

再生用添加剤の違いが規格外再生骨材を使用した再生アスコンの物性に及ぼす影響

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 ○吉川 晃平
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 正会員 高橋 修

1. はじめに

アスファルト舗装工事に発生したアスファルト塊は、中間処理施設で破砕・分級処理を行った後、品質評価が行われ、アスコン再生骨材（以下、再生骨材）として再資源化される。舗装再生便覧¹⁾に記載されている規格を満たす再生骨材は、新たに表層用あるいは基層用のアスファルト資材として利用される。

しかしながら、近年では再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）の運用が一般的となり、繰返し再利用された再生骨材が増加している。そのため、再生骨材に付着する旧アスファルト（以下、旧アス）の品質低下に伴い再生混合物の性能低下が懸念されている。

現行の品質基準を満たさない再生骨材（以下、規格外再生骨材）は今後も増加が見込まれており、引き続きアスファルト資材として活用していく必要がある。我が国のプラント再生では、再生用添加剤のみ、あるいは再生用添加剤と新アスファルトを使用する方法が行われている。

既往の研究²⁾より、新アスファルトとして高針入度アスファルトを加えることで劣化の進んだ規格外再生骨材に対しても十分なひび割れ抵抗性を有する再生混合物を製造できることがわかっている。しかしながら、再生用添加剤のみを見直す方法によって規格外再生骨材を含んだ再生アスコンを設計した場合の物性については明確にわかっていない。

そこで、本研究では、規格外再生骨材を使用した再生用添加剤の組成の違いが再生混合物の物性に与える影響を考慮し、効果的な再生用添加剤について検討した。

2. 再生用添加剤の選定および検討課題

アスファルトは主に4成分で構成されている。一般的に劣化により4成分のうち、アスファルトの柔軟性に関わる芳香族が減少し、固く脆くなる。芳香族の含有量の違いによる物性の影響を確認するため、再生用添加剤は2種類用意した。そして、再生混合物の供試体を作製して評価試験を行った。北陸地方

表-1 規格外再生骨材の物性

評価項目	規格値	劣化時間 (h)	
		0	48
針入度 (1/10mm)	20以上	12	7
圧裂係数 (MPa/mm)	1.70以下	2.13	1.90

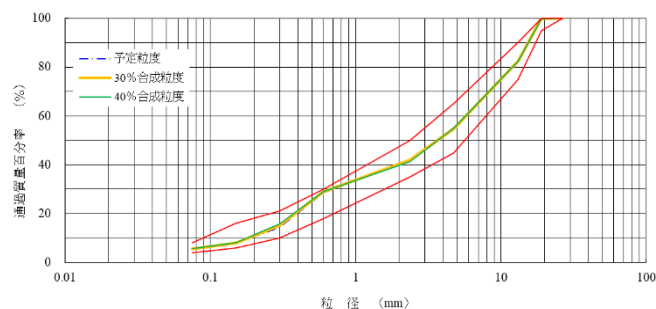


図-1 骨材の合成粒度

の再生骨材の混入率は30%が標準となっており³⁾、全国平均の47%に比べて少ない。本研究では、規格外再生骨材の混入率は30%と40%の2水準とした。

検討用の再生混合物は、最大骨材粒径20mmの密粒度アスファルト混合物（以下、密粒20）とし、規格外再生骨材を配合して、再生アスコンの供試体を作製した。試験に用いた骨材の合成粒度について図-1に示す。評価試験としては、ひび割れ抵抗性に着目して直接引張試験を行った。再生混合物のひび割れ抵抗性を比較し、組成がひび割れ抵抗性に及ぼす影響について検討した。

3. 再生骨材の基本物性

本研究では、新潟県内のリサイクルプラントから採取した再生骨材を使用した。また、今後再生が繰返し行われることを想定し、劣化がさらに進行した再生骨材についても検討する必要があることから、採取した再生骨材に加熱促進劣化（110℃で48hの気中養生）を行った。本研究で使用した再生骨材の物性を表-1に示す。

通常の再生骨材は、舗装再生用便覧に記載されている品質規格（針入度もしくは圧裂係数）を満足して

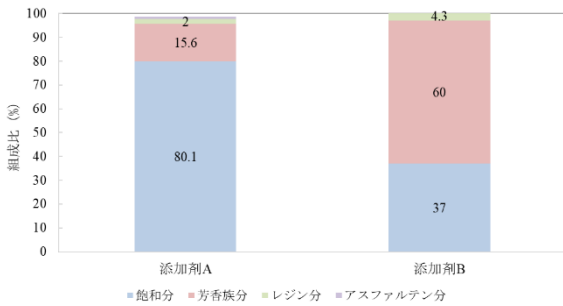


図-2 各再生用添加剤の組成比

表-2 各再生用添加剤の性状

項目	標準的性状	添加剤A	添加剤B
動粘度(60℃) mm ² /s	80~1000	82.86	215
引火点(℃)	250以上	269	304
密度 g/cm ³	-	0.9105	0.95

いることが求められる。

今回使用する再生骨材は採取時（加熱劣化 0h）および劣化の進行したもの（加熱劣化 48h）ともに品質規格を満たしていないことから規格外再生骨材ということになる。なお、旧アス付着量と微粒分含有量については基準を満足していた。

4. 再生用添加剤の基本性状

本研究では、組成の異なる 2 種類の再生用添加剤を使用した。再生用添加剤の各組成比について図-2 に示す。

それぞれの再生用添加剤を添加剤 A、添加剤 B とする。添加剤 A は全国で一般的に普及、使用されているものである。一方、添加剤 B は、添加剤 A に比べて芳香族分が多く、粘性が大きいものである。一般的に、再生アスコンに再生用添加剤を過度に使用するとアスファルトの性状が著しく損なわれるとされている。組成の違いによって、再生アスコンの物性に影響を及ぼすか確認した。なお、再生用添加剤の添加量は旧アスファルト比（以下、旧アス比）の必要量とし、新アスの補填としている。再生用添加剤は添加量の違いからアスコンのひび割れ抵抗性を比較するため、添加剤 A、添加剤 B ともに 5~20% の範囲で、5% 毎に使用した供試体で実施した。

表-3 直接引張試験の試験条件

項目	条件
供試体寸法 (mm)	40×40×240
養生時間 (h)	5以上
試験温度 (℃)	20
載荷速度 (mm/min)	1.0



写真-1 直接引張試験の実施状況

5. 直接引張試験による再生アスコンのひび割れ抵抗性の評価

5.1 試験概要

本研究では、再生アスコンのひび割れ抵抗性を比較するため、力学的に最もシンプルな評価試験である直接引張試験を実施した。直接引張試験は、引張作用に対する応力とひずみの関係を直接測定することによって、アスコンのひび割れ抵抗性に関する知見を得ることができる。調査・試験法便覧等では標準化されていないが、研究レベルで多くの実績を有する試験法である。なおここでのひび割れ抵抗性とは、変形作用に対する追従性を意味している。

直接引張試験は 40×40×240 mm の供試体の両端面に引張試験用治具をエポキシ樹脂系接着剤で貼り付け、一定の速度で引張変位を与える。本試験の条件を表-3 に示し、試験の実施状況を写真-1 に示す。試験温度は、アスファルトの劣化レベルと圧裂係数との相関性が最も高くなる 20℃ をとした。また、試験結果として得られる応力とひずみの関係において、応力のピーク値を破壊応力とし、そのときのひずみ値を破壊時ひずみと定義した。

5.2 再生アスコンの供試体作製の条件

本研究では、組成の異なる再生用添加剤を使用し、劣化の程度が異なる規格外再生骨材 2 種類を混入して再生アスコンの供試体を作製した。そして、直接引張試験を行ってひび割れ抵抗性を比較した。試験結果よりひび割れ抵抗性の差異、再生に適した再生用添加剤、また再生骨材の劣化程度による再生用添加剤の有効性について検討した。

本試験では、新アスファルトとして、ストレートアスファルト 60/80（以下、StAs60/80）を使用した。

また直接引張試験における評価対象として再生骨材を含まない新規混合物の試験結果を比較し、再生アスコンがひび割れ抵抗性を有するか検討した。

5.3 試験結果および考察

5.3.1 規格外再生骨材 30%配合で比較した場合

加熱劣化なしの規格外再生骨材を新潟県の標準である 30%配合した場合について、各アスコンのひび割れ抵抗性を比較する。試験結果の破壊応力を図-3、破壊時ひずみを図-4 にそれぞれ示す。

破壊応力はどちらの再生用添加剤を使用した場合も小さくなる傾向になった。破壊時ひずみについては、添加剤 A に関しては添加量を増やしてもあまり変化しない結果となった。また添加剤 B に関しては、添加量が多いほど破壊時ひずみは大きくなる傾向がみられる。このように、再生用添加剤の違いによって破壊時ひずみに異なる傾向がみられた。

これらの結果から、硬化した旧アスは再生用添加剤の効果により軟らかくなり、破壊応力は小さくなったものと考えられる。破壊時ひずみは、ひび割れ抵抗性を評価するうえで重要な指標となりえるが、試験結果から、添加剤 A に比べ、添加剤 B を添加した再生アスコンの破壊時ひずみは添加量が多いほど大きくなる傾向がみられた。これにより、添加剤 B は、添加量を増やすことで再生アスコンのひび割れ抵抗性を向上させることがわかった。したがって、規格外再生骨材 30%配合では、高い芳香族分の多粘性の再生用添加剤はひび割れ抵抗性の向上に有効と考えられる。

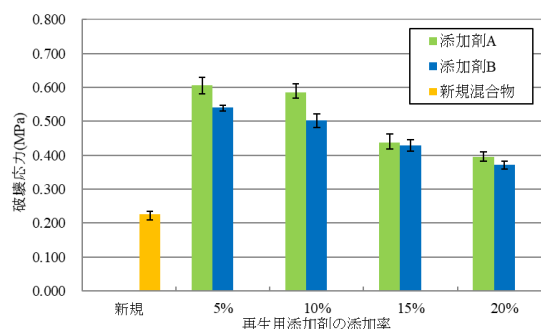


図-3 30%配合時の破壊応力

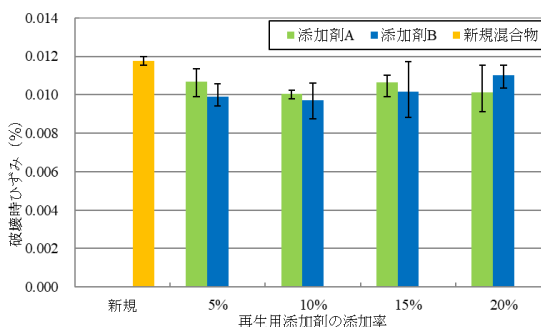


図-4 30%配合時の破壊時ひずみ

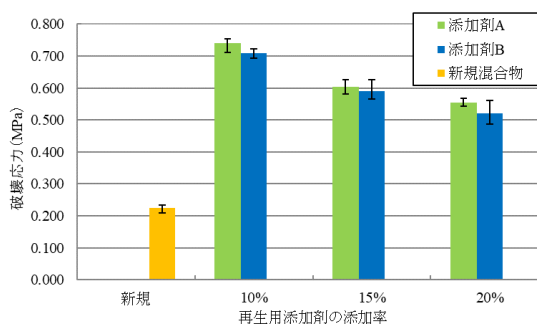


図-5 40%配合時の破壊応力

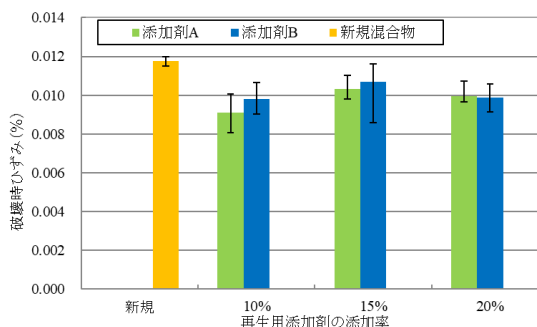


図-6 40%配合時の破壊時ひずみ

5.3.2 規格外再生骨材 40%配合で比較した場合

加熱劣化なしの規格外再生骨材を 40%混入し、再生アスコンのひび割れ抵抗性を比較する。試験結果の破壊応力を図-5、破壊時ひずみを図-6 にそれぞれ示す。

破壊応力は混入率 30%の結果とほぼ同様に、ど

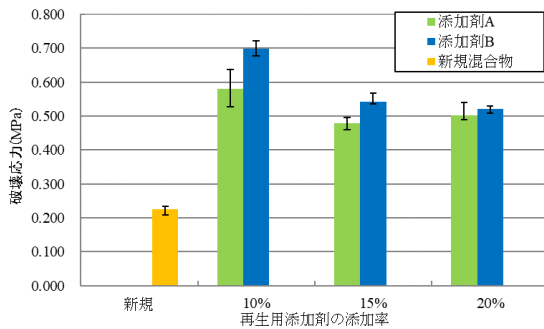


図-7 加熱劣化 48h の再生骨材を混入した場合の破壊応力

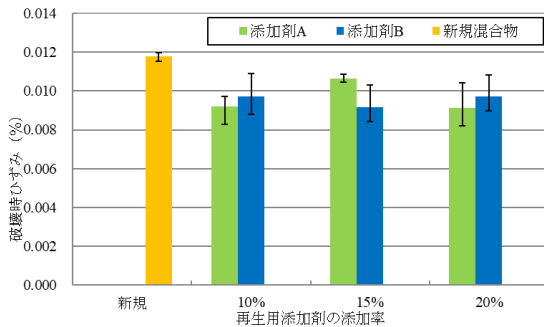


図-8 加熱劣化 48h の再生骨材を混入した場合の破壊時ひずみ

らの再生用添加剤を使用した場合も添加量の増加により、小さくなる傾向になった。破壊時ひずみに関しては、どちらの供試体もあまり向上せず、新規混合物の破壊時ひずみまで回復した再生混合物はなかった。ただし添加剤 A を使用した場合よりも添加剤 B を使用した再生アスコンのほうが全体的に破壊時ひずみは大きい。したがって規格外再生骨材は添加率を増加させても破壊時ひずみを回復することはできないと判断される。規格外再生骨材を多く配合する場合は、再生用添加剤のみでひび割れ抵抗性を向上させることはできないと考えられる。

5.3.3 再生骨材の劣化程度による比較

加熱劣化 48h の規格外再生骨材を 30%混入し、再生アスコンの物性にどの程度影響するか確認するため、再生混合物の供試体を作製した。試験結果の破壊応力を図-7、破壊時ひずみを図-8 に示す。

破壊応力は加熱劣化なし規格外再生骨材 30%配合時や 40%配合時のように大幅に小さくなる傾向はあまり見られず、再生骨材に付着している旧アスが劣化により硬くなり、再生用添加剤のアスファルトを

軟らかくする効果が得られないと考えられる。また破壊時ひずみに関しては、各添加剤の添加量を増やしてもひずみが大きくなるような傾向は確認できず、劣化が進行した再生骨材に対しては添加剤のみの再生方法は適していないと判断できる。

6. まとめ

本研究では、組成の異なる再生用添加剤を使用した再生混合物に対して、直接引張試験を実施してひび割れ抵抗性について検討した。本研究にて得られた知見を以下にまとめる。

- (1) 規格外再生骨材を 30%混入した再生アスコンの場合、再生用添加剤を添加することで破壊応力は小さくなる傾向にあった。しかし添加剤の組成により破壊時ひずみの傾向に違いがあり、添加剤は芳香族が多く、粘性の大きい添加剤 B がよりひび割れ抵抗性を向上させる効果がある。
- (2) 規格外再生骨材を 40%混入した再生アスコンの場合、再生用添加剤を添加することで破壊応力は小さくなったが、破壊時ひずみはどちらの再生用添加剤も添加量を増加させても大きくなる傾向になかった。したがって、規格外再生骨材を多く含んだ再生アスコンは再生用添加剤のみの再生方法ではひび割れ抵抗性を十分持たせることはできないと考えられる。
- (3) 劣化の進んだ規格外再生骨材に対しては、旧アスが硬くなり、再生用添加剤を使用しても効果があまり得られず、旧アスが軟化し難くなった。芳香族の多い再生用添加剤を使用しても、ひび割れ抵抗性の向上は期待できず、再生用添加剤のみの再生方法は適していない。

参考文献

- 1) (社)日本道路協会：アスファルトコンクリート再生骨材の品質，舗装再生便覧，pp10-12，2010。
- 2) 栗林将之：規格外再生骨材を配合したアスファルト混合物の再生方法とひび割れ抵抗性に関する研究，長岡技術科学大学修士論文，2020。
- 3) 新潟県土木部：舗装マニュアル(新潟県)，pp79，2018。