

論文・報告

迫川橋床版取替工事の施工について

～仮固定構造状態での床版取替工事～

TOHOKU EXPRESSWAY Construction of Slab Renewal Work for HASAMAGAWA BRIDGE

北川 学 *1
KITAGAWA Manabu

田村 和弘 *2
TAMURA Kazuhiro

鈴木 健朗 *3
SUZUKI Takeaki

前島 真二 *4
MAEJIMA Shinji

黒川 浩 *5
KUROKAWA Hiroshi

山岸 俊一 *6
YAMAGISHI Toshikazu

本工事は、東北自動車道の築館 IC～若柳金成 IC に位置する迫川橋（上り線）と三迫川橋（上り線）の床版取替、落橋防止装置、構造物補修として支承防錆を行う受注工事である。しかし、床版取替工事の詳細設計および施工計画を実施するため既存状態の詳細調査を実施したところ、迫川橋の下部工沈下および支承の劣化、支承遊間の異常が発生していた。そこで、支承高さ修正を実施することとなったが、高速道路の安全走行性を損なわないよう床版取替工事と同じタイミングで施工し、床版取替後に実施する支承取替が完了するまでの地震時に対する仮固定を実施した。その他、床版取替工事における新たな取り組みと、当初契約範囲外である下り線の施工を追加実施した経緯について報告する。

キーワード：支承部ジャッキアップ、仮固定構造、床版取替、モルタル塩ビ型枠工法、支承取替

1. はじめに

迫川橋は、東北自動車道の築館 IC～若柳金成 IC に位置し、一級河川迫川に架かる供用開始から約 40 年経過した鋼 3 径間連続非合成 I 桁橋×2 連である（図 1）。車両の大型化・交通量の増加と毎冬散布する凍結防止剤による塩害で床版の損傷が顕在化していた。そこで、高速道路三社が推進しているリニューアル工事の一貫でもある床版取替工事を実施することになった。受注後の詳細調査等により、主桁の大きな縦断線形異常とともに支承の劣化や遊間異常も確認されたことにより、主桁扛上による沓座標高修正を伴う支承取替工事も実施することが要求された。主桁扛上を床版取替後に実施すると非合成桁ではあるが新設床版の橋軸方向曲げが発生し、想定外の影響を床版および主桁に与えてしまうこと、また供用させたまま実施すれば高速道路の安全走行性を損ねてしまうため、工事の難易度は高くなるが主桁扛上を床版取替工事と同時に実施した。床版取替後に行う支承取替終

了までの地震等による変位制限として仮固定を設置し、供用中の安全を確保した。

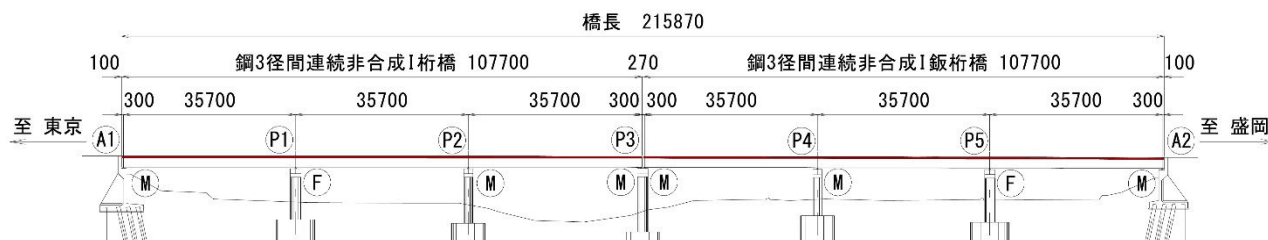
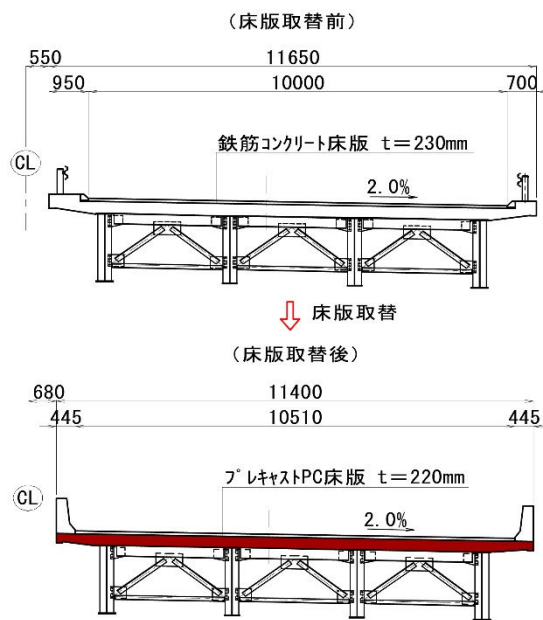


図 1 全体一般図

*1 川田建設(株)東京支店工務部工事課 担当工事長
*2 川田建設(株)北陸支店技術部技術課 主幹
*3 川田建設(株)東京支店技術部保全技術課 主任

*4 川田建設(株)東京支店工務部 担当部長
*5 川田建設(株)東京支店技術部 部長
*6 川田建設(株)工事本部工務部 担当部長

2. 橋梁および工事概要

橋梁，工事概要を以下に示す。

工 事 名：迫川橋床版取替工事

発 注 者：東日本高速道路株式会社 東北支社

路 線 名：E4 東北自動車道

工事箇所：築館 IC（宮城県）-若柳金成 IC（宮城県）

工 期：2017年8月8日～2020年7月22日

構造形式：鋼3径間連続非合成I桁橋×2連

橋 長：215.870 m

支 間 長：3@35.700 m+3@35.700 m

床版形式：RC床版（取替前）

プレキャストPC床版（取替後）

既設竣工：1977年9月（供用開始は1978年12月）

架設方法：橋上でのクレーン架設

設計活荷重：TL-20 L1 地震動（既設）

B活荷重 L2 地震動（取替後）

3. 橋梁変状状況

(1) 床版損傷状況

既設床版は RC 床版であり，定期点検においては床版下面に縦横ひび割れ，鉄筋露出，コンクリートの剥落，さらに舗装面には床版コンクリートの凍結融解によるはく離や土砂化に起因するポットホールが随所に見受けられ，本工事の舗装切削時においてもそれが確認された。また，既設床版撤去中には床版切断面に水平クラックが確認された（写真1）。



写真1 床版損傷状況

(2) 支承損傷状況

本橋は金属支承で，それぞれ P1 と P5 橋脚で固定し，他の下部工においては可動とする支承条件で，耐震レベルとしては，現行基準の L2 地震動ではなく，中規模の地震に対応する L1 地震動で設計されていた。支承本体の状態は伸縮部からの漏水や中央分離帯からの跳水の影響で腐食が著しく，また可動支承のサイドブロックは上沓ストッパーへの接触や破損が発生しており遊間異常が

確認された（写真2）。



写真2 支承損傷状況

(3) 主桁線形異常

床版取替の線形計画を行うため，橋梁全体の路面標高，床版下面標高，主桁標高を3Dレーザースキャナーにて計測したところ，主桁の縦断線形が建設時の計画標高と大きく異なっており，最大105mmの沈下が発生していることが判明した（写真3）。この沈下原因は先の東日本大震災の影響と思われる。供用時の路面標高および走行性は，アスファルト舗装厚の調整などで確保されていた。



写真3 主桁線形異常状況

4. 主桁線形異常に対応する施工手順等の決定

本橋の床版取替は，2018年5月に開始することが受注段階から決定していたため，詳細設計が粛々とすすめられていた。設計のための測量を実施した結果，2017年12月末に，主桁線形異常が判明した。当初，支承自体は溶射による支承防錆が予定されていたが，発錆や遊間異常の発生と既存支承が現行基準の L2 地震動には対応しないこともあり，支承取替を追加実施することが速やかに決定された。支承取替の一環として主桁の縦断線形も補正したいところだが，縦断線形を補正するにあたっての問題点を以下に示す。

- ① 供用中であり桁高さを正規高さまで扛上すると部分的に路面標高が 105 mm も乱れ、車両の安全走行性が損なわれる。
- ② 主桁高を補正せずに床版取替を実施し、床版ハンチ高と舗装厚で調整することは可能ではあるが、建設時の死荷重を大きく超過することによって、主桁に発生する応力が許容値を超過した状態となる。
- ③ 主桁扛上を床版取替と同時に行うには支承および仮設物の設計・製作・施工の全てにおいて時間が足りない。

そこで、施工手順として以下のとおり実施することを決定した。

- ① 一般車両が通行しない床版取替時の規制車線切替と同時に支承部のジャッキアップを行い、仮受けした状態で床版取替を実施する。
- ② ジャッキアップ中は、主桁の水平変位に対応できる仮設構造とする。
- ③ 支承取替は、床版取替完了後の一般車両供用下で実施する。

また、支承ジャッキアップにおける大型化されるジャッキアップ用仮受鋼製ブラケット（以降、鋼製ブラケット）の施工時間短縮のため、大空間を確保し作業効率を高めることが出来る「先行床施工式フロア型システム吊足場」を採用した。

5. 仮固定構造（移動制限機能）

約半年間継続されるジャッキアップ期間中の水平変位制限機能の安全性確保として、以下 3 案の仮固定方法を検討した。

- ① 下部工沓座面に鋼材を設置し、そこから橋軸直角方向に突っ張る構造
- ② 下部工と上部工をワイヤーで連結する構造
- ③ 下部工に設置する鋼製ブラケットに縦型（せん断）ピンを設置して変位を制限する構造

この中から、仮設鋼材重量の増加などで工事費は高くなるが、地震時の水平移動制限と温度変化による移動を確実に制御できる③の縦型ピン構造で実施することになった（写真 4）。

縦型ピン構造の特徴として、鋼製ブラケットはジャッキと縦型ピンを挿入する鋼製突起が設置できる大きさとし、鋼製突起はブラケット製作工場において一括で溶接固定する。上部工（主桁）側にはブーメラン状に加工した鋼材（以降、上部仮固定具）を設置する（写真 5）が、これには縦型ピン貫通孔を設ける。貫通孔は固定部と可動部では異なり可動部は主桁の温度変化移動量を考慮し長丸形としている。上部仮固定具を主桁にボルト固定後、縦型ピンを貫通孔から鋼製突起に挿入して樹脂固定する。



写真 4 仮固定構造（縦型ピン構造）



写真 5 上部仮固定具（可動部）

6. ジャッキアップ準備工

発注時に計画されていた床版取替工事の施工時期は、警察などの諸官庁との協議によって決定されており、これを遵守する必要がある。そのような限られた時間で実施したジャッキアップ準備工の手順は以下のとおりである。

- ① 仮受ジャッキを設置するブラケットの後施工アンカーボルト工事
- ② アンカーボルト位置を反映した鋼製ブラケット製作
- ③ 鋼製ブラケットの搬入・取込・下部工への設置
- ④ ジャッキ・調整プレートの搬入・段取
- ⑤ 上部仮固定具の搬入・段取

鋼製ブラケット製作は、先に設置する後施工アンカー位置を詳細に反映させる必要がある。後施工アンカーは吊足場の組立を追いかけるように脚毎に実施し、完了箇所ごとに完了翌日には製作工場へ指示した。鋼製ブラケット製作は 24 時間体制とまではいかないが、当社他現場用の工場ラインを空けてもらうなどにより対応した。支承部ジャッキアップに必要な資材はどれも重量物であり、時間のかかる吊足場内移動を避けるため、その大半

を高速本線の車線規制で橋面上から荷下ろしした。特に鋼製ブラケットは仮固定構造も兼用のため最大で 1.5 t / 基を超えたが、大空間の確保が可能な吊足場の採用により、搬入・取込もスムーズに実施できた(写真6)。

扛上作業は「床版取替工事」の施工工程との兼ね合いもあり、対面通行切替で走行車両が無くなると同時に実施した。

ジャッキアップの時点で上部仮固定具はまだ設置されていない。その理由は、先に設置してジャッキアップすると上部仮固定具と鋼製ブラケットの突起との隙間が最大で 105 mm となってしまう温度変化等による水平力が作用し、せん断ピンに対して過剰な曲げモーメントが作用するのを防ぐためである。



写真6 下部エブラケット取込み状況

7. ジャッキアップ工（本作業）

ジャッキアップ量は最大 105 mm～最小 34 mm と、各橋脚によりまちまちであった。沈下によって発生していると思われる負荷曲げを増幅させないように以下の手順で段階的に扛上した。本橋梁 2 連のうち扛上量の大きい 1 連である P3-A2 の 3 径間について説明する。(A2 の扛上は不要)

扛上予定量は、P3:54 mm P4:34 mm P5:105 mm (数値は脚毎 (4 支承) の平均値を示す) である。

- ① 一番沈下の大きな P5 を次の P3 と同じ高さまで 51 mm 扛上
- ② 引き続き P5 を最小の P4 と同じ高さまで 20 mm 扛上
- ③ P3 も P4 と同じ高さまで 20 mm 扛上

この時点で 3 支点が均一に 34 mm 下っていることになり、これを 3 回に分け所定の高さまで扛上した(写真7)。全ての扛上が完了後、速やかに上部仮固定具を設置し縦型ピンを構成ブラケットに樹脂定着し、仮固定構造も完成させた。

一般的な支取替工事であれば、仮固定完了後、既設支承の撤去を行い新規支承に取り替えるが、本工事にお

いては既に「床版取替工事」が開始されており、上下作業と施工の煩雑さを避けるため、床版取替後に「支取替工事」を再開した。



写真7 ジャッキアップ状況

8. 床版取替工事

本工事の当初目的は「床版取替工事」である。高速道路 3 社のリニューアル工事は 2014 年から本格化されている。既設床版を全面撤去し工場製作される新設のプレキャスト PC 床版 (以降、PC 床版) を架設する床版取替工事は当社でも 5 工事目で、比較的新しい事業内容であり、当社としての標準化を目指し現在稼働中の作業所も含め試行錯誤しているところである。そこで、当現場で新しく取り組んだ内容について紹介する。

(1) モルタル塩ビ枠工法

PC 床版と主桁上フランジの間には、道路線形に対応するため高さを調整するための隙間が設けられる。その隙間には無収縮モルタルを充填するが、流動性の高い無収縮モルタルの型枠には一般的にフランジ上面にシールスポンジを貼り付け、充填後もそれを残置する「シールスポンジ工法」が採用されている。しかし、この工法には以下の疑問・問題点があり、これに代わるものを考案・実施したので紹介する。

「シールスポンジ工法」(従来工法) の疑問点

- ・ 確実な充填が目視確認出来ない
- ・ 添接ボルト部の縁端距離 (かぶり) が不足する
- ・ 主桁上フランジと PC 床版の間に構造上必要としない異物が残る

「シールスポンジ工法」の施工上の問題点

- ・ フランジ上面の防錆塗装の乾燥待ちが生じる
 - ・ スタッド溶接時に発生するフェール片を除去しきれない
 - ・ 添接ボルト部の縁端距離確保のための細工が必要
- これらを同時に解消できる工法として実施したのが「塩ビ型枠工法」である(写真8)。



写真8 塩ビ型枠工法

この工法の手順を示す。

- ① フランジ防錆塗装 (60 μm)
- ② 塗装の触指燥程度で PC 床版架設・調整
- ③ スタッドジベルの溶植

ここからは床版下での作業

- ④ スタッド溶植時のフェール片除去
- ⑤ 塩ビ型枠の設置および主桁上フランジ上のモルタル

ル

止め型枠設置

床版上作業に戻り

- ⑥ 無収縮モルタルの打設・充填
- ⑦ 硬化後、塩ビ型枠解体 (次サイクルに再利用)

塩ビ型枠は市販されている L75×75×9 の硬質塩ビで、設置には PC 床版の工場製作時に設置するインサートを利用する。主桁上フランジ上のモルタル止め型枠は、コンパネと栈木を万力で固定した (写真 9)。この直角方向の型枠は若干 (12 mm) の隙間を設けることによってモルタル充填時の空気抜きとし、モルタルが端部まで充填されたことを目視確認して漏出防止にバックアップ材を詰めた。



写真9 フランジ上型枠設置状況

この工法の課題として、PC 床版架設後の作業が多くなり工程を逼迫することが懸念されたが、無収縮モルタル

の特性など基本的なことを理解したうえで施工すれば、何ら問題ないことが確認できた。何より、モルタルが綺麗に充填された現場を確認していただくことにより当社の誠実さをアピールすることができた (写真 10)。



写真10 無収縮モルタル充填完了

(2) 桁間全面足場設置

床版取替工事は供用路線を閉鎖して実施されるが、高速道路利用者への負担を軽減するためにも、本工事に ように昼夜間施工を求められるなど、対面通行規制期間の削減が強く求められている。加えて全ての工事において「安全第一」が基本であることには変わりはない。これまでの当社、他社含めての床版取替工事を再考すると、安全対策については再度この基本について検討する余地が残されている。特に既設床版を撤去し、新設の PC 床版を架設する短時間においても一層の安全対策の優先度が高いと判断し、桁間全面足場を設置した。

多くの床版取替工事では床版下に中段足場を設置するが、各現場によって構造・高さなどはさまざまである。後工程のことを考えると少なくとも主桁上フランジ面から 90 cm ほど下になり、それに加え対傾構・横構・検査路などが支障となる。そのような状況でオールフラットな足場設置は不可能に近く、落下時に重大災害に発展することは想像に難くない。当現場では「落ちる要素を無くす」ことを優先し、桁間にフランジと同じ高さの作業床を全面に設けることとした (写真 11)。

4 m 足場板を 3 点支持の設置方法では時間が掛かり過ぎる。そこで最大支持間隔が 5.4 m で使用でき、小口を連結して使用することも出来るアルミ合金製歩廊足場を使用した。5.1 m 間隔で配置されている対傾構を支持材として利用するだけではたわみ量が大きいと判断し、5.1 m を等分する位置に単管パイプで支持点を増設した。既設床版撤去後に、これらの支持材上に歩廊足場を桁間に隙間なく設置し、フランジのケレン・防錆塗装・位置だしなどの作業を安全に実施することが出来た。さらに、PC 床版架設時にもこの足場を使用し十分な作業スペー

スを確保することで、夜間でも安全に作業を行うことが出来た（写真 12）。次サイクルでは、既設床版撤去後に次の架設地点へ足場をそのままスライド移動させ転用することが出来るため、一旦足場を撤去して改めて設置するという煩わしさもなく好評であった。



写真 11 全面足場設置状況



写真 12 夜間の作業状況

9. 下り線工事の追加

本工事は上り線の施工であったが、想定していない事象の発生で急遽下り線の施工も追加されたので、その経緯について紹介する。

ここまで説明してきた上り線の「床版取替工事」のための対面通行規制が開始され、上り線の通行がなくなり「桁扛上のジャッキアップ」を実施したのが 2018 年 5 月 14 日であった。それから 9 日後の 5 月 23 日に、発注者が下り線の劣化が著しい床版下面に事前設置していた自立型無線センサーから変位異常警報が発せられた。対面通行規制で上り線の車両も下り線を走行し、輪荷重の載荷位置も普段と異なることが起因して損傷が急激に進展したと思われる。発注者から「最悪、陥没の恐れもあるので急場をしのぐ補強をしてほしい」と依頼された。実際に、本橋梁の適用示方書（昭和 48 年道路橋示方書）以前に設計された橋梁が中心ではあるが、特に寒地にお

いて陥没事例は数例ある。対面通行規制の最中に万が一のことがあれば、大事故につながり社会的影響は計り知れないことから、応急対策として下フランジから π 形に支保工材を設置し補強とした（写真 13）。応急対策では危険性を除去しきれておらず、抜本的解決としての床版取替を早期に行うために、本工事に追加された。

下り線においても橋脚沈下や支承損傷もあり、上り線と全く同様の支承取替工事を実施した。



写真 13 下り線の応急対策

10. おわりに

本稿で紹介した「迫川橋 上下線」と、「三迫川橋 上り線」の床版取替・支承取替をはじめとする全ての現場作業は 2020 年 5 月に完了した（写真 14）。床版取替工事という短期集中型の工事に対し、東京支店のみならず本社・全国の支店からご支援をいただきました。多大なご指導とご協力を賜りました関係者各位に対し深く感謝の意を表します。



写真 14 完成