

本荘 清司<sup>\*1</sup>, 中野 将宏<sup>\*2</sup>, 藤原 規雄<sup>\*3</sup>, 葛目 和宏<sup>\*4</sup>, 牧 博則<sup>\*5</sup>

## Investigation of Deteriorated RC Slabs by Chloride Attack of Deicing Salt

Kiyoshi HONJO<sup>\*1</sup>, Masahiro NAKANO<sup>\*2</sup>, Norio FUJIWARA<sup>\*3</sup>,  
Kazuhiro KUZUME<sup>\*4</sup> and Hironori MAKI<sup>\*5</sup>

**要旨:** これまでの点検結果等から、中国地方の鋼橋 RC 床版の劣化は凍結防止剤による塩害が主であり、劣化は上面側から進行すると推測された。これを検証するために、RC 床版の打替えや取替えが実施された橋梁において詳細な調査を行い、RC 床版の劣化メカニズムや影響因子についての基礎資料を収集した。これにより、舗装の打継ぎなどが床版上面の劣化を促進させる原因になりうることや、乾燥収縮などで生じた床版の貫通ひび割れが水みちになりうること、適切に施工できなかつた上面補修が既設床版の劣化を促進させる可能性があることなどが確認された。

**キーワード:** RC 床版, 凍結防止剤, 塩害劣化, 床版取替, 橋面調査

## 1. はじめに

中国地方の山間部の高速道路では、一部の鋼橋 RC 床版において鉄筋腐食をとまなう浮き・はく離が発生しており、床版の部分打替えや取替えを行った事例もある。

これまで詳細調査の結果から、これらは冬期に散布される凍結防止剤による塩害劣化であり、塩分は融雪水や雨水に溶けて床版上面側から貫通ひび割れ等を伝って内部に浸透すると推測されている<sup>1)</sup>。

これらの推測を検証するため、平成 21 年度に RC 床版の取替工事が実施された鋼橋において取替前および撤去後の既設床版を対象に詳細な調査を実施し、基礎資料を収集した。

また、この塩害は床版の上面側から劣化が進行するため、補修対策の検討には床版上面の状況把握が重要である。今回は舗装上から床版上面を調査する手法の確立を目指して、いくつか

の非破壊調査手法を試行した。

## 2. 鋼橋 RC 床版の劣化メカニズム

中国地方の鋼橋 RC 床版で見られる代表的な外観変状は、鉄筋腐食やそれを起因とする浮き・はく離である (図-1~図-2 参照)。これらは、凍結防止剤の散布量が多い山間部などで発生が顕著になる傾向が見られ、過去の詳細調査の結果などから凍結防止剤の影響による塩害劣化であると考えられている<sup>1)</sup>。

下面の浮き・はく離は、現在または過去に漏水があった箇所で発生しており、部分打替え時に鉄筋の状況を観察すると、上側鉄筋と下側鉄筋の腐食範囲が概ね一致しているケースが多く見られた (図-3 参照)。また、ジョイントや排水管からの漏水がある箇所を除けば、下面だけが劣化している事例はほとんどないのに対し、上面だけが劣化している事例は多かった。

\*1 西日本高速道路(株)中国支社 保全サービス事業部 改良グループ グループリーダー

\*2 西日本高速道路(株)中国支社 保全サービス事業部 改良グループ

\*3 (株)国際建設技術研究所 技術部 次長

\*4 (株)国際建設技術研究所 代表取締役社長

\*5 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 広島保全技術事務所長



図-1 床版中央の浮き・はく離



図-2 床版打継ぎ部の浮き・はく離

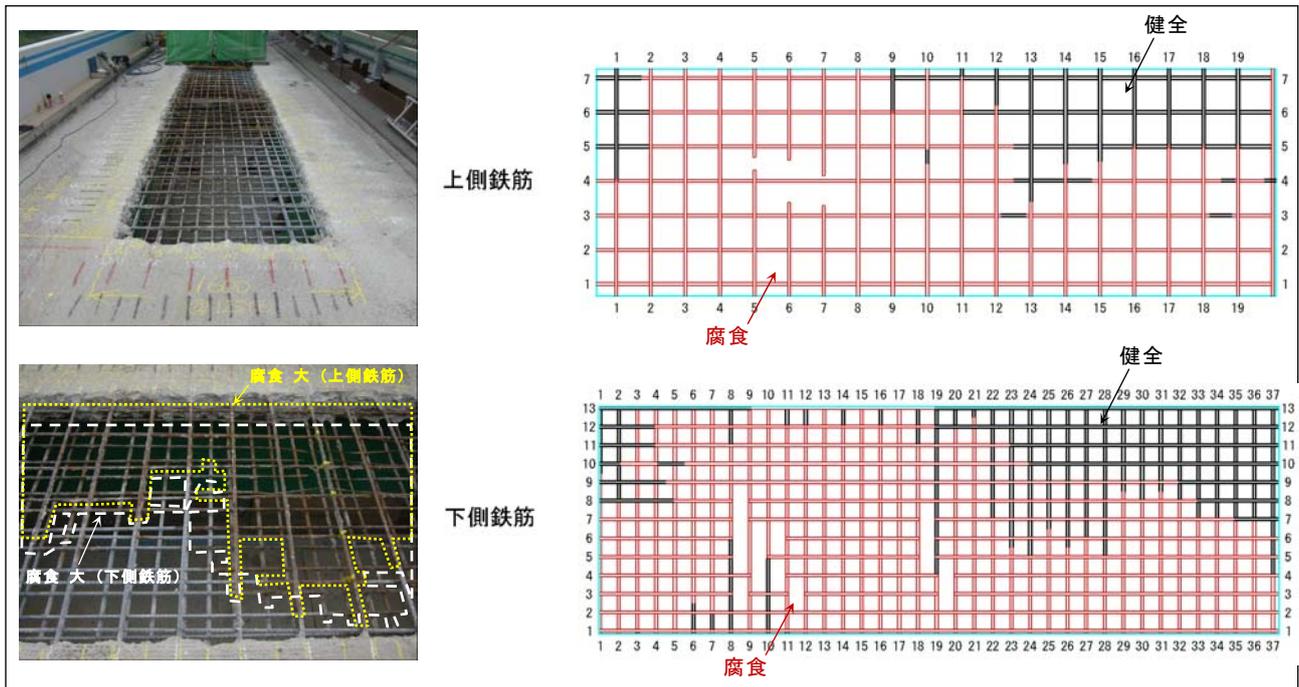


図-3 部分打替え床版の上下面の鉄筋腐食状況

これまでの詳細調査の結果から、鋼橋 RC 床版の塩害劣化メカニズムおよび劣化の進行課程は、以下のように考えられている<sup>1)</sup>。

1) 橋面に散布された凍結防止剤 (NaCl) が融雪水や雨水に溶けて舗装に浸透し、床版上面に滞水する。2) 乾燥収縮や桁の温度伸縮の影響で発生した貫通ひび割れや締固め不足の打継ぎなどを通じて、上面の滞水が床版内部に浸透する。3) 水の浸透範囲では、塩分の影響で鉄筋の不動態皮膜が破壊され腐食する。4) 鉄筋の腐食膨張圧によってひび割れや浮き・はく離が生じる。かぶりの喪失やひび割れを通じて水が拡散する影響で劣化範囲が拡大していく(図-4 参照)。

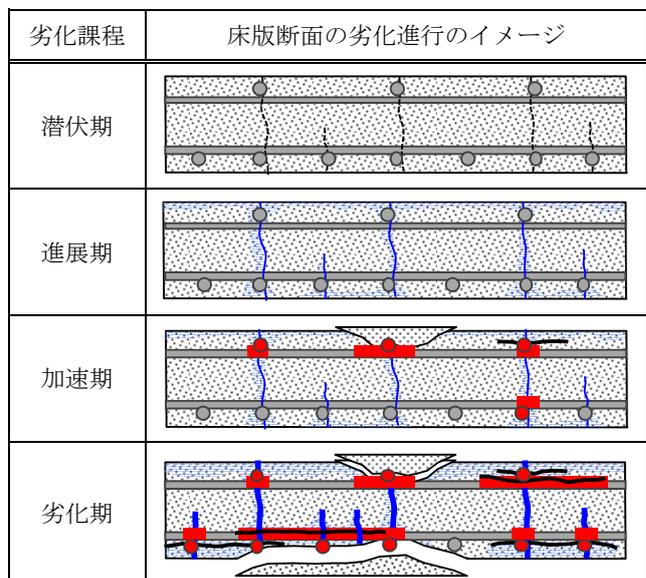


図-4 鋼橋 RC 床版の劣化進行

### 3. 既設床版の詳細調査

#### 3.1 舗装の不連続部等と床版上面の劣化

舗装の補修工事では、通常、走行車線と追越車線を分割施工するため、センターライン付近に舗装の打継ぎが生じる。鋼橋 RC 床版の塩害劣化は、この周辺で顕在化している事例が多い。床版の取替工事に併せて詳細調査を実施した E 橋<sup>1)</sup> の状況を代表事例として以下に示す。

E 橋の舗装には、センターラインの打継ぎのほかに、路肩側レーンマークの外側に V 字形の切欠き（融雪処理溝）がある。舗装上からの打音調査では、これらの周囲で広範囲の濁音部が確認された（図-5、図-8～図-9 参照）。

舗装の撤去後に床版上面を調査したところ、舗装の打継ぎや切欠きがあった位置には広範囲にわたる浮き・はく離が発生しており、これらが橋面水の主な浸透経路になっていると考えられる（図-6、図-10～図-11 参照）。

なお、中分側（追越側）のレーンマーク付近にも同様の変状が見られたが、これは横断勾配によって床版上が滞水しやすい条件であったためではないかと考えられる。

床版下面の劣化状況も舗装や床版上面の傾向と合致しており、切欠きの周辺では広範囲の浮き・はく離、センターライン付近では広範囲の漏水が見られた（図-7、図-12～図-13 参照）。

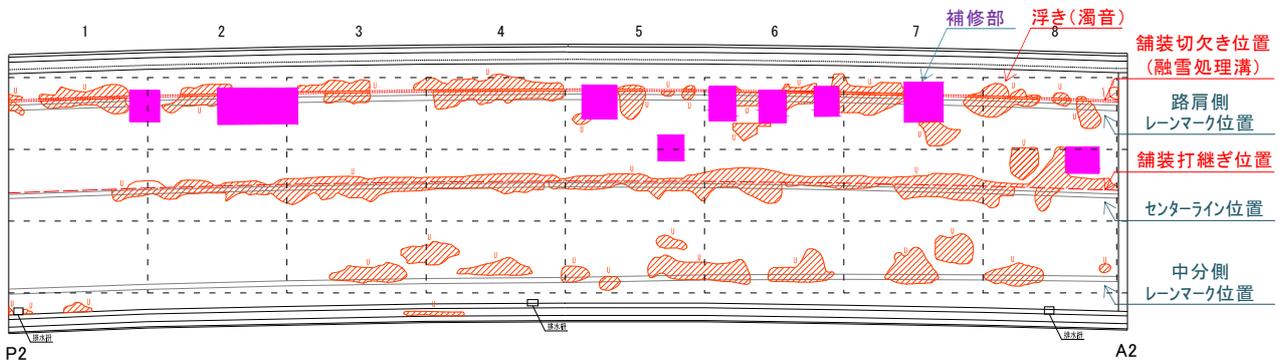


図-5 E 橋の床版の外観状況（舗装面）

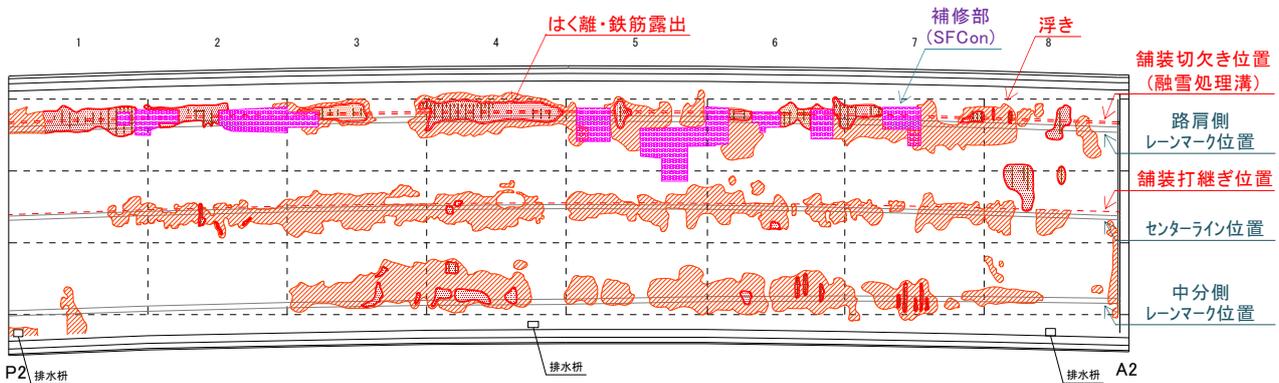


図-6 E 橋の床版の外観状況（舗装撤去後の床版上面）

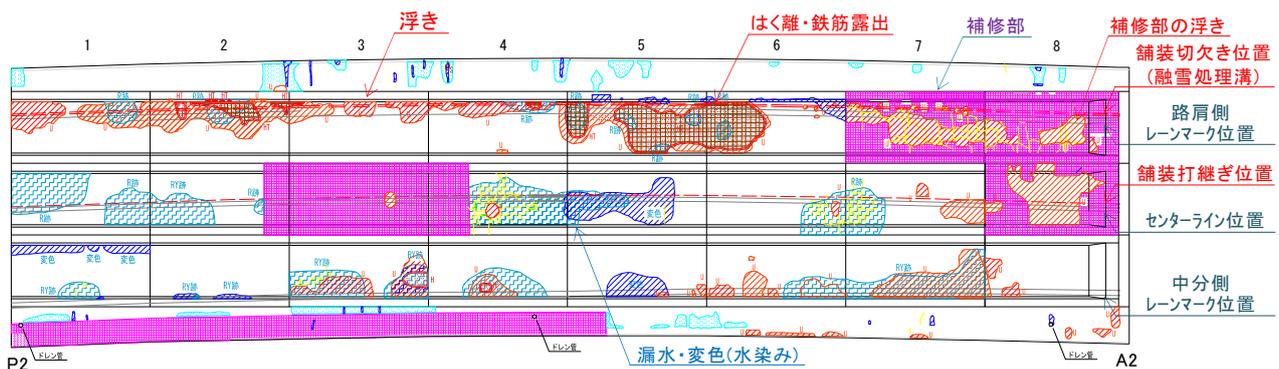


図-7 E 橋の床版の外観状況（下面）



図-8 舗装面の状況  
(舗装の切欠き)



図-10 床版上面の状況  
(舗装の切欠き位置)



図-12 床版下面の状況  
(舗装の切欠き位置)



図-9 舗装面の状況  
(舗装の打継ぎ)



図-11 床版上面の状況  
(舗装の打継ぎ位置)



図-13 床版下面の状況

### 3.2 床版下面の漏水経路

鋼橋 RC 床版の塩害劣化メカニズムでは、床版上面に滞水した橋面水(塩分を含んだ水)が、コンクリートの乾燥収縮や主桁の温度伸縮の影響などで発生した貫通ひび割れや床版の打継ぎを通じて断面内部に浸透し、その影響範囲の鉄筋を腐食させると考えられている。

一般的な事例から、締固め不足の打継ぎ(コールドジョイント)が水みちとなるのは容易に想像できるが、開口が大きくない乾燥収縮ひび割れなどが水みちになることについては確証がなかった。これを検証するため、床版上面からの注水試験を行った(図-14 参照)。

既設床版において、舗装の撤去後に、上面の劣化部にプールを作り、そこに蛍光性顔料入りのひび割れ探傷剤を注水したところ、注水後約3時間で、下面のひび割れ(幅 0.1mm 未満)から探傷剤が滲出した(図-15 参照)。

また、撤去床版の切断面を詳細に観察したところ、いくつかの断面において劣化メカニズムのイメージと同様の劣化状況が確認された(図-16 参照)。



図-14 床版上面からの注水試験



図-15 床版下面から探傷剤の滲出

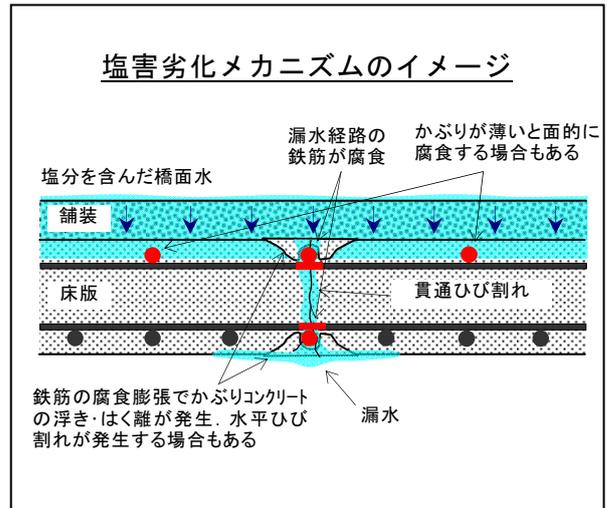
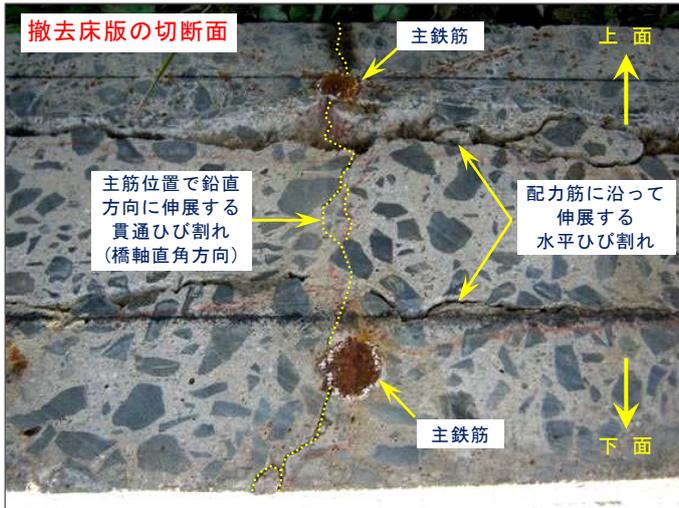


図-16 劣化メカニズムのイメージに類似した撤去床版の切断面

### 3.3 上面の補修部と下面の劣化の関係

前項にも示したように、塩害劣化の原因となる橋面水は乾燥収縮などによる貫通ひび割れや床版の打継ぎなどを通じて断面内部に浸入すると推測されるが、撤去床版の切断面を詳細に観察すると、上面の補修部の範囲と下面の劣化範囲がほぼ合致する事例が複数見られた（図-18 参照）。

ポットホール対策などの緊急性のある補修の場合、気象条件や施工時期などにおいて必ずしも良好な条件で施工できないこともある。これらの影響で適切に施工できなかった補修部では、補修部と既設床版が十分に接着されずに縁切れなどの状況が生じれば、その境界が水みちになって、既設床版の塩害劣化が促進される可能性があるのではないかと考えられる（図-17 参照）

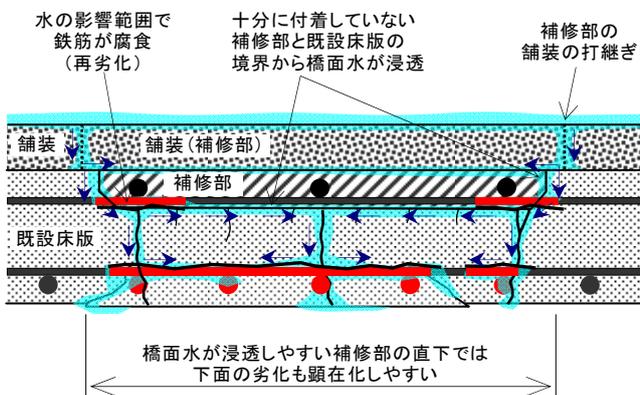


図-17 上面補修部の直下で下面の劣化が顕在化するイメージ



図-18 上面補修部の下で劣化が顕在化した事例

## 4. 舗装上からの床版上面調査の試行

### 4.1 調査手法の概要

舗装のある床版上面は直接観察できないため劣化状況を把握することは難しい。舗装補修工事や床版補修工事の実施と併せていくつかの舗装上からの調査手法を試行したところ、以下に示す3つの手法については、床版上面の劣化をある程度把握できることが確認された<sup>2)</sup>。

#### ① 打音法

点検用のハンマーなどで舗装面を打撃し、濁音の有無や範囲から床版上面の浮き・はく離を間接的に検出する手法である（図-19 参照）。



図-19 打音法

#### ② 赤外線法

赤外線カメラで舗装面を撮影し、表面温度の分布状況から床版上面の浮き・はく離を検出する手法である（図-20 参照）。

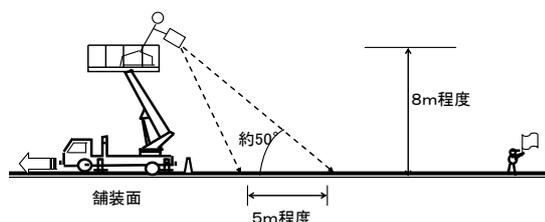


図-20 赤外線法

#### ③ 多配列レーダ法

地中探査用の高解像度アンテナを前後左右に配置した測定機（多配列レーダ）で舗装面を走査し、その収録データを専用ソフトで解析して床版の異常部を検出する手法である（図-21 参照）。



図-21 多配列レーダ法

## 5. まとめ

既設床版の詳細調査の結果を以下にまとめて示す。

- ・ 舗装の打継ぎや切欠きは、床版上面の劣化を促進させる原因となりうる。
- ・ 床版上面からの注水試験や撤去床版の切断面の観察から、鉛直方向の貫通ひび割れが床版下面への水みちになりうることを確認された。
- ・ 適切に施工できなかった上面補修は、既設床版の劣化を促進させる可能性がある。

なお、今後、取替え工事を行う RC 床版についても同様の確認を行い、更なる知見を得たいと考える。

### 参考文献

- 1) 本荘清司ほか：凍結防止剤による鋼橋 RC 床版の塩害劣化に関する実橋調査，コンクリート構造物の補修、補強、アップグレードシンポジウム論文報告集，第 8 巻，pp.125-130，2008.10
- 2) 本荘清司ほか：凍結防止剤により劣化した鋼橋 RC 床版の調査手法の検討，土木学会第 65 回年次学術講演会概要集，第 V 部門，pp.699-700，2010.9