

# 新しい橋面舗装材料の開発へ向けた取組み

寺田 剛・渡邊真一・藪 雅行

## 1. はじめに

道路橋は交通流の集中する道路網の要であり代替道路が少ないことから、一般道路に比べて長期供用性の確保が求められる。これまでの調査、研究の結果から、道路橋床版の損傷は、床版への浸水が主要因の一つと考えられている。よって、橋面舗装は、交通車両の快適な走行を確保する役割とともに、交通荷重、雨水その他の気象条件などから道路橋床版を保護する役割を有している。道路橋床版はコンクリート床版と鋼床版に大別され、床版防水としては、コンクリート床版では、床版と舗装との間に床版防水層が、鋼床版では、床版上に水密性に優れたグースアスファルト混合物（以下「グース」という。）が一般的に使用されている。しかしながら、コンクリート床版では、床版防水層の接着不良や材料の劣化および破損などによる浸水を原因とした床版損傷が発生している。また、鋼床版では、施工時に発生する臭気、夏季における耐流動性の低下、およびブリスタリングの発生といった問題が生じている。

このような背景から、土木研究所では、新たな橋面舗装技術として、大成ロテック（株）、東亜道路工業（株）、日本道路（株）、（株）NIPPOとの共同研究「未利用アスファルト材料を用いた床版舗装の適用性に関する共同研究」を行っており、新たな橋面舗装材料を開発し、鋼床版およびコンクリート床版への適用を検討している<sup>1),2),3),4)</sup>。本報では、新たに開発した橋面舗装材料を用いた試験施工の結果を報告する。

## 2. 開発した橋面舗装材料

### 2.1 従来の橋面舗装材料の概要

図-1にコンクリート床版における一般的な橋面舗装の構成例を示す。図中の床版防水層としてはシート系防水層や、塗膜系防水層がある。一方、鋼床版においては局所的な変形が大きいこと等か

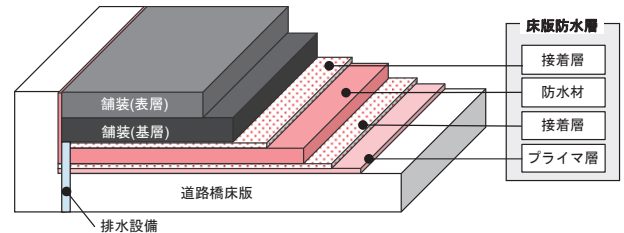


図-1 一般的な橋面舗装の構成例

ら、たわみ追従性に優れ、水密性が高く、舗装体が防水層となるグースが基層に用いられる。この場合、床版防水層は設けない場合が多い。

グースは、骨材を結合させるためのアスファルトバインダ（以下「バインダ」という。）の原料として、トリニダードトバゴのピッチ湖で湧出される天然アスファルトのトリニダードレイクアスファルト（以下「TLA」という。）を使用している。TLAは硬質であるため、施工時にはグースを240℃程度の高温にすることで粘性を下げ施工性を確保している。そのため、コンクリート床版に適用した場合は、コンクリート床版内部の水分が蒸発しブリスタリングの発生が懸念される。これらの理由から、コンクリート床版へのグースの施工は一般的には行われていない。

### 2.2 開発した橋面舗装材料の概要

本共同研究では、新たな橋面舗装材料として、TLAに替わる材料を用いたグース4種と、特殊樹脂を用いた塗膜系床版防水層1種を開発した。これらの橋面舗装材料の概要を以下に述べる。

#### 2.2.1 開発したグースアスファルト混合物の概要

表-1に今回開発した4種類のグース（以下「開発グース」という。）A、B、C、Dの概要を示す。

表-1 開発グースの概要

	適用箇所		バインダ原料	臭気レベル	舗設時温度(℃)	施工性 リエル流動性(秒)	耐流動性 動的安定度(回/mm)	安定性 貫入量(mm)	可撓性 曲げ破断ひずみ(%)
	CON床版	鋼床版							
従来グース	-	○	天然AS(TLA)	約600	約240	3~20	300以上	1~6	8以上
グースA	○	○	石油生成物	約400	約220	10~20	1000以上	1~4	8以上
開発グース グースB	○	○	ポリマー改質AS	約150	約185	3~20	600以上	1~6	8以上
グースC	○	-	ポリマー改質AS	約300	約180	3~20	1000以上	1~6	8以上
グースD	-	○	天然AS(アスフン)	約100	約240	3~20	300以上	1~6	8以上

表中の値は各開発グース独自の目標値である。この目標値は、従来用いられているグースの目標値を全て満足するとともに、耐流動性、臭気、ブリスタリングの要因となる施工温度等の改善が図られるように、いずれかの性状についてはグースの目標値を上回るように設定した。開発グースはいずれも、バインダの原料として、TLAに替わる材料を用いている。

各開発グースの特徴は下記のとおりである。

(1) グースA

グースAは、石油の精製過程で発生する副産物をバインダの原料として用いている<sup>1)</sup>。本材料は、TLAに比べ臭気が低く、製造温度を20℃程度低減できるので鋼床版のみならずコンクリート床版への適用も期待できる。さらに耐流動性も向上しており、従来グースの動的安定度が300回/mmであるのに対して、1000回/mmを目標値としている。また、従来のTLAグースに比べバインダの添加量を少なくすることができる。その他の性状は従来グースと同程度を目標としている。

(2) グースB・C

グースBとグースCは、バインダにポリマー改質アスファルトを用いており<sup>2)</sup>、それぞれ改質材の種類と添加量が異なる。バインダはプレミックスタイプなので、アスファルトタンクへの貯蔵、ローリーでの直接供給が可能である。TLAに比べ臭気が極めて少なく、施工時の温度を180℃程度まで下げることができるのでグースAと同様に、コンクリート床版への適用が期待できる。さらに耐流動性も向上しており、動的安定度600回/mmを目標値としている。その他の性状は従来グースと同程度を目標としている。

(3) グースD

グースDは、インドネシアで産出される天然ロックアスファルトの「アスプトン」をバインダの原料としている<sup>3)</sup>。アスプトンはTLAと同等の物理的性状を持ちながら臭気が少ない。また、TLAに比べ埋蔵量が多く、国内への輸送距離も短い等の経済的な利点もある。グースの性状としては、従来グースと同程度を目標としている。なお、グースDの開発経緯については、本誌一般報文-6「インドネシア産天然アスファルトの利活用に向けた取り組み」にて説明しているので参照されたい。

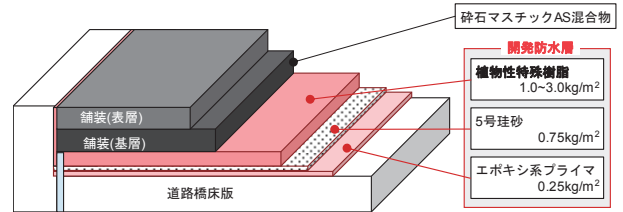


図-2 開発した塗膜系床版防水層

2.2.2 開発した塗膜系床版防水層の概要

図-2に開発した塗膜系床版防水層（以下「開発防水層」という。）の概要を示す。開発防水層は、熱可塑性の特殊植物性樹脂を原料とした防水材を用いている<sup>4)</sup>。本防水材は、塗布量1.0～3.0kg/m<sup>2</sup>と大量に塗布することで、基層舗設時にアスファルト混合物の空隙へ浸透し、高い接着性能および防水性能が得られるものである。上記の特徴から、基層には一般的な橋面舗装用基層混合物である砕石マスチックアスファルト混合物（以下「SMA」という。）を適用しながら、従来グースと同等の防水性能が期待できる。また通常のアスファルト混合物の舗設と同じ機械編成で、橋面基層を施工することができる。

3. 試験施工

3.1 試験施工の概要

開発した各種材料の施工性および、防水性、耐久性等の確認を目的とした試験施工として、土木研究所舗装走行実験場内の模擬鋼床版および模擬コンクリート床版上に実物大試験舗装を構築した。

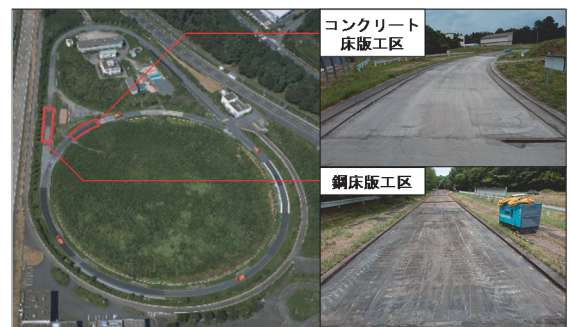


写真-1 舗装走行実験場

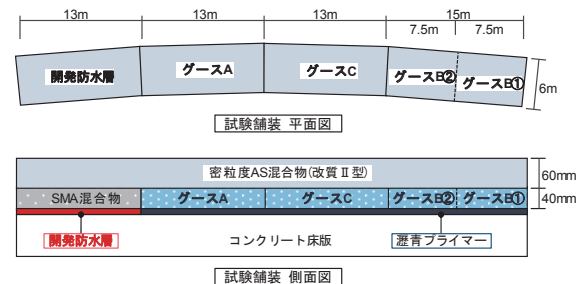


図-3 コンクリート床版工区における試験舗装

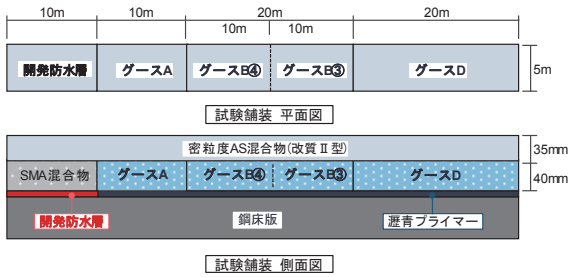


図-4 鋼版工区における試験舗装

写真-1に試験舗装を構築した舗装走行実験場と試験施工工区の位置を示す。本実験場は荷重車による促進载荷にて舗装の耐久性試験を実施することができる施設である。図-3にコンクリート床版工区、図-4に鋼床版工区の試験舗装の概要を示す。なお、グースBは、バインダの成分配合を試験的に変えた4種類のグースB①～B④を舗装した。

### 3.2 施工状況

#### 3.2.1 開発グースの施工状況

写真-2に開発グースの施工機械を示す。開発



写真-2 グース施工機械

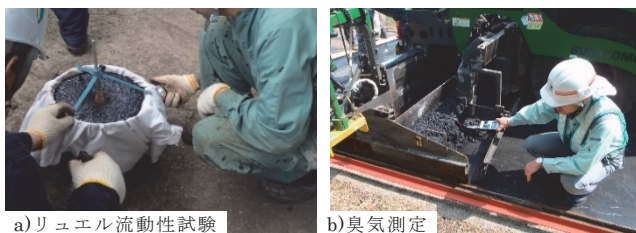


写真-3 施工時材料性状確認状況

表-2 開発グース施工時の温度と流動性の測定値

グース種類	グース A	グース A	グース B①	グース B②	グース B③	グース B④	グース C	グース D
適用箇所	CON	鋼	CON	CON	鋼	鋼	CON	鋼
舗装時温度 (°C)	220	244	211	185	185	185	200	227
リュエル流動性 (秒)	18	16	4.7	16	22	29	12	14

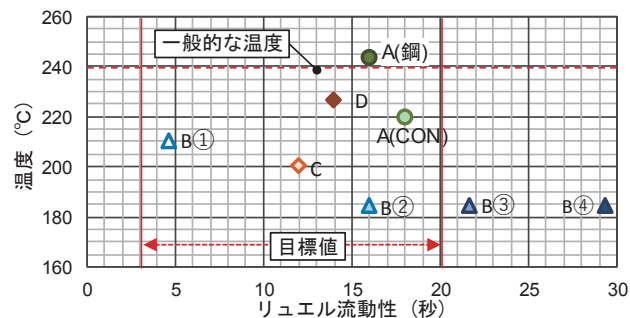


図-5 開発グース施工時の温度と流動性の関係



写真-4 開発グース施工状況

写真-5 発生した微小なプリスタリング

グースの施工は特殊な機械を必要とせず、従来のグース施工時と同じグースクッカー車およびグースフィニッシャーからなる機械編成にて施工を行った。施工時に材料の施工性を確認するためのリュエル流動性試験と臭気の計測を行った。それぞれの測定状況を写真-3に示す。

表-2に測定したリュエル流動性の値とその時のグースの温度、図-5に温度と流動性の関係を示す。なお、図-5中の目標値は舗装施工便覧<sup>9)</sup>に示されている一般的なグースの目標値である。グースAに関しては、鋼床版工区施工時に目標の220°Cで測定したところ粘度が高く、240°C程度まで温度を上げる必要があった。しかし、同一の材料にてコンクリート床版工区施工時には220°Cにて良好な流動性が得られたことから、混合物製造および運搬時の温度や時間により違いが生じたものと考えられる。また、グースB③および、B④については、開発グース中最も低い温度185°Cで材料を排出したが、粘度が高く流動性は目標を下回る結果であった。その他のグースは概ね目標温度にて目標の流動性が確認された。

臭気の測定は、材料の排出口、数均し面等で行われ、開発グースの臭気レベルは、従来よりも概ね低いことが確認された。しかし、測定値は風向きなどにより値が安定せず、屋外での定量的な評価方法については今後検討する必要がある。

写真-4に開発グースの施工状況を示す。鋼床版工区においては、概ね良好な施工性と仕上がりが確認された。コンクリート床版工区においては、グースの舗装温度を従来よりも低減し施工を行ったものの、一部において写真-5に示す微小なプリスタリングが発生した。これは施工時における床版の含水比が高かったことが要因と考えられる。この結果から、コンクリート床版への施工時における、床版含水比に関する適用範囲の確認が必要と考えられる。



写真-6 開発防水層施工状況

### 3.2.2 開発防水層の施工状況

写真-6に開発防水層の施工状況を示す。開発防水層は、プライマー塗布および珪砂散布後に防水材の塗布の順序にて施工される。防水材の塗布方法は、一般的なアスファルト系塗膜防水材と同様に、材料を専用の溶融釜にて高温に溶融しながらレーキによる塗布とした。なお、防水材の塗布量は $3.0\text{kg/m}^2$ とした。防水材は、塗布後30分程度養生することで完全に固化し、固化後は、重機が走行しても損傷はみられなかった。

### 3.3 材料の室内試験結果

試験施工に用いた各種材料の性状を確認するため、表-3に示す室内試験を実施した。試験に用いた試料の採取方法は、施工時に排出された材料を用いて現場で供試体作成、もしくは舗設後の切取りコア採取とした。写真-7に試料採取状況、写真-8に各種室内試験状況、図-6に試験結果の一覧を

表-3 各種室内試験一覧

性状	試験	測定値	試験方法
耐流動性 (グース)	ホイール トラッキング試験	動的安定度	舗装調査試験法便覧 B003
安定性 (グース)	貫入試験	貫入量	舗装調査試験法便覧 C001
可撓性 (グース)	曲げ試験	曲げ破断ひずみ	舗装調査試験法便覧 B005
防水性	加圧透水試験	透水係数	舗装調査試験法便覧 B017T
接着性	引張接着試験	引張接着強度	道路橋床版防水便覧



写真-7 室内試験用試料採取状況



写真-8 各種室内試験状況

示す。なお、図-6中の目標値は、舗装施工便覧<sup>5)</sup>および床版防水便覧<sup>6)</sup>に示されている一般的な材料の目標値である。

各試験結果の詳細は下記のとおりである。

#### (1) ホイールトラッキング試験

鋼床版工区におけるグースAは、施工時に粘度が高くなっていることが確認されたが、動的安定度（以下「DS」という。）についても著しく高い値を示している。グースBは、①～④と配合の違いによりDSも1800程度から200程度まで異なる結果となった。グースB④とグースDのDSは目標値を下回る結果となったが、その他の開発グースのDSは全て目標値を大きく上回り700以上であった。

#### (2) 貫入試験

施工時の粘度の高くなっていた鋼床版工区のグースA、グースB①および、グースB②の貫入量は、目標値よりもやや小さい値となっている。その他の開発グースの貫入量は、目標値を満足する結果となっている。

#### (3) 曲げ試験

鋼床版工区のグースAは、貫入試験結果と同様に曲げ破断ひずみについても、目標値よりやや値が小さく、その他の開発グースの曲げ破断ひずみは、目標値を満足する結果となっている。

#### (4) 加圧透水試験

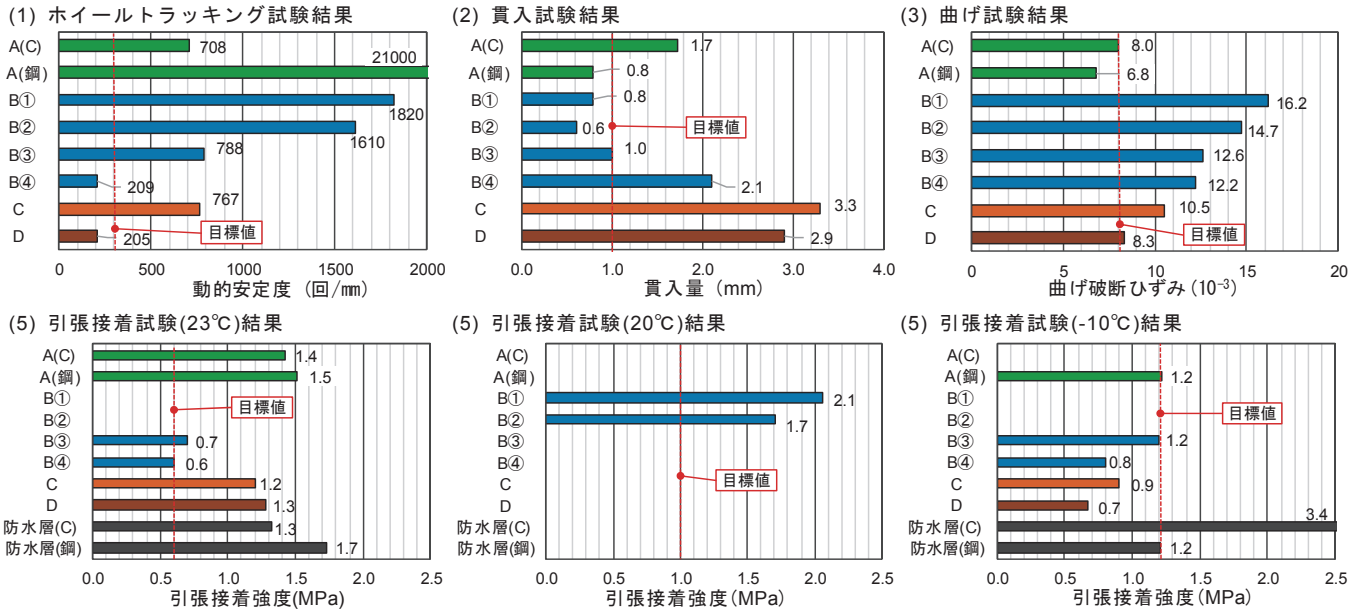


図-6 各種室内試験結果

現場より採取した切取りコアを用いて加圧透水試験を実施した結果、測定した全ての材料について不透水という結果が得られた。

(5) 引張接着強度試験

引張接着強度試験については、コンクリート床版工区のもの切取りコア、鋼床版工区のもの現場採取試料より作成した供試体を用いて試験を行った。-10℃におけるグースB④、グースCおよび、グースDの試験結果は目標値を下回っていたが、その他の全ての引張接着強度は目標値を上回る値であった。

3.4 舗設後の現場試験結果

3.4.1 グースの透気試験

開発グース舗設後に、舗装体の遮水性を確認するための現場透気試験を行った。グースB①、グースB②についてはパーマトル透気試験にて透気係数を測定し、その他の開発グースは真空透気試験にて透気量を測定した。写真-9に透気試験

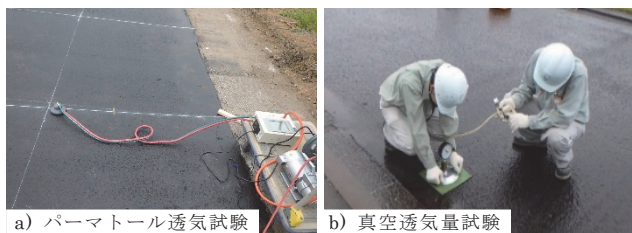


写真-9 透気試験状況

表-4 透気試験結果

グース	グースA	グースA	グースB①	グースB②	グースB③	グースB④	グースC	グースD	目標値
施工箇所	CON	鋼	CON	鋼	CON	鋼	CON	鋼	
透気係数 (m <sup>2</sup> )	-	-	0.00	0.00	-	-	-	-	0.01
透気量 (MPa/分)	0.002	0.002	-	-	0.002	0.002	0.000	0.000	0.003

状況、表-4に透気試験結果を示す。表より、いずれの舗装体も透気係数、透気量は十分に小さく、遮水性の高い舗装であることが確認された。

3.4.2 促進载荷試験

表層舗設後に、写真-10に示す荷重車を用いた繰返し促進载荷による、実際の供用を模擬した舗装の耐久性試験を行った。測定項目は、横断方向の鉛直変位を測定して得られるわだち掘れ量と、目視によるひび割れ率とし、所定の走行輪数ごとに測定を行った。なお、走行輪数は輪荷重49kN換算輪数としている。鉛直変位の測定は写真-11に示すマルチロードプロファイラを用いて行った。

図-7にコンクリート床版工区における走行輪数とわだち掘れ量の関係、図-8に鋼床版工区に



写真-10 荷重車による促進载荷状況

写真-11 わだち掘れ量測定状況

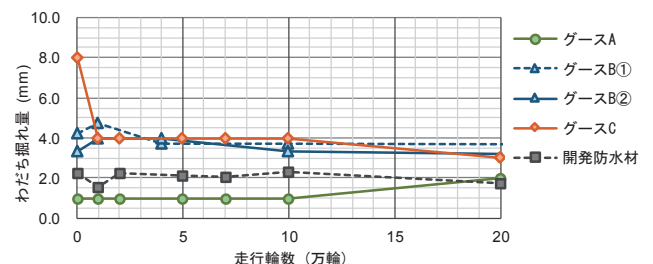


図-7 走行輪数とわだち掘れ量の関係 (CON床版工区)

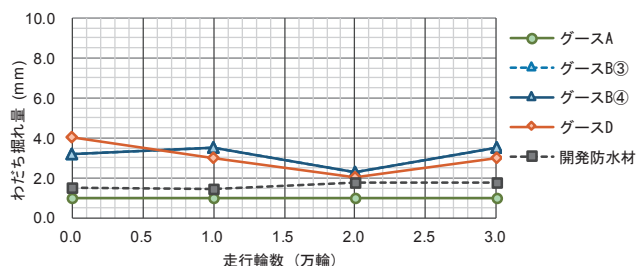


図-8 走行輪数とわだち掘れ量の関係 (鋼床版工区)

る走行輪数とわだち掘れ量の関係を示す。図より、施工直後から走行輪数20万輪までのわだち掘れ量の変化量は、全ての工区に於いて概ね2mm以下程度であり、アスファルト混合物の流動はほとんど発生していなかった。また、ひび割れ率についても、全ての工区において0%という結果だった。

#### 4. おわりに

開発した橋面舗装材料を用いた試験施工により、下記の結果が得られた。

##### (1) 施工性について

- ・従来のグースと同じ施工機械にて開発グースの施工を行い、良好な施工性と仕上がりが確認された。
- ・開発グースをコンクリート床版に適用する場合には、ブリスタリングの発生を抑制するため、床版の含水比を確認する必要がある。
- ・開発防水材は、一般的な塗膜系防水材と同等の施工性が確認された。

##### (2) 材料の性状について

- ・室内試験の結果、各材料の性状は、一般的なグースや床版防水層の目標値を概ね満足する結果が得られた。
- ・開発グースの耐流動性については、一部の混合物を除き、従来グースの目標値に対して2倍以上のDSが得られ、耐流動性の向上が確認された。
- ・舗設された開発グースの遮水性を現場にて直接測定した結果、高い遮水性が確認された。

##### (3) 耐久性について

- ・実際の供用を模擬した荷重車による促進載荷試験にて、輪荷重49kNに換算するとコンクリート床版工区20万輪、鋼床版工区3万輪まで載荷を行った。その結果、全ての工区にて、わだち掘れの変化は2mm以下程度であり、ひび割れは発生しなかった。促進載荷試験はさらに継続していく予定であるが、上記の走行輪数までは、良好な耐久性が確認された。

以上の結果より、今回開発した各橋面舗装材料は、はじめに述べた従来の橋面舗装材料の問題点である耐流動性やグースの臭気、コンクリート床版への適用に関して、優れた性能が期待できる。

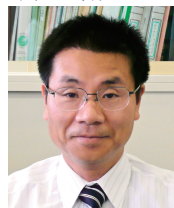
各材料の一部の性状については、目標値を下回るものもあったが、バインダ成分の配合や施工時の混合時間や温度等を変えることにより改善できるものと考えている。

今後は、流動が予想される夏期も含めた促進載荷試験を継続し、長期耐久性の評価を行うとともに、実用化に向けた材料の改良を進めていく予定である。

#### 参考文献

- 1) 菊池玲児、中村好和、野地実：鋼床版用流動化アスファルト混合物の新規開発に関する一検討、第31回日本道道路会議、2015.10
- 2) 立花徳啓、徳光克也、梶谷明宏、寺田剛、川上篤史、藪雅行：未利用アスファルト材料を用いたグースアスファルト混合物の開発、第32回日本道道路会議、2017.11
- 3) 平川一成、湯川誠二郎、寺田剛、川上篤史：天然アスファルト「AsButon」を用いたグースアスファルト混合物の施工性、土木学会第73回年次学術講演会論文集、2018.8
- 4) 高橋昌史、平戸利明、村山雅人、寺田剛、川上篤史：植物性樹脂を用いたグースアスファルト代替工法の開発、土木学会第73回年次学術講演会論文集、2018.8
- 5) 日本道路協会：舗装施工便覧、丸善、2006
- 6) 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、丸善、2007

寺田 剛



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 総括主任研究員  
Masaru TERADA

渡邊真一



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 交流研究員  
Shinichi WATANABE

藪 雅行



土木研究所道路技術研究グループ舗装チーム 上席研究員  
Masayuki YABU