

アスファルト再生用添加剤の評価

074108 栗原 悠

074110 齊藤翔太

1. 背景および目的

18世紀後半頃から、産業の発展に伴い人類は石炭や石油などを大量に消費するようになり、大気中の二酸化炭素の量は200年前と比べ35%程度増加した。これからも人類が同じように活動を続けるとすれば、21世紀末には二酸化炭素濃度は現在の2倍以上になり、この結果、地球の平均気温は今より上昇すると予想される。地球の温暖化は二酸化炭素やフロンなどが原因であり、これは人為的な活動に起因することは、ほぼ疑いの余地はない。例えば、気温が2度上がると私たちにどのような影響があるのか、なかなか実感しにくい面がある。しかし、これまでの経験では、かつてない猛暑だと言われた年でさえ平均気温にすると平年より約1度高かっただけと、わずかな平均気温の上昇によって大きな影響が現れる。

また、二酸化炭素の排出はエネルギー需要に左右される面が大きいことから、産業界における徹底した省エネやエネルギー転換などを進めるなど、これからもより積極的な対策が期待される。政府はこうした活動を支援し、さらに自然エネルギー利用などを促進するため、経済的なインセンティブの導入などを積極的に推進しようとしている。このことは、アスファルト舗装業界でも同様で、アスファルト舗装廃材の混入量を増加させ、含有アスファルトをより多く利活用することで、ストレートアスファルトを製造するコストや資源が軽減できる。

本研究は、市販されている再生用添加剤2種類、廃潤滑油から作った再々生用添加剤とストレートアスファルト混合物の供試体を作製し、マーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験、カンタブロ試験、粘弾特性測定試験により、物性を比較し再々生用添加剤が使用可能か考察した。

2. 再生アスファルト混合物と新アスファルト混合物の基本配合

2.1 概要

今回の実験ではストレートアスファルトを用いた新規加熱アスファルト混合物(V)、市販されている再生用添加剤2種類を加えた混合物(F, Re)や廃潤滑油を主要構成材料とした再々生用添加剤を用いた再生加熱アスファルト混合物(A)を使った。

アスファルト混合物の配合設計は、通常、マーシャル安定度試験等により行う。マーシャル安定度試験は、加熱アスファルト混合物に対する粗骨材・細骨材・石粉とアスファルトの割合および配合量を決定するために、60℃における強度と変形量を測定するものである。前述の4種類の密粒アスファルト混合物(13)を表-1の配合設計で作製した。

表-1 配合表

項目	再生骨材	6号碎石	7号碎石	粗砂	細砂	石粉	設計バインダー量	外割バインダー量	旧アスファルト量	再生用添加剤	外割新As量	
単位	%						%	%				
F	63	24	8	5			5.8	6.16	3.81	0.69	1.66	
A	63	24	8	5			5.4	5.71		0.61	1.29	
Re	63	24	8	5			5.6	5.93		0.38	2.08	
V		33	26	29	6	6	5.8	6.16				

2.2 配合設計の考察

マーシャル安定度試験により、各骨材および添加剤の割合を表-1のように決定した。新規アスファルト混合物をVと表記し、再生用添加剤3種類を使用した再生アスファルト混合物をF, A, Reと表記した。

設計バインダー量は、舗装試験法便覧に準拠した標準マーシャル安定度試験で最適アスファルト量を決定した。A混合物とRe混合物は、再生骨材を使用したため、再生骨材を使用していないV混合物よりアスファルト量が少なくなった。F混合物は、再生骨材を使用したにも関わらず、アスファルト量がV混合物と同じ割合になった。

3. 再生用添加剤の種類による混合物の比較

3.1 マーシャル安定度試験

(1) 試験方法

表-2 マーシャル安定度試験

表-1の配合設計により作製したマーシャル供試体を用い、標準マーシャル安定度試験[水温(60℃)、水浸時間(30~40分)の条件で、規定載荷速度(50±5mm/min)で載荷する]は、供試体が破壊するまでに示す最大荷重(安定度 kN)と、それに対する変形量(フロー値 1/100cm)を測定する。

項目	As量	密度	空隙率	安定度	フロー値
単位	%	g/cm ³	%	kN	1/100cm
規格値	5~7	—	3~6	4.90以上	20~40
F	5.8	2.349	3.5	15.73	39
A	5.6	2.352	3.8	16.87	38
Re	5.4	2.281	7.5	10.53	35
V	5.8	2.285	3.9	13.78	29

(2) 結果と考察

マーシャル安定度試験の結果を表-2示す。F混合物, A混合物, V混合物は規格値に適合した。また、配合設計はF, Aの混合物と同じだったにも関わらず、Re混合物の空隙率が7.5%と規格値の上限を超える結果になった。Re混合物の再生用添加剤は、流動性が低いために密度を上げにくく、空隙率がF, A混合物よりも高くなったと考えられる。従って、供試体の安定度を向上させるには、F, A混合物に再生用添加剤を入れると効果的である。

この結果から、再生用添加剤を入れたF, A混合物は空隙率と安定度が非常に近い値となり、類似している添加剤といえる。また、4種類のデータで判断するのは難しいが、空隙率が高いほど、安定度が低くなるという関係がある。しかし、安定度とフロー値の結果からは明確な関係が見出せなかった。

3.2 ホイールトラッキング試験

(1) 試験方法

本試験は高温時における加熱アスファルト混合物の耐流動性を評価する指標である動的安定度DS(回/mm)を調べるための試験である。

配合設計により作製した供試体(長さ 300mm、幅 300mm、厚さ 50mm)の上に荷重調整した小型のゴム車輪を繰り返し走行させ、そのときの単位時間あたりの変形量から動的安定度(DS)を求める。

表-3 ホイールトラッキング試験

項目	密度	圧密変形量	動的安定度
単位	g/cm ³	mm	DS(回/mm)
規格値	—	—	3,000以上
F	2.254	1.71	3,088
A	2.263	1.48	5,053
Re	2.288	1.51	3,259
V	2.203	2.30	1,673

(2) 結果と考察

ホイールトラッキング試験結果を表-3に示す。60℃において、V混合物の動的安定度は1,673(回/mm)と規格値の3,000(回/mm)を下回った。

また、F、Re 混合物の動的安定度は、規格値の 3,000(回/mm)をやや上回り、同じような値となった。このなかで、値が1番大きな値を示したA混合物は、動的安定度が1番小さかったV混合物の約3倍で、規格値から約1.6倍の値になった。

このように、A混合物は動的安定度が最大値となり、他の再生用添加剤やストレートアスファルト混合物を使用した供試体より耐流動性が高く、わだち掘れしにくいといえる。

3.3 カンタプロ試験

(1)試験方法

本試験はアスファルト混合物の常温での骨材飛散抵抗性を評価するために行うものである。配合設計により作製したマーシャル供試体の質量を測定した後、20℃恒温槽に供試体を入れ、20時間養生する。20時間後恒温槽より供試体を取り出し、ロサンゼルス試験機のドラムに速やかに入れ、ふたを取り付けた後、毎分30～33回転の回転数でドラムを300回転させる。所要数回転させた後、ドラム内の供試体を取り出し質量を計る。

(2)結果と考察

カンタプロ試験の結果を表-4に示す。これによりRe混合物の損失率の数値が際立って大きいことがわかる。他の混合物と比べ約4%の差が出た。また、他の3つの混合物はほぼ同じ値の数値となったことから、バインダーの骨材把握力と接合力が同程度であると考えられる。

このことからRe混合物は他の3つの混合物より骨材飛散抵抗性が小さく、他の3つの混合物よりも付着性が小さくもろいため、長期にわたっての使用には適さないと考えられる。

表-4 カンタプロ試験

項目 単位	損失率 %
F	6.1
A	6.7
Re	10.1
V	5.8

3.4 粘弾特性測定試験

(1)試験方法

本試験は周波数制御に使われる振動子で、周波数を変化させて試料の最小抵抗を測定し、抵抗とアスファルトの粘弾性との相関関係を利用して粘弾特性を算出するものである。F、A、Re、V混合物から抽出回収したバインダーの粘弾特性の測定をする。(以下アスファルトについてF、A、Re、Vと記載)粘弾特性とは、個体としての弾性変形と流体としての粘性を同時に示すものである。

表-5 針入度試験

項目 単位	針入度 mm
F	47
A	33
Re	29
V	29

(2)結果と考察

抽出回収後のアスファルトの針入度(1/10mm)を表-5に示す。粘弾特性測定試験とは、インピーダンス(抵抗)の数値から粘性の特性を推定するためのものであり、その結果を表-6と図-1に示す。

針入度試験の結果によると、Vの値が一般的には35(mm)以上とされているが29(mm)とやや低めの値となった。

新規加熱アスファルト(V)を基準としてインピーダンスの値を比較した。Reは、0℃ではVと同じ数値だったが、20℃でやや高く、40℃から同等になった。また、Fは0℃の時のインピーダンスの数値が低かったが20℃以降はVと同等である。

表-6 粘弾特性測定試験

温度	0℃	20℃	40℃	60℃
F	25491	14532	12706	8440
A	34017	14532	9219	7223
Re	34017	20376	10148	7223
V	34018	14533	9220	6736

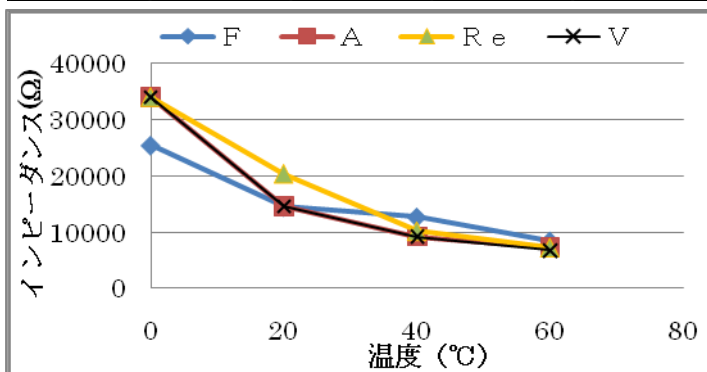


図-1 粘弾特性測定試験結果

A はインピーダンスの数値が V とほぼ同じ数値になったことから、粘弾性はストレートアスファルトに近い特性を持っていると考えられる。

4. 総括

今回、市販されている再生用添加剤 2 種類を用いた混合物(F, Re)、再々生用添加剤を用いた混合物(A)、ストレートアスファルト混合物(V)をマーシャル安定度試験、ホイールトラッキング試験、カンタブロ試験、粘弾特性測定試験の 4 種類の実験で比較した。

マーシャル安定度試験では F, A, Re, V 混合物とも安定度は規格値 (4.90 kN) を満足する結果となった。その中でも F 混合物 (15.73 kN) と A 混合物 (16.87 kN) は規格値の約 3 倍程度の結果であった。この 2 つの混合物は V, Re 混合物より安定で、今回の比較した 4 種類の混合物の中では硬い混合物だとわかる。また、Re 混合物の空隙率だけ規格値の適用範囲を超えた。これは再生用添加剤を入れた F, A 混合物と同じ配合設計にも関わらず、混合物としての流動性が劣ったため、密度が他の混合物より低くなり、空隙率が高くなったと考えられる。

ホイールトラッキング試験では、A 混合物の動的安定度の結果が 5,053 (回/mm) と 1 番高く耐流動性が良いため、わだち掘れしにくいことが証明され、F, Re 混合物も規格値を超え流動性に関しては問題ない値が出た。

カンタブロ試験では、マーシャル安定度試験の安定度と類似した結果になり、再生用添加剤を入れた 3 種類の内、F, A 混合物が損失率が近いのに対して Re 混合物だけ少し高い値になった。Re 混合物は他の混合物と比べて剥離抵抗性は低いので、今後骨材同士の粘着性を高める対策が必要となってくる。このマーシャル安定度試験とカンタブロ試験の実験で、安定度が高いと損失率が低くなるという相関性がわかる。

粘弾特定測定試験では、F は 0°C から 20°C まで、Re は 20°C から 40°C までの改善が必要であり、A は V と似た特性を持った混合物だと考えられる。

総合的に混合物を判断すると、再生用添加剤を入れた F, A, Re 混合物の中で、F, A 混合物は近い値になったのに対して、Re 混合物だけ離れた値が出た。そして、F, A の混合物は V の混合物と実験により比較しても、遜色ない結果が得られることがわかった。今回の結果で再々生用添加剤を用いた A 混合物は使用できるという結論が得られた。

再々生用添加剤は、廃潤滑油からリサイクルしたものであり、地元の製油所から出た廃油を使うことができれば、運搬による物流エネルギーをおさえ、二酸化炭素の排出が削減できる。地産地消の考えが温暖化防止に繋がるので、今後、再々生用添加剤については品質試験や組成分析の研究によって実用化されることを期待したい。

参考文献

- 1) 全国地球温暖化防止活動推進センターHP [URL:http://www.jccca.org/](http://www.jccca.org/)
- 2) 社団法人 日本道路協会：舗装試験法便覧，1993
- 3) 竹内健二ほか：「再生再生用添加剤を用いた再生アスファルト混合物の物性比較試験」
- 4) 樋口弘晃、相澤昌範：「温暖化対策再生加熱アスファルト混合物の研究」2008 年度建設システム工学科要旨集