

報告 増厚されたRC床版の損傷状態の調査および評価について

稲葉 尚文^{*1}・横山 和昭^{*2}

要旨：高速道路の橋梁コンクリート床版について、凍結防止剤による塩害や、凍結融解作用による凍害により、床版の劣化・損傷が顕在化してきたため、上面増厚、防水工等による補修・補強を順次行ってきた。しかしながら、床版の補修・補強を実施したにも関わらず数年で床版の劣化が進行し、それを起因とする舗装路面の損傷が発生する状況が報告されている。そこで、路面の補修履歴、床版下面の目視調査、塩化物イオン含有量の調査、開削調査を行い、健全度評価を損傷の進行度合いから、3段階にランク付けを行い、そのランクに評定点を付けて点数評価する方法について検討したので報告するものである。

キーワード：RC床版、床版増厚、損傷劣化、健全度評価、防水層

1. はじめに

近年、積雪寒冷地における橋梁コンクリート床版については、凍結防止剤による塩害や、凍結融解作用による凍害により、コンクリート床版の劣化・損傷が顕在化してきたことから、その対策として既往の上面増厚、防水工等による補修・補強を順次行ってきた。

しかしながら、床版の補修・補強を実施したにも関わらず数年で床版の劣化が進行し、それを起因とする舗装路面の損傷が発生する状況が報告されている。今後、維持管理を行っていく上で、従来の補修方法を継続した場合、補修効果・寿命が短くなり、交通安全機能および道路構造機能の確保が困難となり道路管理上問題となることが懸念される。

このため、特に損傷が進行している橋梁について、各橋梁個別の特性を調査して、効果的かつ合理的な補修・補強計画を策定するための技術検討を実施した。

本文では、まず既存データなどから資料収集を行い、それに基づき劣化機構の整理を行った。また劣化機構の整理に必要な調査が不足していたため調査を行い、現状における床版の健

全度を評価したので、その結果について報告するものである。また、短期間で検討を行ったため今回は健全度評価までとなっているが、今後も検討を実施し、劣化要因に関する検討、補修計画に関する検討等を行っていく予定であり、その検討する予定の内容についても報告するものである。

2. 健全度評価に関する検討

2.1 検討内容

対象橋梁の健全度評価を行う目的として、(1)路面の補修履歴、(2)床版下面の目視調査、(3)塩化物イオン含有量の調査、(4)開削調査を行ない、現況の損傷・劣化と将来の劣化予測を把握した。なお、対象橋梁を表-1に示す。

2.2 路面の補修履歴

図-1にB橋の路面補修履歴、写真-1にB橋の路面状況を示す。

路面状況の写真をみると、走行車線と追越車線のセンターライン付近に舗装のひび割れ（縦断方向に直線的ひび割れ）が生じている場合が多い。写真での記録はないが、降雨後における路面の汚れを見ると、センターライン付近の舗

*1 中日本高速道路（株） 中央研究所道路研究部橋梁研究室主任 工修（正会員）

*2 中日本高速道路（株） 中央研究所道路研究部橋梁研究室 工修（正会員）

表-1 各橋の構造概要および補修履歴

橋名		A橋	B橋	C橋	D橋
構造形式		鋼3径間連続鈑桁(4連) +鋼単純箱桁	鋼3径間連続鈑桁	鋼単純鈑桁	鋼4径間連続鈑桁
		橋長 537.0m	橋長 132.0m	橋長 39.2m	橋長 150.2m
日平均交通量 [大型車混入率]		27,859 台/日 7.2%	29,475 台/日 7.2%	29,475 台/日 7.2%	34,728 台/日 7.2%
有効幅員		8.5m	8.5m	8.5m	8.5m
舗装厚	増厚前	75mm	75mm	75mm	75mm
	増厚後	50mm	50mm	50mm	上り線：密粒50mm 下り線：密粒20mm +高機能30mm
床版支間		2.6m	2.7m	2.5m	2.7m
使用年度(経過年数)		昭和56年(24年)	昭和56年(24年)	昭和56年(24年)	昭和56年(24年)
床版厚	増厚前	210mm	220mm	210mm	210mm
	増厚後	250mm (切削 20mm, 増厚 60mm)	250mm (切削 20mm, 増厚 50mm)	250mm (切削 10mm, 増厚 50mm)	250mm (切削 20mm, 増厚 60mm)
補修履歴		H8：上面増厚工 交通規制：対面規制 部分打換：早強コンクリート 防水工：シート系防水	H10：上面増厚工 交通規制：対面規制 部分打換：早強コンクリート 防水工：シート系防水	H10：上面増厚工 交通規制：対面規制 部分打換：早強コンクリート 防水工：シート系防水	H9：上面増厚工 交通規制：対面規制 部分打換：早強コンクリート 防水工：シート系防水
		H13：ジョイント摺付け 交通規制：車線規制 部分打換：超速硬コンクリート 防水工：シート系防水	X	H14：ジョイント摺付け 交通規制：車線規制 部分打換：超速硬コンクリート 防水工：シート系防水	H12：舗装改良工(下り) 切削厚さ：30mm 舗装：高機能舗装
		H14：舗装(下りP3~P6) 部分打換：超速硬コンクリート 防水工：シート系防水	X	X	H14：ジョイント摺付け 交通規制：車線規制 部分打換：超速硬コンクリート 防水工：シート系防水
		H16：舗装(上りP3~P6) 部分打換：超速硬コンクリート 防水工：シート系防水	X	X	X
備考					
<p>当初の断面 切削時の断面 上面増厚後の断面</p> <p>床版補強施工概略図</p>					

装に白い析出物が存在することがある。

表-2にC橋における上面増厚工後の補修履歴の一例を示す。補修状況の傾向としては、(1)ポットホール補修(穴埋め)、(2)数ヶ月後に同位置(近傍)が路面損傷し打換工が必要となっている。一旦打換工を実施すると、打換工を境に当該付近での補修頻度が増加する傾向があることがわかった。打換工では、舗装の損傷部をはぎ取った後に塗布系防水により簡易補修を行っているが、既存の防水層との重ね合わせを十分

表-2 路面の補修履歴の一例(C橋、上り線)

		補修の工種
平成15年以前		補修履歴なし
平成16年	4月3日	穴埋め
	4月5日	打換工
	8月4日	打換工
平成17年	5月27日	打換工
	7月14日	打換工(2箇所)
	8月17日	穴埋め
	9月6日	穴埋め
	10月6日	穴埋め(4箇所)

に確保することが困難であり、そこから水が廻っていると考えられる。この傾向はB橋においても同様である。路面の補修履歴を見ると、B橋（上り線、下り線）は、平成17年度になり穴埋めや打換工などの路面の補修回数が増加していることがわかった。C橋、D橋とも同様の傾向となっている。

2.3 床版下面の目視調査

各橋における床版下面のひび割れ損傷の推移に関して、平成14年度の点検結果と平成17年度の点検結果を比較すると、床版下面のひび割れは進行していることが確認された。特に顕著であったB橋とD橋について、図-2、3に示す。なお、ここで示す損傷度のランクについては、遊離石灰の発生状況、剥離や鉄筋の露出状況の応じて分類した損傷度によりランク分け¹⁾を行った。

特にD橋にあっては、床版の損傷レベルが、加速的に進行している。これは増厚後に事故対策のため、密粒アスファルトを30mm切削し高機能舗装を実施しており、舗装切削時に防水層を損傷した可能性があり床版に水が廻ったことが要因と考えられる。

また、他のA、C橋においても同様に進展しており、Bランク以上の面積比率が10%~20%程度占めている。

2.4 塩化物イオン含有量調査

(1) 既往の塩化物イオン含有量調査（床版上面からの調査）

図-4にA橋の塩化物イオン含有量の結果を示す。コンクリート床版の塩化物イオン含有量は、試験体の採取位置によりバラつきがあるが、ここでは各年度の調査において最大となる箇所の変移を示した。

A橋は、供用開始（1981年）から床版上面増厚工法の対策（1996年）までは、床版防水層が設置されていない。このため、供用年数を経過するにしたがいコンクリート中の塩化物イオン含有量が増加し、(1)供用開始から12年後の追跡調査（平成5年度の調査：印●）、(2)供用開始か

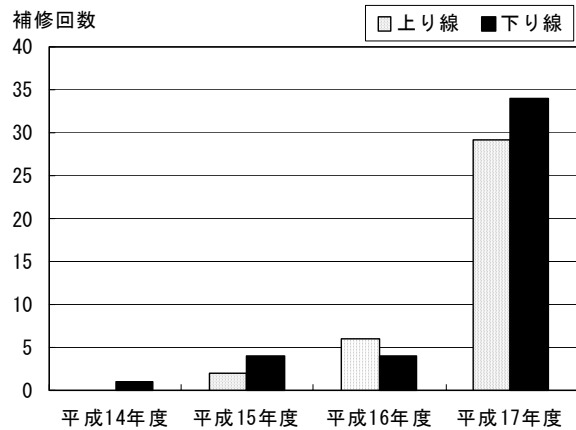


図-1 B橋の路面補修履歴



写真-1 B橋（上り線）の路面状況

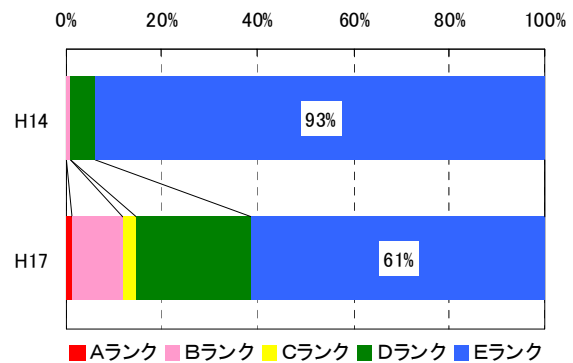


図-2 B橋（下り線）の目視調査結果

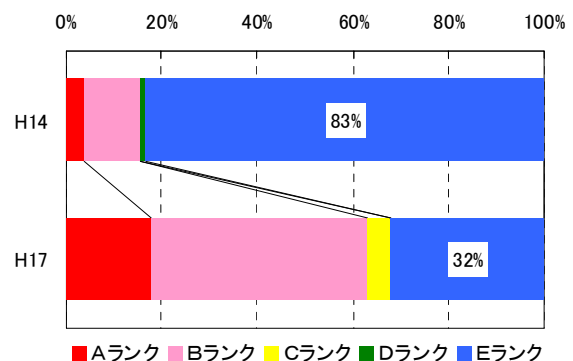


図-3 D橋（下り線）の目視調査結果

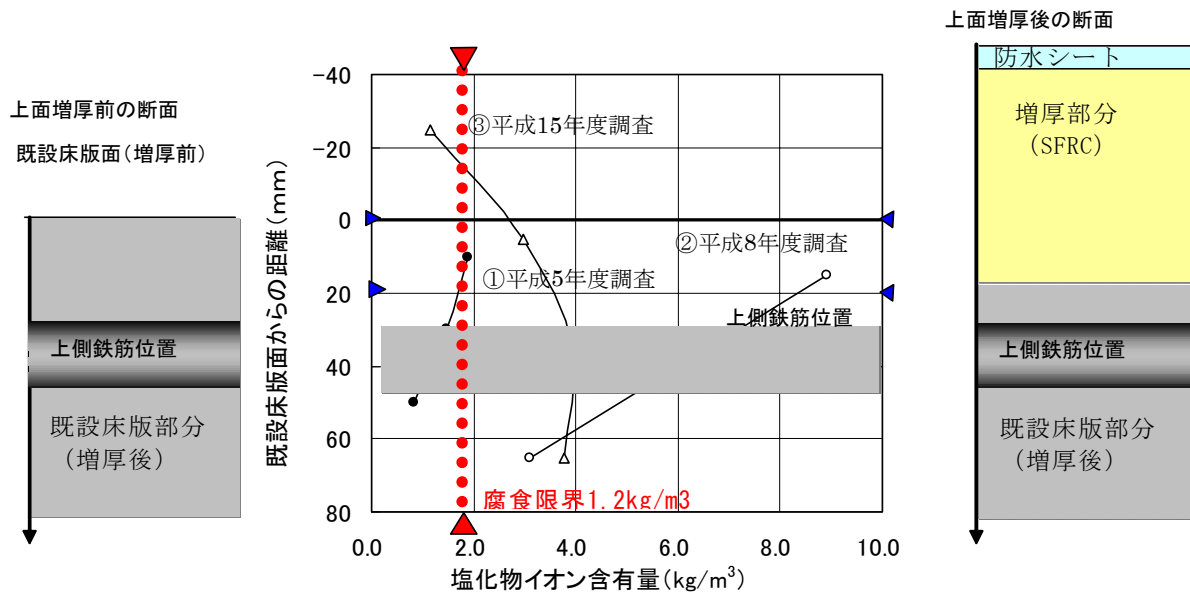


図-4 塩化物イオン含有量の分布状況

ら15年後の追跡調査(平成8年度の調査:印○)では、上側鉄筋位置において腐食限界 1.2kg/m^3 を超過する結果となった。増厚後の塩化物イオン含有量調査は、A橋で3箇所しかなく増厚後の塩化物イオン含有量がどのように推移したかは試料の採取箇所も異なることから明確には分からなかったが、増厚コンクリート部にもある程度の塩化物イオン含有量が確認された。

(2) 床版下面からの塩化物イオン含有量調査

これまでの塩化物イオン含有量調査は、床版上面からのみであり、床版下面鉄筋位置でのコンクリートの塩化物イオン含有量を把握する目的として、ドリル法により試料を採取し塩分調査を行った。床版の損傷状況により、コンクリート中の塩化物イオン含有量が異なることが予想されたため、損傷ランクが異なる位置で試料の採取を行った。

図-5、6にB橋での床版下面からの塩化物イオン含有量の分布状況を示す。図中の印●は床版パネルの損傷度がDランク以上で採取した試料の結果を示し、印○は床版パネルの損傷度がEランクで採取した試料の結果を示す。

図-5からも分るとおり、損傷度Dランクの床版パネルで試料採取を行った場合は、下側鉄筋位置において鉄筋の腐食限界を超過する結果となった。塩化物イオン含有量の分布をみると、

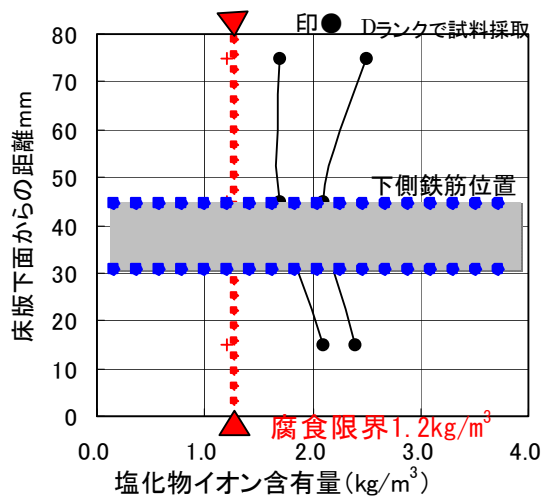


図-5 B橋の塩化物イオン含有量状況

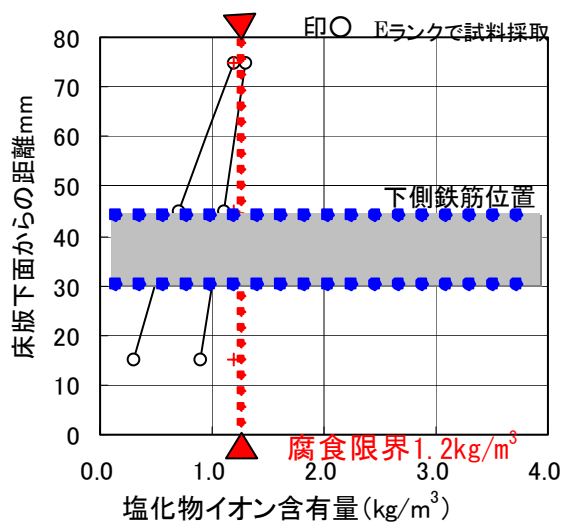


図-6 B橋の塩化物イオン含有量状況

塩化物イオン含有量の供給は上面からに対して、床版下面の塩化物イオン含有量が多い結果となった。これはひび割れ近傍で採取された試料は、ひび割れを伝わって塩分が床版下面に到達し、その結果、塩化物イオン含有量が大きくなっている可能性もある。

次に図-6であるが、損傷度 E ランクの床版パネルで行った場合は、下側鉄筋位置の塩化物イオン含有量は鉄筋の腐食限界である $1.2\text{kg}/\text{cm}^3$ を超過しない結果となった

また、C、D橋についても塩化物イオン含有量の調査を行っているが、同様の結果が得られた。

2.5 開削調査

B橋（下り線）を対象にたたき点検で異音が生じる部分について、舗装の開削調査を行った。写真-2にたたき点検後のマーキング状況、写真-3に開削調査の状況を示す。舗装の開削調査は、(1)床版防水層の状況、(2)鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC という）と既設床版の状況、(3)床版上面の鉄筋状況に着目し目視確認を行った。

(1) 床版防水層の状況

床版防水層と増厚コンクリート床版が、付着していない部分を確認された（写真-4）。このことから床版防水層の接着性が、(1)当初より確保されていない、(2)供用時の諸条件により低下したこと考えられ、路面全面にわたり同様の問題が生じている可能性がある。

この防水層を持ち帰り、「道路橋鉄筋コンクリート床版 防水層設計・施工資料」²⁾の防水性試験を1体実施した。

実施した結果、3分から33分までの30分間における減水量は「ゼロ」であった。

このため防水層としての機能は満足していると考えられる。

(2) SFRC と既設床版の状況

SFRC と既設床版の界面にひび割れおよび脆弱部分があり、増厚コンクリートと既設床版の界面にはく離が確認された（写真-5）。このこ



写真-2 たたき点検後の舗装状況



写真-3 開削調査の状況



写真-4 防水シートのはがれ状況



写真-5 増厚と既設床版の界面はく離

とから増厚コンクリートと既設床版の接着性が、(1)当初より確保されていない、(2)供用時の諸条件により接着性が低下したなどが考えられ、路面全面にわたり同様の問題が生じている可能性がある。

(3) 床版上面の鉄筋状況

前述のとおり、塩化物イオンが浸入し鉄筋の腐食が懸念され、開削調査では、写真-6に示すように床版上面の鉄筋が部分的に腐食していることが確認された。しかしながら、上側鉄筋位置の塩化分量は腐食限界を超過しているにも拘らず、腐食範囲は部分的に限られ、また腐食量もコンクリートのひび割れを生じさせるものではないことから、路面全体にわたるポットホールの原因は、塩害による鉄筋腐食とは考えづらい。



写真-6 局所的な鉄筋腐食

表-3 健全度評価の一覧表

橋名	評価	
	上り線	下り線
A橋 第一径間	ランクB (○, △)	ランクB (○, △)
A橋 第二径間	ランクAA (○, ◎)	ランクC (△, △)
A橋 第三径間	ランクC (△, △)	ランクC (△, △)
A橋 第四径間	ランクB (○, △)	ランクB (○, △)
A橋 第五径間	ランクC (△, △)	ランクC (△, △)
B橋	ランクA (○, ○)	ランクA (○, ○)
C橋	ランクA (◎, △)	ランクC (△, △)
D橋	ランクB (△, ○)	ランクAA (◎, ◎)

3. 健全度評価のまとめ

前述の補修履歴、目視、塩化物イオン含有量、開削調査の結果、損傷の進行度合いにより点数評価をし、ランク付けを行った(表-3)。

(1)『印◎』は損傷が著しく進行しているもの、『印○』は損傷が進行しているもの、『印△』は現在の調査データからは損傷の進行が停滞しているもの。

(2)ランク付けを行うにあたり『印◎:2点』、『印○:1点』、『印△:0点』と評点した。『ランクAAは3~4点』、『ランクAは2点』、『ランクBは1点』、『ランクCは0点』として区分した。

4. 今後の検討内容

健全度評価については、前述のとおりある程度設定できることが確認されたが、今後は、劣化要因に関する検討と補修計画に関する検討を実施する予定である。

なお、劣化要因に関する検討は、まず既往の知見から一般的な事象・問題点を洗い出し、対象橋梁の劣化要因を推定し、変状連鎖、部材毎の変状とその原因に関して検討を行う予定である。

る。そのために移動輪荷重載荷試験機を用いて種々の検討を実施する予定である。

次に補修計画の検討であるが、合理的な補修方法を計画するにあたり、構造的な検討、はつり方法の検討、施工方法ならびに材料の検討を実施する予定である。

参考文献

- 1) 設計要領第二集保全編 平成18年4月 中日本高速道路㈱
- 2) 道路橋鉄筋コンクリート床版 防水層設計・施工資料 昭和62年1月 日本道路協会