

46年間供用した積雪寒冷地における道路橋RC床版の損傷状況の調査

An Investigation of 46-year-old Bridge Deck Slabs in Snowy Cold Region

(一財) 災害科学研究所
(独) 土木研究所寒地土木研究所
(独) 土木研究所寒地土木研究所
(独) 土木研究所寒地土木研究所
大阪工業大学

○正会員 三田村浩
正会員 澤松俊寿
正会員 岡田慎哉
正会員 角間 恒
フェロー 松井繁之

(Hiroshi Mitamura)
(Toshikazu Sawamatsu)
(Shin-ya Okada)
(Ko Kakuma)
(Shigeyuki Matsui)

1. はじめに

道路橋のRC床版は、輪荷重を直接受けるために損傷の発生しやすい部材であり、その劣化損傷の主たる要因は輪荷重の繰り返しによる疲労とされている¹⁾。しかしながら近年では疲労以外の要因、例えば塩害やASR等が関連した劣化損傷が認められるようになってきている。

積雪寒冷地においては、都市部の重交通路線と比較して交通量が少ないにも関わらず床版コンクリート上面部の劣化損傷が散見され、陥没に至った事例も認められる。これらは、寒冷地特有の気象条件や環境条件に起因する凍害すなわち凍結融解と輪荷重の繰り返しによって生じる複合劣化と考えられ、この現象は道路の規格に関係なく北海道の全域に及ぶ兆候さえ呈していることが調査結果²⁾より確認されている。また既往の実験によると、凍害等により床版上面が劣化したと想定して上面のかぶりコンクリートを1cm程度薄くした場合に、有効床版厚の減少により床版の疲労耐久性が著しく低下することが示されている³⁾。

1970年代の高度経済成長期に建設された膨大な数の道路橋床版を始めとして、今後、凍害と疲労による劣化損傷の発生が予想されることから効率的・効果的な維持管理を実施していくことが望まれる。そのためには、凍害と疲労による劣化損傷の形態や進展の特徴、疲労耐久性との関係等を考慮した維持管理手法として調査、健全度評価、補修方法等を確立していく必要がある。

本研究では、これらの維持管理手法を確立していくための基礎資料を得ることを目的に、供用開始から46年が経過して全面打ち換えに伴い現位置から撤去された積雪寒冷地のRC床版を切断し、切断面の劣化損傷状況を調査するとともに劣化損傷の進展過程について検討した。

2. 橋梁設置環境および橋梁構造の緒元

2.1 橋梁設置環境

調査を実施した橋梁の設置環境および橋梁構造について表-1に示す。対象橋梁は図-1のような3径間単純非合成鈹桁の河川橋である。2010年の交通センサスによる大型車交通量は上下線の合計で778台／日である。積雪寒冷地に位置しており、最寄りのアメダスの観測結果によると、観測結果のある1976年からの年最低気温の平均値は-22.5℃である。都市部の重交通路線と比較して大型車交通量は少ないものの、積雪寒冷地特有の凍結融解作

用を受ける橋梁といえる。

2.2 橋梁構造の諸元

架橋年次は昭和 40 年であり供用開始から本調査の実施までに 46 年間供用されている。昭和 39 年の鋼道路橋設計示方書⁴⁾に基づいて設計されているが、当設計基準で設計された床版は配力鉄筋量が主鉄筋量の約 25%程度しか配置されないために、疲労耐久性が低いとされている¹⁾。

図-1 は調査対象橋梁の平面図および断面図である。昭和 62 年には、床版の劣化損傷が進行していたことを受け、版の曲げモーメント低減を目的として G3 桁と G4 桁、および G4 桁と G5 桁の間に縦桁 (ST) が増設されている。合わせて、床版の配力筋不足を解消するために、床版下面に対して配力筋方向へ短冊状の鋼板接着補強が実施されている。平成元年には既設床版と一体構造として歩道橋が拡幅されている。また、平成 19 年には床版上面の劣化損傷部の部分的な補修と合わせて、橋面全体に床版防水層が施工されている。

表-1 橋梁設置環境および橋梁構造

交 差 物 件	河川
大型車交通量	778 台／日 (上下線合計)
設 置 環 境	積雪寒冷地
最 低 温 度	-22.5℃ (1976 年からの年最低気温の平均)
上 部 工 形 式	単純非合成鋼鈹桁 ・ 橋長：22.50m×3 連 ・ 幅員：車道 8.25m+歩道 2.5m
架 橋 年 次	昭和 40 年 (46 年間供用)
適 用 基 準	昭和 39 年鋼道路橋設計示方書
設計床版厚さ	18cm
補 修 履 歴	昭和 62 年 ・ 橋軸方向に短冊状の鋼板接着 ・ 縦桁増設 平成元年 ・ 歩道橋拡幅 (既設床版と一体) 平成 19 年 ・ 床版上面コンクリートの部分補修 ・ 床版防水層

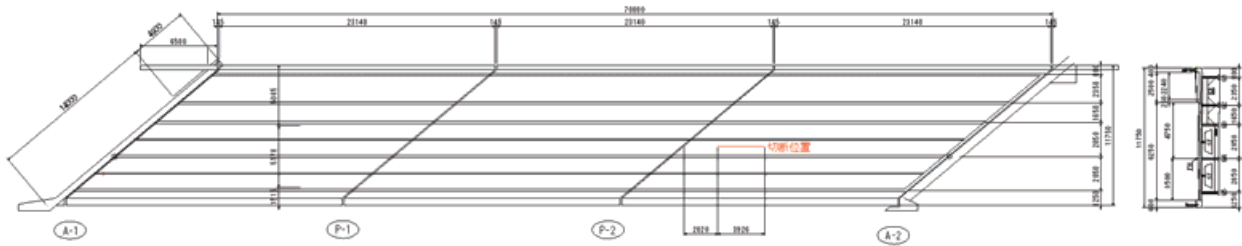
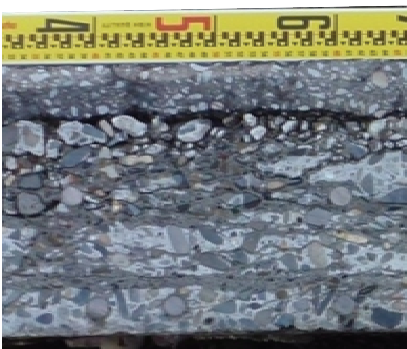


図-1 調査対象橋梁と床版の切断位置



(a) 切断面の全景



(b) A の範囲の拡大



(c) B の範囲の拡大



(d) C の範囲の拡大

図-2 床版切断面の状況

3. 床版断面の損傷状況の調査方法

本 RC 床版に対する損傷状況調査の1つとして、現地から撤去された床版を切断し切断面の目視調査を実施した。図-1 に示す G4 桁と縦桁 (ST) の間について約 4m にわたって床版を切断した。切断の位置は舗装上面の損傷状況や舗装補修跡、床版下面のひび割れやエフロレッセンスの滲出状況を総合的に考慮し、床版コンクリートの健全部および劣化損傷部を含む範囲とした。

床版切断面における床版コンクリートのひび割れの認識を容易にするために、切断に当たっては次のような手順を講じた。まず、撤去した床版に散水して内部へ水を浸透させるよう一定期間放置した。その後、コンクリート用カッターにより床版を切断した。床版切断面をバーナーで軽く熱することにより、床版切断面の表面の水は蒸発するが、床版コンクリートのひび割れには十分に水が浸透しているためにひび割れ部が際立つことから、ひび割れの判読が容易となる。

4. 床版断面の損傷状況の調査結果および考察

4.1 床版切断面の状況

図-2 は床版切断面の状況である。図-2 (a)は切断面の全景であるが、写真右側部分は床版コンクリートにはひび割れ等は発生しておらず健全である。一方で写真の左側、すなわち伸縮装置 (P-2) へ向かうにつれてコンク

リートに損傷が生じており、左側の範囲では上部のコンクリートが砂利化している。図-2 (b)～図-2 (d)は図-2 (a) に赤の破線で示した部分を拡大したものである。C 部 (図-2 (d)) では、上側のかぶりコンクリート部分に水平方向のひび割れが発生しておりコンクリートが層状に剥離した状態 (以後、「層状剥離」という。) であった。さらに、C から B へ向かうにつれて層状剥離の数が増加し、B 部 (図-2 (c)) でかぶりコンクリート程度の厚さの範囲において多数の層状剥離が発生している。その間隔は概ね粗骨材の最大寸法程度であった。さらに B 部から C 部へ向かうと上縁付近において粗骨材とモルタル分が分離しコンクリートが砂利化している。A 部 (図-2 (b)) では床版コンクリート天端から深さ 5cm 程度が砂利化した状態であり、下側鉄筋程度の範囲にまで層状剥離が発生していた。

図-2 に示した床版の劣化損傷は、図-2 (a)の写真左側を起点として右側へ向かって劣化損傷が進展していったものと考えられる。劣化損傷の起点となった写真の左側には伸縮装置が位置している。ここで、切断箇所が位置する車線は写真の左から右に向かって車両が走行する。伸縮装置近傍は伸縮装置の段差に起因して衝撃的に輪荷重が作用することに加えて雨水や融雪水が滞水しやすい箇所であり、劣化損傷の要因となった可能性がある。このことから床版の長期耐久性の確保には、床版内部へ

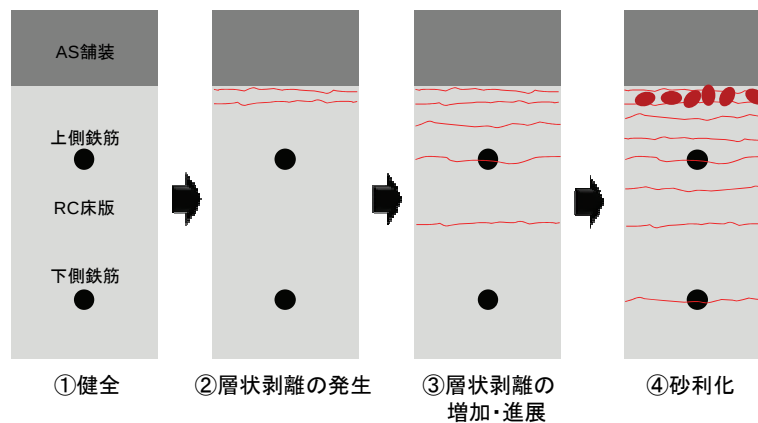


図-3 調査結果から推定される損傷形態と進展過程

の水の浸入を排除するための床版防水層の重要性が強調される。

4.2 調査結果から推定される損傷の進展状況

床版切断面の調査結果を踏まえると、本 RC 床版の劣化損傷は図-3 に示すような段階を経て進展するものと推定される。

① 健全な状態

凍結融解および輪荷重の繰り返し作用を受けるが、床版に損傷は発生していない状態である。

② 層状剥離の発生

床版断面の上方、主にかぶりコンクリート付近においてコンクリートに層状剥離が発生する。

③ 層状剥離の進展・増加

層状剥離が水平方向へ進展するとともに、上側鉄筋より下方の範囲を含めて新たな層状剥離が発生する。

④ 砂利化の発生

層状剥離が増加し高さ方向の間隔が一定の値に達すると、それ以上に新たな層状剥離は発生しない。このときの間隔はコンクリートの粗骨材の最大寸法程度と考えられる。そして、床版コンクリートの上縁側において層状剥離によりスライス化されたコンクリートの粗骨材とモルタル分が分離し砂利化が発生する。この段階では、上述のとおり有効床版厚さが減少することで、疲労耐久性が著しく低下していると考えられる³⁾。

本論文では積雪寒冷地において 46 年間供用された道路橋 RC 床版の損傷状況を把握することを目的としており、層状剥離が発生するメカニズム等について明らかになっていない。また、層状剥離と床版の耐荷性、疲労耐久性の関係、劣化損傷プロセスやメカニズムの解明を実施する必要がある。層状剥離は、著しい疲労耐久性低下の引き金となるコンクリートの砂利化の前段で発生すると考えられる。そのため、実橋の床版の健全度を評価するにあたっては層状剥離の有無やその程度を調査できる手法を確立することが重要であると考えられる。

5. まとめ

本論文では積雪寒冷地において 46 年間供用された RC 床版を切断し、劣化損傷状況の観察を実施した。本

調査の範囲で得られた知見を以下に示す。

- (1) RC 床版切断面を観察した結果、床版上面付近のコンクリートの砂利化だけでなく水平方向のひび割れ、すなわち層状剥離が多数認められた。
- (2) 切断した範囲内においては伸縮装置に近い部分ほど劣化損傷の程度が大きく、伸縮装置の段差による輪荷重の衝撃や滞水の影響が劣化損傷の起点となった可能性がある。
- (3) 調査結果を踏まえると、本 RC 床版の劣化損傷の進展は 3 つの段階に大別されると推定される。すなわち、第 1 段階に層状剥離の発生、第 2 段階として層状剥離の進展・増加、第 3 段階としてかぶりコンクリートの砂利化が発生し、この段階では疲労耐久性が著しく低下していると考えられる。

今後は床版コンクリートの材料試験等により劣化損傷要因するとともに、層状剥離の発生メカニズムの解明や、実床版において層状剥離の有無や程度を調査できる手法の確立および層状剥離と疲労耐久性の関係について検討を行っていく予定である。

謝辞

本研究は、(独)土木研究所寒地土木研究所と大阪工業大学が共同で実施した「橋梁の床版構造および防水構造における性能評価に関する研究」における成果の一部であり、関係各位に多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 松井繁之：道路橋床版 設計・施工と維持管理，森北出版株式会社，pp.47-61，2007.
- 2) 三田村浩，佐藤京，本田幸一，松井繁之：道路橋 RC 床版上面の凍害劣化と疲労寿命への影響，構造工学論文集 Vol.55A，pp.1420-1431，2009.3
- 3) 三田村浩，佐藤京，西弘明，渡辺忠朋：積雪寒冷地における既設 RC 床版の延命化手法について，構造工学論文集，Vol.56A，pp.1239-1248，2010.3
- 4) 日本道路協会：鋼道路橋設計示方書，1964.6