

論文・報告

東九州自動車道 みみかわ 耳川橋の施工

～河口近くの渡河部に架かる波形鋼板ウェブ箱桁橋～ Construction of Mimikawa Bridge in Higashi-Kyushu Expressway

森脇 健次 *1
Kenji MORIWAKI

太田 哲 *2
Satoshi OOTA

古里 武信 *3
Takenobu FURUSATO

田中 孝幸 *4
Takayuki TANAKA

蓑田 俊介 *5
Shunsuke MINODA

耳川橋は、東九州自動車道の日向 IC～都農 IC 間の 2 級河川耳川の河口近くに架かる、橋長 424.5m の PC5 径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である。架設は移動作業車による片持張出し架設工法であり、河川内は仮栈橋を設けての非出水期施工であったが、一部の施工では、資機材運搬や作業用通路として架設桁を併用することで出水期施工を行い、工程短縮を図った。波形鋼板ウェブ橋で長支間の片持張出し架設工法の中央閉合時に発生するひび割れ抑制対策として変形拘束梁を用いるとともに、外ケーブルにはポリエチレン・ポリエステル被覆 PC 鋼材の採用、波形鋼板ウェブへの金属溶射の採用など、新しい取り組みも行った。本文は、これらの特徴的な事項について概要を報告するものである。

キーワード：波形鋼板ウェブ、出水期施工、架設桁、変形拘束梁、防錆被覆 PC 鋼材、金属溶射

1. はじめに

耳川橋は、東九州自動車道の日向 IC～都農 IC 間の 2 級河川耳川の河口近くに架かる、橋長 424.5m の PC5 径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋である。架橋位置は、宮崎県中東部の太平洋沿岸より直線距離で 1.5km 程度の位置にあたり、耳川の河川湾曲部を横過する。架橋位置図を図 1 に示す。

架設工法は、移動作業車による片持張出し架設工法であり、河川内は仮栈橋を設けての非出水期施工であった。なお、一部では仮栈橋撤去後の資機材運搬や作業用通路として橋面上に架設桁を設置し、架設桁を併用した片持張出し架設工法として、河川上での出水期施工を行った。

また、波形鋼板ウェブ橋で長支間の片持張出し架設工法の中央閉合時に発生するひび割れ抑制対策として変形拘束梁を使用するとともに、外ケーブルにおける防錆被覆 PC 鋼材としての押出成型法による内部充填型ポリエチレン・ポリエステル樹脂被覆 PC 鋼材の採用や、波形鋼板ウェブにおける下床版埋込み接合部への金属溶射の採用など、新しい取り組みも行っている。

本稿では、これらの河川による施工上の制約に対する

対応や、新工法・新材料の採用に関する取り組みについて概要を報告する。



図 1 架橋位置図

*1 川田建設(株)西日本統括支店九州支店事業推進部工事課 工事長

*2 川田建設(株)東日本統括支店事業推進部工事課 総括工事長

*3 川田建設(株)西日本統括支店九州支店事業推進部工事課

*4 川田建設(株)西日本統括支店九州支店事業推進部 次長

*5 川田建設(株)西日本統括支店九州支店技術課 係長

2. 工事概要

工事名：東九州自動車道 耳川橋（PC 上部工）工事
 路線名：高速自動車国道 東九州自動車道
 工事場所：宮崎県日向市大字平岩～日向市美々津町
 工期：2010年3月20日～2013年2月1日
 構造形式：PC5 径間連続波形鋼板ウェブ箱桁橋
 橋長：424.500m
 支間長：69.900+109.500+2@94.000+54.900m
 有効幅員：9.760m
 縦断勾配：下り 3.000%～上り 3.000%
 横断勾配：左下がり 2.500%～右下がり 2.500%
 平面線形：R=∞～5 000m

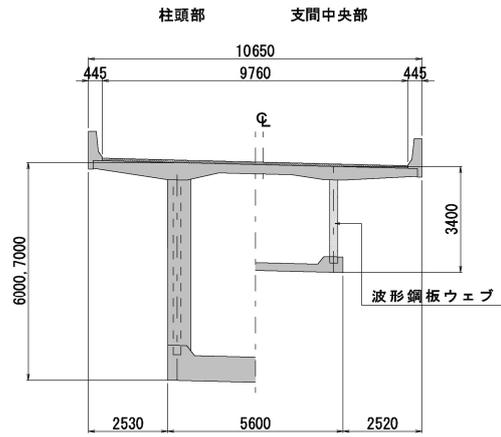


図3 上部工断面図

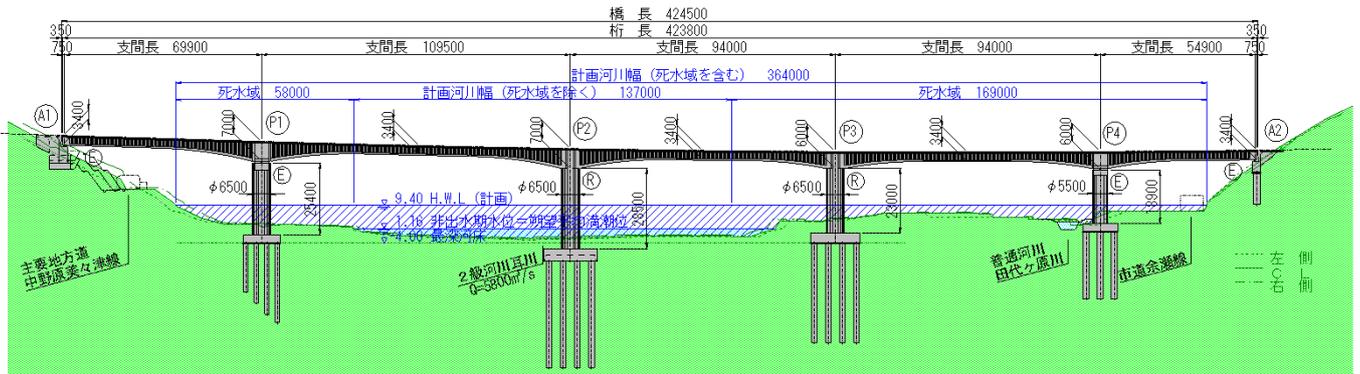


図2 全体一般図

3. 架設桁を使用した出水期の片持ち出し架設

本工事のP2橋脚張出し施工については、河川内施工制約の条件より、仮栈橋を設けての非出水期施工であったが、下部工工事工程遅延により標準施工では8ヶ月程度の工期延長が必要となった。対策として、張出し施工の一

部を仮栈橋を用いず、架設桁を併用して資機材の搬入出をP3橋脚側から行うことで出水期での施工を行った。これにより、工程延伸を回避するとともに、出来形管理も影響なく施工を行うことができた。

架設桁を併用した出水期の片持ち張出し施工について、施工要領を図4に、施工状況を写真1、2に示す。

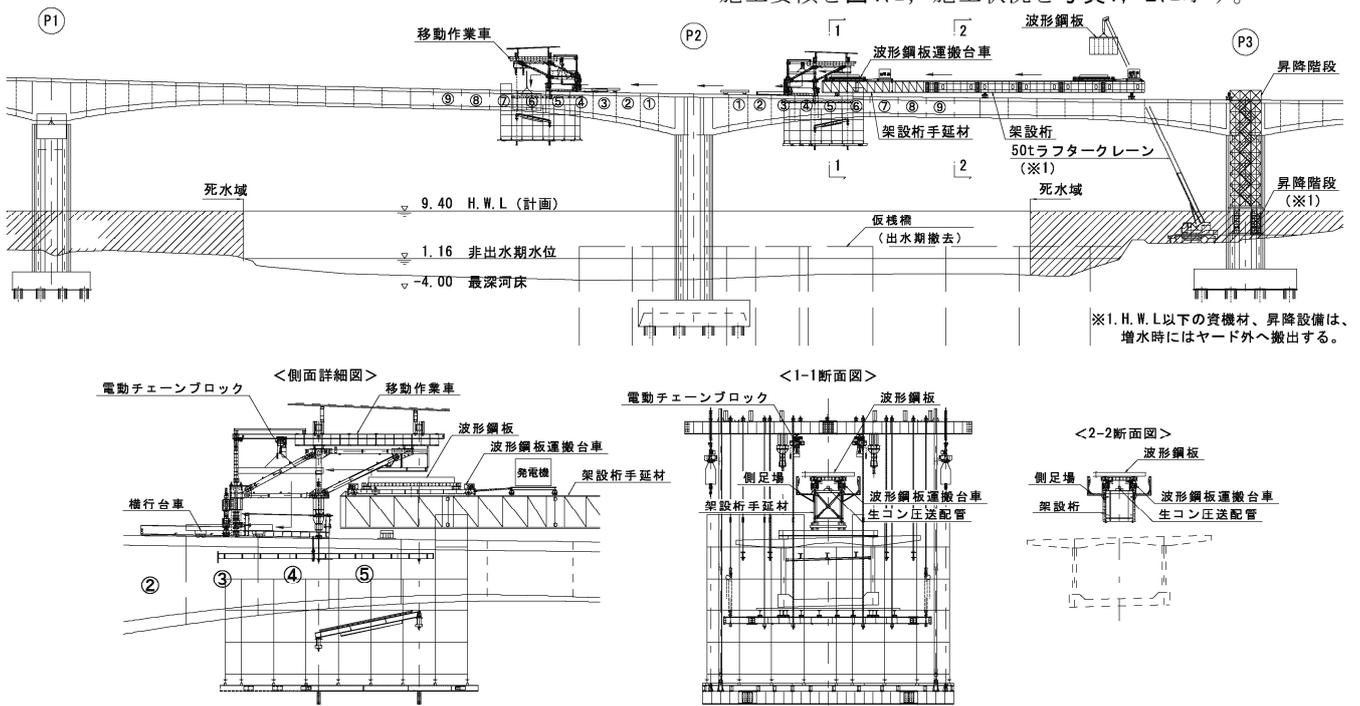


図4 架設桁を併用した出水期の片持ち張出し施工要領図

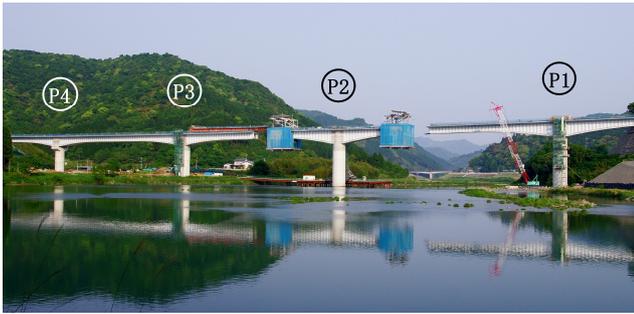


写真1 架設桁施工時全景



写真2 架設桁施工時近景

現場施工においては、下記の事項について詳細検討・計画を行い、施工にあたった。

(1) 波形鋼板の運搬・吊込み方法

架設桁上の波形鋼板の運搬は、移動作業車の吊装置とのクリアランスを確保するため、運搬台車による横積みとした。運搬台車からの吊込みは移動作業車の吊装置を使用し、橋面上の横持ち運搬には簡易台車を用いた。他資機材についても同様に運搬を行った。波形鋼板運搬時の施工状況を写真3～5に示す。



写真3 架設桁上の運搬状況



写真4 移動作業車による吊込み状況



写真5 橋面上の横持ち運搬状況

(2) コンクリートの圧送方法

コンクリートの圧送は、P3橋脚下のヤードから約30mを縦配管し、架設桁を利用した橋面上の横引き水平配管は最大で約130m必要であった。そのため、配管全体の水平換算距離は最大で400m程度と長いものとなることから、施工に際しては5インチ（125A）の高压配管の使用、コンクリートの夏期配合の使用、暑中コンクリート対策および綿密な打設タイムスケジュール管理により、圧送負荷の低減に努め、圧送トラブル無くコンクリート打設を完了させた。架設桁施工時の生コン圧送状況を写真6に示す。

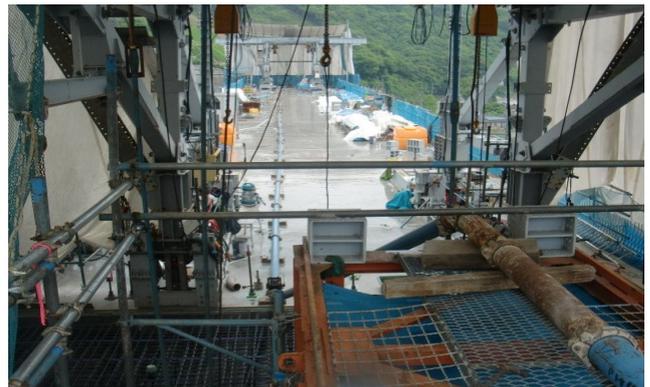


写真6 架設桁施工時の生コン圧送状況

(3) 安全通路および安全設備

架設桁上での資機材の運搬や労務者の往来頻度など、架設桁の使用環境が一般的な架設桁架設の場合とは異なるため、架設桁両側部に安全通路を設け、生コン圧送用配管は台車間中央に配置して通路を確保した。また、P2橋脚部へのアプローチは架設桁のみであるため、架設桁移動作業時は緊急の場合に備えて全員P3橋面へ一時的に退避し、架設桁の移動完了後にP2橋脚部の作業を再開する手順とするなど、安全性の向上に努めた。

4. 変形拘束梁によるひび割れ防止対策

波形鋼板ウェブ構造の中央閉合施工では、吊支保工設置および波形鋼板セット後において温度変化による桁の伸縮が支保工や波形鋼板に拘束され、床版コンクリートの先端付近にひび割れが発生する可能性があった。ひび割れ発生イメージを図5に示す。

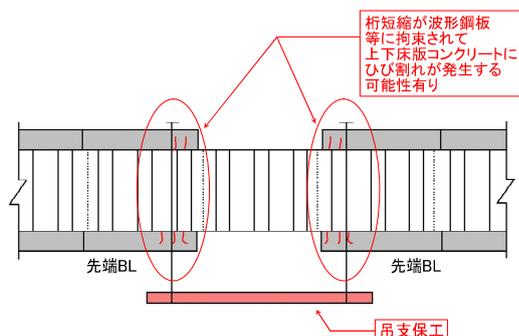
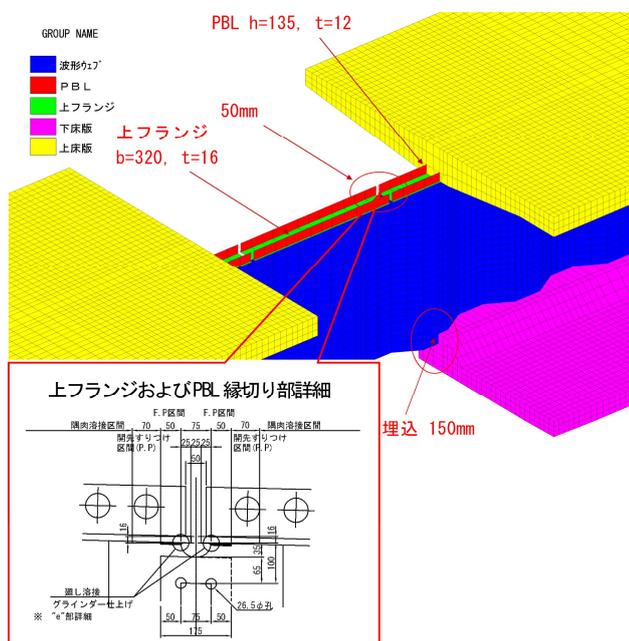


図5 閉合部施工時の張出しブロック先端ひび割れ発生イメージ図

本工事においては張出しブロック先端に変形拘束梁を設置することでひび割れ防止対策を図るものとし、3次元FEM解析にて変形拘束梁の設置有無のケースでその効果を検証した。FEM解析モデルを図6に示す。



解析結果の代表例として、温度降下時（軸引張力最大時）の最大主応力度図を図7に示す。図のとおり、軸方向に剛性を持った波形鋼板の上フランジおよびPBL（図6参照）がコンクリートと一体となっている上床版では、変形拘束梁無しのケースでは17.5N/mm²と大きな引張応力が発生するが、変形拘束梁有りのケースでは2.3N/mm²まで低減される結果となり、その有効性が確認できた。

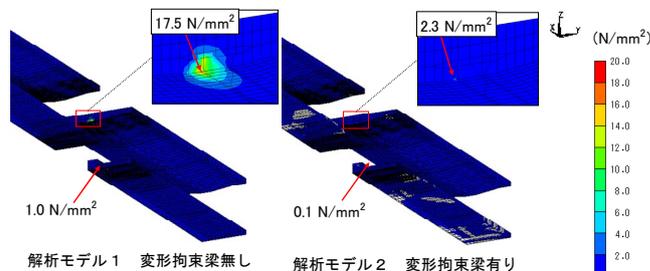


図7 最大主応力度図（軸引張力最大時）

よって、本工事の中央閉合施工時には、閉合部の左右の張出し施工ブロック先端に変形拘束梁を設置して施工を行った。変形拘束梁の設置状況を写真7に示す。



写真7 変形拘束梁の設置状況

これにより、波形鋼板セット後から閉合コンクリート構築までの期間における主桁の伸縮等の挙動を制御でき、ひび割れ発生を防止することができた。

5. ポリエチレン・ポリエステル被覆PC鋼材

(1) 採用理由

本橋の外ケーブルには、下記の理由により防錆被覆PC鋼材を用いることとし、防錆被覆PC鋼材の新たな選択肢として押出成形法による内部充填型ポリエチレン・ポリエステル樹脂被覆PC鋼材（以下、ポリエチレン・ポリエステル被覆PC鋼材）（図8参照）を採用することとした。

- ①「構造物施工管理要領／平成22年7月／東、中、西日本高速道路(株)」¹⁾にて、防錆被覆PC鋼材に関する基準が明確になった。
- ②P2橋脚の引き渡し遅延を含めて河川の制約条件により工期が厳しく、とくに工事終盤での工程遅延リスクを低減する必要があり、セメントグラウトタイプに比べて工程管理面での優位性があった。

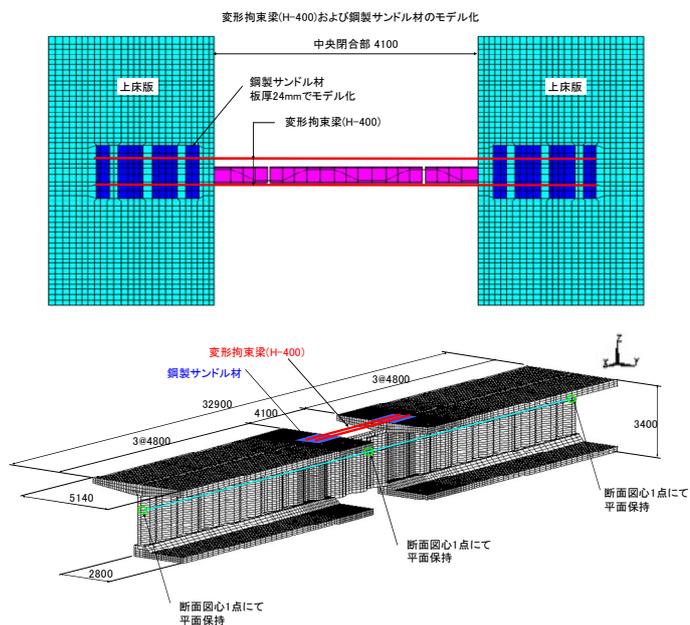


図6 FEM解析モデル図

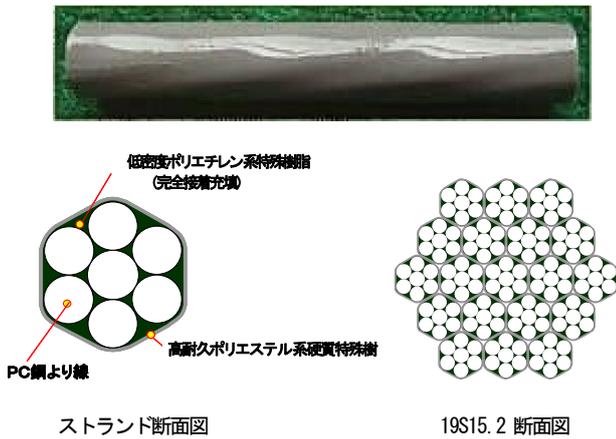


図8 ポリエチレン・ポリエステル被覆PC鋼材
(スープロストランド：SUPRO/NM)

(2) 性能試験・施工試験

施工に際しては、製造から現場施工までの各過程における被覆材の損傷防止対策や損傷時の補修方法などを含めた施工要領を確立するため、各種施工試験を実施した。

製造時の試験については、これまでにポリエチレン・ポリエステル被覆PC鋼材のNEXCOでの採用実績が無かったため、製品開発時に求められる性能照査試験を実施した。また、製造時および施工時に被覆層に傷が入った場合を想定して補修方法を定め、補修供試体についても性能照査試験を行った。これらすべての試験で品質に問題がないことを確認の上で施工に着手した。

施工試験については、実施工時に被覆損傷となり得る危険箇所の洗い出しや損傷の度合いなどを把握するために、事前に挿入試験や輸送試験を行った。これにより、どのような状況でどの程度の傷が入るのかを事前に把握することができ、本施工計画にあたり損傷防止対策として組み込むことができた。

また、製造時および施工完了時の被覆損傷確認について、目視や触手による外観検査とともにピンホール試験を行った。この試験器具（ピンホールテスター）についても、今後の実用性を模索し、現場施工時の検査用に19S15.2のマルチケーブルの全周を同時に測定可能なものを製作して対応した（写真8参照）。



写真8 ピンホールテスター

(3) 現場施工

現場施工時は、前述の試験結果も踏まえて被覆材の損傷防止諸対策を講じた。挿入時のケーブル受け架台や偏向部には保護管による養生を施し、挿入速度は低速で行

った。不測の事態に備えて無線による連絡系統を配備した。また、受け架台解体時の干渉による被覆材の損傷防止対策として、架台解体前にポリエチレン・ポリエステル被覆PC鋼材の外周を先行養生してから解体するなどの配慮をした。

ポリエチレン・ポリエステル被覆PC鋼材の挿入状況を写真9に、施工完了後の全景を写真10に示す。



写真9 PC鋼材挿入状況



写真10 PC鋼材施工完了後の全景

6. 波形鋼板ウェブの金属溶射

(1) 採用理由

波形鋼板ウェブ橋の下床版埋込み接合部は、とくに腐食に対して留意すべき部位である。一般には、排水勾配による滞水防止対策、シーリング材による防水対策、埋込み接合部近傍における外面塗装の増塗りとコンクリート内部への塗込みによる防錆対策などが行われている。

本橋は、下記の理由により一般環境に比べて厳しい腐食環境にあると判断し、排水勾配のための余盛りを通常より大きく（10mm→20mm）すると共に、下床版埋込み接合部近傍における外面塗装に金属溶射（塗装仕上げ）を採用することで、腐食耐久性の向上を図ることとした（図9参照）。

①太平洋沿岸部の海岸線より直線距離で約1.5km程度と海に近いため、飛来塩分量が多い。

②渡河橋であり桁下の河川から水分（水蒸気）が供給されるため、湿度が高い。

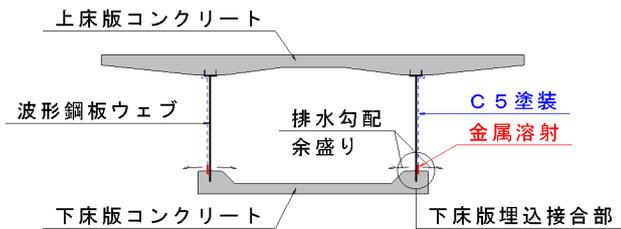
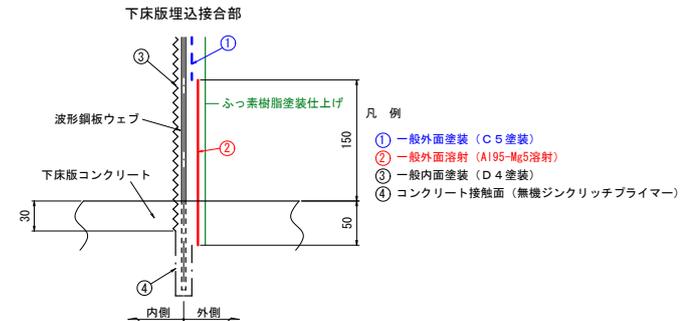


図9 金属溶射の適用箇所

(2) 金属溶射の仕様

下床版埋込み接合部の金属溶射仕様を図10に示す。



① 一般外面塗装 (C5塗装)

工程	塗料または素地調整程度	標準使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔	
前処理	素地調整	G-a	—	2h以内	
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 160	(15)	6ヶ月以内
工場塗装	素地調整	G-a	—	2h以内	
	下塗 第1層	無機ジンクリッチペイント	スプレー 600	75	2~10日
	ミストコート	エポキシ樹脂塗料下塗あるいは厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗 (120μm)	スプレー 160	—	1~10日
	下塗 第2層	厚膜形エポキシ樹脂塗料下塗	スプレー 540	120	1~10日
	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー 170	30	1~10日
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー 140	25	1~10日	

② 一般外面溶射 (Al95-Mg5溶射)

工程	塗料または素地調整程度	標準使用量 (g/m ²)	標準膜厚 (μm)	塗装間隔	
前処理	素地調整	G-a	—	2h以内	
	プライマー	無機ジンクリッチプライマー	スプレー 160	(15)	6ヶ月以内
工場塗装	素地調整	G-a (ISO Sa2.5)	—	4h以内	
	金属溶射	Al95-Mg5合金線	プラズマ溶射 500	100~500	1日以内
	封孔処理第1層	金属溶射膜封孔処理剤	スプレー 160	—	3h~7日
	封孔処理第2層	金属溶射膜封孔処理剤	スプレー 160	—	16h~7日
	中塗	ふっ素樹脂塗料用中塗	スプレー 170	30	1~10日
上塗	ふっ素樹脂塗料上塗	スプレー 140	25	1~10日	

図10 金属溶射仕様

金属溶射は、同路線の先行工事である大迫橋 (PC・鋼複合上部工) 工事で実施された試験施工に準じ、アルミ

ニウム・マグネシウム合金溶射 (以下、Al95-Mg5溶射) とした²⁾。Al95-Mg5溶射の国内での実績は比較的少ないものの、海洋環境での防食性能について金属溶射の中でもとくに優れていることが試験にて確認されており³⁾、メンテナンスが困難な埋込み接合部においても長期耐久性が期待できるものと考えられる。

また、金属溶射皮膜の長寿命化や、アルミニウムのアルカリ腐食防止のためのコンクリート接触面での絶縁、一般外面塗装 (C5塗装) との仕上がり外観の統一による美観の向上を目的として、一般外面と同様にふっ素樹脂塗料による上塗りを設けた金属溶射のふっ素樹脂塗装仕上げとした。

7. おわりに

本工事は、架設桁を用いた出水期張出し施工などの工夫により、2013年2月当初契約工期どおり完工した。景観的に映える耳川では、波形鋼板ウェブ橋とのコントラストが絶景である。(写真11参照)。

また、波形鋼板ウェブ特有の管理面に着目し、最終出来形 (橋面仕上がり高さ) を許容値内に収めるとともに、新材料の採用などの取り組みにより、良品質の構造物を構築することができた。

最後に、本工事の設計・施工に際し、数々のご指導・ご協力を頂いた方々に深く感謝し、書面を借りて御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 東, 中, 西日本高速道路(株): 構造物施工管理要領, pp. 2-160~163, 2010. 7.
- 2) 相良信一, 古賀尚幸, 金上文昭, 黒木武, 武元成寛, 三小田智之: 川田技報Vol. 30, 「接合部に箱桁断面マルチセル構造を用いたPRC・鋼専続複合桁の施工」, 2011.
- 3) 日本道路協会: 鋼道路橋塗装・防食便覧, pp. V-67~68, 2005.



写真11 完成写真 (下流側より望む)