

北海道における鋼板接着補強済床版の損傷傾向調査

Investigation of deterioration tendency of steel plate bonded RC deck slabs in Hokkaido

(国研)土木研究所寒地土木研究所 ○ 正 員 石原 寛也 (ISHIHARA Hiroya)
 (国研)土木研究所寒地土木研究所 正 員 中村 拓郎 (NAKAMURA Takurou)
 (国研)土木研究所寒地土木研究所 正 員 安中 新太郎 (YASUNAKA Shintarou)

1. はじめに

積雪寒冷地である北海道の鉄筋コンクリート床版(以下、床版)では、輪荷重の繰返し作用に加えて、凍結融解や塩分浸透等の環境作用によって、損傷が著しく進行することが確認されている。鋼板接着補強された床版(以下、鋼板接着床版)においては、写真-1に示すような抜け落ちが発生し、架け替えとなった事例も報告されている¹⁾。鋼板接着等によって下面補強がなされた床版では、上下面のコンクリートの状態を直接視認することができない。このため、一般的な目視による点検手法では床版の健全性の評価が困難な場合が多く、損傷の早期発見や発生予測のための知見が必要とされている。

首都高速道路株式会社(以下、首都高)や阪神高速道路株式会社(以下、阪高)では、鋼板接着床版の状態把握のために点検調査結果の集計を行っており、橋梁の径間やパネル単位の補強鋼板の損傷を集計した結果が報告されている²⁾³⁾。これらの報告の中で、補強鋼板の損傷は剥離が多く見られ、経年によりその数が増加するとされている。

本稿では、積雪寒冷地である北海道における鋼板接着床版の損傷傾向やその特徴を明らかにすることを目的に、

詳細調査ための基礎情報として、補強鋼板の損傷の種類や発生数について橋梁諸元などと関連付けて整理を行った。

2. 調査概要

2.1. 調査対象橋梁とその損傷

(1) 対象橋梁

国土交通省北海道開発局(以下、開発局)が管理する鋼板桁を上部構造とした橋梁のうち、鋼板接着床版を有する橋梁を対象に、平成26年度(2014年度)から平成30年度(2018年度)の5年間で橋梁定期点検によって得られた定期点検調査書から必要な情報の抽出を行った。定期点検調査書は、橋梁定期点検要領⁴⁾をもとに作成されたものである。点検調査書から抽出した結果、床版下面に鋼板接着が確認できた橋梁は57橋であった。なお、これらは著者らが抽出できた橋梁数であり、北海道内の国道橋における補強接着床版の全数ではないことに留意されたい。

供用年数ごとの橋梁数の分布を図-1に示す。対象橋梁の内の多くが供用後50年程度経過しており、供用年数45～54年の橋梁が全体の約75%を占めている。また、供用開始から鋼板接着補強工事までの経過年数と、補強工事から定期点検までの経過年数ごとに橋梁数を集計した結果を図-2に示す。点検調査書に補強年が記載されておらず不明な橋梁が14橋あったが、供用開始から補強工事までは30年程度経過している橋梁が多く、補強工事から定期点検までは15～19年経過している橋梁が多くなっている。



写真-1 抜け落ちの生じた床版

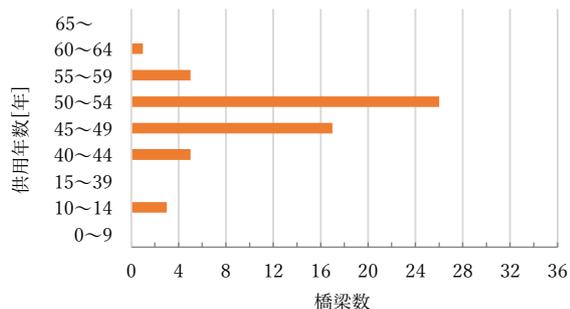


図-1 供用年数別調査対象橋梁数

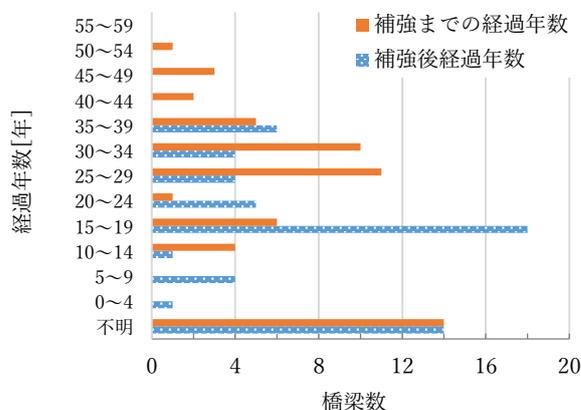


図-2 鋼板接着補強までの経過年数と補強後の経過年数別橋梁数

る。床版の補強工事が行われた理由としては、床版の損傷による耐荷性能の低下や、平成5年の道路示方書の改訂に伴い設計活荷重が変更され、床版の耐荷力において設計基準を満たさなくなったことがあげられていた。

(2)補強鋼板の損傷

本稿では、うきと腐食を補強鋼板の損傷とし、点検調査における損傷図や損傷写真のメモ欄、対策区分判定結果の所見欄の中から、補修・補強材の損傷についてうきや腐食が見られるという記載をもとに集計を行った。なお、本稿では損傷の程度については評価しておらず、うきと腐食の有無でのみ整理を行っている。また、うきと腐食以外の損傷(塗装の劣化等)については集計を行わず、損傷なしとして整理した。

(3)結果整理方法

補強鋼板の損傷は、橋梁全体だけではなく一部の径間やパネルなどに偏りが確認される場合もあるため、橋梁単位の整理だけでなく、径間単位やパネル単位の整理が必要と考えられる。したがって、調査結果には橋梁単位・径間単位・パネル単位のそれぞれに対し、損傷が見られるものの割合(以下、損傷率)を求めた結果を主に示す。

橋梁単位の整理では損傷率に加えて、うきと腐食が占める割合(以下、損傷の内訳)についても整理を行った。さらに、橋長や大型車交通量などの整理項目ごとにも整理を行い、損傷の傾向の有無を確認した。

径間単位の整理では、橋梁を径間単位に分割した後に、鋼板接着されていない径間を除いて整理を行った。なお、対象となる径間数は57橋で計142径間である。

パネル単位の整理では、橋梁を損傷範囲毎に(i)広範囲に損傷が見られる橋梁(15橋)(写真-2)、(ii)局所的に損傷が見られる橋梁(21橋)(写真-3)、(iii)損傷の見られない橋梁(19橋)の3つに分類し、分類項目ごとに3橋を任意に抽出した9橋を対象に集計を行った。集計では、分類項目ごとに損傷率を算出し、それらの平均値を比較することとした。なお、これら9橋は分類項目ごとにパネル総数がほぼ同数となる様に選定している。また、損傷範囲による橋梁の分類は著者らの主観によるものである。

2.2.調査整理項目

対象となる橋梁57橋に関して、橋梁諸元や供用環境を整理項目として補強鋼板の損傷を整理した。点検調査か



写真-2 広範囲に損傷(さび)が見られる橋梁例



写真-3 局所的に損傷(さび)が見られる橋梁例

ら抽出した項目として、橋梁諸元においては上部工型式、竣工年、適用示方書、橋長、平面線形、曲線半径、縦断勾配、横断勾配、横断勾配種類、床版厚、床版防水工の有無、桁合成、鋼板接着形式などであり、供用環境においては大型車交通量、凍結防止剤散布量、塩害地域区分、凍害危険度などである。

本稿では、橋梁諸元として“橋長”、“桁合成”、“鋼板接着形式”の三つの項目に関わる整理結果を示す。鋼板接着形式には短冊型の橋軸方向に細長い鋼板を床版下面に複数枚接着する形式と、広幅鋼板を床版下面全体に接着する形式の2種類があり、さらに広幅鋼板の接着は、床版下面のハンチ部まで覆われているものとそうではないものに分けられる。本稿ではそれぞれ短冊接着、広幅接着(ハンチ有)、広幅接着(ハンチ無)として整理を行っている。

また、供用環境として、床版の疲労の主な原因であるとされている輪荷重の影響を見るため“12時間大型車交通量”と、積雪寒冷地である北海道における環境下の凍害の影響を見るため、気象資料を用いて外気温、日射などから算出した“凍害危険度”⁵⁾、腐食を促進すると考えられる“凍結防止剤散布量”と損傷との関係を取り上げた。

2.3.首都高、阪高の調査結果との比較

先述の首都高と阪高及び開発局の調査結果は、それぞれ適用された点検要領⁶⁾⁷⁾が異なり、損傷程度の評価方法や、結果の整理方法が異なる。しかし、うきや腐食に対応する損傷の内訳を有することから、北海道における劣化・損傷の傾向を確認するため、それらが占める割合について比較を行った。なお、本稿では首都高の打音検査による異音(剥離)や阪高のはく離を示唆する不良音とされる損傷を、国道橋におけるうきと同じ損傷として比較を行った。

3. 調査結果

3.1.橋梁単位の損傷の整理

(1)橋梁単位の損傷率と損傷の内訳

橋梁単位で損傷の集計を行った結果を図-3に示す。橋梁単位での損傷率は66.7%であり、損傷の内訳は腐食が59.7%、うきが26.3%であることが分かる。

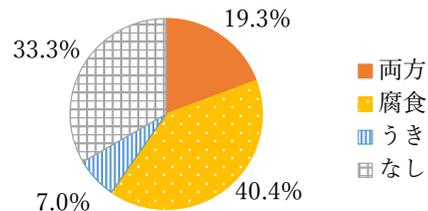


図-3 橋梁単位で集計した損傷の内訳

(2) 橋梁諸元と損傷の関係

橋長と損傷の関係について整理を行った結果を図-4に示す。鋼板接着床版の橋梁数は橋長が50m未満の橋梁が多く、橋長が長いほど橋梁数は少ない。損傷率については、橋長が短い橋梁の方が低い傾向にある。また、損傷の内訳として、橋長が100m以上の橋梁にはうきのみ損傷が見られることはなく、腐食が主な損傷となっている。

桁合成と損傷の関係について整理を行った結果を図-5に示す。鋼板接着床版の橋梁数は非合成桁よりも合成桁の方が多い。損傷率は非合成桁の方がやや高いが、損傷の内訳はいずれの形式においても腐食が60%程度、うきが25%程度と、3.1.(1)で示した橋梁単位での損傷の内訳と大きな差は見られなかった。

鋼板接着形式と損傷の関係について整理を行った結果を図-6に示す。鋼板接着床版の橋梁数は短冊接着と広幅接着では、広幅接着の橋梁の方が多く、広幅接着の中でもハンチ部まで補強されている橋梁が多い。損傷の内訳については、短冊接着の橋梁にはうきは見られず、腐食のみが見られた。また、広幅接着(ハンチ有)では他の形式と比べてうきがやや多く、損傷率も高くなっている。

(3) 供用環境と損傷の関係

12時間大型車交通量と損傷の関係について整理を行った結果を図-7に示す。鋼板接着床版の橋梁数は交通量が500台未満で最も多く、交通量が多いほど橋梁数は少ない。損傷率については、交通量が1000台未満の橋梁では50%以下であるが、交通量が1000台以上の橋梁では80%以上となっている。

凍害危険度と損傷の関係について整理を行った結果を図-8に示す。鋼板接着床版の橋梁数は凍害危険度4で最も多くなっている。損傷率については、凍害危険度5の

橋梁が最も低くなっており、凍害危険度の低い橋梁で高くなる傾向がある。なお、この凍害危険度は地域ごとの気象データに基づいているので、実際の橋梁位置での凍害の危険性とは異なる可能性がある。

凍結防止剤散布量と損傷の関係について整理を行った結果を図-9に示す。鋼板接着された橋梁数の分布は散布量が10t/km程度までの橋梁と、散布量が20t/km以上の橋梁に二分されており、散布量が10t/km未満の橋梁数は全体の82%である。なお、本稿で示す凍結防止剤散布量の値(t/km)は、各路線を区間に分けて集計された散布量(t)をもとに算出された区間平均値であり、橋梁位置の実際の散布量とは異なる可能性がある。

3.2. 径間単位及びパネル単位の損傷の整理

径間単位及びパネル単位で集計を行った結果を図-10に示す。径間単位での損傷率は55.6%、パネル単位では34.1%であった。橋梁単位での損傷率66.7%と比較して径間単位、パネル単位と着目する多少単位を細かくしていくと損傷率が低下していくが、これは損傷が見られる橋梁に、一部に損傷が見られる橋梁と、より広い範囲に損傷が見られる橋梁があることが理由である。

次に2.1.(3)で示したパネル単位の損傷範囲分類ごとに集計した結果を表-1に示す。パネル単位での損傷率は34.1%であるが、(ii)局所的に損傷が見られる橋梁では損傷率は8.6%であり、(i)広範囲に損傷が見られる橋梁の損傷率との乖離が大きいため、(i)と(ii)では損傷の過程が異なる可能性があると考えられる。しかしながら、鋼板接着床版における損傷の過程を推定するには更なる検討が必要であり、今後の課題である。

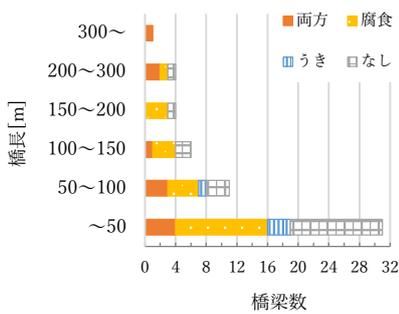


図-4 橋長別橋梁数

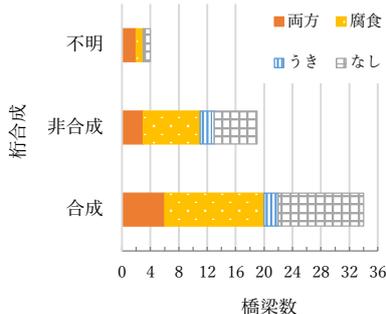


図-5 桁合成別橋梁数

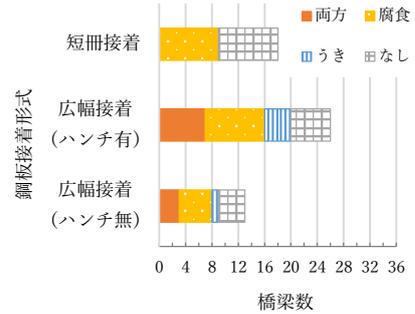


図-6 鋼板接着形式別橋梁数

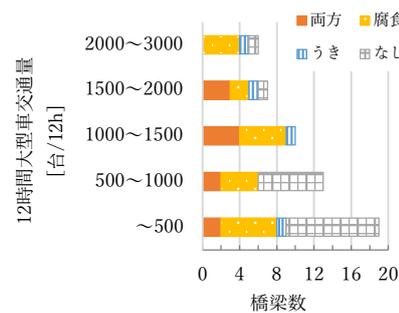


図-7 12時間大型車交通量別橋梁数

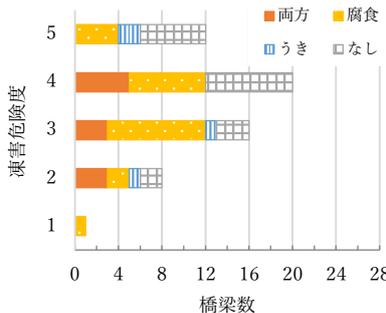


図-8 凍害危険度別橋梁数

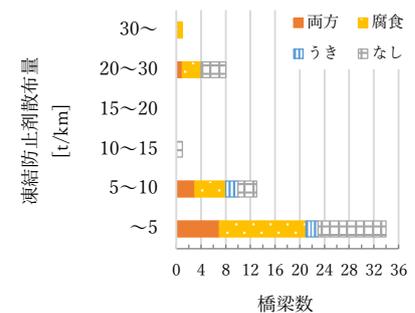


図-9 凍結防止剤散布量別橋梁数

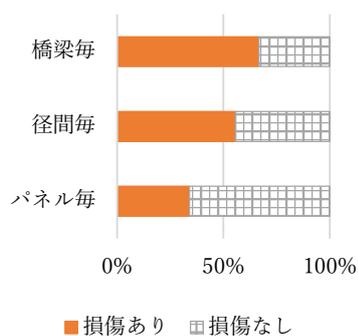


図-10 橋梁単位, 径間単位, パネル単位の損傷率

表-1 損傷範囲毎の集計パネル数とその損傷率

	(i) 広範囲に損傷の 見られる橋梁	(ii) 局所的に損傷の 見られる橋梁	(iii) 損傷の見られ ない橋梁	計
損傷パネル数	169	15	0	184
パネル数	181	175	184	540
損傷率	93.4%	8.6%	0.0%	34.1%

3.3. 首都高, 阪高の損傷傾向との比較

首都高の調査報告²⁾では, 損傷の内訳としてうき(剥離)が44%, 腐食が28%となっており, うきが中心である。一方, 前述の3.1.(2)で示した開発局の短冊接着の損傷についての結果ではうきは見られず, 異なる傾向であることが分かる。また, 阪高での調査報告³⁾では損傷の内訳として, うき(不良音)が50.8%, さび・腐食が10.0%となっており, 首都高と同様にうきが中心であることが分かる。3.1.(1)より, 開発局の鋼板接着床版では全体として腐食の割合が多く, 阪高での調査結果と異なる傾向となった。開発局の鋼板接着床版において, うきに比べて腐食が多くなることは, 損傷の特徴である可能性がある。しかしながら, 本調査の範囲においてはパネル単位での整理や損傷過程の推定などによる十分な精査が行えていないため, この傾向については更なる検証が必要であると考える。

4. おわりに

本稿では, 橋梁単位での損傷の整理を中心に行った。既往の研究報告と比較したところ, 北海道における鋼板接着床版の損傷において, 腐食が多くなることが特徴である可能性が示唆された。供用環境で整理を行った結果では, 大型車交通量において損傷の傾向が見られたものの, 凍害危険度や凍結防止剤散布量では相関が見られなかった。これらの項目は地域や路線ごとの指標であり, 橋梁位置での指標となっていないため, 今後, 各橋梁位置での凍害危険度や凍結防止剤散布量を求めることで, より正確な指標を用いて, 関連性を求めたいと考えている。また, 橋梁諸元や供用環境といった各整理項目に対して径間単位やパネル単位でも損傷の集計を行い, より詳細に北海道における損傷の特徴を明らかにするとともに, 実験などを行うことで損傷の過程の推定を行う予定である。

参考文献

- 1) 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—陥没の発生から復旧まで—, 第56回(平成24年度)北海道開発技術研究発表会, 2013.2
- 2) 福島誉央, 甲元克明, 青木康素: 鋼板接着RC床版における損傷事例, 第八回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 2014.10
- 3) 繪鳩武史, 蒲和也, 深谷卓央: RC床版に設置された補強鋼板の損傷実態, 令和元年度土木学会全国大会第74回年次学術講演会, 2019.9
- 4) 国土交通省 道路局 国道・技術課: 橋梁定期点検要領, 2014.6
- 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.
- 6) 首都高速道路株式会社: 構造物等点検要領, 2019.7
- 7) 阪神高速道路株式会社: 道路構造物の点検要領, 2018.10