

論文・報告

接合部に箱桁断面マルチセル構造を用いた PRC・鋼連続複合桁の施工

～東九州自動車道 大迫橋 (PC・鋼複合上部工) 工事～

Construction of the Osako Bridge (a PC / steel Mixed Bridge)

相良 信一 *1
Shinichi SAGARA

古賀 尚幸 *2
Naoyuki KOGA

金上 文昭 *3
fumiaki KANAGAMI

黒木 武 *4
Takeshi KUROKI

武元 成寛 *5
Narichika TAKEMOTO

三小田 智之 *6
Tomoyuki SANKODA

本橋の接合部は、中詰めコンクリート後面支圧板方式のマルチセル構造である。マルチセル内には高流動コンクリートを充填して、PC鋼材にて緊張しPRC桁側と一体化する構造としている。高流動コンクリートは確実な充填が要求されるため、接合部の実施工に先立ち実物大模型による施工試験を行った。本稿では、施工状況および施工試験による高流動コンクリートの性状、充填性の確認事項について報告する。

また鋼桁部には、PC橋と同等のメンテナンス頻度を目指し、高耐久性金属溶射を施している。金属溶射の採用にあたり実施した事前確認試験および今後の課題などについて報告する。

キーワード：混合桁、接合部、高流動コンクリート、金属溶射

1. はじめに

東九州自動車道は、九州の高速自動車国道のネットワークを形成し、地域の産業・経済・文化の振興と発展を図るとともに、交通混雑の緩和・輸送時間の短縮などの生活向上および活性化を目的として整備されている。

大迫橋は、その一環として図1に示す宮崎北部に位置する門川IC～日向IC区間に架橋される橋梁である。

本橋の構造形式は、図3に示すように鋼桁とPRC桁を接合桁(鋼殻)にて連結する7径間連続PRC・鋼複合桁である。交差条件より「延岡南道路Aランプ」を跨ぐA1～P1径間に鋼合成2主桁を採用し、P1～A2径間についてはPRC桁としている。PRC桁は接合部で2主桁から箱桁へ断面変化する。

接合部は、中詰めコンクリート後面支圧板方式のマルチセル構造である。マルチセル内には高流動コンクリートを充填するが、確実な充填が要求されるため、実施工に先立ち実物大模型による施工試験を行った。

また、鋼桁の耐久性向上対策として金属溶射(A1・Mg)を施している。

本文では、高流動コンクリートの性状・充填性確認試験および、金属溶射の概要について報告する。

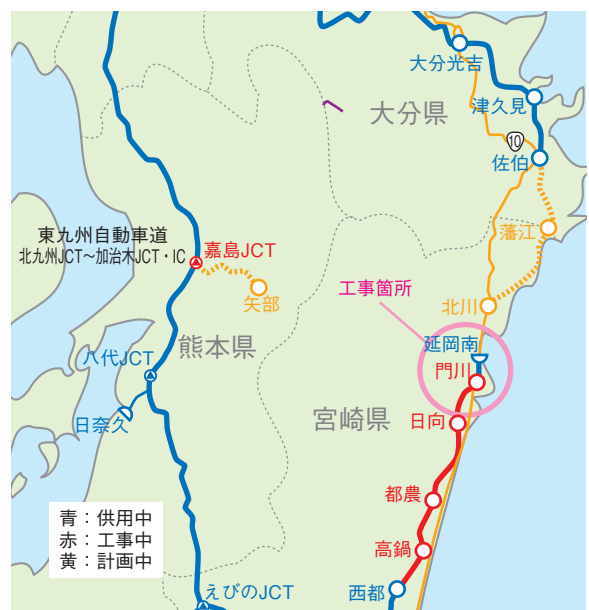


図1 大迫橋の工事箇所

*1 川田建設株式会社九州支店技術課 係長
*2 川田建設株式会社九州支店事業企画部 次長
*3 川田建設株式会社保全事業部安全品質環境室 課長

*4 川田建設株式会社九州支店事業推進部
*5 川田建設株式会社九州支店事業推進部
*6 川田建設株式会社九州支店事業推進部

2. 橋梁概要

本橋梁の概要を以下に示す。

工事名 : 大迫橋 (PC・鋼複合上部工) 工事
 工事場所 : 宮崎県東臼杵郡門川町大字加草
 発注者 : 西日本高速道路株式会社 九州支社
 延岡高速道路事務所
 施工者 : 川田建設株式会社 九州支店
 活荷重 : B活荷重
 橋長 : 251.700 m
 有効幅員 : 9.810 m
 架設方法 : (鋼桁) トラッククレーン一括架設
 (PRC 桁) 全支保工施工

接合部構造図を図2に、側面図を図3に示す。

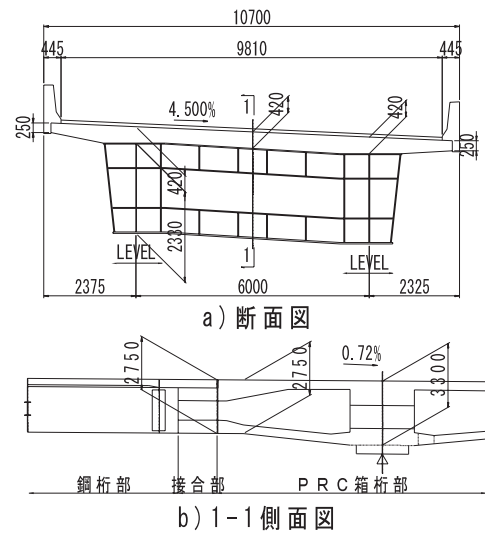


図2 接合部構造図

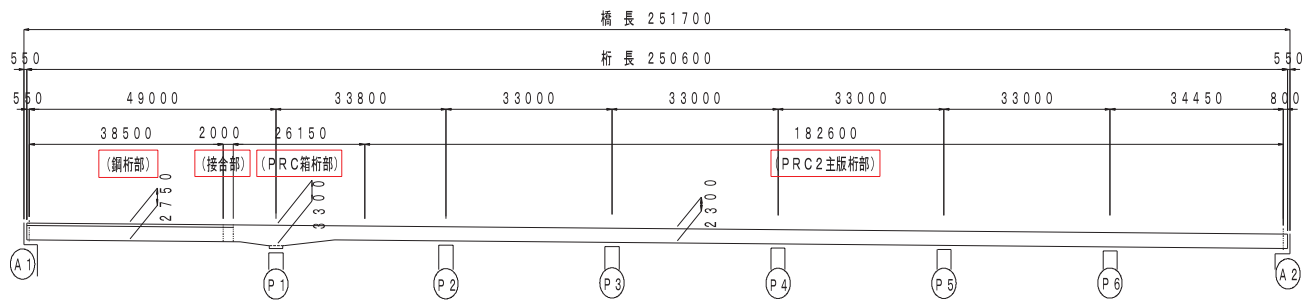


図3 側面図

3. 接合部実物大模型による試験施工

接合部は、マルチセルを組み合わせた箱桁構造である。鉄筋・PC鋼材・PBL (孔あきジベル) が配置された奥行き2.0mのマルチセル内に、高流動コンクリートを水平方向に流し込む。縦・横断勾配を有する場合の充填性確認、高流動コンクリート性状の経時変化の確認を目的として、実物大模型による試験施工を行った。

(1) マルチセル実物大模型の製作条件

模型は、マルチセル構造の1セルとし、実物と同寸法で鋼材配置も実施工と同じとした。縦・横断の設置勾配は実配置と同じとした。マルチセル実物を写真1に、1セル写真を写真2に示す。

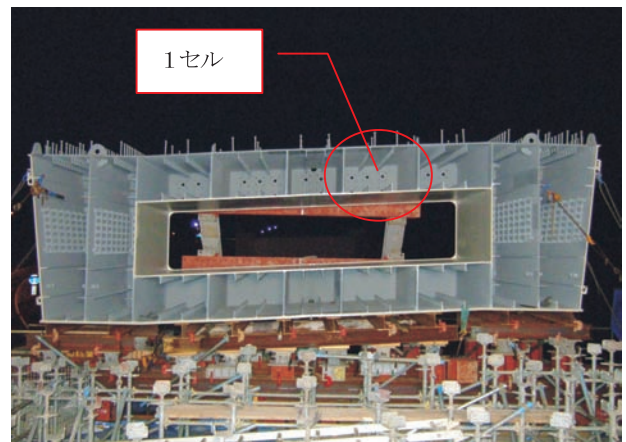


写真1 鋼殻セル全景

(a) 充填性確認

高流動コンクリートの充填性確認のため、側面・上面・端面に透明アクリル板を使用した。

(b) 打設口

打設口は、実施工通りとしマルチセル側部に設けた。

(写真2参照)

(c) 空気孔

マルチセル上面には空気孔パイプ (φ30) を設けた。

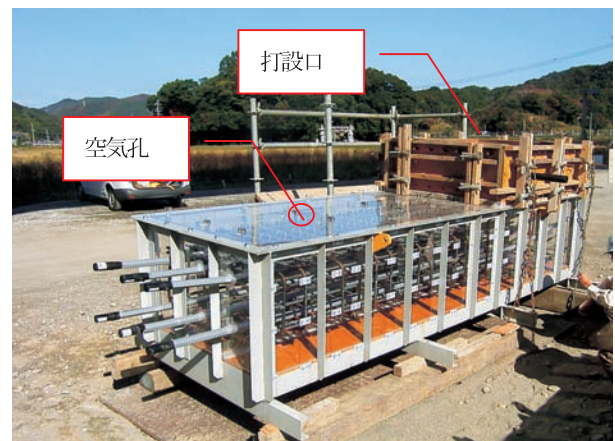


写真2 1セル模型

(2) 高流動コンクリートの性状確認

性状確認については、高流動コンクリートの流動性を妨げないために、スランプフロー・空気量などの変化に着目し、打設可能時間の設定を行った。

性状確認結果を表1に、状況を写真3、4に示す。

表1 品質管理表

品質管理試験		練り落し時	現場到着時	出荷より50分後	規格値
出荷時間		16:55			-
試験開始時間		16:55	17:05	17:45	-
スランプフロー	測定値(cm)	63.0×60.0	67.0×64.0	67.0×63.5	63.0±5.0cm
	平均値(cm)	61.5	65.5	65.3	
空気量(%)		6.9	4.6	3.1	4.5±1.5%



写真3 スランプフロー確認状況



写真4 自己充てん性確認状況

空気量については減少量を事前確認し、現場到着時に規格値を満足するようになっている。スランプフローについては、増粘剤などの効果により、時間の経過とともに大きくなる結果となった。

そのほかに実施した試験項目として、塩化物含有量、500mmフロー到達時間、間隙通過性試験(U型充填高さ)、およびVロート流下試験を行い、品質・性状すべての規格値を満足していることを確認した。

性状の経時変化結果をもとに、打設可能時間の設定を空気量規格値の下限となる出荷より50分後に設定することとした。

(3) 高流動コンクリートの充填性確認

充填性の確認として、自己充填する際の、材料分離の有無、セル上面の空気泡による未充填などに着目した。

(a) 自己充填性の確認

透明アクリル板を使用し、側面に格子をマーキングしたポイントでの到達時間(2分ごと)の測定を行った。その結果、縦・横断に関係なく高流動コンクリートが鉄筋・PC鋼材などの障害を通過し、ほぼ水平に充填されていくことが確認できた。また、測定途中段階を表した図4に示すとおり、縦断勾配の高い方に空隙が残っていく状況も確認できた。充填状況を写真5に示す。

そのほか、充填性の補助として型枠バイブレータの使用も行ったが、型枠バイブレータの補助がなくても、自己充填されることが確認できた。



写真5 充填状況

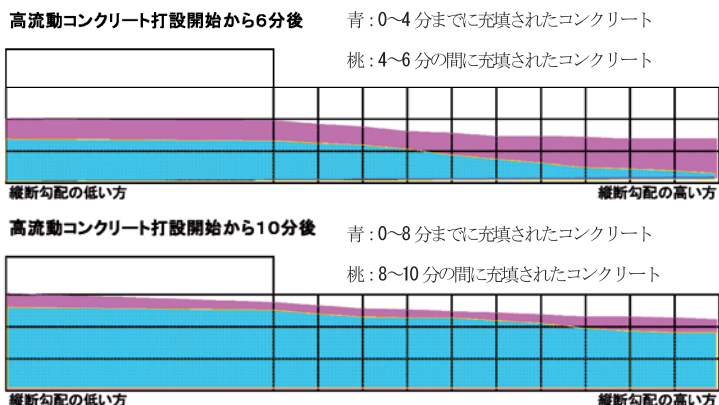


図4 到達時間

(b) セル上面の空気抜き処理

鋼殻セル上面および縦・横断の高い方には、空気の残留が懸念されるため空気孔を設置した。

高流動コンクリートは、順調にセル上面まで自己充填されているが若干の気泡が見られた。

気泡の除去のため、型枠パイプレータの使用による有効性も確認できたが、写真6に示すように、空気孔に異形鉄筋を抜き差しすることによりコンクリートが吹き出し、空気孔付近の気泡も減少し非常に効果的であることが確認できた。



写真6 異形鉄筋による空気孔抜き差し状況

(c) 材料分離の確認

骨材の沈下による材料分離を確認するため、コンクリート硬化後にコアを採取した。その結果、骨材は均等に混ざり合い材料分離は見られなかった。

採取したコアを写真7に示す。



写真7 コア写真

コンクリート打設にはコンクリート圧送車を使用し、圧送車筒先端性状確認を行った。ブーム先端から筒先までを鉛直落下させたところ、材料分離が見られた。その結果を踏まえ、筒先部を水平に配置し打設することとした。

写真8に高流動コンクリート打設状況を示す。



写真8 高流動コンクリート打設状況

4. 鋼桁架設

鋼桁は延岡南道路門川ICのAランプ・Aラインを跨ぐため、延岡南道路延岡南IC～門川IC間を通行止めおよび国道10号線を規制し、また、延岡南道路の通行止め期間を短縮するため、Aランプ上に門型防護工をあらかじめ設置した。鋼桁の架設は、Aランプ横の鋼桁ヤードにて地組を行い夜間一括架設を行った。

図5に平面位置図、写真9に架設状況写真を示す。

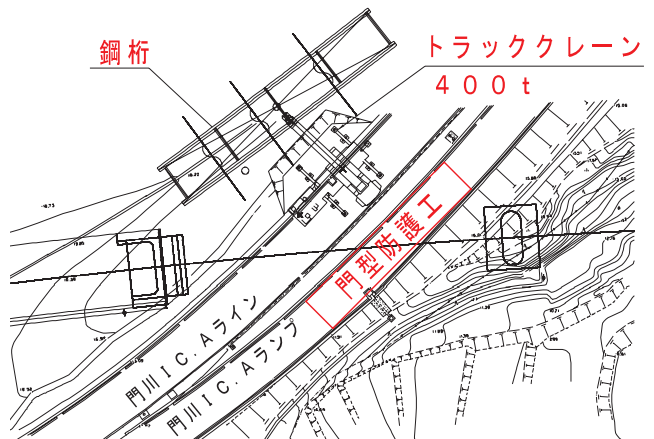


図5 平面位置図



写真9 架設状況写真

5. 金属溶射

(1) 金属溶射の採用

本橋は、以下の理由により、鋼桁部に高耐久性金属溶射であるAl・Mg溶射を採用し、一連の橋梁として本体構造全体の長寿命化とLCCの最小化を図っている。

(a) 構造条件

PRC桁を主体とした一連の橋梁として考えると、鋼桁部は塗装の塗り替え等、PRC桁に比べメンテナンスが必要となる。

(b) 環境条件

海岸線から1.5km程度の海浜地区のため、飛来塩分の影響が考えられる。

(c) 交差条件

道路本線およびランプとの立体交差となっているため、塗装塗り替え時の交通規制などは社会的影響が大きい。また、自動車の排気ガスによる煤煙を受ける。

(2) 金属溶射とは

金属溶射とは、電気や燃焼エネルギーにより金属を微粒子の溶融体とし、高速で吹き付けることによって皮膜を形成させる表面処理法である。今回の試験施工にて採用した工法は、電気式溶射の一種で、アルミニウム(95%)とマグネシウム(5%)の合金線をプラズマで溶射し、金属皮膜を形成する工法である。

また、アルミニウム・マグネシウム合金溶射は、亜鉛やアルミニウムの単体および亜鉛・アルミニウム合金より優れた耐久性が確認されている。ただし、国内では施工実績が少なく、比較的新しい溶射法である。

溶射概要図を図6に示す。

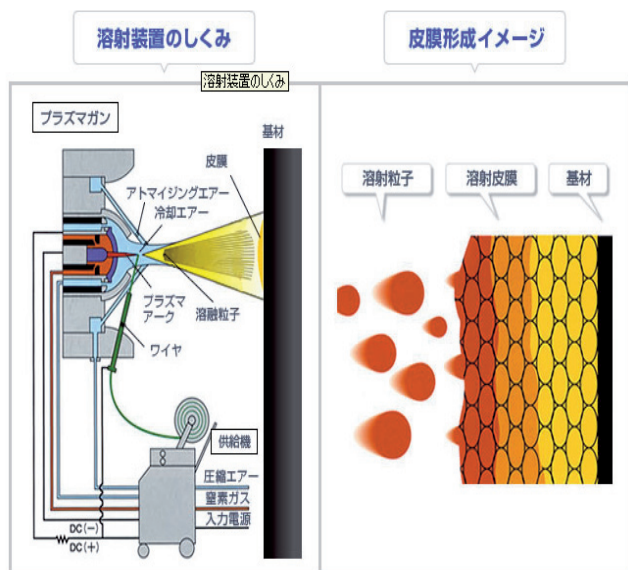


図6 溶射概要図

(3) 事前確認試験

金属溶射を橋梁の防錆処理に用いる例は少なく、一般的には工場溶射が通例で添接にはメッキボルトが用いら

れている。溶射とメッキの防錆性能を比較(複合サイクル試験)すると、メッキの防錆効果が著しく劣ることから、添接部位の防錆効果を高めることなどを目的とし、以下の事前確認試験を実施した。

(a) 継手性能確認試験

摩擦接合面に金属溶射を施した場合において、所定の継手性能(すべり耐力)が得られるかの確認試験により、金属溶射一般外面と同じ封孔処理剤ではなく、摩擦接合面には無機ジンクリッチペイントを適用することとした。

(b) 添接部溶射線材使用量確認試験

最小膜厚を確保するための溶射線材使用量は、本確認試験および施工実績によって推奨値を設定した。

(c) 添接部溶射困難箇所確認試験

主桁部ではフランジとウェブの交差部付近における2~3列は、溶射ガンの適正な作業条件(溶射面との離隔100mm以上、かつ溶射角45度以上)が確保できない箇所を狭隘部塗装範囲と設定した。また、中間横桁部ではボルト全数の86%が溶射困難箇所(狭隘部塗装範囲)と判定されたが、ボルト頭部の先行溶射およびボルト差込方向の変更をすることで、溶射困難箇所(狭隘部塗装範囲)を36%まで低減することができた。

図7に横桁部ボルト防錆方法を示す。

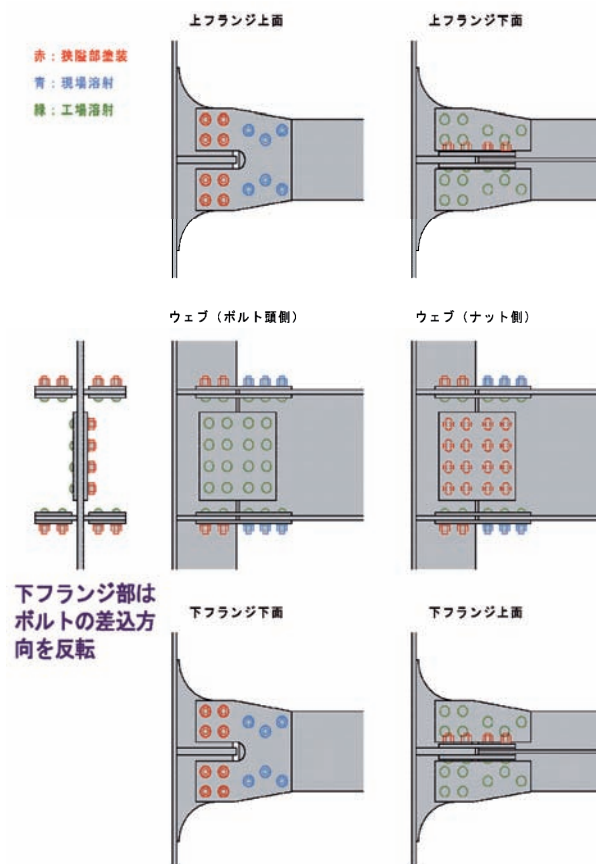


図7 横桁部ボルト防錆方法

そのほか、溶射困難箇所を低減するため、詳細設計時に主桁のボルト接合を溶接接合に変更した。

写真10に鋼桁接合時の風防設備設置状況を示す。



写真10 風防設備設置状況

(4) 今後の課題

(a) 本橋の防錆は溶射と狭隘部塗装を併用した仕様となっている。全投影面積に対し溶射を施すことは不可能なので、添接部やスカーラップ部などの防錆上の弱点となり易い箇所を減らすなど、溶射困難箇所（狭隘部塗装範囲）を低減するための構造的な工夫が必要である。

(b) 現況の溶射ガンの大きさでは、フランジ・ウェブの交差部など溶射困難部位が生じることから溶射ガンを小型化する必要がある。

(c) 現場溶射を行う際には1種ケレンが必要となるが、現在のオープンブラストだけでなくバキュームブラストなどの環境に配慮したブラスト法の開発が必要である。

(d) 桁端部には塗装仕様同様に増し塗りを実施することとしたが、本施工では現地架設完了後の実施判断としたために、溶射皮膜と仕上げ塗装の損傷を極力抑えるために塗膜の塗り重ねとした。工場溶射前であれば桁端部は、塗装便覧V-28より溶射皮膜を200 μ m以上確保することが望ましいと考えられる。

(e) 複合サイクル試験結果より、メッキボルトに封孔処理を施すことで長期の防錆効果を得られることが確認できた。現場溶射は、ほかの防錆方法に比べ高価となっているため、添接部にメッキボルト+封孔処理を用いることで重防食塗装（C5塗装系）以上の防錆効果が期待できる。

6. まとめ

接合部における実施工では、実物大模型試験での確認事項を反映させることができ、円滑な施工を行うことができた。Al・Mg溶射については実績が少ないため、今回実施した上記事前確認試験結果などを参考として頂きたい。

また、本橋A1橋台横に、溶射皮膜の健全度や経年劣化による皮膜状況などの確認を目的とした追跡調査を実施するための試験体を設置した。

写真11に追跡調査実施状況を、写真12に施工完了写真（接合部付近）を示す。



写真11 試験体設置状況

7. おわりに

本稿が今後同様のコンクリート・鋼複合構造の施工、また構造物の長寿命化における一助となれば幸いと考える。

最後に、本橋の設計・施工に際しご助言、ご協力を賜りました関係者各位に深くお礼申し上げます。



写真12 施工完了