

道路橋床版の凍害損傷とアルカリ骨材損傷の比較

Comparison of the road-slab damages by icing and by Alkali Silica Reaction

(一財) 土木研究センター ○ 正員 大田孝二 (Koji Ohta)
(独) 土木研究所寒地土木研究所 正員 岡田慎哉 (Shinya Okada)

1. はじめに

鋼道路橋の床版の多くは鉄筋コンクリート床版（以下、床版と称す）である。昭和40年前後に建設された鋼橋の床版は設計として床版厚さが薄く、鉄筋量も少なく設計されていたことや、施工上のポンプ打設などの問題もあって、多くの鋼橋の床版に損傷が生じた。その後、輪荷重の移動載荷試験等によってその損傷メカニズムが研究され、また、その後の研究の進展によって床版に滲入する水の影響などが解明されたこともあって、床版設計の見直し対応、床版防水層の敷設などが取り決められ、床版損傷のメカニズムは解明され、結果として最近の建設鋼橋の床版が損傷することはほぼなくなった¹⁾。

しかし、昭和40年前後の建設で、輪荷重がさほど大きくなく、またその交通量も少ない供用状態の鋼橋床版では、従来の損傷形態と違った床版の損傷事例が出現するようになった。具体的には、輪荷重単独による損傷ではなく、塩害、凍害、アルカリシリカ反応（以下、ASRと称する）でコンクリート材料そのものが材料劣化し、この床版に輪荷重が繰り返し作用することによって生じる損傷が見られるようになってきたのである。

ここでは、凍害とASRによる損傷床版の2つを取り上げ、その類似点などについて述べてみたい。

2. 凍害劣化、ASR反応による床版の損傷

2.1 コンクリート床版の凍害劣化

コンクリートの凍害は比較的知られた現象である。橋脚や擁壁など、氷点下の冷えた外気に触れ、同時に日射によってコンクリート表面が暖められる条件下で、凍結融解の回数が多いコンクリートが凍害を受けやすいとされている。最近ではAEコンクリートとしてコンクリート中の空気量を確保することで、凍害に対する耐久性は確保されるようになってきているが、昭和40年前後の床版コンクリートでは、そのような状態でないコンクリートも供用されたと想像する。

道路橋床版の場合、通常はアスファルト舗装で覆われていることから、気中にある場合に比べると融解する回数は減ることが考えられる。したがって、床版の凍害は融解の回数が少ない分だけ、時間的には長い経過時間が必要になることが予想される。

北海道における凍害床版に関する報告^{2) 3) 4)}によれば、凍害床版の損傷原因は、凍結融解と輪荷重の複合劣化であり、その損傷形態は①床版上面の損傷、②層状の剥離、③骨材化が特徴であると報告されている。凍害で損傷し、打ち換えられた床版（1965年建設）の一例を

写真—1に示す。これによれば床版の上面、すなわち上側鉄筋の被り部分が全面的に損傷を受けており、水平方向に何層ものひび割れが走っているのが分かる。



写真—1 凍害による損傷床版

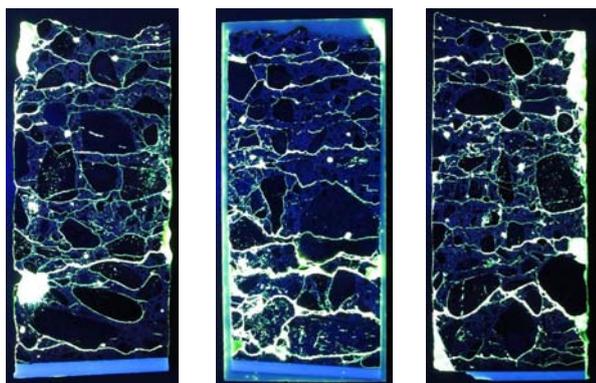
2.2 ASRによる損傷床版⁴⁾

ASRとはコンクリート中の特殊な骨材（以下、反応性骨材と称す）に強アルカリの水溶液が作用した場合に、骨材周辺にゲルが滲出し、このゲルが吸水膨張する現象で、コンクリートにひび割れが生じる。表面から水が供給されるためコンクリート表面に損傷が見られることが多い。反応性骨材が使われた床版で、輪荷重がさほど大きくない場合、床版はその膨張の程度、すなわち、材料劣化程度に応じて損傷することになる。損傷は、雨水や強アルカリ（例えば、路面の凍結防止用に撒く塩分中のNa）の程度によって促進され、上側鉄筋の被り部分から進行する。写真—2はASRで損傷したことが確認された床版（1967年建設）を切出したものである。水平方向に多層にひび割れが入っており、床版の上側鉄筋付近について言えば写真—1との類似が見られる。

床版内部の損傷を調査するためにコア抜きを行い、ひび割れの状況を確認したのが、写真—3である。調査した橋梁は、床版が損傷した時点で鋼板接着工法が採用され、鋼板上に滞水が生じる構造となっていたため、写真—3に示されるように、比較的大きなひび割れがコアの下端（青く水平に見えるのは鋼板接着材のエポキシ樹脂である）から若干上側（下側の鉄筋位置と思われる）に生じているのが分かる。写真—1で見られる床版下側のひび割れ発生状況とは多少異なっている。



写真—2 ASRによる床版の損傷状況



写真—3 ASRによるひび割れ（3つのコア）
（蛍光塗料含浸法による）

ただ、写真—1の橋梁では写真—2と違って短冊状の鋼板接着工法が採用されており、水の滞留状況には差があると考えられる。

ASRは反応性骨材の性質によっては比較的ゆっくり進行する例も多く、建設から数十年経ってその損傷が表れるものも多い。

3. 凍害劣化、ASR反応による床版の損傷の類似点

凍害とASRによる床版損傷は、コンクリートの膨張によって劣化するという類似点だけではなく、その損傷が生じる位置やその発生原因についても類似点がある。すなわち、凍害の場合は水の凍結による膨張、ASRの場合は化学反応による膨張であり、膨張を引き起こす床版位置は、凍害は滲入水がその原因であることから、床版上側から損傷が始まり、また、ASR損傷床版も同じく雨水や塩分（凍結防止材としての塩）が滲入する位置である床版上面から損傷が始まる。初期の損傷位置は同じである。さらに、凍害は冬季の限られた時期に生じる現象であり、損傷が目立つまでに時間を要するが、ASRも反応性の骨材の性質によっては非常に時間をかけて進行することも類似していると言える。

また、凍害床版が発生するのは寒冷地であり、路面に凍結防止剤を使用する環境であるが、ASRも仮に寒冷地であれば、同じく散布された塩（Na）によって促進される。ASRによる損傷床版は、寒冷地に限ったことではないが、強アルカリによってその損傷が促進される

こともあって、凍結防止剤としての塩が散布される環境で生じる事例も多い。

ASRであるか否かの判定は、電子顕微鏡などによる骨材の詳細調査によって断定できるが、目視判断は①コンクリート表面に見られる網目状のひび割れ、②微細なひび割れに滲出した白色のゲル、③粗骨材を縁どる白色の反応リム（写真—4参照）等に依っている。

しかし、道路橋床版の場合は、目視できる床版下面は多くの場合、輪荷重による網目状のひび割れが見られ、白色のゲルに似たエフロレッセンスが伴うことも多い。したがって、床版下面を見ただけではASRによる損傷であると断じることは難しいし、凍害との差を際立たせる相違点を見つけ出すことにも困難を伴う。



写真—4 骨材周りの反応環（リム）

4. おわりに

凍害損傷とASR反応による床版損傷が極めて類似点が多いことが分かった。もちろん、寒冷地以外では凍害はなく、また、骨材の詳細調査によってASRの断定はできることから、床版損傷原因の特定は可能である。しかし、損傷形態のみから損傷原因を判断し、その対策工法を選定することが可能となれば、ASRの場合に行うコア抜きや骨材調査に要する高価な調査費用も補修費に回すことができる。現在、著者が委員長、委員を務める「道路橋床版の複合劣化に関する調査研究小委員会」では、損傷原因毎の兆候、点検項目、損傷過程などを取りまとめる方向で、平成27年度までの予定で委員会を進めている。凍害、ASR損傷とも今後の調査・検討を深めていきたいと考えている。

参考文献)

- 1) 大田, 道路橋 RC 床版の設計と損傷, 橋梁と基礎, pp. 62-67, 2013年11月
- 2) 赤代, 渡辺ほか, 凍害劣化を受ける RC 床版に関する実験的研究, 平成21年度, 土木学会北海道支部論文報告集, A-49
- 3) 澤松, 岡田ほか, 一般国道275号志寸川橋の床版陥没について, 第56回(平成24年度)北海道開発技術研究発表会, 維持管理-22
- 4) 澤松, 岡田ほか, 46年間供用した寒冷地における道路橋 RC 床版の劣化損傷状況, 土木学会第68回年次講演会, 平成25年9月
- 5) 五島他, アルカリ骨材反応で損傷した道路橋床版の調査, 土木学会第68回年次講演会, 平成25年9月