

東名高速道路 赤渕川橋床版取替工事

— 移動式防護柵を用いた対面通行規制での床版取替え —

森本 康之*1・藤本 貴正*2・遠藤 之康*3・本間 元*4

東名高速道路は昭和44年の全線開通から、日本の経済・文化を支える大動脈として大きな役割を担ってきた。一方、経過年数の増加や車両の大型化ならびに大型車交通量の増加により、変状が進行している。今回の劣化していたRC床版の床版取替えでは、疲労耐久性の向上、現場作業の省力化、工事期間の短縮を図れるプレキャストPC床版を採用した。また、東名高速道路の対面通行規制における重大事故防止のため、仮設中央分離帯に移動式コンクリート製防護柵を採用している。

本稿では、高速道路リニューアルプロジェクトとして行った東名高速道路の赤渕川橋床版取替工事の施工概要と対面通行規制に移動式コンクリート製防護柵を使用した結果について報告する。

キーワード：大規模更新、プレキャストPC床版、床版取替え、移動式防護柵

1. はじめに

赤渕川橋は東名高速道路の沼津IC～富士IC間に位置する橋梁で、昭和44年3月の供用から49年が経過している。この区間の交通量は、現状では約38千台/日、新東名高速道路開通以前は、約74千台/日、大型車混入率37%の重交通路線である。1980年に縦桁増設・対傾構の設置、2004年にP4～A2間で上面増厚を行っている。しかし、老朽化や交通荷重の影響により、下り線のA1～P3間(72.8m)の床版下面において、遊離石灰、ひび割れ、浮きや剥離が発生しており、健全度評価の結果、本箇所において床版取替えを伴う大規模更新工事を行った。施工位置を図-1に示す。



図-1 施工位置

赤渕川橋は、鋼3径間連続非合成鉄桁橋、単純合成鉄桁橋、鋼3径間連続非合成鉄桁橋からなる橋長180.4mの橋梁である。本工事では、名古屋側の鋼3径間連続非合成鉄桁橋A1～P3(72.8m)の床版取替えを実施した。

施工にあたっては、①工事期間を短縮するため、新しい床版には、工場で製作した製品(プレキャストコンクリート製品)を用いて工事を実施、②対面通行規制区間における車両の中央分離帯突破による重大事故防止のため、仮設中央分離帯にコンクリート製の移動式防護柵を採用し、工事期間中の安全を確保した内容について報告する。

2. 工事概要

本工事の工事概要を以下に、全体一般図を図-2、規制概要を図-3に示す。本工事では、床版取替えを行う下り線を上り線に迂回させ、対面通行規制を実施した。

工事名：東名高速道路(特定更新等)
沼津IC～富士IC間床版取替工事
(平成28年度)

発注者：中日本高速道路(株) 東京支社
路線名：第一東海自動車道
施工者：(株)ピーエス三菱・川田建設(株)・(株)駒井ハルテック特定建設工事共同企業体

工事場所：静岡県富士市富士岡
契約期間：平成29年6月13日～平成31年10月30日
橋梁形式：鋼3径間連続鉄桁(4主桁)
橋長：72.8m(A1～P3)
支間：24.4m+24m+24.4m
幅員：12.75m(建設時)、12.215m(更新後)
規制期間：平成29年12月11日～平成30年4月22日
(対面通行規制の準備・年末年始などを含む)
規制区間：沼津IC～富士IC間

*1 Yasuyuki MORIMOTO：中日本高速道路(株)名古屋支社 桑名保全・サービスセンター

*2 Takamasa FUJIMOTO：中日本高速道路(株)東京支社 保全・サービス事業部 構造技術チーム

*3 Kuniyasu ENDOU：(株)ピーエス三菱・川田建設(株)・(株)駒井ハルテック特定建設工事共同企業体

*4 Gen HONMA：(株)ピーエス三菱・川田建設(株)・(株)駒井ハルテック特定建設工事共同企業体

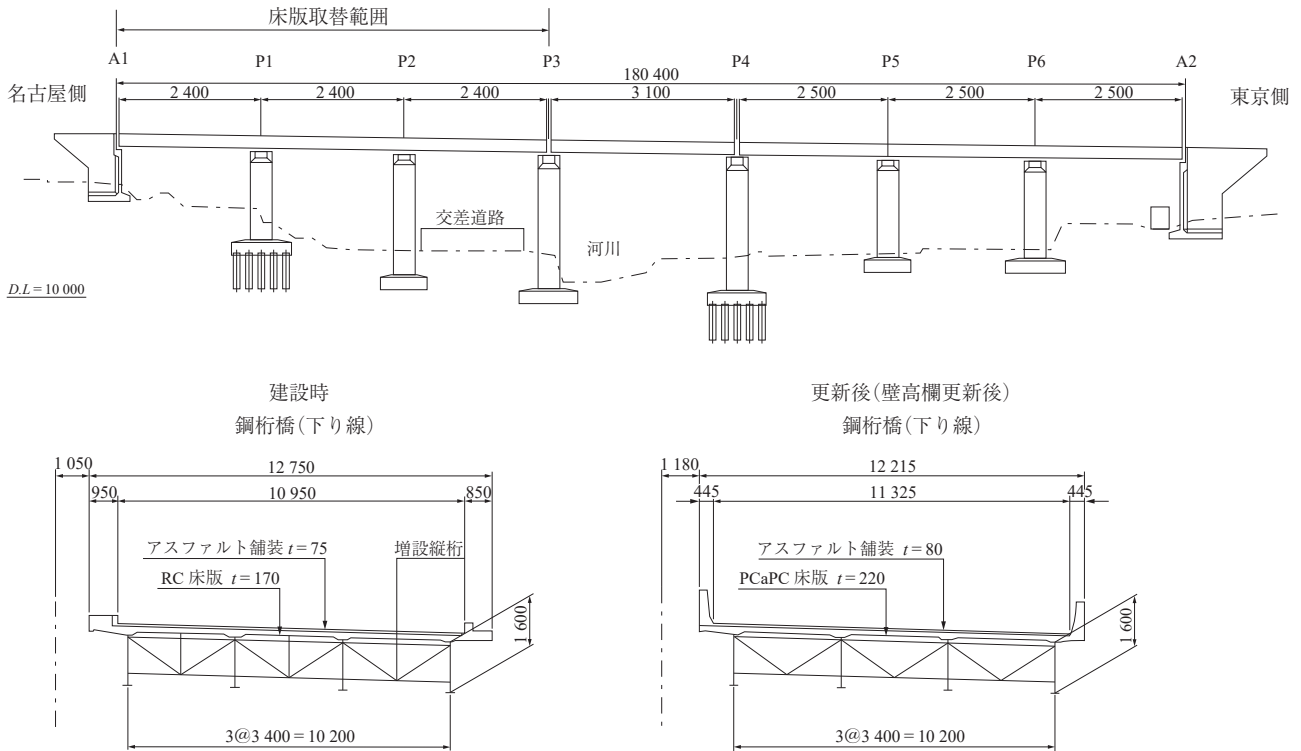


図 - 2 全体一般図

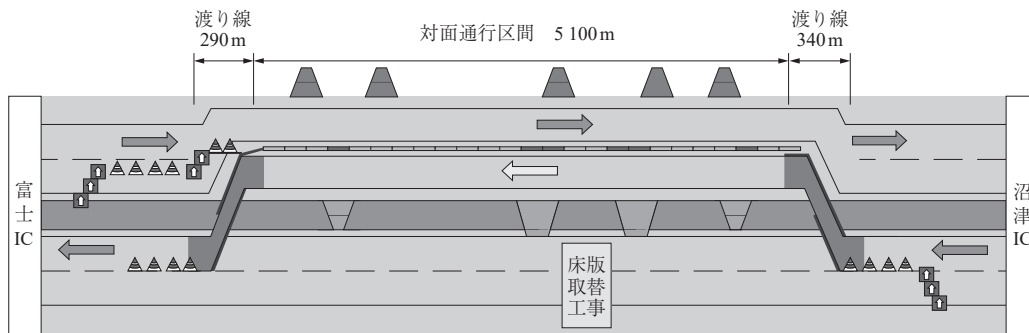


図 - 3 規制概要

3. 施工概要

赤淵川橋の施工にあたり、工事期間を短縮するため、新しい床版には、工場で製作したプレキャスト PC 床版を用いて工事を実施しているが、下記の事項に留意して設計、施工などを行った。

3.1 鋼橋 RC 床版の更新における基本方針

RC 床版の主たる変状は、交通荷重の繰返し作用による疲労劣化、舗装面の変状および凍結防止剤に伴う、床版上面の劣化である。交通荷重の影響による劣化は、①乾燥収縮などによる初期ひび割れの発生、②曲げによるひび割れの進展、③せん断抵抗力の低下に伴う抜け落ちの発生、の順で進行する。舗装面の変状および凍結防止剤散布による RC 床版の劣化は、①床版に達した塩分が乾燥収縮や疲労で生じたひび割れに浸透、②床版上面から床版の鉄筋が腐食、③貫通ひび割れに浸透した場合には床版上下面の鉄筋が腐食し鉄筋周りのかぶりコンクリートの剥離、の順で

進行する。どちらもある程度劣化が進行した場合、部分的な補修・補強では困難であり、床版を更新する必要がある。

更新の際には、既設床版で劣化要因となった環境作用に対し、耐久性を十分に確保することが重要となり、以下の点に留意している。¹⁾

- 1) 疲労耐久性の向上、現場の省力化、工期短縮を図れるプレキャスト PC 床版に取替えること。
- 2) 床版の最小全厚は、これまでの実績と輪荷重走行試験により、耐久性、耐力などを考慮し、床版支間 3.6 m 以下の場合、220 mm とする。
- 3) 特定の径間のみ劣化が著しい場合でも、供用後の環境条件は同様であることから、他径間においても近い将来に変状が顕在化することが危惧されるため、床版取替は、連単位で計画する。
- 4) プレキャスト PC 床版相互の継手構造は、目標耐用年数 100 年を目安とし、移動疲労荷重試験機により疲労耐久性を確認する。

- 5) プレキャスト PC 床版接合部やスタッドジベル用孔のコンクリートは、材料における乾燥収縮量の差による継目部のひび割れを防ぐため、収縮補償用コンクリートを用いることとする。
- 6) プレキャスト PC 床版接合部や場所打ち PC 床版の鉄筋、プレキャスト PC 床版から立ち上がる壁高欄鉄筋、壁高欄の V カット目地部に配置する水平鉄筋など、打継目からの水の浸入が懸念される箇所においては、エポキシ樹脂塗装鉄筋の使用とする。
- 7) 床版には、防水性能などの基本性能を長期間にわたり保持できる高性能床版防水を施工する。

3.2 B 活荷重に対応するための設計概要

本橋は、活荷重 TL-20 で設計された非合成鉸桁橋である。現行の B 活荷重を用いて主桁の照査を行うと、応力が超過する結果となった。そのため、床版取替え後は非合成から合成桁として設計することで主桁の応力低減を図った。さらに、実構造の剛性を適切に反映した FEM 解析による照査を行い最終的な主桁補強量を決定することとした。赤湊川橋の床版取替え前後の断面図を図 - 2 示す。床版取替えにより不要となった増設縦桁を撤去したほか、防護柵を鋼製防護柵からフロリダ型コンクリート防護柵としている。なお、前述のとおり、長期耐久性や工期短縮などを考慮し、プレキャスト PC 床版を採用した。プレキャスト PC 床版の橋軸方向の連結には、後述する合理化継手構造を採用した。また、支承取替えでは、既設鋼製支承をゴム支承とし、動的解析による検討を行い、橋梁全体の耐震性能の向上を図っている。

3.3 プレキャスト PC 床版の製作

通常、プレキャスト PC 床版は、コンクリート打込み後に蒸気促進養生を行い翌日に脱型して屋外に仮置きするため、日射や風の影響によるひび割れなどの品質低下が課題となる。また、プレキャスト PC 床版の幅員は 10 m を超え、仮置き時の上方からの散水や湿潤養生マット敷設では、下面への水分供給が十分に行うことができない。

本工事では、密実で耐久性に優れた高品質の床版コンクリートを構築するために標準養生（蒸気促進養生）を 24 時間実施したのち、写真 - 1 に示すように水槽に浸漬させて 3 日間の水中養生を追加実施した。



写真 - 1 プレキャスト PC 床版の水中養生状況

このように材齢初期に水中養生を追加実施することにより表面乾燥のリスクを排除し版全面にわたり水分を安定的に供給することができ、良好な水和反応が促され、コンクリート表層の緻密性、ひび割れ抵抗性が向上して、高品質で耐久性に優れた床版コンクリートを構築できる。別途実施した試験では、3 日間の水中養生を追加実施することで、表 - 1 に示すようにコンクリートの緻密性の指標である透気係数を気中養生に比べ約 6 割低減し、圧縮強度は約 1 割増加した。

表 - 1 水中養生による効果

養生条件	気中	水中
養生日数	0 日	3 日
透気係数 [$\times 10^{-16} \text{ m}^2$]	0.05	0.017
圧縮強度 [N/mm^2]	53.2	58.4

3.4 合理化継手

床版取替工事では、プレキャスト PC 床版に交換する際、床版相互の接合には、一般的ループ継手が用いられる。しかし、ループ継手には適用できる床版厚に制限があるため、取替え前より死荷重が増加することが課題となる。今回、床版取替え後を合成桁として設計したため、橋軸方向の鉄筋は D22@125 が必要となり、この鉄筋径でループ継手とすると最小曲げ半径の関係より床版厚は 250 mm と厚くなる。このため、本工事では、図 - 4 に示す合理化継手を採用し、床版厚を 220 mm とした。

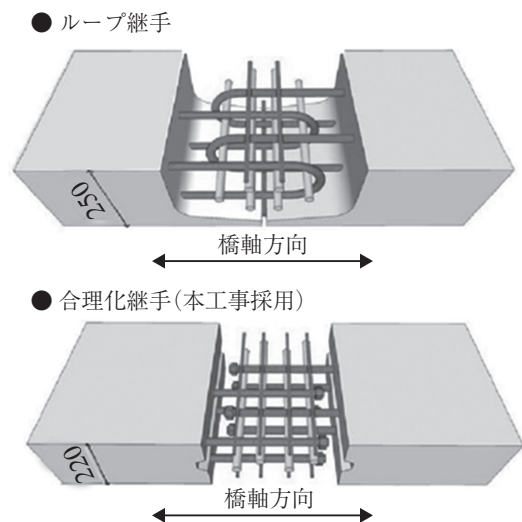


図 - 4 ループ継手と合理化継手

また、合理化継手を用いることにより、継手部の橋軸直角方向の鉄筋を架設後に挿入するループ継手に比べ、あらかじめ架設前に配置しておくことができるため、ループ継手と比較して施工をスムーズに行え、工期短縮を図ることができた。

本工事では、合理化継手を採用したが、さらなる耐久性向上や作業効率向上のため、図 - 5 のように間詰め部のあご付き形状版にも使用できる新しい継手工法が現在検討

されている。この継手工法は、下側鉄筋を曲げ上げて端部に円形ナットを設置した新しい構造で、あご部の先端までプレストレスが導入されるため、場所打ち部の耐久性に優れ、間詰め部の場所打ち型枠を省略でき、狭隘な版下空間での人力作業を減少させることが期待できる²⁾。

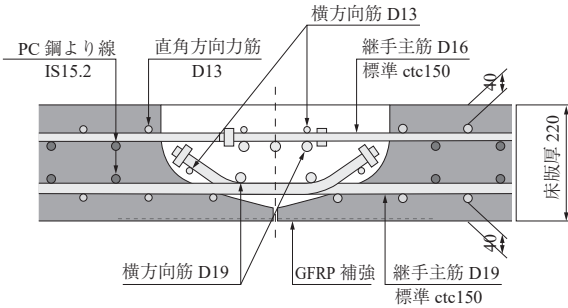


図 - 5 新たな継手構造

3.5 IC タグによる床版品質管理

本工事で実施している床版取替工事では、高速道路本線の交通規制期間内に、複数の工場で製作した多数かつ多種多様なプレキャスト PC 床版を複数の工事箇所へ同時に搬入して設置する必要があり、搬入箇所の取違えなどのミスは工程遅延につながる。このため、製作・運搬・架設までの管理に十分な配慮が必要となる。

そこで、ICTを活用し、プレキャスト PC 床版の工場製作時に個別の版ナンバー（製品番号）識別情報を付与した IC タグを床版内に埋設し、製作から出荷、現場での受入れ、架設までの一元管理を可能とするシステムを本工事で試行導入した。システムの概要を図 - 6 に示す。

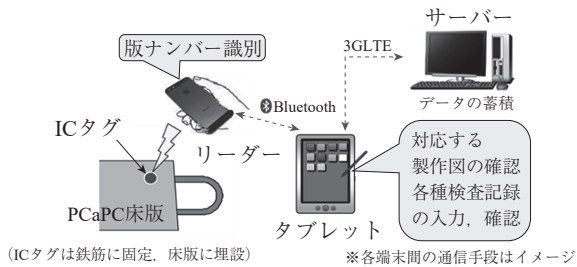


図 - 6 IC タグを用いた一元管理システム

IC タグは、写真 - 2 に示すように高強度モルタルスペーサーに内蔵され、プレキャスト PC 床版の任意の位置に設置でき、IC タグリーダーを近づけることで情報を認識できる。また、本システムは、大容量のデータ保管が可能な WEB サーバー上のデータベースに接続することで、プレキャスト PC 床版の製作から現場での受入れ、設置までのトレーサビリティ管理のみならず、床版ごとの製作図、各種検査記録などの品質管理情報も格納・参照が可能なシステムとした。これらの情報はタブレット端末にて即時に入力し、確認ができるため、関係者間での情報共有に有効である。

今回の試行において、製作から出荷、現場での受入れに至るトレーサビリティ管理や品質管理での有効性を確認した。複数箇所の同時施工が実施される次期以降の本格運用において、より効果が発揮されるものと考えている。

当該システムは、版ナンバー識別情報に紐付けられた製品情報を WEB データベース上から検索し表示するシステムのため、データベースの改良のみで機能の追加が可能である。このため、施工時の管理に留まらず、将来の保守・維持管理への活用も期待できる。



写真 - 2 IC タグ内蔵スペーサー

3.6 移動式コンクリート製防護柵

本工事は、お客さまの利便性に配慮し、通行止めではなく、上り線を上下 1 車線運用とする対面通行規制で行うこととした。対面通行規制は図 - 3 に示す車線運用により行い、延長は約 5 km である。

通常、対面通行規制は仮設中央分離帯を設置し、規制することが一般的であるが、これまで実施されてきた規制においては、写真 - 3 に示すポストコーンや写真 - 4 に示す樹脂製防護柵が用いられることが多い。



写真 - 3 ポストコーンによる対面通行規制



写真 - 4 樹脂製防護柵による対面通行規制




しかし、ポストコーンや樹脂製防護柵では、運転操作ミスなどによる中央分離帯突破を防ぐことは困難であり、対向車線を走行している車両との正面衝突事故による死傷者の発生リスクが高い。

2016年度に実施された東名高速道路の静岡IC～焼津IC間で行われた用宗高架橋床版取替工事では、約1.2kmの対面通行区間の仮設中央分離帯として、樹脂製防護柵を使用している。この工事では、45日間の対面通行規制期間中、車両が接触することによる防護柵のずれがおおむね2日に1回の頻度で発生しており、いつ車両の中央分離帯突破による事故が発生してもおかしくない状況であった。このような状況から、樹脂製防護柵では大型車両の中央分離帯突破を防ぐことは困難であると考え、中央分離帯の突破を防止できる堅固な防護柵として表-2に示すコンクリート製の防護柵を採用候補に選定した。

コンクリート製防護柵については、Road Zipper System〔以下、RZS〕と呼ばれる「移動式コンクリート防護柵」³⁾、プレキャストコンクリート防護柵および自在R連続基礎式ガードレールの3種類の工法を選定して比較を行った。

このコンクリート製防護柵を採用するにあたり、床版取替え工事に必要な期間や渡り線などの設置・撤去期間を考慮した結果、仮設中央分離帯用の防護柵に求められる性能要件は以下のとおりとなる。①大型車両を含め、衝突車両が仮設中央分離帯を突破することを防止できること。②車両衝突時においても、対向車線の車両が通行可能な幅員を残すことができること。③20～30kmにわたる仮設防護柵を1日～2日程度で車線上に設置、あるいは車線上から撤去することができること。そのため、本工事では、以上の要件を満足することができる防護柵として仮設中央分離帯にRZSを採用することとした。

表 - 2 仮設中央分離帯防護柵比較表

工法	RZS	プレキャストコンクリート防護柵	自在R連続基礎式ガードレール
安全性	A種相当	A種相当	A種相当
設置能力	10 km/h	約 50 m/日・班	約 45 m/日・班
設置・撤去期間 (5.1 km)	1.5 時間×2 (1 班集体制)	21 日間×2 (5 班集体制)	23 日間×2 (5 班集体制)
重量	680 kg/1m	3 760 kg/5m	S 型 1 690 kg/2m
写真			
渡り線設置	7 日間	7 日間	7 日間
床版取替工事	80 日間	80 日間	80 日間
橋面舗装	10 日間	10 日間	10 日間
渡り線撤去	14 日間	14 日間	14 日間
昼夜連続規制日数	112 日間	153 日間	157 日間
交通混雑期 2車線確保	年末年始・GW ともに可能	不可能	不可能

プレキャストコンクリート防護柵と自在R連続基礎式ガードレールは、いずれも設置能力が約50m/日・班程度であったため、設置延長1kmにつき1班の体制で設置した場合、20日以上を要する。また、いずれの工法でも、防護柵を中央分離帯位置に1つでも設置すれば、それ以降は昼夜連続車線規制が不可避となる。一方で、RZSを用いた場合は、以下の手順で対面通行規制を行うことによって、交通混雑期には路肩に防護柵を移動させることができるため、2車線確保を行うことが可能となる。

表-2に示した設置能力からも分かるように、防護柵の設置が20～30km規模の対面通行規制においても、延長に比例して仮設中央分離帯位置への防護柵設置期間が長くなる従来の仮設防護柵とは異なり、RZSを用いれば防護柵を事前に路肩に設置しておくことで、数時間で防護柵を仮設中央分離帯位置に設置することができる。以上の検討より、富士保全・サービスセンターでは対面通行規制にRZSの採用を決定した。

RZSでは、まずフォークリフトなどでコンクリート防護柵を路肩に設置し、次に路肩に設置した防護柵を、専用のコンクリート製防護柵移動車両を用いて、写真-5や写真-6に示すように対面通行規制の仮設中央分離帯に設置している。

RZSを使用したことにより、車両の対向車線への侵入など、重大な事故は発生しなかった。また、本工事では86日間の対面通行規制中、防護柵のずれは一度も発生しなかった。



写真 - 5 専用車による RZS の移送



写真 - 6 RZS による対面通行規制

4. おわりに

本工事は、昼夜連続対面通行規制の中で施工を行うものであった。対面通行規制の仮設中央分離帯には、日本で初めての試みである、RZSを採用し、安全性を大幅に向上させるだけでなく、今後のリニューアル工事の事業促進や、総規制日数の削減に寄与することができるものであった。

また、無事に対面通行規制が実施できたことは、ご指導・ご協力いただいた皆様と関係各位の多大なる尽力の賜物であり、紙面をお借りして深く御礼申し上げるとともに、本

報告が今後の関係工事の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) NEXCO 東日本・中日本・西日本：設計要領第二集〔橋梁保全編〕2017.7
- 2) 久徳、志道、諸橋：プレキャスト PC 床版の新たな接合構造の開発、プレストレストコンクリート工学会 第 26 回シンポジウム論文集、2017.10
- 3) <http://www.barriersystemsinc.com/road-zipper-for-construction>

【2018 年 7 月 18 日受付】



刊行物案内

更新用プレキャスト PC 床版技術指針

平成 28 年 3 月

定 価 8,000 円／送料 300 円
会員特価 6,000 円／送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会



刊行物案内

既設ポストテンション橋の PC 鋼材調査 および補修・補強指針

平成 28 年 9 月

本工学会「既設ポストテンション橋の PC グラウト問題対応委員会」において、ポストテンション方式の既設 PC 橋の実態把握（健全性・損傷事例の把握や規準等の整理）、PC グラウトの充填性調査手法の把握、PC 鋼材の健全性調査手法の把握、ポストテンション橋の健全性診断の方法検討、PC グラウト充填不足・PC 鋼材損傷の補修・補強の提案等の検討が行われ、その成果を指針としてまとめたものです。

定 価 4,800 円／送料 300 円
会員特価 4,000 円／送料 300 円

公益社団法人 プレストレストコンクリート工学会