

報告

北海道における道路橋 RC 床版の砂利化に関する傾向調査

中村拓郎*, 角間恒*, 西弘明*

* 博（工），（国研）土木研究所 寒地土木研究所（〒062-8602 北海道札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目）

北海道内全域の道路橋 RC 床版において床版上面の砂利化の発生が報告されているものの、その発生傾向は必ずしも明確にされていない。本調査では、北海道内の国道橋において舗装切削による床版上面の目視照査が行われた 58 橋の RC 床版を対象に、橋梁諸元や供用環境、舗装切削調査結果を整理し、凍害危険度や凍結防止剤散布量等の供用環境や、曲線半径、舗装切削調査位置に着目して砂利化の発生傾向を分析した。

キーワード：RC 床版，砂利化，舗装切削調査，積雪寒冷地

1. はじめに

北海道における道路橋 RC 床版（以下、床版）は、車両走行による輪荷重に加えて、凍結融解や塩分の浸透、アルカリシリカ反応等¹⁾の複合作用によって、床版上面に砂利化が生じて、最終的には抜け落ちに至る場合もある²⁾。既設床版の劣化・損傷状況については、個々の橋梁に対して外観調査や材料試験が行われ、その健全度評価や劣化機構の検討が行われてきた³⁾。しかしながら、現存する膨大な量の床版に対して、こうした詳細調査を実施することは困難であり、床版の効率的な点検・調査のためには劣化・損傷箇所のスクリーニングが求められる。

北海道開発局は、約 4000 橋の管理橋梁のうち、毎年、約 800 橋を対象とした現地点検調査を実施している。現地点検調査において舗装に変状が認められた橋梁に対しては、舗装切削による床版上面の目視調査（舗装切削調査）が行われる場合もあり、その結果、床版上面のスクレーピングや砂利化の発生等が報告されている。北海道全域において砂利化の発生が報告されているものの⁴⁾、砂利化が発生している橋梁や床版部位の特徴について、体系的な整理には至っていないのが現状である。

本調査では、北海道における床版の砂利化の発生傾向を明らかにすることを目的に、北海道内の国道橋において舗装切削調査が行われた事例を収集・整理するとともに、供用環境や舗装切削調査位置に着目した砂利化の発生傾向を分析した。

2. 調査概要

2.1 対象橋梁

調査対象は、北海道開発局が管理する鋼鈹桁橋を上部構造とする RC 床版形式の道路橋とし、事例として平成

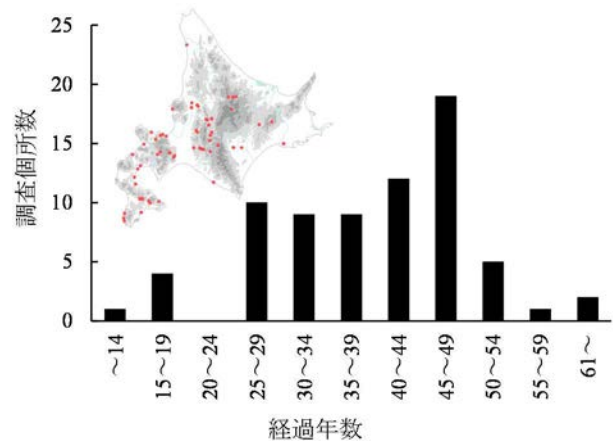


図-1 竣工からの経過年数別の調査箇所数と橋梁位置

21~28 年度に舗装切削による床版上面の劣化状況調査が行われた橋梁から 58 橋を無作為に抽出した。同一橋梁内において調査が複数箇所で行われ、調査箇所の特徴が類似する場合には、砂利化が最も進行している 1 箇所を対象とした。本調査では、72 箇所の舗装切削調査の結果を整理の対象としている。

本調査における調査箇所数および調査対象とした橋梁の位置分布を図-1 に示す。対象とした事例の大半は竣工後 25~49 年が経過した橋梁となっており、その中でも 45~49 年が経過した橋梁での事例が全体の 30%を占めている。また、対象橋梁は札幌開建、函館開建、室蘭開建で管理している橋梁が多くなっており、北海道内の地域毎の箇所数としてはやや偏りがある。

2.2 調査項目

砂利化の発生傾向の分析に際し、対象とする 58 橋について表-1 に示す橋梁諸元や供用環境を整理した。次に、

表-1 調査項目

種類	項目
橋梁諸元	竣工年, 上部工形式, 交差物件, 適用示方書, 床版厚, 主桁本数, 主桁間隔, 斜角, 曲線半径, 縦断勾配, 横断勾配
供用環境	気象条件, 大型車交通量, 塩害地域区分, 凍結防止剤散布量, 凍害危険度, コンクリートに反応性骨材が含まれる可能性

表-2 舗装切削調査位置に関する整理項目

方向	項目	選択肢
縦断方向	位置	伸縮装置・中間支点部, その他
横断方向	位置	中央線, 車道外側線, 路肩, その他
	輪荷重走行位置	走行位置, 非走行位置
	横断勾配	上側, 下側, その他
	床版支間当たりの走行車輪数	0輪, 1輪, 1~2輪, 2輪

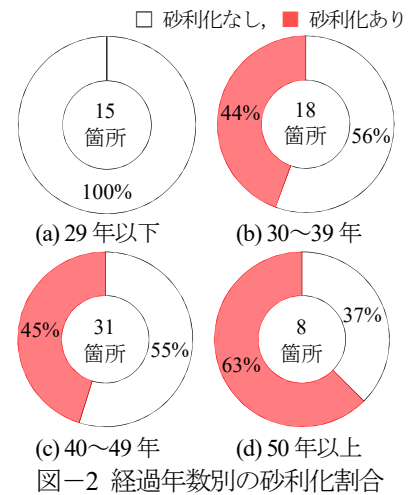


図-2 経過年数別の砂利化割合

対象橋梁における舗装切削調査の床版部位の特徴を分類するために、表-2 に示す項目と選択肢を基に、舗装切削調査における縦横断方向の位置や横断方向の輪荷重走行位置等の抽出を行った。砂利化の有無の分類は、収集した資料の記載を踏襲することを基本とした。

本報告では、これらの整理項目のうち、橋梁諸元における曲線半径、供用環境における凍害危険度⁵⁾と凍結防止剤散布量、舗装切削調査位置に対する砂利化の発生傾向を整理した結果を報告する。

3. 調査結果

3.1 経過年数による砂利化の発生状況

竣工後の経過年数別の砂利化の発生割合を図-2 に示す。経過年数29年以下の橋梁においては、舗装切削調査を実施した全15箇所において砂利化は確認されていない。一方、竣工後30年以上が経過した橋梁における砂利化の発生割合は、経過年数が30~39年で44%、40~49年で45%、50年以上で63%となっており、経過年数とともに砂利化の発生割合も増加する傾向を示した。

竣工後30年以上の橋梁の点検・調査時に、舗装に変状が認められる場合には、その直下で床版の砂利化が発生していることを想定する必要があり、経過年数が30年未満の橋梁においては、その時点で床版の耐荷性能が著しく低下するような砂利化の発生を想定した点検・調査が必要になる可能性は低いと考えられる。

3.2 供用環境の違いによる砂利化の発生状況

(1) 凍害危険度

凍害危険度別に整理した砂利化の発生箇所数を図-3 に示す。砂利化の発生が確認されている経過年数30年以上の床版に着目すると、経過年数40~49年の床版において凍害危険度2の地域での砂利化の発生割合がやや低くなっているものの、凍害危険度が高くなることで砂利化の発生箇所数や砂利化の発生割合が極端に増加するよう傾向は認められなかった。北海道開発局が管理する全

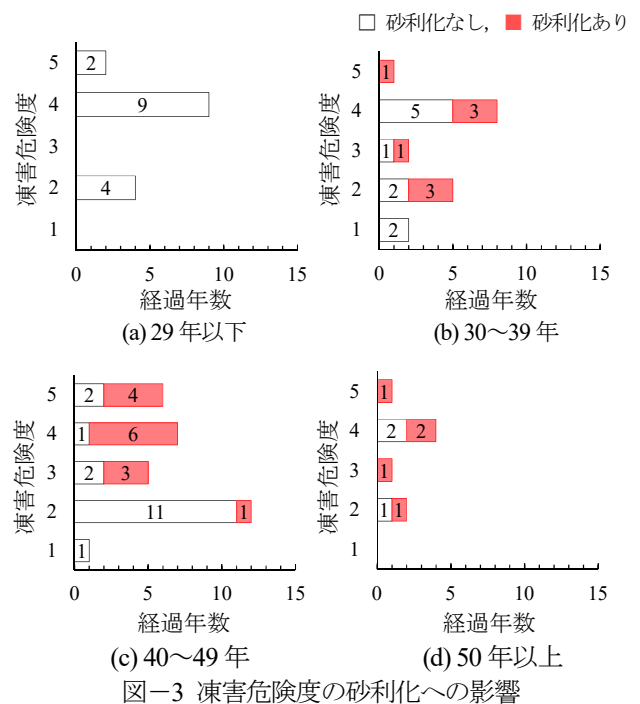


図-3 凍害危険度の砂利化への影響

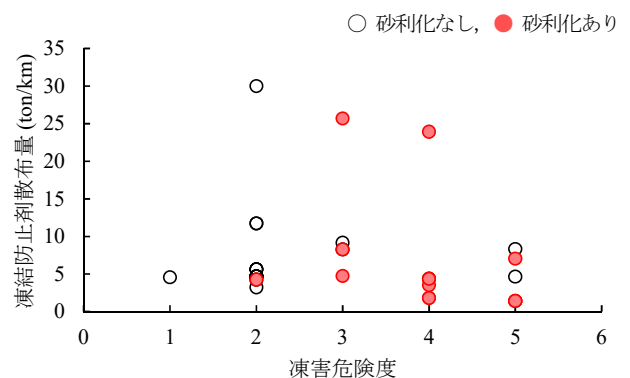


図-4 凍結防止剤散布量の砂利化への影響

橋梁に対する凍害危険度別の割合は、凍害危険度2~5の橋梁がそれぞれ20~25%程度となっている。このため、床版の点検・調査を行う際には、凍害危険度によらず北海道のほぼ全域で砂利化が発生している可能性を考える

必要がある。

(2) 凍結防止剤散布量

調査箇所数の多い経過年数 40～49 年の橋梁に対して砂利化発生の有無別に集計した凍結防止剤散布量と凍害危険度の関係を図-4 に示す。なお、凍結防止剤散布量は、平成 26 年度における路線毎の平均的な散布量であり、各橋梁での実散布量ではない。経過年数および凍害危険度が同程度であっても、調査箇所によって砂利化の発生状況は異なり、凍結防止剤散布量が多い橋梁で砂利化が発生しやすくなるような傾向は認められなかった。路面に散布した凍結防止剤の床版内への侵入については舗装や防水層の状態に依存するところが大きく、散布量のみでは砂利化発生への影響度を推し量ることは難しいと考えられる。

3.3 舗装切削調査位置と砂利化の発生状況

(1) 道路線形

曲線半径 700m を閾値とした砂利化発生状況を図-5 に示す。曲率半径 700m 以上と 700m 未満とで砂利化の発生箇所数は同程度であるものの、砂利化の発生割合に関しては 700m 未満の場合に 40%程度と大きくなる傾向となった。曲線半径が小さい場合、ねじりモーメントや水平せん断力の増大が舗装および床版の劣化・損傷を引き起こし、その結果として水密性の低下を招くことが懸念される。北海道開発局が管理する橋梁の場合、曲線半径 700m 未満の橋梁は全体の 20%程度であり、曲線半径が小さい橋梁では砂利化の危険度が高くなっている可能性があると考えられる。

(2) 縦断方向の位置

縦断方向の位置別の砂利化発生箇所数を図-6 に示す。一般的に、伸縮装置の近傍は大型車が段差部を通過するときに衝撃力が作用し、伸縮装置が縦断勾配の下側になる場合には滞水の影響が顕著になることから、床版の劣化が早期に生じる箇所とされている。しかしながら、本調査においては、砂利化発生箇所は、伸縮装置あるいは中間支点部で 15 箇所、その他で 12 箇所となっており、伸縮装置付近に限らず縦断方向全体にわたって砂利化が発生していることを確認した。砂利化の発生割合については、伸縮装置・中間支点部が 50%となり、その他に比較してやや大きくなる傾向であった。

(3) 横断方向の位置

輪荷重走行位置別および横断方向の位置別の砂利化発生箇所数を図-7 および図-8 に示す。本調査で対象とした砂利化の 90%以上が輪荷重走行位置に集中して発生していた。横断方向の位置別では車道外側線付近が 17 箇所と最も多く、次いで多いのが中央線付近の 8 箇所であった。また、図-9 には、横断勾配に対する位置別の砂利化発生箇所数を示しており、降水の排出先となる横断勾配

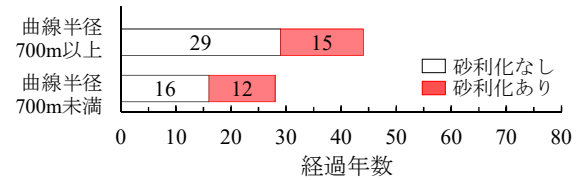


図-5 曲線半径の砂利化への影響

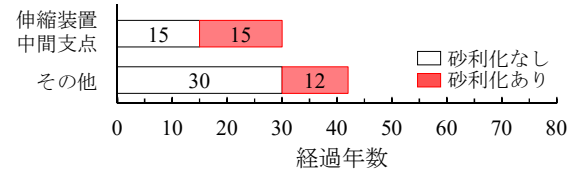


図-6 縦断方向位置の砂利化への影響

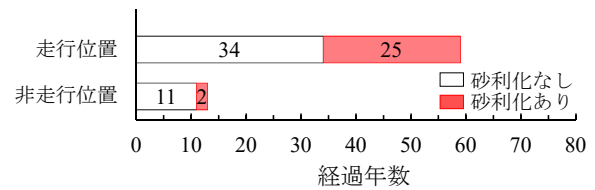


図-7 輪荷重走行位置の砂利化への影響

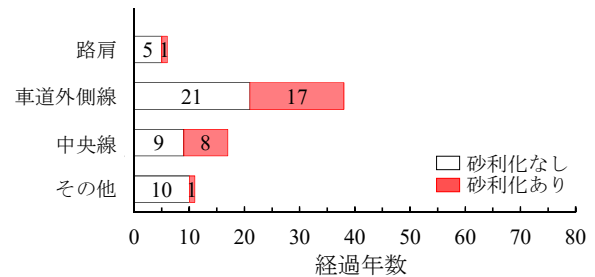


図-8 横断方向位置の砂利化への影響

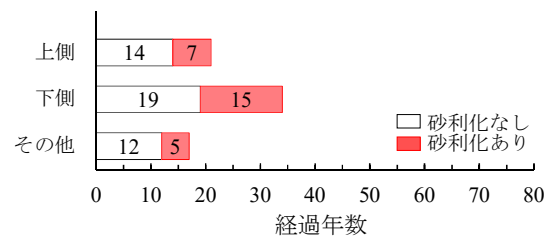


図-9 横断勾配に対する位置の砂利化への影響

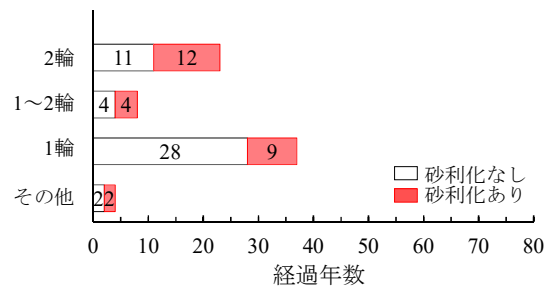


図-10 床版支間当たりの走行車輪数の砂利化への影響

の下側で砂利化が発生しやすいことがわかる。

本調査において、全ての砂利化発生箇所（27箇所）の半数以上の15箇所が輪荷重走行位置および横断勾配下側の両者に当てはまっており、この結果は、滞水が生じやすい輪荷重走行位置で砂利化が発生しやすいことを示唆している。また、横断勾配に対する位置については中央線付近を上側、または、その他に分類しているが、実際には舗装目地との位置関係から床版上に水が供給しやすい箇所となる。したがって、滞水の影響を考慮して整理することによって、輪荷重走行と水の組合せによって砂利化が発生しやすいことがより明確になることが推察される。

(4) 輪荷重走行位置と主桁配置

床版支間当たりの走行車輪数別の砂利化発生箇所数を図-10に示す。砂利化の発生箇所数および発生割合から、床版支間当たりの走行車輪数が2輪となる箇所でも多くの砂利化が発生していた。これらの大部分は3主桁からなる鋼鈹桁橋において同一床版支間内の主桁近傍に左右2輪が走行する主桁・走行車線配置の橋梁で生じていた。過去に報告されている床版抜け落ち事例の中には同様の条件で発生しているものが多く²⁾、3主桁かつ同一支間内に左右2輪が走行するという条件は、床版の砂利化のみならず、抜け落ちにも進展しやすい条件であると考えられる。上記の主桁および車線の配置において砂利化が発生しやすい要因としては、主桁上に発生する負の曲げモーメントによる舗装および床版上面のひび割れ、あるいは、主桁拘束（ジベルやスラブ止めによる拘束）により発生する初期の乾燥収縮ひび割れ等によって、床版内に水が浸入しやすい状態が形成されることが考えられる。

4. おわりに

本調査では、北海道内の58橋の国道橋におけるRC床版の砂利化の発生状況を整理した。その結果、得られた知見を以下にまとめる。

- 1) 本調査で対象とした58橋72箇所に対する砂利化の調査事例において、竣工後の経過年数が30年未満の橋梁では砂利化が発生している事例はなかった。
- 2) コンクリートの凍害の発生しやすさと関連する凍害危険度および凍結防止剤散布量と砂利化の発生状況に明確な相関性は認められなかった。
- 3) 滞水と輪荷重走行の影響を同時に受ける場合に加えて、曲線半径が小さい橋梁や床版支間当たりに左右2

輪が走行する主桁配置となる橋梁において砂利化が生じている事例が多いことが明らかになった。

凍害や塩害、アルカリシリカ反応といった材料劣化が著しく進行した床版の劣化要因の調査および健全度の評価は、環境作用に着目して行われる傾向が強い。本調査の結果は、舗装の部分切削部での目視調査結果を基にした限られた事例数に対する整理結果ではあるものの、舗装や防水層によって上面が覆われている床版で発生する砂利化を点検・調査する場合には、材料劣化の要因となる水の浸入経路（舗装のうきやひび割れ、床版上面のひび割れ）の発生しやすさと関連する諸元に着目することが重要になることを示唆している。

今後、本調査で対象とした項目以外の他の諸条件や鋼鈹桁以外を上部構造とする橋梁にも分析範囲を広げるなどして収集事例の充実を図り、床版の砂利化発生に及ぼす諸条件の影響度を明確にしていきたい。

謝辞

本調査の実施にあたり、北海道開発局には多大なるご協力をいただきました。ここに付記し、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 角間 恒, 佐藤孝司, 渡邊晋也, 谷倉泉: 凍害・ASRによる複合劣化が生じたRC床版の調査事例, 第九回道路橋床版シンポジウム論文報告集, pp.37-40, 2016.
- 2) 國松博一, 山谷直孝, 澤松俊寿: 一般国道275号志寸川橋の床版陥没について一陥没の発生から復旧まで, 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.
- 3) 例えば, 田中良樹, 石田雅博, 村越 潤: 道路橋における凍結融解とASRの影響を受けたコンクリートの劣化調査, 土木学会論文集E2, Vol.72, No.3, pp.214-233, 2016.
- 4) 小野貴之: 積雪寒冷地における既設橋梁RC床版の疲労耐久性に関する実験的研究, 北海道大学学位論文, pp.12-27, 2009.
- 5) 長谷川寿夫: コンクリートの凍害危険度算出と水セメント比限界値の提案, セメント技術年報 XXIX, pp.248-253, 1975.

(2018年7月20日受付)