

高耐久化を目指した床版取替え (中国自動車道 蓼野第五橋)

西日本高速道路(株) 正会員 工修 ○本荘 清司
 (株)ピーエス三菱 正会員 田中 寛規
 (株)ピーエス三菱 正会員 岩井 利裕

1. はじめに

蓼野第五橋は、中国自動車道六日市IC～鹿野IC間に位置する橋長272.0mの鋼3+2+2径間連続非合成鈹桁橋であり、供用開始から30年が経過した橋梁である。表-1に蓼野第五橋の諸元を示す。本橋は冬の凍結防止剤により床版が塩害劣化しており、これまで各種補修対策を実施してきたが、近年、写真-1に示すように、床版の劣化が顕著となってきたため、抜本的な対策が必要となった。

そこで、ライフサイクルコスト (以下、LCCと言う) の最小化を目指し、高品質かつ高耐久なプレキャストPC床版 (以下、PCaPC床版と言う) に取り替える全面補修を実施した。本橋は、中国自動車道における4橋目の床版取替えであり、これまでの床版取替えで培われた知見を踏まえ、さらなる高耐久化を目指した諸対策を実施したので報告する。なお、図-1、2に側面図、平面図を、図-3、4に概略工程、施工フローを示す。

表-1 蓼野第五橋の諸元

形式	鋼(3+2+2)径間連続非合成鈹桁橋	
橋長	272.000m	
支間	3@36.000m+2@33.500m+2@47.000m	
有効幅員	9.100m	
斜角	$\theta = 75^\circ \sim 94^\circ$	
荷重	(補修前)	TT-43
	(補修後)	B活荷重
平面曲線	A = 350 ~ R = 600 ~ A = 240	
縦断勾配	-3.155% ~ -5.000%	
横断勾配	3.444% ~ 5.000% ~ 2.957%	

2. 高耐久化への諸対策

2.1 高炉スラグ微粉末の使用

中国自動車道の主な劣化要因は、凍結防止剤による塩害である。そこで、これまでの床版取替え¹⁾²⁾と同様に遮塩効果の高い高炉スラグ微粉末 (比表面積6000cm²/g) を早強セメントに50%置換したコンクリートを用いた。また、当該材料は初期の湿潤養生が重要であるため、筆者らの試験結果³⁾を参考に、PCaPC床版には3日間の水中養生を、また場所打ちコンクリートには7日間の散水養生を実施した。写真-2にPCaPC床版の水中養生状況を示す。



写真-1 床版下面の劣化状況

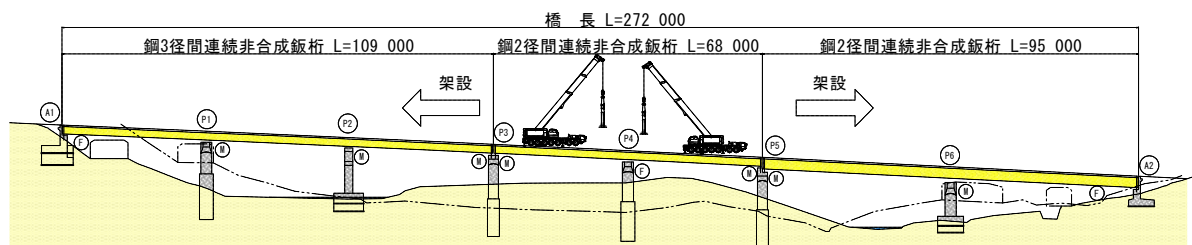


図-1 側面図

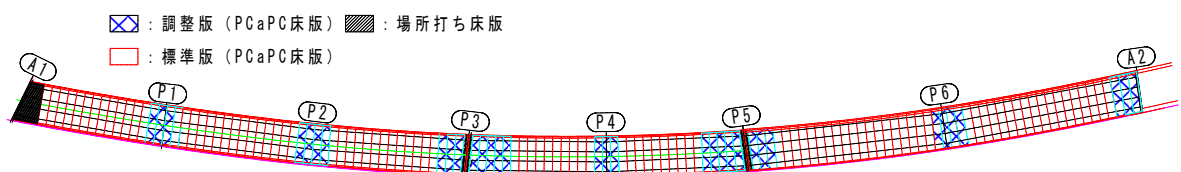


図-2 平面図

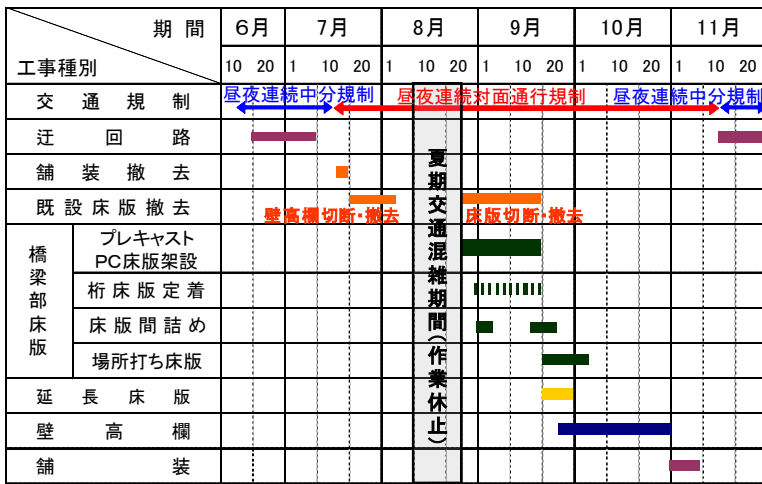


図-3 概略工程

本橋では、PCaPC床版の間詰めコンクリートは橋台背面のポンプ車から約120mの配管打設となり、またループ鉄筋が密に配置された狭小部への打設となる。そこで、施工に先立ち、実施工と同じ長さの配管でポンプ圧送を行ったのちに実際の間詰め部の形状および配筋量を想定した実物大試験体への打設を行い、スランプロス、空気量ロスなどコンクリートの品質および施工性の確認を行った。また硬化後は試験体を切断し、切断面を確認することで充填状況の確認を行った。写真-3に実物大試験体への打設状況および切断面を示す。

2.2 延長床版への剛構造の採用

中国自動車道におけるこれまでの床版取替えでは、伸縮装置からの漏水防止対策として橋台側に延長床版を採用しており、またPCaPC床版との連結部をヒンジ構造としている。ヒンジ構造の延長床版は、活荷重による桁の回転変形に円滑に追従できるが、経年劣化などによりヒンジ部からの漏水が懸念される。そこで、本橋では、止水性能を向上させるために剛構造の延長床版を新たに採用した。ただし、剛構造は桁の回転変形による延長床版の浮き上がり（以下、キックアップと言う）が生じた際のスタッドジベルや鋼桁端部の応力について明らかではないので、キックアップ時の安全性に関する検証のために載荷試験を実施した。図-5にキックアップ時の床版挙動の概念図を示す。

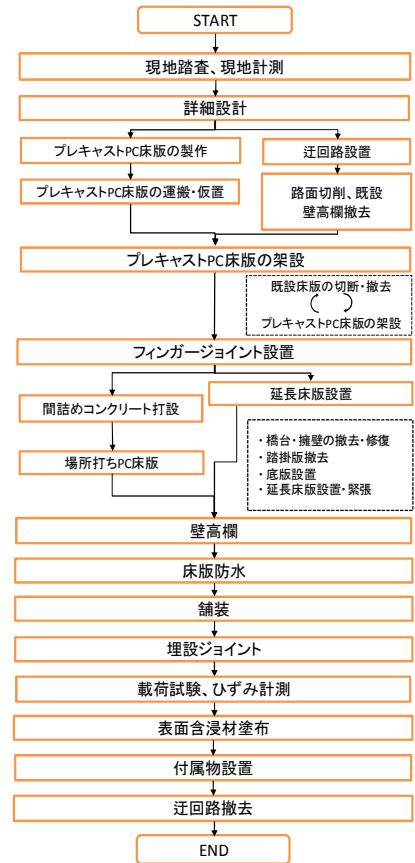


図-4 施工フロー



写真-2 水中養生状況



写真-3 打設試験状況

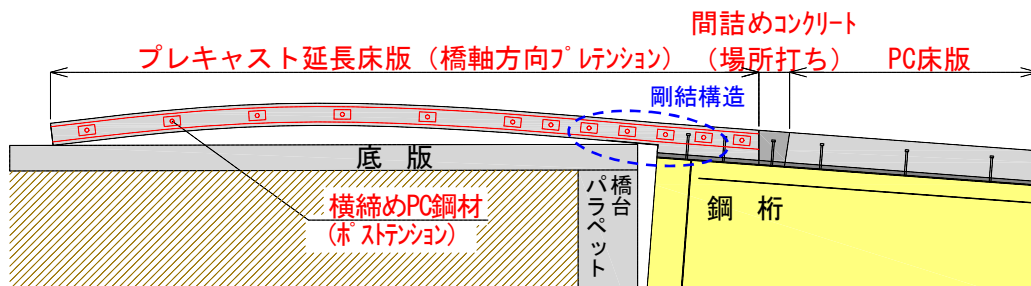


図-5 キックアップ時の床版挙動の概念図

荷重試験は、後輪軸重が200kN、全車両重量が250kNとなるように調整したダンプトラックを支間中央の外桁（G4桁）側に静的に荷重し、G4桁のスタッドジベル、鋼桁ウェブおよび垂直補剛材の着目部位のひずみを計測した。写真-4に試験車両荷重状況を、図-6に鋼桁およびスタッドジベルへのひずみゲージの貼り付け位置を示す。また、計測結果との比較のため、FEM解析により着目部材の応力を算出した。解析モデルは、鋼桁、PC床版および延長床版をモデル化し、荷重試験と同様に支間中央に輪荷重を荷重した。図-7にFEM解析モデルを示す。

表-2に計測値および解析値を示し、図-8に計測値および解析値を記した側面図を示す。

(1) スタッドジベルでの計測

1列目 (①-1) については、解析値よりも小さい圧縮応力が生じ、また2列目 (①-2) については、解析値の引張応力に対し、圧縮応力が生じた。

(2) 垂直補剛材での計測

②では、計測値は解析値よりも大きく、また解析とは異なり圧縮応力が生じた。

(3) ウェブでの計測

桁端側 (③-1) については、計測値が解析値よりも大きく、また支間中央側 (③-2) については、解析とは異なり鉛直方向に圧縮応力が生じた。

計測値は、全ての部位で疲労設計における疲労限界に対して十分な余裕があり、本橋においては、剛結構造の延長床版にキックアップが生じても安全であることが確認された。しかし、計測値の大きさや主応力方向が解析値と異なる箇所も存在するため、精度よく各部材の設計を行うためには、さらなる試験データの蓄積が必要である。



写真-4 試験車両荷重状況

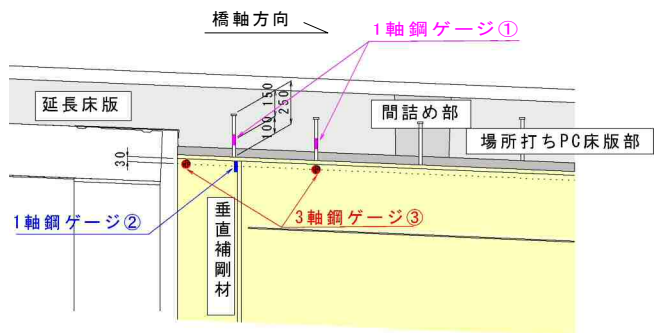


図-6 ひずみゲージ位置

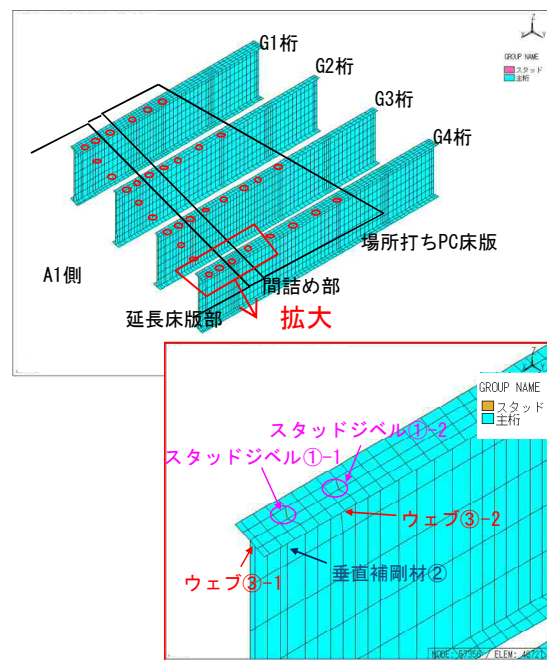


図-7 FEM解析モデル

表-2 計測値・解析値 (応力)

計測箇所	計測値 (N/mm ²)	解析値 (N/mm ²)	疲労限界 (N/mm ²)	備考	
スタッドジベル	①-1	-1.38	-3.93	62	+: 引張 -: 圧縮
	①-2	-2.85	4.84	62	
垂直補剛材	②	-2.22	0.42	32	
ウェブ	③-1	-3.71	-2.68	84	
	③-2	-3.12	16.43	84	

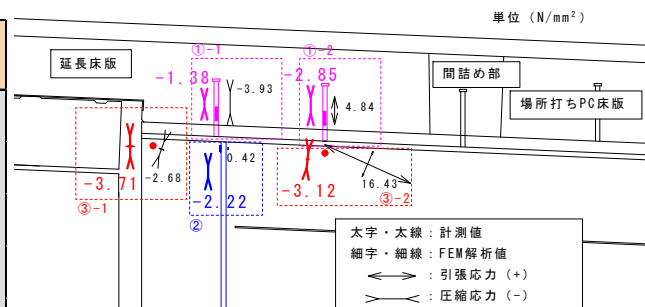


図-8 側面図

2.3 PCaPC床版の積極的な採用

(1) PCaPC床版の割付

本橋では、斜角が比較的小さいA1側の場所打ち床版部、PCaPC床版間の間詰め部および伸縮装置との間詰め部を除き、PCaPC床版を積極的に採用した。場所打ち床版の範囲を最小限とすることにより、工程確保および高耐久化の推進を図ることができた。

(2) 端部増厚版間詰め部の現地計測

伸縮装置や延長床版の近傍においてPCaPC床版を採用したことにより、図-9に示すとおり、桁端付近の「調整版(PCaPC床版)」と「端部増厚版」または「延長床版」との間詰めコンクリート部で比較的急な床版厚のすりつけが生じた。輪荷重作用時の局所的な応力の発生について、FEM解析により当該箇所に応力照査を行うとともに、実構造物を用いた載荷試験によりひずみの計測を行い応力を算出し、計測値と解析値を比較して安全性を検証した。計測値および解析値を表-3に、またFEM解析の応力分布図(水平方向のコンクリート応力)を図-10に示す。コンクリートの計測値は解析値よりも小さな値であった。またループ鉄筋は解析値とは異なり、圧縮応力が作用する箇所があるが、許容応力度に対して十分に余裕がある。精度よく応力分布を把握した設計を行うためには、試験データの蓄積が必要である。

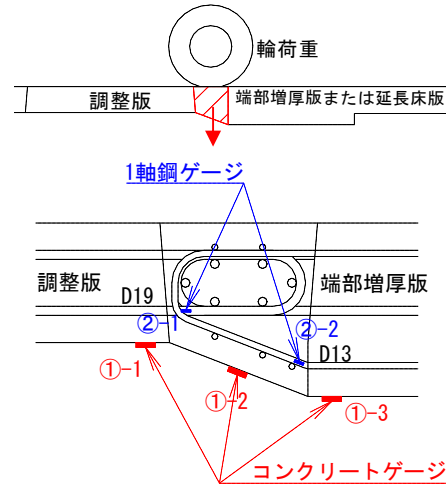


図-9 端部増厚版間詰め部

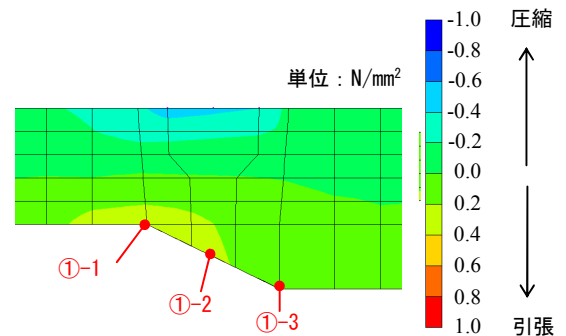


図-10 FEM解析応力分布図

表-3 計測値・解析値(応力)

計測箇所	計測値 (N/mm ²)	解析値 (N/mm ²)	許容応力度 (N/mm ²)	備考	
コンクリート	①-1	-0.14	-0.34	-	+: 圧縮 -: 引張
	①-2	-0.04	-0.25	-	
	①-3	0.06	-0.11	-	
ループ鉄筋	②-1	1.06	0.68	140	+: 引張 -: 圧縮
	②-2	-0.22	0.36	140	

2.4 そのほかの高耐久化対策

これまでの3橋の床版取替えと同様に、高耐久化のための各種対策を実施した。橋面の塩水が床版上面に浸透することを防ぐため、高性能ウレタン防水層を設置した。舗装のレベリング層に水密性の高い碎石マスタックアスファルト混合物を、また表層にハイブリッド舗装用アスファルト混合物を使用した。さらに、場所打ちコンクリート部(壁高欄、場所打ち床版下面)にはシラン系表面含浸材を塗布し、遮塩性の向上を図るなどした。

3. おわりに

中国自動車道では、劣化因子の遮断性能の向上、適切な排水経路の確保に着目し、LCCの最小化を目指した床版取替えを実施してきた。本橋では、これまで蓄積された知見を踏まえて検討を行ってきたが、今後も更なる改善が必要であると考えます。本報告が、今後の床版取替えにおける高耐久化のための参考となれば幸いです。

参考文献

- 1) 本荘ら, 高耐久化を目指した床版取替え-中国自動車道蓼野第一橋-, プレストレストコンクリート, Vol. 54 No. 3 2012,
- 2) 本荘ら, 高耐久化を目指した床版取替え(中国自動車道 吹矢谷橋), 第21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, 2012. 10,
- 3) 本荘ら, プレキャストPC床版の耐久性向上のための一考察, 第22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, 2013. 10