



# プラントミックスタイプのコンクリート床版用ゲースアスファルト混合物の開発

大林道路(株) 技術研究所	上地	俊孝
// //	東本	崇
// //	滝井	陵太
// 本店技術部	下館	鎮
(国研) 土木研究所 舗装チーム	川上	篤史

## 1 はじめに

コンクリート床版用改質ゲースアスファルト混合物がさまざまな機関で開発されている。しかし、既報の技術はいずれも専用改質アスファルトを使用したプレミックスタイプの技術であり、プラントミックスタイプの技術は見受けられない。

舗装工事ではさまざまな理由により急な工程変更が余儀なくされるが、プレミックスタイプの場合、ローリー車の確保を含めた日程の再設定が難しいのに対し、プラントミックスであれば添加材以外の材料はプラントに常備されているため工事からの要求に応えやすい。

また、改質ゲースアスファルト混合物の性状はクッキング環境の影響を受けやすく、場合によっては室内クッカ製造品(配合設計)から実機製造品(試験練り)で動的安定度が低下する。このような事例に対し、プラントミックスであれば添加材の追加による品質の調整が可能であり、合材工場レベルでより幅広く実機製造品の品質を担保できるメリットがある。

本報では、大林道路(株)と(国研)土木研究所との「防水性を高めたコンクリート床版用橋面舗装の実用化に関する共同研究」において、水密性が高くかつ耐久性に優れたコンクリート床版用ゲース

アスファルト混合物(以下、RC床版用ゲース)をプラントミックスタイプで開発した結果を報告する。具体的には、筆者らがこれまで鋼床版用に検討してきたプラントミックスタイプの改質ゲースアスファルト混合物(以下、従来改質ゲース)<sup>2)</sup>をコンクリート床版に適用可能とするため、一般的にはトレードオフの関係となる“施工温度の低減”と“耐流動性の改善”の両方に取り組み、RC床版用ゲースの基本配合を見い出した<sup>3)</sup>。

さらに、開発したRC床版用ゲースのバインダ性状や防水性能を確認するとともに、試験施工により施工性や供用性を確認した。

## 2 開発コンセプト

バインダは、特殊な改質アスファルトを使用せず、ポリマー改質アスファルトⅡ型をベースアスファルトとして、プラントミックス材(以下、ポリマー)で改質することとした。これにより、プレミックアスファルトを使用する場合に比べ下記のメリットが期待できる。

- 特殊な改質アスファルトを使用することによるデリバリー範囲の制約を受けない。

- 合材工場が工事工程の変更に対応しやすくなる。
- 合材工場レベルで品質の調整が可能となり性状を担保しやすい。

RC床版用グースの目標性状は、コンクリート床版に施工可能なグースアスファルト混合物として実績のあるNEXCOのBLG (Bridge Levelling Guss asphalt) と同等とした。目標性状を表-1に示す。

表-1 混合物の目標性状

性能指標	試験名	試験方法	目標値
施工性	リュエル流動性試験	舗装調査・試験法便覧 C002	3～20秒 (混合物温度180℃)
塑性変形抵抗性	ホイールトラックキング試験	舗装調査・試験法便覧 B003	1,000回/mm以上

### 3 プラントミックス材

混合物の開発にあたり、従来改質グースで使用しているポリマーに加えて、新たに3種類のポリマー A～Cについても適用性を比較評価した。なお、今回新たに選定したポリマーはクッキング時の貯蔵安定性の観点から、従来のポリマーに比べて耐熱性に優れたものを選定した。

### 4 材料および骨材配合割合

骨材配合割合を表-2に、合成粒度を図-1に示す。骨材配合割合は、過去に従来改質グースと

表-2 骨材配合割合

骨材配合割合 (%)					合計
6号碎石	7号碎石	砕砂	細目砂	石粉	
23.0	29.5	7.5	12.0	28.0	100.0

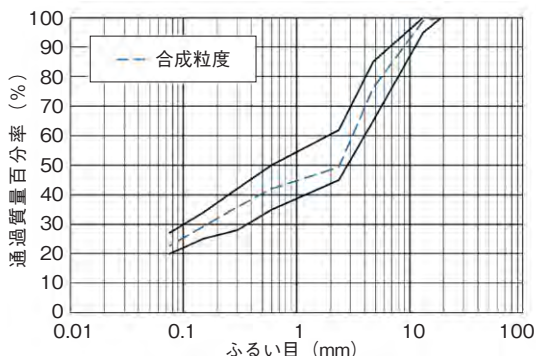


図-1 合成粒度曲線図

して出荷実績のある材料および骨材配合割合を採用した。

## 5 基本配合の検討

### 5-1 基本配合の検討手順

従来改質グースの目標性状は、220℃のリュエル流動性が15秒、動的安定度が600回/mm程度である。今回設定した目標性状を満足するためには、従来改質グースのリュエル流動性を向上(施工温度を低減)し、動的安定度も併せて向上する必要がある。そこで、下記①～④の手順で検討を進めた。なお、検討手順①、②ではより広範囲の高温流動性を一律に比較評価できるよう、“リュエル流動性が15秒となる温度(施工温度)”を評価指標として用いた。

#### (1) 室内レベルでの配合検討

- ① 従来改質グースから総バインダ量\*1)およびポリマー量\*2)を変更し、リュエル流動性とDSの関係が向上する方法を見出し、仮配合を決定した。

\*1) 総バインダ量 (%) = (アスファルト + ポリマー) 質量 / 混合物質量 × 100

\*2) ポリマー量 (%) = ポリマー質量 / 総バインダ質量 × 100

- ② 仮配合でプラントミックス材であるポリマーの種類(ポリマー A～C)を検討し、従来ポリマーよりリュエル流動性とDSの関係が良好なポリマーを選定した。

- ③ 決定したポリマーでアスファルト量およびポリマー量を再検討し、2配合を室内決定配合とした。

#### (2) 実機レベルでの配合検討

- ④ 室内決定配合2配合で試験練りを実施し、混合物性状を確認し標準配合を決定した。

### 5-2 室内レベルでの配合検討

#### (1) 仮配合の検討結果

仮配合の検討結果を図-2に示す。従来改質グース(総バインダ量8.3%、ポリマー量5.0%)から総バインダ量とポリマー量を共に増やすことで、リュエル流動性とDSの関係が良好になり

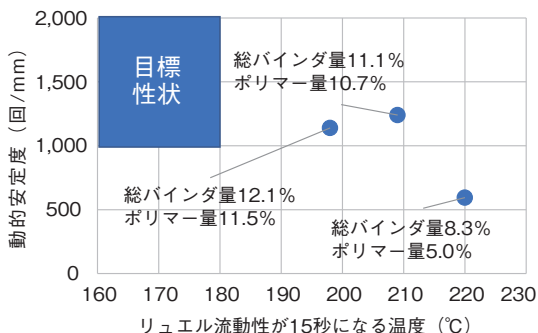


図-2 仮配合の検討結果

目標性状に近づくことを見出した。そこで、次の検討手順「プラントミックス材の選定」で使用する仮配合を総バインダ量12.1%、ポリマー量11.1%とした。

### (2) プラントミックス材の選定結果

プラントミックス材の選定結果を図-3に示す。従来ポリマーからポリマーAに変更することでリュエル流動性と動的安定度の関係が良好になり、目標性状に近づいた。一方でポリマーB、Cは従来ポリマーよりも性状が低下した。

以上の結果より、以降の検討ではプラントミックス材にポリマーAを採用した。

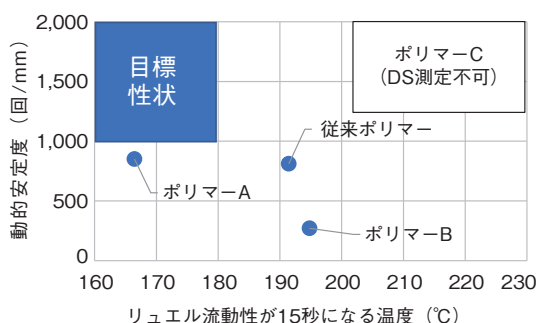


図-3 プラントミックス材の選定結果

### (3) 室内決定配合と混合物性状

ポリマーAを使用して総バインダ量と特殊添加材量を追加検討し、目標性状最低限の配合(以下、配合①:総バインダ量11.5%、ポリマー量14.0%)と、目標性状を上回る配合(以下、配合②:総バインダ量12.0%、ポリマー量16.0%)を見出し、室内決定配合とした。室内決定配合の混合物性状を表-3に示す。配合①、②ともに設定した目標性状を満足していた。

表-3 室内決定配合の混合物性状

配合	総バインダ量 (%)	ポリマー量対バインダ比内割 (%)	リュエル流動性		動的安定度 (回/mm)
			(°C)	(秒)	
配合①	11.5	14.0	180	16.2	1230
配合②	12.0	16.0	180	9.1	1640

## 5-3 実機レベルでの配合検討

### (1) 試験練り概要

実機製造品の混合物性状からRC床版用グースの基本配合を決定するため、配合①、②で試験練りを実施した。また併せて長時間クッキング時の混合物性状への影響も評価した。試験練り概要を表-4に示す。本検討では、高温時のリュエル流動性のデータを得るためにクッキング温度は190°Cとした。

表-4 試験練り概要

配合名	クッキング温度	積載量	検討項目
配合①	190°C	6t	クッキング0.5、1.0、3.0、5.0時間の混合物性状
配合②			

### (2) 配合検討結果

試験練り混合物の性状試験結果を表-5に示す。

リュエル流動性は配合①、②ともに目標性状を満足していた。室内検討と試験練りで比較すると、配合①は向上し、配合②は若干低下しており、室内から実機への性状の変化に傾向は見い出せなかった。

動的安定度は配合①では目標性状を満足できなかったが、一方で配合②では目標性状を満足していた。室内検討と試験練りで比較すると配合①、②ともに室内検討と比べて動的安定度が30%程度低下していた。

鋼床版のグースアスファルト混合物の曲げ特性の指標である-10°Cの曲げ破断ひずみは、配合①、②ともに当該基準である「 $8 \times 10^{-3}$ 以上」を満足し

表-5 試験練り混合物の性状試験結果

水準	クッキング時間 (h)	リュエル流動性		動的安定度 (回/mm)	曲げ破断ひずみ ( $\times 10^3$ )	
		温度 (°C)	流動性 (秒)			
配合①	試験練り	3	180	9.0	881	9.7
	室内配合	2	180	16.3	1,230	-
配合②	試験練り	3	180	11.4	1,110	11.2
	室内配合	2	180	9.1	1,640	13.9
目標値	-	180	3~20	1,000以上	-	

ており、橋面舗装としての十分なたわみ追従性を有していると考えられる。

以上の結果から、RC床版用グースの基本配合は実機製造品ですべての目標性状を満足する配合②とした。ただし、製造方法の違い(室内と実機)による影響で動的安定度が30%程度低下する傾向が確認されたため、配合設計時にはより高い目標値の設定が必要となる可能性がある。本混合物の室内製造から実機製造による性状の低下については、今後も検証を続ける必要がある。

### (3) 長時間クッキング時の影響評価

配合②のクッキング時間ごとのリュエル流動性を図-4に示す。リュエル流動性は、クッキング時間0.5hを除いてクッキング時間1.0~5.0hで同程度の試験結果となっており、長時間クッキングにおいても高温時の流動性は安定していた。クッキング時間0.5hについては、クッキング時間不足の可能性が考えられるが、今回の結果からは判断できなかった。

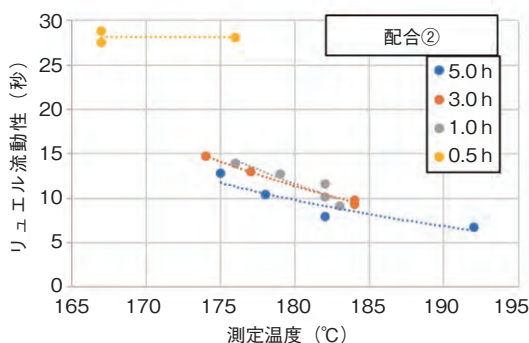


図-4 クッキング時間ごとのリュエル流動性

表-6 開発品のバイнда性状

試験項目	試験方法	開発品 (RC床版用グース) プレミックスバイнда	BLG用改質アスファルト 基準値	
針入度 (25°C)	1/10mm	JIS K 2207	18	20 ~ 40
針入度 (60°C)	1/10mm	JIS K 2207	79	100 ~ 200
軟化点	°C	JIS K 2207	110	80 以上
伸度 (15°C)	cm	JIS K 2207	測定不能 <sup>*1)</sup>	30 以上
引火点	°C	JIS K 2265	344	260 以上
薄膜加熱質量変化率	%	JIS K 2207	0.04	0.6 以下
薄膜加熱針入度残留率	%	JIS K 2207	72.2	65 以上
密度 (15°C)	g/cm <sup>3</sup>	JIS K 2207	1.025	報告
曲げ仕事量 (-5°C)	× 10 <sup>3</sup> MPa	試験便覧 A063T	1.424	750 以上
曲げスティフネス (-5°C)	MPa	試験便覧 A063T	11	80 以下
G*/sin δ <sup>注1)</sup>	Pa	試験便覧 A062	17.436	5,000 以上

注1) 試験の各種条件は次のとおり 試験温度: 60°C、平行円盤直径: 25mm、試料厚さ: 2mm、周波数: 1.2rad/s、ひずみ量: 1%

\*1) バイндаの凝集力が強く、試験途中で治具から試料が剥脱するため伸度試験ができなかった。

配合②のクッキング時間と動的安定度の関係を図-5に示す。動的安定度は、クッキング時間0.5~5.0hで1,100回/mm程度で推移しており、終始安定していた。

以上の結果より、RC床版用グースはクッキング時間の経過に伴う性状の変化はほとんどなく、少なくともクッキング時間1.0hで目標性状を満足することが確認できた。なお、長時間クッキングに対する性状の安定性については耐熱性のポリマーを選定した効果が表れたものと考えている。

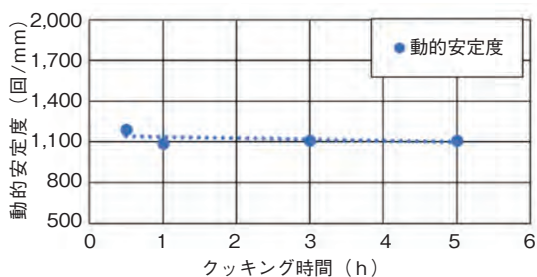


図-5 クッキング時間と動的安定度の関係

## 6 開発品のバイнда性状

RC床版用グースはプラントミックス材を使用した混合物である。そこで、上記で決定した基本配合(ポリマー量16%)であらかじめ混ぜたバイнда(プレミックスバイнда)を作製し、そのバイнда性状を確認し評価した。バイндаの試験項目は既の実績のあるBLG用改質アスファルトと同様とした。

試験結果を表-6に示す。参考にBLG用改質アスファルトの基準値を併記している。試験の結

果、ほぼすべての試験項目でBLG用改質アスファルトの基準値を満足していた。

一方、針入度(25℃、60℃)は共に基準値より小さく基準外であった。ただし、針入度(25℃、60℃)は、低温脆性や流動変形抵抗性の指標であり、より詳細に評価している曲げ仕事量・スティフネスや $G^*/\sin \delta$ については、基準値と比べて高い水準であった。このことから、RC床版用グースのバイнда性状に問題はなく、針入度(25℃、60℃)の基準値は、開発品のバイнда性状としてあてはまらないものと考えている。

また、伸度(15℃)はバイндаの改質程度が非常に高く、試験途中で治具から試料が剥脱してしまい評価が出来なかった。しかし、これについても曲げ仕事量が十分に高い水準であったことからバイнда性状として問題はないと考えている。

## 7 開発品の防水性

田中らのBLGの防水性の評価方法<sup>1)</sup>を参考にし、開発したRC床版用グースの防水性を確認した。なお、コンクリート版との接着層となるプライマーには専用の市販品を使用した。

表-7 開発品の防水性

試験項目		開発品 (RC床版用グース)	目標値 <sup>*1)</sup>	可否
基本負荷試験				
引張接着強度 (23℃)	N/mm <sup>2</sup>	1.20	0.6 以上	○
せん断接着強度 (23℃)	N/mm <sup>2</sup>	0.45	0.15 以上	○
防水性試験Ⅱ		漏水なし	漏水しないこと	○
温冷繰り返し (-10 ~ 50℃) および輪荷重負荷後の試験				
引張接着強度	(-10℃) N/mm <sup>2</sup>	1.92	1.2 以上	○
	(23℃) N/mm <sup>2</sup>	1.34	0.6 以上	○
	(50℃) N/mm <sup>2</sup>	0.56	0.07 以上	○
せん断接着強度	(-10℃) N/mm <sup>2</sup>	1.39	0.8 以上	○
	(23℃) N/mm <sup>2</sup>	0.36	0.15 以上	○
	(50℃) N/mm <sup>2</sup>	0.04	0.01 以上	○
ひび割れ開閉負荷 <sup>*2)</sup>		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 Ca(OH) <sub>2</sub>	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 <sub>2</sub>	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	○

※1) 目標値はグレードⅡの基準値に準拠

※2) ひび割れ開閉負荷試験は参考文献<sup>1)</sup>の試験方法による

防水性試験の結果を表-7に示す。試験の結果、すべての項目で目標値を満足しており、コンクリート床版に施工するグースアスファルト混合物として高い防水性を有していることを確認した。

## 8 試験施工による施工性と供用性の確認

### 8-1 試験施工概要

開発したRC床版用グースの施工性と供用性状を確認するため、土木研究所構内の舗装走行実験場の一部区間に試験施工を実施した。

試験施工の横断断面を図-6に示す。

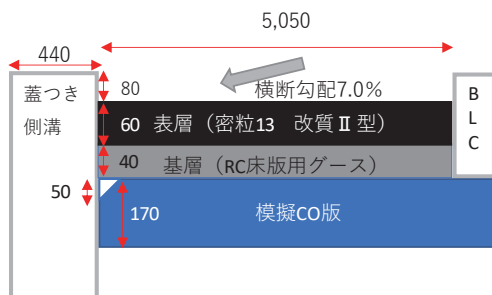


図-6 横断断面

施工断面は、模擬コンクリート床版表面をスチールショットブラストで研掃処理し、プライマー、RC床版用グース、密粒(13)改質Ⅱ型を施工する構造である。また、縦断勾配はほとんどなく、横断勾配は7%程度であった。

### 8-2 施工性の確認

試験施工状況を写真-1に示す。RC床版用グースは通常のグースアスファルト混合物やBLGと比較しても極端にバイнда量の多い混合物である。このため、リユエル流動性を管理しても勾配の水下側に混合物が想定以上にダレたり、材料分離が発生することが懸念されたが、そのような状況はみられず、通常のグースアスファルト混合物と同様の施工性であることを確認した。

また試験施工当日、模擬コンクリート床版の水分量が電気抵抗式水分計で150カウント程度、施工時の混合物温度が180～190℃であったが施工中に特段問題となるようなプリスタリングは発生せず、コンクリート床版への施工性も良好であったといえる。



写真－1 試験施工状況

### 8-3 供用性の確認

施工工区内の4か所で荷重車(軸重127kN)の走行輪数ごとにおける横断形状を測定し、わだち掘れ量で評価をしている。現在、49kN換算輪数20万輪走行後(一夏経過後)のわだち掘れ量は4～6mm程度であり、大きな変形もなく供用性は良好である。

## 9 まとめ

開発したRC床版用グースは、既存技術にはないプラントミックスタイプでありながら、コンクリート床版に施工するための混合物性状や防水性、施工性、供用性を有していた。通常、プラントミックスタイプには添加材の投入手間が増えるなどのデメリットがあるが、グースアスファルト混合物では既述のようなメリットもあり、プレミックスおよびプラントミックス両方の技術を確立させることで適用工事に合わせた使い分けが可能となる。今後も供用性や防水性を確認していくとともに、プラントミックスならではの適用性に関しても検討していく所存である。

#### 【参考文献】

- 1) 田中敏弘、鎌田修、丸山陽、床版防水性能を有する橋面舗装の開発、土木学会論文集 E1 (舗装工学)、2016、72巻、3号、p. I\_69-I\_75
- 2) 菅野善次郎、下館鎮、今村教雄他、改質グースアスファルト混合物の性状と施工事例、舗装、2016-03、51(3)、14-18
- 3) 上地俊孝、滝井陵太、下館鎮 プラントミックスタイプのRC床版用改質グースアスファルト混合物の開発、土木学会第77回年次学術講演会 V08、2022