

鋼橋 RC 床版の下面剥離の点検・調査・診断に関する考察（その2）

西日本高速道路株式会社 ○正会員 松井 隆行

西日本高速道路株式会社 正会員 田邊 功次

1. はじめに

本文は、過去に剥落シート等が設置された鋼橋 RC 床版下面コンクリートの広範囲の剥離・剥落の事例をもとに、発生メカニズムおよび今後の点検・調査結果に応じた措置方法について提案するものである。

対象となる橋梁は、1974 年に供用した比較的山岳地に位置する鋼 3 径間連続非合成鈹桁橋の鉄筋コンクリート床版であり、冬季には凍結防止剤（塩水）を散布する区間であり交通量は 17 千台/日程度である。床版の補修等の変遷は、建設当初は床版厚さ 210 mm であったが、1995 年（21 年後）に床版の疲労対策を目的に床版増厚（5 cm）を実施している（床版防水は未実施）。その後、1998 年（24 年後）に床版下面の部分補修およびガラスクロスシートによる表面コーティング（中性化抑制）を実施している。2015 年（41 年後）の橋梁定期点検において、遠方目視点検においてガラスクロスシートを設置した床版下面にひび割れが確認され、数か月後に広範囲にわたってコンクリート片の剥落が発生した。なお、本橋梁で使用されたガラスクロスシートの材料規格は不明瞭であり、現 NEXCO 構造物施工管理要領の剥落対策工に適合する材料ではない。



写真-1 剥落状況

2. 物性値調査の結果

変状部分の観察より、何らかの要因により床版下側鉄筋が腐食・爆裂し、かぶりコンクリートが部分的に剥離した。部分的な剥離の段階においてはガラスクロスシートによって剥落は抑えられていたものの、鉄筋腐食の進展により内部水平ひび割れの発生・剥離範囲が拡大し、ガラスクロスシートにおいて保持できなくなった段階で広範囲の剥離・剥落に繋がったものと推定された（図-1 参照）。

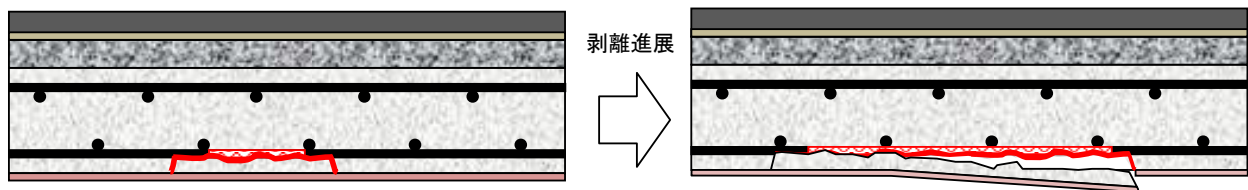


図-1 剥離メカニズム（推察）

鉄筋の腐食要因として、「①経年による中性化進行」、「②凍結防止剤（塩水）による塩害」、「③除塩不足の海砂使用による塩害」が考えられたことから、中性化残り深さおよび塩化物イオン濃度について物性値調査を実施した。物性値調査は、調査箇所は剥離している近傍の変状部と、浮き等の変状が見受けられない健全部の 2 箇所を抽出した。調査方法は、ドリル法により 4 箇所の試料を採取し、迅速測定法により深さ方向に 4 点の塩化物イオン濃度を分析した。また、塩分調査と同様の調査孔を利用しフェノールフタレインを散布し中性化残り深さを計測した。なお、鉄筋位置は RC レーダー探査により調査した。

調査結果を図-1、2 に示す。調査結果より、下面鉄筋かぶり 34~38 mm に対して中性化深さは 16 mm 程度であり、中性化残りは十分存在していた。これはガラスクロスシートの設置により 17 年の間、中性化の進行が抑えられていたものと考えられ、「①経年による中性化進行」は無いものと推察した。

キーワード 鋼橋 RC 床版 コンクリート片剥落

連絡先 〒567-0871 大阪府茨木市岩倉町 1-13 西日本高速道路（株）関西支社

塩分濃度は、鉄筋付近の健全部で 1.38kg/m^3 、変状部で 1.73kg/m^3 であり発錆限界である 1.2kg/m^3 を超えていた。なお、塩分の分布は、中性化した箇所を除き鉄筋付近から内部にかけて均等に分布しており、健全部で平均 1.2kg/m^3 、変状部で平均 1.8kg/m^3 であった。

3. 変状メカニズムの推定

「②凍結防止剤（塩水）による塩害」は、床版の貫通ひび割れなどを通じて浸入し、ガラスクロスシートに覆われていることから床版下面に滞水し、下側鉄筋箇所では極度の塩害が発生したものと考えられたが、近接観察等の結果より、床版下面に滞水している状況は見受けられなかったこと、塩分分布が均等であり上面側から浸透している傾向にないことから、凍結防止剤（塩水）が直接的な要因ではないものと推察した。

「③除塩不足の海砂使用による塩害」は、当該橋梁の建設年代、当時の骨材事情、品質基準等より除塩不足の海砂が使用された疑いが高く、近傍のコンクリート構造物においても内在塩による変状が見受けられてきたことなどから、当該構造物においても除塩不足の海砂が使用された可能性が高いと考えられた。また、当該調査の結果においても、深部まで均一に塩化物イオン濃度が分布していることから、鉄筋腐食の主要因は除塩不足の海砂使用による内在塩害であると推定した。

調査結果より、内在塩による塩害の影響を受けているものと推察されたが、濃度が最も高い箇所では 1.7kg/m^3 程度であり、発錆限界である 1.2kg/m^3 を超えているものの、飛躍的に高い値を示すものではなかった。また、ガラスクロスシートを設置した 1998 年（H10）から剥落に至った 2015（H27）の 17 年の間で写真-1 に示すような鉄筋腐食に至っており、非常に変状速度が速い。このように、現地で生じている腐食・剥離範囲の拡大、変状の速度を鑑みると、腐食促進の要因があるのではないかと考えられた。腐食促進の要因として、ガラスクロスシートを張り付けたことによる湿潤環境の構築によって鉄筋腐食が促進されたのではないかと考えられた。これは、管理するその他の橋梁において、内在塩の影響を受けた河川上の床版の下面の剥離が顕著であったことから、塩分濃度が比較的低い場合でも不動態被膜が破壊された状態であれば結露や湿気の影響を受けやすい環境下であれば、鉄筋腐食の進行が速くなるといったメカニズム（推定）である。今回の調査では、ガラスクロスシートが湿潤環境を構築するといった客観的なデータ収集までは至らなかったが、今後、水平ひび割れ内部の結露状況などを調査し、客観的なデータをもって腐食促進のメカニズムについて検討していきたい。

4. まとめ

当該床版は、当該床版の主な変状要因は、除塩不足の海砂使用による内在塩害の影響により鉄筋腐食・爆裂が生じコンクリート剥離が発生したものと推察された。また、ガラスクロスシートの内部で湿潤環境が構築され鉄筋腐食が促進、剥離範囲が拡大し、ガラスクロスシートが重量に耐えられなくなった段階で広範囲な剥落に至ったものと考えた。

考察結果より、ガラスクロスシート等を張り付けた床版では、遠方目視のみの点検では変状を把握することが困難であるため、赤外線カメラによる浮き剥離箇所の推定、近接点検による打音調査を実施することが重要であり、シート表面にひび割れが生じている場合は緊急的に叩き落としなどの措置を講じる必要がある。

また、剥落シートなど床版下面に張り付ける補強材等については、シートの内部の変状が察知できるような透明な剥落シートやモニタリング可能な機能などが付加されるなど、点検のし易さを追求した新たな材料などが求められる。

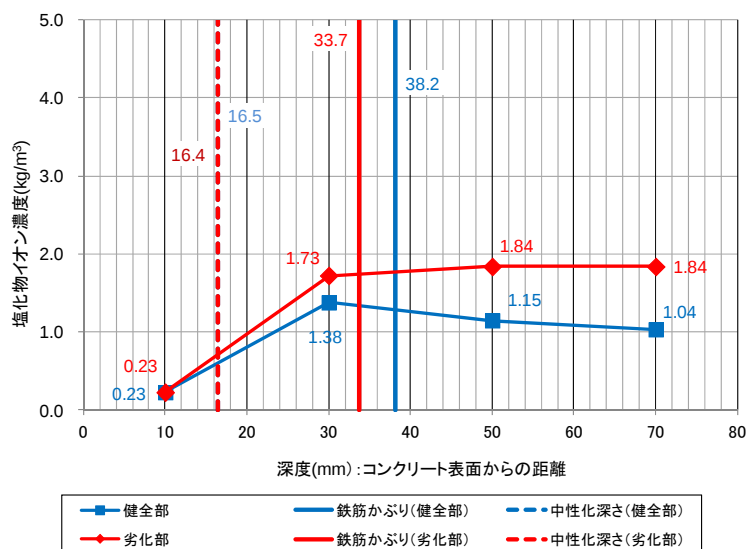


図-2 物性値調査結果