

高耐久化を目指した床版取替え (中国自動車道 下九田川橋)

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
 極東興和(株) 正会員 谷 慎太郎
 極東興和(株) 正会員 村上 力也

キーワード：床版取替え，高耐久化，プレキャスト延長床版，斜橋

1. はじめに

下九田川橋(下り線)は，中国自動車道の山口 JCT～小郡 IC 間に位置する橋長 89m の鋼 2 径間連続非合成鈹桁橋であり，供用開始から 42 年経過している。本橋は，冬期の凍結防止剤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の一環として高耐久なプレキャスト PC 床版に取り替えた。本橋の特徴は，桁端部が約 30°の斜角を有しており，桁端部に延長床版を採用して剛構造とし，延長床版同士は橋軸方向にポストテンション方式でプレストレスを導入する PC 構造を採用して高耐久化を図った。本報告では，斜角が小さい橋梁におけるプレキャスト延長床版の設計・施工について報告する。

2. 橋梁概要

本橋の橋梁諸元を表-1に示す。また，橋梁の側面図，断面図，床版割付図をそれぞれ図-1，図-2，図-3に示す。

表-1 橋梁諸元

構造形式	鋼2径間連続非合成鈹桁橋
橋長	89.794m
支間長	44.873m+42.993m
有効幅員	11.749 ~ 11.946m
斜角	$\theta = 32^{\circ} 0' 0''$
平面線形	A=300 ~ R=500m
縦断勾配	0.70%
横断勾配	2.00 ~ 6.00%

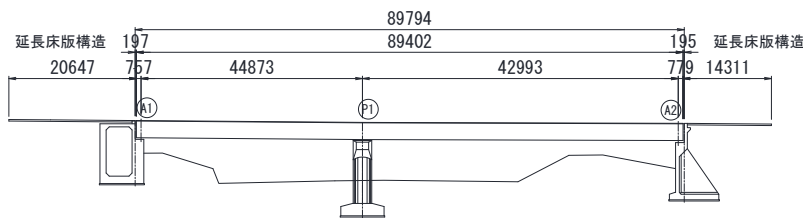


図-1 側面図

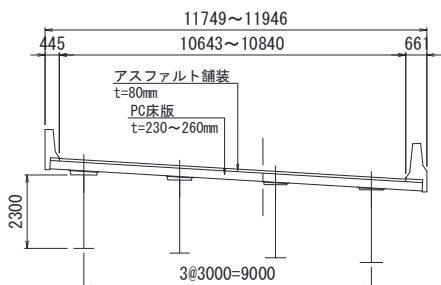


図-2 断面図

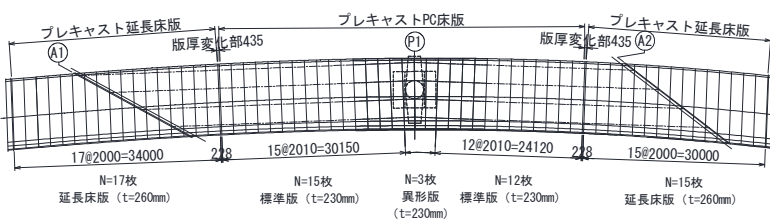


図-3 床版割付図

3. 高耐久化を目指した取組み

3.1 高炉スラグ微粉末混和コンクリートの使用

中国自動車道では冬期に凍結防止剤を散布するため，塩害が床版の主な劣化要因となっている。このため，過去の実績を踏まえ，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を使用した。高炉スラグ微粉末を混入したコンクリートの性能を発揮させるためには，初期養生が重要となることから，蒸気養生を実施した後 3 日間の水中養生を行った。

3. 2 プレキャスト PC 床版同士の接合 (RC 接合)

プレキャスト PC 床版同士の橋軸方向の接合方法としては、輪荷重走行試験により疲労安全性が確認されているエンドバンド鉄筋 (鉄筋の先端に鋼製バンドを圧着した鉄筋) を使用した継手りを採用した。

3. 3 プレキャスト延長床版同士の接合 (PC 接合)

本橋は桁端部の斜角が小さいことから、格子解析では評価できない局部応力が発生することが懸念されたため、本橋の全体構造をモデル化した 3 次元 FEM 解析を実施し、活荷重載荷による延長床版浮き上がり時の挙動を算定した。床版上縁の主応力コンター図を図-4 に示すが、浮き上がりに伴う局部応力として桁端部付近の床版上縁に約 9N/mm² の引張応力が発生することを確認した。この局部応力に対し、鉄筋補強のみでは対処できないレベルであるので、プレキャスト延長床版の橋軸方向はポストテンションによるプレストレスを導入する PC 接合とし、高耐久化を図った。

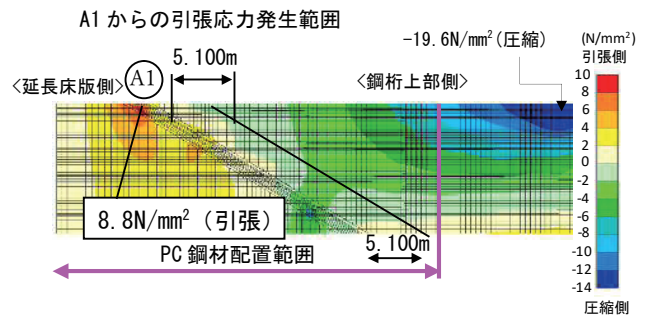


図-4 延長床版浮き上がりの FEM 解析結果 (床版上縁の主応力コンター図)

PC 鋼材は 1S21.8 を使用し、必要となる桁端部付近だけでなく、延長床版の浮き上がりにより解析上で床版上縁に引張応力が生じる範囲を包括できる位置まで伸ばして定着する構造とした。

なお、斜角約 50 度の橋梁において、同様の FEM 解析による検討が実施されており、検討の結果、活荷重載荷による浮き上がりに伴う局部応力は約 6N/mm² の引張応力が発生しているとの報告がある²⁾。斜角が約 32 度と小さい本橋の方が局部応力が大きい点を考慮すると、斜角が小さくなるに従い局部応力は増大する傾向となることが示唆される。

3. 4 プレキャスト PC 床版とプレキャスト延長床版の接合 (RC 接合)

プレキャスト PC 床版の厚さは 230mm、プレキャスト延長床版の厚さは 260mm となるため、床版厚の変化区間を設ける必要がある。版厚変化部の接合は図-5 に示すようにエンドバンド継手を用いた RC 接合構造とし、部材厚の大きい延長床版の下縁には用心鉄筋を追加配置した。

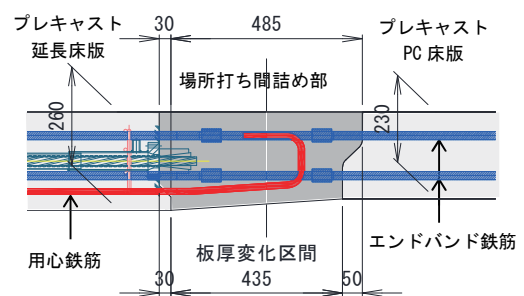


図-5 版厚変化部構造概要

3. 5 排水ます設置版の補強

排水ますが設置されるプレキャスト PC 床版は、排水ますを避けてプレテンション PC 鋼材を配置する必要があり、PC 鋼材間隔が広くなる箇所が生じる。このような PC 鋼材配置の場合、版端部の中央付近に引張応力が発生することが懸念された。実構造を模した 3 次元 FEM 解析を実施した結果、図-6 のように約 2N/mm² の引張応力の発生が認められたため、有害なひび割れの発生を抑制するため、D19 補強鉄筋を 3 本追加配置し、高耐久化を図った。

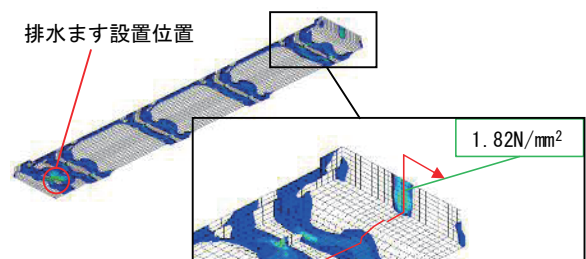


図-6 排水ます設置版 FEM 解析結果

4. ラーメン式橋台に対応した延長床版の底版構造

4. 1 現地状況への対応における課題

本橋の A1 橋台は写真-1 のようにラーメン式橋台となっており、延長床版を設置する場合、頂版上の土被りが小さく底版設置高さの確保が困難な状況である。図-7 のように橋梁全体を嵩上げすれば標準的な底版 (t=300mm) の施工は可能であるが、200mm 以上の嵩上げが必要となることで、橋梁部のハンチ高さが過大に大きくなり、全体の死荷重が増加し、既設鋼桁の負担が大きくなるなどの問題が生じる。一方、図-8 のようにラーメン式橋台の頂版とパラペットの一部を撤去・再構築すれば橋梁全体の嵩上げは不要となるが、施工期間が長期化し、交通規制期間内の施工が困難である。



写真-1 A1 ラーメン式橋台

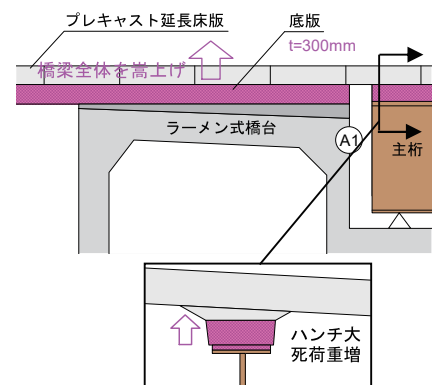


図-7 橋梁全体の嵩上げ案

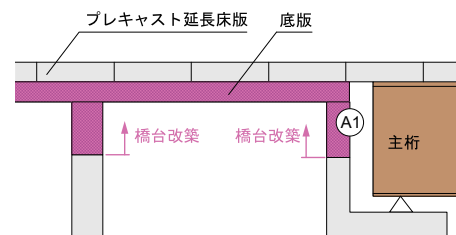


図-8 橋台改築案

4. 2 薄肉プレキャスト底版の採用

上記の課題に対応するため、超高強度繊維補強コンクリートを使用した薄肉プレキャスト底版を製作し、図-9 に示すラーメン式橋台上に設置する構造を採用した。薄肉プレキャスト底版と橋台頂版は場所打ちの均しコンクリートと裏込めグラウトにより一体化し、橋台部以外の土工部範囲は通常の300mm厚のプレキャスト底版を配置した。これにより、橋台の大規模な改築を行わずに、プレキャスト底版を構築することができる。

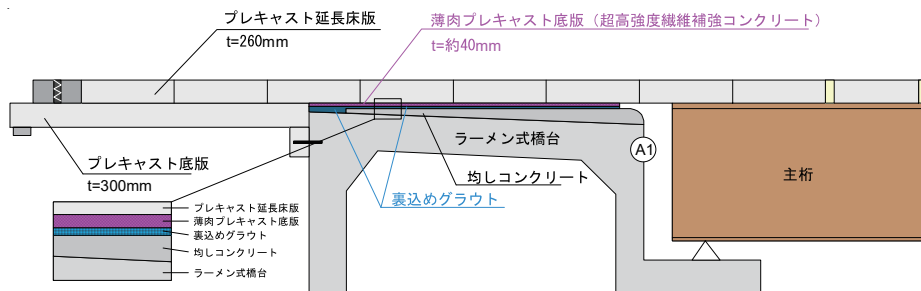


図-9 A1 橋台上の底版構造概要

4. 3 事前確認事項

(1) 既設橋台の健全性

A1橋台上の底版構造として、薄肉プレキャスト底版を設置する場合、既設のラーメン式橋台頂版も部材の一部として荷重に抵抗する必要がある。そのため、既設のラーメン式橋台の頂版部が健全であることが、本構造採用の条件となる。そこで、本構造を採用するにあたり、事前に部分的な試掘調査を行い、目視点検やリバウンドハンマーによるコンクリート強度の推定、中性化試験、鉄筋探査を実施し、頂版が健全であることを確認した。

(2) 裏込めグラウトの充填性

裏込めグラウトを介して既設頂版との一体性を確保するため、薄肉プレキャスト底版の裏面は凹凸を設け、せん断抵抗性を高める構造とした。裏込めグラウトは薄肉プレキャスト底版を敷設したのち、狭隘な空間に充填する必要があるため、確実な充填性を確保できる構造や施工方法を検討した。

裏込めグラウトには、延長床版と底版間のすべりにより生じる摩擦によってせん断力が作用するため、せん断抵抗性に配慮して細骨材入りのセメント系無収縮グラウト材を選定し、狭隘部への充填となることから、骨材径が小さく流動性が高い流し込みに適用できる材料とした。

選定した材料により充填性の確認を行うため、実構造の一部を模した実物大試験体により、施工確認試験を実施した。施工確認試験ではグラウト充填確認センサーによるモニタリングや充填後のコア採取にて充填性を確認し、充填性が確保できる凹凸形状(図-10)を採用した。写真-2に実物大試験体による充填確認状況を示す。また、薄肉プレキャスト底版に設けるグラウト注入・排出口の配置も実物大試験体による施工確認試験で確認を行い、実際の現地施工に向けた施工要領(充填確認センサー設置位置は最頂部に設ける、薄肉プレキャスト底版4枚範囲を1分割区間として注入、裏込め部温度が30℃以下となる施工時間帯を選定、振動付加は外部振動機を用いる、など)を決定した。写真-3に実際の現地における施工完了時の状況を示す。

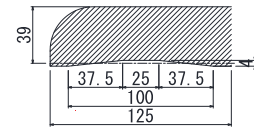


図-10 凹凸形状概要

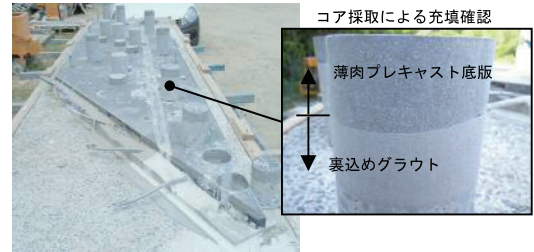


写真-2 裏込めグラウト充填確認状況

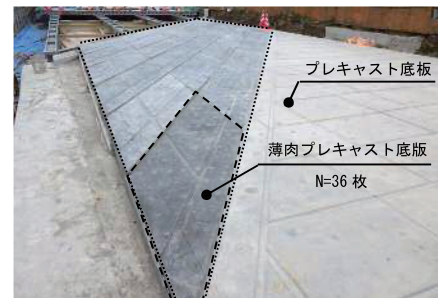


写真-3 薄肉プレキャスト底版施工完了

5. 実橋における延長床版挙動計測

斜角が小さく延長床版と底版の設置面積が広がる本構造が、延長床版としての機能を有していることを確認するため、延長床版の移動量を計測し、外気温の変化に追従して挙動していることを確認した。図-11に延長床版挙動を示す。なお、本橋と同様の構造を採用した斜角約50度の実橋計測においても、外気温の変化に追従した延長床版の挙動が確認されており²⁾、斜角30~50度までの橋梁における本延長床版構造の適用性が確認されたものと考えられる。

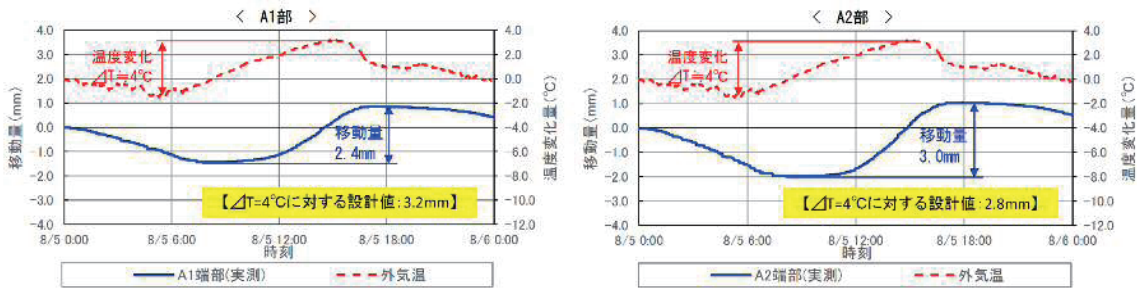


図-11 外気温の変化に伴う延長床版挙動

6. おわりに

本橋は、斜角約30度という条件下での床版取替え工事であり、前例の少ない工事であった。山間部や河川横過部では類似の床版取替えが想定されるため、本報告が今後の同種橋梁の計画や設計・施工の一助となれば幸いである。

参考文献

- 1) 原健吾ら：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，2010.10
- 2) 中島大樹ら：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），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