

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（2）

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 28～令 1

担当チーム：橋梁構造研究グループ

研究担当者：上仙靖、田中良樹

【要旨】

道路橋コンクリート床版において、近年、疲労の影響だけでなく、塩害や、コンクリートの水平ひび割れ、土砂化といった材料劣化に起因すると考えられる劣化事例が見られる。これらの劣化の発生、促進には、路面からの水、あるいは凍結防止剤散布に由来する塩水の浸入が多大な影響を与えると考えられる。このことから、床版の耐久性を確保するためには橋面の防水対策が一層重要である。本研究では、床版防水により配慮した橋面舗装の打換え技術を提示することを目的としており、そのうち構造物メンテナンス研究センター（CAESAR）は、撤去床版の調査結果等を踏まえて、橋面舗装の打換えの際における、床版上面に土砂化が生じている場合の補修範囲の目安を提案した。その結果を踏まえて、舗装チームと連携して、道路橋コンクリート床版の土砂化対策としての、床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子を取りまとめた。

キーワード：コンクリートの土砂化、土砂化中間層、補修範囲、付加ひずみ、塩化物

1. はじめに

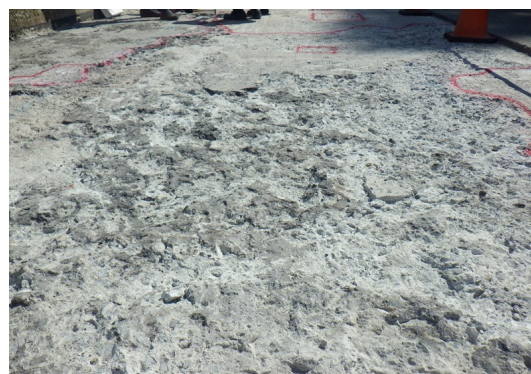
道路橋の鉄筋コンクリート床版（以下、床版）に、近年、コンクリートの水平ひび割れや土砂化といった劣化が見られ、維持管理の負担となっている。床版の損傷は通行の安全に直接影響し易い一方で、その補修には交通規制が必要となることから、床版特有の維持管理の難しさがある。それに加えて、橋面アスファルト舗装（以下、As 舗装という）下の床版上面で進行する土砂化は、路面からの水の浸入が影響することから、一旦症状が出始めると、劣化部位に滞水して、劣化の進行を加速させる傾向にある。また、補修しても、早期に再劣化する事例が見られる。本研究では、床版の耐久性を確保するためには橋面の防水対策が一層重要であると考え、床版防水により配慮した橋面舗装の打換え技術を提示することを目的とした。

CAESAR では、まず、国土交通省等の協力を得て実施した床版上面の劣化に関する調査を踏まえて、床版土砂化に複数の損傷形態があることを把握した。次に、土砂化周囲のコンクリートの劣化状況を調査して、土砂化に至っていないが健全でもない劣化範囲、土砂化の中間層が存在することを明らかにした。また、その中間層を考慮した、土砂化した床版の補修すべき範囲を提示した。その上で、舗装チームと連携して、道路橋コンクリート床版の土砂化対策としての、床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子を取りま

とめた。この研究は、現場における床版土砂化の現状把握が不可欠であるとともに、道路管理者との問題意識の共有が大切であることから、国土技術研究



(a) 舗装を剥がして清掃したところ



(b) 拡大（図 a の逆方向から撮影）

図-1 橋面の広範囲に見られた土砂化の事例（U 橋）

会を通じて国土交通省地方整備局等と連携を図りながら実施した。本文では、そのうち、床版の土砂化の現状と、土砂化が見られた際の、土砂化中間層を意識した床版の補修すべき範囲について報告する。

2. 床版の土砂化

平成 28 年度に、直轄国道における RC 床版上面の土砂化等、劣化の現状を把握するために行った「RC 床版上面の劣化に関する調査」において、その直近 2 年の間に行われた床版上面補修の調査や工事に関する資料を収集した。本研究の初期の調査として、床版上面の一般的な補修方法の事例などを把握できた点で有益であった。また、複数の報告書で「土砂化」というキーワードが散見され、土砂化の認識が全国に広まっていることが分かった。ただし、

得られた資料の範囲では、舗装を剥いだ後に床版上面の劣化部位を撮影した写真が多く、深さ方向の劣化進展状況を判別できる資料がほとんど見られなかった。また、塩分含有量や ASR 反応性の調査等が行われた事例は少なく、床版の劣化原因を特定するには情報が限られた。それと並行して、土砂化した撤去床版を利用して、土砂化部とその周辺の劣化状況を詳細に調査した^{2), 3)}。これらの結果と既往の調査結果¹⁾を踏まえて、床版の土砂化の現状を次のとおりまとめた。

床版上面のコンクリートの土砂化とは、As 舗装下でコンクリートの骨材と硬化セメントペーストが分離している状態をいう。そのとき、硬化セメントペーストは脆く崩れやすい状態または既に崩れて粒の状態である²⁾。図-1 の事例では、舗装を剥がしたところ橋面の広範囲に土砂化が広がっていた。図-2 の事例は、他の橋における路肩部の土砂化の事例を示す³⁾。曲線橋で片勾配の低い側の路肩部を示している。この図では排水口が見られるが、排水口の有無に関係なく橋軸方向に地覆に沿って土砂化が見られた。図-3 の事例では、センターラインに沿った As 舗装打換え時にできた打継目付近で、コンクリートがま



図-2 地覆、排水口付近の土砂化の事例 (Ka 橋)



(a) 橋面アスファルト舗装を全面剥がした状況¹⁾



(b) 舗装を剥がす直前の状況、ただし撮影方向は逆向き

図-3 舗装打継目付近の土砂化の事例 (Ki 橋)



(a) 舗装を剥がした状況¹⁾



(b) 鉄筋が露出するまで工具で掘れる状態

図-4 伸縮装置、車輪走行位置の土砂化の事例 (S 橋)

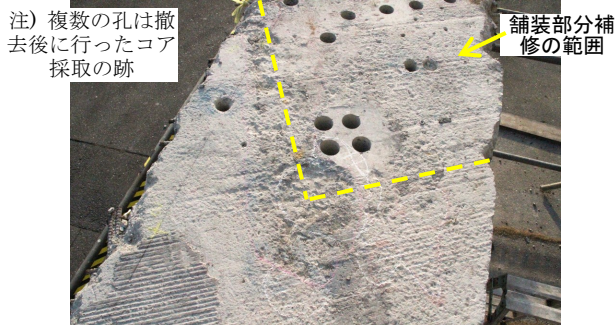
さに土砂の状態になっていた。この土砂化部では塩化物イオンの浸入が認められ、鉄筋が腐食するよりも速くコンクリートが劣化していた。また図-4の事例では、As 舗装を剥いただけでは一見普通のコンクリートのように見えても、ハンマー等を用いて手で簡単に鉄筋の下まで掘れてしまう状態になっていた。その橋では、粗骨材の割れが認められなかったが、図-3の事例では後述するように水平ひび割れに沿って粗骨材の割れが見られ、劣化の要因に粗骨材の割れが関わる場合とそうでない場合があることが想定される。図-5は、床版上面の補修時に防水層の下でコンクリートの土砂化が見られた事例である。この場合、防水層の端部や継目の処理が疑われるほか、防水層設置前に既にコンクリートがある程度劣化していた、すなわち前回補修時に後述する土砂化の中間層が残存していたことも想定される。図-6は、As 舗装の部分補修の打継目付近で、軽微な土砂化が認められた事例である。以上の例のように、土砂化の発生位置は、橋面のほぼ全面に見られる場合、あるいは主として As 舗装の打継目付近や地覆付近の路肩部に見られる場合もあり、車輪走行位置直下に限らない。このことから、疲労以外にも土砂化の要因があると考えられる。

3. 土砂化の中間層

これまで床版上面の劣化抑制のため、補修の材料や工法の見直しが試されているが、土砂化した床版の補修箇所でも再劣化が生じる理由としては、劣化部位の除去が必ずしも適切に行われていない可能性があることも想定しておく必要がある。土砂化した部分の周囲には、土砂化に至っていない健全な状態でもない中間的な部分、中間層が存在すると考えられる。一般に、舗装を剥いで明らかに土砂化している範囲（土砂化部）だけでなく、その周囲で打音で浮き認められる範囲も、補修の際に除去されると考えられる。しかし、打音では判別できない部位でも、劣化の兆候と思われる変状が認められる。図-7に、土砂化部周辺から採取したコンクリートコアの応力-ひずみ関係を測定した結果を、比較的健全なコアの結果とともに示す。また図-8に、これらのコアの削孔位置を、図-9にコア側面の外観をそれぞれ示す。土砂化部直下のコア E1~E3は、明確な水平ひび割れが見られ、載荷初期に大きいひずみが発生した（以下、付加ひずみという）²⁾。付加ひずみは、As 舗装の支持地盤としての性能が低下していることを意味する。また、ごく表面の浮きを除き、打音では内部の変状がわからなかった部位のコア E4で



図-5 防水層下の土砂化の事例 (T橋)



(舗装打継目は舗装路面写真から推定した概略の位置)

図-6 舗装の部分補修境界付近における土砂化の兆候 (Ka橋)

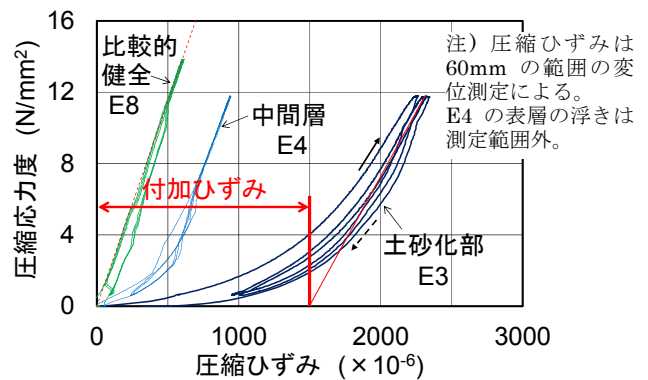


図-7 土砂化部とその周辺のコンクリートの応力-ひずみ関係 (コア E8 は比較的健康な部位から採取)

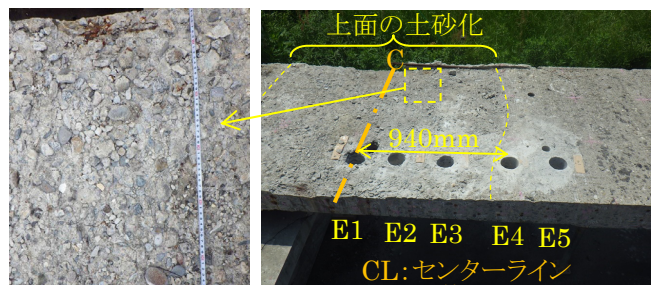
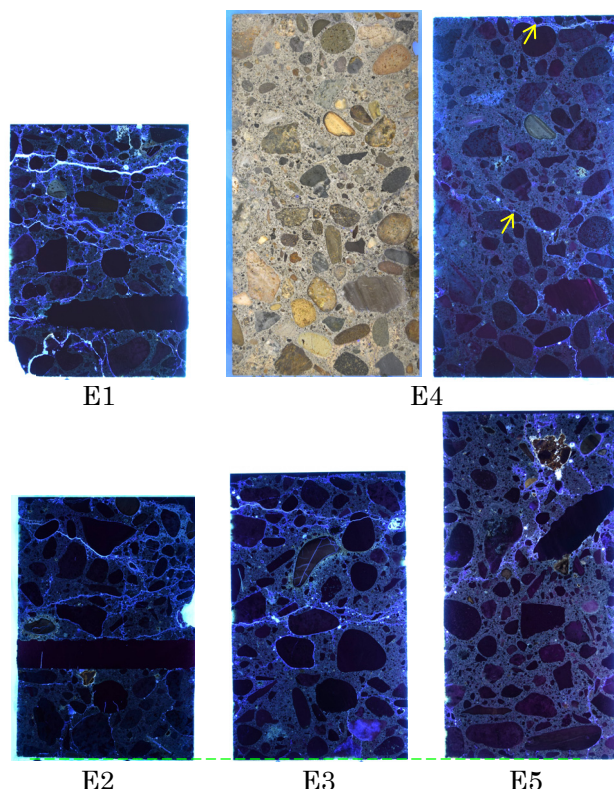


図-8 土砂化の事例とコア削孔位置 (Ki橋)

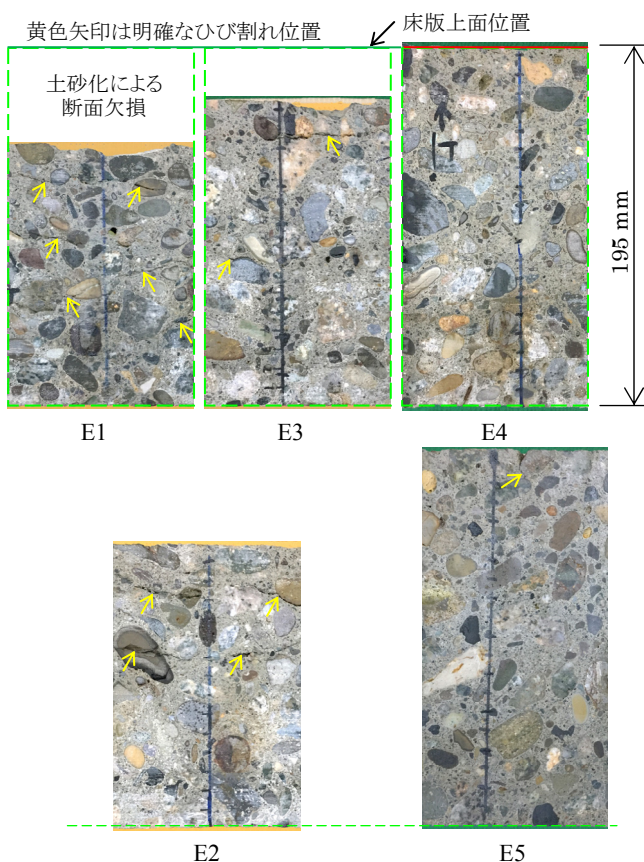
も、E3よりは軽微であるが付加ひずみが認められた(図-7、E4)。ただし、土砂化部周辺のコア E4 の側面には、明確なひび割れが見られなかった。

図-10 に、図-9 に示したφ100mmのコアについて行った、蛍光エポキシ樹脂含浸による微細ひび割れの観察結果を示す。これによると、コア E4 にも、微細なひび割れが認められた。また、土砂化部直下のコア E1~E3 には、明確に見られたひび割れだけでなく、一見ひび割れない部分にも多数の微細ひび割れが生じていた。

別の道路橋床版³⁾において、土砂化には至っていないが、センターライン付近で比較的広範囲にコンクリート上面の浮きが認められた。その浮きのある箇所と周囲の比較的健全と思われる箇所からそれぞれコアを採取して、微細ひび割れを観察した。その結果を図-11 に示す。また、図-12 にそれぞれの近くで測定したコンクリート中の塩化物イオン濃度分布を示す。大きい割れは、鉄筋の腐食によることも想定されるが、それ以外に見られる複数の微細ひび割れは、粗骨材の割れに沿ったものが含まれ、コンク

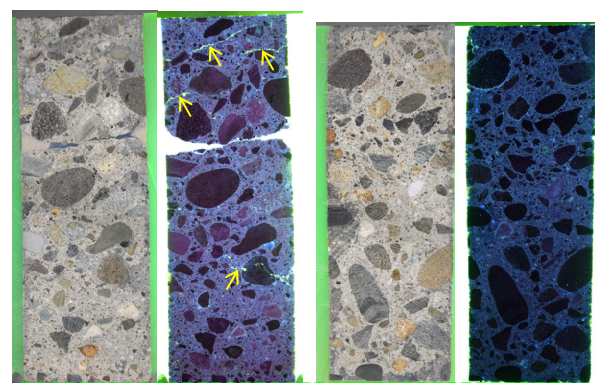


(ブラックライト下での撮影、E4 左図は室内照明下)
図-10 コア切断面の微細ひび割れの観察 (Ki 橋)



(コア側面、展開図のうち 100mm の範囲を表示)

図-9 土砂化部とその周辺のコンクリートの状況 (Ki 橋)



(a) コア 17-E4、浮きあり (b) コア 17-E3、浮きなし
(左は室内照明、右はブラックライト下でそれぞれ撮影)

図-11 コア切断面の微細ひび割れの観察 (Ka 橋)

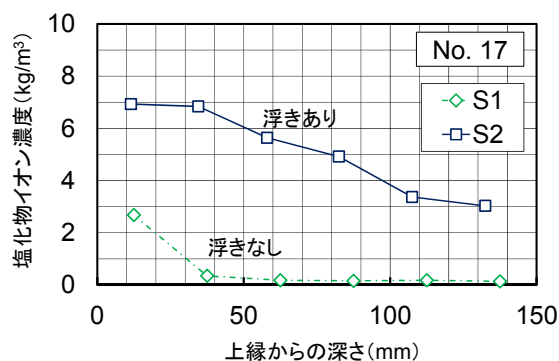


図-12 床版コンクリート中の塩化物イオン濃度分布 (Ka 橋)

リート材料劣化に起因する可能性がある。土砂化に及ぼす塩化物の影響は、土砂化後に浸入した塩化物イオンとの区別が難しい場合があるが、これまでの調査の範囲では、水平ひび割れや土砂化の発生が塩化物イオンの浸入と何らかの関係があると推測している^{2),3)}。

これまでの調査結果を踏まえて、図-13 に、床版の土砂化中間層と補修範囲の概念図を示す⁴⁾。中間層が認識されていない状態では、補修の際に中間層が除去されずに残存する可能性があると考えられる。再劣化しにくい適切な補修方法、適切な橋面防水の確立に向けて、土砂化の中間層を意識して、劣化部位の除去範囲を設定する必要がある。

図-13 に示した除去範囲は、さらに調査を進めて精査する必要がある。また、水平ひび割れや土砂化の発生機構及びそれらに対する塩化物の影響は、いずれも一様でない可能性があり、多くの事例を調査し、解明の端緒を見出す必要がある。

4. おわりに

以上のほか、舗装チームと連携して、道路橋コンクリート床版の土砂化対策としての、床版防水に配慮した橋面舗装の打換え技術の骨子を、図-13 の補修範囲の目安を含めて、とりまとめた⁵⁾。特に、As舗装打換えに伴う床版の補修においては、床版防水の観点から本復旧と応急復旧を明確に意識する必要があることを述べた。

また、平成 30 年度から 2 年にわたり、国土交通省国土技術研究会の指定課題に「道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究」が採択され、国土交通省と土木研究所の関係者が集まって、土砂化した床版の調査、補修方法の確立に向けて、床版土砂化の現状把握、情報共有を行った。さらに、コンクリート床版の適切な土砂化対策を早期に確立するためには、参加者や一般聴講者だけでなく、産学官の多くの方々にも情報の共有を図ることが有益と考え、指定課題の主要な内容をさっそく報告書にとりまとめ、早期に広く普及できるように努めている⁶⁾。

床版の水平ひび割れや土砂化の原因については、引き続き調査を行う必要がある。前述のとおり、これまでの事例では、土砂化部で塩化物イオン濃度が高くなっており、塩化物によるコンクリートの劣化促進が疑われる^{2),3)}。一般道においても凍結防止剤の散布量が増加していることから、これらの劣化対策を早期に進め、劣化の急増を未然に抑制する必要がある。

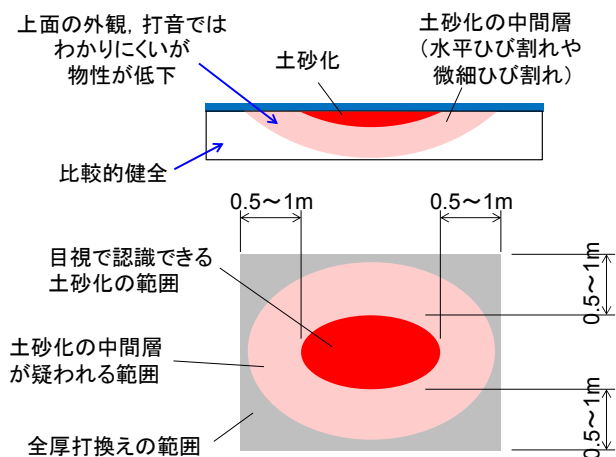


図-13 土砂化中間層の概念図（上：側面図）と補修範囲の概念図（下：平面図）⁴⁾

謝辞：平成 28 年度の「RC 床版上面の劣化に関する調査」では、国土交通省各地方整備局及び内閣府沖縄総合事務局より、資料提供や部材の提供に協力していただいた。また、上記の指定課題に参加していただいた東北、北陸、中部、九州各地方整備局及び北海道開発局に、床版の資料提供、現地調査及び部材の提供に協力していただいた。この場を借りて関係各位に感謝いたします。

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、55-6、pp.68-71、2014.6.
- 2) 田中良樹、玉越隆史、村井啓太、藤本圭太郎：道路橋コンクリート床版の土砂化部周辺の変状に関する調査、コンクリート工学年次論文集、40-2、pp.1315-1320、2018.7.
- 3) 山本健太郎、田中良樹、上仙靖：道路橋コンクリート床版の土砂化中間層に関する調査、コンクリート構造物の補修、補強、アップグレード論文報告集、Vol. 19、pp. 531-536、2019.10.
- 4) 田中良樹、上仙靖：道路橋コンクリート床版の土砂化に関する調査～土砂化中間層とその適切な除去範囲～、土木技術資料、61-7、pp.53-54、2019.
- 5) 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、62-6、pp. 40-45、2020
- 6) 国土交通省道路局国道・技術課、国土技術政策総合研究所、東北、北陸、中部、九州各地方整備局及び北海道開発局、土木研究所：道路橋コンクリート床版の土砂化対策に関する調査研究、土木研究所資料、第 4398 号、2020.3

RESEARCH ON TECHNIQUES FOR REPLACING ASPHALT PAVEMENT WITH CONSIDERING WATERPROOFING ON BRIDGE DECKS

Research Period : FY2016-2019

Research Group : Bridge and Structural Engineering Research Group

Authors : JOSEN Yasushi and TANAKA Yoshiki

Abstract :

Asphalt surfacing with certain waterproof performance on concrete decks for road bridges is indispensable to the durability of the bridge decks suffering from the disintegration of concrete on the decks and various kinds of deterioration. The research program has aimed to improve techniques for replacing asphalt pavement with considering waterproofing on bridge decks. Based on the results obtained from the examination of removed decks, the CAESAR has proposed a tentative standard for determining a repair area to prevent the bridge decks from the early-re-deterioration after the disintegration of concrete has been observed. In addition, the CAESAR, along with the Pavement Research Team, have proposed the concepts of repair and renewal for effective waterproofing when replacing the asphalt layers on the decks, including the above proposal for the repair area.

Key words : disintegration of concrete, transition zone around disintegration, repair area, extra strain, chloride