

報告

福岡高速道路における床版防水の現状と新たな取組について

青野守*, 中野慶彦*, 太田雅大*, 住吉孝一*, 渋谷一輝**, 二村大輔***

*福岡北九州高速道路公社, 福岡事務所保全課 (〒812-0055 福岡市東区東浜 2-7-53)

**福岡北九州高速道路公社, 企画部技術管理課 (〒812-0055 福岡市東区東浜 2-7-53)

***福岡北九州高速道路公社, 企画部保全管理課 (〒812-0055 福岡市東区東浜 2-7-53)

福岡北九州高速道路公社が維持管理する福岡高速道路では, RC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. 本稿では, これまで採用してきた床版防水層の施工後の現状について報告する. また, 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, 樹脂防水一体型アスファルト舗装)」を舗装補修工事にて試験施工した結果について, 施工時の課題や今後の改善事項等と併せて報告する.

キーワード: 床版防水層, 維持管理, 改質グースアスファルト混合物, 樹脂防水一体型アスファルト舗装

1. はじめに

福岡高速道路(以下, 福岡高速)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. 路線図を図-1に示す. 1次供用は1980年10月で, 現在までの供用延長は59.3km, 1日当りの利用交通は約17万台(2021年度)である. 福岡高速の構造物延長を図-2(a)に示す. 都市内高速道路であることから, 供用延長の9割超が橋梁構造となっている.

道路橋の床版は, 鋼床版とコンクリート系床版に大別される. 福岡高速のコンクリート系床版の床版防水層種別を図-2(b)に示す. 施工された床版防水層のうち塗膜系のアスファルト加熱型(以下, 塗膜防水)が約8割を占める. これは高速上の補修工事の特徴として, 交通量が多く常時の車線減少を伴う交通規制の設置が難しく, 日々規制を伴う作業となるため, 時間的な制約を受けることとなり, 施工性の良い材料を採用したものと推察される. 次に多い塗膜系の反応樹脂型(以下, 樹脂防水)は, 福岡高速5号線月隈JCT~堤間で, 鋼コンクリート合成床版を保護するため, より高い防水性能を期待して採用している. また, 近年の舗装補修工事では, 特異損傷を有する床版^{1), 2)}や床版下面に著しい漏水跡が確認される床版に対して, 改質グースアスファルト混合物(以下, 改質グース)を採用する等, 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, これまで採用してきたコンクリート系床版の防水層施工後の現状について報告する. また, 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,

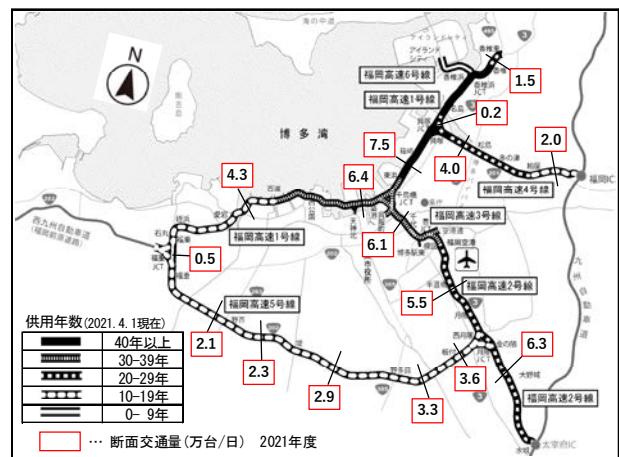


図-1 福岡高速道路 路線図

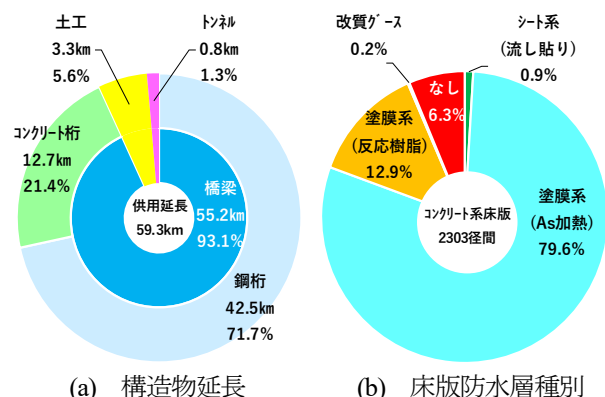


図-2 福岡高速の資産情報 (2021年3月時点)

樹脂防水一体型アスファルト舗装)」を舗装補修工事において試験施工した結果について, 施工時の課題や今後の改善事項等と併せて報告する.

2. 床版防水層の施工後の現状

2.1 経緯

路線別供用状況と床版防水層種別を図-3に示す。供用当初から床版防水層を施工しているのは、7次供用以降で、それ以前に供用した路線は、2003年度から舗装補修工事に併せて床版防水層を施工している。

7次供用は、当初、連続桁橋中間支点付近の負の曲げモーメント領域のみ床版防水層を施工する計画であったが、将来的に打替えが困難な1車線のランプ橋であることから全面施工に変更し、シート系の流し貼り型(以下、シート防水)を採用している。8~12次供用では、塗膜防水を採用しており、そのうち8次供用は連続桁橋中間支点付近の負の曲げモーメント領域のみを部分施工、9次供用以降では全面施工としている。13~15次供用では、樹脂防水を採用したが、供用下で舗装のポットホールが頻発したため、16次供用以降では、塗膜防水に戻している。

また、供用後の定期点検で床版下面に漏水損傷が多く確認された8・9・12次供用の全部及び樹脂防水を採用した13~15次供用の一部では、床版防水層を再施工している。

2.2 施工後の現状

供用別の直近点検における床版下面への進行性の漏水損傷の確認状況を表-1に示す。

(1) シート防水

シート防水を採用した7次供用は、大きな漏水損傷もなく供用から27年間健全性を保っている。

(2) 塗膜防水

塗膜防水を採用した10・11次供用では、大きな漏水損傷もなく供用から20年近く健全性を保っている。また、16・17次供用は点検1回のみの記録であり、2回目の点検結果と比較した上で、進行性の漏水損傷が半断する必要があるため参考値とする。

床版防水層を再施工した8・9・12次供用では、再施工後も30%以上の床版に進行性の漏水損傷が確認されている。当該区間の橋梁種別毎の進行性の漏水損傷の確認状況を表-2に示す。進行性の漏水損傷は、橋梁種別を問わず満遍なく発生している。また、断面交通量が同程度の約4万台/日である9次供用(貝塚~粕屋)と11次供用の損傷率を比較すると、9次供用36%、11次供用7%と供用により大きく傾向が異なる。両供用の違いとして、9・12次供用は、都市高速と九州道との接続事業で、建設時に施工を急ぐなど無理をしたとの記録もあるため、その影響も要因の一つと考えられる。

なお、負曲げ部への部分防水の効果は、供用から12年後の点検で漏水損傷は対象43径間中の5径間(12%)。他方、防水層未施工箇所での漏水損傷は全145径間中の51径間(35%)と一定の防水効果が確認されている。

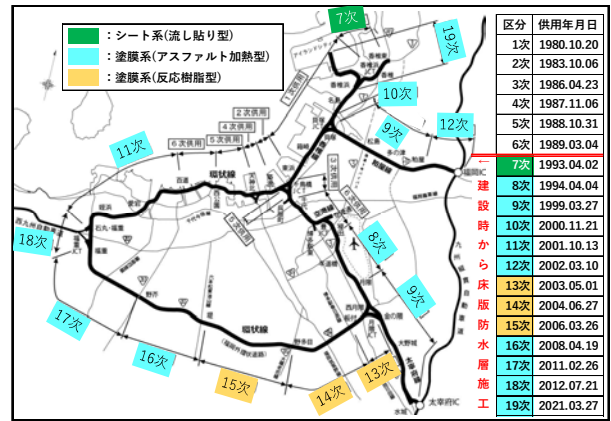


図-3 路線別供用状況と床版防水層種別

表-1 供用別の直近点検における進行性の漏水損傷

供用	区間	日当り断面交通量 ※1	Con系床版資産数	進行性の漏水損傷 ※2	損傷率	供用から直近点検	補修履歴
7次	香椎~香椎東	1.5万台	22径間	1径間	5%	27年経過	なし
8次	覆田~月隈	5.5万台	145径間	64径間	44%	25年経過	2013年防水全面施工
9次	月隈~太宰府IC	6.3万台	198径間	66径間	33%	20年経過	2011~2013, 2015年防水再施工
	貝塚~粕屋	4.0万台	133径間	48径間	36%	21年経過	2013年防水再施工
10次	名島~貝塚	0.2万台	20径間	0径間	0%	21年経過	なし
11次	百道~福重	4.3万台	137径間	9径間	7%	19年経過	なし
12次	粕屋~福岡IC	2.0万台	39径間	25径間	64%	18年経過	2013年防水再施工
13次	月隈JCT~板付	3.6万台	73径間	19径間	26%	16年経過	部分補修箇所多数
14次	板付~野多目	3.3万台	114径間	2径間	2%	14年経過	部分補修箇所多数
15次	野多目~堤	2.9万台	212径間	12径間	6%	12年経過	部分補修箇所多数
16次	堤~野芥	2.3万台	87径間	11径間	13%	10年経過	なし
17次	野芥~福重	2.1万台	146径間	38径間	26%	9年経過	なし
18次	福重JCT	0.5万台	27径間	2径間	7%	8年経過	なし

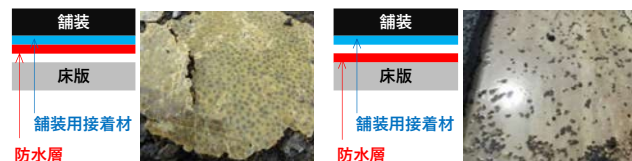
※1 交通量はトラン値、大型車混入率は全区間12.8~12.9% (H27道路交通センサス)

※2 損傷のカウント方法: 1径間内に進行性の漏水損傷を1箇所でも確認したものを計上
16・17次供用の点検結果は初回点検のみのため参考値

表-2 橋梁種別毎の進行性の漏水損傷

供用	区間	MT-箱桁		MT-I桁		PC桁	
		径間	漏水損傷 ※	径間	漏水損傷 ※	径間	漏水損傷 ※
8次	覆田~月隈	34	14	65	21	46	29
9次	月隈~太宰府IC	155	44	8	2	35	20
	貝塚~粕屋	34	12	33	8	66	28
12次	粕屋~福岡IC	11	8	6	6	22	11

※損傷のカウント方法: 1径間内に進行性の漏水損傷を1箇所でも確認したものを計上



(a) 床版と防水層間で剥離 (b) 防水層と舗装間で剥離
図-4 反応樹脂型の損傷形態と損傷状況

(3) 樹脂防水

樹脂防水を採用した区間では、供用後に舗装のポットホールが頻発しているが、床版上面の損傷は確認されていない。樹脂防水の損傷形態と損傷状況を図-4に示す。(a)は防水材料の過厚施工やプライマーとの接着不良など防水材料の性能不良により床版と防水層が剥離するもので、舗装剥ぎ取り時に舗装に防水層が付着して取れる。

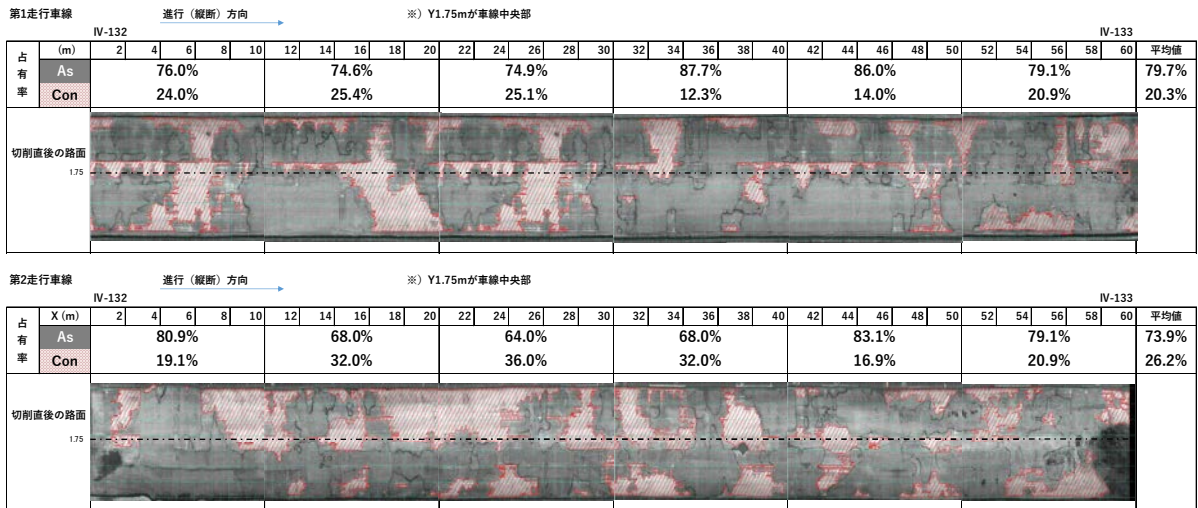


図-5 切削後のRC床版面の状態(舗装5mm残しで切削)

(b) は防水材料と舗装を接着する舗装用接着剤の溶融不良(舗設温度が低い)により防水層と舗装が剥離するもので、床版面に防水層が残っている。なお、現在でもポットホール発生に伴う緊急補修を、年間80回程度実施しており、日々の維持管理の課題となっている。

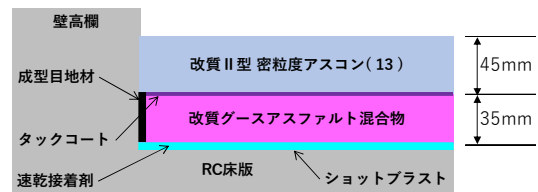


図-6 施工断面

2.3 床版防水層施工後の進行性の漏水に対する考察

床版防水層を再施工した8・9・12次供用区間では一部の橋梁に進行性のある漏水損傷を確認している。漏水損傷が進行する理由として、初期品質の他にアスファルト切削時の課題も一つの要因として考えられる。

福岡高速の舗装補修工事の切削後のRC床版面の状態を図-5に示す。床版面を削らないようアスファルト部5mm残しを目標に切削した結果、切削後のアスファルト面と床版面の面積比率は概ね75:25であった。床版面を切削しないよう配慮しても、2割強は過切削となっている。理由として、RC床版は建設時に計画高さ±2cmで出来高管理して構築していることから、理論上最大4cmの不陸を許容する。一方、切削機の切削深さ調整は、縦断方向の変化にはある程度追従するが、横断方向はドラム幅2mの直線状となり変化に追従できない。そのため、切削時に過切削となる箇所は避けられず床版へのダメージに加え、防水層の機能低下³⁾を誘発している。また、表層を密粒度舗装から排水性舗装へ打ち替えたことで表層内部に雨水が貯水される仕様となったことも漏水損傷の進行性に影響を与えている可能性がある。

3. 防水性に優れた橋面舗装の試験施工

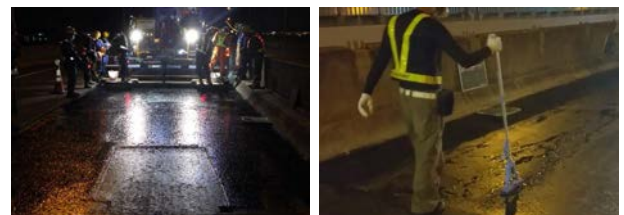
3.1 改質グースの試験施工

2020年5月、9次供用①の1径間(L=55.0m×W=9.1m RC床版)を対象に(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の試験施工を実施した。施工断面を図-6に示す。

表-3 タイムスケジュール(実績)

2020年5月8日(金) II1-204-2走(水下) 240㎡			2020年5月23日(土) II1-204-1走(水上) 260㎡		
工程	作業時間	所要時間	工程	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
ショットプラスト※	23:00 ~ 2:00	2:00	ショットプラスト	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

※ショットプラストは床版補修による手待ちなし



(a) ローラーマーク残り (b) 転圧時の滞留水の処理
図-7 改質グースの施工状況

施工は、交通量が減少する19時から翌8時までの13時間で行う計画とした。実績のタイムスケジュールを表-3に示す。改質グースの施工は、日々規制でも1径間(500㎡)を2日で施工可能であることがわかった。

改質グースの施工状況を図-7に示す。(a)はブ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状況である。温度が高いうちに乗り入れると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。(b)は水密性が高いため、転圧時の排水が改質グース表面に溜まっていることが確認

できる。円滑に次工程に移るため、転圧時の滞留水の処理を効率的に行う必要がある。

また、改質グース施工後の合材温度の変化として、別箇所では昼間に鋼床版へ施工（9月、天候晴れ、外気温31℃、鋼床版温度43℃）した場合には、打設時181℃から施工後60℃以下になるのに4時間以上を要したが、今回、夜間にRC床版へ施工（5月、天候晴れ、外気温20℃）した場合には、施工後まもなく60℃以下になることから、日々規制での施工を可能にしている。

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、現時点で雨天時に漏水は確認されていない。

3. 2 樹脂防水一体型アスファルト舗装の試験施工

2021年7月、13次供用の1径間（L=62.8m×W=4.75m第1走行車線のみ）を対象に（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樹脂防水一体型アスファルト舗装の試験施工を実施した。本工法の特徴は、一般的なアスファルト施工機械での施工が可能で、特殊な施工機械を必要としないことである。なお、本試験施工は鋼床版での施工である。施工断面を図-8に示す。交通量が少ない区間であることから3日間の固定規制で実施した。実績のタイムスケジュールを表-4に示す。また、今回の試験施工（鋼床版、天候晴れ、外気温32℃）での課題と今後の改善事項等を記載する。

①特殊樹脂防水材の塗布時

特殊樹脂防水材は植物系熱可塑性樹脂で軟化点は80℃で60℃程度までは粘着性がある。添接部は刷毛塗り、平面部はゴムレーキで施工した。添接部では、図-9(a)左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、コンクリート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ため、今後、材料や施工面の改良を期待する。

②基層の舗設時

図-9(a)右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抜きする必要があるため本試験施工では確認できていない。樹脂が満遍なく基層内に浸透していることを期待する。

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、特殊樹脂防水材の軟化点を上回ったことから図-9(b)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。

福岡高速では、本試験施工と同時期に同種構造（鋼床版）の橋梁で改質グースへ打替えを行った区間がある。今後、両工法の経過を観察していきたい。

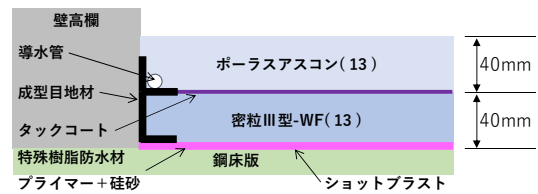


図-8 施工断面

表-4 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	15
舗装撤去																					
ショットプラスト																					
プライマー																					
特殊樹脂防水材																					
基層(密粒III-WF)																					
表層(排水性)																					



(a)特殊樹脂防水材のムラ・噴出 (b)ローラーマーク残り
図-9 樹脂防水一体型アスファルト舗装の施工状況

4. おわりに

床版防水層施工後の現状は、供用区間単位の大枠の評価であるため、今後、健全箇所と進行性の漏水箇所の違いを詳細に分析する必要がある。

また、福岡高速では、RC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。採用したものの中には、供用路線で適応が難しかったものもあるが、それは、供用中の道路で確認して初めて知ることができた情報である。これからも新材料・新工法の採用を積極的に行うことで、維持管理技術の進歩に貢献できれば幸いである。

謝辞

本報告の作成にあたり、日本道路株式会社と東亜道路工業株式会社から資料提供にご協力いただいた。ここに御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 都市内高速道路における低品質 RC 床版の補修事例報告, 第 11 回道路橋床版シンポジウム論文報告集, 土木学会, 2020
- 2) RC 床版の IPH 工法試験施工報告, 第 76 回年次学術講演会, 土木学会, 2021
- 3) RC 床版の素地調整技術の高度化検討, 第 69 回年次学術講演会, 土木学会, 2014

(2022年7月8日受付)

(2022年9月9日受理)