

これからの道路橋保全に向けたグースアスファルト混合物の開発

日本道路(株)	技術研究所	○朴	希眞
同		児玉	健
同		荒尾	慶文

1. はじめに

我が国は、戦後の高成長期より着実にインフラ整備が実施され、社会資本を保有し経済発展の礎となった。一方、膨大な社会資本の維持は重要な問題であり、その中でも全国にある橋梁約 72 万橋で、今後、供用 50 年を経過する橋梁の割合は、2029 年時点で 52%¹⁾ になると予想される。道路管理者は、大量の老朽化する橋梁を効率的に管理して行くことが喫緊の課題となる。

道路橋の床版破損は、橋面舗装の損傷による雨水、融雪剤などの侵入による劣化が大きな原因である。この対策として橋梁床版上の基層へ求められる機能は、①雨水等から床版を保護する防水性、②床版たわみへの追従性、③大型車交通量の多い箇所、渋滞等で車両が静止・徐行を繰り返す場合など過酷な条件での耐流動性が求められる。

床版の種類は、大きく鋼床版とコンクリート床版（以下、Co床版）の2つに分類され、床版保護を目的にそれぞれ異なる防水層が施されている。鋼床版では、基層用舗装として一般にグースアスファルト混合物（以下、従来グース）が用いられている。従来グースのバインダは、ストレートアスファルト 20-40 にトリニダッドレイクアスファルト（以下、TLA）を添加した硬質アスファルトを用いており、流し込みタイプの混合物である。この従来グースは、①TLA が海外からの輸入品であり、供給が不安定である。②TLA 独特の臭気が環境負荷につながる。③大型車交通量が多い過酷な条件でわだち掘れが発生しやすいなどの課題が挙げられる。一方、Co床版では、数 mm の防水層が施された後にアスファルト舗装の基層、表層が構築される。Co床版には塗膜系防水層やシート系防水層が施されているが、①養生時間等を含めて施工効率が低い。②床版との接着不良に起因する損傷などの課題がある。

以上の鋼床版、Co 床版それぞれの課題に対応可能な、グース混合物（以下、開発グース）を開発した。本研究では、開発グースは専用の新たなポリマー改質アスファルト（以下、グース専用バインダ）を使用し、鋼床版および Co 床版に適用可能な舗装系防水層として適用するものである。開発グースの性状および適用性の検討結果を以下に報告する。

2. 開発グースの目標性能

鋼床版および Co 床版の課題を解決するため、開発グースの目標性能を以下のように設定した。目標性能値を表-1 に示す。

1) バインダは国内で製造し、安定供給できるものとする。

表-1 開発グースの目標性状

評価項目	評価方法	評価指標	目標値	従来グースの 一般性値または基準値
混合物温度	—	温 度 (°C)	190~220	220~240
施工性	リュエル流動性試験	リュエル流動性 (秒)	3~20	3~20 ²⁾
耐流動性	WT試験	動的安定度 (回/mm)	1,000以上	300 (標準走行) ³⁾
高温時の安定性	貫入試験	貫入量 (mm)	1~6	1~6 ²⁾
たわみ追従性	曲げ試験	曲げ試験, 破断ひずみ ($\times 10^{-3}$)	8.0以上	8.0以上 ³⁾
臭気	臭気計測器	カウント値	300以下	500~600程度

2) Co 床版に適用するため、施工時の水蒸気の発生を極力抑える必要があることおよび、施工時間（混合物クッキング時間）を短縮するために従来グースに比べて低い温度領域で施工可能なこと

3) 長期供用性を確保するため、従来グースに比べて耐流動性が高いこと

4) 雨水等から床版を保護するため、従来グースと同等以上の防水性能を有すること

5) 作業環境や周辺環境への負荷を低減するため、臭気や白煙の発生を抑制すること

3. グース専用バイндаの概要

開発したグース専用バイндаは、特殊な改質剤を添加したバイндаである。バイнда性状を、表-2に、温度-粘度特性を図-1に示す。グース専用バイндаは、通常のポリマー改質アスファルトと同じ方法で製造が可能であり、アスファルトタンクに貯蔵または、アスファルトローリー直結で供給できることから、特別な作業や設備を必要としない。また、TLAを入れないため、製造・施工時の臭気・煙を大幅に低減することができる。施工においては、従来のグースと同様の施工が可能であり、クッカ車排出温度を従来の220℃～240℃に比べて、190℃～220℃の低い温度領域に有る。バイндаの絶対粘度は従来型の硬質アスファルトに比べ高い。

表-2 グース専用バイндаの性状

項目	グース専用バイнда	品質規格	備考
針入度 (25℃)	1/10mm	7	20～40
軟化点	℃	112.0	80.0以上
引火点	℃	328	260以上
蒸発質量変化率	%	-0.04	0.5以下
トルエン可溶分	%	99.98	86～91
伸度 (25℃)	cm	19	10.0以上
密度 (15℃)	g/cm ³	1.032	1.07～1.13
粘度 (180℃)	mPa・s	400.0	—

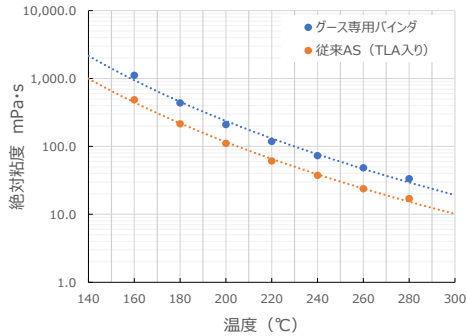


図-1 グース専用バイндаの粘性

4. 開発グースの室内検討

4.1 室内検討概要

開発グースの性状を確認するために、表-3と図-2に示す配合・粒度を用いて、室内検討をする。

温度条件はクッカから排出する温度（施工温度）を通常温度の220℃と低減した190℃で設定し、混合物性状を確認する。評価項目および評価方法を表-4に示す。開発グースの目標値を以下に述べる。

①施工時の流動性と高温時の安定性として、リュエル流動性・貫入量を、舗装施工便覧²⁾ 参考に従来グースと同様とする。②耐流動性については、従来グースの動的安定度300回/mmの3倍以上とする。③曲げ破断ひずみは、本州四国連絡高速道路(株)³⁾を参考にする。

4.2 室内評価結果

室内評価結果を表-5に示す。リュエル流動性試験を行った結果、220℃では17.0秒であったが、190℃では20.0秒以上となったため、

190℃の場合は流動性を促進する特殊添加剤を使用した追加試験を行った。その結果、リュエル流動性が20.2秒となり目標値を概ね満足し、開発グースのクッカ車排出温度を低減する場合は、添加剤を使用し流動性を調整する必要がある。耐流動性の評価において、動的安定度は両温度とも目標値を満足した。また、190℃の場合は添加剤を投入することで、耐流動性が約2倍程度向上する効果が見られた。たわみ追従性は、両方の温度で目標値を大きく上回った。以上のことから、開発グースは、両方の温度領域に対応させることが可能であるため、鋼床版およびCo床版に適用できると考えられる。ただし、Co床版適用で温度低減をする場合は、施工時の流動性を確保するため、添加剤の使用が望まれる。

表-3 開発グース混合物の配合割合

粗骨材		細骨材		石粉	計	アスファルト量
6号	7号	砕砂	細砂			
25.0	25.5	10.0	11.5	28.0	100.0	9.1

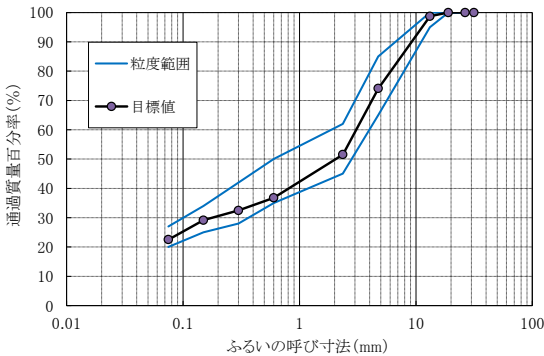


図-2 開発グース混合物の合成粒度

表-4 室内評価項目

評価項目	評価方法	評価値	目標値
施工時の流動性	リュエル流動性試験	リュエル流動性	3～20秒 ²⁾
耐流動性	WT試験	動的安定度	1,000回/mm以上
高温時の安定性	貫入試験	貫入量	1～6mm ²⁾
たわみ追従性	曲げ試験	曲げ試験、破断ひずみ	8×10 ⁻³ 以上 ³⁾

表－5 室内試験結果の一覧

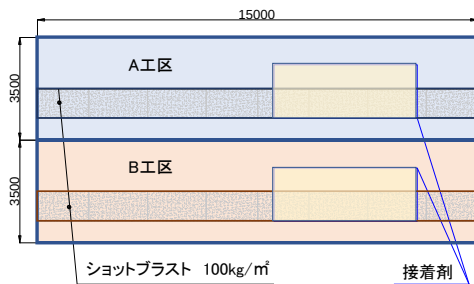
アスファルト 種類	目標温度 (℃)	As (%)	添加剤 (%)	バグミル 練り落とし時	目標温度到達後 クッキング時間 (h)	添加剤投入後 クッキング時間 (h)	リュエル流動性試験		WT試験 DS (回/mm)	貫入量 (mm)	曲げ試験	
				温度 (℃)			試験温度 (℃)	リュエル (s)			曲げ強度 (MPa)	曲げ試験,破断ひずみ
グース専用 バインダ	220	9.1	—	168	1.0	—	218	17.0	1125	1.02	10.21	1.20E-02
	190	9.1	5.0	169	1.0	0.5	192	20.2	1969	0.95	11.08	1.27E-02

5. 試験施工

試験施工では、開発グースの Co 床版への適用性を評価する。

5.1 試験施工の概要

開発グースの設定温度の違いによる混合物の性状および施工性の検討を行う。また、素地調整の有無、接着剤の違いによる付着強度の評価を行う。図－3 と表－6 に試験施工の概要を示す。



図－3 工区概念図

表－6 試験施工の工区一覧

工区	配合	設定温度	ショットプラスト	接着剤
A	TYPE①	220℃	なし	無
			あり 投射密度100kg/m ² 程度	有(エポキシ系)
B	TYPE②	190℃	なし	無
			あり 投射密度100kg/m ² 程度	有(エポキシ系)

表－7 製造条件

工区	区分	アスファルトプラント 出荷温度	目標 クッキング時間	クッカ車 目標排出温度	製造量	備考
A	TYPE①	170℃～180℃	1時間	220℃	5t	—
B	TYPE②			190℃	5t	特殊添加剤有

5.2 混合物性状の条件

開発グースの製造条件を表－7 に示す。開発グースの練り落とし温度は 170～180℃とし、クッカ車排出目標設定は、TYPE① 220℃、TYPE② 190℃と設定する。TYPE②については、クッキング中に特殊添加剤を投入し製造する。クッキング時間は 1 時間程度を目標とする。

5.3 評価項目

開発グースの性状評価項目を表－8 に示す。評価は施工時作製した供試体を用いて、混合物の基本性状を評価し、施工後の切り取りコアを用いて防水性および付着性を評価する。

表－8 評価項目

評価項目	評価方法	評価指標	目標値	備考
耐流動性	WT試験	動的安定度	900回/mm以上	標準走行
たわみ追従性	曲げ試験	曲げ試験,破断ひずみ	8×10 ⁻³ 以上 ³⁾	-10℃下で試験
施工時の耐流動性	リュエル流動性試験	リュエル流動性	3～20秒 ²⁾	—
高温時の安定性	貫入試験	貫入量	1～7mm	—
臭気性	臭気試験器	臭気カウント		—
付着性	直接引張試験	引張接着強度	1.0MPa以上	23℃下で試験
透気・防水性	透気試験	透気係数	0.0×10 ⁻¹⁶ /m ²	—
	加圧透水試験	透水系数	0.0cm/秒 透水しないこと	K ₁₅

5.4 試験施工の結果

施工性時の Co 床版の水分量は 0.86%の条件下で、施工時のブリスタリングはほとんど見られず、良好であった。試験施工の結果を表－9 に示し、以下のようにまとめる。また、施工の流れを写真－1～3 に示す。

①環境負荷につながる臭気は、従来グースの臭気カウント 500～600 値に対して、両工区とも 1/3 以下となった。

②耐流動性の評価を実施した結果、両配合の動的安定度は目標値を満足し、高耐流動性を有することが確認できた。

表-9 試験結果

工区	配合	添加剤	設定温度	室内試験—供試体			切り取りコアおよび現場への測定結果						
				耐流動性	たわみ 追従性	施工性	ショット ブラスト	接着剤	付着性	防水性	臭気性	透気性	施工性
				動的安定度 (回/mm)	曲げ試験、破断ひずみ	貫入量(mm)			引張接着強度 (MPa)	透水係数 (cm/s)	臭気 (カウント)	透気係数 ($\times 10^{-16}/m^2$)	リュエル 流動性(秒)
A	TYPE①	無	220℃	1086	1.07×10^{-2}	1.2	無	無	2.07	0.0 (不透水)	185	0.0	26.8
								有	1.41				
							有	無	1.79				
								有	1.88				
B	TYPE②	有	190℃	1100	1.07×10^{-2}	1.7	無	無	0.82	0.0 (不透水)	183	0.0	22.50
								有	1.48				
							有	無	1.34				
								有	1.30				

③たわみ追従性では、曲げ試験による破断ひずみが目標値を上回り、良好と判断する。

④床版防水層として要求される防水性を評価するため、施工後に現場透気試験および切り取りコアを用いて加圧透水試験を実施した。その結果、両配合とも透気と透水がなく、防水層として適切な防水性を有していることが確認できた。

⑤橋梁の延命化につながる開発グースと床版との付着性は、全体的に引張接着強度の目標値を満足した。ショットブラストによる素地調整を行い、接着剤を使用する方がより付着性が高いことが確認できた。

⑥施工性を評価するため、リュエル流動性試験を行った結果、目標値を満足出来なかったが、施工性低下または施工不良につながるポイントは確認できなかった。この結果は、グース専用バインダがTLA入りアスファルトより粘度が高いため、流動性が若干低下したと考えられるため、新たなグース専用バインダを用いた開発グースの施工性を適切に評価できる新たな評価方法を見出す必要がある。



写真-1 敷均し前



写真-2 敷均し



写真-3 仕上がり

6. まとめ

室内試験および試験施工の結果をまとめると以下のことがいえる。

- ① バインダは国内で製造し、安定供給ができる。
- ② クッカから排出する温度 220℃と 190℃に関わらず、開発グースの性状は同程度であり、長期供用性を確保するため、従来グースに比べて高い耐流動性を有することが確認できた。
- ③ 従来グースに比べて低い温度領域に対応させることができ、施工時間短縮および施工時の水蒸気の発生を極力抑え、Co床版の適用は良好とあることが確認できた。また、鋼床版への適用性も良好と考えられるが、今後試験施工を行い確認する予定である。
- ③ 雨水等から床版を保護するための開発グースの防水性は、不透気・不透水の結果およびCo床版との高い付着性を示したので、従来グースと同等以上の防水性能を有することが確認できた。
- ④ 開発グースは、従来グースと比べ臭気や白煙の発生を抑制され、作業環境や周辺環境への負荷が低減できた。

【参考文献】

- 1) 国土交通白書令和2年版老朽化インフラの増加
- 2) 社団法人 日本道路協会：舗装施工便覧、平成18年2月
- 3) 本州四国連絡橋公団：本州四国連絡橋 橋面舗装基準（案）、昭和58年4月
- 4) 首都高速道路株式会社：舗装設計施工要領、2019年6月版
- 5) 社団法人 日本道路協会：道路舗装設計施工指針（平成18年版）、平成18年2月
- 6) 社団法人 日本道路協会：道路橋床版防水便覧、平成19年3月