

高強度軽量プレキャストPC床版を用いた床版取替工事の設計・施工 — 播但連絡道路 市川大橋 —

郷保 英之*¹・山村 繁雄*²・廣井 幸夫*³・吉房 俊裕*⁴

本橋の既設 RC 床版は、経年劣化による損傷に加え、凍結防止剤の影響による塩害の劣化進行が著しく、取替工事を実施することとなった。取替え用床版は、軽量化により鋼主桁および橋脚の負担を軽減すること、凍結防止剤を散布する厳しい環境条件を考慮しひび割れの発生を極力抑制することを目的に、二方向を PC 構造とする高強度軽量プレキャスト PC 床版「HSL スラブ」に変更した。本稿では、工事に先立ち行った設計・施工上の検討内容および施工概要について報告を行う。

キーワード：床版取替え、高強度軽量プレキャスト PC 床版、交通規制、合成桁構造

1. はじめに

本橋は、播但連絡道路の砥堀ランプ（兵庫県姫路市）に位置する単純鋼合成鉄桁橋（活荷重合成桁）である。橋梁一般図を図 - 1 に示す。既設の RC 床版は、経年劣化による損傷に加え、凍結防止剤の影響による塩害の劣化進行が著しく、取替工事を実施することとなった。取替え用床版は、軽量化により鋼主桁および橋脚の負担を低減すること、凍結防止剤を散布する厳しい環境条件を考慮しひび割れの発生を極力抑制することを目的に、二方向を PC 構造とする高強度軽量プレキャスト PC 床版「HSL スラブ」（以下、軽量 PC 床版）に変更した。床版取替えの工事箇所は、自動車専用道路の出入口付近であり、一般道との交差点近くに位置していたため、施工計画立案時、交通規制方法に

留意が必要となった。また、合成桁構造の床版撤去では一般的に騒音が発生するうえ、住宅地に近接する環境条件から、騒音対策を盛り込んだ施工計画の立案が必要であった。

本稿では、工事に先立ち行った設計・施工上の検討内容および施工概要について報告を行う。

2. 軽量 PC 床版の特徴

軽量 PC 床版の基本構造を図 - 2 に示す。膨張頁岩系の人工軽量粗骨材を用いた単位重量 18.5 kN/m^3 以下、設計基準強度 50 N/mm^2 以上の高強度軽量コンクリートを使用している。その結果、従来の普通コンクリートプレキャスト PC 床版と比較して重量が約 20 % 軽減される。床版の軽量化により、車両の大型化や交通量の増加に起因する既設鋼主桁や下部工の応力負担増加の軽減に有効である。

高強度軽量コンクリートには、練混ぜ直前の含水率が 2.0 % 以下の人工軽量骨材を使用することにより、凍結融解に対して十分な抵抗性を確保している。また、橋軸直角方向はプレテンション方式による PC 構造、橋軸方向はポストテンション方式による PC 構造とすることにより、高

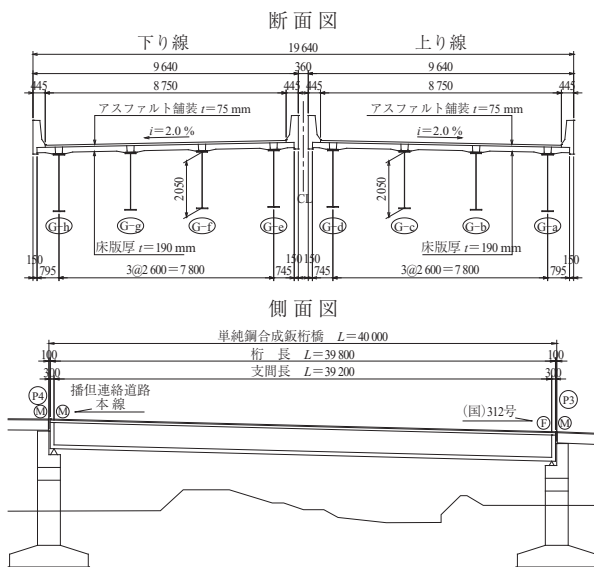


図 - 1 橋梁一般図

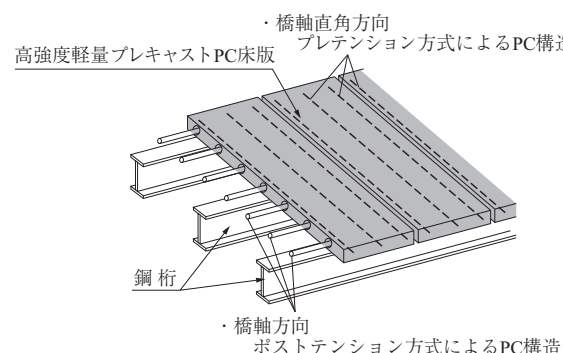


図 - 2 軽量 PC 床版の基本構造

*¹ Hideyuki SATOHO : (株) IHI インフラ建設 PC事業部 PC技術部 西設計G

*² Shigeo YAMAMURA : (株) IHI インフラ建設 PC事業部 PC工事部 西工事G

*³ Yukio HIROI : (株) IHI インフラ建設 PC事業部 PC技術部

*⁴ Toshihiro YOSHIFUSA : (株) 近代設計 大阪支社 技術部 設計課

○ 工事報告 ○

い耐久性を実現している。その性能は、凍結融解試験、静的載荷試験、および移動式輪荷重走行試験により実証されている^{1~3)}。

3. 設計に関する検討内容

3.1 床版の構造および形状

本橋の床版形状を図 - 3 に示す。本橋では、ひび割れの発生を抑制し耐久性を向上させることに主眼を置き、橋軸方向にポストテンション方式による PC 構造 (SWPR19L 1S19.3 400 mm ピッチ) を採用し、二方向にプレストレスを導入する。橋軸方向、橋軸直角方向ともに死荷重時および設計荷重時の引張応力制限をフルプレストレスに設定した。

新設のプレキャスト床版厚は、既設床版と同様の 190 mm とするため、橋軸方向に PC 構造を採用した。1 橋当りの床版重量は、軽量 PC 床版の適用により 193 t から 165 t となり、普通コンクリートプレキャスト PC 床版と比べて、約 30 t の軽量化を達成し、鋼主桁および橋脚への負担を軽減した。

橋軸方向プレストレスは、軽量 PC 床版を敷設し、間詰め部は無収縮モルタルを充填した後に導入する。本橋の間詰め部形状を図 - 4 に示す。橋軸方向を PC 構造とした場合、間詰め長は 30 mm 程度となり、鉄筋・型枠組立作業を省略でき、PC 鋼材挿入・緊張作業を考慮しても RC 構造より工程を短縮できるとともに、弱点となりやすい打継目での一体性をプレストレスにより確保可能である。

床版と鋼主桁の結合は、スタッドジベルを用いて行う。橋軸方向プレストレス導入完了後、スタッドジベル溶接、版下モルタル打設、ジベル用孔後埋めコンクリート打設の順で施工を行い、床版と鋼主桁を結合する。

3.2 合成桁構造における主桁増加応力度の検討

橋軸方向を PC 構造とした場合の検討事項として、プレストレスによるクリープ変形の考慮があげられる。合成桁構造では、持続荷重が作用する床版コンクリートのクリープひずみにより鋼主桁に応力が発生する。本橋の床版に作

用する持続荷重は、舗装や壁高欄などの合成後死荷重によって床版に生じる圧縮力に加え、橋軸方向プレストレスによる圧縮力が追加されるため、それによる主桁応力度の増加量を照査した。図 - 5 にクリープひずみによる応力度算出方法の概念図を示す⁴⁾。照査の結果、支間中央での主桁応力度増加量は、上フランジの圧縮応力度が 22 N/mm²、下フランジの引張応力度が 3 N/mm² 程度と付加される応力度は小さく、橋軸方向のプレストレスの影響は小さかった。

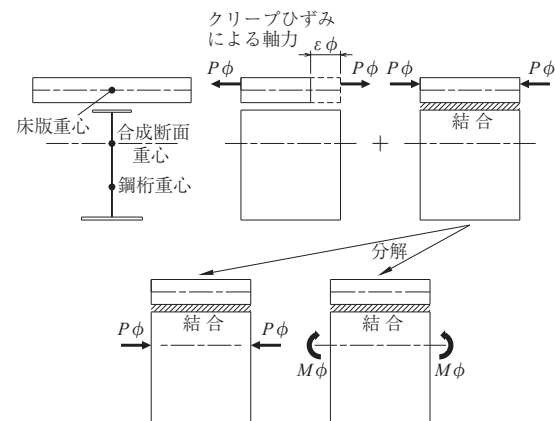


図 - 5 クリープひずみによる応力度算出方法

3.3 スタッドジベル配置の検討

橋軸方向プレストレスの影響により、スタッドジベル接合後のプレキャスト PC 床版のクリープひずみによってスタッドジベルに水平せん断力が発生する。その水平せん断力と、主荷重 (合成後死荷重および活荷重)、温度差、乾燥収縮による水平せん断力を考慮し、スタッドジベル本数を決定した。図 - 6 に水平せん断力の分布図を示す。プレストレスクリープによる水平せん断力は、橋軸方向 PC 鋼材の定着端より分布するものとし、分布長は道示 II 12.5.2 の規定に従い主桁間隔とした⁴⁾。

荷重による水平せん断力と乾燥収縮・クリープによる水平せん断力の生じる方向は相反するため、プレストレスクリープによりスタッドジベル本数が増加することはなかった。

4. 施工に関する検討内容

4.1 交通規制計画

本工事の施工フローを図 - 7 に示す。床版取替は、上り線、下り線の順で施工を実施する。その際、中央分離

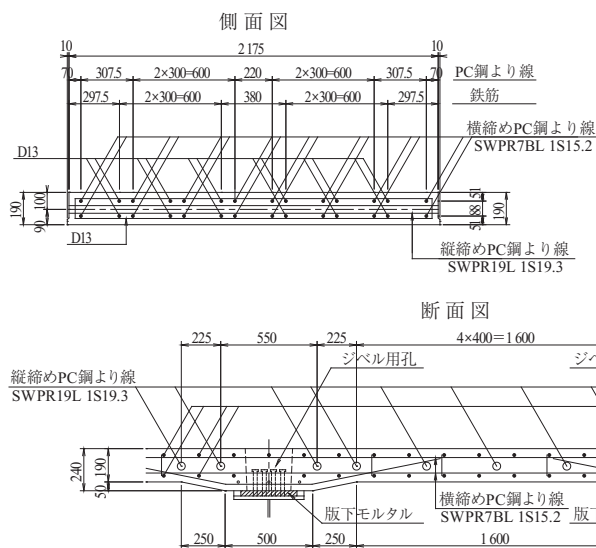


図 - 3 床版形状

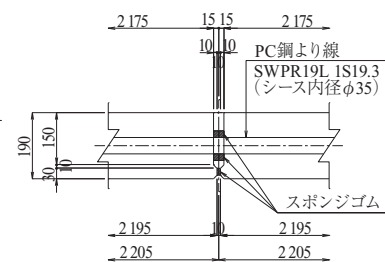


図 - 4 間詰め部形状

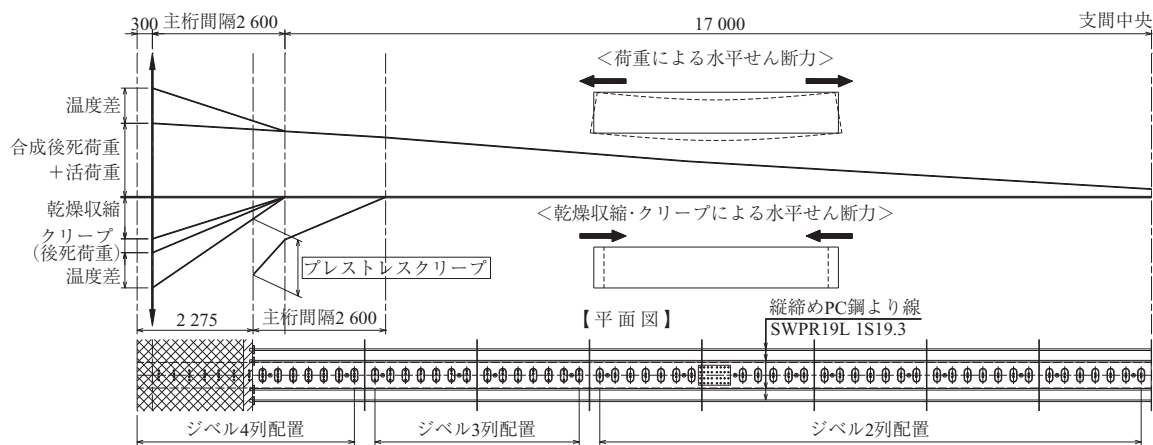


図 - 6 水平せん断力分布

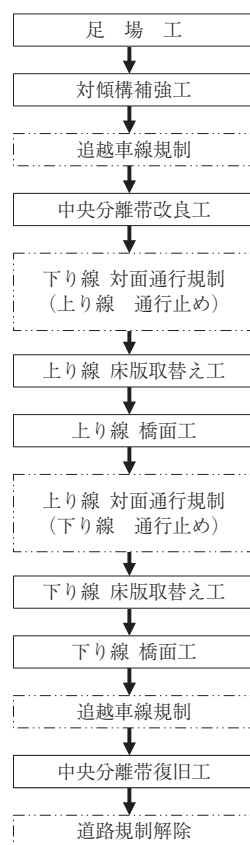


図 - 7 施工フロー

帯を一部改良し、上り線施工時は下り線側に交通をシフト、下り線施工時には上り線側に交通をシフトさせる。本線側の交通シフトは隣接の RC 中空床版橋上で行われるため、張出し床版部を炭素繊維シートにて補強し、その施工時には追越車線規制を実施する。

下り線対面通行規制時の本線側規制図を図 - 8 に、一般道交差点側規制図を図 - 9 に示す。まず、施工ヤードとして、床版架設用クレーンや運搬用トレーラー等の配置スペースを考慮し、工事区間の前後約 50 m を確保した。道路規制区間の設定については、本橋はランプ橋であるが長い直線区間を有し、通行車両の速度が出やすい傾向にあるため、交通シフト部に入るまでに十分減速ができるよう、本線側では本線規制の仕様と同等である 100 m の車線減少区間と 200 m の減速区間を設けた。交通シフト部の長さは、10 t トラックの時速 40 km での車両軌跡を確認し 40 m とした。一般道交差点側では、交通量の多い朝夕においても交差点付近の交通を円滑にするため、交差点での減速を考慮し、車線減少区間と減速区間を各 20 m に縮小し、交差点と接続する片側 2 車線区間を可能な限り長く設定した。対面通行区間では、安全性確保のため、図 - 10 のように橋面天端から 2.5 m の高さまで飛散防止用フェンスを構築するとともに、車線の境界には樹脂製ラバーボールを設置する計画とした。

4.2 架設時の主桁応力度照査

プレキャスト PC 床版架設時には、橋面上にラフタークレーンおよび運搬用トレーラーを進入させ施工を実施す

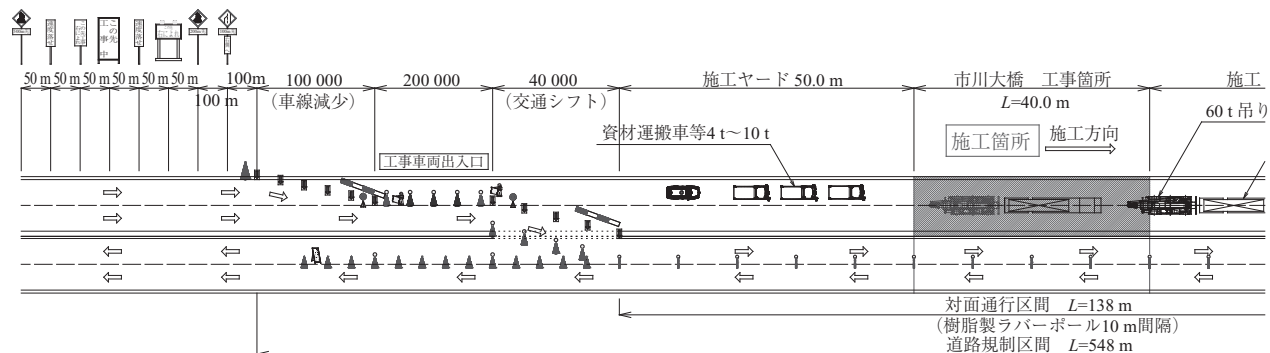


図 - 8 本線側規制図

○ 工事報告 ○

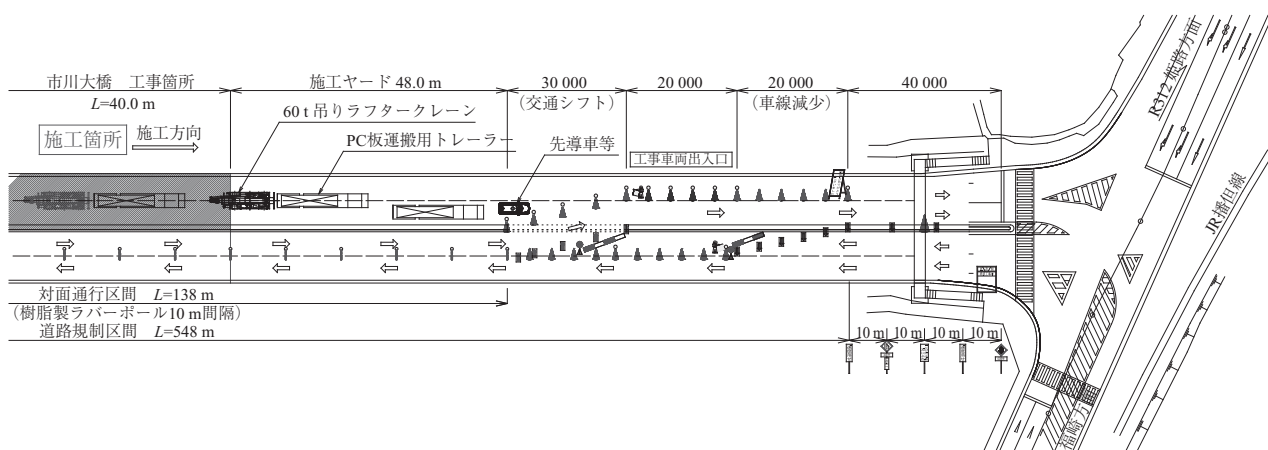


図 - 9 一般道交差点側規制図

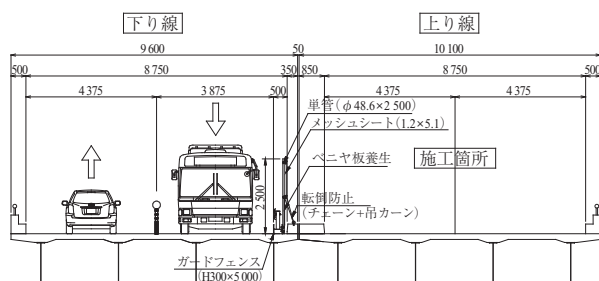


図 - 10 対面通行区間断面図

る。本橋は合成桁構造であるが、床版取替え時は既設 RC 床版がコンクリートカッターにより分割された状態となるため、重機荷重に対しては鋼主桁のみで耐荷性能を確保する必要がある。そのため、非合成桁構造として鋼主桁のみで荷重分担する格子解析モデルにて応力照査を行った。結果、下フランジに問題はなかったが、上フランジの曲げ圧縮応力度が許容値を超過している箇所があった。

応力超過への対策として、発生曲げモーメントを低減させるバント設置案、鋼主桁の耐荷力を向上させる外ケーブル補強案等が考えられたが、本工事では施工性・経済性の観点から中間対傾構の増設を採用した。中間対傾構の増設状況を写真 - 1 に示す。鋼主桁の圧縮フランジの許容曲げ圧縮応力度は、座屈の影響にて低減される。中間対傾構の設置箇所数を倍増し、座屈に対する圧縮フランジの固定



写真 - 1 中間対傾構の増設

点間距離を半減させることで、許容曲げ圧縮応力度を向上させた⁴⁾。また、増設した中間対傾構は、常時の耐荷力向上にも寄与することから、工事完了後も存置することとした。

5. 施工概要

平成 25 年 6 月末現在、上り線の床版取替工に入っており、既設床版撤去から軽量 PC 床版架設のサイクル施工を実施中である。本工事の既設床版の撤去では、合成桁構造でありスタッドジベルが多数配置されているうえに、住宅地に近接しているため、騒音対策を特に重視した施工方法の選定が必要であった。ここでは、既設地覆・床版撤去の内容を中心に記述する。

5.1 全体の流れ

本工事にて採用した既設地覆・床版撤去の施工ステップ図を図 - 11 に示す。まず、舗装を切削し、既設床版の橋軸直角方向に 4.5 m 間隔にてカッターを入れる。次に、吊上げワイヤーソーの設置に必要な削孔を行った後、地覆部を先行して吊切りにてすべて撤去する。続いて、中間対傾構の上に角鋼管を並べ、中間床版部を切断しても床版が下がらないようにした後、カッターで切断する。切断完了後、削孔しておいた孔にゲビンデを通し吊り上げ、撤去する。最後に、鋼桁フランジ上に残ったコンクリートをワイヤーソーにてスタッドジベルごと切断する。

既設地覆の撤去後は、既設床版撤去から軽量 PC 床版架設のサイクル施工に入る。1 サイクルを 3 日とし 2 枚ずつ床版取替えを実施する。騒音・振動を伴う作業時間は、地域住民からの要望を受け、8:30 ~ 17:00 までに制限した。サイクル施工工程表を図 - 12 に示す。

5.2 既設地覆部撤去

地覆部はワイヤーソーにて橋軸方向 4.5 m 間隔に切断して撤去した。ワイヤーソー 1 台で 1 日あたり 6 断面の切断が可能であった。ワイヤーソーによる切断状況を写真 - 2 に、吊切りの実施状況を写真 - 3 に示す。切断作業中は、安全対策として、ケブラー繊維の養生シートによる防護措置を行うとともに、周囲の立入禁止措置を徹底した。また、つねに冷却水を排出しながらの切断となるため、環境

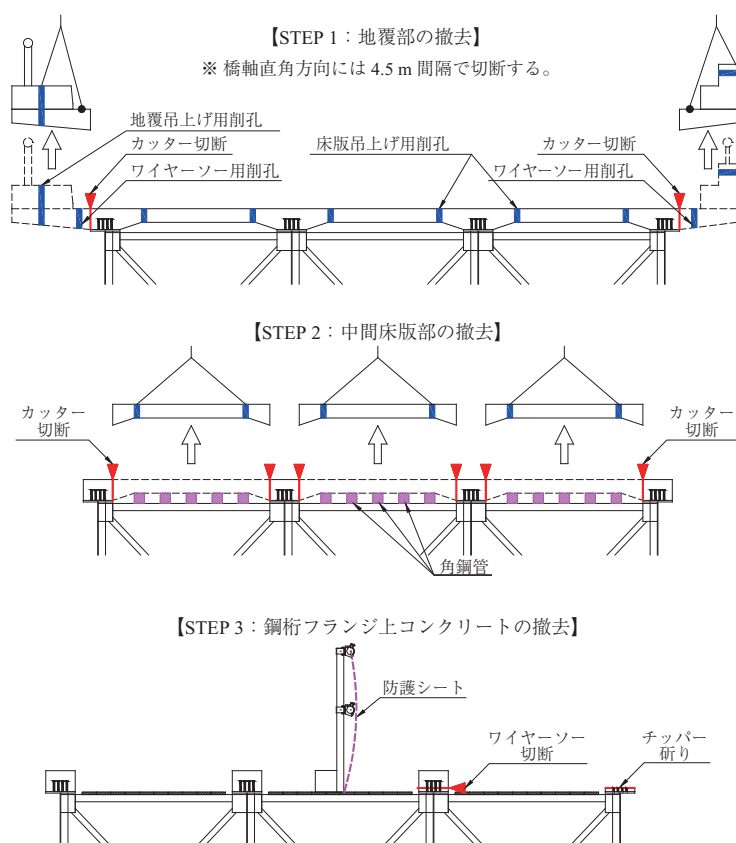


図 - 11 既設地覆・床版撤去の施工ステップ図



写真 - 2 ワイヤーソー切断状況 (地覆)



写真 - 3 吊切り状況 (地覆)

対策として、桁下吊足場上に溶着式防水シートを敷設することで汚水を確実に集水し、PH 処理を行った。

5.3 既設床版部撤去

合成桁構造の床版撤去では、スタッドジベルが多数配置されており、ジャッキアップ等による撤去が困難なため、中間床版部を先に撤去する。中間床版部の撤去状況を写真 - 4、5 に示す。その後、一般的には残った鋼桁フランジ上のコンクリートをブレーカーやチッパー等を用いて研り

作業を実施する。しかし、本工事では以下の問題点があった。

- 1) 住宅地に近接しているため、地域住民等への配慮として最大限騒音を抑制する必要があった。とくに、鋼桁に接する箇所をブレーカーにて斫り作業を行うと、激しい反響音が発生するおそれがあった。
- 2) スタッドジベルのヘッド部がコンクリートおよび鉄筋に絡むことで非常に斫りにくく、状況によっては計

[illegible]

図 - 12 サイクル施工工程表

○ 工事報告 ○



写真 - 4 中間床版部撤去状況

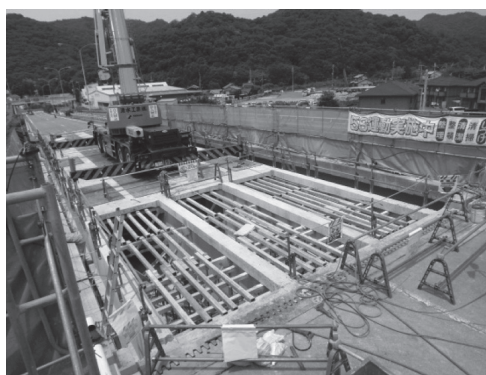


写真 - 5 中間床版部撤去完了



写真 - 6 ワイヤソー切断状況（フランジ上）

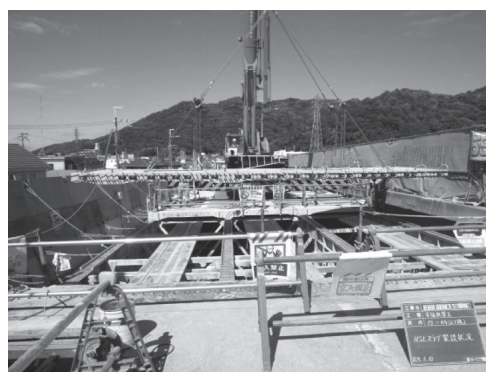


写真 - 7 軽量 PC 床版架設状況

画を超える人員と時間を要するおそれがあった。

- 3) ブレーカーの刃先にて鋼桁フランジを傷付けないようにするためには、慎重な施工が必要となり、工程の遅延が懸念された。

そこで、本工事では鋼桁フランジ上のコンクリートをワイヤーソーにて水平方向に切断する方法を採用した。ワイヤーソーによる切断状況を写真 - 6 に示す。1 主桁（橋軸方向 4.5 m）あたり約 2 時間にて切断を完了できた。厚さ数 cm のコンクリートが鋼桁フランジ上に残るため、平ノミのチッパーにて研り、スタッドジベルはフェイスカッターにて切断した後、ベビーサンダーにて鋼桁フランジをケレンした。この方法では以下の利点があった。

- 1) ワイヤソーでの切断時の騒音は、ブレーカーによる研り作業時と比べ、約 15 % 低減される。
- 2) ワイヤソーで切断した部分は、コンクリート塊として撤去できるため、研りガラの発生が少なく、片付け時間等を短縮できる。
- 3) 平ノミのチッパーを使用することで、鋼桁フランジを傷つけるリスクが大きく減少する。
- 4) スタッドジベルのヘッド部が切断されるため、チッパーによるはつり作業の効率が良い。

5.4 軽量 PC 床版架設

軽量 PC 床版の架設状況を写真 - 7 に示す。床版 2 枚の架設に、約 1 時間を要した。始業すぐに架設作業を開始できるよう、床版の運搬を段取りしておき、床版架設から次施工区間へのクレーンおよび敷鉄板の移動までを午前中に

て完了させた。午後には、既設中間床版部の切断・撤去を完了させ、翌日の鋼桁フランジ上コンクリートの切断作業に備えた。

6. おわりに

本橋の床版取替工事は、平成 25 年 11 月初旬の完成に向けて施工が進行中である。

床版取替え工法は工期や交通規制等の制約があるが、劣化が著しい床版の抜本的な解決策となる。床版取替え工法に関する設計・施工上のノウハウを蓄積し、橋梁の長寿命化に貢献していきたい。

最後に、本工事の計画・施工にあたり、ご指導、ご協力いただいた関係各位に深くお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 中村, 深山, 山崎: 高強度軽量コンクリートを用いたプレキャスト PC 床版に関する研究, 第 2 回道路橋床版シンポジウム講演論文集, pp.101-106, 2000.10
- 2) 中村, 深山, 小野辺, 山下: 高強度軽量プレキャスト PC 床版の疲労耐久性評価, コンクリート工学年次論文集, Vol.124, No.2, pp.571-576, 2002
- 3) 中村, 山下, 小野辺, 黒澤: 高強度軽量プレキャスト PC 床版に使用する軽量コンクリートの耐凍結融解性, 第 12 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.169-172, 2003.11
- 4) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編, 2012

【2013 年 7 月 1 日受付】