

# 北陸自動車道 清水谷橋（上り線）床版取替え工事 — 鋼トラス橋における床版取替えの工程短縮と安全対策 —

桶谷 弦輝\*1・山崎 路明\*2・遠藤 隆\*3・青木 正行\*4

本工事は、北陸自動車道リニューアルプロジェクトの1つであり、金沢森本ICから小矢部IC間に架かる鋼2径間連続トラス橋とPC単純合成桁橋で構成される清水谷橋（上り線）の床版取替え工事である。清水谷橋は供用開始から46年が経過しており、RC床版は冬季における凍結防止剤の散布に起因する変状が顕在化していた。そのため、高耐久性を有するプレキャストPC床版への取替えを実施することとした。本工事の課題として、69日間の対面通行規制期間内に鋼2径間連続トラス橋区間の床版取替えから舗装までを完了させる必要があった。そこで、当初はプレキャストPC床版同士の接合にループ接手構造を計画していたが、接合部の施工期間の低減を目的として橋軸方向プレストレスを導入する二方向PC構造へ変更した。さらに、壁高欄は床版架設後の施工を想定していたが、プレキャストPC床版との一体化施工に変更することで工程短縮を図った。一方で、鋼トラス橋の場合、既設床版撤去時の過大な付加曲げによる上弦材の座屈に対する安全性が懸念されることから、床版剥離時の荷重管理と上弦材のひずみを計測することで施工時の安全を図った。

キーワード：床版取替え、トラス橋、二方向PC床版、壁高欄一体化

## 1. はじめに

清水谷橋は、北陸自動車道の金沢森本ICから小矢部IC間に架かる鋼2径間連続トラスとPC単純合成桁で構成される橋梁であり、1974年の供用開始から46年が経過している（図-1）。本橋は山間部の積雪寒冷地に位置する供用環境より、既設RC床版には凍結防止剤の散布に起因する変状が顕在化していたことから、高耐久性を有するプレキャストPC床版（以下、PCaPC床版）への取替えを実施した。

本工事では、69日間の対面通行規制期間内に床版取替えから橋面防水・舗装までの工程を完了させるため、現場施工の省力化による工程短縮を目的とし、PCaPC床版同士の接合に橋軸方向プレストレスを導入する二方向PC構造を採用した。さらに、PCaPC床版と壁高欄の一体化により橋面上でのコンクリート施工を省略することで全体工程の短縮を図った。

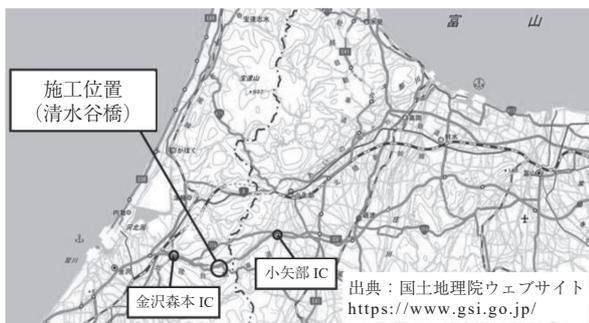


図-1 橋梁位置図

また、本橋はトラス橋より床版と結合される上弦材は軸力が卓越する部材であることから、施工にあたっては、既設床版の剥離時に付加される曲げモーメントにより過大な応力が生じないように床版剥離時の荷重管理に留意した。さらに、施工時の軸圧縮力が顕著となる支間部の上弦材においては、ひずみを計測し座屈に対する安全性を確認した。

本稿では、清水谷橋（上り線）床版取替え工事について、計画から床版取替え完了までの施工概要を報告する。

## 2. 工事概要

工事名：北陸自動車道（特定更新等）  
清水谷橋（上り線）床版取替工事  
路線名：北陸自動車道  
発注者：中日本高速道路株式会社 金沢支社  
施工者：ドーピー建設工業株式会社  
工事箇所：石川県金沢市清水谷町  
契約工期：令和元年8月8日～令和3年4月28日  
橋梁形式：鋼2径間連続トラス橋  
橋長：133.400 m（鋼トラス橋区間）  
支間：2 @ 66.200 m（道路中心線上）  
有効幅員：10.510 m  
平面線形：R = 1 200 m  
縦断線形：i = 0.50 %  
横断勾配：i = 3.00 %  
斜角：86° 48'55"（A1, P2）90° 00'00"（P1）

清水谷橋（上り線）の全体一般図を図-2に示す。

\*1 Genki OKETANI：中日本高速道路(株)金沢支社 金沢保全・サービスセンター

\*2 Michiaki YAMAZAKI：ドーピー建設工業(株)中部支店 工事部

\*3 Takashi ENDO：ドーピー建設工業(株)東京支店 工事部

\*4 Masayuki AOKI：ドーピー建設工業(株)技術部 北海道技術グループ

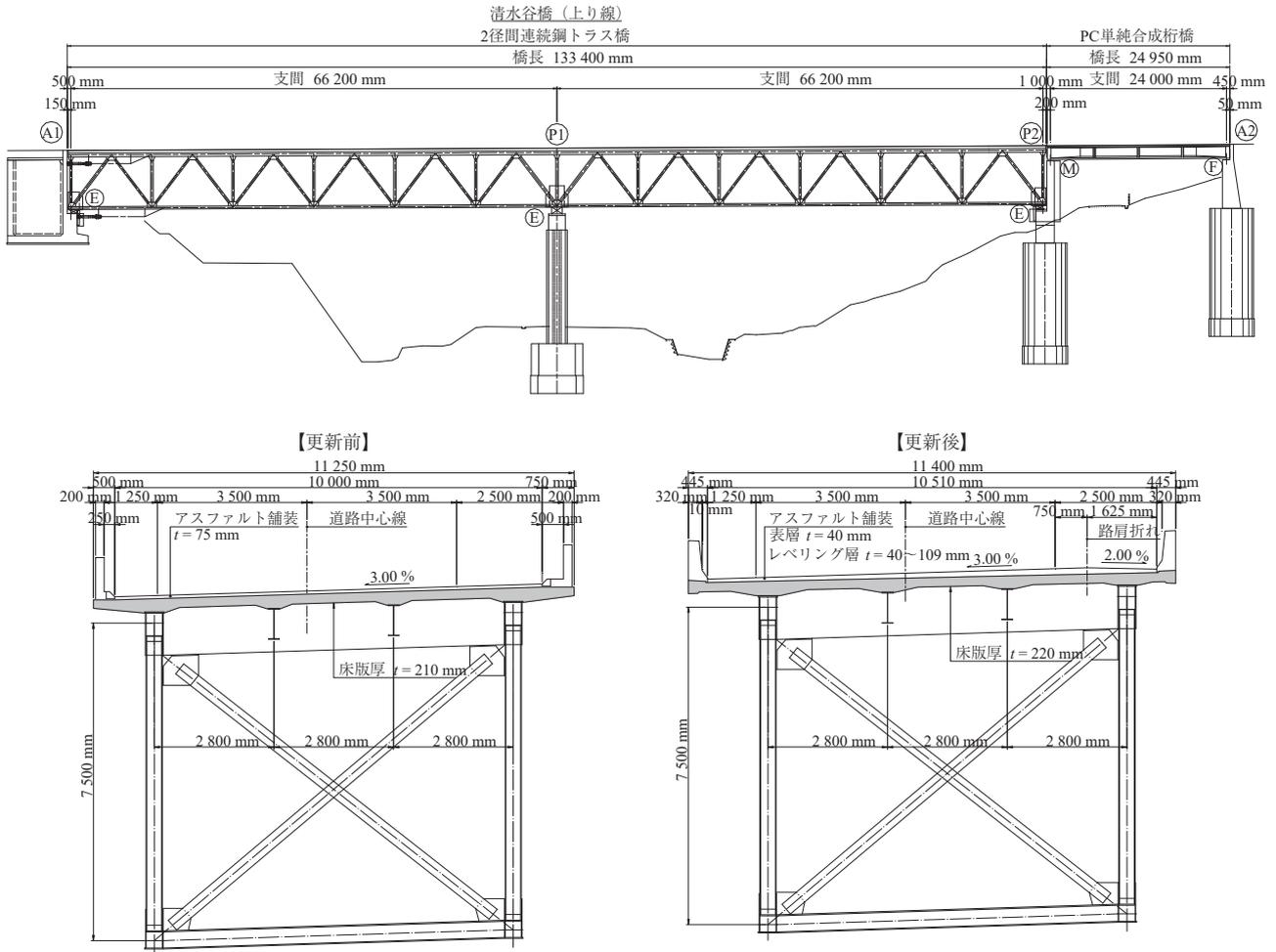


図 - 2 全体一般図

### 3. 計画・設計の特徴

#### 3.1 PCaPC 床版の諸元

床版厚は、更新後の既設鋼桁への影響等も踏まえ、詳細設計における種々の検討より 220 mm とした。

床版パネル幅は、PCaPC 床版同士の接合を PC 構造とすることで、RC 構造とした場合のループ鉄筋等の継手部の考慮が不要となることから、運搬時のトレーラー荷台に収まる最大幅 2.34 m (床版パネル割付け基準幅 2.35 m) とした (図 - 3)。

【基本設計】床版接合部：RC構造



【詳細設計】床版接合部：PC構造



(単位：mm)

図 - 3 PCaPC 床版断面

#### 3.2 PCaPC 床版の耐久性

PCaPC 床版に使用する鉄筋は、凍結防止剤の散布による塩害環境下において耐用年数 100 年を満足するよう、すべてエポキシ樹脂塗装鉄筋とした。なお、塩害に対する耐久性の照査に用いた表面塩化物イオン量は、設計当時の調査結果に基づき 3.468 kg/m<sup>3</sup> を考慮した。

プレテンション PC 鋼材の端部処理においては、PCaPC 床版の断面寸法を水切り部を含めた総幅員としたことから、所定のかぶりを確保するため床版上面に設けた開孔部よりプラズマ切断機にて PC 鋼材を切断・撤去し (写真 - 1)、無収縮モルタルによる後埋め処理後、ウレタン系



写真 - 1 プレテンション PC 鋼材のプラズマ切断状況

の表面被覆材を床版端部全面に塗布し耐久性の向上を図った。

### 3.3 PCaPC 床版の割付け

平面曲線 ( $R = 1200$  m) に対する鋼桁の配置条件より左右の片持ち版の長さが断面ごとに変化することから、PCaPC 床版の割付けに際しては、型枠の転用効率と型枠種類の最小化を考慮し、鋼桁の軸線に対して直角 (平行四辺形パネル) に分割することを基本とした。なお、鋼桁軸線の折れ点となる P1 支点部は、台形パネルとして交角の影響を調整した。床版パネルの割付け計画を図 - 4 に示す。

### 3.4 縦締め PC 鋼材の配置

縦締め PC 鋼材には、床版接合部の長期耐久性を確保するため、付着型の被覆 PC 鋼より線 (IS21.8) を使用した。

また、プレストレス導入量の決定に際し、T 荷重による床版の設計曲げモーメント (床版作用) に対しては、すべての断面においてフルプレストレスとなるよう PCaPC 床版の敷設全長に必要量 (床版支間部 250 mm 間隔) を連続

ケーブルとして配置した。さらに、上弦材に軸引張力が作用する中間支点付近は、上記の床版作用による曲げモーメントに加え、床版と上弦材の合成作用 (主桁作用) として付加される軸力および曲げモーメントを考慮し、両作用下において床版断面に引張応力を生じさせないための必要量 (両作用による必要プレストレス量と連続ケーブルによるプレストレス量の差分) をキャップケーブルとして配置した。これら縦締め PC 鋼材の配置計画の概要を図 - 5 に示す。なお、連続ケーブルは両端部の PCaPC 床版端面に定着し、キャップケーブルに関しては上弦材の作用軸力が常時圧縮力となる位置の床版パネル下面に突起を設けて定着した。おのおのの定着部の概要を図 - 6 に示す。

### 3.5 版端部の構造

版端部における PCaPC 床版と場所打ち床版の接合は、橋軸方向の連続性を確保するため、機械式継手を用いた RC 構造とした (図 - 7)。

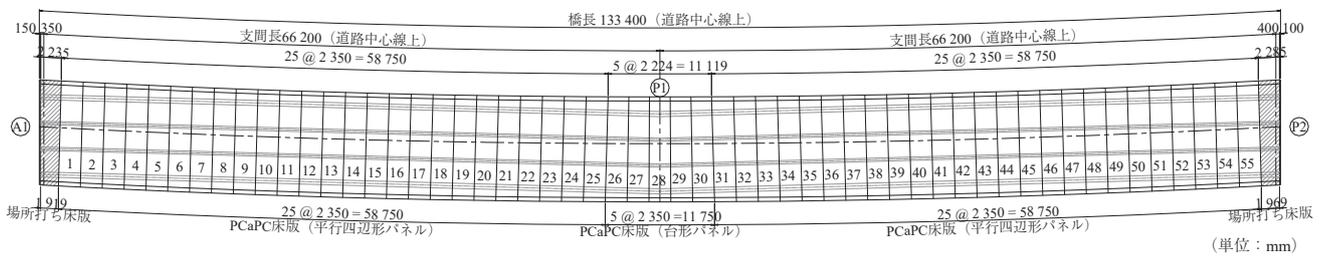


図 - 4 PCaPC 床版割付図

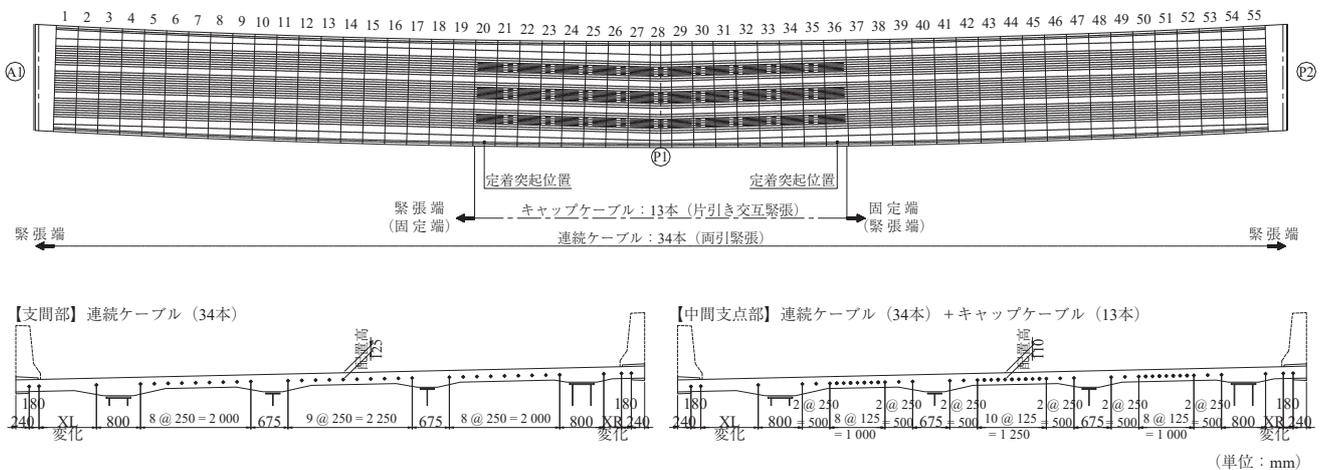


図 - 5 縦締め PC 鋼材配置図

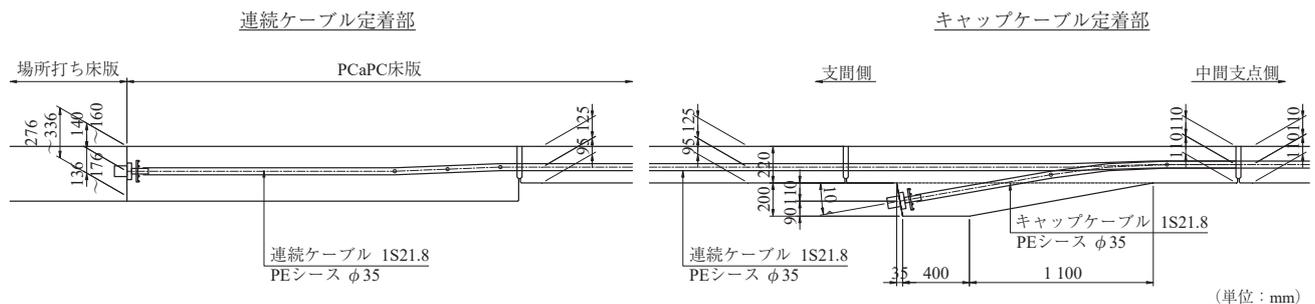


図 - 6 縦締め PC 鋼材定着部概要図

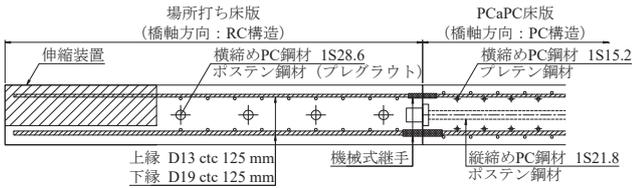


図 - 7 PCaPC 床版と場所打ち床版の接合

#### 4. 床版取替え施工状況

床版取替えの施工フローを図 - 8 に示す。

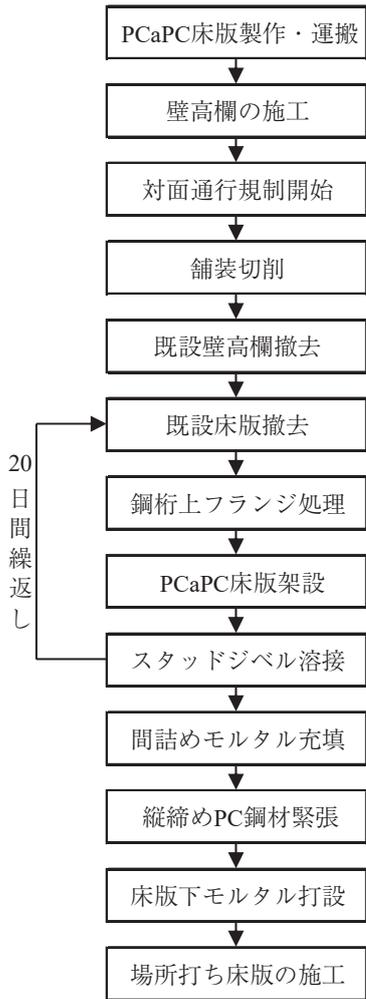


図 - 8 床版取替え施工フロー

##### 4.1 壁高欄の施工

壁高欄の施工は、PCaPC 床版仮置きヤード内に既設鋼桁の配置勾配を反映した架台を設置し、製作工場より搬入した PCaPC 床版を架台上に荷下ろし後、鉄筋組立てからコンクリート打設、養生までの工程をヤード内で行った。壁高欄の施工状況を写真 - 2 に示す。

##### 4.2 既設壁高欄の撤去

舗装の切削後、既設床版の撤去効率を考慮し、既設壁高欄の撤去を先行して行なった。撤去方向は中間部の P1 より A1 側および P2 側の起終点方向に 2 班の並行作業にて行

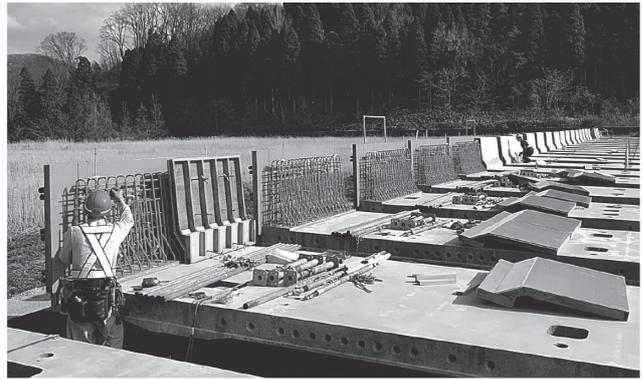


写真 - 2 壁高欄施工状況

た。断面方向はワイヤーソーにて 6.6 m 間隔に切断し (写真 - 3)、橋軸方向は片持ち版の先端部を含めコンクリートカッターにて切断した。なお、撤去部材の移動には 70 t ラフタークレーンを使用した (写真 - 4)。

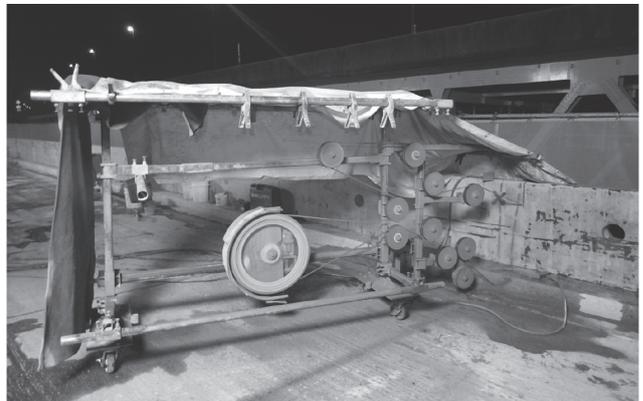


写真 - 3 ワイヤーソーによる既設壁高欄切断状況



写真 - 4 既設壁高欄撤去状況

##### 4.3 既設床版の撤去

既設床版の切断はコンクリートカッターを使用し、縦桁間の中心位置で橋軸方向に 2 分割、橋軸直角方向は PCa 床版の架設計画より 2.2 m 間隔 (3 @ 2.2 = 6.6 m ~ 4 @ 2.2 = 8.8 m / 日) とした。

床版と鋼桁の剥離は、50 t 油圧ジャッキ 4 台による引き剥がしを標準とし (写真 - 5)、主構および縦桁の上フラ

ンジ厚が 10 mm 程度と薄肉の区間においては、剥離荷重が局部的に作用した場合、上フランジの損傷に伴う部材耐力への影響が懸念されたことから、上フランジ直上の床版はハンドブレーカーを使用し慎重にはつり撤去を行った(写真 - 6)。なお、ジャッキアップによる既設床版の剥離にあたっては、ジャッキの荷重管理に加え、上弦材に発生するひずみ計測を行った。



写真 - 5 既設床版剥離状況



写真 - 6 ハンドブレーカーによる既設床版撤去状況

(1) 床版剥離荷重管理

床版の剥離に要する荷重は、既設床版内に配置されたずれ止め鉄筋(SR235 φ 16)が降伏強度に達するときと仮定し、剥離架台の固定位置(反力作用点)を支間とする梁として算出した。また、剥離荷重の算出に際しては、建設当時の設計図面よりずれ止め鉄筋の配置間隔が細かい箇所に着目し、床版撤去幅 2.2 m 内に 840 mm 間隔で 3 本のずれ止め鉄筋が配置されている状況を想定した。その結果、ジャッキ 1 台あたりの想定剥離荷重は 149 kN と算出され、実施工においては最大荷重で 147 kN (15 t) とほぼ想定どおりであった。床版剥離後の上フランジの状態を写真 - 7 に示す。なお、ジャッキアップに際しては、剥離荷重の限界値として、施工時の軸圧縮力が最大となる上弦材の座屈

荷重に相当する 505 kN (51 t) / 台を目安に管理を行った。



写真 - 7 床版剥離後の上フランジの状況

(2) 上弦材ひずみ計測

クレーン荷重等の施工荷重により上弦材に作用する軸圧縮力が顕著となる支間部の部材においては、ジャッキの荷重管理では把握しきれない応力が部材に作用した場合を想定し、剥離時の上弦材に生じるひずみの計測を行った。ひずみ測定位置およびゲージ貼付位置を図 - 9 に、ひずみ測定結果を図 - 10 に示す。剥離時の最大ひずみは、上縁および下縁ともに上記の想定荷重より算出したひずみと同程度であり、過度なひずみを生じることなく安全に既設床版の撤去を行うことができた。

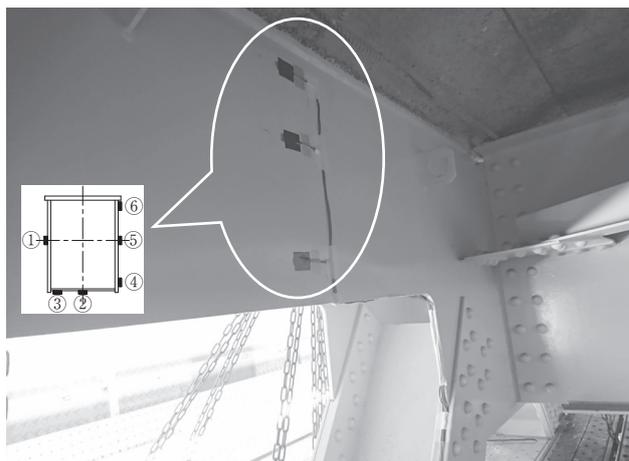
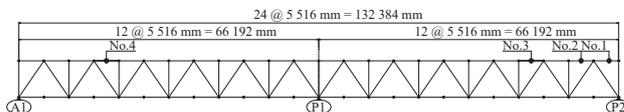


図 - 9 ひずみゲージ貼付位置図

4.4 PCaPC 床版の架設

PCaPC 床版の架設は 250 t トラッククレーンを使用し、P2 から A1 側へ向かい順次繰り返し行った。1 日あたりの架設枚数は、クレーンの移動および据付けに要する時間を考慮し 3 枚とした(写真 - 8)。事前の架設検討より、架

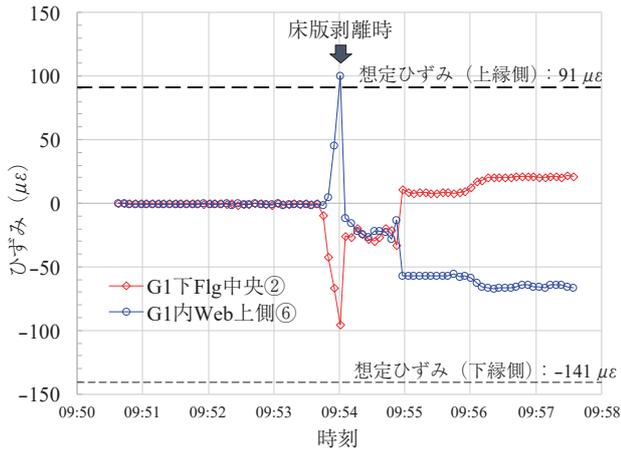


図 - 10 ひずみ測定結果 (No.4 断面)

設時の最大作業半径にてブームを旋回した場合、上弦材の一部の発生応力が制限値に対して余裕がない状況が想定された。そこで、実施工においては、ブーム起伏の調整により旋回時の作業半径を5mに抑え、アウトリガー反力が1箇所に集中しないよう配慮した。さらに、アウトリガーの設置に際しては、上弦材の部材中間付近にアウトリガー反力が集中荷重として局部的に載荷される状況避けるため、上弦材直上の既設床版上に山留材(H400×2本/片側)を敷設しアウトリガー反力の荷重分散を図った。



写真 - 8 PCaPC 床版架設状況

#### 4.5 縦締め PC 鋼材の緊張およびグラウト

床版接合部の間詰めモルタルの施工後、ベビーウインチを用いて縦締め PC 鋼材を挿入し、連続ケーブル、キャップケーブルの順に緊張作業を行った (写真 - 9)。

PC グラウトは、狭い空隙にも高い充填性を有する超低粘性型のプレミックス材を使用した。また、グラウトの充填確認は、グラウト流量計による注入量の管理とグラウト検知用の内部センサーの併用により行った。

### 5. おわりに

本工事において対面通行規制を伴う橋面上の施工は、計



写真 - 9 縦締め PC 鋼材緊張状況  
(上段：連続ケーブル，下段：キャップケーブル)

画どおり 2020 年 7 月 27 日に完了し (写真 - 10)、8 月 6 日には通行規制を全面解除することができた。現在は、排水管路の設置および検査路の製作・設置を進めている。

本工事では PCaPC 床版の接合に二方向 PC 構造を採用し、さらに、PCaPC 床版と壁高欄の一体化施工により当初計画に対して 14 日間の工程短縮を実現した。また、本橋はトラス橋より、施工にあたってはトラス特有の構造特性を踏まえ、とくに施工時の作用荷重を直接支持する状況となる上弦材に着目した種々の検討を行い施工計画に反映させた。実施工では、これら検討結果の妥当性を検証するため、作用荷重の管理とひずみ計測を行い安全性の確保に努めたことで、部材の変形や損傷を生じることなく無事に施工を行うことができた。

最後に、本工事にご協力いただいた関係各位に深く感謝を申し上げますとともに、本報告が今後の床版取替え工事の参考となれば幸いです。



写真 - 10 完成写真

【2020 年 11 月 26 日受付】