

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 交通工学研究室 修士2年 竹崎智紀

1. はじめに

わが国では、高度経済成長期以降にアスファルト舗装が優先的に整備され、近年では、製造されるアスファルト混合物のうち7割以上が再生アスファルト混合物（以下、再生混合物）であり、再生骨材の配合率が関東では60%と高配合率化の傾向となっている¹⁾。このような高い製造割合と再生骨材配合率によって、再生骨材が繰り返し再利用されることで品質が低下し、品質基準を満足しない再生骨材（以下、基準外再生骨材）が増加している。そのため、基準外再生骨材を再生混合物の資材として有効利用することが求められている。

先行研究では、再生混合物の新たな配合設計手法を考案し、基準外再生骨材であっても、旧アスファルト（以下、旧アス）の一部を無効として新アスの投入量を増加させることで再生混合物への利用が可能であることを示した。しかしながら、新たな配合設計法を適用する場合、基準外再生骨材の品質ごとに無効とする旧アス量を検討する必要がある。また、無効とした旧アスは再生混合物の構成要素として考える必要があり、従来の配合設計法とは異なる考え方を導入することになる。そして、このような新たな配合設計法の周知は容易ではなく、実用的でないという課題があった。

そこで本研究では、この課題を考慮して配合設計法の変更は行わずに、再生骨材の品質ごとに配合率を変更することで基準外再生骨材を再生混合物の資材として有効利用できないか検討を行った。再生骨材の品質を3水準、再生骨材の配合率を4水準変化させ、これに2種類の再生用添加剤を組み合わせることで再生混合物を作製し、直接引張試験により再生混合物のひび割れ抵抗性に及ぼす影響について評価した。また、再生混合物の長期供用後の性能についても検討するため、加熱促進劣化を施した再生混合物も作製し、その性能を評価した。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時間加熱養生し、締め固め後に $85\pm 3^{\circ}\text{C}$ で120時間加熱養生するという劣化手順を施した。

2. 使用した再生骨材の品質

本研究で使用した再生骨材の物性値と規格値を表-1に示す。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。この再生骨材は旧アスファルトの針入度が規格の下限値であり、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時間および171時間のそれぞれで加熱促進劣化させ、針入度13と針入度8の基準外再生骨材を更に作製した。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。

表-1 使用した再生骨材の規格値と物性値

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

3. 再生混合物の配合設計

再生混合物における再生骨材配合率は、10%、30%、50%、60%の4水準を設定した。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、再生骨材配合率ごとに舗装施工便覧に示される粒度範囲の中央値を目標として骨材配合比を決定した。さらに、再生骨材配合率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）の骨材配合比も決定した。

再生用添加剤は、一般的に使用されているナフテン系の再生用添加剤と再生効果の高いアロマ系の再生用添加剤の2種類を使用した。針入度試験の結果から設計針入度に基づき、再生用添加剤の種類ごとに適正量を決定した。

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。

4. 再生混合物のひび割れ抵抗性の評価

(1) 試験方法

本研究では、再生混合物の基本性能としてひび割れ抵抗性に着目し、力学的に最もシンプルな評価方法である直接引張試験を行って性能を評価した。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値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破壊と定義し、そのひずみを破壊時ひずみとした。なお、ここでのひび割れ抵抗性とは、作用する外的荷重を支持する強さの程度ではなく、载荷による変形作用に対して柔軟に追従し、ひび割れが発生しない程度を意味する。

(2) 試験結果および考察

P20, P13, P8を再生骨材配合率60%使用した再生混合物の破壊強度を図-1に、破壊時ひずみを図-2にそれぞれ示す。図-1より、再生骨材の品質が低下するほど破壊強度は増加している。図-2より、再生骨材の品質が低下するほど破壊時ひずみが減少している。特に、P8を使用した再生混合物は新規混合物の破壊時ひずみより小さく、ひび割れ抵抗性が十分に回復していないと考えられる。一方、基準外再生骨材であるP13を使用した再生混合物は、P20を使用した再生混合物の破壊時ひずみと同等である。これより、P13を再生骨材配合率60%で使用した再生混合物は、P20の基準内再生骨材を使用した再生混合物と同等のひび割れ抵抗性を有していると評価できる。

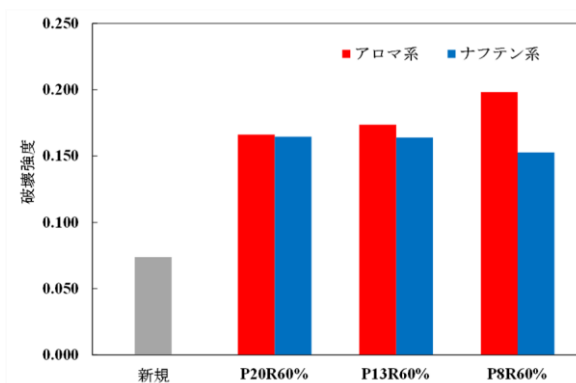


図-1 再生骨材の品質と破壊強度の関係

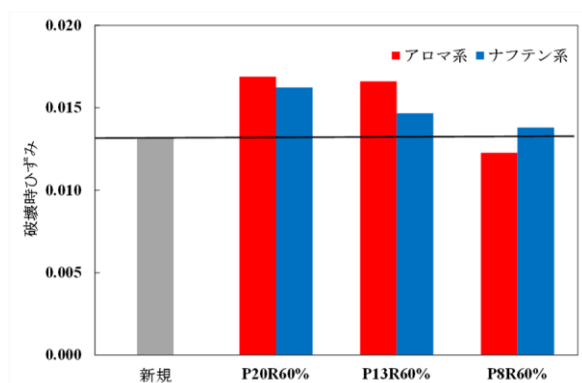


図-2 再生骨材の品質と破壊時ひずみの関係

P13 の再生骨材配合率を変更した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。P13 にアロマ系の再生用添加剤を使用した再生混合物は、再生骨材配合率 60%でも破壊時ひずみが増加している。P13 にアロマ系を使用した再生混合物は、再生骨材配合率 60%と高配合率でもひび割れ抵抗性を回復できると考えられる。

P8 の再生骨材配合率を変更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。P8 にアロマ系の再生用添加剤を使用した再生混合物は、再生骨材配合率 30%まで破壊時ひずみは増加し、再生骨材配合率 50%以降では破壊時ひずみは減少している。P8 と劣化が進行した再生骨材を高配合率で使用した再生混合物は、アロマ系の再生用添加剤を使用しても、ひび割れ抵抗性の回復が難しいと考えられる。再生骨材配合率を減らすことで、P8 の基準外再生骨材を再生混合物に有効利用できる可能性が示された。

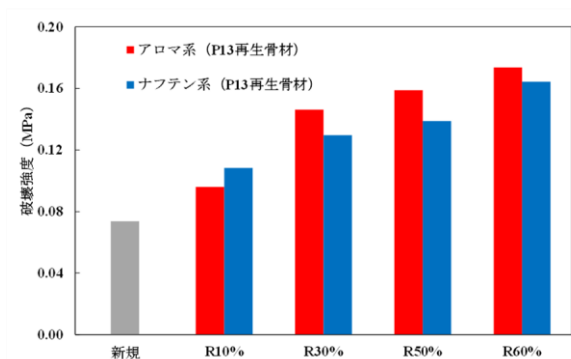


図-3 再生骨材配合率と破壊強度の関係 (P13)

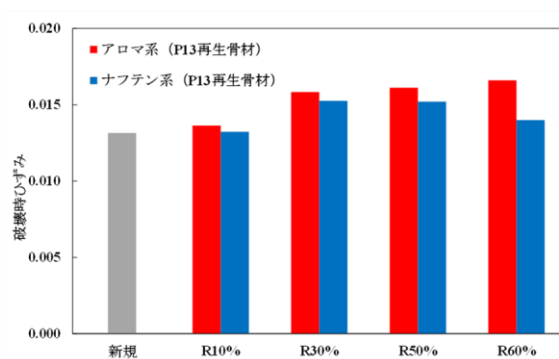


図-4 再生骨材配合率と破壊時ひずみの関係 (P13)

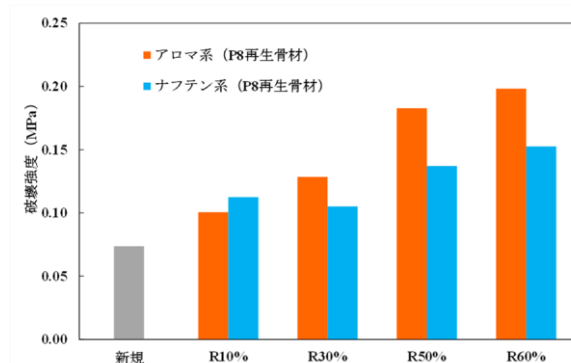


図-5 再生骨材配合率と破壊強度の関係 (P8)

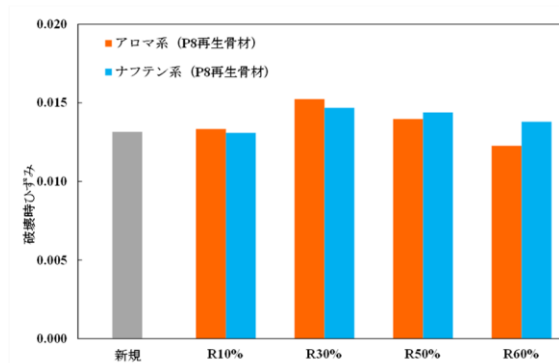


図-6 再生骨材配合率と破壊時ひずみの関係 (P8)

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。加熱促進劣化を施した各再生混合物の破壊時ひずみは新規混合物の値を下回っている。また、加熱促進劣化を施した再生混合物は、再生骨材の品質や再生骨材配合率に関わらず破壊時ひずみは同程度である。加熱促進劣化前の再生混合物は新規混合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。そのため、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。

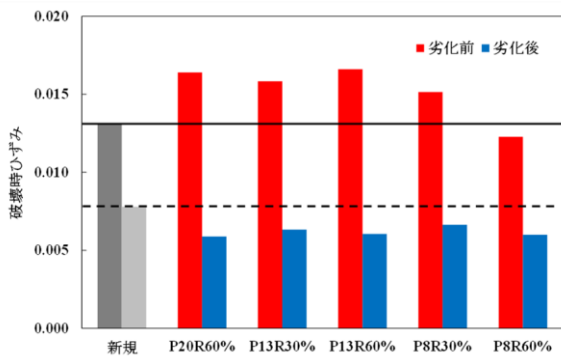


図-7 加熱促進劣化前後の破壊強度の関係

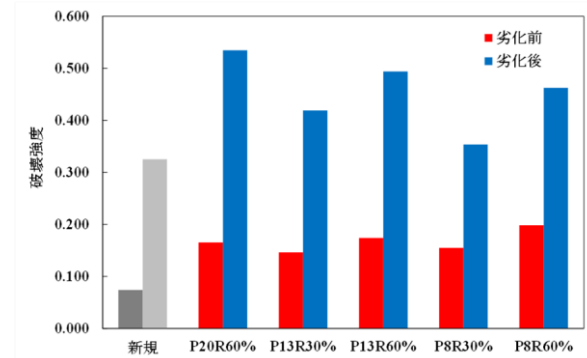


図-8 加熱促進劣化前後と破壊時ひずみの関係

5. まとめ

本研究で得られた知見は、以下のとおりである。

- ① P13 の基準外再生骨材を再生骨材配合率 60% で使用した再生混合物は、基準内再生骨材を使用した再生混合物と同等のひび割れ抵抗性を有する。
- ② P8 の基準外再生骨材を再生骨材配合率 30% で使用した再生混合物は、基準内再生骨材を使用した再生混合物と同等のひび割れ抵抗性を有する。
- ③ 加熱促進劣化を施した再生混合物は再生骨材配合率に関わらず、新規混合物よりもひび割れ抵抗性が低いため、供用後の再生混合物は劣化しやすいと考えられる。

参考文献

- 1) 一般社団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, pp.42, 2020.
- 2) 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.