

橋面アスファルト舗装の防水性向上の取組み ～道路橋コンクリート床版の予防保全に向けて～

田中良樹・上仙 靖・藪 雅行・川上篤史

1. はじめに

既設道路橋のコンクリート床版は、大型車の繰り返し走行による疲労、凍結防止剤散布に起因する路面からの塩化物の浸入による塩害、近年、顕在化しているコンクリートの土砂化など、さまざまな劣化が見られる。いずれの劣化にしても、路面からの水や塩水の浸入がそれらの原因あるいは加速する要因となる¹⁾。土木研究所では、土砂化対策に焦点を当て、床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術を検討しており²⁾、成果の速報は本誌2020年6月号に掲載した³⁾。前報では、再劣化・再補修の繰返しを防ぐ観点から、床版補修に関する本復旧と応急復旧の概念を示し、本復旧まで行う必要があることを述べた。また、床版防水にとって、防水層だけでなく、橋面アスファルト (As) 舗装の適切な維持管理が大切であることを述べ、さらに、防水効果が期待される、コンクリート床版上に適用可能なゲースアスファルト舗装を開発中であることも紹介した。一方、既に数十万橋で使用されている従来の橋面As舗装を適切に維持管理するためには、As舗装の防水面での二面性を知ることが重要である。また、橋面舗装の更新に際しての懸案が残されている。ここでは、それらの課題を改めて示し共有をはかるとともに、現在の研究における取組みを紹介する。

2. 橋面舗装とコンクリート床版の界面

図-1に、コンクリート床版上の橋面舗装の一般的な構成を示す。1950年代以降、国内では、新設の橋において、コンクリート床版の上にAs舗装を施工することが一般的である。1980年代に、路面からの水の浸入がコンクリート床版の疲労を著しく加速することが示され⁴⁾、2002年以降、新設の橋では、橋面舗装とコンクリート床版の間に防水層を必ず設置することとなった⁵⁾。それまでに建設された道路橋においても、橋面舗装を全層打換える際には防水層が設置されるようになったが、全層打換えの機会がないと設置できないことから、防水層のない橋が多く現存する。2010年時点で、直轄管理の道路橋のうち、防水層が設置されている橋は3割程度であった。

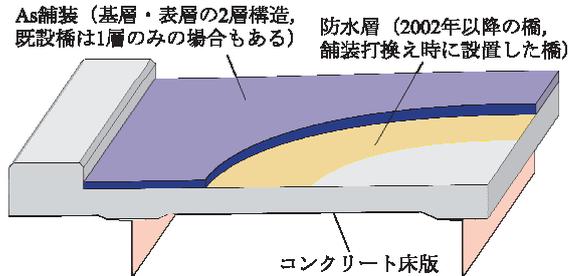


図-1 コンクリート床版上の橋面舗装 (概念図)

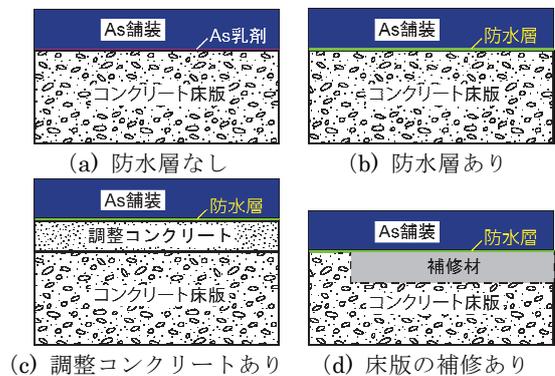


図-2 As舗装とコンクリート床版の界面の例

図-2に、橋面舗装とコンクリート床版の界面における材料構成の例を示す。同図(a)の例では、橋面舗装と床版コンクリートが直に接触している。防水層の設置を考える以前は、床版は橋の構造としての性能を確保する、As舗装は橋面舗装としての性能を確保する、というように、それぞれに基準類が整備されていた。防水層の設置を考えるようになってからは (同図(b))、この界面の付着のための強度特性や防水層自体の防水性が所要の性能として意識されるようになった^{5),6)}。

3. 橋面As舗装の二面性：透水性と防水性

防水層が設置されていなかった既設橋において、床版上面のコンクリート中の塩分浸透状況とその直上のAs混合物の透水性を調査したところ、舗装で覆われていない地覆コンクリートの塩分含有量に比べて、舗装下のコンクリートの塩分含有量が明らかに少なかった⁷⁾。図-3に、既設橋から採取したAs混合物の透水性を示す⁸⁾。図中には、記号を変えて、室内で製作したAs混合物供試体の結果も示す。この図では、加圧透水試験⁹⁾の結果、不透水とされた

結果は 10^{-9} としてプロットした。一般的なAs混合物の場合、空隙率は4.5%程度で設計され、加圧の下では水を透過する。しかし、供用後、時間とともにAs混合物の空隙率が低下することが知られており^{10),11)}、実際、図-3に示した結果やその後の調査²⁾でも、地覆、伸縮装置、打継目等の端部付近を除く一般部のAs舗装から採取したコアは、不透水のコアが多数見られた。このことから、As舗装は、完全ではないが、ある程度の防水効果を有する場合があることが分かる。このような橋面As舗装の透水性と防水性は、道路橋床版の維持管理において、利点にも、欠点にもなるので、その性質をよく知ることが大切である。

As舗装が防水性を発揮することは、その期間中、例えば塗膜系防水層のピンホールやシート系防水層の継目で何らかの不備があった場合でも、水の浸入を防ぐことができる。このことから、塗膜システムのように、防水層だけでなく、As舗装と防水層の複層構造で水の浸入を防ぐことを考え、As舗装自体の防水性を積極的に活かす技術が必要である。

As舗装の空隙率を指標に、その透水性に及ぼす締固め回数の影響及び舗装厚の影響を見ると、締固め回数が少ないと、同じ配合のAs混合物でも空隙率が増加して、透水しやすくなる⁷⁾。また、舗装厚が薄いと、同じ締固め回数でも空隙率が大きくなり、締固めの効率が低下する⁷⁾。すなわち、舗装厚が薄い場合には、透水しやすい混合物となる。橋面舗装において、端部の透水性が高いのは、もともと施工機械が地覆や伸縮装置等のために端部まで接近しにくく、端部を締固めにくいことに加えて、橋面舗装で横断勾配を付ける場合は端部の舗装厚が小さくなることも影響していると考えられる。また、橋面舗装の部分打換えでは、小型の締固め機械を用いることで、As舗装の締固めが全面打換えの場合に比べて弱い傾向にある。実際、防水の観点から橋面舗装の部分打換えを行ったが、かえって多量の水の浸入を許してしまうことがあった⁸⁾。

As舗装の防水性が時間とともに改善される理由として、輪荷重による締固めの影響が挙げられる。しかし、輪荷重走行位置から離れた位置でも不透水のAsコアが見られた¹²⁾。輪荷重直下はそのような効果が生じやすい傾向にあるとは思われるが、必ずしも輪荷重による締固めだけでなく、空隙率、すなわち透水性が経年的に減少する理由が他にもあると考えられる。

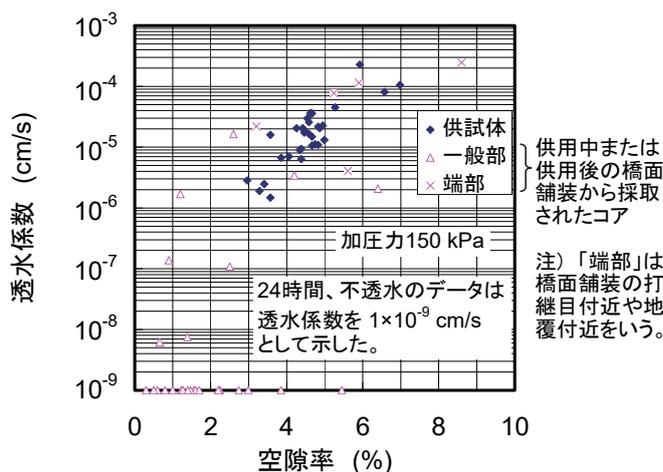


図-3 既設橋から採取したAs混合物の透水性の例⁸⁾



(a) 路面切削機



(b) 切削後に残ったAs舗装の除去
写真-1 機器による橋面舗装の撤去作業



写真-2 調整コンクリートの部分的な除去

As舗装の防水性を活かすためには、なぜ防水性が時間とともに改善されるか、どのくらいの時間で不透水の域に達するか、またその防水性が失われる兆候は何か、といった点を明らかにする必要がある。

4. 橋面舗装の維持管理における課題

(1) 床版上面の凹凸と橋面舗装の除去作業

橋面上のAs舗装を、コンクリートを痛めることなく取り除くのは必ずしも容易ではない。写真-1に、機器による橋面舗装の撤去作業の一例を示す。橋面上とは言え、ある程度の広さがあるので、同写真(a)のように路面切削機を用いて、できるだけ均等な厚さでAs舗装の表面を切削する方法がよく用いられる。路面切削機で切削する際、切削深さを予め設定しておくが、路面にわだち等の凹凸が著しい場合の影響や、また床版上面が平坦でないことによる影響により、切削深さはある程度小さめに設定される。切削後は、若干の厚さのAs混合物が残存しているので、同写真(b)のように、他の機器で残存しているAs混合物を除去する。丁寧に施工するとは言え、夜間の限られた時間での施工となると、作業の粗さがある程度出るのもやむを得ない場合があり、写真-2のように、舗装だけでなく、調整コンクリートや補修箇所(図-2(c)、(d))まで痛めてしまうことが起こり得る。

図-4に、コンクリート床版上面の凹凸(うねり)の概念図を示す。既設橋の鉄筋コンクリート床版では、床版上面にうねりがある場合が多い傾向にある。床版上面の凹凸は、舗装下に水が浸入した場合に、滞水箇所となり、床版、舗装の双方に悪影響を及ぼす要因になる。

既設橋上のAs舗装を除去する際、施工する立場からは、深さ方向の除去範囲は路面切削機でできるだけ効率よく除去したいところである。一方、床版の疲労や塩害に対する耐久性を考えれば、床版コンクリートはなるべく除去しないようにしたい⁵⁾。前者の立場からは同図の切削面Aに近付けようとするかもしれないが、後者の立場からは同Bとするのがよい。ただし、切削面Bを目標とした場合であっても、上記のとおり同じ橋でも場所によって舗装厚が変化する点での難しさは残る。

(2) 舗装切削時における鉄筋の露出

橋面舗装の切削を行ったところ、写真-3のように、鉄筋が部分的に露出している事例が見られる。原因は、必ずしもこのときの切削し過ぎとは限らず、かぶり不足や過去の切削し過ぎによることもあり得る。もし鉄筋の露出をそのままにして舗装すると、その後の鉄筋腐食や露出した鉄筋周囲の薄いかぶり部分がコンクリートの土砂化の遠因になる可能性がある。このことから、床版上面の全面的な増厚や床版の更

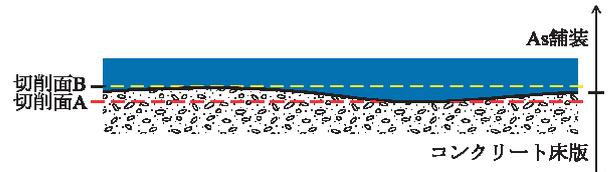


図-4 コンクリート床版上面のうねりとAs舗装の除去範囲



写真-3 かぶり不足や切削による床版上面の鉄筋露出



写真-4 歩車道境界の例

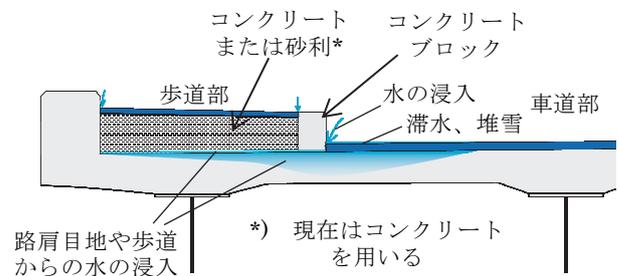


図-5 歩車道境界の断面図例と懸念される水の浸入

新を予め検討する必要がある。しかし、全面的な床版上面の増厚は、伸縮装置の高さ修正や、橋だけでなく土工部の縦断線形も調整する必要が生じることから決して容易ではない。

(3) 歩車道境界の防水

写真-4、図-5のように、一般道の橋では歩行者の安全確保のため、歩道をかさ上げすることがよくある。かさ上げされた歩道と車道の境界、歩車道境界付近は横断勾配のため滞水しやすく、路面からの水がさらに舗装下の床版上面に浸入しやすい傾向にある。場合によっては、床版の劣化だけでなく、床版下の主桁にも悪い影響を及ぼす¹³⁾。しかし、図-5のような断面構成のため、車道部の舗装全面打換えのときに、歩道部や

コンクリートブロックの縁石を一旦除去して防水層を敷設するのは容易でないため、車道部のみ防水層を設置する事例が多く見られる。改善のため、歩道をかさ上げしない取組みも見られるが、歩道部に通信ケーブルが埋設されている場合などは容易でない。橋面の防水を考える上で、歩車道境界の処置はかなり重要であるが、決定的な解決策が見出せていない。

5. 床版防水の改善に向けた取組み

土木研究所では、土砂化対策の一環として、コンクリート床版用グースアスファルト舗装¹⁴⁾の実用化に向けた検討を行っている。写真-5に、自動車専用道路における同舗装の施工状況を示す。グースアスファルト舗装は、床版上での防水性を高めることが期待されるものであり、今後、施工事例をさらに増やすとともに、施工後の防水効果等の確認を行う予定である。

また、土砂化したコンクリート床版の上面補修については、前報³⁾のとおり、再劣化の可能性が高いことから、応急復旧と位置付けている。床版の土砂化は鉛直下方への劣化の進行が速い傾向にあり、土砂化部直下のコンクリートは既に劣化が進行していることが想定される。それに加えて、上面補修の場合、補修材と既設コンクリートの界面付近から路面の水が浸入することが懸念される。このような懸案を有することから上面補修を応急復旧としているが、後者については改善の余地がないか、今一度、検討を行っている。従来、材



写真-5 コンクリート床版用グースアスファルト舗装の施工

料面、施工面からさまざまな工夫が行われてきた上面補修工法であるが、それだけでなく構造の観点からも検討を加えているところである。

本文で示した床版防水に関わる懸案は、これらの土砂化対策としての床版防水の改善に向けた検討とともに、舗装分野、橋梁分野の両面から解決策を見出していく必要がある。

6. おわりに

本文では改めて、橋面舗装の二面性や維持管理における懸案を示した。近年顕在化している床版土砂化の対策として、床版防水が一層重要となっている。多くの道路橋（橋梁群）に既に適用されている橋面As舗装の防水性を最大限発揮させることが、橋梁群の維持管理の負担軽減に大きく寄与すると考える。

参考文献

- 1) 村越潤、田中良樹：道路橋RC床版の劣化形態の多様化と防水対策、土木施工、Vol. 55、No. 6、pp. 68～71、2014。
- 2) 藪雅行、上仙靖ほか：床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術に関する研究—道路橋コンクリート床版の土砂化対策—、土木研究所資料、第4410号、2021。
- 3) 田中良樹、寺田剛、渡邊真一、上仙靖、藪雅行：道路橋コンクリート床版の土砂化対策～床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の提案～、土木技術資料、第62巻、第6号、pp. 40～45、2020。
- 4) 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。
- 5) 道路橋床版防水便覧、日本道路協会、2007。
- 6) 道路橋鉄筋コンクリート床版防水層設計・施工資料、日本道路協会、1987。
- 7) 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、土木研究所資料、第4160号、2010。
- 8) 田中良樹、村越潤：橋面アスファルト舗装の変状とRC床版の疲労、土木技術資料、第53巻、第2号、pp. 22～27、2011。
- 9) 松野三朗、南雲貞夫、三浦裕二、山之口浩：アスファルト舗装に関する試験、建設図書、pp. 261～262、1971。
- 10) 舗装技術の質疑応答、建設図書、pp. 77～82、1972。
- 11) 舗装技術の質疑応答、第4巻(上)、建設図書、pp. 179～183、1983。
- 12) 田中良樹、村越潤：白河橋—RC床版の含水分布調査—、橋梁と基礎、Vol. 49、No. 1、pp. 43～46、2015。
- 13) 村越潤、田中良樹、高橋実：既設道路橋における鋼部材の腐食と技術開発、土木技術資料、第58巻、第6号、pp. 12～15、2016。
- 14) 寺田剛、渡邊真一、藪雅行：新しい橋面舗装材料の開発状況の紹介、アスファルト、Vol. 62、No. 235、pp. 23～29、2019。

田中良樹



土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ
総括主任研究員、博士（工学）
Dr. TANAKA Yoshiki

上仙 靖



土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ
上席研究員
JOSEN Yasushi

藪 雅行



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員
YABU Masayuki

川上篤史



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 主任研究員、博士（工学）
Dr. KAWAKAMI Atsushi