

第2章 わが国における橋面コンクリート舗装

日本の道路舗装では、戦後から1960年頃までコンクリート舗装は30%を超える程度のシェアがあったが、その後、アスファルト舗装の施工性や、損傷時の早期の復旧性などが評価され、現在は、トンネルなど走行時の明るさ確保の目的で用いられること以外にコンクリート舗装が用いられることは極めて少なくなった。コンクリート舗装とアスファルト舗装の供用比率を図-2.1に示す。

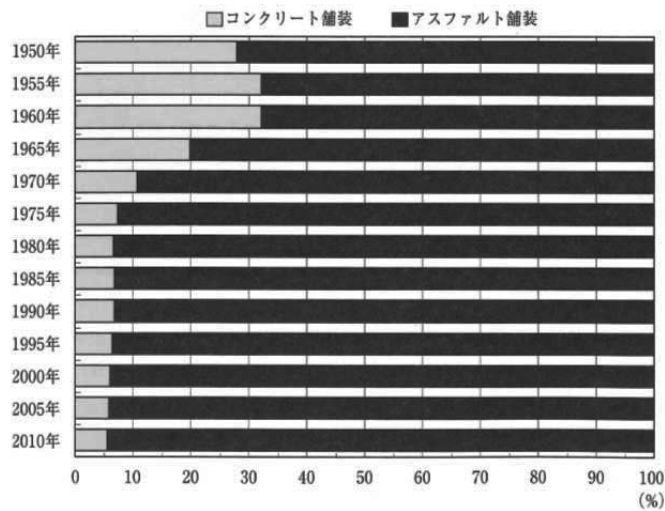


図-2.1 コンクリート舗装とアスファルト舗装の供用比率

しかし、最近では、ポリマーなどの有機材料の使用が普及し、また1day（ワンデイ）コンクリートといった技術革新の成果を受けて、土工部の道路を中心にコンクリート舗装を実施する例も出現してきている。したがって、橋面舗装にコンクリート舗装を実施することはとくに取り立てて難問があるわけではなく、都市内で騒音が懸念される箇所などでアスファルト舗装が採用される箇所を除けば、アメリカ等では橋面舗装にはコンクリート舗装が一般的に採用されていると言える。

橋面にコンクリート舗装を施すことの課題としては、

- ①比較的薄いコンクリートを打設することになるが、乾燥収縮ひび割れなどに対する養生手法に問題はないか
 - ②旧床版との接着性が確保されるか
 - ③アスファルト舗装と比較すると平坦性に劣るが、通行に支障はないか
 - ④アスファルト舗装に比べると騒音が大きいと言われているが、問題はないか
 - ⑤コンクリートは僅かではあるが透水性を持つ。塩分の浸透で、床版の耐久性に悪い影響を及ぼさないか
- といったところである。

課題の①、②については、高速道路の上面増厚工法等ですでに多くの実績もあり、検討を重ねてきた経験済の課題である。

また、課題の③、④については地方道という比較的交通量が少なく、高速走行の必要性のない箇所での適用、また、人家から離れた橋梁への使用、という条件を付ければ、問題とする必要はなくなる。

課題⑤に対しては、米国における調査などから、塩分が滲入することによる悪影響については、鉄筋の被りが大きくなること、密実なコンクリートを打つこと、また米国では普通に使用されているエポキシ被覆鉄筋を使用することで問題は解消されているとの調査結果であった（第3章参照）。

なお、米国における調査の結果、新設の床版施工では、床版コンクリートと舗装コンクリートを一体として施工することが判明した。こうすることで、床版と舗装の剥離の課題を解消すると同時に、上側鉄筋の被りを確保でき、塩分浸透や中性化の問題の対策としていることが分かった。詳細は文献1) 2) を参照されたい。

日本では、塩害地域以外でエポキシ被覆鉄筋を地方の橋梁で使う例はほとんどないが、実際に岩手県の九年橋では、エポキシ被覆鉄筋を使うことなく、塩を散布する境遇で、100年に近い供用実績をもつ例も存在(本章2.3参照)し、コンクリート舗装の橋面舗装への適用について十分な可能性が感じられるところである。

こう考えれば、コンクリートの橋面舗装はすぐにでも使用ができそうに思えるのであるが、とくに、①や②の課題に対しては、試験施工など、十分な検討を実施した上での適用を検討することが重要である。今回は、試験施工を実施すること(第5章参照)で、コンクリートによる橋面舗装の技術を確認することとしている。

【参考文献】

- 1) 大田孝二, 谷倉 泉, 橋 吉宏, 塩永亮介, 大久保藤和, 梶尾 聡: 米国における鋼道路橋版板損傷への取組み(その1), 橋梁と基礎(2015.7)
- 2) 大田孝二, 谷倉 泉, 橋 吉宏, 塩永亮介, 大久保藤和, 梶尾 聡: 米国における鋼道路橋版板損傷への取組み(その2), 橋梁と基礎(2015.8)

2.1 昭和30年代から40年代の橋面コンクリート舗装施工事例

昭和30年代から40年代に建設された橋面コンクリート舗装の事例を以下に紹介する。

(1) 京都府舞鶴市 府道東雲停車場線 八雲橋(1956年)

本橋は、昭和31年に供用が開始された補剛吊橋(主塔12m, 支間115m, 幅員5m)である。平井敦先生(東京大学)の「鋼橋Ⅲ」に詳しく紹介されている橋梁であり、建設後の振動計測結果や写真・図面が掲載されている。平井先生の撓(とう)度理論を実践した吊橋であり、日本が誇る明石海峡大橋への一步を飾る橋の一つである。京都府により丁寧に維持管理されている。



写真-2.1.1 八雲橋の全景(2014.6)



写真-2.1.2 八雲橋の路面の状況(2014.6)

第2章 わが国における橋面コンクリート舗装



写真-2.1.3 八雲橋の修繕箇所1(2014.6)



写真-2.1.4 八雲橋の修繕箇所2(2014.6)

(2) 長野県 主要地方道丸子線 依田川橋 (1960) ※現在はアスファルト舗装

本橋は、昭和35年に供用が開始された5径間RCゲルバー橋(橋長88.2m, 幅員5.2m)である。建設から約47年が経過した2007年に舗装や高欄などの修繕が計画され、2008年にコンクリート舗装からアスファルト舗装に打ち替えが行われた。床版下面には、ひび割れや遊離石灰が生じている状況であった。路面は骨材が露出しており、一部骨材の抜け、横断方向にひび割れが生じていた。



写真-2.1.5 依田川橋の側面状況(2007.9)



写真-2.1.6 依田川橋の路面の状況(2007.9)

(3) 茨城県道61号日立笠間線 栄橋(久慈川の橋梁、1958) ※一部SFRCに(2006)

本橋は、昭和33年に供用が開始された鋼2主桁ゲルバー橋数連(橋長316m, 幅員6m)である。写真手前の約20mは2006年に鋼繊維補強コンクリート(SFRC)で補修されているが、その奥の区間は、建設当時のコンクリート舗装が残っており、骨材の露出、一部骨材の抜け出し、ひび割れが見られる。

道路橋床版の橋面コンクリート舗装



写真-2.1.7 栄橋の路面の状況 (2014.1)



写真-2.1.8 栄橋のSFRC舗装上面

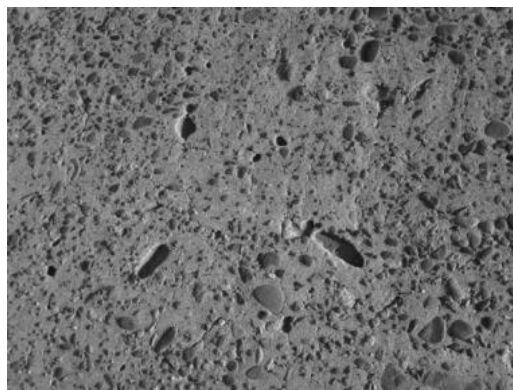


写真-2.1.9 栄橋のコンクリート舗装上面

(4) 埼玉県道・茨城県道 267号幸手境線 上船渡橋 (1961) ※現在はアスファルト系材料で表面処理
本橋は、昭和36年に供用を開始したプレキャストT桁橋2連(橋長42.1m、幅員不明)である。コンクリート舗装は、骨材が露出しており、一部骨材の抜け出しが見られる。床版下面は、補修されたかの如く健全な状況である。橋台、親柱、地覆は雨風にさらされていることと、桁よりコンクリートの強度が低いいためか、経年劣化が見られる。2014年9月に薄層の舗装が施工されていた。



写真-2.1.10 上船渡橋の側面状況



写真-2.1.11 上船渡橋の路面の状況 (2013.6)

(5) 島根県 大蔭橋（津和野川の橋梁、1965）

本橋は、昭和40年に供用を開始したHBB橋2連（橋長43.2m、幅員2m）である（設計荷重：T-6）。津和野川の橋梁であり、幅員は狭いが軽トラックが走行可能である。コンクリート舗装は、骨材が露出しているが非常に健全である。白くなっている部分が軽トラックの車輪走行位置である。床版下面も健全な状況であるが、主桁には腐食が見られる。



写真-2.1.12 大蔭橋の側面状況 (2014.6)

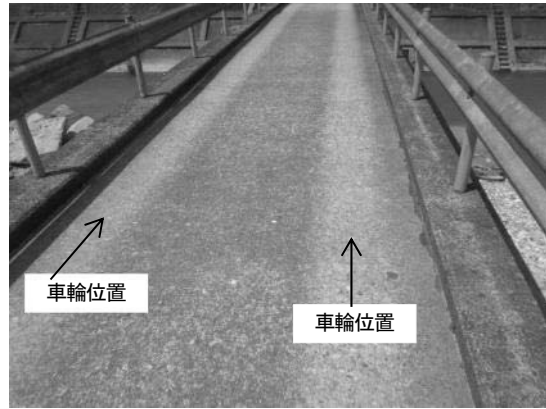


写真-2.1.13 大蔭橋の路面の状況 (2014.6)

(6) 新潟県道22号 双川橋（長岡市のJR越後線 寺泊駅付近、1964）

本橋は、昭和41年に供用を開始した単純H形鋼の連結桁（橋長20m程度、幅員8.5m程度）である。地覆と高欄は新設されているが、コンクリート舗装は建設当初のままと思われ、骨材が露出した状態である。また交差点付近であるため、頻繁に制動荷重が作用するが、骨材の抜け出しは、ほとんど見られない。また、床版下面には目立った損傷は見られない。桁は、2連の単純H形鋼橋の腹板を連結し連続桁に変更されており、なぜか中間支点到落橋防止装置が設置されている。2011年に塗装が行なわれているが、桁端は滞水し易い構造であるため汚れが目立つ。橋台は、落橋防止対策のためなのか、橋座面が拡幅されていた。



写真-2.1.14 双川橋の橋面 (2014.8)

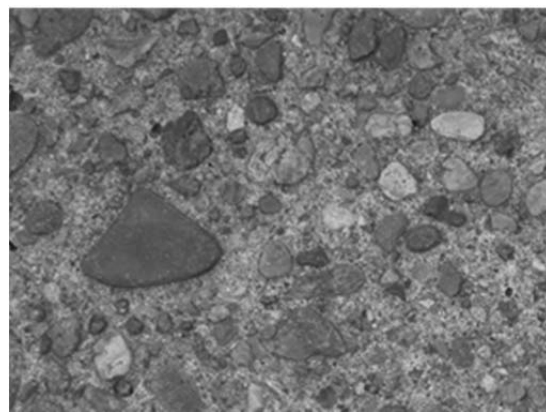


写真-2.1.15 双川橋の路面の状況 (拡大) (2014.8)

2.2 寒冷地における橋面コンクリート舗装施工事例

2.2.1 北海道における施工事例（山水橋、湖水橋、群別橋）

北海道内のコンクリート舗装については、昭和20年代の前半から施工の実績が報告されている。昭和36年度は、北海道のコンクリート舗装は20%、アスファルト舗装が80%を占めていた。昭和33年3月に「道路整備緊急措置法」が公布され、道路舗装の整備を急ぐ必要があったため、施工が迅速にできるアスファルト

ト舗装の施工が多くなった。そのため、昭和 40 年にはコンクリート舗装の比率は 9%、昭和 52 年には 2% に低下した。近年は社会資本整備・維持管理に対するコスト縮減への社会的要請により、道路舗装においても、高耐久・長寿命化が求められている。耐久性が高く、長寿命化が期待できるコンクリート舗装への関心が高まっている。

本節では、北海道開発局で管理する国道の橋面コンクリート舗装の状況について、一般国道 453 号、231 号の代表的な 3 橋の調査結果をとりまとめた。

2.2.2 各橋梁調査結果^{3) 4)}

(1) 山水橋

本橋は供用後 46 年が経過した「単純合成鉄桁橋×2 連」で構成された 2 径間の橋梁である。カルテ履歴より、主な補修履歴等は、平成 21 年に支承モルタル、A2 橋台補修が行われ、平成 22 年に伸縮装置取替工、床版、橋台補修が行われている。また、直近の点検は平成 19 年度に行われている。

劣化損傷状況としては、第 2 径間（終点側）のコンクリート舗装路面に補修（打換え等）跡があり、床版下面に滲出を伴う遊離石灰や床版ひびわれが見られる。A1・A2 伸縮装置付近にも橋面水の浸透が見られる。なお、滲出した遊離石灰に錆汁の混入は見られない。第 1 径間（起点側）の床版および路面については、若干のポットホールはあるものの補修跡も無く比較的健全な状態が保たれている。

表-2.2.1 橋梁諸元（山水橋）

橋梁名	山水橋	
路線名	一般国道 453 号	
所在地	恵庭市盤尻	
供用開始日	1966 年 11 月 30 日	
上部構造形式	単純合成鉄桁橋 2 連	
下部構造形式	重力式橋台 2 基, T 型橋脚柱円型 (RC)	
基礎形式	直接基礎 3 基	
活荷重・等級	TL-20, 1 等橋	
適用示方書	昭和 39 年 鋼道路橋設計示方書 (改訂)	
幅員	全幅員	7.40m
	有効幅員	6.50m
交通量	2,264 台/昼間 12 時間	
大型車混入率	14.5%	
橋梁点検	H24 年度(2012)	



写真-2.2.1 山水橋の全景（起点側）



写真-2.2.2 山水橋の全景（終点側）

第2章 わが国における橋面コンクリート舗装



写真-2.2.3 山水橋の路面状況（起点側）



写真-2.2.4 山水橋の路面状況（終点側）



写真-2.2.5 山水橋の床版下面状況（起点側）



写真-2.2.6 山水橋の床版下面状況（終点側）

(2) 湖水橋

本橋は供用後46年が経過した「単純合成鉄桁橋」である。カルテ履歴より、主な補修履歴等は、平成10年度に落橋防止装置取付け、平成18年度に防護柵取替え、ガードレール取付け、転落防止柵取付け、ブラケット取付け、平成21年度に沓座モルタル補修が行われている。また、直近の点検は平成20年度に行われている。

劣化損傷状況としては、床版に遊離石灰の滲出を伴う床版ひびわれが見られ、部分的に水染みが見られる。A1・A2伸縮装置付近にも橋面水の浸透が見られ、床版上面の劣化が懸念される。なお、滲出した遊離石灰に錆汁の混入は見られない。また、伸縮装置周辺の路面に凸凹（舗装打換え跡）やクラックが見られる。

表-2.2.2 橋梁諸元（湖水橋）

橋梁名	湖水橋	
路線名	一般国道453号	
所在地	千歳市幌美内	
供用開始日	1970年4月1日	
上部構造形式	単純合成鉄桁橋	
下部構造形式	重力式橋台2基	
基礎形式	直接基礎2基	
活荷重・等級	TL-20, 1等橋	
適用示方書	昭和39年 鋼道路橋設計示方書（改訂）	
幅員	全幅員	8.20m
	有効幅員	7.00m
交通量	2,176台/昼間12時間	
大型車混入率	6.7%	
橋梁点検	H25年度(2013)	

道路橋床版の橋面コンクリート舗装



写真-2.2.7 湖水橋の全景（起点側）



写真-2.2.8 湖水橋の全景（終点側）



写真-2.2.9 湖水橋の路面状況（起点側）

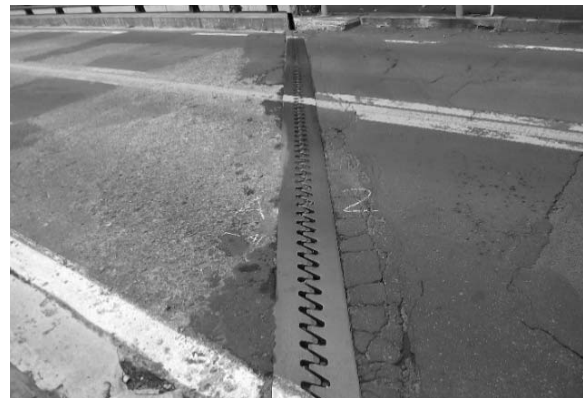


写真-2.2.10 湖水橋の路面状況（終点側）



写真-2.2.11 湖水橋の床版下面状況（起点側）

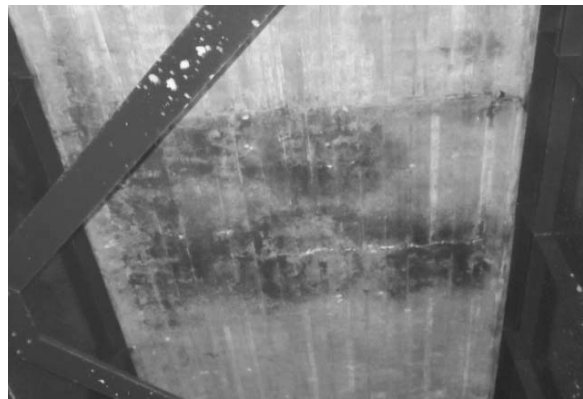


写真-2.2.12 湖水橋の床版下面状況（終点側）

(3) 群別橋

本橋は、昭和45年に供用開始され、単純鋼溶接合成I桁～2連で構成された2径間の橋梁である。その後、昭和54年に歩道添架、昭和63年と平成10年に橋体塗替、平成17年に高欄取替・落橋防止装置の設置・耐火防護が行われている。前回点検は平成18年度に行われている。

劣化損傷状況としては、床版の一部でひびわれ、剥離・鉄筋露出、遊離石灰が部分的に見られるが、大きな水染み等は見られない。コンクリート舗装路面はポットホールが若干見られるが、大きな劣化損傷は無く比較的健全性が保たれている。

表-2.2.3 橋梁諸元（群別橋）

橋梁名	群別橋	
路線名	一般国道231号	
所在地	石狩市浜益区群別	
供用開始日	1970年10月31日	
上部構造形式	単純鋼合成I桁	
下部構造形式	壁式橋脚(RC),逆T式橋台2基	
基礎形式	直接基礎3基	
活荷重・等級	TL-20, 1等橋	
適用示方書	昭和42年9月9日道路局長通達	
幅員	全幅員	9.10m
	有効幅員	8.50m
交通量	3,267台/昼間12時間	
大型車混入率	25.7%	
橋梁点検	H23年度(2011)	



写真-2.2.13 群別橋の全景（起点側）



写真-2.2.14 群別橋の全景（終点側）



写真-2.2.15 群別橋の路面状況（起点側）



写真-2.2.16 群別橋の路面状況（終点側）



写真-2.2.17 群別橋の床版下面状況（起点側）



写真-2.2.18 群別橋の床版下面状況（終点側）

【参考文献】

- 3) 国土交通省北海道開発局：橋梁診断業務（橋梁点検調査）
- 4) 熊谷政行, 安倍隆二, 布施浩司：北海道の既設コンクリート舗装の現状について，北海道開発技術研究発表会，2013.2.

2.3 90年を経過した橋面コンクリート舗装施工事例

2.3.1 九年橋の概要

九年橋は、明治9年に明治天皇が行幸する際に木橋としてかけられたことに由来する岩手県北上市の一級河川和賀川に架かる歴史的な橋梁（写真-2.3.1）である。九年橋は、1922年（大正11年）に架設された橋長179.2mの単純4主鈹桁8連と、1933年（昭和8年）に架設された橋長154.8mの単純2主鈹桁9連で構成されており、前者は供用開始から90年以上経過している。九年橋の橋梁諸元を表-2.3.1に、橋梁一般図を図-2.3.1に示す。4主鈹桁の床版は、大正11年当時は61mm（0.2尺）厚の硬質タークレー舗装であったが、その後平均230mm厚のRC床版の上に50mm厚のコンクリート舗装を敷設しており、2主鈹桁の床版は平均220mm厚のRC床版の上に50mm厚のコンクリート舗装を敷設している。4主鈹桁の床版は1800mmピッチで橋軸直角方向に配置されたI形鋼で支持されており、床版支間方向は橋軸方向である。2主鈹桁の床版は主桁と縦桁で支持されており、床版支間方向は橋軸直角方向である。車道の路面は、走行性向上のために全長にわたってコンクリート舗装の上にアスファルト舗装が敷設されていた。

表-2.3.1 九年橋の橋梁諸元(大規模修繕工事前)



写真-2.3.1 九年橋

形式	左岸側：単純4主鈹桁8連
	右岸側：単純2主鈹桁9連
橋長	334m (左岸側:179.2m, 右岸側:154.8m)
幅員	6.35m
所在地	岩手県北上市 和賀川

第2章 わが国における橋面コンクリート舗装

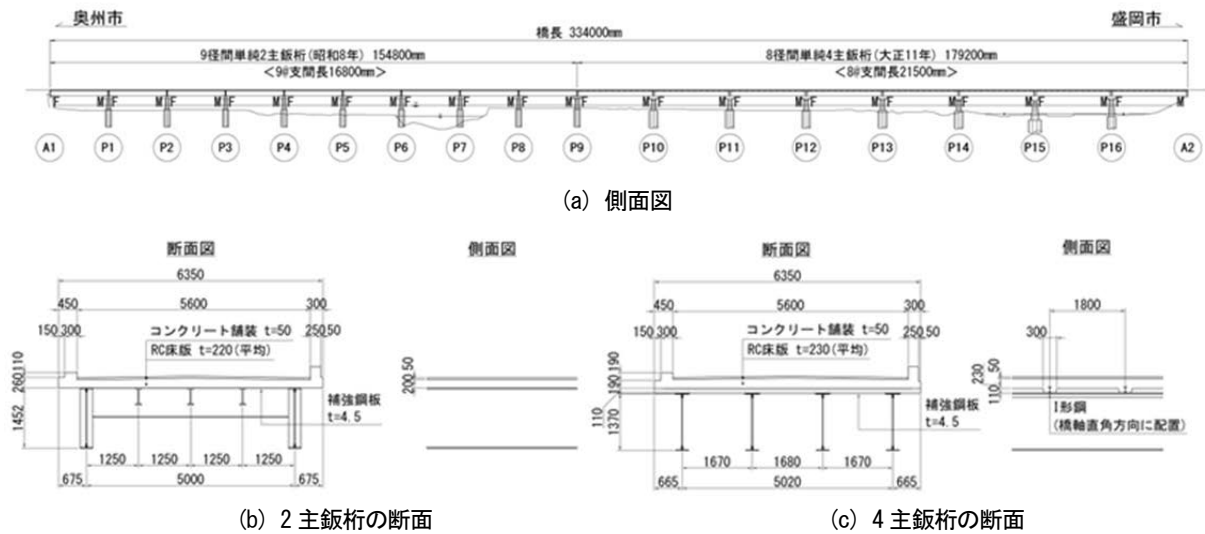


図 2.3.1 橋梁一般図

2.3.2 床版コンクリートの施工方法

4主鈹桁の新設当時（1922年）は、コンクリートは容積配合が一般的で、練混ぜ用のミキサーも普及には至っていない時代であった。その後、水セメント比の考え方が普及し、それを踏まえた土木学会から初の鉄筋コンクリート標準示方書が発刊（1931年）され、重量計量が始まっている。さらに、1923年～1930年頃にミキサーが普及することで、一度の施工量が増大し、フレッシュコンクリートの性状や打ち重ねなどの施工方法が改善されたと考えられる。なお、内部振動機は1938年頃から使われ始めることから、九年橋の2主鈹桁施工時には使われておらず、突き棒などによる人力で、施工されたと考えられる。

4主鈹桁における床版コンクリートは、図-2.3.2に示すように床版内に打継目が見られず、コンクリート舗装との間に打継目があることから、床版施工後にコンクリート舗装が設置されたものと推察できる。一方、2主鈹桁では図-2.3.3に示すように、床版と横断勾配を調整する調整コンクリートの間に打継目が設けられており、調整コンクリートとコンクリート舗装の間には打継目は見られず、コンクリート舗装の骨材が調整コンクリートに食い込んでいることから調整コンクリートがまだウェットな状態でコンクリート舗装が施工されたと推察される。

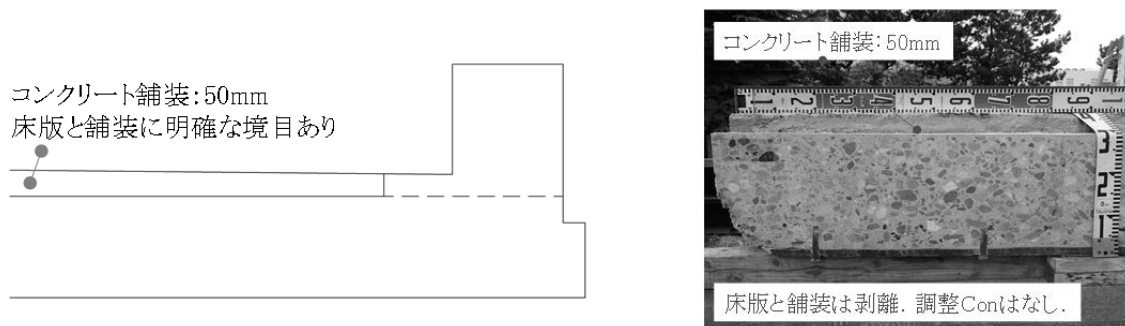


図-2.3.2 九年橋の4主鈹桁の床版断面

道路橋床版の橋面コンクリート舗装

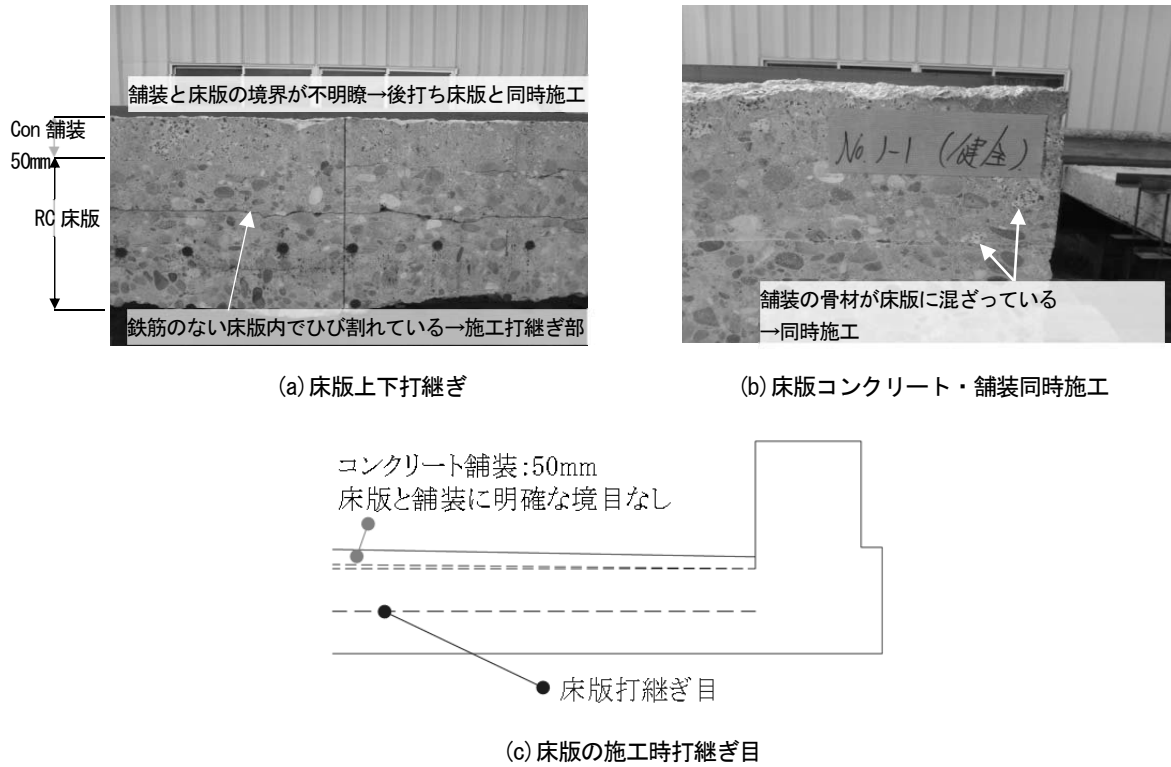


図-2.3.3 九年橋の2主鈹桁の床版断面

2.3.3 舗装

(1) アスファルト舗装

アスファルト舗装は、4主鈹桁、2主鈹桁ともに、コンクリート舗装の上から行われており、4主鈹桁では幅員中央部の施工継目に写真-2.3.2に示すような、ひび割れが生じていた。この舗装は、平成24年度の九年橋設計業務成果に、昭和39年当時の復元設計にアスファルト舗装がなく「As舗装無いと推定される」と記載されていることから、昭和40年代にコンクリート舗装の上からアスファルト舗装が施工されたと思われる。



写真-2.3.2 九年橋の2主鈹桁のアスファルト舗装の状況

(2) コンクリート舗装

4主鈹桁の新設時の舗装は、硬質タークレー（当時のコールタール舗装）0.2尺（61mm）であったことが、当時の内務省土木試験所から1925年（大正14年）12月25日に発行された「本邦道路橋輯覧」に示さ

れている。しかし、調査時点では4主鈹桁のアスファルト舗装の下にはコンクリート舗装が施されおり、後述する材料調査などから2主鈹桁のコンクリート舗装と同様の材料が使用されていることが確認された。そのため、2主鈹桁のコンクリート舗装の施工時に、供用開始から11年経過した4主鈹桁の硬質タークレーを撤去し、コンクリート舗装に打換えたと推察される。なお、4主鈹桁のコンクリート舗装は、硬質タークレーを撤去した後に施工されたため、幅員中央部に写真-2.3.3、写真-2.3.4に示すような目地があり、写真-2.3.5のような目地部付近のコンクリート舗装の損傷が確認された。

昭和8年当時の舗装は、コンクリート舗装が一般的であり、当時の内務省土木局から昭和5年に「セメントコンクリート舗装標準示方書」、昭和6年に「膠石(こうせき)舗装標準示方書」が発刊されたことから、昭和4年におけるコンクリート舗装の80%が膠石舗装(グラノリシック舗装)であった。

九年橋のコンクリート舗装は、使用材料の分析結果や文献調査等から膠石舗装と考えられる。また、コンクリート舗装や床版に使用されている骨材は、現在の規格にない大きなものも使用されている。

膠石舗装は、大正13年～昭和10年頃によく施工された舗装で、容積配合1:3:6[セメント:砂:砂利]のコンクリートを厚さ13～15cmに打ち込んで、まだ固まらないうちに、厚さ4～5cmの膠石(セメント:碎石=1:1.2～2.0)をよく突き固めて密着させたものである。そのため、鉄輪の車による摩耗が普通のコンクリートより少なく、砂なしで碎石が直接表面へ現れるので、摩耗しにくいという特徴がある⁵⁾。

2.3.4 コンクリートの材料試験

4主鈹桁と2主鈹桁の健全部よりコンクリートコアを採取し材料試験を行った。圧縮強度試験、静弾性係数試験、配合推定の結果を表-2.3.2に、電子線マイクロアナライザー(EPMA)による面分析の結果を表-2.3.3、図-2.3.4にそれぞれ示す。圧縮強度試験の結果から、表-2.3.2に示すように九年橋の床版コンクリ

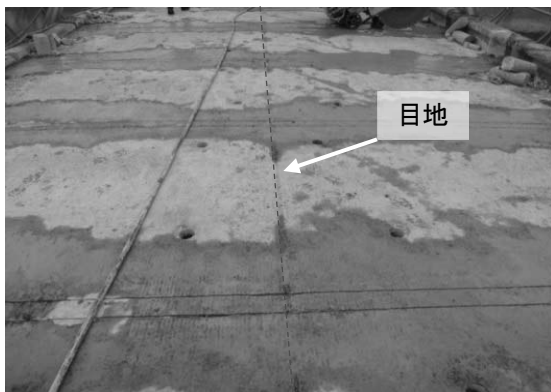


写真-2.3.3 コンクリート舗装の目地

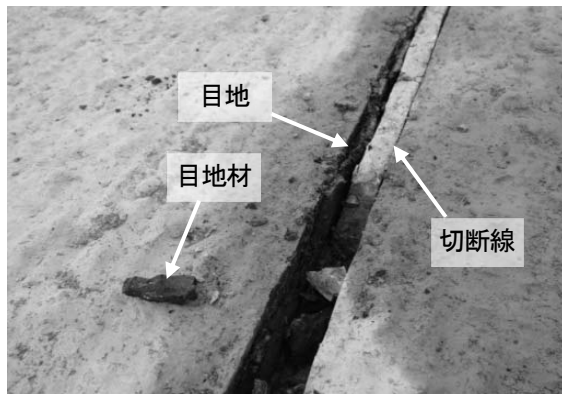


写真-2.3.4 目地部の詳細



写真-2.3.5 目地部の損傷

道路橋床版の橋面コンクリート舗装

ートの圧縮強度は4主鉄桁で26.1N/mm²、2主鉄桁で41.5N/mm²、舗装コンクリートの圧縮強度は、4主鉄桁で71.7N/mm²、2主鉄桁で54.5N/mm²であり、文献調査より、当時の床版の設計に使用されていたコンクリートの圧縮強度は135kgf/cm²（13.2N/mm²）と考えられることから、非常に高強度であることがわかった。

EPMAの面分析の結果から、SO₃濃度から判断される炭酸化は表面近くに限られていた。さらに、塩化物の浸入は床版上面付近のみに認められた。鉄筋の腐食が全くなく、鉄筋位置での中性化および塩化物を原因とする床版の劣化はなかった。道路管理者である北上市に確認したところ、北上市では約10年前まで融雪剤の散布は行なっておらず、それ以降に散布を始めた融雪剤には尿素が主成分のものを使用しているとの情報を得ており、この情報と一致する結果となった。これらの材料試験の結果から、舗装コンクリートと床版コンクリートは配合、使用骨材が異なり、床版コンクリートと調整コンクリートは同じものと推定された。また、4主鉄桁と2主鉄桁で使用材料に明確な違いは認められなかった。

表-2.3.2 圧縮強度試験、静弾性係数試験、配合推定結果

試験体名		圧縮強度 (N/mm ²)	静弾性係数 (kN/mm ²)	配合推定				
				単位 容積質量 (kg/m ³)	材料単位量(kg/m ³)			水セメント 比(%)
					セメント	水	骨材	
4主 鉄桁	舗装コンクリート	54.5	13.3	2414	372	173	1869	47
	床版コンクリート	26.1	18.4	2298	338	165	1795	49
2主 鉄桁	舗装コンクリート	71.7	36.4	2417	397	141	1878	36
	調整コンクリート	50.3	27.6	2351	304	163	1884	54
	床版コンクリート	41.5	23.1	2388	246	153	1989	62

表-2.3.3 EPMAによる面分析の結果

着目成分	調査項目	4主鉄桁	2主鉄桁
CaO	・骨材の形状 ・セメント量 ・空隙の有無	・舗装コンクリートは床版コンクリートと比べてセメント量が多い、骨材の形状から舗装コンクリートは砕石、床版コンクリートは砂利と判断される。 ・2主鉄桁に比べ、コンクリートの充填状況にばらつきがある。	・舗装コンクリートは調整コンクリートおよび床版コンクリートと比べてセメント量が多い、骨材の形状から舗装コンクリートは砕石、調整コンクリートと床版コンクリートは砂利と判断される。 ・舗装コンクリートと床版コンクリートは充填状況が均一である。調整コンクリートは床版コンクリートに比べて充填がやや不足している。
SiO ₂	・骨材の種類 ・骨材の形状 ・空隙の有無	・舗装コンクリートの骨材と床版コンクリートの骨材は異なる。 ・舗装コンクリートおよび床版コンクリートの骨材は2主鉄桁のそれぞれと同じ種類であると判断される。	・舗装コンクリートの骨材と調整コンクリートおよび床版コンクリートの骨材は異なる。 ・舗装コンクリートおよび床版コンクリートの骨材は4主鉄桁のそれぞれと同じ種類であると判断される。
SO ₃	・炭酸化の 表面からの深さ	・炭酸化が舗装コンクリート表面で確認されたが、長い供用期間を考慮すると、きわめて小さいものと判断される。	・炭酸化が舗装コンクリート表面および調整コンクリートと床版コンクリートの境界付近で確認されたが、長い供用期間を考慮すると、きわめて小さいものと判断される。
Cl	・塩分の浸入深さ	・舗装コンクリート表面に塩化物の浸入が確認されたが、浸入した塩化物は2主鉄桁より少ない。	・舗装コンクリート表面に塩化物の浸入が確認されたが、鉄筋が全く腐食していなかったことから、塩化物を原因とする床版の劣化はないと判断される。

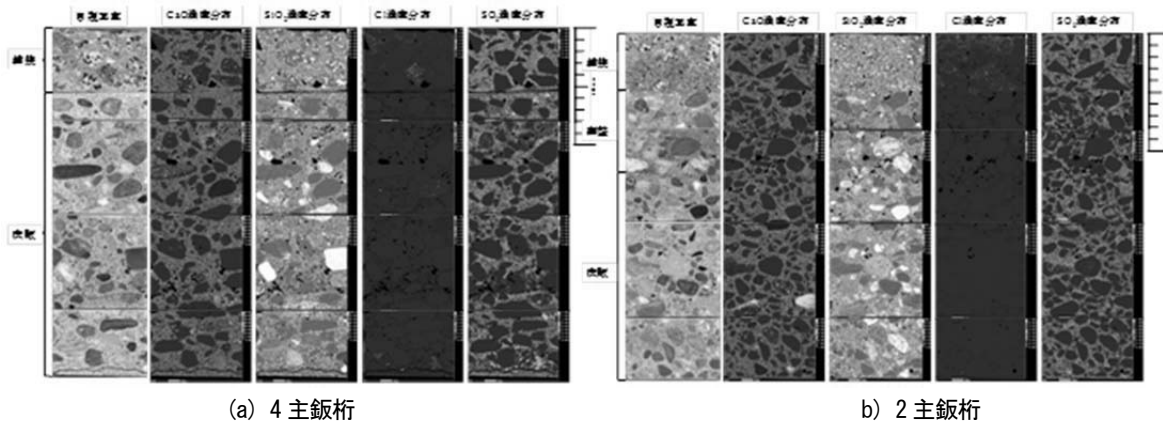


図-2.3.4 EPMA 面分析の結果

2.3.5 床版の損傷状況

4主鉄桁、2主鉄桁の床版を撤去した試験体の外観観察の結果を、それぞれ、表-2.3.4、表-2.3.5に示す。

4主鉄桁の撤去床版試験体の外観観察の結果、床版上面からのひび割れ進展と水の浸入、アスファルト舗装下にあったコンクリート舗装と地覆の境界部からの水の浸入および床版とコンクリート舗装の剥離による損傷が認められた。2主鉄桁と同様にコンクリート舗装と地覆の境界部からの水の浸入による損傷が認められた。また、4主鉄桁では床版とコンクリート舗装に明確な境目があり2層構造となっている。4主鉄桁は建設当時、硬質タークレーによる舗装がなされていたが、2主鉄桁の施工に合わせてコンクリート舗装に変更され、コンクリート舗装と床版の2層構造となっていることがわかった。

2主鉄桁の撤去床版試験体の外観観察の結果、床版上面からのひび割れ進展と水の浸入、アスファルト舗装下にあったコンクリート舗装と地覆の境界部および、床版打継目からの水の浸入による損傷が認められた。一部の試験体では、昭和58年度に実施された床版取替え部と、建設当時からのオリジナルの床版部の境界にひび割れが認められた。

また、4主鉄桁とは異なり2主鉄桁の床版コンクリートは、床版部と調整コンクリート部が分割施工されており、その床版打継目での剥離が認められた。コンクリート舗装と調整コンクリート部は、上層のコンクリートがウェットな状態で施工されており、一体構造となっていることがわかった。

表-2.3.4 4 主鉄桁の床版とコンクリート舗装の主な損傷状況

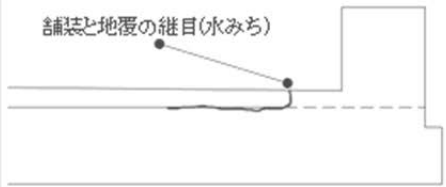
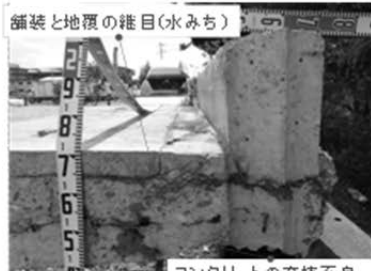
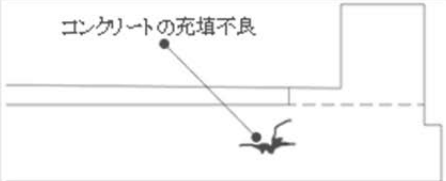

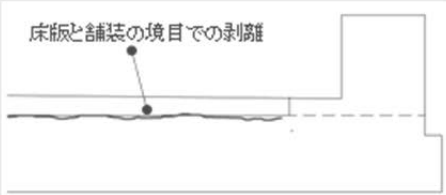
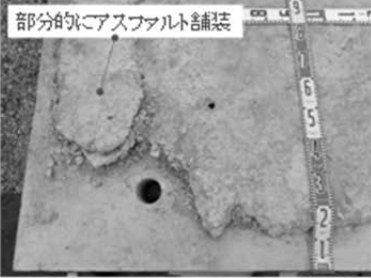

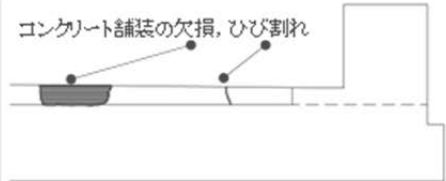


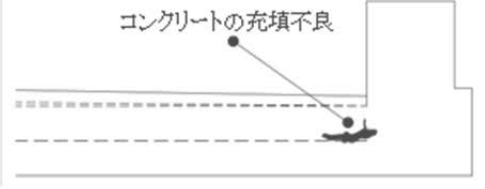

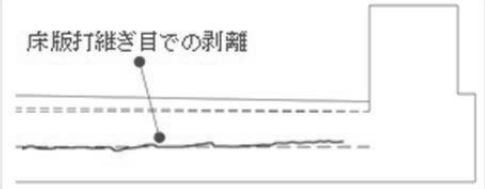


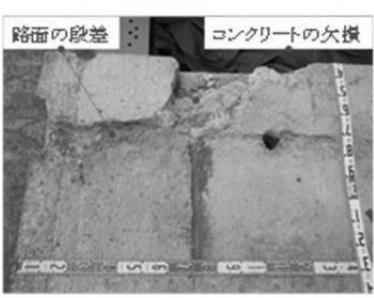
損傷のイメージ	損傷状況
<p>・ 舗装と地覆の継目(水みち)</p>  <p>舗装と地覆の継目(水みち)</p>	 <p>舗装と地覆の継目(水みち)</p> <p>コンクリートの充填不良</p>
<p>・ コンクリートの充填不良</p>  <p>コンクリートの充填不良</p>	 <p>床版と舗装の境目での剥離</p>
<p>・ 床版と舗装の境目での剥離</p>  <p>床版と舗装の境目での剥離</p>	 <p>部分的にアスファルト舗装</p>  <p>コンクリート舗装の欠損</p>
<p>・ コンクリート舗装の欠損とひび割れ</p>  <p>コンクリート舗装の欠損, ひび割れ</p>	

表-2.3.5 2主鉄桁の床版とコンクリート舗装の主な損傷状況

損傷のイメージ	損傷状況
<p>・ 舗装と地覆の継目(水みち)</p> 	
<p>・ コンクリートの充填不良</p> 	
<p>・ 床版打継ぎ目での剥離</p> 	
<p>・ コンクリート舗装の欠損とひび割れ</p> 	

【参考文献】

5) 岩間滋, 土木学会論文集 No.451/V-17, pp.7-11, 1992.8 「コンクリート舗装の歴史」

2.4 速硬コンクリートを用いた橋面コンクリート舗装施工事例：国道210号 湯山橋⁶⁾

2.4.1 概要

現在, 地方自治体が管理する道路橋において, 橋面コンクリート舗装で施工される事例は全国的にも稀な工法である。しかし, 国土交通省九州地方整備局大分河川国道事務所では, 国道210号の道路橋にて橋面コンクリート舗装による床版補修補強工事を進めている。本節では最新の橋面コンクリート舗装の施工事例として湯山橋にて施工された橋面コンクリート舗装への取り組みを取り上げる。



写真-2.4.1 湯山橋全景



写真-2.4.2 湯山橋の路面状況

対象となる湯山橋は大分県日田市天瀬町の山間部に位置し、積雪・凍結が懸念される場所にある。交通量は約 15 千台/日、大型車混入率は約 15%の路線で、1971 年に供用を開始した道路橋梁である。

橋長 141m、幅員 9.7m で鋼単純箱桁部と鋼単純鈹桁部からなる。また、その設計は昭和 39 年の道路橋示方者に基づいて建設されており、設計床版の厚さは 180mm~190mm と現在の道路橋示方書と比較して相対的に薄い床版となっている。

2.4.2 施工上の課題と対策

当該橋梁での橋面コンクリート舗装の施工は、供用道路での施工であるため大型車輛通過時に発生する揺れ・振動の影響により打設するコンクリートのダレが生じる懸念があるため、平坦性確保の対策が必要となる。また、同様に振動の影響に伴い、硬化時のコンクリートの一体性を考慮することが必要となる。このため、速硬性混和材を用いたコンクリートを選定すること、温度ひび割れや橋梁の揺れや振動により生じるひび割れの抑制を目的とした繊維を投入すること、コンクリートのスランプを施工できる範囲で小さくすることなどの対策と共に施工が実施されている。

また、当初の設計では既設床版の厚さの不足が懸念されており、鉄筋のかぶりの確保ができないことが想定されるため、上面増厚工法による床版コンクリートによる橋面コンクリート舗装が検討されていた。

しかし、現場条件として縦断および横断勾配が 7%程度の急勾配な箇所が含まれるため、舗装路面として十分なすべり抵抗が確保できる表面仕上げが必要であったが、橋面コンクリート舗装では施工時期が夏季にあたり、施工時の小運搬や締固めなどに時間を要するため、十分な表面仕上げを行なう工程が確保できないこと、また実施の中で懸念事項であった鉄筋のかぶりの確保が可能であることを確認されたため、一部の区間を除いて平坦性および走行性の確保を目的にアスファルト舗装を 35mm の厚さで施工している（図-2.4.1）。

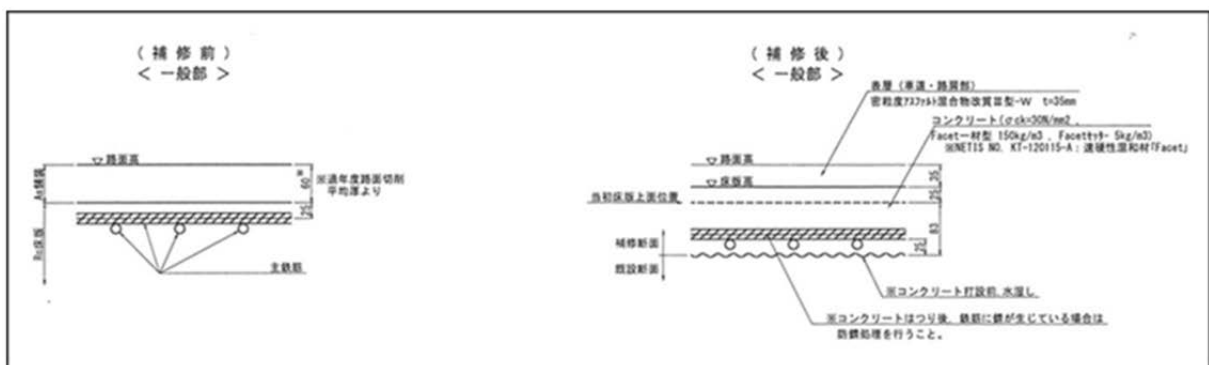


図-2.4.1 補修前後の断面構成概要



写真-2.4.3 橋面コンクリート舗装の施工状況



写真-2.4.4 橋面コンクリート舗装の仕上がり状況

2.4.3 まとめ

ここで紹介した湯山橋は、供用後 40 年を超えており、今回の橋面コンクリート舗装の検討や過年度の下面への剥落防止シートの施工などいくつかの対策を講じながら今後も幹線道路に架かる橋梁の一つとしての使用されていく。このため、ここで紹介したような橋面コンクリート舗装への取り組み結果などの実績を積み重ね、課題を抽出し検討を重ねることにより、鉄筋のかぶりが確保できない場合のコンクリート床版の対策工法のひとつとして確立されることが期待される。

【参考文献】

- 6) 末宗信市, 柳田賢治: 湯山橋床版補修外工事, 土木学会床版シンポジウム, 速硬性混和材を用いたコンクリートによる床版補修工事事例, 2016.11

2.5 橋面コンクリート舗装施工事例: 跨道橋

高速道路におけるコンクリート舗装はトンネル部で多くみられるが、橋梁部ではほとんど事例がない。これは、旧日本道路公団および現行 NEXCO 設計要領で、高速道路橋の橋面舗装はアスファルト舗装を原則としていることによるが、東北自動車道の建設初期の 1970 年代に、矢板～白川工事区では土工部(明かり部)を含めてコンクリート舗装で建設された事例もある⁷⁾。しかし、交通事故対策および走行快適性の確保のため後にアスファルト混合物でオーバーレイされ、現在では表層はアスファルト舗装になっている。

一方、旧日本道路公団が建設した跨高速道路橋(オーバブリッジ)については、橋面コンクリート舗装の事例がある。旧日本道路公団・新潟建設局の設計の手引き(案)⁸⁾(以下「手引き(案)」)によると、跨高速道路橋の橋面舗装は、原則として取付け道路と同じにしている。取付け道路がコンクリート舗装あるいは砂利道であった場合は橋面コンクリート舗装に、アスファルト舗装であった場合はアスファルト舗装が採用された。手引き(案)によると、舗装の最小厚は 5cm であり、橋体と別打ちが標準となっている。

写真-2.5.1 および写真-2.5.2 は、橋面コンクリート舗装で施工された北陸自動車道の森本 I.C.～小矢部 I.C.間の人母跨道橋である。供用開始は昭和 49 年であり、当該橋梁の諸元を表-2.5.1 に、断面図を図-2.5.1 に示す。横断は坪み勾配で 2% であり、舗装厚は、端部で 5cm、中央部で 8cm である。本橋は、林道として利用されており交通量は非常に少ない。橋面コンクリート舗装には、ASR によると推定されるひび割れが橋軸方向に生じているが、使用性には問題はない状況であった。



写真-2.5.1 人母跨道橋の全景



写真-2.5.2 人母跨道橋の路面状況

表-2.5.1 人母跨道橋の諸元

橋梁形式	斜材付π型PCラーメン橋
橋長(m)	42.0
車線数	1
有効幅員(m)	3.0
設計荷重	TL-14

写真-2.5.3 および写真-2.5.4 は、同様に橋面コンクリート舗装で施工された北陸自動車道の小松 I.C.～美川 I.C.間の山口釜屋跨道橋の状況である。供用開始は昭和 47 年で取付け道路の舗装が現在はアスファルト舗装になっていたが、橋面はいまだに橋面

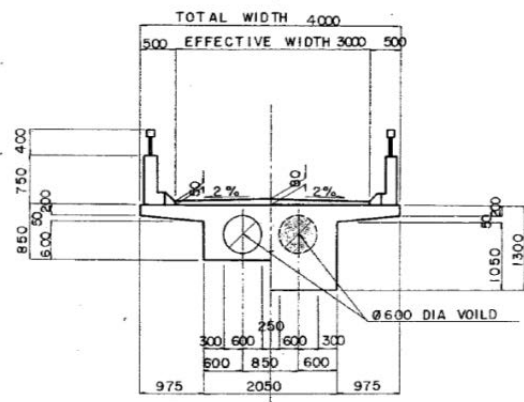


図-2.5.1 人母跨道橋の断面図



写真-2.5.3 山口釜屋跨道橋の全景



写真-2.5.4 山口釜屋跨道橋の路面状況

コンクリート舗装である。当該橋梁の諸元を表-2.5.2 に示す。

横断勾配は拌みで 2% であり、舗装厚は端部で 5cm、センターライン部で 11cm である。当該橋梁は、運動公園への連絡路として利用されており、大型車の交通量は極めて少ないが乗用車の交通量が多い。橋面コンクリート舗装は、若干の磨耗がみられるが、使用性については問題はない状況であった。

表-2.5.2 山口釜屋跨道橋の諸元

橋梁形式	斜材付π型PCラーメン橋
橋長(m)	42.0
車線数	2(片側歩道付)
有効幅員(m)	8.0
設計荷重	TL-14

ここで紹介した跨道橋の橋面コンクリート舗装は、供用後 40 年を超えているが、舗装としての供用性に

ついて問題を生じているわけではない。

ここで紹介したような大型車の交通量が少ない橋梁であれば、上記実績から橋面コンクリート舗装は40年程度の耐久性は確保できるのではないかと推測される。

【参考文献】

- 7) 岩間滋：コンクリート舗装の歴史，土木学会論文集，No.451/V-17, 1992.8
- 8) 日本道路公団・新潟建設局・構造技術課：設計の手引き(案)，昭和63年11月

2.6 上面増厚工法の仕様

2.6.1 概要

道路橋RC床版の上面増厚工法は、床版上面の劣化や耐荷力性能および耐疲労性の向上を図るために既設RC床版上面を切削し、床版コンクリートと増厚コンクリートの付着性を高めるために研掃を行い、鋼繊維補強コンクリート(SFRC)を増厚して一体化を図り、床版を厚くする補強工法である。なお、設計施工図書として「上面増厚工法設計施工マニュアル」⁹⁾が発刊されている。上面増厚工法の標準的な施工フローを図-2.6.1に示す。

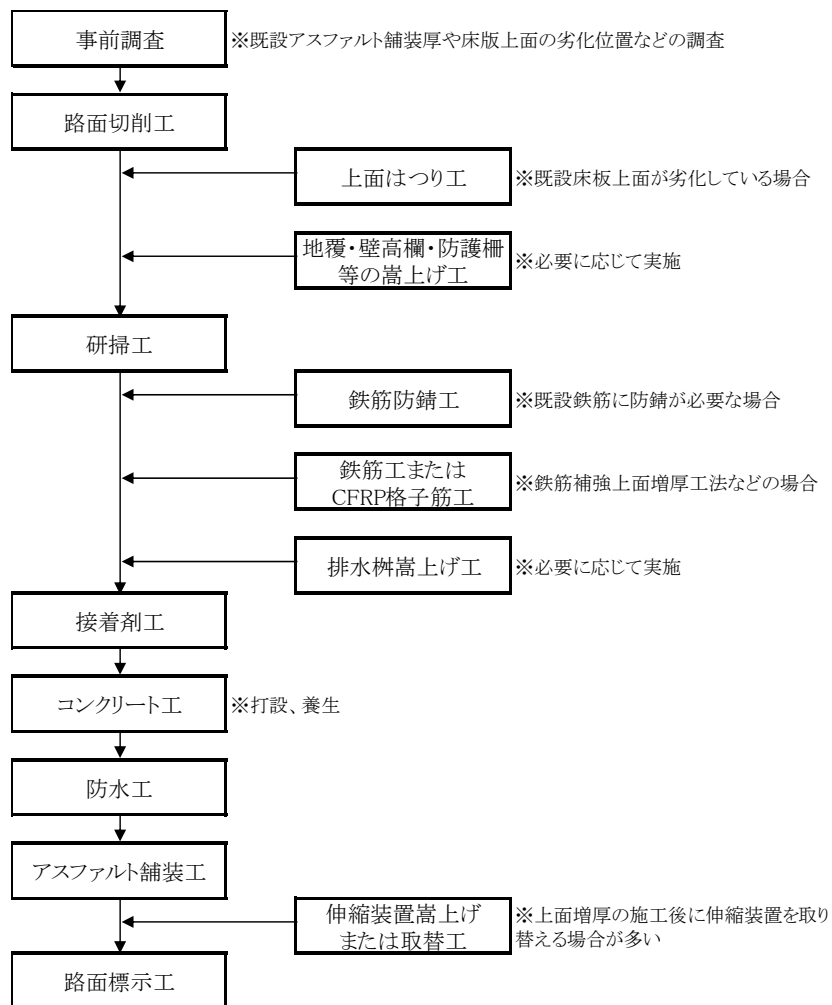


図-2.6.1 上面増厚工法の標準的な施工フロー

コンクリート工では、鋼繊維を配合したコンクリート（SFRC）が用いられている。一般的に、8 時間程度で交通開放する場合の SFRC のセメントには、材齢 3 時間で設計基準強度（24N/mm²）が確保できる超速硬セメントを使用する。骨材には、最大寸法20mm もしくは15mmの粗骨材、鋼繊維には長さ30mmの鋼繊維を混入率1.27Vol.%（100kg/m³）で配合されている。一方、10 日間以上の通行止めが可能な場合の SFRC のセメントには早強セメントが使用されている。超速硬セメントを用いた SFRC の配合例を表-2.6.1 に示す。

表-2.6.1 超速硬セメントを用いたSFRCの配合例

スランプ (cm)	W/C (%)	S/a	単位量 (kg/m ³)				
			セメント	水	細骨材	粗骨材	鋼繊維
6.5 ±1.5	39.5	51.2	430	170	851	858	100.0

また、SFRC 上面増厚工法は、既設 RC 床版を 10mm 切削して、その上に適切な厚さを増厚するものであり、耐荷力性能および耐疲労性の向上を図るため、SFRC の増厚全厚は 60mm としている。

道路橋 RC 床版の上面増厚工法には、①RC 床版の上面コンクリートの劣化に対する補強、②耐荷力性能および耐疲労性の向上を図るための補強などがある。

2.6.2 RC 床版の上面コンクリートの劣化に対する補強

橋梁点検において、アスファルト舗装にポットホールやひび割れの発生が見られる場合は、RC 床版の上面コンクリートに何らかの損傷が発生している場合が多い。とくに、積雪寒冷地域の RC 床版は疲労劣化に加え、塩害・凍害によって上面コンクリートのスケールや骨材露出が生じ、下面に遊離石灰が発生する。この時点の劣化過程は進展期から加速期前期に相当する。RC 床版の上面コンクリートの劣化に対する補強には図-2.6.2 に示すように、床版上面を切削し、鋼繊維補強コンクリート（以下、SFRC）と付着性を高めるためにショットブラスト（投射密度 150kg/m²）で研掃を行う。部分的にコンクリートにスケールが見られる場合は脆弱部を完全に除去し、その後、SFRC で増厚補強し、新旧コンクリートを一体化させる。最後に表面を平滑に仕上げ、橋面防水を行い、舗装を施す。なお、既設 RC 床版を切削し、元の床版厚まで修復する施工法は補修であり、元の床版厚まで修復した後、耐荷力性能の向上を目的として増厚した場合が補強となる。



図-2.6.2 SFRC 上面増厚工法

2.6.3 RC 床版の耐荷力性能および耐疲労性の向上を図るための補強

橋梁点検において、耐荷力性能の不足により RC 床版下面に 2 方向のひび割れが発生し、劣化過程が加速期前期の床版と平成 14 年改訂の道路橋示方書・同解説¹⁰⁾（以下、道示）に規定する床版厚に対して床版厚が不足している床版は、耐荷力性能および耐疲労性の向上を図るために上面増厚工法による補強が必要となる。耐荷力性能や耐疲労性の向上を図るための上面増厚工法は、上面劣化が見られないことから前項の図-2.6.2（①、②、③、⑥、⑦）に示すように、既設 RC 床版上面を切削機で 10mm 切削し、ショットブラストによる研掃（投射密度 150kg/m²）を行い、新たに既設 RC 床版上面に SFRC を増厚して、新旧コンクリ

ートを一体化させて床版を厚くする補強である。

2.6.4 既設床版との一体性確保

SFRC 上面増厚工法は、1980 年頃から耐荷力性能および耐疲労性の向上を目的として採用された補強工法である。当時の施工は、切削機による切削後研掃を行い、SFRC を直接上面増厚するものであった。1980 年当時は付着性を高める目的で増厚界面にせん断筋（RC 床版に 50mm 程度挿入）が配置された事例もあった。最近では、付着性を高めるためにショットブラストによる研掃（投射密度 150kg/m²）が行われ、既設 RC 床版と SFRC との付着性を高めてきた。しかし、SFRC 上面増厚工法においては、輪荷重の走行により、SFRC と既設 RC 床版の界面が早期にはく離し、上面から侵入した雨水が増厚界面に滞水して、その影響によりアスファルト舗装にポットホールや増厚界面がはく離するなどの損傷が生じ、早期に再補修・補強された事例も報告された。

SFRC 上面増厚工法は、輪荷重走行により増厚界面が早期にはく離し、上面から雨水が浸入して増厚界面に滞水して、はく離破壊を発生する場合がある。この問題を解決し、さらに耐疲労性を高めるために増厚界面には上面増厚専用接着剤を塗布して、直ちに SFRC を増厚する補強方法（以下、接着剤塗布型 SFRC 上面増厚工法）が近年実施されている¹¹⁾。

この補強方法は、図-2.6.3 に示すように、SFRC 上面増厚工法と同様に、既設 RC 床版上面を切削機で切削し、ショットブラストによる研掃を行った後、接着剤を平均 1.0mm 厚で塗布して SFRC を上面増厚するものである。また、上面コンクリートが劣化した部分については脆弱部をウォータージェット等で完全に除去した後、接着剤を塗布して SFRC を増厚する。なお、接着剤塗布型 SFRC 上面増厚工法における耐疲労性の評価については、阿部らによる輪荷重走行試験¹²⁾では、接着剤を全面に塗布することで、塗布しない場合と比較して、輪荷重の等価繰返し回数が 2.4~3.5 倍になり、床版の耐疲労性が向上することが確認されている。また、ウォータージェット等により増厚界面が湿潤状態で接着剤を塗布した場合についても耐疲労性が評価されている¹³⁾。接着剤塗布型 SFRC 上面増厚工法は、跨線橋の補強法¹⁴⁾と部分的に界面がはく離した上面増厚工法の再補修に用いられた実績がある。接着剤の仕様例を表-2.4.2 に示す。

本方法は、既設 RC 床版を 10mm 切削して、専用接着剤を平均厚 1.0mm で塗布した後、その上に厚さ 40mm~60mm の SFRC を増厚するものである。また、床版上面コンクリートのスケールが生じている場合は、ウォータージェットにより脆弱部を除去した後、接着剤を平均厚 1.0mm で塗布して、SFRC を上面増厚する。増厚コンクリートの最小厚さ 40mm は、都道府県が管理している道路橋 RC 床版は NEXCO が管理している高速道路と比較して重車両の交通量が少ないことと、接着剤を塗布することで一体性が確保されることから、SFRC 上面増厚工法の最小厚 60mm よりも薄くできる。ただし、現行道示に基づいて設計された床版厚を確保する必要がある。

道路橋床版の橋面コンクリート舗装

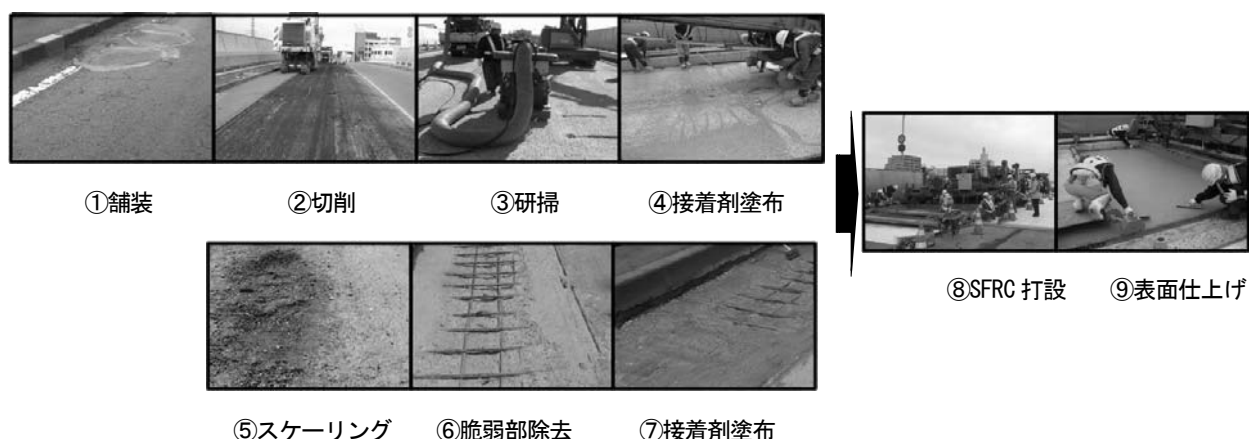


図-2.6.3 接着剤塗布型 SFRC 上面増厚工法

表-2.6.2 土木用高耐久型エポキシ系接着剤の仕様例

		冬 用 (被着体温度: 5°C~20°C) 春・秋用 (被着体温度: 15°C~30°C) 夏 用 (被着体温度: 25°C~60°C)	
		性状と物性	備 考
外 観	主 剤	白色ペースト状	異物混入無し
	硬化剤	青色液状	異物混入無し
混合比 (主剤: 硬化剤)		5 : 1	重量比
硬化物比重		1.40±0.20	JIS K 7112
圧縮強さ		50 N/mm ² 以上	JIS K 7181
圧縮弾性係数		1000 N/mm ² 以上	JIS K 7181
曲げ強さ		35 N/mm ² 以上	JIS K 7171
引張せん断強さ		10 N/mm ² 以上	JIS K 6850
コンクリート付着強さ		1.6 N/mm ² 以上または母材破壊	JIS K 6909 (JHS 412)
標準塗布量		1.4 kg/m ² 以上 (人力塗布)	被着体の種類によって塗布量は異なる

付着強度の基準値は、一般的に想定される最大輪荷重に対し新旧コンクリート界面のずれ力（せん断）と引張り強度の関係から、引張り強度が 1.0N/mm² あれば一体化に十分な付着強度を有すると判断される¹⁵⁾。

【参考文献】

- 9) 財団法人高速道路調査会：上面増厚工法マニュアル，1995.11
- 10) 社団法人日本道路協会：道路橋示方書・同解説 II 鋼橋編，2002.3
- 11) 阿部忠：RC 床版の劣化診断技術と補修・補強対策，[第 4 回] 鋼繊維補強コンクリート (SFRC) 上面増厚補強の耐疲労性，セメント・コンクリート誌 No.779，pp. 44-52，2012.1
- 12) 阿部忠，木田哲量，高野真希子，小森篤也，児玉孝喜：輪荷重走行疲労実験における RC 床版上面増厚補強法の耐疲労性の評価法，構造工学論文集 Vol. 56A，pp. 1270-1281，2010.3
- 13) 伊藤清志，阿部忠，児玉孝喜，山下雄史，一瀬八洋：乾燥・湿潤状態で接着剤を塗布した SFRC 上面増厚補強法の耐疲労性の評価，構造工学論文集 Vol. 58A，pp. 1178-1188，2012.3
- 14) 伊藤清志，松下憲生，横引功三：SFRC ボンド補強工法（鋼床版とコンクリート床版），国土交通省中国技術事

第2章 わが国における橋面コンクリート舗装

務所，平成21年度中国地方建設技術開発交流会（鳥取会場），2009.10

- 15) 東日本高速道路株式会社，中日本高速道路株式会社，西日本高速道路株式会社：構造物施工管理要領，3-12 床版上面増厚工，pp.3-106—3-112，2015.7