

報告

複合劣化による鉄筋コンクリート床版の抜け落ち損傷事例について

赤平勝也*, 佐々木博臣**, 菊地淳***

*国土交通省東北地方整備局, 道路部道路管理課 (〒980-8602 宮城県仙台市青葉区二日町)

**国土交通省東北地方整備局, 能代河川国道事務所道路管理課 (〒016-0121 秋田県能代市鍼淵)

***国土交通省東北地方整備局, 東北技術事務所維持管理技術課 (〒985-0842 宮城県多賀城市桜木三丁目)

平成 25 年に築 35 年となる鋼箱桁の RC 床版の抜け落ち損傷が発生した。床版下面には疲労による格子状クラック等はなく白い析出物が目立つ程度で、5 年前の点検でも定期点検要領¹⁾における対策区分は B 判定であった。

コア採取等による各種調査の結果、水平ひび割れが多数みられ、疲労のみではなく、水の供給による凍結融解や反応性骨材、桁の剛性差の影響等による複合的劣化が要因と推察される。本稿はこの損傷事例と、これを踏まえた他の橋梁の調査結果について報告するものである。

キーワード：抜け落ち損傷、水平ひびわれ、複合劣化

1. はじめに

平成 25 年 4 月、築 35 年となる支間長 52.3m、幅員 13.5m の 2+3 径間連続非合成鋼箱桁橋の RC 床版 (厚 21cm) において、長さ 1.0m×幅 0.7m 範囲にわたり車輪走行部で抜け落ち損傷が発生 (写真-1, 2)、さらに 18 日後、同橋別径間の同じ走行レーンにおいて橋面舗装から土砂の吹き出しを確認、長さ 1.1m×幅 1.3m 範囲で床版 (厚 22cm) 上面部の土砂化が確認された。

床版の下面を確認したところ、一般的な疲労によると思われる格子状のひび割れは確認されなかった。しかし、抜け落ち損傷や上面土砂化が生じていた走行レーンを中心に、短いひび割れが各所で個別に放射状に広がり、表面の白い析出物がひび割れの程度にかかわらず著しい状況となっていた (写真-2)。

なお、漏水跡が所々みられるものの、床版からの著しい遊離石灰や錆汁はほとんど確認されなかった。また、床版下面の打音調査でも異常は認められなかった。

橋面舗装においては、損傷箇所のいずれにも路面補修跡があり、さらに道路センターライン沿いの舗装施工目地付近では舗装面に亀甲状のひび割れや浮きが確認された。施工目地ではほぼ橋梁全長にわたり、軽微なひび割れや目地の開きが生じている状況であった。

本橋梁の 5 年前の点検では、床版は漏水があるものの、ひび割れは微細であることから、国土交通省の定期点検要領¹⁾における対策区分の判定は B 判定とされていた。

こうした抜け落ち損傷・橋面からの土砂吹き出しの発生、橋面舗装・床版下面の状況、大型車交通量 (2,700 台/日) などから、本橋においては、自動車荷重の繰り返



写真-1 抜け落ち損傷状況 (橋面)



写真-2 上面土砂化及び抜け落ち箇所の床版下面状況

しによる疲労のみではなく、床版内部の劣化も損傷の要因となった可能性があることから、各種調査・試験を実施し、要因検討を行うこととした。また、本橋の損傷を

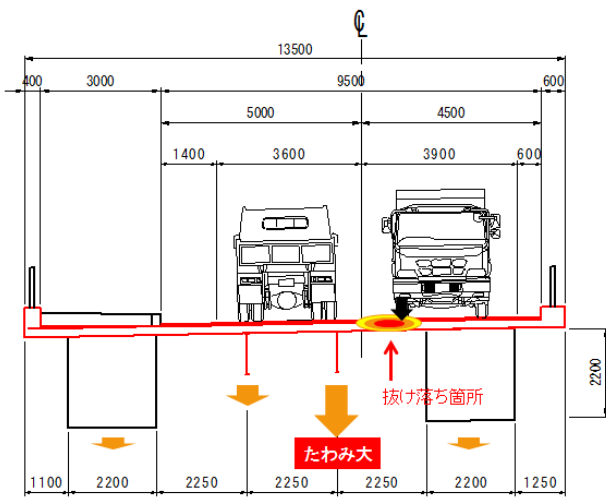


図-1 上部工の桁配置と車両走行位置

踏まえ、管内における他橋の RC 床版の状況調査も行っている。本文では、それらの結果について報告する。

2. 橋梁上部工構造の特徴

本橋の上部工形式は鋼箱桁橋であるが、次の特徴を有している。

- (1)バチ形状部を有しているとともに主桁間が広いので、横枝間が長く、中縦桁が2本(バチ部は3本)あるが、剛性の高い箱桁部との剛性差による床版への付加がかかりやすい(図-1、管内で同様の構造は極めて少ない)。
- (2)箱桁上に輪荷重が載荷されているのは1輪だけであり、また対向車線においては輪荷重が桁間に位置する配置となっている。
- (3)床版構造的には現行規準と比較しても、所定の厚さ、鉄筋量を有しており、過大な応力が発生するような要素はない。

3. 各種試験・調査による損傷要因の推定

3.1 コア供試体採取による内部ひび割れ確認

各種試験に供するとともに、採取したコア供試体から床版内部の状況を把握するため、比較的健全な箇所及び、床版下面にひび割れや析出物が著しい劣化箇所においてコンクリートコア試料を採取した(φ75mm×150mm)。

比較的健全な箇所から採取したコア供試体は、密実なコンクリートでほぼ完全な状態で採取できた。一方、床版下面の劣化箇所から採取したコア供試体9箇所のうち、4箇所のコア供試体については、写真-3に示すようにひび割れがあり、破断した状態で採取されたコア供試体も1試料あった。(コア供試体番号は、「橋の径間番号-コア供試体通し番号」を表している。)

コア供試体にみられたひび割れは概ね床版面に水平方向となっており、全てのコア供試体に複数のひび割れが



写真-3 床版劣化箇所のコア供試体

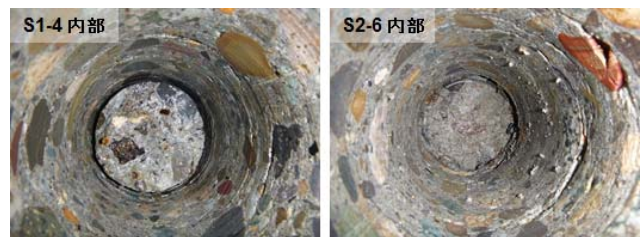


写真-4 コア供試体採取後の床版内部

確認できる。ひび割れの位置は床版下面から約30~130mmの位置となっており、床版鉄筋位置(下面から下側主鉄筋は約40mm、上側主鉄筋は約170~180mm)とは必ずしも一致しないものとなっている。

また、採取した箇所の床版内部(写真-4)を観察すると、次のような状態を確認できた。

- (1)健全部と異なり、表面が滑らかでない。
- (2)分離しているかのようなひび割れが複数確認できる。
- (3)骨材に割れが生じている可能性のある箇所がある。

3.2 コア供試体の力学試験結果

床版のコンクリート圧縮強度を確認するため、ひび割れないコア供試体3試料により圧縮強度試験を実施した。高さと直径による補正を考慮すると圧縮強度は26.4

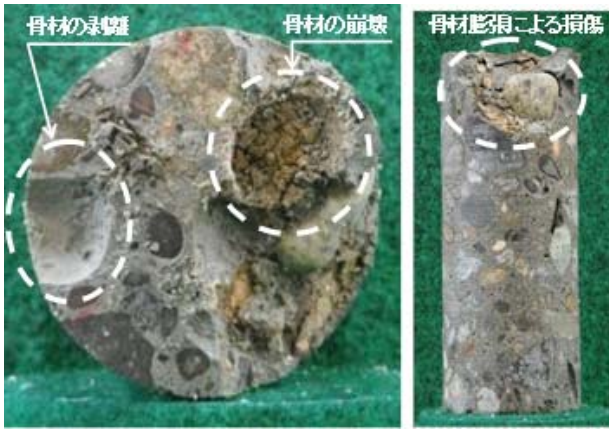


写真-5 凍結融解試験 60 サイクル後のコア供試体 S2-4

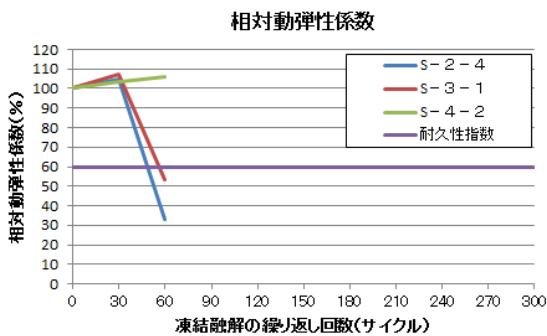


図-2 凍結融解の繰り返しによる相対動弾性係数

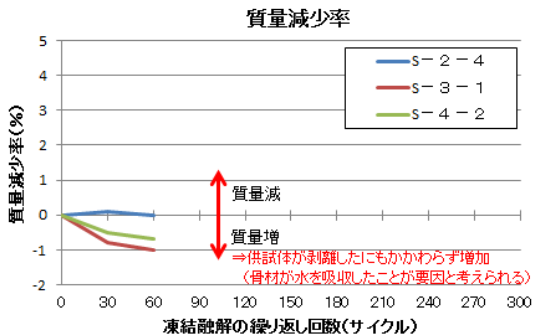


図-3 凍結融解の繰り返しによる質量減少率

～33.9N/mm²であり、設計基準強度（推定 21N/mm²）を上回っていた。しかし、静弾性係数は 1.6～2×10⁴ N/mm²であり、圧縮強度に相当する値（2.6×10⁴ N/mm²）をいずれも下回る結果となった。

3.3 床版コンクリート骨材の密度・吸水率試験結果

床版コンクリートに使用されている骨材の品質を確認するため、抜け落ち損傷箇所付近の取り壊し片により密度を確認した結果、コンクリート中の細骨材の絶乾密度は平均 2.03g/cm³、粗骨材の絶乾密度は平均 2.43g/cm³でいずれもレディーミクストコンクリート用骨材に要求される密度（2.5g/cm³）を下回った。

また、吸水率は細骨材が平均 11.6%、粗骨材は 3.3%であ

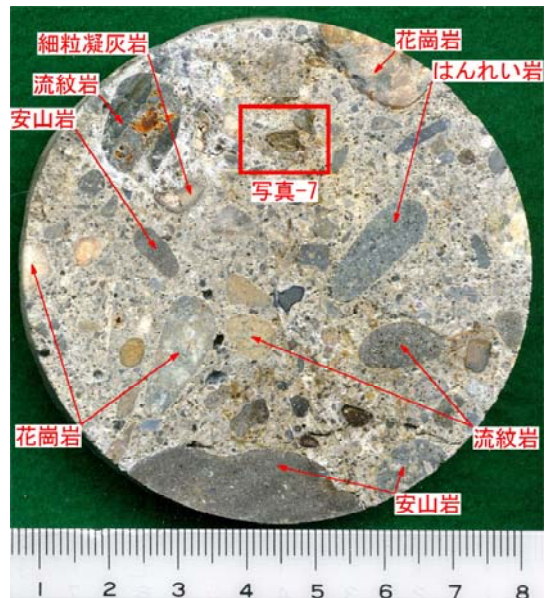


写真-6 コア供試体 (S1-3) における骨材の岩石種

り、規準値である 3.5%、3.0%以下をいずれも上回る結果であった。ただし、細骨材のモルタル分除去が難しいこと、コンクリートから骨材を回収する際に粗骨材が吸水膨張により崩壊し、細骨材に混入した可能性もあることから、これら骨材の試験結果は、参考値として示す。

3.4 コア供試体による凍結融解試験結果

本橋は積雪寒冷地域であり、厳冬期には日最低気温が概ねマイナス 3～5℃、日最高気温が概ねプラス 3℃を繰り返す気象条件下にある。

そのため、床版コンクリートの耐凍害性について検証するため、JIS A 1148 A 法の水凍結融解試験方法に準じた試験を、比較的健全なコア供試体（φ 75mm×150mm）3 試料により実施した。

試験の結果、60 サイクルで 3 試料中 2 試料において損傷が著しくなり（写真-5）、相対動弾性係数が 60%を下回ったことから試験を終了した（図-2）。

また、試験によりコンクリートが一部剥離しているにもかかわらず、質量が増加する結果となった（図-3）。これは骨材が水を吸収した事が要因と考えられる。

3.5 アルカリシリカ反応に関する観察結果

床版コンクリートのコア供試体及び床版内部においても、複数の水平ひび割れが確認され、また、骨材の割れが見られるなど骨材の変状が疑われることから、コンクリート中の岩種や反応性骨材の有無の確認を行った。

水平ひび割れが確認されたコア供試体のうち、S1-3 と S2-6 について観察・分析の結果、粗骨材は、安山岩・流紋岩・細粒凝灰岩・閃緑岩・斑れい岩・花崗岩などの多岩種から構成される砂利であった（写真-6）。細骨材も粗骨材とほぼ同質の多種の岩片や結晶破片から構成される砂であった。

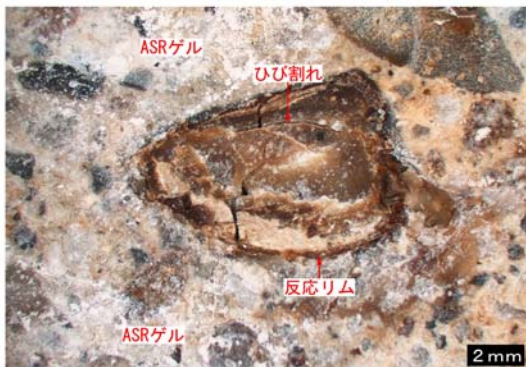


写真-7 コア供試体の拡大（細粒砂岩の反応リム）

安山岩・流紋岩・細粒凝灰岩からなる粒子に、反応リムの生成と ASR ゲルの滲出が認められた。また、細粒砂岩においては、膨張ひび割れがセメントペーストへ進展しており、ASR の発生が確認された（写真-7）。

細粒砂岩の粗骨材としての構成割合は、S1-3 で 10%、S2-6 で 3%と低いが、細骨材中にも認められ、粗骨材、細骨材とともに ASR を生じていた。安山岩などの含有岩種とともに、ASR による膨張に寄与した可能性が考えられる。

3.6 床版損傷要因の推定

床版損傷直後の橋面や床版下面の状態、過去の補修経緯、各種調査・試験等から損傷要因は次に示す複合的な劣化が要因で発生したものと推察される。

- (1)平成 11～12 年度の舗装補修時に橋面防水工を施工しているが、防水機能が低下し、さらに舗装目地や舗装ひび割れにより、床版への水の浸入が容易になった。
- (2)主桁間隔が広く、剛性差による付加応力が加わり、床版の劣化が進行した可能性がある。
- (3)コア供試体による凍結融解試験において 60 サイクル（健全であれば 300 サイクル終了）で相対動弾性係数が 60%を下回るなど、耐凍害性が低い結果であり、参考値であるものの吸水性の高い骨材の混入が影響している可能性がある。
- (4)一部のコア供試体ではあるが、粗骨材、細骨材ともに ASR の反応性の骨材を含んでおり、ASR の膨張によるひび割れも劣化の一因と考えられる。

4 東北管内における床版の損傷状況

RC 床版の抜け落ち損傷を受け、東北管内の類似の損傷を有する（床版ひび割れの損傷度評価区分 c,d,e、かつ漏水・遊離石灰の損傷度区分 d,e）RC 床版の橋梁 345 橋について緊急調査を実施した。調査の結果は、86 橋で橋面舗装に異常を確認、65 橋で床版上面の土砂化が確認されたため、部分打ち換え等の応急対策を実施した。

橋面に異常のあった橋梁では、直近の点検における床版の対策区分は B 判定が 6 割、C 判定が 4 割であった。

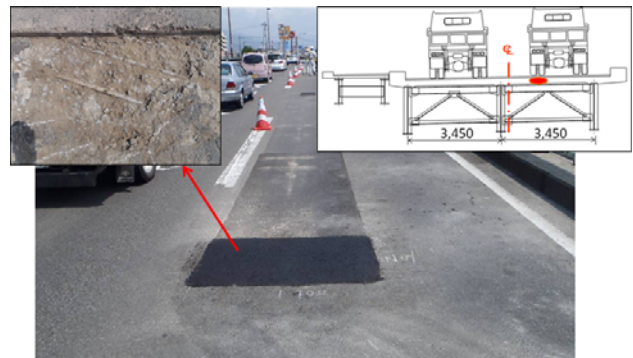


図-4 RC 床版の上面土砂化の事例

また、異常の多い橋梁の特徴としては、橋梁形式別では合成桁が多く、平面形状別では斜角のある橋梁となっている。さらに、ほとんどが竣工当初には防水工が設置されていない橋梁である。

なお、桁間隔が広く、輪荷重位置に対し、主桁の位置が離れている橋ほど床版上面土砂化等の損傷が橋軸方向に連続している傾向がみられた（図-4）。

5 まとめ

抜け落ち損傷があった橋梁については、国土技術政策総合研究所や、土木研究所 CAESAR の助言などにより、無事に床版打ち換えを完了した。

床版打ち換え施工中の観察では、床版上面の土砂化や浮きが広くみられ、また床版の水平ひび割れについては上側主鉄筋位置や床版中央付近など、規則性はないものの所々で確認されている。

本橋の損傷や管内の他橋の床版の異常・損傷箇所に通ずるのは、

- (1)橋面も床版下面も著しいひび割れは一見確認できない。
- (2)床版鉄筋に著しい腐食はあまり見られない。
- (3)しかし、橋面の特定の箇所から水が浸入し、床版上面や内部で予想以上に劣化が進行している。
- (4)橋面舗装の補修跡がある場合は、その周辺から水が浸入している傾向がある。

こうした点から、最大の損傷要因は舗装ひび割れ等からの水の浸入であり、疲労や凍結融解、ASR などいろいろな劣化を促進させるものであるため、床版への水の浸入を防ぐことが最も重要なことである。

なお、損傷が進行する際には、土砂吹き出しやひび割れなど、ほとんどの場合橋面にサインが出るので、こうした状態を見過ごすことのないよう留意すべきである。

参考文献

- 1) 国土交通省道路局 国道・防災課：橋梁定期点検要領（案）、2004.3