

源太橋補強工事の施工

— 桁撤去から鋼橋架設について —

梶原 勉*1・田中 弘*2・三原 真一*3・前田 博*4

鳥取県の県道猪ノ子国安線に架かる源太橋（昭和26年4月竣工）は、千代川を跨ぐRC16径間連続ゲルバー桁橋である。源太橋は現況幅員が5.5mのため大型車の相互通行が困難な状況にあり、また、老朽化していることから源太橋を補修・補強し、有効幅員を5.5mから6.5mへ拡幅する計画がされた。本橋の主な施工内容はゲルバー桁の撤去、支取替え、せん断補強、床版補強、外ケーブル補強、鋼橋架設などである。

河川上の吊桁はクレーンによる撤去が不可能であったため架設桁を使用して撤去した。床版補強にはCFRPロッド工法による上面補強を行った。コンクリート桁の補修・補強が完了後、鋼橋の架設を行った。鋼橋の架設は鋼桁のジャッキアップ、ダウンを行い所定の位置に架設した。

本報告では、架設桁を使用したゲルバー桁の撤去、CFRPロッドを使用した上面増厚、鋼橋の架設について報告する。

キーワード：架設桁、ゲルバー桁撤去、上面増厚、鋼橋架設

1. はじめに

源太橋は千代川を跨ぐ橋長358mのRC16径間連続ゲルバー桁橋（図-1）であり、昭和26年の竣工から約63年が経過していた。大型車や通勤車両の増加に伴い、朝夕の通勤時には渋滞が発生する状況となっており、幅員が5.5mであるため大型車のすれ違いには危険を伴うことも考えられた。安全安心な交通環境の創出を図るため、源太橋の補修・補強を行い幅員を1m拡幅し6.5mにすることが計画された。

幅員を1m拡幅することにより、死荷重が増加することになるが、下部工ケーソン基礎への負担を極力抑えるために、死荷重の軽減を図ることが検討された。このため、コンクリートのゲルバー桁を撤去し、鋼橋を架設することが計画された。同様に床版上面補強においても、コンクリート増厚による補強よりも死荷重の増加が少ないCFRPロッド工法が採用された。

本稿では、ゲルバー桁の撤去、CFRPロッド補強工法による床版上面補強、鋼橋の架設について報告する。

2. 工事概要

工事名：県道猪ノ子国安線（源太橋）橋梁補強工事（上部工1工区）

発注者：鳥取県東部総合事務所

施工者：富士ピー・エス・宇部興産機械・高野組JV

施工場所：鳥取市源太～国安

工期：平成24年10月16日～平成26年8月29日

橋長：357.9m

施工延長：173.9m（17.8+23.0×6径間+（23.0-5.0）

幅員：6.5m（拡幅前5.5m）

施工内容：撤去工、支取替え工、横桁増厚工、ゲルバーヒンジ部補強工、張出し床版工、橋台改築工、補修工、せん断補強工、床版補強工、外ケーブル補強工、鋼吊桁工、伸縮装置工、地覆工

図-2に本工事の施工フローチャートを示す。施工内容は主に撤去工→改築工→補修・補強工→鋼橋架設→橋面工に大別される。

撤去工では、舗装・伸縮装置の撤去、地覆・高欄を撤去した後、トラッククレーンにて吊桁の撤去を行った。P7

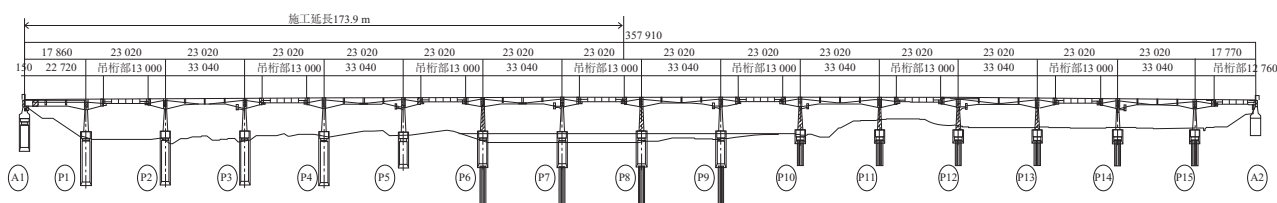


図-1 側面図

*1 Tutomu KAJIWARA：(株)富士ピー・エス 九州支店 工事チーム

*2 Hiroshi TANAKA：(株)富士ピー・エス 九州支店 工事チーム

*3 Shinichi MIHARA：(株)富士ピー・エス 九州支店 工事チーム

*4 Hiroshi MAEDA：宇部興産機械(株) 工事部 橋梁工事グループ

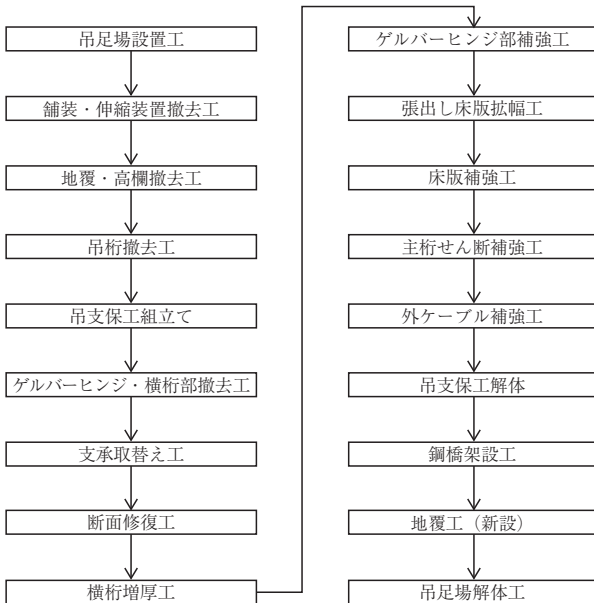


図 - 2 施工フローチャート

～P8 径間の吊桁は河川上にあるためクレーン作業半径が不足した。このため、架設桁を用いて吊桁の撤去を行った。

主な補修・補強は、橋梁全体にわたる断面修復工、床版を炭素繊維と CFRP ロッド工法、主桁を外ケーブルおよび炭素繊維による補強、ゲルバーヒンジ部を改築および PC 鋼棒による補強、端支点横桁部および中間支点横桁部を横桁の増厚および横締め PC 鋼棒による補強となっている。

主桁の補修・補強が完了後、鋼橋の架設を行った。

3. 施工方法

3.1 架設桁による吊桁撤去

撤去要領図を図 - 3 に示す。吊桁の撤去は、事前に舗装、地覆、床版、横桁部の撤去を行い、吊桁を独立させて施工した。

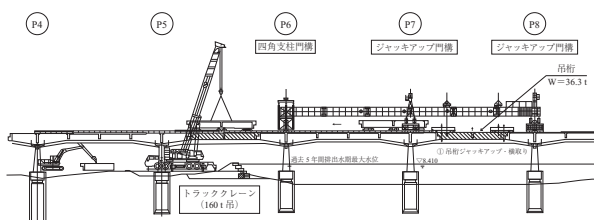


図 - 3 撤去要領図

吊桁のジャッキアップ・横取りには写真 - 1 のように横取り用ノーズを使用した。吊桁は P7 側支点が固定であり、P8 側支点が可動となっていた。可動側である P8 側は所定の荷重にてジャッキアップができたが、固定側の P7 側は所定の荷重ではジャッキアップできなかった。アンカー鉄筋などにより固定されていることが原因であると思われたが、建設当時の図面が不足しており固定状況が確

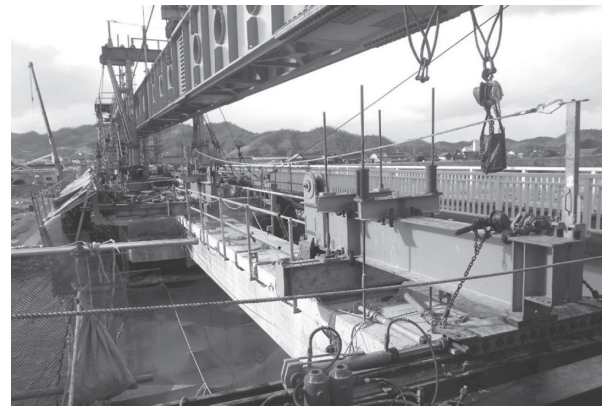


写真 - 1 横取り状況

認できなかった。このため、アンカー鉄筋があると思われる横桁を数か所コア削孔を行ったところ、写真 - 2 のようにヒンジ部中央に $\phi 32$ mm のアンカー鉄筋が 2 本配置されていた。アンカー鉄筋撤去後、再度ジャッキアップを行い吊桁の横移動後、架設桁上の台車により所定の位置まで引き戻した。



写真 - 2 アンカー鉄筋

次に、橋面上の重量台車に積み替え、ウインチと自走台車にて P4-P5 径間まで移動を行った。撤去した吊桁の重量は 353 kN (36 t) であり、主桁上を移動させるため、応力の検討を行った。その結果 (表 - 1 に示す)、主桁 2 本で吊桁の重量を負担させた場合、コンクリートの曲げ圧縮応力および鉄筋の引張応力度を満足させることになった。このため、図 - 4 のように H 形鋼を配置して、主桁 2 本で吊桁重量を負担できるようにした。写真 - 3 に架設桁による吊桁の撤去状況を示す。図 - 5 に主桁断面図を示す。

表 - 1 吊桁移動時の検討結果

	支点部	支間中央部	許容値
コンクリート圧縮応力度 (N/mm ²)	5.2	7.4	12.5
鉄筋引張応力度 (N/mm ²)	143.7	123.0	150

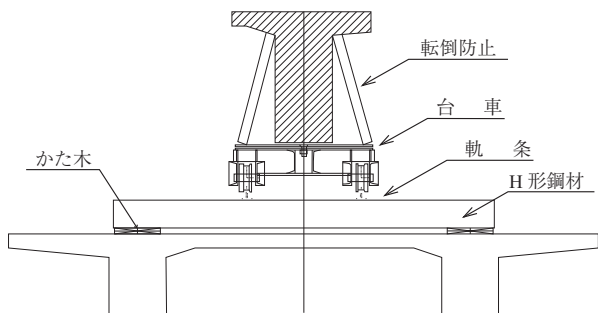


図 - 4 H形鋼配置状況



写真 - 3 架設桁による吊桁の撤去状況

断面図

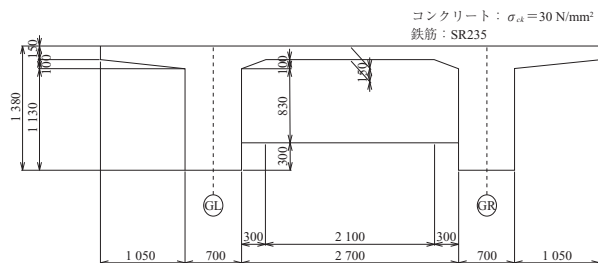


図 - 5 主桁断面図

吊桁を P4～P5 径間まで移動させた後、トラッククレーンにて橋面から施工ヤードへ吊り降ろし、施工ヤードにてブレイカーなどで破碎した。

3.2 床版補強

床版補強は、炭素繊維による下面補強と上面補強を施工した。ここでは、床版上面補強について報告する。

(1) 工法の選定

床版上面補強にはコンクリート系材料による増厚工法（以下、増厚工法）、炭素繊維などの材料を接着させる工法（以下、接着工法）などがある。工法の選定にあたっては、補強による死荷重の増加を避けることが第一条件とされていたため、増厚工法と接着工法の補強後の死荷重について比較検討された。その結果、増厚工法は 15.2 kN/m の死荷重の増加となり、同様に接着工法は 2.9 kN/m となり、接着工法が採用された。

接着工法の中から、炭素繊維シート工法、CFRP プレート工法、CFRP ロッド工法の 3 工法が比較され、施工性・経済性の観点から CFRP ロッド工法が採用された。

(2) CFRP ロッド工法の概要と紫外線劣化

CFRP ロッド工法は、炭素繊維を棒状に成形した CFRP ロッドを床版上面に配置しエポキシ樹脂モルタルで一体化を図る補強工法である。概念図を図 - 6 に示す。CFRP ロッド工法は、補強後の表面には保護塗装が施工されないため、エポキシ樹脂モルタルが自然暴露され、紫外線による劣化が懸念された。これまでの施工実績では、CFRP ロッド工法の施工後、3 日程度で舗装が施工されてきたが、本工事では、床版上面補強後、鋼橋の架設・地覆コンクリートの施工後に舗装を行う。このため、エポキシ樹脂モルタルが、約 10 ヶ月自然暴露されるため、表面の紫外線劣化が考えられ、次工程の防水または舗装との接着性への影響が懸念された。過去の施工事例にも長期間自然暴露することがなかったため、促進耐候性試験にて負荷を行い、防水または舗装との接着性能を確認すると共に劣化防止の対策を確認する実験を行った。



図 - 6 CFRP ロッド工法概念図

約 1 年半に相当する促進耐候性試験の結果、耐候負荷をかけた試験体はエポキシ樹脂モルタルの表面に白化現象が確認され（写真 - 4 に試験後の試験体を示す）、付着強度の低下も確認された。これは、紫外線により表層が劣化したものと考えられる。

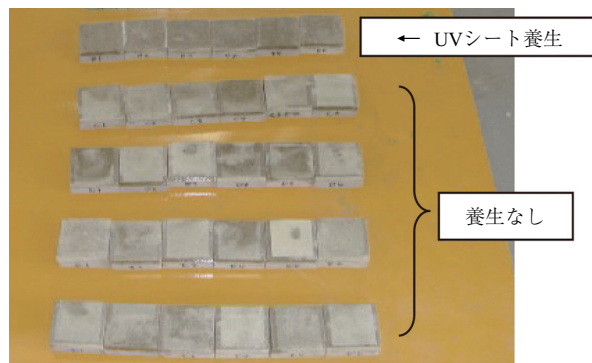


写真 - 4 耐候性試験後の試験体

劣化防止の対策として UV シートにて覆った試験体は、耐候負荷をかけても白化現象の発生もなく、付着強度の低下もなかった。これにより、CFRP ロッド工法による床版上面補強後は、UV シートにて養生を行うこととした。

(3) 施工手順

CFRP ロッド工法の施工フローチャートを図 - 7 に示す。

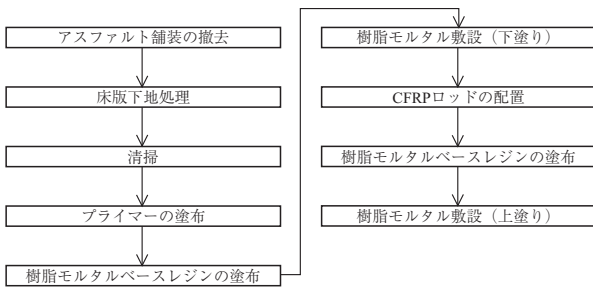


図 - 7 施工フローチャート

既存のアスファルト舗装撤去後、床版上面の脆弱部を除去するため、下地処理としてプラスト処理を行った（写真 - 5）が、建設当時の不陸や床版面のはつりにより、凸凹が発生していた。このため、床版の凸凹の状況をレベル測量などにより事前に調査し、エポキシ樹脂モルタルの使用量を把握した。また、エポキシ樹脂モルタルの下塗り厚（CFRP ロッドと床版面の隙間）は 5 mm を確保する必要があったため、写真 - 6 のように CFRP ロッドを仮配置して、床版の凸凹に合わせて専用スペーサの位置を調整した。



写真 - 5 下地処理状況

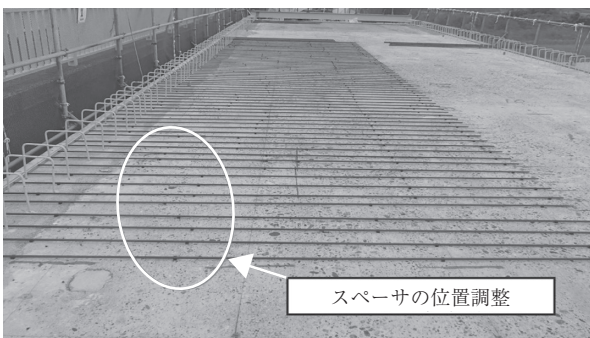


写真 - 6 CFRP ロッドの仮配置

次に、ローラー刷毛によりプライマーの塗布を行った。プライマーの指触硬化確認後、床版とエポキシ樹脂モルタルとの接着性を増すとともにエポキシ樹脂モルタルの強度向上のため樹脂モルタルベースレジン塗布した。

次に、エポキシ樹脂モルタルの下塗りを行った。エポキシ樹脂モルタルは、5号硅砂と7号硅砂および樹脂を所定の重量比で攪拌・混合させたものであり、混練後、床版面に敷設しコテにより平滑に仕上げた。CFRP ロッドの配置は、エポキシ樹脂モルタルの下塗りと並行して行い、事前にスペーサの位置調整をしたロッドを所定の位置に配置した（写真 - 7）。



写真 - 7 樹脂モルタルおよび CFRP ロッドの施工

CFRP ロッドの配置完了後、下塗りのエポキシ樹脂モルタルの指触硬化を確認（目安は CFRP ロッドを指で押しても動かない程度）して、樹脂モルタルベースレジン塗布し上塗りを施工した。また、エポキシ樹脂モルタルの紫外線劣化を防止するため UV シートにより養生を行った。写真 - 8 に施工完了後を、写真 - 9 に UV シートによる養生状況を示す。



写真 - 8 上面増厚完了

3.3 鋼橋架設

(1) 設計および製作

源太橋鋼床版吊桁部における諸元は、下記のとおりである。

- 形式 単純鋼床版飯桁（4連の製作・架設）
- 橋長 標準部 13.000 m, 支間長 12.200 m
- 幅員構成 全幅員 7.500 m, 有効幅員 6.500 m
- 平面線形 $R = \infty$, 縦断勾配 0.0 % ~ 0.75 %

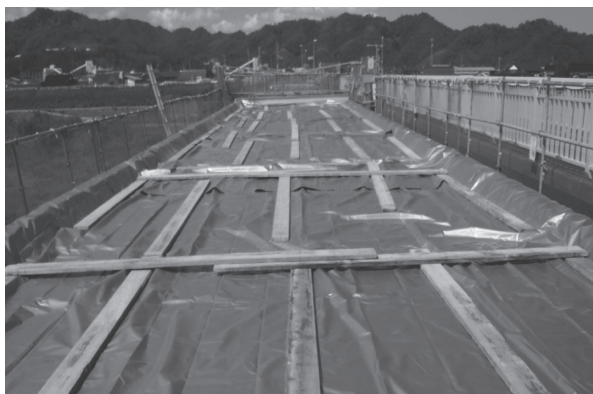


写真 - 9 UV シートによる養生

- 横断勾配 1.50 % 山勾配
- 床版 鋼床版 16 mm, 設計荷重 A 活荷重

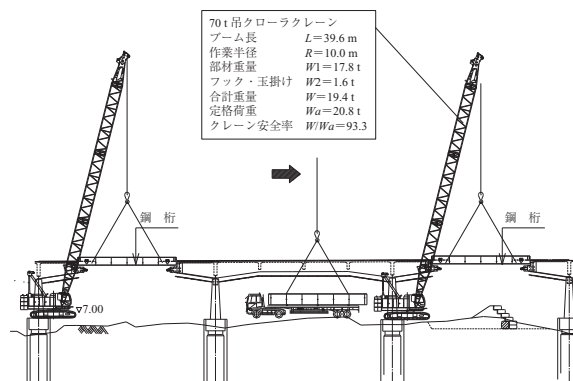
鋼床版吊桁部における防錆方法は、ライフサイクルコストを考慮して、耐候性鋼材が採用されている。当初、耐候性鋼材の表面処理は、保護性錆生成処理が施される予定であったが、製作着手前の照査において、一般部は、耐候性裸仕様にて製作されることとなった。桁端部に関しては、通気性が悪く湿潤状態が保持される可能性も高いことから、保護性錆の生成が期待できないため、桁端部にはD-5 塗装系（鋼道路橋塗装・防食便覧 H17.12）が適用されている。地覆部分に関しては、コンクリート桁部との色調を合わせるため、C-5 塗装系（鋼道路橋塗装・防食便覧 H17.12）が適用された。工場製作完了時は、鋼床版仮組立て（写真 - 10）を行い、出来形管理を実施した。



写真 - 10 実仮組立て状況

(2) 架 設

鋼床版吊桁部は、橋長が 13 m であることから橋軸方向の分割は行われておらず、幅員方向に 3 分割されている。鋼床版デッキ部は現場溶接による連結を行い、横桁および横リブは、高力ボルトによる連結を行う。架設は架設計画図（図 - 8）に示すとおり、70 t クローラクレーンを用いて架設を実施したが、架設前の検討により、上下流ブロックが地覆方向へ偏心していることから、次の対策案を検討



地組桁架設断面図

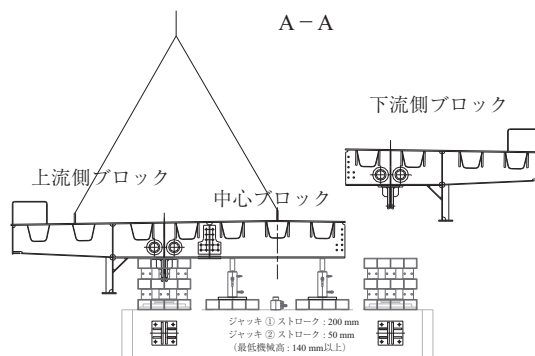


図 - 8 架設計画図

した。

- ① 架設時のバランスを取り、鋼桁ブロックの転倒を防ぐためにベントなどを用いる。
- ② 中心ブロックと上流側ブロックを地組して架設することにより、地覆方向へ転倒しようとする反力を相殺させる。

という 2 つの架設方法を検討した。

検討の結果、P5～P6 径間および P7～P8 径間においては、ベント設置部分が河川となっているため、ベントの設置が困難であることから、中心ブロックと上流側ブロックを地組（写真 - 11）後に架設する方法を選択した。写真 - 12 に架設状況を示す。

また、桁端部の端横桁およびエンドリブにおける高力ボルト施工および現場塗装を行う場合、所定の位置では桁遊間や桁下空間の制約を受けて施工不可能であることが判明した。

そこで、ジャッキアップ作業およびサンドル材による上げ越しを行い、端横桁と同程度の高さ（ $h = 500 \text{ mm}$ ）を保つことにより、現場溶接、ボルト連結部の本締め、桁端部の現場塗装を行う空間を確保した。現場溶接は施工時期が 2 月であり、雪や強風の天候が予想されたため、写真 - 13 のような養生を行い、溶接作業を行った。1 連の作業完了後、鋼桁を所定の高さに設置するため、ジャッキダウンによる鋼桁降下作業（写真 - 14）を実施し、架設作業を完了した。



写真 - 11 地組状況



写真 - 13 現場溶接時養生状況



写真 - 12 鋼橋架設状況



写真 - 14 ジャッキダウン状況

本稿が、今後の同種工事において、何らかの参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 三原真一, 梶原 勉, 田中 弘: 源太橋補修工事の桁撤去と支承取替について, 第22回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.473-476, 2013.10
- 2) 鋼道路橋塗装・防食便覧 H17.12, 日本道路協会

【2014年3月14日受付】

4. おわりに

源太橋は、平成26年2月末現在で鋼橋の架設までがほぼ完了し、今後、地覆工や高欄・伸縮装置工などの橋面工の施工を行い平成26年8月に竣工予定である。

全面交通止めにより施工ができたことは、工程遵守の点で非常に有意義であり、関係各位のご協力に感謝を申し上げます。