

再生骨材の品質と配合率が再生アスファルト混合物の ひび割れ抵抗性に及ぼす影響に関する研究

長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 ○竹崎智紀
長岡技術科学大学 環境社会基盤工学系 正会員 高橋修
大林道路(株) 技術研究所 小林靖明

1. はじめに

高度経済成長期以降、アスファルト舗装が優先的に整備され、現在、道路舗装では、舗装工事の際に発生したアスファルトコンクリート塊(以下、アスコン塊)を再生利用した再生アスファルト混合物(以下、再生混合物)が広く運用されている。アスコン塊は中間処理施設で破碎・分級され、舗装再生便覧の基準によって品質評価が行われる。品質基準を満たしたアスコン塊は、再生アスファルト混合物の骨材(以下、再生骨材)として利用される。

近年では、加熱アスファルト混合物の全製造量における再生混合物の割合が7割を超えている¹⁾。また、再生混合物における再生骨材の配合率(以下、R率)も増加しており、関東ではR率が60%と高配合率の再生混合物が製造されている²⁾。そして近年では、高い製造割合とR率によって繰り返し利用される再生骨材が増加している。しかし、再生骨材の繰り返し利用は、再生骨材に付着している旧アスファルトの針入度低下および再生骨材の圧裂係数増加につながり、再生混合物の品質低下が懸念されている。このため、将来的に現行の品質基準を満たさない再生骨材(以下、基準外再生骨材)の増加が予想される。基準外再生骨材は、路盤や路床の資材として利用されているが、再生骨材に付着している旧アスファルトの有効活用の観点から、再生混合物の素材として利用することが望ましい。

2. 本研究の目的と検討内容

本研究では、再生混合物に基準外再生骨材を使用することを目的に、基準外再生骨材の品質および配合率が再生混合物の性能に及ぼす影響について検討した。

まず、R率と品質が異なる再生骨材を使用して再

生混合物を作製し、その性能を評価した。既往研究³⁾では、基準外再生骨材をR率60%と高配合率で再生混合物に利用するために、従来の製造法や配合設計法を変更する利用方法を提案していた。しかし、製造法や配合設計法を変更することは実用的ではないため、再生骨材の品質ごとにR率を変更して再生混合物を作製し、その性能を比較した。

再生混合物で問題視されるのは、ひび割れ抵抗性の低下であるため、ひび割れ抵抗性の評価方法として直接引張試験を実施し、再生混合物の性能を評価した。ここでのひび割れ抵抗性とは、载荷による変形作用に柔軟に追従し、ひび割れが発生しない程度を意味する。

また、再生混合物の供用後の性能についても検討するために加熱促進劣化させた再生混合物も作製し、性能を評価した。加熱促進劣化の手続きはAASHTO R30に準拠した。すなわち、材料を混合して締め固める前に締め固め温度 $\pm 3^{\circ}\text{C}$ で2時間、 $135 \pm 3^{\circ}\text{C}$ で4時間加熱し、締め固め後に $85 \pm 3^{\circ}\text{C}$ で120時間加熱するという手順で行った。

3. 使用した再生骨材の品質

本研究で使用した再生骨材は再生プラントから調達した。再生骨材の品質評価指標には針入度と圧裂係数の2つがあり、その規格値のどちらか一方を満たせば再生骨材として使用できる。表-1に本研究で使用した再生骨材の物性値と規格値を示す。調達し

表-1 使用した再生骨材の物性値と規格値

品質評価指標		規格値	物性値
旧アスの性状	針入度 1/10mm	20 以上	20
	圧裂係数 MPa/mm	1.7 以下	1.62
旧アスファルト含有量 %		3.8 以上	4.1

た再生骨材は旧アスファルトの針入度が規格の下限值であり、品質としてはほぼ最低ラインの基準内再生骨材と考えられる。

針入度 20 の基準内再生骨材を 110°C の恒温槽で 91 時間、171 時間それぞれ加熱促進劣化させ、針入度 13 と針入度 8 の基準外再生骨材を作製した。以下、針入度 20 の再生骨材を P20、針入度 13 の再生骨材を P13、針入度 8 の再生骨材を P8 と略称する。

4. 再生混合物の配合設計

再生混合物における R 率は、10%、30%、50%、60% の 4 水準と設定した。表-2 に本研究で作製した再生骨材の種類と R 率の組み合わせを示す。検討の対象とする再生混合物は最大骨材粒径が 13 mm の密粒度アスファルト混合物とし、R 率ごとに舗装施工便覧に示される粒度範囲の中央粒度を目標として骨材配合比を決定した。図-1 に各 R 率の再生混合物の粒度曲線を示す。さらに、R 率 60% の再生混合物の粒度を目標として、新規アスファルト混合物（以下、新規混合物）の配合比も決定した。

再生用添加剤の種類と添加量を次のとおりとした。既往研究⁴⁾により、一般的に使用されている飽和分の多い再生用添加剤よりも芳香族分の多い再生用添加剤のほうが繰り返し再生に優れているという結果が得られている。これより、本研究では芳香族分の多い再生用添加剤を使用した。針入度試験の結果から設計針入度に基づき、適正な再生用添加剤の量（対旧アスファルト質量比）は、P20 は 17.9%、P13 は 23.2%、P8 は 29.9% と決定した。

再生混合物および新規混合物の設計アスファルト量は、マーシャル安定度試験を行って共通範囲法で決定した。図-2 に設計アスファルト量と R 率の関係を示す。R 率が大きいほど設計アスファルト量は少なくなっている。これは R 率が大きくなると空隙率

が小さくなり、これに基づいて共通範囲の中央値が小さくなったことに起因している。

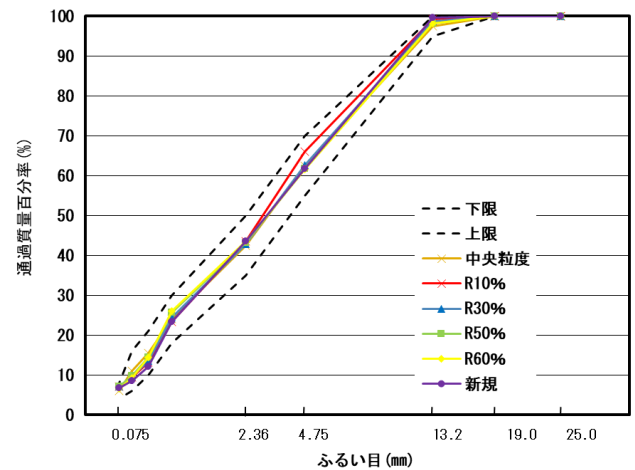


図-1 各再生混合物の粒度曲線

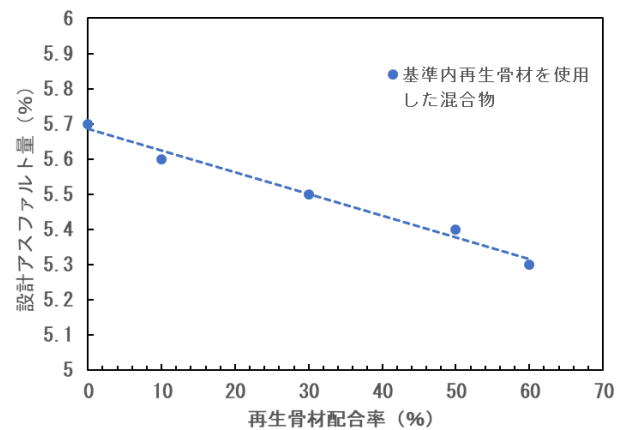


図-2 設計アスファルト量と R 率の関係

表-3 直接引張試験の条件

項目	試験条件
供試体寸法 (mm)	40×40×240
養生時間	5 時間以上
試験温度 (°C)	30
載荷速度 (mm/min)	1.0

表-2 再生骨材の種類と R 率の組み合わせ

	再生骨材配合率 (%)			
	10	30	50	60
P20	—	—	—	○
P13	○	○	○	○
P8	○	○	○	○



写真-1 直接引張試験の実施状況

5. 再生混合物のひび割れ抵抗性の評価

(1) 試験方法

直接引張試験は、供試体の両端に引張荷重を加えることで、供試体が破断するまでの応力とひずみを測定する試験法である。応力値がピークに達したときを供試体の破壊と定義し、その応力を破壊強度、ひずみを破壊時ひずみとした。表-3 に直接引張試験の条件、写真-1 に直接引張試験の実施状況を示す。

(2) 試験結果および考察

P13 を使用した各 R 率の再生混合物の破壊強度を図-3 に、破壊時ひずみを図-4 にそれぞれ示す。各図には、比較の基準となる新規および P20 を R 率 60% とした混合物の結果を示している。破壊時ひずみが大きいほどその混合物は変形追従性に優れ、ひび割れ抵抗性が高いと評価される。P13 再生混合物を新規混合物と比較すると、どの R 率においても再生混合物の破壊時ひずみのほうが大きいことが分かる。これは高性能である芳香族分の多い再生用添加剤を使用したことで、基準外再生骨材である P13 を高配合率で配合してもひび割れ抵抗性は回復できているものと考えられる。P13 を R 率 60% で使用した再生混合物の破壊時ひずみは、P20 を R 率 60% で使用した再生混合物の破壊時ひずみよりも小さいが有意差がないことから、現在の品質基準で運用されている再生混合物と劣らないひび割れ抵抗性を有している再生混合物といえる。

P8 を使用した再生混合物の破壊強度を図-5 に、破壊時ひずみを図-6 にそれぞれ示す。R 率 60% のもの以外は、新規混合物よりも破壊時ひずみ大きい。これより、P8 の再生混合物においては、高性能な再生用添加剤を使用しても R 率 60% の高配合率ではひび割れ抵抗性を回復できないと評価される。

加熱促進劣化を施した再生混合物の破壊強度を図-7 に、破壊時ひずみを図-8 にそれぞれ示す。横軸ラベルの末尾「A」は、加熱促進劣化を施した混合物を表している。加熱促進劣化後の再生混合物は、どれも破壊強度が大きく増加しており、劣化が進行している状況が確認できる。加熱促進劣化を施した各再生混合物の破壊時ひずみを比較すると、R 率 30%、60% の再生混合物は新規混合物を下回ることが分かる。加熱促進劣化前の R 率 30% の再生混合物は新規混合

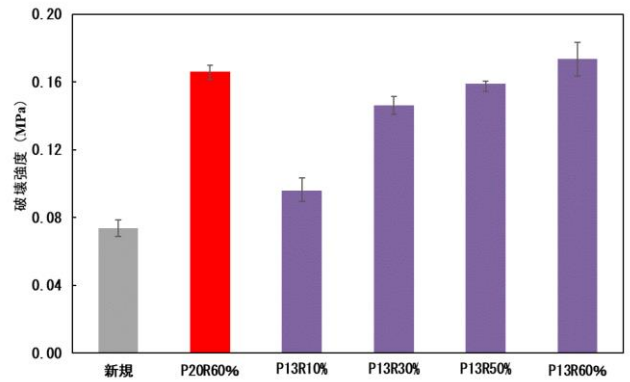


図-3 P13 を使用した各再生混合物の破壊強度

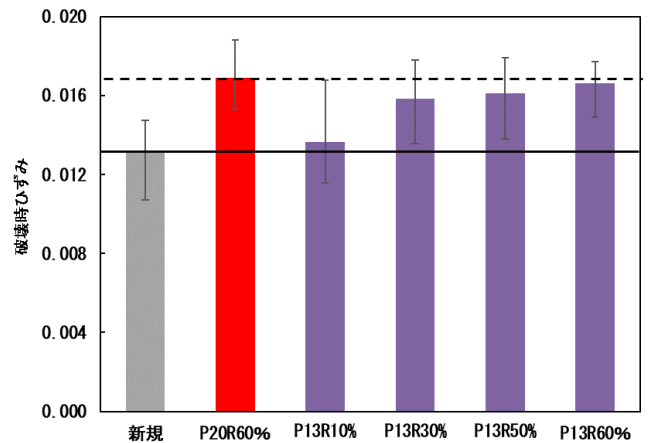


図-4 P13 を使用した各再生混合物の破壊時ひずみ

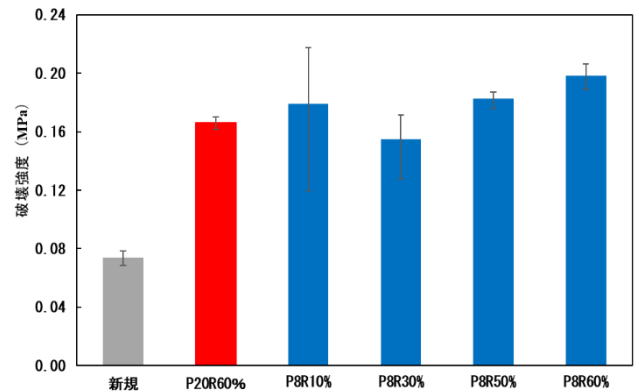


図-5 P8 を使用した各再生混合物の破壊強度

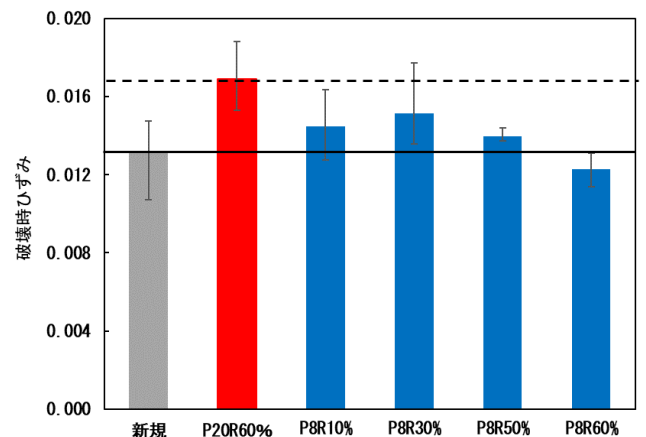


図-6 P8 を使用した各再生混合物の破壊時ひずみ

物よりも破壊時ひずみが大きかったが、加熱促進劣化後の R 率 30%の再生混合物は新規混合物より破壊時ひずみが小さくなっている。そのため、供用中においては、再生混合物のほうがひび割れ抵抗性は低下しやすいものと推定される。加熱促進劣化前に新規混合物と同等以上のひび割れ抵抗性を有している再生混合物でも、加熱促進劣化後は新規混合物よりも劣化している傾向が認められるため、一概に再生混合物のほうが高いひび割れ抵抗性を有しているとは言えない。そのため、再生骨材の品質ごとに適正な R 率を設定することで、基準外再生骨材を再生混合物に使用することができるものと考えられる。

6. まとめ

本研究では、基準外再生骨材を再生混合物の資材として有効活用することを目的に、再生骨材の品質と配合率を変更した再生混合物の性能を評価した。本研究で得られた知見は、以下のとおりである。

- P13 の再生骨材を使用する場合、R 率 60%でも新規混合物や品質基準内の P20 で R 率 60%の再生混合物を使用した場合と同等以上のひび割れ抵抗性を有する。
- P8 の再生骨材は、R 率 50%までは新規混合物と同等のひび割れ抵抗性を有する。
- 加熱促進劣化を施した場合、再生混合物は R 率に関わらず、新規混合物と同等、あるいは若干劣るひび割れ抵抗性を有する。
- 基準外再生骨材を使用した再生混合物は、締固め直後は新規混合物と同等のひび割れ抵抗性を有するが、新規混合物よりも劣化は多少しやすい。
- 基準外再生骨材でも再生効果の高い再生用添加剤を使用し、基準外再生骨材の品質に対応した R 率を適正に選定することで、再生混合物の資材として使用することができる。

本研究では、P13、P8 という 2 水準の基準外再生骨材を使用する場合の上限の R 率が得ることができたが、再生用添加剤の種類や基準外再生骨材の針入度が本研究のものと異なる場合は、再生混合物のひび割れ抵抗性への影響は不明である。今後の課題として、再生効果が異なる再生用添加剤や再生骨材の針入度が異なるときに再生混合物の性能への影響を

検討していく必要がある。

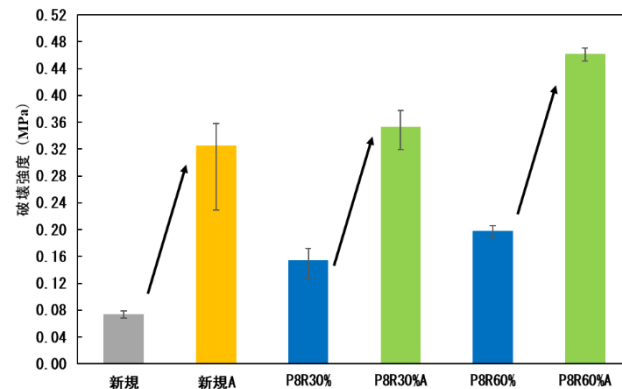


図-7 加熱促進劣化を施した各再生混合物の破壊強度

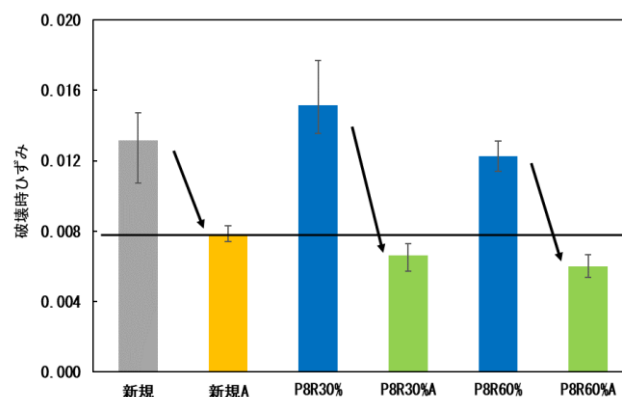


図-8 加熱促進劣化を施した各再生混合物の破壊時ひずみ

参考文献

- 1) 日本アスファルト合材協会：アスファルト合材製造量推移，
http://www.jama.or.jp/images/activity/act02/act02_suii_2022_08.pdf，2022.
- 2) (一社) 法人日本アスファルト合材協会：アスファルト合材統計年報，pp42，2020.
- 3) 吉田琴音：再生アスファルト混合物に基準外再生骨材を有効利用するための配合および製造に関する研究，長岡技術科学大学修士論文，2023.
- 4) 新田弘之，田湯文将，川島陽子，川上篤史：繰り返し再生したアスファルトの性状における再生用添加剤の組成の影響．土木学会論文集 E1 75 巻 1 号，pp. 59-67，2019.