

# 東九州道（清武～北郷）鏡洲川橋上部工工事

## — 高橋脚でアンバランスな張出し施工 —

洲本 幸太\*1・廣畑 健吾\*2・西 雅寛\*3・平碰 真二\*4

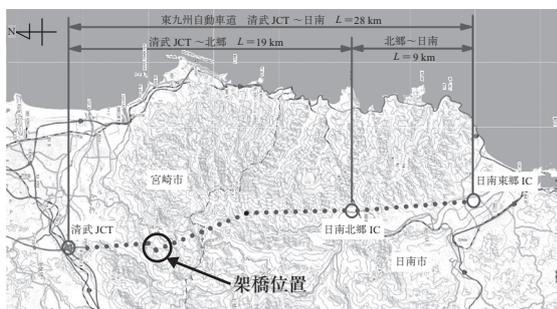
本橋は、張出し架設の施工長が長く、また P3 橋脚においては、高橋脚かつ左右の張出しブロック数が異なり、アンバランスな状態となる。このため、張出し施工時には橋脚および主桁の実挙動についてモニタリングを行い、橋面高の出来形精度を高める上げ越し管理を実施した。また、工程短縮のため、張出し施工と並行して A2 側の側径間の先行施工を行った。さらに、品質向上のため、3次元温度応力解析を行い、ひび割れ対策として、水冷式パイプクーリングを実施した。また、3次元モデルによる過密配筋部の事前確認など CIM の活用を行った。本稿では、上部工の施工で実施したこれらの取組みについて報告する。

キーワード：張出し施工、上げ越し、側径間先行施工、CIM

### 1. はじめに

東九州自動車道は、福岡県北九州市を起点にし、大分県、宮崎県を經由して、鹿児島県鹿児島市へ至る高速自動車国道である。鏡洲川橋は、東九州自動車道の内、宮崎県内の清武 JCT（宮崎市清武町）から日南北郷 IC（日南市北郷町）を結ぶ約 19 km に架橋される（図 - 1）。この区間は、国土交通省九州地方整備局の直轄工事として、宮崎河川国道事務所が整備を進めているところである。

本橋は、張出し架設の施工長が長く、また P3 橋脚においては、高橋脚かつ左右の張出しブロック数が異なり、アンバランスな状態となる。主桁や橋脚の挙動が上げ越し管理に与える影響が大きいため、張出し施工時にはそれらの実挙動についてモニタリングを行い、橋面高の出来形精度を高める上げ越し管理を実施した。また、工程短縮のため、張出し施工と並行して A2 側の側径間の先行施工を行った。さらに、品質向上のため、3次元温度応力解析および 3次元モデルによる過密配筋部の事前確認など CIM の活用を行った。本稿では、上部工の施工で実施したこれらの取組みについて報告する。



出典：国土地理院ホームページ (<http://maps.gsi.go.jp>)

図 - 1 橋梁位置図

### 2. 工事概要

本橋は、宮崎市清武町において鏡洲川に架かる橋長 337 m、最大支間 97 m の PC 4 径間連続ラーメン箱桁橋である。本工事の橋梁諸元を表 - 1、主桁断面図を図 - 2、橋梁一般図を図 - 3 に示す。

表 - 1 橋梁諸元

工事名	東九州道（清武～北郷）鏡洲川橋上部工工事
発注者	国土交通省 九州地方整備局 宮崎河川国道事務所
工事場所	宮崎県宮崎市大字鏡洲地内
工期	平成 27 年 1 月 16 日～平成 29 年 5 月 19 日
構造形式	PC 4 径間連続ラーメン箱桁橋
橋長	337.0 m
支間長	64.2 m + 97.0 m + 97.0 m + 77.0 m
有効幅員	12.0 m
縦断勾配	1.617 %
横断勾配	3.0 % ～ 2.0 % ～ 0.0 %
平面線形	R = 1000 m ～ A = 500 m ～ A = 300 m

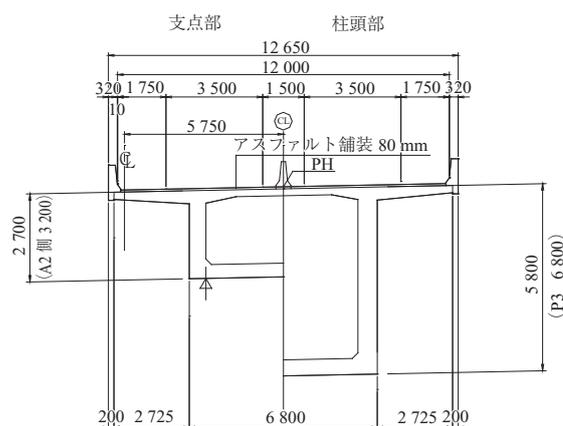


図 - 2 主桁断面図

\*1 Kota SUMOTO：(株) 富士ピー・エス 九州支店 工務部工事チーム  
\*2 Kengo HIROHATA：(株) 富士ピー・エス 九州支店 工務部工事チーム  
\*3 Masahiro NISHI：前田建設工業 (株) 九州支店 土木部  
\*4 Shinji HIRABAE：(株) 富士ピー・エス 九州支店 工務部工事チーム

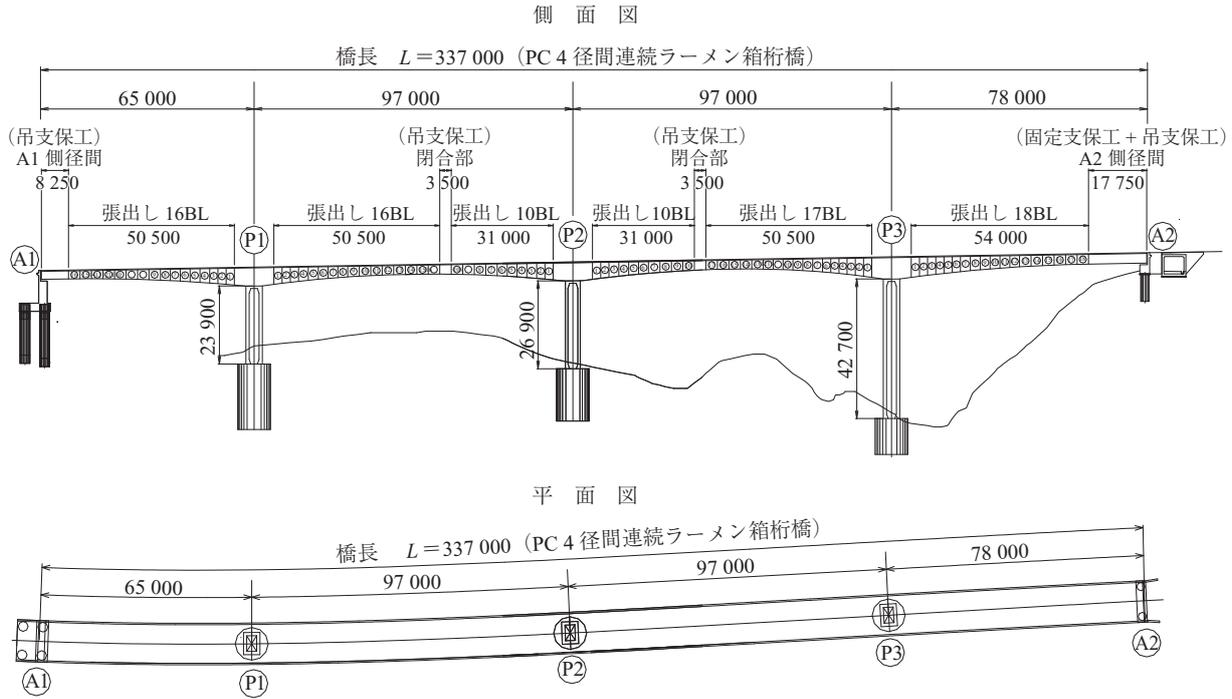


図 - 3 橋梁一般図

### 3. 張出し施工時の上げ越し管理

#### 3.1 概要

本橋は、P1張出し部で16ブロック、P2張出し部で10ブロック、P3張出し部では17ブロックと18ブロックの非対称な形状であり、また橋脚高さが異なる。さらに、張出し施工時は片持ち状態となるため、図-4に示すように、主桁の材齢差や物性値のばらつきによる剛性の変化や日照の影響による温度変化に伴い、主桁や橋脚が変形する。このため、主桁や橋脚の挙動が上げ越し管理に与える影響は大きく、これらの挙動を把握することが、上げ越し管理の精度向上につながる。よって、変形量のモニタリングを行い、上げ越し計算に反映した。

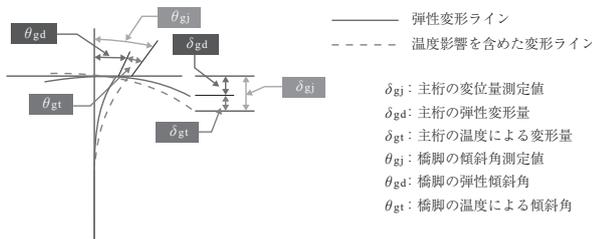


図 - 4 変形のイメージ図

#### 3.2 変形量のモニタリング

主桁および橋脚の変形量を計測するため、図-6に示すように、柱頭部に傾斜計、橋面上にレーザーレベルと電子スタッフ、橋脚の起点側および終点側と主桁の上床版および下床版に熱電対を設置した。計測値はモニタリングを行い、各施工ステップ（移動作業車の移動、コンクリート打設、緊張）ごとに温度差による影響を排除した主桁の弾

性変形量および橋脚の弾性傾斜角などのデータを収集した。なお、温度差による変形量は、休工期や各施工ステップ以外の荷重変化のない時間帯において、温度差と実測値との関係式を求め、各施工ステップ時の温度差による変形量を算出した。図-5に、橋脚で計測した温度差と傾斜角との関係を示す。

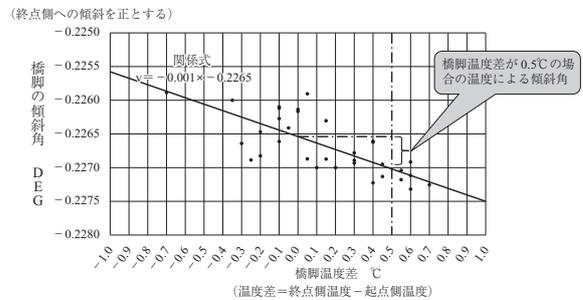


図 - 5 橋脚の温度差と傾斜角との関係式

収集したデータの整理結果の一部を表-2に示す。橋脚の弾性傾斜角については、コンクリート打設前後の傾斜角の差が計画値より実測値の方が小さくなる傾向となった。なお、計画値は縦断勾配の低い起点側から打設を行う条件で算出し、現場においてもつねに起点側から行った。

表 - 2 測定データ整理表

橋脚の弾性傾斜角	打設箇所	計画値		実測値		打設前後の傾斜角の差 ② / (deg)	比率 ② / ①
		傾斜角 (deg)	打設前後の傾斜角の差 ① (deg)	測定傾斜角 $\theta_{pd}$ (deg)	温度による傾斜角 $\theta_{pt}$ (deg)		
起点側打設直後	P1-10BL	-0.014221	-0.013871	-0.038646	0.000680	-0.039326	-0.013387 / 0.965107
		-0.000350		-0.026099	-0.000160	-0.025939	
起点側打設直後	P2-7BL	-0.016335	-0.017194	0.026371	0.000390	0.025981	-0.016083 / 0.935384
		0.000859		0.042274	0.000210	0.042064	
起点側打設直後	P3-13BL	-0.011803	-0.025342	-0.233985	0.000100	-0.234085	-0.024493 / 0.966498
		0.013539		-0.209492	0.000100	-0.209592	

\* 傾斜角は、終点側への傾きを正とする。

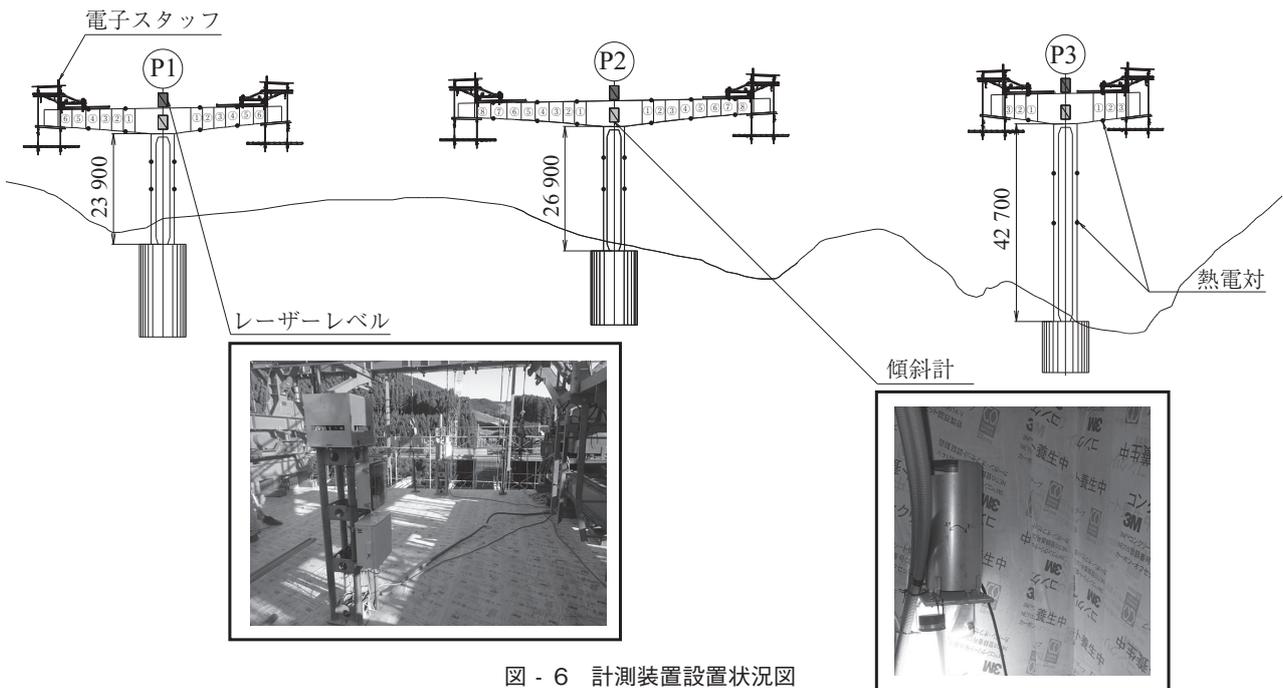


図 - 6 計測装置設置状況図

### 3.3 上げ越し管理

前述の測定データを元に設計値と実測値の比率より主桁および橋脚の弾性係数を求め、3ブロックごとに上げ越し計算に反映し、上げ越し量の修正を行った。3ブロックごとに求めた弾性係数は、主桁では設計値とほとんど変わらないが、橋脚では設計値より大きい値となった。最終的に修正した上げ越し量のグラフを図 - 7 に示す。修正した

上げ越し量のグラフを当初のグラフと比較すると、形状的には類似している。しかし、張出し先端では、上げ越し量が最大約 20 mm 減少する傾向となった。これは、橋脚の弾性係数が設計値より大きいことから、実際の橋脚剛性が大きいことが原因と推測される。

実施工においては、再計算した上げ越し量を反映した管理を行い、目標とした精度の橋面高さを得ることができた。

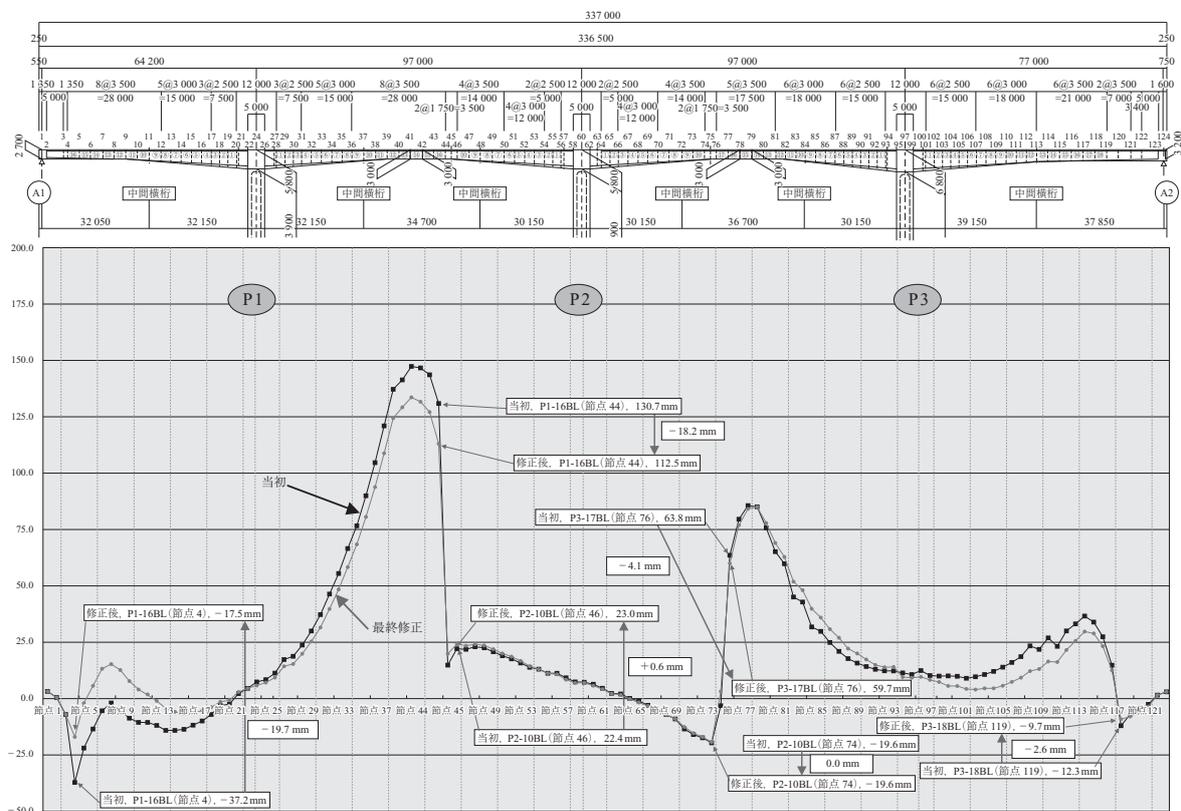


図 - 7 修正上げ越し量グラフ

## 4. A2 側径間の先行施工による工程短縮

### 4.1 概要

本橋における主桁の施工ステップは、図 - 8 に示すように、A2 側径間の施工がクリティカルパスとなる。A2 側径間の施工は、通常であれば P3 張出し施工完了後に開始するが、工程短縮のため、側径間部 17.750 m の内 14.250 m を先行して施工する計画とした (図 - 9)。

### 4.2 A2 側径間の施工

A2 側径間は架橋位置が法面上であることから、先行施工部を固定式支保工 (杭基礎) で、閉合部は吊支保工とした。固定式支保工の支持杭 (H300) は、橋台背面のボックスカルバート上にクレーンを据付けて打込みを行った (写真 - 1)。

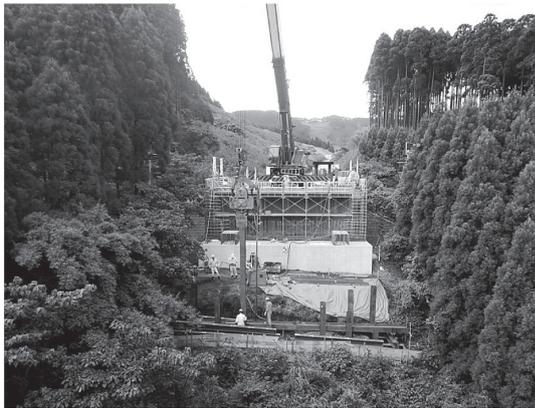


写真 - 1 杭打設状況

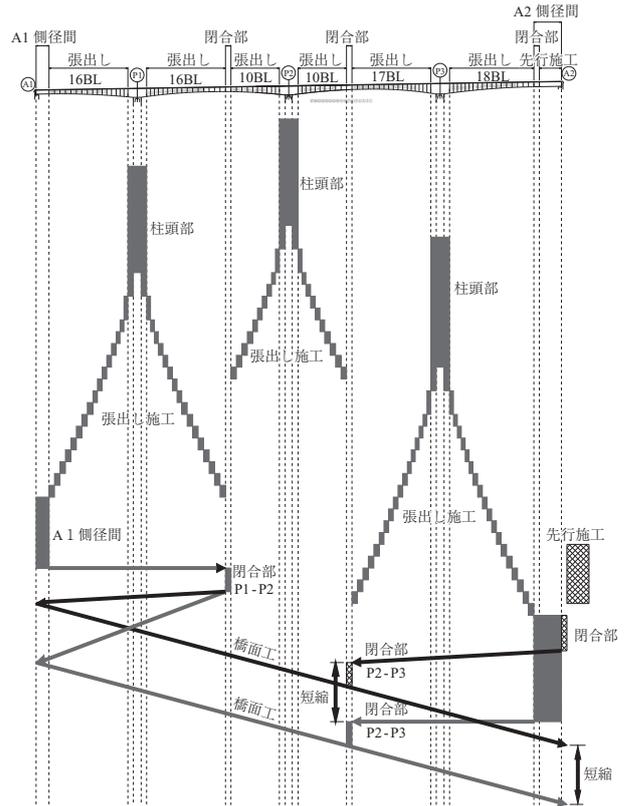
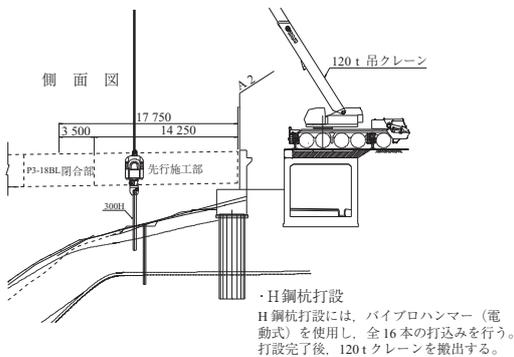
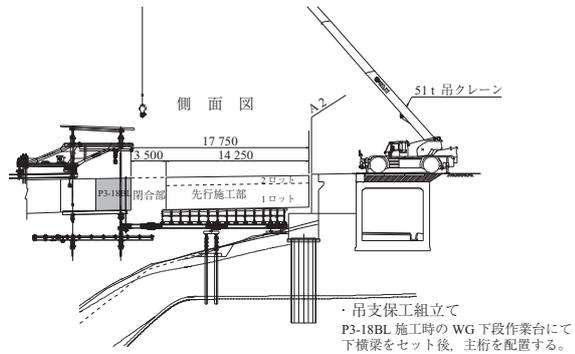


図 - 8 全体工程表

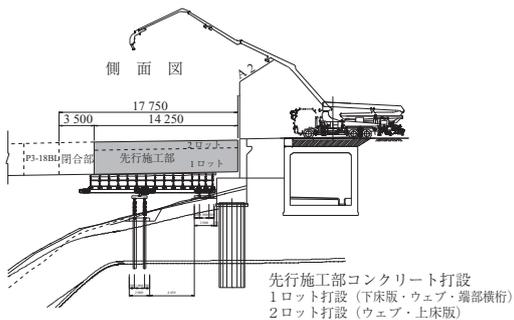
### ● STEP1 固定式支保工組立て ●



### ● STEP3 吊支保工組立て ●



### ● STEP2 先行施工部施工 ●



### ● STEP4 閉合部の施工 ●

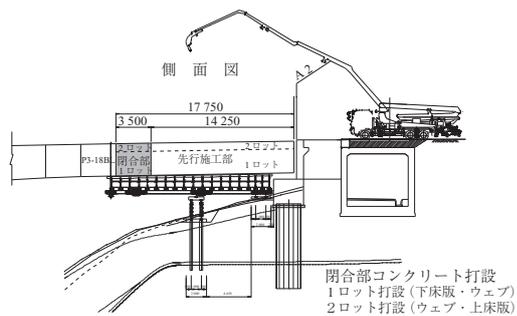


図 - 9 A2 側径間施工ステップ図

また、先行部の固定式支保工の構造は、図 - 10 に示すように、中間杭基礎から張り出したものとなる。施工時およびコンクリート打設時において、A2 側端部に生じる上揚力による支保工材の転倒が懸念された。そこで、A2 橋台前面にあと施工アンカーにて反力ブラケットを設置し、支保工の転倒を防止することにより安定性を確保した（写真 - 2）。なお、あと施工アンカーには、使用後かぶり内の金属部分が取り除ける金属拡張アンカーを採用し、撤去後のかぶりを確保できるように工夫した。

固定式支保工組立て後、図 - 9、写真 - 3 に示すように、先行施工部、吊支保工組立て、移動作業車後退、閉合部の順序で施工を行い、約 1.5 ヶ月の工程を短縮した。

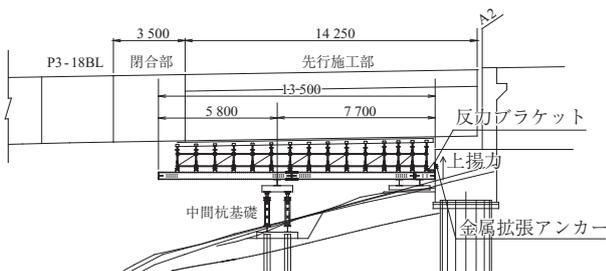


図 - 10 支保工の構造



写真 - 2 反力ブラケット設置状況

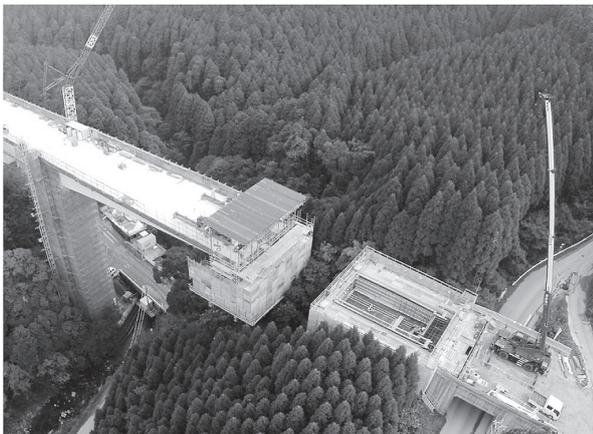


写真 - 3 先行施工部の施工状況

## 5. 品質向上の取組み

### 5.1 柱頭部の3次元温度応力解析によるひび割れ対策

本橋の柱頭部は、幅 6.8 m、厚さ 5.0 m、高さ 5.8 m のマスコンクリートであり、さらに施工時期が夏期となるため、温度応力によるひび割れが懸念された。そこで、施工の前に実際の施工状態と同様の条件で3次元温度応力解析を行い、コンクリート内部の最高温度と内外温度差およびひび割れ指数を確認した。なお、柱頭部の打設は、打設量および打設時間を考慮し、3分割にて計画した。

図 - 11 に示す3次元温度解析結果より、柱頭部内部の最高温度は、96.5℃と高く、内外の温度差も36.9℃であった。また、最小ひび割れ指数も0.87であり、1.0を下回る結果となったことからひび割れの発生が想定された。そこで、コンクリート内部の最高温度を低減し、コンクリート表面との内外温度差の低減が期待できる水冷式パイプクーリングの適用を検討した。

水冷式パイプクーリングの配置図を図 - 12 に、配置状況を写真 - 4 (a) に示す。クーリングに用いる冷却水の通水パイプは、外径 25.4 mm の薄鋼電線管を 500 mm 間隔で配置し、系統は2系統とした。1系統あたり、通水時間は48時間、通水量は10リットル/min、通水温度（入口水温）は15℃で解析を行った。パイプクーリングを行うことでコンクリートの内部温度は、77.0℃（19.5℃低減）、内外温度差は18.2℃（17.7℃低減）、最小ひび割れ指数は0.87から1.46へ改善する結果を得た。

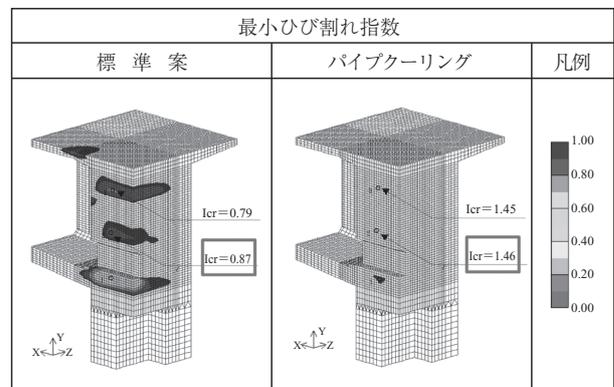
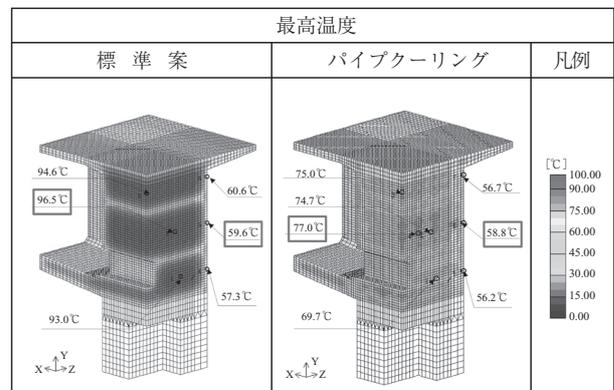


図 - 11 温度解析結果（P2 柱頭部）

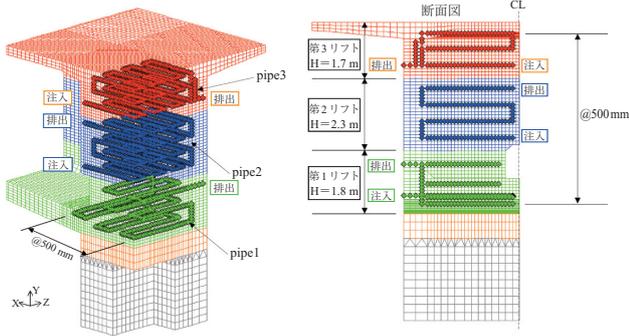


図 - 12 水冷式パイプクリーニング配置図 (P2 柱頭部)

水冷式パイプクリーニングの施工状況を写真 - 4 (b) に示す。クリーニングを実施した実測結果は、図 - 13 に示すように、最高温度は 71.3℃、内外温度差は 16.7℃となり、クリーニング未実施解析結果に対して、最高温度で 25.2℃、内外温度差で 20.2℃の低減となった。その結果、柱頭部にひび割れが生じることなく、目標の品質を確保することができた。



(a) クリーニングパイプの配置 (b) クリーニング状況  
写真 - 4 水冷式パイプクリーニングの実施状況

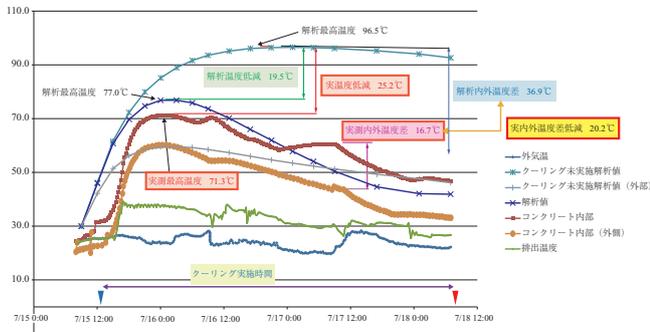


図 - 13 クリーニング結果

### 5.2 3次元モデルによる過密配筋部の事前確認

本工事では、柱頭部や定着突起部など過密配筋部において、図 - 14 に示すように、3次元モデルを作成した。これにより、鉄筋やPCの取り合いおよびコンクリートの充填不良危険箇所などの事前確認を行った。

また、鏡洲川橋の CIM モデルを作成し、属性データを付与させるとともに、施工時の緊張グラフなどの品質管理データをリンクさせた (図 - 15)。これにより、維持管理に必要な施工時の品質管理データがモデル内の属性情報に

より把握でき、効果的な維持管理計画の策定などに役立てることが可能になると思われる。

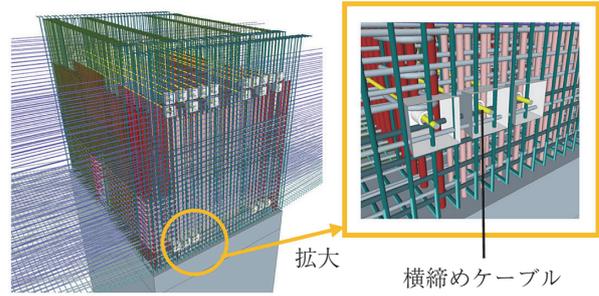


図 - 14 柱頭部の 3次元モデル

### P3-2BL の属性データおよび品質管理データ

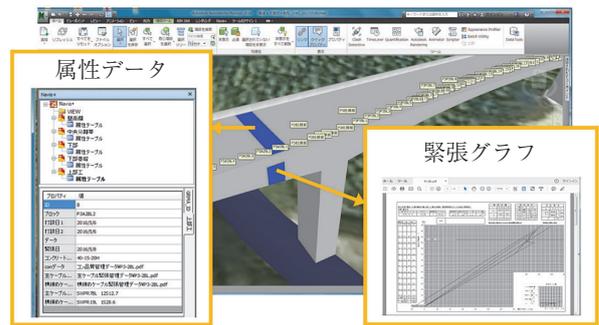


図 - 15 CIM モデルによる維持管理資料

## 6. おわりに

本橋は、平成 29 年 5 月に無事完成を迎えた (写真 - 5)。現場施工中には、宮崎大学や鏡洲小学校を招いて現場見学会の開催するなど、地域とのコミュニケーションを図り、竣工時には地縁団体より感謝状をいただくことができた。最後に、本橋を施工するにあたり、多大なご指導、ご協力をいただいた関係者各位および鏡洲地区の住民の方々に感謝の意を表します。



写真 - 5 完成写真

[2017 年 7 月 7 日受付]