

論文・報告

榎野川橋他 2 橋床版取替工事の施工

～プレキャスト製品の活用について～

Construction Report on the Replacement of the Floor Slabs of the FUSHINO River Bridge and Two Other Bridges

堤竹 済^{*1}
TSUTSUMITAKE Wataru

岡本 安則^{*2}
OKAMOTO Yasunori

大野 貴裕^{*3}
ONO Takahiro

藤原 敏晃^{*4}
FUJIWARA Toshiaki

札立 重好^{*5}
FUDATATE Shigeyoshi

明神 優貴^{*6}
MYOJIN Yuki

本工事は中国自動車道の山口 JCT～小郡 IC 間に架かる榎野川橋（上下線），下九田川橋（下り線），上九田川橋（下り線）における 3 橋同時床版取替工事である。

施工にあたり，9 月 10 日から雪氷期を考慮した 11 月 20 日までの 72 日間の対面通行規制期間内で施工を完了する必要があり，床版取替施工の工程短縮が課題となった。また，下九田川橋においては，橋台がボックスカルバートとなっており，延長床版施工のための通常の底版が設置できないという問題があった。

本稿では，プレキャスト部材（床版，壁高欄，延長床版）の計画，下九田川橋（下り線）の工程短縮を目的としたプレキャスト製品の活用および施工方法と，ボックスカルバート上での延長床版底版施工について報告する。

キーワード：床版取替，プレキャスト壁高欄，プレキャスト延長床版，薄肉プレキャスト底版

1. はじめに

本工事は中国自動車道の山口 JCT～小郡 IC 間に架かる榎野川橋（上下線），下九田川橋（下り線），上九田川橋（下り線）における 3 橋同時床版取替工事である。

本稿では，生産性向上を目的として計画した榎野川橋のプレキャスト床版割付，工程短縮を求められ採用したプレキャスト壁高欄の活用，延長床版配置空間が制約された下九田川橋（下り線）のボックスカルバート上での延長床版底版の施工について，報告を行う。

工事概要を表 1 に，下九田川橋（下り線）の橋梁平面図を図 1 に示す。

表 1 工事概要

工事名	中国自動車道（特定更新等） 榎野川橋他2橋床版取替工事		
工事場所	山口県山口市黒川～小郡上郷		
工期	令和4年4月29日～令和7年8月10日		
橋梁	榎野川橋（上下線）	下九田川橋（下り線）	上九田川橋（下り線）
型式	鋼3径間連続非合成鉄桁	鋼2径間連続鉄桁	鋼2径間連続鉄桁
橋長	132.500m	88.900m	70.900m
桁長	132.300m	88.502m	70.550m
支間	43.850m+43.850m+43.850m	56.330m+30.602m	31.540m+37.830m
有効幅員	10.510m	10.005m	10.510m
斜角	80° 43' 24" ～73° 41' 33"	32° 00' 00"	35° 00' 00" ～51° 00' 00"

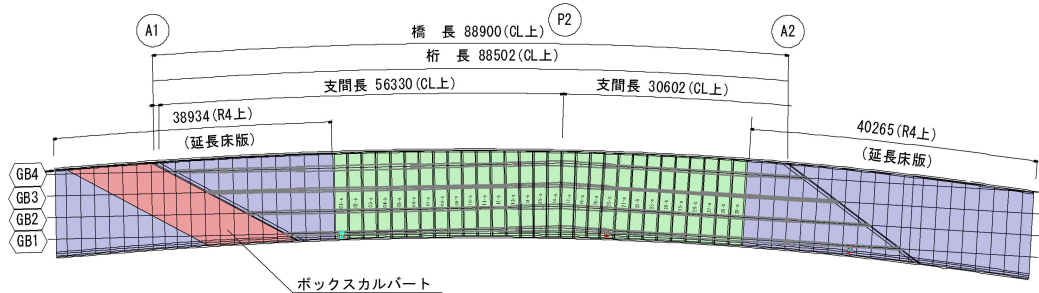


図 1 下九田川橋（下り線）平面図

*1 川田建設(株)大阪支店工事事務 上席工事長

*2 川田建設(株)大阪支店工事事務 担当工事長

*3 川田建設(株)大阪支店工事事務 工事課

*4 川田建設(株)大阪支店技術部技術課 課長

*5 川田建設(株)大阪支店技術部技術課 主幹

*6 川田建設(株)大阪支店技術部技術課 主任

2. プレキャスト床版の計画

(1) プレキャスト床版の割付計画（榎野川橋）

プレキャスト（以下、PCa）床版の割付について、基本設計では、図2上段の発注図のように、床版は桁に対し直角配置で計画されていた。これに基づくと、水色着色部のみが標準版で、その他は異形版を多数配置する割付であった。詳細設計（図2下段の施工図）において、下部工ラインが平行配置であること、主桁は直線桁で、橋脚ラインで折れること、各主桁は、平行配置であることを与条件として割付を見直した。この条件において、床版分割ラインは、下部工ラインに平行とすることがPCa床版を製造する上で、型枠の統一を図ることができ、生産性向上に寄与すると考えた。床版の割付基準線を桁GA2に設定し、ずれ止め配置を1m以下¹⁾とするため、床版割付間隔を2.0mとした。

橋軸方向鉄筋の配置方向は、桁GA2ラインに平行とした。一方の案として、GEN（(P17,GA2)と(P20,GA2)の2点を通る直線）を配置方向の基準とする案があった。しかし、桁軸と橋軸方向鉄筋の方向が異なると、橋軸方向鉄筋とハンチ鉄筋の取り合いが複雑となり工場での製作が煩雑となるため、採用しなかった。

(2) 中間支点ラインの床版の分割処理

上記の床版割付計画を進め、中間支点ラインで床版を分割することとした。過去に設計した橋梁では、中間支点ラインをまたいで、床版を配置したが、平面的に桁が折れており、橋軸方向鉄筋の作図・鉄筋加工・鉄筋組立など、どの作業においても煩雑となり問題となった。今回は、中間支点ラインで床版が分割され、桁の折れ点での橋軸方向鉄筋（KK 合理化継手）の取り合い確認のみ

となり、作業の省力化が図れた（図3）。

(3) 床版のハンチ形状の決定

3D スキャナーにより点群測量することで主桁下フランジ下面の標高を確認し、既設図面の鋼桁高（上下フランジ厚、ウェブ高）から鋼桁上フランジ上面の標高を算出した。既知である路面標高・鋼桁上フランジ上面の標高に対し、舗装厚・床版厚は一定値であり、床版下面の調整モルタル厚は20mm～70mm²⁾とし、上記に収まらない場合は、打ち下げコンクリートを設置し、床版のハンチ形状を決定した（図4）。

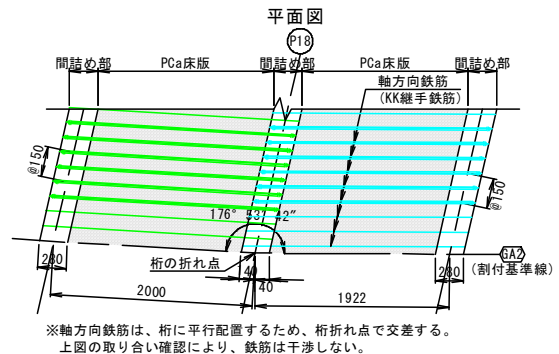


図3 中間支点ラインでの軸方向鉄筋干渉チェック

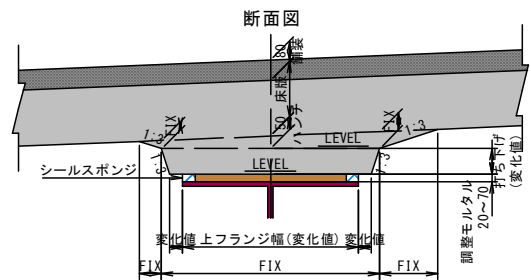


図4 床版のハンチ形状の決定

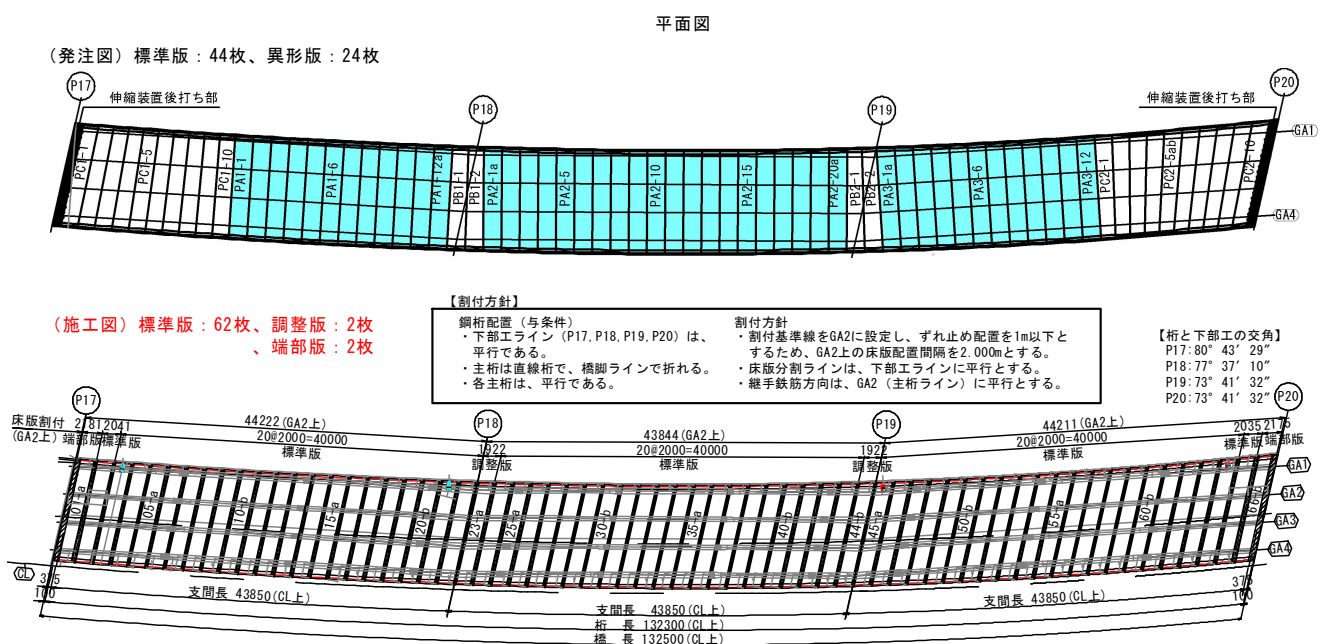


図2 プレキャスト床版の割付

3. プレキャスト壁高欄の採用に際しての設計上の留意点

(1) プレキャスト壁高欄の構造概要

雪氷期までに昼夜連続規制を解除するため、PCa 壁高欄を用いることとした。PCa 壁高欄は、EMC 壁高欄（Easy Maintenance Construction）を採用した。EMC 壁高欄は、フルプレキャストのコンクリート製壁高欄を図5のようにアンカーボルトにて床版に固定し、壁高欄部材同士を円弧状の連結ボルトにて連続させる壁高欄である³⁾。アンカーボルト・連結ボルトは、重防食の表面処理技術であるディスゴ処理が施されている。また、平面形状において、せん断キーを用いている。PCa 壁高欄は、標準部材長が4mであり、アンカー間隔は、標準部が1.0m、桁端部・中間支点部が0.5mである。

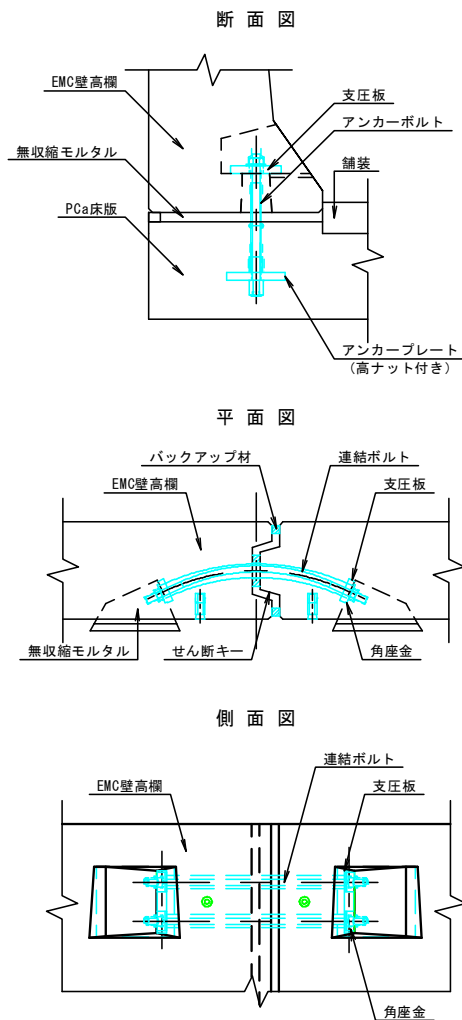


図5 EMC 壁高欄概要図

(2) プレキャスト壁高欄の配置計画

PCa 床版の製作図（榎野川橋（上り線））を完了した同時期に、PCa 壁高欄の採用が決定した。PCa 壁高欄の配置は、PCa 床版の割付に合わせる形とした。PCa 床版の割付は、基本寸法が2mであり、中間支点部に約1.9m

の調整寸法を配置している。中間支点部に必要なアンカー間隔は0.5mであるため、アンカーが床版内に収まらない形となった（図6）が、EMC アンカーの箱抜きと補強鉄筋配置が工場対応可能であること、現場施工にも支障がないことが確認でき、床版に箱抜きを設けて、あとでアンカーを設置する対応とした。

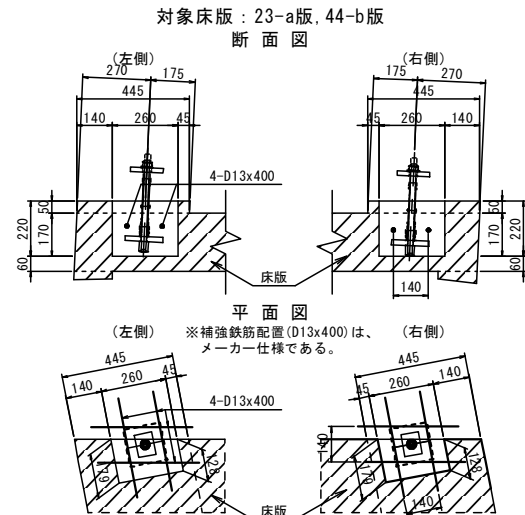


図6 EMC アンカー箱抜き図

桁端部は、斜角があり PCa 製作が煩雑になること、極力ハンドホールを配置すること、伸縮装置の施工や壁高欄全体の延長の長さ調整などから、約4m（PCa 床版2枚分）を場所打ち壁高欄とし、現場施工で調整できる区間とした。なお、ハンドホールは、PCa 部にも1ヶ所配置した。場所打ち壁高欄と PCa 壁高欄の連続性は、機械式継手鉄筋を用いることで確保している。

PCa 部に付帯工として、落下物防止柵・はく落防止対策・中央分離帯転落防止網・眩光防止板・視線誘導標・標識などの配置位置を計画した。

(3) プレキャスト壁高欄の製造

PCa 壁高欄の製造について、脱型状況（写真1）より、天地を逆にして、コンクリートを打設している。粗面仕上げした均し面は、床版との接合となり、壁高欄天端形状を均一にできるメリットがある。



写真1 PCa 壁高欄の脱型状況

4. プレキャスト延長床版の設計上の留意点

(1) プレキャスト底版の設計

下九田川橋（下り線）および上九田川橋（下り線）では延長床版を設置した。下九田川橋（下り線）A1 橋台は、橋台とボックスカルバートが一体となっており（写真2）、通常の施工厚さである、舗装厚 80 mm, PCa 延長床版厚 260 mm, PCa 底版厚 300 mm の合計 640 mm 以上を確保することができなかった。この課題に対し、超高強度繊維補強コンクリート ESCON を使用し、底版厚 300 mm を 40 mm 程度の薄肉タイプの底版に置き換えることで対応した。裏込めグラウト 30 mm, 余裕量 10 mm で計画し、薄肉 PCa 底版をボックスカルバートと一体化させた。ボックスカルバート部以外の底版は、通常の 300 mm 厚を計画した。A1 橋台側面図を図7に示す。

また、薄肉 PCa 底版の裏面に 4 mm の凹凸を設け、せん断抵抗性を高める構造とした（図8）。

上記の方法の代替案は、路面標高を 200 mm 以上嵩上げする案、ボックスカルバートの頂版を撤去・再構築する案があったが、橋梁の死荷重増加や施工期間の長期化などの課題があったため、不採用とした。



写真2 ボックスカルバートが一体となった橋台

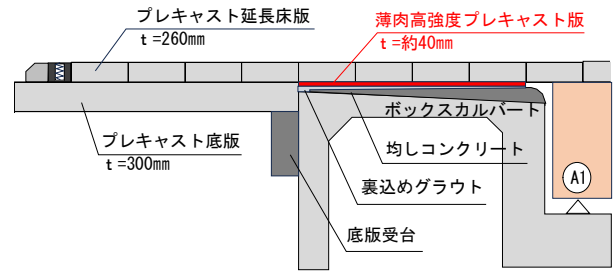


図7 下九田川橋（下り線）A1 橋台側面図

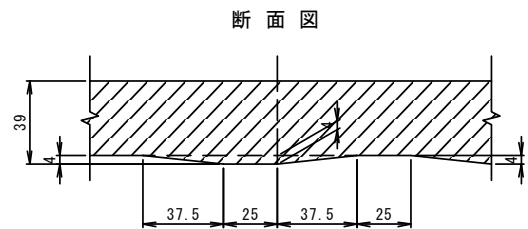


図8 薄肉 PCa 底版裏面の凹凸形状

(2) プレキャスト延長床版の設計

PCa 延長床版は、橋梁桁端側から桁遊間を跨いで土工区間まで延長される構造であり、下九田川橋（下り線）の PCa 床版の割付は、主桁に対して、直角方向としたため、PCa 延長床版も同様の割付とした（図2）。

本橋の PCa 延長床版は 2 方向のプレストレスを導入した。縦締め方向は、ポストテンション方式の緊張により PCa 延長床版同士を一体化する構造で、横締め方向はプレテンション方式の PRC 構造とした。

PC 鋼材はプレグラウトタイプの 1S21.8、定着工法は CCL 工法である。PCa 床版の橋軸方向鉄筋間隔は 150 mm または 300 mm であり、PCa 延長床版と PCa 床版の接合部で軸方向鉄筋と PC 定着具の取り合い、PC 定着具の最小配置間隔（図9）を考慮すると、1S21.8 の PC 鋼材が最も効率よくプレストレスを導入できた。

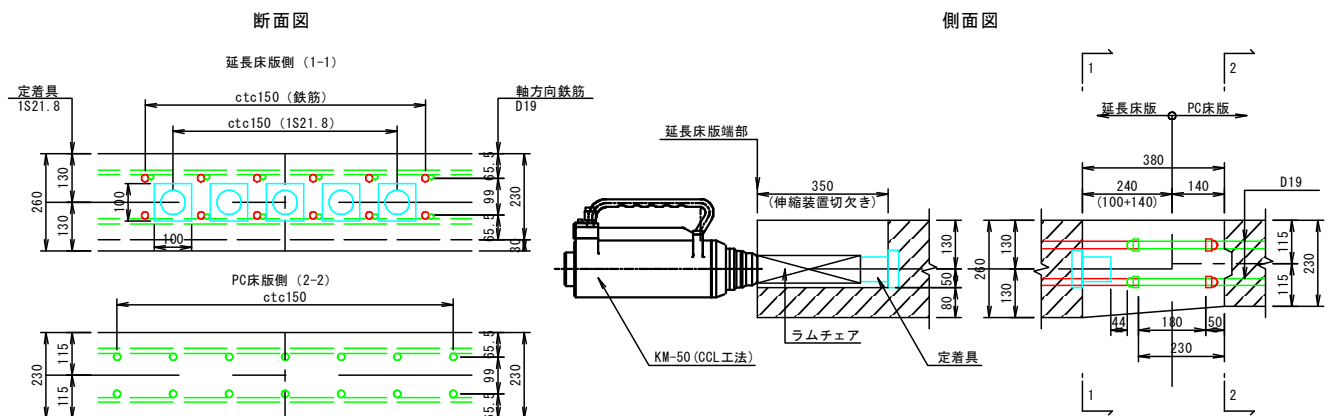


図9 縦締め PC 鋼材 1S21.8 と軸方向鉄筋の配置

5. 工程短縮を目的としたプレキャスト製品活用

(1) 工程上の課題

当初設計では、昼夜連続規制の解除日は2024年12月20日であったが、雪氷期である2024年11月30日までには昼夜連続規制を解除するよう、更なる工程短縮要請があったため、20日間の工程短縮が課題となった。

(2) プレキャスト製品の活用

課題を解決するため、壁高欄工に着目し、場所打ちからプレキャスト壁高欄に変更することで、工程短縮を図ることとした。

(3) 施工方法

施工フローを図10に示す。



図10 プレキャスト壁高欄施工フロー

1) クレーンによる設置

設置作業には25tラフタークレーンを使用した。設置の直前に専用治具を使用し、通信管ジョイントを固定した。設置箇所へ吊り降ろす際は、床版地覆部に取付けたアンカーボルトが製品の切欠き部に入るように吊り降ろし、製品天端をレベル測量しながら、下面に埋め込まれた高さ調整ボルト4本を上下させて調節した(写真3)。

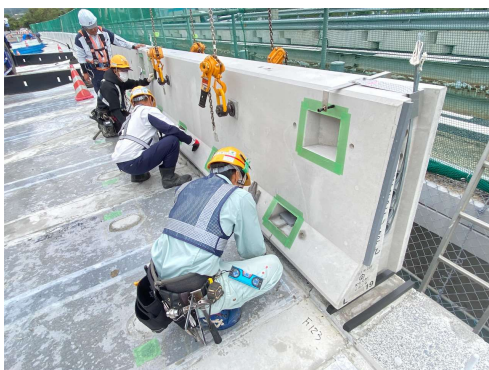


写真3 プレキャスト壁高欄設置状況

床版との接合には、アンカーボルトに支圧板、ワッシャー、ナットを設置し、製品同士には、連結ボルトを取り付け仮固定した。設置時の懸念点として、床版2枚に対しプレキャスト壁高欄1基を設置する構造となっているため、

切欠き位置と床版に設置されたアンカーボルト間隔のズレにより、アンカーボルトが入らない事が考えられた。そのため、床版架設時にアンカーボルト間隔の誤差が ± 10 mmとなるよう位置を管理しながら架設した。

2) 目地の型枠設置・無収縮モルタル充填

底面目地部の内側と外側、製品間の縦目地に型枠を取り付けた。目地内に空隙ができないよう、底面目地は勾配の低い側の型枠に注入孔を設け、無収縮モルタルを充填した。勾配の高い側の切欠きから無収縮モルタルが排出されるのを確認し充填完了とした。また縦目地への充填は製品天端から注入し天端まで充填した。

3) 切欠き部の処理

目地へ充填した無収縮モルタルの圧縮強度が 5 N/mm^2 以上あることを確認後、アンカーボルトと連結ボルトへトルクを導入し本締めをした。切欠き部に型枠を設置し、無収縮モルタルの注入口として切欠きの上部に1 cm程度のすき間を設け、無収縮モルタルを充填した(写真4)。

工程短縮必要日数20日間に対し、プレキャスト壁高欄の施工により10日間、迂回路工の施工体制強化による複数箇所同時施工やその他工種の工程調整によりさらに10日間短縮し、課題を解決した。



写真4 切欠き部モルタル充填

6. ボックスカルパート上の底版施工

(1) 薄肉高強度プレキャスト版概要

薄肉高強度プレキャスト版の主材料は、低熱ポルトランドセメントをベースとし、シリカヒュームなどが添加された結合材、骨材、混和剤、ファイバー、水で構成される超高強度合成繊維補強コンクリートである。

曲げ引張強度は普通コンクリートの7~10倍の 20 N/mm^2 あり、圧縮強度も 150 N/mm^2 ある。さらに水や空気が浸透しないため、中性化による劣化が生じない特徴がある。グラウトの充填性を考慮し、ESCON版の底面は凹凸形状であり、エア抜き孔を125 mm間隔で配置した。薄肉高強度プレキャスト版の配置図を図11、詳細形状図を図12に示す。

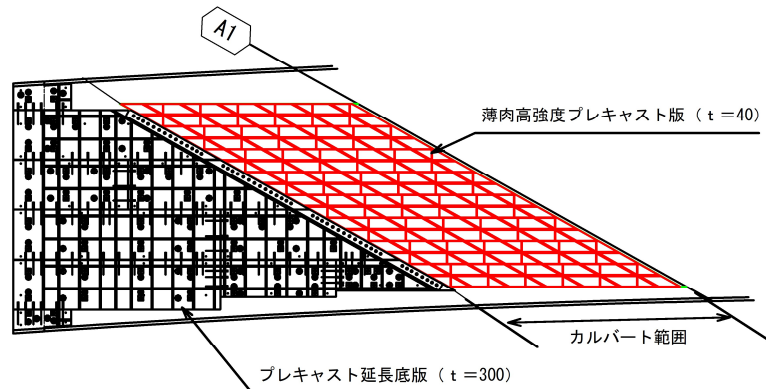


図 11 薄肉高強度プレキャスト版配置平面図

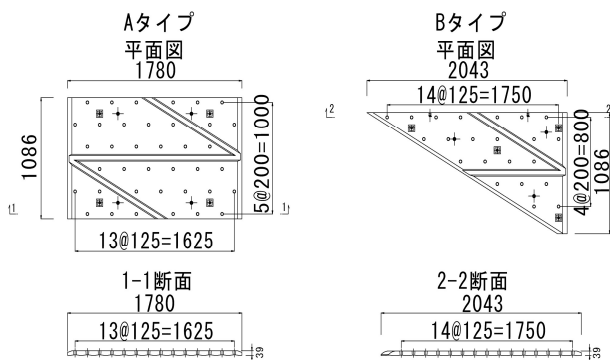


図 12 薄肉高強度プレキャスト版形状図

(2) 実施施工

以下に薄肉高強度プレキャスト版の施工手順を示す。

- 1) バキュームブラストにてボックスカルバート天端の表面処理を行い、均しコンクリートを打設した。均しコンクリートは 250 mm～50 mmの厚さで勾配調整を行った。
- 2) 薄肉高強度プレキャスト版の設置は、80 t ラフタークレーンをカルバート背面に据付け設置した (写真 5)。



写真 5 薄肉高強度プレキャスト版設置状況

- 3) 設置箇所へ吊り降ろし、各版に取り付けた高さ調整ボルト (M16) 4 箇所を上下させ、レベル測量をしながら所定の高さへ調整した。
- 4) 薄肉高強度プレキャスト版の設置完了後、裏込めグラウトを充填した。充填するグラウト材には、混和された細骨材の最大寸法が比較的小さいプレミックスタイプの

無収縮モルタルを使用した。また、目地内に空隙を発生させないように、注入は勾配の低い位置にあるグラウト孔から行った。グラウト排出孔の天端まで打ち上がった事を確認し、充填完了とした (写真 6)。



写真 6 薄肉高強度プレキャスト版設置完了

施工中の問題点としては、製品重量が 200 kg と軽量なため、裏込めグラウト充填時に製品が浮き上がった。再度高さを調整し、鋼管にて薄肉高強度プレキャスト版を抑え込み、浮き上がりを防止して対応した。

7. おわりに

厳しい施工工程及び現場条件の中、関係者のご協力を得て短縮要請期日どおりに昼夜連続対面通行規制を解除し、雪氷期までに昼夜連続中分規制を解除することができた。

最後に本工事の計画、設計、施工にあたり、ご指導いただいた皆様に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 設計要領 第二集 橋梁建設編 7 章鋼橋, pp. 7-67, 2016.8
- 2) プレキャスト PC 床版による道路橋更新 設計施工要領, pp. 62, 公益社団法人プレストレストコンクリート工学会, 2018.3
- 3) EMC 壁高欄 設計・製造・施工マニュアル, pp.1, プレキャスト・ガードフェンス協会, 2023.10
- 4) プレストレストコンクリート工学会: 榎野川橋他2橋床版取替工事の施工報告