

中国自動車道 (福崎IC～佐用IC) における床版取替えの施工

オリエンタル白石(株) ○亀崎 誠志
 西日本高速道路(株) 杉本 浩
 西日本高速道路(株) 岡崎 宗一郎
 オリエンタル白石(株) 正会員 福島 夏樹

キーワード：床版取替え，プレキャストPC床版，高耐久化，工期短縮

1. はじめに

1970年代の高度成長期に建設された日本の高速道路橋は、使用開始から既に30年以上経過しているが、経年劣化、車両の大型化や交通量の増加による疲労、飛来塩分や凍結防止剤の散布などによる塩害が問題となっている。その中でも鋼橋のRC床版の損傷が著しく、大規模更新事業として、床版取替え工事を進めている。

本稿は、中国自動車道(福崎IC～佐用IC)の床版取替え工事事例および当該工事における高耐久化や工期短縮に対する取り組みを報告する。

2. 工事概要

中国自動車道(福崎IC～佐用IC)は、1975年に供用を開始した山間部に位置する高速道路である。この区間では、経年劣化に加え冬季の凍結防止材散布の影響により、RC床版の老朽化が著しく、1995年頃より、床版補修や補強対策を実施してきた。しかし、これらの対策による一定の延命化は図れたものの、補強対策後の10年程度で再劣化が確認され、2010年より順次、プレキャストPC床版(以下、PCaPC床版という)への取替えを実施し、2016年より大規模更新事業として事業を進めている。本区間における床版取替え事例を表-1に示す。

表-1 中国自動車道(福崎IC～佐用IC)での床版取替え実績

| 橋名 | A1橋 | B1,B2橋 | A2橋 | C橋 (上り線) | D1,D2橋 | E1,E2橋 | F1,F2橋 |
|--------------|------------------|--------------|------------------|--------------|--------------|--------------|------------------|
| 橋長 (m) | 303.9 | 2@69.1 | 303.3 | 87.5 | 75.8,64.8 | 82.8,96.8 | 226.7 |
| 全幅員 (m) | 10 | 10.53, 9.95 | 10 | 10.2 | 2@11.4 | 2@11.4 | 2@11.4 |
| 斜角 (°) | 90 | 45 | 90 | 50 | 90 | 90 | 63 |
| 構造型式 | 鋼(3@3径間)連続非合成鉄桁橋 | 鋼2径間連続非合成鉄桁橋 | 鋼(5+4径間)連続非合成鉄桁橋 | 鋼3径間連続非合成鉄桁橋 | 鋼3径間連続非合成鉄桁橋 | 鋼3径間連続非合成鉄桁橋 | 鋼(2+3径間)連続非合成鉄桁橋 |
| PCaPC床版の設置方向 | 鋼桁直角方向 | 斜角方向 | 鋼桁直角方向 | 鋼桁直角方向 | 鋼桁直角方向 | 鋼桁直角方向 | 斜角方向 |
| 橋梁端部 | 場所打ち床版 | PCaPC床版 | PCaPC床版 | PCaPC床版 | PCaPC床版 | PCaPC床版 | PCaPC床版 |
| PCaPC版枚数 | 132 | 2@32 | 142 | 46 | 37,32 | 41,48 | 2@103 |
| 施工年度 | 2014 | 2015 | 2016 | 2016 | 2016,2017 | 2016,2017 | 2017,2018 |

3. エンドバンドによる橋軸方向継手

現在、床版は橋軸直角方向がPC構造で橋軸方向がRC構造としているのが一般的であり、橋軸方向のRC接合方法はループ継手が用いられている場合が多い。ループ継手は接合部の鉄筋を曲げ加工する必要があるため、曲げ半径の制約により床版厚を厚くせざるを得ない場合がある。

床版厚の増加は、死荷重増加による鋼桁の耐力低下や下部構造の耐震性への影響などが危惧されることから、できるかぎり床版厚を薄くすることが望まれる。そこで、本区間のC橋の一部を除く11橋の床版取替え工事では、床版厚の低減と耐久性および施工性の向上を目的として、床版部材での継手構造としての性能が確認されているエポキシ樹脂塗装を施したエンドバンド継手(写真-1)を採用した。

PCaPC床版を用いる場合、床版支間から定まる最小床版厚は170mmである。一方、PCaPC床版の橋軸方向の接合方法をRC構造とし、一般的なループ継手を用いた場合は、ループ継手の曲げ内半径の制約や必要かぶり(施工誤差に対する余裕を含む)から床版厚は240mmとなり、既設床版(建設時)に比べて約15~20%の増加となる。これに対して、エンドバンド継手を用いた場合の床版厚は220mmとなり、約5~10%の増加となり、ループ継手と比較し約10%の床版厚の低減が図れた(図-1)。

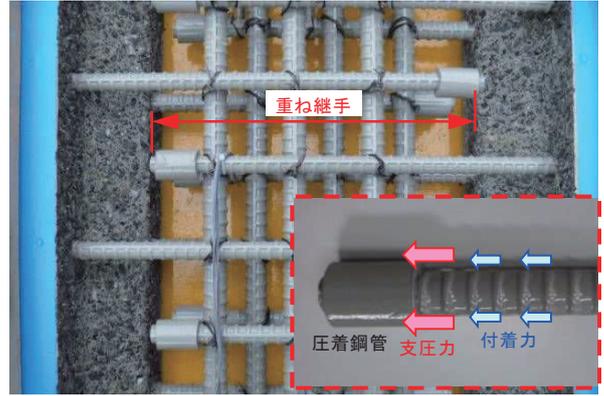


写真-1 エンドバンド継手

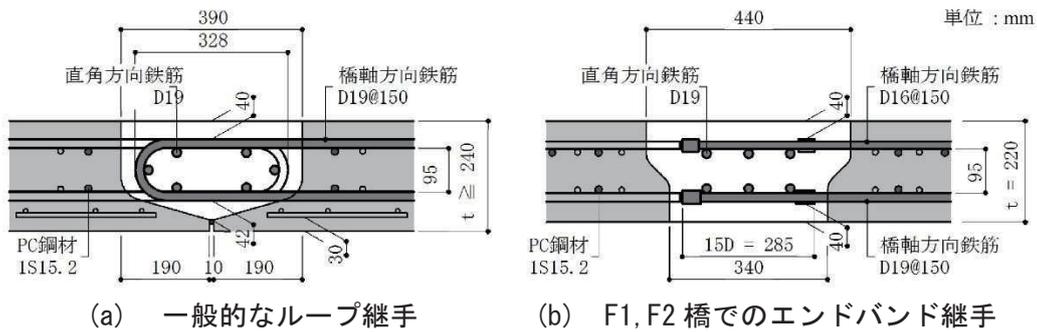


図-1 PCaPC床版のRC接合方法の比較

4. 高耐久化に対する試み

中国自動車道における床版劣化の主要因である冬期の凍結防止剤散布による塩害に対して、耐久性の高い構造物とする必要がある。そのため、劣化因子を遮断する性能を向上させること、劣化因子が浸入しにくい材料および形状の選定が求められる。以下に、高耐久化のための各種対策について述べる。

4.1 高炉スラグ微粉末の使用

PCaPC床版のみならず、工事箇所近傍のコンクリートプラントが供給元となる間詰め部や端部場所打ち部のコンクリートに、高炉スラグ微粉末(比表面積 6000cm²/g)を50%の割合で置換した。

高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの塩化物イオン浸透抑制効果は、「電気泳動によるコンクリート中の塩化物イオンの実効拡散係数試験方法(案)(JSCE-G 571-2010)」にて確認¹⁾されている。この試験に基づき得られた見掛けの拡散係数を図-2に示す。通常の高強セメントのみの配合に比較して、高炉スラグ微粉末を混合した配合の見掛けの拡散係数は、1/10程度となっている。なお、PCaPC床版は、材齢7日まで水中養生を実施した。写真-2に養生状況を示す。

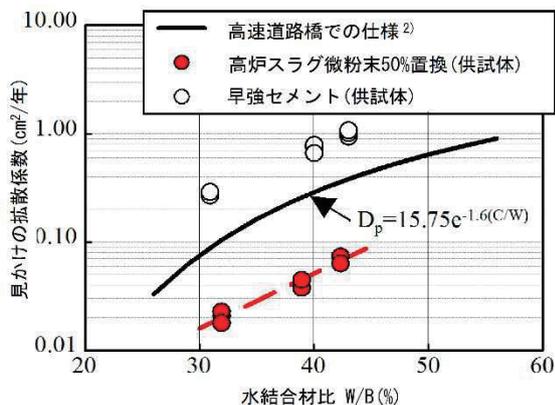


図-2 高炉スラグ混合コンクリートの拡散係数



写真-2 水槽による水中養生状況

4.2 膨張材の使用

一般に高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートは、早強セメント単味コンクリートと比較して、自己収縮および乾燥収縮による初期ひび割れが生じやすく、耐久性の低下を招く初期ひび割れの発生が懸念される。そこで硬化初期の段階で膨張効果が期待できる膨張材を混合した。

膨張材の使用にあたっては、コンクリート試験練り時に、拘束膨張試験 (JIS A 6202) を実施して、収縮補償用コンクリートとしての膨張性能 (150 μ ~ 250 μ) が確保されていることを確認した。

5. 工期短縮に対する試み

床版取替えは、上り線または下り線の昼夜連続対面通行規制を実施して、上下1車線を供用した状態で当該車線を全幅一括で取り替える方法とした。表-1に示す床版取替え工事は、比較的交通量が少なく、かつ、積雪がない期間となる「5月中~8月中」と「9月初~11月末」の約90日間で実施してきた。加えて、これらの橋梁の周囲には民家があることから、作業時間も「8:00~21:00」に限定された工事であった。A1橋の工事工程を図-3に示すが、床版取替え工事における迂回路工と舗装工を除くと、床版取替え工としては約70日の期間で実施されている。

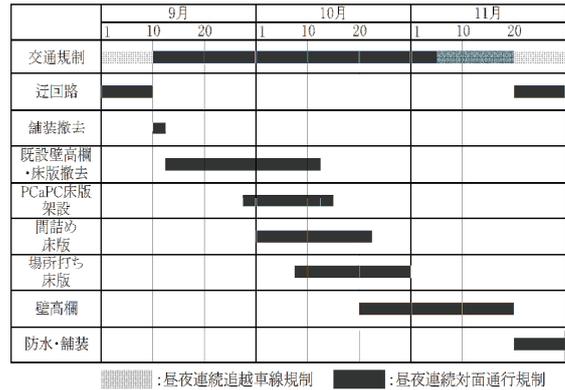


図-3 A1橋における工事工程

今後、重交通路線での工事規制に伴う一般車両の渋滞緩和、第三者影響の低減を目的として、工期短縮を図る必要があった。以降に、一連の工事での工期短縮に対する試みを示す。

5.1 端部場所打ち床版部へのPcaPC床版の採用

橋梁端部は、PCaPC床版の設置誤差の吸収や伸縮装置設置のため、一般的には場所打ち施工で施工されてきた。しかし、端部の場所打ち床版の施工は、7日間程度の期間を要する。この端部場所打ち床版をPCaPC床版に変更することにより、5日間程度の工程短縮が図れることから、B橋以降は、橋梁端部においてもPCaPC床版を採用した。

5.2 壁高欄の施工合理化

床版取替え工事の工程において、壁高欄の施工による期間は約15%の大きな割合を占める。従来は現地にて、鉄筋・型枠組立の上、コンクリート打設・養生を実施していた。一連の工事における壁高欄の施工合理化について、概要および施工状況に加えて、当該工事での施工歩掛実績を表-2に示す。

表-2 壁高欄の施工合理化に対する取組

| Case | Case-1 | | Case-2 | | Case-3 | | Case-4 | |
|-------|--------------|---------|--------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 橋名 | A1, B1, B2 橋 | | D1, E1, E2 橋 | | F1 橋 | | D2 橋 | |
| | 工場製作 | 現場施工 | 工場製作 | 現場施工 | 工場製作 | 現場施工 | 工場製作 | 現場施工 |
| 構造概要 | | | | | | | | |
| 施工状況 | | | | | | | | |
| 施工歩掛* | 型枠工 15.5 | 鉄筋工 4.9 | 型枠工 7.3 | 鉄筋工 3.8 | 型枠工 5.8 | 鉄筋工 1.6 | 型枠工 5.2 | 鉄筋工 6.1 |
| | 合計 20.4 | | 合計 11.1 | | 合計 7.4 | | 合計 14.3 | |

*: 日/100m/4人工

5.3 工期短縮の効果

その他の施工上の工夫や架設重機の大型化による日当たりのPCaPC床版架設枚数の増加などにより、工程短縮を図った。これらの工程短縮に対する施策の結果、当初工事では、約70日の期間を要していたが、直近のF1橋での床版取替え工の期間としては約50日となり、20日間程度の短縮が図れた。

6. 今後の課題

今後、床版取替え工事の施工箇所は、都市部近郊の重交通路線下となり、一般車両に対する影響の最小化を図る必要がある。以降に、今後取り組むべき課題について記す。

6.1 間詰め床版施工の合理化

従前の床版取替え工事では、橋面積の約20%程度、現場施工となる間詰め床版が占める。この間詰め床版は、工程短縮化に対する阻害要因の一項目であるとともに、現場施工であることによる床版構造の品質低下のリスクも懸念される。したがって、この間詰め床版部の最小化は、工程短縮および品質確保の観点より有用であると考えられる。

D1橋で部分的に試験施工として間詰め床版の最小化が可能な「コッター継手床版」(くさび金物を床版厚方向に打込み、ボルトにて締付ける継手方式)を採用した。コッター継手床版の概要を図-4、施工状況を写真-2に示す。なお、このコッター継手については、輪荷重走行載荷試験などの各種実験により、床版部材として所定の継手性能を有していることを確認している。

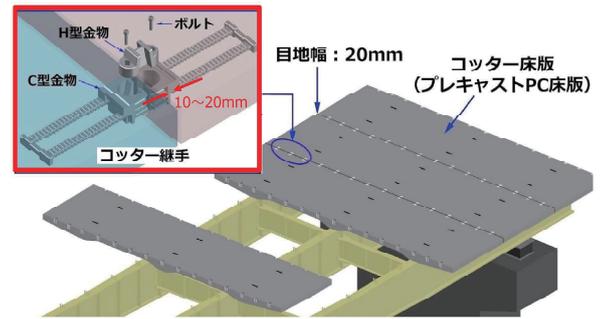


図-4 コッター継手床版の概要



(a) 架設状況

(b) トルク導入状況

写真-2 コッター継手床版施工状況

6.2 半断面による反復施工

床版取替え工事における交通規制は分離断面となっている上下4車線のうち片側2車線を完全に封鎖する。その上、他車線側を対面2車線通行として、床版取替えを実施する。

しかし、都市部近郊での重交通路線では、社会的影響を抑制するために、工事期間中でも、4車線を確保することが必要となることも想定される。このとき、断面分割による反復施工が必要となる(図-5)。この断面分割による反復施工は、数事例しか実施されておらず、施工目地部での接合方法や効率的な施工方法など、今後の課題として取り組む必要がある。

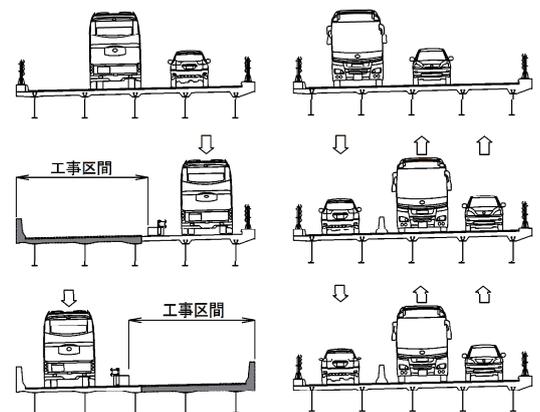


図-5 断面分割による反復施工の要領案

7. おわりに

本稿は、中国自動車道(福崎IC~佐用IC)の床版取替え工事での各種の取り組みおよび今後の課題について記した。本稿が同種工事の参考になれば幸いである。

参考文献

- 1) Kenji Miyamoto, et al. : Slab Replacement at Igei Via-duct in the Okinawa Expressway, The 12th Japan-Korea Joint Symposium on Steel Bridges
- 2) 廣松ら : コンクリート道路橋の塩害対策 その現状と課題《道路橋の改訂を中心に》, セメント・コンクリート, N0674, pp.11-17, 2003.4