出し時の橋脚部に駆動シンクロジャッキを設置することで、送り出し推進の補助役及び送り出し方向性の正確性が上がる。今回の施工により、その有効性を確認することができた。

最後に、本工事の施工に当たりご指導いただきました。東日本旅客鉄道株式会社、第一建設工業・那須建設JVの関係者の皆様に深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

2018.12.20 受付

伊里前川橋梁架設工事

Erection Work of Isatomaegawa Bridge



大徳貴志^{*1}
Takashi DAITOKU

一条勇輝^{*2}
Yuki ICHIYUO

要 旨

JR東日本では東日本大震災の津波により甚大な被害を受けたJR気仙沼線の柳津・気仙沼間において、地域交通を確保する手段としてBRT（バス高速運輸システム）での復旧工事を進めている。当該区間では宮城県がL1津波に対応するための河川堤防かさ上げ工事を行っており、これに伴いJRの7つの橋梁の架替工事が行われている。

本稿では、改築する7橋梁のうち、伊里前川上空となる伊里前川橋梁の上部工架設工事について報告する。

キーワード：トラス桁、河川上、BRT

1. はじめに

東日本大震災の津波により甚大な被害を受けたJR気仙沼線の柳津・気仙沼間において、地域交通を確保する手段としてBRT（バス高速運輸システム）での復旧工事を進めている。

本稿は復旧区間の内、伊里前川及び県道236号線を跨ぐ伊里前川橋梁の上部工架設工事の報告である。



図-1 現場位置図

2. 工事概要

(1) 工事概要

工事名：東北地方太平洋沖地震に伴う災害復旧

JR気仙沼線 伊里前川橋梁架設工事

発注者：東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所

元請者：仙建工業株式会社

工期：平成28年5月20日～平成30年10月15日(当社工期)

架設工法：クレーンベント架設工法

(2) 橋梁概要

工事場所：宮城県気仙沼市歌津地内

(JR気仙沼線 清水浜～歌津駅間 41KM856m)

橋梁形式：単純鋼トラス桁

橋長：101.6m

支間長：100.0m

鋼重：521t

斜角：54°00' 00"

3. 本工事の特徴

①伊里前川及び県道236号線を跨ぐ橋梁である。

②流水を阻害する影響を考慮してベント設備の配置を決定する必要がある。

*1 工事本部建設工事部建設工事グループ現場所長

*2 計画本部計画部建設設計第1グループ主任

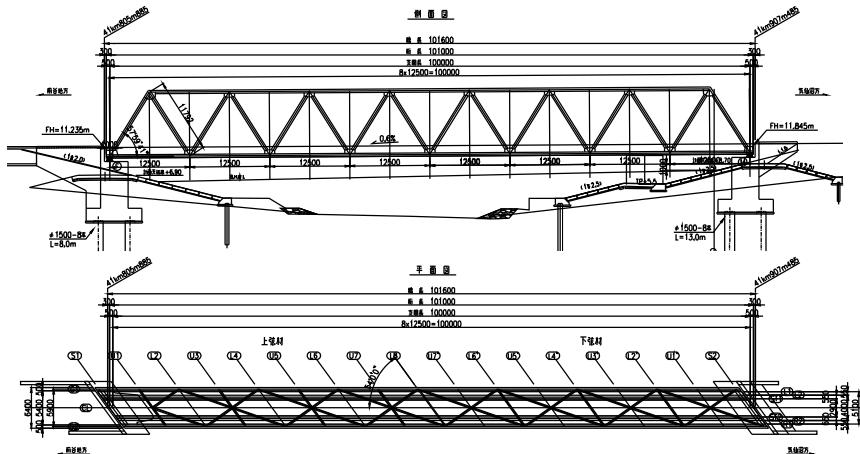


図-2 橋梁一般図

③トラス桁であるため、格点を支持する必要がある。

以上を踏まえ施工計画・現場施工を行った。

4. 架設方法

本橋梁の施工は、河川上でのクレーンベント工法により施工を行った。施工順序は以下の通り。

- ①B5,B6ベント設備組立（左岸側）
- ②左岸側トラス桁組立
- ③B3,B4,B5ベント設備組立（B4：杭ベント）
- ④トラス桁組立
- ⑤ベント設備解体
- ⑥プレキャスト床版架設

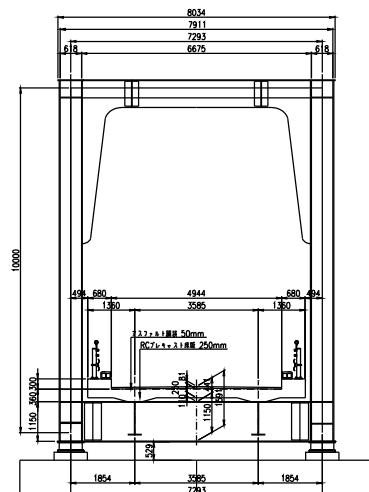


図-3 断面一般図

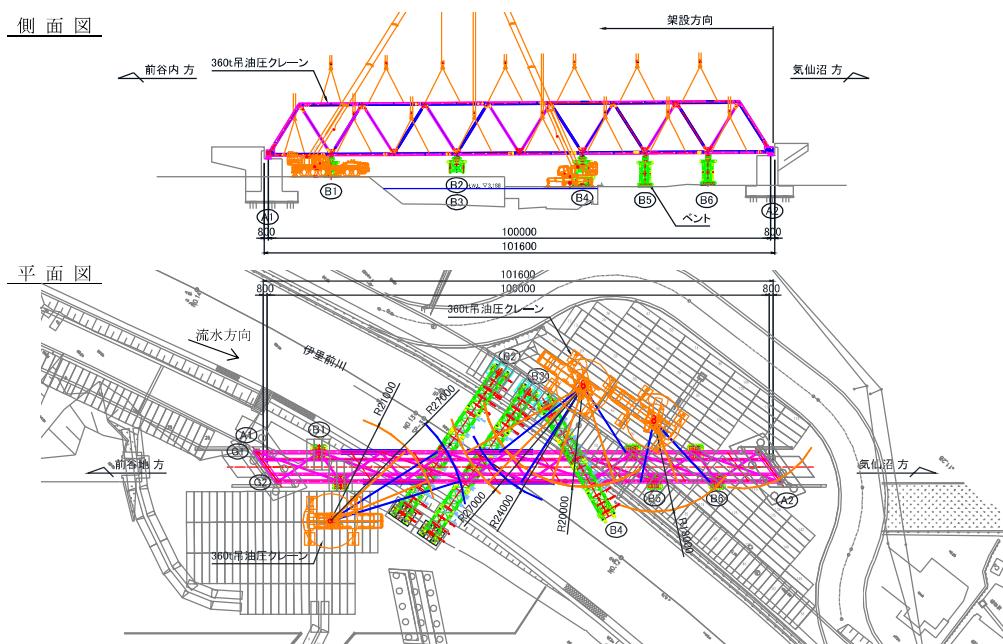


図-4 架設一般図

(1) B5,B6ベント設備組立

左岸側は、県道236号線を迂回させることで作業ヤードを確保しベント設備の組立を行った。



写真-1 ベント設備組立

(2) 左岸側本設桁架設

左岸側ヤード内の本設桁2パネルの組立は河川内ベント組立前に400t吊油圧クレーンを配置して行った。



写真-2 本設桁組立



写真-3 左岸側本設桁組立完了

(3) B2,B3,B4ベント組立

B2,B3,B4ベント設備は河川内となり、河川阻害の影響や工事費を考慮して構造を決定した。河川内のベントは渴水期のみ杭を打設できることや河川阻害率の関係からB4ベント設備の一部のみ河川流水部に設置することとした。

B2,B3ベント設備は左岸側・右岸側ヤードに支点を設け、伊里前川を跨ぐ工事桁を有する構造とし、B4ベント設備は左岸側と河川内に支点を設け、その上に工事桁を有する構造とした。

ベント設備は、左岸側・右岸側各作業ヤードでラフテレンクレーンにより組立を行い、河川を跨ぐ工事桁は左岸側ヤードで地組後に550t吊油圧クレーンで架設を行った。

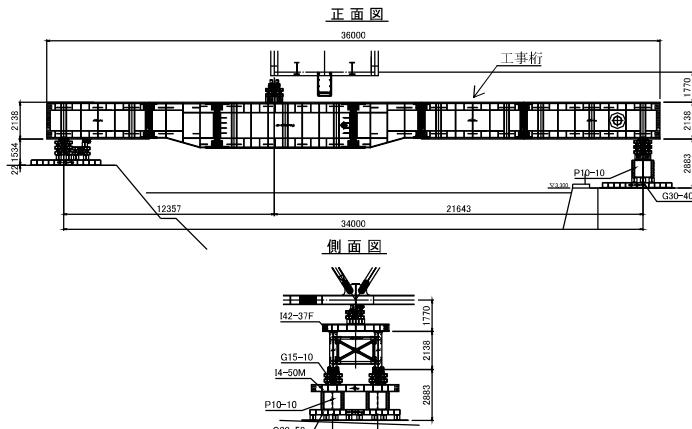


図-5 B2,B3ベント設備図

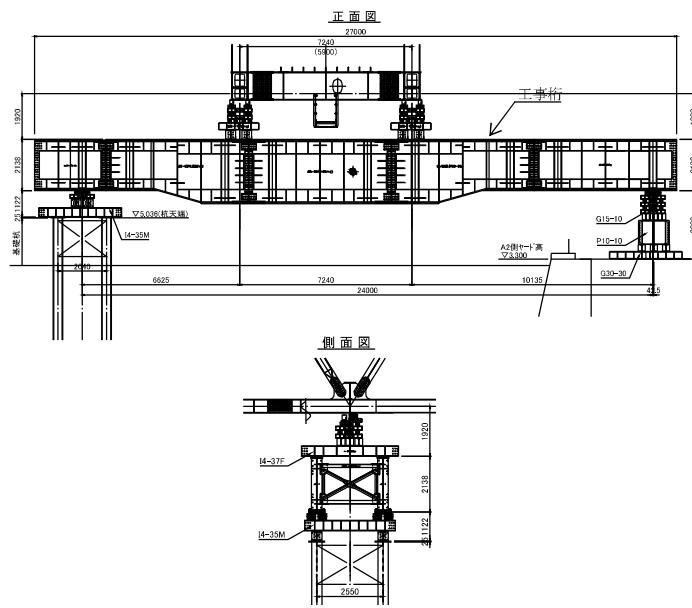


図-6 B4ベント設備図



写真一四 B2,B3,B4ベント設備組立



写真一七 最終ブロック閉合時

(4) ト拉斯桁組立

ベント設備組立後、先行して組立てたト拉斯桁から右岸側へ向かって桁の組立を行った。

また、ト拉斯桁の組立は左岸側及び右岸側に360t吊油圧クレーンを配置して行った。



写真一五 左岸側からの本設桁組立完了



写真一六 右岸側からの本設桁架設

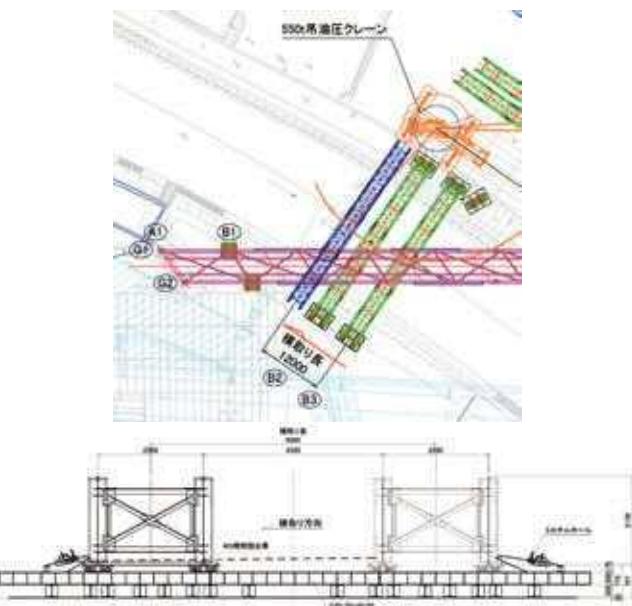
(5) ベント設備解体

ベント設備の解体は架設したト拉斯桁の下での作業になることから解体方法を工夫する必要があった。

B1,B5,B6ベント設備は通常のベント構造であることから各作業ヤード内のト拉斯桁下でラフテレーンクレーンにてより解体を行った。

B2,B3ベント設備は工事桁の重心位置がト拉斯桁下となるため、工事桁の重心位置が玉掛け可能となるまで上流側に横取りして撤去を行った。(図一7)

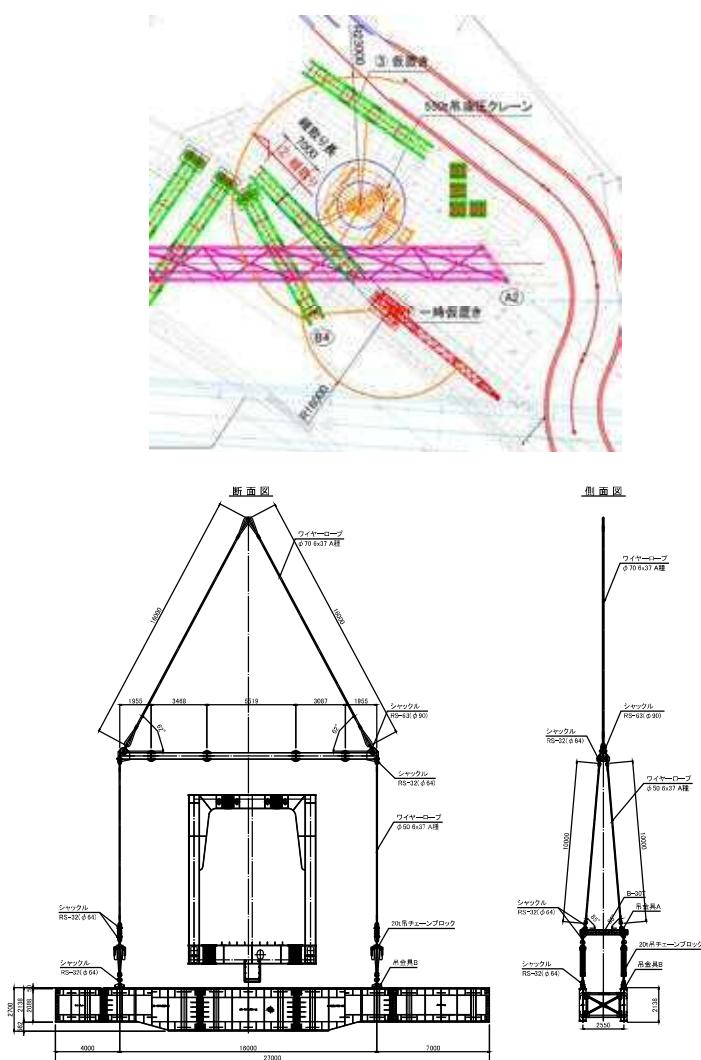
B4ベント設備はB2,B3ベント設備工事桁と同様に重心位置が桁下となり玉掛けが困難であったが、B2,B3ベント工事桁のように横取りできないことからト拉斯桁をかわす吊天秤を使用して吊上げ、左岸側に仮置き後に玉掛け可能な位置まで縦取りして撤去を行った。(図一8)



図一七 B2,B3ベント工事桁横取り図



写真-9 B4ベント工事桁玉掛け状況



(6) プレキャスト床版架設

プレキャスト床版の架設は両岸から120t吊油圧クレーンを使用して行った。





写真-12 本設桁架設完了

5. おわりに

本工事は河川及び県道を跨ぐ橋梁工事であり、流水を阻害する影響を考慮した中の作業であった。

最後に、本工事を進めるにあたりご指導頂きました東日本旅客鉄道株式会社、仙建工業株式会社の関係者の方々に深く感謝を申し上げます。

2018.12.13 受付

グラビア写真説明

東名高速道路 横浜青葉IC（鋼上部工）東架設工事

本工事は、東名高速道路の横浜青葉インターチェンジと第三京浜道路の港北インターチェンジを結ぶ高速横浜環状北西線のうち、北西線と東名高速道路をつなぐ連結路の橋脚および上部工の工事です。

今回、その中で東名高速道路上を横過する範囲の鋼桁架設工事については、首都高より東名高速道路を管理する中日本高速道路に委託発注されました。

施行は、当社とエム・エム ブリッジ（株）他3社共同企業体で行っております。

東名高速道路上を横過する鋼桁2箇所については、1250t吊り大型クレーンを使用した大ブロック一括架設を行いました。その際、施工ヤードは遊水地内に位置する軟弱地盤であったため、大型クレーンのクローラシュー部およびカウンターワゴン部設置範囲には支持地盤に大反力が作用するので、接地圧に耐えうる支持地盤の十分な地耐力確保を行いました。

また、本橋梁では、鋼製橋脚と鋼桁が剛結されており、加えて鋼桁架設時では東名高速道路の夜間通行止め規制時間の制限がある中で、2主桁地組大ブロックの落とし込み架設を実施する必要があったため、時間内での架設を確実に完了させるための出来形管理が求められました。

本施行では、強固な地盤を形成することで、安全施工を実現し、また、架設に先立って地組桁の出来高精度を上げることにより架設時の仕口調整時間等を短縮する事で、規制時間内で無事、架設完了する事ができました。

（野村 洋）

釜石中央IC橋（釜石中央IC橋上部工工事）

2019年3月9日に、岩手県釜石市内の三陸自動車道（釜石南IC～釜石両石IC）と東北横断自動車道（釜石JCT～釜石仙人峠IC）が開通し、鉄鋼のまち釜石の沿岸部を南北に結ぶ道路と内陸の各都市とを結ぶ大動脈が完成しました。今回の開通により三陸沿岸の釜石市・大船渡市等へのアクセスが格段に改善されました。

本橋は、三陸自動車道の釜石中央ICに隣接し、市内中心部を東西に結ぶ国道283号線とJR東日本の釜石線を跨ぐ三陸自動車道本線の橋梁として建設されました。2019年秋にはラグビーワールドカップの試合が釜石市内で開催されまでの、世界中のラグビーファンが釜石を訪れる際の重要な交通路となることでしょう。

（久留宮 航）

東名高速道路上への鋼桁大ブロック一括架設

Single-operation Erection of a Large Block Steel Girder over the Tomei Expressway



小林 智則^{*1}
Tomonori KOBAYASHI



木村 光宏^{*2}
Mitsuhiro KIMURA



小林 和史^{*3}
Kazushi KOBAYASHI

要 旨

東名高速道路上での鋼桁大ブロック一括架設にあたり、安全性及び規制時間の厳守について発注者から要請があった。制限時間内に架設を完了するため、架設時の精度管理を向上させることで不必要的調整作業等を省くことができ施工性があがった。また、強固な地盤改良を行ったことで、不等沈下等によるクレーン転倒等を抑制することが出来た。

キーワード：大ブロック一括架設、地盤改良

1. はじめに

本橋梁は、首都高速道路株式会社発注の高速横浜環状北西線と東名高速道路との接続部となる横浜青葉ジャンクション橋（図-1）である。その中で東名高速道路上を横過する範囲の鋼桁の架設工事については、東名高速道路を管理する中日本高速道路株式会社に委託された。

本稿では、中日本高速道路株式会社に委託された架設工事の内、1250t吊大型クレーンによるb,h連結路の鋼桁大ブロックの夜間一括架設（図-2、3）について報告する。



図-1 横浜青葉ジャンクション全体図

2. 工事概要

- (1) 工事名：東名高速道路 横浜青葉IC
(鋼上部工) 東架設工事
- (2) 発注者：中日本高速道路株式会社 東京支社
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市青葉区下谷本町
東名高速道路
- (4) 工期：平成29年4月～平成30年10月



図-2 架設計画図

*1 工事本部鉄構・保全工事部鉄構・保全工事グループ現場所長

*2 技術本部設計部生産計画グループグループリーダー

*3 計画本部計画部橋梁計画グループ副主任



図-3 鋼桁大ブロック夜間一括架設状況

3. 現場における課題

鋼桁大ブロックの夜間一括架設工事においては、下記の課題があった。

(1) 軟弱地盤（遊水地）上のクレーン作業

本鋼桁架設工事では、その施工ヤードは遊水地内に位置することから軟弱地盤となる。当該箇所には1250t吊大型クレーンが設置される計画であり、大型クレーンのクローラーシュートおよびカウンターワゴン部の設置範囲には、鋼桁架設時に支持地盤に大反力が作用することから、接地圧に耐えうる支持地盤の地耐力の確保が必要であった。

(2) 鋼桁ブロック落とし込み時の出来形精度管理

本橋梁では、鋼製橋脚と鋼桁が剛結されており、鋼桁架設時では東名高速道路の夜間通行止規制時間の制限がある中で、2主桁地組大ブロックの落とし込み架設を実施する必要があった。このため、鋼桁は高い出来形精度が求められた。

(3) 主桁連結作業時間の短縮

本橋梁は大ブロック一括架設のため、東名高速道路本線の夜間通行止めを実施した。架設完了後に速やかに交通解放を行うよう規制時間の厳守について要請されており、架設時に必要となるボルト本数を連結ボルトの1/3以上配置することなど交通解放にあたっていろいろと制約があった。

(4) ベント架設部の安全対策

東名高速道路上の大ブロック一括架設部以外の桁については、先行してベントにより架設を行っており、集中工事期間の大ブロック一括架設の時期まで約半年の間、桁が張出した状態（図-4）となるため、応力計算上問題ないか安全性について確認しておく必要があった。

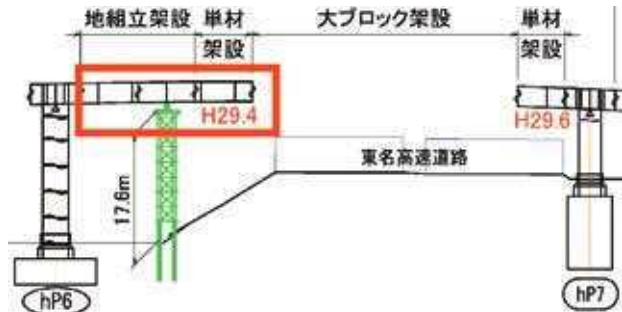


図-4 ベント架設部桁張出し状況

4. 工夫・改善点と適用結果

(1) 軟弱地盤上での安全作業の確保

鋼桁架設時のクレーン旋回に伴うカウンターワゴンの移動により広範囲の地盤改良が必要と思われたため、鋼桁架設に先立ち、大型クレーン設置範囲のボーリング調査を実施し、地盤支持力の検討を行った結果、支持地盤は6m下であることが判明した。このため地盤改良方法は、紺体混合方式による中層混合処理方法であるパワーブレンダー工法を採用し、支持地盤層まで地盤改良を実施した（図-5）。（首都高速道路株式会社発注工事による施工）

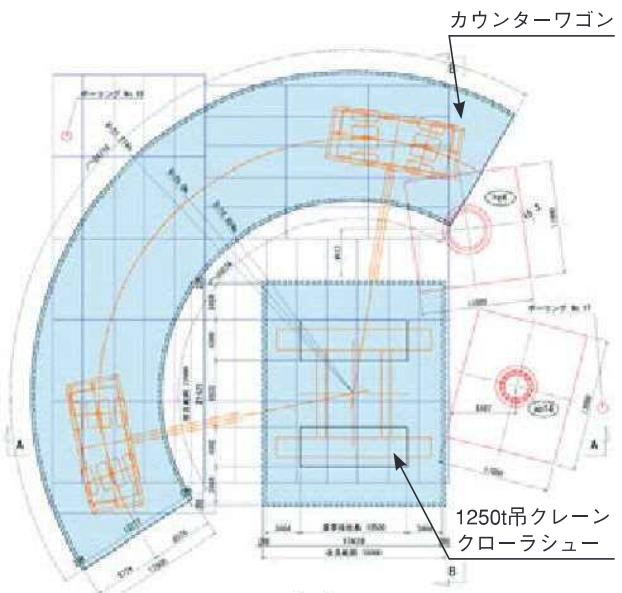


図-5 地盤改良範囲（平面図）

(2) 鋼桁架設時の出来形精度管理

鋼桁大ブロックは、架設時の既架設桁間（仕口間）の遊間（隙間）調整が困難な剛結橋脚間への落とし込み架設となるため、地組桁に±50mmの長さ調整桁（鋼桁仕口角度は逆ハの字）を設け、架設時期（10月）と日照の影響を考慮した同気温となる夜間に落とし込み遊間、仕口向き等の計測を行った。

また、落とし込み架設は、片側モーメント連結、片側ヒンジ連結としたため、事前の試験吊り（図-6）にて仕口形状の計測を行った。以上の結果を長さ調整桁に反映した。仕口形状の調整は、張力管理が対応可能なイコライザーを使用したワイヤーリング（16点吊り）と油圧ジャッキを使用した玉掛設備にて、調整を行った。



図-6 試験吊り状況

(3) 架設時に必要となるボルト本数の明記

鋼桁大ブロック一括架設後に、東名高速道路の交通解放まで速やかに作業を進められるように、各大ブロック添接部には鉛直支持設備としてセッティングビーム（図-7、8）を配置した。

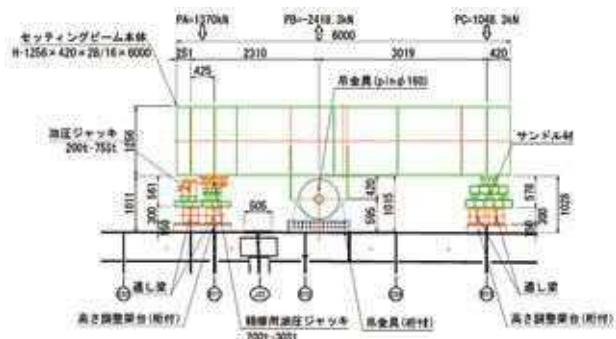


図-7 セッティングビーム構造図



図-8 セッティングビーム配置状況

また、大ブロックの添接板には仮SPLを使用し、架設時に必要となる添接ボルト本数を必ず確保できるように、添接部のすぐ横に各ジョイント毎に必要ボルト本数を明示（図-9）しておいたことで、ボルト締付時においてスムーズに作業を進めることができた。



図-9 架設時必要ボルト本数明示例

(4) 桁張出し部の応力照査

大ブロック一括架設前の桁が張出した状態において、上下フランジ、ウェブの応力度の照査を実施した。照査時の条件として、レベル2地震動の1/2の設計水平震度を使用し、さらにベント支持のない張出し状態として照査を実施したが、全箇所で応力超過がないことが確認できた。

(5) 適用結果

本施工では強固な地盤を形成することで、安全施工を実現し、また、架設に先立って地組桁の出来形精度を上げることにより、架設時の仕口調整時間等を短縮することができた。さらに、ボルトの連結作業時にはセッティングビームの配置、必要ボルト本数の明示等により作業をスムーズに進めることができたことで、規制時間内に架設を無事完了することができた。

5. おわりに

本工事では、発注者や関係機関の皆様のご指導のもと、本工法に伴う形状管理や安全対策を講じることで、無事に工事を完了することができました。最後に、本施工にあたりご指導いただきました中日本高速道路株式会社 東京支社、首都高速道路株式会社 神奈川建設局 北西線事務所の方々に深く感謝し、誌上を借りてお礼申しあげます。

2019.4.8 受付

グラビア写真説明

利賀ダム庄川橋梁上部工事 ※橋梁名称：利賀大橋

本橋は、利賀ダム建設事業の工事用道路兼一般国道471号利賀バイパスとして整備が行なわれた道路の基点となる、一般国道156号から一級河川庄川（小牧ダムのダム湖）を跨ぐ鋼上路式アーチ橋です。特徴は、周辺環境との調和を図ると共に経済性を重視し、アーチ部は三角トラス形状となっており、直径1000mのパイプを上弦材（2本）・下弦材（1本）に用いた上路式パイプアーチ構造となっています。アーチ部の架設及び補剛桁と合成床版はケーブルエレクション斜吊工法を用い、それ以外の箇所についてはクローラクレーン架設を用いて架設を行ないました。架設時には、庄川を航行する遊覧船に注意しながら施工を行ないました。
(伊藤 浩之)

平成29年度 名二環新政成1高架橋西鋼上部工事

名古屋環状2号線は、高速道路である『名古屋第二環状自動車道（名二環）』と伊勢湾岸自動車道（名古屋南JCT～飛島JCT）及び一般道路である『一般国道302号』から構成されています。

名古屋都市圏の環状道路として、都心の高速道路ネットワークの機能を強化し、企業活動の向上、物流の効率化、地域活動の活性化等の様々な整備効果が期待されています。

本件については、4径間連続鉄桁橋の製作～架設までの工事であり、道路の切り回しによりトラッククレーンベント工法で2径間を架設後、道路を切り回し2径間を架設する道路条件の厳しい現場でしたが、無事故・無災害で完成技術検査が完了しました。
(平良 幸司)

平成29年度 名二環春田3交差点北高架橋鋼橋脚工事

名古屋環状2号線は、高速道路である『名古屋第二環状自動車道（名二環）』と伊勢湾岸自動車道（名古屋南JCT～飛島JCT）及び一般道路である『一般国道302号』から構成されています。

名古屋都市圏の環状道路として、都心の高速道路ネットワークの機能を強化し、企業活動の向上、物流の効率化、地域活動の活性化等の様々な整備効果が期待されています。

本件については、鋼製張出し式橋脚1基の製作～架設までの工事であり、隣接工事の道路切り回しの中でトラッククレーンベント工法によりアンカーフレームを据え付け後に土工工事をを行い、鋼製張出し式橋脚を架設する道路条件の厳しい現場でしたが、無事故・無災害で完成技術検査が完了しました。
(平良 幸司)

クロスパラレルトラスによる大空間構造の構築 「愛知大規模展示場整備事業【展示ホール6】鉄骨工事」

Construction of a Large-space Structure Using Cross-Parallel Trusses: Steel Work of Exhibition Hall No. 6 for Aichi Sky Expo Development Project



森 田 良 次^{*1}
Ryoji MORITA



福 本 智 康^{*2}
Tomoyasu FUKUMOTO



市 原 壮一郎^{*2}
Soichiro ICHIHARA



日 當 翔 平^{*3}
Shohei HIATARI

要 旨

本工事は、愛知県の中部国際空港前に位置する国際展示場整備に伴う、鉄骨建方工事であり、その内、屋根鉄骨工について報告する。

キーワード：クロスパラレルトラス、パネルベント、大空間、V字型トラス柱

1. はじめに

国内初、国際空港直結の展示場として愛知国際展示場の整備事業が発足した。

当該展示施設群の内、100m×100mの屋根をトラス構造で構築した大展示場（通称：ホール6、以下ホール6と呼称）の鉄骨工事を当社で施工した。

本稿では、大空間構造物の施工について報告する。

（図-1 構造3Dモデル）

2. 工事概要

発注者：愛知県振興部

工事監理：（株）日本設計

元請け：（株）竹中工務店 名古屋支店

用途：展示場・会議室

構造：鉄筋コンクリート造、一部鉄骨造

工事場所：愛知県常滑市セントレア4丁目及び5丁目

工事名：愛知大規模展示場整備事業【展示ホール6】

鉄骨工事

工事期間：全体工期 2017年9月01日～2019年6月15日

ホール6鉄骨 2018年2月19日～2018年9月30日



図-1 構造3Dモデル

*1 工事本部鉄構・保全工事部鉄構・保全工事グループ現場所長

*2 工事本部鉄構・保全工事部鉄構・保全工事グループ

*3 工事本部鉄構・保全工事部鉄構・保全工事グループ副主任

3. 本工事の特徴

(1) 考慮すべき主な特性

- ①柱間のスパンが約100mのトラス構造
- ②トラスは2方向のクロスパラレルトラス
- ③トラスを構成する部材一つ一つが華奢
- ④端部の柱自体もV字型のトラス構造
- ⑤地盤が浚渫土砂による埋め立て地

(2) 特性による課題

- ・100mのスパンを2方向のクロスパラレルトラスで構築するために、鉄骨の仮受けを密に行う必要があり、通常に比べペントの基数が増加してしまう—(①・②)。
- ・部材が細く、屋根全体が形成され、かつ本締め終了後でなければ受け点の荷重開放が行えないため、ペントの転用が不可能である—(③)。
- ・V字型の柱も自立不可能な形状であるため、ペントによる仮受けが必要であった—(④)。
- ・地盤が弱く、載荷試験による沈下量の測定も間に合わない状況であったため、大型クレーンによる大ブロック架設は現実的でなく、小ブロックによる建方が必要—(⑤)。
- ・施工のために多くの機材が必要であるが、当工事の施工時期がオリンピック案件等と重なっていたこともあり、少ない機材で上記に課題に対応する必要があった。

4. ベント構台

設置条件・用途に合わせて3種類のペント構台で対応した。(図-2 ペント配置)

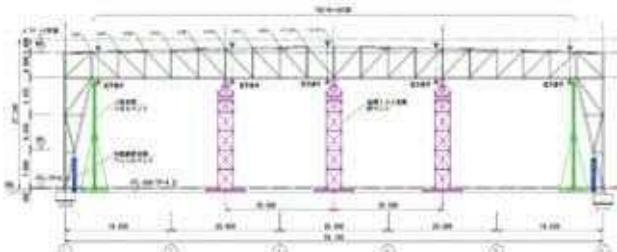


図-2 ペント配置

(1) 屋根トラス受け用ペント

屋根トラス受けにはNPペントを採用した。トラスの格点距離が5mしかなく、各受け点にペントを配置した場合、車両・重機・フォークリフト等の行き来ができる

くなる懸念があった。そこで、ペント構台を10m置きに設置、ペント間に工事桁を掛け渡し、桁上でトラスを受ける構造とした。(図-3 写真-1、2)

これにより、ペント支柱の本数を減らし、使用機材の削減にも繋がった。

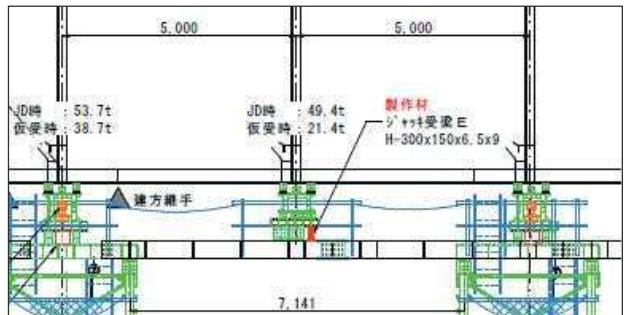


図-3 仮受け桁



写真-1 仮受け桁



写真-2 仮受け桁上

(2) V字柱受け用ベント

V字柱はその形状から、通常の4本柱型のベントでは干渉箇所が多く、設置が困難であった。そのため、2本柱型のパネルベントを採用し、ベント構台による空間占有率を下げる事とした。通常、パネルベントはトラウイナー等により鉄骨や基礎から転倒防止を図るのだが、当現場は適する場所がなかった。そこで、パネルベントにアウトリガーを設け自立構造とした。自立可能なため、設置・解体も容易であり、施工性の向上にも繋がった。(図-4、写真-3、5)



写真-3 パネルベント全景

(3) 間柱用ベント

斜柱・間柱・耐風梁構築の際、鉄骨自重によるV字型柱の変形が予測されたため、補助としてMトラスを支柱にしたペンシルベントを採用した。(写真-4)



写真-4 ペンシルベント全景

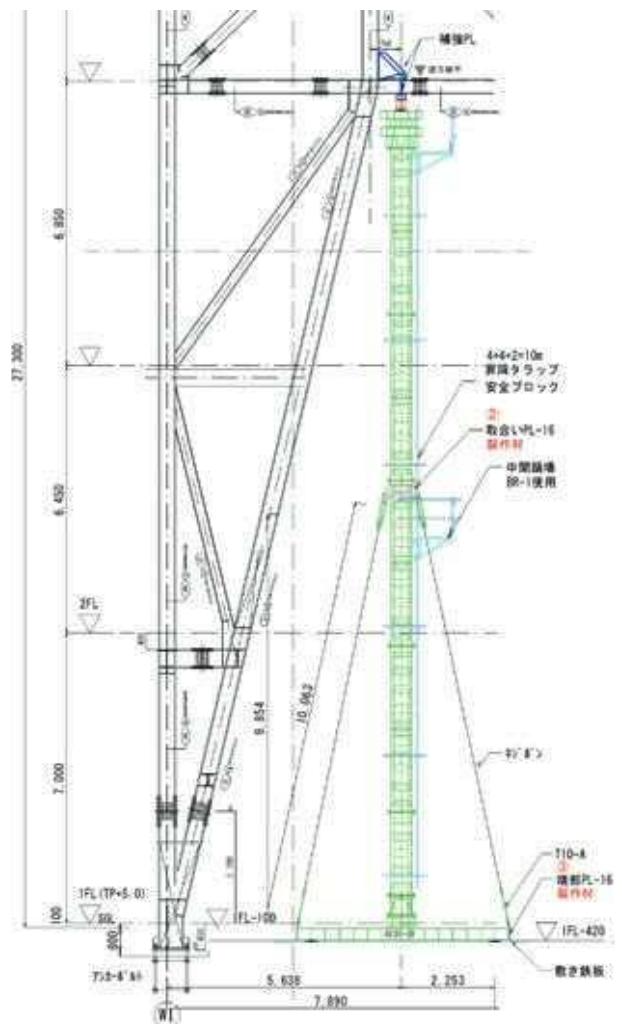


図-4 パネルベント立面図

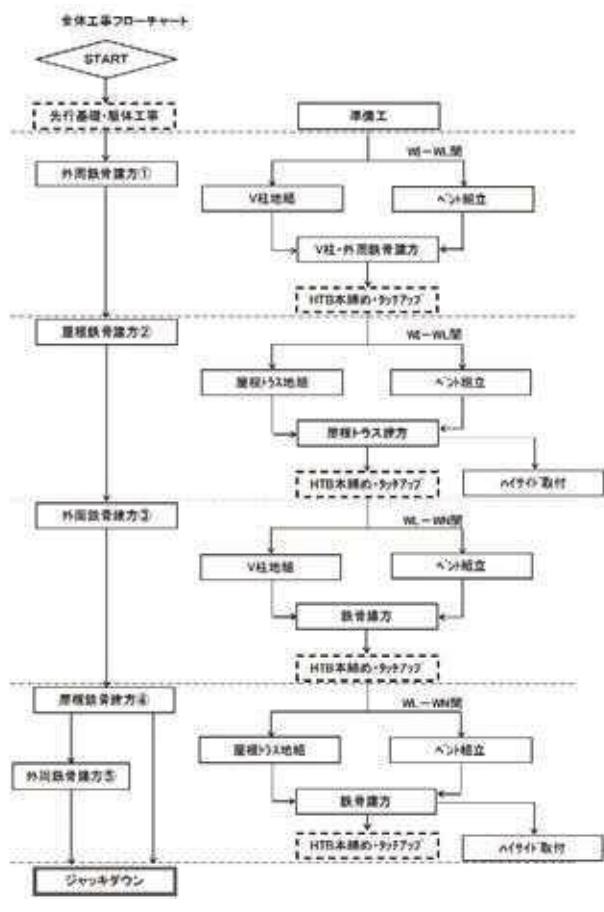


写真-5 パネルベント解体の様子

5. 施工方法

(1) 施工順序

施工順序は南面のWL通りで列をなすV字柱とパネルベントを先行して組み立てた。その後、北へ向かって屋根トラス受け用ベントを組立ながら屋根トラスを建て逃げしていく。トラス一面を4分割のブロックで地組し、2通り分の建方が終わったら再びベントを設置するサイクルで進行した。施工フローチャートを下に表す。



(2) V字柱の建方

V字柱はH鋼を主部材とする直角三角形のトラス形状であり、重心位置が悪く、全高26m、重量29tもあるため、縦起こし時のたわみと柱の回転が懸念された。そのため柱頂部に電動チェーンブロックとチェーンエコライザー、下部にシープを使用した2点吊りとし、変形が生じないように建て起こしを実施した。(写真-6)

V字柱とパネルベントはボルトで固定し、水平力に耐えられる状態にしてから玉外しを行った。(写真-7)



写真-6 V字柱建て起こし



写真-7 V字柱建方

(3) 間柱・耐風梁の取付

妻面の間柱・耐風梁は最上部から吊っている構造であった。そこでペンシルベントで仮受けしながら下部から構築し、最後に頂部のトラス部分を載せ、吊り構造を構築後本締めし、ペンシルベントを解放した。(写真-8)



写真-8 耐風梁取付

(4) 屋根トラスの建方

地組架台の上で面組したトラスを200tクローラクレーンにてペント上に架設し、玉外し前に相番機の50tラフテレンクレーンで繫ぎ梁を取り付けた。(写真一9、10、11)



写真一9 ト拉斯縦起こし



写真一10 ト拉斯建方



写真一11 繫ぎ梁取付

ペント頂部のトラス据付レベルは、施工時ステップ解析結果に基づくキャンバー値を設定した。解析結果では完成時に最大値で96mmとなっていたため、スパンの中央部で100mmを目標値とした。実施工では、地盤が想定を超える沈下を起こしたため、トラス斜材に圧縮力が発生するのを防ぐために、週に一度レベル測量を行い、高さ修正を行なながら施工した。(写真一12)



写真一12 レベル調整

(5) ハイサイドライト取付

採光用のハイサイドライト下地鉄骨（幅10m×10m高さ2.5m）を13基屋根上に取付する必要があったが、部材ピース数が1基当たり200ピースもあり、足元の悪い屋根上での作業は困難であったため、地上にて組立後、上架する事とした。(写真一13)

主部材がH100と細く、サイズも大きいため吊り天秤を使用し、玉掛時の水平力による変形を小さくして取り付けた。



写真一13 ハイサイドライ地組

(6) ジャッキダウン

ジャッキダウンは100t-110stの油圧ジャッキを27点に配置し、全点同時ジャッキダウンを行った。(図-14)

反力の異なる支点を全点同時加圧・除荷を行うため、ジャッキ、ポンプを1対1で管理するシステムを採用した。クロスパラレルトラスの特性上、隣り合うトラス間のレベル差が15mmを超えた場合、斜材が座屈を起こす解析結果を得ていた。そのため、ジャッキアップ・ダウンを9ステップに分け、ステップ間でスケールによる遊間計測と光波による実測を行い、常時監視と高さの修正を行った。(写真-15)



写真-14 ジャッキポンプ



写真-15 反力計測画面

(7) 後施工

屋根トラス受けベントの解体と並行して、後施工部材(免振装置、設備ラック他)の取付作業を行った。

ジャッキダウン前後の、壁、屋根の変位量が大きいため、建方中に取り付けることができず、狭い屋根下での作業になった。(写真-16)



写真-16 後施工部材取付



写真-17 工事完了後

6. あとがき

本工事は、浚渫土砂による埋め立て地での作業であつたため大型クレーンによる大ブロック架設ができなく、小ブロック化と地盤沈下に対する密なレベル調整が必須事項でした。一つの建方ブロックが小さくなることで、より高い精度管理が要求された事と、前述の様に自社保有機材の数量に限りがある状況の中で現場、計画一体となってこれらに対処し、無事に工事を完了させることができました。

最後に本工事の施工にあたりご指導いただきました発注者である愛知県振興部をはじめ、元請けの竹中工務店 愛知県大規模展示場建築工事現場事務所、竹中工務店名古屋支店及び協力頂いた多数の協力会社、他関係者皆様に厚く御礼申し上げます。

2018.12.20 受付

新名神高速道路 高槻ジャンクション橋の架設工事

Erection Work of Takatsuki JCT Bridge of the New Meishin Expressway



嬉 克徳^{*1}
Katsunori URESHI



森添慎司^{*2}
Shinji MORIZOE



坪井行一^{*3}
Yukikazu TSUBOI

要 旨

高槻ジャンクション橋は名神高速道路から新名神高速道路への分岐部に位置しており、現場施工においては、供用している名神高速道路、府道および市道に近接している箇所が多く、狭隘な場所での架設作業を実施した。また、作業ヤードは軟弱地盤が多く存在していたことから、様々な強化路盤対策を施し一般交通の安全性確保、各種仮設備の安全性、そして現場における施工性を重点的に考慮することで、工事受注時のあらゆる問題を解決した。

キーワード：杭基礎形式のクレーン構台、狭隘な場所でのトラベラ架設、埋設H鋼強化路盤

1. はじめに

本工事は、名神高速道路や中国自動車道の慢性的な渋滞の解消による関西の道路ネットワークの利便性や信頼性の向上および災害時の緊急輸送ネットワークの確保を目的とした新名神高速道路の鋼上部工工事である（図一
1）。

本工事の架設工法としては、クレーンベント工法、トラベラクレーン工法、送出し工法、そして大型搬送車（多軸式特殊台車、以下「多軸台車」という。）による一括架設工法等、様々な工法にて架設作業を実施したが、本稿では、クレーンベント工法、トラベラクレーン工法および送出し工法について報告する。



図一1 高槻ジャンクション橋 全体位置図

2. 工事概要

- (1) 工事名：新名神高速道路 高槻ジャンクション橋（鋼上部工）工事
- (2) 発注者：西日本高速道路株式会社
- (3) 工事場所：ACランプ橋・檜尾川橋（拡幅）
大阪府高槻市大字成合～安満磐手町
BDランプ橋
大阪府高槻市大字成合～美しが丘
- (4) 工期：自) 平成24年 4月 6日
：至) 平成28年 6月13日
- (5) 鋼重：鋼 柄 $w_1 = 7,474\text{tf}$
鋼製橋脚 $w_2 = 854\text{tf}$
鋼重合計 $W = 8,329\text{tf}$

3. 現場における課題

本工事の施工にあたり、設計図書および現場状況を確認した結果、下記の課題があった。

- (1) AC/BDランプ橋においては、現場作業条件からクレーンベント工法を採用したが、本施工では大規模な盛土地盤上に大型重機（クレーン）を設置し、鋼桁架設を実施する必要があったため、作業ヤードと

*1 関西支社関西計画部関西橋梁計画グループグループリーダー

*2 関西支社関西計画部関西橋梁計画グループサブリーダー

*3 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

なる盛土地盤の安全性確保が問題となった。

- (2) Cランプ橋の鋼桁架設においては、作業ヤードが名神高速道路と市道に挟まれた非常に狭隘な場所での施工であり、施工時における一般交通車輌の安全性確保が問題となった。
- (3) Dランプ橋においては、現場作業条件から送り出し工法を採用したが、本施工では作業ヤードが擁壁に近接した位置であったため、送出し荷重載荷時における地盤の補強対策が問題となった。

4. 工夫・改善点と適用結果

架設計画立案に際し、前述の問題点に対して、重点的に下記の検討を行い、現場施工を実施した。

(1) 大規模な盛土地盤の安全性確保について

AC/BDランプ橋においては、府道および河川上を横過する箇所があり、近接した作業ヤードの確保ができなかったため、対岸の高さH=約8.0mの盛土地盤上に大型重機（500tf吊クローラクレーン）を設置し、あらかじめ地組立した鋼桁を一括架設する計画とした（図-2）。

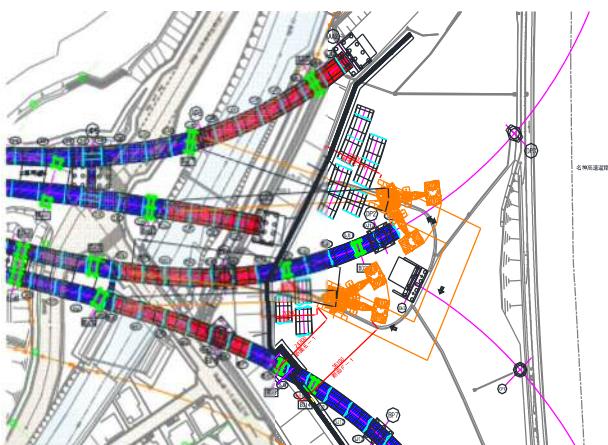


図-2 架設計画平面図

盛土表面の地盤改良（浅層改良）は、下部工業者にて実施されていたが、鋼桁一括架設時の大型重機からの盛土地盤上への作用力は、想定以上の荷重であったため、盛土地盤全体の円弧滑りの検討（図-3）を行い、加えて盛土地盤の沈下検討も実施した。その結果、所定の安全率を確保できないことが判明したため、クローラクレーン設置位置を変更するとともに、クレーン足元には杭基礎形式のクレーン構台（図-4）を構築することとした。

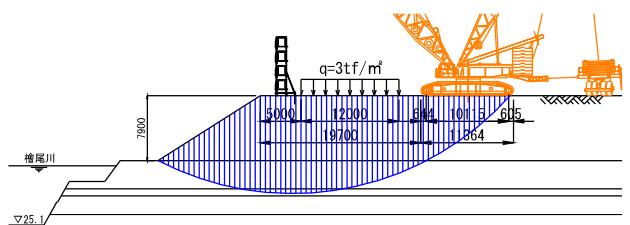


図-3 円弧すべり検討断面図

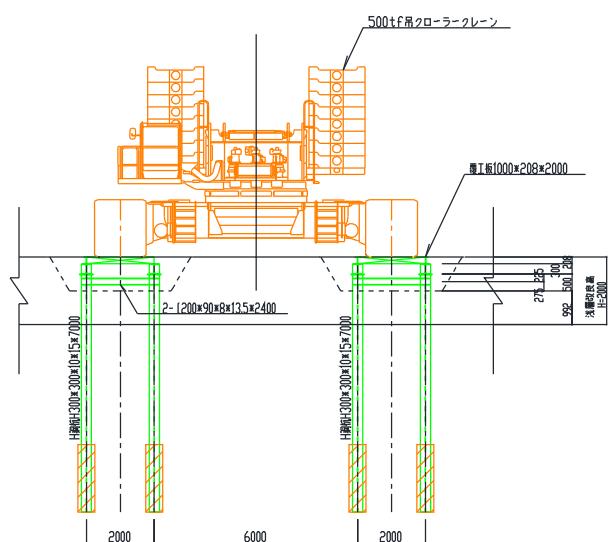


図-4 クレーン構台断面図

基礎杭の施工は、盛土地盤に影響が少ないプレボーリングにて行い、杭先端部には高さH=2.0mのモルタルを充填する構造とした。クレーン構台を設置することで、盛土地盤の円弧滑りおよび地盤沈下を防止し、安全作業の実施を可能とした。

(2) 狹隘なヤードでのトラベラ架設について

Cランプ橋の作業ヤードは、名神高速道路と市道に挟まれた非常に狭隘な場所での鋼桁架設であったこと、また、市道の全面通行止規制を極力少なくすることの制約から、トラベラクレーンベント工法にて架設する計画を採用した。ただし、鋼桁中間支点部は鋼製橋脚との剛結構造であったため、当該部は市道を全面通行止規制し、先行してトラッククレーンにて鋼桁架設を実施した（図-5、6）。



図-5 剛結部鋼製橋脚架設状況



図-6 トラベラクレーンによる鋼桁架設状況

トラベラクレーン架設区間の鋼桁は、少数鉢桁の2主桁橋形式で、その主桁間隔は $B=5.3m$ であったため、既存のトラベラクレーンのガーダーでは、軌条間隔が狭く対応できなかった。そのため、新規に短尺のガーダーを製作し対応することとした（図-7）。また、主桁間隔が狭いことから、トラベラクレーン旋回時には、主桁自体にアップリフトが生じるため、主桁上フランジの仮設金具を利用してアップリフト止め設備を設置したが、更なる安全性確保に配慮し、供用中の名神高速道路側および市道側については、ヤード境界部にレーザーバリアを設置し、トラベラクレーンの旋回範囲を監視することで、アップリフトの軽減を図った。

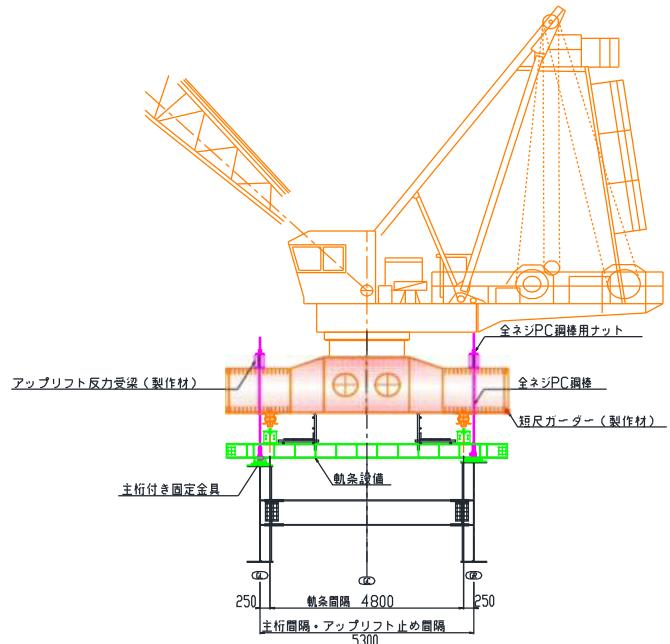


図-7 トラベラクレーン据付断面図

また、フェールセーフの目的で、橋台および各ペント設備からも主桁拘束設備（図-8）を設けて、アップリフト対策を施し、桁架設中の安全確保に努めた。

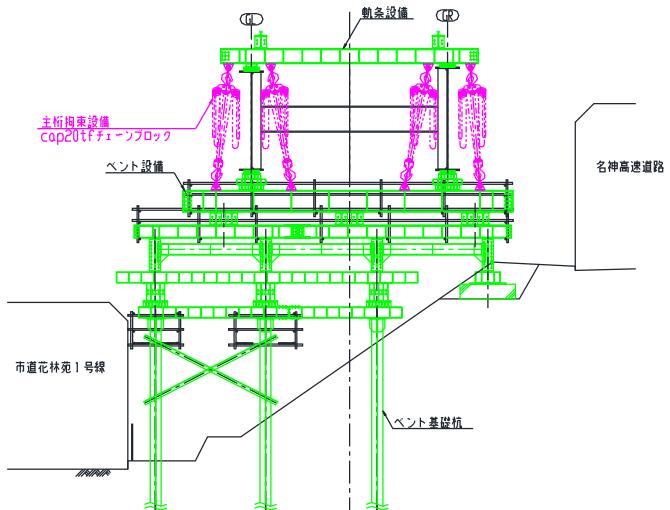


図-8 主桁拘束設備図

(3) 送り出し時の地盤補強対策について

Dランプ橋の送り出し作業は、供用中の名神高速道路と土留め擁壁に挟まれたパーキング跡地を作業ヤードとして使用し、送り出し架設を実施した。そのため、送り出し設備および軌条設備はともに擁壁に近接した位置に配置するしか方法がなく、送り出し架設時の各種設備からの多大な載荷荷重に対する土留め擁壁および支持地盤の安全性

確保が必要となった。

軌条設備部の対策としては、鋼桁の送出し勾配を調整するとともに、土留め擁壁の側圧軽減を目的とした地盤の掘削を実施し、作業ヤード面の整形を行った（図-9）。



図-9 軌条部ヤード状況

また、送り出し設備部および軌条設備部については、事前に土留め擁壁の安定性および地盤の強度確認を実施した。その結果、先端の送り出し設備箇所において、所定の安全率が確保できないことが判明したため、支持地盤への反力分散幅を増大する目的で、設備直下にH鋼部材を埋設するとともに、表土H=1.5m分を採石に置き換える強化路盤を構築することとした（図-10、11）。

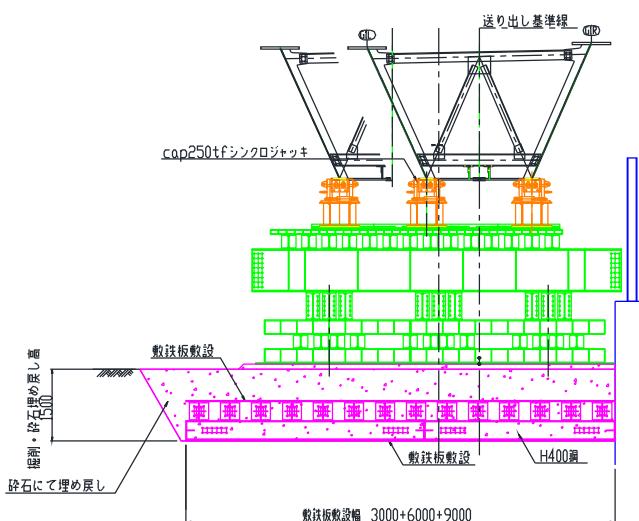


図-10 送り出し設備断面



図-11 強化路盤状況

事前調査の結果を基に、強化路盤等の対策を施したこととで地盤沈下を防止し、送り出し架設作業における安全性を確保した上で安全に作業することを可能とした。



図-12 完成全景写真

5. おわりに

本工事は、新名神高速道路の高棚第二ジャンクションの鋼上部工工事であり、詳細設計業務着手から現場施工完了まで、多種多様な架設工法を駆使し鋼材重量8,329tを現場で組み上げた5年9ヶ月におよぶ長きに渡る高度な技術を要した工事であったが、工事関係者の努力により平成30年1月に竣工を迎えることができた。

本橋の施工は、供用している名神高速道路、府道および市道に近接している箇所が多く、また、作業ヤードに軟弱地盤が多く存在していたことから、施工計画立案時には一般交通の安全性確保、各種仮設備の安全性、鋼桁

の品質および出来形の確保、そして現場における施工性を重点的に考慮することで、工事受注時のあらゆる問題を解決した。

本工事が、今後の同種工事の参考となれば幸いである。

最後に、本工事を進めるにあたり、西日本高速道路株

式会社ならびに関西支社の方々をはじめ、共同企業体構成員である日本ファブテック株式会社、そして本工事に関わった全ての協力会社の関係各位に深く感謝する次第である。

2019.4.2 受付

グラビア写真説明

東広島バイパス海田高架橋1号橋鋼上部工事

現状、東広島市～広島市間の国道2号線で、慢性的な交通渋滞が発生しており、日常生活や経済活動の支障となっています。こうした問題を解決するため、東広島市八本松町から安芸郡海田町に至る区間の中で東広島バイパスが計画されており、最初の上部工事が海田高架橋1号橋です。全線開通すると沿道地域の産業および社会活動や住民の生活に大きな役割を果たすこととなるでしょう。

当工事は既設鋼製橋脚の耐震補強工事から始まり、桁架設は交差点を跨ぐ一般道路上であり夜間片側通行止めを行い、地組立後トラッククレーンベント工法を用いて平成31年3月18日に無事故・無災害で引渡し検査が完了しました。

(白井 英志)

福岡208号 筑後川橋上部工（P4-P8）工事

筑後川橋は、有明海沿岸道路の筑後川上に位置し、2連のアーチで筑後川を跨ぐ橋長450m、最大支長170mの鋼4径間連続（2連）単弦中路式アーチ橋です。

橋梁形式としては、日本で初めて1本のアーチリブが支点上で2本に分岐する構造を2連のアーチ橋として施工します。

本橋は、上流に昇開橋、下流に新田大橋、河川中央部にデ・レイケ導流堤があります。水平基調で緩やかなアーチの曲線形状により、河川を軽やかに渡っている軽快感があり、広々とした周辺景観に調和し、デ・レイケ導流堤上の橋脚高を低くでき圧迫感を軽減できる“鋼アーチ橋”として施工していきます。また色彩面でも、周囲の景観への溶け込みを考慮し、塗装色は夕日に美しく染まる淡い桜色です。

本件は、製作～架設までの工事であり、架設は基本的にはクローラクレーン+ベント工法を用いていますが、P5-P6間は航路がありベントの設置位置が限られるため、P6-P8間の桁上にP5-P6径間の桁を地組み立てし、特殊な設備を使用した「送出し工法」です。

本工事により、福岡県から佐賀県への延伸が実現となり、有明海沿岸地域のさらなる「陸海空の広域交通ネットワーク」が形成され、未来物流の効率化、地域産業の活性化が期待されます。

(田頭 正臣)

一般国道340号（仮称）和井内4号橋橋梁上部工工事

国道340号線は、岩手県陸前高田市を起点とし北上山地を縦貫して青森県八戸市に至る一般国道です。かつては、急勾配とカーブが連續し車同士の離合が困難な狭隘な峠道が多数あった事から「酷道（こくどう）マニア」の間では有名な路線でした。道路を管理する岩手県では、冬場の悪天候や積雪による通行止めの回避、地域の交通安全の確保等を目的とし本道の改良工事を積極的に進めています。和井内地区においては、本道が集落の中を通過する事から地域住民の安全確保が課題となっていました。1997年にバイパス道路となる「和井内道路」が事業化され、2017年3月に約5kmの全区間が供用されました。本橋の架設には750t吊りのクレーンを使用し地域の方々を招き見学会を開催しました。（久留宮 航）

県道上での鋼桁大ブロック架設－浦添西原線1号橋－

Erection of a Large Block Steel Girder over a Prefectural Road: No. 1 Bridge of Urazoe-Nishihara Route



阿 部 幸 夫^{*1}
Yukio ABE



山 本 健 博^{*1}
Takehiro YAMAMOTO



内 川 尊 行^{*1}
Takayuki UCHIKAWA



中垣内 龍 二^{*2}
Ryuji NAKAGAITO



岡 村 秀 平^{*3}
Shuhei OKAMURA

要 旨

時間的制約を受ける県道を通行止めし、実施する大ブロック架設工事において、計画段階にて桁添接部の支口形状の解析、また、当日作業を事前作業へ変更することで作業時間を短縮し、規定時間内で架設作業を実施した。

キーワード：大ブロック架設、多軸台車

1. はじめに

本橋は、沖縄県における国道58号（浦添市）と国道329号（西原町）を東西方向に連結する浦添西原線の「翁長～嘉手刈」の区間に位置する全三径間の内、第一径間（A1～P1間）において県道241号上空を横過する鋼3径間連続細幅箱桁橋（2主桁橋）（図-1）である。

本橋の鋼桁架設においては、トラッククレーンベント架設を基本としたが、県道上交差部の鋼桁については500t吊 トラッククレーンによる県道の夜間通行規制を伴う大ブロック架設工法を採用した。また、架設場所までの運搬には大型搬送車（多軸式特殊台車、以下「多軸台車」という）。

本稿では、県道上交差部の鋼桁大ブロック架設（図-2）の現場施工について報告する。

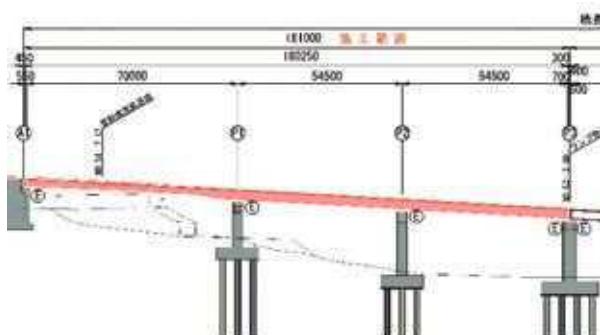


図-1 橋梁一般図

2. 工事概要

- (1) 工事名：浦添西原線1号橋整備工事
(本線橋下り線上部工H28)
- (2) 発注者：沖縄県
- (3) 工事場所：浦添市前田地内
- (4) 工期：自 平成28年10月14日
至 平成30年11月30日

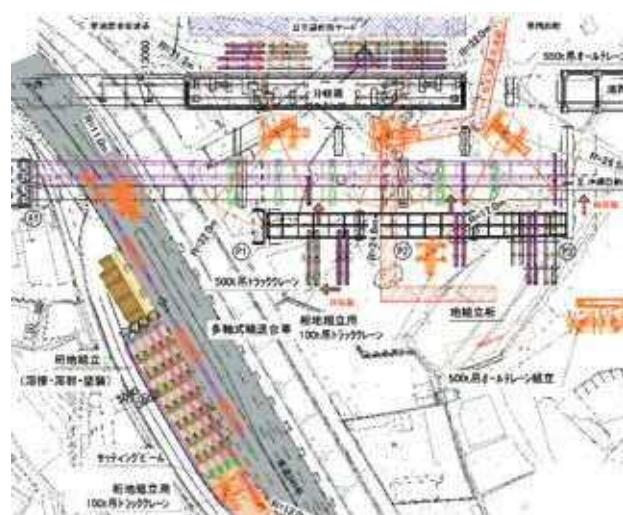


図-2 架設計画平面図

*1 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*2 計画本部計画部橋梁計画グループ担当リーダー

*3 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ

3. 現場における問題点

本橋の鋼桁大ブロック架設において使用する500t吊トラッククレーンの施工ヤードへの据付作業は、県道の全面交通規制が完了した後、県道沿いに設営した鋼桁大ブロックの地組立ヤードに待機させた当該クレーンを架設位置まで移動させ、養生用の敷き鉄板および当該クレーンのカウンターウエイトを取り付けて完了させる。

そして、500t吊 トラッククレーンの施工ヤードへの設置作業完了後、上記の鋼桁大ブロックの地組立ヤードにて地組立された当該ブロックを積載荷重180tの多軸台車2台にて荷受けを行い、架設位置まで運搬するとともに、鋼桁大ブロックの夜間架設を実施する架設計画を立案した。

前述したように、鋼桁大ブロックの架設範囲は近隣住民の生活の足となっている路線バスの供用区間でもある県道上となることから、当該路線バスにおける最終バスの通行時間23:00と始発バス通行時間6:00の間（7時間）に鋼桁大ブロックの架設を安全性を確保した上で確実に完了させるとともに、県道の交通解放を実施する必要があった。

4. 工夫・改善点と適用結果

(1) 大ブロック架設時の現場継手部の精度確保

本工事における鋼桁大ブロック架設の詳細計画の作成に当たっては、架設大ブロック桁と待受桁（既架設桁）との現場継手部の仕口角度の挙動と、仕口調整に必要なベント上でのジャッキアップ量についての解析（図-3）を実施した。その結果、当該鋼桁大ブロック現場継手部の仕口調整に必要となるベント上でのジャッキアップ量は微量であることを確認できたことから、現場継手部におけるジョイント作業はヒンジ連結ではなく、モーメント連結を採用することとした。その際、待受桁側の現場継手部の仕口角度は、中央径間に設置したB2ベント反力（作用荷重）を開放することに加えて、B1ベント上にて50mmのジャッキアップ作業に対応することにより、現場継手部の仕口角度を+2.1mradにすることとした。

架設桁側の仕口調整は、大ブロック架設桁の複数の吊りワイヤーの長さを調整することで対応することとし、500t吊 トラッククレーンの吊り荷重開放前に側径間のB1ベントを開放しP1橋脚へ大ブロック吊り荷重を移行することに加え、A1橋台上を+121mmにて荷重支持することで、現場継手部（J8）に作用する曲げモーメントを

低減させるとともに、エレクションピースの設計荷重を超過しないように配慮し、安全性を確保した。

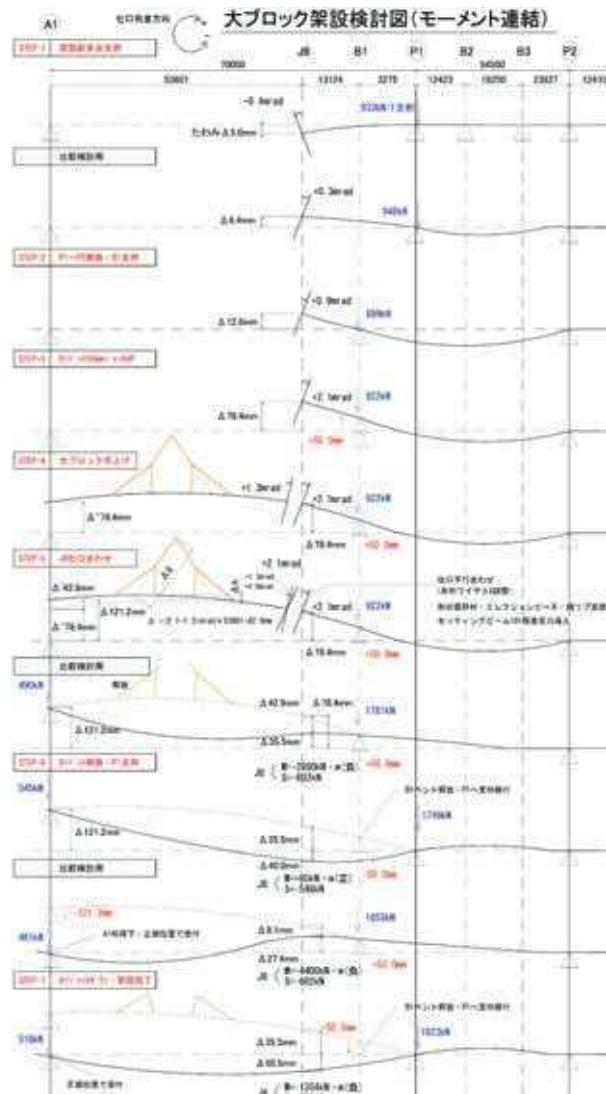


図-3 解析図

(2) 各種作業時間の短縮

県道の全面通行止時間を短縮する検討方針は、通行止め作業の詳細を検討し、下記の通りとした。

- ①工夫により事前作業に変更可能な作業は事前作業とする。
- ②作業方法の工夫により作業時間の短縮可能なものを探用する。
- ③当日作業を事前作業に変更し作業時間を短縮する。
具体的には以下の対策を実施した。

1) 大型クレーンの選定

大ブロック架設に使用する大型クレーンは、事前に地組立ヤードにてキャリア、旋回体、ブームを組立てると

ともに、架設作業位置まで自走にて移動可能（図-4）なクレーン機種を選定した。

2) 玉掛け設備の先行設置

架設大ブロックの重量は、仮設物を含めてG1桁で117.5t、G2桁で112.2tとなることから、鋼桁架設時に所定の安全率を確保するためにφ75の玉掛けワイヤおよび30tチェーンブロックが必要となる。これらの設備は大規模となることから架設作業に先立ち、大ブロック桁上へ玉掛け設備を設置（図-5）することで、作業時間の短縮を可能とした。

3) 多軸台車による大ブロック架設桁の荷受け

大ブロック架設桁の地組立架台からこれを架設場所まで運搬する多軸台車への支持荷重の受け替え作業（図-6）は、架設当夜に先立ち事前（日中）に実施することとし、加えて惜しみ設備についても同様の処置を施すことで、多軸台車への支持荷重の荷受け時間を短縮した。

4) 大型クレーン自車によるウエイト組立作業

大ブロック架設に使用する500t吊クレーンは、架設位置までの走行完了後、カウンターウェイトを組立てる（自車への設置）必要がある。



図-4 大型クレーンの自走状況



図-5 大ブロック桁上の玉掛け設備の事前設置状況

通常、本作業は500t吊クレーンに搭載された25tの補助クレーンを使用して行うが、本工事では、別に手配したクレーン使用することで作業時間を短縮した（図-7）。

5) 多軸台車での桁架設勾配の事前設定作業

大ブロック架設桁の運搬作業を担う多軸台車の桁受点上に設置した架台の高さにて大ブロック架設時の架設桁勾配を再現することで、台車ストロークによる勾配調整の最小化を図り、作業時間を短縮した（図-8）。



図-6 多軸台車への支持荷重の受け替え作業状況



図-7 多軸台車への支持荷重の受け替え作業状況



図-8 多軸台車による大ブロック架設桁運搬状況

以上における対応策（1）と（2）の実施により作業時間を短縮し、実作業時間7時間のタイムスケジュールとして鋼桁大ブロック架設作業に対応・実施した結果、各対応策による具体的な効果は下記の通りとなった。

[大ブロック架設時の現場継手部の精度確保]

500t吊トラッククレーンにより、大ブロック桁を積載荷重180tの多軸台車により地切り完了後、大ブロック桁を施工ヤードの所定の位置まで旋回させ（図-9）、現場継手J8を添接したが、その際、待受桁側のJ8の現場継手部の仕口角度については、概ね解析値と近い値となり、問題なく安全に添接作業を完了した。その後、架設クレーンのカウンターウエイトおよび養生用敷鉄板を全て撤去した。

今回の架設作業は2主桁を2夜間通行止にて架設する作業であったが、2夜間共に通行止め時間内に架設を完了することが出来た（図-10）。



図-9 大型クレーン桁旋回状況



図-10 架設完了状況

[架設クレーン設置作業]

500t吊架設クレーンの設置作業は、通行止め実施後、クレーンのアウトリガ養生専用敷鉄板を25t補助クレーンにて敷設し、あらかじめ地組立ヤードにて組立てられた架設クレーンを自走で所定の位置へ据付後、カウンターウエイト110tを搭載することで、目標時間（2時間）内で完了した。

[玉掛設備の設置]

玉掛設備の設置は、事前作業にて設備の組立を行っており、当日作業はクレーンのフックへの設置のみとした結果、当初計画時間（30分）内で完了した。

[大ブロックの架設桁運搬]

大ブロックの架設桁運搬は、地組立ヤードにて、2台の多軸台車を使用して桁を横取りした後、所定の位置まで運搬した。多軸台車の桁受点上に設置した架台と道路勾配にて架設桁の架設勾配を再現したため、勾配調整の時間を10分で完了した。

その際、桁運搬はGPSとレーザーポインタを使用して2台の多軸台車の位置を確認した。

5. おわりに

本橋の県道上の鋼桁大ブロック架設工事においては、県道を通行する路線バス運行時間からの制約により、夜間交通規制（通行止め）を伴った作業時間が限定される中での架設作業となつたが、前述した大ブロック継手部の仕口解析や各種施工における時間短縮対策の実施により、所定時間内で無事に大ブロック架設を完了させ、交通解放時間の遅延なく県道を開放することが出来た。

今後も道路開放・第3者に対するリスクを考慮して施工を検討することが必要である。

本稿が今後の同種工事に少しでも役立てば幸いである。

最後に、本工事の施工に当たりご指導いただいた発注者の皆様および本工事に関わった協力会社を含めた全ての皆様に深く感謝申し上げます。

2019.4.8 受付

報 告

福岡208号 筑後川橋上部工（P4-P8）工事の工場製作

Shop Fabrication for the Superstructure Work (P4-P8) of Fukuoka No. 208 Chikugo River Bridge



矢 部 泰 彦^{*1}
Yasuhiko YABE



富 永 周 佑^{*2}
Shusuke TOMINAGA

要 旨

福岡208号筑後川橋上部工（P4-P8）工事は有明海沿岸道路の整備に関連して、一級河川筑後川を渡河し大川市大字小保と同市大野島を結ぶ鋼4径間連続单弦中路アーチ橋である。本工事は部材の断面変化があり、形状管理が難しいため、CIMの活用や工場製作での一体組立を行った。また全長450mあり、JV3社での製作を行った為、部材の横持ちをして分割仮組立を行った。ここではその工場製作について報告する。

キーワード：CIM、形状管理、一体組立、分割仮組立

1. はじめに

福岡208号筑後川橋上部工（P4-P8）工事は有明海沿岸道路の整備に関連して、一級河川筑後川を渡河し大川市大字小保と同市大野島を結ぶ鋼4径間連続单弦中路アーチ橋（図-1～3）である。完成すれば、広域物流拠点である三池港（福岡県大牟田市）と九州佐賀国際空港（佐賀県佐賀市）間の所要時間が90分から40分へと半分以下に短縮され、物流の効率化や沿線地域産業の活性化が期待される。

本工事は1本のアーチリブ（スプリング）が支点上で2本に分岐する構造を日本で初めて2連アーチ橋として施工する。

本稿ではこの工場製作に関する内容について報告する。

2. 工事概要

橋梁形式：鋼4径間連続单弦中路アーチ橋

橋 長：450m

アーチ支間：170m、153m

アーチライズ：30m、27m

幅 員：20.5-21.4m

総 重 量：6465t

発 注 者：国土交通省九州地方整備局福岡国道事務所

受注者：MMB・宮地・川田特定建設工事共同体

工事期間：2016.3.1～2020.3.10

工事場所：福岡県大川市大字小保地先～大野島地先



図-1 架設位置図



図-2 断面図

*1 技術本部設計部生産計画グループサブリーダー

*2 エム・エム ブリッジ(株)

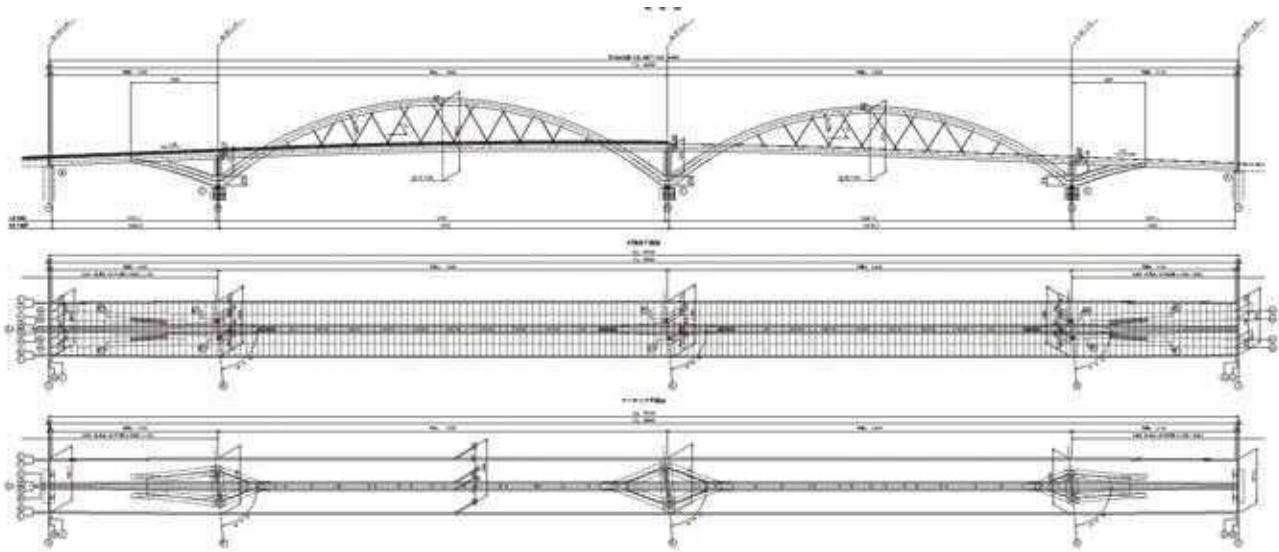


図-3 一般図

3. CIMの活用

本工事では基部・スプリング部・交差部等の形状が断面変化等で図面では把握しにくい箇所が多くあった。その為、3DCADを活用し、設計・原寸段階で付属物や部材の干渉の確認・狭隘部作業スペース確保等の検討・図面変更を行った。(図-4)

また、製作時にも構造や施工手順について、施工要領書に3DCAD図を活用して工場作業者への周知をした。(図-5)

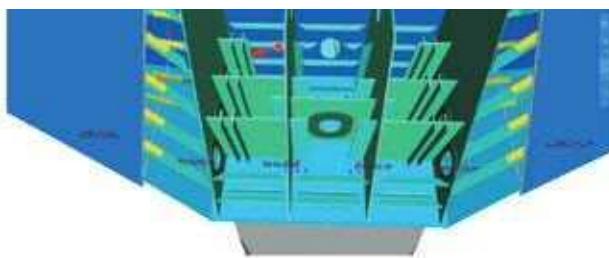


図-4 CIM活用①

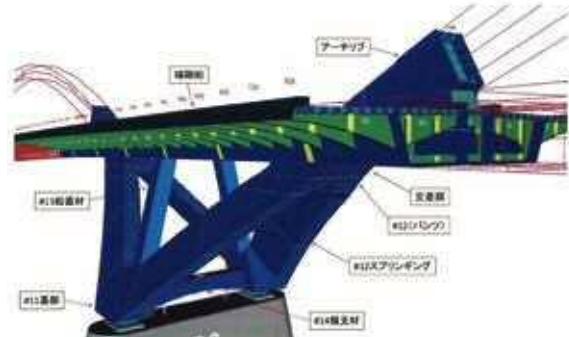


図-5 CIM活用②

4. 工場製作

本工事はスプリング、アーチ部、補剛桁部により構成されている。特に、スプリング部の基部部材、スプリングと補剛桁との交差部は形状管理が困難である。その為下記事項を行い、形状精度を向上させた。

(1) 一体組立

1) 補剛桁

補剛桁は断面5分割構造であり、単品部材でウェブが1枚しかない部材がほとんどであった。これでは部材断面の形状管理が難しいと判断し、別々に組立ててのではなく隣り合う部材と一体組立を行い形状管理の向上を行った。(図-6)

2) 交差部

スプリングと補剛桁の交差する部材は補剛桁・スプリングそれぞれに取り合いを持っており、個別での製作では形状管理が難しかった。また、交差部は基部、ア

ーチ部、補剛桁に繋がる重要な部材であった。特に交差部のスプリング部は断面が変化している構造で寸法による管理が難しかった。そこで交差部全体を一体組立てを行い、それぞれの取り合いを十分に確保した。(図-7)



図-6 補剛桁一体組立



図-7 交差部一体組立

(2) 組立手順と溶接姿勢確保

1) 基部

基部部材は橋梁全体を支持する重要な部材であるため、完全溶け込み溶接が多くある。完全溶け込み溶接部の非破壊検査を検出レベルを「L/2検出レベル」内部キズの許容を厳格化した（通常は「L検出レベル」、内部キズ許容「 $t/3$ もしく $t/6$ 」）。基部部材は補剛材が多く溶接姿勢の確保が難しいため、部分的に組立を行い狭隘箇所を先行して溶接を行った。(図-8)

また、基部部材には支承と取合うソールPLが取付られる。基部部材は断面が台形であり倒立状態で部材を配置することが難しいのでソールPLを部材完成前に取付る要領とした（通常は部材完成後に溶接による歪み矯正を行い、ソールPLを取付る）。倒立状態で部材を配置するために外側ウェブの取付を後回しにダイヤフラムの外形を切断時に大きくし、倒立状態で受け点になるように形状を変更した。(図-9)



図-8 先行溶接



図-9 基部倒立状態

2) 交差部

通常、工場溶接では下向き溶接を基本としている。本工事の交差部は補剛桁とスプリング部が斜めに交差しているため、一度に一体組立てを行うと斜め状態での溶接が発生し溶接の品質が確保できない。その為、組立から溶接を2回に分けてを行い、下向き溶接での姿勢確保を行った。

まず、貫通しているスプリング部を先に組立て溶接を行った。ここでは取り合いが難しい2本のスプリング部の結合部とアーチリブも同時に一体組立を行い、その後溶接を行った。このことにより下向き溶接で作業を行うことができた。(図-10)



図-10 交差部組立①

貫通スプリング部の溶接が完了した後に次の一体組立で使用しない部材を分割し、補剛桁部の一体組立を行った。(図-11)



図-11 交差部組立②

(3) 反転要領

通常工事では製作途中での溶接姿勢の確保のために部材の反転作業を行う。反転の際は反転機を使用する。反転機は箱桁もしくは鉄桁のような長尺物を反転する作業に適している。

1) 基部

本工事の基部部材は断面が台形をしており、長さも短いため、反転機の適用が難しい。また重量も40t近くあった。その為、反転機以外での部材の反転の検討を行った。

検討の結果、吊り金具を使用しての反転作業を行うことにした。部材の組立前に吊り金具を取り付け、部材組立後には吊り金具の裏の溶接を先行して行い安全に反転できるようにした。(図-12)



図-12 基部反転

2) 交差部

交差部は前項で示した通り2ステップに分けて部材の組立を行ったので反転機を使用することができた。ただし合計重量が80tあった為、75tクレーンを2台使用し反転作業を行った。(図-13)



図-13 交差部反転

5. 部分仮組立

本工事では基部から補剛桁まで10m以上、全長120mあり一回での仮組立が困難であった。その為、合計7回の仮組立を行い、全ての仮組立で重複部材を設け形状の確保を行った。(図-14)

また、基部 - 鉛直材 - 補剛桁の仮組立は正立での仮組立が困難であったため、面組立状態での仮組立を行った。(図-15)



図-14 分割仮組立①



図-15 分割仮組②(面組立)

また3社の工場で製作を行った為、それぞれの部材を横持し、重複仮組立を行い、断面の取り合いを確保を行った。(図-16)



図-16 分割仮組立③

6. 輸送用架台

(1) スプリング

本工事のスプリングは長さ15m、重量が40tあった為、陸上輸送は不可となり海上輸送を行った。架設現場では部材の反転等はクレーンの能力上困難であった為、正立での発送となった。スプリングは正立状態では不安定な為、輸送専用の架台を製作し使用することとした。輸送架台はスプリング全体を囲う形とし、輸送架台をそのまま吊り上げができるように設計した。

架設現地では輸送架台を外すとそのまま架設できるような仕様にした。(図-17~18)



図-17 輸送架台①



図-18 輸送架台②

(2) 補剛桁

本工事の補剛桁は基本的に陸上輸送（トレーラー）で架設現地まで部材を運ぶ。しかし、一部の桁は下フランジ幅が短く、斜めウェブの為、下フランジの外側に重心があり不安定な状態となる。その為、輸送架台を製作した。(図-19)



図-19 輸送架台③

輸送架台は桁製作時にも使用できるように脚部分と梁部分で分割できる構造とした、輸送架台の脚の部分を桁の組立・溶接中・構内横持・仮組立中・塗装中にも使用した。(図-20~22)



図-20 輸送架台④（溶接時）



図一21 輸送架台⑤（塗装時）

7. 終わりに

本工事は平成28年3月より着手し、無事に平成30年7月に宮地製作範囲の補剛桁まで現場架設が完了することができました。近年では少なくなりました大型案件に携われた事に感謝を申し上げます。引き続きアーチ部の製作が残っております。安全施工・高品質で完成する事を期待したいと思います。

最後に、本工事の施工にあたりご指導・ご協力いただきました工事関係者の皆様に深く感謝し、誌面をお借りしてお礼を申し上げます。

2019.3.13 受付



図一22 輸送架台⑥（発送時）

トピックス

国道45号 気仙沼湾横断橋小々汐地区上部工工事

*¹ 技術本部設計部生産計画グループ副主任



緒方 裕己*¹
Yuki OGATA

1. 工事概要

気仙沼湾横断橋（仮称）は、宮城県気仙沼市に位置し、震災復興のリーディングプロジェクトである三陸沿岸道路のうち、気仙沼道路（気仙沼～唐桑南間の延長9km）に架かる橋梁である。特に気仙沼湾を横断する区間は、3径間連続鋼斜張橋で計画されており、橋長680mの長大橋（支間長：157.8m+360m+157.8m）である。完成すれば斜張橋としては東北地方最大の橋長となる。

また、主塔から張られたケーブルで橋桁を支える美しい形状は、さらなる復興を目指す気仙沼市のシンボルの一つとしても期待されている。（図-1）



図-1 気仙沼湾横断橋イメージ図

2. 特徴

気仙沼湾横断橋の主塔（鋼製部分）は高さ100m、重さが1,200t（仮設備を含む架設重量は1,500t）もあり、左右10本ずつのケーブルにより、3,000tを超える補剛桁を支える構造になっている。そして、そのケーブルの定着部等を点検するため、主塔の中には人や機材を運搬するためのエレベーターが設置される。さらに、主塔には航空機との接触を防止するための航空障害灯や落雷に備えた避雷針等も設置される。

3. 進捗状況

(1) 主塔

2018年10月頃に工場製作が完了し、年内に仮組立まで行った。その後は2つの大ブロックにするために地組溶接、高力ボルト本締め、塗装、付属物の取付けを行い、2019年4月19日・20日に浜出し作業を行った。（図-2）



図-2 主塔浜出しの様子

(2) 補剛桁（主桁）

工場製作が完了したブロックから順に仮組立・地組立を行っている。（図-3）

2019年5月頃より順次浜出しを行う。



図-3 補剛桁仮組立の様子

2019.3.28 受付

トピックス

大井中央陸橋耐震補強工事

*¹ 工事本部鉄構・保全工事部鉄構・保全工事グループ現場所長

*² 工事本部鉄構・保全工事部鉄構・保全工事グループ

*³ 工事本部建設工事部建設工事グループ係長



猪狩 裕介*¹
Yusuke IGARI



田口 雄也*²
Yuya TAGUCHI



稻田 博史*³
Hiroshi INADA

1. 工事概要

大井中央陸橋は東京都港湾局が管理する全長約886m（擁壁部を除く）の道路橋で、首都高速湾岸線、国道357号および東海道新幹線の車両基地上空を跨いでいる。本期の工事の主な工種は、東海道新幹線の上空を跨ぐ範囲となるP6、P7、P8橋脚において、既設のピンローラー支承を免震支承に取り替えるもので、東海旅客鉄道株式会社が東京都港湾局から施工を受託している。元請け会社は名工建設株式会社で、当社は一次下請けとして施工を行っている。

P6橋脚については過年度施工を完了しており、現在（平成30年11月）はP7、P8橋脚の支承取替を行っている。支承取替後、伸縮装置の取替、橋脚の鋼板接着補強を引き続き行う予定である。

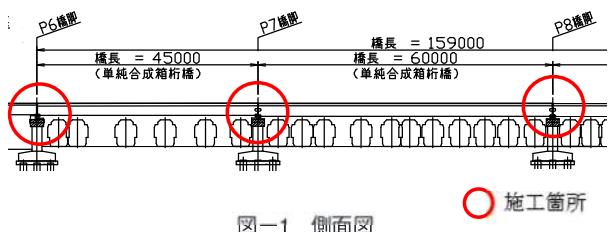


図-1 側面図



写真-1 P7橋脚全景



写真-2 施工前、完了



2. 工事の特徴

施工対象が新幹線の車両基地上空の橋梁ということで、一般的な支承取替工事と比べると施工条件に制約が多く、安全性を確保するとともに事前の綿密な施工計画が求められた。本工事の特徴は下記の通り。

- ①夜間のき電停止間合が約90分と短い。
- ②橋脚周りに資機材置き場がないため、搬入も含めて供用中の道路上から行う必要がある。
- ③ジャッキでの仮受け期間が約10ヵ月と長期間となる。

3. 施工

施工条件の制約が多い中で、安全性を確保して少しでも効率よく施工ができるよう、本工事で計画している仮設備や施工方法を紹介する。

①足場構造

可能な範囲で作業スペースを広く確保するため、足場構造は橋脚の両側面にブラケット足場を設置することとした。トロリー線から橋脚までの離隔は場所によって異なるため、事前に離隔を計測し、場所毎にブラケットの幅を決定した。



写真-3 ブラケット足場

②資機材の搬入設備

資機材の搬入は全て道路上から行うことになるが、線路に支障しない橋脚の延長上（橋軸直角方向）に作業構台を設けることで、荷下ろしする際の仮置き等に利用している。また、上部には電動チェンブロックを設け、周りを板張り防護することで、昼間でも部材の荷上げ・荷下ろしができるようにしている。



写真-4 作業構台

③ジャッキアップ、桁受替え

本橋梁は4主の単純合成箱桁橋で幅員は約30m、1支承線のジャッキ受け点は6点と多支点である。今回、既設支承から仮受けジャッキへ確実に桁の反力を移行させるとともに、高さの管理を常時行えるようにするために、地上に計測室を設け、反力と変位を一括で管理するシステムを導入した。



写真-5 ジャッキアップシステム

ジャッキの操作は計測室の操作盤で行い、反力を確認しながら桁受替えを行った。桁の受替え後はレーザー式変位計にて施工期間中常時高さを計測し、事前に設定した値を超えた場合は携帯のメールに発報するようにしている。

④既設沓座の撤去方法

既設支承を撤去する際、沓座コンクリートは手砕りで撤去するのが一般的であるが、工程を短縮するため今回は乾式のワイヤーソーを使用して切断しブロックにて撤去した。



写真-6 既設支承撤去状況

4. 現場状況と今後について

本工事は大井保線所管内の東京仕業検査車両所で施工を行っており、現在施工中のP8橋脚は34番線と35番線の間に位置している。

今期は平成28年から施工着手し、現在P7、P8橋脚の支承取替（計32基）がほぼ施工が完了している。今後、約2年をかけて伸縮装置取替工⇒桁連結工⇒下部工の鋼鉄接着工を行う予定である。

作業時間の制約が多い工事であるが、創意工夫を行い工程管理に努めて行きたい。

発注者である東海旅客鉄道株式会社、元請けである名工建設株式会社の皆様、今後ともご指導よろしくお願ひ致します。

2018.12.4 受付

宮地エンジニアリングの 製品紹介

〈FRP関連製品〉

- ・FRP合成床版
- ・FRP歩道拡幅床版
- ・FRP検査路
- ・FRPスマートカバー
- ・FRP製壁高欄（鉄道向け）
- ・F-Deck

〈床版撤去工法〉

- ・M-SRシステム

FRP合成床版

■NETIS登録番号：CB-980002-A

特 徴	仕 様	構造概要
<p>本床版は、軽量で耐食性に優れたFRP材を支保工兼用の永久型枠として使用する長支間対応、高耐久性、急速施工を実現した合成床版です。</p> <ul style="list-style-type: none"> FRP材は鋸びないため、ライフサイクルコストの低減や維持管理の軽減を図りながら、合理的に床版を長寿命化できます。(鋼・コンクリート合成床版は腐食の点検、塗替え等が必要です) 支保工や型枠の撤去などの現場作業を省略でき、現場作業の省力化や工期を短縮できます。 FRP材料に自由な着色が可能であり、環境との調和が図れます。 	<ul style="list-style-type: none"> 適用支間 S=6.0m程度 FRP材は強化繊維にガラス繊維を用いた引抜成形材を使用 成形に用いる樹脂は、ビニルエステル樹脂を使用 FRP材は難燃性を有する(JISA1322) コンクリートの設計基準強度は30N/mm²を標準 	

製品説明・施工実績等



高知自動車道 松久保橋
(旧日本道路公団 平成9年度竣工)



関門トンネル（床版打替え工事）
(NEXCO西日本 平成22年度竣工)



潮新町線橋梁（桟橋構造への適用）
(高知市 平成17年度竣工)



兔尻橋（床版打替えへの適用）
(秋田県 平成17年度竣工)



豊見城高架橋
(沖縄総合事務局 平成20年度竣工)



大網白里高架橋（送り出し架設への適用）
(NEXCO東日本 平成23年度竣工)



久喜白岡Fランプ（一括架設への適用）
(NEXCO東日本 平成24年度竣工)



桶川インターCランプ
(関東地方整備局 平成25年度竣工)



菅公橋（軽さを生かした人力施工）
(近畿地方整備局 平成26年度竣工)

担当者名

橋梁営業部 橋梁・開発営業1G	渡部陽一 永見研二
連絡先	
TEL	03-3639-2265
E-mail	watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp

FRP歩道拡幅床版

特徴	仕様	構造概要
<p>FRP歩道拡幅床版は、軽量かつ高強度なFRPパネル材を用いて橋梁部における歩道の拡幅を行う事で、歩道利用者の安全確保と利便性向上に寄与する技術です。</p> <ul style="list-style-type: none"> 狭い歩道や歩道のない箇所を拡幅可能で、歩道利用者がより安全に通行できるようになります。 腐食や塩害に対する耐食性が高く、維持管理費の増加を最小限に抑え拡幅できます。 軽量のため、既設橋・下部工への負担を最小限に抑え拡幅できます。 軽量で施工性が良いため、短時間で設置可能です。 新設橋梁への適用も可能です。 	<p>適用幅員 W=3.0m程度</p> <ul style="list-style-type: none"> FRP材は強化繊維にガラス繊維を用いた引抜成形材を使用 成形に用いる樹脂は、イソ系樹脂を使用 FRP材は難燃性を有する(JISA1322) 舗装は薄層舗装t=3mmを標準とする 	

製品説明・施工実績等



歩道の必要幅員が確保されていない橋梁例1



歩道の必要幅員が確保されていない橋梁例2



歩道拡幅前



歩道拡幅後



薄層舗装後

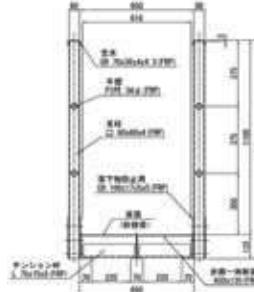
新名神高速道路 木津川橋他3橋
(NEXCO西日本 平成27年度竣工)

担当者名

橋梁営業部 橋梁・開発営業1G	渡部陽一 永見研二
連絡先	
TEL	03-3639-2265
E-mail	watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp

FRP検査路

■NETIS登録番号：CB-120033-VE

特徴	仕様	構造概要
<p>主要材料にFRP材を用いた検査路構造です。平成29年7月に技術基準が改定され、適切な維持管理が行われることを前提に橋の設計供用期間100年が定められました。本検査路の耐久性能は100年橋梁の適切な維持管理をサポートします。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料そのものが軽いため、重機の進入が出来ない山間部や斜面でも人力で搬入可能です。 ・鋼製の検査路が腐食している海岸部や工業地帯などの腐食環境の厳しい地域でも錆びません。 ・橋本体に悪影響を及ぼさない絶縁体であり、設計供用期間100年の新設橋梁に最適な点検手段です。 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計群集荷重 3.5KN/m² ・適用支間 最大10m ・重量 ≈25kg/m (幅600参考値) 	 

製品説明・施工実績等



鋼製検査路の腐食による損傷の例



泊大橋上部工検査路
(沖縄総合事務局 平成22~24年度竣工)



熊坂橋下部工検査路（FRPブラケット仕様）
(NEXCO中日本 平成23年度竣工)

既設橋梁における施工状況



検査路の荷卸し
(ユニック車)



桁下の足場への取込み



桁下足場上での移動



設置完了

担当者名

橋梁営業部 橋梁・開発営業1G

渡部陽一 永見研二

連絡先

TEL 03-3639-2265

FAX 03-3639-2975

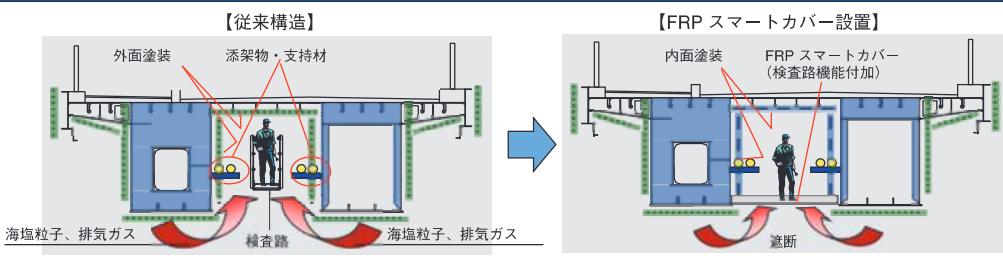
E-mail watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp

FRPスマートカバー

■NETIS登録番号：CBK-130001-A

特徴	仕様	構造概要
<p>鋼製橋梁の下面にFRPスマートカバーが敷設される事により、ライフサイクルコストの低減や維持管理の軽減を図りながら、確実かつ合理的に橋梁本体を長寿命化できます。</p> <ul style="list-style-type: none"> 主構造や床版の近接目視点検補修作業を行う常設足場（検査路）として使用できます。 塗装に有害な塩分や排気ガスに対する暴露面積を削減できます。 エッジが多く腐食し易い二次部材、添架物等を外部環境から遮蔽できます。 主桁間を内面塗装に変更することで、塗装費用、塗替え費用を削減できます。 	<ul style="list-style-type: none"> 設計群集荷重 3.5KN/m² 適用支間 6.8mまで 支持材無で適用可能 重量 ≈20kg/m² 	

製品説明・施工実績等



FRPスマートカバー概要図



沖縄科学技術大学院大学2号橋
((独) 沖縄科学技術研究基盤整備機構 平成22年度竣工)



鹿島大橋補修工事
(愛知県 平成28年度竣工)



河川の消波ブロックからの海水による桁腐食



床版下面の海水による塩害損傷

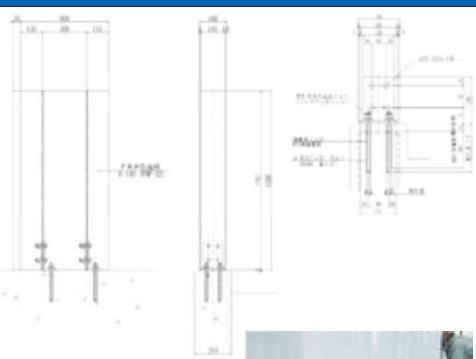


スマートカバー設置完了

担当者名

橋梁営業部 橋梁・開発営業1G	渡部陽一 永見研二
連絡先	
TEL	03-3639-2265
E-mail	watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp

FRP製壁高欄（鉄道向け）

特徴	仕様	構造概要
<p>FRP製π型引抜成形材パネルを用いた鉄道向けの壁高欄です。従来のコンクリート製壁高欄やブロック積み壁高欄で発生しているコンクリート片の剥落を回避する製品です。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人力による設置が可能です。 ・引抜成形により、高欄高さを自由に設定可能です。 ・ガラス繊維のFRP材のため、電気を通しません(電気絶縁性がある)。 ・難燃性を付与する事ができ、火災等の延焼を抑止できます。 ・FRP素材に着色する事で、周囲にマッチする景観形成が可能です。 ・吸音効果のある材料と組み合わせる事で、吸音性・遮音性の向上を図れます。 	<ul style="list-style-type: none"> ・設計風荷重 3KN/m² ・適用高欄高さ最大 2.3m程度 ・重量 ≈35kg/枚 	  <p>基部アンカ一部</p>

製品説明・施工実績等

JR湖西線におけるFRP製壁高欄設置状況
(西日本旅客鉄道)



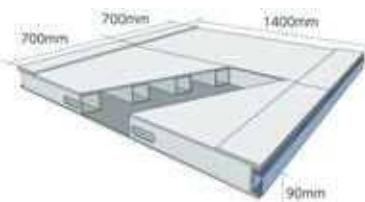
JR長崎本線におけるFRP製壁高欄設置状況
(九州旅客鉄道)



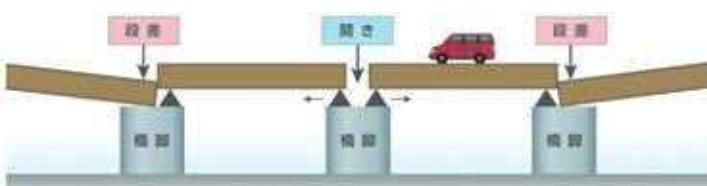
担当者名

橋梁営業部 橋梁・開発営業1G	渡部陽一 永見研二
連絡先	
TEL	03-3639-2265
E-mail	watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp

F-Deck

特 徴	仕 様	構造概要
<p>地震による被害で橋梁伸縮部に段差・開きが発生した場合、車両の通行は不可能となり、緊急車両も通行が困難となります。</p> <p>一刻も早く滞留した車両を排除し、緊急車両の通行を確保する「道路啓開」が必要となる事から、被災箇所に迅速に展開できるFRP製渡し板を開発しました。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・人力で速やかに運搬・設置が可能です。 ・大型車の通行にも耐えられます。 ・腐食しないため、保管場所を選びません。 	<ul style="list-style-type: none"> ・製品寸法・重量 幅700mm 長さ1400mm 重さ約30kg（1台あたり） ・適用範囲 開き500mm程度 段差300mm程度 車種 軽自動車～大型車 ・設計輪荷重 10t 	 

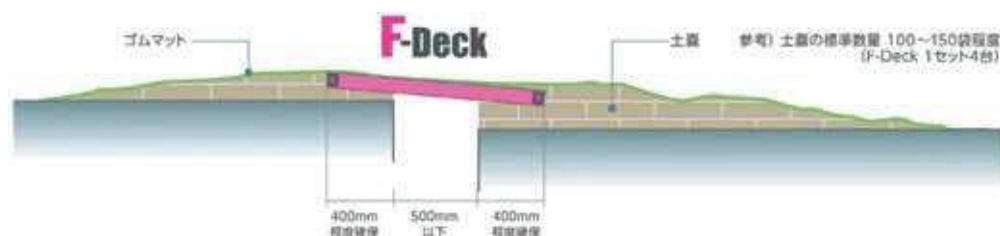
製品説明・施工実績等



橋梁における被害状況



路面の段差



F-Deck 設置概要図



人力で持ち運び可能



軽量土嚢によるスロープ構築



F-Deckにより通行可能

担当者名

橋梁営業部 橋梁・開発営業1G	渡部陽一 永見研二
連絡先	
TEL	03-3639-2265
E-mail	watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp

床版撤去工法 M-SRシステム

特 徴	仕 様	構造概要
<p>M-SRシステムとは、合成桁の主桁上をスタッジベルごと水平に切断する工法で、床版コンクリートを大型パネル形状で撤去する、新たな床版撤去工法です。</p> <ul style="list-style-type: none"> 床版コンクリートをジベルごと切断し、大型パネル形状で撤去できるため、生産性の向上（工期短縮）につながります。 ブレーカーによるハツリ作業を省略することで、騒音を低減します。 削孔・切断は無水方式を採用し、汚水の処理作業が不要です。粉じんも確実に制御でき、飛散を防止します。 	<ul style="list-style-type: none"> 無水式ワイヤーソー、コアドリルを使用 上フランジから10mmの高さで切断 床版切断箇所には集塵カバー、集塵機を設置 M-Sグラインダーは作業用途に合わせて、砥石や車輪の交換が可能 特許番号： 特許第6393733号 特許第6355811号 	

製品説明・施工実績等



無水式コアドリル

- 床版コンクリートにワイヤーソーの通し孔を削孔します。



無水式ワイヤーソー

- 完全無水式ワイヤーソーで主桁上を水平に切断します。
- 汚水は発生しません。
- 主桁にはワイヤーが触れないよう、ガイドシャフトを用いて切断面をコントロールします。



大型パネル形状

- 床版コンクリートを吊上げ撤去します。
- 大型パネル形状で高欄部分も一緒に吊上げることができます。



M-S グラインダー

- 主桁上に10mm残ったコンクリートは、人力で撤去を行います。
- スタッジベルの切削、主桁上の素地調整は、専用のM-S グラインダーで施工し、省力化を図ります。

担当者名

計画部 保全計画グループ	村井 向一
連絡先	
TEL	03-5652-6622
E-mail	murai.koichi@miyaji-eng.co.jp

2018年 対外発表論文紹介

土木学会論文集 A1 Vol.74 No.2

発刊 2018年

発行 (公社) 土木学会

「トルシア形ボルトS10T (M22) の導入軸力および機械的性質の統計調査」

南 邦明^{*1}、遠藤 輝好^{*2}、小峰 翔一^{*3}、
吉岡 夏樹^{*4}、宮井 大輔^{*5}、濵谷 敦、内田 大介^{*6}
pp.280～289

土木学会論文集 A1 Vol.74 No.3

発刊 2018年

発行 (公社) 土木学会

「高力ボルト摩擦接合継手における連結板の腐食減肉形
状とすべり耐力特性に関する研究」

山下 修平、下里 哲弘^{*7}、田井 政行^{*7}、
有住 康則^{*7}、矢吹 哲哉^{*7}

pp.359～375

鋼構造論文集 Vol.25 No.99

発刊 2018年9月

発行 (一社) 日本鋼構造協会

「裏波ビードを有する片面横突合せ溶接継手の疲労強
度」

村上 貴紀、森 猛^{*8}、綿谷 剛^{*9}、
津山 忠久^{*9}、萩原 篤^{*9}、武田 有祐^{*9}

pp.53～65

鋼構造年次論文報告集 第26巻

発刊 2018年11月

発行 (一社) 日本鋼構造協会

「腐食連結板を有する摩擦接合継手のすべり耐力に關す
る解析的研究」

大城 泰樹^{*7}、山下 修平、田井 政行^{*7}、
下里 哲弘^{*7}、有住 康則^{*7}

pp.542～547

第10回道路橋床版シンポジウム論文報告集

発刊 2018年11月

発行 (公社) 土木学会

「コンクリート系床板の凍害の影響に關する実験的研究」

酒井 武志^{*9}、久保 圭吾、白戸 義孝^{*10}、
角間 恒^{*10}、松本 高志^{*11}

pp.83～86

第7回FRP複合構造・橋梁に關するシンポジウム 講演概要集

発刊 2018年11月

発行 (公社) 土木学会

「土木構造物へのFRP材料の適用事例」

久保 圭吾

pp.51～60

第73回 土木学会年次学術講演会概要集

発刊 2018年8月

主催 (公社) 土木学会

「鋼床版垂直補剛材上端部の疲労性状に關する実験的検
討」

松永 涼馬^{*12}、村越 潤^{*12}、岸 祐介^{*12}、
内田 大介^{*9}、林 暢彦、齊藤 史朗^{*9}

I-138

「トルシア形ボルトS10T (M22) の機械的性質」

小峰 翔一^{*3}、南 邦明^{*1}、宮井 大輔^{*5}、濵谷 敦

I-177

「荷重伝達型十字溶接継手の延性破壊靭性値に關する研
究」

田村 修一、森 猛^{*8}、村上 貴紀、
小谷 祐樹^{*9}、高橋 正和^{*9}、余吾 聖^{*9}

I-193

「寒冷地の床版上面滯水が床版劣化に及ぼす影響」

山崎 敏宏^{*9}、久保 圭吾、白戸 義孝^{*10}、
角間 恒^{*10}、松本 高志^{*11}

I-362

「取替え鋼床版と既設主桁の接合部に關する一検討」

林 暢彦、内田 大介^{*9}、井口 進^{*9}、
小笠原 照夫^{*9}、森 猛^{*8}、村田 直翔^{*9}

I-372

「首都高羽田線更新工事 大井JCT 枠撤去工事の施工報
告」

濱崎 景太^{*13}、田原 大地^{*13}、江野本 学^{*14}、
林 光博、平野 聰

IV-254

「バラスト撤去量低減を目的とした斜ウェブ工事枠に關
する実物大試験他」

山下 洋平^{*15}、小林 薫^{*15}、小林 寿子^{*15}、
山本 達也^{*15}、田中 伸尚、横澤 幸貴

IV-797

*1 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構、*2 (株)巴コーポレーション、*3 日本ファブテック(株)、*4 (株)駒井ハルテック、*5 (株)横河ブリッジ、

*6 (株)三井造船鉄構エンジニアリング、*7 琉球大学、*8 法政大学、*9 (一社)日本橋梁建設協会、*10 (国研)土木研究所寒地土木研究所、

*11 北海道大学大学院、*12 首都大学東京、*13 首都高速道路(株)、*14 川田工業(株)、*15 東日本旅客鉄道(株)

グラビア写真説明

主要地方道 茨木摂津線（都市計画道路 大岩線）橋梁上部工事

本工事は、大阪府都市整備部の新名神高速御道路建設事業として、現在西日本高速道路株式会社で進められている新名神高速道路（近畿自動車道、名古屋神戸線）の整備に合わせ、主要地方道茨木摂津線（都市計画道路大岩線）整備事業を行うものです。新名神高速道路の料金所からのアクセス道路や関連道路の整備として、茨木千提寺インター チェンジから府道茨木亀岡線までの約1.9kmのうち、Ⅱ期区間（約1.3km）の橋梁部です。地域の交通利便性の向上、定時制の確保等による企業の立地促進や地域の活性化など、暮らしにゆとりと活力をもたらす「新名神高速道路」へのアクセスとして、中部圏・首都圏と大阪府域との連携を強化、北摂地域のまちづくり、活性化に寄与することが期待されます。

（小林 祐介）

市道石嶺線都市モノレール建設工事（鋼構造物H28）

石嶺駅舎は、現在、那覇空港から首里間（12.9km）で運行されている「ゆいレール」を首里駅から石嶺駅、経塚駅、浦添前田駅を経て、てだこ浦西駅間（4.1km）まで延伸する工事の一部です。

本工事は、鋼製ラケット型橋脚3基、L型橋脚1基、門型橋脚1基、コンコース階、軌道床桁、ホーム桁の架設です。駅舎架設工事全般の工程短縮の為、全て360t吊トラッククレーンによる夜間架設を行い、夜間作業の効率を高めるとともに工期短縮を図ることができました。

「ゆいレール」を延伸することにより、沖縄本島を南北に貫く沖縄自動車道と鉄道「ゆいレール」がつながり、那覇市内の渋滞緩和を促す「パーク＆モノライド」が実現します。

（村島 康文）

新守谷駅自由通路（跨線橋）新設工事

本跨線橋は、つくばみらい市に2015年4月に新設開校した「学校法人 開智学園 開智望小学校」の生徒が隣接する、関東鉄道：新守谷駅まで安全に行き来する目的と、つくばみらい市近隣住民の為に作られた跨線橋です。

新守谷駅は、橋上駅舎ですが守谷市側のみ駅改札口が有り、市街地に繋がる自由通路が接続していますが、「つくばみらい市」側は線路で遮断されて駅にアクセス出来ない構造となっています。

その為、小学校から駅へのアクセスは、学校の先生が引率のもと学園のバスで線路を迂回し送迎をしている状況となっており早急な完成が求められていました。

本跨線橋の構造は、橋上駅舎に直接接続する構造では無く、守谷市側の自由通路に接続する「コ」の字型となっています。その為関東鉄道を跨ぐ跨線橋が必要となっており、架設方法は550t吊クレーンでの大ブロック落込み架設となりました。

ヤード及び搬入路の確保に関しては、開智学園の協力で学校の一部敷地を借地出来る事になり、無事架設する事が出来ました。

架設当夜には、学園屋上を開放し入学している父兄の方や、近隣住民の方々の大勢が見学に来ており、この自由通路の期待度が伺われました。

（臼倉 進）

グラビア写真説明

明石西明石林崎Bo改築工事（林崎下り線新設工事）

林崎Boは、兵庫県の道路改築事業である「一般国道2号和坂拡幅」の2車線から4車線への道路拡幅工事における跨線橋であり、JR山陽本線の明石－西明石駅間に位置します。

工事は現況道路に並行して非常に近接した位置での施行となり、架設工法は手延べ機と自走台車設備併用による送り出し工法を採用しました。送り出し後には1.0mの桁横取作業と3.1mの降下作業を行う施工方法でした。線路上空作業においては、JR山陽本線4線すべてオールクリアの線路閉鎖・キ電停止作業となり、約30分程度の限られた時間内でのタイムサイクル作業となりました。

また、本工事は鉄道上空工事で夜間作業も多い中、綿密な工程計画を行い、働き方改革における4週8休体制のモデル現場として、実現に向けて積極的に取り組んで参りました。

「一般国道2号和坂拡幅」が完成し2車線のボトルネック（前後4車線）が解消されると、慢性的な交通渋滞もなくなり、緊急輸送道路として災害に強い東西交通を確保できる事を期待します。
(次井　丈泰)

新青森総合運動公園陸上競技場新築工事

この建築物は青森市の郊外、山と田園地帯に囲まれた青森県総合運動公園の敷地内に建設される運動公園の中核施設・陸上競技場です。設計者は伊藤豊雄氏の率いる設計事務所です。

デザインにおいて特徴的なのは、近くにそびえる東岳の樹木の連なりをイメージしたメインスタンドの大屋根です。建物正面の競技トラック側から眺めると、主柱から伸びる25mの片持ち梁はまるで幹から枝先へ葉を広げる大樹の様相です。背面のメインコンコースはスラリと長い柱が一定のリズムで木立のように配置されている廣々とした空間です。

柱はSRC造、天井の仕上げはGRCパネルの外装材を用いており滑らかな曲線で立体的な表現が可能となっており、柱から天井までをやわらかい曲線で繋いでいます。曲線により生物的な外観となっていますが、コンクリートの無機質な色調のためか自然の山々とは異質の独特な空間を演出しています。
(安藤　正志)

編集後記

本号の巻頭言は中村聖三教授にお願いいたしました。

「AIは橋梁業界を救う!?」と題して、現在建設業界において盛んに進められている生産性の向上を目的としたICT技術の中でも人工知能（AI）に焦点をあて、今後の橋梁業界においてAIをどのような分野に活用していくか、その適用へ向けての課題と可能性について様々な視点で貴重なご意見を頂いております。先生にはご多忙のところ玉稿をお寄せ頂き、誠に有り難うございました。誌面を借りまして厚く御礼申し上げます。

先生の巻頭言の文中でも記載がありますが、橋梁業界のICT技術（i-bridge）において、これまでのところは3次元モデリングとモニタリング技術を中心に技術が進められております。今回の技報においても上記に関連し、モニタリングシステムの「OSMOS」について紹介しております。本文中ではこのシステムを交差点付近の架設用ベントの傾斜計として実際に使用した効果について検証を行っており、今後は施工時の安全管理を主目的として様々な分野にも適用していければと考えております。

その他に、JR上で時間的にも作業スペース的にも制限がある中での橋梁の拡幅・架替え工事や橋梁の大ブロック架設工事、競技場屋根鉄骨や展示場の建築工事など多方面にわたった工事報告に加え、実環境で腐食劣化した高力ボルト接合部の腐食性状に関する研究などについて掲載しております。これらの報告が今後の橋梁や建築に関する技術の向上への一助となれば幸いです。

また、本号より宮地の開発商品として、FRP関連製品と床版撤去工法を巻末で紹介しております。宮地の開発商品について使用を検討される際にご一読頂ければと考えております。

最後になりましたが、執筆者を始め多くの関係者のご協力により本号を発刊することができたことに深く感謝いたします。

宮地技報編集委員会

委 員 長	上 原 正		
副 委 員 長	平 島 崇 翔	河 西 龍 彦	
委 員	安 藤 正 志	梅 沢 真 悟	嬉 克 徳
	越 中 信 雄	奥 村 恭 司	戸 井 口 由 和
	永 谷 秀 樹	野 沢 栄 二	藤 井 利 明
	松 本 博 樹	村 井 向 一	村 上 貴 紀
	吉 川 薫		
事 務 局	田 村 修 一	横 澤 幸 貴	

宮地技報 第32号

発行日 令和元年6月28日

発行所 宮地エンジニアリング株式会社

〒103-0006 東京都中央区日本橋富沢町9番19号

TEL 03(3639)2111(代)

印刷所 望月印刷株式会社