

高速横浜環状北西線
青葉地区上部・橋脚（その2）工事

発注者 首都高速道路株式会社
型式 a連結路＝鋼4径間連続RC床版箱桁・鋼3径間連続RC床版箱桁
b連結路＝鋼5径間連続合成床版箱桁、既設橋拡幅（1径間）
e連結路＝鋼4径間連続プレキャストPC床版箱桁
h連結路＝鋼5径間連続合成床版箱桁
鋼製橋脚＝15基
橋長 約1,150m
幅員 7.7～9.0m
鋼量 約5,900 t
路線 高速横浜環状北西線
所在地 神奈川県横浜市青葉区下谷本町
竣工 令和2年3月
本文P26，説明文P11



高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）
更新工事

発注者 首都高速道路株式会社
型式 第1～4連：6径間連続非合成钣桁橋
第5連：3径間連続非合成桁橋
（6主钣桁十多室2箱桁）
八潮連結路：7径間連続鋼床版箱桁橋
橋長 1,663.5m
幅員 18.2m
鋼量 16,840 t
路線 高速1号羽田線
所在地 東京都品川区東大井一丁目
～東京都品川区東品川二丁目
竣工 令和7年7月竣工予定
本文P37，説明文P11



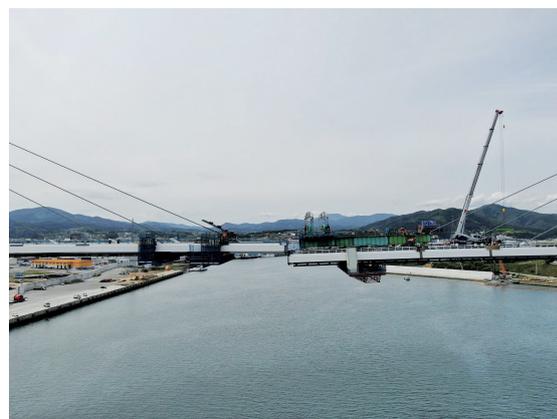
中部横断法洗沢川橋上部工事

発注者 国土交通省 関東地方整備局
型式 鋼上路式単純非合成トラス橋
橋長 86.0m
幅員 11.1m
鋼量 381 t
路線 中部横断自動車道
所在地 山梨県南巨摩郡身延町角打
竣工 令和元年8月
本文P47，説明文P11



(仮称) 気仙沼湾横断橋
 (国道45号 気仙沼湾横断橋小々汐地区上部工工事)

発注者 国土交通省 東北地方整備局
 型式 3径間連続鋼斜張橋
 橋長 680.0m (当JV施工分350m)
 幅員 15.2m
 鋼量 8,790 t (当JV施工分4,450 t)
 路線 一般国道45号 三陸沿岸自動車道
 所在地 宮城県気仙沼市小々汐地内
 竣工 令和2年12月竣工予定
 説明文P25



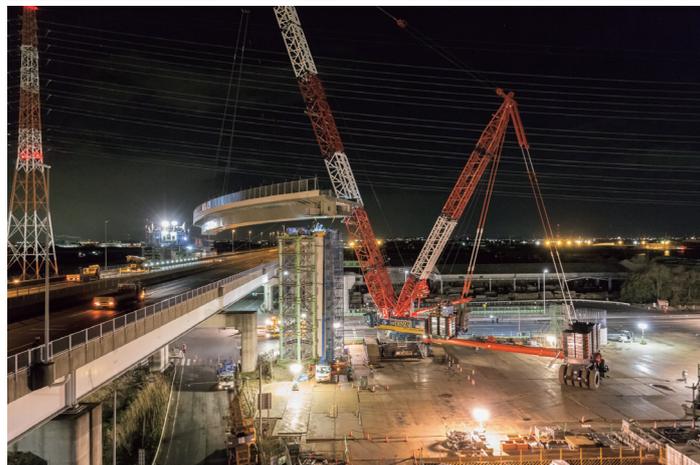
高速横浜環状北西線 (東方・川向地区)
 街路整備工事 (橋りょう上部工)

発注者 横浜市 道路局 横浜環状北西線建設課
 型式 7径間連続細幅箱桁橋 (内・外回り)、
 張出し式鋼製橋脚=1基、
 2柱ラーメン式鋼製橋脚=1基、
 3柱ラーメン式鋼製橋脚=3基
 橋長 440.0m
 幅員 15.5m
 鋼量 3,980 t
 路線 高速横浜環状北西線
 所在地 神奈川県横浜市都筑区東方町646番地の1
 ~都筑区川向町250番地
 竣工 令和元年6月
 本文P52, 説明文P96



名古屋第2環状自動車道
飛島ジャンクションCランプ橋他3橋（鋼上部工）工事

発注者 中日本高速道路株式会社
 型式 飛島木場第4橋〔内回り〕＝鋼4径間連続钣桁橋
 飛島木場第4橋〔外回り〕＝鋼7径間連続钣桁橋
 Aランプ橋＝鋼3径間連続钣桁橋＋鋼4径間連続箱桁橋
 Cランプ橋＝鋼4径間連続钣桁橋＋鋼4径間連続鋼床版箱桁橋
 十鋼4径間連続钣桁橋
 Dランプ橋＝鋼2径間連続箱桁橋＋鋼4径間連続鋼床版箱桁橋
 十鋼3径間連続钣桁橋
 鋼製橋脚＝2基
 橋長 飛島木場第4橋〔内回り〕＝208.5m, 〔外回り〕＝360.5m
 Aランプ橋＝445.7m
 Cランプ橋＝666.5m
 Dランプ橋＝576.0m
 鋼量 約6,400 t
 路線 高速自動車国道 近畿自動車道 伊勢線
 所在地 愛知県海部郡飛島村木場
 竣工 平成31年2月
 説明文P96



(工事着手前)



(工事完了後)

鳴尾沖工区鋼製橋脚復旧工事（2019-湾岸）

発注者 阪神高速道路株式会社
 型式 門型鋼製脚
 概要 海P73橋脚＝当て板補強、加熱矯正
 海P74橋脚＝損傷部位の交換
 路線 阪神高速5号線
 所在地 兵庫県西宮市鳴尾浜地先
 竣工 令和2年2月
 説明文P96

第601工区（香椎浜～香椎浜ふ頭）高架橋
上部工（鋼桁）新設工事（その4）

発注者 福岡北九州高速道路公社
 型式 鋼6径間連続細幅箱桁橋
 橋長 439.0m
 幅員 21.6m
 鋼量 3,161 t
 路線 福岡高速6号線
 所在地 福岡市東区香椎浜3丁目
 ～香椎浜ふ頭1丁目地内
 竣工 令和2年7月
 説明文P96



平成29-31年度 舟入川橋上部工事

発注者 国土交通省 四国地方整備局
型式 鋼5径間連続開断面箱桁橋
橋長 315.3m
幅員 10.1m
鋼量 947 t
路線 一般国道55号 高知南国道路
所在地 高知県高知市高須地先
竣工 令和2年3月
説明文P108



東広島バイパス海田高架橋2号橋鋼上部工事

発注者 国土交通省 中国地方整備局
型式 鋼5径間連続非合成钣桁橋
橋長 174.0m
幅員 下り線：8.75m 上り線：8.75m
鋼量 600 t
路線 国道2号 東広島バイパス
所在地 広島県安芸郡海田町西浜地内
竣工 令和2年4月
説明文P108

福岡208号 筑後川橋上部工（P4-P8）工事

発注者 国土交通省 九州地方整備局
型式 鋼4径間連続（2連）単弦中路アーチ橋
橋長 450.0m
幅員 21.4m
鋼量 6,592 t
路線 福岡208号 有明海沿岸道路
所在地 福岡県大川市大字小保地先
～福岡県大川市大字大野島地先
竣工 令和2年8月
説明文P108

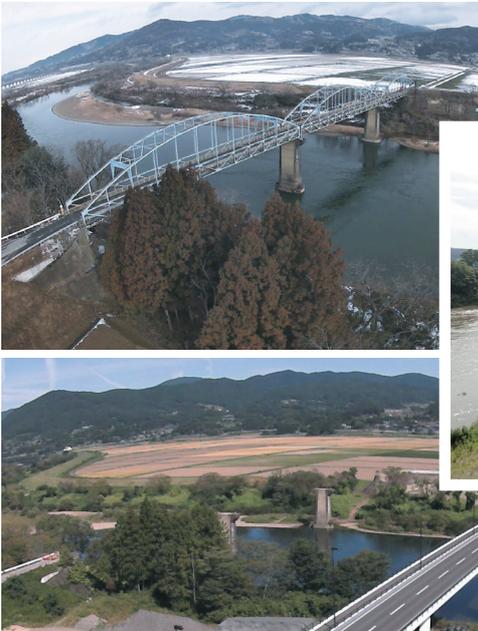


県単道路改良（幹線）工事
（（仮称）豊年橋上部工）

発注者 千葉県
型式 3径間連続少数钣桁橋
橋長 105.2m
幅員 12.0m
鋼量 196 t
路線 主要地方道 鎌ヶ谷本埜線
所在地 千葉県印旛郡栄町
竣工 令和2年3月
説明文P108



（旧柵の瀬橋全景）



主要地方道一関北上線柵の瀬橋旧橋撤去
（上部工）工事

発注者 岩手県
型式 ランガートラス3連
橋長 3@73.0m
主構間隔 7.1m
主構高 12.0m
鋼量 360 t (3@120 t)
竣工 令和2年1月
本文P58

（撤去後全景）

九州新幹線（西九州）、宝町橋りょう（合成けた）

発注者 独立行政法人鉄道建設・運輸施設整備支援機構
九州新幹線建設局
型式 宝町架道橋（Bv）＝単純合成箱桁
宝町高架橋（BL）＝単純合成箱桁
橋長 宝町架道橋（Bv）＝82m、宝町高架橋（BL）＝70m
鋼量 宝町架道橋（Bv）＝827 t、宝町高架橋（BL）＝586 t
路線 九州新幹線
所在地 長崎県長崎市宝町地内
竣工 令和3年3月竣工予定
本文P92

（宝町架道橋BL仮組全景）



（宝町架道橋Bv仮組全景）

九州新幹線八千代Bi上部工架設他2

発注者 清水・三軌建設共同企業体
(九州旅客鉄道株式会社)

型式 3径間連続合成桁

橋長 194.0m

鋼量 1,620 t

路線 九州新幹線

所在地 長崎県長崎市地内

竣工 令和2年2月

本文P64



東北地方太平洋沖地震に伴う災害復旧 JR気仙沼線 津谷川橋梁架設工事

発注者 鉄建建設株式会社
(東日本旅客鉄道株式会社)

型式 鋼3径間連続下路式トラス橋

橋長 280.0m

幅員 5.1m

鋼量 987 t

路線 JR気仙沼線 (BRT)

所在地 宮城県気仙沼市本吉町圃の沢

竣工 平成31年2月

本文P70

明石西明石林崎Bo改築工事 (林崎こ線橋下り線架設工事)

発注者 大鉄工業株式会社
(西日本旅客鉄道株式会社)

型式 単純鋼床版2主箱桁橋

橋長 47.6m

幅員 12.65m

鋼重 270 t

路線 一般国道2号

所在地 兵庫県明石市和坂地内

(JR山陽本線 明石-西明石間)

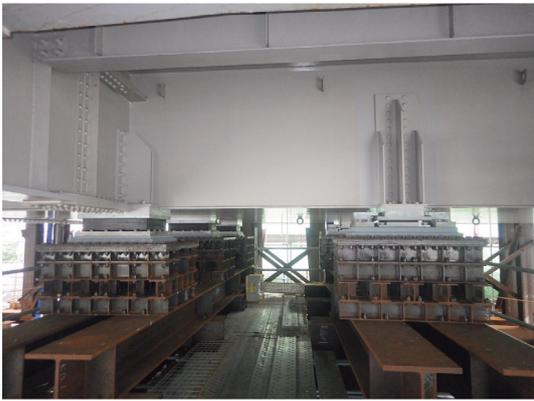
竣工 平成31年4月

本文P76



(仮称) 竹芝地区再開発計画
【港歩行者専用道第8号線】架設工事

発注者 (株)アルペログランデ
型式 鋼6径間連続鋼床版箱桁ラーメン橋
十六角型鋼製テーパ橋脚
橋長 239.7m
幅員 7.34m
鋼量 916 t
路線 港歩行者専用道第8号線
所在地 東京都港区海岸一丁目
竣工 令和2年3月
説明文P109



天王洲支点補強工事
(高速1号羽田線(東品川栈橋・鮫洲埋立部)更新工事)

発注者 大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなる・
川田・東骨・MMB・宮地異工種建設工事
共同企業体
(首都高速道路株式会社)

概要 既設桁補強、仮支点支持構造
所在地 東品川天王洲工区(既設橋梁P22~P16)
竣工 平成30年11月
本文P84

熊本都市計画 桜町地区第一種市街地再開発事業
建築物新築工事

施主 熊本桜町再開発株式会社
設計 日建・太宏共同企業体
施工 大成・吉永・岩永・三津野・新規建設
共同企業体
構造 S造、SRC造
鋼重 16,000 t (当社施工範囲)
工期 平成29年6月~平成31年4月 (当社工期)
説明文P109



巻頭言

「技術と経営の協調により持続的発展を」

芝浦工業大学客員教授

(一財)建設業技術者センター理事長 谷口 博昭



名実ともに業界を代表する有数の宮地エンジニアリング株式会社が、大きな変化の時代に適応すべく技術と経営の「令和」に相応しい協調によりイノベーションを促進し、持続的発展されんことを祈念し、日頃考え想っている要点を以下に述べます。

1. 地域、時、人を繋ぎ、諸活動を支える橋梁

インフラストラクチャーは、生活経済社会活動を支える下部構造（INFRA・STRUCTURE）です。橋梁は、川・水路、谷、湖沼、海峡や鉄道、道路等で分断されている地域と地域及び人と人を結び交流を促進する枢要なインフラです。人類が二本足で移動を始めて以来、土、木、石、瀝青、コンクリート、鉄、鋼鉄、FRP（繊維強化プラスチック）、塗料等の材料、溝ホゾ、釘、リベット、溶接、ボンド、HT（高力）ボルト等の繋ぎ、人力、道具、機械、情報施工等の施工方法等の各分野でイノベーションを促進しつつ、桁、箱桁、ラーメン、トラス、アーチ、斜張橋、吊り橋へとより長大な橋梁を可能とし、より遠くの地域までの人々との交流を促進し我が国の発展・成長に貢献してきました。橋梁は、地域の分断を解消・直結しface to faceの対話を促進するインパクトの甚大なインフラです。且つ、橋梁は世代を超えて共有する社会資本です。能の「橋掛かり」は“あの世とこの世の架け橋”を表すと言われますが、過去と現在そして未来を架け繋ぐ橋梁は貴重な社会資本です。未来を考え創造し得るのは人類のみで、ロボットやAI（人工知能）には出来得ません。今後とも、進化・高度化する生活経済社会活動を支える橋梁も未来志向で進化・高度化することが肝要です。今後は、＜量、経済効率性、画一性＞に＜質、快適性、多様性＞を加味調和した価値観を重んじ、景観・デザインに優れ、ヒット曲「明日に架ける橋（Bridge Over Trouble Water）」の一節の様に人々の心に響き人々の心を安らげる（ease your mind）橋梁の整備・保全を望みたい。

2. 官民の役割分担と連携の強化

昭和30年代以降、直営からゼネコンへの請負、コンサルタントへの業務委託が導入・採用され、最近のPFI（公共施設の建設、管理等に、民間の資金、経営能力、技術力を活用）／PPP（官民連携）を経て現在に至るまで分業の流れです。官は予算の有効活用を、民は出来る限り利益を求めるとの立場の違いを認めつつ適切な相互補完の役割分担を構築し、パートナーシップ精神で連携を強化することが肝要です。良い夫婦関係の様な相互互惠のパートナーシップ精神の下、一般競争総合評価方式偏重でなく、設計施工一括方式やECI（Early Contractor Involvement）等多様な入札契約方式を駆使し適正な施工検査、適正な設計積算に

より適正な利益を出すことです。そして、生産性革命と働き方改革を進め、若者等が就職し定着する魅力溢れる新3K（給与、休暇、希望）の職場・産業に進化してゆくことが求められる。と共に、ニーズとシーズのプラットフォームによりイノベーションを推進することが求められる。

3. 技術と経営の協調

我が国で初めて創設された芝浦工業大学専門職大学院MOT（Management of Technology）は昨年3月末で終了したが、技術と経営が不連続に陥ることなく協調しつつイノベーションを促進し価値を創造することが肝要であるとの技術経営の理念は今も不変です。

<テクノロジー、技術>

技術は、個人の能力に帰する技能と異なり、「知識やシステムを使い、他の人と関係しながら全体をつくり上げていくやり方」（畑村洋太郎著「組織を強くする技術の伝え方」、講談社新書）が肝要です。技術は幾多のプロセスを経て現地での生産が完了、更には維持管理・更新に至るまで多くの技術者や技能者が携わるシステム体系であり、要素技術のシステム化とシステムの各プロセスを貫く設計コンセプトや価値観の共有を求めたい。

<マネジメント、経営>

大きな変化の時代を乗り越え持続するためには、目先の利益確保のみでなく将来の価値（Value）を創造する長期的且つ戦略的な視野に立って、守りと攻めのバランスを勘案しつつ、0か1かでなく、時代の変化に適切に対応するアダプティブな経営が求められます。CSV（Creating Shared Value）、社会と共に歩み共に価値を創造することでCSR（企業の社会的責任）を果たす経営を期待したい。

4. 現場力の発揮と技術はシステム体系、人なり

橋梁は、自然環境や社会的要請等種々異なる条件の下、計画・設計から施工を経て維持管理・更新までの各プロセスにおいて多くの関係者が携わる一品受注生産です。故に、工業製品と異なり大量生産が困難であり、マニュアルに囚われ画一的に流されることなく、創造的且つ肌理細やかな対応が求められる。i-Constructionの推進に当たっても、現場の声を真摯に受け止め、受注の規模や現場の条件に応じた効果的な進め方が肝要です。現場こそが価値を創造するとの認識に立ち、現場の経験を重視してほしい。O（お前が）K（来て）Y（やってみる）のOKYの現場に陥らない様、官と民、技術と経営、トップと現場の、時にはノコミュニケーションを交えてのコミュニケーションの向上とその結果としての信頼関係の構築を期待したい。

技術はシステム体系が肝要です。故に、知の体系化を図るため、個有の暗黙知を他人が理解し得る形式知へ変えることが求められる。IT（情報技術）の時代ですが、否ITの時代だからこそ、人のネットワークが肝要と痛感しています。“技術は人なり”、“ハイテク・ハイタッチ”です。活き活きとした人のネットワークを構築するため、プロセス全体の生産性を如何に上げその果実を企業の利益と労働者の賃金にどう還元し得るのかの全体俯瞰図（筆者はビッグ・ピクチャーと称している）を示し明らかにすることが肝要です。

5. 技術の継承とイノベーションの促進

橋梁技術の継承には、技術を検証し得るフィールド・現場が必要不可欠であり、「守成」のみでなく新たなフィールドを「創業」することも肝要である。維持管理・更新に追われることなく生活経済社会活動の進化・高度化に応じて、景観・デザインに優れたBeautiful Harmony（「令和」の英訳）で歴史・文化の香り高い橋梁を、官民連携して「創業」することを期待したい。

イノベーションとは、技術革新と訳されることが多いが、Product（製品）、Process（工程）、Material（材料）、Market（市場）、Organization（組織）における創造的破壊と結合が肝です。イノベーションには、魔の川、死の谷、ダーウィンの海の3つの関門があり、失敗を個人の責任に帰することなく組織・システム全体で受け止め失敗を乗り越え3つの関門を突破することが求められる。そのためには、現状に問題意識を持ち異議を唱えることが必須の前提であり、質問力、観察力、ネットワーク力、実験力、関連付け思考力の5つのスキルが求められる（参照；クリステン他著“The Innovator’s DNA”、翔泳社刊）。AIに負けない逞しい想像力と創造力、更には提案力を期待したい。

INNOVATIONは、ラテン語のIN（内へ）とNOVARE（新しくする）からなる言葉です。結びに、青田会長のリーダーシップの下、これまでの慣習にとらわれず進取の気取りでMOT＝技術経営とイノベーションを促進し、宮地エンジニアリング株式会社が持続的に発展することを祈念致します。

～持続的発展のために若手技術者に望むこと～ ＜感受性を磨け！＞



取締役 工事本部長 平島 崇嗣

ここ数年間に入社した若手技術系社員は、CADや計算ソフトを使いこなす能力は非常に高いことに感心するところである。手書き、関数電卓で育った我々世代と比べると、雲泥の差と言っても過言ではない。おそらく、彼ら若手社員にとっては、画面に向き合ってもゲーム操作の感覚で習得していくため、苦にならないのであろう。そうして日々作図しているCAD図は、機材などの部品図を積木のように積んで支保工図が出来たり、クレーンの機種を選定して地形画面に張り付けて施工計画図が完成したりと、一見立派な成果が短時間に得られたように見える。

しかしながら、その多くの成果は事前に簡易計算をして配置された梁や柱ではなく、絵面（えづら）上で何となく配置された成果となっていることが多々ある。

そこで最も怖いのは、作成された図面がいつの間にか強度計算や施工性の検証が行われる前に設計図や計画書として独り歩きしてしまうことである。また、計算ソフトも簡単に操作できるがゆえ、ただひたすら数値を打ち込むことに専念し、出てきたアウトプットデータがチェックもせず成果品となってしまう。もしかすれば、一桁間違っていてインプットしているかもしれないことにも気付かずに。

私が若手社員の頃には、橋の支間と構造形式をみただけで瞬時にその一般断面を想定できる設計技術者や設計図をみただけで溶接不可能な箇所や狭隘部でボルトを締め付けることができないなどの判断できる製作技術者、施工計画図や仮設備図をみただけで施工可能でこの工法が適当か、また強度的に設備の使用部材が適切かどうかを即答できる計画技術者、現場と施工計画図をみただけで全体の工事工程表を作成することができる現場技術者など、こういった感受性に優れた技術者がたくさん在籍されていた。

この方々に共通して言えることは、頭の中でその構造物や数値を想像できることである。

これは、一朝一夕で可能になるものではなく、さまざまな経験の中で体得されていくもので、逆に感受性がなければ何度経験しても蓄積されない。

たとえば、私は計画部員には日ごろから図面を書く前

と計算書を作成する前に「あたり計算」をするように指導している。これは、仮設備図を何も考えずに作図するのではなく、事前に単純梁程度の計算を電卓でたたき、大まかな構造断面を決定していく癖をつけることで、このことの反復作業を繰り返すことにより、断面構成を想像することが少しずつできるようになるからである。

もともと「あたり計算」は、我々手書き図面の時代に消しゴムで何度も消して作図をやり直す手間を無くすために若い頃に先輩方に叩き込まれたことであるが、これを繰り返すうちに私自身いつの間にか当社の主要機材の断面諸元をほとんど暗記してしまい、どんな現場に行っても施工条件が変わっても電卓一つで対応できるようになった。

企業にとって財産は人であり、特に当社のような「モノ造りの会社」にとって若手技術者の成長は会社の発展に大きく寄与すると言っても過言ではない。是非、感受性を磨いていただき、さまざまな分野のプロフェッショナルとなっていただきたい。

最後に、話は少し変わるが今年の1月6日、石崎前社長が仕事始め式の挨拶において、今年のキーワードを「サステイナブル (sustainable)」という言葉で表現されたことを思い出した。

社員の耳に届きやすいように、昨年の紅白歌合戦のAKB48が唄った題名に例えて話されていたことを覚えている。このサステイナブルとは辞書を引くと「持続可能な、継続できる」という意味で、2015年の国連サミットで採択されたSDGs (Sustainable Development Goals) にもつながっており、企業としてCSR活動の一環として取り組んでいかなければならないものである。

また、3年前の宮地技報第30号の技術評論においても「イノベーション」という題で執筆され、同氏はその時々々のキーワードを使って、当社が時代のニーズ・シーズや社会の動きにアンテナを張って乗り遅れないようにと常に発信されていたと思う。

私自身このことをしっかり理解し感受性を磨いて、社会の動きに敏感に反応してかなければならないと痛感しているところである。

鉄道用FRP壁高欄の実験的検討

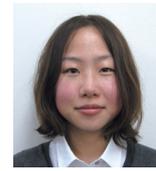
Experimental consideration of a FRP wall balustrade for railroads



久保 圭吾*
Keigo KUBO



永見 研二*
Kenji NAGAMI



石原 彰子*
Shoko ISHIHARA

要 旨

鉄道用の壁高欄はコンクリート製が多く用いられているが、高架橋における耐震性向上の観点から軽量化が望まれている。また、塩害や凍害などによるコンクリート片のはく落も懸念されていることから、軽量で耐食性に優れるガラス繊維強化プラスチックを用いた鉄道用壁高欄を考案した。本研究では、高さが異なる壁高欄タイプと防風柵タイプの実物大供試体を用いた静的耐荷力実験を実施した。この結果、いずれも実用上、十分な耐荷力を有していることが確認できた。

キーワード：壁高欄，FRP，耐荷性能

1. はじめに

鉄道用の壁高欄は、場所打ちコンクリート、プレキャストコンクリート、コンクリートブロックなどが多く用いられているが、高架橋に用いる場合、死荷重が大きく耐震性の観点から軽量化が望まれている。また、鉄筋コンクリートは、塩害や凍害などの環境作用により、ひび割れや内部鉄筋の腐食などが生じ、コンクリート片のはく落による第3者被害も懸念される。

このような背景の下、重量が鋼材の1/4～1/3程度と軽量かつ耐食性に優れ、道路橋の合成床版や検査路、歩道橋などの橋梁構造物の構造部材として適用事例¹⁾が増加しているガラス繊維強化プラスチック（Glass fiber reinforced plastics：以下、FRP）を用いたFRP壁高欄を考案した。このFRP壁高欄は、図-1に示す床版用のFRP引抜成形材を壁高欄本体として用い、基部の鋼製アングルを床版にアンカーボルトで固定することで、自立する

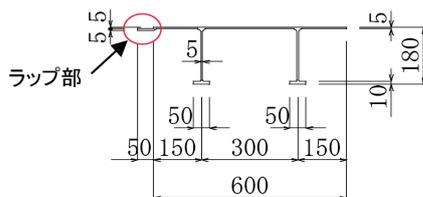


図-1 FRP材の断面形状

構造としている。ここでは、FRP壁高欄の耐荷性状を確認するために実施した載荷試験結果について報告する。

2. 構造概要

FRP壁高欄の概要図を図-2に示す。FRP壁高欄は、フランジ付きリブを有するπ型断面のFRP引抜成形材のリブに鋼製アングルを高力ボルト（HTB）で取り付け、このアングルを地覆コンクリートにアンカーボルトで固

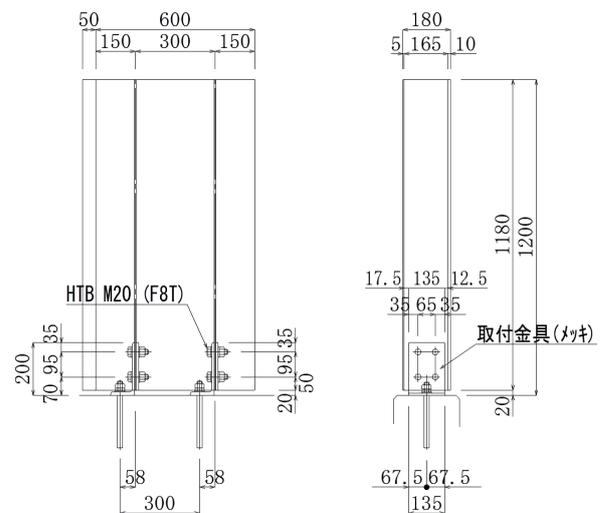


図-2 FRP壁高欄の概要

*1 技術本部技術開発部技術開発グループ担当リーダー

*2 営業本部橋梁営業部橋梁・開発営業第1グループサブリーダー

*3 技術本部設計部設計第2グループ主任

定している。このアンゲル材とFRPリブは、FRP検査路のブラケット基部構造で実績²⁾のある高力ボルト摩擦接合とした。

隣接するFRP壁高欄との間は、FRP引抜成形材の片側に設けているラップ部を重ね合わせることで、隙間が生じないようにしている。

また、壁高欄には、図-3に示す防風柵を兼用した高さが高いタイプも想定される。この場合、風荷重による基部の曲げモーメントが大きくなることから、アンカーボルトの本数を増やして対応した。

3. 耐荷力実験

FRP壁高欄の耐荷性能を確認するため、実物大供試体を製作し、静的耐荷力実験を行った。本検討では、風荷重に対する高欄基部の耐荷性能に着目して、風荷重が前面（リブ側）、後面（平板側）それぞれの方向から作用することを想定した。

(1) 実験概要

壁高欄実験の概要を図-4に、防風柵実験の概要を図-5に示す。実験は、水平方向に載荷することが困難な

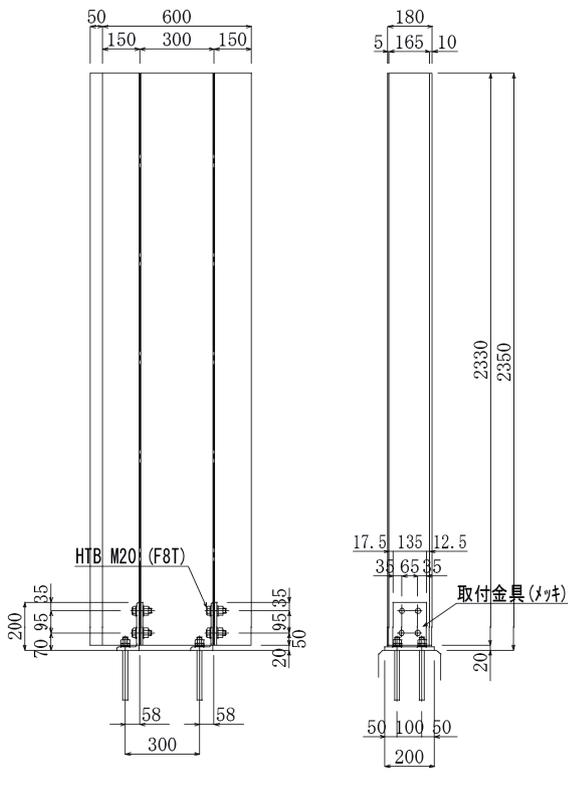


図-3 防風柵の概要

ことから、治具により供試体を水平方向に設置し、鉛直方向に載荷した。防風柵実験の状況を図-6に示す。

載荷は、壁高欄実験では、供試体の頂部（基部から1,100mm）を載荷位置とし、リブ2本に均等に載荷できるように供試体幅より広い鋼製の載荷板（1000×75mm）を介して破壊に至るまで荷重を漸増させた。このときの耐力評価の基準としては、風荷重（3.0kN/m²）による基部の曲

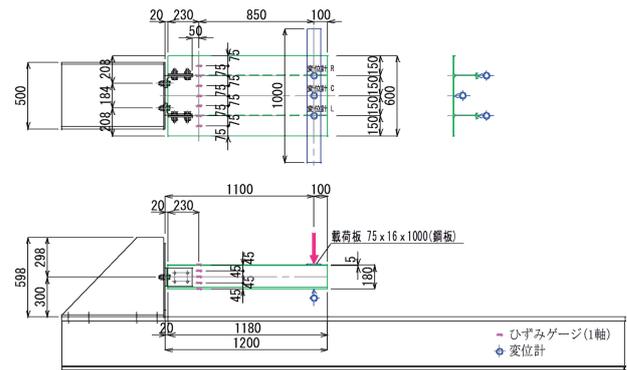


図-4 壁高欄実験（後面載荷）の概要

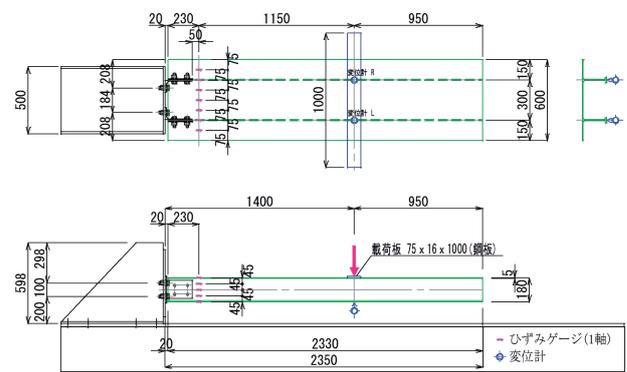


図-5 防風柵実験（後面載荷）の概要



図-6 防風柵実験（前面載荷）の状況

げモーメント (1.3kN・m) と等価な曲げモーメントとなる
 載荷荷重 (1.18kN) を本実験における設計荷重とした。

一方、防風柵実験では、試験機の都合上、頂部に載荷
 できないため、基部から1,400mmの位置に載荷板 (1000×
 75mm) を介して破壊に至るまで荷重を漸増させた。この
 ときの耐力評価の基準としては、風荷重による基部の曲
 げモーメント (4.97kN・m) と等価な曲げモーメントとなる
 載荷荷重 (3.55kN) を本実験における設計荷重とした。

なお、いずれの実験においても、風荷重が前面、後面
 それぞれの方向からの作用を考慮して、リブが上側のケ
 ース (後面載荷) と、平板が上側のケース (前面載荷)
 の実験を行った。

表-1 FRP材の材料特性

	引張強度 (MPa)	引張弾性率 (GPa)	圧縮強さ (MPa)
パネル長手方向	309.9	34.2	353.0
パネル幅方向	92.3	14.7	125.3

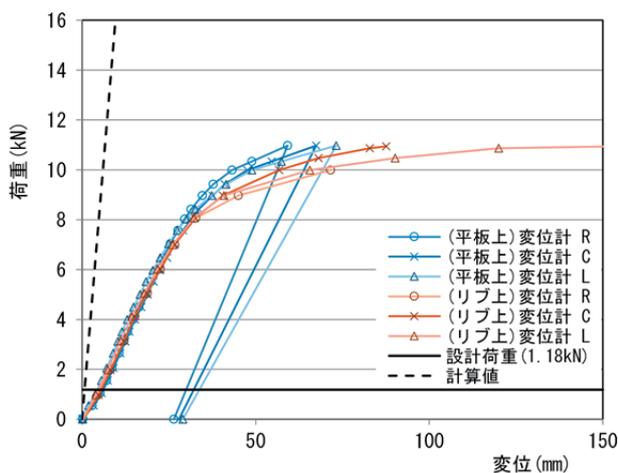


図-7 荷重と鉛直変位の関係



図-8 実験時の状況 (前面載荷)

(2) 使用材料

供試体に使用したFRP成形材は、ガラス基材としてコン
 ティニユアストランドマットおよびガラスロービングを、
 引抜成形用樹脂として不飽和ポリエステル樹脂を
 使用したものである。JIS K 7054 (ガラス繊維強化プラ
 スチックの引張試験方法) およびJIS K 7056 (ガラス繊
 維強化プラスチックの圧縮試験方法) に準拠して実施し
 た材料試験により得られたFRP成形材の基本的な材料特
 性値は、表-1のとおりであった。

FRP壁高欄の基部のアンゲル材はSS400材に溶融亜鉛
 メッキを施しており、メッキHTB (F8T) を使用した摩
 擦接合とした。なお、摩擦面はFRP材、メッキ材とも
 に目粗し等の表面処理は行っていない。

4. 結果および考察

(1) 壁高欄載荷実験

壁高欄載荷実験における荷重と鉛直変位の関係を図-
 7に示す。鉛直変位の計測点は、図-4に示す載荷位置
 であり、リブ部とリブ間の3点を計測した。実験では、
 前面載荷、後面載荷供試体ともに、載荷直後から荷重の
 増加とともに変位が線形的に増加し、荷重8kNを超えた
 辺りで変位が大きくなる傾向が見られ、約11kNで変形
 が大きくなりすぎ、載荷装置の制御が困難となったこ
 とから、載荷を終了した。このときの初期変位増加傾向
 が、FRPの剛性を考慮して求めた計算値の傾きと比べ大
 きく、図-8、図-9の状況から摩擦接合部に滑りはなく、
 基部のアンゲルが大きく変形していることから判断
 して、鋼製アンゲル材のみ変形していることがわかつ
 た。なお、図-10に示すように後面載荷供試体も鋼製
 アンゲルの変形状況は同様であり、いずれの供試体も

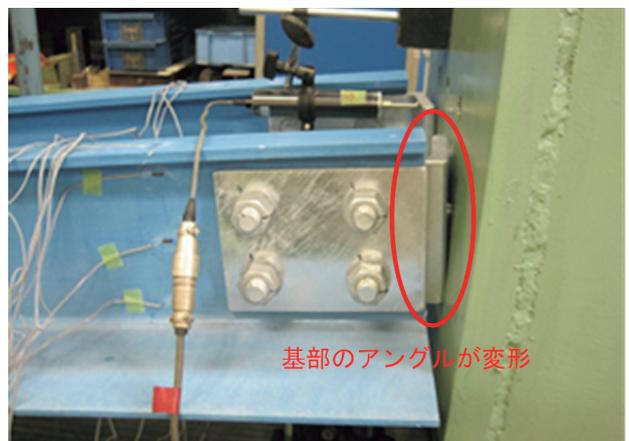


図-9 実験終了時の取付金具の変形 (前面載荷)

8kNを超えた辺りでは変形が大きくなり、鋼製アングルが降伏したと考えられる。しかしながら、平板上、リブ上ともに鋼製アングル材が降伏した荷重（8kN）でも設計荷重の約7倍であることから、風荷重に対して十分な耐荷力を有していることが確認できた。なお、鋼製アングルを、変形しない構造に改善すれば、さらなる耐荷力の向上が見込めると考えられる。

図-11に、FRP材基部の平板の水平方向ひずみ分布を示す。これより、前面載荷、後面載荷ともに、リブのWEB部のみを鋼製アングルで接続していることから、リブ位置でのひずみが大きく、リブ間のひずみが小さい傾向が確認できる。

図-12に、FRP材基部におけるリブWEB部の水平方向のひずみ分布を示す。これより、前面載荷、後面載荷ともに、設計荷重の3倍まで連結板位置のひずみが大きく、リブフランジ部と平板部のひずみが、これらより若

干小さくなる傾向が見られる。これは、リブのWEB部のみを鋼製アングルで接続している影響であり、断面積が大きいフランジが応力分担することで、ひずみが小さくなると考えられる。

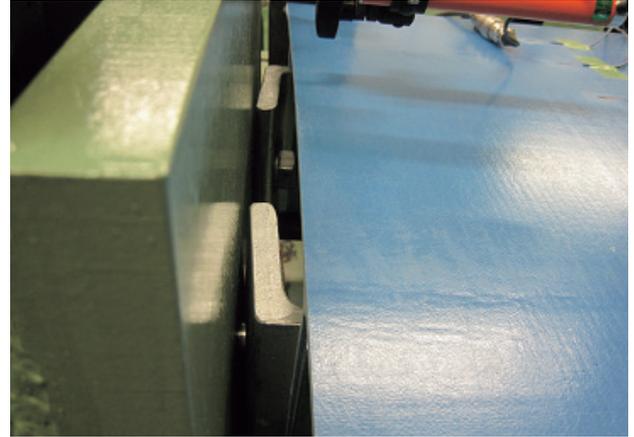


図-10 実験終了時の取付金具の変形（後面載荷）

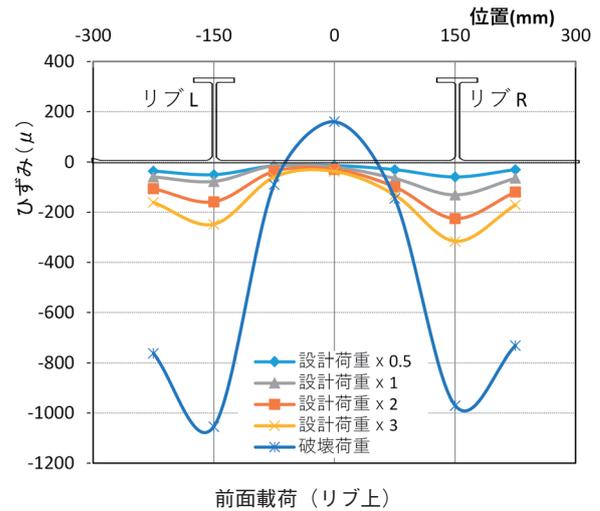
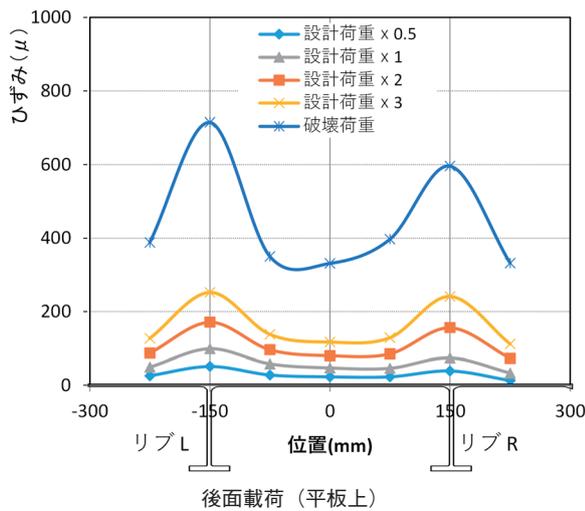


図11 基部の平板ひずみ分布

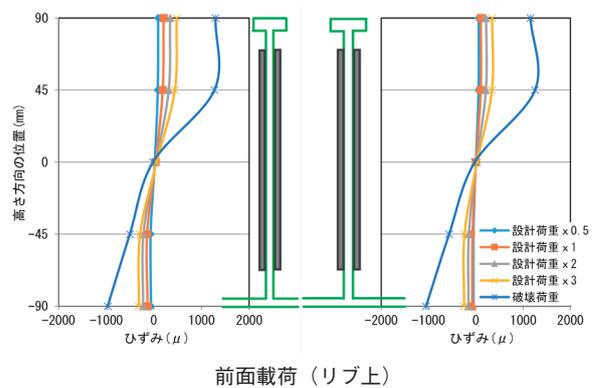
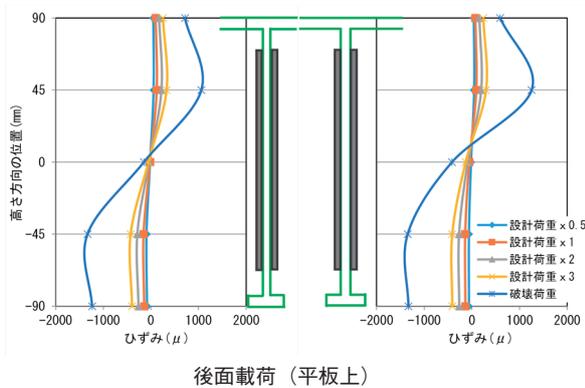
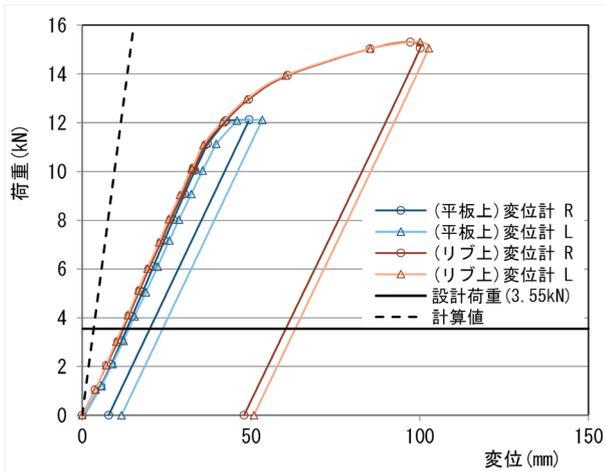


図-12 基部のリブひずみ分布

2) 防風柵載荷実験

防風柵載荷実験における荷重と鉛直変位の関係を図一13に示す。鉛直変位の計測点は、図一5に示す載荷位置とし、リブ部の2点を計測した。実験では、前面載荷、後面載荷供試体ともに、載荷直後から荷重の増加とともに変位が線形的に増加していくが、初期の変位増加傾向



図一13 荷重と鉛直変位の関係

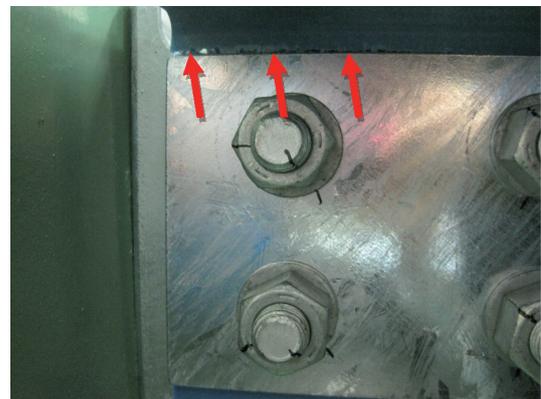
は、FRPの剛性を考慮して求めた計算値の傾きと比べ、大きくなっている。これは、図一15の取付金具の変形状況から見ても、壁高柵載荷試験と同様、基部のアンクルの変形が影響していると考えられる。その後、荷重10kNを超えると線形性が崩れ、変位が大きくなる傾向が見られ、ここで鋼製アンクルが降伏したと考えられる。

さらに載荷を継続すると、平板上載荷では、約12kNで図一16に示すように平板とリブの境界面でFRPが基部側から破断した。これは、リブのWEBが添接板で拘束されていることから、載荷時の水平せん断力と曲げモーメントによる鉛直方向の引張力により、強度の小さいパネル幅方向に破断したと考えられる。一方、後面載荷供試体での破断荷重が、約15kNと前面載荷供試体より大きいのは、曲げモーメントによる境界部に作用する鉛直力が圧縮となるためと考えられ、図一17の破断時のひび割れ幅が小さいことから説明できる。

なお、前面載荷、後面載荷ともに鋼製アンクル材が降伏した荷重(約10kN)でも設計荷重の約3倍であり、風荷重に対して十分な耐荷力を有していることが確認できた。



図一14 実験時の状況 (リブ上)



図一16 平板上載荷の実験終了時のFRP破断状況

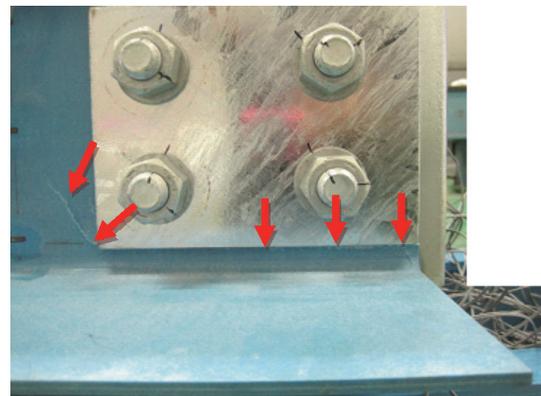


(平板上)



(リブ上)

図一15 実験終了時の取付金具の変形



図一17 リブ上載荷の実験終了時のFRP破断状況

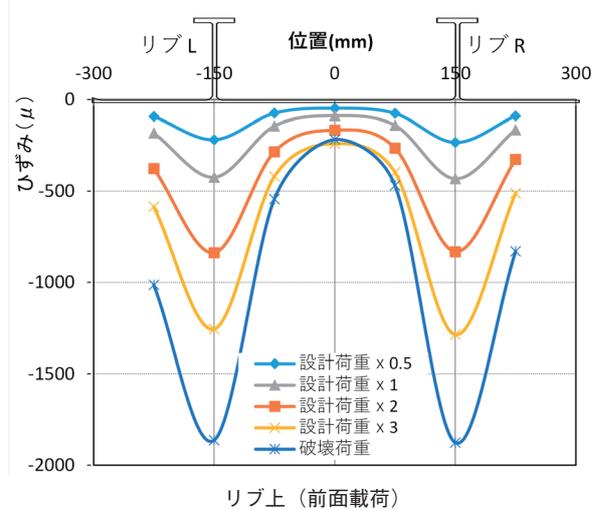
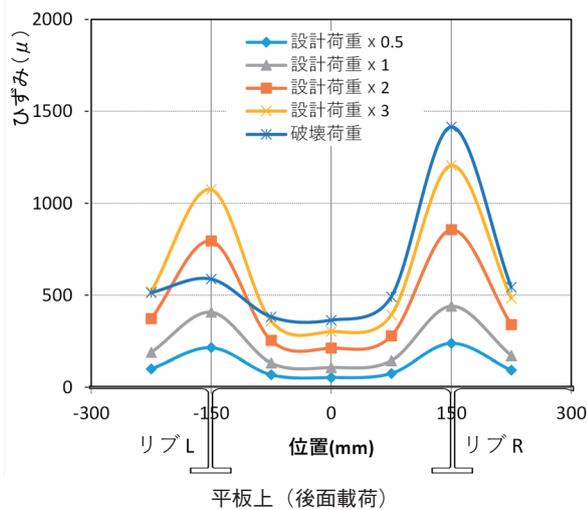


図-18 基部の平板ひずみ分布

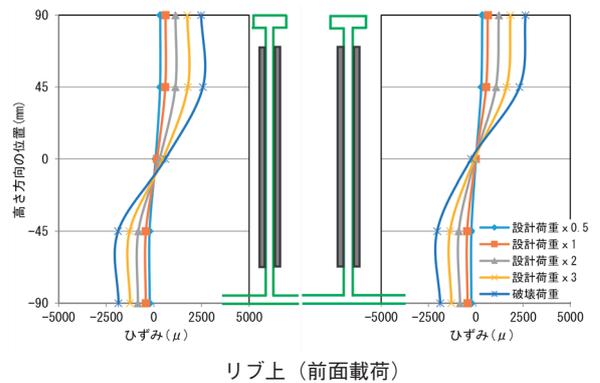
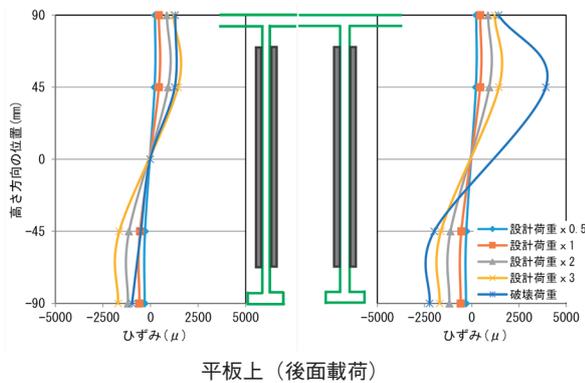


図-19 基部のリップひずみ分布

図-18に、FRP材基部の平板の水平方向ひずみ分布を示す。これより、前面載荷、後面載荷ともに、リップのWEB部のみを鋼製アングルで接続していることから、リップ位置でのひずみが大きく、リップ間のひずみが小さい傾向が確認できる。なお、後面載荷供試体の破壊時のリップLのひずみが小さくなっているのは、平板とリップの境界部が破断した影響と考えられる。一方、前面載荷供試体では、ひび割れが生じているにも関わらず、破壊荷重のリップ部ひずみが小さくなっていない。これは、平板側に圧縮力が作用するため、ひび割れが生じても応力伝達が可能となるためと考えられる。

図-19に、FRP材基部におけるリップWEB部の水平方向のひずみ分布を示す。これより、前面載荷、後面載荷ともに、設計荷重の3倍まで連結板位置のひずみが大きく、リップフランジ部と平板部のひずみが、これらより若干小さくなる傾向が見られる。これは、壁高欄載荷試験と同様の理由と考えられ、後面載荷のL側リップの破壊荷

重時のひずみが小さくなっているのは、ひび割れが生じているためである。

5. まとめ

本研究では、FRP壁高欄について、静的耐荷力実験により耐荷性能を確認した。得られた知見を以下にまとめる。

高欄基部に着目した載荷実験の結果、壁高欄で設計荷重の約7倍、防風柵で約3倍の耐荷力を有することが確認できた。

壁高欄、防風柵に用いる基部の鋼製アングル材は、FRPとの接合面での滑りは生じておらず、今回の応力レベルでは摩擦接合として機能することが確認できた。

壁高欄の基部を鋼製アングル材とした場合、アングル材の降伏荷重で耐荷力が決まるため、変形しないような構造改善を行うことで、耐荷力が向上すると考えられる。

参考文献

- 1) 久保圭吾：土木構造物へのFRP材料の適用事例，土木学会第7回FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム，pp.51-60,2018.
- 2) 久保圭吾，永見研二，山口浩平，日野伸一，稲葉尚文，青木卓也：道路橋検査路用FRP製ブラケットの静的耐荷性能と試験施工，土木学会第4回FRP 複合構造・橋梁に関するシンポジウム，pp.115-122,2012.
2020.6.15 受付

グラビア写真説明

高速横浜環状北西線青葉地区上部・橋脚（その2）工事

横浜北西線は、2017年3月に開通した横浜北線と直結する路線として、東名高速道路と第三京浜道路を結ぶ、延長約7.1kmの自動車専用道路です。2020年3月に横浜北西線が開通した事により、横浜北線と一体となり、東名高速道路から横浜港までが直結され、横浜市北西部と横浜都心・湾岸エリアとの連絡強化等が図られます。

本工事は、東名高速道路の横浜青葉インターチェンジと第三京浜道路の港北インターチェンジを結ぶ高速横浜環状北西線のうち、北西線と東名高速道路をつなぐ連結路の鋼製橋脚（15基）および上部工（新設5橋、拡幅1橋）の工事です。

施行は、当社とエム・エムブリッジ（株）他3社共同企業体で行っております。

なお、本工事は首都高速道路（株）より2019年度優秀工事表彰を受けました。（野村 洋）

高速1号羽田線（東品川栈橋・鯨洲埋立部）更新工事

本工事は、建設から55年以上が経過した首都高速1号羽田線のうち、構造物の高齢化が進行しており、京浜運河上に位置するため過酷な腐食環境に置かれている東品川栈橋部、鯨洲埋立部の首都高速道路を更新する工事です。

この区間は1日あたり約7万台の交通量があり、首都高速道路や周辺的一般道路への交通影響を極力低減するために長期通行止めを行わないことを前提とし、う回路による交通の切り回しを行いながら段階的に施工を行っています。現場は既設高速道路と東京モノレールおよび京浜運河の護岸に囲まれており非常に狭隘な中、床板や壁高欄などにプレキャスト（PCa）部材を積極的に採用することで現場での作業量を減らし、高速施工を実現しました。

I期線（上り線）の工事が完了し、2020年6月に羽田線（下り）の交通を更新線（暫定）に切り替えました。2025年度の工事完成に向けて安全第一で工事を進めております。（前山 裕人）

中部横断法洗沢川橋上部工事

本工事は、静岡県静岡市を起点とし長野県小諸市に至る延長約132kmの中部横断自動車道のうち、身延山ICと下部温泉ICの区間に架設する、橋長86mの鋼上路式単純非合成トラス橋です。本工事区間は、急峻な山岳地帯で桁の直下が砂防指定地域であり栈橋設置が出来ない等の理由から、架設はケーブルエレクション直吊り工法が採用されました。

当初はジブクレーンによる施工が採用されておりましたが、安全性や工程の短縮・狭隘なヤード特性などを考慮し、ケーブルエレクションに追加接続が可能なティルティング鉄塔を利用するケーブルクレーン設備の架設に変更しました。本工事では、特殊な施工方法を活用することで、急峻な山岳地帯における作業ヤードの問題点を解決し、無事故・無災害にて竣工することが出来ました。（前山 裕人）

自立型無線センサーLIRISを用いた ローゼ桁の吊材取替工事の張力モニタリング

Tension Monitoring of the Replacement Work of Lohse Girder's Suspension Members Using LIRIS, an Autonomous Wireless Sensor System



永谷 秀樹*¹
Hideki NAGATANI

要 旨

OSMOS (Optical Strand Monitoring System) において、自立型無線センサーシステムであるLIRISは、別途の電源確保が不要で設置が非常に容易であり、光ファイバーを用いたモニタリングシステムとして多くの優位性を有している。ここでは、ローゼ桁の腐食損傷した吊材取替工事の張力管理のための施工時モニタリングへのLIRISの適用事例に対して、モニタリング内容および確認された有効性について報告を行う。

キーワード：OSMOS, LIRIS, モニタリング, ローゼ桁, 腐食損傷, 吊材取替, 張力管理

1. はじめに

構造物のモニタリングシステムOSMOSにおいて、自立型無線センサーシステムのLIRISは、内蔵のバッテリーで稼働するため、別途での電源の確保が不要で設置が非常に容易で、従来の有線式センサーシステムに比較して計測周波数は若干劣るがコスト的にも優れている。

また、モニタリングデータの共有システムSafeWorksを用いて、インターネット経由で、何時でも、何処でも、PC及びスマートフォンから容易にモニタリングデータの確認、情報共有が可能であり、モニタリングシステム全体として優れた利便性を有している。

既に、LIRISの傾斜計を用いた安全管理のための施工時モニタリングとして、ベントの傾斜に対するモニタリングについては施工実績も増え、前号にてその内容について概要を報告している¹⁾。

ここでは、LIRISの光ファイバーを用いた変位計のローゼ桁の腐食損傷した吊材の取替工事における張力管理への適用について報告を行い、施工時間等に制限がある腐食部材の部材取替工事の施工時における品質管理等に対する自立型無線センサーLIRISの有効性について報告を行う。

2. 吊材取替工事の概要

(1) 橋梁と損傷の概要

対象橋梁は、石垣島にある人工島（南ぬ浜町）と石垣市街地を結ぶ道路橋で、平成3年に供用を開始した下路式のローゼ桁橋である（図-1参照）。

厳しい腐食環境のため、吊材上下端の添接部近傍において、全18本の吊材の中で3本の腐食損傷が著しく、断面欠損等による疲労亀裂がウェブに発生・進展している。そのため、緊急対策として補強材を設置していたが、今回、部材の取替を実施することとなった。



図-1 橋梁全景

*¹ 技術本部技術開発部技術開発グループリーダー

(2) 工事概要

本工事は、吊材取替工事を(株)新友建設が施工し、吊材取替時の張力管理を(株)ホープ設計が実施しており、張力計測に関する協力を弊社が行っている。

本橋は、大型クルーズ船のフェリーバースのある南ぬ浜町と市街地を結ぶ唯一の橋梁であるため、取替工事はクルーズ船の就航に配慮した上で、夜間作業にて実施している。

取替工事は、①既設吊材撤去、②新設吊材設置について各々1夜間で実施している。以下に部材撤去・設置の手順を示す。

①既設吊材撤去

STEP1：既設部材1本につき4本の仮設吊材（PC鋼棒）を設置する。

STEP2：センターホールジャッキを用いて仮設吊材のPC鋼棒に所定の緊張力を導入し、既設吊材の分担軸力を仮設吊材に移行させる（図-2参照）。

STEP3：既設吊材を切断・撤去する（図-3参照）。

②新設吊材設置

STEP1：仮設吊材のPC鋼棒に新設吊材に導入する軸力と同等の緊張力を導入する。

STEP2：新設吊材を設置する（図-4参照）。

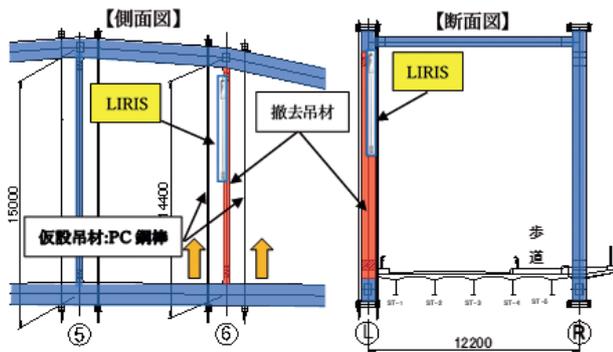


図-2 既設吊材撤去（STEP2：仮設吊材への軸力移行）

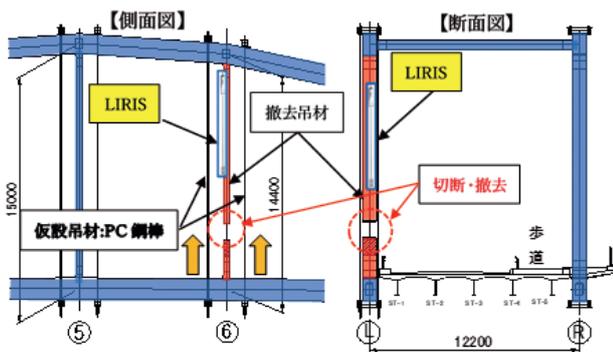


図-3 既設吊材撤去（STEP3：既設吊材撤去）

STEP3：仮設吊材のPC鋼棒の緊張力を解放し、新設吊材に軸力を移行する。

STEP4：仮設吊材を撤去する。

(3) 張力管理（LIRISによるひずみ計測）

下記の目的から吊材に導入される張力の管理を行う。そのため、張力（ひずみ）の計測にLIRISの変位計を用いる。

- ・既設吊材の撤去時に、その軸力を極力ゼロに近づけることで切断時の軸力解放による衝撃を低減し、施工時の安全性を確保する。
- ・既設吊材において現在の状態で負担している軸力と同等の軸力を新設吊材に導入するため、その軸力を定量的に確認する。

2. モニタリングシステムOSMOSとLIRISの概要

OSMOSは、図-6のシステム概要に示すように、計測を実施する有線・無線センサーシステムと情報共有・分析を行うSafeWorksの2つの技術から構成されている。ここで、情報共有システムであるSafeWorksは、計測データをインターネット経由でパソコンおよびスマートフォンにて、何時でも何処でも確認でき、工事関係者で計測データの共有が可能なシステムである。

(1) 光ファイバーを用いた変位計の計測原理

変位計は、ストランド状にした光ファイバーにおいて赤外線が光ファイバーの曲がり部において漏洩し、通過する赤外線の強度が変化する「マイクロベンディングの原理」を利用して、2点間の相対変位を高精度に静的・動的に安定した状態で測定する（図-5参照）。

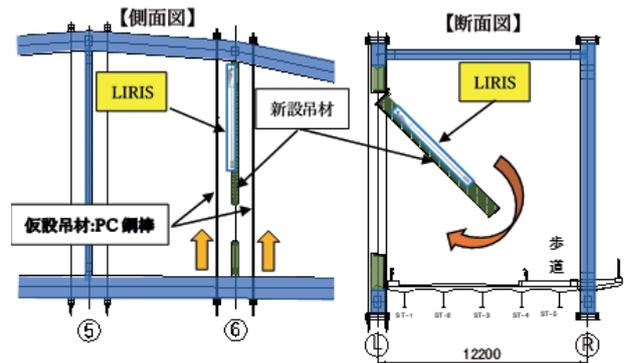


図-4 新設吊材設置（STEP2：新設吊材設置）

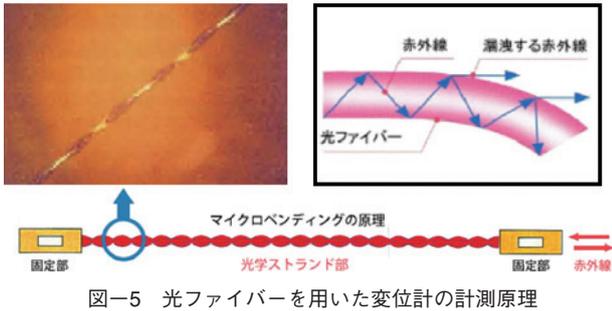


図-5 光ファイバーを用いた変位計の計測原理

(2) 自立型無線センサーシステム：LIRIS【変位計＋SMSモジュール】

このセンサーシステムは図-7に示すように以下の特徴を有している。

- ①電源が不要でセンサーの設置が簡単で早い
- ②SMSモジュールを使用することにより、
 - ・携帯回線によりデータを遠隔で自動取得可能
 - ・閾値を超えた場合に警報メールを発信可能
- ③モデムを用い短距離無線通信により、リアルタイムでのデータを収集可能

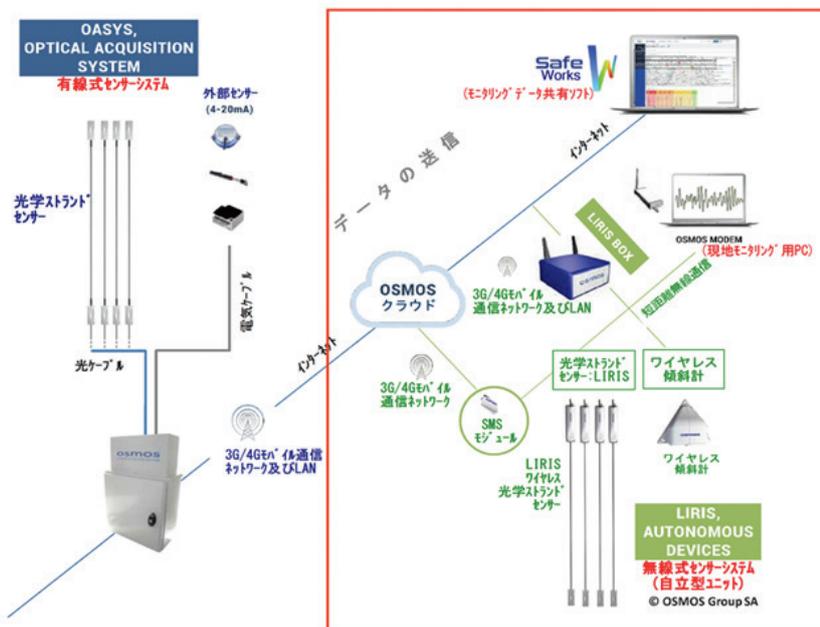


図-6 モニタリングシステム【OSMOS】の概要

図-8に変位計の外形と性能を示す。周波数50Hzで計測するため、0.02秒間隔で常時モニタリングを実施する。データの記録は、1時間間隔でセンサー本体に実施されるが、SMSモジュールを設置することにより計測データを自動的にOSMOSクラウドに毎時送信するため、SafeWorksを用い1時間間隔での計測値を遠隔で確認できる。



図-7 無線式センサーシステム：LIRISの概要と特徴



LIRIS 光学ストランド	
長さ	2mもしくは1m
計測範囲	2m センサの場合 4mm、1m センサの場合 3mm
分解能	フィルターなしの場合 20μm (低電力) フィルター使用の場合 最大 10μm
計測周波数	50 Hz
使用温度範囲	-10℃から 40℃
EMC、ストランド部分	電気ノイズの影響を受けない
エンドボックス	サイズ: 100 x 40 x 15 mm 素材: アルミニウム
ミニステーション	
ミニステーションボックス	サイズ: 230x40x60mm 重さ: 600g
ECM	欧州適合基準申請中
無線リンク	921MHz (R207-17LY21 JAPAN)
送信電力	3.0mW アンテナ出力
受信感度	100dBm
電源	ミニステーションボックスに内蔵されたバッテリーによる
バッテリー寿命	最長 3 年 (使用環境により異なります)
動的データ保存容量	50Hz で 18 分間または 5 秒間の事象を 250 件
静的データ保存容量	1 時間に 1 回の記録で 6 か月まで
トリガーモード	動的モード
無線モデム	
電源	USB 使用
通信ポート	USB 2.0
アンテナ接続	Mini SMA タイプ
送信電力	3.0mW
受信感度	100dBm

図-8 変位計の外形と性能

3. 張力モニタリング

(1) 自立型無線センサー-LIRIS適用のメリット

今回の張力管理にける張力（ひずみ）計測に関して、以下に示す長所からLIRISを適用している。

- ①腐食により不陸がある既設部材の平均的なひずみを計測可能
長尺センサー（1m）であるため、腐食の不陸による局部ひずみの影響を受けず軸力部材の平均的なひずみを計測可能である。
- ②センサーの設置と計測が簡単で早い
電源・配線が不要のため、12センサーを2人で2日で現場設置、設置後直ぐにモニタリング開始可能である。
- ③無線センサーのため、架設前の新設吊材に事前設置し、架設時に保管場所からそのまま移動可能
新設吊材への事前のセンサー設置による工程短縮が可能である。

表-1 計測に関する全体工程

	1月											2月															
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
機材設置準備																											
既設VL5.6へのLIRIS設置																											
既設VR6へのLIRIS設置																											
新設VL5.VL6.VR6へのLIRIS設置																											
事前計測(振動モニタリング 他)																											
既設VL6撤去時張力管理計測																											
新設VL6施工時張力管理計測																											
経時モニタリング(安全管理)																											
既設VL5撤去時張力管理計測																											
新設VL5施工時張力管理計測																											
経時モニタリング(安全管理)																											
既設VR6撤去時張力管理計測																											
新設VR6施工時張力管理計測																											
片付け																											

表-2 既設吊材撤去の施工と計測のタイムスケジュール

No.	施工		計測	1月20日(既設吊材VL6撤去)																							
	項目	計測関連事項		20	21	22	23	0	1	2	3	4	5														
1	準備工																										
2	交通規制(片側通行止)																										
3	高所作業車・クレーン搬入																										
4	チェーンブロック機材設置																										
5	仮設吊材張力(10%張力)解放																										
⑥			①全吊材初期ひずみ計測																								
7	仮設吊材軸力導入(3段階)	各STEPで20秒間程度の軸力維持	②撤去吊材VL6のひずみ計測																								
⑧		仮設吊材軸力を維持	③撤去吊材VL6以外の吊材ひずみ計測																								
⑨		仮設吊材軸力を維持、軸力調整	撤去吊材の想定ひずみと測結果の比較																								
10	添接部ボルト軸力解放(下側)																										
⑪			④撤去吊材ひずみ計測 20秒間																								
12	既設吊材中段ガス切断 ①上段側切断	仮設吊材軸力維持																									
⑬			④全吊材のひずみ計測																								
⑭			既設吊材のひずみ量の確認																								
⑮		仮設軸力調整 (既設吊材ひずみが②の場合)	撤去部材のセンサー撤去																								
16	既設吊材中段ガス切断 ②下段側切断																										
17	既設中断吊材撤去																										
18	既設上段吊材撤去																										
19	既設下段吊材撤去																										
20	片付け																										
22	交通規制解除																										

表-3 新設吊材設置の施工と計測のタイムスケジュール

No.	施 工	計 測	1月30日(新設吊材VL6撤去)												
			20	21	22	23	0	1	2	3	4	5			
1	準備工														
2	交通規制(全面通行止)														
3	高所作業車・クレーン搬入														
4	チェーンブロック機材設置														
5	新設下段吊材架設														
6	新設上段吊材架設														
7	カウンターウェイト撤去														
8	新設中段吊材架設														
9	添接部ボルト孔明け														
10	ボルト締付け(全本数、一次締め)														
⑪		①全吊材初期ひずみ計測													
12	仮設吊材軸力解放														
⑬		②全吊材ひずみ計測													
⑭		新設吊材の想定ひずみと計測結果の比較(軸力調整検討)													
15	ボルト締付け(本締め)														
16	片付け、交通規制解除	仮設吊材軸力を維持													

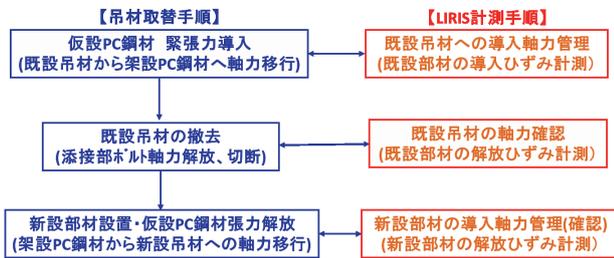


図-9 吊材取替と計測の手順

表-4 取替吊材の想定ひずみ一覧

	VL5	VL6	VR6
死荷重時設計軸力(kN)	641.9	645.0	750.4
部材断面	□350*778*10	□350*778*10	□350*778*10
材質	SMA41AP	SMA41AP	SMA41AP
既定解放張力(kN)	650	650	760
断面積(mm ²)	22,560	22,560	22,560
ヤング係数(N/mm ²)	2.0×10 ⁵	2.0×10 ⁵	2.0×10 ⁵
想定ひずみ量(μ)	144.1	144.1	168.4
部材断面	H798*350*22*12	H798*350*22*12	H798*350*22*12
材質	SM490Y	SM490Y	SM490Y
既定解放張力(kN)	650	650	760
断面積(mm ²)	22,448	22,448	22,448
ヤング係数(N/mm ²)	2.0×10 ⁵	2.0×10 ⁵	2.0×10 ⁵
想定ひずみ量(μ)	132.9	132.9	155.4

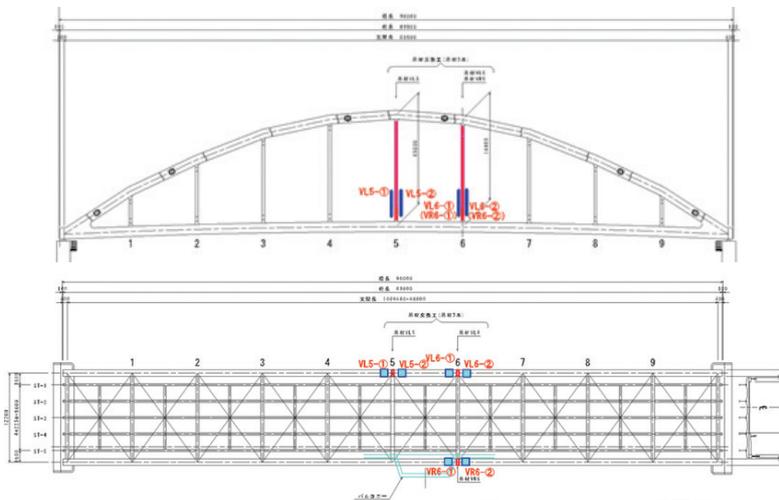
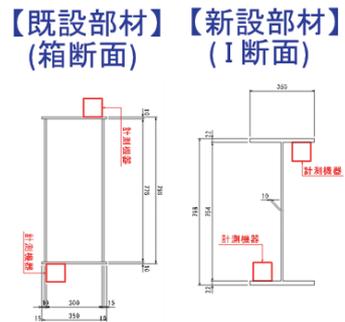


図-10 センサー配置図



(2) 計測手順

前述の既設吊材撤去・新設吊材設置手順および張力管理の目的から、吊材取替手順に対応するLIRISによる計測手順を図-9に示す。

既設吊材撤去では、仮設吊材への既設吊材の表-4に示す想定した軸力の移行の確認をひずみ計測により行う。

新設吊材設置では、仮設吊材撤去による新設吊材への表-4に想定した軸力の導入をひずみ計測により確認する。

(3) 計測工程

VL5,6及びVR6の3本の吊材取替におけるセンサー設置から張力管理計測までの全体工程を表-1に示す。また、既設吊材撤去および新設吊材設置に関するタイムスケジュールを表-2, 3に示す。このタイムスケジュールに示すように、部材の現場施工と計測が連携しており、円滑な計測と計測結果の評価が工程遵守の前提となっている。



図-11 高所作業車によるセンサー設置



図-14 架設前の新設吊材へのセンサー設置状況

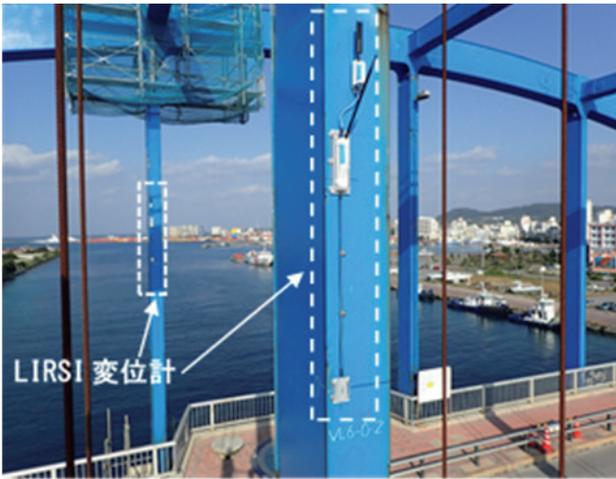


図-12 既設吊材へのセンサー設置状



図-15 センサー設置状態での新設吊材の架設



図-13 センサーが設置された既設吊材の腐状況

(4) センサー配置および設置状況

変位計は、取替えを行う3本の吊材に対して、既設・新設の吊材毎に2箇所設置することにより、合計12箇所設置している。吊材の断面における配置は、想定外の曲げ応力等の計測への影響を相殺するため、断面の各中心軸に対して対称に配置している（図-10参照）。

センサーの設置は図-11に示すように高所作業車を用いて実施しており、既設吊材へのセンサー設置状況を図-12に示す。また、センサーが設置された既設吊材は図-13に示すように腐食による断面の凹凸等があり、均等な断面形状と考えることが困難で発生ひずみも部分的に不均等なものになると想定される。新設吊材の架設前のセンサーの設置状況を図-14に示す。この状態からトラックにより架設現場まで輸送を行い、センサーを設置した状態で架設を行っている（図-15参照）。

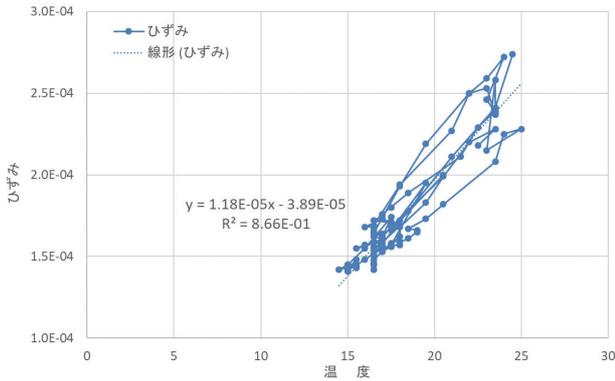


図-16 温度とひずみの関係（既設部材VL6）

(3) 計測結果

1) 事前計測による温度との相関性の確認

軸力管理のための計測は、温度の安定した夜間を実施しているが、計測開始から終わりまでの間に温度変化が想定される。LIRISは変位と同時に温度の計測も行うため、事前の計測結果より温度と変位の相関を確認し、計測値に対して温度の補正を行う。

図-16に吊材撤去開始前に計測した既設吊材VL6の温度とひずみの計測結果を示しており、同時に両者の線形相関式を示している。この結果から、相関係数が0.85以上となることより、両者は鋼材の線膨張係数である 12×10^{-6} とほぼ同様の勾配の線形関係が成り立つものと判断される。よって、計測値の温度変化に対して、鋼材の線膨張係数を用いて温度補正が可能と考えられる。

2) ひずみ計測結果

代表として、VR6の吊材の吊材取替における計測結果を示す。図-17, 18に既設吊材撤去時の仮設吊材のPC鋼棒への軸力導入から既設吊材切断までの計測結果を示す。ここで、グラフ中に示される圧力 (Mps) は、仮設吊材のPC鋼棒を緊張管理する際に用いた油圧ジャッキの圧力を示している。

この結果より、仮設吊材のPC鋼棒への軸力導入により、既設吊材の軸力が確実に減少していることが確認できる。また、吊材をアーチ部材に接合している高力ボルトの軸力解放時に若干のひずみの変化が生じており、この変化量が想定導入軸力と既設部材に発生している実際の軸力の差に相当すると考えられる。また、その変化量は比較的小さいため既設部材にはほぼ設計値と同等の軸力が導入させていたと考えられる。さらに、部材切断時のひずみの変動は非常に小さいため、今回の張力管理に

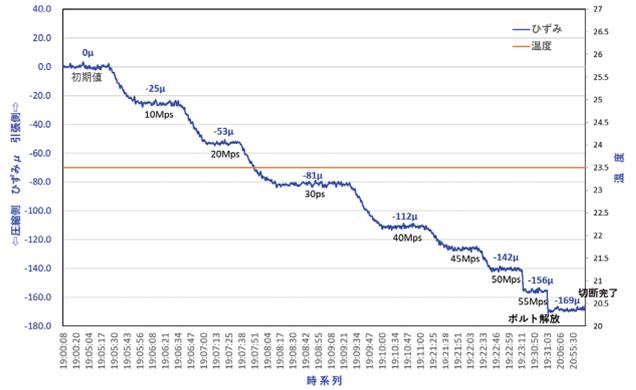


図-17 既設吊材VR6撤去時の撤去吊材のひずみ

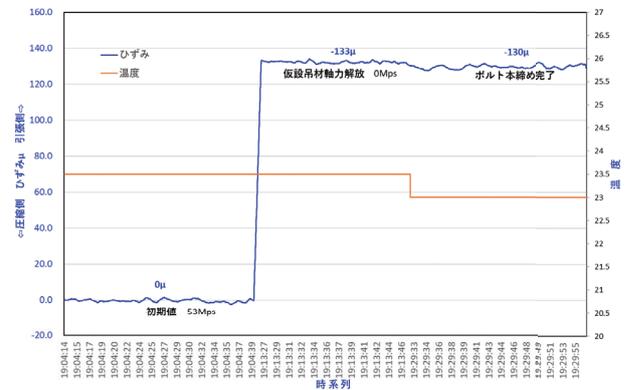


図-18 新設吊材VR6設置時の新設吊材のひずみ

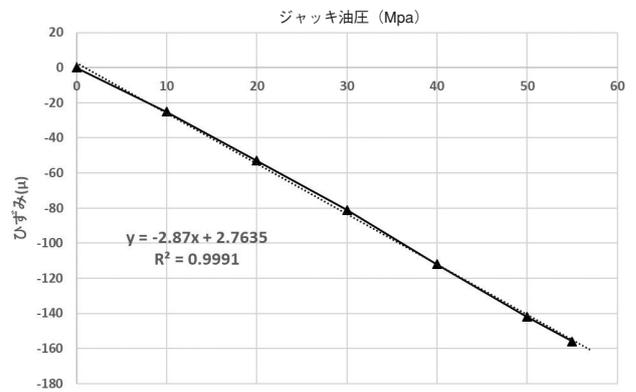


図-19 ジャッキ油圧と既設吊材のひずみ

より部材切断時の応力解放による衝撃をほぼゼロに低減できていると考えられる。

仮設吊材のPC鋼棒の緊張に用いたセンターホールジャッキの油圧と既設吊材の計測ひずみの関係を図-19に示す。この結果より、両者の間にはほぼ0点を通る線形関係が成り立っており、ジャッキの軸力に比例して既設吊材の圧縮ひずみが発生していることが確認される。

また、新設吊材への取替完了後、1か月間程度遠隔モニタリングを実施し、変状がないことを確認している。その際に、万が一にも吊材に許容応力度の70%を超えるような急激な応力（ひずみ）変動が生じた場合には警報メールが発信されるように、変位の変動に関する動的な閾値を設定している。

3) 張力管理へのLIRIS適用の有効性に関する評価

a) 張力管理について

この既設吊材から新設吊材へ取替における吊材の軸力について、ホープ設計の張力管理報告²⁾における移行結果を表-5に示す。既設吊材の車道側VL5,6は計測結果から分担軸力にバラつきが生じていたが、新設吊材において両者はほぼ同様の軸力となっており、両者の合計は取替前後で4%程度の誤差内に留まっている、また、歩道側VR6については取替前後の軸力は単独で3%程度の誤差に留まる。

よって、良好な精度で既設吊材から新設吊材への軸力移行が実施されており、張力管理の精度確保にLIRISによるモニタリングが有効に機能したものと考ええる。

b) 施工性について

既設・新設吊材の取替は1夜間の非常に限られた時間内で実施されたが、現地でもデムを用いた無線でのデータ収集は全計測期間において問題なく実施できた。さらに、新設吊材には事前に変位計を設置し、保管場所から架設現場までの輸送および架設の間において施工性を妨げることなく計測ができており、自立型無線センサーとしての施工時モニタリングへの高い適用性が確認できた。

c) 耐候性について

張力管理の計測期間中には雨・風の強い荒天の日もあったが、安定したモニタリングが実施できており、吊材交換後3か月程度の期間の経時モニタリングに関しても安定してデータ収集できており、耐候性についても問題が無いことが確認できた。

4. おわりに

自立型無線センサーであるLIRISのローゼ桁の吊材取替工事への適用は初めてであり、工程的にも予備日は殆どない状態で実施された。しかし、工程の遅延もなくセンサー設置から計測完了まで円滑なモニタリングが実施できたことは、LIRISの設置の容易性、無線センサーであることの有効性が高かったものと考ええる。

今後も、LIRISの自立型無線センサーとしての長所を活用した施工時および維持管理に関するモニタリングについて検討を進めたいと考えている。

最後になりましたが、計測においてご指導・ご協力を頂いた(株)ホープ設計の親泊様、宇地原様、高本様、さらに、石垣市役所建設部港湾課施設整備係の池城様をはじめとする関係者の皆様には心より感謝の意を表します。また、現場での計測作業にご協力頂いた(株)新友建設の兼松様、センサーの設置と技術指導でご協力を頂いた日揮(株)の門様、阿南様にも御礼申し上げます。

<参考文献>

- 1) 永谷秀樹：OSMOSを用いた施工時モニタリング，宮地技報No.32,pp.7-11,2019.
- 2) 高本寛之：ローゼ橋の吊材取替工事における張力管理手法，けんこん第14号，pp.90-93，(社)沖縄県測量建設コンサルタンツ協会，令和2年3月.
- 3) 永谷秀樹：光学ストランドセンサーを用いた構造モニタリング，宮地技報No.25,pp.82-88,2010.
- 4) 岩下宏，山下久生，能登宥愿：OSMOSシステムによる実橋モニタリング報告，宮地技報No.20, pp.90-99, 2005.

2020.6.3 受付

表-5 張力管理による吊材分担軸力移行結果

	吊材設計軸力 (kN)	① 既設吊材分担軸力 (kN)	② 新設吊材移行軸力 (kN)	移行比率 ②/①(%)
VL6	645	627	513	81.9
VL5	642	420	575	136.9
車道側合計	1287	1047	1088	103.9
VR6	750	695	714	102.7
歩道側合計	750	695	714	102.7

バラスト撤去量低減を目的とした 斜ウェブ工事桁に関する解析的検討

Analytical study on diagonal web construction girders aimed at reducing the amount of ballast removal



横澤 幸貴*1
Kohki YOKOSAWA



古谷 賢生*2
Kenshoh FURUYA



田中 伸尚*3
Nobunao TANAKA



小林 寿子*4
Hisako KOBAYASHI



平野 雄大*5
Takahiro HIRANO

要 旨

駅改良等の線路下開削工事では、工事期間中軌きょうを仮受けする工事桁が使用される。工事桁架設の際は、事前に架設箇所のバラスト撤去作業が必要となるが、バラスト撤去量が多いと夜間作業時間が増加し、工事費の増加に繋がる場合がある。本研究では、バラスト撤去量が少なくなる新しい工事桁構造である斜めウェブ工事桁を提案する。これにより、工事桁工法の施工期間を短縮し、コストダウンに繋げることを目的とする。具体的には、横桁部材を主桁下フランジで支持する構造を適用することで、バラスト撤去量を低減する。今回は、FEM解析を実施し、工事桁の挙動を確認した結果を報告する。

キーワード：斜めウェブ，工事桁，バラスト

1. はじめに

鉄道の線路下開削工事では、線路下横断工の仮設備として工事期間中に軌きょうを仮受けする工事桁工法が使用される。工事桁架設の際は、事前に架設箇所のバラスト撤去作業が必要となる。バラスト撤去量が多い作業では、線路閉鎖間合に対し、バラスト撤去作業時間の割合が多く、工程や、工事費に波及する場合がある。バラスト撤去量を低減する事で、作業時間を短縮し、工事費の低減につなげることが出来る。

本件では、従来の工事桁の構造を改良し、バラスト撤去量が少なくなる工事桁構造を提案する。バラスト撤去量を減らし、工事桁架設の施工期間を短縮することでコストダウンに繋げることを目的とする。

本件の実施にあたり、東日本旅客鉄道株式会社JR東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所殿より宮地エンジニアリング(株)に委託研究された。

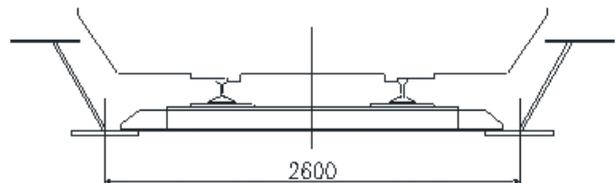


図-1 新工事桁（マクラギ受桁を下フランジで支持）

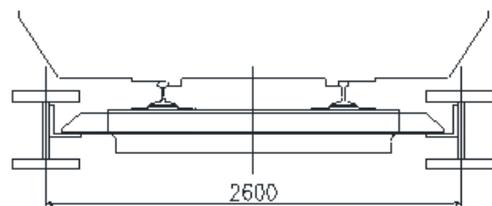


図-2 従来工事桁（形鋼工事桁）

*1 技術本部設計部設計第1グループ副主任

*2 技術本部設計部設計第1グループグループリーダー

*3 技術本部設計部設計第1グループサブリーダー

*4 東日本旅客鉄道株式会社JR東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所鋼・コンクリート構造システムグループ主幹研究員

*5 東日本旅客鉄道株式会社JR東日本研究開発センターフロンティアサービス研究所鋼・コンクリート構造システムグループ研究員

■ バラスト撤去断面

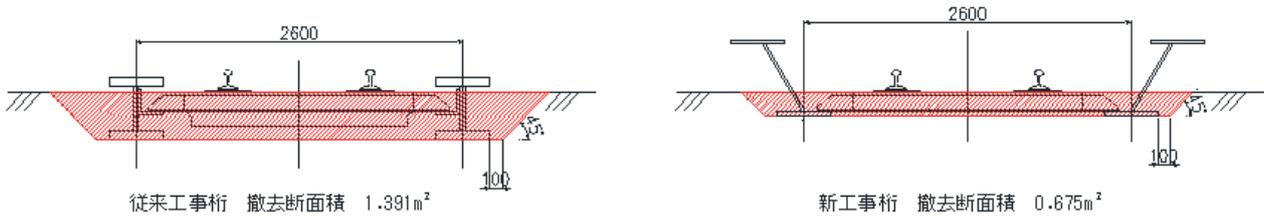


図-3 主桁・横桁設置時のバラスト撤去量イメージ

2. バラスト撤去量の少ない工事桁の構造検討

(1) 新工事桁の概要

本件では、バラスト撤去量低減に向け、横桁（マクラギ受桁）部材を主桁下フランジで直接支持した上で、建築限界を合理的に回避させたウェブを有する工事桁の構造に着目し、最適な断面形状及び構造ディテールを提案する。

新工事桁の断面を図-1に、従来工事桁の断面を図-2に示す。従来工事桁は、形鋼を多用し、高力ボルトによる接合で、溶接作業を少なくすることにより製作費を抑えた構造となっている。本研究で提案した新工事桁は、図-1に示すように、横桁（マクラギ受桁）部材を主桁下フランジで直接支持することで、主桁がバラストに埋まる深さを浅くすることが可能となる。これによって、主桁を設置する際の、バラスト撤去量が減少する。バラスト撤去量が減ると、分割架設時の埋め戻し量が減り、道床突き固めに要する時間が短くなるため、工期および工事費の縮減が可能となる。バラスト撤去量を減らすことで、得られるメリットは大きいと考えられる。

(2) バラスト撤去量の削減率

従来工事桁と新工事桁のバラストの撤去量を図-3の赤く囲った斜線部に示す。従来工事桁と新工事桁のバラスト撤去量を比較すると、図-3に示す通り、新工事桁は従来工事桁の撤去量に比べて約50%少なくなっている。新工事桁は、マクラギ受桁部材を直接、下フランジにて支持する構造としたため、従来工事桁のように柵板でマクラギ受桁部材を支持する必要がなく、バラストに埋まる深さが浅くなる。

(3) 工事桁の最適断面の検討

以下に、バラスト撤去量低減に向け、マクラギ受桁を主桁下フランジで支持した上で、建築限界を合理的に回避させた主桁形状を有する工事桁について、最も経済的な断

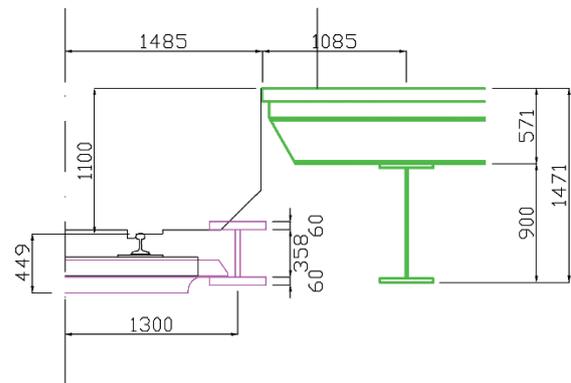


図-4 工事桁1（ウェブ鉛直タイプ）

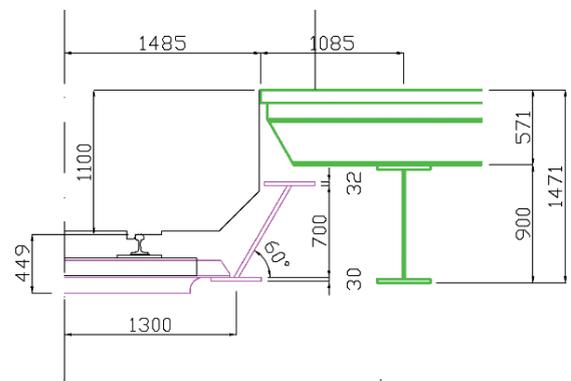


図-5 工事桁2（ウェブ60°タイプ）

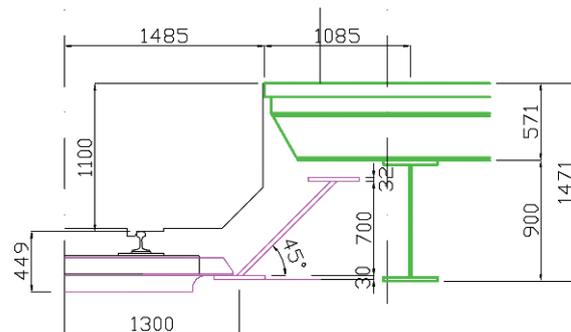


図-6 工事桁3（ウェブ45°タイプ）

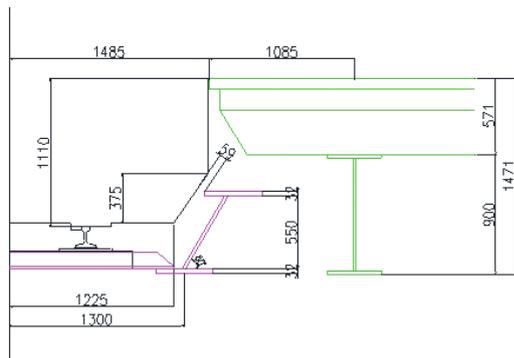


図-7 新工事桁解析断面

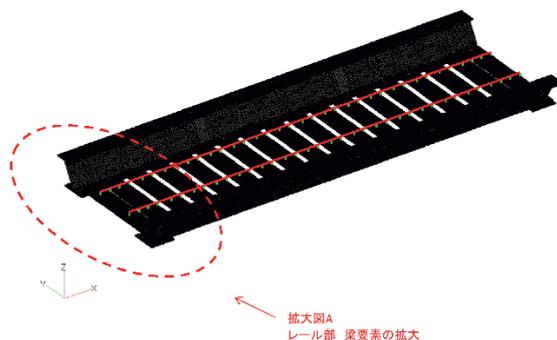


図-8 解析モデル

面形状及び構造ディテールについて検討した内容を示す。

FEM解析を始める前に、工事桁の構造および建築限界の観点から合理的な断面形状を検討した。図-4～図-6に、基本的な断面形状の工事桁1～工事桁3を示す。今回は、駅のホーム下に桁を設置することを想定し、桁高を検討した。また、工事桁の支間長は10mとし、主桁間隔は2.6mとした。車両の建築限界との離隔（上フランジとの離隔を50mm以上確保）や、桁重量、溶接性、発生応力度、たわみ等を総合的に勘案した。

図-4に示す工事桁1は、主桁ウェブが鉛直であるため、建築限界と上フランジが干渉する。上フランジを偏心させたとしても建築限界との干渉は避けられないため、工事桁1の断面形状は不適切であると判断した。また、干渉を避けるために主桁間隔を広げると、マクラギ受桁の剛性を大きくする必要があり、重量が重くなってしまうという問題点があった。

図-5に示す工事桁2は、主桁ウェブの傾きを60°で検討したものである。ウェブを60°に傾げるだけでは建築限界と上フランジの離れを50mm以上確保することができないため、上フランジを偏心させる必要があった。

図-6に示す工事桁3は、主桁ウェブの傾きを45°としたものである。建築限界との干渉は避けることができるが、フランジとウェブの交角が60°未満のため、首溶接には、すみ肉溶接、部分溶け込み溶接が使用できない。そのため、溶接性の問題がある。また、ウェブが傾斜していることにより、上フランジに水平応力が作用する。その値は、工事桁2と比較して1.7倍となるため、剛性を確保する必要がある。以上のことより、工事桁2を合理的な主桁形状とした。

次に、従来工事桁と同等の剛度を確保するように、ウェブ高を決定した。ウェブ高さを550mmとしたときが、従来工事桁の剛度とほぼ等しくなった。解析断面に用いる工事桁の断面を図-7に示す。

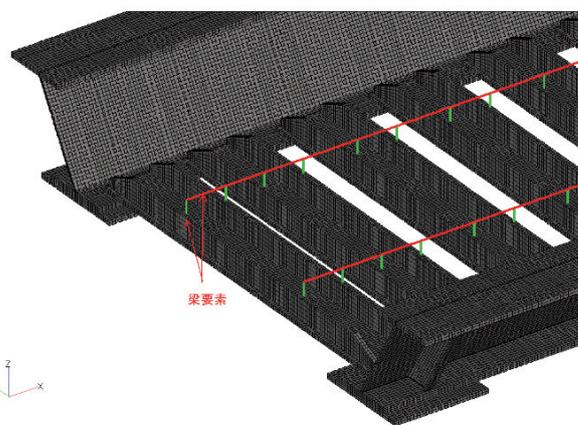


図-9 レール部 梁要素

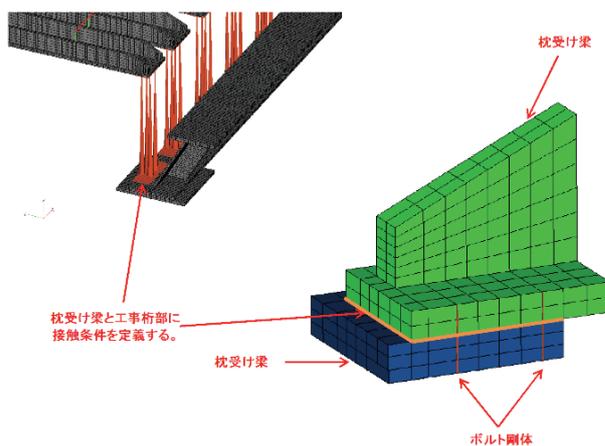


図-10 接触部拡大図

表-1 要素分割数

単位：mm

	寸法		要素分割数	
	幅	厚	幅	厚
上フランジ	427	32	23	2
ウェブ	550	20	33	2
下フランジ	427	32	22	3
枕受け梁	フランジ	340	25	17
	リブ	140	34	6
垂直補剛材	550	12	33	2

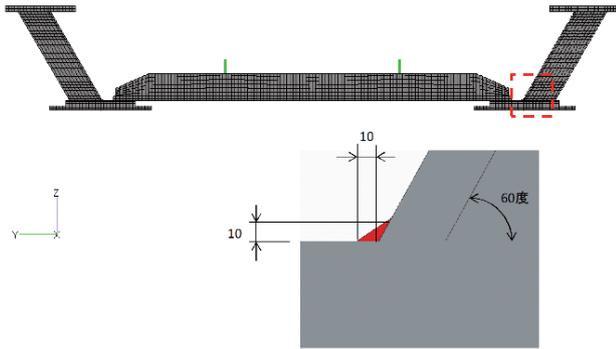


図-11 主桁首溶接部拡大図

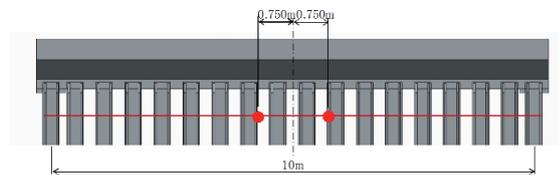


図-12 荷重載荷図

表-2 拘束条件一覧

	S1						S2					
	X	Y	Z	Xr	Yr	Zr	X	Y	Z	Xr	Yr	Zr
G1	Free	Fix	Fix	Free	Free	Free	Fix	Fix	Fix	Free	Free	Free
G2	Free	Free	Fix	Free	Free	Free	Fix	Free	Fix	Free	Free	Free

3. 有限要素解析

(1) 解析モデル

図-8～図-10に解析モデルを示す。解析モデルは、工事桁、マクラギ受桁、軌条、接触部、ソールPLの部材構成にてモデル化を行った。最適断面の検討と同様に、工事桁の支間長は10mとし、主桁間隔は2.6mとした。工事桁、マクラギ受桁、ソールPLは、ソリッド要素を使用してモデル化し、軌条は、梁要素を用いてモデル化した。接触部は、図-10に示すように、下フランジとマクラギ受桁を結ぶボルトを剛体バネ要素としてモデル化した。また、主桁首溶接部のすみ肉溶接は図-11に示すようにモデル化した。これは、下フランジでマクラギ受桁を直接支持する構造のため、下フランジの面外変形量を適切に評価するには、溶接部もモデル化する必要があったためである。主桁首溶接をモデル化した場合と、主桁首溶接をモデル化しなかった場合とでは、下フランジの鉛直方向の変形量に差があることを確認している。

解析には、汎用有限要素法解析ソフトウェアABAQUS Ver6.14.5を用いた。要素分割は、その形状が極力正方形となるように配慮し、要素分割数を決定し

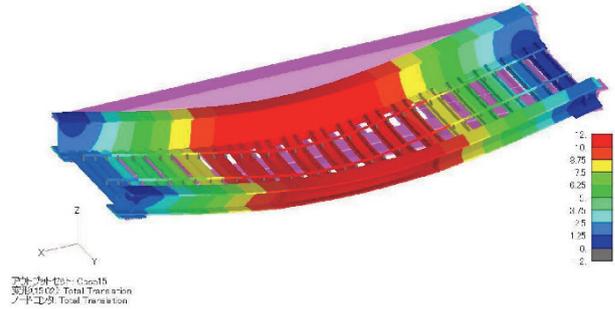


図-13 変形図（上フランジ側）

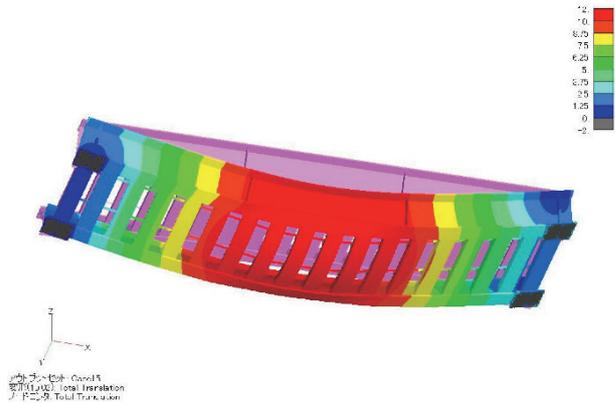


図-14 変形図（下フランジ側）

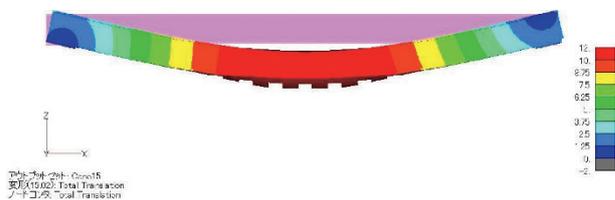


図-15 側面からの変形図

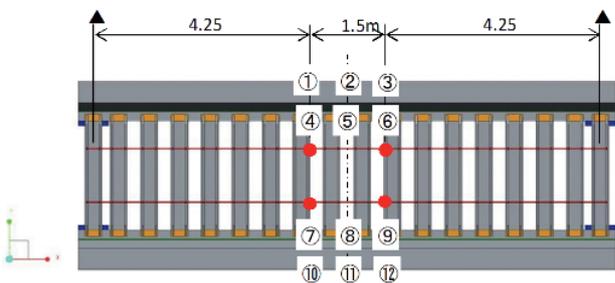


図-16 下フランジ変位量抽出位置

表-3 下フランジ変位量一覧

	①			②			③		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
下フランジ変位量 (mm)	1.0	0.3	-11.0	1.2	0.3	-11.3	1.5	0.3	-11.0
	④			⑤			⑥		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
	1.0	0.3	-12.6	1.2	0.4	-13.0	1.5	0.3	-12.6
	⑦			⑧			⑨		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
	1.0	-0.4	-12.6	1.2	-0.4	-13.0	1.5	-0.4	-12.6
	⑩			⑪			⑫		
	X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z
	1.0	-0.3	-11.0	1.2	-0.4	-11.3	1.5	-0.3	-11.0

た。要素の幅は、板厚程度とし、板厚方向も分割を行った。アスペクト比は、最大で4.16とした。

荷重条件は、以下の荷重を載荷した。桁自重は、体積に鋼の単位体積重量 77kN/m^3 を乗じたものを載荷した。

主桁の挙動に注目し、載荷試験を行う予定としていたため、試験体の載荷位置との整合性を考慮した荷重として、片側 106.1kN を載荷した。これは、列車速度 120km/h 相当の列車走行を想定し、それと同等な荷重となるように設定した値である。なお、列車荷重には、**図-12**に示す赤丸の軌条桁位置に集中荷重として載荷し、衝撃を考慮して、1.461倍した。レール荷重は、 0.5kN/m を載荷した。

拘束条件を、**表-2**に示す。橋軸方向については、S1側は可動、S2側は固定とした。橋軸直角方向は、G1側の支点を固定、G2側の支点を自由とした。鉛直方向は、全ての支点で固定とした。回転については、全ての方向で自由とした。

(2) 解析結果

1) 変形

下フランジの変形を**図-13~図-15**に示す。支間中央部で変形量が一番大きく、下側に撓んでいる。この変形図より、ウェブや下フランジに局部的な変形が生じていないことが分かる。**図-15**は、側面から見た変形を表したものである。この図よりマクラギ受桁も変形していることが分かる。たわみについては、主桁下フランジで直接、マクラギ受桁を支持していることを考慮し、主桁とマクラギ受桁との合計でのたわみで照査を行うか検討が必要と思われる。**図-16**に下フランジの変位量抽出位置を示す。変位量を抽出した位置は、荷重を載荷した位置とその中心位置とした。**表-3**に、抽出した位置での下フランジの変位量を示す。最大の変位量は、抽出点⑤、⑧で、 13mm 下側に撓んだことがわかる。主桁のたわみの照査において、設計計算では、 $\delta = 11.7\text{mm}$ で、許容値は支間長 $10\text{m}/600 = 16.7\text{mm}$ 以下となり、FEM解析値もたわみの許容値を満足している。主桁下フランジで

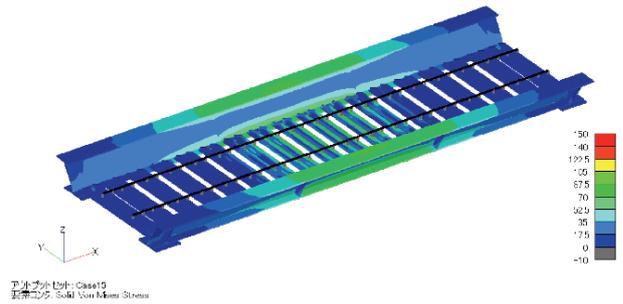


図-17 ミーゼスの応力コンター図

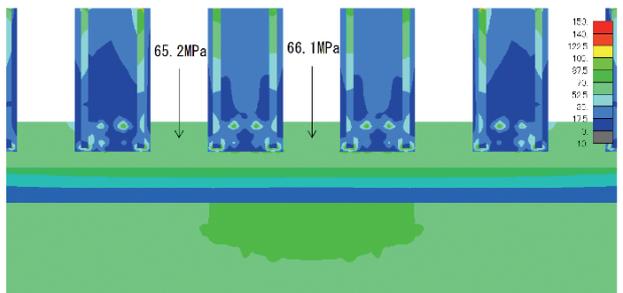
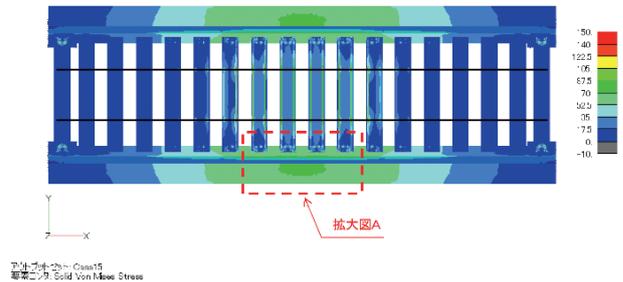


図-18 ミーゼスの応力コンター図 (下フランジ拡大図)

直接マクラギ受桁を支持していることより、下フランジには鉛直方向の荷重が作用するが、下フランジが鉛直方向に大きく変形している箇所は見られない。下フランジの鉛直方向の変位量は、FEM解析結果より最大で 1.7mm であった。しかしながら、鉛直方向の変位は、レール位置でのたわみの制限値への影響は無視できない値となっていると考える。従来の工事桁の設計方法では、マクラギ受桁のみ着目し、レール直下のたわみ量を算出している場合が多いが、本構造では、マクラギ受桁の変位と下フランジの鉛直方向変形を同時に考慮する必要がある。

新工事桁は、下路プレートガーダーの主桁であるため、斜め腹板により上フランジに水平応力が作用するので、鉛直腹板の主桁に比べて、十分な剛性が必要である。**図-13**の変形図より、上フランジには面外方向の変形が起こっていないことが分かる。今回検討した板厚構成で十分な剛性を有することが分かった。

2) ミーゼスの降伏応力度

新工事桁は、下フランジでマクラギ受桁を直接支持することにより、主桁作用による応力（橋軸方向）とマクラギ受桁からの床組による応力（橋軸直角方向）の2方向の応力が加わる。この2軸応力状態を見る必要があるため、ミーゼスの応力状態について確認する。図-17に、ミーゼスの応力度のコンター図を示す。図より、ミーゼスの応力度は、主桁は全体的に許容応力度（＝140N/mm²）以下となっていることが分かる。図-18は、列車荷重を載荷した付近の下フランジの応力度を示す。支間中央付近の最大値は、66.1MPaで、許容応力度に対し約47%である。前項で述べたように、主桁のたわみは許容値に対し、約78%となっている。さらに下フランジの鉛直方向の変形にも考慮が必要となるため、新工事桁では、主桁の応力照査よりたわみの照査の方が厳しいことが分かる。これは、新工事桁の桁高が低いことに起因していると考えられる。また、新工事桁には、主桁の全体座屈や下フランジの局部座屈は生じていないことが分かった。主桁のたわみや応力度は許容値以内であり、新工事桁の構造は、列車が走行するのに問題がないことが分かった。

4. まとめ

本件では、工事桁のバラスト撤去量を減らすことを目的とし、マクラギ受桁を下フランジで直接支持する構造である斜めウェブ工事桁の最適断面を検討した。また、

FEM解析を用いて、工事桁の挙動を確認した。

- ・マクラギ受桁を下フランジで直接支持することにより、従来工事桁と比較して、バラスト撤去量を約50%減らす構造を提案した。
- ・FEM解析により、支間10mの工事桁をモデルケースとして、斜めウェブでも列車速度120km/h相当の列車走行においても、たわみや応力値が許容値内に収まることを確認した。
- ・下フランジがマクラギ受桁を直接支持する構造であるため、下フランジの鉛直方向の変形とマクラギ受桁の変形を同時に考慮したほうが良い。
- ・ウェブの取付角度が60°のため、フランジとの溶接方法、開先の製作性について今後検討が必要と考える。

また、実物大試験体を用いた載荷試験も実施しているため、実験結果などは別途報告することとする。

<参考文献>

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等標準・同解説—鋼・合成構造物，2009.
- 2) 橋梁研究会：鋼橋設計資料（第五版），pp.39-53, 1996.
- 3) (社)日本鋼構造協会：JSS溶接開先標準
- 4) 鉄道ACT研究会：HP，形鋼工事桁工法

2020.6.1 受付

グラビア写真説明

（仮称）気仙沼湾横断橋（国道45号 気仙沼湾横断橋小々汐地区上部工工事）

（仮称）気仙沼湾横断橋は、国道45号三陸沿岸自動車道の気仙沼湾を横断する橋梁で、完成すると東北地方では最大の斜張橋となります。本橋は、平成23年3月に発生した東日本大震災の復興事業のシンボリック構造物であり、震災から丸10年となる令和3年3月の供用を目指して建設が進められています。海上部に位置するため、防錆効果を高める事を目的に主塔・主桁とも継手部には全断面溶接が採用され、非常にすっきりとした外観が特徴です。主塔は、船舶の航行への影響を最小限に抑えるため、3000t吊のFCを使用した大ブロック架設を2回行い設置されました。令和2年6月下旬には無事に主桁の閉合を行い、完成に近い姿となりました。遠方からも見える本橋は、気仙沼のランドマーク的な存在になりつつあります。

（久留宮 航）

高速横浜環状北西線青葉地区上部・橋脚工事報告

A Report on the Construction of the Bridge and Pier of Yokohama Circular Expressway Northwestern Route in Aoba Area



平野 嘉一*1
Yoshikazu HIRANO



中垣内 龍二*2
Ryuji NAKAGAITO



小林 和史*3
Kazushi KOBAYASHI

要旨

横浜環状北西線（以下、北西線）は、東名高速道路（横浜青葉インターチェンジ）と第三京浜道路（港北インターチェンジ）を結ぶ、延長約7.1kmの自動車専用道路であり、本工事は横浜青葉ICの施工を実施した。東名高速道路の近接施工となる為、安全性や既設街への接触防止等を考慮した架設方法が重要となる。また、本橋梁は橋脚と剛結構造の為、現場施工管理も重要となる。ここでは、現場での架設作業を中心に鋼製橋脚、鋼桁架設および床版までを報告する。

キーワード：横浜環状北西線，東名高速道路，大ブロッカー一括架設，送り出し架設

1. はじめに

本橋梁は、首都高速道路株式会社発注の高速横浜環状北西線と東名高速道路との接続部となる横浜青葉ジャンクション橋（図-1）である。

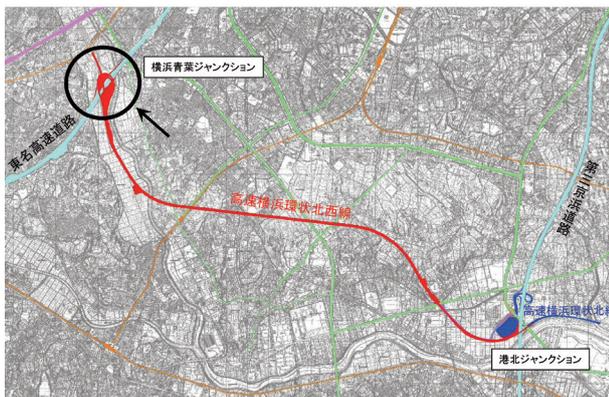


図-1 横浜青葉ジャンクション全体図

その中のa、b、h、e連結通路の4橋（内、鋼製橋脚15基）および既設橋拡幅（東名高速道路のランプ橋一部）1橋の施工をした。それぞれの橋梁の特徴としては、図-2に示すように、a連結路の一部は、河川上に位置しており、終点部は東名高速道路のランプ橋との接続部となる。b、h連結路は、一部東名高速道路上および市道上に

位置しており、東名高速道路上を横過する範囲の鋼桁の架設工事については、首都高速道路株式会社より東名高速道路を管理する中日本高速道路株式会社（以下、NEXCO中日本）に委託された。また、b連結路の終点部は、既設ランプとの接続部となっており、本拡幅工事についても、委託工事となっている。e連結路は、始点部が東名高速道路のランプ橋との接続部となり既設ランプと近接している。

各橋梁の床版形式は、a連結路がRC床版、b、h連結路は合成床版、e連結路は、PC床版となっている。

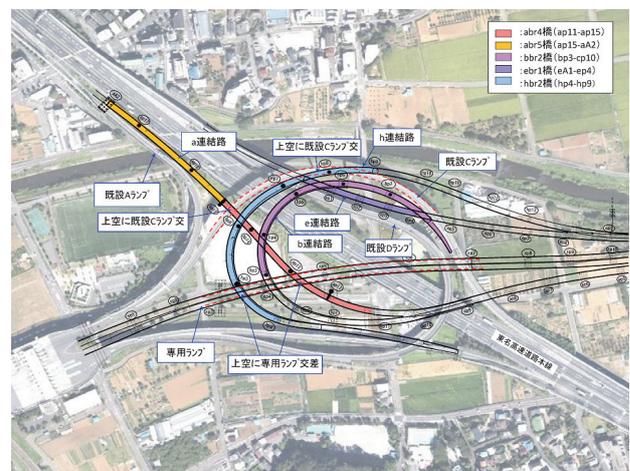


図-2 各橋梁詳細図

*1 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*2 計画本部計画部計画第1グループグループリーダー

*3 計画本部計画部計画第1グループ主任

2. 工事概要

- (1) 工事名：高速横浜環状北西線青葉地区
上部・橋脚（その2）工事
- (2) 発注者：首都高速道路株式会社 神奈川建設局
- (3) 工事場所：神奈川県横浜市青葉区下谷本町
- (4) 工期：平成27年4月～令和2年2月
- (5) 橋梁形式：鋼4径間連続非合成RC床板2主箱桁橋
224.000m（a接続路 abr4橋）
鋼3径間連続非合成RC床板2主箱桁橋
182.027m（a接続路 abr5橋）
鋼5径間連続非合成合成床板2主箱桁橋
280.150m（b接続路）
鋼5径間連続非合成合成床板2主箱桁橋
320.700m（h接続路）
鋼4径間連続非合成2主箱桁橋
140.877m（e接続路）

3. 鋼製橋脚の施工

(1) 鋼製橋脚の架設

①ヤード内の橋脚施工

橋脚の施工においては、他業者との施工ヤードの占有の調整、工程短縮、大ブロック桁架設時との干渉、架設重量等の諸所の要因から、柱・隅角架設や継手、コンクリート施工の順序が各橋脚で異なる為、タイプ別で区分けをしたうえで、施工を実施した。

TYEP-1：隅角施工前コンクリート施工柱

「柱部架設」⇒「根巻き・中詰めコンクリート施工」
⇒「隅角部架設」

TYEP-2：柱・隅角同時施工後コンクリート施工

「柱、隅角部架設」⇒「根巻き・中詰めコンクリート施工」



写真一 基部ブロック架設状況



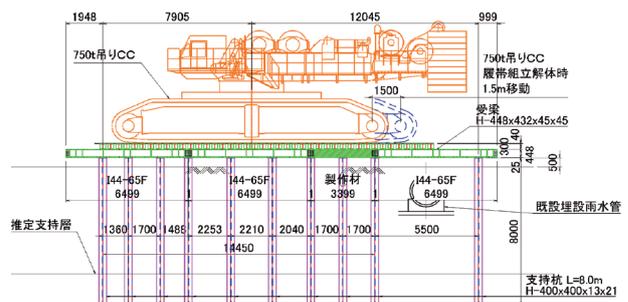
写真二 隅角部架設状況

②東名高速道路間の橋脚施工

TYEP-3：柱・隅角地組架設施工

一部の橋脚は、東名高速道路下り本線とDランプの間に位置しており、架設時に高速道路の交通規制が生じることから、規制回数を減らすために地組ブロック架設を採用した。ブロック架設は、750t吊のクローラクレーンを使用し、夜間の高速道路（ランプ）規制により架設を行った。

大型クレーンの使用にあたり、現地盤は遊水池のため軟弱地盤であり、また、既設埋設雨水管が横断していた為、杭基礎形式のクレーン構台（図一3、写真一3）と表層混合攪拌工法による地盤改良（写真一4）を行った。



図一3 杭基礎形式クレーン構台図



写真三 杭基礎形式クレーン構台



写真-4 表層改良状況

夜間作業および通行規制による時間制限等があることから架設作業の安全確認の為、架設前にヤード内で架設作業半径と同じ状態で試験吊りを行い、事前にクレーンや基礎構台の状態を確認した。(図-4、写真-5)

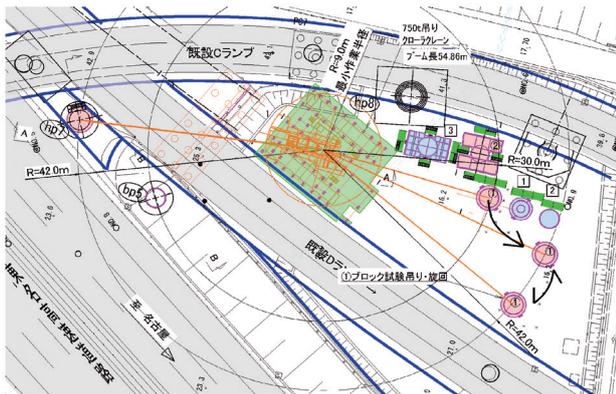


図-4 hp7、bp5橋脚架設、試験吊り平面図



写真-5 柱基部ブロック試験吊り状況

4. 主桁の施工

(1) 各連結路鋼桁の架設

abr4橋、b、h、e 連結路の架設は東名高速道路上や市道上、また近接作業があるため、発注者や各道路管理者との調整事項が多く、特に第三者への安全対策について重点的に協議、検討を行った。

①東名高速道路上の鋼桁施工

東名高速道路本線上を横過する範囲の鋼桁の架設工事については、大ブロックの地組、バント設備設置および張出し部の鋼桁架設を行った。

東名本線側に架設する張出部の桁受バントは、大ブロック一括架設による大きな反力を受けることから、バント基礎は東名高速道路の本線盛土部を避けて杭基礎構造とし、法面への影響を少なくした。

安全対策として、バントや張出桁（バント支持が無い状態で検討）の照査をレベル2地震動の1/2もしくはレベル1地震動の内、大きい方の設計水平震度で検討し、従来使用されるレベル1地震動の1/2より大きい値で検討をした。

また、大ブロック架設時のボルト添接についても、上記の値で耐えられる必要本数を施工することで、架設桁の開放時間を短縮するとともに、安全を確保することができた。

バントの転倒対策としては、桁とバント受点にテフロンPLを使用することで、地震時等の桁からの外力による水平力を減らしたり、常時、沈下に対する計測を行うことで、転倒リスクを回避した。大ブロック一括架設用のバント設備図を図-5に示す。

東名高速道路本線上は、大ブロック一括架設とし(NEXCO委託工事)、図-6に示すように、東名高速道路を夜間全面通行止めで、1250t吊大型クローラクレーンを使用して一括架設を実施した。¹⁾

同様に、既設ランプ上を横過する範囲の鋼桁についても、NEXCO委託工事にて夜間通行止めをして、550t吊オールテレーンクレーンでブロック一括架設を行った。

その際、規制回数の削減の為、本工事分の東名高速本線の一部張出し部の架設を同日に同クレーンを供用して行った(写真-6)。図-7にランプ上ブロック及び張出し架設の計画図を示す。

また、クレーンの地盤養生については、橋脚の架設時に使用したクレーン構台や地盤改良箇所を使用し、安全性を確保することとした。

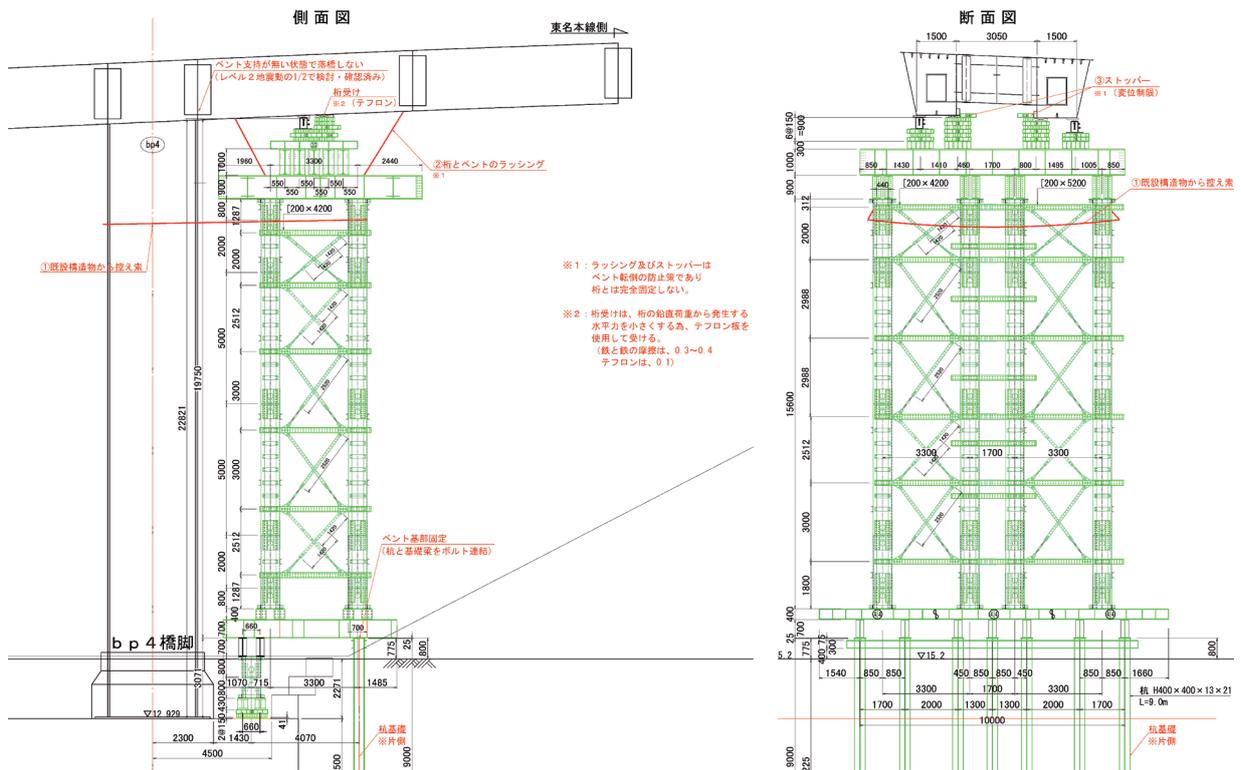


図-5 大ブロック拵架設用ベント設備図

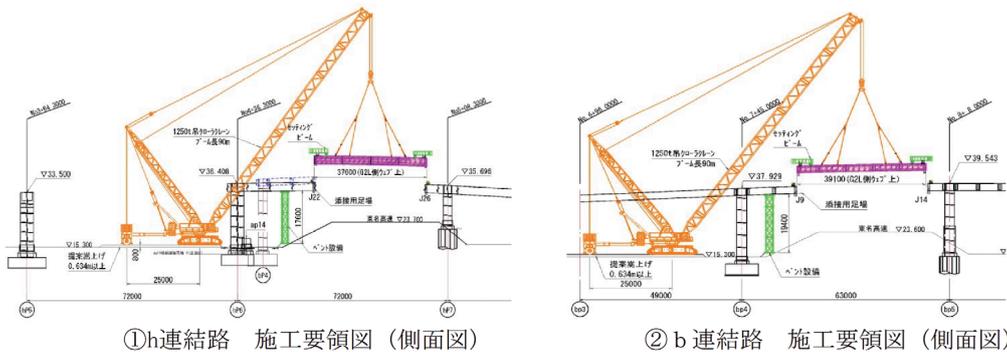
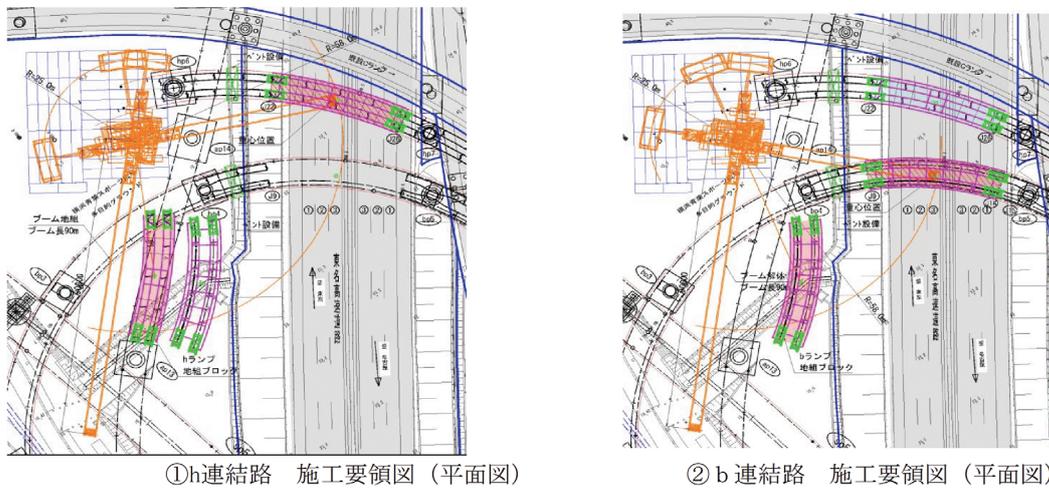


図-6 東名本線上鋼桁大ブロック拵架設図

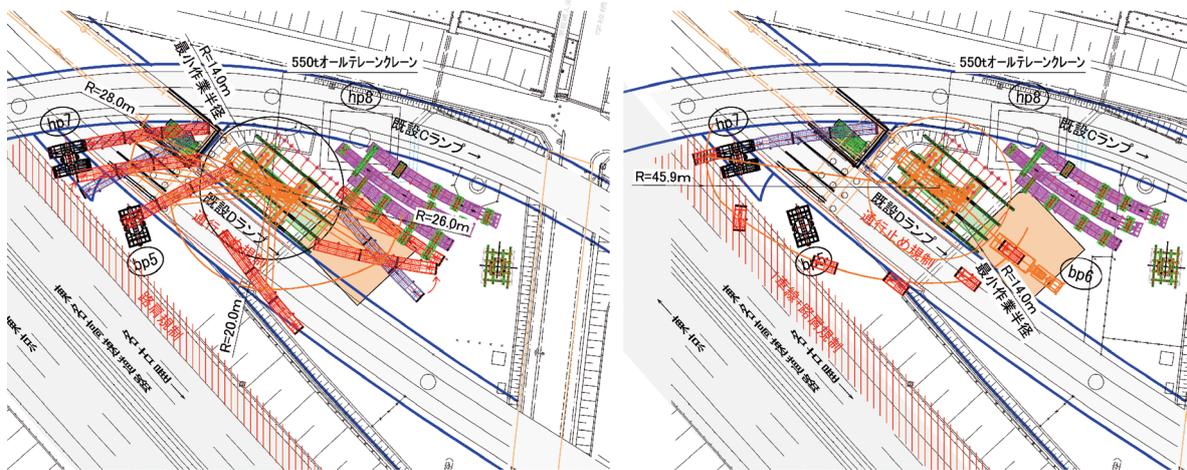
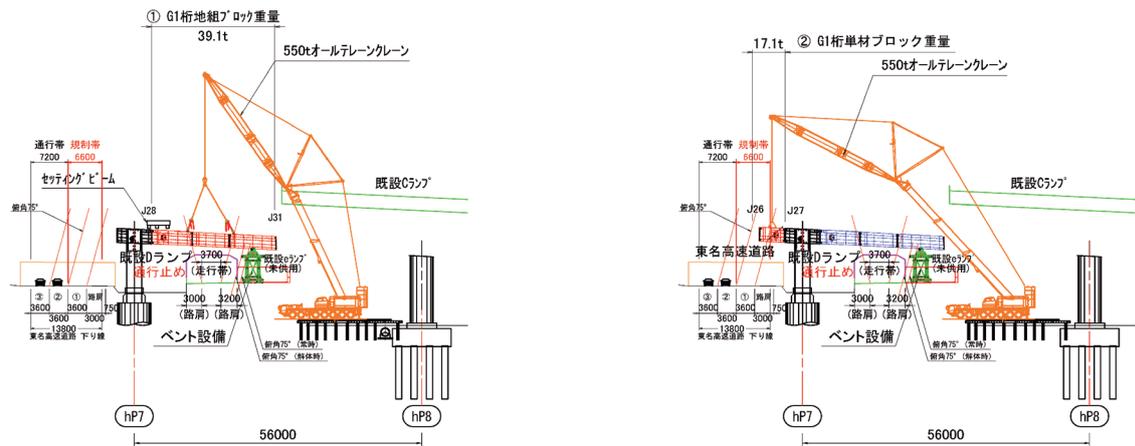


図-7 ランプ上ブロックおよび張出し鋼桁架設計計画図

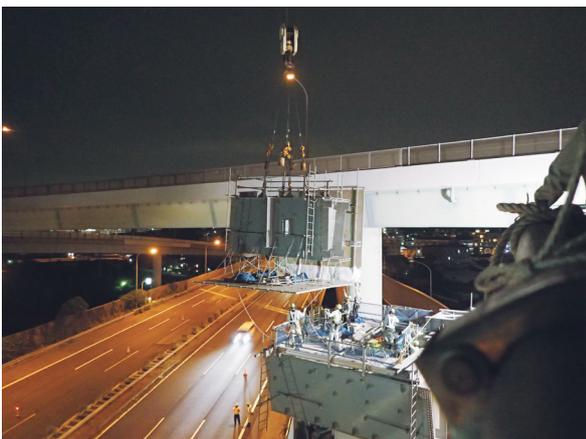


写真-6 本線上張出し鋼桁架設状況

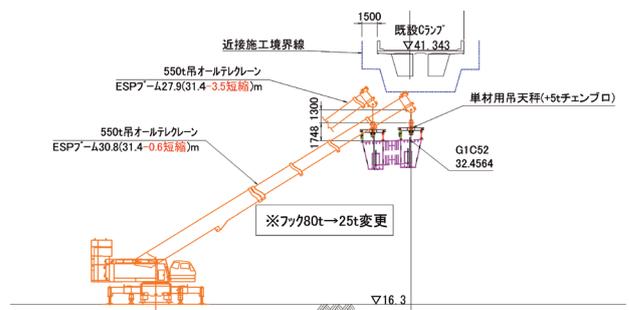


図-8 ランプ下鋼桁架設



写真-7 ランプ下鋼桁架設状況

②東名高速道路桁下の鋼桁施工

h連結路の一部は、図-8に示すように既設ランプ下であり、架設時に既設ランプ橋から離隔1.5mの近接施工境界外で、架設する必要があった。対応策として、クレーンの吊りフックに直接掛ける吊天秤を製作し、吊しるを短くすることでランプ橋への接触を回避した。(写真-7)

③市道上の鋼桁施工

b、h、e 連結路の一部は、供用中の市道上にあり、交通規制の回数削減、張出し架設における不足の事態による第三者への影響を回避するため、夜間通行止め規制して、落とし込み架設による施工とすることで、安全確保を行った。また、落とし込み範囲についても、**図-9**に示すように張出し桁およびペント設備が市道に影響しない俯角範囲を設定し、第三者への影響を回避することとした。

(2) abr5橋の架設

abr5橋は、2径間送り出し架設工法にて架設を行った。現地状況は2径間の内、1径間は河川（鶴見川）上でもう1径間は東名高速道路の接続部法面上となる状況であった。

また、送り出し側も同様に東名高速道路の法面上となる為、法面への影響を考慮した計画が必要であった。

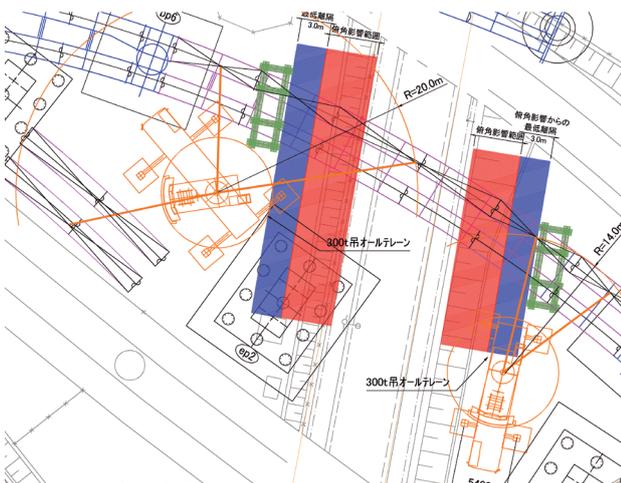


図-9 市道上落とし込み架設（俯角影響考慮）

①送り出しペント設備および送り出し構台

送り出しペント設備は、当初設計において河川堤外地（鶴見川）に設置する計画であったが、河川増水によるペントの倒壊、流出のリスクがあり河川管理者より河川堤外地に設置をする許可が得られなかった。そのため、最大支間長で検討を行った結果、構造変更が必要になってしまうことから河川兩岸の河川堤体上にペントを設置する方法を採用した。送り出しペント及び構台設備配置図を**図-10**に示す。

また、B01ペントは、最大張出しの反力を受けることから河川堤体の崩壊等リスクがあった為、杭基礎構造とした。杭基礎は、河川堤体に設置する為、**図-11**に示すように河川管理者の指示により架設完了後、撤去した。撤去は杭の引き抜き時に堤体を緩めないことに留意し、引き抜きと同時にセメントを注入する方法を採用し施工を行った。



写真-8 送り出し施工前状況（送り出し方向）

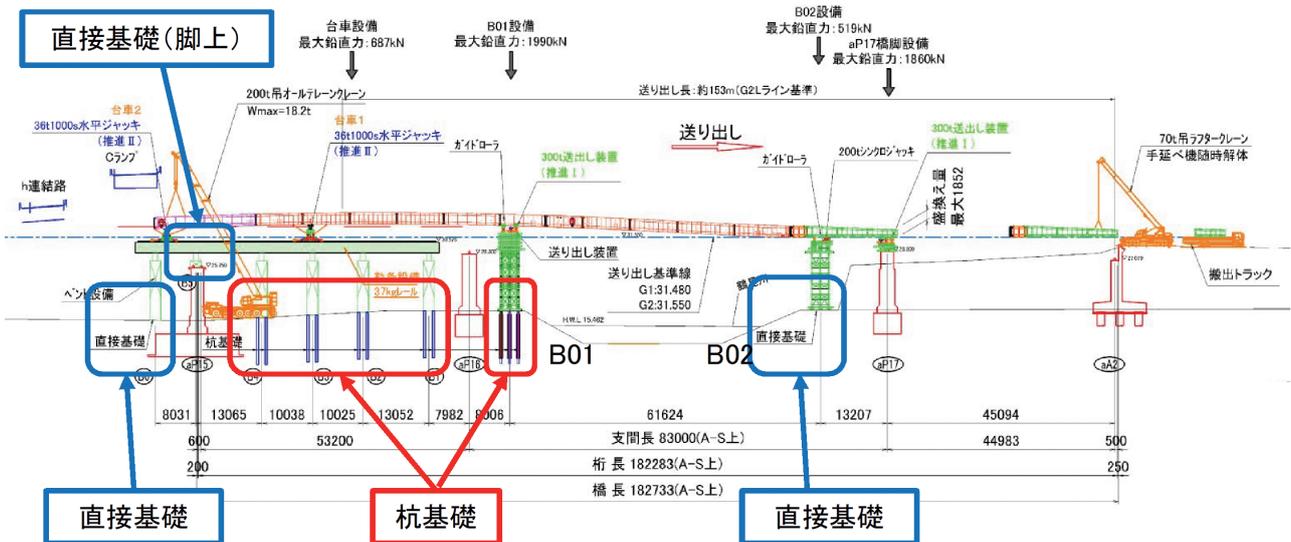


図-10 送り出しペント、構台設備配置図

③桁送り出し

送出しは、基本手延機がレベルで送出されるように計画していたが、縦断曲線勾配がある為、手延機先端がB01ベントに到達するまでの間は、手延機の下フランジと送出し基準高さを合わせると後方台車の設備高さが4m以上となり設備が不安定な構造となる。そのため、**図-15**に示すように架設桁の下フランジを水平にして桁を送り出し、手延機先端がB01に到達した後に、手延機がレベルになるように各支点の高さ調整（ジャッキダウン調整）を行った。

また、兩岸とも堤体は遊歩道になっており、送り出し時は通行止めの必要があったが、地域住民から通行止めの時間を極力減らすように要望があった為、左岸（B02ベント側）到達までの送り出しは昼間に行い（右岸側の遊歩道のみ通行止め）、到達後の送り出しは、通行人が少ない夜間での送り出しを行った。

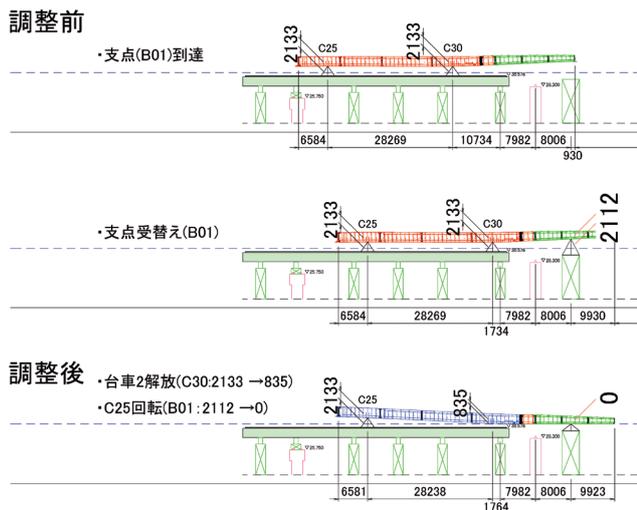


図-15 B01到達後の高さ調整



写真-9 B01到達後桁地組状況

また、本橋は恒久足場の設置が必要な桁であったため、順次恒久足場を取り付けながら桁を送り出す必要があった。高所作業車での作業の為、設置できる範囲が限られてしまい、1日の平均送り出し量が従来より減ってしまった。

送り出しは東名本線道路とAランプの間を平面線形で単円で送り出すため、手延機が橋台到達後もそのまま桁を送り出すと供用中のAランプ内に手延機が進入してしまう。そこで**図-16**に示すようにaA2橋台に手延機（連結構）が到達する直前に東名本線道路を第1走行車線まで通行規制してラフタークレーンにて手延機（連結構）が1ブロック到達するごとに解体・搬出・再度送り出しを桁端が所定位置に到達するまで繰り返し行った。

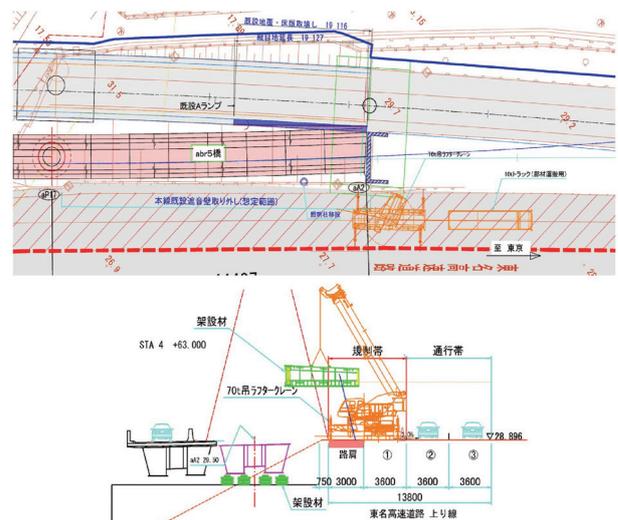


図-16 手延機および連結構解体要領



写真-10 B02到達前夜間架設前状況

④桁降下

桁送し終了時の受点はB01およびaP17の2点で支持された状態であるが、aP16・aP17・aA2の各支点上に降下用の設備を組立て、各支点上での支持状態で降下を行った。

aP16およびaA2支点上は桁送し時の推進点として使用していないが、桁送し後に一から設備を組立てると上空に桁があるため設備の組立が煩雑になる。そのため、**図-17**に示すようにaP16上の設備はB01ベント組立時に、aA2は手延機解体作業時に桁送しに支障にならない高さ（送し基準高さより低い位置）まで事前に組立を行い、桁送し完了後上部の設備の組立を行った。

また、aP17降下設備は桁送しに使用する送出し装置および仮受ジャッキがあるためそれらを撤去し、降下用の設備に組替え、送し基準高さより低い部分になる設備は、**図-18**に示すようにそのまま降下設備として転用した。

桁の降下は、ジャッキのみで支持している支点が2箇所以上にならないよう、1支点上ごとに150mm降下を繰り返し、3.970mの降下を行った。

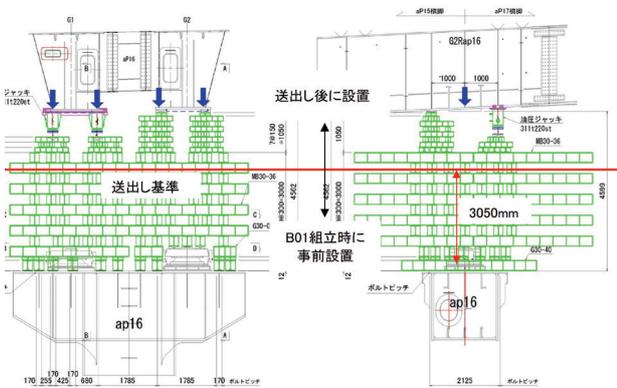


図-17 ap16橋脚 桁降下設備

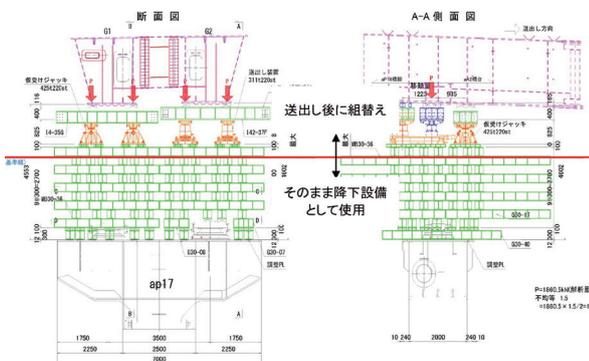


図-18 ap17橋脚 桁降下設備

5. 床版の施工

(1) a連結路:RC床版

a連結路（送り出し桁部）の終点側は、住宅地でありコンクリート施工時の騒音、振動が周囲の住宅地に影響が出ないように対岸側のヤードから**写真-11**に示すように配管圧送で打設を行った。

また、鉄筋、型枠材等の荷揚げ作業も終点側は、クレーンと搬入トラック等が入ってしまうと常時通行止めが発生してしまうため、**写真-12**に示すように桁上運搬自走台車を使用して材料の運搬を行った。

本橋の終点部は、東名高速道路の既設ランプとの合流部となる為、床版間に縦目地の施工を行った。（**写真-13**）



写真-11 河川上配管状況



写真-12 運搬台車使用状況



写真-13 合流部縦目地施工前

(2) b、h連結路:合成床版

b、h連結路の合成床版について、**図-19**に示すように基本はトラッククレーンでヤード内から架設を行い、東名高速道路本線上（青範囲）は大ブロック架設の地組時に設置して、鋼桁と一括架設を行った。

また、既設ランプ上（緑範囲）の架設は、**写真-14**に示すように架設機を使い架設を行った。架設機は、主桁上に軌条設備を設置し、その上に架設機（台車上にクローラクレーンを設置）を組立て、ウインチにて架設位置まで移動させ、ランプ上の合成床版設置を行った。



写真-14 架設機による合成床版架設状況

(3) e連結路:PC床版

e連結路のプレキャストPC床版は、トラッククレーンでヤード内から架設を行った。一部市道上は片側交互交通規制で架設を行った。

始点側の一部区間は、**写真-15**に示すようにb連結路が上空にあり、高さを制限されている。そのため、足場等に干渉しないように、吊天秤を使用して架設を行った。

また、本橋の端部のみ、場所打ちPC床版のため、PC鋼材の緊張作業等を行った。PC鋼材の緊張は専用の緊張ジャッキを使用し、橋軸方向に1箇所飛ばしで施工を行い、荷重計の示度とPC鋼材の伸び量を管理し施工を行った。



写真-15 吊天秤を使用したPC床版架設状況

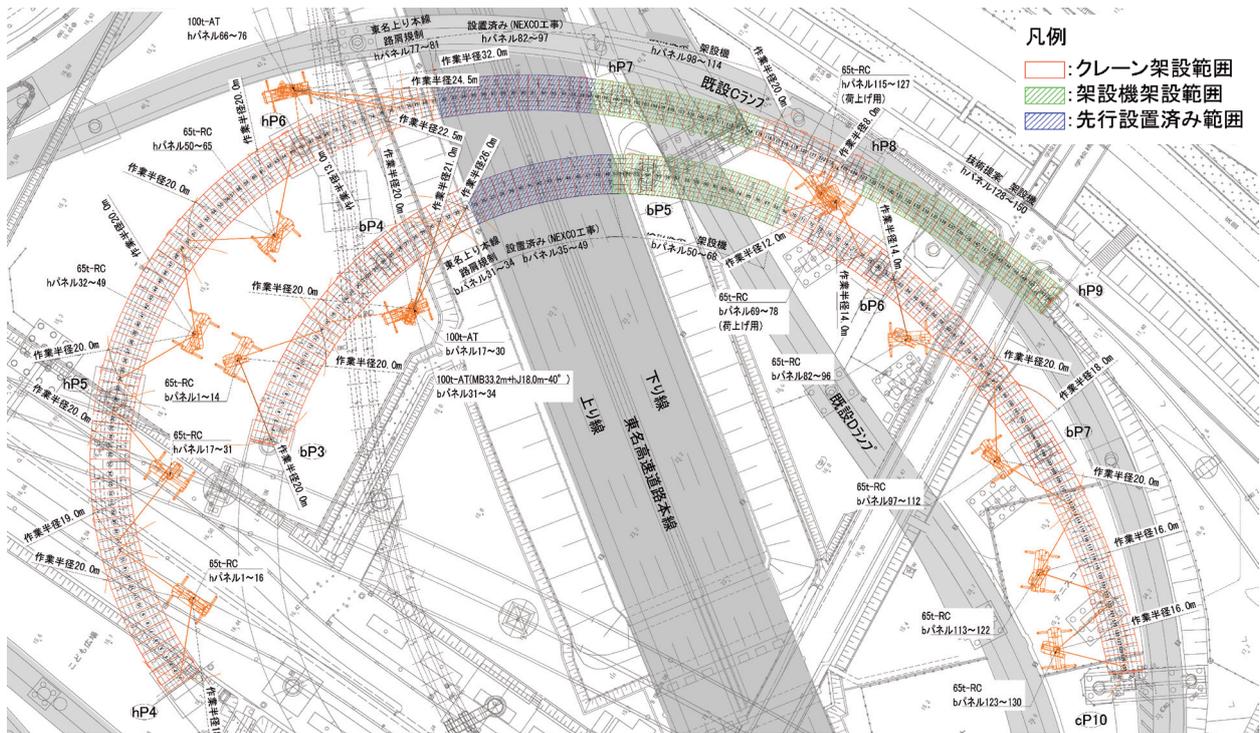


図-19 合成床版架設範囲図

5. おわりに

本工事では、発注者や関係機関の皆様のご指導のもと、本工法に伴う形状管理や安全対策を講じることで、無事に工事を完了することが出来た。

最後に、本施工にあたりご指導いただきました首都高速道路株式会社 神奈川建設局 北西線工事事務所及び中日本高速道路株式会社 東京支社の方々に深く感謝し、誌上を借りてお礼申し上げます。

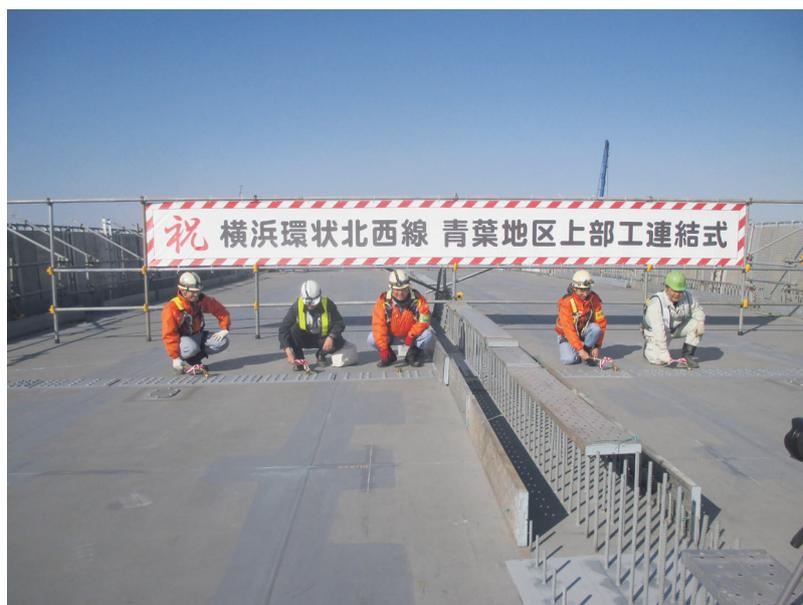
<参考文献>

- 1) 小林智則, 木村光宏, 小林和史: 東名高速道路上への鋼桁大ブロック一括架設, 宮地技報No.32, PP.47-50, 2019

2020.11.13 受付



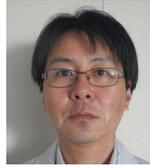
写真一16 東名高速道路とh連結路およびa連結路



写真一17 横浜環状北西線青葉地区上部工連結式

首都高速1号羽田線八潮連結路架け替え工事

Replacement Work of Yashio Connection Road of Metropolitan Expressway 1 Haneda Route



林 光博*¹
Mitsuhiro HAYASHI



高橋 昌彦*¹
Masahiko TAKAHASHI



小林 裕輔*²
Yusuke KOBAYASHI



中垣内 龍二*³
Ryuji NAKAGAITO

要 旨

高速1号羽田線は浜崎橋JCTから羽田出入口までの首都高速道路区間であり昭和38年（1963年）の開通から50年以上経過している路線である。そのうちの天王洲～鮫洲範囲は海水面から構造物が近く維持管理が困難で損傷が激しいため大規模更新が必要になった。本稿では、1期工事の中から高速湾岸線から高速1号羽田線への接続路である八潮連結路（大井JCT）の架け替え工事について報告する。

キーワード：大規模更新，大ブロック架設，仮橋脚

1. はじめに

高速1号羽田線は浜崎橋JCTから羽田出入口までの首都高速道路区間であり昭和38年（1963年）の開通から50年以上経過している路線である。そのうちの天王洲～鮫洲範囲は海水面から構造物が近く維持管理が困難で損傷が激しいため大規模更新が必要になった。

東品川鮫洲更新工事は、長期耐久性・維持管理性を考慮し、海水面から一定高さ離れるように高架構造に更新する工事である。施工は、主要路線である高速1号羽田線の交通を妨げずに実施した。本稿では、高速湾岸線から高速1号羽田線への接続路である八潮連結路（大井JCT）の架け替え工事（1期工事）について報告する。作業はアプローチ部撤去、横断部撤去、新設桁設置の3期に分けて施工した。

2. 工事概要

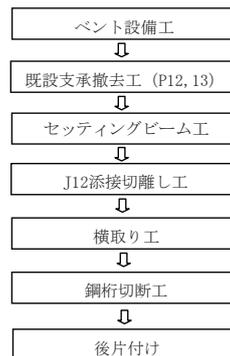
- (1) 工 事 名：高速1号羽田線（東品川栈橋・鮫洲埋立部）更新工事
- (2) 発 注 者：首都高速道路株式会社
更新・建設局
- (3) 請 負 者：大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなる・川田東骨・MMB・宮地JV
- (4) 工事場所：東京都品川区東品川二丁目～同区東大井一丁目まで

- (4) 工 期：平成27年8月6日～令和7年7月31日まで
- (5) 施工延長：約1.9km

3. アプローチ部 既設桁の撤去

I-1期はアプローチ部架替範囲（P10橋脚～P13橋脚）全3径間の内、P11橋脚～P13橋脚の2径間の撤去を行った。アプローチ部は高速1号羽田線上り線と近接していることから、高速上り線俯角75度に入らない位置に撤去する桁を横移動した後、ガス切断し大型クレーンにて荷下ろし撤去を行った。

(1) アプローチ部施工フローチャート



(2) ベント設備工

ベント設備は鋼桁横取り後の撤去桁の仮受け設備として設置し、桁撤去作業時の転倒防止設備としてベント基部にカウンターウェイトを設置した。（**図-1**、**図-2**、**写真-1**）

*¹ 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*² 技術本部設計部担当リーダー

*³ 計画本部計画部計画第1グループグループリーダー

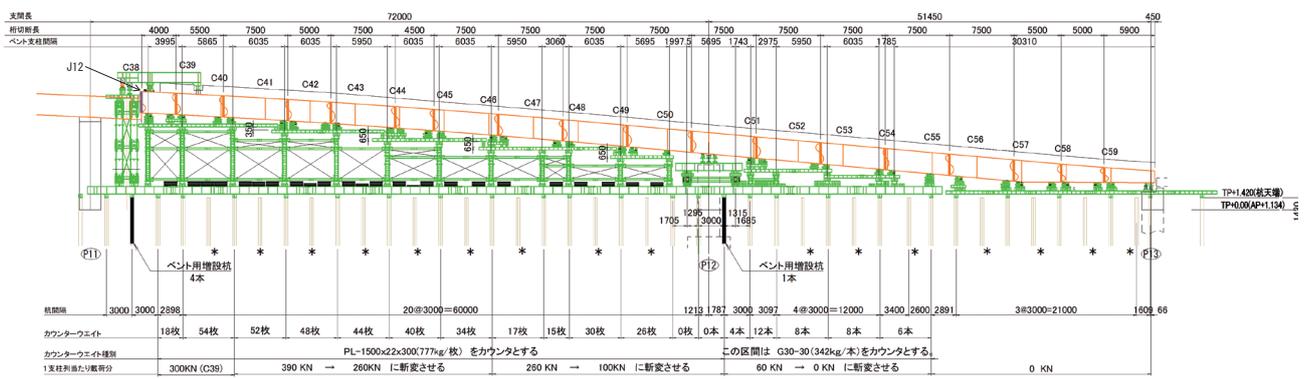


図-1 ベント設備

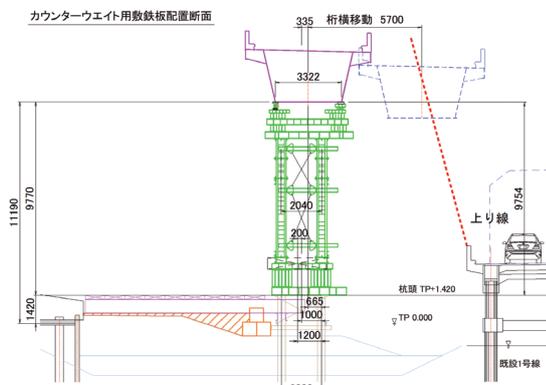


図-2 端部ベント設備



写真-1 ベント設備



写真-2 支承撤去

(3) 既設支承撤去

撤去桁の横取り前に、P12、P13橋脚の支承の撤去を行い、撤去した支承部に横取り用軌条を設置した。(写真-2)

(4) セッティングビーム工

P11橋脚に連結するJ12添接部で切り離すため、仮受け設備としてセッティングビームを設置した(図-3)。

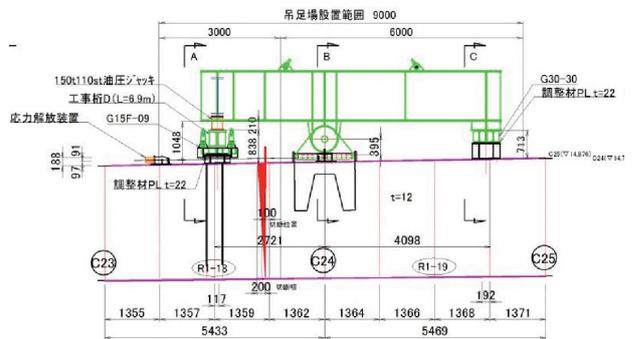


図-3 セッティングビーム

(5) 横取り工

横取り設備はJ12、P12、P13の3箇所に設置した。横取りにはスライドベースを6基使用し、夜間高速規制間合いにて6m横取りを行った(図-4、写真-3)。

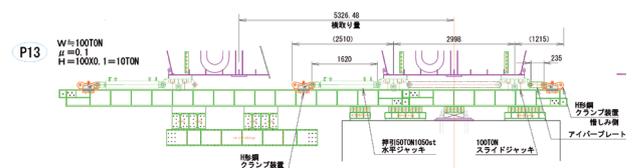


図-4 P13橋脚部横取り設備



写真-3 横取り完了

(6) 鋼桁切断工

壁高欄撤去後、クローラークレーンで降下可能な重量に切断後、工事用道路（作業ヤード）に仮置きし、更に10tトラックにて運搬可能な大きさにするため、ガス切断を行い搬出した（写真-4）。

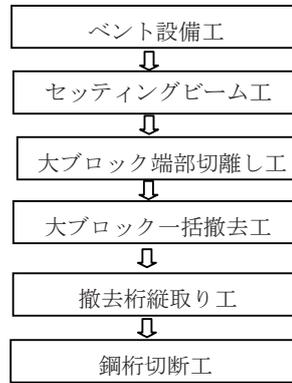


写真-4 鋼桁切断・搬出

4. 横断部 既設桁の撤去

I-2期は架替範囲（P10橋脚～P13橋脚）の全3径間の内のJ7～P13の1径間の撤去を行った（図-5）。横断部は首都高速1号羽田線及び東京モノレール上空に架橋されていたため、撤去作業は夜間モノレール線路閉鎖の内、作業可能時間となる150分で行う必要があった。当初計画では1夜間であったが、150分で撤去作業を完結することは困難であったため、撤去作業を分割し、2夜間（合計300時間）に変更して施工した。撤去した桁は橋桁上を縦取りした後にガス切断し、運搬可能な大きさに細分してトラックにて搬出した。

(1) 横断部撤去施工フローチャート



(2) ベント設備工

ベント設備は海中（運河内）および通行止となった既設高速1号線路上に設置した（図-6、写真-5）。

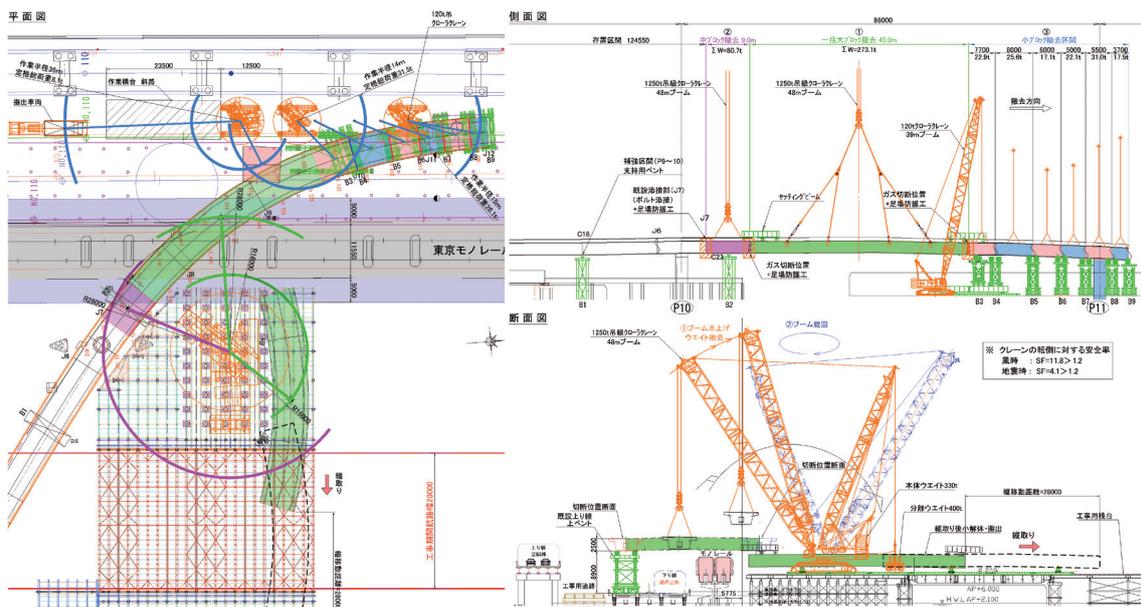


図-5 横断部撤去一般図

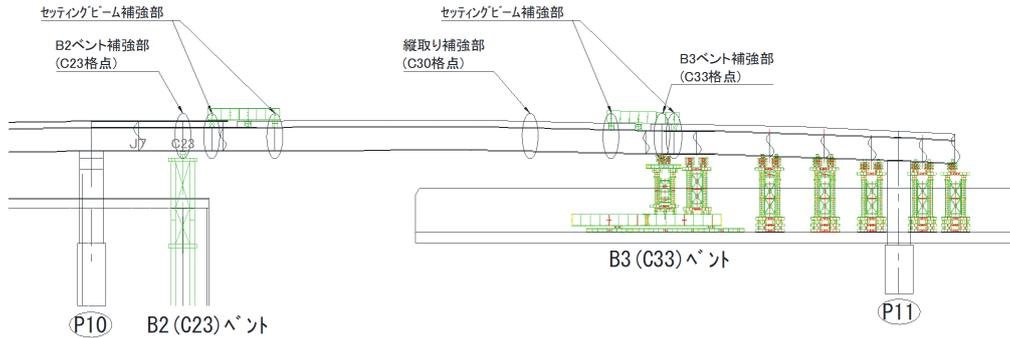


図-6 ベント設備



写真-5 ベント設備 (既設上り線)

(3) セッティングビーム工

大ブロック撤去桁端部には支持点がないためセッティングビームを橋面上に設置した。撤去桁は曲率半径が小さい曲線桁であり、左右のセッティングビーム反力差が大きいため、内側にアップリフト装置を設置した。(図-7)。

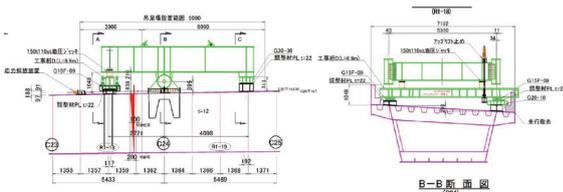


図-7 セッティングビーム構造

(4) 大ブロック端部切離し工

セッティングビームで荷重を受け替えた後、桁の切断を行った。また、端部切断から大ブロック撤去まで時間があるため、安全対策として切断部に仮固定PLを設置した(図-8)。

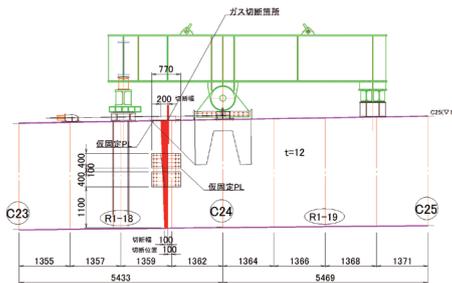


図-8 仮固定PL

(5) 大ブロッカー一括撤去工

大ブロッカー一括撤去は、1号羽田線下り線通行止めおよび東京モノレール線路閉鎖150分の作業を2日連続の夜間にて行った。第1日目の作業は玉掛け設置、2日目に大ブロック桁の撤去・荷下ろしの工程で施工した。使用したクレーンは1250tで夜間作業1日目の終了の昼間には交通開放した高速道路およびモノレールの上空にクレーンのブームが存置する状態で施工した(写真-6、写真-7)。時間工程を図-9に示す。



写真-6 大ブロック撤去1日目完了 (海側)



写真-7 大ブロック撤去1日目完了 (陸側)

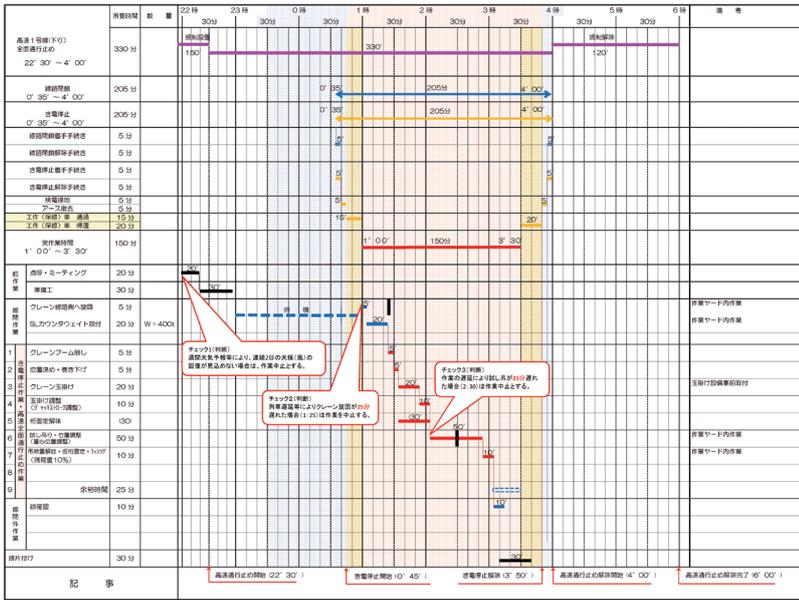


図-9 夜間線路閉鎖 撤去2日工程表

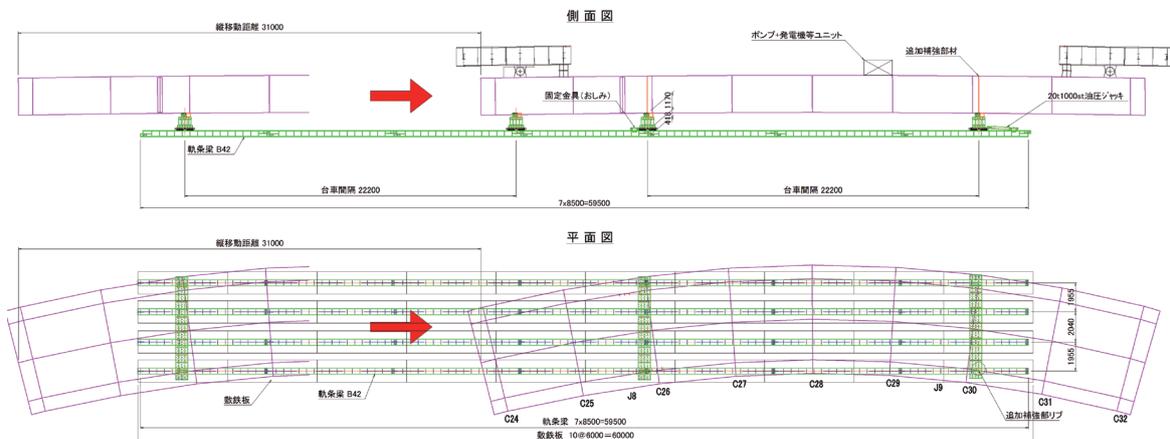


図-10 縦取り設備

(6) 撤去桁縦取り工

クレーンの解体及び撤去した鋼桁の切断作業ヤード確保のため、撤去した大ブロックは仮置きした箇所から縦取りし、モノレールから31m離れる位置に移動した(図-10、写真-8)。



写真-8 縦取り設備

(7) 鋼桁切断工

縦取り・壁高欄撤去後、撤去桁をガス切断し、運搬可能な大きさに細分し搬出した(写真-9)。



写真-9 鋼桁撤去

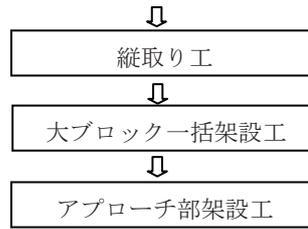
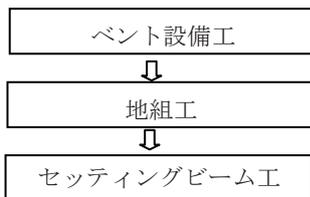
5. 新設桁の架設

I-3期は撤去した範囲を高速1号羽田線上り線（迂回路）に接続するP10（J7）～DP28（P7）の5径間の架設を行った（図-11）。高速1号羽田線及び東京モノレール上の横断部は撤去と同様に2夜間通行止め（合計300時間）にて施工した。

また、詳細検討時には想定されていない下記のような条件変更が発生した。

- ①大ブロック架設順序の変更。
- ②設計基準の変更（B活荷重+幅員拡幅）により鋼重が2割以上増加。
- ③現場工期の短縮

(1) 施工フローチャート



(2) ベント設備工

大ブロック架設に使用するクレーンヤードの早期引き渡しが必要となったことから、大ブロック架設を最初に施工することとなった。そのため、大ブロック架設した橋桁がモノレールおよび1号線下り線上に架橋後数ヶ月間橋脚と連結されない状態となった。昨今の橋梁事故の影響を受け国土交通省の事務連絡より、供用中の道路の上空の架設橋桁は、水平・鉛直方向の移動を行わない時間帯においては、落下防止のため、橋台・橋脚、または、これらに既に据付完了、あるいは、固定済みの橋桁等に適切に固定させるため、通常のベント設備ではなく耐震性能レベル2地震動相当を持たせた仮橋脚を設置する必要性が発生した。

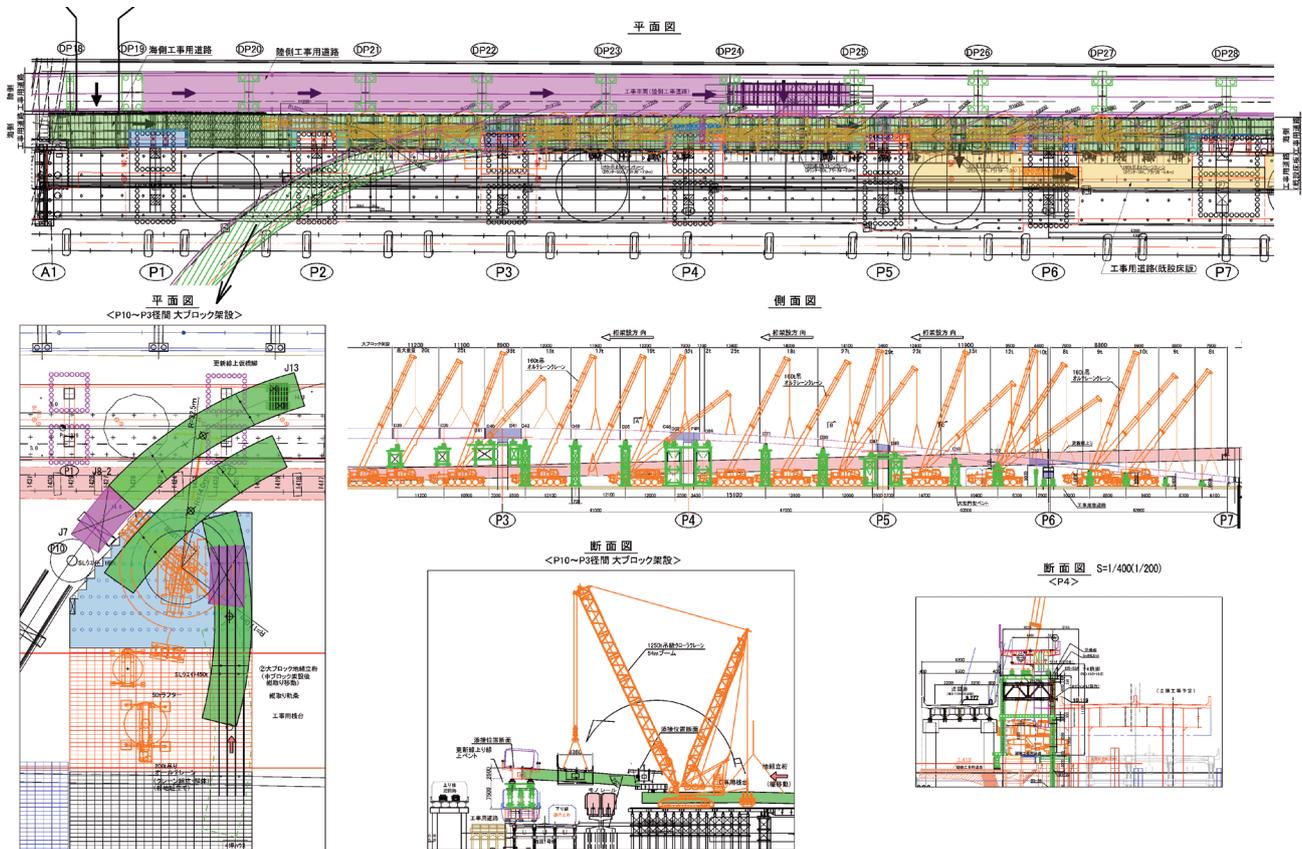


図-11 架設一般図

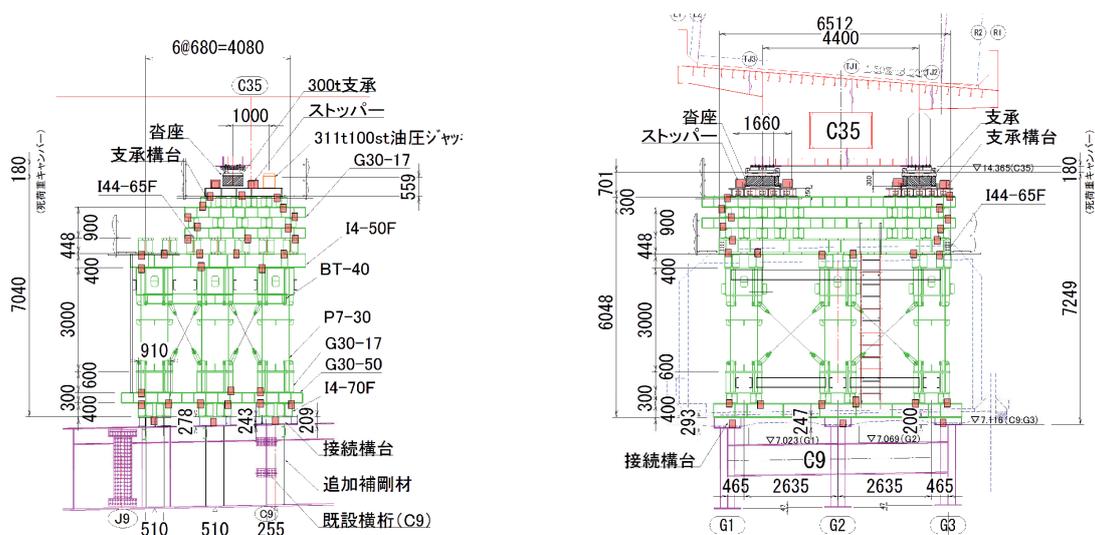


図-12 仮橋脚

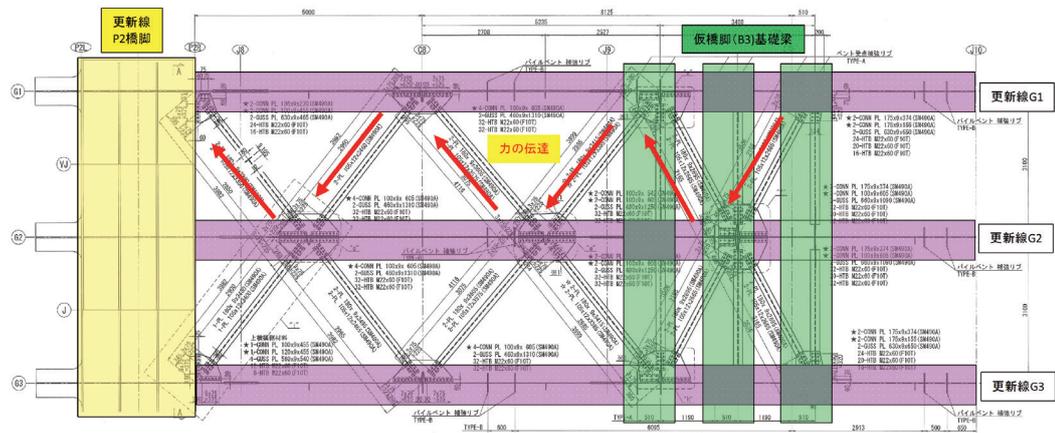


図-13 更新線補剛概要



写真-10 仮橋脚



写真-11 仮支承

仮橋脚は、新設した更新線（P2橋脚～P3橋脚）上に設置し、更新線桁に仮横構および仮対傾構を設置し水平力に対して補強し、本設の橋脚に力が伝達する構造を構築した（図-12、図-13、写真-10）。仮橋脚に使用し

たレベル2地震動は近傍のP2橋脚の数値を使用した。また、仮橋脚には桁の温度変化による伸縮に対応するため仮支承機能を設けた（写真-11）。

(3) 地組工

大ブロック架設は大型クレーンの組立スペースおよび桁地組スペースを確保する目的で架設地点から離れた地点で地組を行う必要があった。また、設計基準の変更や道路幅員の拡幅等があり想定していた桁荷重より大幅に荷重が増加した。そのため、地組は架設箇所から離れた位置で行い、モノレールおよび高速1号線上の架橋部の必要最低限の付属物のみの設置しか出来なかった (写真-12)。



写真-12 地組桁

(4) セッティングビーム工

本架設桁はモーメント連結にて設計されているので必要本数の添接ボルト連結後でないで使用出来ない。しかし、供用されている道路上の架設桁に設置するため、フェールセーフの観点からセッティングビームを設置した (図-14)。

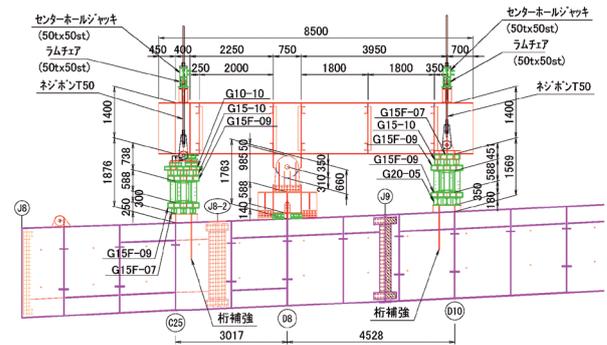


図-14 セッティングビーム

(5) 縦取り工

大型クレーンの組立スペースおよび桁地組スペースを確保する目的で、架設桁の組立および地切り位置より離れた位置に地組したため、27m縦取り移動した (写真-13)。

作業項目	所要時間	日次												備 考
		22時	23時	0時	1時	2時	3時	4時	5時	6時	7時	8時		
高速1号線(下り) 全線通行止め	330分	22:30' ~ 4:00'												
線路閉鎖	205分	0:35' ~ 4:00'												
送電停止	205分	0:35' ~ 4:00'												
線路閉鎖解除手続き	5分													
送電停止解除手続き	5分													
架設現場	5分													
作業準備	5分													
上り(後継)車通過	15分													
上り(後継)車通過	20分													
実作業時間	150分	1:00' ~ 3:30'												
前作業	20分	点検・ミーティング												
準備工	30分	準備												
1 架橋	10分	クレーン搬上 (160t SLカウンタ)												玉掛け設備・160t SLカウンタ・事故防止 (2倍付・試験済) R=17.0m
2	30分	短尺吊り上げ												
3	10分	クレーン搬上 (160t SLカウンタ)												
4	20分	SLカウンタ重量取り外し												
5	10分	クレーン搬上												
6	5分	クレーンマスト撤去												
7	30分	SLカウンタ重量取り外し												作業ヤード内作業
8	5分	クレーン搬上												
9	30分	桁位置調整・養生下げ												R=32.0m
10	30分	架設完了・養生撤去												
11	10分	架設完了・養生撤去 (残荷重10%)												
12	30分	余剰時間												
13	10分	清掃												
14	10分	仮支保固定												
15	30分	鋼片付け												
記 事		高速通行止め開始 (22:30') 送電停止開始 (0:45') 送電停止解除 (3:50') 高速通行止め解除開始 (4:00') 高速通行止め解除完了 (6:00')												

図-15 夜間線路閉鎖 架設 (1日目) 工程表



写真-13 縦取り設備

(6) 大ブロック一括架設工

モノレールの1日の線路閉鎖時間は150分であり1日では架設作業が完結しないため、2日連続夜間にて作業を行った。主として1日目に架設(図-15)、2日目に玉掛け設備解体と作業を分割した。そのため、撤去作業時と同様にモノレール営業線上空にクレーンブームが存置した状態で交通開放を行った(写真-16、写真-17)。また、想定していた吊り荷重より大幅に荷重が増加した影響でクレーンの能力アップが必要となった。そのため、クレーン後方に接続するSLカウンターウェイトを160tと450tの2種類を線路閉鎖時間内に付替える必要性が発生した。

1) SLカウンターウェイト

吊り荷重が想定より大幅に増加したが、クレーンの仕様は当初の架橋設計時に決まっていたため変更は出来なかった。そのため、クレーン後方に接続するSLカウンターウェイトの作業半径延長およびウェイトの増設にて対応した。その手順は、大ブロックを地切りするためSLカウンターウェイト160tの接続、クレーンブームの巻き上げ、作業半径を最小にしてSLカウンターウェイト切り離れた後旋回し、架設用SLカウンターウェイト450tを接続する方法にて行った。(写真-14、写真-15)。



写真-14 SLカウンター160t



写真-15 SLカウンター450t

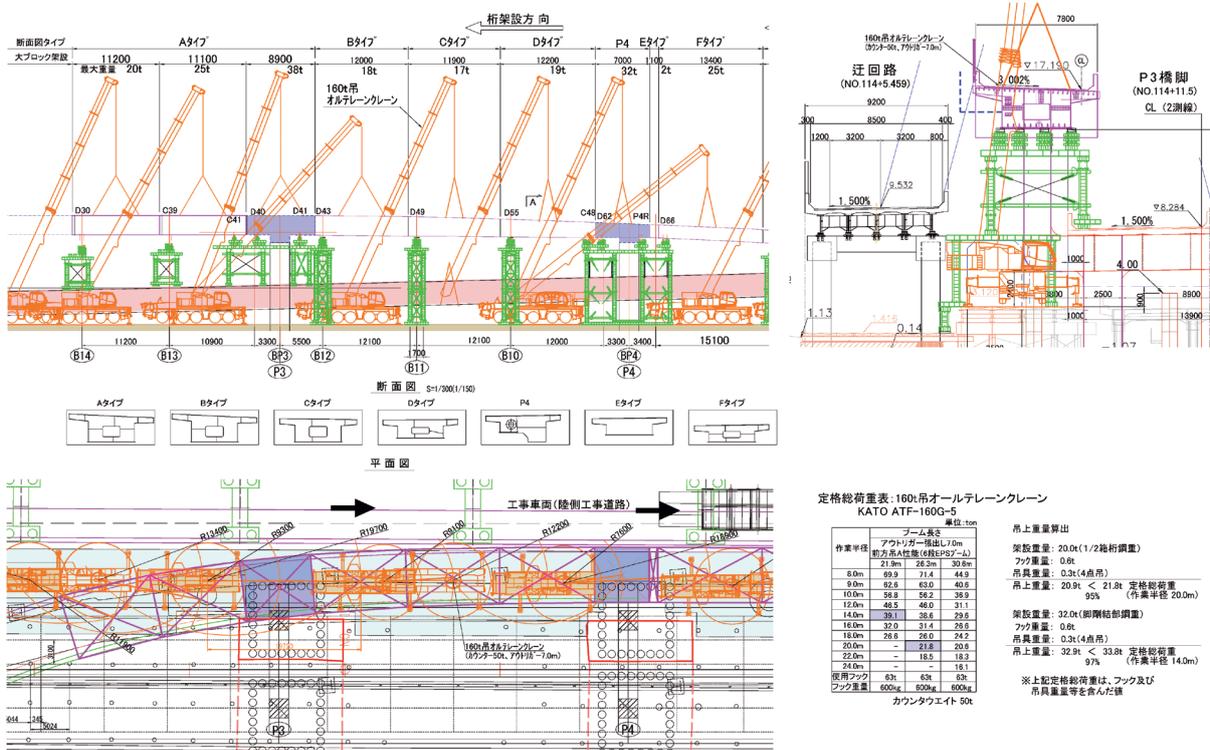


図-16 アプローチ部架設一般図

(7) アプローチ部架設工

アプローチ部の架設は通常であれば剛結部架設・溶接後径間桁架設としていくが、工程短縮及びヤード狭小のため剛結部先行ではなく剛結部も含んで架け逃げて施工した。また、ヤードが狭く桁重量もあるため旋回半径最小の160tクレーン（ATF160）を機種限定して架設を行った。それでも吊れない部材は更に分割した。通常、剛結部架設・溶接完了後、径間計測および測量をおこなって添接板形状を決定し製作するが、本現場ではそのような時間的余裕がないため、剛結部の添接板は溶接完了後、調整しきれない箇所のみ再製作にし、また剛結構造の最後の架設は落とし込み架設になるが、最後の架設部が曲線部であること、Rの大きい方から架設可能であることからセットバックせずに通常の添接遊間にて施工した（図-16、写真-18、写真-19）。



写真-16 架設1日目完了

5. おわりに

本工事は首都高速道路1号羽田線及び東京モノレール近傍での作業制限が多い中での架け替え工事であった。

今回紹介した八潮連結路架け替え工事の迂回路接続は無事完了し、本線の更新線2期工事完了後に行われる本線接続を残すのみである。

最後に、本工事の施工に当たりご指導いただきました首都高速道路株式会社、東京モノレール株式会社の関係者およびJV構成会社の大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなろ・川田・東骨・MMBの皆様に深く感謝し、紙上を借りてお礼を申し上げます。

2020.5.28 受付



写真-18 閉合桁架設



写真-17 大ブロック架設完了



写真-19 八潮連結路全景

ティルティング鉄塔を用いたケーブルクレーン架設工事 —法洗沢川橋架設工事報告—

Erection Work of a Cable Crane Using a Tilting Steel Tower — A Report on the Erection Work of Hossensawa River Bridge —



下澤 誠 二*¹
Seiji SHIMOZAWA



岡村 秀 平*²
Shuhei OKAMURA

要 旨

中部横断自動車道は、静岡市清水区の新清水JCTから長野県小諸市の佐久小諸JCTに至る総延長約132キロメートルの高速道路である。本工事は身延山ICと下部温泉早川ICの区間に位置する法洗沢川橋梁をケーブルエレクション直吊工法により架設した工事である。第三者に対する安全性を確保するため、ケーブルクレーンにティルティング鉄塔の機能を追加して施工をおこなった。

キーワード：ティルティング鉄塔，トラス橋

1. はじめに

本工事は、静岡県静岡市を起点とし、長野県小諸市に至る、中部横断自動車道のうち、現在整備が進められている身延山ICと下部温泉早川ICの区間に位置する、橋長86mの鋼上路式単純非合成トラス橋の架設工事である。工事区間は急峻な山岳地帯で、山間の中腹を通過するルートであることから、架設はケーブルエレクション直吊り架設工法が採用されている。(図-1)

工 事 名：中部横断法洗沢川橋上部工事

発 注 者：国土交通省関東地方整備局

甲府河川国道事務所

工事場所：山梨県南巨摩郡身延町角打地先

工 期：平成29年10月～令和元年8月

鋼 重：370.0t

2. 現場における問題点

本工事は架設は、ケーブルクレーンの荷取ヤードをA1橋台側を選定しており、搬入路は特殊車両（トレーラ）の入場が可能な本設ルートのインターチェンジを工事用道路として使用する計画が採用されていたことに対し、A2橋台側の工事用道路は、山間の中腹に繋がるルートの造成が困難であるとともに、トラックを用いた運搬が可能なケーブルクレーンの資機材を想定していることから、作業ヤードの麓に設けた中間ヤードを中継地点とし、そこからモノレールで資機材を運搬する施工方法が採用されていた。

A2橋台側の作業では、特殊機材を使用する5t吊ジブクレーンの設置ならびに門型鉄塔の建込み作業があり、ケーブルクレーンの施工条件に伴う現地調査を実施した結果、以下の問題点を抱えていた。

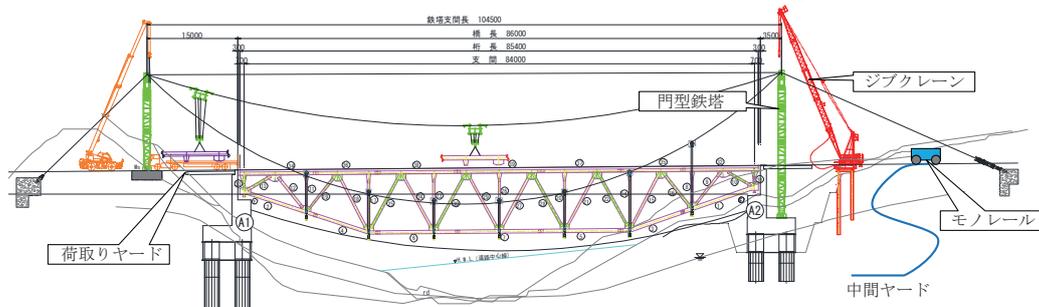


図-1 架設計画図

*¹ 工事本部橋梁工事部橋梁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副主任

2-1 中間ヤード入場時の問題点

A2側の中間ヤードに続く道路は、カーブが連続していると同時に、道路沿いには多くの住宅が建ち並ぶ狭い道路であることに加え、日中は多くの地元住民が使用する生活道路であった。当初の機材は、10t車級の大型車両を用いて運搬する必要があることに加え、車両台数は延べ30台を超えることから、当該道路を使用する第三者の安全性を確保する施策が必要であった。

2-2 モノレール運搬時の問題点

モノレールの走行路は、**図-2**に示すように急峻な斜面に設置しており、その麓は民家が建ち並ぶ施工環境である。また、モノレールで運搬する機材は、複雑な特殊機械が多いことに加え、運搬が可能な積載重量及び荷台寸法を超える部材が多いことから、モノレールを使用するうえで、適切な機材を選定して、近隣住民に対する安全性を確保する施策が必要であった。

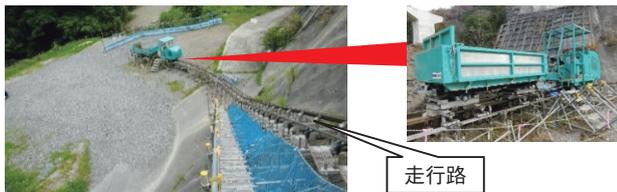


図-2 モノレール

2-3 A2作業ヤードの問題点

A2側の施工は、モノレール終点と門型鉄塔の中間位置にジブクレーンを設置して、門型鉄塔を建込みする計画が採用されており、ジブクレーンの基礎設備は、重量が大きい大口径ボーリングマシンを使用する計画であった。ジブクレーンの設置場所は、**図-3**に示すように急峻な斜面の地盤形状であることから、重機用の走行路やボーリングマシン並びに小型クレーンを据え置きする平坦な作業スペースを確保するため、大掛かりな造成作業を行う必要があり、近隣住民に対する長期的な騒音や重機振動による落石が懸念された。

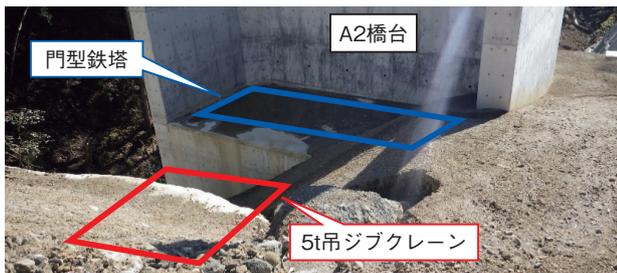


図-3 ジブクレーンの施工位置

3. 工夫・改善点と適用結果

現地の施工条件を検討した結果、第三者の安全性を確保するため、当初計画の施工方法であったジブクレーンによるA2門型鉄塔の建込み作業を中止し、A1側の門型鉄塔とケーブル設備で接続させたティルティング鉄塔を用いるケーブルクレーン設備を使用する施工方法に変更した。

新たに採用したティルティング鉄塔は、1本支柱の鉄塔設備で、**図-4**に示すように鉄塔本体を左右に傾かせることで、キャリアの走行位置を移動させる構造の設備とし、英語でティルト (tilt) 「傾く」の現在進行形を用いた名称である。

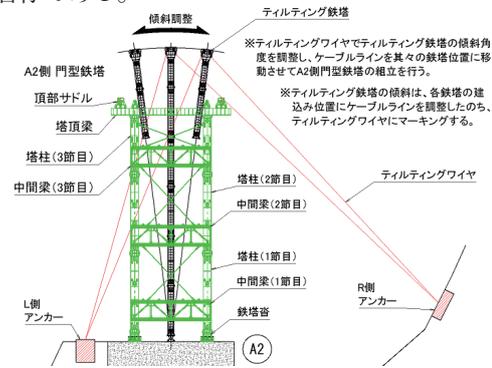


図-4 ティルティング鉄塔概要

新たな施工方法を採用することで、**図-5**に示すように門型鉄塔の機材をケーブルクレーンで全て運搬できることに加え、ジブクレーンの施工を回避できることから、工事車両を用いて運搬する機材は、小さな形状のティルティング鉄塔部材に変更できたため、モノレールの積載条件に適した機材を選定して安全性を確保した。

また、A2側の中間ヤードに入場する工事車両を10t車から6t車に縮小できることに加え、車両台数を30台から8台に削減できたことから、工事車両に伴う第三者の安全性を確保するとともに、騒音・振動に対する環境影響を削減した。

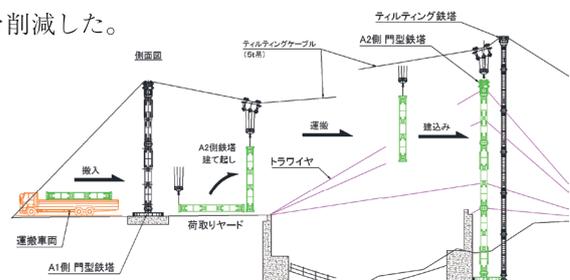


図-5 ティルティング鉄塔使用状況

近年では施工事例が少ないティルティング鉄塔を用いたケーブルクレーンに対して、当工事の施工条件に適した以下の施策を取り入れて施工を実施した。

3-1 ティルティング鉄塔の組立

建込みを実施するA2門型鉄塔の基礎は、A2橋台のフーチング基礎を併用しており、ティルティング鉄塔を用いたケーブルクレーンによる施工は、門型鉄塔の建込み位置に対して、近接して作業を行えることから、**図-6**に示すようにティルティング鉄塔の基礎をA2門型鉄塔と同様にフーチング部を併用することで、大口径ボーリングの施工を回避した。

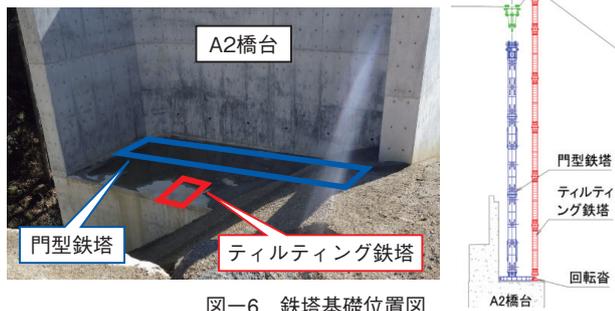


図-6 鉄塔基礎位置図

また、長尺なティルティング鉄塔の組立は、**図-7**に示すように、斜面上に専用の組立架台を設置して、斜面上部の平坦な位置に据えた小型クレーンを用いて、架台上に鉄塔部材を設置したのち、おしみワイヤを接続したウインチと鉄塔部材を連結し、ワイヤを送り出すことで、鉄塔部材を接続位置まで移動させて連結した。**(図-8・9)**

結果、急峻な斜面に対するヤード形状の造成を最小限に削減するとともに、小型クレーンの作業効率を損なうことなく安全にティルティング鉄塔の組立を実施した。

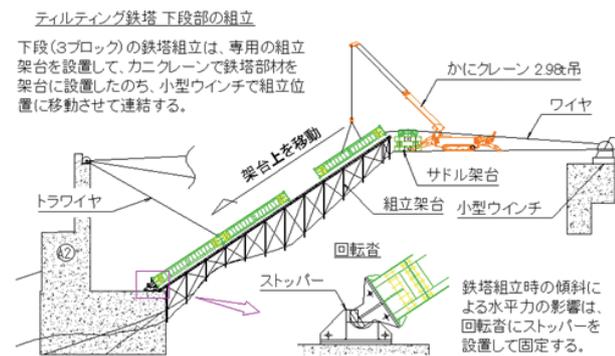


図-7 ティルティング鉄塔の地組



図-8 組立架台



図-9 鉄塔の連結

3-2 ティルティング鉄塔による追加設備

ティルティング鉄塔への施工変更に伴う追加設備として、鉄塔の両側面に鉛直角度を調整するワイヤリングの固定アンカーが必要となり、急峻な斜面の施工条件において強固な設備が不可欠であることから、近年では小型機械が開発されたグラウンドアンカー工法 (**図-10**)によるアンカー設備を採用した。

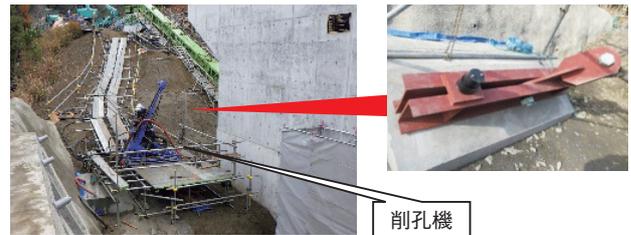


図-10 グラウンドアンカー

3-3 ティルティング鉄塔の建起こし

1) ワイヤ繰り込み

①側方索 (φ18mm6乗)

ティルティング鉄塔の鉛直度を調整する側方索は、鉄塔頂部とグラウンドアンカー基部に繰り込み用の滑車(3車)を設置して、A2アンカー部のウインチに接続する構造とし、ティルティング鉄塔の建て起し時に側方の控え策として併用した。なお、A2アンカー部へ向かうワイヤは、斜面上部(法肩)との接触を回避するため、サドル架台を設置して通過させた。**(図-11)**

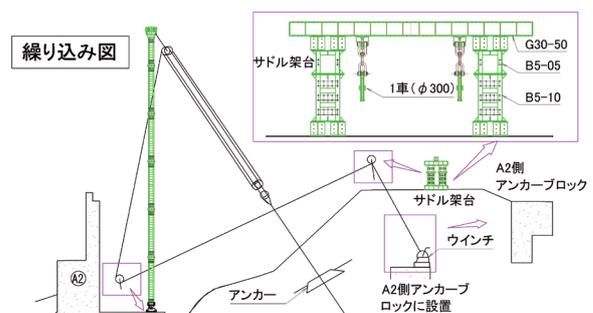


図-11 サドル架台

②建起こしワイヤ (φ20mm2乗)

建起こしワイヤは、A1側の門型鉄塔とティルティング鉄塔の上部に設置した滑車(1車)を通過させてA1側のウインチに接続して建て起しを実施した。

建て起し完了後は、当該ワイヤをA1門型鉄塔の基部に固定して前方索として転用した。

③後方おしみワイヤ (φ16mm6乗)

後方おしみワイヤは、鉄塔設備の上部と下部に設置した滑車(3連)を通過させてA2アンカー部のウインチに接続し、建起こし時の荷振れと逸走を防止した。

2) ティルティング鉄塔の建起こし

ティルティング鉄塔の建起こしは、**図-12**に示すように各ワイヤの繰り込みを設置したのち、各所に見張員を配置して下記ステップの項目により実施した。**(図-13)**

なお、各見張員の合図方法は同時通話が可能な無線機を配付してティルティング鉄塔の挙動を監視した。

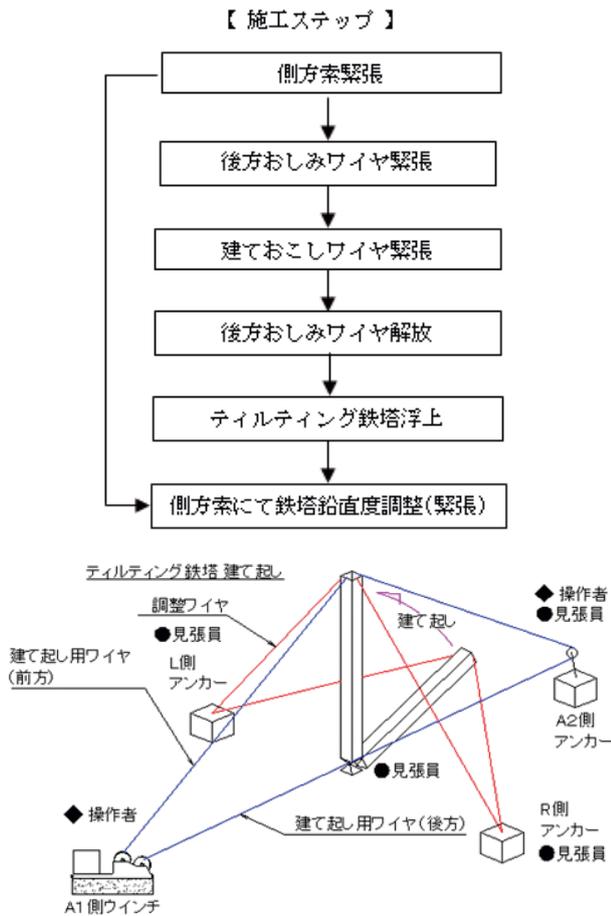


図-12 鉄塔建起こし図



図-13 鉄塔建起こし

ティルティング鉄塔の沓は、**図-14**に示すようにピポッド式を採用しており、建起こし時に発生する軸方向の水平力は、沓の後方にストッパー設備を設置して支持した。なお、ティルティング鉄塔の建起こしは、側方の鉛直角度を常に調整しながら行うことで、ピポッド沓に加わる軸直角方向の水平力を排除して安全性を確保した。

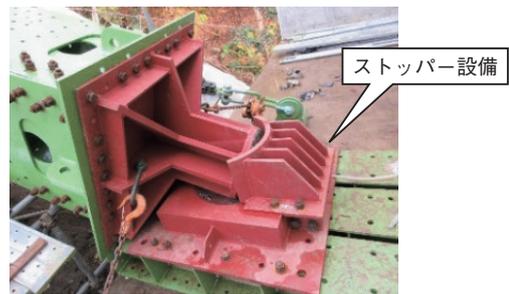


図-14 ピポッド沓

3-4 A2門型鉄塔の組立

ティルティング鉄塔の鉛直度によるキャリアの移動幅は、事前に鉄塔角度を確定する順序とし、門型鉄塔の建込み位置にキャリアを移動させてフックの中心位置を直接確認した。鉛直度を確定したのち、左右の調整ワイヤにマーキングを記して、施工段階毎に実施するティルティング鉄塔の調整時にマーキング位置を確認することで角度誤差を防止した。

また、調整時に角度超過によるティルティング鉄塔の転倒を防止するため、角度幅を制限するトラワイヤを鉄塔頂部に設置して安全性を確保した。

ケーブルクレーンの操作は、上記の角度調整を実施したのち、側方の調整ワイヤを緊結に固定するとともに、目視確認用のマーキングを行ってからケーブルクレーンの吊り込み作業を実施する作業順序として安全性を図ることとした。**(図-15)**



図-15 門型鉄塔 組立

ティルティング鉄塔の高さは、門型鉄塔より約7m高くしており、頂部サドルを設置する際に、吊り代を1m確保できる構造を採用した。(図-16)



図-16 サドル設置

A2門型鉄塔が完成したのち、2系統の主ケーブルクレーン(10t吊)を設置しており、ティルティング鉄塔のケーブル設備は、鉛直角度を垂直の状態に固定を行い、鋼桁架設時にセンターケーブルクレーン(図-17)として転用した。



図-17 ケーブル設備完了

3-5 ケーブルエレクション直吊り架設

1) 添接作業における課題と対策

直吊架設による架設時の橋体は、直吊索のサグ変位によって添接部の仕口角度に誤差が生じることから、添接作業は極めて困難であることに加え、添接板に負荷がかかり損傷する被害が懸念された。

そのため、添接部の接続はピン連結によるヒンジ構造とし、架設完了後に下フランジの添接部に調整ジャッキを設置して調整する順序とした。(図-18)

結果、架設時の添接作業が容易になるとともに、架設ステップ毎に生じる橋体形状の変異による添接板の損傷を回避して仕口形状の品質を確保した。



図-18 主桁添接部

2) 架設における課題と対策

架設は、直吊索の荷重分散を目的として起点側と終点側を交互に架設する順序としたが、桁端部ブロックの桁下は地盤が近接しており、解析の結果、直吊索のサグによって桁受梁が地盤に干渉することが判明した。

再度架設順序を見直し、カウンターウェイトとして桁中央ブロックを先行架設(仮置き)することとした。

結果、直吊索中央部のサグを発生させることで桁端部ブロック架設時の直吊索サグ量を減少させ、桁受梁の干渉を回避した。



図-19 桁先行架設

4. おわりに

過去のケーブルクレーンによる架設では、現地の施工条件によって、ティルティング鉄塔を用いた施工方法が僅かであるが採用されていた。

しかし、近年では様々な重機や施工方法等が開発されたことに加え、昔ながらの施工方法を継承している経験者が少なくなっていることから、ティルティング鉄塔を採用した施工が減少している。

本工事では、昔ながらの施工方法に新技術や工夫を取入れることで、施工条件に対する様々な問題点を解決できており、同様の施工条件による検討時に参考となれば幸いです。

最後に、本工事の施工にあたり、ご協力いただいた関係者の皆様に謝意を申し上げます。

2020.5.29 受付



図-20 架設完了

横浜北西線東方川向橋梁の架設工事

Erection Work of Higashikata-Kawamuko Bridge of Yokohama Circular Expressway Northwestern Route



西田 正人*1
Masato NISHIDA



雲越 隆一*1
Ryuichi KUMOKOSHI



出口 哲義*2
Akiyoshi DEGUCHI

要旨

受注時はトラッククレーンベント工法であったが、横浜市内の主要幹線道路である県道川崎町田線上の架設時の安全性を向上するために、架設工法の比較検討を行い、架設工法を多軸台車による一括架設工法に変更した。

キーワード：工法変更，多軸台車

1. はじめに

横浜北西線は、横浜市北西部と横浜都心、湾岸エリアとの連絡強化等を目的として東名高速道路と第三京浜道路を結ぶ延長7.1kmの自動車専用道路である。

そのうち、本橋梁は終点となる横浜港北JCT付近橋梁区間のうち県道川崎町田線（以下県道）を跨ぐ7径間連続箱桁橋、約450mの区間の工事である。7径間のうち、A1～P1の支間45.2mは約20,000台/日の県道を跨ぐ桁架設となり、その架設方法と工事概要について報告する。

2. 工事概要

工事名：高速横浜環状北西線（東方・川向地区）街路整備工事（橋りょう上部工）

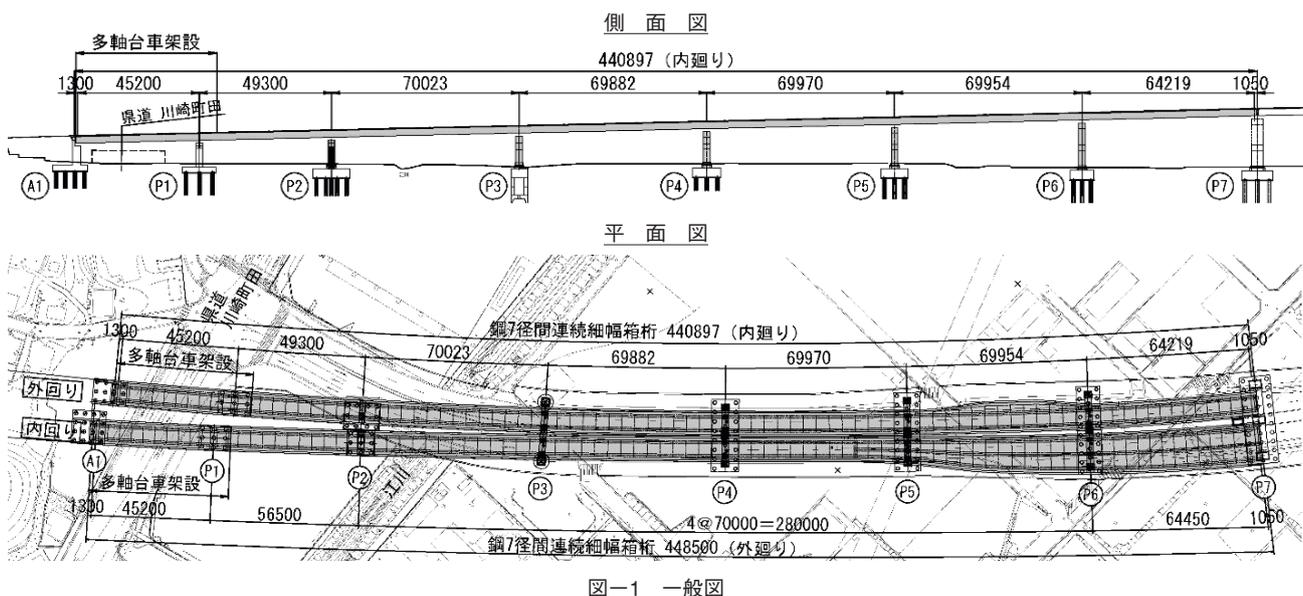
構造形式：鋼7径間連続細幅箱桁橋

橋長：（外回り）440.9m（内回り）448.500m

支間長：（外回り）45.2+49.3+70.0228+69.8816+69.9696+69.654+64.2187m

（内回り）45.2+56.5+4@70.0+64.45m

発注者：横浜市 道路局



*1 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*2 計画本部計画部計画第1グループサブリーダー

3. 架設工法について

発注時において県道横断面であるA1～P1の当初架設計画（図-2）は、県道を通行止めにしてベント1～2（B1～B2）間の桁を架設後、車両通行を確保しながらA1～B1、B2～P1を3段階で架設するクレーンベント工法であった。

しかし、平成28年6月20日 国土交通省の事務連絡「橋桁が橋台または橋脚への据え付けを完了していない状態で供用中の道路の上空に架かっている場合には、当該橋桁の移動を行わない期間においても、関係機関と協議し、その影響範囲について道路の通行規制を行うこと」により、該当径間の据え付けを完了するまで長期間の通行止め規制となることから、交通量の多い県道では現実的に不可能であった。このため、架設後速やかに橋台または橋脚に据え付けを行うことが出来る架設工法について再検討を実施することになった。

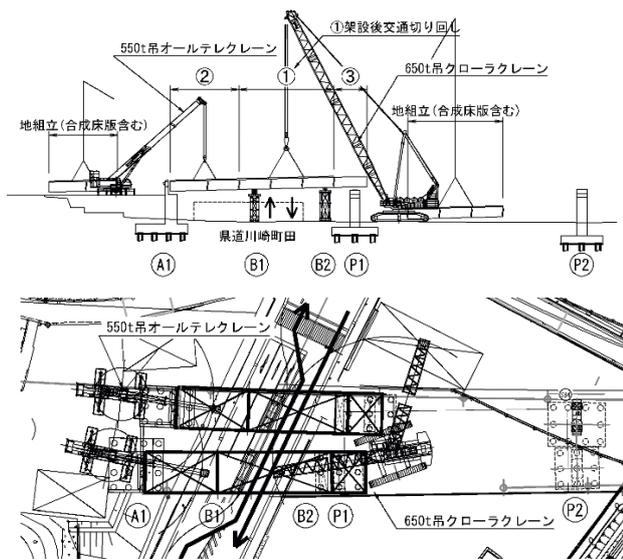


図-2 当初架設計画図

4. 架設工法の選定

架設する県道は横浜市内の主要幹線道路であり、交通影響を最小限とする工法を選定する必要があった。また、通行止め規制の時間を短くするために、架設後、速やかに橋桁を橋脚または橋台に固定する必要がある。

そこで3案の工法について比較検討を実施した。

第1案 超大型クレーンによる一括架設工法（図-3）

クレーンによる一括架設の場合、県道の通行止め回数は内回り桁、外回り桁でそれぞれ1回実施し、合計2回の

予定となる。

本橋梁は鋼コンクリート合成床版を採用しており、その重量を含めると、200tを超える架設重量となる。このため、超大型クレーンでの架設とした場合、クレーン据付けヤードは長さ幅ともに狭隘であるため、クレーン及び桁の組立てスペースを確保することが出来ず、採用は不可とした。

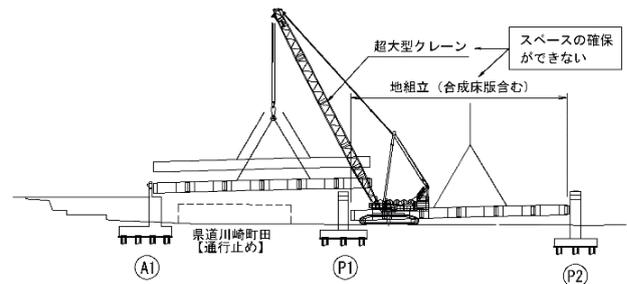


図-3 第1案 超大型クレーンによる一括架設工法

第2案 手延べ式送出し架設工法（図-4）

送出し架設の場合、県道の通行止め回数は内回り桁、外回り桁の送出し作業でそれぞれ1回、降下作業についてもそれぞれ1回の合計4回となる。

A1側ヤードでは、送出し方向としては、手延べ機を含めた送出し桁を組立てるために必要な送出しヤードを確保することが出来ず、1回で送出し作業を行うことが困難であるため、県道の通行止め回数が多くなる。よって、P1～P2側ヤードから送出し架設を行う計画とした。なお、本橋梁の縦断勾配は3%あるため、水平で送出し作業を行い、降下作業時に勾配調整を行う架設方法とした。

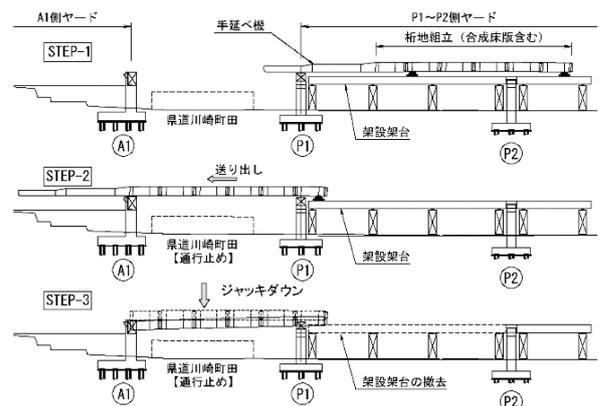


図-4 第2案 送出し架設工法

第3案 多軸台車による一括架設工法（図-5）

P1～P2側ヤードから多軸台車での一括架設をした場合、県道の通行止め回数は、内回り桁、外回り桁でそれぞれ1回実施し、合計2回となる。

多軸台車の一括架設は、作業ヤードにて径間ブロックを組み立てて架設することが一般的である。ただし、架橋位置には交差点が近接しており、信号等の干渉物が多くあったため、横方向から運搬・架設することが困難であった。このため、内回り・外回りともに、架設する径間の橋軸方向に移動した箇所地組立てを行い、縦方向（橋軸方向）に送り出す架設方法とした。

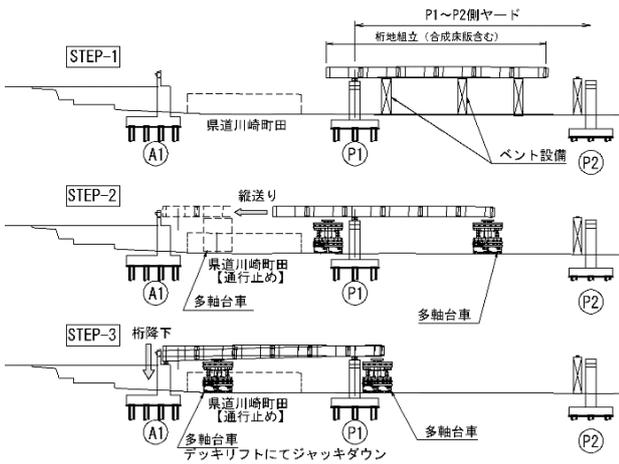


図-5 第3案 多軸台車による一括架設工法

採用案の決定

第2案と第3案を比較検討した結果、第2案は送出し後に降下作業を実施するため、その時に交通規制が必要であり交通開放まで時間を要することが懸念された。また、工事費についても、第3案と比較して高価であったため、第3案を採用することに決定した。

5. 多軸台車による架設

5-1 架設概要

県道上架設桁を地組立てヤード（P1～P2側ヤード）にて合成床版パネルまで地組立てを行い、多軸台車2組に受替え、内回り外回り2回に分けて県道の夜間通行止めを行い、県道上の一括架設を実施した。

通行止め時間については、5時頃より交通量が増大するため、5時までの作業時間で検討を行った。しかし、0時17分に最終バスがあり、十分な作業時間を確保できないことから、最終バスの運行経路変更をお願いし、23時30分のバスの通過後に全面通行止めとすることにした。これにより、全面通行止め時間を23：30～5：00までの5時間30分を確保した。また、22時より車線規制を行い、事前のフェンス撤去や多軸台車の移動等を実施した。

5-2 施工フローチャート

施工は図-6の施工フローに基づき実施した。

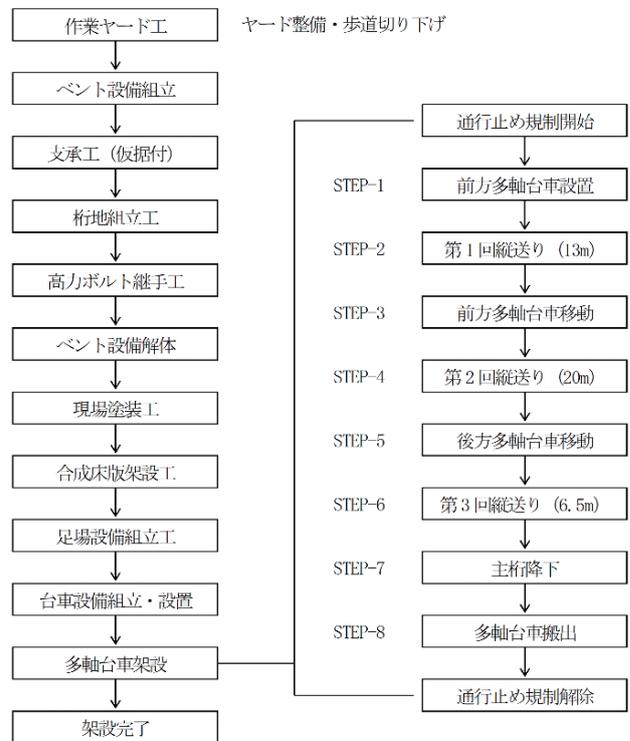


図-6 施工フローチャート

5-3 作業ヤード（P1～P2側ヤード）整備工

多軸台車の走行範囲内に歩道があるため、事前に歩車道境界ブロックを撤去して車道と同一の高さとした。歩車道の境界については、H鋼ガードレールを仮設置し、走行範囲については、スムーズな移動と架設時の輪荷重に耐えうる必要があるため、アスファルト舗装を行った（写真-1）。舗装構成については、自動車乗り入れ部の歩道舗装を参考にして、クラッシュラン40cmの上に5cmのアスファルト舗装とした。



写真-1 多軸台車走行範囲

5-4 桁地組立て

桁の地組立て範囲については、後方多軸台車の最終停止位置を考慮し、県道上桁径間ブロックより1ブロック多く地組立てをした。地組立ては、架設後の交通規制を最小限とするため、合成床版のパネルまで架設した状態とした。また、桁の地組は橋脚前面で前方多軸台車が桁受けできるように、橋脚より張出した形状とした。なお、桁完成後には、3.0%の縦断勾配となるが、地組立て高さや架設時の安定性の向上のため、地組立ては水平で実施した。

5-5 多軸台車の構成

多軸台車については、その支点反力や縦送り時の安定性を考慮して、1支点あたりデッキリフト2台構成とした。縦送り後に桁の縦断勾配の修正をするためにジャッキを設置する必要があるため、その修正高さが約1.5mとなるためストロークが2.1mのデッキリフトを多軸台車に搭載した。ただし、勾配の修正時に、支点の回転による水平力の発生が予想されたため、受け点には勾配に追従が可能な支承設備（ピッチング設備）を設置した（**図-7**、**写真-2**）。

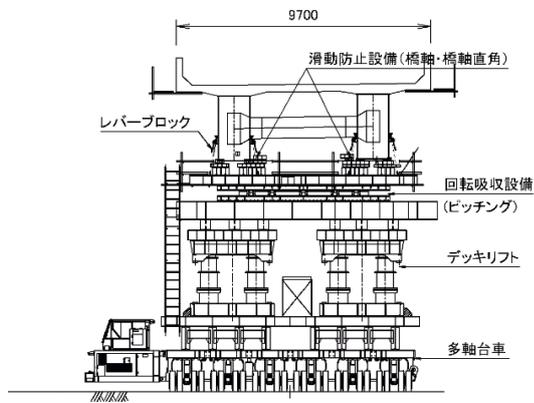


図-7 多軸台車の構成



写真-2 多軸台車

5-6 架設準備

架設前に多軸台車の走行に支障するベントを解体するために、桁をP1橋脚とP2橋脚前ベントで支持した。ベントの解体後、後方多軸台車を設置し、P1橋脚と後方多軸台車に桁を搭載した（**写真-3**）。前方多軸台車については作業ヤード内で動作確認を実施した。

床版は合成床版を採用しているため、壁高欄部のみの足場設備を事前に設置した。



写真-3 縦送り前

5-7 多軸台車による一括架設

図-8の架設ステップにより多軸台車による一括架設を実施した。

STEP-1 県道の通行止め実施後に、前方多軸台車を据え付け位置まで約20m移動した後、多軸台車上のデッキリフトにてジャッキアップを行い、前方・後方多軸台車上に桁を搭載（**写真-4**）。

STEP-2 第1回縦送りで13mの縦送りを実施。

STEP-3 桁をP1橋脚に受替え後に、前方多軸台車を開放して移動し、桁を前方多軸台車に受替え（**写真-5**）。

STEP-4 第2回縦送りで20mの縦送りを実施。

STEP-5 桁をP1橋脚に受替え、後方多軸台車を開放して移動し、桁を後方多軸台車に受替え。

STEP-6 最後に第3回縦送りで6.5mの縦送りを実施。

STEP-7 縦送り後、前方・後方多軸台車上のデッキリフトを使用して、A1橋台で1.5m、P1橋脚で0.4mのジャッキダウンを実施。

STEP-8 県道の早期交通解放のため、多軸台車上のデッキリフトでの細かい調整は実施せず、橋台・橋脚上の架台に預けて前方多軸台車の解放を行い、県道から多軸台車の搬出を実施した。同時に橋台・橋脚上に設けた送り台を使用して微調整を行い、支承へ桁を据え付けた。

据え付け確認、路面確認を実施後、県道の通行止め解除を行った。

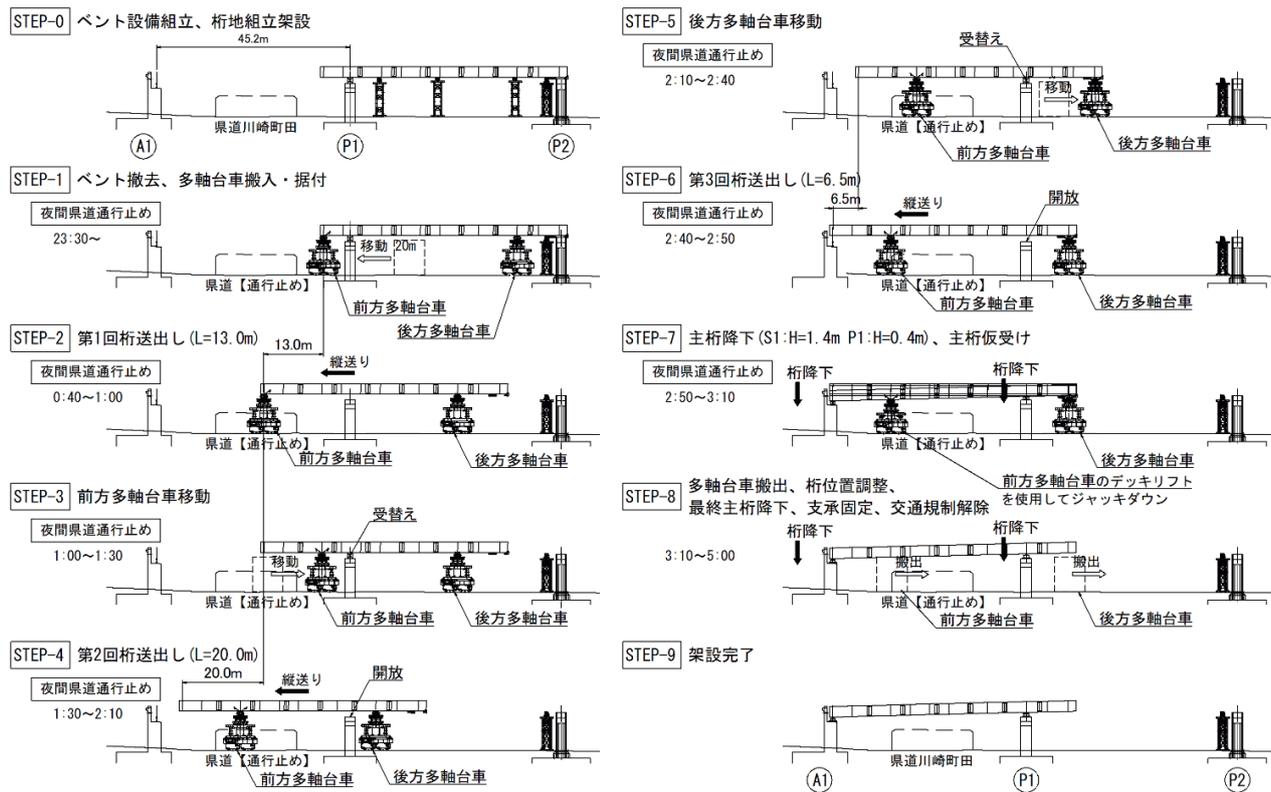


図-8 架設ステップ図



写真-4 縦送り作業中 (STEP-1)

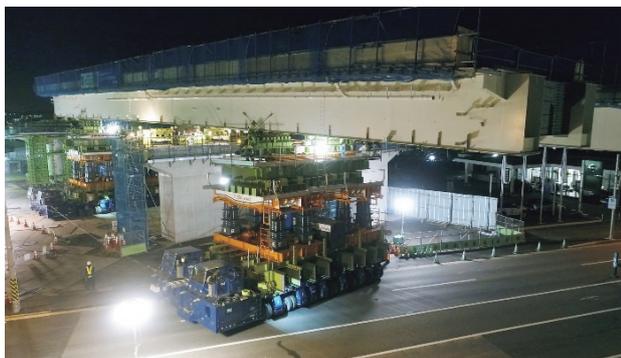


写真-5 縦送り作業中 (STEP-3)

5-8 タイムスケジュール

タイムスケジュールについては概ね計画時間通りとなり、県道の全面通行止めは4時30分に解除をすることができた (図-9)。

作業内容	時間	21	22	23	0	1	2	3	4	5	6	
作業準備		■										
STEP-1 台車搬入、桁受替え			■									
STEP-2 第1回桁送出し				■								
STEP-3 前方台車移動					■							
STEP-4 第2回桁送出し						■						
STEP-5 後方台車移動							■					
STEP-6 第3回桁送出し								■				
STEP-7 主桁降下・仮受け									■			
STEP-8 台車搬出、桁固定										■		
後片付け											■	
交通規制		■ 全面通行止め規制 ■ 車線規制 ■ 車線規制										

図-9 実施タイムスケジュール

6 安全対策

6-1 架設時の安全対策

①県道上桁縦送り時の多軸台車の位置管理

県道上桁縦送りは、2組の多軸台車で実施するため、前方と後方の多軸台車の速度や位置を合わせる必要があった。このため、前方と後方の多軸台車間の距離を距離センサーにて絶えず計測した。また、路面上に基準走行ラインを設け、走行ラインのずれにより、桁にねじれが発生しないように管理した。

②多軸台車の転倒防止

多軸台車に作用する荷重および重心は常にモニタリングを行い、荷重および偏芯の管理を実施した。

③桁の滑動防止対策

地震などにより発生する桁の滑動を防止するため、主桁と台車を固定する滑動防止設備（写真-6）を設けた。



写真-6 架設桁の滑動防止設備

6-2 広報活動

県道横浜町田線は、自動車専用道路の第三京浜を利用するための港北ICへのアクセス道路であることや、市内の主要幹線道路であることから車両が多く、大型車両も多いため、通行止めにあたり事前に広範囲な事前広報を実施した。事前広報は、約1ヶ月前から現場に接する半径約1kmの範囲の4町内会、及び交通利用者であるタクシー協会、トラック協会、バス事業者、消防、特殊車両利用者等に告知、ピラ撒きを行い調整した。また、現道に約2週間前より立看板を設置して周知を合わせて行った。

本工事では、内回り、外回りと2回の大規模な通行止め規制であったが大きな混乱・他道路への大きな交通渋滞もなく完了した。

7. おわりに

本工事では現場開始直後に現場条件の変更により大幅な架設工法の変更が必要となったが、架設工法の比較検討を実施し、最適な工法で架設を行うことができた。

また、本橋梁は今回報告した県道上以外に、3か所の市道上も架橋している。この市道上の架設についても、不安定な構造となることを回避するために架設順序の変更を実施した。また、ベント設備については、転倒防止対策や傾きのモニタリング等を実施し、さらなる安全対策を実施した。

横浜北西線は2020年3月22日に無事に開通となった。この工事を進めるにあたり、発注者および工事関係者へ深謝する次第である。

最後に、本報告が今後の同種工事の参考になれば幸いです。

2020.7.25 受付



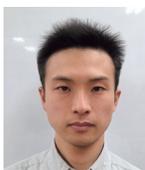
写真-7 完成写真（起点から終点）



写真-8 完成写真（終点から起点）

柵の瀬橋旧橋撤去

Removal Work of Old Sakunose Bridge



南 智 博*¹
Tomohiro MINAMI



日比谷 篤 志*²
Atsushi HIBIYA



吉 田 友 和*³
Tomokazu YOSHIDA

要 旨

本工事は、1963年3月の竣工から50年以上が経過して、それまでの間に起きた震災の影響や経年による老朽化が著しい現橋に対し、新橋を新設したことにより現橋を撤去した工事について報告する。

キーワード：ランガートラス，解体

1. はじめに

柵の瀬橋は1963年3月に竣工したランガー橋である。

竣工後50年以上が経過し、度重なる震災の影響や経年による老朽化が著しい状態であった。

岩手県では国土交通省の一関遊水地事業と関連して整備を進めており、地域間の交流連携を図る他、災害時における緊急輸送路の役割を担う「新柵の瀬橋」が2018年11月に開通した。

新柵の瀬橋の開通に伴い、旧柵の瀬橋の撤去を行うこととなった。



写真-1 旧柵の瀬橋全景

2. 工事概要

(1) 工事概要

工事名：主要地方道一関北上線柵の瀬橋旧橋撤去

(上部工) 工事

発注者：岩手県

受注者：宮地・小山田工業所特定共同企業体

工期：平成30年10月2日～令和2年1月24日

(2) 橋梁概要

形式：ランガートラス 3連

支間長：3@73.0m

主構間隔：7.1m

主構高：12.0m

総鋼重：360t (3@120t)

3. 撤 去

(1) 工法選定

発注案では、2連を架設桁による撤去、残り1連をクレーンベントによる撤去方法であった。

上記の方法の場合、クレーンベントによる撤去を行う際に、河川協議を行い、築島を設置する必要があるため、また、施工時期が渇水期に限定される。そこで、3連すべてを架設桁による撤去方法に変更した。

3連すべてを架設桁による撤去方法に変更することで築島が不要となり、通年施工が可能になった。これにより工期短縮を図った。施工ステップを図-1に示す。

*¹ 工事本部建設工事事務部鉄構・保全工事グループ主任

*² 工事本部建設工事事務部建設工事グループ現場所長

*³ 計画本部計画部計画第2グループグループリーダー

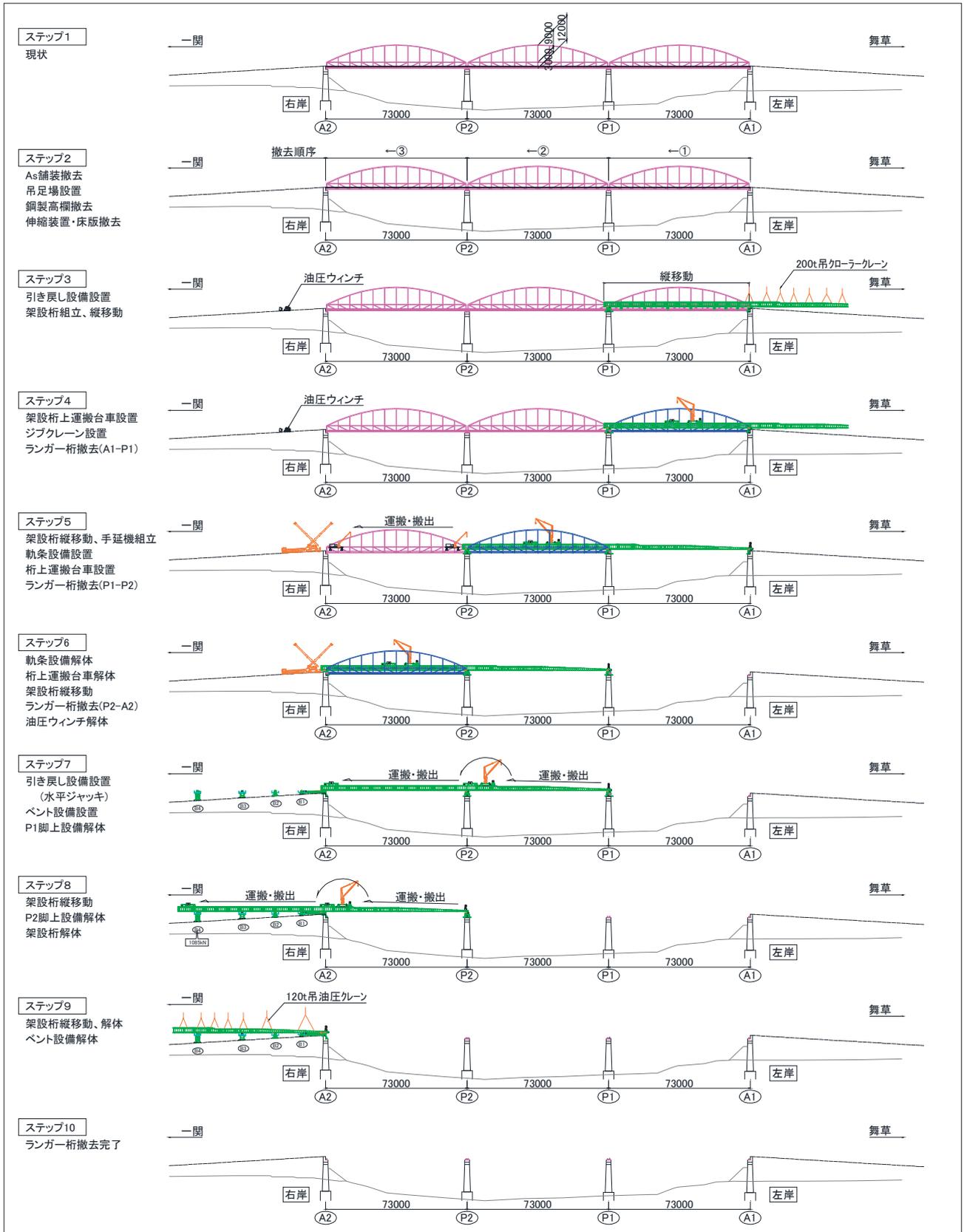


図-1 施工ステップ図

(2) 施工要領

1) 橋面撤去工

橋面上のアスファルト舗装を撤去する際は、ブレーカーによる破碎ではなく、切削機（写真-2）による撤去方法を採用した。理由として、ブレーカーによる破碎を行った場合、下のコンクリート床版にブレーカーの衝撃が伝わり、大きな負担がかかるためである。対して、切削機を使用する場合は舗装のみを削り取るため、コンクリート床版への負担はブレーカーに比べ軽減される。



写真-2 アスファルト舗装撤去状況

2) 床版地覆撤去工

コンクリート床版を撤去する際は、床版カッター（写真-3）にてコンクリート床版を橋軸方向に2分割し、橋軸直角方向に約2.1mの間隔で分割した。地覆部はワイヤーソーにて切断を行った。（図-2）

その後、先行して削孔した吊孔にPC鋼棒を通し、コンクリート床版の下面で固定、PC鋼棒をセンターホールジャッキにて吊り上げるによりコンクリート床版を持ち上げ、桁との縁切りを行った。（写真-4）



写真-3 床版カッター切断状況



写真-4 床版ブロック撤去状況

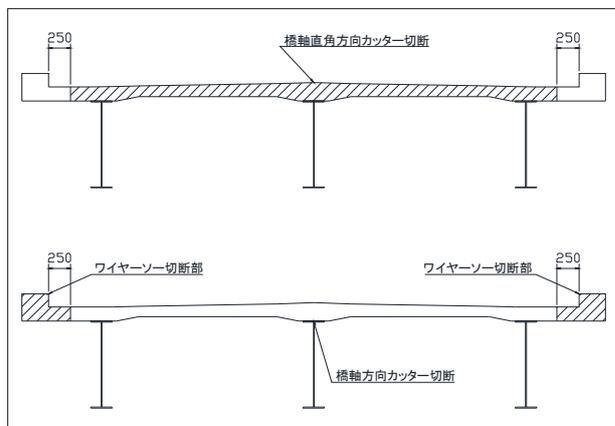


図-2 床版ブロック撤去断面図

3) 引き戻し設備の設置

ランガートラス撤去時、橋脚上にて架設桁を支持し、施工を行う工法であるので各橋脚上に仮受設備を設置した。

また撤去後、次の1連に引き戻しを行うため各橋脚・横桁上にローラー設備を設置した。（写真-5、図-3）

主要設備数量

橋脚上ローラー設備：250tシンクロジャッキ

横桁上ローラー設備：40tローラー



写真-5 引き戻し設備

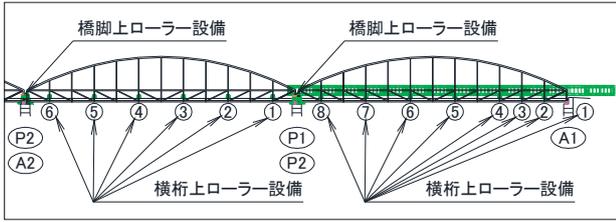


図-3 ローラー設備配置図

4) 架設桁の組立

本工事で使用する架設桁は114.0m、引き戻しの関係により手延機36.0mを後方に取り付け、2連をまたぐ構造とした。(全長150.0m,主構幅2.55m×2.3主桁)

架設桁の組立はA1橋台背面で行い、数パネル組立後、順次引き戻しを行った。(5.5t引き油圧ウィンチを使用)

A1橋台の麓に盛土でクレーンヤードを作成(写真-6)し、200t吊クローラクレーンを使用して架設桁の組立を行った。(写真-7)



写真-6 クレーンヤード盛土 (A1)



写真-7 架設桁の組立

5) ジブクレーン・架設桁上運搬台車の組立

3連すべてが河川上にあるため、ジブクレーン(2.8t吊)を載せた台車を架設桁上に設置し、これにより部材撤去を行った。また、架設桁間の部材搬出用に架設桁上に運搬台車を設置した。(写真-8)



写真-8 ジブクレーン台車・架設桁上運搬台車

6) ランガートラス吊り下げ

架設桁引き戻し完了後、橋脚上ローラー設備から架設桁用の沓に受け替え、横桁上40tローラー設備を撤去し、架設桁を固定する。その後、架設桁から鋼ランガートラスの吊り下げを行った。

吊り下げ設備は35tセンターホールジャッキ・PC鋼棒・受梁からなる構造(写真-9)とし、鋼ランガートラスの支点部を除く横桁すべてに2点ずつ設置した。(図-4)

架設桁の対傾構の下部に受梁を固定し、その上にセンターホールジャッキを載せてPC鋼棒を通す構造とした。横桁の上フランジに取り付けた吊り金具とPC鋼棒を繋ぎ、ジャッキアップを行った。(図-5)



写真-9 吊り下げ設備

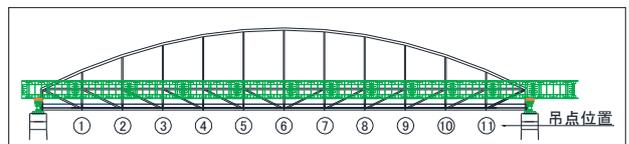


図-4 吊り下げ設備位置図

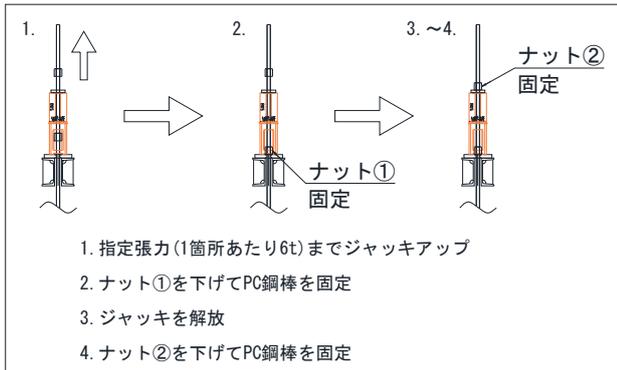


図-5 吊り下げ設備の固定手順



写真-11 軌条設備

7) ランガートラス撤去 (A1-P1)

ランガートラス撤去の際は、ジブクレーンにて部材を吊り、ガス切断にて縁切りを行った。

ランガートラス上部でのガス切断作業時は、架設桁上運搬台車に昇降式の作業床を設置し、その上で作業を行った。(写真-10)



写真-10 ガス切断状況

8) 手延機組立・引き戻し

A1-P1間のランガートラス撤去完了後、手延機先端部の組立を行った。組立には50tラフタークレーンを使用した。

組立完了後、P1-P2間まで架設桁の引き戻しを行い、架設桁の固定、ランガートラスの吊り下げ作業を行った。

9) 桁運搬台車・軌条設備の設置

P1-A2間での桁撤去時は撤去部材をA2側へ搬出する必要がある。そこで、中央径間であるP1-P2間の撤去部材を運搬するために、A2-P2間の既設桁上に軌条設備(写真-11)を敷設し、その上を移動する運搬台車を設置した。また、撤去部材を架設桁上から既設桁上の運搬台車に積み替えるためにミニクレーン(2.8t吊)を搭載した。(写真-12)



写真-12 撤去材運搬状況

10) 橋脚上設備の撤去

ランガートラス撤去後、橋脚上にはローラー設備、仮受け設備等の機材及び支点部の横桁が残される。

そこで、手延機先端にテルハクレーン(1.0t吊)を設置し、機材及び横桁の撤去・荷上げを行う方法を採用した。(写真-13)

機材及び横桁を手延機先端から運搬する際は、手延機上に溝形構を利用した簡易軌条の上に台車に載せて運搬し、手延機の根元にマイティプラーを設置し、ワイヤーを引き込むことで、作業の効率を上げた。(写真-14)



写真-13 テルハクレーン



写真-14 手延機上運搬状況



写真-16 クレーンヤード盛土 (A2)

11) 架設桁の解体

ランガートラス撤去作業中における架設桁の引き戻しは5.5t油圧ウィンチを使用して行っていたが、架設桁を撤去するには引き戻した架設桁を仮受けするためのバント設備を設置する必要があり、5.5t油圧ウィンチを使用するのが困難な状況であった。

そこでP2-A2間のランガートラス撤去後、A2橋台より一関側に水平ジャッキを用いた架設桁の引き戻し設備(図-6、写真-15)を設置した。

引き戻した架設桁は、P2-A2間のランガートラス撤去中に盛土したヤード(写真-16)から120t吊オールテレーンクレーンを使用して解体を行った。

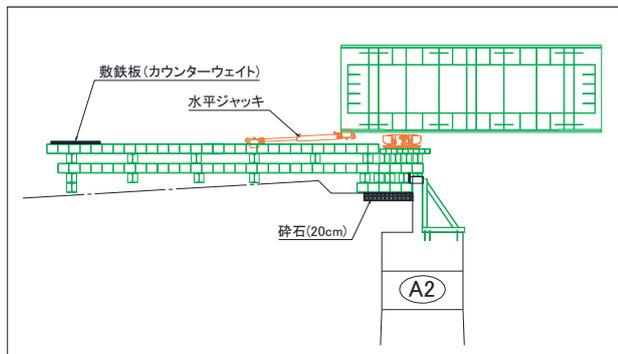


図-6 架設桁引き戻し設備



写真-15 架設桁引き戻し状況

12) 撤去完了

以上の工程により、柵の瀬橋旧橋撤去を完了した。
(写真-17)



写真-17 撤去後全景

4. おわりに

本工事は新橋の開通に伴う旧橋の撤去工事を架設桁による撤去方法で行う工事であった。

類似工事との相違点として、橋脚上のローラー設備にシンクロジャッキを使用したことが挙げられる。これにより、仮受け沓への受け替えをスムーズに行うことができた。

また、岩手県内では旧橋の撤去工事は稀であることから、発注者主催の現場見学会や旅行会社による現場見学ツアーが企画され、多数開催した。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただきました発注者である岩手県及び一関土木センター関係職員様をはじめ、JV構成会社の小山田工業所、多数の協力会社及び関係者の皆様に深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

2020.4.8 受付

八千代Bi架設工事報告

A Report on the Erection Work of Yachiyo Bi



藤本 貴介*¹
Takayuki FUJIMOTO



濱井 功*²
Tsutomu HAMAI



森近 太治*³
Taichi MORICHIKA

要 旨

本工事は、九州新幹線 西九州ルート of 整備事業において、JR長崎本線 長崎駅～浦上駅間及び長崎駅東通りを跨ぐ3径間連続合成桁の架設工事である。

キーワード：超大型橋梁，送り出し架設

1. はじめに

九州新幹線 西九州ルート of 整備は、独立行政法人鉄道建設・運輸整備支援機構によって事業が進められているが、本橋梁はJR長崎本線を跨ぐため、架設工事は九州旅客鉄道株式会社（以下、JR九州）へ委託された。

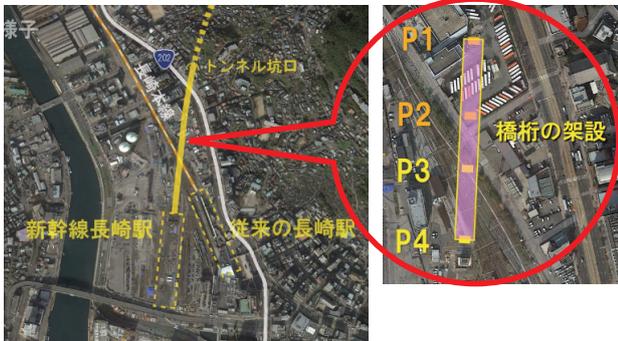


写真-1 現場位置

2. 工事概要

工 事 名：九州新幹線八千代Bi上部工架設他2
 企 業 者：九州旅客鉄道株式会社
 元 請 者：清水・三軌建設共同企業体
 工事場所：長崎県長崎市地内
 施工時期：平成30年8月20日～令和2年2月27日
 橋梁形式：3径間連続合成桁
 橋 長：194.0m
 支 間 長：72.5m + 55.0m + 63.3m
 幅 員：13.8m
 桁 重 量：約1620t



写真-2 第1回送出し状況

*¹ 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*³ 関西支社関西橋梁営業部福岡営業所（計画担当）主任

*² 関西支社関西工事・計画部関西計画グループサブリーダー

3. 架設概要

本橋は、JR長崎本線及び長崎市道上に位置しており、夜間線路閉鎖および道路通行規制を行う時間的制約から、送出し架設工法を採用した。

桁の地組立は、既設高架橋上で行う計画であったが、一度で橋長194m全長に渡っての地組立が困難だった。そこで、地組立を2段階で行い、クレーンの作業範囲内で組み立てられる全長の半分を地組したのちに、送出し方向とは反対側に桁の縦取りを行い、残り半分の地組立を行った。

桁の地組立及び送出し・縦移動を行う上で、高架橋の耐力上の制限で、原則として高架橋の支柱上でしか、桁反力を支持できなかった。そこで、支柱上に送出し架台・送り出し設備（シンクロジャッキ）を設置し、高架橋の支柱でのみ桁を支持する構造とした。

送出し・縦取りの推進は、桁本体にスパイラルロープを固定したエンドレスキャリアで手繰り寄せる工法と、

駆動式シンクロジャッキを併用することで、必要な推進力を確保した。

また、送出し桁を直接シンクロジャッキで支持した場合、①クローラ幅が広く、下フランジ張出し部に過大な反力が作用すること、②添接部のボルトがシンクロジャッキのクローラ面に直に接するという問題が生じる。そこで、1) 腹板に荷重が伝達するように、かつ2) 添接ボルトの頭をかわすために、下フランジ下面に、PLを磁石で取り付けてシンクロジャッキ上を移動させた。

送出し架設は、架設時の反力を低減するために、手延機を用いることが一般的であるが、本工事の到達側のヤードは長崎県営バス駐車場の一部を使用しているため、手延機の解体ヤードが確保できず、手延機を用いない送出し架設を行った。

手延機を使用せず、橋体を直接張出すことによって、最大7,000kN/1webの反力が発生するため、6,000kNシンクロジャッキ×2台を縦列に配置し、12,000kN/web耐力の送出し装置とした。

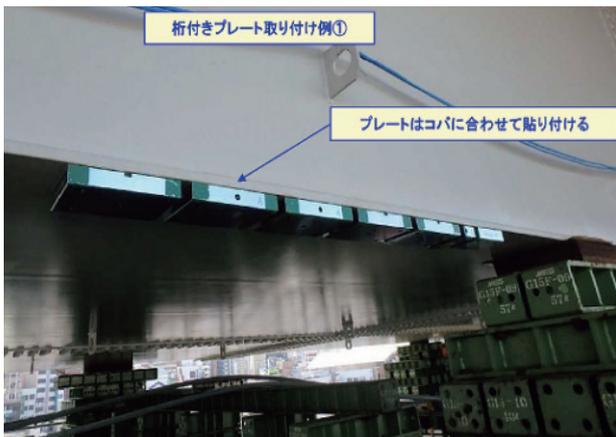


写真-3 桁付きプレート



写真-4 送出し架台

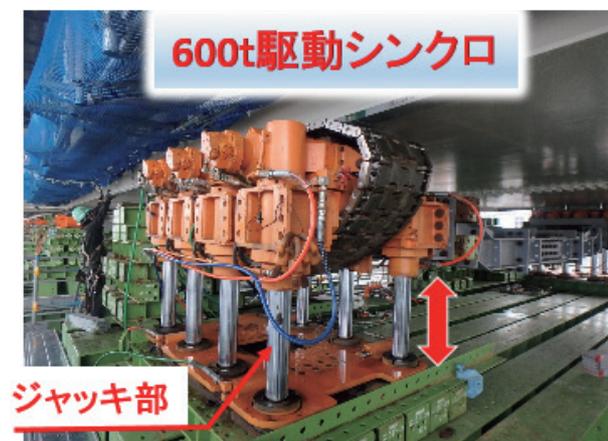


写真-5 駆動シンクロ

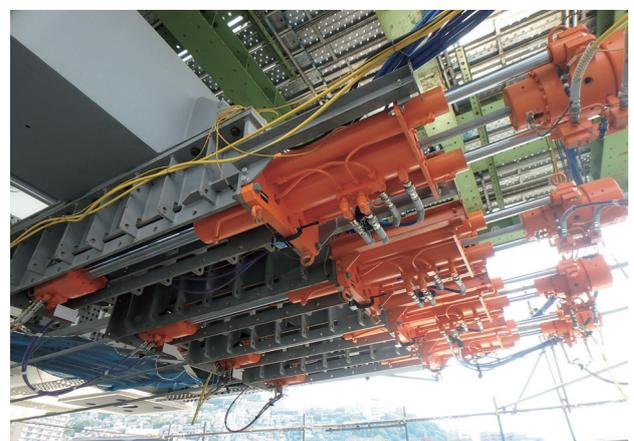


写真-6 エンドレスキャリア

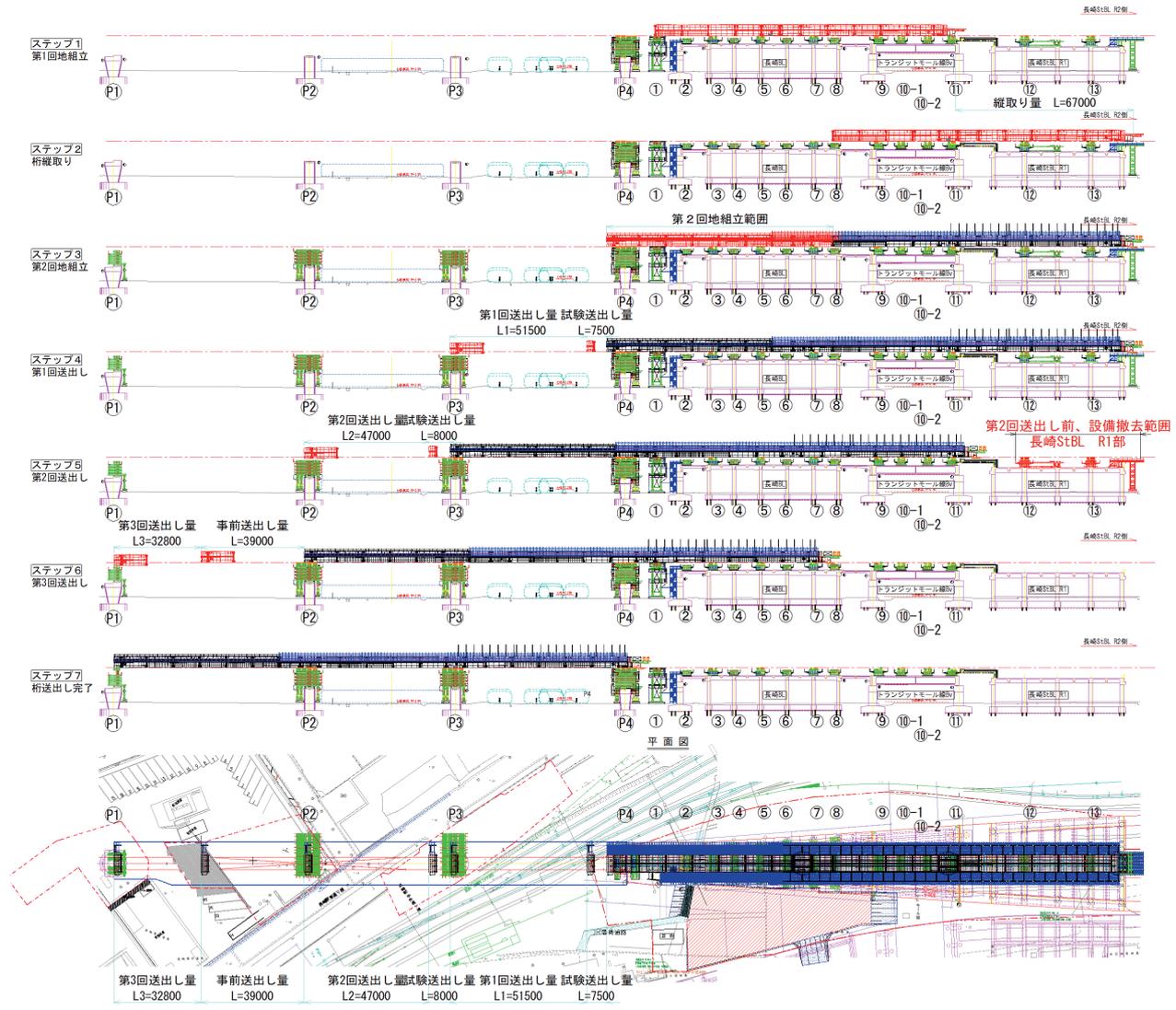


図-1 施工ステップ図



写真-7 縦取り設備

4. 送出し架設における課題及び対策

桁地組立時の後方への縦取りについて、当初1日だけの作業計画としていたが、実際には2日間の時間を要した。これは、縦取り時と同じ送出し設備を用いて、同等の距離の送出し作業が、夜間線路閉鎖時間内での施工が困難であることを証明していた。

そこで、縦取り時に時間を要した要因を分析するとともに、桁送出し前までに可能な対策を講じた。

(1) 縦取りに時間を要した要因

桁本体は左右対称の直線桁であったが、縦取り時の推進装置となるエンドレスキャリアおよび駆動シンクロジャッキを前方側に配置することで、横方向の拘束力の無い後方側に振られて、その結果送出し桁全体にズレが生じた。縦取り時は、ズレを抑制する設備を搭載していなかったため、桁のズレに合わせて各受点のシンクロジャッキ本体を移動させて縦取りを行っていたが、桁縦取りの進捗と共に桁のズレ量が大きくなり、予期せぬシンクロジャッキの位置調整が頻繁に発生した。このシンクロジャッキの位置調整作業に多大な時間を要したことが、作業時間を要することとなった大きな原因であった。

桁の送出し時において、全体重量・桁長、そして施工条件等が異なるものの、縦取り時と同様の事象が発生する事が予想された。

(2) 対策

(a) 桁本体の位置調整

縦取り時の実績を踏まえ、桁のズレは発生するものとして、桁本体の位置及び方向修正をこまめに行うことで、シンクロジャッキの大きな位置調整が発生しないように努めた。

また、桁位置の調整・管理する箇所を削減する目的で、実荷重における送出し時の構造解析を行い、桁耐力に問題ないことが確認できた箇所については、送出し時の受点（送出し設備）の配置の見直しを行った。

実際の送出し作業では、試験送出し時から桁ズレの傾向を確認するとともに、送出し時に反力を載荷しているシンクロジャッキの位置調整とともに、仮受用のシンクロジャッキの位置を荷重載荷していない状態で、いつでも仮受できるようにズレ量を予測しながら位置を調整しておくことによって、仮受・桁調整を迅速に行った。

(b) 駆動シンクロジャッキによる速度調整

1支点上の駆動シンクロジャッキは、左右の腹板に対

して個々に反力やストロークだけでなく、推進速度の管理がきるように配線・設置した。これにより、送出しを行っている最中の推進速度を調整することによって、左右の桁ズレの修正を行う計画だった。

(c) ガイド設備による桁ズレの抑制

桁下フランジ側面に、水平ジャッキで圧力および位置調整できるガイド設備を設置し、桁ズレの抑制を行った。ガイド設備は、全4箇所設置した。

(d) 桁位置の偏心

縦取り時に桁がズレる方向が同一方向だったため、桁送出し前に試験送出しを行い、桁ズレが生じる方向を把握するとともに、取ってその逆側に桁を偏心させ、送出し開始直後に桁を調整する回数が低減できるように計画した。

5. 結果と今後の改善点

上記で講じた対策だけでなく、送出し作業間合いの拡大化により、時間内にJR上の送出し作業を行うことができた。

ただし、対策毎に効果の有無があったため、その結果を報告する。

(1) 桁本体の位置調整

シンクロジャッキ本体の位置調整時間を短縮できただけでなく、桁本体のズレをこまめに修正する事により、桁を真っ直ぐに送り出すことができ、調整時間の大幅な短縮をすることができた。

送出し作業に限らず、重量鋼構造物の縦移動・横移動を行う際に桁の調整をしないことが重要だが、本橋に限ってはこまめな調整を行うことで、大規模な調整作業を行わずに済んだと言える。



写真—8 送出し状況

(2) 駆動シンクロジャッキによる速度調整

対策項目として、準備は行っていたが、受点が多く、反力の移り変わりが大きいため、反力管理を優先的にを行い、左右の速度差による方向修正は行わなかった。

(3) ガイド設備による桁ズレの抑制

ガイド設備は、水平力を計画反力の10%程度として必要な抵抗力を確保していたが、桁を送出ししている中で、桁が側面にズレようとする力を抑え込もうとしていたが、桁がガイド設備を送出し方向に持ち上げるような挙動を示した。ガイド設備と桁の接触面は摩擦抵抗の小さいナイロンPLを使用していたが、荷重をかけた場合の摩擦力が大きく、計画していた反力まで荷重がかからず、期待していた効果を確認できなかった。

本設備は、桁縦取り後に計画した緊急の設備だったため効果が得られなかったが、設備計画だけでなく、桁本体の補強等を工場製作時から計画することが必要と考えられる。



写真-9 ガイド設備

(d) 桁位置の偏心

桁送出し時の初動で、試験送出し時とは逆方向に桁がズレる挙動が確認された。想定とは逆側へのズレであったが、桁ズレに対して調整をするための設備を準備し、作業員に手順を周知していたため、以後の送出し・桁調整作業を円滑に行うことができた。

本橋のような超大型橋梁を、シンクロジャッキとエンドレスキャリアを併用する送出し架設を行う場合、桁ズレの抑制は困難であるため、桁位置調整の対策を講じ、シンクロジャッキの中心に真っ直ぐに荷重載荷するように送出し桁を安定させることが時間短縮に最も効果的であると言える。また、重量構造物の横方向のズレを抑制するには、堅固な設備と桁本体の耐力が必要なため、設計・工場製作段階から反映しておくことが重要である。

6. 反力管理

シンクロジャッキによる送出しは、送出しの進行により桁の受点が移動するため、シンクロジャッキ反力の変動とともに、各受点の板厚・材質により桁耐力値も変動する。

そこで、本工事では、送出し時の反力と桁耐力を包括的に一箇所で管理するため、集中制御を行った。

集中制御画面では、リアルタイムで計測した反力値とともに、計画反力値と管理値ラインを同時に表示させ、受点毎の桁耐力の余裕量を明瞭化し、反力調整を行いながら送出し作業を行った。

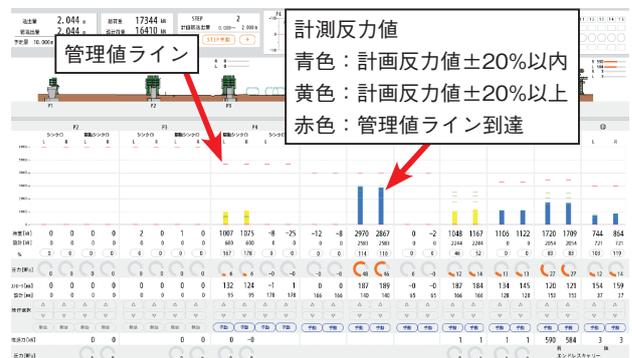


図-2 集中制御画面

7. 支承工

JRTTの桁は、死荷重を全て載荷した後に、支承で反力を支持することが通例で、油圧ジャッキによる仮支持状態で鋼桁架設後の施工(床版コンクリート工等)を行う方法が一般的である。

しかしながら、仮受ジャッキ存置期間の管理や費用が必要な他、温度変化による桁の伸縮や床版打設によるキャンバー変化等の桁の変状に対して追従できる範囲が限られる。本工事では、ジャッキ支持の代わりに、パット型ゴムを支承と桁の間に設置する事により、桁の変位をパット型ゴムに追従させ、支承本体には歪みを発生させない方法を採用した。ゴム製品なので、その都度製作するコストは必要だが、形状を□300×300に統一して製作することにより、コスト削減と品質の確保を図ることができる。



図-3 パット型ゴム

8. おわりに

近年、桁重量が増大してきており、台車設備を用いる以外の送出し架設工法が増えることが予想される。エンドレスローラーやエンドレスキャリーのようなワイヤー式送出し設備による送出しでは、ガイド的な設備を必ずしも構えることができないので、随時方向調整作業が発生することを念頭に置いておかなければならない。

また、JR上の送出し架設のように限られた時間内での架設作業を計画する場合、台車・ジャッキのような機械式の推進能力のみで送出し時間を決定する際には細心の注意が必要である。

本工事は、3径間の連続桁を、各スパン毎に計3回の送出しと1回の事前送出しを行った。実績を以下に記述する。

第1回送出し	16.0m/h
第2回送出し	21.7m/h
第3回事前送出し	19.5m/h
第3回送出し	21.8m/h

注意) 上記はシンクロの高さ調整に要した時間は含まない。

ジャッキの推進力が働き、桁が動いている時間だけに着目すると、 $v=16.0\text{m/h}$ を確保しているように思えるが、シンクロの高さ調整や送出し中の干渉物対策（本工事においてはシンクロ繋ぎ材が該当）等の時間を別途要している。

また本工事においては、シンクロを増台し縦列で配置する事で位置ずれ復旧に要する時間を短縮できたが、増台したシンクロ台数に対応する為に、非常に多くの作業員の協力が必要となった。以上を考慮すると、 $v=10.0\text{m/h}$ で計画を行う事が妥当と言える。今後の送出し計画に配慮したい。

謝辞

最後に本工事の施工を進めるにあたりご指導いただきました九州旅客鉄道株式会社、清水・三軌建設共同企業体の関係者の皆様に深く感謝します。また本報告書の作成にご協力いただいた各位にも誌面を借りて心よりお礼申し上げます。

2020.4.24 受付



写真-10 第1回送出し完了



写真-11 第3回送出し完了



写真-12 桁降下完了 (JR上状況)



写真-13 桁降下完了 (長崎市道上及びバスセンター上状況)

気仙沼線津谷川B架設工事

Erection Work of Tsuyagawa Bridge of the Kesenuma Line



朝倉 一久*¹
Kazuhisa ASAKURA



一条 勇輝*²
Yuki ICHIJYO

要 旨

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

本稿では、気仙沼線復旧における7橋梁のうち、津谷川上空を跨ぐ津谷川橋梁の上部工架設工事について報告する。

キーワード：トラス桁，河川上，縦取り

1. はじめに

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

本稿では復旧区間の内、津谷川を跨ぐ津谷川橋梁の上部工架設工事について報告する。



図-1 現場位置図

2. 工事概要

(1) 工事概要

工事件名：東北地方太平洋沖地震に伴う災害復旧

JR気仙沼線 津谷川橋梁架設工事

発注者：東日本旅客鉄道(株) 東北工事事務所

工期：2018年3月～2019年2月

架設工法：2P～3P間 縦取り工法

3P～4P間 栈橋 + クレーンベント工法

4P～5P間 栈橋 + クレーンベント工法

(2) 橋梁概要

工事場所：宮城県気仙沼市本吉町圃の沢

橋 長：280.0m

支間長：89.0m + 97.0m + 92.0m = 278.0m

鋼 重：987t

3. 本工事の特徴

- ①津谷川を跨ぐ橋梁である。
- ②洪水流に対する阻害（河川阻害）の影響を考慮してベント設備の配置を決定する必要がある。
- ③トラス桁であるため、組立時に格点を支持する必要がある。
- ④2P-3P間の上空に復興工事中の三陸自動車道が架橋されている。

*¹ 工事本部建設工事事務所建設工事グループ現場所長

*² 計画本部計画部計画第2グループ主任

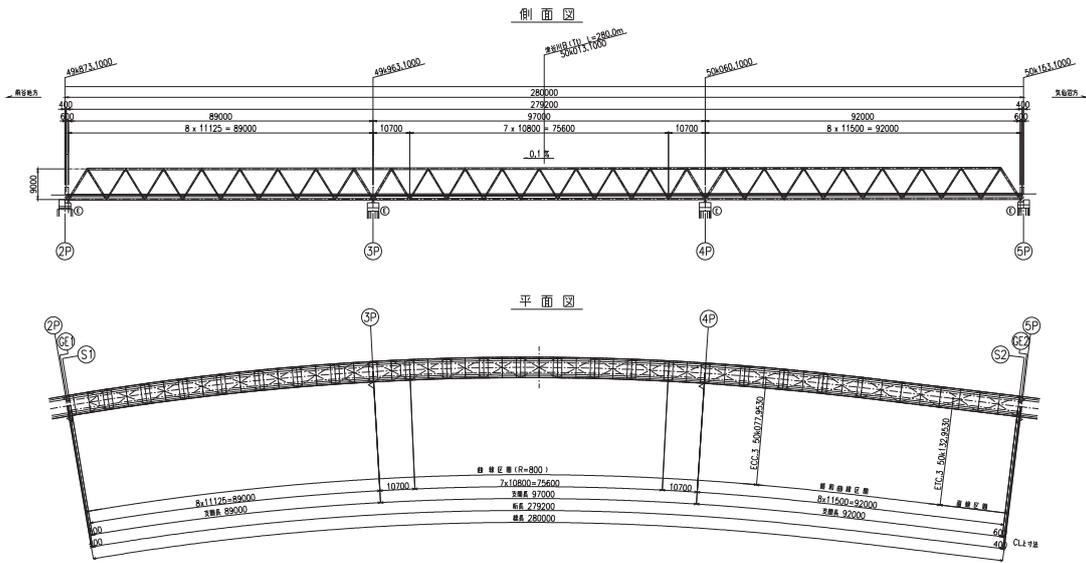


図-2 橋梁一般図

以上を踏まえ施工計画・現場施工を行った

4. 架設方法

本橋梁の架設は河川上となり、昼間作業で行えることからクレーンベント工法により施工を行った。

また、2P-4P間については河川上であることに加えて三陸自動車道橋梁下で交差する構造であることから縦取り工法を用いた。施工順序は右の通り。

- ①4P-5P間ベント設備組立 (左岸側)
- ②4P-5P間トラス桁架設 (左岸側)
- ③3P-4P間ベント設備組立 (中央径間)
- ④3P-4P間トラス桁架設 (中央径間)
- ⑤2P-3P間ベント設備・軌条設備組立 (右岸側)
- ⑥2P-3P間トラス桁組立・縦取り (右岸側)
- ⑦閉合ブロック架設

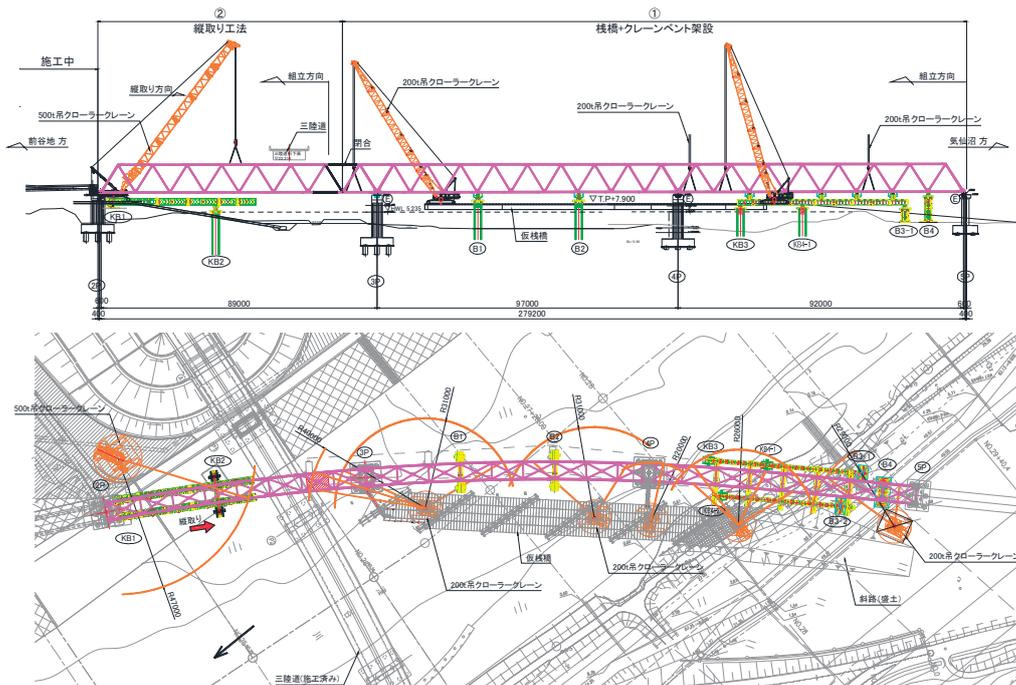


図-3 架設一般図

(1) 4P-5P間ベント設備組立

左岸側（4P-5P）は流水部に杭ベントを3基、高水敷にベント設備3基の組立てを行い、ベント設備上にはトラス桁の格点を受けられるよう受桁の組立てを行った。

流水部の杭ベントは河川阻害が最小となるように考慮した位置に配置した。



写真-1 4P-5P間 ベント上受桁組立状況



写真-2 4P-5P間 ベント設備組立完了

(2) 4P-5P間本設桁架設

本設桁の架設は、架設位置の下流側に構築した仮栈橋上から200t吊クローラークレーンを使用して架設を行った。上弦材の架設は施工性を考慮して左右2主構を仮栈橋上で面組してから架設を行った。



写真-3 4P-5P間 上弦材面組架設



写真-4 4P-5P間 トラス桁組立完了

(3) 3P-4P間ベント設備組立て

中央径間（3P～4P）の流水部に杭ベントの組立てを行った。トラス桁を張出し架設することでベント設備数を最小限にし、河川阻害に配慮した。



写真-5 3P-4P間 ベント設備

(4) 3P-4P間トラス桁架設

3P-4P間のトラス桁は、先に架設した4P-5P間の桁に延長する形で張り出して架設を行った。張出し架設になることから、下弦材・斜材・上弦材の順に架設を行い1パネル組立て完了後に次のパネルの組み立てを行った。



写真-6 3P-4P間 トラス桁架設



写真-7 3P-4P間 トラス桁架設完了

(5) 2P-3P間ベント設備、軌条設備組立て

縦取り工法に伴い、2P-3P間にベント設備の組立て、ベント設備上には軌条桁を設置しその上に台車設備を配置した。ベント設備は流水部になることから河川阻害を考慮した配置とした。



写真-8 2P-3P間ベント設備・軌条設備



写真-9 組立台車設備

(6) 2P-3Pトラス桁架設

トラス桁の組立ては三陸自動車道との位置関係を考慮し2P橋脚前面で3パネルを組立てた。組立てたトラス桁は3P側に向かっての縦取りを行い、2P側の1パネル組立て後に縦取りを3度繰り返した。軌条桁上のトラス桁は3P側から張出すトラス桁に合うよう位置調整し縦取りによって下弦材及び斜材の閉合を行った。

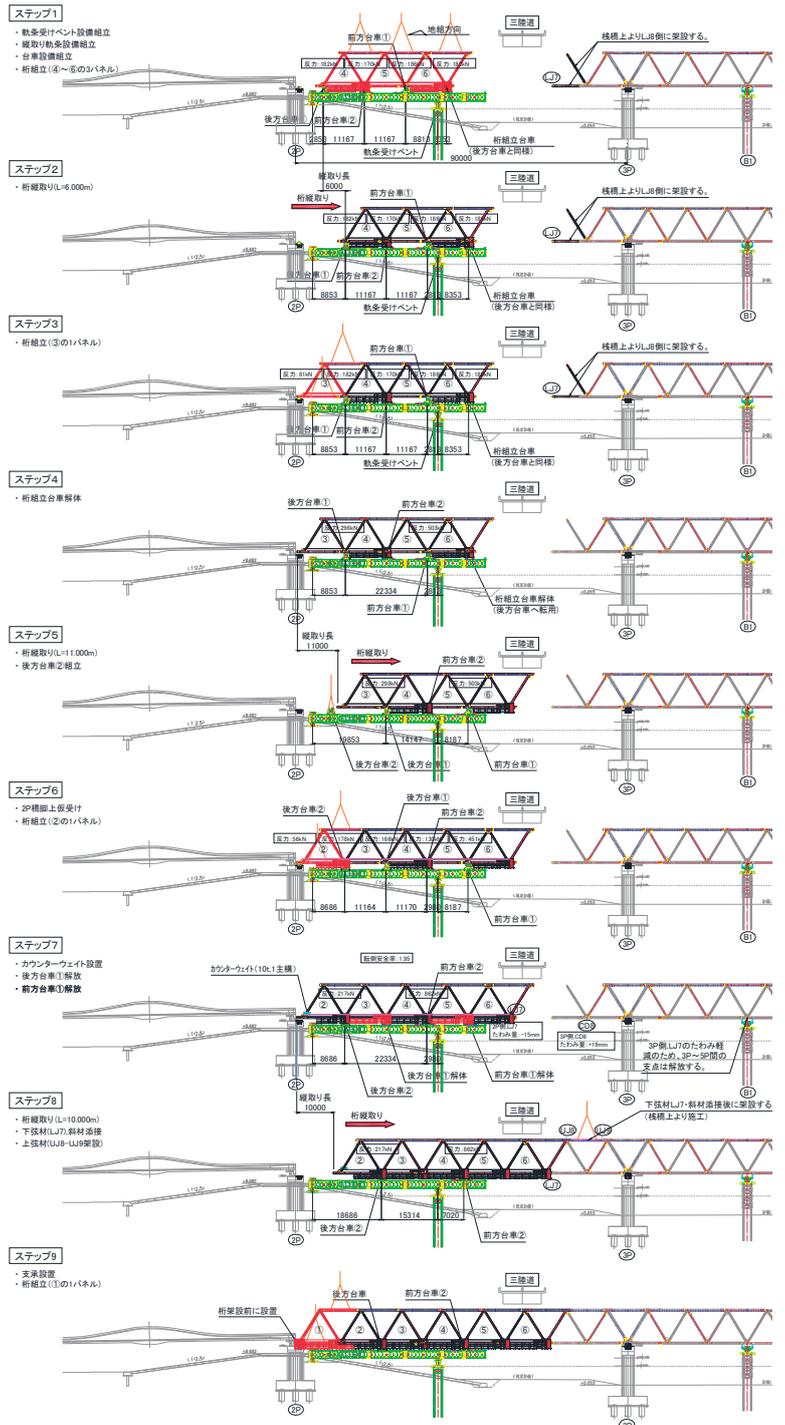


図-4 2P-3P間 施工ステップ図



写真-10 2P-3P間トラス桁組立状況



写真-13 上弦材閉合ブロック架設状況



写真-11 縦取り前の状況



写真-12 下弦材・斜材閉合状況（縦取り作業中）

(7) トラス桁上弦材閉合

縦取りにより下弦材及び斜材の閉合完了後、上弦材の架設を行った。架設は仮栈橋上よりクレーンを使用して架設した。

前項の縦取り時に位置調整等の作業を行っていたため、閉合時にはチェーンブロックなどによる簡易的な仕口調整のみで対応した。

(8) プレキャスト床版架設

トラス桁架設完了後、桁上にプレキャスト床版の架設を行った。2P-3P間は右岸側より500t吊クローラクレーンを使用し、3P-5P間は作業構台上より200t吊クローラクレーンを使用して架設を行った。三陸道下や上弦材支材等で直接架設できない部分はフォークリフトを使用して設置を行った。



写真-14 プレキャスト床版クレーン架設状況



写真-15 フォークリフト使用時



写真-16 プレキャスト床版設置完了



写真-17 架設完了

4. おわりに

本工事は河川を跨ぐ橋梁工事であり、洪水流に対する阻害の影響を考慮した中での作業であった。かつ、三陸自動車道が近接する条件下での施工であった。

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

2020.5.11 受付

林崎橋送出し架設工事

Launching Erection Work of Hayashisaki Bridge



岡崎 拓也*¹
Takuya OKAZAKI



小松 篤史*²
Atsushi KOMATSU

要旨

国道2号線は都市の骨格を形成し、第二神明道路や国道175号、250号と共に他地域とのネットワークを形成する広域幹線道路である。しかしながら兵庫県明石市立石一丁目から和坂までの区間のみ2車線で慢性的な交通渋滞が発生していることから、円滑な交通を確保するため、当該区間の4車線道路拡幅整備を進めている。

本工事では、拡幅事業区間のうち、JR山陽本線神戸線明石～西明石間の線路上空を横断する跨線道路橋を、手延式送出し工法にて架設する工事である。本稿では架設工事に関わる施工について報告する。

キーワード：送出し架設，横取り

1. はじめに

本橋は、国道2号線に隣接しJR山陽本線の明石～西明石間と交差する部分に位置する跨線道路橋である。

JR上での施工となるため、兵庫県との協定より西日本旅客鉄道株式会社へ委託され発注となった工事である。

架設工法は、線路上空での上下4線オールクリア線閉内作業とし、作業時間が約30分程度しか確保できない条件であったため、手延機と自走台車設備を用いた送出し工法を採用した。

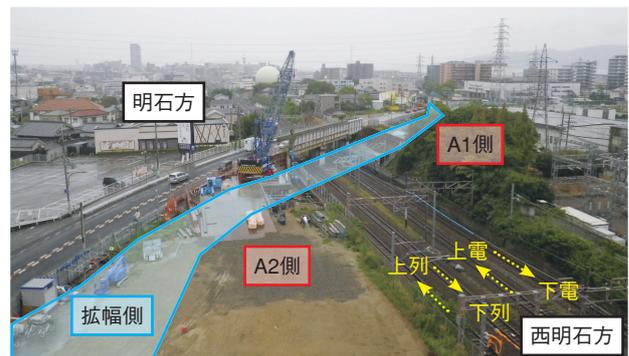


写真-1 工事位置



図-1 施工位置



図-2 完成イメージ

*¹ 関西支社関西工事・計画部関西工事グループ現場所長

*² 関西支社関西工事・計画部関西計画グループ主任

2. 工事概要

工 事 名：林崎こ線橋下り線架設工事

工事場所：兵庫県明石市和坂地内

施工時期：平成30年2月～平成30年10月

企 業 者：西日本旅客鉄道株式会社 近畿統括本部
神戸土木技術センター

元 請 者：大鉄工業株式会社 土木支店

橋梁形式：単純鋼床版2主桁桁橋

橋 長：47.600m

桁 長：47.400m

支 間 長：44.600m

幅 員：12.650m

鋼 重：約270t

斜 角：39°03'51" (A1)、36°00'43" (A2)

3. 本工事の特徴

②JR山陽本線を跨ぐ橋梁である。

②鉄道営業線上空で短時間の架設となるため、送出しによる施工を行う。

③本桁は支点位置が斜角で、縦横断勾配を有した構造のため、支点反力差がアンバランスである。

④JR4線全てが線路閉鎖且つ停電間合いとなる作業時間内で送出しおよび桁降下を行う（表-1）。

表-1 作業時間区分表

	【平日・土曜】	【日曜】
4線線閉時間	2：52～3：31（39分）	2：45～3：36（51分）
作業時間	2：57～3：26（29分）	2：50～3：31（41分）

以上を踏まえた施工計画・現場施工を行った。

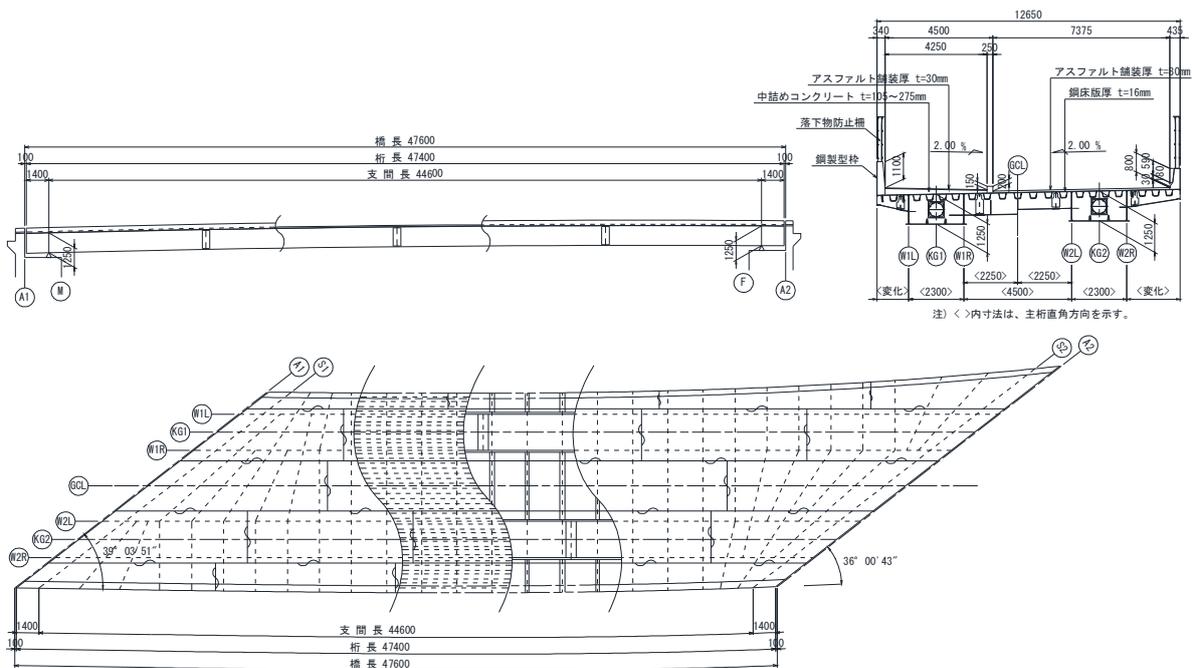


図-3 構造一般図



写真-2 送出し施工前



写真-3 送出し到達後



写真-4 桁架設完了

4. 架設方法

本工事の架設方法は、手延べ機と自走台車設備を用いた送出し工法を採用とした。隣接する国道2号線からの離隔確保のため、1.0mシフトした位置での送出しとし、送出し完了後に1.0mの横取りと約3.1mの桁降下を行った。

施工順序は以下の通りである。

- | | |
|------------------------|--------------------------------|
| ①軌条設備、台車設備組立 | ⑨第4回送出し (L=5.8m)、手延機解体 (2ブロック) |
| ②A1橋台盛替え設備組立 | ⑩第5回送出し (L=5.7m) |
| ③A2橋台盛替え設備組立 | ⑪第6回送出し (L=6.4m)、手延機解体 (2ブロック) |
| ④主桁、鋼床版、鋼製型枠組立 | ⑫第7回送出し (L=7.1m) |
| ⑤手延機、連結構 (前方・後方)、後方桁組立 | ⑬第8回送出し (L=5.7m) |
| ⑥第1回送出し (L=41.4m) | ⑭手延機解体 (2ブロック)、前後連結構・後部桁解体 |
| ⑦第2回送出し (L=6.0m) | ⑮桁横取り (L=1.0m) |
| ⑧第3回送出し (L=6.1m) | ⑯桁降下 ($\delta=3.1m$) |

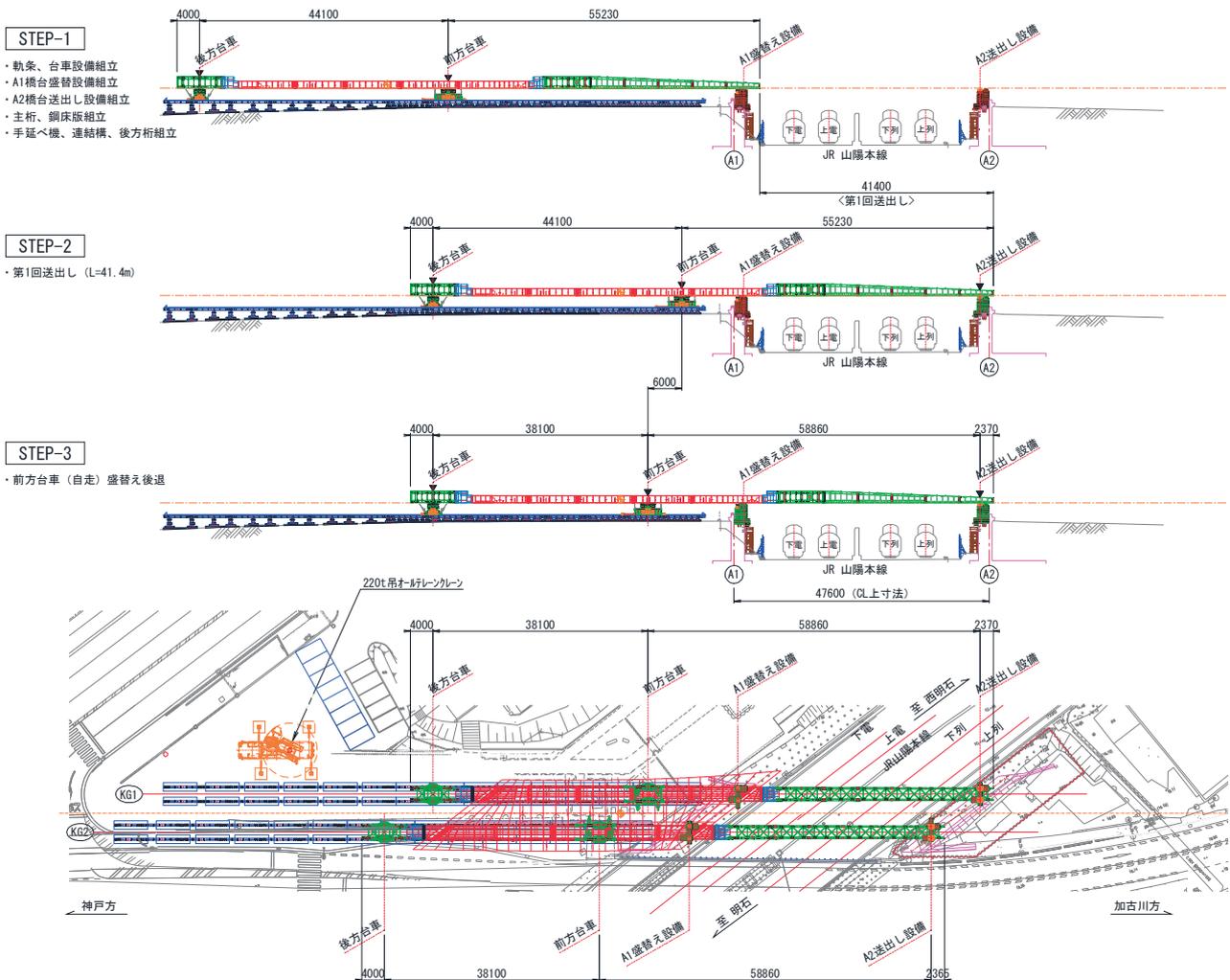


図-4 送出しステップ図 (その1)

(1) 軌条設備

送しヤードとなるA1橋台背面は、横断勾配と縦断勾配が大きかったため、あらかじめ砕石上に鉄筋コンクリート基礎でLevel調整を行い、その上に敷鉄板基礎と枕梁、軌条桁および37kgレールで構成された、延長95.5m×4軌条の構造物を設置した。ヤード後方部ではベント材で高さを合わせて組み立て、前方台車が走行する区間は、枕梁を密に配置した支持構造とした。



写真-5 鉄筋コンクリート基礎



写真-6 軌条設備



写真-7 軌条受けベント設備

(2) 手延機、主桁組立

手延機および主桁組立は、220t吊油圧クレーンを使用して行った。送し施工ヤードは狭隘で、少しでも拡幅してもらうよう協議を行い、大型重機の据付位置は上空架空線に影響しない位置で、手延機および主桁の部材を軌条設備の後方から取り込み、地組台車を使用して縦送りしながら組立を行った。



写真-8 主桁組立

(3) 橋台上設備

発進側のA1橋台上設備は、台車盛替え時の仮受設備とし、到達側のA2橋台上設備は、シンクロジャッキを配置した。

主桁の支点が斜角であることから、橋台平面も斜めになっており、設備の配置幅を確保するため、各橋台前面に拡幅ブラケットを設置した。

拡幅ブラケットは、事前に埋め込んでおいた埋め込みアンカー（フォームコネクター）と取り合う構造とし、アンカー位置は実測した後に製作反映させることで、施工誤差を無くすことができた。



写真-9 橋台上設備

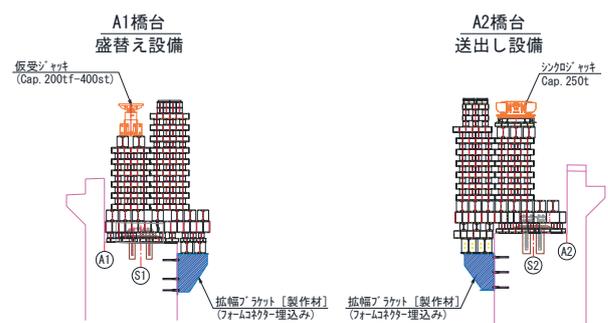


図-6 橋台上設備図

(4) 主桁送出し

送出し作業はJR山陽本線の4線オールクリア線路閉鎖および停電間合いの約30分で施工しなければならない。

第1回送出しは手延機先端がA2橋台に到達するまで41.4mあるため、自走台車と従走台車による送出しとした。
(所要時間：41.4m ÷ 1.67m/分 ≒ 25分)



写真-10 前方自走台車

1) 送出し時の不測の事態時対応

短時間での送出し架設において、緊急時の対策が求められるが、本施工においては自走台車の機械トラブルによる対応が求められた。

対応策として予備動力である水平ジャッキを自走台車に取り付けておき、万が一の故障で自走困難になった場合でも、水平ジャッキに切り替えて作業を続行するのが一般的である。しかし今回の第1回時の送出し量を水平ジャッキの移動速度では押し切ることも引き戻すことも作業時間内では困難であったため、実際の送出し能力は駆動モーター4台で十分であったが、予備の駆動モーターを更に倍追加し、合計8台設置することで、送出し中の機械トラブル時による対応処置とした。

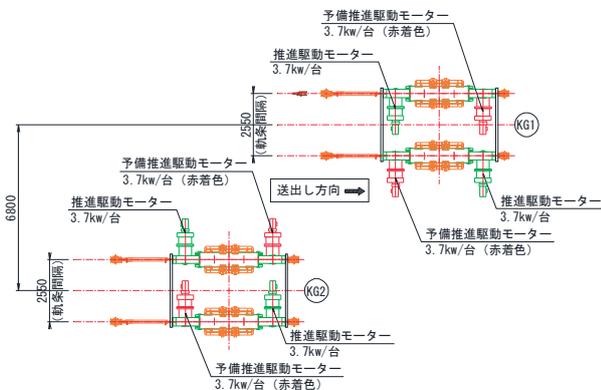


図-7 駆動モーター配置図

2) 手延機先端たわみ処理

手延式送出し工法では手延機のとわみ処理が発生し、鉄道上の作業時間が制約された工事においては作業工程に大きく影響する。

手延機がA2橋台に到達した後に手延機先端をジャッキアップすると制約された鉄道上での作業時間を大きく超えてしまう。

本工事においては、第1回送出し時に前方台車と後方台車の張出し2点支持状態にし、手延機先端では大きなたわみが発生することから、そのたわみ処理方法として、前方台車でジャッキアップ、後方台車でジャッキダウンを行い、手延機先端部を事前に上げ越した状態で送出しすることで、手延機到達後の手延機応力導入作業をスムーズに行えた。

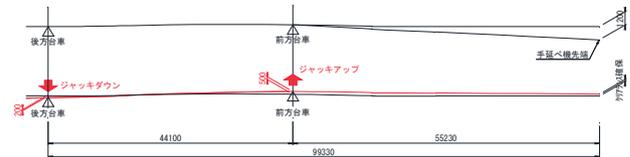


図-8 たわみ処理概要図

3) 到達後の方向位置修正

第2回目以降の送出しは、A2橋台上のシンクロジャッキおよび軌条設備上の自走台車と従走台車により6.0mずつ繰り返して送出しを行った。

今回手延機のとわみ量が左右で異なり、主構間の繋ぎ材も設置することができなくなったことから、手延機が左右自由に動く結果となり、横方向の修正頻度が多かった。

手延機の角レール50mmをシンクロジャッキのローラー幅300mmで受ける際、手延機の横方向の許容偏心ずれ量を50mm～100mm以内として管理した。

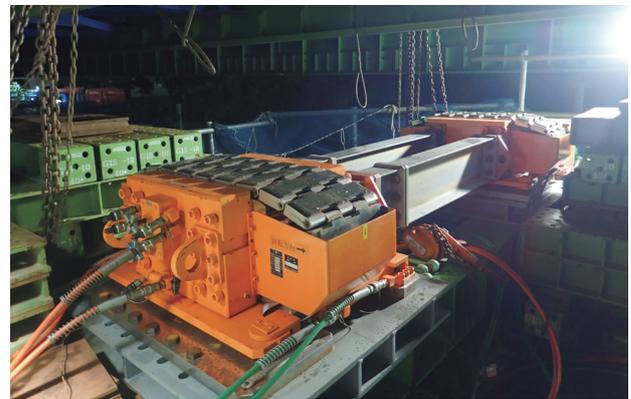


写真-11 シンクロジャッキ

4) 水平ジャッキによる送出し

第7回目以降の送出しになると、自走台車上の桁反力の低減により、摩擦抵抗不足にて車輪が空回り（空転）することから、台車に取り付けておいた水平ジャッキを駆動力として切り替え、台車設備と送出し桁（後方桁）をPC鋼棒とセンターホールジャッキとで拘束し、水平ジャッキによる送出しとした。（送出し能力：0.4m/分）



写真-12 台車と後方桁とを拘束

(5) 送出し時の計測管理

1) 反力管理

送出し時は支点の変動により設計反力を超過する場合がありますため、反力計測・管理を行った。

各支点に設置されたジャッキに圧力変換器を取り付けて、それを計測室に設置したパソコンにより反力値を監視および調整を行った。

各送出しステップにおいて、設計値に対して設けた管理上限値（設計値×1.2）を超えた場合は、計測室からの遠隔ジャッキストローク操作による反力調整にて、厳密な荷重管理を行った。

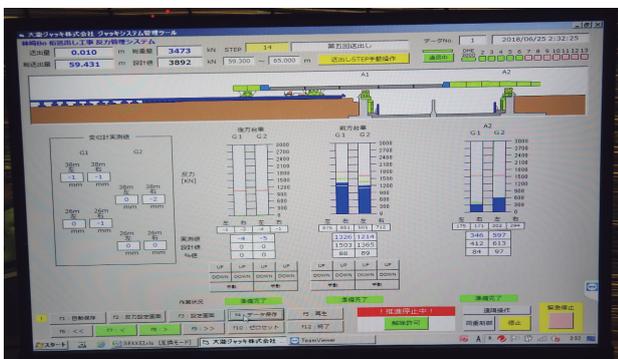


写真-13 計測画面

（計測室の他、自走台車操作箇所にも当画面を設置した）

2) 沈下量計測

近年、橋梁架設における地盤沈下による安全対策が求められていることから、本工事においても送出し時の軌条設備の沈下による作業中止の判断を行う上で、軌条設備の不等沈下を計測、監視する必要があった。

(a) 沈下の測定方法

第1回送出し時による前方台車走行範囲の内、線閉作業内での引き戻し可能ポイントであるL=26m地点と、手延機到達1m手前であるL=39m地点での沈下量計測を行った。

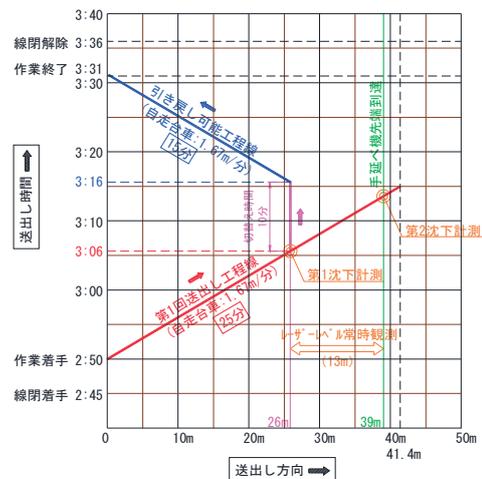


図-9 送出し工程図

測定方法はリニア式変位計を用いて指定ポイントの部分計測を行い、計測結果は計測室に設置したパソコンを通してリアルタイムで監視できるようにした。

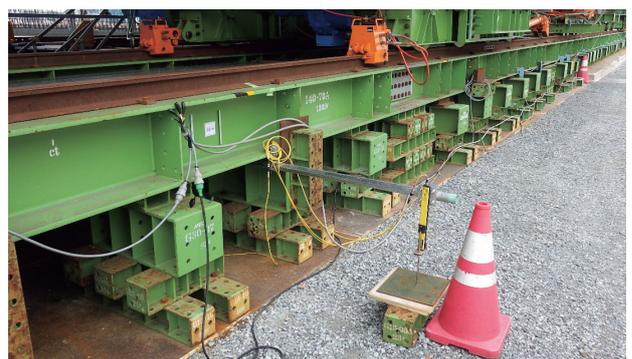


写真-14 リニア式変位計

(b) 沈下量の管理値

変位計での計測では、送出し前測定、送出し移動時測定、送出し移動完了後測定の手順で行い、沈下量の管理値と管理値を超えた場合の対応策を①継続、②一時中断、③作業中止の3段階に分けて管理した。

(6) 桁降下

送出し完了後、桁を据え付けるために約3.1m以上のサンドル桁降下を行った。

送出し時と同様に線路上の線閉作業時間が短いこと、降下時の支点反力差が、鋭角部と鈍角部とで非常に偏りが大きかったため、降下時の荷重制御システムとしてタッチパネル式デジタル表示器（デジカジプラス）の荷重管理を使用し、4点同時（ジャッキ8点支持）に鉛直油圧ジャッキを用いて1サイクル150mmずつ桁降下を行った。

デジカジプラスにより、全支点のストローク量を許容偏差内に制御しながら集中管理することで、大きな偏荷重も無く安定した状態で降下作業を無事行えることができた。

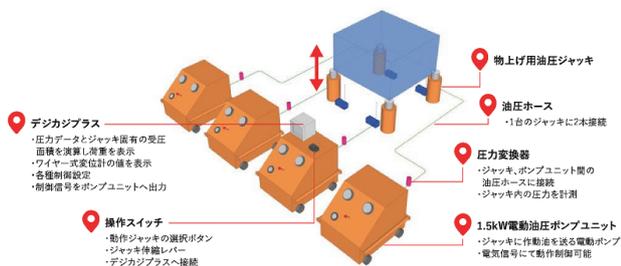


図-10 デジカジプラスによる荷重制御システム



写真-15 桁降下全景



写真-16 桁降下ジャッキ

(7) 支承擔付け

前述の通り、本桁は支点位置が斜角で、縦横断勾配を有した構造のため、支点反力の偏りが大きく、また鋼桁架設完了段階では1日の温度変化の中で支承の浮き沈みが発生した。

支承固定ステップとして、鋼桁架設完了後に、桁移動量の計測を行い、荷重の重たい支承2箇所を先行で固定し、荷重が軽い支承箇所は、床版・壁高欄打設後の支点反力が増えた状態のときに固定を行った。

5. おわりに

本工事は、JR山陽本線上での作業時間が非常に短い中での送出し工事であった。

更に今回の桁は、縦横断勾配と斜角形状を有していることから支点反力差が大きく、反力管理を行う上では組立から送出し、桁据付けまでに緻密な高さ管理や荷重管理が求められた。

最後に本工事の施工を進めるにあたりご指導いただきました西日本旅客鉄道株式会社、大鉄工業株式会社の関係者の皆様に深く感謝し、誌面を借りて心よりお礼申し上げます。

2020.5.18 受付

天王洲支点補強工事報告

A Report on Support Reinforcement Work in Tennouzu



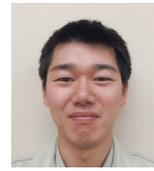
小林 智則*¹
Tomonori KOBAYASHI



出口 哲義*²
Akiyoshi DEGUCHI



田村 修一*³
Shuichi TAMURA



利光 崇明*⁴
Takaaki TOSHIMITSU

要旨

首都高速1号羽田線の更新工事において、更新線と既設高速道路の連結部（天王洲工区）では、道路舗装を嵩上げ・擦り付ける必要があるため、既設の舗装重量が大幅に増加する。この既設舗装部の重量増加に対応するために、既設橋梁桁の補強を行った。本稿では、当社が担当した支点補強の施工内容について報告する。

キーワード：既設桁補強，荷重支持支承，バッファー支承

1. はじめに

首都高速1号羽田線（東品川栈橋・鯨洲埋立部）は、1963年に供用を開始し、供用後50年以上経過したため、大規模な更新工事を実施している。

更新線（下り線）と既設高速道路の連結部（天王洲工区）では、道路舗装を嵩上げ・擦り付ける必要があるため、既設の舗装重量が大幅に増加する。この既設舗装部の重量増加に対応するために、支間中央部に仮支点を設置し、既設橋梁桁への補強を実施した。工事箇所図を図-1に示す。

2. 工事概要

工事名：高速1号羽田線（東品川栈橋・鯨洲埋立部）
更新工事

発注者：首都高速道路株式会社

受注者：大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなろ・川田・東骨・MMB・宮地異工種建設工事共同企業体

工事場所：東品川天王洲工区（既設橋梁P22～P16）

当社工期：2019年2月～2019年11月

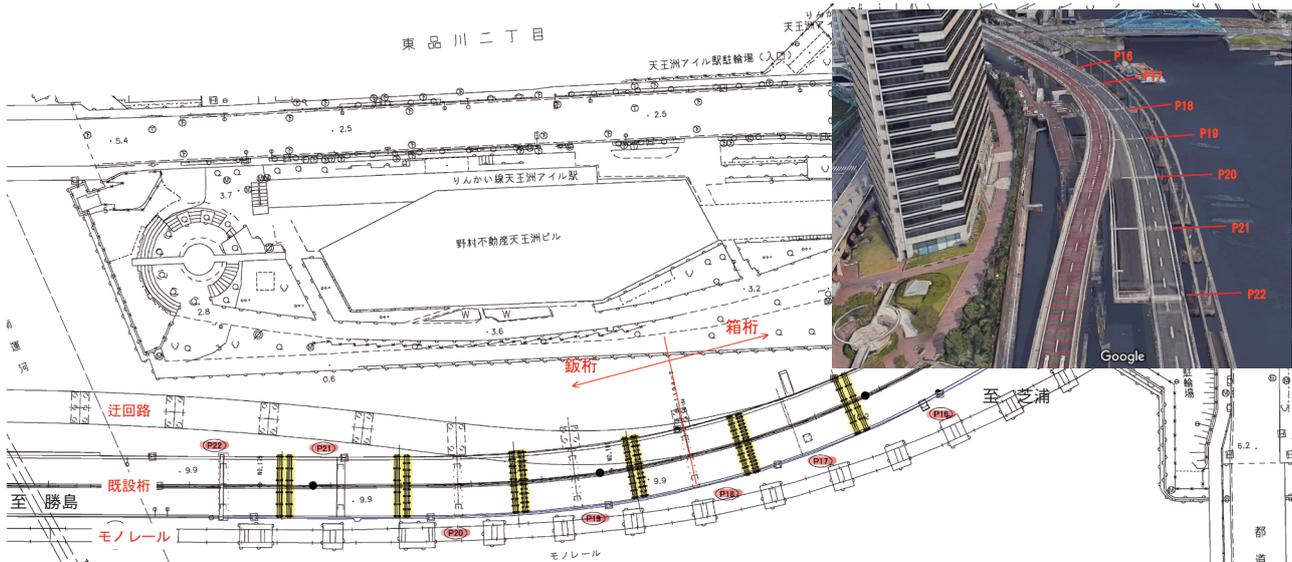


図-1 工事箇所図

*¹ 工事本部橋梁工事部橋梁工事グループ現場所長

*² 計画本部計画部計画第1グループサブリーダー

*³ 計画本部計画部計画第1グループ主任

*⁴ 技術本部設計部設計第2グループ主任

3. 支点支持構造

仮支点として設置する支点支持構造図を図-2に示す。仮支点は既設橋梁のモーメント及びたわみ量が最大となる支間の中央部に配置している。

本構造の特徴として、通常の機能分離型支承装置では荷重支持支承とバッファー支承が橋軸直角方向に向かって並列に設置されるのに対して、今回は1つの解析構造として橋軸直角方向兼用とした場合に構造計算が収束しなかったため、橋軸方向に向かって荷重支持支承とバッファー支承を分離して配置した構造となっていた。

支持構造について、運河内に打込みした支持杭とH鋼やサンドル材を組合せ(写真-1)、その上に上部工からの荷重を支持するための支承を設置する。

また、支点部の既設桁に作用する荷重に対する補強として既設橋梁に支点支持部材の設置を行う。補強部材の配置詳細を図-3に示す。

今回の施工範囲内には鈹桁(P22~P18)と箱桁(P18~P16)の範囲がある。鈹桁範囲について、橋軸方向補強(鉛直荷重支持)は垂直補剛材タイプの補強部材を設置するのに対して、橋軸直角方向補強(水平荷重支持)は横桁を新規に増設するため、既設の横構や検査路など



写真-1 支持杭打設状況

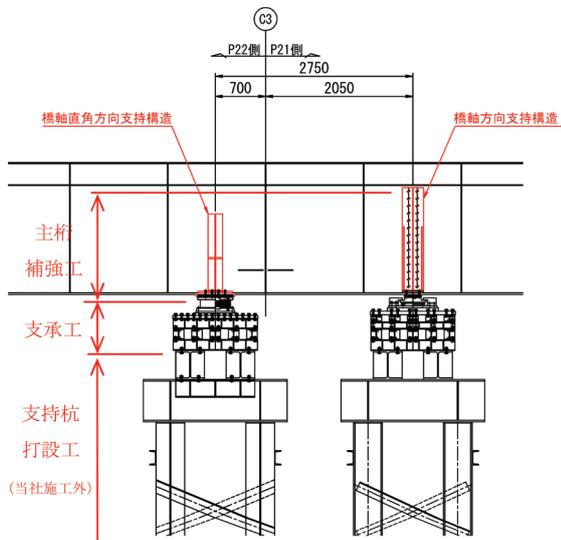
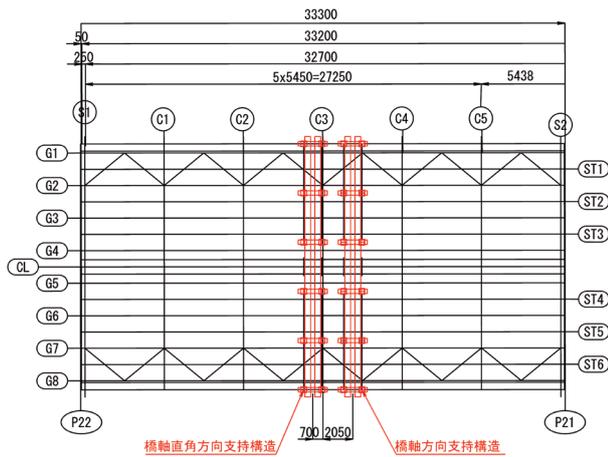


図-2 支点支持構造配置図

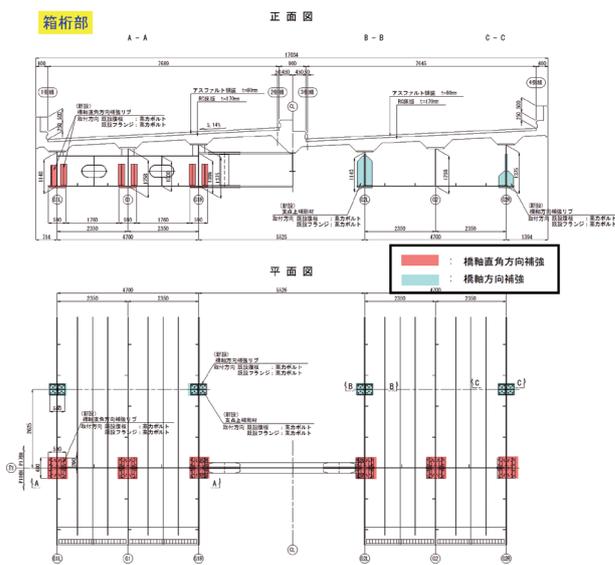
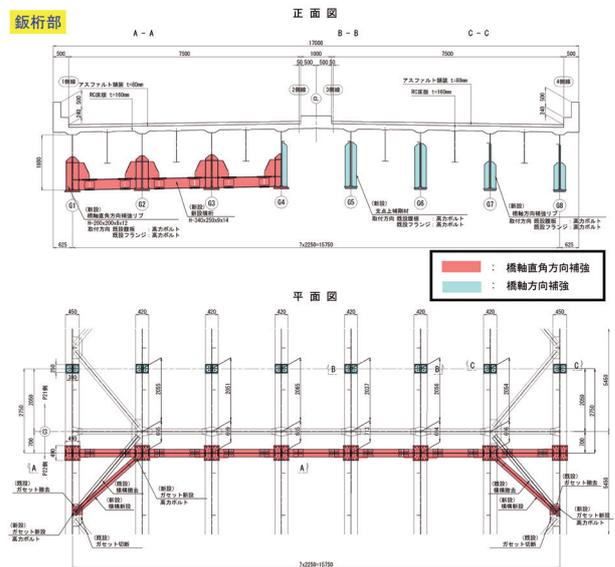


図-3 主桁補強部材配置図

を分断する構造となり、部材復旧時には干渉等がないように構造の変更を行う必要があった。

また、箱桁範囲については橋軸方向補強、橋軸直角方向補強共に垂直補剛材タイプの補強部材の設置を行うが、桁の外側だけでなく桁の内部にも補強部材を設置するため、部材の搬入等の導線についても考慮する必要があった。

4. 施工フローチャート

本工事の施工フローチャートを図-4に示す。

施工に先立ち現場調査・実測を行い、既設竣工図書との差異や支障物の有無について確認を行った。実測した主な測定項目は下記のとおりであり、その結果を製作部材にも反映させた。

- ・隣接する主桁同士のウェブ間隔、フランジ高低差
- ・主桁本体のそり、板厚、板幅、縦断勾配
- ・支持構造天端～既設主桁下フランジまでの間隔
- ・横構ガセット高さ
- ・溶接継手位置（ビード幅）

また、既設桁の補強部材設置面については、塗膜を剥離しておく必要があるため、ブリストルブラスター、ダ

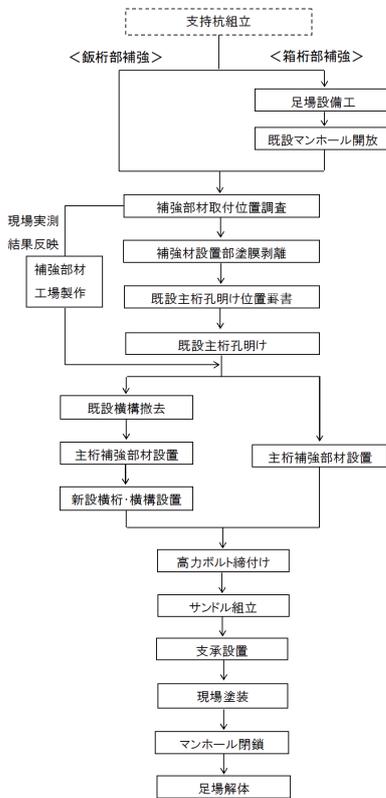


図-4 施工フローチャート

イヤモンドホイール等の動力工具を使用した塗膜剥離作業を実施した。塗膜剥離の作業状況を写真-2に示す。

5. 主桁補強工

(1) 既設横構・ガセット撤去（鉄桁部のみ）

鉄桁部に設置する新設横桁と干渉するため、補強材設置直前に既設横構をガス切断により撤去（撤去重量最大65kg）した。なお、ガス切断時には、既設の桁に直接熱が入らないように母材より10mm程度離れた箇所で切断（図-5）し、残ったピースあと等は母材を傷つけないようにグラインダー等で撤去し、不陸が残らない程度に平滑に仕上げを行った。既設ガセットの撤去作業状況を写真-3に示す。



写真-2 塗膜剥離作業状況

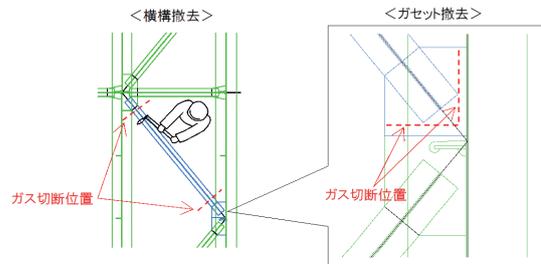
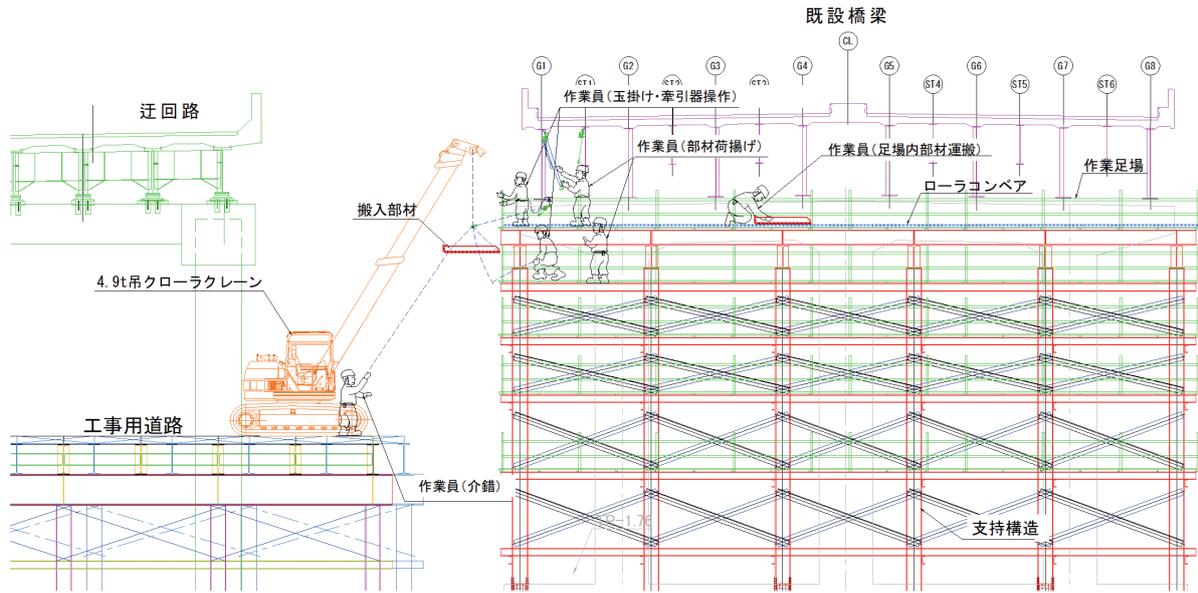


図-5 横構・ガセット撤去要領



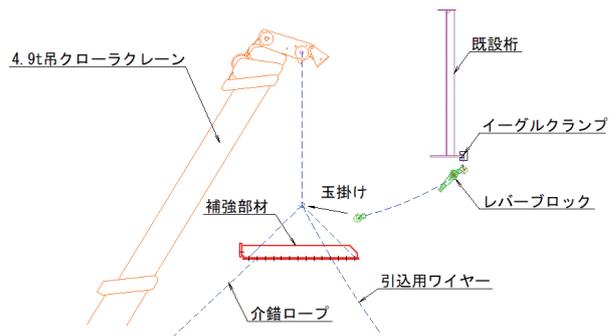
写真-3 既設ガセット撤去状況



図一六 補強部材搬入要領



写真一四 部材搬入状況



図一七 足場内部材引込状況

(2) 補強部材搬入

補強部材の搬入要領を図一六に示す。工事用道路が既設橋梁と隣接する位置で設置されているため、4.9t吊クローラークレーンを工事用道路に据え付け、支持構造天端の足場付近まで部材の吊上げを行った。クレーンを使用した部材の吊り上げ状況を写真一四に示す。

上空には既設橋梁があり、クレーンのブーム延長にも制約があるため、図一七に示すように、クレーンから部材を受け取る形でレバーブロックやワイヤ等を使用して支持構造足場内への引込みを行った。

また、写真一五に示すように足場内には部材運搬用としてローラーコンベアや台車等を設置したことで、足場内で重量部材を移動させる際の作業性を向上させることができた。



写真一五 足場内部材移動状況

(3) 主桁補強材・ソールプレート設置 (钣桁部・箱桁部)

重量部材 (最大重量225kg) については、既設桁の垂直補剛材のスカーラップ等を利用してチェンブロックを設置し、吊り上げを行った。部材の設置状況を写真一六に示す。

ソールプレート (最大重量140kg) の設置は、ウェブ面の両側に取りつける主桁補強材を取りつけた後に、ボ



写真-6 部材設置状況



写真-7 部材設置状況

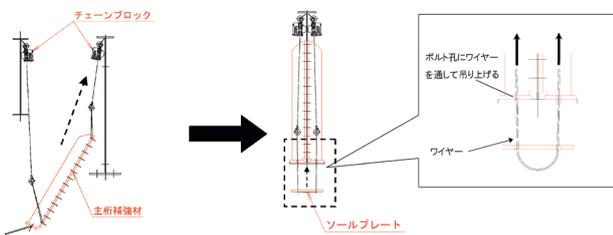


図-8 主桁補強部材設置要領

ルト孔を利用してワイヤー等を通して吊り上げ、下フランジに固定した。図-8に主桁補強部材の設置要領を示す。

(4) 新設横桁の設置（钣桁部のみ）

主桁補強材、新設ガセットの設置が完了（写真-7）した後、図-9に示すように主桁補強のボルト孔間隔や対角長、横構と取り合うガセット間隔等を実測して、新設横桁・新設横構の工場製作へと反映させた。

また、新設横桁及び新設横構部材は、片側のみボルト孔を工場孔明けとし、現地で部材設置後、添接板の孔に合わせてアトラにて当てモミをし、もう片側のボルトの孔合わせ時の取り合いに問題が生じないように配慮した。

6. 支承工

本工事において、バッファー支承と荷重支持支承とで橋軸方向に分離して配置させる必要があるため、支承の据付けは図-10に示す施工手順にて設置することとし、一つの支持構造内の全支点の支承据付けが完了し、誤差調整を行った後に支承の固定をおこなった。支承部の構造詳細を図-11に、施工ステップを図-12に、施工状況を写真-8に示す。

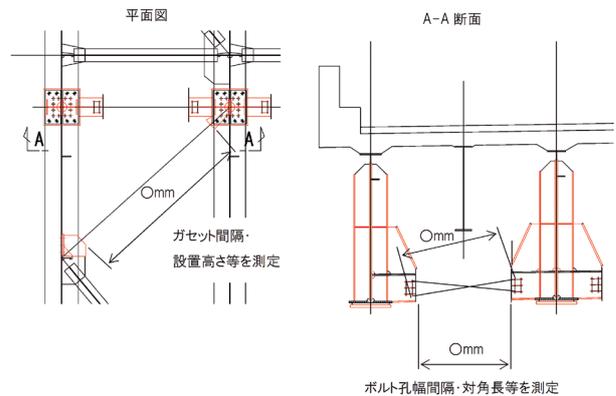


図-9 補強部材設置後実測箇所

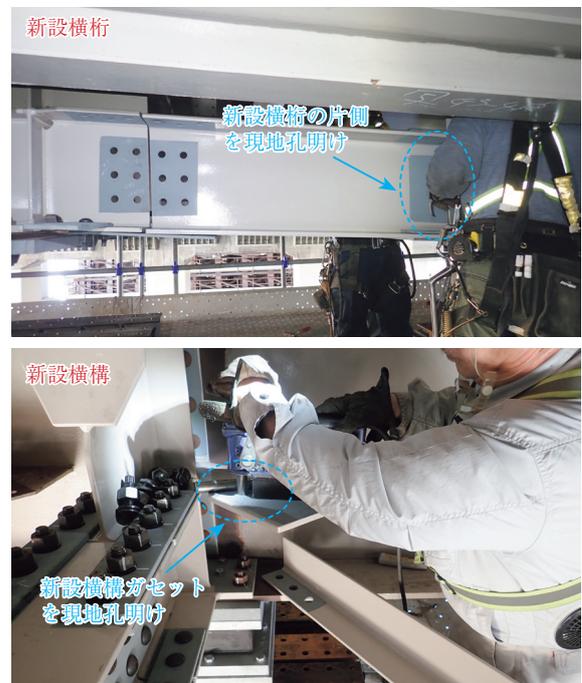


写真-8 主桁補強部材設置後状況

<STEP-1> 支持構造（下部工）への反力導入

支承設置前に支持構造の杭等が沈下することを考慮して油圧ジャッキにより、支持構造（下部工）へ設計反力

500kN（1主桁当たり）分の反力を導入した。

下部工への荷重載荷後に、「バッファー支承部はソールPL～下部工（支持構造受桁）天端まで」の高さを、荷重支持支承部は「ソールPL～サンドル天端まで」の高さを計測し、その後、実測結果を反映した調整用サンドルを製作した。

<STEP-2>荷重支持支承：調整用サンドル・ベースPL設置

バッファー支承、荷重支持支承の両方共に既設桁へ取り付けし、荷重支持支承側は、実測結果を反映した調整用サンドルとベースPLを設置した。

<STEP-3>荷重支持支承：調整PL設置

バッファー支承部で既設桁をジャッキアップさせて、荷重支持支承側に生じた隙間に調整PLを横から挿入した。その後、バッファー支承部の既設桁をジャッキダウンさせて、荷重支持支承へ反力を導入した。

<STEP-4>バッファー支承：サンドル組立・ベースPL設置

バッファー支承側のサンドル、調整用サンドルを組立て、その上にベースPL、調整PLを設置した。

<STEP-5>バッファー支承：ジャッキアップ・Fill PLの設置

支持構造の受桁下側に配置したジャッキアップ受梁上に油圧ジャッキを配置して、サンドル下部でジャッキアップをさせた。バッファー支承の遊間を確認しながらジャッキアップを行い、バッファー支承の遊間が所定量と

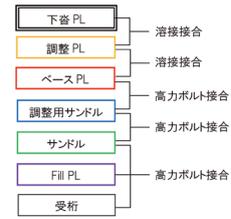
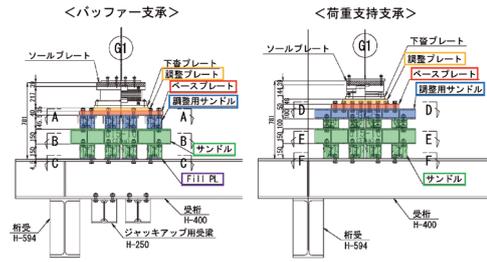


図-11 支承部構造

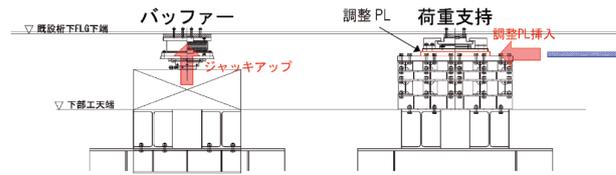
<STEP-1>支持構造（下部工）への反力導入



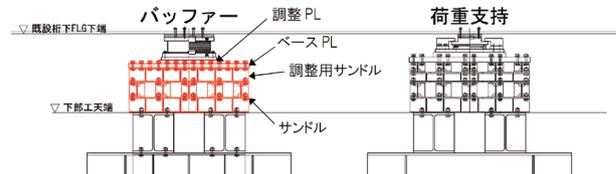
<STEP-2>調整用サンドル・ベースPL設置（荷重支持支承）



<STEP-3>調整PL設置（荷重支持支承）



<STEP-4>サンドル組立&ベースPL等設置（バッファー支承）



<STEP-5>ジャッキアップ・Fill PLの設置（バッファー支承）

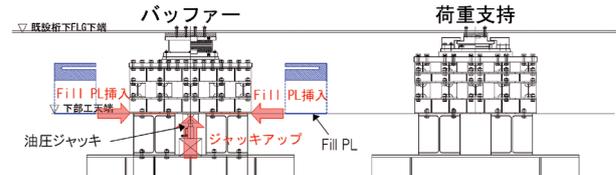


図-12 支承設置施工ステップ

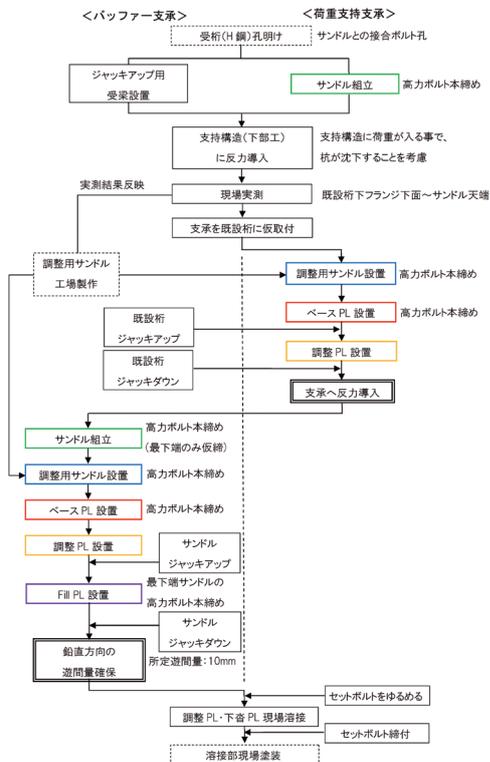


図10 支承設置施工フロー

なった時点で、受桁とサンドル間に生じた隙間量に応じて櫛状形状のFill PL（板厚3.2mm,4.5mm,6mmを準備）を横から挿入した。その後、サンドルをジャッキダウンさせて、バッファー支承の設計遊間量が確保されていることを確認し、高力ボルトの締付けを行った。

7. 検査路撤去復旧工

新設の横桁と干渉するため、検査路を一時的に撤去し、新設横桁を跨ぐ構造として復旧を行った。既設の検査路の手すりや支持材について、使用性に問題のないことを確認したうえで転用して復旧時にもそのまま使用した。

また、歩廊については新設横桁部で分断される構造となってしまうため、現物を荷下ろしし、製作工場に搬入し、切断・加工等の処理を行ったうえで、復旧した。

検査路撤去復旧の概要を図-13に、撤去復旧状況を写真-10に示す。

<STEP-1>支持構造（下部工）への反力導入



<STEP-3>調整PL設置（荷重支持支承）



<STEP-5>ジャッキアップ・Fill PLの設置（バッファー支承）



写真-9 支承施工状況

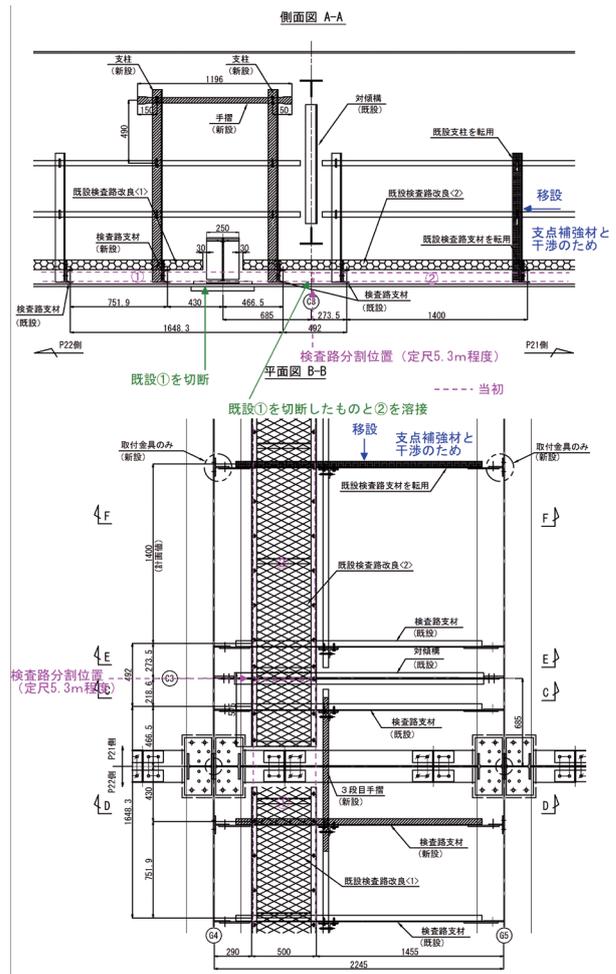


図-13 検査路撤去復旧概要



写真-10 検査路撤去復旧状況

8. おわりに

本施工は、首都高羽田線の大規模更新工事における一つの工種として、供用中の既設橋梁下において補強を実施しました。また、工事中は特に事故もなく、関係各位の努力により無事施工を終えることができました。

最後に、本工事の施工にあたり発注者である首都高速道路株式会社、および元請会社である大林・清水・三井住友・東亜・青木あすなろ・川田・東骨・MMB・宮地異工種建設工事共同企業体、その他工事関係者に対し、深く感謝申し上げます。本報告が今後の補修補強工事において参考になれば幸いです。

2020.8.4 受付

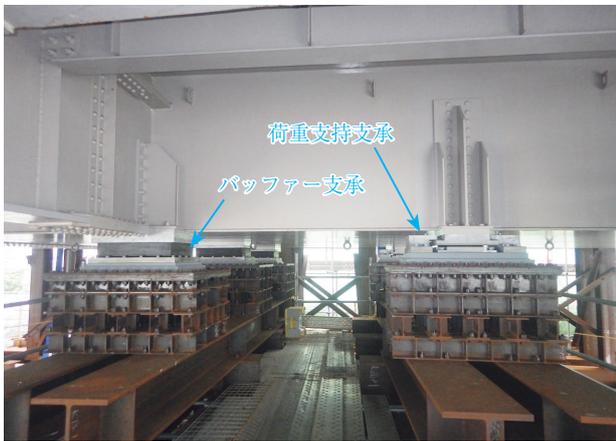


写真-12 補強部材設置完了（箱桁部外面）



写真-11 補強部材設置完了（鋼板部）



写真-13 補強部材設置完了（箱桁部内面）

大型断面を有する箱桁（宝町橋りょう）の 工場製作時の工夫について

Devices for Shop Fabrication of Box Girders Having a Large Cross-section (for Takaramachi Bridge)



緒方 裕己*¹
Yuki OGATA

要 旨

断面が4分割された大型箱桁断面の主桁の出来形精度を確保するため、断面を組み立てる際に形状保持材を設置し、一体組にした状態で製作を行った。また、支点部の狭隘部に対しては、モックアップの製作を行い溶接施工性について確認を行った。加えて、現場でのキャンバー調整が困難な事に配慮し、多点支持と支点支持の2種類の工場仮組立を実施した。

キーワード：大型箱桁断面，狭隘部，支点支持

1. はじめに

本工事は、現在、武雄温泉・長崎間（工事延長67km）で整備が進められている九州新幹線（西九州ルート）のうち、長崎市内で路面電車も通行する国道202号を跨ぐ橋りょう（延長152m：合成桁2連）（図-1）の製作・運搬・架設工事である。九州新幹線（西九州ルート）は、武雄温泉・長崎間を結ぶ工事延長約67kmで工事が進められている。

本稿では、大型断面を有する鋼鉄製箱桁の工場製作において、製作上、工夫した内容について述べる。

工事概要

- (1) 工 事 名：九州新幹線（西九州）、宝町橋りょう（合成けた）
- (2) 発 注 者：独立行政法人 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 九州新幹線建設局
- (3) 工事場所：長崎県長崎市宝町地内
- (4) 工 期：平成28年3月～令和3年3月予定
- (5) 工事内容：
 - [宝町架道橋（Bv）/単純合成箱桁]
橋長：82m、桁高：3.4m、鋼重：827t
 - [宝町高架橋（BL）/単純合成箱桁]
橋長：70m、桁高：4.0m、鋼重：585.5t

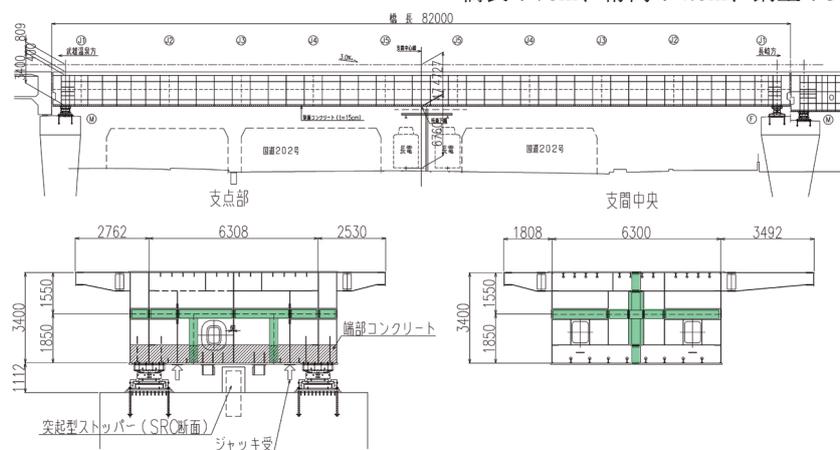


図-1 宝町架道橋（Bv）一般図

*¹ 技術本部設計部生産計画グループ主任

2. 現場における問題点

本橋の工場製作工事の施工に際しては、以下の問題点があった。

(1) 大型箱断面主桁部材の断面形状の確保

本橋の主桁は、大型断面を有する鋼鉄製箱桁であり、これは桁の構造高だけでなく、構造幅も非常に大きく、完成系の形状のままでは法令上の輸送制限を超えてしまうことから、箱断面全体を上下、そして左右に分割した4分割構造を採用していた。

4分割された主桁部材は、現場継手を挟んだL字形断面となる不安定な形状（剛性の低い形状）である。そのため、分割製作された個々の部材を1つの主桁断面に組み立てた際の断面寸法精度の確保が課題であった。また、不安定な形状である主桁部材を輸送する際には、振動や衝撃に伴う部材変形が懸念された。これらの分割された大型断面形状に起因する懸念事項を回避するための対策が求められた。

(2) 箱桁と排水管との取り合い確認

本橋の排水管は、橋梁景観等に配慮し、箱桁内に配置される構造が採用されていたが、箱桁内には構造部材であるダイヤフラムや横リブ等が数多く配置されていることから、設計段階において、これらの部材との干渉を避けるような排水系統が計画されており、結果として、その系統は複雑なものとなっていた。また、主桁（箱桁）と排水装置の図面は別々で作図されており、両方の図面を重ね合わせた設計成果品はなく、2次元で作図された各設計図を用いての取り合い確認だけでは相互の干渉を見落とすリスクがあった。

(3) 箱桁内狭隘部の溶接作業性の確認

大型の箱断面を有する本橋の支点部は、支承からの大きな支点反力に抵抗するためのダイヤフラムとそれに取り付く補強リブが間隔を密に多数設置されており、非常に狭隘な施工空間となっていた。そのため、工場製作過程における溶接の可否や作業性の確認のため、製作開始前（原寸作業に着手する前）に各種対策を検討することが重要であった。

(4) 架設方法に配慮したキャンバー管理

本橋の架設工法は、現場架設条件から手延べ機を使用する鋼桁支持点からの張り出し長の大きい（支点間の仮

支持点なし）大型箱桁断面を有する送出し架設が採用されていた。本工法においては鋼桁送り出し架設完了後のキャンバー調整が困難であるため、架設完了時に所定の構造高さを確実に満足することが求められ、工場仮組立時のキャンバー管理方法に配慮する必要があった。

3. 工夫・改善点と適用結果

上述した各問題に対して、以下の対応（工夫）を実施した。

(1) 箱桁内部への形状保持材の設置

4分割構造を採用した大断面を有する箱桁のL字形部材の形状を固めるとともに、部材自重や外力作用時の断面保持を確実にするため、工場製作時におけるL字形部材組立の際、各横リブ位置に仮設の形状保持材を設置し（**図-2**）、部材剛性を向上させることとした。また、同形状保持材は部材輸送時にも設置した。これにより、L字形部の剛性は格段に向上するとともに、変形抵抗性能が高まり出来形精度の確保が可能となった。

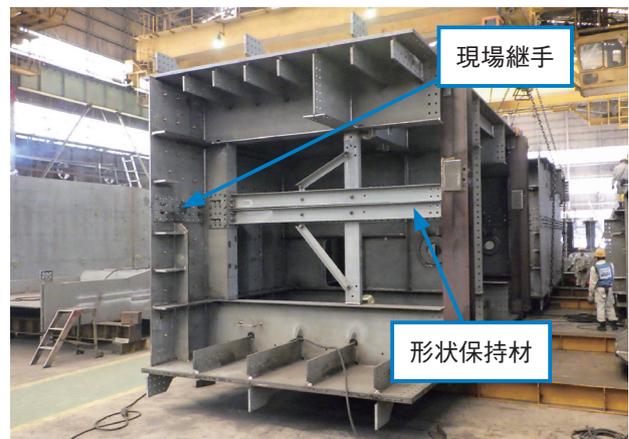


図-2 L字形部材への形状保持材の設置状況

(2) 大型断面を有する箱桁断面一体組立

大型箱桁断面全体を上下、そして左右に4分割された主桁断面（L字形部材）の現場継手部の精度を向上させるとともに、主桁断面の出来形精度を高めるため、工場製作における4つのL字形部材の本溶接前の組立段階で、箱桁断面の一体組立を行い（**図-3**）、各種寸法等の出来形精度の確認を行った後、その形状を保持した状態で本溶接、仕上げ、そして工場仮組立までの一連の作業を実施した。これにより、大型の箱桁断面の全体出来形精度の向上と工場製作の一連作業（本溶接、仕上げ、仮組立）における出来形確保が可能となり、部材品質が向上した。

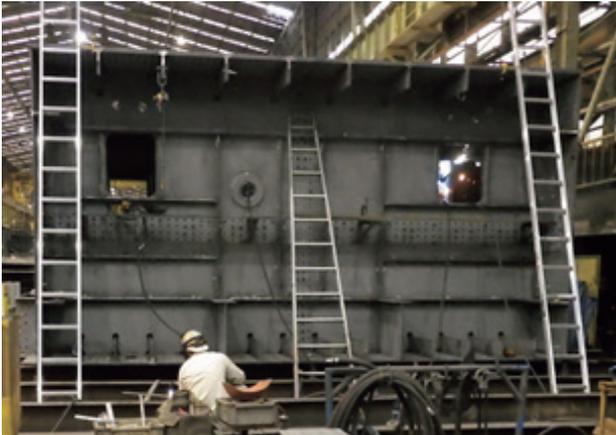


図-3 大型箱桁断面の一体組立

(3) 3Dモデルによる相互干渉チェック

発注者より支給されたコンサル設計成果品の当社による設計照査と図面修正完了後の原寸作業段階において、修正された設計CADデータを専用の変換ソフトを使用して3Dモデルを作成し、箱桁内のダイヤフラム、横リブ、そしてその他の付属品等を避けた複雑な経路で配置された排水管との干渉チェックをパソコンの画面上で行った（図-4）。

干渉チェックは、あたかも干渉チェック者が箱桁内を歩きながら作業を進めるような形、例えば怪しい箇所があれば、そこで立ち止まり、当該箇所をあらゆる角度から眺めてチェックする形（バーチャルリアリティーに近い形）で実施した。これにより干渉している部分を発見するとともに、本箇所への対応を工場製作前の原寸段階で対処することが可能となり、不具合発生による工程遅延リスク等の回避を実現した。

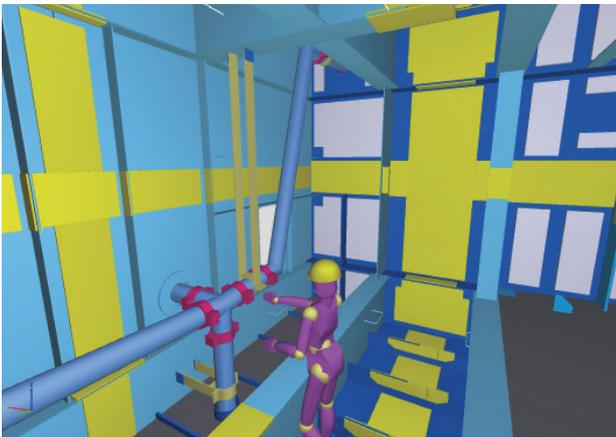


図-4 3Dモデルによる干渉チェック

(4) モックアップによる溶接作業性確認

支点上ダイヤフラムとそれに取り付くその他の補強リブ等が間隔を密に多数設置されている箱桁内狭隘部における溶接作業性の確認については、当該部分の部分的なモックアップを工場製作前に発砲スチロール等を利用して作成し、溶接作業管理者だけでなく、設計担当者、原寸担当者、品質保証担当者、そして溶接実務作業者による施工性確認を行い（図-5、図-6）、溶接施工の可否、溶接順序、その他の溶接施工条件についての改善項目を抽出し、それについての対応策を検討・実施した。

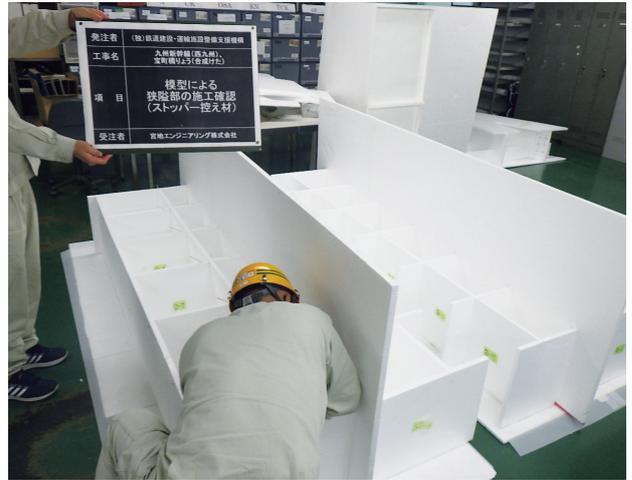


図-5 モックアップによる溶接作業性の確認



図-6 モックアップによる溶接作業性の確認

これにより、大型の箱桁断面内部の支点近傍狭隘部の工場製作過程における溶接作業の問題を洗い出し、事前対策を講じることで、施工不良に伴う手直し等による工程遅延リスクを回避・低減することが出来た。

(5) 架設方法に配慮したキャンバー管理

前述のとおり、送り出し架設完了後のキャンバー調整が困難であることから、工場仮組立時に通常の多点支持状態（無応力状態）での仮組立に加えて、架設現場での施工条件（鋼桁支持条件）と同様の支点支持状態（**図-7**、**図-8**）での仮組立も行い、工場製作時に鋼桁架設完了時の構造高さが所定の規格値内に収まるように調整した。これにより、事前に送り出し架設完了後の構造高さが所定の許容値内に収まることが確認出来た。



図-7 支点支持仮組立状況



図-8 支点位置でのジャッキアップ状況

4. おわりに

本稿では、桁高3.400m、主桁間隔6.308mとなる大断面を有する鋼鉄製箱桁である宝町橋りょうの工場製作における製作着手前に判明した各種の問題点や課題解決に向けた対応策の内容について報告した。

近年では、大断面の主桁構造（I桁、箱桁、両者の混合桁）を有する鋼鉄製の数多くの橋梁が設計、製作、そして現場で架設されているが、橋梁構造物の大型化（鋼桁自重の増大）や張り出し長の大きい送り出し架設に伴い、その支点反力は増大し、それを支持する架設補強を含めた補強リブ等が複数配置された箱桁内の支点補強部の作業空間は益々、狭隘なものとなってきており、工場製作時の各種検討作業においては、我々のような工場の橋梁管理技術者には、製作技術だけでなく、設計および現場の架設計画の基本的な知識や知見が求められ、これらを駆使した業務運営が必要と考える。

最後となりますが、本工事の工場製作における工夫や改善点が、参考になれば幸いであり、加えて、本工事の施工にあたり、ご協力いただいた関係者の皆様に謝意を申し上げます。

2020.6.1 受付

高速横浜環状北西線（東方・川向地区）街路整備工事（橋りょう上部工）

高速横浜環状北西線は東名高速道路（横浜青葉インターチェンジ）と第三京浜道路（港北インターチェンジ）を結ぶ、延長約7.1kmの自動車専用道路です。

本工事は、7径間連続細幅箱桁橋（内・外回り線）・張出し式鋼製橋脚1基、2柱ラーメン式鋼製橋脚1基、3柱ラーメン式鋼製橋脚3基の製作～架設、床版工事であり、架設はクレーンベント工法・多軸式特殊台車による送出し架設工法にて行いました。

狭隘な現場条件のなかで、無事故・無災害で無事に竣工し、2020年3月に開通されました。横浜北線と一体となったことにより、横浜市北西部、東名高速道路から横浜港までが直結され、横浜市北西部と横浜都心、湾岸エリアとの連絡強化が期待されます。
(前山 裕人)

名古屋第二環状自動車道 飛鳥ジャンクションCランプ橋他3橋（鋼上部工）工事

伊勢湾岸自動車道（新名神高速道路）と名古屋第二環状自動車道を結ぶ飛鳥ジャンクションは、中日本高速道路株式会社より発注され、名古屋工事事務所の管轄でエム・エムブリッジ株式会社、川田工業株式会社、宮地エンジニアリング株式会社の特定建設工事共同企業体にて施工致しました。

本橋は、Aランプ、Cランプ、Dランプ、本線橋で構成され、供用中の伊勢湾岸道の飛鳥IC～名港中央IC間を通行止めし、東海三県で初採用となった1,350t吊大型クレーンにて一部の桁を大ブロッカー一括架設にて施工しました。

本工事は55ヶ月に渡る工期でしたが、発注者及び関係者皆様のご協力により無事に完工出来ました事に深く御礼申し上げます。
(平良 幸司)

鳴尾沖工区鋼製橋脚復旧工事（2019-湾岸）

2018年9月、台風21号は紀伊水道を北上し、非常に強い勢力で神戸市付近に上陸しました。この際、鳴尾浜では係留されていた船が強風で流され、阪神高速5号湾岸線の鋼製橋脚2基、及び高速本線と並走する兵庫県道鳴尾橋の桁に衝突する事故が起きました。

本鋼製脚は宮地鐵工所（当時）が阪神高速道路より門型鋼製橋脚13基の製作、架設を受注し1993年に竣工した脚であります。

脚の損傷度合いに緊急性は無いと判断され高速本線の通行止めは行われませんでした。損傷の復旧は必要とされ、当該年度に設計、翌年度に施工が行われました。海P74橋脚は損傷部位の交換が、海P73橋脚は皿ボルトによる当て板補強や加熱矯正が行われました。

一方、並走する県道鳴尾橋は損傷を受けた直後に通行止めされ、翌年、県発注の隣接工事にて新設桁に架け替えられました。また、同台風により関西国際空港では泉佐野市と空港をつなぐ連絡橋にタンカーが衝突する事故が起きています。
(熱海 晋)

第601工区（香椎浜～香椎浜ふ頭）高架橋上部工（鋼桁）新設工事（その4）

福岡高速6号線は、福岡高速1号線の香椎浜ランプ付近とアイランドシティを結ぶ自動車専用道路であり、福岡市東部地域の交通混雑の緩和および広域的な交通需要に的確に対応し、交通の円滑化を図る目的として整備されています。名称は「アイランドシティ線」に決定されました。

本件については、鋼6径間連続細幅箱桁橋の詳細設計、製作、架設から合成床版施工までを実施しました。最大支間長は73m、上下線一体の3主桁構造で、床版形式は鋼・コンクリート合成床版を採用しました。IP6～IP8は香椎アイランド橋を跨ぐ区間であり、支間中央部の4ブロックは、地組後にトラッククレーンによる夜間一括架設を行いました。2017年2月2日に着手し2020年7月31日に引渡し完了しました。

(田頭 正臣)

宮地エンジニアリングの 製品紹介

〈FRP関連製品〉

- ・FRP合成床版
- ・FRP歩道拡幅床版
- ・FRP検査路
- ・FRP防護板
- ・FRP製壁高欄（鉄道向け）
- ・FRP製壁高欄型枠
- ・F-Deck
- ・ダンパスデッキ

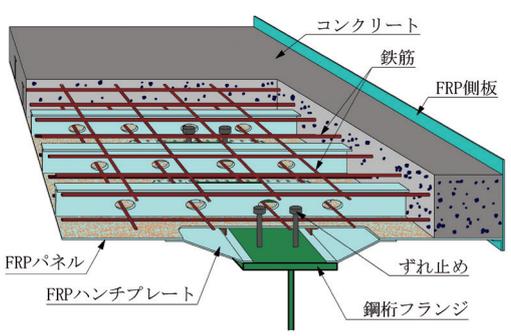
〈床版撤去工法〉

- ・M-SRシステム

FRP合成床版

■NETIS登録番号：CB-980002-A

FRP合成床版

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

製品説明・施工実績等



高知自動車道 松久保橋
(旧日本道路公団 平成9年度竣工)



関門トンネル (床版打替え工事)
(NEXCO西日本 平成22年度竣工)



潮新町線橋梁 (栈橋構造への適用)
(高知市 平成17年度竣工)



兔尻橋 (床版打替えへの適用)
(秋田県 平成17年度竣工)



豊見城高架橋
(沖縄総合事務局 平成20年度竣工)



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



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



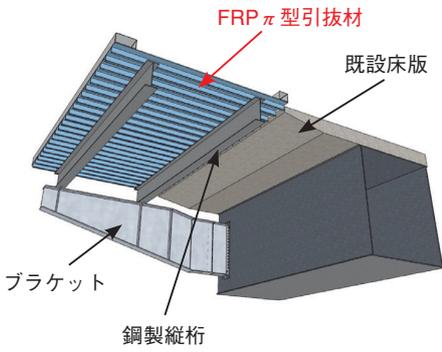
桶川インターCランプ
(関東地方整備局 平成25年度竣工)



菅公橋 (軽さを生かした人力施工)
(近畿地方整備局 平成26年度竣工)

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業1G		渡部陽一 永見研二	
連絡先			
TEL	03-3639-2265	FAX	03-3639-2975
E-mail	watabe.yohichi@miyaj-eng.co.jp		

FRP歩道拡幅床版

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

製品説明・施工実績等



歩道の必要幅員が確保されていない橋梁例1



歩道の必要幅員が確保されていない橋梁例2



歩道拡幅前



歩道拡幅後



薄層舗装後



新名神高速道路 木津川橋他3橋
(NEXCO西日本 平成27年度竣工)

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業1G		渡部陽一 永見研二	
連絡先			
TEL	03-3639-2265	FAX	03-3639-2975
E-mail	watabe.yohichi@miyajji-eng.co.jp		

FRP検査路

■NETIS登録番号：CB-120033-VE

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

製品説明・施工実績等



鋼製検査路の腐食による損傷の例



泊大橋上部工検査路
(沖縄総合事務局 平成22~24年度竣工)



福地川橋上部工検査路 (トラス橋への設置)
(NEXCO西日本 平成30年度竣工)



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

既設橋梁における施工状況



検査路の荷卸し
(ユニック車)



桁下の足場への取込み



桁下足場上での移動



設置完了

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業1G		渡部陽一 永見研二	
連絡先			
TEL	03-3639-2265	FAX	03-3639-2975
E-mail	watabe.yohichi@miyajji-eng.co.jp		

FRP防護板

NETIS登録番号：CBK-130001-A

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

製品説明・施工実績等



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



鹿島大橋補修工事
(愛知県 平成28年度竣工)



山本陸橋（鉄道こ線橋）
(和歌山県広川町 平成25年度竣工)



下田原大橋
(沖縄県 令和2年度竣工)

鹿島大橋における施工状況



河川の消波ブロックからの海水による桁腐食



床版下面の海水による塩害損傷



防護板設置完了

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業1G		渡部陽一 永見研二	
連絡先			
TEL	03-3639-2265	FAX	03-3639-2975
E-mail	watabe.yohichi@miyajji-eng.co.jp		

FRP製壁高欄型枠

特 徴	仕 様	構造概要
<p>FRP製パネルを用いた残存壁高欄型枠です。現場作業や足場の省力化が図られ、コンクリート片の剥落等も回避出来る製品です。</p> <p>ガラス繊維のFRP材のため、電気を通しません（電気絶縁性がある）。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1パネル約40kgと軽量であり、人力施工も可能です。 ・FRP材が絶縁材料であるため、施工時の安全性が向上します。 ・鋼材と異なり腐食しない為、永久型枠として使用できます ・現場での孔あけや切断等が容易にでき、取り合い調整が可能です。 	<p>型枠：FRPハンドレイアップ材 (t=6mm)</p> <p>補強材：鋼製アングル材</p>	<p>鋼橋（合成床版）への適用例</p>

製品説明・施工実績等

圏央道におけるFRP製壁高欄型枠設置状況
(東日本高速道路)



久喜白岡ランプ（高速道路本線上への適用）
(NEXCO東日本 平成24年度竣工)



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

JR長崎本線におけるFRP製壁高欄型枠設置状況
(九州旅客鉄道)



九州道 向佐野橋
(NEXCO西日本 平成22年度竣工)

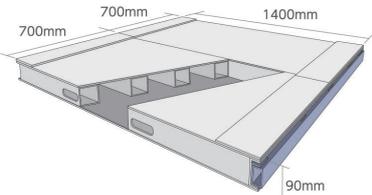
常磐自動車におけるFRP製壁高欄型枠設置状況
(NEXCO東日本)



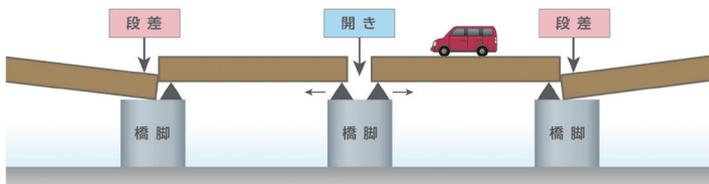
高倉川橋（PC上部工の埋設型枠への適用）
(NEXCO東日本 令和2年度施工中)

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業1G		渡部陽一 永見研二	
連絡先			
TEL	03-3639-2265	FAX	03-3639-2975
E-mail	watabe.yohichi@miyajji-eng.co.jp		

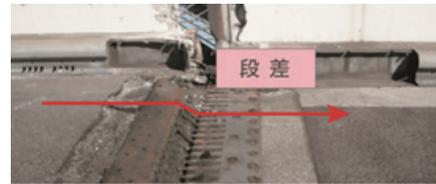
F-Deck

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

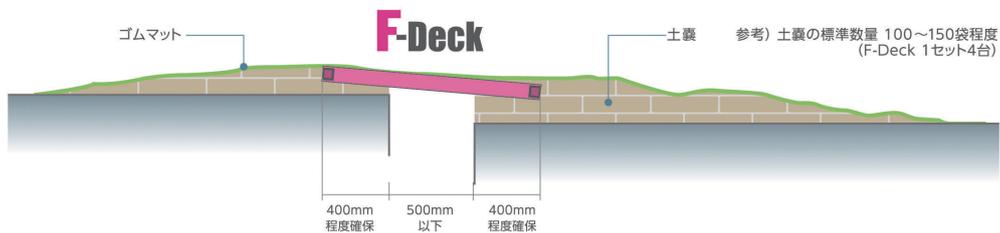
製品説明・施工実績等



橋梁における被害状況



路面の段差



F-Deck 設置概要図



人力で持ち運び可能



軽量土嚢によるスロープ構築



F-Deckにより通行可能

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業1G		渡部陽一 永見研二	
連 絡 先			
TEL	03-3639-2265	FAX	03-3639-2975
E-mail	watabe.yohichi@miyaji-eng.co.jp		

■ダンパスデッキ

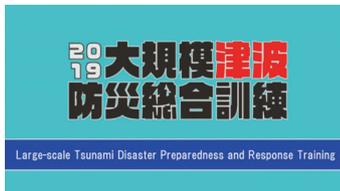
特 徴	仕 様	構造概要
<p>地震による被害で橋梁伸縮部に段差・開きが発生した場合、車両の通行は不可能となり、緊急車両も通行が困難となります。</p> <p>発災後、緊急車両の通行を確保する「道路啓開」が急務となります。土嚢を使用せず段差解消が可能な乗り越し装置を開発しました。</p> <ul style="list-style-type: none"> 鋼製フレームとFRP板で鋼製され軽量・コンパクトで短時間に運搬・設置が可能です。 土嚢を使用しないので、長期使用においてもズレが生じにくい。 	<ul style="list-style-type: none"> 製品寸法（1セット当たり）幅3250mm 長さ2000mm 部材重量約20kg（組立前の1部材当たり） 適用範囲 段差200～300mm程度 車種 軽自動車～中型車 4t車程度まで 	

製品説明・施工実績等



2019大規模津波防災総合訓練でダンパスデッキが使用されました。

動画はこちら



<https://youtu.be/i44nSs1NL1g?t=5002>

問い合わせ部署名		担当者名	
橋梁営業部 橋梁・開発営業2G		熱海 晋	
連絡先			
TEL	06-6225-5275	FAX	06-6225-5276
E-mail	atsumi.shin@miyajii-eng.co.jp		

床版撤去工法 M-SRシステム

床版撤去工法 M-SRシステム

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

製品説明・施工実績等



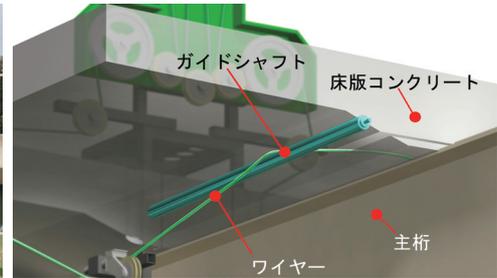
無水式コアドリル

- 床版コンクリートにワイヤーソーの通し孔を削孔します。



無水式ワイヤーソー

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



大型パネル形状

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



M-S グラインダー

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

問い合わせ部署名		担当者名	
計画部 保全計画グループ		村井 向一	
連 絡 先			
TEL	03-5652-6622	FAX	03-5652-6652
E-mail	murai.koichi@miyaji-eng.co.jp		

2019年 対外発表論文紹介

第74回 土木学会年次学術講演会概要集

発刊 2019年9月

主催 (公社)土木学会

「両端にガセットプレートに有するステンレス長柱の耐荷力に関する実験的研究」

松尾 淳史^{*1}、スタピット シラネー^{*1}、澁谷 敦、
志村 保美^{*2}、小林 裕輔、小野 潔^{*1}

I -111

「腐食した鋼板の圧縮耐荷力評価方法に関する研究」

大庭 拓也^{*3}、藤井 雄介^{*4}、原田 拓也^{*5}、
小林 亮司^{*6}、中村 俊文^{*7}、村井 向一、
蔭山 裕太^{*8}、別所 和希^{*9}、谷口 望^{*10}

I -177

「弦材とボルトの離れに着目した鋼トラス格点部の耐荷力実験」

高橋 実^{*11}、上仙 靖^{*11}、澁谷 敦

I -178

「腐食した鋼板の引張耐荷力評価方法に関する研究」

小林 亮司^{*6}、藤井 雄介^{*4}、原田 拓也^{*5}、
大庭 拓也^{*3}、中村 俊文^{*7}、村井 向一、
蔭山 裕太^{*8}、別所 和希^{*9}、谷口 望^{*10}

I -179

「取替え鋼床版と既設主桁の接合部の高力ボルト本数に関する検討」

林 暢彦、井口 進^{*12}、小笠原 照夫^{*12}、
森 猛^{*13}、内田 大介^{*13}

I -349

「高力六角ボルトF10T (W) の機械的性質」

藤野 大地^{*14}、南 邦明^{*15}、小峰 翔一^{*16}、
澁谷 敦

I -412

「溶融亜鉛めっき高力ボルトF8Tの特性」

小峰 翔一^{*16}、南 邦明^{*15}、遠藤 輝好^{*17}、
吉岡 夏樹^{*18}、宮井 大輔^{*8}、藤野 大地^{*14}、
澁谷 敦、濱 達矢^{*19}

I -415

「溶射を施したフィラープレートに有するボルト継手の導入軸力試験」

齊藤 雅充^{*20}、南 邦明^{*15}、横山 秀喜^{*15}、
村上 貴紀、笹田 航平^{*20}

I -416

「溶射を施したフィラープレートに有するボルト継手のすべり耐力試験」

横山 秀喜^{*15}、南 邦明^{*15}、齊藤 雅充^{*20}、
村上 貴紀

I -417

「高力ボルト摩擦接合継手の連結板減肉とすべり耐力評価に関する解析的検討」

大城 泰樹^{*14}、田井 政行^{*21}、下里 哲弘^{*21}、
山下 修平

I -431

「鋼道路橋に対する高機能鋼材の適用性検討」

村井 啓太^{*11}、澁谷 敦、大谷 康史^{*22}、
志村 保美^{*2}、小林 裕輔

I -446

「ステンレス鋼と炭素鋼の異材摩擦接合継手に関する実験的研究」

澁谷 敦、村井 啓太^{*11}、志村 保美^{*2}、
小林 裕輔、小野 潔^{*1}、玉越 隆史^{*23}

I -447

「バラスト撤去量低減を目的とした斜ウェブ工事術に関する解析的検討」

山下 洋平^{*6}、小林 寿子^{*6}、山本 達也^{*6}、
田中 伸尚、横澤 幸貴

IV -509

「FRP材料の鉄道構造物適用に関する基礎研究」

山本 達也^{*6}、後藤 貴士^{*6}、久保 圭吾

IV -510

「橋梁修繕事業における設計者と施工者が各段階で連携を図る契約方式の検討」

万名 克実^{*24}、鈴木 泰之^{*24}、笠原 勝人^{*24}、
白石 薫^{*12}、本間 順^{*12}、村井 向一

IV -565

*1 早稲田大学、*2 (一社)日本鋼構造協会、*3 日立造船(株)、*4 西日本高速道路(株)、*5 (株)高速道路総合技術研究所、*6 東日本旅客鉄道(株)、
*7 JFEエンジニアリング(株)、*8 (株)横河ブリッジ、*9 三井共同建設コンサルタント(株)、*10 前橋工科大学、*11 (国研)土木研究所、
*12 (一社)日本橋梁建設協会、*13 法政大学、*14 川田工業(株)、*15 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構、*16 日本ファブテック(株)、
*17 (株)巴コーポレーション、*18 (株)駒井ハルテック、*19 (株)三井E&S鉄構エンジニアリング、*20 (公財)鉄道総合技術研究所、*21 琉球大学、
*22 本州四国連絡高速道路(株)、*23 国土技術政策総合研究所、*24 (一社)建設コンサルタンツ協会道路

グラビア写真説明

平成29-31年度 舟入川橋上部工事

高知東部自動車道は、高知県東部地域と高知市との県内の広域的交通の高速性・安全性を確保するとともに、現道国道沿線地域の生活環境の改善、地域活動の活性化などの向上を図る事を目的とした事業であります。

本橋梁は北から順に舟入川、市道、国道195号、とさでん交通と交差しています。このような施工条件から全5径間のうち3径間を夜間の送り出し架設で施工しました。

支点付近には二重合成構造を採用しており、箱桁内の下フランジ部分にコンクリートを打設しています。発注時の計画では合成床版の側型枠高さが床版厚さでしたが、景観性の観点から壁高欄高さに変更されました。（熱海 晋）

東広島バイパス海田高架橋2号橋鋼上部工事

国土交通省中国整備局広島国道事務所管内の東広島バイパス計画延長9.6kmのうち、1号橋（橋長230.0m）に続き2号橋の（橋長174.0m）工事となります。1号橋とほぼ同程度の現場条件において、工事用地内の作業及び県道両側上下線の上空架設作業など昼夜間併用で、特に夜間は県道の交通規制を繰り返しながら、トラッククレーン+ベント工法で架設を行いました。

新型コロナウイルスの対策を発注者と協議しながら令和2年4月に無事故・無災害で完工しました。（白井 英志）

福岡208号 筑後川橋上部工（P4-P8）工事

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

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

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

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

本工事は平成28年3月より着手し、令和2年8月に無事故・無災害で引渡し検査が完了しました。本工事により、福岡県から佐賀県への延伸が実現となり、有明海沿岸地域のさらなる「陸海空の広域交通ネットワーク」が形成され、未来物流の効率化、地域産業の活性化が期待されます。（田頭 正臣）

県単道路改良（幹線）工事（(仮称)豊年橋上部工）

本路線は、鎌ヶ谷市初富を起点に印西市安食を終点とする延長約31kmの幹線道路で、このうち鎌ヶ谷本塾線バイパスは、国道464号の印西市萩原を起点に、成田安食線の栄町安食地先を終点とする延長約4.5kmを整備しております。

豊年橋は、一級河川の長門川を跨ぐ、3径間連続少数鉄桁橋の製作・架設の架け替え工事であり、120t吊クローラクレーンを使用して架設を行いました。架設位置が河川上のため、橋軸方向に平行して仮橋が設けられており、主桁は仮橋上で地組立てし、クレーン2台による相吊りにて架設を行いました。

同区間の現道部は、幅員が狭く急カーブ区間も連続し、車同士のすれ違いが困難な状況であり、救急搬送時は患者への負担軽減から市道を迂回している現状となっておりますが、整備することで走りやすい道路となり、歩車道分離による歩行者の安全性の向上が計られます。また、災害時等の救援・救助活動でも円滑で迅速な移動が可能となるため、地域防災力の強化も期待されます。（前山 裕人）

グラビア写真説明

(仮称) 竹芝地区再開発計画【港歩行者専用道第8号線】架設工事

本計画は、東京都の「都市再生ステップアップ・プロジェクト」の一つであり、(仮称) 竹芝地区開発計画の一環として、浜松町駅～竹芝ふ頭までを直結する歩行者デッキの内、浜松町駅から首都高を跨ぎオフィスタワーまでを繋ぐ歩行者デッキが本橋となります。

(※オフィスタワーは、「東京ポートシティ竹芝」として2020年9月14日に開業しました。)

本橋の構造は鋼床版箱桁ラーメン橋となっていますが、一番の特徴が普通の箱桁では無く【船底型】の五角断面となっており、それを支える支柱が六角断面・テーパ付きと構造が非常に特徴のあるデザインとなっています。(首都高上空は通常の四角断面)

本工事は、鹿島建設(株) 東京土木支店より製作・架設工事を受注し、2020年3月に工事完了となりました。

(白倉 進)

熊本都市計画桜町地区第一種市街地再開発事業施設建築物新築工事

桜町とは日本三名城の一つ熊本城の城下町であった武家屋敷町の一角が明治41年に二の丸の一部に架かる桜橋にちなんで桜町と命名されました。この桜町地区を含む、老朽化した熊本交通センター(昭和44年開業) 一帯の再開発が、熊本桜町再開発株式会社により施行され、令和元年(2019年) 9月に再開発施設が開業しました。これにより百貨店及びバスターミナルの再整備はもとより、商業、ホテル、住宅、公益施設(熊本城ホール) 等の都市機能が導入されました。

2016年4月の熊本地震で耐震性を中心に設計の見直しが行われ鉄骨工事の着工が遅れましたが、高層棟にはタワークレーンを2基と低層棟にはクローラクレーン2台で工事を進め2019年9月14日に熊本の新ランドマークとして新しい商業施設「SAKURA MACHI Kumamoto (サクラマチ クマモト)」となってグランドオープンをしました。

(吉田 俊一)

編集後記

本号の巻頭言は谷口博昭教授にお願いいたしました。

「技術と経営の協調により持続的発展を」と題して、技術は個人の能力に帰する技能と異なりシステム体系を構築することが肝要であること、またマネジメントについて大きな変化の時代に適切に対応するアダプティブな経営が求められていることなど、様々な視点から貴重なご意見を頂いております。先生にはご多忙のところ玉稿をお寄せ頂き、誠に有り難うございました。誌面を借りまして厚く御礼申し上げます。

今回の技報において、宮地の開発商品である「鉄道用FRP壁高欄」やモニタリングシステムの「OSMOS」などについて紹介しております。その他に、大断面ブロックの送出し架設工法からティルディング鉄塔を用いたケーブルエレクション架設工法など多方面にわたった架設工事報告について掲載しております。これらの報告が今後の橋梁の新設工事や補修補強工事に関する技術の向上への一助となれば幸いです。

最後になりますが、本号は新型コロナウイルスの感染拡大の影響もあり発刊を延期しておりましたが、執筆者を始め多くの関係者のご協力により本号を発刊することができたことに深く感謝いたします。

宮地技報編集委員会

委員長	上原正				
副委員長	平島崇嗣	河西龍彦	越中信雄		
委員	安藤正志	梅沢真悟	池田浩		
	嬉克徳	奥村恭司	戸井口由和		
	永谷秀樹	野沢栄二	藤井利明		
	松本博樹	宮下和義	村井向一		
	村上貴紀	吉川薫			
事務局	田村修一	横澤幸貴			

宮地技報 第33号

発行日 令和2年11月30日

発行所 宮地エンジニアリング株式会社

〒103-0006 東京都中央区日本橋富沢町9番19号

TEL 03(3639)2111(代)

印刷所 望月印刷株式会社