

アスファルト混合物の経年変化と諸特性

074214 鈴木 拓也

074218 千葉 仁裕

1. 研究の背景および目的

わが国の道路は、昭和 30 年代初めには、一般道路実延長は 2 万 km にも満たなかったが、平成 18 年には 1,185,589.6km に達している。その道路舗装の現状は、アスファルト舗装 74.3%、セメントコンクリート舗装 4.6%、未舗装 21.1%と報告されている。

舗装技術は時代の変化に対応しながら着実に進歩してきたが、それに従って増大した道路舗装の維持修繕に関わる技術の向上が強く求められるようになってきた。舗装の維持修繕工事に伴って発生する舗装廃材は、昭和 46 年 9 月に制定された「廃棄物の処理及び清掃に関する法律」により産業廃棄物に指定され、適切な処分地の確保が大都市を中心に年々困難になった。

このような廃棄物を最終処分する産業モデルから転換し、廃棄物の排出削減や廃棄物を資源とし活用するゼロ・エミッション社会を目指すために、舗装再生技術の開発が社会的に要請されるようになり、平成 12 年 5 月 31 日に「建設工事に係る資材の再資源化等に関する法律」(建設リサイクル法)が公布された。これに伴い、建設工事の受注者(請負者)には、特定の建設資材廃棄物の『分別』と『リサイクル』を行うことが義務付けられた。

また、地球温暖化への対策として、CO₂をはじめとする自動車からの排出ガス量低減が求められている。現在、道路の渋滞によって多くの渋滞損失が発生しており、円滑な交通に支障が生じている上、CO₂排出増加の要因にもなっていることから道路舗装の維持修繕が大きな役割を担っている。道路が整備され、交通の流れがスムーズになると、利便性が高まるばかりでなく、走行速度の向上等により、CO₂をはじめとする自動車からの排出ガス量が低減し、地球環境の改善にも寄与すると期待される。

このような背景から本研究室では、アスファルト混合物を経済的にかつ効率的にリサイクルするために必要な基礎的データをを得ることを目的として、自然曝露させた新規アスファルト混合物と再生アスファルト混合物の同一試料についての密度測定を短い間隔で実施し、混合直後からの性状変化を測定した。さらに、数種類のアスファルト混合物を長期間自然曝露させ、マーシャル安定度試験と針入度試験を行い、経年変化による性状変化を分析した。また、アスファルト混合物事前審査制度において、東北 6 県の中で認定を受けている混合物のマーシャル安定度、動的安定度をそれぞれ県ごとにまとめ、比較検討した。

2. アスファルト混合物の自然曝露による経年変化

2.1 曝露試験の連続測定

密粒度アスファルト混合物(13F)及び再生密粒度アスファルト混合物(13F)の 2 種類のマーシャル試験供試体を、本学の 6 号館屋上において無荷重状態で自然曝露させた。

昨年度までは 10 日ごとに測定したが、今年度の初めから 20 日ごとに、同一試料の密度試験を行い、アスファルト混合物が受けた各々の自然環境(紫外線、風、雨など)による性状変化を測定し、アスファルト混合物の性状変化を比較・検討した。

2.2 結果と考察

密度試験

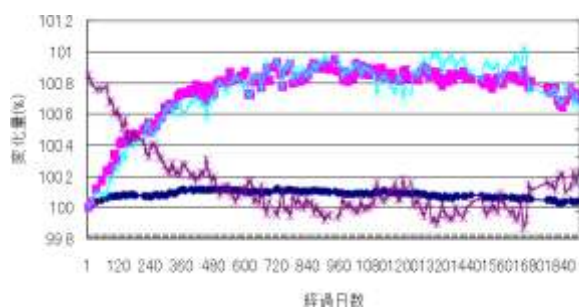


図1 新アスファルト混合物の変化量

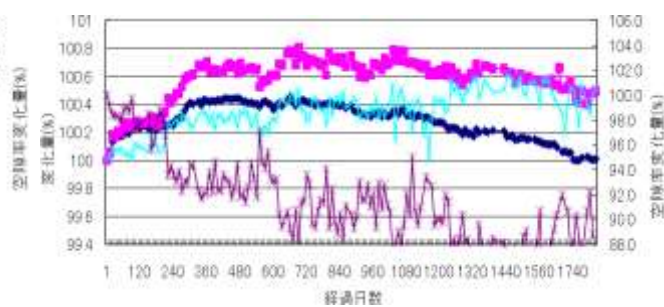


図2 再生アスファルト混合物の変化量

新アスファルト混合物の変化量を図1に示す。空中重量は100~400日程度まで増加し、400日付近で増加のピークを迎えた。それ以降は緩やかな減少を示している。水中重量に関しては400日程度まで急激に増加を示し、900日程度まで増加するものの1400日までほぼ一定の値で推移した。その後の1600日以降は急激に減少している。結果として密度は、水中重量とほぼ同じ形で推移している。100~400日程度まで急激に増加し、900日まで増加したのち、1200日前後まで減少後1600日まで増加を示したが、1600日以降は急激に減少を示した。また空隙率は密度と同じきれいな相関状態を示した。

再生アスファルトの混合物の変化量を図2に示す。空中重量は30日程度まで急激に増加をし、一定の値で推移したが、300日程度の時に値がまた急激に増加した。それ以降は減少を示している。水中重量も30日程度まで急激に増加をし、200日まで一定の値で推移した後360日まで急激に増加をした。その後700日をピークに増減を繰り返していたが、1400日以降は緩やかな減少を示している。結果として密度は、1400日まで増減を繰り返していたがそれ以降は減少を示している。また空隙率は新規アスファルト混合物と違い、相関状態を示しているとは言えない。

今後の傾向として空中重量では新規アスファルト混合物では僅かに減少をして安定し、再生アスファルト混合物は今後も緩やかな減少をしていくと考えられる。水中重量では新規・再生アスファルト混合物共に緩やかな減少をしていくと考えられる。密度も新規・再生アスファルト混合物共に微減少をしていくと考えられる。空隙率では新規・再生アスファルト混合物共に密度の低下に伴いこれからも増加をしていくと考えられる。

新規・再生アスファルト混合物共に空中重量の減少要因は、自然環境の影響と経年により、アスファルト供試体が脆弱になり表面から骨材が減少していくためと考えられる。水中重量の増加の要因としては、自然曝露によりアスファルトの油分の揮発により、アスファルト混合物が空気中の水分を保持しやすくなったことや、水の浸透性が高くなったからだと考える。再生アスファルト混合物が新規アスファルト混合物と比較して重量の変化が大きいのは、再生アスファルト混合物の旧アスファルトに添加されている再生用添加剤の融和再生やアスファルトの酸化及び揮発がそれぞれ進むためであると考えられる。

2.3 長期曝露試験

長期自然曝露によるアスファルトへ混合物の影響を検討するために、本学6号館屋上で自然曝露を継続して行っている。アスファルトの種類はストレートアスファルト (stAs)、改質Ⅰ型アスファルト (AsⅠ)、改質Ⅱ型アスファルト (AsⅡ)、高粘度アスファルト (AsH)、の4種類を使用した。これらのアスファルトを用いた密粒度アスファルト混合物を無荷重状態で本学6号館屋上で自然曝露させた。

2年毎に、密度試験・マーシャル安定度試験・針入度試験を行い、アスファルト混合物が受けた各々の自然環境(紫外線、風、雨など)による性状の影響を分析し、アスファルト混合物の性状変化を比較・検討する。

2.3.1 マーシャル安定度試験

本試験は、円柱形供試体(直径約 100mm、厚さ約 63mm)の側面を円弧形の 2 枚の載荷ヘッドではさみ、規定の温度(60℃)、載荷速度(50±5mm/min)により荷重を加え、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。

2.3.2 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硬さを調べるためのもので、25±0.1℃に保ったアスファルトの試料に、規定の針(針の質量 2.5±0.02 g、針保持具の質量 47.5±0.02 g、おもりの質量 50±0.05 g)が、5 秒間に貫入する深さを測定し、その貫入距離を 1/10 mm 単位であらわした値を針入度とするものである。

2.3.3 粘弾特性試験

周波数制御に使われる振動子の周波数を変化させて、試料の最小抵抗を測定し、粘弾性との相関関係を応用して粘弾特性を算出する装置を用いた。10 年目の新規アスファルト、改質 I 型、改質 II 型、高粘度のマーシャル供試体から抽出回収した各アスファルト粘弾特性の測定を行った。

2.4 結果と考察

2.4.1 マーシャル安定度試験

測定データを表 1 に示す。全ての供試体は、混合直後と 10 年経過を比較して、密度と飽和度が増加し、それに伴い空隙が減少した。密度の増加の要因としては、アスファルト表面の油分の蒸発または変質により、撥水効果が低下して水がアスファルト供試体内に浸透しやすくなり、浮力が減少し水中重量が増加したことや、供試体の破損に伴う空中重量の減少が考えられる。今年度のデータを 8 年目と比較すると、改質 II 型を除くアスファルトの密度が増加しているの、12 年目に他のアスファルト混合物も密度が増減するのか興味深い。

2.4.2 針入度試験

ストレートアスファルトは、混合前から 2 年目で針入度が減少し、4 年目で増加して 6 年目で再び減少しているが、その後は増加傾向にあるために全体的にみると増加傾向にあると言える。高粘度は 2 年目で混合前より高い値を示し、その後は減少している。2 年目で混合前より高い値になったのは高粘度の改質剤の影響が考えられる。他のアスファルトは、針入度にあまり変化がなく、一定の値で推移しているため、長期間における自然環境の影響による、酸化劣化の影響を受けにくいと考えられる。

2.4.3 粘弾特性試験

ストレートアスファルト(stAs) 60-80 を比較基準としてインピーダンス(抵抗)を比較した。高粘度(AsH)は、初期段階より他のアスファルトよりも粘性が高く、20℃付近までは、粘度が高かったが、40℃程度で stAs 同等になり、その後の値はほぼ同等となる。常温(20℃)より低い場合でも他のアスファルトより粘度が高いため、現在多用されている透水性舗装に適していると考

表 1 各アスファルト混合物性状変化

種類	経過年数	密度 (g/cm ³)	空隙率 (%)	飽和度 (%)	安定度 (kN)	フロー値 (1/100cm)	針入度 (1/10cm)
StAs	混合前	-	-	-	-	-	68
	0	2.379	3.9	78.8	12.66	40	47
	2	2.401	2.3	86.2	16.02	44	20
	4	2.395	2.8	84.0	12.84	46	40
	6	2.401	2.4	86.1	13.03	42	30
	8	2.395	2.6	84.8	13.30	46	38
	10	2.414	2.1	87.6	12.60	51	36
As I	混合前	-	-	-	-	-	63
	0	2.386	2.9	83.5	14.59	49	36
	2	2.409	1.9	88.3	16.20	48	32
	4	2.411	1.9	88.7	14.47	34	34
	6	2.399	2.4	86.3	14.51	45	30
	8	2.409	2.0	88.2	14.84	44	46
	10	2.417	2.0	88.1	14.93	44	35
As II	混合前	-	-	-	-	-	54
	0	2.386	2.9	83.5	13.75	51	33
	2	2.404	2.2	87.2	17.42	48	33
	4	2.407	2.1	87.7	15.42	36	29
	6	2.410	1.9	88.6	15.31	43	29
	8	2.407	2.0	87.9	15.90	44	45
	10	2.405	2.5	85.4	16.63	45	27
AsH	混合前	-	-	-	-	-	53
	0	2.379	3.2	82.3	15.82	58	36
	2	2.389	2.7	84.2	19.81	54	68
	4	2.392	2.6	84.9	16.89	54	49
	6	2.399	2.3	86.3	16.19	59	42
	8	2.391	2.6	84.9	16.17	52	36
	10	2.405	2.5	85.4	16.63	45	31

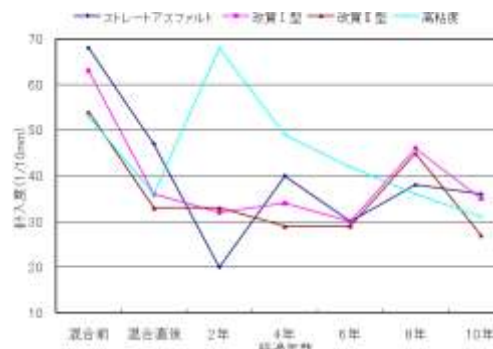


図 3 針入度試験結果

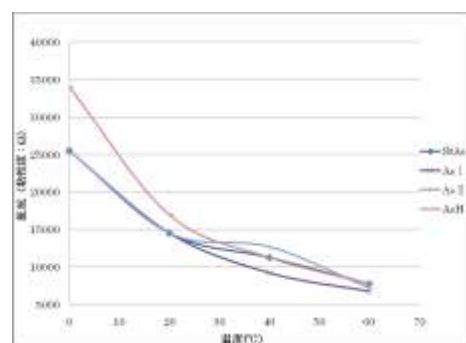


図 4 アスファルトの粘度変化

えられる。

3. 事前審査対象アスファルト混合物に関する分析

3.1 概要

事前審査制度の第48回から第53回の5ヵ年間に於ける、東北6県の各混合所のアスファルト混合物(再生混合物)総括表データに基づいて、マーシャル安定度試験・動的安定度の試験結果を県毎にまとめて比較した。

3.2 比較と考察

使用アスファルトの種類ごとに比較・検討したところ、アスファルト量・密度・空隙率・飽和度・安定度・フロー値は混合物が細粒度や密粒度・粗粒度といった材料による数値のバラつきは多少あるが、平均値はどの県もある程度均衡した数値となった。

しかし、混合物の流動抵抗性を示す指標である動的安定度を見ると、再生アスファルトに比べ改質アスファルトの数値が高いことが分かる。これは耐流動性を上げるためにゴム、熱可塑性樹脂など、それぞれの特徴を持った改質材を組み合わせ様々添加していることから数値が高くなっていると考えられることから使用するアスファルトや材料によって特徴があることが分かった。また、再生アスファルトは青森・岩手・宮城・福島、秋田・山形県で地域差が見られた。

4. 総括

自然曝露試験より、新スファルトは1600日、再生アスファルトは1400日を境に密度が減少をしているので、これからも減少傾向を続けると考える。特に密度の減少と空隙率の増加が大きく、新アスファルト混合物においては相関関係を示している。空隙率とは、締固めたアスファルト混合物全体の体積に対して、その中に含まれる空隙量の体積の比を百分率で表したもので、アスファルト舗装の安定性や耐久性に影響を与える非常に重要な特性であるので、今後も密度は減少をして、空隙率は増加するかが重要となると考える。

今回の針入度試験では、全てのアスファルトは自然環境における影響により酸化劣化した。そのため、全てのアスファルトにおいて硬化したため針入度が減少していると言える。8年目の針入度試験のデータは10年目の試験結果と比較して、アスファルト抽出溶剤が完全に取り除かれていなかったということが確認できた。また、安定度は、全ての供試体が2年目で最大となり、4年目で減少しそれ以降はほぼ同じ変化となっている。このことからアスファルト混合物は混合直後よりも2年目の状態が最も安定的となり、その後安定度は減少するものの、その後の変化が少ないことがわかった。10年目のデータはどのアスファルトにおいても数値の全体的な傾向は類似の変化をしている。10年目において改質I型の針入度がストレートアスファルトの針入度を下回っているため、自然曝露の影響を他のアスファルトより受けやすいと考える。

これまでの試験結果よりアスファルト混合物の長期間の使用や、リサイクルにより再使用するためには、空隙率をいかに基準値に近付けるかが今後の課題になってくると思われる。よって今後は、空隙率を長期的に確保できるような製造方法・管理方法や、アスファルト供試体の密度変化を的確に把握した維持補修管理を工夫する必要がある。

参考文献

- 1) 全国道路利用者会議:道路舗装年報-2006年版-, 2006
- 2) 社団法人 日本道路協会:舗装試験法便覧, 1993
- 3) 鈴木道雄:舗装技術の質疑応答 第4巻(上巻), 建設図書, 1993

表2 動的安定度 (回/mm)

	再生アスファルト	改質Ⅱ型
青森県	895	6064
岩手県	895	4798
秋田県	1220	5794
宮城県	1053	-
山形県	1190	6521
福島県	1065	6442