

論文

防水機能を有する橋面舗装の開発

田中敏弘*, 鎌田修**, 丸山陽***

* 株式会社 高速道路総合技術研究所 (〒194-8508 東京都町田市忠生 1-4-1)

** 博士 (工), 鹿島道路株式会社 技術研究所 (〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1)

*** ニチレキ株式会社 技術研究所 (〒329-0412 栃木県下野市柴 272)

コンクリート床版の長寿命化には適切な床版防水システムの構築が必要不可欠である。NEXCO では、防水の初期性能に加え、耐久性能を有する高機能な床版防水層を標準仕様としているが、施工に長時間を要するため、交通規制などの時間制約がある供用中路線での採用が困難である。また、新設工事においても、床版と防水層の剥がれや防水層と舗装の剥がれによる舗装の損傷が供用後の早期に頻発した。そこで、コンクリート床版上における橋面舗装の基層に防水機能を有する舗装を適用することで、工程の短縮及び層構成の単純化による損傷リスクの軽減を目的に、コンクリート床版において適用可能な新たなグースアスファルト混合物を開発した。

キーワード：グースアスファルト、橋面舗装、コンクリート床版

1. はじめに

道路橋のコンクリート床版は、交通荷重による疲労や凍結防止剤の散布による塩害などにより耐久性が低下するとともに、床版コンクリートの劣化に伴い、路面にポットホールが発生する原因ともなり、安全な走行に支障きたす場合もある。これらの変状については、雨水や凍結防止剤がコンクリート床版の表面に介在すると、床版の劣化が著しく促進されるため、適切な床版防水システムを構築することが重要である。

高速道路 3 会社 (東日本高速道路 (株), 中日本高速道路 (株), 西日本高速道路 (株) 以下「NEXCO」いう) では、平成 6 年から RC 床版を対象に床版防水を始め、平成 10 年には全てのコンクリート床版へと対象を拡大してきた。

しかし、当時使用されていた床版防水は、NEXCO で規定¹⁾する防水の初期性能のみを定めた「床版防水グレード I (以下「GI」という)」であった。これは、瀝青シートを貼り付けたものや、アスファルトコンパウンドを塗布したもので、防水効果の持続性が不確実であるため、平成 22 年より長期の防水性能を規定した「床版防水グレード II (以下「GII」という)」を標準仕様とした。

しかし、GII は、多層構成のものが多く、層毎での施工や養生が必要となり、施工に多大な時間を要する。そのため、既設舗装の撤去から舗設までの工事工程を考えたときに、工事規制の時間制約がある供用中路線における補修工事への適用が困難な場合が多い。



写真-1 橋面舗装の損傷例

また、層構成が複雑で、界面が多くなることにより、層間はく離のリスクも高く、写真-1 に示すような損傷が頻発している。

そこで、橋面舗装の基層にあたる橋梁レベリング層に、防水性能を付することができれば、床版防水の施工を省略でき、工事の時間制約がある供用中路線においても適用可能で、層構成が単純化することによる橋面舗装の損傷リスクも軽減できると考え、本研究に着手した。

2. 開発概要

2.1 開発コンセプト

開発のコンセプトは以下のとおりとした。

- ① GII と同程度の防水性能を有する。
- ② 橋面舗装の基層用アスファルト混合物 (以下「レベ

リング混合物」という)と同等の耐久性を有する。

- ③ 特殊な施工機械を必要としない。
- ④ NEXCO における橋面舗装の補修工事で、G I を使用した場合の施工と同等の施工能力。

以上の条件を満足できる可能性がある工法の候補として、これまで鋼床版上の基層として使用されてきたグースアスファルト舗装（以下「グース」という）の技術が最も適していると考え、これを基軸に検討を実施した。

2.2 グースにおける課題

新たなグース（以下「高性能グース」という）の開発に先立ち、グースの特徴を整理し、開発に向けて以下の課題を解決すべく検討を行った。

- ① グースに使用するトリニダッドレイクアスファルト（以下「TLA」という）は、中米で湧出している天然の硬質アスファルトで、将来に渡る安定的な入手の保証が無い。
- ② 硬質アスファルトを用いたグースを流し込み施工で行うためには、約 240℃の高温で施工する必要があるが、コンクリート床版で施工した場合、施工中にブリスタリングが発生するリスクが高い。
- ③ 動的安定度（以下「DS」という）が 300 回/mm 程度と小さく、NEXCO が規定する、レベリング混合物の目標値 1,000 回/mm を確保できない。

以上3点の課題は、すべて使用するアスファルトの影響が大きい事項であるため、専用アスファルトを開発することとした。

3. 専用アスファルトの開発

3.1 専用アスファルトの要求性能

専用アスファルトの開発を行うにあたり、以下の要求性能を設定した。

- ① 高性能グースに使用するアスファルトは、TLA を必要としないポリマー改質アスファルトとする。
- ② DS は、NEXCO のレベリング混合物と同等の 1,000 回/mm 以上を確保する。
- ③ 一般的なアスファルト舗装と同程度（概ね 180℃）の温度で、特殊な施工機械を必要とせず、流し込み施工が可能なものとする。

以上を満足した上で、その他の性状は従来のグースと同様の性状が得られる混合物とするため、骨材粒度は、表-1 に示す一般的なグース用混合物の中央粒度で検討することとした。

3.2 専用アスファルトの性状

前節の要求性能を満足した専用アスファルト（以下「開発品」という）の代表性状を表-2 に示す。なお、従来のグースに使用していた、TLA とストレートアスファルト 20/40 の割合を 1:3 で混合した硬質アスファルト（以

表-1 グース用混合物の標準的な粒度範囲²⁾

ふるい目の開き (mm)	通過質量百分率 (%)
19	100
13.2	95～100
4.75	65～85
2.36	45～62
0.6	35～50
0.3	28～42
0.15	25～34
0.075	20～27

表-2 開発品と従来アスファルトの性状

項目	開発品	従来アスファルト
針入度(25℃)	1/10mm	31
針入度(60℃)	1/10mm	166
軟化点	℃	105.0
曲げ仕事量(-5℃)	$\times 10^{-3}$ MPa	1095
曲げスティフネス(-5℃)	MPa	17.7
$G^*/\sin \delta$ 試験温度: 60℃, 平行円盤直径: 25mm, 試料厚: 2mm, 周波数: 1.2Rad/s, ひずみ量: 1%	7425	2592

表-3 高性能グースと従来のグースの混合物性状

項目	高性能グース	従来のグース	標準的性状
アスファルト量 ^(*)	%	9.6	8.3
DS	回/mm	1,190	410
曲げひずみ(-10℃)	$\times 10^{-3}$	9.6	13.4

*1: アスファルト量は、リュエル流動性が¹15秒
(新型グース: 180℃, 従来グース: 240℃)となる量とした

下「従来アスファルト」という)の性状を参考として併記した。

開発品は、従来アスファルトと比較して軟化点が高く、25℃の針入度は大きく変わらないという特徴を有する。また、DS との相関性が高い³⁾とされているダイナミックシアレオメータ (DSR) 試験⁴⁾から求められる $G^*/\sin \delta$ が大きいことから、従来のグースと比較して、塑性変形抵抗性の向上が期待できる。

3.3 新型グースの混合物性状

開発品を用いた高性能グースと従来のグースの混合物性状を比較した結果を表-3 に示す。高性能グースの DS は、設定した目標値を満足し、橋梁レベリング層として十分な塑性変形抵抗性があると判断できる。

流し込みによる施工性については、混合物温度 180℃におけるリュエル流動性が、従来のグースと遜色ない結果が得られたことから、特殊な施工機械を必要とせず、グースアスファルトフィニッシャーによる施工が可能と判断した。

4. 高性能グースの耐久性評価

高性能グースの耐久性を評価するため、(株) 高速道路総合技術研究所が保有する回転式舗装試験機 (写真-2)



写真-2 回転式舗装試験機

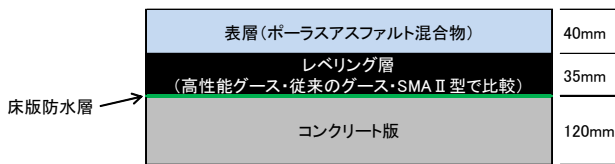


図-1 回転式舗装試験供試体の断面構成

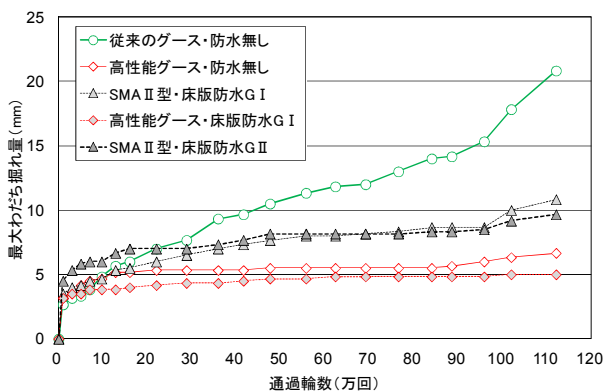


図-2 回転式舗装試験結果 (外軌道)

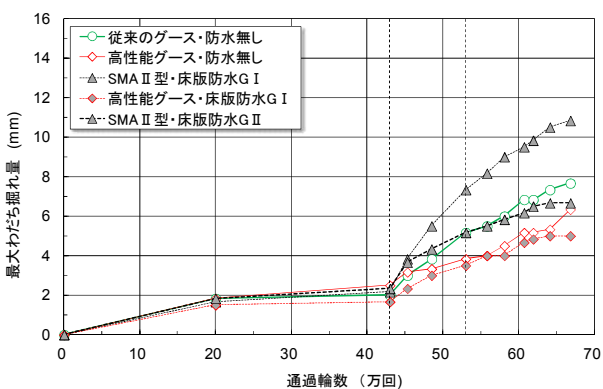


図-3 回転式舗装試験結果 (内軌道)

表-4 回転式舗装試験の試験条件

軌道	回数	荷重条件	走行速度	温度条件	散水
外	0～112万	大型シングルタイヤ 2.5tf	50km/h	40～55℃	無し
内	0～43万	大型ダブルタイヤ 5.0tf		常温	あり
	43万～53万			40～55℃	無し
	53～67万				あり

による耐久性試験を実施した。なお、本試験では、従来のグースと共に、かつて NEXCO における橋梁レベリング層用混合物の標準であった、ポリマー改質アスファルト II 型を用いた SMA (以下「SMA II 型」という) と比較した。

4.1 試験条件

回転式舗装試験の比較工種および層構成を図-1 に示す。

試験は、外軌道と内軌道の 2 軌道で行い、各々の試験条件は、表-4 のとおりである。外軌道では、交通荷重による塑性変形に対する抵抗性を、内軌道では、水が介在した場合の影響を評価するものとした。なお、評価は、横断形状測定による最大わだち掘れ量 (mm) の比較により行った。

4.2 試験結果

回転式舗装試験の結果を図-2 および図-3 に示す。

外軌道の試験結果では、床版防水の有無および種別による有意差はなく、橋梁レベリング層の種別により有意差が見られた。従来のグースの最大わだち掘れ量が多かった。高性能グースの最大わだち掘れ量は、SMA II 型と比較しても小さかった。DS が SMA II 型より小さかったにも関わらず、高性能グースの最大わだち掘れ量が小さい傾向を示した理由については、グースには空隙率がほとんど存在しないため、空隙率 2.5% の SMA II 型よりも圧密などによる空隙率の低下による変形が無いことや、表層の粗骨材がグースに食い込み一体性が強いなどが一因と推測できる。しかし、その一因のみでは説明できない部分もあり、今後、このメカニズムについては明らかにする必要がある。

内軌道の試験結果では、常温で散水している間は大きな差は見られなかったが、高温条件に移行してから SMA II 型でコンクリート版に G I を施した供試体のわだち掘れ量が大きく、高性能グースのわだち掘れ量が小さい値であった。これは、水が介在することにより、SMA 上面のアスファルトがはく離して脆弱になったためと考えられる。

5. 防水性能の確認

高性能グースの防水性能を、NEXCO が規定¹⁾する G II の性能照査に基づき試験を実施した。ただし、ひび割れ開閉負荷試験は、高性能グースのような舗装に防水性能を付したものを評価することは想定していない。そこで、図-4 で示すように、レベリング層およびコンクリート版にひび割れを発生させた本来の試験用供試体ではなく、ひび割れ開閉負荷後の防水性能を評価する高性能グース層にはひび割れを発生させず、コンクリート版にのみひび割れを発生させた供試体を用いた。

試験結果を表-5 に示す。この結果により、G II として

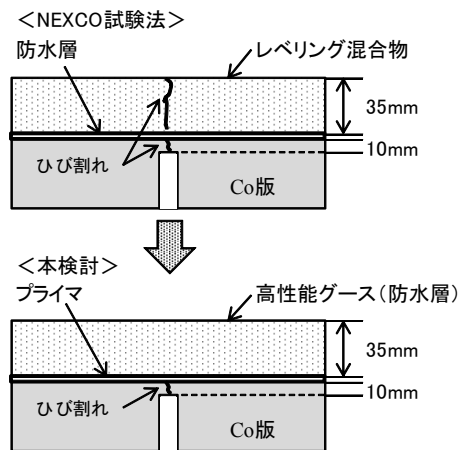


図-4 ひび割れ開閉試験用の供試体

表-5 防水層（GⅡ）の性能照査試験結果

試験項目		試験結果	基準値
基本負荷試験			
引張接着強度	(23℃) N/mm ²	1.11	0.60以上
せん断接着強度	(23℃) N/mm ²	0.45	0.15以上
防水性		漏水なし	漏水しないこと
追加負荷後の試験			
引張接着強度	(-10℃) N/mm ²	1.82	1.20以上
	(23℃) N/mm ²	1.04	0.60以上
	(50℃) N/mm ²	0.36	0.07以上
せん断接着強度	(-10℃) N/mm ²	1.68	0.80以上
	(23℃) N/mm ²	0.34	0.15以上
	(50℃) N/mm ²	0.08	0.01以上
ひび割れ開閉負荷		漏水なし	漏水しないこと
負荷を与えない試験			
耐薬品性	飽和NaOH	異常なし	異常のないこと
	3%NaCl	異常なし	異常のないこと
	3%CaCl ₂	異常なし	異常のないこと
膨れ抵抗性		異常なし	異常のないこと
はがれ抵抗性		異常なし	異常のないこと

の性能を概ね満足することが確認できた。ただし、前述に示すとおり、ひび割れ開閉負荷試験については本来のGⅡを評価する方法と異なるため、高性能グースの防水性能をGⅡと直接比較できるものではない。

6. 試験施工

6.1 試験施工の概要

試験施工は、平成27年12月に広島岩国道路の大野IC～大竹IC間（下り線）の垣ノ浦川橋（延長125m）で実施した。なお、交通規制は片側一車線を3日間の終日規制で実施した。

6.2 試験施工結果

(1) 実施工程

試験施工の実施工程を図-5に示す。

高性能グースの敷均しに長時間を要しているが、クッカ車の台数と出荷のタイムスケジュールを見直すことにより、今後は施工時間を1/2程度に短縮可能であると

項 目	日数 時刻	1日目								2日目								3日目	
		10	12	14	16	18	20	22	0	2	4	6	8	10	12	14	16	8	10
切削工	切削工全体																		
	路面切削																		
下地処理	残アス撤去																		
	ショットブラスト																		
	床版補修																		
接着工	接着工全体																		
	プライマ(1層目)																		
	プライマ(2層目)																		
	端部目地工																		
レベリング層工	レベリング層工全体																		
	舗設準備																		
表層工	高性能グース敷均し																		
	表層工全体																		
	表層工																		

図-5 試験施工実施工程

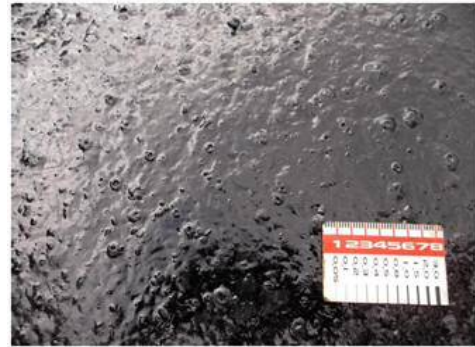


写真-3 表面に発生した気泡

考える。

(2) 施工概況

施工は概ね良好であったが、写真-3のように気泡の発生が目立った。この気泡について室内試験により検証したところ、施工基面となる床版に切削機などによる凹凸が多い箇所が発生しやすいことが確認された。ただし、X線CTスキャナの画像や、室内での加圧透水試験が不透水であったことから、この気泡は独立した気泡であり水密性に影響が無いことも確認できた。

9. まとめ

一連の検討により、専用のポリマー改質アスファルトを使用することで、コンクリート床版に適用可能な高性能グースを開発することができた。その特徴は、180℃程度の温度でも流し込みによる施工が可能で、DSは1,000回/mm程度を確保できるものであり、室内試験の結果ではあるが、GⅡ相当の防水性能も確保できることを確認できた。今後、試験施工箇所の追跡調査により、実道における供用性や防水性能について確認する予定である。

参考文献

- 1) 構造物施工管理要領，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
- 2) 舗装設計施工指針，(公社) 日本道路協会
- 3) 塚越：SUPERPAVEによるわが国のアスファルトの評価，ASPHALT, Vol.39, No.190, pp10-18, 1997
- 4) 舗装調査・試験法便覧，(公社) 日本道路協会
(2016年7月18日受付)