

アスファルト混合物の長期自然曝露試験

1014122 高橋 伴

1. 目的

近年、アスファルト舗装リサイクル事業においても環境コストを削減する一環として、地域から発生するアスファルト舗装廃材の混入率を増加させ、含有アスファルトをより多く利活用することで、新アスファルトの製造及び運搬のための CO₂ 排出量を削減することや、加熱混合温度を下げることなどが考えられている。

本研究室では、アスファルト舗装廃材の混入率を増加させる再生アスファルト混合物の製造技術開発の基礎データとして、2005 年から加熱アスファルト混合物マーシャル供試体の自然曝露による長期間の密度試験を継続し、その基本的な性状を考察している。

本研究は、アスファルト混合物供試体の密度や空隙率に着目し、2015 年(10 年目)の継続試験を行い、データの考察をするとともに、供試体の作成時と 10 年経過時のアスファルト混合物の力学特性と組成を比較するものである。

2. アスファルト混合物供試体の経年変化

表-1 配合表

2.1 試験方法

本試験では、2005 年に表-1 の配合設計により新規加熱密粒度アスファルト混合物(13F) (以下、新規)と、再生加熱密粒度アスファルト混合物(13F) (以下、再生)の 2 種類のマーシャル供試体(写真-1)をそれぞれ 3 個作製し、本学 6 号館屋上に無荷重で自然曝露させ、同一供試体の密度試験(空中質量、水中質量、表乾質量を計測し、密度および空隙率を求める)を、1700 日までは 10 日間隔で以降は 20 日間隔で、3650 日実施した。

項 目		新規	再生
骨材種類 および 配合率 (%)	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	—	95.0
計		100.0	
再生用添加剤量(対旧 As%)		—	14.0
設計アスファルト量(%)		6.3	6.0
設計針入度(1/10mm)		70	



写真-1

キーワード：長期自然曝露，新規混合物，再生混合物，空隙率，組成分析
No. 1-41 [村井研究室]

2.2 試験結果

新規及び再生の、変化量の測定結果を図1～図4に示す。これは新規3個の平均と、再生3個の平均の、空中質量、水中質量、密度、空隙率を移動平均法によりグラフ化し経年変化を読み取ったものである。

新規の空中質量は、作製直後から300日程度経過まで増加し500日程度から安定した値を示した。その後緩やかに減少し、1700日程度から減少傾向が強まった。再生は、500日程度まで増加した後安定し、900日程度から減少傾向が強まった。水中質量は900日まで増加した後

1700日程度まで安定を保つが、その後は緩やかに減少した。再生は300日経過から増加し、1500日から減少傾向となった。

新規の密度は、900日程度まで増加した。その後1300日程度まで減少し、1700日経過で増加に転じ、1800日経過からは安定している。再生は300日経過から緩やかに増加した。1700日程度からは安定し、3200日まで横ばいとなった。新規の空隙率は作製直後から1000日程度で減少傾向となり、その後は増加と減少を繰り返し、1700日経過から横ばいとなった。再生は作製直後から緩やかな勾配で減少し、1800日経過から安定している。

図-5に平均空隙率を示した。新規については、作成時は3.5%あった空隙率が260日経過以降は空隙率基準の下限値である3%より減少した。10年経過した時点では1ポイント程度減少している。

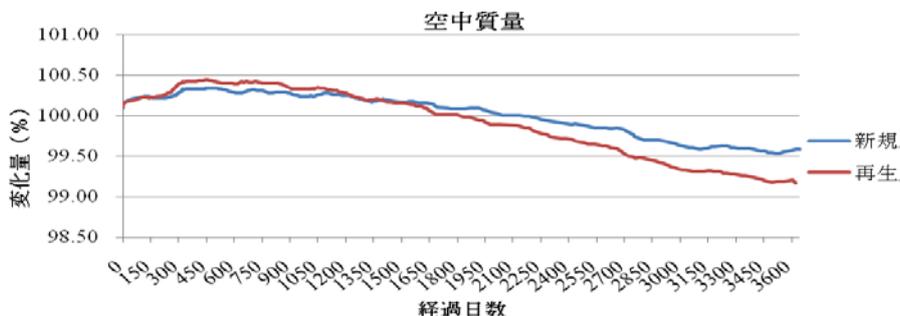


図-1 空中質量の変化

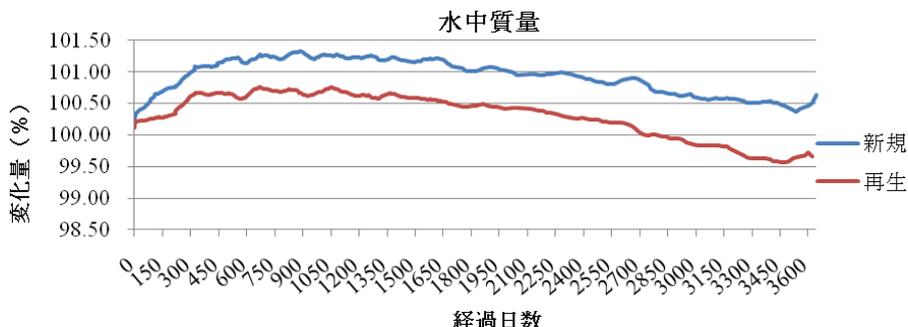


図-2 水中質量の変化
密度

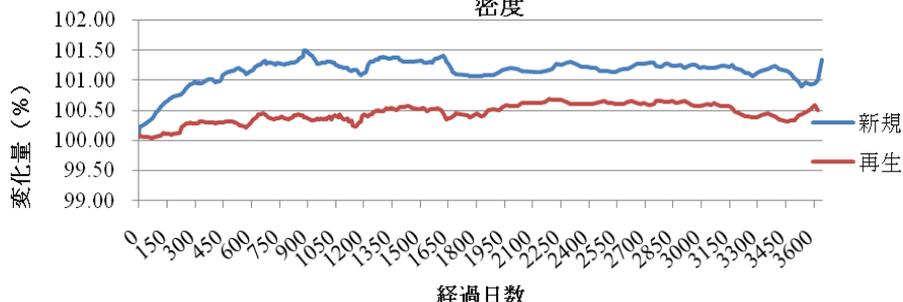


図-3 密度の変化

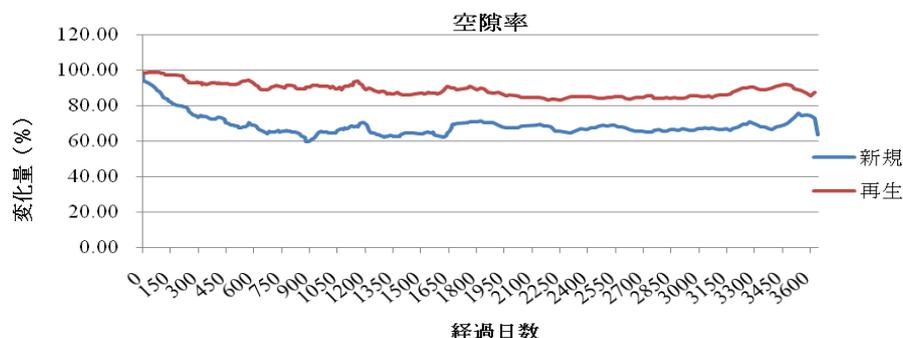


図-4 空隙率の変化量

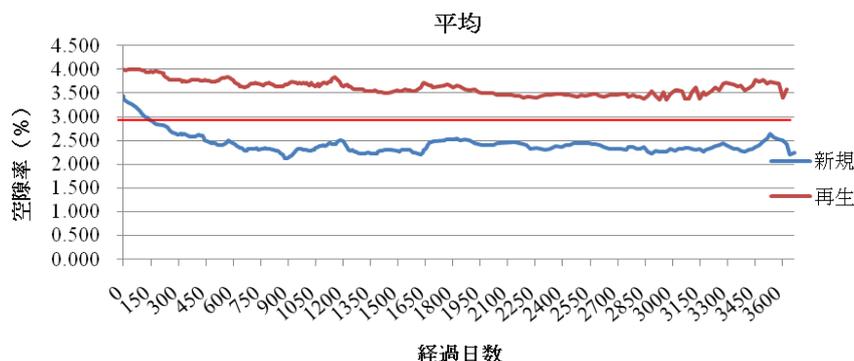


図-5 平均空隙率

3. マーシャル安定度およびアスファルトの経年変化

表-2 マーシャル試験結果

3.1 試験概要

本実験は、新規加熱密粒度アスファルト混合物と、再生加熱密粒度アスファルト混合物に対して、供試体作製直後と10年経過時のマーシャル試験結果を比較するものである。また新規アスファルト混合物、再生アスファルト混合物それぞれから抽出したアスファルトの針入度試験を行った。さらに組成試験用に新たに作製した供試体についても針入度試験を行った。

3.2 試験結果

表-2 に試験結果を示す。

マーシャル試験では、再生、新規共に密度が増加した。空隙率では、新規は殆ど変化がなかったが、再生は1.5%程低下し、基準値を下回った。また、安定度とフロー値は10年経過しても殆ど変化はなかった。

アスファルト試験ではアスファルト量がどちらも減少したが、再生の方が減少率は大きい。針入度は新アスファルトで70だったが、作製直後は54まで低下した。10年経過時は18となり作製直後の1/3となった。再生アスファルトの針入度は60となり、作製直後では30だった。10年経過時は15となり、作製直後の半分に低下した。

4. 組成分析試験

表-3 に組成分析結果を示す。

旧舗装材のリサイクルは、供用中の酸化や重合などで上昇した旧舗装材中のアスファルトの粘度を、新たに「再生用添加剤」を添加することで、新規材料と同等に戻すことを目的としている。構成成分の回復を考慮することでリサイクルした舗装の性能が新規材料を用いた舗装に近づき、供用期間が延長することを期待している。

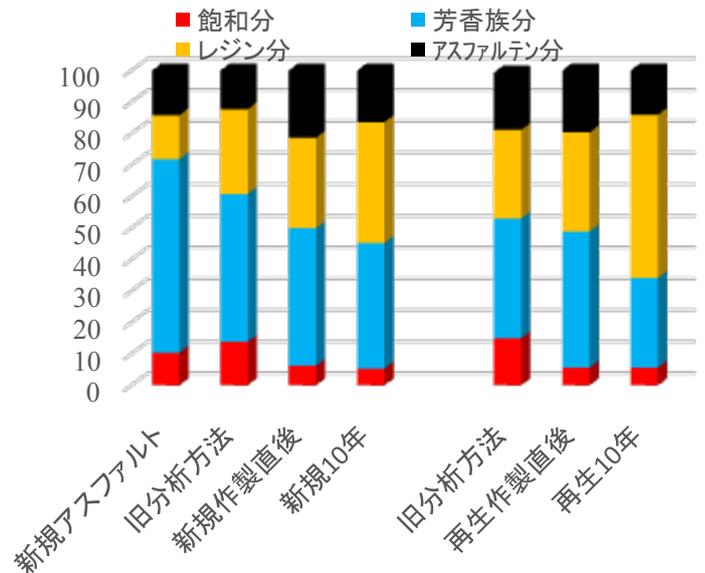
本研究では、石油学会が1983年に制定した組成分析方法(アルミナカラムクロマトグラフ)で、「飽和分」「芳香族分」「レジン分」「アスファルテン分」の4組成成分に分離する方法(旧分析方法)を10年前に実施していた。しかし、現在はTLC/FID法に替わり、作製時の成分がそのままでは比較できないため、新たに新規及び再生のアスファルト混合物を作製し、組成分析を行った。

項 目		マーシャル試験結果			
		密度	空隙率	安定度	フロー値
		g/cm ³	3~5%	4.9kN ↑	20~40 (1/100cm)
新規	新アスファルト (D)	—	—	—	—
	旧分析方法 (E)	—	—	—	—
	作製直後 (F)	2.371	3.5	11.25	38
	旧分析方法	—	—	—	—
	10年経過 (G)	2.489	2.4	11.20	40
再生	再生アスファルト	—	—	—	—
	旧分析方法	—	—	—	—
	作製直後 (A)	2.391	3.9	17.47	28
	旧分析方法 (B)	—	—	—	—
	10年経過 (C)	2.457	3.6	17.33	33

表-3 アスファルト試験結果 ※旧分析方法 (カラムクロマトグラフィ法)

項 目		アスファルト量	針入度	組成分析結果 (%)			
				飽和分	芳香族分	レジン分	アスファルテン分
		%	1/10mm				
新規	新アスファルト (D)	—	70	10.4	61.4	14.0	14.2
	旧分析方法 (E)	—	68	13.8	47.0	26.9	12.4
	作製直後 (F)	6.3	54	6.2	43.7	28.7	21.4
	旧分析方法	—	47	14.0	44.5	26.3	15.2
	10年経過 (G)	6.1	18	5.3	39.9	38.4	16.4
再生	再生アスファルト	—	61	5.7	46.1	30.0	18.2
	旧分析方法	—	71	14.2	39.6	31.0	14.0
	作製直後 (A)	6.0	30	5.6	43.2	31.5	19.7
	旧分析方法 (B)	—	31	14.9	38.1	28.1	18.2
	10年経過 (C)	5.3	15	5.6	28.5	51.8	14.1

新規の飽和分は、作製直後が新アスファルトより4%程低下し、10年経過と比較すると約1%低下している。再生の飽和分は変化がなかった。芳香族分は新規の作製直後が新アスファルトより18%程度減少し、10年経過時では約4%減少した。一方、再生アスファルトと再生作製直後の差は3%程だったが10年経過と比較すると10年経過が約18%減少した。レジン分は新規、再生ともに増加し、アスファルテン分も作製直後に増加している。



5. 考察

空中重量 (図-1) は新規、再生ともに作製直後から増加を示した。これは、加熱混合時に骨材が絶乾状態に近くなり、後に湿度水分を吸収するため、初期は増加すると考える。900日程度から減少傾向が続くが、再生の変動が新規に比べて大きい理由としては、再生アスファルトの粘着性が弱くなり湿気を多く吸

図-6 組成分析結果グラフ (脱落などが

考えられる。水中重量 (図-2) は、新規、再生ともに1000日程度まで増加が続いたが、これはアスファルト軽質油分の揮発によって、浮力が低下したためだと考える。その後は減少傾向となっているが、ある程度揮発が終わると減少していくと考える。新規の変化量が再生よりも大きいですが、どちらも同じような変動幅を示した。

新規の密度 (図-3) は作製直後から増加傾向が強く、900日をピークにその後減少している。再生は新規よりも変動幅は小さく、安定している期間が長いことがわかった。再生の変動幅が新規と比較して安定していたのは、再生の含有アスファルトが長期に亘る揮発及び酸化重合を受け変化の幅が微小になったからだと考える。

空隙率 (図-4) は新規、再生双方とも緩やかな減少傾向がみられた。新規は初期の変化量が大きかったが、1800日程度から安定している。再生は減少傾向を示したものの、新規と比較すると全体的に安定していると言える。これは、再生混合物供試体の95%が再生骨材であり、空隙率の低下要因はわずかな新骨材しかないため変化量が少ないと考えられる。いずれにしても空隙率は減少するという結果になった。

マーシャル安定度試験 (表-2) では、安定度が作製直後と10年経過とで殆ど変化がなかった。しかし、フロー値が増加していることから、若干脆くはなったが10年経過してもアスファルトの強度は殆ど失われていないことがわかった。平均空隙率 (図-5) は再生の場合、10年経過で0.3%減少したが基準値内だった。一方、新規は2.4%と基準値を下回ってしまった。

アスファルト試験 (表-3) では、アスファルト量の減少率は再生の方が大きかったがこれは再生用添加剤の影響と考える。針入度では、新規及び再生の作製直後と10年経過時を比較すると再生の方が針入度の低下が小さいことがわかった。これは加熱混合した時点で再生骨材の油分が失われているためだと考える。どちらも20(1/10mm)以下となり再生骨材としては不適當であると言える。

組成分析 (図-6) では再生及び新規共に芳香族分が減少し、レジン分が増加することがわかった。再生の飽和分に変化がなかったのは、殆ど揮発し、もともと少ない状態だったと考える。

10年経過するとアスファルトは柔軟性が失われ、高分子化するという結果を得た。アスファルト混合物の製造技術開発において、今後は多循環再生を前提にした研究に期待する。

参考文献

1. 日本アスファルト合材協会 HP <http://www.jam-a.jp/>.
2. 舗装試験法便覧第2分冊, 社団法人日本道路協会, 2007.
3. 舗装試験法便覧第4分冊, 社団法人日本道路協会, 2007.
4. 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.