

# 石油代替バインダを用いた 加熱混合物の適用性検討

濱野 悠弥<sup>1</sup>・藤井 洋志<sup>2</sup>・遠藤 桂<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 正会員 日本道路株式会社 技術研究所（〒146-0095 東京都大田区多摩川二丁目 11-20）  
E-mail: yuuya.hamano@nipponroad.co.jp (Corresponding Author)

<sup>2</sup> 正会員 日本道路株式会社 技術研究所（〒146-0095 東京都大田区多摩川二丁目 11-20）

筆者らは、「カーボンニュートラル」および「脱炭素」の観点から、環境に配慮したバインダに着目した。そこで、現状で入手できる製品（以下、脱炭素バインダと称す）を用いて、石油アスファルト代替バインダとしての利用可能性について検討した。脱炭素バインダは、植物および天然由来の原料を使用したバインダであり、カーボンニュートラルであることに加えて、常温での保存が可能であるため、運搬時や保管時における加熱に必要な燃料分の CO<sub>2</sub> の削減も期待できる。ここでは、本バインダの加熱混合物としての適合性について検討をした結果を報告する。

**Key Words:** plant-natural origin, asphalt alternatives, environmental conservation, asphalt mixtures,

## 1. はじめに

舗装用石油アスファルト（以下、アスファルトと称す）は、原油を精製して石油製品を製造する際、常圧蒸留および減圧蒸留の工程を行った残渣から作られる。アスファルト自体は燃料ではないため、石油アスファルトの消費に伴って直接的に CO<sub>2</sub> を大気中に放出する訳ではないが、原油を原料としている以上、その消費を抑えていくことが、脱炭素に貢献するうえで重要な課題である。近年、脱炭素社会の構築を目指した活動が進められており、この先、原油の消費自体が抑制されていくことが予想され、必然的にアスファルトの製造量自体も少なくなっていく。このような状況下、交通網の構築および維持をしていくためには、相応の量の舗装用混合物の供給が必要であり、アスファルトに変わる地球環境に優しい代替材料を確保していくことが喫緊の課題だと言える。また、石油アスファルトは、常温で流動しないものがほとんどであり、運搬や保管、加熱アスファルト混合物製造時に、何らかの燃料を消費する。地球環境に寄与するには、この点についても注視することが重要である。

以上のような観点から、アスファルトに代わる天然・植物由来の代替バインダに着目し、現状で入手できる複数の製品の中から、常温のまま運搬・保管、そして、混合物製造が可能なものを選定した。

ここでは、脱炭素バインダを用い、舗装用加熱混合物のアスファルトの代替材料としての適用可能性について検討した。本論文では、その結果について報告する。

## 2. 目的

本研究の目的は、植物および天然由来バインダである脱炭素バインダについて、石油アスファルトの代替として加熱混合物への適用可能性を検証することである。

## 3. 脱炭素バインダの概要

本研究で使用した脱炭素バインダは、石油アスファルトを構成する<sup>1)</sup>「アスファルテン」に相当する成分（以下、アスファルテンと称す）を天然由来の原料から、「マルテン」に相当する成分（以下、マルテンと称す）をカシューナッツの殻などの植物由来の原料から製造している。写真-1, 2 に示すように常温状態において、アスファルテンは乾燥粉末状、マルテンは液体状態で存在しており、両者を加熱した骨材等と混合することによって両成分が混じり合い、バインダとしての性能を発揮する。そのため、2 つの成分の配合比率を変えることで、針入

度をはじめとする各種バインダ性状の調整が可能であり、その結果、骨材等を加えた加熱混合物の性能もある程度調整できる。前述したように、両者とも常温での保存が可能であるため、運搬時や保管時における加熱に必要な燃料分のCO<sub>2</sub>の削減が期待できる材料である。



写真-1 アスファルテン

写真-2 マルテン

#### 4. 検討概要

脱炭素バインダが、アスファルトの代替として加熱混合物へ適用可能であることを評価するために、室内試験を実施した。

##### (1) アスファルテンとマルテンの配合比率の検討

所要の性状を有する脱炭素バインダを得るために、脱炭素バインダを構成するアスファルテンとマルテンの適切な配合比率を検討した。具体的には、所定の配合比率における脱炭素バインダの針入度を舗装調査・試験法便覧<sup>2)</sup>に準拠して評価した。

##### (2) 混合物への適用性の検討

本検討では、循環型社会への貢献を念頭に、国内の合材製造数量の7割以上を占める再生加熱混合物を対象に検討することとした。ここでは、再生密粒度アスファルト混合物(13) (以下、再生密粒度アスコンと称す)において、新バインダにストレートアスファルト 80/100 (以下、ストアス 80/100 と称す)を用いた場合と、それを脱炭素バインダに置き換えた場合の混合物を用いて、混合物性状の比較を行った。再生密粒度アスコンの配合を表-1に示す。なお、針入度の調整は新バインダで実施し、再生用添加剤は使用しないものとする。

表-1 混合物の配合

		再生密粒度アスコン
配 合 率 (%)	6号砕石	19.0
	7号砕石	15.0
	粗砂	10.0
	細砂	4.0
	石砂	2.0
	再生骨材 13-0	50.0
	旧アスファルト量 (内割)	2.39
新アスファルト量 (内割)	3.11	

#### 5. 検討結果

##### (1) アスファルテンとマルテンの配合比率の決定

針入度試験結果を図-1に示す。図-1より、配合比率と針入度は高い相関があり、目標とする針入度に調整可能である。得られた結果より、針入度が90になる配合比率(以下、Pen90と称す)と針入度が60になる配合比率(以下、Pen60と称す)を採用し、針入度の異なる脱炭素バインダを使用した際の混合物への影響について検討することとした。決定した配合比率を表-2に示す。

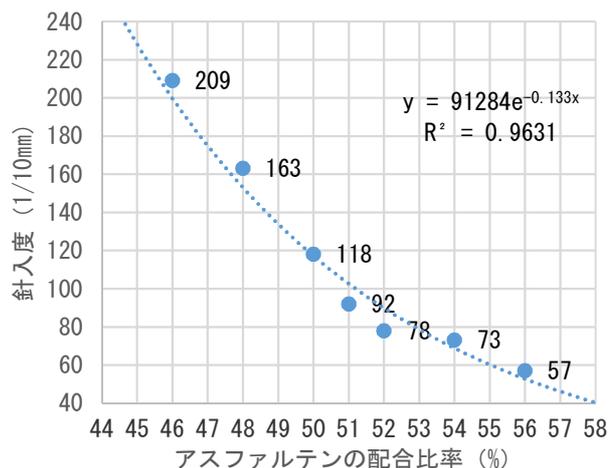


図-1 針入度試験結果

表-2 脱炭素バインダの配合比率

	アスファルテン	マルテン
	配合比率 (%)	
Pen90	51.5	48.5
Pen60	56.0	44.0

##### (2) 混合物への適用性

###### a) 配合設計

マーシャル安定度試験の結果を表-3に示す。

Pen90およびPen60を用いた混合物は、マーシャル安定度試験における混合物特性値の基準を満足する結果が得られた。この結果から、再生密粒度アスコンにおいて、新アスファルトを脱炭素バインダに置き換える場合、通常の配合設計手法を適用できる可能性を示すことができた。

表-3 マーシャル安定度試験結果

使用バインダ	Pen90	Pen60	基準値
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.362	2.361	-
空隙率(%)	3.8	3.9	3~6
飽和度(%)	76.7	76.5	70~85
安定度(kN)	8.7	10.7	4.9以上
フロー値(1/100cm)	29	31	20~40

## b) 塑性変形抵抗性

ホイールトラッキング試験結果を表-4に示す。

脱炭素バインダを用いた混合物の動的安定度はストアス 80/100 に比べて高い値を示し、塑性変形抵抗性に優れていることがわかった。また、Pen90 と、Pen60 を用いた混合物を比較すると、Pen90 よりも Pen60 の方が動的安定度が大きく、一般的なポリマー改質Ⅱ型を用いた密粒度アスファルト混合物と同等以上の塑性変形抵抗性を示した。

## c) はく離抵抗性

はく離抵抗性については、ハンバーグ・ホイールトラッキング試験<sup>3)</sup>により評価を行った。試験結果を表-4に示す。

脱炭素バインダを用いた混合物の SIP は、ストアス 80/100 を用いた場合より大きな値が得られ、はく離抵抗性に優れていることがわかった。また、Pen90 と、Pen60 を用いた混合物を比較すると、Pen90 よりも Pen60 の方が高い SIP を示した。

表-4 試験結果

使用バインダ	ストアス 80/100	Pen90	Pen60
動的安定度(回/mm)	1,969	3,938	9,000
SIP(回)	1,685	1,886	2,286

以上の結果から、脱炭素バインダは配合比率を調整することで、任意の針入度に調整可能である。混合物は、通常の配合設計手法の適用の可能性が示され、再生密粒度アスコンと同等以上の混合物性状を有することを確認した。特に耐流動性に優れる舗装用混合物としての品質を確保できることが示された。

## 6. 現場適用性の検討

### (1) 検討方法

#### a) 実機による製造性の確認

試験施工に先立ち、実際のアスファルト合材プラントにて、製造条件やプラント設備への影響を確認するため、試験練りを実施した。混合物の配合は、表-1 と同様として、ストアス 80/100 を Pen90 および Pen60 に置き換え、骨材は当該プラントにて通常使用している材料を用いた。また、脱炭素バインダを用いた混合物の製造条件を表-5に示す。

#### b) 施工性の確認

脱炭素バインダを用いた混合物の施工性を確認するため、試験施工を実施した。試験施工で評価する混合物は、表-1 に示した配合と同様の再生密粒度アスコンと、新バインダをストアス 80/100 から Pen90 および Pen60 に置

き換えた場合の3水準とした。なお、施工方法は一般的なアスファルト舗装の機械編成とした。

表-5 混合物の製造条件

材料	条件
練り落とし目標温度	160±10
骨材加熱目標温度	200°C
石粉温度	常温
アスファルテン	常温
マルテン	常温
ドライミキシング	30秒
ウェットミキシング	60~90秒

### c) 混合物性状の評価

プラントで製造した混合物による供試体および、施工完了後に採取した現場切取供試体を用いて混合物の性状を評価するための各種試験を実施した。また、舗装体としての路面機能を確認するため現場試験を行い、脱炭素バインダの適用性を評価した。評価方法を表-6に示す。

表-6 評価方法

評価項目	試験方法	備考
マーシャル特性	マーシャル安定度試験	-
塑性変形抵抗性	WT試験	-
はく離抵抗性	HWT試験	切取供試体
路面きめ深さ	CTメータ	-
すべり抵抗性	DFT	-

### (2) 現場適用性の検討結果

#### a) 実機による製造性

脱炭素バインダを用いた混合物の状態を写真-3に示す。一般的な再生密粒度アスコンと同様の製造条件であったが、バインダの被膜も良好であり、適切な混合物の製造が可能であった。また、本試験練りでは液体のマルテンを自動投入装置にて投入することで、プラントの既存設備を活用した製造が可能であった。今回、粉体のアスファルテンについては人力投入で対応したが、今後、軽微な設備改修により、混合物製造の省力化や製造効率の確保が期待できる。



写真-3 Pen90を用いた混合物の練り落とし時の状態

## b) 施工性

脱炭素バインダを用いた混合物は、通常の施工機械編成かつ汎用機械で問題なく施工することができた。また、人力作業についても特異性はなかった。作業員からは再生密粒度アスコンに比べて DT の荷台や AF のホッパ、そしてスコップ等の金属類へのモルタルなどの付着が少なく、ハンドリングが良いといった評価があった。

## c) 混合物性状と路面機能

各種混合物の試験結果を表-7 に示す。

マーシャル安定度はいずれの混合物も基準値を満足し、Pen90、Pen60 を用いた混合物は再生密粒度アスコンよりも高い値を示した。

また、動的安定度は、ストアス 80/100 を用いた場合が 1,050 (回/mm) に対して、脱炭素バインダを用いた場合は、いずれも 6,000 (回/mm) 以上と大きな値を示した。特に Pen60 は、改質 II 型混合物と同等以上の水準であり、室内試験の結果と同様の傾向を示すことを確認した。

なお、舗装体から採取した切取供試体で確認した SIP は、各種バインダを用いた混合物でほぼ同等の結果であった。

現場試験による脱炭素バインダを用いた混合物の路面のきめ深さおよび動的摩擦係数は、ストアス 80/100 を用いた混合物と同等の結果であった。施工後の仕上がり路面を写真-4 に示す。バインダの違いによるきめ深さへの影響は特に認められなかった。

表-7 各種試験結果

使用バインダ	ストアス 80/100	Pen90	Pen60
マーシャル安定度 (kN)	12.3	16.6	22.1
動的安定度 (回/mm)	1,050	6,300	10,500
SIP (回)	2,072	1,824	2,079
路面きめ深さ (mm)	0.41	0.39	0.43
動的摩擦係数 ( $\mu$ 60)	0.42	0.42	0.40



写真-4 仕上がり路面の状態

以上のことから、石油由来のストアス 80/100 を脱炭素バインダに代替しても、通常のアスファルト合材プラントの設備で混合物の製造および通常の施工方法での舗設が可能であった。また、混合物性状や舗装体としての路面機能はストアス 80/100 を使用した再生密粒度アスコンと同等以上の性能を示すことがわかった。

## 7. まとめ

石油アスファルトの代替材料として脱炭素バインダの加熱混合物への適用可能性を検討した結果、以下のことが明らかとなった。

- ①脱炭素バインダの原料であるアスファルテンとマルテンの配合比率を調整することで、脱炭素バインダの針入度を制御することが可能である。
- ②脱炭素バインダを使用した実機での混合物製造は、既存のプラント設備で対応可能である。
- ③脱炭素バインダを用いた混合物は、通常の施工方法で舗設が可能であることに加えて、スコップ等への付着が少なく良好なハンドリングである。
- ④脱炭素バインダを用いた混合物は、石油アスファルトを用いた混合物と同等以上の耐水性やはく離抵抗性を示し、塑性変形抵抗性は特に優れる性能を示した。
- ⑤舗装体としての路面機能は脱炭素バインダを用いた混合物とストアス 80/100 を用いた混合物は同等の性状を示した。

## 8. おわりに

本研究により、植物および天然由来脱バインダである脱炭素バインダは、石油アスファルトの代替として舗装用加熱混合物に適用可能であることがわかった。

さらに、同一の原料の配合比率を調整するだけで、ストレートアスファルトやポリマー改質アスファルトに対応するバインダを得られる可能性が示され、改質剤に関する CO<sub>2</sub>排出量の削減に寄与することも考えられる。加えて、複数種のバインダをストックする必要がなくなり、加熱貯蔵も不要になるなど、脱炭素にとどまらず多面的に合理的な材料となり得る。

今後も継続して供用性など種々の詳細な評価を実施するとともに、さらなる CO<sub>2</sub>排出量低減の観点から、製造・施工温度低減に関する検討を行い、このような技術の普及に寄与できるよう研究を続ける。

## 参考文献

- 1) 神谷慎吾、田坂茂、堀田大輔：アスファルトとポリ「スチレン-block-(エチレン-co-プロピレン)-block-スチレン」ブロック共重合体ブロンドの力学的性質と相構造、日本化学会誌、No.3、p168、2001。
- 2) 社団法人日本道路協会：舗装調査・試験法便覧、2019。
- 3) 遠藤桂：ハンバーグ・ホイール・トラッキング試験機の概要、アスファルト、No.60、p48、2017。
- 4) 土木研究所 舗装研究室：アスファルト舗装に関する各種試験の信頼性について、アスファルト、No.48、p16、1966。