

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2~3回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。

なお、今回は循環再生が出来ないと言われていた針入度が20mm以下の疑似廃材を使用し、実験を行った。

2. 循環再生混合物の製造実験

(1) 概要

従来の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、従来の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場合が多いことが分かっている。そのため本実験では、循環再生用添加剤を用いて、多回循環再生を行い、抽出したアスファルトを用いた針入度試験、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。なお今回多回循環における再生骨材量は60%とした。

表-1 再生骨材配合設計表(%)

項目	新規混合物	再生混合物
再生骨材	—	56.76
6号碎石	34.22	15.14
7号碎石	26.64	7.57
粗砂	26.16	9.46
細砂	3.51	3.78
石粉	4.17	1.89
新アスファルト量	5.31	0.47
旧アスファルト量	—	3.18
再生添加剤量	—	1.75
合計	100	100

(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、As量5.0%、5.3%、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、5.3%の供試体がAs量、空隙率、安定度、フロー値の基準値を満足したので本実験で使用する新規混合物に決定した。

新規混合物の配合設計を表-1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-2に示す。

表-2 マーシャル安定度試験結果と基準値

項目	As量	密度	空隙率	安定度	フロー値
単位	%	g/cm ³	%	kN	1/100cm
基準値	5~7	-	3~6	4.9以上	20~40
新規混合物	5.3	2.351	4.03	9.77	24.33
再生骨材用供試体	5.4	2.351	3.4	11.545	31.0

キーワード：針入度、伸度、組成分析、循環再生

No 1-42(村井研究室)

疑似廃材は、マーシャル供試体を 165℃の恒温乾燥機を用いて 1～5 時間の加熱処理を行い、ほぐしたものをを用いた。針入度が 20 mm以下の疑似廃材を使用し循環再生を行う事としたので、表一3 の結果から、疑似廃材を 5 時間加熱し、マーシャル供試体の作製を行った。作製した供試体でマーシャル安定度試験とカンタブロ試験を行い、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。

表一3 時間別針入度

針入度 (1/10mm)		
加熱時間	測定値	平均
1時間	41	40.5
	40	
2時間	37	36.5
	36	
3時間	30	28.5
	27	
4時間	22	20.5
	19	
5時間	15	14.5
	14	

(3) 針入度試験

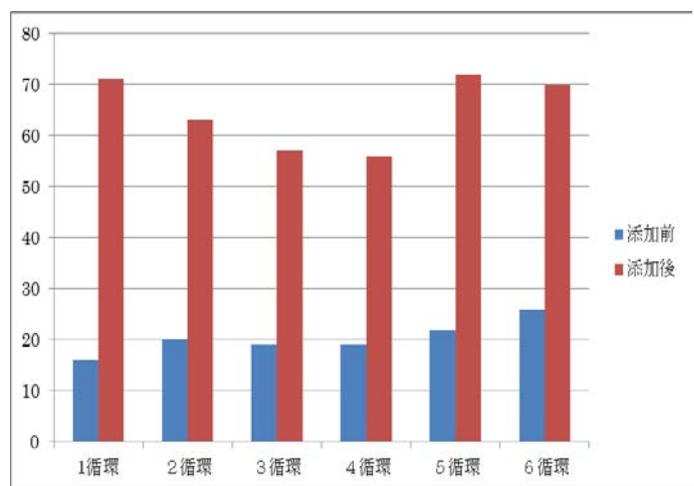
本試験は、アスファルト混合物から抽出したアスファルトの劣化の程度を調べ、次の循環再生時の添加剤量を決定するために行う。試験条件が温度 25℃、おもり重量 100g、針の進入時間 5 秒で、前準備で試料を入れた試料容器を 15℃～25℃の室内に 1～1.5 時間放置してから三脚形金属台に入れたガラス容器内に並べて 25℃±0.1℃に保った恒温水槽の中で 1～1.5 時間水中養生する。測定は 3 回行い試料容器の周壁から常に 10 mm以上、また 2 回目以降は前回測定位置から 10 mm以上離れた点を選ぶ。測定値は 3 回の最大と最小値の差、及び平均値を求める。針入度の基準値は 60～80 (1/10mm) 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、循環再生用添加剤量を 55%とした。

表一4 から読み取ると再生アスファルト精度に問題ないことを示している。添加後の針入度基準値は本実験に使用したストレートアスファルト 60-80 の (60～80(1/10cm)) である。添加剤量を 55%とし針入度試験を行い、ほぼ基準を満たした。基準値を満足できなかった個体もあったが、原因は針入度試験自体の試験方法にあると考えられる。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くなる。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。この対策として、針入度だけ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。ここでは、3 回目と 4 回目の針入度試験の値が基準値を下回っているが、伸度試験では基準値を満たしたため 6 循環が可能と判断した。

表一4 針入度試験結果

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	16	16	69	71	55
	15		69		
	16		74		
2回目	21	20	63	63	55
	22		62		
	18		63		
3回目	19	19	57	57	55
	19		59		
	20		54		
4回目	19	19	56	56	55
	19		56		
	18		56		
5回目	22	22	75	72	55
	22		70		
	23		70		
6回目	25	26	75	70	55
	26		71		
	26		70		



図一1 針入度結果

(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、 $15 \pm 0.1^\circ\text{C}$ 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 $5 \pm 0.25 \text{ cm/min}$ 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を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 150cm を超えたことを意味する。

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や、側壁を剥がす時に試料に切り込みが入ってしまい短い長さで切れてしまった可能性がある。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のだが、循環用再生添加剤と再生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。同時に測定した個体は既定数値の 100 cm を越えているので問題ないものであり、針入度試験結果と照らし合わせてもアスファルトの品質に問題ない結果となった。表-6 は、針入度・伸度試験の基準値

表-5 伸度試験結果

伸度試験結果 (cm)		
	決定値	平均
1回目	65	121
	150+	
	150+	
2回目	68	107
	133	
	120	
3回目	150+	150+
	150+	
	150+	
4回目	97	113
	138	
	105	
5回目	150+	145
	150+	
	134	
6回目	80	127
	150+	
	150+	

表-6 伸度・針入度基準値

種類	40～60	60～80	80～100	100～120
針入度(25°C) 1/10mm	40～60以下	60～80以下	80～100以下	100～120以下
伸度(15°C) cm	10以上	100以上	100以上	100以上
軟化点 °C	47～55	44～52	42～50	40～50
トルエン可溶分 %	99以降	99以降	99以降	99以降
引火点 °C	260以上	260以上	260以上	260以上
薄膜加熱質量変化率 %	0.6以下	0.6以下	0.6以下	0.6以下
薄膜加熱針入度残留率 %	58以上	55以上	50以上	50以上
蒸発後の針入度比 %	110以下	110以下	110以下	110以下
密度(15°C) g/cm ³	1以上	1以上	1以上	1以上
使用目的	一般地域用 (耐流動)	一般地域用 寒冷地用 (耐流動)	寒冷地用	寒冷地用 (低温クラック)

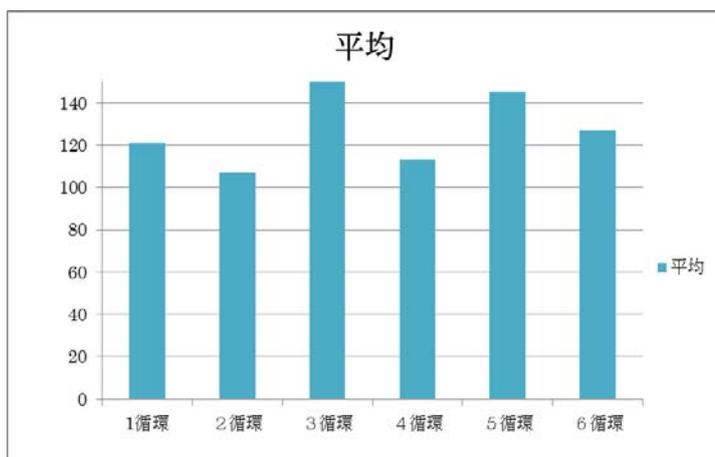


図-2 伸度試験結果



写真-1 伸度試験(型枠)



写真-2 伸度試験(試験中)

(5) 組成分析試験

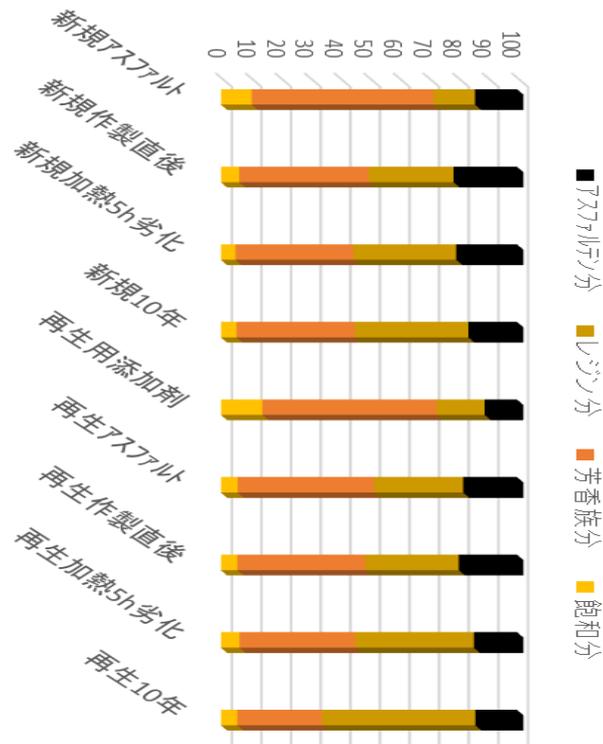
表一7は当研究室で実施した自然曝露試験供試体に関する組成分析試験の結果である。

表一7を見ると新規アスファルトを劣化させると、飽和分と芳香族分の値が下がり、レジン分とアスファルテン分の値が上がっている事が分かる。これは油分である飽和分・芳香族分が失われる＝柔軟性が無くなり、車の重量など荷重が掛かった場合、アスファルトに亀裂が入り、割れやすくなる危険が出てくる。

しかし、その状態のアスファルトを原材料とし、再生用添加剤を加えれば、飽和分と芳香族分の値が新規アスファルトの値に近づき、柔軟性が復元した事が表一7から分かる。

表一7 組成分析結果

組成分析データシート				
	飽和分	芳香族分	レジン分	アスファルテン分
新規アスファルト	10.4	61.4	14	14.2
新規作製直後	6.2	43.7	28.7	21.4
新規加熱5h劣化	4.9	39.8	34.8	20.5
新規10年	5.3	39.9	38.4	16.4
再生用添加剤	14.1	58.7	16.3	10.9
再生アスファルト	5.7	46.1	30	18.2
再生作製直後	5.6	43.2	31.5	19.7
再生加熱5h劣化	6.3	39.1	40.0	14.6
再生10年	5.6	28.5	51.8	14.1



図一3 組成分析結果

4. まとめ

針入度試験、伸度試験、組成分析の結果を総合的に評価すると多循環再生は一定の成果を収めた。

マーシャル試験では、6循環目で空隙率が2.4%と基準値よりも下回ってしまったが、針入度、伸度試験で基準を満たしていた為、6循環再生は可能と判断した。

その結果、目標である6循環再生で安定性、品質性を確保できる結果となった。

しかし、この結果から、7循環以降を行うのは難しいと思われる。もし7循環以降を行うのなら、配合設計を変える。もしくは、加熱温度、加熱時間を変える必要があると思われる。

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.