



県道大牟田川副線沖端川大橋
(仮称) 橋梁上部工工事 (1 工区)

発注者 福岡県 南筑後県土整備事務所
 型式 3 径間連続鋼床版箱桁橋
 橋長 360.0mのうち183.3m
 幅員 9.5m
 鋼量 2,962 tのうち1,550 t
 路線 県道大牟田川副線
 所在地 福岡県柳川市吉富町
 竣工 平成28年10月
 説明文P52



横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線（1・2工区） 高架橋上部工事

発注者 国土交通省 関東地方整備局 京浜港湾事務所
型式 1工区：3径間連続鈹桁橋
2工区：4径間連続鋼床版箱桁橋×2連
橋長 1工区：105.0m
2工区：302.9m
幅員 7.7m
鋼量 2,428 t
路線 横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線
所在地 神奈川県横浜市中区錦町
竣工 平成28年5月
説明文P98



北千葉道路松崎高架橋Dランプ橋上部工事

発注者 国土交通省 関東地方整備局
型式 4径間連続鈹桁橋
橋長 129.0m
幅員 9.5m
鋼量 199 t
路線 一般国道464号 北千葉道路
所在地 千葉県成田市松崎
竣工 平成28年9月
説明文P104



浪板高架橋上部工工事

発注者 国土交通省 東北地方整備局
型式 3径間連続鈹桁橋
橋長 159.0m
幅員 12.8m
鋼量 565 t
路線 三陸沿岸道路 釜石山田道路
所在地 岩手県上閉伊郡大槌町吉里吉里地内
竣工 平成29年2月
説明文P104



国道7号 羽川こ線橋上部工工事
(羽川こ線橋架設工事)

発注者 国土交通省 東北地方整備局
跨線部：鉄建建設・佐々木組
特定建設工事共同企業体
(東日本旅客鉄道株式会社)

型式 3径間連続箱桁橋
橋長 145.1m (うち跨線部102.9m)
幅員 13.5m
鋼量 887t (うち跨線部698t)
路線 一般国道7号 下浜道路
所在地 秋田県秋田市下浜羽川字下川原地内
竣工 平成29年1月
本文P14, 説明文P104



平成26年度 東海環状養老JCT本線橋鋼上部工事

発注者 国土交通省 中部地方整備局
型式 外回り：12径間連続少数钣桁橋
内回り：13径間連続少数钣桁橋
橋長 外回り：556.0m
内回り：554.0m
幅員 11.8m
鋼量 2,564t
路線 東海環状自動車道
所在地 岐阜県養老町直江
竣工 平成29年4月
説明文P105

平成27-28年度 朝倉第一高架橋上部工事

発注者 国土交通省 四国地方整備局
型式 単純開断面箱桁橋
橋長 59.5m
幅員 10.7m
鋼量 193t
路線 一般国道196号
所在地 愛媛県今治市朝倉
竣工 平成29年2月
説明文P105



福岡3号 筑後川橋上部工工事

発注者 国土交通省 九州地方整備局
型式 5径間連続箱桁橋
橋長 390.5m
幅員 21.5m
鋼量 3,420 t
路線 一般国道3号 鳥栖久留米道路
所在地 福岡県久留米市宮ノ陣地先～
東合川干出町地先
竣工 平成28年6月
本文P8, 説明文P105



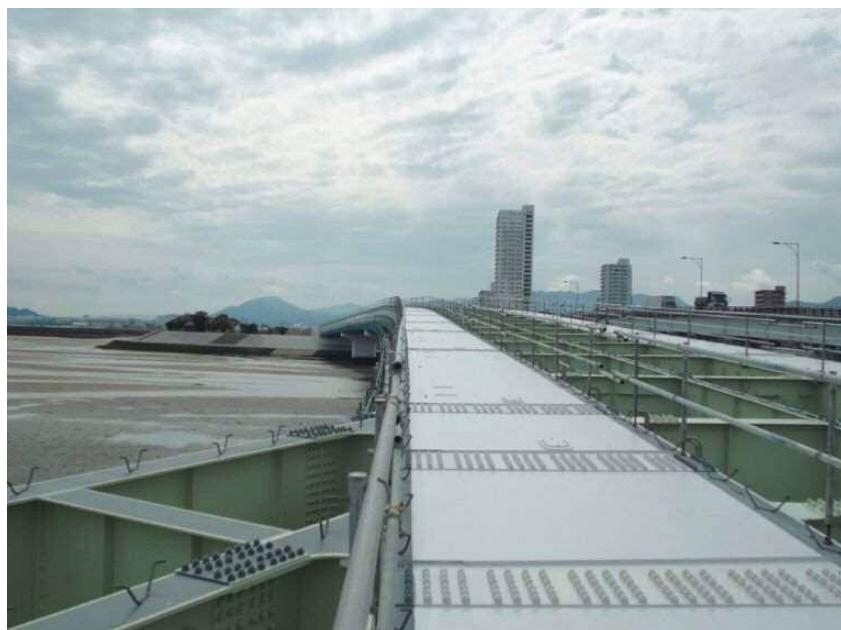
県単耐震橋梁緊急架換工事（富川橋・上部工）

発注者 千葉県
型式 2径間連続鈹桁橋
橋長 83.7m
幅員 10.7m
鋼量 168 t
路線 一般県道 長浦上総線
所在地 千葉県袖ヶ浦市横田
竣工 平成29年2月
説明文P105



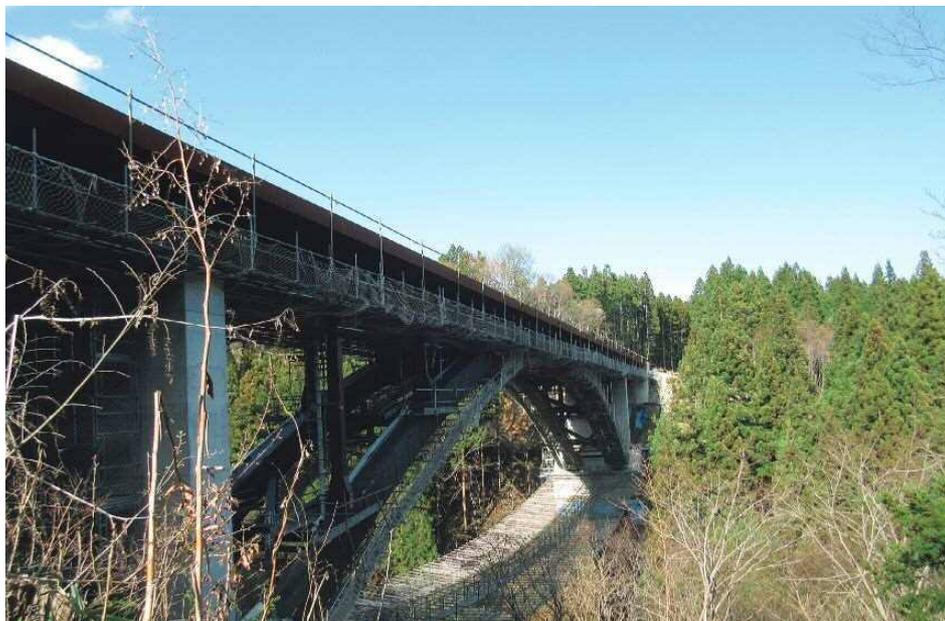
国際拠点港湾広島臨港道路廿日市草津線 新八幡川橋橋梁上部工（1工区）工事

発注者 広島県
型式 5径間連続箱桁橋
橋長 282.5m
幅員 12.3m
鋼量 1,088 t
路線 広島臨港道路 廿日市草津線
所在地 広島市佐伯区五日市町～
広島市西区商工センター八丁目
竣工 平成28年4月
説明文P106



平成25年度 県営農道整備事業
上水内北部2期地区 三念沢橋梁上部工事

発注者 長野県
型式 鋼上路式ローゼ桁橋
橋長 109.0m
幅員 10.8m
鋼量 510 t
所在地 長野県長野市豊野町大字石
竣工 平成28年11月
説明文P106

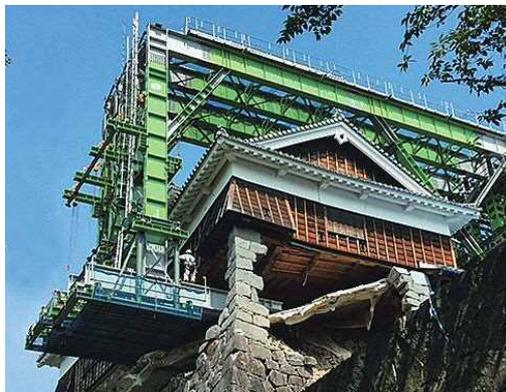


第34閉伊川橋りょう復旧工事

発注者 鉄建建設株式会社
(東日本旅客鉄道株式会社)
型式 上路プレートガーダー (単線2主桁)
橋長 245.0m
幅員 5.5m
鋼量 新設桁: 147 t 橋側歩道: 31 t
路線 JR山田線
所在地 岩手県宮古市藤原上町地内
竣工 平成28年11月
本文P27, 説明文P106

熊本城飯田丸五階櫓緊急対策工事

発注者 株式会社大林組（熊本市）
全長 33m
幅員 6m
全高 14m
鋼量 220 t +カウンターウエイト200 t
所在地 熊本県熊本市中央区本丸地内
説明文P106



折尾高架橋Csp25（一期施工）

発注者 九鉄工業・鹿島建設特定建設工事共同企業体
（九州旅客鉄道株式会社）
型式 単純ポストテンション方式中空床版橋
橋長 34.9m
幅員 26.4m～27.0m
桁重量 3,300 t
路線 鹿児島本線・筑豊本線
所在地 福岡県北九州市八幡西区堀川町
竣工 平成28年6月
本文P38, 説明文P107

身延線 常葉川Bo上部工新設

発注者 日本車輛製造株式会社
（東海旅客鉄道株式会社→
名工建設・西松建設JV）
型式 鋼4径間連続非合成細幅箱桁橋
橋長 200.5mのうち77.1m
幅員 14.0m～21.3m
鋼量 391 t
路線 中部横断自動車道
所在地 山梨県南巨摩郡身延町波高島
竣工 平成28年12月
本文P32, 説明文P107



梯川橋りょう外1防風柵設置工事

発注者 大鉄工業株式会社
(西日本旅客鉄道株式会社)

型式 梯川橋りょう : 単純鉸桁橋×7連
手取川橋りょう : 単純トラス橋×6連
単純鉸桁橋×1連、避溢橋×1連

橋長 梯川橋りょう : 施工長 115.0m
手取川橋りょう : 施工長 441.8m

鋼量 梯川橋りょう : 116.1 t (受桁製作)
手取川橋りょう : 179.7 t (〃)

路線 梯川橋りょう : 北陸本線 小松～明峰駅間
手取川橋りょう : 北陸本線 小舞子～美川駅間

所在地 梯川橋りょう : 石川県小松市島田町
手取川橋りょう : 石川県白山市美川南町

竣工 平成28年6月
本文P85, 説明文P107



北海道新幹線湯の里信号場構内雪覆4 (知内川防音壁)

発注者 札建工業株式会社
(北海道旅客鉄道株式会社)

型式 単純鋼トラス桁橋

橋長 247.3m

幅員 12.6m (主構間隔)

鋼量 678 t

路線 北海道新幹線 奥津軽いまべつ～木古内間

所在地 北海道上磯郡知内町湯の里地先

竣工 平成28年3月
説明文P108



五ヶ山ダムの建設に伴う小川内の杉の移設工事

発注者 大豊建設・福東特定建設工事共同企業体
(福岡県)

工法 ジャッキアップ+
ジャッキングエスカレーター工法

移動量 水平移動120m
斜路(14°)移動160m

対象物 10.5m×12.0m×43.0m

移動重量 樹木・鋼製保護枠440 t

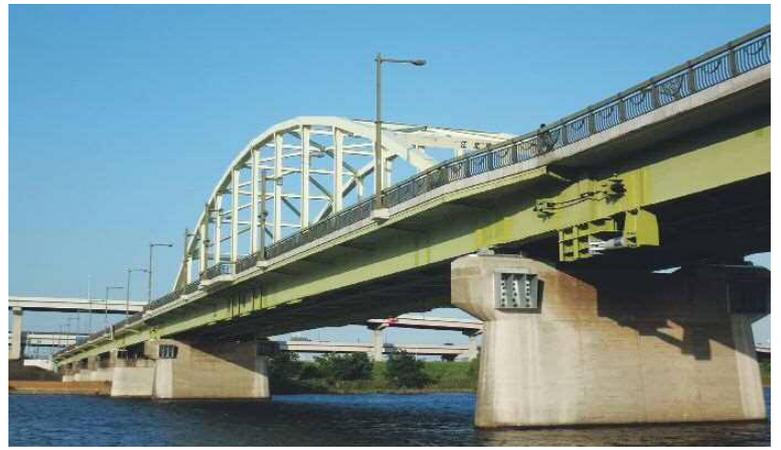
所在地 佐賀県神埼郡吉野ヶ里町小川内

竣工 平成28年5月
本文P71, 説明文P108



江北橋耐震補強工事（落橋防止及び橋脚補強）その2

発注者 東京都
 型式 ゲルバー式ランガー桁（P8～P11）
 単純合成鋼桁×4連（P11～A4）
 橋長 449.0m（施工延長：297.8m）
 幅員 15.8m～17.9m
 鋼量 122t（補強部材等）
 路線 主要地方道王子金町江戸川線（第307号）
 所在地 東京都足立区宮城一丁目地内
 ～足立区扇二丁目地内
 竣工 平成28年6月
 本文P63，説明文P108



飯山線越後鹿渡・越後田沢間干溝Bo上部工新設

発注者 第一建設・丸山工務所特定建設工事共同企業体
 （東日本旅客鉄道株式会社）
 型式 ポストテンション方式PCT桁橋
 橋長 40.0m
 幅員 14.0m
 路線 国道353号
 所在地 新潟県十日町
 竣工 平成28年12月
 説明文P108

東北本線川口・西川口間 川口陸橋修繕工事

発注者 東鉄工業株式会社 埼玉支店
 （東日本旅客鉄道株式会社）
 型式 単純8主鋼桁橋
 橋長 38.1m
 幅員 12.5m
 鋼量 7.6t（補強材等）
 投下物防止柵設置77.9m
 路線 主要地方道68号 練馬川口線
 所在地 埼玉県川口市南町4丁目他
 竣工 平成29年3月
 本文P79，説明文P109



巻頭言

建設事故に思う

九州工業大学大学院工学研究院建設社会工学研究系
山口 栄輝



昨年4月、新名神高速道路有馬川橋の橋桁落下事故があり、10名の方が死傷された。橋桁落下時、桁下の国道176号には多くの車両が走行中であり、落下に巻き込まれなかったのは奇跡的であった。11月には博多駅前で道路陥没事故があった。幸い死傷者は出なかったが、陥没域が約30m四方、深さ約15mに及ぶ、大規模な事故であった。陥没は、はかた駅前通り地下のトンネル工事が原因とされる。トンネル内の異変に伴い作業員が避難し、迅速に交通規制が行われたことにより、人身事故には至らなかった。交通量の多い地区であるが、事故発生が午前5時過ぎで交通量が少なかったことも幸いであった。時間帯によっては、大混乱が生じていた可能性も否めない。いずれの事故もメディアで大きく取り上げられ、ビデオに収められた衝撃的な事故の動画が、テレビニュースで繰り返し報じられた。

道路陥没事故は、一週間で道路を復旧したことで、世界的に注目を集めもした。短期間の復旧は、日本の高い技術力を示す事例として賞賛されたようである。11月15日付けのCNNの記事には“it disappeared almost as quickly as it had appeared”、“a testament to Japanese engineering and efficiency”といった記述が見られる。筆者にも海外の友人から、迅速な復旧作業を賞賛するメールが届いた。日本人として誇らしさを感じるが、事故を思い起こせば、とても喜んではいけない。

建設事故が大きく報じられることはまれである。しかしながら、橋桁に限っても、1991年に広島新交通システム、1992年に山陽自動車道、1997年に千歳恵庭ジャンクションで落下事故があり、1998年には来島海峡大橋で工事用橋桁が落下した。昨年11月には、撤去中の橋桁の落下事故が兵庫県で発生している。

厚生労働省から労働災害発生状況が公表されている¹⁾。それによれば、平成27年の死亡災害は、全産業で972人、休業4日以上死傷災害は116,311人、重大災害は278件である。このうち、建設業は、それぞれ327人、15,584人、111件であり、全体の34%、13%、40%を占めている。死亡災害、重大災害では、建設業が最も災害の多い業種となっている。建設業が3K職場と言われる一因であろう。

昭和49年には全産業で死亡者が4,330人、昭和52年には休業4日以上死傷者が348,826人であった。それに比すれば、事態は大きく改善されている。しかしながら、近年の改善状況は芳しくない。重大災害に至っては、過去40年余りの間に減少したとは言い難い。昭和の終わりから平成の初めにかけては200件を割り込んでいたが、その後は増加傾向が見られ、近年は昭和50年代と同程度か、むしろ若干多く発生している。重大災害発生件数の最大値は、平成18年度の318件である。

統計データをもとに単純計算を行うと、建設業では、今も毎日のように死亡事故があり、休業4日以上の死傷災害者は毎日約50名、重大災害は毎週2～3件発生していることになる。看過できる数字ではない。厚生労働省の統計に含まれないような小さな事故（トラブル）や、大事故に至る寸前、いわゆるヒヤリ・ハットは、さらに数多く発生していると推察される。

建設業就業者の動向にも触れてみたい²⁾。平成27年、全産業において55歳以上が就業数に占める割合は29%、29歳以下は16%であるのに対し、建設業ではそれぞれ34%、11%である。技能労働者についても、建設業では55歳以上が34%、29歳以下は11%を占める。他業種に先駆けて、建設業の高齢化は進行している。

建設業技能労働者の24%は60歳以上である。10年後にはその大半が引退すると考えられ、次世代への技術承継が大きな課題となっている。技術承継には新規入職者が重要な役割を担う。平成27年の新規学卒入職者数は、一時期より増えているが、平成7年の51%に留まる。また、1年目、2年目、3年目までの離職率を見ると、いずれにおいても、建設業の離職率は全産業の離職率を上回っている。建設業の3年目までの離職率は常に1/3を超え、多い年には半分近くになっている。建設業の技術承継に楽観は許されない。

建設事故は、規模や内容によって扱いに差があり、必ずしも事故調査委員会が設置されるとは限らない。しかしながら、事故が起こる度に、何らかの形で原因究明が図られる。筆者も非常に限られた数ではあるが、建設事故の調査に関わった経験がある。

事故調査では、事実の認定が必要となる。施工中の構造物の位置・状態や、ジャッキ反力といった工事関連機材に係るデータなどを要求する。気掛かりなのは、そうしたデータの記録が往々にして存在しないことである。作業員の記憶に頼った調査にならざるを得ない。記録があっても手書きで、時折欠けている箇所があるなどして、必ずしも十分なものではなかったりする。この種のデータは、施工中の安全性確保や施工精度の管理に必要と思われる。そのため、モニタリングされていなかったとは考えにくいだが、それがどの程度のものであったか定かでなく、記録が残されないことがあるのは理解に苦しむ。担当者の目視確認だけで、済ませていることが多いのかと推察している。筆者が関わった事例からすると、少なくともこの5年ほどの間に、こうした点に関する大きな改善があったとは思われない。

モニタリングは、基本的には、工事の安全や精度を確保するための補助的作業である。したがって、不十分なモニタリングや記録は、直接的な事故原因ではない。事故調査では、モニタリングや記録が十分でなければ、その旨の指摘はされるであろうが、あくまで事故の二次的原因の扱いになる。そのため、なかなか改善がされないのではないかと想像している。しかしながら、施工中のモニタリングや記録の不十分さが、しばしば指摘される状況を容認してよいとは思えない。

工事費削減のためか、総じて建設現場の人的余裕は減少している感がある。人的余裕のなさは、建設現場に限らない。大学も含め、日本のあらゆる職場の状況と思う。また、ものづくりの現場では、経験が極めて重要である。トラブルが生じた際には、経験が物を言う。その意味で、建設技能労働者の高齢化が進行し、熟練した作業員が減少する傾向にあるのは、憂慮すべき事態である。建設業就業者の動向、また労働力人口の減少や少子高齢化といった日本の状況に鑑みれば、こうした建設現場の状況に近い将来、大きく改善されるとはとても

考えられない。人的余裕のなさや経験不足は、モニタリングデータの読み違い、記録ミス、さらには誤判断等の可能性を高める懸念がある。こうした現状を踏まえると、建設事故を減少させるのは容易でないと思われる。

医療事故を減らすため、外科手術では術中モニタリングが行われ、患者の容体を逐次確認しながら手術が実施されている。土木分野でも、不確定要素が多いトンネル工事などでは情報化施工が行われ、モニタリングによって地盤情報を得ながら工事が進められる。他の建設工事でも、施工中にモニタリングを行い、構造物等の状態を逐次把握し、必要な対応を実施していけば、建設事故は減らせよう。建設事故減少のブレークスルーになる可能性がある。しかしながら、建設現場の状況は厳しい。工夫が必要である。

ICTの進歩は著しく、建設業でもその活用が図られている。国土交通省生産性革命プロジェクトでは、建設生産プロセスすべてを対象として、ICTの新技术を活用するi-Constructionが推進されている。内閣府が進める戦略イノベーション創造プログラム（SIP）の課題のひとつに、インフラ維持管理・更新・マネジメント技術が挙げられ、ICTを活用した技術開発が進められている。

現状では、建設事故撲滅を目指したICT活用プロジェクトは見受けられないようである。しかしながら、生産性の向上、インフラの維持管理などと同様、施工中の構造物の状態把握にICTを活用すれば、建設事故の減少にも非常に有効と考えられる。ICTの新技术、国交省や内閣府のプロジェクトで得られている知見をうまく使えば、モニタリングに伴う現場の負担を大きく増やすこともないと思われる。

ICTを活用して、建設事故を減少させるには、次の事項を検討する必要がある。

- ◎ 想定される事故
- ◎ 事故の兆候をとらえる指標
- ◎ 指標の管理値（閾値）
- ◎ 監視体制
- ◎ 異常時対応

まずは、当該工事で起こり得る事故のリストアップである。このこと自体、安全意識を高める上で、有意義と思われる。例えば、仮設構造物の崩壊がリスクとして挙げられるのであれば、その変形が事故の兆候をとらえるための指標となり、モニタリング対象となる。ICTを用いれば、仮設構造物の様々な動きを効率的かつ確実に自動計測し、記録できる。得られたデータはうまく活用しなくてはならない。異常の察知には、指標の管理値を定めての対応が基本となる。ICTによって計測結果の自動監視を行いつつ、担当者を決め、適宜、技術者が監視することも必要である。把握すべき事態としては、正常と異常の2段階ではなく、異常レベルに複数の段階を設け、段階的な対処法を準備する必要がある。水防警報および洪水予報では、注意、警報、危険の3段階を設けて運用している。参考になろう。

事故のリストアップは、必要かつ十分なものが求められる。それには、過去の事例が参考になる。国交省にも同じような認識があるようで、昨年5月26日の日経新聞に、建設現場事故のヒヤリ事例を共有するため、国交省がデータベースを構築するとの記事が出ている。

リスクに直結する指標が特定できない、あるいは特定した指標の計測が難しい場合も予想

される。管理値の選定が悩ましいこともあると思われる。これらは建設技術の水準を問われるものであり、必要に応じて研究を鋭意推進すべき建設分野の課題となる。

異常の察知には、その時点での指標値だけでなく、変動の様子にも注意を要する。指標値が管理値に向かって変化している場合、計測結果を注視する必要がある。その原因が特定できるならば、この段階で問題を除去しておくのがよい。こうしたことを考えれば、計測結果を監視する担当者には、高度な技術力を有した技術者を含むことが望ましい。少なくとも、そうしたレベルの技術者と容易に連絡をとれる体制は不可欠である。土木構造物の維持管理における点検では、調査、性能評価、判定が行われる。点検員には高度な技術力を有した点検責任者が含まれる。施工中のモニタリングにも、同様の体制が必要である。

異常時対応としては、その程度や現場の状況に応じて、詳細調査、原因究明、対策の立案・実施、工事の停止、作業員の退避、交通規制など、様々なものが考えられる。現場の態様に応じて適切に定める必要があるが、工事関係者、第三者に被害を生じさせないのが最優先事項である。また、定められた異常時対応に従い、連絡体制および責任者を事前に決め、周知しておくことも重要である。事故が起こった際、命を守るべく現場を離れる局面であるのに、事故を止めようとして人身事故に至ることがあるとも聞く。そうした点に係る注意も併せて喚起しておくべきである。

1月24日に、博多の道路陥没事故に関する続報が出た。事故前日午後6時ごろに計測値が「レベル1（注意体制）」の基準値を超え、事故当日の午前1時ごろに「レベル2（要注意体制）」、その30分後には工事の停止を求める「レベル3（嚴重注意体制）」に到達した。工事はその後も続けられ、午前5時過ぎに事故が発生したとの内容である。モニタリングの有効性は確認されるものの、それがうまく生かされなかった事例のように思える。言うまでもなく、モニタリングは有効活用されない限り、実施する意義はない。

昨年、土木工事で大きな事故が起こり、事故調査にも多少関わったことから、折に触れ建設事故に思いを巡らす。それをここに書いてみた。たいへん難しい作業で、うまく書けたとは到底思えないでいる。大学以外に勤務したことはなく、建設工事に直接関わったことがない。そのため、記載内容が机上の空論になっていないかを危惧している。ご批判は多々あろうかと思うが、建設事故を減らさねばという思いだけでも通じれば、幸いである。建設事故は決して少なくない。本稿執筆中の1月25日にも、福岡市の商店街で、解体工事中のビルが倒壊して道路をふさいだ。建設事故が減ることを願って止まないでいる。

<参考文献>

- 1) 厚生労働省：平成27年 労働災害発生状況等，平成28年5月17日。
- 2) 国土交通省：建設業を取り巻く情勢・変化 参考資料，平成28年3月2日。

特別寄稿

鋼材の癖を読み、鋼橋の長寿命化を図る

早稲田大学理工学術院創造理工学部社会環境工学科
依田 照彦



最近、幸田文の短編「材のいのち」を読んだ。「木は生きている」との文章で始まる。この文章の木は立木ではない。生命を終えた後の材を指す。木には立木の時の命と木材になってからの命がある。どんな良材、どんな強い材にも、寿命があり、寿命が尽きれば終わる。

この文を読んだ後、鋼材も切り出した木材と似ているところがあるのではないかと思った。鋼の板材は、木材と同じで、加工された材である。木構造の木組みでは、木の癖を読めとよく言われる。鋼板を組み合わせて鋼部材・鋼橋を製作するときにも癖を読めといえるように思う。鋼板の場合は、木材ほど癖はないように思われるかもしれないが、そうではない。本文では、鋼材の特徴とは言わずに、鋼材の癖という表現を使うことにした。鋼材の特徴では、平均的な意味しか伝わらない。鋼材の癖と呼ぶことで、バラツキやカタヨリがあることに注意を払いたいとの思いである。

鋼板製作時の圧延方向に始まって、鋼板の切断・孔あけ・溶接など多くの工程で癖が見られる。鋼板同士を溶接した時の鋼部材の代表的な癖は初期不整と呼ばれ、残留応力、初期たわみ、偏心、目違いなどである。これらは、独立ではなく、互いに関連している。鋼桁の腹板などの薄い鋼板に補剛材を溶接したとき、補剛材間の腹板が溶接ひずみの影響で板の面外方向に変形し、横から見たときに、初期たわみが見られることがある。専門用語では、やせた馬のあばら骨のように見えるので“やせ馬”と呼ばれている。通常、このようなやせ馬は熱を加えて矯正され、生かされる。そこで、現実には鋼板の面外方向の変形を見たとき悩むことは、この面外変形が溶接時あるいは組立時に生じた変形であるのか、あるいは架設後の力学的要因で生じた変形であるのか、どのように見極めればよいかという問題である。

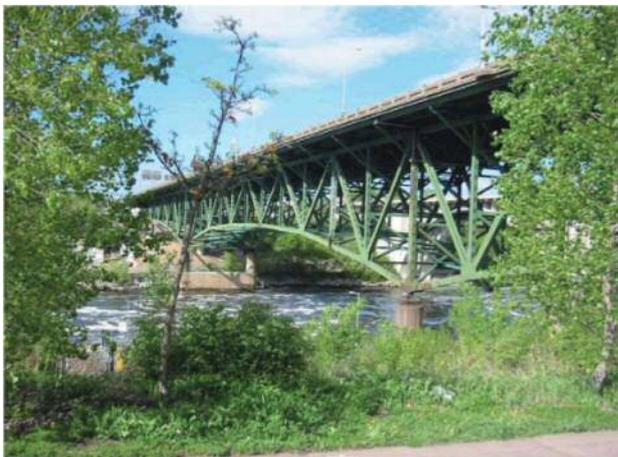


写真1 ミネソタの崩落前の鋼トラス橋 (I-35W)
(出典：ミネソタ大学)



写真2 I-35Wのガセットプレートの面外変形
(出典：MN/DOT)

見極めが大切である例を示す。2007年8月1日にアメリカのミネソタ州で起きた鋼トラス橋（写真1）の崩落事故である。この鋼トラス橋はトラスの格点部のガセットプレートに写真2のような面外変形があったのである。一見すると初期不整（初期たわみ）に見えるが実は力学的要因による。初期の不整であるのか、そうでないのか、この差を見極めるためには構造力学の知識が必要不可欠である。

また、木材では、接合部が弱点になる。実は鋼材も同じで、接合部が弱点になりやすい。溶接継手、ボルト継手、どれをとっても、接合時に継手固有の癖が出る。これらの癖をよく知って、鋼部材の構成を考える必要がある。日本でも明治時代に入って、トラスの格点構造をめぐってイギリス方式とアメリカ方式の技術的衝突があった。当時、イギリスは剛結式トラス（リベット結合）を採用し、アメリカはヒンジ式トラス（ピン結合）を採用するという技術的相違があった。鉄道事業は、イギリス人の指導下で開始されたこともあって、初期の鉄道橋は、イギリスからの材料輸入、イギリス人の技術指導で架設された。このため、トラスの格点構造は剛結であった。やがて、製作や架設技術との関連からヒンジ構造が理想的であるとの判断により、アメリカ方式の優位性が認められ、明治30年頃より、ヒンジ構造であるアメリカのピントラス（プラット式、クーパー式）に格点構造が変わった。しかしながら、大正時代に入ると、ピン結合の鉄道トラス橋は振動が大きく、欠陥を生じやすかったため、大正4年以降、格点構造はピンからリベット（剛結）へ移行した。それに伴い、プラットトラスからリベット結合に好都合なワーレントラスへとトラスの形式も再び移行し、道路橋もその傾向を引き継ぐことになった。このように常に良い構造を追求する習慣は時代を越えて続いている。新たな設計思想、求められる要求性能、新構造形式など、多様な鋼橋が造られる可能性が増している現在、先人に学ぶことは多い。

さらに、架設時の鋼材の癖が直接影響してくる時期は、補修・補強時である。鋼材を取り外したり、鋼材を取り付けたりするとき、鋼橋の現状が当初設計図とは違っていることに気づく。鋼橋の経年変化が現れてくるからである。経年変化によって、鋼部材は形状も応力状態も当初の設計図通りではない。癖を読み解いて、鋼橋の補修・補強を実施する必要がある。経年劣化には、当然、カタヨリやバラツキがあるので、鋼橋の初期状態に戻って、癖を見極め、補修・補強を行うことになる。このようにして、鋼材の癖が読み解ければ、耐荷性・耐久性・使用性を考える上で鋼橋のどこに注目すればよいかが自然に分かってくると思う。

癖を見抜く技を身につける方法の第一は、鋼橋が好きになることである。好きになるだけであれば、ベテランの技術者も若手の技術者も同じ土俵に立てる。作曲家のドボルザークは、大の鉄道愛好家であったので、走行中の列車のかすかな音の違いから列車の不具合に気づき、事故を未然に防いだという。好きこそものの上手なれである。癖を見抜く技術はひとえに技術者にかかっている。技術の継承あるいは若手技術者の育成では癖を見抜く技術の伝承が非常に大切である。したがって、日々の仕事の中で、若い技術者に鋼材の癖の見方を勉強する機会が与えられることが望まれる。やはり大工の匠の技と同じで、現場で現物の現状を見ないと癖を見る目は養えないように思う。この癖を見る目が、やがて、新たな鋼橋の長寿命化技術、そして新しい鋼橋の形を生み出すような気がしている。勿論、このイノベーションを担うのは、若い技術者であることは言うまでもない。鋼橋の未来が楽しみである。

本原稿は2017.2.16受領

イノベーション

宮地エンジニアリンググループ株式会社 取締役 石崎 浩



企業が持続的に発展していくためには、様々な意味で多面的なイノベーションを起こすことが不可欠である。この大きな命題の持つ意味を体系的かつ論理的に説明することは私には到底出来るものではないが、我々に身近な「技術」の分野について考えてみることにする。

イノベーションとは、一義的には「技術革新」を意味するが、広義には企業が持続的に発展し、少なくとも安定した経営を継続するためには、労働生産性を向上させることが何より求められ、業務改善はもとより働き方の効率化、さらには企業が生み出す製品やサービスの付加価値向上など多面的な革新をも意味するものと捉えたい。

イノベーションを英和辞典で調べてみると、「これまでなされなかったこと、経験されなかった、あるいは作り出されなかったようなものであること」とある。

イノベーションの父と呼ばれた経済学者ジョセフ・シュンペーターは、1912年に刊行された『経済発展の理論』第2章「経済発展の根本現象」で、経済成長を起動するのは企業家による新結合（ニューコンビネーション）だとしたのである。シュンペーターは新結合として、新しい生産物あるいはその新しい品質、新しい生産方法、新しい組織、新しい販売市場の創出、新しい買い付け先の開拓など5項目を挙げ、こうした新結合を遂行することがイノベーション（新機軸・革新）であるとした。

「イノベーションは知と知の組み合わせから生まれる」とその原理を唱え、さらには「既存の知と別の知を新しく組み合わせることによって新しい知が生まれる」と説く。

新しいアイデア、我々にとっては新しい技術というものをゼロから生み出すのは、非常に難しい。技術に限って言えば、ほとんどの新しい技術は、ある既存の技術と異なる分野の技術の組み合わせにより生まれている。ある一定期間同じ分野の仕事に携わっていると、自分に関係するもの、認知できるものしか視野には入らず目の前の組み合わせにのみ終始

していないだろうか。

ここからイノベーションは生まれてこないはずである。

一方で我々の世界では、「技術の伝承」が叫ばれてきた。これは、技術のエッセンス、その本質を伝承してゆくべきもので、技術の肝となるところを知らずして、別の分野の技術と組み合わせることなど出来るはずがないのであり、「技術の伝承」はイノベーションを推し進めてゆく上での太い幹であると考えねばならない。

我々にとって根幹となる技術において、いかにしてイノベーションを起こすことができるのだろうか。その答えは「身の回りではなく、しかも別の異なる分野に目を向けること」ではないだろうか。直ぐ近くにあるものを組み合わせるのではなく、全く関係がなさそうなところにある知恵と自分が持っている知恵を組み合わせる方がInnovativeなものが生まれる可能性は高いと考えられる。

一方で、公共事業に重心を置く我々の業界では、過去の経験・実績、長年かけて積み上げられてきた技術基準などによって技術の伝承がなされてきた。これらがイノベーションを阻むことにもなりかねない。この二律背反の命題に取り組むためには、発注者である官は規制緩和を進め、また受注者である民はInnovativeな発想の出来る技術者を育て、官民一体となったイノベーションに挑まなければならない。

トヨタ自動車豊田章男社長は、今年の入社式で「就職して安泰と思わず、未来を切り拓くことが皆さんの使命と考えてほしい。挑戦しなければ自分たちの未来はない」と述べられたそうである。

イノベーションを起こすことは、これまでにない新しい技術への挑戦であり、新しい分野、新しい考え方に踏み込むことである。そこには、失敗はつきものであり、この失敗を恐れては挑戦はできない。特に若い技術者は、失敗を恐れず挑戦してほしい。そこから、様々なイノベーションが湧き上がってくるはずである。

国道3号鳥栖久留米道路の筑後川橋の架設工事

Erection Work of Chikugo River Bridge on National Route No. 3 Tosu-Kurume Road



永井大策*¹
Daisaku NAGAI



宇佐美隆宣*²
Takanori USAMI



赤池武幸*³
Takeyuki AKAIKE



瀬尾隆征*⁴
Takayuki SEO

要 旨

鳥栖久留米道路は久留米市内の交通の整流化を目的として整備されており、本工事では九州最大河川の筑後川を渡河する橋長390.5mの鋼5径間連続非合成3主箱桁橋の施工を実施した。河川区域内における比較的大きな橋梁構造であるため、施工計画立案時に環境への配慮、主桁の品質・出来形の確保、仮設備安全性、施工性を重点的に検討し、工事受注時の問題を解決した。

キーワード：環境への配慮、品質の確保・出来形の確保

1. はじめに

本工事は、福岡県久留米市内における国道3号の負荷の軽減と、久留米市街地における交通を整流化するために計画された一般国道3号鳥栖久留米道路の筑後川渡河部における鋼連続箱桁橋の上部工架設工事である。

本橋の現場施工は二非出水期に分けて行い、第一非出水期施工で実施したクローラクレーンベント・横取り併用工法、そして第二非出水期で実施した送出し・降下架設工法について、本稿で報告する。

2. 工事概要

- (1) 工 事 名：福岡3号 筑後川橋上部工工事
- (2) 発 注 者：国土交通省 九州地方整備局
- (3) 工事場所：福岡県久留米市宮ノ陣地先
～東合川干出町地先
- (4) 工 期：自) 平成25年11月14日
：至) 平成28年 6月30日
- (5) 橋梁形式：鋼5径間連続非合成3主箱桁橋
橋長390.5m (77.1m+3@77.7m+77.9m)
幅員21.5m
全体鋼重3,420t



図一 位置図



写真一 着工前写真

*¹ 関西支社関西計画部関西橋梁計画グループ主任

*² 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ主任

*³ 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ主任調査役

*⁴ 関西支社関西工事部関西建設工事グループ現場所長

3. 本工事の特徴

- (1) 架設工事は、河川区域への仮栈橋設備、杭基礎式ベント設備および送出し架設用設備の設置が必要であったため、水質汚濁防止等による環境維持が求められた。
- (2) 支間長も長く、主桁の単位重量も大きくなることから、送出し架設時における主桁本体への補強対策、架設用設備の安全対策が課題となった。

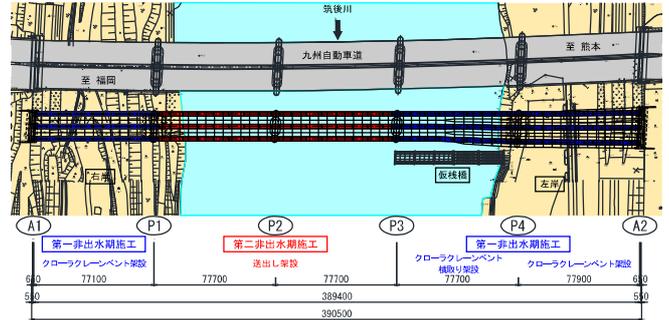


図-2 施工範囲図

4. 第一非出水期施工方法

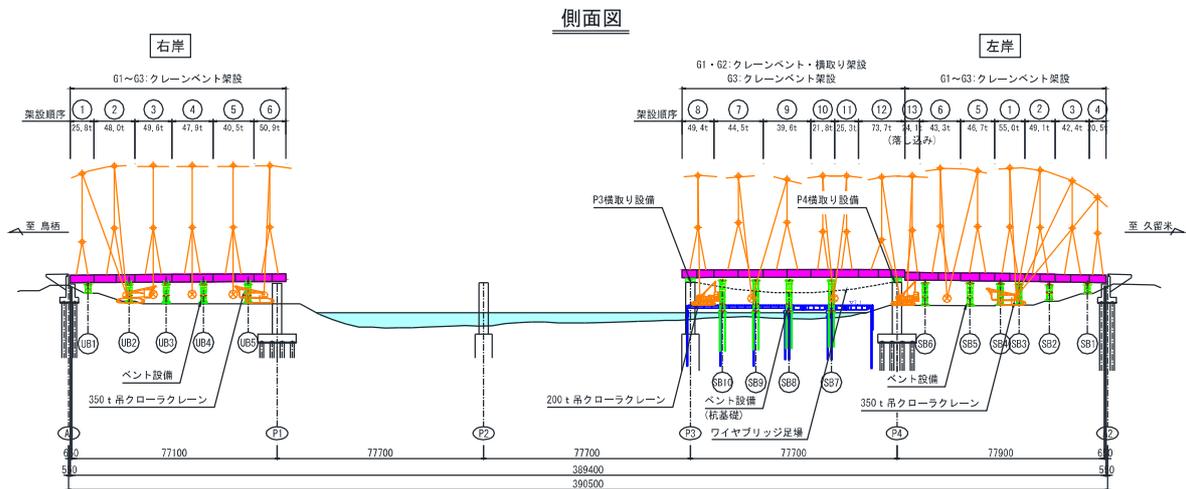
河川高水敷部：A1橋台～P1橋脚、P4橋脚～A2橋台
 クローラクレーンベント架設

- 1：作業ヤード整備
- 2：平板載荷試験
- 3：ベント設備組立
(右岸：5基×3主桁分 左岸：6基×3主桁分)
- 4：主桁架設

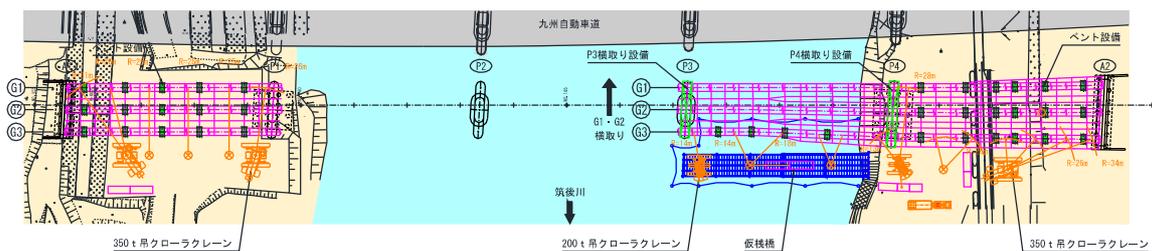
河川流水部：P3橋脚～P4橋脚

クローラクレーンベント・横取り架設

- 1：仮栈橋設置
- 2：ワイヤブリッジ組立
- 3：ベント設備組立 (4基)
- 4：横取り設備組立
- 5：G1主桁架設
- 6：G1主桁横取り
- 7：G2主桁架設
- 8：G2主桁横取り
- 9：G3主桁架設



側面図



平面図

図-3 架設計画図

(1) 河川高水敷部の架設

作業ヤード整備後、クレーン据付位置での平板載荷試験を行い、クレーン作業時最大接地圧以上となる必要地耐力を確認した後、350t吊クローラクレーンで主桁架設(写真-2)を行った。



350t吊クローラクレーン

ペント設備

写真-2 架設状況

(2) 河川流水部の架設

施工計画検討の結果、大型クレーンによる高水敷部からの主桁ブロックの架設では、大きな作業半径となることから定格荷重不足となり、架設作業は不可能であった。そのためP3橋脚～P4橋脚間の河川流水部にクレーンヤードとして、仮栈橋設備(写真-3)を設置することとし、クレーンペント架設を行う計画とした。加えて、横取り架設工法(図-4、写真-4)を採用することで、ペント設備を1主桁分のみに縮小することが可能となり、杭施工本数の削減を図るとともに、杭の打設および引抜作業で発生する汚濁水の発生を軽減することができた。



パイプロハンマ

写真-3 仮栈橋施工状況

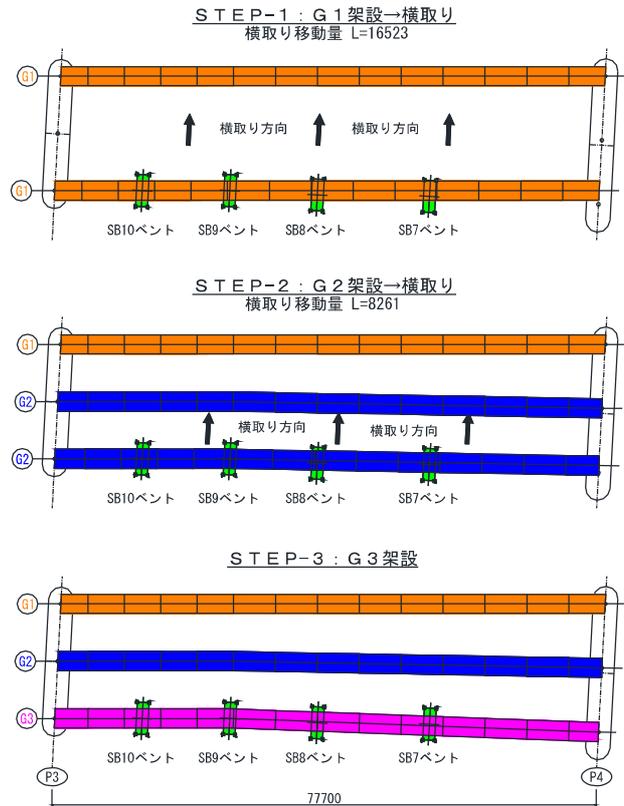


図-4 横取り架設ステップ図



横取り方向→

ペント設備

横取り設備

写真-4 横取り状況

主桁架設完了後、全ての架設用設備解体を第一非出水期内で完了した。

5. 第二非出水期施工方法

- | | |
|----------------------|----------|
| 1：P1～P2～P3ワイヤーブリッジ組立 | 7：主桁組立 |
| 2：A1～P1、P3～P4軌条設備組立 | 8：主桁送出し |
| 3：A1～P1、P3～P4台車設備組立 | 9：降下設備組立 |
| 4：たわみ防止用ペント設備組立 | 10：主桁降下 |
| 5：P1、P2、P3送出し設備組立 | 11：付属物工 |
| 6：手延べ機・連結構組立 | |

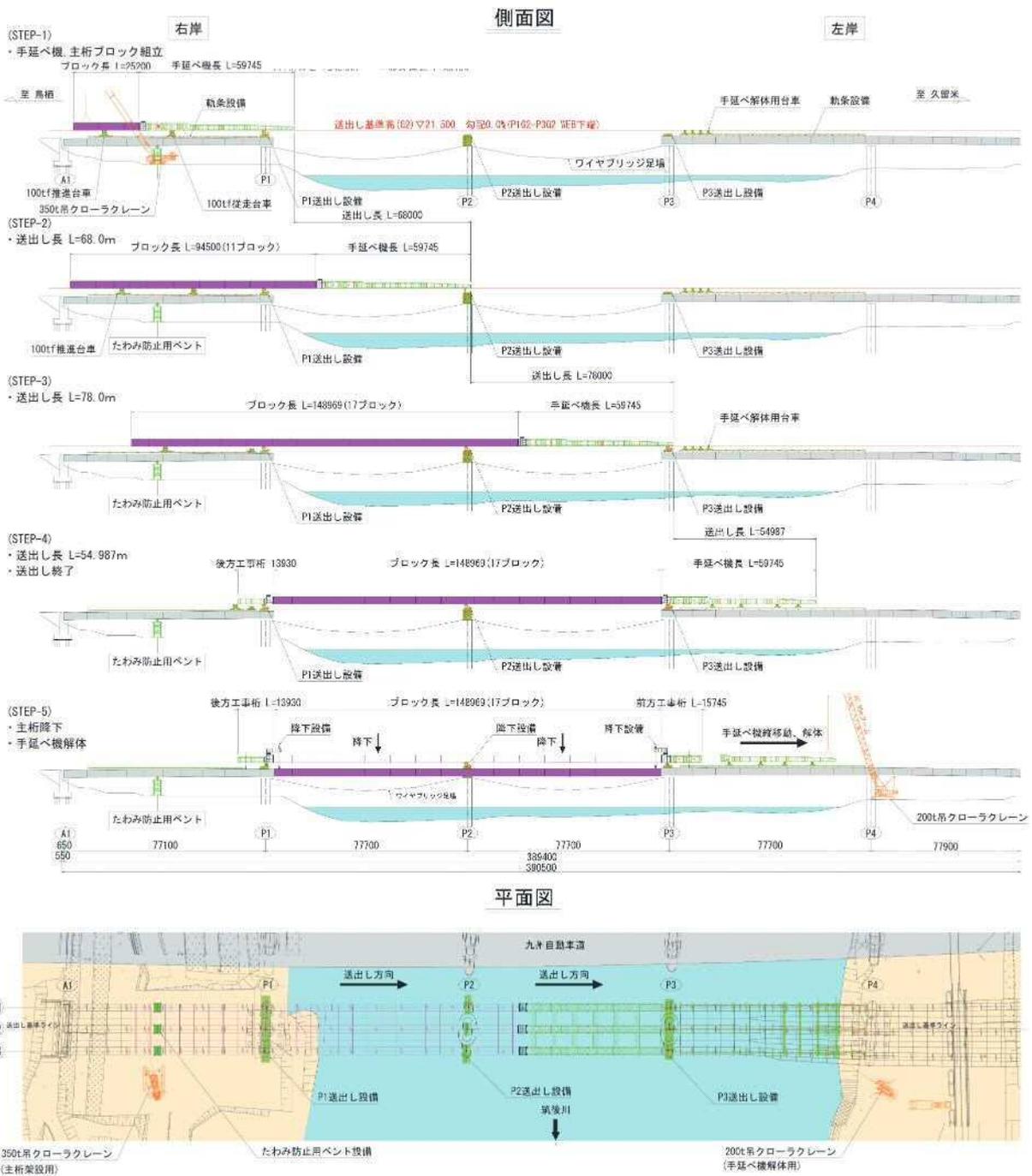


図-5 架設計画図

(1) 主桁補強検討

送出し架設範囲はP1橋脚～P3橋脚であり、支間長が77m～78mと長いことから、それに伴い架設時における手延べ機+主桁張出長も大きくなり、手延べ機の橋脚到達前の発生曲げモーメントは、当初設計における主桁断面での抵抗曲げモーメントをオーバーする結果となった(図-6)。そこで、完成系における主桁断面の見直しを図り、主桁フランジ板厚アップおよび縦リブの追加設置に加え、鋼材の材質をSM490Y材からSM570材にアップすることで、主桁本体の強度を引き上げた。その結果、発生曲げモーメントは、抵抗曲げモーメントの約8割程度に抑制された。

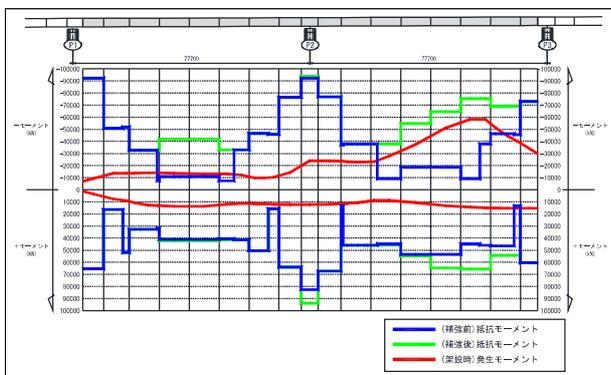


図-6 主桁モーメント比較図

(2) 軌条設備組立

第一非出水期で架設したA1橋台～P1橋脚間の既設桁上に写真-5に示す軌条設備を設置し、主桁の組立・送出しヤードとして使用する計画とした。その際、軌条設備の滑動防止設備として、主桁上フランジにピースを追加溶接して軌条設備とボルトで固定する方法を検討したが、軌条設備解体後のピースのガス切断による上フランジ面の塗膜損傷、切断後に行うグラインダー仕上げによる鉄粉の流水部への飛散が予想されたため、ピンチプレート(写真-6)を採用し、主桁と軌条設備を機械的に挟み込み固定することで、主桁の品質確保と河川内環境の維持に努めた。

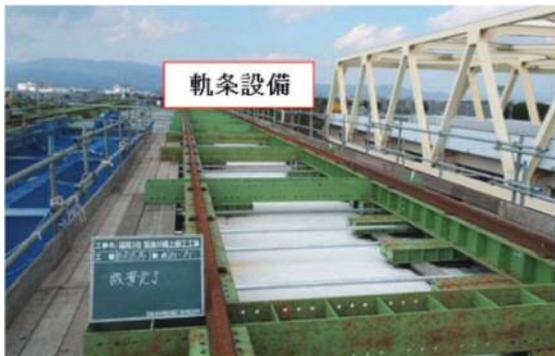


写真-5 軌条設備



写真-6 軌条設備固定状況

(3) 台車設備組立

軌条設備上へ推進台車1基、従走台車1基、組立台車2基を設置した。推進台車の駆動力として油圧式水平ジャッキ(写真-7)を取付けた。



写真-7 推進台車設備

(4) たわみ防止用ベント設備組立

A1橋台～P1橋脚間の軌条設備は既設桁上に設置しているため、送出し架設する主桁ブロックは台車設備での支持状態となり、その結果として既設桁へ集中荷重として載荷されることになる。その場合、既設桁のたわみ量は、許容値をオーバーする結果となり、何らかの対策が必要となった。そこで、この過大なたわみ量を低減するため、既設桁支間中央部にたわみ防止用ベント設備(写真-8)を設置し、既設桁の支持間隔を半減することで、発生するたわみ量を1/8に低減して既設桁の強度を確保した。



写真-8 たわみ防止用ベント設備

(5) 送出し設備組立・主桁送出し

送出し設備は、台車移動時の送出しピッチと同様にする必要があるので、油圧式水平ジャッキを使用し、送出す方法（写真-9、10）とした。また最大曲げモーメントが発生する架設ステップでは、1主桁最大反力は4000kN \approx 400tとなるため、橋脚上の送出し設備自体への影響も大きく、軽微な施工誤差に起因する荷重集中による設備自体の座屈の恐れがあるため、デジタル荷重計を使用し、リアルタイムに反力確認を行える状態を整備した。

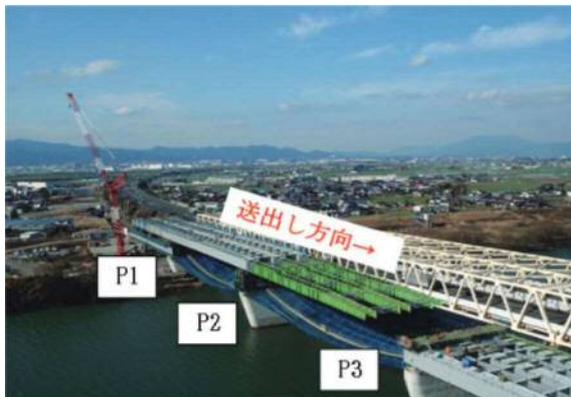


写真-9 送出し架設状況

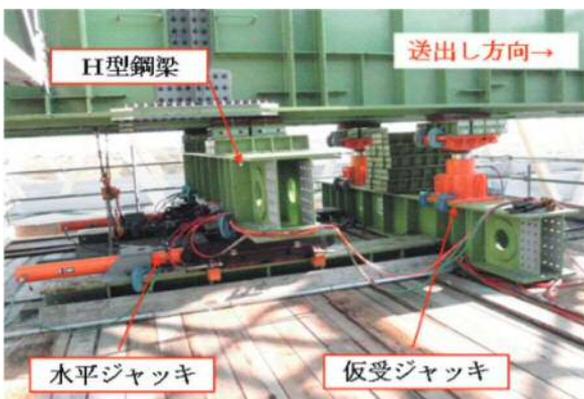


写真-10 送出し設備

(6) 降下設備組立・降下

送出し完了後、降下設備としてP1・P3橋脚へは1000kNワイヤークランプ装置（写真-11）、P2橋脚は3000kN油圧式鉛直ジャッキを設置し、降下作業（降下量：約5.4m）を行った。



写真-11 降下設備

6. おわりに



写真-12 完成写真

本工事は、九州最大河川の筑後川を跨ぐ一般道路橋の架設工事であり、鋼桁の工場製作から架設完了まで2年7ヶ月におよぶ工事であったが、現地施工期間中は幸い、雨、風、地震の影響もほとんど受けず、無事故で無事に平成28年6月に竣工を迎えることができた。

この工事を進めるにあたり、国土交通省九州地方整備局福岡国道事務所ならびに筑後川河川事務所の方々をはじめ、共同企業体構成員であるエム・エムブリッジ(株)、協力会社関係各位に深謝する次第であります。

2017.1.10 受付

羽川こ線橋架設工事

Erection Work of Hanekawa Overpass



渡邊和広*¹



角岡清*²



根本大*³



吉田友和*⁴



出口哲義*⁵

要旨

国道7号下浜地区は、秋田市の最南端に位置し、秋田県内でも最大級の海水浴場利用者数を誇る下浜海水浴場、桂根海水浴場を有する地域である。この地域の道路幅員は狭い上に、沿道に民家が連なるため、近年の交通需要増加に伴い、道路交通の混雑、沿道環境が悪化している。また冬期はトラックで運搬除雪を必要とするため、主要幹線道路としての機能が著しく低下している。下浜道路事業は、交通混雑の解消、沿道環境の改善、歩行者の安全確保を図るために、バイパスの整備を行う工事である。本稿では下浜道路事業のうちJR羽越本線（道川～下浜間）上、および国道7号線上の上部工架設工事に関わる施工について報告する。

キーワード：曲線桁の連続送り出し、送り出し時の高さ調整

1. はじめに

羽川こ線橋は、下浜道路事業のうちJR羽越本線道川～下浜間上と交差する部分に位置する橋梁である。

羽川こ線橋のうち、国道7号線を跨ぐA1～P1は国土交通省発注工事、JR奥羽本線を跨ぐP1～A2は東日本旅客鉄道発注工事であった。



図-1 位置平面図

2. 工事概要

(1) A1～P1（国交省区間）

工事名：羽川こ線橋上部工工事

発注者：国土交通省 秋田河川国道事務所

工期：平成26年7月19日～平成28年11月18日

架設工法：トラッククレーンベント工法

(2) P1～A2（JR区間）

工事名：道川・下浜間羽川こ線橋新設工事

発注者：東日本旅客鉄道株式会社 秋田支社 設備部

請負者：鉄建・佐々木組共同企業体

工期：平成26年8月～平成29年1月

架設工法：手延べ式送り出し工法

(3) 橋梁概要

工事場所：秋田県秋田市下浜羽川地内

橋梁形式：2径間連続非合成鋼箱桁橋

橋長：145.1m（CL上）

支間長：50.300m+92.800m（CL上）

鋼重：670.93t

*¹ 工事本部建設工事事務所建設工事事務所グループリーダー

*² 工事本部橋梁工事事務所橋梁工事事務所グループ現場所長

*³ 工事本部建設工事事務所建設工事事務所グループ主任

*⁴ 計画本部計画部建設計画第1グループサブリーダー

*⁵ 計画本部計画部橋梁計画グループサブリーダー

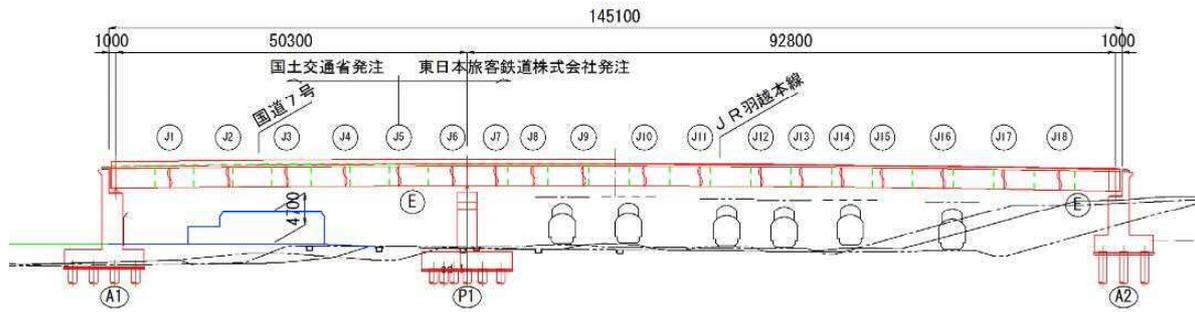


図-2 橋梁一般図

3. 本工事の特徴

- ① JR羽越線、国道7号線を跨ぐ橋梁である。
 - ② 本橋は直線～曲線桁であるが送り出しは直線で行う。
 - ③ P1～A2間が92.8mあり桁のキャンバーが大きい。
- 以上を踏まえ施工計画・現場施工を行った。

- ① 軌条設備組立
- ② 送り出し設備組立
- ③ 第1回主桁組立工
- ④ 手延べ機・連結構設置
- ⑤ 線間バント組立
- ⑥ 第1回～2回主桁送り出し
- ⑦ 第2回主桁組立
- ⑧ 後部桁設置
- ⑨ 第3回～7回主桁送り出し
- ⑩ 降下設備工
- ⑪ 主桁降下工

4. JR区間の架設方法

本橋梁の2径間のうち、東日本旅客鉄道（以下JR）発注のP1～A2間は、JR羽越線直上であるため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。

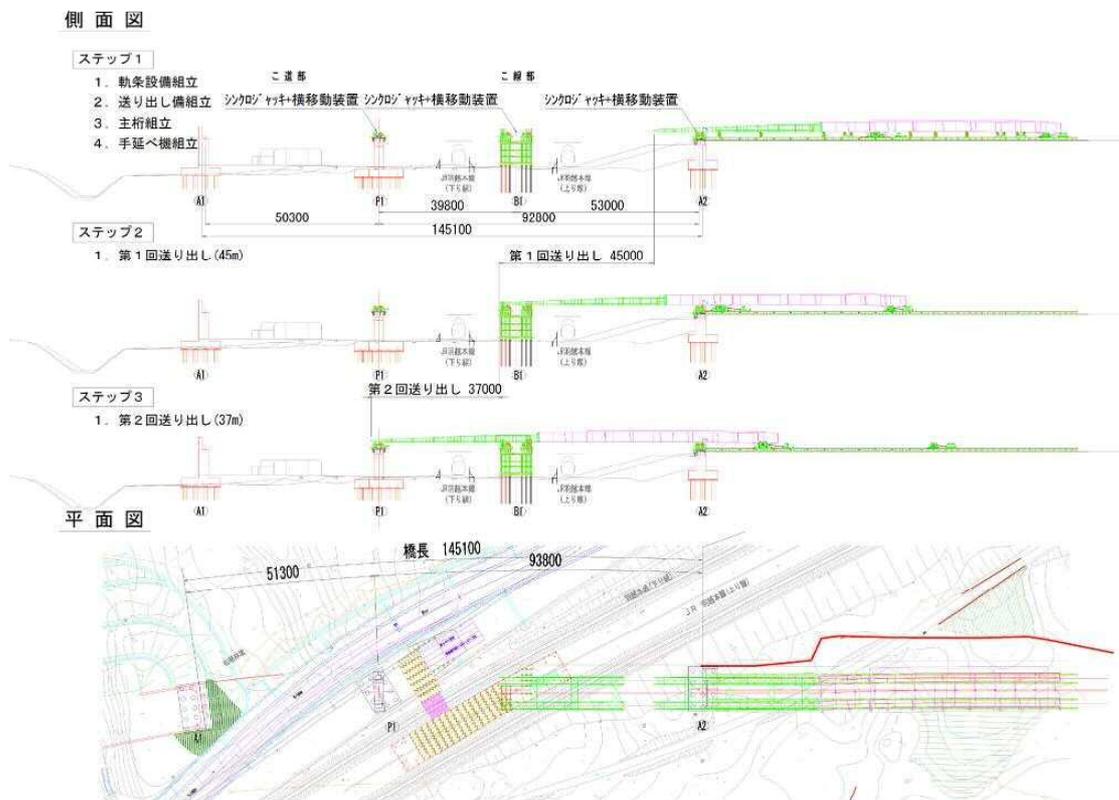


図-3 架設計画図（その1）

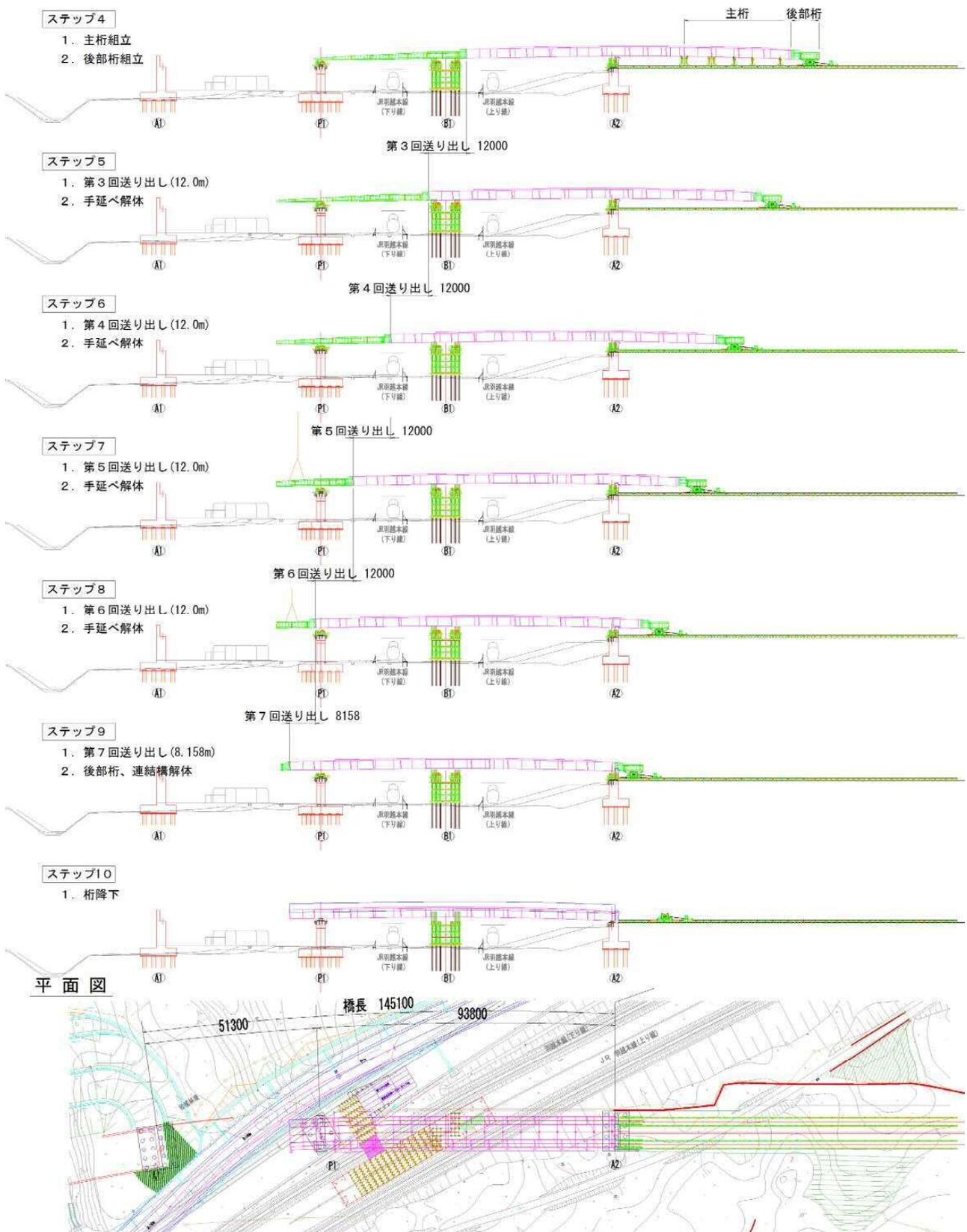


図-4 架設計画図 (その2)

(1) 軌条設備

軌条設備は、砕石上に敷鉄板基礎と枕梁、軌条桁および37kgレールで構成し、4軌条の構造とした。

軌条設備の組立時には横断勾配、縦断勾配がともにLEVELになるように管理し、枕梁と軌条桁の間にライナープレートを設置し高さ調整をした。

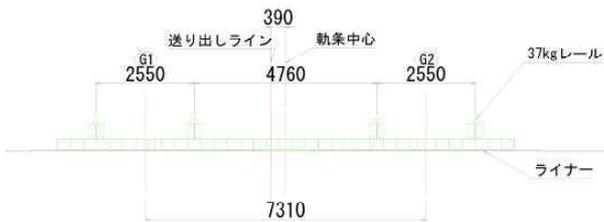


図-5 軌条設備図(断面図)

(2) 主桁・床版・手延べ機

主桁および手延べ機組立、床版設置は200t吊クローラクレーンを使用して行った。



写真-1 桁組立状況



写真-2 手延べ機組立状況

(3) 主桁送り出し

送り出し作業はJR羽越本線のキ電停止間合いで施工しなければならない。

第1回の送り出しは到達するまで45mあるため、自走台車および従走台車による送り出しとした。



写真-3 第1回送り出し完了

第2回以降の送り出しは自走台車に取り付けた水平ジャッキにより送り出しを行った。

①各支点上はシンクロジャッキにより主桁ウェブ位置で仮受している。本橋は2主桁の箱桁で $R=430m \sim A=180m \sim R=\infty$ の直線～曲線桁であることからシンクロジャッキの仮受位置もそれに追従させる必要がある。そこで、シンクロジャッキの下にジャスコロと水平ジャッキを設置することで、追従できるようにした。



写真-4 シンクロジャッキ

②桁の支間長が長いのでキャンバーが大きい。そのため送り出し途中でシンクロジャッキの高さ調整が必要になる。そこで、各ステップ毎の送り出し完了時にシンクロジャッキの下のサンドルで高さ調整を行った。



写真-5 シンクロジャッキ高さ調整

③送り出しは直線で行うことから、シンクロジャッキを送り出しラインと並行設置したままだと仮受位置からずれてしまう。そのためシンクロジャッキを回転させるプレートを製作し、桁の曲線とシンクロジャッキが平行になるようにした。

④送り出し時は支点の変動により設計反力を超過する可能性があるため、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事としたが、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た。

⑤手延べ機の解体は国道7号上空近辺に手延べ機が位置するため送り出しステップ毎に道路を片側通行止めにして行った。

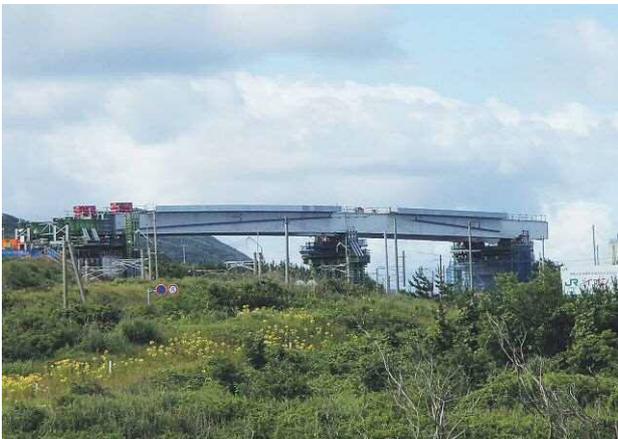


写真-6 送り出し完了

5. 国土交通省区間の架設方法

国土交通省（以下国交省）区間であるA1～P1については、国道7号線を跨ぐため、仮設支持状態で第三者を通行させることは安全上のリスクが高い。このため、架設工法は国道上を落とし込み架設とした。また、作業ヤードが狭隘であるため、国道の線形を修正し、作業ヤードの構築をおこなった。施工順序は以下の通り。

- ①道路線形修正
- ②B1ベント設備組立
- ③G1A1～J3ブロック架設
- ④G1J3～J5ブロック落とし込み架設（夜間通行止め）
- ⑤B2ベント設備組立
- ⑥G2A1～J3ブロック架設
- ⑦G2J3～J5ブロック落とし込み架設（夜間通行止め）
- ⑧横桁架設（夜間通行止め）

(1) ベント設備組立

ベント設備は、歩道部にガス管が埋設されており、移設が困難だったため、基礎部分に大梁を用いた構造とした（図-6、写真-7）。

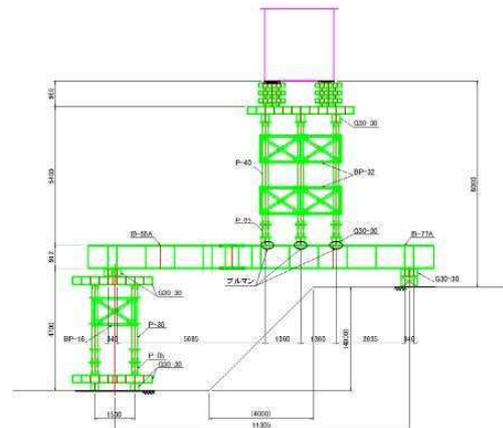


図-6 ベント設備図



写真-7 ベント設備

(2) 主桁架設

鋼桁の架設は、秋田～山形をつなぐ国道7号線を跨ぐため、通行止め規制時間は交通の影響を考慮して3時間と設定した。架設作業は、300t吊オールテレーンを使用し、架設を行った（図-8、写真-8）。

J5～A2間はすでに送り出しで架設済みであったため、事前にJ5の測量を実施し、仕口調整を実施した。特に、本橋梁は、支間長がA1～P1の50.3mに対し、P1～A2は92.8mとなっているため、P1～A2間の中央付近に線間ベントを残置し（図-7）、J5の仕口角度をほぼ鉛直に調整した。

架設時には、A1～J3ブロックを20mm程度のセットバックを行い、ワーキングスペースを確保して、J3～J5ブロックの架設時に送り装置にて縦送りを実施した。

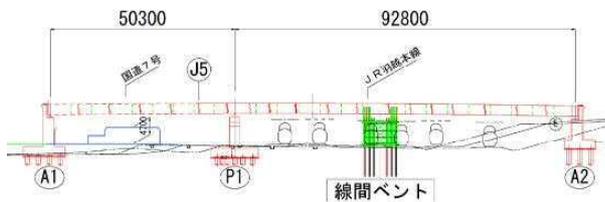


図-7 線間ベント位置図

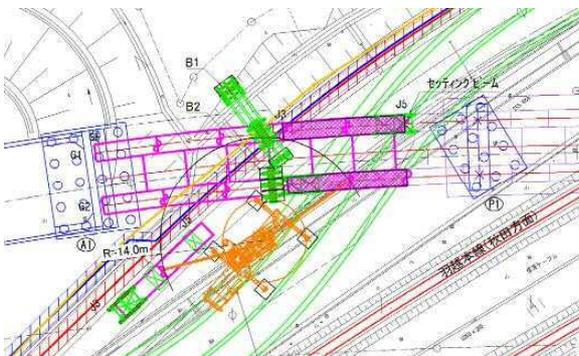


図-8 架設要領図



写真-8 架設状況写真



写真-9 架設完了

6. おわりに

本工事はJR羽越線及び国道7号線を跨ぐ橋梁の工事であり、P1～A2においては、JR羽越線のみでなく、国道7号線も含めた作業制限が非常に多い中での手延べ送り出し工事であった。また、A1～P1においても、国道7号線を通行止めとして架設を行うため、短時間でかつ確実な作業が求められた。

特に、送り出し時の支点部にジャスコロを設置することで、ジャスコロ設備上のシンクロジャッキが桁の仮受位置の変化に追従できるため、連続的な送り出しが可能となること、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、本工事は、それぞれの支間で発注者が異なっていたため、全体工程の調整や線間ベントの残置など、様々な調整作業がありましたが、国土交通省東北地方整備局秋田河川国道事務所、東日本旅客鉄道株式会社、鉄建建設・佐々木組JVの関係者の皆様にご指導いただき、円滑に作業を進めることができました。深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

2017.1.10 受付

身延線今川トラス架設工事報告

Report on the Erection Work of Minobu Line Imagawa Truss



吉田 友和*1
Tomokazu YOSHIDA



大徳 貴志*2
Takashi DAITOKU

要 旨

本工事は、山梨県鎌田川河川改修事業に伴い、鎌田川と交差する身延線甲斐上野・東花輪間74km380m付近の今川橋りょうと早壺川橋りょうをスパン64.2mのトラス橋に架け替える工事である。

河川改修を行う背景としては、鎌田川は下流側で笛吹川と合流するが、鎌田川は笛吹川よりも低い位置を流れているため、逆流水（水が高い位置から低い位置へ流れる現象）の影響で、市街地で水害が起きている。また、近年市街化が進んでいることもあり、河川改修を行うこととなった。

キーワード：トラス橋、架け替え

1. はじめに

トラス橋架け替えに先立ちA1・A2橋台を構築する為に、線路脇にある作業構台上でA1工事桁・A2工事桁の地組を行いA1工事桁は今川橋りょうを一部切断、撤去後横取架設を行い、別日でA2工事桁は盛土区間を掘削後、横取架設を行った。（図-1、図-2）

橋台構築後、トラス桁を作業構台上で地組し、2016.10.1夜間拡大線路閉鎖間合い（11時間）で今川橋りょう、早壺川橋りょう、A1工事桁、A2工事桁を大型クレーンで撤去しトラス桁の横取架設を行った。（図-3）

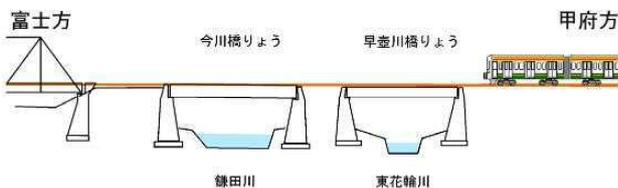


図-1 当初

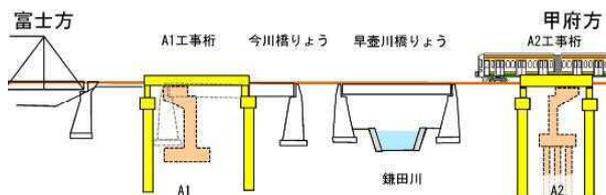


図-2 工事桁架設

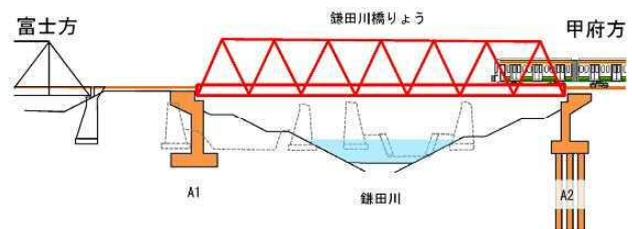


図-3 完成

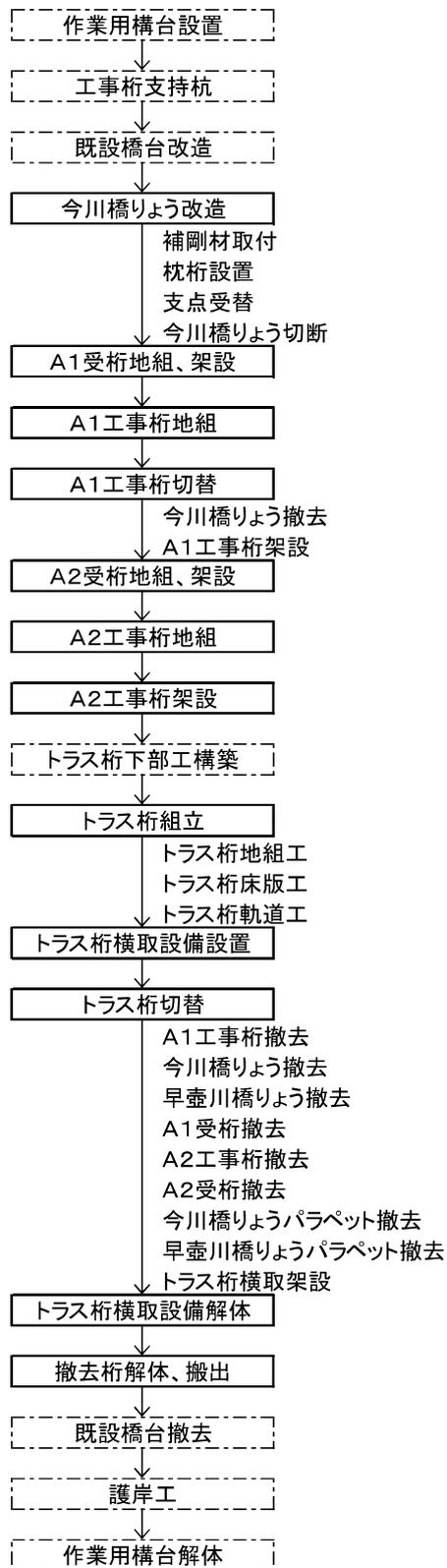
2. 工事概要

- (1) 工 事 名：身延線今川B改築ほか (2) 工事
- (2) 施工場所：山梨県中央市大田和地先
- (3) 工 期：工事桁架設
平成26年8月～平成27年3月
トラス桁架設
平成27年11月～平成28年10月
- (4) 発 注 者：東海旅客鉄道株式会社 建設工事部
- (5) 請 負 者：名工建設(株)前田建設工業(株)共同企業体
- (6) 橋梁形式：単純下路トラス桁
(コンクリート床版・有道床)
- (7) 橋 長：65.5m
- (8) 鋼 重：231t
- (9) 横取重量：860t

*1 計画本部計画部建設計画第1グループサブリーダー

*2 工事本部建設工事部建設工事グループ現場所長

3. 施工フローチャート



※ [] : 施工範囲外

4. A1工事桁切替

(1) 今川橋りょう撤去

既設の今川橋りょう撤去時、トロリー線のある状態での撤去作業となる。撤去方法は架線を引込みクレーン撤去や横取り等検討したが、コスト・作業時間の面よりコの字天秤を使用してクレーン撤去を行った。



写真-1 今川橋りょう撤去

(2) A1工事桁架設

構台上で工事桁の地組を行い、100tスライドジャッキ、15t水平ジャッキを使用して横取架設を行った。

スライドジャッキ後方の水平ジャッキを使用して横取を行うが、緊急時に備えて前方にも予備の水平ジャッキを設置した。(図-4、写真-3)



写真-2 A1工事桁地組完了

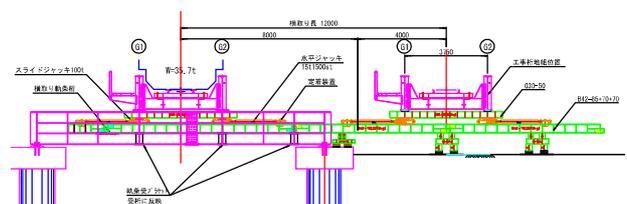


図-4 横取設備



写真-3 横取ジャッキ



写真-6 A2工事桁架設完了



写真-4 A1工事桁架設完了

5. A2工事桁切替

A1工事桁と同様に構台上で地組後、横取架設を行った。



写真-5 A2工事桁地組完了

6. トラス桁組立

(1) トラス桁地組

下部工構築後、トラス桁の地組を行った。

地組は下弦材を先行して行い、キャンバー調整後、斜材・上弦材の組立を行った。(写真-7)

斜材には計画段階で事前に足場用吊金具を設置し、昇降タラップが設置できるようにしてあり、地上で昇降タラップを取り付けて斜材設置後の玉掛解体や上弦材の添接作業に使用した。(写真-8)

上弦材の吊足場は、なるべく地上で組立を行い高所での足場組立作業が少なくなるように配慮した。

(写真-9、写真-10)



写真-7 下弦材組立

(2) 床版打設、軌道設置

トラス桁地組後、床版打設を行い、JV施工で軌道設置を行った。



写真-8 タラップ使用状況



写真-11 トラス桁地組完了



写真-9 上弦材吊足場地組

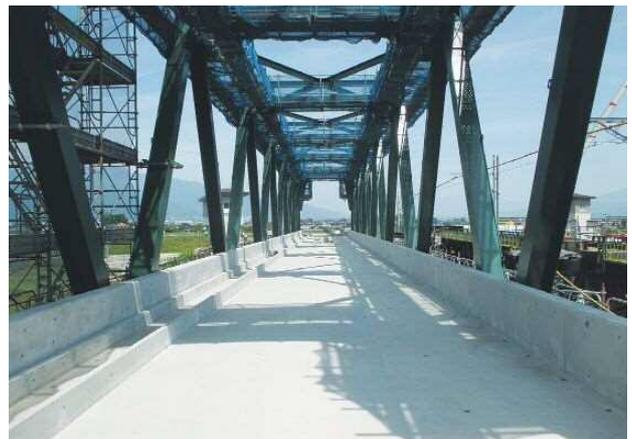


写真-12 床版打設完了



写真-10 上弦材吊足場地組



写真-13 軌道設置完了

7. 横取設備組立

(1) 軌条桁・滑り架台設置

地組したトラス桁下に軌条桁、滑り架台を設置した。

(写真-14)



写真-14 軌条桁設置

(2) 横取用ジャッキ設置

横取用ジャッキは50t水平ジャッキ2台、200tスライドジャッキ4台を使用し、工事桁横取時と同様に緊急時用にスライドジャッキ前方に予備ジャッキを設置した。

(図-5、写真-15)

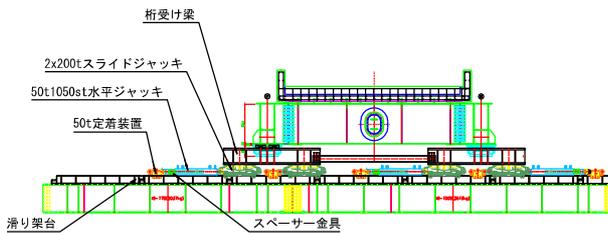


図-5 横取用ジャッキ



写真-15 ジャッキ設置完了

8. 既設桁縁切り確認

既設橋りょう（今川橋りょう、早壺川橋りょう）は昭和初期に架設された橋りょうで、老朽化がひどく撤去時に縁切りできない恐れがあった為、事前に夜間線閉作業で油圧ジャッキによりジャッキアップを行い、縁切りができる事を確認し、トラス桁切替時の時間を短縮した。

(写真-16)



写真-16 既設桁縁切り確認

9. トラス桁切替

2016.10.1（土）から10.2（日）にかけてJR身延線を上下線19本（上り8本、下り11本）をバス代行にして、拡大線路閉鎖間合い（約11時間）で既設橋りょう、既設パラペット及び工事桁、受桁の撤去、トラス桁の横取架設を行った。



写真-17 架設前

(1) 既設橋りょう、既設橋台、工事桁、受桁撤去

撤去作業はJR身延線を挟んで上流側に200t吊クローラークレーン3台、下流側に120t吊クローラークレーン1台、70t吊クローラークレーン1台を使用し、各箇所一斉に撤去を行った。(図-6)



図-6 クレーン配置図



写真-18 今川橋りょう撤去



写真-21 A1受桁撤去



写真-19 早壺川橋りょう撤去



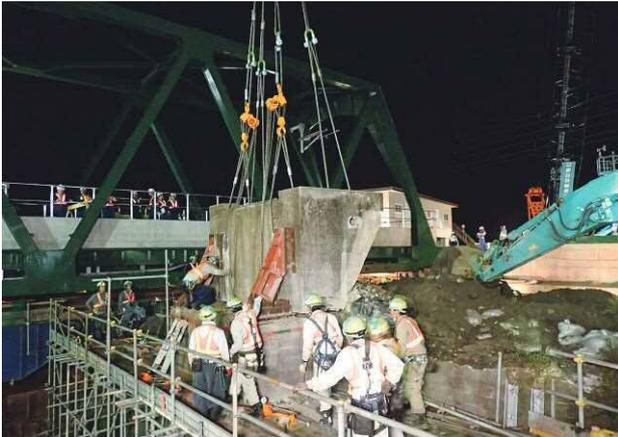
写真-22 A2工事桁撤去



写真-20 A1工事桁撤去



写真-23 A2受桁撤去



写真一24 既設橋台撤去

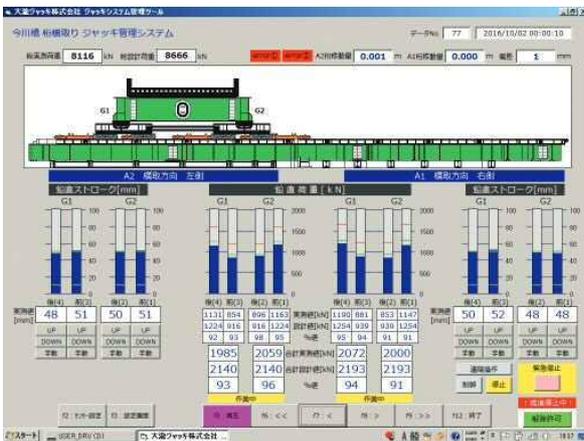


写真一26 トラス桁架設完了

(2) トラス桁架設

横取時、軌条桁のたわみ、ベントの沈下等により反力のバランスが崩れることが考えられる為、荷重の不均等が計画値を上回らないように各ジャッキに圧力変換器を設置し、計測室のパソコン上に表示して計測・管理を行った。

管理上限値（計画値の120%）、警報上限値（計画値の130%）を設け、管理上限値を超えた場合は黄色表示となり、警報上限値を超えた場合は赤色表示となり自動停止するように設定し横取りを行った。（図一7）



図一7 計測画面

10. あとがき

本工事は、トラス桁の活線での切替工事はJR東海としては30年ぶりということもあり、架設前から大変注目される現場であったが、関係各位の協力を得て無事に期限内に完了することができました。

また平成26年8月より着手し平成28年11月まで無事故・無災害で完工することができたのは、東海旅客鉄道(株)建設工事事部、名工建設(株)・前田建設工業(株)共同企業体今川作業所の方々の指導、各協力業者の協力があったからこそであり、この誌上を借りてお礼申し上げます。



写真一27 現況



写真一25 トラス桁横取

2017.1.10 受付

山田線第34閉伊川橋りょう復旧工事

Disaster Relief Work of Heigawa Bridge on Yamada Line No. 34



保坂 樹*¹
Itsuki HOSAKA



秋葉 友展*²
Tomonobu AKIBA



佐直 信次*³
Nobutsugu SAJIKI

要 旨

本工事は東日本大震災の津波により甚大な被害を受けた山田線の河川を跨ぐ線路橋を復旧する工事であり、吊上げ台車工法により行った新桁の架設を工事について報告する。

キーワード：震災復旧，吊上げ台車

1. はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災の津波により甚大な被害を受けたJR山田線は、震災後盛岡～宮古間のみが営業運行し、宮古から太平洋沿岸に沿って南下する釜石までの区間は不通となっている。

本工事は、2015年3月にJR東日本・地元自治体・三陸鉄道で鉄道復旧に関する基本合意書・覚書を交わし、3月7日より復旧工事着手となった最初の工事である。

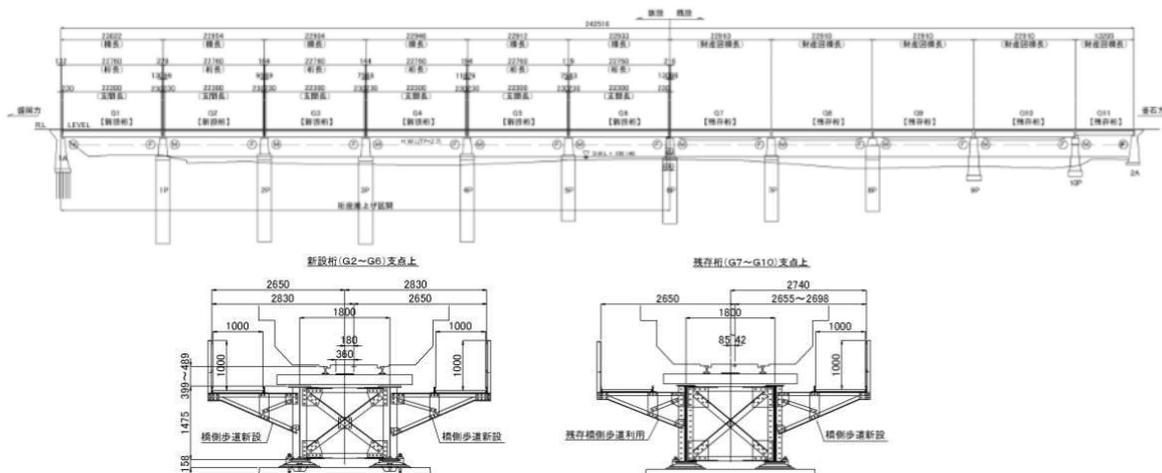
本文では津波により流失した起点方6連の吊上げ台車工法による新桁架設を中心に、復旧工事について報告する。



写真一 盛岡方桁流失状況



写真二 釜石方残存桁



図一 橋梁一般図

*¹ 工事本部建設工事部建設工事グループ副主任
*² 計画本部計画部建設計画第1グループ副主任

*³ 計画本部計画部部長代理

2. 工事概要

- (1) 工 事 名：東北地方太平洋沖地震に伴う災害復旧
(山田線復旧)
- (2) 施工場所：岩手県宮古市藤原上町地内
山田線 盛岡起点101k612m付近
- (3) 工 期：平成27年5月15日～平成28年11月30日
- (4) 発 注 者：東日本旅客鉄道株式会社 東北工事事務所
- (5) 元 請 者：鉄建建設株式会社 東北支店
- (6) 橋梁概要：
橋梁型式：上路プレートガーダー（単線2主桁）
橋 長：全長242.5m
支 間 長：22.3m × 10連 + 13.2m × 1連
平面線形：直線
鋼 重：新設桁：147.1t
橋側歩道：30.5t

3. 現場付近の状況

- (1) 全11連のうち盛岡（起点）方6連が流失している。
- (2) 釜石（終点）方の5連は桁が残存しており、下流方の既設橋側歩道も残存している。
- (3) 盛岡方は宮古駅の西側から橋梁区間まで、軌道敷+比較的広いヤードがある。
- (4) 盛岡方ヤードには既設本設軌条が橋梁区間から70mまで残存しており、R=800m程度でカーブしている。
- (5) 盛岡方ヤード上空に国道106号の高架橋が斜めに横断しており、軌道敷からの空頭は5m程度である。
- (5) 河川の流水区間は常時1P～10Pの区間である。
- (6) 釜石方ヤードは軌道敷程度の幅しかなく、釜石方へ220m先に小学校脇の空き地がある。

4. 新桁架設工法

盛岡方6連の新桁架設は周辺の状態を考慮し、河川に影響のない吊上げ台車工法を採用した。

吊上げ台車は、今回の工事のように河川流域内等で橋りょうに近接してヤードを設ける事ができず、アプローチ部にヤードがある場合に有効な工法である。

秋田新幹線工事等の施工実績の中で、今回の桁重量が最大であり、各種設備の設計を入念に行い採用する事とした。

5. 準備作業

(1) 橋脚補修工

写真-1にあるように、桁流失時に各橋脚の支承部も破損し、橋脚の欠損等が生じているため、各橋脚の支承部の欠損部の補修および支承台座の嵩上げを行った。

(2) 作業ヤード

作業ヤードは盛岡方の軌道敷を使用した。

ヤードへの乗り入れは国道106号の高架部の側道から、斜路を整備し、更に桁搬入・組立用クレーンの据付ヤードを現軌道敷の高さに合わせて盛土して設けた。

新桁の組立は工程短縮のため、6連全てを組み立て、桁組立後の仮置を既設の本設軌条上にする事とした。

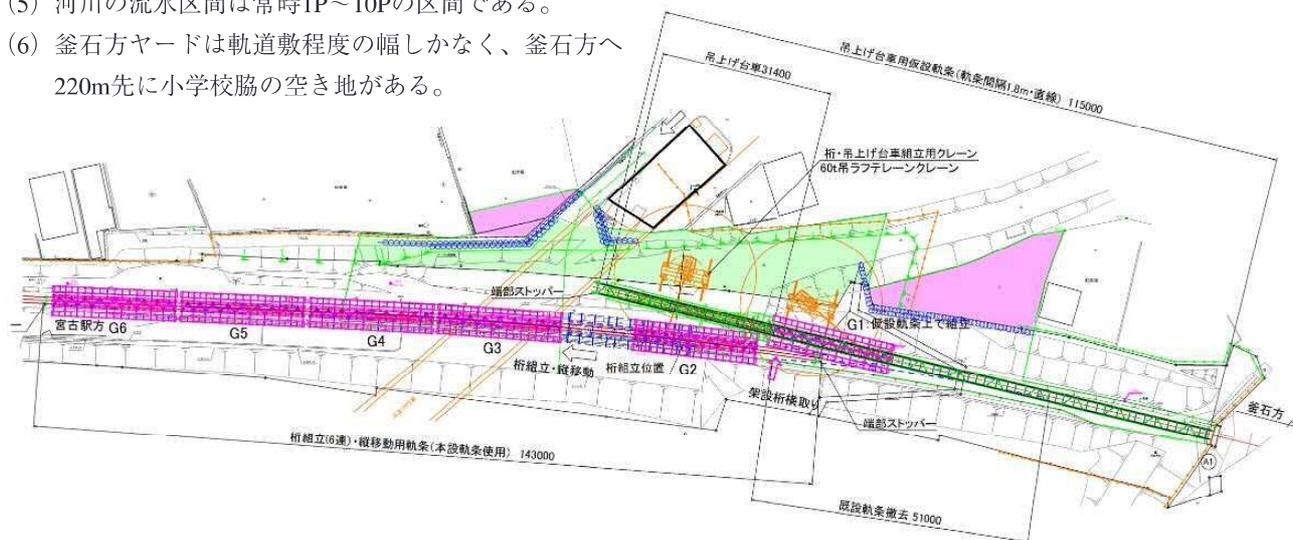


図-2 作業ヤード一般図

6. 新桁組立

新桁組立は60t吊ラフテレーンクレーンを使用し、最後に架設するG6桁から順次組み立て、その都度盛岡方へ本設軌条上を台車を使用して縦移動を行い、新桁5連分を組み立てストックした。

最初に架設するG1桁は吊上げ台車組立後、吊上げ台車をバックし、吊上げ台車用仮設軌条上に組み立てた。組み立てた新桁上には、吊上げ台車が走行するための仮設軌条として、鋼製枕木および37kgレールを敷設した。



写真-3 新桁地組・仮置状況

7. 吊上げ台車用仮設軌条

吊上げ台車用の仮設軌条は、架設する桁の延長線上に直線で115m設けた。

軌条設備は台車反力分散のため、敷鉄板上にH350の軌条梁を新桁の主桁間隔（B=1.8m）に敷設し、その上に37kgレールを敷設した。

8. 吊上げ台車組立

吊上げ台車を仮設軌条上に組み立てた。

吊上げ台車の諸元は以下の通り。

- ① 吊り荷重：32.1t
- ② 全 長：30.9m
- ③ 軌 間：1.8m
- ④ 揚 程：2.6m
- ⑤ 走行速度：2.0m/min
- ⑥ 自 重：約55t
- ⑦ 最大輪圧：11.7t

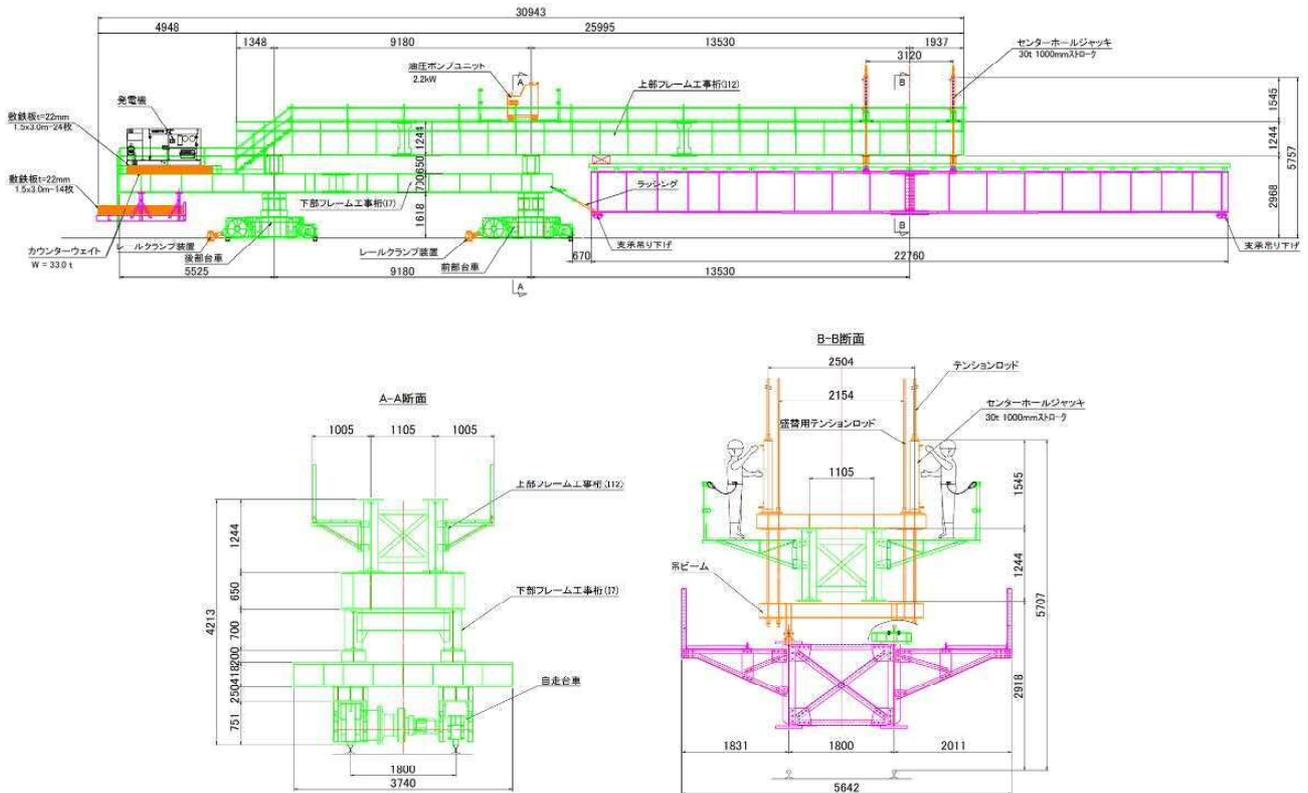


図-3 吊上げ台車一般図

9. 新桁架設

新桁架設は起点方のG1桁から順に釜石方に向かって1連ずつ行った。

G2～G6桁は地組立した本設軌条上から吊上げ台車用仮設軌条上へ、横取りして吊上げ台車にセットした。

新桁1連の架設ステップ図を以下に示す。

新桁架設完了後、吊上げ台車のノーズ部にチェーンブロックを吊り下げ、仮設軌条の解体を行った。

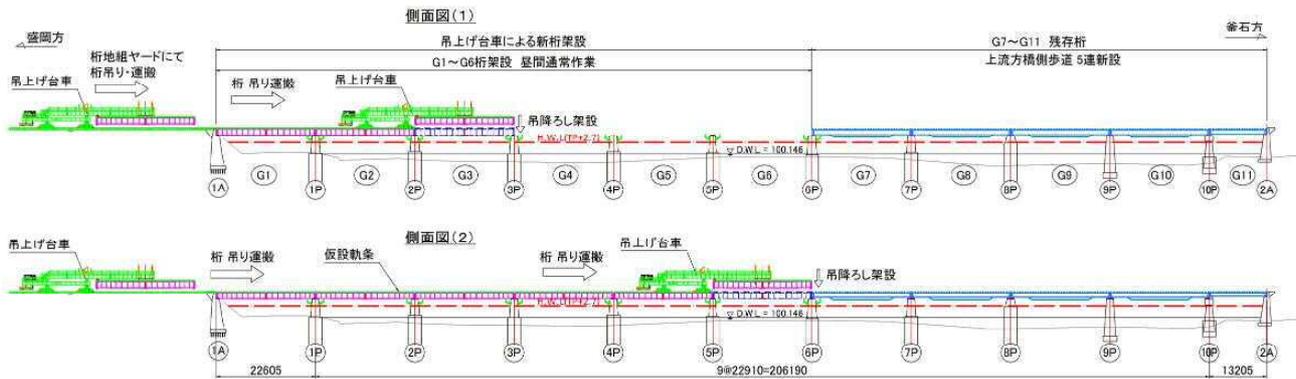


図-4 全体架設一般図

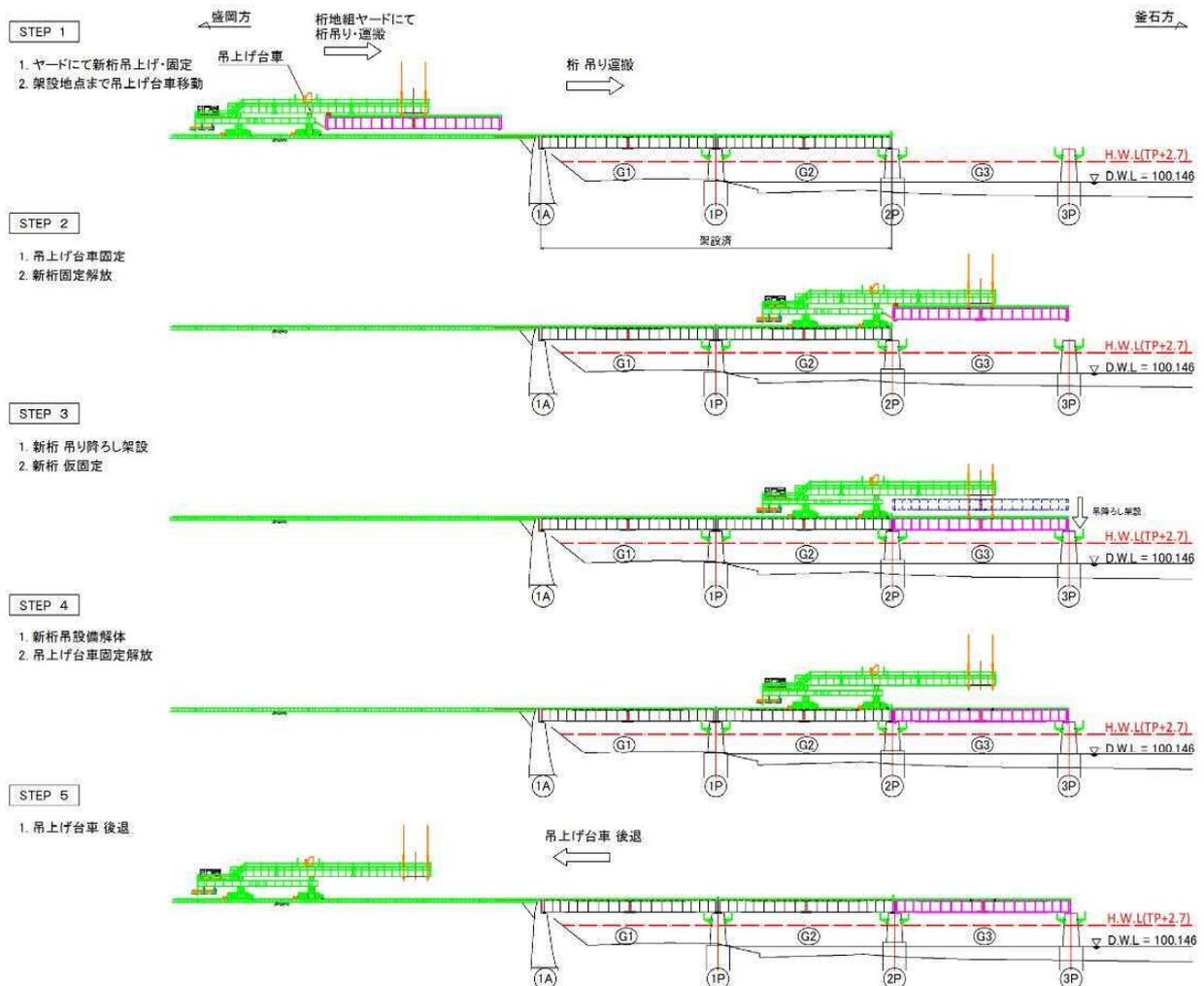


図-5 新桁1連架設ステップ図



写真一4 G1桁架設状況



写真一5 G2桁架設状況



写真一6 G3桁架設状況



写真一7 G4桁架設状況



写真一8 新桁架設完了



写真一9 残存桁補修完了

10. 残存桁補修工

新桁架設後、釜石方のG7～G11残存桁の補修を行った。
補修内容は以下の通り。

- ①吊足場の設置
- ②塗替塗装工
- ③残存桁リブ孔明け（支障リベットの撤去）
- ④添接部のケレン、素地調整
- ⑤仮軌条の設置
- ⑥橋側歩道設置
- ⑦添接部塗装工
- ⑧仮軌条・吊足場解体

11. あとがき

本工事は鉄道の復旧工事の先駆けとなる工事として注目された工事であったが、関係各位の努力により無事工事を終える事が出来た。

山田線復旧工事に関してはこれからの本番であるが、今後も何らかの形で微力ながら寄与できたらと考える次第です。

最後に、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東北工事事務所、同三陸復興工事区並びに鉄建建設株式会社東北支店の関係者の皆様に深く感謝し、誌上を借りてお礼を申し上げます。

2017.1.10 受付

常葉川Bo架設工事報告

Report on the Erection Work of Tokiwa River Bo



藤本 貴介*1
Takayuki FUJIMOTO



麓 貴行*2
Takayuki FUMOTO

要 旨

国土交通省関東地方整備局が整備する中部横断自動車道の工事において、東海旅客鉄道に委託された常葉川第3橋のうち、JR身延線上を送り出し架設を行う工事である。

今回の工事ではベント上に軌条桁を設置し、その上を送り出し桁・手延べ桁を地組し、送り出しを行う計画で、橋脚が35m程度と非常に高くベント設備の構造も36m~40m程の高いベントの組立が必要であった。本稿では、高い箇所での送り出し架設工事に関わる施工について報告する。

キーワード：送り出し，JR東海，高所作業

1. はじめに

国土交通省関東地方整備局が整備する中部横断自動車道は静岡県静岡市から山梨県甲斐市を経由し長野県小諸市に至る延長132kmの高速自動車国道である。

この工事において東海旅客鉄道に委託された常葉川第3橋のうち、JR身延線上のJ5~J15間の77.1mの範囲を送り出し架設を行う工事であった。

施工条件としては、橋脚の高さが35m程度と非常に高くその高さをかわす位置までベント設備及び軌条設備を組立てて送り出し架設を行う必要があった。

本稿では、JR東海上空及び高所における送り出し架設についての施工を報告する。(図-1、2)



図-1 常葉川橋完成イメージ図

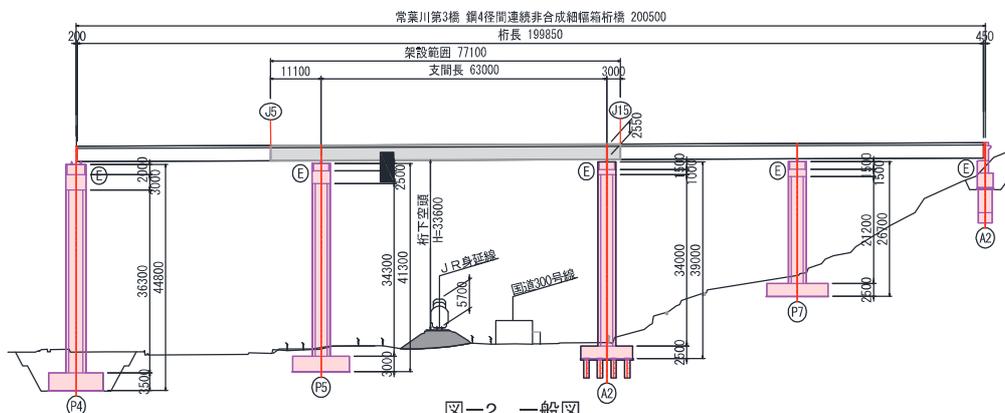


図-2 一般図

*1 関西支社工事部関西建設工事グループ現場所長
*2 関西支社計画部関西建設計画グループ係長

2. 工事概要

工 事 名：身延線 常葉川Bo上部工新設
 工事場所：山梨県南巨摩郡身延町波高島347
 工 期：平成27年3月25日～平成28年12月10日
 元 請 者：名工建設・西松建設共同企業体
 （発注者：東海旅客鉄道株式会社 建設工事事部）
 橋梁形式：鋼4径間連続非合成細幅箱桁橋
 橋 長：200.5m
 支 間 長：53.0m+63.0m+42.0m+40.5m
 施工範囲 77.1m J5～J15間
 有効幅員：25.645m～11.354m
 鋼 重：391.0t

3. 施工方法

(1) 工法の概要

架設工法はJR上での架設作業であるため、送り出し工法を採用した。

今回架設する桁は送り出しを行うにつれて次第に幅が拡幅していく構造であったため、橋軸直角方向の受点が変化していく。

手延べ機で仮受する範囲の第1-1回送り出しは自走台車による送り出しを行い、受点の変化する第1-2回目以降は送り出し装置を用いての送り出しを行った。（送り出し距離L=125.0m）（図-3）

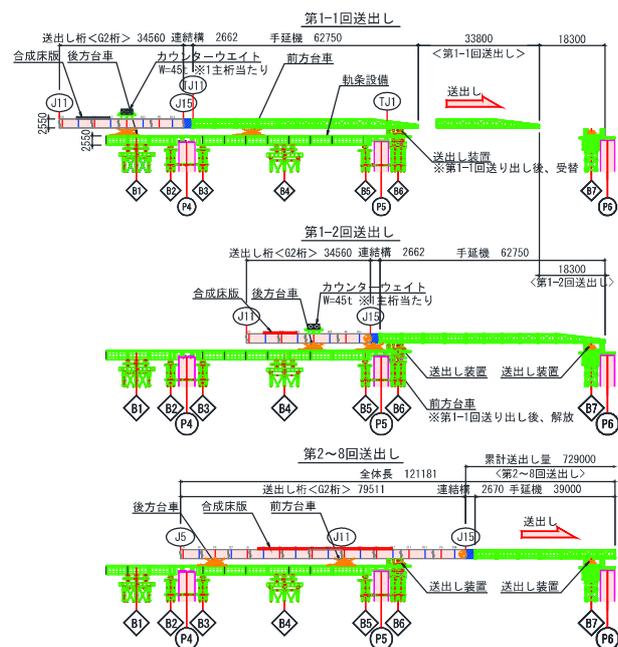


図-3 送り出し概要図

(2) ベント足場

今回の工事では橋脚が非常に高くベント設備の構造も36m～40m程の高いベントの組立が必要であった。そのため、工事開始前からこのベントを安全かつ早く簡単に組立を行えるベント足場の構造の立案が必要であった。

従来の足場はバイスクリンプを使用し、単管パイプで作業足場の骨組を組立てることがほとんどである。

バイスクリンプは緩み等で抜け落ちる事故事例が数多くあり、今回の足場ではバイスクリンプを使用しない構造で検討することとした。

B2-3ベント及びB5-6ベントは□500角を使用したためベントに明いているボルト孔を利用し、当社機材の足場用ブラケットBR-1を活用できるように足場用金具BR-S1を製作した。部材の重量を抑えるためにブラケットとの接続のためのピースを分割構造としている。

BR-S1の製作においては、ボルト孔に60mmの高低差を持たせることにより、ベントの側面方向と断面方向に足場板を設置するときに干渉しないよう配慮した。

この足場構造は、組立て途中でも単管パイプやクランプ組み立て作業がなくなり、足場板の取り扱いのみとなるので安全性が向上している。（図-4、写真-1、2）

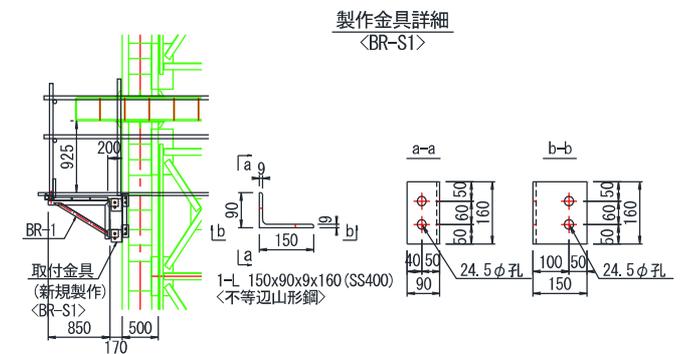


図-4 BR-1・BR-S1を使用したベント足場



写真-1 BR-1・BR-S1を使用したベント足場

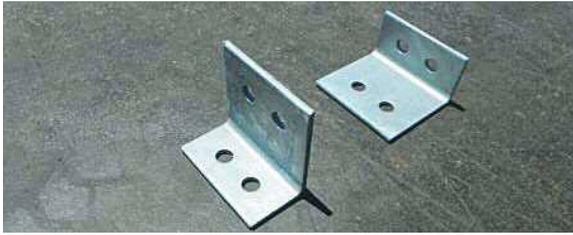


写真-2 製作材 BR-S1

B4ベントの構造には□600のベントを使用している。先程の足場構造と同様にBR-1の足場用ブラケットが取り付けられるよう金具の製作を行った。□500のベントのように足場を設けたい位置にボルト孔が明いていないため、ベント支柱の添接の行いやすい高さ（添接位置から1000mm程度下がった高さ）にBR-1が設置出来る足場用金具BR-S2を製作した。（図-5、写真-3、4）

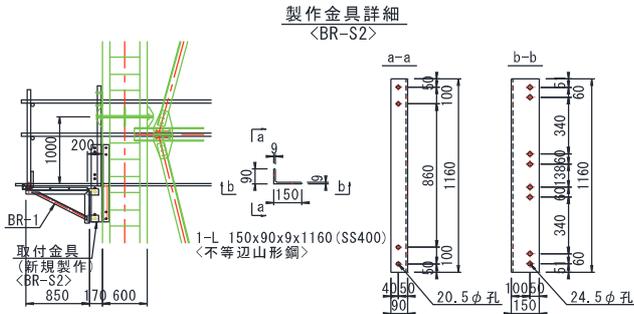


図-5 BR-1・BR-S2を使用したベント足場



写真-3 BR-1・BR-S2を使用したベント足場



写真-4 製作材 BR-S2

(3) ベント梁材

ベント設備等の仮設備においてJR東海の工事では機材組立てに際して部材を固定するにはボルトでの固定が原則で、基本的にはブルマンでの固定が認められていない。

そのため、仮設備の組立てにおいてはボルト固定できる様に梁及び工事桁の配置に苦勞することが多い。

今回の工事を行う際には、従来のI4-Aタイプの工事桁を改良したI4-Mタイプの製作を行った。

従来のI4工事桁はリブ間隔が1020mm離れておりそのリブを跨ぐような位置にしかボルト孔が明いていなかった。（図-6）

I4-Mタイプではリブ間隔を510mmピッチとし、G30と同様に85mmピッチ間隔でボルト孔をあけているため、梁の設置が自由に行いやすくなっている。（図-7、写真-5）

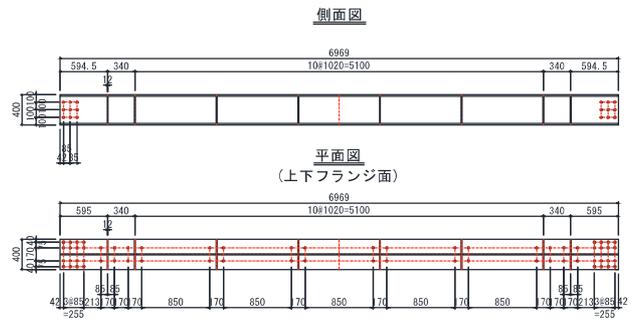


図-6 I4-Aタイプ（従来）

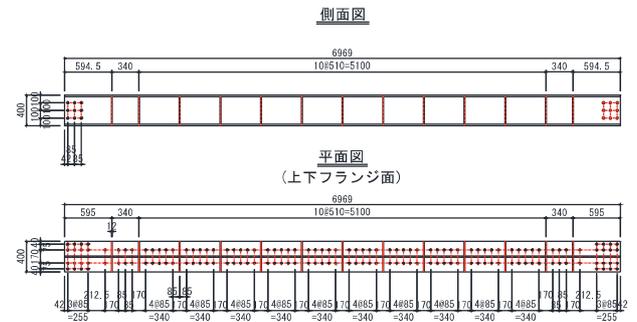


図-7 I4-Mタイプ（改良）



写真-5 I4-Mタイプ

梁材同士のボルト孔がうまく取り合わない箇所は梁の交点直下にボルト取り付け調整プレートを製作し、梁同士のボルト固定が行えるようにした。(写真-6)



写真-6 ボルト取り付け調整プレート

(4) 軌条設備

軌条設備はB1ペントからP4までの区間を6軌条、P4からP5までの区間を8軌条の配置とした。

B1ペントからP4橋脚までの軌条区間は後方台車反力のみが作用し、第1回送り出し時に後方台車が移動するだけであったため、この軌条設備構造とした。

後方台車は6軌条から8軌条の区間も通過するため、後方台車が通過できる軌条配置とした。(写真-7~9)



写真-7 軌条設備



写真-8 前方台車設備



写真-9 後方台車設備

ペント設備と軌条設備の受点箇所は軌条受架台を製作してボルトで固定できる構造とした。軌条設備の添接位置と重なる箇所については下フランジの添接板を下フランジよりも外側に拡幅したものを製作した。拡幅した箇所にボルト孔を明けておき、その位置でボルト固定を行った。(図-8、写真-10)

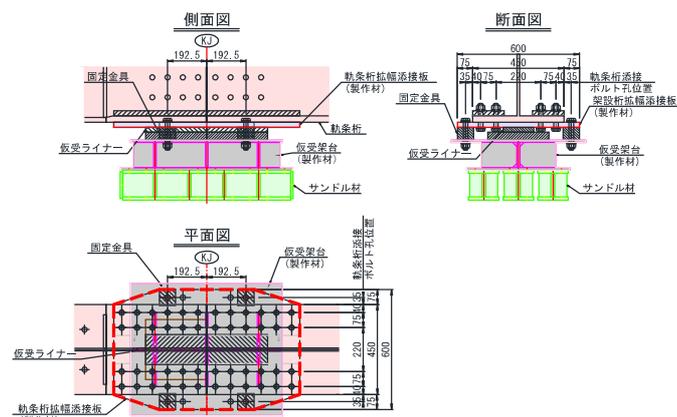


図-8 軌条受架台



写真-10 軌条受架台

(5) 橋軸方向転倒防止設備

前述した様に、今回の工事では橋脚が非常に高くベント設備の構造も36m~40m程の高いベントであったため、水平力に対する対策も必要であった。B1ベント及びB4ベントは橋脚間で自立して設置するため、コンクリート基礎にケミカルアンカーを埋設し、水平力に対するアップリフト対策とした。

B2-B3ベント、B5-B6ベントはP4及びP5橋脚を挟み込む構造であり、橋軸方向支柱間隔が狭い（ $B=1.7\text{m}$ ）ため、各々のベントを単独で水平力に対して抵抗しようとすると非常に大きなアップリフト力が作用する。そこで、ベントを単体として考えるのではなく、B2-B3、B5-B6ベントを繋いで橋脚から水平力を取らせる構造とした。ベント支柱の基部のG梁に製作材のブラケットを取り付け、I4の梁材を橋脚を囲む様に配置することによりベント間を固定した。（写真-11）



写真-11 橋軸方向ストッパー設備

転倒防止設備と橋脚との隙間にはクロロプレングムを緩衝材として設置することにより橋脚に傷が付かない様に処置を施した。（写真-12）



写真-12 クロロプレングム設置状況

(6) 送り出し

第1回送り出しは限られた時間内での送り出し作業であり、軌条設備のたわみや地盤の沈下等により送り出し反力のばらつきが生じる懸念がある。安全かつ迅速に送り出し作業を行うために、送り出し総合管理システムを採用した。

送り出し時の管理項目としては

- ①台車の反力測定および自動反力制御
 - ②台車内部の鉛直ジャッキストロークの測定
 - ③送り出し距離測定
- を実施した。

台車反力の自動反力制御については上限値を不均等荷重を考慮した設計荷重 $\times 1.2$ の割増しの範囲で設定し、設計反力 $\pm 20\%$ （ $80\% \sim 120\%$ ）の範囲で制御を行った。

（写真-13）

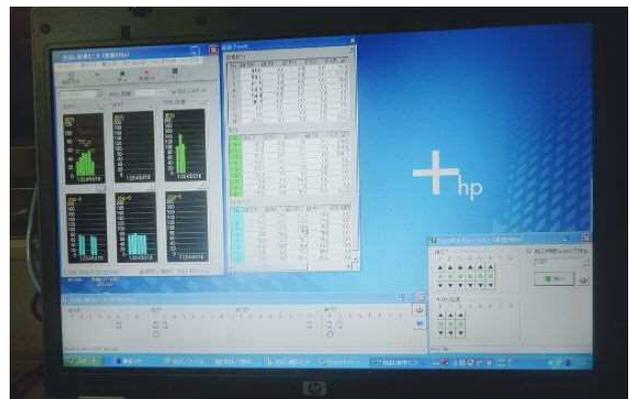


写真-13 送り出し総合管理システム

送り出し時の非常事態に備えて送り出し作業中止基準のグラフを作成した。送り出し距離と送り出し時刻をモニターにリアルタイムで表示することにより進捗状況を確認できるようにした。（写真-14、15）

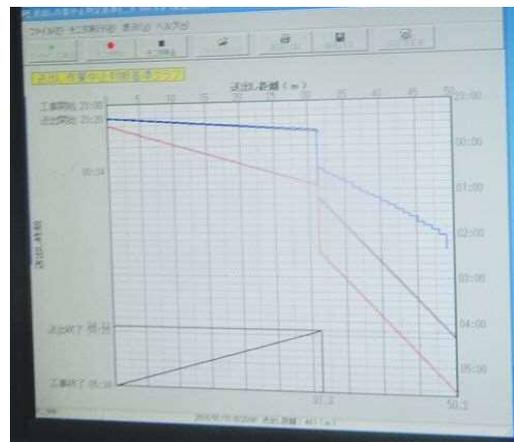


写真-14 送り出し中止基準グラフ



写真-15 第1回送り出し状況

(7) ベント解体

従来、ベントを解体する時には15t用横取り台車やチルトタンクをベント支柱や基礎梁の下に使用し解体を行っていたが、設備を挿入するためのジャッキアップ量が大きく、そして、解体用軌条梁を新たに設置する必要があり、施工性や安全性に欠けることがあった。

安全に迅速にベントを解体するために、今回はベント横取り金具を製作した。

ベント支柱に取り付けられるジャッキアップ用金具とチルトタンク設置用ブラケットを製作し、チルトタンク設置のためのジャッキアップ量は2mm程度に押さえるように設計した。今回、製作したベント専用横取り金具は、既存のベント基礎梁が使用できるため、施工性が良く、ジャッキアップ量は非常に小さいため、安全性も向上している。(写真-16、17)



写真-16 ベント横取り金具



写真-17 ベント横取り状況



写真-18 完成全景



写真-19 完成全景（上空）

4. おわりに

本工事はJR身延上線であり、橋脚が非常に高いため、仮設備も高く設置する必要があり、迅速に設備の構築を行う必要があった。事前に足場を効率よく組立てるための足場用金具を製作し、足場組立を行ったが、今回の足場設備は非常に有効であった。他現場でも有効に活用されたら幸いである。

最後に、本工事を進めるにあたりご指導頂きました東海旅客鉄道株式会社、名工建設・西松建設共同企業体、日本車輛製造株式会社の関係者の方々に深く感謝を申し上げます。

2017.1.10 受付

折尾高架駅部・PC中空床版橋ジャッキダウン Jacking Down Work of the PC Hollow Floor Panel Bridge at the Elevated Section of Orio Station



渡邊 壮志*¹
Soshi WATANABE



水落 末義*²
Sueyoshi MIZUOCHI



杉本 恭男*¹
Yasuo SUGIMOTO



濱井 功*³
Tsutomu HAMAI



森口 洸*⁴
Hikaru MORIGUCHI

要旨

本工事は、福岡県北九州市におけるJR折尾駅周辺の連続立体交差事業の一環である。現在、JR折尾駅周辺は3つの路線（鹿児島本線、筑豊本線、短絡線）によって市街地が複雑に分断されている。これにより周辺の主要道路の踏切による慢性的な渋滞を抑制する等の課題がある。この課題を解決をする為、折尾駅周辺の鉄道高架化、幹線道路及び駅前広場の整備、現在の鉄道跡地を含む土地区画整理事業の実施により一体的な街を再構築するというものである。本稿では、鉄道高架化工事に伴うPC中空床版橋の架設工事について詳述する。

キーワード：ジャッキダウン，市道上

1. はじめに

本工事は、鉄道高架化事業の内、折尾駅部にある市道折尾中間線上空に橋長約35mのPC桁を新設する工事である。

今回のPC桁構築工事では、施工箇所の直下には使用中の市道があり、市道上空でのPC桁製作となるため、地上より通常の型枠支保工を設置することができない。そのため、市道上空の建築限界を考慮した構台タイプの支保工の検討を行った。建築限界を確保するよう工事桁を設置し、その上で支保工を設け、PC桁を製作する計画で検討を行った。（写真-1、2）

PC桁の重量及び工事桁の重量から計算すると、工事桁の断面がH=2.6mとなった。工事桁を市道の建築限界と干渉しない高さで設置し、工事桁上に枕梁及び支保工の高さを含め、最低1.1m確保する必要がある。上記のことをふまえて検討した結果、降下量4.2mのジャッキダウンが必要となった。

市道上空での工事桁の架設・撤去作業、PC桁ジャッキダウン作業は、夜間道路全面通行止め作業（1：00～5：00）にて行った。



写真-1 主桁ジャッキダウン全景



写真-2 施工位置及び周辺写真

*¹ 関西支社関西工事事務部関西建設工事グループ現場所長

*² 関西支社関西工事事務部関西建設工事グループ主任調査役

*³ 関西支社関西営業部福岡営業所係長

*⁴ 関西支社関西計画部関西建設計画グループ副主任

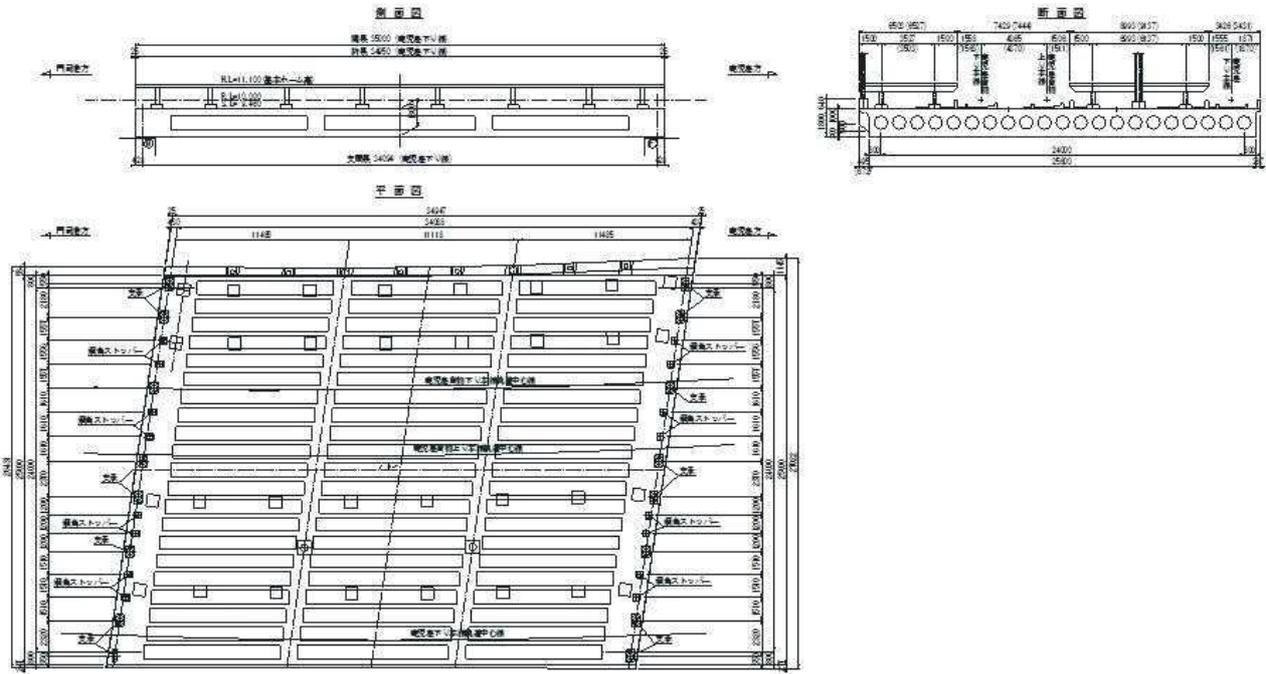


図-1 構造一般図

2. 工事概要

以下に、本工事の概要を示す。

表-1 工事概要

工事名	折尾高架駅部B0 新設他4	
工事場所	平成27年1月15日 ～平成28年6月14日	
発注者	九州旅客鉄道株式会社 建設工事部	
施工者	駅部B0 新設他工事共同企業体 (九鉄工業株式会社 ・鹿島建設株式会社 JV)	
下請業者	ジャッキダウン	宮地エンジニアリング株式会社
	主桁製作	昭和コンクリート工業株式会社
構造形式	PC単純中空床版橋	
桁長	34.947m	
支間長	34.087m	
全幅員	26.43～27.02m	
桁重量	3300tf	

3. 施工概要

以下に、施工フローチャートと施工ステップ図を示す。

全体施工フローチャート



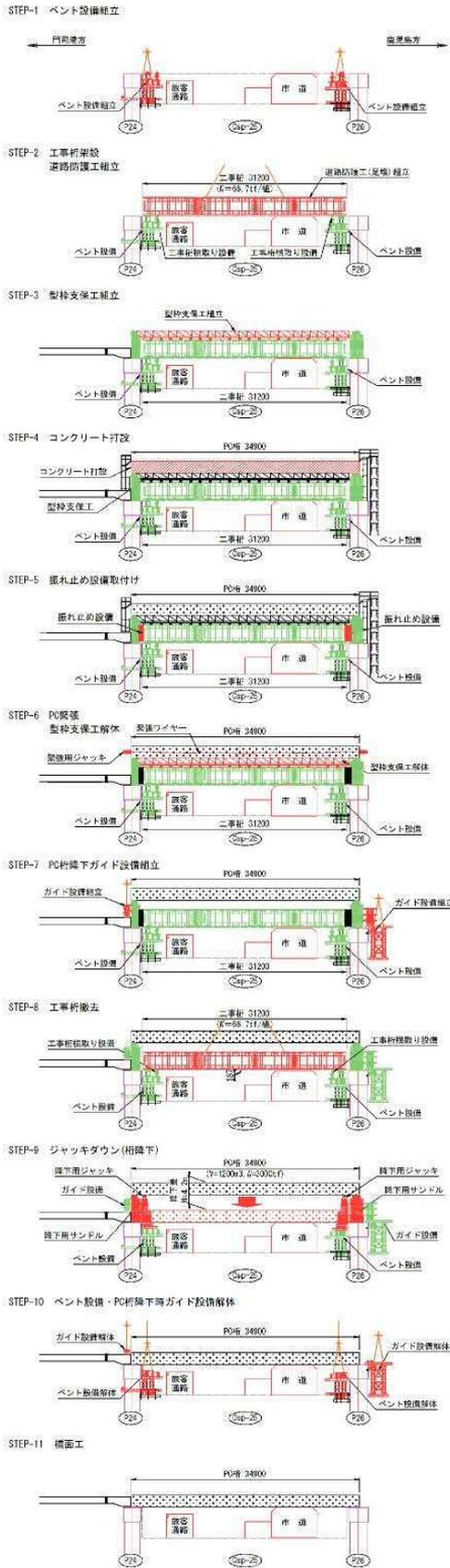


図-2 全体施工ステップ図

4. PC桁製作時の道路防護工

本工事では、市道上空でのPC桁製作となり、市道上空に型枠支保工の構台となる工事桁を架設後、その工事桁上で型枠支保工の組立・解体を行うため、工事桁上に全面板張り防護した作業床（ステージ）が必要であった。

市道上空での型枠支保工の組立・解体作業を昼間の通常作業で安全に行うため、架設した工事桁間の上面は全面デッキプレート養生とし、墜落防止・落下物防護を行った。（写真-3）

また、PC桁コンクリート打設前の型枠洗浄水とPC桁打設完了後の養生水が市道へ流出するのを防ぐため、市道上空部の工事桁下面には排水装置を設置した。市道上空から施工ヤードに向かって若干の下り勾配を付けることにより、市道上空部で使用した水がヤード内に流れるように排水装置を設置した。（写真-4、5）



写真-3 工事桁上面全面デッキプレート養生



写真-4 工事桁下面排水装置設置状況



写真-5 工事桁下面排水装置設置全景

5. PC桁ジャッキダウンの方法

本工事のジャッキダウンは、P24橋脚側×8台・P26橋脚側×8台、計16台の油圧ジャッキを管理しながら、橋脚上の仮受サドル設備とベント上ジャッキ設備に交互に荷重を受け替えることによって、所定の高さまでのジャッキダウン（H≒4.2m）を行う。（図-2）

作業は全て、夜間道路通行止め（1：00～5：00）にて行った。

ジャッキは予め桁に設置しておいたセットボルトを用いて桁に固定し、盛替作業の簡便化を計った。ジャッキと主桁の接地面の隙間はモルタルで調整を行った。

また、ジャッキダウン作業を繰り返し行う事により、平面的な桁位置のズレが生じた場合、降下ジャッキ底部に設置した桁位置修正設備を用いて桁を移動し、桁位置の修正を行った。（写真-6、7）

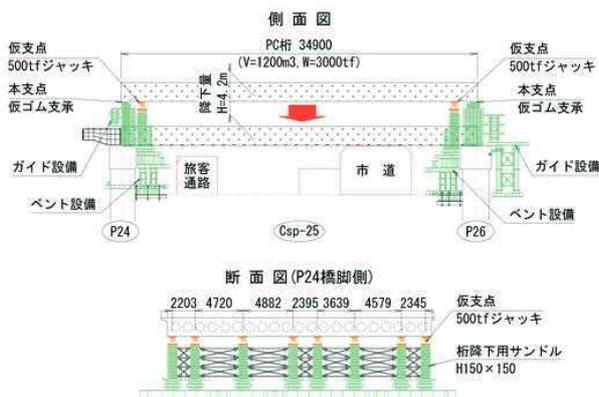


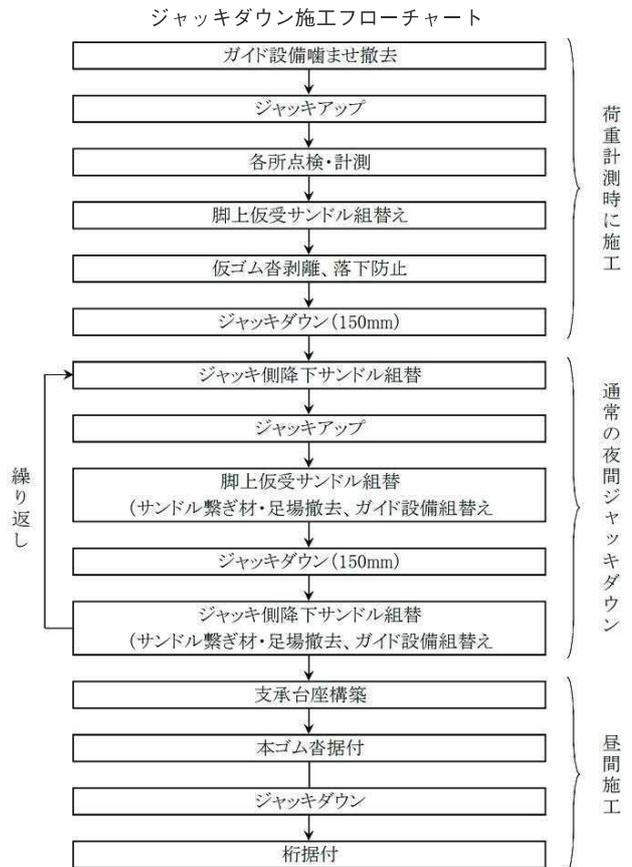
図-3 ジャッキダウン要領



写真-6 降下用ジャッキ取付け状況



写真-7 桁位置修正設備



6. ジャッキダウン時の桁の強度に関する課題

ジャッキダウン架設を行うに当たり、元請けの施工担当者、昭和コンクリートの設計担当者・施工担当者と検討を重ねた結果、PC桁本体の強度に関して以下の3つの課題が考えられた。

発注当初はジャッキダウンによる架設工法は想定されておらず、下記の応力や反力は設計時には想定されていないため、主桁コンクリートにひび割れが発生することが懸念された。

・課題

- (1) ジャッキダウン時は降下ジャッキ位置の支点支持状態となるため、支点位置が設計時と異なることから、主桁に設計時とは異なる応力が発生する。
- (2) 全16台のジャッキの伸縮速度に相対ズレが称じた場合、仮支点の反力が設計値より大きくなる。
- (3) ジャッキダウン時において、P24・P26橋脚側の各ジャッキのいずれかに変位差が生じた場合、桁に局所的な応力が発生する。

以上の3つの課題を解決するために、表-2に示す検討方法による主桁本体の強度計算と補強対策をPC桁製作業者（昭和クリート工業株式会社）に依頼した。

表-2 課題に対する検討方法と対策

課題	検討方法	計算方法	対策
(1)	ジャッキダウン時における支間状態で発生する橋軸方向の合成応力を確認する	単純梁の計算 3次元FEM解析	ジャッキダウン時においても合成応力は制限値内であったため、橋軸方向の応力に対する補強は不要である。
(2)	各ジャッキの伸縮速度の差により発生する反力の不均等を考慮して、仮支点の設計反力を降下ジャッキの最大能力の500tで検討する。	押抜きせん断耐力の計算	仮支点のコンクリートの押抜きせん断耐力が、500t以上となるように補強鉄筋を配置する。 (図-4)
(3)	桁端から仮支点位置(降下ジャッキ位置)までの距離が大きいP26橋脚において、8個の仮支点のうち、1支点のみが先行して2mm上昇した状態をFEM解析にて検討する。	3次元FEM解析	制限値を超える局部応力に対して補強鉄筋を配置する。 (図-5)

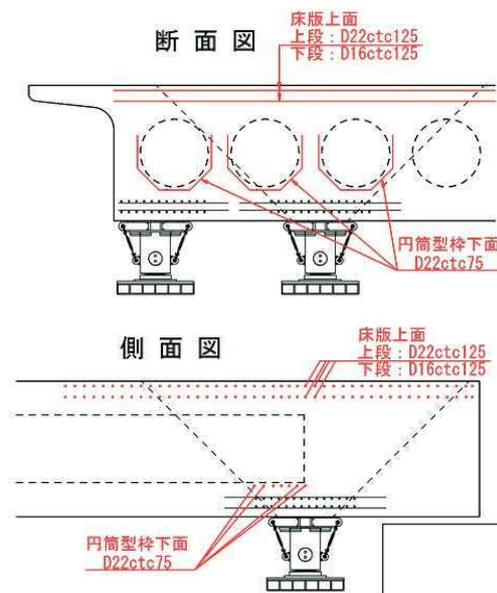


図-5 課題 (3) 局部応力に対する補強

7. ジャッキダウン時の設備及び施工時の課題

ジャッキダウン時のPC桁に作用する応力に関する問題は、前項におけるPC桁本体の補強によって解決することができたが、実際の施工時と設備面においても下記の2点の課題が発生した。

・課題

- (1) PC桁の緊張後からジャッキダウン完了までの間、PC桁の受け点は仮受サドルか降下ジャッキのみの2点支持となるため、橋軸方向の水平力に対する対策が必要となる。
- (2) ジャッキダウン時、降下ジャッキの伸縮速度の不均一によって各仮支点の荷重が変動し、PC桁にひび割れが発生する恐れがある。

表-3 課題に対する対策

課題	対策
(1)	ジャッキダウン時は桁の背面にガイド設備を設置する。 桁緊張時にはPC桁施工用の外部足場があり、ガイド設備の組立が不可能なため、振れ止め設備を設置する。
(2)	ジャッキダウンシステムによりジャッキダウン時のジャッキ反力の一括管理する。

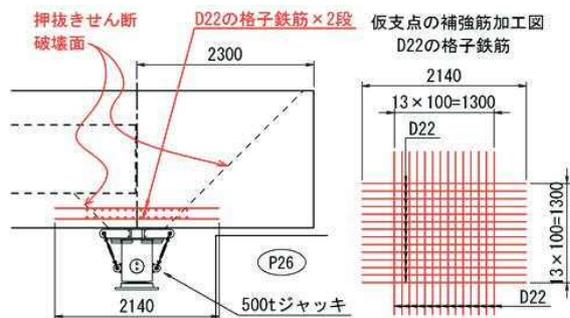


図-4 課題 (2) 仮支点のせん断破壊に対する補強

8. 施工時の対策

(1) 振れ止め設備の設置

PC桁の緊張作業後、桁の受け点は脚上の仮受サンドルのみの2点支持状態となる。

緊張前に桁背面にガイド設備を設置すれば問題はなかったが、PC桁施工足場が緊張後の解体となるため、ガイド設備の設置は不可能であった。

そのため、PC桁緊張前に振れ止め設備を設置し、緊張後からガイド設備を設置するまでの期間、工事桁と仮受サンドルを振れ止め設備で結合し、一体化させることで橋軸方向の水平力に対する対策を行った。(図-6)

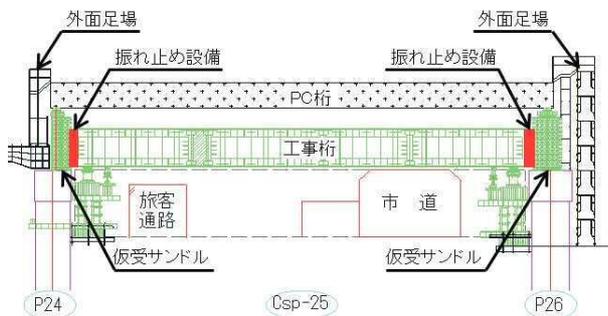


図-6 振れ止め設備図

(2) ガイド設備の設置

ジャッキダウン中は、PC桁は仮受サンドルか降下ジャッキのみの2点支持状態が降下完了まで続く。そのため、桁の背面にガイド設備を設置して、仮受サンドルとガイド設備を一体化させることで橋軸方向の水平力に対する対策を行った。(写真-8)

尚、ジャッキダウン前に市道上の工事桁と振れ止め設備は撤去するため、それ以前にガイド設備の設置を行う必要があった。



写真-8 ジャッキダウン時ガイド設備

(3) ジャッキダウンシステム

ジャッキダウンにおいて、全16台のジャッキの伸縮速度の不揃いによって支点の変位差が2mmより大きくな

った時、前項の桁補強の検討値以上の荷重が発生し、PC桁にひび割れが発生する恐れがあった。そのため、ジャッキダウンシステムを導入して管理を行った。

システムの内容は、8系統16台の油圧ジャッキを集中管理によってコントロールし、同時に荷重を計測・制御用モニター上で視認し、管理・制御を行う。

降下作業では、集中運転操作盤での荷重管理により、各ジャッキ反力の±30%の管理目標値内でのジャッキダウン量を自動調整し、全点同時に連続的にジャッキダウンを行った。(※FEM解析の結果より、各ジャッキ反力の±30%の値は、支点の変位差が2mmの状態での荷重変動値よりも小さいため、管理目標値を±30%と設定した。)

ジャッキ反力の管理値は、事前にFEM解析によって算出した設計値を参考に1回目のジャッキダウンで桁を地切りした時のジャッキ反力を確認し、設計値に対して正当であるかを判断した。それ以降はその時の実測値を管理値として設定した。

ジャッキアップ・ダウン中の荷重管理については、管理値に対して、ジャッキ反力の計測値が±20%以内は作業継続、±20%を超えた時点で作業を継続しながらシステムが荷重を自動調整し、±30%になった場合、システムによる自動制御がかかり、一旦作業を停止し±5%以内となるまで荷重調整を行い、その後作業を再開した。

ジャッキ反力の実測値はシステムモニターの画面に棒グラフによって表示されている。荷重の変動によって棒グラフの色が変化するように設定しており、±20%以内の時は緑色、±20%を超えた時点で黄色、±30%になると赤色で表示させる。(写真-9)



写真-9 システムモニター画面

ジャッキダウン作業を中止し再検討を行う条件として、以下の2つを設定した。

- (1) ジャッキアップ・ダウンにおいて、毎回、各ジャッキ反力の傾向が変わる場合。
- (2) PC桁にねじれ等が発生し、P24側もしくはP26側において8支点の荷重傾向が逆転している場合。

また、毎夜間作業終了時は、ジャッキ側と仮受サンドル側の両側で桁の仮受を行った。各ジャッキの管理値に対して50%の反力を導入し、ジャッキと仮受サンドルで1/2ずつ荷重を受け持った状態で作業を終了した。



写真-10 夜間ジャッキダウン状況

9. 施工結果

実際の施工時における各ジャッキシステムの反力表(表-4)から、最大で管理値の128%、最小で71%という結果であり、荷重管理値を超えない範囲で施工を行うことができた。

表-4 施工時ジャッキ反力表

			P24側			
			S1+2	S3+4	S5+6	S7+8
計画値(ton)			490.8	444.0	395.0	325.0
管理値(ton)			444.5	428.2	382.7	311.9
実測値	Max	荷重(ton)	541.1	530.0	478.2	400.1
		誤差	122%	124%	125%	128%
	Min	荷重(ton)	348.2	326.5	296.5	236.8
		誤差	78%	76%	77%	76%
			P26側			
			S9+10	S11+12	S13+14	S15+16
計画値(ton)			372.6	428.6	407.2	472.4
管理値(ton)			375.2	422.0	406.4	444.0
実測値	Max	荷重(ton)	415.2	510.0	505.4	531.2
		誤差	120%	121%	124%	120%
	Min	荷重(ton)	288.9	300.5	299.9	338.6
		誤差	77%	71%	74%	76%

降下完了後に目視検査を行った結果、桁にひび割れの発生は確認できなかった。

これらのことから桁を異常なく降下させることが出来たと言え、適切な対策だったと思われる。

10. おわりに

本工事は、幅員が広く重量が3,000tを超えるPC桁を施工箇所直下の市道の道路交通を優先させるために、市道上空で4.2m上げ越した状態でPC桁を製作し、ジャッキダウンさせるという特殊な架設方法であったが、これまでに述べた検討・対策によって主桁を健全な状態で降下し、無事故で作業を完了させることができた。

今回の対策・施工方法が、今後の類似工事の参考となれば幸いである。

本工事の施工計画・現場施工を行うにあたり、貴重なご意見・ご協力を頂きました関係者各位に厚く感謝の意を表します。



写真-11 PC桁ジャッキダウン完了後全景

2017.1.10 受付

沖縄都市モノレールにおける鋼製橋脚修繕工事

Repair Work of the Steel Bridge Piers at Okinawa Urban Monorail



宇佐美 隆 宣*¹
Takanori USAMI



辻 幸 佐*²
Kohsuke TSUJI



田 村 修 一*³
Shuichi TAMURA



村 井 向 一*⁴
Koichi MURAI

要 旨

供用中の沖縄県都市モノレールの一部の鋼製橋脚においてカバープレート溶接部に疲労き裂が発見された。本工事では鋼製橋脚隅角部への応力集中の緩和を目的としてあて板を設置し、橋脚カバープレートの撤去を行った。ここでは、一連の補修工事における施工手順及びその補強結果の一部について報告する。

キーワード：鋼製橋脚隅角部，当て板補強，応力計測

1. はじめに

本工事は、カバープレート溶接部付近において進展性のあるき裂が発生しているP174鋼製橋脚（**図-1、写真-1**）について、あて板補強を行った上で、カバープレートの撤去を実施するものである。

本稿では、あて板設置工、カバープレート撤去工等の各作業手順について報告する。また、補強前後に応力測定を実施し、その補強効果についても検証する。

<工事概要>

発注者：沖縄県 土木建築部 都市計画・モノレール課
 工事名：沖縄都市モノレール鋼製橋脚修繕工事（H28-1）
 工事場所：沖縄県那覇市奥武山町地内
 工期：平成28年7月～平成28年11月



図-1 工事箇所図



写真-1 P174橋脚（補強前）

*¹ 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ主任

*² 千葉工場安全・品質保証部品品質保証グループグループリーダー

*³ 千葉工場技術研究所生産技術グループ主任

*⁴ 計画本部計画部保全計画グループサブリーダー

2. あて板補強工

あて板補強工事の作業フローを図-2に示す。

(1) あて板構造詳細

あて板補強構造の決定にあたって、首都高速道路（株）の既設橋梁構造物補修・補強要領（鋼製橋脚隅角部の補強設計施工編）¹⁾（以下補修・補強要領）を参照した。

既設橋脚の梁高・柱幅より図-3に示すように補強板形状を決定した。柱ウェブと接合するボルトは既設構造物と補強板との間に肌隙があっても常時・地震時共に安定した荷重伝達を期待できるため、支圧接合ボルトを使用した。

また、あて板設置箇所K.Lが存在していたため、設置するあて板についても折れ点を設け、さらに密着性が向上することを期待して柱ウェブとの間にフィラープレートを追加する（図-4）こととした。

(2) 現場計測・調査

あて板製作の着手前に、発注者より提供された竣工図

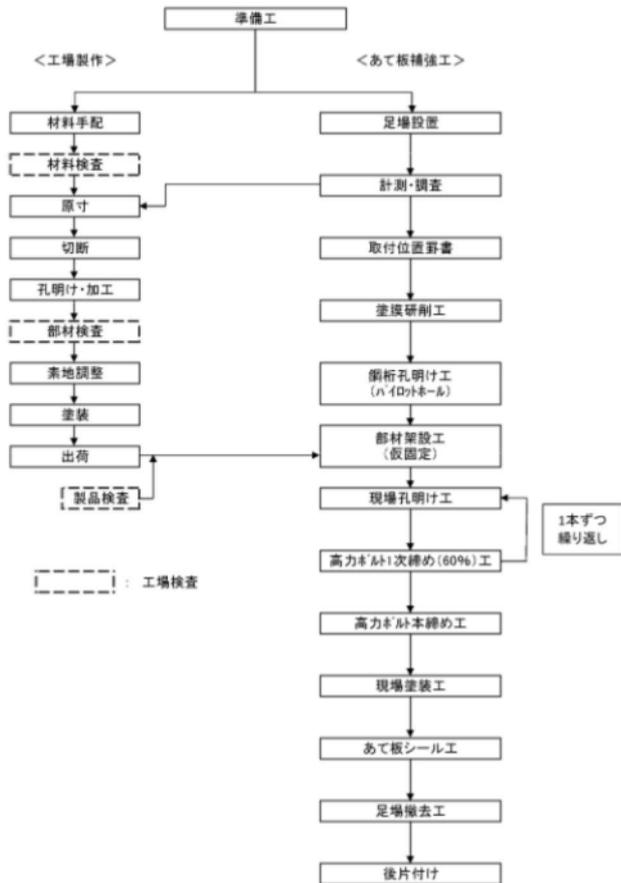


図-2 あて板補強工の作業フロー

書をもとにP174橋脚の現地計測を実施した。平成11年8月完成の橋脚であったが、ほぼ図面通りの寸法であることが確認できたため、当初計画通りに施工に着手した。

また、現存するき裂の状況を確認するために、磁粉探傷試験を実施した。その一部を写真-2に示すが、カバープレートの溶接部に沿ってき裂が進展しており、そのき裂の先端にはストップホールが設けられていた。スト

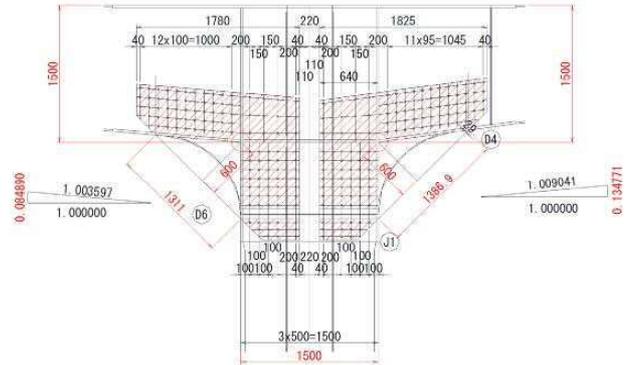


図-3 あて板構造図面

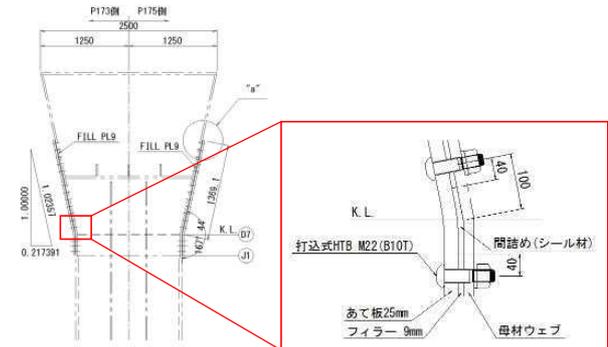


図-4 あて板K.L点詳細

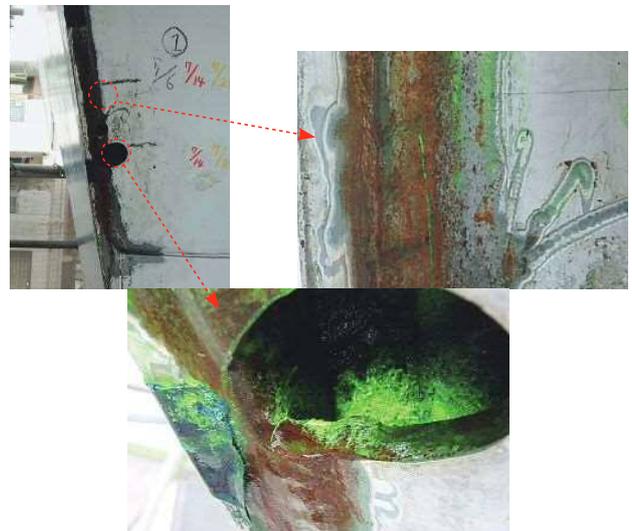


写真-2 補強前のき裂状況

アップホール内にもき裂が確認されたが、柱ウェブ側へのき裂は確認されなかった。

(3) あて板取付

枠組足場内で塗装素地調整、柱ウェブへの仮固定用の孔明けを行った後、あて板部材の取付を行った。あて板の取付はモノレール営業時間外の0:35~4:30の間に、夜間の交通規制を行い、10t吊ラフタークレーンを使用して実施した。(図-5)

あて板の設置後、柱ウェブのボルトの孔明け・挿入・締め付けについては補修・補強要領に基づき、隅角部から同心円状に施工する(図-6)ものとした。また支圧ボルトの施工は、供用下において行われるため、孔明け~

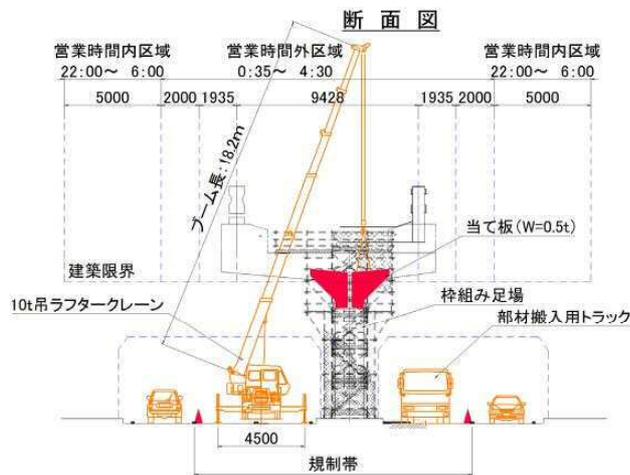


図-5 あて板部材架設計画図

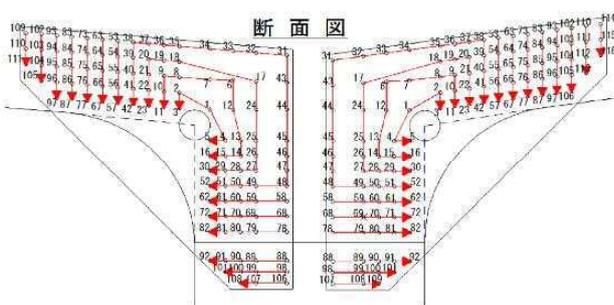


図-6 ボルトの締め付け順序



写真-3 打込みボルト施工状況

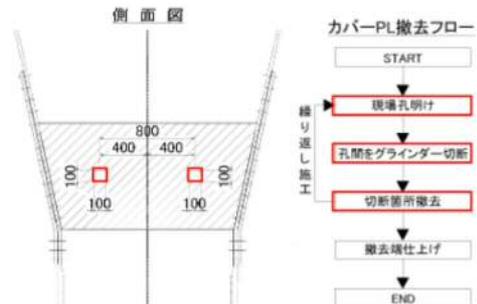
打込み~1次締めまでの作業は安全性に十分配慮して1本ずつ行う(写真-3)こととした。

3. カバープレート撤去工

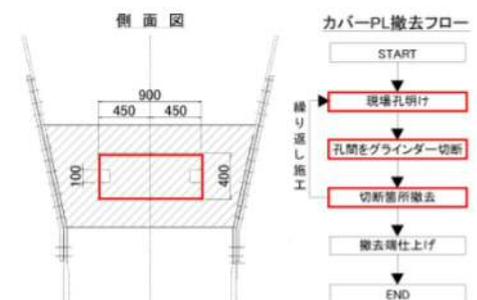
(1) カバープレート撤去手順

あて板部材の取付、ボルト本締め完了後にカバープレートの撤去を行った。カバープレート撤去前の状況を写

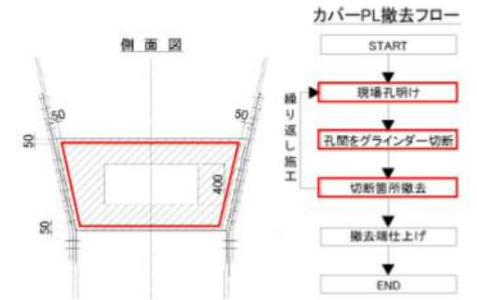
STEP-1: 内部確認用点検孔開口



STEP-2: カバープレート削孔・切断 (その1)



STEP-3: カバープレート削孔・切断 (その2)



STEP-4: 残存カバープレート撤去

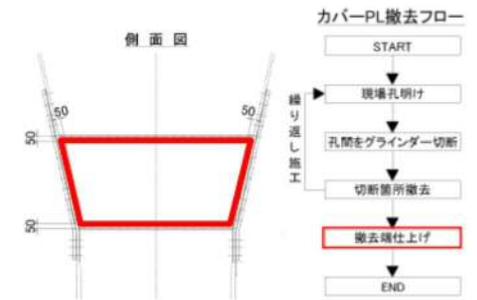


図-7 カバープレートの撤去フロー

真-4に示す。カバープレートの撤去によって、これまで分配していた応力の流れが既設橋脚本体へと一気に流れていくことがないように、ステップごとにカバープレートを撤去していくこととした。撤去フローを図-7に示す。

カバープレートの撤去は現場孔明けを行った後、孔間をグラインダーで切断して撤去する(写真-5、6、7)ものとした。撤去作業において、ガス切断等の火気を使用した切断は一切行わなかった。これは、供用中の構造



写真-4 カバープレート撤去前状況

物に熱を入れることにより、予期せぬ変状等が起こることが懸念されるためである。

最終段階の端部仕上げ時には棒グラインダーを使用(写真-8)して、母材を傷つけないように丁寧に施工した。カバープレートを全て撤去した後の状況を写真-9に示す。

(2) カバープレート撤去後の磁粉探傷試験

カバープレートを撤去後に、撤去箇所全線に渡り磁粉探傷試験を実施したが、指示模様は確認されなかった。その結果の一部を写真-10に示す。



写真-7 施工STEP-3作業状況



写真-5 施工STEP-1作業状況



写真-8 施工STEP-4作業状況



写真-6 施工STEP-2作業状況



写真-9 カバープレート撤去後状況

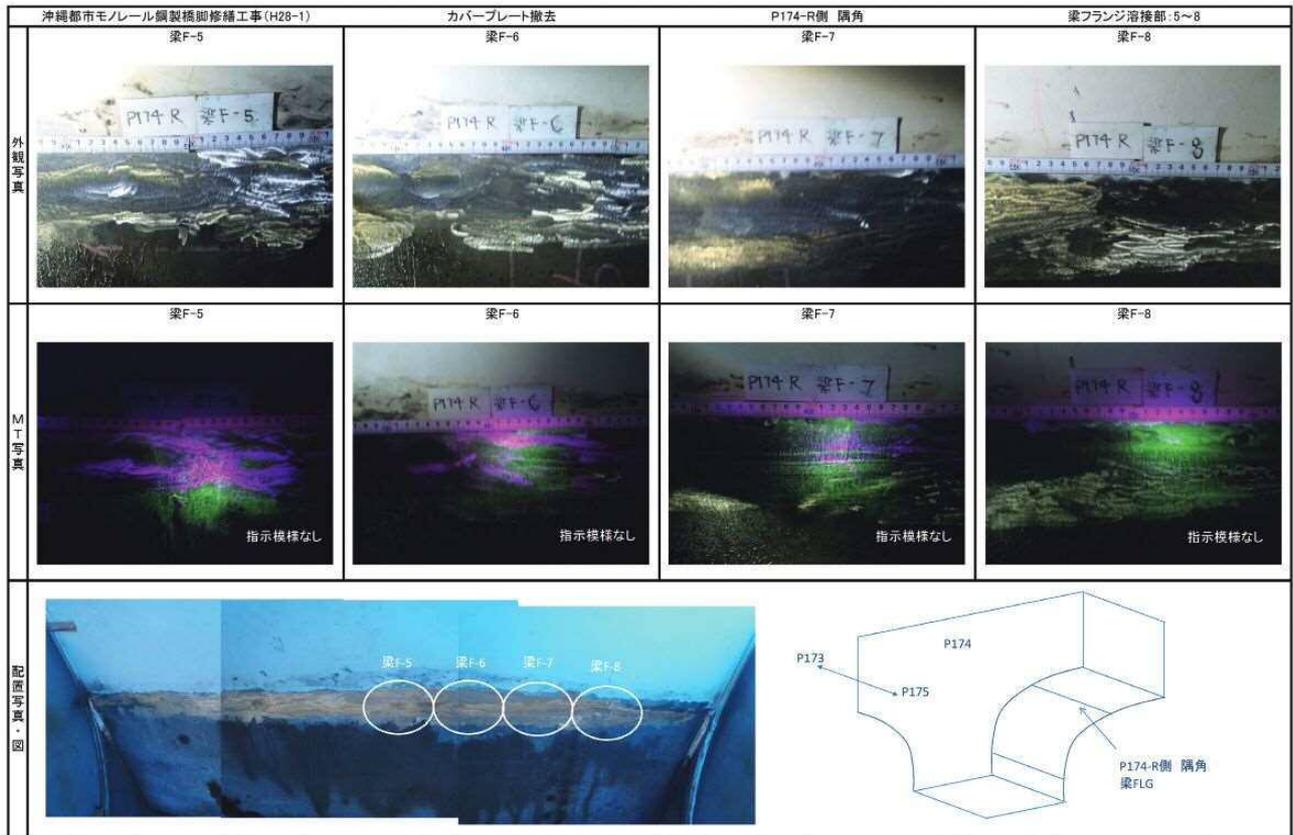


写真-10 カバープレート撤去後の磁粉探傷試験結果

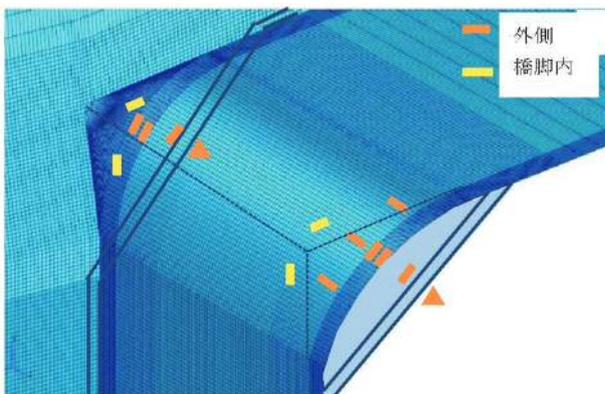


図-8 計測部位の概略



写真-11 ひずみゲージ取付状況

4. 応力計測

あて板補強の設置により橋脚全体に与える効果を把握することを目的として、あて板補強前後に応力計測を実施した。

応力計測を実施した位置について図-8及び写真-11に示す。ひずみゲージは3mmの1軸のものを使用した。

あて板設置前後の応力計測の結果を図-9に示す。中央部のグラフはあて板及びフィレット部の応力分布を表

しているが、あて板の設置前と比較してフィレット部には概ね半分程度までの応力の低下が見られ、あて板設置による低減効果が確認された。

また、下方のグラフはカバープレート部の応力分布を示しているが、あて板による応力低減は、引張応力についてはフィレット真ん中や下部において大きくなっているが、圧縮応力はあて板の有無による影響は見られない。

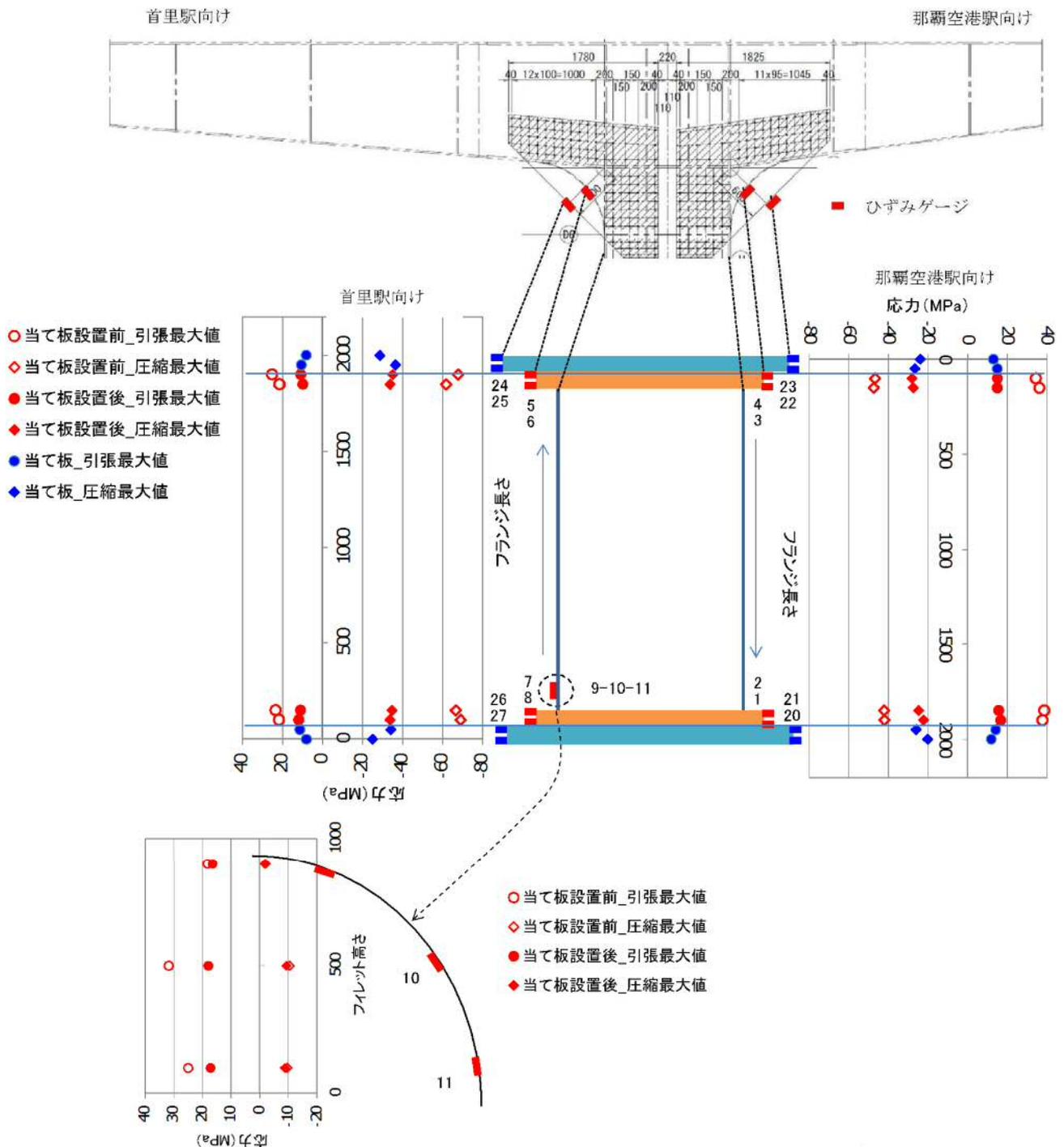


図-9 あて板設置前後の応力計測結果

5. その他の検討事項

(1) 脚内の滞水対策

橋脚内の調査をした結果、水抜孔などが特に設けられていなかったため、写真-12に示すように橋脚梁部に雨水が滞水している状況が確認された。

そのため、写真-13に示す箇所に水抜孔を設けることとした。この排水孔は湿潤及び乾燥を繰り返し錆びやすい部分となっているため、本工事では孔内の塗装に加えて、図-10に示すようなシリコンプラグで円周部を保護する方法を採用した。

(2) 干渉物の撤去復旧

あて板設置前に橋脚内を確認した結果、**図-11**に示すようにあて板のボルトと脚内の排水管の支持金具が干渉することが判明した。



写真-12 脚内の滞水状況

そのため、該当する柱ウェブに取り付いている金具は、あて板設置前に一度撤去し、あて板設置後にボルト接合により縦リブに取り付けて復旧（**写真-14**）を行った。撤去復旧の概要を**図-12**に示す。

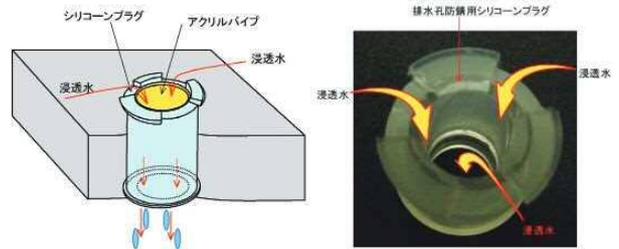


図-10 水抜孔用シリコン栓



写真-13 水抜孔設置箇所

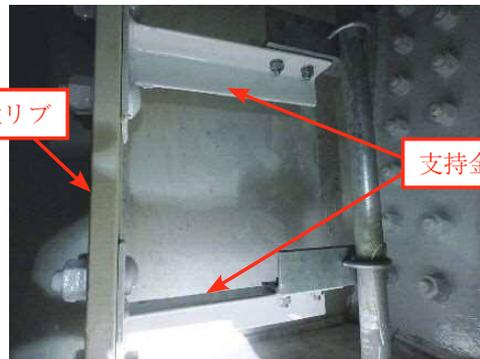


写真-14 排水管金具（復旧後）

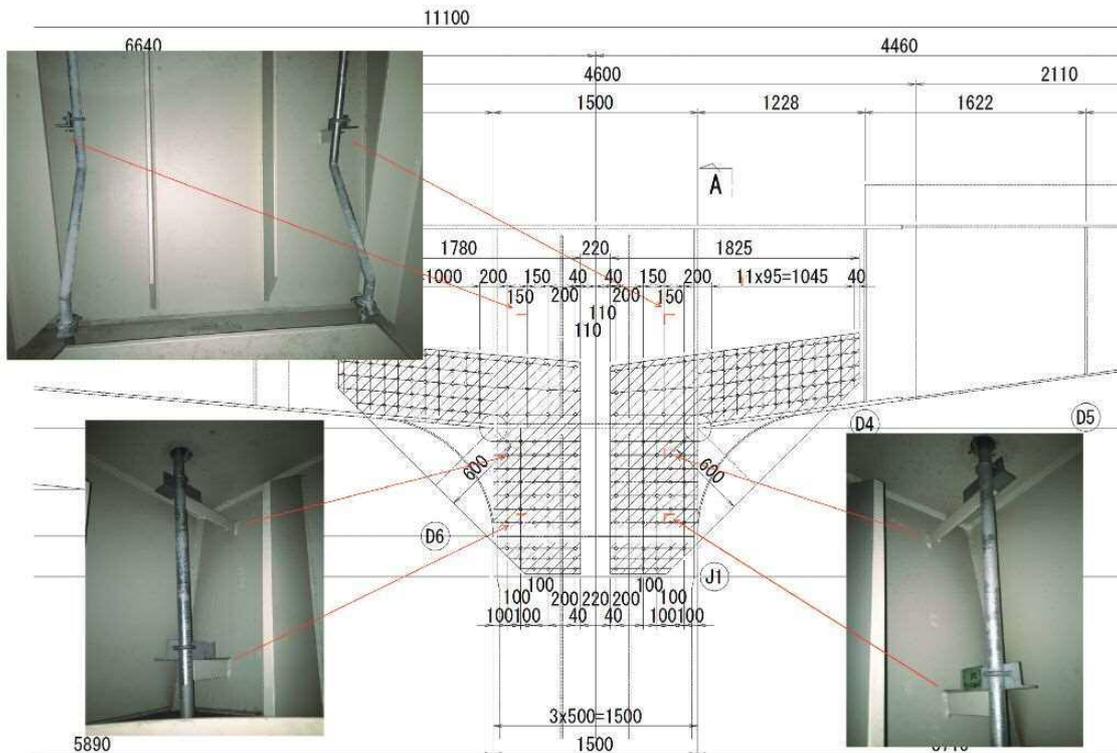
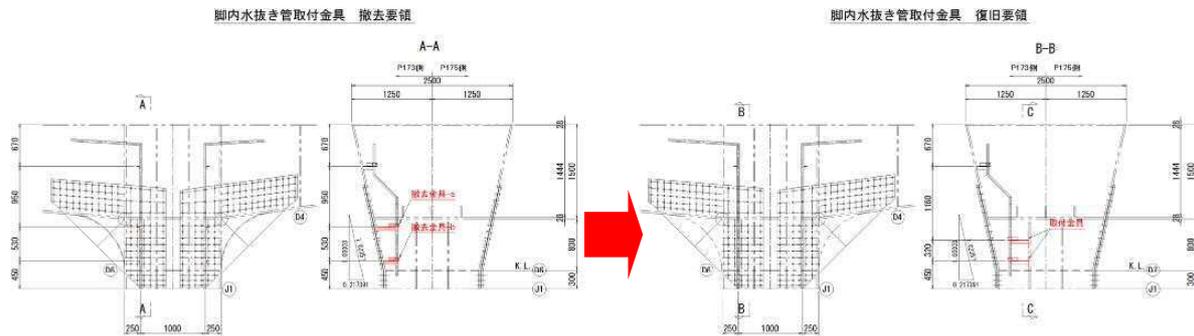


図-11 あて板ボルトと排水管支持金具の干渉状況



図一12 排水管支持金具撤去・復旧図

6. おわりに

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沖縄県土木建築部都市計画・モノレール課の担当者の方々、補修方法全般に渡り技術的なご助言をくださいました琉球大学の下里准教授、補強部材の工場製作、応力計測にあたり多大なるご協力いただきました金秀鉄工(株)及び(一社)沖縄しまたて協会の関係者の方々に対し、深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 首都高速道路株式会社：既設橋梁構造物補修・補強要領 鋼製橋脚隅角部の補強設計施工編，平成19年7月

2017.1.10 受付



写真一15 P174橋脚（補強後）

グラビア写真説明

県道大牟田川副線沖端川大橋（仮称）橋梁上部工工事（1工区）

県道大牟田川副線は、福岡県大牟田市より佐賀県佐賀市川副町に至る全長28.6Kmの主要幹線道路です。本路線は、全国的に有名な有明海海苔や大川家具の生産・流通、及び世界遺産に登録された三池炭鉱・三池港や観光都市柳川へのアクセス道路として、非常に重要な役割を果たしております。

本工事は、有明海に注ぐ沖端川を渡河する橋梁工事です。本工事は中央径間部で2分割され、起点側の工区（1工区）の上部工の製作架設工事を行いました。本橋の現場施工は、渡河部の中央支間長が長く、河川内に橋脚が2基あり、また航路となるため、河川上はトラバークレーン片持ち式架設工法にて施工致しました。河川中央部にて終点側（2工区）と桁を閉合して架設完了致しました。

鋼桁の工場製作から架設完了まで2年4ヶ月におよぶ工事でしたが、現地施工期間中は幸い、台風、雨、風、地震の影響もほとんど受けず、無事に平成28年10月に竣工を迎えることができました。（田頭 正臣）

武蔵野橋の送出し架設

Launching Erectin of Musashino Bridge



三田村 朋 宏*¹
Tomohiro MITAMURA



増 子 康 弘*²
Yasuhiro MASHIKO



堺 佑 宇 太*³
Yuta SAKAI

要 旨

こ線橋の架替え工事で、狭隘かつ短時間の厳しい条件下において実施した送出し架設について報告する。

キーワード：こ線橋，送出し，鋼床版鈹桁，多主桁，連続桁，狭隘ヤード，自走台車，駆動式エンドレスローラー

1. はじめに

武蔵野橋は拝島駅の北に位置する国道16号のこ線橋であり、JR五日市線・青梅線・八高線の全6線を跨ぐ2径間の橋梁である。以前は車道4車線＋両側歩道の橋梁であったが、交通量の増加に伴うボトルネックの解消を目的として6車線化するため架替え工事を行って。Ⅰ期工事では旧橋の脇に新橋が架設され、Ⅱ期工事では旧橋の撤去と新橋の架設が行われた。ここでは、Ⅱ期工事で当社が行った上り線桁の送出し架設について報告する。

2. 工事概要

- (1) 工 事 名：拝島駅構内武蔵野こ線橋架替
- (2) 発 注 者：東日本旅客鉄道(株)東京工事事務所
- (3) 元 請 者：鉄建・佐藤工業建設共同企業体
- (4) 工 事 場 所：東京都 福生市 熊川地先
- (5) 上部工形式：2径間連続鋼床版鈹桁（16主桁）
- (6) 架 設 工 法：手延べ式送出し架設
- (7) 工 期：平成27年1月～平成27年9月

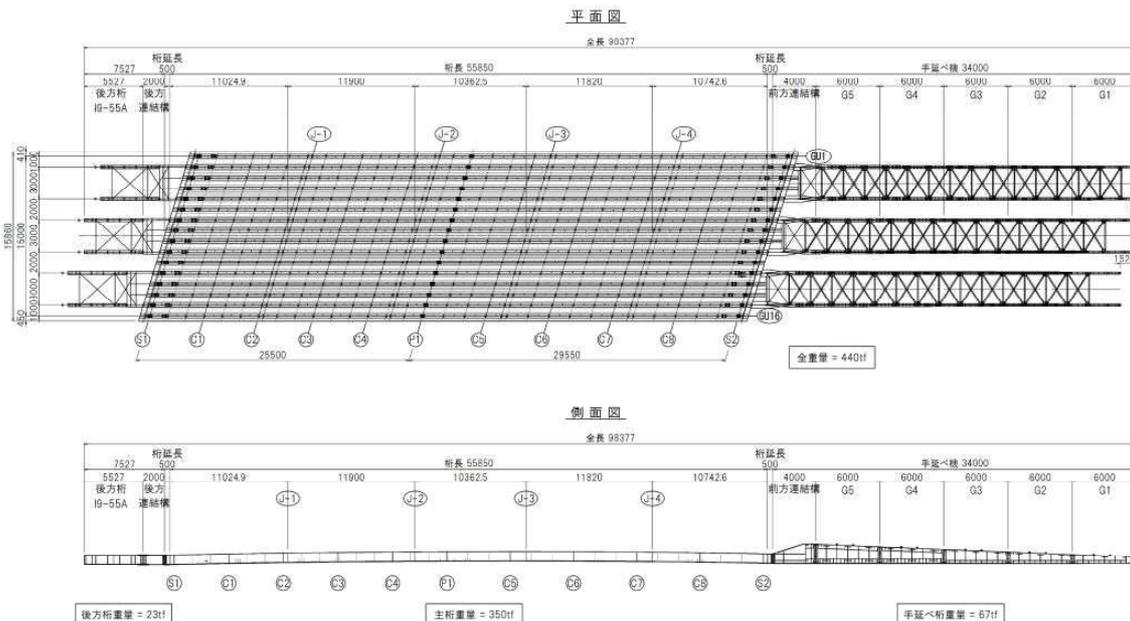


図-1 送出し桁一般図

*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計画第1グループサブリーダー

*³ 工事本部建設工事部建設工事グループ副主任

3. 架設概要

架設方法はこ線橋として一般的な手延べ送出し工法であるが、2径間連続鋼床版桁で多主桁（16主桁）や斜角（73度）と言った特徴を有しており（図-1参照）比較的施工難易度の高い構造となっている。

本橋の平面線形は直線であるが送出しヤード部の道路線形が曲線となっている関係でヤードが狭く（必要幅を確保出来る距離が短い）、送出し桁を一度に組立てることが出来ないため、第1回送出しの前後で2回に分けて組立て作業を行った。また、組立て時の桁の位置を直角方向に1mシフトさせヤード延長の確保に努めた。

線路上空での作業可能時間が短いことから、自走台車（モーター）による送出しが必須となっており、送出しヤードに軌条設備を設けて台車設備を使用した。

送出し後は、ジャッキダウンを行い、組立て時にシフトした1m分の横取りを行って桁を据え付けた。

4. 第2回送出し架設の課題

単純桁を台車で送り出す場合、2点支持状態（前後台車）で変化のないまま到達に至ること、同じ支持状態を

事前に確認が出来ることなどの利点があり、今回の第1回送出し（25.0m）もこれに該当する。

一方、第2回送出し（28.4m）は前後台車の他にP1橋脚上も仮受け点となる3点支持状態で、台車とP1仮受け間の距離が逐次変化する構造系となる。事前に同じ支持状態を再現することは不可能であり、送出し途中で前方台車の盛替え（約16m移動）をする必要もあるため到達までの作業量が多い。加えて線路上空での作業時間は、き電停止間合いの90分間となっており、遂行するにはいくつもの課題があった。

(1) 仮受け点の管理・調整

本橋は鋼床版桁で断面方向の剛性が高いので、支点の不等沈下による反力変化への影響が大きく、多主桁と斜角の影響も複雑に絡み合う。そのため仮受け点の高さ管理の難易度が高く、調整作業が困難になることが予想された。

(2) 台車の盛替え作業

2-1送出し（13.9m）後、A1橋台上の仮受け設備に桁を預けて前方台車を開放し、約16m後退して再度桁を仮受けする。そのままA1橋台上の仮受けを開放して2-2送出しを開始する。



図-2 架設概要図

台車の移動量が大きく桁の支持点間距離が長いので、桁のたわみも大きくなるが、たわみが大きいと受替え作業自体に時間を要することとなり、また台車の後退作業にも影響がでる。

(3) 自走台車の走行力

P1橋脚部からの張出し長が大きくなるにつれ、前方台車部の主桁反力は次第に小さくなっていく。

反力が小さくなると駆動輪にかかる鉛直力も小さくなり、駆動輪の鉛直力に比例する走行力も低下する。

送出しに伴う各種抵抗力が自走台車の走行力を上回れば駆動輪は空転し、送出し不能となる。

走行力をカバーするための水平ジャッキを搭載しているが、速度が遅いので時間内に到達できないリスクが高まり積極的には使用できない。

(4) 到達後の仮受け作業

手延べ先端がP2橋脚上に届いても、先端の仮受けをしなければ線路閉鎖を解除出来ない。

手延べ先端のたわみ量は260mm程度であり、そのままであれば、ジャッキアップを行って仮受け設備を設置する必要があり、時間を要することとなる。

5. 第2回送出しの対策

(1) 反力管理

仮受け点の高さ管理は架設中の各所が想定した応力状態に収まり安定性を確保する為の担保であり、反力管理はよりダイレクトに作用力を管理する手法である。

当初案では全仮受け点の反力を読み取る設備が見込まれていなかったため、全ての仮受け点に油圧ジャッキを使用した設備を配置し反力管理システムを構築した。

(図-3、写真-1参照)

これにより反力状態を常に把握し不安定とならない様に反力調整を行いながら、中断することなく送出し作業を行った。

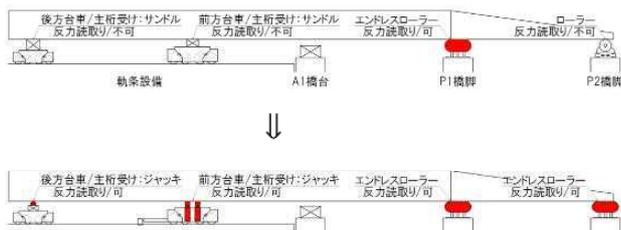


図-3 送出し設備の変更

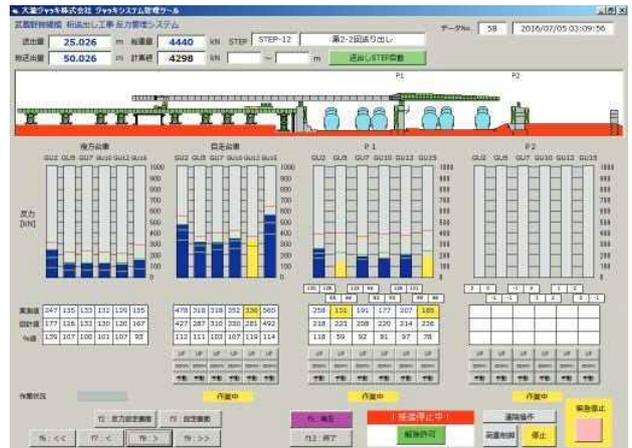


写真-1 反力管理システムモニター画面

(2) 台車盛替え時の作業性向上

前方台車にロングストロークの鉛直ジャッキを配置した。(図-4、写真-2参照)

第1回送出しの前には、同じ支持点状況ではないものの、疑似的に第2回送出し時の台車盛替えリハーサルを行い、繰り返し練習することで作業手順の周知徹底を図った。

これらにより台車盛替え時の受替え作業が容易になり作業時間の短縮に繋がった。

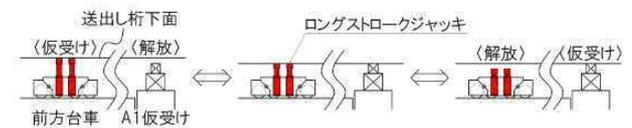


図-4 ジャッキ付き台車



写真-2 台車ジャッキ

(3) 自走台車の走行力確保

第2回送出しで最も大きい抵抗力となるのは、P1橋脚上のエンドレスローラー設備である。エンドレスローラーは仮受け点で大きな（長い）受け幅を確保しながら桁の移動に追従する優れた設備であるが、少なからず抵抗力が発生する。近年は自身の抵抗力を無くするための駆動装置を内蔵したモデルが登場しており、今回はP1橋脚上に駆動式のエンドレスローラーを配置することとした。

駆動式装置を用いることで第2回送出し時の全体抵抗力が僅かになり自走台車の走行力が確保された。これにより送出し時間が短時間になり余裕を持った送出し作業とすることが出来た。（図-5、写真-3参照）

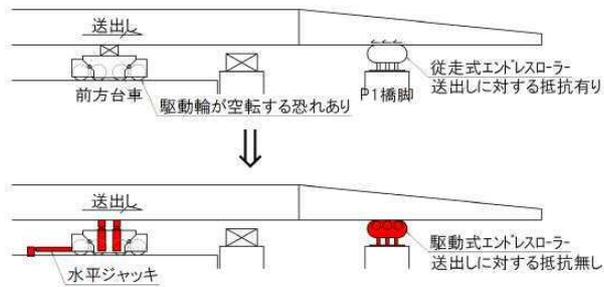


図-5 走行力の確保



写真-3 駆動式エンドレスローラー

(4) 先端到達時の仮受け作業の軽減

手延べ先端が到達した後に先端をジャッキアップする手法ではなく、手前の仮受け点を予めジャッキアップしておき、到達後にジャッキダウンすることで先端を仮受けに預ける手法とした。

今回は前方台車にロングストロークの鉛直ジャッキを使用しており、P1橋脚の駆動式エンドレスローラー設備にもロングストロークの鉛直ジャッキを有するタイプとすることでこの手法を可能とした。（図-6参照）

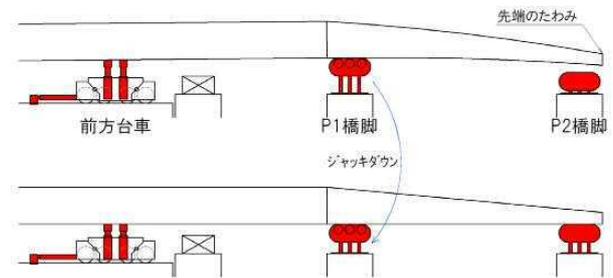


図-6 到達時先端仮受け作業

6. 実施作業

第2回送出しのタイムスケジュールを図-7に示すが、事前の計画では、き電停止作業時間に対して40分の余裕時間を確保していた。作業当日は列車遅延の影響で作業着手時間が38分ほど遅れたが、余裕時間内であったため予定通りの作業を開始し無事に送出しを終えることが出来た。

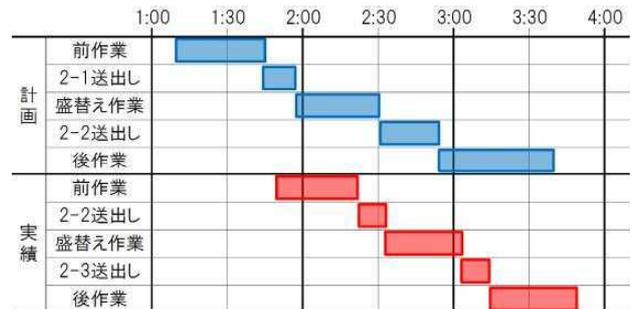


図-7 タイムスケジュール

7. おわりに

今回は営業線上空での厳しい作業条件の中で2径間連続桁の送出し架設を行った。

特に第2回送出しは計画当初では時間的余裕など全く無いと考えられたが、実際には大幅な列車遅延が生じたにもかかわらず予定通りの施工を行うことが出来た。今回の設備計画等が今後の類似工事の参考になれば幸いである。

最後に、本工事の施工にあたりご指導頂きました発注者のJR東日本旅客鉄道㈱、元請けの鉄建・佐藤工業建設共同企業体ならびに工事関係者の皆様に深く感謝し、誌面を借りてお礼を申し上げます。

2017.1.10 受付

寝屋川橋梁 活線切替工事報告

Report on the Line Switching Work of Neyagawa Bridge



牧本 健一*¹
Ken-ichi MAKIMOTO



恵濃 宗久*¹
Munchisa ENO



村尾 学*²
Manabu MURAO

要旨

本工事は、西日本旅客鉄道の鉄道路線、片町線の貨物支線である城東貨物線を改良して旅客営業を行う、おおさか東線の内、鳴野～放出駅間を流れる寝屋川上空の架橋工事を行うものである。第三セクター会社の大阪外環状鉄道が第三種鉄道事業者として路線の建設を行っている。現在、放出から久宝寺までが開業しており、残りの新大阪間を平成30年度末の開業を目指し、全線に渡って工事が実施されている。本稿では計画片町線のトラス桁（文中T1トラス）の活線切替工事について詳述する。

キーワード：活線切替え，横取り

1. はじめに

本橋は、おおさか東線新設鉄道路線の内、鳴野～京橋間に位置し、一級河川寝屋川と府道石切大阪線と立体交差する複線トラスである。

本工事は一部、供用している鉄道営業線を暫定位置から計画位置へと一夜間にて一括横取りする活線切替え工事であった。

本稿は平成28年4月2日の切替え工事に向けて取り組んだりリスク対策・創意工夫を中心に報告を行う。

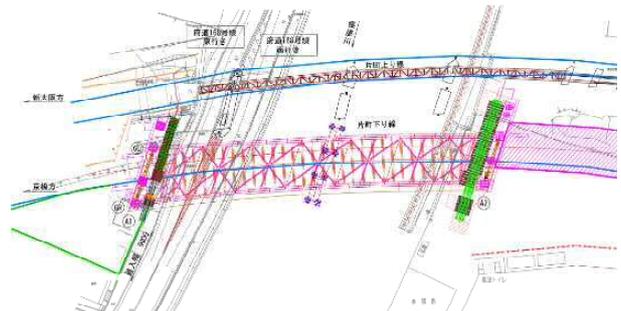


図-2 現場全体図

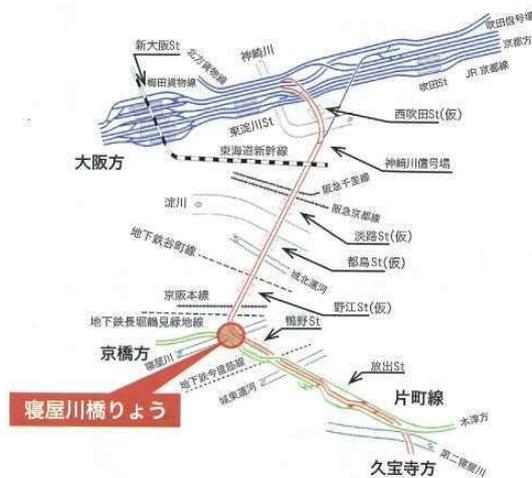


図-1 おおさか東線 計画概要



写真-1 横取り前の状況

*¹ 関西支社関西工事部関西建設工事グループ現場所長

*² 関西支社関西計画部関西建設計画グループグループリーダー

2. 工事概要

以下に本工事の概要を示す。

工 事 名：おおさか東線寝屋川橋りょう外新設他工事

施 工 場 所：大阪府大阪市城東区鳴野地内

企 業 者：西日本旅客鉄道㈱

構 造 形 式：複線下路並行弦曲線トラス

列 車 荷 重：標準列車荷重EA-17

支 間 長：69.2m

軌 道 線 形：R=500m

全 体 重 量：2300t（鋼重・床版・バラスト・軌道含む）

活線切替日：平成28年4月2日から翌3日にかけて

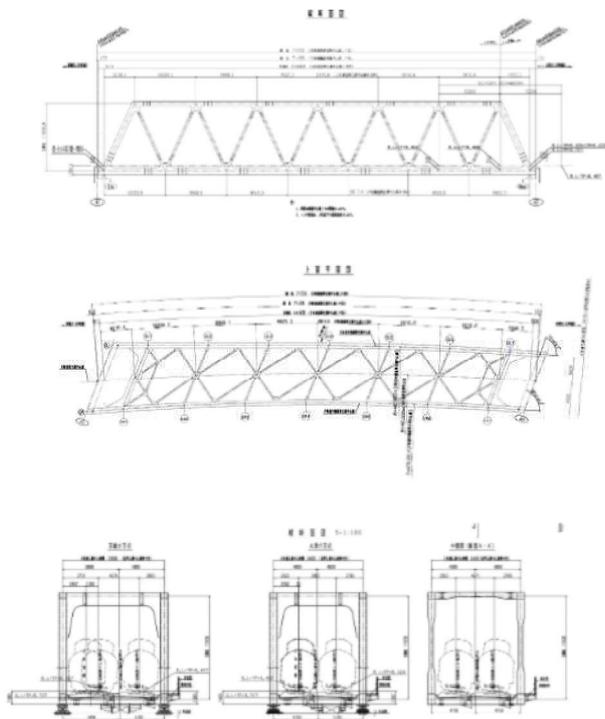


図-3 構造一般図

3. 本工事の特徴

T1トラスは、旧片町下り線上に架設する計画がされている。そのため、一旦、その位置に支障しない4.7m偏心した位置にてT1トラスの組立を行い、旧片町下り線をそのトラス上に切替えた後、旧橋りょうを撤去し、本トラスを定位置に横取りするステップが必要となった。

以上を踏まえ施工計画・現場施工を行った。

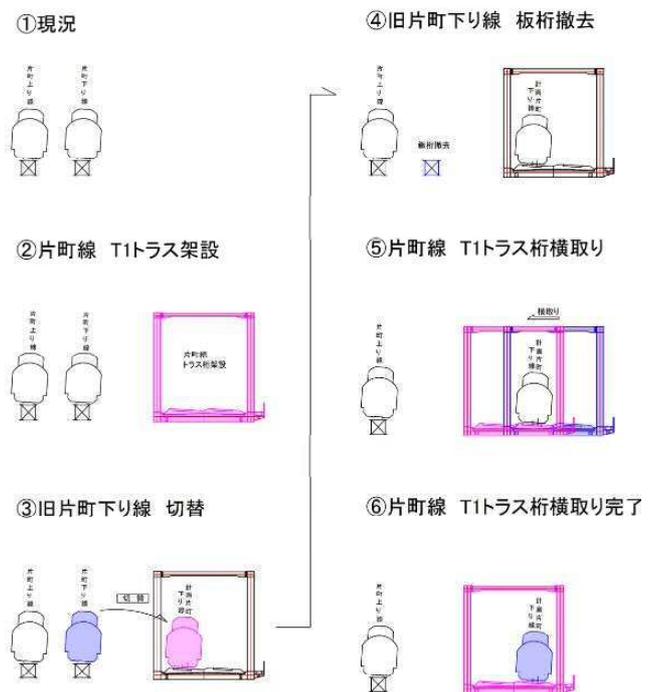


図-4 T1トラス線路切替えステップ図

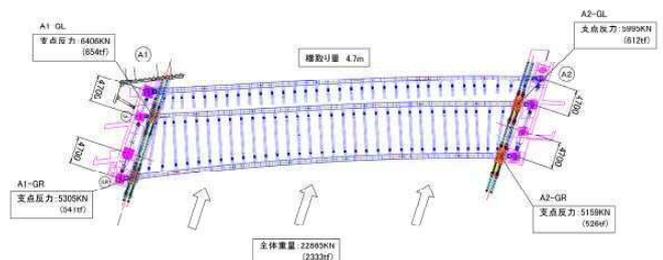


図-5 T1トラス横取り概要

4. 活線切替工事のリスク回避への取組み

一夜限りでの活線切替工事を成功させるにあたり、以下のようなリスクを回避する取組みを行った。

(1) ワーキンググループの発足

この工事の大きな取組みとし発注者・元請け業社・当社でのワーキンググループを早い段階で立ち上げた。その中でこの工事でのリスクをいろいろな角度から抽出、検討することで関係各署全員が認識・共有を図ることができ、早期でのリスク対策につながった。

(2) 横取りベント 構造と支持対策

横取り時に荷重を支持する横取りベントは通常、橋台フーチングを基礎にすることが多い。しかし、終点方において用地の制約から反力を支持するフーチング等が設けられなかったため地盤改良を行い支持地盤とした。

この支持構造のリスクとして地盤改良部分における局所的な不等沈下が考えられた。その対策として剛性の高い工事桁を基礎梁として使用し受圧面積を大きくとり、また、断面方向も工事桁を追加しより広く荷重を分散する構造とした。

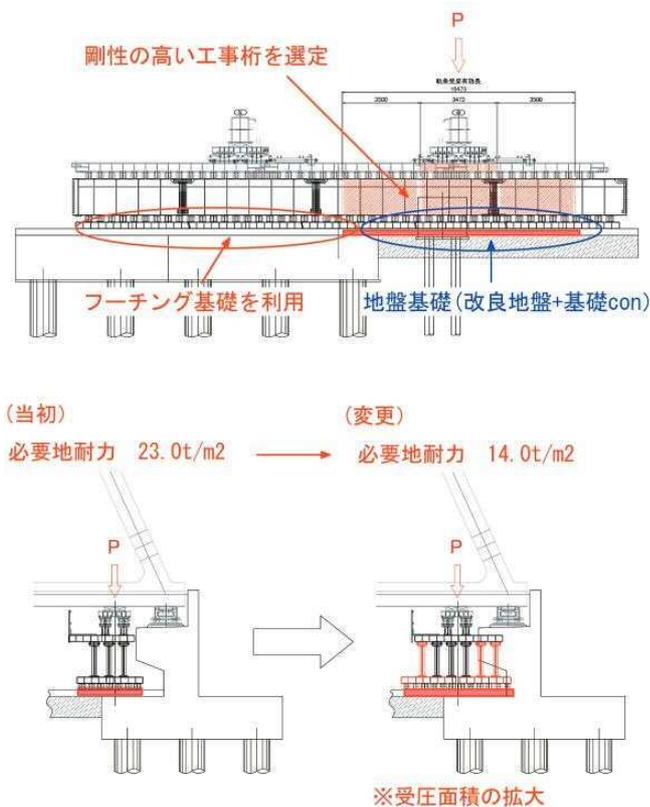


図-6 横取りベント（終点方）基本方針



写真-2 横取りベント（終点方）

起点側の横取りベントは構成部材が多いと鋼材間のなじみが横取り時に悪影響を及ぼすと想定して、鋼管ベント（φ1000）を採用し部材数を極力、少なくする構造とした。

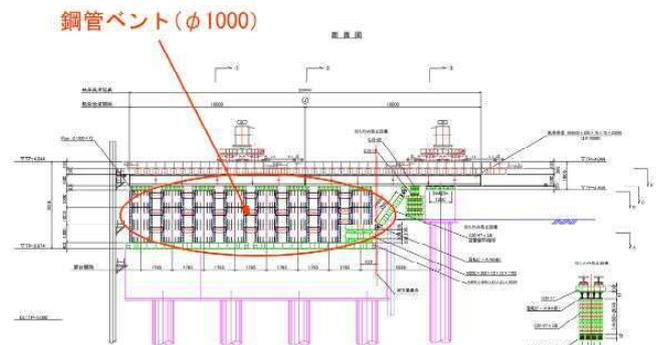


図-7 横取りベント（起点方）基本方針



写真-3 横取りベント（起点方）

(3) 横取り設備

全体反力が2300t、1支点あたり575tと大反力であった為、荷重の分散と横取り時の安定度を考慮して横取り軌条は2軌条での配置とした。推進設備としてはテフロン機能を有したスライドベース（300t耐力×4台）と水平油圧ジャッキ（50t能力-1050ST×2台）を推進力とし、主桁受点部は高剛性の架台を設置して反力装置に荷重を均等载荷させた。また、それぞれの支点の装置は連動させ1箇所に集中制御して動作管理を行った。

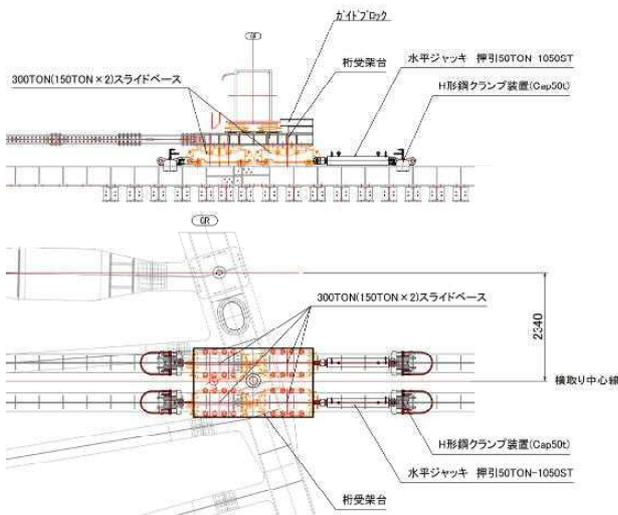


図-8 横取り設備概要図



写真-4 横取り設備

(4) 実荷重 载荷試験

ジャッキアップの際、先に記した地盤改良箇所反力が作用すると、地盤沈下のリスクがあった。そこで本施工に先立ち地盤载荷試験を実施し、その挙動を確認した。

その中で基礎部の沈下状態、設備のなじみ、設備の異常有無、左右桁の荷重バランス、支承の縁切状態と総合的な目線で载荷試験を行った。

測定の結果、沈下量は2mm程度であり同条件の試験を2回行い、その地盤の挙動が同じであったのと設備に異常がなかったのを判断材料として、本施工の一括横取りに取り組んだ。

(5) 試験引きの実施

事前に試験横取り（1050mmの横取り・引き戻し）を行った。この試験引きによって鋼材のなじみ量やベント沈下量等の測定、ジャッキの動作確認、桁の地切り、軌道工や電気工の各部署による、本施工のシュミレーションを行った。その中で相互の連絡体制や、計測の人為的な作業がタイムスケジュールに大きな影響を与える事が確認できた。その後の検討会において、各部署の役割の再認識、相互連絡の簡素化等を図ることにより、本施工の一括横取り作業に反映させる事ができた。

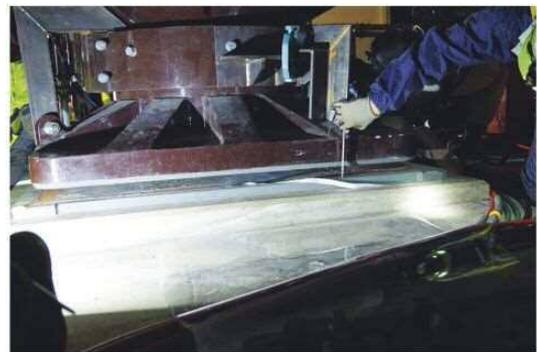


写真-5 主桁扛上・支承縁切

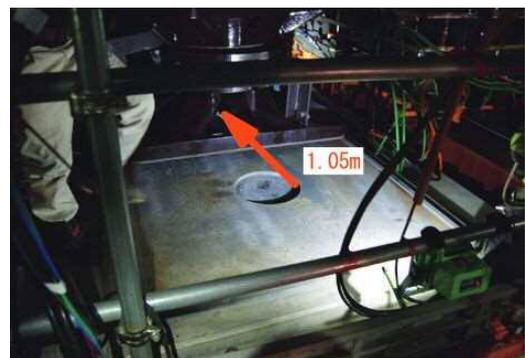


写真-6 試験引き・横移動完了

(6) ジャッキストローク 余裕量確保

スライドジャッキの鉛直ストローク機能が100mmあり、当初はそれにて施工計画を進めた。横取り時における不測沈下等による、左右桁のバランス調整が出来なくなる恐れが生じるのを考慮し、スライドジャッキ上に低器高の補修用ジャッキ（200t耐力-25mmST）を追加配置し、合計125mmのジャッキストロークを確保し不測沈下に対応した。

通常桁受け部は、サンドル材やライナー材等で仮受けする構造が多いが、ジャッキ設備を二重構造に変更することによって、荷重点の明確化と作業性の改善、調整作業の簡素化の利点があった。

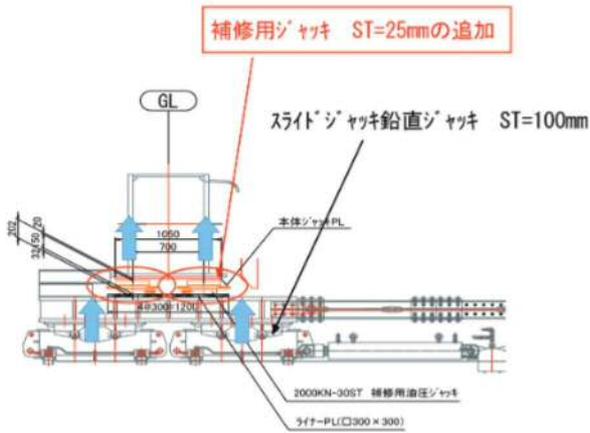


図-9 補修用ジャッキ配置概要図



写真-7 補修用ジャッキ

(7) 支承回転拘束治具の設置

本橋の支承はピボット支承を採用しているため、全方向に対して自由に可動することになる。そこでその回転を拘束する治具を事前に設置しておき、その支承の角度、位置を保持することにより横取り後の調整作業をなくすことができ、全体作業時間を短縮する結果となった。



写真-8 支承回転固定治具

(8) 横取り時 管理計測

横取移動時の反力荷重は数値をデジタル表示とし、バランス具合を管理した。また、全体移動量は光波計測・橋台での目視計測を起終点で行い、その数値にて横取り桁の平面的な回転の挙動を管理した。



写真-9 ジャッキ反力 デジタル表示

5. 活線切替報告

平成28年4月2日夜から翌3日にかけて、横取り架設を実施した。横取り後の桁据付け精度は建築限界、軌道整備目標、構造物の離隔等、総合的に勘案して以下の精度管理値を定めた。

表-1 据付け精度の判断基準

方向	管理値	目標値
橋軸方向	±30mm	±20mm
横取方向	±15mm	±10mm

今回の全体作業時間は全体タイムサイクルを考慮し、拡大線閉時間枠を採用し線閉間合327分で実施した。横取り自体は施工時間を145分確保していたが、先に記したリスク回避の取り組みの甲斐もあり、105分程度で作業を終えることができた。また、切り替え作業自体も試験引きのシミュレーションの効果により、全体で約1時間程度短縮して完工することができた。

表-2 横取りタイムスケジュール

時間 作業内容	23時		0時		1時	
	20	40	20	40	20	40
軌道撤去	[計画]		[実績]		[計画]	
ジャッキアップ	[計画]		[実績]		[計画]	
桁横取り	[計画]		[実績]		[計画]	
桁位置調整	[計画]		[実績]		[計画]	
ジャッキダウン	[計画]		[実績]		[計画]	

表-3 横取り架設精度

管理項目	A1		A2	
	GL	GR	GL	GR
横取り量(mm)	4,697	4,700	4,697	4,700
横取り方向ズレ量(mm)	+3	0	+3	0
橋軸方向ズレ量(mm)	-2	+5	+5	+4



写真-10 横取り前



写真-11 横取り完了

6. おわりに

本工事は、現在、建設中のおおさか東線工区の中でも非常に注目度・難易度の高い工事であった。また、現在、供用している鉄道桁の中で試験引きを実施している事例は少なく、当夜での線路切替えを万が一の失敗も許されないという高い共通意識が成功とともに高い精度に繋がったと思う。

最後に本工事にあたりご指導、ご協力いただいた関係者の方々に深く感謝を申し上げます。

2017.1.10 受付

江北橋耐震補強工事報告

Report on the Aseismic Reinforcing Work of Kohoku Bridge



依田 伸 洋*¹
Nobuhiro YODA



神原 良 範*²
Yoshinori KAMBARA



田 崎 亮 祐*³
Ryosuke TASAKI



村 井 向 一*⁴
Koichi MURAI

要 旨

本工事は都内を流れる荒川に架かる江北橋の耐震補強工事である。江北橋の橋梁形式は、中央径間がランガー橋、側径間はゲルバー構造で、その他河川敷内は単純桁橋構造である。本報告では江北橋における耐震補強を概説するとともに、当社では施工実績の少ない流水部における既設橋脚のRC巻き立て補強の施工方法について記述する。

キーワード：ランガー橋，ゲルバー構造，耐震補強，河川仮締め切りによる施工

1. はじめに

江北橋は、荒川を渡河する都道で、緊急輸送道路に指定され、防災計画から重要な橋である。

本工事は江北橋が現行耐震基準のレベル2地震動に耐えるべく、新たな落橋防止システムの設置、及び橋梁補強を行った工事である。

本報告では江北橋における耐震補強の内容を概説するとともに、P11橋脚のRC巻き立て補強においては、当社では施工実績の少ない流水部の仮締め切を伴う既設橋脚の耐震補強の施工を行ったので、今後の類似工事での参考とするべく、記述することとする。

なお、当社の施工範囲はP8橋脚～A4橋台（図-1）であるが、P8橋脚のP7側の落橋防止の設置、及びP8橋脚のRC巻き立て補強については、別会社で施工を行っている。

2. 耐震補強

(1) ランガー桁部（P9～P10橋脚）の耐震補強

江北橋は地震時においては、P10橋脚部が固定沓であるため、地震時の水平力が集中して河川内のP10橋脚の耐震補強が必要となる構造であった。

また、ランガー桁両端のゲルバー部を介して地震時の水平力が伝わる、P8橋脚、P11橋脚の固定沓でも橋脚補強が必要とされた。

そこでP10橋脚の地震時水平力を、補強が比較的容易なP8、P11橋脚に分散させるべく、ゲルバー部を水平力伝達構造化して粘性ダンパーを用いて減衰させ、既設の可動、固定支承を分散構造とすることで、P10橋脚を無補強とし、河川内の橋脚補強を最小にする耐震補強としている。（図-2）

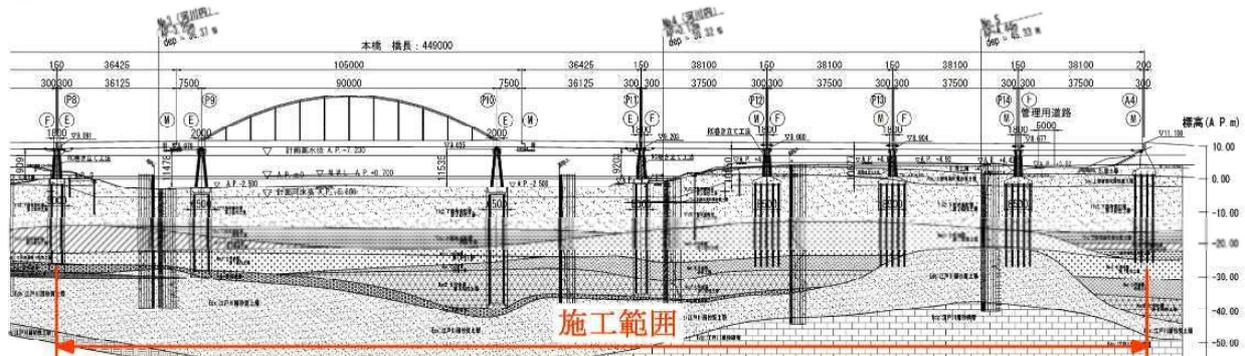


図-1 橋梁一般図

*¹ 工事本部保全工事部保全工事グループ現場所長
*² 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*³ 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ
*⁴ 計画本部計画部保全計画グループサブリーダー

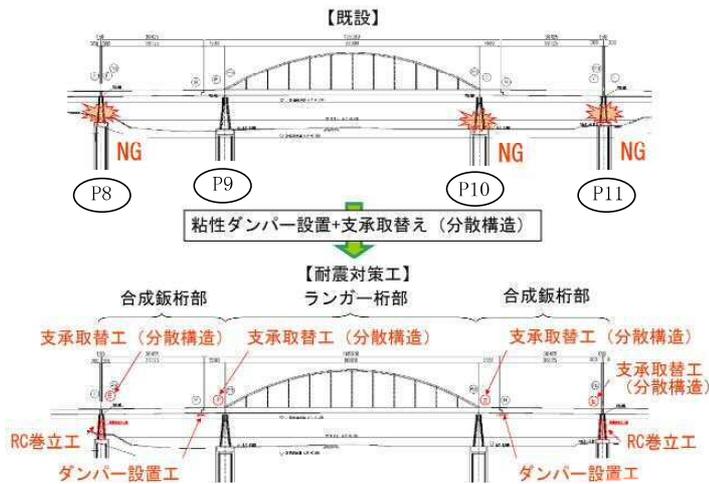


図-2 耐震補強概要図

P11橋脚で施工したランガー桁側の水平沓と橋脚補強(RC巻き立て補強)を図-3に示す。

P11橋脚ではP10橋脚側はランガー桁で、本工事にて地震時水平力を分散させる水平支承を設置し、P12橋脚側にはせん断ストッパーを設置した。写真-1ではP11橋脚耐震補強完了後の全景を示す。橋脚はRC巻き立て工法により曲げ耐力を向上させている。

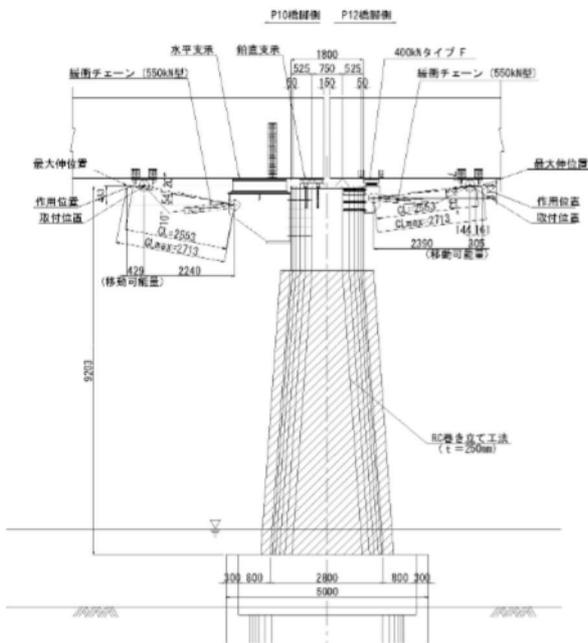


図-3 P11橋脚 耐震補強一般図

P9、P10橋脚ゲルバー部の粘性ダンパーを図-4に示す。

P10橋脚でランガー桁の桁端ゲルバー部に、粘性ダンパーを設置した。写真-2は、P10橋脚ダンパー部の施工完了写真である。



写真-1 P11橋脚 耐震補強完了

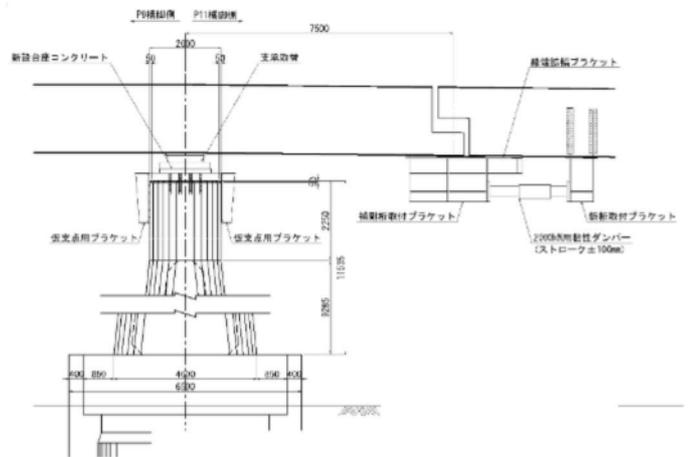


図-4 P9、P10橋脚 耐震補強一般図

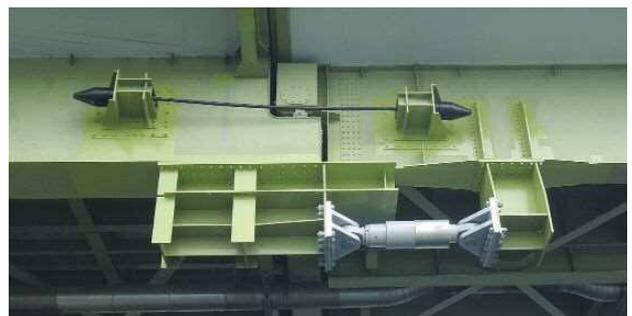


写真-2 P10橋脚 ゲルバー部の粘性ダンパー

(2) 落橋防止構造

上部構造と下部構造を連結するため、緩衝チェーンを設置した。緩衝チェーンは緩衝ゴムに被覆されたチェーンの引張耐力により、地震時の作用力に抵抗する落橋防止装置である。鋼製ブラケットを設置して主桁と橋台前面、又はパラペット前面を緩衝チェーンで連結した。

(図-7、写真-1)

(3) 変位制限構造

本工事ではせん断ストッパーを採用している。

鋼桁に取り付ける変位制限装置で、1つの装置で2方向（橋軸方向、橋軸直角方向）の変位に対応させることができる。（図-5）

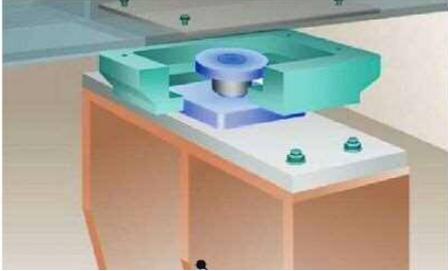


図-5 せん断ストッパーイメージ図

P12、P13、P14橋脚の落橋防止構造を図-6に示す。

せん断ストッパーは、5主桁全てに設置し、PCケーブルタイプの落橋防止装置は外桁を除いた3主桁に設置している。

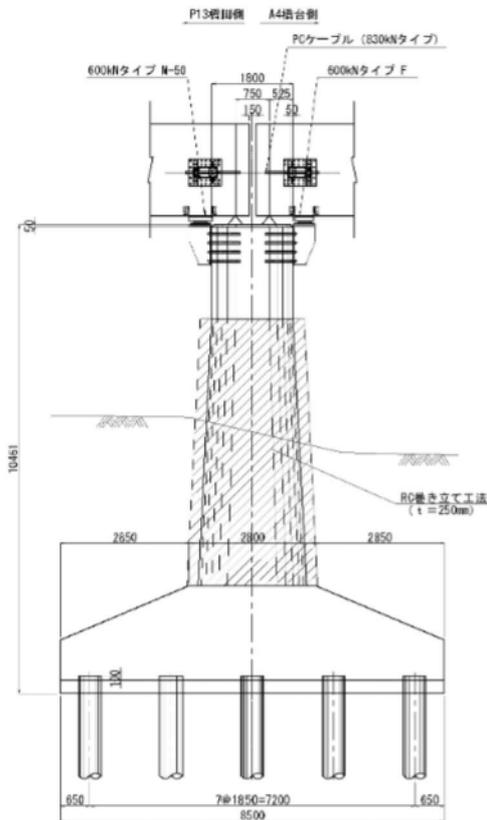


図-6 P14橋脚 耐震補強一般図

A4橋台の落橋防止構造を図-7に示す。

橋台前面に鋼製ブラケットを設置し、緩衝チェーンとせん断ストッパーを主桁と鋼製ブラケットに設置した。

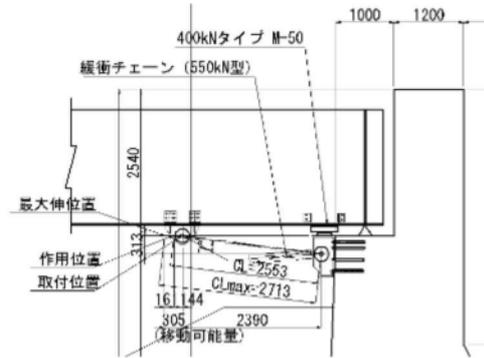


図-7 A4橋台 耐震補強一般図

3. 流水部の仮締切によるRC巻き立て工法

本工事ではP11橋脚において、大型土嚢を使用した流水部の仮締切工法を行った。その施工方法について以下に記述する。

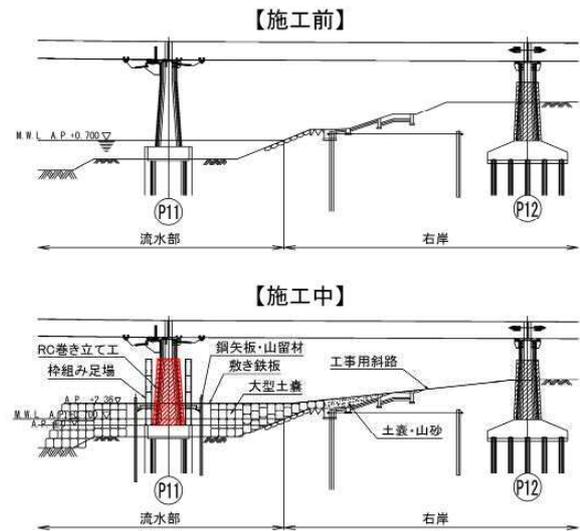


図-8 P11橋脚補強 施工一般図

(1) P11橋脚耐震補強工

①斜路・作業ヤードの設置

仮締切工に使用した大型土嚢は、流水部には割栗石を入れたものを使用したのが、一部の工事用斜路等には山砂入りのものを配置した。（図-9）

大型土嚢は右岸のP12～P14橋脚側面の仮設ヤード内で作成を行った。

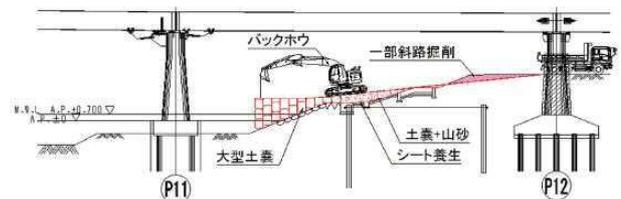


図-9 P11橋脚 作業土工施工図（大型土嚢設置）

②鋼矢板・山留材設置

鋼矢板内の排水は水中ポンプを使用して行い、直接河川内に排出した。

P11橋脚の耐震補強施工のため、バックホウで流水部に大型土嚢を配置し、上面に敷き鉄板を敷設して作業ヤードを造成した。

斜路の一部は掘削を行い、掘削土は一時右岸の仮設ヤードに仮置きし、斜路撤去後に現況復旧を行った。なお、斜路の下は山砂、土嚢を設置する前に、シート養生を行った。

大型土嚢、敷き鉄板を敷設した仮締切の作業ヤードを使用して、鋼矢板の打設、山留材の設置を行い(図-10)(写真-3)、鋼矢板の打設は、橋梁の直下以外をパイロハンマーで施工し、橋梁直下の施工をサイレントパイラーでの打設とした。

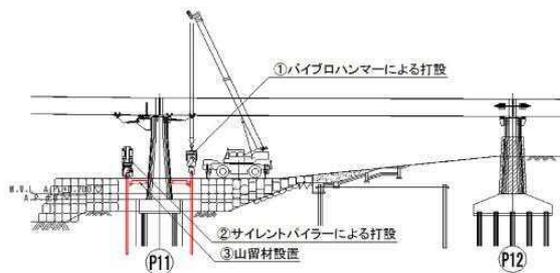


図-10 P11橋脚 仮締切工施工図



写真-3 P11橋脚 仮締切状況(サイレントパイラー使用)

大型土嚢設置完了の様子を写真-4に示す。

鋼矢板と大型土嚢との間は、山砂で埋戻しを行い、止水効果を上げている。



写真-4 P11橋脚 仮締切完了

③既設橋脚防護コンクリート撤去

図-11の既設橋脚防護コンクリートは、P11橋脚建設時に流水部の作業で使用したものと考えられるが、RC巻き立て工施工の支障となるため、河川仮締切り後に人力及びバックホウで撤去、ダンプトラックに積み込み、現場外に搬出、産業廃棄物処理を行った。

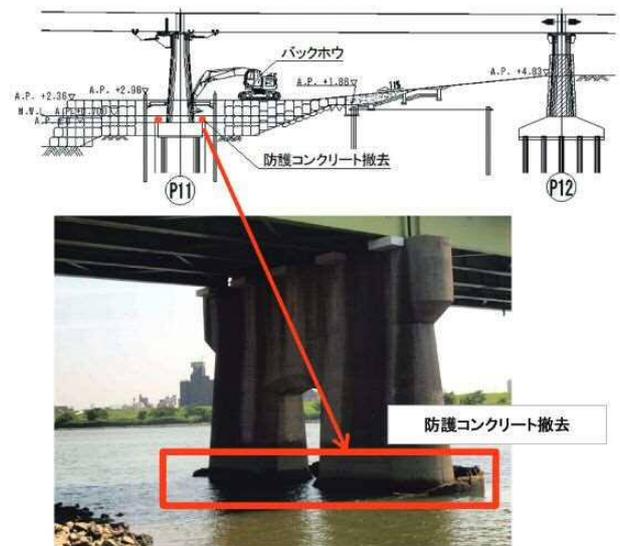


図-11 P11橋脚 既設保護コンクリート撤去

④枠組み足場設置

防護コンクリート撤去後、橋脚周りに作業用の枠組み足場を設置した。(図-12)

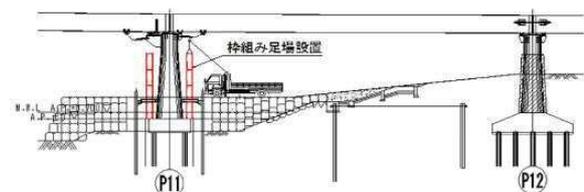


図-12 枠組み足場設置工

⑤配筋・型枠

フーチング上の鉄筋探査、削孔、主筋の定着を行い、その後、配力筋の配筋、型枠の設置を行った。

(図-13)

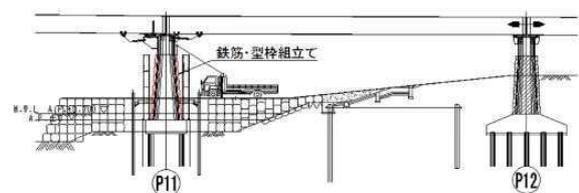


図-13 配筋・型枠工

⑥コンクリート打設

作業ヤードからコンクリートポンプ車を使用して、コンクリートの打設を行った。(図-14)

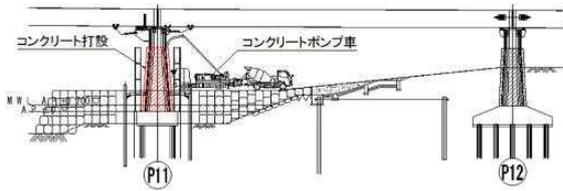


図-14 コンクリート打設工

⑦鋼矢板撤去

脱型、仕上げ後に、山留材、鋼矢板の順で設置時と逆の手順で鋼矢板の撤去を行った。(図-15)

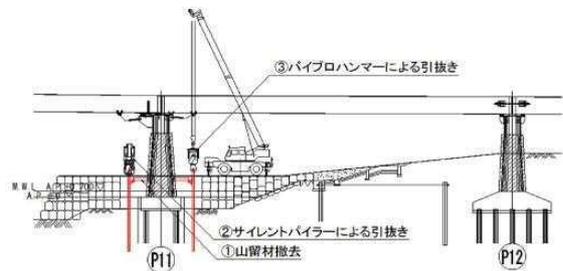


図-15 山留材・鋼矢板撤去工

(2) 大型土嚢撤去工

前項で大型土嚢埋設による仮締切工の説明をしてきたが、水深が深い場所に設置、または崩れた大型土嚢については、通常のバックホウおよびスライドアームタイプのバックホウでは作業半径の不足と耐水性能において施工が難しいため、河川深度がある部分の大型土嚢の撤去についてはバックホウ台船による浚渫作業が必要となった。

①深浅測量及び潜水調査

本作業着手前に、深浅測量を実施しA.P. (Arakawa peil の略で、荒川工事基準面) 値で深度を把握していたが、実作業において、大型土嚢を予定数より多く使用したことから、潜水調査を行い実態調査を行った結果、スライドアームタイプのバックホウでは届かないことが判明した。

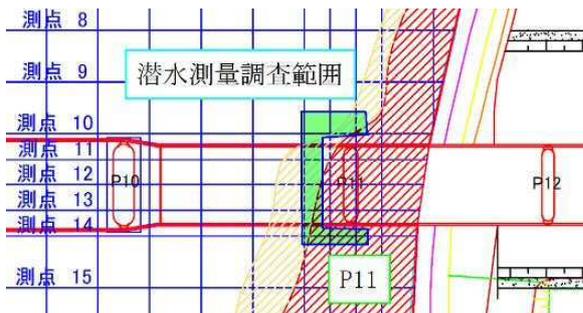


図-16 深浅測量図

また、浚渫船の使用についても、図-16に示す図において、赤ハッチング位置がA.P.-2m未満で台船の航行不可能、黄色ハッチはA.P.-2.0以上3.0m未満のエリアで航行注意エリアであったので、浚渫船の移動を考慮した施工方法の検討が必要であった。

図-17に江北橋河川内全体の深浅測量図を示す。

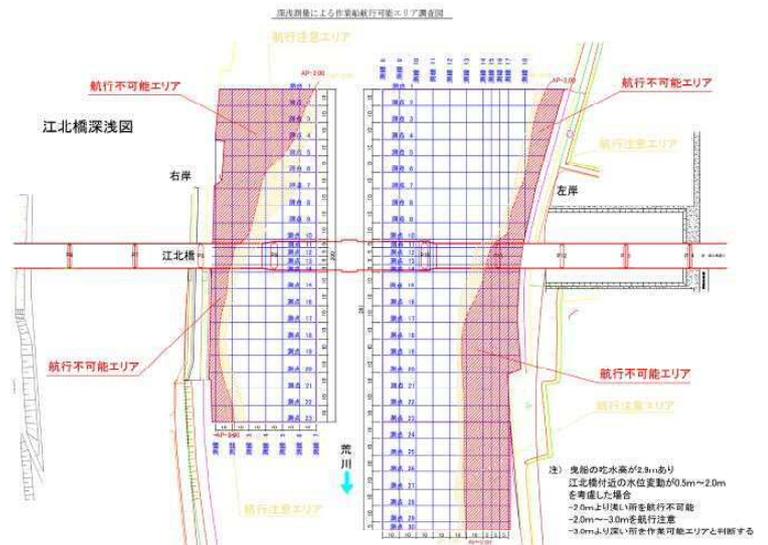


図-17 江北橋深浅測量図

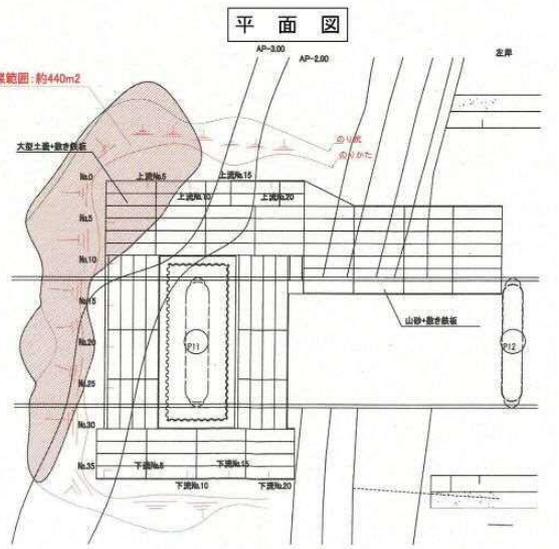
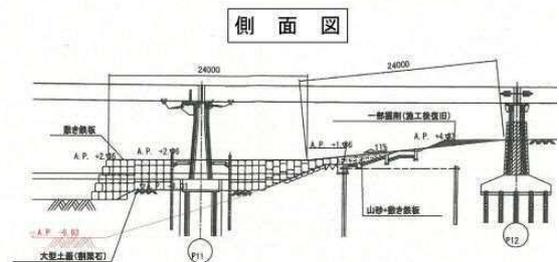


図-18 潜水調査結果および浚渫範囲図

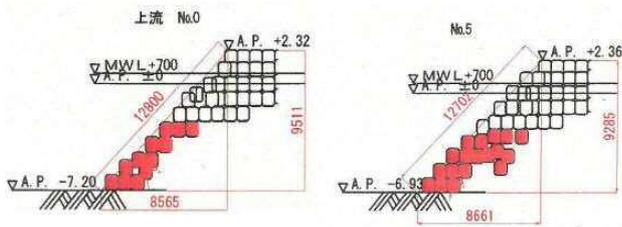


図-19 潜水調査結果および浚渫位置断面図
(赤色が浚渫が必要な箇所を示す)

図-18、19の潜水調査結果では、上流側で最大9.5mと深く、予定より大型土嚢が深い場所にあったため、撤去工法の検討が必要となった。

②大型土嚢撤去工

前述の調査結果を踏まえて、P11橋脚の仮締切については、以下3段階の工程で撤去を行うこととした。

【STEP-1：バックホウによる撤去】(図-20)

0.7m³級のバックホウで作業ヤード天端から下方向約5mの範囲を先行で撤去した。

【STEP-1：バックホウによる撤去①】

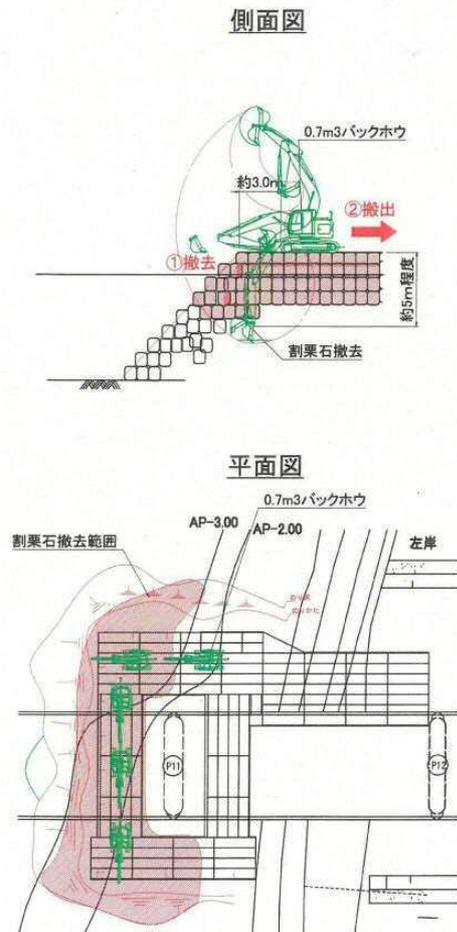


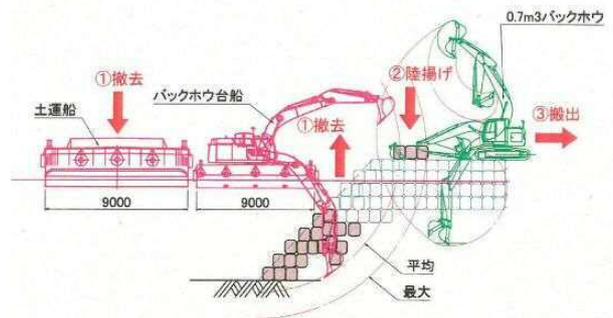
図-20 【STEP-1：バックホウによる撤去①】

【STEP-2：バックホウ台船による撤去】(図-21)

バックホウ台船(写真-5)で作業ヤード天端から下方向約5mより深い部分の撤去を行った。(写真-6)バックホウ台船で撤去した大型土嚢を、一旦土運船(写真-7)に積み込み、計量後陸揚げして土嚢材と栗石を分別後、場外搬出した。(写真-8)

【STEP-2：バックホウ台船による撤去】

側面図



平面図

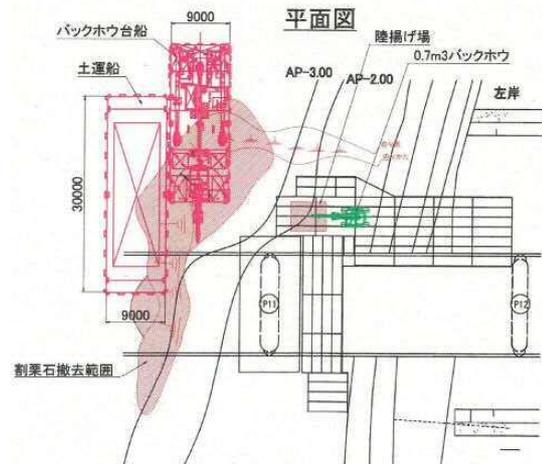


図-21 【STEP-2：バックホウ台船による撤去①】



写真-5 バックホウ台船1m級



写真一六 バックホウ台船による浚渫状況



写真一七 土運船360㎡積



写真一八 バックホウ台船・バックホウによる搬出状況

その他使用機械として、引き船（写真一九）にて台船の位置調整を行い、他の船舶との安全確保のため警戒船を上流側と下流側にそれぞれ配置した。



写真一九 引き船1000PS級

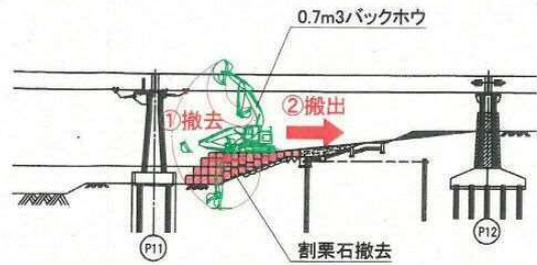
③斜路撤去・護岸復旧

【STEP-3：バックホウによる撤去】（図一22）

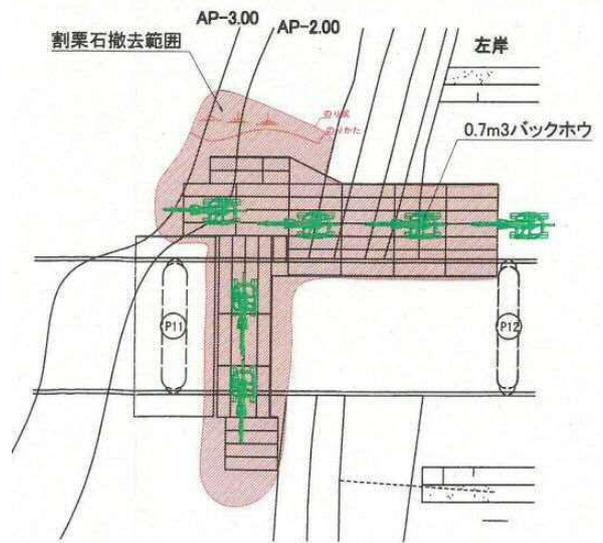
台船撤去作業終了後、残りの割栗石を撤去し、護岸の復旧を行った。

【STEP-3: バックホウによる撤去②】

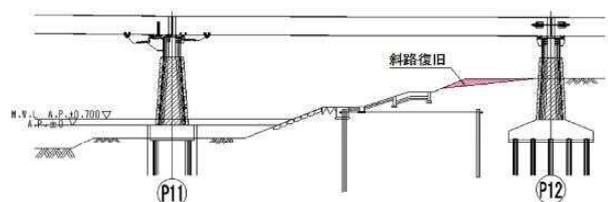
側面図



平面図



図一22 【STEP-3：バックホウによる撤去②】



図一23 斜路の撤去・右岸復旧



写真-10 江北橋全景（施工完了）



写真-11 施工前 江北橋 P11橋脚からP9橋脚



写真-13 施工前 江北橋 P14橋脚からP12橋脚

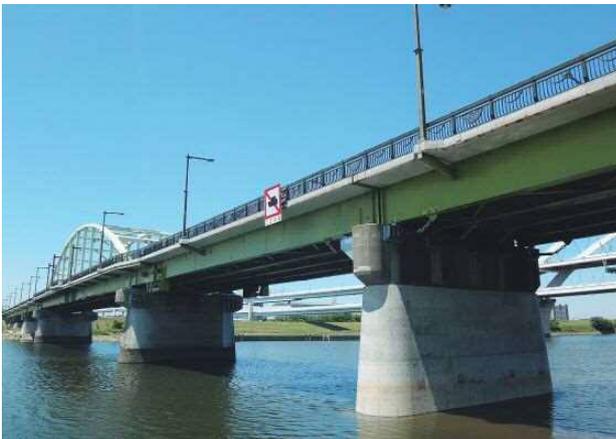


写真-12 完成 江北橋 P11橋脚からP9橋脚



写真-14 完成 江北橋 P14橋脚からP12橋脚

4. あとがき

本工事は、平成26年度と平成27年度の2回にわたる渇水期施工であり、当社ではあまり施工実績の無い河川の仮締切工事であったため、施工方法の検討や関係機関協議等に時間を要したが、東京都 第六建設事務所、並びに国土交通省 関東地方整備局 荒川下流河川事務所の方々の指導を受けて、無事に完工することができた。

最後に本工事にご指導ご尽力いただきました関係者の方々に深く感謝申し上げます。

<参考文献>

- 1) 江北橋長寿命化詳細設計（東京都第六建設事務所、(株)東光コンサルタンツ）
- 2) 堀切橋耐震補強工事（橋脚補強）その1, その2工事資料（佐藤・カジマリノベイトJV）

2017.1.10 受付

五ヶ山ダムの建設に伴う小川内の杉移設工事

Relocation Work of “Ogawachi-no-Sugi (Natural Monument of Saga Prefecture, the Japanese Cedar Trees in Ogawachi)” Associated with the Construction of Gokayama Dam



吉田 俊一*¹
Toshikazu YOSHIDA



三宅 健司*²
Kenji MIYAKE

要 旨

福岡都市圏の水需要や那珂川流域の治水対策のために建設をしている五ヶ山ダムの水没予定地内にある佐賀県天然記念物の「小川内の杉」を移設させる工事である。本工事では、ダム水没地から移植先までの大杉移動工事に関わる施工について報告する。

キーワード：五ヶ山ダム，天然記念物，スライド，ジャッキアップ，ジャッキダウン

1. はじめに

五ヶ山ダムは那珂川の上流に位置し重力式コンクリートダムで、洪水調整、既得用水の安定化、河川環境の保全及び水道用水としての利用を目的とした総貯水量4,020万立方メートルを有する多目的ダムである。本工事は、五ヶ山ダムの湛水予定区域内に位置する、「小川内（おがわち）の杉」を安全に保存するため、湛水しない地区への移植を実施するための工事である。

2. 工事概要

工事名称：五ヶ山ダムの建設に伴う小川内の杉の移設工事
 発注者：福岡県五ヶ山ダム建設事務所
 設計監理：国際航業株式会社
 施工者：大豊・福東 特定建設工事共同企業体
 場所：佐賀県吉野ヶ里町小川内
 工期：2015年10月1日～2016年5月31日（8ヶ月）
 保護制度：佐賀県天然記念物（昭和31年3月1日指定）
 山祇（やまづみ）神社の御神木
 推定樹齢700～800年
 最高高さ：約40m



図-1 位置図（Google MAP）

*¹ 計画本部計画部建設計画第2グループサブリーダー

*² 営業本部鉄構・免耐震営業部鉄構・免耐震営業グループサブリーダー

3. 全体施工計画

(1) 樹木の概要

小川内の杉は、老齢木で3本の杉が地中部で癒着していることに文化価値があり、佐賀県指定の天然記念物となっている。また、山祇神社のご神木でもある（写真-1）。



写真-1 癒着部

3本について福岡県、樹木医及び設計事務所の現地調査の計測結果やその他基準等に基づき、それぞれの体積や比重等を設定することで樹幹の重量が算出されていた。（表-1）

表-1

	樹幹体積 (m ³)	単重 (t/m ³)	枝葉推定 重量 (20%)	推定重量 (ton)
1号樹幹	29.96	0.8	1.2	28.80
2号樹幹	25.43	0.8	1.2	24.36
3号樹幹	3.12	0.8	1.2	3.00
合計				56.16

(2) 移植工法

移植する小川内の杉の大きさ、3本の癒着や重量、生育への影響を鑑みて、樹木を立てたまま運搬を行う「ジャッキアップ+ジャッキングエスカレーター工法」を選定した。

これは、斜面に作った軌条に根鉢ごと杉を移動架台上に載せ、ジャッキにより斜面上方からケーブルを利用して引き上げる工法であり、杉を生育土壌ごと架台に載せて運搬するため、樹体へ負荷や安全性の面で優れていると判断され採用された工法である。

(3) 移植先

佐賀県側の移植元より高さ46m、水平距離220mの位置に既に移設された山祇神社の近くの沢が流下している地域が移植先とされた。（写真-2）



写真-2 工事全景

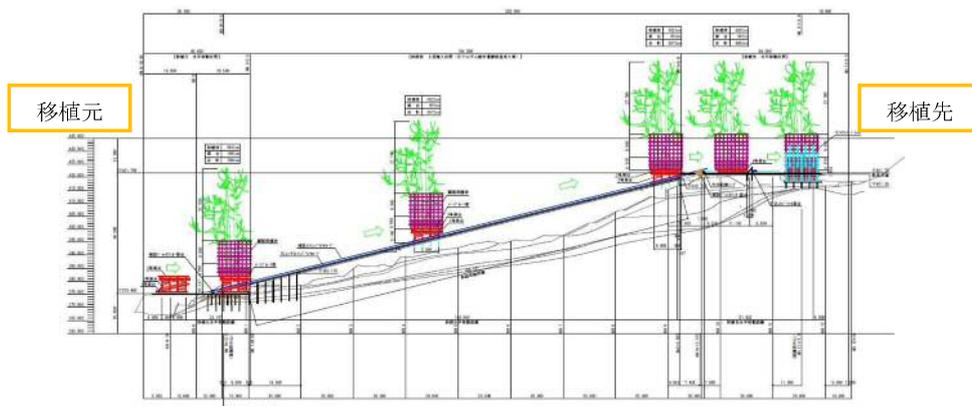


図-2 全断面図

4. 施工概要

(1) 施工順序

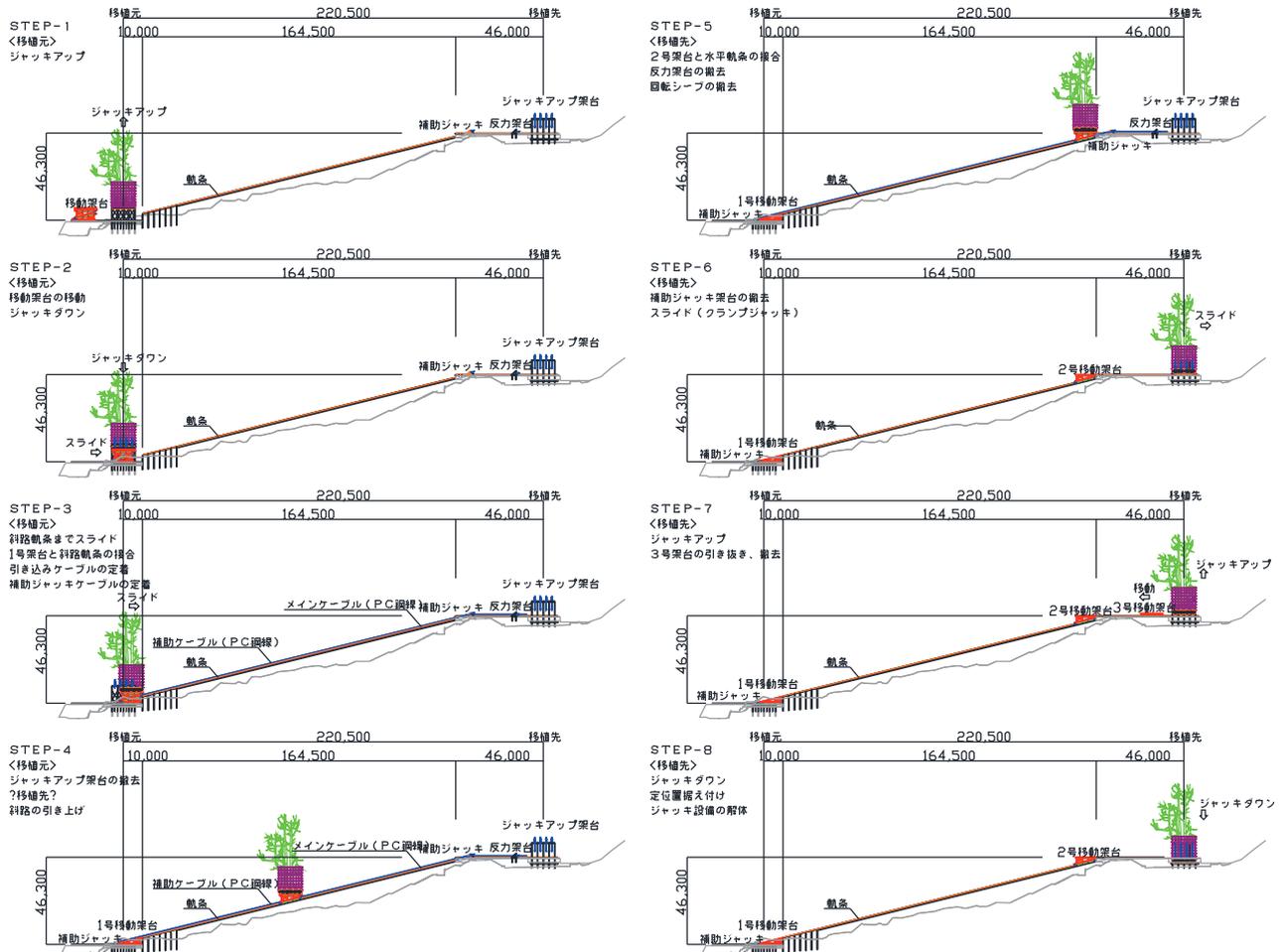


図-3 全体ステップ図

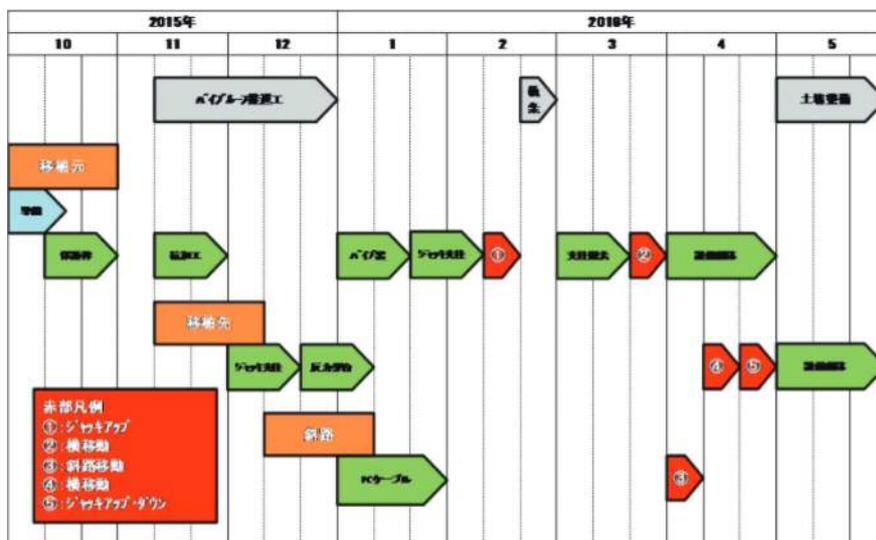


図-4 作業工程

(2) リフトアップ作業（移植元）

樹幹回りに土留を行い鋼製保護枠（写真-3）の設置後、保護枠周辺を掘削しパイプルーフを打ち込み（写真-4）、樹幹の両側にH型鋼材にて吊り上げ用構台（写真-6）を設置した。吊り上げ構台上部にはリフトアップ用のセンターホールジャッキ（800kN×16台）の設置をし、PC鋼より線（ $\phi 28.6 \times 16$ 本）の上側をセンターホールジャッキのチャック装置に定着した。下側の吊点はパイプルーフ受け梁に設置した吊りピースに、PC鋼より線の圧着グリップを利用して固定したピースをピン連結（写真-7）してリフトアップを行った。



写真-3 鋼製保護枠



写真-4 パイプルーフ打ち込み後



写真-5 パイプルーフ受梁取り付け



写真-6 ジャッキアップ架台（移植元）



写真-7 リフトアップ吊り点



写真-8 地切り完了



写真-9 ジャッキアップ完了（移植元）

(3) 横移動 (移植元)

所定量H=約6mのリフトアップ後は構台横に予め組み立てておいた移動架台設備 (写真-10) をクレビスジャッキ (500kN×6台)、H鋼クランプジャッキ (800kN×6台) とスライディングジャッキ (1000kN×24台) により (写真-11)、リフトアップした樹幹直下までH鋼軌条の上を横移動した (写真-12)。横移動後はリフトアップジャッキにより移植架台上へジャッキダウンを行い、鋼製保護枠と移動架台設備とを治具で固定したのちに、吊り上げ用構台を解体し斜路軌条部まで横移動を行った (写真-14、15)。H鋼軌条の滑り面にはステンレス板を貼り (写真-13) 摩擦の低減を図った。



写真-10 移動架台組立



写真-11 移動ジャッキ設備



写真-12 移動架台横移動



写真-13 移動軌条梁



写真-14 吊り上げ用構台撤去



写真-15 斜路まで横移動

(4) 斜路の移動

斜路軌条と1号架台軌条部とを接合をし（写真-16）、山頂部に設置した反力体にダブルツイングジャッキ（700kN×6台）を付け（写真-18）、PC鋼より線（ ϕ 28.6×6本）を装着し、回転シーブでPC鋼より線を下方へ転回し、2号架台下の台車アンカーにピン連結（写真-19）をして斜路部の移動を行った。

引き上げ時の安全設備として補助ジャッキ（センターホールジャッキ）6台を山頂法肩付近に配置し、同じくPC鋼より線（ ϕ 28.6×6本）を最下部まで張り、滑り落ちた際にチャッキングが作用するようにした（写真-20、21）。



写真-16 斜路軌条と1号架台軌条部の接合

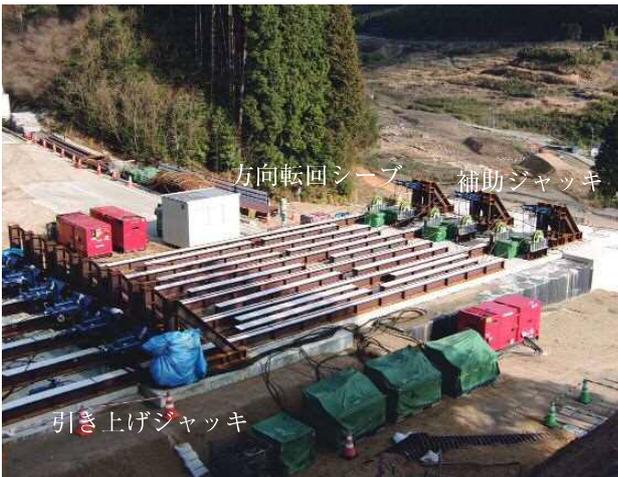


写真-17 引き上げ設備配置



写真-18 引き上げジャッキ



写真-19 引き上げ用ストランド取り合い（架台側）



写真-20 補助ジャッキと方向転回シーブ



写真-21 補助ジャッキPC鋼より線下部合い



写真-22 斜路移動開始

(5) 横移動（移植先）

斜路上部までの移動完了後、水平軌条と2号架台軌条部の連結を行い（写真-23）、ダブルツイングジャッキのPC鋼より線を2号架台から3号架台部へ盛り替えをしたのち補助ジャッキ設備と回転シーブを撤去してから、2号架台上から地盤上まで横移動をした。その後PC鋼より線を解放し、H型鋼クランプジャッキとクレビスジャッキに設備を変更して移植先まで横移動を行った。

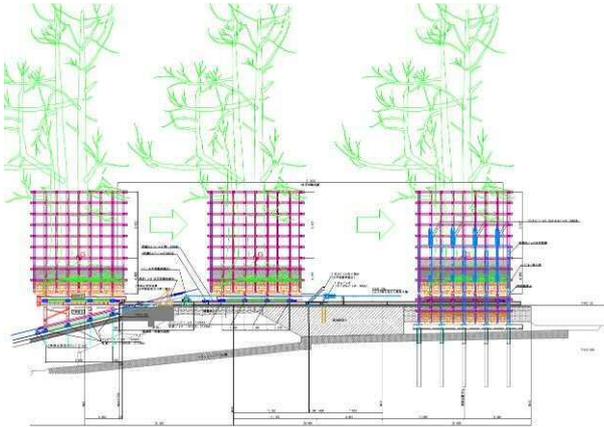


図-5 移植先横移動計画図



写真-25 水平移動開始



写真-26 PC鋼より線での水平移動完了

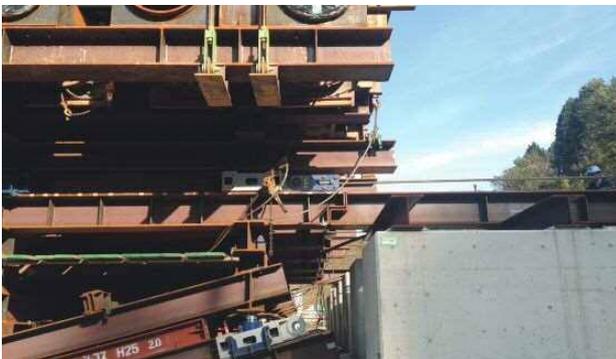


写真-23 水平移動部ジョイント完了



写真-27 H鋼クランプジャッキでの水平移動



写真-24 水平移動前

(6) 移植地へ据え付け

移植位置までの移動後（写真-28）、吊り上げ構台にてジャッキアップを行い、3号架台と軌条の撤去後、PC版、軽量盛土の撤去し地盤を整備してから移植地盤上へジャッキダウンを行った。



写真-28 横移動完了



写真-29 ジャッキダウン前



写真-30 ジャッキダウン完了

5. あとがき

本工事着手から完了までの中、無事完了が出来たのは、発注者である福岡県五ヶ山ダム建設事務所の方々、本工事の調査と設計をして頂きました国際航業の方々、施工のご指導を頂きました大豊・福東特定建設工事共同企業体の方々及び工事関係者の皆様に深く感謝し、誌面を借りてお礼を申し上げます。

<参考文献>

- ・起工第22558-313号 五ヶ山ダム巨樹保全措置検討業務報告書（平成25年3月）
- ・起工第22558-303号 五ヶ山ダム自然環境調査及び保全措置業務報告書（平成25年3月）
- ・起工第21785-305号 五ヶ山ダム環境調査（自然環境）及び保全調査業務報告書（平成24年3月）
- ・起工第21785-305号 五ヶ山ダム環境調査（自然環境）及び保全措置業務報告書（平成23年3月）
- ・起工第21785-312号 五ヶ山ダム環境調査（自然環境）及び保全措置業務報告書（平成22年3月）
- ・起工第21785-315号 五ヶ山ダム環境調査（自然環境）及び保全措置業務報告書（平成21年3月）

2017.1.10 受付

跨線橋上における移動式足場を用いた高欄取替工事

Replacement Work of Bridge Railings on an Overpass Using Mobile Scaffolding



嘉手川 修*1
Osamu KADEKAWA



熊谷 友良*2
Tomoyoshi KUMAGAI

要 旨

本稿は、鉄道8線を跨ぐ跨線橋の高欄・地覆の取替えについて報告する。

キーワード：こ線橋，移動式足場，高欄取替

1. はじめに

本報告は、東北貨物線・東北本線・京浜東北線・引込線の計8線を跨ぐ川口跨線橋の補修工事のうち、高欄・地覆を取替える工事である。高欄取替は、既設高欄の外側に足場を設ける必要があるため、足場の組立・解体はキ電停止間合いでの作業となる。当初の足場計画は単管フープ足場であったが、鉄道上空作業という厳しい施工条件の中、より安全で確実な足場とするため、台車を用いた移動式足場に変更して施工を行った。

2. 工事概要

- (1) 工 事 名：川口・西川口間川口陸橋修繕工事
- (2) 施工場所：埼玉県川口市
- (3) 発 注 者：東日本旅客鉄道株式会社 大宮支社
- (4) 請 負 者：東鉄工業株式会社 埼玉支店
- (5) 橋梁概要
 橋梁形式：単純鋼鈹桁
 橋 長：38.100m
 支 間 長：37.300m

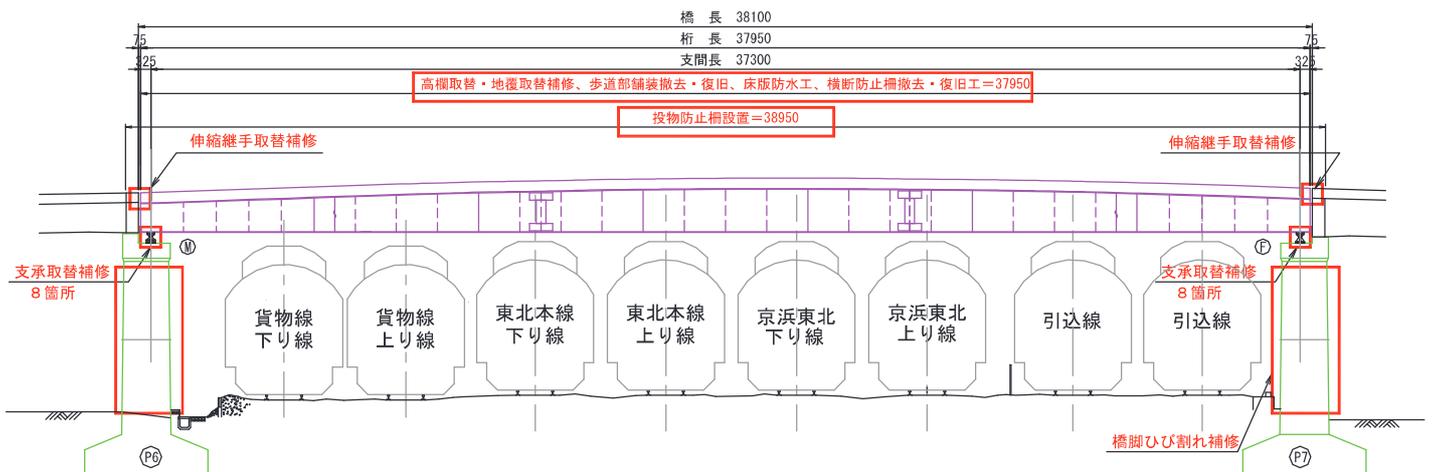


図-1 川口跨線橋側面図

*1 工事本部保全工事部保全工事グループ現場所長

*2 計画本部計画部保全計画グループ副主任

3. 移動式足場の選定

川口跨線橋の高欄・地覆取替え時の足場は、設計当初、単管フープ足場を用いた足場であった。しかし、設備高さ不足により高欄の設置が行えないこと、床版下面からアンカーで固定を行う必要があることから、足場設置・解体までの期間、キ電停止間合い作業にて軌陸車を使用する必要があり、引込線を除いた6線のキ電停止可能日を考慮すると、工期が長期となるため、キ電停止間合い作業日数が少ない移動式足場を選定した。

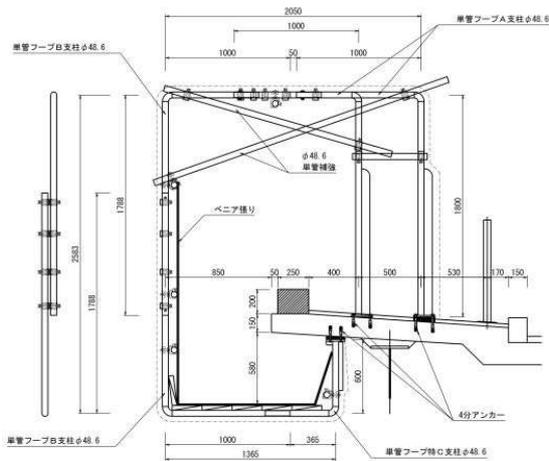


図-2 単管フープ足場（当初設計）

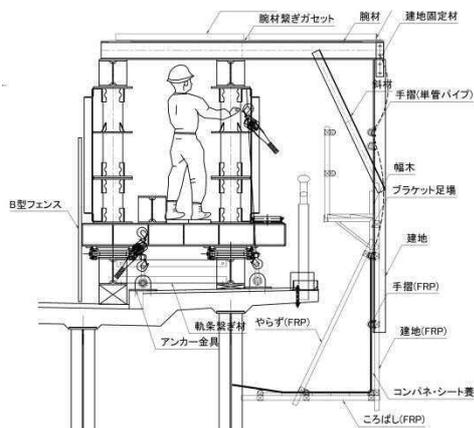


図-3 移動式足場断面図

4. 移動式足場施工手順

(1) 常設規制帯設置

移動式足場は、既存歩道（写真-1）を常設規制帯として使用するため、迂回路が必要となる。そのため、片側交通規制を行い、仮設ガードレールを設置することで迂回路、および常設規制帯を確保した（写真-2）。



写真-1 施工前橋面状況

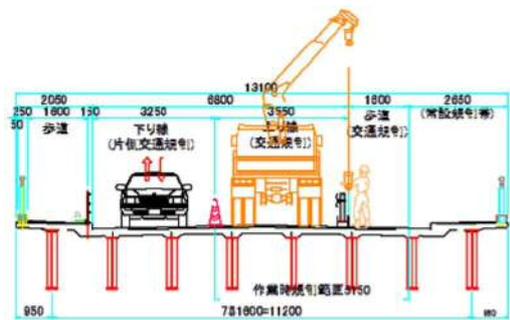


図-4 常設規制帯、迂回路設置概要



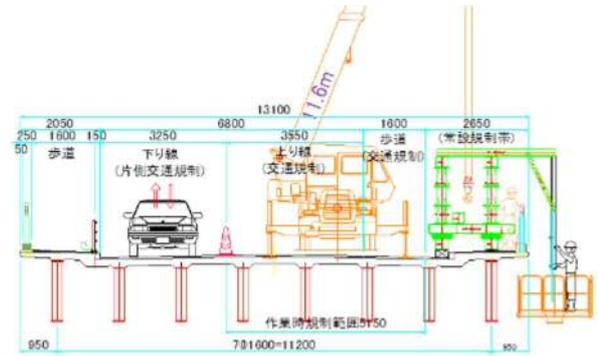
写真-2 常設規制帯内状況

(2) 軌条設備組立

足場を移動するため軌条を設置をしたが、当跨線橋は太鼓橋であり、軌条梁を水平に設置する必要があるため、桁縦断勾配の水準測量結果を基に、敷板およびサンドル材にて、高さ調整を行い、軌条梁を設置した（写真-3、4）。



写真一3 軌条梁設置状況



図一6 移動式足場組立概要



写真一4 軌条梁設置完了



写真一5 移動式足場ベント組立状況

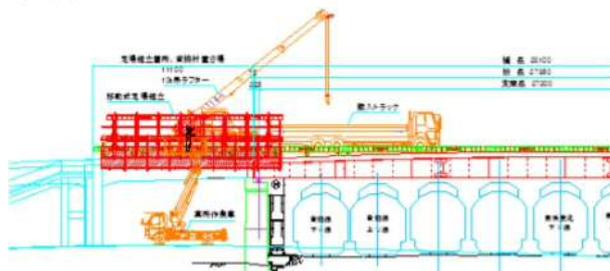
(3) 移動式足場組立

移動式足場の組立は、営業線に影響のない範囲で行うことを条件に、道路規制のみで作業を行った。また、組立ヤードの関係上、移動式足場は組立、移動、組立...と3回に分けて組立を行った。

ベント部はボルトにて連結し、張出部材設置前に、転倒防止設備を設置した。外面足場は桁下ヤードから高所作業車を使用し、FRP等絶縁材にて組み立てた（写真一5、6）。



写真一6 外面足場組立状況



図一5 移動式足場組立箇所

(4) 移動式足場縦取り

移動式足場の動力として、移動方向前方に牽引用チルホール、後方に逸走防止の惜しみを設置した。足場の移動時は転倒防止設備を設置することができないため、転倒に対する安全率1.2以上を確保できる風速であることを、簡易風速計を用いて確認してから移動を行った。

縦取り前に設備の確認を行い、横移動台車・チルホール等の機械が故障した場合の予備機械を準備し、作業内容の周知を行った。

キ電停止確認後、移動式足場を確認しながらチルホールにて縦取りを行い、所定の位置まで足場を移動させ(写真-7)、縦取り完了後、逸走防止として台車の前後にストッパーを設置し(写真-8)、転倒防止設備にて移動式足場を固定した(写真-9)。足場固定完了後、足場と桁間の養生を行った(写真-10)。

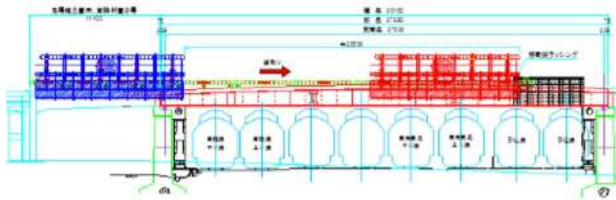


図-7 足場縦取り概要



写真-9 移動式足場固定状況



写真-7 移動式足場縦取り状況

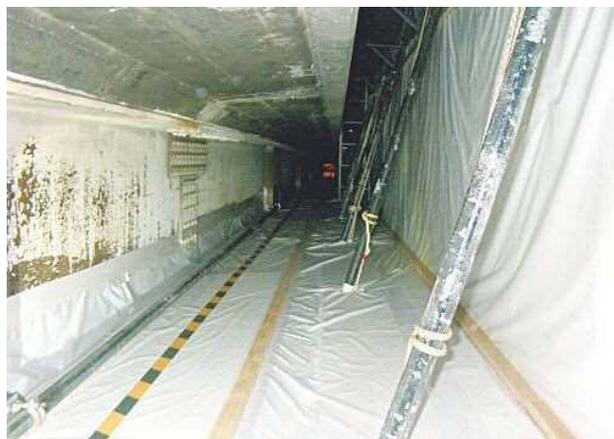


写真-10 足場内養生状況

2回目以降の縦取りは、縦取り済みの足場との連結を行い、足場の一体化を図った(写真-11)。



写真-8 ストッパー設置状況



写真-11 足場連結状況

5. 高欄・地覆取替工

(1) 既設高欄、地覆撤去

設置した移動式足場（写真－12）にアルミ製ローラーコンベアを設置し（写真－13）、既設高欄および地覆の撤去・搬出を行った。



写真－12 移動式足場設置完了



写真－13 足場内設備

(2) 鋼製地覆設置

鋼製地覆設置用のアンカー打設後、鋼製地覆の設置を人力で行った。鋼製地覆は桁勾配に合わせて設置し、無収縮モルタルにて高さ調整を行った（写真－14、15）。



写真－14 鋼製地覆設置状況



写真－15 鋼製地覆設置完了

(3) 鋼製高欄設置

鋼製地覆を据え付け後、引き続き鋼製高欄の設置を人力で行った。高欄基部に防水としてシール工を行った。（写真－16、17、18）。



写真－16 鋼製高欄設置状況



写真一七 鋼製高欄基部状況



写真一八 鋼製地覆・高欄通り状況

(4) 投物防止柵設置

鋼製高欄から投物防止柵の設置を人力で行った。(写真一十九)。



写真一十九 投物防止柵取付状況

6. 移動式足場引き戻し

高欄・地覆の取替えが完了し、「4. 移動式足場施工手順」の逆手順にて足場を引き戻し、常設規制帯の撤去・後片付けを行った。(写真一二十)



写真一二十 高欄・地覆取替え完了

7. あとがき

本工事は、鉄道を跨ぐ跨線橋において限られた規制帯内で移動式足場の縦取り、高欄・地覆の取替えを行う難工事でした。台風災害により工事が遅れることがあったものの、工程の調整、施工方法の見直し等、関係者皆様の協力があって、東京方は無事工事を完了することができました。現在は大宮方の足場移動まで完了し、高欄・地覆の取替え準備を行っています。東京方に続き、安全第一で工事を完了したいと思います。

また、今回の施工方法が今後、同種の工事を施工するにあたって選択肢の一つとなれば幸いです。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただきました、東日本旅客鉄道株式会社 大宮支社、東鉄工業株式会社 埼玉支店、川口工事所の関係者の皆様に深く感謝し、誌面を借りて御礼を申し上げます。

2017.1.10 受付

北陸本線における防風柵の整備

Development of Windbreak Fence at Hokuriku Line



中村 洋一*¹
Yoichi NAKAMURA



酒井 啓充*²
Hiromitsu SAKAI



小松 篤史*³
Atsushi KOMATSU

要旨

本工事は、強風による運転規制が多発している北陸本線の小舞子駅～美川駅間にある手取川（てどりがわ）橋梁及び、小松駅～明峰駅間にある梯川（かけはしがわ）橋梁のそれぞれ海側に防風柵を設置する工事であり、本稿では主に手取川橋梁の防風柵設置工事について詳述する。

キーワード：防風柵設置工，強風時の輸送障害，輸送の安全と安定

1. はじめに

北陸本線では風運転規制による列車の遅れが頻発している。平成27年3月14日の北陸新幹線金沢開業により、金沢～東京間が直通することになったことで、在来線に接続する特急列車の安全・安定輸送がさらに重要視されるようになった。

一方、北陸本線では冬季の卓越した強い北西の季節風に起因する風運転規制による列車の遅れが頻発している。ここで、北陸線の強風によって運転規制の生じた日数を示す（図-1）。これにより、風運転規制が栗津・寺井（現：能美根上）間の梯川橋梁と、寺井（現：能美根上）・加賀笠間間の手取川橋梁に集中していることが報告された。

本工事では、JR西日本金沢支社が計画するこの二橋梁に対し、防風柵を設置することで、北陸本線の列車の安全・安定輸送を通じてサービス向上を図るものである。

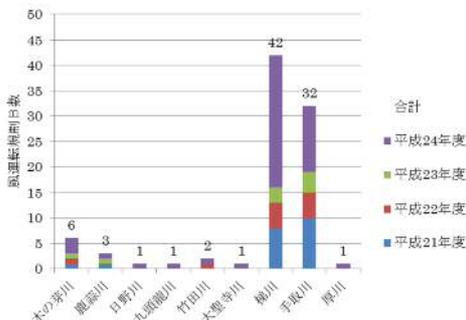


図-1 橋梁別風運転規制日数 (H21-H24)

2. 防風柵整備におけるJR方針事項

防風柵の整備に先立ち、両橋梁付近に予備観測風向風速計を設置し、強風時の風向を特定のうえ、防風柵の設置方向と設置区間の検討が行われた。予備観測は、平成24年3月13日から平成26年4月30日まで実施され、この間に両橋梁区域を中心に風運転規制が多く発令された。

予備計測の結果、両橋梁ともに橋梁部だけでなく周辺の盛土部（土工部）でも卓越した強風が観測されていた。また、卓越した強風は梯川橋梁では西～西北西、手取川橋梁では西南西～西の方角から吹く風が多く、いわゆる「海側」からの風が運転規制に至る強風となることが報告された。

したがって、防風柵は橋梁部に加え、前後の右岸・左岸の土工部もあわせて設置する方針に至った（図-2）。



図-2 防風柵整備範囲

*¹ 工事本部建設工事部建設工事グループ現場所長

*² 関西支社関西工事部関西建設工事グループ現場所長

*³ 関西支社関西計画部関西建設計画グループ副主任



写真一1 防風柵設置前（手取川下路トラス部）



写真一5 防風柵設置完了（手取川下路トラス部）



写真一2 防風柵設置前（手取川下路ガーダー部）



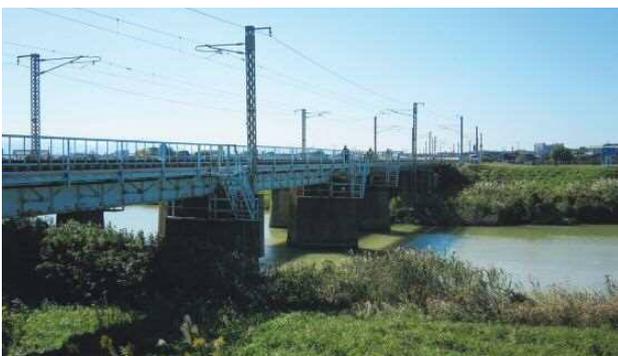
写真一6 防風柵設置完了（手取川下路ガーダー部）



写真一3 防風柵設置前（手取川避溢部）



写真一7 防風柵設置完了（手取川避溢部）



写真一4 防風柵設置前（梯川橋梁部）



写真一8 防風柵設置完了（梯川橋梁部）

3. 工事概要

工事名：手取川橋りょう外防風柵設置工事
 企業者：西日本旅客鉄道株式会社 金沢支社
 請負者：大鉄工業株式会社 北陸支店 防風柵作業所

(1) 手取川橋梁（表-1、図-3）

施工場所：石川県白山市湊町地内 小舞子駅～美川駅

表-1 手取川橋梁部 施工範囲一覧表

橋梁区間名	施工長	支持材設置方法	受梁設置方法	FRP製柵設置方法
下路トラス部(2連) A1～P2間	127.000 m	クレーンにて直接設置 (左岸河川敷道路に据付け)		
下路トラス部(4連) P2～P6間	255.000 m	運搬台車にて輸送 人力設置	運搬台車にて輸送 降下設備にて設置	ハガーレールにて輸送 人力設置
下路PLガーダー部 P6-A2間	25.300 m	クレーンにて直接設置 (右岸堤防沿道路及び河川敷に据付け)		
避溢橋部	34.500 m	クレーンにて直接設置 (県道103号上線上のA1-P1間は道路規制による夜間取付け)		

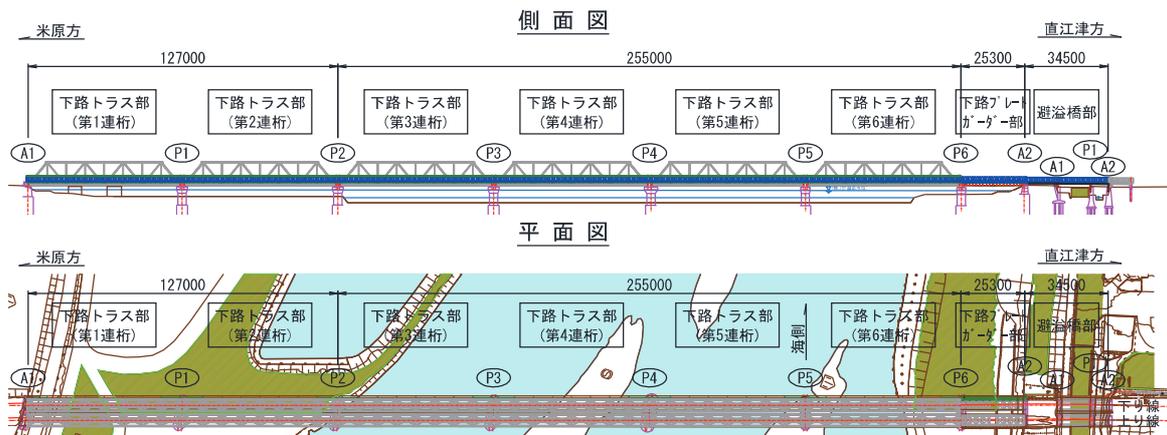


図-3 手取川橋梁部 施工区分図

(2) 梯川橋梁（表-2、図-4）

施工場所：石川県小松市地内 小松駅～明峰駅

表-2 梯川橋梁部 施工範囲一覧表

橋梁区間名	施工長	支持材設置方法	受梁設置方法	FRP製柵設置方法
橋梁部(7径間) A1～A2間	115.000 m	25t～100tクレーンにて直接設置 (右岸・左岸河川敷ヤードに据付け)		

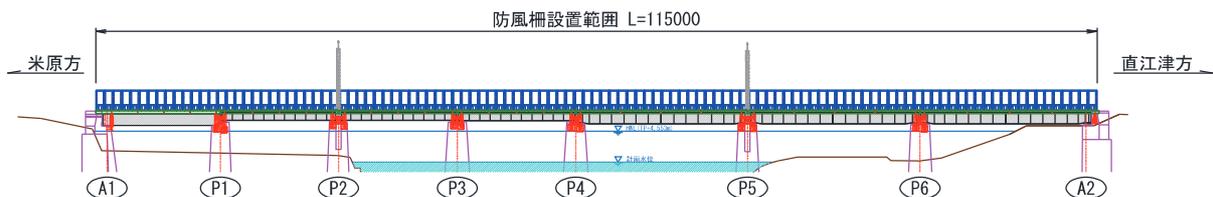


図-4 梯川橋梁部 施工区分図

4. 構造・仕様について

(1) 防風柵・受梁の構造

本工事で使用する防風柵は、高架橋で実績のあるFRP製パネル（全メッシュ：充実率60%）が採用されており、同パネルは70kg/枚と柵の中では比較的軽量で、人力による持ち運びが可能であることから、簡易的に設置作業を行うことができた。

一方、防風柵を受け並べる受梁構造は、比較的長い支間長と断続的な風荷重によるねじれ座屈への抵抗などの点から箱型断面が採用されることとなり、また断面端部にエンドプレートを設置し受梁内を密封状態にすることで内部の腐食防止を図る構造であった。

そのため、防風柵を固定するボルトはあらかじめ製作工場受梁の上フランジ内面に溶接固定しておく必要があったため、割付け間隔を事前に調整し、随時工場に指示した（図-5）。

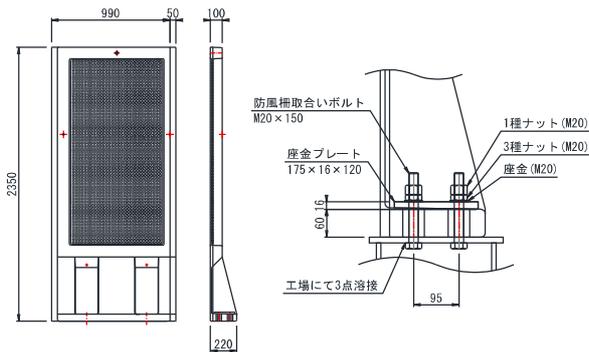


図-5 FRP製パネル構造

(2) 受梁支持部の構造（手取川下路トラス部）

手取川河川上に位置する下路トラス部の受梁支持部は、ブラケット構造によりトラス鉛直材に新たに孔をあけてボルトで接続することとした。なお、ブラケット設置箇所は下部と柵上部の二箇所固定することにより、各支持ブラケットが負担する荷重を約半分とし、また支点部でのねじりモーメントの発生を抑制することとした（図-6）。

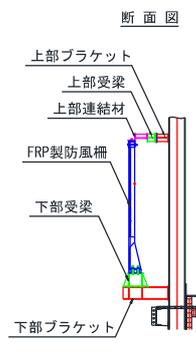


図-6 下路トラス部ブラケット構造

(3) 受梁支持部の構造（手取川下路ガーダー部）

手取川右岸の河川敷上に位置する下路プレートガーダー部の受梁支持部は、既設の橋側歩道（ブラケット・手摺り）を完全に撤去し、同箇所ブラケットを設置する構造であった。ブラケットは既存のボルト孔と補強のための新規孔を使用して、主桁補剛材に取付けた（図-7）。

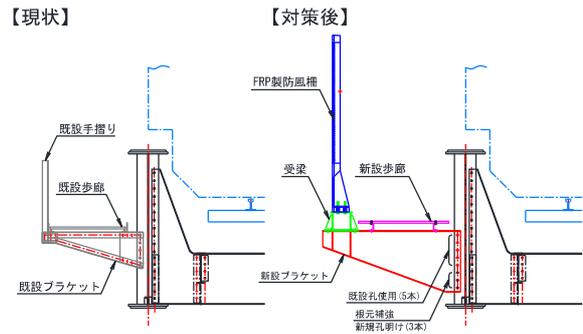


図-7 下路ガーダー部ブラケット構造

(4) 受梁支持部の構造（手取川避溢部）

手取川右岸の県道103号上に位置する避溢部の受梁支持部は、既設橋台・橋脚にモルタルアンカーで固定されたブラケット構造とした（図-8）。このとき、上部工のPC桁および既設の橋側歩道と干渉せず、道路建築限界・現況護岸を侵さない位置に設置した。

固定アンカーは現況下部工に設置するため、事前に入念な現地調査と測量を行い、一つ一つ問題点を解決していきながら製作に反映することとした。

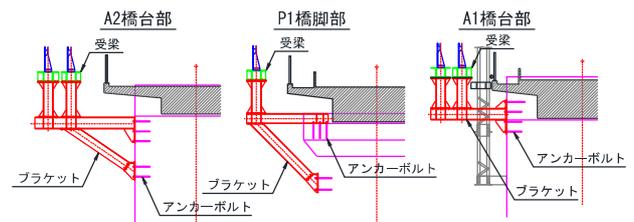


図-8 避溢部ブラケット構造

(5) 受梁支持部の構造（梯川橋梁部）

梯川橋梁部の受梁支持部は、既設橋台・橋脚の側面にモルタルアンカーで固定されたブラケット構造とした。設置条件として、HWLを越えない高さ且つ、河川の阻害率を侵さない平面位置でブラケットを設置した（図-9）。

固定アンカーは現況下部工に設置するため、手取川避溢部と同様に、事前に入念な現地調査と測量を行い、製作に反映することとした。

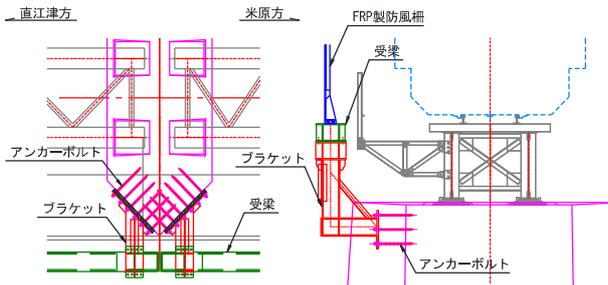


図-9 梯川橋梁部ブラケット構造

(6) 塗装仕様

前述のとおり当橋梁は海岸近くに位置しており、塩害の影響を顕著に受けている。当橋梁の塗装は厚膜型変性エポキシ樹脂塗料を主とした塗装系T-7を使用しているが、通常より早い周期で塗り替え塗装を実施していることから、防風柵の鋼材はこれに代わる塗装を検討した。

その結果、より耐久性が高く、海岸付近での施工に多くの使用実績がある炭素繊維を用いた無機系重防食塗料（マイティCF）を採用することとした（図-10、11）。

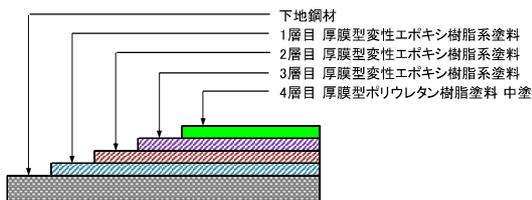


図-10 トラス部材の塗装仕様

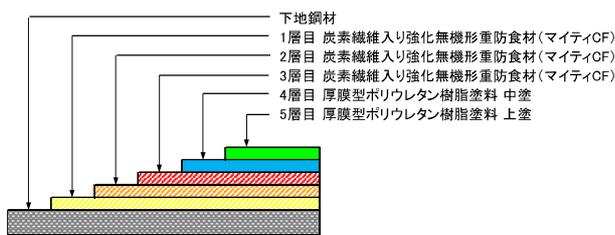


図-11 採用した塗装仕様（無機系重防食塗装）

5. 施工方法

(1) 足場設備

防風柵設置作業は列車が非常に近接している箇所での施工であったが、現地工期短縮のため、出来る限り昼間作業で行う必要があり、そのための作業足場の設置方法をそれぞれ各所で検討する必要がある。

特に手取川橋梁部に関しては、施工延長も長く、組立解体作業を安全且つ簡易的に行うため、足場構造は既設の橋側歩道グレーチング上のフックボルトを支点とした

張出し足場構造とした（図-12）。このときころばし材となる張出し鋼管材料は、足場内での重量物の運搬荷重も考慮して、ダブルの角鋼管を使用することとした（写真-9）。

工期短縮の一つとして、列車通過時の間合いでも関係なく作業を行えるようにするため、張出し足場内と列車建築限界との境界に、仕切りとして防護ネットによる目隠しをトラス部材側面に設置した。

防風柵設備などの部材の取付けや運搬作業も足場内の空間を確保した箱型構造とし、足場上部は水平材及び斜材（火打ち材）によって繋ぐことで、風荷重による水平力に耐えられる構造とした。

また、手取川橋梁部の防風柵構造は、柵上部でもブラケットと受梁を通して連結する構造となっているため、柵上部でも作業可能な中段足場を防風柵の外側と内側にそれぞれ設ける構造とした（写真-10）。

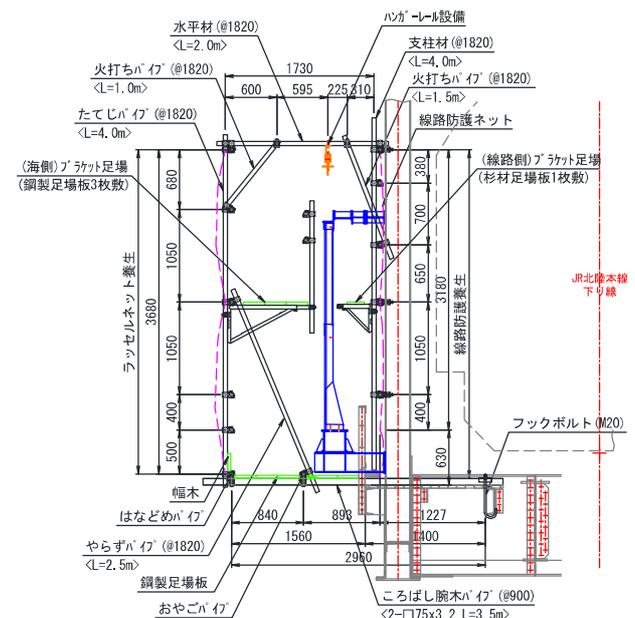


図-12 下路トラス部張出し足場



写真-9 張出し角鋼管



写真-10 張出し足場

(2) 運搬設備

手取川橋梁トラス部のP2～P6間に位置する河川上ではクレーン等により部材を直接設置することができないことと、右岸から左岸までの施工区間長が長いことから施工方法について検討した結果、張出し足場内に材料運搬設備を設置することとした(写真-13)。

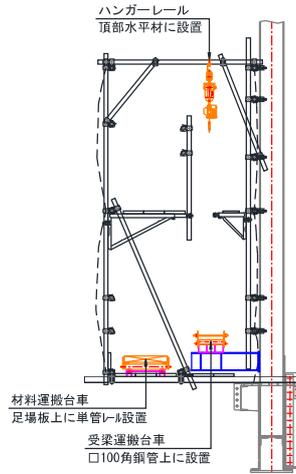


図-13 足場内運搬設備

今回の施工では、足場内の比較的狭隘な空間で重量物運搬を行う必要があったことと、運搬設備自体も人力で設置・解体ができ、輸送作業も効率よく簡易にできることを条件にして考案した結果、倉庫の扉等に用いられているハンガーレール設備と、ローラーコンベアを反転使用にした運搬台車設備をそれぞれ使用して材料運搬を行うこととした。

(3) 施工手順

施工手順として、まず河川高水敷に材料荷揚げ用のラフタークレーンを据付け、張出し足場内への材料の取り込みを行うこととした(写真-11)。次に足場板上のレール走行を可能とした運搬台車設備を利用し、下部支持ブラケットを所定位置まで運搬後取り付けた(写真-12、13)。



写真-11 材料荷揚げ



写真-12 台車運搬状況(ブラケット)



写真-13 ブラケット設置

次に□100角鋼管による軌条設備を先に取り付けた下部支持ブラケット上に設置後、更に高耐力の運搬台車設備を用いて下部受梁を所定位置まで運搬した。その後、吊上げ降下設備を設置し、下部受梁の両支点を吊り上げ、運搬設備及び軌条設備を撤去した後に受梁を吊り下げ降下させて所定の位置に設置した(写真-14、15)。



写真-14 台車運搬状況(下部受梁)



写真-15 受梁降下設備

最後に張出し足場内上部に設置したハンガーレール及び走行ローラー(ベアリング)と軽量チェーンブロックを使用して、上部受梁及びFRP製防風柵パネルを吊り込み、所定位置へ橋軸方向に運搬輸送し、順次設置することとした(図-14、写真-16、17)。

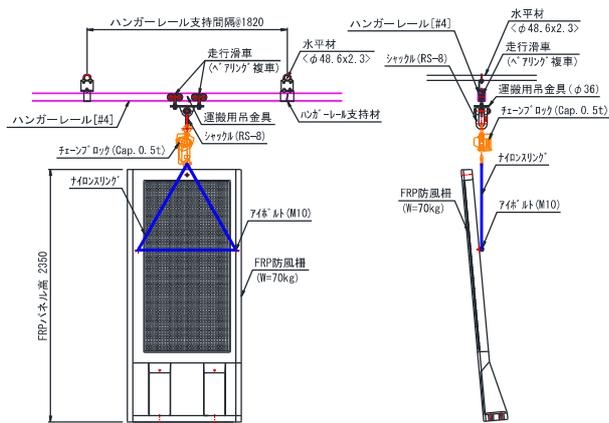


図-14 FRP製防風柵吊り方要領



写真-16 ハンガーレール設備



写真-17 FRP製防風柵設置

6. 受梁現場溶接

本工事では、支持材（ブラケット）設置支間長の制限より、約18mを超える部材の現地への運搬輸送が不可能であったため、受梁の現場溶接継手を行った。

このとき、現場溶接継手の仕口調整と溶接作業の拘束

を行うため、あらかじめ製作工場でエレクトロニクスを設置した。

また受梁断面の構造上、全周溶接を行う必要があったが、現場溶接における施工性と品質性を配慮して、常時溶接姿勢を downward 一定にするよう、受梁を反転させるための吊金具を受梁Web外面に製作工場で設置することとした。

連結後の受梁は、最大部材長で約40m以上のものもあったため、受梁の横倒れ座屈の防止も考慮して、現場での反転作業はクレーンの主フックと・補助フックをそれぞれ用いて、2台の相吊りにて行った（図-15、写真-18）。

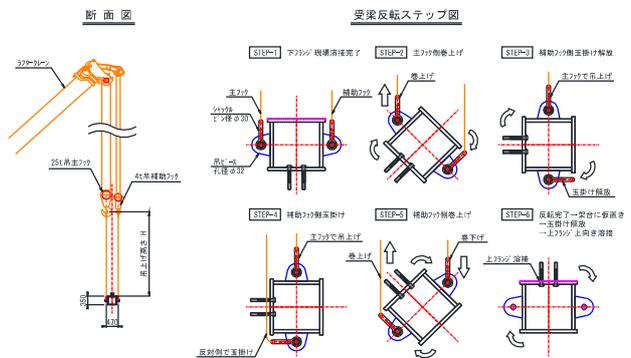


図-15 受梁反転要領



写真-18 受梁反転状況

7. おわりに

本工事の構造設計・施工を進めるにあたりご指導頂きましたJR西日本金沢土木技術センター及び、ジェイアール西日本コンサルタンツ土木設計本部の皆様ならびに、工事にご協力頂きました大鉄工業防風柵作業所の方々に深く感謝し、誌面を借りて心よりお礼申し上げます。

2017.1.10 受付

i-Constructionの紹介 Introduction of i-Construction



吉元 大介*¹
Daisuke YOSHIMOTO



中垣内 龍二*²
Ryuji NAKAGAITO

要 旨

i-Constructionは、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でICTを活用し、生産性を大幅に高める取り組みである。ここではi-Constructionの一環であり試行工事等で先行しているCIMを中心に、当社における取り組み状況と具体的な工事事例を交え紹介する。

キーワード：i-Construction，CIM，3次元モデル，生産性向上，システム開発

1. はじめに

国土交通省では平成28年を「生産性革命元年」と位置付け、人口減少に伴う労働力不足を上回る生産性の向上を目指しており、その取り組みの一つとしてi-Constructionがある。

i-Constructionは、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でICT技術を活用し、生産性を大幅に高める取り組みである。ここではi-Constructionの一環であり試行工事等で先行しているCIM (Construction Information Modeling / Management) を中心に、当社における取り組み状況と具体的な工事事例を交え紹介する。

2. 当社における取り組み

鋼橋における生産プロセスは工場製作と現場施工の大きく2つの段階に分かれる。

(1) 工場製作

工場製作では設計、原寸、部材製作、仮組立の順に行われ、当社では5年前から3次元モデルを活用したシステム開発を行い、業務の効率化や品質向上等を図ってきた。この間、新たに開発した主なシステムは以下のとおりである。

1) 設計図面上に3次元モデルを作成

従来より主構造については原寸の製作情報システムを介して3次元モデルを作成しそのデータを用いて各種NC

機械にデータ連携することで工場製作の効率化を図ってきた。しかしながら、主構造単体の3次元モデルだけでは既設下部工との取り合いや下部工付きの付属物との干渉などの問題は解決できず、手戻りにより生産性を阻害することがあった。そこで最上流である設計照査段階で3次元モデルを作成することができれば更なる効率化が可能になると考え、「設計図面上に3次元モデルを自動作成するシステム（以下、Click3D（特許第5806423号、NETIS KT-140116-A）」を開発した（図-1）。

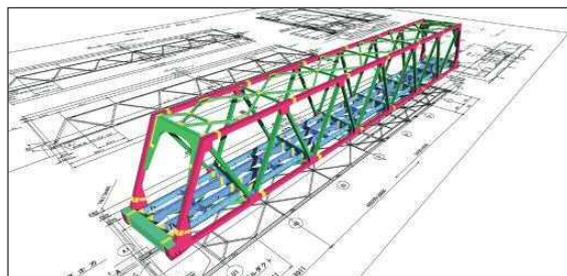


図-1 設計図面上に3次元モデルを作成

2) 仮組立情報システム

製作情報システムで作成される3次元プロダクトモデルを基に、データベースを介して部材製作や仮組立で使用する管理帳票を自動出力する仮組立情報処理システム（以下、A-sys（NETIS KT-110055-VE））を開発した。詳しくは宮地技報28号を参照されたい。

*¹ 千葉工場生産計画部生産情報グループグループリーダー

*² 計画本部計画部橋梁計画グループサブリーダー

3) 出来形3D可視化システム

仮組立検査や完成検査では主桁毎に図表やグラフ（図-2）を用いて所定の出来形が確保されているかを確認しているが、全橋の出来形を直観的に把握したい場合がある。そこでA-sysの3次元モデルを計画値として、各種3次元計測機器と連携して得た実測値と比較し、誤差をコンター図として可視化するシステムを開発した。

図-3のコンター図は、そのの製作誤差を可視化したものである。白色は計画値と実測値が一致している（誤差がなかった）ことを示し、赤色は上側に、青色は下側に誤差が生じていることを表している。従来のグラフと比較して、桁間や全橋に亘る誤差の傾向を瞬時につかむことができることから異常値が発生した場合など、対策を早期に講じることができるものと考えている。

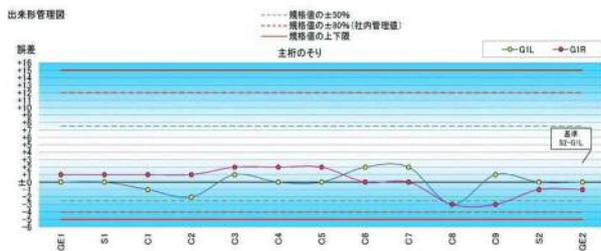


図-2 出来形管理グラフ（従来）



図-3 出来形 3Dコンター

(2) 現場施工

現場施工での取り組みとして、まずは施工計画部門にCIM関連ソフトを導入した。

現在、当社で保有している架設機材等をClick3Dなど使って3次元モデル化を進めており、3次元モデルの作成を通じて社内の技術者を育成しているところである。また導入したソフトを使って、CIMの試行工事ばかりでなく一般橋梁においても施工シミュレーション（図-4～図-7）を作成できるようにしていきたいと考えている。これは施工時の安全協議（図-8）や発注者や現地周辺住民との合意形成の場面で迅速な対応が求められるような際に、書類での説明より視覚的にとらえ

ることができるため、効果が期待できると考えているからである。



図-4 施工ステップ1（地形モデル）



図-5 施工ステップ2（ベント設置）



図-6 施工ステップ3（桁架設）



図-7 施工ステップ4（桁架設完了）

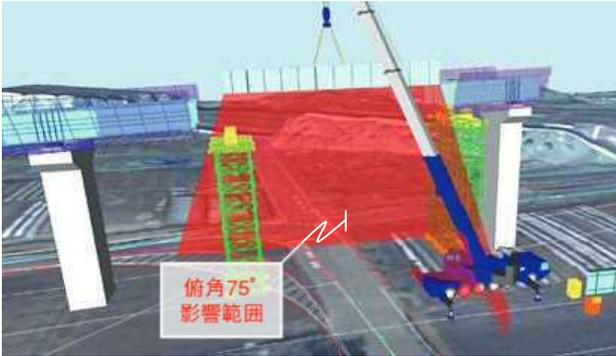


図-8 施工時の安全協議

3. 事例紹介

(1) 鋼単純開断面箱桁橋

1) 3次元モデルの作成

本橋ではコンクリートエンジニアリングの手法を用いて、設計照査と原寸工程を同時並行で進め、部門間で情報を共有しながら最終的な3次元モデルを構築した。設計照査では発注図CADデータからClick3Dを用いて主構造や付属物、既設下部工を含めた全体モデル（図-9）を作成した。これは設計や施工上の大きな問題点を早い段階で発見し、発注者との合意形成を図り早期に問題解決を図るためである。原寸工程では製作情報システムを介して出力される詳細モデルを作成しておき、全体モデルの主構造部分を詳細モデルと入れ替えることで、発注図から変更した図面での干渉チェックや施工検討などをより精密に細部に亘って検討を行い、工程短縮や手戻り防止の効果をえた。

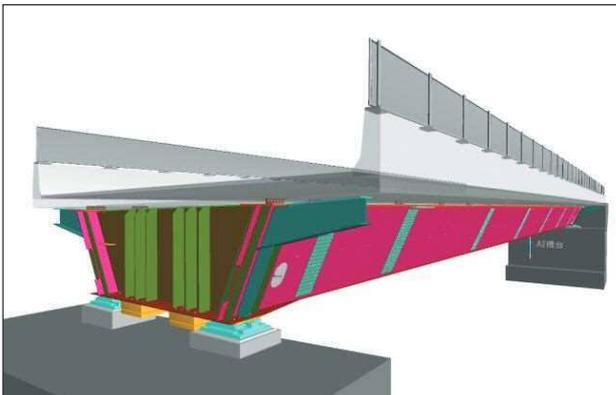


図-9 3次元モデル

2) 3次元干渉チェック

設計照査・原寸段階で作成した3次元モデルを使って、排水系統・流末の整合性や干渉、マンホールの開閉確認（図-10）を行い問題の無いことを確認した。一方、工場製作段階（仮組立）では発見できない、現場施工の落防ケーブルをモデル化したところ、干渉していること（図-11）が事前判明し、改良した。これにより再製作などの手戻りを予防することができた。

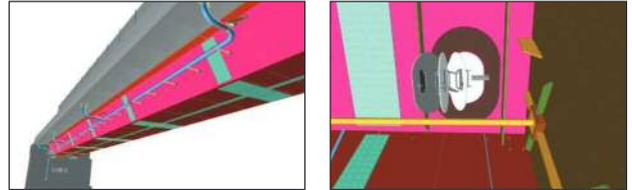


図-10 付属物等の干渉チェック

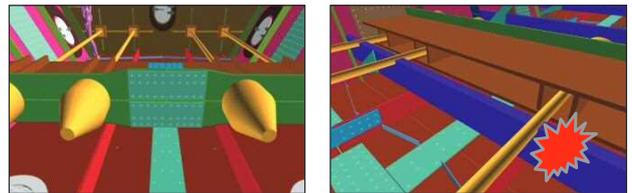


図-11 落橋防止ケーブルと横リブの干渉

3) 維持管理・点検

将来の点検時シミュレーション（図-12）を行い維持管理・点検の導線、及び点検時の安全を確認した。その際、斜めウェブに設けられたマンホールについて、鋼製の蓋では重量が重く開閉に支障があると判断し、軽量のFRP製の蓋（図-13）に変更するとともに、斜めになっているマンホールに進入する際に不安定となる体を支えるための取っ手を追加で設置することで点検作業の安全性を向上させた。

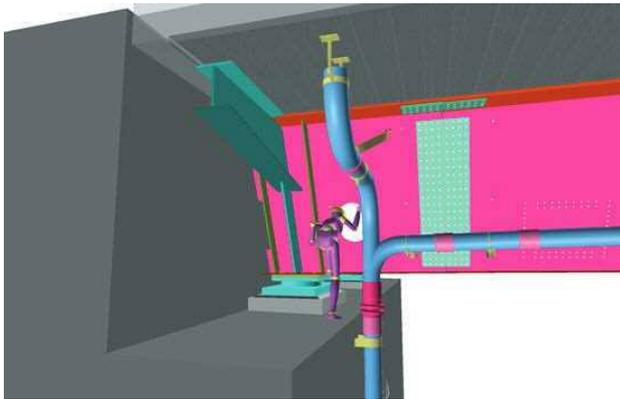


図-12 点検時シミュレーション

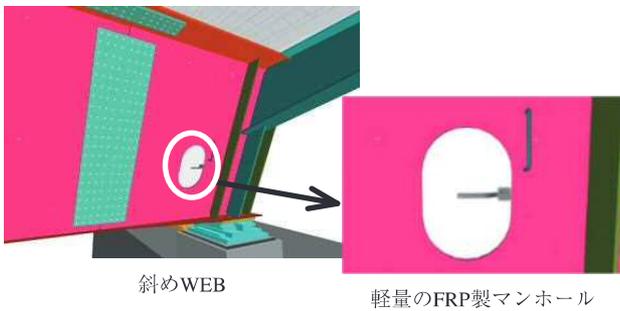


図-13 点検時の構造改善

4) 施工シミュレーション

架設計画図（図-14）だけでは立体的な架設イメージが掴みづらいことがある。そこで橋体の3次元モデルに地形データを追加し、交差道路との位置関係を把握することで、発注者との協議等の時間短縮や施工ステップ毎の安全確認（図-15）を行った。

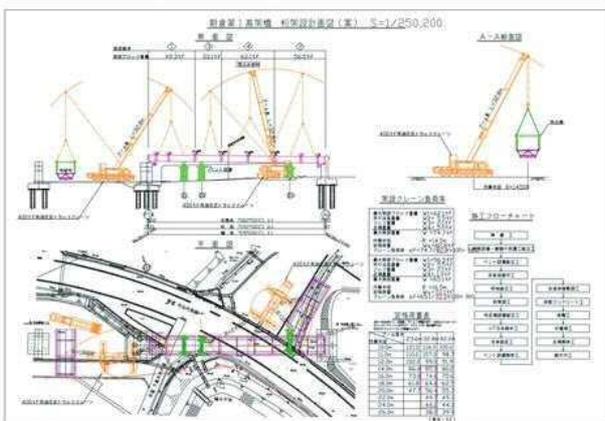


図-14 架設計画図

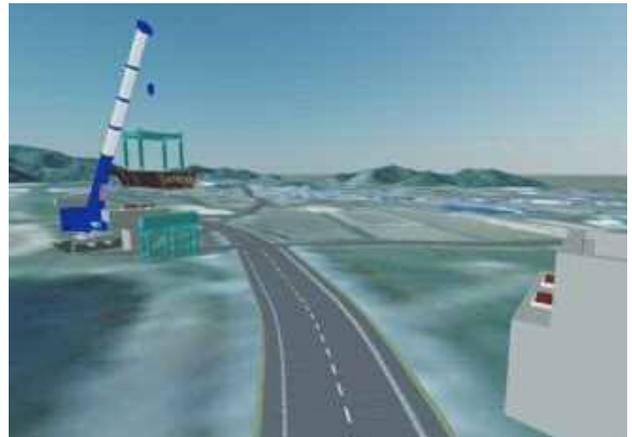


図-15 施工シミュレーション

5) 施工記録と維持管理の効率化

3次元モデルの部材に名称、材質、板厚などの属性を付加するとともに、施工記録として製作図面、仮組状況や架設状況など初期値の写真、不可視部の写真などの情報が関連付けてあり、簡単な操作でこれらの属性や施工記録を呼び出すことを可能にした（図-16）。この3次元モデルと属性情報を組み合わせたもの（以下、CIMモデル）を維持管理の点検作業時に携帯できる端末（パット型PC、モバイルPC等）に入れて現地に持ち込むことで、現場で初期値と現状との差異を確認することが可能となり、将来の維持管理の効率化に寄与できると考えている。



図-16 CIM-PDF

(2) 鋼4径間連続単弦中路アーチ橋

本橋は工場製作段階であるが、現時点での取り組み状況と今後の予定を含めてその一部を紹介する。

1) 設計CIMモデルの利活用

本橋はCIMの試行工事であり、設計コンサルタントで作成した3次元モデル（以下、設計時CIMモデル）に追加・修正を行うことで工事施工中の利活用を図っていく予定である（図-17）。

具体的には設計時CIMモデルをもとに橋梁部材の肉付け等をおこない目的別に全体モデルと詳細モデルに分け施工時CIMモデルを完成させた。全体モデルは現場架設の施工計画や景観検討などに、詳細モデルは干渉チェックや製作段階の検討に用いている。

2) 3次元干渉チェック

アーチ橋のスプリング近傍は構造が複雑で狭隘部も多いため、「詳細モデル」を用いて付属物との干渉チェックや作業性の確認等を行っている（図-18）。

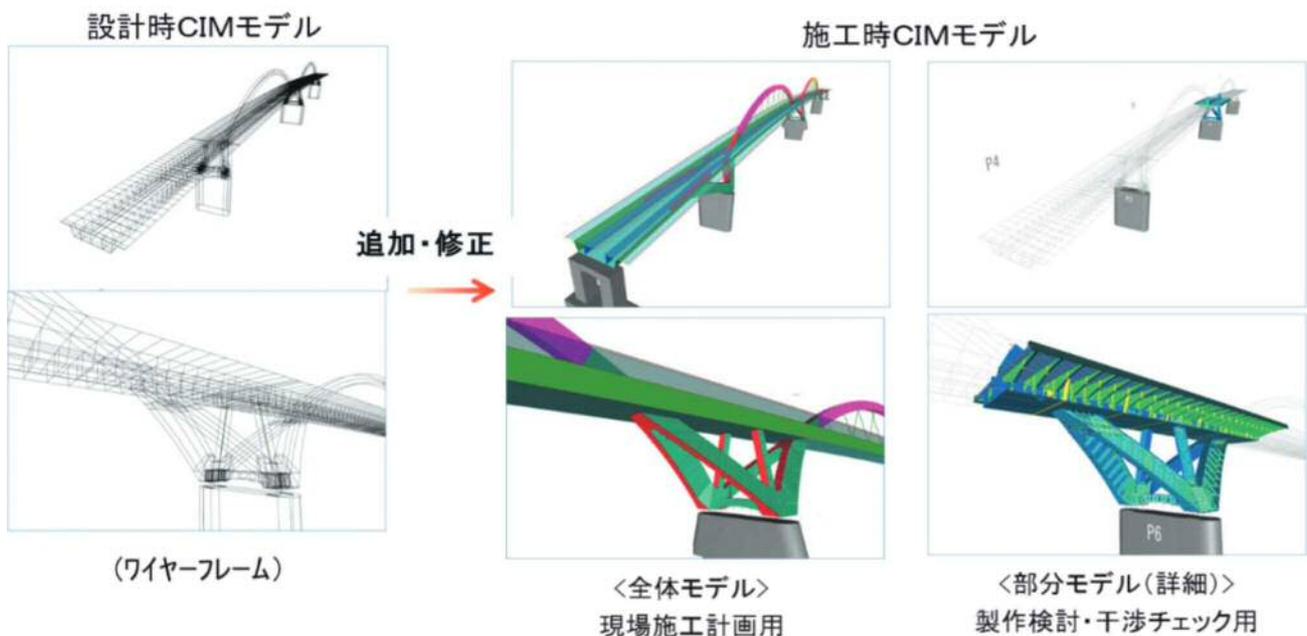


図-17 設計時CIMモデルの利活用

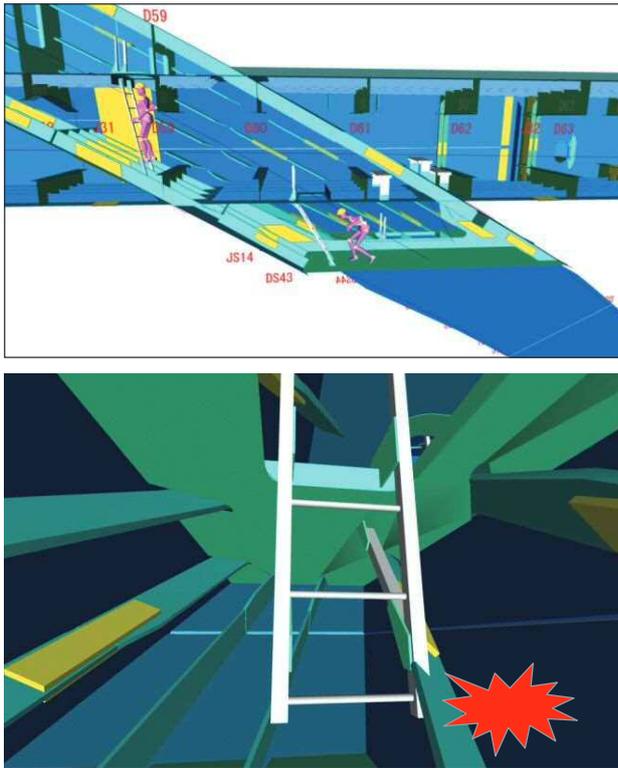


図-18 付属物等の干渉チェック

組みが複雑であるため、2次元図面に加え干渉チェックと同じく「詳細モデル」を用いて、製作着手前に施工困難を抽出して発注者との合意形成を図っている。

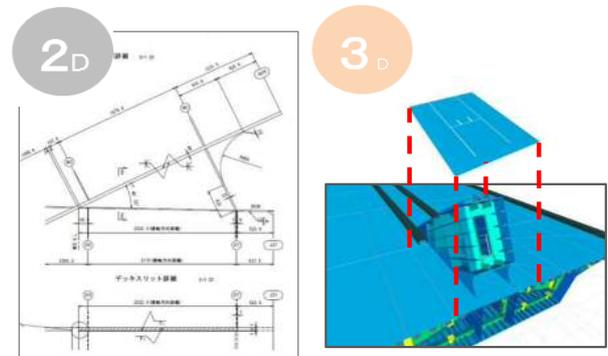


図-19 施工検討（工場製作）

3) 施工計画①（工場製作）

アーチリブと補剛桁との交差部（図-19）は特に板

4) 施工計画②（現場架設）

橋体の3次元モデルに地形や下部工、架設設備を加えた全体モデルを作成した。これに施工ステップ毎の工程を紐付けた4D施工シミュレーション（図-20）により施工の流れを可視化することで架設中の課題や安全性に関する検討を進めている。

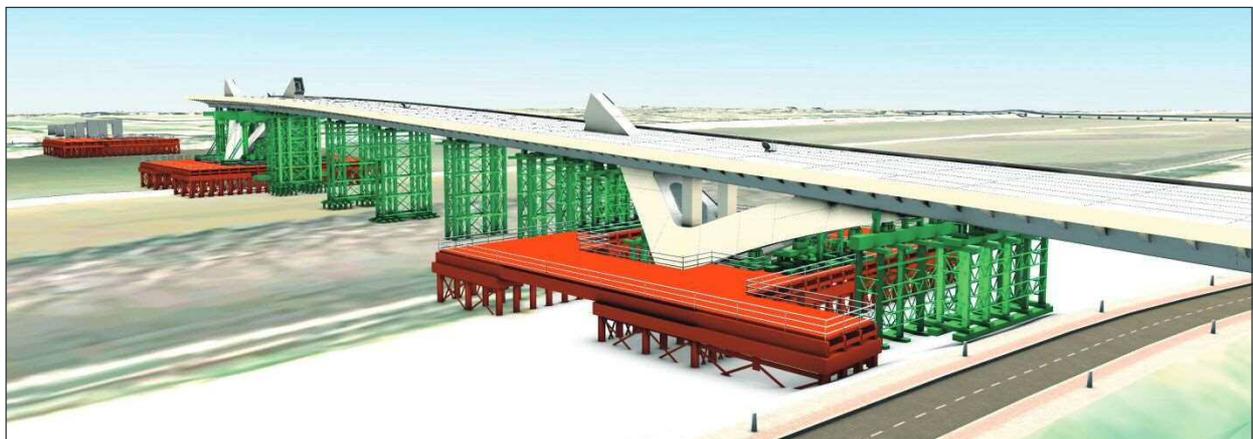
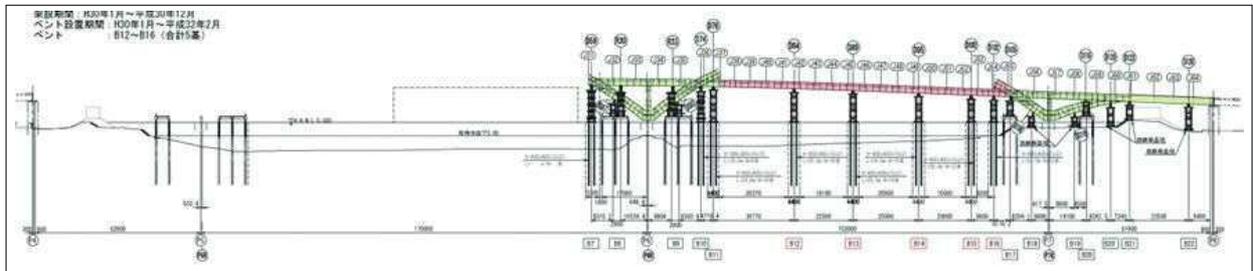


図-20 4D施工シミュレーション

4. 現状の課題と今後

具体的な業務を進めていく中でいくつか課題が明らかになってきた。主なものは以下のとおりである。

(1) 技術者の育成

3次元モデルはより身近なものになっているが、3次元モデルを作成し効果的に利用できる技術者はまだ少ない。CIMを普及させ発展させるためには社内の人材育成はもとより、社外も含めた裾野の拡大が求められる。

(2) 費用対効果

CIM試行工事では、ミスや手戻りの減少や設計照査の省力化、単純作業の軽減など所定の効果は得られるものの、受注後に3次元モデルを新たに作成することによる時間増、新技術導入に伴うハードやソフトの追加費用や業務途中における試行錯誤による手戻り等、現時点での費用対効果は決して高くはない。

今後はフロントローディングが進み、事例2のようなコンサルタント設計段階で作成した3次元モデルの利活用が進むこと、また発注段階で情報連携に関する仕様がさらに整備されることを期待している。

(3) 維持管理

社会インフラの維持管理・更新におけるCIMの大きな

役割は、調査・計画から維持管理までの情報の連携であろう。設計・施工段階で蓄えた膨大な情報を如何に整理して、将来の維持管理・点検に現場のニーズに合ったCIMモデルとして引き継げるかが課題である。

5. おわりに

国土交通省は昨年引き続き平成29年を生産性革命「前進の年」と位置付け、CIM導入ガイドラインの策定など、i-Construction関連プロジェクトの具体化を進めている。

鋼橋業界では既に機械化された工場製作ラインがあり、課題で挙げた設計コンサルタントから施工者への3次元データの連携・ルール化が進めば、システム開発も容易になり大幅な生産性向上が期待できる。また、直接的な製作や施工の効率化だけでなく、現地の品質検査や立会い検査などに携帯端末を導入し、施工管理の省力化を図るなど間接部門における生産性向上についても社内ワーキンググループで検討しているところである。

以上のように課題や検討すべきことは多いが、これまでの常識にとらわれず、他業種で使われているICT技術を積極的に取り込むなどして技術の統合・融合を図り、施工の安全性や生産性向上、将来の維持管理の効率化に向け、さらに取り組んでいきたいと考えている。

2017.1.10 受付

グラビア写真説明

横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線（1・2工区）高架橋上部工事

京浜港、阪神港が、改正港湾法の施行により国際コンテナ戦略港湾となり、南本牧ふ頭では大規模コンテナターミナルの整備を行っています。南本牧ふ頭地区への陸上からのアクセスは現在1ルートのみであり、本工事が該当する横浜港臨港道路南本牧ふ頭本牧線が完成する事で、効率的な物流機能の確保、代替道路としての機能、沿道環境改善としての効果が期待されます。本工場の現場架設はトラッククレーンベント工法であるが、現場で確保できるヤードが非常に限られており、桁の一部は隣接する三菱重工業横浜作業所のヤード内で地組を行い、夜間自走多軸台車を用い現場に運搬し架設を行いました。架設場所の下を通る市道52号線は、日交通量約9,000台の重交通路線であり、また沿道には、大型トレーラーが多数出入りする物流企業が多く立地する事から全面通行止め、片側交互通行と規制タイプを細かく変更し、桁架設の全てを夜間の限られた時間帯に行いました。

(伊藤 浩之)