

# 圏央道におけるFRP合成床版の施工 —圏央道桶川加納インターチェンジCランプ橋—

## Construction of FRP Composite Slab along Metropolitan Inter-city Expressway - C Ramp Bridge at Okegawa-Kano Interchange along Metropolitan Inter-city Expressway -



高橋 昌彦\*<sup>1</sup>  
Masahiko TAKAHASHI



石原 彰子\*<sup>2</sup>  
Shoko ISHIHARA



出口 哲義\*<sup>3</sup>  
Akiyoshi DEGUCHI



久保 圭吾\*<sup>4</sup>  
Keigo KUBO

### 要 旨

桶川加納インターチェンジCランプ橋は、現在建設中の圏央道のうち、本線上を跨ぐ橋梁であり、維持管理の軽減を図るためFRP合成床版が採用されている。本橋は、平面線形の曲率が小さく、幅員、横断勾配が変化していることから、FRPパネルの形状が複雑となる。また、ハンチが山形鋼を用いた構造となっていることから、適用にあたっては構造改善を行った。本稿では、曲率の小さい橋梁にFRP合成床版を適用した場合の設計、施工方法について報告する。

キーワード：曲線橋，FRP合成床版，床版施工，コンクリートの充填

### 1. まえがき

圏央道は首都圏に流入する交通を分散し、交通渋滞を緩和するとともに、首都圏の産業活力の向上、首都直下地震等の災害発生時における避難や救助、その後の復旧活動等において重要な役割を果たす、総延長約300kmの高規格幹線道路である。

本工事は、現在の未開通区間である桶川北本IC～白岡菖蒲IC（10.8km）間に建設中の桶川加納ICのうち、料金所から本線に向かうCランプ橋上部工の工事であり、鋼桁の工場製作、架設工事および、床版工事を行った。

Cランプ橋は、圏央道の本線を跨ぐ橋梁であり、コンクリートの剥落の防止はもちろん、本線規制を伴うメン

テナンスを最小限とする必要があった。

このため、耐久性、耐食性に優れ、塗装の塗り替えが不要となることから、維持管理の低減に大きな効果が期待できるFRP合成床版<sup>1), 2)</sup>が、国土交通省の道路橋として初めて採用された。

本稿では、FRP合成床版の設計と施工方法について報告を行う。



図-1 現場位置図

\*<sup>1</sup> 橋梁事業本部 橋梁工事本部橋梁工部東京工部グループ 現場所長

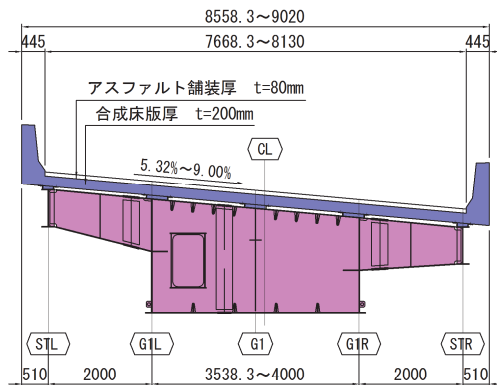
\*<sup>2</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループ

\*<sup>3</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部東京計画グループ サブリーダー

\*<sup>4</sup> 橋梁事業本部 技術本部技術部技術グループ 担当リーダー

## 2. 工事概要

- (1) 工事名：H24・25 圏央道桶川インター  
Cランプ橋上部工事
- (2) 施工箇所：埼玉県桶川市加納地先
- (3) 工期：自) 平成25年 2月 5日  
至) 平成26年 1月20日
- (4) 発注者：国土交通省 関東地方整備局  
大宮国道事務所
- (5) 受注者：宮地エンジニアリング株式会社
- (6) 橋梁概要：右記による
- (7) 工事内容
  - 1) 架設工法：トラッククレーンベント工法  
(左右分割桁地組→架設)
  - 2) 総 鋼 重：162t
  - 3) 現場塗装：243m<sup>2</sup>
  - 4) 床版パネル架設：580m<sup>2</sup>
  - 5) 床版コンクリート：123m<sup>3</sup>



設計条件

橋 長	L=65.600m (CL線上)
支 間	35.500m+28.500m (CL線上)
平面線形	A=50~R=50~A=50
縦断線形	6.0% VCL=100 4.922%
横断勾配	4.36% ~ 9.00%
斜 角	90° 00' 00" (A1, A2), 120° 00' 00" (P1)
幅員構成	0.445m+8.130m+0.445m=9.020m (拡幅部)
活 荷 重	B活荷重
舗 装	アスファルト舗装 t=80mm
床 版	合成床版 t=200mm
設計震度	kh=0.30
橋梁形式	鋼2径間連続非合成桁橋

図-2 橋梁断面図・設計条件

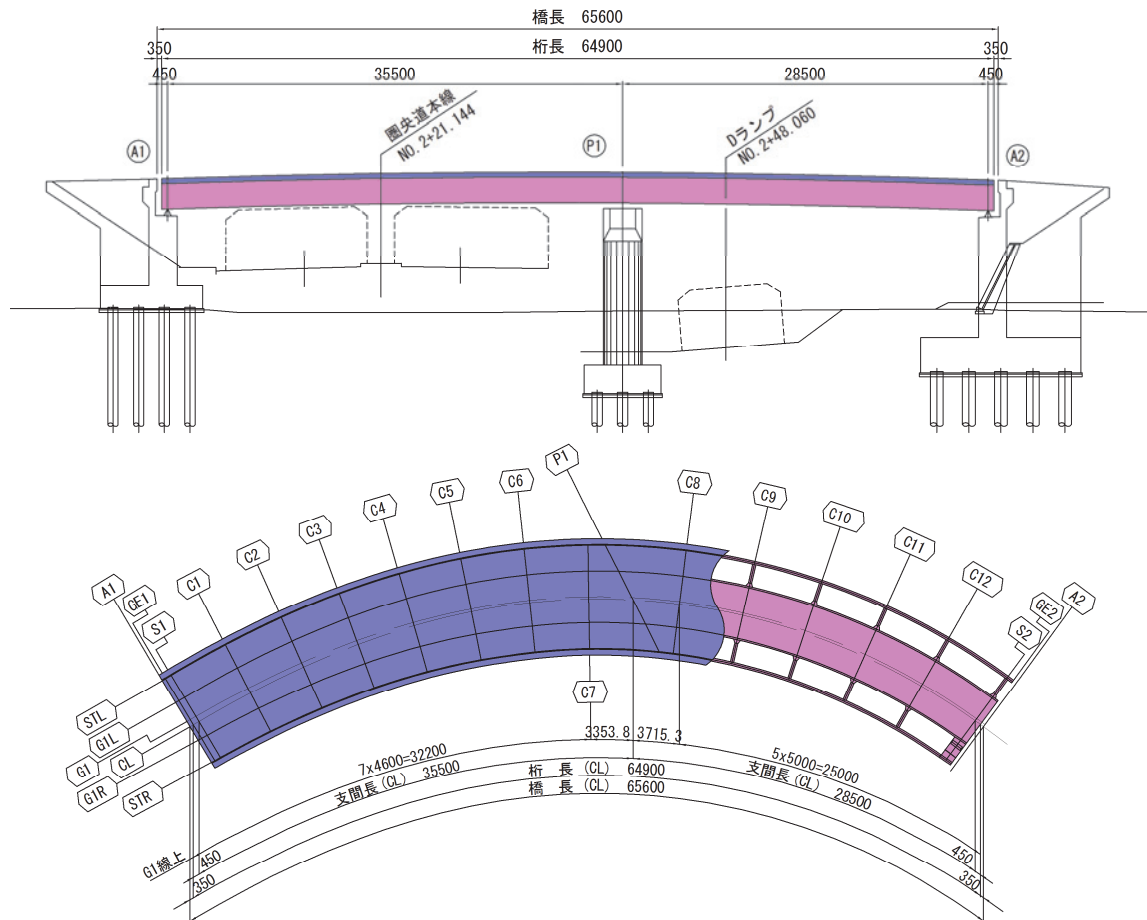


図-3 橋梁側面図・平面図

### 3. FRP合成床版の設計

#### (1) FRP合成床版の概要

FRP合成床版は、耐水性、耐食性に優れたGFRP（ガラス繊維強化プラスチック）材を支保工兼用の永久型枠として用い、コンクリート硬化後はFRP材も強度部材として作用する合成床版であり、以下のような特徴がある。

- ①塩分環境下においてもさびない
- ②鉄筋コンクリート床版に比べ疲労耐久性が高い
- ③FRPパネルが軽く、設置作業が容易
- ④耐食性に優れ、維持管理が低減できる



写真一 FRP合成床版

本工事では、FRP合成床版の適用にあたり、道路橋示方書に基づく要求性能に対して満足することを検証する必要があったことから、種々の検討を行い、検証を行った。ただし、本橋は平面線形の曲率が小さく、幅員、横断勾配が変化することから、線形への対応方法が課題となった。以降に、主な設計時の対応方法について述べる。

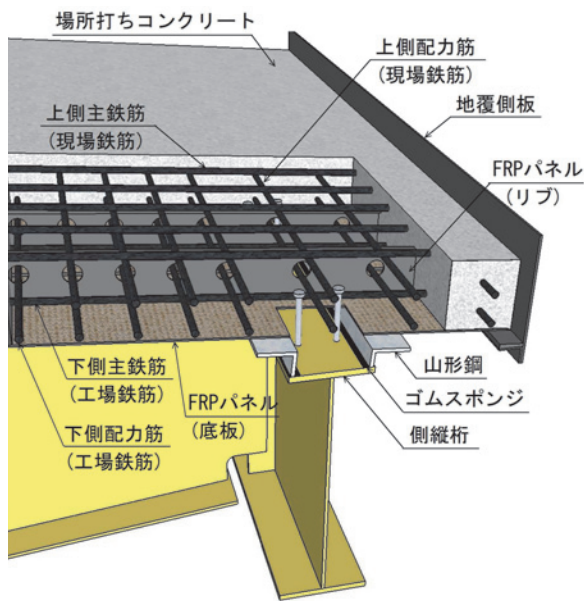


図-4 桶川IC橋FRP合成床版の構造概要

#### (2) 床版厚および断面構成

FRP合成床版は床版支間から求められる最低床版厚以上とし、応力度、たわみ、鉄筋のかぶり厚等を考慮して決定した。このときの、床版断面構成を、図-5に示す。

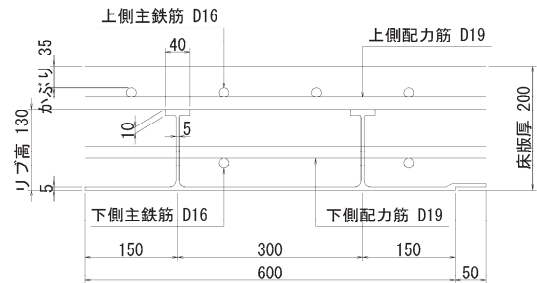


図-5 FRP合成床版の基本形状と断面構成

#### (3) 架設時の照査

FRPパネルは、支保工の機能も兼ねることから、床版コンクリート打ち込みによるたわみ量を許容値（500/L）に抑える必要がある。本橋では幅員が変化することから、床版支間および張出し量が変化している上、床版の支持点が多く、断面毎に条件が異なる。このため、各照査部位のたわみが最も不利になる位置の床版支間・張出し長を用いた連続梁として照査することとした。このときの照査モデルを図-6に、照査結果を表-1に示す。これにより、いずれの箇所も許容値内であることから、架設時の安全性が確保されていることが確認できた。

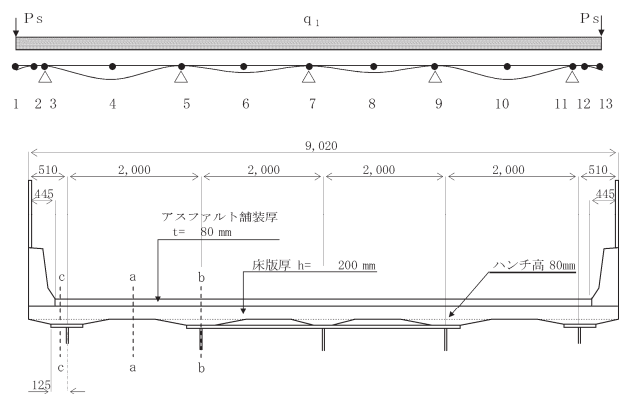


図-6 解析モデル

表-1 たわみの解析結果

単位：mm

支間	許容値 L/500	節点	
		4、10	1、13
L=2.0m	4	0.7	0.4

#### (4) FRPパネルの配置

FRPパネルは、幅600mmのリップ付引抜き成形材を4枚組み合わせた、幅2.4mを基本形状としているが、本工事では平面線形の曲率が小さいことから、全てのパネル形状を図-7に示すように扇形とし、横断こう配、幅員がパネル毎に変化することから、一品一様で製作を行った。

#### (5) ハンチの構造

床版は、一般的にコンクリートの応力緩和を目的としてハンチを設けているが、FRP合成床版では、床版下面に高強度のFRP材を有することからハンチを省略することが可能である<sup>3)</sup>。この場合、主桁のボルト継手が床版の底板と干渉しないように嵩上げする必要があるが、本橋では、FRPパネルに設置した山形鋼により高さを調整する構造とした。なお、山形鋼の設置に際しては、平面線形が小さいことから、パネル内で直線配置した場合、主桁から外れる箇所が生じたため、図-7のようにパネル中心位置で2分割することで対応した。したがって、FRPパネルと主桁との取合い構造は、図-4のように上フランジに山形鋼を載せた状態となっており、これらの間にはコンクリート打ち込み時の止水対策のためゴムスポンジ設置した。

#### (6) 床版部の地覆側板の構造

FRP合成床版の地覆側板は、図-8に示すようにFRPパネルの上下に設置したFRPアングル材により取り付けられている。このとき地覆側板は鉛直に設置する必要があるが、本橋では横断勾配が変化しており、FRPアングル材のみでは横断勾配に対応できない。このため、5~7%の勾配に調整したFRP製のテーパフィラーを挟み、FRPパネルと側板との隙間を調整することで横断勾配の変化に対応した。

#### (7) 配力鉄筋配置の工夫

FRP合成床版では、下側配力鉄筋がFRPリップを貫通することからリップに孔(φ50)をあけて工場製作時に予め配筋している。しかし、パネルの継手で配力鉄筋が分断されることから平面線形の曲率に合わせた配筋は困難となる。このため、FRPパネル内では鉄筋を直線配置し、FRPパネルの継手部で鉄筋を折る配置とすることで、平面線形に対応した。

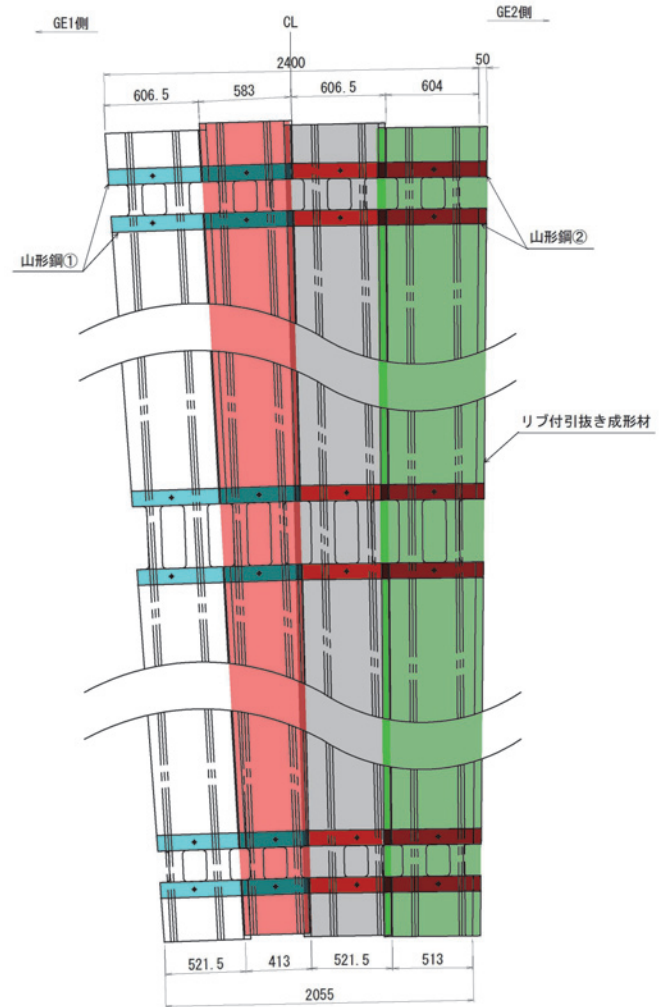


図-7 FRP引抜き成形材、山形鋼、側板の配置

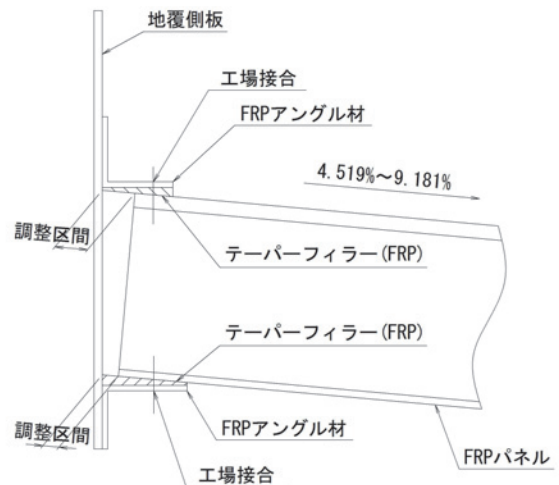


図-8 側板の配置

## 4. 現場施工

### (1) 施工フローチャート

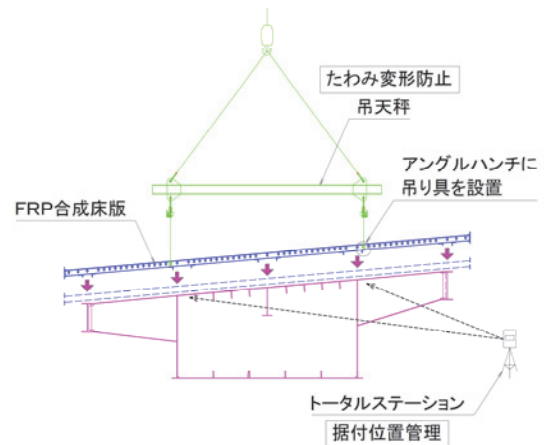
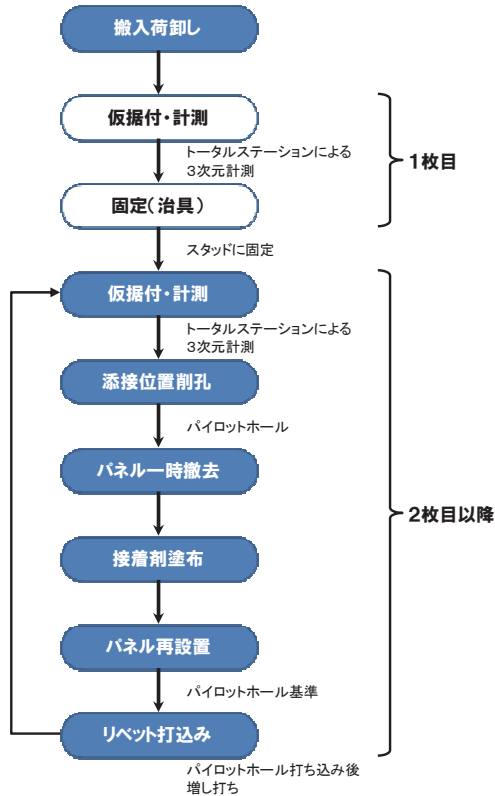


図-9 架設用吊天秤

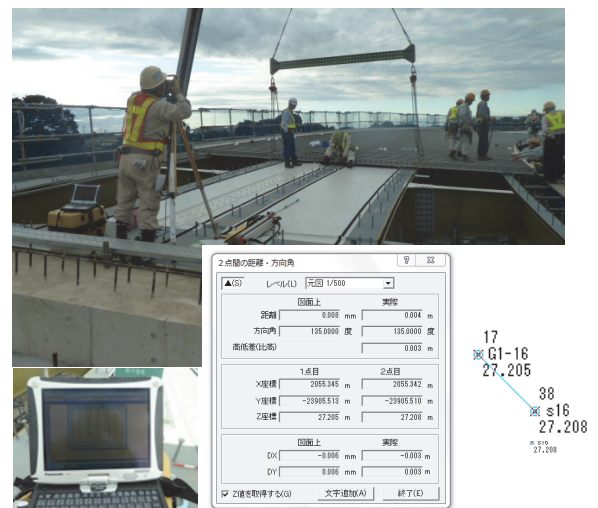


写真-2 トータルステーションによる計測

### (2) FRPパネルの設置

FRPパネルは、底板・リブ・側板が軽量のFRP材で構成されていることから、1パネル1.6t程度と非常に軽く、据付けも25t吊ラフタークレーンで施工が可能となった。

ただし、FRPパネル同士の継手がラップ継手であり、通常の鋼コンクリート合成床版と違い、継手のボルト孔により位置が固定されず、自由度が大きいものの、特に本橋のように曲率の小さい橋梁では、継手部の誤差が平面線形に大きく影響することから、1パネル毎に精度良く架設する必要がある。したがって、架設にあたっては、以下の対策を行った。

- FRP材はヤング係数が鋼材と比べ小さく、変形しやすいため、たわみ変形による据付誤差を防止するため、図-9に示す吊天秤を使用して吊り上げを行った。
- パネル設置の際はトータルステーションを用いて3次元座標で管理し、FRP合成床版パネルの据付位置を管理した。トータルステーションによる計測状況および計測画面を写真-2に示す。

### (3) FRPパネルの固定

本橋は、横断勾配が大きく、軽量のFRPパネルを桁上に載せただけでは、施工時にずれる可能性がある。このためFRPパネルは、写真-3に示すような主桁のスタッドジベルにUボルトを用いて取り付けられた治具により固定する構造とした。

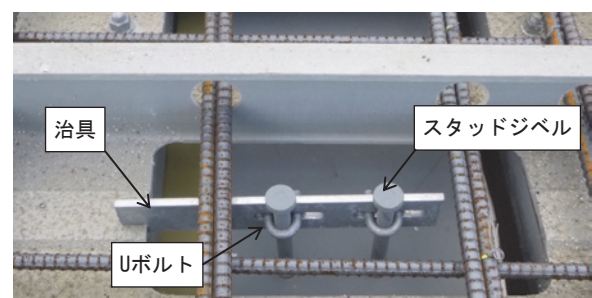


写真-3 固定治具

#### (4) FRPパネルの現場継手

FRPパネルの現場継手は、FRPのラップ部を接着剤とステンレス製ブラインドリベットを用いて施工する。通常は、接着剤をラップ部に塗布し、パネルを置いて調整・削孔した後、ブラインドリベットを施工する方法で行うが、本橋の場合、曲線橋のため調整に時間がかかる恐れがあり、かつ、施工が暑い時期であったため接着剤の可使時間が短くなることが予想されたことから、接着剤を塗布した状態での調整は困難と判断した。なお、ブラインドリベットで継手部を密着させる前に接着剤が硬化するとラップ部に隙間が生じ、コンクリート打ち込み時にノロ漏れが生じる恐れがある。よって、**図-10**に示す通り、FRPパネルを鋼桁上に仮置きした状態で計測後、現場継手部にパイロットホールを削孔し、その後FRPパネルを撤去した状態で接着剤を塗布し、パイロットホールを基準に復旧することで現場接合を行った。**写真-4**に現場継手作業の流れを示す。

このような施工手順をとることで、接着剤塗布後、直ちにパネルを正規位置に設置する（位置調整をしない）ことが可能となり、ブラインドリベットを一様に施工することで、接着剤が継手部に均等に施工できた。この結果、現場継手部に別途シール材を施工しなくてもコンク

リートの打ち込み時にノロ漏れ等が無く施工することができた。

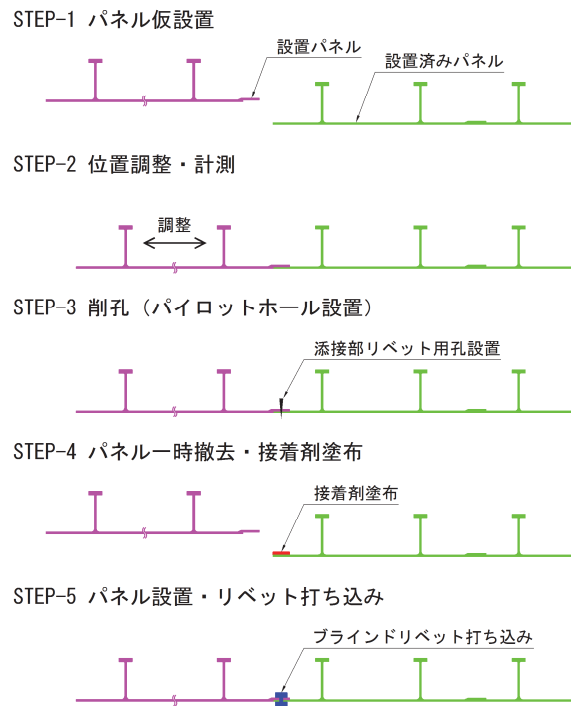


図-10 添接作業要領



写真-4 FRP合成床版作業手順

### (5) 鉄筋組立

床版鉄筋のうち、下鉄筋についてはFRPパネルに設置した状態で現場に搬入されるが、現場継手部の鉄筋についてもFRPパネルに予め設置されており、写真-5に示すように、FRPパネルの現場継手施工後に鉄筋を引き出すことで配筋を行った。下側鉄筋組立完了後、上側鉄筋を、FRPリブをスペーサーとして用いることで、配筋を行った。

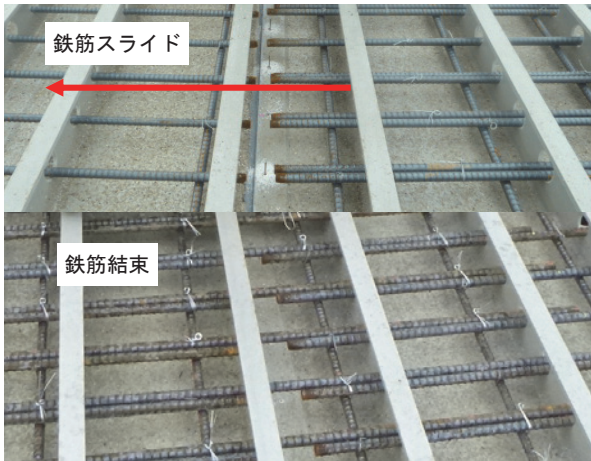


写真-5 現場継手部鉄筋

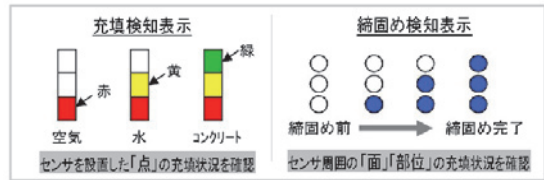
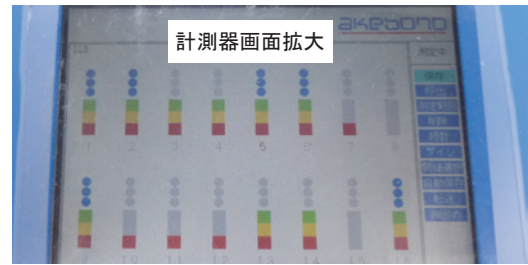
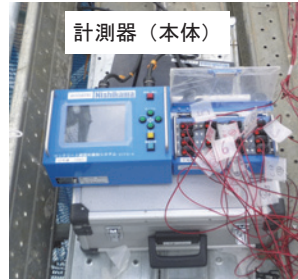


写真-6 ジューテンダーによる計測

### (6) コンクリートの打ち込み

FRP合成床版は底面と側面がFRP材で覆われることから、目視による充填確認が困難である。また、本橋梁は横断勾配が大きいことから、コンクリートが勾配の低い側に向かって流れ、横断勾配が高い側の側板内面に充填不良が生じる恐れがあった。さらに、排水柵の周辺は局部的に密に配置される鉄筋や排水柵自体がコンクリートの流動を阻害することから充填不良を起ししやすい部位であり、特に本橋のように、床版厚が薄く(200mm)、排水柵と底面パネルの隙間が狭隘となる場合は、より一層の配慮が必要である。

そこで、図-11に示すように横断勾配の高い側の側板内面と排水柵下面の状況をコンクリート充填・締固め検知システム『ジューテンダーⅡ』(写真-6)でリアルタイムに確認しながら充填作業を実施した。

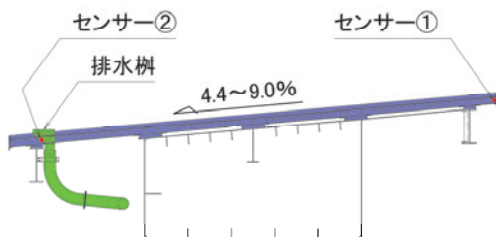


図-11 充填確認センサー配置図

### 1) 床版コンクリート

連続桁の場合、床版コンクリートの打ち込みに当たっては、通常支間中央部を施工した後、中間支点を施工する手順をとる。この場合、床版には打ち継ぎ目を設けることとなることから、十分な管理が必要となる。また、R=50mの曲線橋であるため、床版コンクリートを分割して施工した場合、鋼桁の挙動がL側とR側で異なり、管理が煩雑となることが予想された。

このため、本工事では図-12に示すように十分な管理体制のもと、2台のポンプ車を利用して床版コンクリートを一括で打設し、打ち継ぎ目の無い床版を構築した。

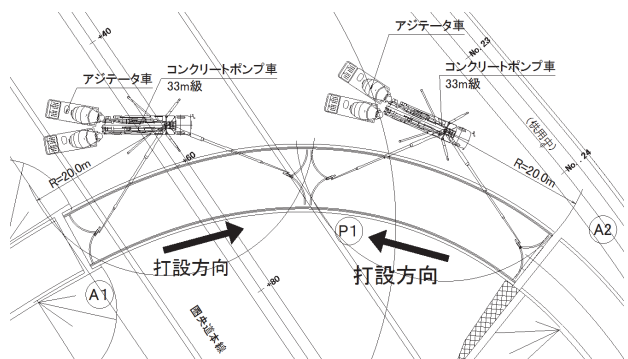


図-12 床版コンクリート打設平面図



写真一七 床版コンクリート打設

## 2) 壁高欄のコンクリート

壁高欄コンクリートの打ち込み完了後、壁高欄の長期養生を目的として保水養生テープを貼り付けた。

保水養生テープは、水分蒸発の大幅な抑制効果により表面が緻密化し、強度向上や中性化の抑制に効果が期待でき、コンクリート表面の品質が向上する。また、工期中は表面を覆うため、泥はねや鉄筋錆び垂れ等の汚れも防止できる。



保水養生テープ

写真一八 壁高欄養生



写真一九 FRP床版パネル設置

## 5. あとがき

今回、FRP合成床版の施工を行った結果、FRPパネルが軽量なことから、想像以上に扱いやすく、また、ボルト継手や塗装が不要なことから、特殊な現場継手作業を考慮しても、一般的な鋼コンクリート合成床版より工程が早く進んだと感じることができた。

今後の課題としては、

- ①側板の建ちや通りを容易に調整できる構造とする。
- ②鋼コンクリート合成床版も同様であるが、シール材による止水方法の検討やハンチ部分の鋼製部材とFRP部材の隙間が無いようにする。

先にも述べたように、耐水性、耐食性に優れたFRP材を用いているため、維持管理の低減に大きな成果が期待でき、道路の上や鉄道の上での橋梁の床版工事には特に効果あると考えられる。

最後に、本工事の施工にあたりご指導いただきました国土交通省 関東地方整備局 大宮国道事務所の方々に深く感謝し、紙上を借りてお礼申し上げます。

## <参考文献>

- 1) 久保圭吾, 古谷賢生, 能登宥愿: FRP合成床版の紹介, 宮地技報, No.20, pp.1-6, 2005.3.
- 2) 久保圭吾: FRP合成床版, コンクリート工学, Vol.51, No.1, pp.108-114, 2014.1.
- 3) 石崎茂, 久保圭吾, 興地正浩, 松井繁之: FRP合成床版の構造の簡素化と長支間床版への適用性について, 第一回鋼橋床版シンポジウム講演論文集, pp.225-228, 1998.11.

2014.3.12 受付



写真一〇 完成写真