

よみがえれ！じぶざか橋

～ 標高1,187m 再劣化した床版補修に挑む ～

大島 英樹¹ ・ 藤井 志乃²

^{1・2}中部地方整備局 飯田国道事務所 飯田維持出張所 (〒395-0814 長野県飯田市八幡町427-1)

国道153号治部坂橋の床版は、過年度に補修を行ったにもかかわらず、短期間で深刻な再劣化が発生した。今回再補修するにあたり、再劣化した要因を多角的に検証したうえで施工方法を選定した。各々の橋梁のおかれた状況に合わせた施工方法・予防保全の必要性及び今後のメンテナンスについて提言を行う。

キーワード：橋梁補修・床版土砂化・予防保全

1. はじめに

飯田国道事務所の管理する国道153号は、中部地整で最も高い地点を通過し、治部坂峠付近では、標高1,000mに位置する橋梁が22橋存在する。(図-1)

これらの橋梁は供用後約40年経過し、冬季にはマイナス15℃近くとなることや、降雪、凍結防止剤の散布等の過酷な環境におかれ、コンクリート部材に凍害や塩害が発生している。さらに、アルカリシリカ反応(ASR)も確認され、複合劣化が生じているのが散見される。

上記区間に位置する治部坂橋は、床版補修後、約4年間で再劣化が認められ、劣化速度も早いことから早急かつ効果的な補修が必要とされた。

本補修の工法選定、施工時の安全管理について述べる。



図-1 国道153号 治部坂橋位置図

2. 治部坂橋の概要と損傷状況

治部坂橋は、国道153号の一次改築において治部坂工区として最も早く整備された区間に位置する。

橋梁諸元は、昭和47年に竣工し、橋長25m、幅員7.5mの2車線、単純非合成鋼鈑桁橋で3主桁にRC床版を有する橋梁である。(図-2)

また、標高1,187mと中部地方整備局で管理する橋梁で最も高い位置に架橋され、先に述べたよう過酷な環境条件にさらされている。

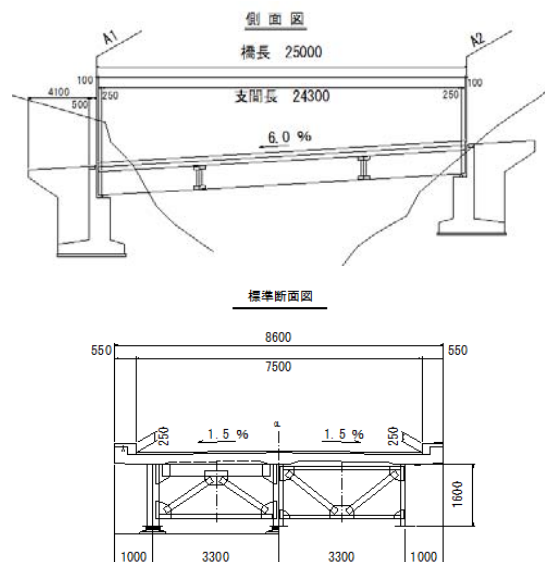


図-2 治部坂橋橋梁一般図

補修履歴として直近の補修は、平成22年度に、床版上面断面修復及び床版防水を主とし、塗装塗替、伸縮継手

部漏水防止、下部工補修等の工事を実施している。

しかし4年経過後の平成26年度には、橋面舗装部に亀甲状のひび割れや白濁物の流出がみられたため、併せて床版下面を確認したところ、湿潤状態で2方向ひび割れが卓越する上、ひび割れ部からエフロレッセンス（コンクリート中の可溶成分が溶出したもの）が目視で確認できる状態であった。（写真-1）

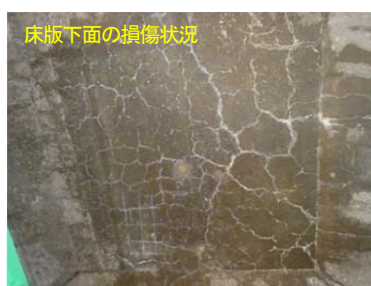


写真-1 床版損傷状況

また、過去の定期点検記録の同パネルの部分と比較すると劣化が進行していることがわかる。（写真-2）



写真-2 橋梁点検による経年変化

3. 治部坂橋の補修検討について

(1) 応急復旧と効果検証

2. の損傷状況から緊急的に床版上の舗装を剥いで床版を確認したところ、コンクリートの土砂化が確認され、早急な補修が必要な状態にあった。（写真-3）



写真-3 緊急開削により床版の土砂化を確認

床版の応急復旧は、工事記録や現地の配筋を確認した

結果、床版設計年度がS39年度以降であり、床版の抜け落ちに起因するせん断耐力が改善された構造であること及び土砂化深さが床版厚の半分（10cm程度）であることも踏まえ、当面、劣化コンクリートを除去し超早強コンクリートにて即日復旧し経過観察とした。

しかしながら、一冬越した平成27年度初春に、応急復旧した箇所から橋面にエフロレッセンスが噴出したり、他の橋面上の部位も異常が確認されたため、本復旧が必要と判断した。（写真-4）



写真-4 応急復旧箇所後の再劣化状況

(2) 本復旧工法の選定

本復旧するにあたって、前回同様の補修では再劣化の進行が速いと考えられ、補修後の再劣化を抑制すべく、既存の設計図書、橋梁点検調書等を熟知したうえ現地で近接目視による踏査を実施した。

特に、劣化の原因推定を行うため、「前回補修時の工法確認」「床版コンクリートの詳細調査」を検証し、防災ドクターの助言をいただき、施工方法、材料を決定した。

a) 前回補修時の工法及び施工状況確認

前回の床版補修方法は、舗装切削後、床版の劣化コンクリートをブレーカーにて除去し、超早強コンクリートにて復旧。床版上面には床版排水（スラブドレーン）、床版防水、橋面用アスファルト舗装（改質アスファルトⅢ型-W）を施工しており、今日でもスタンダードな補修工法である。

また、施工状況に着目すると、12月で気温が低く、凍結防止剤を散布する時期に2車線を片側ずつ施工し、即日にて復旧していることが確認された。（写真-5）



写真-5 前回即日復旧の補修状況

b) 床版コンクリートの詳細調査

コンクリートの劣化が著しく、確実に原因究明をするため、舗装を剥いで以下の調査を行い、施工範囲、工法、使用材料を選定した。

① コンクリート床版の打音調査及びクラック調査

コンクリート床版の健全性を確認するため、床版上下面を50cm×50cmのメッシュに区切り、近接目視（クラック調査・土砂化・スケーリング）及び打音調査を実施した。

床版上面評価は「健全：0～土砂化（鉄筋露出）：5」の5段階、床版下面評価は「健全：0～打音異常：5」の5段階で評価し、着色を行った。また、非破壊床版土砂化調査（スケルカ）による劣化推定箇所や過年度工事で補修した箇所についても判定資料に投影し確認できるものとした。（図-3）

調査の結果、上下線とも健全なパネルはほとんどなく、特に上り線の劣化が進行していることが確認された。

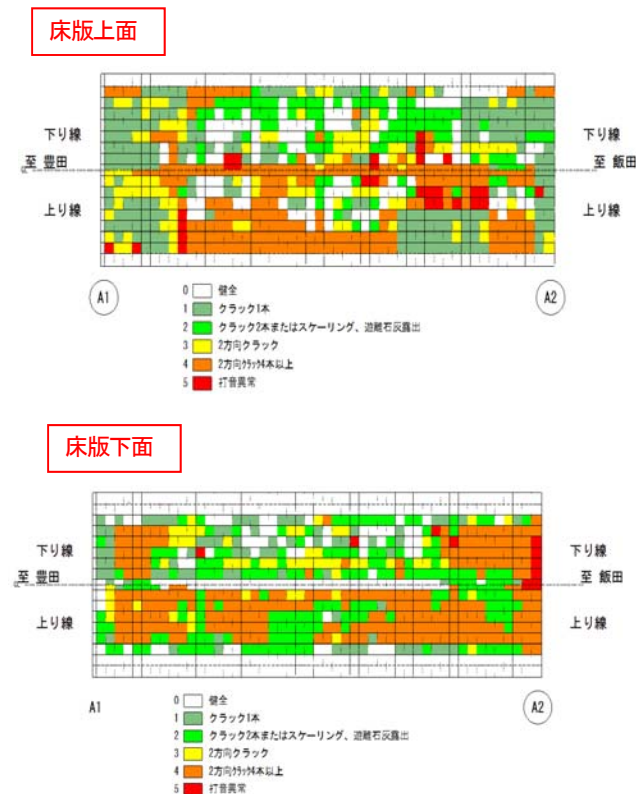


図-3 コンクリート床版のクラック・打音等調査結果

② 試掘による床版断面目視調査

床版コンクリート内部の状況を確認するため、①に示す床版下面の劣化が著しい上り線にてウォータージェット工法による試掘を実施した。上述した応急復旧時の床版の劣化状況を鑑み、試掘深さは $t=10\text{cm}$ とし、ハツリ深さを制御できるコリジョンジェット工法を採用した。

試掘箇所は下記のとおりである。（図-4）

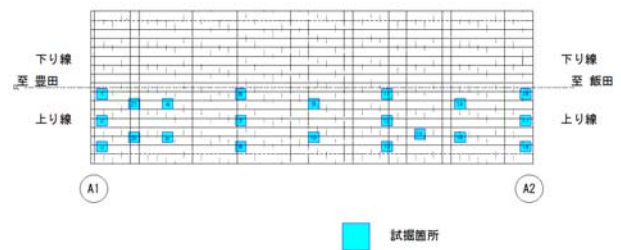


図-4 試掘箇所（上り線 全21箇所）

試掘状況は下記のとおりである。（写真-6）

- 試掘したほぼ全てに層状ひび割れを確認した。
- ウォータージェット工法による高圧水が床版下面に浸透した箇所が確認された。
- 高圧水によって既設床版が深くえぐれた箇所が確認された。
- 応急復旧にて床版断面修復したコンクリートと既設コンクリートの断面に隙間が生じ一体化が図れていない状況であった。



写真-6 試掘状況

③ コンクリートの物性調査

コンクリート材料の劣化状況を確認するため、塩化物イオン濃度・ASR・一軸圧縮強度・静弾性係数についてコアを採取し実施した。

○塩化物イオン濃度

塩化物イオン量は、最大 5.59kg/m^3 であり、腐食発生限界（ 1.2kg/m^3 ）を大きく上回ることから、塩

害と推定。

○ASR

偏光顕微鏡観察にて、隠微晶質石英が確認されたことから、ASRが発症するコンクリートであると推定。

○一軸圧縮強度、静弾性係数

コンクリートの設計基準強度等の要求性能を満足するか、床版支間中央とフランジ部にてコア採取を行い、一軸圧縮強度及び静弾性係数を計測した結果、床版支間中央部で設計基準強度を満足しない結果となった。（図-5）

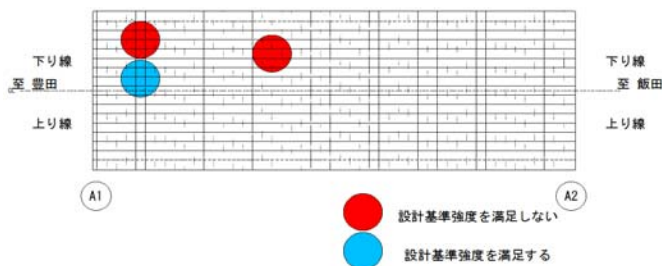


図-5 一軸圧縮強度・静弾性係数の調査結果

c) 補修工法・材料の選定

補修工法及び材料は、調査結果から前回補修方法を改善するとともに予防保全を図るものとした。

① 床版打ち換え範囲

床版打ち換えの範囲は、ほぼ全面にクラックや打音異常が発生していること、塩害、ASRが顕著なこと及び圧縮強度等の低下から全面打ち換えを基本とした。

また3主桁構造のため、中央のフランジ部を境に、片側1車線に交通を確保し施工を行うものとし、フランジ上面の一部を残すこととした。

なお、フランジ上面の残存させるコンクリートの詳細調査をした結果、一軸圧縮強度及び静弾性係数は規定の要求性能を満足している。（写真-7）



写真-7 フランジ上を残した床版打換

② 床版取り壊し工法

床版取り壊しは、ブレーカーを用いると健全なコンクリート部分にもマイクロクラックが発生し、新規に用いる断面修復コンクリートとの付着が低下することが種々研究結果で報告されている。

また、当現場においても前回の補修したコンクリートと既設コンクリートが分離したことも確認された。

このため、上記再劣化を防止するため、取り壊し工法は、ウォータージェット工法を採用した。（写真-8）



写真-8 ブレーカーはつり周辺箇所の劣化

③ 床版打換コンクリート（耐凍害）

コンクリートは、本橋梁をはじめ周辺構造物が凍害により損傷していることから、コンクリート標準示方書に示す耐凍害コンクリートの配合を用いるものとした。配合は、水セメント比 45%以下・空気量 6%以上として、コンクリート内部水の凍結膨張圧を緩和させるものとした。

また、過去に繊維補強材を地覆に混在し補修し損傷が発生していないことから、試行的に繊維補強材を混入させるものとした。（写真-9）



写真-9 繊維補強材を混入したコンクリートの状況

④ 床版打換え細部構造

今回、フランジ上面は、既設コンクリートを残存させ新設コンクリートを継ぎ足すことから、これらを一体化させることが課題である。

このため、一体化措置として、打ち継ぎ目の細部構造として、差し筋及び接着剤塗布、並びに溶接金網を敷設するものとした。

また、塩害を受けたコンクリートに新たなコンクリートを継ぎ足すと境界面で、マクロセル腐食現象（自然電位の異なる箇所でマクロセル電流が流れ生じる腐食）にて鉄筋腐食が懸念されるため、マクロセル腐食対策についても実施した。（図-6・写真-10）

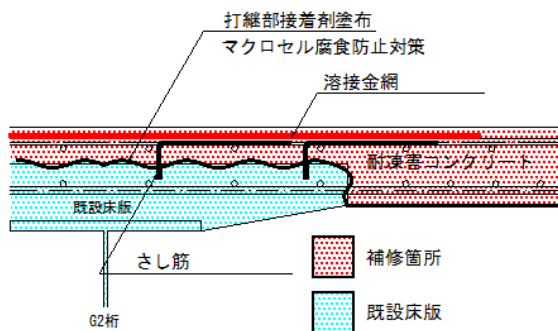


図-6 打ち継ぎ目の細部構造

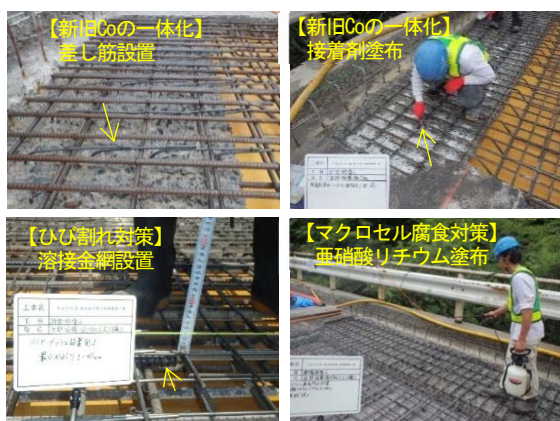


写真-10 打ち継ぎ目の細部構造

⑤ 床版防水システム

床版コンクリートの材料劣化を抑制するには、床版に水を入れないことが最重要であり床版防水、床版排水(スラブドレーン)、舗装を複合的に床版防水システムと捉え慎重に検討した。特に、今回、床版下面にまで漏水が達していることもあり高性能防水材料を選定しかつ、塗布範囲を地覆まで立ち上げる改善を行った。

防水材料は、高性能防水としてウレタン系(NEXCOグレードⅡの要求性能を満足)を床版全面に用いた。

また、床版排水(スラブドレーン)は、水の集まる位置に効果的に追加設置した。

舗装材料は、前回同様、橋面用で水密性に富む改質アスファルトⅢ型-Wを用いた。(図-7・写真-11)

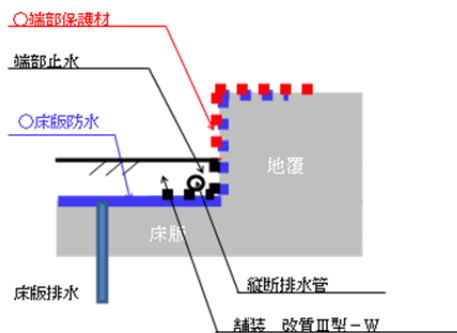


図-7 床版防水システム概念図



写真-11 高性能防水設置状況

⑥ 床版防水システム細部構造

床版への浸水は、舗装目地の隙間から侵入しコンクリートを劣化させると推定される(写真-12)



写真-12 舗装目地のコンクリート部材損傷状況

このため、写真-11のとおり舗装目地にシールを行うだけでなく、桁端部の水のたまりやすい箇所は、橋面の水が排水柵に適切に流れるよう排水柵直近まで伸縮継ぎ手部の後打ちコンクリートを設置し構造改善を行った。(写真-13)



写真-13 排水柵直近の構造改善事例

⑦ 施工時期・施工期間

品質を低下させることを避けるため、温暖な時期に丁寧な施工を行うため、5月から11月中旬とし、盆を除き終日片側交互通行にて実施した。

4. 施工中の安全確保について

床版打ち換え時は、片側1車線に交通を確保し、上り線・下り線の反復施工とする。既設床版の損傷が著しいため、施工中の通行車両の安全を確保するため、計測管理を実施することとした。

(1) 管理値（閾値）の検討

管理値は、施工中の床版のたわみを計測し閾値を超えた段階で危機対応を実施するための値である。

しかしながら管理値に定められた値がなかったため、既存の設計図書による床版応力照査及び載荷試験によるたわみ計測を実施し検証した。

この両者の値を比較すると実橋のたわみ量は計算値の2割程度であり、片側床版を完全除去した際の床版に作用する断面力も同様に低減されたと考え、逆算したたわみ量を算定した。

このたわみ量（2.9mm）を許容変位量と考え、管理値は、許容変位量の7割とし2.0mmと設定した。

(2) 計測方法と危機時の対応

計測は、高感度変位計4箇所とダイヤルゲージを桁支間中央・橋台側とあわせて3測線設置した。

ダイヤルゲージは、2回/日の計測とした。また、高感度変位計は、終日連続的にデータを取得するため、上記に示した管理値を超過した際、施工者への自動連絡とパトランプが点灯し現場警備員に知らせるものとした。この場合、緊急体制とし、主任監督員等職員と連携を密とし対応するものとした。（図-8・写真-14）

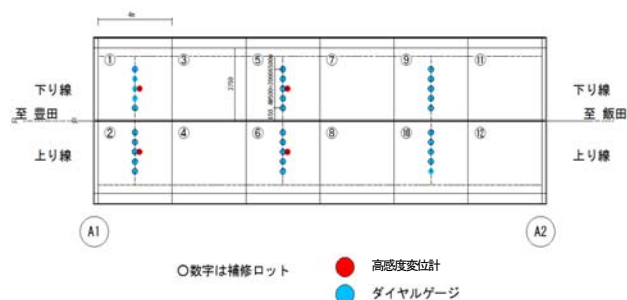


図-8 計測装置設置位置図



写真-14 計測装置・緊急警報機設置状況

(3) 計測結果

施工は、片車線6パネル（約4m）に区切り、安全確保の観点から隣り合うパネルでは取り壊しを行わないよう施工した。

計測結果は、上下線おのおのの施工時ともに1.9mmであり管理値以内となった。

また、変位速度は、最大0.71mm/hであったが補修中の断面欠損部のコンクリートを施工した段階にて収束したため、継続して施工を行った。

(4) 施工中の広報

施工中は、直近に終日片側交互通行にて同様な床版補修を実施しているため、通行者にわかりやすいよう統合した工事案内看板を設置した。（写真-15）



路線図に、補修橋梁の位置

写真-15 道路工事統合案内看板（道の駅に設置）

5. 今後のメンテナンスのために

今回は、前回補修した橋梁が再劣化したため、現場において原因を徹底的に追求し、改善策を立案した。道路保全においては、マニュアル一辺倒でなく、橋梁ごとの損傷要因や環境条件を的確に把握し、改善手段を検証したうえ補修工法を選定しないと十分な効果を発揮しないことを本件にて痛感した。

施工完了後は、今後の点検が容易なように橋下に降る階段の設置や補修履歴版を現地に設置した。

また、本事例については、地域の自治体や施工業者等に対して本事例の講習会を行うなど、補修現場のノウハウを学んでいただいた。



写真-16 橋梁下に設置した補修履歴版・現地講習会の様子

メンテナンス時代に突入する今、職員だけでなく、施工業者、自治体、学識者等とともに、意識改革と技術力向上に向けた取り組みを継続していくことが必要であり、改善策を模索し、また、技術力の育成を行い、よりよいものを作り上げていく姿勢をもってこの時代を乗り切っていく必要がある。