

論文・報告

春の町跨線橋の施工

～「曲線半径 100m」の鋼床版箱桁の大ブロック一括架設～

Construction of Harunomachi Overbridge

寺口 智^{*1}
TERAGUTI Satoshi福嶋 貴生^{*2}
FUKUSHIMA Takao小倉 敬史^{*3}
OGURA Takahumi川原 桂史^{*4}
KAWAHARA Keiji中川 二郎^{*5}
NAKAGAWA Jiro辛嶋 景二郎^{*6}
KARASHIMA Keijiro

春の町跨線橋は北九州市八幡東区東田に架橋される上部工工事であり、現在途中まで施工が完了している黒崎バイパスと国道3号線をつなぐ橋梁である。国道3号黒崎バイパスは八幡及び黒崎周辺の交通渋滞の解消を目的に整備されており、整備延長5.8kmのうち開通済の区間は5.2kmであり、本橋は未開通区間延長600mの一部である。

本橋は、下り線の鋼4径間連続鋼床版箱桁橋（製作延長206m、架設延長107m）、上り線の鋼5径間連続鋼床版箱桁橋（製作延長268m、架設延長187m）となっており、曲線半径100mを有する上り線（J17～J24）の架設は、黒崎バイパス（自動車専用道路）の夜間通行止めを行い、1250t吊のクローラクレーンで一夜間の大ブロック一括落込み架設を行った。本稿では大ブロック一括架設の製作・現場施工の工夫や取組についての紹介と地域住民に対して行った大ブロック架設の実況ライブ中継による現場見学会について紹介する。

キーワード：大ブロック一括架設、ステップ解析、ねじりキャンパー、曲線半径100m、実況ライブ中継

1. はじめに

国道3号黒崎バイパスは、図1に示すように、八幡および黒崎周辺の交通混雑解消や交通安全の確保を図るとともに北九州市高速道路等と一体となって自動車専用道路ネットワークを形成している。国際拠点港湾北九州港等の物流拠点へのアクセス性を向上することにより産業の活性化を支援する道路であり、整備延長5.8kmのうち開通済区間は5.2kmである。本橋は、未開通区間延長600mの一部であり、北九州市八幡東区東田に架橋し、黒崎バイパスと国道3号線をつなぐ橋梁である。

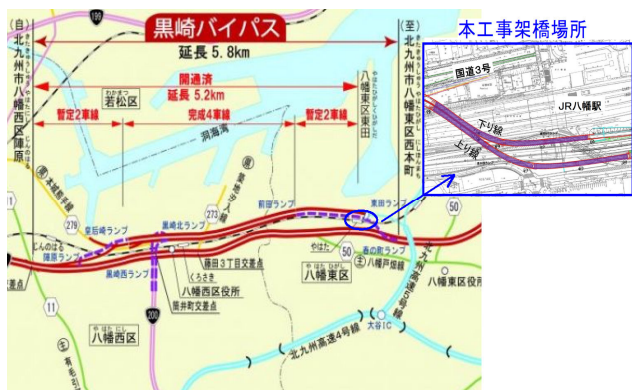


図1 橋梁位置

2. 橋梁概要

本工事の橋梁概要を以下に示す（次頁図2参照）。

工事名：福岡3号 春の町跨線橋上部工工事

工事場所：福岡県北九州市八幡東区東田地内

発注者：国土交通省 九州地方整備局

橋梁諸元（下り線）

形式：鋼4径間連続鋼床版箱桁橋

橋長：267.0m

支間長：60.0m+99.0m+54.0m+54.0m

製作延長：206m

架設延長：107m（DP10～DA2）

本体重量：726t（製作延長重量）

橋梁諸元（上り線）

形式：鋼5径間連続鋼床版箱桁橋

橋長：329.0m

支間長：60.0m+81.0m+66.0m+54.0m+68.0m

製作延長：268m

架設延長：187m（UP10～UD2）

本体重量：847t（製作延長重量）

上り線・下り線共通

防錆仕様：外面 C5 塗装

内面 D5 塗装

*1 川田工業(株)橋梁事業部工事部大阪工事部大阪工事課 工事長

*2 川田工業(株)橋梁事業部工事部大阪工事部大阪工事課 工事長

*3 川田工業(株)橋梁事業部工事部大阪工事部大阪工事課

*4 川田工業(株)橋梁事業部四国工業生産技術部橋梁技術課 課長

*5 川田工業(株)橋梁事業部技術部大阪技術部大阪技術課 主幹

*6 川田工業(株)橋梁事業部営業部大阪営業部 課長

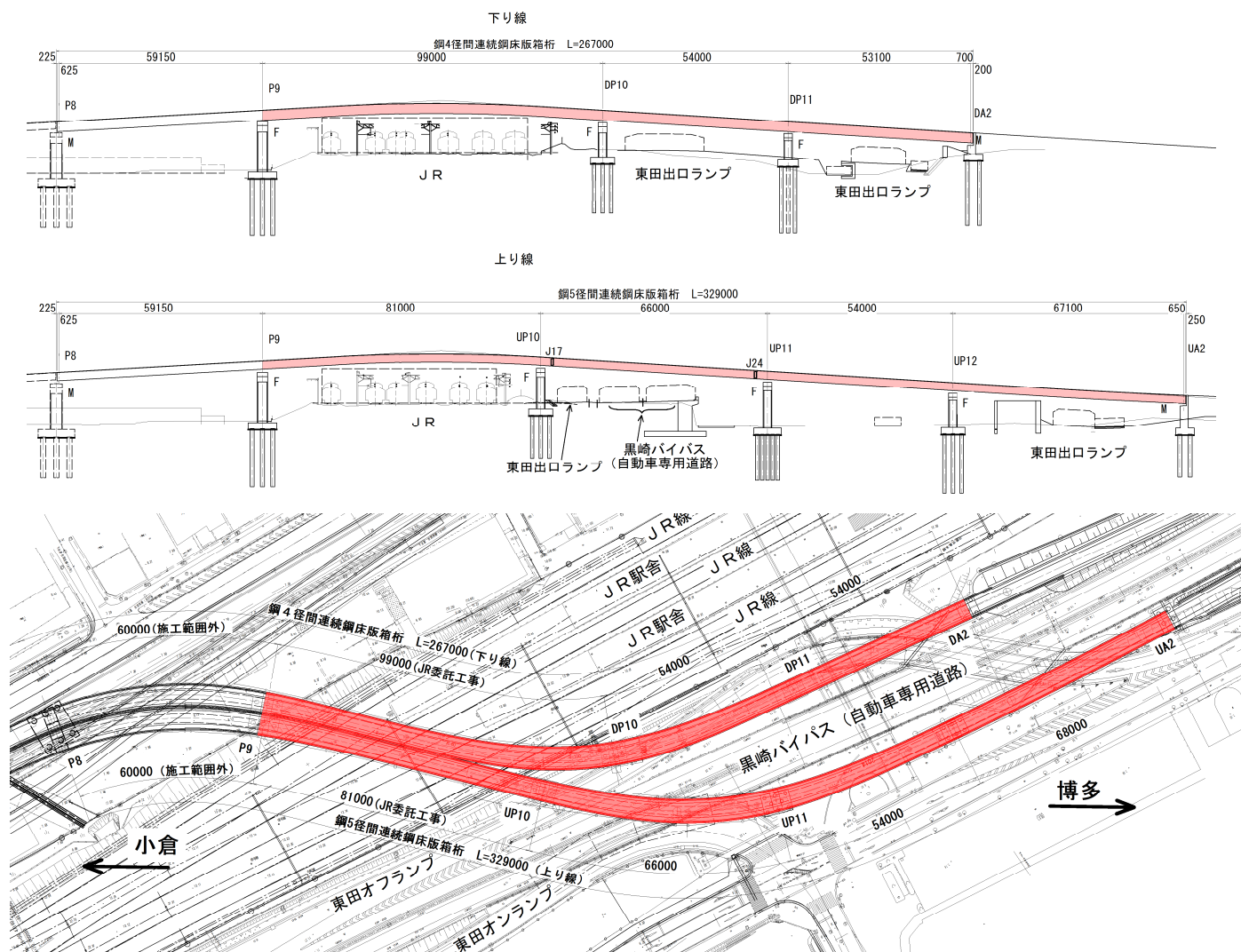


図2 橋梁一般図 (側面図・平面図)

3. 工事概要

本工事の工事概要を示す。

下り線の架設は、東田オランプ上にベントを設置し、クレーンにより架設した。但し、施工ヤードが狭隘なため、少し離れたヤードにて地組を行い、夜間通行止めを行った自動車専用道路上の架橋位置まで多軸移動台車で架設ブロックの運搬を行った。

上り線の架設は、J24～UA2をトラッククレーンベント架設とし、J17～J24の黒崎バイパス（自動車専用道路）上については、黒崎バイパスを夜間通行止めとし、あらかじめ地組しておいた曲線半径100m大ブロック桁を1250t吊クローラクレーンにて、一夜間の大ブロック一括落込み架設を行った。

なお、上下線一体構造であるP8～P9径間は別途発注であり、本工事の施工範囲外である。また、P9～P10径間の架設はJRへの委託工事であり、本工事では製作のみを行い、架設は施工範囲外である。

4. 曲線桁の大ブロック落込み架設の問題点

(1) 複雑な架設ステップのキャンパーの設定

本橋の交差条件は、P8～P9の一体構造区間が国道上、分離構造のP9～P10は上下線ともにJR上に位置し、さらに上り線UP10～UP11は黒崎バイパスを跨ぐというものである。これらのJRや交差道路は運行休止や長期間に渡る通行止めができないため、それぞれの径間の制約条件により架設工法が選定された。P8～P9は落込み架設、P9～P10は上下線ともに大ブロック一括架設、UP10～UP11は大ブロック一括落込み架設であった。このような架設においては、架設ステップに応じたキャンパー設定を行った上、そり精度を向上させる必要があった。

(2) 一括架設時の曲線桁の重心位置

大ブロック一括架設は約66m、鋼重約200tの曲線を有する大ブロック桁を一括で吊り上げる。大ブロック桁の重心位置は構造中心より内側にあり、重心位置を精度よく算出しないと架設桁が不安定な状態で吊り上げられ危険である。このことから、重心位置の確認が重要であった。

(3) ねじりキャンバーを考慮した工場製作

本橋の構造的特徴は P9 において一体構造(2箱桁橋)から分離構造(1箱桁橋)に変化し、平面曲線(最大曲線 R=100m)を有している。このため死荷重による桁の変形は、鉛直方向だけでなく桁をねじるような向きにも生じることから、工場製作においては、鉛直とねじりキャンバーを付与した製作が必要であった。

(4) 黒崎バイパス上の一括架設

黒崎バイパス上の一括架設の架設桁は、半径 100m の平面曲線を有するだけでなく、縦断方向に 6%、横断方向に 2% の勾配を有しており、架設時の仮受点に負反力が生じるため、安全性や確実性に配慮した対策が必要であった。

5. 曲線桁の大ブロック一括落込み架設の対策

(1) キャンバー設定

詳細設計計算において、架設ステップを考慮した解析が実施されており、仮定鋼重・仮定剛度は一般的な精度 ±5% 以内とされていた。但し、曲線桁の大ブロック一括架設(落とし込み)の解析モデルは簡素化されたモデルであったため、曲線桁の落とし込み架設時のねじれの影響が確認できなかった。そこで、曲線桁の落とし込み架設時のねじれの影響を確認できるように解析モデルを図 3 に示すように変更した。さらに、本橋の JR 上の支間長は下り線が支間長 99m、上り線が 81m と長支間であること、構造形式は鋼床版箱桁で全死荷重たわみ対して、鋼桁自重の占める割合(JR 上は 75% 程度)が大きいことなどを踏まえ、たわみ変形の精度向上を図るため、実鋼重・実剛性をブロック毎に反映させて解析した。また、図 5 に示す架設ステップをステップ解析に反映し、鉛直とねじりキャンバーを主桁に付与した。図 4 に変更前と変更後の鋼重によるキャンバー値を示す。

曲線によるねじれの影響を確認するための解析モデル変更(セッティングビーム部)

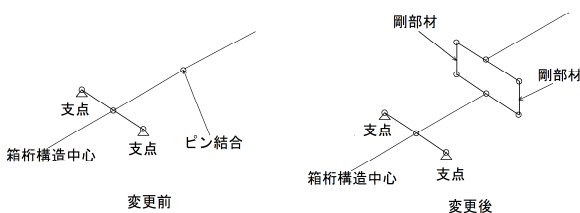


図 3 解析モデルの変更

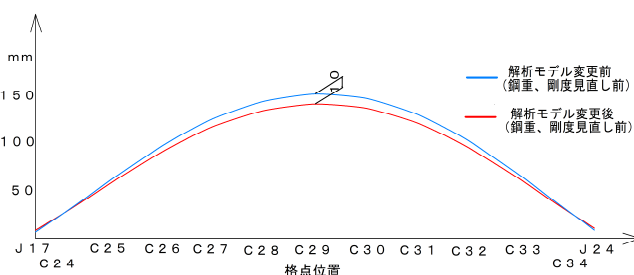
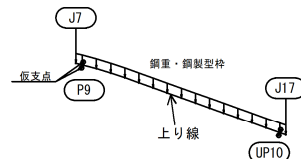
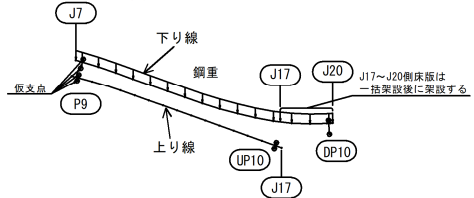


図 4 解析モデル変更前後の鋼重によりキャンバー

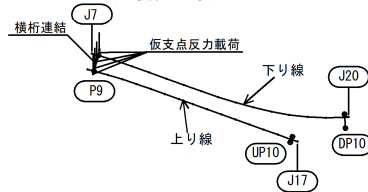
STEP1: 上り線P9-UP10載荷状態(一括架設)
(JR委託工事)



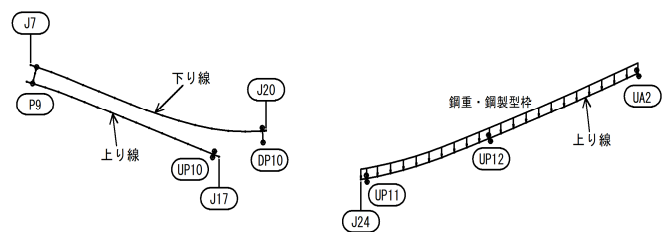
STEP2: 下り線P9-DP10載荷状態(一括架設)
(JR委託工事)



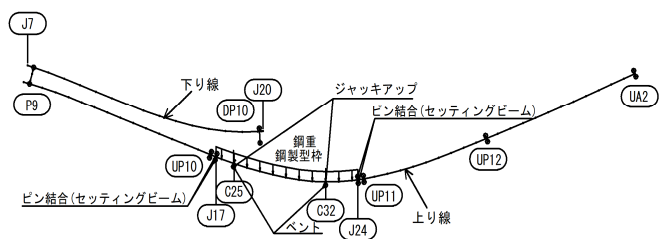
STEP3: P9仮支点撤去状態
(JR委託工事)



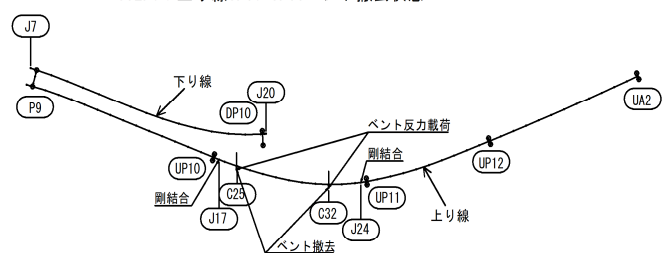
STEP4: 上り線UP11-UA2載荷状態(ベント架設)



STEP5: 上り線UP10-UP11載荷状態(ベント + 一括架設(落とし込み))



STEP6: 上り線UP10-UP11ベント撤去状態



STEP7: 下り線DP10-DA2載荷状態(ベント架設)

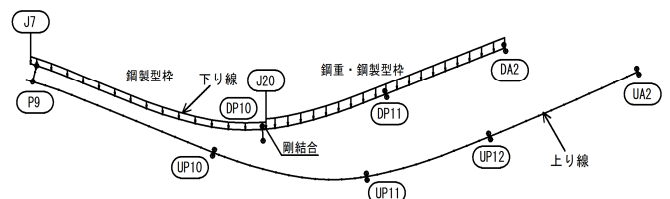


図 5 ステップ解析に用いた架設ステップ

(2) 一括架設時の曲線桁の重心位置

重心位置は、詳細設計において、大ブロック架設の吊り上げ状態照査の立体骨組解析に重心位置が示されており、解析では、大ブロック桁の主桁骨組みに仮想支点を設けて、その仮想支点の水平反力が0となる位置を大ブロック桁の吊位置とし、その吊位置のX,Y座標を鋼床版上面に投影した位置を重心位置としていた。立体骨組解析では、実鋼重に近い仮定鋼重が用いられており、上下フランジ、腹板、縦リブ、ダイヤフラムなどの材片重量（実鋼重）から算出した重心位置と比較したところ、10cm程度以下であったことから重心位置の変更は不要であった。（図6, 7）

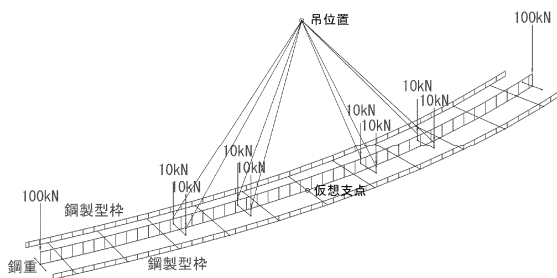


図6 立体骨組解析

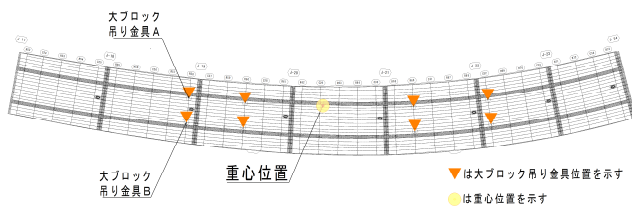


図7 重心位置

(3) ねじりキャンバーを考慮した工場製作

ねじりキャンバーを考慮する範囲は、キャンバー設定で検討した結果から、ねじりキャンバー値は小さいが上下線の離隔が狭い範囲と曲線の影響によりねじりキャンバー値が大きい範囲と考え、図8に示す大ブロック一括架設を行う下り線J7~J20, 上り線J7~J24について、ねじりキャンバーを工場製作に反映した。また、下り線J21以降, 上り線J24以降については、ねじりキャンバー値がほぼ0mmであったため、ねじりキャンバーは考慮していない。

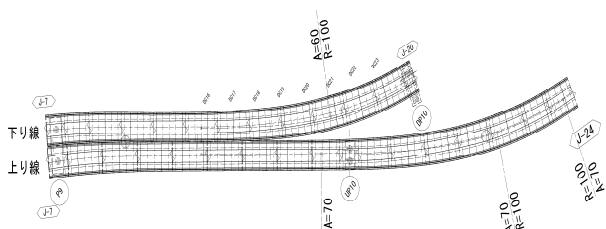


図8 ねじりキャンバー考慮範囲

a) キャンバー値の設定について

主桁キャンバーは、L側腹板（以下Lと記載）、R側腹板（以下と記載R）のキャンバー値の平均値を主桁中心（以下Cと記載）のキャンバー値として設定した。従って、ねじり変形が発生しない直線区間は、桁が鉛直のみ変形し、L,C,Rはすべて同じキャンバー値となる。しかし、曲線を有する上り線J7~J24, 下り線J7~J20範囲は、L,Rにキャンバー差があるため、あらかじめ腹板を傾けてねじりキャンバーを設定し、製作を行った。また、支点上は、完成時鉛直、その他の格点は製作時鉛直として設定した。

b) ねじりキャンバー値の設定方法

ねじりキャンバーの設定方法を以下に示す。

- ①製作時 X,Y 座標を線形計算より算出する。
 - ②Z 座標は L,R 腹板上でのキャンバー値に完成時の標高を加えた値とする。
 - ③L,R の中立軸を直線で結んだ中点を回転中心と考えて $\tan \theta = (\alpha 2 - \alpha 1) / D$ でとなる角度 (θ) だけこの回転中心の廻りを回転させ、主桁腹板のキャンバー基準及び上下端で新たな X, Y, Z 座標を求めて、これを製作時の座標とした。（キャンバーが戻る際、鉛直方向と共に θ の角度分回転する。）
- 図9に示す実線が製作時形状、破線が完成時形状となる。

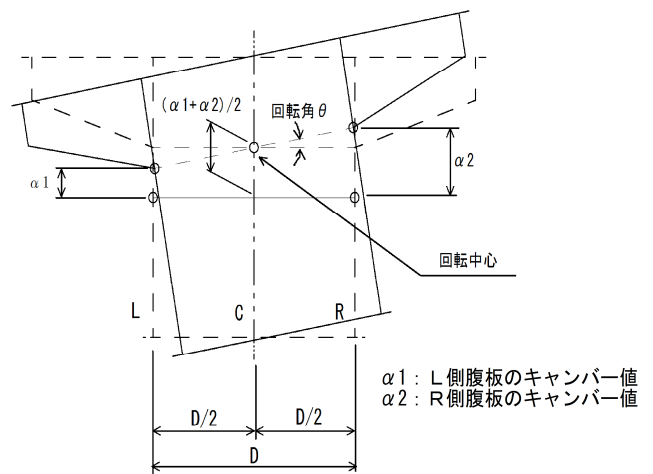


図9 製作時の座標設定について

c) 工場製作出来形管理

大ブロック一括架設に際して部材の外形寸法精度を厳格に管理する必要があると考え、仮組立時の計測値に社内管理値（そりは規格値の50%管理）を設け規定値よりも厳しい値で管理を行った。

(4) 現場施工の工夫

a) 黒崎バイパス上の一括架設

黒崎バイパス上 (UP10~UP11) の一括架設は、セッティングビームを使用しての一括架設である。先行架設した桁に大ブロック桁の荷重を移行すると大ブロック桁には負反力が発生し、架設桁が転倒する挙動が懸念されたため、セッティングビームに加え、図10に示すようにベントを設置し、安全性に配慮した架設計画とした。

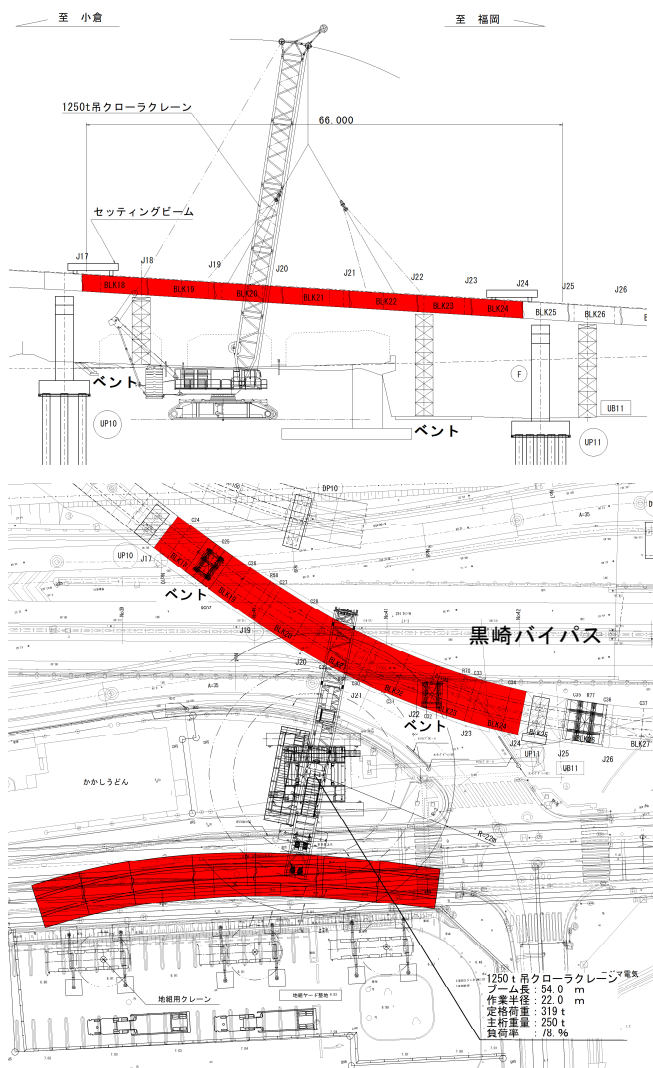


図10 黒崎バイパス上の一括架設計画 (側面図・平面図)

b) 1250t吊クレーンの組立て

地組ヤードは、非常に狭隘であったため、大ブロック桁の地組を行う前に1250t吊クローラクレーンを組立てる必要があった。1250t吊のクローラクレーンは下部旋回体、クローラシュー、クローラ、上部旋回体、ブーム毎に分解搬入され、220t吊と550t吊のオールテレーンクレーンを用いて組立を行った。その後、大ブロック桁の地組立てを行った。

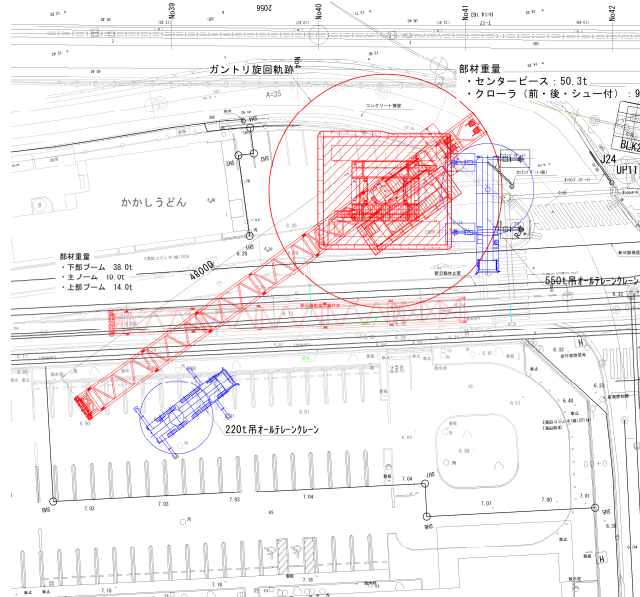


図11 1250t吊クローラクレーン組立計画図



写真1 1250t吊クローラクレーン組立状況

c) ワーキングスペースの確保

- ①高力ボルト継手位置での部材間隙間は一般部で10mmとし、J17,J24ではワーキングスペースとしてそれぞれプラス20mmの隙間を設けた。
- ②J17,J24の仕口では鋼床版(上フランジ)側を長く、下フランジ側を短くした逆ハの字型とし、確実に落とし込める形状とした。

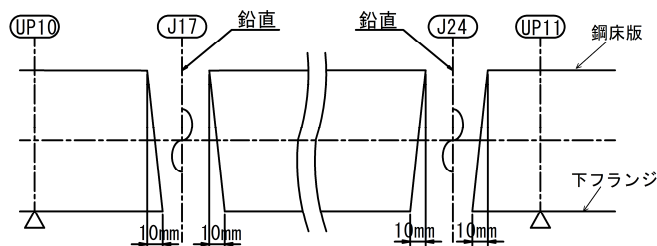


図12 一括架設ブロック継手形状と隙間

③桁を吊り上げる時に桁が変形し、仕口角度も変化するため、吊り上げ時の仕口角度の変化量を構造解析により確認した。また、一括架設に先立ち実施する試験吊りの際に仕口の傾きを計測し、構造解析による値と比較した。その結果、図13、表-1に示すように仕口の傾き変化は解析と実構造物ではほぼ一致しており、落とし込み架設に支障のないことが確認できた。

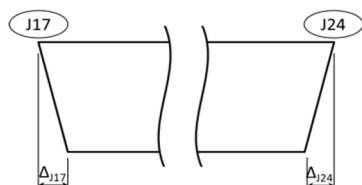


図13 一括架設ブロック継手形状

表-1 仕口の傾き（解析結果と計測結果の比較）（単位:mm）

仕口の傾き (ΔJ)の変化	①変化量の 解析値	計測値			差 ①-②
		地組時	吊上時	②変化量	
J17	L側ウェブ	5.0	15.0	19.0	4.0
	R側ウェブ	5.0	13.0	17.0	4.0
J24	L側ウェブ	1.5	12.0	13.0	1.0
	R側ウェブ	1.5	14.0	15.0	1.0

④温度変化への対応として、標準温度(20℃)に対する温度変化量は+10℃の場合、上り線の桁全体での伸び量は32mmとなる(線膨張係数 1.2×10^{-5} 、施工桁長269mとした場合)。一括架設は11月30日の夜間に実施する予定であり、その時の気温は標準温度以下であることが想定されたが、施工誤差や架設時の風の影響といった不慮の事態も考慮して、先行架設したJ24~UA2の桁を30mmセットバックした。

⑤図14示すように、ワーキングスペースの設定、吊り上げ時の桁の変形量の確認および先行架設桁のセットバックなどの配慮に加え、一括架設直前に先行架設桁の位置関係を測量し、落とし込み架設が可能であることを確認した。

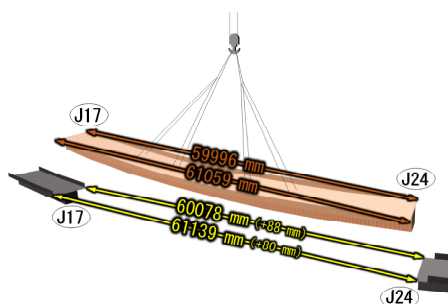


図14 ワーキングスペース確認

d) 作業員との共通認識

一括架設作業に従事する作業員に対して縦横断勾配のついた曲線桁を吊り上げた際の挙動を説明するため、1/200の縮尺模型を作成した。写真に示すように、作業手順会議において、その模型を吊り上げて、曲線桁の架設時に生じる挙動を実感してもらい、実際の作業時に配慮すべき内容について監督職員と作業員とで共通認識をもつ事ができた。



写真2 作業手順会議（一括架設）

e) 安全管理上の配慮

本工事の作業の多くは、歩行者の多い駅前の地上や上空を占用しての作業であり、工事の進捗に合わせて通路の切り替えを頻繁に行う必要があったため、第三者災害が発生するリスクが考えられた。そこで、写真3に示すような防犯対策（監視カメラ）の実施や写真4に示すような夜間照明、足場照明の確保、歩行安全性の確保（段差の解消や視覚障害者用目印）など安全管理には細心の注意を払った。



写真3 監視カメラ



写真4 歩行者ライト

f) 大ブロック一括架設

様々な事前準備を行った結果、2019年11月30日の夜間に実施した大ブロック落とし込み架設は、精度よく安全に終わることができた。(写真5)



写真5 大ブロック一括架設状況

6. 地域貢献の取り組み

(1) 見学会のキーコンセプト

地域貢献を行うにあたっては、本工事の施工場所である北九州市八幡東区の歴史的背景および地域特性に配慮を行った。

地域の方々に黒崎バイパス事業への関心を持ってもらうため、地域に根付いた歴史ある由緒正しい豊山八幡神社と、地域の発展の礎となる公共事業を結びつけ、これまで「他人事（たにんごと）」であった公共事業を「自分事（じぶんごと）」として捉えてもらえるよう、イベントの中心となるコンセプトを次のように考えた。

豊山八幡神社には「願いを掛ける」、北九州市の発展を支える公共工事の一つである春の町跨線橋上部工事は「橋を架ける」。そこで「かける北九州」をキーコンセプトとし、神社と公共事業とのコラボレーションを図った。

(2) 見学会における工夫

地域貢献の一つとして見学会を計画し、地域住民へのコンセプトの浸透を図るため、国内有数の 1250t 吊クローラークレーンを用いた一括架設を主とした見学会だけでなく、イベントとそれを構成する様々なコンテンツを企画・実施することにした。

a) 地域住民への情報発信

地下通路に写真 6 に示すように液晶モニタを設置し、工事の進捗、黒崎バイパス事業の紹介、施工会社(当社)の紹介、天気情報などの様々な情報を発信した。



写真 6 地下通路に設置した液晶モニタ

b) イベントとして大型クレーン見学会を実施

イベントには次のようなメニューを用意した。

- ・ 建設機械（クレーン）等の模型展示
- ・ 絵馬に願いを記入（写真 7）
- ・ クレーンの前で記念撮影
- ・ クレーンの操作体験
- ・ 高所作業車（スーパーデッキ）搭乗体験
- ・ 高力ボルト締付体験
- ・ ボルト締付トルク当て選手権（写真 8）

多くのメニューを用意し、参加者が全メニューを体験してもらうために、スタンプラリー方式を採用した。



写真 7 記入した絵馬をボードにかける参加者



写真 8 ボルト締付トルク当て選手権

c) 一括架設見学会での実況中継

イベントでの告知の効果もあって、一括架設見学会には約 300 名もの方々が参加した。

一括架設見学会においてもイベントに続き、参加者に絵馬の記入をお願いし、合わせて 374 点の絵馬が集まった。これらの絵馬は木箱に納めて桁内に搬入し、そのまま一緒に架設した（写真 9）。

鋼橋を架設するという行為が、自らの願いを掛ける行為として捉えてもらうため、参加者に絵馬を書いてもらう際に「皆様の願いを橋桁の中に入れて、共に架けます」ということを伝えていた。架設後、絵馬は豊山八幡神社に奉納した。



写真 9 絵馬を桁内に納めた様子

一括架設の作業前には豊山八幡神社の禰宜による神事が行われ、参加者が絵馬に掛けた願いの成就と工事の安全を祈願した。神事後、職員や作業員が作業に向かう際に、参加者から「ご安全に!」、「がんばって!」と声がかかり、職員・作業員とも非常に感謝しつつ各自の持ち場に就いた。



写真10 神事の様子



写真11 架設作業の実況中継と解説

見学会の工夫として、1250t吊の大型クレーンを用いた架設作業の状況はビデオカメラやドローンで撮影し、その映像をビジョンカーに映し出した。そして、橋梁のプロである二人（(一社)ツタワールドボク代表理事 片山英資会長と当社、橋梁事業部営業部 児島部長）が、逐次、参加者に説明し解説を行った。

従来の架設見学会では、説明資料を配布することはあっても、作業の進捗を細やかに説明・解説することは少なく、一般の参加者は、今どのような作業が進行しているかが不明な場合が多く、その点を改善した見学会であった。参加者の多くは、大ブロック桁の地切りから所定の位置に移動するまでの約1.5時間の間、プロの説明を聞き、ビジョンカーに映し出される映像と実物とを見比べながら、作業状況を理解した上で、見学して頂いた。

7. おわりに

本報告では曲線桁の大ブロック一括架設工法という、難易度の高い工事を安全に成し遂げるための様々な技術的な取り組みと、多くの方に参加して頂ける現場見学会の内容について紹介した。

近年、土木の広報が注目され、その重要性が認識されてきている。本工事において実施した見学会は、地域の方に身近な存在である地元の神社との協働により、これまでは他人事だった公共工事が自分事として認識して頂けたのではないかと考えている。この報告が今後の工事の参考になれば幸いである。最後に本工事を施工するにあたり、ご指導・ご協力頂いた、九州地方整備局北九州国道事務所、黒崎バイパス連絡協議会参加企業各社、(一社)ツタワールドボク及び社内関係者など、全ての皆様に深く感謝いたします。

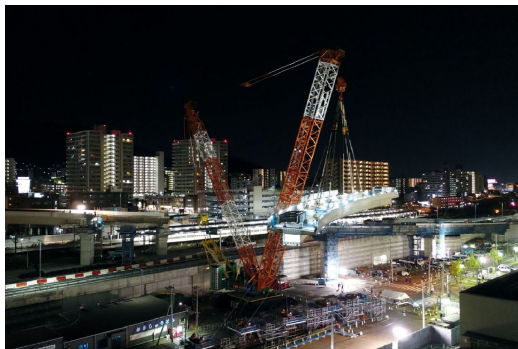


写真12 一括架設状況1

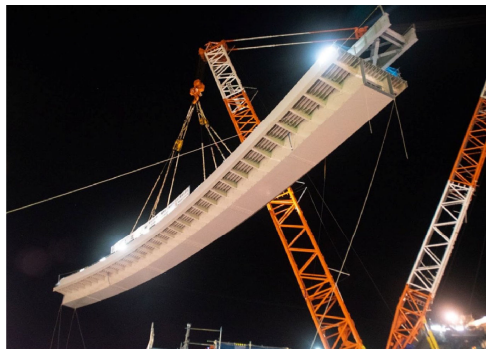


写真13 一括架設状況2

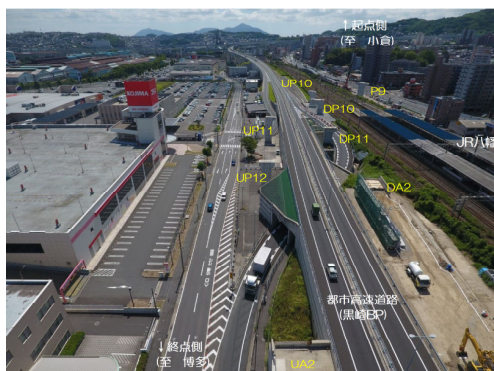
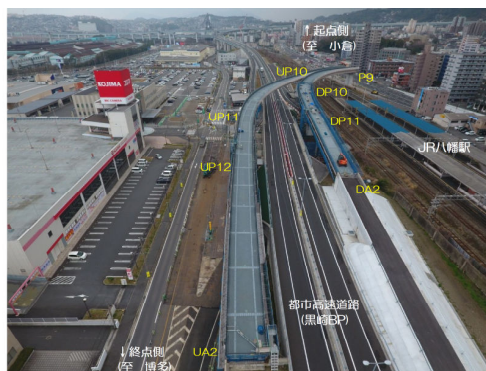


写真14 着工前（終点側より）



完成（終点側より）