

防水性に優れた橋面舗装の現地適用事例

青野 守・中野慶彦・勝島龍郎

1. はじめに

福岡高速道路（以下「福岡高速」という。）は、福岡都市圏における放射環状道路網の枢要を担う自動車専用の都市内高速道路であり、全路線が第1次緊急輸送道路ネットワークに指定されている。福岡高速の路線図を図-1に示す。現在までの供用延長は59.3km、1日当たりの利用交通は約17万台（2021年度）である。また、都市内高速道路である福岡高速は下記の特性を有しており、補修工事に当たって、施工性に優れ周辺環境に影響の少ない技術が要求される。

- ① 供用延長の9割超が橋梁構造、路下は幹線道路
- ② 交通量が多く常時の車線減少を伴う交通規制が難しく、夜間に限定した交通規制が多い
- ③ 沿線に住宅地や商業施設が存在し、施工時には騒音や臭気などに配慮が必要

現在、福岡高速では、特異損傷を有する床版や床版下面に著しい漏水跡が確認された床版に対して、更なる防水性能の改善に向けた取組みを進めている。本稿では、先般、技術開発された「防水性に優れた橋面舗装（改質グースアスファルト混合物（以下「改質グース」という。）、樹脂防水一体型アスファルト舗装）」を現地適用した事例について、施工時の課題や今後の改善事項等を報告する。

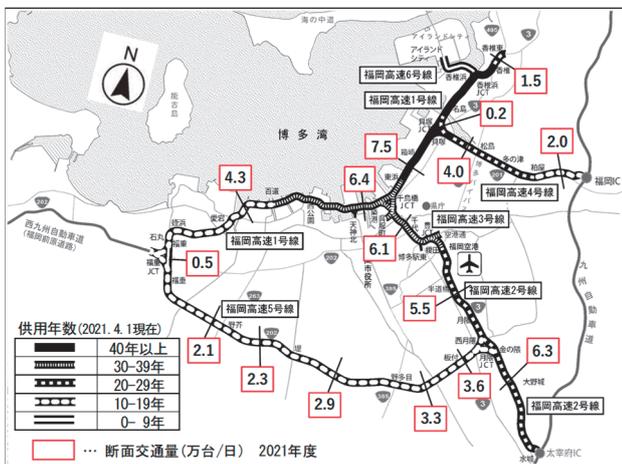


図-1 福岡高速 路線図

2. 管内の特異損傷事例

RC床版、鋼床版の特異損傷事例を図-2に示す。RC床版上の舗装の特異損傷事例として、福岡高速と都市間高速道路との接続路線の一部で供用からの経過年数が20年程度であるものの低品質コンクリートに起因したと推定される特異な損傷が確認されている。この路線は建設当時、都市間高速道路と主要市街地を結ぶ街路が渋滞多発箇所となっていたことから、都市高速の早期完成が社会的に強く要望されており、超短工期で施工を完了させた経緯がある。

また、鋼床版上の舗装の特異損傷事例として、基層の防水性能を損なう損傷が局所的に発生している。発生箇所は、カーブ付近の横断勾配が急な箇所、分合流部付近の輪荷重が複雑に作用する箇所、縦断勾配が緩く雨水が滞水しやすい箇所などである。



図-2 特異損傷事例（上：RC床版、下：鋼床版）

3. 防水性に優れた橋面舗装の概要

3.1 改質グース

一般に、鋼床版にはグースアスファルト混合物（以下「従来グース」という。）が用いられているが、RC床版では、コンクリート内部の水分が蒸発してブリスタリングを生じる懸念等があるため、その適用が控えられてきた。（国研）土木研究所と日本道路（株）の共同研究により開発された改質グースは、従来グースに用いられてきたストレートアスファルト20~40やトリニダッドレイクアスファルトは使用せず、特別に配合したポリマー改質アスファルトを使用している。その結果、耐流動性を示す動的安定度は従来グースの3倍以上に向上し、混合物温度を製造から施工まで185℃程度で可能としたことで、RC床版における橋面用基層混合物として適用性を示した。また、従来グース特有の臭気は少なく、施工性も向上している。

3.2 樹脂防水一体型アスファルト舗装

樹脂防水一体型アスファルト舗装は、（国研）土木研究所と東亜道路工業（株）の共同研究により開発された工法である。床版上に植物由来の特殊熱可塑性樹脂を原料とした接着防水材料を2.0kg/m²（現在の標準設定）塗布し、基層舗設時におけるアスファルト混合物の熱により接着防水材料を融解させ、混合物の底部に浸透させることで、床版、防水層、アスファルト混合物を一体化させる工法である。この一体化によって高い接着性能と防水性能を両立させている。蛍光塗料を入れた接着防水材料上にアスファルト混合物を舗設した供試体の切断面を図-3示す。混合物の底部より接着防水材料が浸透している状況を確認できる。

また、本工法は鋼床版、RC床版のいずれにも適用可能であり、一般的なアスファルト舗装と同様の機械で施工が可能である。

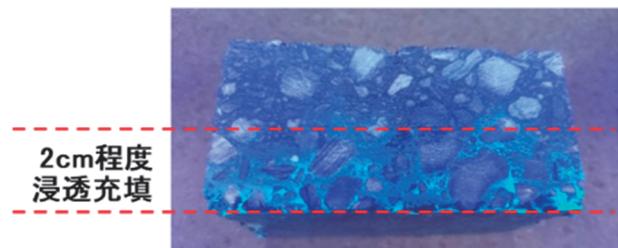


図-3 接着防水材料の浸透状況

4. 現地適用事例の紹介

4.1 改質グースの現地施工

4.1.1 対象橋梁

対象橋梁の諸元を表-1、施工断面を図-4に示す。当該橋梁は、過年度に実施した超速硬コンクリート補修材で部分補修した箇所が再劣化し、床版上面の土砂化が図-2のように発生していた。

現地施工に先立ち、床版上面の補修を既設コンクリートと同等の弾性係数を有し、付着特性に優れた補修材で、かつマイクロクラックの補修による付着力の改善が可能なPD工法（NEXCO構造物施工管理要領 床版上面における断面修復材の性能照査項目適合品）で実施した。

4.1.2 現地施工の結果

2020年5月、端部の1径間を対象に現地施工を実施した。

施工は、交通量が減少する19時から翌8時までの13時間を1車線規制で施工する計画とした。実績のタイムスケジュールを表-2に示す。

RC床版上の改質グースの施工は、日々規制でも1径間（500m²）を2日で施工可能であった。

表-1 対象橋梁の諸元

橋梁形式	5径間連続非合成鋼箱桁，うち1径間
橋長	250.0 m (5 @ 50.0 m)
適用基準	平成6年道示
床版	RC床版 220 mm ($\sigma_{ck}=27$ N/mm ²)
舗装仕様 舗装厚 80 mm	密粒As+密粒As+塗膜防水 (H11) 排水性As+SMA+塗膜防水 (H23)
交通量	約 6.4 万台/日 (H27 センス)
大型車混入率	約 13 % (H27 センス)

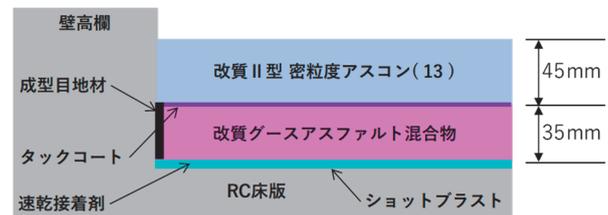


図-4 施工断面

表-2 タイムスケジュール（実績）

2020年5月8日(金) 第2走行車線(水下) 240m ²			2020年5月23日(土) 第1走行車線(水上) 260m ²		
工種	作業時間	所要時間	工種	作業時間	所要時間
規制設置	19:00 ~ 19:50	0:50	規制設置	19:00 ~ 19:30	0:30
機械搬入	19:50 ~ 20:40	0:50	機械搬入	19:30 ~ 20:20	0:50
切削	20:40 ~ 22:00	1:20	切削	20:20 ~ 21:40	1:20
剥ぎ取り清掃	22:00 ~ 23:00	1:00	剥ぎ取り清掃	21:40 ~ 22:40	1:00
ショットブラスト※	23:00 ~ 2:00	2:00	ショットブラスト	22:40 ~ 0:30	1:50
床版補修※	23:40 ~ 0:40	1:00	床版補修	なし	
防水層	0:10 ~ 2:20	2:10	防水層	23:40 ~ 1:10	1:30
基層(グース)	2:20 ~ 5:00	2:40	基層(グース)	1:50 ~ 4:00	2:10
表層(密粒)	5:20 ~ 6:50	1:30	表層(密粒)	4:40 ~ 5:50	1:10
仮ライン・片付け	6:50 ~ 7:10	0:20	仮ライン・片付け	5:50 ~ 6:20	0:30
規制撤去	7:10 ~ 8:00	0:50	規制撤去	6:20 ~ 7:00	0:40

※ショットブラストは床版補修による手待ちなし

改質グースの施工状況を図-5に示す。舗装剥ぎ取り後、(a)のようにショットブラストを150kg/m²で行い、ブラスト後にプライマーを塗布し、(b)のように改質グースをグースフィニッシャーで敷均す。また、プリスタリング抑制と床版への接着性の向上を目的にローラー転圧を行った。温度が高いうちに乗り入ると(c)のようにローラーマークが明確に残るため、転圧が可能となる適切な温度管理が必要である。改質グースは水密性が高いため、(d)のように転圧時の排水が表面に留まる。円滑に次工程に移るため、転圧時の滞流水の処理を効率的に行う必要がある。

現地施工におけるクッキング時の臭気測定結果を表-3に示す。従来グースに比べて小さく、一般的なアスファルト混合物と同程度であった。現地で採取した供試体の性能試験結果を表-4に示す。耐流動性においても従来グースより大幅に改善されていることが確認された。また、防水性の確認として、現地で作製した供試体による防水性試験Ⅱと改質グースは現地で施工した基層上面で透気試験が可能であることから透気試験を行った。試験の結果、漏水も透気もなく、防水性能が確保されていることが確認できた。



図-5 改質グースの施工状況

表-3 臭気測定結果

測定場所	測定値 (カウント値)		備考
	2020年5月8日	2020年5月23日	
クッカー車投入口直近	350	330	従来グースの値
クッカー車から1m付近	180	169	500~600程度

表-4 混合物性能試験結果

試験項目	施工日		目標値		
	2020年5月8日	2020年5月23日			
耐流動性	ホイールトラック試験	動的安定度 (回/mm)	984	1033	600以上
高温時安定性	貫入試験 (40℃)	貫入量 (mm)	1.23	1.27	1~6
たわみ性	曲げ試験 (-10℃)	曲げ破断ひずみ	11.3×10 ⁻³	9.8×10 ⁻³	6.0×10 ⁻³ 以上

改質グース舗設後の合材温度の変化について、管内の他工事の事例として、鋼床版への施工（昼間、晴れ、外気温31℃、鋼床版温度43℃）では打設時181℃から舗設後60℃以下になるのに4時間以上を要したが、RC床版への施工（夜間、晴れ、外気温27℃）では舗設後40分程度で60℃以下になることから日々規制での施工を可能としている。

現在、改質グースの施工から2年経過したが、路面は目立った変化もなく安定している。また、床版下面は改質グース施工前に建設時の床版打継部からの漏水を確認していたが、雨天時に漏水は確認されていない。

4.2 樹脂防水一体型アスファルト舗装の現地施工

4.2.1 対象橋梁

対象橋梁の諸元を表-5、施工断面を図-6に示す。当該橋梁は入口合流部とJCT分岐部の中間に位置し、通行車両のウィービング区間にあたる。特に水下側では、舗装が流動し最大わだち掘れ量が30mmを超える損傷が図-2のように発生していた。

4.2.2 現地施工の結果

2021年7月、終日規制が可能な端部の1径間の第1走行車線を対象に現地施工を実施した。

施工は、3日間の固定規制で行う計画とした。実績のタイムスケジュールを表-6に示す。

表-5 対象橋梁の諸元

橋梁形式	3径間連続鋼床版箱桁, うち1径間の1走
橋長	168.0 m (62.0 m+44.0 m+62.0 m)
適用基準	平成8年道示
床版	鋼床版 (12 mm)
舗装仕様	排水性As+SMA (5mmTOP)
舗装厚 80 mm	端部・添接部: 塗膜系タール変性ウレタン防水材
交通量	約 3.6 万台/日 (H27 センサ)
大型車混入率	約 13 % (H27 センサ)

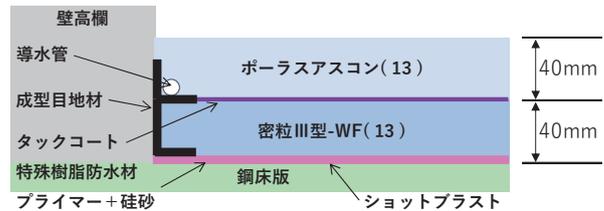


図-6 施工断面

表-6 タイムスケジュール (実績)

日時	2021年7月27日(火)				2021年7月28日(水)								2021年7月29日(木)							
	10	11	21	22	10	11	14	15	16	17	18	19	20	21	22	10	11	12	13	14
舗装撤去	■																			
ショットブラスト	■				■															
プライマー					■															
特殊樹脂防水材					■															
基層 (密粒III-WF)					■								■							
表層 (排水性)					■								■							

樹脂防水一体型アスファルト舗装の施工状況を図-7に示す。舗装剥ぎ取り後、(a)のようにショットブラストを $300\text{kg}/\text{m}^2$ で行い、ブラスト後にエポキシ系のプライマーを塗布、珪砂をまき、接着防水材の施工に入る。(b)のように専用の熔融窯で固形の接着防水材を熔融し、(c)のように人力にて添接部は刷毛塗りで $2.0\text{kg}/\text{m}^2$ 、平面部は(d)のようにゴムレーキで $3.0\text{kg}/\text{m}^2$ 塗布した。舗装は、一般的な機械編成で施工を行う。

今回の鋼床版での現地施工（昼間、晴れ、外気温 32°C ）での課題と今後の改善事項等を記載する。

①接着防水材の塗布時

接着防水材の軟化点は 80°C で 60°C 程度までは粘着性がある。刷毛塗りの添接部では(e)のように塗りムラが散見された。熱可塑性樹脂は、温度により粘性が変動するため、施工厚や施工速度等を安定させる上で温度管理が重要である。また、RC床版で採用する場合は、温度による粘性変動の影響に加え、舗装切削後の床版面の凹凸に伴う施工性の低下が懸念される。これに対して、材料や施工面での改良が進められている。

②基層の舗設時

(e)のように基層面に溶けた樹脂が噴出した箇所が散見された。一部は添接部付近で確認されており、基層厚に対して塗布量が多すぎた箇所に発生している可能性がある。基層混合物への樹脂の浸透状況の確認はコア採取する必要があるため、本現地施工では確認できていない。樹脂の浸透性評価については、今後検証を進めていく。また、炎天下での鋼床版への基層舗設は舗設後の合材温度が下がりにくく、接着防水材の軟化点を上回ったことから(f)のように基層の転圧に苦慮した。舗設の開始時刻は外気温等を考慮する必要がある。

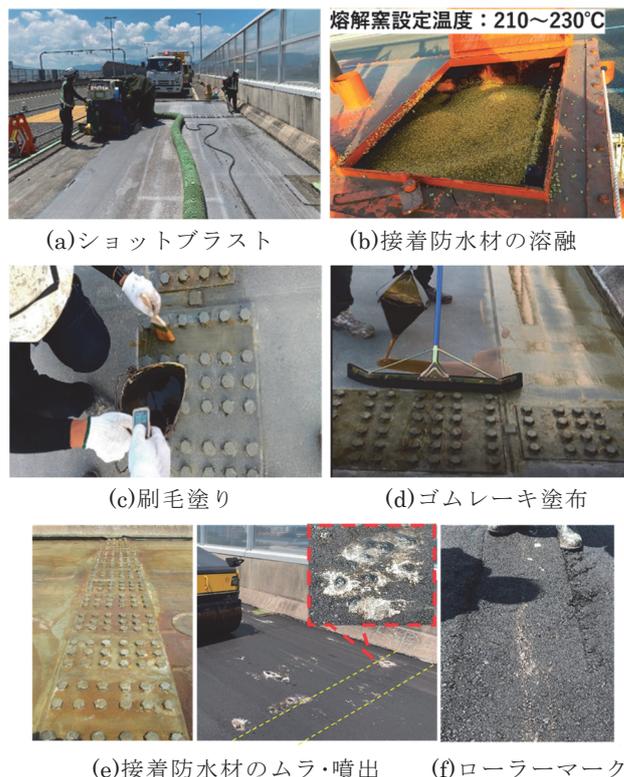


図-7 樹脂防水一体型アスファルト舗装の施工状況

現在、樹脂防水一体型アスファルト舗装の施工から1年経過したが、路面は目立った変化もなく安定している。

5. まとめ

福岡高速では、従前より床版の長期的な健全性を維持するため、様々な床版防水層を採用してきた。今後も新材料・新工法の採用を積極的に行い、維持管理技術の進歩に貢献できれば幸いである。

謝 辞

本現地レポートの取りまとめにあたり、国立研究開発法人土木研究所、日本道路株式会社、東亜道路工業株式会社から多大なご協力をいただいた。ここに御礼申し上げます。

青野 守



福岡北九州高速道路公社
福岡事務所 保全課長
AONO Mamoru

中野慶彦



福岡北九州高速道路公社
福岡事務所保全課 保全第一係長
NAKANO Yoshihiko

勝島龍郎



福岡北九州高速道路公社
福岡事務所保全課 保全第一係
KATSUSHIMA Tatsuro