

舗装の性能向上に貢献する ポリマー改質アスファルト

鈴木 とおる*

平成24年3月1日～2日に東京都渋谷区で開催された「第90回アスファルトゼミナール」で報告した内容について、一部加筆修正して掲載いたします。

1. はじめに

わが国における道路整備は日本経済の発展とともに成長し、現在までに120万kmにもおよぶ道路網を構築してきた。道路網は、国民の生活を支え、災害時にも大きな役割を担っている。しかし近年、社会情勢の変化からその予算が縮小する一方で、これまで整備してきた舗装ストックの老朽化に伴う維持管理費が増加している。

よりよい道路を提供しつづけるためには、これまで以上に効率よくかつ効果的に道路舗装を管理していくことが求められている。

今回、開催されたアスファルトゼミナールでは、「舗装の性能と発注」というテーマで、道路整備の現状、維持管理の課題および舗装性能の高度化に向けた取り組みが各機関より紹介された。当協会においてもポリマー改質アスファルト（以下、PMA）の技術を通じて、アスファルト舗装の性能向上を目的とした活動を行っている。現在、PMAは舗装の耐久性向上だけでなく、交通安全対策や沿道環境改善としても利用され、道路舗装の必需品になっている。アスファルトゼミナールでは、舗装の性能向上を切り口に、PMAの基本技術、その歴史および各種PMAの性能を紹介した。

以下に、その内容について報告する。

2. ポリマー改質アスファルト

改質アスファルトは、改質する方法の違いによって、PMA、セミブローンアスファルトおよび硬質アスファルトなどに分けられる。

PMAと称するものは、ストレートアスファルトにポリマーや添加剤を加えて製造するものであり、ポリマーはストレートアスファルトの感温性や粘着性を改善し、添加剤は剥離抵抗性などの性質を改善している。

アスファルトに使用されるポリマーは、歴史的に振り返ると、SBR等のゴム系材料あるいはEVA（エチレン・酢酸ビニル共重合体）等の熱可塑性樹脂といった様々な材料が使用されてきた（図-1）。しかし、近年では、SBS（スチレン・ブタジエン・スチレン共重合体）という熱可塑性エラストマーのアスファルトへの応用が実用化され、今日のPMAにおける改質材の主流となっている。

このポリマーは、低温から高温に至る幅広い温度領域において、それまでのポリマーにはない優れた改質効果を発現するとともに、施工性にも優れる特長を有している。この特長に着目してポリマーおよび改質アスファルトのメーカーは盛んにその研究を進め、その結果、現在のポーラスアスファルト舗装用のバインダ（PMA-H型）に代表されるように、様々な性能を有するPMAが開発されるようになった。

*すぎき とおる 一般社団法人 日本改質アスファルト協会 技術委員（ニチレキ株式会社 技術研究所）

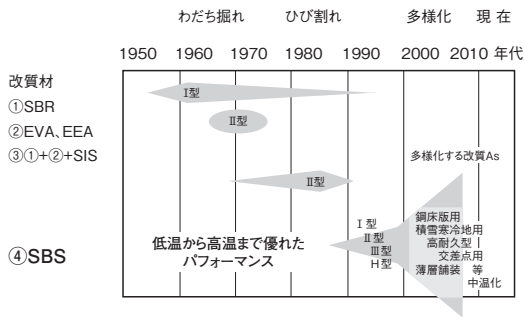


図-1 改質材(ポリマー)の歴史 1)

2-1 ポリマー改質アスファルトの歴史

PMAのこれまでの歴史は表-1に示すとおりであり、改質材の変遷から、大きく5つの期に分けることができる。

これによれば、PMAの歴史は、求められる舗装の要求性能とともに発展してきたことがわかる。

表-1 PMAの歴史 2)

歴史	西暦	概要	改質As	求められる舗装性能
	1947	(米で合成ゴムラテックス入りの試験施工)		
第Ⅰ期	1950～	改質アスを使用した小規模試験舗装。北海道大学がゴム入りアスの研究を開始。		主に舗装路面の荒れ、ひび割れへの対応
第Ⅱ期	1960～	研究成果(SBR/NRラテックス)を使用した積雪寒冷地での試験施工。札幌市1965年。	ゴム入りAs	飛散抵抗性、摩耗わだち掘れ対策
第Ⅲ期	1967～	各種研究成果をもとに建設省(現、国土交通省)、北海道開発局による改質アスの供用性の検討のための本格的試験舗装の実施	樹脂入りAs セミブローンタイプ 本四改質I型	交通量増加に伴う流動わだち掘れ対策
第Ⅳ期	1978～	改質アス(ゴム入りAs)舗装の技術向上のための研究開始。ゴム入りAsの標準的性状が舗装要綱に記載	筑波1号 ゴム樹脂入りAs 改質I型、II型	重交通路線の流動わだち掘れ、スパイクタイヤによる摩耗わだち掘れ、ひび割れの破損に対する本格的試験施工
第Ⅴ期	1988～	改質材の変換：熱可塑性エラストマー(SBS)排水性/低騒音舗装の普及に伴い高粘度Asが急増し、また、各種の要求性能に対応した改質Asが施工される。品質の標準化(JMAAS-01)2006年 舗装施工便覧改定で名称が変更	ポリマー改質As I型、II型 III型 III型-W、-WFH型 H型-F等	要求性能の多様化 超重交通、橋梁、鋼床版 ポーラスアスファルト 積雪寒冷地 高耐久等

①第Ⅰ期

第Ⅰ期は1950年代であり、舗装路面の荒れやひび割れへの対応として、試験的にゴムを添加したアスファルトが国内で初めて使用された。

②第Ⅱ期

第Ⅱ期は、ゴム入りアスと称する改質アスが、開粒度混合物を用いたすべり止め舗装の骨材飛散および積雪寒冷地域におけるタイヤチェーンの摩耗わだち掘れの対策として適用された。

③第Ⅲ期

第Ⅲ期は、経済発展に伴う本格的なモータリゼーションが到来し、交通量の増加や交通荷重の増大による流動わだち掘れが社会問題になり、舗装の塑性変形抵抗性を向上させるために、様々な改質アスファルトが適用された。しかし、硬くするだけの改質アスファルト

では、クラックの発生を招くなどの課題も生じた。

この頃より、ゴム系以外の改質材の検討が進み、その中で、靱性にも優れた樹脂入りアスファルトが注目された。

④第Ⅳ期

第Ⅳ期は、流動わだち掘れ、摩耗わだち掘れおよびひび割れの3種類の破損が道路舗装の問題となり、その対策としてゴム系と樹脂系のポリマーを併用したPMAが開発され、本格的な施工が実施された。また、この頃より、改質アスファルトがアスファルト舗装要綱に記載され、一般材料として普及が始まった。

⑤第Ⅴ期

第Ⅴ期は、SBSを用いたPMAの時代到来である。PMAの技術向上に併せるように、道路舗装に対する要求性能が多様化し、それにより様々なバインダが開発されていった。代表例には、塑性変形抵抗性が向上

したもの、混合物の剥離抵抗性やたわみ抵抗性が向上したものの、さらにはポーラスアスファルト用のバインダが挙げられ、用途や種類も様々に広がった。

また、PMAが多様化するのに伴って、バインダ性状の標準化および新たな試験法の確立が求められるようになり、公的機関との共同研究を通じて新たな評価法および品質規格が定められた。

2-2 ポリマー改質アスファルトの規格

現在のPMAの品質規格を表-2に、その主な用途を表-3に示す。

I型～III型は、密粒度および粗粒度等の混合物に用いられ、塑性変形抵抗性が求められる大型車交通量の大きさに応じて、I型、II型、III型の順で適用される。また、橋面舗装のように剥離抵抗性が求められる用途に対してはIII型-W (Water-resistance) や可撓性を付与して疲労抵抗性を向上させたIII型-WF (Flexibility) があり、コンクリート床版上および鋼床版上の橋面舗装に適用される。

ポーラスアスファルト舗装用のバインダには、H型およびH型-Fがあり、前者は一般地域用、後者は寒冷地域用に適用される。

これらのバインダの特長は、表-4および表-5に示すとおりであり、PMAを選定する際の参考にして頂きたい。

2-3 特殊なポリマー改質アスファルト

表-2～表-5に示す一般品の他にも、高耐久型ポーラスアスファルト用などの様々なPMAが、各メーカーより市販されている。

特に、ポーラスアスファルト舗装に対しては、混合物の耐久性を確保するためにバインダの性能に頼るところが大きいことから、多くの種類が開発されている。

表-4 PMAの種類と特長①

性能項目	バインダ性能
耐流動性	(ストアス) < I型 < II型 < III型、III型-W、III型-WF
耐摩耗性	(ストアス) < I型 < II型、III型、III型-W、III型-WF
はく離抵抗性	(ストアス) < I型 < II型 < III型 < III型-W、III型-WF
たわみ性	(ストアス) < I型 < II型 < III型、III型-W < III型-WF
疲労抵抗性	(ストアス) < I型 < II型 < III型、III型-W < III型-WF

表-5 PMAの種類と特長②(ポーラスアスファルト用)

性能項目	バインダ性能
ポーラスアスファルトの低温時の骨材飛散抵抗性	H型 < H型-F

表-2 ポリマー改質アスファルトの品質規格³⁾

項目	種類 付加記号	ポリマー改質アスファルト					
		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℃) 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℃)	kPa	—	—	—	—	—	100以下
針入度(25℃)	1/10mm	40以上					
薄膜加熱質量変化率	%	0.6以下					
薄膜加熱後の針入度残留率	%	65以上					
引火点	℃	260以上					
密 度	g/cm ³	試験表に付記					
最適混合温度	℃	試験表に付記					
最適締固め温度	℃	試験表に付記					

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

表-3 ポリマー改質アスファルトの種類と用途³⁾

	種類		I型	II型	III型		H型	
	付加記号				-W	-WF		-F
混合物機能	適用混合物 主な適用箇所		密粒度、細粒度、粗粒度等の混合物に用いる。I型、II型、III型は、主にポリマーの添加量が異なる。				ポーラスアスファルト混合物に用いられる。ポリマーの添加量が多い改質アスファルト。	
塑性変形抵抗性	一般的な箇所		○					
	大型車交通量が多い箇所			○			○	○
	大型車交通量が著しく多い箇所及び交差点				○	○	○	○
摩耗抵抗性	積雪寒冷地域		○	○	○	○	○	
骨材飛散抵抗性							○	○
耐水性	橋面(コンクリート床版)			○	○	○		
たわみ追従性	橋面(鋼床版)	たわみ小		○	○		○	
		たわみ大					○	
排水性(透水性)							○	○

○：適用性高い、○：適用可能、空欄：要検討

主だったものは以下に示すとおりである。

①高耐久型ポーラスアスファルト用

H型の骨材把握力をさらに高めることで、ポーラスアスファルト舗装の耐久性向上が図れ、混合物の高空隙率化および小粒径化が可能になる。

排水能力および低騒音性の向上として、使用される。

②寒冷地高耐久型ポーラスアスファルト用

H型-Fよりも、低温時の骨材飛散抵抗性がさらに優れたバインダであり、積雪寒冷地域の耐久性向上を目的に使用される。

③ねじれ抵抗性改善型ポーラスアスファルト用

混合物の高温時における強度が高く、ねじれに対する骨材飛散抵抗性が改善する。重交通路線の交差点部に使用される。

④鋼床版上のポーラスアスファルト用

可撓性に優れたバインダであり、ポーラスアスファルト混合物のたわみに対する追従性および疲労抵抗性が向上し、鋼床版上のポーラスアスファルトに使用される。

⑤再生改質混合物用

アスファルト舗装からの発生材が再利用できるように設計されたPMAであり、II型を対象としたものから、最近ではポーラスアスファルトを対象としたものが開発されている。

⑥重荷重用

物流コンテナヤードでは、コンテナを運搬する車両の大きな輪荷重によって、一般の道路舗装よりも大きなわだち掘れが発生しやすい傾向にある。重荷重用は、III型よりも塑性変形抵抗性を高めることで、このような条件下にあっても、供用期間を延長することができる。

⑦中温化混合物用

地球環境保全の観点から、全産業分野で低炭素社会の実現に向けた取り組みが求められている。

このPMAは、改質アスファルト混合物の取り扱い温度を従来よりも低くすることができることから、混合物製造時の骨材加熱に必要な燃料消費量が削減でき、今後の利用促進が期待されるバインダである。

近年、最も新しいタイプのPMAであり、次章でさらに詳しく紹介する。

⑧その他

上記以外にも周囲景観との調和に対するカラー用のバインダおよび舗装厚さを薄くして路面機能を回復させる薄層舗装用のバインダがある。

このように、PMAは路面機能の多様化およびコスト縮減に貢献している。

また、プレミックスタイプのPMAが現在の主流となっているが、少量でも混合物の製造が行えるプラントミックス用の改質材も市販されており、当協会からの資料等を参考にして頂きたい。

2-4 出荷量の推移と現状

PMAの普及に関して、第V期以降の出荷量の推移を図-2に示す。

PMAは、初めてその適用が試みられてから年々数量が増加し、さらには1988年のアスファルト舗装要綱の改定時によって一般材料として認知されたこともあり、急速にその需要が伸びてきた。1989年頃には、高粘度アスファルト(現在のPMA-H型)の適用が始まり、1996年に「排水性舗装技術指針(案)」が発表されたのを期にその需要が急増した。2002年には43万トンというこれまで最も多くのPMAが出荷された。なお、PMA総出荷量の内訳は、II型およびH型が多くを占める。

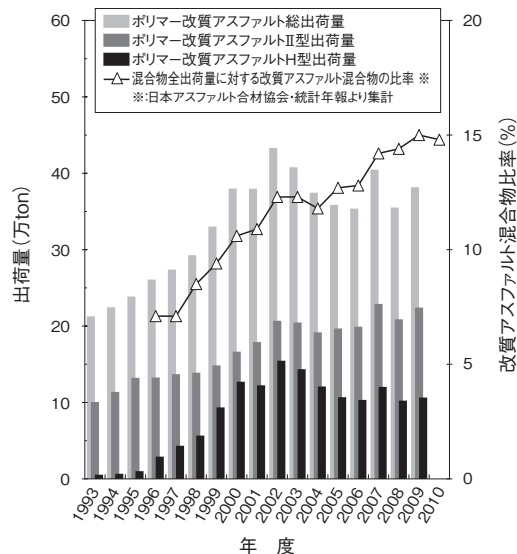


図-2 ポリマー改質アスファルトの出荷量

その後は道路予算の大幅な削減による工事量の減少にとともに、徐々に需要は減少もしくは横ばいの傾向にあるが、混合物全出荷量に対する改質アスファルト混合物の比率は増加傾向を示している。

2-5 ライフサイクルコスト

PMAを用いることによるライフサイクルコストの低減に関して、図-3は、本誌に紹介された報文より抜粋したパフォーマンスカーブを示すものである。²⁾

報文によれば、累積大型車交通量に伴うII型のMCI(維持管理指数)の変化は、ストレートアスファルトよりも緩やかであり、MCIが4以下で修繕を必要とした場合のII型の修繕期間はストレートアスファルトの1.8倍に延長する。

この修繕期間の延長に伴う経済性評価の算定結果は適用条件にもよるが、II型を使用することによって、道路管理者費用は、40年間で508億円低減すると報告している。

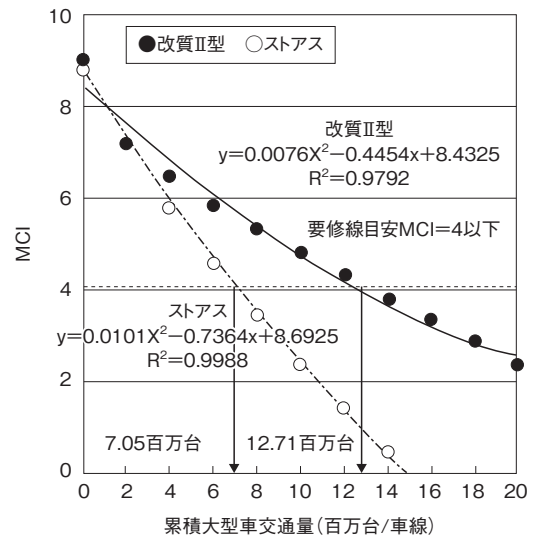


図-3 MCIのパフォーマンスカーブ²⁾

3. 中温化ポリマー改質アスファルト

ここでは、最近になって開発された中温化PMAについて述べる。

中温化PMAとは、従来のPMAとバインダの性状が同じでありながら、混合物の締固め性を改善すること

により、混合物の製造温度および施工温度を従来より低くすることができるバインダである。

現在、PMAの中でも特に需要の多いⅡ型やH型に対する技術開発が進み、多くの製品が市場に投入されている。

それらの取り扱い温度や施工事例などを以下に紹介する。

(1) 混合物の製造温度

従来のPMA混合物の製造温度は170～180℃であるの比べ、中温化PMAはそれより30℃程度低い140～150℃で混合物を製造することができる。このことは、PMAがストレートアスファルト混合物と同等あるいはそれ以下の温度で混合物を製造することが可能であることを示している。

(2) 混合物の締固め性

図-4は、中温化ポリマー改質アスファルト混合物の締固め性に関する評価事例である。締固め温度を変えたマーシャル供試体の密度によって混合物の締固め性を評価した結果、中温化PMAは従来より30℃低くした温度においても、一般のPMAと同等の密度を得ることができる。

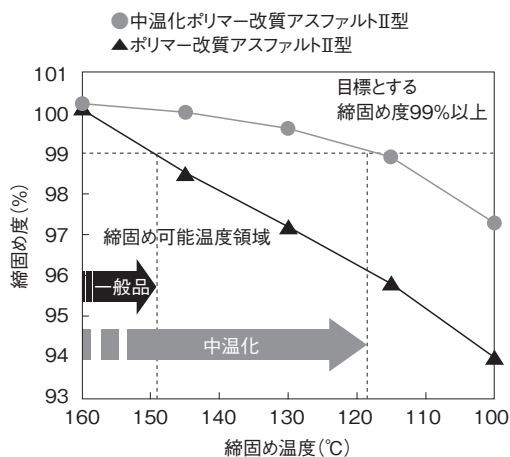


図-4 締固め温度と締固め度の関係⁴⁾

(3) 施工性

写真-1は中温化混合物の施工状況である。施工は一般の施工機材で行え、通常より30℃低い温度においても施工性は良好である。

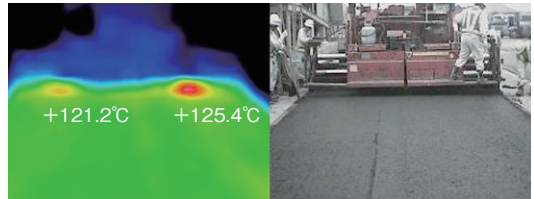


写真-1 中温化混合物の施工状況(Ⅱ型)⁴⁾

(4) 締固め度

図-5は現場の締固め度を示したものである。締固め度は平均で98.8%であり、冬期の施工においても、Ⅱ型およびH型ともに98.1%以上の締固め度が得られている。

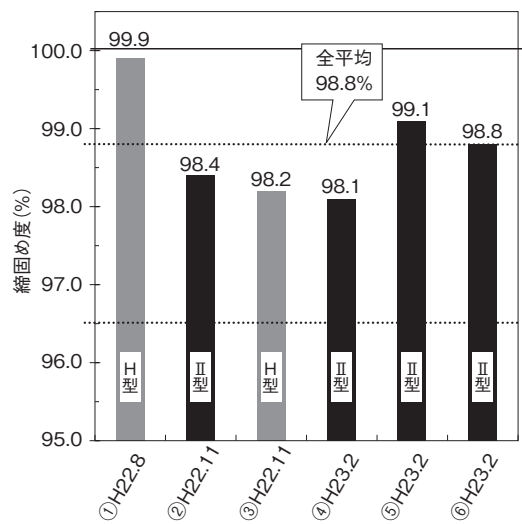


図-5 各種現場ごとの締固め度⁵⁾

(5) 供用性

写真-2は、N7交通路線で、表層にH型、基層にⅡ型の中温化PMAを使用した施工現場の事例である。施工後、約1年半を経て、重交通道路にあっても良好な供用性を示すことが確認された。



写真-2 供用状況(H型) 6)

現在、全国各地において、中温化PMAを用いた混合物の施工が行われている。製造温度を下げて施工する低炭素舗装を目的とする施工以外にも、寒冷期の施工性改善あるいは早期交通開放を目的に施工する場合など、使用目的も多岐に渡っている。

これらのことから、中温化PMAの利用が進み、その施工実績は10万㎡を越すとされる。

4. おわりに

舗装の要求性能に着目し、ポリマーの変遷や技術の動向などを紹介した。

日本改質アスファルト協会では、時代要請に対応した様々な特性をもつPMAの開発を進めている。道路予算が削減に向かうなか、今後も常に安定した品質の製品提供に努めるとともに、さらなるパフォーマンス向上やコスト縮減への取り組みが問われている。また、利用が進んでいる特殊用途のPMAに関しても、品質の標準化を進めて利用者が活用しやすい情報の提供にも努める必要がある。

当協会では、関係各位からの御指導をいただきながら、今後もポリマー改質アスファルトの技術開発を通じて社会貢献を図るべく活動して参りますので、変わらぬご支援やご愛顧のほどを、この場を借りてお願い申し上げます。

参考文献

- 1) AKIYOSHI HANYU : Transition of Polymer Modified Asphalt in Japan / 5th International Committee on Road and Airfield Pavement Technology 2005.5
- 2) 深代勝弘 : ポリマー改質アスファルトの将来展望 / 改質アスファルトNo.31
- 3) 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ブック2010.8
- 4) 平戸利明 : プレミックス型中温化ポリマー改質アスファルトの開発 / 改質アスファルトNo.36
- 5) 小野寺陵太郎 : 中温化ポリマー改質アスファルトに関する評価 / 改質アスファルトNo.37
- 6) 丸山陽 : 中温化改質アスファルトを用いた施工に関する効果検証報告 / 第29回日本道路会議論文集 No.3081