

# 舗装の長寿命化に向けた ポリマー改質アスファルト

小柳 智子\*

本報文は 2025 年 1 月 29 日に開催された、第 102 回アスファルトゼミナールで報告した内容について一部加筆修正をして掲載します。

## 1. はじめに

現在、舗装に求められるニーズの多様化により、用途に応じたポリマー改質アスファルトが流通している。特に最近では、舗装の長寿命化に向けた製品が多く開発されており、各々適用箇所に使用されている。舗装の劣化は、様々な要因が複合的に作用しているが、舗装の長寿命化を実現するためにはその劣化メカニズムを理解することは不可欠である。

今回、開催された第102回アスファルトゼミナールでは「舗装の劣化メカニズムと長寿命化」というテーマが掲げられ、アスファルト舗装の損傷のメカニズムや長寿命化への取り組みについての発表が行われた。当協会からは、「舗装の長寿命化に向けたポリマー改質アスファルト」と題して、多様化する舗装機能に追従し、舗装の長寿命化へ貢献するためのポリマー改質アスファルトの有効利用等を紹介した。

## 2. ポリマー改質アスファルトについて

### 2.1 ポリマー改質アスファルトとは

ポリマー改質アスファルトとは、製油所から出荷されるストレートアスファルトに改質材を加え、性能を向上させたアスファルトである。改質材として使用されているポリマーは、SBS（スチレン・ブタジエン・スチレンブロック共重合体）が主流となっており、写真-1に示すようなクラムから粉末状といった形状をしている。

図-1にポリマー改質アスファルトのアスファルト舗装への適用効果を示すが、アスファルトの性能向上とは、軟化点の上昇、接着力の上昇、粘度の上昇等を表す。こ

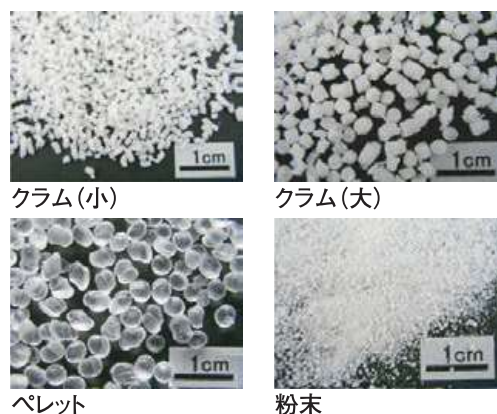


写真-1 SBSの外観

れらの性能を向上させることによるアスファルト舗装への適用効果として、「変形に強い」、「接着性の向上」、「脆さの改善」、「耐衝撃性の向上」、「すり減り抵抗の向上」、「たわみ性の付与」が備わる。これにより、ポリマー改質アスファルトは、舗装の長寿命化、高耐久化、高機能化を実現することができる。



図-1 アスファルト舗装への適用効果

### 2.2 舗装の要求性能と改質アスファルト性状の関係

舗装の要求性能として、例えば、重交通路線等にて、

\*こやなぎ ともこ 一般社団法人日本改質アスファルト協会 技術委員

塑性変形抵抗性が要求される場合には、アスファルト混合物の機能として、変形抵抗性の向上が求められる。これを実現するためには、改質アスファルトには軟化点の上昇や感温性の改善が必要となる。また、橋面舗装等で必要な耐水性には、アスファルト自体に、剥離抵抗性を付与し、骨材との接着をより強固にすることでその性能を実現する。特に、排水性舗装においては、高空隙率の付与、低温における骨材飛散の防止、変形抵抗性の向上といったさまざまな混合物の機能が必要となるため、アスファルトにも高い性能が求められる。表一1にアスファルト舗装への適用効果を示す。

表一1 アスファルト舗装への適用効果

| 舗装要求性能            | 混合物の機能                                 | 改質アスファルトの性状                                      |
|-------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 塑性変形抵抗性           | 変形抵抗性の向上                               | 軟化点の上昇、感温性の改善                                    |
| 摩耗抵抗性             | 脆さの改善<br>耐衝撃性の向上                       | タフネス・テナシティの向上<br>脆化点の改善<br>低温伸度の向上               |
| ねじれ抵抗性            | 骨材飛散の防止<br>(交差点等)                      | タフネス・テナシティの向上                                    |
| 耐水性               | 剥離抵抗性の向上                               | 耐剥離性能の向上                                         |
| たわみ追従性<br>ひび割れ追従性 | たわみ性の向上                                | 曲げスティフネスの改善<br>脆化点の改善<br>伸度の向上                   |
| 排水性               | 高空隙率の付与<br>骨材飛散の防止<br>(低温)<br>変形抵抗性の向上 | 軟化点の向上<br>粘度の向上<br>剥離抵抗性の向上<br>曲げ仕事量・曲げスティフネスの向上 |

2.3 ポリマー改質アスファルトの品質規格<sup>1)</sup>

ポリマー改質アスファルトの主な種類として、性状区分に従ってポリマー改質アスファルトⅠ型(以下、Ⅰ型)、ポリマー改質アスファルトⅡ型(以下、Ⅱ型)、ポリマー改質アスファルトⅢ型(以下、Ⅲ型)、ポリマー改質アスファルトH型(以下、H型)と分けられ、Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型、H型の順でSBS添加量は増加していく。表一2に示したポリマー改質アスファルトの品質規格より、例えば、軟化点に着目すると、SBS添加量が多くなるにつれて、軟化点が高くなっているのがわかる。

2.4 ポリマー改質アスファルトの適用の考え方

密粒度アスファルト混合物には、Ⅰ型、Ⅱ型、Ⅲ型が使用され、耐流動性、耐摩耗性はポリマーの添加量が多くなるほど向上する。また、橋面舗装など耐水性が求められる場合には、耐剥離性を向上させたポリマー改質アスファルトⅢ型-Wやポリマー改質アスファルトⅢ型-

表一2 ポリマー改質アスファルトの品質規格

| 項目             | 種類<br>付加記号        | Ⅰ型     | Ⅱ型     | Ⅲ型     |     | H型     |       |
|----------------|-------------------|--------|--------|--------|-----|--------|-------|
|                |                   |        |        | -W     | -WF | -F     |       |
| 軟化点            | ℃                 | 50.0以上 | 56.0以上 | 70.0以上 |     | 80.0以上 |       |
| 伸度             | 7℃<br>cm          | 30.0以上 | —      | —      |     | —      | —     |
|                | 15℃<br>cm         | —      | 30.0以上 | 50.0以上 |     | 50.0以上 | —     |
| タフネス(25℃)      | N・m               | 5.0以上  | 8.0以上  | 16以上   |     | —      | —     |
| テナシティ(25℃)     | N・m               | 2.5以上  | 4.0以上  | —      |     | —      | —     |
| 粗骨材の剥離面積率      | %                 | —      | —      | —      | 5以下 | —      | —     |
| フラス脆化点         | ℃                 | —      | —      | —      | —   | -12以下  | -12以下 |
| 曲げ仕事量(-20℃)    | kPa               | —      | —      | —      | —   | —      | 400以上 |
| 曲げスティフネス(-20℃) | MPa               | —      | —      | —      | —   | —      | 100以下 |
| 針入度(25℃)       | 1/10mm            | 40以上   |        |        |     |        |       |
| 薄膜加熱後          | 質量変化率 %           | 0.6以下  |        |        |     |        |       |
|                | 針入度残留率 %          | 65以上   |        |        |     |        |       |
| 引火点            | ℃                 | 260以上  |        |        |     |        |       |
| 密度             | g/cm <sup>3</sup> | 試験表に付記 |        |        |     |        |       |

付加記号の略字 W:耐水性(Water-resistance)、F:可撓性(Flexibility)

WF(以下、Ⅲ型-WF)を使用する。その中でも、交通荷重によってたわみやすい鋼床版上の舗装はたわみ追従性を向上させたⅢ型-WFを適用する。また、ポーラスアスファルト混合物にはH型を使用するが、その中でもポリマー改質アスファルトH型-Fは低温時の骨材飛散抵抗性を高めたポリマー改質アスファルトである。

3. 舗装の長寿命化に向けたポリマー改質アスファルトについて

3.1 舗装の破損について

舗装の破損には、ひび割れやわだち掘れ、剥離や骨材飛散、摩耗といった、様々な事例が存在する。それぞれの破損形態をタイプごとに分類すると、破断、変形、崩壊の3つに分類される。表一3に舗装の破損形態を示すが、このような破損を防ぐためにも、2.4での説明のとおり、ポリマー改質アスファルトを適用する。必要箇所、に適したポリマー改質アスファルトを選定することで舗装の寿命を延ばすことが可能となる。3.2では、市販されているポリマー改質アスファルト汎用グレードよりも更に改質度合いが高く、過酷な交通路線に適用した、重荷重用ポリマー改質アスファルトについて説明する。

表-3 舗装の破損形態

| 破損形態 | 破損種類  | 原因                                        |
|------|-------|-------------------------------------------|
| 破断   | ひび割れ  | 過大な荷重ひずみ<br>繰返し载荷による累積効果(疲労)              |
| 変形   | わだち掘れ | 繰返し交通荷重における塑性変形                           |
| 崩壊   | 剥離    | 水、交通荷重、気象条件等による骨材とアスファルト間の付着性の消滅          |
|      | 骨材飛散  | タイヤのすえ切りやタイヤチェーンによる骨材飛散<br>アスファルトの骨材把握力不足 |
|      | 摩耗    | タイヤおよびタイヤチェーンによる摩耗                        |

### 3.2 重荷重用ポリマー改質アスファルト<sup>2)</sup>

重荷重用ポリマー改質アスファルトとは、トレーラーなどの大型車両が頻繁に渋滞する箇所や、港湾等特殊な重荷重車両が低速度で走行する箇所に適用されるポリマー改質アスファルトである。また、更に変形抵抗性を向上させた超重荷重用ポリマー改質アスファルトも開発されている。両者のバインダ性状例を表-4に、車輪の速度を1/4にすることで、通常のホイールトラッキング試験より厳しい条件で測定した低速度での動的安定度(以下、超低速DS)の測定結果を図-2に示す。

表-4 重荷重用ポリマー改質アスファルトバインダ性状

|                               | 超重荷重用 | 重荷重用  | 改質Ⅱ型  |
|-------------------------------|-------|-------|-------|
| 針入度 1/10mm                    | 47    | 51    | 52    |
| 軟化点 °C                        | 97.0  | 89.0  | 65.5  |
| $ G^* /\sin\delta$ (70°C) kPa | 1.628 | 0.912 | 0.271 |
| 引火点 °C                        | 340   | 322   | 334   |
| 薄膜加熱質量変化率 %                   | -0.03 | -0.03 | 0.03  |
| 薄膜加熱針入度残留 %                   | 83.0  | 82.4  | 80.8  |

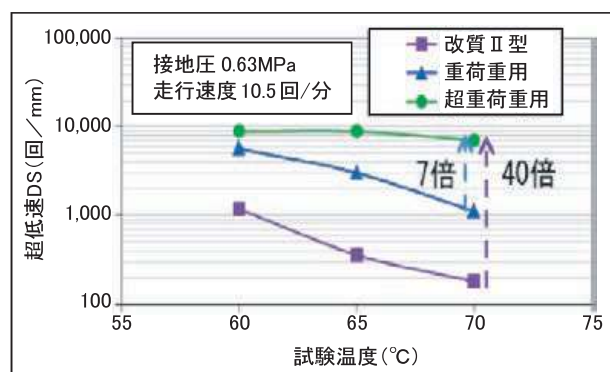


図-2 超低速DS測定結果

バインダ性状は、改質Ⅱ型、重荷重用、超重荷重用の順に軟化点および $|G^*|/\sin\delta$ が高くなっている。また、

図-2に示した通り、超重荷重用ポリマー改質アスファルトを用いることで、アスファルト混合物の対流動性の更なる向上が可能である。大型車の走行が多く、従来のポリマー改質アスファルトでは、わだち掘れを抑制できない箇所に本ポリマー改質アスファルトの適用が有効であると考ええる。

## 4. 更なる長寿命化への取り組み

この章では、更なる長寿命化に対するポリマー改質アスファルトの取り組みについて説明する。

### 4.1 特殊弾性ポリマー改質アスファルト<sup>3)</sup>

特殊弾性ポリマー改質アスファルトとは、弾力性を付与することで、ひび割れ抵抗性を高めたポリマー改質アスファルトである。特徴としては、高いひび割れ抵抗性、高い疲労抵抗性、Ⅱ型並みの塑性変形抵抗性を有している。適用箇所としては、写真-2に示すような、クラックが入りやすい箇所に適用する。



写真-2 特殊弾性ポリマー改質アスファルト適用箇所例

バインダ性状例を表-5に、アスファルト混合物の曲げ疲労試験から得られる疲労破壊回数結果を図-3、クラック貫通試験から得られるひび割れ貫通回数結果を図-4に示す。

表-5 特殊弾性ポリマー改質アスファルトバインダ性状

|                                            | 特殊弾性ポリマー改質アスファルト | ポリマー改質アスファルトⅡ型 |
|--------------------------------------------|------------------|----------------|
| 針入度 1/10mm                                 | 85               | 54             |
| 軟化点 °C                                     | 96.5             | 64.0           |
| $ G^* /\sin\delta$ (25°C) $\times 10^5$ Pa | 0.89             | 12.0           |
| 曲げ仕事量 (-20°C) kPa                          | 1,430            | 51             |
| 曲げスティフネス (-20°C) MPa                       | 39               | 460            |
| フラス脆化点 °C                                  | -28              | -11            |
| 粗骨材の剥離面積率 %                                | 0                | 0              |

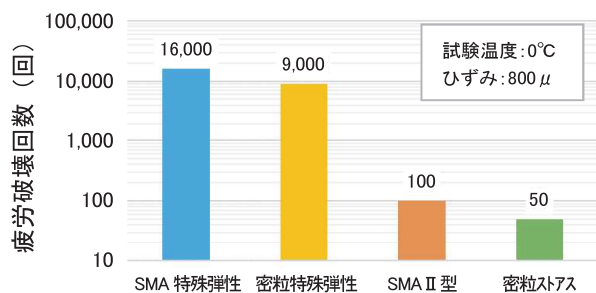


図-3 曲げ疲労試験結果

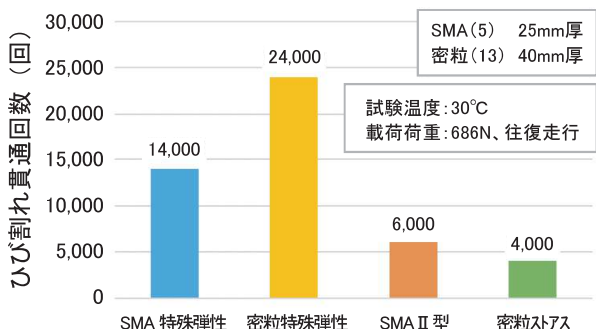


図-4 クラック貫通試験結果

特殊弾性ポリマー改質アスファルトのバインダ性状の特徴として、軟化点がⅡ型に比べて非常に高い。また、フラース脆化点や $-20^{\circ}\text{C}$ での条件下で実施した曲げ仕事量、曲げスティフネスの値から、Ⅱ型よりも低温において高い柔軟性を有している。さらに、図-3、図-4より、ストレートアスファルトやⅡ型を使用したアスファルト混合物よりも、疲労破壊回数の向上やひび割れ貫通するまでの走行回数が向上している。このことより、特殊弾性ポリマー改質アスファルトは、ひび割れ抵抗性の向上に寄与することができる。

#### 4.2 高弾性プラントミックス型改質材<sup>4)</sup>

高弾性プラントミックス型改質材とは、たわみ性を付与させるアスファルト混合物を得るために使用するプラントミックスタイプの添加材である。外観を写真-3に示す。



写真-3 高弾性プラントミックス型改質材

ベースアスファルトにはⅡ型やⅢ型を使用することで、たわみ性を付与するアスファルト混合物を得ることができる。プラントミックス材は、軟化剤や改質材といった高弾性成分から構成されているため、図-5および図-6に示すように、プラントミックス材の添加量を増やすことで、アスファルト混合物の曲げひずみや疲労破壊回数が向上し、たわみ性の備わったアスファルト混合物を得ることができる。また、必要性能に応じて、都度添加量を決めて使用することができる。

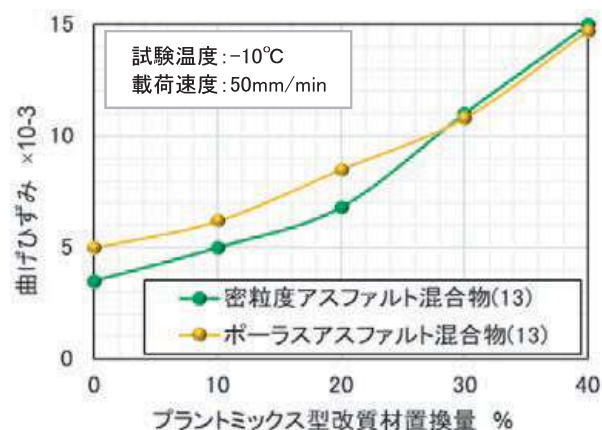


図-5 置換量における曲げひずみの変化

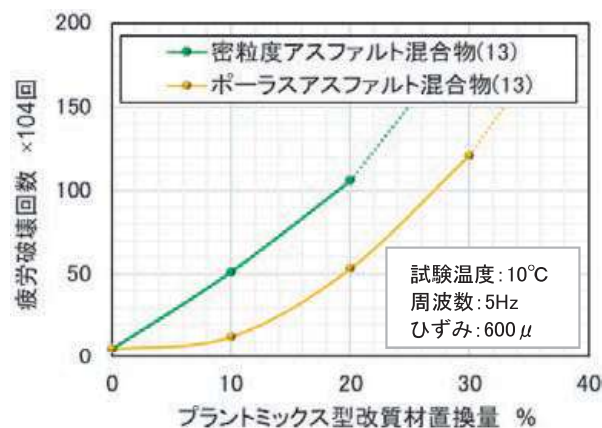


図-6 置換量における疲労破壊回数の変化

#### 4.3 改質グースアスファルト

橋梁の床版の耐久性確保には床版防水が必須となる。改質グースアスファルトは改質グースアスファルト混合物に使用する専用の改質アスファルトであり、従来グースアスファルト混合物に使用されていた硬質アスファルトを用いたグースアスファルト舗装と比較すると、施工温度および施工時の臭気の低減や高い耐流動性を有している。表-6にバインダ性状例を示す。

表ー6 改質グースアスファルトバインダ性状

| 試験項目              | 代表性状  | 規格値※1)  |
|-------------------|-------|---------|
| 針入度(25℃) 1/10mm   | 25    | 20～40   |
| 針入度(60℃) 1/10mm   | 154   | 100～200 |
| 軟化点 ℃             | 98.5  | 80.0以上  |
| 曲げ仕事量(－5℃) kPa    | 1,377 | 750以上   |
| 曲げスティフネス(－5℃) MPa | 37    | 80以下    |
| G* /sinδ(60℃) kPa | 16.5  | 5以上     |

※1) 東・中・西日本高速道路株式会社：橋梁レベリング層用グースアスファルト混合物 設計・施工管理要領 2020.7

バインダ性状の特徴として、 $|G^*|/\sin \delta$ の値が従来の硬質アスファルトでは3kPa程度に対して改質グースは16.5kPaと非常に高い値であり、アスファルト混合物の高い耐流動性が期待できる。

#### 4.4 高弾性上層路盤用混合物用特殊改質アスファルト

高弾性上層路盤用混合物用特殊改質アスファルトとは、高弾性上層路盤用混合物(High Modulus Asphalt、以下HiMA)に使用する改質アスファルトであり、アスファルト安定処理に替わる上層路盤材料として、疲労抵抗性、耐水性、剛性を向上させたアスファルト混合物を得ることができる。

表ー7 HiMAの混合物基準値

|        | HiMAの混合物基準値※2) |
|--------|----------------|
| 疲労破壊回数 | 10,000回以上      |
| はく離面積率 | 5.0%以下         |
| スティフネス | 9,000±2,500MPa |
| 動的安定度  | 1,000回mm以上     |

表ー8 HiMA用特殊改質アスファルトバインダ性状

| 試験項目                      | 代表性状  | 品質基準※2)   |
|---------------------------|-------|-----------|
| 針入度 1/10mm                | 24    | 20～40     |
| 軟化点 ℃                     | 55.5  | 44.0～65.0 |
| 伸度(25℃) cm                | 100+  | 50以上      |
| トルエン可溶分 %                 | 99.98 | 99.0以上    |
| 引火点 ℃                     | 358   | 260以上     |
| 薄膜加熱質量変化率 %               | －0.03 | 0.6以下     |
| 薄膜加熱針入度残留率 %              | 83.3  | 58以上      |
| 蒸発後の針入度比 %                | 96    | 110以下     |
| 密度(15℃) g/cm <sup>3</sup> | 1.042 | 1.000以上   |
| G* (20℃) MPa              | 14.6  | 9～17      |

※2) 東・中・西日本高速道路株式会社：高弾性上層路盤用混合物 設計・施工管理要領 2024.4

表ー7にHiMAの混合物基準値(求められる性能)、表ー8にHiMA用特殊改質アスファルトの性状例を示すが、特にスティフネスの基準値を得るためには、バインダの性状での $|G^*|$ が重要となってくる。

HiMAにこの特殊改質アスファルトを用いることにより、舗装の高耐久化、下層路盤負担軽減やライフサイクルコストの低減を可能とし舗装構造物全体での長寿命化に寄与できる。

## 5. おわりに

本報では、舗装の長寿命化に寄与するために様々な用途におけるポリマー改質アスファルトの有効性について紹介した。日本改質アスファルト協会では、こうした多様化するニーズにお応えするために、今後、更に活動を充実させていき、世の中の皆さまに、ご満足頂ける道路舗装構築の一翼を担うべくポリマー改質アスファルトの開発・安定供給に努めていきたい。

## 参考文献

- 1) 日本改質アスファルト協会、改質アスファルトポケットガイド、2020.1
- 2) 舌間他；重荷重車両が走行しても塑性変形抵抗性に優れるバインダの開発、第32回日本道路会議
- 3) 森他；特殊弾性ポリマー改質アスファルトの開発、改質アスファルト第62号
- 4) 小柳他；たわみ性を付与する高弾性プラントミックス型改質材の開発、改質アスファルト第64号