

平成25年度

一般国道38号野花南大橋における橋梁補修について

札幌開発建設部 滝川道路事務所 工務課 ○三澤 勉
工務課 榎木 利弘
山崎 達哉

野花南大橋は、一般国道38号芦別市において一級河川空知川を渡河する建設後52年経過した5径間単純鋼非合成鉄桁橋である。本橋は平成21年度の橋梁定期点検において速やかに補修等を行う必要があるC判定(以下C判定)となり、対策工は床版上面の全面打換えとなった。一般国道38号は道央と道東を結ぶ重要路線であり、規制をかけながらの現場条件の厳しい補修を行った。本発表は野花南大橋における対策工検討及び施工状況について報告する。

キーワード：長寿命化、維持・管理、健全度、早強コンクリート

1. はじめに

北海道開発局が管理する橋梁は約3,700橋あり、そのうちS30年～S48年の高度成長期に架設された橋梁が約半数を占めている。これらの橋梁が今後10年で経過年数50年を超過することとなり、橋梁補修すべき橋梁は年々増加傾向にある。

本報告の野花南大橋は、S36(1961)年に供用された橋梁であり、供用後50年を経過した橋梁である。H21年の橋梁定期点検においてC判定となったことから、H23年に橋梁補修設計、H25年に補修工事を実施した。ここでは、野花南大橋の床版に着目し対策工の検討から施工状況について報告する。

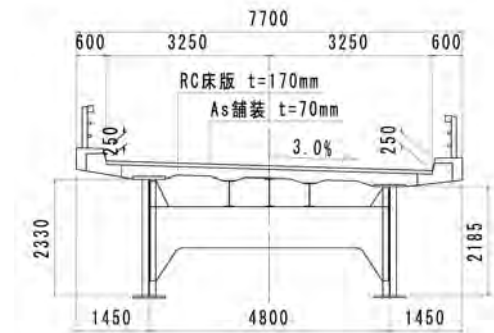


図-1 断面図

表-1 野花南大橋の概要

橋梁名	野花南大橋		
架設年	S36(1961年)		
橋長	L=168.0m		
幅員	W=6.5m	曲線半径	R=250m
上部形式	鋼5径間単純非合成I桁(2主桁)		
下部形式	逆T式橋台(A1)、控え壁式橋台(A2) 円柱T型橋脚(P1～P4) 全て直接基礎		
交差物件	石狩川水系 空知川		
補修履歴	S49・50 床版打ち替え S62 沓座拡幅、支承補修 H19 防護柵補修		
交通量	7,842台/24h 大型車混入率15.4% (H22交通センサデータより)		
H21点検・診断結果	①床版のひび割れ、剥離・鉄筋露出、漏水・遊離石灰 ②橋脚のひび割れ、剥離・鉄筋露出 ③支承本体の機能障害、沈下、傾斜 ④沓座モルタルの変形・欠損 ⑤伸縮装置の段差、路面の凸凹、漏水 ⑥舗装の異常		

2. 補修設計時の調査

(1) 橋梁概要

野花南大橋の断面を図-1、概要を表-1に示す。本橋は、一般国道38号芦別市野花南にあり、空知川を跨ぐ3%の片勾配の曲線橋である。S36年の供用後50年以上経過しており、補修履歴としては、供用から10年が過ぎたS49～S50年に床版打ち替えが行われており、S62年には沓座拡幅と支承補修が行われている。

(2) 橋梁点検・診断結果

H21の点検・診断からC判定となっており、その内容は表-1のとおりである。その他、状況に応じて補修するB判定(以下B判定)の箇所もあるが、ここでは、主としてC判定の床版劣化・損傷に対する調査・設計について記述する。

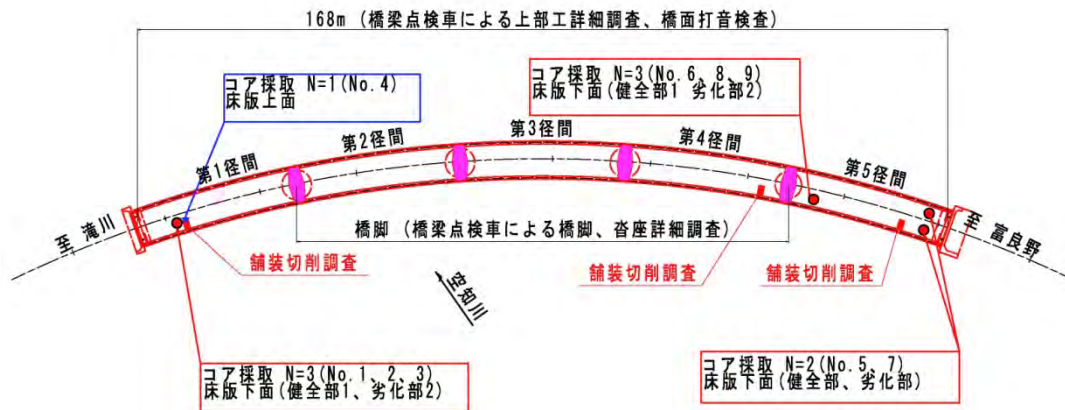


図-2 コア採取ほか調査箇所図

(3) 調査計画

H23の補修設計では、点検・診断の結果から、C判定の箇所を中心に踏査を行い、床版は、外観調査の他に各種調査・試験を表-2に示す。

床版下面のコア採取箇所は、目視と打音検査により、①ひび割れやスケリングの程度、②漏水の有無やコンクリートの色判別による保湿具合の違いから、比較的健全と予想したエリアと劣化が進行していると予想したエリアに分けて、それぞれから採取した。

鉄筋腐食度調査は、漏水やエフロレッセンスの滲出が見られる周辺で箇所選定して実施した。

床版上面の調査は、舗装の繰り返し補修跡や打音検査から箇所を決め、1箇所当たり1.0m×2.0mの範囲で床版上面コンクリート部を出して直接確認した。また、床版上面からの凍結防止剤による塩化物イオンの浸透も考えられることから試験用のコアを採取した。

の付着が不十分で浮いている状況であった。第4径間と第5径間は、はつり範囲全体でコンクリートが深さ2~3cmで骨材の結合が弱く、テストハンマーによる打撃で容易に砂利化して床版の上側鉄筋が露出する状況であった。

このことから、はつり範囲内で劣化状況に差は無く、打音検査による浮きの有無に関係なく床版上面の劣化は進行していることが伺われた。



写真-1 第1径間の床版上面



写真-2 第5径間の床版上面

表-2 現地調査及び試験数量

コンクリート調査	鉄筋腐食	2箇所	床版下面
	コア採取(上部)	9本	床版
	鉄筋探査	9箇所	コア箇所
試験	静弾性・圧縮強度	6試料	床版
	中性化深さ	6試料	床版下面
	微細ひび割れ観察	2試料	床版
	塩化物イオン濃度	2試料 6スライス	床版厚方向
床版面	舗装はつり	3箇所	床版上面

b) 圧縮強度及び静弾性係数試験

表-3にコンクリート圧縮強度試験及び静弾性係数試験の結果を示す。

表-3 圧縮強度及び静弾性係数試験の結果

コア採取箇所 (床版下面)	圧縮強度 N/mm ²	静弾性係数 N/mm ²	静弾性係数の標準
No.1 1径間 健全部	21.7	8.2	13.1~21.3
No.2 1径間 劣化部	15.6	16.7	8.4~17.8
No.5 5径間 健全部1	21.6	18.4	13.1~21.3
No.6 5径間 健全部2	26.0	21.7	13.1~21.3
No.7 5径間 劣化部1	23.9	10.4	13.1~21.3
No.8 5径間 劣化部2	26.0	24.6	13.1~21.3
平均値	22.5	16.7	

3. 調査結果の概要

(1) 床版の調査結果

a) 床版上面の確認

第1径間、第4径間、第5径間において舗装をはつり、床版上面を露出してコンクリート劣化状況を確認した。

写真-1~写真-2に第1径間と第5径間の写真を示す。第1径間のはつり箇所は、過去に上面補修した形跡が見られ、補修材の劣化程度は軽微だが、床版コンクリートと

S49・50の床版打ち替え時のコンクリート強度は、当時の設計図書より $\sigma_{ck}=24\text{N/mm}^2$ である。文献1)によれば、供試体強度が σ_{ck} の80%以上ある場合には「構造的に問題ないと判断してよい」とあり、No.2がやや80%を下回るが、全体に強度の問題はないと判断した。

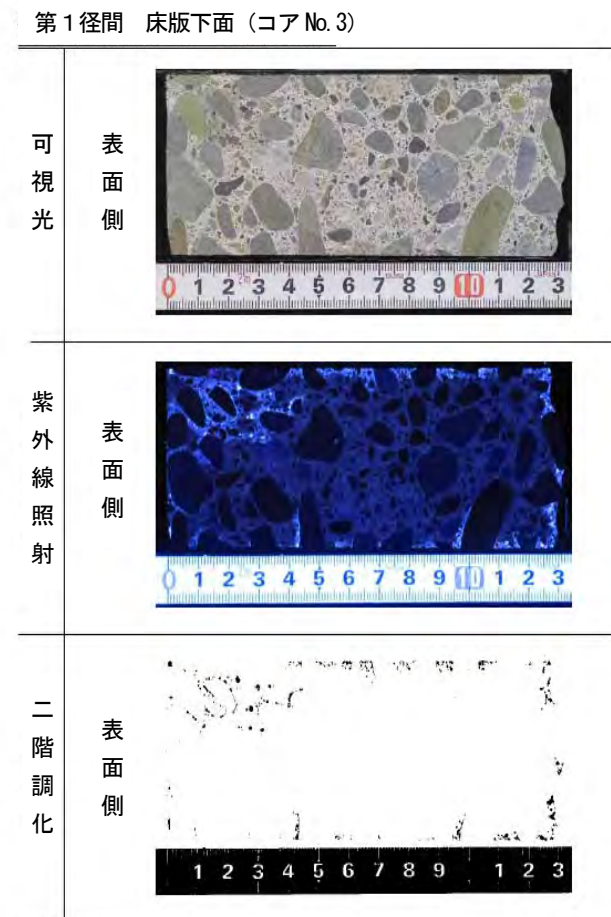
静弾性係数についても、No.1とNo.7供試体では標準値を下回るが、いずれも強度は問題ないレベルであり、床

版全体としては構造的に問題ない範囲であると判断した。

c) 微細ひび割れ観察

床版コンクリートは、水が床版上面からコンクリート内に浸入し、凍結融解を繰り返すとともに、スケーリングから砂利化へ移行する過程で、コンクリート内に層状にひび割れが生じてせん断耐力が低下すると考えられることから、採取したコアの微細ひび割れ観察を行い、内在するひび割れの状況を確認した。

図-3に、第1径間から採取したコア写真と蛍光エポキシ樹脂を注入して紫外線照射した際の写真、及びそれを図化したものを示す。可視光の状況を見てもひび割れはほとんど確認されないが、紫外線照射すると、ひび割れに入った樹脂が浮かびあがり、深さ3~4cm程度まで若干のひび割れが確認された。これは床版上面の確認状況とも整合ある結果であり、それよりも深い位置ではひび割れは見られず、健全な状態にあった。



※特記事項；
コア表面側及び側面から蛍光エポキシ樹脂を注入した。

図-3 微細ひび割れ観察の結果

d) 塩化物イオン濃度試験

塩化物イオン濃度は、第1径間から採取した2本のコ

ア (No.2、No.4) を用いて、JIS A 1154 (塩化物イオン電極を用いた電位差滴定法) より試験を行った。コアは下面側からと上面側から1本ずつ採取して、各々表面から深さ10cmまでを2cmずつスライスして塩化物イオン濃度を測定している。上面側(No.4)については、舗装はつりのエリアから採取し、下面側(No.2)は舗装はつりエリアから外れた近傍にて採取した。

測定の結果を図-4に示す。この図より以下のことが推察される。

- ①内陸部の橋梁床版にすると、比較的高い濃度が示されるが、これは凍結防止剤の影響と考えられる。
- ②床版上面から採取したNo.4 コアでは、深さ方向に塩化物イオン濃度が高くなり、一般的な分布とは逆の傾向を示す。これは、第1径間の舗装はつり部で断面補修の形跡があったことから、新しい補修材によって一時的に塩化物イオンの内部供給が遮断されたと推察される。
- ③床版下面から採取したNo.2 コアでは、深さ4~6cmの濃度が高く、浅い部分の濃度はそれに比べて低い。これは次項に示す中性化による濃縮作用と考えられる。

塩化物イオン濃度が高くなると塩害による鉄筋腐食が懸念される。一般に鉄筋の発錆限界となる塩化物イオン濃度は、 1.2kg/m^3 とも 2.5kg/m^3 とも言われるが明確ではなく、塩化物イオン以外にも水や酸素の供給状況によっても異なると思われる。実際に鉄筋を露出させて目視したが上面側の鉄筋に発錆は認められなかった。下面においては主鉄筋の下側半分に発錆は見られたが、程度は軽微であり、濃度が高い4~6cmの深さに位置する配力鉄筋には発錆は見られなかった。

このことから、床版が打ち替えられてから約40年が経過しているが、塩害としての対策は不要と判断した。

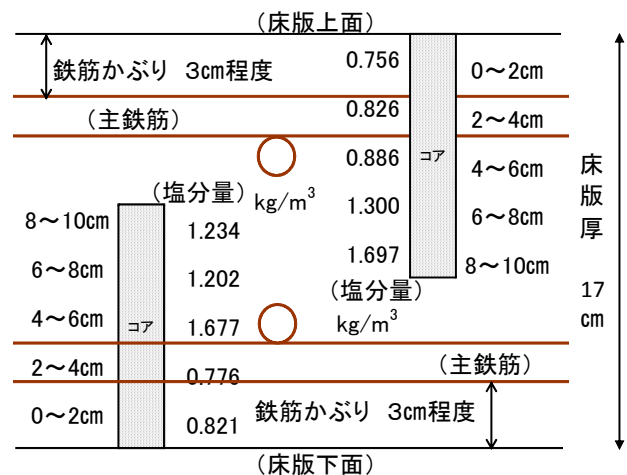


図-4 塩化物イオン濃度測定結果図

e) 中性化試験

第5径間A2橋台側から採取したNo.5とNo.7の2本のコアで中性化深さを測定した。測定方法は、JIS A 1152「コンクリートの中性化深さの測定方法」による。

測定結果を図-5に示す。いずれのコアにおいても中性化深さが15~27mm程度と比較的大きく、鉄筋のかぶり3cm程度に対してその余裕は1cm以下であった。今後の進

行によって床版鉄筋の腐食進行が考えられることから、対策が必要と判断した。

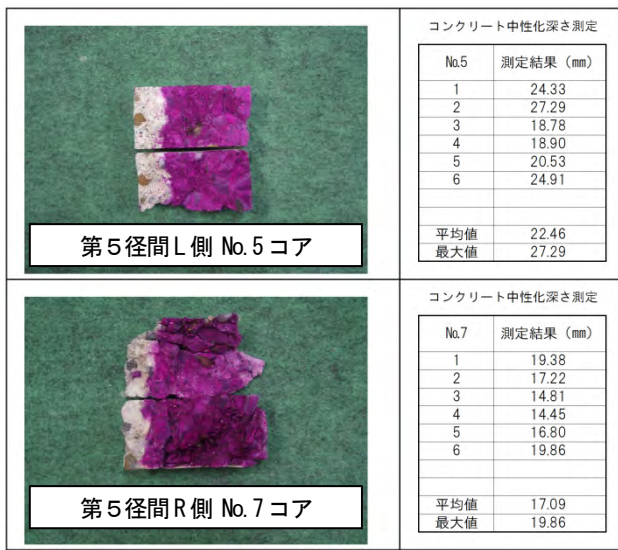


図-5 中性化深さ測定結果

f) 鉄筋腐食度

第1径間において、床版上面（舗装はつり範囲内）と床版下面で鉄筋を露出させ、発錆の状況を確認した。

写真-3に示す上面鉄筋は、錆は全く見られず塩害等の影響なく健全であった。写真-4に示す下面鉄筋では、主鉄筋の表面にのみ発錆が確認された。図-6のように、配力鉄筋と主鉄筋の上側半分には錆は見られないことから、塩害ではなく前項より中性化の影響と判断した。

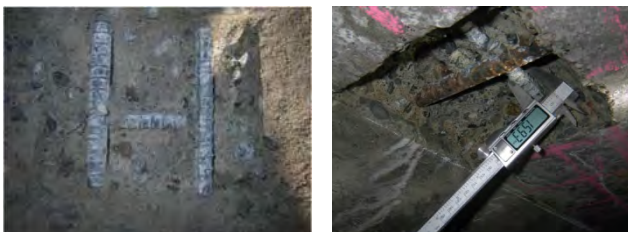


写真-3 床版上面鉄筋

写真-4 床版下面鉄筋

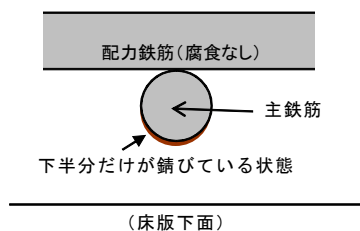


図-6 床版下面鉄筋の発錆状況図

4. 床版補修設計

(1) 現況床版の評価

調査・試験結果より、現況床版は経年的な劣化は見られ、特に床版上面のかぶりコンクリートは凍害による砂利化が生じ始めているが、凍害影響のない深さのコンクリート強度は構造的に問題ないレベルである。また、鉄

筋についても下面鉄筋の表面上に発錆が確認されたが軽微であった。

表-4に損傷ランク判定表を示す。外観調査で確認された床版のひび割れ状況は、ひび割れ密度は概ね 6m^2 前後であり、さらに密度が大きな箇所もあるが、その幅は 0.1mm 以下である。発生形状は格子状ではあるが、幅が小さいことや角落ち・段差は無いことからランクⅢまで至ることは考えにくい。床版上面の凍害区分も勘案して判定すると、野花南大橋の床版は損傷ランクⅠ～Ⅱの状態にあると推察される。

次に同表より、この時のたわみ劣化度は $0.3\sim 0.6$ 未満と推定できる。たわみ劣化度とは、床版が健全な状態から疲労劣化していく過程で、剛性が低下してたわみが大きくなり、やがてせん断破壊の様子を指標化したものである²⁾。さらには実験や実橋での計測によってたわみ量とひび割れ密度の相関から、図-7に示すように、疲労破壊に至るまでの輪荷重走行回数とひび割れ密度の関係が示される。

図-7より、ひび割れ密度が 5m^2 程度で破壊に至る走行回数の 10% 程度であることが読み取れる。野花南大橋の床版を図-7に当てはめた場合、ひび割れ密度 6m^2 で現状の走行回数を推測すると、 $0.28 \times N_f$ 程度であることが推察される。

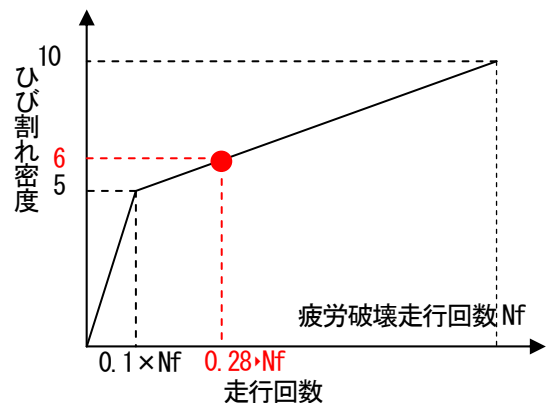


図-7 床版ひび割れ密度と輪荷重走行回数

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」（北海道土木技術会）

ただし、図-7は疲労に特化した場合の関係であり、経年劣化による床版体力の低下は別途考慮しなければならない。

(2) 床版補修設計

床版の損傷ランクについて、概ねⅠ～Ⅱの状態であると推察した。次に、図-8より、対策区分について判定した。この図は、損傷の程度が経過年数に応じたものであるか、年数の割に損傷が進んでいくか、あるいは健全さが保持されているかで、対策区分の目安とするものである。野花南大橋は、S36年の供用開始であるが、S49年からS50年にかけて床版が打ち替えられており、現在の床版の使用年数は約40年である。経過年数と損傷ランクを考えると、一般的な進行であり、定期点検でも可と判定される結果となる。

しかし、現状の床版上面は、深さ $2\sim 3\text{cm}$ 程度の凍害劣化があり、進行すると床版有効厚さの減少して、せん断耐力が早期に低下し、輪荷重による押し抜きせん断破壊による陥没が起きることが考えられる。

表-4 損傷ランク判定表

たわみ劣化度	損傷ランク(グレード)	ひび割れ間隔・および形状	ひび割れ幅	ひび割れ密度	点検区分	床版上面の凍害区分
0	— (潜伏期)	1.0m以上 一方向 (直角方向)	0.06mm以下 (ヘアクラック)	—	a	—
0.3 未満	I (進展期)	1.0~0.5m 直角方向が主で 橋軸方向は従	0.1mm以下が主であるが 一部に0.1mm以上	3m/m ² 未満	b	スケーリング 錆の浮き
0.3~ 0.6未満	II (加速期)	0.5m程度 格子状直前	0.2mm以下が主であるが 一部に0.2mm以上	3~6m/m ²	c	砂利化浅い 錆の浮き、ひび割れ
0.6~ 0.8未満	III (劣化期)	0.5~0.2m 格子状	0.2mm以上が目立ち、 部分的な角落ちあり	6~8m/m ²	d	鉄筋深さまで砂利化 錆の浮き、亀甲状 ひび割れ
0.8~ 1.0以上	IV~V (末期)	0.2m以下 格子状	0.2mm以上が目立ち、 連続的な角落ちあり	8m/m ² 以上	e	コンクリート土砂化 鉄筋ポットホール・ 陥没

「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」(北海道土木技術会)

また、床版の疲労耐荷力は、水の影響を大きく受けることが既往の研究³⁾から知られており、床版供試体を水張りした状態で輪荷重載荷試験を行った場合、水の無い条件に比べて約1/10にまで低下する。

したがって、床版の補修は、上面劣化部を除去して打ち替えることに加え、防水工を施すこととした。

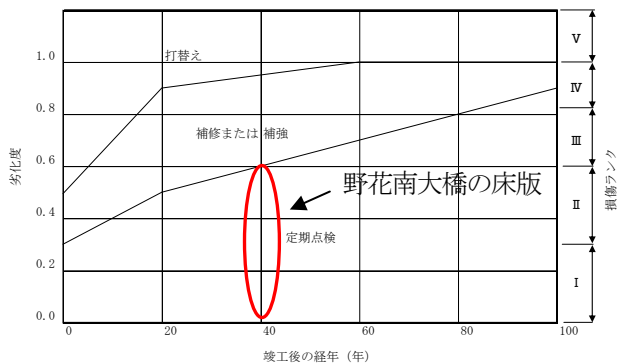


図-8 経年を考慮したRC床版の損傷ランクと対策区分
「北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針」(北海道土木技術会)

(3) 床版上面の補修断面

床版の上面劣化部の除去は、マイクロジェット工法で施工。はつり・復旧深さは、野花南大橋の上面劣化深さは2~3cmであるが、補修材の剥離・浮きなどの再劣化を予防するため、補修材で上面側の鉄筋を抱き込むようにすることから7cm程度とした。(図-9参照)

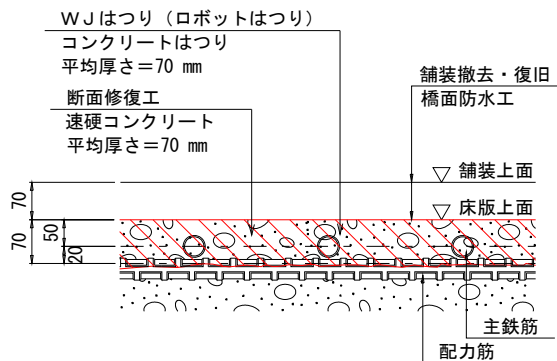


図-9 床版上面補修断面

補修材は、野花南大橋の幅員が6.5m(片側3.25m)の中で片側交互通行となることから、交通規制時間の短縮を考慮し超早硬コンクリートとした。

(4) 床版下面の補修

床版下面については、S49・S50年の床版打ち替え時に残存されたままになっていたと推察されるセンター付近のジャンカ・剥離・鉄筋露出と、打ち替えられた範囲の中性化を対策する。

ジャンカ・剥離・鉄筋露出については、現状の劣化部に補修材を上塗りしても剥離しやすいことから、上面と同様に下面側鉄筋まではつり出し、この鉄筋を抱き込むように補修材で復旧する。このときの材料は、上向き施工に適した附着性が強いポリマーセメントモルタルを使用する。

中性化の対策は、抜本的には中性化を受けたコンクリート部をはつり、断面復旧するが、現状では鉄筋までの中性化残り深さが残されており、鉄筋の発錆も軽微である。中性化の進行を抑制するにはCO₂の侵入を遮断すべきだが、被覆工法はコンクリート面を隠してしまい、以降の維持管理に支障がある。問題は鉄筋腐食にあることから鉄筋腐食抑制型含浸材を塗布することとした(図-10)。

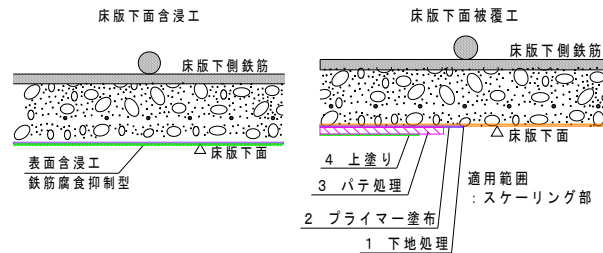


図-10 床版下面補修断面

5. 現場施工状況

(1) 現場条件

野花南本橋は、車道幅員6.50m、片側3.25m(外側線含む)、歩道のない橋梁であり、さらに曲線橋であるため現場条件が厳しいなか、24時間の片側交互通行の中で床版上面の打ち換えを行った。



写真-5 片側交互通行状況

(2) 床版コンクリート

野花南大橋は、当初設計において一般車両を通しながらの補修となるため、超早硬コンクリートにて打設を計

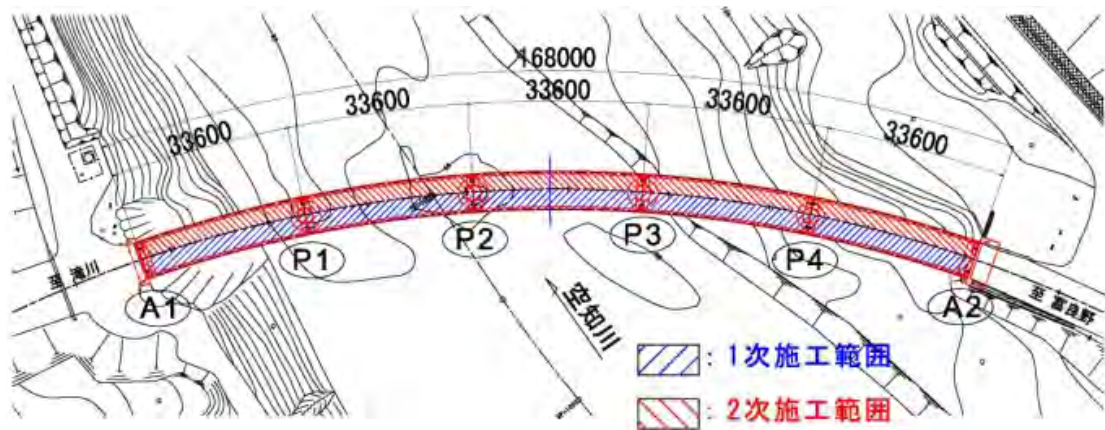


図-11 床版施工手順

画していたが、寒地土木研究所への技術相談を実施し、早強コンクリートによる打設でも品質的に問題がないとのことから、受注者との協議の上早強コンクリートにより打設を行った。

打設後の打設面において、ひび割れ等は確認されていない。

(3)補修状況

一般国道 38 号は、滝川と釧路を結ぶ主要幹線道路であり、付近に迂回路となる道路がないことから、24時間の片側交互通行の行いながら、半断面ずつ施工を行った(図-11、写真-6～10)。



写真-6 路面切削状況



写真-7 WJはつり状況



写真-8 早強コンクリート打設状況



写真-9 橋面防水状況



写真-10 舗装敷設状況

6. おわりに

今回の補修にあたり、舗装はつりの結果、床版上面の劣化が進行しているところが疑われたが、圧縮強度及び静弾性係数試験や、微細ひび割れ観察、塩化物イオン濃度試験、中性化試験を行ったことにより、構造的に問題がないことが分かり、床版全面の打ち換えではなく、脆弱部の打ち換えとなったところは、予防的保全ととらえることもできる。このように、調査・設計段階での確な試験を行うことで、適切な補修を実施することで既存橋梁の長寿命化を行えると考える。

実際の補修にあたっては、施工してる中で、劣化が進行している部分など、50年以上経過していると、調査・設計だけでは把握しきれない部分もあり、受注者、設計コンサルタント、事務所の3者にて、現地確認を行い対策を検討する場面もあり、今後の現場に生かせるいい経験となった。

また、野花南大橋は、供用後 50年以上経過している橋梁であり、現場の施工条件としても厳しい箇所である。床版補修については、事故もなく無事に終了することができた。現在は、橋梁の下部の補修を行っており、工期が3月までであるので、事故のないよう適切に補修工事を行っていきたい。

参考文献

- 1)(独)土木研究所、(社)日本非破壊検査協会：非破壊試験を用いた土木コンクリート構造物の健全度診断マニュアル、技報堂出版株式会社、2003
- 2)松井繁之：道路橋床版-設計施工と維持管理-、森北出版株式会社、2007
- 3)小野貴之：積雪寒冷地における RC 床版の疲労耐久性向上について、構造工学論文集 Vol. 55A、2009
- 4)北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会：北海道における鋼道路橋の設計及び施工指針、北海道土木技術会鋼道路橋研究委員会、1993