

報告

重交通路線の橋梁における RC 床版の調査設計施工検討の事例

劉 光奇, 小島 弘幸, 黒木 幹, 中村 敏雄, 春山 俊仁

(株)福山コンサルタント, リスクマネジメント事業部 (〒112-0004 東京都文京区後楽 2 丁目 3 番)

平成 26 年に国が策定した「橋梁定期点検要領」では、近接目視点検を原則的に 5 年に 1 度実施することが明記され、点検・診断・措置・記録のサイクルを通して、予防的な保全を進めるメンテナンスサイクルを確立し、橋梁長寿命化が推進されている。近年、点検・診断のプロセスにより把握された、措置の対応が必要な損傷に対して、多くの橋梁で修繕工事が実施されている。橋梁の修繕工事では、施工着手段階における設計時に想定されていなかった現場条件の発覚に伴う設計見直しや「点検」「診断」「設計」「施工」の各段階での現地調査のための作業調整など、各修繕プロセス間での密な連携や調整が課題の一つとなっている。本稿は、これらの一連のプロセスを通して実施した検討事例について報告する。また、診断のプロセスにおいて、原因究明のために活用し、有効性が実証された電磁波レーダー法による RC 床版の調査事例も併せて紹介する。

キーワード: RC 床版, 詳細調査, 電磁波レーダー法, 健全度診断

1. はじめに

多様な部材で構成される橋梁の中でも床版は、交通量の増大及び車両の大型化等により、日常的かつ直接的に過酷な負担を強いられている。重車両の走行及び輪荷重の繰り返し载荷による疲労の影響は、床版の劣化を加速し、床版ひびわれから、漏水、鉄筋腐食、コンクリートの陥没・抜け落ちなどへ進展させる。

重交通路線の渡河橋の鋼鈹桁部分において、上記のような RC 床版の劣化への進展が懸念される遊離石灰を伴う二方向床版ひびわれが確認された。これに対する処理については、現況の交通を損なうことなく、早急な対応を行う迅速性の確保を前提条件とし、検討を行った。

本稿は、床版の調査から修繕工事までの取り組みを報告するとともに、緊急時の応急復旧工事の実施について紹介するものである。

2. 橋梁概要

対象道路橋の橋長は 275.0m で、上部工は 3 径間連続鋼鈹桁、3 径間連続鋼箱桁および単純非合成鈹桁で構成されている。昼間 12 時間の交通量は 2 万台弱で、大型車混入率は 30% である。2 年前に実施された床版下面コンクリート断面補修工事で、コンクリートの品質不良が確認され、床版の緊急仮受け支保工を部分的に設置した経緯があった。対象橋梁の概要を図-1～図-2 に示す。

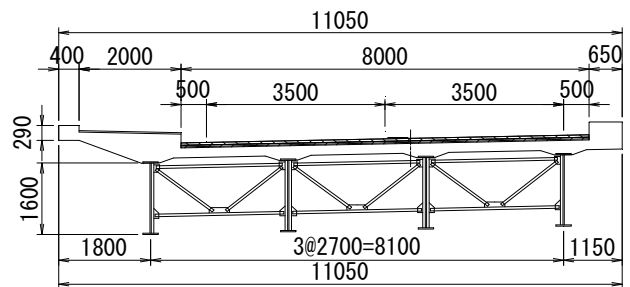


図-1 断面図

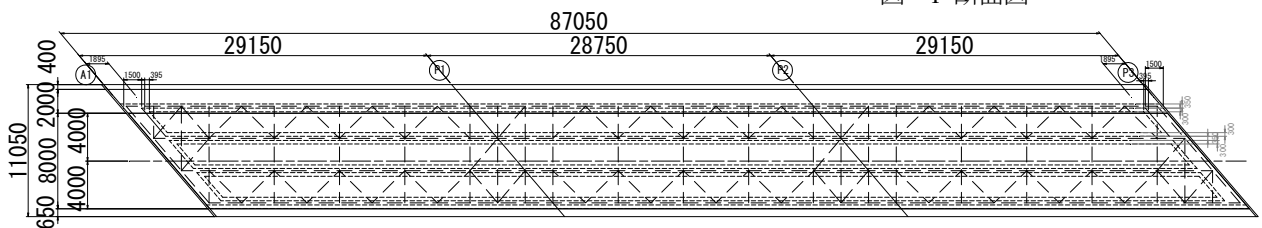


図-2 平面図(鋼鈹桁区間抜粋)

### 3. 床版の損傷発見から緊急対応

#### 3.1 床版の損傷概要

降雨直後の現地点検時に、第1径間の路面と床版下面に劣化が進行している箇所を把握した。以下の理由から、床版の劣化は上面から下面まで達し、そのまま放置すると抜け落ちの可能性があるかと判断し、速やかに道路管理者に緊急対応の必要性の報告を行った。

- ・舗装のひびわれ状況から床版上面に局所的な土砂化が生じている可能性が高い
  - ・舗装ひびわれからの橋面水の浸透により床版劣化の進行が促進されるおそれがある
  - ・床版下面に雨水の滲出と遊離石灰の析出、二方向ひびわれが生じている
- 主な損傷状況は写真-1、写真-2に示す。

#### 3.2 緊急対応

本橋は、従来交通量の多い路線であるが、さらに、床版の損傷把握から1週間後には、近隣路線の集中工事が始まり、多くの渋滞車両が当該道路に迂回してくることが想定されていた。そのため、道路管理者より緊急対応の実施要請があった。そこで、一刻も早く対応できる方法として、路面覆工板設置工法（敷鉄板）を提案し、翌日1/2車線規制を行い、敷鉄板の敷設工事を実施した。応急工事状況を写真-3、写真-4に示す。

### 4. 床版の土砂化調査

適切な修繕工事のためには、損傷の原因の究明が不可欠である。目視点検では、視認可能な範囲の外観的状况についての情報収集しか行えない。橋面舗装の損傷（第1径間走行車線に広い範囲のひびわれ、轍ぼれ）及び床版下面の損傷（漏水・遊離石灰を伴う二方向ひびわれ）から、舗装を研りとった上で床版上面の確認を行う必要性が高いと判断し、床版の特定径間（第1から第3径間）土砂化について調査を行った。

調査の結果、舗装面の損傷範囲及び桁下面の損傷範囲と、床版の土砂化範囲は一致していた。また、研りにより、床版内部に水の浸透が確認されており、上面鉄筋は腐食していた。点検ハンマー等の簡易な打撃で容易に破りコンクリートを研りとることができ、床版本体の強度は完成当時に比べ著しく低下していると考えられたため、さらに、塩化物イオン濃度試験、圧縮強度試験を行った。調査実施フローは図-3、研り調査状況は写真-5、写真-6に示す。また、試験結果を以下に示す。

本橋では、凍結防止剤を散布していることから、塩分は高いと想定していたが、塩化物イオン濃度試験では、第3径間の表層部を除き、総じて鉄筋の腐食発生限界1.2 kg/m<sup>3</sup>を超える塩化物イオン濃度は確認できなかった。以下にその要因を考察する。

第1径間では、内部の鉄筋が腐食した床版は土砂化が広範囲かつ上面鉄筋の裏側にまで達していた。塩化物イ



写真-1 橋面舗装ひびわれ状況



写真-3 敷鉄板敷設状況



写真-2 床版下面ひびわれ・遊離石灰状況



写真-4 緊急対応後の状況

オン濃度が低く測定されたのは、橋面防水の効果が著しく低下したことにより、冬季に散布した凍結防止剤が雨水によって洗い流された可能性が考えられる。

第2径間では第1径間と同様に塩化物イオン濃度は比較的低い(0.21~0.35kg/m<sup>3</sup>)。床版上面の鉄筋のかぶりコンクリート付近まで土砂化が進行していた。第1径間と同様に表面鉄筋の腐食が確認されており、橋面防水機能の低下と、雨水による洗い流しの可能性があると考えられる。

第3径間では、表層2cm程度の塩化物イオン濃度が高い(1.4kg/m<sup>3</sup>)。床版の表面現時点での損傷は、被りコンクリートの軽微な“うき”程度にとどまっている。第1、第2径間の損傷に進展する直前の段階と考えられ、橋面防水の機能低下により、凍結防止剤が床版に浸透しつつある状態と考える。

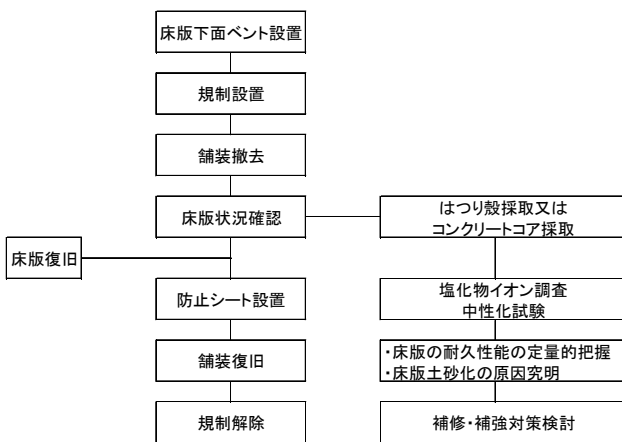


図-3 調査実施フロー



写真-5 土砂化範囲



写真-6 土砂化調査状況

また、圧縮強度試験は、設計基準強度24N/mm<sup>2</sup>に対し、20~23N/mm<sup>2</sup>であり、設計基準強度の80%以上であったため、構造的に問題はないと判断した。

上記緊急に実施した詳細調査の結果より、国土交通省橋梁定期点検要領の表-1 健全性判定区分Ⅳ(緊急に補修が必要な範囲)に該当し、緊急に補修をすることが必要であると判断した。

表-1 健全性判定区分

区分	定義
I 健全	道路橋の機能に支障が生じていない状態。
II 予防保全段階	道路橋の機能に支障が生じていないが、予防保全の観点から措置を講ずることが望ましい状態。
III 早期措置段階	道路橋の機能に支障が生じている可能性があり、早期に措置を講ずるべき状態。
IV 緊急措置段階	道路橋の機能に支障が生じている、又は生じる可能性が著しく高く、緊急措置を講ずるべき状態。

### 5. 非破壊検査(電磁波レーダー法)を用いた床版健全度調査

橋面全体にわたって、ひびわれが発生している径間が散見され、舗装に橋面舗装剥ぎ取り調査を実施した径間以外についても、床版の土砂化(うき)等の損傷が発生していないかが懸念されたため、非破壊検査装置(電磁波レーダー)を用いて、全径間の床版健全度の調査(1次スクリーニング)を実施し、舗装剥ぎ取り等の詳細調査が必要な箇所があるかの確認を行った。

電磁波レーダー法は、電磁波技術を活用した非破壊で橋梁床版上面の損傷箇所の範囲と深さを特定する調査システムである。使用測定車を写真-7に示す。

電磁波レーダーは、材質(電気的性質)の異なる境界面で反射する特徴を有している。反射の時間を速度に変換することで深さを推定できる。また、材質の異なる境界面が密着していれば、強いエネルギーの反射波となる。この反射波から床版上面の健全性を判定する。調査からは、以下のことが分かる。

- ・深さ方向1cmごとのアスコン層内部および床版上面の損傷範囲
- ・路肩部を含めた床版全面の損傷状況(手押し型レーダーを使用)
- ・舗装表面の1mm以上の詳細なひびわれ



写真-7 使用測定車(黄色板:電磁波レーダー)

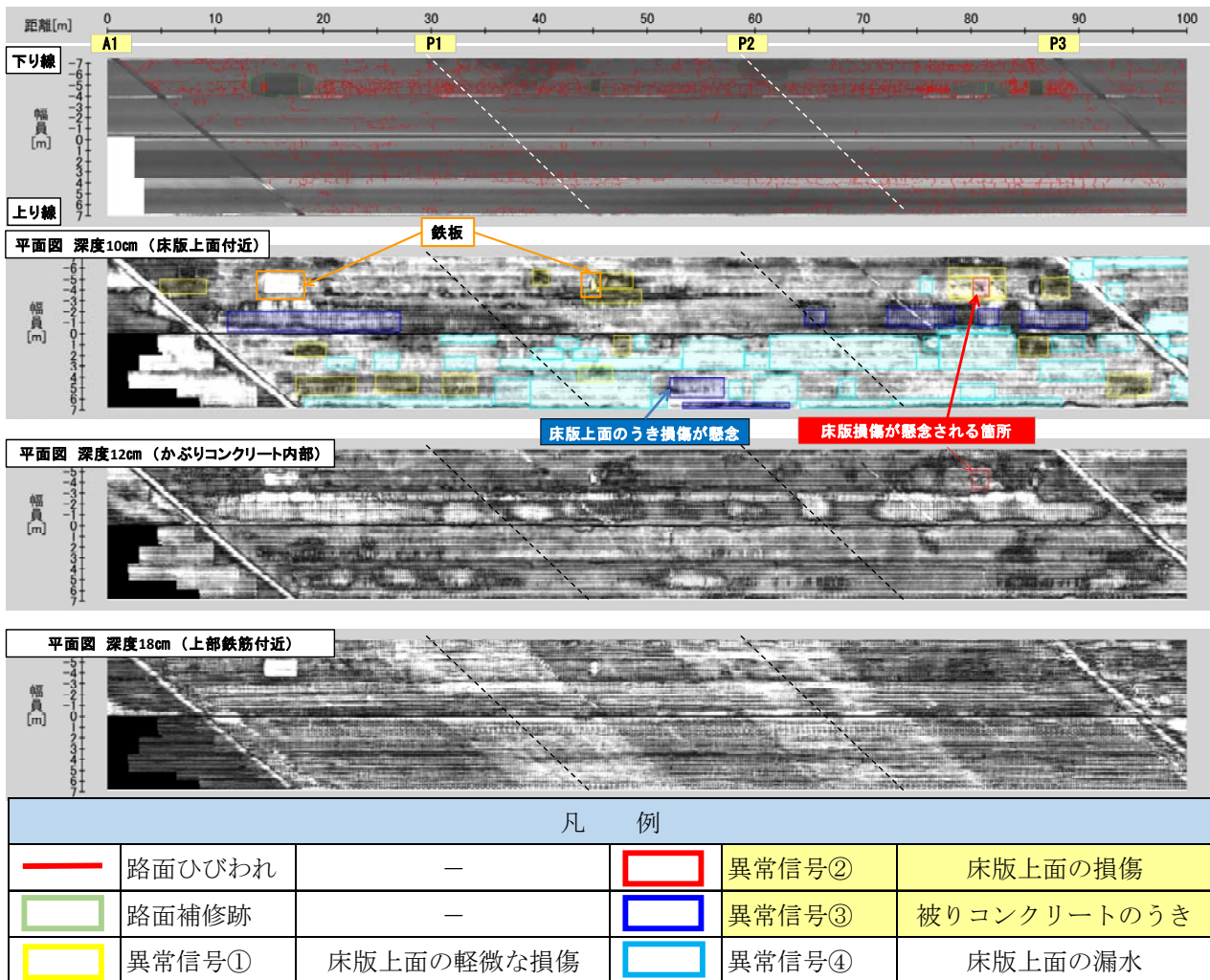


図-4 電磁波レーダー画像

A1～P3の3径間を例として、電磁波レーダーの調査結果を以下に示す。また、レーダー画像を図-4に示す。

- ・下り線第1～3径間において、局所的な『異常信号②（床版上面の損傷が懸念）』および広範囲に『異常信号③（床版のうきが懸念）』が確認された。
- ・上り走行車線の第二径間において、局所的な『異常信号③（床版のうきが懸念）』および、上り追越車線の第六径間において、広範囲に『異常信号③（床版のうきが懸念）』が確認された。

第1～3径間以外の床版において緊急対応が必要な損傷は見られないことが確認された。

## 6. 床版の補修設計

### 6.1 床版の損傷発生原因の推定

主桁G2～G3間における、著しい損傷の要因として、当該橋梁の床版厚は200mmであるが、現行基準において、必要厚は230mmであり、凍結防止剤の他、輪荷重による発生応力の影響が考えられる。車線の中央部に大型車が通行した場合、輪荷重はG2～G3間の床版支間の中央付近に載荷されるため、床版のたわみが大きく、こ

れが繰返されることによって疲労損傷を受けたことも考えられる。

よって、補修を行う際には、現況復旧に加え、補修後の再劣化防止のため、剛性の向上を行う必要がある。損傷箇所と輪荷重載荷位置の関係を図-5に示す。

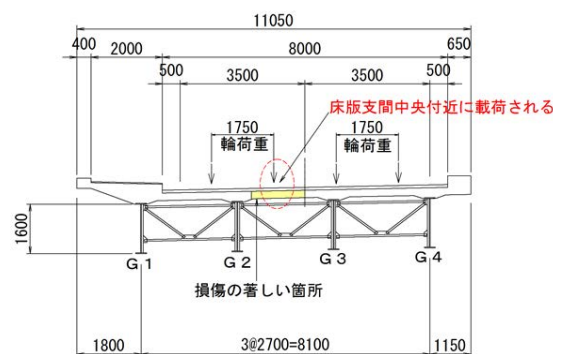


図-5 損傷箇所と輪荷重載荷位置関係

### 6.2 補修工法の選定

緊急補修を要する範囲について、補修工法を検討した。補修の方針は、緊急対応のため早急に路面解放できる工法とした。

第一走行車線部の路面状況は、センターライン側の輪荷重載荷付近に、舗装のひびわれ、床版上面の損傷が多く、この位置は、床版支間 (G2~G3) となっている。この桁間は、床版下面にも漏水を伴う二方向ひびわれがあり、かつ、2年前に仮復旧が設置されている補修不良箇所でもあることから、床版全厚分が劣化している状況にある。この損傷は、図-6 に示す第 5~6 段階に該当し、対策としては床版の打ち換えが必要である。

第一走行車線の G1~G2 間は、G2~G3 より損傷度は低いものの、上面の土砂化が想定され、第 3~4 段階と想定される。よって、この区間は床版上面の修復とした。

床版厚を現況と同厚に復旧する場合、輪荷重による再劣化(疲労による損傷)が発生する可能性がある。床版上面の補修は、更なる耐久性向上のため、増厚を行うこととし、第二走行車線も行うこととした。



図-6 床版損程度と対策フロー

### 6.3 対策範囲

対策範囲は、判定区分IVと判定された第1径間から第3径間を対象とし、路面の損傷状況から設定した。打ち換え工はセンターラインから、G2 桁ハンチ付近の 1.5m を打ち換える。打ち換え端から歩道までは、上面補修(増厚工)とする。なお、第二走行車線も以下の理由から増厚工を行うこととした。

- 第一走行車線に比べて、顕著でないが路面ひびわれが見られる。
- 増厚を行わない場合、第一走行車線の増厚の段差により、舗装下に滞水層ができる。

対策範囲を写真-8、図-7 に示す。

### 6.4 施工計画

施工時の規制は、第一走行車線を閉鎖し、第二走行車線の1車線通行とした。

部分撤去は、主桁 G2~G3 間のみであるため、足場はこの主桁間のみとする。なお、足場上には養生シートを

設置した。

床版厚の検証を行い、増厚後の死荷重増加の影響を考慮し、増厚 50mm を含めた床版厚を 230mm と設定した。

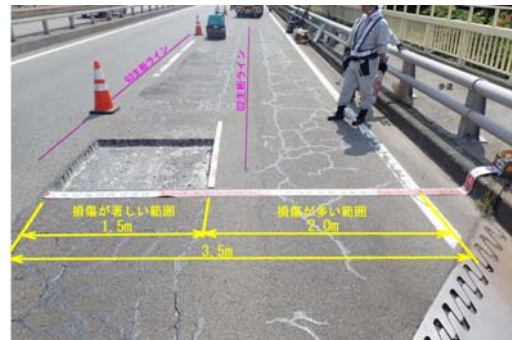


写真-8 現況写真

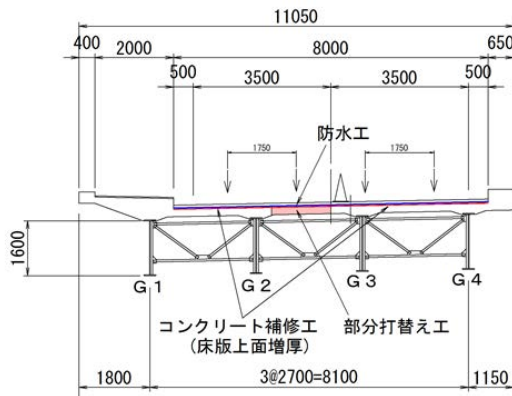


図-7 対策範囲

また、早々に交通規制を開放すること及び耐久性の向上から、部分打ち換え部を超速硬コンクリート、増厚部分を鋼繊維超速硬コンクリートとした。施工順序を図-8、施工厚及び施工ステップを図-9 (1)、図-9 (2) に示す。

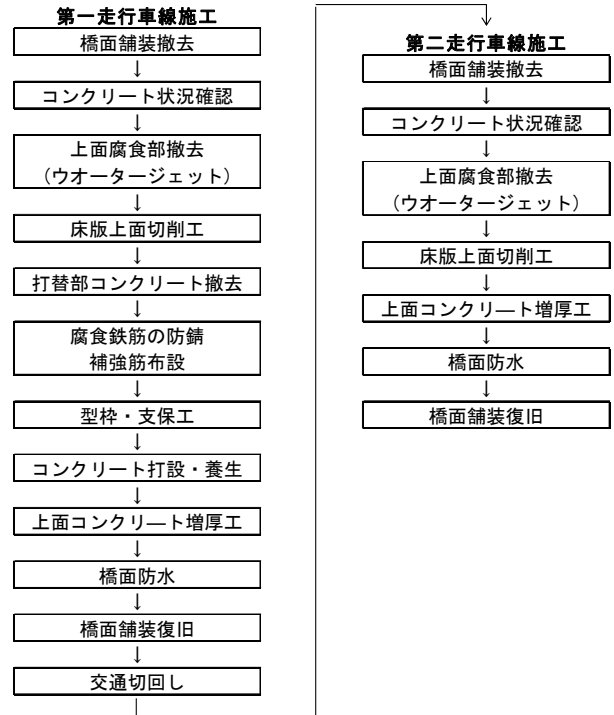


図-8 施工順序

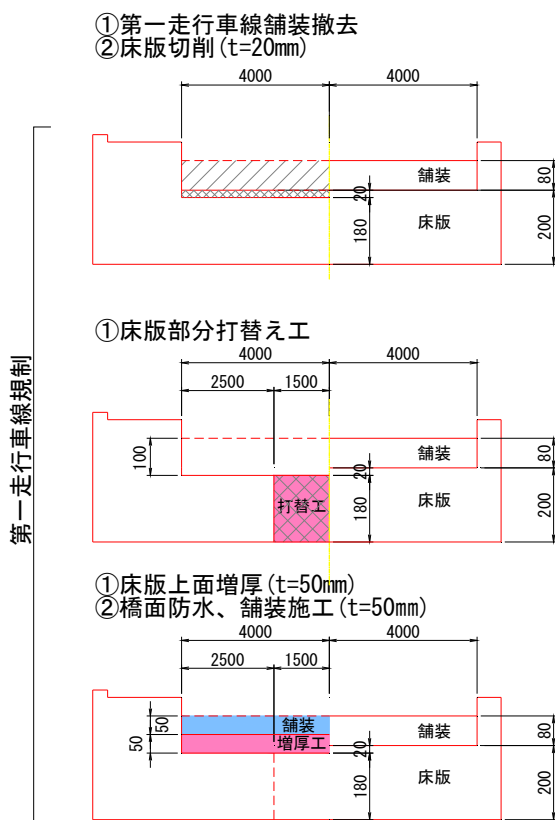


図-9 (1) 施工ステップ (第一走行車線)

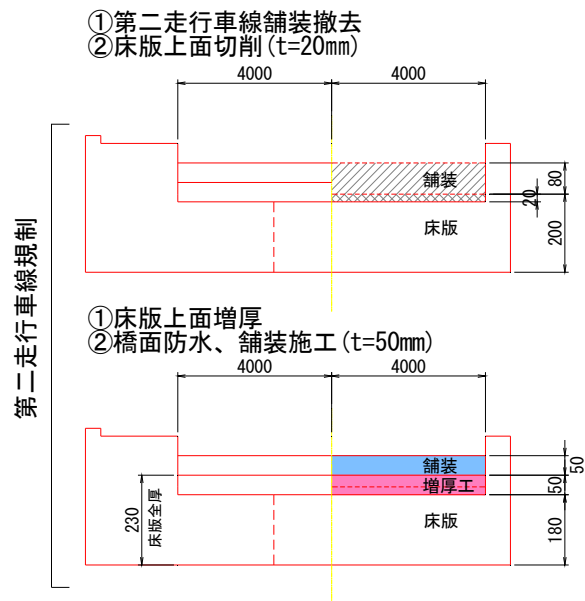


図-9 (2) 施工ステップ (第二走行車線)

#### 参考文献

- 1) 国土交通省 道路局 国道・防災課：橋梁定期点検要領, 2014.6
- 2) 土木学会：コンクリート標準示方書 (維持管理編), 2013
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (I 共通編・II 鋼橋編) 2012.3
- 4) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 (I 共通編・III コンクリート橋編) 2012.3
- 5) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針 2002.3
- 6) 日本道路公団：上面増厚工法マニュアル 1995.3

(2018年7月20日受付)

## 7. まとめ

本稿では、橋梁点検から修繕工事までの一連のプロセスを一貫して実施した事例について紹介した。適切な調査方法や補修工法の選定により、工期短縮と工事費削減効果が実現できた。通例では、初年度に補修設計を行って、次年度に修繕工事を行うことが一般的であるが、効率的な調査等により、単年度で点検から修繕工事まで実施することができた。

また、「設計」と「施工」の連携や「点検」「診断」「設計」「施工」の各段階で、各修繕プロセス間での密な連携や調整を行うことで、供用しながらの施工工事ができた。

更に、電磁波レーダーを用いた RC 床版の調査において、本例を通じて改めて、床版の潜在的な劣化箇所をスクリーニングする手法として有効であることが検証できた。

最後に、適切な調査を行い、損傷状況を把握し、正確な診断・評価をしたことにより、重大な事故に繋がる前に対応したことで、安全・安心な交通を確保できた。

今後の橋梁点検・診断においては、目視点検のみに頼るのではなく、新たな検査技術についても、その有効性を検証したうえで適用していくことが重要である。