

# 広島高速 5 号線 矢賀こ線橋（仮称）の施工 — 新幹線車両基地上における国内最大級の張出し架設 —

川端 誠\*1・佐藤 雅義\*2・半井 恵介\*3・田嶋 亮佑\*4

矢賀こ線橋（仮称）は、新幹線の車両基地上空を跨ぐ広島高速 5 号線の橋梁であり、西日本旅客鉄道株式会社が広島市から委託されている。本橋梁は、中央支間が 152 m を有するコンクリートウェブの PC 3 径間連続箱桁橋で、片持ち架設工法によるコンクリートウェブの連続桁橋では国内最大級の支間長である。

上部工コンクリートは圧送距離が長く、新幹線の車両基地上空は短繊維混入による剥落対策を行っている。さらに、柱頭部付近では下床版が厚く上床版内のシースが過密に配置されているなどの長支間 PC 橋特有の条件があり、コンクリートの施工管理が重要であった。また、内ケーブルが長いこと PC グラウトの注入圧力が過大となることも懸念された。施工環境は、新幹線車両に対する資機材の飛来落下などが山陽新幹線やひいては東海道・九州新幹線の運転に影響を及ぼす状況での張出し架設であった。

本稿では、長支間 PC 橋特有の条件下における品質確保と鉄道営業線上空での張出し架設における列車運転支障防止について報告する。

キーワード：長支間 PC 橋、長距離圧送、鉄道営業線上空

## 1. はじめに

広島高速 5 号線は、供用中の温品ジャンクションを起点に広島駅に至る延長 4 km の都市高速道路である。本橋梁は写真 - 1 に示す新幹線の車両基地上空を跨ぐ広島高速 5 号線の橋梁で、西日本旅客鉄道株式会社が広島市から委託されている。移動作業車による張出し架設工法で施工されるコンクリートウェブの PC 3 径間連続箱桁橋であり、20 編成が留置可能な新幹線車両基地を越えるために支間長が国内最大級の橋梁である。

本稿では、長支間 PC 橋における「品質確保に対する取組み」と鉄道営業線上空での張出し架設における「列車運転支障防止に対する取組み」について報告する。

## 2. 工事概要

工事名：広島高速 5 号線矢賀 Bo 新設工事

発注者：西日本旅客鉄道株式会社

工期：2016 年 11 月 1 日～2020 年 3 月 16 日

構造形式：PC 3 径間連続箱桁橋

橋長：321.854 m

支間長：83.100 m + 152.000 m + 83.954 m

桁高：7.500 m～3.500 m

幅員：10.000 m, (拡幅部) 14.000 m

縦断勾配：0.3985 %

横断勾配：2.000 %～4.734 %

橋梁位置図を図 - 1 に、全体一般図を図 - 2 に示す。



写真 - 1 新幹線車両基地（夜間）

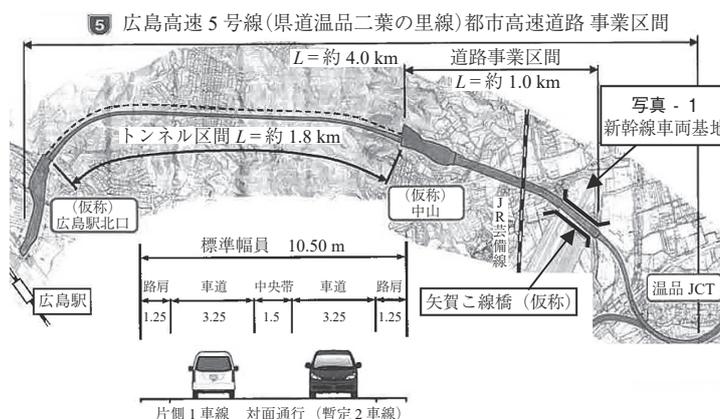


図 - 1 橋梁位置図

\*1 Makoto KAWABATA：大成建設・広成建設 JV 所長（大成建設（株）中国支店）

\*2 Masayoshi SATO：大成建設・広成建設 JV 課長（大成建設（株）中国支店）

\*3 Keisuke HANI：西日本旅客鉄道（株）大阪工事事務所 広島工事事務所 係長

\*4 Ryosuke TAJIMA：西日本旅客鉄道（株）大阪工事事務所 広島工事事務所 施設管理係

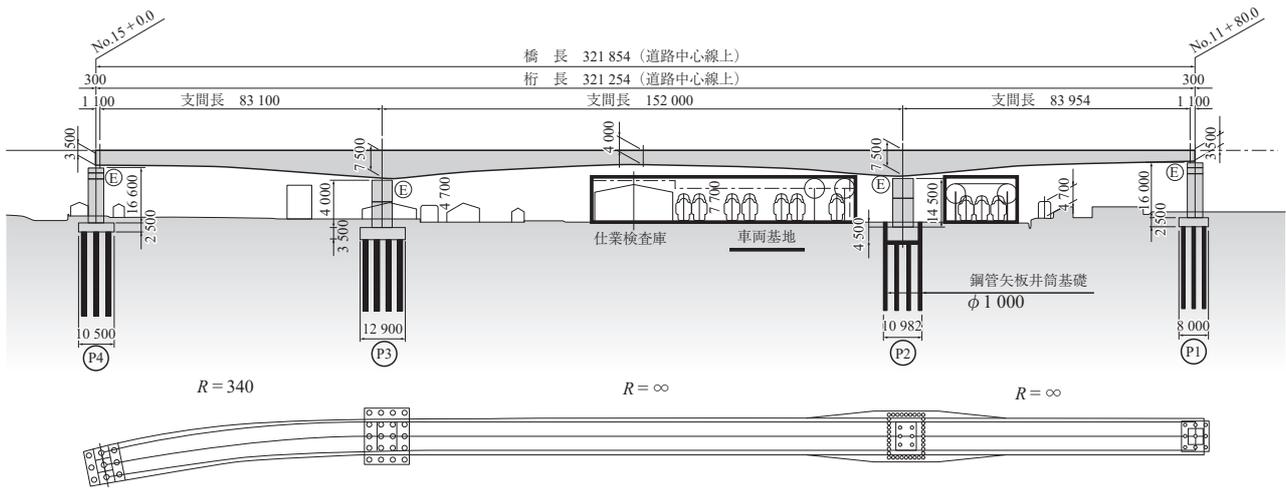


図 - 2 全体一般図

### 3. 品質確保に対する取組み

#### 3.1 柱頭部における温度ひびわれ対策

柱頭部は桁高 7.5 m のマスコンクリートであり、3 リフトに分割してコンクリートを打設する計画であった。温度応力によるひび割れの発生の懸念があったために、3 次元モデルを用いた温度応力解析を行った。

普通セメントを用いた解析では、ひび割れ指数 1.0 を下回る範囲が発生することが確認されたため、膨張材の添加やセメントの種類を変更する対策を検討した。1 リフトと 2 リフトは低熱セメントへの変更、3 リフトは膨張コンクリートで解析を行った結果、ひび割れ指数 1.0 を下回る範囲が大幅に減少した。脱型後に部材平均温度が外気温と平衡する時期を待ってクラック調査を行ったが、0.2 mm 以上のひび割れはなかった。ひび割れ指数分布図（変更前）を図 - 3 に、ひび割れ指数分布図（変更後）を図 - 4 に示す。

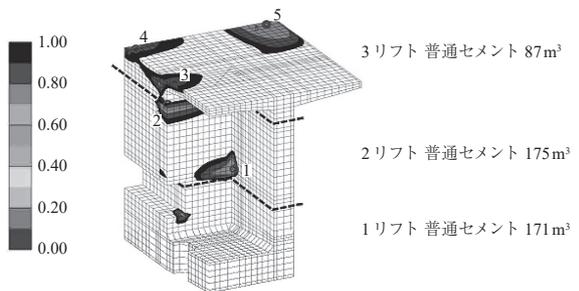


図 - 3 ひび割れ指数分布図（変更前）

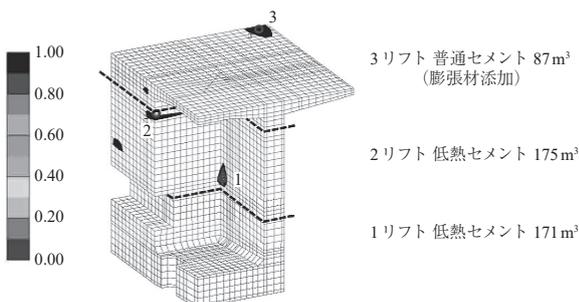


図 - 4 ひび割れ指数分布図（変更後）

#### 3.2 短繊維コンクリート長距離圧送試験

新幹線の車両基地上を跨ぐ箇所のコンクリートは、剥落防止対策のため短繊維コンクリートを使用した。ポンプ車を配置できる位置が P2 橋脚と P3 橋脚にかざられるため、コンクリートの圧送距離が長くなる。長距離圧送によるスランプの低下を試験打設によって確認し、短繊維コンクリートのスランプを決定した。試験打設は、実際の打設配管延長と水平換算距離で等しくなるように圧送管を配置してポンプ車で短繊維コンクリートの圧送を行った。実際の打設配管延長を図 - 5 に、試験打設の配管延長を図 - 6 に示す。

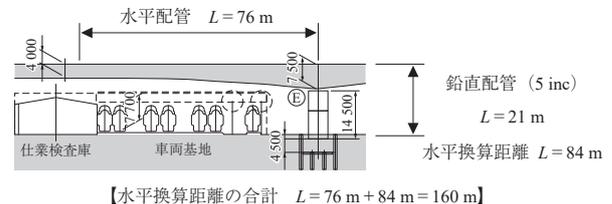


図 - 5 実際の打設配管延長

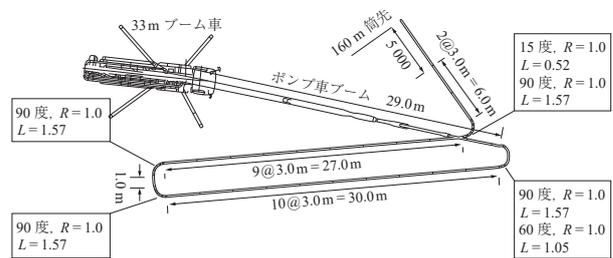


図 - 6 試験打設の配管延長

現地に到着した運搬車両への短繊維混入前後でスランプ試験を行った。その後、短繊維を混入した運搬車両を現地で 60 分待機させてから、短繊維コンクリートをポンプ車へ投入し、ポンプ圧送の前後でスランプ試験を行った。スランプ試験記録表を図 - 7 に示す。

(外気温 32 ~ 34 度)

運搬車両 到着時	短繊維混入の影響		時間経過の影響 車両 60分待機	運搬車両 待機後	圧送長による影響	
	混入前	混入後			圧送前	圧送後
	測定値	15.5 cm			13.0 cm	測定値
	変化量	-2.5 cm	変化量	-1.0 cm	変化量	-1.5 cm

図 - 7 スランプ試験記録表

スランプの低下が短繊維混入により 2.5 cm、配管圧送により 1.5 cm、合計 4.0 cm のスランプの低下が発生した。この結果から、コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>における壁部材の打込み最小スランプの目安 10.0 cm に対して、スランプの低下 4.0 cm 分を上乗せした 14.0 cm をコンクリート受入れ試験時のスランプ下限値とした。標準値は 2.5 cm 上乗せした 16.5 cm で、さらに現場までの運搬に伴うスランプの低下を 1.5 cm 見込んで、短繊維コンクリートの配合はスランプ 18.0 cm に設定した。

### 3.3 コンクリートの運搬時間管理

コンクリートの打設時には、打設の進捗に合せた出荷管理を行うシステムを使用した。WEB サーバーに送信された出荷時間や打設進捗などの情報を、タブレット端末などを使用してプラントと現場の双方がリアルタイムに把握することが可能なシステムである。出荷と打設のバランスを、プラントが常時把握することで打設の進捗に合せたコンクリートの出荷が可能となる。運搬車両の現場待機時間を最小限に抑えて、現場までの運搬に伴うスランプの低下を小さくすることができた。

### 3.4 締め固め箇所に合せた内部振動機の使用

柱頭部付近の下床版は厚さが大きく、隅角部まで通常のバイブレーターでは届かないことから、締め固め不良となる懸念があった。対策として、通常の内部振動機に延長パイプを取り付けたマルチバイブレーターを差し込むことで隅角部まで確実に締め固めを行うことができた。柱頭部の主桁断面図を図 - 8 に、マルチバイブレーター使用状況を写真 - 2 に示す。

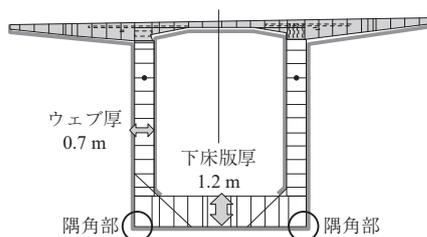


図 - 8 柱頭部の主桁断面図



写真 - 2 マルチバイブレーター使用状況

また、上床版のシースは過密に配置されており、シースとシースの間に挿入できる内部振動機の直径は 35 mm 以下であった。このため、直径が 28 mm で締め固め能力が従来の小径バイブレーターの 1.5 倍以上を有する小径強力バイブレーターを、ウェブ上部のシースとシースの間から差し込むことで確実に締め固めを行うことができた。ウェブ上部シース配置図を図 - 9 に、小径バイブレーター性能表を表 - 1 に示す。

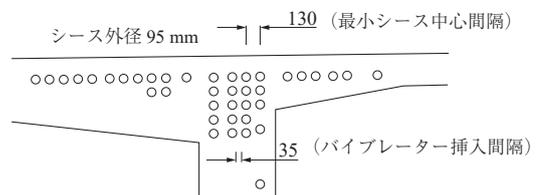


図 - 9 ウェブ上部シース配置図

表 - 1 小径バイブレーター性能比較表

項目	従来タイプ	強力タイプ
直径	32 mm	28 mm
振動体重量	9.6 kg	11.0 kg
振動数	9 480 ~ 12 000 vPM	15 000 ~ 16 200 vPM
出力軸回転数	2 850 rpm [50 Hz]	4 600 rpm [50 Hz]

### 3.5 グラウト注入の実物大試験

内ケーブルが長く、注入圧力が過大となるため、高粘性グラウトや低粘性グラウトを使用すると閉塞するリスクが高まる。本工事では超低粘性グラウトを採用し、注入口から一度にグラウトを充填した。

超低粘性グラウトは、先流れによるシース内の残留空気が懸念されるため、実物大の試験体によるグラウト注入試験を行った。最大の下り勾配 20 度を想定し、実際のケーブル形状に合わせてリブ付半透明シースを配置し、曲下げ開始位置とそこから下流側に 500 mm 離れた位置に中間排気口を設けた。ウェブに配置される PC 鋼材の側面形状図を図 - 10 に示す。

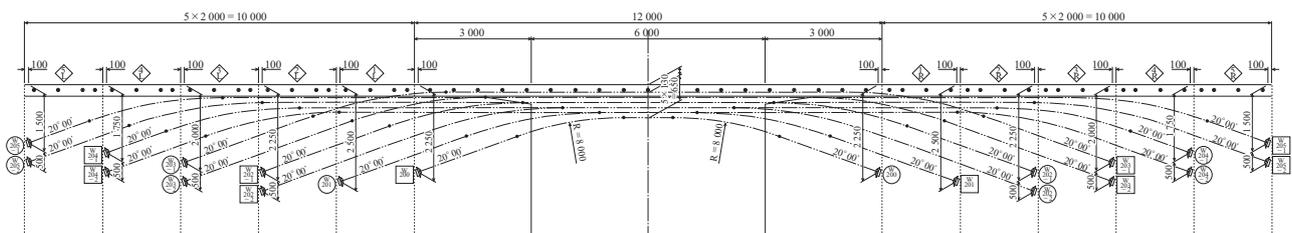


図 - 10 PC 鋼材の側面形状図 (5 ブロックまで)

注入口から注入されたシース内のグラウトは、上り勾配頂上付近に到達した際に先流れを生じた。平坦部に入り先流れを生じさせながらグラウトが充填していき、下り勾配部でも先流れが発生した。グラウトが端部排出口まで到達したことを確認して、端部排出口のホース閉塞した。端部排出口を閉じたのち、残留空気が中間排気口に移動し、確実に中間排気口から排出されることが確認できた。実物大シース配置状況を写真 - 3 に、グラウト充填状況を図 - 11 に示す。

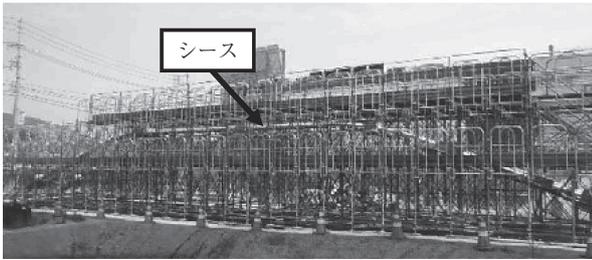


写真 - 3 実物大試験シース配置状況

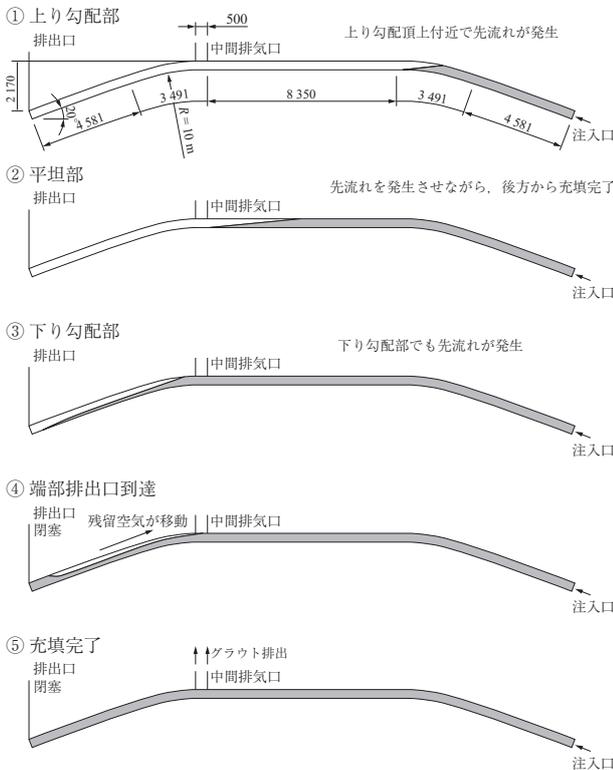


図 - 11 グラウト充填状況図

### 3.6 品質の評価

これまでに述べてきた取組みに対して行った評価結果について報告する。

コンクリートの品質を評価する手法として、散水試験<sup>2)</sup>を用いた。散水試験は、乾燥したコンクリート表面に専用のスプレーで1分間に1回散水を行って、コンクリート表面を所定の位置まで流下した時の散水回数によってコンクリート表層部の緻密さを評価する手法である。今回は上床版と下床版の上面、ウェブの内面と外面の4か所で散水試験を行ったが、すべての部位で流下までの散水回数が1回

であった。コンクリート表層部の緻密さが良好であり、今回の取組みが長支間 PC 橋におけるコンクリートの品質確保に対して有効であることが確認できた。散水試験概要図を図 - 12 に示す。

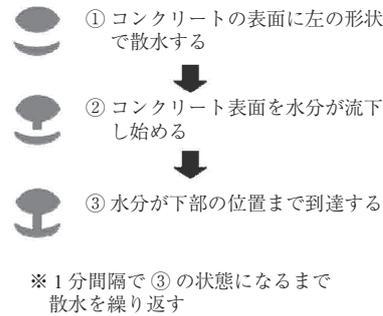


図 - 12 散水試験概要図

また、PC グラウトの充填性を評価する手法として、充填検知センサーを用いた。シース内に設置した充填検知センサーがグラウトを検知すると電圧値がおおむね 3 mV 以下となることによって、グラウトの充填性を評価する手法である。内ケーブルのシース内で、注入方向に対して下り勾配頂部の排気口に充填検知センサーを設置し、測定電圧がいずれも 3 mV 以下であった。グラウトの充填が良好であり、今回の取組みが長支間 PC 橋におけるグラウトの品質確保に対して有効であることが確認できた。

## 4. 列車運転支障防止に対する取組み

### 4.1 拡幅部同時施工対応の低床型移動作業車

P2 橋脚から張出し施工を行う移動作業車は、25 000 V の新幹線架空線の安全距離である 3 m を確保するため、型枠設備と作業床が一体となった低床型の移動作業車を使用した。また、P2 橋脚は非常駐車帯の拡幅部があり、張出し施工後に拡幅部の施工を行った場合には新幹線の線路内に資機材が落下するおそれがあるため、張出し施工と同時に拡幅部の施工が可能となるように幅員を拡大した移動作業車を使用した。新幹線架空線との離隔図を図 - 13 に示す。

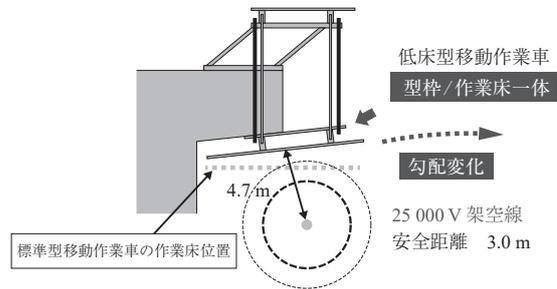


図 - 13 新幹線架空線との離隔図

### 4.2 足場組立解体時の落下防護設備

移動作業車による張出し架設工法では、上空で足場を組立解体する必要がある、とくに低床型移動作業車の場合はその頻度が多く、足場材などの資材落下のおそれがある。本工事では、道路の通行止規制や新幹線が車両基地内に入

らない措置を行うことができなかったため、足場の外側に足場本体と分離された落下防護設備を設けた。

移動作業車本体に取付けた吊下げ装置（電動ホイスト）で、コの字型の鋼製フレームを吊下げている。鋼製フレームに1mm目のメッシュシートが隙間なく吊下げられていて、メッシュシート下端は移動作業車の作業床内で固定されているため、資材が落下してもメッシュシート内を落下して移動作業車の作業床に留まる構造となっている。

また、台風などの強風時には移動作業車の崩壊を防ぐため、電動ホイストを使って鋼製フレームを移動作業車の作業床までカーテンのように降ろすことが可能である。足場組立解体時の落下防護設備（使用時）を写真 - 4 に、落下防護設備（強風時）を写真 - 5 に示す。

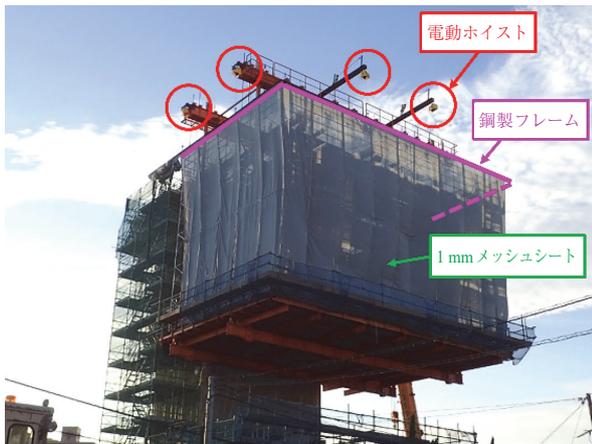


写真 - 4 足場組立解体時の落下防護設備（使用時）

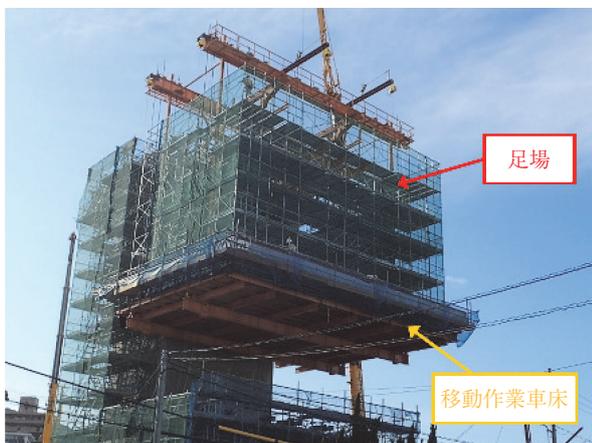


写真 - 5 足場組立解体時の落下防護設備（強風時）

#### 4.3 橋面上からの飛散防止設備

橋面上からの飛散物が新幹線の線路内に落下するおそれがあるため、橋面手摺と控え斜材の間に飛散しやすい資材などの仮置き場所を設けた。

高さ2mの橋面手摺外側に1mm目のメッシュシートを、

控え斜材側に15mm目のネットを橋軸方向の全延長に設置しており、新幹線が運転休止となる風速30m/sまで耐えられる構造となっている。橋面上飛散防止設備を写真 - 6 に示す。



写真 - 6 橋面上飛散防止設備

## 5. おわりに

矢賀こ線橋（仮称）は2017年1月の着工から上部工閉合に至るまで新幹線に対する列車運転支障なく施工を完了し、2020年3月の竣工に向けて高欄や排水管路、通信管路などの施工を進めている。張出し施工状況を写真 - 7 に示す。

最後に、本橋梁の施工にあたりご尽力をいただいている関係各位に紙上をお借りして厚く御礼を申し上げます。



写真 - 7 張出し施工状況（2019年6月撮影）

#### 参考文献

- 1) (公社) 土木学会: 2017年制定コンクリート標準示方書〔施工編〕, p.73, 2018.3
- 2) 西尾壮平, 上田洋: コンクリート品質の簡易な非破壊評価方法 - 散水試験 -, RRR, vol.74, No.5, p.33, (公財) 鉄道総合技術研究所, 2017.5

【2019年9月25日受付】