

# 回収トナーを含有するバインダを用いた加熱アスファルト混合物の混合物性状

日本道路（株） 正会員 ○青柳 佳祐  
日本道路（株） 正会員 常松 直志  
日本道路（株） 正会員 藤井 洋志

## 1. はじめに

SDGsの達成に向けて、気候変動や環境問題に関する様々な取り組みが進められており、近年では循環型社会の構築に向けて産業分野を横断した技術開発が活発化している。我が国では、2000年頃からリサイクル法や循環型社会形成推進基本法などの法制度が整備され、企業も3R（リデュース、リユース、リサイクル）活動を積極的に推進している。具体的には、不要になった物質を排出した産業内で再利用することにとどまらず、他産業で活用するアップサイクルが行われている。

筆者らは、サーマルリサイクルされている廃棄物のうち、複合機・プリンターから発生する回収トナーに着目した。回収トナーには結合材として多くの機能性成分が含有されており、構成成分に着目すると有機系樹脂が70～80%含まれている。既往の研究<sup>1)</sup>によると、これらの成分をアスファルトに添加することで、アスファルトの性状を改質する可能性が示唆されている。そこで、本検討では回収トナーのアスファルト舗装への有効なリサイクル方法として、回収トナーを含有させたアスファルトを用いた加熱アスファルト混合物の混合物性状について検討した。

## 2. 使用材料の概要

本検討で使用した回収トナーは、複合機の動作プロセスにおいて発生する各色の未転写トナーを集積したものである。回収トナーの外観を写真1に、回収トナーの物性値を表1に示す。

## 3. 室内検討概要

本検討では、ストレートアスファルト60/80（以下、ストアス）に所定の割合で回収トナーを加熱混合したバインダ（以下、RTB）を用いて室内試験を行った。なお、RTBの基本的なバインダ性状は既往研究<sup>2)</sup>で確認しているため、本検討では混合物性状に着目して検討を行った。RTBのバインダ性状を表2に示す。

室内試験では、密粒度アスファルト混合物（13）（以下、密粒）を対象として、RTBの回収トナーの配合割合とマーシャル特性値および動的安定度との関係について評価を行った。その後、回収トナーの配合割合を固定したRTBを用いて、表3に示す試験を行い、ストアスを用いた密粒と混合物性状の比較、検討を行った。検討した密粒の配合を表4に示す。

## 4. 室内検討結果

### 4-1 回収トナーの配合割合

本検討では、RTBの回収トナーの割合を0%（通常の密粒）、4%、12%、20%に変化させて検討を行った。なお、回収トナーの割合に応じて4、12、20%の混合物はRTB4、RTB12、RTB20と記す。



写真1 回収トナーの外観

表1 回収トナーの物性値

項目	物性値
粒子径(μm)	5～8
ガラス転移点(°C)	60～70
軟化点(°C)	105～115
比重	1.1～1.5
かさ密度(g/cm <sup>3</sup> )	0.3～0.35
吸水率(%)	0.1～0.5

表2 RTBのバインダ性状

添加量(%)	0	4	8	12	
針入度(1/10mm,25°C)	65	61	58	54	
軟化点(°C)	48	48	48	48	
せん断抵抗性 G*(kPa)	5(°C)	12060	11758	11844	12074
	25(°C)	467	799	839	803
試験温度:	60(°C)	1.4	1.9	2.1	2.1

キーワード 回収トナー、資源循環、アップサイクル、マーシャル特性値、耐流動性  
連絡先 〒300-0028 茨城県土浦市おおつ野1-4-1（土浦テクノBASE内）  
日本道路株式会社 TEL029-899-2025

#### 4-2 回収トナーの配合割合と混合物性状の関係

回収トナーの配合割合を変えて実施したマーシャル安定度試験およびホイールトラッキング試験の結果を表5、回収トナーの配合割合と空隙率および動的安定度の関係を図1に示す。

マーシャル安定度試験の結果から、RTBに含まれる回収トナーの割合の増加に伴い、空隙率が増加する傾向を示した。RTB4およびRTB12は、密粒の基準値をすべて満足したが、RTB20は空隙率と飽和度が基準値から外れる結果であった。また、ホイールトラッキング試験の結果から、動的安定度は回収トナーの添加量の増加に伴い向上し、RTB12、RTB20が顕著な結果を示した。以上の結果から、本検討では密粒の基準値を満足し、かつ動的安定度が密粒よりも高い値を示したRTB12に関して、詳細な混合物性状を確認するため、表3に示す評価項目について試験を実施し、混合物性状の確認を行った。

#### 4-3 混合物性状

混合物性状の試験結果を表6に示す。

RTB混合物のはく離抵抗性は、ハンブルクホイールトラッキング試験（以下、HWT試験）によりSIP（Stripping Inflection Point）と最終変形量で評価を行った。試験結果から、RTB12のSIPおよび最終変形量は、密粒と比較して同等であった。

たわみ性については、RTB12の破断時のひずみは $3.5 \times 10^{-3}$ となり、密粒と同程度の結果であった。また、破断時の曲げ強度はRTB12が若干、密粒よりも高い値を示した。

疲労抵抗性に関しては、RTB12の疲労破壊回数は4,720回、密粒が4,970回とほぼ同程度となり、大きな差は見られなかった。

骨材飛散抵抗性は、RTB12のねじり骨材飛散率は11.8%となり、密粒と同程度の値であった。

以上の結果から、RTB12の耐水性や荷重・車輪による負荷への抵抗性はストアスを用いた混合物と同等であることが確認された。

#### 5. まとめ

回収トナー含有するバインダを用いた加熱アスファルト混合物の混合物性状を検討した結果、以下のことが明らかになった。

- ・RTB混合物は、回収トナーの添加量が12%までは密粒のマーシャル基準値を満足し、添加量に応じて動的安定度が向上する。
- ・回収トナーの添加量が12%のRTBを用いた混合物性状は、はく離抵抗性、たわみ性、疲労抵抗性、骨材飛散抵抗性においてストアスを用いた混合物と同等の値を示した。

#### 参考文献

- 1) PrinceIgor Itoua et., al.: Influence of Waste Toner on Asphalt Binder: Chemical and Rheological Characterization, Molecules, vol.28, p2794, 2023
- 2) 青柳 佳祐ほか：回収トナーを含有するバインダと混合物の基礎的検討，第52回土木学会関東支部技術研究発表会

表3 評価項目および試験方法

評価項目	試験方法	試験条件	評価指標
はく離抵抗性	HWT試験	水浸, 60℃	SIP(走行回数) 最終変形量
たわみ性	曲げ試験	-10℃	破断時のひずみ
疲労抵抗性	曲げ疲労試験	5℃, 5Hz, 500μ	疲労破壊回数
骨材飛散抵抗性	ねじり骨材飛散試験	50℃, 120分	ねじり骨材飛散率

表4 混合物の配合

使用骨材	配合(%)
6号砕石	39.0
7号砕石	21.0
粗砂	28.0
細砂	7.0
石粉	5.0
計	100.0
アスファルト量(内割)	5.1
RTB(ストアスに外割)	4.12,20

表5 マーシャル特性値と動的安定度

項目	密粒	RTB4	RTB12	RTB20	基準値
密度(g/cm <sup>3</sup> )	2.390	2.351	2.339	2.311	-
空隙率(%)	3.4	4.9	5.4	6.5	3~6
飽和度(%)	77.7	73.3	71.3	64.4	70~85
安定度(kN)	9.3	8.2	9.5	9.8	4.9以上
フロー値(1/10mm)	28	24	30	27	20~40
動的安定度(回/mm)	560	600	1540	2740	-

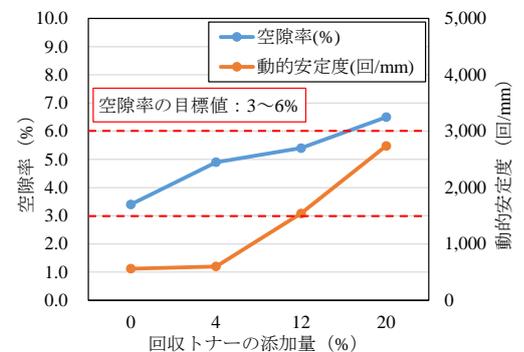


図1 回収トナー添加量と空隙率および動的安定度の関係

表6 混合物性状試験の結果

評価項目	密粒	RTB12
SIP (走行回数)	1,580	1,580
最終変形量 (mm)	20.8	20.5
破断時の曲げ強度 (MPa)	8.056	9.169
破断時のひずみ( $\times 10^{-3}$ )	3.9	3.5
疲労破壊回数(回)	4,970	4,720
ねじり骨材飛散率(%)	12.3	11.8