

復 興 事 業 に お け る ポ リ マ ー 改 質 ア ス フ ァ ル ト の 役 割

苦木 健吾*

平成26年2月13日、14日に仙台で開催された第92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します。

1. はじめに

当協会は、ポリマー改質アスファルト（以下、PMA）の技術を通して、アスファルト舗装の性能および耐久性の向上を目指し、道路インフラの健全性を確保・向上することを目的とした活動を行っている。

今回のアスファルトゼミナールのテーマは「復興がすすむ東北地方の舗装」となっており、「復興事業におけるPMAの役割」と題し、改質アスファルトの歴史、現在のPMAの基本技術と性能、および東日本大震災において改質アスファルトメーカーの果たした役割について紹介した。

以下にその内容を報告する。

2. PMA

2.1 PMAのタイプ

PMAとは、ストレートアスファルトにポリマーや性能改善を目的とした添加剤を改質材として添加し、アス

ファルトの感温性や粘接着性といった物理性状を改質したもので、道路舗装に使用した際、混合物の性能を向上させたものである。

PMAは、プラントミックスタイプとプレミックスタイプの2つに大別される。

①プラントミックス用改質材

プラントミックスタイプは少量出荷対応が可能、各グレードに対応した製品が市販されている（表-1）。近年では改質材を専用の機械で投入する方法もあり、大規模な施工にも適用可能となっている。

②プレミックス用改質材

プレミックスタイプとは、メーカーが事前にストレートアスファルトに改質材を混合したものを言う。

2.2 PMAとは

PMAに使用されるポリマーの変革としては当初SBR（スチレン・ブタジエン系ラテックス）が使用された（図-1）。その後、流動わだち掘れ対策として硬いアスファルトが使用されたが、耐ひび割れ性が不十分のためEVA（エチレン・酢酸ビニル共重合体）等の熱可塑性エラストマーが使用された。現在は、SBS（スチレン・ブタジエン・スチレン・ブロック共重合体）が主に使用されており、PMAにおける改質材の主流となっている。

SBSは高温領域（150～180℃程度）では流動性を示し、常温領域ではポリスチレン部分が架橋点となり、アスファルト中で三次元ネットワークを形成し、塑性変形に対する抵抗性が向上する（図-2）。また低温領域では、常温領域でゴム弾性を持つポリブタジエン部分がアスファルトの低温性状の改善に寄与し、低温域での破断に

表-1 プラントミックス改質材

改質材の形状	ラテックス	粉 体	ペレット
用 途	改質I型、II型、H型、再生改質	改質II型、III型	改質H型
包 装	ドラム、1tonコンテナ	ポリ袋	ポリ袋
投入方法	専用ポンプ	手投げ	手投げ
適 用	小規模～大規模	小規模	小規模

*にがき けんご 一般社団法人 日本改質アスファルト協会 技術委員（昭和瀝青工業株式会社 技術センター）

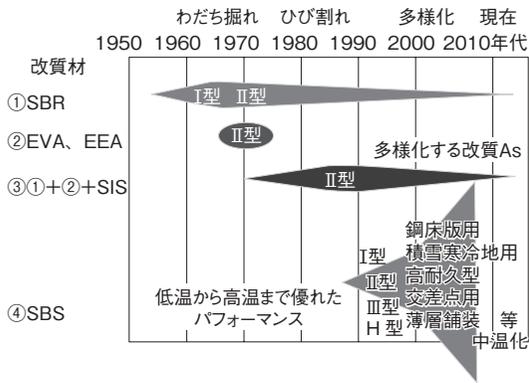


図-1 改質材(ポリマー)の変革

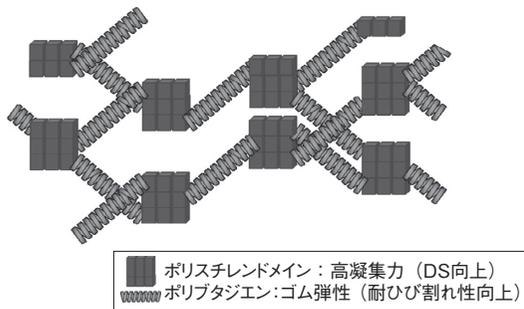


図-2 SBSによるネットワーク形成の模式図

強くなり、耐ひび割れ性も向上すると考えられている。
SBSはストレートアスファルトと混合すると、攪拌時間とともに微分散する(図-3)。アスファルト中にSBSが微分散するとPMAとして安定した性状が得られる。その他、添加剤としては、剥離防止剤、軟化剤および中温化剤などがある。

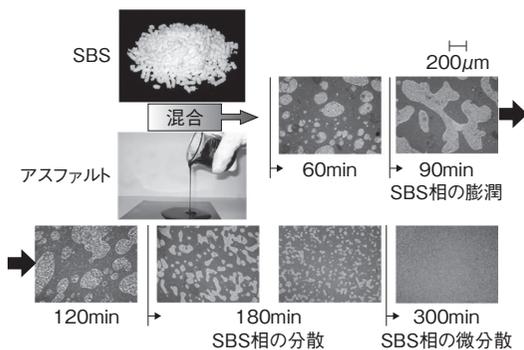


図-3 製造中のSBSの分散状態変化

2.3 PMAの変遷

PMAに関わる技術的な変遷を示す(表-2)。

第I期

舗装路面の荒れやひび割れ対策として、アスファルトには接着力や把握力の向上が求められた。改質材としては粉末ゴムや天然ゴム(NR)粉末などが試行されていた。

第II期

混合物の骨材飛散の防止、および積雪寒冷地でのタイヤ・チェーンによる摩耗わだち掘れ対策として、粉末ゴムではなくSBRラテックスやNRラテックスなどをアスファルトに混合する検討が行われた。特にアスファルトとSBRラテックスの混合性(相溶性)に着目した検討を行い、舗装用アスファルトの改質材として使用を開始した。

第III期

本格的な経済発展によるモータリゼーションが到来、交通量や交通荷重の増加による流動わだち掘れが発生し、主たる舗装の破損形態となった。塑性変形抵抗性を高めるためブローンアスファルトなどの「硬い」(ポリマー添加に依らない)アスファルトを用いた混合物が検討された。成果としてセミブローンアスファルト(AC-100)が一般的な材料として使用され、流動わだち掘れ対策に効果が認められた一方、クラックが発生しやすいという課題もあった。この頃から、ゴムやラテックス系以外のアスファルト改質材が検討されはじめ、可とう性(柔軟性)の改善を目的としてEVA(エチレン・酢酸ビニル共重合体)やEEA(エチレン・エチルアクリレート共重合樹脂)等の熱可塑性樹脂入りアスファルトが開発された。

第IV期

流動わだち掘れのほかに、スパイクタイヤによる摩耗わだちやひび割れ等の発生への対策として改質アスファルトの適用が検討され、本格的な舗装が実施された。また「アスファルト舗装要綱」に「ゴム入りアスファルトの標準的な性状」が記載され、一般材料とされたことにより、普及が加速した時期でもある。

第V期

舗装の目的・用途の多様化に対応するため、種々の改質アスファルトが開発され、実用化された。またアスファ

表-2 改質アスファルトの変遷¹⁾

年代	西暦	概要	改質アスファルト	要求性能
第Ⅰ期	1950～	改質アスファルトの小規模試験舗装 北海道大学でゴム入りアスファルトの研究開始	粉末ゴムによる試行	主に舗装路面の荒れ、ひび割れの対策
第Ⅱ期	1960～	研究成果 (SBR/NR) を使用した積雪寒冷地での試験施工	ゴム入りアスファルト	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ファルトの本格的試験舗装の実施	センプローンアスファルト 樹脂入りアスファルト 本四改質Ⅰ型	交通量増加に伴う流動わだち掘れ対策
1978年 当協会の前身である「ゴムアスファルト懇話会」を設立				
第Ⅳ期	1978～	ゴム入りアスファルトの技術向上のための研究開始 (土木研究所、土研センター、日本ゴムアスファルト懇話会) ※ゴム入りアスファルトの標準的性状がアスファルト舗装要綱に記載	筑波1号 ゴム樹脂入りアスファルト 改質Ⅰ型、Ⅱ型	重交通路線の流動わだち掘れ対策 スパイクタイヤによる摩耗わだち掘れ、ひび割れ対策
1980年 名称を「日本ゴムアスファルト協会」に変更				
第Ⅴ期	1988～	改質アスファルトの普及 ・舗装要綱に品質基準が示され一般材料化 ・改質材の交換：熱可塑性エラストマー (SBS)	多様な改質アスファルト (付着性改善、超重交通用、高粘度改質アスファルト)	要求性能の多様化 超重交通道路、橋梁部、積雪寒冷地域道路対策
1992年 名称を「日本改質アスファルト協会」に変更				
1995年 「ゴム・熱可塑性エラストマー入り改質アスファルトポケットガイド」を発行				
第Ⅵ期	1999～	排水性/低騒音舗装(ポーラスアスファルト舗装)の普及 日本道路公団(現NEXCO)の設計要領第一集「舗装編」で高機能舗装が新規に加わり、高粘度改質アスファルトの使用が原則とされる(1999) 改質アスファルトの標準的性状に、高粘度改質アスファルト、付着性改善改質アスファルト、超重交通用改質アスファルトが加わる(2001)	多様な排水性舗装用高粘度改質アスファルト	排水性舗装の適用場所の拡大に伴う、高粘度改質アスファルトの多様化
第Ⅶ期	2006～	環境対応等の新技術開発への取り組み 改質アスファルトの名称を記号表記に変更(2006)	I型、Ⅱ型、Ⅲ型、Ⅲ型-W、Ⅲ型-WF、H型、H型-F中温化PMA	省エネルギー推進 温室効果ガスの発生抑制
2009年 一般社団法人「日本改質アスファルト協会」設立				

ルト舗装要綱に品質基準が示され、改質アスファルトを使用した舗装のさらなる耐久性の向上、ならびに確認のための試験法の確立などが求められた。この時期から、改質材として熱可塑性エラストマー (SBSが主流) が利用されるようになった。

第Ⅵ期

排水性の適用箇所の拡大に伴い、これら空隙の大きい舗装の耐久性向上に不可欠な高粘度改質アスファルトの研究が盛んに行われ、その性能・品質の向上がなされた。また日本道路公団(現NEXCO)の設計要領第一集に高機能舗装が新たに加わり、高粘度改質アスファルトの使用が一般的になったことも性能・品質の向上に大きく寄与した。

第Ⅶ期

舗装設計施工指針(平成18年版)の改訂に伴い、従前の「改質アスファルト」という呼称が「ポリマー改質アス

ファルト」と改められた。また種類についても従前の性状や用途を意味した名称から、I型、Ⅲ型-W、H型-F等の記号で表記するようになった。

さらに2008年以降には、温暖化対策を目的とし、一般的なPMAよりも20～30℃低い温度で製造・施工温度が可能な「中温化」PMAが開発された。

このように改質アスファルトは時代の要請と共に様々な製品が研究・開発され、その時々インフラの健全性確保に貢献してきた。今日ではPMAが、アスファルト混合物の全出荷量の15%程度を占めるほどに活用されている(図-4)。またPMAを舗装事業に適用した際のLCC(ライフサイクルコスト)については、ストレートアスファルトを用いた場合との比較検証を行い、道路管理費用の低減が見込めるとの報告がなされている²⁾。

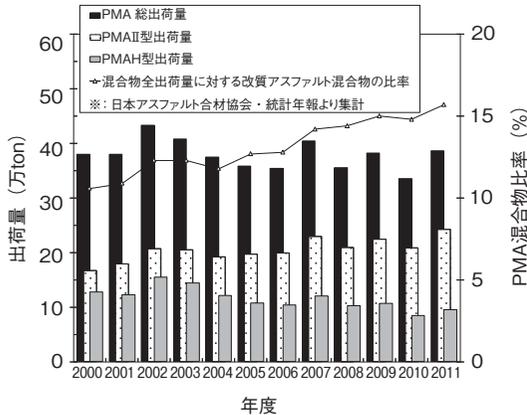


図-4 PMAの出荷量の推移

3. 今日の舗装におけるPMAの役割

3.1 PMAの種類

現在、広く普及し、当協会にて品質規格を設けているPMAを示す(表-3)。ここではそれぞれのPMAが実現する混合物の機能、および適用箇所の目安を示す。

PMAは、適用箇所の要求性能に応じて開発、上市されているため、計画する交通条件に応じて、最適なPMAを選択する事が望ましい。

I型、II型、およびIII型は、主に流動わだち掘れ対策として密粒度や粗粒度など空隙率の小さい混合物に用いられ、大型車交通量に応じてI型、II型、III型の順に適

用される(III型は特に多い箇所向け)。

また橋面舗装には、特に耐水性(剥離抵抗性)や可とう性(たわみ追従性)を向上させ、さらに疲労抵抗性に優れるIII型-WやIII型-WFがあり、コンクリート床版および鋼床版上の舗装に適用される。

なお付加記号“-W”は耐水性“Water Resistance”を、“-F”は可とう性“Flexibility”を向上させたバインダであることを示している。

ポーラスアスファルト舗装用のバインダとしては、H型とH型-Fがあり、前者は一般地域用として、後者は積雪寒冷地域用として使用される。

3.2 個別のニーズに対応したPMA

近年では、個別の交通条件や適用箇所のニーズに対応した様々なPMA製品が開発され、各メーカーにより製品化されている。主たる種類を以下に示す。

①中温化PMA

中温化PMAは、混合物製造時の締固め特性を改良し、混合温度や施工温度を従来よりも低く設定することが可能なバインダである。

一般に、中温化剤と呼ばれる添加剤を、予め配合したプレミックスタイプのPMA、もしくは添加剤を混合工場で投入するプラントミックスタイプを指し、従来のPMAと類似したバインダ性状を有する。このため、アスファルト混合物製造工場では従来と同様の設備、手順

表-3 PMAの種類と用途³⁾

	種類	I型		II型		III型		H型	
						-W	-WF		-F
混合物機能	適用混合物	密粒度、細粒度、粗粒度などの混合物に用いる。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。	
	主な適用箇所								
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)								◎	◎

◎: 適用性が高い ○: 適用可能、無印: 要検討

により中温化アスファルト混合物を製造・出荷することが可能となる。

中温化PMAを用いて、アスファルト混合物製造時の混合温度を20～30℃低下させることにより、発生する地球温暖化ガスの発生量を15%程度削減することが可能との試算がある⁴⁾。

また低炭素・省エネルギーを目的とする適用以外に、寒冷期等での施工性改善あるいは早期交通開放を目的として利用することも可能であり、中温化PMAの用途は多岐にわたる。今後の適用拡大が期待されるバイндаといえる。

②再生用PMA

近年ではアスファルト混合物の再生利用技術の普及により再生加熱アスファルト混合物の製造割合が増加している。アスファルト混合物を再生利用する場合、軟質アスファルトあるいは再生用添加剤により、回収アスファルトの針入度を調整、もしくは圧裂試験の圧裂係数を調整する必要がある。再生用PMAは、再生用添加剤と改質材があらかじめ配合されており、新規アスファルト混合物を製造する工程と同様に再生改質アスファルト混合物を製造することが可能となる(図-5)。

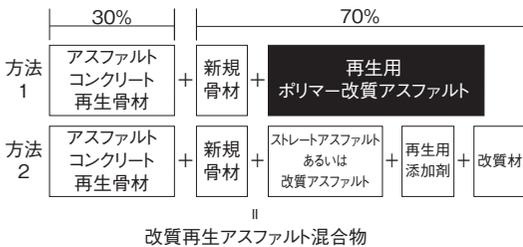


図-5 再生混合物の製造方法
(再生骨材30%使用の例)

4. 東日本大震災復興事業におけるPMAの果たした役割

4.1 東日本大震災における被害状況

平成23年3月11日14時46分に三陸沖を震源とした大規模な地震が発生した。地震の規模はマグニチュード9.0、日本周辺における観測史上最大の地震であった。この地震によって大規模な津波が発生、最大で海岸から6km内陸まで浸水、震源域に近い東北地方の太平洋岸では、高い津波により甚大な被害がもたらされた。

宮城県にある改質アスファルト工場は地震による建

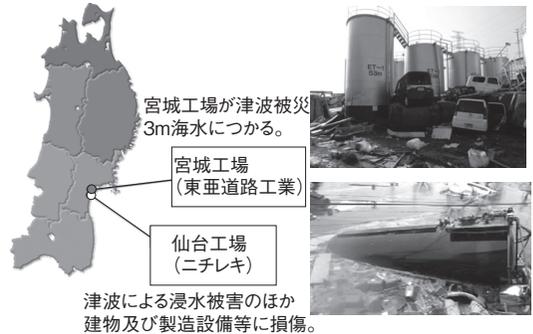


図-6 東日本大震災における改質アスファルト工場被害状況

物、製造設備の損傷だけでなく津波の被害を受け、操業できない状況となった(図-6)。

大震災後の復日にはまず人命救助部隊や医療チームをいち早く投入するために車両が通行できるルート啓開が実施された。

4.2 東日本大震災後半年間のアスファルトの配送について

東日本大震災において東北太平洋沿岸部の生産・物流拠点が被災した。大震災で被災した生産拠点を星印で示す。これらの生産拠点が震災の被害を受け、出荷できない状況となった(図-7)。

その間、ストレートアスファルトは唯一稼働できた関

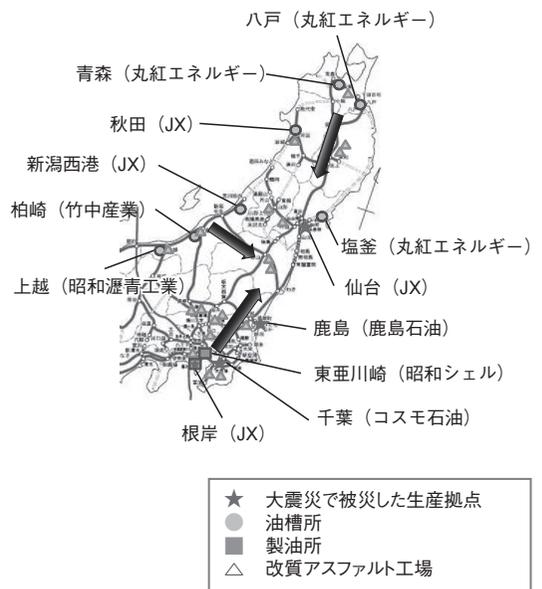


図-7 東日本大震災後半年間のアスファルトの配送

東エリアの製油所あるいは日本海側の油槽所からローリー配送された。PMAも同じく東北圏外から運搬され復旧のための材料供給に尽力した。

今回の大震災の復旧には東北地方外から多くの物資を供給、この初期の復旧が、早期の復旧に貢献できたと考ええる。

4.3 継続中である東日本大震災からの復興

震災直後被害のあった改質アスファルト工場も大震災後1年以内に操業を再開した。まだまだ続いている東北地方復興に改質アスファルトを供給できる体制は整っている(図-8)。

東北地方復興において地域的な特徴として冬季の気温の低さが留意すべき点と考えられる。このような地域に応じたPMA(表-4)を提供することで継続中である東日本大震災復興に当協会をあげて応援していきたい。



図-8 現在の東北エリアの改質アスファルト工場

表-4 東北地方復興に有効なPMA

要求性能	適用
摩耗抵抗性向上 (密粒度・細粒度・粗粒度)	ストアス→I型、II型
骨材飛散抵抗性(ポーラス)	H型→H型-F
寒冷期での施工性確保	中温化PMA
運搬距離が長い場合	中温化PMA

5. おわりに

道路に求められる機能の変遷に着目し、その機能の実現のために進化してきたPMAの技術の変遷および東日本大震災における改質アスファルトメーカーの果たした役割について紹介した。

東日本大震災を経験し、道路の必要性を改めて考えさせられた。東日本大震災では人命救助部隊や医療チームをいち早く投入するために車両が通行できる救援ルートを啓開、早期の応急復旧作業が可能となった。

災害に強い道路とは、救援物資などの確実な輸送を実施するために道路ネットワークの充実、安全な避難経路の確保や患者の搬送を容易に行うことができる緊急施設へのアクセスの向上、電線類の地中化などライフライン機能の早期復旧など、被災に強いライフライン等が挙げられ、今後も、それぞれの地域に適合したPMAを安定供給することが必要と考えられる。

今後も当協会は、関係各位からのご指導を賜りながら、PMAの技術の進化を通して、社会貢献を図るべく活動してまいります。さらに中温化PMA、再生用PMA等のニーズのある技術については、規格の制定ならびに品質の標準化を進め、利用される方々がわかりやすく、活用しやすい環境および情報の整備にも努めてまいります。これからも変わらぬご支援を頂きますようお願い申し上げます。

参考文献

- 1) 平戸、「更新時代の舗装技術におけるポリマー改質アスファルトの役割」、改質アスファルトNo.41、日本改質アスファルト協会(2013)
- 2) 深代、「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.39、日本改質アスファルト協会(2012)
- 3) (一社)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ブック」(2010)
- 4) (一社)日本道路建設業協会、「環境保全を目指した中温化(低炭素)アスファルト舗装—中温化技術による加熱アスファルト混合物製造でのCO₂削減—」(2010)