

アスファルト混合物の改質効果に及ぼす改質材の組成と性状に関する一考察

古財武久¹ ・ 野村健一郎² ・ 鈴木秀輔³

¹正会員 大成ロテック株式会社 技術研究所 (〒365 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

²正会員 工博 大成ロテック株式会社 技術研究所 (〒365 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

³正会員 大成ロテック株式会社 技術研究所 (〒365 埼玉県鴻巣市大字上谷 1456)

本研究は、改質材としてエチレン・エチル・アクリレートを用いた場合、その組成と性状がアスファルト混合物およびアスファルトの性状にどのように影響するかを明らかにすることを目的に実施したものである。

検討にあたっては、エチレン・エチル・アクリレートの組成と性状として、エチル・アクリレートの含有量、メルトインデックスおよびグラフト重合の度合いを取り上げた。その結果、アスファルト混合物およびアスファルトの改質に適したエチレン・エチル・アクリレートの組成と性状を明らかにできた。

Key Words : *asphalt modifier, modified asphalt, modified asphalt mixtures, EEA, ethylen ethyl acrylate, ethyl acrylate, melt index, graft polymerized*

1. はじめに

我が国のアスファルト舗装は、アスファルト舗装要綱（以下要綱と略す）等の基準類に基づき構築されている。通常、これら基準類に準じた設計および施工がなされていれば、所定の期間は問題が生じない範囲内で供用される。

しかし、昭和40年代後半から、交通量の増大や車両の大型化に伴い、アスファルト混合物（以下、混合物と略す）の流動によるわだち掘れが、年々顕著に見受けられようになった。

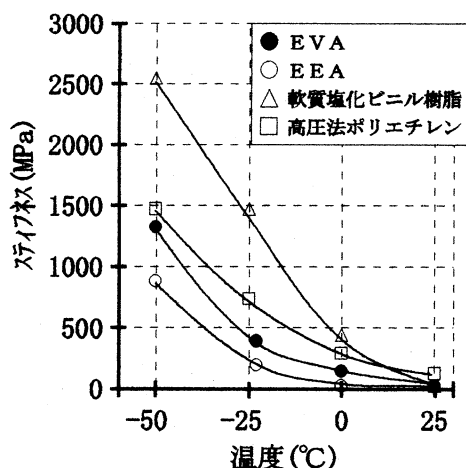
その対策の一つとして、混合物の配合の面から、①アスファルト量を少なくする、②骨材粒度を粗くするなどの手法がとられたが、耐久性とのかねあいから対応に限界があり、重交通道路ではあまり大きな改善効果が期待できなかった。

一方、アスファルト量や骨材粒度は調整せず、アスファルトの性状の面から、③針入度の小さいアスファルトを用いる、④アスファルトを改質するなどの手法がとられるようになった。

④のアスファルトの改質は、その感温性や粘弾性などの改善を目的に行っており、その効果として、混合物の性状も改良されることは周知のとおりである。アスファルトを改質した改質アスファルトには、舗装用アスファルトにゴムや熱可塑性エラストマ等の改質材を添加したものと、ストレータアスファルトにブローイング操作を加えたものがある。

また、使用される改質材は、ゴム、熱可塑性樹脂、熱可塑性エラストマ、熱硬化性樹脂、天然アスファルトなど広範囲にわたっている。その中で比較的多く用いられている改質材としては、ゴム系のスチレン・ブタジエン・ラバー（SBR）、クロロプレン・ラバー（CR）、樹脂系のエチレン・エチル・アクリレート（EEA）、熱可塑性エラストマのスチレン・ブタジエン・スチレンブロック共重合体（SBS）および天然アスファルトのトリニダット・レーク・アスファルトなどがあげられる¹⁾。

筆者らは、当初耐流動性の改善を主目的として、



図一 1 熱可塑性樹脂の温度とスティフネス

アスファルトの改質材に、広い温度範囲で変形に対し高い抵抗性を示す樹脂系のEEAを選択し、開発研究を行い道路舗装などへ適用した^{2), 3)}。その結果、EEAを添加した混合物は、60℃付近の性状が改善され、特に塑性流動抵抗性が高く⁴⁾、夏期のわだち掘れを少なくできることが確認されている⁵⁾。

しかし、樹脂系の改質材で改質した場合に共通する課題であるタフネス・テナシティの改善に対し、一工夫する必要性が生じてきた。それには、EEA樹脂の組成あるいはその性状が、アスファルトおよび混合物の性状へどのように影響しているか、という点にまで着目し検討する事が必要であると考えた。

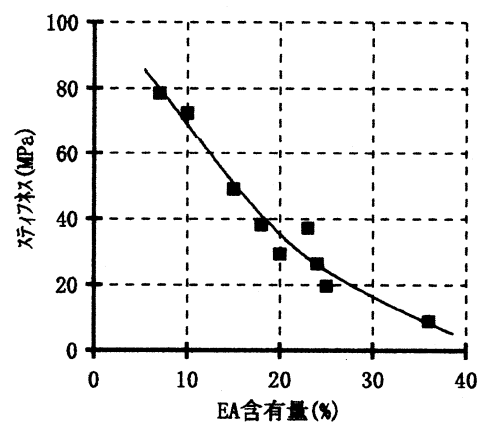
そこで、EEAの構成要素であるエチル・アクリレート（以下EAと略す）の含有量、樹脂の流動特性を示す指標であるメルトインデックス（以下MIと略す）およびグラフト重合の度合いを取り上げ、アスファルトおよび混合物の性状への影響を研究した。また、組成を改良したEEAを用い、混合物の改質効果を確認すると共に、混合物製造課程における課題とアスファルト舗装への適用性に関しても一部検討した。

2. 改質材の組成と性状

改質材EEAは、熱可塑性樹脂で柔軟性があり、樹脂の中ではゴムのな弾性を持つ材料である。例えば、図一1に示す⁶⁾ように、温度低下と共にスティフネス(JIS K 7113に準拠した引張り弾性率)は高くなるが、25℃で同程度のスティフネスを示

表一 1 EEAの代表的組成と性状

区分 種別	EA 含量 %	M I g f /10min	密度 g/cm ³	スティフネス MPa	引張強 さ MPa
1	7	4.0	0.93	80	13.5
2	10	2.0	0.93	74	13.5
3	15	1.5	0.93	50	16.0
4	18	6.0	0.93	39	12.0
5	20	20.0	0.93	30	7.0
6	23	0.5	0.93	38	22.0
7	24	1.5	0.94	27	15.0
8	25	20.0	0.94	20	7.0
9	36	20.0	0.93	9	1.5



図一 2 EA含有量とスティフネス

すエチレン・酢酸ビニール樹脂、軟質塩化ビニール、高圧法ポリエチレン等の熱可塑性樹脂に比べ、低温においても柔軟性が保持されていることが分かる。

そこで、EEAの特性を詳細に把握するため、組成と性状の面から検討する事にした。表一1は、各種EEAの代表的組成と性状⁶⁾（JIS K 6760により求めた特性値）を示したものである。

表から、次のことが言える。

- ① EAの含有量によって、密度は0.93～0.94 g/cm³の範囲にありほぼ一定であるが、その他の性状は異なっている。
- ② EAの含有量が高いとMIは概ね低い傾向にあるが、相関関係はない。
- ③ スティフネスと引張強さとの間に、相互の関係は見られない。

そのなかで、相関が高いと考えられる、EA含有量とスティフネスの関係を図一2に、MIと引張強さの関係を図一3示す。

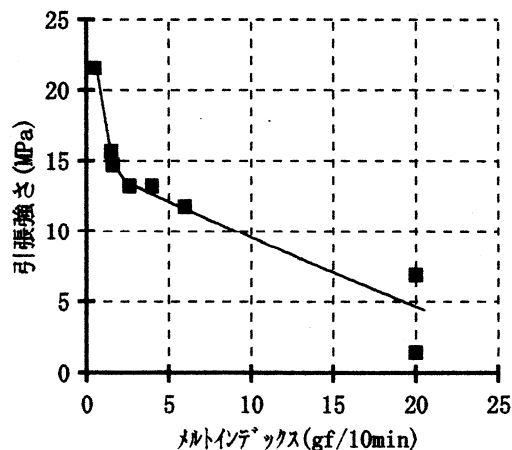


図-3 MIと引張り強さとの関係

図-2は、EA含有量とスティフネスの関係である。図から、EA含有量の多い方が柔軟性に富むことがわかる。EA含有量が7%から18%になるとスティフネスが約1/2になり、柔軟性が高くなる。特に、EA含有量が20%以上になるとその傾向が強く、EA含有量が7%から36%になると、スティフネスは後者が前者の約1/10程度になっている。したがって、EA含有量が多い方が柔軟性に富み改質材として好ましいと考えられる。

図-3は、MIと引張り強さの関係である。図から、MIの小さい方が引っ張り強さは大きくなっている。MIが4以下になると引張り強さは13MPa以上になり、MI=0.5では22MPaの引張り強さである。引張り強さの大きい方が改質材として好ましいと考えれば、MIは小さい方が良いといえる。しかし、EA含有量とMIには関係がなく、一元論的にMIは小さい方が良いとは言えない。分子量など他の要因も考慮し、改質材の性状を検討する必要がある。

3. 改質材の効果

改質材の改質効果は、通常、アスファルトの試験、例えば軟化点や60℃粘度の上昇などにより判断した後、混合物によりその効果、例えばホイールトラッキング試験による動的安定度が高くなること、などを確認している。

本研究では、アスファルトの改質効果の確認と混合物の改質効果の確認を同時並行で行い、EEAの組成と性状との関係から、混合物の改質に適したEEAはどのようなものかを検討することにした。

改質したアスファルト(以下バインダーと略す)

表-2 アスファルトの基本性状

項目	針入度 1/10mm	軟化点 ℃	伸度 (10℃)cm	60℃粘度 Pa·S	タフネス N·mm	テナシティ N/mm
特性値	72	46.5	31	1450	4.3	0.9

表-3 密粒度アスファルト混合物の基本性状

項目	アスファルト 量 %	密度 g/cm ³	空隙率 %	安定度 kgf	フロー値 1/10 mm	動的安定 度回/mm		
特性値	5.4	2.38	3.9	1140	33	400		
混合物の粒度〔通過質量百分率(%)〕								
ふるい目	19	13.2	4.75	2.36	0.6	0.3	0.15	.075
通過率	100	98.9	62.7	42.4	24.5	17.0	9.0	6.2

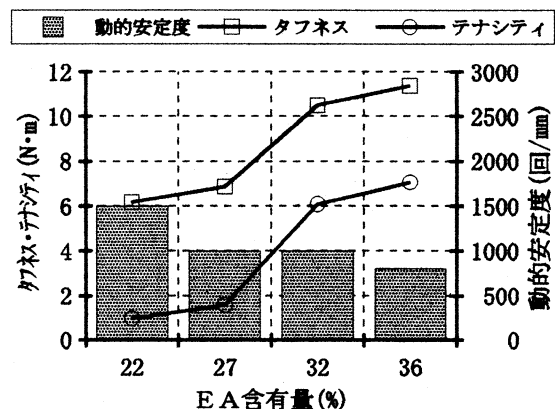


図-4 EA含有量による影響

については、タフネス・テナシティ試験⁷⁾を中心に、針入度、60℃粘度の各試験によりその性状を確認した。タフネス・テナシティ試験は、EEAの組成と性状がバインダーのモデュラス(一定の伸びに対する応力)にどの程度影響するかを判断するために用いた。また、タフネス・テナシティ試験によるタフネスが大きいバインダーは、アスファルト舗装の塑性流動によるわだち掘れ量が小さい⁷⁾という報告から、タフネス・テナシティ試験結果は混合物の改質効果を予測する事が可能ではないか、と考えたからである。

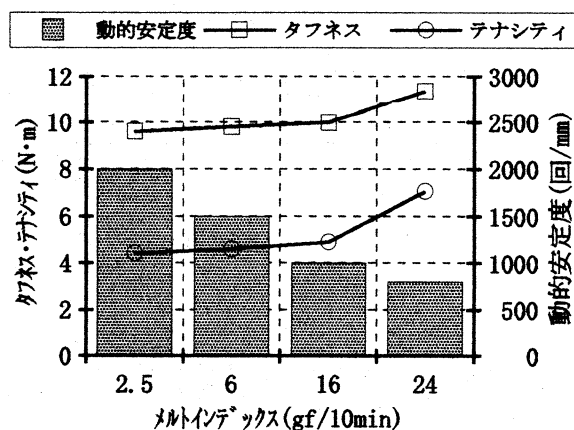
一方、混合物に関しては、EEAの組成と性状がホイールトラッキング試験の動的安定度によりどのように影響するかを検討し、改質効果を確認した。

なお、基本となる改質前のアスファルトの性状および混合物の性状を、表-2、表-3に示す。

(1) EA含有量による影響

EEAのMIをほぼ一定(21~25)に保ち、EA含有量による影響を検討した。

EEAのEA含有量が多くなると図-2のように、樹脂の柔軟性が高くなっている。その傾向は、



図一五 MIによる影響

アスファルトの改質効果にも表れており、図一4に示すように、EA含有量が多くなるに従いタフネス・テナシティも高くなっている。なお、タフネス・テナシティはEA含有量の増加に伴い比例的に高くなるのではなく、EA含有量が30%台になるとタフネスが10～12N・m、テナシティが6～7N・mとなり20%台と大きく異なっている。

一方、動的安定度は、EA含有量が多くなるに従い低下傾向を示す。EA含有量30%台では動的安定度が1000回/mm以下となり、EA含有量がタフネス・テナシティに与える影響と逆で、混合物では改質効果が見られなかった。

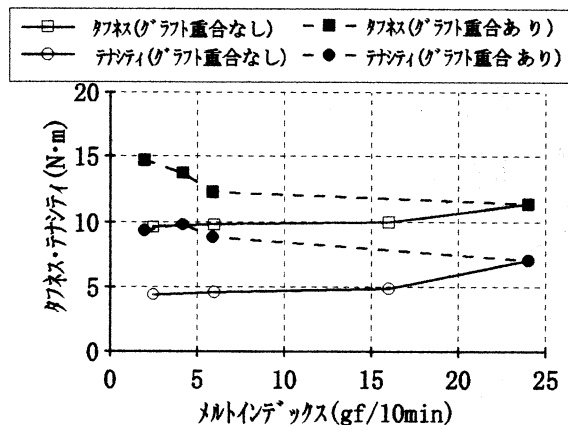
したがって、EA含有量の増加は、アスファルトの改質という点から判断すると好ましいが、混合物の改質では効果が認められない事が分かった。また、タフネス・テナシティ単独で、混合物とした場合の耐流動性を推測する事は、困難と判断した。

(2) MIの影響

MIは熱可塑性樹脂の流動特性を示す指標で、一般に、分子量の大きいものほど小さい値を示す。図一3に示すように、MIが小さいと引張り強さが大きくなり、MIが5以下になると引張り強さは13MPa以上になる。混合物を改質する上で、バインダーのタフネス・テナシティの向上と共に引張り強さが大きくなることは、好ましい事である。

そこで、EA含有量36%でMI=24のEEAを、分子量の調整(28000を43000まで増加)によりMIを変化(16、6、2.5)させ検討する事にした。

図一5は、その結果である。図によると、MIが小さくなるに従いタフネス・テナシティは低下傾向にある。分子量調整前のEEAと比較し、MI



図一六 グラフト重合によるタフネス・テナシティへの影響

が2.5になるとタフネスが9.8N・mで約15%、テナシティが4.5N・mで約40%低下している。これは、バインダーとして好ましくない状況である。

一方、動的安定度はMIが小さくなるに従い大きくなり、MIが2.5では動的安定度が2000回/mmで、分子量調整前のEEAの2.5倍になっている。この事は、混合物の改質の面からはMIを小さくする、即ち分子量を大きく(約15000程度大きく)することは好結果をもたらす事が分かった。

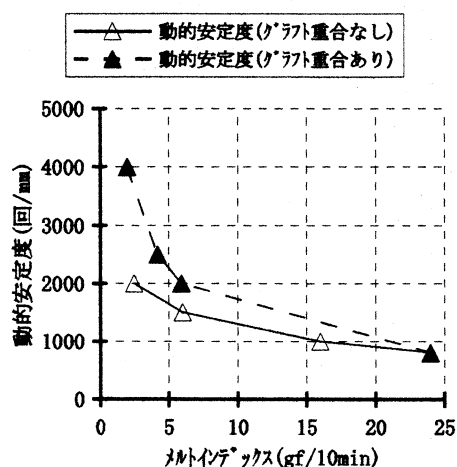
(3) グラフト重合の影響

前節{(1), (2)}から得られた結果によれば、①タフネス・テナシティを高めるためには、EEAのEA含有量を30%以上にする事が必要であり、②動的安定度を大きくするためには、EEAの分子量を高めて、MIを2程度にしなければならぬ事が分かった。この両者を満足させるためには、EA含有量が36%のEEAを基本に、アスファルトおよび混合物両方の改質効果を高めていく必要性が生じてきた。

そこで、既存の高分子を改質するために通常行われている、グラフト(接木)重合による手法を検討した。これは、鎖状高分子であるEEAに別の分子を枝状に重合させ、接着性を付与させようとするものである。ベースのEEAとなる、EA含有量36%、MI=24のものを、グラフト重合の度合いによりMIを5.9、4.2、2と低下させたものを試作した。

そのEEAを、アスファルト及び混合物に添加混合し、改質効果を確認した。

図一6は、グラフト重合によりMIを低下させたEEAと、分子量を多くしてMIを低下させたEEAを比較し、バインダーのタフネス・テナシ



図一七 グラフト重合による動的安定度への影響

表一四 開発したEEAの代表的性状

項目	EA含有量	MI	密度	スティフネス	引張強さ
単位	%	g/10min	g/cm ³	MPa	MPa
改良EEA	36	2	0.93	9	15
従来EEA	15	1.5	0.93	50	25

ティ試験を行った結果である。図によると、グラフト重合による効果が明らかに表れており、MIが2でタフネスが15N・m、テナシティが9.5N・mと、ベースのEEAと比較し、タフネスおよびテナシティとも約4N・m大きくなっている。

一方、混合物の改質効果を、ホイールトラッキング試験により確認した結果が図一七である。図によると、タフネス・テナシティに対するグラフト重合の効果と同様の傾向が見られ、MI=2では動的安定度が4000回/mmとなり、ベースのEEAの約5倍となっている。これは、分子量を約15000程度増加させ、MIを低くした状態の動的安定度(図一五参照)の約2倍である。

以上の事から、混合物の改質に適したEEAは①EA含有量は、30%以上にする。

②MIは、分子量ではなく、グラフト重合の度合いで調整し4以下にする。

ということが分かり、EEAを改良する事にした。

表一四に、改良したEEAおよび従来のEEAの代表的な性状を示す。

4. 改質材の混合物への適用

改良したEEAは、従来から用いていたEEA

表一五 アスファルトの代表的性状

	A石油	B石油		C石油		
		a	b	カフジ	クエート	アラビヤ
針入度 1/10cm	59	61	72	68	72	66
軟化点 ℃	50.0	49.0	46.5	47.0	46.0	49.0
伸度	15℃	150	150	150	150	150
	10℃	9	9	31	11	90
60℃粘度 Pa・S	2860	2000	1450	2300	1450	2630
タフネス N・m	4.8	3.9	4.3	3.6	3.8	5.9
テナシティ N・m	1.0	0.6	0.9	0.6	1.0	1.3

同様に粉末状のプラントミックス型として適用する事にした。それは、混合物製造時に所要量添加すれば、所定の品質を備えた混合物が製造可能であり、混合物の製造者の立場からは有効な材料と考えられるからである。

しかし、そのような特徴がある反面、工場製品のプレミックス型改質アスファルトに比較し、①ベースとなるアスファルトの品質の影響はどうか、②混合物製造時においてa)樹脂の分散状態はどうか、b)改質効果にバラツキは生じないか、など検討すべき技術的な課題がある。

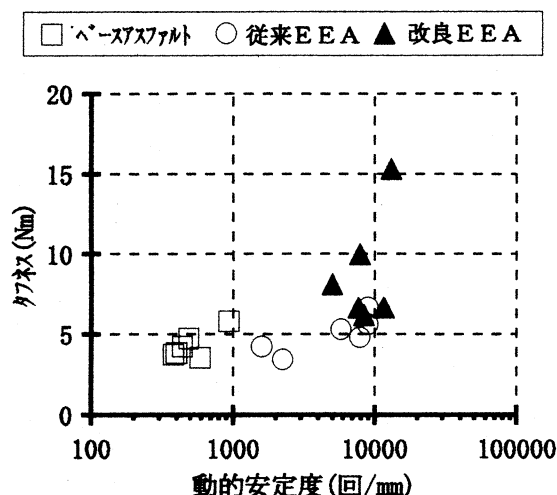
また、改良したEEAは従来のEEAに比べ、混合物の性状にどのような差異があるのかなどに関しても検討する必要性がある。

(1) アスファルトによる影響

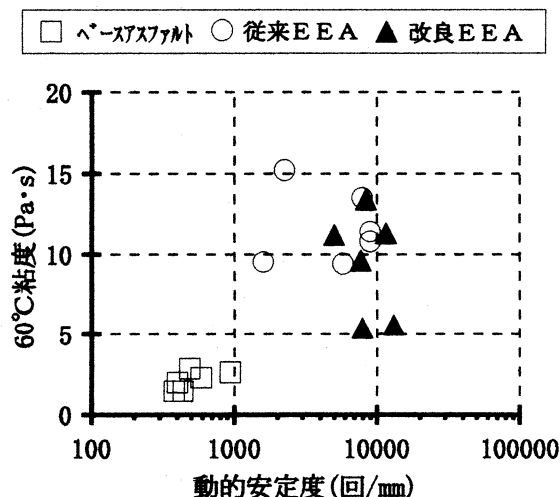
ゴムによるアスファルトの改質においては、ベースとなるアスファルトのロット、製油所等がその改質効果に影響を及ぼしており、ベースアスファルトの選択が重要であるといわれている⁸⁾。従って、ゴム同様に高分子材料である樹脂も、ベースとなるアスファルトに影響される事が十分考えられる。特に、プラントミックス型として適用しようとしている事から、ベースアスファルトの影響を検討しておく必要性が大きい。

表一五は、EEAの改質効果を確認するために用いた、ベースとなるアスファルト(60/80)の代表的な性状である。アスファルトのメーカーは3社であるが、同一メーカーで製油所の異なる2カ所、同一メーカーで原油の異なる3種類を選択した。

表から分かるとおり、同種類(60/80)のアスファルトでもメーカー、製油所、原油により差があり、最大と最小を比較すると、針入度(1/10mm)59と72、軟化点(℃)46と50、伸度10℃(cm)9と90、60℃粘度(Pa・S)1450と2860、タフネス・



図一 8 動的安定度とタフネスの関係



図一 9 動的安定度と60℃粘度との関係

テナシティ (N·m) 3.6-0.6と5.9-1.3である。

表一 5 に示す 6 種類のアスファルトおよび表一 3 に示す密粒度アスファルト混合物に、改良した EEA と従来の EEA を 4% 添加し、ベースアスファルトがどのように影響するのかを検討した。アスファルトについては、針入度、60℃粘度、タフネス・テナシティ試験の各試験により、また、混合物についてはホイールトラッキング試験により、それぞれの性状を確認した。

図一 8 は動的安定度とタフネスの関係であり、図一 9 は動的安定度と 60℃粘度の関係である。

図から次の事がいえる。

- ・ベースアスファルトでは、動的安定度がほぼ 400~1000 回/mm、タフネスがほぼ 4~6 N·m である。その時の 60℃粘度はほぼ 1500~2900 Pa·s であり、60℃粘度が高いアスファルトの方が、動的安定度も若干大きい傾向にある。

動的安定度も若干大きい傾向にある。

- ・従来の EEA では、動的安定度がほぼ 1600~9000 回/mm に分布し、ベースアスファルトの約 3 倍から 10 倍以上で、ベースアスファルトの違いの影響が大きい事が分かる。タフネスは、ほぼ 4~7 N·m でベースアスファルトの値と同程度であり、改質効果はほとんどないといえる。一方、60℃粘度はほぼ 15000~10000 Pa·s であり、ベースアスファルトの 5 倍以上となっている。
- ・改良した EEA では、動的安定度がほぼ 5000~13000 回/mm とベースアスファルトの 8 倍以上であり、その改質効果は大きい。また、ベースアスファルトの影響は従来の EEA ほど受けず、改質材にとって好ましいといえる。タフネスは、6~16 N·m に分布しており、ベースアスファルトの違いの影響が表れている。一方、60℃粘度はほぼ 5000~13000 Pa·s に分布しているが、60℃粘度と動的安定度には関係が認められない。

以上の事から、ベースアスファルトの影響は次のとおりである。

①従来の EEA は、

- ・動的安定度にベースアスファルトの違いが大きく影響する。
- ・タフネスにはほとんど影響を及ぼさず、ベースアスファルトとほぼ同じ値である。
- ・60℃粘度にはベースアスファルトの影響が小さく、どれも改質効果が大きい。

②改良した EEA は、

- ・動的安定度にはベースアスファルトの違いがそれほど影響せず、全てのベースアスファルトで改質効果が大きい。
- ・タフネスにはベースアスファルトの違いが影響し、大きな値が得られないことがある。
- ・60℃粘度にはベースアスファルトの違いの影響が認められるものの、動的安定度は全て 5000 回/mm 以上となっており、従来の EEA に比べ、混合物の動的安定度に対するベースアスファルトの影響は小さい。

したがって、改良した EEA は従来の EEA に比較して、混合物の改質効果に対するベースアスファルトの影響を受け難い事が分かった。しかし、混合物製造前には使用アスファルトを用いたチェックを行い、ベースアスファルトの影響度合いを確認しておく必要がある。

(2) 混合物の製造時の変動

粉末状の EEA は混合物製造時に添加混合するが、EEA の分散状態が適切か、その改質効果に

表一 6 混合物 1 バッチ中の動的安定度の変動

バッチ 位置	動的安定度 (回/mm)				
	1	5	10	15	20
上部	5000	5500	4500	5100	6000
中部	4800	4500	4300	5500	5500
下部	5100	5200	5000	4800	6000
平均	5000	5000	4600	5100	5800

バラツキはないのかなどを確認する必要がある。そこで、アスファルト混合物を製造する合材工場（製造能力：1.5T/バッチ，出荷能力：90T/H）において、表一 2、3 に示す性状の混合物（混合条件：混合温度・170±5℃、混合時間・35±5sec）を用い、E E A の分散状態とその改質効果のバラツキを、①混合物 1 バッチ中の変動、②混合物出荷時のバッチ毎の変動に関し、ホイールトラッキング試験の動的安定度により検討した。

a) 混合物 1 バッチ中の変動

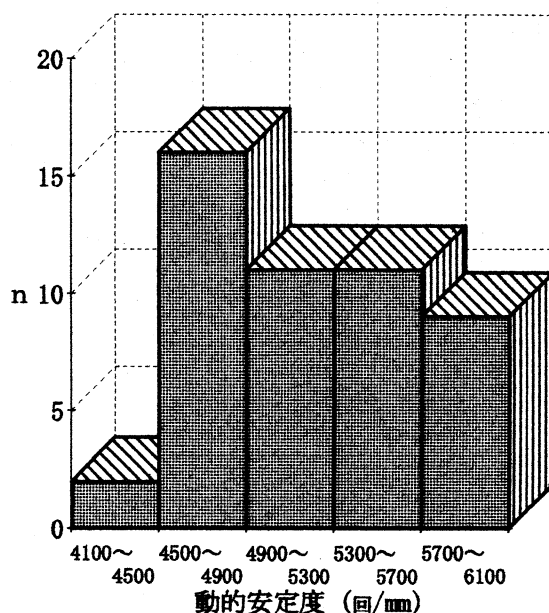
1 バッチ中の変動は、連続出荷中の混合物のサンプリングにより確認した。サンプリングは、最初の 10 バッチ目から 5 バッチ毎に 30 バッチ目まで、排出時の山状の上・中・下部から行った。サンプリング後、試験用供試体を作製し、ホイールトラッキング試験を行った。

その結果を表一 6 に示すが、各バッチ毎の変動を見ると、大きいものは 4500～5500 回/mm で 1000 回/mm の変動であり、小さいものは 4800～5100 で 300 回/mm の変動であった。また、全体の平均値は約 5100 回/mm であり、バッチ毎の平均値の最大・最小は 4600～5800 回/mm で、その差は 1200 回/mm であった。動的安定度の変動は、改質された混合物としてはそれ程大きくなく⁹⁾、樹脂の分散は十分行われているものと考えられる。

b) 混合物 1 バッチ毎の変動

バッチ毎の変動は、約 400T の混合物製造中の 49 バッチ分について、排出時の山状の中部からサンプリングを行い、前節（a）と同様の手法で確認した。その結果を、図一 10 に示すヒストグラムで整理した。図によると、最大でも 6100 回/mm 以下の値で、前節表一 5 の最大最小 4300～6000 回/mm とほぼ同じであり、全バッチの平均値も同一の 5100 回/mm であった。

以上の事から、混合物 1 バッチ中のバラツキもバッチ毎の変動もほぼ 5000±1000 回/mm（ $\sigma n=510$ 回/mm）の範囲内にあり、目標値 4000 回/mm 以上であることが確認できた。したがって、混合物中の



図一 10 混合物 1 バッチ毎の動的安定度の変動

樹脂の分散が適切に行われ、混合物の改質効果に影響を及ぼす程のバラツキはない事が分かった。

(3) 混合物の改質効果

混合物の改質効果を、60℃における塑性流動抵抗性を評価する動的安定度により検討してきた。しかし、改良した E E A の特質であるゴムの弾性が、混合物の低温時の摩耗抵抗性あるいは低温領域から常温領域にかけての曲げ特性に、どのように影響するのかを検討する事が必要である。

そこで、改良した E E A の改質効果を把握する目的で、①一般的な密粒度アスファルト混合物に適用し、従来の E E A と比較検討するほか、②骨材粒度の面から耐流動性、耐摩耗性およびすべり抵抗性を工夫したギャップ型の混合物に適用し、その相乗効果を検討する事にした。

a) 密粒度アスファルト混合物への適用

表一 2、3 に示す基本混合物に、改良した E E A と従来の E E A を添加し、マーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験、往復チェーン型ラベリング試験、単純曲げ試験（-5～25℃）を行った。その結果を表一 7 および図一 11 に示す。

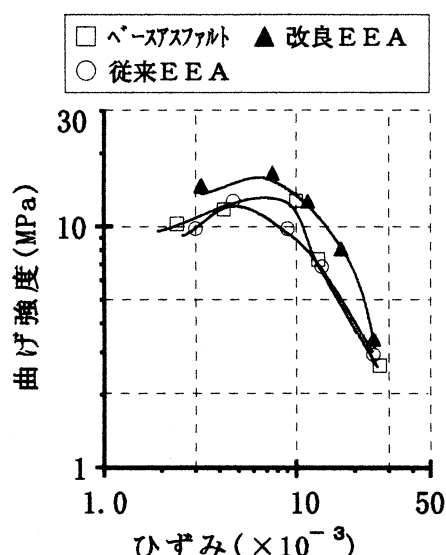
表から、改良した E E A と従来の E E A の改質効果を比較すると、次のことがいえる。

- ・マーシャル特性値は、ほぼ同じような値である。
- ・高温時の塑性流動抵抗性、即ち動的安定度は、改良した E E A が従来の E E A の約 2 倍の 5000 回/mm（ベースアスファルトでは 400 回/mm）であ

表一 7 EEAで改質された混合物の性状

種 別 項 目	アスファルト	改良した EEA	従来の EEA
アスファルト量 %	5.4	5.4(5.6)	5.4(5.6)
空げき率 %	3.9	3.6	3.7
安定度 kgf	1140	1330	1260
フロー値1/10mm	33	36	35
動的安定度回/mm	400	5000	2500
摩耗量 cm^2	1.92	1.00	1.22

注) ()は、アスファルトに4%のEEAを加えたバインダー量を示す。



図一 11 曲げひずみと曲げ強度の関係

る。

- ・低温時の摩耗抵抗性、即ち摩耗量は、改良したEEAが従来のEEAの約20%程度少なく1.0 cm^2 （ベースアスファルトでは1.92 cm^2 ）である。

また、図一11は曲げひずみと曲げ強度の関係を示したものである。図に示されるように、ベースアスファルトおよび従来のEEAの曲線に比べ、改良したEEAの曲線が外側に位置している。これは、同一曲げ強度から見ると、改良したEEAの曲げひずみが2~5 ($\times 10^{-3}$) 大きい事を意味している。

したがって、改良したEEAはタフネス・テナシティ試験によるバインダーのモデュラス（一定の伸びに対する応力）で評価されたように（「3. 改質材の効果」を参照）、混合物においてもその特性が有効に働いているものと考えられる。

b) ギャップ型混合物への適用

ここで取り上げるギャップ型混合物は、粗骨材

表一 8 ギャップ型混合物の粒度

ふるい目	通過質量百分率 (%)							
	19mm	13.2	4.8	2.4	0.6	0.3	0.2	0.075
A	100	97.6	42.4	34.4	23.6	16.5	11.6	8.7
B	100	96.7	41.7	31.8	21.1	15.0	11.3	8.5
C	100	96.5	38.8	29.0	19.4	14.1	10.7	8.3

表一 9 ギャップ型混合物の性状

項目	種別	A	B	C
バインダー量 %		5.8	5.5	5.3
空げき率 %		4.2	2.5	3.0
安定度 kgf		960	960	995
フロー値 1/10mm		37	46	46
動的安定度回/mm		3800	4800	4800
摩耗量 cm^2		0.98	1.09	0.80
BPN		64	65	75

種 別	平均すり減り深さ (cm)						
	1	2	3	4	5	6	7
普通コンクリート							
SFRC							
密粒度(13)							
ギャップ型混合物							

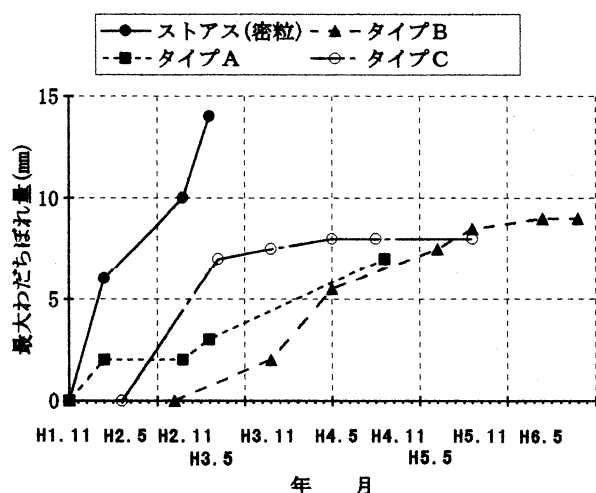
図一 12 平均すりへり深さ

を多用し良好なかみ合わせにより耐流動性を確保するほか耐摩耗性も改善し、さらには舗装表面に粗骨材による凹凸を形成しすべり抵抗性を向上させようとするものである¹⁰⁾。この粒度は、SHRP計画でも検討されている¹¹⁾ SMA（砕石マスティック）に類似したものである。

ギャップ型混合物は表一8に示す粒度で、改良したEEAをアスファルト量に対して4%添加し、マーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験、往復チェーン式ラベリング試験、すべり抵抗試験（ポータブルテストリッジスタンスターによる）および回転ラベリング試験（チェーン巻きタイヤ、回転速度20km/h、試験温度0℃）を行った。その結果を表一9および図一12に示す。

表一9から、いずれの粒度もベースアスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物（表一2参照）に比較し、動的安定度がほぼ10倍以上の3800~4900回/mm、摩耗量が約1/2の0.8~1.09 cm^2 となっている。

また、図一12から、ギャップ型混合物の75000回通過後の平均すりへり深さは約4mmで、密粒度アスファルト混合物（13F）のほぼ55%、普通



図一 13 最大わだち掘れ量の経年変化

コンクリートの約70%となり、耐摩耗性に優れていると考えられる。

以上のような背景から、改良したEEAを用いたギャップ型混合物は、主として、耐流動性のほか耐摩耗性が必要とされる積雪寒冷地の表層に適用されてきた¹²⁾。図一13は、東北自動車道における約5年間の、最大わだち掘れ量を追跡調査した結果である¹³⁾。

図によると、改良したEEAを用いたギャップ型混合物は、粒度により差があるものの、36ヵ月～46ヵ月で最大わだち掘れ量7.3～8.9mmである。これに対し、通常の表層用混合物は同程度の最大わだち掘れ量に僅か10ヶ月程度で達してしまい、17ヵ月では14mmの最大わだち掘れ量となる。したがって、EEAを用いたギャップ型混合物は通常の表層用混合物の約3～4倍程度の耐久性のあることが分かった。これは、骨材粒度を工夫したことと、改良したEEAを適用したことによる相乗効果であると考ええる。

5. ま と め

本研究から得られた結果は、下記のとおりである。

- ① EEAは、EA含有量が多い方が柔軟性に富み、30%以上になると、その傾向が顕著である。
- ② EA含有量が同等の場合、MIが小さくなると引張り強さが増加し、MIが4以下で、引張り強さが13MPa以上になる。
- ③ 混合物の改質材に適したEEAは、EAの含有量が30%以上で、MIを分子量の調整ではなく、グラフト重合により4以下としたものである。
- ④ 改良したEEAは、従来のEEAに比べアスファ

ルトの種類による影響を受けにくい。しかし、得られるタフネス・テナシティがベースアスファルトにより異なることから、事前にチェックする必要がある。

- ⑤ 混合物製造時のEEAの添加混合によるバラツキを動的安定度で確認したところ、1バッチの混合物中（5バッチで確認）でもバッチ毎（45バッチで確認）でも、ほぼ5000±1000回/mmの範囲内にあり、目標値の4000回/mm以上であった。
- ⑥ 改良したEEAを用いた混合物の曲げ強度は、従来のEEAおよびベースアスファルトを用いた混合物より、約1～3MPa程度大きく、同一曲げ強度でも、改良したEEAの曲げひずみが2～5 ($\times 10^{-3}$) 大きい。これは、改良したEEAが、タフネス・テナシティ試験によるバインダーのモデュラス（一定の伸びに対する応力）で評価されたように、混合物においてもその柔軟性に富むという特性が、有効に働いているものと考ええる。
- ⑦ 骨材粒度を工夫したギャップ型混合物に、改良したEEAを適用した表層用混合物は、東北自動車道における、約5年間の最大わだち掘れ量の追跡調査結果によれば、通常の約3～4倍程度の耐久性を有することが分かった。

6. お わ り に

改質材としてEEAを用いた場合、EA含有量、MIおよびグラフと重合の度合いが、アスファルトおよびアスファルト混合物の性状に影響することが確認できた。

既発表のアスファルトおよび混合物の改質に関する研究では、改質材として用いる高分子材の組成および性状と、改質したアスファルトおよび混合物の性状との関係に言及したものがほとんどないことから、今後、他の改質材についても同様の研究成果が公表されることを期待する。

謝辞：本研究を行うにあたり、日本ユニカー（株）樹脂技術研究所の皆様には、多大のお世話になりました。ここに、謝意を表します。

参考文献

- 1) (社) 日本アスファルト協会：改質アスファルトに関する文献調査、平成3年3月
- 2) 跡地幸進、森田芳雄、古財武久：改質アスファルトを用いた表層用混合物の試験施工結果について、第13回日本道路会議論文集（一般論文）、pp.265～266、1979年10月
- 3) 桜井正巳、荒木美民：透水性舗装の車道への適用、舗装、vol.12、NO.6、pp.24～28、1977年6月
- 4) 酒井修、栃木博：特殊バインダーによる混合物の諸性状について、日本道路公団試験所報告（昭和55年度）、pp.113～120、1981年11月
- 5) 遠藤英一、窪田昭夫、深沢正布：橋面舗装における追跡調査、道路建設、pp.54～57、1982年8月
- 6) 日本ユニカー（株）：技術資料、1975年
- 7) (社) 日本道路協会：舗装試験法便覧、1989年
- 8) 土井内元、小林宏造、岩瀬正：環状7号線における耐流動試験舗装、第16回日本道路会議論文集（一般論文）、pp.309～310、1985年、10月
- 9) 太田健二：改質アスファルトの特性、アスファルト、vol.22、NO.118、pp.17～25、1979年1月
- 10) 建設省道路局国道一課、建設省土木研究所：耐流動耐摩耗対策の選定手法に関する調査研究報告書（第43回建設省技術研究会）、平成元年11月
- 11) 藤澤信昭、木下庄次、野村健一郎：耐摩耗、耐流動、すべり抵抗を考慮した特殊ギャップアスファルト混合物、第19回日本道路会議論文集（一般論文）、pp.570～571、1985年、10月
- 12) National Cooperative Highway Research Program Report 338 : Asphalt-Aggregate Mixture Analysis System, 1991, March
- 13) 久間木信夫、野村健一郎：東北道における特殊ギャップ型表層の試験施工、舗装、vol.26、NO.7、pp.8～14、1991年7月
- 14) 山口泰之、野村健一郎、庄司正：東北自動車道における特殊ギャップ型表層の追跡調査、道路建設、pp.67～71、1995年4月

STUDY FOR COMPOSITION OF IMPROVEMENT MATERIAL TO EXERT ON EFFECT OF HOT ASPHALT MIXTURES

Takehisa Kozai Kenichiro Nomura Shusuke Suzuki

As for this study, when using ethylen ethyl acrylate as improvement material, it is plemented one how composition of ethylen ethyl acrylate and property influence the property of asphalt and hot asphalt mixtures.

In case of examinaiton , as composition and property of ethylen ethyl acrylate, it took up ethyl acrylate containing quality, melt index and dgrees of that the graft polymerizing was done.

As a result, the compotision of ethylen ethyl acrylate which suited of hot asphslt mixtures and asphalt and property became clear, and it comfirmed apply ability to asphalt pavement.