

改質材を含む低針入度アスファルト発生材の再生利用に関する研究

交通工学研究室 中島 聡
指導教員 丸山 暉彦
指導教員 中村 健

1. はじめに

再生アスファルト混合物を作製する際のアスファルトコンクリート再生骨材(以下、再生骨材)の品質は、「舗装再生便覧」に、旧アスファルト(以下、旧アス)の針入度が20以上と明記されている。近年、アスファルトコンクリート発生材を再生した、再生骨材の旧アスの針入度が低下傾向にある。その要因には、再生アスファルト混合物の普及による再生骨材の繰返し使用だけでなく、年々増加している改質アスファルトを含む再生骨材の混入が挙げられる。再生骨材の規格値はストレートアスファルトを含む発生材を対象としたものであり、改質アスファルトを含む発生材については、この規格値に適合しなくても利用価値があるともされている。しかし、再生骨材に改質材が含まれるかどうかの判断は困難であり、また、改質材を含む再生骨材についての評価はほとんどされておらず、その利用価値については未知の点が多い。そこで、本研究では、素性の明確な劣化改質アスファルト混合物を作製し、この混合物より得た再生骨材を使用して、再生アスファルト混合物についての評価を行った。また、再生骨材に残存する改質効果についても検証した。

2. 再生アスファルト混合物の作製

2.1 使用アスファルト

本研究で使用するアスファルトは、ストレートアスファルト 60/80(以下、ストアス)と改質アスファルト(以下、改質Ⅱ型)

である。尚、再生アスファルト混合物を作製する際の新アスファルトはストアスを使用した。各種アスファルトの性状を表-1に示す。

表-1 各種アスファルトの性状

アスファルトの種類	ストアス	改質Ⅱ型
針入度(1/10mm)	72	41
軟化点(°C)	47.0	79.0
15°C伸度(cm)	100+	87

2.2 再生骨材

改質アスファルトを含む再生骨材は、ローラーコンパクタで締固めた混合物を、型枠ごと120°Cの恒温槽内に所定の期間放置し、熱劣化による促進劣化方法で作製した。改質アスファルト混合物の劣化特性を把握するため、曲げ疲労試験と間接引張試験を実施した。尚、曲げ疲労試験は、「舗装調査・試験法便覧」に準拠した。300 μ のひずみ制御で、試験温度は15°Cで実施した。間接引張試験は、「舗装調査・試験法便覧」の圧裂試験方法に準拠した。但し、試験には曲面をつけた載荷板を用いた。試験温度は20°Cで実施した。

また、この時の改質アスファルト混合物の劣化に伴う曲げ疲労試験より求めた破壊スティフネスの変化を図-1に、破壊に至る載荷回数を図-2に示す。本研究で使用する改質アスファルトを含む再生骨材は、曲げ疲労試験後の供試体をほぐしたものを使用

した。表-2 に再生アスファルト混合物作製に使用した再生骨材の物性値を示す。劣化日数が増加するに伴い、アスファルト単体では針入度が低下し、混合物としては破壊スティフネスが増加し、破壊に至る载荷回数は減少する。これらの結果から、混合物中のアスファルトが劣化すると硬くなり、混合物として脆くなることが分かる。

表-2 再生骨材の物性値

劣化日数	4日	8日	16日
針入度(1/10mm)	28	17	9
軟化点(°C)	72.0	74.0	93.0
旧アスの含有量(%)	4.67		
最大密度(g/cm ³)	2.431	2.466	2.476

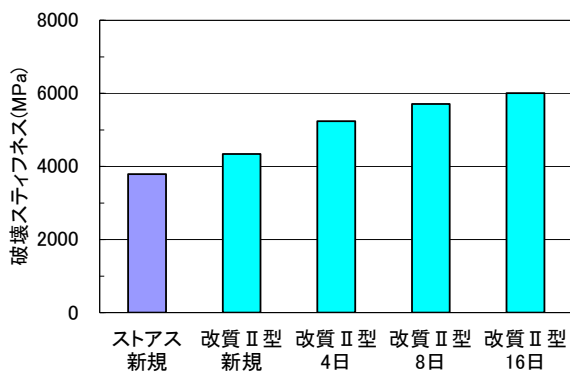


図-1 破壊スティフネスの比較

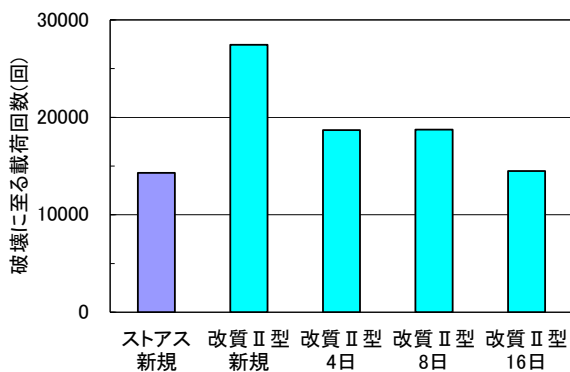


図-2 破壊に至る载荷回数の比較

混合物の対流動性やひび割れ性状の把握のため、間接引張試験も実施した。試験から得られた引張強度と変位量の比を一般的なスティフネスとは異なるが、本研究ではひび割れ抵抗性の指標として用いた。図-3 に新規、劣化アスファルト混合物における引張強度/変位量の比較を示す。括弧で示した数字は劣化アスファルト混合物から回収したアスファルトの針入度である。ストアス、改質II型ともに、アスファルト単体では針入度が低下し、混合物では引張強度/変位量が増加する。同一材料であるという条件の中で、引張強度/変位量が小さい方が新規の状態に近くなる。劣化が進行すると、この値は小さくなり、ひび割れ抵抗性が低下する。ストアスと改質II型を同条件で比較すると、改質II型の値が大きくなる。これは、残存する改質効果によるものである。

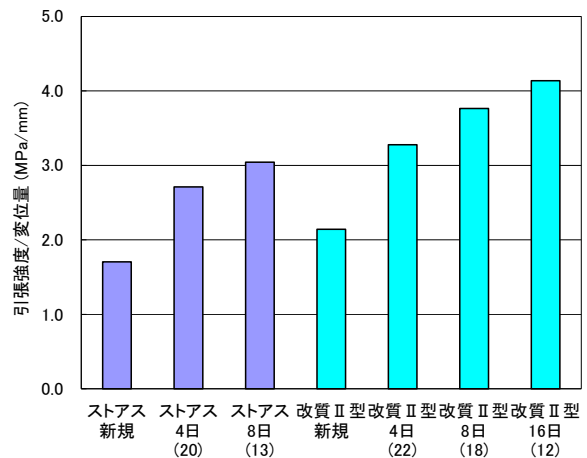


図-3 引張強度/変位量の比較(新規, 劣化)

2.3 再生アスファルト混合物の配合

検討対象とした再生アスファルト混合物は、促進劣化日数(4, 8, 16日)の異なる3種類の再生骨材を使用し、それぞれ再生骨材配合率(20, 40, 60%)を変化させた合計9種類の再生密粒度アスファルト混合物(13)である。針入度調整を行わず、ア

スファルト量を一定とした。作製した再生アスファルト混合物について、マーシャル安定度試験、間接引張試験を行った。

3. 試験結果

マーシャル安定度試験結果を表-3 に示す。安定度は、全ての再生アスファルト混合物で基準値を満たした。これは、再生骨材の旧アスが低針入度であることで変形抵抗性にはプラス要因として働くことによるものである。しかし、その他の3つの物性値では、基準値を満たさないものもあり、全ての基準値を満足した再生アスファルト混合物は各劣化日数の20%配合だけであった。実際に劣化改質アスファルト混合物を作製した時のアスファルト量と材料試験より得たものに差があり、設計したアスファルト量より多くなった。これにより、フロー値の増加が起こり、基準値を超えた。空隙率と飽和度に関しては、再生アスファルト混合物を作製する際の再生骨材の状態によるものが影響していると考えられる。本研究では、再生骨材は締固めた劣化改質Ⅱ型混合物を加熱し、手でほぐすことによって入手している。劣化日数が増加すると、再生骨材の軟化点は上昇する。そのため、劣化日数が増加すると再生骨材がほぐしにくくなる。軟化点の低い4日劣化は、容易にかなり細かくほぐすことが可能である。しかし、軟化点の高い16日劣化は、4日劣化ほど細かくほぐすことが出来ない。これによって、再生骨材の塊ができてしまい再生アスファルト混合物の締固めに影響を与えたと考えられる。改質アスファルトを含む再生骨材を使用した再生アスファルト混合物は、針入度調整をせずに、マーシャル設計法による配合設計を行わなくても、マーシャル安定度試験の基準値を満たすことが出来る。また、表-4 に再生アスファルト

混合物から回収したアスファルトの性状変化を示す。再生骨材の配合割合が増加すれば、針入度は小さくなり、軟化点は上昇し、劣化改質Ⅱ型混合物から回収したアスファルト性状に近づく。

表-3 マーシャル安定度試験結果

再生骨材配合割合	4日			8日			16日		
	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%
安定度 (kN)	9.94	10.16	11.36	11.73	11.87	12.05	10.35	9.89	10.72
フロー値 (1/100cm)	32.5	40.3	44.1	35.0	41.6	46.2	33.1	37.4	45.7
空隙率 (%)	4.4	3.7	2.9	3.9	3.9	4.5	4.9	5.7	6.7
飽和度 (%)	73.8	77.0	81.1	76.1	75.8	73.1	71.5	68.0	64.1

表-4 アスファルト回収試験結果

再生骨材配合割合	4日			8日			16日		
	20%	40%	60%	20%	40%	60%	20%	40%	60%
針入度 (1/10mm)	36	31	28	33	28	21	28	23	17
軟化点 (°C)	53.5	56.5	59.5	54.5	58.0	63.0	56.5	61.5	68.0

間接引張試験は、新規ストアス混合物を比較対象として評価した。再生アスファルト混合物における引張強度を図-4 に、変位量を図-5 に、引張強度/変位量を図-6 に示す。再生骨材の劣化日数が増加すると、再生アスファルト混合物によるばらつきはあるが引張強度は増加し、変位量は減少する傾向がある。これらの結果から、引張強度/変位量は大きくなる。混合物として、硬くなり、変形に対して追従する性能の低下が表れている。再生骨材の劣化日数が少ない混合物の方が、引張強度/変位量が小さくなる。これは、新規、劣化アスファルト混合物の間接引張試験結果より、引張強度/変位量が小さい方が新規の状態に近くなる。よって、この値が小さい再生アスファルト混合物ほどひび割れ抵抗性が大きい。

また、新規ストアス混合物と比較して、

大きな値となり、アスファルトが本来有するたわみ性が低下し、混合物としてひび割れ抵抗性も低下すると考えられる。しかし、改質効果により、ストアス混合物と比べて大きな値となること分かっているため、改質効果が残存しているとも言える。

再生アスファルト混合物によるばらつきはあるが、混合物に与える影響として、再生骨材の配合割合より劣化日数の違いによるものが大きい。

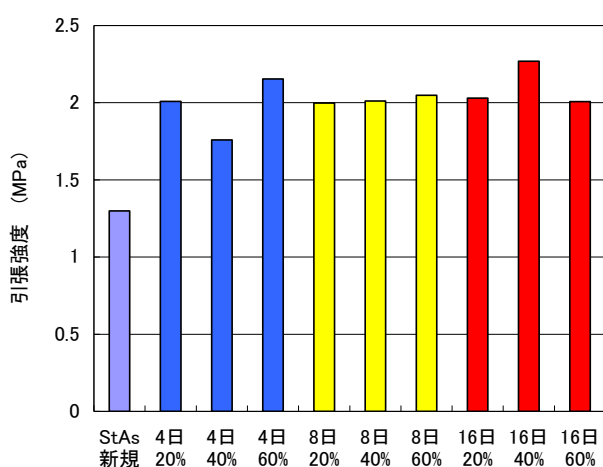


図-4 引張強度の比較（再生）

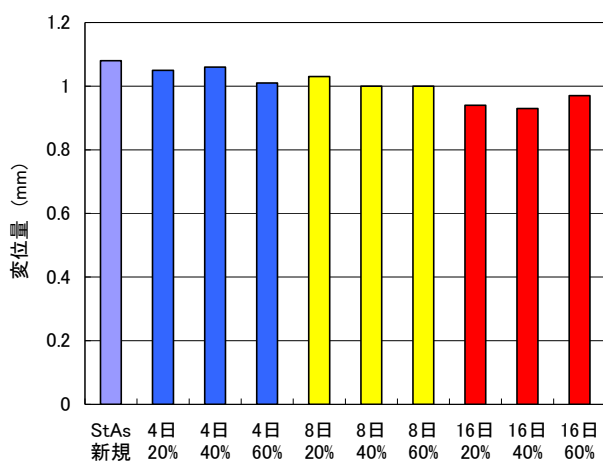


図-5 変位量の比較（再生）

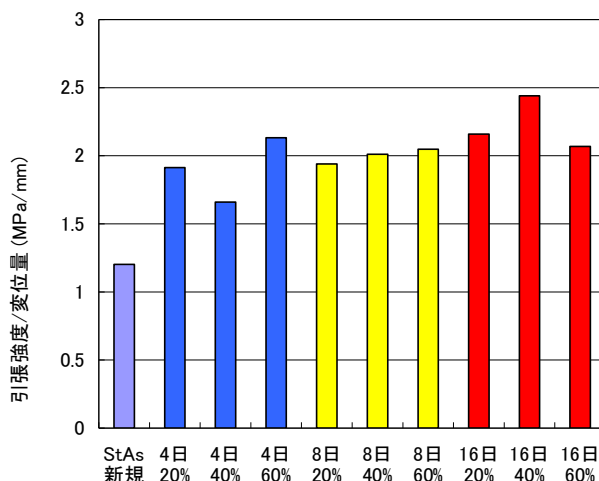


図-6 引張強度/変位量の比較（再生）

4. まとめ

針入度調整をせずに、低針入度の改質アスファルトを含む再生骨材を使用しても、再生骨材の破碎、分級及びアスファルト量の調整次第で、マーシャル安定度試験の基準値を満足する再生混合物を作製できる。現在の指針では、再生骨材という「素材」を針入度という指標で評価し、低針入度の再生骨材は使用できないが、再生骨材を用いた「混合物」を評価の対象として捉えれば、改質アスファルトを含む再生骨材は、低針入度であっても利用価値がある。

残存する改質効果については、間接引張試験だけでは明確な効果は確認できなかった。しかし、ストアス混合物と比べ再生混合物は、引張強度/変位量の値が大きく残存する改質効果が影響を与えているものと考えられる。他の混合物試験と併せて評価し、改質効果について詳しく検証していく必要がある。

再生アスファルト混合物は、使用する再生骨材の劣化程度による影響が大きく、再生骨材の配合割合に対する明確な変化は見られなかった。