

高耐久化を目指した床版取替え (中国自動車道 下熊谷川橋)

三井住友建設(株) 正会員 ○中島 大樹
 西日本高速道路(株)中国支社 正会員 工博 本荘 清司
 西日本高速道路(株)中国支社 山下 恭敬
 三井住友建設(株) 正会員 中積 健一

キーワード：床版取替え，高耐久化，プレキャスト延長床版，斜角

1. はじめに

下熊谷川橋（下り線）は，中国自動車道の新見ICから北房IC間に位置する橋長88.3mの鋼2径間連続非合成鉄桁橋であり，供用開始から約38年経過した橋梁である。本橋梁は，冬期の凍結防止剤散布により床版の塩害劣化が顕著となったため，高速道路リニューアルプロジェクト（大規模更新・修繕事業）の一環として高耐久なプレキャストPC床版（以下，PCaPC床版）による床版取替えを実施した。写真-1に床版の劣化状況を示す。



写真-1 床版下面の劣化状況

本橋は，桁端部が約 50° の斜角を有しているが，桁端部に延長床版構造を採用している。本橋のような斜角が小さい鋼橋における桁端部は，一般的に PCaPC 床版を配置しづらいため，場所打ち床版部が多くなる。本報告では，その場所打ちコンクリート区間のプレキャスト化および延長床版構造の高耐久化への取組みについて述べる。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を表-1に，側面図（中分側の寸法で表示）を図-1に，平面図を図-2に，断面図を図-3に示す。本橋は，中間橋脚P1の斜角が約90° に対し，端支点A1，A2が約50° である。そのため，中分側と路肩側の鋼桁支間長は最大で10.1mの差がある。

表-1 橋梁諸元

構造形式	鋼2径間連続鉄桁橋
橋長	88.3m
支間長	38.5m + 48.5m
有効幅員	8.9m
斜角	$\theta = 58.3^\circ \sim 50.8^\circ$
平面線形	R = 480m ~ 750m (A=350)
縦断勾配	4.1%
横断勾配	4.1% ~ 3.4%

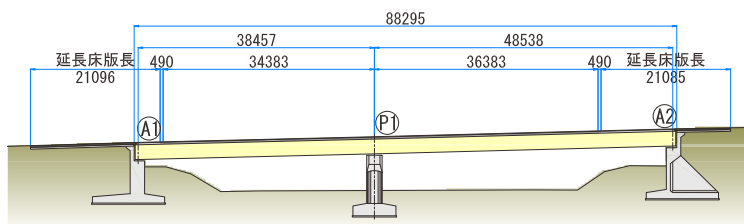


図-1 側面図

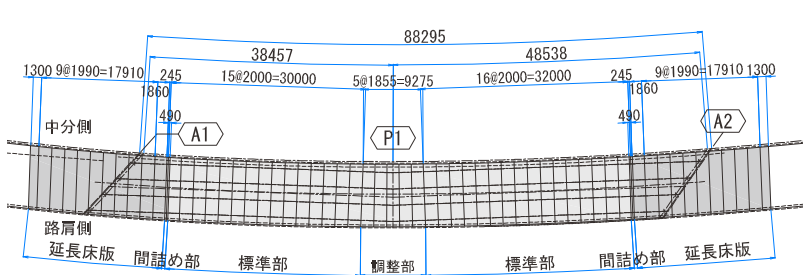


図-2 平面図

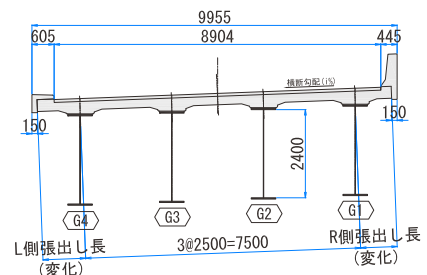


図-3 断面図

3. 高耐久化への取組み

3.1 プレキャストPC床版およびプレキャスト延長床版

中国自動車道の床版の主な劣化原因は凍結防止剤の散布による塩害である。そのため，これまでの

床版取替えと同様に、遮塩効果の高い高炉スラグ微粉末（比表面積6000cm²/g）を50%置換したコンクリート¹⁾を使用した。高炉スラグ微粉末を混合したコンクリートは、品質確保のために初期の湿潤養生が重要である。そこで、打設翌日より3日間は水中養生、その後7日間は高機能マット+散水による湿潤養生を行なった。

これまでの床版取替え工事では、PCaPC床版同士の橋軸方向の接合は、一般にはループ継手構造の採用が多かったが、床版厚が取替え前より厚くなり、死荷重が増えることによる影響が懸念された。そこで、本橋では鍛造により円錐台形状に加工した突起を先端に設けたTrunc-head²⁾を橋軸方向鉄筋に使用した継手工法を採用し、床版厚をループ継手構造を採用する場合より小さい230mmとし、さらにはハンチ形状を最小化して床版重量の低減を図った。

3. 2 プレキャストPC床版とプレキャスト延長床版の接合部

本工事では、中間橋脚P1の斜角は約90°であったため、PCaPC床版同士の接合部が鋼桁に90°となるよう、PCaPC床版は橋軸直角方向に割り付けた。それに対し、桁端部は斜角が約50°であり、プレキャスト延長床版（以下、PCa延長床版）を斜角なりに割り付ける場合、PCaPC床版との接合部となる場所打ち部は、床版横締め鋼材の配置を考慮すると、橋軸方向長さが長辺で約17m、短辺で約10mと大きくなる。高耐久化を図るには、工場製作の高品質なPCa部材を多く採用し、場所打ち部を小さくすることが望ましい。そこで、PCa延長床版を鋼桁上にも掛かる位置まで延長し、PCaPC床版部との接合部となる場所打ち部をPCaPC床版同士の接合部と同じ大きさとして、床版横締め鋼材を配置しない構造とした。

PCa延長床版は、鋼桁上にも配置されるため床版としての性能が要求されること、および運搬時の形状を考慮して、PCaPC床版と同じ橋軸直角方向に割り付けた。A2延長床版の側面図を図-4に、平面図を図-5に示す。なお、底版はパラペット背面の延長床版を支持する範囲で、一般的な橋軸方向に割り付けたプレキャストRC版とした。

4. プレキャスト延長床版部の検討

4. 1 プレキャストPC床版との接合部の検討

(1) 接合部の配筋

本橋のPCa延長床版とPCaPC床版の部材厚はそれぞれ260mmと230mmと異なるため、それらの接合部では厚さの異なる部材を接合することとなる。また、桁端部は斜角が小さく、桁端部近傍は複雑な挙動を示すことが懸念された。そこで、接合部の橋軸方向の継手構造は輪荷重走行試験により耐久性が確認されたTrunc-head継手構造を採用し、部材厚の大きいPCa延長床版からは、

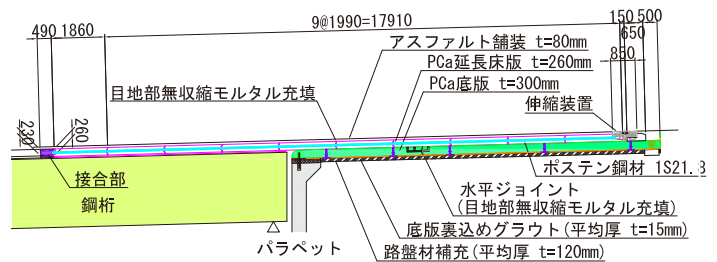


図-4 A2延長床版側面図

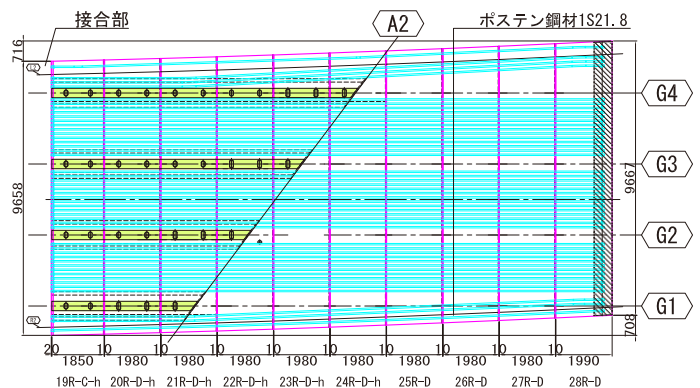


図-5 A2延長床版平面図

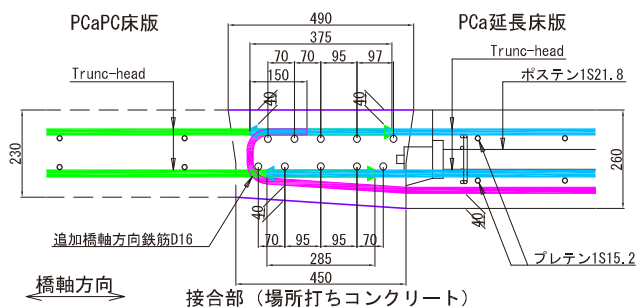


図-6 接合部配筋概要図

下縁側に橋軸方向鉄筋を追加配置することとした。接合部概要図を図-6に示す。

(2) 接合部の位置

延長床版は、鋼桁部のたわみに追従して延長床版が底版より浮き上がるキックアップ挙動が発生し、桁端部の延長床版上縁には大きな引張応力が発生する。接合部を桁端部付近に設けた場合、その引張応力により損傷が生じ、耐久性が低下することが懸念される。そこで、接合部は3次元FEM解析により、設計荷重時においても床版上縁に大きな引張応力が発生しない位置とした。

4. 2 プレキャストPC床版同士の接合

桁端部は斜角が小さく局部応力の発生が懸念されたため、鋼桁および床版をモデル化した3次元FEM解析を行なった。解析の結果、桁端部近傍にはキックアップ挙動により約 -6N/mm^2 の引張応力が発生することを確認したため、PCa延長床版にはポストテンション方式でプレストレスを導入しフルプレストレスとするPC構造を採用し、さらに鋼桁上のPCa床版と剛結された構造とし高耐久化を図った。

PC鋼材には1S21.8を使用し、効率よくプレストレスが導入されるよう、PCa延長床版と鋼桁が一体化されていない、高さ調整モルタル打設前に緊張した。

PCa延長床版同士の接合部には無収縮モルタルによる10mmの目地を設け、さらには高さ30mmのコンクリートせん断キーを設けた。延長床版施工状況を写真-2に示す。



写真-2 延長床版施工状況

4. 3 斜角の影響に対する検討

斜角が小さい影響を把握するため、3次元FEM解析により、桁端部の斜角を 50° としたモデルと斜角を 90° としたモデルを作成し、その挙動の比較を行なった。検討の結果、L荷重を載荷した場合は、支間長が最も長い桁の端支点付近において、斜角 50° モデルが斜角 90° モデルに対し引張応力度が

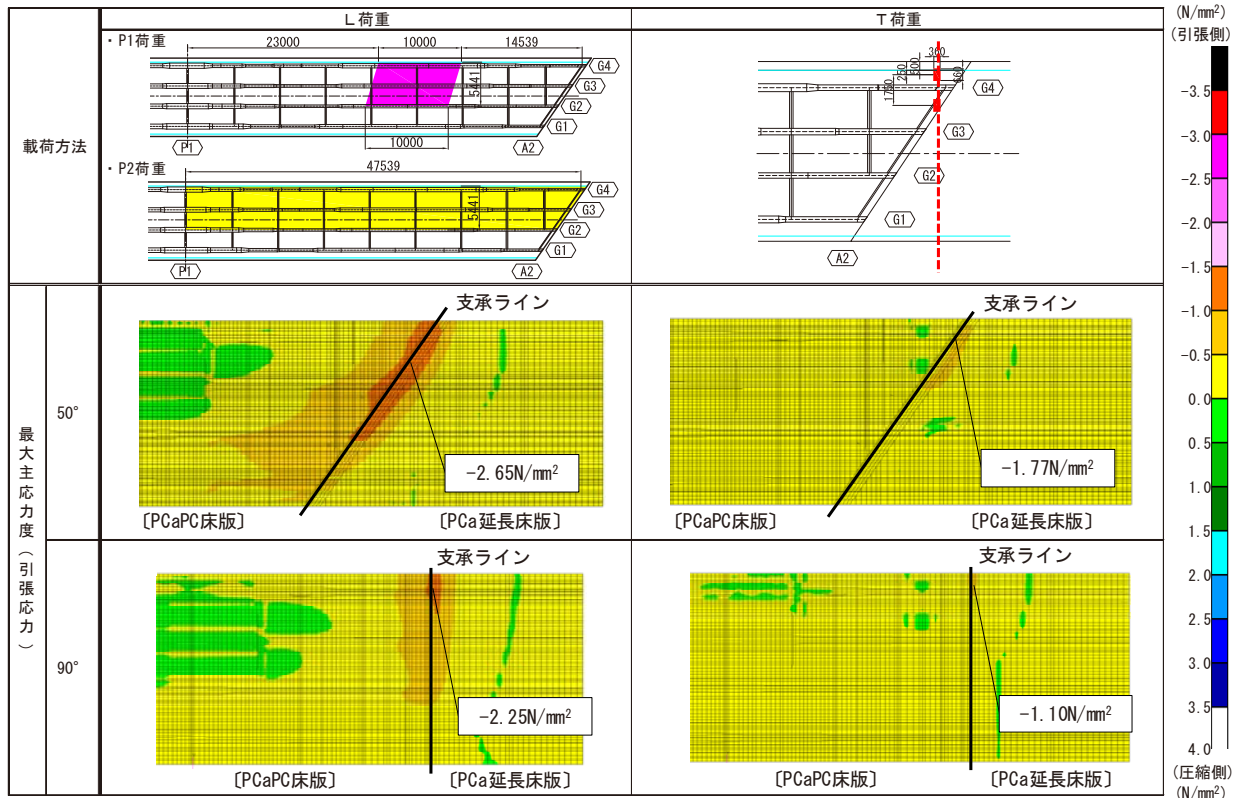


図-7 斜角の影響を考慮した3次元FEM解析結果

1.2 倍となった。T 荷重を載荷した場合は、支間長が最も長い桁の端支点付近において、斜角 50° モデルが斜角 90° モデルに対し引張応力度が 1.7 倍となった。3次元 FEM 解析結果を図-7に示す。

3次元 FEM 解析において、斜角が小さいことにより桁端部近傍の引張応力が大きくなることを確認したため、本橋では斜角をモデル化した3次元 FEM 解析において発生した応力度に対して制限値を満足する PC 鋼材量を PCa 延長床版に配置した。

4. 4 実橋の静的載荷試験および移動量計測

本橋の延長床版は桁端部の斜角が小さく鋼桁上の床版と剛結された構造であり、これまでに実績のない構造である。そこで、設計の妥当性を確認するため、10tonダンプトラック 4台を使用して静的載荷試験を行ない解析値との比較を行った。試験では、端支点近傍と接合部のひずみ、および、桁のたわみを計測し、設計で用いた解析モデルによる事前解析結果と概ね同じ値となることを確認した³⁾。

また、本橋の延長床版の底版上の長さは長辺で15mと長く、短辺が8mでその差も7mであり、これまでの実績⁴⁾よりも底版と延長床版との接地面積が広い構造である。このため、設計の大前提である温度変化による鋼桁の移動が延長床版により拘束され滑らないことが懸念されたため、延長床版と底版との変位差を計測した。舗装施工時は合材温度により一時的に外気温とは一致しないが、それ以外は概ね外気温の変化に応じた延長床版の移動量の設計値と計測値が一致し、路肩側と中分側の移動量の差もほとんどなく延長床版は底版上を滑っていることを確認した(図-8)。供用後においても、定期的にモニタリングを行い、滑走を確認する予定である。以上より、本工事で実施した延長床版の設計手法の妥当性を確認できたと考える。

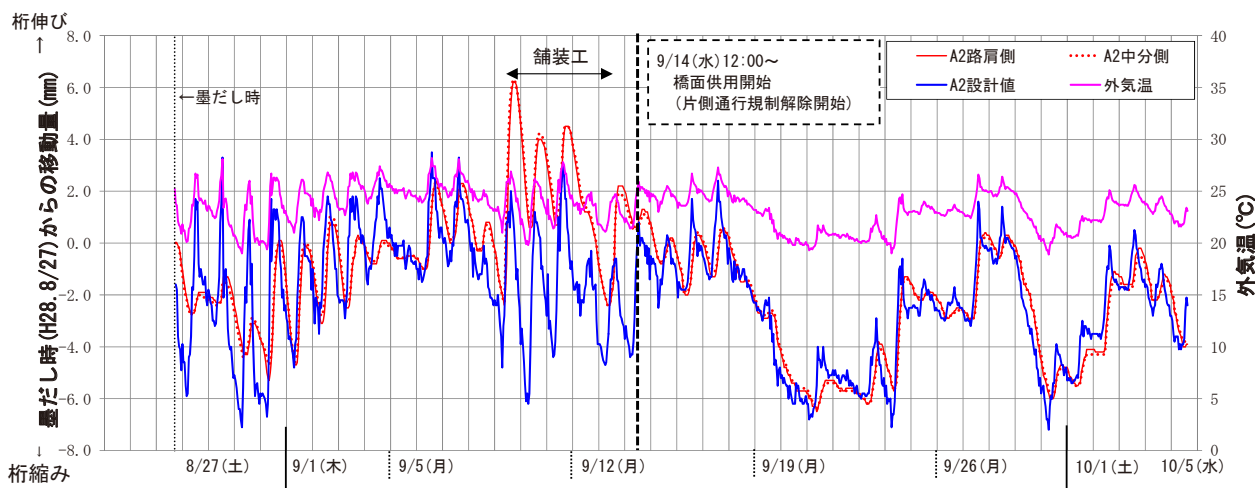


図-8 A2 延長床版移動量計測結果

5. おわりに

本報告では、桁端部の斜角が約50°である鋼連続鉄桁橋の床版取替えにおける高耐久化への取組みについて述べた。本報告が今後の同種橋梁の計画や設計・施工の参考となれば幸いである。

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5橋），第23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，2014. 10
- 2) 三加ら：端部拡張鉄筋を用いたプレキャストPC床版継手の開発，第26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，2017. 10に投稿中
- 3) 清水ら：斜角の小さい橋梁の床版取替について，土木学会第72回年次学術講演会，2017. 9に投稿中
- 4) 橋野ら：床版取替え工事による耐久性向上への取組み（中国道矢野川橋），第18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，2009. 10