

規格外再生骨材を使用した再生アスファルト混合物のひび割れ抵抗性に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻
長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻

○覚張 涼平
正会員 高橋 修

1. はじめに

アスファルト塊は、中間処理施設で粉碎した後に物性試験を行い、再資源化されるのが一般的である。舗装再生便覧¹⁾に記載されている規格を満たしたものは再生骨材として、再生加熱アスファルト混合物（以下、再生混合物）に利用される。しかしながら、近年では再生混合物の使用が一般的になってきていることから、複数回の再生履歴を有する再生骨材が増加してきている。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）の品質が低下し、将来的に品質規格を満足する再生骨材（以下、規格内再生骨材）が減少することが懸念されている。一方、品質規格を満足しない再生骨材（以下、規格外再生骨材）の劣化程度と配合率が及ぼす再生混合物の物性への影響に関する報告は少ない。そこで本研究では、規格外再生骨材を使用した再生混合物の物性について評価を行い、規格外再生骨材の活用法について検討を行うこととした。

本研究では、密粒度アスファルト混合物（最大骨材粒径 13mm）の配合設計結果を基に、規格内及び規格外の再生骨材を用いて、再生骨材の配合率を変化させた種々の供試体を作製した。これらの供試体を用いて直接引張試験を行い、再生アスファルト混合物のひび割れ抵抗性に関する性能評価を行った。

2. 使用再生骨材の品質

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 2 種類使用した。それぞれロットの違いにより性能が異なり、これらを再生骨材 A、再生骨材 B とする。再生骨材 A、B それぞれの物性を表-1 に示す。

再生骨材の品質規格については、舗装再生便覧に記載されている針入度と圧裂係数のいずれか一方でも満足している場合、規格内のものとして扱われる。したがって、再生骨材 A は規格内、再生骨材 B は規格外という扱いとなる。本研究では、これらの再生

表-1 使用再生骨材 A,B の品質値

評価項目	規格値	再生骨材A	再生骨材B
針入度 (1/10mm)	20以上	15	17
圧裂係数 (Mpa/mm)	1.7以下	1.41	2.39

骨材 A、B に対し、いくつかのレベルで加熱促進劣化を施すことにより、劣化程度の異なる試料を数種類準備し、実験に使用した。

3. 直接引張試験によるひび割れ抵抗性の評価

3.1 試験概要

本研究では、再生混合物のひび割れ抵抗性の評価を行うため、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、標準化はされていないものの、研究レベルで多くの実績がある信頼性の高い試験である。なお、ここでのひび割れ抵抗性とは、車両荷重を支持する強さの程度といったようなものではなく、車両荷重載荷時の変形作用に対して、柔軟に追従できるかどうかを評価の対象とする。

直接引張試験では、240×40×40mm の供試体の両端面に引張用冶具をエポキシ樹脂系接着剤で貼り付け、一定の変位速度で引張荷重を加える。このときの変位速度は 1.0mm/min とし、試験温度は 20℃ とした。そして、ひび割れ破壊に至るまでの応力とひずみを測定した。ひび割れ発生時に計測される応力のピークを破壊応力、このときのひずみの値を破壊時ひずみとする。これらをひび割れ抵抗性の評価値として各種の結果を比較した。

3.2 試験対象

本研究では、再生骨材が品質規格を満足するか否か、また規格外再生骨材を使用した場合に劣化程度の違いがひび割れ抵抗性に及ぼす影響を検証した。

前者では再生骨材 A を使用し、さらに 12 時間の加熱促進劣化を施すことで、規格内外の 2 種類の試料を準備した。それぞれの物性を表-2 に示す。

表-2 再生骨材 A の劣化後の品質

評価項目	劣化時間(h)	
	0	12
針入度 (1/10mm)	15	14
圧裂係数 (Mpa/mm)	1.41	2.36
合否	規格内	規格外

後者では再生骨材 B を使用し、再生骨材 B に施す加熱促進劣化の時間を変化させることによって、劣化程度の異なる 3 種類の試料を準備した。それぞれの物性を表-3 に示す。

表-3 再生骨材 B の劣化後の品質

評価項目	劣化時間(h)		
	0	48	96
針入度 (1/10mm)	17	12	
圧裂係数 (Mpa/mm)	2.39	2.46	
合否	規格外	規格外	規格外

表-3 に示すように、再生骨材 B は加熱促進劣化を施す以前から針入度及び圧裂係数の値が規格を下回っており、規格外再生骨材であることがわかる。また、48 時間の加熱劣化により針入度はさらに低下し、圧裂係数は大きくなっていることから、劣化の程度が進行していることが確認できる。96 時間加熱促進劣化を施したものについては、旧アスの硬化が著しくなったことにより、その抽出及び圧裂係数の評価に用いる供試体の作製が不可能となった。

3.3 試験結果および考察

3.3.1 規格内外の再生骨材を使用した場合（再生骨材 A を使用）

直接引張試験に用いる供試体の骨材粒度曲線を図-1 に示す。各種供試体は、図-1 の骨材粒度曲線に基づいて各種骨材を配合し作製した。再生骨材の配合率は、新規骨材に対して 0~30% の範囲で 10% 毎に変化させた。直接引張試験によって得られた破壊時ひずみを図-2、破壊応力を図-3 にそれぞれ示す。

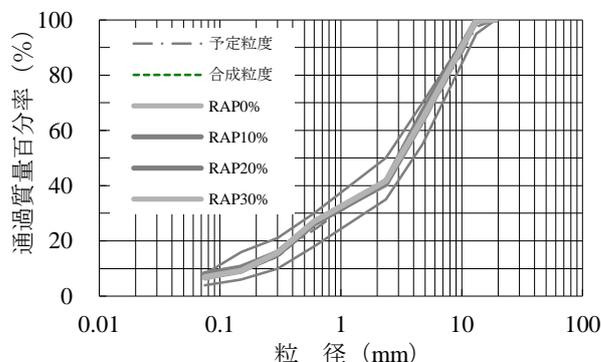


図-1 供試体の骨材粒度曲線

図-2 より、破壊時ひずみは、再生骨材の配合率が高くなるほど値が小さくなっていることがわかる。また、規格内よりも規格外の方が全ての配合率において値が小さくなっている。

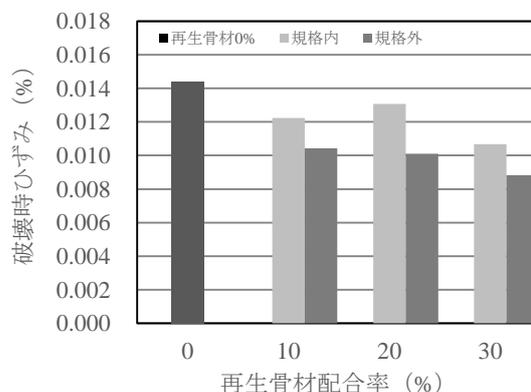


図-2 再生骨材配合率と破壊時ひずみの関係

図-3 より、破壊応力は、再生骨材の配合率が高くなるほど値が大きくなっていることがわかる。また、規格内よりも規格外の方が全ての配合率において値が大きくなっている。

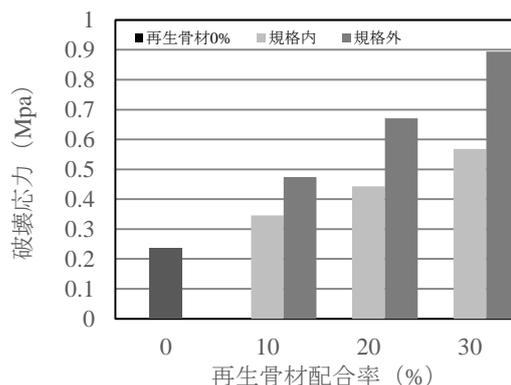


図-3 再生骨材配合率と破壊応力の関係

これらの結果を踏まえると、再生骨材の配合により、再生混合物が固く密に締め固まることによって破壊応力は大きくなるものの、変形作用に対する追従性は低くなるため、脆くなってしまうことが考えられる。特に、規格内よりも規格外の再生骨材を使用した場合において、この傾向は顕著となっている。したがって、規格外再生骨材の配合量を多くするこ

とは、ひび割れ抵抗性の低下につながると考えられる。

なお、北陸地方では、再生骨材の配合率が 30%まで認められている²⁾。この実態を鑑み、規格内再生骨材配合率が 30%における破壊時ひずみを基準とした場合、規格外再生骨材であっても配合率を 20%程度に抑えることで同程度の性能を担保でき、再生混合物として利用が可能と考えられる。

3.3.2 規格外再生骨材の劣化程度による影響（再生骨材 B を使用）

直接引張試験により得られた破壊時ひずみを図-4、破壊応力を図-5に示す。図-4より、破壊時ひずみは、これまでの結果と同様に再生骨材の配合率が高くなるほど値が小さくなっていることがわかる。

図-5より、破壊応力についても、これまでの結果と同様に再生骨材の配合率が高くなるほど値が大きくなることがわかった。

劣化時間 0h と 48h の結果を比較すると、破壊時ひずみと破壊応力の値に明確な差異は確認されず、ほぼ同程度の結果を示した。したがって、規格を下回る再生骨材については、多少劣化の程度が変化してもアスコンの物性への影響度はあまり変化しないものと考えられる。これらの結果を踏まえると品質値が規格を下回るような再生骨材であっても、配合率を低くすることで使用が可能となることが考えられる。

一方、品質値が計測できていない劣化時間 96h の試料を使用した直接引張試験の結果をみると、図-4より、破壊時ひずみは、再生骨材配合率 20%で値が最も小さく、再生骨材配合率 40%で最も大きくなった。

図-5より、破壊応力は、他の条件と比較すると値が極端に小さくなっているほか、再生骨材の配合率が高くなるほど値が小さくなる傾向が確認された。これらの結果より、劣化時間 96h の試料を使用したものについては、破壊応力や破壊時ひずみとの再生骨材配合率の関係がこれまでとは異なっていることがわかる。

この原因として、劣化の進行により硬化した旧アスが骨材に付着したまま融解しなくなったことで、

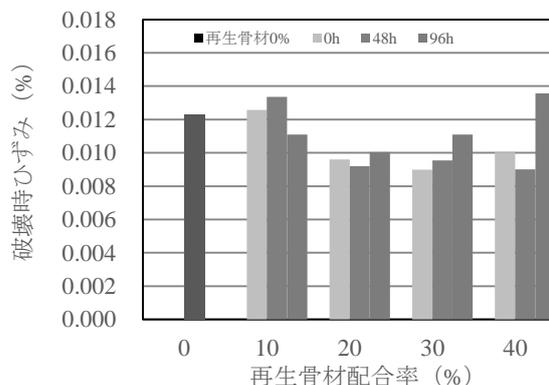


図-4 再生骨材配合率と破壊時ひずみの関係

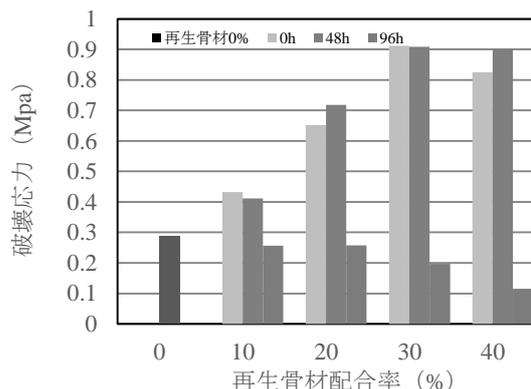


図-5 再生骨材配合率と破壊応力の関係

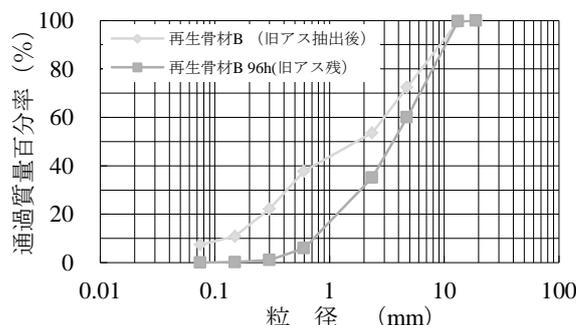


図-6 再生骨材 B の骨材粒度分布

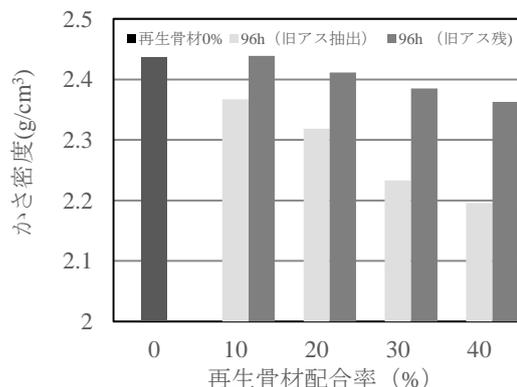


図-7 再生骨材配合率とかさ密度の関係

再生骨材の骨材粒度が変化したことが考えられる。そのため、従来の旧アス抽出後に計測した骨材粒度に基づいた骨材配合では、締固めがうまくいかず、供試体の密度が低下したことが考えられる。

そこで、劣化時間 96h の試料については、敢えて硬化した旧アスを残存させた状態で骨材粒度を計測し、それに基づいて配合設計を行った場合に、ひび割れ抵抗性に生じる影響を検討することとした。

図-6 に再生骨材 B の骨材粒度を示す。一方は旧アス抽出後に計測したものであり、もう一方は旧アスを残存させた状態で計測した劣化時間 96h の試料(以下、96h (旧アス残)) のものである。

図-6 より、96h (旧アス残) の骨材粒度は、旧アス抽出後に計測されたものと比較すると、粒径が小さいものほど通過百分率の割合が低くなっていることがわかる。この理由として、粒径が小さい骨材ほどアスファルトの付着による粒径の変化割合が大きいことが考えられる。

図-7 に図-6 で示した骨材粒度に基づき、劣化時間 96h の試料を配合した供試体のかさ密度を示す。図-7 より、供試体のかさ密度は、旧アス抽出後の骨材粒度に基づいたものよりも 96h (旧アス残) の骨材粒度に基づいたものの方が大きく、新規骨材のみで作製したものに近い値を示していることがわかる。したがって、旧アスを残存させた状態で骨材粒度を計測することで、供試体の締固めは比較的良くなるものと考えられる。

96h (旧アス残) の骨材粒度に基づき、劣化時間 96h の試料を配合した供試体について、直接引張試験によって得られた破壊時ひずみを図-8、破壊応力を図-9 に示す。図-8 より、破壊時ひずみは、再生骨材配合率が高くなるほど値が小さくなっていることがわかる。図-9 より、破壊応力は、再生骨材配合率が高くなるほど値が大きくなっていることがわかる。

図-8、図-9 より、再生骨材配合率とひび割れ抵抗性にこれまでの結果と同様な相関関係があることが確認された。これらの結果を踏まえると、劣化により旧アスが硬化した再生骨材については、配合率を低くすることに留意すれば、旧アスを残存した状態で骨材粒度を求めることで使用が可能となることが考えられる。

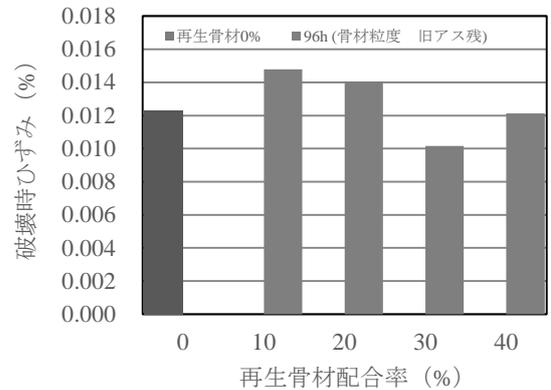


図-8 再生骨材配合率と破壊時ひずみの関係

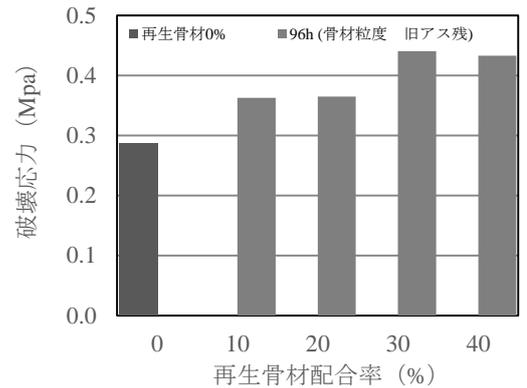


図-9 再生骨材配合率と破壊応力の関係

4. まとめ

本研究では、規格外再生骨材を使用した再生アスファルト混合物のひび割れ抵抗性について評価を行った。本研究によって得られた知見をまとめる。

- (1) 再生骨材配合率の増加に伴い、直接引張試験における破壊時ひずみの値は小さくなり、破壊応力の値は大きくなることがわかった。
- (2) 規格外再生骨材を使用した場合、規格内再生骨材を使用した場合よりも破壊時ひずみは低下し、破壊応力は大きくなった。
- (3) 品質規格を下回る再生骨材であっても、配合割合を低くすることにより使用が可能と考えられる。
- (4) 再生骨材の劣化が進行し、旧アスファルトが硬化した場合、旧アスファルトを残存した状態で骨材粒度を求めることにより、使用が可能と考えられる。

参考文献

- 1) 社団法人 日本道路協会：舗装再生便覧，2010.
- 2) 国土交通省北陸地方整備局 設計要領(道路編) 8章，2010.