

舗装の長寿命化に向けた 進化するポリマー改質 アスファルト

佐野 昌洋*

本報文は2026年1月23日に開催された、第103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、各々の機能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開発され、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103回アスファルトゼミナールでは「舗装の技術基準改定がもたらす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進化する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。

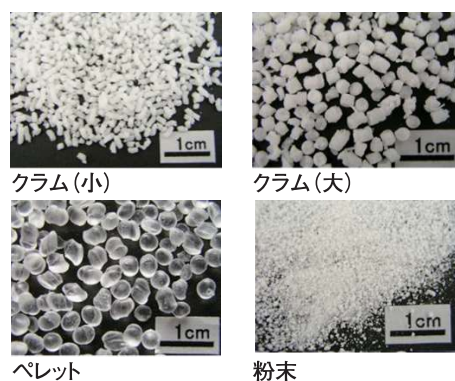


写真-1 SBSの外観

これら改質材を加えることにより、各種のアスファルト性能の向上を図ることができる。図-1に改質材の有無による、アスファルトの物理性状の違いを写真で示す。これらの物理性状変化により、アスファルト舗装にはここに記載した適用効果を得ることができる。

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、性状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 アスファルト舗装への適用効果

*さの まさひろ 一般社団法人日本改質アスファルト協会 技術委員

以上より、ポリマー改質アスファルトの性状改善は舗装の高機能化に貢献し、長寿命化、高耐久化を実現することができる。2-2以降では、ポリマー改質アスファルトの性能がもたらす舗装の性能向上、機能改善について具体的に説明する。

2-2 舗装の要求性能とポリマー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、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、ポリマー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、はく離抵抗性を付与し、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、アスファルトも高い改質度合いのものが求められる。表-1にアスファルト舗装の機能とポリマー改質アスファルト性状の関係を示す。

表-1 混合物の機能とポリマー改質アスファルト性状

舗装要求性能	混合物の機能	改質アスファルト性状
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
摩擦抵抗性	すり減り抵抗の向上 脆さの改善 耐衝撃性の向上	タフネス・テナシティの向上 脆化点の改善 低温伸度の向上
ねじれ抵抗性	骨材飛散の防止 (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 ひび割れ抵抗性	たわみ性の付与	曲げスティフネスの改善 脆化点の改善 伸度の向上
排水性	高空隙率の付与 骨材飛散の防止 (低温) 変形抵抗性の向上	軟化点の上昇 粘度の上昇 耐剥離性能の向上 曲げ仕事量の向上 曲げスティフネスの改善

2-3 ポリマー改質アスファルトの品質規格

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-2の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。

表-2 ポリマー改質アスファルトの品質規格

項 目	種 類 付加記号	Ⅰ型	Ⅱ型	Ⅲ型		H型	
				-W	-WF	-F	-F
軟化点	℃	50.0以上	56.0以上	70.0以上		80.0以上	
伸 度	7℃ cm	30以上	—	—		—	—
	15℃ cm	—	30以上	50以上		50以上	—
タフネス(25℃)	N・m	5.0以上	8.0以上	16以上		20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		—	—
フラース脆化点	℃	—	—	-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	質量変化率 %	0.6以下					
加熱後	針入度残留率 %	65以上					
引火点	℃	260以上					
密 度	g/cm³	試験表に記載					

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

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-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⁽¹⁾。

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、はく離や骨材飛散、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-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

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 繰返し載荷による累積効果(疲労)
変形	わだち掘れ	繰返しの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	タイヤのすべりやタイヤチェーンによる骨材飛散 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

で舗装の寿命を延ばすことが可能となる。3-2では、市販されている汎用グレードのⅡ型及びⅢ型における、適用効果について説明する。

3-2 ポリマー改質アスファルトの適用効果

実道路における適用効果の検証結果として、図-2に累積大型車交通量とわだち掘れ量の関係を示す。データから同じ交通量におけるわだち掘れ量は、Ⅱ型ではストレートアスファルト60/80の約半分程度になっていることが分かる。また、図-3に同じく累積大型車交通量と舗装維持管理指数(MCI)のプロットデータを示す。

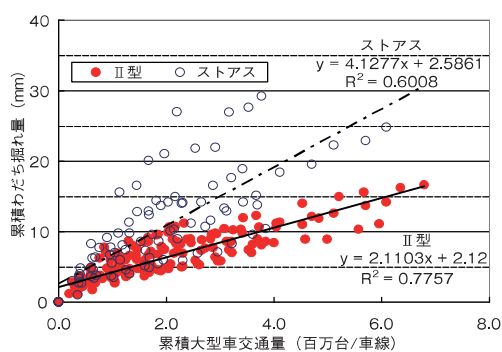


図-2 わだち掘れのパフォーマンスカーブ

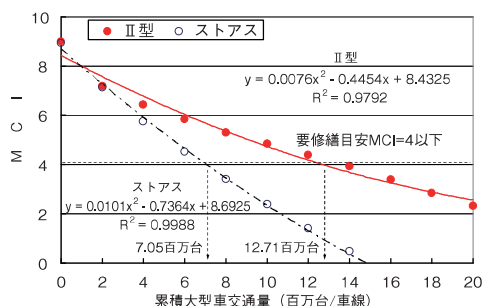


図-3 舗装の維持管理指数(MCI)のパフォーマンスカーブ

縦軸のMCIは、舗装のわだち掘れ量とひび割れ率から算出したものであり、4を下回ると要修繕の目安とされている。データからMCIが4となる交通量を比較すると、ストレートアスファルト60/80を用いた混合物に対し、Ⅱ型を用いた混合物は、MCIの低下が緩やかになっており、修繕が必要となる交通量が約1.8倍となり、舗装寿命を延ばすことが可能であると報告されている(2)。

また、図-4には土木研究所の走行試験場にて実施した、荷重車両での400万輪走行時におけるわだち掘れ量の比較データを示す。

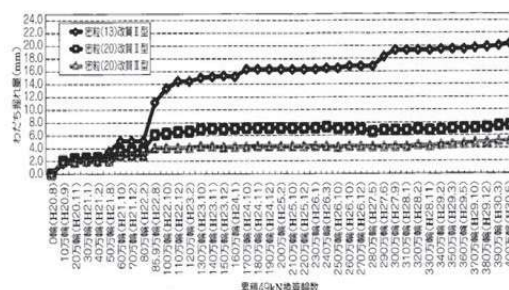


図-4 荷重車による10年間、400万輪走行試験

Ⅲ型ではⅡ型と比較してさらに高い塑性変形抵抗性を有し、重交通条件においてもわだち掘れを抑制する効果が確認されている。10年間で約400万輪の走行試験では、初期段階ではⅡ型とⅢ型の性能は同等であったが、3年後にはⅢ型のわだち掘れ量がⅡ型の約半分となり、長期的な耐久性の高さが示されている。Ⅲ型のバインダ性状の特徴として、Ⅱ型と比較すると軟化点が高いことや、塑性変形抵抗性との相関が高いとされている $|G^*|/\sin \delta$ の値も高い。そのため、重交通路線においては、Ⅲ型を用いることで、アスファルト混合物の耐流動性の更なる向上が可能である。大型車の走行が多く、Ⅱ型では、わだち掘れを抑制できない箇所には、Ⅲ型の適用が有効であると考えられる。

4. 更なる長寿命化への取り組み

さらに近年では、舗装の技術基準改定でも舗装のさらなる長寿命化が議論されており、これに向けて様々なポリマー改質アスファルトの開発が行われている。そこで、協会加盟各社での長寿命化技術を以下に紹介する。

4-1 重交通路線対応高耐久ポリマー改質アスファルト

国際海上コンテナ車の大型化や気温上昇の影響により、重交通路線におけるわだち掘れやひび割れへの対策が求められている。このため、より高い耐流動性とひび割れ抵抗性を持つ高耐久型材料を開発し、現道での試験施工を実施した。表-4および図-5に高耐久ポリマー改質アスファルトの性状とホイールトラッキング試験による動的安定度を示す。塑性変形抵抗性の向上を目的としてアスファルトの性状を調整した結果、動的安定度は、Ⅱ型、Ⅲ型と比較して大幅に向上している。

なお、このアスファルトを用いてJICEの技術公募にて試験施工を実施した。施工における舗装構成を図-6

表-4 高耐久ポリマー改質アスファルトの性状

項目	代表性状
針入度	1/10mm 54
軟化点	℃ 92.5
伸度	cm 100+
タフネス	N・m 31.0
テナシティ	N・m 24.0
密度	g/cm ³ 1.026

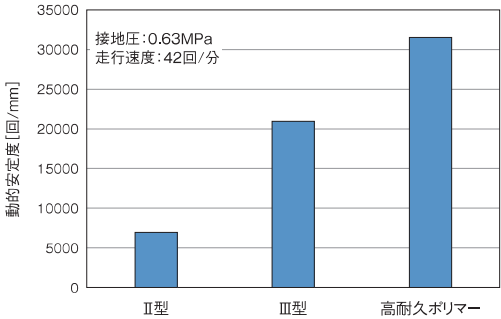


図-5 ホイールトラッキング試験結果

舗装構成	検証する舗装構成	層厚 (cm)
表層	表層用高耐久アスコン	5
基層	基層用高耐久アスコン	5
上層路盤	高耐久大粒径アスコン	18
	粒調碎石	10
下層路盤	クラッシャーラン	15
路床	CBR = 12	

図-6 試験施工の舗装構成

に示す。本技術は、既設舗装を嵩上げすることなく、構造的寿命を100年、機能的寿命を25年となるように設計し、表・基層の切削オーバーレイによる効率的な維持管理が可能である。現在、施工から2年が経過し、ひび割れ発生はなく、わだち掘れの進行も想定内であり、使用目標年数の達成が見込まれる⁽³⁾。

4-2 特殊弾性ポリマー改質アスファルト

ひび割れ抵抗性を強化した特殊弾性ポリマー改質アスファルトは、高い疲労抵抗性と低温特性を持ち、従来のⅡ型と同程度の塑性変形抵抗性を維持しながら、より高い柔軟性を発揮する。特殊弾性ポリマー改質アスファルトの性状を表-5に示す。性状から、フラース脆化点お

表-5 バインダ性状

項目	特殊弾性ポリマー改質アスファルト	Ⅱ型
針入度	1/10mm 85	54
軟化点	℃ 96.5	64.0
[G*]sinδ (25℃)	×10 ⁵ Pa 0.89	12.0
曲げ仕事量 (-20℃)	kPa 1,430	51
曲げスティフネス (-20℃)	MPa 39	460
フラース脆化点	℃ -28	-11
粗骨材の剥離面積	% 0	0

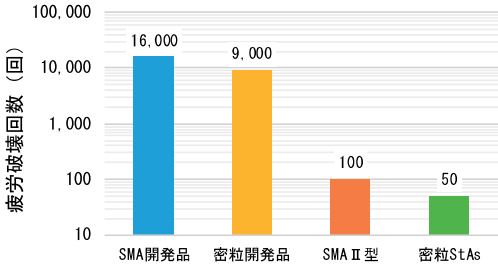


図-7 曲げ疲労試験結果

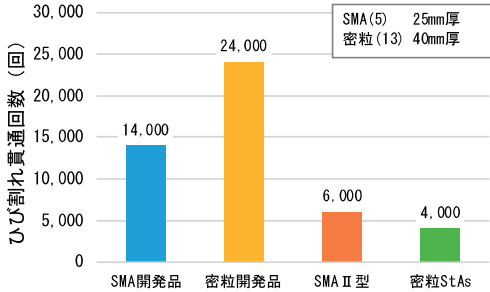


図-8 クラック貫通試験結果

よび-20℃にて実施した曲げ仕事量、曲げスティフネスの値において、Ⅱ型よりも低温において高い柔軟性を有していることがわかる。さらに図-7、図-8に曲げ疲労試験結果およびクラック貫通試験結果を示す。

試験結果から、特殊弾性ポリマー改質アスファルトを用いた混合物は、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おり、ひび割れ抵抗性の向上に寄与することができると考えられる⁽⁴⁾。

4-3 耐水性強化型ポリマー改質アスファルト

近年の線状降水帯による豪雨や猛暑日の増加により、特に舗装内部の耐水性能の重要性が一層高まっている。耐水性強化型ポリマー改質アスファルトは、接着界面に作用する新規化合物を用いて、本来化学的な相互作用が乏しく、水の浸透により容易に剥離する骨材とアスファルトバインダの接着を強固にしたものである。図-9に強化メカニズムの模式図を、図-10に耐水性評価結果を示す。

異なる供用環境を想定し、異なる骨材岩種と水温条件下で、完全水浸で金属車輪による往復走行試験を行った結果、改質Ⅱ型に比べて約1.6～2.7倍の耐久性が確認されており、剥離による舗装内部の損傷やポットホール発生への抑制に効果があるとされる⁽⁵⁾。

4-4 小粒径ポーラス混合物用ポリマー改質アスファルト

高速道路などにおいて、事故防止や騒音低減に寄与するポーラス舗装のさらなる性能向上を目的として、粗骨材の小粒径化を図ったものが、小粒径ポーラス舗装である。小粒径ポーラス舗装は、騒音低減効果、薄層化によ

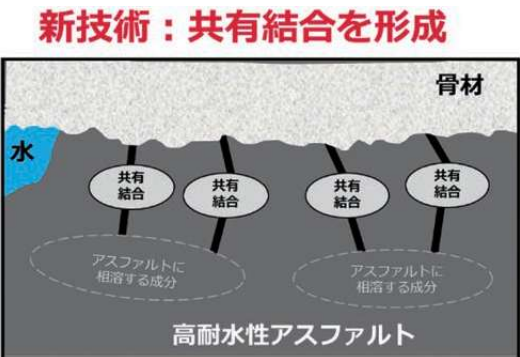
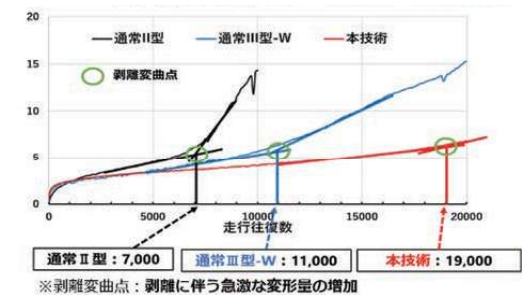


図-9 耐水性強化メカニズムの模式図

沈下量(mm) 密粒度混合物(20) 花崗岩 水温50℃



沈下量(mm) 密粒度混合物(20) 安山岩 水温60℃

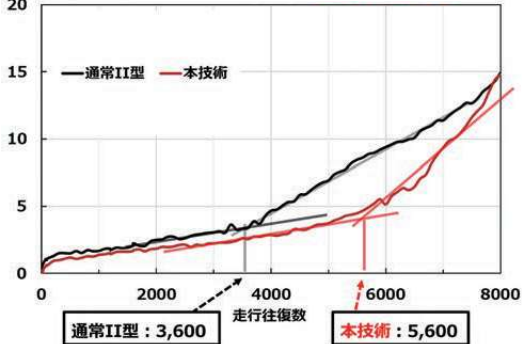


図-10 DWT試験における耐水性評価

るポットホール発生時の衝撃緩和、キメの細かさによる走行燃費向上効果が得られる。一方で、従来のH型を小粒径ポーラスに使用すると骨材飛散が生じやすいといった課題があり、十分な耐久性を確保することが困難であった。この課題解決のため、小粒径ポーラス混合物専用バインダが開発された。

表-6にバインダ性状を、図-11にタイヤ据え切り試験による骨材飛散抵抗性評価結果を示す。

結果から小粒径ポーラス混合物用ポリマー改質アス

表-6 小粒径ポーラス混合物専用バインダ性状

項 目		小粒径ポーラス混合物専用バインダ		H型
		首都高品質規格	代表値	代表値
針入度	1/10mm	35以上	43	54
軟化点	℃	80.0以上	106.5	91
フラース脆化点	℃	-20以上	-38	-23
曲げ仕事量(-20℃)	kPa	1,000以上	1,029	158
曲げスティフネス(-20℃)	MPa	100以下	14	384
せん断応力(60℃)	Pa	900以上	1,654	78

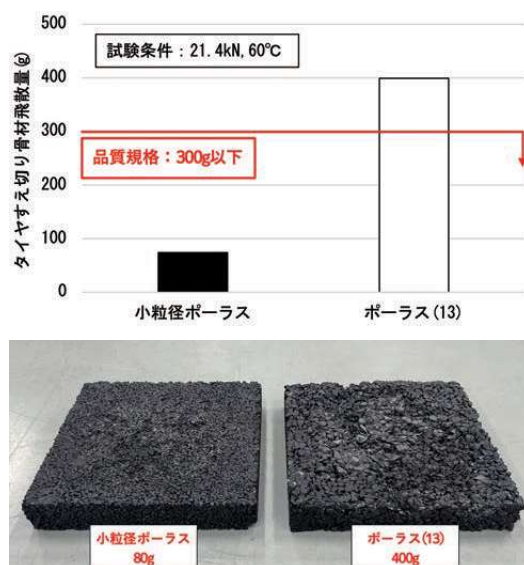


図-11 小粒径ポーラス混合物用改質アスの混合物

ファルトは、高い骨材飛散抵抗性を有しており、前述の優れた機能性を長期間維持することが期待される⁽⁶⁾。

4-5 高弾性上層路盤用混合物用特殊改質アスファルト

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、剛性を向上させた高弾性上層路盤用混合物(High Modulus Asphalt、以下HiMA)用に、HiMA用特殊改質アスファルトが開発され使用されている。表-7にHiMAの混合物基準値(求められる性能)を、表-8にHiMA用特殊改質アスファルトの性状例を示す。HiMA混合物のスティフネスの性能については、バインダの性状の $|G^*|$ が重要となっており、高い値が要求されている。

この特殊改質アスファルトおよびHiMA混合物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と考えられる。

4-6 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トリニダッドレ

表-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-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	規格値 ^{※2)}
針入度	1/10mm	24
軟化点	℃	55.5
伸度(25℃)	cm	100+
トルエン可溶分	%	99.98
引火点	℃	358
薄膜加熱質量変化率	%	-0.03
薄膜加熱針入度残留率	%	83.3
蒸発後の針入度比		96
密度(15℃)	g/cm ³	1.042
$ G^* $ (20℃)	MPa	14.6

※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-9 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
針入度(60℃)	1/10mm	154
軟化点	℃	98.5
曲げ仕事量(-5℃)	kPa	1,377
曲げスティフネス(-5℃)	MPa	37
$ G^* /\sin \delta(60℃)$	kPa	16.5

※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

イク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-9にバインダ性状例を示す。

バインダ性状の特徴は、60℃の $|G^*|/\sin \delta$ の値がトリニダッドレイクアスファルトの3kPa程度に比べて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。

5. おわりに

今後は、耐久性評価方法の確立や試験法・規格の整備、改質材や添加剤の研究開発などを通じて、より高性能なポリマー改質アスファルトの開発が進められると考えら

れる。また、CO₂削減や資源の有効利用といった環境面への配慮も重要な課題であり、持続可能な道路舗装技術の確立が期待されている。

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の紹介を行った。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く所存である。

- 4) 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
- 5) 呉他；耐水性強化に資する新技術の空港滑走路への適用、舗装、pp.11～16, No.5, Vol.61, 2026
- 6) 須田他；首都高で採用している改質アスファルト混合物、改質アスファルト第64号

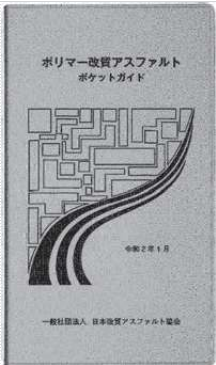
参考文献

- 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) 丸山他；ポリマー改質アスファルトⅡ型混合物舗装のLCC評価と適用範囲, 改質アスファルト第29号
- 3) 佐川他；超重交通路線に適用した高耐久性アスファルト舗装の追跡調査結果, 第36回日本道路会議



ポリマー改質アスファルトポケットガイドのご案内

ポリマー改質アスファルトに関する情報を1冊に収めました。



ポリマー改質アスファルト
ポケットガイド
全2巻1冊
一般社団法人 日本改質アスファルト協会

ポリマー改質アスファルトポケットガイド
(2020年1月改訂7版発行)

.....

1. 舗装用改質アスファルトおよび
日本改質アスファルト協会の歴史
2. ポリマー改質アスファルトとは
3. 改質材による改質効果
4. ポリマー改質アスファルトの規格
5. 舗装用改質アスファルトの種類と適用の考え方
6. ポリマー改質アスファルトの取り扱い
7. ポリマー改質アスファルト混合物の配合設計時の留意点
8. ポリマー改質アスファルト混合物の製造・運搬・舗設
9. アスファルト舗装の破損と対策
10. 安全に関する項目
付録

1冊 600円 (送料別)

ご注文は当協会事務局へ
お申込み下さい
TEL: 03-3564-1180

JMAA 日本改質アスファルト協会 HP

<https://www.jmaa.jp/>

