

## 論文

## 北海道の道路橋 RC 床版の土砂化と舗装の変状の関係

中村拓郎\*, 内田侑甫\*, 安中新太郎\*

\* (国研) 土木研究所 寒地土木研究所 (〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1-34)

道路橋 RC 床版の床版上面の状態と舗装の変状の関係を整理することを目的に、北海道内の国道橋において床版上面の状態を目視によって確認した舗装切削調査結果を収集・分析した。その結果、舗装にひび割れ、浮き、白色析出物が認められる場合には、床版上面においても剥離・スケーリング、土砂化、鉄筋露出等の変状が生じている可能性が高いことを示した。

キーワード：RC 床版，土砂化，舗装切削調査，舗装の変状

## 1. はじめに

道路橋の鉄筋コンクリート床版（以下、床版）では、大型車の輪荷重の繰返し作用による疲労損傷に加えて、床版内部における水平ひび割れや床版上面の土砂化の発生が確認されるなど、近年、その劣化・損傷形態も多様化してきている。それらのうち、床版上面の土砂化については、気候等の供用環境や使用材料の違いによって地域毎に劣化機構が異なることも考えられるが、北海道から九州までの国内の広範囲において、その発生が報告されている<sup>1)</sup>。北海道においては、車両走行、凍結融解、塩分浸透、アルカリシリカ反応等の複合作用によって床版の劣化・損傷が進行することが確認されており、抜け落ちにまで至った事例<sup>2)</sup>も報告されている。橋梁の維持管理において、こうした床版上面の変状の早期発見や発生予測に関する知見が重要となる。

床版上面は舗装に覆われているため、道路橋の定期点検<sup>3)</sup>において標準的な目視や打音による点検では、その状態を直接確認することは難しい。このため、床版の詳細調査時には、舗装を切削して床版上面の状態を目視確認する調査（以下、舗装切削調査）が行われる場合が多い。著者ら<sup>4)</sup>は、北海道内の橋梁で行われた舗装切削調査結果を収集し、供用年数や平面形状等の橋梁諸元や、橋軸方向や橋軸直角方向に対する土砂化の発生傾向を分析してきた。本研究では、こうした調査の一環として、北海道内の国道橋における舗装切削調査結果を収集・分析し、舗装の変状と床版上面の状態との関係について定量的な整理を試みた。

## 2. 調査概要

## 2.1 対象橋梁

対象橋梁は、国土交通省北海道開発局が管理する鋼鈑

桁を上部構造とする RC 床版形式の道路橋とし、道路管理者が実施した平成 25～30 年度の橋梁診断業務および平成 21～30 年度の補修設計業務の報告書から舗装切削調査結果を抽出した。なお、調査対象は、本研究の範囲で収集できた報告書の範囲であり、平成 21 年度以降に行われた舗装切削調査の全数ではないことに留意されたい。

本研究で調査対象とした橋梁の概要を表-1 に、供用年数別の舗装切削調査箇所数を図-1 に示す。各報告書から対象橋梁を抽出した結果、整理・分析の対象となる

表-1 調査対象橋梁の概要

橋梁数	140 橋
舗装切削調査箇所数	221 箇所
供用年数*	9 年 ～ 65 年
橋長	8.5 m ～ 1412.7 m
床版支間	1.02 m ～ 4.80 m
床版厚	150 mm ～ 250 mm
舗装厚	30 mm ～ 100 mm

\* 竣工年から舗装切削調査時までの年数

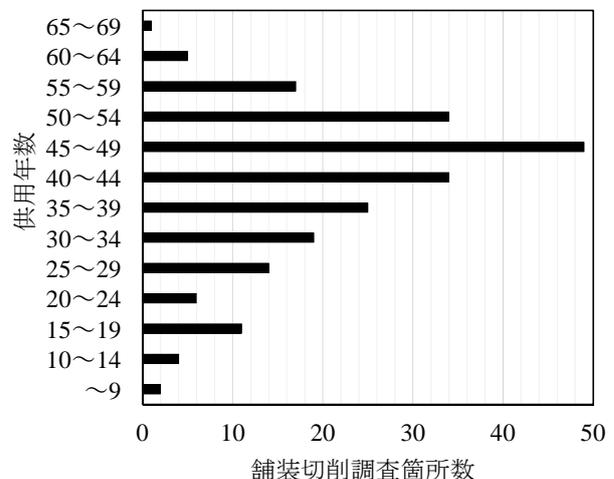


図-1 供用年数別の調査箇所数

橋梁は140橋、舗装切削調査箇所数は221箇所となった。対象橋梁の竣工年から舗装切削調査時までの供用年数は9年から65年と広く分布しているが、そのうち64%が供用年数35～54年の範囲にある。

## 2.2 調査項目

### (1) 橋梁諸元および舗装切削調査位置

収集した各報告書より抽出した橋梁諸元は、竣工年、上部工形式、適用示方書、橋長、平面形状、斜角、縦断勾配、横断勾配、床版厚、床版支間、桁本数、車線数、舗装種類、舗装厚等である。また、橋梁の供用環境として、気温、日照時間、大型車交通量、塩害地域区分、凍結防止剤散布量等についても併せて確認している。なお、本稿では、適用示方書、防水層の有無、舗装厚、平面形状を整理対象としている。

舗装切削調査が行われた床版部位については、橋軸方向である縦断方向、橋軸直角方向である横断方向における調査位置を確認した。縦断方向は、端支点と中間支点位置の支点部と、それ以外の一般部に分類した。端支点部の範囲は床版打ち下ろし範囲（床版支間の1/2）とし、中間支点も支点から床版支間の1/2の範囲としている。また、横断方向については、桁との位置関係、路面位置、横断勾配位置を確認した。桁との位置関係は、図-2(a)に示すように、主桁近傍と桁間に分類した。路面位置は、図-2(b)に示すように、中央線、外側線、路肩、歩道に分類した。横断勾配位置は、勾配の上側、下側、その他（中間または歩道）に分類し、片勾配と拌み勾配の違いは考慮していない。

### (2) 舗装および床版上面の状態

舗装および床版上面の状態については、原則として収集した報告書の記載を踏襲した。舗装の状態として、ひび割れ、浮き、ポットホール、白色析出物、補修痕の有無を確認した。複数の変状が重複する調査箇所も多く、写真-1(a)の箇所ではひび割れと浮きが、写真-1(b)の箇所では補修痕を含めたすべての変状が確認されている。また、舗装の変状としては、図-3に示すように、ひび割れと浮きが確認されている箇所が多く、変状が認められた箇所の半数以上において補修痕があることがわかる。なお、調査箇所において、補修痕のみは15箇所、変状なしは48箇所であった。

舗装切削調査における床版上面の状態として、鉄筋露出、土砂化、剥離・スケーリングの有無を確認した。調査対象の全221箇所のうち、鉄筋露出は44箇所、土砂化は74箇所、剥離・スケーリングは82箇所で報告されている。舗装切削調査箇所と土砂化の有無を図-4に示す。本研究で対象とした調査箇所は、札幌開発建設部、室蘭開発建設部、函館開発建設部の管轄橋梁が多いが、土砂化の発生は調査箇所全域に広く分布していた。また、調査箇所によっては複数の変状が重複するため、劣化・損傷の発生数と舗装切削調査箇所数が一致するように、土

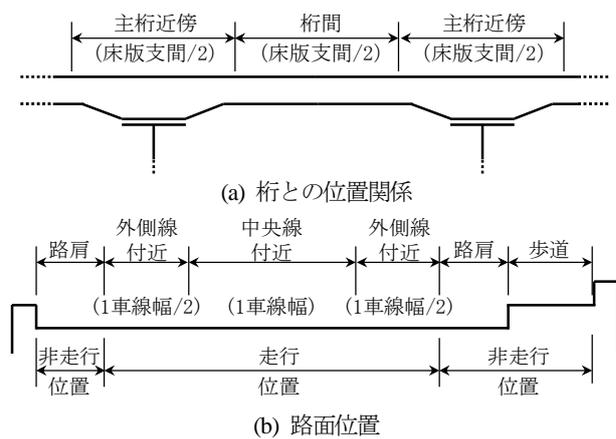


図-2 横断方向における舗装切削調査位置の分類



写真-1 舗装の変状の例

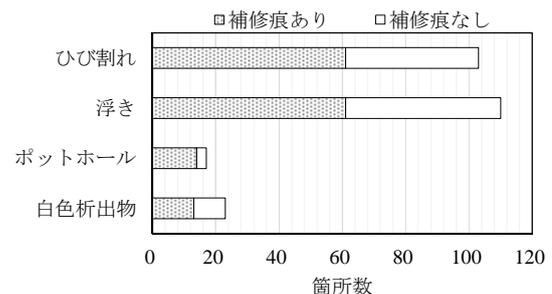


図-3 舗装の変状の分類

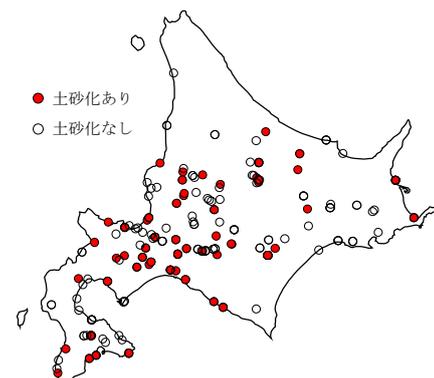


図-4 舗装切削調査箇所と土砂化の発生

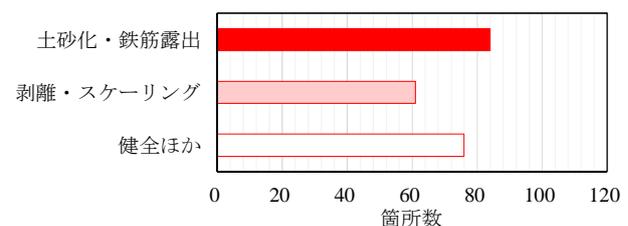


図-5 床版上面の変状の分類

砂化あるいは鉄筋露出のいずれか一方でも確認されている場合には「土砂化・鉄筋露出」、剥離・スケーリングのみが記載されている場合には「剥離・スケーリング」、その他の箇所は「健全ほか」として床版上面の劣化・損傷程度を再分類した。なお、調査箇所によっては、ひび割れ、浮き、滞水等のみが記載されている場合もあったが、いずれも少数であったことから、本研究においては、これらを「健全ほか」に含めることとした。再分類の結果を図-5に示す。全221箇所の38%に相当する84箇所が土砂化・鉄筋露出に分類されている。

### 3. 調査結果

#### 3.1 橋梁諸元と舗装および床版上面の変状との関係

##### (1) 適用示方書

既報<sup>4)</sup>において、供用年数とともに舗装切削箇所は増加し、また、土砂化の発生割合も大きくなり、竣工後50年以上が経過した橋梁では調査箇所の半数以上で床版上面に土砂化が発生していたことを報告している。そこで、本研究では、適用示方書の違いと床版上面の状態の関係について整理を試みた。適用示方書と床版上面の状態の関係を図-6に示す。昭和に発行された示方書が適用されている床版では、舗装切削調査箇所数が多くなるとともに、床版上面に変状が生じている箇所も多くなった。特に、昭和31年と昭和39年の鋼道路橋設計示方書が適用されている床版では、土砂化や鉄筋露出が確認されている箇所も多くなっている。

##### (2) 防水層

防水層の有無と床版上面の状態の関係を図-7に示す。なお、防水層が施工された時期等は考慮していない。防水層が未施工の床版では舗装切削調査箇所数がやや多くなっており、土砂化・鉄筋露出の割合も施工済みの床版で25%であることに対して、未施工の場合は40%と発生割合も大きくなった。しかしながら、防水層が施工済みの床版であっても土砂化や鉄筋露出が確認されている箇所があることにも留意する必要がある。

##### (3) 舗装厚

舗装厚と舗装の状態、床版上面の状態の関係を図-8に示す。なお、本稿は各報告書において舗装厚が明記されている183箇所を対象としており、すべてアスファルト舗装である。舗装厚と舗装の変状種別については明確な関連性が認められない。一方、舗装厚が薄い方が床版上面の変状における土砂化・鉄筋露出、剥離・スケーリングの発生割合が大きくなる傾向を示している。舗装厚が60mm以下の橋梁では、舗装切削調査箇所のほぼすべてで床版上面にも変状が確認されている。

##### (4) 平面形状

平面形状と舗装、床版上面の状態の関係を図-9に示す。なお、平面形状の分類は、直橋、斜橋、曲線橋、斜角を有する曲線橋(図中の斜+曲)としている。平面形

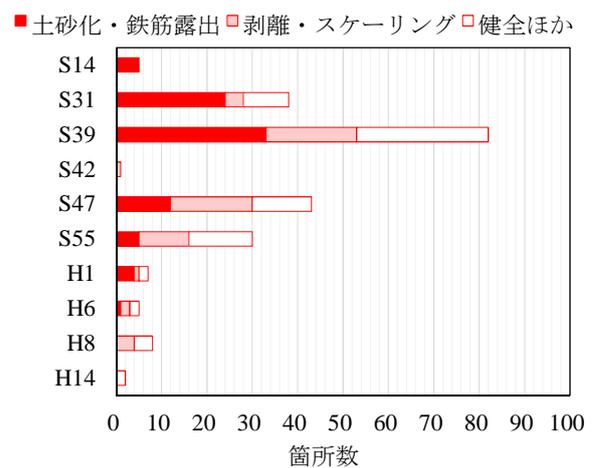


図-6 適用示方書の違いと床版上面の状態の関係

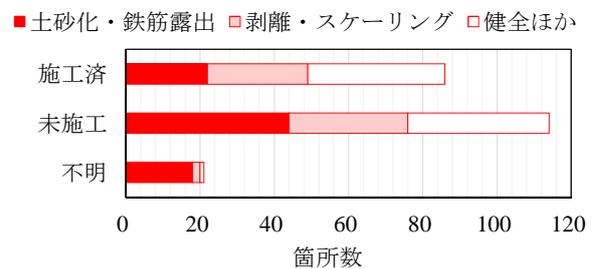
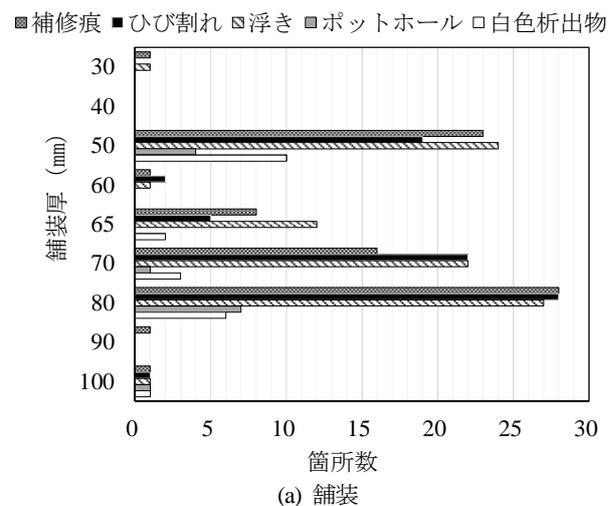
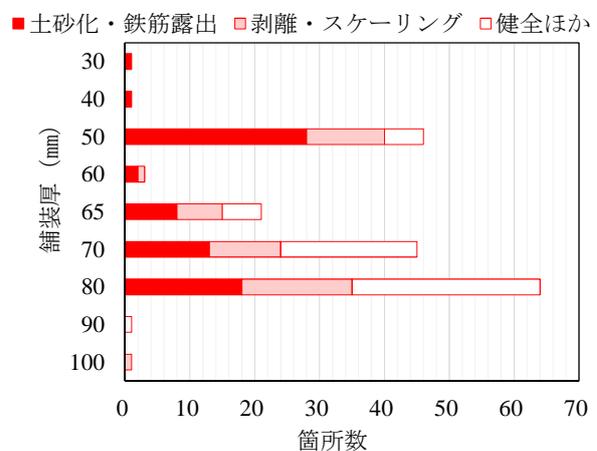


図-7 防水層の有無と床版上面の状態の関係



(a) 舗装



(b) 床版上面

図-8 舗装厚と変状の関係

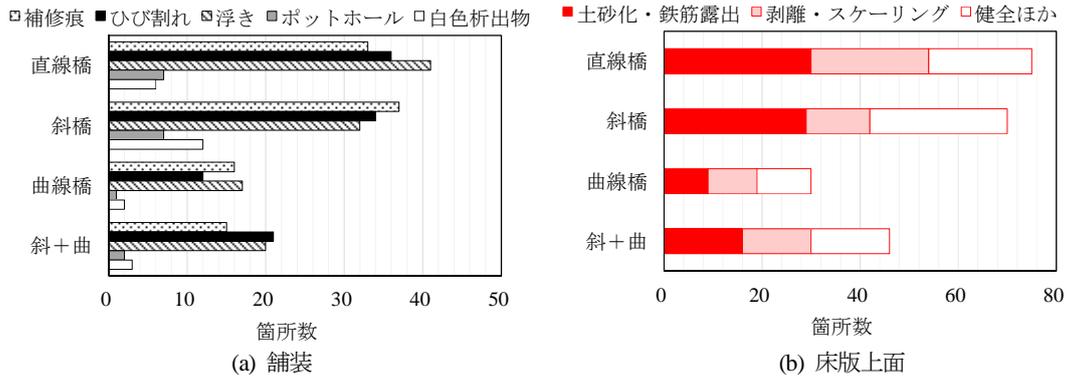


図-9 平面形状と変状の関係

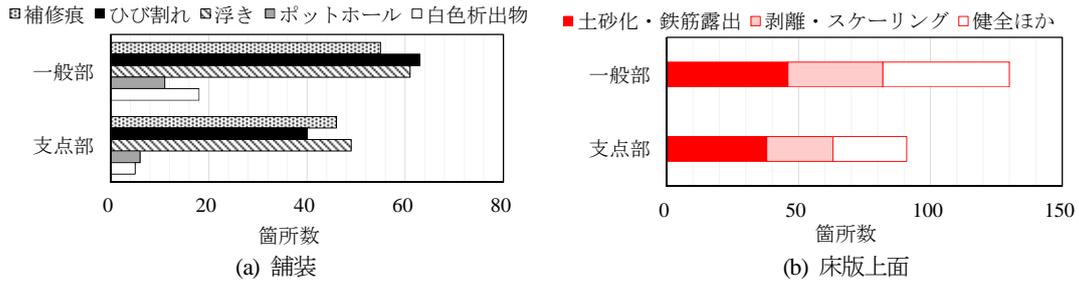


図-10 縦断方向位置と変状の関係

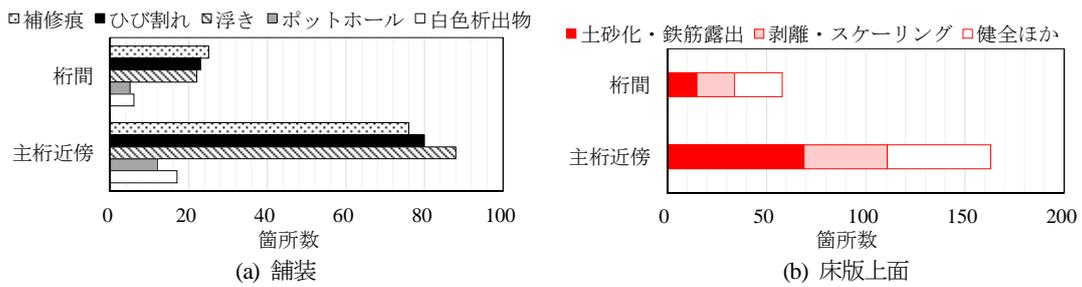


図-11 桁との位置関係と変状の関係

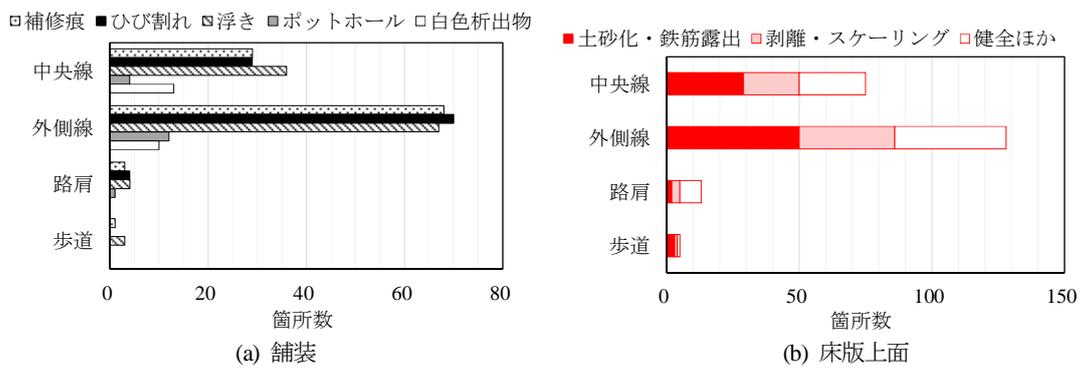


図-12 路面位置と変状の関係

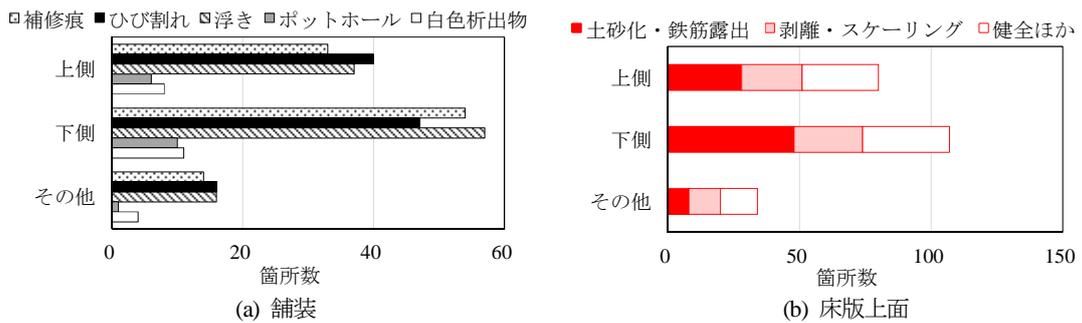


図-13 横断勾配位置と変状の関係

状別の舗装切削調査箇所数と舗装の変状数の大小関係は概ね一致しているものの、平面形状の違いによる舗装の変状種類への影響は認められない。また、床版上面の変状については、土砂化・鉄筋露出の発生割合が斜角を有する場合に数%ほど大きくなるものの、剥離・スケーリングの発生数まで考慮すると、平面形状の違いによる劣化・損傷への明確な関連性は認められなかった。

### 3.2 調査部位と舗装および床版上面の変状との関係

#### (1) 縦断方向位置

縦断方向位置と舗装、床版上面の状態との関係を図-10に示す。支点部では、大型車の段差通過時の衝撃力や縦断勾配による滞水等によって、一般部に比べて床版の劣化・損傷が早期に生じる可能性が高い。しかしながら、本研究の範囲においては、一般部においても支点部と同数以上の舗装切削調査が行われており、舗装、床版上面ともに劣化・損傷が認められている。

#### (2) 桁との位置関係

桁との位置関係と舗装、床版上面の状態との関係を図-11に示す。主桁近傍は舗装切削調査箇所数や舗装の変状数が多く、土砂化・鉄筋露出の発生割合についても、桁間の25.9%に比べて主桁近傍では42.3%と著しく大きかった。

#### (3) 路面位置

路面位置と舗装、床版上面の状態との関係を図-12に示す。車両走行位置である中央線と外側線で、舗装切削調査箇所数、舗装の変状数、土砂化・鉄筋露出の発生数が多くなっている。しかしながら、輪荷重の繰返し作用による影響を受けない非走行位置である路肩や歩道においても土砂化・鉄筋露出が確認されている箇所もあった。

#### (4) 横断勾配位置

横断勾配位置と舗装、床版上面の状態の関係を図-13に示す。雨水や融雪水の排出先となりうる横断勾配の下側では、舗装切削調査箇所数、舗装の変状数が多く、土

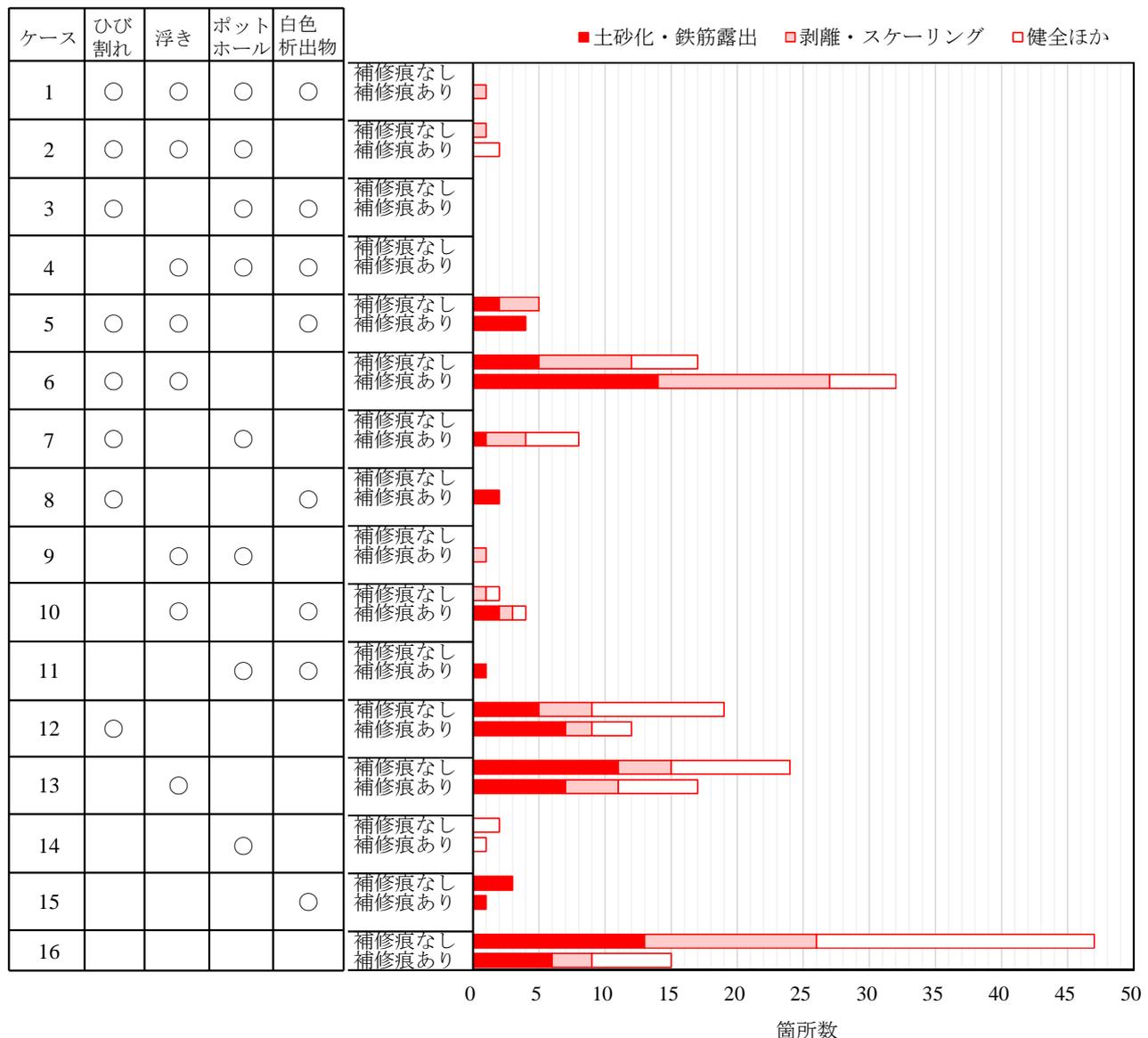


図-14 舗装の変状と床版上面の状態の関係

砂化・鉄筋露出の発生割合も10%ほど大きくなっている。ただし、上側、その他においても、土砂化・鉄筋露出は確認されている。

### 3.3 舗装の変状と床版上面の変状の関係

舗装の状態を損傷なし、ひび割れ、浮き、ポットホール、白色析出物とした場合には、その組合せは16通りとなり、補修痕の有無を組み合わせると全32通りとなる。舗装の変状の組合せと床版上面の変状の関係を図-14に示す。舗装に変状が認められる場合の舗装切削調査箇所数は、ひび割れ、浮き、これらが混在する3ケース(ケース6, 12, 13)が多く、土砂化や鉄筋露出に至っている箇所数も最も多い。また、調査対象の全221箇所の1割程度に相当する23箇所で白色析出物の発生が確認されているが、この箇所での土砂化・鉄筋露出の発生数は15箇所、剥離・スケーリングの発生数が6箇所となり、床版上面の変状が生じる割合は該当箇所では90%以上となっている。さらに、補修痕が認められる箇所では、ケース5で40%から100%、ケース6で29%から44%、ケース10で0%から50%、ケース12で26%から58%、ケース16で28%から40%のように、補修痕がない場合に比べて土砂化や鉄筋露出の発生割合が増加する傾向にある。本研究の範囲において、舗装に、ひび割れ、浮き、白色析出物、補修痕がある場合には、その直下の床版上面において剥離・スケーリング、土砂化・鉄筋露出が発生している可能性が高いことが明らかになった。また、前述のとおり、適用示方書や舗装厚等の橋梁諸元や、桁との位置関係や路面位置、横断勾配位置によって、土砂化・鉄筋露出の発生数が増えることが示された。これらのことから、舗装の変状と床版部位を組み合わせることによって、直接目視確認することが難しい床版上面の状態を推測できる可能性が示唆された。

一方、舗装にひび割れ、浮き、ポットホール、白色析出物が認められない箇所(ケース16)であっても、床版上面で剥離・スケーリング、土砂化・鉄筋露出が発生している場合もあった。点検・調査時には、こうしたケースが存在することについても留意する必要がある。また、舗装に変状が認められない場合の床版上面の変状の検知については、点検調査技術の活用を含めた今後の課題であると考えられる。

### 4. まとめ

本研究では、北海道における床版の土砂化の発生傾向調査の一環として、北海道内の国道橋における舗装切削調査結果を収集・分析することによって、舗装の状態と床版上面の状態との関係に関する定量的な整理を試みた。

本研究で得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 適用示方書や舗装厚の違いによって、床版上面の変状が生じる割合が異なることを確認した。特に、昭和31年、昭和39年の示方書が適用されている床版では、調査箇所において土砂化や鉄筋露出が発生する割合が大きい。
- (2) 舗装切削調査が行われた床版部位として、主桁近傍や車両走行位置、輪荷重走行位置、横断勾配の下側などでは、土砂化や鉄筋露出の発生数が増えることを示した。
- (3) 舗装にひび割れ、浮き、白色析出物、補修痕が認められる箇所では、床版上面においても剥離・スケーリング、土砂化・鉄筋露出といった変状が生じている可能性が高いことを示した。
- (4) 舗装に変状が認められない箇所や輪荷重走行位置以外の箇所においても、床版上面に変状が生じている場合があることを確認した。

本研究の結果は限られた調査箇所数に対する条件整理ではあるものの、舗装の変状と床版上面の状態の関係を定量的に示すとともに、高い関連性を有することを示唆することができた。今後は、床版下面における変状との関連性や、床版の土砂化発生に関する諸条件とその影響度についても明確にするとともに、その検知方法についても検討していきたい。

### 謝辞

本調査の実施にあたり、国土交通省北海道開発局には多大なるご協力を賜りました。ここに付記し、感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 土木研究所ほか: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
- 2) 澤松俊寿, 岡田慎哉, 山崎達哉:一般国道275号志寸川橋の床版陥没について—防水層を含めた床版の劣化損傷状況の調査—, 国土交通省北海道開発局第56回(平成24年度)北海道開発技術研究発表会, 2013.2
- 3) 国土交通省 道路局 国道・技術課:橋梁定期点検要領, 2019.3
- 4) 中村拓郎, 角間恒, 守田稷人, 葛西聡, 西弘明:北海道における道路橋 RC 床版の土砂化に関する傾向調査, 寒地土木研究所月報, 第797号, pp.2-10, 2019.9

(2020年7月17日受付)