

橋面アスファルト舗装の変状とRC床版の疲労

田中良樹* 村越 潤**

1. はじめに

鉄筋コンクリート(RC)床版の疲労による抜け落ち事例は、道路橋RC床版の損傷対策が始められて以降、約半世紀を経た今日も依然として報告されている(写真-1～2)。

現在の道路橋ストックの大部分は、高度経済成長期に建設されたが、その間に建設されたRC床版の多くは、現行の基準により設計されたもの比べて疲労耐久性が低いことが知られている。特に昭和39年もしくはそれ以前に制定された基準によるRC床版(以下、39床版)では、配力鉄筋と床版厚が不足しており、供用後早期に疲労損傷が見られた¹⁾。一方、大型車交通量の違い等、さまざまな要因によって、39床版であっても疲労による損傷が見られないものも多く現存している²⁾。

その後の調査研究から、床版内への水の浸入が床版の疲労耐久性を著しく低下させることが明らかにされた³⁾。著者らが実施した最近の調査では、アスファルト舗装が不完全ながらも不透水となつて防水の役割を果たすことがあること、39床版で舗装自体に劣化が生じると水が浸入することにより、その浸入部周辺で局所的に、かつ急速に床版の疲労劣化が進行する可能性があることを報告した^{4),5)}。

現在、新設橋では、舗装と床版の間に防水層を設置することが義務付けられている。既設橋では、なおのこと防水層の設置が必要であり、舗装の基層打換えの際に、防水層が設置される事例が多い。しかし、基層打換えが実施されず、防水層が設置されていない橋も多く見られる。

本文では、舗装損傷先行型のRC床版の疲労について概要を述べるとともに、橋面舗装の劣化や部分打換えによる床版内部への水の浸入について実橋の事例を紹介する。これらを踏まえて、橋面舗装の影響を考慮した、RC床版の抜け落ちの防止について考える。

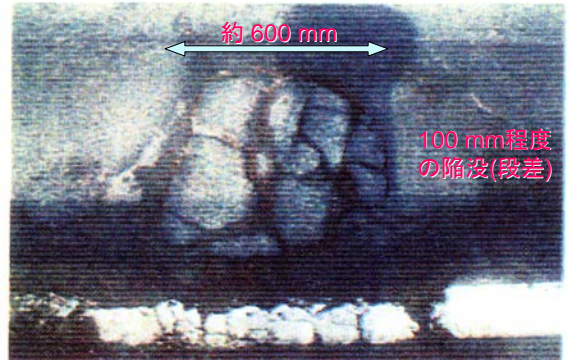


写真-1 RC床版の抜け落ち(上:抜け落ち5日前、中:抜け落ち直後の路面、下:鋼板による応急処置後の床版下面)



写真-2 鋼板接着補強されたRC床版の抜け落ち

2. 舗装損傷先行型のRC床版の疲労^{4),5)}

これまでの抜け落ち事例では、鉄筋の疲労破断が見られることはほとんどなく、コンクリートの砂利化といった、コンクリートの圧縮疲労と類似した現象が見られる。水中におけるコンクリートの圧縮疲労耐久性は、気中に比べて著しく低く、このことがRC床版の疲労耐久性の水による急激な低下をもたらす大きな要因であると考えている。

RC床版の劣化の過程は、床版下面の広範囲に広がった格子状のひび割れの進展によって説明されることが多い。しかし、実橋では、格子状のひび割れが床版下面全体に見られるとは必ずしも言えず、ごく限られた範囲に局部的に生じている事例もある。写真-1の例では、床版下面のひび割れが抜け落ち周囲の数mの範囲に限定されていた。

39床版であっても疲労損傷が軽微な橋が現存する理由は、荷重(過積載の程度、頻度)、構造(強度、版厚、配筋)、舗装(防水層を含めて)の状態など、多岐の要因が考えられるが、劣化が局部的に進行する事例は、アスファルト舗装の防水性と関係があるものと推測している(図-1)。

アスファルト舗装は一般に透水性があり、防水材とは見なされていない。図-2に、室内で作成した密粒度アスファルト混合物の供試体と、実橋で供用された橋面舗装から採取されたコアの加圧透水試験(150kPa加圧)の結果を、空隙率との関係で示す。一般的な配合では、空隙率は4.5%前後であり、確実に透水することがわかる。しかし、既設橋や撤去された橋の橋面舗装を調査すると、

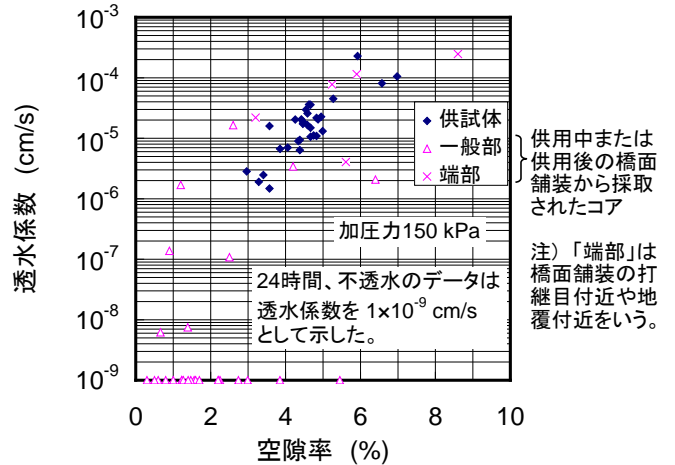


図-2 アスファルト混合物供試体及び実橋の橋面アスファルト舗装から採取されたコアの空隙率と透水係数(データは文献5)、6)による)

舗装の打継目付近や地覆付近の締め固めが困難な部位を除いて、不透水の事例が多かった。アスファルト混合物は、供用とともに空隙率が低下する傾向にあることから、これとともに透水係数も低下するものと考えられる。このことは、文献4)、5)で紹介したとおり、沿岸部の橋や凍結防止剤が散布される橋で、アスファルト舗装下のコンクリートへの塩分浸透が、舗装されていない地覆コンクリートに比べて著しく少ないことと符合する。

橋面舗装の状態が良い場合の39床版では、床版の劣化が比較的長期にわたって抑制されている可能性が高い。その反面、舗装自体の劣化によってひび割れなどが路面に生じると、そこから水が浸透して、その直下付近の床版コンクリートの疲労耐久性を著しく低下させることになると考えられる(図-3)。なお、橋面舗装の劣化は、RC床版の劣化によって促進される場合もあり、橋面舗装を打換えても防水効果が持続せず、ある段階から舗

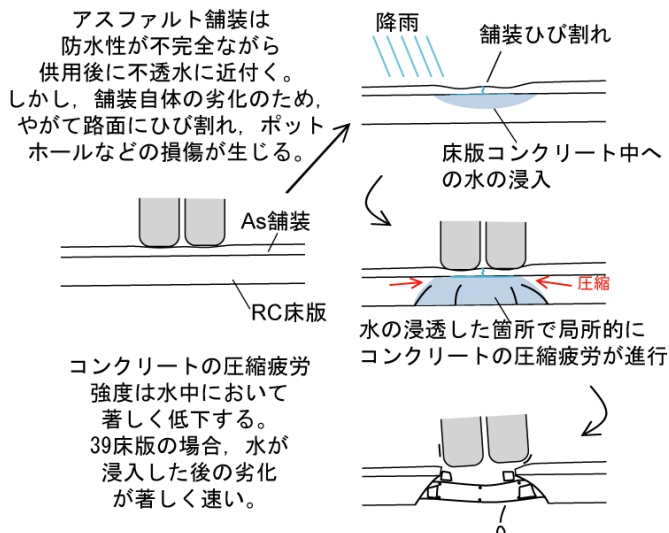


図-1 舗装損傷先行型のRC床版の疲労イメージ

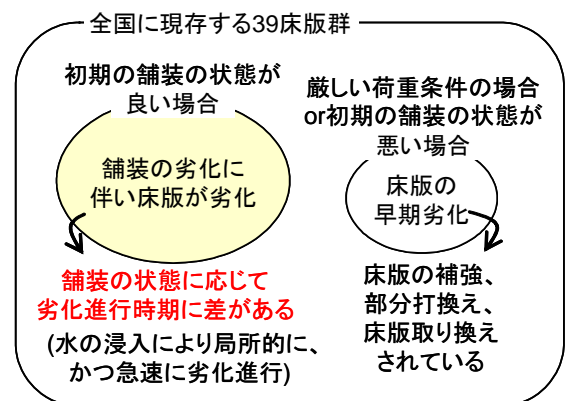


図-3 39床版の現況の概念図

装、床版双方の劣化が加速される時期(加速期)があると推察される。

3. RC床版の抜け落ちの兆候

3.1 抜け落ち前の路面状況

写真-1の事例では、路面の陥没(へこみ)が確認されたので、走行の安全確保のため、応急的にアスファルト混合物でパッチングされたが、わずか5日後にRC床版の抜け落ちが生じた。写真-2の事例では、舗装のひび割れの進展が早期に見られたことから補修の検討を始めて間もなく抜け落ちが生じた。これらのようにRC床版の抜け落ちの兆候は路面に現れるが⁷⁾、陥没のように明確な変状が現れた時点では即日に対応が必要となる場合が多いと考えられる。

3.2 S橋の床版及び舗装の補修前後における

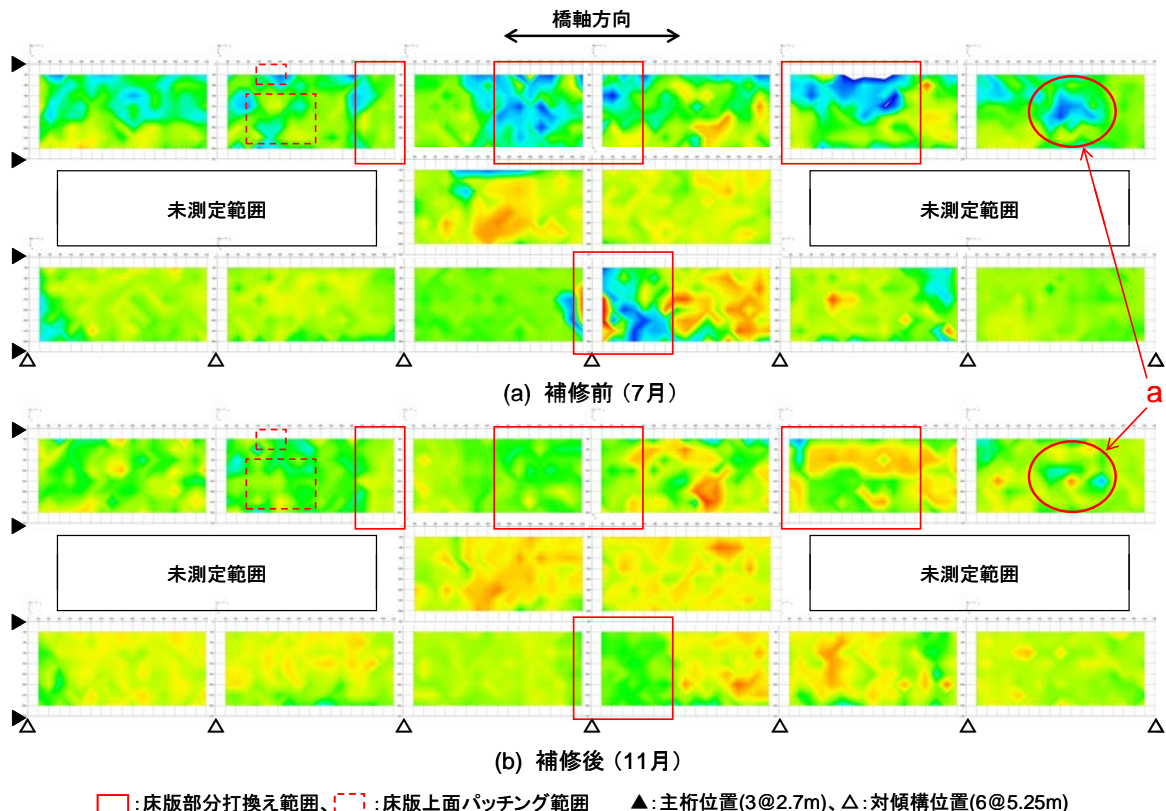
床版コンクリート下面の含水分布

写真-1の抜け落ちが生じた橋(S橋)では、抜け落ちた箇所や、床版の劣化が著しく抜け落ちが生じる可能性が高いと考えられた箇所について、床版コンクリートの部分打換えと橋面舗装の全面打換えが行われた(橋梁架替えが計画されていたため、最小限の補修とされた)。その補修の前後に

測定した床版コンクリートの含水分布を図-4に示す。含水分布は、床版下面に300mm間隔で市販のコンクリート水分計を押し当てて測定した⁴⁾。同図は、その結果を等高線図(上からの透視図)で表したものであり、青の濃度が濃いほど水分が多かった箇所を示す。舗装打換え前は防水層が設置されていなかった。舗装の打換えに先立ち、コンクリートの部分打換えが行われた箇所は、図中に赤枠で示す。同図に示すa点での水分は、舗装打換え後約2箇月で顕著に減少していた。このときの舗装打換えには、密粒度改質アスファルト(最大粒径13mm)、塗膜系防水層が用いられた。舗装を全面的に打換え、防水層を設置することによって、路面からの水の供給が絶たれるとともに、床版下面から乾燥することによって、床版コンクリートの含水状態が改善されたものと考えられる。

3.3 S橋の補修後の経過観察

その後、a点に舗装の変状が見られた。写真-3～4に、橋面舗装の打換えを全面的に行った後、舗装に劣化が生じるまでのa点の外観変状の経過を示す。舗装打換え後4年目に、舗装に長さ数100mmのひび割れが見られたが、床版の下面に水が浸透している兆候は見られなかった。それか



□:床版部分打換え範囲、[]:床版上面パッチング範囲 ▲:主桁位置(3@2.7m)、△:対傾構位置(6@5.25m)

注 1) 含水分布は上からの透視図で示す。青が濃いほど(橙、黄、緑、青の順に)、水分が多いことを示す。
2) 8月に、床版部分打換え、床版上面の剥離箇所パッチング、防水層設置、全面舗装打換えが行われた。

図-4 S橋の床版及び舗装の補修前後における床版コンクリート下面の含水分布

ら1年後(打換え後5年目の6月)においても舗装のひび割れ、床版下面の外観ともに大きな変化は見られなかった。さらに半年後の12月、舗装のひび割れが広範囲に見られ、床版の下面に水が浸透している兆候が見られた(12月に著者らが撮影した当時、床版下面の状況だけでは漏水に気付かず、後日、前後の写真の変化から水の浸透の兆候であったことがわかった)。翌年1月には、さらに広範囲に水の浸透が確認されたため、舗装のひび割れを瀝青材料で覆う作業が試みられたがあまり効果がなかった。約2箇月後には写真-5に示すように、さらに水の浸透が進行しており、抜け落ちの可能性が高まったため、床版コンクリートの部分打換えが行われた。

3.4 兆候に応じた早期対応

上記の事例では、橋面アスファルト舗装のひび割れ後、わずか1~2年の間に舗装の劣化範囲が拡大して、床版下面に漏水の兆候が見られた。写真-3(上2枚)のように、初期のひび割れの段階で、対策を実施することは一般的な舗装の維持管理の程度からすれば判断が難しいと考えられるが、RC床版の耐久性への影響を考えると、対象となる橋(39床版で、劣化の兆候のあるものは優先するなど)を明確にして、舗装の全面打換えと防水層設置の時期を早める必要がある。

なお、わずか4年でa点のみに舗装のひび割れ



舗装打換え後4年目



同5年目(6月)



同5年目(12月)



同6年目(1月)

写真-3 S橋a点の橋面舗装の変化



舗装打換え後4年目



同5年目(6月)



同5年目(12月)



同6年目(1月)

写真-4 S橋a点の床版下面の変化

が見られたのは、この付近の床版コンクリートの劣化が内部で進行していた(加速期に入っていた)可能性があると考えられる。

4. 橋面舗装の部分打換えと水の浸入

4.1 橋面舗装の部分打換えの留意点

路面にひび割れや陥没が現れたときに舗装の部



写真-5 S橋a点における床版打換え前の床版下面
(舗装打換え後6年目、2月末)



写真-7 パッチワーク状態の橋面舗装

分打換えが行われることがある。しかし、打換え直後は舗装の透水性が高いこと、旧舗装との境界目地付近は締め固めの効率が悪いこと、小型の締め固め機(プレートなど)ではロードローラーに比べて締め固め効率が悪いことなどの理由から、舗装を全面的に打ち換える場合に比べて、RC床版に必要な防水効果が発揮されにくいと推察される。

4.2 鋼橋RC床版の事例

写真-6に示すように、これまでの抜け落ち事例では、同じ橋の至るところで舗装の部分補修が行われ、舗装がパッチワーク状態になっている事例を多く見かける。前述のとおり、舗装の劣化から床版の劣化が誘引される場合と、床版もある程度劣化してきているために舗装の劣化が促進される場合(加速期)があり得るが、いずれにしても床版の劣化が懸念される状況にある。写真-7は、床版下面に顕著な劣化は見られなかったが、舗装がパッチワーク状態で、舗装の部分打換えの角部(赤い破線部)では車が乗ると内部の水が吹き出る状態であった。この段階では、早期に舗装の全面打換えを実施する方が、そのままにして床版の補修に至るよりも維持管理の負担が軽減される可能性が高いと考えられる。またそうすることで、走

行の安全性が持続的に確保される。

図-4に示したS橋の含水分布のうち、床版の部分打換えが行われた箇所(同図実線赤枠)の多くは、補修工事までの数箇月の間、抜け落ち防止として舗装と床版の間に鋼板を敷設していたため、その部分は暫定的に舗装も部分補修された状態であった。そのため、図-4(a)に示したとおり、床版の含水分布で水分の多い箇所、すなわち水が浸入している箇所が多かった。鋼板設置は、抜け落ち防止に対する応急処置として適切であったと考えられるが、その間の水の浸入は想定しておく必要があり、長期にそのままにすることは望ましくない。

4.3 RC橋の鋼板接着補強された床版の事例

鋼板接着補強(RC床版の下面に鋼板を接着剤によって貼り付ける補強工法)によって、RC床版の疲労耐久性は顕著に改善される^{8),9)}。しかし、写真-2の事例では路面に約1.2m四方にわたる広範囲の抜け落ちが生じた。写真-8は、写真-2に示したRC橋の床版抜け落ちが生じる約1年前に撮影されたもので、舗装打換え前における路面の状態を示す。路面にアスファルト舗装のひび割れや舗装のパッチング跡が多数見られるとともに、床版上の路面が主桁上に比べて全体的に沈下していた。床版の下面に著しい漏水痕が見られたことから、



写真-6 床版抜け落ち部周囲の路面状態⁶⁾



写真-8 RC橋(3主桁)の橋面舗装の劣化事例

路面からの水の浸入によって鋼板接着の補強効果を失くすほどに床版コンクリートが著しく劣化したものと推察される。

鋼板接着補強された床版では、水の浸入などによってコンクリートが著しく劣化すると鋼板ごと広範囲に抜け落ちる場合があり、これを避けるためにはまず路面の防水対策が不可欠である。また、RC橋では、橋面舗装の維持管理の程度によって、主桁の上フランジを兼ねる床版の大部分が欠損することから、主桁の耐荷力低下にも影響する可能性があることを念頭に入れておく必要がある。

5. RC床版の抜け落ちの防止に向けて

RC床版に抜け落ちが生じると、走行の危険やコンクリート塊の落下による第三者被害が懸念されることから、抜け落ち防止は喫緊に解決すべき課題である。また、通行規制や工事に伴う渋滞、補修費の増大、主構造本体への悪影響(断面欠損、漏水)の面からもその解決の効果は大きい。本文で紹介した内容を踏まえて、なぜ、RC床版の抜け落ちがなくなるかを考える上で、次の点を考慮に入れる必要があると考える。a) 39床版の橋が多く現存する。b) 既設橋では防水層が設置されていない橋が存在する。c) アスファルト舗装はある程度の防水性がある。しかし舗装自体の劣化によってひび割れやポットホールが生じると、局所的にその防水性を失う。d) 舗装ひび割れは漏水の予兆であるが認識されにくい。e) 舗装陥没から床版抜け落ちまで急激に進展する。

橋面アスファルト舗装の防水性によって健全に保たれている39床版の場合、橋面舗装の維持管理の程度によってはRC床版を著しく脆弱なものにする危険性がある。予算や人などの制約がある中で道路マネジメントにおいて、RC床版の抜け落ちを防止するためには、上記a)~e)や本文で示した事象について共通認識を持つておくことが大切である。道路橋の防水層については便覧が既に整備されているが、橋面舗装についてもRC床版の耐久性に配慮が必要であり、マニュアル類整備の必要性も含めて検討する必要がある。橋面舗装の維持管理における技術課題としては、即効性の高い防水性能が得られる橋面アスファルト舗装の部分補修技術の開発が強く望まれる。

6. おわりに

従来から多く見られる疲労に加えて、塩害や凍害など、RC床版の劣化形態は多様化しているが、いずれも水と関係が深く、床版防水の必要性は一層高まっている。防水層を含めて、橋面舗装の維持管理を、床版の耐久性の観点から、改善していく必要がある。

謝 辞

調査や写真提供にご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 国広哲男：道路橋床版の問題点、橋梁と基礎、2-7、pp. 1~5、1968.7.
- 2) 西川和廣、村越潤、山本悟司、杉山純：活荷重による橋梁上部構造の損傷と対策、土木技術資料、第34巻、第8号、pp.58~65、1992.
- 3) 松井繁之：移動荷重を受ける道路橋RC床版の疲労強度と水の影響について、コンクリート工学年次論文報告集、9-2、pp.627~632、1987.
- 4) 田中良樹、村越潤、長屋優子：橋面アスファルト舗装の透水性が鉄筋コンクリート床版の耐久性に及ぼす影響、橋梁と基礎、2008.11~12.
- 5) 村越潤、田中良樹：既設道路橋コンクリート床版の耐久性向上に関する研究—既設床版の塩分浸透状況に関する実態調査—、土木研究所資料第4160号、2010.1.
- 6) 西川和廣、河野広隆ら：コンクリート橋のライフサイクルコストに関する調査研究—コンクリート橋の損傷状況と維持管理費の実態調査—、土木研究所資料第3811号、2001.3.
- 7) 岡田昌澄、深山大介：舗装点検写真を利用した床版健全度の推定、第25回日本道路会議論文集、2003.11.
- 8) 岩津守昭、瀬戸口嘉明、澤登善誠：実橋調査によるRC床版鋼板接着工法の補修効果、第19回日本道路会議論文集、pp.1034~1035、1991.10.
- 9) 松尾伸二、西川和廣、内田賢一、川間重一：既設鉄筋コンクリート床版の補修・補強に関する検討、橋梁と基礎、pp.25~32、2000.11.

田中良樹*



独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス研究
センター 主任研究員
Yoshiki TANAKA

村越 潤**



独立行政法人土木研究所
構造物メンテナンス研究
センター 上席研究員
Jun MURAKOSHI