

片持ち張出し架設による5径間連続PC箱桁橋の施工

—九州新幹線氷川橋りょう他工事—

平島 司* 高橋正行* 中村 圭* 吉岡 亮* 山森和博* 本田 勉**

工事区域の氷川には、絶滅危惧種に指定されているクロツラヘラサギ休息地の存在、希少種の底生生物、および沿岸で海苔養殖が行われており、これらに対する環境保全のため、河川内工事は夏期の5ヶ月足らずの間に制限された条件下での施工となった。

工程管理では各年度ごとの目標を確実に達成して行く綿密な計画が必要とされ、品質管理においても暑中のコンクリート打設・PC グラウト注入となるため、ひびわれ防止に対する配慮が必要となる。また鉄道橋であるため、軌道工事への引渡し条件となる高さ管理も重要である。さらに底生生物の移植や濁水処理など環境保護も同時に進め、着実に課題をクリアーしながら竣工することができた。

キーワード：PC橋、片持ち張出し架設、鋼管矢板井筒基礎、氷川、環境保全、増水期施工

1. はじめに

氷川橋りょうは、九州新幹線鹿児島ルート(2011年春全線開業予定)のコンクリート橋では最長(L=400m)の5径間連続PC箱桁橋である。片持ち張出し架設工法による架設では当社で11橋目を数えるが、鉄道橋としては初めての取組であり、しかも厳しい制約条件下での工事となるため、施工計画に当たっては全社の総力を結集した。

本工事の特徴として、環境側面で絶滅危惧種であるクロツラヘラサギの越冬地の直近であること、および下流で海苔養殖が行われていることから、河川内工事は夏季に限定されることがある。すなわち通常の河川橋りょう工事における増水期施工と異なり、工事期間が夏季の4ヶ月と20日間(5/1~9/20)しかないことから、工事の課題として、①厳しい工程管理を要すること、②コンクリート打設やPCグラウト注入を暑中にも行うため、品質管理面でひびわれ防止対策を講じる必要が生じること、さらに③鋼管矢板井筒基礎は、鋼管矢板の打設長が45mと長尺であるため、制約された期間内で施工効率の優れた機械・工法選定が重要なこと、が挙げられた。

2. 工事概要

- (1) 工事名 九幹鹿、氷川B他
- (2) 発注者 (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構
- (3) 施工者 熊谷・アイサワ・梅林共同企業体
- (4) 工期 H15.12.25~H20.12.24
- (5) 工事金額 3,462,546,675円
- (6) 工事場所 熊本県八代市
氷川町~鏡町地内

* 九州支店 氷川橋梁作業所
** 土木事業本部土木設計部

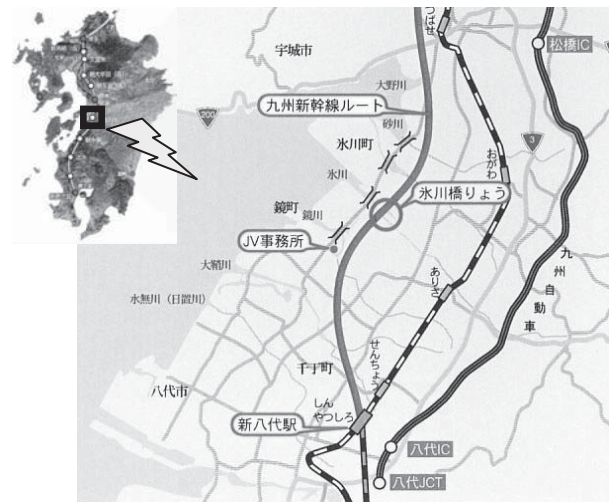


Fig.1 位置図

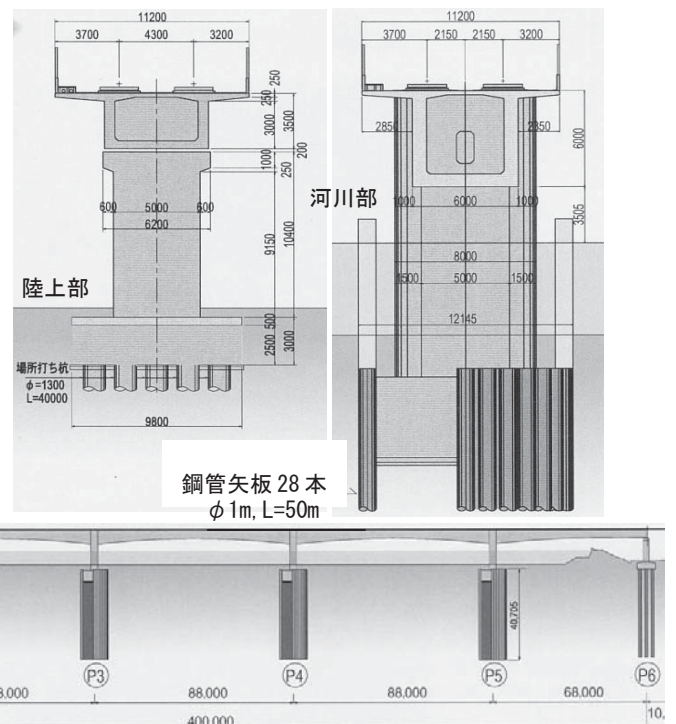


Fig.2 全体一般図

2. 1 氷川橋りょうの主要諸元

- (1) 構造形式 PC5 径間連続ラーメン箱桁橋
- (2) 橋 長 400m
- (3) スパン割 67.2m+3@88m+67.2m
- (4) 幅 員 11.2m
- (5) 設計荷重 P-16 (V=260km/h)
- (6) 基礎形式 鋼管矢板井筒基礎

2. 2 工事工程

各年度毎の施工ステップは Fig. 3 のとおりである。

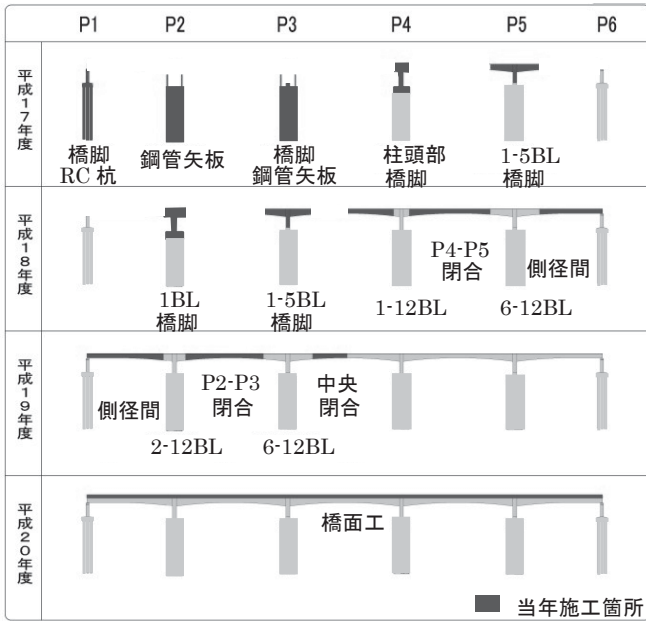


Fig. 3 工事工程図

3. 施工概要

3. 1 鋼管矢板井筒基礎工

河川内の橋脚基礎は、鋼管矢板井筒基礎であり、4 基施工するもので、1 基につき直径 1.0m、長さ約 50m の鋼管 28 本を円形に打設する。本工程は以後の工程に大きく影響するため、本工程における最重要工種の一つである。

鋼管矢板打設に先立ち、定規工として H300(L=19m) 導杭を油圧式バイプロハンマ (90kW) で打ち込んだ。



Photo. 1 導杭・導枠の設置完了

鋼管矢板は、工程から逆算すると 1 日 1 本ペースで打設する必要があったため、深さ 50m に対する打設能力を検討し、オーガ併用バイプロハンマ (CE-80V) を選定した。この結果、1 本あたりの打設時間は平均 8.7 時間と極めて良好な成果を得た。



Photo. 2 オーガ併用バイプロハンマ

矢板先端部は油圧ハンマー (14t ラム) を用いて打撃により打込みを行った。

3. 2 橋脚における温度ひびわれ対策

河川内に構築する橋脚は、フーチングが鋼管矢板井筒に囲まれた直径 10.145m × 高さ 5.0m の円柱形、また橋脚が 3.0m × 8.0m の小判形断面で高さ 11.8m であり、いずれもマスコンクリートのため、施工に先立って温度ひびわれに対する検討として、3次元 FEM 解析を行った。

解析はフーチングの打設について 1 回打設と 2 回分割打設とを比較し、また橋脚は 3 分割打設として行った。コンクリートの配合は Table 1 に、また解析結果の温度分布図を Fig. 4 に示す。

Table 1 コンクリート配合

	f' ck (N/mm ²)	Gmax (mm)	セメント	単位質量 (kg/m ³)				混和剤
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	
フーチング	24	40	BB	149	277	761	1134	0.554
橋脚躯体	24	20	BB	166	354	805	975	0.708

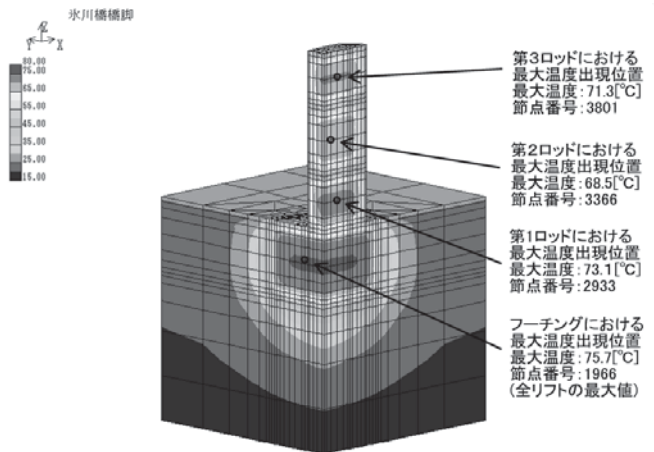


Fig. 4 温度分布図

フーチングでは、1 回打設の方が有利であること、また橋脚との打継ぎとなる上縁部に 1135kN の引張力が発生する結果となったので、ひびわれを細かく分散する目的で、鉄筋応力が 120N/mm² となるよう設計に対する不足鉄筋量を求め、ひびわれ補強筋 (D16@300) として追加配置した。

橋脚においては、最小ひびわれ指数は 0.7 程度となり、有害なひびわれ発生には到らないと推定されたが、さらに耐久性向上を目指し、膨張材 (20kg/m³) を追加することとした。

河川内施工の第 1 弾となる P5 橋脚においてはコンクリート温度を経時測定し、測定温度が解析結果に近似していることが確認できたので、以後の P2~P4 橋脚においても同様のひびわれ対策を実施した。

これらの結果、実施工において発生したひびわれは微細なもので、いずれも上部工施工に伴い橋脚に作用する圧縮力が增大するに連れて、目視できるひびわれは消失し、良好な成果を得た。



Photo. 3 張出し架設状況

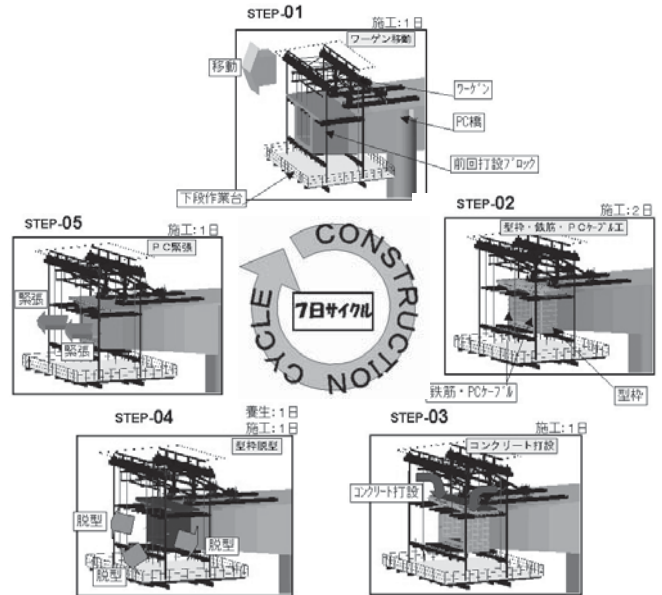


Fig. 5 架設サイクル図

3. 3 張出し架設における上げ越し管理

張出し架設もまた河川内工事のクリティカルパスであり、Fig. 5 に示す 7 日サイクルを標準として架設を行った。架設状況を Photo. 3 に示す。

張出し架設においては、現場打設する桁の高さはコンクリート打設によって下がり、PC 緊張によって上がり

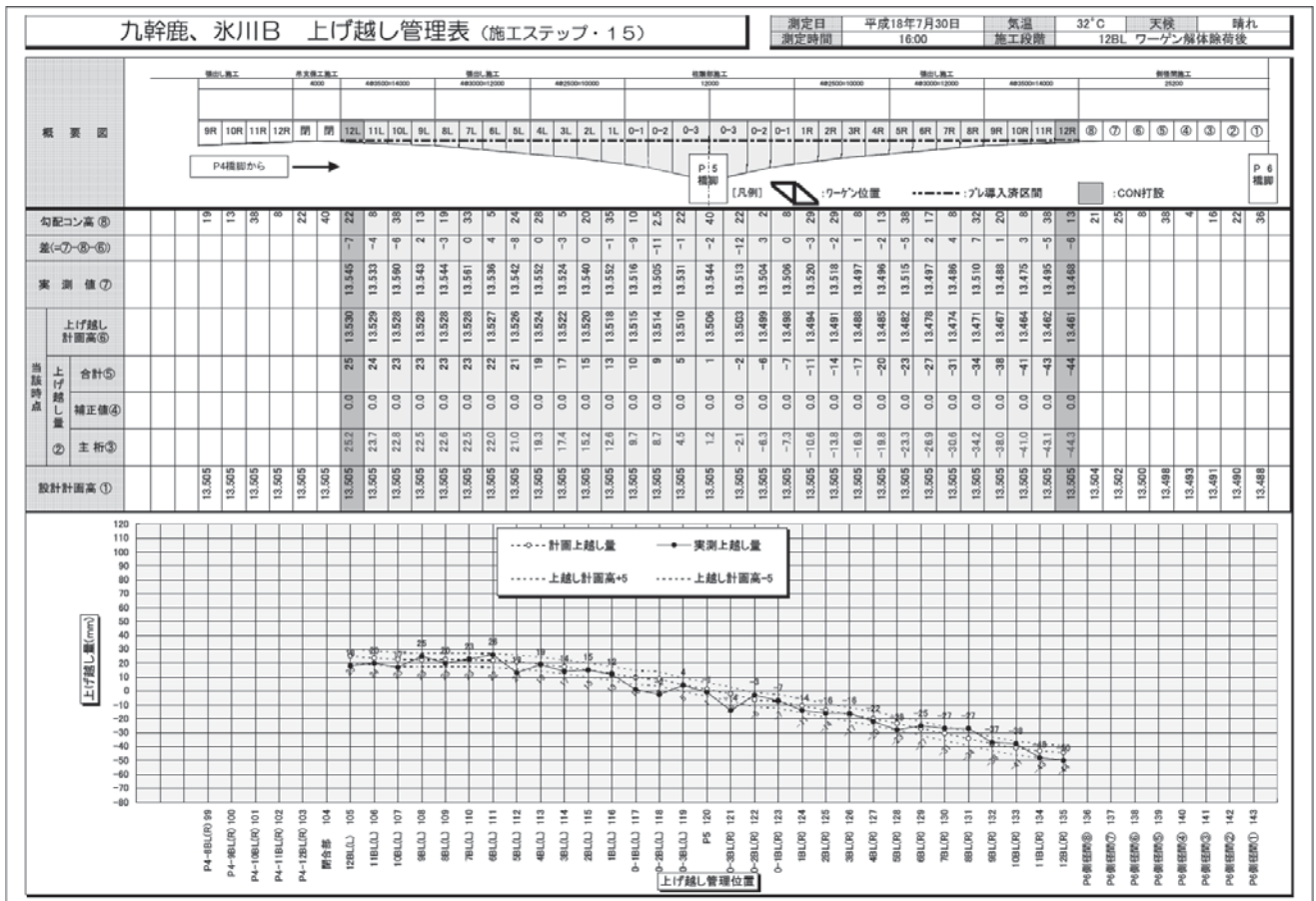


Fig. 6 上げ越し管理図

またワーゲン移動によって下がるといった変形の繰返しである。こうした変形を事前に集計カウントすれば、あらかじめ型枠をセットする高さが決定される。さらにその計算値と実際の桁の動態挙動とを合致させるよう調整するのが上げ越し管理である。張出し架設時の上げ越し管理図の一例を Fig.6 に示す。各ステップ毎に桁の高さを逐次計測し、グラフ化することにより現在の状況と今後の桁の動きを上げ越し表から確認し、計測結果による型枠セット高さへのフィードバックを繰返すことで、良好な出来形管理を実現できた。

3. 4 暑中におけるPCグラウト注入工

PCグラウト材料は、塩化物含有量の規制値内とするため高炉セメントB種を用い、また混和剤としてポゾリスGF1720を使用し、ノンブリージング・高粘性型の注入を行った。注入時期が暑中となるため、注入時の暑中対策として以下のような創意工夫を実施した。



Photo. 4 水による水冷却

- ①練り混ぜ水の氷冷却
- ②プラントの日除け
- ③ミキサーを冷風機冷却
- ④注入ホースを反射材により日射被覆養生
- ⑤セメント・混和材のエアコンによる室内冷却
- ⑥散水による橋面付近コンクリートの気化冷却



Photo. 5 ホースの日射養生

このような簡便な対策の組合せで、練り上がり度は25℃未満、また排出ホース出口でもグラウト温度を30℃未満とすることができ、良好な注入ができた。



Photo. 6 セメントのエアコン冷却

3. 5 側径間トラス支保工におけるひびわれ防止

側径間の固定支保工による施工区間は、設計では橋軸方向に3分割して打設する計画となっていた。しかし現地支保工支持位置は河川堤防斜面であり、地盤支持力が明確でないことから、Fig.7のように実施工では堤防斜面を避けたトラス支保工を計画した。

またワーゲンによる張出し架設区間では、内型枠をワーゲン部材を利用して吊り型枠とし、箱桁を一回打設しているが、側径間では設計のように3分割しても打設長は10mあり、したがって内型枠を吊り枠とするのが困難なことから、箱桁をFig.9のように下床版+ウェブと上床版とに分割し、2回打設とするのが通常である。

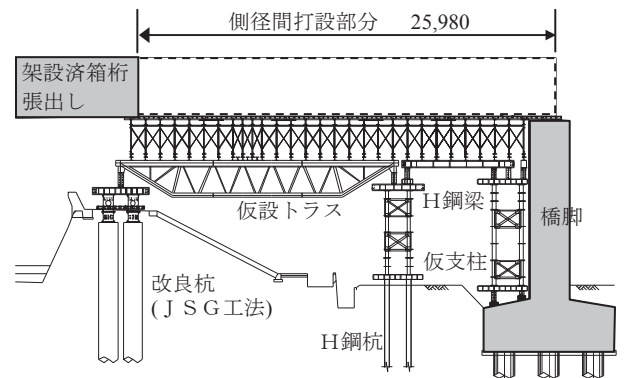


Fig. 7 トラス支保工計画図

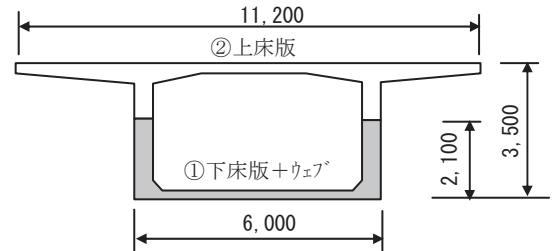


Fig. 8 箱桁の打設計画図(2分割打設)

ところがトラス支保工上で2分割打設した場合には、Fig.9に示すように、トラスの剛性が十分でないために先行打設した下床版+ウェブ部分が、2回目に打設する上床版のコンクリート荷重によりひびわれが生じる懸念がある。トラスおよび既設部分が、仮支柱を支点とした連続ばりとなるため、引張り領域が生じるからである。

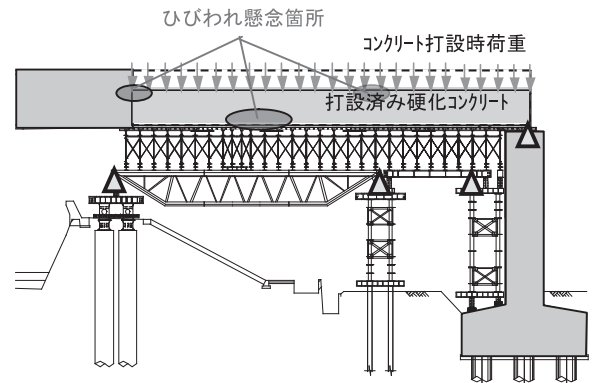


Fig. 9 2分割打設におけるひびわれ想定箇所

トラス支保工上のU形桁として既設部分をモデル化し打設順序を検討した結果、Fig.10のように全体を4分割して打設することとした。ここで考慮した事項は以下のようである。

- (1) 既設部分との接続部分を縁切りするため、2回目の打設区分とする。これは連続ばりとなるために生ずる接続部上縁の引張応力を回避する措置である。
- (2) トラス支保工部分のスパン中央下縁に生じる引張応力を緩和するため、1回目の打設範囲を橋脚側の短スパン方向に伸ばす。伸ばす位置は、支点上縁の引張応力が過大にならない範囲で決定する。
- (3) トラス支保工スパン下側にそれでも生じる引張応力

を抑制し、ひびわれを防止するため、下縁に仮設 PC 鋼棒を配置する (Photo. 7) . この PC 鋼棒による緊張力は仮設のもので、打設区分②のコンクリートが硬化し、既設の①と一体化すれば箱断面となり剛性が高まるので、必要となくなるため、緊張力を解放する。以後はシースにグラウト注入し、単なる補強鋼材となる。

こうした検討・対策により、側径間におけるひびわれ発生を未然に防止することができた。

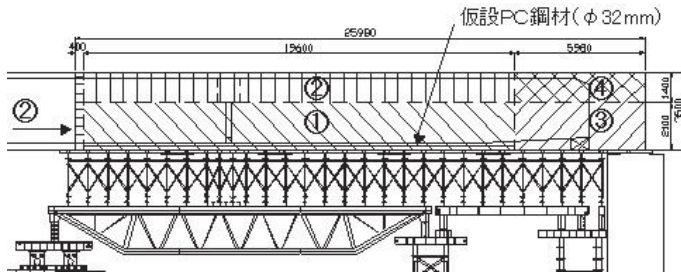


Fig. 10 決定した打設順序



Photo. 7 仮設 PC 鋼棒の緊張

4. 環境保全

渡り鳥であるクロツラヘラサギに対しては、河川内工事を越冬期間である 9/20~4/30 まで休止することで、リスクを回避した。



Photo. 8 クロツラヘラサギ



Photo. 9 休息地となる中州

河川内は干潮時には干潟となり、その底生生物にはやはり絶滅危惧種であるシオマネキや希少種の貝類が息息する。こうした底生生物は採取して移植すれば保護できることが判っているが、一度移植しても、一定時間が経



Photo. 10 シオマネキ



Photo. 11 採取した底生生物



Photo. 12 底生生物の採取状況

過すれば再び分布域が元に戻るため、定期的に移植してやる必要がある。そこで工事用栈橋施工前および鋼管矢板施工前に Photo. 12 に示すように底生生物を採取し、放逐した。

また自然環境の保全として、河川への油類・工事用排水の流出、資材やゴミが散乱しないよう、下記について徹底した。

- (1) 作業員への教育、環境意識の向上の促進
- (2) ゴミや不要資材の指定場所への収集
- (3) 資材等の飛散防止のため、シート・ネット養生実施
- (4) 河川への油の流出時のため吸着マットを常備
- (5) 施工時にはシルトフェンスを設置
- (6) 工事に起因する排水のため濁水処理設備
- (7) 河川内作業における濁水流出防止対策 (シート養生)

こうして環境に配慮した施工計画をすすめ、環境保全面でも良好な成果をあげることができた。

5. あとがき

氷川 B 他工事は、クロツラヘラサギや海苔の養殖という現場条件や、九州新幹線のコンクリート橋で最長となる橋りょうであることから、地元・発注者や国内外の建設関係者から注目を集めた工事であった。見学会や視察者が数多く訪れたことは、現場の刺激・活気の元ともなり、特に安全で快適な設備に対する創意工夫には自然に力が入るようになった。

些細な一例であるが、熱中症対策として設けた氷川茶屋 (かき氷をサービス) は、作業員はもとより、見学のお客様にも好評を得ており、安全で快適な設備とすることで、作業員が動きやすく、結果として作業能率が上がり、工程管理・品質管理にも効果を上げたように思う。

また発注者の鉄道・運輸機構様から無事故継続 10 万時間、20 万時間、30 万時間と安全表彰を受けたのも誇りの

一つである。

5年にわたる長期の工事のうち、本報告ではその一部を紹介できたに過ぎないが、少しでも皆様のご参考となれば幸いです。また本報告に記述した以外にも多くの貴重な経験を得ており、別に工事誌¹⁾をまとめているので、こちらにも参照願えればありがたく存じます。

謝辞

本工事の施工にあたり、発注者の鉄道建設・運輸機構様には格別のご指導を頂いた。

また着工時には本現場は広島支店管轄であったため、九州支店だけでなく、広島支店の関係各位にもご指導頂い

た。本文で紹介した温度解析や上げ越し計算等は本社土木設計部に支援頂いたものである。

さらには地元関係者の皆様、協力業者様、企業体および構成会社の関係各位など多くの方々に支えられて本工事を竣工できたことに感謝し、ここに厚く御礼申し上げます。次第です。

参考文献

- 1) 熊谷・アイサワ・梅林 九鹿幹 氷川B他特定建設工事共同企業体「氷川橋りょう工事誌」H21.4, 社内資料

Cantilever erection of 5 spans prestressed concrete bridge - Construction of Hikawa Bridge in Kyushu Shinkansen-

Tsukasa HIRASHIMA, Masayuki TAKAHASHI, Kei NAKAMURA, Ryo YOSHIOKA, Kazuhiro YAMAMORI and Tsutomu HONDA

Abstract

Environmental considerations were one of the characteristic features in the construction works of Hikawa Bridge, due to the existence of black-faced spoonbills (endangered species) that pass the winter in Hikawa area. Considerations are also required to the laver farming in coastal zone. Therefore the construction work period on the Hikawa River was strictly limited from May 1st to Sept.20th.

The work progress management was severely required in every year, and many countermeasures were cared in quality management of concreting during hot summer.

Some of those measures adopted in respect of the piling, thermal conditions in the pier concrete, the height control and the crack controls of the girder, etc, are reported.

Keywords : Prestressed concrete bridge, Cantilever erection, Steel pile well foundation, Hikawa, Environmental considerations, Works during swelling season
