

## 九州自動車道・向佐野橋におけるRC床版取替え工事

Renewal construction of RC slab at Mukaizano Bridge in the Kyushu Expressway

角本周\*, 山本敏彦\*\*, 城戸靖彦\*\*\*, 三浦泰博\*\*\*\*

Meguru Tsunomoto, Toshihiko Yamamoto, Yasuhiko Kido, Yasuhiro Miura

\*博(工), オリエンタル白石(株), 福岡支店施工・技術部 (〒810-0001 福岡市中央区天神 4-2-31)

\*\*西日本高速道路(株), 九州支社久留米管理事務所 (〒839-0809 久留米市東合川 5-11-57)

\*\*\*西日本高速道路(株), 九州支社保全サービス事業部 (〒810-0001 福岡市中央区天神 1-4-2)

\*\*\*\*オリエンタル白石(株), 福岡支店施工・技術部 (〒810-0001 福岡市中央区天神 4-2-31)

Mukaizano Bridge is located in section of daily traffic with 100,000 vehicles in the Kyushu Expressway. Since about 10 years after opened, degradation spread in the RC slab on the steel plate girder bridge, due to the low-quality of concrete, heavy traffic volume, etc. Therefore, renewal construction has been carried out to replace the entire RC slab with precast PC slab. In Japan, loop splice joint is getting more popular as a joint of precast PC slab. But, to reduce the traffic control period and suit the site condition, endband splice joint of precast PC slab has been adopted in this project.

**Key word:** slab replacement, precast PC slab, endband splice joint

キーワード: 床版取替え, プレキャストPC床版, エンドバンド継手

### 1. はじめに

向佐野橋は、九州自動車道の太宰府IC～筑紫野IC間に位置し(図-1)、1975年に供用を開始した鋼鉄桁橋およびRC中空床版橋で構成された橋である。その鋼鉄桁橋のRC床版は、低品質なコンクリートが使用されたことに加えて、大型車交通量の増大や凍結防止剤の散布などの厳しい環境下にあるため、断面修復や上面増厚等の補修を繰り返してきた<sup>1)</sup>。しかしながら、それらの対策でも劣化進行が著しいことから、抜本的な対策としてプレキャストPC床版を用いた全面取替工事を実施した。

本工事は、九州自動車道の中でも九州各方面への交通が集約される最重交通区間で実施される。その区間の年平均日交通量は約10万台に、年平均時間交通量は最大4000台/方向に達するため(図-2)、広域道路網交通シミュレーションによると、工事に伴う車線規制によって一般道を含めて渋滞損失などの社会的影響が大きいことが予測された<sup>1)</sup>。そこで、渋滞が生じる車線規制期間を短縮するとともに、高速道路利用者や周辺環境に配慮した施工方法を採用した。さらに、材料や補修方法等の仕様は、耐久性の向上と環境負荷の低減に配慮した。本稿では、この工事内容、採用したプレキャストPC床版の継手構造、防水層の施工方法等を中心に報告する<sup>2)</sup>。



図-1 九州自動車道と向佐野橋の位置

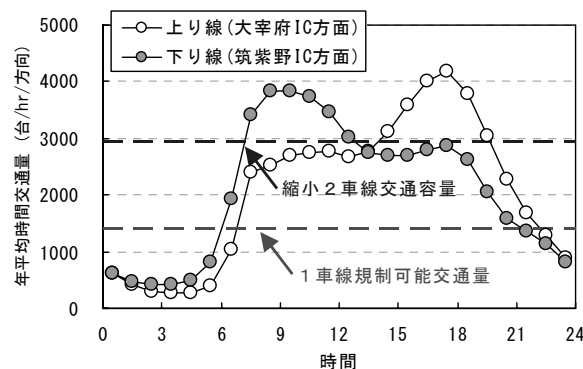


図-2 太宰府IC～筑紫野IC間の年平均時間交通量

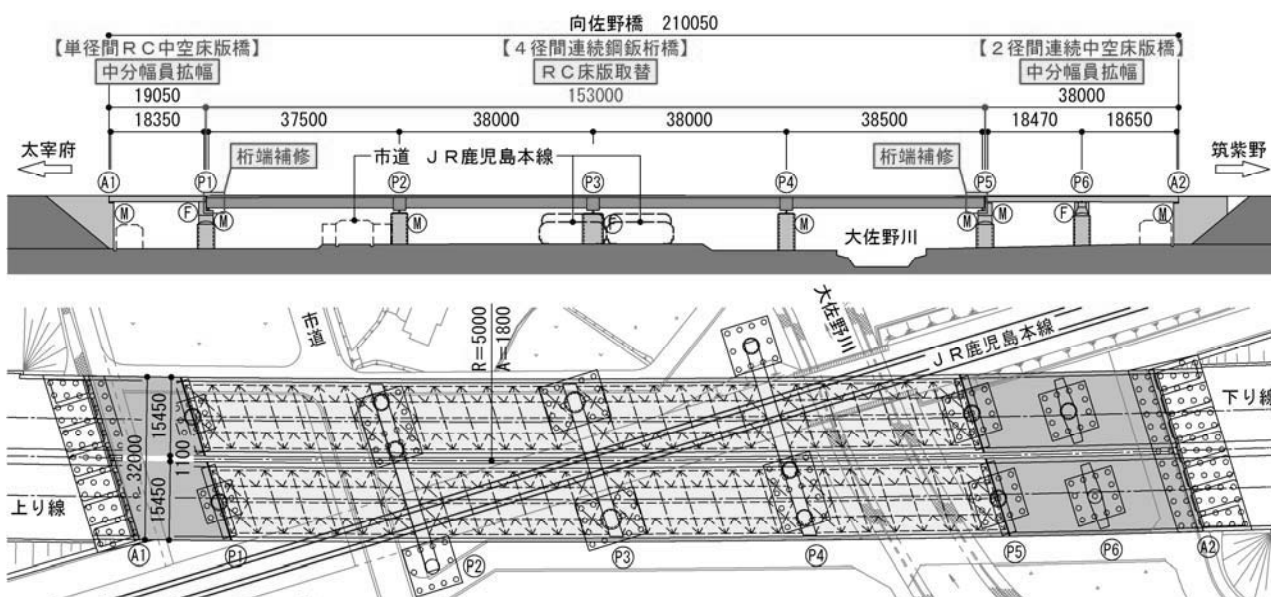


図-3 向佐野橋の一般図

## 2. 工事概要

### 2.1 向佐野橋の概要と施工ステップ

向佐野橋の一般図を、図-3 に示す。本橋は片側 3 車線の橋で、その直下を JR 鹿児島本線が斜め約 17°で交差している。そのため、4 径間連続鋼桁橋の中間支点では、斜角約 73°で配置された橋脚上の鋼箱形横梁に上下線の主桁が剛結されるという特徴のある構造となっている。向佐野橋の全景写真を、写真-1 に示す。本橋の周辺には住宅地や学校が近接しており、また、直下を通勤・通学路となる市道も直交している。

本工事の施工ステップを、図-4 に示す。プレキャスト PC 床版への取替え方法としては、床版の全幅を一括で行う方法と、2 分割して行う方法とが考えられる。本工事では、社会的影響度や施工性等を比較した結果、片方のラインで縮小幅員の上下 2 車線を供用し、もう片方のラインを一括で取替える方法とした<sup>1)</sup>。ここで、既設の RC 床版の全幅では縮小した車線幅員 3.25m でも上下各 2 車線を配置できないことから、まず始めに中央分離帯部分に仮設の鋼床版を設けて幅員を拡幅した（ステップ②）。その後、夏季混雑期に一旦車線規制を解除し、混雑期明けに上下縮小 2 車線での供用にして、中央分離帯を越える迂回路を設置（ステップ④）し、上り線側の床版取替え（ステップ⑤）を 29 日間で行った。次に、迂回路の切替えおよび仮設鋼床版の撤去と中央分離帯壁高欄の施工（ステップ⑥）を行い、下り線側の床版取替え（ステップ⑦）を 30 日間で行った。最後に、迂回路の撤去（ステップ⑧）を行った後、盛土部の中央分離帯にプレキャストコンクリート製防護柵（PGF）および排水路を設置した（ステップ⑨）。迂回路の設置・撤去を含めて、縮小 2 車線で供用する施工ステップ④～⑧は夏季混雑期から年末年始混雑期の間で連続して行った。



写真-1 向佐野橋と周辺環境

### 2.2 プレキャスト PC 床版の取替え方法

プレキャスト PC 床版への取替え概要（下り線施工時）を、図-5 に示す。取替えは、トラッククレーン 2 台を使用して P3 橋脚から両側に向けて行った。ここで、トラッククレーンは、一般的には施工ヤード内への侵入方向側に車頭を向けて配置される。しかしながら、本工事では施工ヤードに 3 車線分の幅員があり、1200kN トラッククレーンは反転することが可能であることから、両トラッククレーンとも車両端部からの作業半径が大きくなる後尾を架設側に向けて配置した。

取替えでは、騒音の発生の恐れがある RC 床版の撤去から鋼桁上フランジ上のケレンまでを 8:00～18:00 の間に行った。プレキャスト PC 床版は、一般道を運搬可能な 21:00 より PC 工場（図-1）から搬出し、24:00 までに架設を完了した。その後、スタッドジベルの溶植と無収縮モルタルの充填を行い、1 サイクルとした。1 日当りの取替え枚数は、夜間作業の制約およびトラッククレーンの作業半径から、2 パーティで 6～8 枚となった。

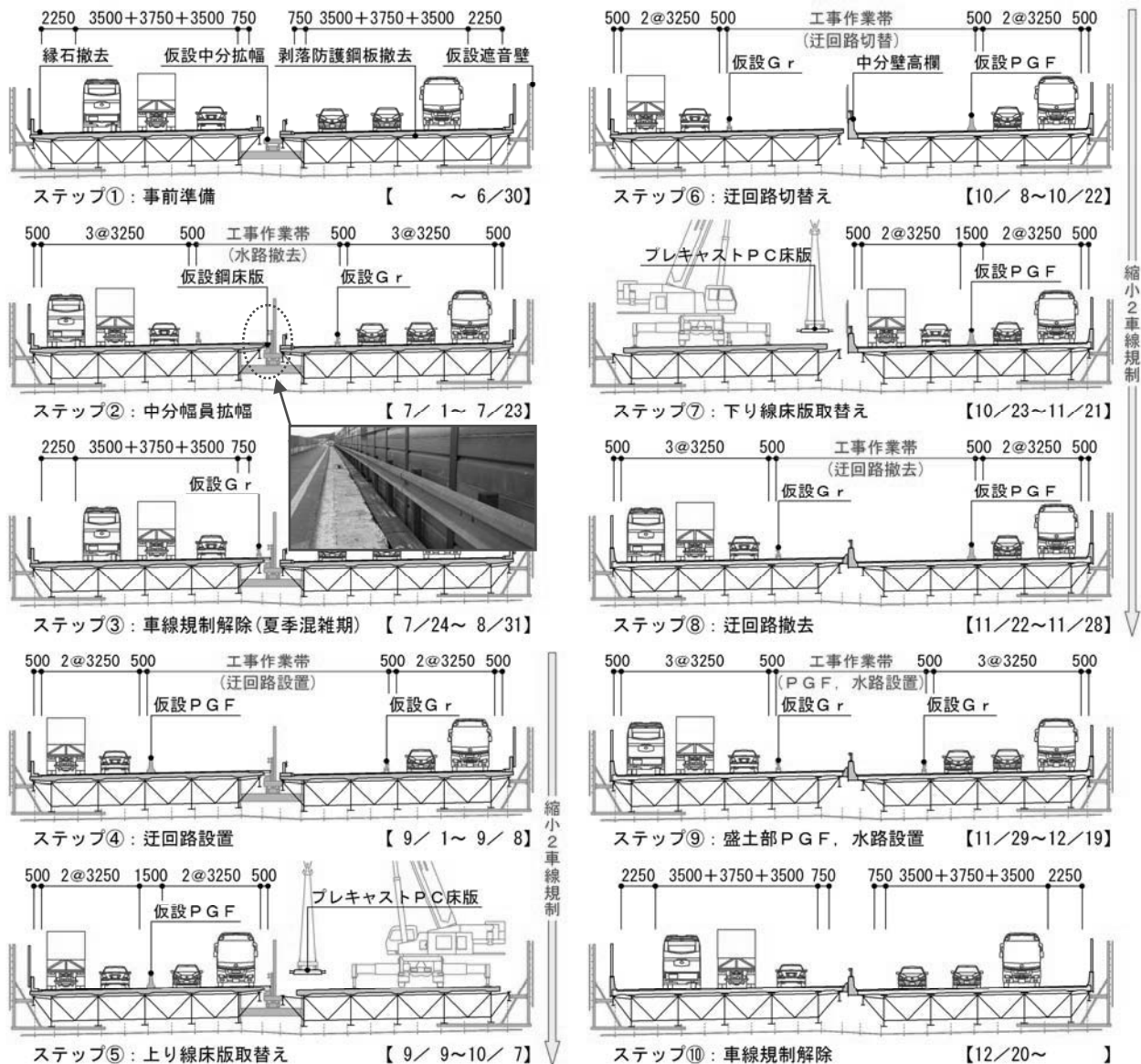


図-4 取替え工事全体の施工ステップ

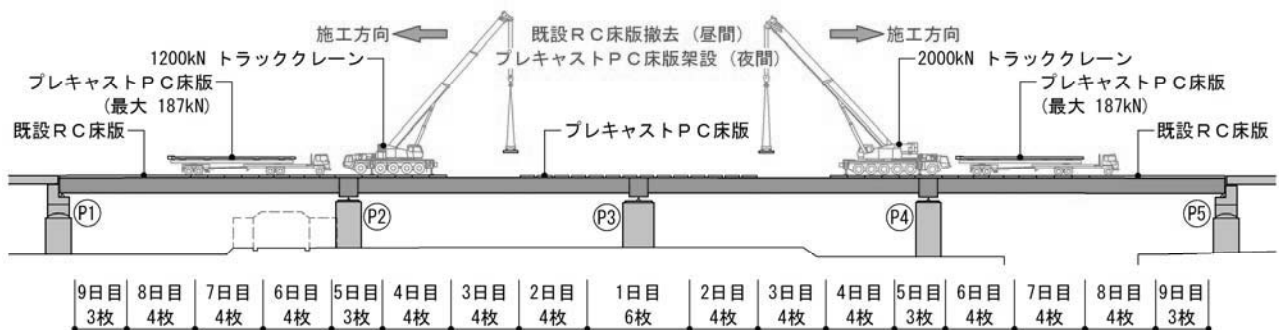


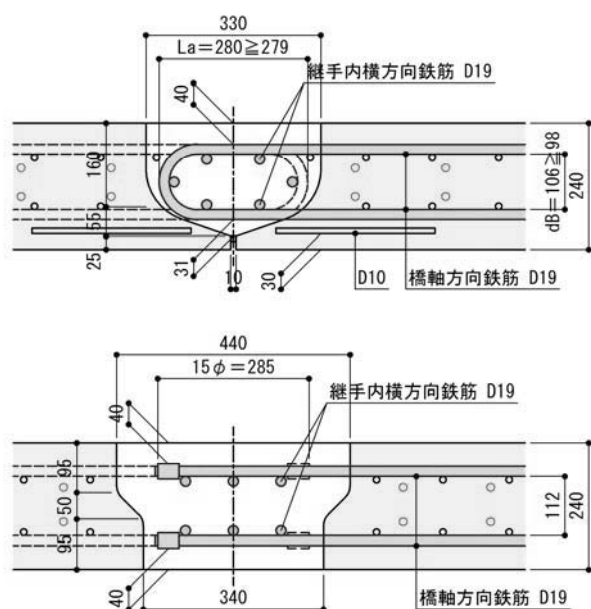
図-5 プレキャストPC床版への取替え概要(下り線施工時)

### 3. プレキャストPC床版の構造

#### 3.1 橋軸方向の継手構造

プレキャストPC床版の橋軸方向の接合方法には、PC構造とRC構造とがある。本橋では、コストが安く将来的に部分取替えも可能なRC構造とした。RC構造の継手

構造としては、標準的には、図-6(a)に示すループ継手が用いられている。この継手構造では、継手内横方向鉄筋は、床版の横から挿入するか、鋼桁位置の鉄筋曲げ半径を小さくして設けた空間から挿入することになる<sup>3)</sup>。しかしながら、本橋の工事中には周辺住宅に配慮して仮設の遮音壁を設置しており、さらに、仮設遮音壁より外



(b) 向佐野橋で採用したエンドバンド継手  
図-6 プレキャスト PC 床版の RC 継手構造

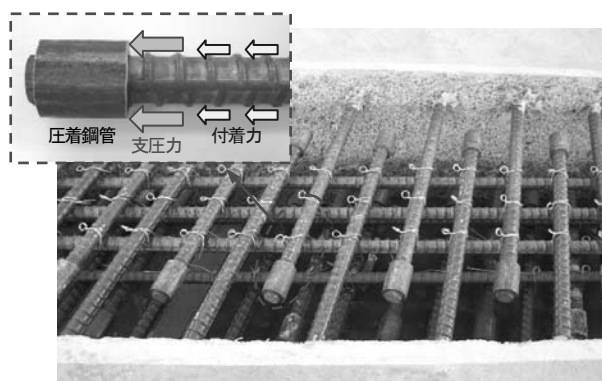


写真-2 エンドバンド継手

側では JR 上空での作業が制約されことから、床版の横から継手内横方向鉄筋を挿入することができない。また、鋼桁位置に設けた空間からの挿入も、継手内横方向鉄筋を湾曲させながらの挿入となるので、挿入が困難で騒音を伴う恐れもある。

そこで、本橋では、継手構造として図-6(b)および写真-2 に示すエンドバンド継手を採用した<sup>4)</sup>。この継手構造は、端部にエンドバンド（鋼管）を圧着した鉄筋を使用し、エンドバンドの支圧抵抗と鉄筋の付着力との複合作用により定着することで、重ね継手（継手長  $30\phi$ ）に比べて継手長を  $15\phi$  まで短くすることができる。なお、エンドバンド継手の採用にあたっては、ループ継手に対して実施された輪荷重走行疲労試験と同一条件での試験を実施し、その疲労耐久性が同等であることを確認した<sup>5)</sup>。

エンドバンド継手での継手内横方向鉄筋の挿入方法を図-7 に、挿入状況を写真-3 に示す。継手内横方向鉄筋は、プレキャスト PC 床版の架設時に、あらかじめ上縁側鉄筋の下に仮配置空間に挿入しておくことで配

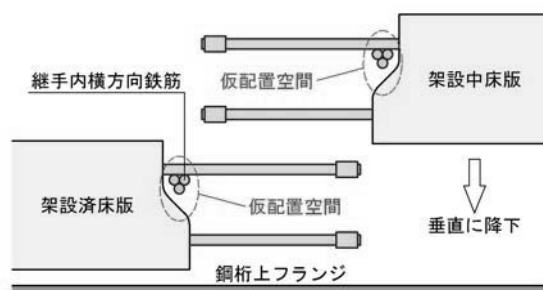


図-7 継手内横方向鉄筋の挿入方法



写真-3 架設中の継手内横方向鉄筋の挿入状況

置が可能である。なお、この仮配置空間のある断面形状は、様々な形状の目地部に対して載荷実験した結果の中で、ひび割れ幅が最も抑制された形状でもある。

### 3.2 プレキャスト PC 床版の配置

プレキャスト PC 床版の配置は、図-8(a)に示すように、主桁軸線に直角方向に配置するのが標準的である。しかしながら、本橋では、以下の点から図-8(b)に示すように斜角方向に配置した。

- (1) RC 床版の主鉄筋が斜角方向に配置されていることから、トラッククレーンやポルトレーラに対する RC 床版の耐荷力を確保するため、床版撤去時の切断方向を主鉄筋方向と一致させる。
- (2) 車線規制期間を短縮するために、端部場所打ち床版部を極力少なくする。

また、連続桁の中間支点部においては、曲げモーメントの最大点は支点位置となるため、弱点部となるプレキャスト PC 床版の間詰め部を支点位置に設けないのが一般的である。しかしながら、本橋のように主桁が箱形横梁に剛結された構造では、横梁と主桁との接合部のせん断変形の不連続性により付加的な曲げ応力が床版に生じて、支点位置よりも応力度が大きくなることから、弱点部となる間詰め部が、横梁と主桁との接合位置上にならないようにプレキャスト PC 床版を配置した。

なお、プレキャスト PC 床版の幅は、PC 工場からの運搬時の制約から、橋軸方向鉄筋の両端間の版直角方向の寸法が 2.50m 以下となるように設定した。

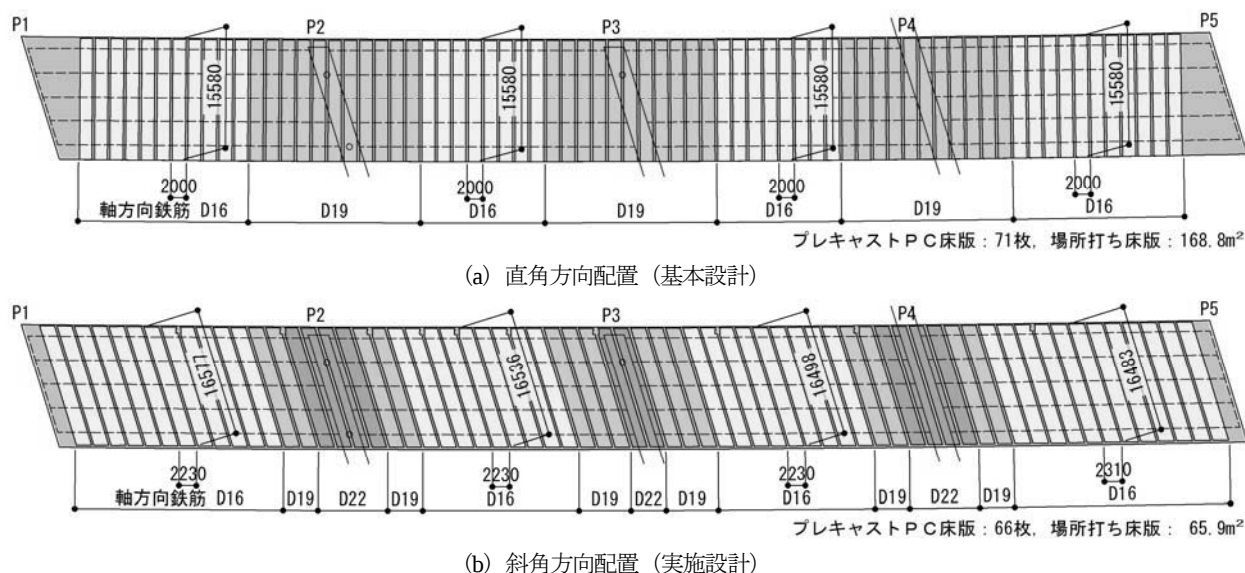


図-8 プレキャストPC床版の配置（下り線）

表-1 各部位に使用したコンクリートの配合

| 部位         | 呼び強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | スランブ<br>(cm) | W/B<br>(%) | 空気量<br>(%) | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |     |      |     |     |      |      |
|------------|------------------------------|--------------|------------|------------|--------------------------|-----|-----|------|-----|-----|------|------|
|            |                              |              |            |            | セメント                     | 微粉末 | 水   | 粗骨材  | 細骨材 | 膨潤材 | 混和材  | 繊維   |
| プレキャストPC床版 | 50                           | 12.0±2.5     | 33.7       | 4.5±1.5    | 230                      | 230 | 155 | 1051 | 726 | —   | 3.67 | 4.55 |
| 間詰め・場所打ち床版 | 50                           | 20.0±2.0     | 35.0       | 4.5±1.5    | 226                      | 226 | 165 | 937  | 766 | 20  | 4.25 | 4.55 |
| 地覆・壁高欄     | 50                           | 23.0±2.0     | 35.0       | 4.5±1.5    | 226                      | 226 | 165 | 937  | 766 | 20  | 4.25 | —    |

### 3.3 合成作用に対する設計

本橋は非合成桁橋であるが、プレキャストPC床版の橋軸方向の鉄筋は、中間支点付近のひび割れを抑制するために、床版としての作用と不完全合成桁としての合成作用とを組合せた鉄筋応力度が  $140\text{N/mm}^2$  以下となるように配置した。ここで、不完全合成桁としての合成作用は、配置したスタッドジベルのフレキシビリティ定数が約2であることから、完全合成の場合の60%とした<sup>6)</sup>。また、組合せる合成作用に対して考慮する活荷重強度はB活荷重の50%とし、レーン幅で載荷した<sup>7)</sup>。

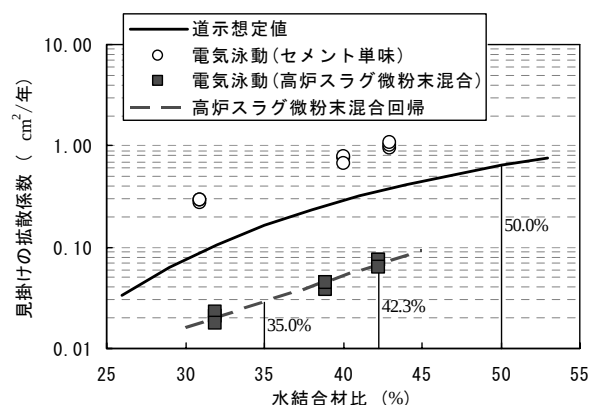


図-9 コンクリート配合と塩化物イオン拡散係数

## 4. コンクリートの配合

### 4.1 高炉スラグ微粉末 6000 の混合

各部位のコンクリートの配合を、表-1に示す。

本橋のある区間の凍結防止剤の散布量は年間約10t/km（2004～2008年度平均）に及ぶことから、塩化物イオンの浸透を抑制するために、使用するコンクリートは全てセメントの50%を高炉スラグ微粉末 6000 に置換した。ここで、セメントの一部を高炉スラグ微粉末に置換すると初期の強度発現が低下することから、プレキャストPC床版のコンクリートは、工場での製作工程から水結合材比を33.7%まで低減した。また、間詰め部や場所打ち床版、壁高欄のコンクリートは、車線規制期間の短縮から材齢2日での発現強度が  $30\text{N/mm}^2$  以上となるように、水結合材比を35.0%まで低減した。

図-9に、電気泳動法試験から得られた各種配合の塩

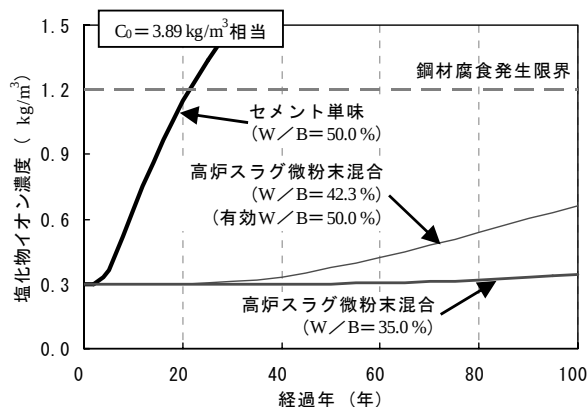


図-10 壁高欄鉄筋位置の塩化物イオン濃度予測例



写真-4 PC 工場での床版防水プライマーの塗布



写真-5 壁高欄工と床版防水工との並行作業

化物イオン拡散係数を示す<sup>8)</sup>。また、図-10に、壁高欄の鉄筋（照査かぶり 60mm＝設計かぶり 70mm－施工誤差 10mm）に対して、凍結防止剤散布による塩化物イオン濃度変化を予測した例を示す<sup>9)</sup>。高炉スラグ微粉末を混合することで、この区間の凍結防止剤散布量に対しても十分な耐久性が確保できると予測される。

#### 4.2 ポリプロピレン繊維の混入

本橋は JR や市道と交差していることから、床版が将来的に劣化した場合を想定して、コンクリート片の剥落防止対策を行った。剥落防止対策としては、対策コストおよびプレキャスト PC 床版の製造サイクルに与える影響を考慮して、コンクリートへのポリプロピレン繊維（繊維長 30mm、繊維径 1.0mm）の混入とした。混入量は、剥落防止に必要な繊維本数 20 万本/m<sup>3</sup>を確保できるように 0.5Vol%とした。

#### 5. 床版防水層の施工

本橋の床版防水層には、高機能床版防水としてウレタン系速硬化型床版防水システムを採用した。ここで、防水層との接着面に施されるコンクリート打設時の仕上げ補助・塗膜養生剤には、防水層の接着性能の規格値を確保できることが確認された材料を用いた<sup>10)</sup>。また、床版防水層の施工においては、車線規制期間を短縮し、また、雨天による工程遅延リスクを低減するために、以下のような工夫を行った。

(1) 雨天遅延リスクを低減するために、プレキャスト PC 床版には、PC 工場にて床版防水層のプライマー1層目を予め塗布して現場に搬入した（写真-4）。

(2) 壁高欄工と床版防水工とを並行作業することで、工程短縮を図った（写真-5）。

#### 6. おわりに

本工事は、2011 年 5 月 30 日に、無事故・無災害で工事を完了した。本工事は、日交通量 10 万台という重交通区間の高速道路橋での床版取替え工事であり、工事に伴う社会的影響が大きいことから、規制期間の短縮を図

るための様々な試みを行った。本工事での施工方法や各種の仕様が、今後の RC 床版取替え工事の参考になることを期待するものである。

#### 参考文献

- 1) (財)高速道路技術センター：重交通区間における鋼橋床版の補修に関する技術検討報告書（その2），2008.3
- 2) 山本敏彦，今村壮宏，三浦泰博，藤木慶博：重交通区間における RC 床版取替え工事－九州自動車道・向佐野橋－，土木施工，Vol.52，No.9，pp.38-42，2011.9
- 3) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：道路橋用プレキャスト床板設計・製造便覧，JIS A 5373，pp.30，2004.7
- 4) 阿部浩幸，澤田浩昭，大谷悟司，原健悟：新しい RC 接合構造を用いたプレキャスト PC 床版に関する研究，プレストレストコンクリート，Vol.50，No.1，pp.45-53，2008.1
- 5) 原健悟，福永靖雄，今村壮宏，三浦泰博：エンドバンド継手を有するプレキャスト PC 床版の輪荷重走行疲労試験，第 19 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.61-64，2010.10
- 6) 中井博：プレキャスト床版合成桁橋の設計・施工，森北出版（株），1988.5
- 7) (社)プレストレスト・コンクリート建設業協会：PC 床板設計・施工マニュアル（案），pp.28-29，1999.5
- 8) 小川篤生，松田哲夫，江口光昭，福永靖雄：腐食性環境下におけるコンクリート構造物長寿命化への実践的研究，土木構造・材料論文集，第 25 号，pp.37-46，2009.12
- 9) 酒井秀昭：凍結防止剤散布地域の橋梁壁高欄の塩化物イオン濃度の予測方法に関する研究，土木学会論文集 E，Vol.66，No.3，pp.268-275，2010.7
- 10) 原健悟，岩淵貴久，水牧稔晶，遠藤英一：各種表面含浸材を塗布したコンクリート床版と防水層の接着性状，コンクリート工学年次論文集，Vol.33，No.1，pp.695-700，2011.7