

アスファルト混合物の経年変化と循環再生技術に関する研究

1114103 伊藤慎吾

1114115 鈴木崇生

1. 背景と目的

近年、地球温暖化防止や循環型社会の構築に向けた対策は、道路事業の分野でも例外なく実施されている。建設リサイクル法によってセメントコンクリート塊、アスファルトコンクリート塊のリサイクルが義務化されており、再資源化及び有効利用が必要である。現在、アスファルト舗装廃材の再資源化は一般的になって、再生加熱アスファルト混合物が製造出荷されているが、かつて当研究室で行われた従来の再生用添加剤を用いたアスファルトの再生実験では、安全面を考慮すると限られた回数しか循環再生が出来なかった。循環型社会の構築には多回数の循環再生が必須でありその技術が確立されていない。このような現状の中、昭和シェル石油がアスファルト混合物の循環再生用添加剤「リプロファルト 300」を開発した。このリプロファルト 300 は試作段階であるが、実用可能となればアスファルト舗装道路の多回循環再生が可能となり道路事業における循環型社会の構築は大きく前進すると思われる。

このような背景から本研究では、経年によるアスファルト混合物供試体の性状変化の継続的調査、「リプロファルト 300」を用いたアスファルト混合物供試体の多回循環再生を試み、その結果を考察した。

2. アスファルト混合物供試体の経年変化試験

表-1 経年変化試験用供試体の配合設計

項目		V	R
骨材(%)	6号碎石	39.0	—
	7号碎石	11.6	—
	粗砂	19.8	—
	細砂	19.3	5.0
	石粉	10.3	—
	再生骨材	(13-0) (13-5) (5-0)	— — —
計		100.0	
再生用添加剂量(対旧As%)		—	14.0
設計アスファルト量(%)		6.0	6.3
設計針入度(1/10mm)		70	
作製直後の空隙率(%)		3.6	4.0

(1) 概要

一般的にアスファルト舗装道路の耐用年数は10年と言われており、当研究室は新規、再生アスファルト混合物の10年間の性状変化の調査を目的とし、2005年より本学6号館屋上に新規密粒度アスファルト混合物

(13F) 供試体(新規混合物V)と再生密粒度アスファルト混合物(13F) 供試体

(再生混合物R)を自然暴露し、密度等の経年変化を調査している。

表-1に新規混合物(V)と再生混合物(R)の配合設計を示す。

(2) 結果と考察

空隙率基準(3~5%)に着目した9年間の、新規混合物供試体と再生混合物供試体の3個平均の移動平均値の推移を図-1に示す。

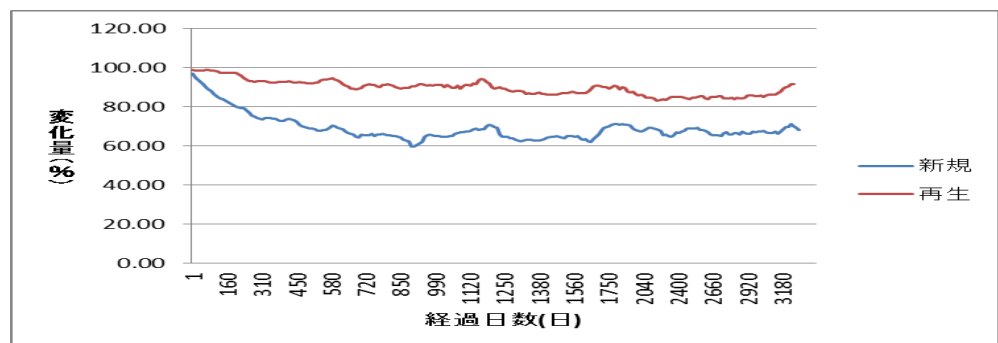


図-1 空隙率の移動平均法による推移

キーワード：アスファルト混合物、自然曝露、多回循環再生、空隙率

NO.1-16(村井研究室)

新規混合物は、変化量の変動が大きく 50 日程度で空隙率が基準値の最低値を下回ってしまい、空隙率だけで評価すれば耐用年数は短いと考えられる。再生混合物は、新規混合物に比べ変化量が少なく、基準値内に留まっている。原因は骨材の違いによるものであり、新規混合物は新骨材が使用されておりその分空隙率の減少が見られた。一方、再生混合物は骨材量の 95% が再生骨材のため、空隙率の低下要因はわずかな新骨材しかなく、変化量が少ないと考えられる。

両供試体とも、変化量に違いはあるが日数を重ねるにつれ空隙率が低下する結果により、循環再生混合物においては空隙率を注視し実験研究することとした。

3. 循環再生混合物の製造実験

(1) 概要

従来一般的な再生用添加剤を用いた舗装再生においては、繰り返し再生を重ねると、再生したアスファルトの性状が新アスファルトと異なってくる。新アスファルトを促進劣化させ繰り返し再生する実験結果から、従来一般的な再生用添加剤では、針入度は回復しても伸度等が回復していないことが多いことが分かっている。そのため本実験では、昭和シェル石油の循環再生用添加剤を用いて、多回循環再生を行い針入度試験、伸度試験、最大密度試験、マーシャル安定度試験により性状を確認した。なお今回の多回循環における再生骨材量は 72% とした。

(2) 新規混合物の配合設計と疑似廃材の作製

再生骨材の作製にあたり、まず As 量 5.2%、5.4%、5.6% の供試体を作製した。その後マーシャル安定度試験を行った結果、5.2% の供試体が As 量、空隙率、安定度、フロー値（変位度）の基準値を満足したので本実験で使用する再生骨材に決定した。再生骨材の配合設計を表-2 に、マーシャル安定度試験結果の各項目の値とその基準値を表-3 に示す。疑似廃材は、マーシャル供試体を 160℃ の恒温乾燥機を用いて 4 時間の加熱処理を行い、ほぐしたものをを用いた。その一部からアスファルト自動抽出試験によりアスファルトを抽出し、針入度試験、伸度試験により性状変化を測定し、改めてこれらからマーシャル供試体を作成した。また、残りの疑似廃材を最大密度試験に使用した。これらの作業を各循環ごとに繰り返し行った。

表-2 再生骨材の配合設計表

項目	実配合 (%)	実重量 (g)
6号碎石	31.09	364.8
7号碎石	22.47	263.6
粗砂	30.62	359.3
細砂	4.64	54.4
石粉	5.97	70.0
設計As量	5.2	61.0
合計	100.0	1,173.1

表-3 マーシャル安定度試験結果と基準値

項目	As量	空隙率	安定度	フロー値
単位	%	g/cm ³	KN	1/100cm
再生骨材用供試体	5.2	3.6	9.92	21
基準値	5~7	3~6	4.9以上	20~40

(3) 針入度試験

本試験は、アスファルト混合物から抽出したアスファルトの劣化の程度を調べ、次の循環再生時の添加剤量を決定するために行う。試験条件が温度 25℃、おもり等 100g、針の進入時間 5 秒で、前準備で試料を入れた試料容器を 15℃~25℃ の室内に 1~1.5 時間放置してから三脚形金属台に入れたガラス容器内に並べて 25℃ ± 0.1℃ に保った恒温水槽の中で 1~1.5 時間水中養生する。測定は 3 回行い試料容器の周壁から常に 10 mm 以上、また 2 回目以降は前回測定位置から 10 mm 以上離れた点を選ぶ。測定値は 3 回の最大と最低値の差、及び平均値を求める。針入度の基準値は 60~80 (1/10mm) である。

再生骨材のアスファルトを抽出し針入度試験を行った際、図解法により 1 循環目は循環再生用添加剤量を 35% としたが、2 循環目のアスファルト抽出時の結果を考慮しそれ以降は添加剤量を 30% とし、5 循環目の添加剤量は添加前の結果を考慮し 20% とした。

表-4の結果は再生アスファルトの品質に問題ないことを示している。添加後の針入度基準値 60~80 を+6 から-4 逸脱した試料も存在したが、針入度試験は針で極一点の柔らかさを調べるので混ざり方が不十分だと精度が非常に悪い。その為、完全に混ざり切っていない場所が該当してしまうと針入度は下がる。対策として温めた後に添加剤とアスファルトを十分攪拌し針入度だけでの判断でなく伸度試験の結果を取り入れることで針入度が低下しても再生アスファルト自体に問題ないことを確認している。

表-4 針入度試験結果表

針入度試験結果(1/10mm)				
	添加前		添加後	
	測定値	平均	測定値	平均
1回目	29	29	83	86
	29		87	
	29		87	
2回目	38	38	66	68
	39		68	
	37		70	
3回目	33	33	56	57
	35		59	
	32		56	
4回目	31	32	57	56
	32		61	
	32		51	
5回目	44	44	63	62
	44		63	
	44		60	

(4) 伸度試験

アスファルトの延性を調べることでアスファルト混合物から回収されたアスファルトの劣化の程度の評価することを目的に実施する試験である。

試験方法はステンレスプレートと黄銅製型枠にあらかじめグリスを塗布しておく。その後、型枠内にアスファルト試料を流し込みそのまま 30~40 分空冷後、15±0.1℃に保った恒温水槽に 30~60 分水冷する。恒温水槽より型枠を取り出しナイフを使ってプレートと型枠を分離させ、次に側壁型枠 2 個を取り外す。その後伸度試験機の支柱に掛け、指針を 0 に合わせ、電動機で 5±0.25 cm/min の速度で引き伸ばし、試料の切断時の指針の示度を 0.5 cm 単位で読む。測定は 3 個同時に行い測定値の一番長い値を平均とする。3 個とも 100 cm を超えた場合は試験終了することになっているが今回は最大伸度を確認するために試料が切断するまで続行した。また、表-5 の+は装置の上限が 150cm であり上限を超えたことを意味する。

表-5 伸度試験結果

伸度試験結果(cm)		
	測定値	平均
1回目	150+	150+
	52	
	150+	
2回目	101	101
	66	
	15	
3回目	150+	150+
	150+	
	150+	
4回目	74	150+
	100	
	150+	
5回目	123	150+
	150+	
	145	

表-5 より上記の伸度試験の結果は測定可能範囲を大きく超えており、5 回の循環再生でも十分使用出来る結果であり、6 回以降も問題なく使用出来るものと考えられる。伸度については今回使用している装置の上限が 150 cm までだが、これより長い装置があれば 150 cm 以上伸びると推察され、測定数値と平均の横に+をつけている。また一部の値がかなり低くなってしまっているが、針入度試験時に添加剤とアスファルトの混合が不十分で型枠に流し込んでいる可能性がある。また側壁を剥がす時に試料に切り込みを入れてしまい短い長さで切れてしまった可能性もある。対策として針入度試験で使用した容器より大きい容器を使用し攪拌をしている。しかし、添加剤とアスファルトの絶対量が少ないので完全に混合するのが難しい。今回は同時に測定した個体が既定数値の 100 cm を越えているので問題ないものとした。

(5) 最大密度試験

アスファルト混合物の理論最大密度に相当する最大密度を測定するものである。容器に 25℃の水を満たして質量を測る。次に試料を室温まで放冷して容器に入れて総質量を測定し、正味の質量を測定、25℃の水を入れて試料を十分に浸す。この時に界面活性剤(中性洗剤等)を加えると空気泡を除去しやすくなる。容器を真空ポンプに接続して内容物中の空気を抜き、約 15±2 分間そのまま保つ。この後手で約 2 分間隔で数回容器を激しく振りながら内容物をかき混ぜて残った空気を除き、再度質量の重さを量り理論上の密度を求める。また本試験は、再生アスファルト混合物の配合設計や品質管理を行う場合の基本データを得る目的にも利用される。

表-6の結果から循環再生回数を増やすにつれて密度は上がっていった。この結果から循環再生の回数を増やすと空隙が少なくなっていく事が分かる。循環回数が増やしていくと空隙が少なくなり、1回目から順番に使用している再生アスファルト混合物が密になって石や砂の空隙が埋まっていくので密度は上昇し、空隙率は減少していくと判断できる。

(6) マーシャル安定度試験

マーシャル安定度試験はアスファルト混合物の配合を決定するために行う試験で、直径約 10.2cm、高さ約 6.3cm の円筒供試体を使用し、供試体が拘束されている状態で円周側から荷重し、供試体が破壊するまでに示した最大荷重(マーシャル安定度)と、その時の変形量(フロー値)を求める。ここでは混合物を力学的に評価するために使用している。表-7の5回目までのマーシャル安定度試験を行った結果、空隙率は増減を繰り返したが最低基準値の3%を切ることなく5回目まで作成することができた。また、安定度、フロー値についても基準値を満足したため問題ない。空隙率の増減の原因として、各々の供試体の加熱混合時に加熱ムラがあり新骨材のアスファルトの被覆が不十分であったことなどが考えられるが、それを考慮しても基準値を満足した結果になった。

(7) 結果と考察

これらの実験結果を総合的に評価すると多回循環再生は一定の成果を収めたといえる。再生アスファルトだけを使うのであれば全く問題ないのだが、骨材を含む循環再生を行っていくと密度が増えていく一方、緩衝の役割を果たす空隙率の低下が見られるので、新骨材の割合を変化させて空隙率の確保を行っていくしかないと考える。

4. まとめ

自然暴露試験では空隙率の変化幅に若干の変化は見られたが新規と再生の両方とも緩やかに空隙率は減少していくが、その減少の程度は新規混合物の方が大きいことが明らかになった。また今年度はやや上昇する傾向が見られた。多回循環については、針入度、伸度試験の結果を考慮し循環再生用添加剤量を変えて循環を行ったが、最終的には当初の目標である4循環はもちろん、5循環でも品質性、安全性を確保できる結果となり有効性が確認できた。

参考文献

- (1) 日本アスファルト合材協会 HP <http://www.jam-a.or.jp/>.
- (2) 国土交通省 HP <http://www.milt.go.jp/road/index.html>.
- (3) 昭和シェル石油株式会社, 技術商品部アスファルト課資料.
- (4) 舗装試験法便覧第2分冊, 社団法人日本道路協会, 2007.
- (5) 舗装試験法便覧第4分冊, 社団法人日本道路協会, 2007.

表-6 最大密度試験結果

最大密度結果 (g/cm ³)		
	測定値	平均
1回目	2.477	2.471
	2.465	
2回目	2.454	2.467
	2.48	
3回目	2.469	2.485
	2.500	
4回目	2.497	2.508
	2.519	
5回目	2.505	2.627
	2.749	

表-7 マーシャル安定度試験結果

マーシャル安定度試験結果(3個平均)				
	理論密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	安定度 (KN)	フロー値 (1/100cm)
1回目	2.456	4.5	10.35	20
2回目	2.446	5.2	11.22	22
3回目	2.458	4.2	11.60	21
4回目	2.475	5.3	10.61	24
5回目	2.463	3.5	10.79	23
基準値		3~6	4.9以上	20~40